

核技术利用建设项目

莆田市第一医院核医学科项目 环境影响报告表

(公开版)

仅限于环评信息公开使用

莆田市第一医院

二〇二三年六月

表 1 项目基本情况

项目名称	莆田市第一医院核医学科项目				
建设单位	莆田市第一医院				
法人代表	许*扬	联系人	阮*林	联系电话	138****8802
注册地址	莆田市城厢区龙德井				
项目建设地点	福建省莆田市城厢区南门西路 449 号 13 号楼				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	**	环保投资（万元）	**	投资比例	**%
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 ）	/
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 type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
其他	/				
<p>1.1 建设单位情况</p> <p>莆田市第一医院创建于 1959 年，2010 年晋级为三级甲等综合医院，为国家全科医生规范化培养基地、国家住院医师规范化培训基地，是一所集医疗、教学、科研、急救、预防、康复、保健为一体的现代化综合医院。近年来，医院先后荣获全国综合医院中医药工作示范单位、全国创建“平安医院”活动表现突出集体、福建省抗击新冠肺炎疫情先进集体等荣誉称号。</p> <p>医院现有编制床位 1200 张，开放床位 1495 张，年门诊服务约 140 万人次，出院约 7 万人次，手术约 3 万人次。干部职工 2190 人，其中高级职称 450 人，博士、硕士 284 人，专兼职教授、副教授 50 人，硕士研究生导师 18 人。现有临床科室 54 个，医技科室 20 个，其中胸心外科、骨科（关节与运动医学科）、病理科、急诊科为省级临床重点专科，胃肠外科专业、介入血管外科、关节与运动医学科、肿瘤科、老年病专业、妇科专业、中医肛肠科、中医科（肝病专业）、胸外科等 9 个专科为市级临床重点专科。</p>					

1.2 建设内容与项目由来

1.2.1 建设内容

莆田市第一医院原有核医学科位于 8 号楼一层，主要开展核医学科显像诊断和治疗服务，使用 Tc-99m、F-18、I-131、Sr-89、Sm-153 和 I-125 核素，合计日等效最大操作量 $1.9721\text{E}+9\text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所。该场所于 2009 年 8 月 21 日取得原福建省环境保护厅环评批复文件（详见附件 3），并于 2016 年 4 月 27 日通过原福建省环境保护厅竣工环境保护验收（详见附件 4）。因医院升级改造及内部功能区划调整，该场所已于 2020 年 9 月停止使用并办理了退役手续。

为了满足广大患者的就医需求，保障病人健康，以及医院发展需要，建设单位拟重新开展核医学科诊疗服务，并将 13 号楼一层（现状为杂物间）改建为核医学科工作场所及相应功能用房。13 号楼为医院北侧一栋 5 层建筑（局部地下一层，地上四层），本次项目利用 13 号楼一层原有的房间区域，结合 13 号楼北侧走道区域，在原有结构基础上建设本项目核医学科工作场所、其他工作用房以及槽式放射性废液衰变池，并对内部进行建设、改造、装修以及设备安装，设置防护门、观察窗和动力通风装置等防护措施。

本项目核医学科诊疗服务主要分为 2 部分：SPECT/CT 显像诊断和放射性药物门诊治疗，评价项目的具体内容如下：

（1）SPECT/CT 显像诊断

建设单位拟使用 1 台 SPECT/CT 机，为 III 类射线装置，使用放射性核素 Tc-99m 进行 SPECT/CT 显像检查，患者单次注射 Tc-99m 最大为 25mCi ，每天最大患者数量为 20 人。

（2）放射性药物门诊治疗

①拟使用放射性核素 Sr-89 开展转移性骨肿瘤治疗，患者单次注射 Sr-89 最大为 4mCi ，每天最大患者数量为 5 人；

②拟使用放射性核素 I-131 开展核素甲亢治疗，患者单次服药 I-131 最大为 10mCi ，每天最大患者数量为 5 人；

③拟使用放射性核素 I-131 开展甲状腺功能检查（简称：甲功检查），患者单次服药 I-131 最大为 $10\mu\text{Ci}$ ，每天最大患者数量为 10 人；

④拟使用放射性核素 P-32 用于敷贴治疗，患者单次使用 P-32 最大为 10mCi ，每天最大患者数量为 3 人。

本项目非密封放射性物质情况见表 1-1，射线装置情况见表 1-2，辐射工作场所用途情况见表 1-3。

表 1-1 项目非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)		年最大用量 (Bq)	使用场所	用途
1	^{99m} Tc	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	合计： 3.7222×10 ⁸ (乙级)	4.625×10 ¹¹	13 号楼一层 核医学科	显像诊断
2	⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁷		1.85×10 ¹¹		骨肿瘤治疗
3	¹³¹ I	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁸		4.625×10 ¹¹		甲亢治疗
4	¹³¹ I	3.7×10 ⁶	3.7×10 ⁵		9.25×10 ⁸		甲功检查
5	³² P	1.11×10 ⁹	1.11×10 ⁸		2.775×10 ¹¹		敷贴治疗

表 1-2 项目射线装置情况一览表

序号	设备名称	数量 (台)	型号	类别	设备参数	设备位置	应用目的
1	SPECT/CT 机	1	待定	III 类	管电压：≤140kV 管电流：≤800mA	13 号楼一层核医学科 SPECT/CT 机房	显像诊断

表 1-3 项目辐射工作场所用途一览表

房间名称	用途	涉及的放射性核素
分装间	放射性核素的暂存及分装用房	Tc-99m、Sr-89、I-131、P-32
ECT 给药室	Tc-99m 核素注射用房	Tc-99m
门诊治疗给药室	放射性核素服药和注射用房	I-131、Sr-89
留观室	注射 Tc-99m 患者留观用房	Tc-99m
抢救室 (运动室)	①注射 Tc-99m 患者身体不适情况不抢救用房； ②注射 Tc-99m 药物患者心脏扫描前，需进入运动负荷室满足相应运动负荷要求的用房。	Tc-99m
药后观察室	注射 Tc-99m 患者药后观察用房	Tc-99m
SPECT/CT 机房	注射 Tc-99m 患者显像扫描用房	Tc-99m
甲功室	甲状腺功能检查用房	I-131
敷贴室	敷贴治疗用房	P-32
废物间	放射性固体废物暂存用房	Tc-99m、Sr-89、I-131、P-32

1.2.2 项目由来

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 非密封源工作场所的分级规定，本评价项目为乙级非密封放射性工作场所。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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(修订本)(国务院令 653 号)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定，生态环境部部令第 20 号)、《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版，生态环境部部令第 16 号)等国家环境管理相关法律法规的规定，莆田市第一医院核医学科项目应进行环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。

莆田市第一医院于 2023 年 1 月正式委托江西省地质局实验测试大队进行本项目环境影响评价(委托书详见附件 1)。江西省地质局实验测试大队则立即组织人员进行现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了本项目的环境影响报告表。

1.3 项目地理位置及周边环境

本项目位于福建省莆田市城厢区南门西路 449 号莆田市第一医院 13 号楼,地理坐标为:北纬 25°25'47.28",东经 119°0'20.71"。13 号楼为医院北侧一栋 5 层建筑(局部地下一层,地上四层),13 号楼东侧高压氧舱和工地临时板房,南侧为 5 号楼和 10 号楼,西侧为 11 号楼,北侧为龙德井壹号小区。

本项目核医学科拟设置于 13 号楼一层,核医学科四周及楼上楼下无产科、儿科、食堂等毗邻。核医学科内西北侧为 SPECT/CT 机房、留观室、废物间、污洗室、药后观察室、抢救室(运动室);东北侧为 SPECT/CT 控制室、更衣沐浴室、值班室、医生办公室;东南侧为示教室、值班室;西南侧为缓冲区 1、敷贴室、敷贴室控制室、甲功室、ECT 给药室、门诊治疗给药室、分装间、储源间。四周相邻的工作场所周围环境详见下表 1-4。

表 1-4 项目周围场所一览表

位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
SPECT/CT 机房	控制室	留观室、药后观察室、抢救室(运动室)	走道	外部走道	无人平台	土层
缓冲区 2	SPECT/CT 机房	留观室	外部走道	外部走道	无人平台	土层
留观室	药后观察室	废物间、污洗室	仓库	SPECT/CT 机房、走道	杂物间 1	土层
废物间	污洗室	缓冲区 1	仓库	留观室	杂物间 1	土层
药后观察室	抢救室(运动室)	缓冲区 1、走道	留观室、污洗室	SPECT/CT 机房	杂物间 2	土层
抢救室(运动室)	医生办公室	走道	药后观察室	SPECT/CT 机房	杂物间 3	土层
ECT 给药室	卫生通过间	分装间	门诊治疗给药室	走道	杂物间 8	土层
分装间	卫生通过间、储源间	外部走道	门诊治疗给药室	ECT 给药室	杂物间 8	土层
门诊治疗给药室	ECT 给药室、分装间	外部走道	甲功室	走道	杂物间 7	土层
甲功室	门诊治疗给药室	外部走道	敷贴室、控制室	缓冲区 1	杂物间 7	土层
敷贴室	甲功室	控制室	预约室	缓冲区 1	杂物间 6	土层
衰变池	土层	土层	土层	土层	隔离带	土层

本项目地理位置见图 1-1,莆田市第一医院总平面布置图见图 1-2,本项目外环境关系图见图 1-3,13 号楼一层平面布置图见图 1-4,13 号楼二层平面布置图见图 1-5,本项目区域现状照片见图 1-6。

1.4 可行性分析

(1) 选址合理性分析

本项目核医学科设置于 13 号楼一层，位置相对独立，充分考虑周围场所的安全，不毗邻产科、儿科、食堂等部门，与周边非放射性工作场所不交叉，尽可能做到相对独立布置和集中设置，有单独出、入口，出口不设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。本项目辐射工作场所四周人员停留较少，项目 50m 评价范围内，除北侧龙德井壹号小区，其余部分均位于医院内，经防护设施、距离以及楼内隔室墙体衰减后，对周围环境影响不大。综上所述，项目选址考虑了周边及楼上情况，避开人群聚集区，按照设计的防护措施，运行时对周围环境辐射影响小。因此项目选址是合理的。

(2) 产业政策相符性分析

对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）、《市场准入负面清单（2022 年版）》，本项目属于“鼓励类一六、核能—6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”，同时属于“鼓励类一十三、医药—5、新型医用诊断设备和试剂……”，属于国家鼓励类产业，未列入负面清单，本项目符合国家产业政策。

(3) 实践正当性分析

核医学科学技术已十分成熟，在医疗保障领域起了十分重要的作用并在医学诊断方面有着其他技术无法替代的作用，有效地保障了民众健康。本项目核医学科的配置，提高医院整体医疗水平，为当地病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益。本项目核医学科整体布局较为合理，各工作场所均按相关要求进行了设计，防护措施满足标准要求。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”原则。

1.5 评价目的

(1) 对本项目核技术利用场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

(2) 通过环境影响评价，预测本项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

(3) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求和减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

(4) 提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设

项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.6 环保投资

项目总投资为**万元，其中环保投资为**万元，占总投资的**%。环保投资情况见表1-5。

表 1-5 环保投资情况一览表

项目		环保投资金额（万元）	
核医学科	核医学科墙体混凝土、硫酸钡防护涂料、铅门、铅玻璃等辐射屏蔽材料。	**	合计：**
	核医学科通风排风设施、放射性废水处理设施、放射性固体废物处理设施。	**	
	铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、辐射剂量率仪、表面污染仪和个人剂量报警仪等个人防护用品和监测仪器。	**	
	监控装置、对讲装置、门禁系统、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、规章制度上墙。	**	
	安排工作人员进行职业病健康体检、个人剂量监测。	**	
	环境影响评价、竣工环境保护验收和年度监测费用等。	**	

1.7 原有核技术利用项目许可情况

（一）许可情况

医院已取得了辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证【00131】，许可的种类和范围为“使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所”。

（二）环保手续履行情况

医院核技术应用项目许可情况见表 1-6~表 1-7。

表 1-6 医院已许可非密封放射性物质一览表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	环评情况	验收情况	备注
1	8号大楼一层核医学科	乙级	Tc-99m	3.7×10^8	9.25×10^{12}	2009.8.31 ^{a)}	闽环辐验[2016]3号	已退役
2		乙级	F-18	3.7×10^8	9.25×10^{12}			
3		乙级	I-131	1.11×10^9	1.15×10^{12}			
4		乙级	Sr-89	1.48×10^7	1.78×10^{10}			
5		乙级	Sm-153	1.85×10^7	4.6×10^{10}			
6		乙级	I-125(粒子源)	8.88×10^7	8.88×10^{11}			

注：a) 原福建省环保局审批项目批文无文号。

表 1-7 医院已许可射线装置一览表

序号	设备名称	类别	位置	环评情况	验收情况	备注
1	直线加速器	II	11 号大楼一层放疗科	闽环辐评 [2015] 23 号	闽环辐 验[2016] 3 号	正常使用
2	DSA	II	10 号大楼一层介入室 1	闽环辐评 [2020] 23 号	已验收	正常使用
3	DSA	II	10 号大楼一层介入室 2			正常使用
4	X 线模拟定位机	III	11 号大楼一层放疗科	已环评	/	正常使用
5	口腔全景机	III	2 号大楼一层口腔科全景室			正常使用
6	牙片机	III	2 号大楼一层口腔科牙片室			正常使用
7	CT	III	3 号大楼一层医学影像科 CT2 室			正常使用
8	CT	III	5 号大楼一层医学影像科 CT1 室			正常使用
9	乳腺钼靶 X 光机	III	3 号大楼一层医学影像科乳 腺钼靶室			正常使用
10	数字化胃肠机	III	3 号大楼一层医学影像科 透视室			正常使用
11	碎石机	III	5 号大楼一层碎石机室			正常使用
12	SPECT-CT	III	8 号大楼一层核医学科			暂停使用
13	DR	III	3 号大楼一层医学影像科 摄片室 1			正常使用
14	DR	III	3 号大楼一层医学影像科 摄片室 2			正常使用
15	数字平板胃肠机	III	3 号大楼一层医学影像科 胃肠机室			正常使用
16	移动式 X 光机	III	11 号大楼一层发热门诊			正常使用

(三) 辐射安全管理

莆田市第一医院现有辐射工作场所的辐射防护设施运行工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

(1) 医院已成立放射诊疗安全与防护管理领导小组全面负责医院辐射安全及应急管理工作。医院已制订《放射防护检测与评价制度》、《放射防护安全管理规定》、《放射防护和安全保卫制度》、《个人防护用品使用与管理制度》、《放射工作人员个人剂量管理》、《职业健康检查与档案管理制度》、《从事放射行业人员培训计划》、《设备检修维护制度》、《辐射监测计划》、《放射诊疗设备操作规程》、《放疗科规章制度》和《核医学科规章制度》等规章制度，并要求工作人员严格按规章制度要求执行。

(2) 医院每年委托有资质的单位对医院辐射工作场所进行监测，监测结果表明，医院各辐射工作场所周围剂量当量率均符合相关标准要求。

(3) 医院辐射工作场所均设置有电离辐射警示标识、工作指示灯和门灯连锁装置。

(4) 医院于每年1月31日前提交上一年度年度评估报告，2022年年度评估报告已上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”进行备案。

(5) 医院辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况：

①辐射工作人员培训：医院现有辐射工作人员均已参加国家核技术利用辐射安全与防护知识培训或医院内部自主培训，并取得辐射安全与防护考核合格证书。

②医院所有工作人员均配有个人剂量计，接受剂量监测，建立个人剂量监测档案并存档，根据医院个人剂量监测报告（监测周期：2021年7月1号至2022年6月30日），医院辐射工作人员年有效剂量均低于5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准要求。

③医院辐射工作人员均已参加职业健康体检，建立健康体检档案。

仅限于环评信息公开使用



图 1-1 项目地理位置图

莆田市第一医院总平面图



图1-2 莆田市第一医院总平面布置图

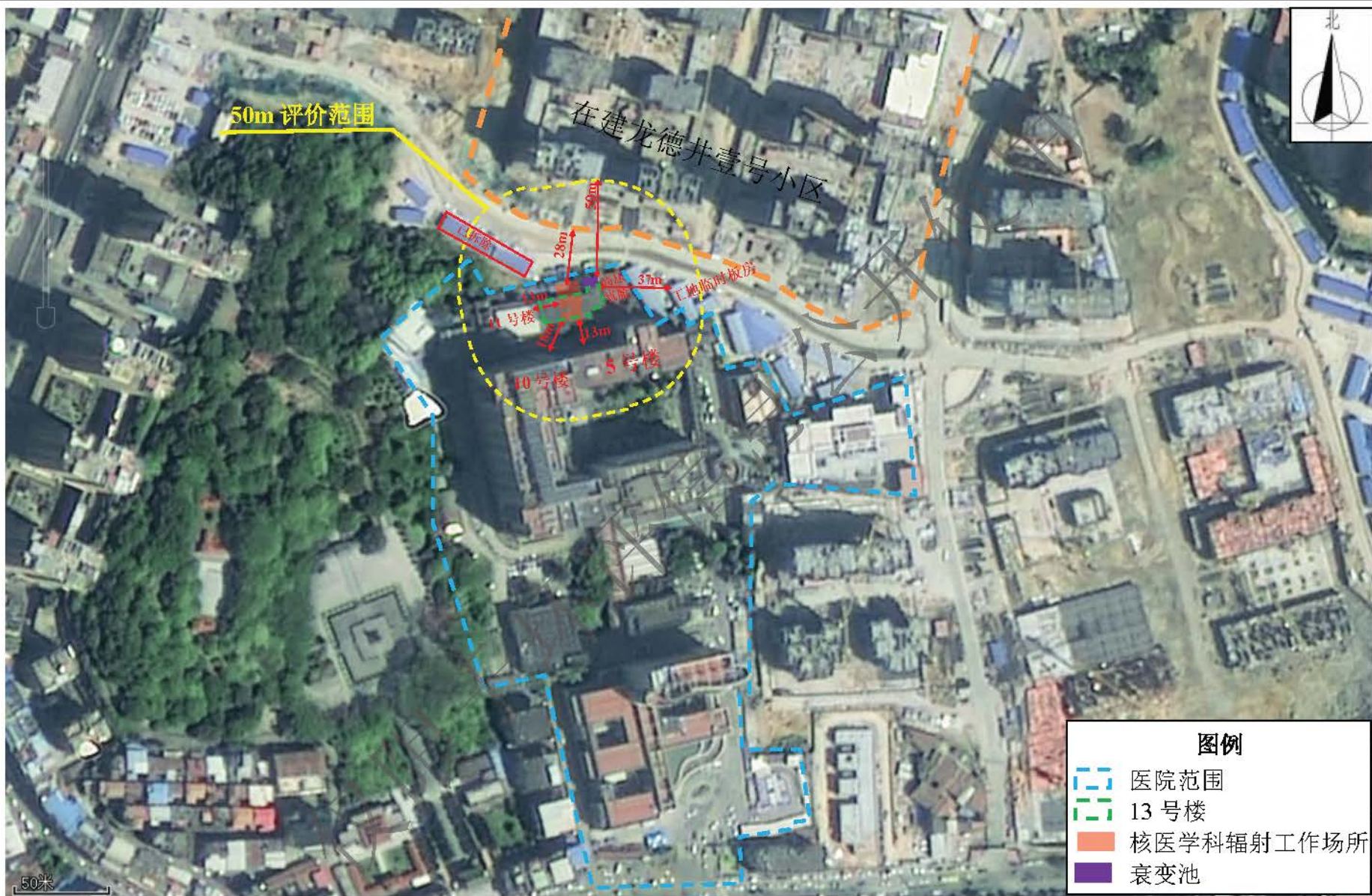


图1-3 莆田市第一医院外环境关系图

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	^{99m} Tc	液态, 低毒	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	4.625×10 ¹¹	显像诊断	很简单操作	13 号楼一层核医学科	分装间手套箱
2	⁸⁹ Sr	液态, 中毒	使用	7.4×10 ⁸	3.7×10 ⁸	1.85×10 ¹¹	骨肿瘤治疗	简单操作		
3	¹³¹ I	液态, 中毒	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁸	4.625×10 ¹¹	甲亢治疗	简单操作		
4	¹³¹ I	液态, 中毒	使用	3.7×10 ⁶	3.7×10 ⁵	9.25×10 ⁸	甲状腺检查	简单操作		
5	³² P	液态, 中毒	使用	1.11×10 ⁹	1.11×10 ⁸	2.775×10 ¹¹	敷贴治疗	简单操作		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	SPECT/CT 机	III类	1	待定	≤140kV	≤800mA	显像诊断	13 号楼一层核医学科 SPECT/CT 机房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废气	气态	^{99m} Tc、 ¹³¹ I、 ⁸⁹ Sr、 ³² P	/	/	/	/	不暂存	高出本建筑物屋脊高度排放。
放射性固体废物（一次性手套、注射器、棉签、棉球、擦拭废纸、一次性药管及活性炭等）	固体	^{99m} Tc、 ¹³¹ I、 ⁸⁹ Sr、 ³² P	/	***	***	清洁解控水平： β表面污染： ≤0.8Bq/cm ²	分类收集于放射性废物桶中，转移至废物暂存间衰变贮存	经至少 30 天衰变，达到清洁解控水平后，作为普通医疗废物处理。
放射性废液（非密封放射性物质使用过程中产生的放射性废液）	液态	^{99m} Tc	/	***	***	总β≤ 10Bq/L	槽式放射性废液衰变池	经槽式放射性废液衰变池衰变，符合排放标准后排入医院废水处理系统。
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	/	通过 SPECT/CT 机房排风系统排入大气		排入大气，臭氧在 20~30 分钟左右可自动分解。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。
2.含有放射性的废物要注明，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

<p>法律、 法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，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》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018年12月29日起施行）；</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) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院令682号，2017年10月1日起实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令709号，2019年修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版，生态环境部部令第16号）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定，生态环境部部令第20号）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行）；</p> <p>(9) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（环办函[2006]629号，2006年9月28日印发）；</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月6日期实行）；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145号，2006年9月26日）；</p> <p>(12) 《放射性废物安全管理条例》（2011年12月20日国务院第612号令发布，2012年3月1日施行）；</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）；</p> <p>(14) 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）；</p> <p>(15) 《福建省生态环境保护条例》（福建省第十三届人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022年5月1日施行）；</p>
--------------------------	---

	<p>(16) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部部令第9号, 2019年11月1日起施行);</p> <p>(17) 《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》(生态环境部公告2019第57号, 2020年1月1日起实施)。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130—2020);</p> <p>(6) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021);</p> <p>(7) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020);</p> <p>(8) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010);</p> <p>(9) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005);</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(11) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);</p> <p>(12) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书(附件1);</p> <p>(2) 《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015年7月第1版);</p> <p>(3) 现状监测报告;</p> <p>(4) 其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，配套使用 1 台 III 类射线装置，运行过程中主要为非密封放射性物质和射线装置产生的电离辐射对周围环境的影响，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“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围”。考虑到本项目的实际情况，评价范围确定为：项目核医学科辐射工作场所边界外 50m 范围内，详见图 1-3。

7.2 保护目标

根据对本项目周围环境的现场踏勘和调查，本项目核医学科控制区工作场所边界外 50m 范围内无学校等环境敏感区域，职业工作人员包括核医学科辐射工作人员，公众人员包括医护人员、病人、陪护人员以及医院外流动人员。结合图 1-3~图 1-6，本项目核医学科辐射工作场所周边具体环境保护目标见下表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象		相对方位	距离	规模	剂量限值	
职业工作人员	核医学科辐射工作人员		/	紧邻	6 人	5mSv/a
公众成员	周边其他非辐射工作人员、病人及家属	高压氧舱	东侧	≥12m	约 5 人	0.1mSv/a
		工地临时板房	东侧	≥47m	约 15 人	
		5 号楼	南侧	≥13m	约 300 人	
		10 号楼	西南侧	≥18m	约 500 人	
		核医学科西侧候诊区	西侧	≥0.3m	约 20 人	
		11 号楼	西侧	≥13m	约 100 人	
		龙德井壹号小区居民楼	北侧	≥28m	约 300 人	
		13 号楼二层~四层	上方	≥0.3m	约 20 人	
		13 号楼负一层	下方	≥0.3m	约 5 人	

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，本项目辐射工作人员和公众（包括本项目内的非辐射工作人员）的年剂量限值见下表。

表 7-2 剂量限值

适用范围	剂量限值
职业照射有效剂量	20mSv/年
公众照射有效剂量	1mSv/年

7.3.2 剂量约束值

根据《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》（HJ 1188-2021）的规定，遵循辐射防护最优化原则，根据本项目特点，建议的剂量约束值见下表。

表 7-3 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5mSv/年
公众照射有效剂量	0.1mSv/年

7.3.3 工作场所等级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中附录 C 规定的，非密封源工作场所的分级，应按下表将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-4 非密封源工作场所分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上- 2×10^7

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。公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性组别修正因子}}{\text{操作方式与放射源状态修正因子}}$$

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以下两表：

表 7-5 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
高度	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 7-6 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, 溶液, 悬 浮液	表面有污染的 固体	气体, 蒸汽, 粉末, 压力很高的 液体, 固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

根据《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(GB18871-2002), 本项目放射性核素毒性组别修正因子见表7-7, 根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021), 核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子见表7-8。

表 7-7 项目放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	本项目核素名称	毒性组别修正因子
中毒	⁸⁹ Sr、 ¹³¹ I、 ³² P	0.1
低毒	^{99m} Tc	0.01

表 7-8 项目放射性核素状态与操作方式修正因子

活动类型	核素及状态	操作方式界定	操作方式修正因子
医疗机构使用	^{99m} Tc	很简单的操作	10
核素治疗	¹³¹ I	简单操作	1
	⁸⁹ Sr	简单操作	1
	³² P	简单操作	1

综上, 本项目涉及的放射性核素毒性组别修正因子根据《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 的相关内容取值; 根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021), 本项目^{99m}Tc属于医疗机构使用, 视为很简单操作, 本项目⁸⁹Sr、¹³¹I、³²P均为核素治疗, 均视为简单操作。

7.3.4 表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中表B11的规定, 对于工作场所的放射性表面污染应满足一定的控制水平, 具体如下:

表 7-9 工作场所的放射性表面污染控制水平

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

7.3.5 屏蔽防护效果

(一) 工作场所

本项目工作场所屏蔽防护效果根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 和

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求执行：

①距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

②放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

③固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面30cm处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

④CT 机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

综上，本项目留观室（含卫生间）、废物间、药后观察室（含卫生间）、抢救室（运动室）、走道、敷贴室、甲功室、门诊治疗给药室、ECT给药室、分装间、缓冲区2及衰变池等房间或区域执行：“各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求；

本项目 SPECT/CT 机房执行“CT 机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。

分装间的手套箱执行：“设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求；

固体放射性废物收集桶、衰变池及放射性废水管道曝露于地面致使人员可以接近的位置执行：“外表面30cm处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。

7.3.6 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），应将辐射工作场所分为控制区、监督区。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区，对于未被设定为控制区，不需要专门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，划分为监督区。对控制区和监督区的人员活动进行限制，辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

7.3.7 服药患者的出院要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ11881-2021）中 4.5.1 要求：“为确保放射性核

素治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，出院患者体内放射性核素活度应符合附录 B 的相关规定。”

表 7-10 服药患者的出院要求

核素	患者出院时体内放射性活度 (MBq)
^{89}Sr	≤ 200
^{131}I	≤ 400

7.3.8 衰变池废水

根据《污水综合排放标准》(GB8978-1996)，总 α 和总 β 放射性均属于一类污染物，便池出口最高允许排放浓度分别为1Bq/L和10Bq/L。

另外《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的8.6.2条对放射性废液排放做出如下规定：

不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于10倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

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

b) 每一次排放的活度不超过 1ALI_{\min} ，并且每次排放后不少于3倍排放量的水进行冲洗。

根据年剂量限值(工作人员 20mSv/a)和GB18871中出版物给出的剂量转换参数，求得对应剂量水平的ALI值，如下表所示：

表 7-11 本项目放射性核素排放限值 (ALI)

核素名称	每月排放限值 (Bq)	一次排放限值 (Bq)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$6.90\text{E}+09$	$6.90\text{E}+08$

注：放射性核素排放限值 (ALI) 按工作人员年剂量限值/食入或吸入内照射剂量转换因子计算；食入、吸入内照射剂量转换因子根据GB18871 的表B3得出，各核素的转换因子取保守值。

本项目采用槽式衰变池，根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)，放射性废液的贮存、排放应满足以下要求：

①衰变池本体设计为2组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。

②放射性废液排放，对于槽式衰变池贮存方式：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。

7.3.9 放射性固体废物

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)，本项目放射性固体废物处理应符合以下规定：

①固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水

平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；

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

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

7.3.10 放射性废气

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），核医学工作场所通风要求如下：

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。

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、手套箱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、手套箱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。

6.3.5 手套箱应有足够的通风能力。设有手套箱、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。

7.3.11 核医学科设置选址和布局规定

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：

5.1.1 核医学工作场所宜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或单独的人员、物流通道。

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

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2.1 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，控制区应相应集中，高活室集中在一端，防止交叉污染；尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路

径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

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

7.3.12 X射线设备机房（SPECT/CT机房）放射防护要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130—2020），对 SPECT/CT 机房相关要求如下：

表 7-12 SPECT/CT 机房使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

表 7-13 SPECT/CT 机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
CT 机房	2.5	

表 7-14 SPECT/CT 机房个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层扫描	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

表 8 环境质量与辐射现状

8.1 监测计划

1、项目地理和场所位置

本项目位于福建省莆田市城厢区南门西路 449 号莆田市第一医院 13 号楼,项目地理位置见图 1-1。

2、监测内容与点位

为了解项目所在地的辐射环境现状,江西省地质局实验测试大队于 2023 年 1 月 12 日对项目所在地进行了环境 γ 辐射剂量率和 β 表面污染辐射环境现状监测。

3、监测仪器与规范

电离辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 监测仪器与监测规范表

环境监测 X- γ 辐射空气吸收剂量率仪	仪器型号	FH40G+FHZ672E-10 (F117)
	生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
	监测规范	《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》(HJ 1157-2021)
	监测单位	江西省地质局实验测试大队
	检定单位	中国计量科学研究院
	检定证书编号	DLj12022-05172
	有效日期	2022 年 6 月 7 日~2023 年 6 月 6 日
	量程范围	***
	能量响应范围	***
α 、 β 表面污染仪	仪器型号	CoMo-170 (F236)
	生产厂家	NUVIA
	监测规范	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 《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)
	监测单位	江西省地质局实验测试大队
	检定单位	上海市计量测试技术研究院
	检定证书编号	2022H21-20-4237169001
	有效日期	2022 年 11 月 07 日至 2023 年 11 月 06 日

4、质量保证措施

- 合理布设监测点位,保证各监测点位布设的科学性和可比性,同时满足标准要求。
- 监测方法采用国家有关部门颁布的标准,监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- 监测仪器每年定期经计量部门检定,检定合格后方可使用。
- 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.2 辐射环境质量现状监测结果

江西省地质局实验测试大队于 2023 年 1 月 12 日对评价项目场址及周边区域的辐射环境现状进行监测，监测条件见表 8-2，监测结果见表 8-3~表 8-4，监测报告见附件 9。

表 8-2 本项目监测条件一览表

监测日期	温度	湿度	天气情况
2023年1月12日	**°C	**%	晴

表 8-3 本项目周围环境 γ 辐射剂量率监测数据

序号	测点位置	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h) (平均值)	备注
1	13 号楼一层拟建 SPECT/CT 机房	***	室外监测点位
2	13 号楼一层拟建 SPECT/CT 机房控制室	***	
3	13 号楼一层拟建留观室	***	室内监测点位
4	13 号楼一层拟建废物间	***	
5	13 号楼一层拟建药后观察室	***	
6	13 号楼一层拟建抢救室/运动室	***	
7	13 号楼一层拟建医生办公室	***	
8	13 号楼一层拟建缓冲区 1	***	
9	13 号楼一层拟建缓冲区 2	***	
10	13 号楼一层拟建走道	***	
11	13 号楼一层拟建预约室	***	
12	13 号楼一层拟建敷贴室	***	
13	13 号楼一层拟建甲功室	***	
14	13 号楼一层拟建门诊治疗给药室	***	
15	13 号楼一层拟建 ECT 给药室	***	
16	13 号楼一层拟建分装间	***	
17	13 号楼一层拟建示教室	***	
18	13 号楼二层杂物间 1	***	
19	13 号楼二层杂物间 2	***	
20	13 号楼二层杂物间 3	***	
21	13 号楼二层杂物间 6	***	

22	13 号楼二层杂物间 7	***	室外监测点位
23	13 号楼二层杂物间 8	***	
24	13 号楼二层过道	***	
25	13 号楼东侧高压氧舱	***	
26	13 号楼南侧院内道路	***	
27	13 号楼西侧院内道路	***	
28	13 号楼北侧龙德井壹号小区	***	
29	拟建衰变池位置	***	

根据表 8-3，本项目周边室内环境的 γ 辐射剂量率在 $***nGy/h$ ，周边外环境 γ 周围剂量当量率在 $***nGy/h$ ，处于福建省室内、室外辐射环境本底范围内（注：福建省室内辐射环境本底范围值 $***nGy/h$ ，福建省室外辐射环境本底范围值 $***nGy/h$ ，来源于《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）第 $***$ 页表 $***$ ）。

表 8-4 本项目工作场所周围环境 β 表面污染监测结果

序号	监测点位	β 表面污染 (Bq/cm^2)
		监测结果
1	13 号楼一层拟建 SPECT/CT 机房	***
2	13 号楼一层拟建留观室	***
3	13 号楼一层拟建废物间	***
4	13 号楼一层拟建药后观察室	***
5	13 号楼一层拟建抢救室/运动室	***
6	13 号楼一层拟建缓冲区 1	***
7	13 号楼一层拟建缓冲区 2	***
8	13 号楼一层拟建走道	***
9	13 号楼一层拟建敷贴室	***
10	13 号楼一层拟建甲功室	***
11	13 号楼一层拟建门诊治疗给药室	***
12	13 号楼一层拟建 ECT 给药室	***
13	13 号楼一层拟建分装间	***

由表 8-4 可知，本项目工作场所周围环境 β 表面污染监测结果均小于仪器探测下限值 ($0.10Bq/cm^2$)，本项目拟建核医学科辐射工作场所辐射环境现状良好。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成及工作原理

(一) SPECT/CT 显像诊断

SPECT是单光子发射计算机断层成像技术的英文缩写（Single-Photon Emission Computed Tomography），是一种进行功能代谢显像的分子影像学设备，其工作原理是利用仪器探测人体内同位素的动态分布而成像，特点是可做功能、代谢方面的影像观察。SPECT不仅能显示二维平面图像，更主要的还能给出脏器的断层图像。它实际上就是一个探头可以围绕病人某一脏器进行360°旋转的 γ 相机，在旋转时每隔一定角度（3°或6°）采集一幅图片，然后经电子计算机自动处理，将图像叠加，并重建为该脏器的横断面、冠状面、矢状面或不同方位的断层和切面图像，利用专用的核医学应用软件，对断层图像和数据做进一步的分析处理，为核医学医生提供更多更精确的信息和定量分析的数据，从而极大地提高了诊断的灵敏度和准确性。

CT为采用X射线进行扫描的技术设备，设备中产生X射线的装置主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时产生电子，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生X射线。

SPECT/CT是将SPECT和CT这两种设备安装在同一个机架上，两种显像技术的定位坐标系统相互校准，在两次扫描期间患者处于同一个检查床上且保持体位不变，可防止因患者移位产生的误差，在一定程度上也解决了时间配准的问题。SPECT/CT其使用 ^{99m}Tc 进行诊断的基本原理是：受检者注射 ^{99m}Tc 药物， ^{99m}Tc 在特定的器官或组织发射出能量140keV的光子（ γ 射线），穿过组织器官后到达SPECT探测器。SPECT使用低能准直器对 γ 射线进行准直，通过闪烁体将 γ 射线能力转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。本项目SPECT/CT显像诊断不开展“肺通气显像”诊断工作。

本项目 SPECT/CT 装置采用单光子核素 ^{99m}Tc 进行显像，本项目单光子核素特性见表 9-1。

表9-1 本项目 ^{99m}Tc 核素特性一览表

核素种类	半衰期	毒性	光子能量 MeV	周围剂量当量率常数（裸源） ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
^{99m}Tc	6.02h	低毒	***	***

(二) 放射性药物门诊治疗

(1) 骨转移癌治疗 (^{89}Sr)

^{89}Sr 是纯 β 射线体，不伴 γ 射线，其发射的 β 射线能量较高，其半衰期为50.53天，在骨组织内的射程为3mm。 ^{89}Sr 具有趋骨性，在骨组织代谢的部分浓聚更多。癌症晚期患者多会发生癌细胞骨转移，同时引发骨痛症状。骨肿瘤病灶部分由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用及其活跃，易浓聚大量 ^{89}Sr 放射性药物。 ^{89}Sr 发射的 β 射线会能致死肿瘤细胞而发挥治疗作用。用于治疗 ^{89}Sr 是直接进行静脉注射，一般用量2.5mCi-4.0mCi/人，每份用于治疗放射性药物由供应商事先分装，预约病人后发货，注射时不需再分装，可直接用于门诊治疗，患者注射药物后不留观、不住院。

(2) 甲亢治疗

^{131}I 治疗甲状腺疾病是目前应用较广泛的一种核医学治疗方法，常用于分化型甲癌和甲亢病人的治疗。 ^{131}I 治疗原理主要在于甲状腺细胞对碘化物具有特殊的亲和力，口服一定量的 ^{131}I 后，能被甲状腺大量吸收，具有损害作用的放射 ^{131}I 能种入甲状腺组织中 ^{131}I 在衰变为 ^{131}Xe 时，能放射出最大能量为0.602MeV的 β 射线(占90%)和能量为0.284MeV、0.365MeV、0.637MeV的 γ 射线。 β 射线在组织中的有效射程仅有0.5~2 毫米，能选择性地破坏甲状腺腺泡上皮而不影响邻近组织，甲状腺组织能受到长时间的集中照射，其腺体被破坏后逐渐坏死，代之以无功能的结缔组织，从而达到降低甲状腺的分泌功能或彻底清除甲状腺组织的目的。

(3) 甲功检查

碘是甲状腺合成甲状腺激素的原料之一，放射性的 ^{131}I 也能被摄取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取量和速度与甲状腺功能密切相关。将 ^{131}I 引入受检者体内，利用体外探测仪器测定甲状腺部位放射性计数的变化，可以了解 ^{131}I 被甲状腺摄取的情况，从而判断甲状腺的功能。吸碘率测定对甲状腺疾病的临床诊疗非常重要，常用于甲状腺疾病 ^{131}I 治疗前适应症的选择和投药剂量计算、还可辅助诊断甲亢和甲减、辅助诊断亚甲炎和慢性淋巴细胞性甲状腺炎等能影响甲状腺功能疾病的检查。吸碘率测定测定主要是用于治

疗甲亢辅以的甲状腺吸碘率检查，用量一般不会超过0.37MBq（10 μ Ci）。

吸碘率检查前患者需要早上空腹到核医学科，通过口服的方式，将¹³¹I溶液引入机体。服药后需要继续禁食1到2个小时之后，需要在2个小时，4个小时和24个小时分别测量甲状腺部位的放射性计数。每次测量的时间需要60秒。

（4）敷贴治疗（³²P）

本项目使用³²P进行敷贴治疗。放射性核素敷贴治疗主要用于某些皮肤病和眼科疾病，其原理是使用放射性核素（一般选用 β 射线发射体），将其均匀地吸附于滤纸或铝箔上，按病变形状和大小制成专用的敷贴器，把敷贴器紧贴于病变的表面。某些病变对 β 射线较敏感，经电离辐射作用，对表浅病变进行外照射治疗，治疗过程中由患者自行固定按压敷贴器，儿童患者则由陪同人负责固定敷贴器，治疗完成后病人即可出院。

³²P敷贴器制作时在手套箱内操作，制作者戴乳胶手套。自制敷贴器保证不直接接触皮肤，并对其数量、活度、使用情况等进行登记。

放射性药物门诊治疗各核素特性见表9-2。

表9-2 本项目^{99m}Tc核素特性一览表

核素种类	半衰期	毒性	α/β 最大能量 MeV	光子能量 MeV	周围剂量当量率常数（裸源） (μ Sv·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹)
⁸⁹ Sr	50.53d	中毒	***	***	***
¹³¹ I	8.02d	中毒	***	***	***
³² P	14.26d	中毒	***	***	***

9.1.2 工作流程及产污环节

（一）SPECT/CT 显像诊断

- ① 根据需要，医院对接受显像检查的患者进行预约登记，确定用药量。
- ② 向有资质的供货商订购^{99m}Tc药物针剂（储存在6mmPb的铅防护套筒内），在医务人员上班前送至医院13号楼一层核医学科。
- ③ 核医学科工作人员接收、检查，并登记、签字。
- ④ 根据患者用药量，在核医学科分装间的手套箱内进行药物分装。患者按约定时间在核医学科候诊大厅准备和等候；叫号后，准备好的患者在ECT给药室的注射窗口接受注射，医务人员佩戴个人剂量计、穿戴好个人防护用品从贮药罐内取出患者的药物针剂，用一次性注射器通过注射台为受检者注射药物。
- ⑤ 患者进入药后观察室候诊。
- ⑥ 患者进入SPECT/CT机房接受检查。

⑦检查完成，患者在留观室休息一段时间后，从专用通道离开。

⑧多余药物由药物供应商收回处理。

(二) 放射性药物门诊治疗

(1) 骨转移癌治疗 (^{89}Sr)

①根据需要，接受骨癌治疗的人员进行预约登记，确定用量；

②向有资质的供货商订购药物，药物送至核医学科；

③核医学科工作人员接收、检查药物，并登记、签字；

④ ^{89}Sr 患者按约定时间在候诊区准备和等候，准备好的受检者在门诊治疗给药室注射窗口接受注射，医务人员佩戴个人剂量计、穿戴好个人防护用品从通过过墙注射台为受检者注射药物；

⑤患者注射药物后即离开，不留观、不住院。

(2) 甲亢治疗

①**甲亢治疗服药治疗前准备阶段：**门诊接诊患者，询问患者病史级临床表现，对患者进行相关辅助检查（一般为甲功五项、甲状腺超声、甲状腺吸碘率、肝肾功能等），医生根据检查结果做出判断并制定相应的治疗方案，告知患者治疗前注意事项。

②**甲亢治疗服药治疗阶段：**医院根据病人预约情况预定采购放射性药物，在约定的时间由放射性药物供应单位负责将放射性药物 (^{131}I) 运送至核医学科的分装间，暂存在手套箱中。进行放射治疗用药前， ^{131}I 放射性药物在分装间的手套箱进行分装，并通过分装间的西侧窗口给药。甲亢患者经预约问诊后，进入控制区，在门诊治疗给药室口服药物，一般服药后直接离开辐射工作场所，无需留观。

(3) 甲功检查

①根据需要，医院对接受甲功检查的患者进行预约登记，确定用量。

②有资质的供货商根据医院提供的每个患者用量，将已分装的 ^{131}I 药物（储存在20mmPb的铅罐内）送至13号楼核医学科。

③核医学科工作人员接收、检查，并登记、签字。

④患者按约定时间在核医学科候诊大厅准备和等候；甲功检查患者经预约问诊后，进入控制区，在门诊治疗给药室口服药物。

⑤患者服药后于第2h、4h、24h返回医院甲功室，医务人员用甲功能仪测定患者颈部甲状腺部位的放射性计数，并同标准源比较，计算甲状腺吸 ^{131}I 率，绘制甲状腺吸 ^{131}I

率曲线。

(4) 敷贴治疗 (^{32}P)

治疗流程以增生性疤痕治疗为例，治疗时只要事先准备一张 X 光胶片或橡皮泥（为防止损伤周围正常组织），根据疤痕大小、范围剪出一个洞，然后把 ^{32}P 敷贴器放在用 X 光胶片或橡皮泥遮挡住正常皮肤后露出的增生性疤痕组织上，几分钟就结束了一次的治疗，一般一个疗程需要 2~5 次频率。

使用前核医学科医护人员核对患者的治疗方案并取出敷贴器，治疗过程中由患者自行固定按压敷贴器，儿童患者则由陪同人负责固定敷贴器，治疗完成后敷贴器应收回并做好使用记录，患者即可出院。

9.1.3 人员配备及治疗规模

(一) 人员配备情况

(1) SPECT/CT 显像诊断

本项目 SPECT/CT 区域拟安排辐射工作人员 4 人：负责分装、注射的核素操作人员 2 人，负责扫描、摆位的 SPECT/CT 操作人员 2 人。

(2) 放射性药物门诊治疗

①骨转移癌治疗 (^{89}Sr)：骨转移癌治疗 (^{89}Sr) 工作拟安排辐射工作人员 2 人负责 ^{89}Sr 核素的分装和注射（注：和 SPECT/CT 项目负责分装、注射的核素操作人员共用）。

②甲亢治疗：甲亢治疗工作拟安排辐射工作人员 2 人负责 I-131 核素的分装和给药（注：和 SPECT/CT 项目负责分装、注射的核素操作人员共用）。

③甲功检查：甲功检查拟安排辐射工作人员 1 人负责 I-131 核素的给药和测定放射性计数。

④敷贴治疗 (^{32}P)：敷贴治疗 (^{32}P) 工作拟安排辐射工作人员 1 人负责。

本项目人员配备情况见表 9-3。

表 9-3 人员配备情况一览表

人员数量	负责工作范围
***	负责 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、和 ^{131}I 核素的分装、注射、给药和 ^{32}P 敷贴器的制作
***	负责 SPECT/CT 机操作和注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者摆位
***	负责甲功患者测定放射性计数
***	负责敷贴指导 (^{32}P)

(二) 诊断规模

本项目核医学科诊断规模见表 9-4。

表 9-4 诊断规模

核素名称	单人最大剂量 (MBq/人)	单日最大诊断人数	年最大诊断人数
^{99m}Tc	***	***	***
骨转移癌治疗 (Sr-89)	***	***	***
甲亢治疗 (I-131)	***	***	***
甲功检查 (I-131)	***	***	***
敷贴治疗 (P-32)	***	***	***

9.1.4 人流和物流的路径规划

本项目核医学科 SPECT/CT 显像检查及放射性药物门诊治疗工作人员路线、患者路线、放射性药物路线与放射性废物路线分别详见图 9-7。

(一) 工作人员路线

本项目进行药物注射的辐射工作人员从核医学科西侧医护通道经门M21进入卫生通过间，然后通过门M24和门M25进入分装间进行药物分装质控工作，在分装间北侧窗口（或西侧窗口）进行药物注射（或给药）工作，工作完成后，通过门M25和门M24进入卫生通过间内检测表面污染，检测不合格者在淋浴室做去污清洁，合格者更衣后，沿原路返回。

进行SPECT/CT设备操作的辐射工作人员从核医学科北侧进入沐浴更衣区再经门M4进入SPECT/CT控制室工作，工作结束后沿原路返回离开核医学科。

进行敷贴治疗的辐射工作人员从核医学科西侧门M17和门M26进入控制室，并经门M22进入敷贴室，工作结束后沿原路返回离开核医学科。

进行甲功检查的辐射工作人员从核医学科西侧M17和M26进入控制室，并经门M27进入甲功室，工作结束后沿原路返回离开核医学科。

(二) 患者路线

(1) SPECT/CT 显像诊断

进行 SPECT/CT 显像检查的患者经过核医学科西侧门 M14 进入缓冲区 1，经门 M15 进入走道，再通过门 M20 在 ECT 给药室的注射窗口进行药物注射，注射后通过门 M11 进入药后观察室观察（或通过 M12 进入运动室，然后再通过门 M11 进入药后观察室观察），再通过门 M6 进入 SPECT/CT 机房内扫描检查，扫描结束后，通过门 M2 和门 M5 进入留观室。患者在等控制室的医生确认扫描图像清楚无误后通过门 M5 离开留观室，

再经门 M1 离开。

(2) 放射性药物门诊治疗

放射性药物门诊治疗患者通过工作人员叫号后依次进入，每次只允许 1 名放射性药物门诊治疗患者进入核医学科。

①**骨转移癌治疗 (^{89}Sr)**：进行骨转移癌治疗 (^{89}Sr) 患者经过核医学科西侧门 M14 进入缓冲区 1，再经门 M19 和 M23 在门诊治疗给药室的窗口进行药物注射，在注射完毕后无异常即可经门 M29 离开。

②**甲亢治疗和甲功检查**：甲亢治疗患者和甲状腺功能测定的患者经过核医学科西侧门 M14 进入缓冲区 1，再通过门 M19 进入甲功室，通过门 M23 在门诊治疗给药室的窗口服药。服药后甲亢治疗患者通过门 M29 离开，甲状腺功能测定的患者经门 M23 返回甲功室进行甲状腺功能测定，测定完成后再经门 M23 和门 M29 离开。

③**敷贴治疗 (^{32}P)**：进行敷贴治疗 (^{32}P) 的患者经过核医学科西侧门 M14 进入缓冲区 1，再经门 M18 进入敷贴治疗室，敷贴治疗结束后经门 M22、门 M26 和门 M17 离开核医学科（注：敷贴治疗后患者体内不存在放射性核素，和治疗前患者一样，敷贴治疗后患者从工作人员路线离开）。

(3) 放射性药物路线

本项目 SPECT/CT 显像诊断及**放射性药物门诊治疗**所需的放射性药物由供药商在核医学科当天上班前将药物从核医学科南侧门 M30 进入分装间。建设单位拟在 SPECT/CT 分装间内放置手套箱和活度计，用于对放射性药物的分装和质控，在放射性药物分装和质控结束后，通过 SPECT/CT 分装间北侧窗口（或西侧窗口）进行药物注射（或给药）。

(4) 放射性废物路线

本项目放射性废物主要在分装间、SPECT/CT 机房、药后观察室、留观室、抢救室（运动室）内产生，其中分装间的放射性废物在每天工作结束后存放至铅废物桶，待满后由工作人员贴上标签将铅废物桶通过门 M25、门 M21、门 M16、门 M15、门 M10、门 M8 送至废物间。建设单位在 SPECT/CT 机房、分装间、留观室、药后观察室、抢救室（运动室）内均拟设置放射性铅废物桶，待满后由工作人员贴上标签将铅废物桶送至废物间。SPECT/CT 显像检查产生的放射性废水排入到衰变池内，经过衰变后再排入医院总的废水池内。

根据图 9-7 可以看出，本项目人流和物流的具体路线相对独立，本项目核医学科的

建设对 13 号楼内其他项目不会造成影响。医院在核医学科各控制区内均安装监控设备、语音对讲装置，并在项目核医学科出、入口设置门禁系统、电离辐射警示牌，防止患者诊断后从入口离开核医学科及无关人员进入。为了进一步杜绝诊断后患者因行走路线错误对医务人员或者其他患者造成辐射影响，医院在核医学科内设置醒目标识路线及禁止路线，并告知患者行进路线。通过上述措施加强对患者的管理，防止患者之间直接的交叉辐射影响。综上，本项目核医学科的路径规划符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的相关路径要求。

仅限于环评信息公开使用

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期的污染源项

本项目主要为利用 13 号楼一层原有的房间区域，结合 13 号楼北侧走道区域，在原有结构基础上建设核医学科工作场所和其他工作用房以及槽式放射性废液衰变池，并对内部进行建设、改造、装修以及设备安装，设置防护门、观察窗和动力通风装置等工程。施工期施工过程中会产生扬尘、施工噪声以及施工人员的生活污水，另外施工过程中还会产生建筑垃圾和施工人员生活垃圾。工程施工过程中不产生放射性污染。

(一) 废气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，主要由墙体开凿等施工活动产生。本项目的工程量小，产生的扬尘量很小。

(二) 噪声

本项目产生噪声来源的主要是装修电钻作业、墙体开凿等。噪声值一般在**dB (A) 之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的开始而结束。

(三) 废水

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。

(四) 固体废物

本项目固废主要为：生活垃圾、建筑垃圾等。

9.2.2 运行期的污染源项

(一) 正常工况

(1) **X射线**：SPECT/CT自带1台CT机，属于Ⅲ类射线装置。射线装置在关机时无X射线产生；开机时X射线在辐射场中可分为三种射线：由X射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线；由X射线管防护套泄漏出来的漏射线；以及由上述两种射线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。射线装置开机期间，X射线经机房的辐射防护屏蔽后，射线基本被屏蔽在机房内，可能仍有一定的泄漏，对周围的医务人员及公众造成影响，途径为外照射。

(2) **γ射线和β射线**：放射性药品^{99m}Tc、¹³¹I、⁸⁹Sr和³²P衰变产生的β、γ射线。

(3) **表面污染**：工作人员在操作非密封放射性药物时，不可避免的会引起工作台、地面等放射性沾污，造成β放射性表面污染。

(4) **放射性固体废物**：主要为放射性药物操作中沾染核素的注射器、针头、手套、药棉、纱布、吸水纸、一次性纸杯、试管等。

(5) **放射性废水**：患者注射或服用放射性药物后，所产生的的排泄物、呕吐物及冲洗水

等含有放射性核素，另外清洗去污可产生放射性废液。

(6) 放射性废气：在放射性药物使用过程中，会产生少量放射性废气，但这些操作均在分装间的通风橱内完成，气溶胶极少进入核医学科场所。

(二) 事故工况

(1) 操作人员失误，人员误入机房，造成误照射；工作人员或患者家属尚未撤离SPECT/CT 机房时误开机，对工作人员或患者家属产生不必要的照射。

(2) SPECT/CT等控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到计划外照射。

(3) 由于工作人员操作不熟练或违反辐射操作规程或误操作等其他原因造成的放射性药物泄漏，造成意外照射和辐射污染。

(4) 保管不善造成放射性药物丢失，造成对公众和周围环境辐射污染。

(5) 患者注射后未按规定线路离开，随意走动，导致对医护人员或公众遭受较大的外照射。

(6) 在转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成台面、地面辐射污染。

(7) 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外照射剂量。

(8) 放射性废物管理不善

①放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害。

②放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短即进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

一、工作场所布局

本项目核医学科拟设置于13号楼一层，核医学科东、南、西、北侧相邻均为空地，核医学科四周及楼上楼下无产科、儿科、食堂等毗邻。核医学科内西北侧为SPECT/CT机房、留观室、废物间、污洗室、药后观察室、抢救室（运动室）；东北侧为SPECT/CT控制室、更衣沐浴室、值班室、医生办公室；东南侧为示教室、值班室；西南侧为缓冲区1、敷贴室、敷贴室控制室、甲功室、ECT给药室、门诊治疗给药室、分装间、储源间。核医学科平面布局图见图1-4。

项目根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定其放射防护要求。此外，本项目设计了合适的人流和物流的路径来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者）的活动，注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，注射放射性药物后患者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，尽量减少放射性药物和注射放射性药物后患者通过非放射性区域，且项目放射性药物和放射性废物的运送通道的设置尽可能短捷。项目通过合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理，便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

综上分析，本项目核医学工作场所的平面布局设计方案满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）对核医学场所的相关布局及设计要求。

二、控制区和监督区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围，将辐射工作场所分为控制区和监督区。

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

监督区：应将下述区域设定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

为加强核医学科工作场所所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，本项目将对核医学科工作场所进行分区管理。

控制区：SPETCT/CT 机房、缓冲区 2、留观室（含卫生间）、废物间、药后观察室

(含卫生间)、抢救室(运动室)、走道、敷贴室、甲功室、门诊治疗给药室、ECT 给药室、分装间及衰变池。

监督区:核医学科与控制区相邻的相关区域划为监督区(不包括楼上楼下相邻区域)。

核医学科工作场所平面及分区示意图 10-1。

三、工作场所分级和分类

(1) 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 C 非密封源工作场所的分级规定,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。由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《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)和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)可知,本评价项目的核医学科使用的各放射性核素的毒性组别修正因子、操作方式修正因子、日实际操作量和日等效操作量见表 10-1。

表 10-1 核医学科工作场所分级计算表

工作场所	核素名称	日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子 ^①	操作方式修正因子 ^②	日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
核医学科	^{99m} Tc	1.85×10^{10}	0.01	10	1.85×10^6	合计: 3.7222×10^8 乙级
	⁸⁹ Sr	7.4×10^8	0.1	1	7.4×10^7	
	¹³¹ I	1.85×10^9	0.1	1	1.85×10^8	
	¹³¹ I	3.7×10^6	0.1	1	3.7×10^5	
	³² P	1.11×10^9	0.1	1	1.11×10^8	

注:①中毒修正因子为 0.1,低毒修正因子为 0.01;②很简单操作修正因子为 10,简单操作修正因子为 1。

(2) 工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)对临床核医学工作场所具体分类办法,操作最大量放射性核素的加权活度(MBq)等于计划的日操作最大活度与该核素毒性权重因子的积除以与操作性质修正因子所得的商。临床核医学工作场所具体计算方式详见附录 G,本评价项目使用的放射性核素的日实际操作最大活度以及各核素毒性权重因子,操作性质修正因子及加权活度见表 10-2。

表 10-2 核医学科工作场所分类一览表

工作场所	核素名称	日最大操作活度 (Bq)	毒性权重因子	修正因子	加权活度 (Bq)		场所分类
核医学科	^{99m} Tc	4.63×10^{10}	1	1	4.63×10^{10}	合计: 4.74315×10^{12}	I 级
	⁸⁹ Sr	4.63×10^{10}	100	1	4.63×10^{12}		
	¹³¹ I	2.96×10^8	100	1	2.96×10^{10}		
	¹³¹ I	3.7×10^8	100	1	3.7×10^{10}		
	³² P	2.5×10^6	100	1	2.5×10^8		

四、辐射防护设计

本项目核医学科辐射工作场所防护设计情况，见表 10-3。

表 10-3 核医学工作场所防护措施情况一览表

项目		辐射防护情况
SPECT/CT 机房	面积	机房有效使用面积为 56.2m ² (8.44m×6.66m)
	四周墙体	24cm 实心砖+2mmPb 钡砂水泥
	顶棚	10cm 混凝土+3mmPb 钡砂水泥
	防护门	6mmPb 铅板
	观察窗	6mmPb 铅玻璃
药后观察室	东墙、南墙和西墙	24cm 实心砖+1mmPb 钡砂水泥
	北墙	24cm 实心砖+2mmPb 钡砂水泥
	顶棚	10cm 混凝土+1mmPb 钡砂水泥
	防护门	6mmPb 铅防护门
运动室 (抢救室)	东墙、南墙和西墙	24cm 实心砖+1mmPb 钡砂水泥
	北墙	24cm 实心砖+2mmPb 钡砂水泥
	顶棚	10cm 混凝土+1mmPb 钡砂水泥
	防护门	6mmPb 铅防护门
分装间	四周墙体	24cm 实心砖+1mmPb 钡砂水泥
	顶棚	10cm 混凝土+1mmPb 钡砂水泥
	防护门	6mmPb 铅防护门
敷贴室	东墙、西墙、北墙	24cm 实心砖
	南墙	12cm 实心砖
	顶棚	10cm 混凝土
	防护门	普通门
甲功室	东墙	24cm 实心砖+1mmPb 钡砂水泥
	南墙、西墙和北墙	24cm 实心砖
	顶棚	10cm 混凝土
	防护门	普通门
废物间	四周墙体	24cm 实心砖+1mmPb 钡砂水泥
	顶棚	10cm 混凝土+1mmPb 钡砂水泥
	防护门	6mmPb 铅防护门

门诊治疗药室	四周墙体	24cm 实心砖+1mmPb 钡砂水泥
	顶棚	10cm 混凝土+1mmPb 钡砂水泥
	西侧防护门	12mmPb 铅防护门
	南侧防护门	6mmPb 铅防护门
ECT 给药室	四周墙体	24cm 实心砖+1mmPb 钡砂水泥
	顶棚	10cm 混凝土+1mmPb 钡砂水泥
	防护门	6mmPb 铅防护门
缓冲区 2	东墙和南墙	24cm 实心砖+2mmPb 钡砂水泥
	西墙和北墙	24cm 实心砖+1mmPb 钡砂水泥
	顶棚	10cm 混凝土+1mmPb 钡砂水泥
	防护门	6mmPb 铅防护门

注：混凝土密度不低于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅密度不低于 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，实心砖密度不低于 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 。

五、辐射安全与防护措施

(1) 警告设施

本项目拟在控制区出入口和衰变池上方设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全，并在场所内走道的地面上设置明确的患者导向标识，候诊大厅设置放射防护注意事项告知栏。

SPECT/CT 机房的防护门设置自动闭门装置，上方设有工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。SPECT/CT 机房设有门—灯联动装置、门—机联动装置，在防护门关闭状态下警示灯亮起，以对周边人员进行实时警示，且仅此时设备才可进行照射。设备在出束过程中若防护门打开，设备自动停止出束。

(2) 紧急停机装置

本项目 SPECT/CT 机房和控制室内安装紧急停机按钮，分别设置在控制室的操作台上（1 个）、治疗床上（1 个）和墙面（1 个），并有明显的标志。在人员误入 SPECT/CT 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。紧急停止开关必须采用手动方式才能复位。

(3) 视频监控和对讲装置

在本项目 SPECT/CT 机房、ECT 给药室、门诊治疗给药室、注射后等候室、留观室、抢救室（运动室）、废物间、分装间、缓冲区 2、走道以及控制区出入口防护门处将设视频监控设备，由医院辐射工作人员进行监控，并将在上述功能室与控制室之间设对讲装置，便于工作人员发出指令，指导受检者按相关流程活动。

(4) 门禁系统

本项目在控制区各出、入口均设置门禁系统，来限制患者的活动范围，设置自动回门装置，以防无关人员进入，并在场所内走道的地面上设置明确的患者导向标识。

(5) 表面污染控制与防护

本项目核医学科工作场所地面和墙壁（1m 以下）均拟使用防静电 PVC 卷材，易清洗且不易渗透，地面与墙壁接缝采用圆弧设计，保证连接处无缝隙，操作台、注射台面采用不锈钢材料，光滑、平整、易于清洗去污。

该院核医学科分装间入口处设置有卫生通过间，卫生通过间内拟设置洗手池、冲淋间，洗手池拟采用感应或脚踏出水的方式，卫生通过间内拟放置拖把、脸盆、水桶等清洗用具和去污工具箱。

工作人员进入分装间需更换服装，穿戴工作衣、裤、帽、鞋、口罩、胶质手套及相应个人防护用品，工作人员离开分装间时，应清洗、更衣并对手部等体表部位进行污染测定，确认未受放射污染，方可离开。

(6) 辐射防护用品和监测设备配置

为减少 γ 射线和 β 射线对人体的外照射危害，医院拟配置移动铅防护屏风、铅注射套、铅注射盒、注射窗、铅废物桶等防护用具。医院拟为相关人员配备工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩、铅防护眼镜、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅橡胶帽子等个人防护用品，拟配置的个人防护用品能够满足相关人员的辐射防护需求。医院拟配置的个人防护用品见表 10-4。

表 10-4 本项目核医学科拟配置的防护用品和监测仪器一览表

序号	防护用品和设备名称	规格	数量	备注
1	手套箱	20mmPb	1	^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 核素分装、质控用
2	放射性废物桶	5mmPb	5	SPECT/CT 机房、分装间、留观室、药后观察室、抢救室（运动室）各 1 个
3	放射性废物衰变箱	5mmPb	2（100L）	废物间内贮存含 ^{99m}Tc 核素固废
		10mmPb	2（200L）	废物间内贮存含 ^{131}I 核素固废
		5mmPb	2（300L）	废物间内贮存含 ^{89}Sr 、 ^{32}P 核素固废
4	铅防护罐	6mmPb	1	手套箱内暂存 ^{99m}Tc 核素
		6mmPb	1	手套箱内暂存 ^{89}Sr 和 ^{32}P 核素
		20mmPb	1	手套箱内暂存 ^{131}I 核素
5	铅转运防护盒	6mmPb	2	核医学科内转运 ^{99m}Tc 药物
		10mmPb	2	核医学科内转运 ^{131}I 药物
		6mmPb	2	核医学科内转运 ^{89}Sr 和 ^{32}P 药物

6	铅注射器防护套	6mmPb	不同规格各 2 个	注射 ^{99m}Tc 药物用
		6mmPb	不同规格各 2 个	注射 ^{89}Sr 药物用
7	北侧注射窗	6mmPb	1	注射 ^{99m}Tc 药物用
8	西侧注射窗	15mmPb	1	注射 ^{89}Sr 药物用； ^{131}I 患者服用用
9	移动铅防护屏风	2mmPb	1	SPECT/CT 机房摆位用
10	铅帽、铅围脖、铅眼镜、铅衣	0.5mmPb	6 套	护士给药及技师摆位时用
11	铅帽、铅围脖、铅围裙	0.5mmPb	1 套	SPECT/CT 显像诊断患者使用
12	X- γ 辐射剂量率仪	/	1 台	
13	β 表面污染仪	/	1 台	
14	个人剂量报警仪	/	6 个	
15	固定式剂量率报警仪	/	1 台	设置于分装间

六、辐射安全管理措施

(1) 放射性核素管理措施:

- ①应根据工作实际需要，在规定允许使用量范围内，制定年度订购计划。
- ②放射性核素应有专人领取和保管，到货后迅速取回，及时按要求登记，贴妥标签，注明放射性核素种类、放射性浓度及日期，妥善保存，防止丢失或变性，出厂说明书妥加保存，以备查对。
- ④标记及注射放射性药物时应严格核对，防止发生差错。对放射性药物应定期质控检查，如需要可随时检测。
- ⑤放射性核素到货后，应及时通知患者检查或治疗，以减少浪费。
- ⑥放射性核素空容器应固定地点集中存放，按规定退回生产厂家。
- ⑦要有专人负责每日放射性药品的登记，包括生产厂家、生产日期、批号、注射前剂量和注射后针筒残余剂量等，并由注射者签名。
- ⑧过期的或使用完毕的放射性药品应于放射性药品登记本中注明，统一予以注销，并按照放射性固体废物处理。

(2) 放射性核素操作时的防护措施:

- ①将药物注射器装上注射器防护套放入注射器防护盒中进行传递；
- ②要求医务人员在不同的活度区域应做好基本防护（比如穿着工作服、帽子、手套、佩戴个人剂量计）并穿着防护衣（铅衣、铅帽、铅眼镜等）；

③要求非密封源操作必须在带有抽风通风装置的手套箱内进行；

④放射性工作区域内不得会客、饮食、吸烟等；

⑤工作人员工作结束离开工作场所前必须脱下防护衣物，仔细洗手，不得穿工作服离开工作区域到非放射性工作场所活动，严禁将污染的设备和个人防护用品带出非放射性工作场所；

⑥工作人员的皮肤暴露部位有伤口时，应做好相应防护避免受到放射性污染，并可暂时不从事开放性放射源操作。

(3) 患者防护管理措施：

①在确定核医学诊断程序前首先确保根据临床需要拟使用的核医学诊治技术的预期利益将超过该医疗照射可能带来的潜在危险；

②已注射的受检者与未注射的受检者行动路线尽量不要交叉，以尽量减少受检者的受照剂量，患者出入口做好警示标识，严格控制人员进出，受检者进入注射区域或离开留观室后，工作人员应检查并确保相应的门已关闭；

③向患者施予放射性药物前必须仔细核对，患者是否与申请单上的姓名相符；准备施予的放射性药物名称、化学形式和活度是否与要求的相符；是否准备使用非常规程序；患者是否已做好准备工作，如已禁食或施用阻断剂。给患者注射放射性药物时必须小心谨慎，注意检查注射放射性药物的静脉周围有无泄漏，规定的活度是否已全部注入。如果出现意外，必须立即报告核医学医师；

④建立避免给错放射性药物或把放射性药物给错患者的防范措施。如果发生治疗给药失误，核医学医师应立即对患者进行妥善处理，并向有关部门报告；

⑤在患者出院时，应叮嘱患者，在离开医院后一定时间内，尽量减少与家庭陪护人员近距离、长时间共处，以减少对家人和其他人的辐射影响。

(4) 陪护人员防护管理措施

①患者检查时，尽量避免陪护人员进入机房。

②若患者必须需要扶持，工作人员应向陪护人员告知放射可能引起的危害。严禁孕妇及18岁以下青少年扶持受检者。

③陪护人员经工作人员允许后，穿戴好铅防护衣、铅帽子、铅围脖等防护用品，经患者入口进入控制区。工作人员应对陪护人员信息及陪护时间进行记录。

④陪护人员应尽量缩短与患者的接触时间，在保证受检者不因躁动摔下床的情况下，

尽可能采取距离防护。

⑤放射性废弃物丢弃在放射废物桶内，不得带出检查室，待放置衰变后再进行常规处理。

七、人员防护措施

(1) 辐射工作人员的防护

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

①**屏蔽防护**：通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套和铅转运防护盒。

②**时间防护**：辐射工作人员以及公众要尽可能的减少与辐射源的接触时间，对辐射工作人员限定工作时间，轮岗工作，降低在辐射场所的停留时间，减少不必要的辐射照射。加强辐射工作人员的培训，严格按照治疗计划对患者进行诊疗，避免患者受到不必要的辐射照射。

③**距离防护**：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

(2) 其他人员防护

①**屏蔽防护**：辐射工作场所外环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。

②**时间防护**：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

③**距离防护**：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

八、辐射防护措施符合性分析

本项目核医学科非密封放射性物质工作场所辐射防护措施合理性分析采用《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学科放射防护要求》（GBZ120-2020）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）进行分析，辐射防护措施符合性分析见表 10-5 和表 10-6。

表 10-5 核医学科工作场所辐射防护措施符合性分析表

标准	标准防护要求	本项目方案	符合性
《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021) 和《核医学科放射防护要求》 (GB120-2020)	<p>(HJ1188-2021)：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>(GB120-2020)：按《核医学科放射防护要求》(GBZ 120-2020)中表 1 划分的 I 类核医学工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求。</p>	<p>本项目核医学科各工作场所已按照 I 类核医学工作场所的要求进行设计，核医学科工作场所地面和墙壁（1m 以下）均拟使用防静电 PVC 卷材，易清洗且不易渗透，地面与墙壁接缝采用圆弧设计，保证连接处无缝隙，操作台、注射台表面采用不锈钢材料，光滑、平整、易于清洗去污。具体见 10.1 中第五条第（5）点“表面污染控制与防护”。</p>	符合
	<p>(HJ1188-2021)：操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在手套箱内进行。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>(GB120-2020)：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。配备适量的符合防护要求的各种辅助防护用品，如铅衣、铅手套、铅围裙等。</p>	<p>本项目属于乙级非密封物质工作场所，在分装间设有 1 个手套箱（20mmPb），药物操作在注射分装间完成；医院为本项目配备铅衣、铅围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜等个人防护用品 6 套（均为 0.5mmPb），放射性污染防护服 1 套，同时配备 6 个转运防护盒、4 个不同规格铅注射器防护套；项目设置 1 个移动铅屏风（2mmPb）分别置于 SPECT/CT 机房内。</p>	符合
	<p>(HJ1188-2021)：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>(GB120-2020)：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 7-9 规定值，应采取相应去污措施。从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 7-9 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制。</p>	<p>本项目在卫生通过间（操作放射性药物的控制区出口）内配备可更换衣物、防护用品、冲洗设施、表面污染检测及剂量率检测仪器，在卫生通过间的出入口处配备表面污染检测仪器。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，则应采取去污措施，确认其污染水平不超过表 7-9 规定值，才能离开核医学科工作场所。</p>	符合
	<p>(HJ1188-2021)：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>(GB120-2020)：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</p>	<p>本项目配备放射性核素贮存用铅防护罐（^{99m}Tc、⁸⁹Sr、¹³¹I）；配备放射性核素转运用铅转运防护盒。放射性药物由供货商派专人直接送至分装间内，并置于手套箱中。</p>	符合

	<p>射性物质应只限于需用的部分。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>(HJ1188-2021) 和 (GB120-2020)：扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。</p>		
	<p>(HJ1188-2021)：核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。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、手套箱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、手套箱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。手套箱应有足够的通风能力。设有手套箱、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> <p>(GB120-2020)：合成和操作放射性药物所用的手套箱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>本项目 SPECT/CT 机房的防护门上方设有工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。</p> <p>本项目核医学科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，建设单位拟在各涉源场所的排风口管道支路设置止回阀，以防止气流倒流，并拟设置气压表以便实时观察。同时在低活度区和监督区拟设置新风系统，以确保监督区相对正压，使得监督区的气流流向控制区，以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。核医学排风系统汇集于核医学科药后观察室上方管道通往屋顶排放，并在排风口处设置活性炭吸附装置。</p> <p>本项目核医学科工作场所设置 2 套通风系统： ①SPECT/CT 机房、留观室、药后观察室、废物间、抢救室（运动室）、走道、ECT 给药室、门诊治疗给药室、甲功室、分装间和缓冲区 2 的排风汇集于一个管道并通过药后观察室上方直通楼顶； ②分装间内的手套箱（风速不低于 0.5m/s）单独设计一个排风管道并通过药后观察室上方直通楼顶。</p>	符合
《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	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。	本项目在日常工作中将对放射性物质进行管理，对储存放射性物质的铅防护罐和衰变桶（或衰变箱）外标明放射性物质的类型、核素种类和存放日期的说明，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内，并及时做好相应的台账记录。	符合
《核医学科放射防护要求》(GB120-2020)	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。	本项目核医学科的留观室、药后观察室和卫生通过间产生的放射性废水，通过支管汇集至主管道，后沿下方的土壤层向东进行布置，最终排入 13 号楼东北侧的槽式放射性废液衰变池。槽式放射性废液衰变池为地埋式，上方为绿化带，并在上方设有围栏以及电离辐射警告标志。放射性废水排放管道均采用抗腐蚀抗压的塑料管，考虑到废液在管道内残留影响，部分暴露的污水管道外	符合

		包 5mmPb 铅板进行, 并设置电离辐射警告标志。放射性的废水经槽式放射性废液衰变池衰变, 且符合排放标准后, 排入医院废水处理系统。	
	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。	本项目核医学科工作场所内走道的地面上设置明确的患者导向标识。	符合
	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。	本项目的 SPECT/CT 机房、ECT 给药室、门诊治疗给药室、注射后等候室、留观室、抢救室(运动室)、废物间、分装间、缓冲区 2、走道以及出入口防护门处将设视频监控设备, 由医院辐射工作人员进行监控, 并将在上述功能室与控制室之间设对讲装置; SPECT/CT 机房设置 6mmPb 的观察窗。	符合
	药物制备室应安装固定式剂量率报警仪。	本项目分装间内安装有 1 台固定式辐射报警仪。	符合
《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)	<p>①CT 机房内最小有效使用面积 30m², 机房内最小单边长度 4.5m;</p> <p>②CT 机房的屏蔽防护铅当量厚度要求为 2.5mmPb;</p> <p>③机房应设有观察窗或摄像监控装置, 其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况;</p> <p>④机房应设置动力通风装置, 并保持良好的通风;</p> <p>⑤机房门外应有电离辐射警告标志; 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯, 灯箱上应设置如“射射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 候诊区应设置放射防护注意事项告知栏;</p> <p>⑥平开机房门应有自动闭门装置, 推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施; 工作状态指示灯能与机房门有效关联;</p> <p>⑦电动推拉门宜设置防夹装置。</p>	<p>①SPECT/CT 机房有效使用面积为 56.2m² (8.44m×6.66m);</p> <p>②SPECT/CT 机房四周墙体为 24cm 实心砖+2mmPb 钡砂水泥 (3.5mmPb)、10cm 混凝土+3mmPb 钡砂水泥 (约 4.0mmPb)、防护门为内衬 6mmPb 铅板防护门、观察窗为 6mmPb 铅玻璃;</p> <p>③本项目 SPECT/CT 机房拟设有观察窗, 其设置的位置能观察到受检者状态及防护门开闭情况;</p> <p>④本项目 SPECT/CT 机房拟设置通风装置, 保障机房内具备良好的通风;</p> <p>⑤本项目 SPECT/CT 机房防护门外均拟设置电离辐射警告标志、放射防护注意事项、工作指示灯, 灯箱处设置有“射线有害、灯亮勿入”警示语句;</p> <p>⑥本项目 SPECT/CT 机房平开防护门拟设有自动闭门装置; 工作状态指示灯与机房门设有联锁装置;</p> <p>⑦本项目 SPECT/CT 机房电动推拉门均设有防夹装置。</p>	

10.2 三废的治理

(一) 放射性固体废物

本项目产生的放射性固废可分为二类，第一类被污染的手套、抹布等物品、病人使用的一次性杯子、废药盒等被非密封放射性物质污染的物品；第二类为本项目通风系统过滤装置更换下来废活性炭。

第一类：建设单位在SPECT/CT机房、分装间、留观室、药后观察室、抢救室（运动室）内均拟设置放射性铅废物桶。每天下班后，由医务人员将铅废物桶的垃圾转入废物间内的放射性废物衰变箱，放射性废物暂存间内共设有6个放射性废物衰变箱（2个用于贮存含^{99m}Tc核素固废，2个用于贮存含¹³¹I核素固废，2个用于贮存含⁸⁹Sr、³²P核素固废），放射性废物储物箱轮流使用。

第二类：本项目通风系统过滤装置更换下来废活性炭，直接收集至衰变桶中，并送至废物室内经10个半衰期（本项目核医学科核素半衰期最长为50.53d（Sr-89），10个半衰期为505.3d）的贮存衰变，待其达到清洁解控水平后，按医疗废物交由有资质单位处理。

本项目产生的含^{99m}Tc核素固体废物（短半衰期）和含⁸⁹Sr、¹³¹I、³²P核素放射性固体废物（长半衰期）使用不同的放射性废物桶分开收集、处置。放射性废物桶和放射性废物衰变箱按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），张贴电离辐射警告标志、设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。放射性废物桶和衰变箱内均设置专用塑料袋进行收纳，对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，再装入塑料袋内。每袋重量不超过20kg。核医学科已建立放射性固体废物收集、贮存、排放管理台账，详细记录放射性固体废物的核素名称、种类、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息，做好记录并存档备案。

含^{99m}Tc核素固体废物（短半衰期）暂存时间超过30天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理；含¹³¹I核素放射性固体废物（长半衰期）暂存时间超过180天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理；含⁸⁹Sr、³²P核素放射性固体废物（长半衰期）暂存时间超过505.3天（按Sr-89半衰期50.53天）后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

(二) 放射性废水

本项目放射性废水主要来源是^{99m}Tc核素排泄物和呕吐物的冲洗用水以及工作人员操作过

程中手部受到微量污染或清扫工作台面、地面的清洁工具清洁时可能会带有微量放射性的废水（注：本项目核医学科不会产生含 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 核素放射性废水， ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 核素用于放射性药物门诊治疗，治疗后的患者即离开核医学科，不会产生含 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 核素的排泄物和呕吐物的冲洗用水等放射性废水。 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 在分装和质检过程中不慎撒漏时，工作人员用吸水纸进行处理，处理后的吸水纸放置于**放射性废物桶中做放射性固体废物处理**）。

产生放射性液体废物的主要场所为留观室、药后观察室和卫生通过间。各场所产生的废液通过支管道汇集到主管道后沿下方的土壤层向东进行布置，最终排入13号楼东北侧的槽式放射性废液衰变池。槽式放射性废液衰变池为地埋式，上方为绿化带，并在上方设有围栏以及电离辐射警告标志。放射性废水排放管道均采用抗腐蚀抗压的塑料管，考虑到废液在管道内残留影响，部分暴露的污水管道外包5mmPb铅板进行。

根据《建筑给水排水设计标准》，大便器自闭式冲水阀一次用量6L。根据医院提供的资料本项目每天接诊 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 病人数为20人，设核素显像检查患者注射后休息期间上厕所2次，每次约产生废水6L。核医学科工作场所清洗、去污每天用水量约为60L（含工作人员）/天。则总流入衰变池的废水量为 $0.3\text{m}^3/\text{天}$ 。

本项目设置了独立的智能化衰变池系统，衰变池分为3个并联的衰变槽，每个衰变槽容积 4m^3 ，合计 12m^3 。当放射性废液流入衰变系统时，衰变池1进水阀打开，废液流入衰变池1，其内置传感器检测达到预设高液位时，进水阀关闭，同时开启衰变池2进水阀，放射性废液流入衰变池2，同样内置传感器检测达到预设高液位时，进水阀关闭，开启衰变池3进水阀，放射性废液流入衰变池3，当衰变池3内置传感器检测达到预设高液位时，衰变池1排水阀开启对外排放废液，当衰变池1内置传感器检测到液位排至最低后再次开始收集，如此循环往复。衰变池系统在衰变间内，衰变间为混凝土结构，其四周墙体及顶板均为300mm混凝土，防腐防水性能好。

根据衰变池工作原理，本项目衰变池1废水排放时，贮存的天数约为37天（注：建设单位每周工作5天（即工作日与天数时间比为7/5），30天内产生的废水量为 6.6m^3 ），根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“对于槽式衰变池，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”，本项目核素为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 半衰期为6.02h，核素半衰期均小于24小时，则放射性废水在衰变池暂存时间超30天后可直接解控排放至医院污水处理站进一步处理。

衰变池的管理应做到以下几个方面：

（1）衰变池池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，放射性衰变池应加以密封，应有防雨、防渗和防漏的措施。

(2) 规定患者诊断期间使用专用厕所，不得使用其他厕所。

(3) 专用厕所应具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，且随时保持便池周围清洁。

(4) 衰变池设置标准取样检测口，以方便取样检测。

(三) 放射性废气

本项目核医学科工作场所设置 2 套通风系统：

①SPECT/CT 机房、留观室、药后观察室、废物间、抢救室（运动室）、走道、ECT 给药室、门诊治疗给药室、甲功室、分装间和缓冲区 2 的排风汇集于一个管道并通过药后观察室上方直通楼顶；

②分装间内的手套箱（风速不低于 0.5m/s）单独设计一个排风管道并通过药后观察室上方直通楼顶。

建设单位提供的通风管道图如图 10-5 所示，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）要求：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。

为保证核医学科内所有涉源的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，建设单位拟在各涉源场所的排风口管道支路设置止回阀，以防止气流倒流，并拟设置气压表以便实时观察。同时在低活度区和监督区拟设置新风系统，以确保监督区相对正压，使得监督区的气流流向控制区，以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。核医学排风系统汇集于核医学科药后观察室上方管道通往屋顶排放，并在排风口处设置活性炭吸附装置，活性炭由专人进行定期更换，更换下来的活性炭按照放射性固体废物进行处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设地点位于莆田市城厢区南门西路449号13号楼。本项目主要工程内容为利用13号楼一层原有的房间区域，结合13号楼北侧走道区域，在原有结构基础上建设核医学科工作场所和其他工作用房以及槽式放射性废液衰变池，并对内部进行建设、改造、装修以及设备安装，设置防护门、观察窗和动力通风装置等工程。施工期施工过程中会产生扬尘、施工噪声以及施工人员的生活污水，另外施工过程中还会产生建筑垃圾和施工人员生活垃圾。

(一) 施工期扬尘影响分析

本项目在建设施工期需进行的墙体建设、墙体粉刷、电气安装等作业，各种施工将产生少量扬尘，另外材料运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。

针对上述扬尘污染采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、施工场地应进行围挡，设置洒水装置，车辆在运输材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(二) 施工期噪声环境影响分析

场所装修电钻作业、设备安装等施工时产生间歇性噪声和振动，对项目周边人员有一定的影响。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，施工时应文明施工，合理安排施工时间，午间和夜间休息时间禁止施工；同时应选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施，施工场所应采取消声减震措施，避免对项目周边人员产生影响。

(三) 施工期固体废物环境影响分析

项目施工期间固废主要为建筑垃圾、施工废物料及施工人员生活垃圾。对项目施工期间产生的建筑垃圾、施工废物料，可回收利用的部分应尽量予以回收，不可回收的部分运送至建筑垃圾定点收集处，统一交由有资质的渣土运输单位处置。建设单位应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。

本项目建设内容所需施工人员约***人，生活垃圾量按***kg/人·d计算，则施工期内每天产生生活垃圾约***kg/d。生活垃圾采取袋装分类收集，投放至指定地点，而后由环卫部门每日及时统一清运、处置。

(四) 施工期废水环境影响分析

施工期废水主要有施工过程中产生的含泥浆建筑废水及施工人员生活污水。

施工期建设场地设置临时沉淀池，建筑废水经临时沉淀池处理后用于施工场地洒水降尘，不外排。

本项目建设内容所需施工人员约**人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水**L计算，则施工期总用水量约为**t (***/d)，污水排放量按用水量的**%计算，则生活污水总排放量约**t。本项目生活污水依托莆田市第一医院现有卫生间排入污水管道进行收集处理，不会对周边水环境造成影响。

本项目为新建项目，建设期间不涉及射线装置或非密封放射性核素的使用，不会对周边环境产生电离辐射影响。但在安装调试的过程中，一定要严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目核医学科诊疗服务主要分为 SPECT/CT 显像诊断和放射性药物门诊治疗。SPECT/CT 显像诊断使用 Tc-99m，放射性药物门诊治疗使用 Sr-89、I-131 和 P-32。

根据工艺流程与源项分析，项目运行阶段产生的辐射环境影响主要由β射线（Sr-89 和 P-32 核素产生）、韧致辐射（Sr-89 和 P-32 核素产生）、γ射线外照射（Tc-99m 和 I-131 产生）、X 射线外照射（SPECT/CT 射线装置产生）、β表面污染、放射性“三废”等辐射环境影响组成。

11.2.1 放射性核素辐射环境影响分析

一、预测模式

(一) γ射线辐射剂量率

参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录**，γ射线辐射剂量率计算公式如下：

$$H = \frac{10^{-X/TVL} \times A \times \Gamma}{r^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-1)}$$

(二) 关注点辐射剂量率

$$H_{\gamma} = \frac{H_0 \times 10^{-d/TVL}}{r^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-2)}$$

(三) β粒子射程

本次评价引用《辐射防护手册 第三分册》中β粒子最大射程经验公式进行估算。

$$d = \frac{E_{max}}{2\rho} \dots\dots\dots (公式 11-3)$$

(四) β粒子产生的韧致辐射剂量率

《辐射防护导论》中给出屏蔽层中由β粒子产生的韧致辐射在1m处空气中的吸收剂量率为：

$$H = 4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z_e \times \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \times \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \dots\dots\dots 公式 (11-4)$$

二、辐射源源强

本项目核医学科各辐射工作场所源强和屏蔽情况见表 11-1。

表 11-1 本项目核医学科各辐射工作场所源强和屏蔽情况

场所	核素源强	屏蔽情况	备注
手套箱	***	手套箱六面铅当量均为 20mmPb； ^{99m} Tc、 ⁸⁹ Sr 和 ³² P 于手套箱内时置于 6mmPb 铅防护罐内； ¹³¹ I 于手套箱内时置于 20mmPb 铅防护罐内	/
分装间	***	分装间墙体屏蔽情况见表 10-3；手套箱六面铅当量均为 20mmPb； ^{99m} Tc、 ⁸⁹ Sr 和 ³² P 于手套箱内时置于 6mmPb 铅防护罐内；I-131 于手套箱内时置于 20mmPb 铅防护罐内	/
ECT 给药室	***	ECT 给药室墙体屏蔽情况见表 10-3	/
门诊治疗给药室	***	门诊治疗给药室墙体屏蔽情况见表 10-3	***
走道	***	走道墙体屏蔽情况见表 10-3	/
药后观察室	***	药后观察室墙体屏蔽情况见表 10-3	***
抢救室 (运动室)	***	墙体屏蔽情况见表 10-3	/
SPECT/CT 机房	***	墙体屏蔽情况见表 10-3	/
留观室	***	留观室墙体屏蔽情况见表 10-3	/
缓冲区 2	***	缓冲区 2 墙体屏蔽情况见表 10-3	/
甲功室	***	甲功室墙体屏蔽情况见表 10-3	/
敷贴治疗室	***	敷贴治疗室墙体屏蔽情况见表 10-3	***

三、核医学科各辐射工作场所辐射剂量率

(1) 手套箱外表面 30cm 处各关注点辐射剂量率

根据公式 (11-1)，Tc-99m 和 I-131 核素产生的γ射线至手套箱外 30cm 辐射剂量率见

表 11-2。

表 11-2 Tc-99m 和 I-131 核素产生的 γ 射线至手套箱外 30cm 辐射剂量率一览表

核素名称	X	TVL	r(m)	A(MBq)	Γ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)	H ($\mu\text{Sv/h}$)	
Tc-99m	***	***	***	***	***	***	合计: ***
I-131	***	***	***	***	***	***	

根据公式 (11-4), Sr-89 和 P-32 核素 β 粒子所至 1m 处韧致辐射剂量率见表 11-3。

表 11-3 Sr-89 和 P-32 核素 β 粒子所至 1m 处韧致辐射剂量率

核素	源活度 (Bq)	屏蔽材料有效 原子序数 Z (空气)	E_b (MeV)	μ_{en}/ρ (m^2/kg)	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
^{89}Sr	***	***	***	***	***
^{32}P	***	***	***	***	***

参照由《辐射防护手册》(第三分册)表***查核素能量在***MeV 时,混凝土对 γ 射线的十值层约为***cm,铅对 γ 射线的十值层约为***cm,多孔砖对 γ 射线的十值层约为***cm。本项目 ^{89}Sr 和 ^{32}P 所致韧致辐射剂量率的十值层保守取***MeV 时的值。

根据公式 (11-2), ^{89}Sr 和 ^{32}P 所致韧致辐射至手套箱外 30cm 辐射剂量率见表 11-4。

表 11-4 ^{89}Sr 和 ^{32}P 所致韧致辐射至手套箱外 30cm 辐射剂量率一览表

核素名称	d	TVL	r(m)	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	H ($\mu\text{Sv/h}$)	
^{89}Sr	***	***	***	***	***	合计: ***
^{32}P	***	***	***	***	***	

根据表 11-2 和表 11-4,手套箱外表面 30cm 处辐射剂量率为*** $\mu\text{Sv/h}$,满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中“设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$,非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求。

(2) 分装间墙体外 30cm 处各关注点辐射剂量率

根据表 11-2 和表 11-4,经过距离衰减和墙体屏蔽后,分装间墙体外 30cm 辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中“各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$,如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域,其周围剂量当量率应小于 10 $\mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求。

(3) ECT 给药室、走道、药后观察室、抢救室(运动室)、留观室、缓冲区 2、甲功、门诊治疗给药室墙体外 30cm 处各关注点辐射剂量率

根据公式 (11-1), Tc-99m 和 I-131 核素产生的 γ 射线至各辐射工作场所墙体外 30cm 辐射剂量率见表 11-5。

表 11-5 本项目核医学科各辐射工作场所墙体外 30cm 各关注点辐射剂量率一览表

关注点		估算条件	r (m)	屏蔽物质	TVL (mm)	H (μSv/h)
ECT 给药室	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖 +1mmPb 钡砂水泥	***	***
	南墙外 30cm		***			***
	西墙外 30cm		***			***
	北墙外 30cm		***	6mmPb 铅防护门		***
	北侧防护门外 30cm		***			***
	南侧注射窗外 30cm		***	6mmPb 注射窗		***
	顶棚上方 30cm		***	10cm 混凝土 +1mmPb 钡砂水泥		***
走道	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖 +1mmPb 钡砂水泥	***	***
	南墙外 30cm		***			***
	西墙外 30cm		***			***
	北墙外 30cm		***	6mmPb 铅防护门		***
	东侧防护门外 30cm		***			***
	西侧防护门外 30cm		***	***		***
	顶棚上方 30cm		***	10cm 混凝土 +1mmPb 钡砂水泥		***
药后观察室	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖 +1mmPb 钡砂水泥	***	***
	南墙外 30cm		***			***
	西墙外 30cm		***			***
	北墙外 30cm		***	24cm 实心砖 +2mmPb 钡砂水泥		***
	南侧防护门外 30cm		***	6mmPb 铅防护门		***
	北侧防护门外 30cm		***			***
	顶棚上方 30cm		***	10cm 混凝土 +1mmPb 钡砂水泥		***
抢救室 (运动室)	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖 +1mmPb 钡砂水泥	***	***
	南墙外 30cm		***			***
	西墙外 30cm		***			***
	北墙外 30cm		***	24cm 实心砖 +2mmPb 钡砂水泥		***
	南侧防护门外 30cm		***	6mmPb 铅防护门		***
	顶棚上方 30cm		***	10cm 混凝土 +1mmPb 钡砂水泥		***
	留观室		***	***		24cm 实心砖 +1mmPb 钡砂水泥
东墙外 30cm	***	***				
南墙外 30cm	***	***				
西墙外 30cm	***	24cm 实心砖 +2mmPb 钡砂水泥		***		

	北侧防护门外 30cm		***	6mmPb 铅防护门		***
	顶棚上方 30cm		***	10cm 混凝土 +1mmPb 钡砂水泥		***
缓冲区 2	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖	***	***
	南墙外 30cm		***	+2mmPb 钡砂水泥		***
	西墙外 30cm		***	24cm 实心砖		***
	北墙外 30cm		***	+1mmPb 钡砂水泥		***
	西侧防护门外 30cm		***	6mmPb 铅防护门		***
	顶棚上方 30cm		***	10cm 混凝土 +1mmPb 钡砂水泥		***
甲功室	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖 +1mmPb 钡砂水泥	***	***
	南墙外 30cm		***	24cm 实心砖		***
	西墙外 30cm		***			***
	北墙外 30cm		***			***
	西侧防护门外 30cm		***	普通门		***
	北侧防护门外 30cm		***	普通门		***
	顶棚上方 30cm		***	10cm 混凝土		***
门诊治疗给药室	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖 +1mmPb 钡砂水泥	***	***
	南墙外 30cm		***			***
	西墙外 30cm		***			***
	北墙外 30cm		***	***		
	东侧注射窗外 30cm		***	15mmPb 注射窗		***
	西侧防护门外 30cm		***	12mmPb 铅防护门		***
	南侧防护门外 30cm		***	6mmPb 铅防护门		***
	顶棚上方 30cm		***	10cm 混凝土 +1mmPb 钡砂水泥		***

根据表 11-5, ECT 给药室、走道、药后观察室、抢救室(运动室)、留观室、缓冲区 2、甲功、门诊治疗给药室墙体外 30cm 处各关注点辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中“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”的标准要求。

(4) 敷贴治疗室墙体外 30cm 处各关注点辐射剂量率

根据公式 (11-4), P-32 核素 β 粒子所至 1m 处韧致辐射剂量率见表 11-6。

表 11-6 P-32 核素β粒子所至 1m 处韧致辐射剂量率

核素	源活度 (Bq)	屏蔽材料有效 原子序数 Z (空气)	E _b (MeV)	$\frac{\mu_{en}}{\rho}$ (m ² /kg)	辐射剂量率 (μSv/h)
³² P	***	***	***	***	***

参照由《辐射防护手册》(第三分册)表**查核素能量在**MeV 时,混凝土对γ射线的十值层约为**cm,铅对γ射线的十值层约为**cm,多孔砖对γ射线的十值层约为**cm。本项目 ³²P 所致韧致辐射剂量率的十值层保守取**MeV 时的值。

表 11-7 P-32 所致韧致辐射至敷贴治疗室外 30cm 辐射剂量率一览表

关注点		H ₀ (μSv/h)	r (m)	屏蔽物质	TVL (mm)	H (μSv/h)
敷贴 治疗 室	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖	***	***
	南墙外 30cm		***			***
	西墙外 30cm		***			***
	北墙外 30cm		***	12cm 实心砖		***
	北侧防护门外 30cm		***	普通门		***
	南侧防护门外 30cm		***	10cm 混凝土		***
	顶棚上方 30cm		***			***

根据表 11-7,敷贴治疗室墙体外 30cm 处各关注点辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中“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”的标准要求。

(5) SPECT/CT 机房墙体外 30cm 处各关注点辐射剂量率

SPECT/CT 机房墙体外 30cm 处各关注点辐射剂量率主要为 Tc-99m 核素产生的 γ 射线和 SPECT/CT 射线装置产生的 X 射线。

①Tc-99m 核素贡献辐射剂量率

根据公式(11-1), Tc-99m 核素产生的γ射线至 SPECT/CT 机房墙体外 30cm 辐射剂量率见表 11-8。

表 11-8 Tc-99m 核素产生的γ射线至 SPECT/CT 机房墙体外 30cm 各关注点辐射剂量率一览表

关注点		估算条件	R(m)	屏蔽物质	TVL (mm)	H (μSv/h)
SPEC T/CT 机房	东墙外 30cm	***	***	24cm 实心砖 +2mmPb 钡砂水泥	***	***
	南墙外 30cm		***			***
	西墙外 30cm		***			***
	北墙外 30cm		***			***

观察窗外 30cm	***	6mmPb 铅玻璃	***
东侧门外 30cm	***	6mmPb 铅防护门	***
南侧门外 30cm	***	6mmPb 铅防护门	***
西侧门外 30cm	***	6mmPb 铅防护门	***
顶棚上方 30cm	***	10cm 混凝土 +3mmPb 钡砂水泥	***

②SPECT/CT 射线装置产生的 X 射线贡献辐射剂量率

本次计算参照《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T 180-2006）附录**中图**和图**。图**和图**为 CT 设备在扫描条件为：**kVp，**mAs/层，层厚**mm 时剂量分布图。

根据图 11-1，CT 设备**m 处的最大杂散辐射约为**μGy/mAs，本项目 PET-CT 和 SPECT-CT 管电流最大为**mA，故 PET-CT 和 SPECT-CT 设备 1m 处的杂散辐射为**μSv/h。

计算公式参考李德平、潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》（[M] 北京：原子能出版社，1987）。

$$H = \frac{H_0 \times B}{R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

本项目 SPECT-CT 机房外 X 射线辐射剂量率计算结果见表 11-9。

表11-9 SPECT-CT机房外X射线辐射剂量率计算结果一览表

机房	关注点	屏蔽物质	d (m)	α	β	γ	H (μSv/h)	
SPECT/ CT机房	东墙外 30cm	***	***	***	***	***	***	
	南墙外 30cm		***				***	
	西墙外 30cm		***				***	
	北墙外 30cm		***				***	
	观察窗外 30cm	***	***				***	***
	东侧门外 30cm	***	***				***	
	南侧门外 30cm		***				***	
	西侧门外 30cm		***				***	
	顶棚上方 30cm		***				***	

结合表 11-8 和表 11-9 计算结果，本项目 SPECT-CT 机房外各关注点辐射剂量率见表 11-10。

表11-10 SPECT-CT机房外各关注点辐射剂量率计算结果

机房	关注点	CT机贡献辐射剂量率	Tc-99m核素贡献辐射剂量率	H (μSv/h)
SPECT/ CT机房	东墙外 30cm	***	***	***
	南墙外 30cm	***	***	***
	西墙外 30cm	***	***	***
	北墙外 30cm	***	***	***
	观察窗外 30cm	***	***	***
	东侧门外 30cm	***	***	***
	南侧门外 30cm	***	***	***
	西侧门外 30cm	***	***	***
	顶棚上方 30cm	***	***	***

根据表 11-10，SPECT/CT 机房墙体外 30cm 处各关注点辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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”和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的标准要求。

(5) 衰变池上方外 30cm 处各关注点辐射剂量率

参考《AAPM Task Group 108:PET and PET/CT Shielding Requirements》，显像诊断核素在前***h 时内随人体排出的活度约为使用量的***%，保守以候诊期间注射后患者体内的***%的核素排入到衰变池估算，则每日最大含 ^{99m}Tc 放射性废水排放量为***MBq，**单日放射性废水活度不考虑 ^{99m}Tc 核素衰变。**

本项目设置了独立的智能化衰变池系统，衰变池分为 3 个并联的衰变槽，每个衰变槽容积 4m³，合计 12m³，本项目总流入衰变池的废水量为 0.3m³/天，建设单位每周工作 5 天，本项目 3 个并联的衰变槽均贮存满放射性废水需要 40 天。

根据放射性同位素衰变公式：

$$A = A_0 \cdot e^{-\ln 2 \cdot t / T_{1/2}} \dots\dots\dots \text{公式 (11-7)}$$

本项目 3 个并联的衰变槽均贮存满放射性废水时活度为***MBq。

根据公式 (11-1)，衰变池上方外 30cm 辐射剂量率见表 11-11。

表 11-11 本项目衰变池上方外 30cm 各关注点辐射剂量率一览表

关注点	估算条件	r (m)	屏蔽物质	TVL (mm)	H (μSv/h)
衰变池	顶棚上方 30cm	***	***	***	***

根据表 11-11，衰变池上方外 30cm 处各关注点辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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”的标准要求。

四、核医学科辐射工作人员各操作过程辐射剂量率

根据公式（11-1）~公式（11-4），核医学科辐射工作人员各操作过程辐射剂量率见表 11-12。

表 11-12 核医学科辐射工作人员各操作过程辐射剂量率计算结果

核素	操作过程	屏蔽物质	距离	H (μ Sv/h)	备注
^{99m}Tc	分装、质检	***	***	***	***
	转运	***	***	***	***
	注射	***	***	***	***
	摆位	***	***	***	***
	SPECT/CT 控制室操作	***	***	***	***
^{131}I	分装、质检	***	***	***	***
	甲亢药物转运	***	***	***	***
	甲功药物转运	***	***	***	***
	甲功测定	***	***	***	***
^{89}Sr	分装、质检	***	***	***	***
	转运	***	***	***	***
	注射	***	***	***	***
^{32}P	分装、质检和制作	***	***	***	***
	转运	***	***	***	***
	指导敷贴	***	***	***	***

五、 β 粒子环境影响分析

根据公式（11-3）计算，得到Sr-89和P-32核素衰变产生 β 粒子在上述材料中最大射程见表11-13。

表 11-13 Sr-89 和 P-32 核素产生的 β 粒子最大射程

核素	β 粒子能量 (MeV)	射程 (cm)					
		铅	混凝土	实心砖	有机玻璃	水	空气 (标准条件下)
^{89}Sr	***	***	***	***	***	***	***
^{32}P	***	***	***	***	***	***	***

本项目 Sr-89 和 P-32 核素在核医学科的屏蔽情况见表 11-14。

表11-14 β粒子在核医学科的屏蔽情况一览表

核素	屏蔽材料	β粒子最大射程	符合情况
⁸⁹ Sr	分装、质检和贮存	***	***
	转运	***	***
	注射	***	***
	患者	***	***
³² P	分装、质检和贮存	***	***
	转运	***	***

根据表11-14，本项目各工作场所防护设计厚度均远大于β射线最大射程。因此Sr-89和P-32核素衰变产生β射线对周围环境及工作人员的外照射影响可忽略不计。

六、β表面污染环境影响分析

β表面污染主要是由放射性药物洒落或者施用放射性药物的病人随地吐痰、排泄引起。在注射和服用药物后，医生将叮嘱病人严禁随地吐痰，防止对地面产生β表面污染。本项目在注射后等候室中设置病人专用卫生间，施用放射性药物病人排泄物统一收集，防止β表面污染。此外，每次工作结束后，本项目工作人员将对项目辐射工作场所进行β表面污染巡测，检测人员在检测过程中，注意保护表面污染检测仪不被沾污，在检测工作结束后，用检测仪器对自身的表面污染水平进行评估，特别是鞋底部分。

通过以上分析可知，在正常情况下，放射性药物产生的β表面污染较小。

七、核医学科患者出院影响分析

（一）出院患者体内放射性活度和周围剂量当量率

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ11881-2021），为确保放射性核素治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，出院患者体内放射性核素活度应符合表 11-15 的要求。

表 11-15 服药患者的出院要求

核素	患者出院时体内放射性活度 (MBq)	本项目患者单次最大药量 (MBq)	符合性
⁸⁹ Sr	***	***	符合
¹³¹ I	***	***	符合

根据表 11-15，本项目 ⁸⁹Sr 患者（注药）和 ¹³¹I 患者（服药）满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ11881-2021）患者出院时体内放射性活度要求。

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ11881-2021）未对 ^{99m}Tc 患者出院时体内放射性活度作出要求，本项目 ^{99m}Tc 患者出院参照《核医学科放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“¹³¹I 接受 ¹³¹I 治疗的患者应在距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 方

可出院”的剂量要求。

表 11-16 本项目 ^{99m}Tc 患者出院时 1m 处的周围剂量当量率一览表

注射核素	注射活度 (MBq)	患者或受检者体内单位放射性活度所致 体外 1m 处的周围剂量当量率 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 (\text{h}\cdot\text{MBq})^{-1}$	1m 处的 周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
^{99m}Tc	***	***	***

根据表 11-15, 本项目 ^{89}Sr 患者 (注药) 和 ^{131}I 患者 (服药) 满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ11881-2021)患者出院时体内放射性活度要求。根据表 11-16, 本项目 ^{99m}Tc 患者出院时 1m 处的周围剂量当量率为 $***\mu\text{Sv/h}\leq 25\mu\text{Sv/h}$ 。

^{32}P 为敷贴治疗, 治疗后患者体内无放射性核素。

(二) 出院患者管理

本项目核医学科患者参照《核医学科放射防护要求》(GBZ 120-2020)表***和表***, 并结合本项目具体情况, 对本项目核医学科患者出院提出相关注意事项, 具体限制见表 11-17。工作人员应在患者出院前告知患者出院时的相关注意事项, 并发放纸质版的相关注意事项。

表 11-17 本项目核医学科患者出院相关注意事项一览表

不上班 时间	与伴侣 不同床 时间	限制与<2 岁儿童接 触的时间	限制与 2 岁 ~5 岁儿童接 触的时间	限制与>5 岁儿童接触 的时间	自由旅行		参团旅游	
					自由行旅游	参团旅游		
3 天	16 天	16 天	13 天	10 天	8d~23d	可以, 但与 同伴保持 距离>1m	$\geq 8\text{d}$	不能参加
							16d~24d	参加 3 天以内的 短期旅游, 但与同 伴保持距离>1m
					$\geq 24\text{d}$	可以	24d~32d	可以, 但与同伴保 持距离>1m
							$\geq 32\text{d}$	可以

11.2.2 放射性“三废”辐射环境影响分析

一、放射性废水

(一) 放射性废水污染源项

本项目放射性废水主要来源是 ^{99m}Tc 核素排泄物和呕吐物的冲洗用水以及工作人员操作过程中手部受到微量污染或清扫工作台面、地面的清洁工具清洁时可能会带有微量放射性的废水 (注: 本项目核医学科不会产生含 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 核素放射性废水, ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 核素用于放射性药物门诊治疗, 治疗后的患者即离开核医学科, 不会产生含 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 核素的排泄物和呕吐物的冲洗用水等放射性废水。 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 在分装和质检过程中不

慎撒漏时，工作人员用吸水纸进行处理，处理后的吸水纸放置于**放射性废物桶中做放射性固体废物处理**）。

根据《建筑给水排水设计标准》，大便器自闭式冲水阀一次用量 *** L。根据医院提供的资料，本项目每天接诊 ^{99m}Tc 病人数为 *** 人，设核素显像检查患者注射后休息期间上厕所 *** 次，每次约产生废水 *** L。核医学科工作场所清洗、去污每天用水量约为 *** L（含工作人员）/天。本项目总流入衰变池的废水量为 $^{***}\text{m}^3/\text{天}$ 。

参考《AAPM Task Group 108:PET and PET/CT Shielding Requirements》，显像诊断核素在前 $^{***}\text{h}$ 时内随人体排出的活度约为使用量的 $^{***}\%$ ，保守以候诊期间注射后患者体内的 $^{***}\%$ 的核素排入到衰变池估算，则每日最大含 ^{99m}Tc 放射性废水排放量为 $^{***}\text{MBq}$ 。

（二）衰变池设计

本项目设置了独立的智能化衰变池系统，衰变池分为3个并联的衰变槽，每个衰变槽容积 4m^3 ，合计 12m^3 。当放射性废液流入衰变系统时，衰变池1进水阀打开，废液流入衰变池1，其内置传感器检测达到预设高液位时，进水阀关闭，同时开启衰变池2进水阀，放射性废液流入衰变池2，同样内置传感器检测达到预设高液位时，进水阀关闭，开启衰变池3进水阀，放射性废液流入衰变池3，当衰变池3内置传感器检测达到预设高液位时，衰变池1排水阀开启对外排放废液，当衰变池1内置传感器检测到液位排至最低后再次开始收集，如此循环往复。衰变池系统在衰变间内，衰变间为混凝土结构，其四周墙体及顶板均为 300mm 混凝土，防腐防水性能好。

（三）放射性废水衰变时间分析

本项目总流入衰变池的废水量为 $0.3\text{m}^3/\text{天}$ ，建设单位每周工作5天（即工作日与天数时间比为7/5），根据衰变池工作原理，本项目衰变池1废水排放时（衰变池2和衰变池3贮存满），贮存的天数约为 *** 天，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“对于槽式衰变池，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”的衰变时间要求。

（四）衰变池排放活度和排放浓度分析

（1）放射性核素排放活度限值

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

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

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

表 11-18 本项目放射性核素排放限值 (ALI)

核素名称	每月排放限值 (Bq)	一次排放限值 (Bq)
^{99m}Tc	***	***

(2) 放射性核素排放浓度限值

根据《污水综合排放标准》(GB8978-1996), 总 β 放射性均属于一类污染物, 便池出口最高允许排放浓度分别为 $10Bq/L$ 。

^{99m}Tc 核素半衰期为 6.02h, 本项目衰变池 1 放射性废水经衰变池贮存 37 天后排放时, 其衰变池 1 放射性废水排放活度为: $***Bq$ 。

衰变池每格储水池容量为 $4m^3$, 则每次排放的放射性废水量为 $4m^3$ (为 $4000L$), 经过 37 天暂存后, 核素排出的浓度为: $***Bq/L$ 。

综上, 本项目放射性废水中 ^{99m}Tc 核素的排放活度均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中单次排放的活度低于 $1ALI_{min}$ 和单月排放活度低于 $10ALI_{min}$ 的要求和符合《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 的排放要求 (总 $\beta < 10Bq/L$)。

二、放射性固体废物

本项目产生的放射性固废可分为三类, 第一类被污染的手套、抹布等物品、病人使用的一次性杯子、废药盒等被非密封放射性物质污染的物品; 第二类为本项目通风系统过滤装置更换下来废活性炭。

本项目产生的含 ^{99m}Tc 核素固体废物 (短半衰期) 和含 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{32}P 核素放射性固体废物 (长半衰期) 使用不同的放射性废物桶分开收集、处置。放射性废物桶和放射性废物衰变箱按照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021), 张贴电离辐射警告标志、设置标签, 标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。放射性废物桶和衰变箱内均设置专用塑料袋进行收纳, 对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物, 先装入硬纸盒或其他包装材料中, 再装入塑料袋内。每袋重量不超过 $20kg$ 。核医学科已建立放射性固体废物收集、贮存、排放管理台账, 详细记录放射性固体废物的核素名称、种类、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息, 做好记录并存档备案。

含 ^{99m}Tc 核素固体废物 (短半衰期) 暂存时间超过 30 天后, 经监测辐射剂量率满足所处

环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理；含 ^{131}I 核素放射性固体废物（长半衰期）暂存时间超过180天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理；含 ^{89}Sr 、 ^{32}P 核素放射性固体废物（长半衰期）暂存时间超过505.3天（按 Sr-89 半衰期50.53天）后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

第一类：非密封放射性物质污染的物品

① $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素污染的物品

本项目核医学科工作场所中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素最大患者数总计20人/d，固废产生系数为 $0.05\text{kg}/\text{人次}$ ，工作场所日产生的受污染的注射器、棉签、棉球、擦拭废纸、一次性手套等产生量约 $1.0\text{kg}/\text{d}$ （约合 $2\text{L}/\text{d}$ ）。建设单位每周工作5天（即工作日与天数时间比为7/5），当日工作结束后收集各场所产生的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素放射性固体废物至废物间的2个 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素放射性废物衰变箱（ 100L ， 5mmPb ）中贮存衰变（注：2个放射性废物衰变箱交替使用），单个 100L 放射性废物衰变箱可贮存含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性固体废物约为***天，则当第2个 100L 的放射性废物衰变箱贮存满时，第1个 100L 的放射性废物衰变箱内放射性固体废物已贮存140天，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“7.2.3.1 a)所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天”的要求。

② ^{131}I 核素污染的物品

本项目核医学科工作场所中 ^{131}I 核素最大患者数总计15人/d（甲亢5人，甲亢10人），固废产生系数为 $0.05\text{kg}/\text{人次}$ ，工作场所日产生的受污染的擦拭废纸、一次性手套和一次性药管等产生量约 $0.75\text{kg}/\text{d}$ （约合 $1.5\text{L}/\text{d}$ ）。建设单位每周工作5天（即工作日与天数时间比为7/5），当日工作结束后收集各场所产生的 ^{131}I 核素放射性固体废物至废物间的2个 ^{131}I 核素放射性废物衰变箱（ 200L ， 10mmPb ）中贮存衰变（注：2个放射性废物衰变箱交替使用），单个 200L 放射性废物衰变箱可贮存含 ^{131}I 核素放射性固体废物约为***天，则当第2个 200L 的放射性废物衰变箱贮存满时，第1个 200L 的放射性废物衰变箱内放射性固体废物已贮存约186天，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“7.2.3.1 c)含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天。”的要求。

③ ^{89}Sr 和 ^{32}P 核素污染的物品

本项目核医学科工作场所中 ^{89}Sr 核素最大患者数总计5人/d， ^{32}P 核素最大患者数总

计 3 人/d，总计 8 人/天，固废产生系数为 0.05kg/人次，工作场所日产生的受污染的擦拭废纸、一次性手套和一次性药管等产生量约 0.8kg/d（约合 0.8L/d）。建设单位每周工作 5 天（即工作日与天数时间比为 7/5），当日工作结束后收集各场所产生的 ^{89}Sr 和 ^{32}P 核素放射性固体废物至废物间的 2 个放射性废物衰变箱（300L，5mmPb）中贮存衰变（注：2 个放射性废物衰变箱交替使用），单个 300L 放射性废物衰变箱可贮存含 ^{89}Sr 和 ^{32}P 核素放射性固体废物约为 525 天，则当第 2 个 300L 的放射性废物衰变箱贮存满时，第 1 个 300L 的放射性废物衰变箱内放射性固体废物已贮存约 525 天，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“7.2.3.1 b)所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍。”的要求（注： ^{89}Sr 核素半衰期为 50.53 天）。

第二类：废活性炭

放射性废气排放管道中的活性炭每半年更换一次，更换下来的废下来的活性炭直接收集至放射性废物衰变箱（300L，5mmPb）中，并送至废物室内经 10 个半衰期（本项目核医学科核素半衰期最长为 50.53d（Sr-89），10 个半衰期为 505.3d）的贮存衰变，达到解控水平后作为一般医疗废物处理，对周围环境产生影响较小。

三、放射性废气

本项目核医学科工作场所设置 2 套通风系统：

①SPECT/CT 机房、留观室、药后观察室、废物间、抢救室（运动室）、走道、ECT 给药室、门诊治疗给药室、甲功室、分装间和缓冲区 2 的排风汇集于一个管道并通过药后观察室上方直通楼顶；

②分装间内的手套箱（风速不低于 0.5m/s）单独设计一个排风管道并通过药后观察室上方直通楼顶。

为保证核医学科内所有涉源的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，建设单位拟在各涉源场所的排风口管道支路设置止回阀，以防止气流倒流，并拟设置气压表以便实时观察。同时在低活度区和监督区拟设置新风系统，以确保监督区相对正压，使得监督区的气流流向控制区，以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。核医学排风系统汇集于核医学科药后观察室上方管道通往屋顶排放，并在排风口处设置活性炭吸附装置，活性炭由专人进行定期更换，更换下来的活性炭按照放射性固体废物进行处理。

本项目放射性废气处置措施满足标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

中关于放射性废气处理的相关要求。

11.2.3 职业工作人员和公众年有效剂量评价

(一) 估算模式

年有效剂量计算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{式 (11-8)}$$

(二) 工作负荷

本项目工作人员各操作过程工作负荷见表 11-19。

表 11-19 核医学科核素辐射工作人员各操作过程工作负荷一览表

核素	操作过程	单日最大操作时间	年最大时间 (h)	备注
^{99m} Tc	分装、质检	**	**	/
	转运	**	**	/
	注射	**	**	/
	摆位	**	**	**
	SPECT/CT 控制室操作	**	**	/
甲亢治疗 (¹³¹ I)	分装、质检	**	**	/
	甲亢药物转运	**	**	/
甲功检查 (¹³¹ I)	分装、质检	**	**	/
	甲功药物转运	**	**	/
	甲功测定	**	**	/
⁸⁹ Sr	分装、质检	**	**	/
	转运	**	**	/
	注射	**	**	/
³² P	分装、质检和制作	**	**	/
	转运	**	**	/
	敷贴指导	**	**	/

本项目核医学科各辐射工作场所工作负荷见表 11-20。

表 11-20 核医学科各辐射工作场所工作负荷一览表

工作场所	单日最大时间	年最大时间 (h)	备注
分装间	**	**	**
ECT 给药室	**	**	**
走道	**	**	**
药后观察室	**	**	**
SPECT/CT 机房	**	**	**
抢救室 (运动室)	**	**	**

留观室	**	**	**
缓冲区 2	**	**	**
门诊治疗给药室	**	**	**
甲功室	**	**	**
敷贴室	**	**	**

(三) 年有效剂量评价

根据公式 (11-8)，本项目职业工作人员和公众人员年有效剂量评价见表 11-21。

表 11-21 工作人员及公众成员的年有效剂量一览表

人员	操作类型	辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	时间(h)	居留因子	年有效剂量(mSv/h)	备注	
工作人员	$^{99\text{mTc}}$ 分装、质检	**	**	**	**	**	
	$^{99\text{mTc}}$ 转运	**	**				
	$^{99\text{mTc}}$ 注射	**	**				
	甲亢药物 (^{131}I) 分装、质检	**	**				
	甲亢药物 (^{131}I) 转运	**	**				
	甲功药物 (^{131}I) 分装、质检	**	**				
	甲功药物 (^{131}I) 转运	**	**				
	^{89}Sr 分装、质检	**	**				
	^{89}Sr 转运	**	**				
	^{89}Sr 注射	**	**				
	^{32}P 分装、质检和制作	**	**				
	^{32}P 转运	**	**				
	甲功 (^{131}I) 测定	**	**				
	敷贴指导 (^{32}P)	**	**				
	$^{99\text{mTc}}$ 摆位	**	**				
SPECT/CT 控制室操作	**	**	**				
公众人员	分装间	南侧外部走道	**	**	**	**	
		楼上杂物间 8	**	**	**	**	
	ECT 给药室	楼上杂物间 8	**	**	**	**	
	走道	东侧内部走道	**	**	**	**	**
		楼上过道	**	**	**	**	
	抢救室 (运动室)	东侧医生办公室	**	**	**	**	
		楼上杂物间 3	**	**	**	**	
	药后观察室	楼上杂物间 2	**	**	**	**	
留观室	西侧楼梯间	**	**	**	**		

	楼上杂物间 1	**	**	**	**	
缓冲区 2	西侧外部走道	**	**	**	**	
	北侧外部走道	**	**	**	**	
门诊治疗 给药室	南侧外部走道	**	**	**	**	
	楼上杂物间 7	**	**	**	**	
甲功室	南侧外部走道	**	**	**	**	
	楼上杂物间 7	**	**	**	**	
SPECT/CT 机房	北侧外部走道	**	**	**	**	**
敷贴室	西侧预约室	**	**	**	**	**
	楼上杂物间 6	**	**	**	**	**

根据表11-21，本项目核医学科工作人员职业照射的年有效剂量最大值为**mSv/a，周边公众成员的年有效剂量最大为**mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求（职业人员20mSv/a，公众人员1mSv/a），同时也低于本项目剂量约束值要求（职业人员5mSv/a，公众人员0.1mSv/a）。

11.3 辐射事故环境影响分析

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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）要求，建设单位已编制《莆田市第一医院辐射事故（件）应急预案》。

11.3.1 可能发生的辐射事故分析

在使用放射性药物和射线装置的过程中如操作管理不善或发生异常情况，会对公众和环境造成辐射危害，可能出现的情况有：

（1）操作人员失误，人员误入机房，造成误照射；工作人员或患者家属尚未撤离SPECT/CT机房时误开机，对工作人员或患者家属产生不必要的照射。

（2）SPECT/CT等控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到计划外照射。

（3）由于工作人员操作不熟练或违反辐射操作规程或误操作等其他原因造成的放射性药物泄漏，造成意外照射和辐射污染。

（4）保管不善造成放射性药物丢失，造成对公众和周围环境辐射污染。

（5）患者注射后未按规定线路离开，随意走动，导致对医护人员或公众遭受较大的外照射。

（6）在转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成台面、

地面辐射污染。

(7) 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外照射剂量。

(8) 放射性废物管理不善

①放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害。

②放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短即进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

11.3.2 项目典型辐射事故分级

参考《实用辐射安全手册第二版》关于急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-22。

表 11-22 急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量 (Gy)	急性放射病发生率 (%)	辐射剂量 (Gy)	死亡率 (%)
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***
***	***	***	***

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 40 条关于辐射事故分级要求，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-23。

表 11-23 辐射事故分级

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	指放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	指放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	指放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	指放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

11.3.3 辐射事故防范措施

辐射安全必须依靠必要的体制和管理,良好的设施和完整的工作制度等。引起意外(或事故)的不安全因素有两大类:一类是物的不安全因素,另一类是人的不安全行为。从我国多年内所发生的放射事故来看,人为因素造成的责任事故占事故总数的80%以上。责任事故主要由管理不善、领导失职、安全观念淡漠引起。为减少上述事故的发生,评价提出以下辐射事故防范措施。

(1) 组织工作人员参加辐射安全与防护培训学习,提高工作人员的业务水平。

(2) 定期开展日常辐射安全培训,提高管理人员和工作人员辐射安全意识和自我防范意识。

(3) 制定并落实岗位职责、操作规程、设备检修、辐射安全管理等规章制度,并结合实际不断完善,减少事故发生。

(4) 加强辐射防护分区管理,禁止非工作人员进入控制区、监督区。工作人员进入工作场所,应正确佩戴个人剂量计、穿戴个人防护用品,并按要求开展辐射环境测量。

(5) 做好交接记录工作,对放射性药品施行台账管理。

(6) 定期对工作场所辐射安全与环境保护措施的安全防护效果开展检测、维护、检修工作,核对发现的安全隐患立即整改,避免事故发生。

(7) 定期对工作场所辐射安全与环境保护措施的管理有效性开展评估,完善各项管理制度的执行情况,发现问题及时完善。

(8) 设备发生故障后,在未查明原因和维修结束前,不得重新启动。设备调试、维护、检修工作,应由专业技术人员组织实施。开展设备调试、维修工作前,应确认已解除必要的联锁装置;工作结束后,应及时恢复联锁装置并确认系统正常工作。

(9) 工作场所出入口处明显处应设置电离辐射警告标志。

(10) 加强工作场所的安保工作,确保门禁系统正常运行,减少放射性药品丢失、被盗事故的发生。

(11) 加强员工核安全文化培养,减少误操作的可能性,形成良好工作习惯,提高自身业务水平,杜绝安全隐患。

(12) 定期对放射性“三废”处理设施进行检修维护,确保放射性“三废”处理设施正常运行。

(13) 定期开展事故应急演练,检验应急程序的可操作性和实用性,检验应急人员是否明确各自岗位的职责,培养队伍的协同工作能力,起到锻炼队伍的能力。检验应急物资、

技术等方面的完善情况。

11.3.4 辐射事故应急

一旦发现辐射源处于辐射事故应急状态，事故现场负责人应立即向应急领导小组负责人报告。应急领导小组负责人则按应急程序指令启动应急响应，指挥控制缓解事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定报告政府有关部门。如应急事态特别紧急，设施事故现场的负责人有义务主动承担起指令启动应急响应和指挥控制缓解事故的责任。公司应对所使用的放射性物质定期进行盘查。若发现丢失或被盗，应立即向当地政府有关部门报告，以便及时启动应急响应。

(1) 事故控制

采取合理可行的紧急及后续行动来控制缓解事故，以减小事故后果，使放射源或辐射装置恢复到安全状态。在应急程序中，应当具有可采取的控制缓解行动，并制定用于采取这些行动的实施程序。对履行控制缓解行动的设施内应急人员、外来支援人员（如当地消防队员）和急救人员，应提供适当的个人辐射防护用品。

(2) 普通受伤人员

辐射事故的发生，可能是由火灾或诸如地震等自然灾害引发的。在这类情况下，人员可能受到非辐射因素所致的普通严重伤害，必须组织对这些受伤人员进行急救。

(3) 撤离和出入控制

在发生高活度辐射源意外丧失屏蔽的情况下，人员必须立即撤离受到该辐射源影响而产生高剂量率的房间或局部区域。若装有高活度放射性物质的设备发生泄漏，且造成或很可能造成某房间或局部区域严重污染的情况下，人员也必须从这些房间或局部区域立即撤离。应对撤离的房间或局部区域实施出入控制，直到采取了事故控制缓解措施或进行场所去污，使其恢复到可以接受的安全状态之后，方可解除其出入控制。鉴于项目所使用放射性物质总活度有限，发生在设施内的放射性泄漏通常不会对设施场区之外造成明显危险，因而场外通常没有必要考虑采取撤离公众的防护行动。

(4) 场所去污

事故造成设施内某些场所被放射性污染后，在放射性物质泄漏已经得到可靠控制的情况下，应当迅速安排进行场所去污。去污过程中，应对所产生的固态和液态废物进行适当分类收集，以便作进一步处理或处置。若放射性污染的物理半衰期较短，较好的办法是不进行去污，而让其衰变。

(5) 人员去污及救治

如果事故已导致或怀疑导致人员的衣服和皮肤受到污染，最简单易行的防护行动是脱去被污染的衣服、采取适当的洗浴方法去污（不应将浴池浸泡或全身淋浴作为初始去污措施，因为这样处理常常会使污染扩散）、换上清洁的衣服。应当将脱下的被污染或怀疑被污染的衣服暂存起来，以便后期检测和处置。个人应当在开始清洗去污前，自行采集鼻擦样品，供可能的内污染检测之用。如果发现较高水平的皮肤污染，则应在医疗和辐射防护人员指导下进行皮肤去污。对于受到或怀疑受到急性辐射损伤的人员，应迅速送往专门的辐射损伤医疗单位进行诊断或治疗。建设单位应向医疗单位提供就诊人员的个人剂量监测或估计结果以及他们的受照情况。

(6) 应急辐射监测

应急辐射监测是必不可少的应急响应行动之一，其作用在于为辐射事故的探查、评价以及事故控制缓解行动和紧急辐射防护行动的决策提供依据。建设单位应在辐射事故应急程序中对应急辐射监测的方案和所用仪器仪表做出规定。

11.4 退役影响分析

本项目核医学科工作场所退役后受放射性污染的工艺设备，经去污处理后，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中表 B11 中所列设备类控制水平的五十分之一时，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。对于无法达到污染控制水平的污染物，交有相关处理资质的单位处理。

退役过程中，擦拭、剥离、铲除等作业产生的受污染固体废物，经有相应资质机构测量达到豁免水平，经审管部门许可后，可作为一般废物进行处理，否则应作为放射性废物交有资质单位处理；退役过程中，产生的放射性液体废物，经检测达到清洁解控水平后，经审管部门许可后，按要求经指定排放口排入市政污水管网。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用放射性同位素、射线装置的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构。莆田市第一医院根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定成立了放射诊疗安全与防护管理领导小组（详见附件 5），以陈*仙为组长，许*、林*阳、俞*盛和陈*莺为副组长，成员包括吴*莺、黄*芳、姚*菁、黄*旗、陈*灶、周*、吴*霜、陈*丽、陈*琴、蔡*星、林*春。放射诊疗安全与防护管理领导小组全面负责医院的放射诊疗管理工作及相关工作。医务部为放射诊疗日常管理机构，设备科、保健科协助，保健科张*为兼职放射诊疗管理人员，具体负责放射防护相关工作。

放射诊疗安全与防护管理领导小组职责为：

- （一）组织制定并落实放射诊疗和放射防护管理制度。
- （二）定期组织对放射诊疗工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查。
- （三）组织本机构放射诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定的培训和健康检查。
- （四）制定放射事件应急预案并组织演练。
- （五）记录本机构发生的放射事件并及时上报。

12.2 辐射安全管理

（一）规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、放射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

莆田市第一医院已开展核技术利用工作多年，涉及的核技术利用项目主要包括核医学、介入放射学和X射线影像诊断。为了保护工作人员、公众及环境的安全，促进放射实践的正当性，辐射防护最优化，规范工作人员的操作规程，医院制定了《放射防护安全管理规定》、《放射防护和安全保卫制度》、《个人防护用品使用与管理制度》、《放射防护注意事项》、《特殊人群X射线检查》、《放射工作人员个人剂量管理》、《职业健康检查与档案管理制度》、《从事放射行业人员培训计划》、《放射工作人员防护制度》、《设备检修维护制度》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《辐射监测计划》、《放射诊疗设备操作规程》、《核医学科规章制度》、《放疗科规章制度》和《辐射危害告知与防护制度》等

规章制度。

莆田市第一医院制订的规则制度符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。

(二) 辐射工作人员拟配备人数

本项目核医学科拟配备6名辐射工作人员。详细的人员结构在后期项目运行期将根据实际需要再进行调整。

(三) 辐射工作人员考核

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用射线装置的单位，其辐射工作人员和辐射防护管理人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

本项目正式开展运营前，建设单位将严格根据相关法律法规的要求，督促本项目涉及的辐射工作人员和辐射防护管理人员报名参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）关于辐射安全与防护知识的学习，取得考核合格证书后方能上岗。

(四) 辐射工作人员职业健康体检

根据《中华人民共和国职业病防治法》第三十五条：对从事接触职业病危害的作业的劳动者，用人单位应当按照国务院卫生行政部门的规定组织上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康检查，并将检查结果书面告知劳动者。

建设单位将严格根据相关法律法规的要求，安排本项目辐射工作人员进行职业病健康体检，并对本项目辐射工作人员建立职业健康档案。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测目的

开展辐射监测的目的主要是及早发现和获取可能发生污染与危害的征兆，确保项目安全运行；防止对环境产生有害的影响和避免对工作人员造成不必要的危害；为采取相应的安全措施提供必要的依据；同时监测数据为运行阶段的环境现状提供参考资料；与本底数据进行对照，分析项目运行后对辐射环境的影响。

12.3.2 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第29条要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和

职业健康监护档案。

项目建成运行后，建设单位计划开展个人剂量监测和职业健康检查工作，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

12.3.3 工作场所及周围环境监测

为了解项目运行过程中的辐射安全，控制和评价辐射危害，使工作人员和公众所受照射尽可能低，项目计划配备相应的辐射监测设备，定期开展外照射监测、表面污染监测等，并定期对工作场所及周围环境进行辐射环境监测，建立监测档案。

- ①验收监测：项目建设完成后，委托有资质的单位进行竣工环境保护验收监测。
- ②年度监测：每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行环境监测。
- ③日常监测：项目运行期，使用配备的辐射监测设备，对辐射工作场所每季度进行一次环境监测。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）以及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，本项目辐射环境监测计划见表12-1。

表12-1 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
核医学科工作场所	各辐射工作场所	对核医学科的各辐射工作场所以及楼上用房进行实测	周围剂量当量率	每季度1次	自行监测
			β表面污染		
		对衰变池上方进行实测	周围剂量当量率	每季度1次	自行监测
		人体表面皮肤、衣物等	周围剂量当量率	每次离开核医学科控制区等房间前	自行监测
			β表面污染		
	对各工作场所的各功能室以及楼上用房进行实测	周围剂量当量率	每年一次	委托有资质单位监测	
β表面污染					
对衰变池上方进行实测	周围剂量当量率				
放射性固体废物	实测	放射性比活度	排放前	自行监测	
辐射工作人员	佩戴个人剂量计	年有效剂量	操作时，每季度送检1次	委托有资质单位监测	
13号楼周围外环境	实测	周围剂量当量率	每年一次	委托有资质单位监测	

本项目制定的辐射监测计划符合医院实际情况，包括了竣工环保验收监测、定期委托监测、自行检查以及辐射工作人员个人剂量监测，内容全面，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《放

射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等标准要求。

综上所述，医院辐射监测计划较为全面，能够涵盖本项目核医学科各个环节，且监测频率较为合理，辐射监测计划整体可行。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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）要求，医院已制定《莆田市第一医院辐射事故（事件）应急预案》。

根据《辐射事故（件）应急预案》，建设单位成立了辐射事故应急处理工作领导小组，领导小组成员名单如下：

组 长：陈*仙

副组长：许*、林*阳、俞*盛、陈*莺

成 员：吴*莺、黄*芳、姚*菁、黄*旗、陈*灶、周*、吴*霜、陈*丽、陈*琴、蔡*星、林*春

辐射事故应急处理领导小组主要职责为：

- （1）定期组织对放射诊疗场所、设备和人员进行放射防护情况的自查和监测，发现事故隐患及时报告并落实整改措施；
- （2）发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；
- （3）事故发生后立即组织有关部门和人员进行放射性事故应急处理；
- （4）负责向生态环境主管部门及时报告事故情况；
- （5）负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；
- （6）辐射事故中人员受照射时，要通过个人剂量计或其他方法迅速估算受照人员的受照剂量；
- （7）负责迅速安置超受照人员就医，组织人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

12.5 建设项目竣工环境保护验收一览表

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 辐射环境保护“三同时”验收清单

污染源或保护源	验收要求	验收依据
建设项目的环境影响评价文件及环评批复	落实环境影响评价文件及环评批复要求。	中华人民共和国环境影响评价法
环境管理制度及应急措施	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定相应的规章制度和辐射事故/件应急预案，具有可操作性，有相应的操作规程及制度上墙。	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法
辐射工作人员管理	辐射工作人员进行个人剂量监测，并每季度进行一次送检；每两年安排辐射工作人员进行职业健康体检，并将资料存档管理；辐射工作人员持有辐射安全与防护培训考核合格证书。	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法、生态环境部公告 2019 年 37 号文
辐射屏蔽措施	本项目核医学科各功能用房屏蔽防护方案详见表 10-3。	HJ 1188-2021 GBZ 120-2020 GBZ 130-2020
防护用品	防护用品按本报告表中表 10-4 中要求进行落实。	GB 18871-2002 HJ 1188-2021 GBZ 120-2020 GBZ 130-2020
辐射防护措施	①SPECT-CT 机房设置观察窗和对讲装置，受检者出入口防护门上方设置工作指示灯。②核医学工作场所设置视频监控系统和对讲系统。③在核医学科的防护门设置门禁，防止给药后患者进入非放射工作区，以及防止无关人员进入放射性工作区。④配备个人剂量计（按工作人员配备）、1 台 β 表面污染监测仪、1 台 α - γ 剂量监测仪。⑤医院严格建立完善的放射源管理台账，做到交接账目清楚、账物相符。	GB 18871-2002 HJ 1188-2021 GBZ 130-2020
三废处理措施	①废水：在 11 号楼东北侧设置一座衰变池，收集核医学科区域的放射性废水，每座衰变池由 3 个并联的衰变池组成，衰变池总有效容积为 12m ³ （每个 4m ³ ）。经衰变池处理后排入医院污水处理站处理后接入城市污水管网。 ②废气：医院在分装间设置手套箱，放射性药物的分装质检等手套箱内操作（风速不小于 0.5m/s），外排风管口其高度应超出本建筑物屋脊，核医学科其他房间则通过独立通风排风管道进行通风换气。 ③固废：建设单位在 SPECT/CT 机房、分装间、留观室、药后观察室、抢救室（运动室）内均拟设置放射性铅废物桶，待满后由工作人员贴上标签将铅废物桶送至废物间，10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。	HJ 1188-2021 GBZ 120-2020
辐射监测	①每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，并按时报送辐射安全年度评估报告；②医院配备相应的辐射监测设备 X- γ 辐射剂量率仪、 β 表面污染仪并定期进行自行监测。	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法
年有效剂量管理	辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv/年，公众成员年有效剂量不超过 0.1mSv/年	GB 18871-2002 HJ 1188-2021

表 13 结论与建议

13.1 结论

莆田市第一医院位于福建省莆田市城厢区南门西路 449 号，建设单位为了满足广大患者的就医需求以及医院发展需要，拟开展核医学科诊疗服务，将 13 号楼一层改建为核医学科工作场所及相应功能用房。

本项目核医学科诊疗服务主要分为以下两个部分：

(1) SPECT/CT 显像诊断：拟使用 1 台 SPECT/CT 机，为 III 类射线装置，使用放射性核素 Tc-99m 进行 SPECT/CT 显像检查，日等效最大操作量为 $1.85E+6Bq$ 。

(2) 放射性药物门诊治疗：①拟使用放射性核素 Sr-89 用于转移性骨肿瘤治疗，日等效最大操作量为 $7.4E+7Bq$ ；②拟使用放射性核素 I-131 开展核素甲亢治疗，日等效最大操作量为 $1.85E+8Bq$ ；③拟使用放射性核素 I-131 开展核素甲亢检查，日等效最大操作量为 $3.7E+5Bq$ ；④拟使用放射性核素 P-32 用于敷贴治疗，日等效最大操作量为 $1.11E+8Bq$ 。

本项目核医学科合计日等效最大操作量为 $3.7222E+8Bq$ ，为一个乙级非密封放射性物质工作场所，并使用 1 台 III 类射线装置。

一、辐射安全与防护分析结论

医院在设置辐射工作场所时已充分考虑了设备性能和运行特点、周围工作场所的辐射防护与安全，对辐射工作场所选址和布局设计进行了综合考虑，辐射工作场所屏蔽设计符合辐射工作场所使用和辐射防护安全的要求。本项目辐射工作场所实行分区管理，辐射工作场所采取放射性污染控制措施，并配备辐射剂量率仪、表面污染仪、个人剂量报警仪、铅衣、铅帽、铅围脖等辐射监测仪器和个人防护用品。项目辐射安全与防护措施满足相关标准要求。

二、环境影响评价结论

本项目核医学科手套箱外辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu Sv/h$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu Sv/h$ ”的标准要求。核医学科各控制区功能用房外辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu Sv/h$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu Sv/h$ ”的标准要求。

本项目对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 $^{***}mSv/a$ ，对公众照射的最大年有

效剂量值为 *** mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求（职业人员 20mSv/a，公众人员 1mSv/a），同时也低于本项目剂量约束值要求（职业人员 5mSv/a，公众人员 0.1mSv/a）。

三、放射性“三废”处置结论

①放射性固体废物

本项目在 SPECT/CT 机房、分装间、留观室、药后观察室、抢救室（运动室）内均拟设置放射性铅废物桶，当日工作结束后由工作人员贴上标签将放射性固体废物送至废物间暂存，含 ^{99m}Tc 核素固体废物（短半衰期）暂存时间超过 30 天；含 ^{125}I 核素放射性固体废物（长半衰期）暂存时间超过 180 天；含 ^{89}Sr 、 ^{32}P 核素放射性固体废物（长半衰期）暂存时间超过 505.3 天（按 Sr-89 半衰期 50.53 天）。本项目放射性固体废物处理满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关规定。

②放射性液体废物

本项目在 13 号楼东北侧设置一座衰变池，收集核医学科区域的放射性废水，衰变池由 3 个并联的衰变池组成，衰变池总有效容积为 12m^3 （每个 4m^3 ）。放射性废水经衰变池贮存满 30 天后排入医院污水处理站处理。本项目放射性液体废物处理满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关规定。

③放射性气体废物

本项目工作场所设置 2 套通风系统并均设置防回风阀，各辐射工作场所产生的放射性废气由支管道汇入主管道后，经过楼顶的活性炭过滤装置处理后，由高出 13 号楼屋脊的排放口排放。本项目放射性气体废物处理满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关规定。

四、可行性分析结论

①实践正当性分析

本项目投入使用能满足广大患者的就医需求，保障病人健康，符合辐射防护“实践的正当性”原则。本项目考虑了经济和社会的因素之后，通过各项辐射防护措施将辐射环境影响保持在可合理达到的尽量低的水平，符合辐射防护“最优化”原则。本项目通过对潜在照射所致危险实施控制，使本项目所引起的个人照射可满足剂量限值要求，符合辐射防护“剂量限值”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。

②产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号，2020年1月1日起施行）及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第49号，2021年12月30日起施行），本项目属于“鼓励类——六、核能——6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”，同时属于“鼓励类——十三、医药——5、新型医用诊断设备和试剂……”，属于国家鼓励类产业，未列入负面清单，因此本项目建设符合国家当前产业政策要求。

五、总结论

综上所述，莆田市第一医院核医学科项目在落实本报告表提出的各项污染防治措施和安全管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，项目正常运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该项目建设是可行的。

13.2 建议

（1）对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，建设单位应尽快落实，在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

（2）建设单位如需增加本报告表所涉及之外的放射性同位素、射线装置或对其使用功能进行调整，则应按要求向生态环境主管部门进行申报，并按污染控制目标采取相应的辐射防护措施。

（3）本项目环评批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续并按要求开展竣工环境保护验收工作。

表 14 审批

下一级生态环境主管部门预审意见：	
经办人：	盖 章 年 月 日
审批意见：	
经办人：	盖 章 年 月 日

仅限于环评信息公开使用