岳阳市中心医院新院区核技术利用建设项目

环境影响报告表

岳 阳 市 中 心 医 院

二〇二二年六月

岳阳市中心医院新院区核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：岳阳市中心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：湖南省岳阳市岳阳楼区东茅岭路 39 号

邮政编码：410129　　联 系 人：

电子邮箱：　　联系电话：

打印编号：1652926578000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	f8nm 5t
建设项目名称	岳阳市中心医院新院区核技术利用建设项目
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	岳阳市中心医院
统一社会信用代码	[redacted]
法定代表人（签章）	
主要负责人（签字）	
直接负责的主管人员（签字）	
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	湖南涌仁科技有限公司
统一社会信用代码	[redacted]
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
郭小莲	[redacted]	BH 008909	郭小莲

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
成彦蒙	表2放射源；表3非密封放射性物质；表4射线装置；表5废弃物	BH 053203	成彦蒙
郭小莲	表1项目基本情况；表7保护目标与评价标准；表11环境影响分析；表12辐射安全管理；表13结论与要求	BH 008909	郭小莲
李兵	表6评价依据；表8环境质量和辐射现状；表9项目工程分析与源项；表10辐射安全与防护；附件附图	BH 045324	李兵

目　录

附件

附件 11 关于剂量管理目标值的确定文件

附件 12 本项目各科室工作量计划

附件 13 关于岳阳市第一人民医院等机构更名的批复

附图

附图 1　岳阳市中心医院新院区地理位置示意图

附图 2　岳阳市中心医院新院区规划总图

附图 3　岳阳市中心医院新院区用地红线图

附图 4　核技术利用项目平面布置及分区图

附图 5　核技术利用项目楼上/楼下对应区域图

附图 6　核技术利用项目评价范围示意图

附图 7　核医学、放射治疗项目通风设计图

附图 8　核医学、介入项目路径规划图

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">岳阳市中心医院新院区核技术利用建设项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">岳阳市中心医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">湖南省岳阳市东茅岭路 39 号（东茅岭院区）；岳阳市岳阳大道 28 号（珍珠山院区）</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">岳阳市中心医院新院区肿瘤中心</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>135000</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>1635.8</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>1.2%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="2">☑新建 □改扩建 □其他</td><td colspan="2">占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="7">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">□I类（医疗使用） □II类 ☑III类 □IV类 ☑V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☑生产</td><td colspan="4">☑制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□II类□III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□II类□III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II类☑III类</td></tr>
</table>

项目概述

1.1 医院简介

岳阳市中心医院（原岳阳市一人民医院）建于 1964 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复于一体的三级甲等综合性医院。医院现有 3 个院区，分别是东茅岭院区、珍珠山院区和金鹗山院区。全院共开设 59 个诊疗科目，其中临床类 47 个，医技类 12 个。开设住院病区 62 个，东茅岭院区 32 个、珍珠山院区 13 个、金鹗山院区 17 个。

1.2 任务由来

为了更好满足岳阳市在健康、养老、医疗等方面的需求，岳阳市中心医院在岳阳市南湖新区赶山片区畈中村尹家冲水库地块新建新院区。新院区分为一期、二期和肿瘤中心三部分。医院拟在一期门急诊大楼二楼介入中心使用数字减影血管造影 X 射线机（以下简称“DSA”），拟在肿瘤中心负一楼中部配备直线加速器、螺旋

断层放射治疗系统（以下简称“TOMO”）、赛博刀（也叫“射波刀”，以下称“射波刀”）、后装机（使用 ^{192}Ir 放射源）开展放射治疗，在负一楼西北侧配备一台回旋加速器生产放射性药物，设乙级非密封放射性物质工作场所，使用非密封放射性物质开展影像诊断，在肿瘤中心北塔一楼使用 ^{131}I 开展甲状腺功能测定、甲亢和甲癌治疗。

本项目拟使用的射线装置为Ⅱ类射线装置，密封源为Ⅲ类放射源、核医学场所为乙级非密封放射性物质工作场所。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）以及《中华人民共和国环境影响评价法》，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。因此，岳阳市中心医院委托湖南涌仁科技有限公司对项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。评价单位在现场调查和收集有关资料的基础上，按照国家对辐射项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目环境影响报告表。

1.3　项目概况

一、项目名称、性质、建设地点

1、项目名称：岳阳市中心医院新院区核技术利用建设项目

2、建设单位：岳阳市中心医院

3、建设地点：岳阳市中心医院新院区

4、建设性质：新建

二、建设内容与规模

岳阳市中心医院新院区位于岳阳市南湖新区赶山片区畈中村尹家冲水库地块（经度：113°06'49.4"纬度：29°17'44.4"），樊陈路以南，尹家冲路以东，东坡路以西，临湖路以北。本项目在医技综合楼二楼设介入中心，五楼中心手术室设一间 DSA 机房、在门急诊综合楼一楼设一间复合杂交手术室，在肿瘤中心负一楼设放疗科，在肿瘤中心负一楼和一楼核医学科开展核素诊断和核素治疗。

1、肿瘤中心

（1）核医学

本项目核医学位于肿瘤中心负一楼和一楼。包括核素制备场所、核素显像区和

核素治疗区。各场所建设内容如下：

①核素制备场所

本项目核医学科核素制备场所位于肿瘤中心负一楼西北侧，包括 1 间回旋加速器机房、1 间加速器前室、1 间加速器控制室、1 间合成热室、1 间质控室、1 间废弃物库以及其他辅助用房。拟使用 1 台 18MeV 的回旋加速器生产正电子核素药物。根据医院提供资料，核素制备场所生产放射性核素 ^{18}F 用于 PET 显像诊断。

②核素显像

本项目拟在肿瘤中心负一楼北侧使用非密封放射性物质 ^{18}F 和 ^{99m}Tc 开展显像诊断。核素显像区域分为三部分，分别为 ^{18}F 显像区、^{99m}Tc 显像区和医护人员区域。^{18}F 显像区设有注射窗口、注射后休息室、PET-CT 机房及控制室、PET-CT 留观室、PET-MR 机房及控制室，PET-MR 留观室；^{99m}Tc 显像区设有注射窗口、注射后休息室、2 间 SPECT 机房、控制室、SPECT 留观室。两种核素共用储源、分装室。医护人员区域包括阅片室、会议示教室、医生办公室、技师办公室等。

③核素治疗

本项目拟在肿瘤中心北塔一楼使用 ^{131}I 开展核素治疗。核素治疗区包括分装室、甲癌服药室、甲癌病房、储源室、废物间、甲功测定室、敷贴治疗室（预留）、^{125}I 粒籽储源间（环评登记备案）等。

（2）放疗科

本项目放疗科设在肿瘤中心负一楼中部，包括 1 间 TOMO 机房、6 间加速器机房、1 间射波刀机房、1 间后装机房。

2、介入中心与手术室

本项目在医技综合楼二层南侧规划一处介入中心，内设 6 间 DSA 手术室，介入中心用房主要包括 6 间 DSA 手术室、两条控制廊、更衣室、设备间及其他配套用房等。

本项目拟在门急诊综合楼一层急诊杂交手术室设一间 DSA 机房，在医技综合楼五层中心手术设一间 DSA 机房。两间手术室分别配置一台 DSA 开展介入手术。

三、密封源、非密封放射性物质及射线装置

1、密封源

本项目后装机房使用 ^{192}Ir 密封源进行放射治疗，核医学科的 PET-CT 使用 ^{68}Ge

校准源对设备校准。本项目密封源情况详见表 1-1。

表 1-1　　本项目密封源情况一览表

核素名称	初始活度（Bq）×枚数	类别	来源	用途	工作场所	备注
^{192}Ir	$3.7\times10^{11}\times2$	III类	外购	放射治疗	肿瘤中心负一楼后装机房	2 枚放射源不同时使用
^{68}Ge	$8.88\times10^{7}\times1$	Ⅴ类	设备自带	校准	核素显像储源室	桶源
^{68}Ge	$7.992\times10^{7}\times1$	Ⅴ类	设备自带	校准	核素显像储源室	棒源

2、非密封放射性物质

本项目拟使用非密封放射性物质包括 ^{18}F、^{99m}Tc、^{131}I，具体情况详见表 1-2。

表 1-2　　本项目非密封放射性物质情况一览表

核素名称	年最大用量	来源	用途	储存场所	工作场所	备注
^{18}F	$6.73\times10^{12}Bq$	自产	显像标记	肿瘤中心负一楼储源室	肿瘤中心负一楼核医学科	
^{99m}Tc	$1.73\times10^{13}Bq$	外购	显像标记			已分装
^{131}I	$2.44\times10^{12}Bq$	外购	甲功检测、甲亢、甲癌治疗	肿瘤中心北塔一楼储源室	肿瘤中心北塔一楼	

3、射线装置

本项目拟使用射线装置情况详见表 1-3。

表 1-3　　本项目射线装置参数一览表

设备名称	台数	位置	型号	设备参数	类别	备注
回旋加速器	1	肿瘤中心负一楼回旋加速器机房	Cyclone KIUBE	能量≤18MeV，束流：100μA（单束流）	II 类	新购
TOMO	1	肿瘤中心 TOMO 治疗室	Radixact Treatment De	治疗束：最大 X 射线能量 6MV CT 扫描线束：能量 3.5MV	II 类	新购
医用直线加速器	5	肿瘤中心负一楼 1 号-5 号加速器机房	待定	最大 X 射线能量 10MV	II 类	新购
赛博刀	1	肿瘤中心负一楼射波刀治疗室	CyberKnife	治疗束：最大 X 射线能量 6MV	II 类	新购
DSA	6	门急诊大楼二层介入中心 DSA 机房	待定	最大管电压：125kV 最大管电流：1000mA	II 类	新购
DSA+CT	1	门急诊综合楼一层急诊杂交手术室	待定	DSA：最大管电压：125kV 最大管电流：1000mA CT：最大管电压：140kV 最大管电流：666mA	II 类/III 类	新购
DSA	1	医技综合楼五层中心手术室 DSA 机房	待定	最大管电压：125kV 最大管电流：1000mA	II 类	新购
PET-CT	1	肿瘤中心负一楼核医学科 PET-CT 机房	待定	最大管电压：140kV 最大管电流：800mA	III类	新购
SPECT/CT	2	肿瘤中心负一楼核医学科 SPECT/CT 机房	待定	最大管电压：140kV 最大管电流：800mA	III类	新购

四、人员配备

1、核医学

①核素制备场所

本项目核素制备场所拟配备 3 名放射工作人员。

②核素显像区

分装注射工作人员 4 人，PET-CT、PET-MR 操作人员各（负责摆位）2 人，每台 SPECT-CT 操作人员（负责摆位）2 人，共 4 人。核素显像区放射工作人员共 12 人。

③核素治疗区

分装工作人员 2 人，医生 3 人，病房工作人 4 人。核素治疗区放射工作人员共 9 人。

2、放疗科

放疗科物理师 2 人，每台设备按 2 人配备，则放疗科放射工作人员共 18 人。

3、介入中心及手术室

本项目每台 DSA 配 4 组手术医生，每组 2 名，每台设备配 2 名技师，共 8 台设备，技术中心及手术室放射工作人员共 80 人。

1.4 产业政策符合性与实践正当性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目使用的密封源、非密封放射性物质、回旋加速器、TOMO、医用直线加速器、赛博刀属于鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，DSA 属于鼓励类第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，符合国家产业政策。本项目按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性的要求”。

1.5 项目选址及周边环境

岳阳市中心医院新院区位于岳阳市南湖新区赶山片区畈中村尹家冲水库地块，新院区周围尚未开发。本项目核医学科、放疗科位于新院区肿瘤中心负一楼和一楼，介入中心位于以及综合楼二层南侧，急诊杂交手术室位于门急诊综合楼一层，中心手术室位于医技综合楼五层。项目地理位置图见附图 1，各涉源场所平面图详见附图 4。肿瘤中心东侧为医技综合楼和住院楼，南侧是医院行政办公楼，西侧是道路，北侧是门急诊综合楼。

1.6 现有核技术利用项目情况

1、现有许可种类和范围

医院现有辐射安全许可证编号为湘环辐证[00047]，许可种类和范围：使用III类放射源；使用Ⅱ类、III射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。现有放射源情况见表 1-4，现有非密封放射性物质见表 1-5，现有射线装置见表 1-6 。目前本部住院楼负一楼核医学科正在办理退役手续，

表 1-4　　现有放射源情况一览表

核素	类别	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	活动种类
^{192}Ir	III类	$3.7\times10^{11}/3.7\times10^{11}\times2$	使用

表 1-5　　现有非密封放射性物质情况一览表

序号	工作场所	场所等级	核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类
1	本部住院楼负一楼核医学科	乙级	Sr-89	2.96×10^{7}	4.44×10^{10}	使用
2	本部住院楼负二楼 SPECT 中心	乙级	Mo-99（Tc-99m）	2.2×10^{7}	2.96×10^{12}	使用
3	本部住院楼负一楼核医学科	乙级	I-131	3.89×10^{9}	2.61×10^{12}	使用
4	本部住院楼负一楼放疗中心	丙级	I-125（粒子源）	3.7×10^{6}	3.7×10^{11}	使用

表 1-6　　现有射线装置一览表

序号	装置名称	型号	类别	场所	活动种类
1	医用直线加速器	Infinity	II类	本部门诊楼负一楼放疗中心	使用
2	大型平板 C 臂数字减影心血管造影系统	Allura Xper FD20	II类	本部住院楼四楼介入室	使用
3	全身用 X 射线计算机体层摄影装置（大孔径 CT）	GE16 排 discover CT590RT	III 类	本部门诊楼负一楼放疗中心	使用
4	X 射线计算机体层摄影设备	SMOATOM Definition Flash	III 类	本部住院楼二楼 CT 室：CT3 室	使用

5	全身 X 射线计算机体层扫描装置	Optima CT540	III 类	本部住院楼负一楼影像中心：CT4 室	使用
6	全身 X 射线计算机体层扫描装置	Optima CT680 Expert	III 类	本部住院楼一楼 CT 室：CT2 室	使用
7	全身 X 射线计算机体层扫描装置	SOMATOM Emotion 16-slice configuration	III 类	本部住院楼一楼 CT 室：CT1 室	使用
8	移动式 C 形臂 X 射线机	OEC 9900 Elite	III 类	本部住院楼八楼大手术室	使用
9	移动式 C 形臂 X 射线机	Cios Select S1	III 类	本部住院楼八楼大手术室	使用
10	移动式 C 形臂 X 射线机	Cios Select S1	III 类	本部住院楼八楼大手术室	使用
11	移动式 X 射线摄影机	DRXR-1	III 类	本部住院楼负一楼影像中心	使用
12	数字化医用 X 射线摄影系统	FUJIFILM DR CALNEO	III 类	本部住院楼负一楼影像中心：1 号机房	使用
13	医用 X 射线摄影装置	Digital Diagnost	III 类	本部住院楼负一楼影像中心：2 号机房	使用
14	数字化多功能透视/摄片系统	Uni-Vision	III 类	本部住院楼负一楼影像中心：3 号机房	使用
15	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 370i	III 类	本部住院楼负一楼影像中心	使用
16	牙科 X 射线机	EPX-200	III 类	本部综合楼一楼口腔科	使用
17	大型平板C臂数字减影心血管造影系统	Artis Zee Ceiling	II类	东院住院部一楼介入室	使用
18	全身 X 射线计算机体层扫描装置	SOMATOM Emotion 16-slice configuration	III 类	东院住院部一楼影像中心：CT1 室	使用
19	全身 X 射线计算机体层扫描装置	Revolution CT	III 类	东院住院部一楼影像中心：CT2 室	使用
20	X 射线计算机体层摄影系统（CT）	ANATOM 16 HD	III 类	东院住院部一楼影像中心：CT3 室	使用
21	骨密度仪	Explorer	III 类	东院住院部一楼影像中心：骨密度测定室	使用
22	数字乳腺 X 射线摄影系统	Selenia Dimensions	III 类	东院门诊楼二楼乳甲中心	使用
23	移动式 X 射线摄影机	SM-50HF-B-D	III 类	东院门诊楼四楼体检中心	使用
24	移动式 C 形臂 X 射线机	Brivo OEC 715	III 类	东院住院部五楼手术室	使用
25	医用 X 射线摄影装置	AXIOM Aristos VX plus	III 类	东院住院部一楼影像中心：照片 1 室	使用
26	口腔 X 射线数字化体层摄影设备（口腔 CT）	Pan eXam plus	III 类	本部综合楼一楼口腔科	使用
27	单光子发射断层及 X 射线计算机体层摄影成像系统 SPECT/CT	Discovery NM/CT 670	III 类	本部住院楼负二楼 SPECT 中心	使用

2、现有放射工作人员

医院院现有辐射工作人员 231 名，通过现场调查及查阅资料，医院放射工作人

员情况统计详见表 1-7。

表 1-7　　现有放射工作人员情况统计一览表

序号	姓名	性别	2021 年剂量	辐射安全培训证书编号	体检日期	是否可以继续从事放射工作

42

251	张[illegible]	男	0.04	[illegible]	2020.5	是

由上表可知，医院现有放射工作人员全部配备了个人剂量卡并开展了职业健康体检，其中 169 名工作人员体检时间是 2020 年 5 月，医院应尽快安排这部分工作人员进行职业健康体检。14 名放射工作人员无培训证书。

3、现有放射工作场所管理情况

①警示标识：有效；防护门上方设有工作状态指示灯；防护门上粘贴有电离辐射警示标识。

②机房内通风：有效；机房设置了排风装置，正常运行下，能够保持良好通风，室内空气状况良好。

③防护用品：齐全；医院按照相关要求配备了防护用品。现有防护用品可满足目前放射工作需要。

④放射工作人员个人档案由专人管理；所有的放射工作人员都进行了职业健康体检；佩戴了个人剂量计，并定期送检。

⑤医院自从事放射工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，未发生过辐射安全事故。

⑥医院已制定各操作规章制度，辐射防护和安全保卫制度、培训计划以及辐射事故应急预案等，并将部分制度上墙。

⑦医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理。

4、现有放射工作存在问题

（1）医院对于体检结果为脱离放射工作岗位工作人员无正式文件。

（2）从体检报告结果可以看出对于放射工作必检项目有弃检情况。

（3）14 名放射工作人员无培训证书。

（4）169 名放射工作人员职业健康体检到期。

5、现有放射工作存在问题的整改措施

（1）对于需要脱离放射工作岗位的人员应出具调理岗位的文件.

（2）加强职业健康体检的宣传，使每名放射工作人员意识到职业健康体检的重要性。

（3）尽快安排无培训证书的工作人员参加考试。

（4）正在组织安排体检到期的放射工作人员体检事宜。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{192}Ir	$7.4\times10^{11}/3.7\times10^{11}\times2$	III类	使用	放射治疗	肿瘤中心负一楼后装机房	后装机屏蔽体内，治疗时出源	/
2	^{68}Ge	$8.88\times10^{7}/8.88\times10^{7}\times1$	Ⅴ类	使用	校准	肿瘤中心负一楼核医学科 PET-CT 机房	肿瘤中心负一楼核医学科储源室	/
3	^{68}Ge	$8.88\times10^{7}//7.992\times10^{7}\times1$	Ⅴ类	使用	校准	肿瘤中心负一楼核医学科 PET-CT 机房	肿瘤中心负一楼核医学科储源室	/
	以下空白							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{18}F	液体，低毒，半衰期 109.8min	生产、使用	1.11×10^{10}	1.11×10^{7}	2.89×10^{12}	显像	很简单操作	肿瘤中心负一楼核医学科	肿瘤中心负一楼核医学科储源室
2	^{99m}Tc	液体，低毒，半衰期 6.02h	使用	6.66×10^{10}	6.66×10^{7}	1.73×10^{13}	显像	很简单操作		
3	^{131}I	液体，中毒，半衰期 8.02d	使用	3.52×10^{10}	3.52×10^{9}	2.44×10^{12}	治疗	简单操作	肿瘤中心北塔一楼	肿瘤中心北塔一楼储源室
		以下空白								

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
1	回旋加速器	II 类	1	待定	质子	18		核素制备	肿瘤中心负一楼回旋加速器机房	
2	TOMO	II 类	1	Radixact Treatment De	电子	6	1m 处最大剂量率 636Gy/h	放射治疗	TOMO 治疗室	
3	医用直线加速器	II 类	5	待定	电子	10		放射治疗	肿瘤中心负一楼 1 号-5 号加速器机房	
4	射波刀		12	CyberKnife	电子	6		放射治疗	肿瘤中心负一楼射波刀治疗室	
	以下空白									

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	6	待定	125	1000	介入诊疗	门急诊大楼二楼介入中心 DSA 机房	拟购
	DSA+CT	II类/III类	1	待定	125/140	1000/666	介入诊疗	门急诊综合楼一层急诊杂交手术室	拟购
	DSA	II类	1	待定	125	1000	介入诊疗	医技综合楼五层中心手术室 DSA 机房	拟购
2	PET-CT	III类	1	待定	140	800	扫描显像	肿瘤中心负一楼核医学科 PET-CT 机房	拟购
3	SPECT/CT	III类	2	待定	140	800	扫描显像	肿瘤中心负一楼核医学科 SPECT/CT 机房	拟购

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（KV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
	无												
	以下空白												

表 5 废弃物（重点是放射性废物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役的放射源	固态	^{192}Ir、^{68}Ge					退后暂存与铅罐内，放在储源室	由供源单位回收
放射性废水	液态	^{18}F、^{99m}Tc、^{131}I					贮存于衰变池	在衰变池停留达到排放标准后排入医院污水处理站做进一步处理，再排入城市污水管网
放射性固体废物	固态	^{18}F、^{99m}Tc、^{131}I					按核素分类收集，存放于废物暂存间内专用衰变箱	达到清洁解控水平后，作为医疗废物处理
放射性废气	奇台	^{18}F、^{99m}Tc、^{131}I						活性炭吸附后经抓弄管道引至楼顶排放
以下空白								

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位未 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/m^2）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	1、《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2014 年修订，2015 年 1 月 1 日施行）； 2、《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 24 号 2018 年修正，2018 年 12 月 29 日施行）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日施行）； 4、《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 6 月 21 日修订，2017 年 10 月 1 日起实施）； 5、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，2019 年 3 月 2 日修订实施）； 6、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）； 7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环保总局第 31 号令，2017 年 12 月 20 日经《环境保护部关于修改部分规章的决定》（环境保护部令第 47 号）修改，2019 年 8 月 22 日经《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令第 7 号）修改，2021 年 1 月 4 日经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》（生态环境部令第 20 号）修改）； 8、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行）； 9、关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）； 10、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环保总局公告[2006]第 145 号）； 11、《产业结构调整指导目录》（2019 年本）； 12、《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日）； 13、《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）；

	14、《关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号）； 15、《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起实施）。
技术标准	1、《建设项目环境影响评价技术导则-总纲》（HJ2.1-2016）； 2、《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1－2016）； 3、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 4、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 5、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 6、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； 7、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 8、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）； 9、《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)； 10、《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； 11、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 12、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； 13、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； 14、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）； 15、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）； 16、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ放射源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）； 17、《临床核医学的患者防护与质量控制规范》（GB16361-2012）； 18、《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； 19、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB18466-2005）； 20、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）；

	21、《10MeV-20MeV 范围内固定能量强流质子回旋加速器》（GB/T34127-2017）
其他	1、环境影响评价委托书（见附件 1）； 2、李德平、潘自强主编《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》、《辐射防护手册 第三分册 辐射安全》，原子能出版社，1987 年； 3、《放射防护使用手册》，济南出版社，2009 年； 4、《辐射防护导论》，原子能出版社，1991 年； 5、医院提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目属于医院核技术利用项目，根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1－2016）中“第 1.5 评价范围和保护目标：以项目实体边界为中心，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于Ⅰ类放射源或Ⅰ类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”。

本项目放射性药物生产及非密封放射性物质工作场所为乙级，放射源机房及各射线装置机房有实体屏蔽，因此本项目评以核医学科实体边界为中心，取半径 50m 的范围，放射源机房及各射线装置机房实体屏蔽边界外 50m 的为评价范围。评价范围示意图见图 6。

保护目标

本次辐射环境影响评价的环境保护目标为：本项目从事辐射工作的人员以及评价范围内相邻区域的公众。根据本项目射线装置机房布局及外环境特征，确定本项目环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1　　环境保护目标一览表

污染源		方位	功能	影响人群	距离	规模
核医学	肿瘤中心负一楼核素制备区	场所内	控制室、质控室等	核医学工作人员	/	3 人
		楼上	绿化、道路、候诊厅、空压机房等	公众	紧邻	约 50 人
		楼下	土层	/	/	/
		东侧	新风机房、电梯厅等	公众	紧邻-13m	约 50 人
			核医学科核素显像区	核医学工作人员	13-50m	12 人
		南侧	放疗科区域、下沉庭院等	放疗科工作人员、公众	紧邻-50m	放疗科工作人员 18 人、公众约 50 人
		西侧	土层	/	/	/
		北侧	地下车库	公众	紧邻-50m	约 20 人
	肿瘤诊疗中心负一楼核素显像区	场所内	药物分装、注射、机房控制室等	核医学工作人员	/	12 人
		楼上	核医学科核素治疗区、高压氧舱等	核医学工作人员、公众	紧邻	核医学工作人员 9 人、公众约

						50 人
		楼下	土层	/	/	/
		东侧	核医学门厅、下沉庭院等	公众	紧邻-30m	约 50 人
			餐厅、空调机房等	公众	30-50m	约 100 人
		南侧	下沉庭院、放疗科等	放疗科工作人员、公众	紧邻-50m	放疗科工作人员 18 人、公众约 50 人
		西侧	新风机房、电梯厅等	公众	紧邻-13m	约 50 人
			核医学科核素制备区	核医学工作人员	13-50m	3 人
		北侧	地下车库、配电小间等	公众	紧邻-50m	约 20 人
	肿瘤诊疗中心一楼核素治疗区	楼上	病房、护士站、医生办公室等	公众	紧邻	约 30 人
		楼下	核医学科核素显像区	核医学工作人员	紧邻	12 人
		东侧	普通病房、诊室、医生办公室等	公众	紧邻-50m	约 80 人
		南侧	办公室、机房、电梯厅等	公众	紧邻-50m	约 50 人
		西侧	高压氧舱、诊室、办公室等	公众	紧邻-50m	约 50 人
		北侧	绿化、道路等	公众	紧邻-50m	约 20 人
放射治疗	肿瘤诊疗中心负一楼 TOMO 治疗室、后装治疗室	楼上	绿化、道路	公众	紧邻	约 5 人
		楼下	土层	/	/	/
		东侧	配电小间、空调机房、下沉庭院等	公众	紧邻-50m	约 50 人
		南侧	控制室、设备间等放疗科区域	放疗科工作人员、公众	紧邻-28.5m	放疗科工作人员 18 人、公众约 50 人
			总务库房、加压机房等	公众	28.5-50m	约 5 人
		西侧	病理科库房	公众	紧邻-3.6m	约 5 人
			土层	/	3.6-50m	/
		北侧	核医学科、新风机房、电梯厅等	核医学工作人员、公众	紧邻-50m	核医学工作人员 15 人、公众约 50 人
	肿瘤诊疗中心负一楼 1-5 号加速器机房、射波刀治疗室	楼上	绿化、道路	公众	紧邻	约 20 人
		楼下	土层	/	/	/
		东侧	咨询接诊室、放疗科候诊大厅等	公众	紧邻-50m	约 50 人
		南侧	总务库房、加压机房等	公众	紧邻-32m	约 5 人
			土层	/	32-50m	/
		西侧	病理科库房	公众	紧邻-3.6m	约 5 人
			土层	/	3.6-50m	/
		北侧	控制室、设备间等放疗科区域	放疗科工作人员、公众	紧邻-28.7m	放疗科工作人员 18 人、公众 5

						约 0 人
			核医学科、空气压缩机房、电梯厅等	核医学工作人员、公众	28.7-50m	核医学工作人员 10 人、公众约 50 人
介入放射学	门急诊综合楼一楼急诊杂交手术室	室内	手术室内	介入工作人员	/	8 人
		楼上	库房、医护工作站	公众	紧邻	约 5 人
		楼下	地下车库	公众	紧邻	约 20 人
		东侧	控制室、处置室、医护缓冲	介入工作人员	紧邻-3m	4 人
			治疗室、库房、诊室、办公室等	公众	紧邻-50m	约 100 人
		南侧	培训室、值班室、更衣室、办公室等、室外道路等	公众	紧邻-50m	约 50 人
		西侧	库房、设备间、急救大厅、停车场等	公众	紧邻-50m	约 30 人
		北侧	抢救室、值班室、护士站等、室外道路等	公众	紧邻-50m	约 80 人
	医技综合楼二楼介入中心	室内	手术室内	介入工作人员	/	约 48 人
		楼上	办公室、值班室等	公众	紧邻	约 30 人
		楼下	配套用房理发店、餐饮、便利店等	公众	紧邻	约 100 人
		东侧	设备间、家属等候大厅等	公众	紧邻-50m	约 20 人
		南侧	控制廊	介入工作人员	紧邻-2.6m	6 人
			临空	/	2.6-50m	/
		西侧	设备间、库房等	公众	紧邻-50m	约 20 人
		北侧	控制廊	介入工作人员	紧邻-2.6m	6 人
			医疗街、实验室等	公众	2.6-50m	约 50 人
	医技综合楼五楼杂交手术室	室内	手术室内	介入工作人员	/	8 人
		楼上	天台	人员不可达	/	/
		楼下	仪器库、走廊	公众	紧邻	约 3 人
		东侧	控制室、手术室、库房等	放射工作人员、公众	紧邻-50m	放射工作人员 8 人、公众约 20 人
		南侧	手术室、办公室等	公众	紧邻-50m	约 100 人
		西侧	物资库、气瓶间等	公众	紧邻-50m	约 10 人
		北侧	手术室、库房等	公众	紧邻-50m	约 50 人

注：楼上、楼下只考虑相邻楼层

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）（节选）：

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全性。

（1）剂量限值

第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。

不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv 作为职业照射剂量限值。

根据预估工作量，医院将核医学科以及 DSA 介入工作人员（进入手术室）的剂量管理目标值设为 5.0mSv/a，放疗科放射工作人员及 DSA 操作室放射工作人员剂量管理目标值设为 2.0mSv/a。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a）年有效剂量：1mSv；

b）特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

c）眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d）皮肤的年当量剂量，50mSv。

结合医院实际情况，放射工作场所周围非放射医务人员及其他人员的剂量管理目标值为 0.1mSv/a。

2、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）（节选）

6. X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用

线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房的防护要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（本报告中表 7-2）的规定。本项目 DSA 机房参照单管头 X 射线设备机房的要求。

表 7-2　　X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 m^2	机房内最小单边长度 m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
双管头或果罐头 X 射线设备（含 C 形臂）	30	4.5
单管头 X 射线设备（含 C 形臂、乳腺 CBCT）	20	3.5

6.2　X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3（本报告中表 7-3）的规定。

表 7-3　　不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（本报告中表 7-3）的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

c）具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的

周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。

6.4　X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2　机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3　机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4　机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5　平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6　电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7　受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.10　机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5　X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1　每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（本报告中表 7-4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3　除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4　应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5　个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-4　　个人防护用品和辅助防护设施配置要求（节选介入相关）

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施

介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套， 选配:铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床边防护帘/床侧防护屏 选配:移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套 选配:铅橡胶帽子	——
注 1：“—”表示不做要求。 注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

3、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）（节选）

5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，

给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/h；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附录 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 7-5。

表 7-5　　核医学科工作场所放射性表面污染控制水平（节选）

表面类型		β 放射性物质（Bq/cm^2）
工作台、设备、墙壁、地面	控制区（高污染子区除外）	40
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

7.2 患者出院的管理要求

7.2.1 接受 ^{131}I 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 方可出院，以控制该患者家庭与

公众成员可能受到的照射。对接受其他放射性药物治疗的患者仅当患者体内放射性活度低于附录 L 中 L.2 要求时才能出院。患者体内活度检测控制应按附录 L 中 L.3 推荐的方法进行。

7.2.2 对甲亢和甲状腺癌患者,出院时应按附录 L 中 L.4 给出接触同事和亲属及到公众场所的合理限制和有关防护措施（限制接触时间及距离等）的书面建议。

10 ^{131}I 治疗患者住院期间的放射防护要求

10.1 场所放射防护要求

10.1.1 ^{131}I 治疗病房区应为相对独立的场所，病房区入口处应设缓冲区。患者住院后，只能在治疗区活动。

10.1.2 ^{131}I 治疗病房区应有独立的通风系统，通风管道应有过滤装置，并定期更换，更换的过滤装置按放射性固体废物处理。

10.1.3 ^{131}I 治疗住院患者的排泄物不应直接排到医院的公共污水管道，应先经过衰变池的衰变。下水管道宜短，露出地面的部分应进行防护和标记。

10.1.4 病房内应设置患者专用厕所和淋浴间，厕所内应有患者冲厕所和洗手的提示。

10.1.5 病房可设置采光窗，采光窗应进行必要的防护，使其符合 5.3.1 要求。

10.1.6 分装室与给药室之间药物传递应便捷，分装好的 ^{131}I 宜采用机械或自动、半自动的方式传递到给药室，给药过程应有监控。分装室应设置工作人员通过间，通过间应配备表面污染检测及剂量率检测仪表及清洗设施。

10.1.7 施用了 ^{131}I 治疗药物的患者如需住院应使用专用病房。专用病房宜为单人间，如不能实现，每间病房最多不应超过 2 人，并且 2 人之间应设置适当的防护屏蔽。

10.1.8 病房中应配备对讲、监控等设施。

10.1.9 患者使用过的被服应先进行存放衰变，衰变至少一个半衰期再进行清洗。

10.1.10 在 ^{131}I 病房场所应使用专用的保洁用品，不能和其他场所(包括核医学其他放射性场所)混用，病房区域内应有存放及清洗保洁用品的场所。

10.2 治疗期间的放射防护要求

10.2.1 宜订购按照患者人份分装的 ^{131}I 药物，如果需要分装，则应配备分装防

护通风厨，宜采用自动分装、机械手分装或半自动分装。

10.2.2 治疗前应和患者签署知情同意书。

10.2.3 除医护人员之外的人员不应进入病房。

10.2.4 向病房内传递生活必需品，应通过病房外的缓冲区传递。

10.2.5 2 名及以上患者不宜近距离接触或者集聚。

10.2.6 给药过程中应提供防污染措施。

10.2.7 医护人员宜通过视频及对讲进行查房等医疗活动。当医护人员必须进入专用病房对患者进行救治时，应穿戴个人防污染用品。

10.2.8 病房区域内应配备测量患者体内活度的设备或可测量周围剂量当量率的仪器，按照 7.2 的要求进行出院管理。

10.2.9 应减少放射性废物的产生量。患者食物宜选用产生废物少的食材。

附录 K，个人防护用品和应急去污用品

K.1 个人防护用品

个人防护用品见表 K.1（本次评价报告表的表 7-6）。

表 7-6　　个人防护用品（节选）

场所类型	工作人员		患者或受检者
	必备	选备	
普通核医学和 SPECT 场所	铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	—
正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所	放射性污染防护服	—	—

K.2 应急及去污用品：主要包括下列物品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂和硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。

4、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）（节选）

4 总则

4.4.2 剂量约束值 23

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α 表面污染小于 0.08Bq/cm2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

b）所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

c）含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 4Bq/cm^2、其他 α 发射体应小于 0.4Bq/cm^2。

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

7.3 液态放射性废物的管理

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；

b）所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于 1 Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

7.4 气态放射性废物的管理

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

5、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）（节选）

6 工作场所放射防护要求

6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室,尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路；γ刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房

均应设置迷路。

6.2 空间、通风要求

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。

6、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）（节选）

4.一般要求

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

a）一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5 mSv/a。

b）公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。

5 选址、布局与分区要求

5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。

5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

表 8 环境质量和辐射现状

辐射现状

1、监测点位布置情况

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），我公司于 2022 年 4 月 26 日对本项目评价所在地进行了γ辐射剂量率、β表面污染现状监测工作；并委托湖南华中宏泰检测评价有限公司对本项目评价所在地进行了中子剂量当量率现状监测。γ辐射剂量率、β表面污染监测布点示意图见图 8-1，中子剂量当量率监测布点示意图见图 8-2，检测仪器情况见表 8-1。

表 8-1　　检测所使用的仪器情况

检测仪器	仪器名称	环境级 X、γ剂量率仪	表面沾污仪	中子周围剂量当量率仪
	仪器型号	XH-2020	CoMo170	ATKN
	出厂编号	2013030071	8839	17611
	量程	0.001-1000μSv/h	α：1-3000cps； β/γ：1-20000cps	0.1 μSv/h～10 mSv/h
	检定单位	中国计量科学研究院	中国计量科学研究院	中国计量科学研究院
	校准证书编号	DLjl2021-16030	DLhd2021-14057	DLjs2021-12427
	检定有效期	2021 年 7 月 20 日 -2022 年 7 月 19 日	2021 年 11 月 10 日 -2022 年 11 月 9 日	2021 年 12 月 7 日 -2022 年 12 月 6 日

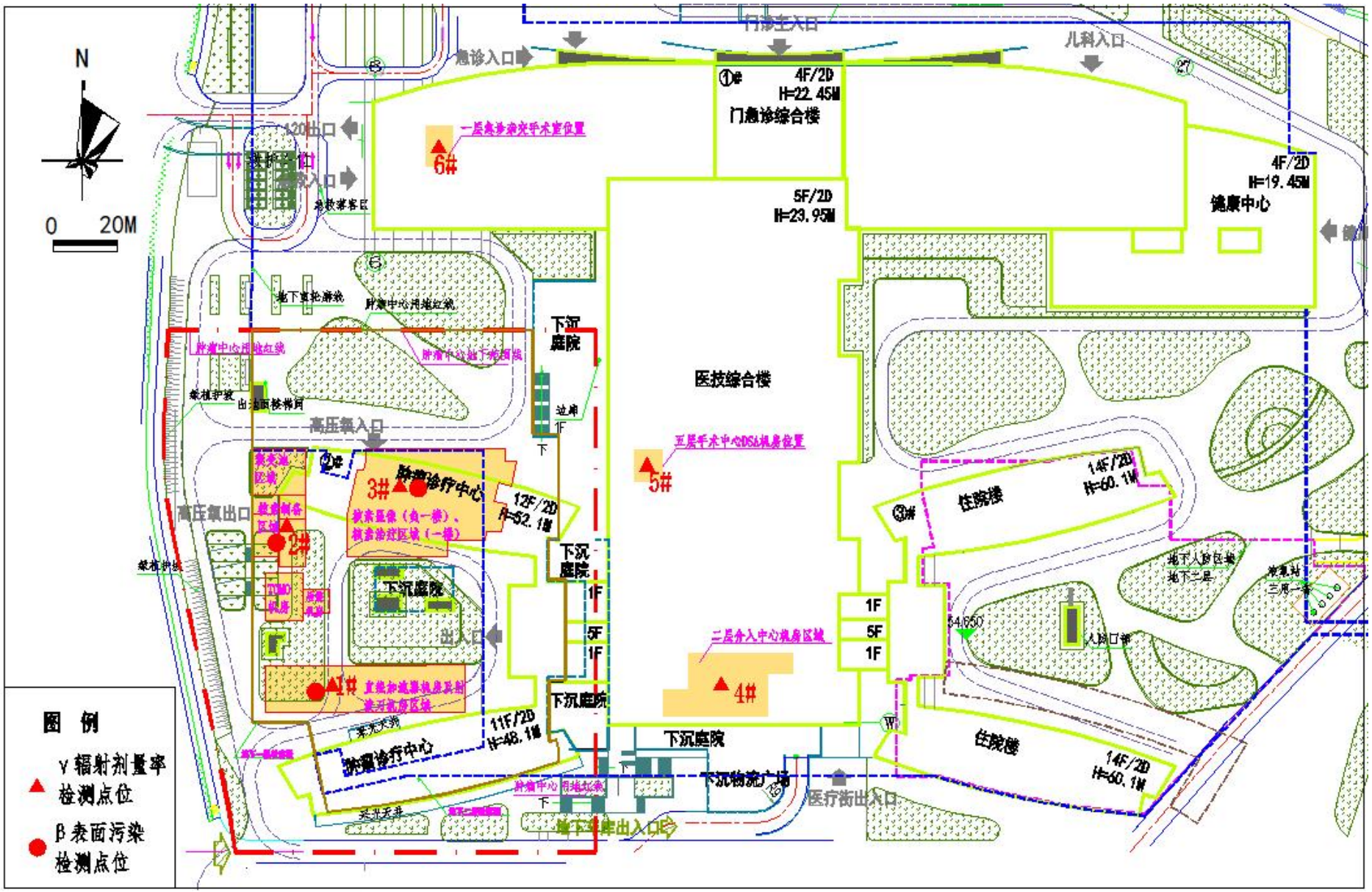


图 8-1　　γ辐射剂量率、β表面污染监测布点示意图

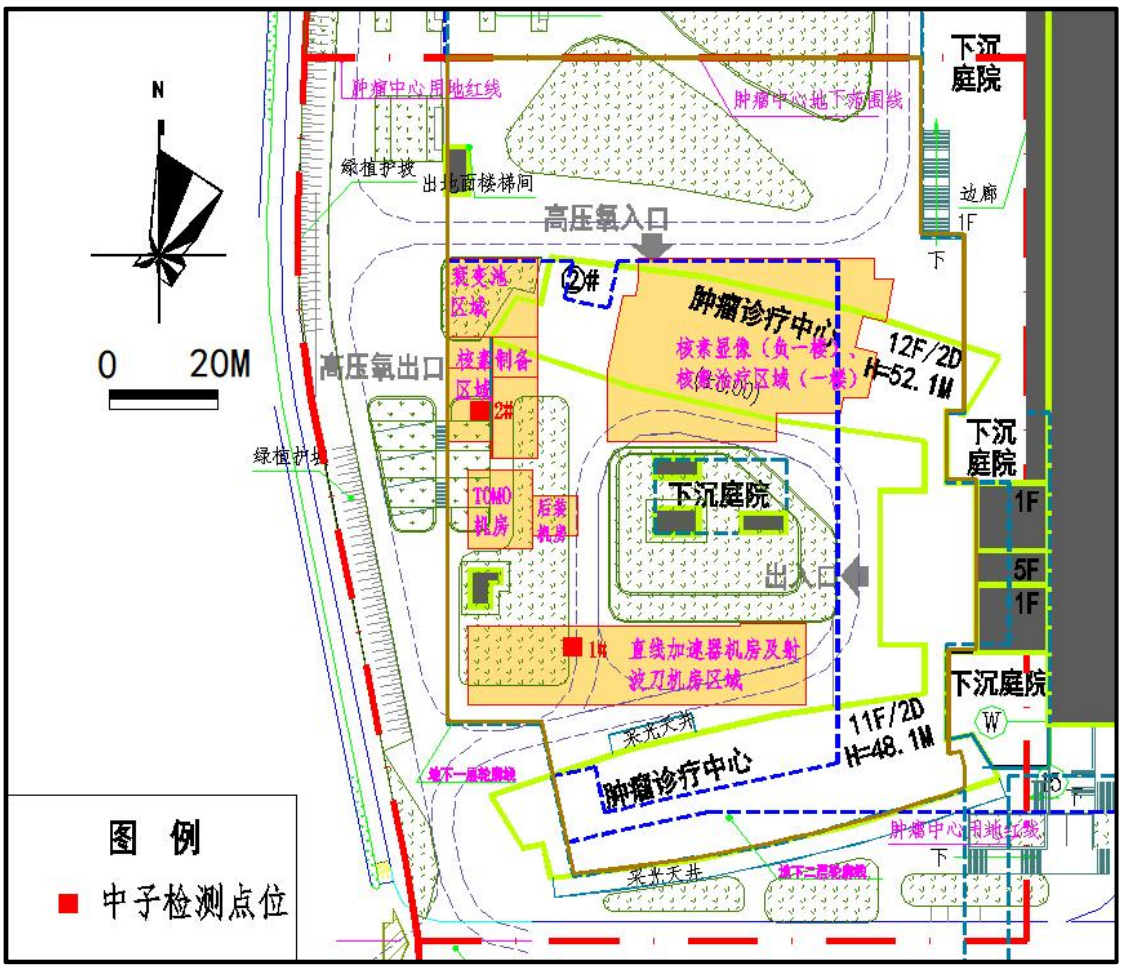


图 8-2　中子剂量当量率监测布点示意图

2、监测方案及质量保证

（1）监测目的

掌项目拟建场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众及周围环境的影响提供基础数据。

（2）监测依据

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

《表面污染测定 第 1 部分: β发射体（Eβmax>0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）。

（3）质量保证

该项目测量所用的仪器性能参数符合国家标准方法的要求，有有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。数据分析及处理采用国家标准中

相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行数据处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

（4）监测因子

本项目监测因子：γ辐射剂量率、β表面污染、中子剂量当量率

（5）监测结果

γ辐射剂量率监测结果见表 8-2，β表面污染监测结果见表 8-3，中子剂量当量率监测结果见表 8-4。

表 8-2　　γ辐射剂量率监测结果一览表

序号	监测点位	监测结果(μSv/h)
1#	加速器机房拟建位置	0.13
2#	回旋加速器机房拟建位置	0.13
3#	核医学科拟建位置	0.12
4#	介入中心拟建位置	0.10
5#	医技综合楼杂交手术室拟建位置	0.11
6#	门急诊综合楼杂交手术室拟建位置	0.11

注：以上监测数值未扣除宇宙射线响应

表 8-3　　β表面污染监测结果一览表

序号	监测点位	监测结果(μSv/h)
1#	加速器机房拟建位置	＜MDL
2#	回旋加速器机房拟建位置	＜MDL
3#	核医学科拟建位置	＜MDL

注：探测下限 MDL=0.17Bq/cm^2

表 8-4　　中子剂量当量率监测结果一览表

序号	监测点位	监测结果(μSv/h)
1#	加速器机房拟建位置	＜MDL
2#	回旋加速器机房拟建位置	＜MDL

注：探测下限 MDL=0.1μSv/h

由表 8-2 可知，本项目所在地环境γ辐射剂量率监测结果值范围为 0.10~0.13μSv/h（未扣除宇宙射线的影响）。根据 GB18871-2002 附录 J（4.5-4.7），当量剂量（Sv）等于吸收剂量（Gy）乘以辐射权重因子（辐射种类为光子时，辐射权重因子取 1）。经单位转换，本项目所在地环境γ辐射剂量率监测结果值范围为 0.10~0.13μGy/h（未扣除宇宙射线的影响），属于岳阳市天然辐射范围内（室外平 0.0644~0.1769μGy/h 数据来源于《湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，1991 年）。β表面污染和中子剂量当量率均未检出。项目拟建地辐射环境质量在本底范围。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

岳阳市中心医院核技术利用项目涉及核医学科、放疗科和介入中心，核医学科分为三个乙级非密封放射性工作场所，分别为核素制备场所、核素显像区和核素治疗区，涉及的非密封放射性核素包括 ^{18}F、^{99m}Tc 和 ^{131}I。放疗科设 10 间射线装置机房、1 间模拟 MRI 机房以及配套用房，射线装置机房分别为 1 间 TOMO 机房、6 间加速器机房、1 间后装机房，2 间 CT 模拟定位机房（环评登记备案），本次评价的射线装置包括 1 台 TOMO、5 台直线加速器、1 台射波刀和 1 台后装机（^{192}Ir）。介入中心设 6 间 DSA 手术室，每间机房安装 1 台 DSA 开展介入诊疗。项目组成及工程分析如下：

1、核医学科

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日施行），满足以下特点的放射性药品生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：

（1）有相对独立、明确的监督区和控制区划分；

（2）工艺流程连续完整；

（3）有相对独立的辐射防护措施。

本项目核素制备场所、核素显像与核素治疗有各自满足相对独立、具有明确的监督区和控制区划分，工艺流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施，因此，将整个核医学科分为三个单独场所进行评价。

（一）核素制备场所

核素制备分为药物生产、化学合成及分装两部分。

（1）设备组成

①药物生产设备参数

回旋加速器数量：1 台；型号：Cyclone KIUBE；能量：≤18MeV；束流：单束流，100μA；加速粒子：质子。

②药物生产设备组成

本项目拟配置的 Cyclone KIUBE 回旋加速器主要由控制系统、磁场系统、射频系统、真空系统、离子源系统、束流提取系统、靶系统和冷却系统等组成，各系统的主要作用如下：

控制系统：进行回旋加速器的自动操作，进行联锁管理和安全控制。

磁场系统：由上下磁轭、线路极片、磁场线圈、磁场电源等组成，其作用就是提供偏转力使束流维持在上下磁极之间中心平面的准环形轨迹上。磁场线圈使束流在上下磁极之间加速。磁场非匀场，而是采用深谷设计，对束流粒子在加速的中心层面提供了强聚焦力，引导粒子返回中心层面，产生高的束流引出效率。

射频系统：包括监测与控制元件、频率合成器、中级放大器、RF 电源振幅器、共轴透射线、耦合网络和 D 型盒结构等，其作用就是对 D 型盒提供一交替的高电压电势，并将能量转至 H- 离子。随着束流加速得到能量，其轨道半径逐渐增加，这种轨迹被称为准螺旋形。当束流到达提取半径时，其能量也将达到预定能量。正常工作时，射频频率自动受 RF 控制元件调整以维持 D 型盒结构的共振。

真空系统：包括真空室、排气泵、仪表和控制元件等。真空仪表和控制元件用于监测并显示真空室的压力以及在系统出现故障时对仪器起到保护作用。真空室需要连续不断地抽气以排除来源于离子源及真空室内表面的气体。

离子源系统：包括离子源、ARC 源、偏向电源与氢气流量控制器等。离子源产生 H^-离子，在正常操作中不需要进行调试或干预性操作。离子源存在电势差，用于电离氢气形成等离子浓聚体。进入离子源的氢气流量由电子质流控制器调控以与变化的离子源和加速器运行条件相匹配。等离子体的电源（或 ARC）由电流调节的开关型电源提供，在正常运行时，控制系统调节离子源的 ARC 电流以维持期望的靶电流。

束流提取系统：包括一个或者两个束流提取器。其作用就是当 H- 通过碳提取膜时，剥离其与氢核结合松散的两个电子，从而使束流由负电性变成正电性。

靶系统：是完成特定核反应而产生正电子核素的装置，一般包括靶体、准直器、靶膜、管路阀门等。靶材料通常包括液态、气态和固态靶三种类型。本项目使用液态靶（制备 ^{18}F），需要工作人员定期进入加速器机房添加靶水。

冷却系统：从不同系统中将热量带出，带出的热量在二级冷却系统中进行热交换，并将热量传送到初级冷却系统。

③化学合成及分装

该系统包括合成分装模块以及相应的一起设备，用于合成和分装核素的药物。回旋加速器打靶产生的放射性核素由屏蔽输送管道直接输送到合成热室内的合成

分装模块中，由自动合成装置进行药物合成。化学合成系统是在计算机控制下自动化地完成药物的合成。

（2）工作原理

回旋加速器通过电流和磁场使带电粒子得到加速轰击靶核后引起的核反应生产放射性核素。在回旋加速器中心部位的离子源（Ion Source）经高压电弧放电而使气体电离发射出粒子束流，该粒子束流在称为 Dees 的半圆形电极盒（简称 D 型盒）中运动。D 型盒与高频振荡电源相联为加速粒子提供交变的电场。在磁场和电场的作用下被加速的粒子在近似于螺旋的轨道中运动飞行。带电粒子经多次加速后，圆周轨道直径达到最大而接近 Dees 的边缘并具有最大的能量，在该点粒子经过束流提取系统的剥离碳膜。被加速的负粒子在通过碳膜期间被脱去二个电子，变成带正电的阳离子，此时，在磁场中粒子的运行轨道是逆时针方向偏转，直接将具有最大能量的带电粒子从真空室引出，通过调整提取膜的位置使引出的束流引导进入所确定的同位素生产靶系统，以一定的初始速度轰击靶体内填充的物质引发核反应。根据靶物质的不同，该系统在离子加速打靶后可完成临床上所需要的放射性同位素。回旋加速器可完成临床上所需要的 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{15}O、^{64}Cu、^{89}Zr、^{124}I 等放射性同位素。本项目加速器生产放射性同位素 ^{18}F 作为标记示踪剂。回旋加速器工作原理见图 9-1。

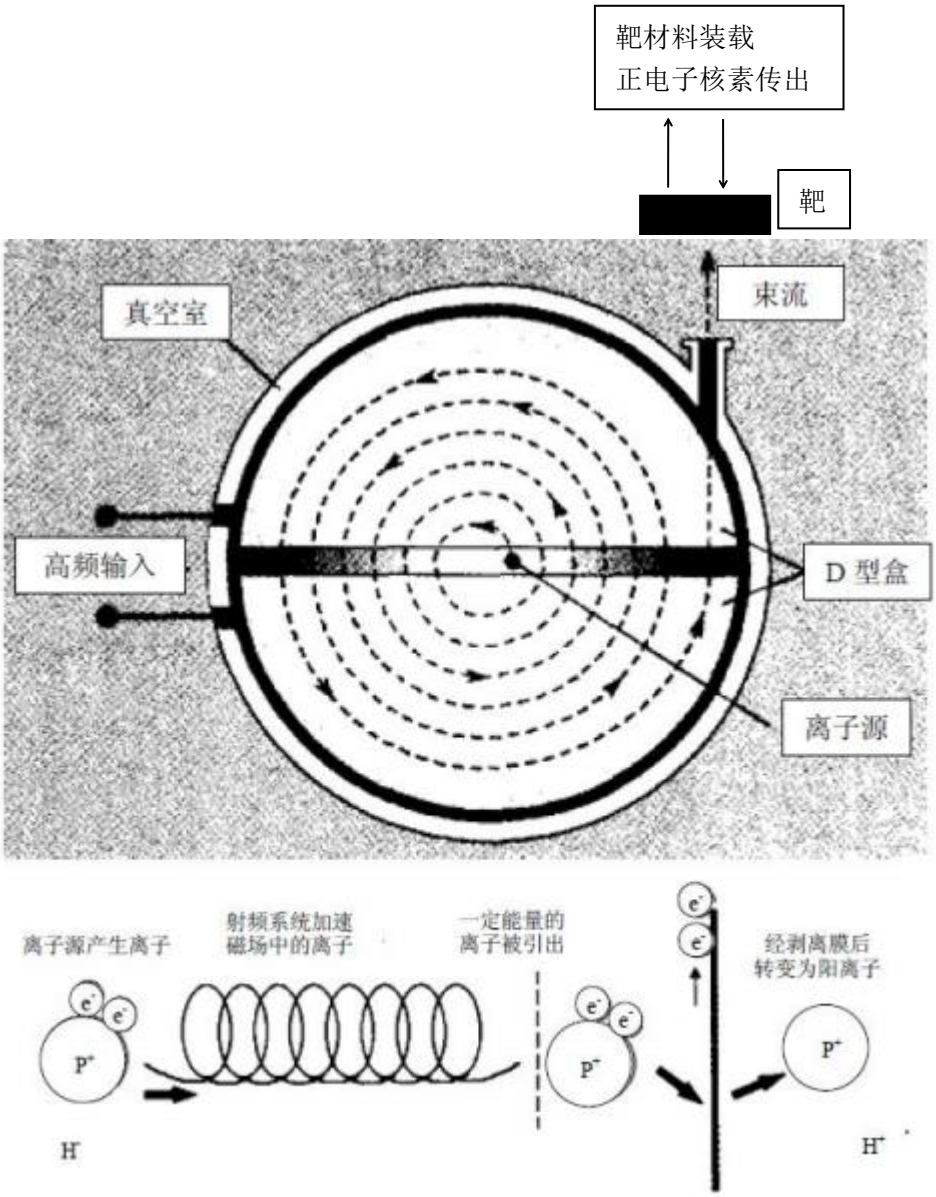


图 9-1　　回旋加速器工作原理示意图

（3）工作流程及产污环节

本项目工作流程分为药物制备、药物合成与分装、药物质控、药物运输四个部分。各流程详细情况如下：

①药物制备

医院提前一天根据患者预定的药物数量，向回旋加速器室预定安排第二天的放射性药物生产量。回旋加速器运行期间，工作人员不进入加速器室内，仅在加速器控制室内操作。回旋加速器在每次正式制备放射性同位素前均进行预处理。用 ^{16}O-H_2O 先清洗靶并用纯氦吹干药物传递管道，然后注入靶物质，以一定的束流轰

击一定时间（视所需制备量而定）后，将制备的核素通过专用防护管道系统，在氦气推动下输送至合成热室的药物合成器内。本项目 ^{18}F 生产采用液体靶，核反应如下：

$$P + {}^{18}O \rightarrow n + {}^{18}F$$

生产前对回旋加速器进行调试，根据需要生产的放射性核素种类设置相应参数。回旋加速器运行期间，工作人员不进入回旋加速器室内，仅在控制室操作。核素生产时间为平均为 2.5h/次，其中轰击时间约 1h/次。制备药物时设备主要参数及放射性核素的特性详见表 9-1。

表 9-1　　回旋加速器生产 ^{18}F 时的主要参数及放射性核素的特性

一、回旋加速器生产 ^{18}F 时的主要参数							
序号	靶材料	核反应	产物	轰击时长	辐照能量	单次产额	使用频次
1	$H_2{}^{18}O$ 液体	$^{18}O(p, n)^{18}F$	^{18}F	1h	18MeV	133.2GBq	1 次/天
二、放射性核素 ^{18}F 的特性							
核素	半衰期	衰变模式	毒性	α/β 最大能量	光子能量	最大射程	平均射程
^{18}F	109.8min	β^{+}, EC	低毒	0.63（+）MeV	0.511MeV	2.4mm	0.22mm

产污环节：回旋加速器在生产核素的同时伴随产生大量中子，成为瞬时辐射源，由于高能带电粒子直接轰击加速器有关部件导致有关原件被活化从而产生中子活化产物，中子在慢化吸收过程中产生高能射线和放射性废物，另外回旋加速器长期运行会产生废靶。加速器室内的空气受中子照射后生成放射性活化气体，主要有 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 和 ^{41}Ar 等感生放射性物质，以及回旋加速器在开机时会产生少量的非放射性有害气体，主要是臭氧和氮氧化物。

②药物合成与分装

回旋加速器机房的核素离子生产完成后，通过氦气吹扫，通过专门的防护管道系统传输到合成热室内的相应模块箱中。

核素在洁净合成模块中合成过程中，无需人员干预，核素药品在洁净合成模块的合成均采用计算机程序自动控制。

核素药品在洁净合成模块合成完成后，进入同一模块箱的药物分装模块。药物分装过程也采用计算机全自动控制，无需人工干预，药物在自动分装模块中将根据预先设计的程序，经高效除菌过滤膜过滤被收集在安瓿瓶中。自动掉入专用的铅防护罐中，罐子的盖子为卡扣盖子，不易松动。合成过程均采用计算机程序全自动控

制，无需人工干预。根据预约患者的用药量分装出当日用药量后，余下的放射性药物按放射性固体废物处置，送至放射性固体废物间。

产污环节：药物合成、分装过程中核素衰变发出 β^+ 射线以及因发生正电子湮灭而产生的 γ 射线；合成分装模块内药物的挥发产生含放射性核素的废气。

③药物质控

药物生产完成后，工作人员进入合成热室将合成分装模块内装有少量质检用药物的铅罐取出，经传递窗送至外包间，再由外包间工作人员通过传递窗送至质控室进行质量检验，质控室设通风橱，工作人员在通风橱内将待检药物注射器吸取微量抽检样品，检验药物的 pH 值和形状，经检验满足《药品管理法》和《放射性药品管理办法》等相关法律法规要求后，方开展后续工作。

产污环节：药物质控过程中核素衰变发出 β^+ 射线以及因发生正电子湮灭而产生的 γ 射线；操作过程中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染；发生药品泄露后医务人员去污、应急洗消、场所清洗时可能产生少量放射性废水；通风橱药物的挥发产生含放射性核素的废气；作业产生废棉签、口罩、手套等放射性固废。

④药物运输

放射性药物制备完成后，工作人员进入合成热室将合成分装模块内装有药物的铅罐取出，诊断药物使用转运小推车进行药物转运，经核素专用电梯送至 PET 储源室。

综上，回旋加速器制药过程（打靶、合成、分装）为计算机全自动控制，工作人员不参与操作，只是监控整个过程的执行情况；质控环节由工作人员在通风橱内操作。 核素生产场所工作流程及产污环节见图 9-2。

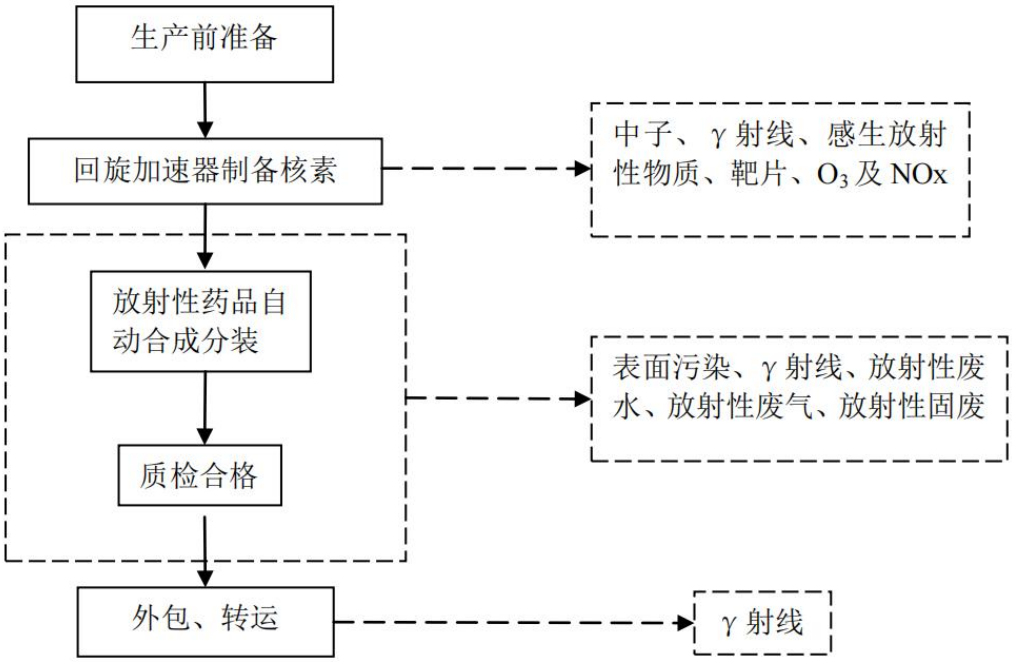


图 9-2　核素工作场所工作流程及产污示意图

（4）工作负荷

回旋加速器每天早上制药，轰击时间 6 点~7 点，每天制药 1 次，年工作 260 天，药物初始活度为 1.92×10^{11}Bq（5.2Ci），合成后活度 1.33×10^{11}Bq（3.6Ci）。回旋加速器工作负荷见表 9-2。

表 9-2　　回旋加速器生产负荷

产物	轰击时间	生产频次	药物初始活度	合成后活度	年制药总活度	年合成总活度
F-18	6 点-7 点	1 次/天	1.92×10^{11}Bq	1.33×10^{11}Bq	5.00×10^{13}Bq	3.46×10^{13}Bq

核素制备场所的等级划分以制备药物初始活度进行计算，根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号）：放射性药品生产中，分装、标记等活动视为“简单操作”。核素制备场所等级划分详见表 9-3。

表 9-3　　核素制备场所等级划分一览表

核素名称	实际日操作量	毒性组别修正因子	与操作方式有关的修正因子	日等效最大操作量	非密封源工作场所等级
F-18	1.92×10^{11}Bq	0.01（低毒）	1（简单操作）	1.92×10^{9}Bq	乙级

（二）核素显像

本项目拟使用放射性核素 ^{18}F 用于 PET 诊断，^{99m}Tc 用于 SPECT-CT 诊断。

（1）^{18}F 显像

①设备组成及工作原理

本项目 ^{18}F 显像设备有 PET-CT 和 PET-MR 两种设备。

PET 正电子发射断层扫描（Positron Emission Tomography，PET）的工作原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂，示踪人体内特定生物物质的生物活动，采用多层、环形排列于发射体周围的探头，由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子，然后将获得的信息，通过计算机处理，以解剖影像的形式及其相应的生理参数，显示靶器官或病变组织的状况，藉此诊断疾病，又称为生化显像或功能因子显像，是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术。

PET-CT 是将 PET 和 X 线计算机断层扫描（Computer Tomography，CT）组合而成的多模式成像系统，是目前全球最高端的医学影像设备，同时也是一种可以在分子水平成像的影像技术。PET/CT 将 PET 与 CT 融为一体，使两种成像技术优势互补，PET 图像提供功能和代谢等分子信息，CT 提供精细的解剖和病理信息，通过融合技术，一次诊断即可获得疾病的病理生理变化和形态学改变。

PET-MR 是将 PET 与 MR 联合在一起组成的大型功能代谢与分子影像诊断设备，扫描过程中 PET 对进入体内的正电子核素进行扫描并显像，可获得代谢显像，而 MR 可对 PET 图像做放射性的衰减校正，提供解剖学和组织学特征，两者结合可以看到组织功能和新陈代谢，提供比传统成像方式更优质的影像结果。系统还可以分别收集 PET 和 MR 影像。

②工作流程及产污环节

工作流程：PET 诊断用的正电子放射性核素均为医院自行生产药物。工作人员根据临床诊断所需用药量、病人预约情况确定诊断所需药物的使用量，提前生产药物。药物生产完毕后由专人使用转运小推车，将药物运送到核素显像储源室内。

本项目使用的 ^{18}F 采用静脉注射的方式给药，由工作人员在分装柜手动分装。分装好后由工作人员在注射室铅屏蔽窗的屏蔽下为病人静脉注射。

病人注射后在 PET 休息室内候诊，待药物充分代谢后，通过语音呼叫，进入 PET-CT 机房或 PET-MR 机房。医生在控制室内进行语音提示摆位，必要时进入机房指导（1/10 病人需医生进入机房进行现场摆位），摆位完成后医生离开机房进入控制室。医生隔室操作对患者进行 PET 扫描诊断，PET-CT 机房每次扫描

5min，PET-MR 机房每次扫描 15min。扫描完成后，进入留观室内留观 15 分钟，留观结束后由 PET 患者出口离开核医学科。

产污环节：工作人员分装药物时的γ射线、β表面污染、放射性废气、注射完毕后的一次性注射器、棉签，PET-CT 扫描时产生的 X 射线，注射药物后患者产生的γ射线，患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物等。

PET 显像诊断工作流程及产污详见图 9-3。

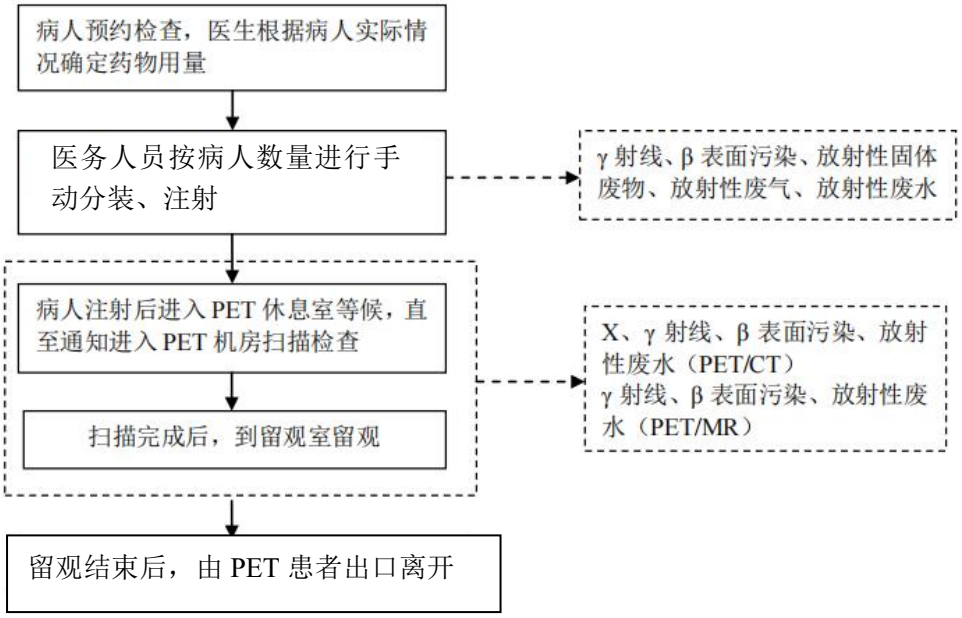


图 9-3　PET 显像诊断工作流程及产污示意图

②工作负荷

根据医院提供资料，日诊断 ^{18}F 患者 70 人，其中 PET-CT 接诊 50 人次/天，PET-MR 接诊 20 人次/天。每人最大用药量 3.7×10^{8}Bq（10mCi），每年工作 260 天。^{18}F 显像区工作负荷详见表 9-4。

表 9-4　　^{18}F 显像区工作负荷一览表

核素名称	最大用药量	接诊人数	实际日操作量	年工作天数	实际年操作量
F-18	3.7×10^{8}Bq/人（10mCi/人）	70 人/天	2.59×10^{10}Bq/天（700mCi）	260 天	6.73×10^{12}Bq（182Ci）

（2）^{99m}Tc 显像

①设备组成及工作原理

本项目 ^{99m}Tc 显像设备为 SPECT-CT，SPECT-CT 主要由三部分组成，即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。SPECT-CT 自身带有一个 CT 球管，在 SPECT

核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

SPECT（Single Photon Emission Computed Tomography，单光子发射型计算机体层显像），是一种利用放射性核素的检查方法。SPECT/CT 的全称是单光子发射计算机断层扫描仪（Single-Photo Emission Computed Tomography）。其使用放射性核素进行诊断的基本原理是：受检者注射含放射性核素的药物，放射性核素在特定的器官或组织发射出γ射线，穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能准直器对γ射线进行准直，通过闪烁体将γ射线能力转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。

②工作流程及产污环节

工作流程：本项目计划使用放射性核素 ^{99m}Tc 进行 SPECT-CT 诊断，所使用的核素为外购单支成品药物。工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数，提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位在约定的时间，将预约用量的药物以单支成品药物送至核医学科核素诊断治疗场所，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在核素显像储源室内。

使用单支成品药物时，工作人员在通风橱内测量活度后直接在注射室铅屏蔽窗的屏蔽下为病人注射。病人注射后在 SPECT 休息室内候诊，待药物充分代谢后，通过语音呼叫，进入 SPECT/CT 机房。医生在控制室内进行语音提示摆位，必要时进入机房指导（1/10 病人需医生进入机房进行现场摆位），摆位完成后离开机房返回控制室。医生隔室操作对患者进行 SPECT 扫描诊断，扫描完成后留观 15min，无异常后由 SPECT 患者出口离开核医学科。

产污环节：注射时放射性药物产生的γ射线、β表面污染、使用的一次性注射器、棉签，患者候诊时产生的排泄物，在扫描时产生的 X 射线及注射药物后患者产生的γ射线等。

SPECT-CT 显像诊断工作流程及产污详见图 9-4。

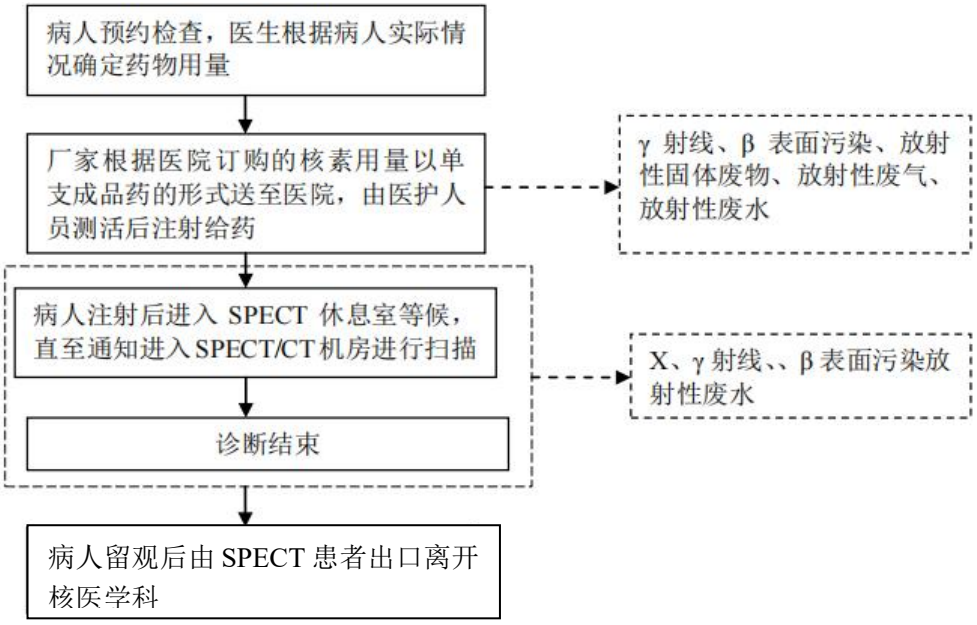


图 9-4　SPECT 显像诊断工作流程及产污示意图

③工作负荷

根据医院提供资料，日诊断 ^{99m}Tc 患者 60 人，平均每台 SPECT-CT 诊断患者 30 人。每人最大用药量 1.11×10^{9}Bq（30mCi），平均用药量 5.55×10^{8}Bq（15mCi），计算工作场所等级划分和单个病人所在场所的屏蔽防护时采用最大用药量，在计算注射后候诊区的屏蔽时采用平均用药量。每年工作 260 天。^{99m}Tc 显像区工作负荷详见表 9-5。

表 9-5　　^{99m}Tc 显像区工作负荷一览表

核素名称	最大用药量	接诊人数	实际日操作量	年工作天数	实际年操作量
Tc-99m	1.11×10^{9}Bq/人（30mCi/人）	60 人/天	6.66×10^{10}Bq/天（1.8Ci）	260 天	1.73×10^{13}Bq（468Ci）

本次评价将核素显像区作为一个非密封源工作场所，根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号）：医疗机构使用 ^{18}F、^{99m}Tc、^{125}I 粒子源相关活动视为“很简单的操作”。核素显像区等级划分详见表 9-6。

表 9-6　　核素显像区等级划分一览表

核素名称	F-18	Tc-99m
实际日操作量	2.59×10^{10}Bq	6.66×10^{10}Bq
毒性组别修正因子	0.01（低毒）	0.01（低毒）
与操作方式有关的修正因子	10（简单操作）	10（简单操作）
日等效最大操作量	2.59×10^{7}Bq	6.66×10^{7}Bq
核素显像区日等效最大操作量	9.25×10^{7}Bq	
非密封源工作场所等级	乙级	

（三）核素治疗

本项目核素治疗区位于肿瘤中心北塔一楼，使用放射性核素 ^{131}I 开展甲癌、甲亢治疗和甲状腺功能检测。医院每周购药一次。核素治疗原理及流程如下：

（1）治疗原理

①甲癌治疗

放射性核素 ^{131}I 可以高度选择性聚集在分化型甲状腺癌及转移灶，^{131}I 衰变时发射出的射程很短的 β 射线和能量跃迁时发出的 γ 射线，从而对病变组织进行内照射治疗，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，取得类似部分切除甲状腺的效果，而邻近的正常组织的吸收剂量很低，从而达到治疗目的。

②甲亢治疗

甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。^{131}I 在甲状腺内停留的时间较长，在甲亢患者甲状腺内的有效半衰期约 3～5 天。在患者服用 ^{131}I 后，90%以上的 ^{131}I 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 ^{131}I 随代谢排出体外。^{131}I 衰变时主要发射β^-粒子，且射程短，仅约 2～3mm，对周围正常组织一般无影响。因此，^{131}I 治疗可使部分甲状腺组织受到β射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发炎症、萎缩、直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。

③甲状腺功能测定：

碘是甲状腺合成甲状腺激素的原料之一，放射性的 ^{131}I 也能被摄取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取的量和速度与甲状腺功能密切相关。将 ^{131}I 引入受检者体内，利用体外探测仪器测定甲状腺部位放射性计数的变化，可以了解 ^{131}I 被甲状腺摄取的情况，从而判断甲状腺的功能。

（2）工作流程及产污环节

①甲癌治疗

工作流程：患者接受辅助检查，医生根据评估结果进行服药剂量的确定，并制定治疗方案。在确定方案后，^{131}I 治疗前，向患者及家属详细说明治疗过程、治疗禁忌症以及可能出现的不良反应和副作用，详细宣教 ^{131}I 治疗后对周围人群的辐射影响及防护措施。用药当日，由药品厂家根据建设单位提供的日最大所需量装入防

护罐内，并负责运送至医院核素治疗储源室。医护工作人员将药物运至甲癌药物通风橱内，通过自动分碘仪进行自动分装，病人根据语音播报到甲癌服药窗口自行取药服用。甲癌患者服药后进入甲癌病房住院观察。患者住院观察期间禁止外出和随意走动，住院观察 5 天左右，如无明显不良反应且达到出院标准（体内的放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h）后，经过检测，则准予出院。

产污环节：药物自动分装以及服药过程中产生的γ射线、β表面污染、放射性废气、放射性固体废物等；住院患者在住院期间产生的γ射线、β表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物等。

甲癌治疗及产污详见图 9-5。

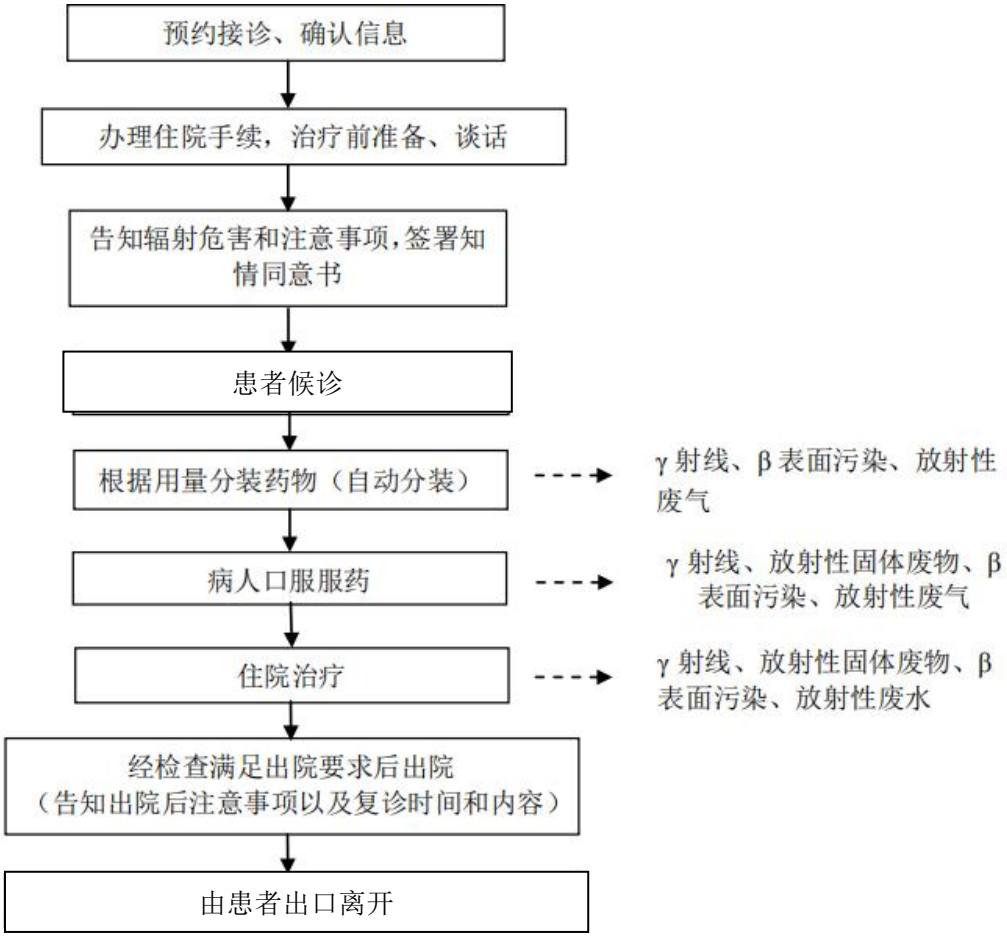


图 9-5　甲癌治疗工作流程及产污示意图

②甲亢治疗

工作流程：患者接受辅助检查，医生根据评估结果进行服药剂量的确定，并制定治疗方案。在确定方案后，^{131}I 治疗前，向患者及家属详细说明治疗过程、治疗

禁忌症以及可能出现的不良反应和副作用，详细宣教 ^{131}I 治疗后对周围人群的辐射影响及防护措施。确定药物用量后，由工作人员手动分装药物，病人根据语音播报到甲亢服药窗口自行取药服用。服药后患者进入留观室，无异常后离开。

产污环节：分装药物时的γ射线、β污染、放射性废气，患者服药留观时产生的γ射线、β污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物等。

甲亢治疗及产污详见图 9-6。

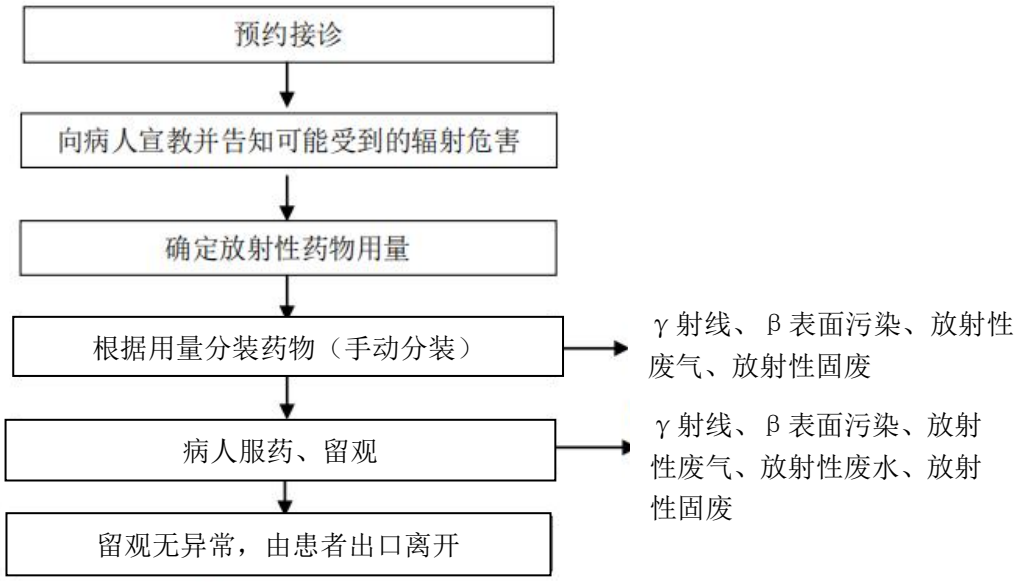


图 9-6　甲亢治疗工作流程及产污示意图

②甲状腺功能测定

工作流程：患者提前预约，用药前向病人告知可能收到的辐射危害。根据患者情况制定用药量，工作人员手动分装药物后将药物递到服药窗口给患者服用，患者服药后马上离开，分别于 3 小时、24 小时后回来测摄碘率，每次检查 30S。

产污环节：分装药物时的γ射线、β表面污染、放射性废气、放射性固体废物

甲状腺功能测定流程及产污详见图 9-7。

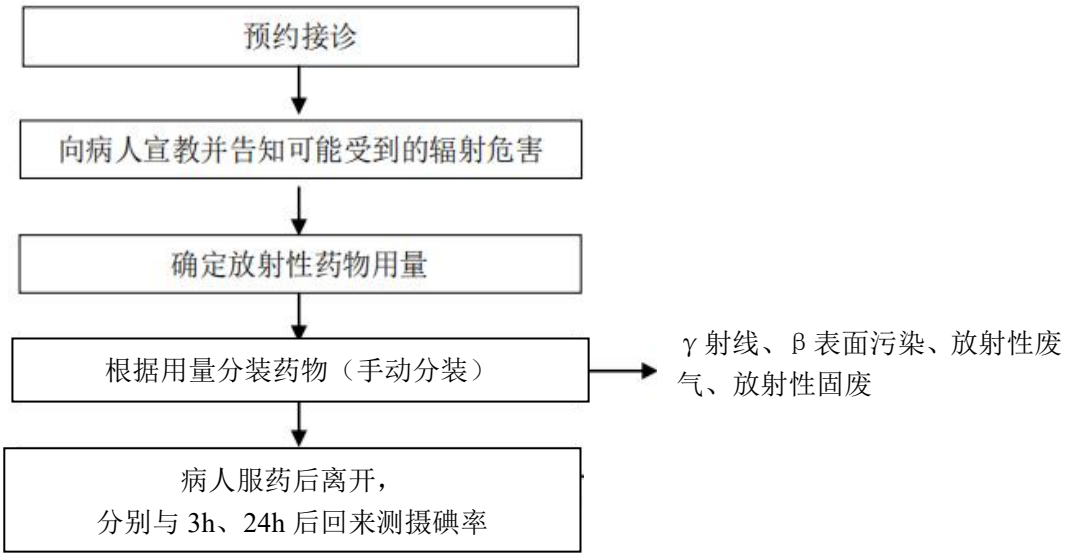


图 9-7 甲状腺功能测定流程及产污示意图

（3）工作负荷

①甲癌治疗：一批次住院 6 人，每批次病人住院 5 天，每月 5 批次，全年 60 批次，全年治疗人数 360 人，单个患者最大用药量 7.4×10^{9}Bq（200mCi），平均每人用药量 5.55×10^{9}Bq（150mCi）。在进行场所等级划分和废水中放射性活度浓度计算时采用平均用药量，屏蔽计算时保守考虑采用最大用药量。

②甲亢治疗：每天治疗人数 5 人，每月工作 20 天，年工作 12 个月，全年治疗人数 1200 人，每人最大用药量 3.7×10^{7}Bq（10mCi）。

③甲状腺功能测定：每天检测人数 10 人，每月工作 20 天，年工作 12 个月，全年治疗人数 2400 人，每人最大用药量 3.7×10^{5}Bq（10μCi）

综上，核素治疗区场所划分等级见表 9-7。

表 9-7　　核素治疗区等级划分一览表

核素名称	I-131		
治疗方式	甲癌治疗	甲亢治疗	甲状腺功能测定
实际日操作量	3.33×10^{10}Bq	1.85×10^{9}Bq	3.70×10^{6}Bq
毒性组别修正因子	0.1（中毒）	0.1（中毒）	0.1（中毒）
与操作方式有关的修正因子	1（简单操作）	1（简单操作）	1（简单操作）
日等效最大操作量	3.33×10^{9}Bq	1.85×10^{8}Bq	3.70×10^{5}Bq
核素显像区日等效最大操作量	3.52×10^{9}Bq		
非密封源工作场所等级	乙级		

2、放疗科

本项目放疗科涉及 TOMO、直线加速器、射波刀以及后装治疗（^{192}Ir）。各设备工作原理及工作流程如下：

（一）TOMO

（1）设备组成

TOMO 刀是螺旋断层放射治疗系统的简称，它将直线加速器与螺旋 CT 完美结合，突破了传统加速器的诸多限制，集 IMRT（调强适形放疗）、IGRT（影像引导调强适形放疗）、DGRT（剂量引导调强适形放）于一体。

TOMO 机架上，在主射线束的对面，探测器下方，孔径的相对位置设置有一个 152mm 厚的主束屏蔽铅挡板，此屏蔽随机架旋转，任何时刻均位于主射束的正前方。TOMO 外型见图 9-8，基本结构见图 9-9，内部结构见图 9-10，TOMO 工作状态示意见图 9-11，设备主束方向自屏蔽设计图见 9-12。

图 9-8　TOMO 外观图示意图

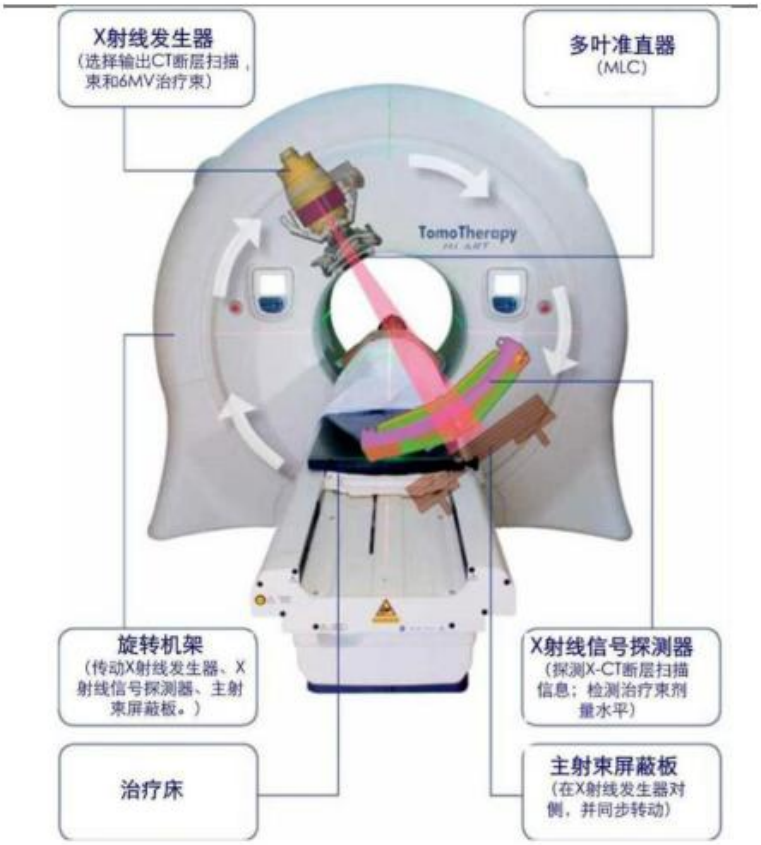


图 9-9　TOMO 基本结构示意图

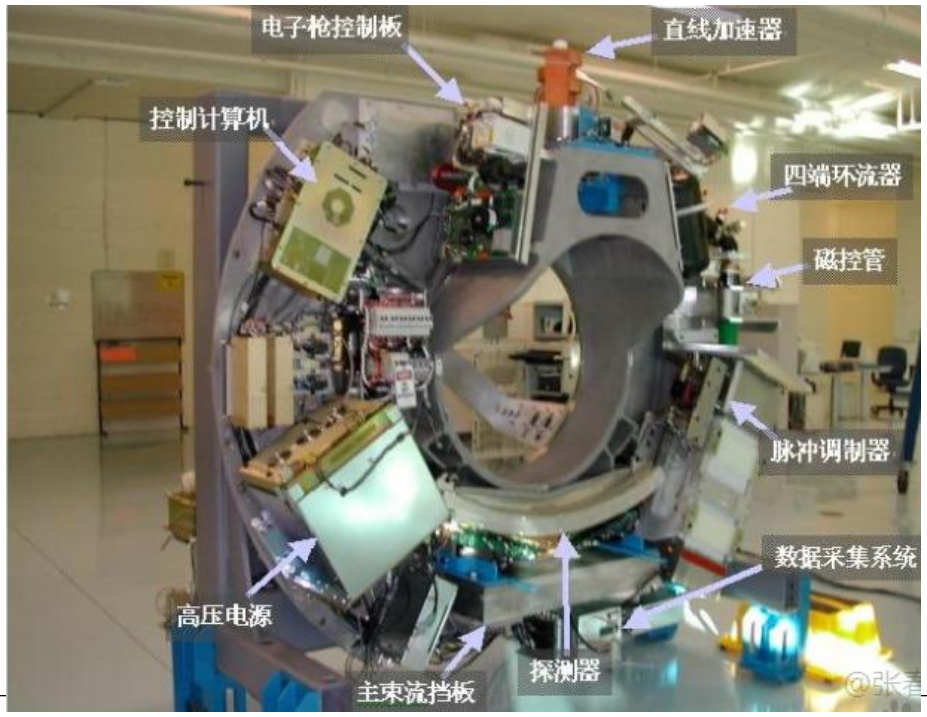


图 9-10　TOMO 内部结构示意图

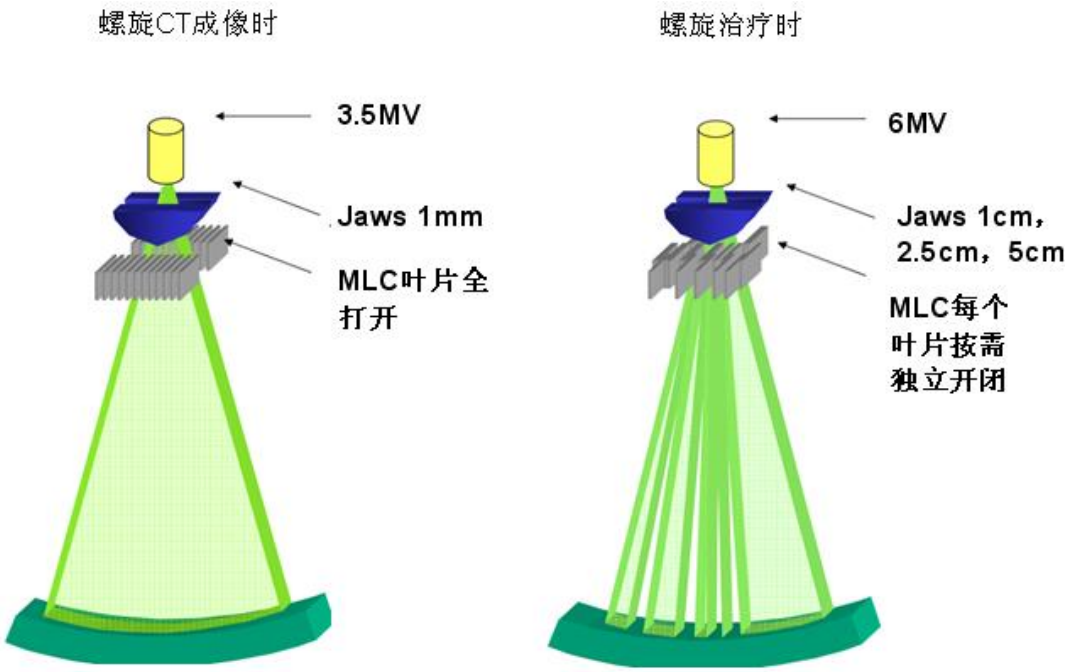


图 9-11　TOMO 工作状态示意图

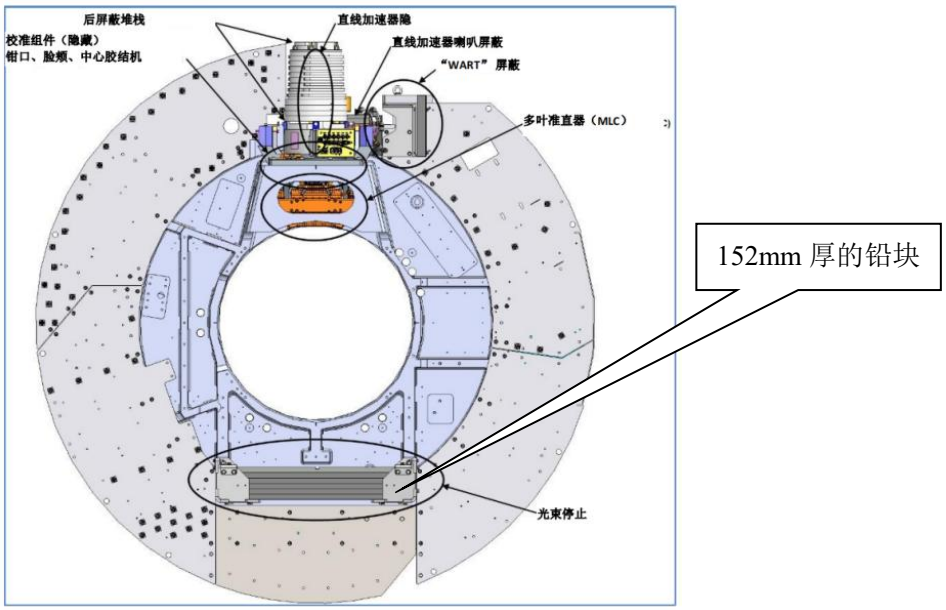


图 9- 12　TOMO 主射线方向自屏蔽设计示意图

（2）设备参数

TOMO 的设备技术参数详见表 9-8。

表 9-8　　本项目 TOMO 主要参数一览表

指 标	技术参数
设备名称	螺旋断层放射治疗系统（TOMO）
设备厂家	安科锐（Accuray）
设备型号	Radixact Treatment De
治疗束种类及能量	X 射线，6MV
CT 扫描射线束种类及能量	X 射线，3.5MV
射线源到中心轴距离（SAD）	850mm
治疗剂量率	510-636Gy/h（本次评价按最大 636Gy/h 计算）
CT 扫描射线束剂量率	45cGy/min
等中心点相对水平地面高度	1124mm
泄露率	<0.1%
系统等中心处最大照射尺寸	5cm×40cm
系统自带主束档铅厚度	152mm

（3）工作原理

TOMO 是在 CT 引导下 360 度聚焦断层照射肿瘤，对恶性肿瘤进行高效、精确、安全的治疗，在使放疗剂量紧扣肿瘤的同时，将对周围正常组织的伤害降到最低。TOMO 刀是目前唯一采用放疗照射与 CT 同源的影像引导放疗系统。成像精度高达±0.1mm，远远高于常规加速器，其独有的扇形束兆伏级 CT 的影像质量也明显优于常规加速器的锥形束千伏级 CT 影像质量；同时该影像系统具有剂量计算和验证功能，保证了患者每次治疗时，治疗计划在位置和剂量上的双重高精度。它通过多子野的螺旋断层照射方式，实现一次照射多个肿瘤病灶，降低了因为计划复杂而带来的正常组织受到反复照射的风险。

（4）工作流程及产污环节

工作流程：①病人经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者进行预约登记；

②通过 MV 级 CT 扫描结果确认治疗体位在三维空间上与治疗计划一致；

③工作人员启动 TOMO 治疗束部分开始照射治疗，治疗时工作人员隔室操作；

④照射完毕后，工作人员协助病人离开机房。

产污环节：本项目使用的 TOMO 最大 X 射线能量为 6MV，无电子线，在工作时主要污染环节是 CT 扫描和 TOMO 治疗时的 X 射线，电离空气产生的少量臭氧和氮氧化物。

TOMO 工作流程及产污环节见图 9-13。

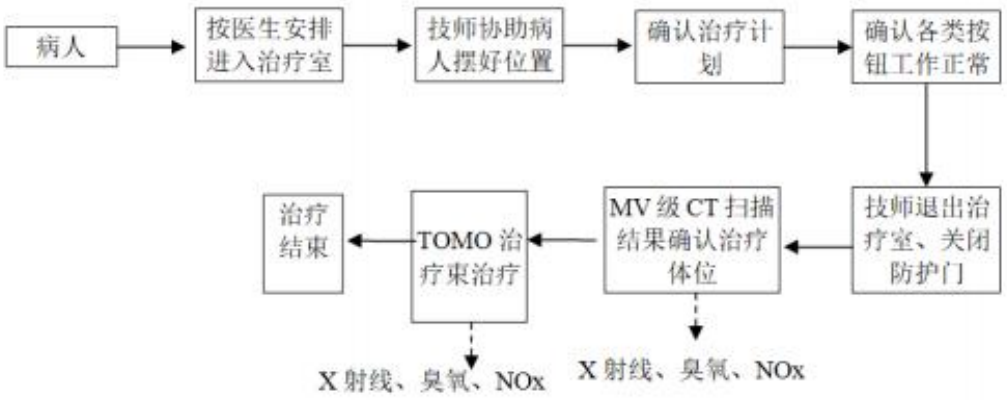


图 9-13　TOMO 工作流程及产污示意图

（4）工作负荷

TOMO 预计每天放射治疗工作量最多为 50 人，兆伏级 CT 扫描影像采集出束时间平均 3min/次，每周工作 5 天，则每周治疗时间为 12.5h；患者病变区治疗出束时间平均 5min/次，每周工作 5 天，则每周治疗时间为 20.83h。

（二）直线加速器

（1）设备组成及工作原理

本项目拟配 5 台直线加速器开展放射治疗，分为位于肿瘤中心负一楼 1 号—5 号加速器机房内。

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、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行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。典型直线加速器内部结构框图见图 9-14，典型直线加速器外形示意图见图 9-15。

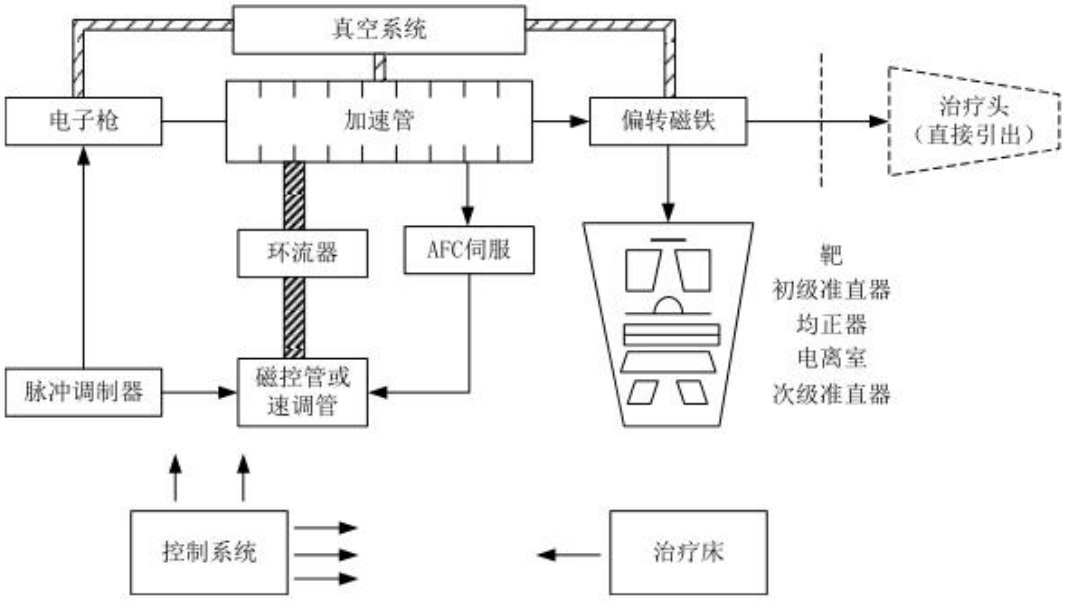


图 9-14　　典型直线加速器内部结构框图

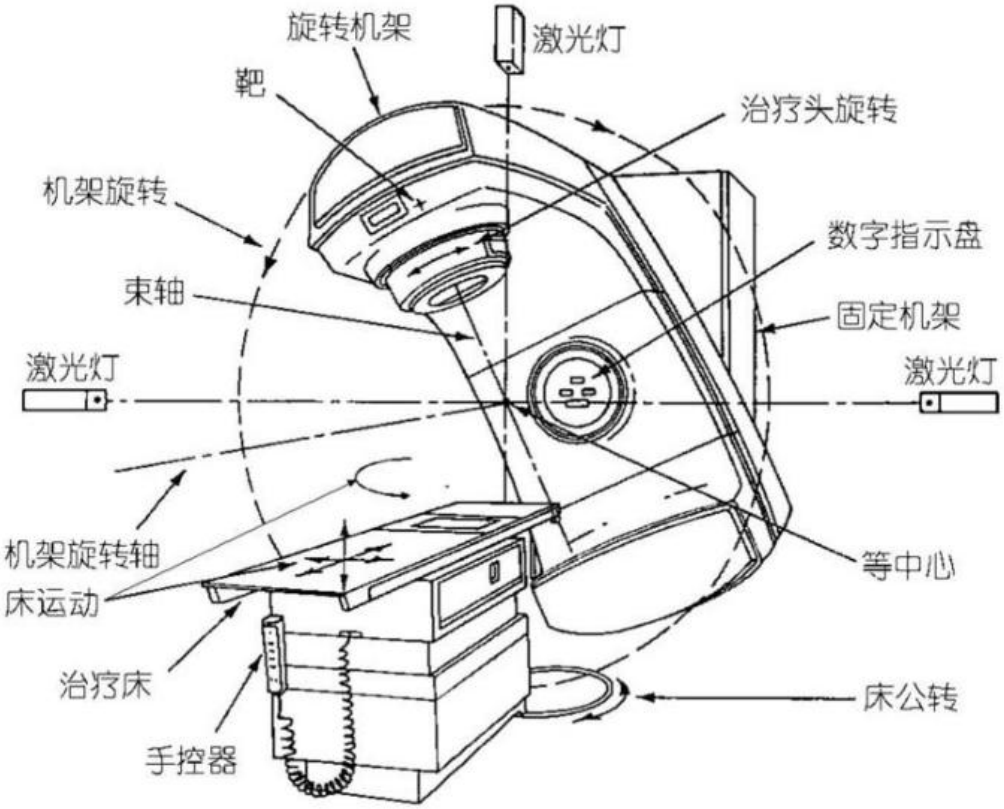


图 9-15　典型直线加速器外形示意图

加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，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。医用电子直线加速器可根据所诊疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射诊疗。

（2）设备参数

本项目拟在瓦里安和医科达加速器中选择，设备参数详见表 9-9。

表 9-9　本项目直线加速器主要参数一览表

指 标	技术参数	
设备厂家	**瓦里安**	医科达
设备名称	医用直线加速器	医用直线加速器
设备型号	待定	待定
最大 X 射线能量	10MeV	10MeV
治疗时最大剂量率	1440Gy/h	1320Gy/h
源轴距（SAD）	1000mm	1000mm
等中心点相对水平地面高度	1295mm	1240mm
泄露率	<0.1%	<0.1%
等中心处最大照射尺寸	40cm×40cm	40cm×40cm
线束张角	28°	28°

（3）工作流程及产污环节

工作流程：①利用医院的模拟机定位对病灶进行检查，然后进行照射方向、角度和照射视野进行拍片定位；

②制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间；

③固定患者体位。对患者定位、标记、调整照射角度及照射野；

④无关人员撤离。非患者人员撤离机房，关闭防护门；

⑤开机治疗。

⑥治疗结束，医务人员关闭加速器，并进入机房指导并协助患者离开。

⑦当天工作结束后，将控制钥匙转到 OFF 位置，取出控制钥匙，同时记录机器使用情况。

产污环节：加速器治疗时产生的 X 射线、电子线、电离空气产生的臭氧、氮氧化物。

直线加速器工作流程及产污环节见图 9-16。

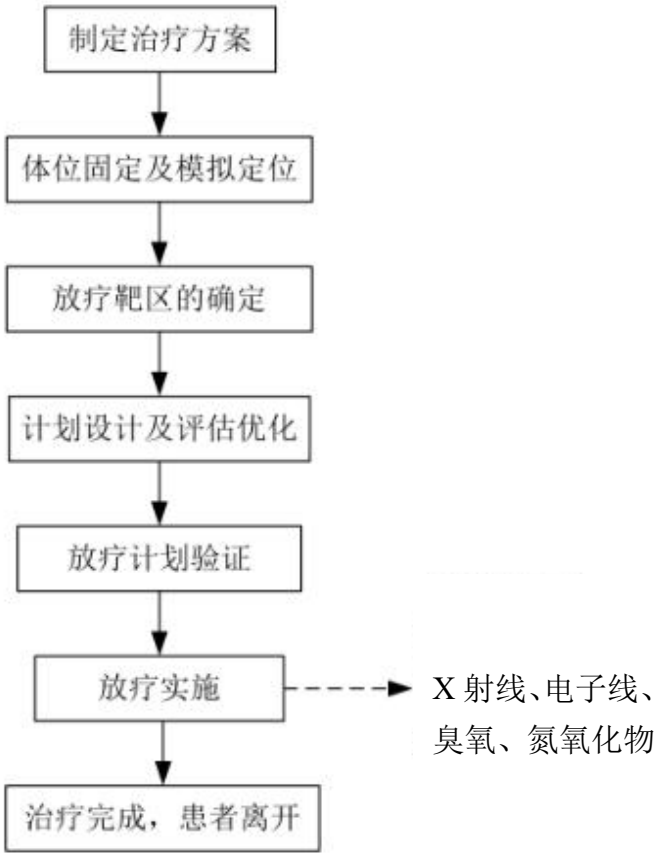


图 9-16　直线加速器工作流程及产污环节示意图

（4）工作负荷

本项目每台加速器治疗人数按 50 人次/天计，平均每人次受照剂量约 3Gy，每周工作 5 天，每周治疗人数 250 人次，周工作负荷约为 750Gy。年工作 50 周，每人次受照时间以 6min 计，直线加速器周出束时间约 25h，年出束时间 1250h。

（三）射波刀

（1）设备组成

本项目射波刀主要由控制工作组件、机器人系统（包括机械臂和 6MV 医用电子直线加速器）、X 射线影像定位系统、红外线同步追踪系统及治疗床组成。

①控制工作组件

采用 RISC 科技并组合 VLSI 与 ASIC 组件，以提供高效的运算及图形处理能力。

②机器人系统

机器人机械臂头端上安装有直线加速器，它带动直线加速器围绕患者在前、后、左、右、上、下六度空间自由转动，按照计算机预设的路线，机械臂可将直线加速器调整到 101 个位置（或节点），在每个节点处可以从 12 个角度投照射线，因此提供多达 1212 个方位发出射线。每到一预设治疗点，机械臂停止运动，直线加速器对准靶区投照相应的放射剂量。机械运动系统使用因子：初级射线束旋转治疗角度水平方向±180°，上下仰角 22°～180°。正常治疗距离：射线靶点距放疗体模表面的的距离在头部治疗的正常距离为 800mm，在脊髓和躯干治疗的正常距离为 900～1100mm。

③X 射线影像定位系统

X 射线影像定位系统是利用天花板上安装的两组诊断 X 射线球管（40~150kV）和安装于患者两侧地面上的非晶体硅摄像机（影像板）组成，两组 X 射线球管发出的低能 X 线相互垂直，交叉穿过头颅（或患者肿瘤的治疗部位），摄像机获得颅骨的数字图像，并将影像资料传输到数据处理系统，计算机与事先 CT 扫描获得的颅骨数字重建图像（DDR）相比较，首先确定颅骨的精确位置，然后得出治疗靶目标（病灶）的精确位置。

④红外线同步追踪系统

针对不同部位的肿瘤靶区，项目选用的射波刀可以提供多种个体化追踪照射方案，在治疗的过程中进行实时的追踪和修正。一旦开始治疗，系统进入图像获取、关联、修正并出束的自动循环模式。室内的两套正交 X- 射线图像获取系统将以用户设定的频率（5-150 秒一次）获取图像，该频率可在整个治疗过程中随时调整。系统自动将获取到的图像与 DRR（数字重建放射影像）进行关联并验证。产生的偏移值将直接由机器人手臂自动修正。

射波刀结构详见图 9-17。

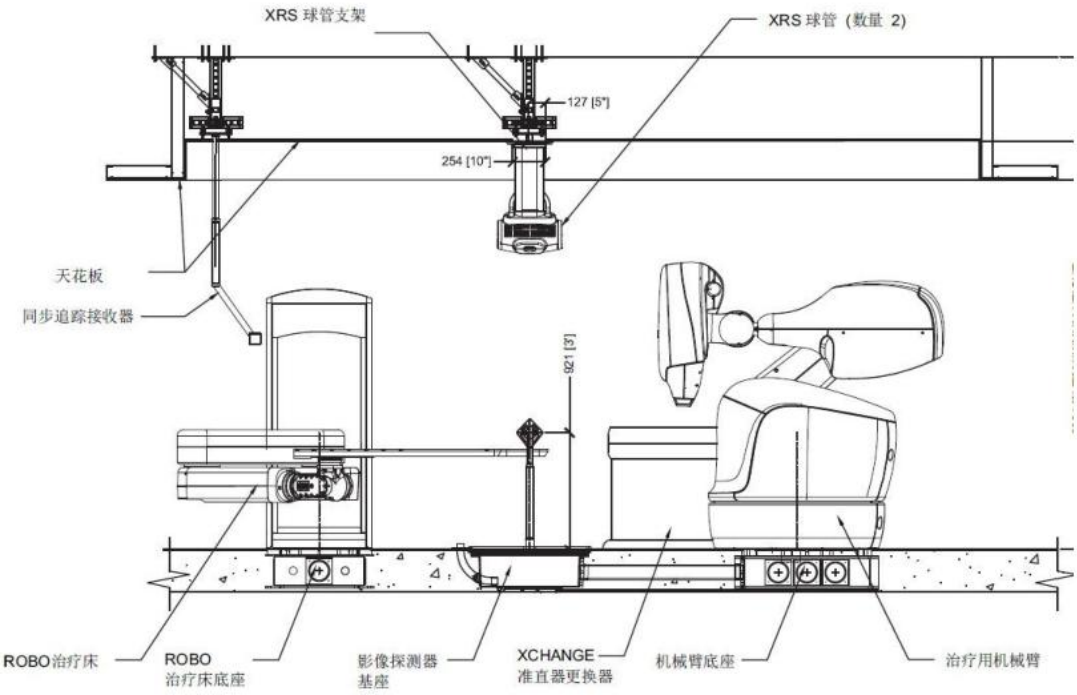


图 9-17　　射波刀结构示意图

（2）设备参数

本项目射波刀主要参数见表 9-10

表 9-10　　本项目射波刀主要参数一览表

指 标	技术参数
设备名称	射波刀
加速粒子	电子
治疗束种类及能量	X 射线，6MV
射线源到中心轴距离（SAD）	800mm
最大输出剂量率	600Gy/h
等中心高度	921mm
泄露率	≤0.1%
线束张角	22°
系统等中心处最大照射尺寸	115mm×100mm

（3）工作原理

射波刀采用了一款机器人机械臂上、外形小巧的 X 频段 6MV 直线加速器，通过一系列节点构成的路径发出辐射，可以从每个节点的十二个不同位置发出。在治疗交付期间，机械臂会在节点之间连续地移动加速器，同时仅在治疗规划流程期间选中的那些节点处发出辐射。根据次级准直仪组件（固定、Iris 或 MLC）和治疗的解剖区域（脑部或全身/脊柱），总节点数介于 102 与 180 之间。赛博刀系统采用立体 X 光成像器，在整个治疗过程中监控靶区的位置和方向，是一种用于全身各部位肿瘤立体定向放射手术的专用设备，在智能影像指导下，利用 360° 旋转机器人手臂将多束高能射线对肿瘤进行精确、无创地去除。多条射线聚焦在病变区，造成高剂量照射，而对邻近正常组织不产生伤害，通过 1～5 次的治疗，达到消除肿瘤的目的。本项目赛博刀系统主要由 6MV 直线加速器、治疗用机械臂、X 射线源、治疗平台、影像探测器、电气控制系统组成。其中机械臂含有六个关节六个动度，可以 360° 旋转，承载重量为 250kg，其顶端安装了一部可发出 6MV X 射线的小型直线加速器，属Ⅱ类射线装置。治疗平台为一张可承受 160kg 病人的机器人治疗床，可沿 X、Y、Z 轴、外加旋转和偏转 5 个方向运动。治疗床顶上天花板的两侧各有 1 套追踪 X 光机，以 45° 的倾斜向治疗床上的病人头部和身体照射，影像则投射到治疗床左右两个数字化非晶硅影像采集板上，影像快速采集，可与原先 CT 定位的重建影像对比，将治疗床自动调整至原先设计的照射目标区，按治疗计划进行照射。

（4）工作流程及产污

工作流程：①治疗计划：根据之前定位 CT 图像等，医生勾画靶区，选择合适的追踪模式，选择准直器的大小、射线强度、靶区范围、剂量分布、治疗剂量和其他参数，计算机能自动设计一个设定推荐、剂量分布、照射范围与肿瘤形状几乎吻合的治疗计划；

②靶区定位：患者平卧并固定在治疗床上，其余人员撤离治疗室，关闭大门。影像系统采集靶区的实时影像，并与治疗计划系统的治疗影像进行对比，找到靶区方位误差。工作人员通过电脑操作，移动治疗床，使实时影像与治疗影像完全拟合。此时计算机获得了患者病灶的初步定位。

③射线治疗：机械臂将直线加速器旋转到初始坐标位，然后按照程序将加速器围绕着患者旋转到顶点节点。直线加速器每到一个节点，机械臂停止运动，此时靶

区定位追踪系统系统立刻获得新的靶区影像，计算机确认目前的靶区影像与治疗开始时影像完全一致。如果病人靶区有轻微的移动，靶区定位追踪系统立刻计算出移动造成的偏差，将此偏差传输到机器人机械臂，机械臂微调加速器的方位或射线的入射角度，最后加速器将所需的剂量精确投射到病灶内。如果患者的移动超过计算机调整的范围，治疗会紧急暂停。加速器每到一个预定节点，将重复上述影像实时验证步骤。

④治疗结束：加速器完成治疗，机器人回到停车位。工作人员打开防护门，护理人员将病人送出治疗室。

产污环节：在治疗过程中产生的 X 射线，电离空气产生的臭氧、氮氧化物。

射波刀工作流程及产污环节见图 9-18。

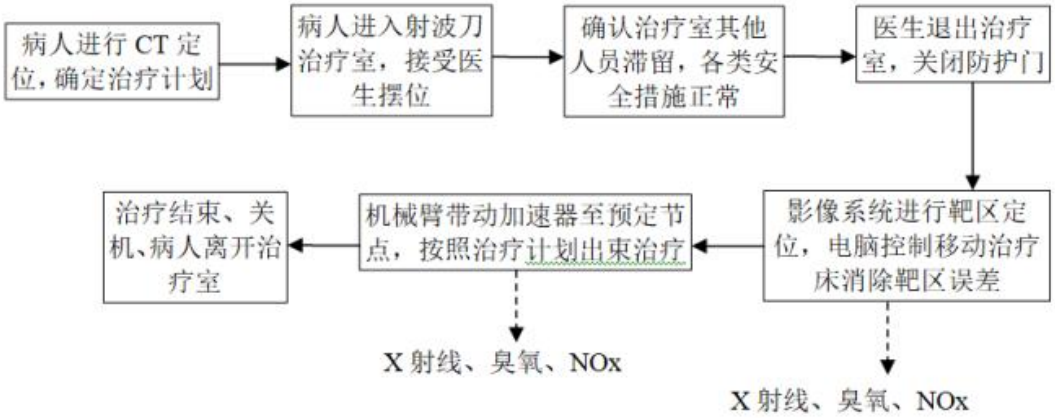


图 9-18　　射波刀工作流程及产污环节示意图

（5）工作负荷

根据医院提供资料，射波刀每天治疗人数最多为 15 人，平均每名患者治疗照射时间为 5min，每周工作 5 天，每周治疗时间为 6.25h，年工作 250 天，射波刀年出束时间 1562.5h。

（四）后装治疗

（1）设备情况

本项目后装机配备使用一枚 ^{192}Ir 密封源开展放射治疗。后装机采用近距离后装治疗方式，利用 ^{192} Ir 放射源发出的 γ 射线束形成一高剂量率的靶区，对人体有恶性肿瘤的部位进行照射，使肿瘤组织受到不可逆损毁。整机由后装机及控制操作软件、放疗计划系统软件构成，可由治疗计划系统给出治疗方案，也可由医生对

病变部位和体内器官的剂量要求，通过人家对话的方式输入各通道的驻留点位及各点的驻留时间，从而精确的控制照射剂量，把对相邻正常组织的影响限制到最低水平，得到最佳的治疗效果。

^{192}Ir 放射源装于机头源罐内，源罐由外而内分别为不锈钢外壳、铅防护、钨合金防护，其防护性能良好。 ^{192}Ir 放射源源罐结构示意图见图 9-19：

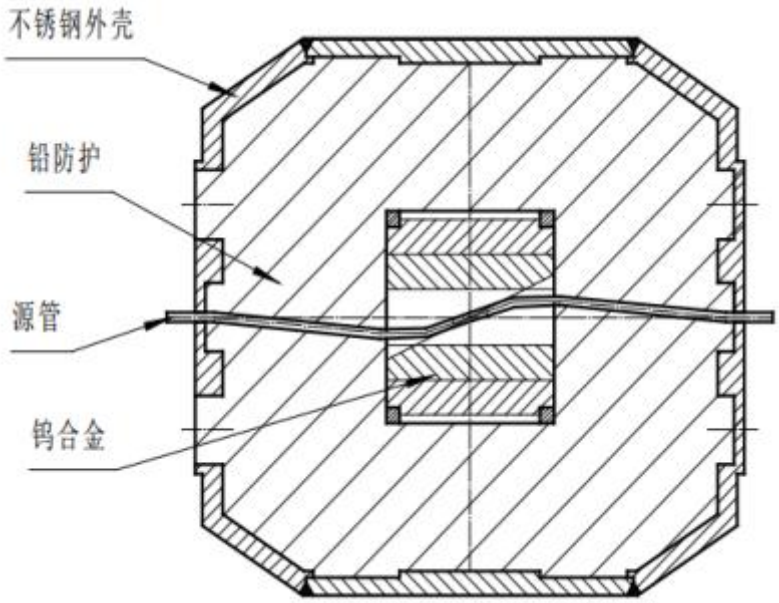


图 9-19　^{192}Ir 放射源源罐结构示意图

（2）放射源参数

本项目后装机配备的 ^{192}Ir 密封源参数详见表 9-11。

表 9-11　^{192}Ir 主要参数一览表

核素名称	^{192}Ir
初装源最大活度（Bq）	3.7×10^{11}
半衰期	74d
放射源发射的主要射线	γ 射线，能量 0.37MeV，分支比 82.7%
密封源数量	1 枚/台
密封源类别	III
贮存方式与地点	设备储源罐

（3）工作流程及产污

工作流程：①治疗前认真核对患者的科室、姓名及治疗计划。

②工作人员进入后装机机房给患者安装施源器，插入定位缆后转入模拟定位机下照片，调整施源器位置至符合要求。

③患者进入机房，固定体位。工作人员在病变部位插管，并与接管相连接。

④工作人员确认除患者外无其他人员滞留，退出机房并关闭屏蔽门。

⑤工作人员在控制室内按规定操作设备，实行“模拟源探路，放射源治疗”，先走假源，无障碍后开始走真源放射治疗。治疗过程中，通过监视器严密观察患者。

⑦放射治疗结束后，真源自动复位，确认放射源回到罐中以后，打开机房门，患者离开机房，结束治疗。工作人员再次检查无人员滞留，退出机房并关闭机房门。

产污环节：在治疗过程中产生的γ射线。

后装治疗工作流程及产污环节详见图 9-20。

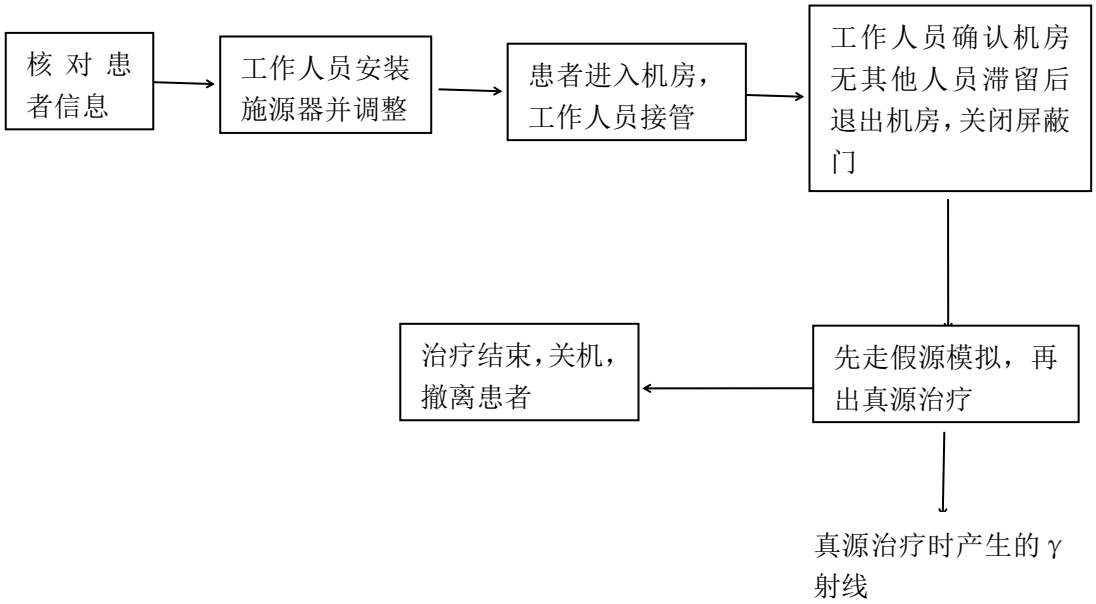


图 9-20　　后装治疗工作流程及产污环节示意图

（4）工作负荷

项目运行后，预计后装机年工作 50 周，每周工作 5 天，每天最多接诊患者 6 人次，每人次平均治疗 8min，全年治疗 1500 人次。

3、介入中心与手术室

（一）设备组成

1、DSA

医用血管造影 X 射线机系统（DSA）包括 Gantry，俗称“机架”或“C 型臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等

部件；专业手术床；Atlas 机柜，该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。该项目设备采用平板探测器（FD）技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。设备外观图见图 9-21。

图 9-21　　DSA 外观示意图

2、DSA+CT

DSA+CT 系统是有 DSA 机和 CT 机组成的一套系统。CT 基本组成：包括扫描部分、计算机系统、图像显示与记录系统和中央控制台。CT 机将通过滑轨滑向 DSA 的病人床进行 CT 扫描，而不需要重新定位或者转运病人。CT 扫描完成后，可以将 CT 机架从病人床移开，使得病人床可以用于 DSA 的造影。DSA 组成与上文一致。设备外观图见图 9-22。

图 9-22　　DSA+CT 外观示意图

（二）工作原理

DSA 是采用 X 射线进行摄影的技术设备。该设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。成像装置是用来采集透过人体的 X 线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，利用平板探测器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成许多小方块，即象素。所得到的各种不同的信息经模／数(A／D)转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数／模(D／A)转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

（三）工作流程及产污

工作流程：诊疗时，患者躺在手术床上并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达指定位置，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA 在进行手术时分为透视和摄影两种情况。

产污环节：在透视或摄影时产生的 X 射线以及电离空气产生的臭氧、氮氧化物。

工程流程及产污环节详见图 9-23。

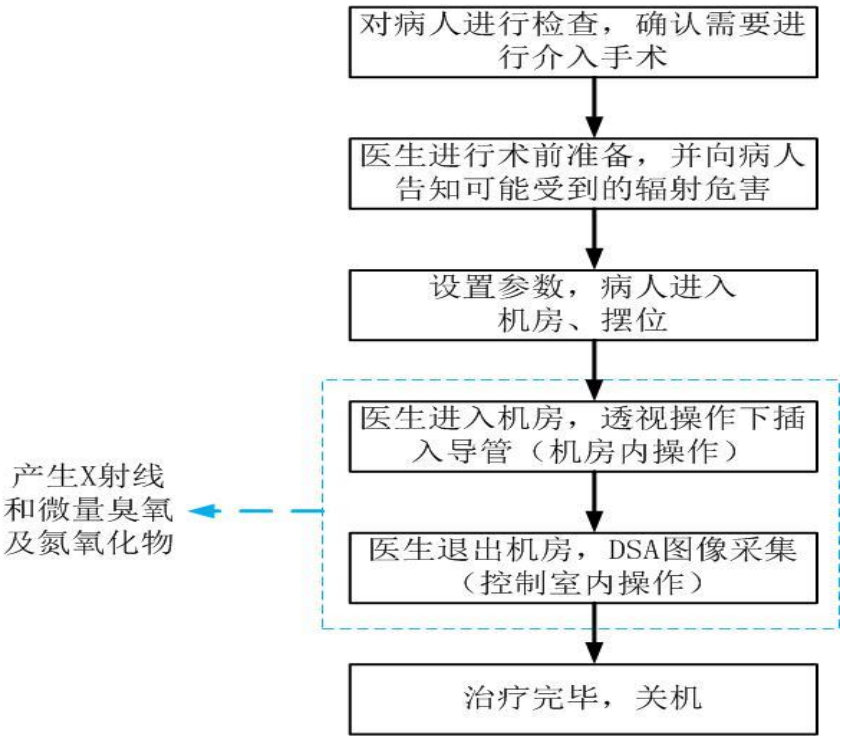


图 9-23　　DSA 手术工作流程及产污环节示意图

（四）工作负荷

本项目 DSA 开展手术主要包括外周血管介入、心脑血管介入、神经介入等。曝光时间和工作量见表 9-12。

表 9-12　　DSA 的曝光时间及工作量

设备		每台手术曝光时间	工作量（台次/a）	曝光时间（h/a）
DSA		25min	1000	417
DSA+CT	DSA	25min	1000	417
	CT	1min	1000	17

污染源项描述

本项目涉及核医学科、放疗科、介入中心及手术室，污染源项分析如下：

一、核医学

1、核素制备场所污染源项分析

回旋加速器制药过程中污染因子主要包括：放射性核素生产过程中产生的中

子、γ 射线和β表面污染，还有含放射性核素的气态、液态和固态废物，此外还会产生少量的臭氧及氮氧化物。根据工艺流程，具体分析污染物和污染途径如下。

（1）贯穿辐射

回旋加速器在制备药物过程中，高速质子与靶物质作用伴随产生中子，中子与靶、 部件、屏蔽体等物质相互作用会放出 γ 射线，中子和 γ 射线具有较强的穿透力，如果对其屏蔽不好则可以穿过屏蔽墙、防护门、屋顶等对工作人员和公众产生一定辐射危害。

在进行药物合成、分装、交接、传输等操作时，核素衰变时会发出 β^+射线以及发生正电子湮灭产生的 γ 射线，β^+的最大能量为 1.190MeV，β^+在空气中存在时间极短，极易与空气的电子结合（湮灭）而转化为两个γ射线光子（能量为 0.511MeV）。

核素制备、合成、分装均为自动控制，以上过程中工作人员在加速器控制室进行监控，受到的辐射影响较小，贯穿辐射主要来自质控及传递运输放射性同位素药物过程中。

制药区无公众进入，加速器运行及在药物转运过程中周围公众活动量很小，对公众造成影响的可能性较小。

（2）空气活化产物

粒子与稳定的非放射性核素作用发生核反应，生成放射性的核素，称该非放射性核素被活化。活化产物决定因素主要包括：中子发生率和能量、空气的组成、核反应截面、粒子在空气中的行径（自靶点至墙内表面的距离）。加速器在运行期间，中子活化空气产生的活化产物主要为：^{11}C、^{13}N、^{15}O、^{41}Ar。

这些核素均为 β、γ 衰变体，其中 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 半衰期很短，在很短时间内即可发生衰变，故可以不予考虑。主要考虑 ^{41}Ar 的影响，由于空气中可以生成 ^{41}Ar 的 ^{40}Ar 含量仅为 1.3%，加上产生 ^{41}Ar 的活化反应截面很小，所以 ^{41}Ar 的生成率极其微小。

（3）表面污染

工作人员在对含有放射性核素制剂的各种操作中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等发生放射性沾污，造成放射性表面污染。

（4）放射性废物

①放射性废气

在放射性药物合成分装、质控时，药物挥发产生的含放射性核素的废气。

②放射性废水

核素制备场所中回旋加速器制备放射性核素的过程是在密闭系统中进行的，回旋加速器的水冷系统使用循环水，冷却水不外排不产生废水。药物医务人员去污、应急洗消、场所清洗时产生一定量的放射性废水。

③放射性固废

本工程产生的放射性固体废物有手套、棉签、滤纸、清洁去污时用过的抹布和活性炭等。核素制备场所中药物制取时，更换下来的放射性残留物如固体靶片。

（5）非放射性污染物

本项目废气为电离辐射产生的 O_3、NO_x 等废气；本项目废水为工作人员产生少量的生活污水；本项目的固体废物，主要为工作人员产生的办公垃圾；本项目噪声主要设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

2、核素显像区污染源项分析

（1）放射性污染物

①X 射线和γ射线

PET/CT、SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线；药物在分装、测活、注射、注射后候诊、扫描及留观等过程中产生的γ射线及β射线。

②β放射性表面污染

医生在对放射性药物的操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

③放射性废气

在放射性分装、测活时，药物挥发产生的含放射性核素的废气。

④放射性废水

含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

⑤放射性固废

本项目放射性固废主要为工作人员操作过程产生的服药杯子、污染物的注射器、针头、手套、棉签、纱布、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品和更换的废活性炭等放射性废弃物。

（2）非放射性污染物

本项目废气为电离辐射产生的 O_3、NO_x 等废气；本项目废水为工作人员产生

少量的生活污水；本项目的固体废物，主要为工作人员产生的办公垃圾；本项目噪声主要设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

3、核素治疗区污染源项分析

（1）放射性污染物

①γ射线

药物在分装、测活、服药及住院等过程中产生的γ射线。

②β放射性表面污染

医生在对放射性药物的操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

③放射性废气

在放射性药物分装时，药物挥发产生的含放射性核素的废气。

④放射性废水

含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

⑤放射性固废

本项目放射性固废主要为工作人员操作过程产生的服药杯子、手套、棉签、纱布、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品和更换的废活性炭等放射性废弃物。

（2）非放射性污染物

本项目废气为电离辐射产生的 O_3、NO_x 等废气；本项目废水为工作人员产生少量的生活污水；本项目的固体废物，主要为工作人员产生的办公垃圾；本项目噪声主要设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

二、放疗科

1、TOMO、直线加速器、射波刀

①X 射线

加速器运行期间高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线， X 射线随机器加高压开、关而产生和消失。

②臭氧和氮氧化物

加速器在运行过程中，X 射线作用于空气以及次级辐射等因素，可产生少量臭氧及微量氮氧化物，通过排风系统排入大气。

③废靶件

直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，

废靶件由加速器供应商回收，不会在医院存储。

综上，开机期间，其他直线加速器主要污染因子为 X 射线、废靶件、少量臭氧、微量氮氧化物。

（2）事故工况

①放疗过程加速器运行时，辐射安全措施故障，无关人员误入治疗室，发生超剂量照射。

②维修直线加速器系统时发生异常出束，维修人员受到超剂量照射。

2、后装机

（1）正常工况

使用放射源后装治疗机时主要的环境影响来自放射源，由于放射源是密封源，正常情况下，源活性物质不会泄露，因此在正常情况下，主要的影响因子是放射源发射的 γ 射线，对周围环境影响途径为外照射，无放射性“三废”排放。

由于放射性衰变，随着放射性活度的降低，密封源在一定时间以后将无法继续满足放射治疗要求，需要更换新的放射源。而旧的放射源依然具有一定的放射性强度，依然存在对环境保护和人类健康的不利影响的可能性，因此对于废旧放射源需要妥善处理。

（2）事故工况

①后装机的放射源丢失或被盗。

②治疗过程中，发生卡源事故，需要人工处理时导致人员受到额外照射。

③安全联锁装置失效，人员误入治疗室而导致的误照射。

三、介入中心及手术室

（1）正常工况

DSA 项目正常运行过程中，机房四周及上下层等周围环境可能会受到 DSA 发射的 X 射线影响。

（2）事故工况

①曝光时防护门未关闭，此时机房门外的人员可能受到 X 射线照射。

②曝光时受检者未按要求穿戴个人防护用品，导致受检者的受检部位外的部分受到不必要的照射。

③因仪器失控或设备防护性能问题可能导致受检者接受额外照射。

④曝光过程中，或因警示灯失效其他人员在不知情的情况下误入机房接受到意

外照射。

⑤相关人员在检修射线装置过程中，受到意外照射。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、核医学科

（一）工作场所布局分析及分区情况

1、工作场所布局分析

本项目核医学科三个工作功能区：核素制备区、核素显像区和核素治疗区。核素制备区位于医院肿瘤诊疗中心负 1 层西侧；核素显像区位于医院肿瘤诊疗中心负 1 层北侧；核素治疗区位于医院肿瘤诊疗中心北塔 1 层。具体平面布置见附图 4-1、附图 4-2.

核素显像区 PET 诊断项目、SPECT 诊断项目设置一套衰变池；甲亢、甲癌治疗项目设置一套衰变池。

从核医学科布局看，辐射工作场所相对独立，与其他场所有明显隔断，辐射场所内各功能用房布局分区明确，不相互穿插、干扰。辐射场所设有屏蔽门和工作人员进出门进出口均设有屏蔽门，既方便工作人员和病人的进出，又利于辐射防护辐射工作场所与周围环境设有一定的辐射安全防护距离。从环境保护和辐射安全与防护的角度来看，该项目辐射工作场所的平面布置是合理的。

（2）工作场所分区情况

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，通常不需要采取专门防护手段或安全措施，但要需要经常对其职业照射状况进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出

安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

本项目核医学科工作场所分区情况见附图 4-1 和附图 4-2。管理要求：控制区需要最优化的辐射屏蔽和冗余的安全联锁系统，入口设置明显的电离辐射警告标志，标志图形、颜色、字体等均按照 GB18871-2002 规定要求设置，预防潜在照射及事故照射的发生。回旋加速器运行时，机房内禁止有人员滞留、禁止人员进入。监督区只有经授权的放射性工作人员才能进入监督区进行操作，公众不允许进入。本项目 3 个非密封放射性物质工作场所监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，满足辐射防护管理和职业照射控制要求。

2、人流和物流路径规划分析

为了加强辐射安全管理，在核素显像区受检者和核素治疗区甲癌病人各出入口处设置专用单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。核素制备区出入口均设置有门禁系统及监控设备，防止无关人员误入。

结合项目的工作流程及工作场所布局设计，医院拟规划出工作场所患者及相关工作人员的流动路线，路径图详见附图 8：

① 送药路线

生产的放射性药物运输路线：^{18}F 药物定时运送，由核素制备区运输至核素显像区 ^{18}F 分装柜。

医院使用的放射性药物除回旋加速器生产的正电子药物外，其余诊断治疗项目使用放射性核素均为外购成品药物。工作人员每天早上上班前避开候诊病人，提前到达核医学科，与供药公司办理交接手续并存档，将药物暂存在分装柜内。

外购的放射性药物运输路线：供药公司人员→进入负一楼 ^{99m}Tc 分装柜/一楼自动分装仪。送药时段通常为上班前（确保无诊疗患者）。

②患者路线

PET 诊断患者行走路线：由负一楼核医学科东侧门厅步行至核医学科候诊大厅→沿患者通道向西行走通过 2 道单向门进入注射窗口接受注射→注射完成后沿 PET-CT 患者通道向西到达注射后休息室候诊→候诊完成后进入 PET 机房扫描→扫描完成后沿 PET-CT 患者通道向北进入 PET 留观抢救室→最终从 PET 患者出口处离开核医学科，出口安排在靠近停车场，方便患者直接离开。

SPECT 诊断患者行走路线：由负一楼核医学科东侧门厅步行至核医学科候诊大厅

→沿患者通道向西行走通过 1 道单向门进入注射窗口接受注射→注射完成后沿 SPECT 患者通道向东到达注射后休息室候诊→候诊完成后进入 SPECT 机房扫描→扫描完成后沿 SPECT 患者通道向北进入 SPECT-CT 留观抢救室→最终从 SPECT 患者出口处离开核医学科，出口安排在靠近停车场，方便患者直接离开。

甲癌患者行走路线：由一楼核医学科东侧等候厅进入→护士站登记、安排住院→进入核素治疗区→沿甲癌患者通道向西行走进入甲癌服药室→服药完成后进入甲癌病房住院→住院结束向北行走从核素病人出口处离开核医学科，出口安排在 1 楼，方便患者直接离开。

甲亢患者路径规划：由一楼核医学科北侧候诊大厅进入核素治疗区→沿通道向西至窗口服药→服药后可直接离开，部分患者需进入留观/抢救室留观→完成留观后向西行走→出门向北行走从核素病人出口处离开核医学科，出口安排在 1 楼，方便患者直接离开。

甲功测定患者路径规划：由一楼核医学科北侧候诊大厅进入核素治疗区→沿通道向西至窗口服药→服药后向东进入甲功测定室→完成甲功测定后向东行走离开核素治疗区→出门向北行走从核素病人出入口处离开核医学科，出口安排在 1 楼，方便患者直接离开。

③工作人员路线

核素制备工作人员路径：从由核医学科西侧一楼坐电梯下负一楼，控制室工作人员从东侧北边入口进入控制室；；质控室工作人员从东侧北边入口向西进入质控室进行工作；合成室工作人员从东侧南边入口经卫生通过间进入合成室，工作结束后原路返回，在卫生通过间进行辐射剂量率、表面污染检测后，更衣离开。

PET/SPECT 核素操作工作人员路线：由负一楼核医学科北侧地下车库进入→更衣后到达分装室、注射室、储源室、→工作完成后原路返回离开。

PET/SPECT 控制室工作人员行走路线：由负一楼核医学科北侧地下车库进入→到达 PET/SPECT 机房控制室→工作完成后原路返回离开。

^{131}I 核素工作人员路径规划：从一楼核医学科东侧医护电梯进入→经过更衣室进入 ^{131}I 储源室、分装配药室→工作完成后原路返回。

由上述核医学工作人员及药物运输路线可知，本次核医学科项目患者人员路线基本能够保证沿工作程序的相关功能房间单向流动，且能够满足医务人员及患者均具有

独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，人员路线规划合理。同时医院严格规定药物运输时间，确保放射性药物运输时运输路线无人员通过，避免工作人员受到不必要的外照射。通过该措施后，本次核医学科项目能满足人员路线与放射性药物运输路线不交叉。

3、核医学科工作场所屏蔽设计

本项目核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计参数表见表 10-1 和表 10-2。

表 10-1　　核素制备区辐射屏蔽设计参数

机房名称	方位	材料及厚度
回旋加速器机房	东墙	2350mm 混凝土
	南墙	2300mm 混凝土
	西墙	2550mm 混凝土
	顶棚	2300mm 混凝土
	地面	400mm 混凝土
	一阶迷道内墙	930~1326mm 混凝土
	二阶迷道内墙	585~1056mm 混凝土
	三阶迷道内墙	600mm 混凝土
	三阶迷道外墙	400mm 混凝土
	防护门	5mm 铅板+200mm 含硼 5%的聚乙烯+5mm 铅板

注：混凝土密度：2.35g/cm^3，铅密度：11.3g/cm^3，聚乙烯密度：0.94g/cm^3

表 10-2　　核医学科核素显像区、核素治疗区辐射防护设计一览表

区域	机房名称	四周墙体（mm)	顶板（mm)	地板（mm)	防护门（mm)	观察窗（mm)
核素显像区	分装室	240 实心红砖	250 混凝土	120 混凝土	8mmPb	注射窗 40mmPb
	储源室	240 实心红砖	250 混凝土	120 混凝土	8mmPb	——
	固废室	240 实心红砖	250 混凝土	120 混凝土	8mmPb	——
	PET-CT 注射后休息室（1）	东、西、北墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 南墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12mmPb	——
	PET 注射后 VIP 休息室	东、北墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 西、南墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12mmPb	——
	PET-CT 注射后休息室（2）	东、南、北墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 西墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12mmPb	——
	PET-MR 注射	东、南墙 240 实心红砖+	250 混凝土	120 混凝土	12mmPb	——

	后休息室	60 硫酸钡 西、北墙 240 实心红砖+80 硫酸钡				
	PET 注射后患者走廊	240 实心红砖+80 硫酸钡（不包括机房墙体）	250 混凝土	120 混凝土	入口门 20mmPb 西侧门 20mmPb	——
	PET-CT 机房	370 实心红砖+30 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	8mmPb	8mmPb
	PET-MRI 机房	370 实心红砖+30 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	8mmPb	8mmPb
	PET 留观抢救室	东、南墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 西、北墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12mmPb	——
	SPECT-CT 注射后休息室	240 实心红砖+60 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3mmPb	——
	SPECT-CT 机房（1）	370 实心红砖+30 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3mmPb	3mmPb
	SPECT-CT 机房（2）	370 实心红砖+30 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3mmPb	3mmPb
	SPECT-CT 注射后患者走廊	240 实心红砖+60 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3mmPb	——
	SPECT-CT 留观/抢救室	240 实心红砖+60 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3mmPb	——
核素治疗区	储源室	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12mmPb	——
	分装、配药室（甲亢）	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12mmPb	服药窗 40mmPb
	自动分装室（甲癌）	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12mmPb	服药窗 40mmPb
	固废室	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12mmPb	——
	甲功测定室	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12mmPb	——
	甲亢服药走廊	东西北墙为 240 实心红砖 南墙为 370 实心红砖+30 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	12mmPb	——
	甲亢留观/抢救室	240 实心红砖+60 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	12mmPb	——
	甲癌病区走廊	北墙：370 实心红砖+30 硫酸钡 东、西、南墙：370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	东入口、缓冲区门 30mmPb，北出口门 15mmPb	取餐窗 30mmPb
	甲癌病房 1 号	370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	20Pb	采光窗 25mmPb

	甲癌病房 2 号	370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	20Pb	采光窗 25mmPb
	甲癌病房 3 号	370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	20Pb	采光窗 25mmPb
	甲癌抢救室	370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	采光窗 15mmPb

注：混凝土密度：2.35g/cm^3，铅密度：11.3g/cm^3，实心红砖密度：1.65g/cm^3，硫酸钡密度：3.2/cm^3。

4、 辐射安全和防护设施

一、 辐射安全措施

（1）核素制备区

①回旋加速器室安全设施

（a）安全联锁：加速器室的防护门与加速器的高压设置联锁，当防护门未关闭到位时，加速器无法开启高压出束；当加速器工作过程中误操作打开防护门时，加速器立即停止出束；控制台和大厅门钥匙控制；辐射报警灯与加速器出束状态联锁，准备出束时发出警示；

（b）工作指示灯：加速器机房防护门外拟设置红黄绿三色工作指示灯信号，用于提示机房内设备的运行状态。红灯亮表示加速器正在出束工作；黄灯亮表示加速器已停机，加速器屏蔽门处于打开状态，非职业工作人员禁止入内；绿灯亮表示加速器已停机，屏蔽门处于关闭状态；

（c）电离辐射警告标志：回旋加速器工作场所入口醒目位置及衰变池外设置电离辐射警告标志；

（d）紧急开关：加速器机房入口门内侧迷道设置 1 个紧急开关，当人员被关在机房内紧急情况下按下开关，可实现防护门从内部打开，同时加速器停止出束；

（e）急停开关：加速器室进出口、控制台操作台上各设置 1 个急停开关，人员滞留在机房内时就可以按下开关，实现加速器停止出束；

（f）固定式剂量监测：加速器机房防护门内设置固定式剂量率仪监测探头；

（g）视频监控：加速器机房内拟安装视频监控，监视器设置于控制室内，工作人员可及时掌握回旋加速器机房内部情况。

②合成热室工作场所安全设施

（a）电离辐射警告标志：合成热室入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

（b）当加速器制备出核素之后，放射性核素传输之前，热室设备将根据程序

设定自动检测合成室的门是否已经关闭，合成室里面的压力是否满足负压要求；只有这两项条件均满足的情况下，放射性核素才能通过管道进行传送，同时在控制室内操作台上有相应的核素传输工作状态指示灯；

（c）视频监控：拟安装视频监控系统，便于辐射工作人员合成热室内及周边的情况。

③质控室工作场所安全设施

电离辐射警告标志：质控室入口醒目位置设置电离辐射警告标志。

（2）核素显像区

①警告设施

医院拟在核素显像区控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在PET 机房、SPECT 机房受检者防护门与工作人员防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门有效关联，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

②紧急止动装置

在控制台上、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮即可令 PET、SPECT 停止运行。

③视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、工作场所进/出口情况；PET、SPECT 机房和控制室之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与受检者交流。

（3）核素治疗区

①警告设施

医院拟在核素治疗区控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。

②视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察患者的情况、工作场所进/出口情况；^{131}I 分装配药室和甲癌服药室之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与患者联系。

二、 放射性药物的存放控制措施

本项目核医学科使用的正电子放射性核素药物为医院自行生产，药物生产完毕后自动进入转运铅罐，由专人使用转运小推车，将药物运至核医学科核素显像区，定点运送到负一楼 ^{18}F 分装柜内。其余核医学科显像、治疗药物提前向供药单位订购放射性药物（^{99m}Tc 每天送药两次，^{131}I 每周送药一次），供药单位在约定的时间，将预约用量的药物送至核医学科，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在负一楼 ^{99m}Tc 分装柜或一楼 ^{131}I 的自动分装仪。

医院必须配备专（兼）职人员负责放射性药物的管理并建立健全放射性物质的保管、领用、登记和定期检查制度。要求设置专门的台账（如交收账、库存帐、消耗账），加强对放射性药物的管理，严防丢失。放置放射性物质的容器，必须容易开启和关闭，容器外必须有明显的标签（注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起止时间、存放负责人等）。放射性药物要设有专门可靠的防火防盗等安全设施的贮存场所，且不得将放射性药物与易燃易爆及其他危险物品放在一起。

三、表面污染控制措施

为保证非密封放射性工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，本次评价提出以下管理措施和要求：

①放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

②操作放射性药物时，须在有负压的通风橱内进行，防止放射性物质撒漏；

③放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品；

④操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

四、人员防护措施

（1）辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

屏蔽防护：通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套、注射器防护提盒、铅转运盒等。

时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。

距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

（2）其他人员防护

屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。

时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

距离防护：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

五、操作过程中的防护措施

医生在进行放射性药品分装、测活、注射操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅衣、铅眼镜、铅手套、口罩、铅帽等。分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。通风橱底部设有废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。注射时注射器外还配有注射器铅防护套，注射操作台拟采用铅玻璃防护，并在注射位设置铅挡板。注射操作时，医生（采取相应防护措施）与病人及药物分别位于铅玻璃的两侧，病人注射后进入注射后休息室候诊。

医生在进行放射性药品质检操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅衣，铅眼镜、铅手套、口罩、铅帽等。质控、分装、抽测均在通风橱内进行。

六、对服药和注射后病人防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，患者要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在候诊室内驻留，医院需要划定专门的陪护人员等候区并尽量远离非密封放射性物质工作场所，同时需要求患者在注射后休息室静候，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入注射后休息室内专用厕所，最终排入衰变池。

二、放疗科

（一）加速器

1、工作场所布局分析

本项目放疗科拟建 1 间 TOMO 治疗室、5 间直线加速器机房、1 间射波刀治疗室，7 间机房全部位于肿瘤中心负 1 层，机房下方无地下层，符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007)中“治疗机房一般设于单独的建筑或建筑物底层的一端”的要求。7 间加速器机房的顶棚上方均为厚约 1.3 米的土层，土层上方为绿化、道路。7 间加速器机房相邻环境状况见表 10-3。

表 10-3　　加速器机房相邻环境状况

机房名称	东面	南面	西面	北面	顶棚	下层
TOMO 治疗室	配电小间、后装治疗室	设备间、控制室	病理科库房	通道	绿化、道路	地基
1 号加速器机房	2 号加速器机房	通道	病理科库房	水冷机房、控制室	绿化、道路	地基
2 号加速器机房	3 号加速器机房	通道	1 号加速器机房	水冷机房、控制室	绿化、道路	地基
3 号加速器机房	4 号加速器机房	总务库房	2 号加速器机房	水冷机房、控制室	绿化、道路	地基
4 号加速器机房	5 号加速器机房	总务库房	3 号加速器机房	水冷机房、控制室	绿化、道路	地基
5 号加速器机房	射波刀治疗室	总务库房	4 号加速器机房	水冷机房、控制室	绿化、道路	地基
射波刀治疗室	咨询接诊室、控制室、热疗室、卫生间	总务库房、卫生间	5 号加速器机房	控制室、设备间	绿化、道路	地基

加速器机房由治疗室、迷道和防护门组成。本项目各加速器机房（治疗室）与控制室均分离；各个机房（治疗室）均设置 L 型迷道，迷道口设有防护门，各个加速器机房布局符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定。

TOMO 治疗室面积为 59.4m^2，1 号加速器机房治疗室面积为 57.8m^2，2-5 号加速器机房治疗室面积为 60.7m^2，射波刀治疗室面积为 52.5m^2，经建设单位和设计单位及设备厂商确认，能够满足临床使用需求，放射治疗场所布局满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中 6.2.1 要求的“放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要”的规定。

综上所述，本项目加速器机房工作场所布局基本合理。

2、工作场所分区情况

医院拟对加速器的工作场所进行分区管理，将工作场所分为控制区和监督区：

以加速器机房屏蔽墙和防护门等屏蔽体为界，加速器机房（包含迷道）划定为控制区，加速器机房相邻的控制室、设备间、水冷机房、通道等区域划定为监督区。

放疗科分区图详见附图 4-3。

3、辐射防护屏蔽设计

本项目加速器机房辐射防护屏蔽设计参数表见表 10-4。

表 10-4　　加速器机房辐射屏蔽设计技术参数

机房名称	方位	区域	材料及厚度
TOMO 治疗室	东墙	主屏蔽区	2500mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	2500mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	北墙	/	1700mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	/	800~1700mm 混凝土
	迷道外墙	/	1080~1700mm 混凝土
	防护门		8mm 铅
1 号加速器机房	东墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	南墙	侧墙	1700mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	侧墙	800~1700mm 混凝土
	迷道外墙	侧墙	1100~1700mm 混凝土
	防护门		16mm 铅
2~4 号加速器机房	东墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	南墙	侧墙	1700mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	侧墙	800~1700mm 混凝土
	迷道外墙	侧墙	1100~1700mm 混凝土
	防护门		16mm 铅

5 号加速器机房	东墙	主屏蔽区	3150mm 混凝土
		次屏蔽区	2500mm 混凝土
	南墙	侧墙	1700mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	侧墙	800~1700mm 混凝土
	迷道外墙	侧墙	1100~1700mm 混凝土
	防护门		16mm 铅
射波刀治疗室	东墙	/	2500mm 混凝土
	南墙	/	2500mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	3150mm 混凝土
		次屏蔽区	2500mm 混凝土
	顶棚	/	2500mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	/	550~2500mm 混凝土
	迷道外墙	/	300~2500mm 混凝土
	防护门		10mm 铅

注：混凝土密度：2.35g/cm^3，铅密度：11.3g/cm^3。

4、电缆穿墙设计

本项目加速器机房的全部电缆均通过地下电缆沟走线，在机房与控制室之间采用 U 型电缆沟设计，下沉后穿越屏蔽墙到达机房外，U 型电缆沟和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，保障不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。

电缆沟穿过屏蔽墙的设计方案见图 10-1。

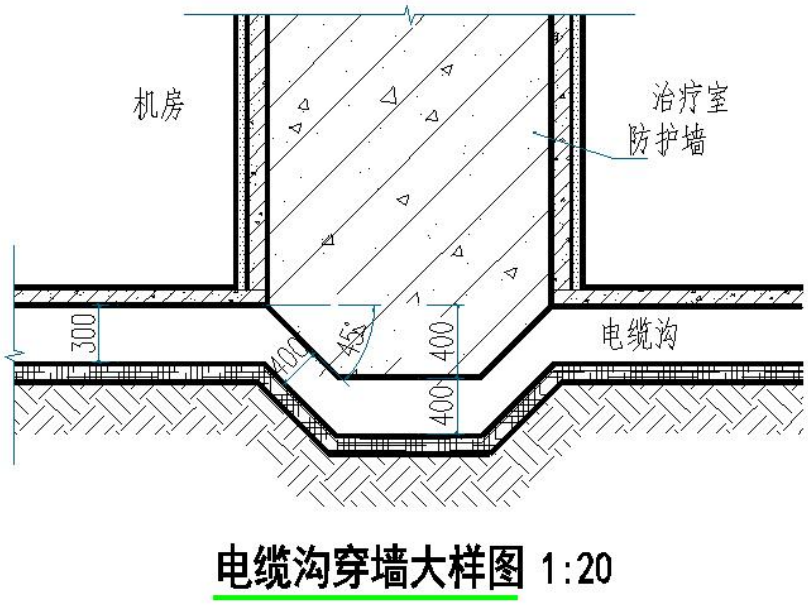


图 10-1 电缆沟穿过屏蔽墙的设计图

5、通风设计

①风量、换气次数

电离辐射都会使空气发生辐射分解而产生臭氧和氮氧化物，产生臭氧与氮氧化物的产额比例大约为 1：0.48，且臭氧的危害比氮氧化物大，因此在考虑该项目的有害物质排放时，主要考虑臭氧的排放可以同时满足臭氧和氮氧化物排放要求。

为满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求，治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。根据排风能力计算，每间机房所需的风机风量情况见表 10-5。

本项目的直线加速器机房在拟设计的风量的通风情况下，治疗室内的臭氧浓度 0.027mg/m^3，满足《工作场所有害因素 职业接触限值 化学有害因素》（GBZ2.1-2019）规定的机房内的臭氧浓度不大于 0.30mg/m^3 的要求。

表 10-5 直线加速器机房风量设计要求符合性一览表

序号	机房名称	机房容积（m^3）	要求风量（m^3/h）	设计排风量（m^3/h）	是否满足要求
1	TOMO 治疗室	190	760	2000	满足
2	1 号加速器机房	173	694	2000	满足
3	2 号加速器机房	182	728	2000	满足
4	3 号加速器机房	182	728	2000	满足
5	4 号加速器机房	182	728	2000	满足

6	5 号加速器机房	182	728	2000	满足
7	射波刀治疗室	168	672	2000	满足

注：机房容积不包含迷道。

②排风口

本项目加速器机房的新风口拟建在治疗机房吊顶处，排风口设在机房内新风口的对角线，距离地面约 25cm 处，设置防鼠防虫网。新风口和排风口的设计位置合理，通风系统可以有效的对机房内空气进行换气。该项目 TOMO 治疗室、后装治疗室、1-2 号加速器机房的废气经排风管最终汇入放疗科南侧的排风井，3-5 号加速器机房、射波刀治疗室的废气经排风管最终汇入放疗科东侧的排风井。排风井通至肿瘤诊疗中心屋顶，排风口高出所在建筑屋脊，并且排放口风管端口进行了防雨、防鸟、防虫设计，废气最终排至大气环境，对周围环境无明显影响。各机房排风管线走向设计见附图 7-3。

③穿墙设计以及屏蔽补偿

7 间加速器机房风管均采用斜向 45 度穿过迷道防护门上方墙体，保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果，管道穿墙的设计方案见图 10.1-5。冷却水管、测试管等管线在非主射方向斜 45 度穿墙；例如：空调冷却水预埋管和冷却水预埋管均以斜 45°方式从治疗室南侧屏蔽墙次屏蔽区穿出，如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后背衬填 1.0cm 厚度的铅板。

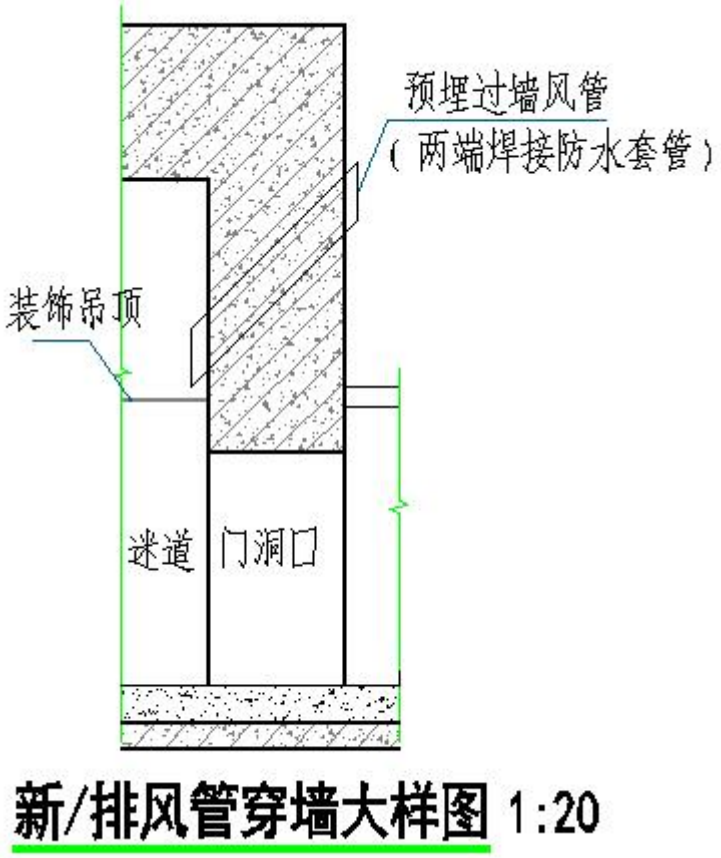


图 10-2 通风管道穿过屏蔽墙的设计图

6、辐射安全和防护设施

①放疗装置钥匙开关

加速器装置本身均具有电源的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动治疗装置。

② 门机联锁

各加速器机房的电动防护门均与加速器出束联锁，而且均具有双重联锁，门未关闭的情况下，加速器不能出束，一旦防护门被打开，联锁装置即切断该加速器机房内加速器治疗机的出束电源，使加速器立即停止出束。

③ 急停开关

各加速器机房内墙面、迷道内墙面和控制室内均设置了急停按钮并有明显标志，供紧急停止使用。紧急停止开关复位，加速器才能重新启动。

④ 实时摄像监视和对讲系统

在加速器机房内均设有摄像监视系统，使控制室的工作人员可清楚地观察到治疗室内加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理；机房和控制室之间设置对

讲系统，方便操作人员与患者的交流。

⑤ 固定式剂量率监测系统

在加速器机房内均设有固定式剂量率仪监测探头，实时监测到辐射剂量率水平显示在控制室中，工作人员可以及时了解加速器的工作情况以及机房中的辐射水平。

⑥ 应急开关

机房门内迷道入口处设置应急开关，一旦有人误关在机房内时能及时开门离开。

⑦辐射安全警示设施

加速器机房大门均设置醒目的电离辐射警示牌、工作状态指示灯和“工作中”的文字提醒，当加速器放疗系统运行工作时，门头的指示灯和文字亮，显示红色，且设置有门灯联锁和门机联锁。

（二）后装机

1、工作场所布局分析

本项目后装机房位于肿瘤中心负 1 层，后装机用房主要由后装机房、控制室和准备间组成。后装机房由治疗室、迷道组成。

本项目后装机房治疗室与准备间和控制室分开设置，控制室位于治疗室南侧、准备间位于控制室南侧，治疗室面积为 29.9m^2，治疗室入口设置的迷道为直迷道。

后装治疗机房布局符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“治疗设备控制室应与治疗机房分开设置”、“放射治疗机房应有足够的有效使用空间”、“其他治疗机房均应设置迷路”的规定。

综上所述，本项目后装治疗机房布局基本合理。

后装机辐射工作场所四周情况见表 1-6。

表 10-6　　后装机房相邻环境状况

机房名称	拟用放射源	东面	南面	西面	北面	顶棚	下层
后装治疗室	^{192}Ir	走道	控制室	TOMO 治疗室	空调机房、配电小间	绿化、道路	地基

2、工作场所分区情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求，医院拟对后装机的工作场所进行分区管理，将工作场所分为控制区和监督区：后装

机房为控制区；控制室、空调机房、走道等相邻区域为监督区。机房门外有醒目的电离辐射警示牌和工作指示灯，避免人员误闯入或误照射。后装机的工作场所分区详见附图 4-3。

3、本项目后装机房辐射防护屏蔽设计参数见表 10-7。

表 10-7　　后装机房辐射屏蔽设计技术参数

机房名称	方位	材料及厚度
后装治疗室	东墙	800mm 混凝土
	南墙	800mm 混凝土
	北墙	800mm 混凝土
	顶棚	800mm 混凝土
	地面	600mm 混凝土
	迷道内墙	800mm 混凝土
	迷道外墙	1700mm 混凝土
	防护门	10mm 铅

注：混凝土密度：2.35g/cm^3，铅密度：11.3g/cm^3。

4、电缆穿墙设计

本项目后装机房的电缆均通过地下电缆沟走线，并采用 U 型方式从地坪下穿越屏蔽墙体到达机房外，保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。穿墙方案与加速器机房一样。详见图 10-1。

5、通风设计

为减小气载放射性物质和有害气体的危害，后装机房内设计有通风系统，根据通风设计方案，后装机房排风采用的风机风量为 2000m^3 /h，机房容积为 89.8m^3（不含迷道），能保证及时将臭氧等有害气体排出室外。

本项目后装机房的新风口拟建在房间天花板处，排风口设在房间内新风口的对角线，距离地面约 25cm 处。新风口和排风口的设计位置合理，通风系统可以有效的对机房内空气进行换气。后装机房通风管线设计详见附图 7-3。

后装机房设置进风管道和排风管道，在迷道区域进入机房，后沿着迷道走向到达机房内治疗区；通风管道采用斜向 45 度穿过迷道防护门上方墙体，废气经排风管最终汇入放疗科南侧的排风井，排风井通至肿瘤诊疗中心屋顶，排风口高出所在建筑屋脊，并且排放口风管端口进行了防雨、防鸟、防虫设计，废气最终排至大气环境，对周围环境无明显影响。通风管道穿过屏蔽墙的设计方案见图 10-2。

6、辐射安全和防护设施

①急停按钮

后装机房控制室内设置了急停按钮，后装机设备上自带急停按钮，并有明显的标志，在紧急情况下，按下任一急停按钮均能够使放射源迅速返回贮源器，紧急情况处理完毕后，须于本地复位后，后装机才能重新启动。

②门机联锁

机房的防护门与后装治疗机联锁，只有关门才能导出放射源进行治疗，治疗过程中，意外开门时，系统将自动收回放射源至贮源器，终止治疗。

③实时摄像监视和对讲系统

后装机房内设有摄像监视系统和对讲系统，使控制室的工作人员能清楚地观察到治疗室内后装机的工作情况并能与机房内沟通，如发生意外情况可及时处理。

④固定式剂量率监测系统

装机房内将设置辐射剂量率监测设施，并将监测水平实时显示在控制台上，操作人员可以在控制台上通过辐射剂量率的监测显示判断放射源由工作贮源器内输出和返回贮存位置的状态。辐射剂量监测设备设置有报警功能，只有在源输出时才有报警显示，指示灯闪烁，表示放射源在输出状态，放射源返回贮存位置后，指示灯熄灭。

⑤应急开关

机房门内迷道入口处设置应急开关，一旦有人误关在机房内时能及时开门离开。

⑥辐射安全警示设施

机房大门上设置醒目的电离辐射警示牌、工作状态指示灯和“工作中”的文字提醒，当加速器放疗系统运行工作时，门头的指示灯和文字亮，显示红色，且设置有门灯联锁和门机联锁。

⑦ 防护应急装备

后装机房建成投入使用后，医院拟在治疗室内配备一个铅储源容器、一个长柄镊子。储源容器放在铁皮柜内，双人双锁。

三、介入中心及手术室

（一）工作场所布局分析及分区情况

1、工作场所布局分析

本项目拟建 8 间 DSA 手术室，1 间位于急诊杂交手术室位于门急诊综合楼一

楼，6 间 DSA 机房位于医技综合楼二楼介入中心，1 间位于医技综合楼五楼。8 间 DSA 手术室相邻环境状况见表 10-8。

表 10-8　　DSA 手术室相邻环境状况

机房名称	东面	南面	西面	北面	顶棚	下层
急诊杂交手术室（门急诊综合楼一楼）	治疗室、医护缓冲、控制室、处置室	走道	库房、设备间、病人缓冲	抢救室	库房、医护工作站	地下车库
1 号 DSA 机房（医技综合楼二楼）	导管室、刷手	患者通道	库房、设备间	控制廊	值班室、厕所、洁具、质检、缓冲、耗材库房、走道	理发店、走道
2 号 DSA 机房（医技综合楼二楼）	3 号 DSA 机房	患者通道	设备间、导管室	控制廊	敷料打包、敷料库、发放窗、护长办、办公室、走道	餐饮服务、走道
3 号 DSA 机房（医技综合楼二楼）	机房	患者通道	2 号 DSA 机房	控制廊	发放窗、发放厅、走道	餐饮服务
4 号 DSA 机房（医技综合楼二楼）	5 号 DSA 机房	控制廊	生活库房、设备间、导管室	患者通道	智慧后勤办公室、走道	便利店、走道
5 号 DSA 机房（医技综合楼二楼）	设备间、导管室	控制廊	4 号 DSA 机房	患者通道	会议室、走道	便利店、走道
6 号 DSA 机房（医技综合楼二楼）	通道	控制廊	设备间、导管室	患者通道	办公室、走道	便利店、走道
DSA 杂交手术室（医技综合楼五楼）	控制室、设备间	污物通道	通道	洁净通道	天台	仪器库、走道

2、工作场所分区情况

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定，将辐射场所分为控制区和监督区，以便辐射安全管理和职业照射控制，因此，建设单位应按如下划分放射性工作场所进行监督管理。

①控制区：本项目 DSA 机房以墙体、观察窗和防护门为界，机房内为控制区。当处于开机状态时，区内无关人员不得滞留，在防护门上方设警示灯、防护门上张贴电离辐射警告标志并制定严格的管理制度保障此区的辐射安全。

②监督区：本项目 DSA 机房相邻区域划为监督区，在该区内需要对职业照射

条件进行监督和评价。

项目分区见附图 4-4、附图 4-5 及附图 4-6，工作人员和患者路径规划见附图 8-3、附图 8-4 及附图 8-5。

（二）辐射屏蔽设计

本次机房屏蔽材料密度分别为实心红砖：1.65g/cm^3，铅：11.3g/cm^3，混凝土：2.35g/cm^3，硫酸钡水泥：3.2g/cm^3，铅玻璃：4.2g/cm^3。机房四周墙壁采用实心砖+硫酸钡水泥的屏蔽方式，顶棚采用现浇混凝土+硫酸钡水泥的屏蔽方式，地板采用现浇混凝土的屏蔽方式。机房各防护门，均采用铅门，观察窗采用铅玻璃。机房屏蔽设计详见表 10-9。

表 10-9　　机房辐射防护措施一览表

机房名称	机房尺寸（m)（长×宽）	四周墙体（mm）	顶板（mm）	地板（mm）	防护门（mm）	观察窗（mm）
急诊杂交手术室	10.6×6.65	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3mmPb	3mmPb 铅当量
1 号 DSA 机房	7.85×7.4	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3mmPb	3mmPb 铅当量
2 号 DSA 机房	7.85×7.4	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3mmPb	3mmPb 铅当量
3 号 DSA 机房	7.5×5.7	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3mmPb	3mmPb 铅当量
4 号 DSA 机房	7.85×7.4	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3mmPb	3mmPb 铅当量
5 号 DSA 机房	7.85×7.4	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3mmPb	3mmPb 铅当量
6 号 DSA 机房	7.85×7.4	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3mmPb	3mmPb 铅当量
DSA 杂交手术室	7.85×7.4	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3mmPb	3mmPb 铅当量

（三）机房通风

根据医院提供资料，拟在机房顶部设两个排风口，采用超低静音排风机，排风量为 500m^3/h。排风口处采用铅百叶窗作为屏蔽补偿。

（四）电离辐射警告标志

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求“机房门外应有电离辐射

警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏”。

医院拟在各 DSA 机房的防护门外醒目位置粘贴“当心电离辐射”、“禁止入内”、“禁止停留”等警告标志，病人出入防护门上方安装工作状态指示灯，工作状态指示灯由控制台输出信号进行控制，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句。在工作人员出入的机房门上醒目位置粘贴“电离辐射”、“穿防护服”、“戴防护眼镜”等提示标志。

（五）对讲装置

医院拟在 DSA 操作室和机房内设对讲装置，以便操作室医生和介入手术医生之间更好的沟通，避免由于沟通不畅导致重复照射。

（六）其他防护措施

（1）平开机房门应设有自动闭门装置；推拉式机房门应有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

（2）电动推拉门宜设置防夹装置。

（3）机房内不得堆放与诊疗无关的杂物。

（4）机房观察窗应方便观察病人出入的机房防护门的情况。

（七）安全操作及管理措施

介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和介入医生来说辐射剂量较高，因此在评估介入放射的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X 射线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，还应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

①工作中减少透视时间和减少摄影的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，医院应结合工作实际情况，增加介入医生，对医生进行轮岗，减少工作人员的辐射剂量。

②一般说来，降低病人的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少病人和介入人员的剂量。

③所有在介入诊断的工作人员都应开展个人剂量监测，并对介入机房内的工作人员实行轮岗，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工

作人员的受照剂量。

④加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。

临床介入手术时，介入医生需站在 DSA 床边操作，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品（铅衣、铅围脖、铅帽及铅眼镜等）外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的。

防护用品

本项目拟配备的防护用品及铅当量见表 10-10。

表 10-10　　本项目拟配备防护用品清单

序号	防护用品名称	数量	铅当量（mmPb）	备注
1	铅橡胶围裙	3 件	0.5mmPb	核素制备区
2	铅橡胶颈套	3 件	0.5mmPb	
3	铅橡胶帽子	3 顶	0.25mmPb	
4	铅防护眼镜	3 副	0.25mmPb	
5	铅防护手套	2 副	0.025mmPb	
6	铅橡胶围裙	6 件	0.5mmPb	核素显像区
7	铅橡胶颈套	6 件	0.5mmPb	
8	铅橡胶帽子	6 顶	0.25mmPb	
9	铅防护眼镜	2 副	0.25mmPb	
10	铅防护手套	2 副	0.025mmPb	
11	铅橡胶围裙	2 件	0.5mmPb	核素治疗区
12	铅橡胶颈套	2 件	0.5mmPb	
13	铅橡胶帽子	2 顶	0.25mmPb	
14	铅防护眼镜	2 副	0.25mmPb	
15	铅防护手套	2 副	0.025mmPb	
16	铅橡胶围裙	16 件	0.5mmPb	介入中心及手术室
17	铅橡胶颈套	16 件	0.5mmPb	

18	铅橡胶帽子	16 顶	0.25mmPb	
19	铅防护眼镜	16 副	0.25mmPb	
20	铅防护手套	16 副	0.025mmPb	
22	铅橡胶性腺防护围裙	8 件	0.5mmPb	介入中心及手术室患者用
23	铅橡胶颈套	8 件	0.5mmPb	
24	铅橡胶帽子	8 顶	0.25mmPb	
25	铅悬挂防护屏	8 个	0.5mmPb	介入中心及手术室辅助防护设施
26	床侧防护帘	8 个	0.5mmPb	

本项目环保投资一览表详见表 10-11。

表 10-11　　环保投资一览表

序　号	项　　目	费用（万元）
1	机房屏蔽	1500
2	辐射防护用品	100
3	固定式剂量报警仪	6.3
4	便携式表面污染仪	4.5
5	便携式 X/γ剂量率检测仪	2.5
6	个人剂量报警仪	2
7	X/γ个人剂量计	0.5
8	环境管理	20
合　　计		1635.8

三废的治理

一、放射性废水

正常工作下，本项目仅有核医学会产生放射性废水，放疗科、介入中心及手术室无放射性废水产生。

本项目设有推流式和槽式两种衰变池。推流式衰变池用于处理核素显像区的废水，槽式衰变池用于处理核素治疗区废水。根据表 11 章节分析，本项目放射性废水经衰变池衰变后可满足排放要求。

二、放射性固体废物

正常工作下，本项目仅有核医学会产生放射性废水，放疗科、介入中心及手术室无放射性固废产生。

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要有服药杯子、污染物的注射器、针头、手套、棉签、纱布、滤纸、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品以及其他可能受放射性污染的物品等。在分装室、注射室、注射候诊室、甲癌服药室、甲癌病房、质控室等场所设置专用脚踏式废物桶（10mmPb 当量），容器内放置塑料袋；对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入塑料袋内。每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。存放废物的容器必须安全可靠，并在显著位置标明废物类型、核素种类、比活度和存放日期等。

本项目核医学科的工作场所拟设置 3 间放射性固体废物间，用于暂存项目开展过程中产生的放射性废物。各废物间的分配使用情况如下：①PET/SPECT 诊断产生的放射性废物存于负一楼废物间内，该废物间与负一楼储源室相邻。②甲亢、甲癌治疗产生的放射性废物存于一楼废物间内，该废物间与一楼储源室相邻。③住院患者产生的受污染的被服存于污物暂存间内，该污物暂存间与污洗间相邻。

在每个固体废物间拟设 2 个容积为 100L 的衰变箱，将放射性废物分别暂存。经检测达到清洁解控水平后做为医疗废物处理。

三、放射性废气

1、核素制备区废气处理措施

根据医院总体设计，在核素制备区的东北处有一排风井，排风井设有 2 条排风管道，1 号高活区通风管道连接回旋加速器机房、合成室、衰变池、负一楼核素显像区储源室、废物间和一楼核素治疗区储源室、废物间，24 小时运行，设计使用总排风量为 3000m^3/h 的排风机；2 号低活区通风管道连接核素制备区回旋加速器控制室、质控室等房间和核素诊断区 PET 注射后休息室、机房、卫生间等房间，设计使用总排风量为 8000m^3/h 的排风机。各排风管内保持负压，拟安装防回流装置，通风管道布设如附图 7-1 所示。

回旋加速器室设置的排风系统时刻保持通风换气，通过管道离心风机将加速器室内放射性气体、臭氧和氮氧化物经独立管道引至屋顶排放，机房通风管道采用“Z”型

设计穿过机房屏蔽墙。回旋加速器通风管道穿墙方案见图 10-3。

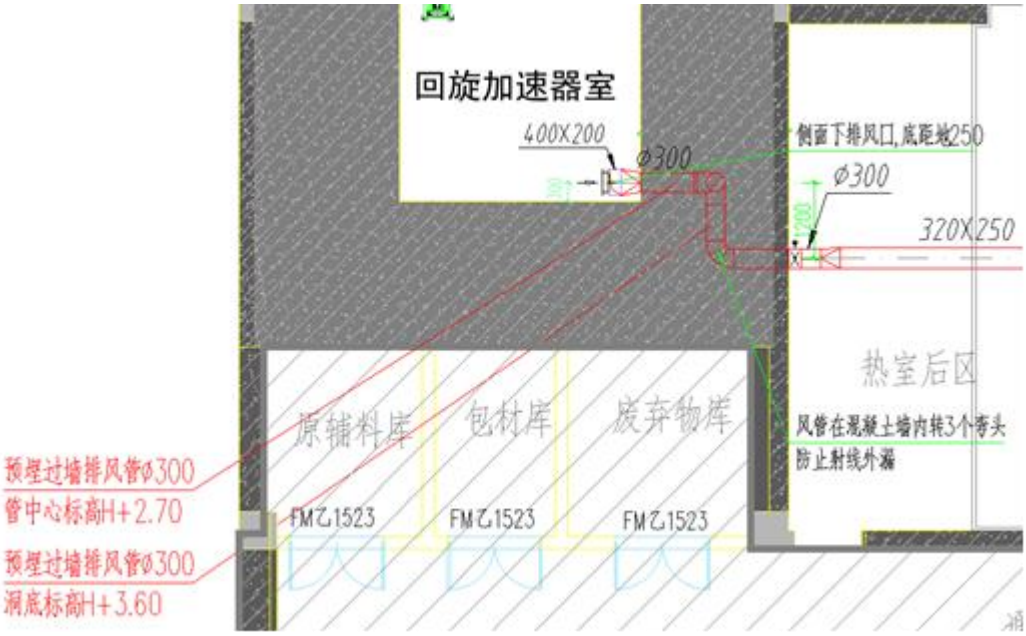


图 10-3　回旋加速器机房排风管道穿墙示意图

核素制备区产生的废气经由该排风井排至肿瘤诊疗中心楼顶排放，同时在排风口配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。所使用的排风过滤器需定期更换，更换下来的过滤器应按放射性固体废物进行处理。

2、核素显像区废气处理措施

根据医院总体设计方案，在核素显像区的西北侧（即核素制备区东北处）、北侧及东南侧分别设有 3 各排风井。

西北侧排风井设有 2 条排风管道，1 号高活区通风管道连接回旋加速器机房、合成室、衰变池、负一楼核素显像区储源室、废物间和一楼核素治疗区储源室、固废间，24 小时运行，设计使用总排风量为 3000m^3/h 的排风机；2 号低活区通风管道连接核素制备区回旋加速器控制室、质控室等房间和核素诊断区 PET 注射后休息室、机房、卫生间等房间，设计使用总排风量为 8000m^3/h 的排风机。

北侧排风井设有 1 条清洁区排风管道，通风管道连接工作人员男、女卫生间、PET/SPECT 机房控制室、阅片室、办公室等房间，设计使用总排风量为 3000m^3/h 的排风机。

东南侧排风井设有 2 条排风管道，1 号高活区通风管道连接分装注射区，设计使用总排风量为 1500m^3/h 的排风机，2 号低活区通风管道连接 SPECT 患者注射后

休息室、机房、留观抢救室、卫生间等房间，设计使用总排风量为 4500m^3/h 的排风机。

各排风管内保持负压，拟安装防回流装置，通风管道布设如附图 7-1 所示。

核素显像区产生的废气经由该排风井排至肿瘤诊疗中心楼顶排放，周围 10m 范围内无遮挡物，同时在排风口配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。所使用的排风过滤器需定期更换，更换下来的过滤器应按放射性固体废物进行处理。

4、核素治疗区

根据医院总体设计方案，本项目核素治疗场所周边共三个排风井，分别位于核素治疗区的西北侧（即核素制备场所东北处排风井）、中部及南侧，

核素治疗区储源室、固废间的排风管接入西北侧的排风井。

中部排风井设有 2 条排风管道，1 号通风管道连接分装室、甲测室、留观室、等房间，设计使用总排风量为 3000m^3/h 的排风机。2 号通风管道连接控制区内的淋浴室、更衣间和非控制区的治疗室、护士站、医生办，设计使用总排风量为 1500m^3/h 的排风机。

东南侧排风井设有 1 条排风管道，通风管道连接分装甲癌病房、卫生间、库房等房间，设计使用总排风量为 2100m^3/h 的排风机。

各排风管内保持负压，拟安装防回流装置，通风管道布设如附图 7-1 所示。

核素治疗区产生的废气经由该排风井排至肿瘤中心楼顶排放，同时在排风口配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。所使用的排风过滤器需定期更换，更换下来的过滤器应按放射性固体废物进行处理。

表 11 环境影响分析

11.1 本项目建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要的污染物有：噪声、施工扬尘、固体废物、施工人员产生的废水、设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。

1、噪声及防治措施

施工期噪声主要来自于场地开挖时的机械噪声、运输车辆产生的噪声、装修时的设备噪声。通过选取噪音低、振动小的设备，在村庄等居民较多的路段降低车速、

禁止鸣笛等措施后可降低噪声对周围环境的影响。

2、固体废物及防治措施

施工期固体废物主要为开挖土石方、建筑垃圾和装修垃圾。施工期产生的土石方等固体废物均妥善处理，无回收价值的废物统一收集后，运输至合法堆场堆放。

3、废水及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。施工生活污水排入临时的沉淀池后排向附近林地。

4、放射性污染及防治措施

设备安装及调试过程会产生放射性污染，因此本项目所涉及射线装置的安装应由专业人员进行，院方不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，禁止无关人员靠近。

本项目工程施工期的影响随着工程的结束而消失。通过采取相应的防治措施后，对外界的影响小。

11.2 本项目运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响

一、核医学科

（一）核素制备场所

1、工作场所辐射水平分析

①计算参数

根据医院及设备方提供资料，本项目回旋加速器型号为 Cyclone KIUBE，设备参数见表 11-1。

表 11-1　　回旋加速器技术参数一览表

项目		技术参数
加速质子能量（最大）		18MeV
最大束流强度（单束流）		100μA
1m 处中子剂量率	0°方向（靶前方）	1.18×10^{8} μSv/h
	90°方向（与墙面垂直）	2.4×10^{7} μSv/h
	180°方向（与墙面反向）	5.5×10^{6} μSv/h
1m 处γ射线剂量	0°方向（靶前方）	1.3×10^{6} μSv/h

率	90°方向（与墙面垂直）	2.1×10^5 μSv/h
	180°方向（与墙面反向）	1.6×10^5 μSv/h

②回旋加速器机房外关注点

机房位于肿瘤中心负一楼，回旋加速器所在位置地下为土层，西侧为土层，因此不对这两处防护做评价分析，各关注点说明详见表 11-2，回旋加速器机房外的各关注点见图 11-1。

表 11-2　　回旋加速器机房关注点说明

关注点位	情况说明	距加速器表面的距离	备注
A	回旋加速器机房防护门外 30cm 处	8.60m	180°方向
B	回旋加速器控制室	11.30m	180°方向
C	回旋加速器机房东墙外 30cm 处	3.55m	90°方向
D	回旋加速器机房南墙外 30cm 处（废弃物库）	3.50m	0°方向
E	回旋加速器机房南墙外 30cm 处（包材库）	3.50m	0°方向
F	回旋加速器机房南墙外 30cm 处（原辅料库）	3.55m	0°方向
G	回旋加速器机房顶棚外 30cm	3.75m	90°方向

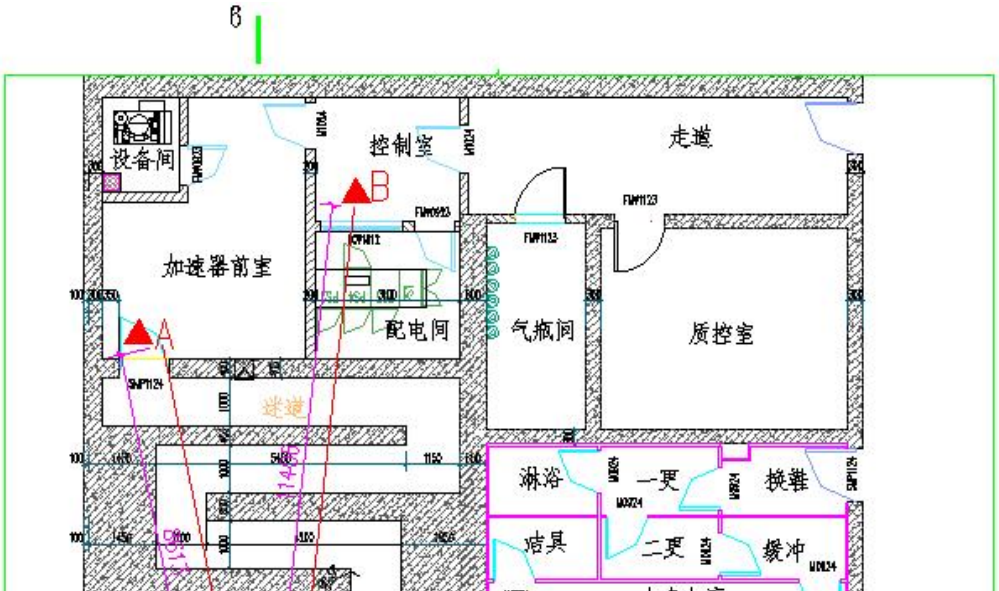


图 11-1 回旋加速器机房外关注点示意图

③回旋加速器机房外关注点剂量率

根据《放射防护手册》中的计算公式，回旋加速器机房周围关注点的中子和γ辐射剂量率的总和 $H_{总}$ 可按下式进行计算。

$$H_{总} = (H_n \times 10^{-\frac{X}{TVL_n}} + H_\gamma \times 10^{-\frac{X}{TVL_\gamma}}) \times \frac{1}{R^2}$$

式中：$H_{总}$——回旋加速器机房周围关注点的辐射剂量率总和，μSv/h；

H_n——1m 处中子辐射剂量率，μSv/h；

X ——屏蔽材料的厚度，cm；

TVL_n ——为屏蔽材料对中子的什值层厚度，cm，本次评价取中子在混凝土（密度 2.35g/cm³）中的什值层为 31.5cm，中子在聚乙烯（密度 0.94g/cm³）中的什值层为 14.6cm；

H_γ ——1m 处γ辐射剂量率，μSv/h；；

TVL_γ——屏蔽材料对γ射线的什值层厚度，cm，本次评价γ射线在混凝土（密度 2.35g/cm³）中的什值层为 40cm，γ射线在铅（密度 11.3g/cm³）中的什值层为 4.2cm；

R ——关注点距加速器表面的距离，m；

经设计厚度的屏蔽后，机房各关注点的剂量率结果详见表 11-3。

表 11-3　　机房各关注点剂量率

关注点	H_n（μSv/h）	H_γ（μSv/h）	设计厚度及材料	R	TVL_n	TVL_γ	$H_{总}$（μSv/h）
A	5.5×10^6	1.6×10^5	140cm 混凝土	8.60m	31.5cm	40cm	2.73（未考虑防护门）
B	5.5×10^6	1.6×10^5	320cm 混凝土	11.30m			1.55×10^{-5}
C	2.4×10^7	2.1×10^5	235cm 混凝土	3.55m			0.09
D	1.18×10^8	1.3×10^6	230cm 混凝土	3.50m			0.67
E	1.18×10^8	1.3×10^6	230cm 混凝土	3.50m			0.67
F	1.18×10^8	1.3×10^6	230cm 混凝土	3.55m			0.65
G	2.4×10^7	2.1×10^5	230cm 混凝土	3.75m			0.12

④回旋加速器机房迷道口剂量率

参考 NCRP No.144 报告，回旋加速器产生的γ射线经迷道多次散射后可以忽略不计，计算迷道口剂量率主要考虑中子的作用，回旋加速器机房迷道口剂量率的衰减可以采用下式估算：

一阶迷道（迷道内口）：

$$H_r = 2H_0 \times \left(\frac{r_0}{r}\right)^2$$

一阶之后的迷道：

$$H(r_i) = \left(\frac{e^{-r_i/0.45} + 0.022\ A_i^{1.3}\ e^{-r_i/2.35}}{1 + 0.022\ A_i^{1.3}} \right) H_{oi}$$

式中：H_r——一阶迷道（迷道内口）处的剂量率，μSv/h；

H_0——1m 处中子辐射剂量率，μSv/h；

r ——从辐射源到第一折段（迷道内口）的距离，m；

H_{ri}——第 i 条迷道散射的剂量率，μSv/h；

H_{0i}——进入第 i 条迷道中心线的剂量率，μSv/h；

r_i ——第 i 条迷道散射长度，μSv/h；；

A_i——第 i 条迷道散射面积，m^2；

回旋加速器迷道口散射路径见图 11-2，剂量率计算详见表 11-4。

表 11-4　　机房迷道口剂量率

位置	H_0（H_{oi}）（μSv/h）	r（r_i）（m）	A_i（m^2）	H_r（H_{ri}）（μSv/h）
迷道内口	5.50×10^6	2.0	/	2.75×10^6
第一折弯	2.75×10^6	4.6	3.0	3.27×10^4
第二折弯	3.27×10^4	5.4	7.92	8.05×10^2
第三折弯	8.05×10^2	6.7	8.58	12.3
第四折弯	12.3	6.8	7.92	0.17

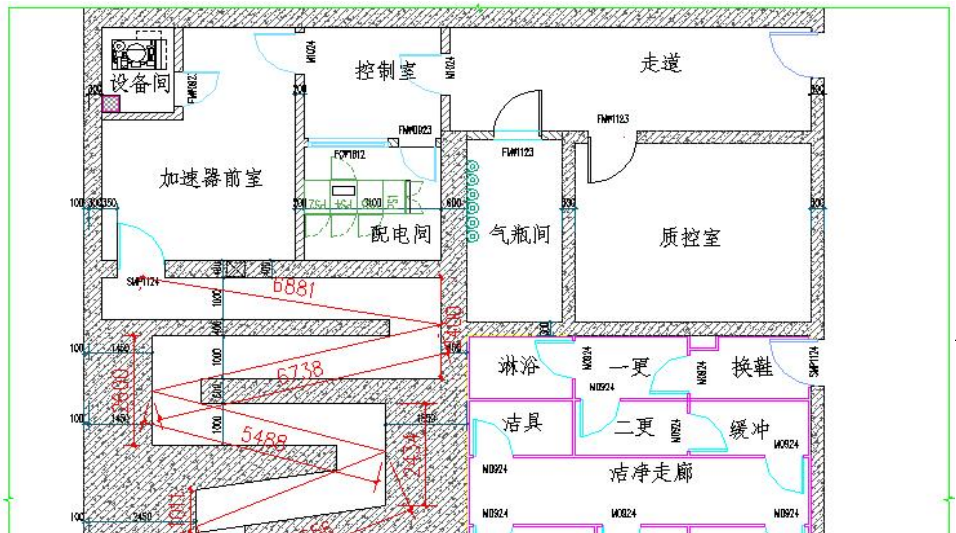


图 11-2 回旋加速器散射路径示意图

⑤回旋加速器机房门外剂量计算

根据公式 1-3 计算，回旋加速器在生产药物时中子、γ射线在门口的剂量率详见表 11-5。

表 11-5 回旋加速器机房门口剂量率一览表

射线类型	H（μSv/h）	备注
中子	2.15	各向同性
	0.17	散射
γ射线	0.58	各向同性
机房门口总剂量率	2.9	未考虑机房门屏蔽

根据设备方提供资料，回旋加速器机房门采用 5mm 铅板+200mm 含硼 5%的聚乙烯+5mm 铅板，根据公式 1 计算，经屏蔽门屏蔽后的剂量率详见表 11-6。

表 11-6 经机房门屏蔽后机房门口关注点剂量率

关注点	H_n（μSv/h）	H_γ（μSv/h）	设计厚度及材料	R	TVL_n	TVL_γ	$H_{总}$（μSv/h）
A	2.32	0.58	5mm 铅板+200mm 含硼 5%的聚乙烯+5mm 铅板	1.0m	14.6cm	4.2cm	0.43（考虑屏蔽门）

综上，回旋加速器机房外各关注点的剂量率小于 2.5μSv/h。

⑥合成、分装热室辐射剂量计算

根据医院提供资料，合成模块正面的屏蔽防护采用 75mmPb，背面、左侧、右侧、顶板、底板屏蔽防护采用 70mmPb，分装模块正面的屏蔽防护采用 70mmPb，背面、左侧、右侧、顶板屏蔽防护采用 65mmPb，底板屏蔽防护采用 30mmPb，合成分装热室墙体屏蔽防护为 300mm 混凝土。合成热室各关注点的剂量率采用下式估算：

$$H_p = \frac{A\tau}{r^2} \times 10^{-x/TVL}$$

式中：

H_p——屏蔽体外关注点剂量率，μSv/h；

A——放射源的最大活度，MBq；

τ——距源 1m 处的周围剂量当量率常数，μSv·m^2/MBq·h；

x ——屏蔽体厚度，mm；

TVL——γ射线的十分之一值层厚度，mm

r ——参考点距放射源间的距离。

本项目单次最大产药量为 1.332×10^{11}Bq（3.6Ci），合成模块屏蔽体外 30cm 处剂量率详见表 11-7，本项目最大用药量为 2.59×10^{10}Bq（700mCi），每次从生产的药品中分装出当日所需药量后，其余药物作为放射性固体废物处理。分装模块屏蔽体外 30cm 处剂量率详见表 11-8。

表 11-7　　合成模块屏蔽体外 30cm 处剂量率

位置	正面	背面	左侧	右侧	顶板	底板
A（MBq）	1.332×10^6	1.332×10^6	1.332×10^6	1.332×10^6	1.332×10^6	1.332×10^6
τ（μSv·m^2/MBq·h）	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
X（mm）	75	70	70	70	70	70
TVL（mm）	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6
R（m）	0.6	0.8	0.8	0.8	0.7	1.1
H_p（μSv/h）	1.60	1.81	1.81	1.81	2.36	0.96

表 11-8　　分装模块屏蔽体外 30cm 处剂量率

位置	正面	背面	左侧	右侧	顶板	底板
A（MBq）	2.59×10^4	2.59×10^4	2.59×10^4	2.59×10^4	2.59×10^4	2.59×10^4
τ（μSv·m^2/MBq·h）	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
X（mm）	70	65	65	65	65	70（30 底板+40 铅罐）
TVL（mm）	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6

R（m）	0.6	0.8	0.8	0.8	0.7	0.5
H_p（μSv/h）	0.62	0.70	0.70	0.70	0.92	0.90

⑦质控辐射剂量率计算

根据医院提供资料，每次质控抽取的药量活度不超过 3.7×10^6Bq（100μCi），本项目质控室位于合成热室北侧，药物需经 40mm 铅罐转运至质控室，质控室内设有专用的层流柜，层流柜正面采用 10mmPb 屏蔽，其余面采用 5mmPb 屏蔽。质控层流柜屏蔽体外 30cm 处剂量率详见表 11-9。

表 11-9　　分装模块屏蔽体外 30cm 处剂量率

位置	正面	背面	左侧	右侧	顶板	底板
A（MBq）	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
τ（μSv·m²/MBq·h）	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
X（mm）	10	5	5	5	5	45（5 底板+40 铅罐）
TVL（mm）	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6
R（m）	0.6	0.8	0.8	0.8	0.7	0.5
H_p（μSv/h）	0.37	0.41	0.41	0.41	0.54	4.12×10^{-3}

由上述计算可知，放射性药物合成模块、分装模块与质控的层流柜屏蔽体外 30cm 处剂量率小于 2.5μSv/h。

⑧药物从核素制备场所到核素显像区转运剂量率计算

转运过程中各参数详见表 11-10。

表 11-10　　制备场所到核素显像区转运过程剂量率估算表

参数	数值
A（MBq）	2.59×10^4
τ（μSv·m²/MBq·h）	0.143
X（mm）	40+20
TVL（mm）	16.6
R（m）	1
H_p（μSv/h）	0.90

⑨感生放射性物质影响分析

A、结构部件的活化

回旋加速器引起活化的主要部位是束流损失较大处的部件，如束流管、偏转磁铁、结构材料。该设备使用的材质主要是铜、铝和不锈钢。产生的感生放射性核素主要是 ^{27}Mg、^{24}Na、^{28}Al、^{62}Cu、^{64}Cu、^{66}Cu、^{56}Mn、^{65}Zn 和 ^{65}Ni，半衰期是 2.3min~12.8h，辐射类型是 β、γ，主要产生方式是 ^{27}Al(n，p)^{27}Mg、^{27}Al(n，α)^{24}Na、^{27}Al(n，γ)^{28}Al、^{63}Cu（n，2n）^{62}Cu、^{65}Cu（n，2n）^{64}Cu、^{63}Cu（n，γ）^{64}Cu、^{65}Cu（n，

γ）^{66}Cu、^{56}Fe（n，p）^{56}Mn、^{64}Zn（n，γ）^{65}Zn 和 ^{64}Ni（n，γ）^{65}Ni 反应。

B、空气活化

本项目加速器以高射线能量运行（＞10MeV）时，光-核反应产生的中子与空气发生的（n，γ）反应产生感生放射性，空气中会产生少量感生放射性气体；加速器在开机运行过程中因射线强辐射作用，在空气中会产生少量 ^{11}C、^{15}O、^{13}N、^{41}Ar 等有害气体。

在加速器运行期间，由于加速器机房有足够的结构屏蔽，其部件产生的感生放射性不会危害屏蔽体外的工作人员，且本项目回旋加速器机房内除设备检修及更换靶材料外无人员进入，因此不考虑其对工作人影响。

根据建设单位提供的资料，回旋加速器机房排气量为 3000m^3/h，排放口位于本栋屋顶。产生的感生放射性物质其中 ^{11}C、^{15}O、^{13}N 半衰期很短，在很短时间内即可发生衰变，故可以不予考虑。主要考虑 ^{41}Ar 的影响，由于空气中可以生成 ^{41}Ar 的 ^{40}Ar 含量仅为 1.3%，加上产生 ^{41}Ar 的活化反应截面很小，所以 ^{41}Ar 的生成率极其微小。因此，排出的感生放射性气体对周围公众的影响可以忽略不计。

2、个人剂量估算

①估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公式如下：

$$He=D_r\times t\times 10^{-3}$$

式中：

He —— X、γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r——X、γ射线吸收剂量率，μSv/h；

t——X、γ射线照射时间，h/a。

②参数选取

本项目的生产药物、药物合成及分装过程，全部采用电脑控制，工作人员在操作位通过屏幕观察工作状态。对于放射性核素的操作，考虑工作人员只是在分装完成后抽取少了药物进行质控，以及将分装好的药物（40mm 铅罐屏蔽）送到传递窗，经工作人员从外部通过转运小车送至核素显像区的 ^{18}F 分装柜。本项目每天生产药物、合成、分装药物时长按 130min（生产药物 1h，合成 1h，分装 10min）。每次

质控时间按 10min 计，将药物送到传递窗的时间按 1min/次，全年工作 260 次，则核素制备场所全年质控时间 43.33h，传送药物时间 4.33h。从核素制备区送到核素显像分装柜（40mm 铅+20mm 翻转方罐）用时 5min，全年共 21.67h。核素制备区放射工作人员剂量估算详见表 11-11。因本项目核素这杯场所周围在药物生产时公众无法到达，因此，本次评价不考虑生产时公众的剂量估算。

③估算结果

本项目核素制备场所放射工作人员年有效剂量估算结果详见表 11-11。

表 11-11　　核素制备区放射工作人员剂量估算一览表

工作描述	剂量率μSv/h	年受照时间 h/a	估算结果 mSv/a
药物生产、合成、分装	1.55×10^{-5}	563.33	8.73×10^{-6}
质控	0.37	43.33	1.60×10^{-2}
转运药物到显像区	0.9	4.33+21.67	2.34×10^{-2}
合计	/	/	0.04

综上，本项目核素制备场所放射工作人员年有效剂量为 0.04mSv，小于医院的管理目标值 5mSv/a。

（二）核素显像区

1、工作场所辐射水平分析

①计算参数

本项目核素显像区各参数如下：

A、^{18}F 放射源预期最大放射性活度：

1)^{18}F 分装柜药物活度：分装柜药物活动按每天总药量计算，即 25900MBq（700mCi）进行计算；

2)^{18}F 患者注射放射性药物活度：本项目单个受检者注射药物按照 370MBq（10mCi）进行计算；

3）根据建设单位提供的工作计划，^{18}F 每日就诊患者 70 人，药物最大操作量为 25900MBq（700mCi），^{18}F 分装柜按照源活度 25900MBq（700mCi）进行计算；

4）^{18}F 注射窗按 1 名患者注射考虑，每名患者按 370MBq（10mCi）进行计算，注射后患者走廊按 1 名患者考虑，源活度按照 370MBq（10mCi）进行计算；

5）^{18}F 注射后休息室（包括 PET-CT 注射后休息室（1）、PET-CT 注射后休息室（2）、PET-MR 注射后休息室）按 3 名患者同时候诊考虑，源活度按照 1110MBq（30mCi）进行计算。PET 注射后 VIP 休息室按 1 名患者候诊考虑，源活度按照

370MBq（10mCi）进行计算；

6）PET-CT、PET-MR 机房一次扫描 1 名患者，PET-CT 扫描患者 50 人/天，PET-MR 扫描患者 20 人/天，患者注射药物后 370MBq（10mCi），休息 1h 再接受扫描，则机房内源活度按照 253MBq 进行计算；

7）PET 留观抢救室按 3 名患者考虑，候受检者注射药物后休息 1h 再接受扫描，一人平均扫描时间 10min，3 名患者衰变时间分别为 70min、80min、90min，则留观室的总活度按照 671MBq（分别为 238MBq、223MBq、210MBq）进行计算。

B、^{99m}Tc 放射源预期最大放射性活度：

1）^{99m}Tc 分装柜药物活度：药物上午、下午各送一次，单次送药 30 支（分 3 个转运盒，单个转运盒 10 支药物，药物已装进注射手柄，手柄屏蔽厚度 1mmPb），分装柜总活度 33300MBq。

2）^{99m}Tc 药物抽测活度：根据标准要去取总药量的 10%进行抽测，则每天抽测药物活度为 6660MBq。

3）^{99m}Tc 患者注射放射性药物活度：本项目单个受检者注射药物按照 1110MBq（30mCi）进行计算；

4）根据建设单位提供的工作计划，^{99m}Tc 每日就诊患者 60 人，药物最大操作量为 66600MBq（1.8Ci），^{99m}Tc 分装柜按照源活度 66600MBq（1.8Ci）进行计算；

5）^{99m}Tc 注射窗按 1 名患者注射考虑，每名患者按 1110MBq（30mCi）进行计算，注射后患者走廊按 2 名患者同行考虑，源活度按照 2220MBq（60mCi）进行计算；

6）^{99m}Tc 注射后休息室按 15 名患者同时候诊考虑，源活度按照 8325MBq（225mCi）进行计算；

7）SPECT-CT 机房一次扫描 1 名患者，患者注射药物后 1110MBq（30mCi），休息 2h 再接受扫描，则机房内源活度按照 882MBq 进行计算；

8）SPECT-CT 留观/抢救室按 4 名患者考虑，候受检者注射药物后休息 2h 再接受扫描，一人平均扫描时间 20min，4 名患者衰变时间分别为 140min、160min、180min、200min，则留观室的源活度按照 3207MBq（分别为 848MBq、817MBq、786MBq、756MBq）进行计算。

核素显像区各场所计算参数详见表 11-12。

表 11-12　　核素显像区各场所计算参数取值一览表

场所	核素	说明	最大放射性活度 *A*（MBq）
分装柜	^{18}F	当天所需全部药量一次转运到 50mmPb 分装柜	25900
	^{99m}Tc	一次最大送药量 33300MBq（1mmPb 防护），送至 10mmPb 分装柜	33300
转运	^{18}F	分装好的药物装进 40mm 铅盒转运至注射窗口	25900
	^{99m}Tc	药物装进 4mm 铅盒转运至注射窗口	66600
抽测	^{99m}Tc	取总药量的 10%抽测	6660
注射室	^{18}F	1 人注射，注射窗 40mmPb	370
	^{99m}Tc	1 人注射，注射窗 40mmPb	1110
PET 注射后 VIP 休息室	^{18}F	1 人候诊	370
PET-CT 注射后休息室（1）	^{18}F	3 人候诊	1110
PET-CT 注射后休息室（2）	^{18}F	3 人候诊	1110
PET-MR 注射后休息室	^{18}F	3 人候诊	1110
PET 注射后患者走廊	^{18}F	1 次 1 人	370
PET-CT 机房	^{18}F	1 人扫描，受检者注射药物后休息 1h 再接受扫描	253
PET-MR 机房	^{18}F	1 人扫描，受检者注射药物后休息 1h 再接受扫描	253
PET 留观抢救室	^{18}F	3 人，候受检者注射药物后休息 1h 再接受扫描，一人平均扫描时间 10min，衰变时间分别为 70min、80min、90min	671（分别为 238、223、210）
SPECT-CT 注射后休息室	^{99m}Tc	15 人候诊	8325
SPECT-CT 注射后患者走廊	^{99m}Tc	1 次 2 人	2220
SPECT-CT 机房	^{99m}Tc	1 人扫描，受检者注射药物后休息 2h 再接受扫描	882
SPECT-CT 留观/抢救室	^{99m}Tc	4 人，候受检者注射药物后休息 2h 再接受扫描，一人平均扫描时间 20min，衰变时间分别为 140min、160min、180min、200min	3207（分别为 848、817、786、756）

②计算公式

本项目γ射线剂量率评价公式采用《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中公式变形得来，具体如下：

$$H_p=A\times f\times R^{-2}\times 10^{-x/TVL}$$

式中：

H_p——经屏蔽后，关注点处的剂量率，μSv/h；

A——放射源的预期最大放射性活度，MBq；

f——剂量率常数，μSv•m^2•h^{-1}•MBq^{-1}，^{18}F：裸源 0.143，患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 0.092；

^{99m}Tc：裸源 0.0303，患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 0.0207；

^{131}I：裸源 0.0595，患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 0.0583；

R——关注点距辐射源的距离，m；

x——屏蔽层厚度，mm；

TVL——γ射线在相应屏蔽材料中的什值层厚度，mm。详见表 11-13。

表 11-13　　TVL 取值表

核素	TVL（mm）			
	铅（11.3g/cm^3）	混泥土（2.35g/cm^3）	砖（1.65g/cm^3）	硫酸钡（3.2g/cm^3）
^{18}F	16.6	176	263	130
^{99m}Tc	1	110	160	81
^{131}I	11	170	240	125

②计算结果

根据以上计算公式，核素显像区各场所计算结果详见表 11-14，从事注射工作人员的手部、身体剂量率以及摆位人员剂量率估算详见表 11-15。

表 11-14　　核素显像区辐射剂量率计算参数及结果一览表

关注点		计算参数					计算结果
		A（MBq）	f μSv•m^2/（h•MBq）	R（m）	x（mm）	TVL（mm）	H_p（μSv/h）
分装柜	前侧 30cm	25900	0.143	0.5	20/50	16.6	0.90

（^{18}F）	后侧 30cm	25900	0.143	0.5	20/50	16.6	0.90
	左侧 30cm	25900	0.143	0.8	20/50	16.6	0.35
	右侧 30cm	25900	0.143	0.8	20/50	16.6	0.35
	顶部 30cm	25900	0.143	0.8	20/50	16.6	0.35
	底部 30cm	25900	0.143	0.5	20/50	16.6	0.90
PET 注射后患者走廊（^{18}F）	东墙外 30cm	370	0.092	1.0	370	263	1.33
	南墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/80	263/130	1.01
	西墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/80	263/130	1.01
	北墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/80	263/130	1.01
	顶部外 30cm	370	0.092	5.0	250	176	0.05
	患者入口防护门外 30cm	370	0.092	1.5	20	16.6	0.94
	西侧防护门外 30cm	370	0.092	1.5	20	16.6	0.94
PET-CT 注射后休息室（1）（^{18}F）	东墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/60	263/130	1.83
		740	0.092	2.7	240/60	263/130	
	南墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/80	263/130	1.25
		740	0.092	2.9	240/80	263/130	
	西墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/60	263/130	1.83
		740	0.092	2.7	240/60	263/130	
	北墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/60	263/130	1.78
		740	0.092	2.9	240/60	263/130	
	顶部外 30cm	1110	0.092	5.0	250	176	0.16
	防护门外 30cm	370	0.092	1.0	12	16.6	7.98
		740	0.092	2.9	12	16.6	
PET 注射后 VIP 休息室（^{18}F）	东墙外 30cm	370	0.092	3.4	240/60	263/130	0.12
	南墙外 30cm	370	0.092	2.7	240/80	263/130	0.14
	西墙外 30cm	370	0.092	3.4	240/80	263/130	0.09
	北墙外 30cm	370	0.092	2.7	240/60	263/130	0.20
	顶部外 30cm	370	0.092	5.0	250	176	0.05
	防护门外 30cm	370	0.092	1.0	12	16.6	6.44
PET-CT 注射后休息室（2）（^{18}F）	东墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/60	263/130	1.94
		740	0.092	2.4	240/60	263/130	
	南墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/60	263/130	1.69
		740	0.092	3.4	240/60	263/130	
	西墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/80	263/130	1.36
		740	0.092	2.4	240/80	263/130	
	北墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/60	263/130	1.69
		740	0.092	3.4	240/60	263/130	
	顶部外 30cm	1110	0.092	5.0	250	176	0.16

	防护门外 30cm	370	0.092	1.0	12	16.6	8.68
		740	0.092	2.4	12	16.6	
PET-MR 注射后休息室（^{18}F）	东墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/60	263/130	1.94
		740	0.092	2.4	240/60	263/130	
	南墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/60	263/130	1.69
		740	0.092	3.4	240/60	263/130	
	西墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/80	263/130	1.36
		740	0.092	2.4	240/80	263/130	
	北墙外 30cm	370	0.092	1.0	240/80	263/130	1.18
		740	0.092	3.4	240/80	263/130	
	顶部外 30cm	1110	0.092	5.0	250	176	0.16
	防护门外 30cm	370	0.092	1.0	12	16.6	8.68
		740	0.092	2.4	12	16.6	
PET-CT 机房（^{18}F）	东墙外 30cm	253	0.092	3.9	370/30	263/130	0.04
	南墙外 30cm	253	0.092	3.0	370/30	263/130	0.06
	西墙外 30cm	253	0.092	3.9	370/30	263/130	0.04
	北墙外 30cm	253	0.092	3.0	370/30	263/130	0.06
	顶部外 30cm	253	0.092	5.0	250	176	0.04
	观察窗外 30cm	253	0.092	3.9	8	16.6	0.50
	防护门外 30cm	253	0.092	3.9	8	16.6	0.50
PET-MR 机房（^{18}F）	东墙外 30cm	253	0.092	3.8	370/30	263/130	0.04
	南墙外 30cm	253	0.092	4.6	370/30	263/130	0.03
	西墙外 30cm	253	0.092	3.8	370/30	263/130	0.04
	北墙外 30cm	253	0.092	4.6	370/30	263/130	0.03
	顶部外 30cm	253	0.092	5.0	250	176	0.04
	观察窗外 30cm	253	0.092	4.6	8	16.6	0.36
	防护门外 30cm	253	0.092	3.8	8	16.6	0.53
PET 留观抢救室（^{18}F）	东墙外 30cm	238	0.092	1.0	240/60	263/130	1.11
		433	0.092	3.0	240/60	263/130	
	南墙外 30cm	238	0.092	1.0	240/60	263/130	1.22
		433	0.092	2.4	240/60	263/130	
	西墙外 30cm	238	0.092	1.0	240/80	263/130	0.78
		433	0.092	3.0	240/80	263/130	
	北墙外 30cm	238	0.092	1.0	240/80	263/130	0.85
		433	0.092	2.4	240/80	263/130	
	顶部外 30cm	671	0.092	5.0	250	176	0.09
	防护门外 30cm	238	0.092	1.0	12	16.6	5.45
		433	0.092	2.4	12	16.6	
分装柜	前侧 30cm	33300	0.0303	0.5	1/10	1	4.04×10^{-8}

（^{99m}Tc）	后侧 30cm	33300	0.0303	0.5	1/10	1	4.04×10^{-8}
	左侧 30cm	33300	0.0303	0.8	1/10	1	1.58×10^{-8}
	右侧 30cm	33300	0.0303	0.8	1/10	1	1.58×10^{-8}
	顶部 30cm	33300	0.0303	0.8	1/10	1	1.58×10^{-8}
	底部 30cm	33300	0.0303	0.5	1/10	1	4.04×10^{-8}
SPECT-CT 注射后患者走廊（^{99m}Tc）	西墙外 30cm	2220	0.0207	1.0	240/60	160/81	0.26
	东墙外 30cm	2220	0.0207	1.0	240/60	160/81	0.26
	顶部外 30cm	2220	0.0207	5.0	250	110	0.01
	防护门外 30cm	2220	0.0207	1.0	3	1	0.05
SPECT-CT 注射后休息室（^{99m}Tc）	东墙外 30cm	8325	0.0207	2.5	240/60	160/81	0.16
	南墙外 30cm	8325	0.0207	2.1	240/60	160/81	0.22
	西墙外 30cm	8325	0.0207	2.5	240/60	160/81	0.16
	北墙外 30cm	8325	0.0207	2.1	240/60	160/81	0.22
	顶部外 30cm	8325	0.0207	5.0	250	110	0.04
	防护门外 30cm	8325	0.0207	1.0	3	1	0.17
SPECT-CT 机房（1）（^{99m}Tc）	东墙外 30cm	882	0.0207	4.5	370/30	160/81	0.002
	南墙外 30cm	882	0.0207	3.4	370/30	160/81	0.003
	西墙外 30cm	882	0.0207	4.5	370/30	160/81	0.002
	北墙外 30cm	882	0.0207	3.4	370/30	160/81	0.003
	顶部外 30cm	882	0.0207	5.0	250	110	0.003
	观察窗外 30cm	882	0.0207	3.4	3	1	0.002
	防护门外 30cm	882	0.0207	4.5	3	1	0.001
SPECT-CT 机房（2）（^{99m}Tc）	东墙外 30cm	882	0.0207	4.5	370/30	160/81	0.002
	南墙外 30cm	882	0.0207	3.6	370/30	160/81	0.003
	西墙外 30cm	882	0.0207	4.5	370/30	160/81	0.002
	北墙外 30cm	882	0.0207	3.6	370/30	160/81	0.003
	顶部外 30cm	882	0.0207	5.0	250	110	0.003
	观察窗外	882	0.0207	3.6	3	1	0.001
	防护门外 30cm	882	0.0207	4.5	3	1	0.001
SPECT-CT 留观/抢救室（^{99m}Tc）	东墙外 30cm	848	0.0207	1.0	240/60	160/81	0.15
		2359	0.0207	2.5	240/60	160/81	
	南墙外 30cm	848	0.0207	1.0	240/60	160/81	0.14
		2359	0.0207	2.8	240/60	160/81	
	西墙外 30cm	848	0.0207	1.0	240/60	160/81	0.15
		2359	0.0207	2.5	240/60	160/81	
	北墙外 30cm	848	0.0207	1.0	240/60	160/81	0.14
		2359	0.0207	2.8	240/60	160/81	
	顶部外 30cm	3207	0.0207	5.0	250	110	0.01
	防护门外 30cm	848	0.0207	1.0	3	1	0.03

表 11-15　　从事注射、转运、抽测、摆位工作人员剂量率估算表

关注点	计算参数					计算结果
	A（MBq）	*f* μSv•m²/（h•MBq）	*R*（m）	*x*（mm）	*TVL*（mm）	H_p（μSv/h）
^{18}F 转运	25900	0.143	1	40	16.6	14.42
^{18}F 注射位	370	0.143	0.5	40	16.6	0.82
PET 摆位	253	0.092	1.0	0.5	16.6	21.72
^{99m}Tc 抽测	6660	0.0303	0.5	10	1	8.07×10^{-8}
^{99m}Tc 转运	66600	0.0303	1	4	1	0.20
^{99m}Tc 注射位	1110	0.0303	0.5	40	1	1.35×10^{-38}
SPECT 摆位	882	0.0207	1.0	0.5	1	5.77

由以上计算结果可知，核素显像区控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处和分装柜体外表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h，控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

2、核素显像区射线机房辐射防护设计合理性分析

根据医院提供资料，本项目核素显像区涉及 3 台射线装置，分别是 1 台 PET-CT 和 2 台 SPECT-CT，核素显像区射线装置机房屏蔽设计与标准对比情况详见表 11-16。

表 11-16　核素显像区射线装置机房辐射防护设计与 GBZ130-2020 的对照表

场所名称	项目类别		本项目	标准要求	是否符合要求
PET-CT 机房	机房内有效使用面积		32.16m²	30m²	符合
	机房内最小单边长度		4.85m	4.5m	符合
	屏蔽防护	东墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb	2.5 mmPb	符合
		南墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		西墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		北墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		顶部	250 混泥土，约 2.8mmPb		
		防护门	8mmPb		
		观察窗	8mmPb 铅玻璃		
SPECT-CT（1） 机房	机房内有效使用面积		43.13m²	30m²	符合
	机房内最小单边长度		5.63m	4.5m	符合
	屏蔽防护	东墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb	2.5 mmPb	符合
		南墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		西墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		北墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		顶部	250 混泥土，约 2.8mmPb		

		防护门	3mmPb		
		观察窗	3mmPb 铅玻璃		
SPECT-CT（2） 机房	机房内有效使用面积		46.19m^2	30m^2	符合
	机房内最小单边长度		6.03m	4.5m	符合
	屏蔽防护	东墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb	2.5 mmPb	符合
		南墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		西墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		北墙	370 实心红砖+30 硫酸钡，约 5mmPb		
		顶部	250 混泥土，约 2.8mmPb		
		防护门	3mmPb		
		观察窗	3mmPb 铅玻璃		

根据上表可知，本项目 1 间 PET-CT 机房、2 间 SPECT-CT 机房的最小有效使用面积及最小单边长度、机房屏蔽防护厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相应要求。

综上所述，核素显像区屏蔽设计不仅能满足放射性药物的辐射影响，也可以满足射线装置的屏蔽要求，核素显像区产生的辐射影响较小。

3、个人剂量估算

①估算公式

核素显像区个人剂量估算与核素制备区公式一致。

②参数选取

本项目受影响人员主要包括放射工作人员以及周边公众，根据本项目特点，放射工作人员主要考虑分装操作、转运药物以及注射药物时可能受影响。关注点处剂量率根据表 11-12 和表 11-13 估算结果进行取值，详见表 11-17。

^{18}F 药物分装按每人次 1min 计，注射按 1min 计，药物转运从分装柜到注射窗口，转运时间按 1min 计，摆位人数按总人数的 10%考虑，摆位时间 3min/人次。PET-CT 和 PET-MR 扫描时间分别按 10min 和 20min 计。本项目按最不利情况考虑，分装、注射、药物转运由 1 名放射工作人员负责，摆位、扫描由 1 名工作人员负责。

^{99m}Tc 根据预约病人情况外购分装好的药品，院内不需分装，取总药量的 10%进行抽测，抽测按 1min/支计，则抽测总时间为 26h/a，注射按 1min 计，药物转运从分装柜到注射窗口，转运时间按 1min 计，摆位人数按总人数的 10%考虑，摆位时间 3min/人次。SPECT-CT 扫描时间按 20min 计，2 台 SPECT-CT 平均分担工作量，即 1 台 SPECT-CT 每天扫描 30 名患者。本项目按最不利情况考虑，抽测、注射、药物转运由 1 名放射工作人员负责，摆位、扫描由 1 名工作人员负责。核素显

像区放射工作人员及公众可达处受照时间详见表 11-18。

表 11-17　　放射工作人员及公众关注点剂量率取值一览表

点位描述		屏蔽体外 30cm 处剂量率（μSv/h）
放射工作人员	^{18}F 药物分装	0.90
	^{18}F 药物转运	14.42
	^{18}F 药物注射	0.82
	PET-CT 扫描	0.50
	PET-CT 摆位	21.72
	PET-MR 扫描	0.53
	PET-MR 摆位	21.72
	^{99m}Tc 抽测	8.07×10^{-8}
	^{99m}Tc 转运	0.20
	药物注射 ^{99m}Tc	1.35×10^{-38}
	SPECT-CT 扫描	0.002
	SPECT-CT 摆位	5.77
公众（考虑人员可达处）	PET-CT 注射后休息室上方 30cm 处	0.16
	PET-CT 注射后休息室（1）南墙外 30cm 处	1.25
	PET-CT 注射后休息室（2）西墙外 30cm 处	1.36
	PET 留观/抢救室上方 30cm 处	0.09
	PET 留观/抢救室西墙外 30cm 处	0.78
	PET 留观/抢救室北墙外 30cm 处	0.85
	SPECT-CT 注射后休息室上方 30cm 处	0.07
	SPECT-CT 注射后休息室北墙外 30cm 处	0.45
	SPECT-CT 注射后休息室东墙外 30cm 处	0.32
	SPECT-CT 注射后休息室南墙外 30cm 处	0.45
	SPECT-CT 机房上方 30cm 处	0.003
	SPECT-CT 留观/抢救室上方 30cm 处	0.01
	SPECT-CT 留观/抢救室北墙外 30cm 处	0.14
	SPECT-CT 留观/抢救室南墙外 30cm 处	0.14
	SPECT-CT 留观/抢救室东墙外 30cm 处	0.15

表 11-18　　核素显像区放射工作人员及公众受照时间一览表

点位描述		每次操作时长	全年工作量	年受照时间
放射工作人员	^{18}F 药物分装	1min/370MBq	673400MBq/a	303.33h
	^{18}F 药物转运	0.5min/370MBq	673400MBq/a	151.67h
	^{18}F 药物注射	1min/370MBq	673400MBq/a	303.33h
	PET-CT 扫描	10min/人次	13000 人次/a	2166.67h
	PET-CT 摆位	3min/人次	1300 人次/a	65h
	PET-MR 扫描	20min/人次	5200 人次/a	1733.33

	PET-MR 摆位	3min/人次	520 人次/a	26h
	^{99m}Tc 抽测	1min/支	1560 支/a	26h
	^{99m}Tc 转运	1min/1110MBq	17316000MBq/a	260h
	药物注射 ^{99m}Tc	1min/1110MBq	17316000MBq/a	260h
	SPECT-CT 扫描	20min/人次	7800 人次/a/台	2600h
	SPECT-CT 摆位	3min/人次	780 人次/a/台	39h
公众（考虑人员可达处）	PET-CT 注射后休息室（1）上方 30cm 处	按照 7 人同时候诊，每天 7 批次，每次约 30min，每天共 3.5h，居留因子取 1/40，年工作 260 天		22.75h
	PET-CT 注射后休息室（1）南墙外 30cm 处	按照 7 人同时候诊，每天 7 批次，每次约 30min，每天共 3.5h，居留因子取 1/20，年工作 260 天		45.5h
	PET-CT 注射后休息室（2）西墙外 30cm 处	按照 7 人同时候诊，每天 7 批次，每次约 30min，每天共 3.5h，居留因子取 1/20，年工作 260 天		45.5h
	PET 留观/抢救室上方 30cm 处	按照 3 人同时留观，每天 23 批次，每批次 15min，每天共 5.75h，居留因子取 1/5，年工作 260 天		299h
	PET 留观/抢救室西墙外 30cm 处	按照 3 人同时留观，每天 23 批次，每批次 15min，每天共 5.75h，居留因子取 1/40，年工作 260 天		37.38h
	PET 留观/抢救室北墙外 30cm 处	按照 3 人同时留观，每天 23 批次，每批次 15min，每天共 5.75h，居留因子取 1/40，年工作 260 天		37.38h
	SPECT-CT 注射后休息室上方 30cm 处	按照 15 人同时候诊，每天 4 批次，每批次 2.5h，每天共 10h，年工作 260 天，全年 2600h，楼上为办公室，取年工作时间 2000h		2000h
	SPECT-CT 注射后休息室北墙外 30cm 处	按照 15 人同时候诊，每天 4 批次，每批次 2.5h，每天共 10h，居留因子取 1/40，年工作 260 天		65h
	SPECT-CT 注射后休息室东墙外 30cm 处	按照 15 人同时候诊，每天 4 批次，每批次 2.5h，每天共 10h，居留因子取 1/40，年工作 260 天		65h
	SPECT-CT 注射后休息室南墙外 30cm 处	按照 15 人同时候诊，每天 4 批次，每批次 2.5h，每天共 10h，居留因子取 1/40，年工作 260 天		65h
	SPECT-CT 机房上方 30cm 处	每次 1 人扫描，每次扫描 20min，每台设备 30 人，每天共 10h，居留因子取 1，年工作 260 天，楼上为护士站，取年工作时间 2000h		2000h
	SPECT-CT 留观/抢救室上方 30cm 处	按照 4 人同时留观，每天 15 批次，每批次 0.5h，每天共 7.5h，居留因子取 1/40，年工作 260 天		49h

	SPECT-CT 留观/抢救室北墙外 30cm 处	按照 4 人同时留观，每天 15 批次，每批次 0.5h，每天共 7.5h，居留因子取 1/40，年工作 260 天	49h
	SPECT-CT 留观/抢救室南墙外 30cm 处	按照 4 人同时留观，每天 15 批次，每批次 0.5h，每天共 7.5h，居留因子取 1/40，年工作 260 天	49h
	SPECT-CT 留观/抢救室东墙外 30cm 处	按照 4 人同时留观，每天 15 批次，每批次 0.5h，每天共 7.5h，居留因子取 1/40，年工作 260 天	49h

③估算结果

本项目核素显像区放射工作人员及公众可达处个人剂量估算详见表 11-19。

表 11-19　　放射工作人员及公众关注点剂量估算一览表

点位描述		屏蔽体外 30cm 处剂量率（μSv/h）	年受照时间 h/a	估算结果 mSv/a
放射工作人员	^{18}F 药物分装	0.90	303.33	0.27
	^{18}F 药物转运	14.42	151.67	2.19
	^{18}F 药物注射	0.82	303.33	0.25
	PET-CT 扫描	0.50	2166.67	1.08
	PET-CT 摆位	21.72	65	1.41
	PET-MR 扫描	0.53	1733.33	0.92
	PET-MR 摆位	21.72	26	0.56
	^{99m}Tc 抽测	8.07×10^{-8}	26	2.10×10^{-9}
	^{99m}Tc 转运	0.20	260	0.05
	药物注射 ^{99m}Tc	1.35×10^{-38}	260	3.51×10^{-39}
	SPECT-CT 扫描	0.002	2600	0.01
	SPECT-CT 摆位	5.77	39	0.23
公众（考虑人员可达处）	PET-CT 注射后休息室上方 30cm 处	0.16	22.75	3.64×10^{-3}
	PET-CT 注射后休息室（1）南墙外 30cm 处	1.25	45.5	0.06
	PET-CT 注射后休息室（2）西墙外 30cm 处	1.36	45.5	0.06
	PET 留观/抢救室上方 30cm 处	0.09	299	0.03
	PET 留观/抢救室西墙外 30cm 处	0.78	37.38	0.03
	PET 留观/抢救室北墙外 30cm 处	0.85	37.38	0.03
	SPECT-CT 注射后休息室上方 30cm 处	0.04	2000	0.08
	SPECT-CT 注射后休息室北墙外 30cm 处	0.22	65	0.01
	SPECT-CT 注射后休息室东墙	0.16	65	0.01

	外 30cm 处			
	SPECT-CT 注射后休息室南墙外 30cm 处	0.22	65	0.01
	SPECT-CT 机房上方 30cm 处	0.003	2000	0.01
	SPECT-CT 留观/抢救室上方 30cm 处	0.01	49	4.90×10^{-4}
	SPECT-CT 留观/抢救室北墙外 30cm 处	0.14	49	0.01
	SPECT-CT 留观/抢救室南墙外 30cm 处	0.14	49	0.01
	SPECT-CT 留观/抢救室东墙外 30cm 处	0.15	49	0.01

对于 PET-CT 和 SPECT-CT 的放射工作人员还应考虑射线装置产生的辐射影响，通过前文可知，本项目机房屏蔽设计的铅当量高于 GBZ130-2020 中要求，所以估算射线装置对放射工作人员的影响时，Dr 取岳阳地区室内本底水平，即 0.1175μSv/h 进行计算，PET-CT 和 SPECT-CT 操作人员的剂量估算详见表 11-20。

表 11-20　　PET-CT 和 SPECT-CT 操作人员剂量估算一览表

点位描述	屏蔽体外 30cm 处剂量率（μSv/h）	年受照时间 h/a	估算结果 mSv/a
PET-CT 操作人员	0.1175	2166.67	0.25
SPECT-CT 操作人员	0.1175	2600	0.31

本次评价按最不利情况考虑，药物的分装（抽测）、药物转运、注射由 1 名放射工作人员负责，摆位、扫描、操作射线装置由 1 名放射工作人员负责，则本项目放射工作人员受到总剂量详见表 11-21。

表 11-21　　PET-CT 和 SPECT-CT 操作人员剂量估算一览表

工作描述	^{18}F 操作人员	PET-CT 操作人员	PET-MR 操作人员	^{99m}Tc 操作人员	SPECT-CT 操作人员
药物分装	0.27mSv/a	/	/	2.10×10^{-9}	/
药物转运	2.19 mSv/a	/	/	0.05	/
药物注射	0.25 mSv/a	/	/	3.51×10^{-39}	/
摆位	/	1.41	0.56	/	0.23
扫描	/	1.08	0.92	/	0.01
操作射线装置	/	0.25	/	/	0.31
总剂量	2.71 mSv/a	2.74mSv/a	1.48 mSv/a	0.05 mSv/a	0.55mSv/a

综上可知，本项目核素显像区放射工作人员年有效剂量小于医院提出的 5mSv/a 的管理目标值，公众年有效剂量最大为 0.08mSv，低于医院提出的 0.1mSv/a 的管理目标值。

（三）核素治疗区

1、工作场所辐射水平分析

①计算参数

本项目核素治疗区各参数如下：

1）^{131}I 患者放射性药物活度：本项目每月收治甲癌病人 5 批次，每批次住院 5 天，单个甲癌患者最大服药量按照 7400MBq（200mCi）进行计算，单个甲亢患者服药按照 370MBq（10mCi）进行计算；单个甲测患者服药按照 0.37MBq（0.01mCi）进行计算；

2）放射性药物转运：每周最大来药量 44400MBq（1.2Ci），由供药方将药物装入自动分装仪，甲癌病人每批次最大用药量 37000MBq（1Ci），余下药物 7400MBq（0.2Ci）由医院工作人员负责转运；

3）储源室药物活度：每周送药一次，甲癌病人服药后转运至储源室，储源室最大储药量为 7400MBq（0.2Ci）。

4）^{131}I 手动分装：每次根据预约病人的用药量，由自动分装仪分出当天的甲亢、甲测病人的总药量，然后由放射工作人员进行手动分装。按照甲亢每日最多 5 人，甲测每日最多 10 人考虑，分装柜源活度按照 1854MBq 进行计算；

5）甲亢服药走廊按照 1 人考虑，源活度按照 370MBq（10mCi）进行计算；

6）甲亢留观抢救室按照 1 人考虑，源活度按照 370MBq（10mCi）进行计算；

7）甲癌病房按照 2 人 1 间考虑，源活度按照 14800MBq（400mCi）进行计算；

8）甲癌病区走廊按照 1 人考虑，源活度按照 7400MBq（200mCi）进行计算；

9）甲癌抢救室按照 1 人考虑，源活度按照 7400MBq（200mCi）进行计算。

核素治疗区各场所计算参数详见表 11-22。

表 11-22　　核素治疗区各场所计算参数取值一览表

场所	说明	最大放射性活度 *A*（MBq）
^{131}I 储源室	40mmPb 铅罐储存，一次性进药 1.2Ci	7400
^{131}I 转运	最大转运药量 0.2Ci	7400
^{131}I 甲亢分装柜	甲亢每日最多 5 人，甲测每日最多 10 人	1854
甲亢服药走廊	1 人	370
甲亢留观抢救室	1 人	370

甲癌服药窗	1 人	7400
甲癌病房	2 人 1 间	14800
甲癌病区走廊	一次 1 人	7400
甲癌抢救室	1 人	7400

②计算公式

核素治疗区计算公式与核素显像区计算公式一致。

③计算结果

核素显像区各场所计算结果详见表 11-23。

表 11-23　　核素治疗区辐射剂量率计算参数及结果一览表

关注点		计算参数					计算结果
		A（MBq）	*f* μSv•m²/（h•MBq）	*R*（m）	*x*（mm）	*TVL*（mm）	H_p（μSv/h）
储源室 ^{131}I	东墙外 30cm	7400	0.0595	1.5	40/240	11/240	0.005
	南墙外 30cm	7400	0.0595	1.5	40/240	11/240	0.005
	西墙外 30cm	7400	0.0595	1.5	40/240	11/240	0.005
	北墙外 30cm	7400	0.0595	1.5	40/240	11/240	0.005
	顶部外 30cm	7400	0.0595	4.3	40/300	11/170	9.48×10^{-5}
	楼下距地面 170cm 处	7400	0.0595	5.4	40/300	11/170	6.01×10^{-5}
	防护门外30cm	7400	0.0595	1.0	40/12	11	0.008
^{131}I 转运		7400	0.0595	0.5	40	11	0.41
分装柜表面 30cm（^{131}I 甲亢）	前侧 30cm	1854	0.0595	0.5	40	11	0.10
	后侧 30cm	1854	0.0595	0.5	40	11	0.10
	左侧 30cm	1854	0.0595	0.8	40	11	0.04
	右侧 30cm	1854	0.0595	0.8	40	11	0.04
	顶部 30cm	1854	0.0595	0.5	40	11	0.10
	底部 30cm	1854	0.0595	0.5	40	11	0.10
甲亢服药走廊（^{131}I）	东墙外 30cm	370	0.0583	1.5	240	240	0.96
	西墙外 30cm	370	0.0583	1.5	240	240	0.96
	顶部外 30cm	370	0.0583	4.3	300	170	0.02
	楼下距地面 170cm 处	370	0.0583	5.4	300	170	0.01
	东入口防护门外 30cm	370	0.0583	1.5	12	11	0.78
	西出口防护门外 30cm	370	0.0583	1.0	12	11	1.75
甲亢留观抢救室（^{131}I）	东墙外 30cm	370	0.0583	1.8	240/60	240/125	0.22
	南墙外 30cm	370	0.0583	2.6	240/60	240/125	0.11
	西墙外 30cm	370	0.0583	1.8	240/60	240/125	0.22

	北墙外 30cm	370	0.0583	2.6	240/60	240/125	0.11
	顶部外 30cm	370	0.0583	4.3	300	170	0.02
	楼下距地面 170cm 处	370	0.0583	5.4	300	170	0.01
	防护门外 30cm	370	0.0583	1	12	11	1.75
甲癌服药走廊（^{131}I）	东墙外 30cm	7400	0.0583	1.0	370/120	240/125	1.36
	南墙外 30cm	7400	0.0583	1.0	370/120	240/125	1.36
	西墙外 30cm	7400	0.0583	1.0	370/120	240/125	1.36
	北墙外 30cm	7400	0.0583	1.0	370/30	240/125	7.13
	顶部外 30cm	7400	0.0583	4.3	300	170	0.40
	楼下距地面 170cm 处	7400	0.0583	5.4	300	170	0.25
	北出口防护门外 30cm	7400	0.0583	1.8	15	11	5.76
	东入口防护门外 30cm	7400	0.0583	2.5	30	11	0.13
	取餐防护窗口外 30cm	7400	0.0583	1.0	30	11	0.81
	缓冲区防护门外 30cm	7400	0.0583	1.0	30	11	0.81
甲癌病房 1 号（^{131}I）	东墙外 30cm	7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	0.47
		7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	
	南墙外 30cm	7400	0.0583	1.8	370/120	240/125	0.49
		7400	0.0583	4.3	370/120	240/125	
	西墙外 30cm	7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	0.47
		7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	
	北墙外 30cm	7400	0.0583	1.0	370/120	240/125	1.42
		7400	0.0583	4.6	370/120	240/125	
	顶部外 30cm	14800	0.0583	4.3	300	170	0.80
	楼下距地面 170cm 处	14800	0.0583	5.4	300	170	0.51
	防护门外 30cm	7400	0.0583	1.0	20	11	6.87
		7400	0.0583	4.6	20	11	
	防护窗外 30cm	7400	0.0583	1.8	25	11	0.84
		7400	0.0583	4.3	25	11	
甲癌病房 2 号（^{131}I）	东墙外 30cm	7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	0.47
		7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	
	南墙外 30cm	7400	0.0583	1.8	370/120	240/125	0.49
		7400	0.0583	4.3	370/120	240/125	
	西墙外 30cm	7400	0.0583	0.47	370/120	240/125	0.47

		7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	
	北墙外 30cm	7400	0.0583	1.0	370/120	240/125	1.42
		7400	0.0583	4.6	370/120	240/125	
	顶部外 30cm	14800	0.0583	4.3	300	170	0.80
	楼下距地面 170cm 处	14800	0.0583	5.4	300	170	0.51
	防护门外 30cm	7400	0.0583	1.0	20	11	6.87
		7400	0.0583	4.6	20	11	
	防护窗外 30cm	7400	0.0583	1.8	25	11	0.84
		7400	0.0583	4.3	25	11	
甲癌病房 3 号（^{131}I）	东墙外 30cm	7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	0.47
		7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	
	南墙外 30cm	7400	0.0583	1.8	370/120	240/125	0.49
		7400	0.0583	4.3	370/120	240/125	
	西墙外 30cm	7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	0.47
		7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	
	北墙外 30cm	7400	0.0583	1.0	370/120	240/125	1.42
		7400	0.0583	4.6	370/120	240/125	
	顶部外 30cm	14800	0.0583	4.3	300	170	0.80
	楼下距地面 170cm 处	14800	0.0583	5.4	300	170	0.51
	防护门外 30cm	7400	0.0583	1.0	20	11	6.87
		7400	0.0583	4.6	20	11	
	防护窗外 30cm	7400	0.0583	1.8	25	11	0.84
		7400	0.0583	4.3	25	11	
甲癌抢救室（^{131}I）	东墙外 30cm	7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	0.24
	南墙外 30cm	7400	0.0583	5.1	370/120	240/125	0.05
	西墙外 30cm	7400	0.0583	2.4	370/120	240/125	0.24
	北墙外 30cm	7400	0.0583	5.1	370/120	240/125	0.05
	顶部外 30cm	7400	0.0583	4.3	300	170	0.40
	楼下距地面 170cm 处	7400	0.0583	5.4	300	170	0.25
	防护门外 30cm	7400	0.0583	5.1	12	11	1.35
	防护窗外 30cm	7400	0.0583	5.1	15	11	0.72

由以上计算结果可知，核素治疗区控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处和分装柜体外表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h，控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

2、个人剂量估算

①计算公式

本项目核素治疗区个人剂量估算公式与核素显像区计算公式一致。

②参数选取

核素治疗区受影响人员主要包括放射工作人员以及周边公众，根据项目特点，放射工作人员主要考虑药物转运、分装的影响。在甲癌住院病人住院期间第一天可排出 65%的药物，因此甲癌病房周围剂量率分段考虑。放射工作人员及人员可达处关注点剂量率根据表 11-23 估算结果进行取值，详见表 11-24。

表 11-24　　核素治疗区放射工作人员及公众可达处剂量率取值一览表

保护目标		屏蔽体外 30cm 处剂量（μSv/h）
放射工作人员	^{131}I 转运	0.41
	^{131}I 分装	0.10
公众	甲癌病房上方	0.80（第一天）/0.28（后四天）
	甲癌病房下方	0.51（第一天）/0.18（后四天）
	甲癌病房南侧	0.49（第一天）/0.17（后四天）
	甲癌病房（1）西侧	0.47（第一天）/0.17（后四天）
	甲癌患者走廊东入口防护门外 30cm 处	0.13
	甲亢留观/抢救室上方（医生办公室）	0.02
	甲亢留观/抢救室下方（^{18}F 患者走廊）	0.01
	甲亢留观/抢救室北侧	0.11

放射工作人员药物转运考虑从储源室到自动分装仪的往返时间，药物从自动分装仪转运到手动分装仪的时间两部分。每天从储源室到自动分装仪的往返时间按 5min 计，药物从自动分装仪到手动分装仪的时间按 1min 计，则每天药物转运时间 6min，全年工作 240 天，则年转运时间 24h。药物分装按 1min/人次，每天最多分装 15 人次的药量，则全天分装药物时间 15min，全年工作 240 天，则年分装时间 60h。

公众受照时间根据公众可达处的场所功能取相应的居留因子。放射工作人员及公众受照时间详见表 11-25。

表 11-25　　核素治疗区放射工作人员及公众可达处受照时间取值一览表

保护目标		年受照时间	备注
放射工作人员	^{131}I 转运	24h	
	^{131}I 分装	60h	
公众	甲癌病房上方	180h	每批次病人住院 5 天，全年 60 批次，居留因子取 1/40
	甲癌病房下方	180h	每批次病人住院 5 天，全年 60 批次，

			居留因子取 1/40
	甲癌病房南侧	180h	每批次病人住院 5 天，全年 60 批次，居留因子取 1/40
	甲癌病房（1）西侧	180h	每批次病人住院 5 天，全年 60 批次，居留因子取 1/40
	甲癌患者走廊东入口防护门外 30cm 处	360h	每批次病人住院 5 天，全年 60 批次，居留因子取 1/20
	甲亢留观/抢救室上方（医生办公室）	20h	年治疗 1200 人次，按 1/10 的比例留观，每人次留观 10min，居留因子取 1
	甲亢留观/抢救室下方（^{18}F 患者走廊）	0.5h	年治疗 1200 人次，按 1/10 的比例留观，每人次留观 10min，居留因子取 1/40
	甲亢留观/抢救室北侧	0.5h	年治疗 1200 人次，按 1/10 的比例留观，每人次留观 10min，居留因子取 1/40

综上，核素治疗区放射工作人员及公众个人剂量估算结果详见表 11-26。

表 11-26　　核素治疗区放射工作人员及公众剂量估算一览表

保护目标		屏蔽体外 30cm 处剂量（μSv/h）	年受照时间	个人剂量估算结果（mSv/a）
放射工作人员	^{131}I 转运	0.41	24h	0.01
	^{131}I 分装	0.10	60h	0.01
公众	甲癌病房上方	0.80（第一天）/0.28（后四天）	180h	0.07
	甲癌病房下方	0.51（第一天）/0.18（后四天）	180h	0.04
	甲癌病房南侧	0.49（第一天）/0.17（后四天）	180h	0.04
	甲癌病房（1）西侧	0.47（第一天）/0.17（后四天）	180h	0.04
	甲癌患者走廊东入口防护门外 30cm 处	0.13	360h	0.05
	甲亢留观/抢救室上方（医生办公室）	0.02	20h	4.00×10^{-4}
	甲亢留观/抢救室下方（^{18}F 患者走廊）	0.01	0.5h	5.00×10^{-6}
	甲亢留观/抢救室北侧	0.11	0.5h	4.00×10^{-5}

由上表可知，本项目核素治疗区放射工作人员年有效剂量小于医院提出的 5mSv/a 的管理目标值，公众年有效剂量低于医院提出的 0.1mSv/a 的管理目标值。

二、放疗科

（一）加速器

1、工作场所辐射水平

①加速器情况说明

本项目放疗科 TOMO 治疗室配置 1 台 6MV 螺旋断层放射治疗系统（TOMO）。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》

GBZ/T 201.2-2011 附录 D.2 的相关要求，螺旋断层放射治疗系统可忽略患者散射辐射，按屏蔽泄漏辐射考虑机房屏蔽，对有用线束穿过铅屏蔽块后直接透射的区域，也按屏蔽泄漏辐射考虑。治疗装置带有兆电子伏（MV）级的 CT 影像定位引导设备，辐射源为 3.5MV 的 X 射线，影像检查的受检者吸收剂量平均为 1cGy 左右，最大吸收剂量小于 3cGy,对周围环境辐射影响远小于 6MV X 射线，因此，该 TOMO 机房只考虑 6MV X 射线的屏蔽问题。

本项目放疗科 1 号~5 号加速器机房各配置 1 台不超过 10MV 的医用电子直线加速器，考虑到 2 号~5 号加速器机房尺寸及防护情况基本一致，因此 2 号~5 号加速器机房仅对 2 号加速器机房进行评价分析，2 号机房满足防护要求时，3 号~5 号机房也能满足屏蔽要求。

本项目放疗科射波刀治疗室配置 1 台 6MV 射波刀。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》GBZ/T 201.2-2011 附录 D.3 的相关要求，射波刀屏蔽厚度校核与辐射影响分析计算时，各面均按有用束（U＜0.05）考虑。

②计算参数

本项目放疗科涉及的 TOMO、直线加速器、射波刀参数详见表 9-8~表 9-10。

③计算公式

本项目放射治疗机房屏蔽计算参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中的计算方法。

1）有用线束主屏蔽区宽度核算

$$Y_P=2[(a+SAD)\times\tan\theta+0.3]$$

式中：

Y_P ——机房有用射线束主屏蔽区的宽度，m；

SAD——源轴距，m；（对于医用电子直线加速器 SAD=1m）；

θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线），θ取 14°；

a ——等中心至墙的距离，m。

当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽相连的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

2）单一有用线束在关注点的导出剂量率控制水平为：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c/(t \cdot U \cdot T)$$

式中：

H_c ——周参考剂量控制水平，μSv/周；

t ——治疗装置周治疗照射时间，h；

U ——有用线束向关注位置的方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

3）单一泄漏辐射在关注点的导出剂量率控制水平为：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c/(t \cdot N \cdot T)$$

式中：

N——调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常 N=5；其余同式 11-2。

对于直线加速器机房墙外和入口门外关注点的剂量率参考控制水平应不大于下述 a)、b)和 c)所确定的剂量率参考控制水平 H_c：

a）使用放射治疗年工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，依照附录 A，由周剂量参考控制水平（H_c）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$（μSv/h）：

A 放射治疗机房外控制区的工作人员：H_c≤100 μSv/周；

B 射治疗机房外非控制区的工作人员：H_c≤5 μSv/周。

b）按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$（μSv/h）：

A 人员居留因子 T≥1/2 的场所：$H_{c,max}$≤2.5 μSv/h；

B 人员居留因子 T<1/2 的场所：$H_{c,max}$≤10 μSv/h。

c）由上述 a)中的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和 b)中的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 H_c（μSv/h）。

对于复合辐射（B/N）：与主屏蔽直接相连的次屏蔽区（B/N），需要考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射：

a)以 $H_{c,max}$ 的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，依 5.2.2 估算屏蔽患者散射辐射所需要的屏蔽厚度；

b)将 H_c 以 $0.5H_c$ 代替，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，依 5.2.1 估算屏蔽泄漏辐射所需要的屏蔽厚度；

c)取上述 a)和 b)中屏蔽厚度较厚者为该关注点的屏蔽设计。相应屏蔽下，泄漏

辐射和有用线束患者散射辐射在关注点的剂量率之和为该处的剂量率控制值。

本项目的工作负荷：

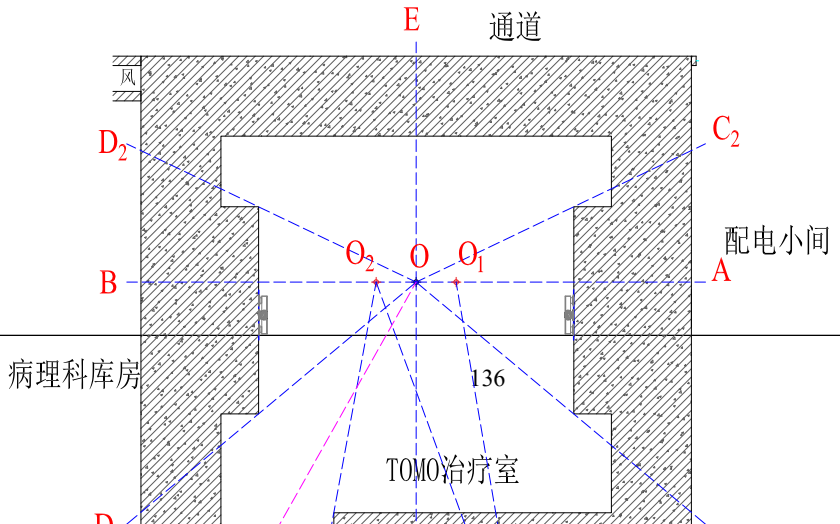
TOMO 治疗室：拟安装 1 台 6MV 螺旋断层放射治疗系统（TOMO），投入使用后，预计每天放射治疗工作量最多为 50 人，兆伏级 CT 扫描影像采集出束时间平均 3min/次，每周工作 5 天，则每周治疗时间为 12.5h；患者病变区治疗出束时间平均 5min/次，每周工作 5 天，则每周治疗时间为 20.83h。

1~5 号加速器机房：拟各安装 1 台不超过 10MV 的医用直线加速器，投入使用后，预计每台每天放射治疗工作量最多为 50 人，平均每名患者治疗照射时间为 6min，每周工作 5 天，则每台周治疗时间为 25h。

射波刀治疗室：拟安装 1 台射波刀，投入使用后，预计每天放射治疗工作量最多为 15 人，平均每名患者治疗照射时间为 5min，每周工作 5 天，则每台周治疗时间为 6.25h。

因为本项目放射治疗年有效剂量管理目标值工作人员为 2mSv/a，公众 0.1mSv/a，一年按 50 周计算得出周剂量参考控制水平 H_c 工作人员为 40μSv/周，公众 2μSv/周。关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,\ max}$ 均保守取 2.5μSv/h。本项目各机房各关注点辐射剂量率参考控制水平见表 11-27。

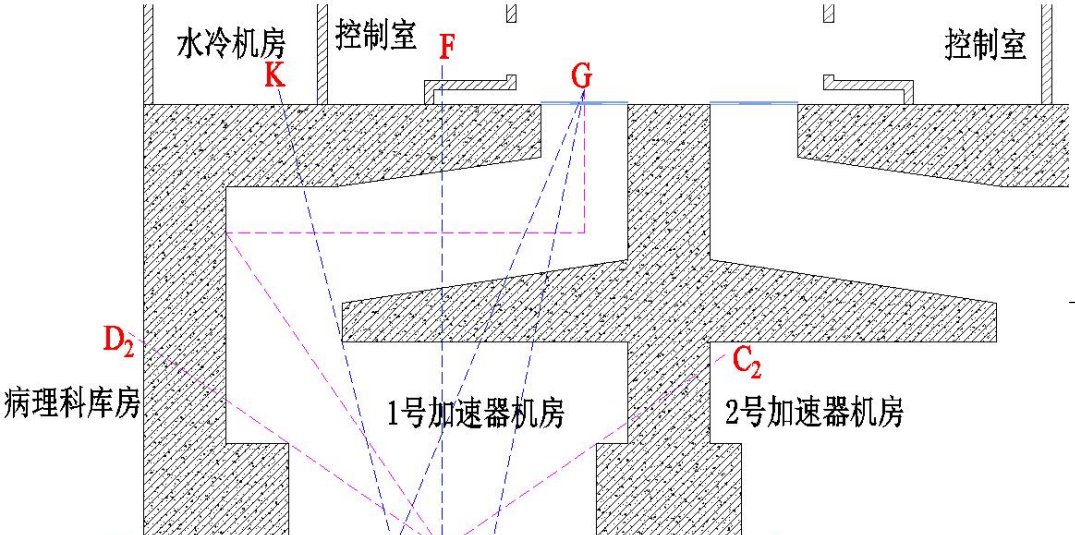
本项目放疗科加速器机房外关注点示意图详见图 11-3~图 11-6.。



（1）

（2）

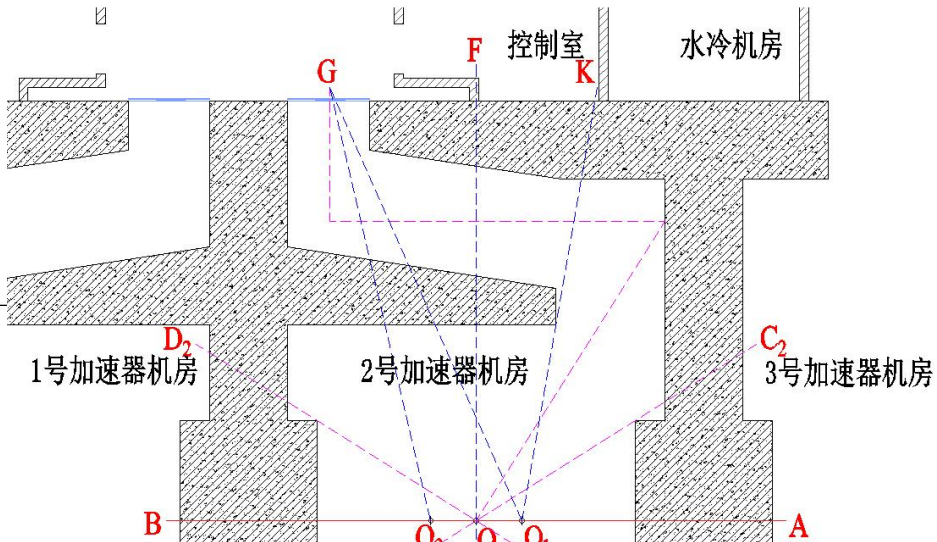
图 11-3　TOMO 治疗室外关注点分布图



（1）

（2）

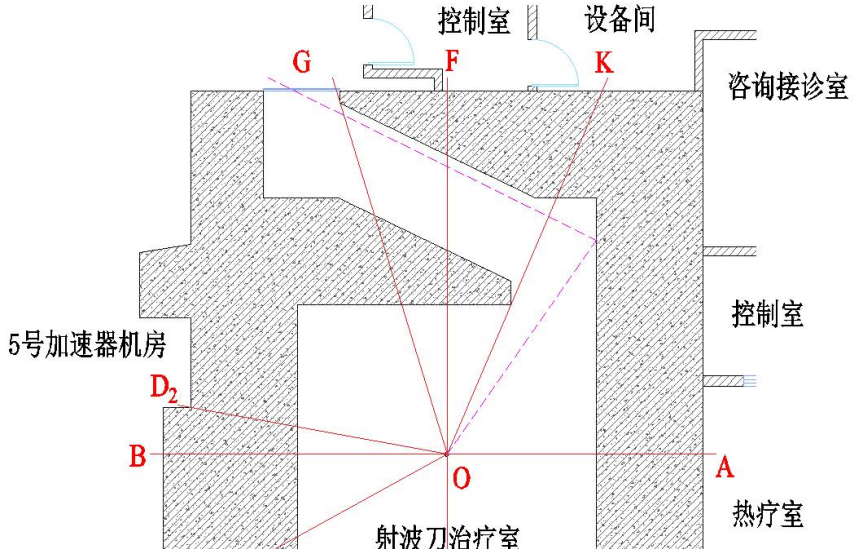
图 11-4　1 号加速器机房外关注点分布图



（1）

（2）

图 11-5　2 号加速器机房外关注点分布图



（1）

（2）

图 11-6　射波刀治疗室外关注点分布图

表 11-27 **各关注点辐射剂量率参考控制水平**

机房名称	关注点	点位	位置描述	辐射类型	周剂量参考控制水平 H_c（μSv/周）	周工作负荷 t（h/周）	使用因子 U	调强因子 N	居留因子 T	导出剂量率 $H_{c,d}$（μSv/h）	$H_{c,max}$（μSv/h）	关注点的剂量率参考控制水平 H_c（μSv/h）
TOMO 治疗室	A	东墙主屏蔽区外 30cm	配电小间	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/20	0.38	2.5	0.38
	B	西墙主屏蔽区外 30cm	病理科库房	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/20	0.38	2.5	0.38
	L	顶棚主屏蔽区外 30cm	绿化、道路	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/40	0.77	2.5	0.77
	C_1	东墙次屏蔽区外 30cm	后装治疗室	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/2	0.04	2.5	0.04
	C_2	东墙次屏蔽区外 30cm	配电小间	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/20	0.38	2.5	0.38
	D_1	西墙次屏蔽区外 30cm	病理科库房	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/20	0.38	2.5	0.38
	D_2	西墙次屏蔽区外 30cm	病理科库房	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/20	0.38	2.5	0.38
	M_1	顶棚次屏蔽区外 30cm	绿化、道路	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/40	0.77	2.5	0.77
	M_2	顶棚次屏蔽区外 30cm	绿化、道路	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/40	0.77	2.5	0.77
	E	北墙侧屏蔽墙外 30cm	通道	泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/5	0.10	2.5	0.10
	F	南墙侧屏蔽墙外 30cm	控制室	泄漏辐射	40	20.83	/	5	1	0.38	2.5	0.38
	K	南墙迷路外墙外 30cm	控制室	泄漏辐射	40	20.83	/	5	1	0.38	2.5	0.38
	G	防护门外 30cm	缓冲区域	散射、泄漏辐射	2	20.83	/	5	1/8	1.40	2.5	1.40
1 号加速器机房	A	东墙主屏蔽区外 30cm	2 号加速器机房	有用线束	2	25	1/4	5	1/2	0.64	2.5	0.64
	B	西墙主屏蔽区外 30cm	病理科库房	有用线束	2	25	1/4	5	1/20	6.4	2.5	2.50
	L	顶棚主屏蔽区外 30cm	绿化、道路	有用线束	2	25	1/4	5	1/40	12.8	2.5	2.50
	C_1	东墙次屏蔽区外 30cm	2 号加速器机房	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/2	0.11	2.5	0.11
	C_2	东墙次屏蔽区外 30cm	2 号加速器机房	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/2	0.13	2.5	0.13
	D_1	西墙次屏蔽区外 30cm	病理科库房	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/20	0.12	2.5	0.12
	D_2	西墙次屏蔽区外 30cm	病理科库房	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/20	0.12	2.5	0.12

	M_1	顶棚次屏蔽区外 30cm	绿化、道路	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/40	0.12	2.5	0.12
	M_2	顶棚次屏蔽区外 30cm	绿化、道路	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/40	0.12	2.5	0.12
	E	南墙侧屏蔽墙外 30cm	库房、通道	泄漏辐射	2	25	1	5	1/20	0.32	2.5	0.32
	F	北墙侧屏蔽墙外 30cm	控制室	泄漏辐射	40	25	1	5	1	0.32	2.5	0.32
	K	北墙迷路外墙外 30cm	水冷机房	泄漏辐射	2	25	1	5	1/8	0.13	2.5	0.13
	G	防护门外 30cm	缓冲区域	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/8	1.38	2.5	1.38
2~5 号加速器机房（以 2 号机房为例）	A	东墙主屏蔽区外 30cm	3 号加速器机房	有用线束	2	25	1/4	5	1/2	0.64	2.5	0.64
	B	西墙主屏蔽区外 30cm	1 号加速器机房	有用线束	2	25	1/4	5	1/2	0.64	2.5	0.64
	L	顶棚主屏蔽区外 30cm	绿化、道路	有用线束	2	25	1/4	5	1/40	12.8	2.5	2.50
	C_1	东墙次屏蔽区外 30cm	3 号加速器机房	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/2	0.13	2.5	0.13
	C_2	东墙次屏蔽区外 30cm	3 号加速器机房	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/2	0.12	2.5	0.12
	D_1	西墙次屏蔽区外 30cm	1 号加速器机房	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/2	0.13	2.5	0.13
	D_2	西墙次屏蔽区外 30cm	1 号加速器机房	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/2	0.12	2.5	0.12
	M_1	顶棚次屏蔽区外 30cm	绿化、道路	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/40	0.12	2.5	0.12
	M_2	顶棚次屏蔽区外 30cm	绿化、道路	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/40	0.12	2.5	0.12
	E	南墙侧屏蔽墙外 30cm	库房、通道	泄漏辐射	2	25	1	5	1/20	0.32	2.5	0.32
	F	北墙侧屏蔽墙外 30cm	控制室	泄漏辐射	40	25	1	5	1	0.32	2.5	0.32
	K	北墙迷路外墙外 30cm	控制室	泄漏辐射	40	25	1	5	1	0.32	2.5	0.32
	G	防护门外 30cm	缓冲区域	散射、泄漏辐射	2	25	1	5	1/8	1.38	2.5	1.38
射波刀治疗室	A	东墙主屏蔽区外 30cm	热疗室	有用线束	2	6.25	0.05	5	1	6.4	2.5	2.50
	B	西墙主屏蔽区外 30cm	5 号加速器机房	有用线束	2	6.25	0.05	5	1/2	12.8	2.5	2.50
	L	顶棚主屏蔽区外 30cm	绿化、道路	有用线束	2	6.25	0.05	5	1/40	256	2.5	2.50
	D_1	西墙次屏蔽区外 30cm	5 号加速器机房	有用线束	2	6.25	0.05	5	1/2	12.8	2.5	2.50
	D_2	西墙次屏蔽区外 30cm	5 号加速器机房	有用线束	2	6.25	0.05	5	1/2	12.8	2.5	2.50
	E	南墙侧屏蔽墙外 30cm	总务库房	有用线束	2	6.25	0.05	5	1/20	128	2.5	2.50

	F	北墙侧屏蔽墙外 30cm	控制室	有用线束	40	6.25	0.05	5	1	128	2.5	2.50
	K	北墙迷路外墙外 30cm	设备间	有用线束	2	6.25	0.05	5	1/8	51.2	2.5	2.50
	G	防护门外 30cm	缓冲区域	散射、有用线束	2	6.25	0.05	5	1/8	1.76	2.5	2.50

4）有用线束和泄漏辐射的屏蔽透射因子估算：

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \times \frac{R^2}{f}$$

有用线束和泄露辐射剂量率公式为：

$$\dot{H}_c = \frac{\dot{H}_0 \bullet f \bullet B}{R^2}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —— 参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_0$ —— 加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m^2/h（以 Sv·m^2/min 为单位的值乘以 6×10^7）；

R —— 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f —— 对有用线束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率。

5）患者一次散射辐射的屏蔽透射因子估算：

$$B = \frac{\dot{H}_c \bullet R_s^{\ 2}}{\dot{H}_0 \bullet a_{ph} \bullet (F/400)}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —— 参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_0$ —— 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m^2/h；

Rs —— 患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

αph —— 患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子；

F —— 治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm^2。

6）穿过患者或迷路内墙的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \bullet \frac{(F/10^4)}{R^2} \bullet a_w \bullet B_p$$

式中：

$\dot{H}$ —— 计算点的辐射剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_0$ —— 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv•m^2/h；

F —— 治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm^2。

R —— 散射体中心点（有用线束在屏蔽墙上的投影点）与计算点的距离，m；

αw —— 散射因子；

Bp —— 有用线束射入散射体（屏蔽墙）前的屏蔽透射因子。

7）加速器（≤10MV）机房的迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

a）入口处的散射辐射剂量率

$$H_g = \frac{a_{ph} \times (F/400)}{R_1^{\ 2}} \times \frac{a_2 \times A}{R_2^{\ 2}} \times H_0$$

式中：

Hg —— 入口处的散射辐射剂量率，μSv/h；

αph —— 患者 400cm^2面积上的散射因子；

F —— 治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm^2；

α2 —— 砼墙入射的患者散射辐射的散射因子；

A —— i（为图 11-1 中 i）处的散射面积；m^2；

R1 —— “o-i”之间的距离，m；

R2 —— “i-G”之间的距离，m；

Ho —— 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv•m^2/h。

b）入口处防护门需要的屏蔽投射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{0g}}{\dot{H}_g}$$

式中：

Hog —— o1 位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在 G 处的剂量率，μSv/h；

Hc —— 参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

Hg —— G 处的散 射辐射剂量率，μSv/h。

8）屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系

$$X_e = TVL \bullet logB^{-1} + (TVL_1 - TVL)$$

式中：

B —— 辐射屏蔽透射因子；

TVL1 —— 辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，cm；

TVL —— 辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，cm。

9）有效屏蔽厚度

$$X = X_e \bullet cos\theta$$

式中：

X —— 屏蔽物质厚度，cm；

Xe —— 有效屏蔽物质厚度，cm；

θ —— 斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

④计算结果

1）主屏蔽宽度

本项目放疗科 TOMO 有用线束对应的筒壁区带有 152mm 厚铅板，由于其和治疗筒结构件的总屏蔽效能，使有用束对应的治疗筒外的辐射剂量与泄漏辐射相当，因此不对 TOMO 治疗室的主屏蔽墙体进行宽度核算。射波刀机房各面均按有用束考虑机房屏蔽，且射波刀机房屏蔽体不分主屏蔽体与次屏蔽体，因此不对射波刀治疗室的主屏蔽墙体进行宽度核算。

1 号-5 号加速器机房主屏蔽墙体宽度核算结果详见表 11-28。

表 11-28　　主屏蔽墙体的宽度核算

机房	主屏蔽墙位置	a（m）	计算值（m）	设计值（m）	评价结果
1 号加速器机房	西主屏蔽墙宽度	4.47	3.33	4.4	满足
	东主屏蔽墙宽度	6.17	4.18	4.4	满足
	顶盖主屏蔽墙宽度	5.95/6.01	4.07/4.10	5.0	满足
2~5 号加速器机房（以 2 号机房为例）	西主屏蔽墙宽度	6.5	4.34	4.4	满足
	东主屏蔽墙宽度	6.5	4.34	4.4	满足
	顶盖主屏蔽墙宽度	5.955/6.01	4.07/4.10	5.0	满足

注：计算 1~5 号加速器机房顶盖主屏蔽墙宽度时，等中心距地面高度取值分别为 1.295m、1.24m。

由核算结果可知，不管是采用医科达加速器还是瓦里安加速器，1~5 号加速器机房主屏蔽墙宽度能够满足有用射线束的主屏蔽区宽度要求，项目设计的主屏蔽宽

度满足要求。

2）机房屏蔽厚度及关注点剂量估算

根据以上公式及参数，放疗科各机房屏蔽厚度及关注点剂量率估算结果详见表11-29。

由表11-29可知，放疗科TOMO、直线加速器、射波刀的屏蔽设计可以满足标准要求。在设计屏蔽厚度下，关注点的剂量率可以满足各关注点的剂量率参考控制水平。

3）机房门入口防护门计算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中“4.7中子屏蔽的考虑因素”，在加速器治疗X射线大于10MV时，考虑机房的中子屏蔽，本项目拟购的直线加速器最大X射线能量为10MV，因此，机房防护门的屏蔽不考虑中子屏蔽，仅考虑X射线的屏蔽。本次评价门口散射取45°，α_{ph}取自GBZ/T201.2-2011附录B.2中表B.2，α_2取自GBZ/T201.2-2011附录B.6中表B.6。根据GBZ/T201.2-2011，A为入口和等中心位置共同可视见的区域。根据附录D.1.4.1铅的TLV为5mm。根据以上公式，TOMO漏射线穿过迷路内墙的泄露辐射Hog为0.11μSv/h，瓦里安加速器漏射线穿过1号机房迷路内墙的泄露辐射Hog为0.69μSv/h，漏射线穿过2号机房迷路内墙的泄露辐射Hog为0.66μSv/h。医科达加速器漏射线穿过1号机房迷路内墙的泄露辐射Hog为0.63μSv/h，漏射线穿过2号机房迷路内墙的泄露辐射Hog为0.61μSv/h。射波刀漏射线穿过迷道内墙的泄露辐射Hog为1.89×10^{-4}μSv/h。根据上述公式，防护门屏蔽厚度计算见下表11-30~表11-33。

表 11-29　　机房辐射屏蔽厚度及关注点剂量率估算

机房名称	关注点	点位描述	TVL（cm）	TVL_1（cm）	R（m）	θ（°）	理论计算所需厚度（mm）	设计厚度（mm）	主射或漏射剂量率（μSv/h）	散射剂量率（μSv/h）	总剂量率（μSv/h）	关注点的剂量率参考控制水平 H_c（μSv/h）	符合性
TOMO 治疗室	A	配电小间	29	34	7	0	1322	2500	3.34×10^{-5}	/	3.34×10^{-5}	0.38	符合
	B	病理科库房	29	34	7	0	1322	2500	3.34×10^{-5}	/	3.34×10^{-5}	0.38	符合
	L	绿化、道路	29	34	7.3	0	1225	3000	5.84×10^{-7}	/	5.84×10^{-7}	0.77	符合
	C_1	后装治疗室	29	34	8.0	40	1205	1700	2.37×10^{-4}	/	2.37×10^{-4}	0.04	符合
	C_2	配电小间	29	34	6.8	26	1195	1700	4.42×10^{-3}	/	4.42×10^{-3}	0.38	符合
	D_1	病理科库房	29	34	8.0	40	987	1700	2.37×10^{-4}	/	2.37×10^{-4}	0.38	符合
	D_2	病理科库房	29	34	6.8	26	1195	1700	4.42×10^{-3}	/	4.42×10^{-3}	0.38	符合
	M_1	绿化、道路	29	34	9.0	45	828	1700	4.28×10^{-5}	/	4.28×10^{-5}	0.77	符合
	M_2	绿化、道路	29	34	7.5	31	1043	1700	1.75×10^{-3}	/	1.75×10^{-3}	0.77	符合
	E	通道	29	34	5.1	0	1577	1700	3.61×10^{-2}	/	3.61×10^{-2}	0.10	符合
	F	控制室	29	34	10.6	0	1218	2491	1.72×10^{-5}	/	1.56×10^{-5}	0.38	符合
	K	控制室	29	34	10.3	10	1207	1700	7.23×10^{-3}	/	7.23×10^{-3}	0.38	符合
1 号加速器机房（最大剂量率 1440Gy/h、等中心离地高度 1.295m）瓦里安	A	2 号加速器机房	37	41	7.5	0	2854	3000	0.26	/	0.26	0.64	符合
	B	病理科库房	37	41	7.5	0	2635	3000	0.26	/	0.26	2.50	符合
	L	绿化、道路	37	41	7.3	0	2644	3000	0.27	/	0.27	2.50	符合
	C_1	2 号加速器机房	31	35	10.0	35	1332	1700	3.92×10^{-3}	7.10×10^{-3}	1.10×10^{-2}	0.11	符合
	C_2	2 号加速器机房	31	35	7.1	35	1408	1700	7.80×10^{-3}	1.41×10^{-2}	2.19×10^{-2}	0.13	符合
	D_1	病理科库房	31	35	7.9	35	1103	1700	6.31×10^{-3}	1.14×10^{-2}	1.77×10^{-2}	0.12	符合
	D_2	病理科库房	31	35	7.9	35	1103	1700	6.31×10^{-3}	1.14×10^{-3}	1.77×10^{-2}	0.12	符合
	M_1	绿化、道路	31	35	8.2	40	1013	1700	2.00×10^{-3}	3.24×10^{-3}	5.24×10^{-3}	0.12	符合
	M_2	绿化、道路	31	35	8.2	40	1013	1700	2.00×10^{-3}	3.24×10^{-3}	5.24×10^{-3}	0.12	符合

	E	库房、通道	31	35	5.7	0	1634	1700	0.20	/	0.20	0.32	符合
	F	控制室	31	35	10.0	0	1482	2493	1.76×10^{-4}	/	1.76×10^{-4}	0.32	符合
	K	水冷机房	31	35	9.8	14	1564	1700	0.05	/	0.05	0.13	符合
2~5 号加速器机房（以 2 号加速器机房为例，最大剂量率 1440Gy/h、等中心离地高度 1.295m）瓦里安	A	3 号加速器机房	37	41	7.8	0	2621	3000	0.24	/	0.24	0.64	符合
	B	1 号加速器机房	37	41	7.8	0	2621	3000	0.24	/	0.24	0.64	符合
	L	绿化、道路	37	41	7.3	0	2644	3000	0.27	/	0.27	2.50	符合
	C_1	3 号加速器机房	31	35	10.7	32	1060	1700	5.78×10^{-3}	1.11×10^{-2}	1.69×10^{-2}	0.13	符合
	C_2	3 号加速器机房	31	35	7.3	32	1149	1700	1.25×10^{-2}	2.41×10^{-2}	3.66×10^{-2}	0.12	符合
	D_1	1 号加速器机房	31	35	10.7	32	1060	1700	5.78×10^{-3}	1.11×10^{-2}	1.69×10^{-2}	0.13	符合
	D_2	1 号加速器机房	31	35	7.3	32	1149	1700	1.25×10^{-2}	2.41×10^{-2}	3.66×10^{-2}	0.12	符合
	M_1	绿化、道路	31	35	8.2	40	1013	1700	2.00×10^{-3}	3.24×10^{-3}	5.24×10^{-3}	0.12	符合
	M_2	绿化、道路	31	35	8.2	40	1013	1700	2.00×10^{-3}	3.24×10^{-3}	5.24×10^{-3}	0.12	符合
	E	库房、通道	31	35	5.7	0	1634	1700	0.20	/	0.20	0.32	符合
	F	控制室	31	35	10.0	0	1482	2491	1.79×10^{-4}	/	1.79×10^{-4}	0.32	符合
	K	控制室	31	35	9.6	10	1470	1700	0.06	/	0.06	0.32	符合
射波刀治疗室	A	热疗室	33	37	7.1	0	2180	2500	0.27	/	0.27	2.50	符合
	B	5 号加速器机房	33	37	7.8	0	2155	3150	2.41×10^{-3}	/	2.41×10^{-3}	2.50	符合
	L	绿化、道路	33	37	7.1	0	2179	2500	0.27	/	0.27	2.50	符合
	D_1	5 号加速器机房	33	37	8.0	29	1877	2500	0.21	/	0.21	2.50	符合
	D_2	5 号加速器机房	33	37	7.2	10	2142	2500	0.26	/	0.26	2.50	符合
	E	总务库房	33	37	7.6	0	2160	2500	0.23	/	0.23	2.50	符合
	F	控制室	33	37	9.6	0	2093	2779	0.02	/	0.02	2.50	符合
	K	设备间	33	37	10.4	23	1906	2500	0.13	/	0.13	2.50	符合
1 号加速器机房（最大	A	2 号加速器机房	37	41	7.5	0	2621	3000	0.24	/	0.24	0.64	符合
	B	病理科库房	37	41	7.5	0	2621	3000	0.24	/	0.24	2.50	符合

剂量率1320Gy/h、等中心离地高度1.24m）医科达	L	绿化、道路	37	41	7.3	0	2628	3000	0.25	/	0.25	2.50	符合
	C_1	2 号加速器机房	31	35	10.0	35	1029	1700	3.59×10^{-3}	6.50×10^{-2}	1.01×10^{-2}	0.11	符合
	C_2	2 号加速器机房	31	35	7.1	35	1105	1700	7.15×10^{-3}	1.30×10^{-2}	2.01×10^{-2}	0.13	符合
	D_1	病理科库房	31	35	7.9	35	1094	1700	5.78×10^{-3}	1.05×10^{-2}	1.63×10^{-2}	0.12	符合
	D_2	病理科库房	31	35	7.9	35	1094	1700	5.78×10^{-3}	1.05×10^{-2}	1.63×10^{-2}	0.12	符合
	M_1	绿化、道路	31	35	8.2	40	1004	1700	1.83×10^{-3}	2.96×10^{-3}	4.79×10^{-3}	0.12	符合
	M_2	绿化、道路	31	35	8.2	40	1004	1700	1.83×10^{-3}	2.96×10^{-3}	4.79×10^{-3}	0.12	符合
	E	库房、通道	31	35	5.7	0	1622	1700	0.18	/	0.18	0.32	符合
	F	控制室	31	35	10.0	0	1471	2493	1.61×10^{-4}	/	1.61×10^{-4}	0.32	符合
	K	水冷机房	31	35	9.8	14	1552	1700	0.04	/	0.04	0.13	符合
2~5 号加速器机房（以 2 号加速器机房为例，最大剂量率1320Gy/h、等中心离地高度1.24m）医科达	A	3 号加速器机房	37	41	7.8	0	2607	3000	0.22	/	0.22	0.64	符合
	B	1 号加速器机房	37	41	7.8	0	2607	3000	0.22	/	0.22	0.64	符合
	L	绿化、道路	37	41	7.3	0	2628	3000	0.25	/	0.25	2.50	符合
	C_1	3 号加速器机房	31	35	10.7	32	1050	1700	5.30×10^{-3}	1.02×10^{-2}	1.55×10^{-2}	0.13	符合
	C_2	3 号加速器机房	31	35	7.3	32	1139	1700	1.15×10^{-2}	2.21×10^{-2}	3.36×10^{-2}	0.12	符合
	D_1	1 号加速器机房	31	35	10.7	32	1050	1700	5.30×10^{-3}	1.02×10^{-2}	1.55×10^{-2}	0.13	符合
	D_2	1 号加速器机房	31	35	7.3	32	1139	1700	1.15×10^{-2}	2.21×10^{-2}	3.36×10^{-2}	0.12	符合
	M_1	绿化、道路	31	35	8.2	40	1004	1700	1.83×10^{-3}	2.96×10^{-3}	4.79×10^{-3}	0.12	符合
	M_2	绿化、道路	31	35	8.2	40	1004	1700	1.83×10^{-3}	2.96×10^{-3}	4.79×10^{-3}	0.12	符合
	E	库房、通道	31	35	5.7	0	1622	1700	0.18	/	0.18	0.32	符合
	F	控制室	31	35	10.0	0	1471	2491	1.64×10^{-4}	/	1.64×10^{-4}	0.32	符合
	K	控制室	31	35	9.6	10	1458	1700	0.05	/	0.05	0.32	符合

表 11-30　　TOMO 机房防护门屏蔽厚度计算参数及结果一览表

关注点		G
计算参数	H_o（μSv·m²/h）	4.6×10^{8}
	F（cm²）	1600
	R	10.2
	α_{ph}	1.39×10^{-3}
	α_2	6.40×10^{-3}
	A（m²）	19.36
	R_1	8.5
	R_2	9.7
	Hg（μSv/h）	46.62
	H_{og}（μSv/h）	0.11
	H_c（μSv/h）	1.4
	B	2.76×10^{-2}
	TVL（mm）铅	5
估算结果	X（mm）铅	7.79
设计厚度（mm）		8
是否满足		是

表 11-31　　瓦里安加速器防护门屏蔽厚度计算参数及结果一览表

关注点		G	
		1 号机房	2 号机房
计算参数	H_o（μSv·m²/h）	1.44×10^{9}	1.44×10^{9}
	F（cm²）	1600	1600
	R	9.6	9.8
	α_{ph}	1.35×10^{-3}	1.35×10^{-3}
	α_2	5.10×10^{-3}	5.10×10^{-3}
	A（m²）	19.36	19.36
	R_1	7.9	7.8
	R_2	10.0	10.3
	Hg（μSv/h）	123	119
	H_{og}（μSv/h）	0.69	0.66
	H_c（μSv/h）	1.38	1.38
	B	5.61×10^{-3}	6.03×10^{-3}
	TVL（mm）铅	5	5
估算结果	X（mm）铅	11.3	11.1
设计厚度（mm）		16	16
是否满足		是	是

表 11-32　　医科达加速器防护门屏蔽厚度计算参数及结果一览表

关注点		G	
		1 号机房	2 号机房
计算参数	H_o（μSv·m²/h）	1.32×10^{9}	1.32×10^{9}
	F（cm²）	1600	1600
	R	9.6	9.8
	α_{ph}	1.35×10^{-3}	1.35×10^{-3}
	α_2	5.10×10^{-3}	5.10×10^{-3}
	A（m²）	19.36	19.36
	R_1	7.9	7.8
	R_2	10.0	10.3
	Hg（μSv/h）	113	109
	H_{og}（μSv/h）	0.63	0.61
	H_c（μSv/h）	1.38	1.38
	B	6.85×10^{-3}	7.09×10^{-3}
	TVL（mm）铅	5	5
估算结果	X（mm）铅	10.9	10.8
设计厚度（mm）		16	16
是否满足		是	是

表 11-33　　射波刀机房防护门屏蔽厚度计算参数及结果一览表

关注点		G
计算参数	H_o（μSv·m²/h）	3.84×10^{8}
	F（cm²）	1600
	R	9.2
	α_{ph}	1.39×10^{-3}
	α_2	6.40×10^{-3}
	A（m²）	13.125
	R_1	6.1
	R_2	8.6
	Hg（μSv/h）	65.17
	H_{og}（μSv/h）	1.89×10^{-4}
	H_c（μSv/h）	2.5
	B	3.84×10^{-2}
	TVL（mm）铅	5
估算结果	X（mm）铅	7.08
设计厚度（mm）		10
是否满足		是

综上，各加速器机房屏蔽门设计可以满足要求。

各加速器机房在设计屏蔽厚度下，防护门外的辐射剂量率详见表 11-34。

表 11-34　　放疗科各加速器机房防护门外剂量率估算一览表

机房门位置		设计厚度（mm）	TVL（mm）	Hg（μSv/a）	Hog（μSv/a）	H（μSv/a）
TOMO 门		8	5	46.62	0.11	1.28
1 号加速器门	瓦里安	16	5	123	0.69	0.77
	医科达	16	5	113	0.63	0.70
2-5 号加速器门	瓦里安	16	5	119	0.66	0.74
	医科达	16	5	109	0.61	0.68
射波刀门		10	5	65.17	1.89×10^{-4}	0.65

4）工作人员及公众个人剂量估算

个人剂量估算采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式：

$$D_r=D_1\times T\times t\times 10^{-3}$$

式中：

D_r——关注点辐射剂量率，mSv/a；

D_1——关注点处的辐射剂量率，μSv/h；

t——年出束时间，h；

T——居留因子。

通过以上计算可知，瓦里安的加速器产生的剂量率比医科达加速器产生的剂量率要大，因此在计算个人剂量估算时，采用瓦里安的数据。本项目工作人员及公众个人剂量估算详见表 11-35。

表 11-35　　人员所受年有效剂量估算结果

机房名称	关注点	点位描述	剂量率（μSv/h）	工作时间（h/a）	居留因子 T	年有效剂量（mSv/a）
TOMO 治疗室	A	配电小间	3.34×10^{-5}	1042	1/2	1.74×10^{-5}
	B	病理科库房	3.34×10^{-5}	1042	1/20	1.74×10^{-6}
	L	绿化、道路	5.84×10^{-7}	1042	1/40	1.52×10^{-8}
	C_1	后装治疗室	2.37×10^{-4}	1042	1/2	1.23×10^{-4}
	C_2	配电小间	4.42×10^{-3}	1042	1/20	2.30×10^{-4}
	D_1	病理科库房	2.37×10^{-4}	1042	1/20	1.23×10^{-5}
	D_2	病理科库房	4.42×10^{-3}	1042	1/20	2.30×10^{-4}
	M_1	绿化、道路	4.28×10^{-5}	1042	1/40	1.11×10^{-6}
	M_2	绿化、道路	1.75×10^{-3}	1042	1/40	4.56×10^{-5}
	E	通道	3.61×10^{-2}	1042	1/5	7.52×10^{-3}
	F	控制室	1.56×10^{-5}	1042	1	1.63×10^{-5}
	K	控制室	7.23×10^{-3}	1042	1	7.53×10^{-3}
	G	机房门	1.28	1042	1/8	0.17

1 号加速器机房	A	2 号加速器机房	0.26	1250	1/2	4.06×10^{-2}
	B	病理科库房	0.26	1250	1/20	4.06×10^{-3}
	L	绿化、道路	0.27	1250	1/40	2.11×10^{-3}
	C_1	2 号加速器机房	1.10×10^{-2}	1250	1/2	6.88×10^{-3}
	C_2	2 号加速器机房	2.19×10^{-2}	1250	1/2	1.37×10^{-2}
	D_1	病理科库房	1.77×10^{-2}	1250	1/20	1.11×10^{-3}
	D_2	病理科库房	1.77×10^{-2}	1250	1/20	1.11×10^{-3}
	M_1	绿化、道路	5.24×10^{-3}	1250	1/40	1.64×10^{-4}
	M_2	绿化、道路	5.24×10^{-3}	1250	1/40	1.64×10^{-4}
	E	库房、通道	0.20	1250	1/20	1.25×10^{-2}
	F	控制室	1.76×10^{-4}	1250	1	2.20×10^{-4}
	K	水冷机房	0.05	1250	1/8	7.81×10^{-3}
	G	机房门	0.77	1250	1/8	0.12
2~5 号加速器机房（以 2 号机房为例）	A	3 号加速器机房	0.24	1250	1/2	3.75×10^{-2}
	B	1 号加速器机房	0.24	1250	1/2	3.75×10^{-2}
	L	绿化、道路	0.27	1250	1/40	2.11×10^{-3}
	C_1	3 号加速器机房	1.69×10^{-2}	1250	1/2	1.06×10^{-2}
	C_2	3 号加速器机房	3.66×10^{-2}	1250	1/2	2.29×10^{-2}
	D_1	1 号加速器机房	1.69×10^{-2}	1250	1/2	1.06×10^{-2}
	D_2	1 号加速器机房	3.66×10^{-2}	1250	1/2	2.29×10^{-2}
	M_1	绿化、道路	5.24×10^{-3}	1250	1/40	1.64×10^{-4}
	M_2	绿化、道路	5.24×10^{-3}	1250	1/40	1.64×10^{-4}
	E	库房、通道	0.20	1250	1/20	1.25×10^{-2}
	F	控制室	1.79×10^{-4}	1250	1	2.24×10^{-4}
	K	控制室	0.06	1250	1	7.50×10^{-2}
	G	机房门	0.74	1250	1/8	0.12
射波刀治疗室	A	热疗室	0.27	312.5	1	4.22×10^{-3}
	B	5 号加速器机房	2.41×10^{-3}	312.5	1/2	1.88×10^{-5}
	L	绿化、道路	0.27	312.5	1/40	1.05×10^{-4}
	D_1	5 号加速器机房	0.21	312.5	1/2	1.64×10^{-3}
	D_2	5 号加速器机房	0.26	312.5	1/2	2.03×10^{-3}
	E	总务库房	0.23	312.5	1/20	1.80×10^{-4}
	F	控制室	0.02	312.5	1	3.13×10^{-4}
	K	设备间	0.13	312.5	1/8	2.54×10^{-4}
	G	机房门	0.65	312.5	1/8	1.27×10^{-3}

职业人员年有效剂量分析：根据上表结果可知，放射工作人员年有效剂量最大为 0.08mSv，叠加上摆位时可能同时受到其他相邻 2 间治疗机房的照射（年有效剂量最大为 2×0.04=0.08mSv），叠加后的最大年有效剂量为 0.16mSv。因此本项目加速器正常运行所致工作人员年有效剂量最大值为 0.16mSv，满足工作人员的管理目标值不大于 2mSv 的要求；

公众人员年有效剂量分析：根据上表结果可知，射波刀机房公众可达处年有效剂量可满足不大于 0.1mSv/a 的管理目标值，TOMO 以及直线加速器机房门口的年有效剂量不能满足要求，其余关注点可满足要求。

机房门口不能满足要求的主要原因是迷道内墙的屏蔽厚度不够，本次评价要求医院在迷道内墙外侧增加 100mm 后的混凝土。屏蔽增加后，TOMO 机房门口、1 号加速器门口、2 号-5 号加速器门口的年有效剂量分别为 0.1mSv、0.06mSv 和 0.06mSv。

5）臭氧及氮氧化物的影响分析

本项目放疗科各加速器机房通风量全部为 2000m³/h，因此在估算算臭氧浓度时以机房空间较大的 2 号机房为例。如果 2 号的臭氧浓度能够满足要求，其他机房的臭氧浓度也可以满足要求。

本次评价采用《电子直线加速器工作的辐射安全问题》（IAEA188）和《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志，1994）的公式计算有用射线束所致 O_3 产额：

$$P_1 = 2.43 \times D_0 \times (1-\cos\theta) \times \mathrm{R} \times \mathrm{G}$$

D_0——为距靶 lm 处的比释动能率，本此评价取剂量率较大瓦里安加速器进行估算，1440Gy·m²/h，即 24Gy·m²/min。

R——为靶距室壁的距离，本项目取 3.5m；

G——为空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，根据文献该值取 10；

θ——为有用束的半张角，θ=+14°/-14°，计算得有用线束 P_1=60.63mg/h。

将漏射辐射看成为 4π方向均匀分布的点源，并考虑加速器室墙壁的散射线使室内的 O_3 产额增加 10%，O_3 的产额 P（mg/h）为：

$$P_2 = 3.32 \times 10^{-3} \times D_0 \times G \times V^{1/3}$$

加速器机房容积（含迷道）为 469.67m³，由上式计算得泄漏辐射的 P_2=6.19mg/h，因此医用直线加速器 O_3 产生额为 66.82mg/h。

治疗室内产生的臭氧一部分由通风系统排放到室外，另一部分自然分解。辐射室空气中臭氧的平均浓度可由下式计算：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \times (1 - \mathrm{e}^{-t/T})$$

Q（t）——为室内 t 时刻臭氧的平均浓度，mg/m³

Q_0——为臭氧的辐射化学产额，mg/h

V——为机房的体积，m^3

T——为有效清除时间，h。

如果照射时间很长（t＞＞T）则：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V}$$

若以 t_v 表示换气一次所需要的时间 h

td 表示臭氧的有效分解时间（取 0.83h），则有效清除时间为：

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d}$$

根据医院提供资料可知，通风次数可达到 4 次/h，即 t_v=0.25h/次，由公式 11-15 计算得 T 为 0.19h。由公式计算得到正常排风时臭氧浓度为 0.027mg/m^3，满足标准要求。治疗室内臭氧通过排风系统排放，经过大气的稀释和扩散作用浓度进一步降低，对周围大气环境影响十分轻微。

在多种氮氧化物中，以 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的一半，工作场所的限值大于 O_3 限值的十倍，因而氮氧化物产生和排放对周围大气环境的影响很小。

6）电子线治疗时的影响分析

使用电子束模式时，X 射线靶和均整器从电子射线束范围内移去，产生电子线的电子束流强度比打靶产生临床 X 射线所需的电子束流强度小 2-3 个数量级（《放射肿瘤物理学：教学手册》IAEA，2005）；电子束出束过程中，电子线与机头、床、人体组织等作用产生韧致辐射的能量和强度均低于电子束撞击钨靶产生的治疗 X 射线的能量和强度，所以，如果机房及其防护门能够满足 X 治疗束的屏蔽防护要求，能够满足电子束治疗中产生的韧致辐射的防护要求。根据前文计算可知，本项目机房屏蔽可以满足 X 治疗束的屏蔽防护，因此，也可以满足电子束治的屏蔽防护。

（二）后装机房

1、工作场所辐射水平

①计算公式

初级辐射的屏蔽：

$$H = \frac{H_0 \bullet f}{R^2} \bullet B$$

式中：

Hc —— 关注点处剂量率，μSv/h；

H0 —— 活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率，μSv/h，按下式计算；

R —— 辐射源至关注点的距离，m；

B —— 屏蔽透射因子，按下式计算；

f —— 后装机取 1。

$$H_0 = A \cdot K_\gamma$$

式中：

A —— 可同时用于治疗的放射源的活度的总和，单位为 MBq；

Kγ —— 放射源的空气比释动能率常数，在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似，此时，Kγ的单位记为 μSv/（h·MBq）。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL}$$

式中：

B——辐射屏蔽透射因子；

TVL_1——辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，cm；

TVL——辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，cm；

当未指明 TVL_1 时，TVL_1= TVL。

有效屏蔽厚度：

$$X_e = X \bullet sec\theta$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，cm；

Xe——有效屏蔽物质厚度，cm；

θ——斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

散射辐射的屏蔽：

$$\dot{H} = \frac{A \bullet K_\gamma \bullet S_w \bullet \alpha_w}{R_1^2 \bullet R_2^2}$$

式中：

$\dot{H}$ —— 入口 g 处的散射辐射剂量，μSv/h；

A —— 放射源的活度，单位为 MBq；

K_γ —— 放射源的空气比释动能率常数，在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似，此时，K_γ 的单位记为 μSv/（h·MBq）；

S_w —— 迷路内口墙的散射面积，m^2；

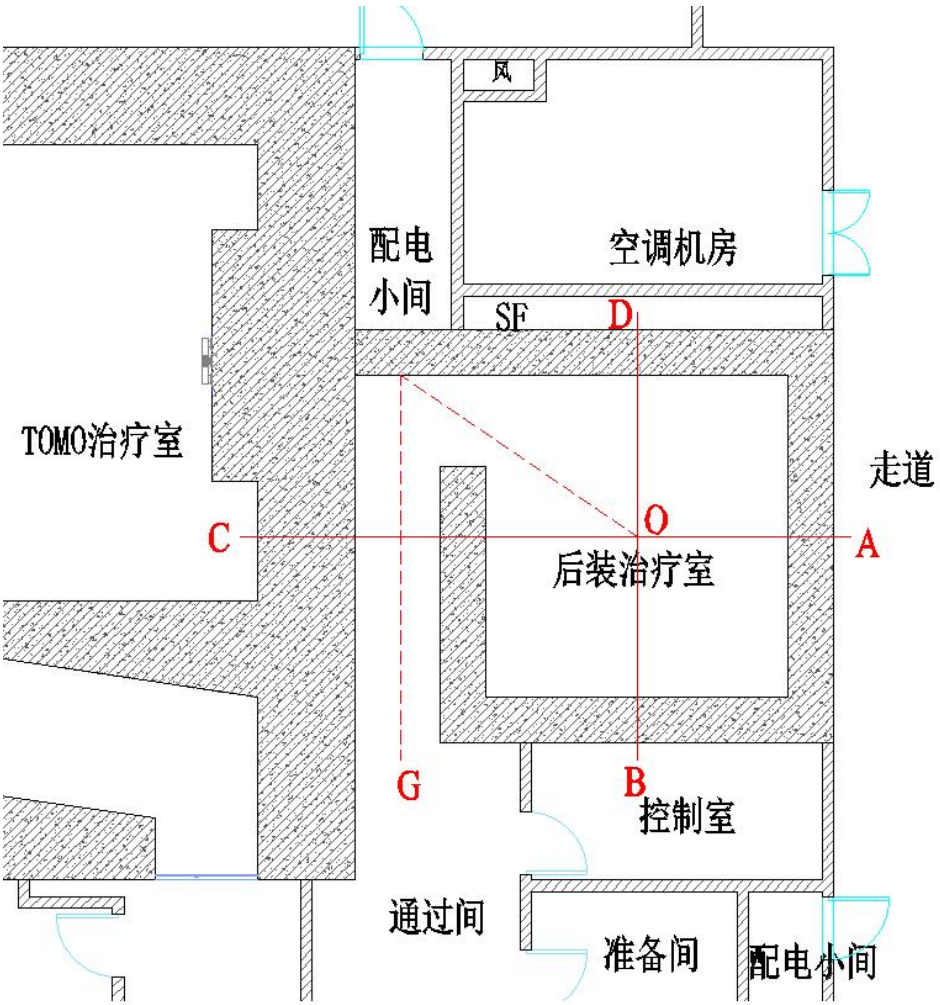
α_w —— 散射体的散射因子；

R_1 —— 辐射源至散射体中心点的距离，m；

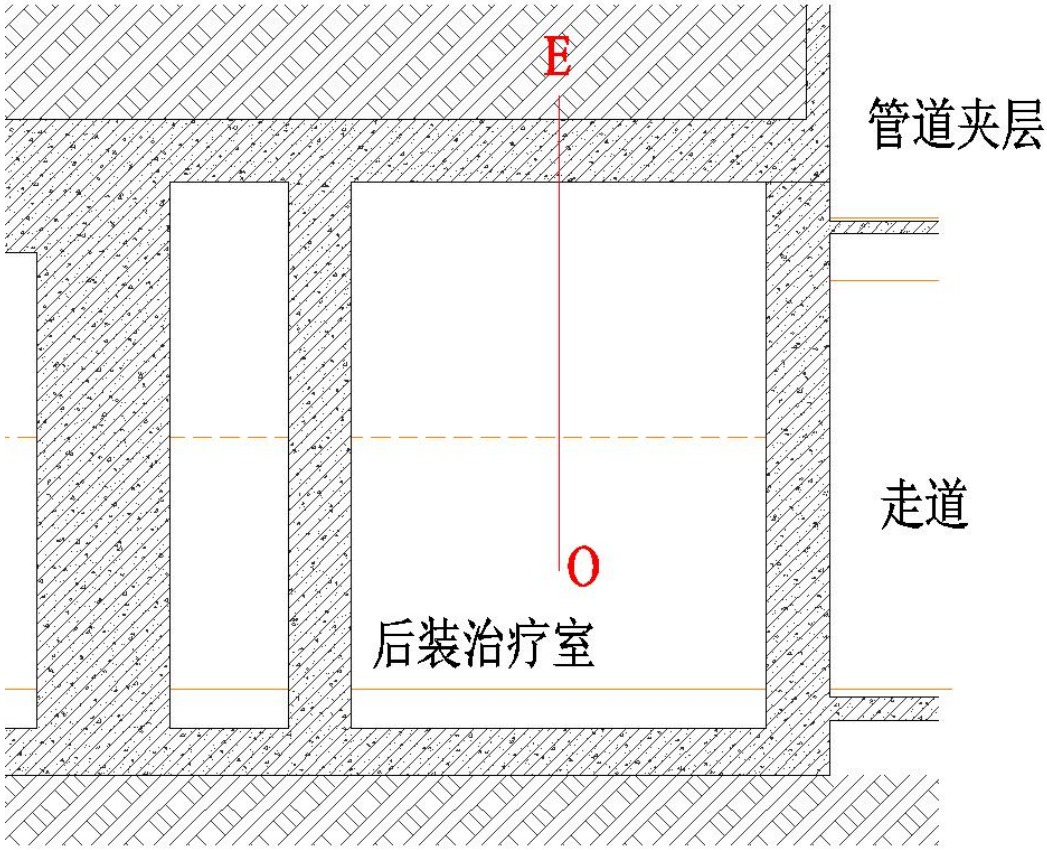
R_2 —— 散射体中心点至计算点的距离，m。

②关注点示意图

后装机房各关注点示意图见图 11-7。



（1）



（2）

图 11-7　后装机房关注点示意图

③计算结果

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：γ 射线放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014），本项目关注点 A、B、C、D、E 主要考虑初级辐射影响，G 点考虑散射辐射的影响。计算结果详见表 11-36。

表 11-36　　后装治疗室辐射影响计算参数及结果一览表

关注点		A	B	C	D	E
计算参数	X（mm）	800	800	2500	800	800
	θ（°）	0	0	0	0	0
	TVL（mm）	152	152	152	152	152
	R(m)	3.75	3.925	6.95	3.925	6.05
	f	1	1	1	1	1
	A(MBq)	3.7×10^{5}	3.7×10^{5}	3.7×10^{5}	3.7×10^{5}	3.7×10^{5}
	K_{γ}（μSv/(h*MBq)）	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
计算结果	H（μSv/h）	1.59×10^{-2}	1.45×10^{-2}	3.04×10^{-14}	1.45×10^{-2}	6.12×10^{-3}

机房入口处的散射辐射剂量采用上述公式计算，防护门屏蔽厚度按散射辐射估算，机房入口处辐射剂量的计算参数及估算结果详见表 11-37。

表 11-37　　后装治疗室入口处辐射剂量计算参数及结果一览表

关注点			G
计算参数	A(MBq)		3.7×10^{5}
	K（μSv/(h*MBq)）		0.111
	$S_W(m^2)$		10.425
	αw		3.39×10^{-2}
	R_1（m）		5.02
	R_2（m）		6.75
	X_e（mm）		10
	θ（°）		0
	TVL（mm）		5
计算结果	屏蔽前	H（μSv/h）	12.64
	屏蔽后	Hc（μSv/h）	0.13

2、人员剂量估算

①计算公式

后装机人员剂量估算公式与上文一致。

②计算参数

A、治疗工作时间：本项目运行后，年治疗人数 1500 人次，每人次平均治疗 8min，则年治疗时间为 200h。

B、摆位时间：本项目后装机用源为 ^{192}Ir 密封放射源，该源在自然状态下会自发衰变放射出γ射线，工作人员在治疗室内对患者摆位时，不可避免的受到 ^{192}Ir 密封放射源泄漏辐射影响。每次摆位时间约为 3min/人，则全年摆位时间为 75h。

C、机房屏蔽体外剂量率：各关注点处剂量率按估算值考虑

D、摆位处剂量率：根据《后装γ源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2017)中相关规定："工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器表面 5cm 处的人和位置，因泄露辐射所致周围剂量当量率不大于 50μSv/h；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点因泄露辐射所致周围剂量当量率不大于 5μSv/h。"从保守角度分析，摆位处剂量率按 5μSv/h 考虑。

本项目后装机放射工作人员及周边公众个人剂量估算见表 11-38。

表 11-38　　后装机房工作人员及公众年附加有效剂量估算结果一览表

保护目标		计算参数			计算结果	
		Hc（μSv/h）	t（h/a）	T	H_d（mSv/a）	
放射工作人员	治疗（机房南侧）	1.45×10^{-2}	200	1	2.91×10^{-3}	0.38
	摆位	5	75	1	0.38	
公众	机房东侧人员	1.59×10^{-2}	200	1/8	3.98×10^{-4}	
	机房西侧人员	3.04×10^{-14}	200	1/2	3.04×10^{-15}	
	机房北侧人员	1.45×10^{-2}	200	1/20	1.45×10^{-4}	
	机房顶部人员	6.12×10^{-3}	200	1/40	3.06×10^{-5}	
	防护门外人员	0.13	200	1/8	3.16×10^{-3}	

从上表可知，后装机房工作人员年受照剂量为0.38mSv，低于医院提出的2mSv/a的管理目标值，公众年受照剂量低于 0.1mSv/a 的管理目标值。

三、介入中心与手术室

本项目介入中心共 6 台 DSA，门急诊综合楼一层手术室 1 台 DSA，医技综合楼五层中心手术室 1 台 DSA。

（一）辐射屏蔽设计与评价

本项目介入中心 6 间 DSA 机房采用屏蔽材料及厚度相同，其中最小的 1 间机房位于介入中心东北角，本次评价按最小的机房考虑。

介入中心及手术室 DSA 机房设计与标准对比情况见表 11-39。

表 11-39　　DSA 机房屏蔽设计及与标准对比情况

机房名称		面积 m^2	最小单边长度 m	四周墙体	顶板	地板	防护门	观察窗
位置	机房							
介入中心	DSA 机房（最小）	42.75	5.7	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	200mm 混凝土+10mm 硫酸钡水泥	200mm 混凝土+10mm 硫酸钡水泥	3mm 铅板	15mmZF7 型铅玻璃
折算铅当量		/	/	3.5mmPb	3.0mmPb	3.0mmPb	3mmPb	3mmPb
GBZ130-2020 中规定的要求		20	3.5	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb
是否满足要求		是	是	是	是	是	是	是
门急诊综合楼一层	DSA+CT（急诊杂交手术室）	87	7.5	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	200mm 混凝土+10mm 硫酸钡水泥	200mm 混凝土+10mm 硫酸钡水泥	3mm 铅板	15mmZF7 型铅玻璃
折算铅当量		/	/	3.0mmPb	2.5mmPb	2.5mmPb	3mmPb	3mmPb
GBZ130-2020 中规定的要求		30	4.5	2.5mmPb	2.5mmPb	2.5mmPb	2.5mmPb	2.5mmPb

是否满足要求		是	是	是	是	是	是	是
医技综合楼五层	DSA 手术室	64.82	7.45	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	200mm 混凝土+10mm 硫酸钡水泥	200mm 混凝土+10mm 硫酸钡水泥	3mm 铅板	15mmZF7 型铅玻璃
折算铅当量		/	/	3.5mmPb	3.0mmPb	3.0mmPb	3mmPb	3mmPb
GBZ130-2020 中规定的要求		20	3.5	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb	2mmPb
是否满足要求		是	是	是	是	是	是	是

从上表可以看出，本项目 7 间 DSA 机房和 1 间 DSA+CT 机房的最小有效使用面积及最小单边长度可以满足标准中规定的要求，墙体、顶板、地板、防护门、观察窗的各屏蔽厚度设计方案能够符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准要求，对周围环境的影响可以满足要求。

（二）个人剂量估算

①估算公式

（1）机房外工作人员及公众

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公式如下：

$$He=D_r\times t\times 10^{-3}$$

式中：

He —— X、γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r——X、γ射线吸收剂量率，μSv/h；

t——X、γ射线照射时间，h/a。

（2）机房内介入工作人员

机房内介入工作人员的有效剂量估算采用 GBZ128-2019 中的估算公式，计算公式如下：

$$E=\alpha H_{\mathrm{u}}+\beta H_{\mathrm{o}}$$

式中：

E——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（mSv）

α——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

H_{u}——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 H_{p}（10），单位为毫希沃特（mSv）

β——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

H_o——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 H_p（10），单位为毫希沃特（mSv）。

由于项目尚未运行，无个人剂量监测值，本次评价中 H_u、H_o 为理论计算值。

②参数选取

（1）机房外工作人员及公众

根据 GBZ130-2020 中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求，在计算机房外工作人员及公众的年有效剂量时，以 2.5μSv/h 保守估算。受照时间为 1 台 DSA 总的出束时间。

（2）机房内介入工作人员

根据 WS76-2020 中“非直接荧光屏透射设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率≤400μSv/h”的要求，本次评价在计算介入工作人员的年有效剂量时 $\boldsymbol{H_o}$ 取 400μSv/h，计算得出经铅衣屏蔽后的 $\boldsymbol{H_u}$。一层急诊杂交手术室在 CT 扫描时，介入医生退出机房，以 2.5μSv/h 保守估算 CT 工作时的有效剂量。。

③计算结果

（1）机房外工作人员及公众

机房外工作人员及公众的年有效剂量估算见表 11-40。

表 11-40　　机房外工作人员及公众年有效剂量估算表

<table>
<tr><th colspan="3">人员</th><th>周围剂量当量率（μSv/h）</th><th>年工作时间（h）</th><th>居留因子</th><th colspan="2">年有效剂量（mSv）</th></tr>
<tr><td rowspan="2">介入中心及五层手术室</td><td colspan="2">职业人员</td><td>2.5</td><td>417</td><td>1</td><td colspan="2">1.04</td></tr>
<tr><td colspan="2">公众</td><td>2.5</td><td>417</td><td>1/16</td><td colspan="2">0.07</td></tr>
<tr><td rowspan="4">一层杂交手术室</td><td rowspan="2">职业人员</td><td>DSA</td><td>2.5</td><td>417</td><td>1</td><td>1.04</td><td rowspan="2">1.08</td></tr>
<tr><td>CT</td><td>2.5</td><td>17</td><td>1</td><td>0.04</td></tr>
<tr><td rowspan="2">公众</td><td>DSA</td><td>2.5</td><td>417</td><td>1/16</td><td>0.07</td><td rowspan="2">0.073</td></tr>
<tr><td>CT</td><td>2.5</td><td>17</td><td>1/16</td><td>0.003</td></tr>
</table>

经估算，二层介入中心及五层手术室机房外放射工作人员年有效剂量为 1.04mSv，一层杂交手术室外放射工作人员年有效剂量为 1.08mSv，低于医院提出的 2mSv/a 的管理目标值，二层介入中心及五层手术室机房外公众年有效剂量为 0.07mSv，一层杂交手术室外放射公众年有效剂量为 0.073mSv，低于医院提出的 0.1mSv/a 的管理目标值。

（2）机房内介入工作人员

根据标准要求和医院防护用品配备情况，介入医生甲状腺、性腺防护用品和铅围裙的铅当量为 0.5mmPb，本次评价按医生正确穿戴防护用品的情况进行计算。屏蔽透射因子 B 根据 GBZ130-2020 中公式计算。透视时介入医生年有效剂量估算见表 11-41。

表 11-41　　机房内介入工作人员年有效剂量估算表

参数	取值
H_o（μSv/h）	400
铅衣厚度（mm）	0.5
屏蔽透射因子 B	7.37×10^{-2}
H_u（μSv/h）	29.48
α	0.79
β	0.051
E（μSv/h）	43.69
年受照时间（h）	417
年有效剂量（mSv）	18.22

经计算，二层介入中心及五层手术室机房内放射工作人员年有效剂量为 18.22mSv。门急诊综合楼一层急诊杂交手术室介入工作人员还应考虑 CT 时的影响。介入医生的受 CT 影响的剂量估算详见表 11-42。

表 11-42　　机房内介入工作人员 CT 扫描时有效剂量估算表

人员	周围剂量当量率（μSv/h）	年工作时间（h）	居留因子	年有效剂量（mSv）
职业人员	2.5	17	1	0.04

经叠加计算，一层杂交手术室内放射工作人员年有效剂量为 18.26mSv。

根据医院人员配备，本项目为每台 DSA 配四组手术医生，按平均承担工作量考虑，则二层介入中心及五层手术室机房的介入医生年受照剂量约为 4.56mSv，一层杂交手术室的介入医生年受照剂量约为 4.57mSv，满足医院提出的 5mSv/a 的管理目标值。

本次评价在进行个人剂量估算时以透视防护区的最大周围剂量当量率 400μSv/h 进行估算，在实际开机运行时候，透视防护区的周围剂量当量率小于次数值。因此，在实际工作中，介入工作人员受到的个人剂量要小于本次评价的估算值。另外，本项目 DSA 机房位于医院手术室，通常公众无法进入手术室区域，公众受到的剂量小于本次评价估算值。

11.2.2 放射性废物影响分析

一、放射废气和有害气体

（一）核医学科

本项目核素制备场所有独立的通风系统。其中新风量 2500m^3/h，排风量 4000m^3/h，能够保证回旋加速器室内及其他场所成负压状态。核素制备区排风与衰变池室内的排风公用排风立管至肿瘤中心北塔楼顶排放。在合成、分装柜以及质控用的层流柜均设有独立的排风系统，并且在壁顶设有活性炭过滤装置。本项目生产的放射性药物半衰期为 109.8min，正常情况下，核素制备区废气影响较小。

核医学核素显像区在负一楼分装室设置两台分装柜，1台分装柜进行^{18}F分装，1台分装柜进行^{99m}Tc活度抽检；核素治疗区在一楼设置两台分装柜，1台手动分装柜置于分装配药间供甲亢及甲功测定患者分装药物使用，1台自动分装柜置于分装室供甲癌患者分装药物使用。本项目四台分装柜均安装有轴流风机（风速不小于 0.5m/s），顶端为排气口，能保持柜内负压。在分装柜的壁顶设置活性炭过滤装置，经过滤后汇入分装注射室排风管经同一排风立管引至楼顶排放。

核素显像区储源间、放射性固体废物间废气与核素治疗区储源间、固体废物间废气经同一排风立管引至楼顶排放。

核素治疗区甲癌病房设一套排风管，与核素显像区分装注射室沿同一排风井引至楼顶排放。

本项目核素治疗区分装室的废气与甲测室、留观室等房间公用排风管道且在北塔中部的排风井立管引至楼顶排放。本次评价认为设计不合理，应将核素治疗区分装室废气用单独的排气管道引至位于本栋建筑东侧的排风井（与甲癌病房同一排风井）楼顶排放。

正常情况下，核医学科的废气经活性炭过滤后排放对环境影响不大。

（二）放疗科

本项目放疗科有 1 间 TOMO 机房、5 间直线加速器机房、1 间射波刀机房和 1 间后装机房。

TOMO 机房、1 号-2 号直线加速器机房和后装机房公用一套新风管与排风管，新风口设置在迷道口，排风口与新风口成对角布设，离地 250mm。每间机房新风量 2000m^3/h，能够保证机房的通风良好。

正常情况下，放疗科各机房工作时产生的有害气体对环境影响不大。

（三）介入中心及手术室

本项目共 8 间 DSA 机房，每间机房在天花板顶部设有新风口 2 个，排风口 2 个。机房排风量 400m^3/h，能够保证机房内通风良好。

正常情况下，8 间 DSA 机房在工作时会对大气环境影响不大。

二、放射性废水

正常工作下，本项目仅有核医学会产生放射性废水，放疗科、介入中心及手术室无放射性废水产生。

本项目核医学科废水主要包括医护人员生活污水、清洗废水、核素显像区患者候诊和留观时产生的废水、甲亢留观产生的废水、甲癌住院患者产生的废水（甲状腺功能检测患者因停留时间段不予考虑废水量）。

（一）核素制备及显像区

本项目核素制备场所 3 名工作人员，显像区分装室工作人员共 4 人，每人产生废水按 30L/d 计，每天废水量为 0.21m^3。清洗废水按 10L/（m^2·d），核素显像区病人活动范围约 800m^2，每天清洗废水约 8m^3。

核素显像区患者不需住院，按就诊患者按每人产生 10L 放射性废水计算，每天患者共 130 人，每天废水量 1.3m^3。

综上所述，核素显像区每天废水量为 9.51m^3，年废水量为 2472.6m^3。

核素显像区废水进入专用推流式衰变池。衰变池由一个容积为 11.2m^3 的沉淀池（作为一级衰变池用）+2 个 10.2m^3 的衰变池组成。核素显像区使用核素最长半衰期为 6.02h。本项目核素显像区废水在衰变池停留时间约 13 个半衰期，满足废水停留 10 个半衰期的要求。

（二）核素治疗区

本项目核素治疗区甲亢、甲状腺功能测定患者服药后直接离开，不考虑其产生的废水量，仅考虑甲癌患者的废水量。甲癌患者每天最多住院 6 人，按每人每天产生废水 200L（含患者生活用水、污洗水、场地）考虑，每天废水量为 1.2m^3，一年按 300 天有人住院计算，则甲癌病人废水产生量为 360m^3/a。

核素治疗区甲癌服药采用自动分装，不考虑工作人员的废水量。甲亢和甲测需要手动分装，每天按 1 名工作人员承担全部分装工作，废水产生量按 30L 计，放射

工作人员废水量为 0.03m^3/d。全年工作 240 天，放射工作人员废水量为 7.2m^3/a。

综上，核素治疗区废水产生量约 1.23m^3/d，全年废水量 367.2m^3/a。

本项目核素治疗区采用槽式衰变池对放射性废水进行处理。根据医院提供资料，衰变池由 1 个容积为 119m^3 的沉淀池（也可作为衰变池用）+3 个容积为 110m^3 的衰变池组成。通过计算，本项目单个衰变池可接纳 89 天的废水量。

本次评价按平均服药量计算废水中放射性活度浓度，即每个患者服药按 5.55×10^{9}Bq（150mCi）计。按甲癌病人服药量的 85%进入废水，单格衰变池接纳 89 天废水后，废水中放射性活度浓度为 2.87×10^{6}Bq/L。根据医院提供资料，第一格衰变池的废水在其余两格注满后开始排放，即第一格中的废水再停留 178 天后排放，经计算，排放的废水中放射性活度浓度为 0.62Bq/L，满足“碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L”的要求。

三、放射性固废

正常工作下，本项目仅有核医学会产生放射性废水，放疗科、介入中心及手术室无放射性固废产生。

（一）核素制备场所

本项目生产放射性药物的量大于使用量，未使用的药物放在在合成热室中自然衰变，经 1 天后，合成热室中药物活度为 1.48×10^{7}Bq（0.4mCi），由当班医生将药物取出放入合成热室里的铅废物桶继续衰变，达到解控要求后按一般医疗垃圾处理。

除剩余的放射性药物外，核素制备场所还会在合成、分装、质控等操作过程中产生操作手套、口罩、吸水纸等固体废物，由于 ^{18}F 的半衰期较短，在铅废物桶衰变达到解控要求后按一般医疗垃圾处理。

（二）核素显像区

核素显像区日接诊 ^{18}F 患者 70 人，^{99m}Tc 患者 60 人，按每名患者产生废物 0.03kg/d 计，则 ^{18}F 患者每天产生固体废物 2.1kg，^{99m}Tc 患者每天产生固体废物 1.8kg。

在固体废物间拟设 2 个容积为 100L 的衰变箱，将核素显像区的废物分别暂存。暂存时间超过 30 天后经检测达到清洁解控水平做为医疗废物处理。

（三）核素治疗区

甲亢和甲测患者日接诊人数共 15 人，按每名患者产生废物 0.02kg/d，则甲亢和

甲测患者每天产生固体废物 0.3kg。甲癌患者每天住院 6 人，按每人产生固体废物 0.5kg/d，则甲癌患者每天产生固体废物 3kg/d。核素治疗区每天产生固体废物 3.3kg。甲测和甲亢患者的废物每天收集一次送至固废间，甲癌患者的废物每批次病人出院后统一收集。固体废物在固废间暂存 180 天后进行检测，如达到解控水平作为医疗废物处理。没有达到解控水平的交有资质的单位处理，或继续在固废间暂存，直至达到解控水平。

综上所述，正常情况下，本项目产生的放射性废气、废水和固体废物对环境影响不大。

11.2.2 产业政策符合性分析

本项目涉及的核医学、放疗、介入分别属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）中“鼓励类”第六项“核能”中第 6 款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”、第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，符合国家产业政策。

11.2.3 选址合理性分析

本项目核医学科选址是充分考虑了周围场所的安全，本项目核医学科位于肿瘤中心的负一楼和一楼，不邻接产科、儿科、食堂等部门，有单独的出、入口，且出口分别通向在负一楼停车场和一楼地面停车场，远离了门诊大厅、收费处等人群稠密区域。

放疗科位于肿瘤中心的负一楼，机房所在位置地下为夯实土层，机房位于建筑物底部一端，位置相对集中，周边儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，机房顶部位夯实土层。

介入中心及手术室 DSA 机房周围及楼上、楼下无产科、儿科、新生儿科等科室。

综上所述，本次评价认为项目选址较合理。

事故影响分析

本项目涉及非密封放射性物质的生产、使用、Ⅱ类射线装置以及Ⅲ类放射源的使用。在项目运行过程中存在着风险和潜在的危害。

一、核医学科

（一）核素制备场所

核素制备场所在运行中可能发生的辐射事故有：

①人员误留或误闯加速器机房，造成人员不必要的照射，损害人员的身体健康。

②加速器内管道破裂，导致液态的放射性物质泄露。

③加速器打靶过程中或打靶后发生药液不能传输故障。

④排风系统故障。

⑤放射性药物输送过程中，由于操作失误，导致药液传输错误，维修人员进入合成热室内受到误照射。

预防措施：

①人员需要进入机房内时，必须关停加速器，且在足够的关机及通风后才能进入，人员必须佩带个人剂量报警仪。

②事故发生时，任何溅出的靶材料都将留在屏蔽装置内侧，等到核素衰变后，清除屏蔽装置内侧溅出的材料。真空罐内部的辐射可被屏蔽，待材料衰变 10 个半衰期（第二天）后，再打开真空罐进行维修。该事故影响局限在加速器机房内部，不会对外环境和公众产生影响。

③定期对检测仪器的有效性进行检查，定期检查排风系统。

④ 加强工作人员的技能培训与考核； 严格按照安全操作规程进行操作。

⑤相应的场所设置有实时剂量在线监测仪器，应实时监控场所放射性是否异常。

（二）核素显像区

核素显像区在运行中可能发生的辐射事故有：

①由于操作不慎，溢漏、撒泼放射性物质，污染工作台面和地面。

②放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

③排风系统故障。

预防措施：

①制定相关的操作规程，并对操作放射性药物的人员进行严格培训，通过内部考核后，上岗工作。上述措施可以有效避免因操作失误，导致工作场所发生局部放射性污染的事件发生。

②放射性药物按核素分类收集、暂存，做好台账登记，检测合格后方可拿出固废间。

③定期检查排风系统。

（三）核素治疗区

核素治疗区在运行中可能发生的辐射事故有：

①放射性药物保管不善，发生遗失或被盗。放射性物品失控可能造成环境放射性污染。

②由于操作不慎，溢漏、撒泼放射性物质，污染工作台面和地面；放射性物质从患者吐出导致放射性污染。

③错误给药。包括放射性活度不正确，导致 131I 治疗剂量错误。

④放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

⑤服药患者体内核素活度未降至出院水平以下，即离开隔离病房，对公众造成不必要照射。

预防措施：

①高活室设置闭路监视，安装防盗门。

②对操作放射性药物的人员进行严格培训，通过内部考核后，上岗工作。制定相关的操作规程，工作人员严格按照规程操作。

③病人服药前，要认真核对患者的姓名、性别、给药量，防止因错误给药导致他人受到不必要的照射，或者因给药活度不准确影响诊疗效果。

④核素治疗区高活室、服药室、病房均配置放射性废物桶，收集放射性废物。收集的放射性废物放到固废间暂存 180 天。

⑤甲癌患者服碘后，在专用病房住院 5 天，经检测，待体内活度低于 400MBq 方可出院。

二、放疗科

（一）TOMO、直线加速器、射波刀

TOMO、直线加速器、射波刀主要用于肿瘤放射治疗，加速器只有在治疗期间

时才会产生 X 射线。这三类设备主要事故类型有：

①工作人员进入加速器机房摆位或其它照射前准备工作是，控制台前操作人员将加速器开机出束。

②放疗过程加速器运行时，辐射安全措施故障，无关人员误入治疗室，发生超剂量照射。

③维修直线加速器系统时发生异常出束，维修人员受到超剂量照射。

预防措施：

①工作人员发现加速器已经出束（照射红灯点亮），可就近在治疗床边、加速器立柱或迷道内入口等处，按红色标志的急停开关，切断电源，迫使加速器关机停止出束。

②治疗病人陪伴者或其它人员误留机房内，在加速器开机出束后，操作人员从监控器内发现，可立即在控制台上按急停开关，切断加速器电源。

③加速器维修调试过程，因检修人员误操作，导致加速器出束，发生人员误照射事件，室内人员发现加速器意外出束，可立即就近按红色急停开关，切断加速器电源。

（二）后装机

后装治疗主要用于肿瘤放射治疗，在出源治疗期间放射源处于裸源状态，会释放出较强的 γ 射线，主要的事故类型有：

①后装机的放射源丢失或被盗。

②治疗过程中，发生卡源事故，需要人工处理时导致人员受到额外照射。

③安全联锁装置失效，人员误入治疗室而导致的误照射。

预防措施：

①放射源机房设带锁的柜子用于暂放更换下的旧源，实行“双人双锁”。机房内安装摄像头。

②定期对后装机记性检查、维护，发现问题应及时维修，不得“带病”运行。

③每天工作前检查安全联锁、监控、对讲、报警等系统，发现问题，应立即修理，恢复正常。

三、介入中心及手术室

本项目介入中心及手术室共使用 7 台 DSA 和 1 台 DSA+CT，可能的事故类型

有：

①非介入人员尚未撤离机房，介入医生启动 DSA 产生的误照射。

②指示灯故障，无法指示工作状态，非介入人员勿入机房产生的误照射。

预防措施：

①在手术前清点人数，无关人员撤离机房后再启动 DSA。

②手术前，检查门灯联动装置的有效性，避免勿入机房受到不必要的照射。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、放射安全委员会

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条，使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

岳阳市中心医院于 2022 年 3 月 7 日调整了放射安全委员会，由张壮军任主任，夏伟瑜、李罗清任副主任，程晓叁、陈玲霞等 41 人为委员，放射安全委员会详见附件 3。

放射安全委员会主要职责如下：

（1）制订本院放射安全与防护工作的计划和总结；对放射安全控制效果进行评议；定期对突发辐射事故应急预案、各放射安全与防护制度进行修订。

（2）负责对全院放射安全与防护工作进行监督，检查各种制度以及防护措施的贯彻落实情况，对检查过程中存在的问题提出整改意见并及时督促整改。

（3）负责本院放射人员的健康档案管理。

（4）组织实施放射人员关于放射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作。

会同上级有关部门按有关规定调查和处理放射事故，并对有关责任人员提出处理意见

2、放射工作人员

本项目正式运营后，拟配备 122 名放射工作人员，其中核医学科核素制备区 3 人、核素显像区 12 人、核素治疗区 9 人，放疗科 18 人，DSA 手术室 80 人。

医院应及时组织新增放射工作人员进行上岗前职业健康体检、辐射安全与防护培训；对于原有放射工作人员，医院应根据体检结果及时安排复查或到期重新体检，并及时组织辐射安全与防护培训合格证已到期的放射工作人员进行培训或复训。确保人员体检合格且取得有效期内辐射安全与防护知识培训合格证书后方可上岗。取得培训合格证的人员，医院应每 5 年组织一次复训。

医院应按规定为放射工作人员配发个人剂量计，对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应采用双剂量计监测方法，配备

的 2 个剂量计应颜色对比强烈，易于分辨。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

医院按管理办法的要求制定上述辐射安全管理规章制度，为保障项目正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，医院制定了一系列的规章制度，详见附件 7、附件 8，部分规章制度名称如下：

（1）辐射安全防护制度

（2）辐射设备维修保养管理制度

（3）核医学科放射性同位素管理制度

（4）后装管理制度

（5）放射性废物处理规程

（6）放射性同位素操作规程

（7）介入操作规程

（8）放射工作人员个人剂量监测管理制度

（9）放射工作人员健康管理制度

（10）辐射监测方案

（11）介入手术室岗位职责

（12）放射事故应急处理预案

本项目涉及放射性药物生产、TOMO、直线加速器、射波刀，在运行前医院应制定药物的生产、合成、分装、质控、转运制度、去污制度、加速器操作规程、岗位职责等相关制度。

医院应对核技术利用装置的安全防护和维修要落实到个人；在执行各项制度时，要明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

在本项目运行前，各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；辐射工作场所均必须有电离辐射警告标志，屏蔽门上方还必须要有工作状态指示灯机警示语句，同时各项规章制度、操作规程、标志的张贴必须规范。

医院在今后工作中，应不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实。在运行过程中，还应根据生态环境部门对辐射环境管理的要求及时修订。

辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《职业性外照个人监测规范》（GBZ128-2019）等要求，应建立必要的监测计划。辐射监测内容包括个人剂量、工作场所及周围环境的监测、放射工作人员职业健康检查等。

（1）个人剂量监测

医院需对放射工作人员开展个人剂量监测，监测工作要委托具有相应资质的放射防护技术服务机构承担。个人剂量常规监测周期最长不超过90天，医院需配合委托单位及时收发个人剂量卡。个人剂量监测档案包括放射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。放射工作人员个人剂量档案要求终生保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量档案应随其转给调入单位。

（2）工作场所和周围环境辐射监测

根据国家相关要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的监测机构进行监测。

①验收监测

设备安装到位，调试完成后，应委托有资质的单位进行验收监测。若发现问题，及时整改，直到合格为止。

②常规监测

医院委托有资质单位每年对工作场所辐射环境进行一次监测，对院内射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在“辐射安全申报系统”中提交上一年度的辐射评估报告。此外，医院应根据本项目产生的污染因子特点，制定日常防护监测计划并进行自主监测。医院应对配备的监测仪器按1次/年的频率进行校准。

监测计划表详见表 12-1。医院拟购置的监测仪器见表 12-2。

表 12-1　　监测计划一览表

监测（检查）项目	具体内容	监测频次
辐射工作人员个人剂量	X-γ外照射剂量	90 天为一周期，一年监测四次
工作场所周围 环境辐射水平	屏蔽体外 30cm 处 X-γ辐射 剂量率	每年委托监测 1 次， 每个季度自主监测一次
回旋加速器工作场所	γ辐射剂量率、中子剂量率	每年委托监测 1 次
射线装置机房	门灯联动（DSA）、门机连锁、工作状态指示灯、急停按钮、应急开关、警示语句等	每日工作前
放射性固体废物	废物包装外表面 X-γ辐射 剂量率、β表面污染	处理前
衰变池放射性废水排放口	总β放射性	排放前
核医学科工作场所	γ辐射剂量率、β表面污染	核素购入/生产前后、核素操作前后、每日工作结束后均自主进行一次表面污染、γ辐射剂量率监测，每年委托监测 1 次

表 12-2　　医院拟配备的监测仪器一览表

项目	监测仪器名称	数量	功能	使用位置
核医学	控制区固定式辐射剂量监测仪	1 套	显示机房内辐射剂量率情况	核素制备区回旋加速器机房
	便携式表面污染仪	2 台	检测表面沾污	核素制备区和核素显像区共用 1 台，核素治疗区 1 台
	便携式 X/γ剂量率检测仪	2 台	X-γ辐射 剂量率监测	核素制备区和核素显像区共用 1 台，核素治疗区 1 台
放射治疗	控制区固定式辐射剂量监测仪	8 套	显示治疗室内辐射剂量率情况	TOMO 治疗室、1-5 号加速器机房、射波刀治疗室、后装治疗室每个机房设置 1 套
	便携式 X/γ剂量率检测仪	1 台	X-γ辐射 剂量率监测	放疗科
介入	便携式 X/γ剂量率检测仪	3 台	X-γ辐射 剂量率监测	门急诊楼一楼急诊杂交手术室、医技楼二楼介入中心、医技楼五楼 DSA 杂交手术室各 1 台
医院	个人剂量报警仪	22 台	瞬时剂量	工作人员进入治疗室或特殊情况时使用（核素制备：3 台；^{18}F：3 台；^{99m}Tc：3 台；^{131}I：2 台；放疗科：8 台；DSA：3 台）
	X/γ个人剂量计	1 套/人	累积剂量	核医学科药品分装与注射的工作人员和介入手术工作人员，每人 2 个；其他辐射工作人员每人 1 个

辐射工作人员健康管理

医院建立了放射工作人员上岗前、在岗期间、离岗时和应急的健康检查制度，

委托具有相应资质的机构承担医院放射工作人员职业健康检查工作，监测周期最长不得超过 2 年。医院应按照《放射工作人员健康要求及监护规范》的规定执行，为辐射工作人员建立个人健康档案，档案中详细记录历次医学检查的结构及其评价处理意见，档案由专人统一管理，并妥善长期保存。

辐射事故应急

1、辐射事故应急响应机构的设置

医院放射事件应急处理领导小组由医务科、护理部、设备科、药剂科、行政后勤科、保卫科及临床有关科室组成，应急处理领导小组负责对辐射事件应急处理的统一领导、统一指挥，组织、开展放射事件的应急处理救援工作，组长由张壮军担任，副组长由夏伟瑜、李罗清担任。

2、辐射事故应急预案

医院现有辐射事故应急预案见附件 8，现有预案主要是针对放射性同位素泄漏事故、人体受超剂量射线照射引发的事故、放射源丢失、被盗事故、放射诊疗设备突发故障或突遭自然灾害事故的应急处理。

本项目建成后，涉及放射性药物生产、后装治疗，本次评价要求在项目运营前，医院修订辐射事故应急预案，增加放射性药物生产可能出现的事故、后装治疗卡源等事故的应急预案。

3、事故应急培训演习计划

（1）事故应急演练：完善的预案、周到的准备和准确的事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高，从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。医院的辐射事故应急预案及时修订，并定期组织应急演练，应急演练时注意以下几个方面：

①制定周密的演练方案：明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。

②进行合理的人员分工：成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。

③做好充分的演练准备：维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。

④开展实战演练：按照事先预定的方案和程序，有条不紊的进行，演练过程中除非发生特殊情况，否则尽量不要随意中断。若出现问题，演练完毕后再进行总结。

⑤做好总结归纳：演练完毕后要及时进行归纳总结，对于演练过程中出现的问

题要认真分析，并加以改正，成功的经验要继续保持。

（2）应急响应准备：包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。

①辐射事故应急办公室应建立完善的辐射事故应急预警机制，及时收集、分析辐射事故相关信息，协调下设小组人员开展辐射事故应急准备工作，定期开展事故应急演练，提高应急处置能力。

②定期就辐射安全理论，辐射事故应急预案、程序和处置措施，以及应急监测技术等内容组织学习，必要时进行考核，以达到培训效果。

③根据医院核技术利用情况，可能发生的事故级别，做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制和安全防护等方面的物资和器材。

4、事故应急处理措施

辐射事故一旦发生，应立即启动应急预案。应急响应程序如下：

一般报告程序为：发现者报告给医院辐射事故应急工作小组成员，由其向市生态环境局报告，再由市生态环境局上报给省生态环境厅，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下:

医院辐射安全管理负责人：0730-8246705

市生态环境局电话：12369（24 小时）

省生态环境厅热线：0731-85698110

市公安局电话：110

市卫健委：120

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目竣工后，建设单位自主或委托技术机构开展环保竣工验收工作，具体工作见表 12-3。

表 12-3　　环境保护竣工验收一览表

序号	验收项目	验收内容	验收要求
1	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具验收监测报告	各项资料齐全
2	环境管理制度、应急措施	成立管理机构，制定的辐射防护相关制度内容切实可行，具有可操作性，设备有操作规程	有专门的辐射领导机构，制定并落实各项制度，有关制度上墙
3	放射工作人员管理	①本项目拟配放射工作人员 122 名； ②医院应每 90 天对工作人员进行个人剂量检测，放射人员职业健康体检周期不超过 2 年，并将资料存档； ③放射工作人员需参加辐射安全知识培训，并且每 5 年进行一次复训。	①人员按要求配备到位，并具有相关的技术能力。 ②个人剂量、职业健康体检档案保存完整齐全 ③辐射工作人员取得辐射安全知识培训证书后持证上岗，并每 5 年进行一次复训，档案保存完整齐全。
4	防护用品	防护监测设备和防护用品按报告表中要求落实	防护用品按要求落实到位（规格、数量满足日常工作需要）。
5	辐射屏蔽设计及安全防护措施	①机房屏蔽防护按环评报告表的要求落实到位； ②机房内不得堆放无关杂物，保持良好的通风； ③机房防护门上方设置工作状态指示灯，并且指示灯工作正常，射线装置机房设置门灯有效关联（DSA）。 ④回旋加速器机房、放疗科各机房安全联锁、急停按钮、应急开关等有效 ⑤核医学科、放疗科、DSA 各机房通风换气设施运转正常 ⑥防护门上均贴辐射警示标识及中文说明。	①按要求落实机房屏蔽防护措施，屏蔽体外辐射剂量率满足标准要求。 ②机房内通风良好，无杂物。 ③按环评要求落实设备、机房各项安全措施，工作状态指示灯与机房门的关联有效。 ④回旋加速器机房、放疗科各机房安全联锁、急停按钮、应急开关等有效。 ⑤核医学科、放疗科、DSA 各机房通风换气设施运转正常，机房内通风良好。 ⑥防护门上均贴辐射警示标识及中文说明。
6	辐射监测	①每年委托有资质的单位对工作场所周围环境进行常规监测，并出具监测报告； ②配备相应的自检设备，定时自检。	①场所检测档案完整。 ②配备相应的自检设备（良好，有校准证书），防护用品数量、规格满足要求，定时自检。
7	剂量限值	介入工作人员年有效剂量≤5mSv； 核医学工作人员年有效剂量≤5mSv； 放射治疗工作人员及 DSA 技师年有效剂量≤2mSv； 公众成员年有效剂量≤0.1mSv。	放射工作人员个人剂量检测报告满足要求，如果超出年有效剂量数值，应调离工作岗位
	墙体外剂量率控制	距离核医学及各机房屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h	核医学及设备运行时距离机房屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。

	表面污染	控制区的表面污染控制水平<40Bq/cm^2，监督区的表面污染控制水平<4Bq/cm^2，其他的表面污染控制水平<0.4Bq/cm^2	检测控制区的表面污染控制水平<40Bq/cm^2，监督区的表面污染控制水平<4Bq/cm^2，其他的表面污染控制水平<0.4Bq/cm^2
8	放射性废气	核医学科、回旋加速器机房、直线加速器机房、后装机机房分别设置独立通风系统，废气经活性炭吸附后排放，排风口位于楼顶。	各机房通风设施运行良好，核医学科废气经活性炭过滤后排放，活性炭安防位置满足要求
9	放射性废水	核医学科设置单独排水系统和专用衰变池，三级衰变池有效容积满足要求，三级衰变池要防渗、防漏、防腐：碘-131放射性废液总排放口总α不大于1Bq/L、总β不大于10Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于10Bq/L；锝氟放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放	核医学科设置单独排水系统和专用衰变池，三级衰变池有效容积满足要求，三级衰变池要防渗、防漏、防腐：碘-131放射性废液总排放口总α不大于1Bq/L、总β不大于10Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于10Bq/L；锝氟放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放
10	放射性固废	①配备放射性固体废物箱和固体废物衰变箱； ②废弃物放入专用固体废物箱暂存并定期运至放射性固体废物间贮存，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于0.08Bq/cm^2、β表面污染小于0.8Bq/cm^{2}的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理； ③含碘-131核素放射性固体废物暂存超过180天； ④更换的废物活性炭按放射性固体废物进行处理； ⑤后装机退役放射源交由厂家回收。	①按要求配备放射性固体废物箱和固体废物衰变箱； ②废弃物放入专用固体废物箱暂存并定期运至放射性固体废物间贮存，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于0.08Bq/cm^2、β表面污染小于0.8Bq/cm^{2}的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理； ③含碘-131核素放射性固体废物暂存超过180天； ④更换的废物活性炭按放射性固体废物进行处理； ⑤后装机退役放射源交由厂家回收，有台账记录。

表 13 结论与要求

一、结论

1、项目概况

岳阳市中心医院拟在新院区医技综合楼二楼设介入中心，五楼中心手术室设一间 DSA 机房、在门急诊综合楼一楼设一间复合杂交手术室，在肿瘤中心负一楼设放疗科，在肿瘤中心负一楼和一楼核医学科开展核素诊断和核素治疗。

介入中心拟设 6 间 DSA 机房，配置 6 台 DSA；在中心手术室 DSA 机房配置 1 台 DSA；复合杂交手术室配置 1 台 DSA+CT。

放疗科设 1 间 TOMO 机房、6 间加速器机房、1 间射波刀机房、1 间后装机房，分别配置 1 台 TOMO、6 台直线加速器、1 台射波刀和 1 枚 ^{192}Ir 放射源，开展放射治疗。

核医学科包括核素制备场所、核素显像区和核素治疗区。核素制备场所拟使用 1 台 18MeV 的回旋加速器生产正电子核素药物 ^{18}F 用于 PET 显像诊断。

核素显像区使用非密封放射性物质 ^{18}F 和 ^{99m}Tc 开展显像诊断。

核素治疗区使用 ^{131}I 开展核素治疗。

本项目核素制备场所、核素显像与核素治疗有各自满足相对独立、具有明确的监督区和控制区划分，工艺流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施，因此，将整个核医学科分为三个单独场所，经核算，三个场所均属于乙级非密封放射性工作场所。

2、实践正当性分析

本项目的建设对保障健康、拯救生命起有着十分重要的作用。项目营运以后提高了医院救治病人的效率，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

3、产业政策符合性

本项目涉及的核医学、放疗、介入分别属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）中“鼓励类”第六项“核能”中第 6 款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”、第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机

器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，符合国家产业政策。

4、选址可行性分析

本项目位于医院新院区内部，各涉源场所周围无产科、儿科、新生儿科等特殊人群及人员密集区域，项目选址可行。

5、环境影响分析结论

（1）本项目涉源场所四周墙壁、地板、天花板、防护门、窗均采取了相应的辐射屏蔽措施，能满足国家相关标准要求。

（2）根据估算可知：

①本项目核素制备场所放射工作人员年有效剂量为 0.04mSv，小于医院的管理目标值 5mSv/a。

②核素显像区放射工作人员年有效剂量最大为 2.74mSv，小于医院提出的 5mSv/a 的管理目标值，公众年有效剂量最大为 0.08mSv，低于医院提出的 0.1mSv/a 的管理目标值。

③核素治疗区放射工作人员年有效剂量为 0.01mSv/a，小于医院提出的 5mSv/a 的管理目标值，公众年有效剂量低于医院提出的 0.1mSv/a 的管理目标值。

④加速器正常运行所致工作人员年有效剂量最大值为 0.16mSv，满足工作人员的管理目标值不大于 2mSv 的要求；射波刀机房公众可达处年有效剂量可满足不大于 0.1mSv/a 的管理目标值；增加迷道内墙屏蔽后，TOMO 机房门口、1 号加速器门口、2 号-5 号加速器门口的年有效剂量分别为 0.1mSv、0.06mSv 和 0.06mSv。

⑤后装机房工作人员年受照剂量为 0.38mSv，低于医院提出的 2mSv/a 的管理目标值，公众年受照剂量低于 0.1mSv/a 的管理目标值。

（3）医院拟按要求配备防护用品及检测仪器，防护用品的规格及数量可以满足医院放射工作的开展。

（4）医院成立了放射安全委员会，制定了相关的射线装置管理制度及辐射事故应急预案。在项目运行前，医院应制定药物的生产、合成、分装、质控、转运制度、去污制度、加速器操作规程、岗位职责等相关制度并修订辐射事故应急预案。

（5）医院组织现有放射工作人员进行了个人剂量监测、职业健康监护检查，

并建立了相应的档案，新增放射工作人员按规定进行相应的检查与培训。

综上所述，岳阳市中心医院新院区核技术利用建设项目实施符合相关法律法规和标准要求，医院认真贯彻落实本报告表中提到的环保措施后，从环境保护和辐射防护角度考虑，该项目的开展是可行的。

二、要求

1、医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定工作场所和周围环境监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，并配备相应的辐射检测设备进行自检，确保周围环境的辐射安全和职工健康。

2、医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。

3、医院要加强设备档案管理，制定相应的设备台帐管理制度。

4、在取得本次环评报告批复文件且工作场所达到使用标准后，医院应当按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定的许可证申请程序，重新申请领取《辐射安全许可证》。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见： 经办人：　　　　公章： 年　月　日
审批意见： 经办人：　　　　公章： 年　月　日

附件 1 委托书

委 托 书

湖南涌仁科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等有关法律规定和要求，我单位特委托贵公司承担岳阳市中心医院新院区核技术利用建设项目的环境影响评价工作。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

附件 2 辐射安全许可证

辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称：岳阳市中心医院

地　　址：湖南省岳阳市岳阳楼区东茅岭路 39 号；岳阳大道 28 号；南湖大道 399 号

法定代表人：[redacted]

种类和范围：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

证书编号：湘环辐证[00047]

有效期至：2024 年 12 月 29 日

发证机关：湖南省生态环境厅

发证日期：2022 年 05 月 10 日

中华人民共和国环境保护部制

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	岳阳市中心医院		
地　　址	湖南省岳阳市岳阳楼区东茅岭路 39 号；岳阳大道 28 号；南湖大道 399 号		
法定代表人	[redacted]		
证件类型			
涉源部门	名　称	地　址	负责人
	岳阳市中心医院	中心医院本部、东院、南院	周文明
种类和范围	使用III类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	湘环辐证[00047]		
有效期至	2024 年 12 月 29 日		
发证日期	2022 年 05 月 10 日（发证机关章）		

活动种类和范围

（一）放射源

证书编号：湘环辐证[00047]

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类
1	Ir-192	III类	3.7E+11*2	使用
	以下空白			

活动种类和范围

（二）非密封放射性物质

证书编号：湘环辐证[00047]

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量（贝可）	活动种类
1	本部住院楼负一楼核医学科	乙级	Sr-89	2.96E+7	4.44E+10	使用
2	本部住院楼负二楼SPECT 中心	乙级	Mo-99(Tc-99m)	2.2E+7	2.96E+12	使用
3	本部住院楼负一楼核医学科	乙级	I-131	3.89E+9	2.61E+12	使用
4	本部门诊楼负一楼放疗中心	丙级	I-125(粒子源)	3.7E+6	3.7E+11	使用
	以下空白					

台帐明细登记

（一）放射源

证书编号：湘环辐证[00047]

序号	核素	出厂日期	出厂活度（贝可）	标号	编码	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
1	Ir-192	2021.10.4	3.7E+11	2104156	01211R001563	III	后装治疗机	本部门诊楼负一楼放疗中心	来源	北京环辐同位素技术有限公司	[redacted]	2021.11.05
									去向			
2	Ir-192	2022.04.12	3.7E+11	2204020	01221R000203	III	后装治疗机	本部门诊楼负一楼放疗中心	来源	北京环辐同位素技术有限公司	[redacted]	2022.05.10
									去向			
	以下空白								来源			
									去向			
									来源			
									去向			
									来源			
									去向			
									来源			
									去向			
									来源			
									去向			

活动种类和范围

（三）射线装置

证书编号：湘环辐证[00047]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	直线加速器	II类	1	使用
2	移动 DR	III类	1	使用
3	移动 DR	III类	1	使用
4	移动 DR	III类	1	使用
5	小 C 臂机	III类	1	使用
6	小 C 臂机	III类	1	使用
7	小 C 臂机	III类	3	使用
8	数字胃肠机	III类	1	使用
9	数字胃肠机	III类	1	使用
10	乳腺机	III类	1	使用
11	口腔 CT	III类	1	使用
12	骨密度仪	III类	1	使用
13	大口径 CT	III类	1	使用
14	SPECT/CT	III类	1	使用
15	DSA	II类	1	使用
16	DSA	II类	1	使用
17	DR	III类	2	使用
18	DR	III类	1	使用

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：湘环辐证[00047]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
1	医用直线加速器	Infinity	II类	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	本部门诊楼负一楼放疗中心，治疗室	来源			
						去向			
2	医用血管造影 X 射线系统	Allura Xper FD20	II类	血管造影用 X 射线装置	本部住院楼四楼介入室	来源			
						去向			
3	全身用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	Discovery CT590 pr	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部门诊楼负一楼放疗中心，CT 模拟室	来源			
						去向			
4	X 射线计算机体层摄影设备	SOMATOM Definition Flash	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼二楼 CT 室，CT3 室	来源			
						去向			
5	X 射线计算机体层摄影设备	Optima CT540	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼负一楼影像中心，CT4 室	来源			
						去向			
6	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM Emotion Duo Dual configuration	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼一楼 CT 室，CT1 室	来源			
						去向			
7	X 射线计算机体层摄影设备	Optima CT660 Expert	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼一楼 CT 室，CT2 室	来源			
						去向			
8	数字化移动式摄影 X 射线机	DRXR-1	III类	医用诊断 X 射线装置	本部住院部八楼 ICU	来源			
						去向			

活动种类和范围

（三）射线装置

证书编号：湘环辐证[00047]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
19	DR	III类	2	使用
20	CT	III类	1	使用
21	CT	III类	1	使用
22	CT	III类	1	使用
23	CT	III类	2	使用
24	CT	III类	2	使用
25	CT	III类	1	使用
26	CT	III类	1	使用
	以下空白			

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：湘环辐证[00047]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
9	移动式C形臂X射线机	Brivo OEC 865	III类	医用诊断X射线装置	本部住院部八楼手术室	来源			
						去向			
10	移动式C形臂X射线机	OEC 9900 Elite	III类	医用诊断X射线装置	本部住院部八楼手术室	来源			
						去向			
11	移动式C形臂X射线机	ZIMMER Compact L	III类	医用诊断X射线装置	本部住院部八楼手术室	来源			
						去向			
12	数字化医用X射线摄影系统	DR DIGIFOX CLASSIC	III类	医用诊断X射线装置	本部门诊楼一楼影像中心，1号机房	来源			
						去向			
13	数字化X射线摄影机	Digital Diagnost	III类	医用诊断X射线装置	本部门诊楼负一楼影像中心，2号机房	来源			
						去向			
14	移动式数字化医用X射线摄影系统	uDR 370i	III类	医用诊断X射线装置	本部住院楼负一楼影像中心	来源			
						去向			
15	数字化X射线透视系统	Uni-Vision	III类	医用诊断X射线装置	本部体检楼负一楼影像中心，3号机房	来源			
						去向			
16	X射线血管造影系统	Artis Zeilna	II类	血管造影用X射线装置	东院住院部一楼介入室	来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来源／去向		审核人	审核日期
					湘环辐证[00047]	来源			
						去向			
17	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM Emotion 16-slice configuration	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	东院住院部一楼影像中心：CT1 室	来源			
18	全身 X 射线计算机断层扫描系统	Revolution CT	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	东院住院部一楼影像中心：CT2 室	去向			
19	X 射线计算机体层摄影系统	ANATOM HD 16	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	东院门急诊楼一楼：CT3 室	来源			
						去向			
20	骨密度仪	Explorer	III类	医用诊断 X 射线装置	东院门急诊楼一楼：骨密度测定室	来源			
21	乳腺钼靶 X 线机	Selenia Dimensions	III类	医用诊断 X 射线装置	东院门诊楼二楼乳甲中心：乳腺数字摄影检查室	去向			
22	移动式 X 射线摄影机	SM-50HF-B-D	III类	医用诊断 X 射线装置	东院门诊楼四楼体检中心：照片室	来源			
						去向			
23	移动式 C 形臂 X 射线机	Brivo OEC 715	III类	医用诊断 X 射线装置	东院住院部五楼手术室	来源			
24	医用 X 射线摄影装置	FUJIFILM CALNOS plus DR	III类	医用诊断 X 射线装置	东院门急诊楼一楼：照片 1 室	去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：湘环辐证[00047]

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来源／去向		审核人	审核日期
1	医用直线加速器	Infinity	II类	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	本部门诊楼负一楼放疗中心：治疗室	来源			
						去向			
2	医用血管造影 X 射线系统	Allura Xper FD20	II类	血管造影用 X 射线装置	本部住院楼四楼介入室	来源			
						去向			
3	全身用 X 射线计算机体层摄影装置	Discovery CT590 RT	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部门诊楼负一楼放疗中心：CT 模拟室	来源			
						去向			
4	X 射线计算机体层摄影设备	SMOATOM Definition Flash	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼二楼 CT 室：CT3 室	来源			
						去向			
5	X 射线计算机体层摄影设备	Optima CT540	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼负一楼影像中心：CT4 室	来源			
						去向			
6	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM Emotion 16-slice configuration	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼一楼 CT 室：CT1 室	来源			
						去向			
7	X 射线计算机体层摄影设备	Optima CT680 Expert	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼一楼 CT 室：CT2 室	来源			
						去向			
8	数字化移动式摄影 X 射线机	DRXR-1	III类	医用诊断 X 射线装置	本部住院部八楼 ICU	来源			
						去向			

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来源／去向		审核人	审核日期
					湘环辐证[00047]	来源			
						去向			
25	口腔X射线数字化体层摄影设备	Pan eXam plus	III类	口腔（牙科）X射线装置	本部急诊楼四楼口腔科	来源			
						去向			
26	单光子发射断层及X射线计算机体层摄影成像系统	Discovery NM/CT 670	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	本部住院楼负二楼SPECT中心：核医学科	来源			
						去向			
27	X射线计算机体层摄影系统	ANATOM 16 HD	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	南院二号感染楼一楼：CT2室	来源			
						去向			
28	数字化X射线透视系统	D-VISION PLUS	III类	医用诊断X射线装置	南院四号楼负一楼放射科：数字胃肠室	来源			
						去向			
29	X射线计算机体层摄影设备	ANATOM 128	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	南院四号楼负一楼放射科：CT1室	来源			
						去向			
30	数字化X射线摄影系统	Digital Diagnost	III类	医用诊断X射线装置	南院四号楼负一楼放射科：投照室	来源			
						去向			
31	医用诊断X射线系统	DX-D600	III类	医用诊断X射线装置	南院四号楼负一楼放射科：照片室	来源			
						去向			
32	移动式C型臂X射线机	PLX116131	III类	医用诊断X射线装置	南院三号楼13楼手术室	来源			
						去向			
						来源			
						去向			

附件 3 关于调整放射安全委员会成员的通知

岳阳市中心医院文件

岳中心医院字〔2022〕13 号

关于调整放射安全委员会成员的通知

各科室:

因工作需要，经院方研究，决定调整医院放射安全委员会成员，调整后人员名单如下:

主　任:

副主任:

委　员:

医院放射安全委员会在院党委书记、院长的领导下，负责医院放射安全与防护管理工作，具体职责如下：

一、制订本院放射安全与防护工作的计划和总结；对放射安全控制效果进行评议；定期对突发辐射事故应急预案、各放射安全与防护制度进行修订。

二、负责对全院放射安全与防护工作进行监督，检查各种制度以及防护措施的贯彻落实情况，对检查过程中存在的问题提出整改意见并及时督促整改。

三、负责本院放射人员的健康档案管理。

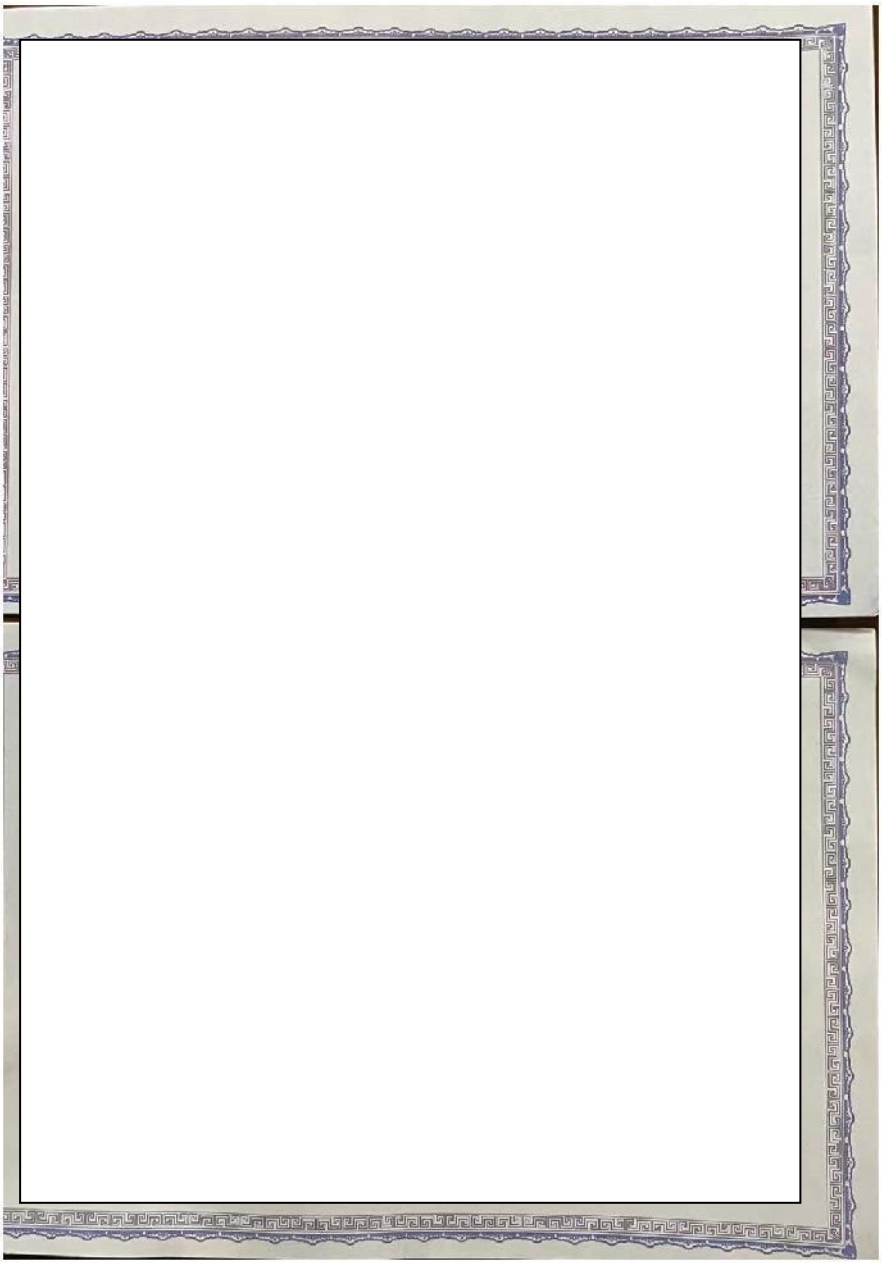
四、组织实施放射人员关于放射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作。

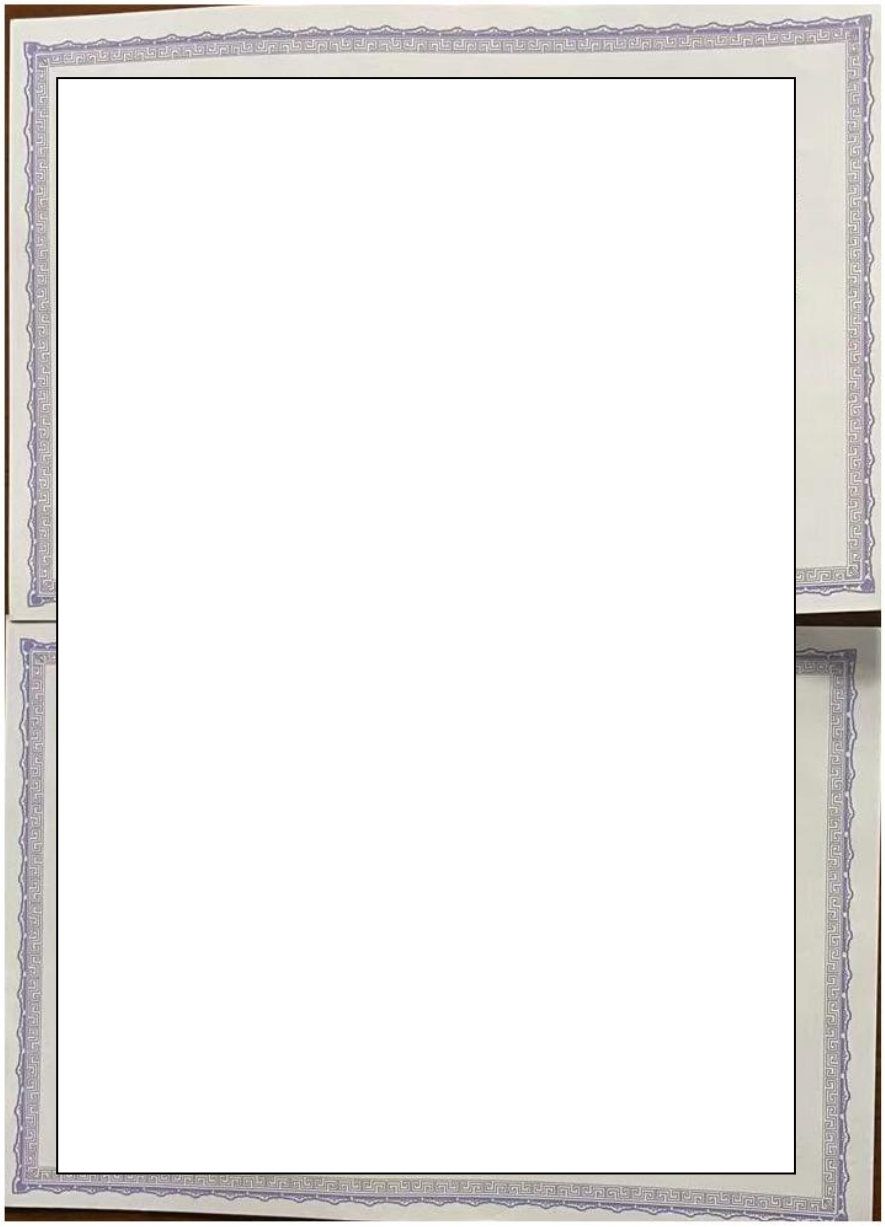
五、会同上级有关部门按有关规定调查和处理放射事故，并对有关责任人员提出处理意见。

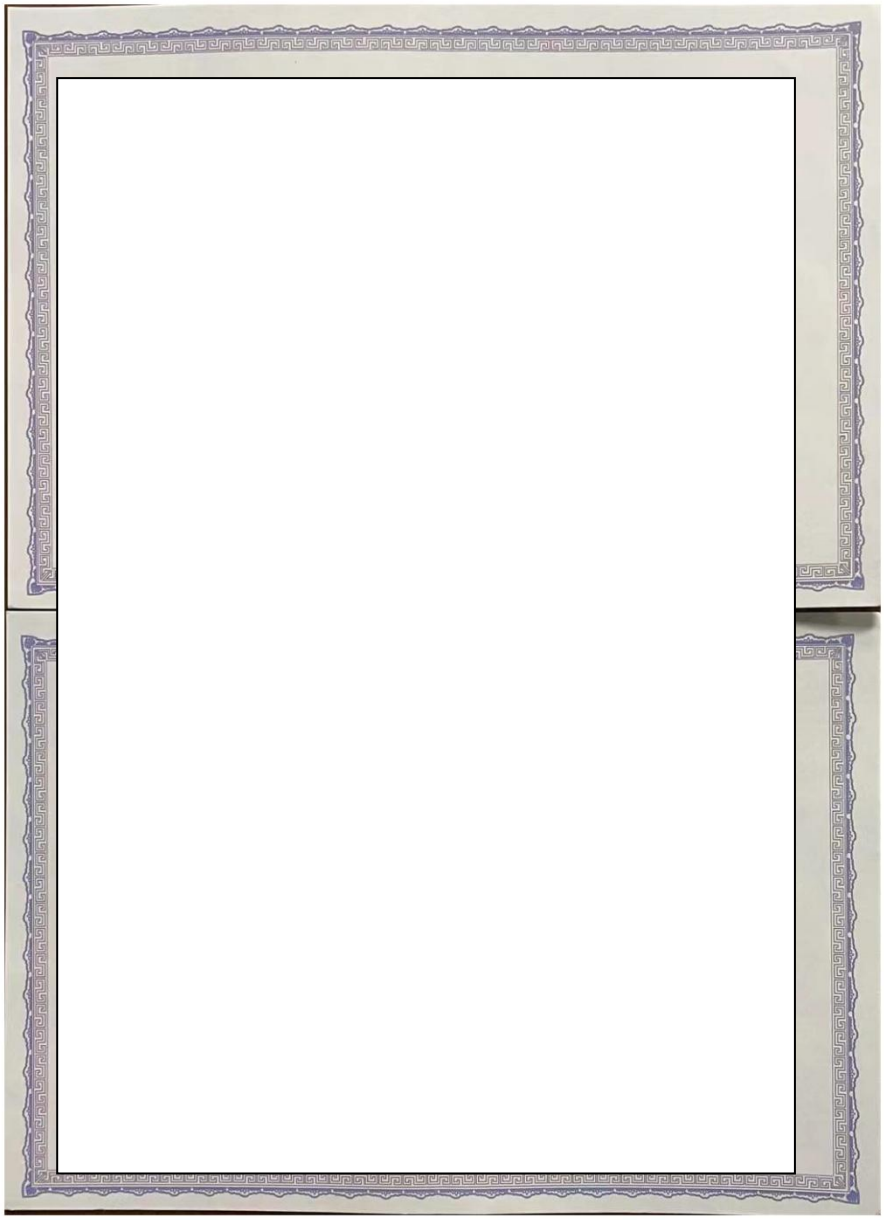
岳阳市中心医院

2022 年 3 月 7 日

附件 4 辐射安全与防护培训合格证书（部分）







附件 5 个人剂量监测报告

162303100405

四川鸿进达卫生技术服务有限公司

检 测 报 告

受理编号：川鸿（辐射）检字[2022]第 G0219 号

样 品 名 称	个人剂量片（氟化锂热释光探测）
委 托 单 位	岳阳市中心医院
报 告 日 期	2022 年 2 月 28 日

四川鸿进达卫生技术服务有限公司

资质证书：（川）放卫技字（2013）第010号

检 测 报 告

受理编号：川鸿（辐射）检字[2022]第G0219号

委托单位	岳阳市中心医院	样品名称	氟化锂热释光探测器
受检单位	岳阳市中心医院	数　量	241 件
检测类别	委托	样品来源	邮寄
检测项目	个人剂量	样品性状	白色圆形片
监测类型	常规监测	监测周期	3 个月
佩带日期	2021.9.22～2021.12.21	退火日期	2021.9.13
收样日期	2022.2.16	检测日期	2022.2.24
依据/方法	《职业性外照射个人监测规范》GBZ 128-2019		

检测仪器

仪器名称	型号	编号	检定证书编号	校准证书编号
热释光剂量读出器	BRGD2000-D	HJD0158	DLj12022-12971	DLj12022-12970

检测结果

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				E（mSv）
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	
				H_u	H_o			
382001		男	2A	/	/	0.01	/	/
382002		男	2A	/	/	0.02	/	/
382003		男	2A	/	/	0.01	/	/
382004		男	2A	/	/	0.01	/	/
382005		男	2A	/	/	0.01	/	/
382006		男	2A	/	/	0.01	/	/
382007		男	2A	/	/	0.01	/	/
382008		男	2A	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	$\bar{H}$（mSv）
				H_u	H_o			
382009		男	2A	/	/	0.02	/	/
382010		男	2A	/	/	0.01	/	/
382011		男	2A	/	/	0.01	/	/
382012		男	2A	/	/	0.01	/	/
382013		男	2A	/	/	0.01	/	/
382014		男	2A	/	/	0.01	/	/
382015		男	2A	/	/	0.01	/	/
382016		男	2A	/	/	0.01	/	/
382017		男	2A	/	/	0.01	/	/
382018		男	2A	/	/	0.01	/	/
382019		男	2A	/	/	0.01	/	/
382020		男	2A	/	/	0.03	/	/
382021		男	2A	/	/	0.01	/	/
382022		男	2A	/	/	0.01	/	/
382023		男	2A	/	/	0.01	/	/
382024		男	2A	/	/	0.01	/	/
382025		男	2A	/	/	0.01	/	/
382026		女	2A	/	/	0.01	/	/
382027		女	2A	/	/	0.01	/	/
382028		女	2A	/	/	0.01	/	/
382029		女	2A	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382030		女	2A	/	/	0.01	/	/
382031		女	2A	/	/	0.02	/	/
382032		女	2A	/	/	0.02	/	/
382033		男	2A	/	/	0.01	/	/
382034		男	2A	/	/	0.01	/	/
382035		男	2A	/	/	0.01	/	/
382036		女	2A	/	/	0.01	/	/
382037		女	2A	/	/	0.01	/	/
382038		女	2A	/	/	0.01	/	/
382039		男	2A	/	/	0.01	/	/
382040		女	2A	/	/	0.01	/	/
382041		男	2A	/	/	0.02	/	/
382042		男	2A	/	/	0.01	/	/
382043		男	2A	/	/	0.01	/	/
382044		女	2A	/	/	0.02	/	/
382045		女	2A	/	/	0.01	/	/
382046		女	2A	/	/	0.01	/	/
382047		女	2A	/	/	0.01	/	/
382048		女	2A	/	/	0.01	/	/
382049		女	2A	/	/	0.01	/	/
382050		男	2A	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382051	黄永新	男	2A	/	/	0.01	/	/
382052	任刚	男	2A	/	/	0.01	/	/
382053	彭浩	男	2A	/	/	0.05	/	/
382054	王海威	男	2A	/	/	0.01	/	/
382055	嵇舟	男	2A	/	/	0.03	/	/
382056	杜平	男	2A	/	/	0.01	/	/
382057	樊宏强	男	2A	/	/	0.01	/	/
382058	刘滔	男	2A	/	/	0.01	/	/
382059	陈辉阳	男	2A	/	/	0.03	/	/
382060	黄心星	女	2A	/	/	0.01	/	/
382061	吴美琴	女	2A	/	/	0.01	/	/
382062	肖琪	女	2A	/	/	0.01	/	/
382063	彭晶书	女	2A	/	/	0.01	/	/
382064	卢德奇	男	2A	/	/	0.04	/	/
382065	何磊	男	2A	/	/	0.03	/	/
382066	张柯	男	2A	/	/	0.04	/	/
382067	何根	男	2A	/	/	0.01*	/	/
382068	向丽萍	男	2A	/	/	0.09	/	/
382069	王孟良	男	2A	/	/	0.01*	/	/
382070	钟耀高	男	2A	/	/	0.07	/	/
382071	刘渊之	男	2A	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382051		男	2A	/	/	0.01	/	/
382052		男	2A	/	/	0.01	/	/
382053		男	2A	/	/	0.05	/	/
382054		男	2A	/	/	0.01	/	/
382055		男	2A	/	/	0.03	/	/
382056		男	2A	/	/	0.01	/	/
382057		男	2A	/	/	0.01	/	/
382058		男	2A	/	/	0.01	/	/
382059		男	2A	/	/	0.03	/	/
382060		女	2A	/	/	0.01	/	/
382061		女	2A	/	/	0.01	/	/
382062		女	2A	/	/	0.01	/	/
382063		女	2A	/	/	0.01	/	/
382064		男	2A	/	/	0.04	/	/
382065		男	2A	/	/	0.03	/	/
382066		男	2A	/	/	0.04	/	/
382067		男	2A	/	/	0.01*	/	/
382068		男	2A	/	/	0.09	/	/
382069		男	2A	/	/	0.01*	/	/
382070		男	2A	/	/	0.07	/	/
382071		男	2A	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382072		男	2A	/	/	0.03	/	/
382073		男	2A	/	/	0.02	/	/
382074		男	2A	/	/	0.01	/	/
382075		男	2A	/	/	0.04	/	/
382076		男	2A	/	/	0.02	/	/
382077		男	2A	/	/	0.05	/	/
382078		男	2A	/	/	0.01	/	/
382079		女	2A	/	/	0.01	/	/
382080		男	2A	/	/	0.01	/	/
382081		女	2A	/	/	0.01	/	/
382082		女	2A	/	/	0.02	/	/
382083		女	2A	/	/	0.02	/	/
382084		男	2A	/	/	0.01	/	/
382085		男	2A	/	/	0.01	/	/
382086		男	2A	/	/	0.01	/	/
382087		男	2A	/	/	0.01	/	/
382088		男	2A	/	/	0.01	/	/
382089		女	2A	/	/	0.01	/	/
382090		女	2A	/	/	0.01	/	/
382091		女	2A	/	/	0.01	/	/
382092		女	2A	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382093		女	2A	/	/	0.03	/	/
382094		男	2A	/	/	0.01	/	/
382095		女	2A	/	/	0.01	/	/
382096		女	2B	/	/	0.03	/	/
382097		男	2C	/	/	0.01	/	/
382098		男	2C	/	/	0.04	/	/
382099		男	2C	/	/	0.02	/	/
382100		女	2C	/	/	0.14	/	/
382101		男	2D	/	/	0.01	/	/
382102		男	2D	/	/	0.01	/	/
382103		男	2D	/	/	0.01	/	/
382104		男	2D	/	/	0.01	/	/
382105		男	2D	/	/	0.02	/	/
382106		女	2D	/	/	0.04	/	/
382107		男	2D	/	/	0.06	/	/
382108		男	2D	/	/	0.02	/	/
382109		男	2D	/	/	0.02	/	/
382110		女	2D	/	/	0.07	/	/
382111		男	2D	/	/	0.01	/	/
382112		男	2D	/	/	0.05	/	/
382113		男	2D	/	/	0.03	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382114		男	2D	/	/	0.01	/	/
382115		男	2D	/	/	0.14	/	/
382116		男	2D	/	/	0.07	/	/
382117		女	2D	/	/	0.01	/	/
382118		男	2D	/	/	0.03	/	/
382119		男	2D	/	/	0.01	/	/
382120		女	2D	/	/	0.01	/	/
382121		女	2D	/	/	0.01	/	/
382122		男	2D	/	/	0.08	/	/
382123		男	2D	/	/	0.03	/	/
382124		男	2D	/	/	0.02	/	/
382125		男	2D	/	/	0.03	/	/
382126		男	2D	/	/	0.02	/	/
382127		男	2D	/	/	0.04	/	/
382128		女	2D	/	/	0.02	/	/
382129		男	2D	/	/	0.01	/	/
382130		男	2D	/	/	0.01	/	/
382131		女	2D	/	/	0.12	/	/
382132		男	2D	/	/	0.02	/	/
382133		女	2D	/	/	0.05	/	/
382134		女	2D	/	/	0.04*	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382135		女	2D	/	/	0.04	/	/
382136		女	2D	/	/	0.01	/	/
382137		女	2D	/	/	0.22	/	/
382138		男	2D	/	/	0.05	/	/
382139		男	2E	0.02	0.04	/	/	0.02
382140		男	2E	0.01	0.02	/	/	0.01
382141		男	2E	0.01	0.02	/	/	0.01
382142		男	2E	0.01	0.01	/	/	0.01
382143		男	2E	0.01	0.03	/	/	0.01
382144		男	2E	0.01	0.03	/	/	0.01
382145		女	2E	/	/	0.01	/	/
382146		女	2E	/	/	0.02	/	/
382147		男	2E	/	/	0.04	/	/
382148		男	2E	/	/	0.02	/	/
382149		男	2E	/	/	0.02	/	/
382150		男	2E	/	/	0.01	/	/
382151		男	2E	/	/	0.02	/	/
382152		男	2E	/	/	0.02	/	/
382153		男	2E	/	/	0.01	/	/
382154		男	2E	/	/	0.01	/	/
382155		男	2E	/	/	0.02	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382156		/	2E	/	/	0.01	/	/
382157		女	2E	/	/	0.01	/	/
382158		女	2E	/	/	0.02	/	/
382159		女	2E	/	/	0.01	/	/
382160		女	2E	/	/	0.01	/	/
382161		女	2E	/	/	0.02	/	/
382162		女	2E	/	/	0.01	/	/
382163		男	2E	0.01	0.01	/	/	0.01
382164		男	2E	0.04	0.03	/	/	0.03
382165		男	2E	0.03	0.02	/	/	0.02
382166		男	2E	0.01	0.03	/	/	0.01
382167		男	2E	0.05	0.05	/	/	0.04
382168		男	2E	0.02	0.05	/	/	0.02
382169		男	2E	/	/	0.03	/	/
382170		男	2E	/	/	0.01	/	/
382171		男	2E	/	/	0.02	/	/
382172		男	2E	/	/	0.05	/	/
382173		男	2E	/	/	0.03	/	/
382174		女	2E	/	/	0.02	/	/
382175		女	2E	/	/	0.03	/	/
382176		男	2E	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382177		男	2E	/	/	0.03	/	/
382178		男	2E	/	/	0.02	/	/
382179		男	2E	/	/	0.02	/	/
382180		男	2E	/	/	0.02	/	/
382181		男	2E	/	/	0.01	/	/
382182		男	2E	/	/	0.01	/	/
382183		男	2E	/	/	0.01	/	/
382184		男	2E	/	/	0.01	/	/
382185		男	2E	/	/	0.01	/	/
382186		男	2E	/	/	0.01	/	/
382187		女	2E	/	/	0.01	/	/
382188		女	2E	/	/	0.01	/	/
382189		男	2E	/	/	0.01	/	/
382190		男	2E	/	/	0.08	/	/
382191		男	2E	/	/	0.01	/	/
382192		男	2E	/	/	0.01	/	/
382193		男	2E	/	/	0.03	/	/
382194		男	2E	/	/	0.01	/	/
382195		男	2E	/	/	0.01	/	/
382196		男	2E	/	/	0.01	/	/
382197		男	2E	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382177		男	2E	/	/	0.03	/	/
382178		男	2E	/	/	0.02	/	/
382179		男	2E	/	/	0.02	/	/
382180		男	2E	/	/	0.02	/	/
382181		男	2E	/	/	0.01	/	/
382182		男	2E	/	/	0.01	/	/
382183		男	2E	/	/	0.01	/	/
382184		男	2E	/	/	0.01	/	/
382185		男	2E	/	/	0.01	/	/
382186		男	2E	/	/	0.01	/	/
382187		女	2E	/	/	0.01	/	/
382188		女	2E	/	/	0.01	/	/
382189		男	2E	/	/	0.01	/	/
382190		男	2E	/	/	0.08	/	/
382191		男	2E	/	/	0.01	/	/
382192		男	2E	/	/	0.01	/	/
382193		男	2E	/	/	0.03	/	/
382194		男	2E	/	/	0.01	/	/
382195		男	2E	/	/	0.01	/	/
382196		男	2E	/	/	0.01	/	/
382197		男	2E	/	/	0.01	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382198		男	2E	/	/	0.01	/	/
382199		男	2E	/	/	0.01	/	/
382200		男	2E	/	/	0.01	/	/
382201		男	2E	/	/	0.01	/	/
382202		男	2E	/	/	0.01	/	/
382203		男	2E	/	/	0.01	/	/
382204		男	2E	/	/	0.01	/	/
382205		男	2E	/	/	0.01	/	/
382206		男	2E	/	/	0.01	/	/
382207		男	2E	/	/	0.01	/	/
382208		男	2E	/	/	0.03	/	/
382209		男	2E	/	/	0.01	/	/
382210		男	2E	/	/	0.02	/	/
382211		男	2E	/	/	0.01	/	/
382212		男	2E	/	/	0.01	/	/
382213		男	2E	/	/	0.03	/	/
382214		男	2E	/	/	0.01	/	/
382215		男	2E	/	/	0.01	/	/
382216		男	2E	/	/	0.02	/	/
382217		男	2E	/	/	0.01	/	/
382218		男	2E	/	/	0.03	/	/

接上页

编号	姓名	性别	职业类别	个人剂量当量（mSv）				
				穿铅衣 $H_P(10)$		未穿铅衣 $H_P(10)$	$H_P(0.07)$	E（mSv）
				H_u	H_o			
382219		女	2E	/	/	0.01	/	/
382220		女	2E	/	/	0.01	/	/
382221		男	2E	/	/	0.01	/	/
382222		男	2E	/	/	0.01	/	/
382223		男	2E	/	/	0.01	/	/
382224		男	2E	/	/	0.01	/	/
382225		男	2E	/	/	0.01	/	/
382226		男	2E	/	/	0.02	/	/
382227		男	2E	/	/	0.01	/	/
382228		男	2E	/	/	0.01	/	/
382229		男	2E	/	/	0.01	/	/
382230		男	2E	/	/	0.01	/	/
382231		男	2E	/	/	0.01	/	/

注：1. 测量值已扣除本底值。

2. H_u——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$；H_o——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$；E——有效剂量中的外照射分量。

3. 最低探测水平（MDL）为 0.01mSv。

4. 本周期的调查水平参考值：1.25mSv。

5. *：表示数据为名义剂量。

签发：杨龙
日期：2022.2.28

附件 6 职业健康检查报告（部分）

湖南山水

报告编号	SFJ2022-002
总页数	共53页

岳阳市中心医院

放射健康检查总结报告

长沙山水健康体检中心

2022年01月13日

职业健康检查专用章

放射健康检查总结报告

报告编号：SFJ2022-002　　第 4 页共 53 页

受检单位：岳阳市中心医院			地址：岳阳市东茅岭路 39 号		
[redacted]					
职工总人数	2600	专业技术人员数	1812	接触有害人数	117
女职工人数	51	女技术人员数	51	接触有害女工数	51
体检类别	离岗时+上岗前+在岗期间	涉及的有害因素	X 射线装置（含 CT 机）产生的电离辐射		
体检开始日期：2021 年 12 月 11 日			体检完成日期：2022 年 1 月 13 日		
体检地点：岳阳市中心医院（现场体检）					

一．依据规范和标准：

1.《中华人民共和国职业病防治法》2018 年 12 月 29 日实施，主席令 24 号）

2.《职业健康检查管理办法》国家卫生健康委员会令第 2 号，2019 年 2 月 28 日）

3.《职业健康检查质量控制规范（试行）》（中疾控公卫发〔2019〕45 号）

4.《职业病报告技术规范》中疾控公卫发〔2019〕118 号）

5.《放射工作人员健康管理办法》（卫生部令第 55 号，2007 年）

6.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019.3.2）

7. GBZ188-2014《职业健康监护技术规范》；

8. GBZ98-2020《放射工作人员健康要求及监护规范》；

9. GBZ95-2014《职业性放射性白内障的诊断》；

10. GBZ101-2020《放射性甲状腺疾病诊断标准》；

11. GBZ105-2017《外照射慢性放射病诊断标准》；

12. GBZ106-2020《职业性放射性皮肤疾病诊断》

13. GBZ107-2015《职业性放射性性腺疾病诊断标准》；

14. GBZ112-2017《职业性放射性疾病诊断总则》；

15. GBZ219-2009《放射性皮肤癌诊断标准》。

二．放射工作人员健康标准：

（血细胞计数限值）：WBC 4.0-9.5×109/L　Plt 100-350×10^9/L

中性粒细胞 1.8-6.3×10^9/L

男：血红蛋白：120-175g/L 红细胞：4.0-5.8×10^{12}/L

女：血红蛋白：110-150g/L 红细胞：3.5-5.1×10^{12}/L

（谷丙转氨酶限值）：≤76U/L（2 倍）

三．检查内容：

职业病危害因素	监护种类	检查项目
X 射线装置（含 CT 机）产生的电离辐射	上岗前	一般检查、内科常规、皮肤科常规、耳鼻喉科检查、肝胆脾肾超声、常规心电图、眼底、裂隙灯、眼科常规+视力色觉、肝功能五项、肾功能三项、空腹血糖、餐后 2 小时血糖、血常规检查、尿常规、胸部正位、肺功能、染色体畸变※
	在岗期间	一般检查、内科常规、神经内科检查、皮肤科常规、耳鼻喉科检查、眼底、裂隙灯检查、眼底、裂隙灯、眼科常规+视力色觉、肝功能五项、肾功能三项、空腹血糖、餐后 2 小时血糖、血常规检查、尿常规、胸部正位、微核试验※
	离岗时	一般检查、内科常规、皮肤科常规、耳鼻喉科检查、肝胆脾肾超声、常规心电图、眼底、裂隙灯、眼科常规+视力色觉、肝功能五项、肾功能三项、空腹血糖、血常规检查、尿常规、胸部正位、肺功能、染色体畸变※

四．检查项目的仪器型号、编号及检定有效期：

检验项目	设备型号/名称	仪器编号	有效期限
血常规	XT-4000i 全自动血液分析仪	J-2-007-6	2022 年 3 月 3 日
尿常规	scan500 尿液分析仪	J-2-003-6	2022 年 3 月 3 日
肝肾功能/血糖	AU5800 全自动生化分析	J-2-001-2	2022 年 3 月 3 日

心电图	R12A 心电图机	T-2-009-3	2022 年 3 月 3 日
彩超	迈瑞 DC-33	T-2-012-1-03	2022 年 3 月 3 日
肺功能	HI-105 肺功能仪	T-2-010-1	2022 年 3 月 3 日
DR 胸部正位	AKHX-50/2000 体检车 DR	T-2-007-5	2022 年 3 月 3 日
眼晶体		T-1-203（KJ5E 裂隙灯）	
微核试验※染色体畸变※		J-1-001（BA210 生物显微镜）	

五．职业体检结果如下：

我公司于 2021 年 12 月 11 日至 2022 年 01 月 13 日对岳阳市中心医院接触有毒有害因素员工 117 人，其中上岗前 59 人，男性 28 人，女性 31 人；在岗期间 56 人，男性 38 人，女性 18 人；离岗时 2 人，全部为女性，进行了放射健康检查，分类汇总如下：

体检类别		接触人数		上岗前				
岗位或工种	有害因素	男	女	放射禁忌证次	放射复查（次）	放射必检项目未检（次）	目前未见异常人（次）	其他疾病或异常（次）
介入医生、护士、麻醉医生等	X 射线装置（含 CT 机）产生的电离辐射	28	31	1	5	8	2	43
合计		59		1	5	8	2	43

体检类别		接触人数		在岗期间						
岗位或工种	有害因素	男	女	疑似放射病次	放射禁忌证次	放射复查（次）	放射必检项目未检（次）	目前未见异常人（次）	其他疾病或异常（次）	放射健康体检重点关注人员（次）
放射医生、介入医生、诊断医生等	X 射线装置（含 CT 机）产生的电离辐射	38	18	0	0	1	17（重叠 1 人）	2	37	0
合计		56		0	0	1	17（重叠 1 人）	2	37	0

体检类别	接触人数	离岗时

岗位或工种	有害因素	男	女	疑似放射病	放射复查（次）	放射必检项目未检（次）	目前未见异常人（次）	其他疾病或异常（次）
放疗医生、放射科医生	X 射线装置（含 CT 机）产生的电离辐射	0	2	0	0	2	0	0
合计		2		0	0	2	0	0
报检人数 117 人，实际体检 117 人，体检率 100%								

六．体检结论及建议：

（一）总体情况：

本次职业体检：上岗前：(1)放射禁忌证 1 人，(2)放射复查 5 人，(3)放射必检项目缺检 8 人，(4)放射性或非放射性目前未见异常人员 2 人，(5)非放射性其他疾病或异常人员 43 人，**在岗期间：**(1)放射性复查 1 人，(2)放射性必检项目缺检 17 人（重叠 1 人），(3)放射性或非放射性目前未见异常 2 人，(4)非放射性性其他疾病或异常人员 37 人；**离岗时：**(1)放射必检项目缺检 2 人。

（二）异常情况：

1．体检结论及建议：上岗前：(1)放射禁忌证 1 人，血压重度升高、尿蛋白阳性，不宜从事放射工作。**(2)放射复查 5 人，①血常规复查 4 人，**建议复查(血常规)，如仍异常，则不应从事放射工作。**②胸片复查 1 人，**考虑为两上肺继发性 TB？建议到结核专科复查、确诊。**(3)放射必检项目缺检 8 人，**胸片检查是放射作业必检项目；需补检；**在岗期间：(1)放射性复查 1 人，**复查血常规，半年内每个月复查 1 至 2 次。**(2)放射性必检项目缺检 17 人（重叠 1 人），**胸片检查是放射作业必检项目；需补检；**离岗时：(1)放射必检项目缺检 2 人，**胸片检查是放射作业必检项目；需补检。见附表 1-1，1-2，1-3。

2. 其他疾病异常情况：1. 耳鼻喉科系统异常 20 人次（17.1%），2. 呼吸系统异常 1 人次（0.9%），3. 泌尿系统异常 55 人次（47.0%），4. 内分泌系统异常 9 人次（7.7%），5. 消化系统异常 59 人次（50.4%），6. 心血管系统异常 72 人次（61.5%），7. 眼科系统 70 人次（59.8%），8. 其他异常 116 人次（99.2%）。见附表 3。

2. 督促非职业性健康体检结果异常的员工按照要求进行复查或医学观察，有其他临床症状改变者建议去专科医院进行诊治，见附表 3。

3. 本次职业健康检查未发现疑似职业病。希望企业职业病防治部门继续加强对员工的职业病预防知识的宣传教育，督促工人做好个体防护，控制职业性损害及相关疾病发生。

附表 1-1：放射禁忌证人员一览表（1 人）

附表 1-2：放射健康检查复查人员一览表（6 人）

附表 1-3：放射健康检查必检项目缺检人员一览表（27 人，重叠 1 人）

附表 2-1：放射性或非放射性目前未见异常人员一览表（4 人）

附表 2-2：参与放射健康检查结果全部人员一览表（117 人）

附表 3：体检疾病异常汇总表

附表 4：体检疾病异常汇总图

附表 5：人员疾病异常排序表

附表 6：人员疾病异常系统比例

附表 7：　职业健康检查相关知识

附表 8：常见疾病健康建议

附表 9：　实验室检查的参考正常值

以下空白

报告编制人：　审核人：　批准人：　2022 年 1 月 13 日（体检专用章）

委托联

附表 1-1：放射禁忌证人员一览表（1 人）

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
1	211212780008	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	50	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：血压偏高、血脂高、尿蛋白阳性 建议：不宜从事放射工作。	体检结果：1. 肥胖 2. 肾囊肿 3. 尿维生素 C 阳性

报告编制人：　　报告审核人：

附表 1-2：放射性康检查复查人员一览表（6 人）

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
1	211217802[illegible]	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	27	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：考虑为两上肺继发性TB? 建议：建议到结核专科复查，确诊。	体检结果：1. 双眼矫正视力达标 2. 谷丙转氨酶略升高 3. 过敏性鼻炎
2	211217804[illegible]	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	37	放疗医生	0	上岗前	肿瘤科	体检结果：白细胞减少 建议：上岗前：建议复查（血常规），如仍异常，则不应从事放射工作。	体检结果：1. 窦性心律不齐 2. 尿酸：<130 ↓ 3. 尿维生素 C 阳性
3	211217801[illegible]	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	36	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：白细胞、中性粒细胞减少 建议：建议复查（血常规），如仍异常，则不应从事放射工作。	体检结果：1. 体重过轻 2. 红细胞减少
4	211217805[illegible]	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	23	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：白细胞减少、红细胞减少、淋巴细胞减少 建议：上岗前：建议复查（血常规），如仍异常，则不应从事放射工作。	体检结果：1. 窦性缓慢 2. 左心室高电压 3. 总胆红素稍升高 4. 尿四方酶 5. 尿蛋白阳性
5	211217801[illegible]	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	59	护士	12	在岗期间	骨密度室	体检结果：1. 胸部正位未检 2. 白细胞减少 建议：1. 胸片检查是放射作业必检项目；需补检。2. 暂脱离放射工作。复查血常规，半年内每个月复查 1 至 2 次。	体检结果：1. 高血压 2 级？ 2. 双眼矫正视力达标

6	21121 X7HD4 2	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	32	介入医生	0	上岗前	急诊科	体检结果：白细胞减少 建议：上岗前：建议复查（血常规），如仍异常，则不应从事放射工作。	体检结果：1. 过敏体质史 2. 窦性心律，不完全性右束支阻滞 3. 双眼矫正视力达标 4. 尿酸降低

※：表体字是涉及两种以上结果异常

附表 1-3：放射健康检查必检项目缺检人员一览表（27 人，重叠 1 人）

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
1	21121 17800 1	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	58	放射医生	39	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需择期补检。	体检结果：1. 超重 2. 肝稍升高 3. 尿酸升高 4. 红细胞减少 5. 嗜酸粒细胞减少
2	21121 17800 8		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	35	护士	12	在岗期间	手术室	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需择期补检。	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
3	21121 17801 2		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	35	护士	14	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 肥胖 2. 双眼矫正视力达标 3. 总胆红素稍升高 4. 尿常规 11 项（职）异检
4	21121 17801 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	40	麻醉医生	6	上岗前	麻醉科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 窦性心动过缓 2. 双眼矫正视力达标 3. 血小板减少
5	21121 17801 4		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	55	放射医生	34	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 红细胞减少 2. 淋巴细胞增多 3. 尿常规异常 4. 尿蛋白阴性

6	21121 17801 7	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	35	放疗医生	3	在岗期间	肿瘤科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需择期补检。	体检结果：1.尿常规11项异检2.血红蛋白降低、总蛋白降低3.轻度贫血4.机酶稍降低、尿素（氮）降低5.白细胞增多、单核细胞增多、中性粒细胞增多
7	21121 17802 0		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	35	护士	3	上岗前	消化内科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需择期补检。	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
8	21121 17802 4		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	53	护士	29	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：双眼矫正视力达标
9	21121 17802 8		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	32	放射医生	7	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.超重2.过敏性鼻炎3.双眼矫正视力达标4.谷丙转氨酶稍升高5.嗜酸性粒细胞增多
10	21121 17803 1		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	30	放射医生	3	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.双眼矫正视力达标2.尿胆体阳性
11	21121 17803 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	30	眼科医生	9	上岗前	眼科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.总胆红素稍升高2.尿常规11项未检

12	21121 17803 6	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	16	放疗医生	461	离岗时	肿瘤科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.心房扑动、部分导联ST-T异常2.谷丙转氨酶稍升高、总胆红素稍升高3.红细胞减少4.尿胆红素阳性
13	21121 17804 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	31	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.超重2.红细胞增多3.尿胆红素C阳性
14	21121 17804 2		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	33	放疗医生	7	在岗期间	肿瘤科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.超重2.双眼矫正视力达标3.总胆红素稍升高
15	21121 17804 5		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	33	护士	15	在岗期间	手术室	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.尿常规11项异检2.谷丙转氨酶稍升高
16	21121 17804 6		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	36	放疗医生	9	在岗期间	肿瘤科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.尿常规11项异检2.血压升高3.双眼矫正视力达标4.谷氨酰转肽酶稍升高5.红细胞减少
17	21121 17804 7		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	28	放射医生	0	上岗前	放射科	体检结果：胸部正位(侧)未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.尿常规11项（镜）异检2.双眼矫正视力达标3.红细胞减少

18	211217806 9	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	32	护士	10	在岗期间	手术室	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标 3. 白细胞增多、中性粒细胞增多
19	211217806 8		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	52	护士	13	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 空腹血糖偏低 2. 混合细胞阳性，尿隐血弱阳性
20	211217806 6		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	37	医生	3	上岗前	老年病科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 乘一隔偏曲 2. 双眼矫正视力达标
21	211217801 1		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	61	放射科医生	22	离岗时	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 尿常规 11 项未检 2. 胆囊息肉样病变 3. 肝囊肿
22	211217803 5		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	23	放射医生	0	上岗前	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 尿常规 11 项异检 2. 过敏性鼻炎 3. 电解质 6 项异常 4. γ-谷氨酰转肽酶：9.0↓
23	211217806 9		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	50	介入医生	31	在岗期间	血管外科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 尿常规 11 项异检 2. 血压升高（舒张压偏高）3. 谷氨酰转肽酶升高 4. 白细胞增多、淋巴细胞增多、中性粒细胞增多

24	211217804 4	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	32	放射医生	11	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需尽早补检。	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标
25	211217805 0		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	36	介入医生	6	上岗前	介入科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 尿常规 11 项异检 2. 超重 3. 餐后血糖 4. 双眼矫正视力达标 5. 谷氨酰转肽酶稍升高
26	211217806 2		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	31	麻醉医生	6	在岗期间	麻醉科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标 3. 总蛋白降低、白蛋白降低 4. 轻度贫血
27	211217801 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	59	护士	12	在岗期间	骨密度室	体检结果：1. 胸部正位未检 2. 白细胞减少 建议：1. 胸片检查是放射作业必检项目；需补检。2. 暂脱离放射工作。复查血常规，半年内每个月复查1至2次。	体检结果：1. 高血压 2 级 7 2. 双眼矫正视力达标

※：黑体字是涉及两种以上结果异常

报告编号：SRI2022-002　　第 17 页 共 53 页

附表 2-1：放射性或非放射性日前未见异常人员一览表（4 人）

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
1	21121178002	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	[redacted]	35	介入医生	0	上岗前	消化内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
2	21121178006		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射			30	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
3	21121178015		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射			41	放射医生	19	在岗期间	核医学科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
4	21121178006		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射			28	放射医生	3	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。

报告编号：SRI2022-002　　第 18 页 共 53 页

附表 2-2：参与放射健康检查结果全部人员一览表（117 人）

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
1	21121178000	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	[redacted]	42	介入医生	0	上岗前	消化内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.龋齿 2.胆囊结石 3.双眼矫正视力达标 4.总胆红素稍升高、尿胆红素阳性 5.尿酸偏阳性
2	21121178001		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射			58	放射医生	39	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位异检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需择期补检。	体检结果：1.超重 2.肌酐稍升高 3.尿酸升高 4.红细胞减少 5.淋巴细胞减少
3	21121178002		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射			35	介入医生	0	上岗前	消化内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
4	21121178003		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射			39	介入医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.重睑肥厚病变 2.右肾小结石 3.窦性心动过缓 4.双眼矫正视力达标
5	21121178003		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射			3[illegible]	放射医生	8	在岗期间	肝胆科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：鼻中隔偏曲

报告编号：[illegible]

第 19 页 共 53 页

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	防护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
6	2112[illegible]17800[illegible]5	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	27	放射医生	0	上岗前	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.肥胖 2.高血压2级？3.鼻中隔偏曲 4.脂肪肝 5.窦性心动过速 6.卵巢囊肿 7.高尿酸血症 8.嗜巴细胞增多
7	21121 17800 6		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	30	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
8	21121 17800 7		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	38	介入医生	0	上岗前	消化内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.肥胖 2.双眼近视力达标 3.尿维生素C阳性 4.尿隐血阳性
9	21121 17800 8		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	35	护士	12	在岗期间	手术室	体检结果：胸部正位片检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需择期补检。	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
10	21121 17800 9		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	23	放射技师	0	上岗前	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：血红蛋白升高
11	21121 1780[illegible] 0		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	28	放疗	4	在岗期间	肿瘤科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.超重 2.血压偏高（轻度血偏高）3.双眼近视力达标

报告编号：[illegible]

第 20 页 共 52 页

序号	体检编号		职业危害		性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	防护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
12	21121 17801 1		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	40	放射医生	23	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.肥胖 2.谷氨酰转肽酶升高、谷丙转氨酶偏高 3.尿素（氮）升高 4.空腹血糖升高
13	21121 17801 2		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	35	护士	14	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.色弱 2.双眼近视力达标 3.总胆红素稍升高 4.尿常规11项（职）查检
14	21121 17801 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	40	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：胸部正位片检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.窦性心动过缓 2.双眼近视力达标 3.血小板减少
15	21121 17801 4		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	55	放射医生	34	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.红细胞减少 2.嗜巴细胞增多 3.尿隐血阳性、尿蛋白阳性
16	21121 17801 5		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	41	放射医生	19	在岗期间	核医学科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
17	21121 17801 6		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	31	护士	0	上岗前	护理部	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.双眼近视力达标 2.总胆红素稍升高

报告编号：SHZ022-002

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
18	211217801 7		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	36	放疗医生	3	在岗期间	肿瘤科	体检结果：胸部正位穿检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需弄原补检。	体检结果：1. 尿常规11项异检 2. 白蛋白降低、总蛋白异低 3. 轻度贫血 4. 肌酐稍降低、尿素（氮）降低 5. 白细胞增多、单核细胞增多、中性粒细胞增多
19	211217801 8		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	35	护士	0	上岗前	消化内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 窦性心律、P波间期短 2. 谷丙转氨酶稍升高 3. 尿白细胞稍升、尿隐血稍增多 4. 尿液生素C阳性
20	211217801 9		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	38	护士	0	上岗前	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 肝内钙化灶？ 2. 尿酸II期生 3. 胸部炎
21	211217802 0		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	35	护士	0	上岗前	消化内科	体检结果：胸部正位穿检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需弄原补检。	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。
22	211217802 1		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	30	放疗医生	0	上岗前	肿瘤科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 血压降低 2. 电解质稍 3. 双眼矫正视力达标
23	211217802 2		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	27	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：考虑为两上肺感染性TB？ 建议：建议到结核专科复查、就诊。	体检结果：1. 双眼矫正视力达标 2. 谷丙转氨酶稍升高 3. 过敏性鼻炎

报告编号：SHZ02

序号	体检编号		职业危害	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
24	211217802 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	男	53	医生	12	在岗期间	神经外科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：超重
25	211217802 4		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	女	53	护士	29	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：双眼矫正视力达标
26	211217802 5		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	男	57	主任医师	28	在岗期间	消化专科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 鼻中隔偏曲 2. 双眼矫正视力达标 3. 红细胞平均体积增大 4. 尿胆红素阳性 5. 考虑为两上肺TB（恢复期）？
27	211217802 6		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	男	43	介入医生	13	在岗期间	心内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标
28	211217802 7		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	女	29	诊断医生	0	上岗前	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 尿常规11项异检 2. 双眼矫正视力达标
29	211217802 8		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	男	32	放射医生	7	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 超重 2. 过敏性鼻炎 3. 双眼矫正视力达标 4. 谷丙转氨酶稍升高 5. 嗜酸性粒细胞增多

报告编号：SY2022-02　　第 23 页 共 53 页

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	防护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
30	211217802 9		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	23	放射医生	0	上岗前	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 体重过标 2. 过敏性鼻炎 3. 电解质偏 4. 双眼矫正视力达标 5. 淋巴细胞增多 6. 尿胆红素阳性
31	211217803 0		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	30	放射科医生	4	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 双眼矫正视力达标 2. 总胆红素稍升高
32	211217803 1		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	30	放射医生	3	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 双眼矫正视力达标 2. 尿酮体阳性
33	211217803 2		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	32	护士	10	在岗期间	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 双眼矫正视力达标 2. 谷氨酰转肽酶稍升高、谷丙转氨酶稍升高 3. 尿维生素C阳性
34	211217803 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	30	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 总胆红素稍升高 2. 尿常规11项未检
35	211217803 4		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	33	介入医生	5	上岗前	血管外科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 胸后凝凝巴结肉增生 3. 幽门螺杆菌阳性 吴文琴

报告编号：SY2022　　第 24 页 共 53 页

序号	体检编号		职业危害		性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	防护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
36	211217803 5		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	36	放疗医生	3	在岗期间	肿瘤科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 双眼矫正视力达标 2. 尿酸：(130 + 3. 空腹血糖升高 4. 红细胞平均体积减小
37	211217803 6		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	56	放疗医生	<1	离岗时	肿瘤科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 心房扑动、部分导联ST-T异常 2. 谷丙转氨酶稍升高、总胆红素稍升高 3. 红细胞减少 4. 尿胆红素阳性
38	211217803 7		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	48	放疗医生	3	在岗期间	肿瘤科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 过敏性鼻炎 2. 双眼矫正视力达标
39	211217803 8		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	28	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 尿常规11项未检 2. 双眼矫正视力达标
40	211217803 9		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	53	口腔科医生	9	在岗期间	口腔科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 红细胞减少 2. 红细胞平均体积增大
41	211217804 0		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	31	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：胸部正位外检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1. 超重 2. 红细胞增多 3. 尿维生素C阳性

报告编号：SF2022-002　　第 25 页 共 53 页

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	防护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
42	211217804 1		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	35	放疗医生	2	在岗期间	肿瘤科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.体重过轻 2.尿蛋白阳性 3.尿酮体弱阳性 4.右侧锁骨骨折术后固定状况。
43	211217804 2		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	33	放疗医生	7	在岗期间	肿瘤科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.超重 2.双眼矫正视力达标 3.总胆红素稍升高
44	211217804 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	33	护士	15	在岗期间	手术室	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.尿常规11项弃检 2.谷丙转氨酶稍升高
45	211217804 5		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	42	放射医生	19	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.肥胖 2.高血压2级？3.扁桃体肿大 4.双眼矫正视力达标 5.白细胞增多、淋巴细胞增多、中性粒细胞增多
46	211217804 6		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	38	放疗医生	9	在岗期间	肿瘤科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.尿常规11项弃检 2.血压升高 3.双眼矫正视力达标 4.谷氨酰转肽酶稍升高 5.红细胞减少
47	211217804 7		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	28	放射医生	0	上岗前	放射科	体检结果：胸部正位(职)未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.尿常规11项（职）弃检 2.双眼矫正视力达标 3.红细胞减少

报告编号：SF2022-002　　第 26 页 共 53 页

序号	体检编号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	防护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
48	211217804 8	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	37	放疗医生	0	上岗前	肿瘤科	体检结果：白细胞减少 建议：上岗前：建议复查(血常规)，如仍异常，则不应从事放射工作。	体检结果：1.窦性心率不齐 2.尿酸：<130↓ 3.尿维生素C阳性
49	211217804 9	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	35	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.双眼矫正视力达标 2.近视性散光 3.肝内钙化灶
50	211217804 0	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	33	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.肝血管瘤？2.窦性心动过缓 3.双眼矫正视力达标
51	211217805 1	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	38	介入医生	11	在岗期间	创伤二科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.超重 2.血压升高（舒张压偏高）3.双眼矫正视力达标 4.谷丙转氨酶稍升高 5.尿酸升高
52	211217805 2	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	31	护士	11	在岗期间	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.超重 2.胆囊炎 3.双眼矫正视力达标 4.谷丙转氨酶稍升高、总胆红素稍升高 5.空腹血糖升高
53	211217805 3	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	30	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.超重 2.胆囊息肉疑似 3.双眼矫正视力达标

报告编号：[illegible]

第 27 页 共 58 页

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	防护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
54	211217806 5		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	32	护士	3	在岗期间	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：双眼矫正视力达标
55	211217806 6		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	29	诊断医生	7	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标
56	211217806 7		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	30	诊断医生	8	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 血压升高（舒张压偏高）2. 双眼矫正视力达标 3. 谷氨酰转肽酶升高、谷丙转氨酶稍升高
57	211217806 8		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	55	放射医生	26	在岗期间	骨科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标 3. 谷氨酰转肽酶升高、谷丙转氨酶稍升高 4. 血小板减少
58	211217806 9		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	32	护士	10	在岗期间	手术室	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目：需补检。	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标 3. 白细胞增多、中性粒细胞增多
59	211217806 0		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	28	放射医生	3	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：所做其他体检结果未见明显异常。

报告编号：[illegible]

第 28 页 共 58 页

序号	体检编号		职业危害		性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	防护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
60	211217806 1		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	48	麻醉医生	23	在岗期间	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 血压升高（舒张压偏高）3. 反流性食管炎 4. 双眼矫正视力达标 5. 谷氨酰转肽酶稍升高、谷丙转氨酶稍升高 6. 尿酸升高
61	211217806 0		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	42	神经外科医生	3	在岗期间	神经外科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标 3. 血细胞减少
62	211217806 1		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	45	医生	0	在岗期间	老年病科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 电解质应在端 2. 胆囊结石 3. 双眼矫正视力达标 4. 谷丙转氨酶稍升高 5. 维生素C阳性 6. 高血压病
63	211217806 2		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	35	医生	7	在岗期间	神经内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 血压升高（舒张压偏高）3. 双眼矫正视力达标
64	211217806 3		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	54	介入医生	31	在岗期间	介入科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 甲状腺结节 3. 尿酸升高 4. 嗜酸性粒细胞增多
65	211217806 4		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	52	护士	13	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目：需补检。	体检结果：1. 空腹血糖降低 2. 尿白细胞阳性、尿隐血弱阳性

报告编号：SH2022 002

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
66	211212780005		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	37	医生	0	上岗前	老年病科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.鼻中隔偏曲 2.双眼矫正视力达标
67	211212780006		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	37	护士	0	上岗前	介入科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.双眼矫正视力达标 2.总胆红素偏高
68	211212780007		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	37	介入医生	0	上岗前	心内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.双眼矫正视力达标 2.谷氨酰转肽酶升高 3.红细胞减少
69	211212780008		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	50	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：血压重度升高、尿蛋白阳性 建议：不宜从事放射工作。	体检结果：1.肥胖 2.尿白细胞阳性 3.尿维生素C阳性
70	211212780009		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	36	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.超重 2.双肾结石 3.双眼矫正视力达标 4.胆固醇升高
71	211212780010		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	47	护士	17	在岗期间	介入室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：总胆红素偏高

报告编号：SH202

序号	体检编号		职业危害		性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
72	211212780011		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	61	放射科医生	22	离岗时	放射科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.尿常规11项未检 2.胆囊息肉样病变 3.肝囊肿
73	211212780012		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	34	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.输尿管囊 2.肾盂积水并结石 3.脊柱侧弯
74	211212780013		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	59	护士	12	在岗期间	骨密度室	体检结果：1.胸部正位未检 2.白细胞减少 建议：1.胸片检查是放射作业必检项目；需补检。2.暂脱离放射工作，复查血常规，半年内每个月复查1至2次。	体检结果：1.高血压2级？ 2.双眼矫正视力达标
75	211212780014		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	34	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.超重 2.鼻中隔偏曲 3.双眼矫正视力达标
76	211212780015		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	38	麻醉医生	3	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：超重

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
77	211212780016	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	31	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 血压升高（舒张压偏高）3. 咽部、颈部软率 4. 肝功异常 5. 双眼矫正视力达标 6. 谷丙转氨酶升高、谷氨酰转肽酶升高、总胆红素稍升高 7. 尿维生素C阳性
78	211212780017		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	43	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 尿示隐 11 项异常 2. 骨骼构造? 3. 红细胞减少
79	211212780018		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	32	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 角膜云翳 2. 双眼矫正视力达标 3. 总胆红素稍升高
80	**211212780019**		**X射线装置（含CT机）产生的电离辐射**		**女**	**35**	**护士**	**0**	**上岗前**	**手术室**	**体检结果：白细胞、中性粒细胞减少 建议：建议复查(血常规)，如仍异常，则不应从事放射工作。**	**体检结果：1. 体重过轻 2. 红细胞减少**
81	211212780020		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	53	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 血压升高（舒张压偏高）3. 总胆红素稍升高
82	211212780021		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	39	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 血压 2 级? 3. 胆囊息肉样病变 4. 双眼矫正视力达标 5. 尿隐血阳性、尿蛋白阳性 6. 总胆红素稍升高

序号	体检编号		职业危害		性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
83	211212780022		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	37	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 体重过轻 2. 肝血管瘤? 3. 右肾结石 4. 电轴偏度右偏 5. 红细胞减少 6. 尿维生素C阳性 7. 尿隐血阴性
84	211212780023		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	34	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 体重过轻 2. 双眼矫正视力达标 3. 总胆红素稍升高
85	211212780024		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	33	介入医生	13	在岗期间	心内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 双眼矫正视力达标
86	211212780025		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	38	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 血压 2 级? 3. 脂肪肝 4. 谷丙转氨酶升高、谷氨酰转肽酶升高、总胆红素稍升高 5. 尿酸升高 6. 尿白细胞弱阳性 7. 尿隐血阴性
87	211212780027		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	34	护士	13	在岗期间	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 角膜云翳 3. 双眼矫正视力达标 4. 谷丙转氨酶稍升高 5. 红细胞增多 6. 尿白细胞阳性 7. 尿维生素C阳性
88	211212780028		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	32	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 窦性心律不齐 2. 双眼矫正视力达标 3. 谷丙转氨酶稍升高

报告编号：SPJ2022-002

第 33 页 共 53 页

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	放护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
89	21121278029		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	38	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 鼻中隔偏曲 3. 窦性心律不齐 4. 双眼近视三级 5. 总胆红素稍升高
90	21121278030		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	49	介入医生	31	在岗期间	心内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 高血压2级 2. 过敏性鼻炎 3. 谷丙转氨酶稍升高 4. 尿白细胞弱阳性、尿隐血弱阳性、尿蛋白弱阳性
91	21121278031		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	31	介入医生	0	上岗前	心内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 窦性心动过缓 2. 心律不齐 3. 总胆红素稍升高
92	21121278032		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	43	骨科医生	0	上岗前	骨科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 高血压2级 2. 右肾囊肿 3. 白细胞增多、中性粒细胞增多 4. 红细胞增多 5. 糖尿病、尿糖弱阳性
93	21121278033		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	32	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 尿常规11项（以）异检 2. 超重 3. 鼻中隔偏曲 4. 红细胞增多
94	21121278034		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	52	骨科医生	27	在岗期间	骨科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 幽门螺杆菌升高 3. 尿胆红素阳性

放射编号：SPJ202

第 34 页 共 53 页

序号	体检编号		职业危害		性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
95	21121278035		**X射线装置（含CT机）产生的电离辐射**		女	23	放射医生	0	上岗前	放射科	**体检结果：胸部正位未检** **建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。**	**体检结果：1. 尿常规11项异检 2. 过敏性鼻炎 3. 电轴轻度右偏 4. γ 谷氨酰转肽酶：9.0↓**
96	21121278036		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	41	放射医生	36	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 尿常规11项（以）异检 2. 总胆红素稍升高 3. 红细胞减少
97	21121278037		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	36	骨科医生	10	在岗期间	骨科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 高血压轻度
98	21121278038		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	38	麻醉医生	0	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 双眼近视三级 2. 总胆红素稍升高 3. 尿酸降低
99	21121278039		**X射线装置（含CT机）产生的电离辐射**		男	53	介入医生	31	在岗期间	血管外科	**体检结果：胸部正位弃检** **建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。**	**体检结果：1. 尿常规11项异检 2. 血压升高（舒张压偏高） 3. 谷氨酸转肽酶稍升高 4. 白细胞增多、淋巴细胞增多、中性粒细胞增多** 曾俊秋
100	21121278040		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		女	30	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：双眼近视三级

报告编号：SRJ2022-002　　第 53 页 共 53 页

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
101	211212780041	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	39	介入医生	3	上岗前	急诊科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.超重 2.胆囊息肉和或要 3.左肾结石 4.谷丙转氨酶稍升高 5.尿胆原增多 6.尿隐血阳性
102	211212780042	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	32	介入医生	0	上岗前	急诊科	体检结果：白细胞减少 建议：上岗前：建议复查（血常规），如仍异常，则不应从事放射工作。	体检结果：1.过敏性鼻炎 2.窦性心律、不完全性右束支阻滞 3.双眼矫正视力达标 4.尿糖降低
103	211212780043	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	25	放射医生	3	上岗前	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.谷氨酰转肽酶相升高、谷丙转氨酶稍升高 2.尿酸升高 3.尿白细胞阳性 4.尿胆红素阳性 5.尿蛋白阴性 6.尿糖阴性
104	211212780044	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	32	放射医生	11	在岗期间	放射科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需择期补检。	体检结果：1.超重 2.双眼矫正视力达标
105	211212780046	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	51	诊断医生	29	在岗期间	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.血压升高（舒张压偏高） 2.尿糖降低
106	211212780047	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	31	护士	7	在岗期间	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.体重超标 2.双眼矫正视力达标 3.血小板减少

报告编号：SRJ202　　第 54 页 共 53 页

序号	体检编号	[redacted]	职业危害	[redacted]	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
107	211212780048	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	29	护士	7	在岗期间	手术室	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.双眼矫正视力达标 2.总胆红素稍升高 3.尿胆红素阳性
108	211212780049	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	55	介入医生	4	在岗期间	肿瘤科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.超重 2.有高血压病史 3.双眼矫正视力达标 4.谷氨酰转肽酶稍升高 5.餐后2小时血糖：8.0 6.白细胞增多、中性粒细胞增多
109	211212780050	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	36	介入医生	0	上岗前	介入科	体检结果：胸部正位未检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.尿常规11项弃检 2.超重 3.餐后血糖 4.双眼矫正视力达标 5.谷氨酰转肽酶稍升高
110	211212780051	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	41	麻醉医生	3	上岗前	麻醉科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1.餐后血糖 2.双眼矫正视力达标 3.双侧血压测量值
111	211212780052	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	女	31	麻醉医生	6	在岗期间	麻醉科	体检结果：胸部正位弃检 建议：胸片检查是放射作业必检项目；需补检。	体检结果：1.超重 2.双眼矫正视力达标 3.总蛋白降低、白蛋白降低 4.轻度贫血
112	211212780053	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	23	护士	0	上岗前	手术室	体检结果：白细胞减少、红细胞减少、淋巴细胞减少 建议：上岗前：建议复查（血常规），如仍异常，则不应从事放射工作。	体检结果：1.餐后血糖 2.左心室高电压 3.血胆红素稍升高 4.尿PH升高 5.尿蛋白阴性

报告编号：SHJ2022-002　　第 37 页 共 38 页

序号	体检编号	身份证号	职业危害	姓名	性别	年龄（岁）	工种	工龄（年）	监护种类	车间部门	放射职业体检目标疾病及处理意见	其他疾病或异常
113	211212780054	[redacted]	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射	[redacted]	男	27	放射医生	3	上岗前	放射科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 智齿坦囊 2. 左肩分支传导阻滞 3. 双眼近视力达标 4. 尿胆红素阳性
114	211212780056		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	44	介入医生	8	在岗期间	介入科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 肥胖 2. 双眼近视三级力达标 3. 餐后2小时血糖：2.83 4. 红细胞减少 5. 淋巴细胞增多 6. 尿维生素C阳性
115	211212780066		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	48	医生	16	在岗期间	神内科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 血压升高 3. 双眼近视力达标 4. 红细胞减少 5. 尿蛋白弱阳性
116	211212780057		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	39	骨科医生	0	上岗前	骨科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 超重 2. 高血压轻度 3. 餐后血糖 4. 脂肪肝 5. 左肾囊肿 6. 电轴轻度左偏 7. 等离子转氨酶稍升高 8. 红细胞减少
117	211222900090		X射线装置（含CT机）产生的电离辐射		男	36	介入医生	10	在岗期间	介入科	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常 建议：可继续从事本岗位工作	体检结果：1. 鼻中隔偏曲 2. 双眼近视力达标

报告编制人：[illegible]　　报告审核人：[illegible]

附件 7 辐射防护相关制度（部分）

辐射安全防护制度

我院根据辐射事故的突发性、复杂性、敏感性等特点，实行预防为主，安全第一的方针，特制订辐射安全防护制度。

一、成立放射事故管理领导小组

组长：夏伟瑜　电话：13873005999

副组长：申红莲　电话：13873086575

二、突发事故日常监测预防措施

1 放射源使用场所设置放射防护措施，入口处设置明显警示灯及全套放射防护警示标识和切实有效的防护安全连锁。

2 放射源单独放置，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品一起存放，并且在其存放场所采取有效的防火、防盗、防泄漏的安全防护联锁措施并指定专人负责，保管贮存并建立放射源档案资料。

3 对废弃源铅封并单独存放，由供源厂家按时回收或上交环保部门处理。

4 医用放射源每月验证衰减系数及相关数据的校正。

5 每日及其治疗前，物理师和机器维修人员应检查机器联锁装置等，试运行正常后，方可开始治疗患者，每日监测均应记录在案备查。

6 放射治疗中各重要环节严格要求，放射设备定期检测，设野合理，摆位准确，照射方式正确，剂量计算准确。

7 每日治疗工作结束后，将机器和辅助设备按要求复位。

8 检查门窗水电关闭情况及安全卫生状况。

9 定期按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》进行自检评估，如实完成年度评估报告。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

辐射设备维修保养管理制度

一、所有使用辐射设备必须登记造册，建立设备档案，并显示仪器使用状态。仪器档案内容包括：仪器的技术资料（中英文名称；厂商；型号/证书；出厂日期；购买日期/合同日期；价格；操作手册；检测主要原理；本科管理人员；应用环境和条件；检测精密度；年检测标本量和产值），保养维修登记，使用登记，仪器操作规程和保养方法。

二、每台设备均由专人保管，制订各设备的使用、保养和维修的程序，在规定期限内做好保养、校正，以保证设备的可靠性。

三、每台辐射设备都要提供标准化操作流程(SOP)和指南，未经培训者严禁擅自开启仪器设备。未按操作规程进行操作而造成仪器损坏的，视情节轻重，按院有关规定处理。

四、每台设备指定专人负责、使用、保管和维护，使用人员必须熟悉设备的性能，能够排除一般故障，保持设备清洁、干燥、运转正常。不用时定期检查和通电。

五、每台设备每次使用、维修及保养都应有使用记录和维修保养记录以便查考，购买外保修的辐射设备，要求维保公司每年提供 2 次免费设备检测保养，保养结束后乙方工程师向甲方提供保养工单一份。每年度提供一份预防性维修计划，设备性能检测报告，维修记录汇总文件交设备科存档。乙方在预期保养时间之前一周通知甲方保养时间，如甲方有合理的原因导致不能执行保养，甲方可在预期保养时间之前一周通知乙方并与乙方另约定保养时间。

六、根据各辐射设备使用的规定，定期进行校准，或者维修、更换主要零件、出现不正常偏移及认为有必要时，都要对设备进行校准，并记录。

七、设备保养，分为预防性保养和常规保养。一般在仪器设备的操作手册中有详尽的书面说明，由专业人员或维保公司应按其规定执行。常规保养指每天开始工作前和结束工作后规定做的保养工作，由设备使用人员执行，对相关人员应有定期培训并做好记录；预防性保养指定期（一周，一月）做的保养工作。有些零配件、材料虽然没有出现损伤现象，有时亦要定期更换。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

核医学科放射性同位素管理制度

1、严格执行国家规定的放射性同位素使用许可证制度，根据临床及科研工作的需要，在规定允许使用量范围内，制定年度订购计划。

2、所使用的放射性同位素药品和试剂实行专人领取和保管，及时做好入库登记并归类妥善保存，防止丢失。

3、使用时，将放射性同位素移入专用铅罐内，贴上标签，注明放射性核素种类、强度及日期，放射性同位素出厂说明书要妥善保存，有完整的放射性药物使用登记，以备查对。

4、放射性同位素发生器要按规定步骤与要求安装，质检合格后方可使用。

5、标记及注射放射性药物时应严格核对，防止发生差错。

6、放射性同位素空容器应固定地点（源室）集中存放，定期退回。

7、一旦发现放射性同位素丢失，应及时上报公安、环保、卫生监督管理部门，并积极协助工作。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

后装管理制度

1、严格执行《国家卫生管理法规》中有关放射性管理制度规定。

2、建立健全放射源安全操作规程。

3、建立健全放射源登记查对交接班制度，专人保管，严禁丢失。

4、健全放射源使用和消耗登记制度，落实岗位责任制，发生问题及时处理。

5、换新源时，必须由专业人员在专门保管人员协助下进行，由计算机监测检查，换出的废源由专人保管，由专业人员或企业运送至厂家 。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

放射性废物处理规程

放射性药品使用后残留和剩余部分被称为放射性废物。放射性废物有固体、液体和气体三种，称“放射性三废”。我科产生的放射性废物主有是固体和液体。

一、放射性固体废物的处理

主要采用放置法，被放射性药物污染的固体废物应存在固定的指定地点并采用适当的屏蔽物加以防护，待其自然衰变后，当作非放射性废物处理即可。如为过期的发生器吸附柱应标明日期并用塑料袋包装后置于贮源室，待其自然衰变后再处理。

二、放射性液体废物的处理

应根据放射性物质的最大容许浓度、化学性质、放射性强度、废液的容积以及下水道的排水设备等情况进行不同的处理。一般采用放置法，半衰期短的也可用稀释法达到容许排放水平。放射性强度低的废水也可直接排入下水道，但其放射性浓度不得超过露天水源中限制尝试的 100 倍。不能直接排入下水道的放射性废液，可采用衰变池贮存十个半衰后排入下水道。

三、我科放射性废物的处理程序

放射性废物分类放入衰变池，并标明打包日期，存放 10 个半衰期后由工人送医院医疗垃圾处理站，并登记在《放射性废物处理登记本》上。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

放射性同位素操作规程

1、根据不同的核医学诊断、治疗项目和使用的放射性核素的种类来制订相应的操作规程并严格遵守执行。

2、操作使用开放型放射性同位素时要同时遵循外照射及内照射防护原则，做好个人、患者、环境的辐射防护。

3、在开瓶分装放射性同位素药物和试剂时，要严格查对药物(或试剂)种类、剂量、患者姓名、诊疗项目等，并做好使用登记。

4、患者在给药以后，工作人员应指导其在指定地点候诊，并经专门通道出入。

5、放射性同位素操作完毕后，工作人员应将放射性废物分类、集中存放，并根据核素的半衰期确定存放时间，进行统一处理。

6、工作任务完成后，应做好场所和个人的辐射监测，发现污染，及时处理。并检查场所水、电安全，防止其它安全事故发生。

7、做好仪器使用登记和质量控制以及安全防护设施的定期检测。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

SIEMENS Artis Zee Ceiling 介入操作规程

1. 开机：打开操作室墙上电源开关接通电源，依次按下主机电源，服务器电源，待显示屏完成读秒开机程序后，方可进行下一步的检查工作。

2. 关机;退出所有程序后，点击系统程序钮，点击关闭系统钮，系统关机读秒完成后，关闭墙上主电源钮。

3. 每周进行一次机器检测。

4. 每 72 小时进行一次机器关机重启。

5. 每天上下班前搞好本室卫生工作。

6. 本室禁止吸烟及闲聊。

7. 及时记录并报告机器故障。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

岳阳市中心医院放射工作人员个人剂量监测管理制度

一、医院按照《放射工作人员职业健康管理办法》和国家有关标准、规范的要求，安排我院的放射工作人员接受个人剂量监测，并遵守以下规定：

1、外照射个人剂量监测周期为 90 天。

2、建立并终生保存个人剂量监测档案。

3、允许放射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

二、个人剂量监测档案主要内容

1、常规监测方法和结果等相关资料。

2、应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料，医务科将个人剂量监测结果及时做好记录。

三、放射工作人员进入放射工作场所，应当遵守以下规定：

1、正确佩戴个人剂量牌。

2、工作人员工作时，应将个人剂量牌随身佩戴，禁止将个人剂量牌遗弃在机房内，由此造成个人剂量牌监测结果超标，造成影响和后果的，本人负全责，必要时调离工作岗位。

四、个人剂量监测工作应当由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

岳阳市中心医院放射工作人员健康管理制度

根据中华人民共和国卫生部《放射工作人员职业健康管理办法》的有关规定，我院将放射人员的健康管理规定如下：

1、医院新进放射人员及即将参加放射工作的人员，应当进行岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

2、医院应及时组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。

3、放射工作人员脱离放射工作岗位时，医院应当对其进行离岗前的职业健康检查。

4、对参加应急处理或者受到事故照射的放射工作人员，医院应当及时组织健康检查或者医疗救治，按照国家有关标准进行医学随访观察。

5、医院应当在收到职业健康检查报告的 7 日内，如实告知放射工作人员。医院对职业健康检查中发现不宜继续从事放射工作的人员，应当及时调离放射工作岗位，并妥善安置；对需要复查和医学随访观察的放射工作人员，应当及时予以安排。

6、不得安排怀孕的妇女参与应急处理和有可能造成职业性内照射的工作。哺乳期妇女在其哺乳期间应避免接受职业性内照射。

7、应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

8、放射工作人员有权查阅、复印本人的职业健康监护档案。

9、放射工作人员职业健康检查、职业性放射性疾病的诊断、鉴

定、医疗救治和医学随访观察的费用，由医院承担。职业性放射性疾病的诊断鉴定工作按照《职业病诊断与鉴定管理办法》和国家有关标准执行。

11、放射工作人员的保健津贴按照国家有关规定执行。

12、在国家统一规定的休假外，放射工作人员每年可以享受放射保健休假 2～4 周。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

辐射监测方案

一、工作人员个人剂量监测制度

1、所有辐射工作人员必须佩戴个人剂量计上岗，接受剂量监测，个人剂量计均由有资质的单位定期检测。个人剂量监测档案长期保存。

2、个人剂量计佩戴部位：剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置;对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应采用双剂量计监测方法,在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计,在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计。

3、监测周期：3 个月。每年按季度分四期监测。

4、个人剂量计经有资质的单位检测，如发现检测结果超标，应及时查明原因，并对超标者进行体格检查，了解健康情况，及时做出妥善处理。

二、场所年度监测制度（监督性）

1、每年由有资质单位对我院所有放射诊疗设备进行性能及防护检测。如发现有检测结果超标情况，应及时检修仪器或改进场所防护设施。

2、每年由有资质单位对我院所有放射诊疗设备所在场所的防护情况进行检测，检测项目包括操作位、操作室窗、操作室门、操作室墙、外走廊、外门、外墙、候诊位等。

3、定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对医院的所有辐射工作场所进行监测。年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射

线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，定期上报环保行政主管部门。

4、如发现有检测结果超标情况，应及时检修仪器或改进场所防护设施。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

医学影像质量控制和评价制度

1.影像中心设立影像质量管理工作小组，组长由科主任或分管副主任担任，小组成员应包括高年资影像诊断医师、医学影像技师，设备工程师和护师等相关专业人员。设立影像质量评价小组，定期开展影像质量评价。

2.影像中心常规 X 线、CT、MRI、核医学、DSA 实行统一管理，影像中心主任全面负责影像质量管理和控制，根据影像质量评价标准，组织影像质量管理工作小组定期和不定期对影像中心影像质量进行评价，发现存在的问题，提出改进意见（有评价结果分析与持续改进措施），不断地提高影像中心影像的质量。

3.每月开展 1 次医学影像技术质量控制活动。根据影像中心技术质量标准和评价方法，评价 X 线摄影条件是否合适，体位是否标准，胶片尺寸和图像放大比例应统一，不同时期检查的图像放大比例前后应一致。评价 CT 和 MRI 成像质量，统计影像质量优良率，分析不合格片和差片原因，根据图像质量缺陷，对每一个成像环节进行核查，找到导致图像质量缺陷的原因，分析评价结果，提出持续改进的措施。

4.根据诊断报告书写规范要求，每月 1 次抽查诊断报告书写质量，统计诊断报告优良率，发现诊断报告书存在的缺陷，提出改进意见，不断提高影像诊断水平和诊断正确率。

5.重视影像检查过程各个环节的质量控制

（1）影像中心登记人员：核对受检者姓名、性别、年龄、科室、床号、病历号、检查目的和要求，核实收费，正确登记编号，或将所

有资料输入电脑。

（2）检查技术人员：严格执行按操作程序开机，检查设备是否完好。仔细核对申请单、检查目的和要求，当目的和检查要求不清晰时主动与临床开单医师联系。核对受检者信息准确无误后进行检查。完成检查后要观察影像质量是否良好，是否符合临床申请要求和影像诊断要求。

（3）诊断医师：核对检查目的和要求，核对申请单、影像资料和报告单资料是否统一、观察影像质量是否符合诊断要求，诊断报告书写完成后应再次检查相关信息。

6.技师或医师日常工作中发现质量问题应及时逐级报告，上级技师或医师要及时处理。如质量问题较多，或出现严重质量问题，及时由影像质量管理工作小组研究解决。

7.定期进行医学影像诊断与手术、病理或出院诊断随访对比，统计影像诊断与临床诊断的符合率，分析误诊漏诊原因，不断总结经验，提高诊断正确性。随访工作每年一般不少于 6 次。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

影像中心质量与安全管理制度

医疗质量和医疗安全是影像中心工作的核心，影像中心工作量大，检查设备多，容易忽视检查环节和诊断细节，造成不同程度的技术和诊断缺陷，甚至误诊或漏诊。影像中心医疗安全涉及多个方面，为保障受检者的医疗安全，要落实以下各个工作环节的管理。

1.科主任、医疗技术骨干和护理人员组成科室医疗质量和医疗安全管理小组。设立科室质控员，负责科室医疗质量和医疗安全管理的具体工作。

2.制订科室医疗质量与医疗安全工作方案、教育与培训计划和质量与安全目标。医学影像诊断与手术病理诊断符合率不低于规定水平。

3.制订不良事件报告制度、医疗差错事故防范及其报告和处置流程。

4.人员保证影像中心工作人员的资质必须符合准入要求，独立从事医学影像诊断操作要求必须具有执业医师资格，签发影像中心诊断报告的至少为主治医师。技师、工程师必须具有大专学历或已经取得影像专业相关技士资格，护士必须具备执业护士资格。

5.设备准入和安全保证依法取得《放射诊疗许可证》和《大型医用设备配置许可证》，影像中心各种设备性能通过技术监督部门的检查应为合格。X 线设备检查辐射剂量在允许范围。检查机械装置安全性能是否良好，检查环境是否安全。

6.落实影像中心核对制度，抓好各环节管理，避免差错。控制影

像成像质量和诊断质量，减少误诊，避免漏诊。

7.建立危急值管理制度，制订危急值处理预案和发生对比剂不良反应时的处理流程。影像中心配备必要的抢救药品、抢救设备和抢救物品。

8.影像中心工作人员要熟悉危急值处理和对比剂不良反应处理流程，具有应急处理能力，并定期进行应急处理能力培训和演练。

9.严格掌握医学影像检查适应症和注意事项，熟悉各种影像中心设备特性对受检者的风险，尤其要加强 MRI 检查前的安全评估。

10.制订辐射应急预案和停电停水应急处理预案，防止意外伤害。

11.制订网络信息故障应急预案，保证医疗信息资料完整性以及网络信息故障修复过程中的正常工作。

12.对影像中心的医疗质量、医疗安全管理做到经常性的检查督导，随时发现医疗安全隐患并及时整改。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

影像中心辐射安全管理制度

为加强影像中心辐射防护安全管理，根据《放射诊疗管理规定》和《放射科 X 线辐射防护管理规定》，遵守医疗照射正当化和放射防护最优化的原则，制订影像中心辐射安全管理制度。

1.在分管院长和相关职能部门指导下，影像中心主任负责影像中心辐射防护管理，并设兼职放射防护管理人员、以协助科主任对影像中心辐射防护的管理。

2.影像中心 X 线机房、CT 机房、核医学及 DSA 机房房门上有电离辐射警示标志，并有醒目的工作指示灯和 X 线辐射的告示。

3.对受检者进行检查应当按照操作规程严格控制照射剂量。对邻近照射野的敏感器官和组织应当进行屏蔽防护。对育龄妇女的腹部或骨盆进行 X 线检查前，应询问是否妊娠。对孕妇的 X 线检查应向受检者说明可能的危害，在受检者本人知情同意并在本人或直系亲属签字后方可实施此类检查。非特殊需要，对受孕后 8~15 周的育龄妇女，不得进行下腹部放射影像检查。

4.技师要严格执行各种医学影像设备操作规程，以确保影像质量，避免重复照射。在不影响诊断的前提下，摄片、透视或介入诊疗等尽可能采用高电压、低电流和小照射野。

5.各 X 线机房内配备必要的辐射防护用品，X 线检查过程中无关人员不得进入机房，确需陪同者，应采取预防辐射措施，并嘱陪同人员应尽量远离 X 线球管。

6.X 线机房、CT、核医学和 DSA 机房应符合辐射防护要求。X 线

诊断装置的防护性能和与照射质量有关的各项技术指标，应当符合有关标准要求，定期检测。

7.新参加放射工作的人员应进行健康检查，符合健康要求才能从事放射工作，同时要接受辐射防护知识培训，取得放射工作人员资格证。

8.工作人员在工作时间应佩戴个人剂量仪，接受个人剂量监测，并建立个人剂量档案。在岗期间每 2 年接受放射工作人员健康检查，并建立个人健康档案。

9.放射工作人员要加强辐射防护意识，定期接受辐射防护知识培训。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

影像中心设备维修保养及管理制度

1.由设备使用人员进行维护和保养。专职人员负责对设备进行定期校正与维护，每台设备的维护与保养落实到人。要求设备的运行完好率>95%。

2.每日开机前确保机房环境条件（温度、湿度等）符合设备要求。开机后先检查设备是否正常，有无提示错误等，如有异常或报错必须先排除。

3.严格遵守设备操作规程，使用中遇到异常情况应立即切断电源，请机修人员检查和维修。

4.在使用 CT 前应先预热球管后才能工作。在使用 MRI 前应先查看液氦存储情况。

5.每日工作完后，及时清洗设备上的污物和血迹等。

6.每日记录设备运行状况。

7.待维修的设备应放置警示告知，以避免误操作。

8.设备定期维护要记录，设备供应商对设备的检修维护有留底。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

介入手术室岗位职责

1.在科主任及技师长领导下，介入手术室内设备和器械等分别由技师和医师专人负责，做好设备和器械的维护、保养和维修工作，以保证介入手术室的正常工作。

2.严格遵守操作规程，不得擅自更改设备的性能及参数。非影像中心技术人员未经同意不得使用设备。进修、规培和实习人员必须在带教老师指导下操作。要保持机房内整洁，不得在机房内喧哗，维护良好的工作环境。

3.介入手术室的相关人员（医师、技师和护师）均应相对固定，定期轮转，确保工作的稳定性和连续性。

4.介入手术室医师在介人诊疗前应事先了解患者的病情，严格掌握适应证和禁忌证，操作时必须符合医疗规范。护师必须严格执行查对制度。接诊时护师、医师和技师均要核对患者的姓名、年龄、床号、手术名称、病理资料、影像资料、术前准备、术中用药及有关用药的试验结果。技师在造影前必须确保设备正常工作。

5.严格执行无菌技术操作规程，禁止无关人员入内。

6.工作结束后，医师应密切观察患者的术后情况并及时开好医嘱；技师应将设备复位和整理机房；护师应及时清理和消毒器械。

7.每天对介入手术室进行空气消毒，机房内空气每月培养 1 次。

8.设备出现故障时，应及时停机并记录故障情况，通知维修人员和报告科室负责人。

9.下班前要及时关机、关灯及关闭空调，最后关闭机房房门。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

附件 8 放射事故应急处理预案

岳阳市中心医院
放射事故应急处理预案

一、总则

第一条　为使本单位一旦发生放射诊疗突发事件时，能迅速采取必要和有效的应急行动，保护工作人员、公众及环境安全，根据国家《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》及《放射诊疗管理规定》等制度要求，结合本院实际，制定本应急预案。

第二条　本预案适用于医院范围内发生的一切与放射诊疗活动有关的事件，其中影像中心、放疗科与核医学科是重点监管对象。

第三条　本预案所提及的放射性突发事件是指，是指放射诊疗设备突发故障或突遭自然灾害、放射性同位素丢失、被盗或者射线装置、放射性同位素失控而导致工作人员或者公众受到意外的、非自愿的异常照射。

第四条　放射性突发事件应急处理工作，坚持迅速报告；主动抢救；生命第一；科学施救，控制危险源，防止事故扩大；　保护现场，收集证据的工作原则。

第五条　医院成立放射性突发事件应急处理领导小组及放射性突发事件应急处理抢救小组，对医院依法处理放射性突发事件应急工作实施统一指挥、监督和管理。

二、辐射事故分级

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（Ⅰ级）、重大辐射事故（Ⅱ级）、较大辐射事故（Ⅲ级）和一般辐射事故（Ⅳ级）四个等级。

特别重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）

急性重度放射病、局部器官残疾。

较大辐射事故，是指III类放射源丢失、被盗、失控或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。

一般辐射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

三、应急处理机构与职责

（一）本单位成立放射事件应急处理领导小组和由医务科、护理部、设备科、药剂科、行政后勤科、保卫科及临床有关科室组成的抢救小组。负责对事件应急处理的统一领导、统一指挥；组织、开展放射事件的应急处理救援工作，领导小组组成如下：

组　长：

副组长：

成　员：

应急处理

（核医学科）、

省生态环境厅：0731-85698110

市生态环境局：0730-8879820

市卫健委：0730-8222629

市公安局：0730-8619148

环保热线：12369

（二）应急处理领导小组职责：

1.定期组织对放射诊疗场所、设备和人员进行放射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至院办并落实整改措施；

2. 发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；

3. 事故发生后立即组织有关部门和人员进行放射性事故应急处理；

4. 负责向卫生行政部门及时报告事故情况；

5. 负责放射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

6. 放射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其他工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

7. 负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

（三）应急处理抢救小组职责：

设备科、医务科：负责事件的报告，配合有关部门核实事件情况，判断事件级别。

医务科、护理部：组织医务人员对事件致病的人员提供医疗救护。

行政后勤科：负责事件所需新建、改建的设施的施工和提供后勤物资供给。

设备科、药剂科：负责采购、安装所需救治器材和救治药品。

保卫科：负责封锁现场，维护医院治安，维护医疗秩序，协助有关部门的调查。

四、应急处理程序

（一）放射性同位素泄漏引发的事故处理：

1、放射性突发事件发生后，当事人应立即通知现场所有的工作人员转移至安全区域，保卫科配合负责封锁现场；科室成员与总务后勤人员协调怕配合切断一切可能扩大污染范围的环节，迅速开展检测，严防对医院人员、食物、水源和医院周围环境的污染；

2、发现人立即上报医院应急领导小组，并由医院领导小组立即上报卫生行政主管部门，对可能造成环境污染事故的，必须配合环境保护部门进行处理；

3、对可能受放射性核素污染或者放射损伤的人员，立即采取暂时隔离和应急医疗救援措施，尽最大能力减轻放射性意外对人体的危害，保障病人及医护人

员的生命。

4、在采取有效个人安全防护措施的情况下组织专门人员进入事故现场，迅速确定放射性同位素种类、活度、污染范围和污染程度，采取措施彻底清除放射源污染。污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

（二）人体受超剂量射线照射引发的事故处理：

1、影像中心、放疗中心及核医学科一旦出现超剂量照射的情况，医院有关部门马上协同解决病人医学检查及治疗等问题，同时立即上报医院应急领导小组。

2、放射事故发生后应立即停止使用有关仪器，并进行检修。待问题查明后，经检修及鉴定后方可重新投入使用。

（三）放射源丢失、被盗事故处理：

1、一旦发生放射源丢失、被盗的情况，科室马上组织人员做好事故现场的保护工作，同时向医院应急领导小组和保卫科报告，迅速报告公安部门，积极配合，协助做好案件的调查、侦破工作，早日找回丢失、被盗的反射源，将事故危害缩小到最小范围。

2、事故后处理，医院应急领导小组及相关科室要认真分析思考，找出日常管理工作中的问题所在，落实好整改意见，避免类似事件再次发生。

（四）放射诊疗设备突发故障或突遭自然灾害事故的处理：

1、放射诊疗设备突发故障或突遭自然灾害时，立即按下红色紧急按钮，关闭总电源，迅速将病员转移到安全地带。立即采取暂时隔离和应急医疗救援措施，尽最大能力减轻放射性意外对人体的危害，保障病人的生命。

2、医务人员迅速封锁现场，防止辐射范围的扩大。同时立即报告应急领导小组。

3、组织专门人员进入事故现场，迅速确定放射性污染范围和污染程度，采取措施彻底清除放射源污染。污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

4、封锁解除后，组织专人检修设备，保证设备的安全性后再投入使用。

五、事故报告及善后

1、发生放射事故的科室必须于 2 小时内报告医院应急领导小组。

2、放射性同位素丢失、被盗的放射事故由保卫科向公安机关报告，造成环境放射性污染的，还应当同时报告当地生态环境部门；人体受到超剂量照射的放射事故由医务科向卫生行政主管部门报告。

3、不按规定程序和时限报告或者阻挠、干扰有关科室执行职责的，对有关责任科室和责任人员追究行政责任；造成重大损失或重、特大事故的，将报请公安机关追究责任科室和责任人的治安或刑事责任。

4、事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

六、应急准备

1、应急物资和装备

有关部门及科室应做好辐射事故应急物资和装备准备，包括：个人剂量计、个人防护设备（铅防护服、铅眼镜、铅围脖、防护靴等）、辐射应急监测仪器（表面污染监测仪）、清洗去污设备等，并及时更新和维护。

2、培训与演练

针对医院开展核技术应用的实际情况和需要，定期组织开展辐射应急培训与应急演练，对辐射事故应急技术人员和管理人员进行国家有关法规和应急专业知识培训和继续教育，使应急救援人员熟练掌握放射损伤医疗救治、应急处置、放射防护等知识，不断提高应急反应及救援能力，确保在突发辐射事故时能够及时、安全、有效开展卫生应急工作。

3、资金保障

有关部门应做好辐射事故应急保障经费预算，用于人才培养、应急物资配备与更新、培训与演习，以确保辐射事故卫生应急所需资金到位。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

附件 9 现状监测报告

221821130636

监 测 报 告

TEST REPORT

项目编号：HNYR-2022-JC00262
(Report no.)

检测项目：辐射环境监测
(Project name)

受检单位：岳阳市中心医院
(Deliver unit)

湖南涌仁科技有限公司
Hunan Yongren Science and Technology Co., Ltd.
二〇二二年五月二十日

湖南涌仁科技有限公司
监测报告

报告编号：HNYR-2022-JC00262　　第 1 页 共 3 页

1、辐射环境监测项目执行依据、使用仪器

监测项目	γ辐射剂量率、β表面污染		
受检单位	岳阳市中心医院		
受检单位地址	岳阳市中心医院新院区		
监测类别	委　托	监测方式	现场监测
委托日期	2022 年 3 月 8 日	监测日期	2022 年 4 月 26 日
天气	晴	温/湿度	23℃/42.5%RH
联 系 人	[redacted]		
监测所依据的技术文件名称及代号	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《表面污染测定 第 1 部分: β发射体（$E_{\beta max}$>0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）		
监测仪器信息	仪器名称	环境级 X、γ剂量率仪	表面沾污仪
	仪器型号	XH-2020	CoMo170
	出厂编号	2013030071	8839
	能量响应范围	45keV-3MeV	——
	量程	0.001-1000μSv/h	α：1-3000cps； β/γ：1-20000cps
	检定单位	中国计量科学研究院	中国计量科学研究院
	检定证书编号	DLjl2021-16030	DLhd2021-14057
	检定有效期	2021 年 7 月 20 日-2022 年 7 月 19 日	2021 年 11 月 10 日-2022 年 11 月 09 日

报告编制人 [illegible]　审核人 [illegible]　签发人 [illegible]　签发日期 2022.5.20

2、监测结果

2.1 γ辐射剂量率监测数据表

监测点位	位置描述	γ辐射剂量率监测值(μSv/h)
1#	加速器机房拟建位置	0.13
2#	回旋加速器机房拟建位置	0.13
3#	核医学科拟建位置	0.12
4#	介入中心拟建位置	0.10
5#	医技综合楼杂交手术室拟建位置	0.11
6#	门急诊综合楼杂交手术室拟建位置	0.11

注：以上监测数值未扣除宇宙射线响应。

2.2 β表面污染监测数据表

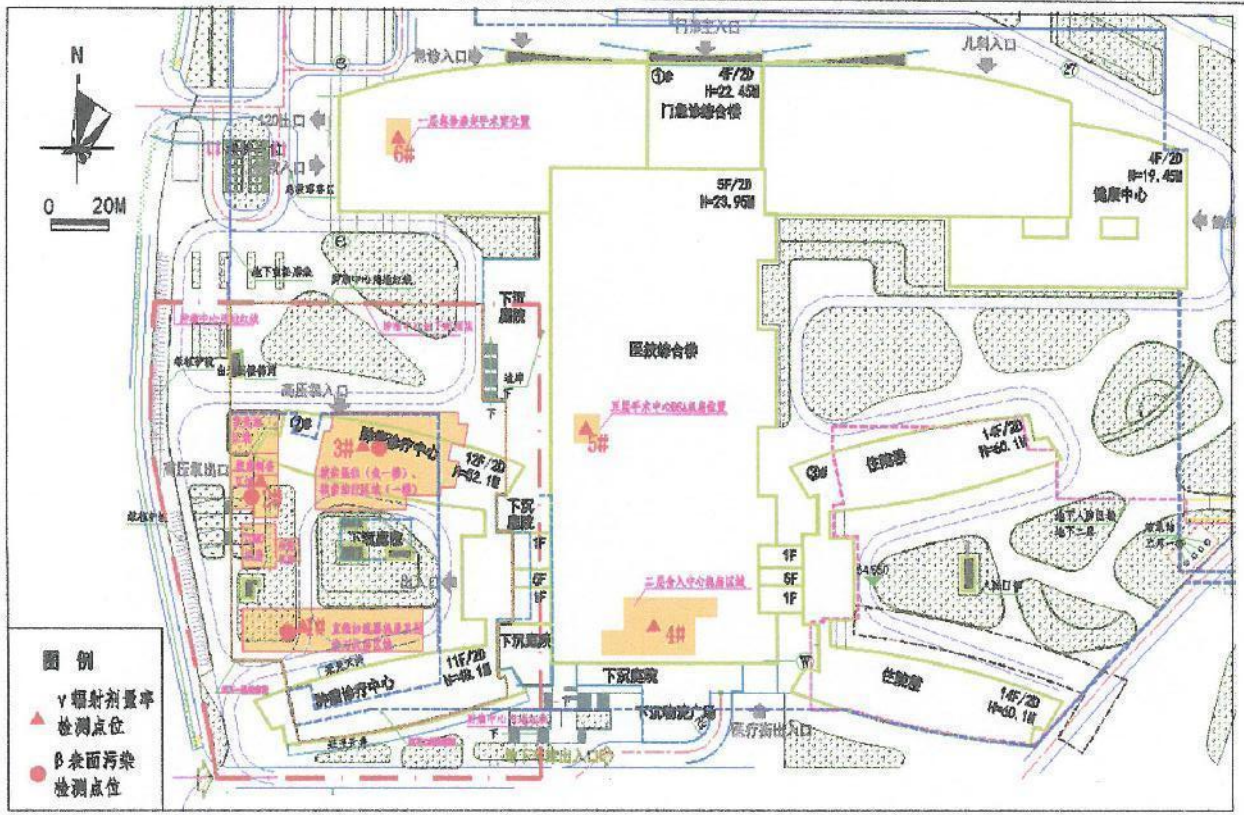
监测点位	位置描述	β表面污染监测值（Bq/cm^2）
1#	加速器机房拟建位置	＜MDL
2#	回旋加速器机房拟建位置	＜MDL
3#	核医学科拟建位置	＜MDL

注：探测下限 MDL=0.17Bq/cm^2。

湖南涌仁科技有限公司

监测报告

报告编号：HNYR-2022-JC00262　　第 3 页 共 3 页



报告编号	HTE2022FSWT004
总页数	共 2 页

岳阳市中心医院
辐射环境监测报告

宏泰检测
Hongtai Testing & Evaluation

湖南华中宏泰检测评价有限公司

2022 年 5 月 27 日

湖南华中宏泰检测评价有限公司
检测报告

委托单位	湖南涌仁科技有限公司	联系人	
单位地址	长沙市雨花区洞井中路 476 号武峰大厦 2 地块 2 栋 201 室	联系电话	
被检单位	岳阳市中心医院	联系人	
检测地点	岳阳市中心医院新院区	联系电话	
检测内容	中子剂量当量率	检测日期	2022.04.26
天气	晴	温/湿度	23℃/42.5%RH
检测依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）		

检测仪器（编号，名称，型号及检定信息）	仪器名称	中子周围剂量当量率仪
	仪器型号	ATKN
	出厂编号	17611
	能量响应范围	0.025 MeV～10 MeV
	量程	0.1 μSv/h～10 mSv/h
	检定单位	中国计量科学研究院
	检定证书编号	DLjs2021-12427
	检定有效期	2021 年 12 月 7 日～2022 年 12 月 6 日
检测情况描述	岳阳市中心医院拟在新院肿瘤诊疗中心新建电子直线加速器机房和回旋加速器机房。受湖南涌仁科技有限公司委托，我公司对该电子直线加速器机房及回旋加速器机房拟建场所（具体见示意图）的中子剂量当量率环境本底值进行了检测。 以下空白。	

编制人：胡毅　　审核人：易俊　　签发人：

日期：2022

（检测专用章）

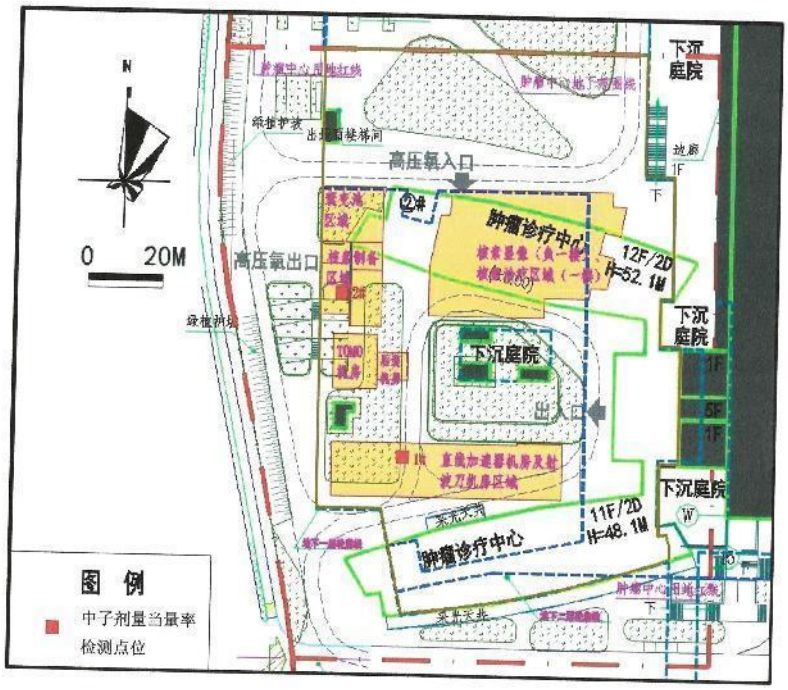
检测结果

1、检测结果

检测点	检测点位置描述	中子剂量当量率(μSv/h)
1#	加速器机房拟建位置	<MDL
2#	回旋加速器机房拟建位置	<MDL

注：（1）MDL 为检测仪器探测下限，探测下限为 0.1 μSv/h；
（2）检测时仪器探头离地 100cm。

2、检测布点示意图



附件 10 机房辐射屏蔽设计参数

岳阳市中心医院新院区回旋加速器机房辐射屏蔽设计参数

机房名称	方位	材料及厚度
回旋加速器机房	东墙	2350mm 混凝土
	南墙	2300mm 混凝土
	西墙	2550mm 混凝土
	顶棚	2300mm 混凝土
	地面	400mm 混凝土
	一阶迷道内墙	930~1326mm 混凝土
	二阶迷道内墙	585~1056mm 混凝土
	三阶迷道内墙	600mm 混凝土
	三阶迷道外墙	400mm 混凝土
	防护门	5mm 铅板+200mm 含硼 5%的聚乙烯+5mm 铅板

注：混凝土密度：2.35g/cm^3，铅密度：11.3g/cm^3，聚乙烯密度：0.94g/cm^3

1

岳阳市中心医院新院区核医学科及Ⅱ类射线装置辐射防护设计一览表

区域	机房名称	四周墙体（mm）	顶板（mm）	地板（mm）	防护门（mm）	观察窗（mm）
核素显像区	分装室	240 实心红砖	250 混凝土	120 混凝土	8Pb	注射窗 40Pb 铅当量
	储源室	240 实心红砖	250 混凝土	120 混凝土	8Pb	——
	固废室	240 实心红砖	250 混凝土	120 混凝土	8Pb	——
	PET-CT 注射后休息室（1）	东、西、北墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 南墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12Pb	——
	PET 注射后 VIP 休息室	东、北墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 西、南墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12Pb	——
	PET-CT 注射后休息室（2）	东、南、北墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 西墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12Pb	——
	PET-MR 注射后休息室	东、南墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 西、北墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12Pb	——
	PET 注射后患者走廊	240 实心红砖+80 硫酸钡（不包括机房墙体）	250 混凝土	120 混凝土	入口防护门 20Pb 西侧防护门 20Pb	——
	PET-CT 机房	370 实心红砖+30 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	8Pb	8Pb 铅当量
	PET-MRI 机房	370 实心红砖+30 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	8Pb	8Pb 铅当量
	PET 留观抢救室	东、南墙 240 实心红砖+60 硫酸钡 西、北墙 240 实心红砖+80 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	12Pb	——
	SPECT-CT 注射后休息室	240 实心红砖+60 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3Pb	——
	SPECT-CT 机房（1）	370 实心红砖+30 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3Pb	3Pb 铅当量
	SPECT-CT 机房（2）	370 实心红砖+30 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3Pb	3Pb 铅当量
	SPECT-CT 注射后患者走廊	240 实心红砖+60 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3Pb	——

	SPECT-CT 留观/抢救室	240 实心红砖+60 硫酸钡	250 混凝土	120 混凝土	3Pb	——
核素治疗区	储源室	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	——
	分装、配药室（甲亢）	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	服药窗 40Pb 铅当量
	自动分装室（甲癌）	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	服药窗 40Pb 铅当量
	固废室	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	——
	甲功测定室	240 实心红砖	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	——
	甲亢服药走廊	东西北墙为 240 实心红砖南墙为 370 实心红砖+30 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	——
	甲亢留观抢救室	240 实心红砖+60 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	——
	甲癌病区走廊	北墙：370 实心红砖+30 硫酸钡 东、西、南墙：370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	东入口、缓冲区防护门 30Pb，北出口防护门 15Pb	取餐窗 30Pb 铅当量
	甲癌病房 1 号	370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	20Pb	采光窗 25Pb 铅当量
	甲癌病房 2 号	370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	20Pb	采光窗 25Pb 铅当量
	甲癌病房 3 号	370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	20Pb	采光窗 25Pb 铅当量
	甲癌抢救室	370 实心红砖+120 硫酸钡	300 混凝土	300 混凝土	12Pb	采光窗 15Pb 铅当量
	粒籽病房	240 实心红砖+15 硫酸钡	120 混凝土	120 混凝土	1Pb	采光窗 1Pb 铅当量
II 类射线装置	DSA 机房	240 实心红砖+20 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	200 混凝土+10 硫酸钡	3Pb	3Pb 铅当量

注：混凝土密度：2.35g/cm^3，铅密度：11.3g/cm^3，实心红砖密度：1.65g/cm^3，硫酸钡密度：3.2/cm^3。

岳阳市中心医院新院区医用直线加速器、后装机房屏蔽设计参数

机房名称	方位	区域	材料及厚度
TOMO 治疗室	东墙	主屏蔽区	2500mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	2500mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	北墙	/	1700mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	/	800~1700mm 混凝土
	迷道外墙	/	1080~1700mm 混凝土
	防护门		8mm 铅
1 号加速器机房	东墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	南墙	侧墙	1700mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	侧墙	800~1700mm 混凝土
	迷道外墙	侧墙	1100~1700mm 混凝土
	防护门		16mm 铅
2~4 号加速器机房	东墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	南墙	侧墙	1700mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	侧墙	800~1700mm 混凝土
	迷道外墙	侧墙	1100~1700mm 混凝土
	防护门		16mm 铅
5 号加速器机房	东墙	主屏蔽区	3150mm 混凝土
		次屏蔽区	2500mm 混凝土
	南墙	侧墙	1700mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽区	3000mm 混凝土
		次屏蔽区	1700mm 混凝土

1

	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	侧墙	800~1700mm 混凝土
	迷道外墙	侧墙	1100~1700mm 混凝土
	防护门		16mm 铅
射波刀治疗室	东墙	/	2500mm 混凝土
	南墙	/	2500mm 混凝土
	西墙	主屏蔽区	3150mm 混凝土
		次屏蔽区	2500mm 混凝土
	顶棚	/	2500mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	/	550~2500mm 混凝土
	迷道外墙	/	300~2500mm 混凝土
	防护门		10mm 铅
后装治疗室	东墙	/	800mm 混凝土
	南墙	/	800mm 混凝土
	北墙	/	800mm 混凝土
	顶棚	/	800mm 混凝土
	地面	/	600mm 混凝土
	迷道内墙	/	800mm 混凝土
	迷道外墙	/	1700mm 混凝土
	防护门		10mm 铅

注：混凝土密度：2.35g/cm^3，铅密度：11.3g/cm^3。

附件 11 关于剂量管理目标值的确定文件

关于我院核技术利用项目所致工作人员和公众剂量管理目标值的确定

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B1 剂量限值的 B1.1.1.1 款和 B1.1.1.2 款结合医院拟使用的放射性同位素和医用射线装置的实际情况，现明确我院放射工作人员和公众的年有效剂量管理目标值如下：

1、放射诊断相关放射工作人员：对放射诊断工作人员的年有效剂量管理目标值≤2.0mSv/a，对公众成员的年有效剂量管理目标值≤0.1mSv/a。

2、介入放射学相关放射工作人员：对介入医护人员的年有效剂量管理目标值≤5.0mSv/a，对公众成员的年有效剂量管理目标值≤0.1mSv/a。

3、核医学相关放射工作人员：对核医学工作人员的年有效剂量管理目标值≤5.0mSv/a，对公众成员的年有效剂量管理目标值≤0.1mSv/a。

4、放射治疗相关放射工作人员：对放射治疗工作人员的年有效剂量管理目标值≤2.0mSv/a，对公众成员的年有效剂量管理目标值≤0.1mSv/a。

岳阳市中心医院

2022 年 3 月 8 日

附件 12 本项目各科室工作量计划

岳阳市中心医院新院区核技术利用建设项目工作量计划

核医学科放射性核素工作安排一览表

核素名称	每人次最大用量		工作安排
	Bq	mCi	
^{99m}Tc	1.11E+09	30	60 人/d，5d/周，52 周/a，15600 人/年
^{18}F	3.70E+08	10	70 人/d，5d/周，52 周/a，18200 人/年
^{131}I（甲亢）	3.70E+08	10	5 人/d，20d/月，1200 人/年
^{131}I（甲癌）	7.40E+09	200	6 人/批，5d/批，5 批/月，360 人/年
^{131}I（甲测）	3.70E+05	0.01	10 人/d，20d/月，2400 人/年
回旋制药	单次制药量 1.33E+11Bq（3.6Ci），1 次/d，5d/周，52 周/a，260 次/年		

放疗科工作负荷情况

设备名称	治疗照射时间	工作安排
螺旋断层放射治疗系统（TOMO）	5min/人	50 人/d，5d/周，50 周/a，12500 人/年
医用电子直线加速器	6min/人	50 人/d，5d/周，50 周/a，12500 人/年
射波刀	5min/人	15 人/d，5d/周，50 周/a，3750 人/年
后装机	8min/人	6 人/d，5d/周，50 周/a，1500 人/年

介入科每台 DSA 工作负荷情况

设备名称	年开展工作量	每台手术曝光时间	年曝光时间
DSA	1000 台/年	约 25min	约 417h

附件 13 关于岳阳市第一人民医院等机构更名的批复

中共湖南省委机构编制委员会办公室

湘编办复字〔2021〕14号

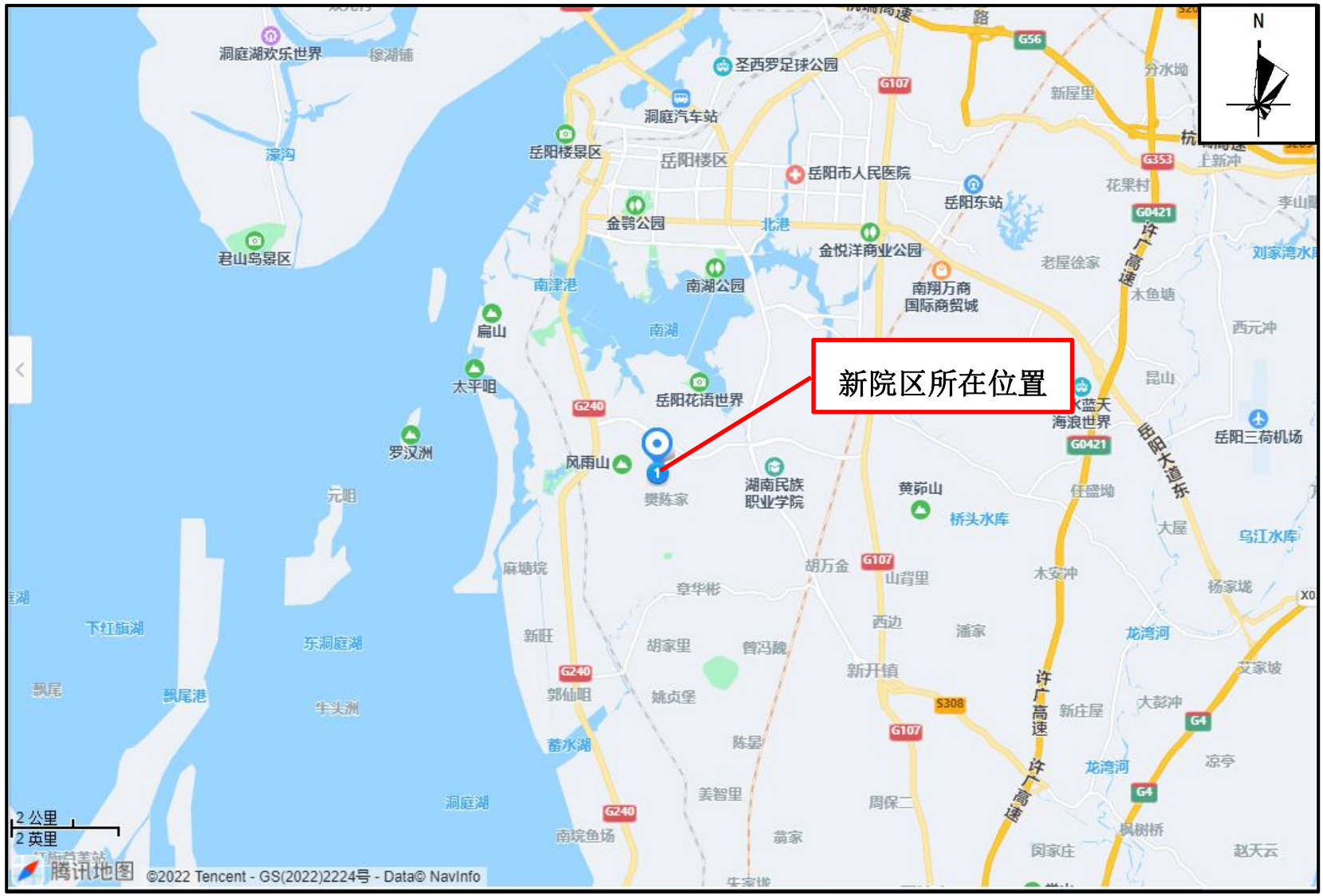
关于岳阳市一人民医院等机构更名的批复

中共岳阳市委机构编制委员会:

《关于请求批准岳阳市一、二、三人民医院更名的请示》(岳编报〔2021〕3号)收悉。经研究，同意岳阳市一人民医院更名为岳阳市中心医院，岳阳市二人民医院更名为岳阳市人民医院，岳阳市三人民医院(岳阳市血吸虫病专科医院、岳阳市传染病医院)更名为岳阳市公共卫生医治中心(岳阳市传染病医院、岳阳市血吸虫病防治所)。

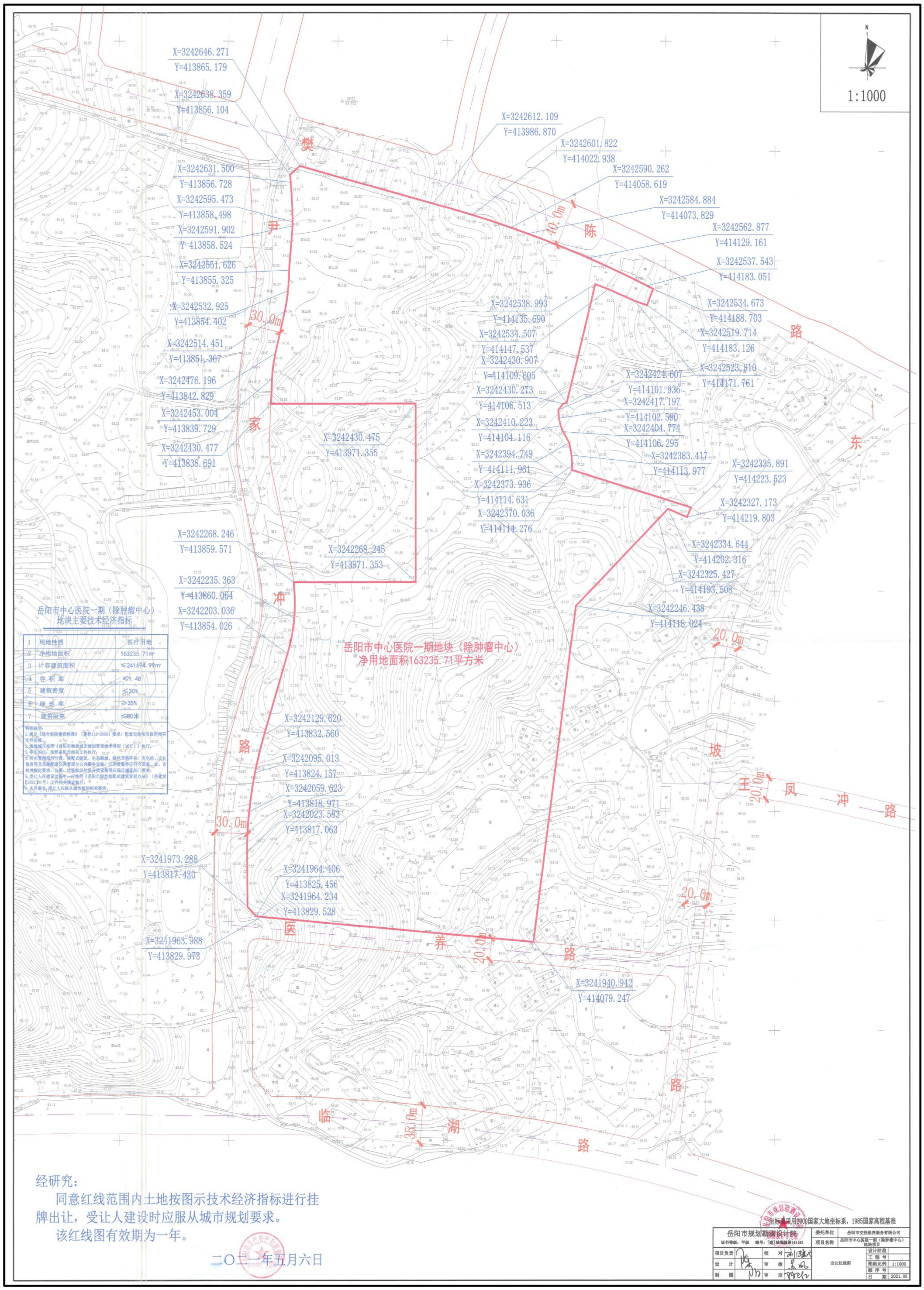
中共湖南省委机构编制委员会办公室

2021年6月4日

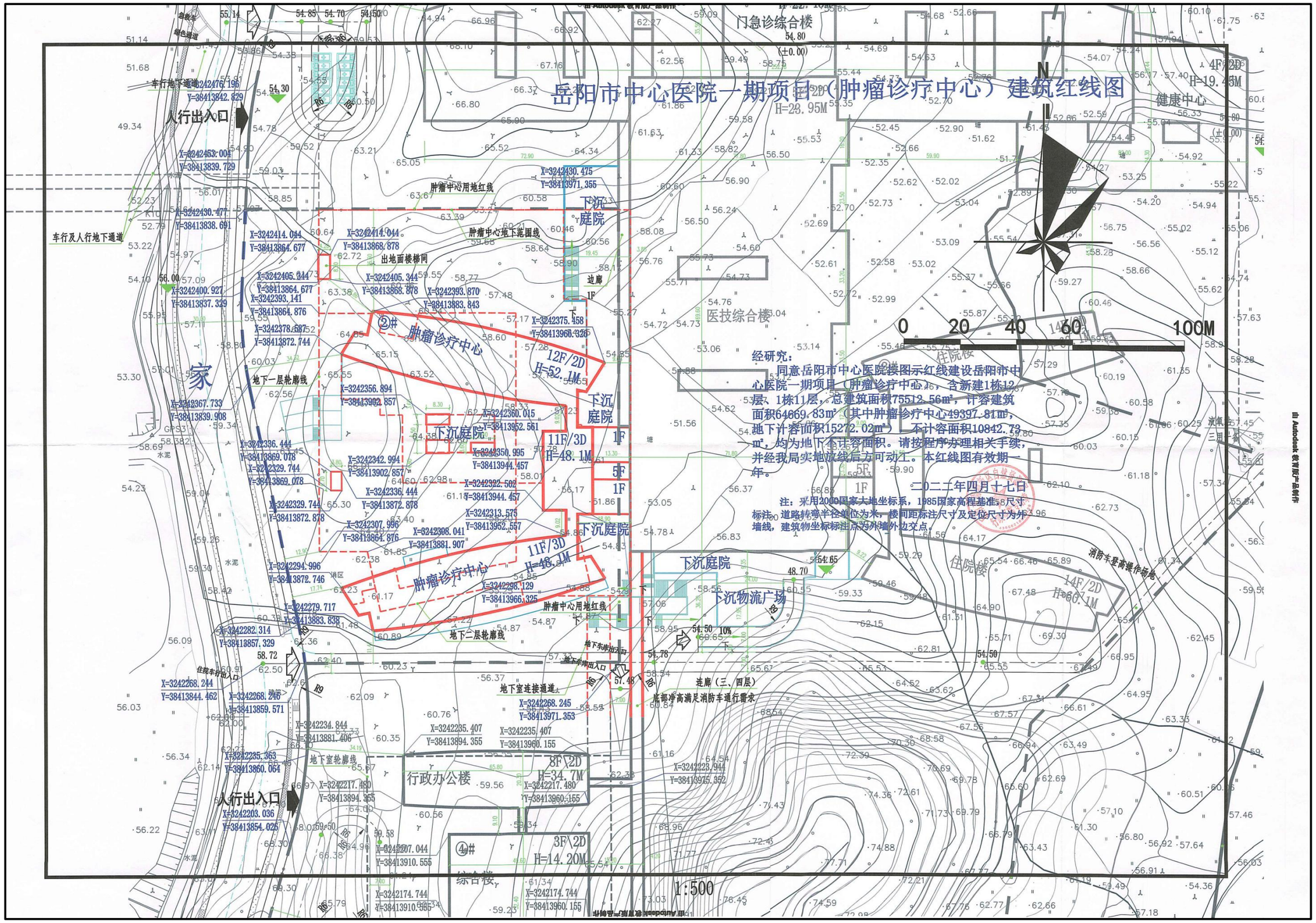


附图 1　岳阳市中心医院新院区地理位置示意图

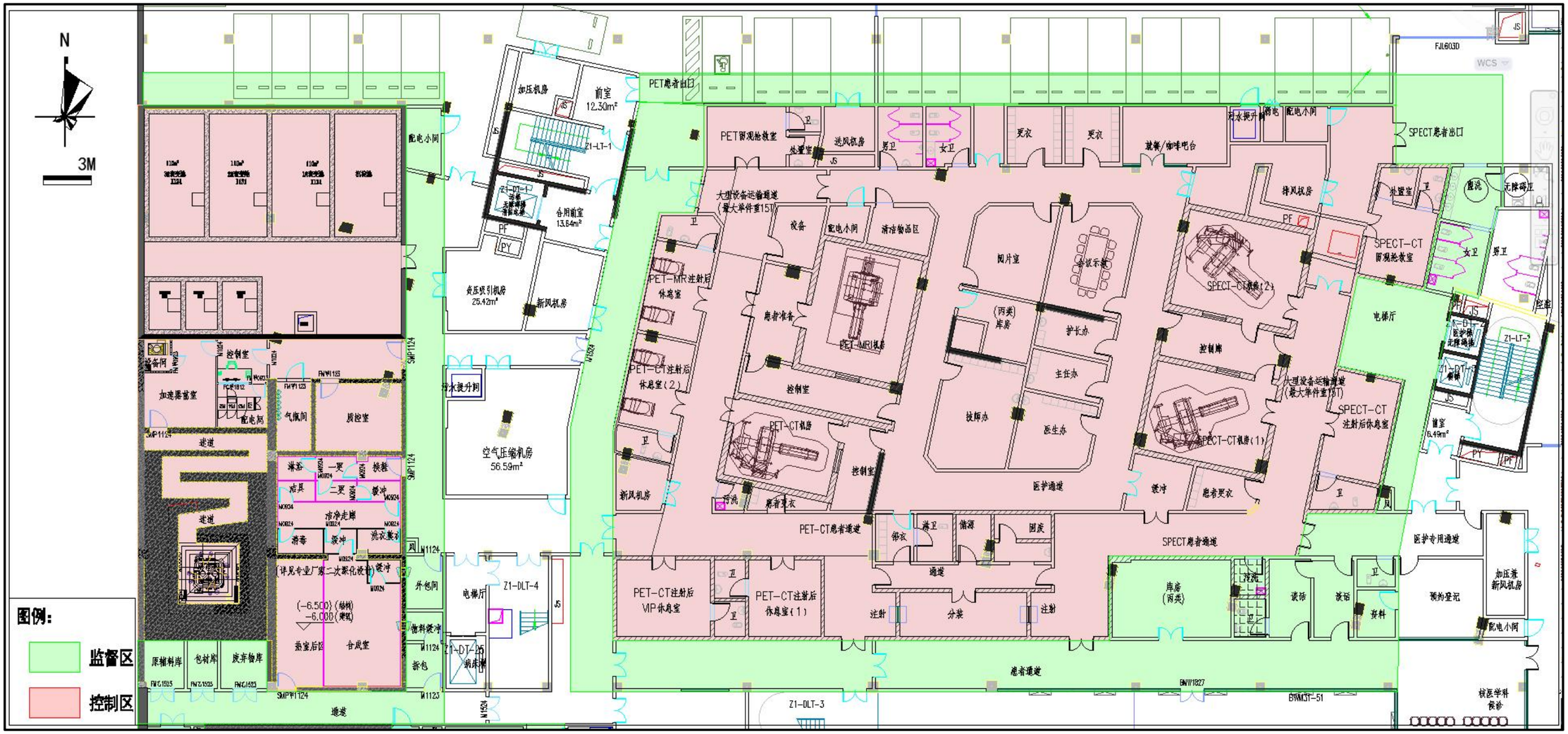
附图 2　岳阳市中心医院新院区规划总图



附图 3-1　岳阳市中心医院新院区用地红线图（除肿瘤诊疗中心）



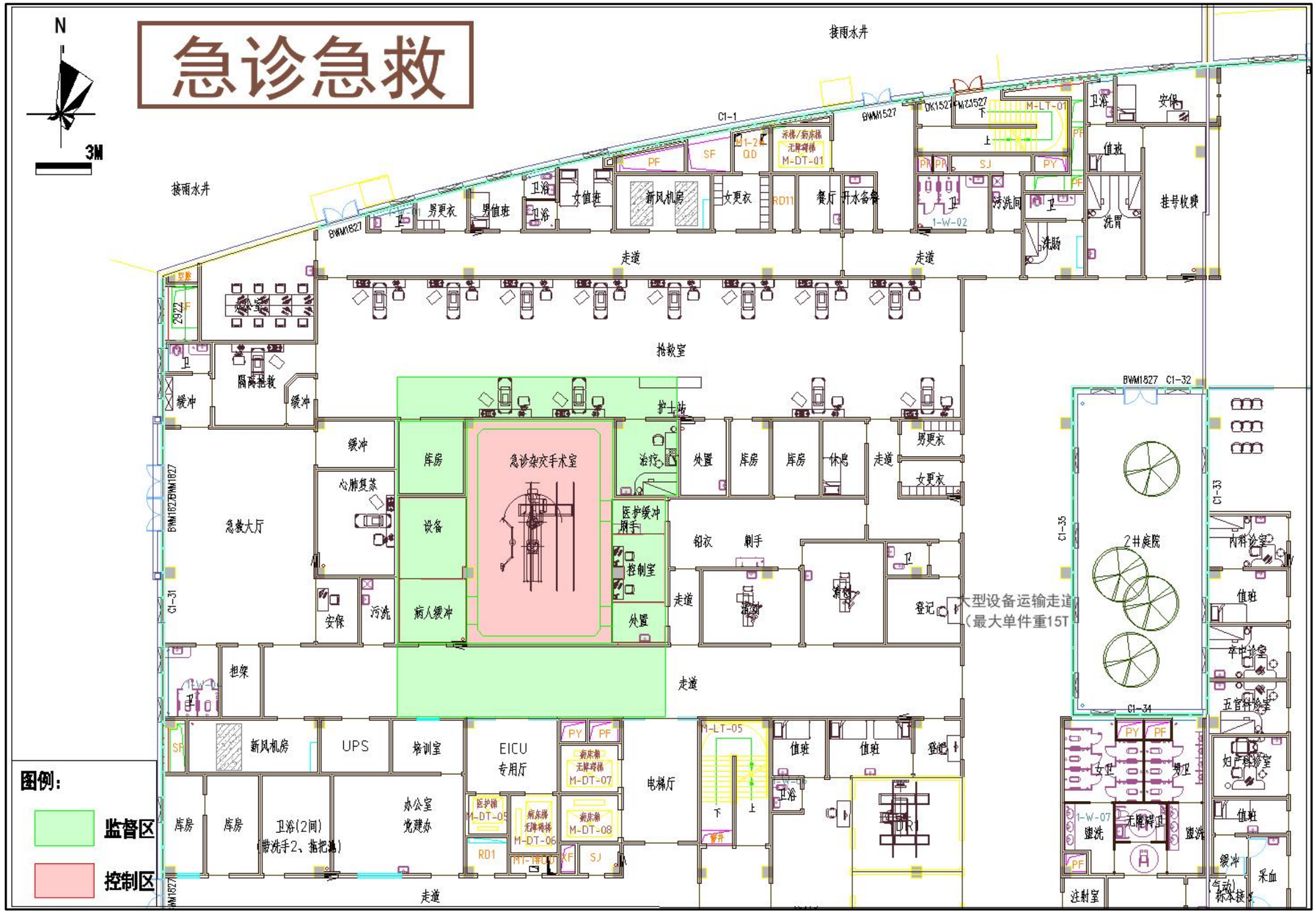
附图 3-2　岳阳市中心医院新院区用地红线图（肿瘤诊疗中心）



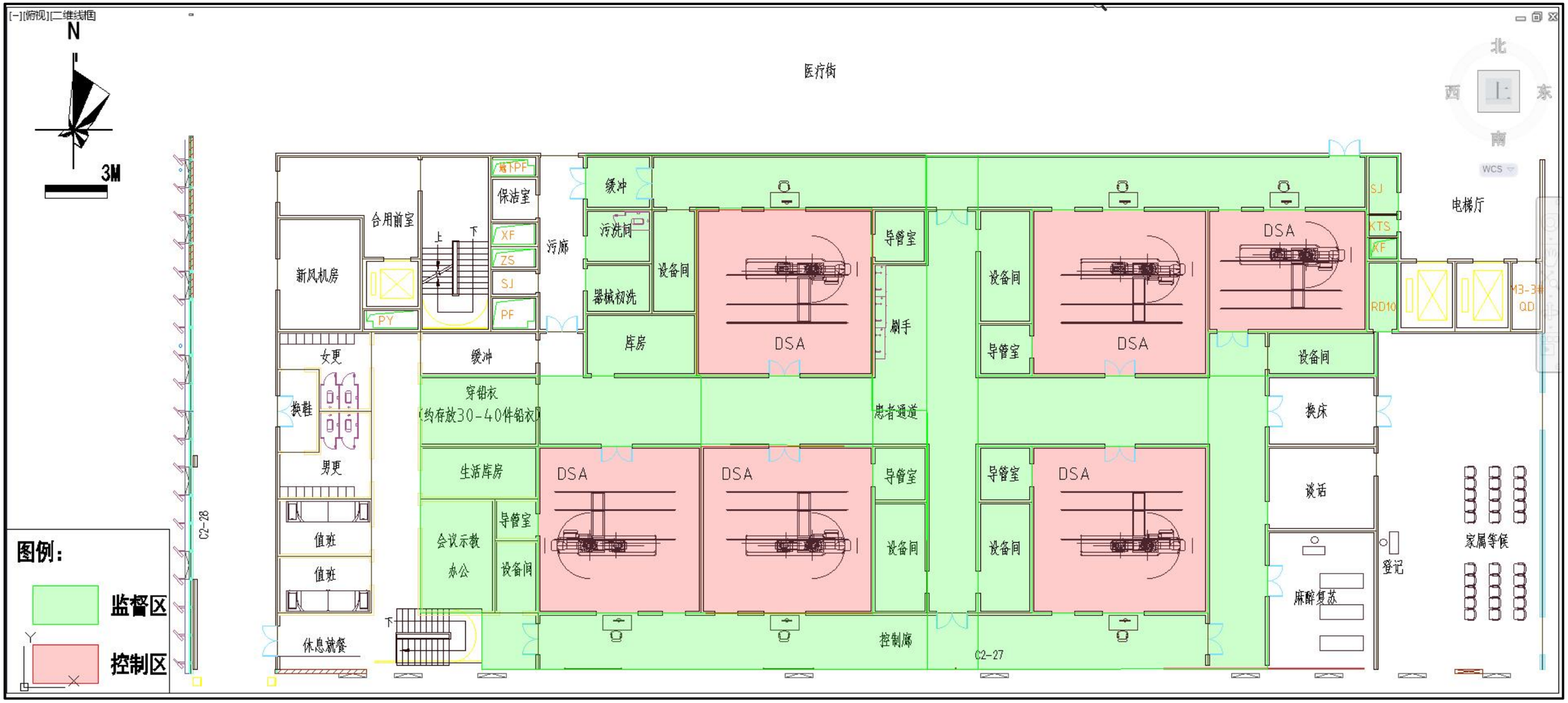
附图 4-1　肿瘤诊疗中心负一楼核医学科平面布置及分区图

附图 4-2　肿瘤诊疗中心一楼核医学科平面布置及分区图

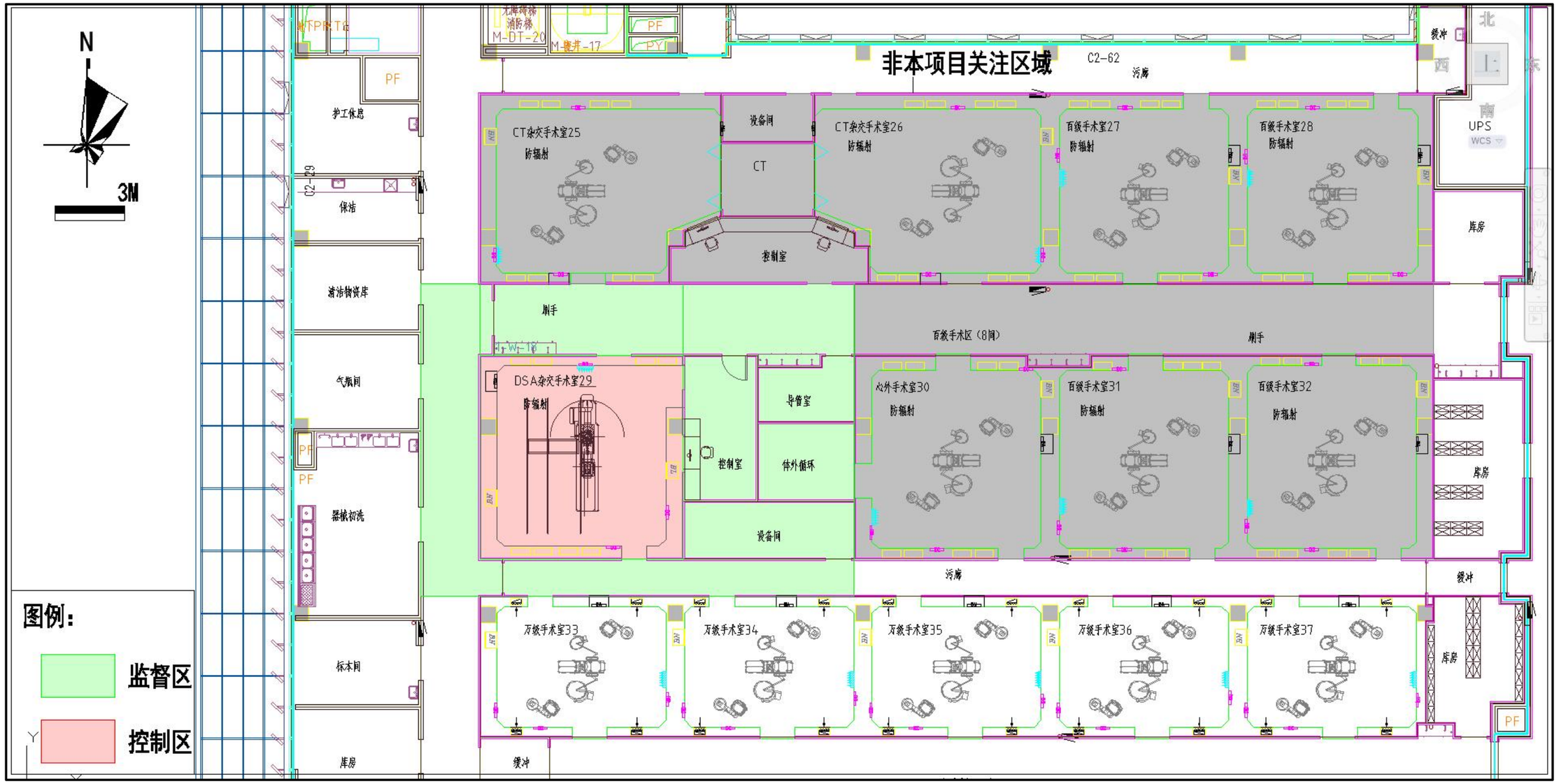
附图 4-3　肿瘤诊疗中心负一楼放疗科平面布置及分区图



附图 4-4　门急诊综合楼一楼急诊杂交手术室平面布置及分区图

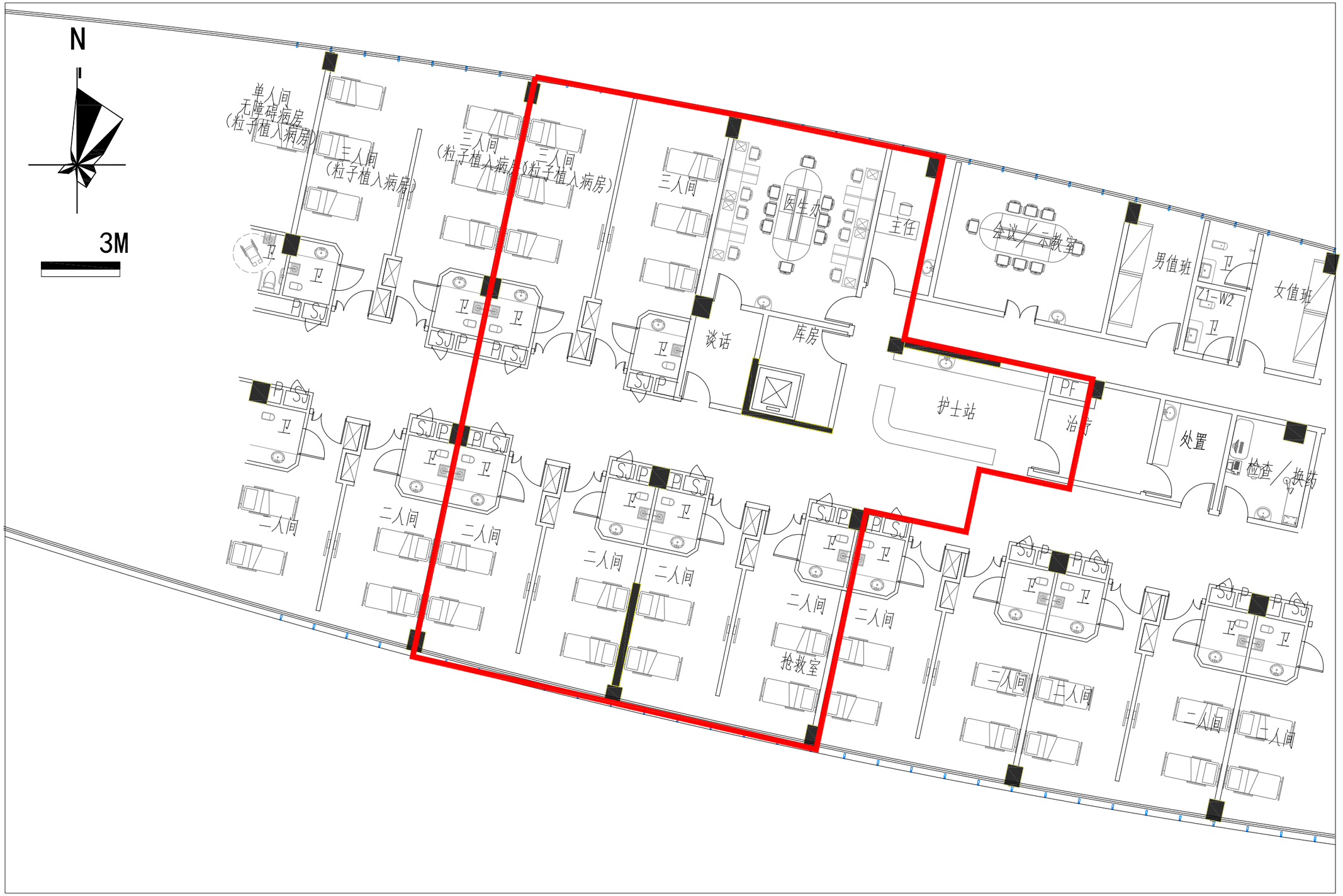


附图 4-5　医技综合楼二楼介入中心平面布置及分区图

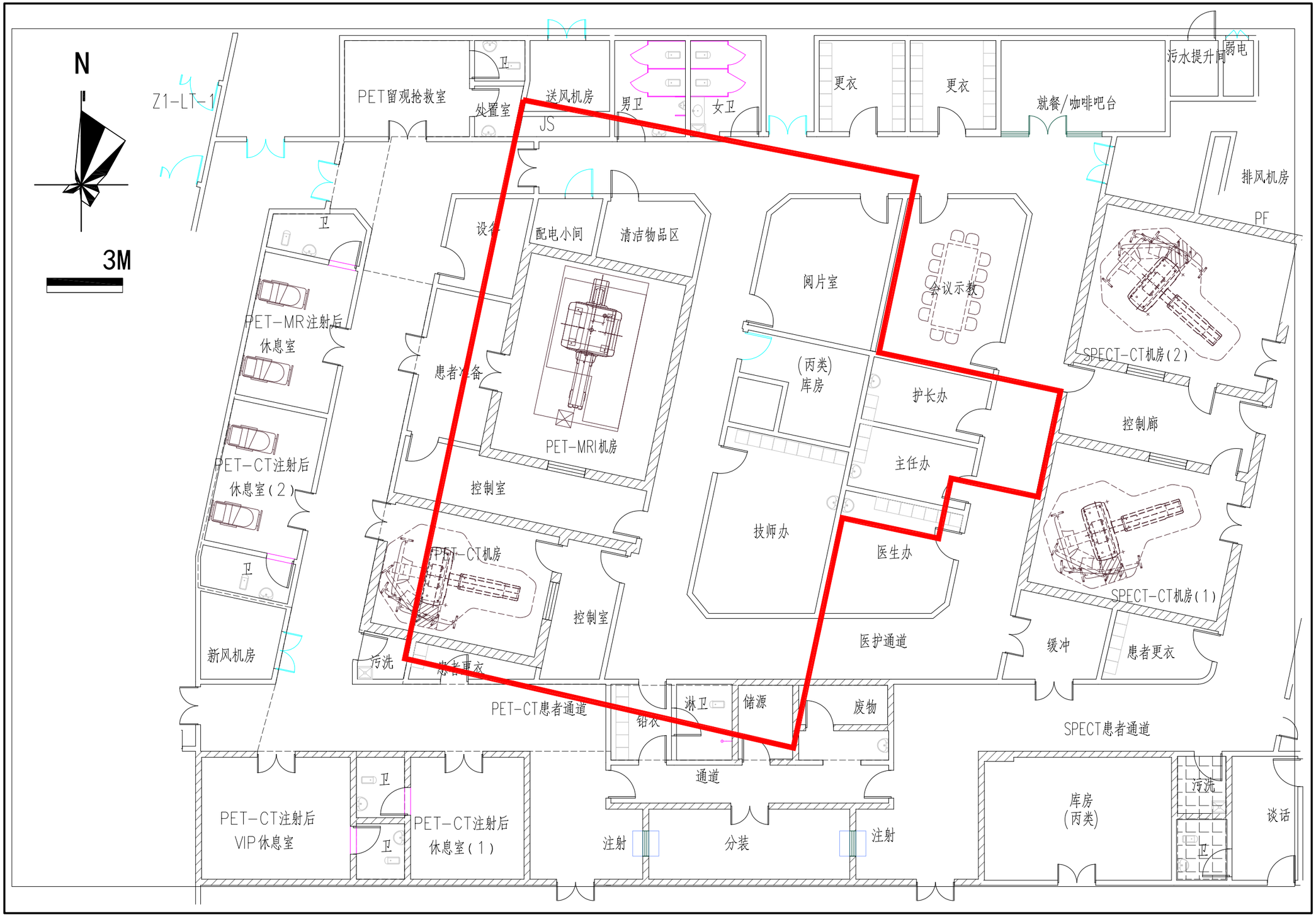


附图 4-6　医技综合楼五楼 DSA 杂交手术室平面布置及分区图

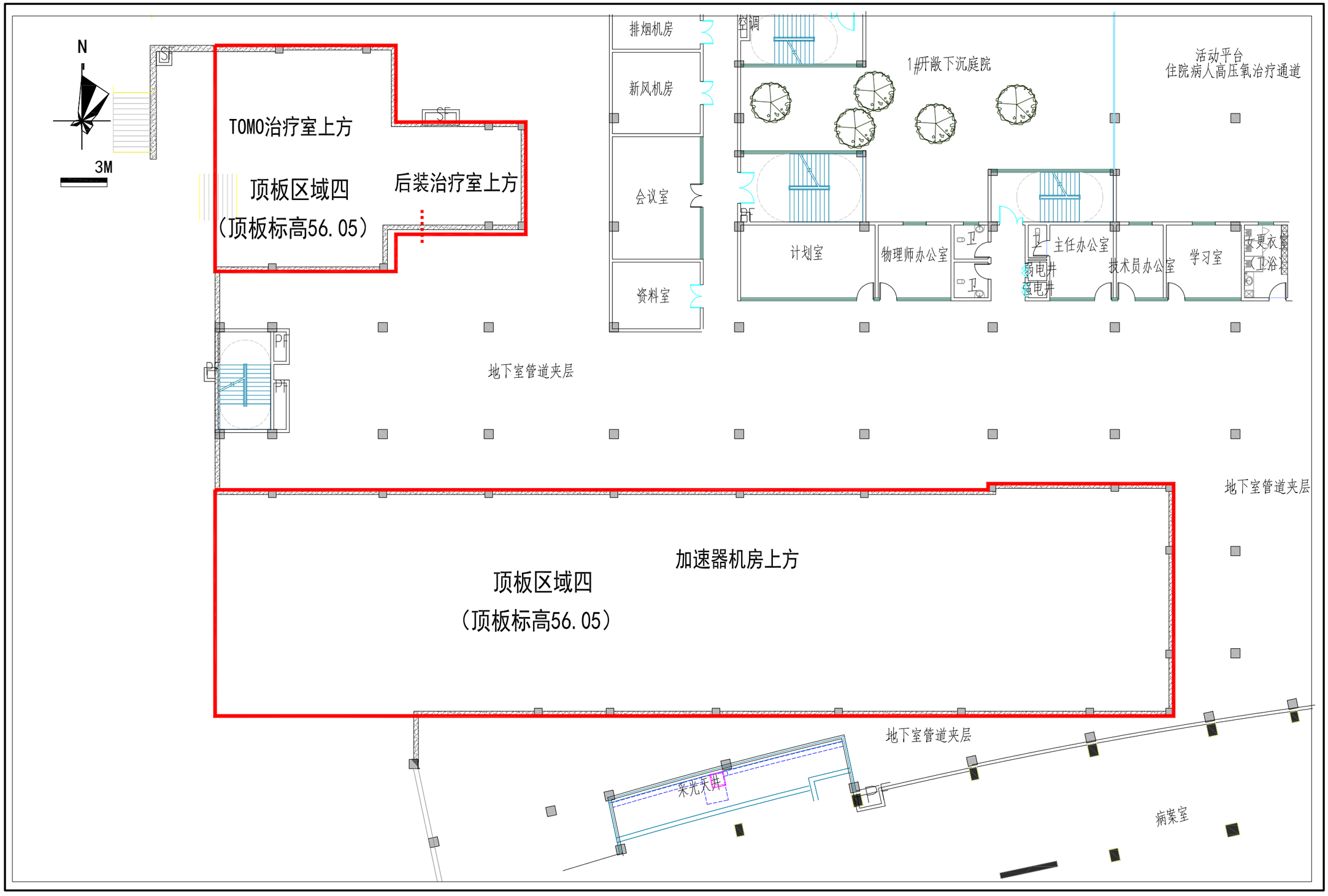
附图 5-1　肿瘤诊疗中心负一楼核素显像区、核素制备区楼上对应区域图



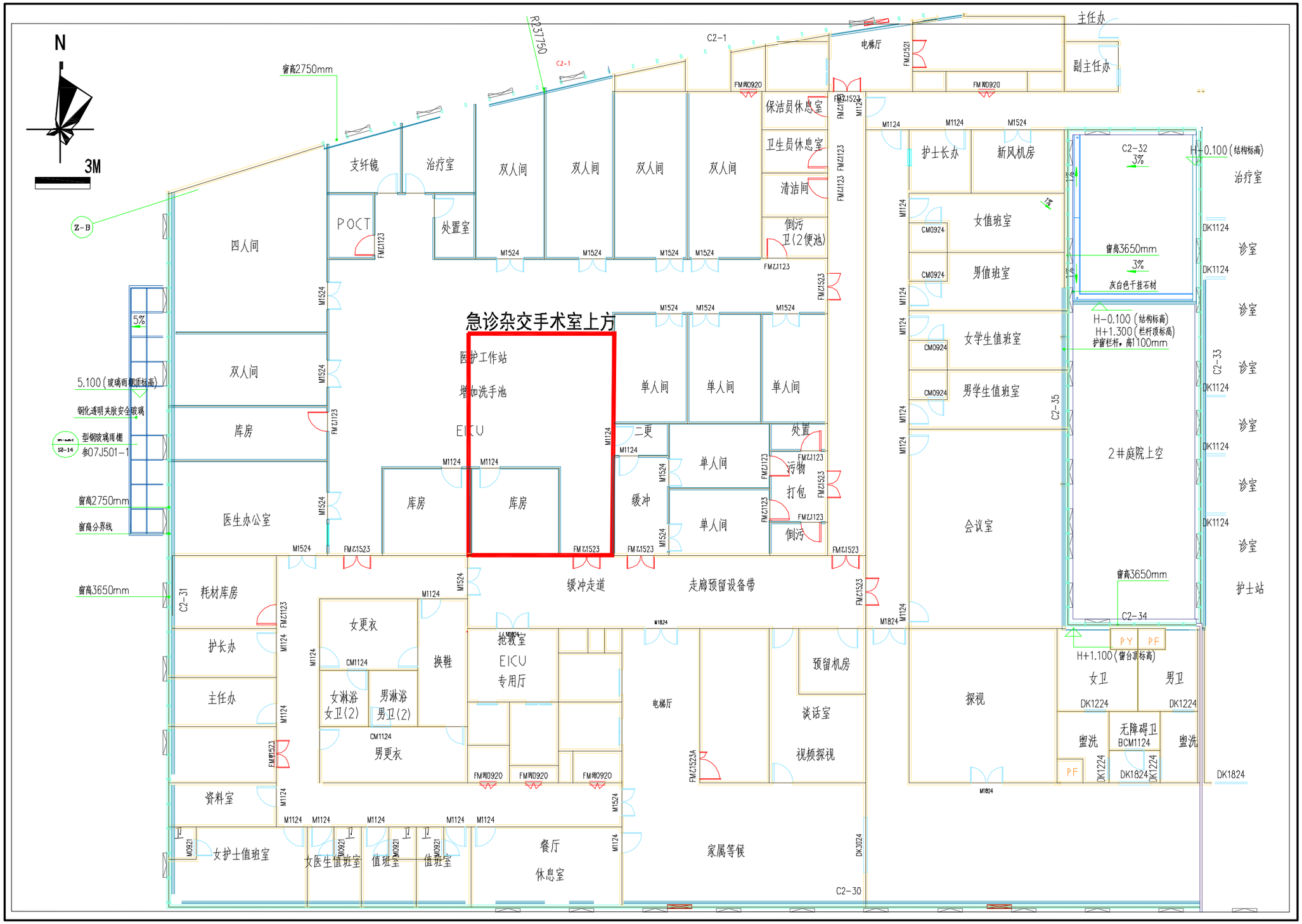
附图 5-2　肿瘤诊疗中心一楼核素治疗区楼上对应区域图



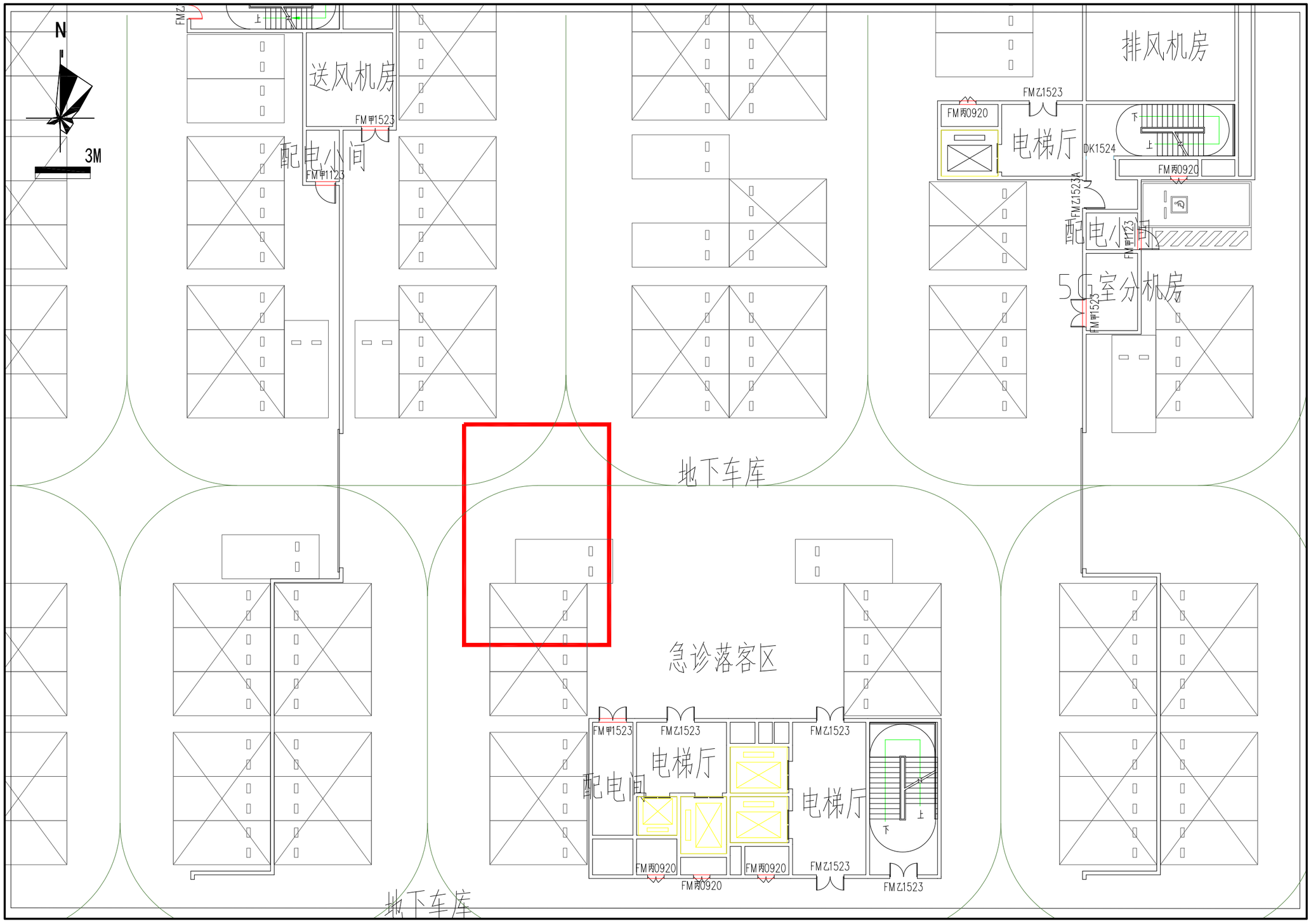
附图 5-3　肿瘤诊疗中心一楼核素治疗区楼下对应区域图



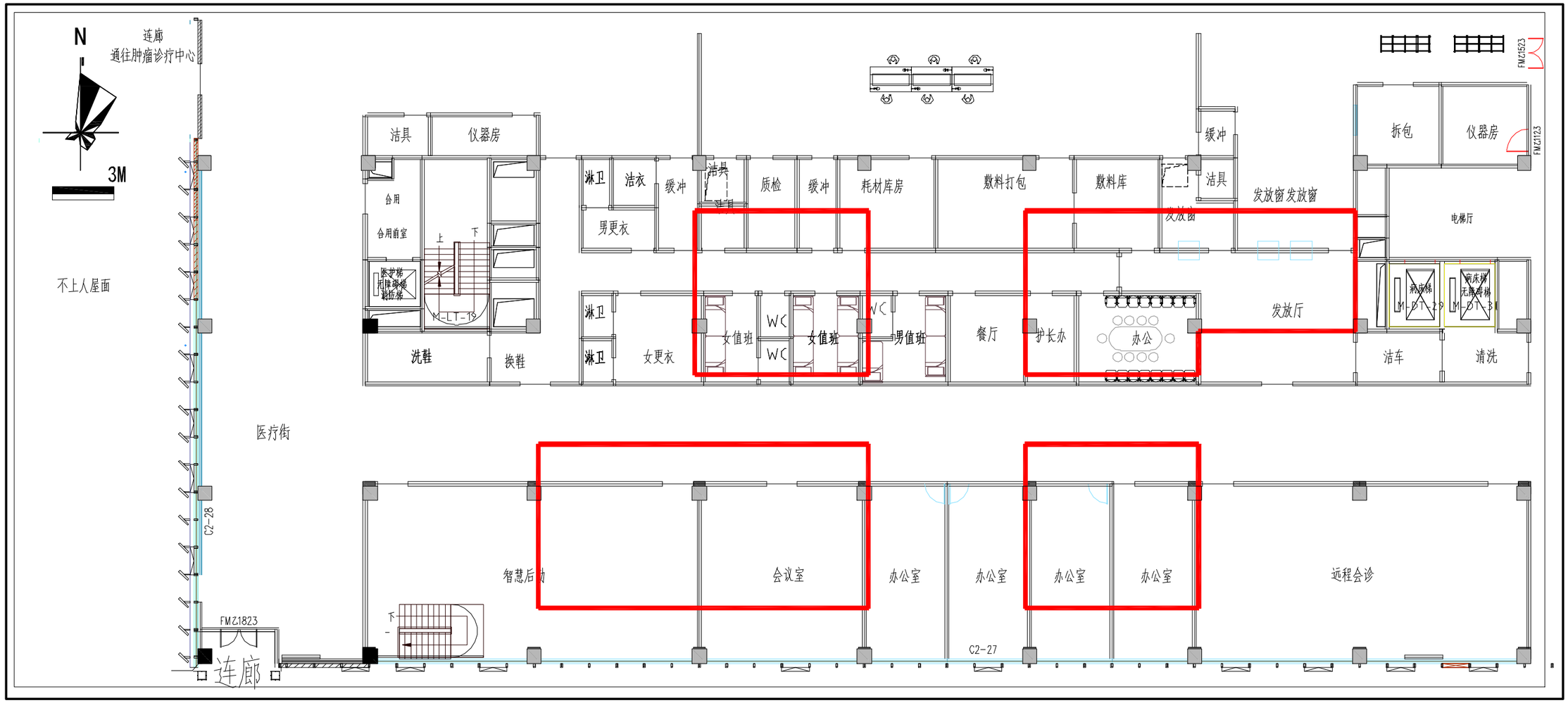
附图 5-4　肿瘤诊疗中心负一楼放疗科楼上对应区域图



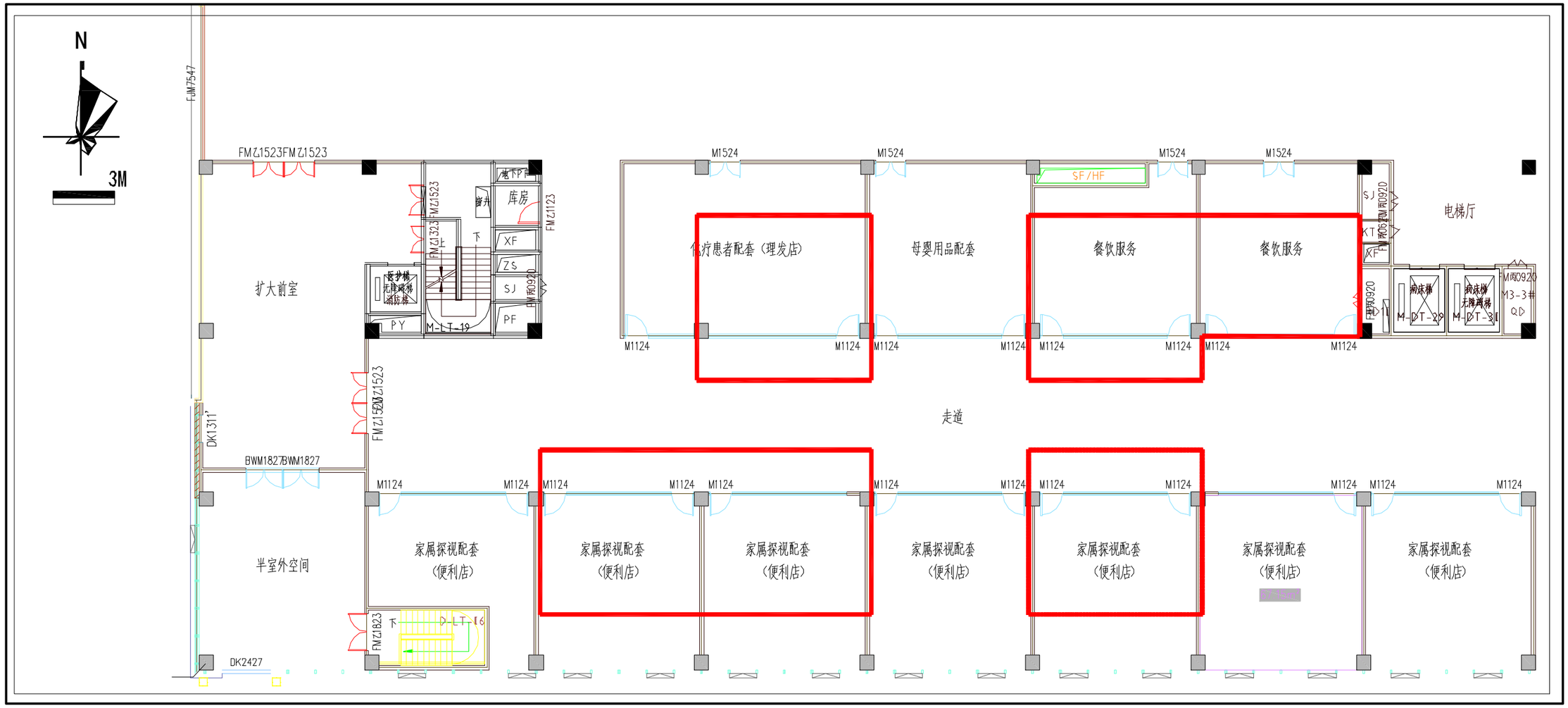
附图 5-5　门急诊综合楼一楼急诊杂交手术室楼上对应区域图



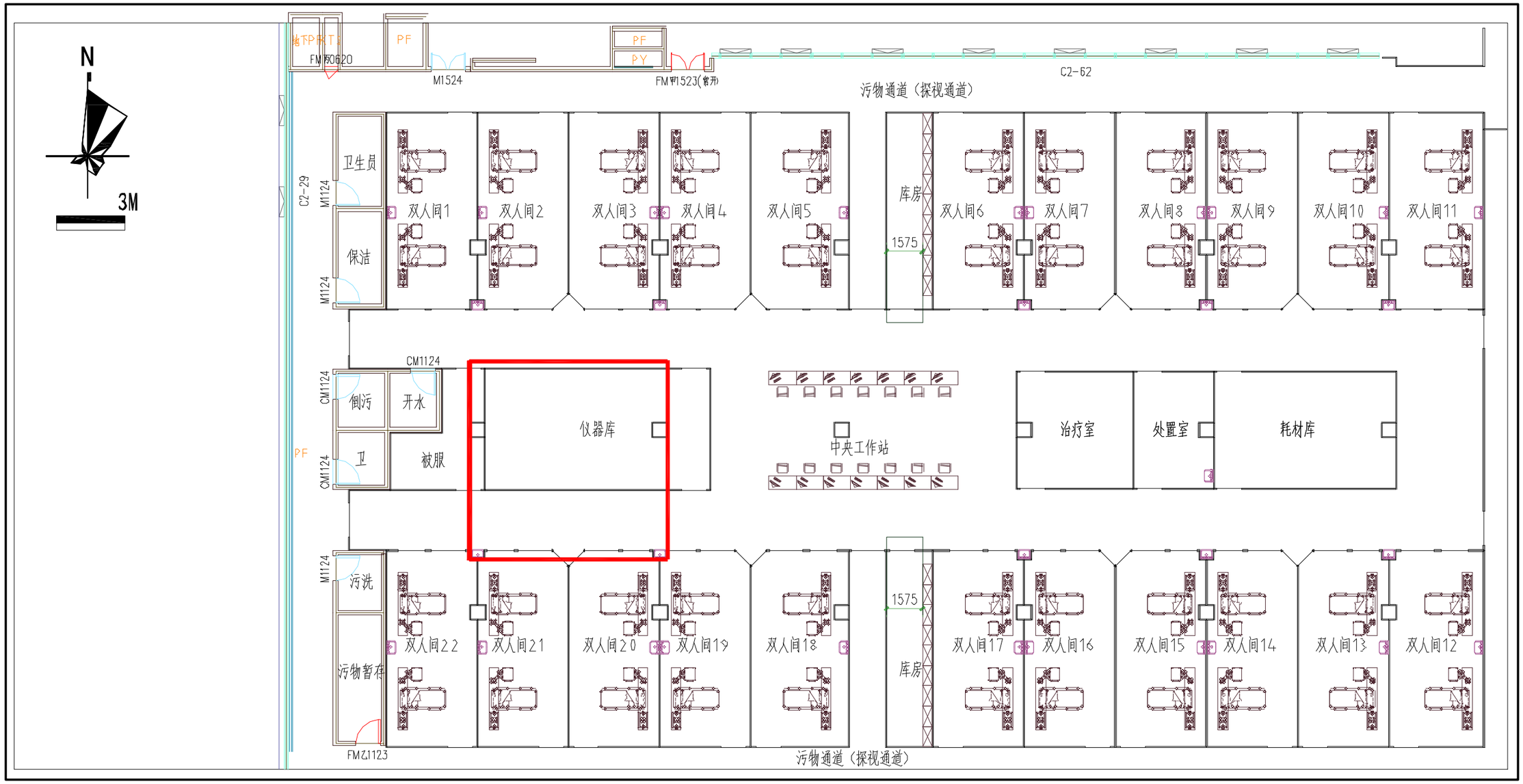
附图 5-6　门急诊综合楼一楼急诊杂交手术室楼下对应区域图



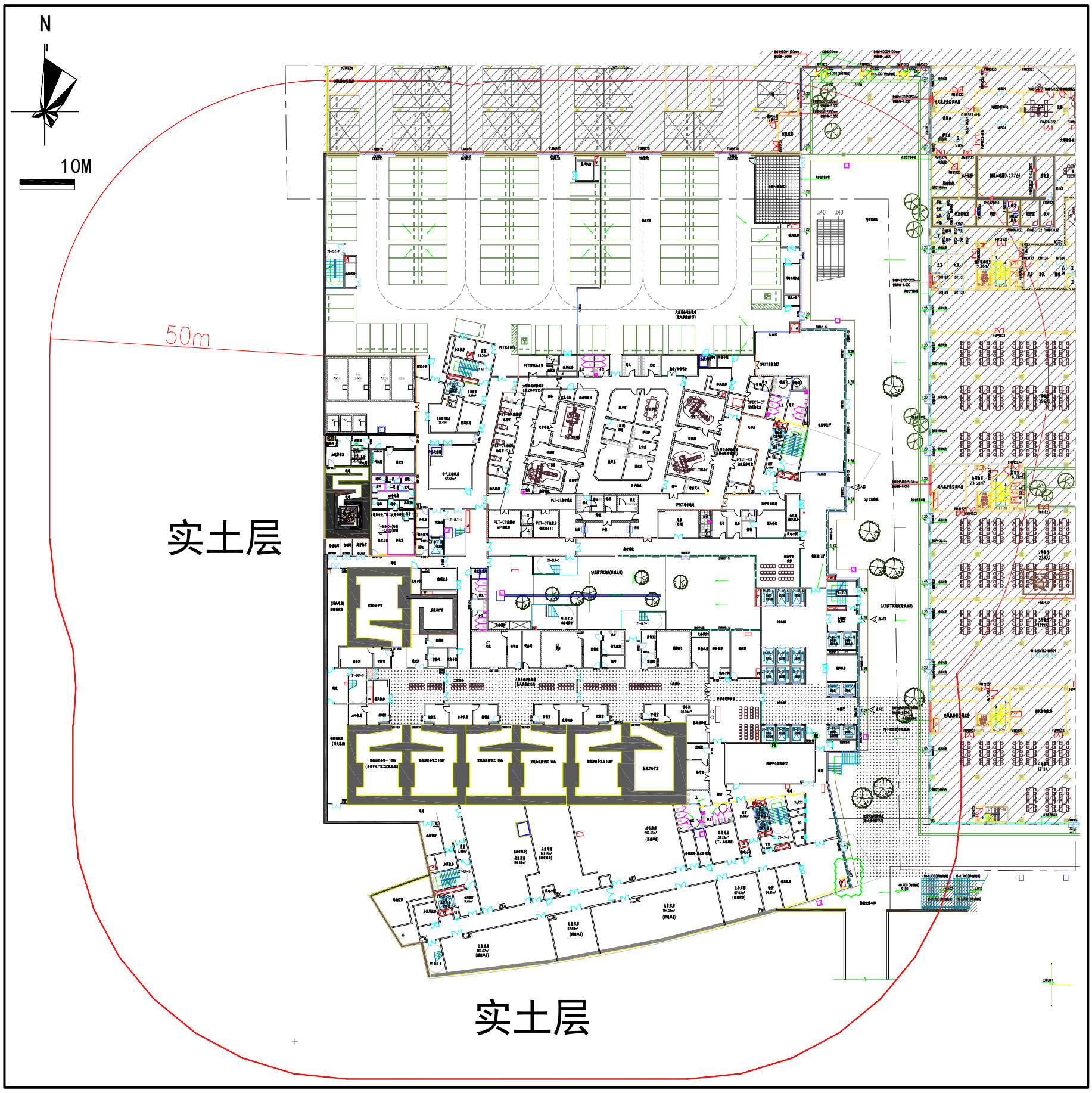
附图 5-7　医技综合楼二楼介入中心 DSA 机房楼上对应区域图



附图 5-8　医技综合楼二楼介入中心 DSA 机房楼下对应区域图

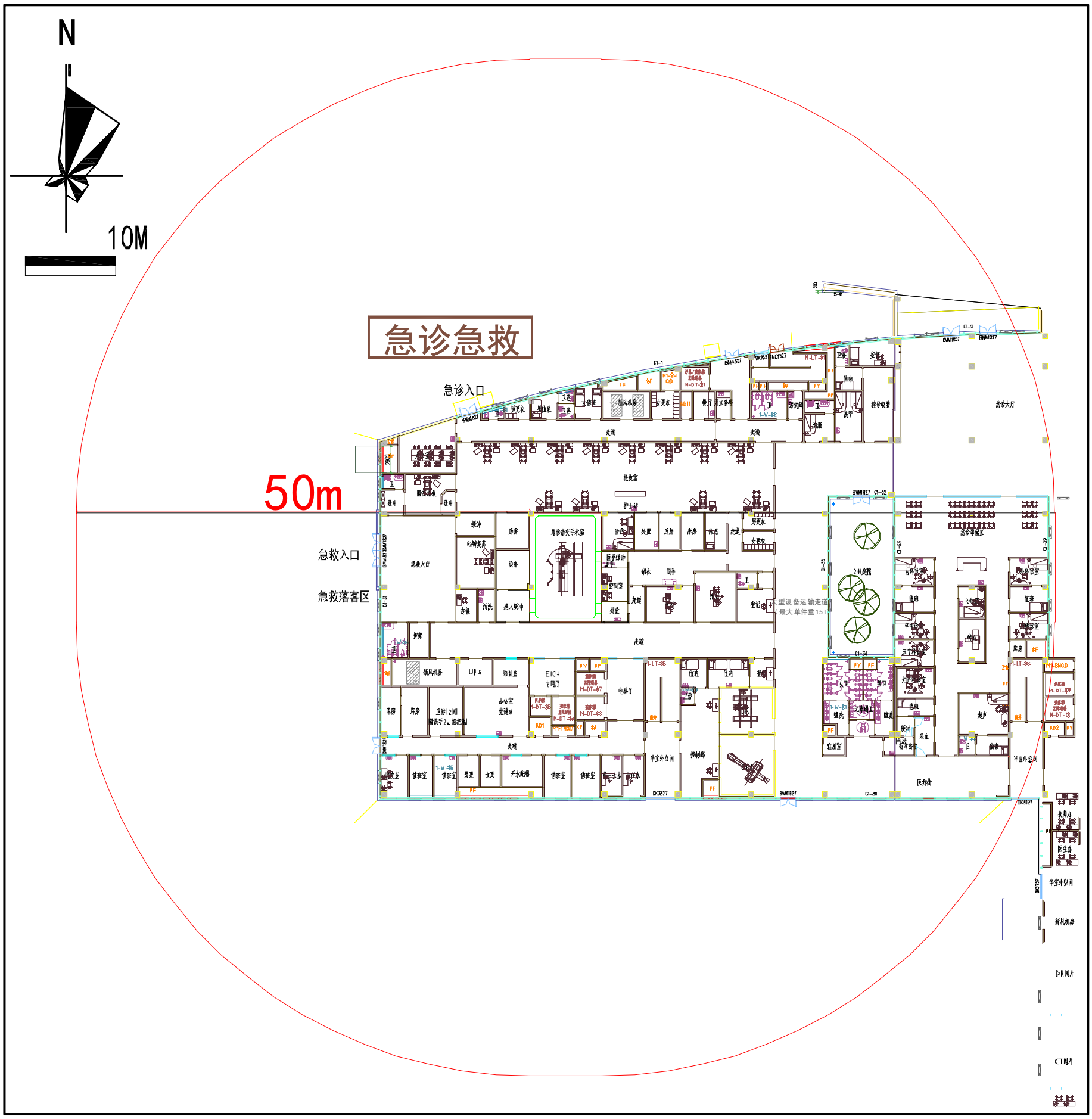


附图 5-9　医技综合楼五楼 DSA 杂交手术室楼下对应区域图

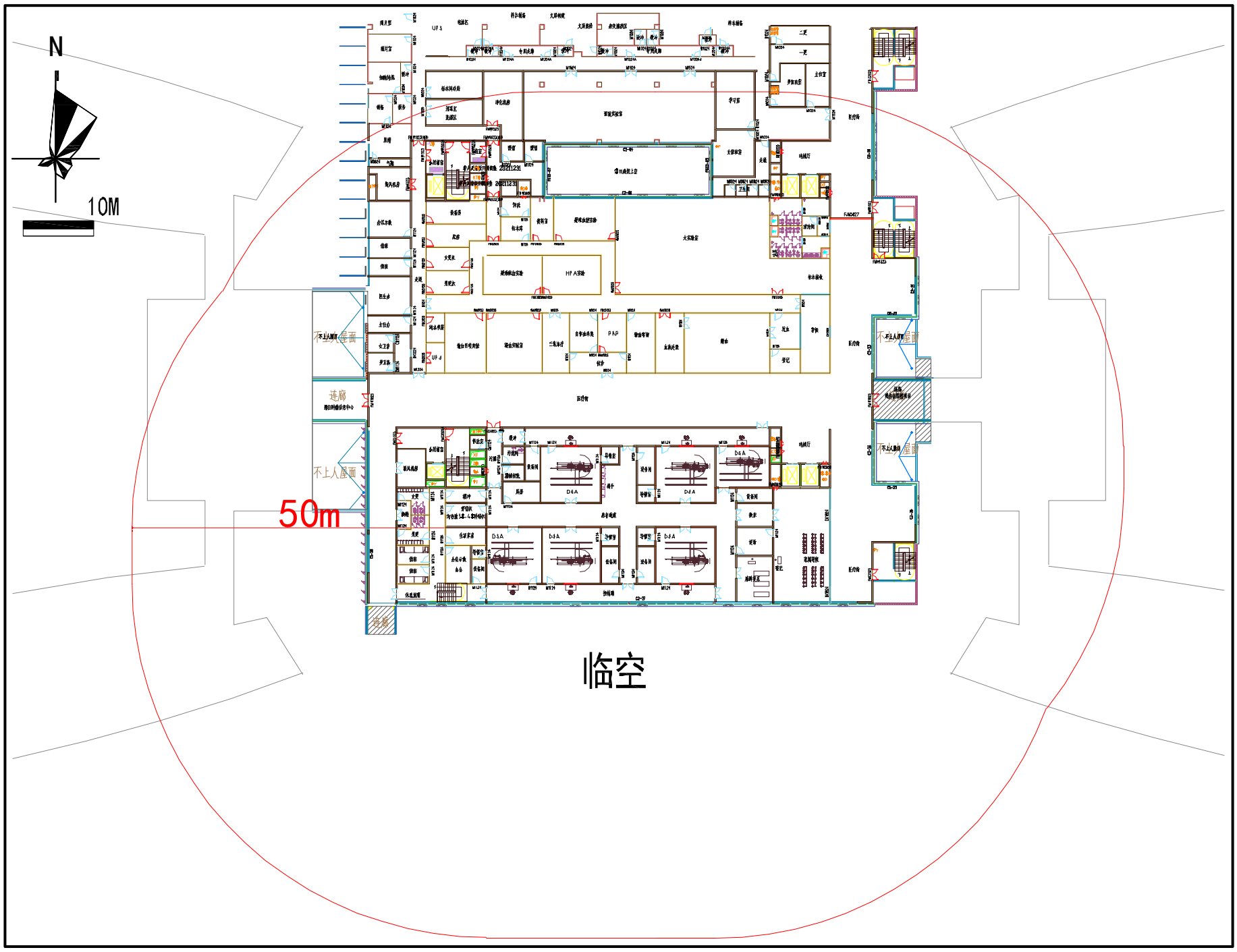


附图 6-1　肿瘤诊疗中心负一楼评价范围示意图

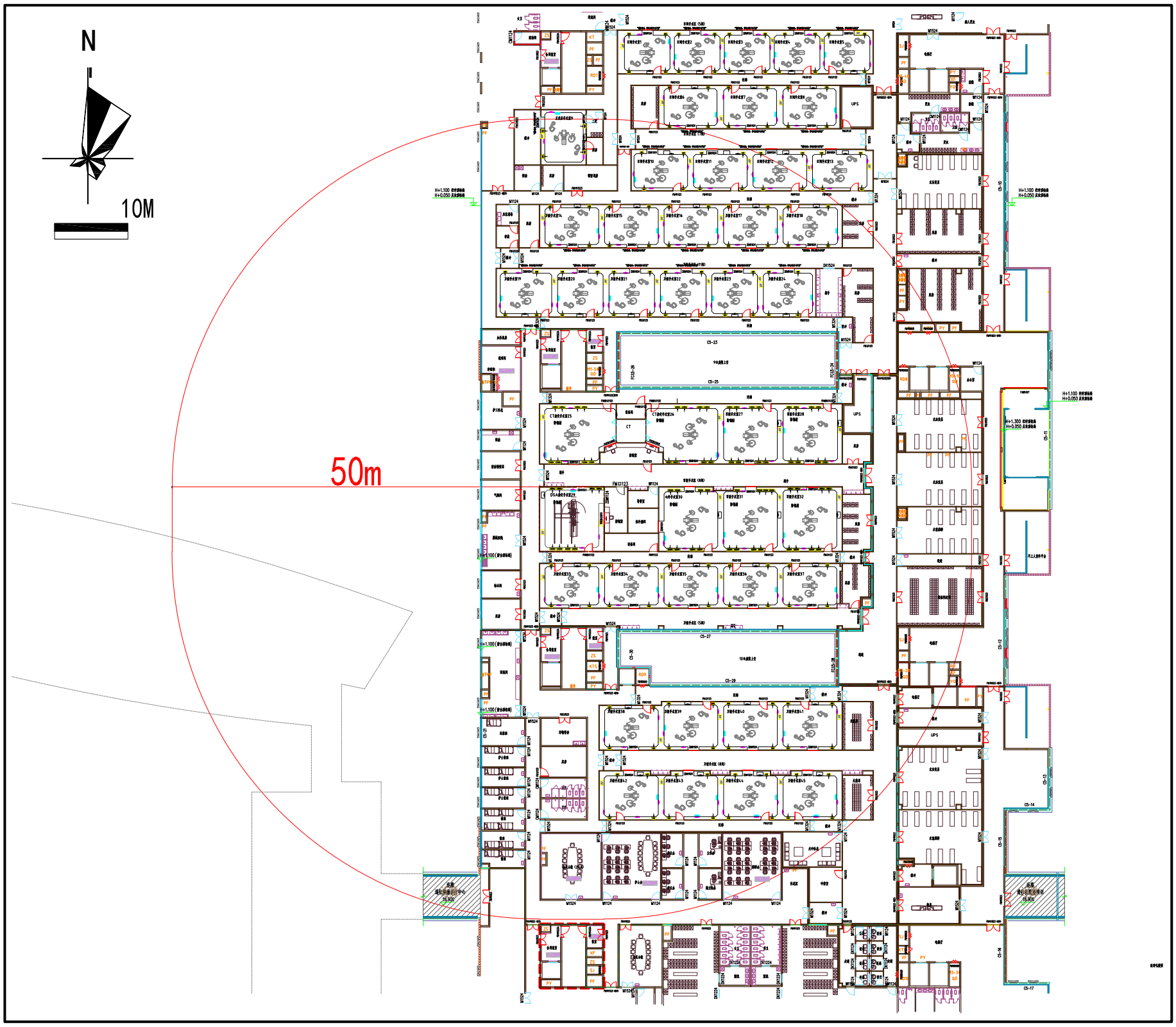
附图 6-2　肿瘤诊疗中心一楼评价范围示意图



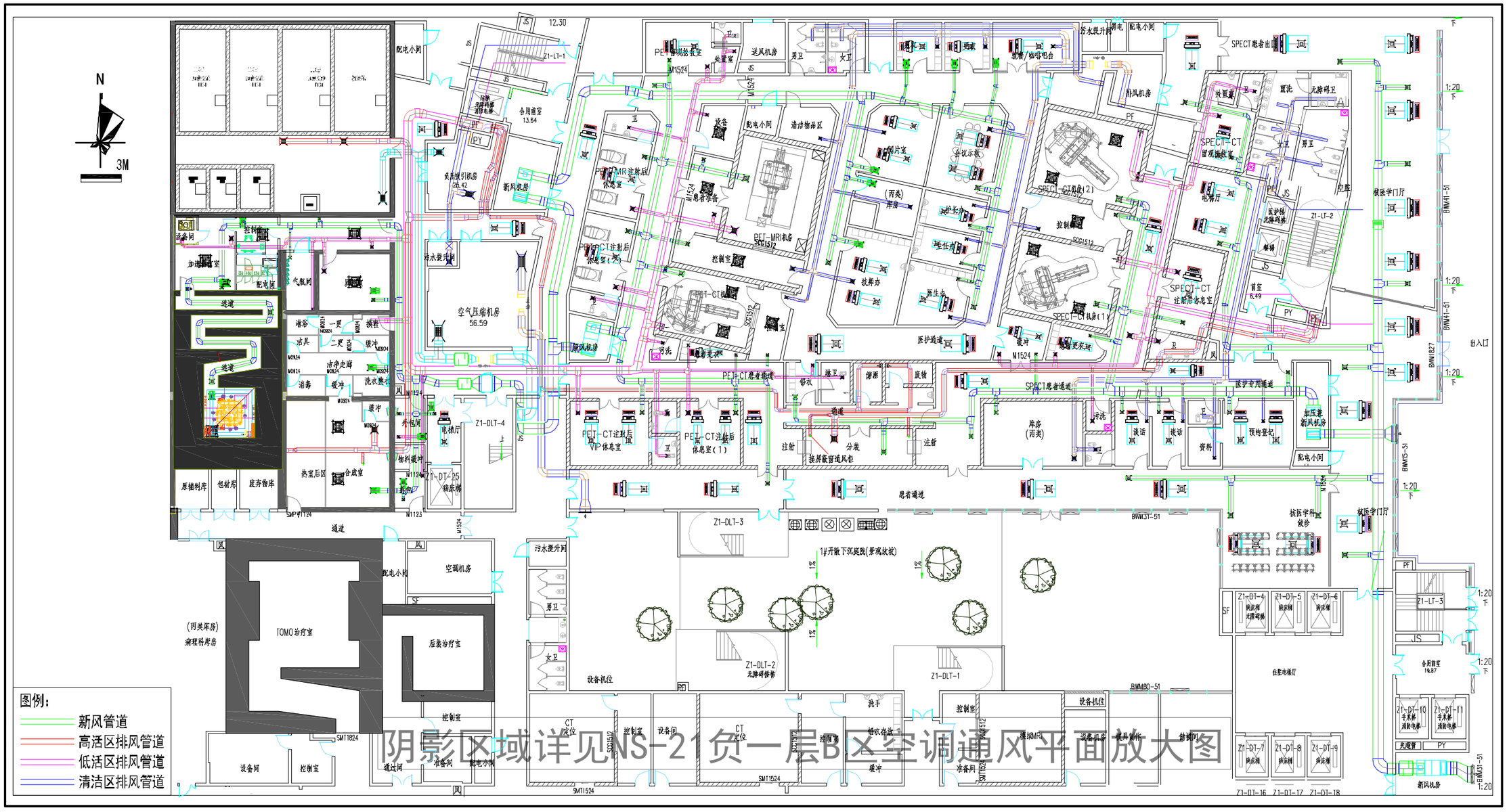
附图 6-3　门急诊综合楼一楼急诊杂交手术室评价范围示意图



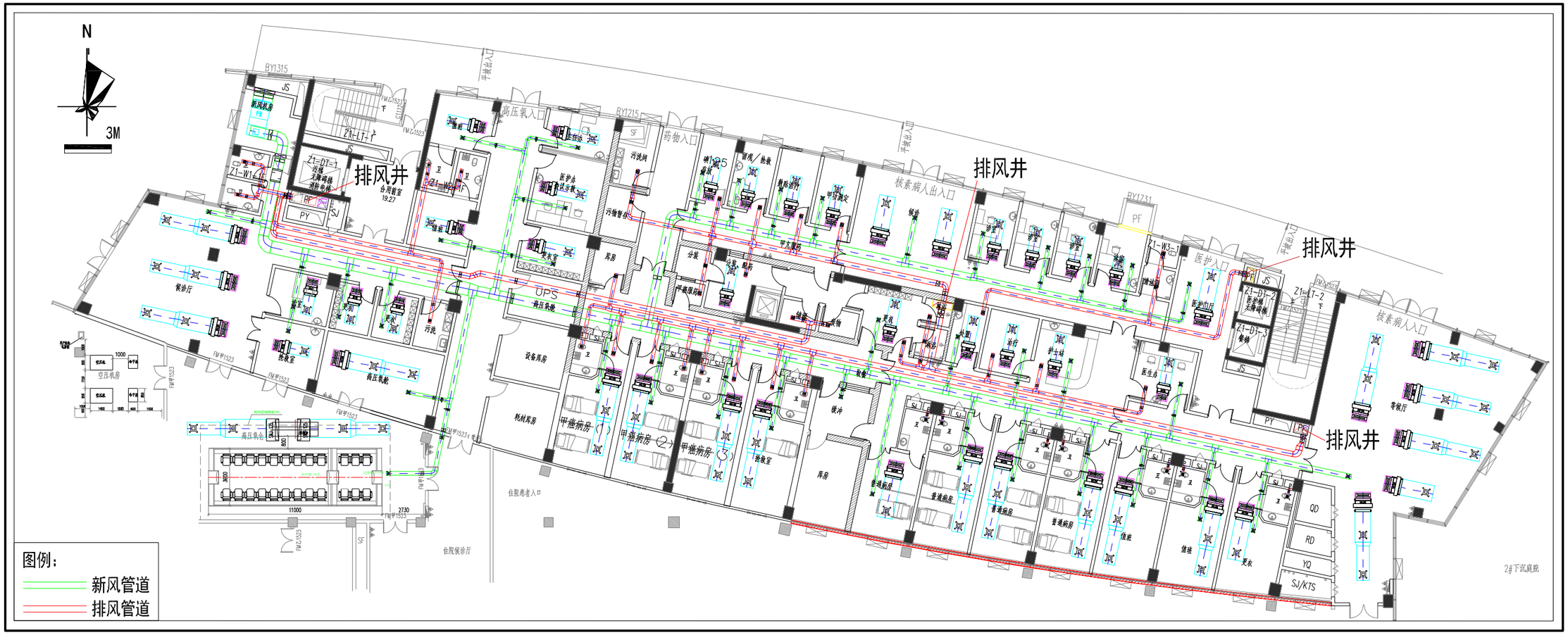
附图 6-4　医技综合楼二楼介入中心评价范围示意图



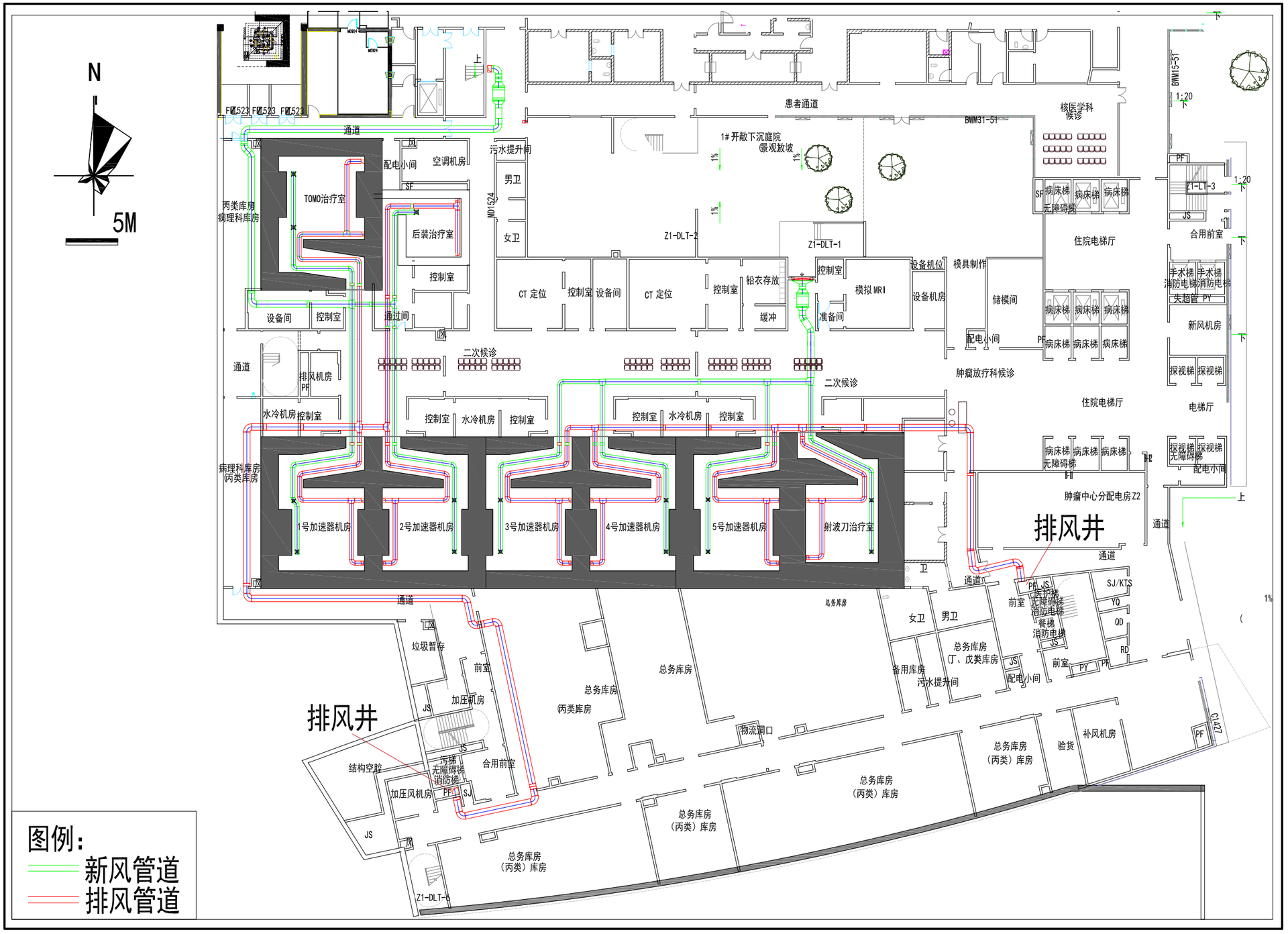
附图 6-5　医技综合楼五楼 DSA 杂交手术室评价范围示意图



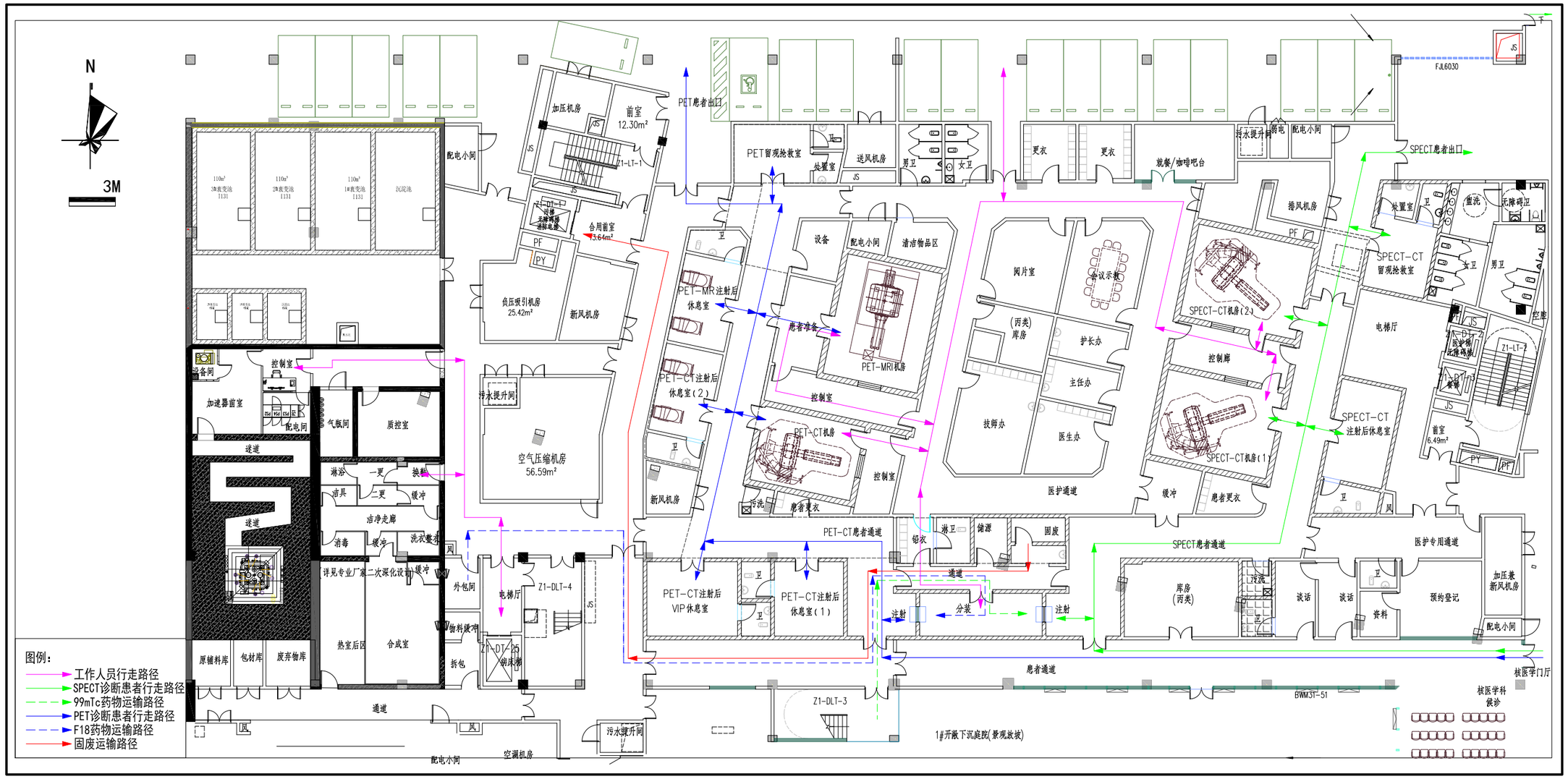
附图 7-1　肿瘤诊疗中心负一楼核医学科通风设计图



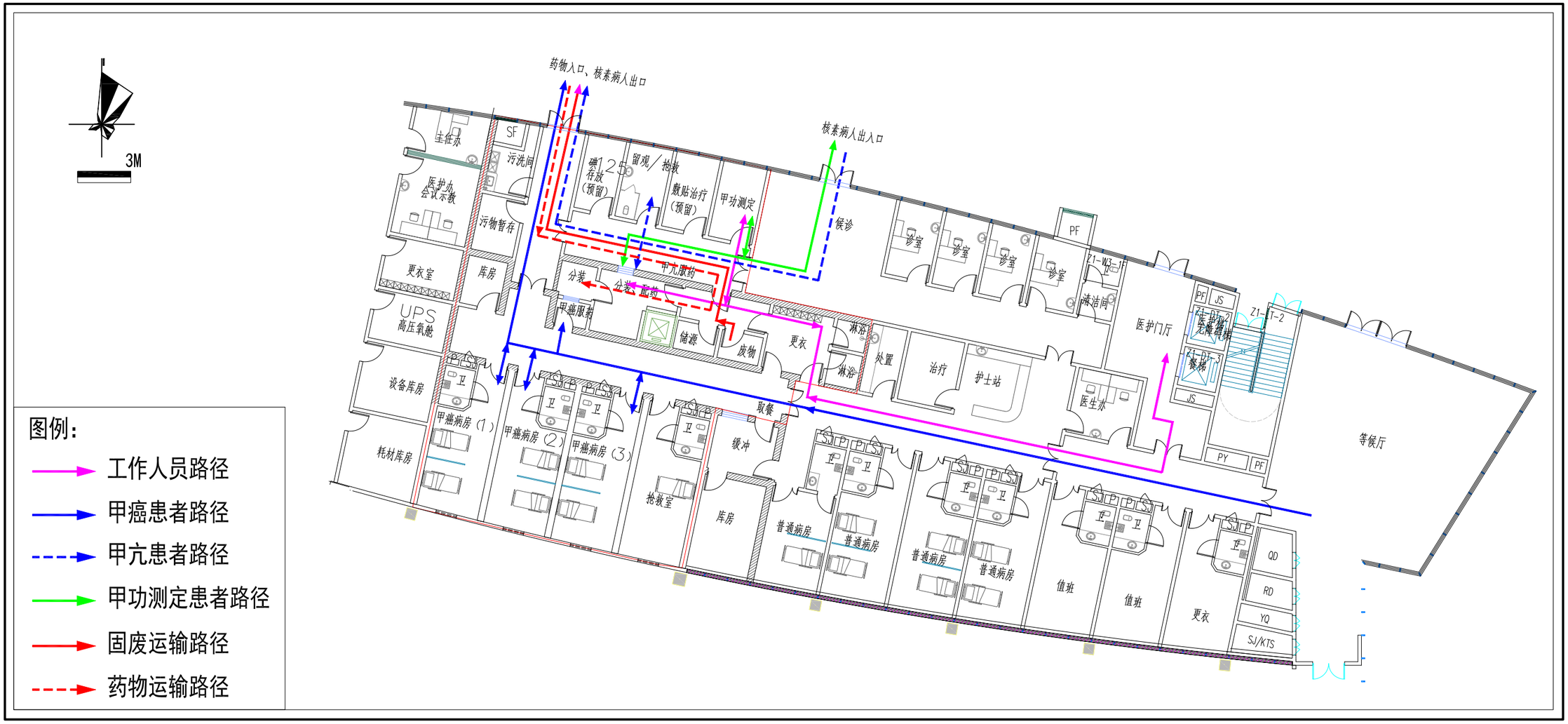
附图 7-2　肿瘤诊疗中心一楼核医学科通风设计图



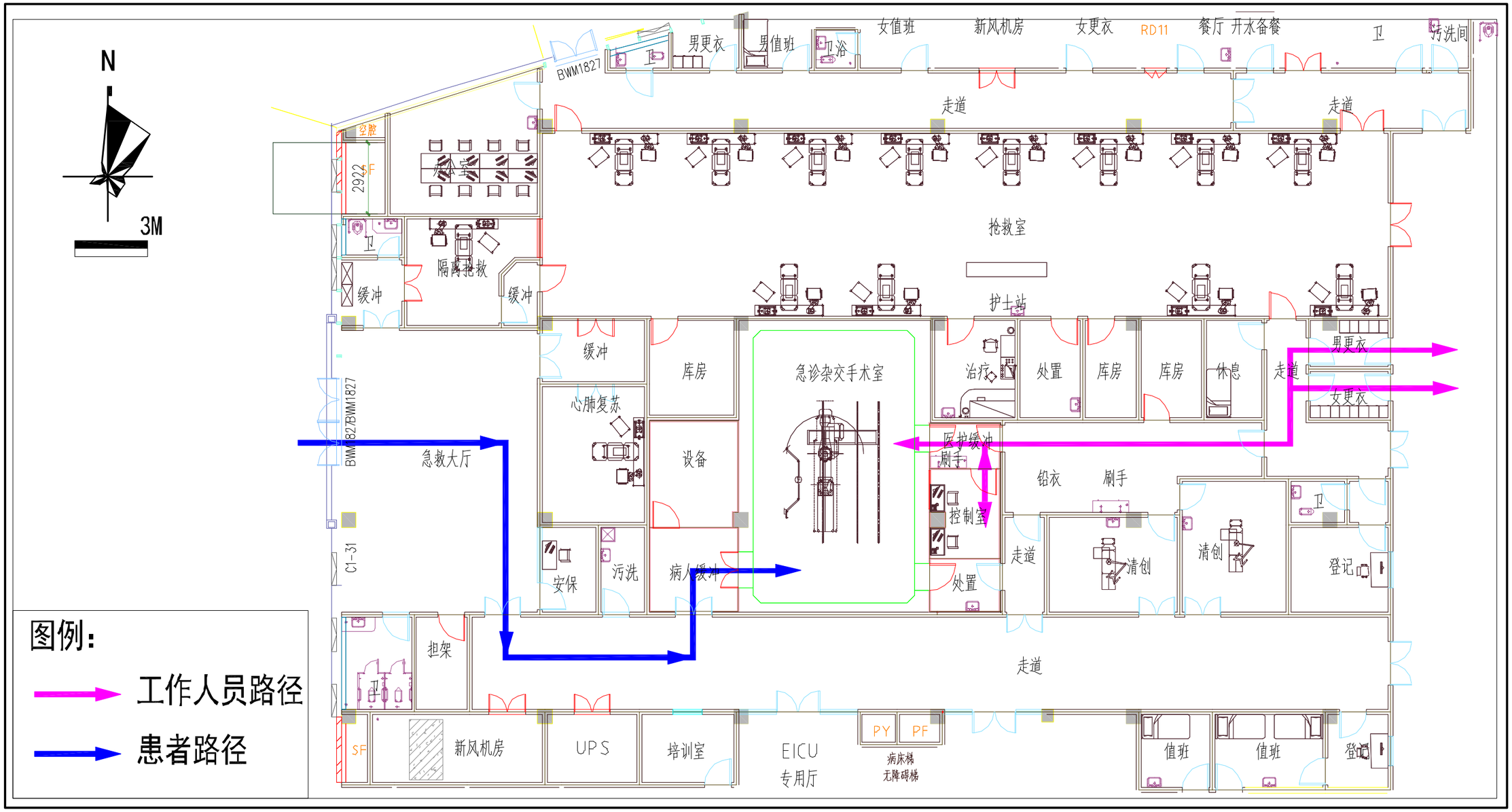
附图 7-3　肿瘤诊疗中心负一楼放疗科通风设计图



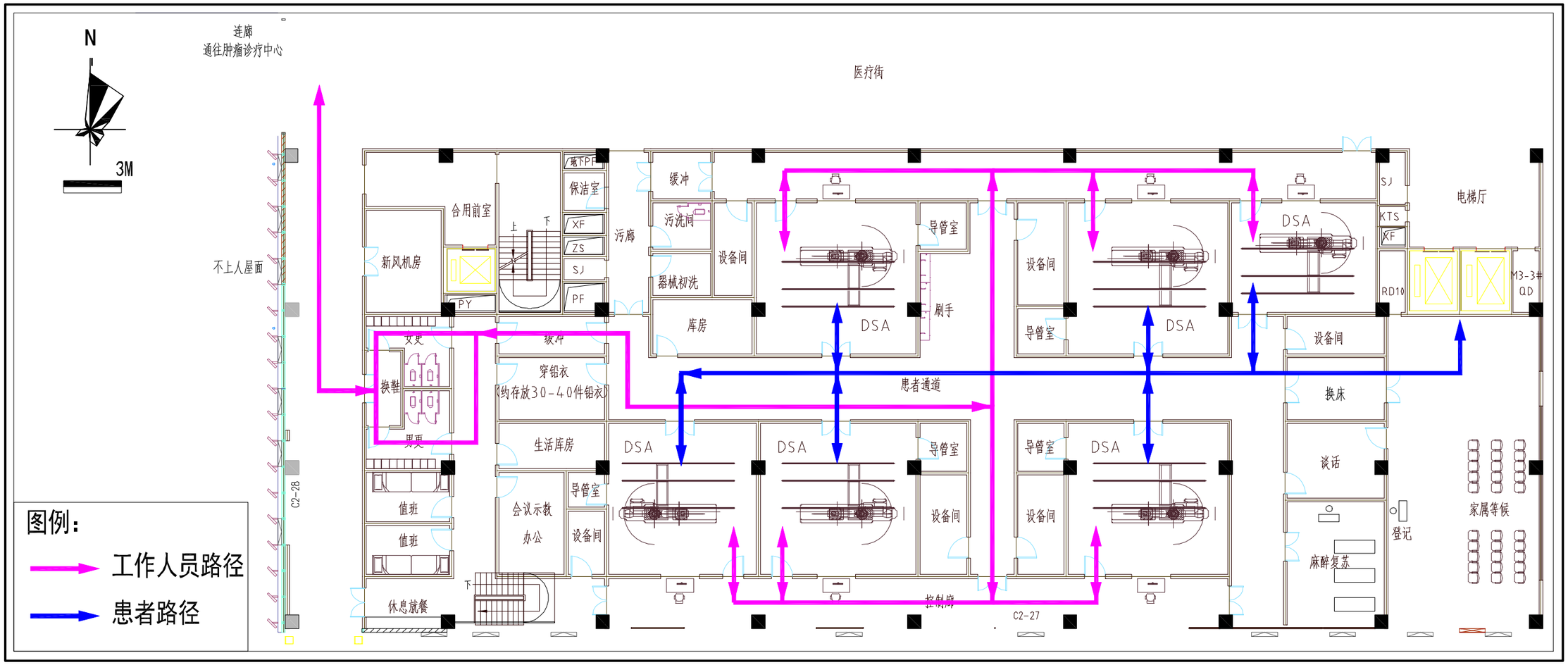
附图 8-1　肿瘤诊疗中心负一楼核医学科人流、物流路径规划图



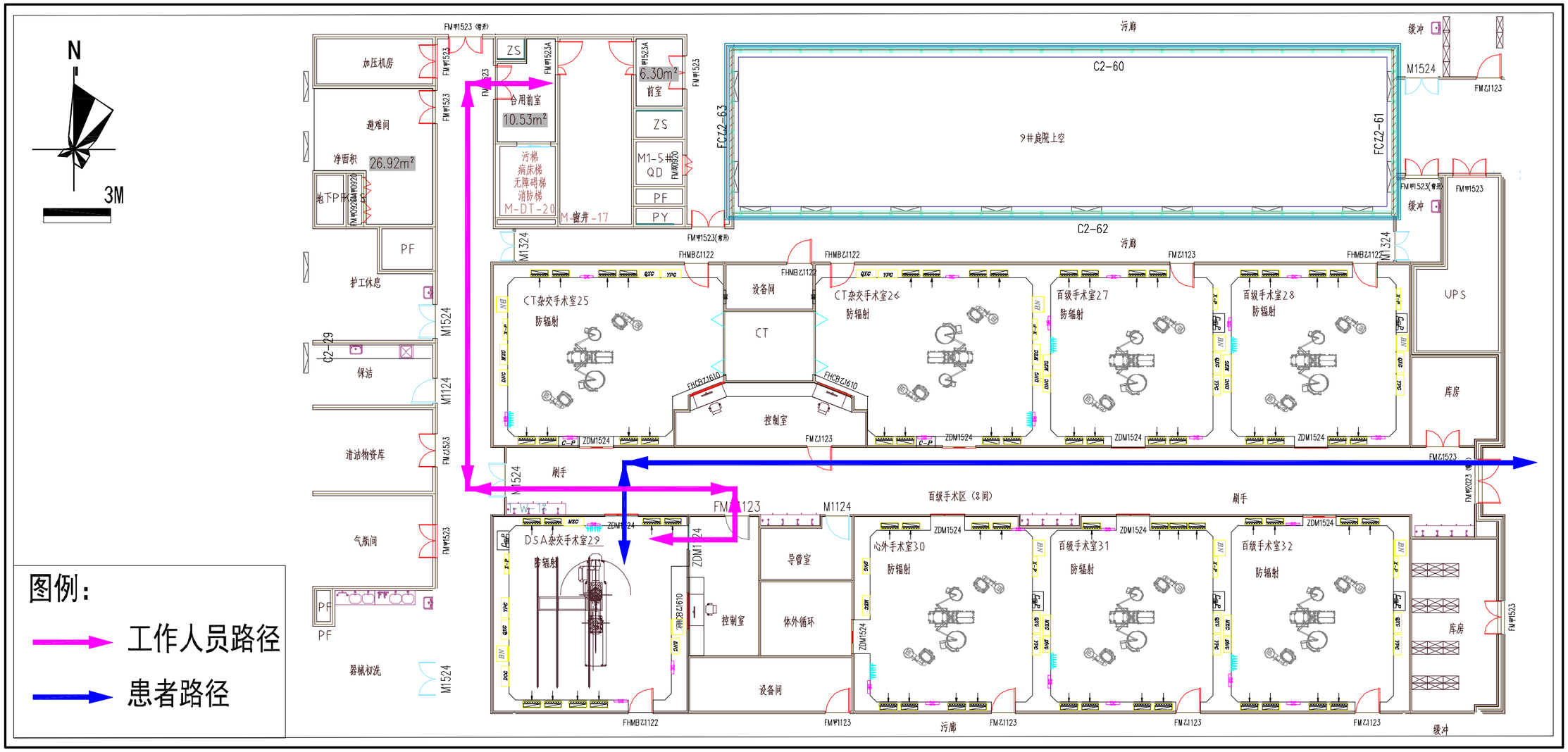
附图 8-2　肿瘤诊疗中心一楼核医学科人流、物流路径规划图



附图 8-3　门急诊综合楼一楼急诊杂交手术室路径规划图



附图 8-4　医技综合楼二楼介入中心路径规划图



附图 8-5　医技综合楼五楼 DSA 杂交手术室路径规划图