

核技术利用建设项目

南安市医院新院区（一期）1台医用直线
加速器及核医学科项目
环境影响报告表

（公示版）



核技术利用建设项目

南安市医院新院区（一期）1台医用直
线加速器及核医学科项目
环境影响报告表

（公示版）

建设单位名称：南安市医院

建设单位法人代表：方向前

通讯地址：南安市溪美街道新华街 330 号

邮政编码：362300

电子邮箱：ww***@163.com

联系人：黄**

联系电话：138**



打印编号: 1706254259000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	duj9r0		
建设项目名称	南安市医院新院区（一期）1台医用直线加速器及核医学科项目		
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）	南安市医院		
统一社会信用代码	123505834893911065		
法定代表人（签章）	方向前		
主要负责人（签字）	方向前 		
直接负责的主管人员（签字）	杨昌毅 		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	泉州市荣源水土保持科技咨询有限公司		
统一社会信用代码	913505037753866077		
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
吴琳灵	20201103535000000003	BH041955	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
吴琳灵	项目基本情况、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）、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议、附件	BH041955	

环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。



姓名：吴琳灵

证件号码：350783198909100229

性别：女

出生年月：1989年09月

批准日期：2020年11月15日

管理号：20201103535000000003



中华人民共和国生态环境部

中华人民共和国人力资源和社会保障部



目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	17
表 3 非密封放射性物质.....	17
表 4 射线装置.....	18
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	19
表 6 评价依据.....	20
表 7 保护目标与评价标准.....	22
表 8 环境质量和辐射现状.....	42
表 9 项目工程分析与源项.....	48
表 10 辐射安全与防护.....	54
表 11 环境影响分析.....	82
表 12 辐射安全管理.....	104
表 13 结论与建议.....	110

附件 1 委托书

附件 2 管理制度（涉及商业秘密已删除）

附件 3 辐射安全许可证（涉及商业秘密已删除）

附件 4 辐射安全年度评估报告（2023 年度）（涉及商业秘密已删除）

附件 5 辐射安全考核成绩单（涉及个人隐私已删除）

附件 6 检测报告（涉及商业秘密已删除）

附件 7 资质证书（涉及商业秘密已删除）

表 1 项目基本情况

项目名称		南安市医院新院区（一期）1 台医用直线加速器及核医学科项目			
建设单位		南安市医院			
法人代表	方向前	联系人	黄**	联系电话	138****
注册地址		南安市溪美街道新华街 330 号			
项目建设地点		南安市柳城街道江北大道与环园西路、学府路交界处			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	2500	项目环保投资（万元）	350	投资比例	14%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	410
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
1.建设单位情况					
<p>南安市医院位于南安市溪美街道新华街 330 号，该院始建于 1938 年，为三级乙等医院，是南安市卫生系统规模最大，集医疗、保健、教学、科研为一体的综合性公立医院。</p> <p>南安市医院新院区位于南安市柳城街道江北大道与环园西路、学府路交界处，分三期建设，目前一期工程已开展环境影响评价工作并已取得批复文件（南环【2017】14 号），项目正在建设中，一期工程建设一座大楼，大楼分为住院 A 楼部分、住院 B 楼部分、医技楼部分及门急诊楼部分，本项目位于医技楼部分，其他期工程建设工作在有序进行中。</p>					
2.目的和任务由来					
<p>根据医院的发展需要，南安市医院拟在位于南安市柳城街道江北大道与环园西路、学府路交界处的新院区（一期）医技楼一楼建设核医学科，使用 Tc-99m 开展 SPECT 诊断工作；拟在地下一楼放疗科建设一间医用直线加速器机房及其配套用房，使用 1 台医用直线加速器，医用直线加速器用于放射治疗。</p> <p>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》以及《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，南安市医院新院区（一期）1 台医用直线加速器及核医学科项目应进行环境影响评价；根据环境保护部、国家卫生和计划生</p>					

育委员会的公告（2017年第66号）《关于发布<射线装置>分类的公告》规定，本项目使用的医用直线加速器属于II类射线装置，核医学科属于非密封放射性物质工作场所，乙级；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号）“使用II类射线装置的”及“使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所”应编制环境影响报告表。因此该院于2023年1月委托泉州市荣源水土保持科技咨询有限公司（以下简称“我公司”）对其核技术利用项目进行环境影响评价工作。

我公司接受委托后，组织技术人员分别于2023年4月、11月，对南安市医院新院区（一期）1台医用直线加速器及核医学科项目辐射工作场所防护情况和辐射工作人员的防护情况进行了调查，充分收集了有关资料，在完成现场调查、辐射环境质量现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《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）的相关要求编制完成了《南安市医院新院区（一期）1台医用直线加速器及核医学科项目环境影响报告表》（送审版）。

3.项目建设规模

本项目的建设内容包括：拟在新院区（一期）医技楼（北部）一楼建设核医学科，使用核素 Tc-99m，开展 SPECT 显像诊断工作；拟在医技楼负一楼建设放疗科，建设一间医用直线加速器机房及其配套用房，使用 1 台医用直线加速器，医用直线加速器用于放射治疗。

（1）放疗科：地下一楼建设 1 间医用直线加速器机房，购置 1 台医用电子直线加速器，X 射线能量均为 10MV 和 6MV 两档，电子线最高能量为 22MeV。辅助用房有控制室、电器机房、水冷机房、准备区、候诊区、医生办公室、值班室、物理计划室等（直线加速器机房②另行环评，不属于本次评价内容，模拟定位 CT 机已进行登记表备案，备案号为 202435058300000016）。直线加速器参数见表 1-1。

（2）核医学科：使用 Tc-99m 进行 SPECT 显像诊断，Tc-99m 为外购，患者注射药物后即通过患者出口离开，不进行留观及住院；在 ECT 扫描间使用 1 台 SPECT-CT，核医学科涉及的工作场所包含卫生通过间、应急淋浴室、分装注射室、废物室、运动/急救室、注射后等候室、患者通道、留观室、2 间缓冲室间（出入口）、ECT 扫描间（SPECT-CT 机房）及其控制室等。Tc-99m 日等效最大操作量为 $2.22\text{E}+07\text{Bq}$ ，日最大使用量为 $2.22\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大使用量为 $5.55\text{E}+12\text{Bq}$ ；，详细参数见表 1-2。本项目涉及的 SPECT-CT

机已进行登记表备案，备案号为 202435058300000016。

建设内容主要为墙体砌筑、涂抹辐射防护涂料（或设置铅板）、安装铅门和铅玻璃、安装警示灯、设置电离警示标志等辐射防护措施。本项目辐射工作的种类和范围为**使用 II 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。**

表 1-1 本项目射线装置一览表

序号	射线装置	型号	类别	数量	主要技术参数	使用场所	备注
1	医用直线加速器	待定	II 类	1 台	电子线最高能量不超过 22MeV；X 射线能量 6MV，等中心最大剂量率 1400cGy/min；X 射线能量 10MV，等中心最大剂量率 2400cGy/min	地下一楼放疗科直线加速器机房①	拟购

表 1-2 本项目使用非密封放射性物质基本情况

序号	核素名称	日最大使用量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	用途	日最大诊疗数 (人)	年最大诊疗数 (人)	场所分级	使用场所
1	Tc-99m	2.22E+10	2.22E+07	5.55E+12	SPECT 显像诊断	30	7500	乙级	医技楼一楼核医学科

4.项目选址

本项目辐射工作场所位于新院区（一期）医技楼一楼及负一楼，医技楼位于主楼西部，被住院楼 A 分割，一部分位于主楼中部，一部分位于主楼南部，医技楼东侧为门急诊楼院区广场（空地）、及院内道路等，医技楼南侧院内道路、院区广场（空地）及江北大道等；医技楼西侧为住院楼 A 和住院楼 B 等，医技楼北侧为二期工程预留地等。

（1）地下一楼拟建医用直线加速器机房

拟建医用直线加速器机房位于地下一楼西侧放疗科，机房东侧为控制室、准备区、候床区、走道、卫生间、值班室等；南侧为直线加速器机房②及其控制室、排烟机房、器械室、工具间非机动车库等；西侧为泥土层；北侧为消防水池、制冷机房等其他区域以；楼上（机房正上方）为泥土层（地面为绿化）；楼下为泥土层。

（2）医技楼一楼拟建核医学科

拟建核医学科位于中部医技楼一楼，核医学科东侧为患者等候区、医疗街及门诊楼等；南侧为阅片室、值班室以及放射科等其他区域以及住院楼 A 等；西侧为休息区、楼

外花园（绿化）等；北侧为预留区域、通道、电梯厅（住院楼 B）等其他区域；楼上为检查室（肌电图、心电图等）等；楼下为去污区、蒸汽间等。

本项目在辐射工作场所屏蔽防护有效的条件下，不会对外环境人员造成辐射影响，项目用地主要为医院内部的医疗用地，符合项目用地的规划要求，故项目选址可行。

本项目的周边环保目标为辐射工作场所屏蔽体边界外 50m 范围内的辐射工作人员、医护人员、患者、周边流动的公众人员。拟建辐射工作场所，本项目地理位置图见图 1-1，周边环境示意图见 1-3，场所平面图及其四周情况见图 1-3 至图 1-9。

表 1-3 本项目辐射工作场所紧邻四周情况一览表

序号	辐射工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下	
1	核医学科	缓冲室（入口）	病患等候区	医护通道	病患通道	分装注射室	检查室	蒸汽间
2		病患通道	缓冲室（入口）	医护通道	注射后等候室	分装注射室、运动/急救室	检查室	检查打包区
3		分装注射室	卫生通过间、应急淋浴室	病患通道	运动/急救室	废物室、预留区域	检查室、通道	缓冲间
4		废物室	分装注射室	分装注射室	预留区域	预留区域	通道	换鞋区
5		运动/急救室	分装注射室	病患通道	注射后等候室	预留区域	通道	通道
6		注射后等候室	运动/急救室、病患通道	医护通道	ECT 扫描间、留观室及其卫生间	预留区域	检查室、通道	去污区
7		ECT 扫描间	注射后等候室	医护通道	控制室	留观室	检查室、通道	去污区
8		留观室及其卫生间	注射后等候室	ECT 扫描间及其控制室	缓冲室（出口）	预留区域	通道	去污区
9		缓冲室（出口）	留观室及其卫生间	更衣室	通道	预留区域	通道	去污区
10	医用直线加速器机房①	控制室、准备区、候床区等	直线加速器机房②及其控制室、排烟机房等	泥土层	消防水池、制冷机房等	泥土层（地面为绿化）	泥土层	



图 1-1 本项目地理位置示意图



图 1-2 拟建辐射工作场所及其周边环境现状照片



图 1-3 南安市医院新院区（一期）平面及周边情况示意图

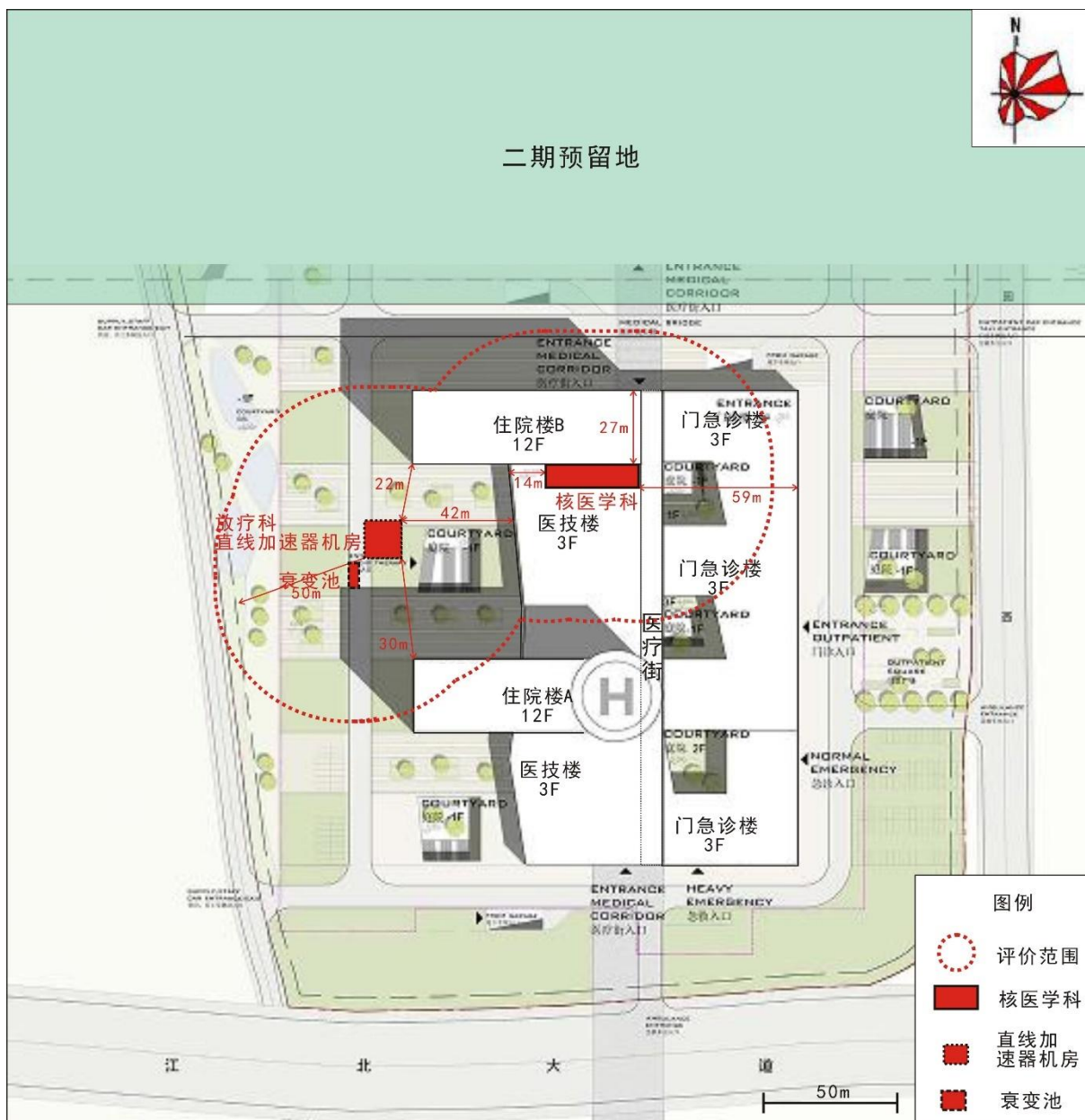
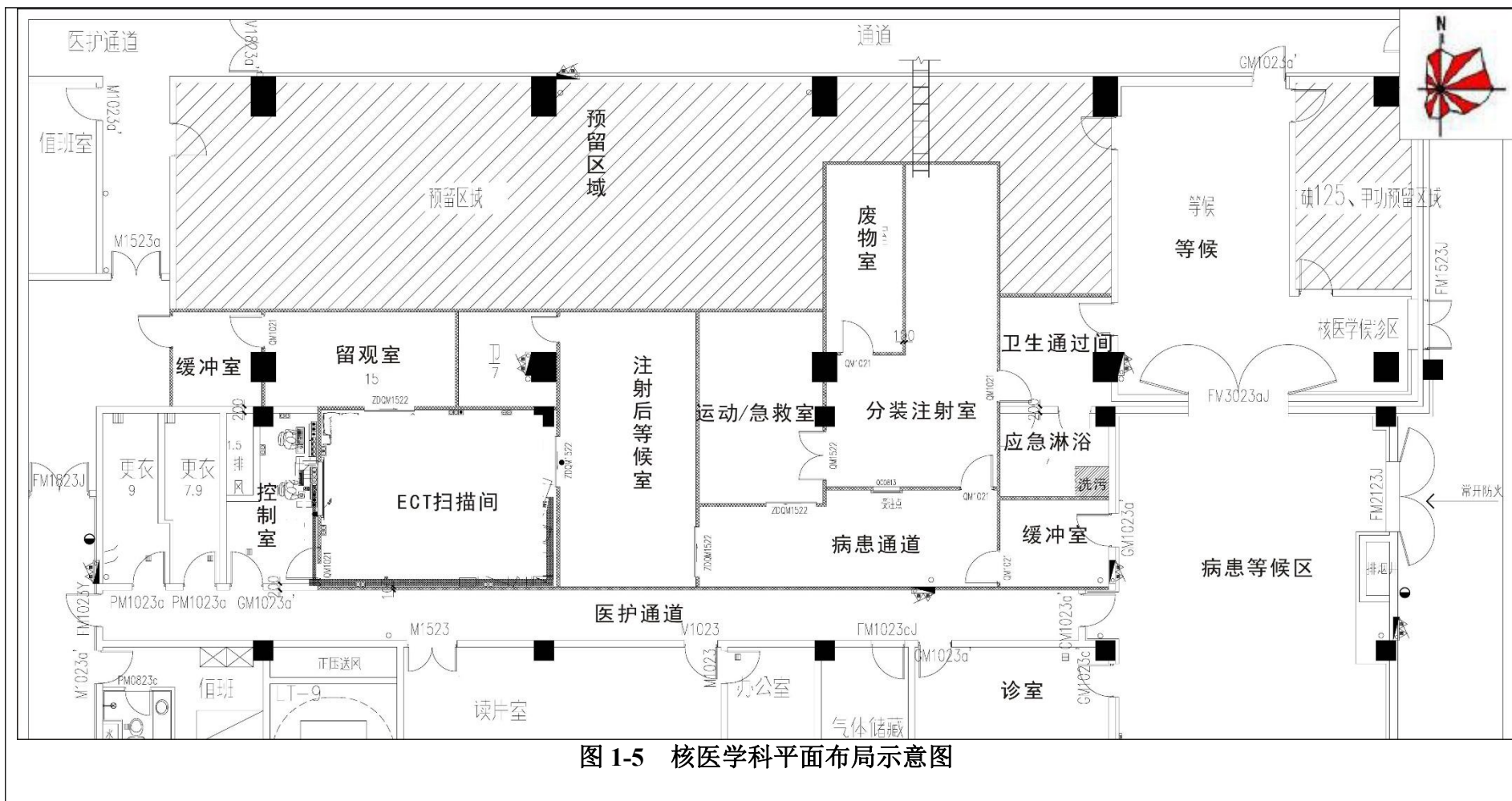
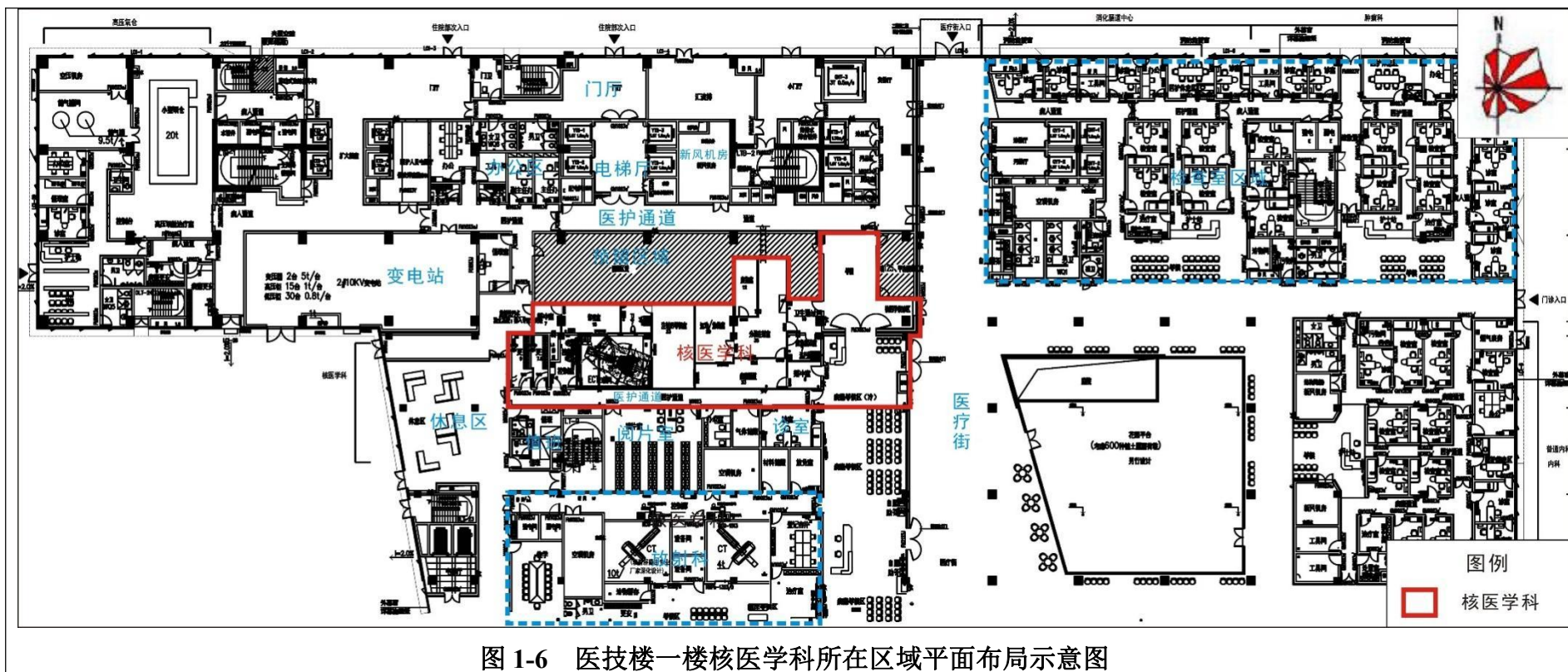


图 1-4 环境影响评价范围示意图





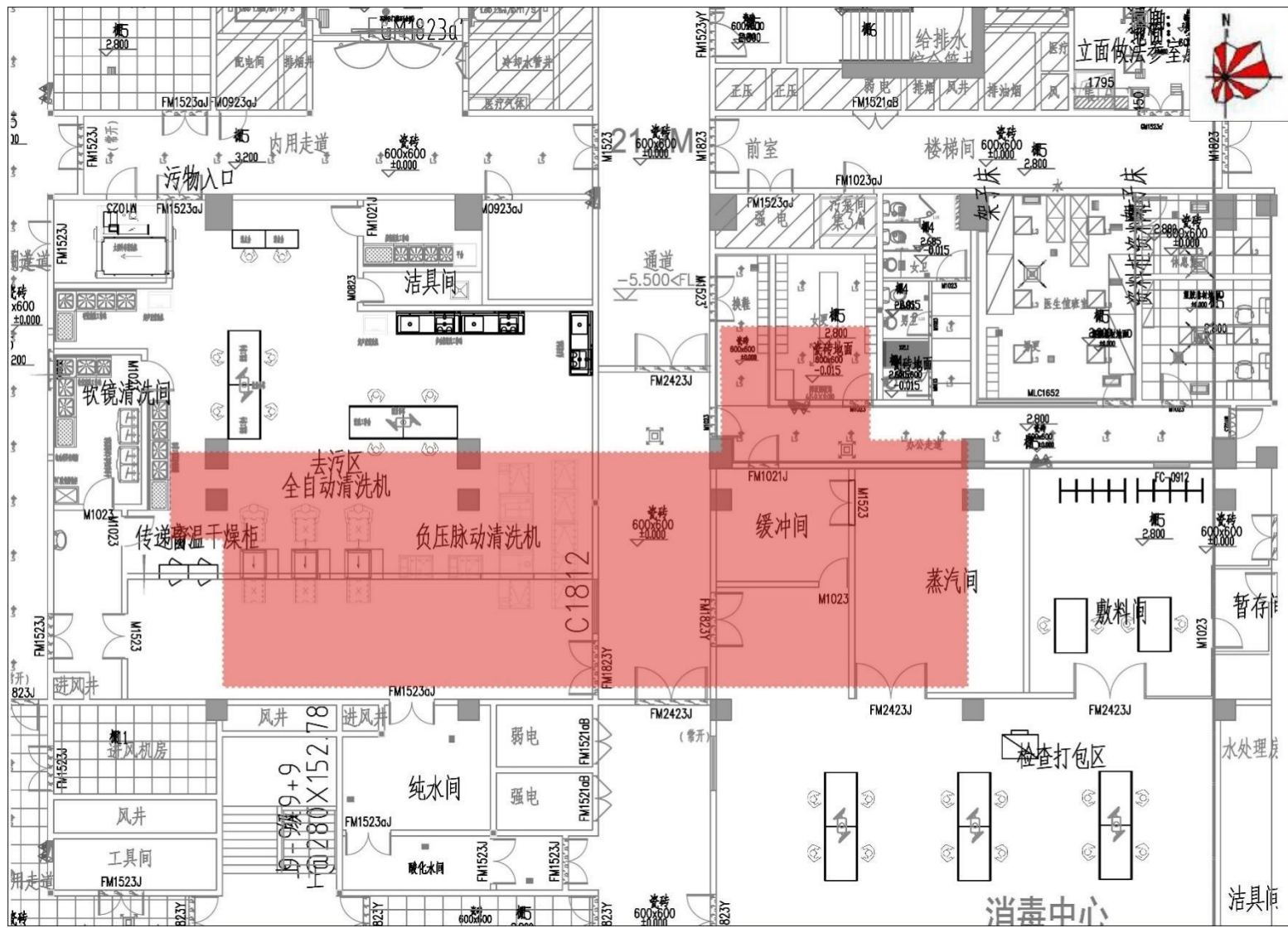


图 1-7 医技楼地下一层核医学科正下方区域平面布局示意图

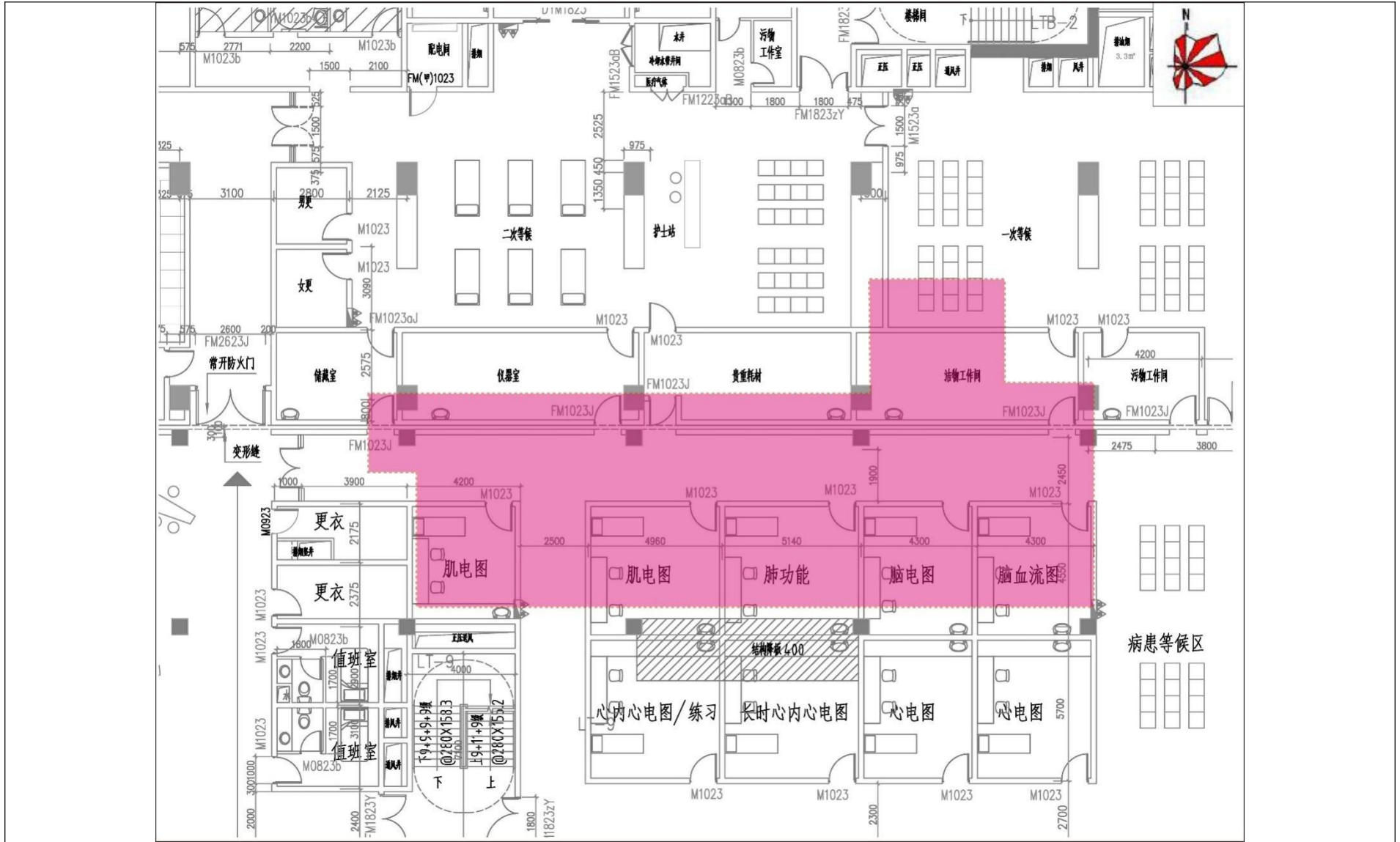


图 1-8 医技楼二楼核医学科正上方区域平面布局示意图

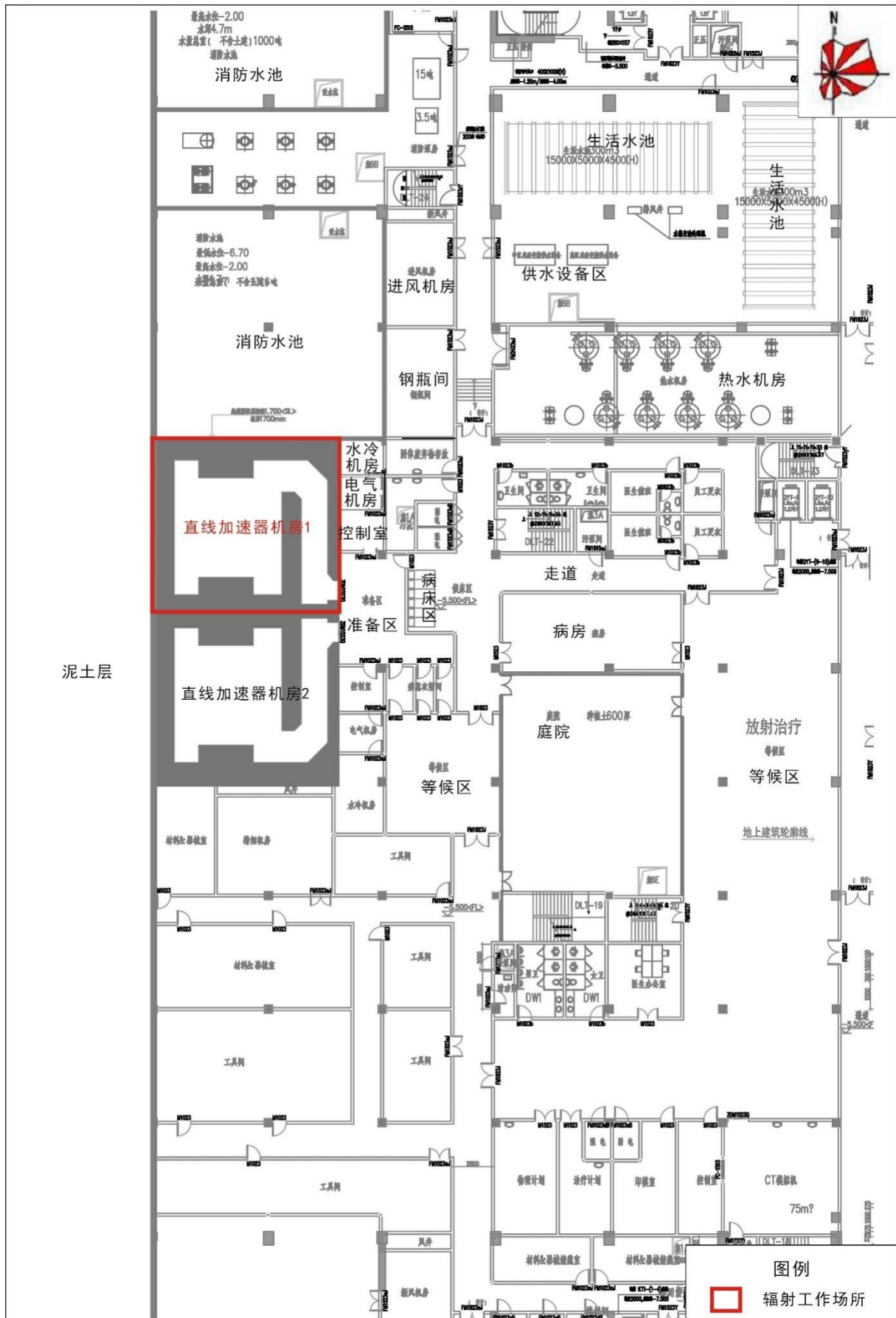


图 1-9 地下一楼放疗科平面布局示意图（楼上楼下为泥土层）

5.原有核技术利用项目许可情况

(1) 许可情况

南安市医院于 2023 年 3 月向福建省生态环境厅重新申请领取了辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证[00338]，许可的种类和范围为使用 II 类、III 类射线装置。证书有效期至 2028 年 3 月。南安市医院原有核技术利用项目详见表 1-2。

(2) 环保手续履行情况

2017年2月医院对老院区原有4台III类射线装置项目填报了环境影响评价登记表，备案号为 201735058300000011。

2019 年 11 月委托有资质单位对其老院区 1 台 DSA 机项目编制了环境影响报告表并于 2020 年 2 月取得批复文件（闽环辐评（2020）11 号）。

2022 年 3 月委托有资质单位对其老院区 1 台 DSA 机项目开展竣工环境保护验收工作，并编制了验收监测报告表，于同年 9 月完成了验收备案。

2023 年 1 月委托有资质单位对其新院区（一期）2 台 DSA 机等射线装置项目编制了环境影响报告表并于 2023 年 9 月取得批复文件（闽环辐评（2023）44 号），项目正在建设中。

表 1-4 南安市医院原有在用射线装置一览表

序号	名称	型号	数量 (台)	类别	使用场所	备注
1	DSA	UNIQ FD20	1	II 类	老院区院内放射科介入室	已办理环评及验收，已取得辐射安全许可
2	X 射线机	Definition As	1	III 类	老院区院内放射科	已办理环评，已取得辐射安全许可
3	X 射线机	XR-6000	1	III 类	老院区院内放射科	
4	X 射线机	XR-6000	1	III 类	老院区院内放射科	
5	钼靶 X 线机	MGU-1000D	1	III 类	老院区院内放射科	

(3) 辐射防护管理制度

为保证辐射工作安全开展，南安市医院成立了辐射安全领导小组，全面负责该院的辐射防护管理工作。根据原国家环境保护总局（2006）145 号通知《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》的规定，该院制定了《辐射事故应急预案》，一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，并采取必要的应急措施。同时该院依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）相关规定，并结合该院的情况，已制定了较

完善的管理制度和操作规程，其中包括《辐射防护和安全管理制

(4) 辐射工作人员培训、个人剂量监测和体检情况

该院现有在岗辐射工作人员共计 18 名，均取得辐射安全与防护考核合格证书，且均在有效期内；医院使用 III 类射线装置的辐射工作人员共 9 名，已根据《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》及《关于进一步优化辐射安全考核的公告》相关要求开展了自主考核，成绩均合格。

该院现有在岗辐射工作人员均按照规范佩戴个人剂量计，由专人负责收集，并委托有资质单位承担个人剂量监测工作，监测频度为 90 天/次；每季度的个人剂量检测结果和每次个人体检报告均存档备案。

根据医院提供的 2023 年辐射工作人员个人剂量监测报告（见附件 4）及最近一次体检报告，2023 年的个人剂量监测结果均正常；最近一次体检结果无异常。

(5) 辐射环境监测及年度评估情况

南安市医院已委托有资质单位开展了辐射场所监测，并编制了 2023 年的辐射安全年度评估报告，在设备正常运行状态下，监测结果均满足相关标准要求；截止 2023 年 12 月，南安市医院使用的射线装置正常运行，未发生辐射事故。

6、项目位置及周边保护目标情况

本项目辐射工作场所位于新院区（一期）医技楼一楼及负一楼，医技楼位于主楼西部，被住院楼 A 分割，一部分位于主楼中部，一部分位于主楼南部，医技楼东侧为门急诊楼院区广场（空地）、及院内道路等，医技楼南侧院内道路、院区广场（空地）及江北大道等；医技楼西侧为住院楼 A 和住院楼 B 等，医技楼北侧为二期工程预留地等。

本项目拟建医用直线加速器机房位于地下一楼西侧放疗科，拟建核医学科位于中部医技楼一楼，除了本项目辐射工作人员外，四周环境保护目标见表 1-5。

表 1-5 环境保护目标情况一览表

序号	辐射工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
1	核医学科	患者等候区、医疗街及门诊	阅片室、值班室及放射科等其他区域	休息区、楼外花园（绿化）	预留区域、通道、电梯厅（住院楼	检查室（肌电图、心电	蒸汽间去污区等

		楼等		等	B)等其他区域	图等)等	
2	医用直线加速器机房①	控制室、准备区、候床区等	直线加速器机房②及其控制室、排烟机房、器械室等	泥土层	消防水池、制冷机房等	泥土层(地面为绿化)	泥土层

7、实践正当性分析

项目投入使用为疾病诊断及治疗提供依据和手段，符合辐射防护“实践的正当性”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。。

8、国家产业政策符合性分析

本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号《产业结构调整指导目录（2024年本）》鼓励类中第六类核能中的第4点“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业政策。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	Tc-99m	液态	使用	2.22E+10	2.22E+07	5.55E+12	SPECT 显像	很简单操作	核医学科	贮存，分装注射室
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)/剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II类	1	待定	电子	10	电子线最高能量不超过 22MeV；X 射线能量 6MV，等中心最大剂量率 1400cGy/min；X 射线能量 10MV，等中心最大剂量率 2400cGy/min	医疗诊治	地下一楼放疗科直线加速器机房①	拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
病人排泄物、分装、清洗等产生的含放射性废水	液态	Tc-99m、F-18	/	/	/	β放射性 < 10Bq/L	贮存在衰变池（采用槽式衰变槽并联组成）内	在放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放，排入医院污水处理站，后进入城市污水管网
给药杯、污染的针头、注射器、棉棒、破碎的玻璃器皿以及敷贴治疗中产生的固体废物	固态	Tc-99m	/	/	α 表面污染小于 0.08Bq/cm ² 、β 表面污染小于 0.8Bq/cm ²	污物衰变桶收集后，存放于放射性废物储存间内	含 Tc-99m 放射性固体废物暂存时间超过 30 天	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 Bq/cm ² 、β 表面污染小于 0.8 Bq/cm ² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理
加速器废靶	固态	/	/	/	/	/	/	由厂家回收处置
废气过滤装置	固态	/	/	/	/	/	存放于放射性废物衰变间	当废物活度浓度达到清洁解控水平推荐值后，作为一般医疗垃圾处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

2、含有放射性的废弃物要注明，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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月修订），中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月修订）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 253 号，2017 年 10 月 1 日起施行（根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），国务院令第 449 号公布，2005 年 12 月 1 日施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），原国家环保总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》，环发[2012]98 号文；</p> <p>(10) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77 号文；</p> <p>(11) 《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（公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 6 日发布；</p> <p>(12) 中华人民共和国国务院令第 612 号《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日起施行）；</p> <p>(13) 《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 号文；</p> <p>(14) 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，国环规环评【2017】4 号，2017 年 11 月 20 日施行。</p>
------	--

<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(4) 《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)；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(6) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)；</p> <p>(7) 《医疗机构水污染排放标准》(GB18466-2005)；</p> <p>(8) 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)；</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>(10) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)；</p> <p>(11) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(12) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)；</p> <p>(13) 《综合医院建筑设计规范》(GB51039-2004)；</p> <p>(14) 《医院污水处理工程技术规范》(HJ2029-2013)；</p> <p>(15) 《表面污染测定第1部分：β发射体($E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$)和$\alpha$发射体》(GB/T14056.1-2008)。</p> <p>(16) 《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>(试行)的通知》(闽环保辐射〔2013〕10号)，2013年3月15日发布。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 本项目委托书；</p> <p>(2) 南安市医院提供的本项目相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围						
<p>根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中环境影响报告书相关要求，即“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目特点，本项目评价范围为核医学科屏蔽体、直线加速器机房屏蔽体边界外 50m 范围，示意图见图 1-3。</p>						
保护目标						
<p>根据对本项目周围环境的调查，结合图 1-3 至图 1-9，本项目周边环境保护目标为辐射工作场所屏蔽体边界外 50m 范围内的辐射工作人员和公众人员，其中辐射工作人员包括核医学科医生（放射性药物操作人员）、直线加速器操作人员，公众人员包括医护人员、患者及家属、周边流动的人员等；详见表 7-1。经现场勘察，评价范围内无以文教、行政办公等为主要功能的环境敏感区。</p>						
表 7-1 主要环境保护目标一览表						
序号	点位描述		环境保护对象	方位及最近直线距离	人数	剂量约束值
1	直线加速器机房	控制室	辐射工作人员	东侧；紧邻	1~2 人	5mSv/a
2		医技楼其他区域	公众人员	东侧；0~50m	>100 人	0.1mSv/a
3		工具间等		南侧；0~24m	>10 人	
4		院区道路等		正上方；紧邻	流动人群	
5		消防水池、钢瓶间等		北侧；0~50m	1 人	
6	核医学科	核医学科	辐射工作人员	/	4~8 人	5mSv/a
7		放射科	南侧公众人员	南侧；1~50m	3~5 人	0.1mSv/a
8		门急诊楼其他区域		东侧；9~50m	>100 人	
9		休息区、楼外花园（绿化）等		西侧；0~50	流动人群	
10		通道、电梯厅（住院楼 B）等其他区域		北侧；0~24m	>100 人	
11		蒸汽间、去污区等		正下方；紧邻	2~4 人	
12		检查室（肌电图、心电图等）等		正上方；紧邻	20 人	
13		医疗街		东侧；9m	流动人群	
14		门急诊楼		东侧；约 18m	>150 人	
15		住院楼 A		南侧；约 0~24m	>250 人	
16	院区道路及广场（含绿化带）等	南侧；24~50m		流动人群		
17	院区道路及广场（含绿化带）等	西侧；19.7~50m	流动人群			

18	住院楼 B		北侧; 0~27m		
----	-------	--	-----------	--	--

本项目辐射工作人员均为新增人员，待项目建成后招聘。

评价标准

(1) 辐射剂量限值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)及《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-85)中的要求,本项目相关限值采用标准见表 7-2。

表 7-2 本项目相关标准限值

内容	项目	剂量限值	标准名称
连续五年平均有效剂量限值	辐射工作人员	20mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
年有效剂量限值	公众成员	1mSv	
剂量约束值	辐射工作人员	5mSv/a	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)、《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-85)
	公众成员	0.1mSv/a	

(2) 剂量当量率控制水平

依据《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)、《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中的要求,本项目相关剂量当量率控制水平见表 7-3。

表 7-3 本项目相关剂量当量率控制水平

场所	内容	项目	标准限值	标准名称
核医学科	周围剂量当量率	核医学科控制区外人员可达处,距屏蔽体外表面 0.3m 处	应不大于 2.5 μ Sv/h	《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)
		核医学工作场所的分装柜或生物安全柜,柜体外表面 5 cm 处的周围剂量当量率控制目标值	应不大于 25 μ Sv/h	
		控制区内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	
	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	应不大于 2.5 μ Sv/h	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)
		如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域	应小于 10 μ Sv/h	
	放射性药物合成和分装	设备外表面 30cm 处人员操作位	应不大于 2.5 μ Sv/h	

		的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构,以保证	非正对人员操作放射性药物合成和分装箱体外表面	应不大于 25 μ Sv/h	
直线加速器机房	最高剂量率参考控制水平	人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所		$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)
		人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所		$\leq 10\mu\text{Sv/h}$	
	关注点剂量率参考控制水平	导出剂量率参考控制水平		Hc,d ^注	《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)
	周围剂量当量率参考控制水平	距治疗机房墙和入口门外表面30cm处,人员居留因子 $\geq 1/2$		$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)
距治疗机房墙和入口门外表面30cm处,人员居留因子 $< 1/2$		$\leq 10\mu\text{Sv/h}$			
注: Hc,d 根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)附录 A.2 计算,详见表 11-11。					

(3) 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)及《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中的规定,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 7-4 所列设备类的控制水平的五分之一以下时,经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后,可当作普通物品使用。

表 7-4 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质 (Bq/cm ²)		β 放射性物质 (Bq/cm ²)
		极毒性	其他	
工作台面、设备、 墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4 $\times 10$	4 $\times 10$
	监督区	4 $\times 10^{-1}$	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4 $\times 10^{-1}$	4 $\times 10^{-1}$	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4 $\times 10^{-2}$	4 $\times 10^{-2}$	4 $\times 10^{-1}$

1) 该区内的高污染子区除外。

本项目核医学使用核素会产生 β 放射性物质,故本项目控制区表面污染控制水平取 40Bq/cm², 监督区表面污染控制水平取 4Bq/cm²。

(4) 非密封放射性物质工作场所级别

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的规定,非密封放射性物质工作场所的分级见表 7-5。

表 7-5 非密封源工作场所的分级要求

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 $\sim 2 \times 10^7$

(5) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)

《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)对工作场所放射防护要求、安全装置和警告标志要求做了明确规定:

表 7-6 《放射治疗放射防护要求》的相关内容

相关条款	具体内容
6.1 布局要求	<p>6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端;放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造,并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。</p> <p>6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区;其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施,但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。</p> <p>6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求,其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。</p> <p>6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置,治疗设备辅助机械、电器、水冷设备,凡是可以与治疗设备分离的,尽可能设置于治疗机房外。</p> <p>6.1.5 应合理设置有用线束的朝向,直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室,尽可能避开被有用线束直接照射。</p> <p>6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路;γ刀治疗设备的治疗机房,根据场所空间和环境条件,确定是否选用迷路;其他治疗机房均应设置迷路。</p> <p>6.1.7 使用移动式电子加速器的手术室应设在医院手术区的一端,并和相关工作用房(如控制室或专用于加速器调试、维修的储存室)形成一个相对独立区域,移动式电子加速器的控制台应与移动式电子加速器机房分离,实行隔室操作。</p>
6.2 空间、通风要求	<p>6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间,以确保放射治疗设备的临床应用需要。</p> <p>6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统,进风口应设在放射治疗机房上部,排风口应设在治疗机房下部,进风口与排风口位置应对角设置,以确保室内空气充分交换;通风换气次数应不小于 4 次/h。</p>
6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平	<p>6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗机房顶外表面 30cm 处,或在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处,周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。</p> <p>6.3.2.2 除 6.3.2.1 的条件外,若存在天空反射和侧散射,并对治疗机房墙外关注点位置照射时,该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的周围剂量当量率的总和,按 6.3.1 确定关注点的周围剂量当量率作为参考控制水平。</p>

<p>6.4 安全装置和警示标志要求</p>	<p>6.4.1 监测报警装置 含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。</p> <p>6.4.2 联锁装置 放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。</p> <p>6.4.3 标志 医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志： a)放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志； b)放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。</p> <p>6.4.4 急停开关 6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。 6.4.4.2 放射源后装近距离治疗工作场所，应在控制台、后装设备表面人员易触及位置以及治疗机房内墙面各设置一个急停开关。</p> <p>6.4.5 应急储存设施。 6.4.5.1 γ源后装治疗设施应配备应急储源器。 6.4.5.2 中子源后装治疗设施应配备符合需要的应急储源水池。</p> <p>6.4.6 视频监控、对讲交流系统。 控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频监控装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。</p>
<p>8 放射防护检测方法要求</p>	<p>8.1 治疗机房放射防护验收检测 8.1.1 治疗机房屏蔽效果检测 8.1.1.1 治疗机房屏蔽效果检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括：四面墙体、顶棚、机房门、管线洞口、工作人员操作位等，点位选取应具有代表性。 8.1.1.2 治疗机房周围 50m 范围内有高于机房室顶的建筑时，应检测侧散射。 8.1.1.3 治疗机房为单层建筑时，应检测天空反射。 8.1.1.4 检测仪器测量范围、能量响应、抗干扰能力等性能应适用于被测辐射场，应有法定计量检定或校准证书，并在有效期内。 8.1.1.5 检测条件参见附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E。 8.1.2 其他 8.1.2.1 治疗机房应进行通风效果检测。 8.1.2.2 治疗机房建成并且设备安装调试完成后，应进行防护效果验收检测。 8.1.2.3 加速器治疗工作场所防护检测方法参见附录 B，术中放射治疗工作场所防护检测方法参见附录 C，含放射源放射治疗工作场所防护检测方法参见附录 D，质子重离子放射治疗工作场所防护检测方法参见附录 E。 8.1.2.4 数据处理和检测结果评价参见附录 F。 8.2 治疗机房放射防护常规检测。 应定期开展治疗机房放射防护常规检测，定期检测的周期为一年。</p>
<p>(6) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 对工作场所放射防护要求、安</p>	

全装置和警示标志要求做了明确规定：

表 7-7 《放射治疗辐射安全与防护要求》的相关内容

相关条款	具体内容
4 一般要求	<p>4.1 从事放射治疗的医疗机构应对放射治疗活动的辐射安全与防护全面负责，实现保护从事放射治疗相关辐射工作人员、公众健康与环境安全的目标。</p> <p>4.2 从事放射治疗的医疗机构应建立健全辐射安全与防护管理体系，制定辐射安全与防护大纲，落实岗位职责及操作规程等管理制度。</p> <p>4.3 从事放射治疗的医疗机构在规划、设计、建设放射治疗工作场所和开展放射治疗活动的过程中，应遵循实践的正当性、安全与防护的最优化、剂量限制和潜在照射危险限制，确保放射治疗涉及的辐射工作人员和公众受照剂量处于安全合理的水平。</p> <p>4.4 从事放射治疗的医疗机构应根据放射治疗活动的潜在照射危害水平，根据纵深防御原则，设置相适应的多层防护与安全措施，确保当某一层次的防护措施失效时，可由下一层次的防护措施予以弥补或纠正，达到：</p> <p>a) 防止可能引起误照射的事故；</p> <p>b) 减轻事故的放射性后果；</p> <p>c) 将放射治疗设备恢复到安全状态。</p> <p>4.5 构成放射治疗相关辐射工作场所安全联锁系统的物项应满足以下要求：</p> <p>a) 应满足冗余性要求，采用的物项应为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项，保证运行过程中某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能；</p> <p>b) 应满足多元性要求，包括系统多元性和多重剂量监测，采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等；</p> <p>c) 应满足独立性要求，当某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用；</p> <p>d) 应满足失效安全的要求，当某一安全物项或部件出现故障时，应确保放射治疗装置重新回到安全状态。</p> <p>4.6 从事放射治疗的医疗机构应规范收集、妥善暂存和处理放射治疗活动中产生的放射性废物。</p> <p>4.7 从事放射治疗的医疗机构应对放射治疗场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估，证明采取的辐射安全与防护措施的有效性。</p> <p>4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合GB 18871-2002中剂量限值相关规定。</p> <p>4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：</p> <p>a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为5 mSv/a。</p> <p>b) 公众照射的剂量约束值不超过0.1 mSv/a。</p> <p>4.10 开展放射治疗活动的医疗机构应制定相应的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备、应急演练和应急响应，确保有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。</p>
5 选址、布局与分区要求	<p>5.1 选址与布局</p> <p>5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。</p> <p>5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。</p> <p>5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维</p>

	<p>修的房间)形成一个相对独立区域;术中控制台应与治疗设备分离,实行隔室操作,控制台可设在控制室或走廊内。</p> <p>5.2 分区原则</p> <p>5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下,控制区包括加速器大厅、治疗室(含迷路)等场所,如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室,直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时,术中放射治疗室应确定为临时控制区。</p> <p>5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区(如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等)。</p>
6 放射治疗场所辐射安全与防护要求	<p>6.2 安全防护设施和措施要求</p> <p>6.2.1 放射治疗工作场所,应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等:</p> <p>a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志,贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明;</p> <p>b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯;</p> <p>c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置,并设置双向交流对讲系统。</p> <p>6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室(一般在迷道的内入口处)应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能,其显示单元设置在控制室内或机房门附近。</p> <p>6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所,应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施:</p> <p>a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置,防护门未完全关闭时不能出束/出源照射,出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施;</p> <p>b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置,防护门应设置防夹伤功能;</p> <p>c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮;急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发;</p> <p>d) 质子/重离子治疗装置安全联锁系统还应包括清场巡检系统、门钥匙开关(身份识别系统)。质子/重离子治疗室、加速器大厅和束流输运通道应建立分区清场巡检和束流控制的逻辑关系,清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时,如超出设定的清场巡检响应时间,需重新进行清场巡检;</p> <p>e) 质子/重离子治疗装置应考虑建立调试、检修、运行维护人员的人身安全联锁系统,将调试、检修、运行维护人员的受照剂量与进入控制区的权限实施联锁管控;</p> <p>f) 安全联锁系统一旦被触发后,须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动;安装调试及维修情况下,任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证,工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。</p> <p>6.2.4 后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。</p>
7 操作的辐射安全与防护要求	<p>7.1 医疗机构应对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查,保存自查记录,保证安全联锁的正常有效运行。</p> <p>7.2 治疗期间,应有两名及以上人员协调操作,认真做好当班记录,严格执行</p>

	<p>交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守。</p> <p>7.3 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室，进入含放射源或质子/重离子装置的治疗室前须携带个人剂量报警仪。检修人员进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域前，应先进行工作场所辐射监测，在单位辐射安全管理机构批准后方可进入。进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道区域的参观人员须在辐射工作人员带领下进入。</p> <p>7.4 应加强放射源倒装活动的辐射安全管理，倒装工作应由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行；应制定放射源倒装活动方案，对辐射监测与报警仪器的有效性、操作场所分区隔离设置、倒源屏蔽体搭建进行确认；倒装放射源时应对倒装热室周围和含源设备表面进行辐射监测，关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源设备的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并记录；倒源结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射监测。</p> <p>7.5 质子/重离子加速器调试、检修期间，应对进入质子/重离子加速器大厅和束流输运通道、治疗室区域的人员加强管理。在出束的情况下严禁调试、检修人员滞留在控制区；对辐射水平热点区域（如回旋加速器、降能器、束流偏转及引出部位等）应考虑进行屏蔽；接入人身安全连锁系统的受照剂量监测设备宜采用直读式的仪器。</p>
8 放射性废物管理要求	<p>8.2 固体废物管理要求</p> <p>8.2.1 废旧放射源管理要求 废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方。确定无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的单位收贮，并承担相关费用。</p> <p>8.2.2 其他固体废物管理要求</p> <p>8.2.2.1 质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。</p> <p>8.2.2.2 低水平的活化部件如质子/重离子加速器治疗头器件、磁铁等，以及处理质子/重离子加速器冷却水的废树脂，集中放置在固体废物暂存间暂存衰变，经衰变后仍超出清洁解控水平的（放射性废物豁免的活度、活度浓度见附录 B）送交有资质的单位收贮。</p> <p>8.2.2.3 建立放射性固体废物台账，存放及处置前进行监测，记录部件名称、质量、辐射类别、监测设备、监测结果（剂量当量率）、监测日期、去向等相关信息，低于清洁解控水平的可作为一般固体废物处置，并做好存档记录。</p> <p>8.3 液态废物管理要求 事故或检修状况下质子/重离子加速器的活化冷却水按照放射性废液管理要求妥善收集贮存，暂存衰变至低于豁免水平后可作为普通废液处理，并做好存档记录。</p> <p>8.4 气态废物管理要求</p> <p>8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。</p> <p>8.4.2 质子/重离子加速器停机后，加速器大厅应加强通风排气，采取措施使人员延时进入，以降低活化空气的感生放射性水平，减少人员受照剂量。</p>
<p align="center">(7) 《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）</p> <p>医院的放射性废水（含放射性核素的清洗废水和病员的粪便水）先经衰变池存放10个半衰期后，再进入医院废水处理站处理达标后排入市政污水管网，至市政污水处理厂处理后排放。医院衰变池排放口废水执行《医疗机构水污染排放标准》</p>	

(GB18466-2005) 预处理标准, 即: 总 α 放射性 $<1\text{Bq/L}$ 、总 β 放射性 $<10\text{Bq/L}$ 。

(8) 《核医学放射防护要求》(GBZ120—2020)

《核医学放射防护要求》(GBZ120—2020) 对核医学科工作场所放射防护要求、操作中的放射防护要求、医用放射性废物的放射防护管理要求等做了明确规定:

表 7-8 《核医学放射防护要求》的相关内容

相关条款	具体内容
5 工作场所的放射防护要求	<p>5.1 工作场所平面布局和分区</p> <p>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。</p> <p>5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则:</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>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。</p> <p>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:</p> <p>a)对于单—的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室(可含质控室)、给药后患者或受检者候诊室(根据放射性核素防护特性分别设置)、质控(样品测量)室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房;</p> <p>b)对于单—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;</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>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。</p> <p>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GB 18871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。</p> <p>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。</p> <p>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</p>

	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>5.2 放射防护措施要求</p> <p>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。</p> <p>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</p> <p>5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式，I-131 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。</p> <p>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。</p> <p>5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。</p> <p>5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>5.2.13 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机房的特殊防护措施：</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 <p>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。</p>
6 操作中的放射防护要求	<p>6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备</p> <p>6.1.1 个人防护用品及去污用品</p> <p>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衣。当使用的 Tc-99m 活度大于 800MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作 Ga-68、F-18 等正电子放射性药物和 I-131 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。</p> <p>6.1.2 辅助用品</p> <p>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。</p>

	<p>6.2 放射性药物操作的放射防护要求</p> <p>6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。</p> <p>6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。</p> <p>6.2.3 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。</p> <p>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。</p> <p>6.2.5 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。</p> <p>6.2.6 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 2 规定值，应采取相应去污措施。</p> <p>6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 2 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。</p> <p>6.2.8 为体外放射免疫分析目的而使用含H-3、C-14、I-125等核素的放射免疫分析试剂盒可在一般化学实验室进行。</p> <p>6.2.9 放射性物质的贮存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应只限于需用的部分。</p> <p>6.2.10 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。</p> <p>6.2.11 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。</p> <p>6.2.12 贮存的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。</p> <p>6.2.13 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。</p> <p>6.2.14 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用6.1.2和附录K所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。</p> <p>6.2.15 核医学放射工作人员应按 GBZ128 的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续 5 年期间，年平均当量剂量不超过 20mSv，任何 1 年中的当量剂量不超过 50mSv；操作大量气态和挥发性物质的工作人员，例如近距离操作 I-131 的工作人员，宜按照 GBZ129 的要求进行内照射个人监测。</p>
7 患者或受检者放射防护要求	<p>7.1 核医学诊断参考水平</p> <p>7.1.1 执业医师应参照核医学诊断参考水平（见附录E），以保证放射性药物施用活度的合理性。</p> <p>7.1.2 使用参考水平的原则如下：</p> <p>a) 当患者或受检者剂量或施用活度显著低于相应的参考水平，又不能提供有用的诊断信息或给患者或受检者带来预期的医疗利益时，应按要求采取纠正行动；</p> <p>b) 当患者或受检者剂量或施用活度显著超出相应的参考水平时，应考虑参考水平是否未达到辐射防护优化，或医学实践活动是否保持在适当良好水平；这些参考水平是对一般而言的，仅具参考作用，实施诊断检查的医师，应根据患者或受检者的体质、病理条件、体重和年龄等具体情况，确定合理的施用量。</p> <p>7.2 患者出院的管理要求</p> <p>7.2.1 接受I-131治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至400MBq或距离患者体表1m处的周围剂量当量率不大于25μSv/h方可出院，以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。对接受其他放射性药物治疗的患者仅当患者体内放射</p>

	<p>性活度低于附录L中L.2要求时才能出院。患者体内活度检测控制应按附录L中L.3推荐的方法进行。</p> <p>7.2.2 对甲亢和甲状腺癌患者,出院时应按附录L中L.4给出接触同事和亲属及到公众场所的合理限制和有关防护措施(限制接触时间及距离等)的书面建议。</p> <p>7.3 陪护者、探视者和家属的防护管理要求</p> <p>7.3.1 开展核医学工作的医疗机构应向陪护者、探视者和家庭成员提供有关的辐射防护措施(例如限定接触或接近患者或受检者的时间等)及其相应的书面指导(见附录L),用附录L中L.1给出的剂量控制参考值对其所受剂量加以约束,使其在患者或受检者诊断或治疗期间所受的剂量不应超过5mSv。儿童应尽量避免探视已施用放射性药物的患者或受检者,无法避免时所受剂量不应超过1mSv。</p> <p>7.3.2 对接受放射性药物治疗的患者,应对其家庭成员提供辐射防护的书面指导。对接受放射性药物治疗的住院患者,仅当其家庭成员中的成人所受剂量不能超过5mSv、其家庭成员中的儿童以及其他公众所受剂量不能超过1mSv,才能允许患者出院。探视者和家庭成员所受剂量的估算方法以及与剂量约束相对应的放射性药物施用量可见附录L中的方法。</p>
<p>8 医用放射性废物的放射防护管理要求</p>	<p>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。核医学常用放射性核素的物理特性参见附录H。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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,不破损,及时转送存储室,放入专用容器中存储。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>8.9 储存场所应具有通风设施,出入口设电离辐射警告标志。</p> <p>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。</p> <p>8.11 废物包装体外表面的污染控制水平: $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$。</p>
<p>9 尸检放射防护要求</p>	<p>接受过放射性药物治疗的死亡患者,其尸检应遵循如下原则:</p> <p>a) 尸检应尽可能推迟到尸体体内放射性活度降低到无需特殊防护措施时进行;</p> <p>b) 进行尸检的医师及相关人员应穿戴防护用品并佩戴个人剂量计;</p> <p>c) 对尸检后的房间应进行放射防护监测和去污,对覆盖物等其他物件也应进行放射防护监测,无法去污或没必要去污时作放射性废物处理。</p>
<p>10 I-131 治疗患者住院期间的放射防护要求</p>	<p>10.1 场所放射防护要求</p> <p>10.1.1 I-131治疗病房区应为相对独立的场所,病房区入口处应设缓冲区。患者住院后,只能在治疗区活动。</p> <p>10.1.2 I-131治疗病房区应有独立的通风系统,通风管道应有过滤装置,并定期更换,更换的过滤装置按放射性固体废物处理。</p> <p>10.1.3 I-131治疗住院患者的排泄物不应直接排到医院的公共污水管道,应先经过衰变池的衰变。下水管道宜短,露出地面的部分应进行防护和标记。</p> <p>10.1.4 病房内应设置患者专用厕所和淋浴间,厕所内应有患者冲厕所和洗手的提示。</p>

	<p>10.1.5 病房可设置采光窗，采光窗应进行必要的防护，使其符合5.3.1要求。</p> <p>10.1.6 分装室与给药室之间药物传递应便捷，分装好的I-131宜采用机械或自动、半自动的方式传递到给药室，给药过程应有监控。分装室应设置工作人员通过间，通过间应配备表面污染检测及剂量率检测仪表及清洗设施。</p> <p>10.1.7 施用了I-131治疗药物的患者如需住院应使用专用病房。专用病房宜为单人房，如不能实现，每间病房最多不应超过2人，并且2人之间应设置适当的防护屏蔽。</p> <p>10.1.8 病房中应配备对讲、监控等设施。</p> <p>10.1.9 患者使用过的被服应先进行存放衰变，衰变至少一个半衰期再进行清洗。</p> <p>10.1.10 在I-131病房场所应使用专用的保洁用品，不能和其他场所(包括核医学其他放射性场所)混用，病房区域内应有存放及清洗保洁用品的场所。</p> <p>10.2 治疗期间的放射防护要求</p> <p>10.2.1 宜订购按照患者人份分装的I-131药物，如果需要分装，则应配备分装防护通风厨，宜采用自动分装、机械手分装或半自动分装。</p> <p>10.2.2 治疗前应和患者签署知情同意书。</p> <p>10.2.3 除医护人员之外的人员不应进入病房。</p> <p>10.2.4 向病房内传递生活必需品，应通过病房外的缓冲区传递。</p> <p>10.2.5 2名及以上患者不宜近距离接触或者集聚。</p> <p>10.2.6 给药过程中应提供防污染措施。</p> <p>10.2.7 医护人员宜通过视频及对讲进行查房等医疗活动。当医护人员必须进入专用病房对患者进行救治时，应穿戴个人防护用品。</p> <p>10.2.8 病房区域内应配备测量患者体内活度的设备或可测量周围剂量当量率的仪器，按照7.2的要求进行出院管理。</p> <p>10.2.9 应减少放射性废物的产生量。患者食物宜选用产生废物少的食材。</p>
<p>12 放射性核素敷贴治疗放射防护要求</p>	<p>12.1 放射性核素敷贴治疗器的放射防护要求</p> <p>12.1.1 放射性核素应选用半衰期较长、β射线能量较高，不伴生γ辐射或仅伴生低能γ辐射的放射性核素，例如Sr-90/Y-90和P-32敷贴器。</p> <p>12.1.2 外购放射性核素敷贴器应具有生产厂家或制作者的说明书及检验合格证书，并应有生产批号和检验证书号。说明书应载明敷贴器编号、核素名称及化学符号、辐射类型及能量、放射性活度、源面空气吸收剂量率、表面放射性污染与泄漏检测、检测日期、使用须知和生产单位名称。</p> <p>12.1.3 商品敷贴器除具有源箔、源壳、源面保护膜、铝合金保护环框和源盖外，尚应有防护屏和手柄或其它固定装置，敷贴器的安全分级应符合GB4075的要求。</p> <p>12.1.4 商品敷贴源应封装严密，并规定推荐使用期限。超过使用期限或表面污染超过标准或疑有泄漏者应送回制作单位经检修后，再确定能否继续使用。</p> <p>12.1.5 敷贴源投入临床使用前，除自制敷贴器（如P-32敷贴器）外应有法定计量机构认可的源面照射均匀度和源面空气吸收剂量率或参考点空气吸收剂量率的测量数据，其不确定度不大于$\pm 5\%$，并附带有剂量检定证书。</p> <p>12.1.6 自制敷贴器的处方剂量应根据病变性质和病变部位确定，根据处方剂量和面积大小确定所用放射性核素活度。</p> <p>12.1.7 眼科用敷贴器可根据病变需要做成不同形状（如圆形、船形、半圆形）或开有上述不同形状的窗的防护套来适应治疗不同角膜、结膜病变的需要。</p> <p>12.1.8 废弃商品敷贴器应按放射性废源管理，自制敷贴器可根据核素的性质按放射性废物管理。</p> <p>12.3 敷贴器贮源箱的放射防护要求</p> <p>12.3.1 贮源箱的外表面应标有放射性核素名称、最大容许装载放射性活度和牢固、醒目的电离辐射标志（见GB 2894）。</p> <p>12.3.2 贮源箱的屏蔽层结构应分内外两层。内层为铝或有机玻璃等低原子序数材料，其厚度应大于β辐射在相应材料中的最大射程。外层为适当厚度的铅、</p>

铸铁等重金属材料，并具有防火、防盗的性能。

12.3.3 距离贮源箱表面5cm和100cm处因泄漏辐射所致的周围剂量当量率分别不应超过10 μ Sv/h和1 μ Sv/h。

12.4 敷贴治疗设施的放射防护要求

12.4.1 敷贴治疗应设置专用治疗室，该治疗室应与诊断室、登记值班室和候诊室分开设置。治疗室内使用面积应满足治疗要求。

12.4.2 治疗室内高1.5m以下的墙面应有易去污的保护涂层。地面，尤其在治疗患者位置，应铺有可更换的质地较软又容易去污染的铺料。

12.4.3 治疗室内患者座位之间应保持1.2m的距离或设置适当材料与厚度的防护屏蔽。

12.4.4 治疗室内应制定敷贴治疗操作规程及卫生管理制度，并配有 β 污染检测仪等检测仪器。

12.5 敷贴治疗中的放射防护要求

12.5.1 实施敷贴治疗前，应详细登记治疗日期、使用敷贴源的编号、辐射类型、活度、照射部位与面积，并发给具有患者姓名、性别、年龄、住址、诊断和照射次数等项目的治疗卡。

12.5.2 每次治疗前，先收回患者的治疗卡，再给予实施敷贴治疗。治疗完毕，先如数收回敷贴器再发给治疗卡。由工作人员收回敷贴器放回贮源箱内保存。

12.5.3 实施敷贴治疗时不应将敷贴源带出治疗室外。

12.5.4 实施治疗时，应用不小于3mm厚的橡皮泥或橡胶板等屏蔽周围的正常组织。对颜面部部位的病变，屏蔽其周围正常皮肤；对其他部位的病变，则在病变周围露出正常皮肤不大于0.5cm。并在周围已屏蔽的皮肤上覆盖一张玻璃纸或塑料薄膜后，将敷贴器紧密贴在病变部位。

12.5.5 敷贴治疗时，照射时间长的可用胶布等固定，请患者或陪同人员协助按压敷贴器，照射时间短的可由治疗人员亲自按压固定敷贴器，有条件者可利用特制装置进行远距离操作。

12.5.6 敷贴器应定期进行衰变校正，以调整照射时间。每次治疗时应有专人使用能报警的计时器控制照射时间。治疗过程中应密切观察治疗反应和病变治疗情况，及时调整照射剂量，防止产生并发症。

12.5.7 敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，如戴有机玻璃眼镜或面罩和尽量使用远距离操作工具。

12.5.8 敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面。不应将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥处。

K.1 个人防护用品	表K.1 个人防护用品			
	场所类型	工作人员		患者或受检者
		必备	选备	
普通核医学和SPECT场所	铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	—	
正电子放射性药物和I-131的场所	放射性污染防护服	—	—	
敷贴治疗	宜使用远距离操作工具	有机玻璃眼镜或面罩	不小于3mm厚的橡皮泥或橡胶板等	
注：“—”表示不要求，宜使用非铅防护用品。				

(9) 核医学科辐射防护和安全要求

结合《核医学科辐射防护和安全要求》（HJ1188-2021），相关要求如下：

表 7-9 核医学科辐射防护和安全要求的相关内容

相关条款	具体内容
4 总则	<p>4.1 一般要求</p> <p>4.1.1 医疗机构应对所开展核医学活动的辐射防护与安全工作全面负责, 实现保护辐射工作人员、公众和环境的目标。</p> <p>4.1.2 医疗机构应对拟开展的核医学活动进行正当性判断, 确保实施的活动都是正当的。</p> <p>4.1.3 规划、设计、建设核医学工作场所和开展核医学活动的过程中, 遵循辐射防护最优化原则, 使得核医学活动涉及的相关个人受照剂量的大小、受到照射的人数和受到照射的可能性保持在可合理达到的尽量低的水平。</p> <p>4.1.4 开展核医学活动的工作场所应实行分级管理。</p> <p>4.1.5 开展核医学活动的辐射工作场所应划分出控制区和监督区, 合理布局工作场所, 规划好人流、物流、气流路径, 妥善收集、暂存和处理核医学活动中产生的放射性废物。</p> <p>4.1.6 医疗机构应对开展核医学活动的工作场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估, 证明采取的辐射防护与安全措施的合理性。</p> <p>4.1.7 开展核医学活动的医疗机构应制定恰当的辐射事故应急预案, 做好辐射事故应急准备和响应工作安排, 有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。</p> <p>4.2 辐射工作场所分级</p> <p>应按照 GB 18871 的规定将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录 A。</p> <p>4.3 辐射工作场所分区</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>4.4 剂量限值和约束值</p> <p>4.4.3 放射性表面污染控制水平</p> <p>核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB 18871 执行。</p>
5 选址和布局	<p>5.1 选址</p> <p>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。</p> <p>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, 并与非放射性工作场所有明确的分界隔离。</p> <p>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。</p> <p>5.2 布局</p> <p>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。</p> <p>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</p>

	<p>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。</p> <p>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。</p>
6工作场所的辐射安全和防护	<p>6.1 屏蔽要求</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。</p> <p>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表面的周围剂量当量率小于 25 μSv/h。</p> <p>6.1.7 放射性固体废物收集桶、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。</p> <p>6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。</p> <p>6.2 场所安全措施要求</p> <p>6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。</p> <p>6.3 密闭和通风要求</p> <p>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。</p> <p>6.3.3 碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。</p> <p>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</p>

	<p>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。</p> <p>6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶, 尽可能远离邻近的高层建筑。</p>
7 放射性废物管理	<p>7.1 一般要求</p> <p>7.1.1 应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等, 按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。</p> <p>7.1.2 应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物, 不能混同处理, 应尽量控制和减少放射性废物产生量。</p> <p>7.1.3 核医学实践中产生的短寿命放射性废物, 应尽量利用贮存衰变的方法进行处理, 待放射性核素活度浓度满足解控水平后, 实施解控。不能解控的放射性废物, 应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。</p> <p>7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账, 做好记录并存档备案。</p> <p>7.2 固体 放射性废物的管理</p> <p>7.2.1 放射性固体废物收集</p> <p>7.2.1.1 放射性固体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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>7.2.2 放射性固体废物贮存</p> <p>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部门批准的限制要求。</p> <p>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。</p> <p>7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放放射性固体废物袋(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。</p> <p>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。</p> <p>7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。</p> <p>7.2.3 放射性固体废物处理</p> <p>7.2.3.1 放射性固体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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$、$\beta$ 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:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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; 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; 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。 <p>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</p>

集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 a 发射体应小于 4 Bq/cm²、其他 a 发射体应小于 0.4 Bq/cm²。

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

7.3 液态放射性废物的管理

7.3.1 放射性废液收集

7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

7.3.2 放射性废液贮存

7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为 3-5 级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

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

b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期(含碘-131 核素的暂存超过 180 天)，监测结果经审管部门认可后，按照 GB 18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 a 不大于 1 Bq/L、总 β 不大于 10 Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10 Bq/L。

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

7.4 气态放射性废物的管理

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

	<p>境。</p> <p>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。</p>									
8 辐射监测	<p>8.1 一般要求</p> <p>8.1.1 开展核医学诊疗实践的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作，不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。</p> <p>8.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。</p> <p>8.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。</p> <p>8.2 工作场所 监测</p> <p>8.2.1 应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。</p> <p>8.2.2 核医学工作场所辐射监测点位、内容和频次应包括但不限于表 1 的内容。</p> <p>表 1 核医学工作场所辐射监测关注点位</p> <table border="1" data-bbox="435 831 1390 1160"> <thead> <tr> <th>监测内容</th> <th>监测点位</th> <th>监测频次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>辐射水平</td> <td>控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面</td> <td>不少于 1 次/月</td> </tr> <tr> <td>表面放射性污染</td> <td>放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等</td> <td>每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）</td> </tr> </tbody> </table> <p>8.3 环境监测</p> <p>开展核医学相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。</p> <p>8.4 个人剂量监测</p> <p>8.4.1 核医学工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。</p> <p>8.4.2 对于操作大量气态和挥发性放射性物质的工作人员，应根据场所的放射性气溶胶浓度开展内照射评价，当怀疑其体内受到放射性污染时，应进行体内放射性监测。</p> <p>8.4.3 个人剂量档案应按要求妥善保存，监测数据异常时，及时进行调查。</p> <p>(10) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）</p> <p>5.1.2 人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定，防止发生交叉污染。</p> <p>5.2.1 非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性，选择符合安全与防护要求的条件，尽可能在通风柜、工作箱或手套箱内进行。</p> <p>5.2.3 有可能造成污染的操作步骤，应在铺有辅料或不锈钢等易去除污染的工作台面省或搪瓷盘内进行。</p> <p>5.2.4 操作中使用的容器，必要时应在其外面加一个能足以容纳其全部放射性溶液</p>	监测内容	监测点位	监测频次	辐射水平	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面	不少于 1 次/月	表面放射性污染	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）
监测内容	监测点位	监测频次								
辐射水平	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面	不少于 1 次/月								
表面放射性污染	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）								

的不易破裂的套桶。

5.3.4 在伴有外照射的工作场所，应做好个人外照射防护，包括 β 外照射。

5.3.5 在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。

表 8 环境质量和辐射现状

1.项目的地理和场所位置

本项目位于南安市柳城街道江北大道与环园西路、学府路交界处，本项目辐射工作场所位于医技楼一楼及地下一楼。项目地理位置示意图见图 1-1。

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

(1) 环境现状评价的对象

本次环境现状评价的对象为本项目辐射工作场所区域及周边环境。

(2) 监测因子

根据本项目主要辐射污染因子的类别和特征，考虑到本项目拟建场所周边当前无非密封放射性物质工作场所，且本项目正常工况下不产生放射性废物，故本次辐射环境现状调查未对大气、地表水及底泥进行取样分析，本项目监测因子为： γ 辐射空气吸收剂量率、 α - β 表面污染水平。

(3) 监测点位

按《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《表面污染测定第 1 部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）中有关布点原则和方法，检测点位示意图见图 8-1。

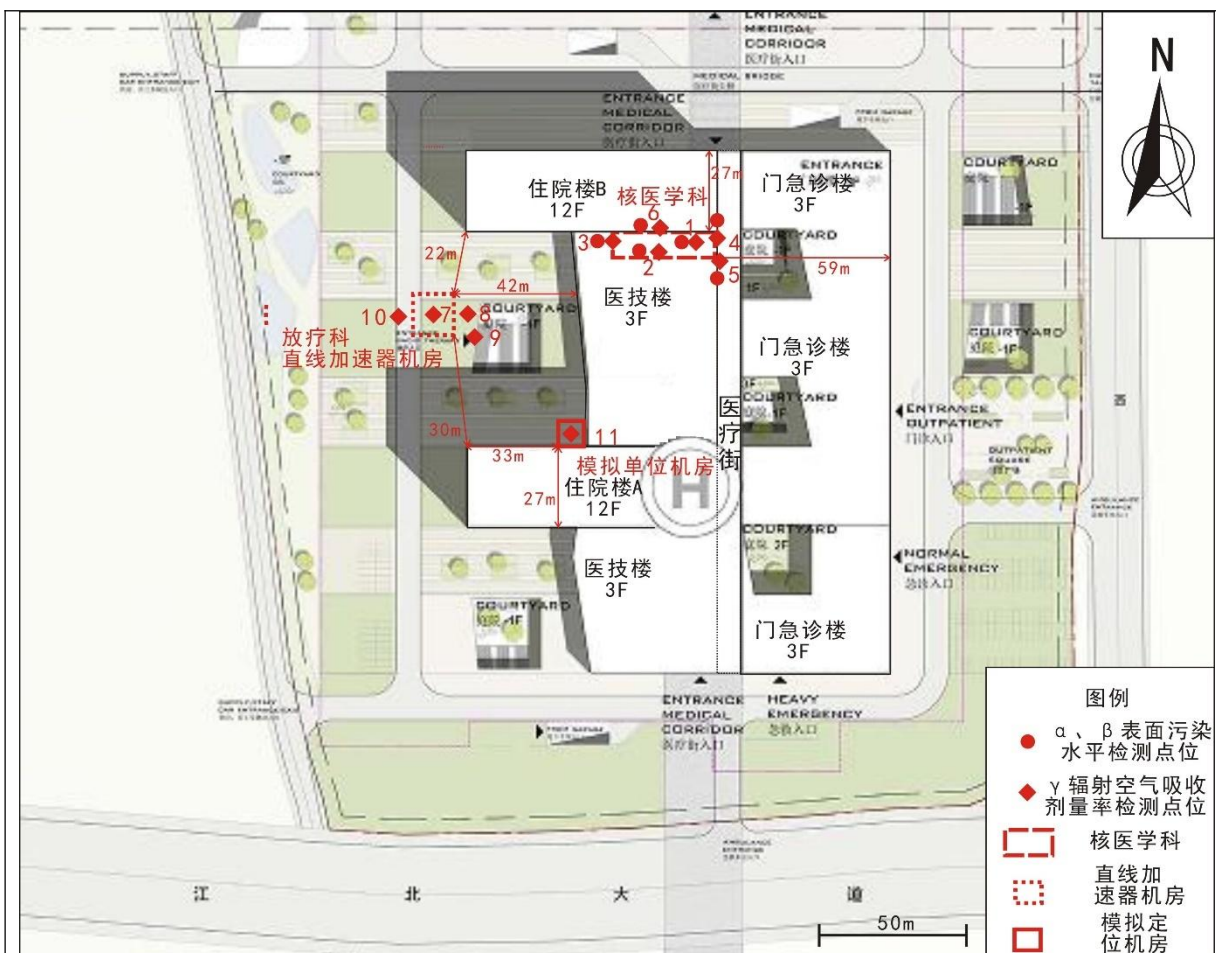


图 8-1 本项目辐射工作场所周边背景值检测点位示意图

3.监测方案、质量保证措施和监测结果

(1) 监测方案

①监测单位

湖北君邦检测技术有限公司

②监测时间及环境条件

监测时间：2023 年 11 月 9 日

天气情况：阴

温度：26℃

相对湿度：58%

③监测方法

(I) 环境 γ 辐射剂量率

本次环境 γ 辐射剂量率监测方法依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 中要求的测量步骤，具体测量步骤如下：

a) 开机预热。

b) 手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。

c) 仪器读数稳定后，通常以约 10s 的间隔(可参考仪器说明书) 读取/选取 10 个数据，记录在测量原始记录表中。

(II) α 和 β 表面污染水平

本次 α 和 β 表面污染水平现状监测方法依据《表面污染测定 第一部分 β 发射体 ($E_{\beta \max} > 0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T14056.1-2008) 提供的方法，本项目采取的现状监测方法为直接测量，测量程序如下：

在探测器灵敏窗和待检查表面避免接触的情况下，将探测器在表面上方慢慢地移动，并监听声频的变化。音响指示是瞬间的并与所采用的响应时间无关。对于数字显示或表头显示的仪表，应密切观察其数字及表头指针的变化。一旦探测到污染区，应把探测器放在这个区域上方，在足够长的时间内保持位置不变，以便进一步确认。探测器和被测表面之间的距离在可行的情况下尽可能的小。

④ 监测仪器

本次辐射环境监测仪器为 X、 γ 辐射空气比释动能率仪和 α 、 β 表面污染测量仪，仪器的参数见表 8-1。

表 8-1 辐射环境现状监测仪器及参数一览表

仪器名称	X、 γ 辐射空气比释动能率仪	仪器名称	α 、 β 表面污染测量仪
仪器型号	PN98 (PN-1)	仪器型号	BH3206
生产厂家	上海何亦仪器仪表有限公司	生产厂家	中核(北京)核仪器厂
能量范围	主机能量范围：45keV-3MeV； 外置探测器能量范围： 20keV-7MeV	探测效率	α : $\geq 30\%$ (2π , $\phi 50\text{mm}$, ^{239}Pu , α 源) 本底 $\leq 2\text{cpm}$ β : $\geq 30\%$ (2π , $\phi 50\text{mm}$, ^{90}Sr - ^{90}Y , β 源) 本底 $\leq 2\text{cps}$
量程	主机测量范围： 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ ~10mSv/h 外置探测器测量范围： 10nGy/h~100 $\mu\text{Gy/h}$	表面发射率响应	0.337 (α 源) 0.273 (β 源)
相对固有误差	不超过 $\pm 15\%$	表面发射率响应的相对扩展不确定度	$U_{\text{rel}}=10\%$ ($K=2$)
检定证书编号	2023H21-20-4774-697001	检定证书编号	2023YD039600940
仪器检定有效期限	2023年8月15日-2024年8月14日	仪器检定有效期限	2023年7月5日-2024年7月4日

(2) 质量保证措施

① 本项目监测单位已取得了湖北省市场监督管理局 CMA 认证，具备有完整、有效的质量控制体系；

②根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《表面污染测定第1部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）制定监测方案及实施细则，布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；

③监测仪器经计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

⑥建立完整的文件资料。仪器校准(测试)证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据等全部保留，以备复查；

⑦监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑧监测报告严格实行三级审核制度，经过复核，最后由授权签字人签字后，盖章方可发出。

（3） γ 辐射空气吸收剂量率扣除宇宙射线响应值过程

本项目拟建辐射工作场所周围 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果已扣除宇宙射线响应值，其来源和引用的计算公式如下：

根据湖北君邦检测技术有限公司提供的检测仪器参数等资料，同时依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的“8.6.1 环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测中宇宙射线响应值的扣除”，计算公式如下：

$$D=C_f (E_f X - \mu_c X_c)$$

式中：

D——环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果，Gy/h；

C_f ——仪器检定/校准因子，查仪器检定证书，取仪器检定参考辐射源为 Cs-137 时，校准因子为 0.95；

E_f ——仪器检验源效率因子，仪器无检验源时，该值取 1；

X——仪器 n 次测量读数的平均值， $n \geq 10$ ，Gy/h；

μ_c ——建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；

Xc——测点处宇宙射线响应值，参考湖北君邦检测技术有限公司 2023 年 9 月 12 日在武汉梁子湖监测的仪器宇宙射线响应值，该监测报告编号为（2023）环监（辐）字第（069）号，因本项目监测地点与武汉梁子湖的经纬度差较大宇宙射线响应值需要修正，修正后 7.596nGy/h。

（3）检测结果

南安市医院新院区（一期）1 台医用直线加速器及核医学科项目拟建辐射工作场所及周边监测结果见表 8-2，检测报告见附件 6。

表 8-2 拟建辐射工作场所及周边环境辐射水平背景检测结果

序号	监测地点	γ辐射空气吸收剂量率测量值 (nGy/h)	β表面污染水平 (Bq/cm ²)	α表面污染水平 (Bq/cm ²)	检测工况
1	核医学科注射室（室内）	90.46	<MDC	<MDC	背景检测
2	SPECT/CT 机房处（室内）	87.52	<MDC	<MDC	
3	核医学科患者出口（室内）	86.28	0.057	<MDC	
4	核医学科患者入口（室内）	84.00	0.014	<MDC	
5	核医学科候诊区（室内）	95.02	<MDC	<MDC	
6	核医学科楼上检查室（室内）	84.95	0.028	<MDC	
7	放疗科直线加速器机房 1（室内）	89.89	/	/	
8	直线加速器控制室（室内）	84.57	/	/	
9	放疗科候诊区（室内）	88.37	/	/	
10	直线加速器机房正上方道路（室外）	120.3	/	/	
11	模拟定位机房处	89.13	/	/	
(1) α、β表面污染测量仪探测下限值为 1cps，<MDC 为小于探测下限值。 (2) γ辐射空气吸收剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值					

4.环境现状调查结果评价

由表 8-2 的监测结果可知，南安市医院拟建辐射工作场所及其周边，室内 γ 辐射空气吸收剂量率为 84.00~95.02nGy/h，室外（道路）γ 辐射空气吸收剂量率为 120.3nGy/h；β 表面污染水平背景监测范围在 0.014~0.057Bq/cm² 之间，部分点位监测值<MDC；α 表面污染水平背景监测值均<MDC。

γ 辐射空气吸收剂量率检测值处于《中国环境天然放射性水平》中福建省泉州市室内、道路环境辐射水平正常范围内（室内（10.2~102.3）nGy/h，道路（96.6~193.4）nGy/h），因此，本次辐射水平背景检测结果在当地天然本底水平涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 直线加速器工程设备和工艺分析

(1) 工作原理

① 设备参数

本项目所涉及的医用电子直线加速器型号待定，设备的主要参数见表 9-15。

表 9-1 本项目拟购置直线加速器参数一览表

序号	参数名称	参数值	
1	X 射线最大能量	X 射线能量 6MV	X 射线能量 10MV
2	常用最大剂量率	等中心最大剂量率 1400cGy/min	等中心最大剂量率 2400cGy/min
3	最大照射野尺寸	40cm×40cm	
4	最大泄漏率	距机壳 5cm 处最大泄漏率≤0.1%	
5	机架旋转角度	±180°	

② 设备组成

直线加速器的主要装置包括沿水平轴旋转光子束框架、沿垂直轴旋转的治疗床、控制光子束准直器、定向架或变形塑料定向架，工作系统主要有 5 个系统构成，包括：控制系统、加速系统、应用系统、剂量监测系统、冷却系统。

③ 工作原理

直线加速器是采用微波电场将电子加速到高能状态的一种射线装置，它能够根据患者病变部位治疗深度的要求提供不同能量的光子和电子，从而输出不同的辐射剂量达到治疗的目的。工作原理为电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，经调制、准直后射向患者病灶，或者通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶。因此，医用电子直线加速器应用放射治疗的模式有 X 射线和电子束两种模式。

本项目使用的医用电子直线加速器 X 射线最高能量为 10MV，电子线的输出能量为 22MeV。本项目加速器辐射危害的主要因素有 X 射线、电子线，加速器机房 X 射线的屏蔽要求满足电子束的屏蔽要求。同时还应考虑加速器运行过程中产生的臭氧、氮氧化物等废气。

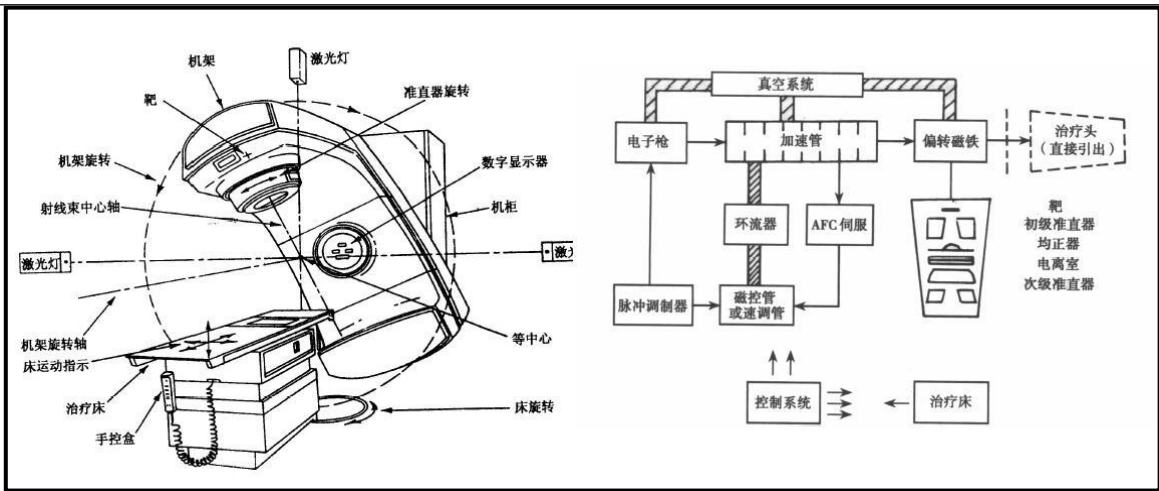


图 9-1 医用电子直线加速器物理结构图（左）及内部结构图（右）

(2) 医用直线加速器工艺流程及产污环节

具体过程为：

- ① 先对病人模拟定位；通过模拟定位机对患者的病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小及所选用能、拍片存档；主要产生的污染源为 X 射线；
- ② 根据患者所患疾病的性质确定照射野的大小、能量、肿瘤深度、计算受照射剂量、照射时间、加速器输出量；
- ③ 根据模拟定位及处方剂量制定放射治疗计划；
- ④ 患者进入治疗机房，由工作人员进行摆位，对患者进行体表定位、标记、调整照射角度和视野；
- ⑤ 工作人员等离开加速器室后，工作人员关闭加速器室门；
- ⑥ 根据已制定的诊疗计划实施照射，在此过程主要产生的污染源为 X 射线和臭氧；
- ⑦ 治疗完毕后患者离开治疗机房。

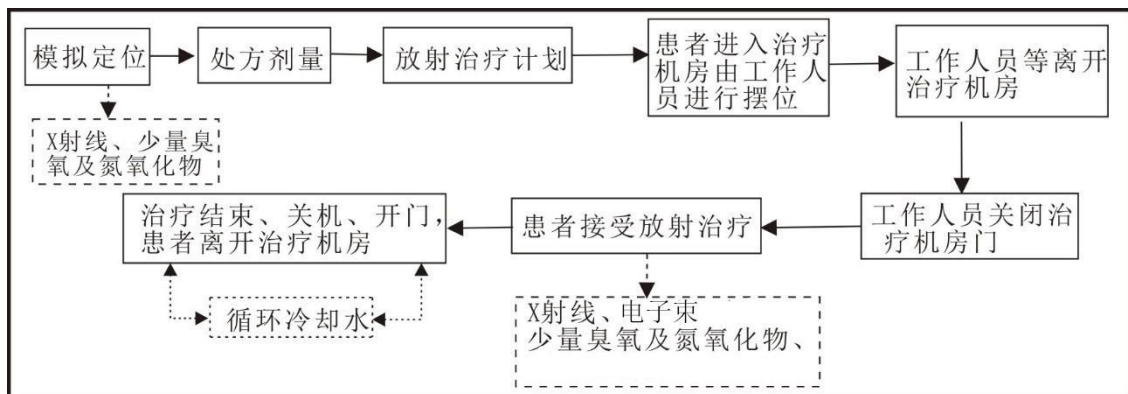


图 9-2 直线加速器工艺流程及产污环节示意图

从图 9-2 可见，本项目加速器辐射危害的主要因素有 X 射线、电子线，加速器机房 X 射线的屏蔽要求满足电子束的屏蔽要求。同时还应考虑加速器运行过程中产生的

臭氧、氮氧化物等废气。

2.核医学科工程设备和工艺分析

(1) 工作原理

SPECT 的基本成像原理是：首先病人需要摄入含有半衰期适当的放射性同位素药物，在药物到达所需要成像的断层位置后，由于 Tc-99m 衰变，将从断层处发出光子，位于外层的 γ 照相机探头的每个灵敏点探测沿一条投影线 (Ray) 进来的光子，通过闪烁体将探测到的高能 γ 射线转化为能量较低但数量很大的光信号，通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。在同一直线上的灵敏点可探测人体一个断层上的放射性药物，它们的输出称作该断层的一维投影 (Projection)。图中个条投影线都垂直于探测器并互相平行，故称之为平行束，探测器的法线与 X 轴的交角 θ 称为观测角 (View)。 γ 照相机是二维探测器，安装了平行孔准直器后，可以同时获取多个断层的平行束投影，这就是平片。平片变现不出投影上各点的前后关系。要想知道人体在纵深方向上的结构，就需要从不同的角度进行观测。可以证明，知道了某个断层在所有观测角的一维投影，就能计算出断层的图像。从投影求解断层图像的过程称作重建 (Reconstruction)，这种断层成像技术离不开计算机，所以称作计算机断层成像术 (Computed Tomography, CT)。

CT 的全称是：计算机断层扫描显像 (computedtomography, 简称 CT)，利用人体各种组织对 X 射线的吸收能力不等的特征，X 线通过人体衰减，经重建计算获得图像矩阵。CT 对组织的密度分辨率较高。

(2) 工艺流程及产污环节

①Tc-99m 药物的物理化学特性

SPECT 显像所用核 Tc-99m，其物理化学性质见表 9-2。

表 9-2 Tc-99m 的物理化学特性

放射性核素	锝-99m (Tc-99m)				
原子序数	43	原子量	99	物理半衰期	6.02h
毒性	低毒	化合物	多种	物理、化学状态	液态
射线特性					
主要射线	最大能量 (MeV)	1m 处剂量率 (mSv/h/GBq)		铅半值层厚度 (mm)	
γ 射线	0.141	0.0184		0.27	

②SPECT-CT 显像流程

受检者接受 SPECT-CT 显像的工作流程：

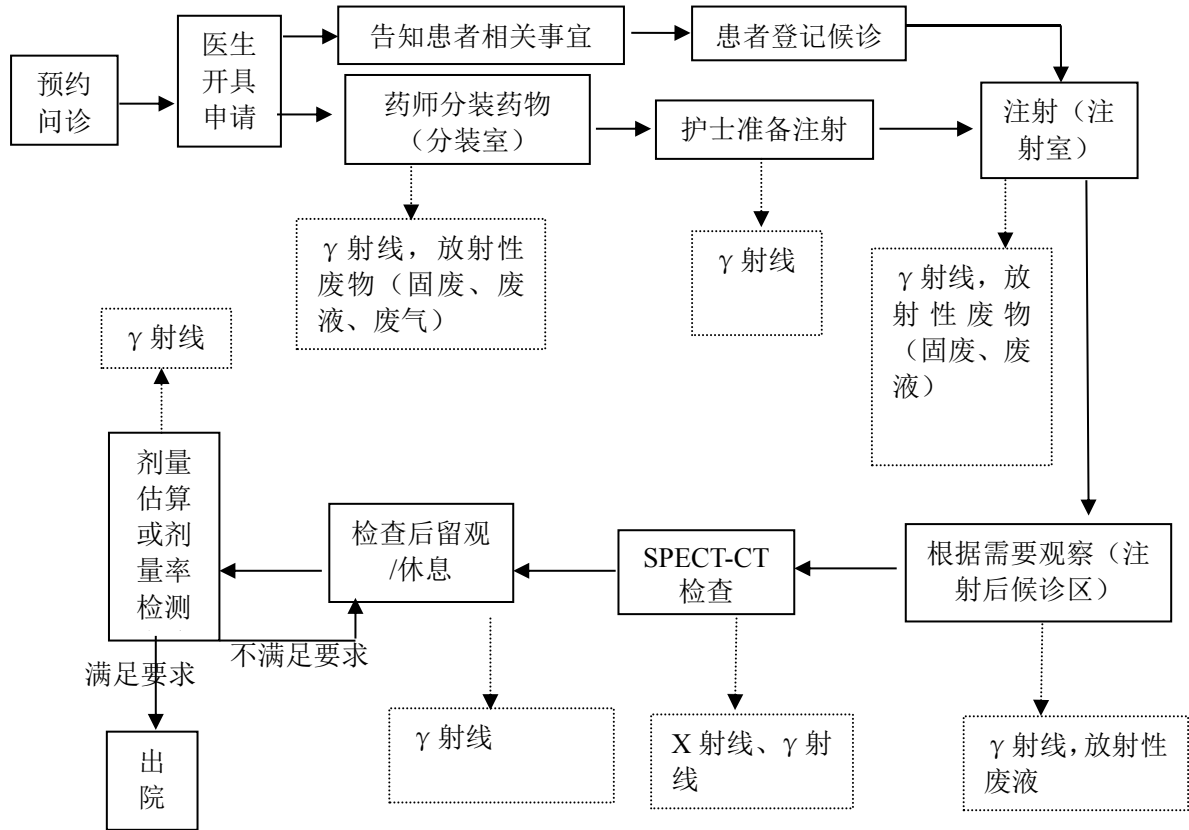


图 9-4 SPECT 检查工艺流程及产污环节示意图

SPECT 显像过程中主要产污环节见表 9-3。

表 9-3 SPECT 检查使用 Tc-99m 显像过程中产污环节分布

序号	工作场所或操作过程	对应房间	主要辐射源项
1	Tc-99m 分装、注射	分装、注射室	放射性药物 (γ射线)
2	注射过程	注射区	放射性药物、受检者 (γ射线)
3	注射完放射性药物受检者的休息场所	注射后等候室	受检者 (γ射线)
4	注射完放射性药物受检者的检查场所及过程	ECT 扫描间	SPECT-CT (X 射线)、受检者 (γ射线)
5	检查后受检者离开过程	留观室	受检者 (γ射线)
6	专用卫生间	卫生间	受检者排泄物 (γ射线)
7	放射性固体废弃物	污物桶、废物间	注射用的针头和针管等 (γ射线)
8	气态放射性废物	分装注射室	受污染的空气 (γ射线)
9	贮存场所	采样时	放射性药物 (γ射线)

污染源项描述

1.建设阶段的污染源项

本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是建设机房施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，有抑尘措施，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，本项目对周围敏感点的影响在可接受的范围内，施工人员生活废水依托医院已有排水系统处置。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

(1) 环境空气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，由散装水泥和建筑材料运输等施工活动将产生。本项目的工程量小，产生的扬尘量很小。

(2) 噪声

本项目产生噪声影响的主要是施工机械、运输、及现场处理等。噪声值一般在65~80dB(A)之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

(3) 地表水

施工期污水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。

(4) 固体废弃物

本项目量小，产生的生活垃圾、建筑垃圾。

2.运行阶段污染源项

(1) 放疗科直线加速器工作场所

① 电离辐射污染源项

(I) X射线

根据直线加速器的工作原理可知，本项目直线加速器产生的X射线能量最高为10MV，直线加速器在开机并出线的状态时，产生X射线。

(II) 电子束

根据直线加速器的工作原理可知，本项目直线加速器产生的电子束的能量为22MeV，由于带电离子在物质中的射程较短，很容易被加速器的靶件或其它构件所阻止，不会直接造成危害。由于能量较高的外电子束在空气中的射程较长，如果有人在加速器开机时误入治疗室，就有可能直接被电子束及散射电子损伤，必须防止这类意外事

故的出现。

(III) 放射性固体废物

本项目运行过程中产生的放射性固体废物为直线加速器在使用一定年限（一般约4~5年）或退役时产生的加速器废靶。

②臭氧和氮氧化物

本项目直线加速器在工作时，会产生少量臭氧和氮氧化物。

(2) 核医学科工作场所

①电离辐射污染源项

根据工作原理和产污环节可知，核医学科在诊断病人时，在使用放射性同位素Tc-99m过程中衰变产生的 γ 射线、 β 射线为主要污染因子。

I 放射性固体废物：主要包括放射性同位素使用过程中产生的服药病人产生的一次性水杯、一次性手套、污染的针头、注射器、棉棒、破碎的玻璃器皿等放射性固体废物；

II 放射性废液：主要包括放射性同位素使用过程中病人排泄物、病人洗浴洗漱废水、药物残液、医务人员洗手用水、工作台面等清洁用水；

III 放射性废气：主要包括放射性同位素使用过程中产生的极少量气载放射性废物产生等。

②其他污染源项

主要包括 SPECT-CT 扫描时产生有毒有害气体。空气在辐射照射下会电离，产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧的比重为 2.14g/L，空气的比重为 1.29 g/L，所以机房内的臭氧主要分布在地表面处。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1.工作场所布局和分区

(1) 工作场所布局

①医技楼一楼拟建核医学科

拟建核医学科位于中部医技楼一楼，核医学科东侧为医疗街及门诊楼等；南侧为阅片室、值班室及放射科等其他区域以及住院楼 A 等；西侧为休息区、楼外花园（绿化）等；北侧为预留区域、通道、电梯厅（住院楼 B）等其他区域；楼上（机房正上方）为检查室（肌电图、心电图等）等；楼下为蒸汽间、去污区等。

医生路线：工作人员从东北角卫生通过间进入分装注射室给患者注射药物，SPECT-CT 操作工作人员通过南侧通道进入控制室，工作结束后原路返回。

患者路线：患者按照预约时间在等候区等候，接到通知后经东侧通道经卫生缓冲区根据医护人员指示到达注射窗口注射药物，注射药物后再注射后候诊室等待扫描、进入 ECT 扫描间进行扫描、再进入留观室留观、最后通过缓冲室和患者通道出口离开核医学科。

药品运输路线：根据预约情况，在非接诊时间（一般是早上或下午），供药单位将药物经北侧货梯经通道将药物经专用运输通道（药物运输轨道）送至分装注射室、工作人员再将其送入通风柜，在摄像头监控下质检人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与供药单位办理交接手续并存档，药品储存在通风柜间的手套箱（分装柜）中。

本项目拟建的核医学辐射工作场所满足《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 中对工作场所布局的要求。区域划分明确，布局基本合理。

②地下一楼拟建医用直线加速器机房

拟建医用直线加速器机房位于地下一楼西侧放疗科，机房东侧为控制室、准备区、候床区、走道、卫生间、值班室等；南侧为直线加速器机房②及其控制室、排烟机房、器械室、工具间非机动车库等；西侧为泥土层；北侧为消防水池、制冷机房、钢瓶间等其他区域以；楼上（机房正上方）为泥土层（地面为绿化）；楼下为泥土层。

本项目拟建的直线加速器机房与医院其他各单元间分隔明确，不相互穿插、干扰。机房均拟设置迷道和防护门，辐射场所通过辐射工作场所屏蔽实体的有效屏蔽，不会

对外环境人员造成影响。本项目辐射场所所在楼不属于民居楼或写字楼或者商住两用的建筑物；辐射工作场所紧邻区域或周边无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，也无人员流动性大的商业活动区域，且集中设置在建筑物底层；放疗科选址满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121—2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）相关要求，因此，从满足安全诊断和辐射安全与防护的角度来看，本项目的放疗科辐射工作场所布局是合理的。

辐射场所通过辐射工作场所屏蔽实体的有效屏蔽，不会对外环境人员造成影响。因此从安全诊断和辐射安全与防护的角度来看，本项目的工作场所布局是合理的。

（2）工作场所分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的要求，对放射性工作场所进行分区管理。结合本项目辐射防护以及环境情况的特点，将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；将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的区域分为监督区。本项目具体的辐射防护分区划分见表10-2。

表 10-1 本项目辐射工作场所分区

序号	辐射工作场所	控制区	监督区
1	核医学科	注射室、卫生缓冲区（入口）、运动/急救室、废药间、注射后候诊室、留观、ECT 扫描间、患者走道、衰变池	控制区外与控制区紧邻区域为监督区，包括西侧缓冲间、医护通道以及 SPECT-CT 控制室等区域
2	放疗科	直线加速器机房	控制室、准备区、冷水机房等四周紧邻区域及楼上对应区域



图 10-1 直线加速器机房分区图

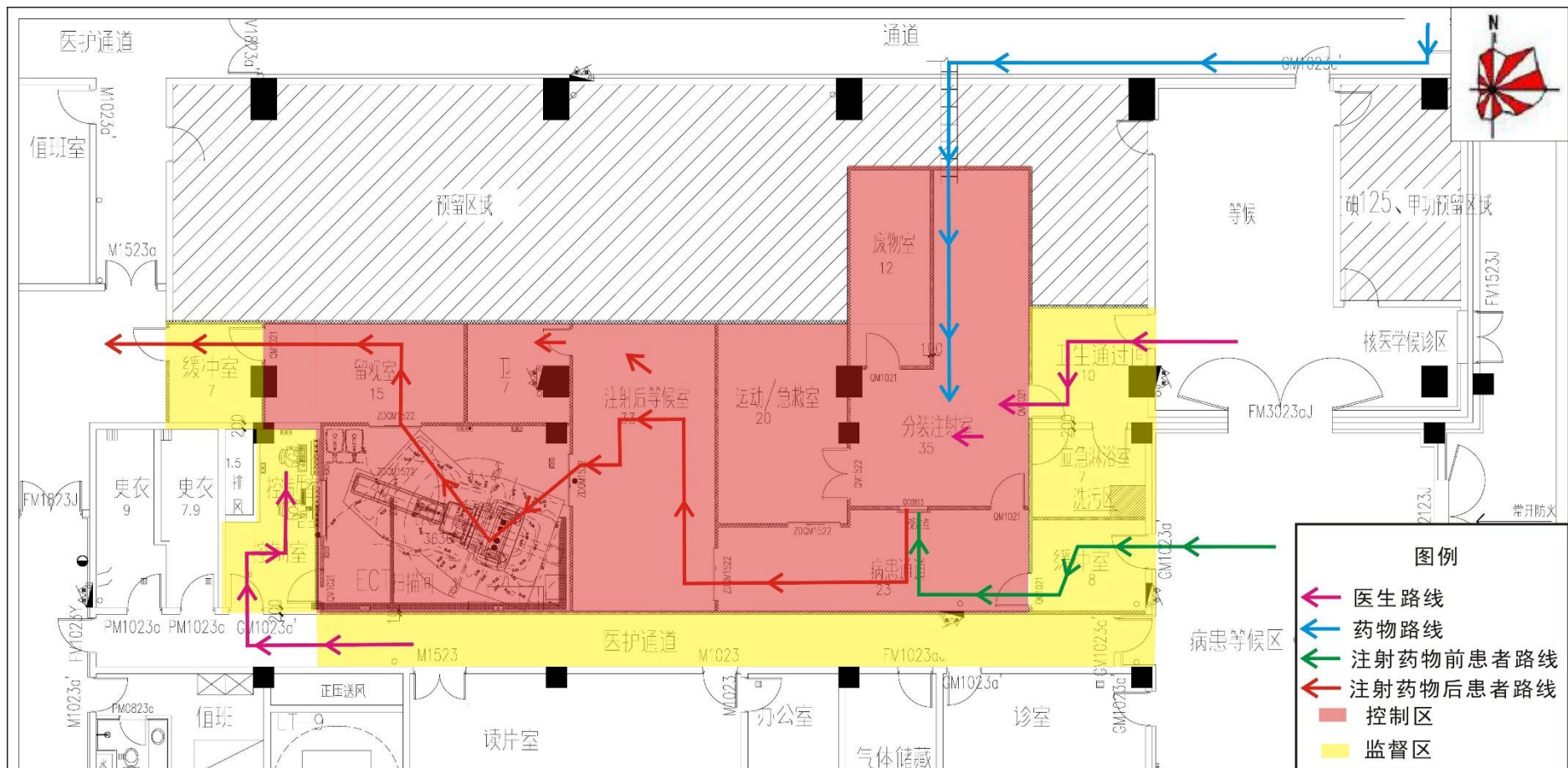


图 10-2 核医学科分区图

(3) 核医学科工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的规定及“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)相关内容,非密封放射性物质工作场所的分级见表10-2。

表 10-2 非密封源工作场所的分级要求

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 $\sim 2 \times 10^7$

放射性核素的日等效操作量的计算:

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10-3和表10-4,放射性核素的毒性分组见附录D(标准的附录)。

表 10-3 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 10-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体、溶剂、 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

日等效操作量计算公式如下:

$$\text{日最大等效操作活度} = \frac{\text{日最大操作活度} \times \text{核素毒性修正因子}}{\text{操作方式与放射源修正因子}}$$

本次评价拟新增核素日等效最大操作量计算结果见表10-5。

表 10-5 本项目非密封放射性物质工作场所分级

序号	核素名称	日最大操作量(Bq)	毒性组别修正因子	操作性修正因子	日等效最大操作量(Bq)	工作场所	级别
1	Tc-99m	2.22E+10	0.01	10	2.22E+07	核医学科	乙级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中的规定,确定本项目核素治疗区辐射工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

(3) 核医学工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)的要求。为便于操作,针对临床核医学实践的具体情况,可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度,把工作场所分为I、II、III等三类,见表10-6;

表 10-6 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	50-50000
III	< 50

注: *加权活度=(计划的日最大操作活度×核素的毒性权重因子)/操作性质修正因子

表 10-7 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, ³² P, ⁹⁰ Y, ⁹⁹ Mo, ¹⁵³ Sm	100
B	¹¹ C, ¹³ N, ¹⁵ O, ¹⁸ F, ⁵¹ Cr, ⁶⁷ Ga, ⁹⁹ Tc ^m , ¹¹¹ In, ¹¹³ In ^m , ¹²³ I, ²⁰¹ Tl	1
C	³ H, ¹⁴ C, ⁸¹ Kr ^m , ¹²⁷ Xe, ¹³³ Xe	0.01

表 10-8 不同操作性质的修正因子

操作方式与地区	操作性质修正因子
贮存	100
废物处理 闪烁法计数和显像 候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药 简单放射性药物制备 治疗病床区	1
复杂放射性药物制备	0.1

表 10-9 本项目工作场所分类

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	核素的毒性权重因子	操作性质修正因子	操作最大量放射性核素的加权活度 (Bq)	总的操作最大量放射性核素的加权活度 (Bq)	工作场所	分类
1	Tc-99m	7.4E+08	1	1	7.4E+08	7.4E+08	抢救室	II类
2	Tc-99m	7.4E+08	1	1	7.4E+08	7.4E+08	注射后患者走道	II类
3	Tc-99m	7.4E+09	1	1	7.4E+09	7.4E+09	注射后候诊室	II类
4	Tc-99m	7.4E+09	1	1	7.4E+09	7.4E+09	患者走道	II类
5	Tc-99m	7.4E+08	1	1	7.4E+08	7.4E+08	SPECT-CT 机房	II类
6	Tc-99m	7.4E+08	1	1	7.4E+08	7.4E+08	留观室	II类
7	Tc-99m	7.4E+08	1	1	7.4E+08	7.4E+08	运动负	II类

							荷室	
8	Tc-99m	7.4E+09	1	100	7.4 E+07	7.4 E+07	废物间	III类

各类核医学工作场所室内表面及装备结构的基本防护要求见表 10-10。

表 10-10 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	普通管道	普通管道
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。

2.放疗科直线加速器机房辐射安全和防护

①辐射防护屏蔽设计

机房的屏蔽防护设计详见表 10-11，其中屏蔽材料密度：铅 $\rho=11.4\text{g/cm}^3$ 、混凝土 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ 、实心砖 $\rho\geq 1.65\text{g/cm}^3$

表 10-11 本项目直线加速器机房屏蔽防护设计一览表

序号	位置		屏蔽防护设计		
			材料及厚度	规格	
1	直线 加速器 机房 1	北侧墙体 (主束方向)	主防护部分	3000mm 厚混凝土浇筑，宽 4m	机房内净长 8.0m，宽 7.4m， 高 4.7m，不含迷 道有效面积 69m ²
2			次防护部分	1700mm 厚混凝土浇筑	
3		南侧墙体 (主束方向， 与机房 2 共用 墙体)	主防护部分	5000mm 厚混凝土浇筑，宽 4m	
4			次防护部分	2400mm 厚混凝土浇筑	
5		西侧墙体		1700mm 厚混凝土	
6		东侧墙体	迷道内墙	1400mm 厚混凝土浇筑	
7			迷道外墙	800mm 厚混凝土浇筑	
8		顶棚	主防护部分	3000mm 厚混凝土浇筑	
9			次防护部分	1700mm 厚混凝土浇筑	
10		防护门		18mm 铅板	

②直线加速器机房辐射安全措施

为确保辐射工作场所内的辐射工作人员工作环境和各机房外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，医院对拟建辐射工作场所设置多重安全防护措施（直线加速器机房辐射安全防护设施设备设置位置见图 10-4），具体如下：

I 警示标志

在防护门门外拟张贴电离辐射警示标识并附中文说明。

II 工作状态指示灯

直线加速器机房防护门门外顶部拟设置工作状态指示灯，直线加速器开机使用时，指示灯为红色，以警示人员注意安全。

III 连锁装置

直线加速器机房拟设置门-机-灯连锁装置，只有在防护门关闭状态下且警示灯亮时才可进行照射，设备在出束过程中若防护门打开，设备自动停止出束。机房内设有开门装置，防护门设有防挤压功能，室内设有开门装置。

IV 紧急停机装置

直线加速器机房内拟安装紧急停机开关，分别设置于治疗室墙面、迷道墙面及控制室内操作位，在人员误入机房或遇紧急情况时，按动紧急停机开关设备立即停止出束，安装高度约为 1.2m。

V 视频监控系统

直线加速器机房内拟安装视频监控系统，无死角监控，便于控制台前工作人员观察治疗室、迷道内病人及医护人员的情况。

VI 对讲装置

直线加速器控制室与治疗室之间拟安装语音对讲装置，便于与机房内人员沟通。

VII 报警装置

各机房拟安装 1 台固定式剂量监测报警仪，探头安装于迷道口，显示器安装于控制室内，同时拟配备 4 台个人剂量监测报警仪。剂量监测报警装置可对监测点辐射空气吸收剂量率进行实时监测，且报警仪设置安全阈值，当监测点的辐射空气吸收剂量率监测值超过设置阈值时进行报警。

VIII 监测装置

医院拟配备 1 台辐射监测仪，用于医院辐射工作场所日常监测，4 枚个人剂量计。

IX 通风系统

直线加速器机房内拟安装机械通风装置，通风方式为上送下排。加速器机房新风管道拟由迷路外墙顶部进入加速器机房。臭氧密度大于空气平均密度，因此排风口拟设置在机房东墙墙角处，风管底部（吸风口）离地 30~40cm，再沿墙体内壁向上接近顶板处，绕过迷路内墙，由防护门上方通往室外。排风管线在防护门上方穿墙处采用 45°斜穿方式穿过墙体。加速器机房拟设计每小时通风量大于 2500m³/h，机房有效体积（不含迷道）约为 324.3m³，则有效通风每小时次数大于 7.7 次（满足不低于 4 次的要求）。

X 机房管道要求

机房内的管道包括送风排风管道、空调管道、除湿管道以及电缆沟等，所有管道均拟采用“U”型管道进入治疗室，并在施工时进行预留。

3.核医学科工作场所辐射安全和防护

①辐射防护屏蔽设计

本项目核医学科辐射工作场所的屏蔽防护设计详见表 10-12，其中屏蔽材料密度：铅 $\rho=11.4\text{g}/\text{cm}^3$ 、混凝土 $\rho=2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 、实心砖 $\rho\geq 1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 。

表 10-12 核医学科辐射工作场所屏蔽防护设计一览表

序号	位置		屏蔽防护设计	
			材料及厚度	规格
1	分装注射室	东墙	5mmPb 防护材料	/
2		南墙		
3		西墙		
4		北墙		
5		注射窗	20mmPb	
6		防护门	5 mmPb	
7		顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 防护材料	
8	注射后等候室	东墙	5mmPb 防护材料	/
9		南墙		
10		西墙		
11		北墙		
12		防护门	5mmPb	
13	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 防护材料		
14	ECT 扫描间 (SPECT-CT 机房)	东墙	5mmPb 防护材料	/
15		南墙		
16		西墙		
17		北墙		
18		观察窗	10 mmPb	
19		患者防护门	5mmPb	
20		医生防护门	5mmPb	
21	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护材料		
22	废物室	东墙	5mmPb 防护材料	/
23		南墙		
24		西墙		
25		北墙		
26		防护门	5mmPb	
27	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 防护材料		
28	留观室	东墙	5mmPb 防护材料	/
29		南墙		
30		西墙		
31		北墙		
32		防护门	5 mmPb	
33	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 防护材料		
34	运动/抢救室	东墙	5mmPb 防护材料	/
35		南墙		
36		西墙		
37		北墙		
38		防护门	5mmPb	
39	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 防护材料		
40	病患通道	东墙	5mmPb 防护材料	/
41		南墙		
42		西墙		
43		北墙		
44		入口防护门	5mmPb	
45		出口防护门		
46		顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 防护材料	
47	衰变池		四周墙体采用 300mm 混凝土, 顶部采用	

		300mm 混凝土+300mm 沥青混凝土，专用排污管道拟采用外包 4mmPb 防护材料+100mm 混凝土。	
48	核医学科地板	150mm 混凝土+4mmPb 防护材料	

②SPECT 区域辐射安全措施

为确保辐射工作场所内的辐射工作人员工作环境和外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，医院对核医学科 SPECT 区域辐射工作场所设置多重安全防护措施（核医学科辐射安全防护设施设备设置位置见图 10-5），具体如下：

I、对讲装置

拟在候诊区、注射后候诊室、SPECT-CT 机房等处安装对讲装置。

II、警示标志

拟在分装注射室、废物室、病人进出通道处等控制区入口处均拟设置明显的电离辐射警告标识及中文警示说明，设置地面导向标示等。铅罐、铅废物桶、通风橱等表面应粘贴电离辐射标志。SPECT-CT 机房门口设置门灯连锁装置，门上设置工作状态指示灯，防护门处张贴电离警示标识。

III、通风设施

A) 空调新风机组

空调机组共有两组，分别供应工作人员办公区域、核医学科 SPECT 区域。

B) 机械排风组

拟设置机械通风系统，排出气体均经风管由风机抽吸排风井，并经排风井内专用管道排至楼顶，排风口设置过滤装置。排风口高出建筑物屋脊。排风管线按照高活区、中活区、低活区，各房间均设置排风口，无排风死角，各房间内的排风口均设置排风支线，并设置止回装置，个房间内均保持负压，防止废气回流，风速均大于 0.5m/s。分装柜设有独立排风管道，风速均大于 0.5m/s

IV、监测设备、个人防护用品、去污用品及辅助用品

拟配的监测设备、防护器具、个人防护用品、去污用品及辅助用品，核医学科工作人员均需在佩戴个人剂量计及个人剂量报警器的情况下进入辐射工作场所，特别是分装、注射等相关场所。

拟配备应急及去污用品包括：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂 and 硫代硫酸钠的水）；小刷

子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。

表 10-13 本项目核医学 SPECT 区域拟配备的防护设备

序号	装置	数量(台/个)	屏蔽铅当量	设置场所
1	铅运输罐	1	40mmPb	/
2	注射器防护套	4(3mL、5mL各2个)	10mmPb	分装注射室
3	注射器转运盒	4	10mmPb	
4	铅废物桶	4	5mmPb	分装注射室、废物室
5	放射性废物储物箱	1	40mmPb	废物室
6	放射性药物防护铅屏风	2扇	10mmPb	SPECT-CT 机房、注射后候诊室
7	注射防护车	1	10mmPb	分装注射室
8	长柄镊子	1	/	核医学科
9	过滤式口罩	>10	/	分装操作场所，根据实际使用情况增加或减少数量
10	手套箱	1	50mmPb	分装注射室
11	储源罐	1	10mmPb	
12	保险箱内	1	/	

表 10-14 拟配备个人防护用品及监测设备一览表

序号	设备及材料名称	单位	数量
1	表面污染测量仪	台	2
2	个人剂量计	个	8
3	个人剂量报警仪	个	8
4	辐射剂量巡测仪	台	1
5	放射性活度计	台	1
6	放射性污染防护服、铅橡胶衣、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅眼镜、铅橡胶手套，6件作为1套	套	6

V、视频监控系统

在核医学病人进出通道入口处、候诊区、注射后候诊室、SPECT/CT 机房处均拟设置视频监控系统，便于观察和管理给药病人的活动。

VI、门禁系统

拟在核医学患者进出口防护门设置门禁系统，管理病人进出，并在如患者通道等相对独立区域的进、出口设置电子门禁系统或隔离门以实现患者单向通过或限制人员进出。

VII、放射性药物运输

SPECT 药物由药物运输专用（轨道）通道运输至分装注射室内使用。

VIII、放射性药物其他管理要求

放射性药物拟设置存放和使用台账，并实行双人双签制度。医院必须严格执行放射性药品登记管理制度如：药品入库、出库、使用、剩余等要严格准确记录，要做到账物相符，并由专人管理。

IX、卫生通过间及卫生缓冲区拟采取的措施

结合本项目情况，拟在卫生通过间设有表面污染监测设备、防护服等设备或用品；卫生缓冲区拟设有可更换衣物、防护用品和表面污染监测设备。

3.工作场所辐射防护设计及符合性分析

(1) 直线加速器机房

本项目直线加速器机房拟采取的辐射安全措施与标准对比符合性分析见表 10-15。

表 10-15 本项目直线加速器机房辐射安全与防护措施设置的符合性分析

评价标准	标准要求	本项目拟采取的辐射安全与防护措施	符合性
《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)	a)放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明	拟在直线加速器机房的入口处张贴电离辐射警告标志并附中文说明； 本项目不涉及放射源	符合
	b)放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯	拟在机房防护门门外顶部设置工作状态指示灯（灯箱显示“射线有害、灯亮勿入”），设备开机出束时，工作状态指示灯变亮；拟在直线加速器机房防护门门外拟张贴电离辐射警告标志并附中文说明	符合
	c)控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统	治疗室内拟安装视频监控系统，监控系统视频显示装置设置在控制室内；控制室与治疗室之间拟安装双向交流对讲系统	符合
	6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或治疗室门附近	直线加速器机房拟安装 1 台固定式剂量报警装置，探头拟设置于迷道的内入口处，显示单元拟设在控制室，有异常情况时会报警警示，同时拟配备 1 台个人剂量报警仪；本项目不涉及质子/重离子加速器	符合

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施	a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施	直线加速器机房拟设置门-机联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束；本项目不涉及质子/重离子加速器	符合
	b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能	治疗室内入口处拟安装从室内紧急开启治疗室门的开关，安装高度约为1.2m，防护门处拟安装防挤压（防夹伤）功能的装置	符合
	c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流运输通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发	治疗室内拟安装急停按钮，按钮上拟设置醒目标识和文字，以便人员从各个方向均能观察到且便于触发，分别设置于治疗室四周墙壁、迷道出入口及防护门内侧和控制台，在人员误入治疗室或遇紧急情况时，按动紧急停机开关设备立即停止出束，安装高度约为1.2m	符合
	d) 质子/重离子治疗装置安全联锁系统还应包括清场巡检系统、门钥匙开关（身份识别系统）。质子/重离子治疗室、加速器大厅和束流运输通道应建立分区清场巡检和束流控制的逻辑关系，清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时，如超出设定的清场巡检响应时间，需重新进行清场巡检	本项目不涉及	—
	e) 质子/重离子治疗装置应考虑建立调试、检修、运行维护人员的人身安全联锁系统，将调试、检修、运行维护人员的受照剂量与进入控制区的权限实施联锁管控	本项目不涉及	—

		f) 安全连锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何连锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行连锁恢复及功能测试	本项目安全连锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动。安装调试和维修情况下，任何连锁旁路应通过医院放疗科的批准和见证，工作完成后应及时进行连锁恢复及功能测试	符合
	6.2.4	后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具	本项目不涉及	—
放射治疗放射防护要求 (GB Z121-2020)	6.4 安全装置和警示标志要求	6.4.1 含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常	本项目拟安装 1 台固定式剂量报警装置，探头拟设置于迷道的内入口处，显示单元拟设在控制室，有异常情况时会报警警示，同时拟配备 1 台个人剂量报警仪	符合
		6.4.2 放射治疗设备都应安装门机连锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能	治疗室拟设置门-机连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束	符合
		6.4.3 标志 ①放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志； ②放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯	拟在直线加速器机房入口处张贴电离辐射警告标志并附中文说明；拟在直线加速器机房防护门门外顶部设置工作状态指示灯(灯箱显示“射线有害、灯亮勿入”)，设备开机出束时，工作状态指示灯变亮；拟在机房防护门门外拟张贴电离辐射警告标志并附中文说明	符合
		6.4.4 急停开关 ①放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。 ②放射源后装近距离治疗工作场所，应在控制台、后装机设备表面人员易触及位置以及治疗机房内墙面各设置一个急停开关	治疗室内拟安装急停按钮，按钮上拟设置醒目标识和文字，以便人员从各个方向均能观察到且便于触发，分别设置于治疗室四周墙壁、迷道出入口及防护门内侧和控制台，在人员误入治疗室或遇紧急情况时，按动紧急停机开关设备立即停止出束，安装高度约为 1.2m	符合
		6.4.5 应急储存设施： ① γ 源后装治疗设施应配备应急储源器。 ② 中子源后装治疗设施应配备符合需要的应急储	本项目不涉及	—

		源水池		
		6.4.6 控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流	本项目加速器机房拟安装视频监控系統，便于控制台前工作人员观察治疗室、迷路内病人及医护人员的情况；拟安装双向交流对讲系統，便于与机房内人员沟通	符合
	7 放射治疗操作中的放射防护要求	后装放射治疗操作中，当自动回源装置功能失效时，应有手动回源的应急处理措施	本项目不涉及	—
		工作人员进入涉放射源的放射治疗机房时应佩戴个人剂量报警仪	本项目不涉及	—

(3) 核医学科工作场所

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于辐射安全防护措施的要求，本项目核医学科辐射安全防护措施符合性分析如下：

表 10-16 本项目核医学科辐射安全措施符合性分析

评价标准	标准要求	本项目拟采取措施	符合性
《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污	本项目核医学科核素分装在手套箱内，手套箱表面平整光滑，同时注射窗及操作台平整光滑，核医学各工作场所的室内地面采用易于清洗、去污的材料，且室内地面与墙壁衔接处均无接缝	符合
	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	本项目核医学科场所属于乙级非密封放射性药物场所，拟配置手套箱操作药物	符合
		本项目拟配备铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜、铅手套等防护用品	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	本项目放射性药物主要采用注射器注射，本项目配备注射器防护套（5mmPb）、注射器防护铅盒（10mmPb）；本项目注射后候诊室内座椅间拟设置铅屏风（10mmPb），减少对其他患者和医护人员的照射	符合
	本项目操作放射性药物的控制区出口配有1台表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，在控制区出口处缓冲区内采取相应的去污措施	符合	

			后, 经监测达标方可离开	
		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	本项目核医学科放射性物质贮存在分装注射室内配备的储源罐内, 同时配备1台辐射监测仪, 定期进行辐射水平监测, 同时储源室钥匙由专人管理, 无关人员不能入内, 拟建立相应的台账, 对贮存的放射性物质及时登记, 确保账物相符	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	本项目核医学工作场所内部放射性物质运送时, 配备有注射器防护铅盒(10mmPb)进行贮存、转运药物, 容器表面张贴电离辐射标志, 容器在运送时固定在注射防护车上	符合
		6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯	本项目核医学扫描机房外门框上方均拟设置工作状态指示灯(灯箱显示“射线有害, 灯亮勿入”), 并与防护门有效关联	符合
《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)		5.2.4分装药物操作宜采用自动分装方式, I-131给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。	拟配置1个50mmPb手套箱用于SPECT诊断药物, 本项目不涉及I-131	符合
		5.2.6控制区的入口应设置电离辐射警告标志。	在、SPECT-CT机房、注射后候诊室、患者出入口防护门等场所均设置明显的电离辐射警示标志, 并附中文说明	符合
		5.2.7核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。	在核医学场所中相应位置拟设置明确的患者或受检者导向标识或导向提示, 在控制区和监督区入口处拟设置控制区和监督区标志, 并在适当位置拟设置核医学科分区示意图	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。	核医学科拟安装语音视频监控系统1套(多探头), 视频监控系统显示器安装在医生值班室或办公室内, 在SPECT-CT机房与对应的控制室之间、各注射后候诊室、留观室等处安装双向交流对讲装置	符合
		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。	拟购买4套注射器转运盒(10mmPb), 转运盒表面均拟设置电离辐射警示标志, 并附中文说明	符合
		5.2.10扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。	在SPECT-CT机房患者进出防护门外拟安装工作状态警示灯, 灯箱上显示“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句, 机房门拟设有闭门装置, 且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。射线装置处于出束状态时, 指示灯	符合

			为红色，以警示人员注意安全	
	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衣。当使用的 ⁹⁹ Tc _m 活度大于800MBq时，防护用品的铅当量应不小于0.5mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录K；对操作 ⁶⁸ Ga、 ¹⁸ F等正电子放射性药物和 ¹³¹ I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。		拟配备带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子等辅助用品若干，并根据工作内容及实际需要，配备应急及去污用品若干，主要包括：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂 and 硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子；拟配备铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖6套；	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。		根据工作内容及实际需要，本项目拟配备1个手套箱（SPECT：50mmPb）、4个注射器屏蔽套（10mmPb）、4个放射性废物桶（5mmPb）、1个放射性废物储物箱40mmPb	符合
	10.1.1 ¹³¹ I治疗病房区应为相对独立的场所，病房区入口处应设缓冲区。患者住院后，只能在治疗区活动。		根据本项目不涉及I-131	符合
	10.1.3 ¹³¹ I治疗住院患者的排泄物不应直接排到医院的公共污水管道，应先经过衰变池的衰变。下水管道宜短，露出地面的部分应进行防护和标记。		根据本项目不涉及I-131	符合
	10.1.4病房内应设置患者专用厕所和淋浴间，厕所内应有患者冲厕所和洗手的提示。		根据本项目不涉及	符合
	10.1.5病房可设置采光窗，采光窗应进行必要的防护，使其符合5.3.1要求。		根据本项目不涉及	符合
	10.1.6分装室与给药室之间药物传递应便捷，分装好的 ¹³¹ I宜采用机械或自动、半自动的方式传递到给药室，给药过程应有监控。分装室应设置工作人员通过间，通过间应配备表面污染检测及剂量率检测仪表及清洗设施。		病人给药处拟安装视频监控，在卫生通过间拟配备表面污染检测及剂量率检测仪和相关清洗设施	符合
	10.1.7施用了 ¹³¹ I治疗药物的患者如需住院应使用专用病房。专用病房宜为单人间，如不能实现，每间病房最多不应超过2人，并且2人之间应设置适当的防护屏蔽。		根据本项目不涉及	符合

	10.1.8病房中应配备对讲、监控等设施。	核医学科拟在患者走廊等处安装对讲装置和视频监控，指导并管理患者就诊	符合
	10.1.9患者使用过的被服应先进行存放衰变，衰变至少一个半衰期再进行清洗。	根据本项目不涉及	符合
	10.1.10在 ¹³¹ I病房场所应使用专用的保洁用品，不能和其他场所(包括核医学其他放射性场所)混用，病房区域内应有存放及清洗保洁用品的场所。	根据本项目不涉及I-131	符合

4.项目安全设施可行性

本项目有固定的辐射工作场所，且场所均设有相应的辐射安全和防护措施。本项目辐射工作场所设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第18《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目辐射工作场所采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽其辐射源产生的射线，对辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

5.项目环境保护投资

本项目拟投资2500万元，其中环保投资350万元，环保投资占总投资的10%，具体环保投资见表10-17。

表 10-17 环保投资一览表

序号	类别	环保措施	投资金额（万元）
1	墙体屏蔽措施	机房墙体防护及铅门、铅玻璃	340
2	防止人员误照	射线装置机房设置了电离辐射警示标识、工作状态指示灯、门灯联锁装置、紧急停止按钮	4
3	废气处理	设置机械通风装置。	1
4	监控、对讲系统	为射线装置机房与控制室之间配备语音对讲系统。	1
5	人员安全与防护	为每名辐射工作人员配备个人剂量计；并配备了铅衣、铅围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品。	3
6	辐射环境监测	每年委托有资质单位对辐射工作场所进行监测，并出具监测报告。	0.6
7	辐射防护安全制度	制定了一套完善的辐射管理规章制度文件，并严格实施，并将部分文件张贴上墙。	0.4
合计			350

三废的治理

1.放疗科

I、放射性固体废物

本项目运行过程中产生的放射性固体废物为直线加速器在使用一定年限（一般约4~5年）或退役时产生的加速器废靶。医院产生的废靶在拆除前应与厂家联系，在废靶拆除后由生产厂家回收处置（必须具备回收处置资质）。

II、臭氧等氮氧化物

直线加速器在工作时，空气在辐射照射下会电离，产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧及氮氧化物具有强氧化能力，被吸入后会对人体的身体造成伤害。根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“治疗机房通风换气次数应不小于4次/h”的要求。该院在加速器机房机房内拟安装通风管道包括送风排风管道、空调管道、除湿管道等所有管道均拟采用“U”型管道进入机房，机房内通风系统采取上送下排方式拟设计每小时通风量大于2500m³/h，机房有效体积（不含迷道）均约为324.3m³，则有效通风每小时次数大于7.7次（满足不低于4次的要求）。

在机房内排气装置正常运行的情况下，臭氧及氮氧化物气体通过通风设施排至室外，很快被空气对流、扩散作用稀释，对大气环境影响较小。

2.核医学科

（1）放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要包括放射性同位素使用过程中产生的一次性手套、污染的针头、注射器、棉棒、破碎的玻璃器皿、病人使用过的一次性水杯等放射性固体废物。

放射性废物与非放射性废物严格分开收集，确保不扩大污染，避免交叉污染。放射性固体废物按标准要求进行分类，收集至各工作场所的铅防护废物桶内，一天工作结束或第二天开始工作再将铅防护废物桶内的固体废弃物存放到核医学科内对应的放射性废物暂存间的铅防护废物桶内，含Tc-99m半衰期小于24小时的核素的放射性固体废物暂存时间超过30天；所有放射性废物均经过暂存之后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于0.08Bq/cm²、 β 表面污染小于0.8Bq/cm²的，可对废物清洁解控并作为一般医疗废物处理。

核医学科工作场所拟设置放射性废物桶和生活垃圾桶，分装/活性注射室、注射窗口、废物暂存间等场所配备铅废物桶。用来收集放射性固体废弃物的铅废物桶应贴上

电离辐射警告标志,每次收集时收集袋表面应贴上标签,标明物品及最后一天收集时间。

本项目放射性固体废物均暂存在污物衰变桶内,污物桶内拟放置专用塑料袋直接收纳废物,装满后的废物袋密封,不破漏保存在桶中,然后转移至废物间内。对注射器和玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物,应先装入硬纸盒或其它包装材料中,然后装入专用塑料袋内。每袋废物的表面剂量率不超过 0.1mSv/h,表面污染水平对 β 和 γ 发射体应小于 4Bq/cm²,重量不超过 20kg,并在污物衰变桶上标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明。固体放射性废物的存储和处理拟安排专人负责,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。

(2) 放射性液体废物

本项目产生的放射性液体废物主要包括核医学科放射性同位素使用过程中患者排泄物、药物残液、医务人员洗手及工作台面等的清洁用水。

对于核医学科产生的放射性废水,核医学科工作场所中产生的含核 Tc-99m 的废水。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的要求,核医学科工作场所产生的放射性废水所含核 Tc-99m 半衰期小于 24 小时的核素,放射性废水应贮存衰变超过 30 天后,排入院内污水处理站内处理,最终统一排放至城市污水管网;

衰变池的设计

医院计划在核医学科西南侧绿化带下方建设 1 间放射性废水衰变间,衰变池为槽式衰变池,共 4 个,每个 6 立方米,四周池壁、底面及池盖均拟采用 300mm 混凝土(池盖为双层 150mm 混凝土井盖),衰变池外侧均拟做双层 SBS 卷材防((单层厚度 3mm)内侧做防水涂膜处理(厚度 2mm))。

放射性废水管道下水管道拟采用镀锌铸铁管,外包 4mmPb 铅皮,防止对周围环境造成危害;拟对大水流管道予以标记,以便后续的维修检测。

(3) 气载放射性废物

核医学科分装注射室设置一个通风橱(手套箱),拟设置独立管道排风管道,通风装置风速不小于 0.5m/s;核医学科排风管道通过排风井直通向本建筑物屋脊,不与其他楼层连通,排气口拟高于本建筑物屋顶并安装活性炭过滤装置。室外排风口尽可能的远离附近建筑物,特别是排气口低于附近建筑物的,同时建设单位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。

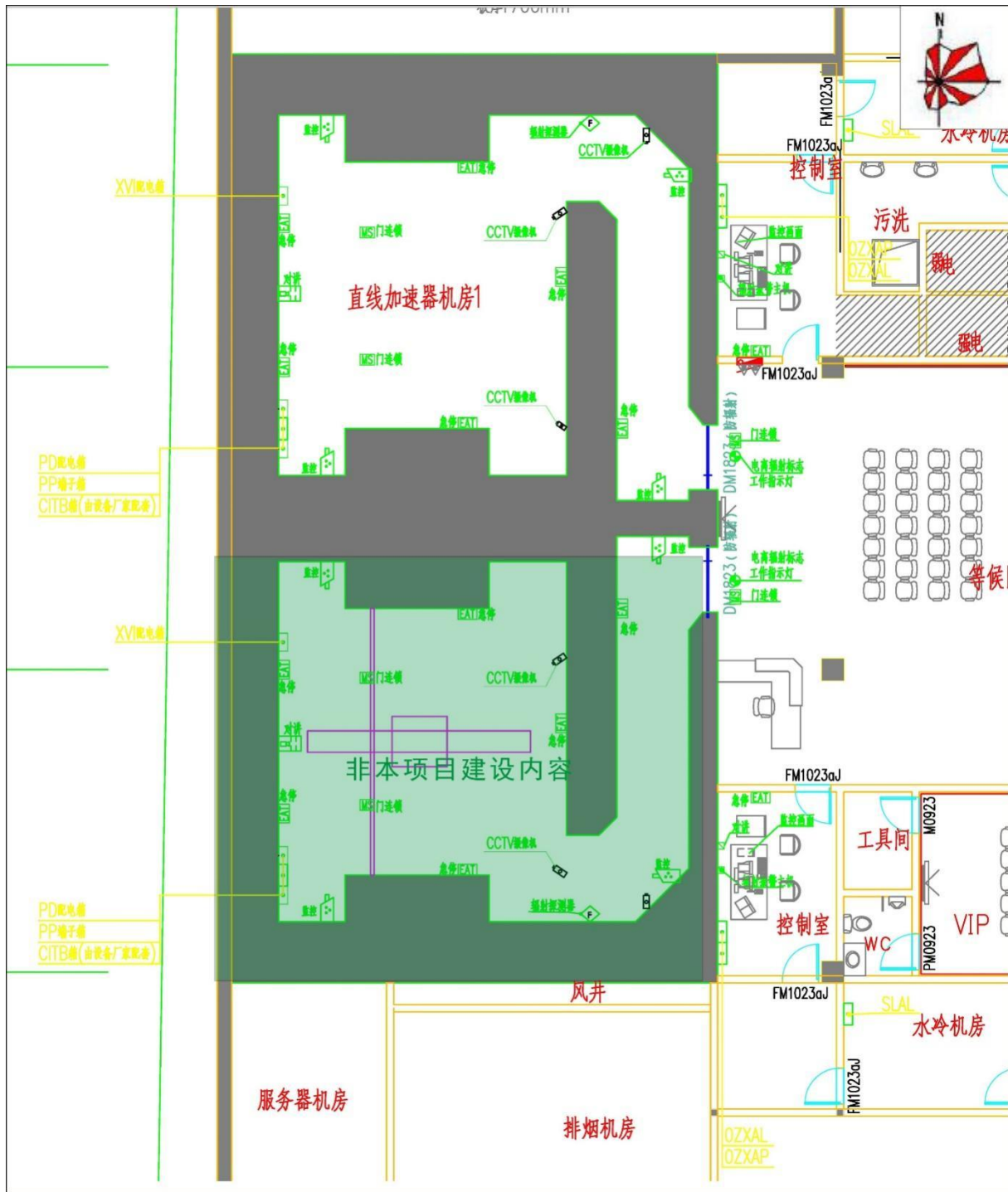


图 10-3 直线加速器机房辐射安全防护设施设备设置位置示意图

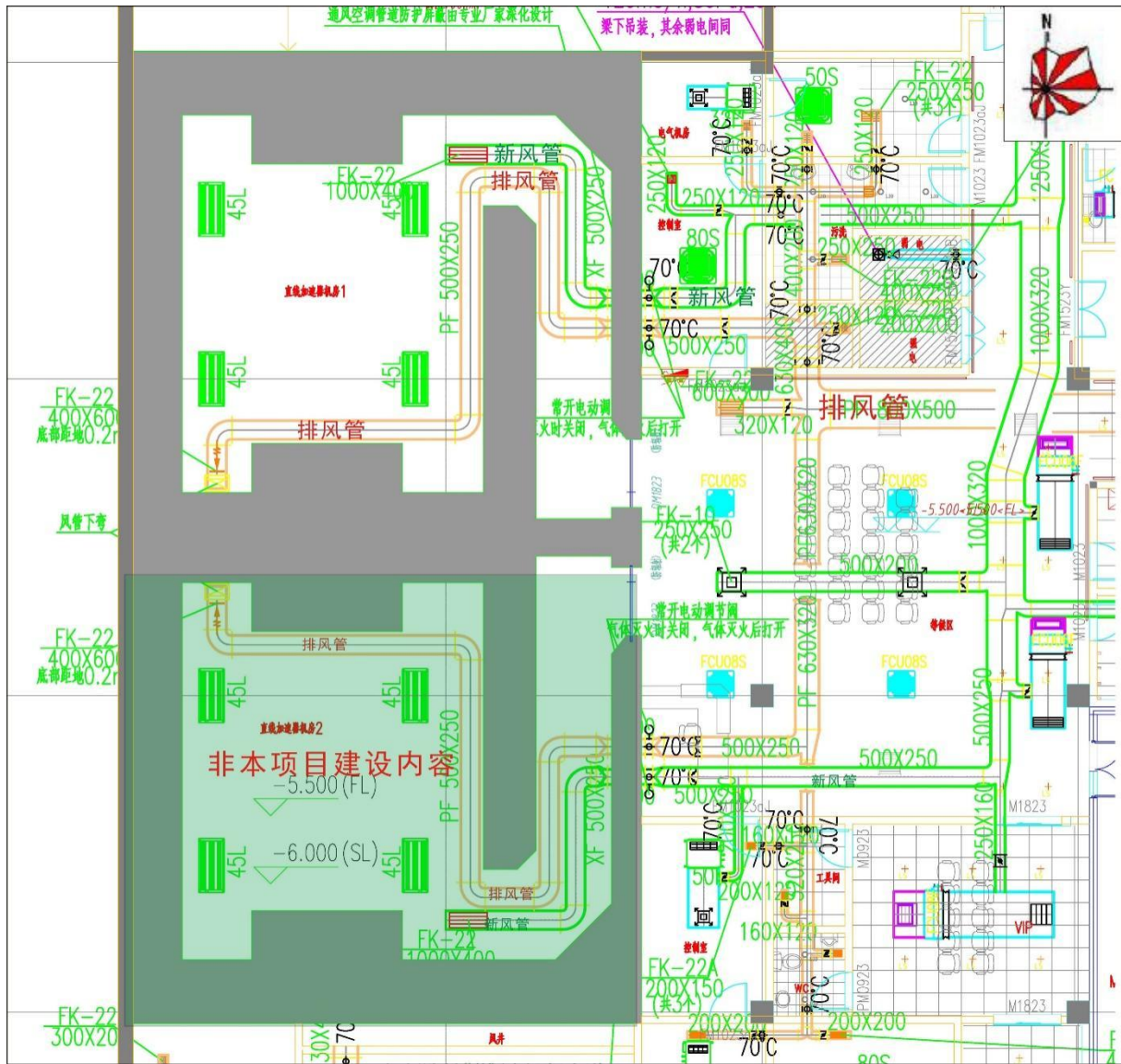


图 10-4 直线加速器机房排风管道路线图

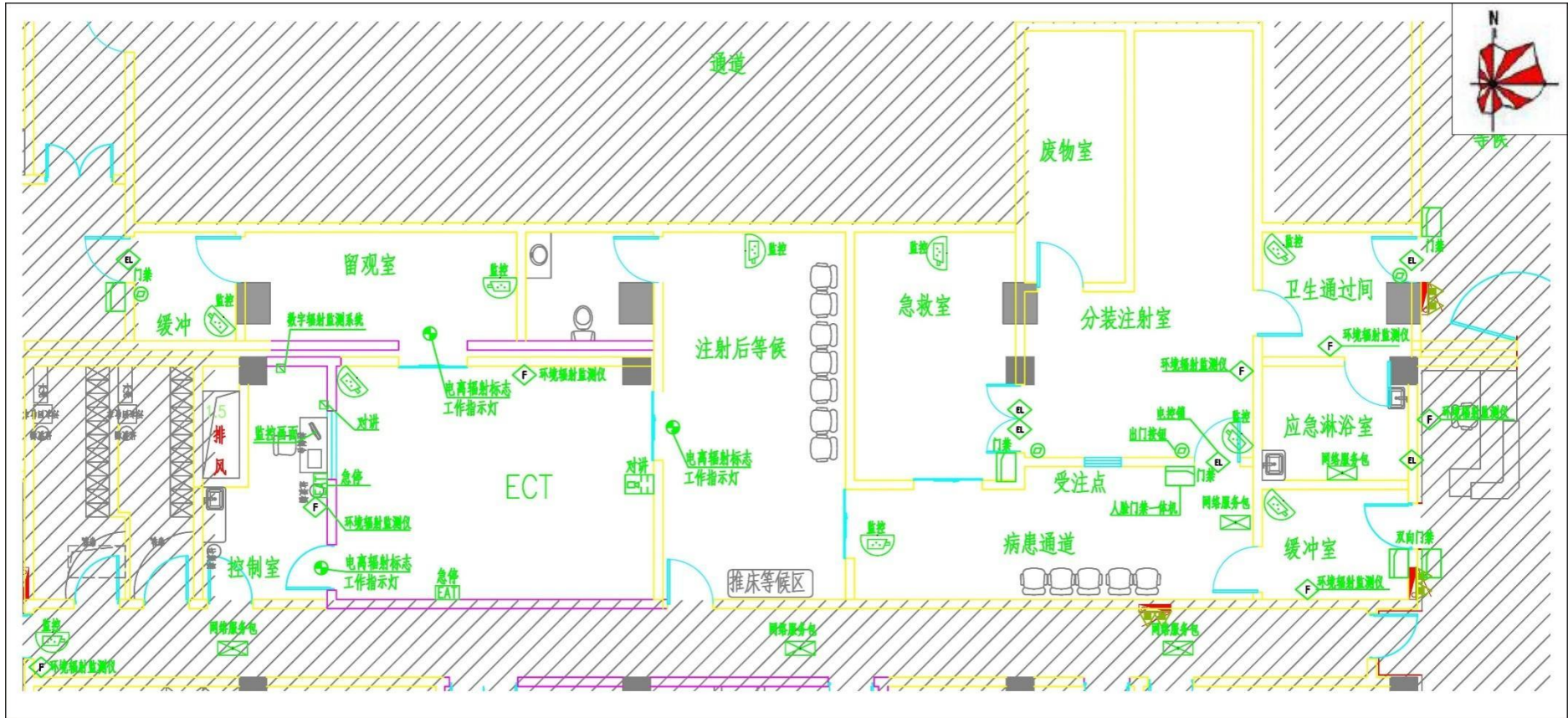


图 10-5 核医学科辐射安全防护设施设备设置位置示意图

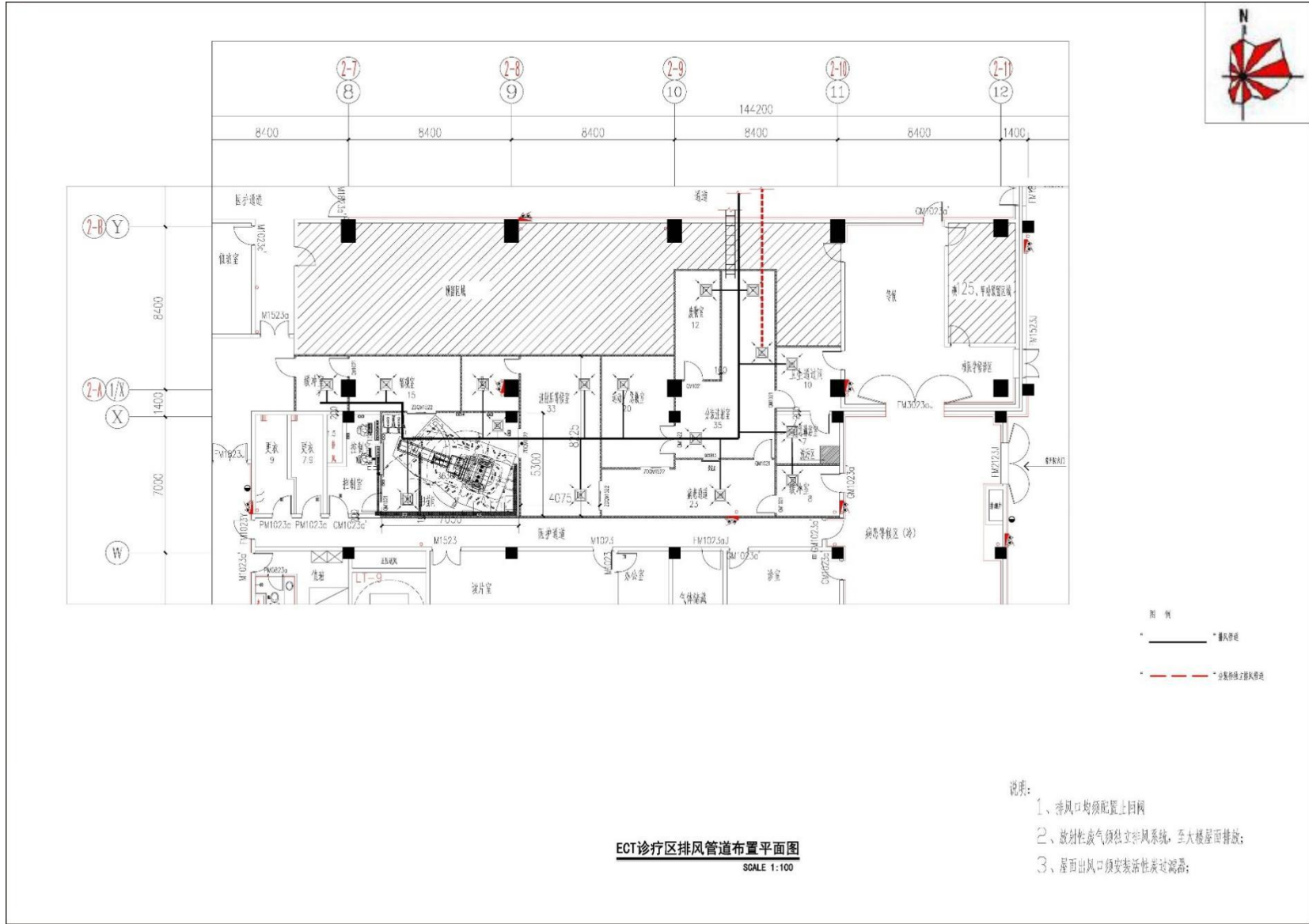


图 10-6 核医学科排风管道路线图

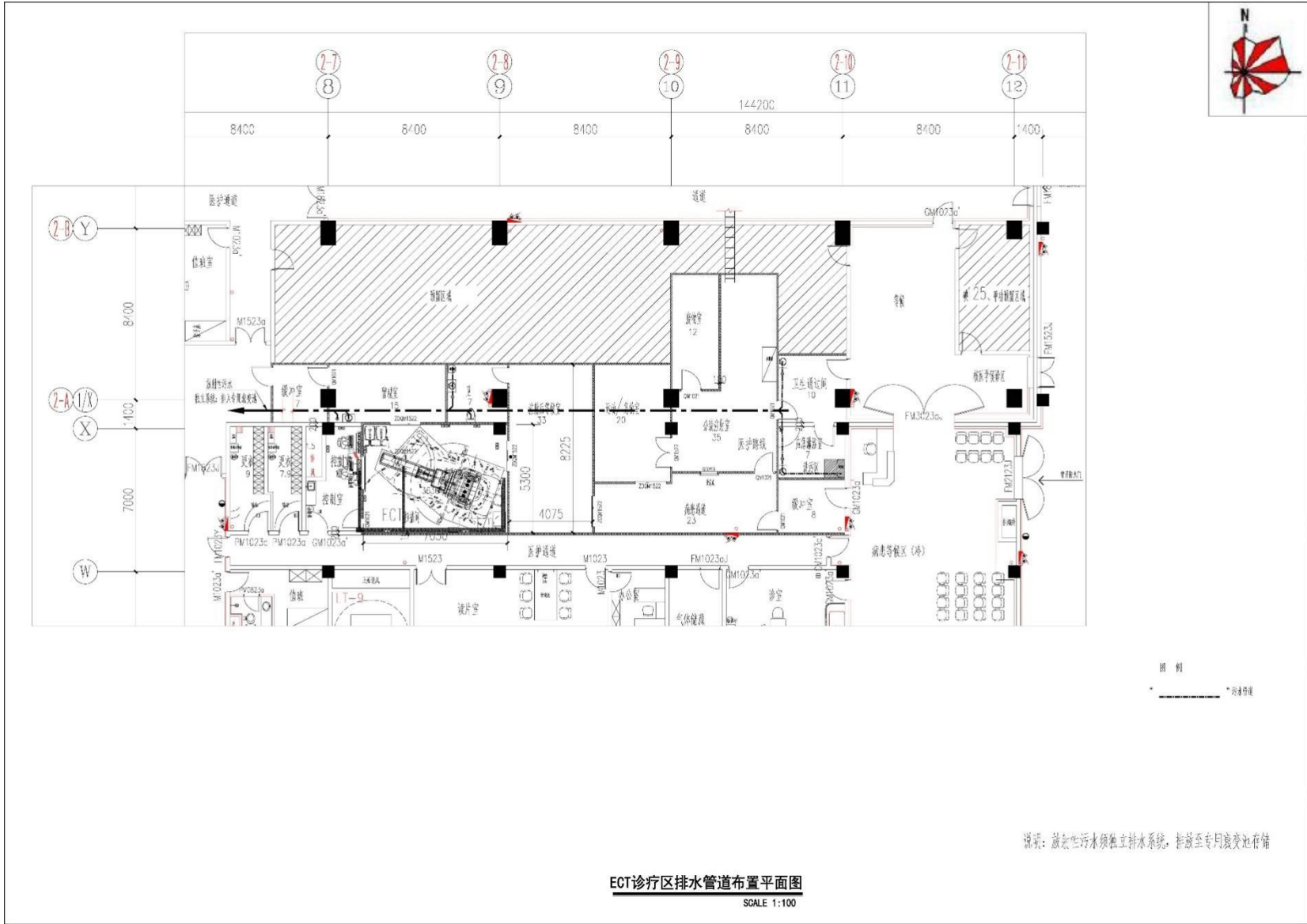
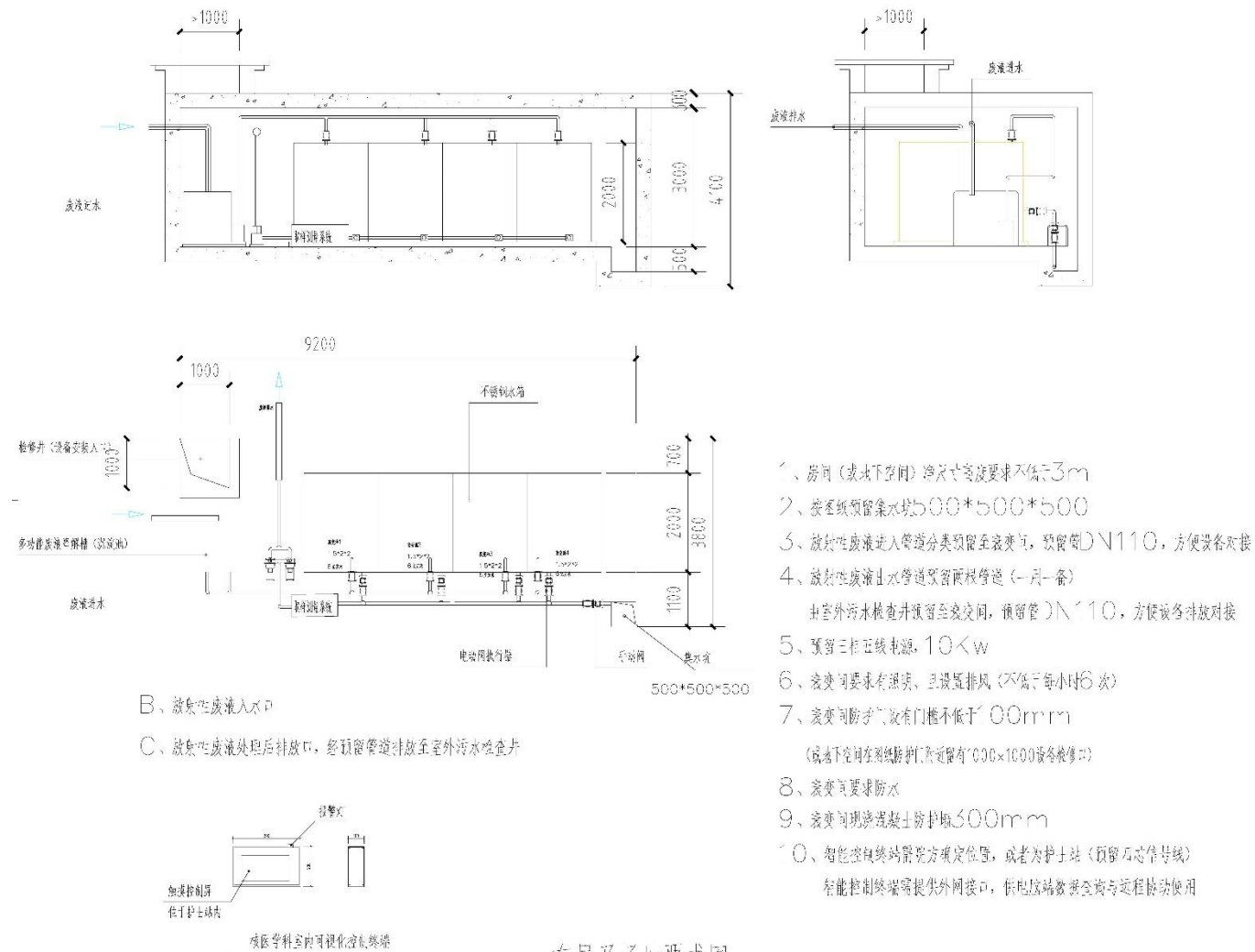


图 10-7 核医学科放射性废水排水管道路线图



布局及场地要求图

图 10-8 核医学科衰变池设计图

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目建设施工时对环境的影响及应采取的污染防治措施如下：

(1) 大气：本项目在墙体砌筑、粉刷硫酸钡水泥防护砂浆、铅防护门窗安装、设备安装时，由于砌砖、现场制备硫酸钡水泥砂浆、钻孔钻墙等将产生扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。通过设置密封围挡隔离，及时清扫施工场地，可以减少扬尘的产生对相邻医疗场所及小区的影响。

(2) 噪声：本项目在防护门窗安装、设备安装时，由于搬运、组装、钻孔钻墙等，都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。医院安排设备安装施工时间应尽量避免相邻小区作息时间，以减轻、避免对周围居民造成环境噪声影响。

(3) 固体废物：本项目施工期间产生的固体废物主要有施工过程中产生的建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾应堆放在指定地点并委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落；装修垃圾和生活垃圾由医院环卫部门统一及时清运处理，做到日产日清，并保持工区环境的洁净卫生。

(4) 废水：本项目施工期污水主要为施工人员的生活污水，生活污水纳入医院污水处理管网，经统一消毒后，纳入市政污水管网。

因此，本项目应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，避免因本项目建设影响院内正常医疗活动及工作人员办公。由于本项目工程量小，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

运行阶段对环境的影响

1.放疗科辐射工作场所运行阶段对环境的影响

(1) 辐射屏蔽预测分析

本项目医用直线加速器属于低能加速器，加速器应用放射治疗的模式有 X 射线和电子束两种模式，其中电子束在物质中的射程较短，很容易被加速器的靶件或其他构件所阻止，但作为外部用束的加速器，当能量较高时，其外电子束在空气中的射程较长，其在物质中的射程是有限的，因此对它们的屏蔽比较容易，只要所选择的物质的厚度大于电子束在该物质中的射程，就可以将其完全吸收。被加速的带电粒子束与结构材料或靶物质相互作用，会产生强度很高的贯穿辐射（X 射线）。必须用足够厚的屏蔽材料才能将其减弱到较低的水平，它们是加速器防护的主要对象。故本项目辐射屏蔽预测应估算

的辐射束为治疗装置在 X 射线治疗时可达到的最高 MV 条件下的有用线束、泄漏辐射和其产生的散射辐射。由于直线加速器机房地面下方无地下室为泥土层，因此不对直线加速器机房地面进行屏蔽计算。本报告根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中提出的计算方法对加速器机房屏蔽墙外关注点剂量进行估算。

①关注点选取

通常在治疗机房外、距机房外表面 30cm 处，选择人员受照的周围剂量当量可能最大的位置作为关注点。在距治疗机房一定距离处，公众成员居留因子大并可能受照剂量大的位置也是需要考虑的关注点。预测时选取加速器机房平面的关注点如图 11-1 所示 a、b、c、d、e、f、g、k 等关注点。

表 11-1 加速器机房预测关注点基本情况一览表

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	路径	距离 R (m)
加速器机房	a	南墙主屏蔽区外 30cm 处	有用线束	O ₁ -O-a	9
	c	南墙副屏蔽区外 30cm 处	散射	O ₂ -O-c	8.7
			泄漏	O-c	8.7
	b	北墙主屏蔽区外 30cm 处	有用线束	O ₁ -O-b	7
	d	北墙副屏蔽区外 30cm 处	散射	O ₁ -O-d	7.9
			泄漏	O-d	7.9
	e	西墙外 30cm 处	泄漏	O-e	5.8
	k	迷道外墙外 30cm 处	泄漏	O ₂ -k	8.9
	g	防护门外 30cm 处	泄漏	O ₁ -g	8.9
	n	顶棚主屏蔽区外 30cm 处	有用线束	O ₃ -O-n	6.6
m	顶棚副屏蔽区外 30cm 处	散射	O ₃ -O-m	8.1	
		泄漏	O-m	8.1	

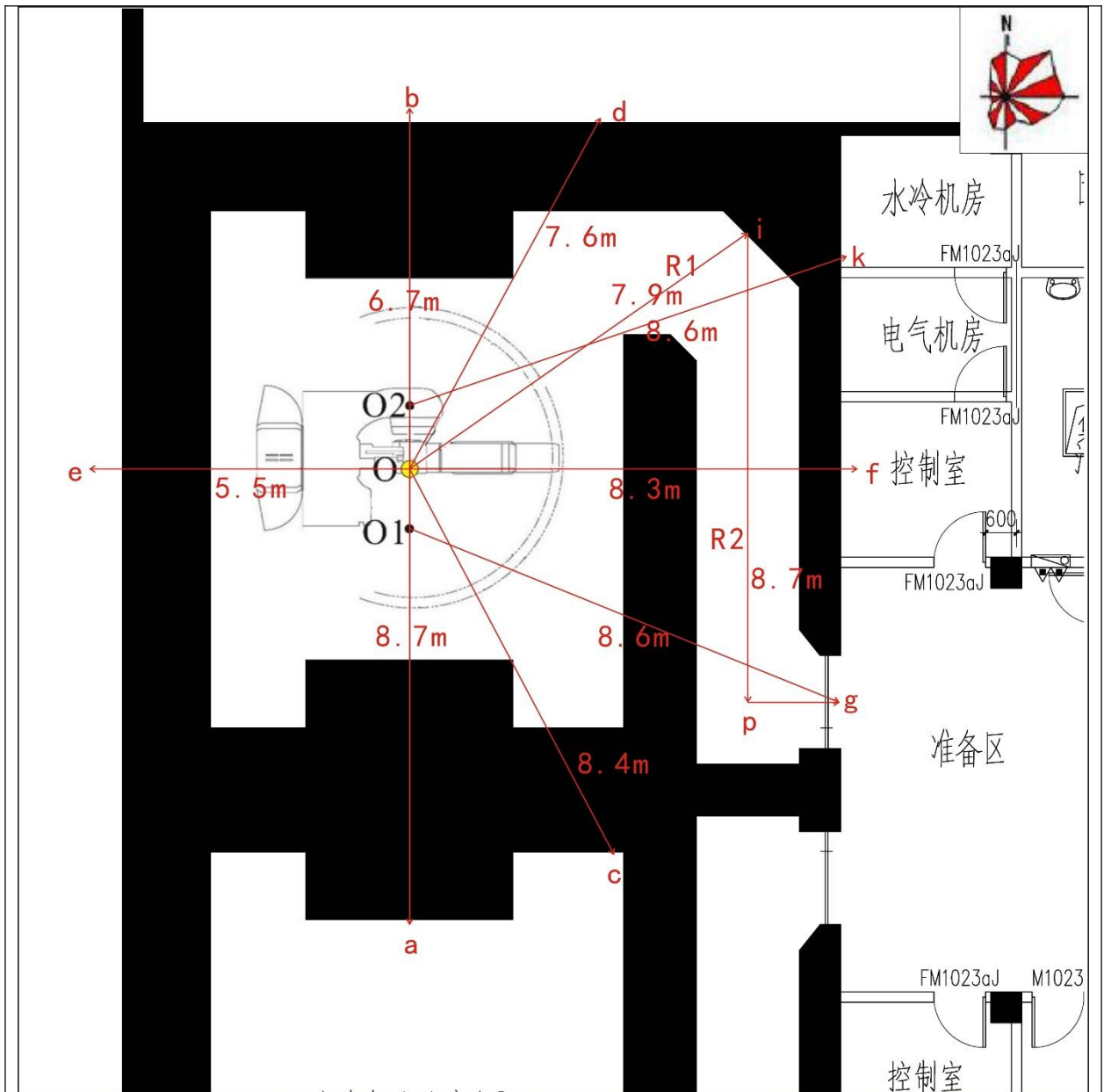


图 11-1 直线加速器机房关注点分布图（平面）

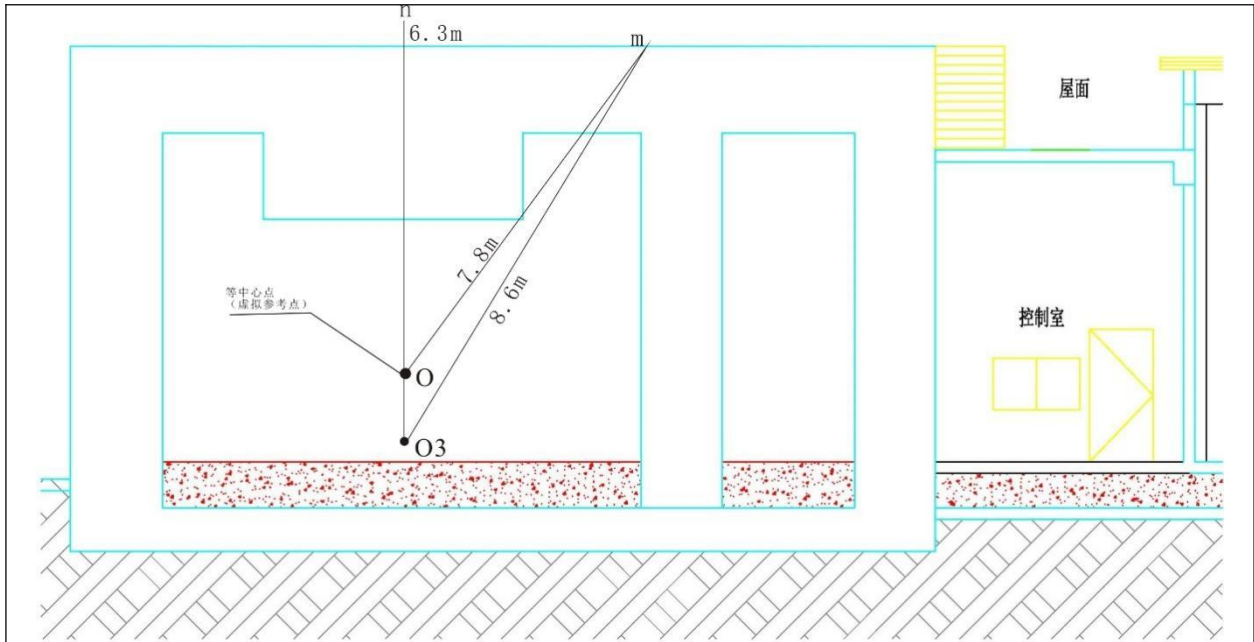


图 11-2 直线加速器机房关注点分布图（剖面）

②加速器机房主防护墙宽度核算

本项目加速器机房需考虑南墙、北墙和顶棚的主屏蔽区的宽度。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中的 D.1.2.5 对加速器机房有用线束主屏蔽区半宽度 Y 计算。

$$Y = (a + SAD) \tan \theta + 0.3 \quad (\text{公式 11-1})$$

Y——机房有用线束主屏蔽区半宽度，m；

SAD——源轴距，m，SAD=1m；

θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线），本项目直线加速器 X 射线在距靶中心 1m 处有用线束最大照射野为 40cm×40cm， $\theta=14^\circ$ ；

a——等中心点至墙的距离，m。

本项目各直线加速器主防护墙宽度核算结果见表 11-2。

表 11-2 直线加速器主防护墙宽度核算结果一览表

机房	墙体	等中心点至墙的距离 a (m)	计算半宽度(m)	计算宽度 (m)	设计宽度 (m)	是否满足要求
加速器机房	南、北侧主防护墙	3.7	1.472	2.944	4	满足
	顶棚主防护墙	3.3	1.397	2.794	4	满足

根据计算，本项目直线加速器机房主屏蔽墙体在考虑内凸的情况下，主防护宽度设计均满足要求。

③剂量率参考控制水平

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》

(GBZ/T201.2-2011)中“4.2 剂量控制要求”，根据 GBZ/T201.2-2011 中附录 A 和医院提供预期工作负荷，医院直线加速器机房每周工作 5 天，每年工作 50 周，每天治疗人数最多 50 人。

在常规治疗模式下，每天治疗约 50 个病人，平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy，平均每人治疗 3 野次，周工作负荷； $W=50 \times 5 \times 3 \times 1.5=1125\text{Gy/周}$ ，保守取 1200Gy/周。非调强情况下，加速器治疗束等中心处治疗模体保守取最高常用剂量率 D_0 为 800cGy/min，则周照射时间为： $t=1200 \div D_0=1200\text{Gy/周} \div 8\text{Gy/min}=150\text{min/周}=2.5\text{h/周}$ 。

在调强放射治疗中，相应有用线束和有用线束散射辐射，每周与常规放射治疗人数相同时，周工作负荷与常规放射治疗相同；但对于泄露辐射，周工作负荷为常规放射治疗工作负荷的 N 倍，本项目 N 取 5。各关注点剂量率参考控制水平见表 11-9。

I 有用线束

有用线束在关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时，该关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$ 见（公式 11-2）：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (\text{公式 11-2})$$

式中：

H_c ——周参考剂量控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)，非控制区的剂量均保守取 $5\mu\text{Sv/周}$ 。

t ——治疗装置周治疗照射时间，2.5h/周。

U ——有用线束向关注位置的方向照射的使用因子，旋转式加速器有用辐射朝向的墙和室顶 $U=1/4$ ，散射辐射和泄漏辐射 $U=1$ 。

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

II 单一泄漏辐射

泄漏辐射在关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时，该关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$ 见（公式 11-3）：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (N \cdot t \cdot T) \quad (\text{公式 11-3})$$

式中：

H_c ——周参考剂量控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)，非控制区的剂量均保守取 $5\mu\text{Sv/周}$ ；

N ——调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常取 $N=5$ ；

t ——治疗装置周治疗照射时间，2.5h/周；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

表 11-3 直线加速器机房各关注点剂量率参考控制水平

机房	屏蔽体		关注点	对应场所	H _c (μSv/周)	t (h)	U	T	N	H _c (μSv/h)	H _{c,max} (μSv/h)	最终剂量率参考控制水平 (μSv/h)
直线加速器机房#	南侧	主屏蔽区	a	加速器机房 2	5	2.5	1/4	1/2	/	16	≤2.5	≤2.5
		次屏蔽区	c	加速器机房 2	5	2.5	1	1/2	/	4	≤2.5	≤2.5
	北侧	主屏蔽区	b	消防水池	5	2.5	1/4	1/16	/	128	≤2.5	≤2.5
		次屏蔽区	d	消防水池	5	2.5	1	1/16	/	32	≤2.5	≤2.5
	西	侧屏蔽	e	泥土层	5	2.5	1	1/20	5	8	≤10	≤8
	东	侧屏蔽	f	控制室	100	2.5	1	1	5	8	≤2.5	≤2.50
	东	侧屏蔽	k	水冷机房	5	2.5	1	1/16	5	6.4	≤10	≤6.4
	顶棚	主屏蔽区	n	屋顶	5	2.5	1/4	1/20	/	160	≤10	≤10
		次屏蔽区	m	屋顶	5	2.5	1	1/20	/	40	≤10	≤10
	防护门外		g	等候区	5	2.5	1	1/20	5	8	≤10	≤8

根据表 11-3 的计算结果，本项目直线加速器机房墙外关注点剂量率参考控制水平偏差安全考虑均取 2.5μSv/h。

④治疗期间关注点剂量估算

I 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

根据拟建加速器的技术参数和机房的设计方案，参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201 2-2011)中的计算方法，本报告拟增直线加速器 X 射线分 6MV 和 10MV 两档，X 射线能量为 6MV 时等中心最大剂量率 1400cGy/min，X 射线能量为 10MV 时等中心最大剂量率 2400cGy/min，因此本项目加速器机房辐射屏蔽设计如果能够满足 X 射线能量在 10MV 下的屏蔽防护要求，则必然能够有效屏蔽 X 射线能量在 6MV 时产生的射线，因此本报告中对加速器机房的辐射屏蔽影响均按最高 X 射线能量 10MV 下运行时进行计算各目标点的辐射剂量率水平。

A、有效屏蔽厚度

$$X_e = X \cdot \sec \theta$$

(公式 11-4)

式中 θ —为 X 射线斜射角。即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

对于给定的屏蔽物质的厚度 X(cm)，可按式(公式 11-4)计算有效屏蔽厚度 Xe(cm)。

B、有效屏蔽厚度的辐射屏蔽透射因子

$$B=10^{-(X+TVL-TVL_1)/TVL} \quad (\text{公式 11-5})$$

式中：B—屏蔽透射因子；

X_c —分别为屏蔽物质厚度和有效屏蔽厚度，cm；

TVL₁—为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，cm；10MV 有用线束取 41cm，泄露辐射取 35cm，30° 散射取 28cm；

TVL—分别为辐射在屏蔽物质中平衡什值层厚度，cm；10MV有用线束取37cm，泄露辐射取31cm，30°散射取28cm。

C、屏蔽体外关注点的剂量率

$$H=H_0 \times f \times B/R^2 \quad (\text{公式 11-6})$$

式中：

H——关注点辐射剂量率，单位为μSv/h；

H₀——有用线束中心距靶 1m 处常用最高剂量率，取 1.44E+09μSv·m²/h(24Gy/min)；

f—对有用束线为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，本次取 0.001；

R—辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

主屏蔽墙及顶部外辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-4。

表 11-4 加速器机房各关注点有用线束和泄露辐射剂量率预测结果

机房	参考点	墙体	辐射类型	H ₀ (μSv·m ² /h)	屏蔽体厚度(cm)	入射角θ(°)	TVL ₁ (cm)	TVL(cm)	R(m)	f	H(μSv/h)
直线加速器机房	a	南主墙	有用线束	1.44E+09	500	0	41	37	9	1	6.990E-07
	b	北主墙	有用线束	1.44E+09	300	0	41	37	7	1	0.294
	c	南副墙	泄漏	1.44E+09	240	30	35	31	8.7	0.001	4.639E-04
	d	北副墙	泄漏	1.44E+09	170	30	35	31	7.9	0.001	0.102
	e	西	泄漏	1.44E+09	170	0	35	31	5.8	0.001	0.189
	f	东	泄漏	1.44E+09	220	0	35	31	8.6	0.001	0.002
	k	东	泄漏	1.44E+09	140	30	35	31	8.9	0.001	0.746
	g	防护门外	泄漏	1.44E+09	140	30	35	31	8.9	0.001	0.746
	n	顶主墙	有用线束	1.44E+09	300	0	41	37	6.6	1	0.331
	m	顶副墙	泄漏	1.44E+09	170	30	35	31	8.1	0.001	0.097

II 散射辐射的屏蔽与剂量估算

对于与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区（c点、d点、m点），除了考虑有用线束的泄漏辐射外，还需考虑有用线束水平或向顶部照射时，人体散射辐射穿过次屏蔽区后的剂量影响。散射辐射主要考虑患者一次散射辐射的剂量率。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)，患者一次散射辐射的剂量率可按（公式 11-7）进行估算。

$$H = \frac{H_0 \cdot a_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{公式 11-7})$$

式中：

F —治疗装置有用束在等中心处最大治疗野面积， cm^2 ；

R_s —患者至关注点的距离， m ；

a_{ph} — 400cm^2 面积上的散射因子；10MV 散射因子为 3.18×10^{-3} 。

根据上述公式和参数，可计算关注点的患者一次散射剂量率详见表 11-5。

表 11-5 直线加速器机房各关注点散射辐射剂量率预测结果

机房	参考点	墙体	H_0	屏蔽体厚度(c m)	入射角 θ	F(cm^2)	TVL(c m)	R (m)	a_{ph}	H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
加速器机房	c	南副墙	1.44E+09	240	30°	1600	28	8.7	3.18×10^{-3}	6.492E-04
	d	北副墙	1.44E+09	170	30°	1600	28	7.9	3.18×10^{-3}	0.249
	m	顶副墙	1.44E+09	170	30°	1600	28	8.1	3.18×10^{-3}	0.237

根据表 11-4 及表 11-5 的计算结果，对本项目加速器机房各关注点处的辐射剂量率预测结果叠加可得在正常工况下，本项目加速器机房外各关注点处总的辐射剂量率，详见表 11-6。

表 11-6 直线加速器机房各关注点的辐射剂量率叠加后总的预测结果

机房	参考点	墙体	射线类型	有用线束 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	泄漏 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	散射 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	叠加后总 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
加速器机房	a	南主墙	有用	6.990E-07	/	/	6.99E-07
	b	北主墙	有用	0.294	/	/	0.294
	c	南副墙	泄漏、散射	/	4.639E-04	6.492E-04	0.001
	d	北副墙	泄漏、散射	/	0.102	0.249	0.351
	e	东墙	泄漏	/	0.189	/	0.189
	f	西墙控制室	泄漏	/	0.002	/	0.002

k	西侧迷道 外墙	泄漏	/	0.746	/	0.746
g	防护门外	泄漏	/	0.746	/	0.746
n	顶主墙	有用	0.331	/	/	0.331
m	顶副墙	泄漏、散射	/	0.097	0.237	0.334

⑤加速器机房防护门剂量率

在有用线束不向迷路照射且使用 10MV 时，不考虑中子俘获 γ 射线，需考虑泄漏辐射和患者散射辐射，本报告对加速器机房防护门的辐射屏蔽影响均按最高 X 射线能量 10MV 下运行条件进行计算。

I 患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口（路径：O₁-O-i-g）

入口处的患者散射剂量率 H_g 按照下式计算：

$$H_g = ((\alpha_{ph} \cdot (F/400)) / R_1^2) \cdot ((\alpha_2 \cdot A) / R_2^2) \cdot H_0 \quad (\text{公式 11-8})$$

式中：

H_g —g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 ——有用线束中心距靶 1m 处常用最高剂量率，10MV 时为 $1.44\text{E}+09\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

F —治疗装置有用束在等中心处最大治疗野面积， $40\times 40=1600\text{cm}^2$ ；

R_1 —o-i 之间的距离，7.9m；

R_2 —i-g 之间的距离，8.5m；

A —i 处散射面积，为 $2\text{m}\times 6\text{m}=12\text{m}^2$ ；

α_{ph} — 400cm^2 面积上的散射因子，通常取 45° 散射角的值为 1.35×10^{-3} ；

α_2 —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45° ，散射角为 0° ， α_2 取 5.1×10^{-3} 。

患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口散射辐射计算参数和结果见表 11-7。

表 11-7 患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口散射辐射计算参数和结果

机房	关注 点	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	α_{ph}	F (cm^2)	R_1 (m)	R_2 (m)	A (m^2)	α_2	H_g ($\mu\text{Sv/h}$)
加速器 机房	g	$1.44\text{E}+09$	1.35×10^{-3}	1600	7.9	8.7	12	5.1×10^{-3}	100.743

II 泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口（路径：O₁-g）

泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口 g 处的剂量率由表 11-6 可知，加速器机房的 H_{og} 为 $0.746\mu\text{Sv/h}$ 。

III 防护门外 30cm 的辐射剂量率

建设单位采用 10mm 厚铅板的防护门情况下，防护门外的辐射剂量率 H (μSv/h) 按下式计算：

$$H = H_g \times 10^{-X/TVL} + H_{og} \quad (\text{公式 11-9})$$

式中：

H—防护门外的辐射剂量率，μSv/h；

TVL—铅的 TVL 取 5mm；

H_g—g 点的总剂量率，μSv/h；

X—防护门的厚度，18mm。

表 11-8 加速器机房防护门外的辐射剂量率计算结果

机房	关注点	H _g (μSv/h)	TVL (mm)	X (mm)	H _{og} (μSv/h)	H (μSv/h)
加速器机房	g	100.743	5	18	0.746	0.771

根据计算结果可知，本项目直线加速器机房周边关注点处剂量率满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平在人员居留因子 T>1/2 的场所不大于 2.5μSv/h，人员居留因子 T≤1/2 的场所不大于 10μSv/h”、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中“人员居留因子 T≥1/2 的场所最高剂量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h，人员居留因子 T<1/2 的场所最高剂量率参考控制水平不大于 10μSv/h”、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“在人员居留因子 T>1/2 的场所，关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h；人员居留因子 T≤1/2 的场所：关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 10μSv/h”的要求。

（2）年有效剂量估算

本报告对直线加速器机房辐射工作人员及周边公众人员的年有效剂量按（公式 11-10）估算。

$$H_{E-r} = D_r \times t \times 10^{-3} \times T \quad (\text{公式 11-10})$$

其中：H_{E-r}：X—γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r：X—γ射线空气吸收剂量率，μSv/h；

T：居留因子；

t：X—γ射线照射时间，小时。

①工作时间

根据建设单位提供的资料可知医院直线加速器机房每周工作 5 天，每年工作 50 周，

工作天数按 250 天，每天治疗人数最多 50 人。

在常规治疗模式下，每天治疗约 50 个病人，平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy，平均每人治疗 3 野次，周工作负荷； $W=50 \times 5 \times 3 \times 1.5=1125\text{Gy/周}$ ，保守取 1200Gy/周。加速器治疗束等中心处治疗模体保守按最高常用剂量率 D_0 为 800cGy/min（若按本项目拟增直线加速器在 10MV 下的最大剂量率计算，则年受照时间小，估算结果较小），则周照射时间为： $t=1200 \div D_0=1200\text{Gy/周} \div 8\text{Gy/min}=150\text{min/周}=2.5\text{h/周}$ ，故对应的年照射时间约为 125h。

②照射剂量率

根据最不利因素考虑，本报告对辐射工作人员和周边人员的剂量估算时的照射剂量率均取各辐射工作场所周边人员能够到达位置的计算最大值，根据（公式 11-10）计算出辐射工作人员及公众成员年有效剂量见表 11-9。

表 11-9 直线加速器机房人员年有效剂量估算结果

机房	关注点	位置	人员	居留因子	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)
加速器 机房	a	南主墙	公众人员	1/2	6.99E-07	125	4.37E-08
	b	北主墙	公众人员	1/2	0.294	125	1.84E-02
	c	南副墙	公众人员	1/16	0.001	125	7.81E-06
	d	北副墙	公众人员	1/16	0.351	125	2.74E-03
	f	东西墙	辐射工作人员	1	0.002	125	2.50E-04
	k	东墙	公众人员	1/16	0.746	125	5.83E-03
	g	防护门外	公众人员	1/20	0.746	125	4.66E-03
	n	顶主墙	公众人员	1/20	0.331	125	2.07E-03
	m	顶副墙	公众人员	1/20	0.334	125	2.09E-03

根据对各辐射工作场所的屏蔽计算结果及剂量估算可知，本项目直线加速器机房辐射工作人员和公众人员年附加有效剂量值均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员的年有效剂量限值 1mSv 的要求。同时满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中规定的辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a 和公众人员剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

（3）三废治理措施

①放射性废物影响分析

本项目直线加速器运行过程中产生的放射性固体废物为直线加速器在使用一定年限（一般约 4~5 年）或退役时产生的加速器废靶。医院在采取“医院产生的废靶拆除后由生产厂家回收处置，在拆除前与厂家联系，确定厂家回收日期，在厂家到达后再进行拆

除，医院不进行暂存”对环境影响较小。

②臭氧及氮氧化物影响分析

本项目直线加速器机房内拟设置一个送风口和两个排风口，新风口位于机房上方吊顶处，排风口设置于底部，新风口和排风口成对角设置，确保室内空气充分交换。新风口及排风口管道均拟从机房防护门顶部引出机房，排风管道经排风井引至屋顶排放。排气口位置未设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。根据满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“通风换气次数应不少于4次/h”的要求，本项目直线加速器机房的新风量及排风量的设计值应大于2500m³/h。在各机房内排气装置正常运行的情况下，臭氧及氮氧化物气体通过通风设施排至室外，很快被空气对流、扩散作用稀释，对大气环境影响较小。

3.核医学科工作场所

（1）辐射工作场所辐射屏蔽预测分析

根据本项目核医学科使用的核素种类，核医学科的辐射影响分析主要有γ射线的屏蔽（需要考虑运行期间SPECT-CT扫描时产生的X射线叠加影响）。

①γ射线辐射屏蔽预测分析

本项目核医学科涉及的核素中对于γ射线的影响主要为Tc-99m产生的0.141MeV的γ射线。辐射防护屏蔽分析采用《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中的计算公式（I.1）进行预测分析。

$$X = \text{TVL} \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{H_p \times r^2}\right) \quad (\text{公式 11-11})$$

式中：

X—屏蔽体厚度，单位为毫米（mm）；

TVL—γ射线的十分之一值层厚度，单位为毫米（mm），查《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）表 I.1 可知本项目取值见表 11-10；

A—患者或受检者所用放射源的最大活度，单位为兆贝可（MBq）；

Γ—距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位μSv·m²/MBq·h，根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）表 H.1 可知本项目取值见表 11-11；

r—参考点与放射源间的距离，单位为米（m）；本报告放射源的位置取各场所等中心位置，关注点距离选取参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 J.1 均取四

周及顶棚屏蔽体外 0.3m、底板（控制区房间下方房间距地面 1.7m）处。

TVL: γ 射线的十分之一值层厚度, mm。

根据辐射屏蔽预测公式及计算参数, 通过计算可得核医学科各辐射工作场所各关注点处的 γ 射线辐射屏蔽防护预测结果见下表。

表 11-10 核医学科 γ 射线预测计算相关参数一览表

参数名称		Tc-99m
屏蔽材料的什值层 (mm)	铅板	1
	实心砖	160
	混凝土	110
周围剂量当量率常数 (裸源) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{MBq}$)		0.0303
周围剂量当量率常数 (患者或受检者体外) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{MBq}$)		0.0207

表 11-11 核医学科 γ 射线辐射屏蔽防护预测结果

工作场所	源活度 (MBq)	关注点的位置	距离 (m)	屏蔽后关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	备注
SPECT-C T 机房	740	东、西侧墙体	3.9	1.474E-05	机房内每次受检 1 人, 源活度取值为 1 人注射所需的最大量
		南、北侧墙体	3.0	2.491E-05	
		观察窗	3.0	2.491E-10	
		东、西侧防护门	3.9	1.474E-05	
		顶棚	3.0	1.078E-05	
		地板	2.8	1.238E-05	
SPECT 摆位时医护人员位置	740	医护人员铅防护服外表面	1	7.090	源活度取值为 1 人注射最大量, 工作人员穿戴 0.5mmPb 铅防护服
SPECT 分装注射室	740	东、西侧墙体	2.9	2.666E-15	每次只能注射 1 人, 源活度取值为 1 人注射所需的最大量; 分装后注射前考虑 10mmPb 注射防护套
		南、北侧墙体	2.3	4.239E-15	
		东、西侧防护门	2.9	2.666E-15	
		南侧防护门	2.3	4.239E-15	
		注射窗	1	2.242E-29	
		顶棚	3.0	2.021E-14	
SPECT 分装注射室通风橱	22200	正面	0.5	2.691E-12	源活度取值为 SPECT 场所内所使用核素的日最大量总量; 考虑 10mmPb 防护铅罐
		左、右、背面	0.9	8.304E-13	
		顶面	0.9	6.736E-12	
		地板	0.9	3.595E-13	
SPECT 注射后等候室	4440	东、西侧墙体	2.4	2.336E-04	注射后候诊室内同时最大候诊 6 人, 源活度取值为 6 人注射最大量
		南侧墙体	6.3	3.390E-05	
		北侧墙体	2.3	2.543E-04	
		防护门	2.3	2.543E-04	
		顶棚	3.0	1.495E-04	
SPECT 留观室	4440	东、西侧墙体	3.2	1.314E-04	留观室内同时最大留观 6 人, 源活度取值为 6 人注射最大量
		南、北侧墙体	1.7	4.655E-04	

		防护门	1.7	4.655E-04	
		顶棚	3.0	1.212E-03	
		地板	2.8	7.428E-05	
SPECT 运动急救室	740	东、西侧墙体	2.2	4.633E-05	抢救室内同时最大 1 人，源活度取值为 1 人注射最大量
		南、北侧墙体	3.2	2.190E-05	
		防护门	2.2	4.633E-05	
		顶棚	3.0	2.021E-04	
		地板	2.8	1.238E-05	
放射性废物室	6660	东、西侧墙体	1.5	8.969E-14	放射性废物通常为极少量沾污，本报告保守取 SPECT 区域日最大活度 30%，屏蔽防护考虑叠加铅废物桶 10mmPb
		南、北侧墙体	3.2	1.971E-14	
		防护门	3.2	1.971E-14	
		顶棚	3.8	1.134E-13	
		地板	2.8	1.114E-14	
衰变池	6660	300mm 混凝土	2.0	9.453E-02	本报告保守取 SPECT 区域日最大活度 30%，四周均为泥土层，距地面约 2m。

根据计算结果可知，经屏蔽后辐射工作场所各关注点处剂量率均满足《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 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表面的周围剂量当量率小于 25 μ Sv/h”的要求，同时满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中“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 以及工作场所的分装柜或生物安全柜的柜体外表面 5cm 处周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μ Sv/h”的要求。

②X 射线屏蔽分析

本项目中核医学科运行时需考虑 SPECT-CT 运行时产生的 X 射线叠加影响。对于 SPECT-CT 运行时产生的 X 射线参考《辐射防护技术与管理》（第一卷）（张丹枫 赵兰才编著）中公式（5-16）演化的公式（公式 11-12）进行计算。

本项目 SPECT-CT 机扫描时产生的 X 射线参考《辐射防护技术与管理》（第一卷）（张丹枫 赵兰才编著）中公式（5-16）演化的公式进行计算。

$$D=D_0 \times B/R^2 \quad (\text{公式 11-12})$$

D—关注点空气比释动能率， μ Gy/h；

D_0 —据辐射源 1m 处的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

B—衰减因子；依据 GBZ130-2020 附录 C 计算（其中混凝土的铅当量可由 GBZ130-2020 中附表 C 查询）；

R—X 射线靶到计算点的距离。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）5.8.3“X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置”的要求，以及表 E.4 中“普通医用诊断 X 射线设备入射体表剂量率 50mGy/min”的要求，得距 X 射线源 0.2m 处的空气比释动能率最大值为 50mGy/min，即 3Gy/h。参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）6.1.2 相关内容“距离平方反比定律”得距 X 射线源 1m 处的空气比释动能率最大值为 0.12Gy/h，即 D_0 取 0.12Gy/h。关注点为 SPECT-CT 机房的墙体、门、窗外 30cm 处，顶棚外 30cm，辐射屏蔽防护预测结果见表 11-12。

表 11-12 SPECT-CT 机房 X 射线剂量率估算结果

场所	计算点位置	屏蔽材料及厚度	距离 (m)	衰减因子 B	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
SPECT-CT 机房	东、西侧墙体	5mmPb 防护材料	3.9	1.10E-05	0.087
	南、北侧墙体		3.0	1.10E-05	0.147
	观察窗	10mmPb 铅玻璃	3.0	1.41E-09	1.885E-05
	东、西侧防护门	5mmPb 铅门	3.9	1.10E-05	0.087
	顶棚	150mm 混凝土+4mmPb 防护材料	3.0	1.83E-06	0.024
	地板	150mm 混凝土+4mmPb 防护材料	2.8	1.83E-06	0.028

表 11-13 SPECT-CT 机房 X 射线与 γ 射线叠加剂量率估算结果

场所	计算点位置	X 射线剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	γ 射线剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	叠加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
SPECT-CT 机房	东、西侧墙体	0.087	1.474E-05	0.087
	南、北侧墙体	0.147	2.491E-05	0.147
	观察窗	1.885E-05	2.491E-10	1.885E-05
	东、西侧防护门	0.087	1.474E-05	0.087
	顶棚	0.024	2.021E-04	0.024
	地板	0.028	1.238E-05	0.028

(2) 年有效剂量估算

本报告对核医学科辐射工作人员及周边公众人员的年有效剂量按（公式 11-9）估算。

①照射剂量率 D_r 取值

照射剂量率均取值包括核医学科 SPECT 辐射工作人员和工作场所周边的公众人员，因此本报告主要分析 SPECT 辐射工作人员和公众人员照射剂量率 D_r 取值见表 11-14。

表 11-14 各辐射工作人员和公众人员照射剂量率 D_r 取值一览表

人员		取值位置	照射剂量率 D_r ($\mu\text{Sv/h}$)	
辐射工作人员	核医学科	SPECT 分装人员	通风橱正面	2.691E-12
		SPECT 注射人员	注射窗	2.242E-29
		SPECT 控制室操作人员	SPECT-CT 扫描间观察窗外(叠加 X 射线后)	0.087
		SPECT 摆位人员	SPECT-CT 机房工作人员摆位	7.09
公众人员		核医学科周边	SPECT-CT 机房南侧	0.147
		核医学科楼上	SPECT-CT 机房楼上	0.024
		核医学科楼下	SPECT-CT 机房楼下	0.028

②年照射时间 T 取值

核医学科 SPECT 辐射工作人员辐射工作时间保守按一年工作时间 250 天, 每天工作时间为 8h。按照最不利因素考虑, 药物分装、标记、注射都是由同 1 名辐射工作人员完成, 摆位和控制室操作由同 1 名辐射工作人员完成。SPECT 辐射工作人员工作时间按年最大诊疗人数 7500 人估算, 药物抽取、转运、注射及扫描时间见表 11-17。本项目各辐射工作人员工作时间取值见表 11-15。

表 11-15 各人员工作时间取值一览表

人员		取值来源	年工作时间 (h)
核医学科 SPECT 工作场所	SPECT 分装人员	每次分装, 约需 10min, 一般一天两次	83.33
	SPECT 注射人员	注射时间约 10s/人	20.83
	SPECT 控制室操作人员	检查时间 15min/人	1875
	SPECT 摆位人员	摆位时间约 30s/人	62.5
	四周及楼上、楼下公众人员	一年的工作时间取 250 天, 每天工作时间为 8h	2000

③居留因子 T 取值

核医学科辐射工作人员居留因子 T 均取 1, 核医学科辐射工作人员和其他紧邻区域的公众人员居留因子取值参考《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 中附录 A“不同场所的居留因子”, 详细取值见表 11-16。

表 11-16 其他人员居留因子取值一览表

人员		取值来源	居留因子 T
公众成员	通道、南侧通道	偶然居留	1/5
	SPECT-CT 注射后等候室、废物室、SPECT-CT 机房南侧等周边	北侧预留区域	1/4
	SPECT-CT 机房楼上	患者通道、检查室(肌电图、心电图等)等	1/2
	核医学科楼下	蒸汽间、去污区等	1/2

④人员年有效剂量

根据公式 11-9 计算出人员年有效剂量见表 11-17。

表 11-17 人员年有效剂量估算结果

人员		照射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	工作时间 (h/a)	居留因子	剂量估算 (mSv/a)
核医学科公众人员	SPECT 分装人员	2.691E-12	83.33	1	2.242E-13
	SPECT 注射人员	2.242E-29	20.83	1	4.670E-31
	SPECT 控制室操作人员	0.087	1875	1	0.163
	SPECT 摆位人员	7.09	62.5	1	0.443
公众人员	通道、南侧通道	0.147	2000	1/5	0.059
	SPECT-CT 注射后等候室、废物室等周边	0.147	2000	1/4	0.074
	核医学科楼上	0.024	2000	1/2	0.024
	核医学科楼下	0.028	2000	1/2	0.028

根据剂量估算结果，本项目核医学科辐射工作人员年有效剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 的要求，同时满足核医学科辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a 的要求。周边公众人员的年有效剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中规定的公众人员的剂量约束值 1mSv 的要求，同时满足公众人员的剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

（3）三废治理措施

（1）放射性固体废物

本项目放射性固体废物与非放射性废物严格分开收集，确保不扩大污染，避免交叉污染。放射性固体废物按标准要求进行分类，收集至各工作场所的铅防护废物桶内，一天工作结束或第二天开始工作再将铅防护废物桶内的固体废弃物存放到核医学科内对应的放射性废物暂存间的铅防护废物桶内，含 Tc-99m 半衰期小于 24 小时的核素的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；所有放射性废物均经过暂存之后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为一般医疗废物处理。

用来收集放射性固体废弃物的铅废物桶应贴上电离辐射警告标志，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天收集时间。固体放射性废物的存储和处理拟安排专人负责，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。放射性废物贮存场所拟安

装通风换气装置，入口处拟设置电离辐射警告标志，同时拟采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施，暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

(2) 放射性液体废物

本项目产生的放射性液体废物主要包括核医学科放射性同位素使用过程中患者排泄物、药物残液、医务人员洗手及工作台面等的清洁用水。

①放射性废水量计算

根据《综合医院建筑设计规范》(GB51039-2004) 6.2.2 的要求，门诊患者及医务人员每天用水量(洗手用水、淋浴用水、工作台面清洁等用水)可按“门、急诊患者”用水量(10~15L/人·次)进行取值，本项目核医学科产生的放射性废水(含 Tc-99m)为门诊患者，本报告取 15L/人·次。

放射性废水分析

核医学科累计日最大接诊人数为 30 人，日最大废水量为 30 人×15L/人·次=450L=0.45m³。放射性废水衰变间用于暂存衰变核医学科产生的放射性废水，包含 1 个多功能降解槽、4 个衰变池，均为槽式衰变池，每个衰变槽 6m³，按每天产生 0.45m³ 废水计算，则排满一个衰变池需 13.3 天(保守取 13 天)，即在 1#衰变池排满废水并封闭贮存后，废水先后排入 2#~4#衰变池，排满需 39 天，此时 1#衰变池已封闭贮存 39 天，大于放射性废水中所含核素半衰期小于 24 小时的，放射性废水应贮存衰变超过 30 天的要求，衰变池容积满足运行需求。

(3) 气载放射性废物

由污染源分析可知，核医学科拟安装专用通风橱(手套箱)，核素操作均在通风橱(手套箱)中进行，经专用排风管道由风机抽吸排出，手套箱排风速率不小于 0.5m/s。核医学工作场所保持良好的通风，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，防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

核医学科排风管道通过排风井直通向本建筑物屋脊，不与其他楼层连通，排气口拟高于本建筑物屋顶并安装活性炭过滤装置。室外排风口尽可能的远离附近建筑物，特别是排气口低于附近建筑物的，同时建设单位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。因此，项目场所产生的放射性废气经活性炭吸附处理

后对周围环境影响较小。

事故影响分析

(1) 直线加速器工作场所

可能发生的辐射事故：

①工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离，加速器运行可能产生误照射。

②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加速器治疗室，造成额外的照射。

③工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害。

④加速器控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射。

⑤加速器维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

采取的预防措施：

①直线加速器机房内拟安装视频监控系统，便于控制台前工作人员观察治疗室、迷路内病人及医护人员的情况；若发现又人员未撤离治疗室，通过对讲交流系统告知其离开。

②在每天治疗室开机运行前，工作人员会对安全联锁装置、报警系统进行检查，并做好相关检查台账工作。

③治疗前工作人员需经视频监控系统清空除患者以外其他人员，确保无关人员全部离开；同时治疗室人员可以通过各墙面及防护门处急停按钮，立即停机。

④治疗室人员可以通过各墙面及防护门处急停按钮，立即停机，减少辐射伤害。

(2) 核医学科

可能发生的辐射事故：

①人员误入正在进行照射的 SPECT-CT 机房，引起的对患者的意外照射。

②发生医疗事故，如弄错患者或其组织、用错药物、剂量或分次剂量与处方数量严重不符的。

③放射性药物丢失以及因盛装放射性药物的器皿破损而引起的污染事件或事故。

④受检者未在留观区滞留合适的时间，擅自从通道离开后，给附近公众或医务人员造成额外的照射。

⑤因辐射工作人员疏忽，在未穿戴辐射防护用品或穿戴防护服不当的情况下，进入

控制区内，造成额外的照射。

⑥因辐射工作人员疏忽，在未进行清洗或清洗不完全的情况下离开控制区后，造成额外的照射。

采取的预防措施：

①加强 SPECT-CT 机房门灯联锁、电离辐射警告标志等防护设施巡视检查，并及时维护，防止防护设施损坏造成的超剂量辐射事故。

②加强《操作规程》、《辐射人员岗位职责》等制度培训、监督检查和考核，杜绝违章操作和无证上岗，防止因违章操作造成的辐射事故。

③为加强放射性药品的管理，制定《放射性药品台账管理制度》和《放射性药品事故应急演练制度及应急预案》等制度，避免辐射事故的发生。

④病人通道进出门均为单向门，由前台护士控制通道门的开关，同时安装视频监控系统，定期检查维护门禁控制系统和视频监控系统。

⑤加强辐射工作人员安全意识的培训、监督、考核，做到实时监督，互相提醒，从而杜绝因未穿戴防护用品或穿戴不当而造成的额外照射。

⑥建立每日检测制度，有污染应立即采取去污措施，同时建立检测台账，检测台账实现双签制度，从而杜绝在未进行清洗或清洗不完全的情况下离开控制区后，造成额外的照射。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》（原国家环境保护总局环发<2006>145 号文件）等相关规定，发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。针对射线装置机房可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如表 11-18。

表 11-18 本项目采取预防措施

序号	辐射工作场所	可能产生的辐射事故	拟采取的预防措施
1	直线加速器机房	工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离，加速器运行可能产生误照射。	直线加速器机房内拟安装视频监控系统，便于控制台前工作人员观察治疗室、迷路内病人及医护人员的情况；若发现又人员未撤离治疗室，通过对讲交流系统告知其离开。
2		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加速器治疗室，造成额外的	在每天治疗室开机运行前，工作人员会对安全联锁装置、报警系统进行检查，并做好相关检查台账工作。

		照射。	
3		工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害。	治疗前工作人员需经视频监控系统清空除患者以外其他人员，确保无关人员全部离开；同时治疗室人员可以通过各墙面及防护门处急停按钮，立即停机。
4		加速器控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射。	治疗室人员可以通过各墙面及防护门处急停按钮，立即停机，减少辐射伤害
5		加速器维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。	
6	核医学科	人员误入正在进行照射的SPECT-CT 机房，引起的对患者的意外照射	加强 SPECT-CT 机房门灯联锁、电离辐射警告标志等防护设施巡视检查，并及时维护，防止防护设施损坏造成的超剂量辐射事故
7		发生医疗事故，如弄错患者或其组织、用错药物、剂量或分次剂量与处方数量严重不符的	加强《操作规程》、《辐射人员岗位职责》等制度培训、监督检查和考核，杜绝违章操作和无证上岗，防止因违章操作造成的辐射事故
8		放射性药物丢失以及因盛装放射性药物的器皿破损而引起的污染事件或事故	为加强放射性药品的管理，制定《放射性药品台账管理制度》和《放射性药品事故应急演练制度及应急预案》等制度，避免辐射事故的发生
9		受检者未在留观区滞留合适的时间，擅自从通道离开后，给附近公众或医务人员造成额外的照射	病人通道进出门均为单向门，由前台护士控制通道门的开关，同时安装视频监控系统，定期检查维护门禁控制系统和视频监控系统
10		因辐射工作人员疏忽，在未穿戴辐射防护用品或穿戴防护服不当的情况下，进入控制区内，造成额外的照射	加强辐射工作人员安全意识的培训、监督、考核，做到实时监督，互相提醒，从而杜绝因未穿戴防护用品或穿戴不当而造成的额外照射
11		因辐射工作人员疏忽，在未进行清洗或清洗不完全的情况下离开控制区后，造成额外的照射	建立每日检测制度，有污染应立即采取去污措施，同时建立检测台账，检测台账实现双签制度，从而杜绝在未进行清洗或清洗不完全的情况下离开控制区后，造成额外的照射

退役期环境影响分析

(1) 射线装置使用场所

本项目使用的射线装置为医用 II 类射线装置，根据其工作原理可知，只要在通电时才产生 X 射线，不通电情况下无辐射影响，因此，在射线装置达到使用寿命后，由专业机构或人员或者生产厂家对 X 射线球管进行拆除并按相关要求进行销毁，射线装置办理注销手续即可，不会对环境造成辐射污染。同时根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》相关要求，本项目射线装置不属于需要办理退役环境影响评价工作的射线装置。

(2) 非密封放射性物质工作场所

本项目非密封放射性物质工作场所等级为乙级，本项目核医学科在后续改造为其他非辐射场所或不在使用实施退役时，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》相关要求，本项目非密封放射性物质工作场所需要办理退役环境影响评价工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1.辐射安全与环境保护管理机构

南安市医院成立了以分管院长为组长的辐射安全与环境保护管理领导小组，辐射安全与环境保护管理领导小组专职负责辐射安全与环境保护管理工作，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局令第 31 号）中规定的：“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。”

领导小组职责：

- (1) 辐射安全许可证的申请、颁发、续发、换发、变更内容。
- (2) 与射线装置设备的引入和场地的新建、改建、扩建均先上报各行政主管部门，取得相应级别行政许可后，方可购入或施工。
- (3) 组织辐射工作人员参加辐射防护相关培训及考核。
- (4) 组织辐射工作人员开展个人剂量检测和职业健康检查，建立人员职业健康档案。
- (5) 定期组织对辐射工作场所进行日常监测，同时按要求每年委托有资质单位对辐射工作场所开展年度监测，并取得相应的监测报告。
- (6) 领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障，并向当地生态环境、卫生健康、公安等主管部门报告。
- (7) 负责单位辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理，每年 12 月 31 日前对单位辐射工作场所进行年度评估，并编制年度评估报告，上交管理部门备案。

2.辐射工作人员配置

本项目拟配备 14 名辐射工作人员（均为新招人员），待人员到位后组织参加核技术利用辐射安全与防护考核，在辐射工作人员考核通过后，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

辐射安全管理规章制度

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局令第 31 号）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）相关规定南安市医院制定了《岗位职责》、

《辐射防护和安全管理制制度》、《辐射工作人员培训制度》、《监测计划》、《职业健康管理规定》等辐射安全管理制度，相关制度见表 12-1。

表 12-1 南安市医院管理制度建立情况

序号	医院已建立的管理制度	是否本次修订	内容	原有制度执行情况
1	辐射防护和安全管理制制度	本次修订	医院制定了《辐射安全和防护管理制度》对医院辐射工作人员职责、工作程序和个人防护做出要求	已建立并已按要求执行
2	辐射事故应急预案	本次修订	医院制定了《辐射事故应急预案》，规定了发生辐射事故时医院相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小	已建立，截止本报告编制时，医院未发生辐射事故，未严格按照要求开展应急演练
3	岗位职责	本次修订	医院制定的《岗位职责》明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任	已建立并已按要求执行
4	监测计划	本次修订	医院制定的《监测计划》中规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对监测结果存档保留	已建立并已按要求执行
5	培训考核计划	本次修订	医院制定的《辐射工作人员培训制度》中规定了辐射工作人员必须参加辐射安全与防护考核，直到考核通过，做到持证上岗，并对内部培训做了要求	已建立并已按要求执行
6	操作规程	本次修订	医院制定的《操作规程》中规定了辐射工作人员操作射线装置的详细流程，能减少辐射事故的发生	已建立并已按要求执行
7	设备检修维护制度	/	医院制定的《设备管理、保养制度》中提出了对机房安全防护设备和射线装置的定期检修和维护要求，能防止因设备损坏造成辐射事故	已建立并已按要求执行
8	职业健康监护制度	/	医院制定的《放射工作人员个人剂量监测管理制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射工作人员职业健康档案管理制度》中提出对辐射工作人员个人剂量监测和体检的要求，并要求辐射工作人员档案终身保存	已建立并已按要求执行
9	辐射工作人员个人剂量档案制度	/		已建立并已按要求执行

医院应严格执行辐射安全管理规章制度，并根据医院的发展，及时对辐射安全管理规章制度进行补充完善，在此基础上医院的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国

环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

辐射监测

(1) 环境监测

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中的相关规定，项目正常运行后，建设单位应该对辐射工作场所周围的环境进行背景监测，不具备自行监测能力的，可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。

具体监测方案如下：

①监测内容：对该建设单位辐射工作场所四周环境进行辐射水平背景监测。

②监测频度：项目正常运行后进行监测，以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围：主要对辐射工作场所周围的环境进行监测，重点对辐射工作场所周围的人员流动较多的地方进行监测。

④监测项目：X- γ 辐射空气吸收剂量率、 α - β 表面沾污水平。

(2) 场所辐射防护监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本，生态环境部部令第 20 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号）中的相关要求，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，可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便了解和监护防护设施的运行情况，为主管部门下一步辐射防护决策提供科学技术依据。

具体监测方案如下：

①检测内容：对该建设单位辐射工作场所四周环境进行常规监测。监测数据每年年底向审批部门上报备案。

②监测频度：在项目建成运行后应进行项目的验收监测，以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围：主要对辐射工作场所及周围进行监测，重点对机房周围、防护门及缝

隙处、控制室、操作台等处进行监测。

④监测项目：X-γ辐射空气吸收剂量率、α-β表面沾污水平。

(3) 个人剂量监测

建设单位应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，为辐射工作人员配备个人剂量计，并进行个人剂量监测（三个月/次）和职业健康体检（2年/次），建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为辐射工作人员长期保存职业照射记录。建设单位应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计。

表 12-2 本项目辐射监测计划

监测对象	监测点位	监测方案	监测项目	日常监测频率	年度监测频率
核医学科	SPECT-CT 机房、控制室、分装注射室等控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面	实测	X-γ辐射空气吸收剂量率	不少于 1 次/月	每年 1 次
	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	实测	表面污染	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时监测）	每年 1 次
直线加速器机房	机房四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注点	实测	X-γ辐射周围剂量当量率	不超过 90 天 1 次	每年 1 次
CT 模拟定位机等	机房四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注点	实测	X-γ辐射周围剂量当量率	每季度 1 次	每年 1 次
外环境	辐射工作场所周围的环境，人员流动较多的地方	实测	X-γ辐射周围剂量当量率	每半年 1 次	每年 1 次
辐射工作人员	个人剂量计	实测	累积剂量	常规监测周期一般为一个月至三个月，也可视具体情况延长或缩短，但最长不应超过六个月	

辐射事故应急

辐射事件应急处理机构与职责

(一) 该院成立了辐射事故应急处理领导小组，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作；

(二) 应急处理领导小组职责：

1、定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至中心领导层并落实整改措施；

- 2、事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；
- 3、负责向医院及时报告事故情况；
- 4、负责辐射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；
- 5、辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量。
- 6、负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划

(1) 该院制定的辐射事故应急预案如下：

①发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；应当立即撤离有关工作人员，封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节。并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

②依据应急预案，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护监测人员的允许不得进入事故区；

④各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。并编写事故发生的基本情况，原因分析及处理结果的书面报告报环保部门，凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

(2) 应急人员的培训演习计划

①应急培训

(I) 医院辐射工作人员上岗前应参加核技术利用辐射安全考核并通过。

(II) 医院将积极开展辐射安全防护知识的内部学习，提高辐射工作人员的防护意识，避免辐射事故的发生。同时将定期邀请环境主管部门的专家讲课，主要包括辐射安全的基础知识、核技术应用项目的防护安全、辐射事故与事故应急等内容。

① 应急演练

(I) 辐射安全防护领导小组根据需要，每年至少组织一次辐射事故应急演练，辐射事故演练分为专业性演练和综合性演练，专业性演练由辐射事故应急小组的成员参加，综合性演练除了辐射事故应急小组外，医院其他部门的相关成员也应参加。

(II) 演练过程中应注重人员救助、物资援助的演练。同时应急演练前建设单位应制定相应的方案和程序，演练完成后对演练情况作出总结，发现问题及时整改。

(3) 原有核技术利用项目辐射事故应急演练情况

截止本次报告编制完成时，医院原有核技术利用项目均为发生辐射事故，辐射工作场所辐射防护措施无异常，辐射工作场所辐射环境监测结果均无异常。

根据现场调查，医院原有核技术利用项目辐射工作种类和范围为使用 III 类射线装置，医院已按要求制定辐射事故应急预案，根据现场调查和医院提供信息及资料，该院未按照相关要求开展辐射事故应急演练，医院应严格按照要求制定应急演练计划，并定期开展辐射事故应急演练。

表 13 结论与建议

结论

1.项目工程概况结论

南安市医院位于南安市医院位于南安市溪美街道新华街 330 号，南安市医院拟在位于南安市柳城街道江北大道与环园西路、学府路交界处的新院区（一期）拟在新院区（一期）医技楼（北部）一楼建设核医学科，使用核素 Tc-99m，开展 SPECT 显像诊断工作；拟在医技楼负一楼建设放疗科，建设一间医用直线加速器机房及其配套用房，使用 1 台医用直线加速器，医用直线加速器用于放射治疗。

本项目辐射工作的种类和范围为使用 II 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

2.选址合理性分析结论

本项目辐射工作场所位于新院区（一期）医技楼一楼及三楼，医技楼位于主楼西部，医技楼东侧为门急诊楼院区广场（空地）、及院内道路等，医技楼南侧院内道路、院区广场（空地）及江北大道等；医技楼西侧为住院楼 A 和住院楼 B（距医技楼约 20m）等，医技楼北侧为二期工程预留地等。

本项目在辐射工作场所屏蔽防护有效的条件下，不会对外环境人员造成辐射影响，项目用地主要为医院内部的医疗用地，符合项目用地的规划要求，故项目选址可行。

3.辐射安全与防护分析结论

（1）项目安全设施

本项目辐射工作场所设有相应的辐射安全和防护措施，辐射工作场所设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目辐射工作场所采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽射线装置产生的 X 射线及 γ 射线，对辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

（2）三废的治理

直线加速器工作场所

（a）放射性废物

本项目直线加速器运行过程中产生的放射性固体废物为直线加速器在使用一定年

限（一般约 4~5 年）或退役时产生的加速器废靶。医院在采取“医院产生的废靶拆除后由生产厂家回收处置，在拆除前与厂家联系，确定厂家回收日期，在厂家到达后再进行拆除，医院不进行暂存”对环境影响较小。

（b）臭氧及氮氧化物

直线加速器机房内拟设置一个送风口和两个排风口，新风口位于机房上方吊顶处，排风口设置于底部，新风口和排风口成对角设置，确保室内空气充分交换。新风口及排风口管道均拟从机房防护门顶部引出机房，排风管道经排风井引至屋顶排放。排气口位置未设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。根据满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“通风换气次数应不少于 4 次/h”的要求，直线加速器机房的新风量及排风量的设计值应大于 2500m³/h。在各机房内排气装置正常运行的情况下，臭氧及氮氧化物气体通过通风设施排至室外，很快被空气对流、扩散作用稀释，对大气环境影响较小。

核医学科工作场所

（a）放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要包括放射性同位素使用过程中产生的一次性手套、污染的针头、注射器、棉棒、破碎的玻璃器皿、病人使用过的一次性水杯。

本项目在采取“放射性废物与非放射性废物严格分开收集，确保不扩大污染，避免交叉污染。放射性固体废物按标准要求进行分类，收集至各工作场所的铅防护废物桶内，一天工作结束或第二天开始工作再将铅防护废物桶内的固体废弃物存放到核医学科内废物暂存间的铅防护废物桶内，含 Tc-99m 半衰期小于 24 小时的核素的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；所有放射性废物均经过暂存之后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm²、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm² 的，可对废物清洁解控并作为一般医疗废物处理等的治理措施后，对周围的环境影响较小。

（b）放射性液体废物

本项目产生的放射性液体废物主要包括核医学科放射性同位素使用过程中患者排泄物、药物残液、医务人员洗手及工作台面等的清洁用水。

医院计划在核医学科西南侧绿化带下方建设 1 间放射性废水衰变间，放射性废水衰变间包含 1 个多功能降解槽、4 个衰变池，均为槽式衰变池。放射性废液经专用排污管道进入到衰变池。根据计算可知，衰变池容积满足运行需求。核医学科工作场所产生的

放射性废水所含核 Tc-99m 为半衰期小于 24 小时的核素放射性废水应贮存衰变超过 30 天后，排入院内污水处理站内处理，最终统一排放至城市污水管网。对周边环境的影响较小。

(c) 气载放射性废物

核医学科拟安装专用通风橱（手套箱），核素操作均在手套箱中进行，经专用排风管道由风机抽吸排出，手套箱排风速率不小于 0.5m/s。

核医学科排风管道通过排风井直通向本建筑物屋脊，不与其他楼层连通，排气口拟高于本建筑物屋顶并安装活性炭过滤装置。室外排风口尽可能的远离附近建筑物，特别是排气口低于附近建筑物的，同时建设单位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。本项目场所产生的放射性废气经活性炭吸附处理后对周围环境影响较小。

4.环境影响分析结论

(1) 建设阶段对环境的影响

本项目应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，避免因本项目建设影响院内正常医疗活动及工作人员办公。由于本项目工程量小，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

(2) 运行阶段对环境的影响

根据对各辐射工作场所的屏蔽计算结果及剂量估算可知，在严格执行和落实本报告的所提方案后，本项目辐射工作人员年附加有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员的年有效剂量限值 1mSv 的要求。同时满足辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a 和公众人员剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

5.可行性分析结论

(1) 实践正当性分析

项目投入使用为疾病诊断及治疗提供依据和手段，符合辐射防护“实践的正当性”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。同时，按照中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调

整指导目录（2024 年本）》鼓励类中第六类核能中的第 4 点“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业政策。

（2）代价利益分析

本项目建成后，有利于南安市及其周边地区医疗卫生服务水平，提高人民生活水平。该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益和社会效益。

6. 总结论

综上所述，建设单位具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，南安市医院新院区（一期）1 台医用直线加速器及核医学科项目是可行的。

建议

（1）完善辐射工作人员职业健康监护档案，医院应严格按照要求制定应急演练计划，并定期开展辐射事故应急演练。

（2）建设单位应在建设项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期，并在调试期间应开展验收监测；验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 “三同时”验收一览表

类别	验收内容		验收要求
核医学科 防护设施	屏蔽区域墙体、 门窗及顶棚	按设计要求建造	由有专业设计资质的单位出具施工图纸； X-γ辐射空气吸收剂量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ； 表面污染水平：控制区工作台面、设备、墙壁、 地面表面污染控制水平 $\leq 40\text{Bq/cm}^2$ ，监督区表 面污染控制水平 $\leq 4\text{Bq/cm}^2$ 。 工作服、手套、工作鞋 $\leq 4\text{Bq/cm}^2$ 。 手、皮肤、内衣、工作袜 $\leq 0.4\text{Bq/cm}^2$
	手套箱	SPECT：50mmPb	
	注射窗	SPECT 注射 1 个：20mmPb	
	铅废物桶	Tc-99m 使用废物桶：10mmPb	
	注射器转运盒	屏蔽：10mmPb	
	注射器屏蔽套	3mL 或 5mL 4 个：10mmPb	
	衰变池	拟建一套衰变系统。每个衰变池的容积按设计进行建造	由有专业设计资质的单位出具施工图纸； 顶部 X-γ辐射空气吸收剂量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ； 能满足废水贮存要求：贮存 30 天排放
	通风系统	SPECT 分装注射室拟设置 1 个专用铅防护手套箱，设置独立管道排风，通风装置风速不小于 0.5m/s，用于分装放射性药物。核医学科各场所拟设置有独立的送风与排风系统。	核医学科排风管道通过排风井直通向本建筑物屋脊，不与其他楼层连通，排气口拟高于本建筑物屋顶并安装活性炭过滤装置。室外排风口尽可能的远离附近建筑物，特别是排气口低于附近建筑物的，同时建设单位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
	工作状态指示灯	在有射线装置的机房门口设置工作状态指示灯	按要求配备辐射防护设施并正常运行；留存防护设施运行照片
门灯联动	在有射线装置的机房门口处安装门灯联动装置		
直线加速 器机房	机房防护	按设计要求建造	四周屏蔽墙体及顶棚均采用密度不低于 2.35g/cm^3 的混凝土一次浇筑
	门机连锁装置	设置门-机连锁装置，防护门具有手动装置	按要求配备辐射防护设施并正常运行
	室内开启治疗机 房门的开关	治疗机房内入口处安装从室内开启治疗机房门的开关	
	防挤压功能	防护门处安装防挤压功能的装置	
	急停按钮	在放疗设备控制台、治疗室入口处、设备外壳上及治疗室四周墙壁上分别 安装急停按钮	

类别	验收内容		验收要求
	监视装置	放疗科出入口设置摄像头监控、设置监视和对讲设备	
	报警装置	各个放疗机房均在迷道出、入口配备固定式剂量监测报警装置 1 套，放疗科共配置个人剂量报警仪 6 个	
	电离辐射警告标志	门外设置工作指示灯及电离辐射警告标志	
	通排风	机房内设置通风装置，排风换气次数不低于 4 次/h	
监测	个人剂量计、个人剂量报警仪、辐射环境监测仪、放射性活度计、表面沾污仪	为所有辐射工作人员配备个人剂量计并正常开展监测；配备 X-γ辐射环境监测仪、个人剂量报警仪、放射性活度计、表面沾污仪等并按计划开展场所和人员剂量监测	个人剂量监测每年不少于 4 次，场所日常监测每周 1 次，场所年度监测 1 年 1 次；有检测记录和检测报告原件存档；剂量约束值（辐射工作人员：5mSv/a，公众年有效剂量：0.1mSv/a）
管理制度	辐射安全管理机构	成立辐射安全领导小组并明确职责	根据建设单位实际情况制定并完善规章制度；按制度执行到位
	辐射事故应急预案	制定辐射事故应急预案	
	辐射安全与防护培训	全部辐射工作人员均需通过辐射安全和防护专业知识考核	
	职业健康体检管理	全部辐射工作人员均需进行职业健康体检，每 2 年 1 次	
	监测制度	制定《辐射环境监测计划》并严格执行	
	年度评估报告制度	每年 1 月 31 日前提交辐射安全年度评估报告	
	操作规程、岗位职责、检修维护制度	制定完善的操作规程、岗位职责、检修维护制度等	
	放射性“三废”处理	制定放射性“三废”处理台账	
	放射性同位素使用登记制度	制定放射性同位素使用登记制度，并登记相关药物生产、购买、使用等台账	