

修改清单

序号	修改意见	修改内容	修改页码
1	按照以新代老原则，回顾性交待清楚存在的辐射防护问题，完善附件相关图件和最新个人剂量检测报告	已补充完善	P4-P6、附件 18、附图 1、附图 2、附图 3
2	核实 ^{18}F 日最大用量，补充项目所在地周边位置图，调整核医学科用房平面布局，细化场所人流、物流、气流组织情况，并完善相关评价内容。	已完善核实	P7、P33-P38、P44-P49、P66
3	进一步明确项目扩建所需放射工作人员和个人防护用品，核实 DSA 工作人员年有效剂量	已核实明确	P42、P58
4	补充 PET-CT 和后装机操作规程、医院辐射防护管理领导小组文件，针对项目扩建后辐射事故应急预案等辐射防护管理制度文件，应明确提出修改完善的相关要求。	已补充	P72、附件 21-附件 28

目录

表 1 项目基本情况 1

表 2 放射源 7

表 3 非密封放射性物质 7

表 4 射线装置 8

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 9

表 6 评价依据 10

表 7 保护目标与评价标准 12

表 8 环境质量和辐射现状 19

表 9 项目工程分析与源项 22

表 10 辐射安全与防护 33

表 11 环境影响分析 44

表 12 辐射安全管理 60

表 13 结论与建议 69

表 14 审批 73

附件

- 附件 1： 委托函
- 附件 2： 辐射安全许可证
- 附件 3： 环评批复
- 附件 4： 验收批复
- 附件 5： 放射科工作制度
- 附件 6： 受检者防护制度与措施
- 附件 7： CT 室工作制度
- 附件 8： CT 机操作规程
- 附件 9： DR 机操作规程
- 附件 10： 放射治疗工作安全防护制度及应急措施
- 附件 11： 医科达 precise 医用直线加速器操作规程

附件 12: 陀螺刀治疗系统操作规程

附件 13: 放疗科物理师职责

附件 14: 放疗科技术员职责

附件 15: 辐射事故应急处理预案

附件 16: 医用诊断 X 射线装置防护性能及工作场所防护检测报告

附件 17: 职业健康检查报告

附件 18: 个人剂量检测报告

附件 19: 培训合格证（部分）

附件 20: 质量保证单

附件 21: 后装机操作规程

附件 22: 放射防护管理制度

附件 23: 放射性事故应急处理预案

附件 24: 密封放射源回位故障应急响应流程图

附件 25: 放射源丢失、被盗应急响应流程图

附件 26: 放射源储存场所安全管理制度

附件 27: PET-CT 操作规程及注意事项

附件 28: 关于调整医院辐射安全与防护管理委员会的通知

附图

附图 1 南华大学附属第二医院新院、东院地理位置示意图

附图 2 南华大学附属第二医院新院平面布置图

附图 3 南华大学附属第二医院东院平面布置图

附图 4 项目现状图

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南华大学附属第二医院核技术利用改扩建项目				
建设单位		南华大学附属第二医院				
法人代表	曹仁贤	联系人	毛琪	联系电话	13575264651	
注册地址		衡阳市蒸湘区解放大道 35 号				
项目建设地点		衡阳市蒸湘区解放大道 35 号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	4500	项目环保 投资 (万元)	200	投资比例 (环保投资/ 总投资)	4.44%	
项目性质	☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²)	/	
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类 (医疗使用) ☐ II 类 ☒ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封 放射性 物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☒ 乙 ☐ 丙			
	射线装 置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☒ III 类			
	其他					

一、项目简介

南华大学附属第二医院始建于 1949 年，原名衡阳市立人民医院，其后曾改名为衡阳市立第一人民医院、衡阳医学院附属医院，2000 年更名为南华大学附属第二医院，是湖南省继湘雅附一、附二医院之后的第三家大学教学医院，是一所集医疗、教学、科研为一体的大型综合性三级甲等医院。经过 60 多年的发展，南华大学附属第二医院现已形成新院、东院（老院）和一所股份制生殖医院的格局。

医院占地 150 余亩，建筑面积达 16 万平方米，编制床位 1850 张。现有在职职工近 2000 人。设有临床科室 37 个，病区 48 个，临床支持科室 10 个，院前急救中心 1 个，健康管理中心 1 个。

医院设备齐全，拥有 GE3.0T 磁共振、GE1.5T 磁共振、飞利浦 256 层 iCT、飞利浦 128 层纳米 CT 和 16 排螺旋 CT、高能直线加速器、陀螺刀、数字减影 X 光机 (DSA)、多功能数字胃肠机、全数字化移动式 X 线摄影系统（移动 DR）、数字化 X 光机（DR）、热断层扫描成像系统（TTM）、全数字化乳腺机（钼靶机）、四维多普勒彩色超声、全自动生化分析仪、系列电子内窥镜、前列腺汽化电切镜、准分子激

光治疗仪（PRK）、高压氧舱等高精尖设备。

由于治疗需要，医院拟在新院放疗中心新增一台后装机，使用一枚活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 放射源开展近距离治疗，在新院第二住院楼一楼新建核医学科，对患者注射 ^{18}F ，通过 PET-CT 显像。

二、任务由来

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》的相关规定，该项目的建设应进行电离辐射环境影响评价，南华大学附属第二医院委托核工业二三〇研究所对医院的核技术利用项目进行环境影响评价。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。

三、项目内容

本项目建设地点位于衡阳市蒸湘区解放大道 35 号。拟购置 1 台后装机，使用 ^{192}Ir 放射源，活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，属于 III 类放射源，拟建核医学科，设一处乙级非密封工作场所，注射 ^{18}F 通过 PET-CT 显像。对新院现有放射科的 1 台 DSA、1 台 CT、1 台移动 DR、1 台小 C 臂、口腔科的 1 台口腔 CT 和东院现有的 1 台 CT、1 台牙科全景机补办环评。本次环评射线装置、放射源、非密封放射物质情况见表 1-1、1-2、1-3。

表 1-1 本次环评设备情况一览表

序号	装置名称	型号	生产厂家	建设方提供拟购置装置主要参数	数量	类别	所在场所	备注
1	心血管成像系统 (DSA)	Innova 4100-IQ	美国 GE	150kV, 700mA	1	II	门诊二楼放射科 11 号机房	现有
2	X 射线计算机断层摄影设备 (CT)	飞利浦 BRILLIANCE 128 层	飞利浦	140kV, 500mA	1	III	东院住院楼一楼 CT 机房	现有
3	X 射线计算机断层摄影设备 (CT)	BRILLIANCE iCT 飞利浦 256 层	飞利浦	150kV, 500mA	1	III	门诊二楼放射科 7 号机房	现有
4	数字化口腔全景 X 射线机	PP1	芬兰 Soredex	85kV, 10mA	1	III	东院门诊七楼口腔科	现有
5	移动式 X 射线诊断设备 (小 C 臂)	Arcadis Orbic 3D	德国西门子	110kV, 23mA	1	III	第二住院部 8 楼手术室 18 号	现有
6	移动式数字摄影系统 (移动 DR)	MobileDaRT Evolution	日本岛津	130kV, 450mA	1	III	门诊二楼放射科	现有
7	口腔 X 射线数字化体层摄影设备 (口腔 CT)	HiRes 3D	北京朗视仪器有限公司	100kV, 4mA	1	III	新院门诊楼四层口腔科	现有

8	PET-CT	uMI 510	上海联影	140kV, 420mA	1	III	第二住院部一楼	拟购
---	--------	---------	------	--------------	---	-----	---------	----

表 1-2 医院拟使用的放射源一览表

序号	核素名称	活度	类别/数量	所在场所	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ Bq	III/1 枚	负一楼放疗中心	拟购，置于后装机内

表 1-3 医院使用的非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	场所等级	日等效最大操作量	所在场所	备注
1	¹⁸ F	乙	2.22×10 ⁷ Bq	核医学科（第二住院部一楼）	拟购

四、项目选址

项目位于衡阳市蒸湘区解放大道 35 号。项目交通地理位置图见附图 1，射线装置分布示意图见图 1-1 和图 1-2。

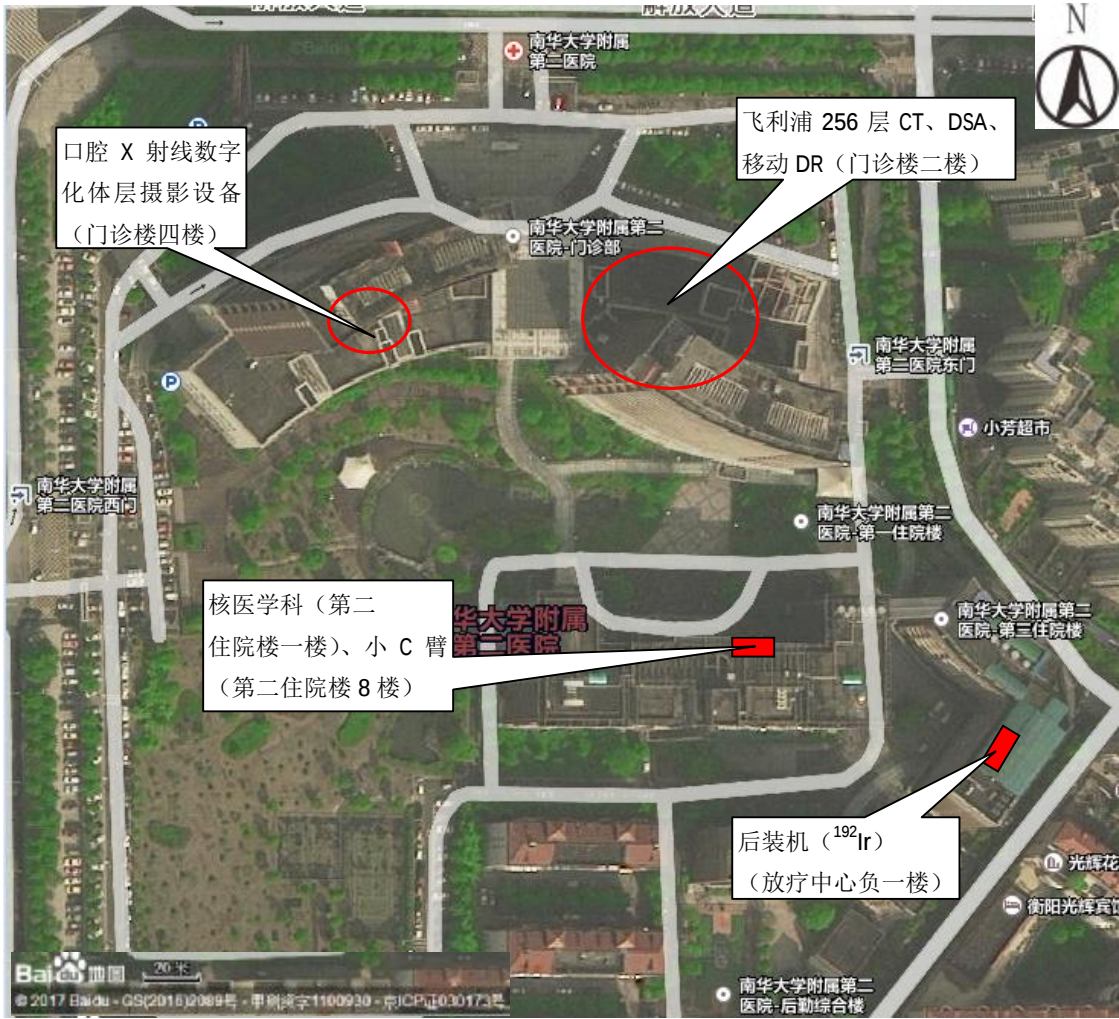


图 1-1 各射线装置分布示意图



图 1-2 各射线装置分布示意图

五、医院现有放射诊疗设备分布及许可情况

1、医院现有放射诊疗设备分布及许可情况

医院目前取得许可的射线装置有 14 台，放射源 1 枚；取得环评批复，未办证的射线装置 1 台，未办理环评手续的射线装置 7 台。现有放射源见表 1-4，射线装置明细见表 1-5。

表 1-4 现有放射源使用情况表

序号	使用科室	类别	核素名称	出厂活度 (Bq)	国家编码
1	放疗中心	I 类	^{60}Co	$2.59\text{E}+14$	0313Co006401

表 1-5 现有射线装置一览表

序号	地点	射线装置名称	型号	最大管电流, 最大管电压	类型	数量	工作场所	办证时间
1	新院	医用 X 射线摄影系统(DR)	飞利浦 Digital Diagnos	150kV 1000mA	III 类	1 台	放射科	2015 年 9 月
2		数字化 X 射线摄影系统(DR)	岛津	150kV 630mA	III 类	1 台	放射科	2015 年 9 月
3		放射诊疗模拟机	HM-MD- I	110kV 40mA	III 类	1 台	放疗中心	2015 年 9 月
4		多功能全数字 X 射线装置	Ultimax	150kV 800mA	III 类	1 台	放射科	2015 年 9 月
5		X 射线计算机断层摄影设备 (CT 机)	飞利浦 16 排	135kV 450mA	III 类	1 台	放射科	2015 年 9 月
6		口腔 X 射线数字化体层摄影设备(原 X 射线机)	HiRes 3D	100kV 4mA	III 类	1 台	口腔科	2015 年 9 月
7		移动式 C 型臂成像系统(小 C 臂机)	WHA-200	110kV 5mA	III 类	1 台	手术室	2015 年 9 月
8		数字化乳腺 X 射线机	意大利 HELIANTHUS	39kV 154mA	III 类	1 台	乳甲外科	2015 年 9 月
9		X 射线计算机断层摄影设备(CT)	NeuViz64e	140kV 500mA	III 类	1 台	放射科	2015 年 9 月
10		X 射线诊断设备	DR3500	150KV 800mA	III 类	1 台	放射科	2015 年 9 月
11		心血管成像系统 (DSA)	Innova 4100-IQ	150kV 700mA	II 类	1 台	放射科	未办证, 本次环评
12		X 射线计算机断层摄影设备 (CT)	BRILLIANCE iCT 飞利浦 256 层	150kV 500mA	III 类	1 台	放射科	未办证, 本次环评
13		口腔 X 射线数字化体层摄影设备 (口腔 CT)	HiRes 3D	100kV 4mA	III 类	1 台	口腔科	未办证, 本次环评
14		移动式数字摄影系统 (移动 DR)	MobileDaRT Evolution	130kV 450mA	III 类	1 台	放射科	未办证, 本次环评
15		移动式 X 射线诊断设备(小 C 臂)	Arcadis Orbic 3D	110KV 23mA	III 类	1 台	手术室	未办证, 本次环评
16	老院 (东院)	数字减影血管造影机(DSA)	INTEGRIS ALLURA	120kV 1250mA	II 类	1 台	介入科	2015 年 9 月
17		医用 X 线摄影系统 (胃肠 X 线机)	飞利浦 DigitalDiagnost	150kV 1000mA	III 类	1 台	放射科	2015 年 9 月
18		数字医用诊断 X 射线透视摄影系统(胃肠机)	Uni-Vision	150kV 500mA	III 类	1 台	放射科	2015 年 9 月
19		医用血管造影 X 射线机(DSA)	Allura Xper FD10	125kV 1000mA	II 类	1 台	介入科	已环评, 未办证
20		X 射线计算机断层摄影设备(CT)	飞利浦 BRILLIANCE 128 层	140kV 500mA	III 类	1 台	放射科	未办证, 本次环评
21		数字化口腔全景 X 射线机	PP1	85kV 10mA	III 类	1 台	口腔科	未办证, 本次环评

2、防护措施落实情况

医院在核技术项目进行过程中, 制定了相关管理制度, 采取必要的防护措施, 医院现有辐射防护措施主要有以下几点:

1、射线装置

(1) 屏蔽防护: 各机房屏蔽防护措施满足要求; 加速器机房与陀螺刀机房设

置了视频监控，其余机房设置铅玻璃观察窗，能清楚观察到机房内情况，；控制室和机房间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；每个机房周围外照射辐射水平符合相关标准规定的要求。

（2）警示标志：防护门上方有工作状态指示灯，指示灯工作正常，防护门上粘贴有电离辐射警示标志；

（3）对讲监视系统能正常使用；

（4）机房内通风良好。

3、放射性工作制度及放射工作人员

（1）医院对现有射线装置严格按照各环保部门下达的要求，成立了辐射防护安全管理小组；制定了各机房操作规程、辐射防护管理制度、设备检修维护制度及放射事故应急预案等；

（2）医院放射工作人员做到持证上岗，医院每年组织放射工作人员进行职业健康体检以及个人剂量监测；

（3）医院每年均委托有资质的单位对现有射线装置进行了空气比释动能率监测，监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的要求。

六、产业政策符合性

本项目使用的 ^{192}Ir 、 ^{18}F 属于《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》“鼓励类”中第六项“核能”中第 6 款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。使用的其他三类射线装置属于《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》“鼓励类”中第十三项“医药”中第 6 款“新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及机械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

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	$3.7 \times 10^{11} /$ $3.7 \times 10^{11} \times 1$	III	使用	放射治疗	放疗中心	在后装机设备源罐内	/
	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	液态，半衰期 109.7min，低毒组	使用	2.22×10^{10}	2.22×10^7	5.55×10^{12}	PET-CT 诊断	很简单的操作	核医学科	供应商直接送货 到负压式通风橱，不贮存，当天送货当天用完
	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》（GB 18871-2002）。

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 (MV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	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	心血管成像系统 (DSA)	II 类	1	Innova 4100-IQ	150	700	介入治疗	门诊二楼放射科 11 号机房	现有
2	PET-CT	III 类	1	uMI 510	140	420	放射诊断	第二住院部一楼	拟购
3	X 射线计算机断层摄影 设备(CT)	III 类	1	飞利浦 BRILLIAN CE128 层	140	500	放射诊断	东院住院楼一楼 CT 机房	现有
4	X 射线计算机断层摄影 设备 (CT)	III 类	1	BRILLIANCE iCT 飞利浦 256 层	150	500	放射诊断	门诊二楼放射科 7 号机房	现有
5	数字化口腔全景 X 射线 机 (牙科全景机)	III 类	1	PP1	85	10	放射诊断	东院门诊七楼口腔科	现有
6	移动式 X 射线诊断设备 (小 C 臂)	III 类	1	Arcadis Orbic 3D	110	23	放射诊断	第二住院部 8 楼手术室 18 号	现有
7	移动式数字摄影系统 (移动 DR)	III 类	1	MobileDaRT Evolution	130	450	放射诊断	门诊二楼放射科	现有

8	口腔 X 射线数字化体层摄影设备（口腔 CT）	III 类	1	HiRes 3D	100	4	放射诊断	门诊四楼口腔科	现有
---	-------------------------	-------	---	----------	-----	---	------	---------	----

（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（ μ A）	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	以下空白												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性固体废物	固态	^{192}Ir	6 个月后退役，活度约为 $6.8 \times 10^{10}\text{Bq}$	/	/	/	退役后暂存于储源柜内的铅罐内	由供源单位回收
含 ^{18}F 放射性固体废物	固态	^{18}F	/	41.7kg	500kg	/	放射性废物衰变桶	衰变至解控水平后，按一般医疗废物处理
含 ^{18}F 的活性炭	固态	^{18}F	/	/	50kg	/	放射性废物衰变桶	衰变至解控水平后，按一般医疗废物处理
含 ^{18}F 放射性废水	液态	^{18}F	/	8.85m ³	106.25m ³		核医学科北侧设 3 个衰变池（1 个 1m ³ ，2 个 3.7m ³ ）暂存，总容积 8.4m ³	衰变后低于 GB18871-2002 中规定的放射性废水排放导出限值后进入医院污水处理站进一步处理

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要说明,其排放浓度/年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度(Bq)。

表 6 评价依据

法律文件	1、《中华人民共和国环境保护法》（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》（2016 年 9 月 1 日施行）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）； 4、《建设项目环境保护管理条例》，（2017 年 10 月 1 日起施行）； 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，2014 年 7 月 29 日修正版）； 6、《建设项目环境影响评价分类管理名录》，（环保部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日起施行）； 7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 年修订，环保部令第 3 号）； 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）； 9、《射线装置分类办法》，（环保总局公告[2006]第 26 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》（2011 年本，2013 年修正版）。 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） 13、《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日起施行）
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、《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）； 4、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：γ 放射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）； 5、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 6、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； 7、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；

技 术 标 准	8、《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ2.1-2007）； 9、《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）； 10、《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012） 12、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）； 13、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 14、《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》（GBZ121-2002）； 15、《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； 16、《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； 17、《放射工作人员的健康标准》（GBZ98-2002）。
其他	1、委托书。 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；

表 7 保护目标与评价标准

一、评价范围：

根据导则（HJ10.1—2016）中“第 1.5 评价范围和保护目标：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质边界外 50m 的范围。”

根据本项目特点，本表为医院核技术应用的环境影响评价，运营过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，且主要影响人员是射线装置所在机房临近的职业工作人员和工作场所周围的公众。因此，本项目以各机房墙体周围 50m 的区域为评价范围。

二、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。根据本项目各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 主要环境保护目标

污染源	方位	周围环境现状	预估人数（人）
核医学科	北侧	绿化	2
	西侧	操作室	3
	南侧	走廊	2
	东侧	仓库	1
	楼上	会议室	5
	楼下	设备间	0
后装机房	北侧	办公室	4
	西侧	操作室	2
	南侧	/	/
	东侧	陀螺刀机房	1
	楼上	消毒中心	3
	楼下	/	/
心血管成像系统（DSA）	北侧	过道	2
	西侧	/	/
	南侧	操作室	2
	东侧	过道	2
	楼上	细胞培养室	2
	楼下	急诊科	5
飞利浦 128 层 X 射线计算机断层摄影设备（CT）（东院住院楼一楼）	北侧	病人通道	3
	西侧	护士站	4
	南侧	控制室	2
	东侧	介入室	3
	楼上	门诊室	5
	楼下	空压机房	0

飞利浦 256 层 X 射线计算机断层摄影设备 (CT)	北侧	病人通道	5
	西侧	6 号机房	1
	南侧	操作室	2
	东侧	3 号机房	1
	楼上	配血室	3
	楼下	入院登记出院结算室	3
口腔 X 射线数字化体层摄影设备 (口腔 CT)	北侧	过道	4
	西侧	整形美容科	2
	南侧	操作间	2
	东侧	过道	3
	楼上	组织片染色室、病理科 冰冻室	2
	楼下	综合病房	5
移动式 X 射线诊断设备(小 C 臂)	北侧	/	/
	西侧	17 号手术室	2
	南侧	手术室通道	1
	东侧	ICU 室	4
	楼上	计算机中心	1
	楼下	病房	5
数字化口腔全景 X 射线机 (东院门诊楼 7 楼)	北侧	操作间	1
	西侧	过道	5
	南侧	/	/
	东侧	医生办公室	3
	楼上	病案室	2
	楼下	妇产科	5

三、评价标准:

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

1) I 职业照射: 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;

II 公众照射: 年有效剂量, 1mSv。

2) 年管理剂量约束值

本报告对核医学科、DSA 放射工作人员取 4mSv/a 作为年管理剂量约束值, 其他放射工作人员取 2mSv/a 作为年管理剂量约束值, 对公众成员取标准中规定的公众照射年有效剂量限值的 1/10 作为年管理剂量约束值 0.1mSv/a。

3) 工作场所的放射性表面污染控制水平见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位: Bq/cm²

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒	其他	
工作台、设备墙壁、地面	控制区	4	40	40

	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4

(2) 机房面积及屏蔽要求《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 节选

1) X 射线机房防护安全操作要求

X 射线设备机房(照射室)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。

每台 X 射线机(不含移动式 and 携带式床旁摄影机与车载 X 射线机)应设有单独的机房,机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房,其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-3 要求。

表 7-3 X 射线设备机房(照射室)使用面积及单边长度

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	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机 a	30	4.5
单管头 X 射线机 b	20	3.5
a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。 b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。 c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。		

X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求:

- a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-4 要求。
- b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

表 7-4 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
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 及以下的摄影机房、口腔 CT、牙科全景机房（有头颅摄影）	2	1
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量） ^a 2.5（较大工作量） ^a	
a 按 GBZ/T180 的要求。		

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置,机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房(不含顶层)顶棚、地板(不含下方无建筑物的)应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

- d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于

2.5 μ Sv/h 时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求（其检测方法按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求）。

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv；测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

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患者和受检者状态。

机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

患者和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。

第 6.6 款 移动式 and 携带式 X 射线设备防护安全操作要求

6.6.1 在无法使用固定设备且确需进行 X 射线检查时才允许使用移动设备。

6.6.2 使用移动式设备在病房内做 X 射线检查时，应对毗邻床位（2m 范围内）患者采取防护措施，不应将有用线束朝向其他患者。

6.6.3 曝光时，工作人员应做好自身防护，合理选择站立位置，并保证曝光时能观察到患者和受检者的姿态。

6.6.4 移动式 and 携带式 X 射线设备不应作为常规检查用设备。

(3) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 放射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）（节选）

治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率（以下简称剂量率）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) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子, 可以依照附录 A, 由以下周剂量参考控制水平 H ($\mu\text{Sv/周}$) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$):

放射治疗机房外控制区的工作人员: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$;

放射治疗机房外非控制区的人员: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

b) 按照关注点人员居留因子 (T) 的不同, 确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$):

人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所: $H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$;

人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所: $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$;

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 ($\mu\text{Sv/h}$)。

(4) 《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2002) (节选)

后装放射治疗室的防护要求

a、放射治疗室必须经专业人员设计, 治疗室必须与准备室和控制室分开设置。治疗室使用面积应不小于 20m^2 。

b、治疗室入口必须采用迷路设计, 设置门机联锁, 并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

c、治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则, 确保工作人员及公众的受照剂量小于相应的年剂量限值。

d、在控制室与治疗室之间应设观察窗(或监视器)与对讲机。

本项目后装机房入口处及防护墙外 30cm 处的周围剂量当量(空气比释动能)率控制水平参照 X 射线装置机房取 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 作为管理目标值。

(5) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009) (节选)

《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009) 对放射性废物的管理与处置做了明确规定, 见表 7-5。

表 7-5 《医用放射性废物的卫生防护管理》的相关内容	
相关条款	具体内容
4 放射性废物管理的基本防护要求	4.2 放射性废物分类，应根据在医学实践中所产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物按 GB 9133 进行分类收集和分别处理。
5.1 放射性废液	5.1.1 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以及存放放射性废水直至符合排水要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。 第 5.1.3 条 下列低放废液可以直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道：每月排放总活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应作记录并存档。
5.2 注射或服用过放射性药物患者排泄物	5.2.1 使用放射性药物治疗患者的临床医学单位，应为住院治疗患者提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理，规定患者住院期间不得使用其他厕所； 5.2.2 专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲洗入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁； 5.2.3 专用化粪池内排泄物在贮存衰变后，经审管部门核准方可排入下水道系统。池内沉渣入难于排出，可进行酸化预处理后再排入下水道系统； 5.2.5 收集含 ^{131}I 排汇物时，应同时加入 NaOH 或 10%KI 溶液后密闭存放待处理。 5.2.8 符合下列条件之一的患者排泄物不需要统一管理： a.注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物； b.符合出院条件的患者排泄物。
6.1 废物收集	6.1.1 按第 4.1 条放射性废物分类和废物的可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集废物； 6.1.2 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志；污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域； 6.1.3 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器内贮存； 6.1.4 对注射器和破玻璃器皿等含尖锐级棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋内； 6.1.5 每袋废物的表面剂量不超过 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg。
6.2 废物临时贮存	6.2.1 产生少量放射性废物的非密封型放射性核素应用单位，经审管部门批准可以将其废物临时贮存在许可的场所和专门容器中。贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限制要求； 6.2.2 贮存室建造结构应符合放射卫生防护要求，且具有自然通风或安装通风设备，出入处设电离辐射警示标志； 6.2.3 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标有废物类型、核素种类，比活度水平和存放日期等说明； 6.2.4 废物包装体外表面的污染控制水平： $\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$ ； $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ ； 6.2.5 应在临时贮存期满 及时把废物送 城市废物贮存库或废物处置单位。
6.3 废物处理	6.3.1 焚烧可燃性固体废物必须在具备焚烧放射性废物条件的焚化炉内进行； 6.3.2 对原有病原体污染的固体废弃物，如可以焚烧的，直接焚烧处理；不可以焚烧的，应当消毒、灭菌后处理或处置； 6.3.3 未知核素的废物在其活度浓度小于或者等于 $2 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 时，或废物中的核素已知且活度浓度符合 4.4 或 4.5 时，可作免管固体废物处理。
(6) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) (节选)	

医院的放射性废水（含放射性核素的清洗废水和病员的粪便水）先经衰变池存放 10 个半衰期以上，再进入医院废水处理站处理达标后排入市政污水管网至市政污水处理厂处理后排放。医院衰变池排放口废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）预处理标准，即：总 β 放射性 $<10\text{Bq/L}$ 。

（7）《放射性污染的物料解控和场址开放的基本要求》（GBZ167-2005）（节选）

第 4.3.2 条 物件表面放射性污染的通用解控水平：仅有表面放射性污染物的物件导出通用解控水平推荐值列于附录 A 表 7-6。

表 7-6 仅有表面放射性污染的物件导出通用解控水平推荐值， Bq/cm^2

核素	解控水平， Bq/cm^2
极毒组 α 放射性物质	0.08
粒子最大能量小于 0.3MeV 的 β 放射性物质	4
氚和氚化水	8
其他放射性物质	0.8
注：1、表中所列数值系指设备表面固定污染和松散污染的总和。对工作人员衣具（衣服、鞋、手套），解控水平为表A.1数值的1/10； 2、表面污染水平系按一定面积上的平均值计算，工作服取 100cm^2 ，设备取 300cm^2 ； 3、解控的物件不得用于食品行业以及与医疗器械有关的加工业； 4、去污后设备表面固定性污染水平为上述水平5倍者可移作该厂区内普通工作场所使用； 5、设备拆卸解体过程中按使用于实践的放射性物质污染控制水平来处理。	

备注：综合上述标准，本项目医院内核医学科工作场所的 β 放射性表面放射性污染解控水平为 0.8Bq/cm^2 ，工作人员衣具（衣服、鞋、手套），解控水平为 0.08Bq/cm^2 。

第5.3.2条 拟开放的场址，在设定 0.25mSv/a 剂量约束值及停留因子为0.4（每年3500小时）条件下，供场址开放用的 γ 辐射空气比释动能率平均值可取 $0.1\mu\text{Gy/h}$ （不包括本底），等于或低于此水平时，该场址可开放。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状:

一、监测点位布置情况

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)中有关布点原则,评价单位对南华大学附属第二医院周边环境进行监测,监测内容为地表 γ 辐射剂量率,监测布点示意图 8-1 和 8-2。



图 8-1 新院辐射环境监测布点示意图



图 8-2 东院辐射环境监测布点示意图

二、监测方案及质量保证

1、监测目的

为了了解项目地点天然辐射水平，是否属于湖南省建筑物内天然放射性水平，为辐射工作场所建成运行后对环境的影响提供依据。

2、监测依据

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）；

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2001）。

3、质量保证

该项目测量所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的

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。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考试合格持证上岗，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处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

表 8-1 监测所使用的仪器情况

仪器名称	X— γ 辐射测量仪
仪器型号	JB4000，出厂编号 0242
生产厂家	上海精博工贸有限公司
检定证书	检定证书编号：hnjln2017007-17 号（湖南省电离辐射计量站）；有效期至 2018 年 02 月 26 日。

表 8-2 项目场址周围环境 γ 辐射水平监测结果

监测位置	监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	监测位置	监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)
新院西侧停车场 1#	0.10	新院第三住院楼负一楼放疗中心 5#	0.14
新院门诊四楼口腔科 2#	0.15	新院第二住院楼南侧 6#	0.11
新院门诊二楼放射科 3#	0.10	东院住院楼一楼 7#	0.13
新院第二住院北侧 4#	0.11	东院停车场 8#	0.11

由表 8-2 可知：南华大学附属第二医院周边环境和室外环境 γ 辐射接近衡阳市本底水平（湖南省环境天然放射性水平调查研究—衡阳室外 0.0314～0.1072 $\mu\text{Gy/h}$ 、室内 0.0717～0.2033 $\mu\text{Gy/h}$ ）。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析 一、项目的组成 本项目包括以下内容：（1）新建核医学科，设一处乙级非密封工作场所；（2）放疗中心拟购置一台后装机，使用 ^{192}Ir 放射源，活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$；（3）对现有放射科的 1 台 DSA、2 台 CT、1 台移动 DR、1 台小 C 臂、口腔科的 1 台数字化口腔全景 X 射线机和 1 台口腔 X 射线数字化体层摄影设备补办环评。 二、工程设备及工艺分析 1、核医学科 为满足患者就医需求，南华大学附属第二医院在第二住院楼一楼设置核医学科，并引进一台型号为 uMI510 的 PET-CT，使用放射性核素 ^{18}F 进行显像检查。 （1）核医学科工作情况 根据医院提供资料，核医学科每日最多诊断 40 人，每个病人注射 ^{18}F 最大注射量为 $5.55\times 10^8\text{Bq}$（15mCi），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）中“常见的放射性药品生产、使用场所日等效操作量核算中操作因子的选取”规定医疗机构使用 ^{18}F、$^{99\text{m}}\text{Tc}$、^{125}I 粒子源相关活动视为“很简单的操作”，通过计算，^{18}F 实际日最大操作量为 $2.22\times 10^{10}\text{Bq}$，日等效最大操作量位 $2.22\times 10^7\text{Bq}$，每年按 250 个工作日计算，^{18}F 年最大用量为 $5.55\times 10^{12}\text{Bq}$。 （2）设备组成 PET-CT 是将两种设备融合的诊疗系统，是正电子发射型断层扫描技术（PET）和计算机断层扫描技术（CT）的有机结合，是 PET 的功能代谢显像与 CT 的机构显像融为一体，形成优势互补，一次检查扫描即可获得 PET 图像，又可以获得相应部位 CT 图像，并可将两种信息进行融合，这样在病灶进行定性的同时还能准确定位，大大提高了诊断的准确性及临床使用价值。 PET-CT 扫描系统主要有扫描仪、检查床、电子柜、操作工作站、分析工作站和影像拷贝等组成。CT 扫描仪位于 PET 扫描仪的前方，两者组合在一个机架内，后配 PET、CT 融合对位工作站，一次成像同时完成 CT 及 PET 扫描。
--

(3) 工作原理

PET-CT 技术是把极其微量的正电子示踪剂注射到人体内，然后用 PET 探测这些正电子核素在人体全身脏器的分布情况，再结合 CT 的精确定位，准确的显示出人体各器官的生理代谢情况和解剖结构，以判断病变发生或发展情况。

当标记物 ^{18}F 通过注射方式进入人体内，依其化学特性及生物学特性的不同，随血液进入人体的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病理组织在此过程中的差异，使其聚集 ^{18}F 的能力发生了变化。利用 PET 来探测 ^{18}F 发射的 γ 射线在体内的分布状态并且还原成图像，其图像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更主要的是还可以显示脏器的功能和代谢情况，提供有利于诊断的定性与定量的各种信息。

(4) 操作流程

①接收患者，开具 PET-CT 诊断单并告知患者诊断过程存在的辐射危害，根据病情确定使用核素的剂量；

②试剂分装到注射器： ^{18}F 从有资质的配送中心购买，注射护士在通风橱内从铅罐中取出整瓶放射性药物进行药物分装。将带铅套的一次性注射器与储药罐连接，抽吸放射性药物，达到一定体积后，用活度计测量所抽吸的药液活度是否满意，若不满意，再次抽吸调整药量知道符合要求，每次分装时间保守按 2min 估算；

③注射显像剂：注射护士手持带铅套的注射器，在注射室注射窗口铅注射屏的屏蔽下为病人注射。注射完毕后的一次注射器，放入专用放射性废物铅桶内。每次注射过程中近距离接触放射性药物的时间保守按 1min 估算；

④病人候诊：注射后受检者在指定的给药后休息区安静休息，以使显像剂分布到全身，该过程避免与人交谈，避免紧张体位。一般注射 ^{18}F 后需等待约一个小时；

⑤排空小便；

⑥患者进入 PET-CT 机房扫描之前，摆位人员在机房内指导受检者正确姿势；

⑦到 PET-CT 检查床开始扫描（约 10 分钟或更长）；

⑧病人检查结束后在留观室观察 30 分钟左右，无问题即可离开；

⑨出具检查报告。

(5) 工艺流程及产污环节

^{18}F 发射的正电子与负电子相结合，能产生湮没 γ 光子辐射，能量 0.511MeV。因此， γ 射线是本项目的主要污染因子。另外，医生对含有放射性同位素 ^{18}F 的种种操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性粘污，造成小面积的 β 放射性表面污染；同时，也会产生一些固体废弃物以及病人排泄物等对水环境的污染。

因此，用 ^{18}F 核素标记 PET-CT 项目污染因子主要是： γ 射线、 β 射线、 β 放射性表面污染、放射性废水、放射性固废以及液态放射性同位素 ^{18}F 操作时挥发的含微量放射性同位素的废气。

核医学科 PET-CT 诊断流程及产污环节如图 9-1 所示。

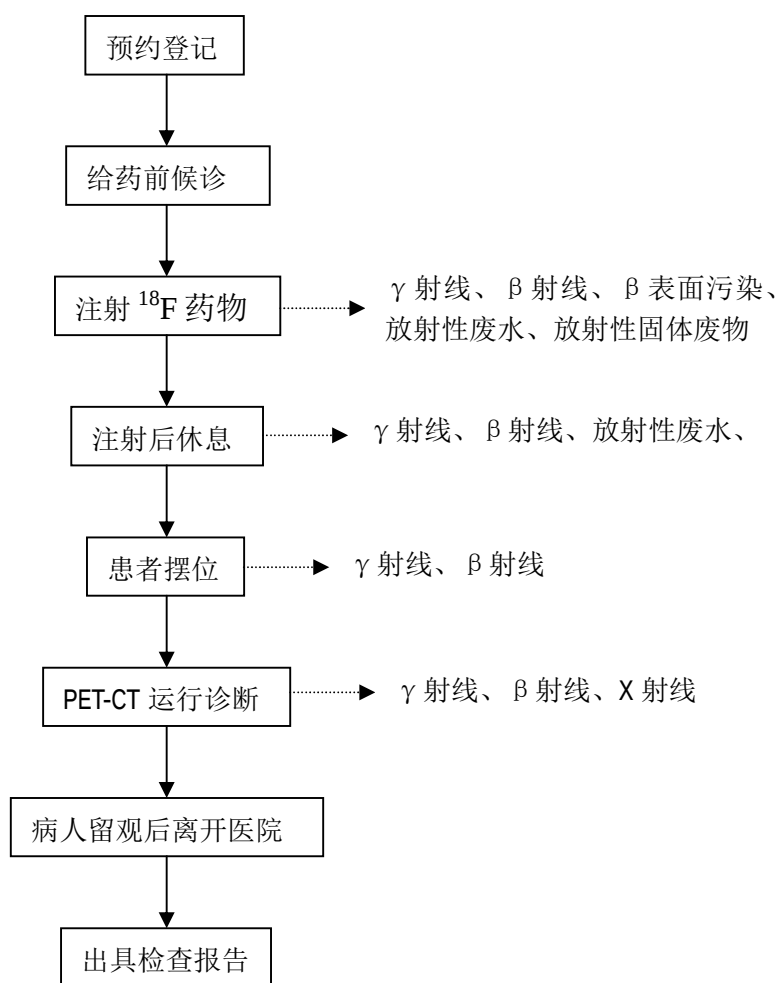


图 9-1 核医学科 PET-CT 诊断流程及产污环节示意图

2、后装机

(1) 设备情况

医院拟购置 1 台后装治疗机，使用 ^{192}Ir 放射源，最大装源活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。 ^{192}Ir 源为 β 衰变（95.2%）和 γ 衰变，半衰期为 74.02d， β 射线最大能量 0.67MeV， γ 射线能量 0.468MeV。

(2) 诊疗工作原理及工作流程

后装技术主要应用于宫颈癌、食道癌和乳腺肿瘤等治疗方面。所谓“后装”，即先在准备室内将施源器放置并固定在宫腔内，然后送患者进入治疗室，把与施源器链接的管头接好，再用遥控技术将放射源送入宫腔内照射病灶。治疗结束后用遥控技术把放射源退回到贮源器内。后装治疗流程如下：

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与放疗科预约登记，以确定治疗时间；

②预约病人首先在模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤具体位置和形状，确定治疗中心；

③物理人员根据医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成。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。

④治疗计划制定后，患者在技术人员协助下进行摆位。

⑤技术人员在治疗室内将储源器和施源器相连接后，进入操作室，确定所有安全措施到位后，启动治疗机进行照射。

⑥照射完毕后，技术人员协助病人离开病房，为下次照射做准备。

后装治疗机工作流程及产污环节如图 9-2 所示：

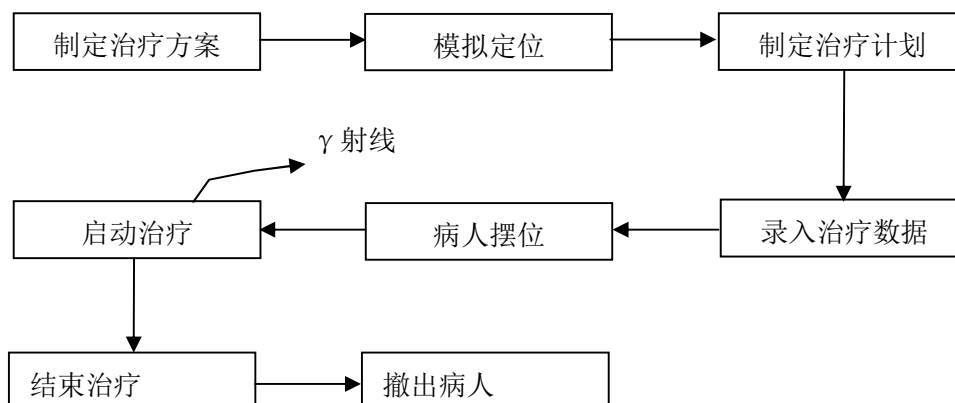


图 9-2 后装治疗机工作流程及产污环节示意图

(3) 污染因子

① γ 射线

正常情况下， ^{192}Ir 为密封源， β 射线完全被屏蔽，构筑机房时采取 L 型迷道的屏蔽措施，仅 γ 射线对机房外环境产生辐射。

②其它非放射性因子

放射诊疗设备运行时，因 γ 射线或电子与空气相互作用，可使机房内空气电离，产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (N_xO_x) 等有害气体，因此臭氧和氮氧化物产额也是辐射防护工作不可忽视的危害因素。相比之下，以臭氧的毒性大，产额高，浓度限值低（工作场所内臭氧浓度限值 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物浓度限值是 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ），因此，将主要考虑臭氧的危害。

(4) 放射源购买和退役

^{192}Ir 放射源由放射源生产单位负责运输、安装，放射源更换由厂家派专人更换，同时废源由厂家统一回收。

3、DSA

(1) 工作原理

数字血管造影 (DSA) 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。DSA 主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和高灵敏度。基本结构是由产生 X 射线的 X 线管、供给 X 线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置即外围设备组成。

(2) 主要污染因子

数字减影血管造影 (DSA) 为 X 射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量，本项目的 DSA 在非治疗状况下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线，X 射线是随着机器的开、关而产生和消失，由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。另外 X 线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化

物，污染工作场所，臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对诊断室的影响，关键在于加强室内通风。数字减影血管造影（DSA）输出X射线输出功率低，剂量小，光子能量低，产生臭氧和氮氧化物量极少，普通抽风机即可满足X射线室通风换气需要。另外，项目DSA在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无其他废气、废水和固体废弃物产生，因此，在开机期间，X射线是污染环境的主要因子。

4、其他 X 射线装置

本次环评还包括CT、小C臂、牙科全景机、移动DR机，这些射线装置属于III类射线装置，正常工作时，X射线机仅在加上高压后才产生X射线，关机后X射线随之消失。

（1）主要污染因子

由 X 射线装置的工作原理可知，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线，产生 X 射线辐射污染，由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题，因此，在开机期间，X 射线为污染环境的主要因子。

同时，射线装置运行时，X 射线与空气相互作用，可使机房内空气电离，产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（N_yO_x）等有害气体，因此臭氧和氮氧化物产额也是辐射防护工作不可忽视的危害因素。

污染源项描述：

一、建设、安装过程的污染源项分析

本项目需在新院第二住院楼改造仓库，新建核医学科，设乙级非密封工作场所；在放疗中心改造原会议室作为后装机房。项目建设过程中，医院的医疗服务工作仍将正常进行。施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对医院自身环境带来一定的影响。DSA、CT、口腔 CT、全景牙科机、DR、小 C 臂机为现有机房，建设、安装过程的影响已消失。

改造机房、设备安装的施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

（1）扬尘及防治措施

主要为房间的改造时机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应加强施工现场管理，应进行适当的加湿处

理。

(2) 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。生活污水依托医院的排水系统，进入市政污水网管。

(3) 噪声及防治措施

主要来自于机房内混凝土浇注、装修及现场处理等。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

(4) 固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

此外，PET-CT 在安装调试过程中会产生 X 射线，后装机在安装调试过程中会产生 γ 射线，但此时机房已建成，具有足够的辐射屏蔽能力，不致对环境产生明显的影响。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，设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

二、运行期间正常工况下污染源分析

1、核医学科

(1) ^{18}F 放射性核素特性

^{18}F 衰变期 109.7min，核素自然衰变过程为 β^+ 辐射，射线能量为 0.64MeV， β^+ 粒子在组织中的射程为 4-5mm，辐照影响较小。 β^+ 粒子在自然界中不能长时间独立存在，很快会与原子中轨道电子结合发生湮灭反应，同时释放出 2 个能量相同 (0.511MeV)、方向相反的 γ 光子，即 γ 射线， γ 射线对周围环境产生外照射辐射影响。

(2) 放射性污染因素分析及评价因子

① γ 射线

^{18}F 在衰变过程中发射正电子，正电子与原子中轨道电子发生结合，释放出 γ 射线。 γ 射线穿透能力很强，会对周围环境造成一定的辐射影响。

② β 射线

^{18}F 在衰变过程中释放出 β 射线， β 射线在空气及人体组织中射程均较短，比较容易防护，不会对环境产生辐射污染。

③ X 射线

本项目 PET-CT 使用 CT 功能时会产生 X 射线，X 射线对周围环境造成一定的影响。关机时，X 射线随之消失。

④ 表面污染

工作人员在操作中，核素洒漏可能会引起工作台面、地面等放射性粘污，造成 β 放射性表面污染。

⑤ 放射性固体废物

放射性固废废弃物主要为注射器、针头、手套、药棉、纱布、破损杯皿、擦拭污染地面的物品等。

根据医院提供的资料，PET-CT (^{18}F) 诊断每年 10000 人次，患者诊断过程中，放射性固废产生量约 0.05kg/人，经计算，本项目 PET-CT 诊断过程产生的放射性固废为 500kg/a。

⑥ 放射性废水

该项目放射性废水的主要来源于患者注射放射性药物后所产生的排泄物、呕吐物、卫生间冲洗水、注射室工作人员洗手废水以及清扫工作台面、地面的清洁工具清洗废水。

PET-CT (^{18}F) 诊断每年 10000 人次，患者诊断过程中，放射性废水产生量按 6L/人次，经计算，PET-CT 诊断过程中患者产生的放射性废水约 60m³/a。核医学科工作人员按 5 人计算，工作人员产生放射性废水包括洗手水和淋浴水。工作人员洗手废水按每人每天 1L 计算，淋浴用水按每人每次 90L 计算，淋浴按每天 2 人次计算，则工作人员产生的废水总量约为 185L/d，全年废水量约 46.25m³。

核医学科每年产生废水量 106.25m³，这部分废水全部进入位于核医学科北面的衰变池。

⑦ 含微量放射性同位素的废气

本项目使用的药品在带有屏蔽的通风橱内分装完毕，注射时药物在针筒内，无开放液面，空气中挥发逸散的放射性同位素几乎没有，因此放射性气溶

胶非常少，其对医务人员和公众呼吸入体内造成的内照射影响可以忽略。

⑧评价因子

综上所述，本项目 PET-CT 诊断的评价因子主要是 γ 射线、X 射线、表面污染、放射性固体废物、放射性废水。

2、后装机

(1) ^{192}Ir 放射源特性

本项目后装机使用的放射源为 ^{192}Ir ，初装最大放射性活度为 10Ci。由厂家提供资料可知， ^{192}Ir 后装机具有良好的自屏蔽措施， ^{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，防护性能良好。 ^{192}Ir 放射源源罐结构见图 9-3。

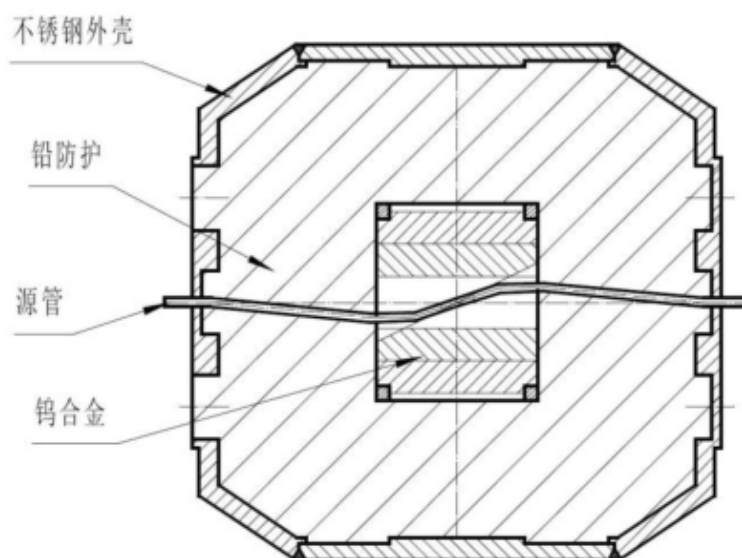


图 9-3 ^{192}Ir 放射源源罐结构示意图

根据《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》表 1.11 可知， ^{192}Ir 半衰期为 74.02d，能谱较为复杂，主要有 3 种能量的 β 射线，分别为 0.672MeV，0.0.536MeV，0.240MeV； γ 射线有 4 种，分别为 0.29595MeV、0.30844MeV、0.31649MeV，0.46806MeV。

(2) 放射性污染因素分析及评价因子

① γ 射线

正常情况下， ^{192}Ir 为密封源， β 射线穿透能力很弱，设备的外包装可以完全屏蔽。 γ 射线穿透能力较强，有可能对环境产生辐射影响。

②空气在辐射照射下，产生分解现象，其主要产物为臭氧和氮氧化物。氮氧化物产额较低，放射工作场所的非辐射危害因素主要以臭氧为主。通过通风换气可有效降低臭氧和氮氧化物的浓度。

③放射性废气、放射性废水和放射性固废

后装机使用过程中不会产生放射性废气、放射性废水。固体废物为退役后的 ^{192}Ir 。

综上所述， ^{192}Ir 放射源正常使用过程中产生的放射性污染物为 γ 射线，退役后的 ^{192}Ir 放射源以及少量的臭氧、氮氧化物。

3、DSA 及其他 III 类射线装置

DSA 及其他 III 类射线装置运行时产生的主要污染物为：X 射线、臭氧和氮氧化物，无放射性废气、废水和固体废物产生。

三、运行期事故工况下污染源分析

1、核医学科

(1) 工作人员违反操作规程或误操作，导致 ^{18}F 泼撒、泄漏。

(2) 注射针管破裂导致 ^{18}F 泄漏污染操作台面或地面

(3) 人员误留 PET-CT 机房，造成不必要的照射。

2、后装机

(1) 人员误留机房内时出源，由 γ 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。

(2) 联锁装置故障时，出束或出源时人员误入机房内，造成有关人员被误照；

(3) 维修时误出束（出源），维修人员受到潜在的照射伤害。

(4) 病人治疗过程中，不能终止辐射，而受到超剂量外照射。

(5) 放射源在应用、贮存、运输时发生丢失或被盗事故，造成的辐射伤害或放射性污染事故。

2、DSA 及其他 III 类射线装置

(1) 在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。

(2) 工作人员或病人家属还未全部撤离辐照室，外面人员启动设备，造成有关人员被误照；

(3) 操作介入手术的医生或护士未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。

(4) 检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

表 10 辐射安全与防护

辐射安全和设施： 一、辐射工作场所分区 根据国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，把辐射工作场所分为控制区和监督区。 （1）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的指示。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（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。 （2）监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的指定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作的状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。 本项目控制区包括核医学科的注射室、分装室、休息室、留观室、PET-CT 机房、后装机房、DSA 机房、CT 机房、DR 机房、全景牙科机房、小 C 臂机房。监督区包括核医学科的休息室、后装机、DSA、CT 机、DR 机、口腔 CT、全景牙科机、小 C 臂控制室以及周围临近区域，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。 二、辐射屏蔽设计 1、核医学科 （1）工作场所分级 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小进行分级管理。<u>南华大学附属第二医院核医学科日等效最大操作量=40×5.55×10⁸×0.01/10=2.22×10⁷Bq，大于 2.0×10⁷Bq，因此，本项目属于乙级非密封放射性物质工作场所。</u> （2）辐射防护措施 ①改造前房间状况
--

表 10-1 改造前核医学科各墙体厚度

屏蔽体名称	材质	厚度（mm）
东墙	加气混凝土	200
南墙	加气混凝土	200
西墙	加气混凝土	200
北墙	加气混凝土	200
天花板	钢筋混凝土	100
地板	钢筋混凝土	130

改造后的平面布置见图 10-1。改造后各墙体材质、厚度见表 10-2。由图中可以看出，南华大学附属第二医院核医学科分区明确。在注射后休息室门口放置一块铅屏风，用于屏蔽患者进出开门时的辐射影响。

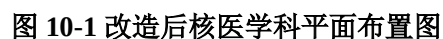


表 10-2 改造后核医学科各墙体厚度

屏蔽体名称	材质、厚度
PET-CT	
东墙	370mm 实心砖
南墙	370mm 实心砖
西墙	370mm 实心砖
北墙	370mm 实心砖
天花板	100mm 钢筋混凝土
地板	130mm 钢筋混凝土
观察窗	15mmPb
小防护门（医生进出）	10mmPb
大防护门（患者进）	6mmPb
小防护门（患者出）	5mmPb
分药注射室四周墙体	370mm 实心砖
分药注射室天花板	100mm 混凝土
分药注射室地板	130mm 混凝土
注射窗	15mmPb
护士更衣室一侧防护门	15mmPb
废物间防护门	/
患者通道一侧防护门	10mmPb
注射后休息室四周墙体	370mm 实心砖
注射后休息室天花板	100mm 混凝土
注射后休息室地板	130mm 混凝土
注射后休息室防护门	8mmPb
留观室四周墙体	370mm 实心砖
留观室门（患者出）	5mmPb

（3）通风系统

分装、注射过程中会产生微量的气溶胶， ^{18}F 分装柜为整体购买，要求内衬 60mm 厚的铅板，安装轴流风机（风速不小于 1m/s），设置 PVC 通风管道，密封连接直至屋面。在屋面设排气管，高出屋面 3 米以上，将室内废气排出室外，并在排风管口设置活性炭过滤装置，排出的废气不会造成二次污染。每年

(4) 放射性废水

36

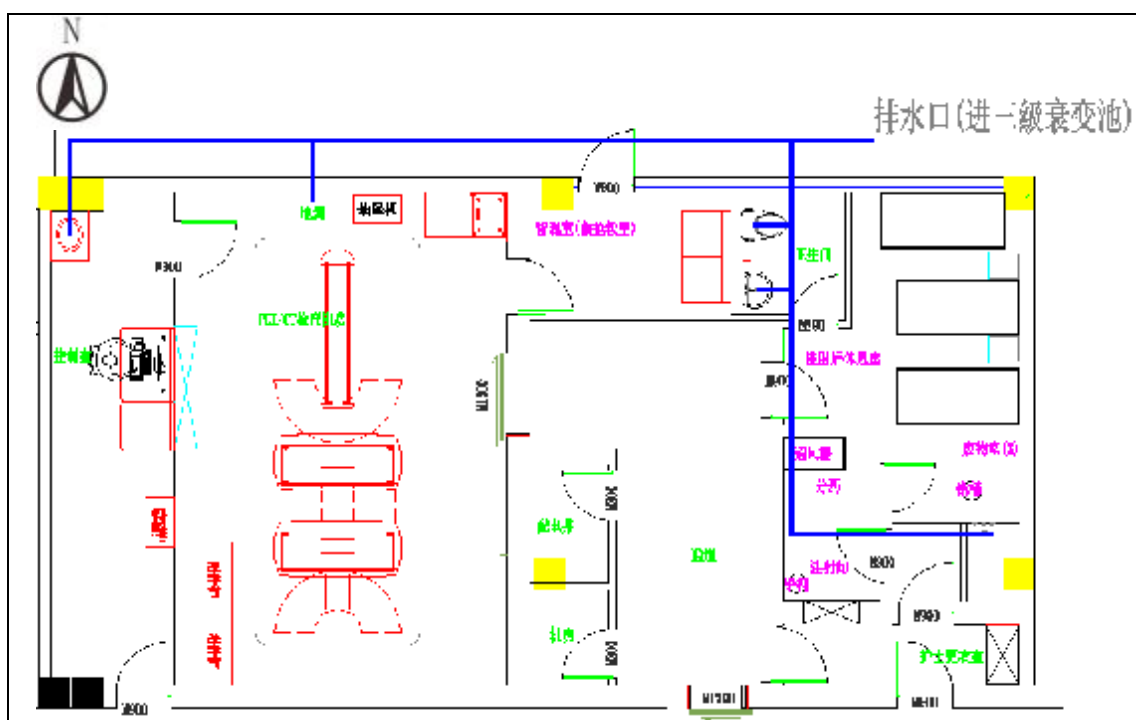


图 10-3 核医学科排水管道示意图

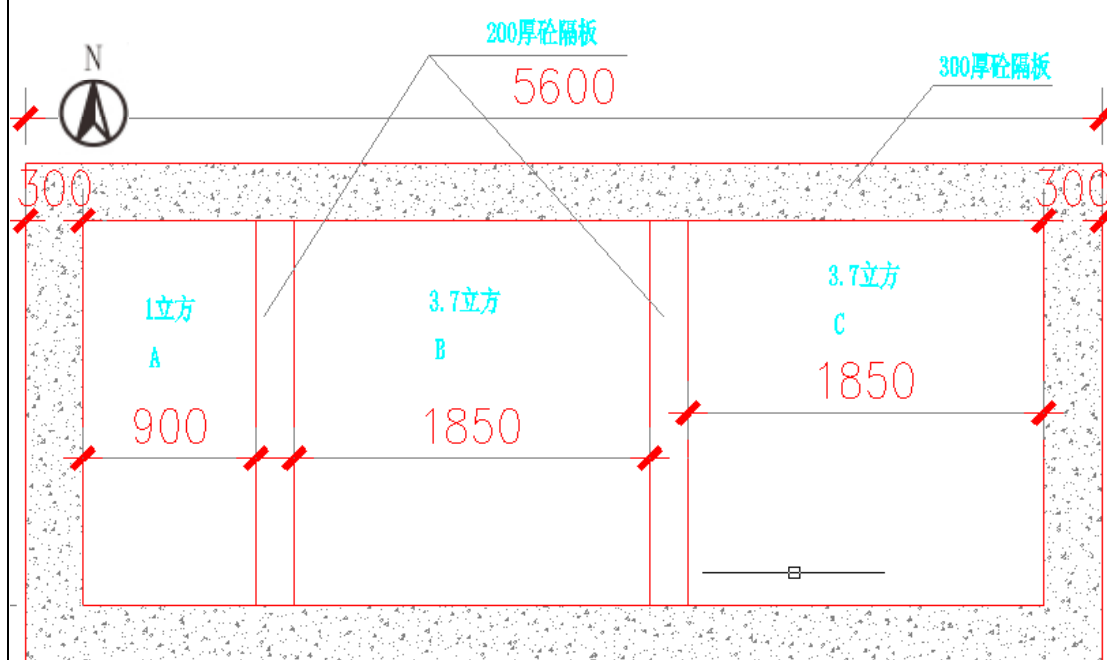


图 10-4 三级衰变池示意图

(5) 人员路径

核医学科患者与医护人员路径见图 10-5，从图中可知患者与医护人员的通道各自独立。

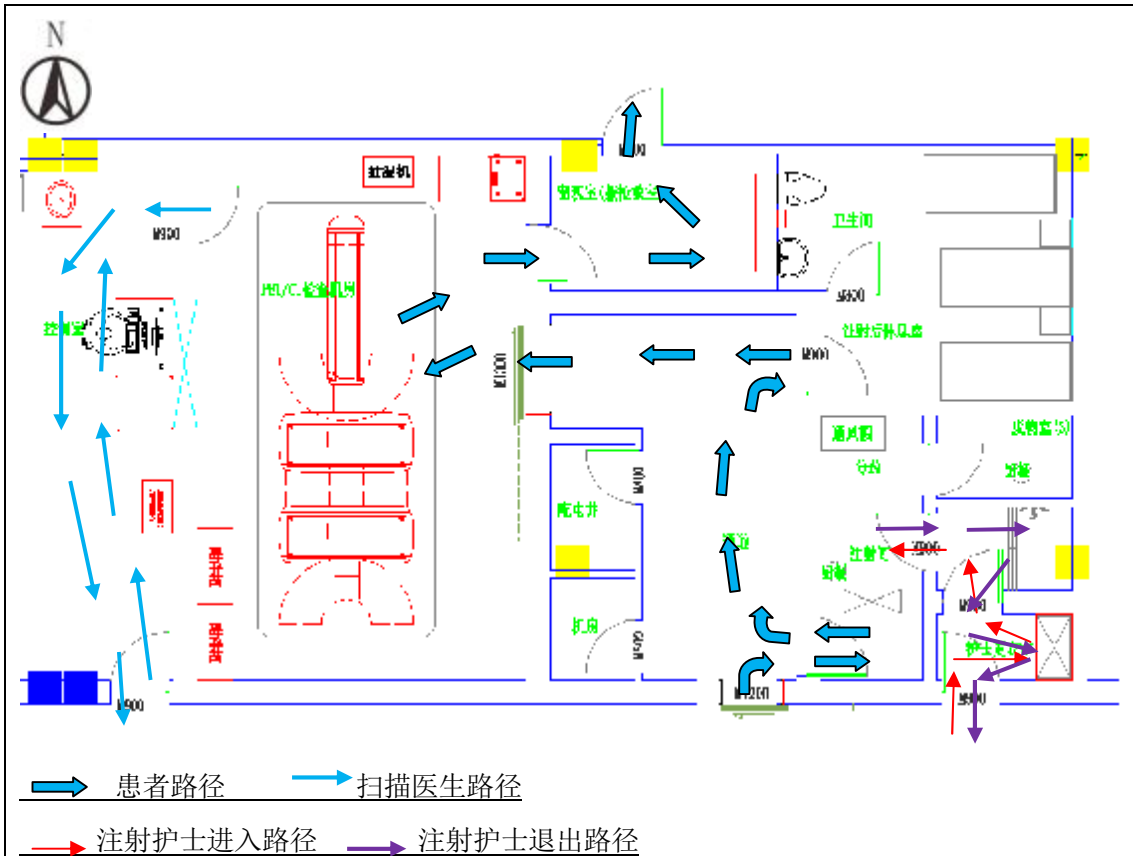
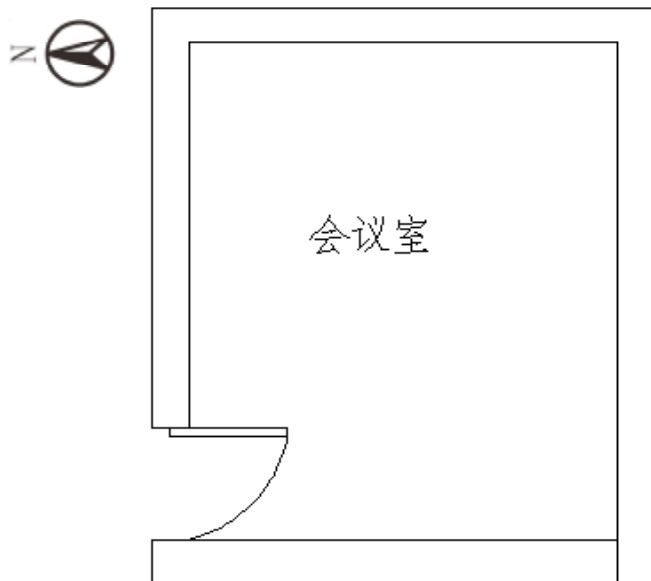


图 10-5 核医学科人员路径示意图

2、后装治疗机房

(1) 后装治疗机房辐射防护设计

根据建设单位提供的设计图件，该项目后装治疗机房在现有会议室的基础上改造，改造前四周墙体为 500mm 钢筋混凝土，顶板为 800mm 钢筋混凝土，密度不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 。改造前平面布置示意图 10-6。改造后，在现有办公室西侧设操作室（现为接诊台），机房内设迷道迷道墙厚 600mm 混凝土，加厚四周墙体厚度到 650mm，改造后机房布置见图 10-7。



接诊台

图 10-6 后装机房改造前平面布置示意图

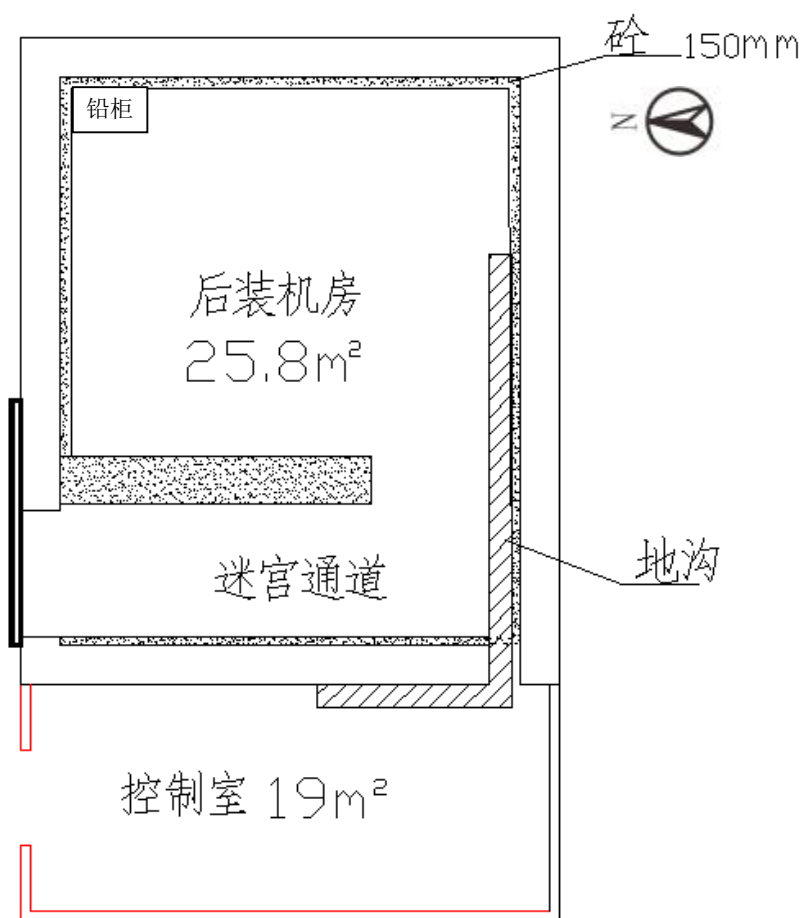


图 10-7 后装机房改造前平面布置示意图

表 10-3 后装治疗机房屏蔽设计有关数据

机房名称		后装治疗机房
几何尺寸	尺寸(长×宽×高), mm	5560×4650×2900 {净空尺寸, 不含迷道}
	内空面积, m ²	25.8 (不含迷道)
	迷道宽度, mm	L 型迷道, 1700
	机房容积, m ³	74.82 (不包括迷道)
屏蔽体厚度 mm	东墙	主屏蔽墙 650mm 砵
	南墙	主屏蔽墙 650mm 砵
	西墙	主屏蔽迷道内墙 600mm 砵
		主屏蔽迷道外墙 650mm 砵
	北墙	主屏蔽墙 650mm 砵
	顶板	主屏蔽墙 800mm 砵
	防护门	未定, 建议按 6mm 铅板防护
	观察窗	——

(2) 电缆地沟穿墙及机房通风情况

后装治疗机房的电缆地沟沿南墙底部墙脚呈 U 型进入控制室内, 穿墙处均采取了附加铅板进行辐射防护。后装治疗机房东北角设置一个排风口, 排风口距离地面 100 mm, 楼顶安装风机, 换气次数不低于 4 次/小时, 设计考虑了空气合理流向, 不会形成死角, 能有利于机房内产生的臭氧、氮氧化物等有害气体排放。后装治疗机房西北角、东南角均设计有送风口, 距离地面 2900 mm。环评建议排风量不小于 300m³/h, 并送至第三住院楼楼顶 3m 排放。

3、辐射安全措施

(1) 警示装置

1) 工作状态指示灯: 新建 PET-CT 机房、后装机房防护门上方设计有工作状态指示灯, 用来警示人员不要进入处于工作状态的机房。已投入使用的各射线装置机房工作状态指示灯完好。

2) 拟购 PET-CT 机房、后装机房的操作台设计了工作状态指示灯。

3) 电离辐射标志: 机房的防护门、核医学科入口上醒目位置拟贴“当心电离辐射”、“禁止入内”、“禁止停留”标志, 用来提示人员不要进入处于工作状态的机房。操作室内需粘贴“戴防护眼镜”、“穿防护服”等提示标志。

(2) 监视、对讲装置

新建 PET-CT 机房安装有对讲装置，后装机房安装对讲装置和摄像装置，可在操作室内监控机房内的设备或人员活动情况。

(3) 后装机房拟设置以下安全联锁

(1) 源位指示——显示放射源起动、传输、驻留及返回贮源器的位置。

(2) 自动回源——实施治疗期间，当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源能自动返回工作贮源器。

(3) 手动强迫回源装置——当发生自动回源装置功能失效等紧急情况时，可以用手动回源措施进行应急回源处理。

(4) 声光报警装置——当发生停电、卡源或意外中断照射时，能发出声光报警信号。

(5) 防护门开关——装在防护门旁迷道内墙上和控制室墙上，用于人员进出机房控制。

(6) 门机联锁——当防护门处于开启状态时，后装机不能启动辐照；当后装机处于辐照状态时，一旦防护门被强迫打开，后装机能立即自动回源。

(4) 源的安全管理

^{192}Ir 在非工作下贮存在主机的源罐内，后装机房均由专人负责管理，机房在治疗结束后应及时关闭，禁止其他人员进入机房，在机房门外的适当位置安装摄像装置，由医院保安人员 24h 监控以防放射源被盗。在后装机房东北角设 1 个铅保险柜，用于应急情况下贮存放射源。保险柜采用双人双锁。

放射源销售单位负责源的运输，将源运至现场机房后，由放射源生产单位的专业技术人员在机房操作机器人进行倒源操作。

4、其他放射诊断设备

本次环评涉及的其它放射诊断设备包括 DSA、CT、口腔 CT、全景牙科机、小 C 臂、DR 机、移动 DR，这些设备已经投入使用，因此本次评价引用湖南省职业病防治院对医院射线装置防护性能及工作场所防护检测的结果和现场检测结果进行评价，对各机房的屏蔽不进行评价。

(1) 警示标志及设施

DSA、CT、口腔 CT、全景牙科机、小 C 臂、DR 机机房大防护门外醒目位置已经粘贴“当心电离辐射”、“禁止入内”、“禁止停留”等警示标志，大防护门

上方均已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，以上各射线装置机房内醒目位置粘贴“穿防护服”、“戴防护眼镜”等提示标志。工作状态指示灯工作正常。

(2) 对讲装置

医院 DSA、CT、全景牙科机、小 C 臂、DR 机机房已设对讲装置，以便操作室人员与机房之间人员更好的沟通，避免病人由于摆位或照射时移动而导致重复照射。

(3) 机房通风设计

DSA、CT、全景牙科机、小 C 臂、DR 机机房均采用中央空调，加排风系统，在机房吊顶上设置排风口，每间机房的排风量大于 $400\text{m}^3/\text{h}$ ，通过管道排放至室外，可保持机房内通风良好。通过管道排放至室外，距离室外地面 2.5 米以上。

5、辐射防护用品

医院应严格规定相关辐射工作人员在辐射工作中做好个人的放射防护，并配备铅围脖、防护巾和防护服等防护用品、用具以达到辐射防护的目的，医院现有和需配备的防护用品见表 10-4。

表 10-4 医院现有防护用品和需配备辐射防护用品及检测仪器

工作场所	名称	数量	名称	数量
现有防护用品	铅衣	8 件	铅眼镜	4 付
	铅围脖	22 个	个人剂量计	199 个
需配备的防护用品	表面沾污仪	1 台	铅眼镜	2 副
	铅围脖	2 条	铅帽	2 套
	铅围裙	1 件	便携式剂量报警仪	1 台
	个人剂量报警器	2 台	固定式报警仪	1 台
	个人剂量计	7 个	长柄夹	1 个
	铅罐	1 个	铅屏	1 块

三废的治理

本项目核医学科使用非密封同位素 ^{18}F 过程中会产生含放射性的废水、废气和固废，后装机使用的 ^{192}Ir 退后也还是含有放射性的固体废物。本项目放射性废物治理措施如下：

1、废水

核医学科废水通过专用收集进入位于核医学科北侧地下的三级衰变池，一级衰变池容积为 1.0m^3 ，二、三级衰变池容积为 3.7m^3 ，经 10 倍半衰期后进入医

院总废水处理站进行处理达标后排入市政管网。

2、废气

核医学科分装、注射 ^{18}F 过程中会产生微量的气溶胶， ^{18}F 分装柜为整体购买，内衬铅板，安装轴流风机（风速不小于 1m/s ），设置 PVC 通风管道，密封连接直至屋面。在屋面设排气管，高出屋面 5 米以上，将室内废气排出室外，并在排风管口设置活性炭过滤装置。本项目中其他各机房均采用机械排风系统，将产生的少量臭氧和氮氧化物排放，通过大气稀释后，可以忽略。

3、固体废物

核医学科产生的放射性固体废物放在放射性废物桶内，经 10 个半衰期后检测合格按医疗废物处置。

后装治疗机所使用的 ^{192}Ir 放射源衰减至不能再用于临床治疗后，因更换产生的废旧放射源由供源单位收回。环评建议医院购置 1 个保险柜，放置于后装治疗机房用于退役放射源的暂存。建设单位在购源同时，应与售源单位签订旧放射源回收协议。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物及设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。

1、扬尘及防治措施

主要为房间的改造时的机械敲打、钻洞等产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，进行适当的加湿处理。

2、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。生活污水依托医院现有的排水管网进入污水处理站。

3、噪声及防治措施

主要来自于机房改造、装修。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对机房周边的影响。

4、固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。

此外，设备安装及调试过程也会产生放射性污染，因此各放射治疗及诊断设备的安装应请专业人员进行，医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，在治疗室门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

运行阶段对环境的影响：

一、核医学科影响分析

1. 核素主要技术参数

放射源核素： ^{18}F

核素的活度： $5.55 \times 10^8 \text{Bq} (15\text{mCi})$

核素的 γ 射线能量：0.511MeV

距源中心 1m 处的剂量率为 0.051mGy/h

TVT=1.54cm(Pb) TVT=24.6cm(混凝土) TVT=34cm(实心砖)

据文献报道，在注射了 $5.55 \times 10^8 \text{Bq}$ 药物的病人体表外一米处剂量率为 $30 \mu \text{Gy/h}$ 。

分装的针剂为每支 $5.55 \times 10^8 \text{Bq}$ ，则距源 1m 处的剂量率为 $51 \mu \text{Gy/h}$ 。

3. 屏蔽计算公式

点源计算公式：

$$D = 5.1 \times A \times R^{-2} \times 10^{-X/TVT} \quad (1)$$

式中：

D——距源 R (m) 处穿过屏蔽厚度为 X 的某材料的空气比释动能率 ($\mu \text{Gy/h}$)；

A——源的活度 (mCi)；

TVT——屏蔽厚度为 X 的某材料的十分之一值层 (0.511MeV)。

已知距源 R1 处的剂量率 D1，穿过屏蔽厚度为 X 的某材料后距源 R2 处的所关心点的剂量率 D2 由下式计算：

$$D_2 = D_1 \times (R_1 / R_2)^2 \times 10^{-X/TVT} \quad (2)$$

4、 ^{18}F 分装与注射室屏蔽参数

分装 ^{18}F 时，按最大操作活度为 300mCi (半天用量)，分装置的通风柜一般具有较好的自身屏蔽，外墙和门受影响的主要是处理 ^{18}F 过程中的辐射 (至于工作人员应有另外的个人防护)；每个病人每次最大注射 ^{18}F 活度为 $5.55 \times 10^8 \text{Bq}$ (15mCi)。

(二) 计算结果

1、分装注射室屏蔽计算

(1) 防护墙屏蔽计算

根据建设单位提供资料，分装药物的通风橱处于分装室的西北角，本次评价按通风橱在中间位置考虑，源距东西墙的最近距离为 0.78m，距南墙的最近距离为 2.1m，分装通风橱紧邻北防护墙设计。根据计算，东西墙厚 335.6mm (实心砖)，南墙厚 144.4mm (实心砖)，分装通风橱厚 42.6mm (铅)。

(2) 天花板屏蔽计算

根据建设单位提供资料，核医学科层高按 7.3m 计，则源距离天花板的高度为 6m，根据计算，天花板厚 23.5mm (混凝土)。

(3) 地板屏蔽计算

根据建设单位提供资料，核医学科层高按 7.3m 计，则源距离地板的高度为 1.3m，根据计算，地板板厚 205.1mm（混凝土）。

(4) 防护门的计算

在分装室内分装一人份药品，源距医生入防护门的最近距离为 1.0m，距废物间防护门最近距离 0.80m，根据计算，医生入防护门厚为 16.5mm（铅），废物间防护门厚为 18.8mm（铅）。

(5) 注射室防护门（患者通道一侧防护门）计算

在注射窗口注射一人份药品，源距注射室防护门最近距离约 0.8m，根据计算，防护门厚为 18.8mm（铅）。

2、注射后休息室屏蔽计算

根据医院提供的资料，核医学科设注射后休息室 1 间。因为注射后需要休息一小时左右，才能进行扫描检查，每次检查需 30~45 分钟，医院拟投放 1 台扫描设备，每天的患者数量按 40 人计，则带源候检的人数同时在休息室内有 3 人。按照病人在注射了 15mCi 药物的病人体表外一米处剂量率为 30 μ Gy/h。

(1) 防护墙屏蔽计算

由于病人一般采取静卧方式，可能在室内活动，根据医院提供的设计方案，病床床头贴近东墙，因此屏蔽计算时，考虑躯干中心位置为源点，东西墙的计算距离取 1.9m，根据计算注射后休息室东西墙约 88.2mm（实心砖）。由建设单位提供的图纸可知，注射后休息室紧邻南北墙设置休息床，考虑躯干中心位置为源点，南北墙的计算距离去 0.45m，根据计算，注射后休息室南北墙约 333.5mm（实心砖）。

(2) 地板屏蔽计算

核医学科层高按 7.3m 计，则源距离地板的高度为 1.3m，根据计算，地板板厚 148.4mm（混凝土）。

(3) 天花板屏蔽计算

核医学科层高按 7.3m 计，则源距离天花板的高度为 6.0m，根据计算，距离衰减至 6m 处的剂量为 0.84 μ Gy/h。

(4) 防护门的计算

注射后候诊室大门的屏蔽计算：休息病人离门外至少 1.8m，根据计算，注射后候诊室大门屏蔽厚度为 6.7mm（Pb）。

4、PET-CT 扫描室的计算

由于扫描室的源项需要考虑服药 1 小时后的患者和产生的 X 射线 PET-CT，严格来说经过 1 小时衰变的强度只有原来注射的 70%，也就是说则距病人体表 1m 处的剂量率为 $30 \mu\text{Gy/h} \times 70\% = 21 \mu\text{Gy/h}$ 。

根据建设单位提供资料，扫描室的规格为 $8.0\text{m} \times 5.0\text{m} \times 7.3\text{m}$ （长×宽×高），因此源距南、北墙的最短距离为 4.0m，源到东西墙的最短距离为 2.5m。墙外为走廊及过道，均以 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 作为约束值要求。

（1）防护墙的屏蔽计算

根据计算，经 370mm 实心砖屏蔽后，南北墙外 30cm 处的剂量率为 $0.08 \mu\text{Gy/h}$ ，东西墙外 30cm 处的辐射剂量率为 $0.17 \mu\text{Gy/h}$ ，考虑到还必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，建设单位设计机房屏蔽为 370mm 实心砖，折算成铅约 3.25mm，满足 CT 机房屏蔽防护铅当量 2mm 的要求。

（2）天花板的屏蔽计算

PET-CT 扫描室按 7.3m 计，则源距离天花板的高度为 6.0m，根据计算，经 100mm 混凝土屏蔽后，天花板上 30cm 处的辐射剂量率约 $0.15 \mu\text{Gy/h}$ 。考虑到还必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，屏蔽厚度应达到 2mmPb（140kV 时），核算成混凝土厚度约 182mm。因此，天花板屏蔽体厚度约 182mm（混凝土）。

（3）地板的屏蔽计算

PET-CT 扫描室按 7.3m 计，则源距离顶板的高度为 1.3m，根据计算，地板板厚 110.3mm（混凝土）。考虑到还必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，屏蔽厚度应达到 2mmPb（140kV 时），核算成混凝土厚度约 182mm。因此，地板屏蔽体厚度约 182mm（混凝土）。

（4）防护门及观察窗屏蔽计算

控制室以及病人进的防护门位于机房的東西兩牆，考慮距離為 2.5m，根據計算，觀察窗屏蔽厚度為 0.40mm（鉛）。考慮到還必須對 CT 掃描時 X 射線進行屏蔽，在上述基礎上加上 2mmPb（140kV 時），即 2.4mmPb；醫生進防護門屏蔽厚度為 2.8 mmPb；患者進大防護門屏蔽厚度為 0.44mmPb，考慮到還

必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，在上述基础上加上 2mmPb（140kV 时），即 2.5mmPb；患者出小防护门屏蔽厚度为 0.44mmPb，考虑到还必须对 CT 扫描时 X 射线进行屏蔽，在上述基础上加上 2mmPb（140kV 时），即 2.5mmPb。

（5）留观室屏蔽计算

根据医院提供的资料，核医学科设扫描后留观室 1 间。留观室尺寸为 3.2m×2.0m×7.3m（长×宽×高），按源在房间中心位置计算，源距墙体最近距离为 1.0m，通过计算，留观室墙体屏蔽厚度约为 162.8mm（实心砖）。

表 11-1 核医学科主要屏蔽体厚度评价结果

工作场所名称	屏蔽体名称	改造后屏蔽材料、厚度	评价要求的厚度	备注
分药注射室	东西墙	370mm 实心砖	335.6mm 实心砖	满足要求
	南北墙	370mm 实心砖	144.4mm 实心砖	满足要求
	天花板	100mm 混凝土	23.5mm 混凝土	满足满足
	地板	130mm 混凝土	205.1mm 混凝土	不满足要求
	注射窗	15mmPb	30mmPb	不满足要求
	护士更衣室一侧防护门	15mmPb	16.5mmPb	不满足要求
	废物间防护门	/	18.8mmPb	按环评要求设置
	患者通道一侧防护门	10mmPb	18.8mmPb	不满足要求
注射后休息室	东西墙	370mm 实心砖	88.2mm 实心砖	满足要求
	南北墙	370mm 实心砖	333.5mm 实心砖	满足要求
	天花板	100mm 混凝土	距离衰减可满足要求	满足要求
	地板	130mm 混凝土	148.4mm 混凝土	不满足要求
	防护门	8mmPb	6.7mmPb	满足要求
PET-CT 扫描机房	南北墙	370mm 实心砖	243.0mm（实心砖）	满足要求
	东西墙	370mm 实心砖	243.0mm（实心砖）	满足要求
	天花板	100mm 混凝土	182mm（混凝土）	不满足要求
	地板	130mm 混凝土	182mm（混凝土）	不满足要求
	观察窗	15mmPb	2.4mmPb	满足要求
	小防护门（医生进出）	10mmPb	2.8mm Pb	满足要求
	大防护门（患者进）	6mmPb	2.5mm Pb	满足要求
	小防护门（患者出）	5mmPb	2.5mm Pb	满足要求
留观室	四周墙壁	370mm 实心砖	162.8mm 实心砖	满足要求
	防护门（患者出）	5mmPb	5.0mmPb	满足要求
	天花板	100mm 混凝土	距离衰减可满足要求	满足要求
	地板	130mm 混凝土	110.3mm 混凝土	满足要求

从表 11-1 可知，核医学科分药注射室四周防护墙、天花板可满足屏蔽要求；地板、注射窗、护士更衣室一侧防护门、患者通道一侧防护门不满足防护要求；废物间防护门按环评要求设置。注射后休息室四周防护墙、天花板、防

护门可满足防护要求，地板不满足屏蔽要求。PET-CT 扫描机房四周墙体、观察窗、防护门满足屏蔽要求；天花板、地板屏蔽厚度不能满足要求。留观室四周墙体、防护门、天花板、地板可满足屏蔽要求。

二、后装治疗机房屏蔽设计的评价和核实

后装机房室外 30cm 处作为评价目标点，详见下图所示。

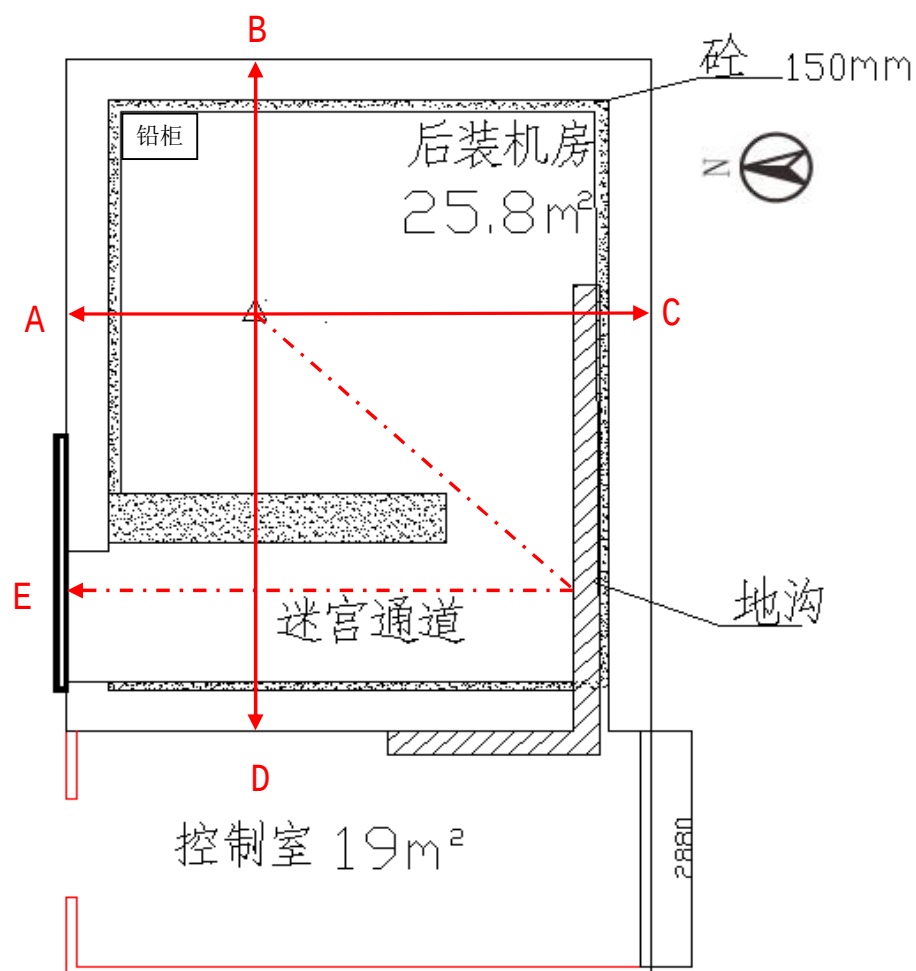


图 11-3 后装机房评价目标点示意图

(1) 屏蔽厚度计算

1) 计算公式

放射源的体积相对于后装室非常小，因此可将放射源作为点源进行考虑。

按空气比释功能率的计算

$$\dot{K}_0 = \frac{A \times \Gamma}{R^2} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\dot{K}_0$ ——在距源 R (m) 的空气比释动能率, mGy/h;

A ——放射源的活度, GBq;

Γ ——比释动能常数, 对 ^{192}Ir 为 $0.11(\text{mGy}\cdot\text{m}^2)/(\text{h}\cdot\text{GBq})$;

R ——参考点到放射源的距离, m。

$$K = \frac{\dot{K}_0}{\dot{D}} \dots\dots\dots (4)$$

K ——衰减倍数;

$\dot{D}$ ——参考点瞬时剂量率控制值, $\mu\text{Gy/h}$ 。

在评价防护门屏蔽厚度时, 考虑迷道的屏蔽效果, 辐射屏蔽计算参考《辐射防护手册(第三分册) <辐射安全>》(原子能出版社, 1990) 关于粒子加速器的辐射屏蔽计算方式。

$$K_0 = \frac{At}{R^2} \times 2^{-x/HVT} \dots\dots\dots (5)$$

式中: K_0 ——经相关屏蔽及距离衰减后, 参考点的 γ 辐射剂量率, mGy/h;

A ——放射源的活度, GBq;

Γ ——比释动能常数, 对 ^{192}Ir 为 $0.11(\text{mGy}\cdot\text{m}^2)/(\text{h}\cdot\text{GBq})$;

R ——参考点到放射源的距离, m;

X ——屏蔽层的厚度, cm; 迷道厚度 6.0cm

HVL ——屏蔽材料的半值层厚度。

2) 评价计算参数

① ^{191}Ir 源最大装源活度: $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$;

②参考点瞬时剂量率控制值, $2.5\mu\text{Gy/h}$;

③参考点到放射源的距离: 源至东墙 3.1m, 源至西墙为 5.0m, 源至南墙为 4.6m, 源至北墙为 2.2m, 到顶板距离取 1.7m, 源至防护门 3.7m, 迷道厚度 0.6m;

④居留因子 T：除控制室取 T=1 外，其它场所 T=0.25。

3) 屏蔽厚度评价结果

①以源至东墙为例带入点源公式并换算单位计算：

$$K_0 = A \times \tau_k / r^2 = 370 \times 0.111 / 3.1^2 = 4273.7 \text{ mGy/h}$$

$$\text{则减弱倍数: } K = K_0 / K_1 = 4273.7 / 2.5 = 1709.5$$

$$\text{半值层法, } K = 2^n, 1709.5 = 2^n, \text{ 则 } n = 11$$

$$\text{已知混凝土 HVT} = 4.3 \text{ cm, 则 } 11 \times 43 \text{ mm} = 473 \text{ mm}$$

机房的屏蔽墙四周设计厚度为 650mm，大于 473mm。

②防护门 F 点的散射辐射剂量 H 的计算公式如下：

$$H = \frac{A \times a_w \times S_w \times K_y}{R_1^2 \times R_2^2} \dots\dots\dots (6)$$

A—放射源的活度为，单位为 MBq，本项目为 $3.7 \times 10^5 \text{ MBq}$ ；

K_y —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，查表可知， K_γ 为 0.111，单位记为 $\mu \text{ Sv/(h} \cdot \text{MBq)}$ 。

S_w —迷路内口墙的散射面积，其为辐射源和机房入口共同可视见的墙区面积，单位为平方米；本项目散射面积为 3.23 m^2 ；

a_w —散射角体的散射因子；本项目为 3.39×10^{-2} ；

R_L —辐射源至散射体中心点的距离，本项目取 5.0m；

R_2 —散射体中心点至计算点的距离，本项目取 6.0m；

代入数据得：

$$H = \frac{(3.7 \times 10^5) \times 0.111 \times (3.39 \times 10^{-2}) \times 4.68}{4^2 \times 5.6^2} = 13.0 \mu \text{ Sv/h}$$

机房入口屏蔽前的总剂量率为 $13.0 \mu \text{ Gy/h}$ ，若将该处剂量率控制为 $2.5 \mu \text{ Gy/h}$ ，则所需屏蔽为 3.6mm（迷道入口处的散射辐射能量约 0.2MeV，铅中的 TVL 值为 5.0mm），本环评建议防护门厚度采用 6mmPb。

按上述评价公式和评价参数计算出的所需屏蔽厚度列于表 11-2。

表 11-2 后装机房所需屏蔽厚度计算结果

参考点	屏蔽单元	屏蔽类型	距离(m)	K 值	n 值	评价计算给出的屏蔽厚度(mm)	设计给出的屏蔽厚度(mm)	是否满足要求
A	北墙	主防护墙	2.2	3394.2	12	505 砵	650 砵	是
B	东墙	主防护墙	3.1	1709.5	11	462 砵	650 砵	是
C	南墙	主防护墙	4.2	776.4	10	413 砵	650 砵	是
D	西墙	主防护墙	5.0	657.1	10	430 砵	650 砵	是
E	防护门	散射 γ 线	3.7	1200	11	待定（环评建议按 6mmPb 当量）		/
F	顶板	主防护墙	1.7	5684.4	13	559 砵	800 砵	是

从以上计算结果可看出，后装治疗机房墙体屏蔽设计是可行的，可以满足防护要求。防护门按 6mmPb 当量设计。

（2）机房面积、尺寸的核实

根据《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》的要求，对照本项目机房列表如下。

表 11-3 放射治疗机房面积、最小单边长与标准要求的对照

机房名称	机房面积, m ²		最小单边长度 m		评价结果
	设计面积	标准要求	实际	标准要求	
后装治疗机房	25.8	20	——	——	符合

（3）机房通风效能的评价

对于后装治疗机房的容积为 74.82m³，采用机械排风系统，排风量不小于 300m³/h，换气次数每小时不低于 4 次，可以满足通风要求。机房通风情况见表 11-4。

表 11-4 机房通风设计情况

机房名称	机房容积 m ³	每小时最大换气次数	国家相关标准要求
后装治疗机房	74.82	4 次/h	不小于 4 次/h

从上所述可知，正常工作状态时，保持良好通风，有利于排出机房内的有害气体（臭氧和氮氧化物等）。根据国家相关规定，排风管必须引至第三住院楼楼顶并高于屋顶楼面 3 米高处排放，以减少对周围环境的影响。

三、其他 X 射线机房辐射影响评价

（1）DSA 机房辐射影响

防护检测布点示意图 11-4。

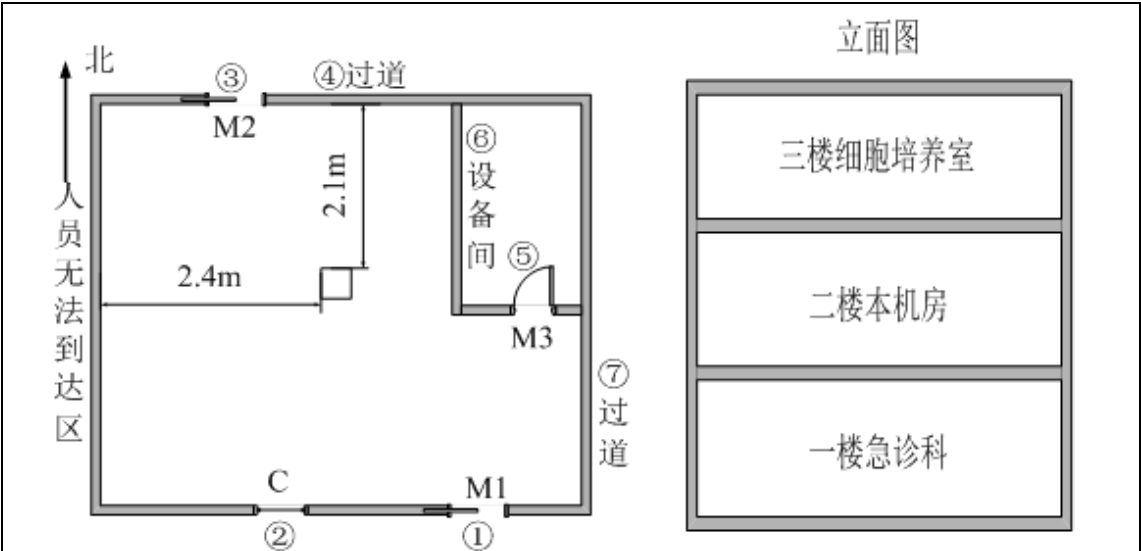


图 11-4 DSA 机防护检测布点示意图

防护检测结果见表 11-5。

表 11-5 DSA 机防护检测结果

检测条件：75kV，641mA，电影模式，射束向上					
检测位置		检测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	检测位置		检测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
①M1	左缝	0.15	③M2	②观察窗及其四周	0.14
	右缝	0.15		左缝	0.14
	门体	0.13		右缝	0.14
④过道		0.12		门体	0.13
检测位置		检测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	检测位置		检测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
⑤M3	左缝	0.15	⑥设备间		0.12
	右缝	0.16	⑦过道		0.12
	门体	0.14	楼上细胞培养室		0.11
楼下急诊室		0.11	—		—

(2) 飞利浦 BRILLIAN CE128 层 CT 机辐射影响

防护检测布点示意图 11-5。

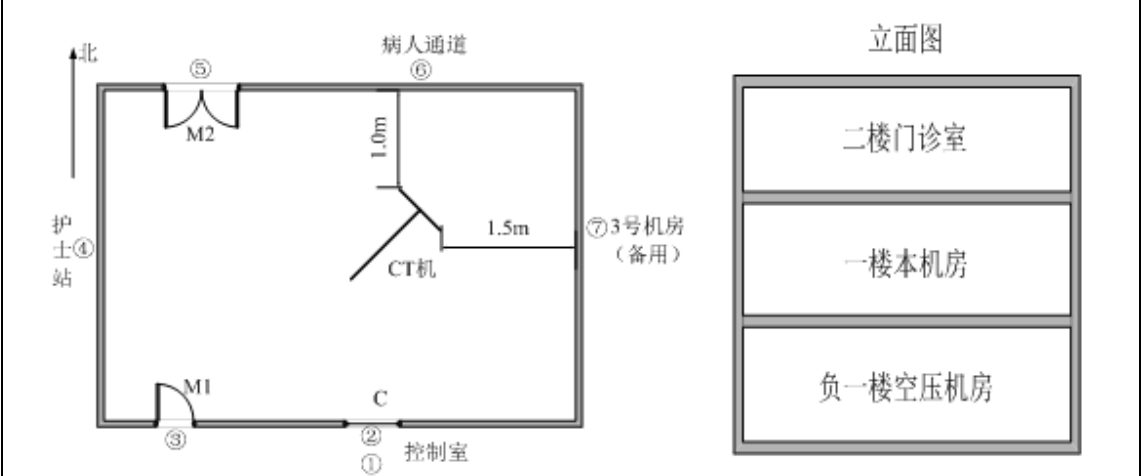


图 11-5 飞利浦 BRILLIAN CE128 层 CT 机防护检测布点示意图

防护检测结果见表 11-6。

表 11-6 飞利浦 BRILLIAN CE128 层 CT 机防护检测结果

检测条件：120kV，300mAs，FOV 为 250mm，10mm 层厚。					
检测位置		结果(μ Sv/h)	检测位置		结果(μ Sv/h)
①控制室工作人员工作位置		0.14	⑤M2 防护门	左缝	0.13
②观察窗及其窗缝		0.15		右缝	0.14
③M1 防护门	左缝	0.12		中缝及门体	0.15
	右缝	0.11	⑥过道		0.11
④护士站		0.13	⑦介入室		0.12
楼上门诊室		0.11	楼下入空压机房		0.11

(3) 飞利浦 BRILLIAN CE iCT CT 机辐射影响

防护检测布点示意图 11-6。

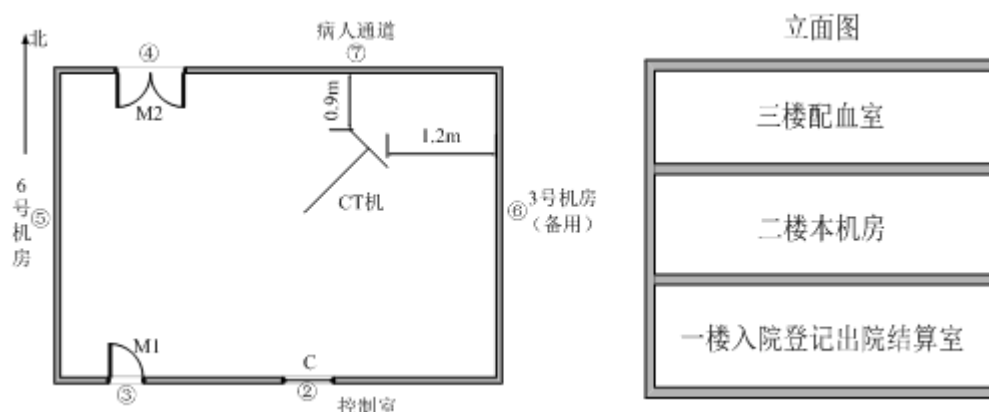


图 11-6 飞利浦 BRILLIAN CE iCT CT 机防护检测布点示意图

防护检测结果见表 11-7。

表 11-7 飞利浦 BRILLIAN CE iCT CT 机防护检测结果

检测条件：120kV，350mAs，FOV 为 350mm，5mm 层厚。					
检测位置		结果(μ Sv/h)	检测位置		结果
①控制室操作人员操作位		0.14	④M2 防护门	左缝	0.11
②观察窗	左缝	0.13		右缝	0.11
	右缝	0.14		中缝及门	0.12
③M1 防护门	左缝	0.24	⑤6 号机房		0.12
	右缝	0.15	⑥3 号机房		0.12
楼上配血室		0.12	⑦病人通道		0.11
楼下入院登记出院结算室		0.10	—		—

(4) 口腔 X 射线数字化体层摄影设备辐射影响

防护检测布点示意图 11-7。

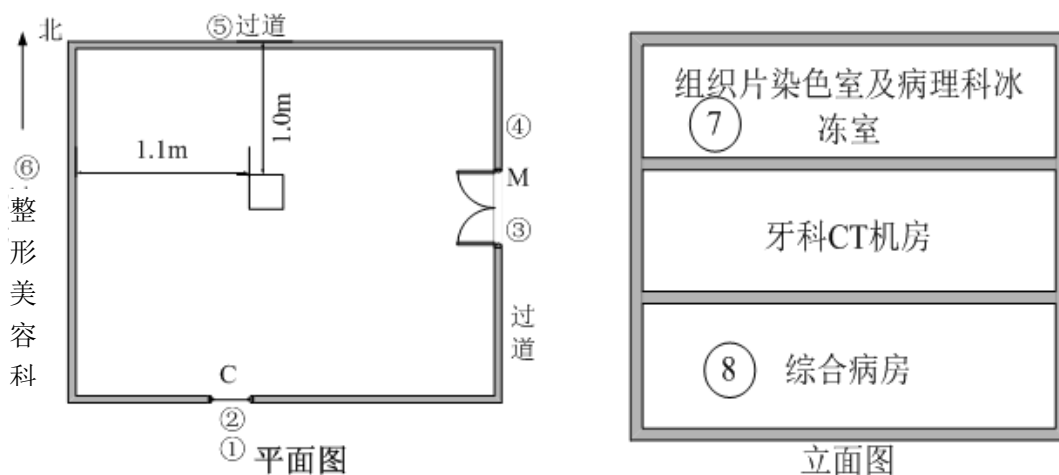


图 11-7 口腔 X 射线数字化体层摄影设备防护检测布点示意图

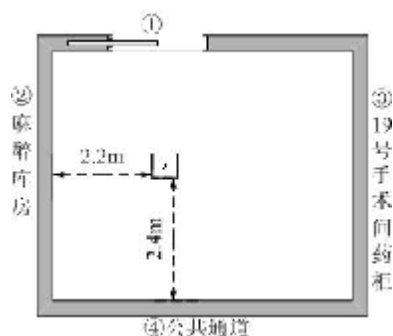
防护检测结果见表 11-8。

表 11-8 口腔 X 射线数字化体层摄影设备防护检测结果

检测条件：89kV，10mAs。			
检测位置	结果	检测位置	结果
①工作人员控制室位置	0.12	②C 中央及四周	0.13
③M 左缝	1.10	④东墙外过道	0.13
M 右缝	0.74	⑤北墙外过道	0.12
M 门体	0.56	⑥西墙外过道	0.12
⑦楼上组织片染色室及	0.13	⑧楼下综合病房	0.13

(5) Arcadis Orbic 3D 小 C 臂机辐射影响检测见表 11-9。

防护检测布点示意图 11-8。



注：检测点⑤为楼上计算机中心，检测点⑥为楼下病房。

图 11-8 Arcadis Orbic 3D 小 C 臂机防护检测布点示意图

防护检测结果见表 11-9。

表 11-9 Arcadis Orbic 3D 小 C 臂机防护检测结果				
检测条件：81kV，10mA，透视，射束向上。				
检测位置		检测结果 (μSv/h)	检测位置	检测结果 (μSv/h)
①机房防护门	左缝	0.12	②麻醉库房	0.12
	右缝	0.13	③19 号手术间药柜	0.13
	门体	0.13	④公共通道	0.12
	小观察窗	0.13	⑤楼上计算机中心	0.12
⑥楼下病房		0.12	—	—

（6）数字化口腔全景 X 射线机辐射影响检测见表 11-10。

防护检测布点示意图 11-9。

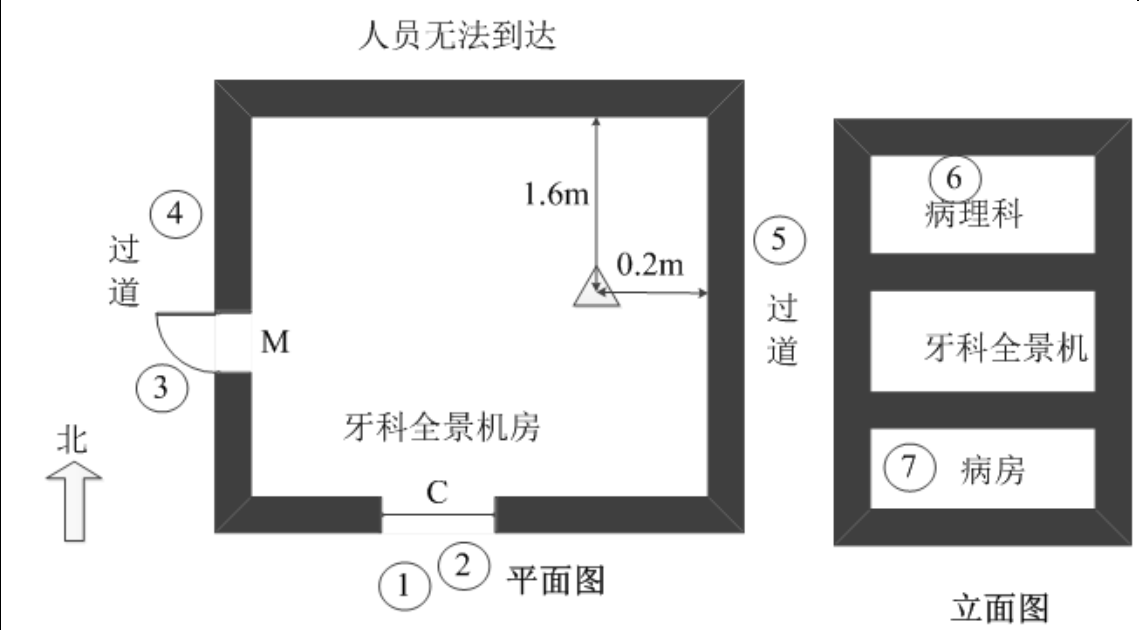


表 11-10 数字化口腔全景 X 射线机防护检测结果			
检测条件：85kV，10mA，透视，射束向下。			
检测位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	检测位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
①工作人员控制室位置	0.14	②C 中央及四周	0.13
③M 左缝	0.13	④西墙外过道	0.13
M 右缝	0.13	⑤东墙外过道	0.14
M 门体	0.14	⑥楼上病理科	0.14
⑦楼下病房	0.12	—	—

注：以上 X (γ) 外照射检测结果均含环境本底 (0.10-0.15) $\mu\text{Sv/h}$ 。

从以上检测结果可知，现已运行的射线装置屏蔽效果较好，对环境的辐射影响很小。

五、项目运行对周围保护目标可能造成的辐射影响

剂量估算公式：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按下列公式计算：

$$H_{E-r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-3} (mSv) \dots\dots\dots (7)$$

公式中： $H_{E-X, \gamma}$ ——X、 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r ——X、 γ 射线空气吸收剂量率， $\mu Gy/h$ ；

t ——X、 γ 射线照射时间，h/a；

0.7——剂量换算系数，Sv/Gy。

（1）核医学科正常运行时对工作人员和公众所致剂量估算

①注射室护士

护士每次注射 ^{18}F 的时间为 30 秒，每次注射 $5.55 \times 10^8 Bq$ ，注射时手指与放射源的距离为 5cm，躯干与放射源的距离为 60cm。按 40 人次计算，手指日受照剂量为 4.76mSv，全身平均日受照剂量为 0.017mSv，按人均年工作日 84 天（3 名护士）计算，护士手指年受照剂量为 399.84mSv，全身年受照剂量为 2.78mSv。

②扫描诊断室技师

扫描诊断是在注射药物 1 小时后进行，扫描时间一般为 30~45 分钟，技师与被检者平均接触的距离为 1m，摆位用 2 分钟，扫描结束后帮被检者离开用 1 分钟。每日按 40 人次计算，技师的日受照剂量为 0.03mSv，按人均年工作日 125 天（两名技师）计算，技师年受照剂量为 3.68mSv。

③其他的医护人员及公众

由于工程的防护屏蔽，一般的医护人员、公众在 PET 中心工作场所内工作所受的屏蔽泄漏辐射最大为 $1 \mu Gy/h$ ，按每日工作 8 小时计算，日受照剂量为 $8 \mu Sv$ ，年受照剂量为 0.8mSv，考虑到一般医护人员在受辐射影响区域的居留因子（1/4），公众在受辐射影响区域的居留因子（1/8）则一般医护人员的年受照剂量为 0.2mSv，公众的年受照剂量为 0.1mSv。

（2）后装机正常运行时对工作人员和公众所致剂量估算

后装机所致工作人员剂量主要考虑贮源器泄漏和射线穿过墙体后的影响，公众所受剂量主要考虑射线穿过墙体后的影响。据建设方介绍，后装机平均每天照射 5 次，每次照射时间为 20min，按一年工作 250d，则年累积照射时间为

416h（放射性工作人员居留因子取 1，公众居留因子取 1/4）。

根据后装机房的 650mm 砼屏蔽厚度，估算后装出源后机房外关键居留点的剂量率为 $0.14\mu\text{Gy/h}$ ，每年工作时间约 416h，所致工作人员的剂量约 0.04mSv/a ，公众的剂量约 0.01mSv/a ，但工作人员剂量还应考虑贮源器泄漏的累积剂量，按每人每次停留 3min，每天平均治疗 5 人，每年治疗 1250 人次，国家标准规定贮源器周围 1 米处剂量率为 $10\mu\text{Gy/h}$ ，则贮源器每年所致剂量为 0.44mSv ，因此，后装机房工作人员每年所受剂量附加值为 0.48mSv 。

（3）其它各 X 射线机房正常运行时对周围工作人员和公众所致剂量

根据医院提供的个人剂量检测报告可知，已投入使用的 DSA、CT、牙科全景机、小 C 臂、移动 DR 机的工作人员个人剂量符合国家规定的要求。本次评价类比医院已投入使用的 DSA 工作人员 2016 年 5 月 10 日-2017 年 5 月 7 日连续一年的个人剂量，对本项目 DSA 工作人员的年有效剂量进行评价。通过现有 DSA 工作人员个人剂量检测报告可知介入放射医生最大年有效剂量分别为 1.24mSv （铅衣内）和 3.45mSv （铅衣外）。本次项目 DSA 工作量、工作时间与医院已取得许可的 DSA 工作量、工作时间基本相同，因此，本项目 DSA 工作人员年有效剂量低于管理目标值。

综合结论：通过以上计算和医院提供的个人剂量检测报告，核医学科、后装机及其他各类 X 射线机房职业人员和公众受照年有效剂量符合本报告提出的年有效剂量管理目标值的要求。

事故影响分析：

工作过程中只要保证足够的屏蔽墙防护，且严格执行各种操作规范并落实各项辐射防治措施，在正常工作过程中对机房外的环境辐射影响是在允许范围之内。该评价项目主要发生的放射事故包括以下情况：

①由于管理不善或安全连锁失效，在系统出束时，医生或周围公众成员误入机房，造成不必要的照射。

②机器维修时，维修人员误操作，给周围活动的人员造成不必要的照射；

③卡源故障

后装机放射源离开贮存容器无法回位的现象，即治疗结束后源始终处于照射状态。

④由于核医学科、后装机机房通风速度或通风时间不够导致，病人或医生

在臭氧浓度超标的机房内产生意外。

⑤放射源丢失、被盗，给周围人员造成不必要的照射。

为了杜绝事故发生，医院必须定期检查各机房的联锁装置、紧急停机开关、报警灯、通风系统及其它各项辐射防护措施，制定详细的安全管理制度和安全操作规程，并加强安全教育和培训，严格按照操作规程进行作业，确保安全。该评价项目辐射事故应急措施主要包括以下几个方面：

①第一时间切断电源，紧急停止射线装置工作，现场人员应迅速撤至安全区域，保护现场，通知防护人员和应急小组。

②应急小组对受照情况作出初步判断，是否构成事故等级。

③如果构成事故等级，按规定上报环保部门。

④保护现场等待环保部门到现场调查和处理。

⑤积极配合事故处理的有关部门对事故的原因、等级、处置办法、影响消除、应急解除、分级报告和恢复工作。

⑥纠正和整改。一旦有辐射事故发生，应及时处理，严格按放射事故处理规定等要求，同时上报主管部门及环保部门，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理，使辐射危害控制在最小范围之内。

因此，建议该单位应高度重视辐射装置的安全管理，辐射工作人员必须严格按照射线装置操作程序进行操作，每日检查防护门上的门-机联锁装置、灯光警示装置是否正常，如果失灵，应立即修理，恢复正常，防止事故照射的发生。同时该单位应委托有资质的单位对放射机房周围环境进行监测，以确保射线装置的防护设施达到要求，避免工作人员和公众受到不必要的辐射照射。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 一、辐射安全领导小组 为保证建设项目建设期和运营期的辐射防护措施落实情况，医院成立了以曹仁贤为组长的辐射防护和安全管理领导小组，负责全院的辐射安全管理、培训、检查、防护设施巡查等工作。 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：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。 从医院目前配置的辐射领导小组人员信息看，专兼职人员均有一定的管理能力。本项目开展后，医院的管理人员也能满足配置要求。 二、辐射工作人员的配置及培训情况 医院现有辐射工作人员 149 名，本项目改扩建完成后，辐射工作人员由现有的工作人员中调配，不新增放射工作人员。后装机房工作人员为贺秋冬和陈娟，核医学科工作人员数量暂定 5 人，目前人员尚未确定。后装机房和核医学科放射工作人员不再从事其他放射工作。医院已安排部分辐射工作人员参加了环保部门认可的辐射防护知识培训，其他为参加培训的人员也将有计划的参加培训。取得培训合格证后的人员，医院应每四年组织一次复训。此外，医院对从事辐射工作人员定期进行个人剂量检测，通过收集的个人剂量检测报告可知，辐射工作人员个人剂量符合国家相关标准的规定。医院还定期对辐射工作人员进行职业健康体检，并将体检结果告知本人。
辐射安全管理规章制度 为保障射线装置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，医院制定了以下管理制度： （1）放射科工作制度 （2）受检者防护制度与措施 （3）CT 室工作制度 （4）CT 机操作规程

- (5) DR 机操作规程
- (6) 放射治疗工作安全防护制度及应急措施
- (7) 医科达 precise 医用直线加速器操作规程
- (8) 陀螺刀治疗系统操作规程
- (9) 放疗科物理师职责
- (10) 放疗科技术员职责
- (11) 辐射事故应急处理预案
- (12) 放射源安全管理制度
- (13) DSA 操作规范
- (14) 介入护理管理制度
- (15) 介入手术制度
- (16) 介入诊疗工作制度

上述管理制度基本能满足医院目前的辐射工作，医院须按照国务院令第 449 号（2005）《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、国家环境保护部令第 3 号（2008）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等现行要求修改，全面完善和健全各项规章制度，补充以下规章制度：

- (1) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》
- (2) 《辐射工作人员职业健康体检制度》
- (3) 《辐射工作人员档案管理制度》
- (4) 《移动 DR 使用管理制度》
- (5) 《放射工作人员培训计划》
- (6) 《后装机操作规程》
- (7) 《伽玛刀操作规程》
- (8) 《放射工作场所监测方案》

辐射环境管理要求

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，医院必须培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，提出如下辐射环境管理要求：

(1) 依据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》之规定，该医院必须向环保部门申请办理安全许可证等相关环保手续。

(2) 医院辐射工作人员必须定期经过辐射工作安全防护培训，培训合格并取得辐射工作安全防护培训合格证方可上岗；操作人员必须遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

(3) 发生放射源丢失、被盗、火灾和放射性污染事故时，应在第一时间内向当地政府、环保、公安部门报告。

(4) 各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；所有的放射工作场所（包含移动 X 射线装置工作场所）均必须有电离辐射警示标志，各机房门屏蔽门上方还必须要有工作指示灯。警告标志的张贴必须规范。

(5) 每年应至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，医院工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近管理目标的辐射工作人员应暂离岗位，并在今后的工作中增加监测频率。对辐射工作人员每两年进行健康体检并形成制度。进入机房的工作人员佩带个人剂量计，记录个人所受的射线剂量。

(6) 制定事故状态下的应急处理计划，其内容包括事故的报告，事故区域的封闭，事故的调查和处理及工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

(7) 应当加强对本单位与射线装置安全和防护状况的日常检查，定期检查机房的报警装置系统、防护仪表和 X 射线输出剂量误差，发现问题及时解决；发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

(8) 对医院辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(9) 安装、维修或者更换与辐射源有关部件的设备，应当向有关部门申请，进行防护监测验收，确定合格后方可启用，以杜绝放射事故的发生。

(10) 医院在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前，应

当确保环境辐射安全，妥善实施辐射工作场所或者设备的退役，并承担退役完成前所有的安全责任。

辐射监测

一、原有辐射监测执行情况

（1）工作场所内外环境监测

根据国家规定每 1~2 年接受辐射防护管理部门对工作场所周围环境进行常规监测，发现问题及时整改。监测资料存档。根据医院提供资料，医院年度内总体情况良好，没有发生辐射事故，也没有辐射事故的投诉和举报。

（2）个人健康监护及个人剂量监测

医院组织从事放射工作的职业人员进行了健康医学检查，并按照《辐射工作人员健康标准》的规定执行，为辐射工作人员建立了个人健康档案。个人健康体检报告结论见附件 17。医院为辐射工作人员配置了个人剂量计，委托湖南省职业病防治院对辐射工作人员进行了个人剂量计的检测，检测报告见附件 18，根据检测报告数据可知除雷塞云因将个人剂量计放在离机头 2m 处工作台上造成剂量计测量值为 3.56mSv 外，其余辐射工作人员检查结果均未见异常，可继续从事辐射工作。环评建议医院完善个人剂量监测制度，并保存好检验报告，发现有工作人员超出本评价提出的年剂量约束限制，立即停止辐射工作。

二、本次辐射监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照个人监测规范》（GBZ128-2002）等要求，须对个人剂量、诊疗设备、工作场所进行监测。该医院射线装置必须加强管理，认真做好工作场所的辐射安全防护工作，定期由具备有放射性检测资质的单位实施监测。

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 3 个月，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、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。对放射性工作人员个人剂量档案、个人健康档案的保管，要求终身保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案

应随其转给调入单位。

2、放射性工作人员健康检查

医院建立了放射性工作人员上岗前、在岗期间、离岗时和应急的健康检查制度。按照规定，每年对医院放射性工作人员进行一次健康检查。

3、个人剂量与个人健康档案

医院应为放射性工作人员建立了个人剂量监测档案，由放射工作人员所在部门统一管理，同时建立放射性工作人员个人健康档案。

4、工作场所和周围环境监测

对各机房、控制室及周围环境辐射水平每年进行一次监测，同时，设备在大修或更换关键组件时 also 需进行监测，以确保放射工作人员和公众的辐射安全。监测工作需要按照主管部门的要求，请有监测资质的单位监测。

5、防护性能监测

在设备初次投入使用或大修及更换关键组件时，需要委托有资质的单位进行设备防护性能检测，以保证符合有关标准的要求。在使用过程中，需要委托有资质的单位进行状态检测，检测频度为每年不少一次。

6、验收监测

项目建成后，建设单位应及时开展自主验收，并向环保部门备案，主要验收内容见表 12-1。

表 12-1 监测计划要求一览表

监测（检查）项目	具体内容	周期	备注
个人剂量	外照射剂量	三个月为一周期，一年四次	X-γ
工作场所辐射水平	各机房和控制室	每年委托检测 1 次,每季度自主检测一次	X-γ
周围环境辐射水平	各机房和控制室	每年委托检测 1 次	X-γ
设备技术性能	核医学科、后装机及其他射线装置	每年委托监测一次，自检 1~2 次	自检 1~2 次
门机联锁、工作指示灯、警示标识	核医学科、后装机及各射线装置工作指示灯、警示标识等相	每月自检 1 次	-

辐射事故应急

为了加强对辐射治疗、诊断设备的安全管理，保障公共健康，保护环境，医院制定了辐射事故应急预案，成立了辐射事故应急领导小组。

针对应急预案，应完善和补充的措施：①强化应急预案的可操作性，完善应急响应程序，在预案中补充应急人员的培训以及应急的装备、资金、物质准备情况；②补充当地环境保护主管部门和公安部门等联系电话，并加强演练。

一旦发生辐射事故，立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要应急措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告。

应急报告程序

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，由其向市公安局、市环保局，并同时向省环保厅报告，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：

医务部：8899875

市公安局电话：110

市环保局电话：12369（24 小时）

省环境保护厅电话：0731-85698110

医院应尽快更新辐射事故应急预案，使其具有针对性和可操作性。

从事辐射活动能力评价

依据环境保护部第 3 号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，对该院从事辐射活动的能力进行评价，具体应具备的相应条件见表 12-2。从表 12-2 对照情况分析，该院还需完善以下内容：

（1）加厚分药注射室的地板、注射窗、护士更衣室一侧防护门、患者通道一侧防护门、废物间防护门按环评要求设置；加厚注射后休息室地板以及 PET-CT 扫描机房天花板、地板的厚度。

（2）尽快安排放射工作人员参加辐射培训的工作人员参加辐射安全与防护培训班学习。

表 12-2 本项目与 3 号令、18 号令等要求的对照结果一览表		
环保部第 3 号令	环保部第 18 令	本项目情况
(一) 建立管理机构		
使用 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。	/	该院已成立了辐射安全领导小组, 由各科室主要成员具体负责日常辐射安全和防护管理, 保障医院工作人员及公众成员的健康与安全。
(二) 加强辐射安全培训和健康管理		
从事辐射工作的人员必须通过辐射安全 and 防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	1、使用射线装置的单位, 应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲, 对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训, 并进行考核; 考核不合格的, 不得上岗。 2、有健全的培训管理制度并有专职培训管理人员; 3、使用射线装置的单位, 应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准, 对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测; 发现个人剂量监测结果异常的, 应当立即核实和调查, 并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。 4、使用射线装置的单位, 应当安排专人负责个人剂量监测管理, 建立辐射工作人员个人剂量档案。	1、对新进人员实行上岗培训、体检制度 2、医院拟制定人员培训计划 3、该院已为全部辐射工作人员配备个人剂量计, 并送湖南省职业病防治院进行了个人剂量检测 4、定期开展职业健康体检
(三) 防护用品和监测设备		
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器, 包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	有常用的辐射监测设备。	本项目后装机房内拟安装固定式报警仪。核医学科配表面沾污仪, 按环评报告 10-4 的要求配备相关的防护用品。
(四) 制订规章制度		

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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	1、使用射线装置的单位，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，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。 2、使用射线装置的单位，应当加强对本单位射线装置安全和防护状况的日常检查。 3、使用射线装置的单位，应当对本单位的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日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	1、该院制定了相关的规章制度，2、已制定放射科工作制度、受检者防护制度与措施、CT室工作制度、CT机操作规程、DR机操作规程、放射治疗工作安全防护制度及应急措施、医科达 precise 医用直线加速器操作规程、陀螺刀治疗系统操作规程、放疗科物理师职责、放疗科技术员职责、辐射事故应急处理预案、放射源安全管理制度、DSA 操作规范、介入护理管理制度、介入手术制度、介入诊疗工作制度等制度，还需制定 新增设备操作规程、人员培训计划、监测方案等。 2、该医院每年委托有资质的单位对核技术应用区域及其周围环境进行辐射环境监测，并建立了监测技术档案，监测报告于每年1月31日前已上报环保主管部门。目前为止均未发现异常情况或怀疑有异常情况。
(五) 场所安全和防护		
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	1、使用、贮存射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。 2、射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。 3、使用射线装置的场所，应当按照国家有关规定采取有效措施，防止运行故障，并避免故障导致次生危害。	本次环评要求严格按照本报告要求增设屏蔽材料，并保证屏蔽厚度满足本环评要求，在严格按照本环评执行的情况下，屏蔽防护可满足相关标准要求。
(六) 事故应急		
有完善的辐射事故应急措施。		制定了《辐射事故应急处理预案》。

结论

该院设有专门的辐射安全与环境保护管理机构；制定了操作规程、岗位职责、放射防护管理制度、辐射事故预防措施及应急处理预案。建设单位需严格按照环境保护部第 3 号令及环境保护部第 18 号令的要求，完善和健全辐射防护制度。

在落实本报告提出的相关要求后，可以满足环境保护部第 3 号令及环境保护部第 18 号令的相关要求。

竣工验收环保要求

根据《中华人民共和国环境影响评价法》的要求，本项目除履行环境影响审批手续外，还应落实环保验收制度。根据《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日），医院应开展自主验收，验收内容见表 12-3。

表 12-3 环保验收一览表

序号	验收内容	验收要求	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	齐全
2	环境管理制度、应急措施	成立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度和事故应急预案，具有可操作性，每台/每种设备都有操作规程	制定并落实各项制度，有关制度上墙
3	人员要求	管理人员和辐射工作人员持证上岗，4 年进行 1 次复训	环境保护部第 3 号、环境保护部令第 18 号
4	放射工作人员组成	医院现有放射工作人员 149 人，本项目的辐射工作人员从现有辐射工作人员中调剂，暂不新增辐射工作人员	人员按要求配备到位，并具备相关的技术能力。
5	配套设施、设备	核医学科、后装机房按要求配备辐射防护用品、辐射监测报警仪及检测设备，详见 10-4	GBZ126-2011 GBZ18871-2002 GBZ130-2013

6	辐射安全防护措施	①射线装置机房门外张贴醒目电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯，并实行门灯联锁，门机联锁。 ②各射线机房屏蔽防护均按环评报告表的要求落实到位，门与墙搭接满足要求。 ③制度上墙。 ④DSA 机房、各Ⅲ类射线装置机房设置门机联锁，并在门上设置有声、光报警；CT、DR、数字胃肠机房在控制室与治疗室之间应设观察窗与对讲机。 ⑤机房内不得堆放无关杂物，保持良好的通风。 ⑥CT 装置宜斜向安放 ⑦后装机房门上设置有声、光报警；在控制室与治疗室之间设监视器与对讲机。		GBZ126-2011 GBZ130-2013 GBZ18871-2002 GBZ121-2002 GBZ168-2005
7	辐射监测	1、每 1~2 年接受辐射防护管理部门对工作场所周围环境进行常规监测，有资质单位出具的年度评估报告 2、医院应每季度对工作人员进行个人剂量监测，每 1~2 年进行放射人员健康体检，并将资料存档管理 3、将介入手术医生纳入辐射工作人员进行管理，进行健康体检监测及个人剂量监测 4、医院配备相应的自检设备，防护检查仪器及人员，定时进行。		齐全
8	机房面积及最小单边长度	符合标准中对机房面积及最小单边长度的要求		GBZ130-2013 GBZ126-2011 GBZ121-2002
9	电离辐射	剂量限制	1、核医学科、DSA 介入医生年有效剂量 $\leq 4\text{mSv}$ 2、其他辐射工作人员年有效剂量 $\leq 2\text{mSv}$ 3、公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$	GB18871-2002 及环评批复
		墙体剂量率控制	距离机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	GB18871-2002 GBZ130-2013 GBZ126-2011 GBZ168-2005
10	废气	1、各射线机房内均设置机械动力通风装置，保持良好的通风； 2、核医学科、后装机机房内设置通风装置，按环评要求确保通风量，保持机房内空气流通。		GBZ130-2013 GBZ126-2011 GBZ121-2002

表 13 结论与建议

结论

1、南华大学附属第二医院经过 60 多年的发展，形成新院、东院（老院）和一所股份制生殖医院的格局。由于治疗需要，医院拟在新院放疗中心新增一台后装机，使用一枚活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 放射源开展近距离治疗，在新院第二住院楼一楼新建核医学科，对患者注射 ^{18}F ，通过 PET-CT 显像。同时对新院现有放射科的 1 台 DSA、1 台 CT、1 台移动 DR、1 台小 C 臂、1 台口腔 CT、东院 1 台牙科全景机和 1 台 CT 补办环评。

2、项目所在地周边环境和室内环境 γ 辐射接近衡阳市本底水平，辐射环境质量现状良好。

3、通过计算，核医学科分药注射室四周防护墙、天花板可满足屏蔽要求；地板、注射窗、护士更衣室一侧防护门、患者通道一侧防护门不满足防护要求；废物间防护门按环评要求设置。注射后休息室四周防护墙、天花板、防护门可满足防护要求，地板不满足屏蔽要求。PET-CT 扫描机房四周墙体、观察窗、防护门满足屏蔽要求；天花板、地板屏蔽厚度不能满足要求。留观室四周墙体、防护门、天花板、地板可满足屏蔽要求。

4、通过计算，后装治疗机房墙体屏蔽设计是可行的，可以满足防护要求。防护门按 6mmPb 当量设计。

5、现有的射线装置机房辐射屏蔽效果较好，现场检测结果满足国家标准要求。

6、通过核算，核医学科注射室护士（3 名护士）手指年受照剂量为 399.84mSv（标准要求 $< 500 \text{mSv}$ ），全身年受照剂量为 2.78mSv。扫描诊断室技师年受照剂量为 3.68mSv。一般医护人员的年受照剂量为 0.2mSv，公众的年受照剂量为 0.1mSv。后装机房工作人员每年所受剂量附加值为 0.48 mSv。公众的剂量约 0.01mSv/a。其他已投入使用的 DSA、CT、口腔 CT、牙科全景机、小 C 臂、移动 DR 机的工作人员个人剂量符合国家规定的要求：介入医生：4mSv/a，其他辐射工作人员：2mSv/a。

7、医院成立了以曹仁贤为组长的放射防护安全管理机构，制定了相关的辐射规章制度、应急预案、操作规程等，基本能满足日常工作要求。

8、本项目使用的后装机属于《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》“鼓励类”中第六项“核能”中第 6 款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。使用的其他三类射线装置属于《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》“鼓励类”中第十三项“医药”中第 6 款“新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及机械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

综上所述，南华大学附属第二医院核技术利用改扩建项目实施符合相关标准中的有关规定，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、辐射防护角度考虑，该项目的开展是可行的。

要求

1、加厚分药注射室的地板、注射窗、护士更衣室一侧防护门、患者通道一侧防护门、废物间防护门按环评要求设置；加厚注射后休息室地板以及 PET-CT 扫描机房天花板、地板的厚度。

2、建设单位应建立健全辐射防护管理制度的相关要求，根据实际情况修改完善各项制度，并组织实施。

3、应配备足够数量的防护用品（铅衣服 0.5mmPb 当量），加强对受检者非照射部位的防护，并对必要的陪护人员进行防护。

4、建议医院加强对放射工作人员的管理，定期开展辐射防护教育。

5、根据医院的实际情况和项目建设进展，医院应自主开展环保验收。

6、医院在取得本次环评报告批复文件后，及时向省环保厅申请变更《辐射安全许可证》，并在每年的 1 月 31 日前提提交年度评估报告。

7、放射工作人员正确佩戴个人剂量计。

8、医院加强对患者的管理，注射 ^{18}F 后的患者不得随意走动。

9、项目完成后，医院应及时修订辐射事故应急预案等辐射防护管理制度，使其更具有针对性、可操作性。

