

核技术利用建设项目
广东省第二人民医院核医学科扩建项目
环境影响报告表

(送审稿)



广东省第二人民医院 (盖章)

2022 年 5 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目 广东省第二人民医院核医学科扩建项目 环境影响报告表



建设单位名称: 广东省第二人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）： 何明

通讯地址: 广州市海珠区新港中路 466 号大院

邮政编码: 510317 联系人: 李科斌

电子邮箱: _____@qq.com 联系电话: _____

打印编号: 1652178638000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	23865w		
建设项目名称	广东省第二人民医院核医学科扩建项目		
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)	广东省第二人民医院(广东省卫生应急医院)		
统一社会信用代码	1244000072549786XN		
法定代表人 (签章)	瞿红鹰		
主要负责人 (签字)	马晓芬		
直接负责的主管人员 (签字)	李科斌		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	广州乐邦环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA5AUCEHX1		
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
徐灿	2015035440352013449914000326	BH001925	徐灿
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
叶惠超	放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物(重点是放射性废弃物)、环境质量和辐射现状、辐射安全与防护、辐射安全管理、附件及附图	BH001923	叶惠超
徐灿	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、项目工程分析与源项、环境影响分析、结论与建议	BH001925	徐灿



事业单位法人证书

统一社会信用代码 1244000072549786XN

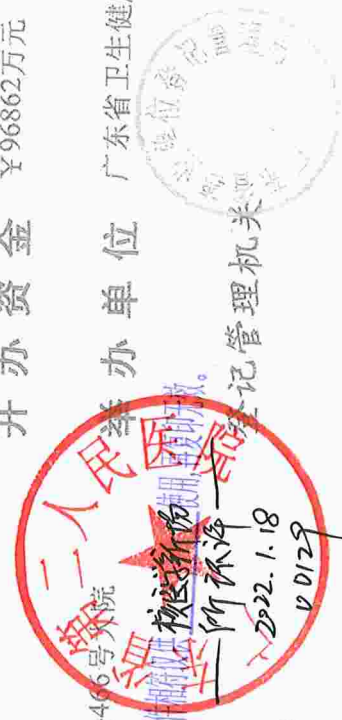
名称 广东省第二人民医院(广东省卫生应急医院) 法定代表人 瞿红鹰

宗旨和业务范围 承担临床医疗、康复、教学、科研、培训、社区服务以及相关交流合作工作;承担广东省突发公共卫生事件的应急保障和突发事件的医学救援工作;承担基层医疗机构的业务指导、技术支持、人才培养工作。

经费来源 财政补助二类

开办资金 ¥96862万元

住所 广东省卫生健康委员会



有效期 自 2021年06月01日 至 2026年05月31日



1244000072549786XN-01

国家事业单位登记管理局监制

中华人民共和国
事业单位法人证书
(副本)

统一社会信用代码 1244000072549786XN



有效期 自 2021年06月01日 至 2026年05月31日



名称 广东省第二人民医院(广东省卫生应急医院)

宗旨和业务范围 承担临床医疗、康复、教学、科研、培训、社区服务以及相关交流合作工作；承担广东省突发公共卫生事件的应急保障和突发事件的医学救援工作；承担基层医疗机构的业务指导、技术支持、人才培养工作。

住所 广州市海珠区新港中路466号大院

法定代表人 瞿红鹰

经费来源 财政补助二类

开办资金 ￥96862万元

举办单位 广东省卫生健康委员会

登记管理机关



环评项目负责人职业资格证书

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部，环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP00017526
No.



持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 2015035440352013449914000326
File No.

姓名: 徐灿
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1982年01月
Date of Birth
专业类别: /
Professional Type
批准日期: 2015年05月24日
Approval Date

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2015年05月24日
Issued on



目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	14
表 3	非密封放射性物质	14
表 4	射线装置	15
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	17
表 6	评价依据	18
表 7	保护目标与评价标准	20
表 8	环境质量和辐射现状	37
表 9	项目工程分析与源项	44
表 10	辐射安全与防护	61
表 11	环境影响分析	103
表 12	辐射安全管理	132
表 13	结论与建议	146
表 14	审 批	149
附件 1	建设单位持有的辐射安全许可证	150
附件 2	医院原环保手续文件	154
附件 3	医院原有辐射工作人员辐射安全培训合格证情况	180
附件 4	建设单位制定的相关辐射安全和防护管理制度	184
附件 5	评价项目工作场所现场检测报告	206
附件 6	委托书	214
附图 1	建设单位总平面布置及评价项目位置图	215
附图 2	项目工作场所在楼层及上下层平面布局图	217
附图 3	项目规划及平面布局设计图	220
附图 4	回旋加速器机房机房开关控制及辐射监测布置图	223
附图 4	项目配套衰变池设计方案图	224

表 1 项目基本情况

建设项目名称		广东省第二人民医院核医学科扩建项目					
建设单位		广东省第二人民医院					
法人代表		瞿红鹰	联系人	李科斌	联系电话	11	
注册地址		广州市海珠区新港中路 466 号大院					
项目地点		广州市海珠区新港中路 466 号大院 3 号楼、9 号楼负二层、负一层					
立项审批部门			批准文号				
建设项目总投资(万元)		6000	项目环保投资(万元)	450	投资比例（环保投资、总投资）	0.75%	
项目性质		□新建 □改建 ☒ 扩建 □退役			占地面积（m ² ）	300	
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				
	其它						

1.1 建设单位概况

广东省第二人民医院（以下简称“医院”）是一所集医疗、科研、预防和康复保健等为一体的三级甲等综合性医院。2014 年，全国首家网络医院——广东省网络医院建成。2015 年，医院先后成立了广东省第二人民医院阳山医院集团、广东省第二人民医院珠海医院。第 70 届世界卫生大会上，医院应急医疗队获得世界卫生组织的授旗，正式成为中国国际应急医疗队。本次项目位于广东省第二人民医院赤岗院区，该院区位于广州市海珠区新港中路 466 号大院。

1.2 项目的目的和任务由来

因业务发展需要，为满足群众日益增长的就医需求，提升医院整体的医疗服务水平，扩展医院医疗服务项目，医院拟扩建核医学科。拟在 3 号楼、9 号楼负二层扩建使用回旋加速器制备放射性药物项目和小动物放射实验项目，并在核医学科现有核素诊疗场所增加使用 3 种放射性核素；在 3 号楼、9 号楼负一层建设放射性核素治疗项目。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第 3 号，2017 年修正），项目建设前，应组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

根据《关于发布<射线装置>分类的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）对射线装置的分类，本评价项目使用的小动物 PET/CT 属于Ⅲ类射线装置；回旋加速器（最大能量 12MeV）属于Ⅱ类射线装置；根据《国家电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，本评价项目的非密封放射性物质工作场所为乙级；根据《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令 第 16 号）可知，该评价项目应该编制环境影响报告表。

受广东省第二人民医院委托，广州乐邦环境科技有限公司承担本项目的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了资料收集、现场踏勘等工作，并结合项目特点，按照《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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 项目建设概述

建设单位本次拟新建 2 个乙级非密封放射性物质工作场所，并在 3 号楼、9 号楼负二楼核医学科现有核素诊疗场所中增加放射性核素。

医院拟在 3 号楼、9 号楼负二楼建设一个药物制备及动物实验场所，场所包含两个区域，①拟在负二楼核医学科东南角新建一个药物制备区域，场所内使用 1 台回旋加速器，配备合成分装热室，生产制备 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 三种放射性药物，制备的药物仅供院内使用，不外销；②拟将核医学科西南侧的空置区域改造为小动物实验室，配备一台小动物 PET/CT，使用 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 等放射性核素开展小动物实验。

医院拟将 3 号楼、9 号楼负 1 楼地下停车场北侧区域改造为核素治疗场所，设置 5 间甲癌治疗病房及其配套功能房间，使用 ^{131}I 开展甲癌治疗，设置 1 间敷贴室，使用 ^{32}P 开展敷贴治疗。

医院拟在 3 号楼、9 号楼负 2 楼现有核素诊疗场所增加使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 共 3 种放射性核素，用于开展显像扫描检查。

（1）药物制备及动物实验场所

本次于 3 号楼、9 号楼负 2 楼核医学科东南角新建一个药物制备区域，使用 1 台回旋加速器生产 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 三种放射性药物（生产的放射性药物全部自用），将核

医学科西南侧的空置区域改造为小动物实验室，配备一台小动物 PET/CT，使用 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 等放射性核素开展小动物实验（所使用的药物由药物制备区域提供）。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 号的相关规定，及表 9 的相关分析，以上药物制备区域及小动物 PET/CT 实验区域属于一个“乙级非密封放射性工作场所”。

药物制备及动物实验场所建设规模如下：

表 1.3-1 药物制备及动物实验场所使用核素规模

序号	使用区域	核素名称	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所等级	使用场所	用途
1	回旋加速器	^{18}F	3.70×10^{10}	3.70×10^8	乙级	医院 3 号楼、9 号楼负二层 药物制备及动物实验场所	药物生产制备
2		^{11}C	1.38×10^{11}	1.38×10^9			
3		^{13}N	9.29×10^9	9.29×10^7			
4	小动物实验室	^{18}F	1.18×10^8	1.18×10^5			动物实验
5		^{11}C	1.18×10^9	1.18×10^7			
6		^{13}N	2.10×10^9	2.10×10^7			
7		^{68}Ga	4.95×10^7	4.95×10^5			
8		^{64}Cu	5.13×10^7	5.13×10^5			

表 1.3-2 药物制备及动物实验场所使用设备清单

序号	名称	类别	数量	型号	设备参数	工作场所
1	回旋加速器	II类	1	HM-12SPC	最大能量 $\leq 12\text{MeV}$ 束流强度 $\leq 100\mu\text{A}$	医院 3 号楼、9 号楼负二层 药物制备及动物实验场所
2	Super Nova® Micro PET/CT	III类	1	SNPC-303	最大管电压：80kV 最大管电流：0.7mA	

(2) 核素治疗场所

本次拟将 3 号楼、9 号楼负 1 楼地下停车场北侧区域改造为核素治疗场所，设置 5 间甲癌治疗病房及其配套功能房间和 1 间敷贴室，使用 ^{131}I 开展甲癌治疗，使用 ^{32}P 开展敷贴治疗，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 号的相关规定，及表 9 的相关分析，该区域属于“乙级非密封放射性工作场所”。

核素治疗场所使用放射性核素规模如下：

表 1.3-3 本次核素治疗场所使用核素规模

序号	核素名称	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所等级	使用场所	用途
1	^{131}I	3.70×10^{10}	3.70×10^9	乙级	医院 3 号楼、9 号楼负一层核素治疗场所	甲癌治疗
2	^{32}P	3.70×10^7	3.70×10^6			敷贴治疗

(3) 增加使用放射性核素（原有场所增加核素）

本次拟在 3 号楼、9 号楼负 2 楼核医学科现有核素诊疗场所内新增使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 共 3 种放射性核素，用于开展 PET 显像扫描检查。

本次 3 号楼、9 号楼负 2 楼现有工作场所的原有核素规模及增加使用核素规模如下：

表 1.3-4 现有场所核素使用情况及增加使用核素规模

序号	核素名称	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	工作场所等级	使用场所	用途	备注	
1	^{18}F	1.81×10^{10}	1.81×10^7	乙级	3 号楼、9 号楼 负二层 核医学科核素 诊疗场所	PET 显像	原有核素	
2	^{68}Ga	1.21×10^9	1.21×10^7					
3	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.33×10^{10}	3.33×10^7			SPECT 显像		
4	^{131}I	7.40×10^8	7.40×10^7			甲亢治疗		
5	^{131}I	3.70×10^9	3.70×10^8			吸碘率测定		
6	^{131}I	3.70×10^6	3.70×10^5			骨癌治疗		
7	^{89}Sr	2.96×10^8	2.96×10^7				本次新增	
8	^{223}Ra	6.60×10^6	6.60×10^7					
9	^{11}C	5.42×10^{10}	5.42×10^8			PET 显像		
10	^{13}N	4.44×10^9	4.44×10^7					
11	^{64}Cu	1.24×10^9	1.24×10^7					

1.4 项目依托关系

医院 3 号楼、9 号楼负 2 楼核医学科现有核素诊疗场所，使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 共 6 种放射性核素开展相关核技术利用工作。原场所核素使用规模如下：

表 1.4.1 核医学科原使用核素规模

序号	核素名称	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所等级	使用场所	用途
1	^{18}F	1.81×10^{10}	1.81×10^7	乙级	3 号楼、9 号楼负二层核医学科核素诊断场所	PET 显像
2	^{68}Ga	1.21×10^9	1.21×10^7			
3	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.33×10^{10}	3.33×10^7			SPECT 显像
4	^{131}I	7.40×10^8	7.40×10^7			甲亢治疗
5	^{131}I	3.70×10^9	3.70×10^8			吸碘率测定
6	^{131}I	3.70×10^6	3.70×10^5			
7	^{89}Sr	2.96×10^8	2.96×10^7			骨癌治疗
8	^{223}Ra	6.60×10^6	6.60×10^7			

本项目中拟在现有场所内增加 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 共 3 种放射性核素用于开展显像扫描检查。本次增加使用放射性核素项目依托原有核医学科场所进行工作开展，不改变原有工作流程，不改动场所空间及辐射防护屏蔽，不改变放射性三废处理方式。增加核素后，该场所仍属于“乙级非密封放射性工作场所”。

1.5 项目周边环境概述

1.5.1 项目周边环境情况

广东省第二人民医院位于广州市海珠区新港中路 466 号大院，医院北面为新港中路，西面为石榴岗路，南面为凯荣都国际大酒店，东面为陆军第七十四集团医院。

拟建项目位于 3 号楼、9 号楼负二层及负一楼，两栋大楼位于院区南部（两栋大楼地下楼层（负一、负二）相连为一个整体），3 号楼北侧 43m 处为 2 号楼，东侧约 12m 处为医院围墙，围墙外为军区医院空置楼，东北侧约 32.5m 处为军区医院食堂（与场所距离约 37m），9 号楼南侧为停车场，约 22m 处为医院设备科，西侧约 77m 处为石榴岗路，项目所在区域 200m 范围内无学校。

本次回旋加速器制药区域及小动物实验室区域拟建场所位于 3 号楼、9 号楼负二层，回旋加速器制药区域建设前现状为空地；建成后回旋加速器机房北侧为净化空调机房，西侧为热室房间，南侧及东侧为土层；建成后热室房间北侧为库房、准备间、外包间、污物暂存间，西侧为洁净走廊、更衣室、缓存区等功能房间，南侧为土层，东侧为回旋加速器机房，回旋加速器机房及热室房间楼上为中心制氧站设备基础间，楼下无地下层。

小动物实验室建设前现状为空置房间，位于 3 号楼、9 号楼负二层西南侧角落，小动物 PET 机房建成后北侧为停车场通道，西侧墙外为生活水箱，南侧为控制室，东侧为科研室，小动物 PET 机房楼上为负一层高压配电房，楼下无地下层。

本次核素治疗场所拟建设于 3 号楼、9 号楼负一楼北面，场所建设前现状为停车场，北侧为土层，西侧为电梯房及空调机房等房间，南侧为停车场过道，东侧为风机机房、电梯房、楼梯等，楼下为核医学科医务人员办公区域，楼上为康复治疗科及消防控制中心

地理位置详见图 1.4-1。项目所在位置及四至情况图详见图 1.4-2，现有核素诊断场所在位置及四至情况图 1.4-3，负二楼现状平面布置图详见图 1.4-4，负一楼现状平面布置图详见图 1.4-5，拟建场所对应上一层（一楼）现状平面布置图 1.4-6，项目建

成后负一楼平面图及核素治疗场所四至情况图详见图 1.4-7，项目建成后负二楼平面图及药物制备及动物实验场所四至情况图详见图 1.4.8。

1.5.2 项目选址合理性

表 1.5-2 项目选址情况与 HJ 1188-2021 及 GBZ120-2020 选址要求对比情况表

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“5.1 选址”的要求及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）5.1.1 要求	本项目选址情况	符合性
核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。	本项目设置于 3 号楼、9 号楼负一层及负二层，周边为停车场区域及核医学科区域，已尽可能集中建设，四周为土层，负二层下无地下层；项目场所有明确的墙体、门禁系统隔离，能够明确区分放射性场所及非放射性工作场所区域。 本项目拟建的场所不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区。	符合
核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。		符合
在医疗机构内部区域选址核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科。食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。		符合
核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。		符合

根据上表可知，本项目符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“5.1 选址”的要求，同时满足，《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）5.1.1 要求，故从辐射防护角度考虑，项目选址充分考虑了减少设备使用可能对环境带来的不利影响，尽量降低了可能存在的环境风险，因此，本项目选址较为合理。

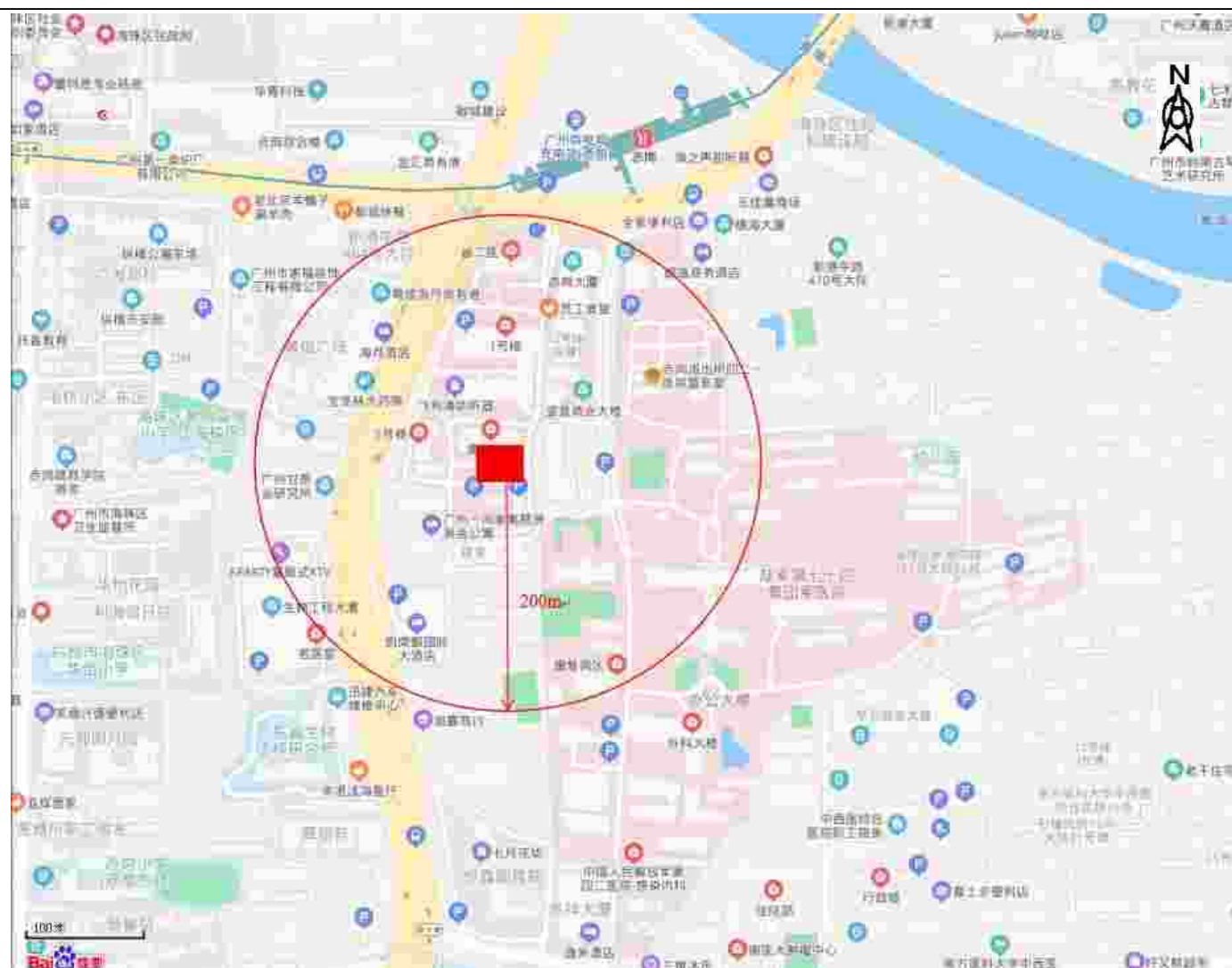
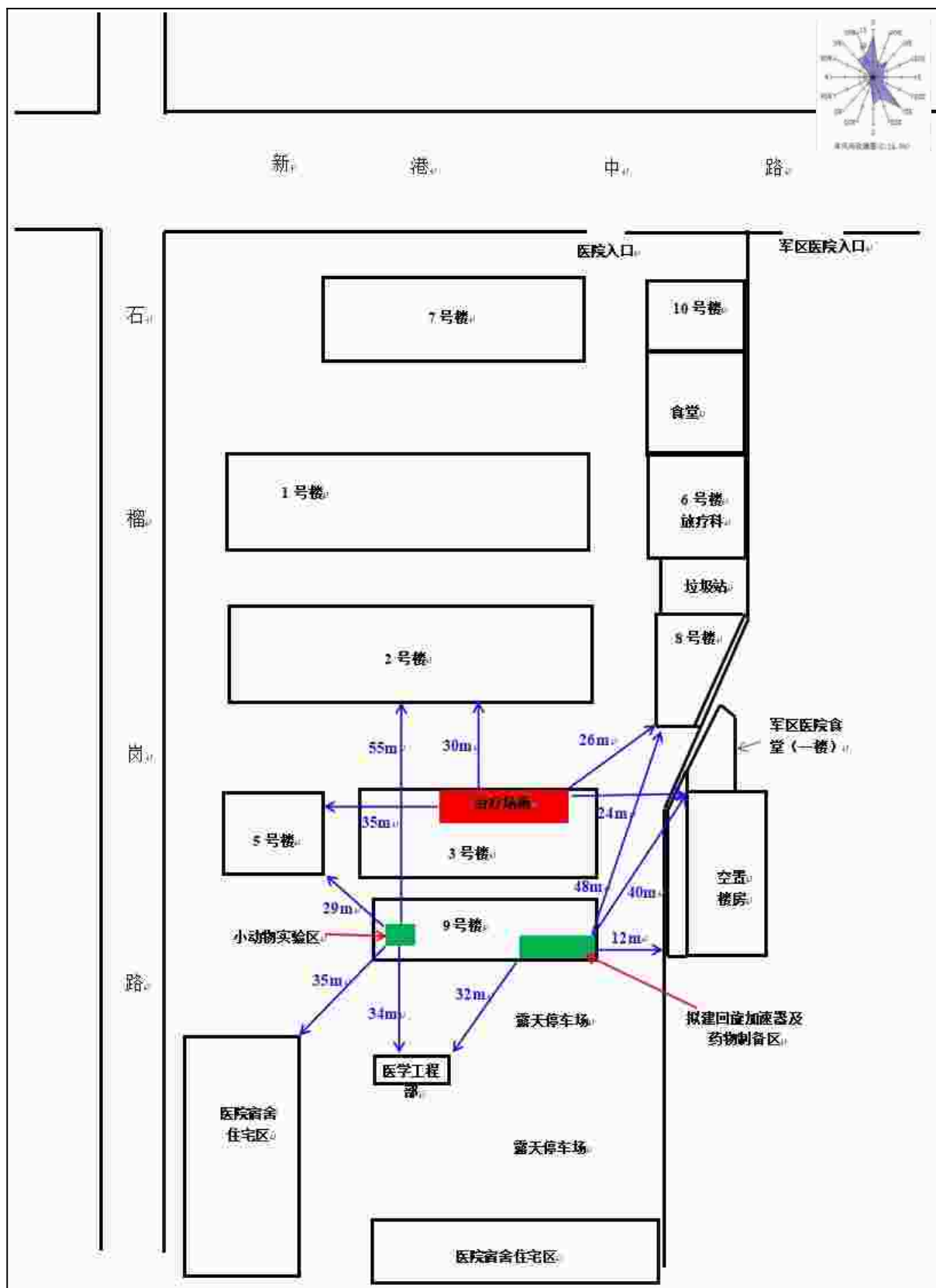
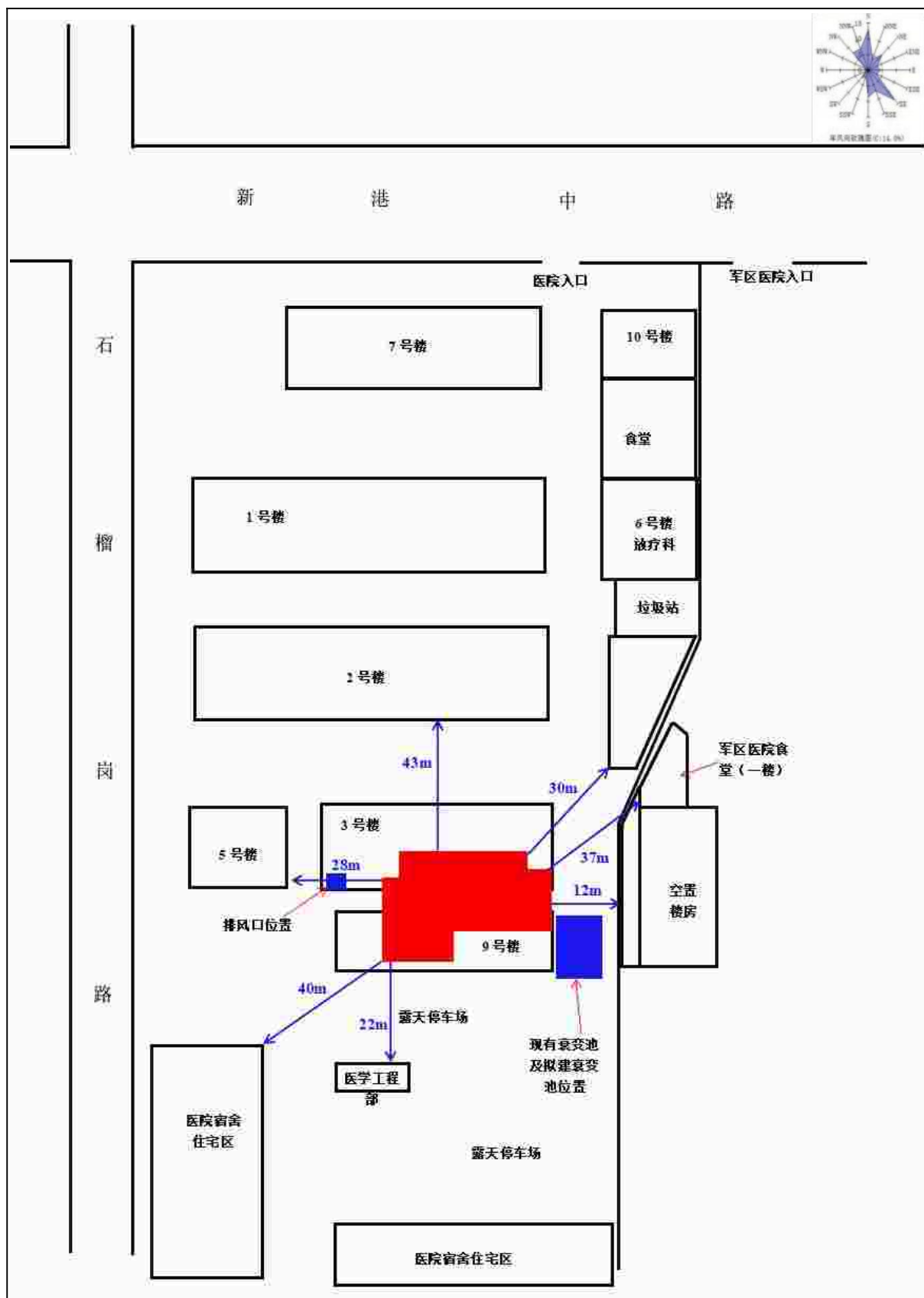


图 1.5-1 评价项目地理位置图



注：图中，3号和9号楼的地下层（负一、负二层）是连通成一体的

图 1.5-2 项目所在位置及四至情况图（红色实心处为核素治疗场所（负一层）所在位置，绿色为药物制备及动物实验场所（负二层）所在位置）



注：图中，3号和9号楼的地下层（负一、负二层）是连通成一体的。

图 1.5-3 现有核医学科工作场所（负一层）所在位置及四至情况图

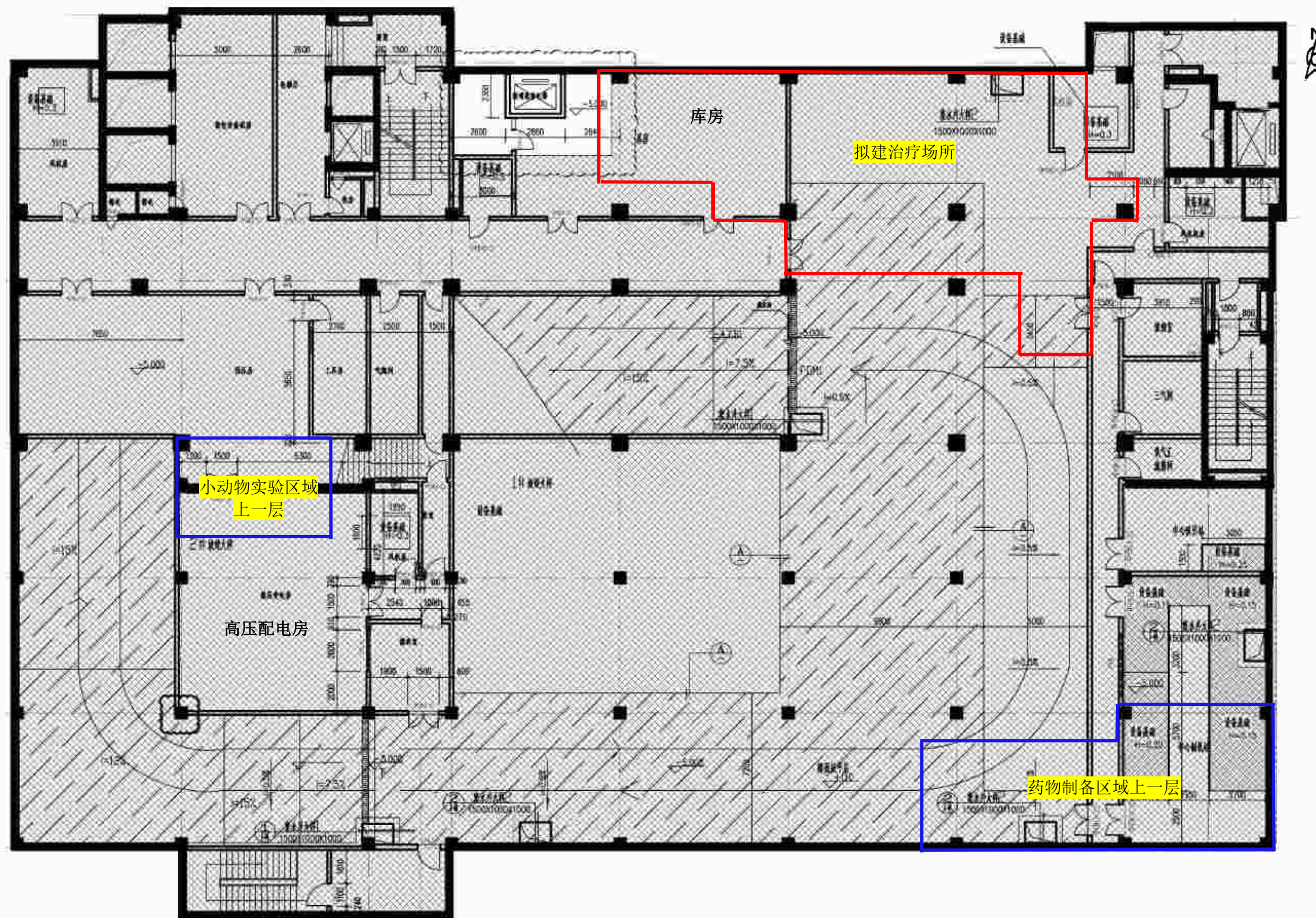


图 1.5-5 负一楼现状平面布置图（红色实线内为院拟建核素治疗场所位置）

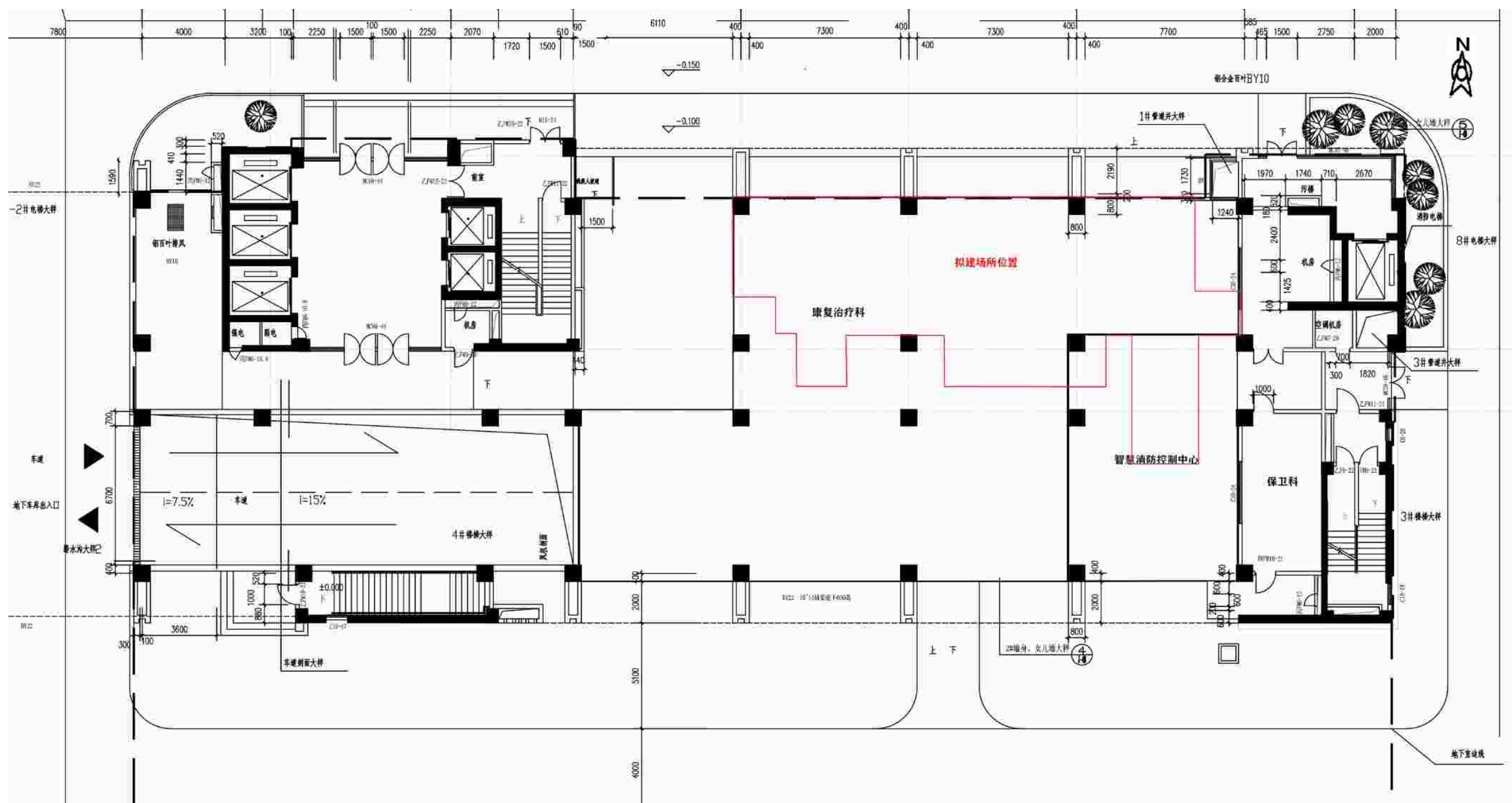


图 1.5-6 一楼现状平面布置图（红色实线内为下方拟建核素治疗场所位置）

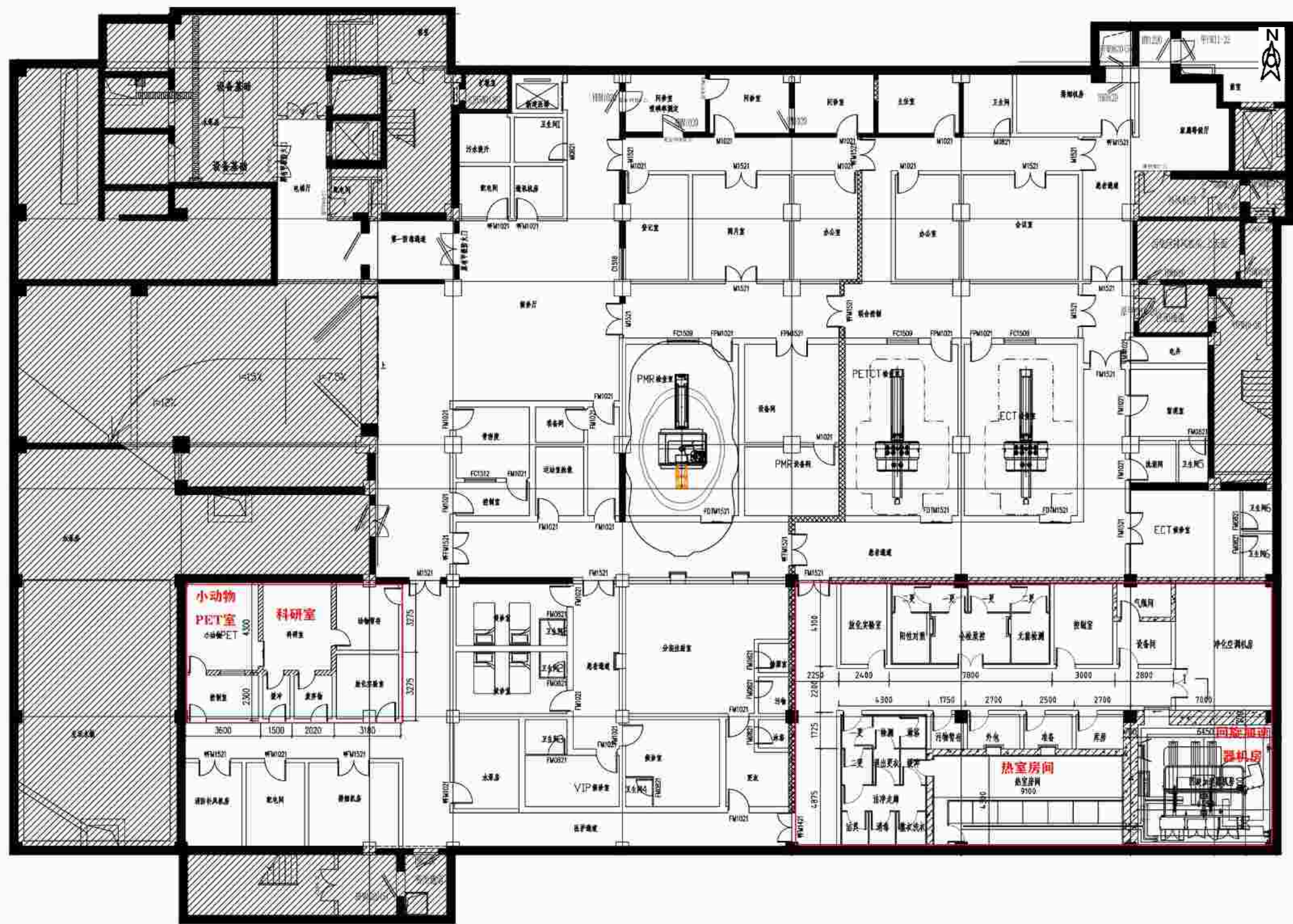


图 1.5.8 项目建成后负二楼平面图及药物制备及动物实验场所四至情况图（红色框内为本项目药物制备及动物实验场所）

1.5 建设单位原核技术应用项目许可情况

广东省第二人民医院持有辐射安全许可证，证书编号为粤环辐证[02352]，种类和范围为“许可种类和范围为使用 II 类、III 类射线装置/乙级、丙级非密封性放射性物质工作场所”，最新发证日期为 2022 年 2 月 15 日，有效期至 2025 年 1 月 7 日（详见附件 1）。

医院在《辐射安全许可证》登记使用医用 II 类射线装置 7 台（医用电子直线加速器 2 台、DSA 各 5 台），III 类射线装置 43 台（SPECT/CT、CT、DR、胃肠机、C 臂机、口腔 X 射线机等）；核医学科 2 处乙级和 1 处丙级非密封性工作场所，使用 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{18}F 、 ^{153}Sm 、 ^{125}I 、 ^{68}Ga 、 ^{223}Ra 共九种放射性核素。

广东省第二人民医院现有核技术利用项目环保手续落实统计情况详见表 1.5-1。

表 1.5-1 医院现有射线装置清单及环保手续落实情况

序号	名称	型号	类别	使用科室	环评批复文号	竣工验收意见文号
1	西门子 Somatom Sensation Open 模拟定位机	Somatom Sensation Open	III	放疗科大孔径定位机房	穗环核（2012）101 号	穗环核验（2013）66 号
2	西门子 Cios Fusion ERCP 机	Cios Fusion ERCP	III	2 号楼内镜中心	备案号：201744010500000474	
3	西门子 ARTISTE MV 医用电子直线加速器	ARTISTE MV	II	放疗科 3 号机房	粤环审[2012]512 号	已自主验收
4	瓦里安 CLINAC CX 医用电子直线加速器	CLINAC CX	II	放疗科 2 号机房	省环保厅备案(换机)	已自主验收
5	斯达福 SHF-515 PSU 体检车	SHF-515 PSU	III	体检中心	穗环核备[2016]16 号	
6	深圳海德 HB-ESWL-Vm 碎石机	HB-ESWL-Vm	III	泌尿外科碎石机房	穗环核[2009]3 号	粤环审[2012]14 9 号
7	锐珂 DRX-Evolution DR 机	DRX-Evolution DR	III	放射科	穗环核备[2016]16 号	
8	普兰梅卡 Planmeca Promax 口腔全景机	Planmeca Promax	III	民航院区口腔科牙科机房	备案号：202144011100000418	
9	美敦力 O-arm 1000 移动 C 臂机	O-arm 1000	III	3 号楼四楼麻醉科	备案号：201744010500000474	

10	核通 Sminlix-HQ 模拟定位机	Sminlix-HQ	III	放疗科 4号机房	穗环核 (2009)3 号	粤环审 [2012]14 9号
11	豪洛捷克 Discovery A 骨密度仪	Discovery A	III	核医学科	穗环核备 [2016]16号	
12	飞利浦 ESSENTA DR COMPACT DR 机	ESSENTA DR COMPACT	III	体检中心七楼	穗环核备 [2016]16号	
13	飞利浦 Mobile Diagnost wDR 移动 DR 机	Mobile Diagnost wDR	III	2号楼一楼 放射科	备案号: 201744010500000474	
14	飞利浦 ESSENTA DR COMPACT DR 机	ESSENTA DR COMPACT	III	体检中心九楼	穗环核备 [2016]16号	
15	飞利浦 Brilliance iCT CT 机	Brilliance iCT CT	III	影像科	穗环核备 [2016]16号	
16	飞利浦 BV Endura 移动 C 臂机	BV Endura	III	手术室	穗环核备 [2016]16号	
17	飞利浦 Allura xper FD20 DSA 机	Allura xper FD20	III	介入科 2号机房	穗环核 [2012]30 号	粤环审 [2013]26 5号
18	飞利浦 Allura xper FD10 DSA 机	Allura xper FD10	III	介入科 1号机房	穗环核 [2012]30 号	粤环审 [2013]26 5号
19	岛津 MUX-200D 移 动 DR 机	MUX-200D	III	2号楼一楼 放射科	穗环核备 [2016]16号	
20	岛津 MUX-200D 移 动 DR 机	MUX-200D	III	2号楼一楼 放射科	备案号: 201744010500000474	
21	岛津 SONIALVISION G4 胃肠机	SONIALVISION G4	III	2号楼一楼 放射科	备案号: 201744010500000474	
22	艾蒙斯 GIOTTO IMAGE3D 乳腺机	GIOTTO IMAGE3D	III	放射科	穗环核备 [2016]16号	
23	SEDECAL SM-50HF-B-D 移动 DR 机	SEDECAL SM-50HF-B-D	III	放射科	穗环核 (2012) 101号	穗环核验 (2013) 66号
24	GMM OPERA RT20 DR 机	GMM OPERA RT20	III	应急办 医技车	穗环核 (2012) 101号	穗环核验 (2013) 66号
25	GE definium 6000DR 机	GE definium 6000	III	放射科 5号机房	穗环核 [2009]3 号	粤环审 [2012]14 9号

26	GE Infinia VC SPECT/CT 机	GE Infinia VC SPECT/CT	III	核医学科机房	穗环核 [2009]3 号	粤环审 [2012]14 9 号
27	西门子Artis Pheno DSA	Artis Pheno	II	琶洲院区介入 导管室复合手 术室	粤环审 [2021]115 号	正在开展 验收
28	东软医疗NeuAngio 30CDSA	NeuAngio 30C	II	琶洲院区介入 导管室3号机 房	粤环审 [2020]265 号	已自主验 收
29	东软医疗NeuAngio 30CDSA	NeuAngio 30C	II	民院区介入导 管室DSA机房	粤环审 [2021]60 号	已自主验 收
30	东软医疗 NeuVison680 型DR	NeuVison680	III	琶洲院区放射 科4号机房	202144010500000120	
31	东软医疗 NeuVison480 型DR	NeuVison480	III	琶洲院区健康 管理（体检） 科2楼DR机房		
32	联影医疗 uDR370i 型DR	uDR370i	III	琶洲院区放射 科		
33	普兰梅卡Planmeca ProMax 3D Mid 型 口腔锥形束CT	Planmeca ProMax 3D Mid	III	琶洲院区口腔 科		
34	东软医疗 NeuVison680 型DR	NeuVison680	III	民航院区影像 科DR2号机房	202144011100000307	
35	东软医疗 NeuVison480 型DR	NeuVison480	III	民航院区健康 管理（体检） 科DR机房		
36	迈瑞医疗Mobieye 700T型移动DR	Mobieye 700T	III	民航院区影像 科		
37	明峰医疗ScintCare CT 16型方舱CT	ScintCare CT 16	III	民航院区发热 门诊		
38	联影医疗uCT960+型 640层CT	uCT960+	III	民航院区影像 科CT机房		
39	东软医疗Nexiz128型 CT	Nexiz128	III	琶洲院区介入 导管室复合手 术室CT机房	202144010500000142	
40	联影医疗uCT710型 方舱CT	uCT710	III	琶洲院区发热 门诊		
41	联影医疗uCT960+型 640层CT	uCT960+	III	琶洲院区影像 科CT机房	202144010200000141	

42	联影 UMI 780 正电子发射型 γ 射线断层扫描仪 (PET/CT)	UMI 780	III	3号楼、9号楼 负二层核医学科	粤环审 [2021]178 号	已自主验收
----	---	---------	-----	--------------------	-----------------------	-------

表 1.5-2 医院现有非密封放射性物质清单及环保手续落实情况

序号	名称	日等效操作量	级别	使用地点	环评批复文号	竣工验收意见文号	使用状态
1	^{99m} Tc	4.40×10 ⁸	乙级	核医学科 (6 号楼 1 楼)	穗环核 [2009]3 号	粤环审 [2012]149 号	在用
2	¹⁸ F	1.5×10 ⁷					在用
3	¹³¹ I	9.3×10 ⁸					在用
4	³² P	2.2×10 ⁶	丙级			/	暂未使用
5	⁸⁹ Sr	1.5×10 ⁸	乙级			粤环审 [2012]149 号	在用
6	¹⁵³ Sm	1.5×10 ⁸				/	暂未使用
7	¹²⁵ I	1.5×10 ⁸					
8	^{99m} Tc	3.33×10 ⁷	乙级	3 号楼 9 号 楼负二层 核医学科	粤环审 [2021]178 号	已自主验收	在用
9	¹⁸ F	1.81×10 ⁷					
10	⁶⁸ Ga	1.21×10 ⁷					
11	¹³¹ I 显像	7.40×10 ⁷					
12	¹³¹ I 甲亢	3.70×10 ⁸					
13	¹³¹ I 甲功	3.70×10 ⁵					
14	⁸⁹ Sr-	2.96×10 ⁷					
15	²²³ Ra	6.60×10 ⁷					

1.6 建设单位原核技术利用项目管理情况

广东省第二人民医院遵守《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》等相关放射性法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，院区内辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

(1) 辐射安全与环境保护管理机构

医院已成立了辐射防护安全和环境保护管理机构，明确辐射防护责任，能够满足原有核技术利用项目运行过程中辐射防护管理和监督的需要。

(2) 辐射安全管理相关规章制度

建设单位在医院针对原有的核技术应用项目，已制定了《核医学科安全管理制度》、《核医学科辐射事件（故）应急预案》、《核医学科卫生防护制度》、《临床核医学科放射卫生防护规范》、《放射性药品采购，登记，使用，核对，保管制度》、

《放射性废物收集及处理制度》、《放射性药品不良反应的紧急处理及报告制度》、《核医学科表面污染监测制度》等一系列基本规章制度，辐射管理制度较完备，满足院区从事辐射工作管理要求。

（3）辐射工作人员培训情况

医院配备辐射防护管理员和辐射安全监督小组，定期组织工作人员接受辐射防护法律法规、专业技术知识培训，提高守法和自我防护意识。广东省第二人民医院核医学科现有辐射工作人员 7 人，均已取得培训考核合格成绩单，医院有部分使用 II 类射线装置人员由于报考困难，目前正在加紧安排报考，其余 III 类射线装置辐射工作人员，均已按《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（2021 年第 9 号公告）的相关规定，自行组织考核，所有人员均已通过考核，并对培训及考核材料进行了存档保留。医院辐射工作人员培训合格证取得情况（部分）详见附件 3。

（4）开展辐射监测工作的情况及年度评估报告

医院原有辐射巡检仪、射线装置报警仪、X- γ 个人剂量仪、个人剂量当量监测仪、表面污染监测仪、手持式辐射巡测仪、区域辐射监测系统辐射监测仪器，医院自行定期对院内各工作场所四周进行 X- γ 辐射环境监测。对于核医学区域，医院除了定期严格按照监测计划对场所四周开展 X- γ 辐射环境监测外，核医学科工作场所辐射工作人员操作后离开工作场所前进行表面污染监测，如其污染水平超过 GB18871-2002 规定值，及时采取洗手、淋浴等措施进行去污，同时做好记录。

从控制区取出任何物品都进行表面污染水平检测，杜绝超过 GB18871-2002 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。储源分装室、废物间等定期进行表面沾污和空气比释动能率监测，无关人员未经允许不得入内。对注射室、注射后休息室、扫描机房等高活性区域，进行表面沾污和空气比释动能率监测和去污，对敷料、覆盖物等其他物件也进行监测，无法去污时应作放射性废物处理。除此之外，根据医院提供的资料显示，医院每年委托有相关资质的辐射监测机构对辐射工作场所进行监测。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。

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
——	——	——	——	——	——	——	——	——

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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式 与地点
1	^{18}F	液态	生产	3.70×10^{10}	3.70×10^8	9.25×10^{12}	药物生产制备	简单的操作		密封在铅外壳屏蔽体中转运至分装柜
2	^{11}C	液态	生产	1.38×10^{11}	1.38×10^9	3.45×10^{13}		简单的操作		
3	^{13}N	液态	生产	9.29×10^9	9.29×10^7	2.32×10^{12}		简单的操作		
4	^{18}F	液态	使用	1.18×10^8	1.18×10^5	2.95×10^{10}	小动物实验	很简单的操作	3 号楼、9 号楼负二层药物制备和动物实验场所	密封在铅外壳屏蔽体中转运至场所科室室
5	^{11}C	液态	使用	1.18×10^9	1.18×10^7	4.53×10^{11}		简单的操作		
6	^{13}N	液态	使用	2.10×10^9	2.10×10^7	5.25×10^{11}		简单的操作		
7	^{64}Cu	液态	使用	4.95×10^7	4.95×10^5	1.24×10^{10}		简单的操作		
8	^{68}Ga	液态	使用	5.13×10^7	5.13×10^5	1.28×10^{10}		简单的操作		
9	^{131}I	液态	使用	3.70×10^{10}	3.70×10^9	1.85×10^{12}	甲癌治疗	简单的操作	3 号楼、9 号楼负一层核素治	屏蔽在铅外壳的容器中暂存于分装柜

10	^{32}P	液态	使用	3.70×10^7	3.70×10^6	3.70×10^9	敷贴治疗	简单的操作	疗场所	屏蔽在铅外壳的容器中暂存于储源室
11	^{11}C	液态	使用	5.42×10^{10}	5.42×10^8	1.36×10^{13}	显像诊断	简单的操作	3号楼、9号楼负二层核素诊疗场所	屏蔽在铅外壳的容器中暂存于分装柜
12	^{13}N	液态	使用	4.44×10^9	4.44×10^7	1.10×10^{12}		简单的操作		
13	^{64}Cu	液态	使用	1.24×10^9	1.24×10^7	3.10×10^{11}		简单的操作		

注：日等效最大操作和操作方式见《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	HM-12SPC	负氢离子	$\leq 12\text{MeV}$	最大束流强度 $\leq 100\mu\text{A}$	制备放射性药物	3号楼、9号楼负二层药物制备和小动物实验场所	新增

（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	Super Nova® Micro PET/CT	III类	1	SNPC-303	80	0.7	显像诊断	3号楼、9号楼负二层药物制备和小动物实验场所	新增

(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	贮存方式	数量	
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

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
含有放射性核素的排泄物和冲洗废水等	液态	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{131}I	/	/	/	总 $\alpha < 1\text{Bq/L}$ 总 $\beta < 10\text{Bq/L}$	衰变池	经衰变池衰变至符合排放要求后排出
沾有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等	固态	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{131}I	/	/	/	$< 0.4\text{Bq/cm}^2$	存于专用放射性废物铅桶中	暂存至其放射性比活度低于相应清洁解控水平后作为一般医疗固体废物处理。
废气	气态	^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{131}I	/	/	/	^{131}I : $< 13\text{Bq/m}^3$ ^{18}F : $< 1.63 \times 10^3\text{Bq/m}^3$ ^{68}Ga : $< 1.94 \times 10^3\text{Bq/m}^3$ ^{64}Cu : $< 7.93 \times 10^2\text{Bq/m}^3$	——	经排气口高效过滤排放

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.含有放射性的废弃物要注明,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

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日) (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日第二次修正) (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日) (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日中华人民共和国国务院令 第 449 号公布, 根据 2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第一次修订, 根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订) (5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年, 国家环境保护总局令 第 31 号, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 第 3 号修改, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 第 47 号修改, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 第 7 号修改。2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改。) (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 18 号 2011 年 5 月 1 日) (7) 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) (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(生态环境部 部令 第 16 号) (9) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(国令 第 682 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》(环发[2006]145 号) (11) 《广东省放射性废物管理办法》(粤府令 第 65 号 2001 年 6 月 1 日施行) (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) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(公告 2021 年 第 9 号)
------	---

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》(HJ 10.1—2016) (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002) (4) 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) (5) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010) (6) 《医疗机构污水排放标准》(GB 18466-2005) (7) 《水污染物排放限值》(DB4426-2001), 广东省地方标准 (8) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020, 2020 年 10 月 1 日起实施, 代替 GBZ130-2013) (9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128—2019) (10) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021) (11) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)
其他	(1) 《中国环境天然放射性水平》(原子能出版社 2015 年 7 月第 1 版) (2) 建设单位环境影响评价委托书、设计图纸及设计方案等资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目是在固定的有实体边界的射线机房内使用射线装置、在有实体边界的非密封放射性物质工作场所内使用放射性核素，参照《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》（HJ 10.1-2016）对核技术利用建设项目环境影响报告书的评价范围和保护目标的相关规定，以射线装置及非密封放射性物质工作场所（实体屏蔽物）的边界外 50m 的范围作为本项目的的评价范围。具体评价范围详见图 7.1-1 中的红色虚线范围。

从下图可看出本项目的的评价范围，评价范围内除东面小部分位于陆军第七十四集团医院外，其余面基本位于医院内部范围。

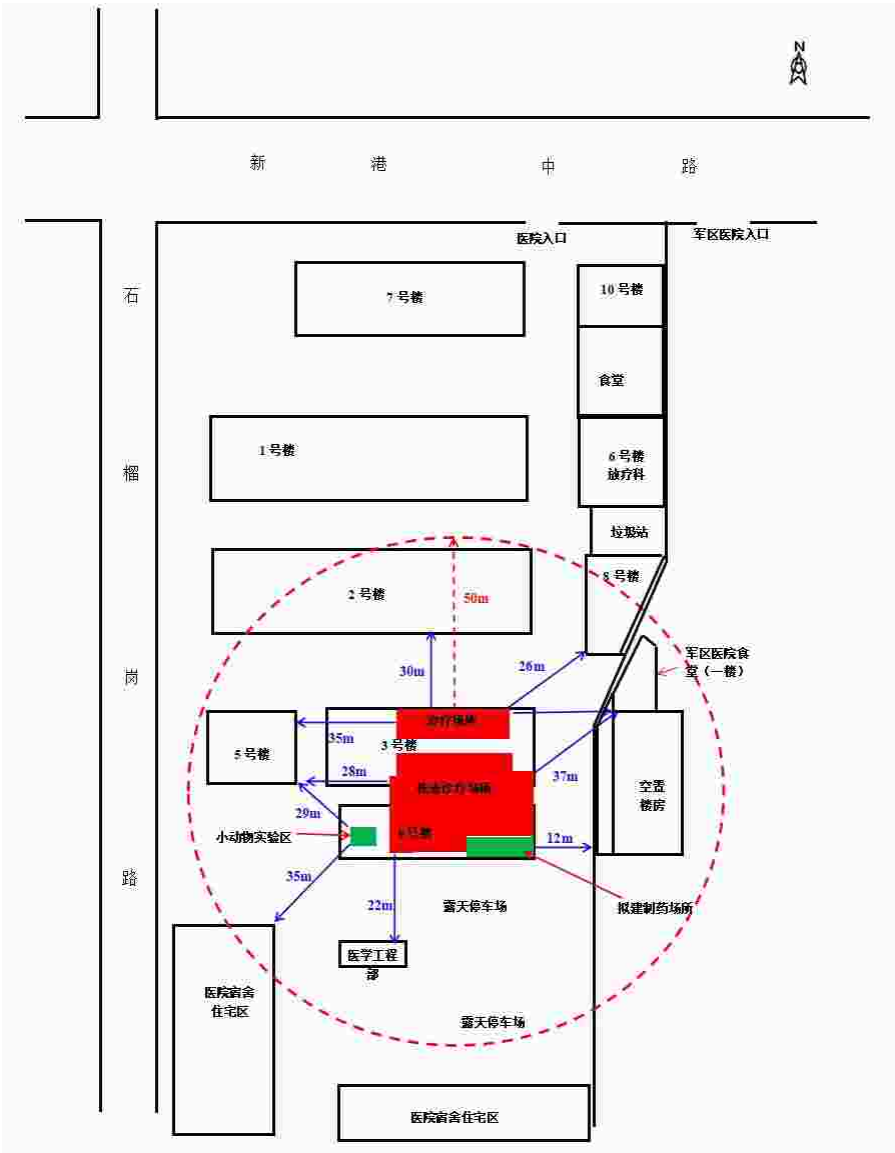


图 7.1-1 现有核素诊断场所评价范围示意图

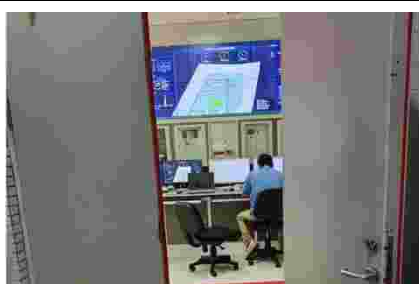
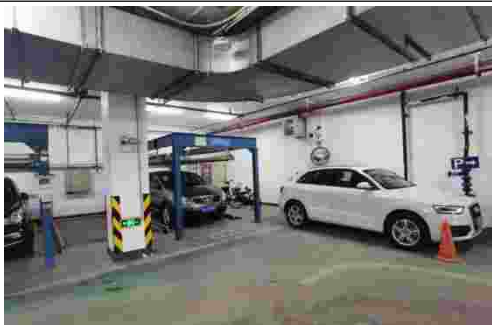
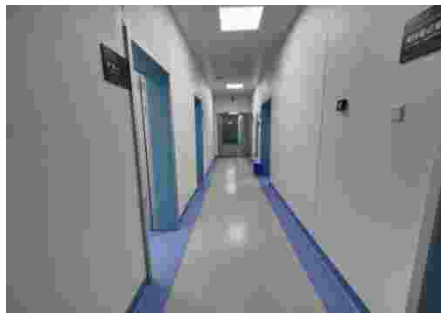
7.2 保护目标

根据评价范围，结合周边环境情况，确定本项目的保护目标是项目周围环境 50m 范围内活动的辐射工作人员和公众（非辐射工作人员），项目工作场所室内、室外环境保护目标现状情况见图 7.2-1。本项目主要考虑的保护目标见表 7.2-1。

表 7.2-1 评价范围内保护目标

序号	保护目标	与评价项目相对位置	影响人群（人数）	剂量约束值
药物制备及动物实验场所（负二楼）				
1	准备间、外包间、库房、更衣缓冲区域、控制室、放化实验室等。	辐射工作场所北侧、西侧紧邻	辐射工作人员 （约 2 人）	辐射工作人员 5mSv/a
2	负二楼内人员（核医学科候诊区、核实显像区、医生办公区等）	辐射工作场所四周 50 米内	公众 （约 80 人）	公众 0.1mSv/a
3	高压设备间、中心制氧站设备基础	辐射工作场楼上	公众 （偶然居留）	
4	5 号楼	小动物实验 PET 机房西面约 29~50 米内	公众 （约 50 人）	
5	医院宿舍住宅区	小动物实验 PET 机房西南面约 35~50 米内	公众 （约 60 人）	
6	医学工程部	药物制备区西南面约 32~50 米内	公众 （约 30 人）	
7	军区医院食堂（一楼）	药物制备区东北面约 40~50 米内	公众 （约 50 人）	
8	8 号楼	药物制备区东北面约 48~50 米内	公众 （约 50 人）	
9	院内室外公众场所	辐射工作场所四周 50 米内	公众 （偶然居留）	
核素治疗场所（负一楼）				
1	敷贴室、治疗室、医务人员办公室、值班室、配餐间等。	辐射工作场所西侧、南侧紧邻	辐射工作人员 （约 2 人）	辐射工作人员 5mSv/a
2	核医学科问诊室、主任办公室	辐射工作场楼下	辐射工作人员 （约 7 人）	
3	康复科及消防控制中心	辐射工作场所楼上	公众 （约 30 人）	公众 0.1mSv/a
4	5 号楼	辐射工作场所西面约 35~50 米内	公众 （约 50 人）	
5	2 号楼	辐射工作场所北面约 30~50 米内	公众 （约 60 人）	
6	8 号楼	辐射工作场所东北面约 26~50 米内	公众 （约 50 人）	

7	军区医院食堂 (一楼)	辐射工作场所东面 约 24~50 米内	公众 (约 50 人)	
8	院内室内外公众场所	辐射工作场所四周 50 米内	公众 (偶然居留)	
现有核素诊断场所 (负二楼)				
1	核医学科医生办公区、控制 室等	辐射工作场所北面紧 邻	辐射工作人员 (约 7 人)	辐射工作 人员 5mSv/a
2	负二楼内人员 (候诊厅等)	辐射工作场所四周 50 米内	公众 (约 80 人)	公众 0.1mSv/a
3	停车场	辐射工作场楼上	公众 (偶然居留)	
4	2 号楼	辐射工作场所北面 约 43~50 米内	公众 (约 50 人)	
5	5 号楼	辐射工作场所西面 约 28~50 米内	公众 (约 50 人)	
6	医院宿舍住宅区	辐射工作场所西南面 约 40~50 米内	公众 (约 60 人)	
7	医学工程部	辐射工作场所南面 约 22~50 米内	公众 (约 30 人)	
8	军区医院食堂 (一楼)	辐射工作场所东北面 约 37~50 米内	公众 (约 50 人)	
9	8 号楼	辐射工作场所东北面 约 30~50 米内	公众 (约 50 人)	
10	院内室外公众场所	辐射工作场所四周 50 米内	公众 (偶然居留)	

	
甲癌场所楼上 (一楼康复科)	甲癌场所楼上 (一楼消防控制中心)
	
回旋加速器楼上 (负一楼)	核医学科问诊室、主任办公室 (负二楼)

	
2 号楼	5 号楼
	
医院宿舍住宅区	医学工程部
	
军区医院食堂（一楼）	8 号楼
	
拟建项目南侧医院室外公众场所	

图 7.2-1 项目工作场所室内、室外环境敏感目标现状情况

7.3 评价标准

一、人员照射剂量限制

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)标准中 4.3.2.1 规定：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。

B1 剂量限值：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

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；

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 4.4.1 剂量限值的要求：

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。

本项目剂量约束限值：按防护与安全的最优化要求，结合本项目实际情况，取 5mSv/a 作为职业工作人员的年有效剂量约束值，即小于 5mSv；取 0.1mSv/a 作为公众照射年有效剂量约束值，即小于 0.1mSv；

二、工作场所的选址和布局

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求

5.1 选址

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2 布局

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

a)使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；

b)保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；

c)在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不

必要的照射;

d)在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间,进行污染检测。

5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下:

b)对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房(使用非密封源治疗患者)或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房;

c)诊断工作场所和治疗 工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房;

d)对于综合性的核医学工作场所,部分功能用房和辅助用房可以共同利用;

三、工作场所的防护水平要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)要求

6.1 屏蔽要求

6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守,按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

6.1.2 设计核医学 工作场所墙壁 I 地板及顶面的屏蔽层时,除应考虑室内的辐射源外,还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。

6.1.3 回旋加速器机房的建造应避免采用富含铁矿物质的混凝土,避免混凝土中采用重晶石或铁作为骨料;不带自屏蔽的回旋加速器应有单独的设备间,机房选择不易中子活化的混凝土材料。

6.1.4 回旋加速器机房的电缆管沟、通风管道等穿过屏蔽体时,应采用地沟或 S 型、V 型、Z 型穿过墙壁,并进行屏蔽补偿,确保满足屏蔽体墙外的防护要求。防护门与墙体连接处应进行有效搭接,避免出现防护薄弱环节。

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 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$,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 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$,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 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

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 30 cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h.

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内, 并应有适当屏蔽。

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 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 2.5 μ Sv/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 25 μ Sv/h, 宜不大于 2.5 μ Sv/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 25 μ Sv/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。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 7.3-1。

表 7.3-1 工作场所的放射性表面污染控制水平单位: Bq/cm²

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4 $\times$ 10
	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		4 $\times$ 10 ⁻¹
1) 该区内的高污染区除外		

本项目辐射工作场所的防护水平执行 HJ1188-2021 中的相关要求, 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 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 μ Sv/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 10 μ Sv/h。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 2.5 μ Sv/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 25 μ Sv/h。

四、辐射管理分区

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求：

4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。

应根据 GB18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况,对控制区和监督区采取相应管理措施。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

本次评价项目，执行 HJ1188-2021 的要求，拟将辐射工作场所相应区域（含衰变池）及其四周划分为控制区及监督区，并对控制区采取相应的屏蔽及管理措施。

五、辐射工作场所的分级

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 号的相关规定：

生产、使用放射性药品的非密封放射性物质工作场所，在新颁发辐射安全许可证和批复环境影响评价文件时按以下原则处理：

（一）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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 规定的非密封源工作场所的分级，应按表 7.3-2 将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分级。

表 7.3-2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim < 2 \times 10^7$
注：日等效最大操作量 = （实际日操作量 × 核素毒性组别修正因子） / 操作方式修正因子	

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 7.3-3 和表 7.3-4。

表 7.3-3 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 7.3-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	修正因子			
	表面污染水平 较低的固体	液体、溶液、 悬浮液	表面有污染的 固体	气体、蒸汽、粉末，压 力很高的液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

六、放射防护措施要求

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为 I、II、III 三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 7.3-5，核医学工作场所分类一览表详见表 7.3-6，加权活度计算方法见公式 1。

表 7.3-5 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 ^a	普通的管道	普通的管道
盥洗与去污	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b
^a 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测			
^b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制			

表 7.3-6 核医学工作场所分类一览表

分类	操作最大量放射性核素的加权活度，MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

加权活度计算方法：

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}} \quad (\text{公式 1})$$

七、放射性废水排放标准

(1) 水污染物排放标准

①广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB4426-2001)要求，第一类污染物最高允许排放浓度——总 α 浓度：1.0Bq/L；总 β 浓度：10Bq/L；

②《医疗机构污水排放标准》(GB18466-2005)要求，综合医疗机构水污染物预处理标准：总 β 不大于 10Bq/L。

由于该评价项目产生的放射性废水最终排入市政管网，因此执行根据《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 4.1.2 规定的综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值：总 β 不大于 10Bq/L。

(2) 含放射性核素废水排放要求

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 8.6.2，不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 $10\text{ALI}_{\min}$ ($\text{ALI}_{\min}$ 是相应于职业照射的食入和吸收 ALI 值中较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；

b) 每一次排放的活度不超过 $1\text{ALI}_{\min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。每次排放后应做记录并存档。

GB18871-2002 的 B1.3.4：表 B3 和表 B6、表 B7 分别对职业照射和公众照射给出了食入和吸入单位摄入量所致的待积有效剂量 $e(g)_{j,\text{ing}}$ 和 $e(g)_{j,\text{inh}}$ 。利用式 (11-13) 可以由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量限值 $I_{j,L}$ ：

$$I_{j,L} = \frac{DL}{e_j} \quad (\text{公式 7.3-1})$$

式中：

DL—相应的有效剂量的年剂量限值；本项目以 5mSv/年作为式中 DL 值。

e_j —表 B3 和表 B6、B7 中给出的放射性核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值。

本项目查表《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B3 可知：

表 7.3-7 工作人员吸入和食入单位射入量所致的待积有效剂量

核素	吸入		食入	最大值 (Sv/Bq)
	$e(g)_{1\mu m}$ (Sv/Bq)	$e(g)_{5\mu m}$ (Sv/Bq)	$e(g)$ (Sv/Bq)	
^{99m}Tc	1.2×10^{-11}	2.0×10^{-11}	2.2×10^{-11}	2.2×10^{-11}
^{18}F	6.0×10^{-11}	9.3×10^{-11}	4.9×10^{-11}	9.3×10^{-11}
^{68}Ga	5.1×10^{-11}	8.1×10^{-11}	1.0×10^{-10}	1.0×10^{-10}
^{11}C	/	/	2.4×10^{-11}	2.4×10^{-11}
^{64}Cu	1.2×10^{-10}	1.50×10^{-10}	1.20×10^{-10}	1.50×10^{-10}
^{131}I	7.6×10^{-9}	1.1×10^{-8}	2.2×10^{-8}	2.27×10^5

取工作人员吸入或食入的待积有效剂量的最大值计算 ALI_{min} 。

根据计算，核素治疗场所衰变池执行每次排放 ^{131}I 总活度不超过 $2.27 \times 10^5 Bq$ 。现有核素诊断场所增加核素后，衰变池排水执行每次排放 ^{99m}Tc 总活度不超过 $2.27 \times 10^8 Bq$ 。每次排放 ^{18}F 的总活度不超过 $5.38 \times 10^7 Bq$ 。每次排放 ^{68}Ga 的总活度不超过 $5.0 \times 10^7 Bq$ 。每次排放 ^{11}C 的总活度不超过 $2.08 \times 10^8 Bq$ 。每次排放 ^{64}Cu 的总活度不超过 $3.33 \times 10^7 Bq$ 。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求：

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

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 GB 18871 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 1Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

本项目核素治疗场所使用的衰变池（含 ^{131}I ）应暂存超过 180 天，碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

八、放射性废气排放要求

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）5.2.3 的要求，核医学工作场所的通风按上表 7.3.5 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保

持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

根据《电离辐射与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）B1.3.4 给出的计算公式，结合标准附表 B3、B7 给出的职业公众人员和公众吸入单位摄入量所致的待积有效剂量的值 e_j ，可计算得出职业工作人员或者公众吸入放射性核素 j 的年摄入量限值（Bq）。计算公式同公式 7.3-1；

正常人呼吸量为 $1.2\text{m}^3/\text{h}$ ，根据职业工作人员的年工作时间 T （单位 h ）可计算得到职业工作人员的年工作时间内吸入空气的量 X （单位 m^3 ）。将职业工作人员吸入放射性核素 j 的年摄入量限值 $I_{j,L}$ 除以职业工作人员的年工作时间内吸入空气的量 X ，可以导出工作场所内放射废气中核素的浓度限值（DAC 值），同理公众按照一年 365 天，一天 24 小时考虑 T ，可计算得公众 DAC 值。

表 7.3-8 核素导出浓度限值

核素名称	工作场所		公众（排风口或环境敏感点）	
	浓度限值 Bq/m ³	吸入总活度 Bq	浓度限值 Bq/m ³	吸入总活度 Bq
¹⁸ F	3.73×10^4	1.08×10^8	1.63×10^3	1.69×10^7
^{99m} Tc	1.20×10^5	3.45×10^8	4.82×10^3	5.00×10^7
⁶⁸ Ga	4.29×10^4	1.23×10^8	1.94×10^3	2.04×10^7
⁶⁴ Ga	2.31×10^4	9.09×10^5	7.93×10^2	8.33×10^6
¹³¹ I	3.16×10^2	9.09×10^5	1.30×10^1	1.35×10^5

计算过程说明：计算时职业照射剂量限值取 10mSv/a（内、外照射各占 50%），公众取 1mSv/a；职业工作人员年工作 2400h（年工作 300d、每天工作 8h），呼吸量为 $1.2\text{m}^3/\text{h}$ ，取 F、M、S 三种状态下不同气溶胶粒径 $e(g)1\mu\text{m}$ 、 $e(g)5\mu\text{m}$ 中的最小值；公众取年龄大于 17 岁 F、M、S 三种状态下的最大值。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求：

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。

九、医用放射性废物的放射防护管理要求

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

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 2。

6.2.4 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风柜内进行。通风柜保持良好通风，并按操作情况必要时进行气体或气溶胶放射性浓度的监测；操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体的工作人员宜使用过滤式口罩。

8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中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，将放射性废物进行分类收集和分别处理。

8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。

8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

8.5 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。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

8.6 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，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。

8.9 储存场所应具有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物

类型、核素种类、存放日期等说明。

8.11 废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

《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，2018 年 1 月 1 日施行）本项目涉及的放射性核素（除校正源），极短寿命放射性废物，通过储存衰变，放射性核素活度浓度即可达到解控水平，实施解控。

本项目使用的非密封放射性物质半衰期均较短，可以将放射性废物收集暂存，待衰变后，委托有资质单位进行辐射水平监测，如果符合清洁解控水平，经审管部门确认或批准后，再按医疗废物的管理要求委托有资质的公司收运进行无害化处理。

参考《核医学工作场所辐射防护与安全要求》表 C 核医学放射性废物清洁解控水平推荐值：

表 7.3-9 核医学放射性废物清洁解控水平推荐值

解控水平（Bq/g）	放射性核素
1×10^4	^{14}C
1×10^3	^{32}P 、 ^{51}Cr 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{125}I 、 ^{133}Xe
1×10^2	^{15}O 、 ^{64}Sr 、 ^{90}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{124}I 、 ^{131}I 、 ^{153}Sm 、 ^{201}Tl 、 ^{208}Pb
1×10^1	^{18}F 、 ^{60}Co

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求：

7.2.2 固体放射性废物收集

7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

7.2.2 固体放射性废物贮存

7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管批准的限制要求。

7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采

取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

7.2.2.4 含放射性的实验动物尸体或器官应装入废物袋做好防腐措施（如存放至专用冰柜内），并做好屏蔽防护。不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性常用核素的上限值见附录 C。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 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 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，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 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 α 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

广东省第二人民医院位于广州市海珠区新港中路 466 号大院，本项目拟建设 2 个新场所，分别位于医院 3 号楼、9 号楼负一层、负二层；负一层北面拟建设一个核素治疗场所（甲癌治疗及敷贴治疗），场所现状为停车场；负二楼南面拟建设一个药物制备及动物实验场所（使用回旋加速器及小动物 PET），回旋加速器及药物制备区域现状为空地，小动物实验区域现状为空置房间。

项目区域环境现状照片见图 8.1-1，项目工作区域室外环境敏感目标现状照片图 7.2-1。

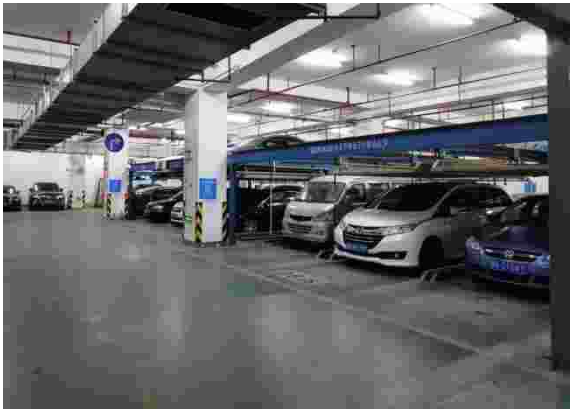
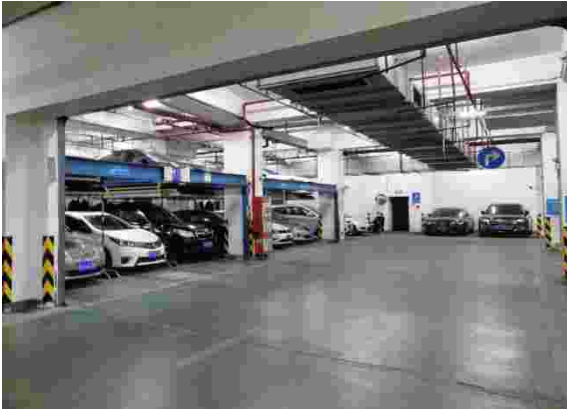
	
本项目拟新建场地现状 1	本项目拟新建场地现状 2
	
本项目拟新建场地现状 3	本项目拟新建场地现状 4

图 8.1-1 项目拟建场所及周围环境现状图

8.2 辐射环境现状

8.2.1 辐射环境现状检测

为了解本项目建设区域的环境辐射水平现状，我公司对项目工作场所及周边进行了辐射环境现状检测，检测报告见附件 5。

（1）检测因子

环境 γ 辐射剂量率

（2）检测依据的方法

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

（3）检测条件

时间：2021 年 3 月 2 日；温度：26℃，湿度：56%；

（4）检测仪器

型号名称：X- γ 辐射剂量率仪（AT1123）

仪器编号：54928 生产厂家：ATOMTEX

测量范围：10nSv/h~99.9Sv/h 能量响应：15keV~10MeV

检定单位：深圳市计量质量检测研究院 证书编号：214702010

检定日期：2021 年 06 月 09 日有效期：1 年

（5）检测点位

检测点位主要分布在拟建场所周围及其楼上对应位置，以及评价范围内各主要建筑物。本次检测在工作场所及周围（室内）布设了 47 个检测点，拟建场所机房所在楼外（室外）布设了 11 个检测点，共 58 个检测点。详细测量布点见图 8.2-1。

（6）检测质量保证措施

监测前制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

监测所用仪器经国家法定计量检定部门检定合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

定期参加上级技术部门及相关单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；

监测实行全过程的质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗；

⑤监测报告严格按相关技术规范编制，数据处理及汇总经相关人员校核、监测报告经质量负责人审核，最后由授权签字人签发。

(7) 检测结果

本项目辐射环境现状检测结果详见表 8.2-1，检测报告见附件 5。

表 8.2-1 辐射环境现状水平检测结果

测点 编号	测量位置	检测结果（nGy/h）		环境性质	
		平均值	标准差		
室内					
1#	拟建药物制备区域（现状空地）	拟建位置 1	134	1	水泥 （高层建筑室内）
2#		拟建位置 2	137	1	
3#		拟建位置 3	134	1	
4#		拟建位置 4	137	2	
5#		拟建位置 5	137	1	
6#		拟建位置 6	134	1	
7#		北面核医学场所患者通道	144	1	地板胶 （高层建筑室内）
8#		西面核医学科更衣室	145	1	
9#	拟建小动物实验区（现状空房间）	拟建位置 1	146	1	
10#		拟建位置 2	143	1	
11#		南侧通道	140	1	
12#		北侧通道	145	1	
13#	核素使用场所（现有核医学科）	南面医护通道	138	1	
14#		分装注射室	150	1	
15#		候诊室（PET）1	144	1	
16#		VIP 候诊室	138	1	
17#		患者通道 1	138	1	
18#		候诊室（PET）2	145	1	
19#		候诊室（PET）3	145	1	
20#		患者通道 2	140	1	
21#		运动抢救室	141	1	
22#		PET-CT 检查室	150	1	
23#		ECT 检查室	145	1	
24#		ECT 候诊室	145	1	
25#		患者通道 3	140	1	
26#		留观室	149	0	
27#		控制室 1	140	1	
28#		控制室 2	141	1	
29#		候诊厅	139	2	
30#		骨密度室	137	1	
31#		骨密度控制室	136	1	
32#		核医学科入口	137	1	
33#		通道	140	1	

34#	拟建核素治疗场所（现状库房及停车场）	医生办公区（拟建位置楼下）	144	1	水泥 （高层建筑室内）
35#		拟建位置 1	152	1	
36#		拟建位置 2	153	1	
37#		拟建位置 3	155	1	
38#		拟建位置 4	150	1	
39#		拟建位置 5	152	1	
40#		拟建位置 6	154	1	
41#		拟建位置南侧（停车场通道）	151	1	
42#		停车场 1（楼上）	155	1	
43#	核素使用场所（现有核医学科）	停车场 2（楼上）	155	1	
44#		停车场 3（楼上）	154	1	
45#		停车场 4（楼上）	153	1	
46#		保安值班室（楼上）	126	1	
47#	拟建核素治疗场所	拟建场所楼上	130	1	地板胶 （高层建筑室内）
室外					
48#	院内道路 1（北面）		111	1	水泥 （室外道路）
49#	2 号楼（北面）		112	1	
50#	5 号楼（西面）		103	2	
51#	院内道路 2（西面）		104	1	
52#	医院宿舍住宅区（西南面）		92	1	
53#	医学工程部（南面）		95	2	
54#	露天停车场（南面）		96	2	
55#	军区医院空置楼房 1（东面）		107	1	
56#	军区医院空置楼房 2（东面）		105	1	
57#	军区医院食堂（一楼）（东北面）		108	2	
58#	8 号楼（东北面）		107	2	

注：1、以上数据均已扣除仪器对宇宙射线的响应值 42nGy/h。

2、所有检测值均进行了空气比释动能率和周围剂量当量的换算，换算系数采用使用 ^{137}Cs 时作为检定参考辐射源的换算系数 1.20Sv/Gy

3、仪器校准因子：1.144。

4、根据 HJ1157-2021 中 5.5 规定，建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，换算系数分别取如下数值：楼房：0.8，原野、道路：1，平房：0.9。

8.2.2 辐射环境现状评价

由表 8.2-1 的检测结果可知，本项目拟建场所及周边室外 γ 辐射剂量率检测结果为：室内 γ 辐射空气吸收剂量率：126nGy/h~155nGy/h。室外 γ 辐射空气吸收剂量率为：92nGy/h~112nGy/h。根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版）可知，广州市室外道路 γ 辐射剂量率为 52.5~165.7nGy/h，室内 γ 辐射剂量率为 104.6~264.1nGy/h，可见该项目拟建区域的环境质量与本底水平相当。

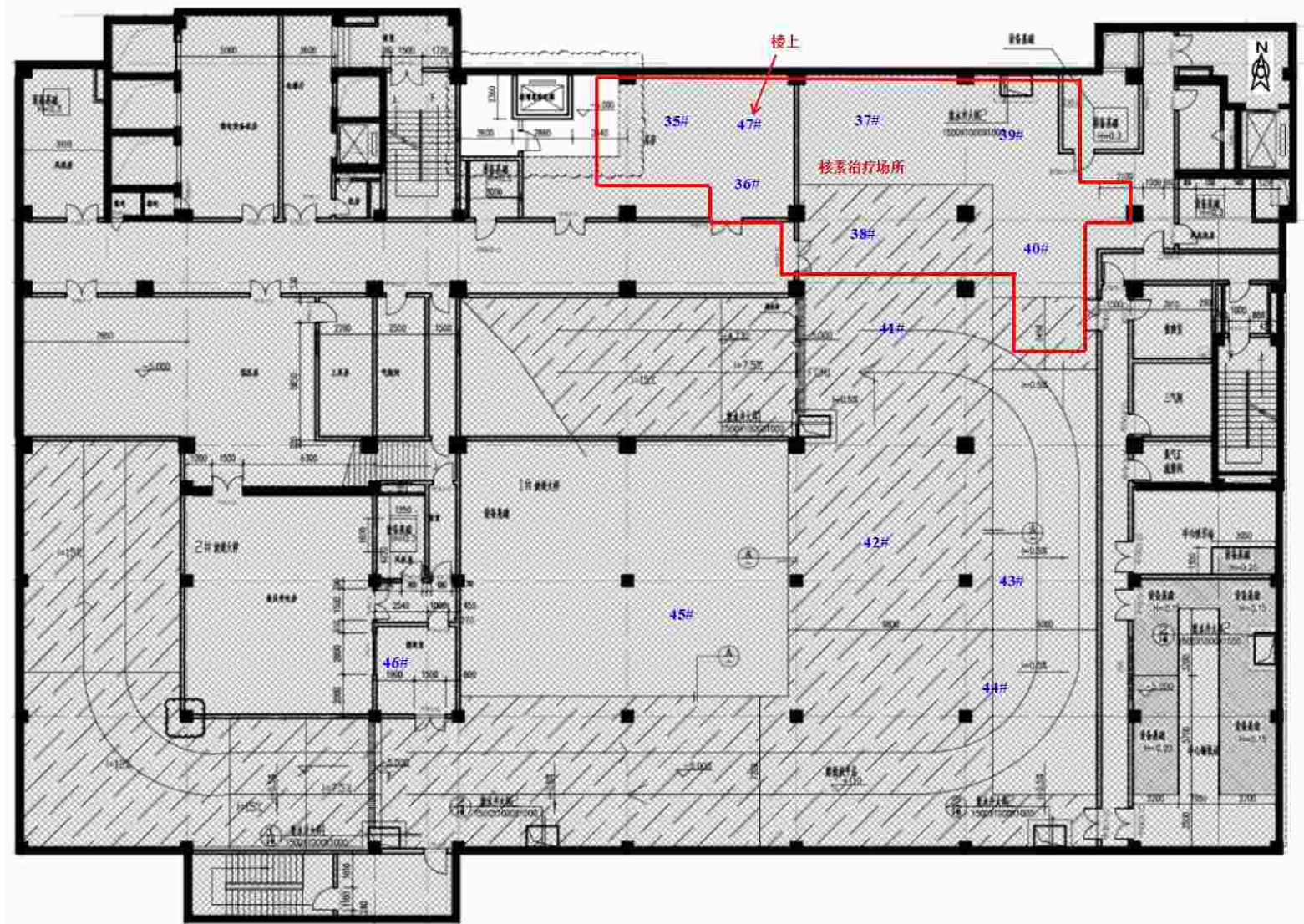


图 8.2-2 现场检测布点图

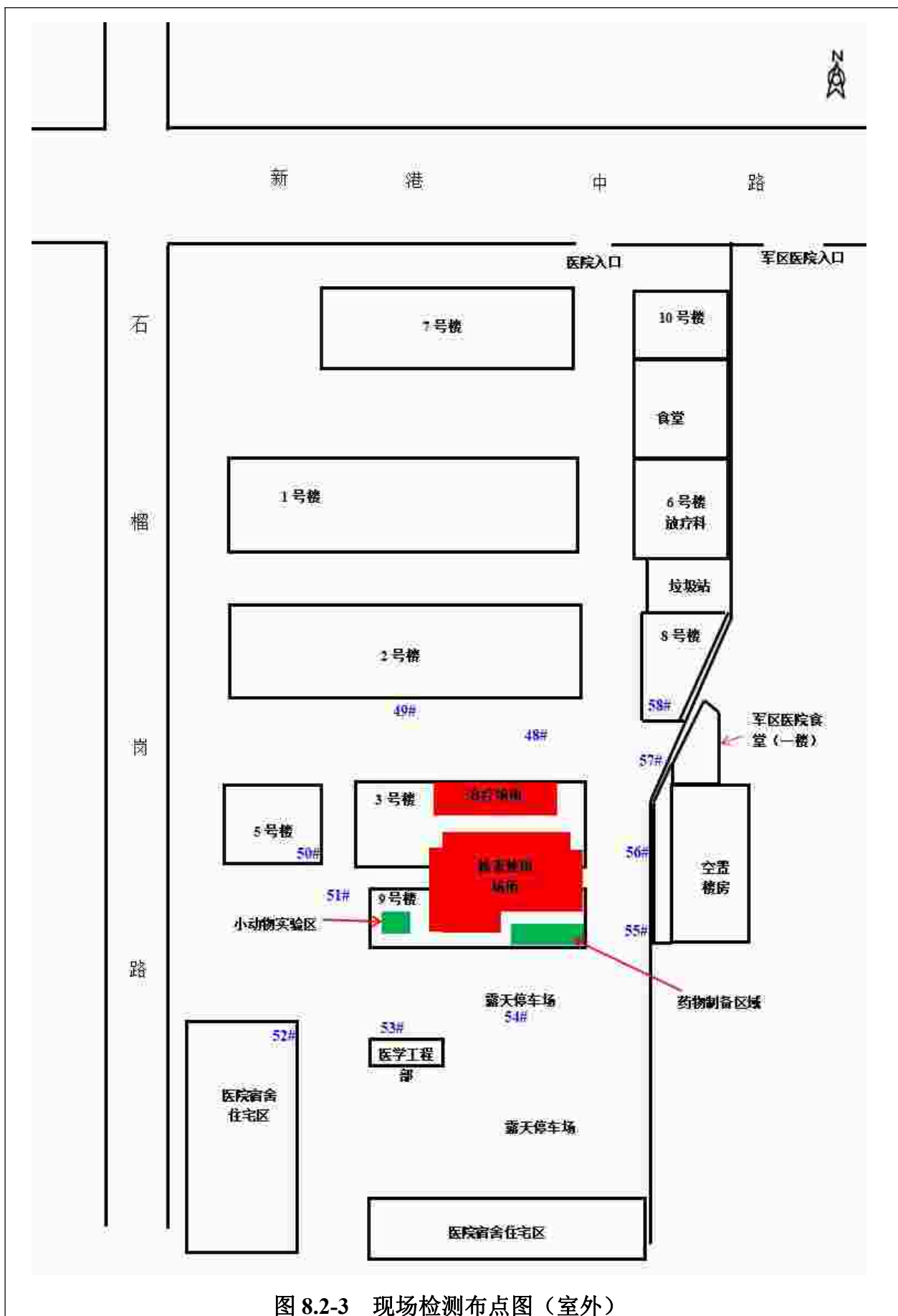


图 8.2-3 现场检测布点图（室外）

表 9 项目工程分析与源项

9.1 药物制备及动物实验场所

拟在 3 号楼、9 号楼负二楼建设一个药物制备及动物实验场所，场所包含两个区域，①拟在负二楼核医学科东南角新建一个药物制备区域，场所内使用 1 台回旋加速器制备 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 三种放射性药物，制备的药物仅供院内使用，不外销；②拟将核医学科西南侧的空置区域改造为小动物实验室，配备一台小动物 PET/CT，使用 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 等放射性核素开展小动物实验；

9.1.1 药物制备区域

9.1.1.1 回旋加速器设备组成

回旋加速器由磁场系统、射频系统、真空系统、离子源系统、提取系统、诊断系统、靶系统和冷却系统等组成，各系统的主要作用如下：

磁场系统：提供被加速的带电粒子所在控制的轨道中做圆周运动所需的磁场强度；

射频系统：提供被加速带电粒子所需的高频振荡加速电压；

离子源系统：产生需要加速的负离子；

束流提取系统：直接将加速的带电负离子从真空箱中引出，该系统的基础是剥离膜。被加速的负离子通过膜时被脱去 2 个电子而转变成阳离子，并能够调整引出的束流进入所选定的核素生产靶；

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；

真空系统：建立离子加速所需的真空压力水平，降低束流的丢失，为高电压射频场提供绝缘；

9.1.1.2 工作原理

在回旋加速器中心部位的离子源经高压电弧放电而使气体电离，从离子源中出来的阴离子进入 D 形盒时受高频电场作用获得加速，进入 D 形盒后，电场作用消失，束流在磁场洛伦兹力的作用下做近似圆周运动；束流从 D 形盒另一端出来时再次受到高频电场作用获得加速。随着束流速度的增加，束流旋转的半径越来越大，但是此时束流的旋转频率为一个常数，并与电极极性变化频率保持一致。当束流被加速到一定程度时，束流被引出经过萃取膜剥离掉 2 个电子成为质子束流，经准直器进入指定的靶进行核素生产。

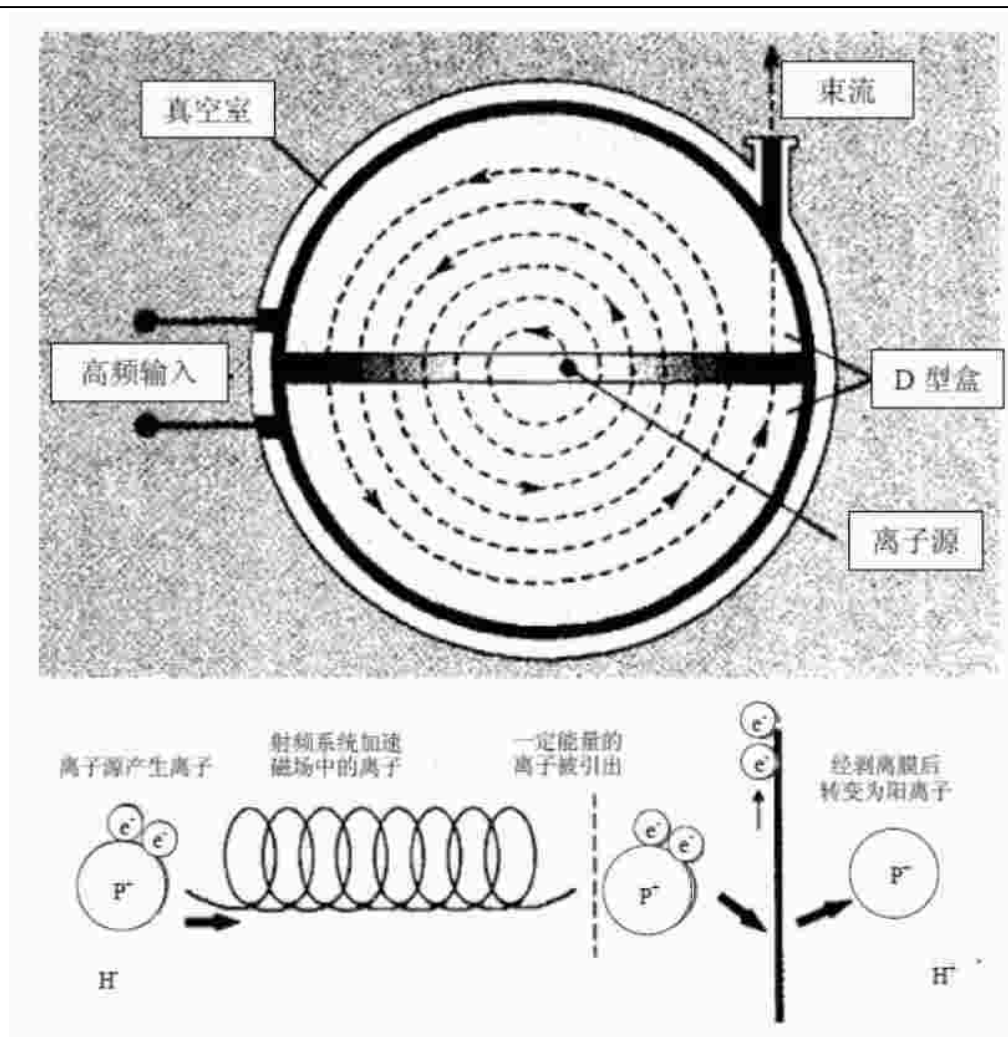


图 9.1-1 回旋加速器工作原理示意图

本项目生产的正电子药物包括： ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 。

打靶前，将靶物质放入靶盒内，设置参数，打靶完成后所产生的放射性药物通过运输管道输送至热室进行化学合成。

9.1.1.3 工作流程及产污环节图

PET 显像用核素主要利用回旋加速器打靶制备而得，回旋加速器的制药主要通过回旋加速器室、控制室、热室房间以及质控室来完成。根据预约病人数所需的药物量及每日预计开展动物实验所需药物量，计算出需要生产的核素量，在靶容器中装入对应的靶材料，设定轰击束流大小和轰击时间，生产放射性核素，并在热室房间的合成热室中自动合成，在分装热室中自动分装好后将药物装入送药防护铅罐内，送至相邻的核医学场所分装注射室内的药物分装柜中。

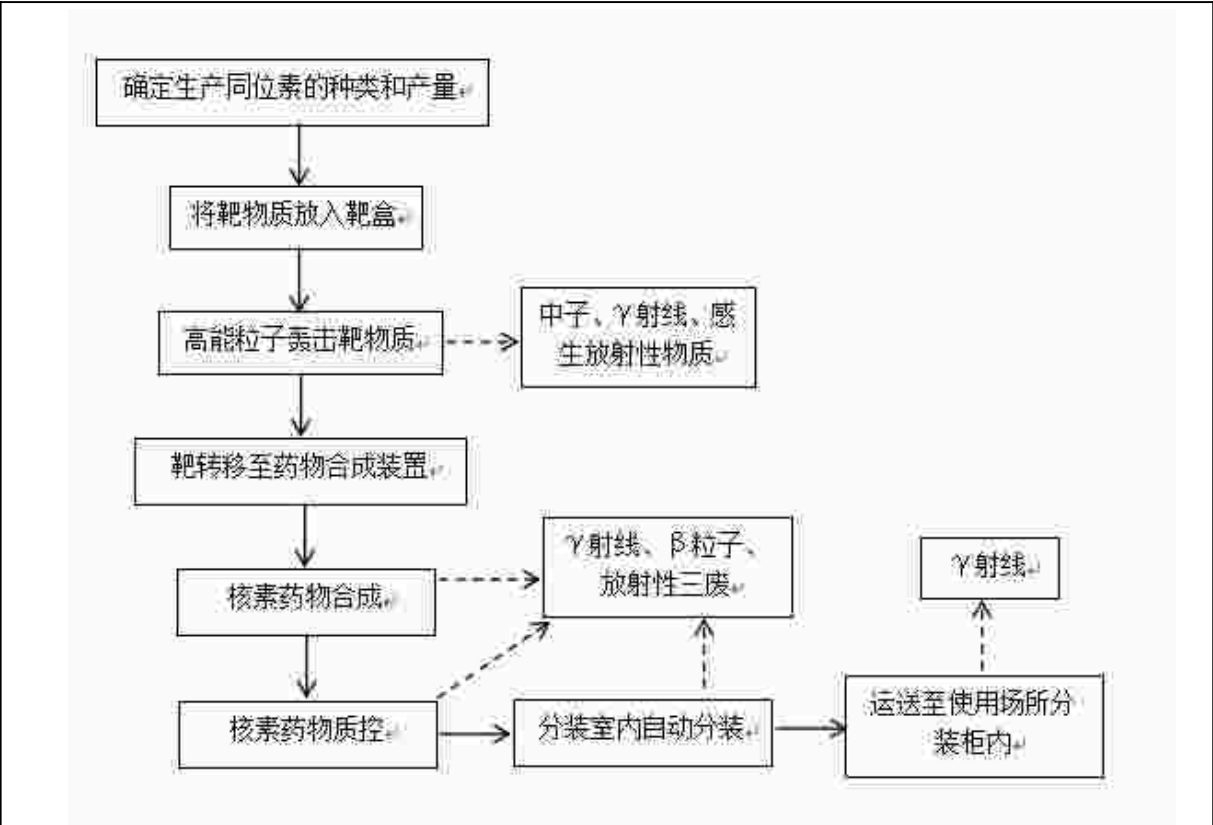


图 9.1-2 回旋加速器工作流程及产污环节图

9.1.2 小动物实验室

小动物 PET/CT 设备是当今全球医药领域及生物工程方面的领先技术，通过对小型啮齿动物(小鼠或大鼠)进行活体状况下的功能及解剖成像，获得该动物身体状况及药物在小动物体内分布情况的各种数据。能对肿瘤、神经、心血管等疾病以及遗传基因研究，药物临床前筛选等提供先进的技术支持。

本次拟将核医学场所外西面区域的空置房间改建为小动物实验室，配备使用 1 台 Micro PET/CT，使用 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 等放射性核素开展小动物实验，其中 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 药物由拟建的药物制备区域制备提供， ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 药物为外购药物。

从回旋加速器制备完成的放射性核素以及外购的放射性核素，通过分装热室自动分装到注射器中，由辐射工作人员带至动物实验的注射室。

进行实验室时，工作人员在将动物施以麻醉后，使用有专用防护设施的注射车通过静脉注射放射性药物。然后在给药后不同时间（根据研究目的的时间差别较大，一般为 2 分钟~120 分钟）将在麻醉状态下动物带到 PET/CT 机房内置于显像设备内，摆位合适后，操作人员离开 PET/CT 机房进行 CT 和 PET 显像，CT 采集时间一般为 3 分钟之内，PET 采集时间一般为 5~10 分钟。

实验结束后工作人员进入 PET-CT 机房将动物尸体收集装袋，贴上标签，注明实验者姓名、所用核素、总活度和时间等信息，然后置于-20 摄氏度冰箱内保存 20 个半衰期，经剂量检测合格后移交动物试验中心按感染废物处理。使用后手套、棉签和注射器(去除针头后)等投入固体放射性废物铅桶内。

动物实验室工作流程及产污环节工作流程见图 9.1-3。

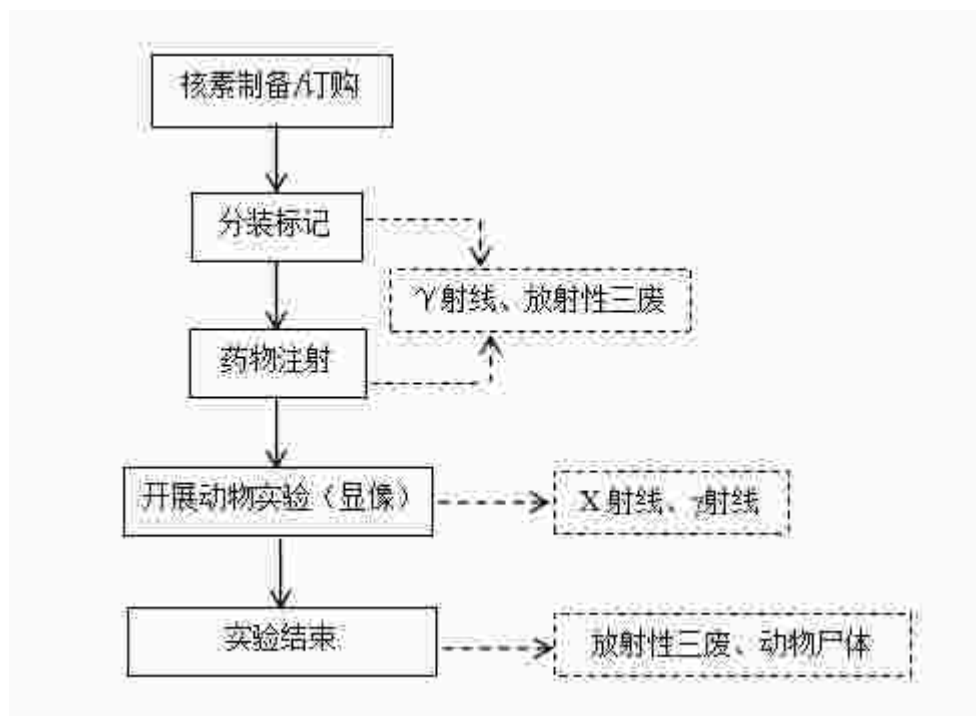


图 9.1-3 动物实验室工作流程及产污环节

9.2 核素治疗场所

9.2.1 甲癌治疗项目

9.2.1.1 工作原理

放射性核素 ^{131}I 可以高度选择性地聚集在分化型甲状腺癌及转移灶， ^{131}I 衰变时发射出射程很短的 β 射线和能量跃迁时发出的 γ 射线，能在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，而邻近的正常组织吸收剂量很低，从而达到治疗目的。

9.2.1.2 工作流程及产污环节图

本项目核素治疗区域共设置 5 间单人隔离病房。医院规划每周开展 1 批甲癌治疗，单日最大诊疗人数为 5 人，每周开展 5 天。

订药：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，供药单位在用药当天送达药品，经确认无误完成相关交接、登记手续后，将甲癌的药物暂存于核素治疗场所分装室内。

指导服药：工作人员在上班前将药罐放在服药室的碘自动分装仪内。接受 ^{131}I 诊疗的患者进入服药室，医护人员在给药操作室内通过电脑控制系统操作碘自动分装仪自动分装药物，隔室通过观察窗，语音指导患者在隔壁服药室服药。

服药后治疗/诊断：甲癌患者在服药室内服药后，在医护人员的指导下进入单人隔离病房住院治疗，甲癌患者一般住院 2~4 天。

出院：在甲癌病房区出口门禁内一侧出院前监测室设置固定式辐射剂量率监测仪，住院病人住院时间到期经医生同意后，通过监测体内放射性活度确认满足低于 400MBq 要求（辐射剂量率监测仪监测患者体表 1m 处的周围剂量当量率低于 25uSv/h 即可满足体内放射性活度低于 400MBq）后，方可离开核素治疗区出院。

甲癌住院病人从核素治疗区出口、核医学科专用电梯离开。

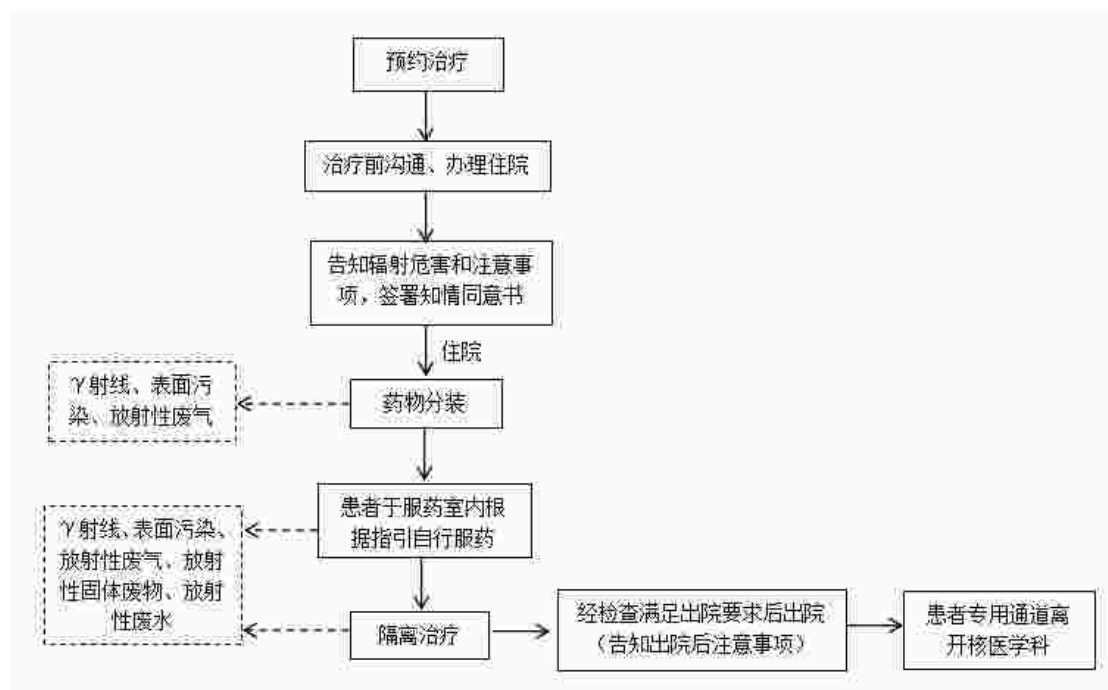


图 9.2-1 甲癌治疗工作流程及产污环节

9.2.2 敷贴项目

9.2.2.1 工作原理

放射性同位素敷贴治疗将放射性同位素 ^{32}P 制成具有一定形状和大小的敷贴器，紧贴于皮肤，角膜等疾病处，使疾病得到缓解或根治的一种治疗方法。采用放射性核素敷

贴治疗的疾病有局限性神经皮炎，慢性湿疹和牛皮癣，毛细血管瘤，门腔膜或眼膜结膜病变等疾病。

9.2.2.2 工作流程

先对病变部位做清洁处理，然后将制备好的敷贴器按病损形状对齐贴紧并用医用胶布固定。因敷贴器需根据病变形状专门制备，宜采用一疗程一次治疗法。敷贴一定时间达到预计的照射剂量后去除敷贴器并进行回收处理。

敷贴器按照医院自行制作的模式申报，辐射工作人员在通风橱进行制作，敷贴治疗室临近甲癌给药室，敷贴器经工作人员在通风橱进行制作完成后带至敷贴室内使用。

医护人员对 ^{32}P 敷贴器数量、活度、使用情况进行登记，敷贴器用后由医护人员清点，交核医学科收回处理，并做记录，实施敷贴治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。

9.3 现有核素诊断场所增项

本项目核素使用场所增加使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 共 3 种放射性核素开展 PET 项目显像扫描检查。

9.3.1 工作原理

放射性药物与一般非放射药物一样，在引入体内后，由于其本身的特点，会在某一器官定位或是参与某一器官或组织的代谢。由于这些药物含有放射性核素，只要其射线具有合适的类型和合适的能量，就可以借助放射性探测仪在体表探测到并显示出它们在体内的分布定位。根据这些分布定位的规律和特点，可对疾病进行诊断。利用射线在定位部位的电离辐射生物效应，可以对该部位的病灶起到内照射治疗作用。放射性药物的化学结构、生物活性或物理形态只是起着把所含有的放射性核素导向定位到所需部位的作用，然后通过放射性核素发射线来实现诊断和治疗的目的。

探测人体横断面、矢状面及冠状面图像的 γ 射线断层仪（放射性核素显像装置）按照探测单光子及正电子不同，断层仪分为单光子发生型 γ 射线断层扫描仪 (SPECT) 和正电子发生型 γ 射线断层扫描仪 (PET)。近年来，为获得清晰的成像。又发展了与 X 射线 CT 融合的 SPECT/CT 和 PET/CT 等设备。

PET 工作原理

PET 的工作原理是将放射性药物作为示踪剂注射到人体后，对受检者进行 PET 扫描成像。放射核素放射出的正电子在体内移动大约 2~3mm 后和负电子结合发生湮灭现象，正负电子消失并同时产生两个能量相等、方向相反的光子。PET 探头系统内有数个

探测器环，湮灭产生的两个方向相反的光子被 PET 探头内的两个探测器分别探测到。根据两个探测器探测到光子确定体内有放射性药物分布投影，然后进行图象重建确定体内不同脏器的核素分布。通过计算机对采集数据重建处理，可获取示踪剂在人体器官的代谢分布图像，并得到人体全身三维断层图像，从而反映人体组织功能、代谢信息，再根据人体组织功能、代谢信息进行临床诊断。

CT 依据 X 射线穿过人体不同组织吸收程度的不同，反映人体各部密度分布的信息，因而在荧光屏上显示出不同密度的阴影，再根据阴影浓淡的对比，结合临床表现、化验结果等进行临床诊断。

PET 与 CT 两种不同成像原理的设备同机组合，不是其功能的简单相加。而是在此基础上进行图像融合，融合后的图像既有精细的解剖结构又有丰富的生理、生化功能信息能为确定和查找肿瘤及其它病灶的精确位置定量、定性诊断提供依据。并可用 X 线对核医学图像进行衰减校正。

PET-CT 同机融合具有相同的定位坐标系统，病人扫描时不必改变位置，即可进行 PET-CT 同机采集，避免了由于病人移位所造成的误差。采集后两种图像不必进行对位、转换及配准，计算机图像融合软件便可方便地进行 2D、3D 的精确融合，融合后的图像同时显示出人体解剖结构和器官的代谢活动，大大简化了整个图像融合过程中的技术难度、避免了复杂的标记方法和采集后的大量运算，并在一定程度上解决了时间、空间的配准问题，图像可靠性大大提高。

9.3.2 工作流程及产污环节图

PET/CT 工作流程及产污环节图

本次项目建设完成后，检查场所使用的 ^{11}C 、 ^{13}N 放射性药物为药物制备场所自行制备， ^{64}Cu 为外购。

项目使用的外购药物 ^{64}Cu 根据预约人数进行订购，由于使用人数较少，药物每天只需订购 1 批次，订购的药物由供应单位在约定的时间负责运送至评价项目的辐射工作场所，建设单位安排专人接收放射性药物，经确认无误完成相关交接手续后暂存于分装室。自行制备的药物由药物制备场所自动分装热室中分装完毕后，由该场所工作人员送至使用场所内使用，所有的放射性核素当天用完，核素诊断场所一般不会有放射性药物“过夜”。医护人员根据不同患者的实际情况，采取静态扫描或动态扫描的方式对患者进行诊断。①静态扫描：放射性药物分装完成后由注射工作人员在注射室注射窗口铅注射

屏的屏蔽下为患者注射。注射完毕后的一次注射器，放入专用放射性废物铅桶内。每次注射时间约 1min。患者在注射完放射性药物后前往注射后休息室内候诊（一般注射后需等待约 30min），待药物充分代谢后，进入扫描室进行扫描，PET/CT 的扫描时间约 15min。扫描完成后，患者离开扫描室，在留观室内留观约 10min 后离开。②动态扫描：患者诊断后进入工作场所候诊，等待叫号后进入扫描室，根据指引自行摆位（行动不便者由技师协助摆位），摆位完成后由护士对其进行床边注射放射性药物，注射完成后护士退出扫描室开始进行扫描，完成后患者离开扫描室，在留观室内留观一段时间后离开。工作流程及产污环节分析见图 9.3-1。

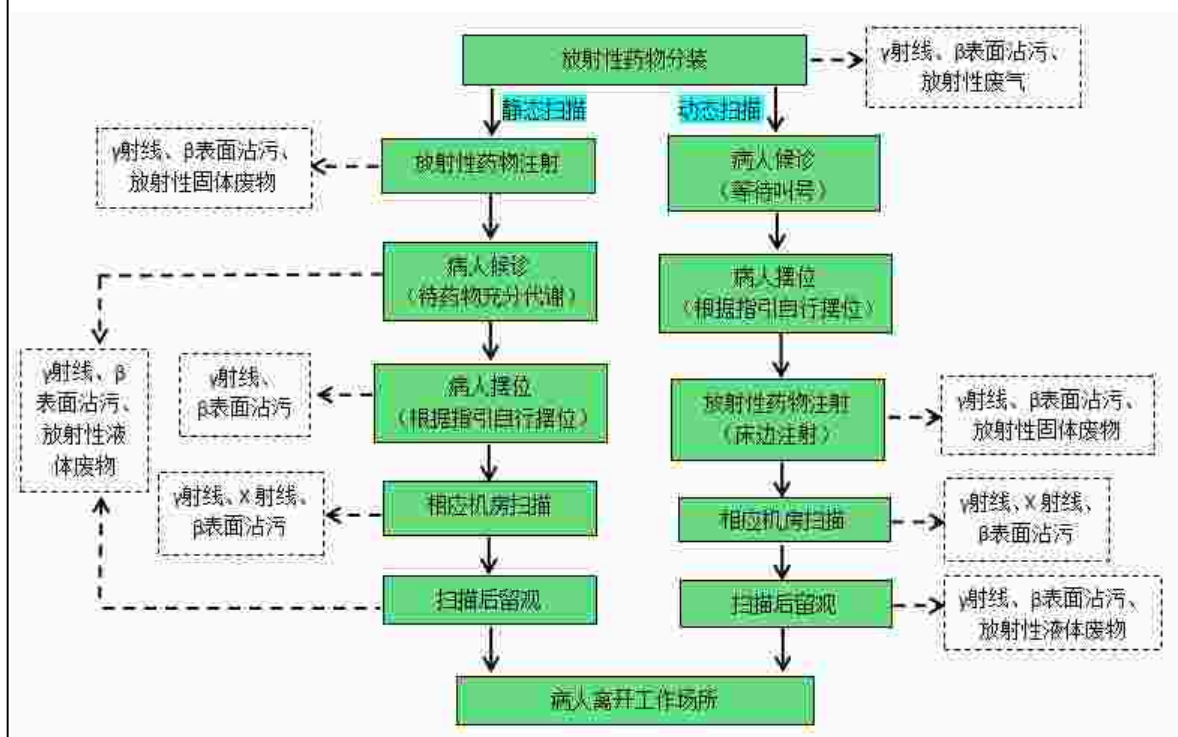


图 9.3-1 PET 项目工作流程及产污环节

9.4 源项分析

本项目建成后所使用的射线装置及放射性核素情况如下：

根据医院提供资料可知，本项目拟使用日本住友 HM-12SPC 型回旋加速器（最大能量为 12MeV，最大束流 100μA，加速粒子为负氢离子），为自屏蔽回旋加速器。本项目回旋加速器设备参数见表。

表 9.4-1 本项目回旋加速器主要参数

项目	主要参数
生产厂家	日本住友

型号	HM-12SPC
加速粒子	负氢离子
最大能量	12MeV
最大束流	100 μ A
本次生产核素	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N

表 9.4-2 动物实验室使用设备清单

序号	名称	类别	数量	型号	设备参数
1	Super Nova® Micro PET/CT	III类	1	SNPC-303	最大管电压：80kV 最大管电流：0.7mA

根据《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），本项目药物制备使用的回旋加速器属于 II 类射线装置，动物实验室使用的 Micro PET/CT 属于 III 类射线装置。

使用的放射性核素种类及有关参数见表 9.4-3。

表 9.4-3 本项目工作场所使用非密封放射性核素的相关属性

核素名称	状态	半衰期	毒性级别	衰变方式	主要射线和能量 (MeV)
^{18}F	液态	1.83h	低毒	E.C.、 β^+	γ 0.511 (200%)
^{11}C	液态	20.39min	低毒	E.C.、 β^+	γ 0.511 (200%)
^{13}N	液态	9.97min	低毒	E.C.、 β^+	γ 0.511 (200%)
^{64}Cu	液态	1.27h	低毒	E.C.、 β^+ 、 β^-	γ 1.3458 (5×10^{-3})
^{68}Ga	液态	68.3min	低毒	E.C.、 β^+	γ 0.511 (178%)
^{131}I	液态	8.04d	中毒	β^-	γ 0.364 (82%)
^{32}P	液态	14.29d	中毒	β^-	/

注：衰变方式栏中 EC 表示轨道电子俘获。

9.4.1 人员配置及工作负荷

(1) 人员配置

根据建设单位提供的资料可知，医院初步计划为本项目工作场所的人员配置情况详见表 9.4-4。

表 9.4-4 项目人员配置表

工作场所	人数	工作内容
药物制备及动物实验场所（新增场所）		
药物制备	2 人（新增人员）	合成、分装、质控
动物实验场所		动物实验
核素治疗场所（新增场所）		
甲癌治疗	3 人（新增人员）	药物自动分装柜操作、服药指导
敷贴治疗		贴敷操作、治疗指导
核素诊断场所（现有场所）		
核素显像	7 人（现有人员）	评片、药物注射、设备操作

（2）工作负荷

①药物制备及动物实验场所工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目药物制备及动物实验场所，拟制备分装 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 三种核素药物供院内核素使用场所及动物实验区使用。

根据建设单位规划，本项目建设完成后，回旋加速器制备药物的一天实际最大制备量为： ^{18}F ： $3.70 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，每日最多生产 2 批次，每批次最大生产量约为 $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ ； ^{11}C ： $1.38 \times 10^{11}\text{Bq}$ （每日生产 1 批次）、 ^{13}N ： $9.29 \times 10^9\text{Bq}$ （每日生产 1 批次）；药物制备年工作时间约 250 天，该场所内生产制备的药物仅供院内核素使用场所及动物实验区使用。

表 9.4-5 生产场所内回旋加速器放射性药物的生产量情况

序号	核素	最大日生产量 (Bq)	年生产天数	年最大生产量 (Bq)
1	^{18}F	3.70×10^{10}	250 天	9.25×10^{12}
2	^{11}C	1.38×10^{11}	250 天	3.45×10^{13}
3	^{13}N	9.29×10^9	250 天	2.32×10^{12}

回旋加速器出束运行时间与生产的放射性核素种类和生产量有关，平均每生产一批核素所需的运行（出束）时间 30-90 分钟/次，加速器平均每天运行(出束)时间为 120 分钟/天，每周工作 5 天，每年工作 250 天。

动物实验室拟使用的核素为 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 共 5 种放射性核素开展动物实验。工作负荷详见下表：

表 9.4-6 动物实验室工作负荷及放射性核素的使用情况

拟使用的核素	每次实验最大使用量 (Bq)	每天使用小动物数量	一天的实际最大注射量 (Bq)	一天的实际最大订购量 (Bq)	每年使用数量	一年的实际最大注射量 (Bq)	一年的最大订购量 (Bq)
^{18}F	7.40×10^6	≤ 10	7.40×10^7	1.18×10^8	≤ 2500	1.85×10^{10}	2.95×10^{10}
^{11}C	7.40×10^6	≤ 10	7.40×10^7	1.18×10^9	≤ 2500	1.85×10^{10}	4.53×10^{11}

^{13}N	7.40×10^6	≤ 6	4.40×10^7	2.10×10^9	≤ 1500	1.11×10^{10}	5.25×10^{11}
^{64}Cu	7.40×10^6	≤ 5	3.70×10^7	4.95×10^7	≤ 1250	9.25×10^9	1.24×10^{10}
^{68}Ga	7.40×10^6	≤ 5	3.70×10^7	5.13×10^7	≤ 1250	9.25×10^9	1.28×10^{10}

②核素治疗场所工作负荷

核素治疗场所建成后，场所内设置有 5 间甲癌治疗病房（单人单间），使用 ^{131}I 开展甲癌治疗，治疗患者 5 人/周（5 天/周），每人最大用量约为 $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$ ；1 间敷贴治疗室，使用 ^{32}P 开展敷贴治疗。疗场所内使用药物根据实际预约人数提前进行订购，药物每天只订购一批次。

表 9.4-7 核素治疗场所放射性药物的使用情况

拟使用的核素	一名患者的最大使用量 (Bq)	一天最大诊断的病人数 (人)	一天的实际最大注射量 (Bq)	一天的实际最大订购量 (Bq)	一年诊断的病人数 (人)	一年的实际最大注射量 (Bq)	一年的最大订购量 (Bq)
^{131}I	7.40×10^9	5	3.70×10^{10}	3.70×10^{10}	250	1.85×10^{12}	1.85×10^{12}
^{32}P	1.85×10^6	20	3.70×10^7	3.70×10^7	2000	3.70×10^9	3.70×10^9

③现有核素诊疗场所增加核素后工作负荷

现有核素使用场所内拟增加使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 共 3 种放射性核素，开展放射性核素显像诊断；新增的放射性药物中 ^{11}C 、 ^{13}N 为自行制备提供， ^{64}Cu 为外购药物。场所内原外购的 ^{18}F ，在本项目药物制备及动物实验场所建成后，全部由医院自行制备。

表 9.4-8 核素诊疗场所放射性药物的原有使用情况及本次增项情况

拟使用的核素	一名患者的最大使用量 (Bq)	一天最大诊断的病人数 (人)	一天的实际最大注射量 (Bq)	一天的实际最大订购量 (Bq)	一年诊断的病人数 (人)	一年的实际最大注射量 (Bq)	一年的最大订购量 (Bq)	备注
^{18}F	3.70×10^8	25	9.25×10^9	1.81×10^{10}	6250	2.31×10^{12}	4.52×10^{12}	原有
^{68}Ga	1.75×10^8	5	8.75×10^8	1.21×10^9	1250	2.19×10^{11}	3.04×10^{11}	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.11×10^9	30	3.33×10^{10}	3.33×10^{10}	7500	8.33×10^{12}	8.33×10^{12}	
^{131}I 显像	1.48×10^8	5	7.40×10^8	7.40×10^8	1250	1.85×10^{11}	1.85×10^{11}	
^{131}I 甲亢	3.70×10^8	10	3.70×10^9	3.70×10^9	2500	9.25×10^{11}	9.25×10^{11}	
^{131}I 吸碘率测定	3.70×10^5	10	3.70×10^6	3.70×10^6	2500	9.25×10^8	9.25×10^8	
^{89}Sr	1.48×10^8	2	2.96×10^8	2.96×10^8	500	7.40×10^{10}	7.40×10^{10}	
^{223}Ra	6.60×10^6	1	6.60×10^6	6.60×10^6	125	8.25×10^8	8.25×10^8	新增
^{11}C	3.70×10^8	9	3.33×10^9	5.42×10^{10}	2250	8.33×10^{11}	1.36×10^{13}	

^{13}N	3.70×10^8	3	1.11×10^9	4.40×10^9	750	2.78×10^{11}	1.10×10^{12}	
^{64}Cu	1.85×10^8	5	9.25×10^8	1.24×10^9	1250	2.31×10^{11}	3.10×10^{11}	

9.4.2 工作场所的分级、分类

(1) 分级

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号的相关规定：

生产、使用放射性药品的非密封放射性物质工作场所，在新颁发辐射安全许可证和批复环境影响评价文件时按以下原则处理：

(一) 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。

医院现有乙级非密封放射性物质工作场所 2 个，1 个位于医院 6 号楼 1 楼（场所目前已暂停使用，待开展退役环保手续），1 个位于 3 号楼、9 号楼负二楼核医学科内；本次新增药物制备及动物实验场所、核素治疗场所均配备有相对独立、明确的监督区、控制区划分，工艺流程各自独立连续完整，且有相对独立的辐射防护措施（独立辐射防护屏蔽设计、独立配套衰变池、独立配套排风管道）。因此，本次新增场所划定为 2 个独立的工作场所。本项目建设完成后，医院将有 4 个乙级非密封放射性物质工作场所，其中医院 6 号楼 1 楼目前已暂停使用，后续将对其开展退役工作。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，以及《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）对常用的放射性药品使用场所等日等效操作量核算中操作因子选取的通知中对操作因子的选取规定，该项目辐射工作场所日等效操作量核算如下：

表 9.4-9 药物制备及动物实验场所日等效最大操作量计算

核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
药物制备区域				
^{18}F	3.70×10^{10}	低毒：0.01	简单的操作：1	3.70×10^8
^{11}C	1.38×10^{11}	低毒：0.01	简单的操作：1	1.38×10^9
^{13}N	9.29×10^9	低毒：0.01	简单的操作：1	9.29×10^7
动物实验				

^{18}F	1.18×10^8	低毒：0.01	很简单的操作：10	1.18×10^5
^{11}C	1.18×10^9	低毒：0.01	简单的操作：1	1.18×10^7
^{13}N	2.10×10^9	低毒：0.01	简单的操作：1	2.10×10^7
^{68}Ga	4.95×10^7	低毒：0.01	简单的操作：1	4.95×10^5
^{64}Cu	5.13×10^7	低毒：0.01	简单的操作：1	5.13×10^5
总计				1.88×10^9

根据表 9.4-9 可知，项目投入运行后，药物制备及动物实验场所操作放射性核素的日等效最大操作量约为 $1.88 \times 10^9 \text{Bq}$ ，在 $2.0 \times 10^7 \sim 4.0 \times 10^9 \text{Bq}$ 之间，因此该项目工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

表 9.4-10 核素治疗场所日等效最大操作量计算

核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
^{131}I	3.70×10^{10}	中毒：0.1	简单的操作：1	3.70×10^9
^{32}P	3.70×10^7	中毒：0.1	简单的操作：1	3.70×10^6
总计				3.70×10^9

根据表 9.4-10 可知，项目投入运行后，核素治疗工作场所操作放射性核素的日等效最大操作量约为 $3.70 \times 10^9 \text{Bq}$ ，在 $2.0 \times 10^7 \sim 4.0 \times 10^9 \text{Bq}$ 之间，因此该项目工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

表 9.4-11 现有核医学科辐射工作场所增加核素后日等效最大操作量计算

核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
现有				
^{18}F	1.81×10^{10}	低毒：0.01	很简单的操作：10	1.81×10^7
^{68}Ga	1.21×10^9	低毒：0.01	简单的操作：1	1.21×10^7
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.33×10^{10}	低毒：0.01	很简单的操作：10	3.33×10^7
^{131}I （显像）	7.40×10^8	中毒：0.1	简单的操作：1	7.40×10^7
^{131}I （甲亢）	3.70×10^9	中毒：0.1	简单的操作：1	3.70×10^8
^{131}I （吸碘率测定）	3.70×10^6	中毒：0.1	简单的操作：1	3.70×10^5
^{89}Sr	2.96×10^8	中毒：0.1	简单的操作：1	2.96×10^7
^{223}Ra	6.60×10^6	极毒：10	简单的操作：1	6.60×10^7
新增				
^{11}C	5.42×10^{10}	低毒：0.01	简单的操作：1	5.42×10^8
^{13}N	4.44×10^9	低毒：0.01	简单的操作：1	4.44×10^7
^{64}Cu	1.24×10^9	低毒：0.01	简单的操作：1	1.24×10^7
总计				1.20×10^9

根据表 9.4-11 可知，项目投入运行后，现有核素诊断工作场所操作放射性核素的日等效最大操作量约为 1.20×10^9 ，在 $2.0 \times 10^7 \sim 4.0 \times 10^9$ 之间，因此，该项目增加核素后，工作场所任属于乙级非密封放射性物质工作场所。

(2) 分类

参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对核医学工作场所具体分类办法，该项目使用的放射性核素的日实际操作最大活度以及各核素毒性权重因子，操作性质修正因子及加权活度见表 9.4-12。

表 9.4-12 药物制备及动物实验场所放射性核素加权活度计算参数

核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性权重因子	操作性质修正因子	加权活度 (MBq)
药物制备区域				
^{18}F	3.70×10^{10}	1	1	3.70×10^4
^{11}C	1.38×10^{11}	1	1	1.38×10^4
^{13}N	9.29×10^9	1	1	9.29×10^3
动物实验区域				
^{18}F	1.18×10^8	1	1	1.18×10^2
^{11}C	1.18×10^9	1	1	1.18×10^3
^{13}N	2.10×10^9	1	1	2.10×10^3
^{68}Ga	4.95×10^7	1	1	4.95×10^1
^{64}Cu	5.13×10^7	1	1	5.13×10^1
总计				6.36×10^4

根据表 9.4-12 可知，辐射工作场所操作放射性核素的加权活度为 $6.36 \times 10^4 \text{MBq}$ ，大于 50000MBq ，属于 I 类核医学工作场所，工作场所的室内装修及装备结构要求见下表。工作场所的地面、墙面需采用易清洁不易渗透的 PVC 材料，地板和墙壁接缝采用无缝隙设计，工作台表面需采用易清洗的不锈钢材料。

表 9.4-13 核素治疗场所放射性核素加权活度计算参数

核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性权重因子	操作性质修正因子	加权活度 (MBq)
^{131}I	3.70×10^{10}	100	1	3.70×10^6
^{32}P	3.70×10^7	100	1	3.70×10^3
总计				3.70×10^6

根据表 9.4-13 可知，辐射工作场所操作放射性核素的加权活度为 $3.70 \times 10^6 \text{MBq}$ ，大于 50000MBq ，属于 I 类核医学工作场所，工作场所的室内装修及装备结构要求见下表。工作场所的地面、墙面需采用易清洁不易渗透的 PVC 材料，地板和墙壁接缝采用无缝隙设计，工作台表面需采用易清洗的不锈钢材料。

表 9.4-14 现有核医学科辐射工作场所增加核素后加权活度计算参数

核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性权重因子	操作性质修正因子	加权活度 (MBq)
^{18}F	1.81×10^{10}	1	1	1.81×10^4
^{68}Ga	1.21×10^9	1	1	1.21×10^3
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.33×10^{10}	1	1	3.33×10^4
^{131}I (显像)	7.40×10^8	100	1	7.40×10^4
^{131}I (甲亢)	3.70×10^9	100	1	3.70×10^5
^{131}I (吸碘率测定)	3.70×10^6	100	1	3.70×10^2
^{89}Sr	2.96×10^8	100	1	2.96×10^4
^{223}Ra	6.60×10^6	100	1	6.60×10^2
^{11}C	5.42×10^{10}	1	1	5.42×10^4
^{13}N	4.44×10^9	1	1	4.44×10^3
^{64}Cu	1.24×10^9	1	1	1.24×10^3
合计				5.87×10^5

根据表 9.4-14 可知，辐射工作场所操作放射性核素的加权活度为 $5.87 \times 10^5 \text{MBq}$ ，大于 50000MBq ，任然属于 I 类核医学工作场所，工作场所的室内装修及装备结构要求见下表。工作场所的地面、墙面需采用易清洁不易渗透的 PVC 材料，地板和墙壁接缝采用无缝隙设计，工作台表面需采用易清洗的不锈钢材料。

表 9.4-15 放核医学工作场所的室内表面及装备结构要求

场所分类	地面	表面	通风橱	室内通风	管道	清洗及去污设备
I	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	应设抽风机	特殊要求*	需要
II	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	良好通风	普通的管道	需要

注：*下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测

9.5 污染源项描述

(1) 回旋加速器药物制备区域

①正常工况：

加速器生产的放射性核素自动传到热室的合成柜中，主要的辐射源随核素从加速器机房转移至热室以及后续的相关工作场所。这个阶段主要的辐射影响是放射性核素衰变产生的 β 射线和 γ 射线，以及工作人员在对放射性核素的各种操作过程中，可能引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。放射性核素制备过程中将产生极少量的残留在传输管道、容器中的剩余放射性药物，并且由于放射性污染，操作过程中可能产生少量的棉签、试管和手套等放射性

固体废物。

合成分装柜操作过程对工作环境的影响主要是高比活度原液本身，分装产生的污染物主要有射线、 γ 射线、 β 表面污染以及放射性三废，产生的放射性三废情况如下：

废水：由于分装在分装柜中进行，因此主要为去污产生的少量放射性废水，以及事故工况（药品洒漏）被污染的台面、地面去污或人员受到污染淋浴产生的废水。

废气：制备的放射性核素主要为液态药物，对于气态药物及其标记化合物时，是在分装柜中进行，放射性气体在专用的密封材料中进行合成，逸散的放射性核素极少，在合成热室分装柜排风条件下，产生的少量放射性气体通过专用的排风系统经活性炭及高效过滤器过滤后排放。

固废：分装完的原液瓶、被污染的工作人员手套、滤纸，去污产生的棉球、抹布、更换下来的活性炭等。短半衰期固体废物收集于各工作岗位的短半衰期铅废物桶中，标记后再统一转移至污物间中进行暂存衰变。

放射性药物转移过程

在合成热室中分装完毕的放射性核素，将被装进专用的源容器中，再由小推车将源罐送至核医学分装室。

由于专用运输容器的保护和屏蔽作用，源罐转移阶段主要的辐射影响是源容器泄漏或透射出来的 γ 射线，以及运输工作中出现泄漏(极低概率事件)，可能引起运输工具、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染。

②事故工况

使用回旋加速器生产放射性药物发生的辐射事故主要包括加速器机房的安全联锁失效且工作人员误入机房引起误照射，污染途径为外照射。生成后的放射性核素在操作过程中，由于容器破裂，放射性液体洒漏，使工作环境受到污染，工作人员受到外照射，以及身体受放射性物质表面沾污，可能进一步发生的内照射。处理放射性污染时产生的液态放射性污染物和放射性固体废物。

保管不善，发生放射性核素、丢失被盗，流失到社会,对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射。

（2）动物实验区域及本项目其他放射性药物诊断治疗场所

①正常工况

放射性药物的注射操作过程中，操作人员将受到放射性药物发射的射线的外照

射。

注射或服用了放射性核素的患者，注射了放射性药物后的小动物，本身短时间内便是一个辐射体（源），对周围的环境可能造成外照射影响。

进行 PET/CT 或 SPECT/CT 扫描时，将有来自患者身体中放射性药物发射的 γ 射线以及 PET/CT 或 SPECT/CT 机发射的 X 射线，经过扫描室的屏蔽，射线可能仍有一定的泄漏，环境影响途径为外照射。

放射诊疗过程中将产生放射性废液和受污染的固体废物；动物实验过程中将产生放射性废液和受污染的固体废物（包括动物尸体）。

②事故工况

放射性液体洒漏，使工作环境受到污染，工作人员受到外照射；

操作人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生的内照射；

保管不善，放射性物品被盗，流失到社会，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目辐射防护分区及防护设计方案分析

10.1.1. 辐射防护分区分析

(1) 项目场所分区依据和原则

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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求：

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，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区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，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。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 4.3 的要求：

4.3.1 应按照 GB18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

(2) 项目场所区域划分情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，为了便于辐射防护管理和职业照射

的控制，将辐射工作场所分为控制区和监督区进行管理，以机房屏蔽墙、观察窗和防护门等屏蔽体为界。各场所分区情况如下：

①药物制备及动物实验场所

将回旋加速器机房、热室房间、小动物 PET 机房、科研室、质控区域、放化实验室、衰变池划分为控制区（红色区域）；将回旋加速器机房、热室房间相邻的净化空调机房、走道、库房、准备间、外包间、污物暂存间、缓冲间、更衣室、控制室、质控区域及放化实验室墙体及大门外 30cm 处，以及小动物 PET 机房、科研室相邻的控制室、缓冲区、废弃物室、放化实验室、动物暂存室、衰变池检修/采样井盖上方等区域划分为监督区（黄色区域）。

②核素治疗场所

将区域内敷贴室、甲癌给药室、废物室、储源室、监督区（服药处）、抢救室、住院病房（5 间）及其配套卫生间、污洗间、被服间、暂存间、出院辐射监测处、衰变池划分为控制区（红色区域）；将以上房间相邻的卫生通过间、医生办公室、值班室、配餐间、清洁区、场所出入口大门外 30cm 处、衰变池上方设备间划分为监督区（黄色区域）。

控制区边界均涉及了辐射防护实体屏蔽，控制区严格限制了进出，只有项目诊疗患者及项目辐射工作人员才可进入。因此能够有效限制除项目诊疗患者及项目辐射工作人员以外的人员进入。监督区设置为控制区四周相邻范围，不采取专门的防护手段，但要定期检查其辐射剂量。

本项目辐射工作场所的分区管理详见图 10.1-1、图 10.1-2。



图 10.1-1 药物制备及动物实验场所的分区管理图

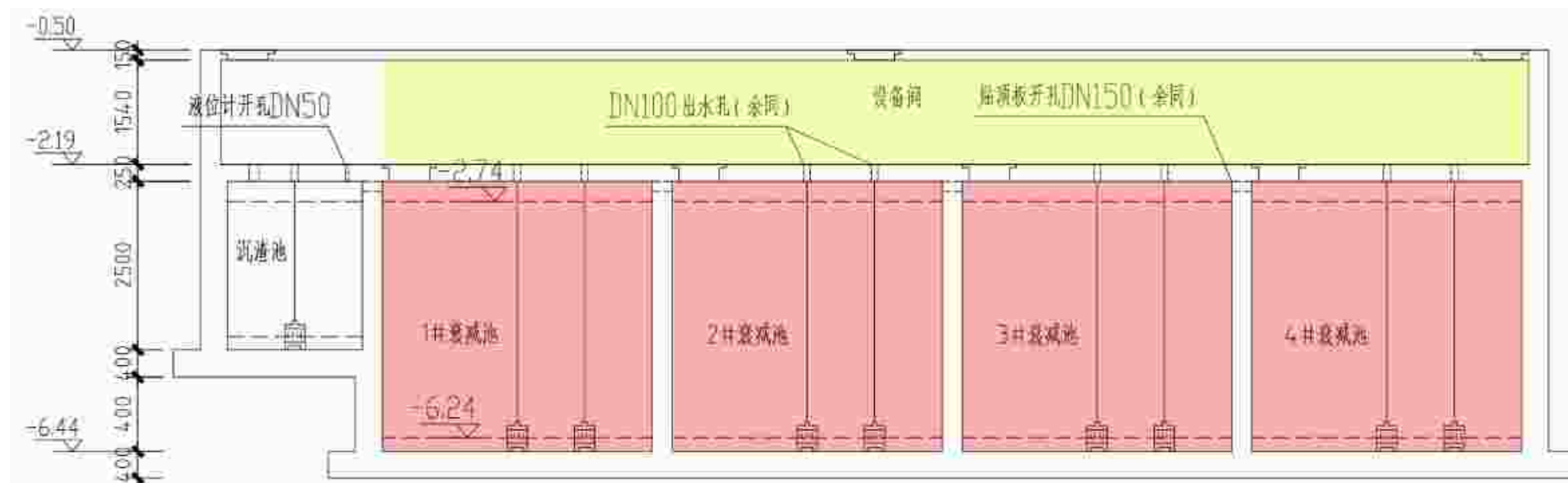


图 10.1-3 甲癌场所衰变池分区图

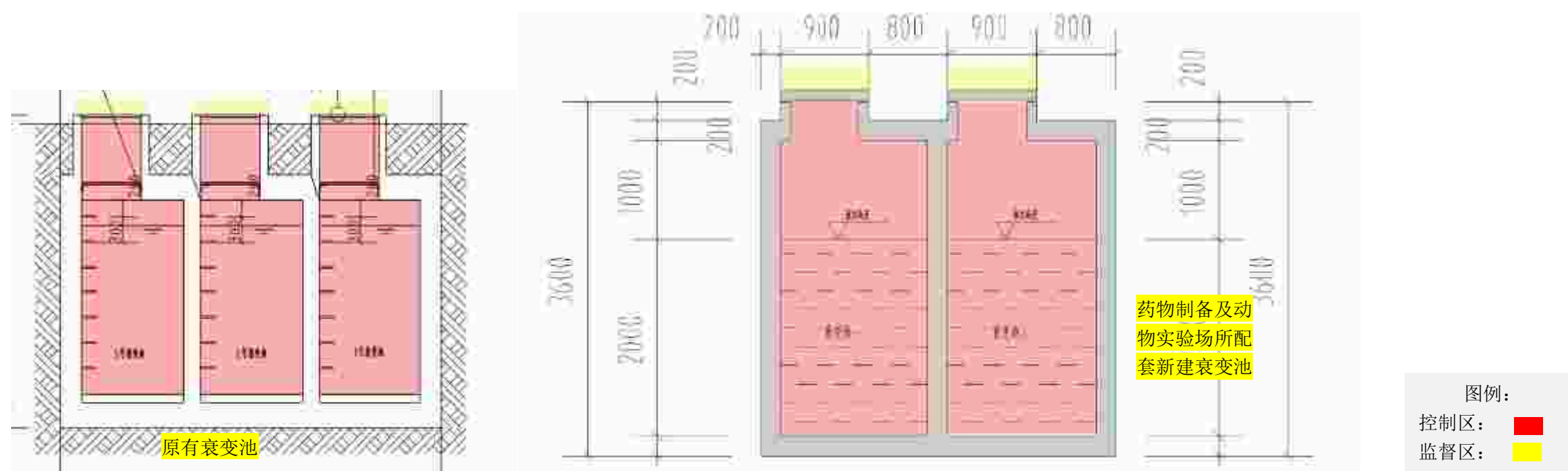


图 10.1-4 核医学科原有场所配套衰变池、药物制备及动物实验场所衰变池分区图

10.1.2 项目场所辐射屏蔽设计

(1) 药物制备及动物实验场所

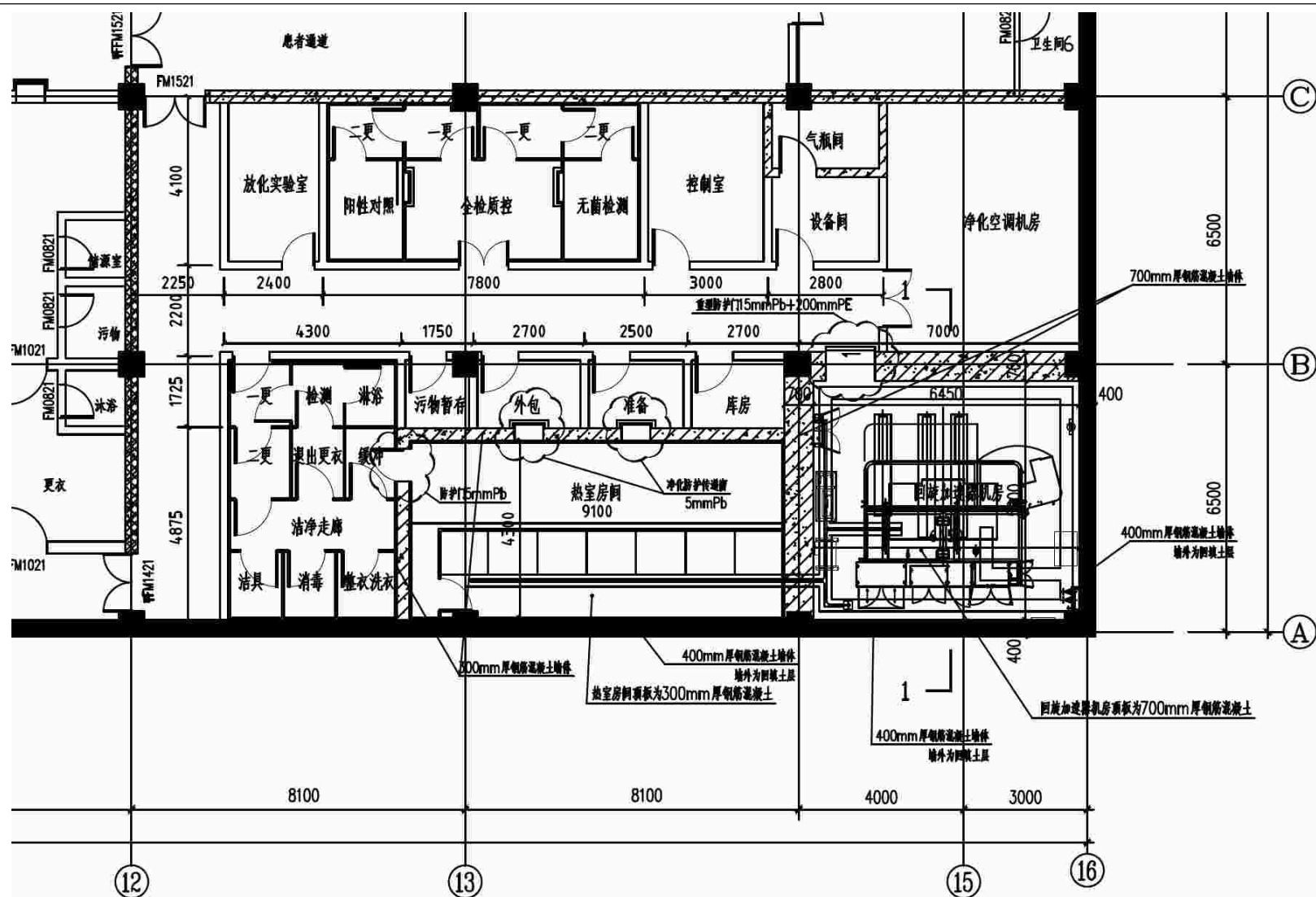
本次评价的项目的工作场所设计考虑了邻室（含楼上）及周围场所的人员防护与安全，墙体、顶棚、门和窗采用了较为优化的设计。工作场所辐射屏蔽参数详见表 10.1-1，工作场所辐射屏蔽设计图详见图 10.1-3、图 10.1-4。

表 10.1-1 药物制备及动物实验工作场所辐射屏蔽参数

机房名称	设计情况	
药物制备区域		
回旋加速器 机房	北、西面墙体（西面墙外为热室房间）	700mm 混凝土墙体
	南、东面墙体	400mm 混凝土墙体，墙外为土层
	顶棚	700mm 混凝土顶棚
	防护门	15mmPb+200mmPE（聚乙烯）
热室房间	北、西面墙体	300mm 混凝土墙体
	南面墙体	400mm 混凝土墙体，墙外为土层
	顶棚	300mm 混凝土顶棚
	防护门、传递窗	防护门：5mmPb、传递窗：5mmPb
小动物实验区域		
小动物 PET 机房	墙体	240mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 混凝土
	防护门、观察窗	防护门：3mmPb、铅玻璃观察窗：3mmPb
科研室	墙体	240mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 混凝土
	防护门	防护门：3mmPb

表 10.1-2 热室房间内使用各热室辐射屏蔽参数

序号	热室名称	屏蔽厚度（正面/侧面）	内尺寸
1	合成热室 1	75mmPb/60mmPb	W690×D732×H640 mm
2	合成热室 2	75mmPb/60mmPb	W690×D732×H640 mm
3	合成热室 3	75mmPb/60mmPb	W690×D732×H640 mm
4	分装热室 1	60mmPb/50mmPb	W900×D590×H678 mm
5	分装热室 2	60mmPb/50mmPb	W900×D590×H678 mm
6	分装热室 3	60mmPb/50mmPb	W900×D590×H678 mm



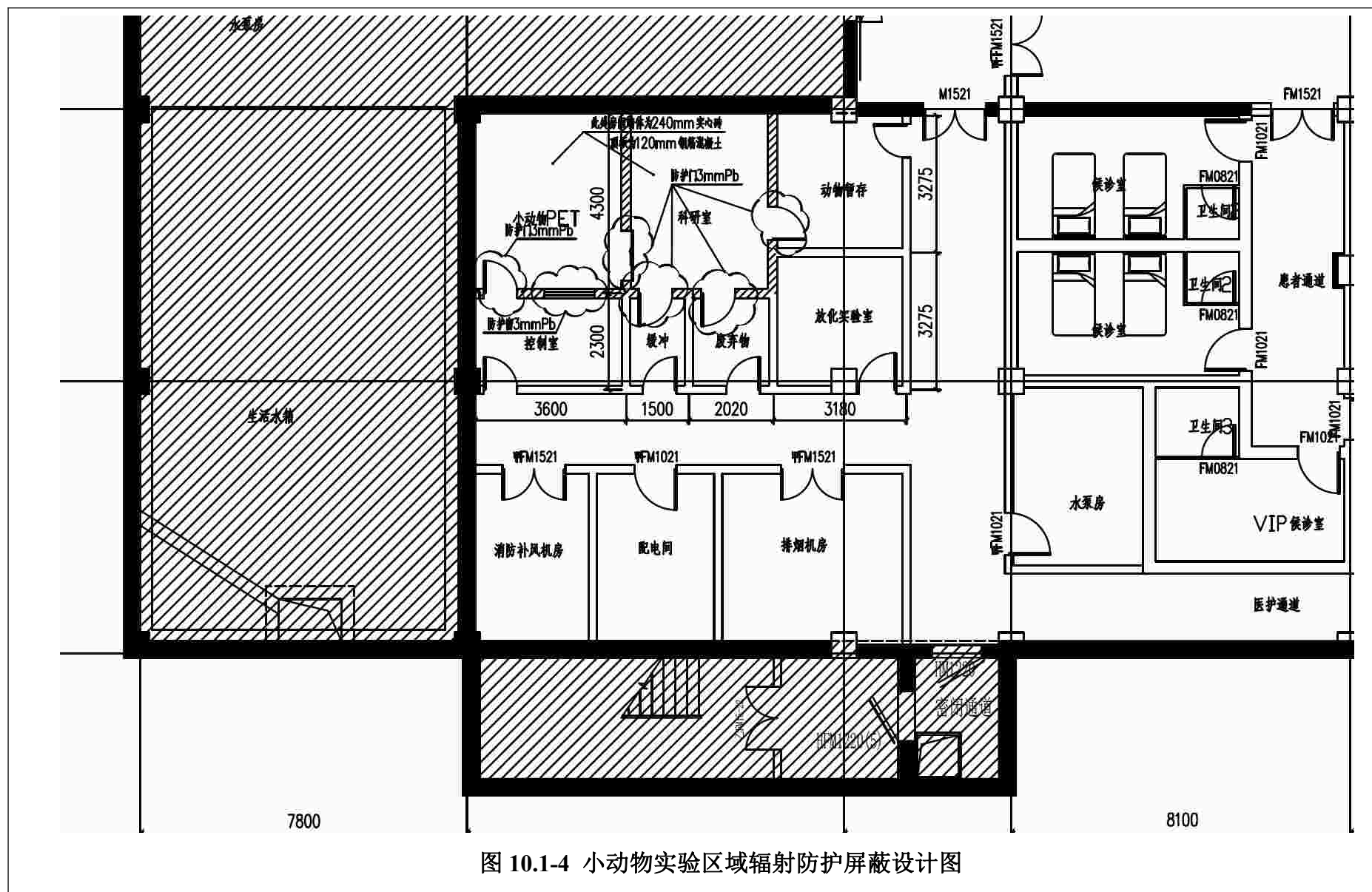


图 10.1-4 小动物实验区域辐射防护屏蔽设计图

(2) 核素治疗场所

本次评价的项目的工作场所设计考虑了邻室（含楼上、下）及周围场所的人员防护与安全，墙体、顶棚、门和窗均采取了辐射屏蔽设计。工作场所辐射屏蔽参数详见表 10.1-3。

表 10.1-3 核素治疗场所辐射屏蔽参数

机房名称	设计情况	
敷贴室	墙体	240mm 实心砖墙+2mmPb 防护涂料
	顶棚	200mm 混凝土
	地面	120mm 混凝土+2mmPb 防护涂料
	防护门	3mmPb
甲癌给药室	墙体	120mm 实心砖墙+8mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	200mm 混凝土+6mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+8mmPb 防护涂料
	防护门、传递窗	防护门：10mmPb，传递窗：40mmPb
废物、储源室	墙体	120mm 实心砖墙+8mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	200mm 混凝土+6mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+8mmPb 防护涂料
	防护门	防护门：10mmPb
服药区	墙体	120mm 实心砖墙+12mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	200mm 混凝土+8mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+10mmPb 防护涂料
	防护门	防护门：22mmPb
抢救室	墙体	120mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	200mm 混凝土+2mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	防护门	防护门：12mmPb
住院病房 1~VIP 室	墙体	120mm 实心砖墙+8mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	200mm 混凝土+6mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+21mmPb 防护涂料
	防护门	防护门：10mmPb
住院病房 4	墙体	120mm 实心砖墙+12mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	200mm 混凝土+12mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+8mmPb 防护涂料
	防护门	防护门：10mmPb

走廊	墙体	120mm 实心砖墙+12mmPb 防护涂料+120mm 实心砖墙
	顶棚	200mm 混凝土+8mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+10mmPb 防护涂料
	防护门、传递窗	防护门：12mmPb，传递窗：40mmPb
出院辐射检测区	墙体	240mm 实心砖墙+4mmPb 防护涂料
	顶棚	200mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	防护门	防护门：10mmPb
污洗/被服/暂存间	墙体	240mm 实心砖墙+4mmPb 防护涂料
	顶棚	200mm 混凝土+3mmPb 防护涂料
	地面	120mm 混凝土+4mmPb 防护涂料
	防护门	防护门：6mmPb

核素治疗场所的墙体防护中“240mm 实心砖墙+防护涂料”墙面及地面做法如下图：

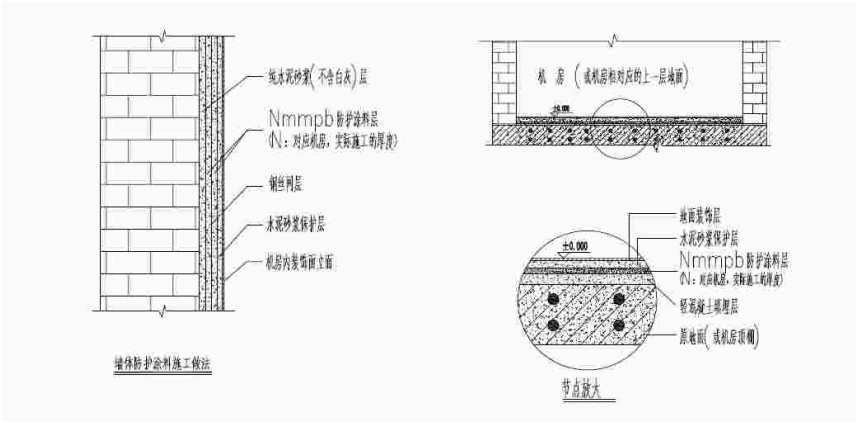


图 10.1-5 核素治疗工作场所一般墙体防辐射墙体做法图

夹心墙体“120mm 实心砖墙+防护涂料+120mm 实心砖墙”的防护做法详见图 10.1-6。

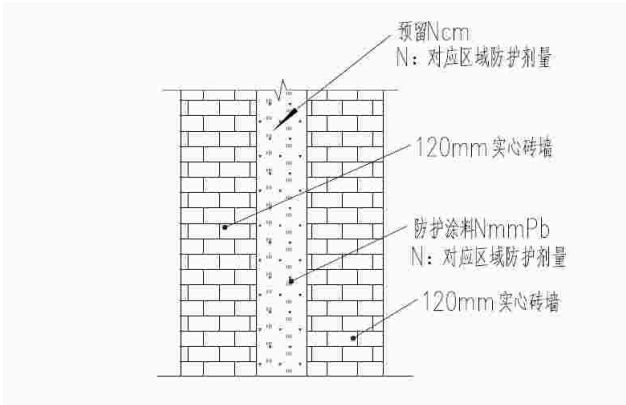


图 10.1-6 核素治疗工作场所高铅当量夹心墙体做法图

(3) 核素使用场所（现有场所）

现有核素使用场所辐射屏蔽参数如下：

表 10.1-4 核素使用场所辐射屏蔽参数

机房名称	现有场所防护情况	
PET-CT 检查室	北面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	其余墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门、观察窗	防护门：10mmPb、铅玻璃观察窗：10mmPb
PET-MR 扫描室	北、西面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料 +核磁屏蔽、装修
	其余墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料+核磁屏蔽、装修
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门、观察窗	防护门：10mmPb、铅玻璃观察窗：10mmPb
ECT 检查室	北面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	其余墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门、观察窗	防护门：8mmPb、铅玻璃观察窗：8mmPb
分装注射室	四面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	防护门：10mmPb、
	PET 注射窗	铅玻璃观察窗：20mmPb
	ECT 注射窗	铅玻璃观察窗：20mmPb
	口服/注射窗	铅玻璃观察窗：20mmPb
污物室、储源室	东面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	8mmPb
更衣室	东面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	南面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	8mmPb
候诊室 3（PET）	北、东、南面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	西面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	10 mmPb

VIP 候诊室 (PET)	西、南面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	北、东面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	10 mmPb
候诊 2 (PET)	西、南面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	北、东面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	10 mmPb
候诊室 1 (PET)	西面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	其余面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	10 mmPb
ECT 候诊室	南面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	北、西面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	东面墙体	土壤层
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	8mmPb
洗消、废物间	四面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	10mmPb
留观室	北面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	其余面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	10mmPb
运动抢救室	北、西面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	其余面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	8mmPb
吸碘率室	西面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	其余面墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 防护涂料
	顶棚	300mm 混凝土
	防护门	8mmPb
患者通道	南面墙体	240mm 实心砖墙+10mmPb 防护涂料
	防护门	10mmPb

10.2 小动物 PET 机房及现有 PET/CT 机房布局分析

小动物 PET 机房布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准对照分析见表 10.2-1。

表 10.2-1 小动物 PET 机房与标准对照表

《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	本项目设置情况	评价
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。	小动物 PET 拟设置有观察窗，位于南面（控制室）墙体上，便于观察。	满足要求
机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房内不堆放与设备及诊断工作无关的杂物，拟设置有动力通风装置，保持了良好的通风。	满足要求
机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。		满足要求
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。	本项目拟在机房门外设置电离辐射警告标志，拟在防护门外顶部设置工作状态指示灯，显示“射线有害，灯亮勿入”，以警示人员注意安全。	满足要求
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。	本项目机房大门为电动推拉其余为手动平开门，以上防护门设置有自动闭门装置，工作状态指示灯与机房门设置有联动装置。	满足要求

根据分析可知，本项目工作场所的设置满足（GBZ130-2020）平面布局的相关要求。

本次新增放射性核素场所为核医学科原有场所，新增核素用于 PET 显像，其使用的 PET/CT 机房位于原有场所内，该场所于 2021 年 7 月取得广东省生态环境厅批复，且于 2022 年 4 月通过竣工环境保护验收，根据其验收结论可知，现有场所使用的射线装置，其机房空间、机房布设均符合 GBZ130-2020 及 HJ1188-2021 相关标准要求，满足项目正常开展要求；因此，本次不再对其进行重复评价。

10.3 项目其他辐射安全措施

(1) 个人辐射防护辅助设施、工作区域其他防护辅助设施

建设单位拟为本项目辐射工作人员配备相应的个人防护用品，包括铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜以及铅橡胶手套等（详见表 10.3-1）。在辐射工作中应做好个人的辐射防护，以达到辐射防护的目的。

表 10.3-1 拟配备的相应个人防护用品清单

场所	名称	数量（件）	铅当量
药物制备及动物实验	铅衣	2	0.5mmPb

场所	铅眼镜	2	0.5mmPb
	铅围脖	2	0.5mmPb
	铅帽	2	0.5mmPb
核素治疗场所	铅衣	3	0.5mmPb
	铅围脖	3	0.5mmPb
	铅帽	3	0.5mmPb

建设单位拟配备表面污染监测仪等辐射防护仪器及设备，详细清单见表10.3-2。

表 10.3-2 拟配备的辐射防护设施和辐射监测设备

场所名称	装置名称	数量	参数
药物制备及动物实验场所	合成热室	3	75/60mmPb
	分装热室	3	60/50mmPb
	超净层流通风柜	1	10mmPb
	活度计	2	/
	个人剂量报警仪	3	/
	区域辐射剂量监控系统	1	/
	表面沾污仪	1	/
	便携式Xγ巡测仪	1	/
	药物转运防护罐	2	40mmPb
	注射器转运防护箱	4	10mmPb
	正电子药物使用废物桶	2	20mmPb
	储源防护保险箱	1	20mmPb
	回旋加速器靶废物防护箱	1	50mmPb
核素治疗场所	¹³¹ I 自动分装柜	1	50/30mmPb
	铅废物桶	14	10mmPb
	铅废物箱	2	10mmPb
	区域辐射剂量监控系统	1	/
	表面沾污仪	1	/
	个人剂量报警仪	1	/

本次项目拟配备的个人防护用品数量和防护铅当量均满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）相关要求，可以满足医院拟开展核技术利用项目运行的要求。除此以外，通过制度规范辐射工作人员的操作，包括放射性核素的管理、使用，放射性污染物的处理和患者的活动限制等。

（2）辐射安全防护措施

①药物制备及动物实验场所

a 门机联锁装置

回旋加速器机房设置门机联锁装置和延时开门措施，在运行过程中，如防护门

意外开启，回旋加速器可自动停止工作。

b 急停开关和开门按键

回旋加速器机房及控制室内拟设置急停开关，机房内设置紧急开门按键，一旦按下紧急停机按钮，回旋加速器应立即停止运行。

c 剂量监测装置联锁

回旋加速器机房内和热室内拟设置固定式剂量监测装置，并具备报警功能，门口安装声光报警装置，当监测的剂量率超过设定阈值时，自动报警或切断束流供应。

d 电离辐射警告标志

在回旋加速器机房防护门外、小动物 PET 机房门外、科研室、热室房间等工作场所进出口均拟设置电离辐射警告标志和相关警示文字；并在回旋加速器机房、小动物 PET 机房门上方拟设置工作状态指示灯，各指示灯能与各机房设备有效联动，在设备运行时，指示灯显示“正在运行”。

e 视频监控装置

回旋加速器机房、合成热室、核素制备场所的过道等处拟设置视频监控装置。

f 核素传输管道的辐射安全设计

回旋加速器生产的核素是通过专用的管道传输到热室的合成柜内，管道设在预留的靶线地沟内，靶线地沟通过下沉地面设计穿过回旋加速器机房到达热室，地沟顶面采用铅板或者铅砖覆盖。

g 通风设计：本项目场所设置有独立的通风管道，回旋加速器机房、热室房间、合成分装热室、动物实验区域各设置有独立的通风管道，且设置止回阀，确保不会造成放射性气体交叉污染。排放口位于 3 号楼天面（约 82m），排放口处设置活性炭过滤装置及防潮、防堵、防雨设施，放射性废气经活性炭过滤装置过滤后排放，排放口位于本项目所在大楼屋面高出 2-3m 处进行排放。

h 废水设计：该场所配套设置了衰变池，衰变池容量为 6m^3 （两个池，各 3m^3 ），该衰变池作为事故应急时或设备维护清洗加速器靶时排放放射性废水的处理设施。

i 放射性固体废弃物：场所内设置有污物暂存间，用于暂存放射性固体废弃物。

②核素治疗场所

a 核素治疗场所内设有甲癌治疗区域、敷贴室，场所区域出入口设置有门禁系统，通过门禁系统管控患者活动范围。

b 核素治疗场所设置了独立的通风系统，排放口位于 3 号楼天面（约 82m），排放口处设置活性炭过滤装置及防潮、防堵、防雨设施，放射性废气经活性炭过滤装置过滤后排放，排放口位于本项目所在大楼屋面高出 2-3m 处进行排放。甲癌治疗区域内设置的 ^{131}I 分装柜接入通风系统，分装柜顶部同样也配备有过滤装置。

d 甲癌治疗区域内各治疗病房均设专用卫生间，厕所内张贴患者冲厕所和洗手的提示，医院拟定额限制住院患者的日常用水量，从而减少放射性废液的产生，配套建设衰变池处理治疗场所产生的放射性废水。

e 甲癌给药室内设置自动分装柜，分装好的 ^{131}I 采用机械或自动、半自动的方式传递到服药窗，工作人员在给药室内通过监控设施指导服药区内的患者服药，通过监控系统工作人员能够全方位清楚的观察给药、服药全过程。

f 病房设置为单人间，病房中配备对讲、视频监控等设施；查房医生尽量通过视频方式进行查房。

g 病房场区设置专用的污洗间，配备专用的保洁用品。

h 放射性固体废弃物：场所内各房间、走廊均设置有铅垃圾桶，用于收集患者住院期间产生的垃圾，场所内设置有暂存间，用于暂存各房间产生的放射性固体废弃物。

③现有核素诊疗场所

a 现有核素治疗场所出入口均设置有门禁系统，通过门禁系统管控患者活动范围。

b 场所设置了独立的通风系统，场所分装室内设置有 2 个分装柜；废气排放口设置于 3 号楼天面（约 82m），通风管道废气排放口设置有活性炭过滤装置。

d 场所内配备设置有专用卫生间，配备有衰变池处理场所产生的废水。

e 场所内设置有废物暂存间，用于暂存放射性固体废弃物，设置有污洗间，配备专用的保洁用品。

10.4 本项目与标准的相符性分析

（1）药物制备及动物实验场所设置情况与《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求的对比情况

表10.4-1 药物制备及动物实验场所与HJ1188-2021、GBZ 120-2020标准要求的符合性分析

HJ1188-2021标准要求		GBZ120-2020标准要求	药物自备及动物实验场所	符合性分析
辐射工作场所分区	4.3.1应按照GB18871的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。 4.3.2核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。 4.33核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。 4.3.4控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。	5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间(放射性药物贮存室、分装及(或)药物准备室、给药室等)、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房(使用非密封源治疗患者)、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据GB18871的有关规定,结合核医学科的具体情况,对控制区和监督区采取相应管理措施。 5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。	项目根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，为了便于辐射防护管理和职业照射的控制，将回旋加速器机房、热室房间、小动物PET机房、科研室、质控区域、放化实验室、衰变池划分为控制区（红色区域）；将回旋加速器机房、热室房间相邻的净化空调机房、走道、库房、准备间、外包间、污物暂存间、缓冲间、更衣室、控制室、质控区域及放化实验室墙体及大门外30cm处，以及小动物PET机房、科研室相邻的控制室、缓冲区、废弃物室、放化实验室、动物暂存室、衰变池检修/采样井盖上方等区域划分为监督区（黄色区域）。详见图10.1-1。 建设单位拟在控制区、监督区入口处设置区域标志。	符合
选址和布局	5.1选址 5.1.1核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内,或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层,设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。 5.1.2核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。 5.1.3核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。	5.1.1在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。	本项目拟建于3号楼、9号楼负二层，下方无地下层，回旋加速器机房南面、东面，热室南面为土壤层。核医学场所集中设置与此处中；本项目为放射性药物制备及动物实验场所，不涉及患者诊断。本项目场址不邻接医院产科、儿科、食堂等部门，远离人群稠密区域。 排放口所在的3号楼大楼为21层，天面高约82.6m，南面医院宿舍楼为9层，医学工程部为3层，东面军区医院空置楼为9层，东北面8号楼为4层，北面2号楼为16层，西面5号楼为5层。由此可见，本项目排放口所在大楼高于周边楼层。	符合
	5.2 布局 5.2.1核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的	5.1.2核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则： a)使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小； b)保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰； c)在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场	工作人员在进入药物制备区域需经过一更、二更、消毒室、缓冲室，离开时也需经过退出更衣室、淋浴室、检测室等，确保无污染带出项目区域。进入动物实验区域时需经过缓冲间。 以上场所控制区均有辐射屏蔽措施、门禁措施，能够保证除工作人员外，无关人员无法进入。	符合

	活动空间。 5.2.2核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。 5.2.3核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。	所内的工作人员和公众免受不必要的照射； d)在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。 5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下： e)正电子药物制备工作场所至少应包括回旋加速器机房工作区、药物制备区、药物分装区及质控区等。 5.1.6通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源(放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者)的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理，便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。	本项目不涉及患者诊断，因此不存在注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者交叉的情况。 药物制备区域设置的功能用房有：回旋加速器机房、热室房间（药物制备、分装）、准备间、外包间、全检质控室等功能房间。 动物实验区域设置的功能用房有，设置有小动物PET机房、科研室、动物暂存室、废物室、缓冲室、控制室等。 场所辐射屏蔽措施详见表10.1-1。	
工作场所的辐射安全与防护	6.1.1核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。	/	回旋加速器为自屏蔽式回旋加速器，加速器机房墙体屏蔽防护使用混凝土为主要屏蔽材料。不采用重晶石或铁作为骨料。 动物实验区域PET机房及科研室已按最大放射性活度、最长时间和最短距离进行设计。 以上场所设计均充分考虑了四周相邻区域环境及上下层情况，采取保守设计 根据表11中的预测可知，场所防护墙体外30cm处的剂量率均能满足2.5μSv/h。	符合
	6.1.2设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。	5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源(核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者)对诊断区设备成像、功能检测的影响。		符合
	6.1.3回旋加速器机房的建造应避免采用富含铁矿石物质的混凝土，避免混凝土中采用重晶石或铁作为骨料；不带自屏蔽的回旋加速器应有单独的设备间，机房选择不易中子活化的混凝土材料。	5.2.13回旋加速器机房的建造应避免采用富含铁矿石物质的混凝土,避免混凝土中采用重晶石或铁作为骨料。 不带自屏蔽的回旋加速器机房的特殊防护措施： a) 在靶区周围采用“局部屏蔽”的方法，吸收中子以避免中子活化机房墙壁；b) 机房墙壁内表面设置可更换的衬层；；c) 选择不易活化的混凝土材料；d)墙体中有 含硼等防中子物质。		符合
	6.1.4回旋加速器机房的电缆管沟、通风管道等穿过屏蔽体时，应采用地沟或S型、V型、Z型穿过墙壁，并进行屏蔽补偿，确保满足屏蔽体墙外的防护要求。防护门与墙体连接处应进行有效搭接，避免出现防护薄弱环节。	5.2.14回旋加速器机房电缆、管道等应采用S型或折型穿过墙壁；在地沟中水沟和电缆沟应分开。不带自屏蔽的回旋加速器应有单独的设备间。	本项目回旋加速器为自屏蔽式回旋加速器，电缆管等穿墙时采用了折型穿过墙壁，增加折射次数。通风管道穿墙处设置了300mm混凝土档板。	符合

	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。	/	本项目场所均设置了辐射防护屏蔽措施，根据表11中的预测可知，场所防护墙体外30cm处的剂量率均能满足2.5μSv/h。	符合
	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。			符合
	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。			符合
	6.1.8放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。			符合
场所安全措施要求	6.2.2操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行,丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽,给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。	5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式， ¹³¹ I给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。	回旋加速器制药区域热室房间内配备有合成热室、分装热室，药物经热室进行自动合成、自动分装。工作人员无需靠近操作。	符合
	6.2.3操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器,从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测,如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。	/	本项目为辐射工作人员配备有相应辐射防护用品（0.5mmPb），配备有表面沾污仪、便携式X、γ 巡测仪。人员离开药物制备场所时需进行表污监测，确保无污染带出场所。	符合
	6.2.4放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内,定期进行辐射水平监测,无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。	/	建设单位拟建设放射性物质登记台账，记录药物生产、使用量及药物流向情况，场所配备有表面沾污仪、便携式X、γ 巡测仪，可定期对贮存容器或保险箱进行辐射水平监测。	符合
	6.2.5应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。	5.2.9应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。	本项目配备有自动合成热室、自动分装热室，药物储存运送配备有药物转运防护罐、注射器转运防护箱、储源防护保险箱，相应配备有移动铅屏风，配备有注射器防护套、放射性废物桶等。	符合
	6.2.8回旋加速器机房应设置门机联锁装置和延时开门措施,机房内应设置紧急停机开关、紧急开门按钮及清场措施，并安装固定式剂量率报警仪。机房门口应有声光报警装置和工作状态指示灯，并与加速器联锁。	5.2.8给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。回旋加速器机房内应装备应急对外通讯设施。 5.2.12回旋加速器机房应设置门机联锁装置,机房内应设置紧急停机开关和紧急开门按键。	本项目回旋加速器机房设置了门机联锁装置和延时开门措施,机房设置紧急停机开关、紧急开门按钮及清场措施，位于机房大门内外两侧。安装了固定式剂量率报警仪，机房大门上方设置有声光报警装置和工作状态指示灯。	符合

		5.2.11 回旋加速器机房内、药物制备室应安装固定式剂量率报警仪。		
	6.2.9扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。	5.2.10扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。	本项目小动物PET机房大门上方拟设置工作状态指示灯。	符合
密闭和通风要求	6.3.1核医学工作场所应保持有良好的通风,工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计,保持工作场所的负压和各区之间的压差,以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	/	本项目动物实验区域设置有单独通风,不与常规场所通风管道交叉混用,通风管道设置有止回阀,防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	符合
	6.3.2使用回旋加速器制备放射性药物的工作场所应设有单独的通风系统,加速器自屏蔽区内应有单独排气管道,并相对加速器室呈负压状态。	/	本项目场所设置有独立的通风管道,回旋加速器机房、热室房间、合成分装热室、动物实验区域各设置有独立的通风管道,且设置止回阀,确保不会造成放射性气体交叉污染。	符合
	6.3.4放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行,防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统,并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。	5.2.3 核医学工作场所的通风按表1要求,通风系统独立设置,应保持核医学工作场所良好的通风条件,合理设置工作场所的气流组织,遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计,保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染,保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置,风速应不小于0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置,排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	回旋加速器制药区域热室房间内配备有合成热室、分装热室,药物经热室进行自动合成、自动分装。工作人员无需靠近操作。热室设置有独立的排风系统,并在设备的顶壁安装活性炭过滤装置。	符合
个人防护用品、辅助用品及去污用品配备	/	6.1.1 个人防护用品及去污用品 开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容,为工作人员配备合适的防护用品和去污用品(见附录K),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服。当使用的^{99m}Tc活度大于800MBq时,防护用品的铅当量应不小于0.5 mmPb,个人防护用品及去污用品具体配置见附录K;对操作⁶⁸Ga、¹⁸F等正电子放射性药物和¹³¹I的场所,此时应考虑其他的防护措施,如:穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。	本项目为辐射工作人员配备有相应辐射防护用品(0.5mmPb),配备有表面沾污仪、便携式X、γ巡测仪。	符合

		6.1.2 辅助用品 根据工作内容及实际需要,合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。防护通风柜的典型屏蔽厚度参见附录I。	本项目配备有自动合成热室、自动分装热室，药物储存运送配备有药物转运防护罐、注射器转运防护箱、储源防护保险箱，相应配备有移动铅屏风，配备有注射器防护套、放射性废物桶等。	符合
--	--	---	--	----

综上所述可知，本项目药物制备及动物实验场所按相关标准要求进行了设计，辐射防护措施符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)的相关要求。

（2）本次新增的核素治疗场所设置情况与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)要求的对比情况

表10.4-2 核素治疗场所与HJ1188-2021、GBZ120-2020标准要求的符合性分析

HJ1188-2021标准要求		GBZ 120-2020标准要求	核素治疗场所	符合性分析
辐射工作场所分区	4.3.1应按照GB18871的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。 4.3.2核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、拍描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。 4.33核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。 4.3.4控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。	5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间(放射性药物贮存室、分装及(或)药物准备室、给药室等)、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房(使用非密封源治疗患者)、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据GB18871的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。 5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。	本项目为核素治疗场所。本项目根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，为了便于辐射防护管理和职业照射的控制，将区域内敷贴室、甲癌给药室、废物室、储源室、监督区（服药处）、抢救室、住院病房（5间）及其配套卫生间、污洗间、被服间、暂存间、出院辐射监测处、衰变池划分为控制区（红色区域）；将以上房间相邻的卫生通过间、医生办公室、值班室、配餐间、清洁区、场所出入口大门外30cm处、衰变池上方设备间划分为监督区（黄色区域）。详见图10.1-1 建设单位拟在控制区、监督区入口处设置区域标志。	符合
选址和布局	5.1选址 5.1.1核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。 5.1.2核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。 5.1.3核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。	5.1.1在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。	本项目拟建于3号楼、9号楼负一层，下方为核医学科办公场所，楼上为架空绿化层，北面为土层，南面为清洁区及地下停车场，西面为空调机房、电梯房等、东面为风机房、楼梯间等。核医学场所集中设置该大楼负一负二层，场所较为集中；本项目场址不邻接医院产科、儿科、食堂等部门，远离人群稠密区域。 排放口所在的3号楼大楼为21层，天面高约82.6m，南面医院宿舍楼为9层，医学工程部为3层，东面军区医院空	符合

			置楼为9层，东北面8号楼为4层，北面2号楼为16层，西面5号楼为5层。由此可见，本项目排放口所在大楼高于周边楼层。	
	5.2 布局 5.2.1核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。 5.2.2核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。 5.2.3核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应没有给药后患者的专用卫生间。	5.1.2核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则： a)使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小； b)保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰； c)在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射； d)在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。 5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下： b)对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房(使用非密封源治疗患者)或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房； c)诊断工作场所和治疗 工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房； d)对于综合性的核医学工作场所，部分功能用房和辅助用房可以共同利用； 5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度,确定核医学治疗区(病房)的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。 5.1.6通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源(放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者)的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理，便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。	项目场所控制区内各房间墙面、顶棚、地面、门、窗均拟做辐射防护屏蔽。场所控制区出入口均设置有门禁装置，治疗病房为单人单间，避免患者随意流动。给药室入口处设置了卫生通过间，并设置有洗手台、淋浴装置，拟配备监测设备，便于监测。 项目规划了放射性药物运送路径，病人路径等，场所内设置有放射性废物储存间,集中出来放射性固体废弃物，在无治疗病人时定时对其进行清理运送。 项目治疗病房为单人单间，配备有独立卫生间，场所出口设置了出院辐射检测室,配备有相应的辐射监测设备，患者在出院前进行检测，符合出院标准后方可出院。	符合

工作场所的 辐射安全与 防护	6.1.1核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。	/	本项目场所已按最大放射性活度、最长时间和最短距离进行设计。	符合
	6.1.2设计核医学工作场所墙壁、地板及项面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。	5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源(核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者)对诊断区设备成像、功能检测的影响。	以上场所设计均充分考虑了四周相邻区域环境及上下层情况，采取保守设计。 场所辐射屏蔽措施详见表10.1-3。	符合
	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。	/	本项目场所均设置了辐射防护屏蔽措施，根据表11中的预测可知，场所防护墙体外30cm处的剂量率均能满足2.5μSv/h。	符合
	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。			符合
	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。			符合
	6.1.8放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。			符合
场所安全措 施要求	6.2.2操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽,给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。	5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式， ¹³¹ I给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。	本项目为核素治疗场所，属于乙级场所，场所内设置有5间甲癌治疗病房，病房为单人单间，均做好辐射防护屏蔽措施，配套有独立卫生间，减少人员流动，避免人员交叉污染。	符合
	6.2.3操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。	/	场所控制区出入口均设置有门禁装置，治疗病房为单人单间，避免患者随意流动，场所出口设置了出院辐射检测室，配备有相应的辐射监测设备，患者在出院前进行检测，符合出院标准后方可出院。给药室出入口处设置了卫生通过间，并设置有洗手台、淋浴装置，拟配备监测设备，便于监测。	符合

	6.2.4放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。	/	建设单位拟建设放射性物质登记台账，记录药物生产、使用量及药物流向情况；场所设置门禁系统，无关人员无法进入，并配备有表面沾污仪、便携式X、 γ 巡测仪，可定期对贮存容器或保险箱进行辐射水平监测。	符合
	6.2.5应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。	5.2.9应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。	本项目药物为厂家配送，药物使用当天送至场所给药室分装柜内，厂家的药物运送容器表面均会设置电离辐射标志。	符合
	/	5.2.8给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。回旋加速器机房内应装备应急对外通讯设施。	本项目场所为治疗场所，场所内拟设置视频监控装置及对讲装置。	符合
密闭和通风要求	6.3.1核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	5.2.3 核医学工作场所的通风按表1要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	本项目场所设置有独立的通风管道，场所内高活度区、低活度区、分装柜均设置有独立的通风管道，且设置止回阀，确保不会造成放射性气体交叉污染。管道汇集至西北面处，接入核医学主排放管道，通往3号楼天面（约82m）位置排放，排放口处设置活性炭过滤装置及防潮、防堵、防雨设施，放射性废气经活性炭过滤装置过滤后排放，排放口位于本项目所在大楼屋面高出2-3m处进行排放。	符合
	6.3.4放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。		项目配备有自动分装柜，药物分装操作均在分装柜内进行。工作人员无需靠近操作。分装柜设置有独立的排风系统，分装柜顶部配备有过滤装置。	符合
个人防护用品、辅助用品及去污用品配备	/	6.1.1 个人防护用品及去污用品 开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品(见附录K)，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服。当使用的^{99m}Tc活度大于800MBq时，防护用品的铅当量应不小于0.5 mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录K；对操作⁶⁸Ga、¹⁸F等正电子放射性药物和¹³¹I的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。	本项目为辐射工作人员配备有相应辐射防护用品（0.5mmPb），配备有表面沾污仪、便携式X、 γ 巡测仪。	符合

		6.1.2 辅助用品 根据工作及实际需要,合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。防护通风柜的典型屏蔽厚度参见附录I。	本项目配备有自动分装柜，药物储存运送配备有药物转运防护罐、注射器转运防护箱、储源防护保险箱，相应配备有移动铅屏风，配备有放射性废物桶等。	
--	--	---	---	--

综上所述可知，本项目核素治疗场所按相关标准要求进行了设计，辐射防护措施符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)的相关要求。

现有核素诊断场所已通过竣工环境保护验收，根据验收结论可知，该场所各设施、布局、辐射防护措施等均满足相关标准要求，本次只增加场所使用的放射性核素，不改变其场所的布局、工作流程、产污环节等，因此，本次不再对其辐射防护措施进行重复评价。

10.5 三废的治理

(1) 放射性废液处理

①药物制备及动物实验场所

本评价项目药物制备区域及小动物实验区域正常操作时产生的液态放射性污染物主要来自操作过程中剩余的放射性核素残液，而这部分残液一般附着在容器壁、试管壁和纯化柱等一些耗材上，由于这部分液体量很小，大概只有几 ml，一般与耗材一起以放射性固体废物进行处理。

由于操作过程操作人员穿戴工作服、橡胶手套等防护用品，正常操作下操作人员的身体不会直接接触放射性物质。除去防护用品后的洗手液不会产生放射性废水，但前提是洗手前必须对手部进行放射性表面污染检测，确认无放射性污染。

该项目在加速器机房、加速器水冷机房、放化实验室和放射性污洗间均设有放射性废水地漏，在小动物实验区域科研室、缓冲间等设置有清洁池，以上区域产生的放射性废水通过独立的专用管道连接至该场所配备的独立衰变池。

该场所配套设置了衰变池，衰变池容量为 9m^3 （两个池，各 4.5m^3 ），该衰变池作为事故应急时或设备维护清洗加速器靶时排放放射性废水的处理设施。

事故应急时或设备维护清洗加速器靶时排入衰变池的液态污染物经衰变池衰变直至符合排放要求后排入市政管网。

因此该项目正常开展过程中，不会向外环境排放液态放射性污染物。

该场所放射性废水管道走向图详见图 10.5-5。

②核素治疗场所

该甲癌治疗项目可能产生的放射性废物主要包括液态放射性污染物、固体废物和气载污染物。污染物中主要含有放射性核素 ^{131}I ，半衰期约 8.04 天(小于 60 天)，根据《广东省放射性废物管理办法》（粤府令第 65 号 2001 年）对放射性废物的分类，该甲癌治疗项目产生的放射性废物均属于短半衰期废物。

使用 ^{131}I 甲癌治疗项目产生的液态放射性污染物包括来自操作过程中剩余的极少量放射性药物残液和服药后患者的排泄物。由于操作残液一般附着在容器壁或试管壁，为了减少液态放射性污染物的产生，对于这部分的容器和试管建设单位拟采取存放自然衰变至低于 ^{131}I 的解控水平(100Bq/g)，经审管部门确认或批准，按普通医疗废物处理，从而大大减少液态放射性污染物的产生量。

所以本评价项目正常情况下产生的需要外排的液态污染物主要来自服用了放射性药物后住院的患者排泄物，主要含有放射性核素 ^{131}I 。该项目的甲癌病房内设计了独立的专用厕所和独立的衰变池，对病人的排泄物实施统一收集和管理。由于废水中有生活粪便，在衰变池前设置沉渣池，沉渣池内设置自动搅匀排污泵，可以沉淀搅匀固形物，防止固形物排入衰变池导致衰变池堵塞，同时也起到已定的停留衰减放射性的作用。

该甲癌项目衰变池采用 3 级并联式的设计方式，由 3 个小池并联组成，3 个小池有效容积均约为 54m^3 ，总有效容积约为 162m^3 。通过电磁阀控制各个小池的进水和排水，实现当废水排入一个小池时，另外所有小池是封闭的。即首先向第一个池排入废水，当池内水位到达设计的有效水位时，第一个池的注水电磁阀关闭，而开启第二个池的注水电磁阀，以此类推，3 个池循环注水。通过这种方式，在一个小池注满封闭开始，直到这个池要排空，共历时注满另外 2 个池的时间，从而保证放射性废水能够在衰变池中充分的停留衰变，衰变池的每个池内均设置有 2 个自动搅匀排污泵，用于搅匀池底可能产生的沉淀物，防止排水管道堵塞。同时，建设单位拟对患者的用水量管控来减少放射性废水的产生和排放：①通过入院前的宣教，让患者尽量洗漱完后入院，②调低病房内空调温度，使患者减少汗液排出。③病房内用水设施配备用卡取水系统，限制用水量，对病房内患者用水量按最大每人每天 200L 的用水量进行供水控制。该场所放射性废水管道走向图详见图 10.5-2。

③现有核素诊断场所

该场所正常情况下产生的需要外排的液态污染物主要来自注射了放射性药物后诊疗人员的排泄物，该场所配备有独立的衰变池用于处理该场所产生的放射性废液，衰变池为自动化并联式设计，衰变池包含 3 格池，每格池有效容积为 5m^3 ，三格总容积为 15m^3 。该场所放射性废水管道走向图详见图 10.5-7。

④衰变池合理性分析

以上场所衰变池集中设置于紧邻 9 号楼东侧的 1 楼院内道路下方，衰变池位置详见图 10.5-1。

a 核素治疗场所衰变池：衰变池六面用钢筋混凝土浇筑，四周均做了防水、防渗漏设计，拟在衰变池前端设置 1 个沉渣池，在衰变池后端出水口处设置采样井，便于采样检测。衰变池采用埋地式设计，衰变池上方设置设备间，设备间上方为沥

青铺设道路路面，并在路面设置检修口，便于检修人员进入，检修口采用混凝土井盖，无特殊工具无法开启。衰变池布设平面图及剖面图详见图 10.5-3、图 10.5-4。

b 药物制备及动物实验场所衰变池：衰变池采用埋地式设计，衰变池上方为路面，并设置检修/取样口，采用混凝土井盖，无特殊工具无法开启。衰变池布设平面图及剖面图详见图 10.5-6。

c 现有核素诊疗场所衰变池：该衰变池为原有衰变池，已建设完成，衰变池采用埋地式设计，衰变池上方设置检修/取样口，检修/取样口内设置有 10mmPb 防护钢板，防护钢板上方设置有混凝土井盖（路面井盖），需有特殊工具才能开启，池体上方有 300mm 回填土，回填土上方路面铺设沥青，衰变池检修/取样口四周设置了警示标识。衰变池布设平面图及剖面图详见图 10.5-8。

以上衰变池排水管道均采用埋地敷设，减少放射性废水对环境的外照射影响。根据以上分析可知，以上衰变池集中设置，衰变池上方为道路路面，远离办公、公众聚集场所，衰变池位置的选择合理。

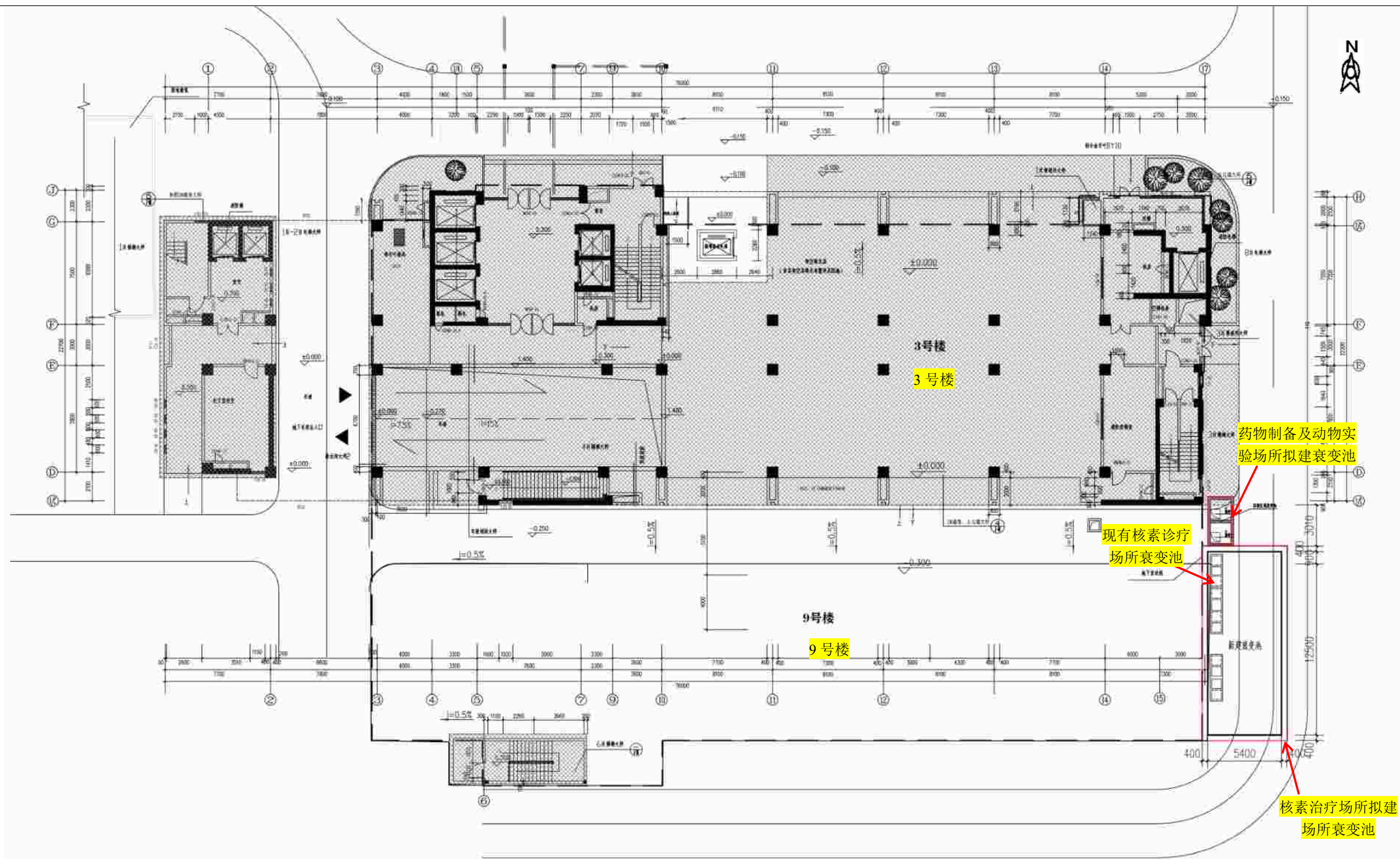


图 10.5-1 衰变池位置示意图

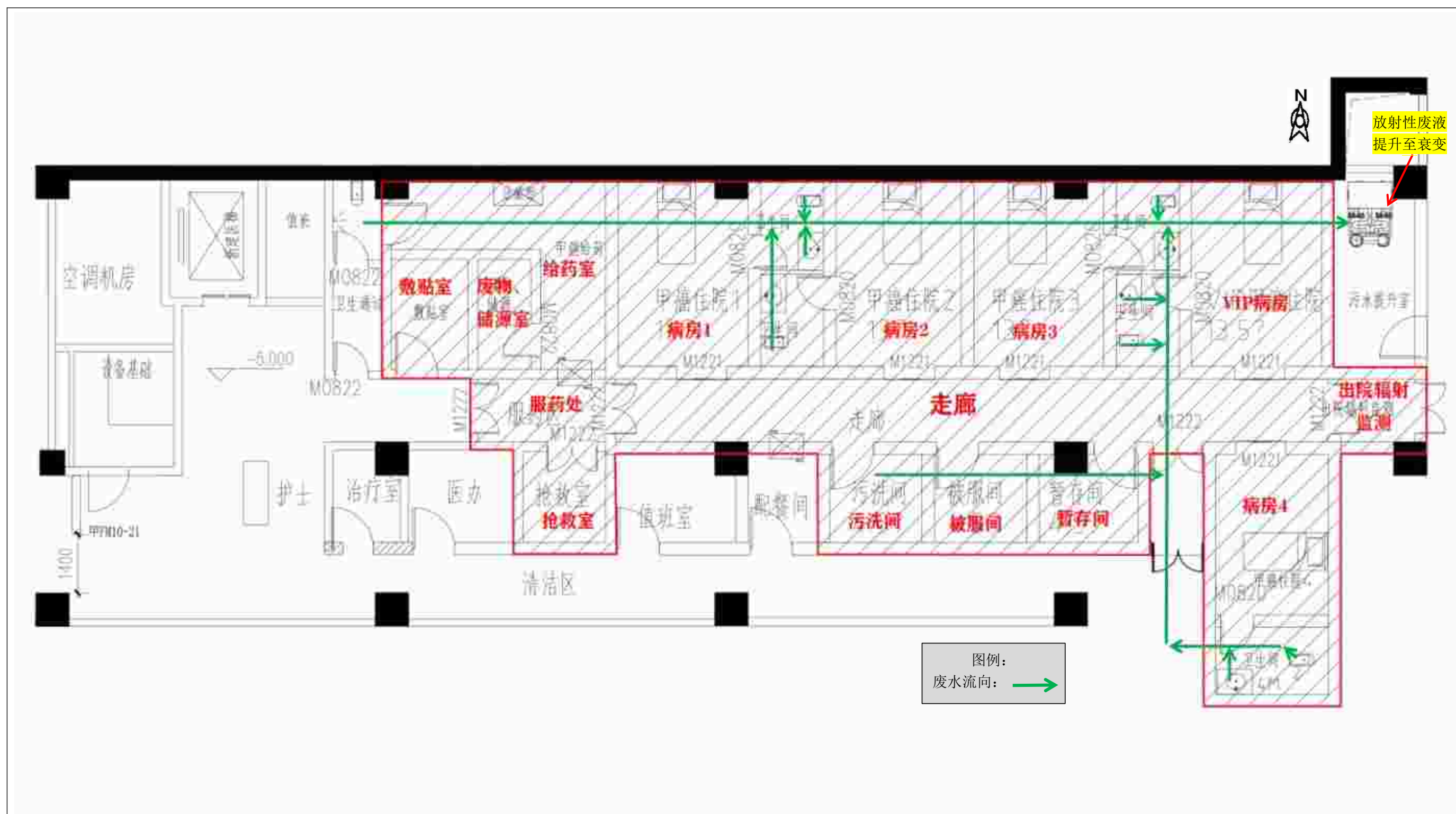


图 10.5-2 核素治疗场所内放射性废水流向图（放射性废水管道为埋地敷设）

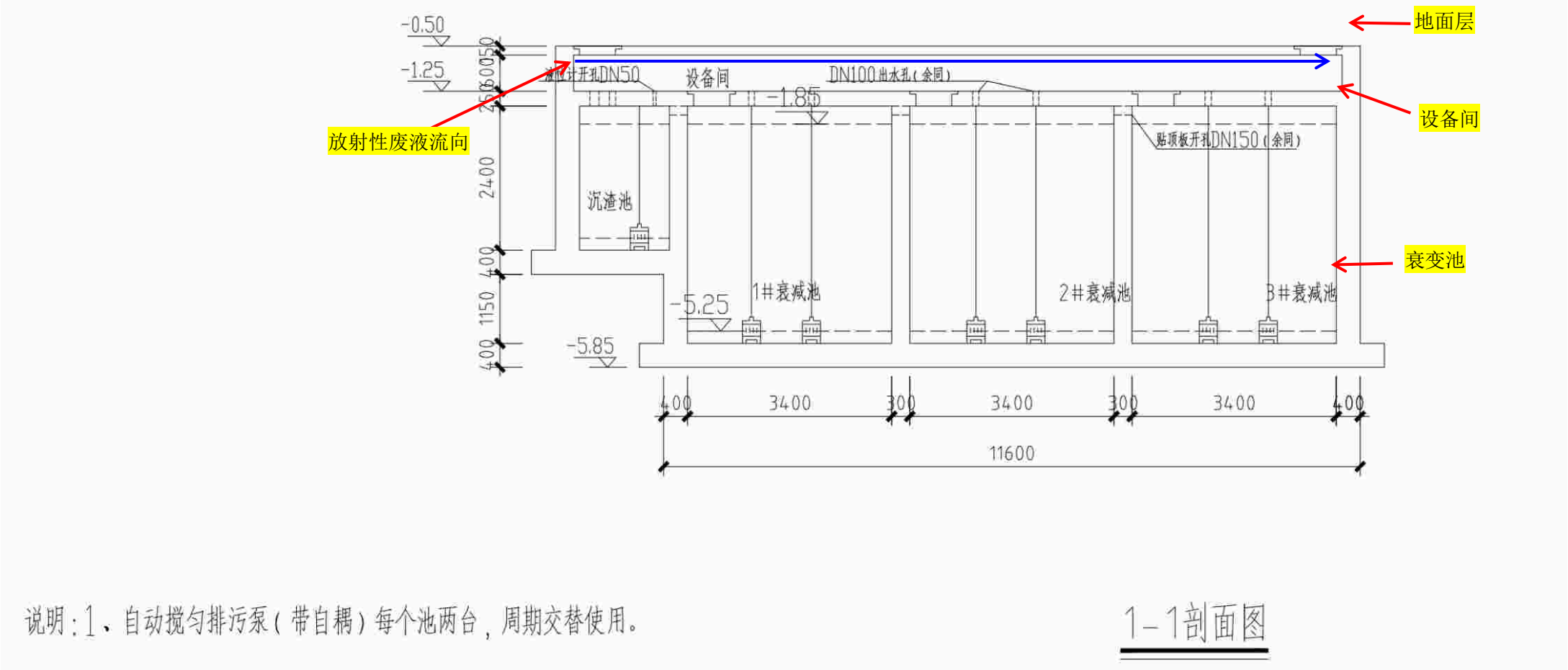
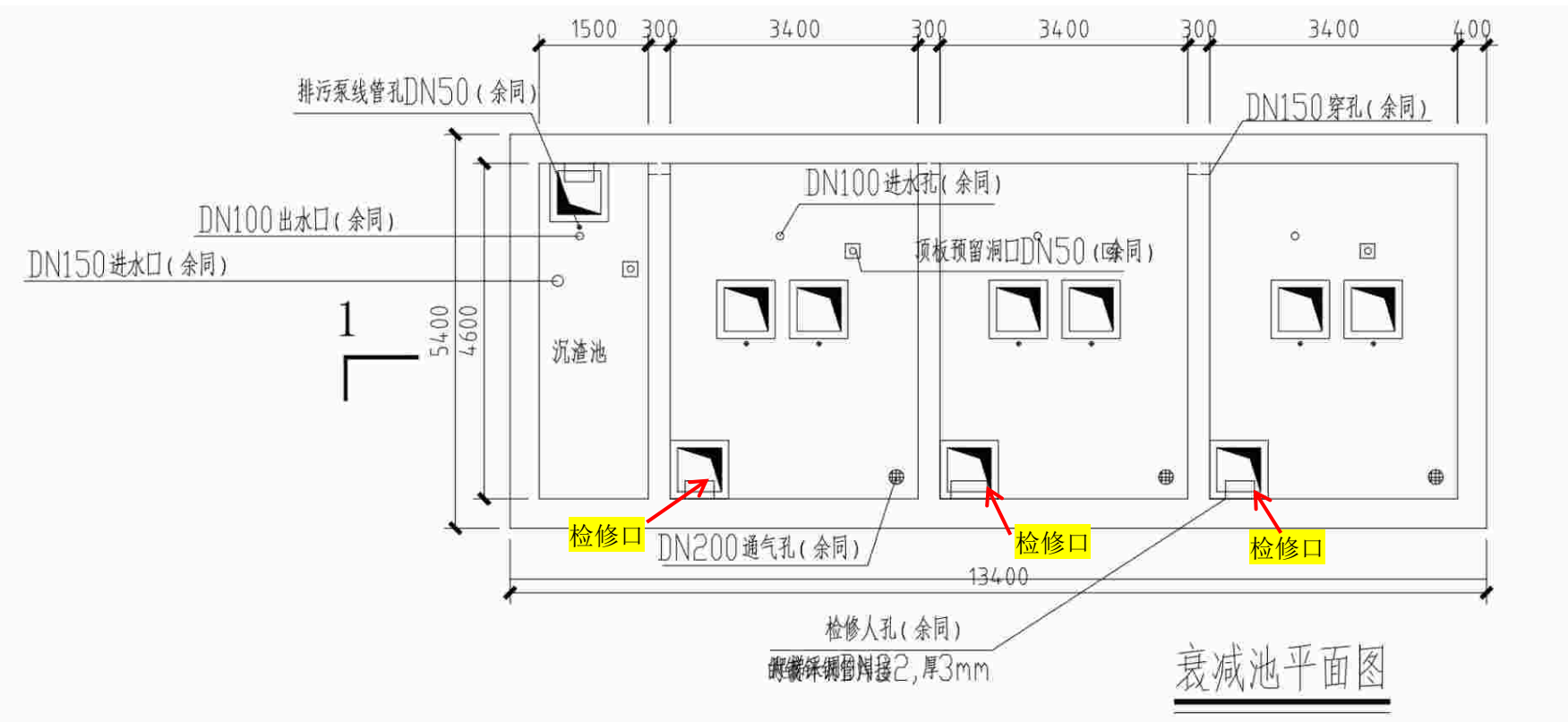


图 10.5-3 核素治疗场所衰变池平面图及剖面图

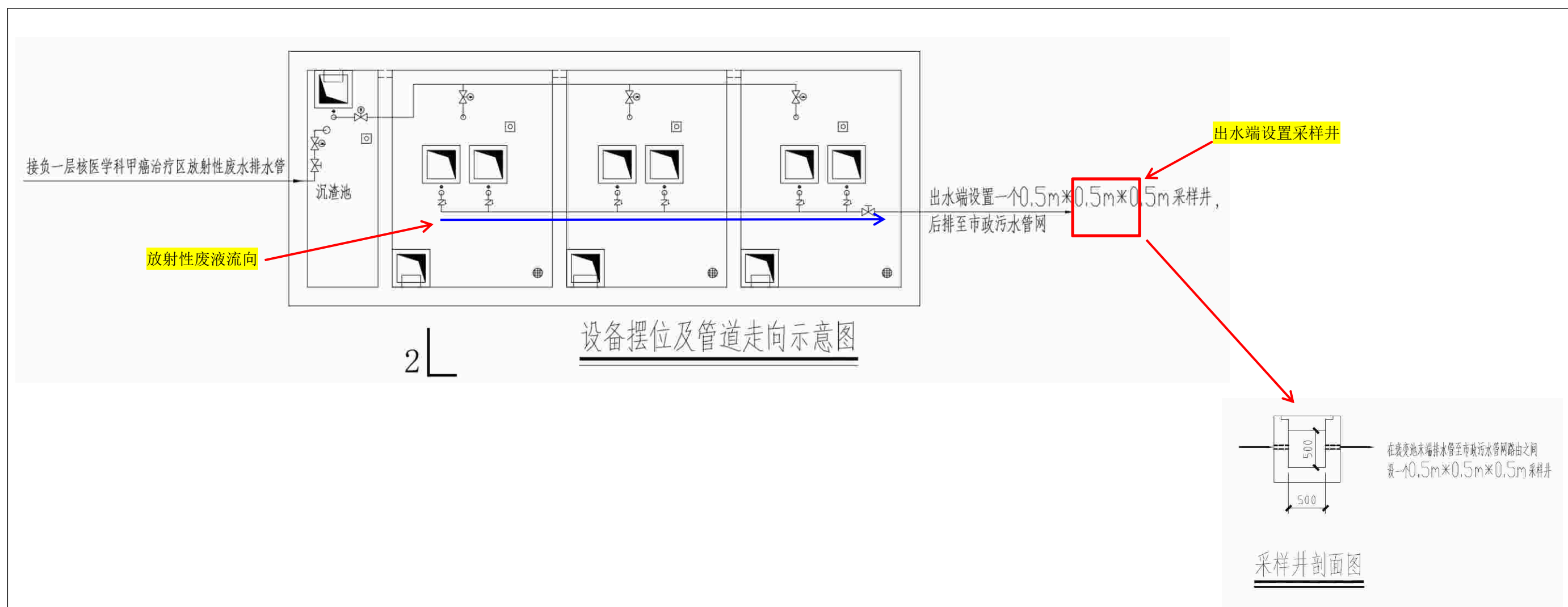


图 10.5-4 核素治疗场所衰变池设备摆放及管道走向示意图

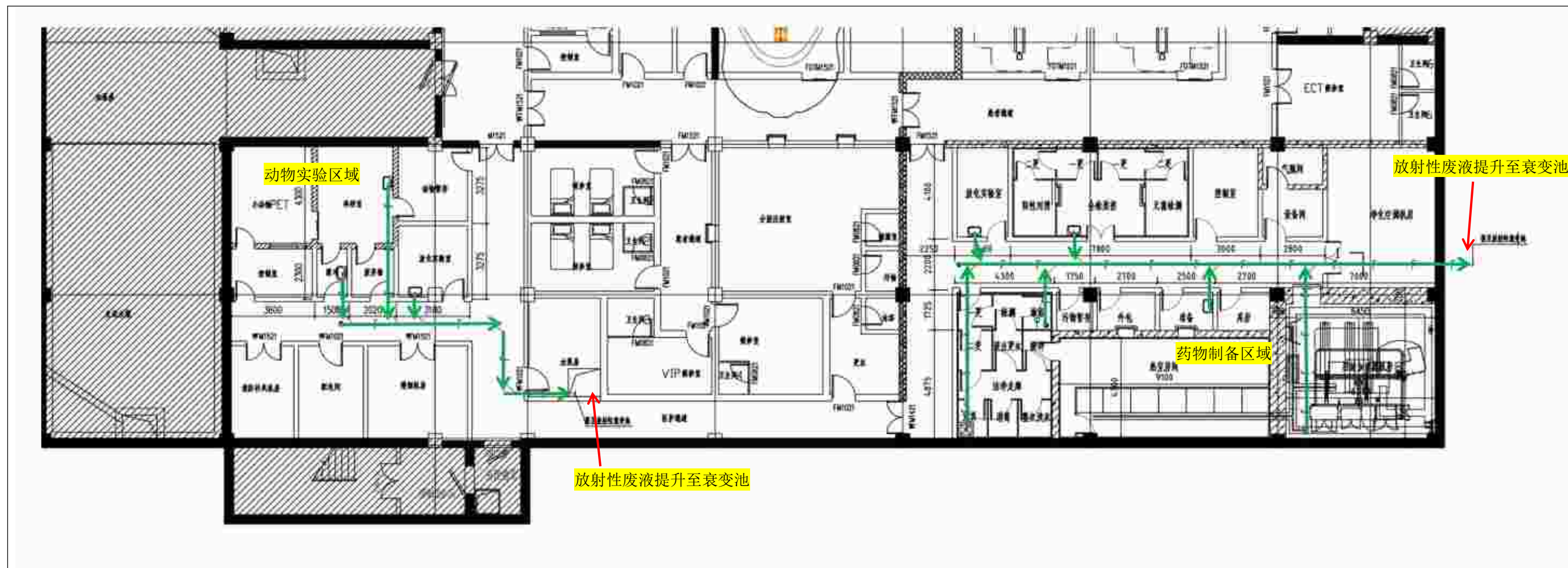


图 10.5-5 药物制备及动物实验场所内放射性废水流向图（放射性废水管道为埋地敷设）

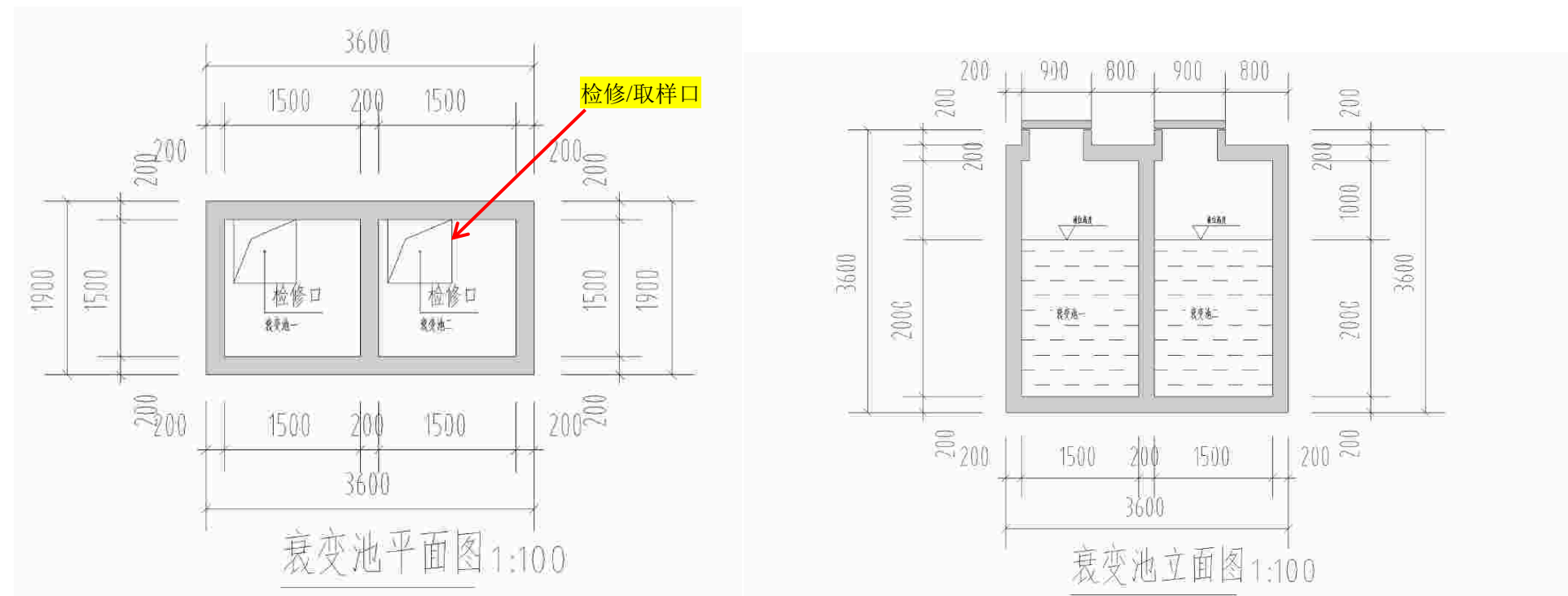


图 10.5-6 药物制备及动物实验场所衰变池平面图及立面图

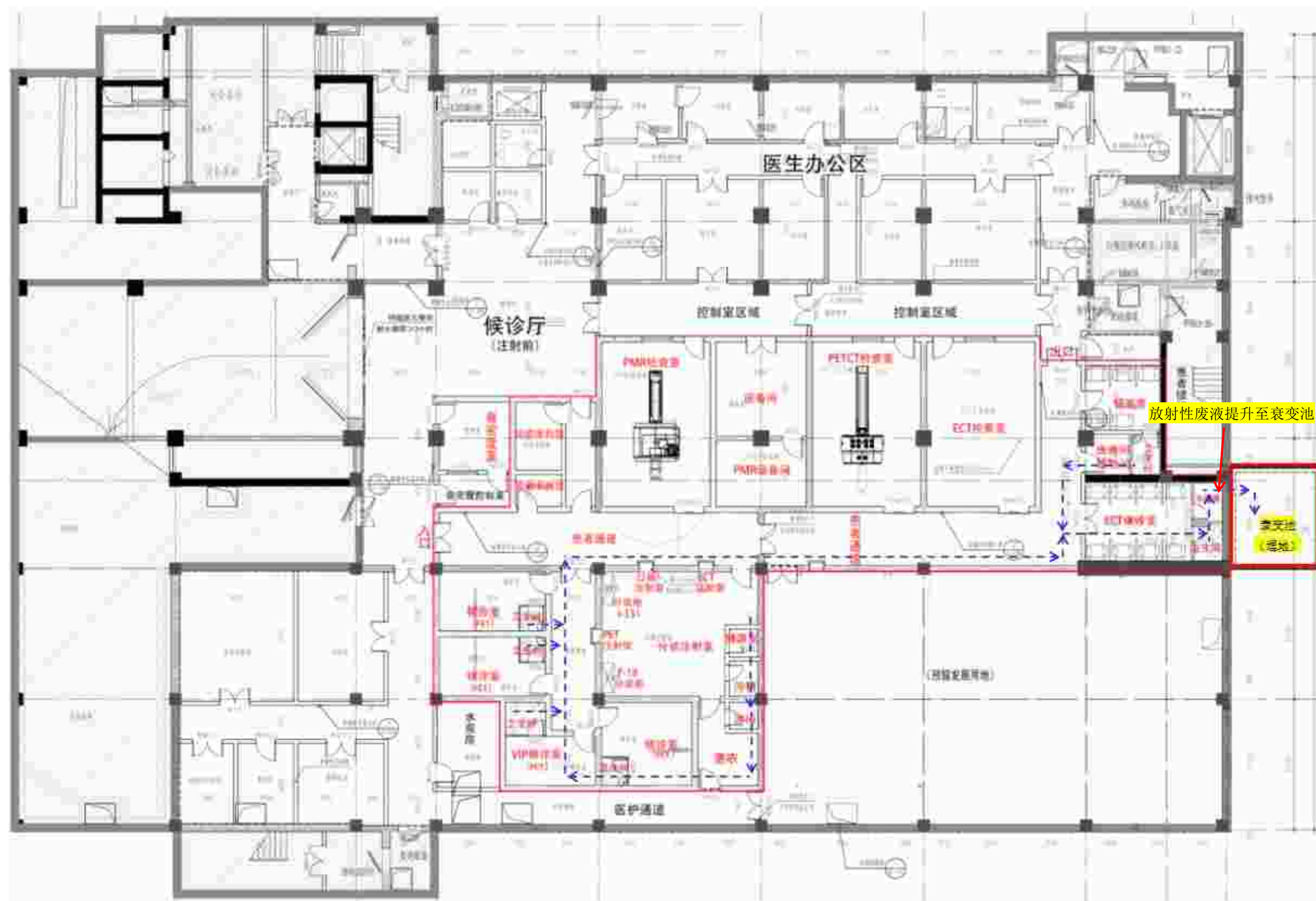


图 10.5-7 现有核素诊疗场所内放射性废水流向图（放射性废水管道为埋地敷设）

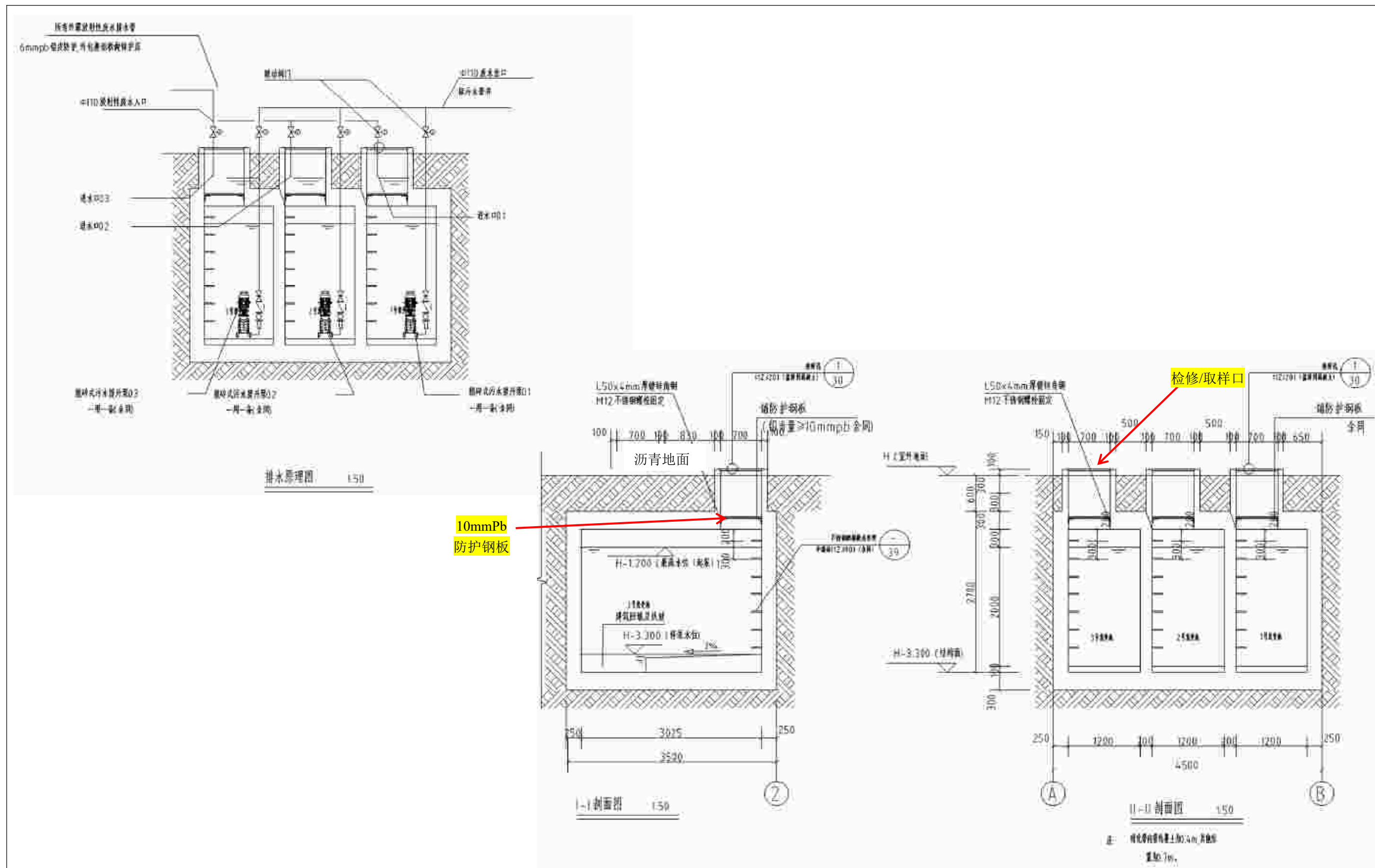


图 10.5-8 核素诊断场所配套衰变池剖面图及排水原理图

2、放射性废气

①药物制备及动物实验场所

场所内，回旋加速器机房单独使用一条排风管道进行通风换气，热室房间内6台自动热室设备拟布设使用1条排风管道，热室房间使用1条排风管道（热室房间设置3个排风口）进行通风换气；小动物实验区域的操作比较简单，直接使用注射器进行小动物注射，没有放射性核素的暴露操作，因此，基本无放射性气体污染。设置1条排风管道收集小动物PET室、科研室产生的放射性废气；以上管道均各自设置有独立的废气过滤装置，收集的放射性废气统一汇集至西北面楼梯旁的通风井处，管道向上走至二楼，而后穿出墙外，利用已在建筑物外墙建设的核医学科通风管道垂直向上到达3号楼天面（约81m）的排放口进行排放，高于本建筑物屋脊。通风设计图详见图10.5-8。

②甲癌治疗场所

场所内设置3条排风管道，1条用于收集5间甲癌住院病房及其卫生间产生的放射性废气（高活度），1条为甲癌给药室中分装柜的专用管道，1条用于收集污物暂存间、被服间、污洗间、废物室、储源室、给药室、走廊、服药区的放射性废气。三条排风管道统一流向西面空调机房旁向上走至二楼，而后穿出3号楼墙外，利用已在建筑物外墙建设的核医学科通风管道垂直向上到达3号楼天面（约81m）的排放口进行排放，高于本建筑物屋脊。通风设计图详见图10.5-9。

③现有核素诊疗场所

场所原已设置了合理的排风系统，分装柜独使用一条排风管道，其他低活度区辅助房间集中使用一条排风管道，而后统一排向西北面楼梯旁，管道向上走至二楼，而后穿出3号楼墙外，在3号楼外墙沿墙面建设了通风管道垂直向上到达3号楼天面（约81m）的排放口进行排放，高于本建筑物屋脊。

顶楼排放口设置了活性炭吸附装置。活性炭吸附装置为可拆卸装置，由设备厂家每年定期进行更换，更换后的活性炭吸附装置由厂家进行回收处理，医院不对其进行暂存等处理。本项目工作场所通风设计图详见图10.5-10，根据建设单位提供的资料可知，现有核素诊断场所通风设施已通过竣工环境保护验收，排风设施设置合理，因此，本次不再对其进行分析评价。

本项目所有场所的放射性废气均通过专用放射性排风管道引至大楼屋脊外排，符合《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中的相关要求。

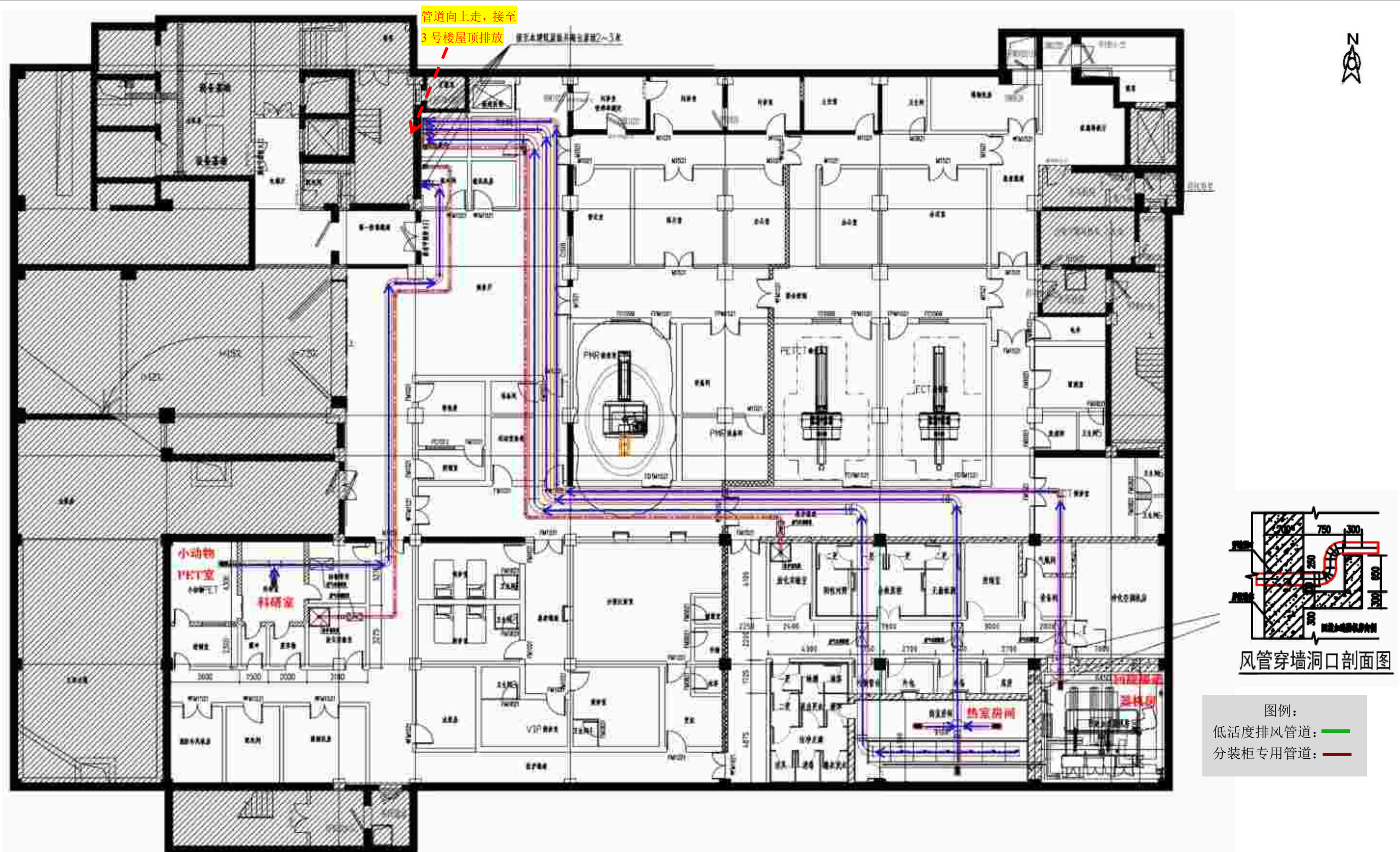


图10.5-9 药物制备及动物实验场所排风设计图

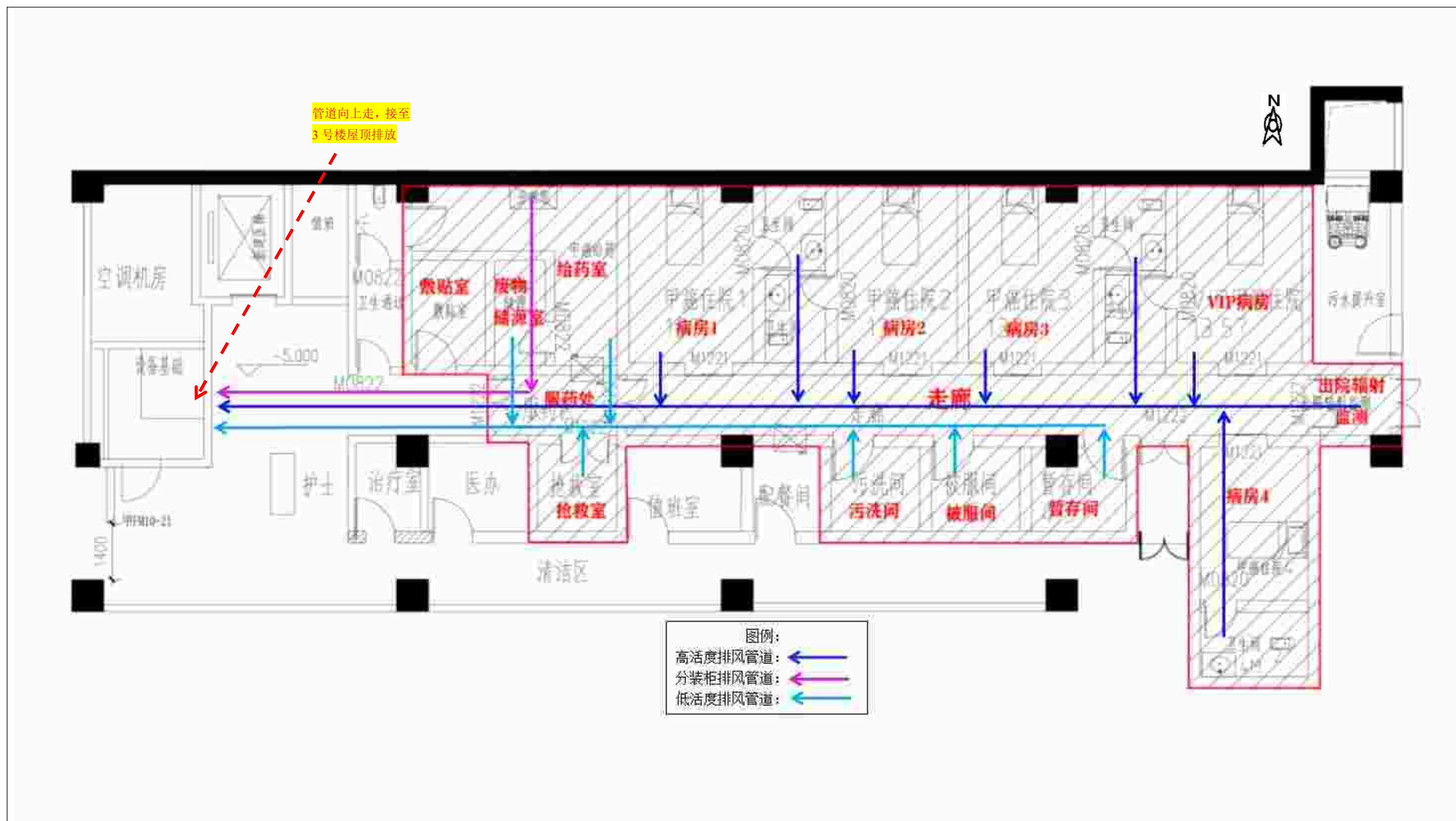


图10.5-10 核素治疗工作场所通风管道设计图

3、放射性固体废物

①药物制备及动物实验场所（药物制备区域）

对于可循环利用的物品，为了减少放射性废水的产生，尽可能不洗涤这部分物品，而是采取存放衰变的方式处理，由于该项目涉及操作的放射性核素均属于短半衰期核素，因此只要经过一定时间衰变后，非一次性的容器和试管又可再重复利用，从而避免产生大量的液态放射性污染物。

放射性固体废物主要有一次性容器、试管和纯化柱等耗材，以及使用后的注射器、一次性手套、吸水纸、口罩和可能受放射性污染的物品等。这部分的固体废物按合成一批次放射性核素产生 100g 计，每天产生的总量不超过 400g，每年的产量不超过 100kg。对于这部分固体废物，每天制备放射性核素完成后将这些放射性固体废物收集转入塑料袋中，外贴日期标签，转入废物室的废物箱暂存。待其活度浓度低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的清洁解控水平后，以普通医疗固体废物处理。

根据生产厂家介绍，该回旋加速器固体靶片可一直重复使用，不需要更换。在意外损坏无法继续使用需要更换时，换下的废靶片按固体放射性废物处理，同样在衰变室内暂存至其放射性比活度低于相应核素的解控水平，经审管部门确认或批准，按普通医疗废物处理。

②药物制备及动物实验场所（动物实验区域）

该区域产生的放射性固体废物主要有动物尸体、使用后的注射器、一次性手套、吸水纸、口罩和可能受放射性污染的物品等。

对于可循环利用的物品，为了减少放射性废水的产生，尽可能不洗涤这部分物品，而是采取存放衰变的方式处理，由于该项目涉及操作的放射性核素均属于短半衰期核素，因此只要经过一定时间衰变后，非一次性的容器和试管又可再重复利用，从而大大减少液态放射性污染物的产生量。

场所产生的动物尸体，每天实验后将其装入塑料袋中，外贴日期标签，转入动物暂存室的冰箱内暂存。待其活度浓度低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871 2002)规定的清洁解控水平后，以普通医疗动物尸体进行无害化处理。

对于一次性物品，每天实验后将这些放射性固体废物收集转入塑料袋中，外贴日期标签，转入废物室的废物箱暂存。待其活度浓度低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的清洁解控水平后，以普通医疗固体废物处理。预

计这部分固体废物的产生量，每天约产生 100g，一年实验 250 天，每年产生 5kg 的固体废物。

③甲癌治疗场所及现有核素诊疗场所

以上场所产生的放射性固体废物主要有使用后的注射器、口服杯、一次性手套、吸水纸、口罩、放射性污染的物品等；场所内各房间均设置有产生的放射性固体废物。项目工作场所内设置了污物间，用于暂存核医学项目开展过程中产生的放射性固体废物；铅垃圾桶内放置塑料袋直接收纳废物，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，质量不超过 20kg；废物包装体外表面的污染物控制水平应满足： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

项目日常产生的被放射性废物污染的衣物，或其他用品的放射性废物收集在放射性废物桶内，并在所有废物铅桶的显著位置标明废物类型、核素种类、比活度和存放日期等，最终集中放置在各自场所的废物间中暂存至满足相应核素解控水平后，作为一般医疗固体废物处理；

核素诊疗场所每日下班后对各房间产生的放射性废物进行集中收集暂存，甲癌治疗场所每周对场所内各房间产生的放射性废物进行集中收集暂存，待衰变一定时间后进行检测，符合清洁解控水平，经审管部门确认或批准后，按医疗废物的管理要求委托有资质的公司收运进行无害化处理。

④放射性废物清洁解控水平推荐值及表面污染控制水平

根据《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，2018 年 1 月 1 日施行）以上项目涉及的放射性核素为极短寿命放射性废物，通过储存衰变，放射性核素活度浓度即可达到解控水平，实施解控。

参考《核医学工作场所辐射防护与安全要求》表 C 核医学放射性废物清洁解控水平推荐值：

解控水平（Bq/g）	放射性核素
1×10^4	^{14}C
1×10^3	^{32}P 、 ^{51}Cr 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{125}I 、 ^{133}Xe
1×10^2	^{15}O 、 ^{64}Sr 、 ^{90}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{124}I 、 ^{131}I 、 ^{153}Sm 、 ^{201}Tl 、 ^{208}Pb
1×10^1	^{18}F 、 ^{60}Co

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中 B2.2 要求“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，经审管部门或审管部门授权的部门确同意后，可当作普通物品使用”。

表 B11 工作场所的放射性表面污染控制水平

单位：Bq/cm³

表面类型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区 监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
1) 该区内的高污染子区除外				

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

在项目的建设过程中，需要对现有环境进行拆除及重新建设，需要考虑施工阶段的声环境、水环境和固体废弃物的影响。

11.1.1 施工期声环境影响分析

该评价项目施工期的噪声主要来自场地土建施工、相关设施的安装调试等阶段，但该评价项目的建设工程，影响期短暂，其在现有建筑物内部完成，对周围环境影响小，随施工结束而消除，因此，施工在合理安排施工时间，夜间禁止高噪声机械作业后，对周围的影响不大。

11.1.2 施工期水环境影响分析

本工程施工污水主要来自少量施工废水。施工废水主要包括砂石料加工水。施工废水含泥沙和悬浮物，直接排出会阻塞排水沟和对附近水体造成污染。对此，施工单位应对施工废水进行妥善处理，对施工废水进行澄清处理，清水外排，淤泥妥善堆放。

11.1.3 施工期固体废物影响分析

施工期间固体废物主要为建筑垃圾。施工过程中的建筑垃圾和生活垃圾必须集中处理，严禁随意堆放和倾倒。生活垃圾应置于医院内部垃圾收集箱内，定期由环卫工人送至附近的垃圾中转站。施工建筑垃圾委托有资质的渣土运输公司处置，运垃圾的专用车每次装完垃圾后，用苫布盖好，避免途中遗洒和运输过程中造成扬尘。可以使工程建设产生的垃圾处于可控制状态。

综上所述，本工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

11.2 核医学工作场所运行阶段对环境的影响

11.2.1 回旋加速器及动物实验场所防护屏蔽分析

(1) 回旋加速器辐射防护屏蔽

根据建设单位提供资料，本项目拟使用日本住友 HM-12SPC 型回旋加速器（最大能量为 12MeV，最大束流 100 μ A，加速粒子为负氢离子），为自屏蔽回旋加速器，该回旋加速器技术参数详见上文表 9.4-1。

①加速器机房外关注点的剂量率控制水平

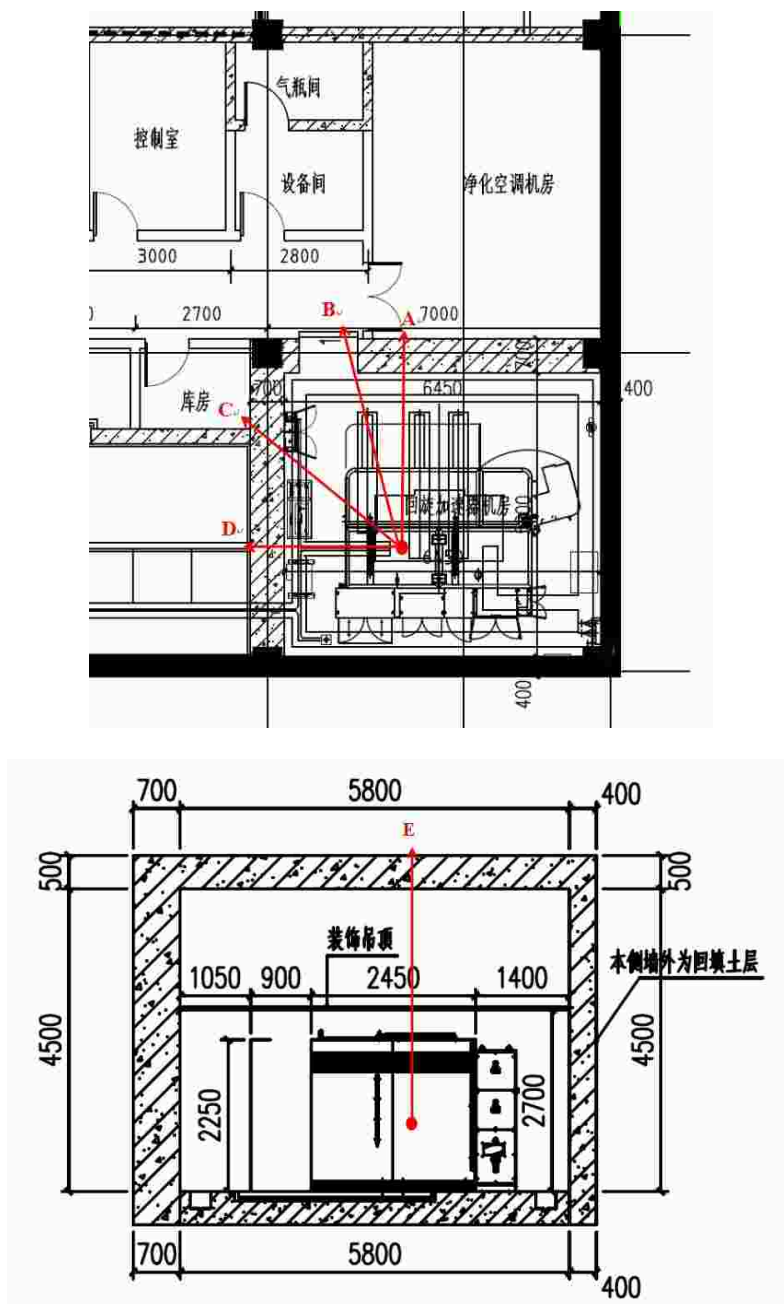


图 11.2-1 回旋加速器机房预测点位分布图

本项目直线加速器机房位于负一楼，机房建设位置南面、东面墙体外为回填土层，下方无地下层，因此，不对机房的地面、南面、东面进行屏蔽计算。

根据 HJ1188-2021 中 6.1.5 的要求，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于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，若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 $10\mu\text{Sv/h}$ ，并结合前面“表 10 辐射安全与防护”中对回旋加速器区域的辐射分区管理，确定本评价项目回旋加速器机房外（各预测目标点）辐射剂量率控制水平，具体见表 11.2-1。

表 11.2-1 回旋加速器机房周围预测点的辐射剂量率控制水平

关注点位	位置关系	环境性质	所属分区	控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
A	北面墙外	净化空调机房	监督区	≤ 10
B	北面大门外	走廊	监督区	≤ 2.5
C	西北面墙外	库房	监督区	≤ 2.5
D	西面墙外	热室房间	控制区	≤ 2.5
E	顶棚上方	中心制氧站	监督区	≤ 10

②加速器机房辐射屏蔽分析

本项目回旋加速器为自屏蔽回旋加速器，根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I，I.3 的关于自屏蔽回旋加速器机房的屏蔽估算方法，预测本回旋加速器正常运行时，机房外各关注点的辐射剂量率水平。

$$\dot{H}_R = \left(\frac{r_0}{R} \right)^2 \cdot \left(\dot{H}_n \times 10^{-x/\text{TVL}_n} + \dot{H}_\gamma \times 10^{-x/\text{TVL}_\gamma} \right) \quad (\text{公式 1})$$

式中：

$\dot{H}_R$ —回旋加速器室外关注点的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

r_0 —靶心到参考点的距离，m；

R—屏蔽墙外 30cm 关注点距靶心的距离，m；

$\dot{H}_n$ —参考点 处的中子剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

x—屏蔽墙厚度，cm；

TVL_n —中子射线的十分之一衰减层厚度，cm；

$\dot{H}_\gamma$ —参考点 处的 γ 射线剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

TVL_γ — γ 射线的十分之一衰减层厚度，cm；

参考点 r_0 处的 γ 剂量率和中子剂量率通过查设备厂家提供的泄漏辐射剂量等高线得出。

表 11.2-2 表面 1m 处的 γ 剂量率和中子剂量率分布情况

位置	剂量率分布 ($\mu\text{Sv/h}$)	
	中子	γ
前面	26.3	60.3
左面	41.6	105
后面	26.3	60.3
右面	160	19.9
顶面	50	104.5

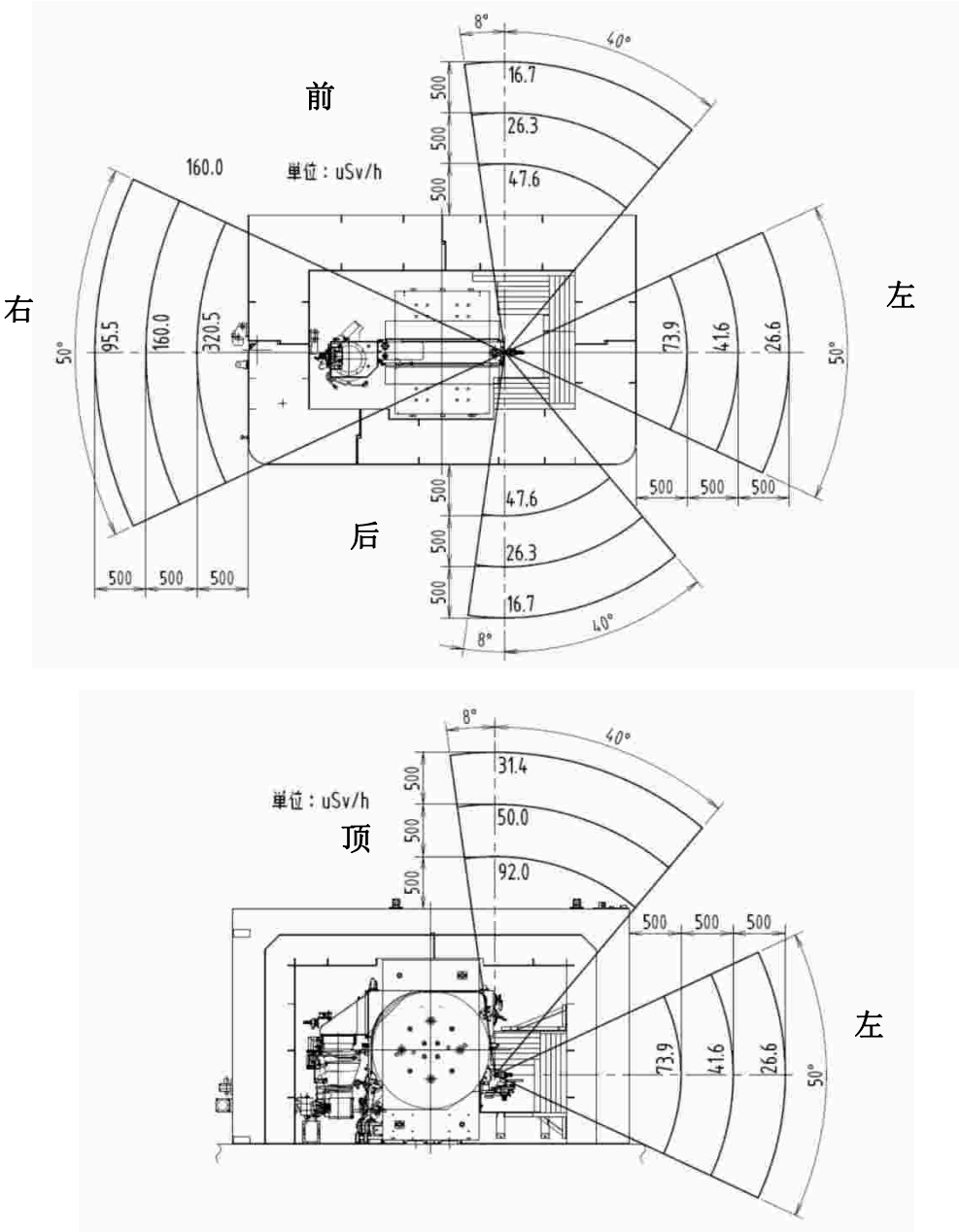


图 11.2-2 回旋加速器屏蔽体外中子泄漏辐射剂量分布图

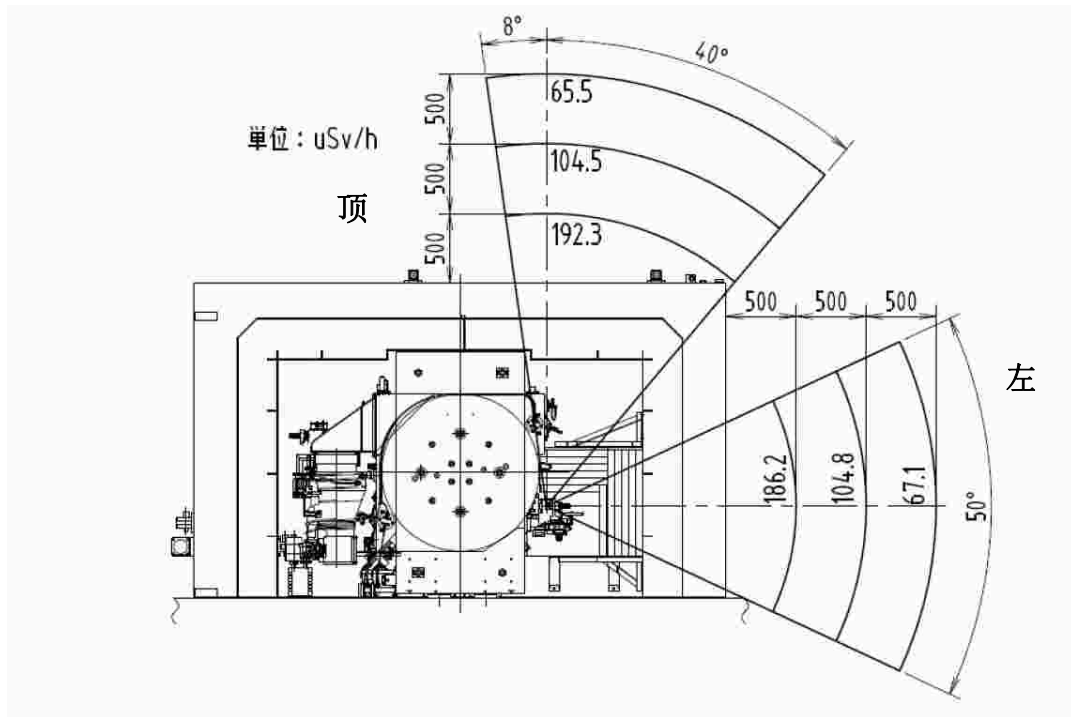
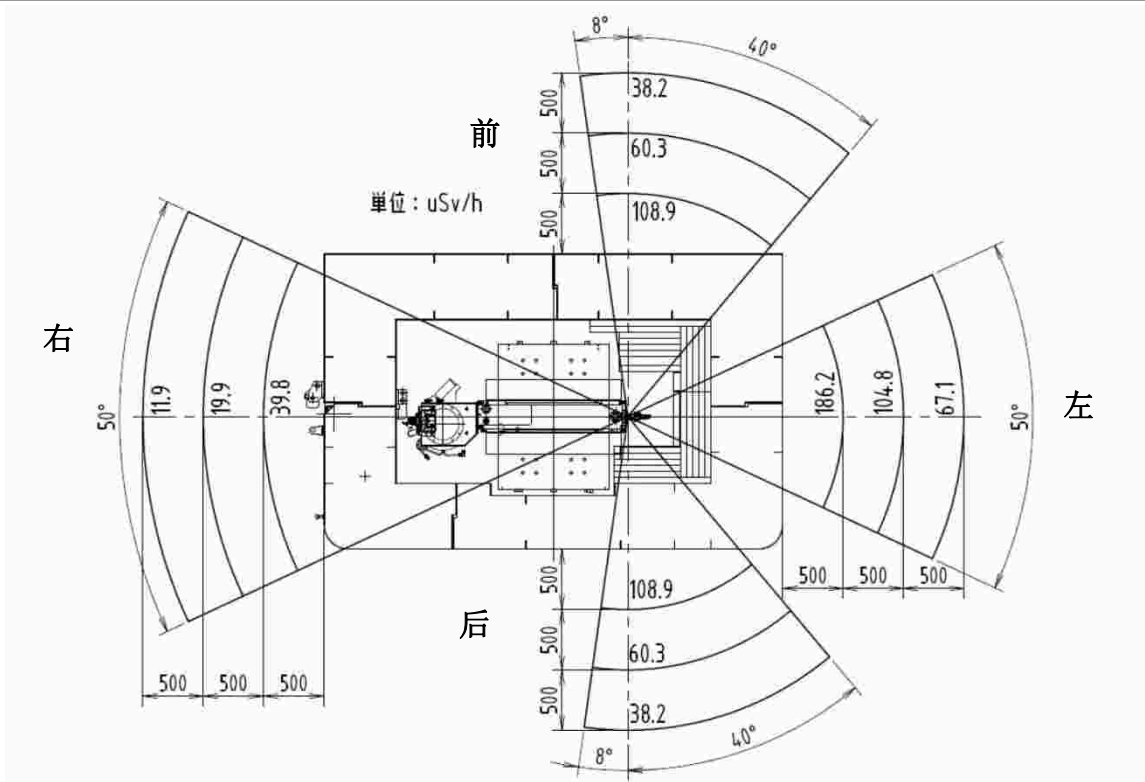


图 11.2-3 回旋加速器屏蔽体外 γ 射线泄漏辐射剂量分布图

使用公式 1 计算出各面屏蔽体屏蔽后, 关注点辐射剂量率水平, 不同材料屏蔽参数见表 11.2-3, 泄漏辐射在关注点估算结果见表 11.2-4。

表 11.2-3 回旋加速器泄漏辐射不同屏蔽材料 TVL 值

材料	密度	TVL _γ (cm)	TVL _n (cm)
混凝土	2.35	38	43
铅	11.3	5	47.8
聚乙烯	0.97	80	24
铁	7.85	10	37

表 11.2-4 各关注点剂量率预测结果

目标点位	r_0 (m)	R (m)	$\dot{H}_n$ (μGy/h)	$\dot{H}_\gamma$ (μGy/h)	X (cm)	$\dot{H}$ (μGy/h)
A 净化空调 机房	2.1	4.1	26.3	60.3	700mm 混凝土 墙体	0.39
B 防护门	2.1	4.4	26.3	60.3	15mmPb+200m mPE (聚乙烯)	0.27
C 库房	2.3	4.1	41.6	105	700mm 混凝土 墙体	0.78
D 热室房间	2.3	3.5	41.6	105	700mm 混凝土 墙体	1.08
E 顶棚	2.3	4.6	50	104.5	700mm 混凝土 顶棚	0.67

根据以上计算结果可知,机房外各关注点的辐射剂量率预测结果均能满足本评价报告确定的加速器机房关注点的剂量率参考控制水平。

(2) 热室房间及小动物实验区域辐射防护屏蔽

对于放射性药物合成、分装,放射性药物注射扫描的射线屏蔽。合成热室、科研室主要考虑放射性药物产生的γ射线的影响,对于小动物 PET 室除了γ射线,还需要考虑 CT 机的 X 射线外照射。

放射性核素从加速器生成后,由系统控制自动传送到热室房间的热室中,并在热室中由系统控制自动完成一系列的合成操作后,自动分装到相应注射器或容器中。动物实验区域辐射工作人员在科研室对小动物实施放射性核素注射,这个过程主要是放射性核素发射的γ射线引起的辐射照射,当小动物被注射了放射性核素后,小动物又称为了一个辐射体。

热室房间以加速器每次生产某种放射性核素的最大量进行辐射屏蔽计算,将放射性核素当作一个整体的辐射源进行考虑;动物实验区域将注射后的小动物当作一个整体的辐射源进行考虑,本项目采用按照点源模式进行估算,参考《放射防护实用手册》(赵兰才,张丹枫主编)给出的计算公式计算经屏蔽材料屏蔽后,评价关注点的γ辐

射剂量率。

$$H_R = A \times f \times R^{-2} \times 10^{-X/TVL} \quad (\text{公式 2})$$

H_R —经屏蔽材料屏蔽后，关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A —药物的放射性活度， MBq ；

f —剂量率常数， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{MBq}^{-1}$ ；

R —关注点到辐射源的距离， m ；

X —拟采用的屏蔽厚度， cm

TVL — γ 射线在相应屏蔽材料中的值层， cm

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）提供的各种放射性核素数据，见表 11.2-5，可初步识别出辐射影响最大的核素。

表 11.2-5 放射性核素的相关技术参数

项目	放射性药物 核素种类	日实际最大 操作量（Bq）	周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq} \cdot \text{h}$	半衰期
合成热室 （生产）	^{18}F	3.70×10^{10}	0.143	109.8min
	^{11}C	1.38×10^{11}	0.148	20.39min
	^{13}N	9.29×10^9	0.148	10.0min
动物实验 区域 （使用）	^{18}F	1.18×10^8	0.143	109.8min
	^{11}C	1.18×10^9	0.148	20.39min
	^{13}N	2.10×10^9	0.148	10.0min
	^{68}Ga	4.95×10^7	0.134	68.3min
	^{64}Cu	5.13×10^7	0.029	12.7h

由上表可见，上述热室房间、动物实验区域所操作使用的放射性核素中， ^{18}F 和 ^{11}C 核素的生产、合成、分装量、小动物使用量较大，日实际操作量较大，其中 ^{11}C 的日实际操作量较大，周围剂量当量率常数较高，因此，上述场所按照 ^{11}C 进行辐射屏蔽分析。

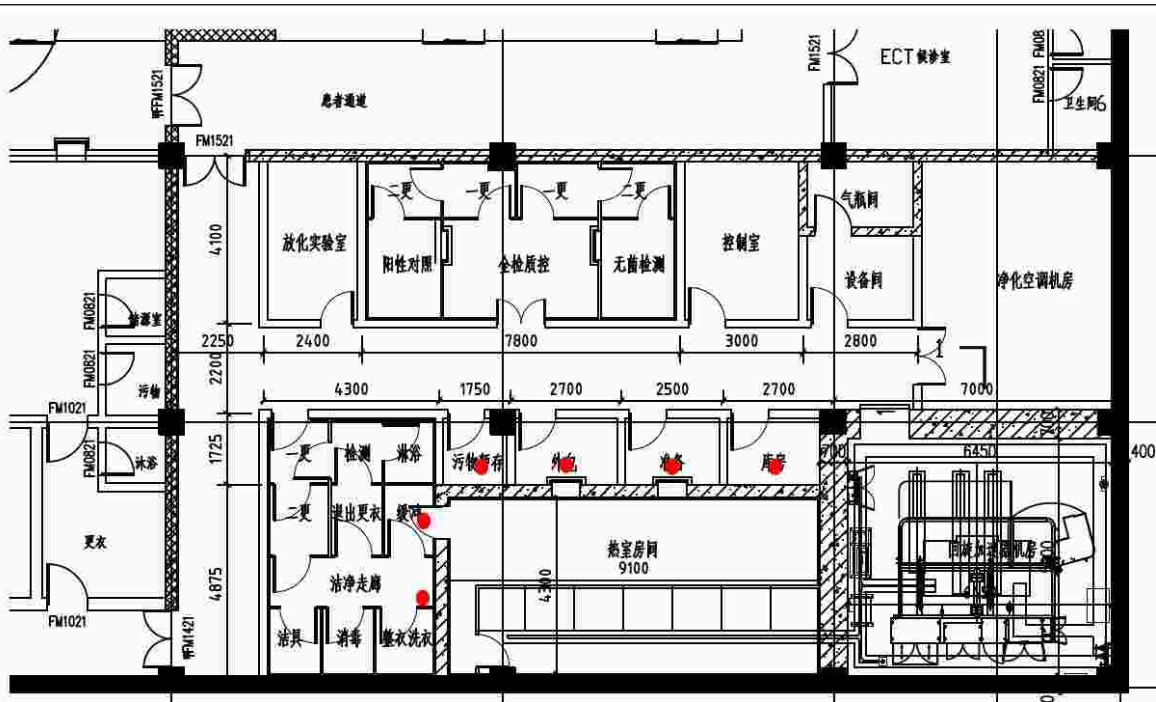


图 11.2-4 热室房间各关注点位布点图

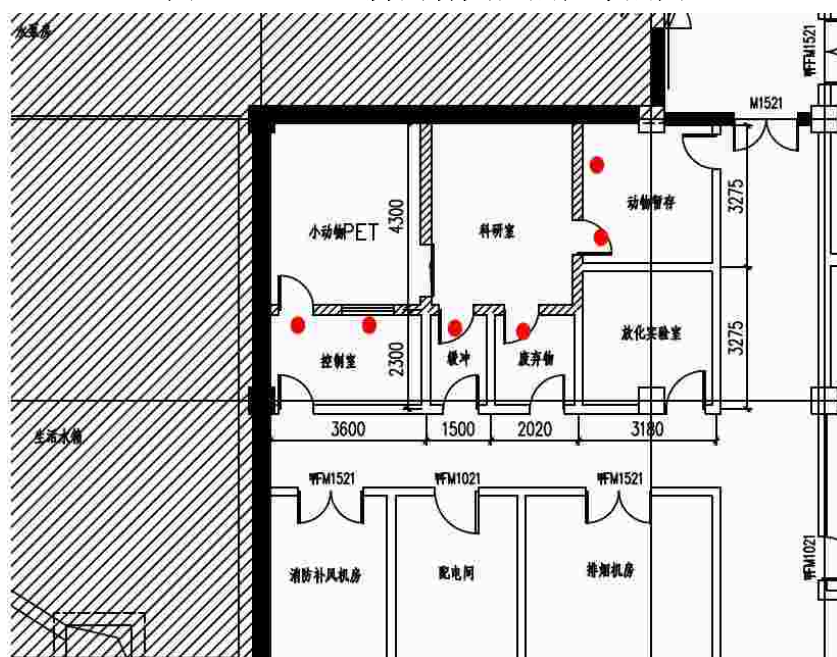


图 11.2-5 小动物实验室各关注点位布点图

①热室房间

回旋加速器制备成后自动传输至合成热室,合成热室、分装热室自带铅屏蔽系统,合成热室采用正面 70mmPb,侧面采用 60mmPb,分装热室采用正面 60mmPb,侧面 50mmPb 的屏蔽,进行分装时,分装热室内放置有铅罐(40mmPb),项目 ^{11}C 最大日生产量为: $1.38 \times 10^{11}\text{Bq}$,热室内以该量进行辐射屏蔽核算。计算结果详见表:。

表 11.2-6 使用 ^{11}C 核素进行辐射屏蔽计算时的 TVL 参数取值

核素	TVL		
	铅 ($11.3\text{g}/\text{cm}^3$)	砖 ($1.65\text{g}/\text{cm}^3$)	混凝土 ($2.35\text{g}/\text{cm}^3$)
^{11}C	16.6	263	176

表 11.2-7 合成热室及场所辐射屏蔽计算参数及计算结果

项目	关注点	屏蔽措施厚度 X (cm)	估算源强 (MBq)	关注点到源的距离 R (m)	估算结果 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
合成热室	正面	75mmPb	138000	0.50	2.48
	侧面	60mmPb	138000	0.50	19.85
分装热室	正面	60mmPb+40mmPb 铅罐	138000	0.50	0.08
	侧面	50mmPb+40mmPb 铅罐	138000	0.50	0.31
热室房间	北墙外 30cm	60mmPb+300mm 混凝土	138000	2.7	1.34×10^{-2}
	西墙外 30cm	60mmPb+300mm 混凝土	138000	1.3	0.23
	门外 30cm	60mmPb+5mmPb	138000	1.6	0.97
	顶棚外 30cm	50mmPb+300mm 混凝土	138000	4.7	1.78×10^{-2}
	传递窗外 30cm	50mmPb+5mmPb	138000	3	0.28
运送铅罐		40mmPb	54300	0.5	125.17

由表 11.2-7 可知, 在正常工作状态下, 表中预测的辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处关注点的 γ 辐射剂量率水平约为: $1.34\times 10^{-2}\sim 2.48\mu\text{Sv}/\text{h}$, 合成热室、分装热室非正对人员操作位表面 γ 辐射剂量率水平最大为 $19.85\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。能够满足《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 》提出的, 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的相关要求, 核医学场所房间防护门、观察窗和墙壁等屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的相关要求, 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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的相关要求。

②动物实验区域

动物实验区域, 辐射工作人员每次实验的核素最大使用量为 $7.4\times 10^6\text{Bq}$, 日实际最大操作量较为接近, 实验区域使用的核素中, ^{11}C 、 ^{13}N 的周围剂量当量率常数 $0.148\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}\cdot\text{h}$ 高于其他核素, 因此, 本次以 ^{11}C 、 ^{13}N 的使用量及其参数进行预测计算。

表 11.2-8 动物实验区域辐射剂量率预测结果

项目	关注点	屏蔽措施厚度 X (cm)	估算源强 (MBq)	关注点到辐射源 的距离 R (m)	估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
注射		4mmPb+0.5mmPb	3.7	0.5	1.173
摆位		0.5mmPb	3.7	0.5	2.044
小动物 PET 机房	墙外 30cm	240mm 实心砖墙	3.7	2.36	0.012
	门外 30cm	3mmPb		2.3	0.068
	上一层	120mm 混凝土		3.8	0.008
	观察窗	3mmPb		2.7	0.050
科研室	墙体	240mm 实心砖墙		2.17	0.014
	门外	3mmPb		2.3	0.068
	上一层	120mm 混凝土		3.8	0.008

由表 11.2-8 可知, 在正常工作状态下, 表中预测的辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处关注点的 γ 辐射剂量率水平约为: 0.008~0.068 $\mu\text{Sv/h}$ 。能够满足《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 在核医学控制区外人员可达处, 距屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求, 满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中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 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的相关要求。

11.2.2 核素治疗场所辐射防护屏蔽分析

(1) 甲癌治疗区域

对于核素治疗场所甲癌治疗区域的射线屏蔽。核素操作区(给药室、服药区)、病房、走廊主要考虑放射性药物产生的 γ 射线的影响。

辐射工作人员在放射性药物操作区进行相关放射性药物的分装和给病人用药, 这个过程主要是放射性核素发射的 γ 射线引起的辐射照射。当病人服用了放射性药物之后, 病人又成为一个活动的辐射体, 其所在的工作场所则要考虑来自病人身体的射线辐射。

将服用后的受诊病人身体当作一个整体的辐射源进行考虑, 参照前面对放射性工作场所的 γ 射线屏蔽计算公式 2, 计算经屏蔽材料屏蔽后, 评价关注点的 γ 辐射剂量率。本次评价主要关注场所屏蔽体外的辐射剂量率及其对人员的影响, 甲癌治疗区域关注点详见图 11.2-6。

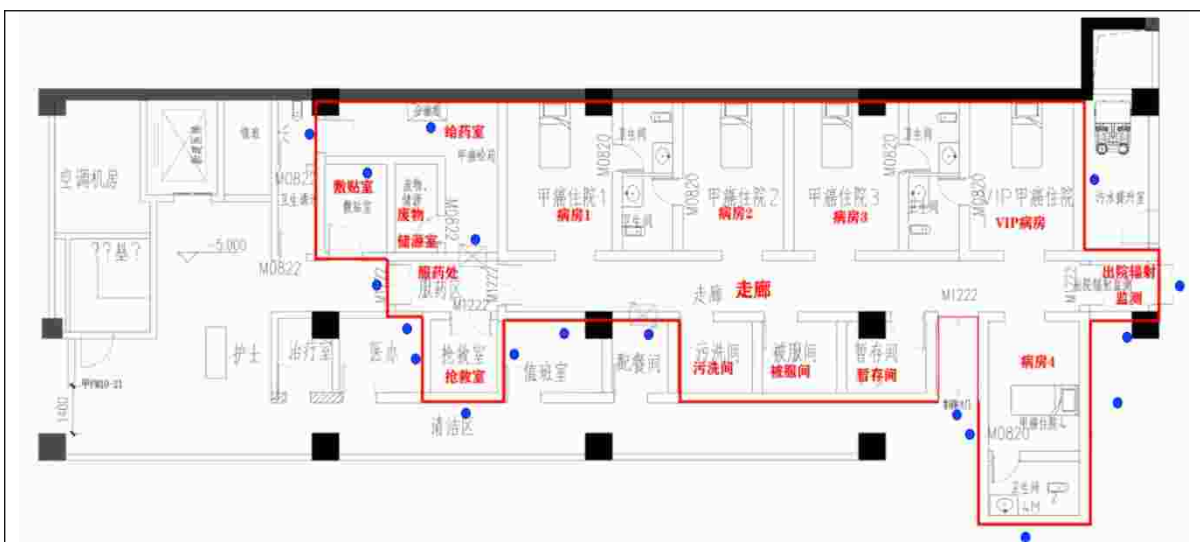


图 11.2-6 甲癌治疗区域关注点位图

相关计算参数详见表 11.2-9，计算结果详见表 11.2-10。

表 11.2-9 使用 ^{131}I 放射性药物工作场所辐射屏蔽计算参数

核素	TVL			周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}\cdot\text{h}$	单人服用量 (MBq/次)	每周诊疗人数 (人)
	铅 (mm)	砖 (mm)	混凝土 (mm)			
^{131}I	11	240	170	0.0595	7400	5

表 11.2-10 甲癌治疗区域辐射剂量率预测结果

项目	关注点	屏蔽措施厚度 X (cm)	估算源强 (MBq)	关注点到 辐射源的 距离 R(m)	估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
自动分装柜		40	37000 (^{131}I 分装柜)	0.5	2.03
服药窗		40	7400 (一人服用 ^{131}I 药物)	0.5	0.4
给药室	墙体	40mmPb+120mm 实心砖墙 +8mmPb+120mm 实心砖墙	37000 (^{131}I 分装柜)	1.73	3.19×10^{-3}
	门外 (冲淋)	40mmPb+10mmPb		2.98	7.05×10^{-3}
	上一层 (康复科大厅)	40mmPb+200mm 混凝土 +6mmPb		3.8	6.68×10^{-4}
	下一层 (问诊室)	40mmPb+120mm 混凝土 +8mmPb		4.8	8.14×10^{-4}
服药区	南面墙体 (医生办公室)	120mm 实心砖+12mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖	7400 (一人服用 ^{131}I 药物)	1.29	2.15
	门外 (大门)	22mmPb		2.8	0.56

	上一层 (康复科大厅)	200mm 混凝土+8mmPb 防 护涂料		3.8	0.38
	下一层 (阅片室)	120mm 混凝土+10mmPb 防 护涂料		4.8	0.46
抢救室	东面墙体 (医生办公室)	120mm 实心砖+10mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		1.53	2.33
	西面墙体 (值班室)	120mm 实心砖+10mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		1.53	2.33
	南面墙体 (清洁走廊)	120mm 实心砖+10mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		1.62	2.06
	上一层 (康复科)	200mm 混凝土+8mmPb 防 护涂料		3.8	1.34
	下一层 (阅片室)	120mm 混凝土+10mmPb 防 护涂料		4.8	2.01
走廊	南墙体 (值班室、配餐 室)	120mm 实心砖+12mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		1.29	2.15
	门外 (清洁走廊)	12mmPb		3.5	1.94
	上一层 (康复科走廊)	200mm 混凝土+8mmPb 防 护涂料		3.8	0.38
	下一层 (医办及会议室)	120mm 混凝土+10mmPb 防 护涂料		4.8	0.46
	窗(传递窗)	40mmPb		0.5	0.41
病房 1、 2、 3、 VI P	墙外	120mm 实心砖+8mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		2.15	1.78
	上一层 (康复科厕所)	200mm 混凝土+6mmPb 防 护涂料		3.8	0.58
	下一层 (问诊室、 主任办公室)	120mm 混凝土+21mmPb 防 护涂料		4.8	0.05
病房 4	东面墙体 (场所外走廊)	120mm 实心砖+12mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		1.95	0.94
	西面墙体 (清洁走廊)	120mm 实心砖+12mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		1.95	0.94
	北面墙体	120mm 实心砖+12mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		2.51	0.56
	南面墙体 (清洁走廊)	120mm 实心砖+12mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖		2.51	0.56
	上一层 (消防控制中心)	200mm 混凝土+18mmPb 防		3.8	0.05

出院 辐射 监测		护涂料			
	下一层 (医办)	120mm 混凝土+8mmPb 防 护涂料		4.8	0.70
	南墙体	240mm 实心砖墙+4mmPb 防护涂料	400 (出院活 度)	1.15	1.57
	大门	防护门: 10mmPb		1.3	1.74

由表 11.2-10 可知,在正常工作状态下,表中预测的辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处关注点的 γ 辐射剂量率水平约为: $6.68 \times 10^{-4} \sim 2.33 \mu\text{Sv/h}$ 。能够满足《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 》提出的,放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的相关要求,核医学场所房间防护门、观察窗和墙壁等屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的相关要求。

11.2.3 核素增量后现有核素诊疗场所辐射防护屏蔽分析

本项目拟在现有的核素诊疗场所内增加使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 三种放射性核素,场所内现有 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{131}I 共六种放射性核素。

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)提供的各种放射性核素数据,见表 11.2-11。

表 11.2-11 放射性核素的相关技术参数

项目	放射性药物核 素种类	单人最大注 射量 (Bq)	周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq} \cdot \text{h}$	半衰期	日诊疗最 大人数
核素诊疗 场所 (现 有)	^{18}F	3.70×10^8	0.143	109.8min	25
	^{68}Ga	1.75×10^8	0.134	68.3min	5
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.11×10^9	0.0303	6.02h	30
	^{89}Sr	1.48×10^8	/	50.53d	5
	^{223}Ra	3.70×10^8	/	11.44d	10
	^{131}I 显像	3.70×10^5	0.0595	89.02d	10
	^{131}I 甲亢治疗	1.48×10^8	0.0595	89.02d	2
新增核素	^{131}I 吸碘率测定	6.60×10^6	0.0595	89.02d	1
	^{11}C	3.70×10^8	0.148	20.39min	9
	^{13}N	3.70×10^8	0.148	10.0min	3
	^{64}Cu	1.85×10^8	0.029	12.7h	5

由上表可见,原场所 ^{18}F 核素的使用人数较多,半衰期较长,使用量较大。核素诊疗场所增加使用核素后,操作使用的放射性核素中,PET 项目中 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{18}F 三

种核素的单人最大注射量一致，其周围剂量当量率常数较为接近。

现有核素诊疗场所于 2021 年 7 月取得广东省生态环境厅批复，且于 2022 年 4 月通过竣工环境保护验收，根据建设单位提供竣工环境保护验收资料可知，该场所辐射屏蔽实际情况与其环评阶段设计情况一致，场所辐射屏蔽设计情况详见上文表 10.1-4，场所已开展场所验收检测（以 ^{18}F 源作为检测源）；因此，本次引用该场所辐射工作场所的验收检测数据，作为本次核素诊疗场所增项后的的预测结果。

验收检测结果：其控制区周围剂量当量率水平为 $0.16\sim 6.34\ \mu\text{Sv/h}$ ，其中控制区最大值检测点位于病人通道防护门处，监督区周围剂量当量率水平为 $0.16\sim 2.28\ \mu\text{Sv/h}$ ，其中控制区最大值检测点位于留观室防护墙处。

以上预测结果，能够满足本次评价中要求的，《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的相关要求。

11.2.4 个人剂量分析

①辐射工作人员受照剂量估算

根据建设单位提供的资料可知，回旋加速器为控制室内远程操作，药物制备过程中，人员在控制室内进行远程操作，不进入加速器机房。药物生产后自动转入合成热室，辐射工作人员于热室房间内的控制系统上进行控制，各热室根据系统预设的合成参数自动进行药物合成，合成过程无需人工干预，药物合成时间约为 1h/d ，年工作 250 天，则药物合成操作年用时约为 250h 。药物合成完毕后，自动转入分装热室中专用的铅防护罐中，工作人员根据各场所使用量于控制系统上设置分装量，分装热室根据预设参数进行药物分装，药物分装时间约为 2min/每次 （每天约 4 次），年工作 250 天，则药物分装操作年用时约为 166.67h ，以上药物合成和分装操作全年由 2 人轮流操作完成。

分装后的药物由辐射工作人员利用运输推车送至相邻的核素诊断场所分装室内，由该场所根据患者实际需求进行药物分装，由于场所相邻运送距离较短，药物运送时间约为 10min/天 。

小动物实验中使用的药物由分装热室分装后运送至实验场所注射使用，工作人员

每注射一只小鼠用时约 30s/只，摆位时间约 1min/只，扫描检查约 15min/只，工作人员在进行相关放射性药物操作的整个过程中均穿戴 0.5mmPb 的个人防护用品。

甲癌治疗所用的 ^{131}I 药物拟按预约患者数量进行药物订购，药物根据预约量、预约时间送至场所给药室自动分装柜内按人员服用药物量进行自动分装，工作人员通过视频、语音系统指导患者在隔壁的服药室服药，每次指导服药用时约 2min。

表 11.2-12 拟建场所辐射工作人员个人剂量估算

关注场所	人员	操作类型	操作人数	剂量率 (μSv/h)	年工作时间 h	个人年有效剂量 (mSv)	合计 (mSv)
药物制备场所	工作人员	药物合成	2 人	2.48	250	0.30	3.17
		药物分装		0.08	33.33	1.29×10^{-3}	
		药物运送		125.17	41.67	2.61	
小动物实验室	工作人员	注射		1.173	75	0.044	
		摆位		2.044	150	0.153	
		扫描检查		0.05	2250	0.056	
甲癌场所工作人员		药物指导服药	3 人	0.41	8.33	1.14×10^{-3}	1.14×10^{-3}

根据理论推算得出辐射工作人员在相应的辐射屏蔽设施防护后，评价项目的工作人员完成一年内工作任务后，其个人可能受照的年有效剂量分别为：药物制备及动物实验场所辐射工作人员：个人年有效剂量率约为 3.17mSv/a 。甲癌场所工作人员个人年有效剂量率约为 $1.14 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ 。

根据现有核素诊断场所环评预测结论可知，场所操作 PET 项目的护士（分装、注射）其个人年有效剂量率约为 1.09mSv/a ，PET 摆位及操作人员个人年有效剂量率约 1.37mSv/a ；本项目为现有核素诊断场所为增加使用核素种类，增加核素后场所辐射工作人员工作量将有所增加，因此，本次对增加核素对辐射工作人员的影响进行预测分析，结果详见下表。

表 11.2-13 现有核素诊疗场所增量后辐射工作人员受照剂量率预测结果

项目	关注点	屏蔽措施厚度 X (cm)	估算源强 (MBq)	关注点到辐射源的距离 R (m)	估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
分装柜	正面	50mmPb +40mmPb 铅罐	^{11}C 药物 54300	0.50	0.12
PET 注射位	20mmPb+15mmPb 注射器防护套 +0.5mmPb 个人防护用品		^{11}C 单人 注射 370	0.50	1.59

PET/MR 检查室	操作人员位	窗：10mmPb		4.36	0.72
	辅助摆位	0.5mmPb 铅衣		0.50	2.04×10^2
PET/CT 检查室	操作人员位	窗：10mmPb		4.67	0.63
	辅助摆位	0.5mmPb 铅衣		0.50	2.04×10^2

辐射工作人员在 50mmPb 的分装柜进行放射性核素分装操作，并在对应的注射窗对不同患者进行放射性核素注射操作，每注射一名患者用时约 1min，患者接受放射性核素注射后在候诊室休息，然后进入扫描室，并在摆位技师的辅助下摆位后进行扫描检查，这一过程摆位技师与受检患者的平均直线距离约为 0.5m，摆位时间约 1 分钟；摆位技师在接触受检者的整个过程中均穿戴 0.5mmPb 的个人防护用品。

实际中需要摆位人员进入机房辅助进行摆位的人数较少，绝大部分时间为使用传呼系统辅助病人进行摆位，在患者为腿脚不便或年纪较大不便自行摆位等情况时，摆位人员会进入机房辅助其进行摆位，因此在估算摆位人员受照的个人有效剂量时，摆位人员的年工作量取年最大工作量的 1/5 进行计算。

根据表 11.2-13 中预测出的药物分装柜表面 30cm 处的 γ 辐射剂量率水平最大值；注射位/人员在进行注射/给药时使用注射器防护套，并穿戴齐全防护用品时的 γ 辐射剂量率，以及摆位人员穿戴齐全防护用品为受检者/患者进行摆位时的 γ 辐射剂量率，将以上预测值作为分装注射人员和摆位人员的受照剂量率进行个人有效剂量估算。

表 11.2-14 现有核素诊疗场所增量后辐射工作人员个人剂量估算

操作	年工作时间 (h)	屏蔽后关注点的辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	个人年有效剂量率 (mSv/a)	合计 (mSv/a)
分装	每天分装 17 次，每次约 1min，一年工作 250 天，约 70.8h	0.12	4.31×10^{-3}	0.06
注射	每天最多注射 17 次，每次约 1min，一年工作 250 天，约 70.8h	1.59	5.64×10^{-3}	
摆位及操作人员	每天最多摆位 17 人，每次约 1min，一年工作 250 天，约 70.8h	204.36	1.45	2.16
	PET/CT 操作人员，预计每天新增操作设备 17 人次，每次约 15min，一年工作 250 天，1062.5h	0.63	0.38	
	PET/MR 操作人员，预计每天新增操作设备 17 人次，每次约 50min，一年工作 250 天，1062.5h	0.72	0.33	

根据 11.2.14 预测，叠加原场所辐射工作人员的预测剂量率分析，现有核素诊断

场所增加核素后，场所操作 PET 项目的护士（分装、注射）其个人年有效剂量率约为 1.15mSv/a，PET 摆位及操作人员个人年有效剂量率约 3.53mSv/a；因此，项目增加核素后其工作人员的年有效剂量仍能满足低于评价项目提出的剂量约束值 5mSv/a 的要求。

②拟建区域周围公众受照剂量及关注点处辐射剂量率预测结果

评价项目相邻工作场所中人员活动相对比较固定的主要包括工作场所墙外工作区域门口走廊、工作区域对应上一层位置。根据表 11.2-4、表 11.2-7、表 11.2-8、表 11.2-10 中理论计算预测出关注点处工作场所的辐射剂量率最大值，并考虑相应的居留因子，估算工作场所外公众因本项目所致的个人年有效剂量。

药物制备及动物实验场所四周相邻房间均为配套功能房间，仅辐射工作人员可进入，场所顶部为高压配电房、中心制氧站基础设备间，仅维修人员可进入，居留因子取 1/16。

核素治疗场所位于负一楼，不处于人员密集区域，其屏蔽体外公众居留因子取 1/16。场所病房 1~VIP 房间楼上为康复科的厕所及清洁工具室，楼下为核医学科问诊室及主任办公室，因此，楼上居留因子取 1/16，楼下居留因子取 1。甲癌场所病房 4 楼上为消防控制中心，因此，居留因子取 1。

结合本项目工作场所防护设计可知，各房间与各环境保护目标之间的防护及辐射剂量率预测值情况如表 11.2-15。

表 11.2-15 项目建设区域与四周关注点的辐射剂量率预测结果

关注点	辐射场所最邻近房间	拟采用的屏蔽厚度 X (cm)	关注点到辐射源的距离 R(m)	估算结果 (μSv/h)
药物制备及动物实验场所（负二楼）				
5 号楼	小动物实验 PET 机房	240mm 实心砖墙	31.6	6.94×10^{-5}
医院宿舍住宅区	小动物实验 PET 机房	防护门：5mmPb	37	2.00×10^{-4}
医学工程部	热室房间	50mmPb 分装柜+40mmPb 铅罐+300mm 混凝土墙体	34	1.32×10^{-6}
军区医院食堂（一楼）	回旋加速器机房北	700mm 混凝土墙体	44.1	3.37×10^{-3}
8 号楼	回旋加速器机房北	700mm 混凝土墙体	52.1	2.42×10^{-3}
核素治疗场所（负一楼）				

康复科 (走廊、卫生间、 工具间等)	治疗病房 1~VIP	200mm 混凝土+6mmPb 防 护涂料	3.8	0.58
问诊室、主任办 公室	治疗病房 1~VIP	120mm 混凝土+21mmPb 防护涂料	4.8	0.05
消防控制中心	治疗病房 4	200mm 混凝土+18mmPb 防护涂料	3.8	0.05
5 号楼	甲癌给药室	40mmPb+10mmPb	2.98+35	4.35×10^{-5}
2 号楼	治疗病房 1	120mm 实心砖+8mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖	2.15+30m	7.98×10^{-3}
8 号楼	VIP 室	120mm 实心砖+8mmPb 防 护涂料+120mm 实心砖	2.15+26	1.04×10^{-2}
军区医院食堂 (一楼)	VIP 室		2.15+24	1.21×10^{-2}

本项目药物制备及小动物工作场所，回旋加速器机房每天制药时间为 1h，年工作 250 天，热室房间中药物合成每天 1h，药物分装每天 40min，年工作 250 天；动物实验区域每天工作以每天工作约 8 小时，年工作天数按 250 天。

甲癌区域一周接收治疗病人量为 5 人次，一周住院时间 4 天，一周服药一次，服药时间约为 2min/人，病房外人员每天工作约 8 小时，年工作时间 250 天，则服药区域年工作时间约为 8.3h，病房内患者对周围人员的年影响时间约为 1600h，预计患者每日经过走廊至配餐传递窗口取餐等时间为每人每天 5min，则患者在走廊处对周围人员的年影响时间约为 83.3h；甲癌区域抢救室一般不使用，只有在患者出现不良反应等情况下才会使用，一般使用时间较少，因此，按全年使用时间 10h 进行预测估算，预计患者在出院辐射监测区域进行监测时间约为每人每周 10min，则预计每年患者在出院辐射监测区域停留时间约为 41.7h。

表 11.2-16 本项目建设区域周围关注点处个人年有效剂量率估算结果

关注对象及所在位置	辐射剂量率预 测值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作 时间 (h)	居留 因子	年累积有效 剂量 (mSv/a)
药物制备及动物实验场所（负二楼）				
工作区域对应上一层位置	0.67	2000	1/16	8.38×10^{-2}
5 号楼	6.94×10^{-5}	2000	1	1.39×10^{-4}
医院宿舍住宅区	2.00×10^{-4}	2000	1	4.00×10^{-4}
医学工程部	1.32×10^{-6}	416.67	1	5.50×10^{-7}
军区医院食堂（一楼）	3.37×10^{-3}	2000	1	6.74×10^{-3}
8 号楼	2.42×10^{-3}	2000	1	4.84×10^{-3}
核素治疗场所（负一楼）				
辐射区域入口	0.56	8.3	1/16	2.91×10^{-4}

辐射区域出口	1.74	41.7	1/16	4.52×10^{-3}
走廊消防通道口	1.94	83.3	1/16	0.01
抢救室东、西墙外（医生办公室、值班室）	2.33	10	1	2.33×10^{-2}
甲癌场所病房 1~VIP 房间楼上康复科 （走廊、卫生间、工具间等）	0.58	1600	1/16	0.06
甲癌场所治疗病房 1~VIP 楼下 （问诊室、主任办公室）	0.05	1600	1	0.07
甲癌场所病房 4 楼上（消防控制中心）	0.05	1600	1	0.08
甲癌场所病房 4 四周走廊	0.94	1600	1/16	0.09
5 号楼	4.35×10^{-5}	8.3	1	3.16×10^{-7}
2 号楼	7.98×10^{-3}	1600	1	1.28×10^{-2}
8 号楼	1.04×10^{-2}	1600	1	1.67×10^{-2}
军区医院食堂（一楼）	1.21×10^{-2}	1600	1	1.93×10^{-2}

根据表 11.2.16 理论估算结果，项目工作场所周边关注点位置所预测的年累计有效剂量，能够满足本项目设立的公众剂量约束值（0.1mSv/a）的要求。

11.2.2 放射性废物分析

本次项目建设完成后，工作场所在运行过程中，可能产生的放射性污染物主要包括气态放射性污染物、液态放射性污染物和放射性固体废物。污染物中主要含有放射性核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{131}I ，半衰期最长为 8.04d（小于 60 天），根据《广东省放射性废物管理办法》（粤府令第 65 号 2001 年）对放射性废物的分类，该项目场所的放射性废物均属于短半衰期废物。

（1）液态放射性污染物

本评价项目中所配套使用的衰变池均布设于 9 号楼东侧院内道路下方，共 3 个衰变池，核素治疗场所配套设置了 1 个衰变池（162m³，新建），现在有核素诊断场所配套 1 个衰变池（15m³，现有），药物制备及动物实验场所配套设置了 1 个衰变池（6m³，新建），用于收集处理各场所产生的放射性废液，衰变池为埋地式，六面采用钢筋混凝土浇筑，四周均做了防水、防渗漏设计，均设置有取样口、检修口排水管道采用埋地敷设，进一步减少放射性废水对环境的外照射影响。衰变池上方使用混凝土井盖，无特殊工具无法开启，有效防止无关人员靠近，且衰变池远离办公、公众聚集场所。

①核素治疗场所液态放射性污染物分析：

甲癌治疗区域患者每人每天用水量按建设单位的控制水量 0.2m³ 计算，每周最多收治 5 名患者，每名患者住院时间 4 天，则每周废水产生量为 4m³，甲癌治疗服

药每周只有 1 天送药至给药室，场所内清洗每周去污清洗 1 次，该场所工作人员进出给药室产生的清洁废水及场所每周的清洗废水约为 $0.15\text{m}^3/\text{周}$ 。甲癌治疗区域每周共产生废水约 4.15m^3 。衰变池采用 3 级并联式的设计方式，由 3 个分池并联组成，3 个小池有效容积均约为 54m^3 ，总有效容积约为 162m^3 。衰变池注满时间考虑 1 周内有一天无废水注入情况，则注满一个分池所需要的时间约为 91.1 天，根据 4 个衰变池的循环使用方式，则项目的衰变池的第一分池从注满关闭到打开排空，历时约 182.2 天。

为进一步预测衰变池的排放浓度，本项目投入使用后排入衰变池的主要放射性核素为 ^{131}I 。查表《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B3 可知，①工作人员吸入 ^{131}I 吸入的 $e(g)_{1\mu\text{m}}$ 为 $7.6\times 10^{-9}\text{Sv/Bq}$ ，吸入的 $e(g)_{5\mu\text{m}}$ 为 $1.1\times 10^{-8}\text{Sv/Bq}$ ，食入的 $e(g)$ 为 $2.2\times 10^{-8}\text{Sv/Bq}$ 。取工作人员吸入或食入的待积有效剂量的最大值计算 ALI_{min} 。

因此， ^{131}I ： $\text{ALI}_{\text{min}}=20\text{mSv}/(2.2\times 10^{-8}\text{Sv/Bq})=9.09\times 10^5\text{Bq}$

所以，衰变池排出的含放射性核素废水的排放要求：每月排放 ^{131}I 的总活度不超过 $9.09\times 10^6\text{Bq}$ ，每一次排放的活度不超过 $9.09\times 10^5\text{Bq}$ 。

根据每周 5 位患者，可估算出注满一个分池时（91.1 天内）共收患者数量为 65 人，在不考虑这段时间的衰变时，则排入池中的放射性核素的总放射性活度为：

$$^{131}\text{I}: 7.40\times 10^9\text{Bq}\times 65=4.81\times 10^{11}\text{Bq}$$

该池封闭 229.2 天后，排放时衰变池内的放射性活度为：

$$^{131}\text{I}: 4.81\times 10^{11}\text{Bq}\times 2^{-\left(4372.8\text{h}/192.96\text{h}\right)}\approx 7.25\times 10^4\text{Bq}$$

排放时放射性总活度为：

$$7.25\times 10^4\text{Bq}\div 56\text{m}^3\approx 1.29\times 10^3\text{Bq}/\text{m}^3\approx 1.29\text{Bq}/\text{L}<10\text{Bq}/\text{L}$$

由以上计算可知， ^{131}I 排放时的活度低于本评价报告根据 GB18871 确定的每次排放 ^{131}I 总活度不超过 $9.09\times 10^5\text{Bq}$ 的要求。衰变池每次排水的总活度约为 $1.29\text{Bq}/\text{L}$ ，小于本项目确定的每次排放的放射性废水活度不超过 $10\text{Bq}/\text{L}$ 的要求。通过以上分析，可知该衰变池的设计容量满足该项目增加使用放射性核素后产生的放射性废水的处理要求。

②现有核素诊断场所增量后液态放射性污染物分析

现有核素诊断场所，排入衰变池的主要放射性核素为 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，每日受

诊患者中需在场所内留观且产生放射性废水的总人数为60人,本次新增核素 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 三种,其中半衰期较短的 ^{13}N 的受诊患者,在注射后可直接进行扫描,诊疗后直接离开场所,不会在场所内有废水产生。因此, ^{11}C 、 ^{64}Cu 两种核素每日需在场所留观且产生放射性废水的总人数为14人,增量后该场所每日产生放射性废水的总人数为74人。

现有核素诊断场所配套衰变池容量为 15m^3 ,由3个分池并联组成,每个分池为 5m^3 ;场所内诊断患者产生的废水量按 $15\text{L}/\text{人}\cdot\text{次}$ 检查计算,则该项目平均一天产生 1155L 废水,应急情况下,保守估算工作场所放射性清洗、洗手以及应急淋浴等用水量为平均一天产生 100L 废水,则注满本评价项目衰变池一个分池(5m^3)需要约4天,根据3个衰变池的循环使用方式,则项目的衰变池的第一格池从注满关闭到打开排空,历时约8天。

为进一步预测增量后衰变池的排放浓度,本项目投入使用后排入衰变池的主要放射性核素为 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 。查表《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表B3可知,

表 11.2-17 工作人员吸入和食入单位射入量所致的待积有效剂量

核素	吸入		食入	最大值 (Sv/Bq)
	$e(g)_{1\mu\text{m}}$ (Sv/Bq)	$e(g)_{5\mu\text{m}}$ (Sv/Bq)	$e(g)$ (Sv/Bq)	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.2×10^{-11}	2.0×10^{-11}	2.2×10^{-11}	2.2×10^{-11}
^{18}F	6.0×10^{-11}	9.3×10^{-11}	4.9×10^{-11}	9.3×10^{-11}
^{68}Ga	5.1×10^{-11}	8.1×10^{-11}	1.0×10^{-10}	1.0×10^{-10}
^{11}C	/	/	2.4×10^{-11}	2.4×10^{-11}
^{64}Cu	1.2×10^{-10}	1.50×10^{-10}	1.20×10^{-10}	1.50×10^{-10}

取工作人员吸入或食入的待积有效剂量的最大值计算 $ALI_{\min}$ 。

因此, $^{99\text{m}}\text{Tc}$: $ALI_{\min}=20\text{mSv}/(2.2\times 10^{-11}\text{Sv/Bq})=9.09\times 10^8\text{Bq}$

^{18}F : $ALI_{\min}=20\text{mSv}/(9.3\times 10^{-11}\text{Sv/Bq})=2.15\times 10^8\text{Bq}$

^{68}Ga : $ALI_{\min}=20\text{mSv}/(1.0\times 10^{-10}\text{Sv/Bq})=2.0\times 10^8\text{Bq}$

^{11}C : $ALI_{\min}=20\text{mSv}/(2.4\times 10^{-11}\text{Sv/Bq})=8.33\times 10^8\text{Bq}$

^{64}Cu : $ALI_{\min}=20\text{mSv}/(1.5\times 10^{-10}\text{Sv/Bq})=1.33\times 10^8\text{Bq}$

所以,衰变池排出的含放射性核素废水的排放要求:

表 11.2-18 衰变池排出含放射性核素废水排放限值

核素	每月排放总活度限值 (Bq)	每次排放总活度限值 (Bq)
^{99m}Tc	9.09×10^8	9.09×10^7
^{18}F	2.15×10^8	2.15×10^7
^{68}Ga	2.00×10^8	2.00×10^7
^{11}C	8.33×10^8	8.33×10^7
^{64}Cu	1.33×10^8	1.33×10^7

由于本项目衰变池设计为间歇式排放，衰变池排水执行每次排放 ^{99m}Tc 总活度不超过 $9.09 \times 10^7 \text{Bq}$ 。每次排放 ^{18}F 的总活度不超过 $2.15 \times 10^7 \text{Bq}$ 。每次排放 ^{68}Ga 的总活度不超过 $2.00 \times 10^7 \text{Bq}$ 。每次排放 ^{11}C 的总活度不超过 $8.33 \times 10^7 \text{Bq}$ 。每次排放 ^{64}Cu 的总活度不超过 $1.33 \times 10^7 \text{Bq}$ 。

为估算排入池中的放射性核素总活度，本次以所有患者注射放射性药物后，全部放射性核素随排泄物最终排入衰变池考虑。根据每天的患者受诊数量，可估算 4 天内注射 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{99m}Tc 、 ^{11}C 、 ^{64}Cu 的诊断患者分别为 100 人、20 人、120 人、36 人、20 人，在不考虑这段时间的衰变时，则排入池中的放射性核素的总放射性活度为：

$$^{18}\text{F}: 3.70 \times 10^8 \text{Bq} \times 100 = 3.70 \times 10^{10} \text{Bq}$$

$$^{68}\text{Ga}: 1.75 \times 10^8 \text{Bq} \times 20 = 3.56 \times 10^9 \text{Bq}$$

$$^{99m}\text{Tc}: 1.11 \times 10^9 \text{Bq} \times 120 = 1.33 \times 10^{11} \text{Bq}$$

$$^{11}\text{C}: 3.70 \times 10^8 \text{Bq} \times 36 = 1.33 \times 10^{10} \text{Bq}$$

$$^{64}\text{Cu}: 3.70 \times 10^8 \text{Bq} \times 20 = 7.40 \times 10^9 \text{Bq}$$

该池封闭 10 天后，排放时衰变池内 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 的放射性活度为：

$$^{18}\text{F}: 3.70 \times 10^{10} \text{Bq} \times 2^{-\left(\frac{192\text{h}}{1.83\text{h}}\right)} \approx 9.65 \times 10^{-22} \text{Bq} < 2.15 \times 10^7$$

$$^{68}\text{Ga}: 3.56 \times 10^9 \text{Bq} \times 2^{-\left(\frac{192\text{h}}{1.13\text{h}}\right)} \approx 2.53 \times 10^{-42} \text{Bq} < 2.00 \times 10^7$$

$$^{99m}\text{Tc}: 1.33 \times 10^{11} \text{Bq} \times 2^{-\left(\frac{192\text{h}}{6.02\text{h}}\right)} \approx 3.34 \times 10^1 \text{Bq} < 9.09 \times 10^7$$

$$^{11}\text{C}: 1.33 \times 10^{10} \text{Bq} \times 2^{-\left(\frac{192\text{h}}{0.34\text{h}}\right)} \approx 1.12 \times 10^{-160} \text{Bq} < 8.33 \times 10^7$$

$$^{64}\text{Cu}: 7.40 \times 10^9 \text{Bq} \times 2^{-\left(\frac{192\text{h}}{1.27\text{h}}\right)} \approx 2.29 \times 10^{-36} \text{Bq} < 1.33 \times 10^7$$

排放时放射性总活度为：

$$\begin{aligned} & \left(9.65 \times 10^{-22} \text{Bq} + 2.53 \times 10^{-42} \text{Bq} + 3.34 \times 10^1 \text{Bq} + 1.12 \times 10^{-160} \text{Bq} + 2.29 \times 10^{-36} \text{Bq} \right) \\ & \div 5\text{m}^3 \approx 6.68 \text{Bq/m}^3 \approx 6.68 \times 10^{-3} \text{Bq/L} < 10 \text{Bq/L} \end{aligned}$$

由以上计算结果可看出，本项目增加核素后，原有衰变池衰变池单次排放时各核素排放时的活度低于本评价报告根据 GB18871 确定的每次排放的总活度限值要求。本项目的衰变池每次排水的总活度约为 $6.68 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$ ，远小于本项目确定的每次排放的放射性废水活度不超过 10Bq/L 的要求。通过以上分析，可知该衰变池的设计容量满足该项目增加使用放射性核素后产生的放射性废水的处理要求。

③药物制备及动物实验场所放射性污染物分析

本评价项目药物制备区域及小动物实验区域正常操作时产生的液态放射性污染物主要来自操作过程中剩余的放射性核素残液，而这部分残液一般附着在容器壁、试管壁和纯化柱等一些耗材上，由于这部分液体量很小，大概只有几 ml，一般与耗材一起以放射性固体废物进行处理。

由于操作过程操作人员穿戴工作服、橡胶手套等防护用品，正常操作下操作人员的身体不会直接接触放射性物质。除去防护用品后的洗手液不会产生放射性废水，但前提是洗手前必须对手部进行放射性表面污染检测，确认无放射性污染。

该项目在加速器机房、加速器水冷机房、放化实验室和放射性污洗间均设有放射性废水地漏，并通过独立的专用管道连接至该场所配备的独立衰变池。

该场所配套设置了衰变池，衰变池容量为 6m^3 （两个池，各 3m^3 ），该衰变池作为事故应急时或设备维护清洗加速器靶时排放放射性废水的处理设施。

事故应急时或设备维护清洗加速器靶时排入衰变池的液态污染物经衰变池衰变直至符合排放要求后排入市政管网。

因此，该项目正常开展过程中，不会向外环境排放液态放射性污染物。

（2）气态放射性污染物

本项目各场所均有独立的通风管道收集各自场所产生的气态放射性污染物。

①药物制备及动物实验场所

回旋加速器机房单独使用一条排风管道进行通风换气，热室房间内 6 台自动热室设备拟布设使用 1 条排风管道（热室顶部配备有活性炭过滤装置），热室房间使用 1 条排风管道（热室房间设置 3 个排风口）进行通风换气；小动物实验区域设置 1 条排风管道收集小动物 PET 室、科研室产生的放射性废气；以上管道均各自设置有独立的废气过滤装置，收集的放射性废气统一汇集至西北面楼梯旁的通风井处，管道向上走至二楼，而后穿出墙外，利用已在建筑物外墙建设的核医学科通风管道垂直向上到

达 3 号楼天面（约 81m）的排放口进行排放，高于本建筑物屋脊。

②甲癌治疗场所

场所内设置 3 条排风管道，1 条用于收集 5 间甲癌住院病房及其卫生间产生的放射性废气（高活度），1 条为甲癌给药室中分装柜的专用管道，1 条用于收集污物暂存间、被服间、污洗间、废物室、储源室、给药室、走廊、服药区的放射性废气。三条排风管道统一流向西面空调机房旁向上走至二楼，而后穿出 3 号楼墙外，利用已在建筑物外墙建设的核医学科通风管道垂直向上到达 3 号楼天面（约 81m）的排放口进行排放，高于本建筑物屋脊。

③现有核素诊疗场所

场所原已设置了合理的排风系统，分装柜独使用一条排风管道，其他低活度区辅助房间集中使用一条排风管道，而后统一排向西北面楼梯旁，管道向上走至二楼，而后穿出 3 号楼墙外，在 3 号楼外墙沿墙面建设了通风管道垂直向上到达 3 号楼天面（约 81m）的排放口进行排放，高于本建筑物屋脊。

本项目废气排放口所在的 3 号楼大楼为 21 层，天面高约 82.6m，南面医院宿舍楼为 9 层，南面设备科为 3 层，东面军区医院空置楼为 9 层，与空置楼相连的军区医院食堂为 1 层（位于项目东北面），东北面 8 号楼为 4 层，北面 2 号楼为 16 层，西面 5 号楼为 5 层。由此可见，本项目排放口所在大楼高于周边楼层。

项目建设位置全年主导风为北风，次主导风为东南风、东风，春季以东南风及北风为主，夏季以东南风为主，秋季以北风、东风为主，冬季以北风居多。

本项目评价范围内东面部门位于军区医院内，且范围内建筑物较低，最近的建筑物无人居住，为空置建筑，评价范围其余反向均位于医院内。且本项目投入使用后，所有分装柜、热室上方均配备有过滤装置，且放射性废气排放口也设置了活性炭吸附过滤装置及防潮防堵装置，放射性废气经活性炭装置吸附后排放，排风口位于大楼屋顶（高于屋面 10m），高于本建筑物的屋脊，同时高于周围环境敏感点建筑物。由此可见本项目放射性废气排放时，对项目周边环境敏感点的影响较小。

（3）放射性固体废物

①药物制备及动物实验场所（药物制备区域）

对于可循环利用的物品，为了减少放射性废水的产生，尽可能不洗涤这部分物品，

而是采取存放衰变的方式处理,由于该项目涉及操作的放射性核素均属于短半衰期核素,因此只要经过一定时间衰变后,非一次性的容器和试管又可再重复利用,从而避免产生大量的液态放射性污染物。

放射性固体废物主要有一次性容器、试管和纯化柱等耗材,以及使用后的注射器、一次性手套、吸水纸、口罩和可能受放射性污染的物品等。这部分的固体废物按合成一批次放射性核素产生 100g 计,每天产生的总量不超过 400g,每年的产量不超过 100kg。对于这部分固体废物,每天制备放射性核素完成后将这些放射性固体废物收集转入塑料袋中,外贴日期标签,转入废物室的废物箱暂存。待其活度浓度低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的清洁解控水平后,以普通医疗固体废物处理。

根据生产厂家介绍,该回旋加速器固体靶片可一直重复使用,不需要更换。在意外损坏无法继续使用需要更换时,换下的废靶片按固体放射性废物处理,同样在衰变室内暂存至其放射性比活度低于相应核素的解控水平,经审管部门确认或批准,按普通医疗废物处理。

②药物制备及动物实验场所(动物实验区域)

该区域产生的放射性固体废物主要有动物尸体、使用后的注射器、一次性手套、吸水纸、口罩和可能受放射性污染的物品等。

对于可循环利用的物品,为了减少放射性废水的产生,尽可能不洗涤这部分物品,而是采取存放衰变的方式处理,由于该项目涉及操作的放射性核素均属于短半衰期核素,因此只要经过一定时间衰变后,非一次性的容器和试管又可再重复利用,从而大大减少液态放射性污染物的产生量。

场所产生的动物尸体,每天实验后将其装入塑料袋中,外贴日期标签,转入动物暂存室的冰箱内暂存。待其活度浓度低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871 2002)规定的清洁解控水平后,以普通医疗动物尸体进行无害化处理。

对于一次性物品,每天实验后将这些放射性固体废物收集转入塑料袋中,外贴日期标签,转入废物室的废物箱暂存。待其活度浓度低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的清洁解控水平后,以普通医疗固体废物处理。预计这部分固体废物的产生量,每天约产生 100g,一年实验 250 天,每年产生 5kg 的固体废物。

③甲癌治疗场所及现有核素诊疗场所

甲癌治疗场所及现有核素诊疗场所产生的放射性固体废物主要有使用后的注射器、口服杯、一次性手套、吸水纸、口罩、放射性污染的物品等；场所内各房间均设置有产生的放射性固体废物。项目工作场所内设置了污物间，用于暂存核医学项目开展过程中产生的放射性固体废物；铅垃圾桶内放置塑料袋直接收纳废物，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 ，质量不超过 20kg ；废物包装体外表面的污染物控制水平应满足： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

项目日常产生的被放射性废物污染的衣物，或其他用品的放射性废物收集在放射性废物桶内，并在所有废物铅桶的显著位置标明废物类型、核素种类、比活度和存放日期等，最终集中放置在各自场所的废物间中暂存至满足相应核素解控水平后，作为一般医疗固体废物处理；

核素诊疗场所每日下班后对各房间产生的放射性废物进行集中收集暂存，甲癌治疗场所每周对场所内各房间产生的放射性废物进行集中收集暂存，待衰变一定时间后进行检测，符合清洁解控水平，经审管部门确认或批准后，按医疗废物的管理要求委托有资质的公司收运进行无害化处理。

11.2.3 事故期间的风险分析

(1) 辐射工作场所可能发生的辐射事故

- ①由于管理不善，放射性药物被盗、丢失。
- ②在转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成台面、地面辐射污染。
- ③工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。
- ④射线装置控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到计划外照射。
- ⑤核素治疗患者用药后未经允许离开项目工作场所，尤其是在用药初期离开候诊室或病房，可能对接近患者的人员造成额外照射。
- ⑥放射性废水或放射性固废衰变时间不够，未达到解控水平或排放标准即进行处理。
- ⑥人员在防护门关闭前尚未撤离加速器室，加速器运行可能产生误照射。
- ⑦安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的回旋加速器机

房内。

⑧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。

⑨工作人员将淋洗瓶向标记台转移过程中，不慎将带有钨合金防护的淋洗瓶掉落在地上，装有淋洗液的真空瓶破裂，部分淋洗液渗出，造成场所内局部污染。

⑩工作人员在分装区域内将操作时，不慎将装有原液的铅防护罐掉落在地上，部分原液渗出，造成生产车间内局部污染。

(2) 辐射工作场所辐射事故防范措施

①定期开展安全装置与设施检查，保证门机联锁装置有效。制定并落实操作规范，工作人员定期培训。

②做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

③严格落实放射性核素与放射源安全管理制度，专人负责，做好核素与放射源的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。应设置防盗门、防盗窗及报警装置等设施，做好防盗工作。

④严格落实医院制定的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，配备必要的防护用品，减少药物操作和运输过程中洒漏事故发生。

⑤加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确配备的防护用品（铅衣、铅手套、铅围裙、铅围脖、铅眼镜等）及存放位置。

⑥做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

⑦加强用药患者的管理，在不影响诊断和治疗的情况下，限制其服药量，并对出院的有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公共场所去活动，并避免与家人近距离密切接触。工作场所设置监控，进出口设置控制门，经核实达到离开条件方可允许患者离开。

⑧放射性固体废物桶外应标注内含核素种类、封存时间。医院应加强放射性废水和固废排放处理管理，按照规定的衰变时间停留衰变，处理前进行监测，达到解控水平后方可进行进一步处理。

⑨在加速器室防护门内与操作室设置有人工紧急停机及开门按钮，设置此按钮醒目的指示和说明，发生事故时应按下急停按钮，停止出束，减小事故影响。

⑩工作人员应每天检查安全联锁装置，且医务人员必须严格按照加速器操作程序

进行操作，防止事故的发生。当发生事故时立即按下紧急按钮停止运行，减少事故的影响。

⑪发生放射性药物撒漏等事故后，工作人员需穿上铅衣，戴上铅手套，口罩，迅速将未渗出的液体连同防护罐放置到铅防护废物桶，使用长柄镊子夹取吸水纸或棉花收集撒漏的放射性液体，然后放入铅防护废物桶内进行安全存贮(包括被污染的容器碎片)。对可能发生的放射事故，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，同时，上报生态环境部门和卫生健康部门。

(3) 项目辐射工作场所辐射事故应急措施

①控制台上安装紧急停机按钮、在加速器室防护门内与操作室设置有人工紧急停机及开门按钮，及时按下停止开关，停止照射。人员受到不必要的照射或超计划外照射时，应评估其受照剂量，并进行必要的医学处理。

②一旦发生放射源或核素药物丢失或被盗，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，企业应按规定启动本单位辐射事故应急方案，并及时报告当地环保部门、公安部门以及卫生部门。

③配备去污清洁用品，发生核素泄漏应控制人员进入。选择合理的去污方法，防止交叉污染。去污时佩戴有效的个人防护用品。核医学科使用的核素药物为液态，若发生撒漏，可用抹布擦拭清除，抹布作为放射性固体废物。被污染的防护用品用温水仔细清洗，为防止污染的扩散，去污程序应先从污染轻的周围渐向污染重的部位。如经反复清洗效果不明显时，可根据放射性核素的化学性质和污染表面的性质，选用有效的去污剂进一步去污。

④严重污染事故时，应立即通知在场的其他人员，同时迅速标出污染范围，防止其他人员进入污染区。污染区的人员经采取减少危害和防止污染扩散的必要措施后，要脱去污染的衣服并将其留在污染区，立即离开此区。事故发生后，应尽快通知防护负责人和主管人员，并立即向有关监督管理部门报告。防护人员应迅速提出全面处理事故的方案，并协助主管人员组织实施。污染区经去污、监测后，经防护人员批准方可重新工作。

⑤本项目核医学科工作人员佩戴有 2 个个人剂量计，个人剂量计每 3 个月检测一次，可及时监控工作人员所受剂量，如发现超标现象应查明原因，改善防护条件或减

少工作时间。

⑥人员受到不必要的照射或超计划外照射时，应评估其受照剂量，并进行必要的医学处理。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境管理机构的设置 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）的相关规定，使使用 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，其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作;依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的,该岗位应当由注册核安全工程师担任。 医院原设立了辐射安全管理与领导小组，指定有专人专职负责辐射安全管理工作，并且定期组织辐射工作人员参加辐射安全防护及相关法律法规的培训工作，定期组织每年的职业健康体检及辐射工作人员的个人剂量检测，做好辐射工作人员档案管理工作。原有管理机构能够满足项目建设完成后的日常管理。
12.2 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》（2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改），使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、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；有完善的辐射事故应急措施。 医院原有开展核技术利用项目，已建立完善的规章制度，已制定了《核医学科安全管理制度》、《核医学科辐射事件（故）应急预案》、《核医学科卫生防护制度》、《临床核医学科放射卫生防护规范》、《放射性药品采购，登记，使用，核对，保管制度》、《放射性废物收集及处理制度》、《放射性药品不良反应的紧急处理及报告制度》、《核医学科表面污染监测制度》、《医疗设备应急预案》等一系列基本规章制度（详见附件 4）。辐射管理制度较完备，能够满足原有项目辐射工作管理要求；本次增加的核素生产、动物实验等项目与原有项目不同，建议建设单位在项目投入运行前，根据项目实际情况增加相应的辐射安全管理制度，确保新项目在日常工作中能够满足辐射工作管理要求。

12.3 辐射工作人员的培训及管理

12.3.1 辐射工作人员的培训

根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年）第三章——人员安全和防护，使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置或乙级、丙级非密封放射性物质工作场所的单位，其辐射工作人员应当接受由省级以上人民政府环境保护主管部门评估并推荐的辐射安全培训的单位组织的初级辐射安全培训。根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，新增加或原有培训合格证到期的辐射工作人员必须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后凭考核合格后的成绩单上岗。根据《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（中华人民共和国生态环境部公告 2021 年 第 9 号），仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

医院辐射工作人员均已参加辐射安全和防护基础知识培训（医院原有辐射工作人员辐射安全培训合格证取得情况详见附件 3）；本项目建成后核素诊断场所不增加辐射工作人员，新增的核素治疗场所、药物制备及动物实验场所均为新增辐射工作人员，根据医院提供的资料显示，医院现有辐射工作人员均持有辐射防护与安全考核合格成绩单，人员均能持证上岗；新增辐射工作人员，医院将安排其通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后凭考核合格后的成绩单上岗。医院制定的辐射工作人员培训制度能够满足本项目建设完成后对人员的日常管理要求。

12.3.2 辐射工作人员的管理

操作放射性药物时工作人员必须正确穿戴好所需的各项有效的个人防护用具，放射工作场所内严禁进食、饮水、吸烟和存放食物等，个人防护用具应经常清洗。

12.4 放射性药物的管理

建设单位配备了专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、注销登记和定期检查制度。按要求设置了专门的台账，加强了对放射性药物的管理，严防丢失。现有核医学科辐射工作场所内放置放射性物质的保险橱和容器，易开启和关闭，容器外粘贴有明显的标签（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），保险橱外设置有电离辐射标志。放射性药物设有专门可靠的防火防盗等安全设施的贮存场所，放射性药物未与易燃易爆及其他危险物品放在一起，现有场所内使用的放射性药物一般当天用完，未用完的放射性药物放入储源室。

本评价项目，建设单位拟在各场所设置储源室，拟沿用原有放射性药物管理措施，加强对放射性药物的使用和储存管理，以上措施能够保证放射性药物来源去向明确、药物贮存场所安全。

12.5 带放射性药物病人的监督管理

为了加强对带放射性药物诊疗人员的监督管理工作，医院已设计好各类人员的行走路线，并在相应场所的地面、墙上粘贴路线指示箭头和指示提示语，用于告知患者及诊疗人员具体的行进路线，避免其给药后随意走动；场所内设置监控及语音呼叫，通知其按指定标识指引前往指定位置，利用对讲系统，与患者进行沟通，避免患者与其他人员接触；除此之外，建设单位拟通过设置小册子用于病人候诊时给病人阅读，告知其检查注意事项及告知检查完成后病人离开路线，防止其对公众造成不必要照射，甲癌治疗场所患者在服药前对其进行服药指导，熟悉服药注意事项后通过监控及对讲系统指引其服药。同时，为防止无关公众进入控制区，医院将控制区出入口设置单向门禁系统，保证了控制区内患者的单向流动，实现“入口患者只入不出、出口患者只出不入”，病房防护门等设置门禁系统，控制人员流动，避免无关人员进入控制区。

12.5.1 路径规划

为了加强辐射安全管理，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、相关工作人员、药物运送、放射性固体废弃物的流动路线。

各类人员行走线路:

1、药物制备及动物实验人员行走路线: 由北侧大门进入医务人员工作区域→向西侧前往动物实验区域→根据工作分工不同,分别进入控制室/通过缓冲室进入科研室开展相关工作→工作完成后原路返回离开动物实验区域。具体人员线路详见图 12.5-1。

由北侧大门进入医务人员工作区域→向东侧前往药物制备区域→先前往回旋加速器机房添加靶物质→退出回旋加速器机房前往控制室进行操作。

人员经过一更、二更、洁净走廊、缓冲间进入热室房间,取出质控所需核素/取出制备完成的放射性药物→分别送至准备间/外包间→人员经过缓冲、退出更衣、检测、一更退出热室房间→根据不同工作流程分别进入外包间、准备间、全检质控室开展相关工作。

自行制备药物运送路径: 药物制备、分装完成后→人员从外包间取得放射性药物,向西前往相邻的核素诊断场所分装注射室运送放射性药物至相应分装柜中→完成工作后原路退出核素诊断场所分装注射室→将小动物实验室用药送至小动物区域科研室开展实验→工作完成后往北侧大门离开核素制备及动物实验场所。

放射性固体废物路线: 每天下班后,将场所内各房间的放射性废物进行打包收集,贴好相应的标签及存放时间,集中放置于场所内的污物暂存室、废弃物室;待其自然衰变达到清洁解控水平后,放射性固体废物从废物间取出,经过北侧大门离开工作场所。

药物制备及动物实验场所各类人员路径图分别见图 12.5-1、图 12.5-2。

2、核素治疗场所工作人员行走路线: 由北面电梯进入负一层→向东侧经过卫生通过间进入给药室→在给药室内将自动分装好的药物送至服药窗处→通过传呼系统指引患者服药→完成工作后通过卫生通过间离开场所;敷贴治疗工作人员向东侧进入敷贴室开展相关工作,工作完成后原路返回离开负一层。

核素治疗场所患者行走路线: 由北面电梯进入负一层候诊厅→在候诊厅处候诊/咨询护士→听到叫号后沿指示标志往东前往敷贴室开展治疗/通过甲癌治疗区域控制区入口→根据医生指引在服药处口服碘→服用药物后向东前往制定病房住院→每日根据医生指引前往走廊的配餐口取餐→取餐后返回各自病房→每日根据指引前往出院辐射监测处进行自行监测→达到出院标准后根据指引从东侧出口离开控制区,并从单向楼梯离开负一楼。

放射性固体废物路线：每周停止患者治疗后，将场所内各房间的放射性废物进行打包收集，贴好相应的标签及存放时间，集中放置于场所内的污物暂存室、废弃物室；待其自然衰变达到清洁解控水平后，放射性固体废物从废物间取出，经过东侧运离工作场所。

核素治疗场所各类人员线路路径图分别见图 12.5-3、图 12.5-4、图 12.5-5。

现有核素诊疗场所原已规划好人员路线，本次新增核素，不改变其原有人员线路路径。

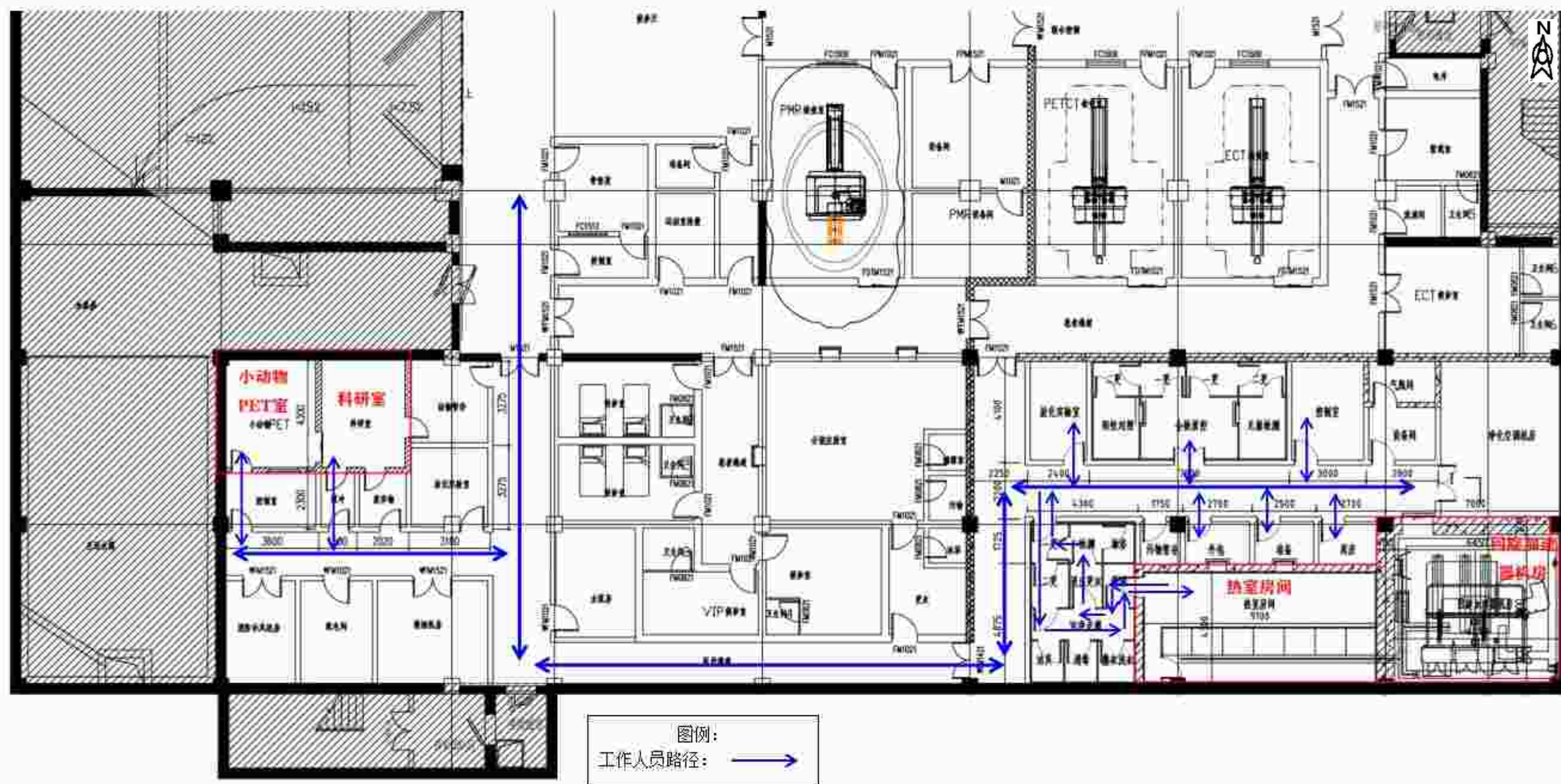


图 12.5-1 药物制备及动物实验场所工作人员行走路线示意图

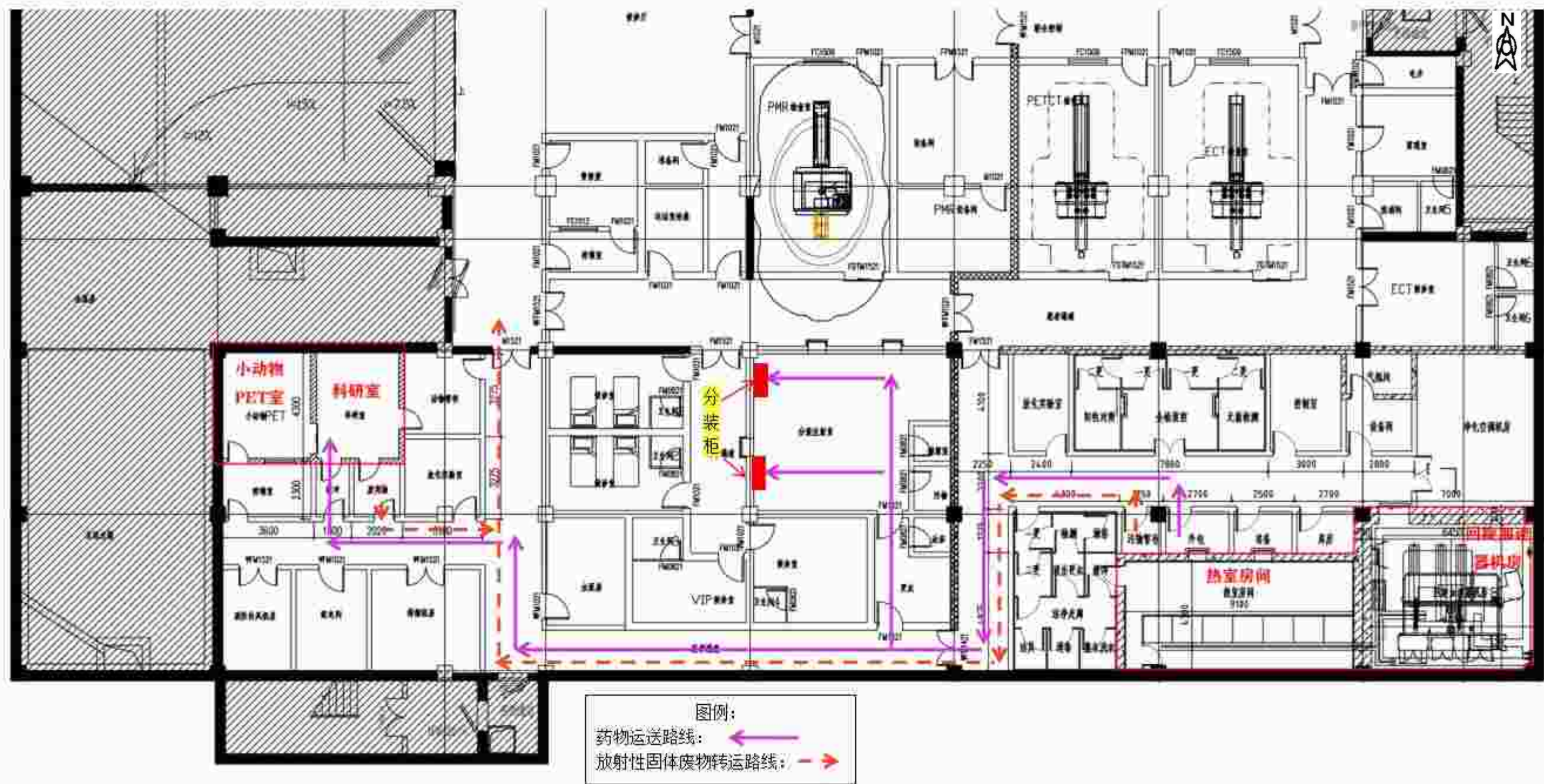


图 12.5-2 药物运送及放射性固体废物转运路线示意图

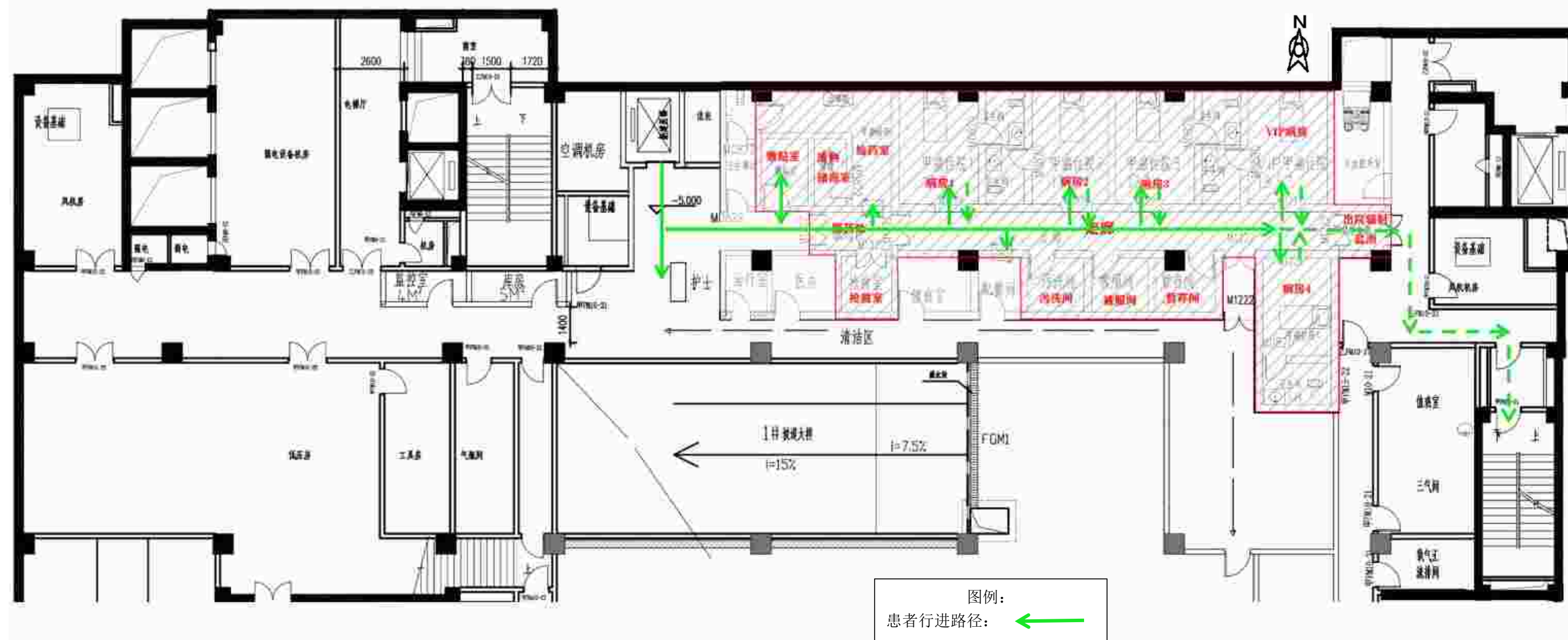


图 12.5-4 核素治疗场所患者行走路线示意图

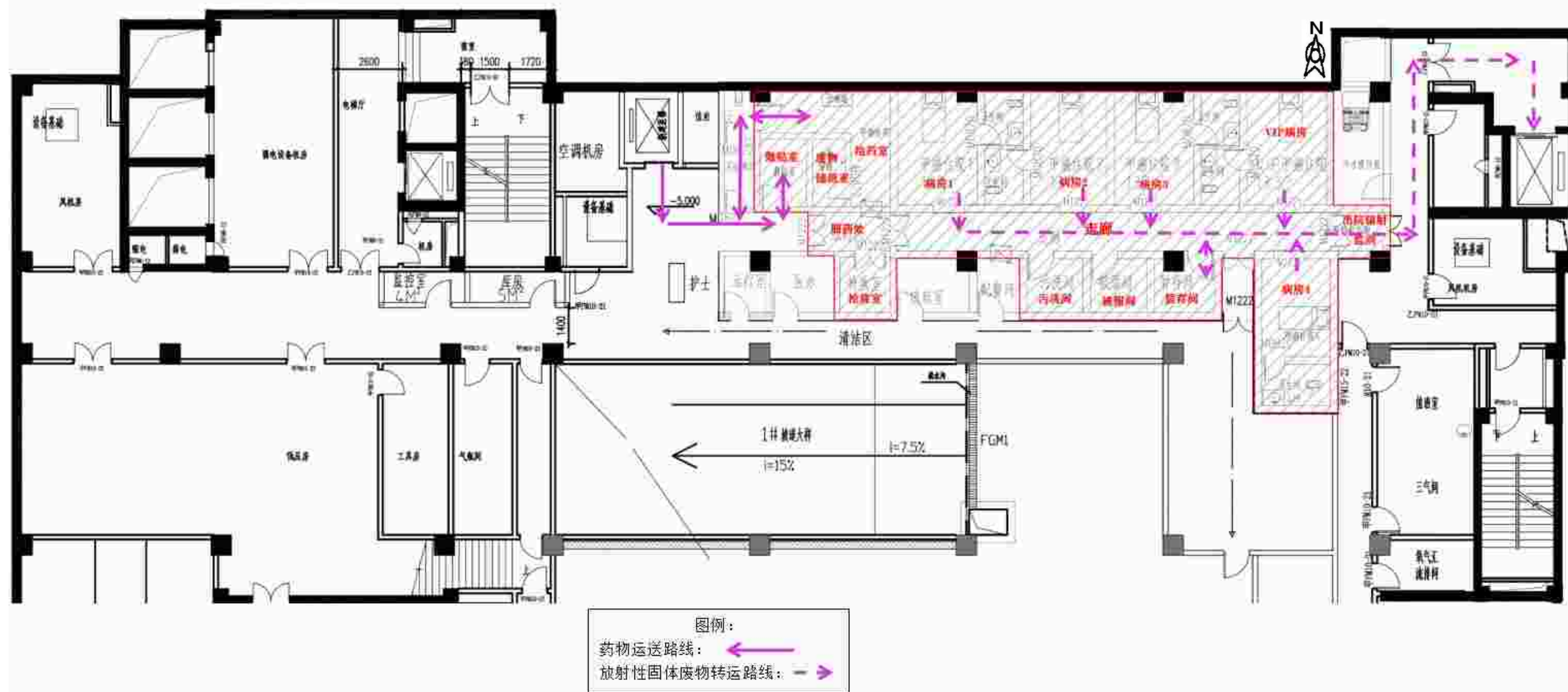


图 12.5-5 核素治疗场所药物运送及放射性固体废物转运路线示意图

12.6 辐射监测

(1) 环保措施竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过3个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过12个月。

建设单位制定了相应的验收检测计划，详见下表

表 12.6-1 验收监测计划表

监测项目	检测因子	监测频次	参考水平	备注
工作场所防护性能	回旋加速器机房：X射线、 γ 射线、中子 核医学场所其他射线装置机房：X射线、 γ 射线 核医学场所除射线装置机房的其余位置： γ 射线	竣工验收	根据场所的剂量率控制水平和场所人员的剂量约束值进行推算确定	委托检测
衰变池周围剂量当量率	γ 射线			
表面污染水平	β 表面污染		参考工作场所的表面沾污控制水平	
放射性废液	总排放活度	排放前	总 β 排放限值 10Bq/L	
放射性废气	活度浓度	竣工验收	参考导出剂量浓度	

项目通过竣工环保验收后方可投入使用。

(2) 日常自行监测

项目投入使用后，建设单位拟购买相应的辐射监测仪器和防护用品，并对工作场所开展日常的辐射水平检测，制定了相应的监测计划。

建设单位拟使用的辐射监测设施和检测方案详见表 12.6-2。

表 12.6-2 自行监测计划表

辐射工作场所	检测因子	监测频次	检测设备	监测范围
核医学科	周围剂量当量率	1 次/月	手持式辐射巡测仪	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、楼上、楼下等
	β 表面污染水平	每次离开工作场所	表面沾污仪	工作场所（工作台、设备、墙壁、地面），工作操作周围环境，以及操作人员的工作服、手套、工作鞋等

(3) 工作场所年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令 2011 年）的相关规定，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，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。建设单位将严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对医院的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，每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

建设单位拟使用的辐射监测设施和检测方案详见表 12.6-3。

表 12.6-3 委托监测计划表

辐射工作场所	检测因子	监测类别	监测频次	监测范围
核医学科	周围剂量当量率	年度监测	1 次/年	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、楼上、楼下等
	β 表面污染水平	年度监测	1 次/年	工作场所（工作台、设备、墙壁、地面），工作操作周围环境，以及操作人员的工作服、手套、工作鞋等
	放射性废水总 α ，总 β	废水监测	1 次/年	衰变池取样口
	固体废弃物检测	固废监测	处置前	废物暂存间

按照《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》（HJ 61-2021）等相关标准和规范的要求，项目建成后，医院拟使用原有配备的辐射环境巡测仪 1 台、表面沾污仪 1 台、个人剂量报警仪等，辐射防护监测仪器满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 B.7.2，a）最小量程：0 μ Gyh~10 μ Gy/h；b）能量响应：25keV~100keV， $\pm$ 30%；c）读数响应时间：不大于 15s；d）应有测量累积剂量档的要求。能够满足现有核素诊断场所的日常例行监测需要；新增的 2 个场所拟增加配备辐射环境巡测仪、表面沾污仪、个人剂量报警仪、固定式报警仪等监测设备，确保场所投入运行后能够正常开展日常例行检测；同时，医院给辐射工作人员配备了个人剂量计并安排定期送检，安排了辐射工作人员参加职业健康体检，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用放射性同位素与射线装置的单位应“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”的相关要求。综上所述，医院辐射监测计划较为全面，能够涵盖核技术利用项目的各个环节，且监测频率较为合理，辐射监测计划整体可行。现有的辐射监测计划能够满足本项目建设完成后的相关管理要求。

（4） 辐射工作人员个人剂量监测

根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年）第三章——人员安全和防护，使用放射性同位素与射线装置的单位，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。

建设单位已开展的核医学辐射工作中，原有核医学场所的辐射工作人员均佩戴 2 个个人剂量计上岗，并定期进行检测。建设单位原有工作人员的有效剂量不超过 5mSv/a。

本项目建设完成后医院也将定时在院内组织辐射工作人员进行辐射安全与防护方面的学习，加强辐射工作人员的安全意识，保证所有辐射工作人员均能够严格执行个人剂量监测的相关规定和方法，正确使用个人剂量计。及时根据个人剂量检测结果，合理调整辐射工作人员的工作负荷。

本项目建设后，建设单位将严格按照 GBZ 128—2019 的规定，严格规定辐射工作人员正确使用个人剂量计，个人剂量计每季度送检，建立个人剂量档案。

12.7 辐射事故应急

为有效处理核技术利用项目开展过程中可能产生的辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，医院制定了《辐射事故应急预案》。在该预案中，医院明确了本单位辐射事故应急处理领导小组以及领导小组的主要职责。对已发生的辐射事故现场进行组织协调，安排救助，并向相关行政主管部门报告，负责恢复正常秩序等方面的工作。

该预案明确了辐射事故应急准备的物质和装备，以及培训与演练，为辐射事故应急做了充足的准备。通过演练，对防范措施失效和未落实到位的防范措施提出整改意见；

该预案规定了辐射事故报告制度，按照相关条例、法规的要求，为辐射事故发生时向上级行政主管部门报告辐射事故发生和应急救援情况以及做好公众通报等提供指引。

在日常工作中，建设单位已通过定时对各场所进行辐射事故应急演练，强化各辐射工作人员的危机意识感，确保在事故发生时，各单位能够明确自己的工作职责，迅速开展相关工作。现有的辐射事故应急预案能够满足本项目建设完成后的相关管理要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

广东省第二人民医院核医学科扩建项目内容为：

建设单位本次拟新建 2 个乙级非密封放射性物质工作场所，并在 3 号楼、9 号楼负二楼核医学科现有核素诊疗场所中增加放射性核素。

医院拟在 3 号楼、9 号楼负二楼建设一个药物制备及动物实验场所，场所包含两个区域，①拟在负二楼核医学科东南角新建一个药物制备区域，场所内使用 1 台回旋加速器，配备合成分装热室，生产制备 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 三种放射性药物，制备的药物仅供院内使用，不外销；②拟将核医学科西南侧的空置区域改造为小动物实验室，配备一台小动物 PET/CT，使用 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 等放射性核素开展小动物实验。

医院拟将 3 号楼、9 号楼负 1 楼地下停车场北侧区域改造为核素治疗场所，设置 5 间甲癌治疗病房及其配套功能房间，使用 ^{131}I 开展甲癌治疗，设置 1 间敷贴室，使用 ^{32}P 开展敷贴治疗。

医院拟在 3 号楼、9 号楼负 2 楼现有核素诊疗场所增加使用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 共 3 种放射性核素，用于开展显像扫描检查。

13.1.1 项目选址合理性分析结论

本项目设置于 3 号楼、9 号楼负一层及负二层，周边为停车场区域及核医学科区域，已尽可能集中建设，四周为土层，负二层下无地下层；项目场所有明确的墙体、门禁系统隔离，能够明确区分放射性场所及非放射性工作场所区域。拟建的场所不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区；根据报告表 11 中对周边关注点的预测结果可知，项目四周关注点的年累积有效剂量预测值均能满足本项目设立的公众剂量目标管理限值（ 0.1mSv/a ）的要求。本项目治疗及诊断场所内均设置有核医学诊断人员/患者的专用出、入口，出口直达一楼，一楼出口处为院内道路及停车场，远离人群稠密区域，由此可见本次项目场所布设较为集中，且布局及出入口设置合理。从建设场地空间的适用性和医院的整体布局规划的相符性考虑，结合辐射工作场所的选址原则分析，该评价项目选址符合《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中“5.1.1”的相关要求。

通过现场调查及收集资料分析，评价范围内除东面小部分位于陆军第七十四集

团医院外，其余面基本位于医院内部范围。

衰变池集中设置于紧邻9号楼东侧的1楼院内道路下方，为埋地式衰变池，设置有检修、采样口，衰变池上方为院内道路面，检修口均采用混凝土井盖，无特殊工具无法开启，有效防止无关人员靠近，且衰变池远离办公、公众聚集场所。

放射性废气：本项目投入使用后，所有分装柜、热室上方均配备有过滤装置，放射性废气排放口设置了活性炭吸附过滤装置及防潮防堵装置，放射性废气经活性炭装置吸附后排放，排风口位于大楼屋顶（高于屋面10m），高于本建筑物的屋脊，同时高于周围环境敏感点建筑物。由此可见本项目放射性废气排放时，对项目周边环境敏感点的影响较小。

所以，该评价项目工作场所、衰变池及放射性废气排放口的选择合理。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

通过对评价项目的设计方案及其相关技术资料分析，本次项目工作场所设计布局合理，拟采取的各项辐射防护及污染防治措施符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律法规和《临床核医学卫生防护标准》等技术标准对辐射防护、安全操作以及防护监测的要求。

13.1.3 辐射安全管理分析结论

医院已制定有辐射安全相关制度，包含《核医学科安全管理制度》、《核医学科辐射事件（故）应急预案》、《医疗设备应急预案》、《核医学科卫生防护制度》、《临床核医学科放射卫生防护规范》、《放射性药品采购，登记，使用，核对，保管制度》、《放射性废物收集及处理制度》、《放射性药品不良反应的紧急处理及报告制度》、《核医学科表面污染监测制度》等规章制度。

医院应结合本项目内容，补充回旋加速器、小动物实验室、核素治疗场所等操作规程，进一步完善核医学科的相关规章制度、完善辐射事故应急预案内容等。。

13.1.4 环境影响分析结论

根据理论估算结果可知，本项目工作场所辐射工作人员职业照射的个人累积剂量、项目四周所影响的公众的剂量率均低于根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的剂量约束值：工作人员的剂量不超过5mSv/a，公众的剂量值不超过0.1mSv/a。

13.1.5 可行性分析结论

广东省第二人民医院核医学科扩建项目在于为附近居民提供更好的放射诊断工作，该建设项目建成以后，将提高医院放射诊断水平，改善就医环境，与国家医疗产业政策相符，并具有明显的社会效益，能在保障病人健康的同时为医院创造更大的经济效益。在落实本次评价提出的各项污染防治措施后其获得的利益远大于辐射所造成的损害，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“实践正当性”的要求。

综上所述，本次评价项目建设方案中按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程如能严格按照设计方案进行施工，建筑施工质量能达到要求时，并且落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，则本评价项目正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该建设评价项目可行。

13.2 建议和承诺

根据对项目的设计方案、建设单位拟采取的各项环境保护措施的分析，本报告对其提出以下需要进一步完善的意见：

（1）定期组织放射工作人员学习关于辐射安全和防护知识，以确保放射工作人员具有与其所从事工作相匹配的能力。

（2）严格执行《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128—2019）的相关规定，通过制度规定执行个人剂量监测的相关规定和方法，保证所有放射工作人员均能够正确使用个人剂量计，个人剂量计每季度送检，建立个人剂量档案。

（3）建议建设单位应在项目投入运行前，根据项目实际情况增加相应的辐射安全管理制度，确保新项目在日常工作中能够满足辐射工作管理要求。

（4）严格按照相关环境保护、放射性防治的法律、法规开展各核技术利用项目，做好相应的辐射监测和污染防治措施。



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： 广东省第二人民医院

地 址： 广东省广州市海珠区新港中路466号大院

法定代表人： 瞿红鹰

种类和范围： 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： 粤环辐证[02352]

有效期至： 2025 年 01 月 07 日



发证机关： 广东省生态环境厅

发证日期： 2022 年 02 月 15 日



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	广东省第二人民医院		
地址	广东省广州市海珠区新港中路466号大院		
法定代表人	瞿红鹰	电话	020 2
证件类型	身份证	号码	3 10
涉源部门	名称	地址	负责人
	介入科	广东省广州市海珠区新港中路466号大院3号楼2楼	肖承江
	应急办	广东省广州市海珠区新港中路466号大院医技楼	劳炜东
	放射科	广东省广州市海珠区新港中路466号大院2号楼1楼	吴政光
	麻醉科	广东省广州市海珠区新港中路466号大院3号楼4、5楼	张辉
	消化内镜中心	广东省广州市海珠区新港中路466号大院2号楼15楼内镜中心	梁魁
	放疗科	广东省广州市海珠区新港中路466号大院8号楼1楼	洪文松
种类和范围	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	粤环辐证[02352]		
有效期至	2025 年 01 月 07 日		
发证日期	2022 年 02 月 15 日（发证机关章）		

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	广东省第二人民医院		
地址	广东省广州市海珠区新港中路466号大院		
法定代表人	瞿红鹰	电话	020 2
证件类型	身份证	号码	3 10
涉源部门	名称	地址	负责人
	健康管理(体检)科	广东省广州市海珠区新港中路466号大院1号楼7楼/10号楼2、5、6楼	贺京军
	影像科	广东省广州市海珠区新港中路466号大院2号楼1楼	江桂华
	核医学科	广东省广州市海珠区新港中路466号大院5号楼1楼/3号楼和8号楼负二层	马晓芬
	神经内科	广东省广州市海珠区新港中路466号2号楼10、11楼	刘新通
	口腔科	广东省广州市海珠区新港中路466号大院1号楼3楼	陈德保
	影像科(民航院区)	广东省广州市白云区机场路290号2号楼1楼/3号楼1楼	颜剑豪
种类和范围	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	粤环辐证[02352]		
有效期至	2025 年 01 月 07 日		
发证日期	2022 年 02 月 15 日（发证机关章）		

活动种类和范围

(二) 非密封放射性物质

证书编号:

粤环辐证[02352]

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	6号楼1楼核医学科	乙级	Tc-99m	1.7E+8	3.3E+12	使用
2	3号楼、9号楼负二楼核医学科	乙级	Tc-99m	1.33E+7	8.33E+12	使用
3	6号楼1楼核医学科	乙级	Sr-89	7.4E+7	1.5E+11	使用
4	3号楼、9号楼负二楼核医学科	乙级	Sr-89	2.96E+7	7.40E+10	使用
5	6号楼1楼核医学科	乙级	Sm-153	7.4E+7	1.5E+10	使用
6	3号楼、9号楼负二楼核医学科	乙级	Ra-223	6.60E+7	8.25E+8	使用
7	6号楼1楼核医学科	丙级	P-32	3.7E+6	7.4E+9	使用
8	6号楼1楼核医学科	乙级	I-131	3.7E+8	7.4E+11	使用
9	3号楼、9号楼负二楼核医学科	乙级	I-131	3.70E+5	9.25E+8	使用
10	3号楼、9号楼负二楼核医学科	乙级	I-131	7.40E+7	1.85E+11	使用
11	3号楼、9号楼负二楼核医学科	乙级	I-131	3.70E+8	9.25E+11	使用
12	6号楼1楼核医学科	乙级	I-125	1.5E+7	3.3E+10	使用
13	3号楼、9号楼负二楼核医学科	乙级	Ga-68	1.21E+7	3.04E+11	使用
14	6号楼1楼核医学科	乙级	P-18	3.0E+7	5.9E+11	使用
15	3号楼、9号楼负二楼核医学科	乙级	P-18	1.81E+7	4.52E+12	使用
	以下空白					

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号:

粤环辐证[02352]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	西门子Somatom Sensation Open 螺旋CT机	III类	1	使用
2	西门子Cios Fusion ERCP机	III类	1	使用
3	西门子Artis Pheno DSA机	II类	1	使用
4	西门子ARTISTE MV 医用电子直线加速器	II类	1	使用
5	瓦里安 CLINAC CX 医用电子直线加速器	II类	1	使用
6	斯达福 SHF-515 PSU 体检车	III类	1	使用
7	深圳海德 RB-BSWL-Vm碎石机	III类	1	使用
8	上海西门子Lumipos Fusion型胃肠机	III类	1	使用
9	锐珂 DRX-Evolution DR机	III类	1	使用
10	普兰梅卡口腔锥形束CT机	III类	1	使用
11	普兰梅卡 Planmeca Promax 口腔全景机	III类	1	使用
12	明峰医疗ScintCare CT-16 方舱CT机	III类	1	使用
13	美敦力 Q-arm 1000 移动C臂机	III类	1	使用
14	迈瑞医疗Mobieye 700T 移动DR机	III类	1	使用
15	联影医疗uCT960+ 640层CT机	III类	1	使用
16	联影医疗uCT960+ 640层CT机	III类	1	使用
17	联影医疗 uDR370i DR机	III类	2	使用
18	联影医疗 uCT110 方舱CT机	III类	1	使用

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[02352]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
19	联影CMS730 PET/CT机	II类	1	使用
20	联影 uDS7801 DR机	III类	2	使用
21	联通 Smallic-HQ 模拟定位机	III类	1	使用
22	豪洛捷克 Discovery A 骨密度仪	III类	1	使用
23	飞利浦 ESSENTA DR COMPACT DR机	III类	1	使用
24	飞利浦 PrimaryDiagnost DR机	III类	1	使用
25	飞利浦 MobileDiagnost eDR 移动DR机	III类	1	使用
26	飞利浦 ESSENTA DR COMPACT DR机	III类	1	使用
27	飞利浦 Brilliance iCT CT机	III类	1	使用
28	飞利浦 BV Endura 移动式C臂机	III类	1	使用
29	飞利浦 Allura xper FD20 DSA机	II类	1	使用
30	飞利浦 Allura xper FD10 DSA机	II类	1	使用
31	东软医疗Neuviz 128 CT机	III类	1	使用
32	东软医疗NeuVison680 DR机	III类	1	使用
33	东软医疗NeuVison680 DR机	III类	1	使用
34	东软医疗NeuVison480 DR机	III类	1	使用
35	东软医疗NeuVison480 DR机	III类	1	使用
36	东软NeuAngio 30C DSA机	II类	1	使用

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[02352]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
37	东软NeuAngio 30C DSA机	II类	1	使用
38	德国西门子公司Ysio DR机	II类	1	使用
39	德国西门子 Ziehm Solo 移动式C臂机	III类	1	使用
40	岛津MUT-600D 移动DR机	III类	2	使用
41	岛津 SONIALVISION G4 胃肠机	III类	1	使用
42	艾蒙斯 GIOTTO IMAGE 3D 乳腺机	III类	1	使用
43	SEDECAL SM-50HF-B-D 移动DR机	III类	1	使用
44	Neurologica NL3000 移动CT机	III类	1	使用
45	GMM OPERA RT20 DR机	III类	1	使用
46	GE definium 6000 DR机	III类	1	使用
47	GE Infinia VC SPECT/CT机	III类	1	使用
	以下空白			

广州市环境保护局

穗环核〔2009〕3号

关于广东省第二人民医院核技术应用 项目环境影响评价的初审意见

省环保局：

广东省第二人民医院位于广州市赤岗石榴岗路1号。本核技术应用项目为设立乙级开放性放射性工作场所和使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置。开放性工作场所使用的放射性同位素有^{99m}Tc、¹³¹I、³²P、¹⁸F、¹⁵³Sm和¹²⁵I，射线装置共19台，其中2台加速器和1台血管造影系统（DSA）属Ⅱ类射线装置，其它16台X射线装置均属Ⅲ类射线装置（详见附表）。

广东省环境辐射研究监测中心对该建设项目进行环境影响评价并编制了《核技术应用项目环境影响报告表》（编号：08HP335）。经研究，我局初审意见如下：

一、拟同意该项目的建设。该单位基本具备设立乙级开放性放射性工作场所和使用Ⅱ类射线装置的安全条件，正常使用情况下，辐射剂量率符合《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）和《医用X射线诊断卫生防护标准》（GBZ130-2002）要求。

二、要求建设单位采取如下的放射性污染防治措施：

（一）做好事故应急处理和安全防护措施，建立健全辐射安全防护管理制度，并按要求上墙；

（二）操作人员和管理人员须定期接受辐射安全专业知识培训；

（三）操作人员应佩带个人剂量仪，定期进行医学检查，并建立个人健康档案；

（四）在放射性同位素和射线装置使用场所设立电离辐射警示标志及工作指示灯，定期监测辐射污染并报环保部门备案；

（五）放射性废水必须在衰变池内停留十个半衰期，待放射性浓度低于国家排放标准后，再排入医院总排污渠；

（六）放射性废物要有专用的废物贮藏室，要在贮藏室内放置十个半衰期后待其放射性活度低于国家限值以后当作一般医用废物进行无害化处理；

（七）项目建成后，应及时向环保部门办理竣工验收和申报登记手续。

现将本初审意见连同申报材料一并呈报你局审批。

附表：广东省第二人民医院射线装置



（联系人：葛瑾，联系电话：83180973）

附件

附表 广东省第二人民医院射线装置

名称型号	数量	类别	工作场所
Primus 型电子直线加速器	1	II类	放疗一楼
CL-600C/D 型电子直线加速器	1	II类	放疗一楼
FD20 型数字化血管造影机	1	II类	住院部一楼
LX-40A 型模拟定位机	1	III类	放疗一楼
Simnlix-HQ 型模拟定位机	1	III类	放疗一楼
Brilliance 16 CT 机	1	III类	住院部一楼
TEITVA 型数字胃肠机	1	III类	住院部一楼
BuckyDiagnos 型 X 射线机	1	III类	住院部一楼
KSO-15R 型 X 射线机	1	III类	住院部一楼
FSK302-I 型 X 射线机	1	III类	住院部一楼
IMAGE-M 型乳腺机	1	III类	住院部一楼
Definium600 型数字化 X 射线机	1	III类	住院部一楼
POLYMOBIL 型床边 X 射线机	1	III类	住院部一楼
M32 型床边 X 射线机	1	III类	住院部一楼
碎石机	1	III类	住院部一楼
STATIF 型数字化 X 射线机	1	III类	门诊部 7 楼
XG-125 型 X 射线透视机	1	III类	门诊部 7 楼
小 C 臂 X 射线机	1	III类	住院部 15 楼
M-MIND 型牙片机	1	III类	门诊部 3 楼

主题词：辐射 环评 报告表 初审

抄送：市环境监察支队、海珠区环保局、广东省第二人民医院。

广州市环境保护局办公室

2009 年 1 月 13 日印发

审批

省环保部门审批意见:

关于广东省第二人民医院核技术应用项目环境影响报告表
(0844P335) 审批意见:

你院使用 ^{125}I 的核技术项目 2005 年获我局临时许可批复 (环
050132)。现在院内增加本项目, 内容为: 使用两台 II 类医用加速
器 (分别为 15MeV 和 6MeV) 和一台 II 类 DSA 机, 使用 16 台 III
类医用射线装置; 核医学科使用 ^{125}I 、 ^{90}Sr 、 ^{89}Sr 、 ^{153}Sm 、 ^{18}F 、
 ^{32}P 等核素, 属乙级非密封放射性物质工作场所; 增加 ^{125}I 的使用
活度。从辐射环境保护出发, 原则同意广州市环保局的初审意见,
同意你单位按照环评报告表所列项目的性质、地点、规模, 在落
实环境保护措施的前提下建设该项目。项目建设中应严格执行环
境保护“三同时”制度, 污染防治设施必须与主体工程同时设计、
同时施工、同时投产 (使用), 严格执行《电磁辐射防护和辐射安
全基本标准》(GB18871-2002) 等标准, 落实环境影响报告表中
建议的辐射防护与辐射安全管理各项措施, 并重点做好以下
工作:

一、建立健全辐射安全各项管理制度和操作规程, 建立辐射
安全管理机构, 辐射安全管理人员和辐射工作人员定期接受安全
培训并持证上岗; 制定事故应急预案;

二、严格按照《医用电子加速器放射卫生防护标准》
(GBZ126-2002) 等的要求, 落实加速器各项辐射安全与防护措
施, 配备辐射监测和报警仪器设备; 做好设备日常检修和维护工

作, 确保其安全联锁系统可靠有效;

三、严格工作场所的分区管理, 加强辐射监测和人员剂量管
理, 配备辐射监测仪器设备, 建立辐射监测和个人剂量档案;

四、进一步加强放射性“三废”的管理, 做好废物的收集、
分类、存放和处理工作, 并登记存档, 做好预防发生废物丢失、
被盗、容器破损和灾害事故的安全措施;

五、做好 ^{125}I 粒子源使用的安全保卫工作, 落实源的使用登
记和保管制度;

你单位应按规定的程序向环境保护主管部门申请项目竣工环
境保护验收, 并办理辐射安全许可证, 防治污染的设施经我局
验收合格后, 该建设项目方可投入生产或者使用。

经办人签字: 江江

2009年4月1日

广州市环境保护局

穗环核管〔2012〕101号

关于广东省第二人民医院核技术应用项目 环境影响登记表的批复

广东省第二人民医院:

你单位报送的《核技术应用项目环境影响登记表》(编制时间:2012年6月4日,以下简称《登记表》)等相关资料收悉。经研究,批复如下:

一、你单位核技术应用建设项目位于海珠区石榴岗路1号,项目内容为使用1台Planmeca ProMax PANORAMIC X-RAY UNIT(数字化全景X线机)、1台DRX500型数字化医用X射线成像系统、1台SM-50HF-B-D移动式X射线摄像机、1台MUX-100J型移动X光机、1台XG5-125型遥控医用诊断X射线透视拍片装置(体检车X光机)、1台OPERA RT20型X射线诊断设备(医技车DR机)、1台SOMATOM Sensation Open(大孔径模拟定位CT);拟购1台移动式数字化X线机DR、1台高档CT、2台数字化X线机DR、2台移动式中臂X线机、2台医用X射线机医用诊断X射线机。以上15台射线装置均属使用III类射线装置项目。

二、根据海珠区环保局的初审意见和《登记表》的评价结论,

我局同意你单位按照登记表中所列项目的性质、地点、规模及环境保护措施要求建设该工程。

三、本项目建设应严格执行环境保护“三同时”制度,防治污染的设施必须与主体工程同时设计、同时施工,同时投产使用,落实《登记表》中有关污染防治事项及以下辐射安全与防护管理措施:

(一)建立健全辐射防护安全管理制度和制定可行的事故应急预案。

(二)明确辐射安全管理机构,配备辐射管理人员,并定期接受辐射安全培训,未取得省级以上环保部门颁发的辐射工作培训合格证的人员,不得上岗。

(三)辐射工作人员须佩戴个人剂量计,定期监测受照剂量,你单位核技术应用项目的剂量管理目标值:工作人员剂量低于5毫希沃特/年,公众剂量低于0.25毫希沃特/年。

(四)在射线装置使用场所设立电离辐射警示标志,每年不少于一次委托环保部门环境监测机构进行辐射水平监测并报环保部门备案。

(五)严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《医用X射线诊断卫生防护标准》(GBZ130-2002)要求,落实各项辐射防护措施,配备辐射监测和报警仪器设备。

四、该项目内容批准后,应办理《辐射安全许可证》相关手

—2—

续：项目建成后，请按规定向我局申请项目竣工环境保护验收，经验收合格后方可投入使用。

五、项目的日常环境保护监督管理工作由海珠区环保局负责。



二〇一二年十月二十三日

主题词：环保 核技术△ 环评△ 批复

抄送：省环境保护厅，局执法监察支队，海珠区环保局。

广州市环境保护局办公室

2012年10月24日印发

广州市环境保护局

穗环核〔2012〕78号

关于广东省第二人民医院核技术应用项目 环境影响报告表的初审意见

广东省第二人民医院:

你单位报送的《核技术应用项目环境影响报告表》(编号:GDHL-HP-12-C036,以下简称《报告表》)等相关资料收悉。经初步审查,我局意见如下:

一、你单位本次核技术应用项目位于广州市海珠区石榴岗路1号,内容为:拟更换电子直线加速器1台,属II类射线装置;核医学科拟搬迁至住院部南楼病区一层新的场所内,使用放射性核素: ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{32}P 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I (放射性核素操作量见附表),属乙级非密封源工作场所,SPECT(CT装置)1台,属III类射线装置。

广东核力工程勘察院对该建设项目进行环境影响评价并编制了《报告表》。我局原则同意你单位向省环境保护厅申请办理该建设项目审批手续。

二、应采取如下的放射性污染防治措施:

(一)射线装置工作场所须设立电离辐射警示标志,警示灯

必须正常使用,管理制度须按要求上墙;

(二)做好事故应急处理和安全防护措施,建立健全辐射防护安全管理制度;

(三)辐射防护管理人员和操作人员定期接受辐射安全培训,须经省级以上环保部门培训并通过考核取得合格证的工作人员方可上岗操作;

(四)操作人员须穿戴防护用品方能进行操作;

(五)你院核技术应用项目的剂量管理目标值:工作人员剂量低于5毫希沃特/年,公众剂量低于0.25毫希沃特/年,辐射工作人员须佩戴个人剂量计,每个季度进行个人剂量检测,并存档。

(六)项目建成后,应及时向环保部门办理竣工环保验收。



附表

广东省第二人民医院放射性核素操作量

序号	核素名称	最大日操作量	最大年使用量
1	^{125}I	$1.69 \times 10^6 \text{Bq}$	$3.38 \times 10^6 \text{Bq}$
2	^{131}I	$3.75 \times 10^3 \text{Bq}$	$7.5 \times 10^3 \text{Bq}$
3	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$3.0 \times 10^3 \text{Bq}$	$6.0 \times 10^3 \text{Bq}$
4	^{125}I	$3.7 \times 10^3 \text{Bq}$	$7.4 \times 10^3 \text{Bq}$
5	^{125}I	$1.13 \times 10^6 \text{Bq}$	$2.25 \times 10^6 \text{Bq}$
6	^{90}Sr	$7.5 \times 10^3 \text{Bq}$	$1.5 \times 10^4 \text{Bq}$
7	^{125}I	$1.5 \times 10^3 \text{Bq}$	$6 \times 10^3 \text{Bq}$

主题词：环保 辐射△ 报告表△ 初审 意见

抄送：省环境保护厅、局执法监察支队。

广州市环境保护局办公室

2012 年 10 月 24 日印发

广东省环境保护厅文件

粤环审〔2012〕512号

广东省环境保护厅关于广东省第二人民医院 核技术应用项目环境影响报告表的批复

广东省第二人民医院：

你单位报批的《核技术应用项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号GDHL-HP-12-C036），广州市环保局对项目的初审意见和省辐射防护协会的评估意见收悉。经研究，批复如下：

一、广东省第二人民医院本次核技术应用改扩建项目内容为：在广州市石榴岗路1号院内新建机房更换使用1台最大能量18兆电子伏医用电子加速器，为II类射线装置；核医学科搬迁改建至住院部南楼病区1层，利用1台SPECT使用钨-99、氟-18等核素开展显像诊断，使用碘-131、磷-32、钷-89、钷-153等核素开展核医学诊疗（其中，钨-99日等效最大操作量为 1.69×10^8

- 1 -

贝克；氟-18日等效最大操作量为 3.0×10^7 贝克；碘-131日等效最大操作量为 3.7×10^8 贝克；磷-32日等效最大操作量为 3.7×10^6 贝克；钷-89日等效最大操作量为 7.4×10^7 贝克；钷-153日等效最大操作量为 1.13×10^9 贝克），属乙级非密封源工作场所。

二、根据报告表的评价结论，我厅同意你单位按照报告表中所列项目的性质、地点、规模、核素种类、活度及环境保护措施要求建设该工程。

三、项目应认真落实报告表提出的各项污染防治和辐射防护措施，并重点做好以下工作：

（一）健全辐射安全管理机构，完善各项管理制度和操作规程；加强放射性物质的安全保卫工作，完善防盗设施与措施，确保各放射性物质的安全；辐射安全管理人员和辐射工作人员定期接受辐射安全培训并持证上岗；制定辐射事故应急预案。

（二）严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等的要求建设新机房和专用病房，落实各项辐射安全与防护措施，严格辐射工作场所的分区管理，工作场所须设立电离辐射警示标志，配备辐射防护用品。

（三）严格按照《医用电子加速器卫生防护标准》（GBZ126-2002）等的要求落实加速器各项辐射安全与防护措施；加速器机房的安全联锁装置要严格按照标准和报告表提出的要求设置，运行期间要加强检查，确保安全联锁装置及通风系统有效可靠。

- 2 -

(四)按照《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)要求进一步加强核医学科的辐射防护、安全、监测等管理;按照要求建立放射性同位素使用台账。

(五)按照《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)要求落实放射性“三废”处理措施。按报告表要求设置排气系统,保持工作场所废气排放系统、通风系统正常运行并达标排放,排气系统安装过滤器并定期更换;配备人员专门负责管理废物的收集、存放和处理,建立废物贮存、处理档案,对产生的放射性固体废弃物,根据产生的时间,分开收集,并在收集的容器上面贴标签注明污染物的种类,产生的时间及半衰期;废物贮存间设电离辐射警示标志,有“防火、防盗、防丢失,防破坏、防射线泄漏”的功能,建立出入贮存间登记和双人双锁制度;核医学科专用病房、专用洗手间的患者排泄物及各类衰变放射性废液集中收集至衰变池,达到排放标准后,经环保部门核准方可排放,废水衰变池须有足够容量,坚固、防酸碱腐蚀和无渗透并有防泄漏措施。

(六)落实监测计划,配备X-γ辐射和表面沾污测量仪器,定期监测并建立监测档案;非密封源工作场所每次操作放射性同位素后须对工作台、地面及工作人员的工作服、手套、工作鞋等进行表面沾污监测,发现污染及时去污;定期委托有资质的辐射监测机构对周围环境和 workplaces 进行环境辐射监测;工作人员佩戴个人剂量计,剂量计监测每季度进行1次,建立个人剂量档案。

- 3 -

(七)本项目的剂量管理目标值:工作人员剂量控制值低于5毫希沃特/年,公众剂量控制值低于0.25毫希沃特/年。

四、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后,你单位应按规定的程序向我厅申请项目竣工环境保护验收,污染防治的设施须经验收合格后,该建设项目方可投入使用。

五、项目的日常环境保护监督管理工作由广州市环保局负责。



抄送:广州市环保局,省辐射防护协会,广东核力工程勘察院。

广东省环境保护厅办公室

2012年10月30日印发

- 4 -

广州市环境保护局

穗环核〔2012〕30号

关于广东省第二人民医院核技术应用项目 环境影响报告表的初审意见

广东省第二人民医院:

你单位报送的《核技术应用项目环境影响报告表》(编号:11FSHP096,以下简称《报告表》)等相关资料收悉。经初步审查,我局意见如下:

一、你单位本次核技术应用项目位于广州市海珠区石榴岗路1号,内容为分别使用1台ALLura Xper FD10型、1台ALLura Xper FD20型数字减影血管造影装置(DSA),以上2台DSA均属于使用II类射线装置。广东省环境科学研究院对该建设项目进行环境影响评价并编制了《报告表》。我局原则同意你单位向省环境保护厅申请办理该建设项目审批手续。

二、应采取如下的放射性污染防治措施:

(一)射线装置工作场所须设立电离辐射警示标志,警示灯必须正常使用,管理制度须按要求上墙;

(二)做好事故应急处理和安全防护措施,建立健全辐射防护安全管理制度;

(三)辐射防护管理人员和操作人员定期接受辐射安全培训,须经省级以上环保部门培训并通过考核取得合格证的工作人员方可上岗操作;

(四)DSA操作人员须穿戴防护用品方能进行操作;

(五)你院核技术应用项目的剂量管理目标值:工作人员剂量低于5毫希沃特/年,公众剂量低于0.25毫希沃特/年,辐射工作人员须佩戴个人剂量计,每个季度进行个人剂量检测,并存档。

(六)项目建成后,应及时向环保部门办理竣工环保验收,



主题词: 环保 核技术应用项目△ 报告表△ 初审意见

抄送: 省环境保护厅、局执法监察支队、海珠区环保局。

广州市环境保护局办公室

2012年5月17日印发

—2—

广东省环境保护厅文件

粤环审〔2012〕149号

关于广东省第二人民医院核技术应用项目 竣工环境保护验收意见的函

广东省第二人民医院：

你单位核技术应用项目竣工环境保护验收申请及有关材料收悉。我厅对该项目进行了竣工环境保护验收现场检查，并将该项目环境保护执行情况在广东省环境保护公众网 (<http://www.gdepb.gov.cn>)进行了公示，公示期间未收到群众的投诉和反对意见。经研究，现提出验收意见如下：

一、广东省第二人民医院核技术应用项目位于广州市赤岗石榴岗路1号。该核技术应用项目内容为：拥有III类X射线装置共12台，其中包括模拟定位机，数字胃肠机，数字化X射线机（DR），CT机和小C臂X射线机等；II类X射线装置3台。

- 1 -

其中数字减影血管造影装置1台，直线加速器2台。核医学科使用放射性核素有 ^{99m}Tc 、 ^{111}In 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr 。工作场所属于乙级非密封源工作场所。项目实际总投资8200万元，环保投资200万元，占总投资的2.44%。

二、该项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，设置了辐射安全管理机构，制定了安全防护和环境保护规章制度，建立了辐射事故应急预案，配备了较齐全的环境辐射监测仪器及个人防护仪器，基本落实了各项防护措施和辐射安全措施，申领了辐射安全许可证。

三、广东省环境辐射监测中心编制的《广东省第二人民医院核技术应用项目竣工环境保护验收监测报告》表明：

广东省第二人民医院射线装置周围辐射剂量率监测结果满足《医用X射线CT机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T 180-2006），《医用X射线诊断卫生防护标准》（GBZ130-2002）和《医用电子加速器卫生防护标准》（GBZ126-2002）等标准。

核医学科工作场所的环境 γ 辐射剂量率，放射性表面污染水平监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的限值要求；医院放射性废气排放管道中安装了活性炭过滤装置，放射性废气排放口高出本建筑屋顶，符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求；放射性废水中排放废水总 α 、总 β 放射性水平符合广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）（第一类污染物）的要求，

- 2 -

四、根据验收意见和公示结果，广东省第二人民医院核技术应用项目符合建设项目竣工环境保护验收条件；根据原国家环保总局《建设项目竣工环境保护验收管理办法》第十七条规定，同意通过环境保护验收。

五、项目投入运行后应做好以下工作：

完善并严格执行辐射安全管理制度和辐射应急预案，并委托有辐射环境监测资质的监测机构每年对环境辐射水平进行监测，对射线装置使用的安全和防护状况进行年度评估，每年 1 月 31 日前向环保部门报送上一年的安全与防护年度评估报告。

六、该项目日常的环境保护监管工作由广州市环保局负责。



主题词：环保 建设项目 竣工验收 函

抄送：广州市环保局，广东省环境辐射监测中心。

广东省环境保护厅办公室

2012 年 4 月 9 日印发

— 4 —

广州市环境保护局

穗环核验〔2013〕66号

广州市环境保护局关于广东省第二人民医院 核技术利用项目环保竣工验收的批复

广东省第二人民医院：

你单位核技术利用项目环保竣工验收申请及有关资料收悉。
经审查，批复如下：

一、本次申请的验收项目位于海珠区石榴岗路1号，项目内
容为使用1台 Planmeca ProMax PANORAMIC X-RAY UNIT(数字
化全景X线机)、1台 DRX500型数字化医用X射线成像系统、1
台 SM-50HF-B-D移动式X射线摄影机、1台 MUX-100J型移动X
光机、1台 OPERA RT20型X射线诊断设备(医技楼DR机)、1
台 SOMATOM Sensation Open型大孔径模拟定位CT机。以上6
台射线装置均属使用III类射线装置项目。该项目已基本落实环评
及批复意见提出的环保措施。根据广州市环境监测中心站《建设
项目竣工环境保护验收(放射性)监测表》(穗环监检字2013第
YS20050112701号),射线装置的x-γ辐射剂量率对工作人员和公
众所受年附加剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
(GB18871-2002),符合环保竣工验收条件,我局同意你单位核

技术应用项目环保竣工验收。

二、你单位须继续做好以下工作：

(一)完善并严格执行辐射安全管理制度和辐射应急预案，
委托环保部门有辐射环境监测资质的监测机构每年对辐射环境污
染进行监测。

(二)对射线装置使用的安全与防护状况进行年度评估，每
年1月31日前向我局报送上一年度的安全与防护年度评估报告。

(三)严格操作人员佩戴剂量计管理，定时做好个人剂量检
测和职业体检，确保辐射环境安全。

三、项目的日常环境保护监督管理工作由局执法监察支队负
责。

特此批复



【公开属性：主动公开】

抄送：省环境保护厅，局执法监察支队，海珠区环保局。

— 2 —

广东省环境保护厅文件

粤环审〔2013〕265号

广东省环境保护厅关于广东省第二人民医院核技术应用项目竣工环境保护验收意见的函

广东省第二人民医院：

你院核技术应用项目竣工环境保护验收申请及有关材料收悉。我厅对该项目进行了竣工环境保护验收现场检查，并将该项目环境保护执行情况在广东省环境保护公众网(<http://www.gdepb.gov.cn>)进行了公示。公示期间未收到群众的投诉和反对意见。经研究，现提出验收意见如下：

一、广东省第二人民医院核技术应用项目位于广州市海珠区石榴岗路1号。本次核技术应用项目验收内容为：数字减影血管

造影装置(DSA)2台，属于II类射线装置。

二、广东省环境辐射监测中心编制的《广东省第二人民医院建设项目竣工环境保护验收监测报告表》表明：

广东省第二人民医院射线装置机房周围的辐射剂量率监测结果满足《医用X射线诊断卫生防护标准》(GBZ130-2002)的要求；辐射工作人员的受照剂量和公众的年估算受照剂量监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

三、该项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，申领了辐射安全许可证，设置了辐射安全管理机构，制定了辐射防护和环境保护规章制度，建立了辐射事故应急预案，配备了个人防护用品，落实了各项防护措施和辐射安全措施，竣工环境保护验收合格。

四、项目投入运行后应做好以下工作：

(一)进一步完善辐射安全管理机构，强化安全意识；及时组织辐射工作人员参加辐射安全工作人员培训，做到持证上岗；进一步加强工作人员个人剂量管理，每3个月监测1次并建立剂量档案。

(二)完善并严格执行辐射安全管理制度和辐射应急预案，每年对环境辐射水平进行监测，对核技术应用项目的使用安全和防护状况进行年度评估，每年1月31日前向我厅报送上一年度的安全与防护年度评估报告。

— 1 —

— 2 —

五、该项目日常的环境保护监管工作由广州市环保局负责。



抄送：广州市环保局，广东省环境辐射监测中心。

广东省环境保护厅办公室

2013年8月28日印发

— 4 —

— 3 —

审批部门意见

市环保局意见:

同意广东省第二人民医院新增使用 1 台 II 类、9 台 III 类射线装置, 同时办理 1 台 II 类 (PRIMUS 医用电子直线加速器)、1 台 III 类射线装置 (IMAGE-M 乳腺机) 报废手续上报省环保厅办理《辐射安全许可证》。



省环保厅意见:

公章
年 月 日

审批部门意见

市环保局意见:

同意广东省第二人民医院新增使用 5 台 III 类射线装置手续上报省环保厅办理《辐射安全许可证》。



省环保厅意见:

公章
年 月 日

广东省第二人民医院核技术利用改建项目
竣工环境保护验收组意见

2018年7月20日,我院组织验收组对放疗科1台医用电子直线加速器进行了竣工环境保护验收,参加验收人员除本院专家外还有2名特邀专家。验收组听取了我院对该项目环境保护执行情况的汇报及进行了现场检查,审阅核实了有关材料,形成验收意见如下:

一、 建设项目基本情况

我院核技术利用竣工验收项目内容为在放疗科1层,使用1台直线加速器(瓦里安CLINAC CX,属于II类射线装置)用于放射治疗。

二、 环境保护执行情况

该项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度,设置了辐射安全管理机构,制定了安全防护和环境保护规章制度,建立了事故应急预案,申领了辐射安全许可证,落实了各项防护措施和辐射安全措施。

三、 验收监测结果

我院直线加速器机房周围监测结果和辐射工作人员年受照剂量和公众受照剂量结果均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和相关标准的要求。

四、 验收结论

该项目符合环境保护验收条件,验收组一致通过竣工环境保护验收。

验收组:

洪志 陈育
孙少 黄建
陈少 黄建

广东省第二人民医院
二〇一八年七月二十日

广东省第二人民医院核技术利用改建项目竣工环境保护验收会人员签到表

姓名	单位	职称/职务	联系方式	备注
王树平	广东省第二人民医院	副院长		
刘清	广东省第二人民医院	主任		
魏可	中山大学附属第一医院	副主任		
黄嘉福	广东省疾病预防控制中心	教授		
洪文松	广东省第二人民医院	主任		
郭书菊	广东省第二人民医院	主任		
吴晓雄	广东省第二人民医院	主任		
孙嘉增	广东省第二人民医院	高工		

广东省第二人民医院核技术利用改建项目
竣工环境保护验收会专家签到表

姓名	单位名称	职务(称)	签名
洪文松	广东省第二人民医院	主任	洪文松
魏可	中山大学附属第一医院	副主任	魏可
黄嘉福	广东省疾病预防控制中心	教授	黄嘉福
郭书菊	广东省第二人民医院	主任	郭书菊
吴晓雄	广东省第二人民医院	主任	吴晓雄
孙嘉增	广东省第二人民医院	高工	孙嘉增

广东省第二人民医院扩建医用电子直线加速器

竣工环境保护验收意见

广东省第二人民医院组织验收工作组于 2019 年 10 月 8 日对该医院 2012 年扩建医用电子直线加速器项目进行了竣工环境保护自主验收。参加验收的人员有建设单位、验收监测单位、验收报告编制单位的相关人员，会议还邀请了一名行业内的专家。

验收工作组进行了现场勘查，听取了建设单位的情况介绍，审阅了《广东省第二人民医院扩建医用电子直线加速器竣工环境保护验收监测报告》，核对了有关材料，经讨论、审议，形成验收意见如下：

一、建设项目基本情况

广东省第二人民医院位于广州市海珠区新港中路 466 号，本次验收的内容为：2012 年在放疗科一樓西侧扩建直线加速器 3 室、使用 1 台 SIEMENS ARTISTE MV 型医用电子直线加速器(6MV/10MV 双能)，属于核技术利用扩建项目。

二、环境保护执行情况

该项目于 2012 年 10 月 30 日经广东省环境保护厅审批同意建设(粤环审【2012】512 号)，执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，申领了辐射安全许可证，设置了辐射安全管理机构，制定了辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，工作人员参加了辐射安全上岗培训，配备了辐射监测仪器和防护用品，落实了各项辐射安全与防护措施。

三、验收监测结果

该项目工作时机房外环境辐射水平满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)的规定：在加速器迷道门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。该项目辐射工作人员和公众的年有效受照剂量满足环评文件提出的剂量约束值：工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

四、验收结论

该项目环境保护审查审批手续齐全，落实了环境影响报告表及其批复文件的相关要求，符合环境保护验收条件，通过竣工环境保护验收。

验收工作组签名：封章林 冯明生
谢慧明 张松 张琦 孙
洪文彬 刘俊哲

二〇一九年十月八日

广东省生态环境厅

粤环审〔2021〕178号

广东省生态环境厅关于广东省第二人民医院 核技术利用扩建项目环境影响 报告表的批复

广东省第二人民医院:

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》(以下简称报告表,编号为LBHJ-2021-HJSH003)等材料收悉。经研究,批复如下:

一、你单位核技术利用扩建项目位于广州市海珠区新港中路466号大院广东省第二人民医院内。项目主要内容为:

(一)将医院3号楼、9号楼负二层的地下停车场、人防区

— 1 —

改造为新核医学科非密封放射性物质工作场所,开展核素显像检查和核素治疗项目。在该工作场所建设1间PET/CT室、1间PET/MR室、1间SPECT/CT室及其配套功能用房。在PET/CT和PET/MR机房内分别安装使用1台PET/CT(属Ⅲ类射线装置)和1台PET/MR,使用放射性核素氟-18、镱-68开展正电子显像诊断;将6号楼核医学科原有的1台SPECT/CT(Ge Infinia VC Hawkeye 4型,属Ⅲ类射线装置)搬迁至本项目SPECT/CT室,使用放射性核素钼-99m、碘-131开展单光子显像诊断。使用放射性核素锶-89、镭-223开展骨转移瘤治疗,使用放射性核素碘-131开展甲功测定、甲亢治疗。新核医学科工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

(二)在新核医学科工作场所外西侧建设1间骨密度室,将6号楼核医学科原有的1台骨密度仪(HOLOGIC DISCOVERY A型,属Ⅲ类射线装置)搬迁至该骨密度室内使用,用于开展放射诊断。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审,出具的评估意见认为,报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容,以及提出的辐射安全防护措施合理可行,环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全防护措施以及安全责任,确保辐射工作人员有效剂量约束值

— 2 —

低于 5 毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于 0.25 毫希沃特/年。

四、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定的程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由广州生态环境局负责。



公开方式：主动公开

抄送：广州市生态环境局，广东省环境辐射监测中心，广州乐邦环境科技有限公司。

广东省生态环境厅办公室

2021 年 7 月 15 日印发

广东省生态环境厅

粤环审〔2020〕265号



广东省生态环境厅关于广东省第二人民医院 核技术利用扩建项目环境影响报告表的批复

广东省第二人民医院：

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号 GZDS 环评 2020002）等材料收悉。经研究，批复如下：

一、你单位核技术利用扩建项目位于广州市海珠区新港中路466号大院广东省第二人民医院赤岗院区。项目内容为：将医院3号楼二层北侧中部呼吸内镜室和办公室等改建为1间介入手术室和配套辅助用房，在该手术室内新增安装使用1台 NeuAngio 30C 型数字减影血管造影装置（最大管电压 125 千伏，最大管电

- 1 -

流 1000 毫安，属 II 类射线装置）用于介入手术中的放射诊疗。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全防护措施以及安全责任，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于 0.25 毫希沃特/年。

四、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定的程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由广州市生态环境局负责。

广东省生态环境厅

2020 年 11 月 13 日

公开方式：主动公开

抄送：广州市生态环境局，省环境辐射监测中心，广州达盛检测技术服务有限公司。

广东省生态环境厅办公室

2020 年 11 月 13 日印发

- 2 -

2022年3月28日,广东省第二人民医院在院内组织验收组(参会人员名单见签到表)对广东省第二人民医院核技术利用扩建项目进行环境保护竣工验收。验收组听取了该项目建设期间的情况介绍和医院核技术利用扩建项目竣工环境保护验收监测报告的说明,查阅了相关资料并进行了现场查看,形成如下意见:

本次验收的核技术应用项目在 3 号楼 2 楼介入科手术室 (3), 验收的射线装置为 1 台 DSA (设备厂家: 东软医疗系统股份有限公司, 型号: NeuAngio 30C, 出厂编号: N30C20070030)。建设内容与环境影响报告表及环评意见内容一致。

医院完成了环评报告表（编号：GZDS 环评 2020002）和广东省生态环境厅对本项目的环境保护要求，并申请了《辐射安全许可证》；医院具有相应的辐射监测手段，完善了辐射防护安全管理制度，在防护和管理上执行了国家相关环保法规和制度。

1.项目涉及的辐射工作人员年受照剂量和公众年受照剂量估算结果满足《电离辐射防护与辐射源安全标准》(GB 18871-2002)的要求,也满足环境影响报告表和广东省生态环境厅提出的年有效剂量约束值。

- #### 四、验收结论

验收工作组:



竣工环境保护验收会议签到表

[illegible]

广东省生态环境厅

粤环审〔2021〕60号

广东省生态环境厅关于广东省第二人民医院 民航院区核技术利用扩建项目 环境影响报告表的批复

广东省第二人民医院:

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》(以下简称报告表,编号为GZDS环评2020007)等材料收悉。经研究,批复如下:

一、你单位核技术利用扩建项目位于广州市白云区机场路290号广东省第二人民医院民航院区。项目主要内容为:将院区2号楼一层东侧闲置房间改建为1间介入手术室和配套辅助用房,在该介入手术室内安装使用1台数字减影血管造影装置(型

- 1 -

号为NeuAngio 30C,最大管电压125千伏,最大管电流1000毫安,属II类射线装置)用于介入手术中的放射诊疗。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审,出具的评估意见认为,报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容,以及提出的辐射安全防护措施合理可行,环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施,确保辐射工作人员有效剂量约束值低于5毫希沃特/年,公众有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。

四、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后,你单位应按规定程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由广州市生态环境局负责。

广东省生态环境厅

2021年3月9日

公开方式:主动公开

抄送:广州市生态环境局,省环境辐射监测中心,广州达盛检测技术服务有限公司。

广东省生态环境厅办公室

2021年3月9日印发

- 2 -

2022年3月28日,广东省第二人民医院在院内组织验收组(参会人员名单见签到表)对广东省第二人民医院民航院区核技术利用扩建项目进行环境保护竣工验收。验收组听取了该项目建设期间的情况介绍和医院民航院区核技术利用扩建项目竣工环境保护验收监测报告的说明,查阅了相关资料并进行了现场查看,形成如下意见:

本次验收的核技术利用项目在民航院区 2 号楼 1 楼心血管介入室, 验收的射线装置为 1 台 DSA (设备厂家: 东软医疗系统股份有限公司, 型号: NeuAngio 30C, 出厂编号: N30C21090010)。建设内容与环境影响报告表及环评意见内容一致。

医院完成了环评报告表(编号: GZDS 环评 2020007)和广东省生态环境厅对本项目的环境保护要求,并申请了《辐射安全许可证》;医院具有相应的辐射监测手段,完善了辐射防护安全管理制度,在防护和管理上执行了国家相关环保法规和制度。

1. 项目涉及的辐射工作人员年受照剂量和公众年受照剂量估算结果满足《电离辐射防护与辐射源安全标准》(GB 18871-2002)的要求,也满足环境影响报告表和广东省生态环境厅提出的年有效剂量约束值。

四、验收结论

验收工作组:

3000 尹和平 唐 广东省第二人民医院 (盖章)
 符江雄 梁如麟 市
 李政 陈淑荣

广东省第二人民医院民航院区核技术利用扩建项目

[illegible]

粤环审〔2021〕115号

广东省生态环境厅关于广东省第二人民医院 核技术利用扩建项目环境影响报告表的批复

广东省第二人民医院：

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号为20DLFSHP025）等材料收悉。经研究，批复如下：

一、你单位核技术利用扩建项目位于广州市海珠区新港中路466号大院广东省第二人民医院内。项目主要内容为：将3号楼二层的介入中心医护人员通道、医生休息室、污物通室、门诊诊室等区域改建为1间介入手术室和1间CT室，在介入手术室内安装使用1台数字减影血管造影装置（最大管电压125千伏、最大管电流1000毫安，属II类射线装置）用于介入手术中的放射

- 1 -

诊疗；在CT室内安装使用1台CT机（最大管电压150千伏、最大管电流1000毫安，属III类射线装置）用于放射诊断；介入手术室和CT室之间设防护门，两室内的射线装置均为固定式，需要开展复合手术时，通过病床推送患者进出两室开展复合手术。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于5毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。

四、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由广州市生态环境局负责。

广东省生态环境厅
2021年5月11日

公开方式：主动公开

抄送：广州市生态环境局，广东省环境辐射监测中心，广东智环创新环境科技有限公司。
广东省生态环境厅办公室 2021年5月11日印发

- 2 -

附件 3 医院原有辐射工作人员辐射安全培训合格证情况

核技术利用辐射安全与防护考核		
成绩报告单		
马晓芬，女，1990年 月17日生，身份证：4 2，于2021年07月参加核医学辐射安全与防护考核，成绩合格。		
编号：FS21GD0300123	有效期：2021年07月13日至2026年07月13日	
报告单查询网址：fusha.mee.gov.cn		

核技术利用辐射安全与防护考核		
成绩报告单		
肖汉，女，1981年 月04日生，身份证：1 X，于2021年07月参加核医学辐射安全与防护考核，成绩合格。		
编号：FS21GD0300122	有效期：2021年07月09日至2026年07月09日	
报告单查询网址：fusha.mee.gov.cn		

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



黄觉梅，女，1994年 月14日生，身份证，44 18，于2021年07月参加 核医学 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS21GD0300107 有效期：2021年07月07日至 2026年07月07日

报告单查询网址：fushie.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



李科斌，男，1983年 月30日生，身份证，3 5，于2021年07月参加 核医学 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS21GD0300114 有效期：2021年07月09日至 2026年07月09日

报告单查询网址：fushie.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



龙志强, 男, 1993年 月03日生, 身份证, 4, 于2021年07月参加 核医学 辐射安全与防护考核, 成绩合格。

编号: FS21GD0300132 有效期: 2021年07月13日至 2026年07月13日

报告单查询网址: fusha.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



吴继珍, 女, 1965年 月17日生, 身份证, 4, 于2021年07月参加 核医学 辐射安全与防护考核, 成绩合格。

编号: FS21GD0300113 有效期: 2021年07月09日至 2026年07月09日

报告单查询网址: fusha.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核		
成绩报告单		
王蕾, 女, 1981年 月18日生, 身份证: 4 4, 于2021年07月参加 核医学 辐射安全与防护考核, 成绩合格。		
编号: FS21GD0300159	有效期: 2021年07月23日至 2026年07月23日	
报告单查询网址: fushhe.mee.gov.cn		

附件 4 建设单位制定的相关辐射安全和防护管理制度

 广东省第二人民医院 GUANGDONG PROVINCIAL SECOND PEOPLE'S HOSPITAL	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00006
	核医学检查服务管理手册	页 码	1/2
	核医学科安全管理制度	生效日期	2020-11-01

1.0 目的

对核医学科安全工作进行控制,确保安全管理,避免事故发生,特制订本工作制度。

2.0 适用范围

本程序适用于核医学科查对安全管理和控制。

3.0 管理制度

3.1 工作人员应妥善保管科室大门及房门钥匙,防止丢失;一旦不慎遗失,应及时报告,并作紧急处理。

3.2 科室设有病房者,在患者住院治疗期间,每日应有专人值班,病房内不得接待非住院患者,不得会客。

3.3 工作人员下班前必须检查仪器、水、电、煤气及关窗锁门。全科(室)人员应熟知总电源开关位置。灭火机置于醒目地点,工作人员应熟练掌握灭火机的使用方法。

3.4 非工作需要,在科室室内不得使用电炉。

3.5 室内无人时,工作人员应随手关门。高活性区(室),闲人不得入内。

3.6 放射性同位素及放射免疫试剂盒应有专人负责妥善保管,不得遗失。

3.7 未经科室同意,本科工作人员不得在科室留宿。

3.8 提高警惕,发现非本科(室)就诊人员应及时查问。发生重大事故应及时向领导汇报。

3.9 专人负责安全管理,应定期检查,发现问题及时改进。

 广东省第二人民医院 GUANGDONG PROVINCIAL SECOND PEOPLE'S HOSPITAL	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00006
	核医学检查服务管理手册	页 码	2/2
	核医学科安全管理制度	生效日期	2020-11-01

4.0 相关文件记录

无

编制：李科斌	审核：马晓芬	审批：瞿红鹰
--------	--------	--------

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00002
	核医学检查服务管理手册	页 码	1/3
	辐射事件（故）应急预案	生效日期	2020-11-01

1.0 目的

对核医学科核医学科辐射事件（故）应急预案，确保查对工作有序、有效的进行，特制订本工作制度。

2.0 适用范围

本程序适用于核医学科辐射事件（故）应急预案管理和控制。

3.0 预案内容

核医学科可能发生的辐射事件（故）主要包括放射性药品丢失、放射性污染和内照射事故 3 类。应根据不同情况分别进行科学、安全、合理处理，旨在减少可能造成的辐射损伤和其他损失。

预案总则

1 编制目的：为建立健全核医学科核与辐射事件（故）应急机制，及时处置突发核与辐射事件（故），提高应急处置能力，最大程度地减少核与辐射事故及其可能造成的人员伤亡和财产损失，编制本预案。

2 编制依据：依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《核电厂核事故应急管理条例》和《国家核应急预案》、国家环保总局制定的《核与辐射事故应急响应方案》、《广东省市突发公共事件总体应急预案》等。

3 适用范围：本预案适用于核医学科发生核与辐射事件（故）的应急处置。

4 工作原则：统一指挥、首发负责；分级管理、预防为主；常备不懈、以人为本；减少损失、避免扩散。

5 应急小组成员：组长：马晓芬科主任，副组长：李科斌技师长，组员：肖汉、张林悦、吴继珍。

6 辐射事件（故）发生后向科主任汇报时遇有联系不上时，要发短信告知，并改向技师长汇报。

7 辐射事件（故）处理完毕后，当事人应在 48 小时内写出完整报告，经

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00002
	核医学检查服务管理手册	页 码	2/3
	辐射事件（故）应急预案	生效日期	2020-11-01

科主任审阅后留档。

8 辐射事件（故）处理完毕后一个月内，科主任组织当事人向全科工作人员进行汇报，组织讨论并制定及完善预防与改进措施。

9 应急联系电话

- 9.1 科主任：1 8
- 9.2 技师长：1 91
- 9.3 医院总值班：68222
- 9.4 院保卫处科：68034
- 9.5 院警队：68110；
- 9.6 环境生态局：12369
- 9.7 卫生健康局：81081186
- 9.8 公安局：110

预案细则

10 放射性药品丢失

- 10.1 发现放射性药品丢失要向科主任汇报。
- 10.2 搞清楚丢失放射性药品的品种和数量。
- 10.3 评估可能出现的后果。
- 10.4 出现长半衰期治疗药物丢失，科主任向医院总值班和保卫部门汇报。

- 10.5 使用污染仪，全科探测是否有射线污染。

11 放射性污染

- 11.1 发生可疑放射性污染时应立即测量确定污染存在，必要时及时进行评估。

- 11.2 确定发生放射性污染后应，立即远离污染区。

- 11.3 对自己的手、足、身体进行沾污测量，如发现污染不可接触其他人员和设施，迅速清水洗涤，去除一切污染衣物，避免污染范围扩大。

- 11.4 污染的衣物放置在干净放射性废物袋（黄色）中，记录时间，投放至空铅污物桶中单独存放。

- 11.5 发生放射性污染后，应根据污染程度、范围和放射性核素的性质

 广东省第二人民医院 GUANGDONG PROVINCIAL SECOND PEOPLE'S HOSPITAL	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00002
	核医学检查服务管理手册	页 码	3/3
	辐射事件（故）应急预案	生效日期	2020-11-01

采取不同的处理方法。其原则应尽量减少辐射剂量，减少对工作的影响。

11.6 考虑到核医学使用的放射性核素半衰期较短，能量较低，首先采取隔离屏蔽措施，以期自然衰变。尽量不做即时清除处理，以免 2 次污染和不必要照射。

11.7 10 个半衰期后，测量污染处是否已经达到安全水平。

11.8 发生污染要向科主任汇报。科主任对后果评估后分别采取进一步措施。

11.9 污染程度严重，影响科室正常工作时，科主任要向院总值班、放射防护委员会（秘书）汇报。

11.10 如发生半衰期较长（ ^{89}Sr ）、剂量较大（治疗量 ^{131}I ）放射性污染，科主任应报请院领导向北京市环保局、公安局、卫生局进行后果评估。

12 内照射事件（故）

12.1 发生可疑内照射事件（故）要向科主任汇报。科主任对后果评估后分别采取进一步措施和分别向院总值班、放射防护委员会（秘书）汇报。

12.2 协助科主任和技术组组长查明造成内照射的种类、剂量、范围并采取相应措施。

12.3 科主任和技术组组长根据原因与严重程度上报医院保卫处、放射防护委员会及疾控处。

12.4 及时采取排除放射性核素治疗措施。

12.5 误食 ^{131}I 要即刻使用碘溶液封闭甲状腺。

12.6 如发生半衰期较长（ ^{89}Sr ）、剂量较大（治疗量 ^{131}I ）放射性内照射事件（故），科主任应报请院领导向北京市环保局、公安局、卫生局进行后果评估。

4.0 相关文件记录

无

编制：李科斌	审核：马晓芬	审批：瞿红鹰
--------	--------	--------

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	GD2H-SB-09-01
	设备管理手册	页 码	1/2
	医疗设备应急预案	生效日期	2007-07-01

1.0 目的

保证重要医疗设备及时满足临床的基本需要。

2.0 适用范围

此应急预案在发生以下情况时启动：

- 抢救设备发生故障、抢救病人急增超出正常范围
- 常用或重要诊疗设备发生故障

3.0 工作要求

3.1 应对抢救设备发生故障的情况

3.1.1 实施抢救的科室立即调用其他最近部门的同类设备，保证病人安全，同时通知总值班和设备科值班，相应科室必须全力支持，保证“绿灯运作”。

3.1.2 设备科维修人员马上对设备进行维修和测试，必要时立即通知厂家维修。

3.1.2 如果抢救科室需继续接诊需要相同抢救的病人，应及时转送其他医院或通知其他医院接诊，不得耽误病人的救治。

3.1.3 抢救设备使用部门每日开机检查设备，及时发现问题，尽早维修，保证设备处于良好的备用状态。

3.1.4 抢救设备在全院的配置保证互为备用（数量和功能），如呼吸机、除颤仪、麻醉机、监护仪等。

3.1.5 关键的抢救设备，设备论证采购初期就要充分考虑设备的可靠性、通用性，有足够的资金预算。

3.2 应对抢救病人急增超出某部门正常抢救量的情况

3.2.1 首先通知总值班及设备科值班，调用其他部门的同类设备，保证病人安全。

3.2.2 抢救设备不能及时到位时，科室根据病情及时转送或通知其他医院接诊，不得耽误病人的救治。

3.3 应对常用或重要诊疗设备发生故障的情况

3.3.1 常用或重要诊疗设备发生故障时，设备科马上组织人员对设备进行维修和测试，争取及时或尽早修复，维修人员不能尽早修复则应及时通知、要求厂家支持和维修。

3.3.2 对于重要诊疗设备发生故障不能在两小时内修复的，使用科室应报告医务处组织对特殊需要的病人用汽车接送到其他医院进行诊疗。

3.3.3 常用的诊疗设备，全院的配置保证有一定数量的冗余或互为备用，如X线机、超声仪、血球仪、生化仪、免疫分析仪、监护仪、腹腔镜等，能保证基本不影响临床正常诊疗工作。

4.0 相关文件和记录

《设备维修登记表》

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00008
	核医学检查服务管理手册	页 码	1/2
	核医学科放射防护制度	生效日期	2020-11-01

1.0 目的

规范放射安全防护工作，确保放射人员和患者安全。

2.0 适用范围

核医学科放射安全防护工作。

3.0 管理制度

3.1 基建科对新建、扩建、改建放射诊疗建设项目，应当在建设项目施工前向相应的卫生行政部门提交职业病危害放射防护预评价报告，申请进行建设项目卫生审查。在放射诊疗建设项目竣工验收前，应当进行职业病危害控制效果评价，并向相应的卫生行政部门申请进行卫生验收。

3.2 设备部对放射诊疗设备应定期进行稳定性检测、校正和维护保养，保证设备的正常运行。新安装、维修或更换重要部件后的设备，应当经省级以上卫生行政部门资质认证的检测机构对其进行检测，合格后方可启用。

3.3 预防保健科应当按国家相关要求定期组织对放射诊疗工作场所、放射性同位素储存场所和防护设施进行放射防护检测。组织放射工作人员接受放射防护知识的培训、个人剂量监测和健康检查。建立个人剂量、个人职业健康档案。

3.4 放疗科、放射科、核医学科和配备射线装置的科室必须制定本科室放射安全防护制度、放射诊疗质量控制制度和工作人员岗位责任制度，并予以落实。

3.5 放射诊疗工作人员应当按照有关规定配戴个人，剂量计。

3.6 核医学科应当遵守相应的操作规程，防止放射性同位素污染人体、设备、工作场所和环境。按照有关标准的规定对接受体内放射性药物诊治的患者进行控制，避免其他患者和公众受到超过允许水平的照射。放射性同位素的储存和领

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00008
	核医学检查服务管理手册	页 码	2/2
	核医学科放射防护制度	生效日期	2020-11-01

用应当有专人负责管理，有各项完善的使用和检查制度，记录资料完整。核医学诊疗产生的放射性固体废物、废液应按照国家有关规定处理。

3.7 放射诊疗工作人员对患者和受检者进行医疗照射时，应当遵守医疗照射正当化和放射防护最优化的原则，有明确的医疗目的，严格控制受照剂量，对邻近照射野的敏感器官和组织进行屏蔽防护，并事先告知患者和受检者辐射对健康的影响。如需要他人陪检时，应当对陪检者采取防护措施。

4. 相关文件及记录：

无

编制：李科斌	审核：马晓芬	审批：瞿红鹰
--------	--------	--------

	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00009
	核医学检查服务管理手册	页 码	7/8
	临床核医学科放射卫生防护规范	生效日期	2020-11-01

表 1：工作场所的放射性表面污染控制水平(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、墙纸、地面	控制区	4×	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
(1) 该区内的高污染子区除外				

6. 核医学治疗中对患者的防护应考虑的几个问题

(1) 对患者是否应当采用放射性核素治疗，需对疾病导致的生命危险与辐射诱发的危险之间加以全面权衡。对儿童患者应特别注意辐射危险的代价与利益的权衡，对育龄妇女施行放射性治疗时应考虑其是否怀孕。

(2) 孕妇一般不宜施用放射性核素治疗。在特殊情况下必需施用这种治疗时，应当考虑终止妊娠。

(3) 决定施用放射性核素治疗时，必须根据病例特点和临床需要逐例进行治疗剂量设计。

(4) 可以通过预试验获取放射性核素在体内分布及代谢资料，以便更好地制定治疗计划。

(5) 接受治疗的育龄妇女，以其体内留存的放射性药物不致使胚胎受到约 1mGy 吸收剂量照射作为可否企求怀孕的控制限。例如用 ¹³¹I 治疗甲状腺机能亢进的育龄妇女，一般需经过 6 个月后方可怀孕，授乳妇女接受放射性核素治疗后至少在经过 6~8 个有效半衰期后才能授乳。

7. 核医学治疗中对病人家属和同室病人的防护，对患者家属的防护

(1) 对给予患者以治疗量的放射性药物后，患者可能成为贯穿辐射源的一个来源，并且可能成为患者所处环境的放射性污染源。患者对其周围给出的吸收剂量，会使接近其身体的家属在几天内接受的吸收剂量达数十毫戈瑞，这就超过了对公众成员规定的剂量限值。由于这个原因，住院患者在预期将会使家

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00009
	核医学检查服务管理手册	页 码	6/8
	临床核医学科放射卫生防护规范	生效日期	2020-11-01

原则：

- 没有超过附录 A 列出的放射性核素上限值时不需要特殊防护措施；
- 尸体应符合外科手术处理的原则；
- 尸体样品的病理检查，如所取组织样品含明显放射性，应待其衰变至无显著放射性时进行。

A 不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性核素的上限值见表 A.1

放射性核素	解剖/防腐	掩埋	火化
^{131}I	10	400	400
^{198}Au 颗粒	10	400	100
^{125}I	40	4000	4000
^{90}Y	200	2000	70
^{198}Au	400	400	100
^{32}P	100	2000	30
^{89}Sr	50	2000	20

注：本表依据国际放射防护委员会（ICRP）第五号出版物

4 相关资料

4.1 标准限值选取

年有效剂量管理限值《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，核医学属职业照射工作，工作人员为放射工作人员，其职业照射剂量限值不超过：①连续 5 年内平均年有效剂量 20mSv；②任何一年中有效剂量 50mSv；③眼晶体的当量剂量每年 150mSv；④手、脚及皮肤的当年剂量每年 500mSv；公众照射剂量限值为：①年有效剂量 1mSv；②眼晶体的当量剂量每年 15mSv；③皮肤的当量剂量每年 50mSv；根据以上限值，按照总量控制和防护最优化的原则，选取 1/4 作为安全系数，年有效剂量 5mSv 为工作人员的管理限值，0.25mSv 为公众的管理限值。

5.2 表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，核医学应用工作场所的放射性表面污染控制水平见表。

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00009
	核医学检查服务管理手册	页 码	5/8
	临床核医学科放射卫生防护规范	生效日期	2020-11-01

射性区域；

(3) 根据使用放射性核素种类、特性和活度，确定临床核医学治疗病房的位置及其放射防护要求。病房应设防护栅栏，以控制以给药患者同其他人保持足够距离；必要时可采用附加屏蔽防护措施。

3. 2 放射性药物治疗的患者使用设施和用品的管理

(1) 接受放射性药物治疗的患者应使用专用便器或者设有专用卫生间和浴室。

(2) 住院接受放射性药物治疗患者的被服和个人用品使用后应作去污处理，并经表面污染监测合格后可作一般处理。

(3) 使用过的放射性药物注射器、绷带和敷料，应作污染物件处理或作放射性废物处理。

3. 3 对已接受 ^{131}I 治疗的患者的放射防护管理

(1) 对已接受 ^{131}I 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至低于 400MBq 方可出院，以控制该患者对家庭及公众成员可能受到的照射。

(2) 对近期接受过放射性药物治疗的患者，外科手术处理应遵循下列原则：

A. 应尽可能推迟到患者体内放射性活度降低到可接受水平不需要放射防护时再作手术处理；

B. 进行手术的外科医师及护理人员应佩戴个人剂量计；

C. 对手术后的手术间应进行放射防护监测和去污，对敷料、覆盖物等其他物件也应进行放射防护监测，无法去污时应作放射性废物处理。

(3) 对近期接受过治疗量放射性药物的患者，其死后尸体的处理应遵循如下

	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00009
	核医学检查服务管理手册	页 码	4/8
	临床核医学科放射卫生防护规范	生效日期	2020-11-01

(5) 为体外放射免疫分析目的而使用含 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{125}I 等核素的放射免疫分析试剂盒可在一般化学实验室进行。

2. 2 操作场所管理要求

(1) 在放射性工作场所不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品。

(2) 工作人员操作后离开放射性工作室前应洗手和进行表面污染监测，如其污染水平超过 GB18887.1 规定值，应采取相应去污措施。

(3) 从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平检测，以杜绝超过 GB18887.1 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。

2. 3 放射性物质的贮存和运输管理

(1) 放射性物质的贮存室容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质只限于需用的那部分。

(2) 放射性物质的贮存应定期进行放射防护监测，无关人员不得入内。

(3) 贮存和运输放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。

3 临床核医学治疗的防护要求

3. 1 临床核医学治疗场所的管理

(1) 使用治疗量 γ 放射性药物的区域应划控制区。用药后患者床边 1.5 米处或单位病房应划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警告标志；除医务人员外，其他无关人员不得入内，病人也不要随便离开这个区。

(2) 配药房应靠近病房，尽量减少放射性药物和已给药治疗的患者通过非放

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00009
	核医学检查服务管理手册	页 码	3/8
	临床核医学科放射卫生防护规范	生效日期	2020-11-01

合成和操作放射性药物的通风橱：工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s），排气口应高于本建筑屋脊 3m，并酌情设有活性炭过滤其他专用过滤装置。排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

1.3 废物管理及处理 执行环保有关规定。

1.4 布局要求

（1）临床核医学诊断及治疗用工作场所（包括通道）应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且避免无关人员通过。

（2）临床核医学诊断用给药与检查室应分开。如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。

（3）候诊室应靠近给药室和检查室。宜有专用厕所。

2 放射性药物操作的防护要求

2.1 操作要求

（1）操作放射性药物用有专门的场所，如给药不在专门场所进行时则需采取适当防护措施。放射性药物使用前应有恰当屏蔽。

（2）给药用的注射器应有适当屏蔽，难以屏蔽时应注意控制操作时间。

（3）操作放射性药物应在衬有吸水纸的托盘内进行，工作人员应穿戴个人防护用品。

（4）放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风橱内进行，并按操作情况进行气体或气溶胶放射性浓度的常规监测，必要时进行特殊监测，应注意操作碘化物人员甲状腺的防护。

	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00009
	核医学检查服务管理手册	页 码	2/8
	临床核医学科放射卫生防护规范	生效日期	2020-11-01

表 2：核医学常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
A	^{75}Se 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 、 ^{131}I	100
B	^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 、 ^{51}Cr 、 ^{67}Ge 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 $^{113\text{m}}\text{In}$ 、 ^{132}I 、 ^{201}Tl	1
C	^3H 、 ^{14}C 、 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ 、 ^{127}Xe 、 ^{133}Xe	0.01

表 3：不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	操作性质的修正因子
贮存	100
废物处理	10
闪烁法计数和现象	
候诊区及诊断病床区	
配药、分装以及给药	1
简单放射性药物制备	
治疗病床区	
复杂放射性药物制备	0.1

1.2 工作场所的放射防护要求

(1) 按照工作场所分级对活性实验室、病房、洗涤室、显像室等场所室内表面及装备结构的防护要求列于表 4

表 4：不同临床核医学工作场所的室内表面及装备结构要求

场所分类	地面	表面	通风橱	室内抽风	管道	清洁及去污设备
I	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	应设抽风机	特殊要求	需要
II	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要
III	易清洗	易清洗	不必	一般自然通风	一般要求	需要

注：(1) 依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物。

(2) 仅指实验室

(3) 下水道宜短，大水流导管应有标记以便维修检测

(2) 通风要求

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00009
	核医学检查服务管理手册	页 码	1/8
	临床核医学科放射卫生防护规范	生效日期	2020-11-01

一、目的：为加强放射工作人员工作场所的健康管理，根据国家卫生部关于《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120—2006），制定本院临床核医学科放射卫生防护规范。

二、适用范围：本规范规定了临床核医学诊断与治疗实践中有关工作人员以及工作场所的放射卫生防护要求。本规范适用于临床核医学应用放射性药物施行诊断与治疗的实践。

1. 工作场所放射防护要求

1.1 分类方法及控制要求

工作场所防护实行分级控制，按国家标准 GB18871 非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应辐射防护措施。为便于操作，本标准规定依据计划最大放射性核素的加权活度，将工作场所分为 I、II、III 等三类（表 1）。

表 1 中的加权活度计算尚需乘以修正系数，其中核素的毒性权重因子列在表 2 中，操作性质修正因子列在表 3 中。

表 1：临床核医学工作场所具体分类

分类	操作最大量放射性核素的加权活度，MBq
I	>50000
II	$50 \sim 50000$
III	<50
注（1）本表和表 2、表 3 均依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物： （2）加权活度 = （计划的日操作量最大活度 × 核素的毒性权重因子）/ 操作性质修正因子	

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00009
	核医学检查服务管理手册	页 码	8/8
	临床核医学科放射卫生防护规范	生效日期	2020-11-01

属成员受到吸收剂量不致超过大约 5mGy 之前，不能出院。应当劝告用 γ 辐射体放射性核素治疗的患者在其出院之后相当时间内不要抱儿童，或者同其家属成员密切接触。如果患者是一位授乳的母亲，需要在一个适当的时间内停止哺乳。医生应当对接受放射性药物治疗的患者家属提供必要的防护知识，关心对家属的防护，不应当剥夺患者在危急时刻受到家属的照料，儿童和孕妇则应当避免同患者密切接触。

（2）对患者之间相互照射的防护

接受 γ 辐射体放射性药物治疗的患者最好住在单独的房间内，这个房间不能让没有接受核药物治疗的患者进入，应当对这个房间加以适当的屏蔽。如果能办得到，洗手间和类似的设施也应当单独使用，而且要经常从病房内清除放射性废物。但是，对最有代表性的放射性核素治疗（例如 ^{131}I ）的剂量学特征所进行的调查表明：如果以相似的放射性活度治疗的患者他们彼此相距 1 米远，外照射（患者对患者）的 γ 辐射剂量率对靶体积以外的贡献，不会超过患者本人身体内放射性核素给出的平均吸收剂量的 1%。从放射防护角度来说，这种情况可以认为是令人满意。

编制：李科斌	审核：马晓芬	审批：瞿红鹰
--------	--------	--------

	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00003
	核医学检查服务管理手册	页 码	1/2
	放射性药品采购，登记，使用， 核对，保管制度	生效日期	2020-11-01

1.0 目的

为及时有效控制放射性药品采购，登记，使用，核对，保管，现制定本制度。

2.0 适用范围

本程序适用于放射性药品采购，登记，使用，核对，保管制度管理和控制。

3.0 放射性药品采购，登记，使用，核对，保管制度

1. 医院使用放射性药品，依法按照有关规定要求提供放射防护设施；编制环境影响评价文件并通过有关部门的审查批准；申请领取许可证、办理登记手续并在许可允许的范围内开展工作。

2. 放射性药品的使用与储存场所单独设置；不得与易燃、易爆、有腐蚀性的物品等一起存放，要有有效的防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防止射线泄露的安全防护措施；其入口处设置明显的放射性标志。

3. 放射性药品指定专人负责保管，采购、使用及退役的放射源应有完善的存入、领取、归还登记制度，并做到交接严格，帐物相符与记录资料完整。

4. 建立并执行严格的放射性药品盘存查究制度。放射性药品的盘存查究应记录和保存以下资料：即所负责保管的每个放射性药品的位置、形态、活度及其他说明；以及所负责保管的每种放射性同位素的数量、形态、活度、分布、包装和存放位置。随时掌握本单位放射性药品的数量、存放、分布和转移情况，严防放射性药品被遗忘、失控、丢失或被盗。

5. 在采购放射性药品的同时，应依法与售放射性药品单位签订协议，规定废旧放射性药品应由放射性药品的生产或供应商及时回收处理。暂时确实无法及时交回的，应移送指定的储存场所暂存。

6. 加强放射性药品的安全保卫工作，在放射性药品的使用与储存场所设置

	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00003
	核医学检查服务管理手册	页 码	2/2
	放射性药品采购，登记，使用， 核对，保管制度	生效日期	2020-11-01

防盗监控与报警装置，并指定专人实施一日三查制度。严禁私自向外单位转借与调拨放射性药品。若确需转借或调拨，对方必须持有市环保部门签发的相关许可证等文件，并应经医院放射防护委员会领导的签字同意和批准。

7. 一旦发生放射性药品的丢失、被盗和放射性污染事件，应立即有效启动医院的《放射事故处理应急预案》；及时准备向公安部门、卫生行政部门及环境保护行政主管部门报告；并采取措施保护事故现场、防止污染蔓延、控制事故影响。

4.0 相关文件记录

无

编制：李科斌	审核：马晓芬	审批：瞿红鹰
--------	--------	--------

 广东省第二人民医院	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00007
	核医学检查服务管理手册	页 码	1/2
	放射性废物收集及处理制度	生效日期	2020-11-01

1.0 目的

为规范放射性废物收集及处理，现制定本制度。

2.0 适用范围

本程序适用于放射性废物收集及处理制度管理和控制。

3.0 放射性废物收集及处理制度

1、放射性废物，是指放射性药物使用之后，盛放放射性药品的注射器、安瓿、杯具，按压注射针眼的棉签，操作放射性药品所用手套、拭纸等。

2、放射性废物与非放射性废物应严格分开收集，防止扩大污染和交叉污染。

3、放射性废物按半衰期不同，如碘-131 与锝-99m 等，宜分开收集。

4、固体放射性废物，应置于衰变桶内，定期收集，并标明核素种类、收集日期、预期取出日期，存放于放射性废物箱内，10 个半衰期后可作为非放射性废物处理。

5、设立放射性废物处理登记本，每次处理均应记录核素种类、处理日期及交接人。

6、在分装碘-131 时，应保证分装柜通风，且风速达标，同时确保工作间通风系统正常运转，排风口经活性炭过滤，以防止气体放射性废物污染和扩散。

7、放射性废物的处理，应同时遵循医疗废物处理相关制度。

4.0 相关文件记录

无

编制：李科斌	审核：马晓芬	审批：瞿红鹰
--------	--------	--------

	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00010
	核医学检查服务管理手册	页 码	1/2
	放射性药品不良反应的紧急 处理及报告制度	生效日期	2020-11-01

1.0目的

规范医院药品不良反应/事件报告、监测工作。

2.0适用范围

医院药品不良反应/事件报告和监测管理工作。

3.0内容

- 3.1. 医院药品不良反应/事件工作小组，由主管业务的院长负责，小组成员由医务、护理和药学各部门负责人和业务人员组成。负责药品不良反应/事件监测小组负责本院药品不良反应/事件的组织、计划、实施、协调、教育和培训培训工作。
- 3.2. 医院建立药品不良反应/事件监测网络，各药品使用相关科室设药品不良反应/事件监测联络员，负责本科室药品不良反应/事件信息掌握，及时认真地填写并上报药品不良反应/事件报告表，保持与药学部的密切联系。
- 3.3. 药学部指定一药学人员负责本院的药品不良反应/事件报告和监测工作。具体负责对临床上报的药品不良反应/事件报告表进行收集整理、分析鉴别，负责汇总本院药品不良反应/事件资料，向广州市药品不良反应/事件监测中心报告，另外负责转发上级下发的药品不良反应/事件信息材料。
- 3.4. 药学部临床药学室药师接到临床医师关于药品不良反应/事件报告咨询或请求协助电话后，必须迅速到病人床前询问情况、查阅病历，协助医师填写药品不良反应/事件报告及进行因果关系评价，提出对药品不良反应/事件的处理意见。填报的药品不良反应/事件报告表由临床药学室药品不良反应/事件监测员负责存档、上报。
- 3.5. 药学部负责提供对本院全体医务人员进行药品不良反应/事件监测工作的咨询指导， 组织对临床药品不良反应/事件监测工作中的问题进行讨论、

	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00010
	核医学检查服务管理手册	页 码	2/2
	放射性药品不良反应的紧急 处理及报告制度	生效日期	2020-11-01

解答。对某些药物在使用中可能出现严重药品不良反应/事件的信息及时提供给临床医师以便做好防范措施。

3.6. 药品不良反应/事件报告范围：

3.6.1. 新药监测期内的国产药品应当报告该药品的所有不良反应/事件；其他国产药品，报告新的和严重的不良反应/事件；

3.6.2. 进口药品自首次获准进口之日起5年内，报告该进口药品的所有不良反应/事件；满5年的，报告新的和严重的不良反应/事件。

3.7. 新的、严重的药品不良反应/事件应在15日内报告，其中死亡病例须立即报告；其他药品不良反应/事件应当在30日内报告。医院定期集中向广州市药品不良反应/事件监测中心进行网络报告。

3.8. 如发现或接到个体或群体不良反应/事件报告，须立即向广州市药品不良反应/事件监测中心报告。

4.0 核医学科放射性药品不良反应：

放射性药品不良反应发生率很低，大约2/万，且不重因。报告制度分为护士、技师、医生三级报告制度，2小时、检查中、三天内回访。因为放射性药品化学量属于微量，出现传统意义的不良反应可能性很小，偶见热源反应。发生不良反应第一时间上报，处理同普药的处理方式。

5.0 相关文件和记录

5.1. 《药品不良反应/事件报告和监测管理办法》

编制：李科斌	审核：马晓芬	审批：瞿红鹰
--------	--------	--------

	广东省第二人民医院	文件编号	NM-00011
	核医学检查服务管理手册	页 码	1/2
	表面污染监测制度	生效日期	2020-11-01

1.0 目的

对核医学科表面污染进行控制，特制订本工作制度。

2.0 适用范围

本程序适用于核医学科表面污染监测制度管理和控制。

3.0 表面污染监测制度

1、监控核医学所有工作场所，预防放射性药物泄漏对环境的污染。

2、采用德国 DERTHOLD TECHNOLOGIES 生产的便携式 LB124 用于监测和测量如地面、墙面、桌面、衣物、皮肤等表面的 β 、 γ 射线，以 CPS 单位显示。

每天下班前对所有工作场所进行测量，先测量本底，然后分别测量预约室及医生办公室、候诊室、SPECT/CT 机房及控制室、骨密度机房及操作室、注射室、患者卫生间、护士双手及工作服、技师双手及工作服、医生双手及工作服。

当检测计数明显增高情况下，更换工作服，清洗双手或让卫生员打扫清洁污染区域。

3、然后重新检测直到去污达到本底计数水平为止。

4.0 相关文件记录

无

编制：李科斌	审核：马晓芬	审批：瞿红鹰
--------	--------	--------

报告编号: LBHJ-2022-006-DL22006



广州乐邦环境科技有限公司

检 测 报 告

报告编号: LBHJ-2022-006-DL22006

项目名称: 广东省第二人民医院核技术利用扩建项目周围辐射环境现状检测报告

检测类别: 委托检测

委托单位: 广东省第二人民医院

广州乐邦环境科技有限公司

2022年3月8日

说明

- 1、报告无本单位报告专用章及骑缝章无效。
- 2、报告无检测人、复核人、签发人的签名无效。
- 3、报告涂改或部分复印无效。
- 4、自送样品的委托检测，其检测结果仅对来样负责。对不可复现的检测项目，结果仅对采样所代表的时间和空间负责。
- 5、对检测结果有异议，可在收到报告之日起一个月内向我公司提出书面复检申请，逾期不予受理。

本机构通讯资料:

单位名称: 广州乐邦环境科技有限公司

地 址: 广州市番禺区洛浦北环路 9 号 5 栋 225 室 5 栋 226 室

电 话: 020-36298507

邮 编: 511431

广州乐邦环境科技有限公司 检 测 报 告

项目概况:

受广东省第二人民医院委托, 我对广东省第二人民医院核技术利用扩建项目拟建设场地及其周边环境进行辐射剂量率现状检测。

检测方法:

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

检测仪器:

X- γ 辐射剂量率仪 (AT1123)

仪器编号: 54928

生产厂家: ATOMTEX

测量范围: 10nSv/h~99.9Sv/h

能量响应: 15keV~10MeV

检定单位: 深圳市计量质量检测研究院

证书编号: 204702010

检定日期: 2021 年 06 月 09 日有效期: 1 年

测量时环境状况	天气: 多云	温度: 26℃	相对湿度: 56%
检测概况	检测人员:	叶惠超、李明	
	检测日期:	2022 年 3 月 2 日	
检测结果: 广东省第二人民医院核技术利用扩建项目拟建设的机房周围辐射剂量率检测结果如下 (详细结果见附页): 拟建场所周边环境辐射剂量率检测结果为室内 126nGy/h~155nGy/h, 室外 92nGy/h~112nGy/h; 检测结果均已扣除宇宙射线。			
报告签署:			
编制人:	李明	日期:	2022.3.8
复核人:	叶惠超	日期:	2022.3.8
签发人:	姜子	日期:	2022.3.8
检测单位印章: 广州乐邦环境科技有限公司 (检验检测专用章) 			

附表 项目场所室内及其周边环境辐射剂量率检测结果

测点编号	测量位置		地面 介质	检测结果 (nGy/h)		备注
				测量值	标准差	
1#	拟建药物制备区域(现状空地)	拟建位置 1	水泥	134	1	室内
2#		拟建位置 2		137	1	
3#		拟建位置 3		134	1	
4#		拟建位置 4		137	2	
5#		拟建位置 5		137	1	
6#		拟建位置 6		134	1	
7#		北面核医学场所患者通道		144	1	
8#		西面核医学科更衣室		145	1	
9#	拟建小动物实验区(现状空房间)	拟建位置 1	地板胶	146	1	
10#		拟建位置 2		143	1	
11#		南侧通道		140	1	
12#		北侧通道		145	1	
13#	核素使用场所(现有核医学科)	南面医护通道		138	1	
14#		分装注射室		150	1	
15#		候诊室(PET) 1		144	1	
16#		VIP 候诊室		138	1	
17#		患者通道 1		138	1	
18#		候诊室(PET) 2		145	1	
19#		候诊室(PET) 3		145	1	
20#		患者通道 2		140	1	
21#		运动抢救室		141	1	
22#		PET-CT 检查室		150	1	
23#		ECT 检查室		145	1	
24#		ECT 候诊室		145	1	
25#		患者通道 3		140	1	
26#		留观室		149	0	
27#		控制室 1		140	1	
28#		控制室 2		141	1	
29#		候诊厅		139	2	
30#		骨密度室		137	1	
31#		骨密度控制室		136	1	
32#		核医学科入口		137	1	
33#		通道		140	1	
34#		医生办公区(拟建位置楼下)		144	1	
35#	拟建核素治疗场所(现状库房及停车场)	拟建位置 1	水泥	152	1	
36#		拟建位置 2		153	1	
37#		拟建位置 3		155	1	
38#		拟建位置 4		150	1	
39#		拟建位置 5		152	1	

40#	核素使用场所(现有核医学科)	拟建位置 6	地板胶	154	1	
41#		拟建位置南侧 (停车场通道)		151	1	
42#		停车场 1 (楼上)		155	1	
43#		停车场 2 (楼上)		155	1	
44#		停车场 3 (楼上)		154	1	
45#		停车场 4 (楼上)		153	1	
46#		保安值班室 (楼上)		126	1	
47#	拟建核素治疗场所	拟建场所楼上 (康复治疗科)	地板胶	130	1	室外
48#	室外	院内道路 1 (北面)	地板胶	111	1	
49#		2 号楼 (北面)		112	1	
50#		5 号楼 (西面)		103	2	
51#		院内道路 2 (西面)		104	1	
52#		医院宿舍住宅区 (西南面)		92	1	
53#		医学工程部 (南面)		95	2	
54#		露天停车场 (南面)		96	2	
55#		军区医院空置楼房 1 (东面)		107	1	
56#		军区医院空置楼房 2 (东面)		105	1	
57#		军区医院食堂 (一楼) (东北面)		108	2	
58#		8 号楼 (东北面)		107	2	

注: 测量时仪器探头垂直向下, 距离地面约 1m 高, 每个测量点测量 10 个读数, 所有测量值均扣除宇宙射线。

附图 检测布点图

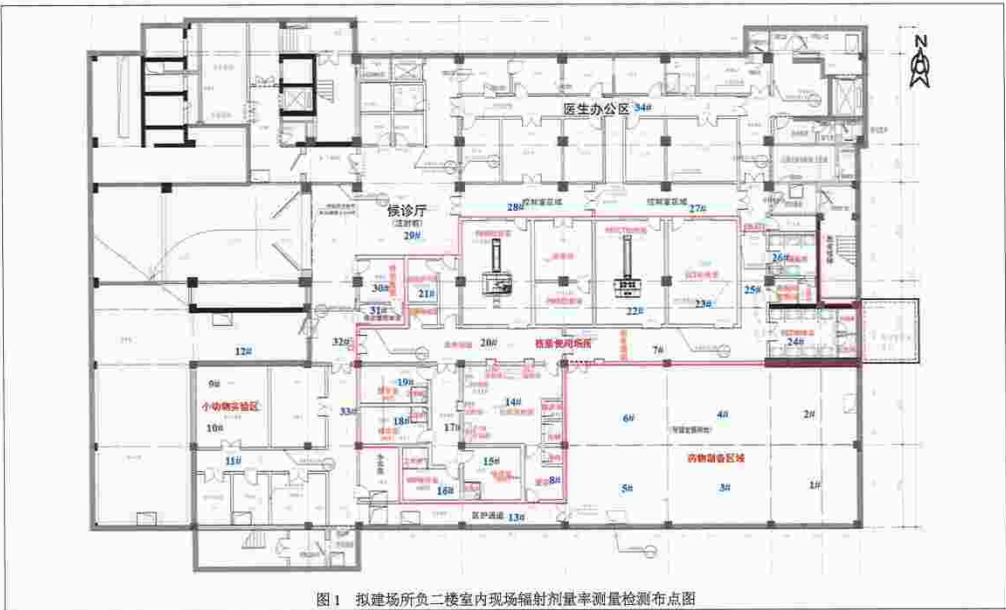


图1 拟建场所负二楼室内现场辐射剂量率测量检测布点图

第 7 页 共 9 页

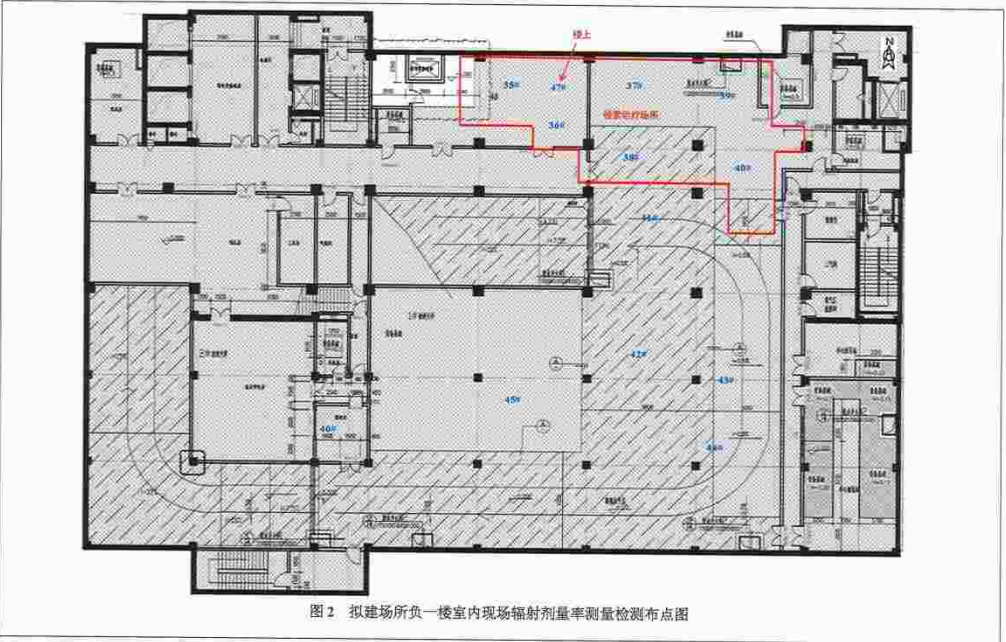


图2 拟建场所负一楼室内现场辐射剂量率测量检测布点图

第 8 页 共 9 页

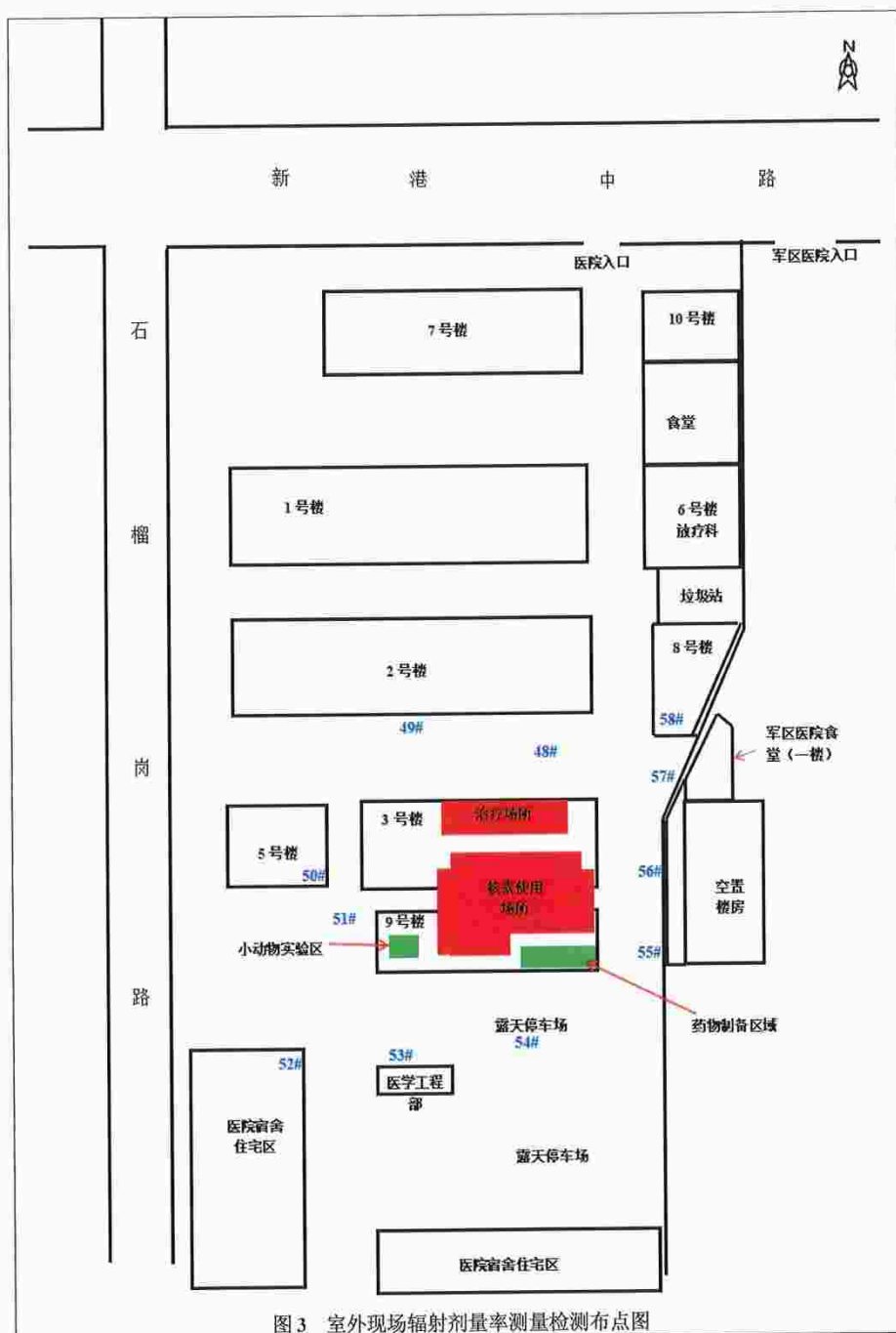


图3 室外现场辐射剂量率测量检测布点图

报告结束

委托书

广州乐邦环境科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》，《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规的规定和广东省生态环境厅的相关规定，我院核医学科扩建项目需开展辐射环境影响评价，特委托贵单位承担该项目的辐射环境影响评价工作。

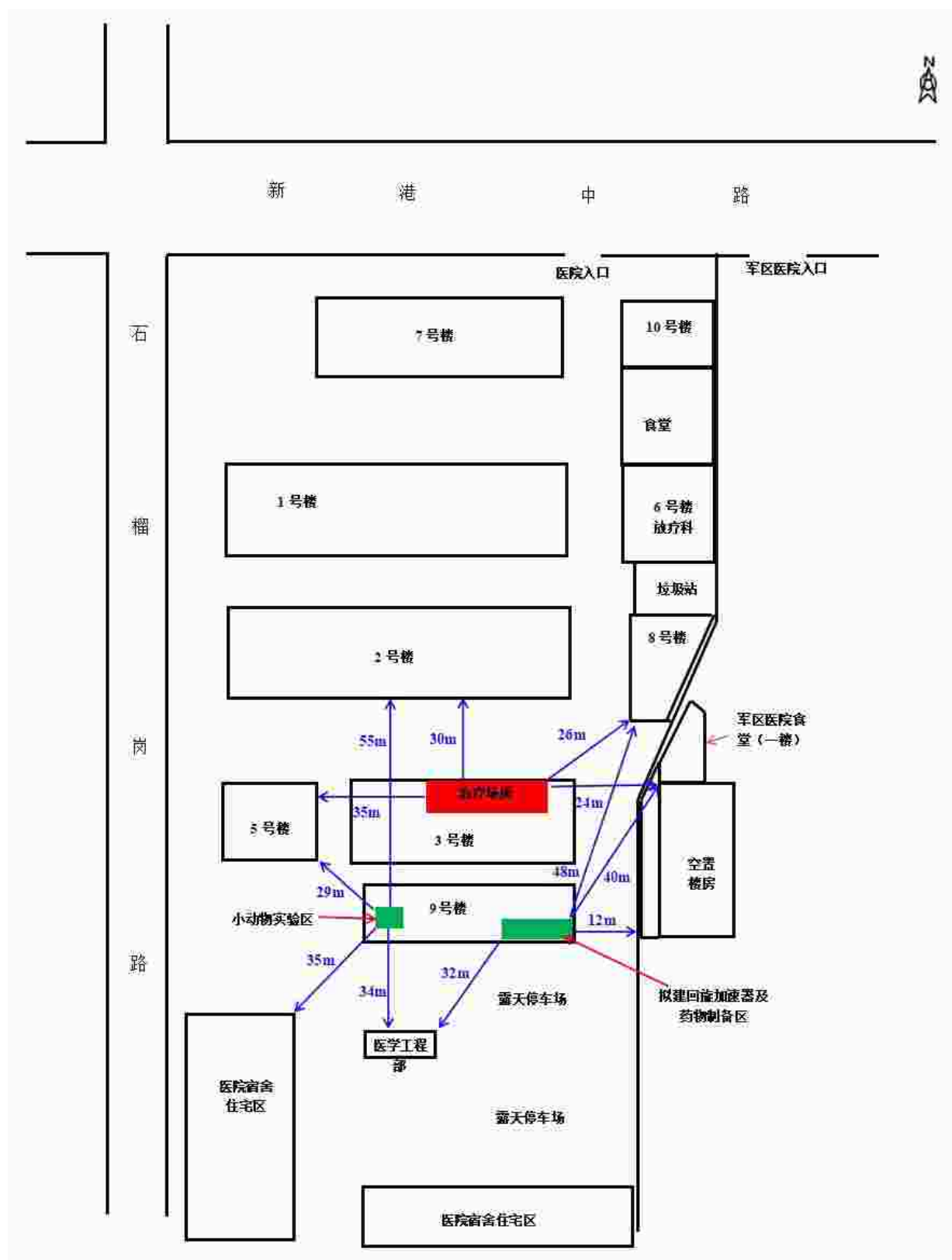
根据项目的环境影响评价需要，我院将提供项目相关的文件、技术资料，并协助贵公司现场踏勘。

有关该项目环境影响评价的其它事宜，由双方共同协商解决。

委托单位（盖章）：广东省第二人民医院

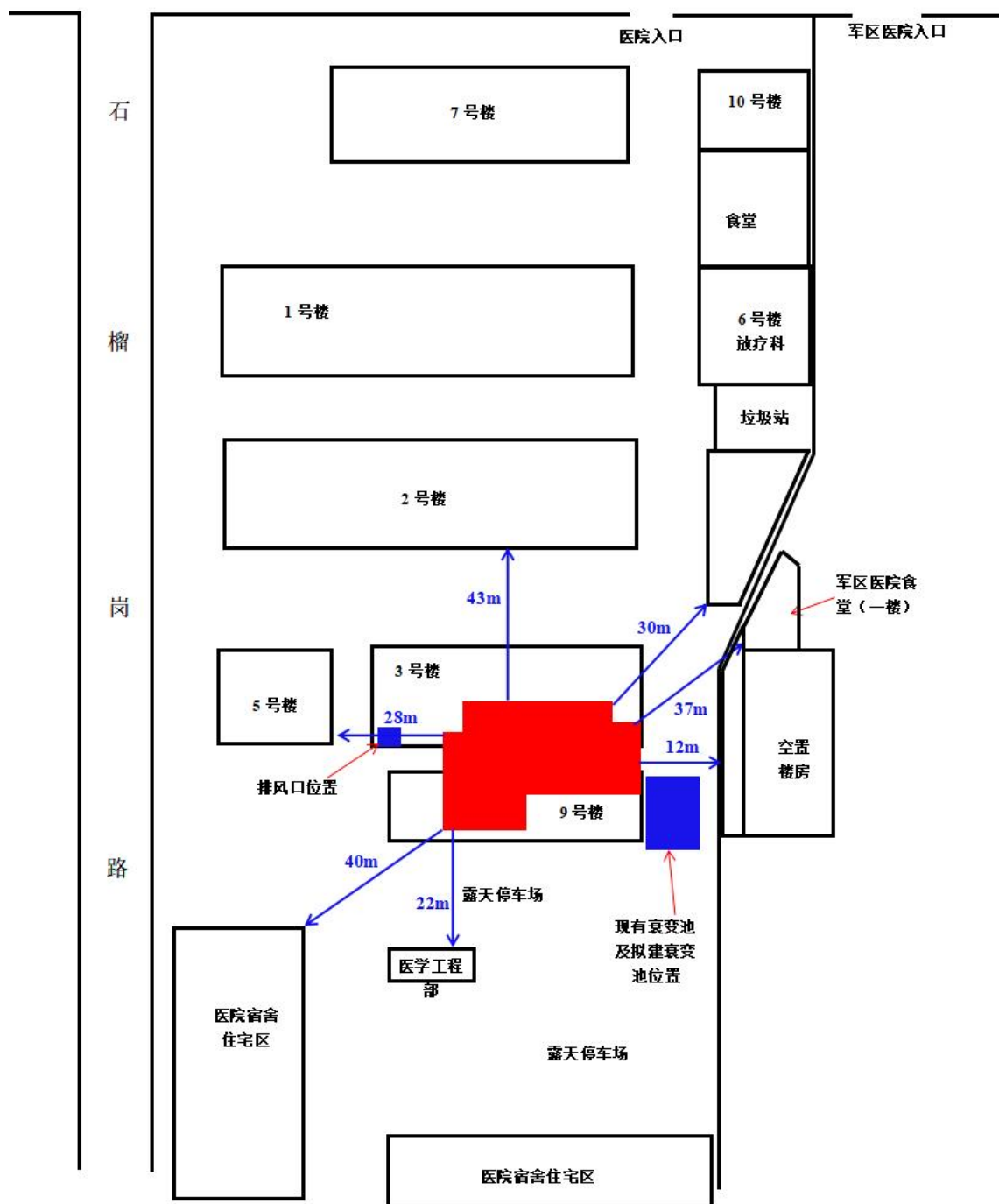


附图1 建设单位总平面布置及评价项目位置图

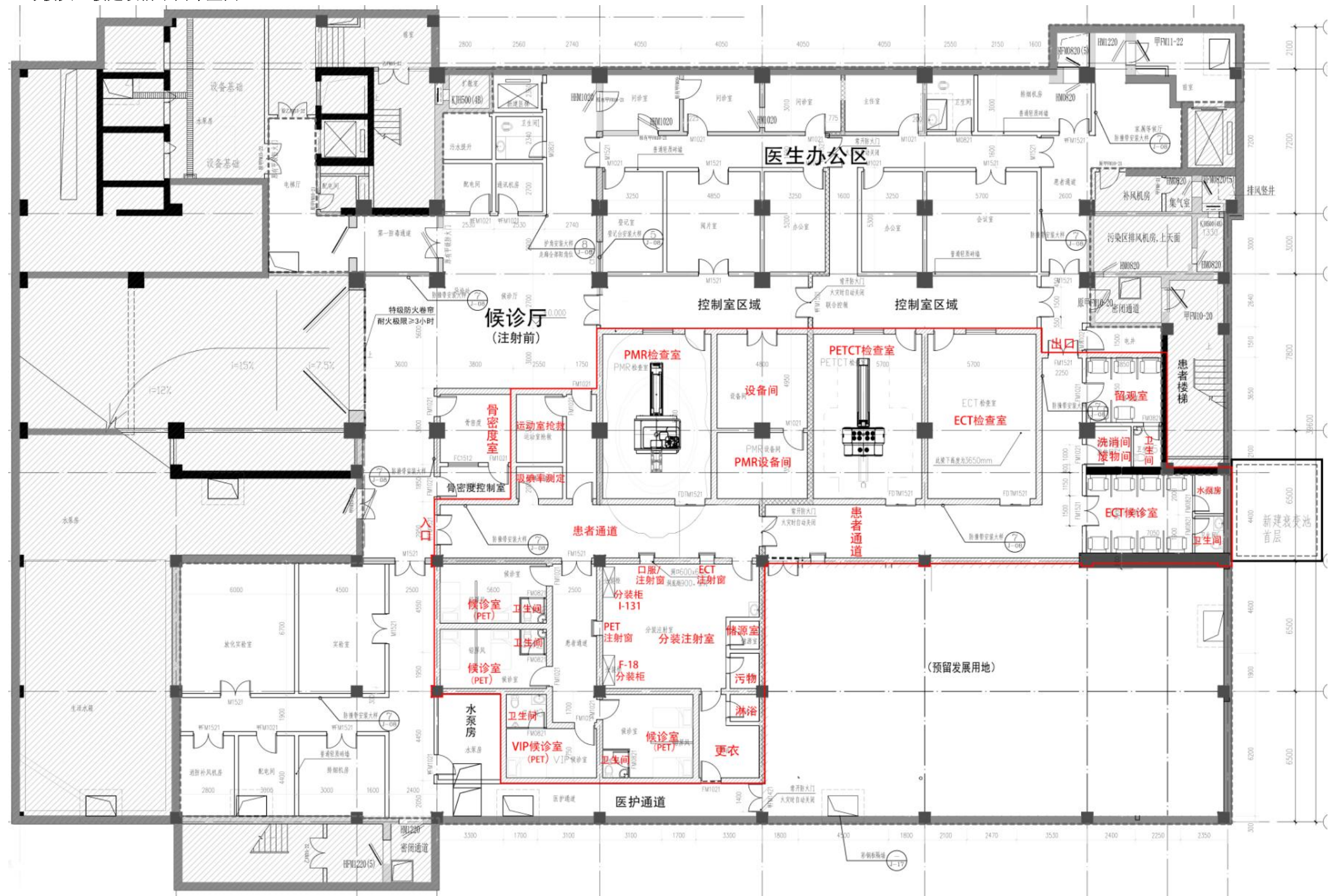




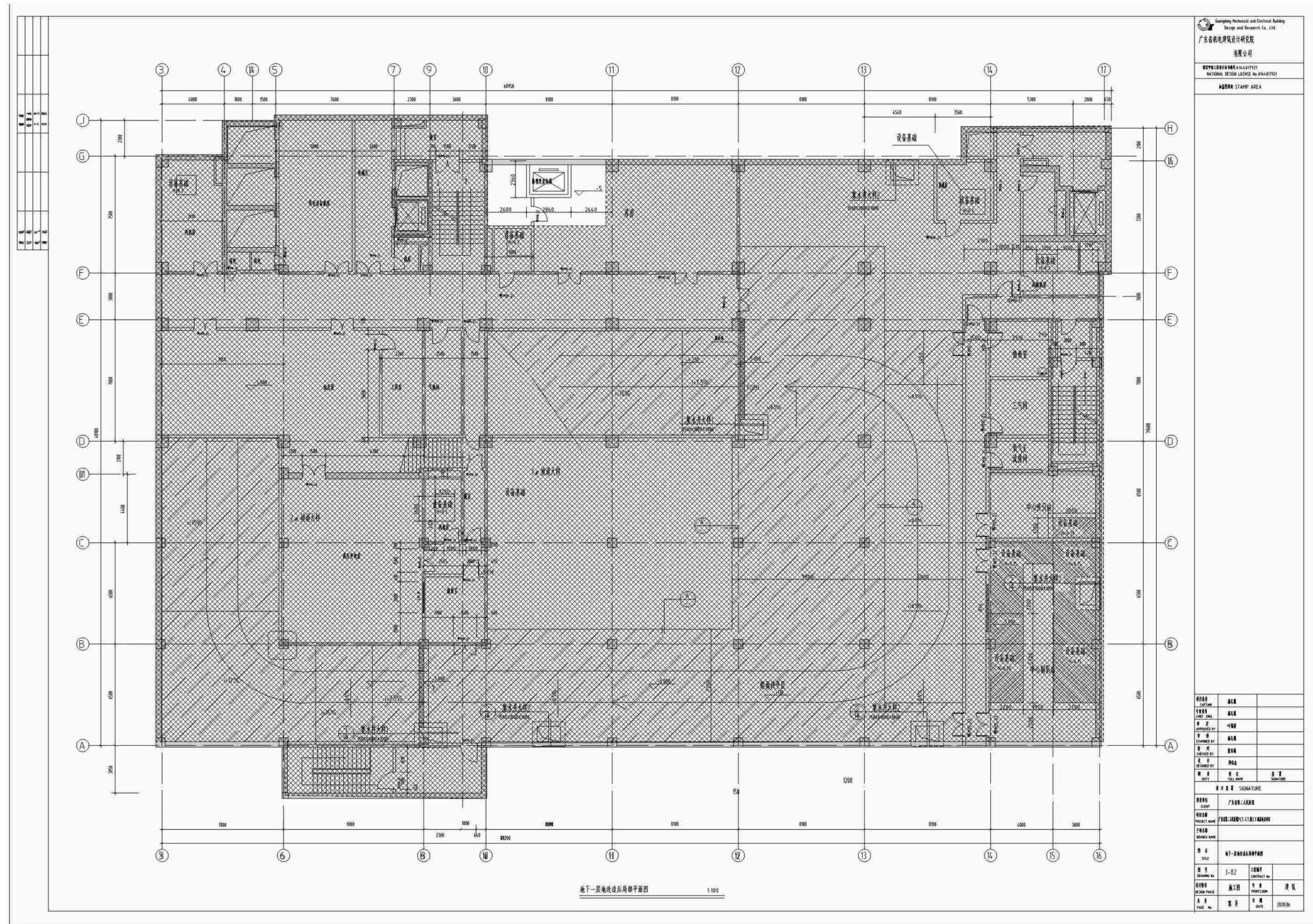
新 港 中 路



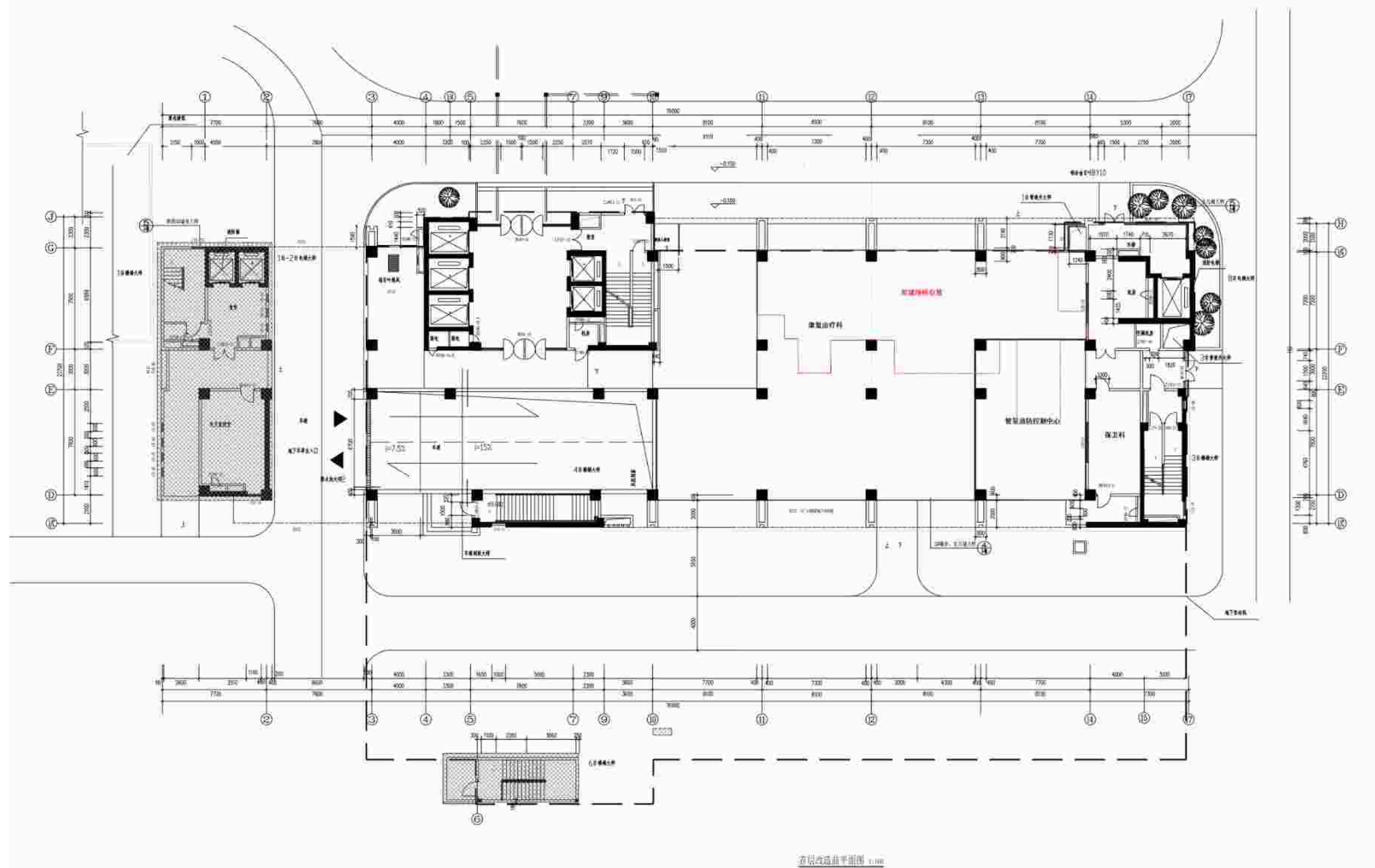
附图2 项目工作场所在楼层及上下层平面布局图
3号楼、9号楼负二楼建设前平面布置图



3 号楼、9 号楼负一楼建设前平面布置图



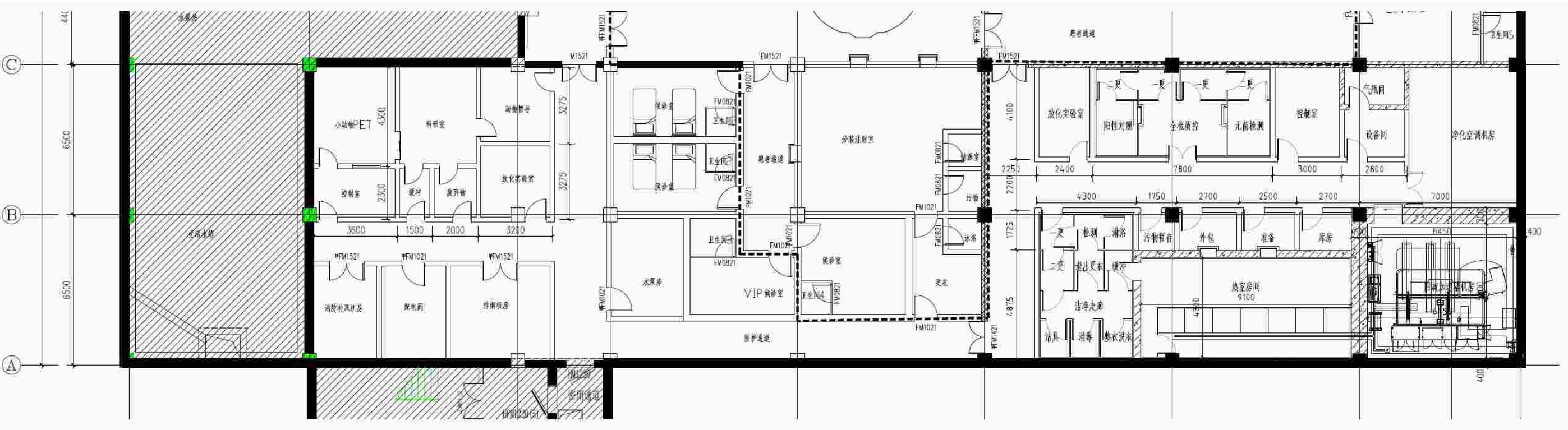
3 号楼一楼平面布置图



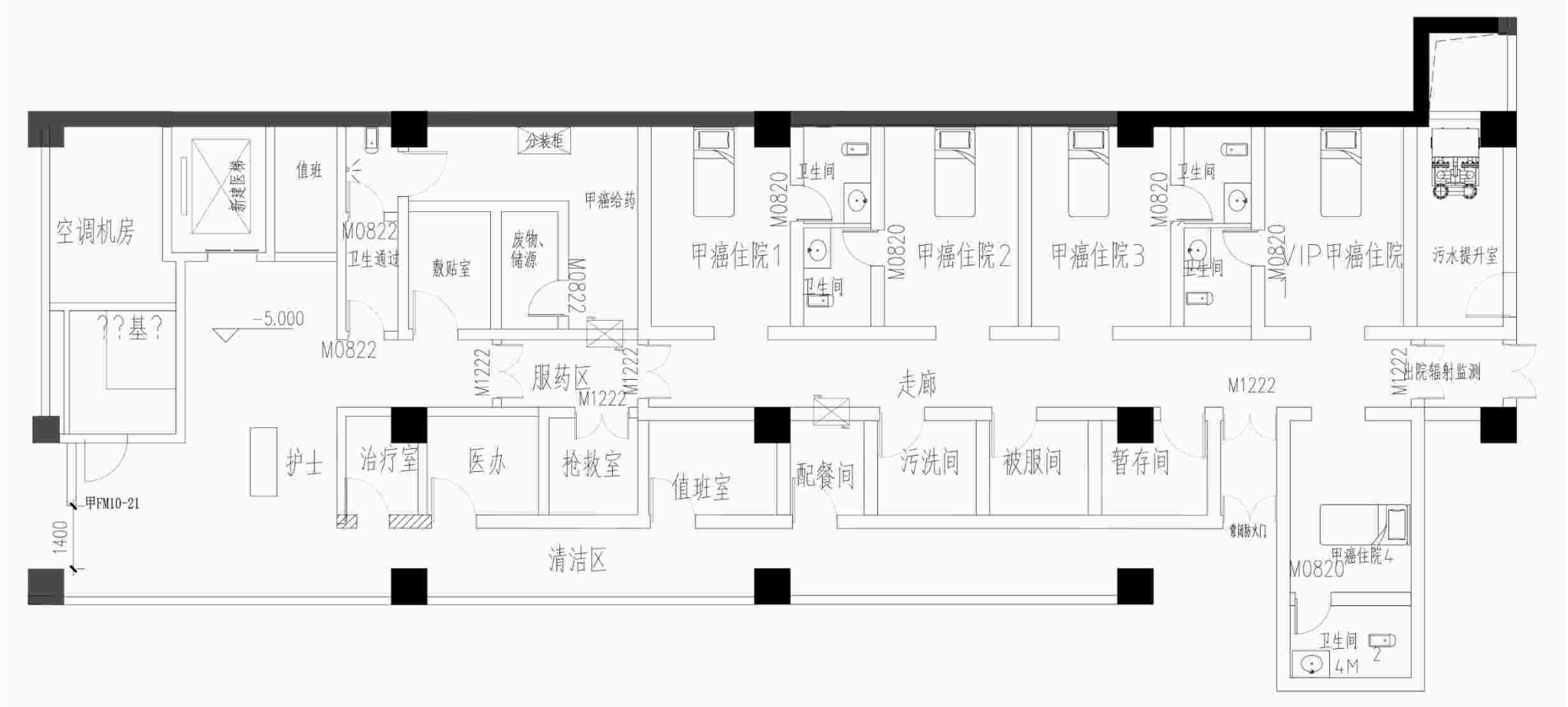
负二楼项目建设后平面布局图



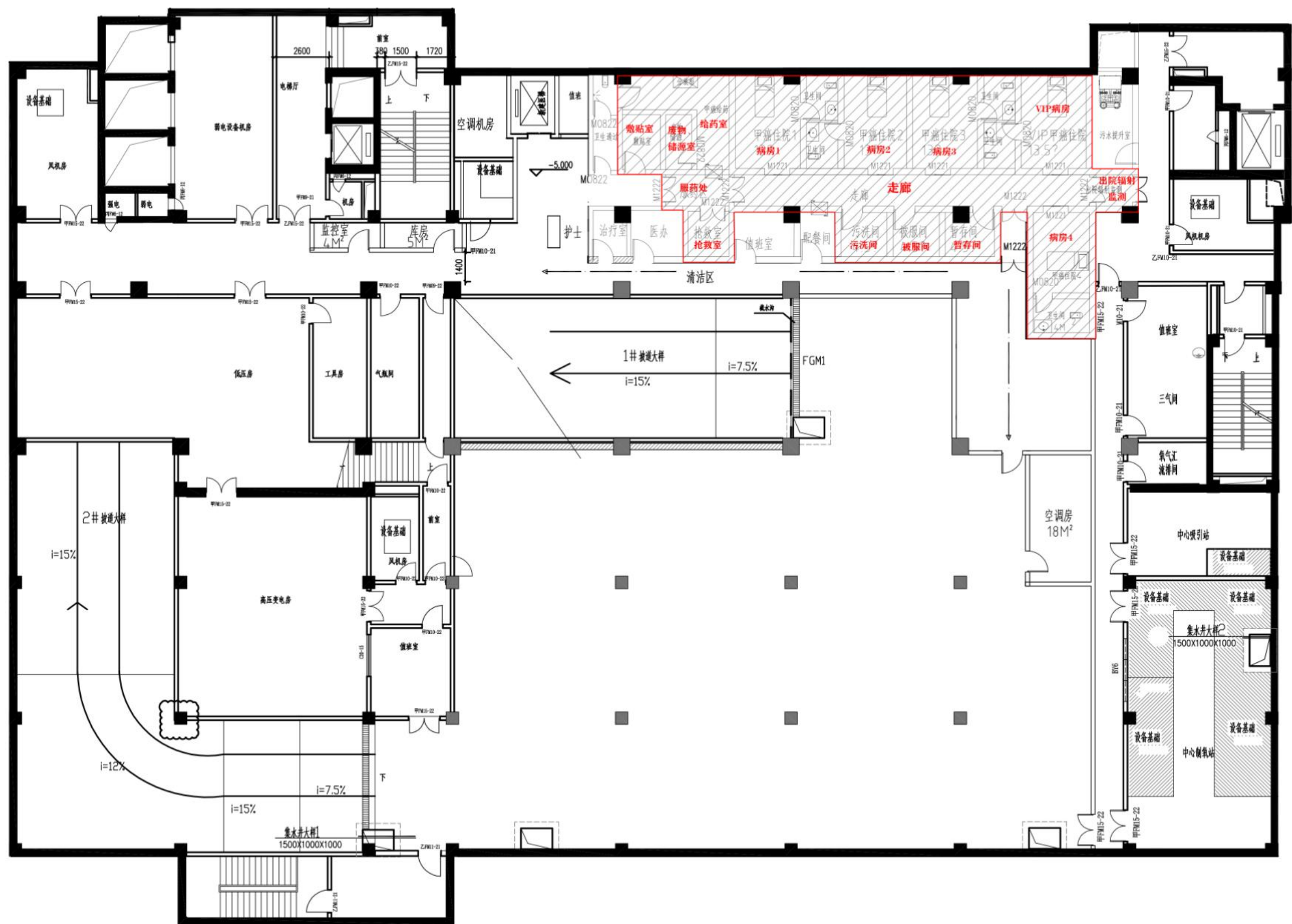
药物制备及动物实验场所平面布局图



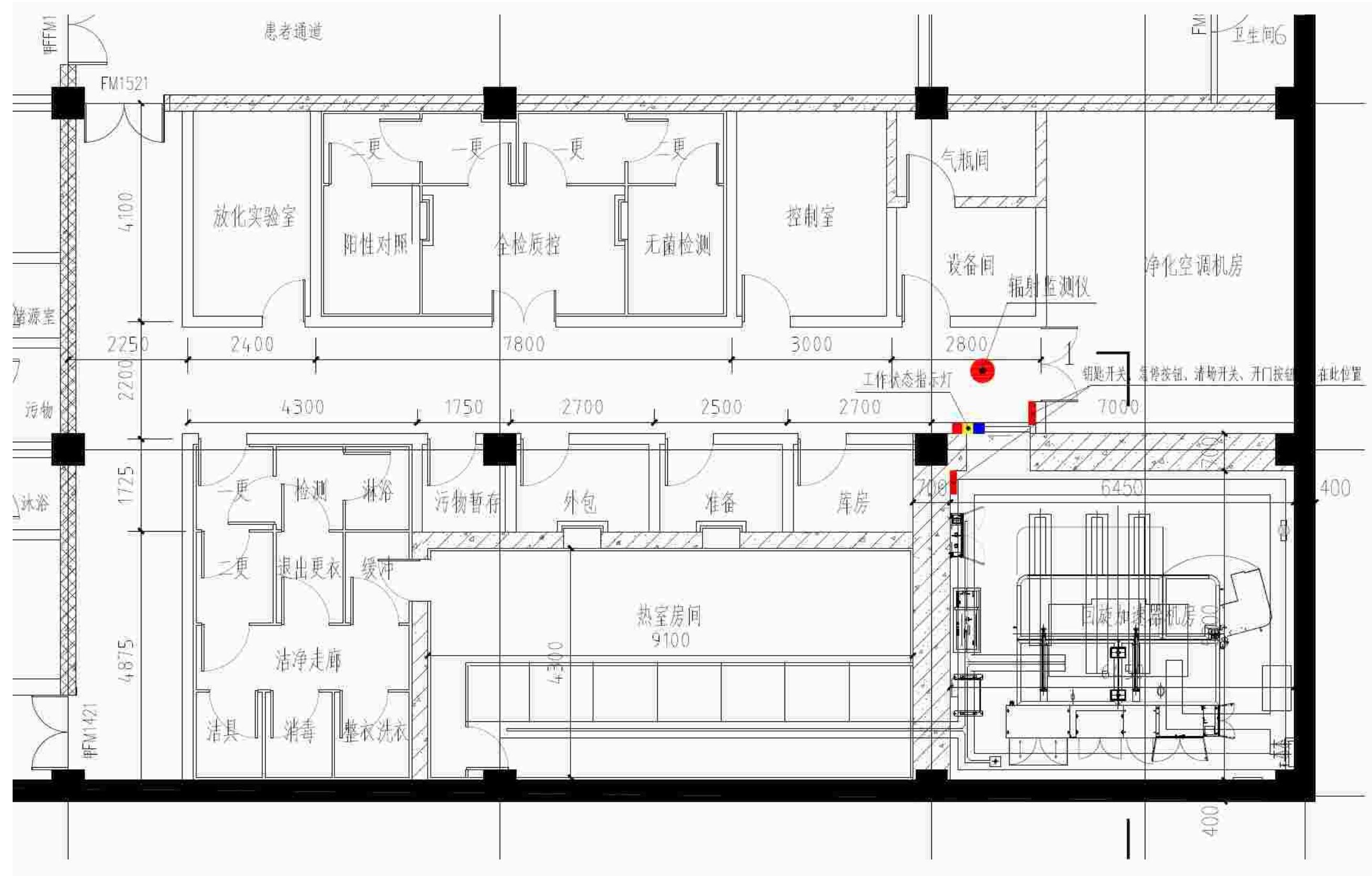
核素治疗场所平面布局图



负一楼建设完成后平面布局图



附图 4 回旋加速器机房开关控制及辐射监测布置图



附图 4 项目配套衰变池设计方案图

