

核技术利用建设项目

绍兴第二医院医共体总院

核医学改扩建项目

环境影响报告表

绍兴第二医院医共体总院

2023年11月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

绍兴第二医院医共体总院

核医学改扩建项目

环境影响报告表

建设单位名称：绍兴第二医院医共体总院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：绍兴市越城区延安路 123 号

邮政编码：312000

联系人：

电子邮箱：906431489@qq.com

联系电话：

# 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	15
表 3 非密封放射性物质 .....	15
表 4 射线装置 .....	16
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	17
表 6 评价依据 .....	18
表 7 保护目标与评价标准 .....	20
表 8 环境质量和辐射现状 .....	26
表 9 项目工程分析与源项 .....	32
9.2.2 非密封放射性物质及放射源 .....	33
表 10 辐射安全与防护 .....	51
表 11 环境影响分析.....	70
表 12 辐射安全管理 .....	84
表 13 结论与建议 .....	92
表 14 审批 .....	96

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		绍兴第二医院医共体总院核医学改扩建项目				
建设单位		绍兴第二医院医共体总院				
法人代表		联系人		联系电话		
注册地址		绍兴市越城区延安路 123 号				
项目建设地点		绍兴市越城区延安路 123 号肿瘤诊疗中心大楼一层				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		400	项目环保投资 (万元)	200	投资比例(环保投资/总投资) 50%	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m <sup>2</sup> )	-	
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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他	/				
	<p><b>1.1 项目概况</b></p> <p><b>1.1.1 建设单位简介</b></p> <p>绍兴第二医院医共体总院（绍兴第二医院，绍兴文理学院附属第二医院，以下简称：“医院”，营业执照见附件 2）坐落于绍兴市越城区延安路 123 号，医院前身为绍兴福康医院，始建于 1910 年，是一家集医疗、科研、教学、预防、保健于一体的三级乙等综合性医院。2009 年 12 月，医院与浙江大学医学院附属第一医院建立合作关系，成为绍兴地区首家省级三甲医院直属分院——浙医一院绍兴分院。医院设有中西医结合肾病专科、肝胆胰外科、肿瘤学科、烧伤学科、中医肝胆专科、超声诊断学科、血液病学科、微创骨科、耳鼻咽喉科、微创外科、心血管学科、麻醉学科等。</p> <p><b>1.1.2 项目建设目的和任务由来</b></p> <p>医院核医学科位于肿瘤诊疗中心大楼一层西侧，为丙级非密封放射性物质工作场所，</p>					

主要使用放射性核<sup>99m</sup>Tc开展SPECT/CT显像诊断。该场所于2019年委托编制了《绍兴第二医院医用放射性同位素与射线装置项目（扩建）环境影响报告表》，并同年获得绍兴市生态环境局批复，批复文号为绍市环审[2019]8号，建成运行后于2021年6月进行了自主竣工环境保护验收。肿瘤诊疗中心大楼工程建设项目于2015年7月获得绍兴市越城区环境保护局批复，批复文号为越环审[2015]18号。

随着医院患者不断增加，为满足不同患者的诊疗需求，医院拟在核医学科新增利用<sup>89</sup>Sr和<sup>131</sup>I放射性核素开展骨转移癌质量和甲亢治疗，新增<sup>32</sup>P（自制敷贴）和<sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y放射源（成品敷贴器）开展敷贴治疗，并对现有核医学场所进行重新布局，增加部分功能用房；将原运动负荷室调整为甲功室；将原SPECT候诊室调整为SPECT候诊/甲亢短暂留观室；在分装注射室北侧新增1间服碘室；将原接诊室改为敷贴室，新增1间问诊室和登记台。

本次核医学场所改扩建后日等效最大操作量为 $4.59 \times 10^8 \text{Bq}$ ，由丙级变为乙级非密封放射性物质工作场所。

按照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——乙级非密封放射性物质工作场所”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

为此，绍兴第二医院医共体总院委托卫康环保科技（浙江）有限公司对“绍兴第二医院医共体总院核医学改扩建项目”开展环境影响评价工作（委托书见附件1）。评价单位接受委托后对项目现场进行了踏勘，实地调查了项目所在地的环境情况，在收集项目相关资料、分析后，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关要求，编制完成了《绍兴第二医院医共体总院核医学改扩建项目环境影响报告表》。

### **1.1.3 建设内容及规模**

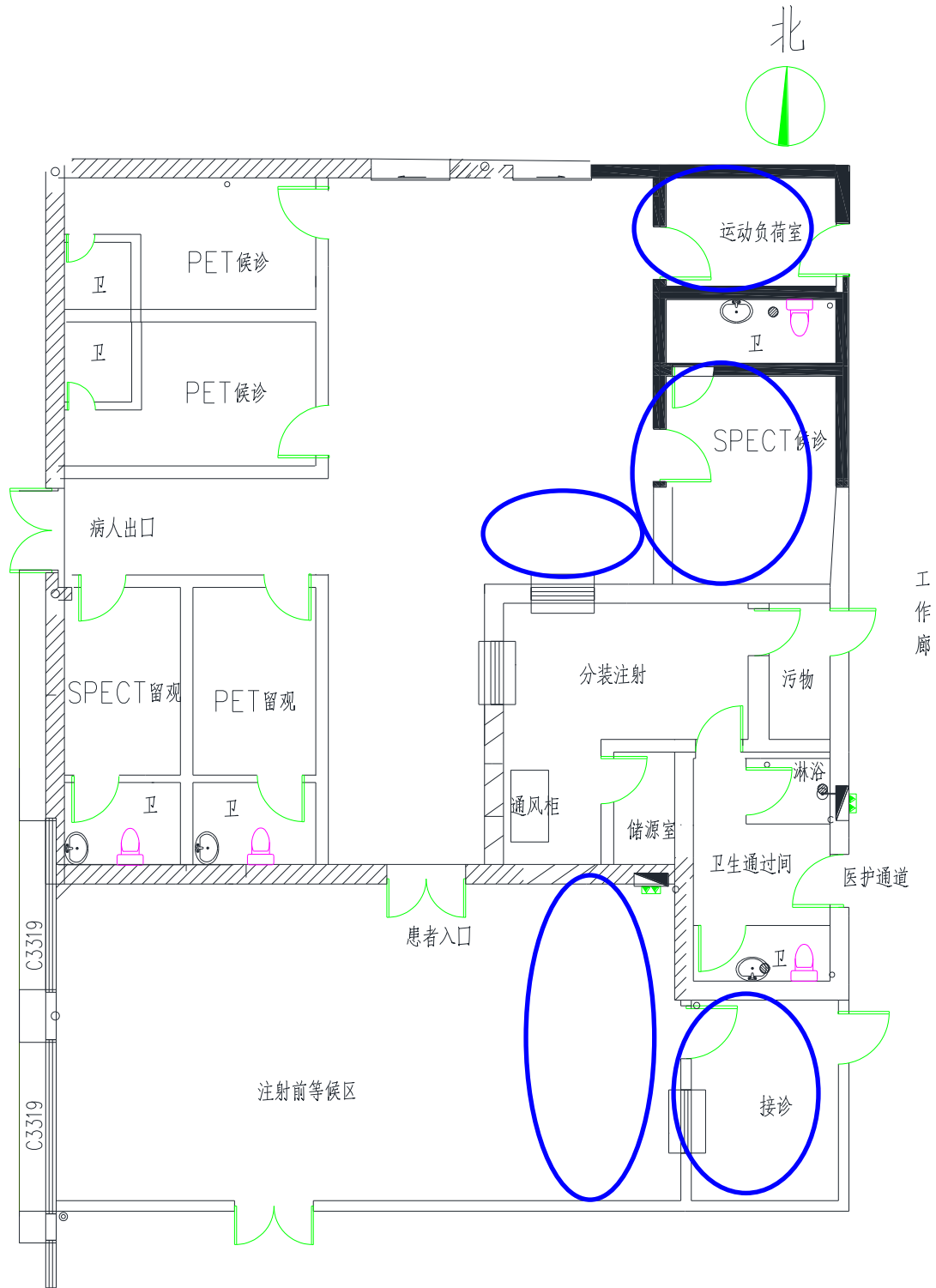
本项目肿瘤诊疗中心大楼一层西侧的核医学科涉及改扩建，本项目改扩建前涉及非密封放射性物质使用的场所，需监测场所辐射剂量率和 $\beta$ 表面污染水平，小于GB18871-2002的相关要求后方可施工。

#### **1.1.3.1 核医学科**

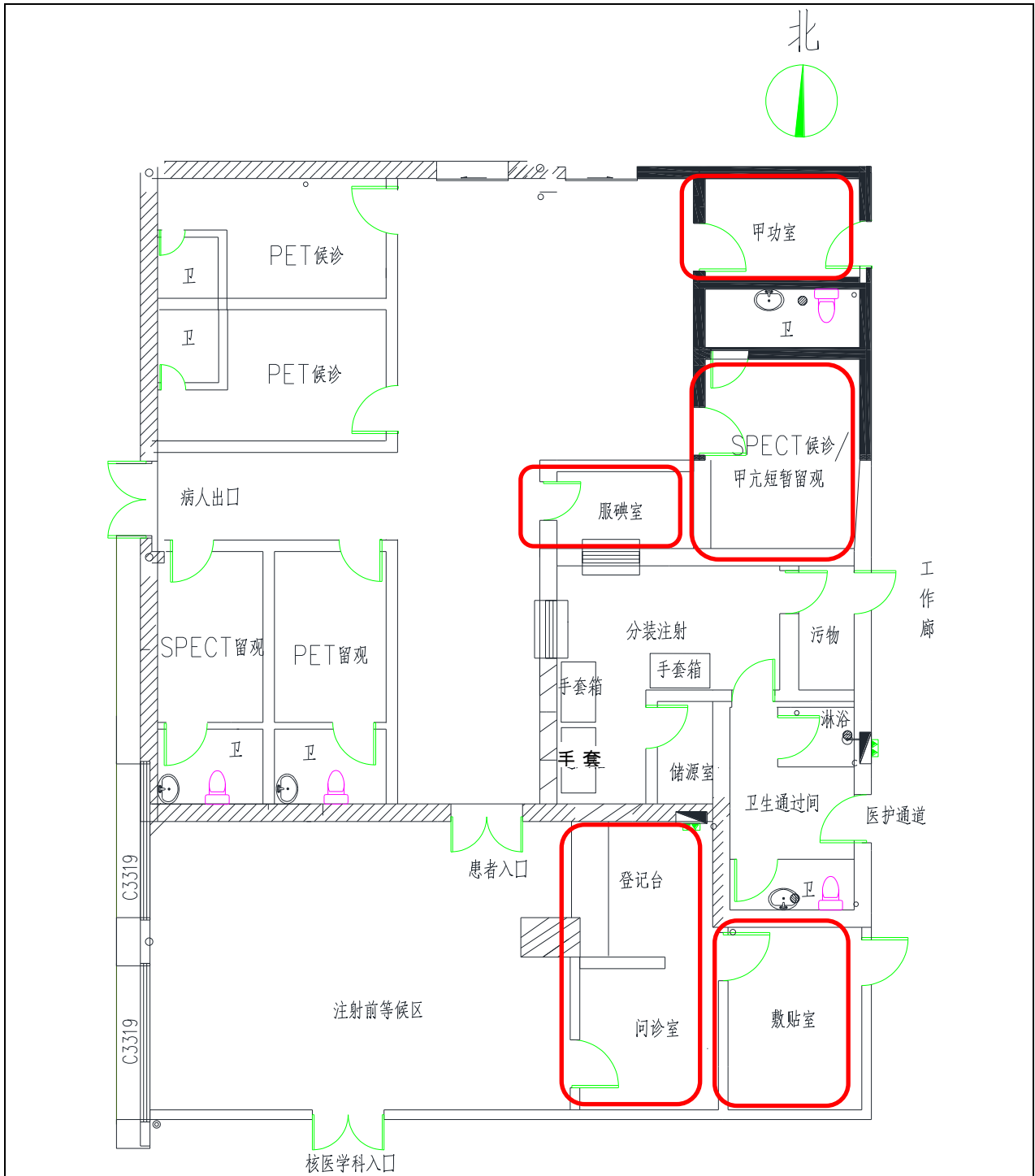
##### **（1）核医学科改扩建前后平面布局情况**

医院拟对核医学科工作场所进行改扩建，在原有合法建筑内进行改扩建，不新增面积。拟将原运动负荷室调整为甲功室，将原SPECT候诊室调整为SPECT候诊/甲亢短暂留观

室；在分装室北侧新增 1 间服碘室，将原接诊室改为敷贴室，并新增 1 间问诊室和登记台。其余场所均未发生改变。核医学科工作场所改扩建前后平面布局图见图 1.1-1。



a、改扩建前



b、改扩建后

图 1.1-1 核医学科工作场所改扩建前/后平面布局图

(2) 核素以及射线装置改扩建前后使用情况

根据医院医学科管理规定，所有患者均采用集中预约制，各种核素诊疗时间交错进行，互不交叉。

核医学科每周一到周五的上午使用放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  进行 SPECT/CT 显像检查，原审批使用 1 台 SPECT/CT，日最大门诊量为 15 人，年门诊量最大为 3000 人，日最大操作量

为  $1.66 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，年最大用量  $6.0 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，改扩建后维持现状。

核医学科工作场所拟新增利用  $^{32}\text{P}$ （液体）、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源（敷贴器）放射性核素开展诊疗工作。不同核素在每周的下午集中开展。患者就诊采用集中预约制。

本项目运行后，每天最多 2 人开展  $^{32}\text{P}$  敷贴治疗，敷贴器的处方剂量和形状、源面积大小等由工作人员根据患者病变性质和病变部分确定。敷贴器最大活度为  $1.2 \text{mCi}$  ( $4.44 \times 10^7 \text{Bq}$ )，日最大操作量为  $8.88 \times 10^7 \text{Bq}$ 。

每天最多 5 人开展  $^{89}\text{Sr}$  骨转移癌等肿瘤放射性核素治疗，单人平均用药量为  $4 \text{mCi}$  ( $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$ ，针剂型)，日最大操作量为  $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

$^{131}\text{I}$  甲亢治疗每天最多 10 人，单人最大用药量为  $10 \text{mCi}$  ( $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ )，日最大操作量为  $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$ 。 $^{131}\text{I}$  甲状腺功能测定治疗每天 15 人，单人最大用药量为  $0.01 \text{mCi}$  ( $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ )，日最大操作量为  $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ 。

每天最多 2 人开展  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源(敷贴器)敷贴治疗，敷贴器最大活度为  $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大使用量为  $2.96 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

医院在核医学科预留 PET 检查室，并计划使用放射性核素  $^{18}\text{F}$  进行 PET/CT 显像检查，目前暂未建设；因此本次环评暂不考虑放射性核素  $^{18}\text{F}$  的使用量。

核医学科经本次改扩建后，核医学科日等效最大操作量为  $4.59 \times 10^8 \text{Bq}$ ，由丙级变为乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目核医学科改扩建前后射线装置使用情况见表 1.1-1，核医学科改扩建前后放射源使用情况见表 1.1-2，改扩建前后非密封放射性物质使用情况见表 1.1-3。

**表 1.1-1 核医学科改扩建前后使用的射线装置情况**

改扩建前			改扩建后		
装置名称	数量	型号	装置名称	数量	型号
SPECT/CT	1	Discovery NM/CT670 Pro	SPECT/CT	1	DiscoveryNM/CT670 Pro

**表 1.1-2 核医学科改扩建前后放射源使用情况**

改扩建前			改扩建后		
核素名称	活度 (Bq) ×枚数	类别	核素名称	活度 (Bq) ×枚数	类别
$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	/	/	$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	$1.48 \times 10^9 \times 2$	V

注：① $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ （敷贴器）敷贴治疗每天最多 2 人，每年使用 2 枚，总活度  $2.96 \times 10^9 \text{Bq}$ 。



表 1.1-3 核医学科改扩建前后非密封放射性物质使用情况

核素	单人次最大使用量 (Bq)	改扩建前每日/每年最大诊疗人次	改扩建前计划日等效最大操作量 (Bq)	改扩建前计划年最大使用量 (Bq)	改扩建后每日/每年最大诊疗人数①	改扩建后计划日等效最大操作量 (Bq)	改扩建后计划年最大使用量 (Bq)	备注
<sup>99m</sup> Tc	1.11×10 <sup>9</sup>	15 人次 /3000 人次	1.66×10 <sup>7</sup>	6×10 <sup>12</sup>	15 人次 /3000 人次	1.66×10 <sup>7</sup>	6×10 <sup>12</sup>	使用
<sup>32</sup> P	4.44×10 <sup>7</sup>	/	/	/	2 人次/500 人次	4.44×10 <sup>7</sup>	2.22×10 <sup>10</sup>	使用
<sup>89</sup> Sr	1.48×10 <sup>8</sup>	/	/	/	5 人次/250 人次	7.4×10 <sup>7</sup>	3.70×10 <sup>10</sup>	使用
<sup>131</sup> I (甲亢)	3.7×10 <sup>8</sup>	/	/	/	10 人次 /500 人次	3.7×10 <sup>8</sup>	1.85×10 <sup>11</sup>	使用
<sup>131</sup> I (甲功)	3.7×10 <sup>5</sup>	/	/	/	15 人次 /750 人次	5.55×10 <sup>5</sup>	2.78×10 <sup>8</sup>	使用

注：①<sup>99m</sup>Tc 的改扩建前数据根据原审批门诊量给出。

### (3) 改扩建前后辐射屏蔽情况

核医学科改扩建前后辐射屏蔽设计情况见表1.1-4。

表 1.1-4 核医学科改扩建前后辐射屏蔽情况

工作场所	屏蔽体	改扩建前屏蔽防护	改扩建后屏蔽防护
分装注射室	四侧墙体	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼	120mm 砼
	防护门	内衬 8mm 铅板	内衬 8mm 铅板
	注射室注射窗	20mmPb 一体化注射台	20mmPb 一体化注射台
	<sup>32</sup> P 手套箱	/	六面 10mmPb (内衬 1cm 厚有机玻璃)
	<sup>99m</sup> Tc 手套箱 ( <sup>89</sup> Sr 针剂保存)	六面 10mmPb	六面 20mmPb
	<sup>131</sup> I 手套箱	/	40mmPb
污物间	西墙、北墙	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	其余墙体	370mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料	370mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼	120mm 砼
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板
储源室	南侧墙体	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	其余墙体	370mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料	370mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料

	地坪	120mm 砼	120mm 砼
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板
卫生通过间 (内设缓冲、更衣、淋浴)	四侧墙体	200mm 实心砖墙+3.5mmPb 硫酸钡防护涂料	200mm 实心砖墙+3.5mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼	120mm 砼
	防护门	内衬 6mm 铅板	内衬 6mm 铅板
	内部通道门	普通门	普通门
SPECT/CT 候诊室(甲 亢治疗短暂 留观)	南墙	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	东墙、西墙、北墙	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼	120mm 砼
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板
甲功室	四侧墙体	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼	120mm 砼
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板
敷贴室	南侧墙体	200mm 实心砖墙+3.5mmPb 硫酸钡防护涂料	200mm 实心砖墙+3.5mmPb 硫酸钡防护涂料
	其余墙体	200mm 实心砖墙	200mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 砼	120mm 砼
	地坪	120mm 砼	120mm 砼
	防护门	内衬 2mm 铅板	内衬 2mm 铅板
服碘室	南侧墙体	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	东侧墙体	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	其余墙体	/	240mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼	120mm 砼
	防护门	/	普通门
患者通道	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼	120mm 砼

	防护门	内衬 8mm 铅板	内衬 8mmPb 铅板
注：混凝土密度不小于 2.35g/cm <sup>3</sup> ，硫酸钡防护涂料密度不小于 3.20g/cm <sup>3</sup> ，实心砖密度不小于 1.65g/cm <sup>3</sup> ，铅板密度不小于 11.35g/cm <sup>3</sup> 。			

## 1.2 项目选址与环境保护目标

### 1.2.1 医院地理位置

绍兴第二医院医共体总院位于绍兴市越城区延安路 123 号，其具体地理位置图见附图 1。绍兴第二医院医共体总院东侧为中兴南路，南侧为延安路，西侧为新建南路，北侧为柔遁弄。医院周边关系图见附图 2。门诊综合楼、急诊综合楼、1#病房楼沿南侧主干道延安路横向展开；3#病房楼、食堂、5#综合楼、6#病房楼沿北侧柔遁弄横向依次展开；医院的西部为肿瘤诊疗中心大楼；医院的东部为 2#病房楼。医院总平面图见附图 3。

### 1.2.2 项目周边环境关系

肿瘤诊疗中心大楼位于医院西侧，为一栋地上五层建筑。一层为肿瘤放疗机房、核医学机房和高强度聚焦超声（海扶）治疗中心等，二至五层设置为病房。本项目建设地点位于肿瘤诊疗中心大楼一层西侧，建筑四周均为院区道路，下方无地下层。核医学科东侧为肿瘤诊断中心大楼内直线加速器机房以及其他用房，外部为医院内部道路、停车场；东南侧 35m 处为急诊综合楼；南侧 45m 处为福康医院旧址；核医学科西侧为医院内部道路，隔新建南路在 13m~50m 范围内为新建南路 697 号、699 号、687 号、681 号、769 号、757 号、745 号、741 号、超顺房产、虞家小吃等民房和商业用房；西北侧 23m 处为塔山中心小学（成章校区）；北侧依次为医院内部道路、15m 处 6 号病房楼、48m 处柔遁弄 19 号小区；本项目周围环境关系示意图见附图 4。

本项目环境保护目标主要为辐射工作人员、工作场所周围的其他工作人员和公众人员。

### 1.2.3 “三线一单”符合性分析

#### （1）生态保护红线

根据《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地位于越城区中心城镇生活重点管控单元（ZH33060220004），根据《浙江省生态保护红线图》，不在绍兴市生态红线保护区内，因此，本项目不涉及生态保护红线。

#### （2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目改扩建场址周围环境 X-γ 辐射剂量属于正常本底范围，β 表面污染也未见异常。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环

境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

### (3) 资源利用上线

本项目施工过程中用到水资源，用水量均不大，不会超出用水总量目标，符合水资源利用上线。本项目运营过程中主要消耗一定量的电能，消耗量相对区域资源利用总量较少，且项目不使用高耗能、低效率的设备，符合资源利用上线的要求。

### (4) 生态环境准入清单

根据《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地位于越城区中心城区生活重点管控单元（ZH33060220004）。项目与生态环境分区管控单元准入性分析如下：

表1.2-1 本项目所在管控单元分类准入清单

序号	内容	符合性分析	是否符合
1	空间布局约束 禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业迁出或关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得新增控制单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定，城镇建成区内禁止畜禽养殖。推进城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。	本项目为医院核技术利用项目，不属于本单元限制类产业，符合空间布局约束。	是
2	污染物排放管控 管控单元内工业污染物排放总量不得增加。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河（或湖或海）排污口，现有的入河（或湖或海）排污口应限期纳管。但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，推进生活小区“零直排”区建设。加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟和机动车尾气治理，严格施工扬尘监管。加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目为医院核技术利用项目，不涉及工业污染物总量排放；项目涉及废水为放射性废水，经衰变池衰变后排入医院现有污水处理站处理，最终达标排放；本项目无明显噪声，不产生臭气异味，符合污染物排放管控要求。	是
3	环境风险防控 合理布局商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。	本项目为医院核技术利用项目，用地属于医院用地，不属于污染排放较大的建设项目，符合环境风险防控要求。	是
4	资源开发效率要求 全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水，到2020年，县级以上城市公共供水管网漏损率控制在10%以内。	本项目所用能源主要为城市生活用水和电能，资源使用效率高，符合资源开发效率要求。	是

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和环境生态环境准入清单的要求，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

#### **1.2.4 选址合理性分析**

本项目改扩建地址位于医院现有核医学科内，不新增建筑面积和用地。本项目不涉及生态保护红线。环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

### **1.3 产业政策符合性和实践正当性分析**

#### **1.3.1 产业政策符合性**

本项目属于核技术在医学领域内的运用，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）中第六项“核能”中第 6 款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

#### **1.3.2 实践正当性结论**

本项目为核医学科已有场所内扩建，本项目的建设可以扩展医院同位素药物诊断和治疗项目，更好地满足患者就诊需求，提供更好的医疗卫生服务，增加优质医疗资源供给。另外，核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射诊断和放射治疗过程中，对放射性核素和放射源的使用场所采取满足相关标准要求的辐射安全防护措施，对放射性核素和放射源的安全管理将建立相应的操作规程和辐射安全规章制度。因此，在正确使用和管理放射性核素和放射源的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目为社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

### **1.4 劳动定员及工作制度**

#### **1.4.1 劳动定员**

核医学原有辐射工作人员 4 名，其中配备医生 2 名负责显像诊断、阅片、抢救病人等，技师 1 名负责设备操作与摆位，护士 1 名（已离职）负责  $^{99m}\text{Tc}$  核素分装注射，本项目辐射工作人员共计 5 名，其中新增辐射工作人员 2 名，具体为医生 2 名（已有），技师 1 名（已有），新增护士 2 名，负责  $^{99m}\text{Tc}$  核素测活注射、 $^{89}\text{Sr}$  核素注射、 $^{131}\text{I}$  核素的分装给药、

制备  $^{32}\text{P}$  敷贴器和敷贴给药、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源敷贴器敷贴、储源室放射性药物的保管以及在注射前等候区负责预约登记和甲功能测定等，2 人进行轮岗操作。

#### 1.4.2 工作制度

本项目辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

### 1.5 原有核技术利用项目情况

#### 1.5.1 医院原有项目许可情况

医院已取得《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[D2228]（见附件 3）；发证日期：2023 年 4 月 6 日，有效期至 2028 年 4 月 5 日；许可的种类和范围：使用 II、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。医院原有已许可的非密封放射性物质及射线装置情况见表 1.5-1~表 1.5-2。

#### 1.5.2 原有核技术利用项目管理情况

（1）医院已成立了放射诊疗质量与防护管理委员会，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《放射性事故应急预案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射性同位素变更及注销制度》、《受检者放射危害告知与防护制度》、《放射防护监测方案》、《放射工作人员体检及健康管理制度》、《放射工作人员培训制度》、《安全管理制度》、《储源场所安全管理制度》、《核医学医用放射性废物管理制度》、《放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度》、《同位素安全操作规程》、《防护措施》、《应急措施》、《核医学科注射室岗位职责》、《核医学科辐射防护与安全保卫制度》、《核医学科安全操作规程》、《订购、运输及回收制度》、《放射源储存设施》、《电离辐射危害告知》、《核医学科查对制度》、《个人剂量监测管理制度》、《绍兴第二医院核医学科环境及人员辐射监测方案》、《SPECT/CT 质量控制保证方案》、《SPECT 操作规程》与《直线加速器操作规程》等辐射管理制度。

医院原有管理制度操作方面较为全面，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好，符合相关要求。

（2）医院已组织现有辐射工作人员进行放射防护知识培训并考核合格，核医学科辐射工作人员的培训合格证书见附件 6。辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立个人剂量档案并终生存档保存，个人剂量计每三个月送检一次。查阅 2022 年评估报告，辐射工作人员（谢垒）个人剂量 2022 年度最大监测结果为 1.76mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。根据医院提供的职业健康体检报告，在岗辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

(4) 医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

(5) 医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

#### (6) 辐射应急演练和年度评估

医院已制定《放射性事故应急预案》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经与医院核实，自核技术利用项目开展以来，未发生过辐射事故。

医院每年编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》（附件 10），对现有放射性同位素和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射性同位素和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等情况进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

表 1.5-1 医院现有射线装置一览表

序号	名称	类别	数量	型号	工作场所	环评情况	验收情况
1	直线加速器	II类	1	Plumus H	放疗科：加速器机房	浙环建 [2004]289 号	浙环辐验 [2015]41 号
2	移动 X 线机	III	1	IM-100L	放射科：放射科		
3	移动式 C 形臂 X 射线机	III	1	BV Libra	放射科：三号楼手术室		
4	血管造影 X 射线系统 (DSA)	II	1	Allura Xper FD20	放射科：DSA (2) 室	绍市环审 [2015]14 号	绍柯放验 [2017]03 号
5	单板直接数字成像系统 (DR)	III	1	Digital Dignost VR	放射科：2 号机房		
6	单板直接数字成像系统 (DR)	III	1	Essenta DR	放射科：3 号机房		
7	双板 DR 机	III	1	Digital Dignost	放射科：门诊楼 DR 机房		
8	DR 机	III	1	NOVAFA	放射科：体检中心 DR 机房		
9	牙片机	III	1	HELIODENT PLUS	放射科：牙片室		
10	移动 X 线机	III	1	Multimobil 10	放射科：放射科		
11*	CT 模拟定位机	III	1	SOMATOM Spirit	放疗科：模拟定位室		
12	64 排螺旋 CT	III	1	SOMATOM Definition AS	放射科：8 号机房		
13	乳腺钼靶机	III	1	Senographe Essential	放射科：1 号机房		
14	数字胃肠机	III	1	TU-51DR	放射科：4 号机房		
15	骨密度仪	III	1	DPX Bravo	放射科：骨密度机房		
16	16 排螺旋 CT	III	1	Brightspeed Elit16	放射科：门诊楼 CT 机房		

注：序号 11 申请停用。



续表 1.5-1 医院现有射线装置一览表

序号	名称	类别	数量	型号	工作场所	环评情况	验收情况
17	医用血管造影 X 射线系统 (DSA)	II	1	UNIQ FD10	放射科: DSA (1) 室	绍市环审 [2019]8 号	2021.6.24 自主验收
18	SPECT-CT	III	1	Discovery NM/CT 670 Pro	核医学科: SPECT-CT 机房		
19	医用电子直线加速器	II类	1	Vital Beam	放疗科: 7 号楼肿瘤中心一 层加速器机房 1	绍市环审 [2019]8 号	2022.4.10 自主 验收
20	口腔 CT 机	III	1	KaVo 3D eXam i	放射科: 口腔 CT 室	备案号: 201833060200000134	
21	16 排螺旋 CT	III	1	Optima CT540	放射科: 体检中心 CT 机房		
22	移动式 C 形臂 X 射线机	III	1	Compact L	放射科: 三号楼手术室		
23	移动式 G 型臂 X 射线成像系统	III	1	DigiArc 100AC	放射科: 三号楼手术室	备案号: 201833060200000712	
24	X 射线计算机体层摄影设备	III	1	uCT 530	放射科: 感染楼 CT 机房	备案号: 202033060200000582	
25	移动 DR	III	1	SM-50HF-B-D-C	放射科: 放射科	备案号: 201833060200000711	
26	模拟定位 CT	III	1	Philips CT Big Bore	放疗科: 7 号楼肿瘤中心一 层 CT 模拟定位室	备案号: 202233060200000128	
27	CT	III	1	ScintCare CT 16	放射科: 方舱 CT 机房	备案号: 202233060200000181	
28	移动式 C 形臂 X 射线机	III	1	Cios Alpha	放射科: ERCP 机房	备案号: 202233060200000182	

表 1.5-2 医院现有非密封放射性物质一览表

核素	场所等级	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	给药地点	环评情况	验收情况
<sup>99m</sup> Tc	丙	1.66×10 <sup>7</sup>	6.0×10 <sup>12</sup>	核医学科	绍市环审[2019]8 号	2021.6.24 自主验收

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	<sup>90</sup> Sr- <sup>90</sup> Y	2.96×10 <sup>9</sup> /1.48×10 <sup>9</sup> ×2	V	使用	敷贴治疗	核医学科敷贴室	贮存于核医学科储源室	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	<sup>32</sup> P	液态，中毒，半衰期 14.26d	使用	8.88×10 <sup>7</sup>	8.88×10 <sup>6</sup>	2.22×10 <sup>10</sup>	敷贴治疗	简单操作	核医学科	根据实际用量向有资质单位购买（现买现用），购买后的放射性药物暂存于科储源室。
2	<sup>89</sup> Sr	液态，中毒，半衰期 50.53d	使用	7.40×10 <sup>8</sup>	7.40×10 <sup>7</sup>	3.70×10 <sup>10</sup>	骨癌治疗	简单操作		
3	<sup>131</sup> I	液态，中毒，半衰期 8.02d	使用	3.70×10 <sup>9</sup>	3.70×10 <sup>8</sup>	1.85×10 <sup>11</sup>	甲亢治疗	简单操作		
				5.55×10 <sup>6</sup>	5.55×10 <sup>5</sup>	2.78×10 <sup>8</sup>	甲功能测定	简单操作		

注：1) 日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	装置名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	活动 种类	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	装置名称	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
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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	$^{99m}\text{Tc}$ （已有）、 $^{131}\text{I}$	/	/	/	/	/	专用排风管道送至屋顶，由活性炭过滤后排放。
放射性废液	液态	$^{99m}\text{Tc}$ （已有）、 $^{131}\text{I}$	/	/	86m <sup>3</sup>	总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ , $^{131}\text{I}$ 放射性活度浓度 10Bq/L	核医学科废水暂存于 6 组相串联的衰变池体，衰变池总容积约为 48m <sup>3</sup> 。 $^{32}\text{P}$ 敷贴治疗项目产生的少量工艺废水单独收集在塑料桶中，并放置在注射分装室的铅桶内。	放射性废水在衰变池暂存时间超 180 天后，符合 GB18871-2002 排放条件后，进入医院污水处理站处理后排入城市污水管网。
固体放射性废物（一次性杯子、注射器、针头、棉棒、一次性卫生用品、擦拭污染地面的物品以及废气处理更换的废活性炭）	固态	$^{99m}\text{Tc}$ （已有）、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{32}\text{P}$ 和 $^{89}\text{Sr}$	/	/	450kg	$\beta$ 表面污染 $\leq 0.8\text{Bq/cm}^2$	SPECT 候诊室/甲亢短暂留观、SPECT 留观室、服碘室、敷贴室各设置脚踏式铅桶，分装注射室设置手推旋式铅桶，固废间设置衰变箱，产生的放射性固废收集于铅桶内专用塑料袋，装满后的专用塑料包装袋应密封、不破漏，及时转运暂存于固废间的衰变箱，不同类别废物应分开存放。	放射性固废（ $^{99m}\text{Tc}$ ）衰变超过 30 天，放射性固废（ $^{131}\text{I}$ ）衰变超过 180 天，放射性固废（ $^{32}\text{P}$ ）衰变超过 143 天， $^{89}\text{Sr}$ 核素开展骨癌治疗产生的固体放射性废物衰变超过 506 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于 $0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq/cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，其中废活性炭属于放射性固体废物，暂存时间满足标准要求，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控作为医疗废物处理。
废源	固态	$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 放射源	/	/	2 枚/5 年	/	不暂存	医院购源前签订废旧源回收协议，由供源单位回收。

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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）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》（中华人民共和国主席令第 9 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》（中华人民共和国主席令第 24 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 6 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》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(5) 《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），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 709 号修订，2019 年 3 月 2 日施行）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修正本）》（生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日施行）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>(9) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 3 月 23 日经卫生部部务会议讨论通过，自 2007 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《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 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行）；</p> <p>(11) 《关于发布放射源分类办法》的公告，原国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>(12) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号）；</p> <p>(13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日施行；</p> <p>(14) 《关于发布&lt;建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法&gt;配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日施行；</p>
------------------	--

	<p>(15) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日施行；</p> <p>(16) 《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 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日施行；</p> <p>(17) 《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》（国家环保总局，环发[2006]145 号）；</p> <p>(18) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2021 年省政府令第 388 号修订，2021 年 2 月 10 日修订；</p> <p>(19) 《浙江省辐射环境管理办法》，2021 年省政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日修订；</p> <p>(20) 《浙江省生态环境厅、浙江省卫生健康委员会关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》（2019 年 7 月 18 日公布并施行）。</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) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(4) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(6) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；</p> <p>(7) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护导论》（方杰主编）；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》（李德平、潘自强主编）；</p> <p>(4) 建设单位提供的其它相关技术资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定：“以项目实体为中心，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙级取半径 50m 的范围。放射源的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，结合本项目的辐射污染特点（乙级非密封性放射性物质工作场所与放射源），确定本项目的评价范围为本项目核医学科工作场所的实体边界外 50m 区域，评价范围示意图见附图 4。

### 7.2 保护目标

本项目环境保护目标为本项目辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员和公众成员。具体详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

方位	敏感点位置描述	环境保护目标	规模	与场所边界最近距离
工作场所内	注射室及卫生通过间	辐射工作人员	4 人	/
	SPECT/CT 机房与控制室	辐射工作人员	2 人	/
	医护通道/工作廊	辐射工作人员	2 人	/
南侧/东南侧	注射前等候区	公众	约 15 人	紧邻
	问诊室/登记台	非辐射工作人员	2 人	紧邻
	超声治疗中心等肿瘤诊疗中心其他区域	非辐射工作人员与公众	约 20 人	10m
	福康医院旧址	非辐射工作人员与公众	流动人群	45m
	急诊综合楼	非辐射工作人员与公众	流动人群	35m
东侧	直线加速器机房	公众	约 2 人	紧邻
	肿瘤诊疗中心其他区域	公众	流动人群	15m
	医院内部道路	公众	流动人群	32m
	停车场	公众	流动人群	40m
西侧	医院内部道路	公众	流动人群	紧邻
	新建南路西侧民房、超顺房产、虞家小吃等商业用房	公众	流动人群	13m

北侧	医院内部道路/衰变池	公众	流动人群	紧邻
	6号病房楼	非辐射工作人员与公众	约300人	15m
	柔通弄19号小区	公众	约150人	48m
西北侧	塔山中心小学（成章校区）	公众	约500人	23m
上层	病房	公众	约50人	紧邻
衰变池 北侧	医院内部道路	公众	流动人群	紧邻
	6号病房楼	非辐射工作人员与公众	约300人	12m
	柔通弄19号小区	公众	约150人	45m
衰变池 南侧	核医学科办公室	辐射工作人员与公众	约5人	紧邻
衰变池 东侧	医院内部道路	公众	流动人群	紧邻
衰变池 西侧	医院内部道路	公众	流动人群	紧邻
	塔山中心小学（成章校区）	公众	约500人	30m
	新建南路西侧民房、超顺房产、虞家小吃等商业用房	公众	流动人群	35m

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 剂量限值和剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的规定，以及根据本项目特点并遵循辐射防护最优化原则，从事本项目辐射工作人员和公众的年剂量限值及剂量约束值详见表 7.3-1 和表 7.3-2。

表 7.3-1 剂量限值的相关内容

相关条款	具体内容
B1.1 职业照射	B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值： a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv。
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值： a) 年有效剂量，1mSv。



表 7.3-2 剂量剂量约束值

场所名称	剂量约束值 (mSv/a)		取值依据
	职业照射	公众照射	
核医学	5.0	0.1	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)第4.4.2条款：“一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a”。

### 7.3.2 核医学科辐射工作场所评价标准

#### (1) 辐射防护分区

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)：

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

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

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

#### (2) 辐射工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C，应按表 7.3-3 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7.3-3 非密封源工作场所的分级

级别	具体内容
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。

#### (3) 表面污染控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表 B11，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表 7.3-4 的控制水平。

表 7.3-4 工作场所放射性表面污控制水平

表面类型		$\beta$ 放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> )
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	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 <sup>-1</sup>
<sup>1)</sup> 该区内的低污染子区除外		

#### (4) 核医学科工作场所辐射剂量率控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中的相关规定,本项目核医学科辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平见表 7.3-5。

表 7.3-5 本项目核医学科屏蔽体外周围剂量当量率控制水平

场所	位置	剂量率控制水平
核医学科	距核医学工作场所控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处;手套箱、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位;固体放射性废物收集桶、暴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外表面 30cm 处。	<2.5 $\mu$ Sv/h
	控制区屏蔽墙外的房间为人员偶然居留的设备间等区域	<10 $\mu$ Sv/h
	手套箱或通风橱非正对人员操作位表面	<25 $\mu$ Sv/h

#### (5) 放射性废水排放控制要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中相关规定,结合本项目核素使用情况、衰变池设计情况,放射性废水排放满足以下要求:

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

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

#### (6) 固体放射性废物排放控制要求

参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录A中A2.1的规定:“任何时间段内在进行实践的场所存在的给定核素的总活度或实践中使用的给定核

素的活度浓度不超过表A1所给的或审管部门所规定的豁免水平”。

**表 7.3-6 本项目涉及放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度（摘自附录 A 中表 A1）**

核素	活度浓度/（Bq/g）	活度/Bq
$^{131}\text{I}$	1E+02	1E+06
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1E+02	1E+07
$^{32}\text{P}$	1E+03	1E+05

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关规定，固体放射性废物暂存和处理应满足以下要求：

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， $\alpha$ 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：

- a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；
- b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；
- c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

#### **（7）核医学工作场所通风要求**

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），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。

6.3.3 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。

6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

6.3.5 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。

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

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

#### **(8) 敷贴治疗辐射防护要求**

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关规定，敷贴治疗场所安全措施要求如下：

6.2.7 敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室，治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，对病人的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面，不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥的贮源箱内。

#### **(9) 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。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所位置

绍兴第二医院医共体总院位于绍兴市越城区延安路 123 号，东侧为中兴南路，南侧为延安路，西侧为新建南路，北侧为柔遁弄。其具体地理位置图见附图 1。

门诊综合楼、急诊综合楼、1#病房楼沿南侧主干道延安横向展开；3#病房楼、食堂、5#综合楼、6#病房楼沿北侧柔遁弄横向依次展开；医院的西部为肿瘤诊疗中心大楼；医院的东部为 2#病房楼。医院总平面图见附图 3。

肿瘤诊疗中心大楼位于医院西侧，为一栋地上五层建筑。一层为肿瘤放疗机房、核医学机房和高强度聚焦超声（海扶）治疗中心等，二至五层设置为病房。

本项目建设地点位于肿瘤诊疗中心大楼一层西侧，建筑四周均为院区道路，下方无地下层。核医学科东侧为肿瘤诊断中心大楼内直线加速器机房以及其他用房，外部为医院内部道路、停车场；东南侧 35m 处为急诊综合楼；南侧 45m 处为福康医院旧址；核医学科西侧为医院内部道路，隔新建南路在 13m~50m 范围内为新建南路西侧民房、超顺房产、虞家小吃等民房和商业用房；西北侧 23m 处为塔山中心小学（成章校区）；北侧依次为医院内部道路、15m 处 6 号病房楼、48m 处柔遁弄 19 号小区；本项目周围环境关系示意图见附图 4。

### 8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

#### 8.2.1 环境现状评价对象

辐射工作场所周围环境辐射水平。

#### 8.2.2 监测因子

$\gamma$  辐射空气吸收剂量率、 $\beta$  表面污染。

#### 8.2.3 监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点，环境现状监测布点见图 8.2.1-图 8.2.2。

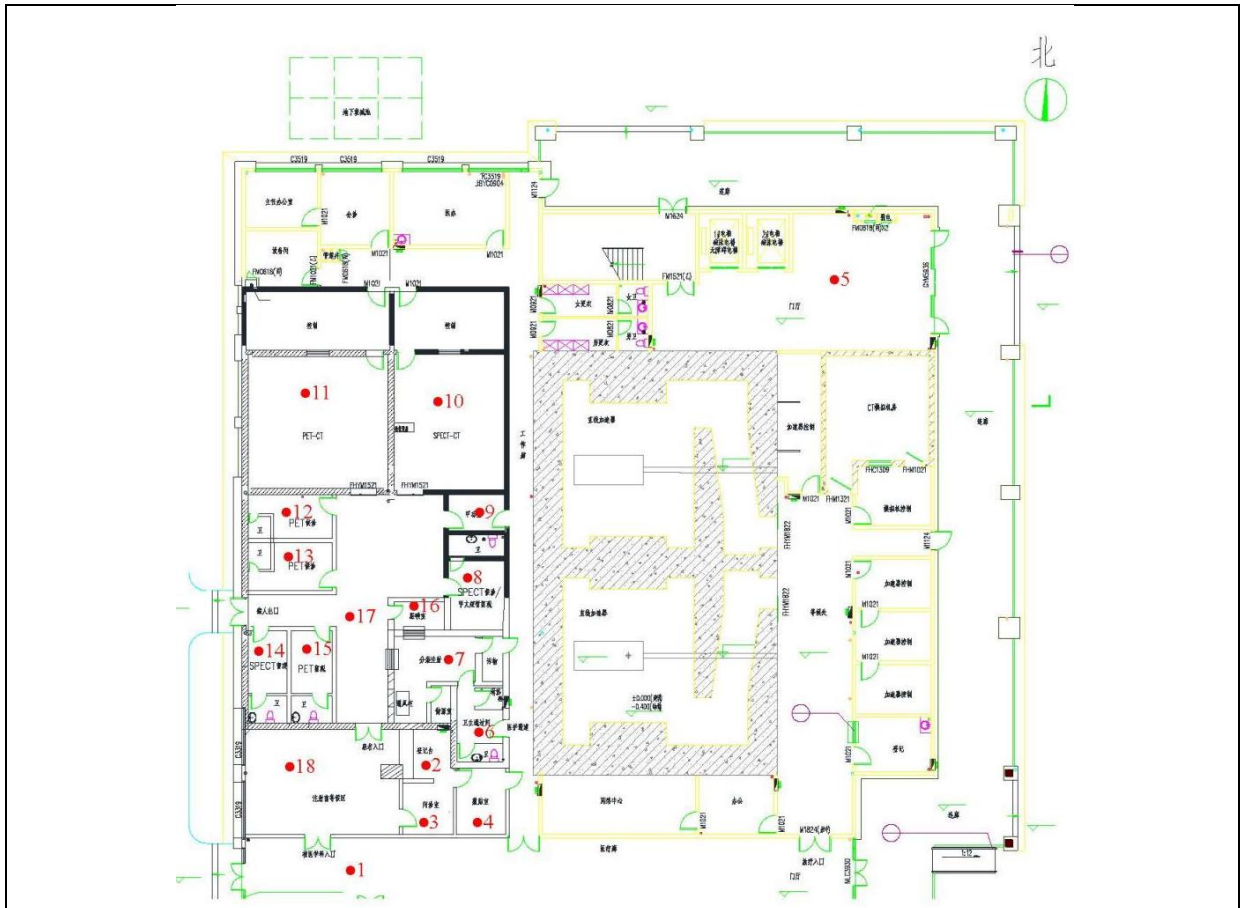


图 8-2.1 本项目核医学周围环境现状监测点位

## 绍兴第二医院总平面图



图 8-2.2 本项目医院周围环境现状监测点位

### 8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

#### 8.3.1 监测方案

(1) 监测单位：浙江环安检测有限公司。

(2) 监测日期：2023年07月31日。

(3) 监测方式：现场检测。

(4) 监测依据：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《表面污染测定 第1部分： $\beta$ 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 $\alpha$ 发射体》（GB/T14056.1-2008）。

(5) 监测频次：依据上述标准予以确定。

(6) 监测因子： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率、 $\beta$ 表面污染。

(7) 监测报告编号：HAJC23-07-0398。

(8) 监测设备

表 8.3-1 浙江环安检测有限公司监测设备情况

检测仪器	环境监测 X、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪
仪器型号	RM-2030	CoMo-170
仪器编号	2019016	9950
量 程	0.01 $\mu\text{Gy/h}$ ~200 $\mu\text{Gy/h}$	$\beta/\gamma$ : 0-20000cps
能量范围	35keV~3MeV	---
检定证书编号	2022H21-10-4310493001	2022H21-20-42781699001
检定证书有效期	2022.12.13-2023.12.12	2022.11.28-2023.11.27
检定单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
探测限	$\geq 0.02\mu\text{Sv/h}$	$\beta$ : $\geq 0.06\text{Bq/cm}^2$

#### 8.3.2 质量保证措施

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中有关辐射环境监测质量保证一般程序和实验室的质量体系文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书）实行全过程质量控制，保证此次监测结果科学、有效。本次环境现状监测质量保证主要内容有：

①监测机构通过了计量认证；

②监测前制定了详细的监测方案及实施细则；

③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；

④监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格，且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；

⑤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；

⑥每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

⑦现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和监测数据；

⑧建立完整的文件资料。仪器校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑨监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

### 8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8.3-2~表 8.3-5。

表 8.3-2 核医学科周围环境  $\gamma$  射线剂量率监测结果

监测点号	监测点位置	监测结果 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	
		校正值	标准差
1	核医学科入口处	0.08	0.01
2	拟建登记台	0.09	0.01
3	拟建问诊室	0.10	0.02
4	敷贴室	0.09	0.01
5	肿瘤诊疗中心大楼东侧大厅	0.08	0.01
6	卫生通过间	0.11	0.02
7	分装注射室	0.10	0.01
8	SPECT 候诊/甲亢短暂留观室	0.09	0.01
9	甲功室	0.09	0.01
10	SPECT-CT 机房	0.10	0.02
11	PET-CT 机房	0.09	0.01
12	PET 候诊室 1	0.08	0.01
13	PET 候诊室 2	0.09	0.01



14	SPECT 留观室	0.10	0.01
15	PET 留观室	0.09	0.01
16	服碘室	0.09	0.01
17	控制区走廊	0.08	0.01
18	注射前等候区	0.10	0.01

注：1、本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；以下同。

2、依据 HJ 1157-2021 标准：测量值=读数平均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数；校准因子 k1 见监测仪器校准证书，效率因子 k2 取 1，本项目监测仪器读数为空气比释动能率  $\mu\text{Gy/h}$ ，无需再转换；以下同。

3、以上监测结果均已进行宇宙射线的响应值修正，环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率校正因子=测量值-屏蔽修正因子 k3×测量点宇宙射线响应值 Dc，k3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为  $0.03\mu\text{Gy/h}$ 。以下同。

**表 8.3-3 核医学科周围环境  $\beta$  表面污染监测结果**

监测点号	监测点位置	$\beta$ 表面污染监测结果 ( $\text{Bq/cm}^2$ )
1	核医学科入口处	未检出
2	拟建登记台	未检出
3	拟建问诊室	未检出
4	敷贴室	未检出
5	肿瘤诊疗中心大楼东侧大厅	未检出
6	卫生通过间	未检出
7	分装注射室	未检出
8	SPECT 候诊/甲亢短暂留观室	未检出
9	甲功室	未检出
10	SPECT-CT 机房	未检出
11	PET-CT 机房	未检出
12	PET 候诊室 1	未检出
13	PET 候诊室 2	未检出
14	SPECT 留观室	未检出
15	PET 留观室	未检出
16	服碘室	未检出
17	控制区走廊	未检出
18	注射前等候区	未检出

**表 8.3-4 医院周围环境  $\gamma$  射线剂量率监测结果**

监测点号	监测点位置	监测结果 (μGy/h)	
		校正值	标准差
1	衰变池周围	0.09	0.01
2	6#病房楼前	0.10	0.01
3	肿瘤诊疗中心大楼东侧空地	0.08	0.01
4	肿瘤诊疗中心大楼南侧空地	0.09	0.02
5	肿瘤诊疗中心大楼西侧空地	0.09	0.01

注：1、本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据。  
2、依据 HJ 1157-2021 标准：测量值=读数平均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数；校准因子 k1 见监测仪器校准证书，效率因子 k2 取 1，本项目监测仪器读数为空气比释动能率 μGy/h，无需再转换。  
3、以上监测结果均已进行宇宙射线的响应值修正，环境 γ 辐射空气吸收剂量率校正值=测量值-屏蔽修正因子 k3×测量点宇宙射线响应值 Dc，k3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 0.03μGy/h。

表 8.3-5 医院周围环境 β 表面污染监测结果

监测点号	监测点位置	β 表面污染监测结果 (Bq/cm <sup>2</sup> )
1	衰变池周围	未检出
2	6#病房楼前	未检出
3	肿瘤诊疗中心大楼东侧空地	未检出
4	肿瘤诊疗中心大楼南侧空地	未检出
5	肿瘤诊疗中心大楼西侧空地	未检出

#### 8.4 辐射环境现状评价

由表 8.3-2 和表 8.3-4 监测结果，本项目各监测点位室内 γ 辐射剂量率范围为 0.08μGy/h~0.11μGy/h，室外道路 γ 辐射剂量率范围为 0.08μGy/h~0.10μGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，绍兴市室内 γ 辐射剂量率范围为 (0.06-0.335) μGy/h，道路上 γ 辐射剂量率范围为 (0.05-0.154) μGy/h。可见本项目改扩建场所各监测点位 γ 辐射剂量率处于绍兴市天然辐射本底水平。

由表 8.3-3 和表 8.3-5 监测结果，本项目各周围环境监测点位的 β 表面污染监测值均处于正常水平，未见明显异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期工程分析

本项目无新增建筑物，施工内容主要为机房及相关配套设施改造和装修。医院拟于核医学科改扩建工程开始一周前停止核医学科运行，全面停止放射性核素使用，无剩余放射性核素。核医学科改扩建工程施工前需对核医学科内域进行表面污染检测和辐射剂量率监测，监测表污水平直至满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制水平的五十分之一以下（即  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）的要求，并且核医学科内的放射性废物均妥善处置后方可开始施工，且施工期间核医学科也停止运行。

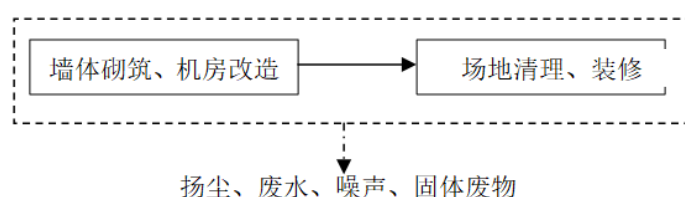


图 9.1-1 施工期工艺及产污环节图

本项目施工期污染物主要包括：

#### 9.1.1 扬尘

由于本项目施工期工程量较小，均为防护改造和装修装饰，故产生扬尘量较小。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

#### 9.1.2 噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆产生的噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程中防止机械噪声的超标。

#### 9.1.3 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托医院现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

#### 9.1.4 固体废物

改造和装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。施工产生的废弃物应妥善保管，及时回收处理。核医学科内拟拆除的设施去污后经监测满足表面污染解控水平（ $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）方可进行拆除施工。

## 9.2 运行期工程设备和工艺分析

### 9.2.1 肿瘤诊疗中心核医学科

医院肿瘤诊疗中心现有核医学科经改扩建后主要业务用房为 1 间 PET/CT（预留）和 1 间 SPECT/CT 及配套注射间、候诊室、敷贴室等。

本项目核医学工作场现有辐射工作人员 5 名，主要包括 2 名医生（已有）、1 名技师（已有）和 2 名护士（新增），实行定岗定责制，相互不交叉工作，同时也不兼任院区其他放射性工作，具体分工和岗位职责见表 9.2-1。

表 9.2-1 本项目核医学工作场所辐射工作人员配置计划

场所名称	人员类别	岗位内容	人员配置情况	工作班制
核医学 工作场所	医生	SPECT/CT 诊断、阅片及抢救工作	2 名	昼间单班制，每班工作 8h，年工作 250 天
	技师	SPECT/CT 摆位、扫描	1 名	
	护士	药物领取、测活、注射	2 名（轮岗）	
		敷贴治疗、甲亢、甲功		
		储源室放射性药物的保管		
护士站工作				
合计			5 名	

### 9.2.2 非密封放射性物质及放射源

本项目肿瘤诊疗中心一层核医学工作场所使用的非密封放射性物质有  $^{99m}\text{Tc}$ （SPECT/CT 显像）、 $^{32}\text{P}$ （敷贴治疗）、 $^{89}\text{Sr}$ （骨癌治疗）、 $^{131}\text{I}$ （甲亢治疗、甲功能测定）、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ （敷贴治疗）。

#### （1）性能参数和计划工作量

本项目使用的非密封放射性同位素  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{131}\text{I}$  在手套箱内开展分装。使用的非密封放射性同位素均按照每日用量提前订购，运输到医院后当日可在储源室暂存，不贮存。本项目  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源半衰期为 28.1a（衰变子体  $^{90}\text{Y}$  半衰期为 2.7d），使用过程中只需半年进行一次衰变校正。 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源不使用时贮存在专用贮源箱中，存放于储源室内，使用时将专用长柄工具在专用的敷贴室实施治疗。

本项目各核素的性能参数见表 9.2-2。

表9.2-2 本项目放射性同位素的性能参数

核素	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要 $\alpha$ 、 $\beta$ 辐射能量 (MeV)	主要 $\gamma$ 、X射线能量 (MeV)	周围剂量当量率常数 (裸源) [ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h MBq})$ ]	患者体内单位放射性活度所致体外1m处周围剂量当量率 [ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h MBq})$ ]
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	IT(100)	/	0.140	0.0303	0.0207
$^{131}\text{I}$	8.02d	$\beta^-$ (100)	0.602	0.284,0.365,0.637	0.0595	0.0583
$^{32}\text{P}$	14.26d	$\beta^-$ (100)	1.71	/	/	/
$^{89}\text{Sr}$	50.53d	$\beta^-$ (100)	0.5846	/	/	/
$^{90}\text{Sr}$	28.1a	$\beta^-$ (100)	0.546	/	/	/

本项目单名病人使用的各核素的最大用药量，均严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录G表G.2及《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)附录E表E.1和表E.2等相关规定，确定典型成年受检者在核医学诊断过程中放射药物施用量的参考水平。

根据医院核医学科管理规定，核医学工作场所内各种核素诊疗时间交错进行，互不交叉。经与医院核实，本项目相关核素使用方案见表9.2-3；放射源使用方案见表9.2-4。

表9.2-3 本项目核医学工作场所放射性核素计划工作量及功能用途

核素名称	单个病人最大用量	日最大诊疗人次	年最大诊疗人次	日最大操作量	年最大用量	用途
$^{32}\text{P}$	$4.44\times 10^7\text{Bq}$ (1.2mCi)	2人	500人	$8.88\times 10^7\text{Bq}$	$2.22\times 10^{10}\text{Bq}$	敷贴治疗
$^{89}\text{Sr}$	$1.48\times 10^8\text{Bq}$ (4mCi)	5人	250人	$7.40\times 10^8\text{Bq}$	$3.70\times 10^{10}\text{Bq}$	骨癌治疗
$^{131}\text{I}$	$3.7\times 10^8\text{Bq}$ (10mCi)	10人	500人	$3.7\times 10^9\text{Bq}$	$1.85\times 10^{12}\text{Bq}$	甲亢治疗
$^{131}\text{I}$	$3.7\times 10^5\text{Bq}$ (0.01mCi)	15人	750人	$5.55\times 10^6\text{Bq}$	$2.78\times 10^8\text{Bq}$	甲功能测定

表9.2-4 本项目核医学工作场所放射源的计划工作量

核素名称	单个病人最大用量	日最大诊疗人次	年最大诊疗人次	用途
$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	$1.48\times 10^9\text{Bq}$	2人	300人	敷贴治疗

## 9.2.3 敷贴治疗流程及产污环节分析

### 9.2.3.1 $^{32}\text{P}$ 敷贴治疗原理、工艺流程及产污环节分析

#### (1) 工作原理

当患者患有血管瘤、痣、疤痕疙瘩等病症时，通过某些放射性同位素（如  $^{32}\text{P}$ ）的

敷贴照射，让敷贴充分接近病变皮肤，通过核素在衰变过程中释放的纯 $\beta$ 射线，作用于增生组织细胞，可以降低细胞分裂速度，延长核分裂周期，闭塞毛细血管及止痒和镇痛等作用而达到诊疗目的。本项目使用的 $^{32}\text{P}$ 为纯 $\beta$ 放射性核素。

## (2) 工作流程及产污环节

### ① 诊疗规划

本项目拟使用 $^{32}\text{P}$ 开展敷贴治疗，每日最多治疗2人，每年工作50周，单人最大使用活度为 $4.44\times 10^7\text{Bq}$ ，单次敷贴治疗时间1-2小时。

### ② 诊疗流程

**订药：**由于 $^{32}\text{P}$ 敷贴器需要在使用前进行制作，医院需要根据预约情况提前订药，在约定的时间由药物供应单位将成品药物运送至核医学科， $^{32}\text{P}$ 为外购药物，药品以单个货包的形式送达，单个货包药量最大值为 $4.44\times 10^7\text{Bq}$ ，核医学科安排专人接收药物，经确认无误完成相关交接、登记手续后，暂存在储源室。

**制作 $^{32}\text{P}$ 敷贴器：** $^{32}\text{P}$ 药物密封于专用屏蔽容器中，使用前在由工作人员在分装注射室的专用手套箱中进行简单制作。

制作方法如下：

①采用优质滤纸按病变形状要求剪成规格大小及形状不同的纸片，作为 $^{32}\text{P}$ 溶液的支持物，滤纸上画有格子；

②用生理盐水分别将不同大小与形状的滤纸做一次吸水试验以确定滴加 $^{32}\text{P}$ 溶液的毫升数；

③用手控移液管吸取预先计算好的混有色剂的 $^{32}\text{P}$ 溶液，按每张滤纸的吸水量分格滴加 $^{32}\text{P}$ 溶液，通过颜色的深浅来调整 $^{32}\text{P}$ 活度的分布均匀性；

④调整色剂均匀分布后，用优质塑料薄膜与胶布套封，保证其密封性。在胶布上注明敷贴器的名称、制作日期、放射性活度等。经检测表面无放射性污染后即可使用。

**预约、制定治疗方案：**治疗前，医护人员先根据敷贴治疗的适应症和禁忌症，对具有正当理由的患者开具敷贴治疗申请单，完成预约登记，根据病情制定治疗方案。

**治疗：**辐射工作人员提前在分装注射室制成 $^{32}\text{P}$ 敷贴器，治疗人员用长柄工具将敷贴器转移至敷贴室，将敷贴器摆放至治疗部位后，在不接触患者非病灶皮肤的面用3mm厚的橡皮泥覆盖屏蔽。并且在敷贴治疗时，禁止其他人员进入敷贴室。治疗结束后患者直接离开核医学科，不产生放射性废液。工作人员清点敷贴器，放入放射性废物桶中进行衰变处理，并做好记录。

$^{32}\text{P}$  敷贴治疗工艺流程及产污环节见图 9.2-1。

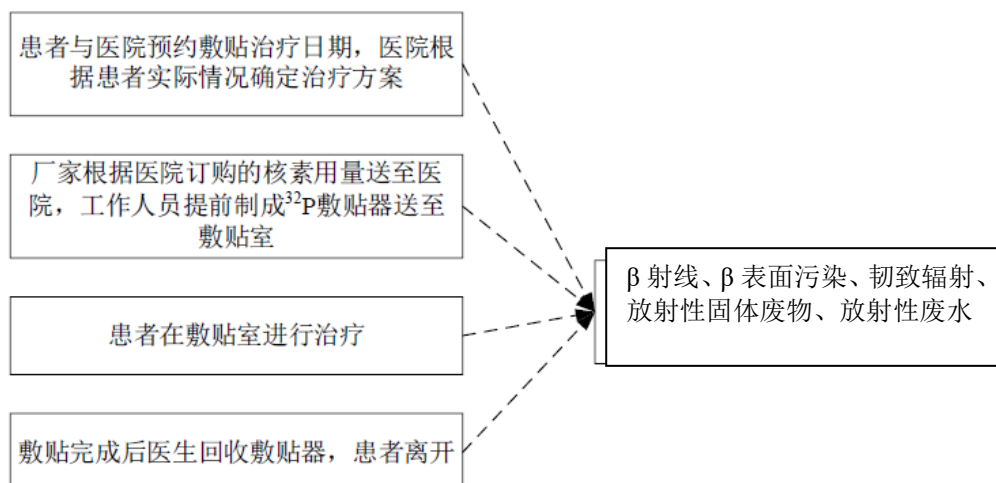


图 9.2-1  $^{32}\text{P}$  敷贴治疗工艺流程及产污环节

### 9.2.3.2 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 放射源敷贴治疗原理、工艺流程及产污环节分析

#### (1) 工作原理

当患者患有血管瘤、痣、疤痕疙瘩、酒渣鼻、毛细血管扩张、神经性皮炎、局限性慢性湿疹、局限性皮肤瘙痒和某些皮肤癌等症时，通过  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源的敷贴照射，让敷贴充分接近病变皮肤，通过核素在衰变过程中释放的纯  $\beta$  射线，作用于增生组织细胞，可以降低细胞分裂速度，延长核分裂周期，闭塞毛细血管及止痒和镇痛等作用而达到诊疗目的。

本项目使用的  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴器为纯  $\beta$  放射性核素。敷贴器为外购商品敷贴器， $^{90}\text{Sr}$  放射源初始活度为  $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于 V 类放射源。 $^{90}\text{Sr}$  衰变时释放  $\beta$  射线，其子体为  $^{90}\text{Y}$ ， $\beta$  射线在人体组织内的射程仅有几毫米，通过  $\beta$  射线对病变部位的电离辐射生物效应，可达到治疗的目的，并且减少对其它组织的损伤。由于  $^{90}\text{Sr}$  半衰期为 28.1a（衰变子体  $^{90}\text{Y}$  半衰期为 2.7d），使用过程中只需半年进行一次衰变校正。本项目所用的  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  r 敷贴器（放射源）从有生产、销售资质的正规厂家购买，严格按照放射源进行管理，不使用时贮存在专用贮源箱中，存放于储源室内，使用时将专用长柄工具在专用的敷贴治疗室实施治疗。

医务人员会提前了解患者瘤、痣、疤痕疙瘩等需要治疗部位的形状和情况，进而确定采用的敷贴治疗方案，根据病人预约情况安排治疗，并且在敷贴治疗时，禁止其他人员进入敷贴治疗室。

#### (2) 工作流程及产污环节

### ①诊疗规划

本项目拟开展  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ （敷贴器）敷贴治疗，每天最多 2 人，每年工作 50 周，敷贴器最大活度为  $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大使用量为  $2.96 \times 10^9 \text{Bq}$ ；单次敷贴治疗时间 1-2 小时。

### ②诊疗流程

患者在敷贴治疗室接受治疗，医生根据病人病变的大小，厚薄及部位的不同，确定每次照射时间； $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴器是固定敷贴器，一般有圆形和方形，操作是由医生首先用橡皮圈在疤痕疙瘩附近固定遮盖，凸出病变位置，用防护材料（如橡皮泥或塑料等）将病灶周围正常皮肤覆盖，然后按下敷贴器，用胶布或绷带固定于病变处，再将敷贴器上面放置大于敷贴器面积的防护材料并固定，记录敷贴时间，达到预定治疗剂量时及时取掉。治疗过程均由专业医生操作，治疗完毕，将敷贴器放回储源室的贮源箱。

$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴治疗的工艺流程及产污环节图如图 9.2-2 所示。

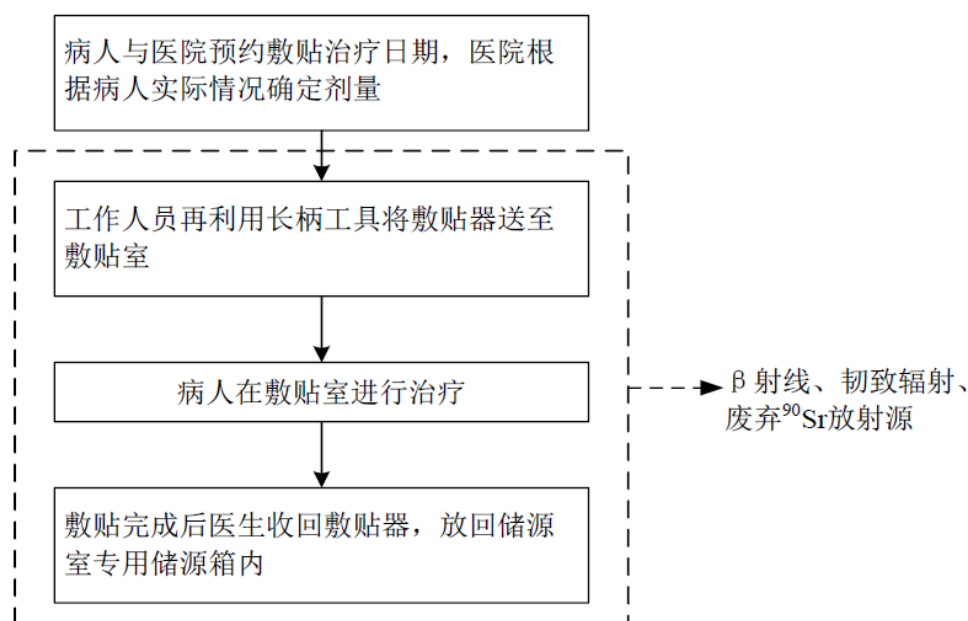


图 9.2-2  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴治疗工艺流程及产污环节

## 9.2.4 $^{89}\text{Sr}$ 核素开展骨癌治疗原理、工艺流程及产污环节分析

### (1) 工作原理

放射性核素  $^{89}\text{Sr}$  治疗骨转移主要用于缓解前列腺癌、乳腺癌、肺癌、鼻咽癌等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，利用  $^{89}\text{Sr}$  在体内释放  $\beta$  射线，对病变进行集中照射，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，其有效射程很短，因而邻近正常组织和全身辐射吸收剂量很低，从而达到止痛和破坏肿瘤的目的。

### (2) 工作流程及产污环节



本项目拟开展  $^{89}\text{Sr}$  骨转移癌等肿瘤放射性核素治疗，每天最多 5 人，每年工作 50 周，单人平均用药量为  $4\text{mCi}$  ( $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$ ，针剂型)，日最大操作量为  $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$ ；完成给药后，可直接离开核医学科。

本项目拟使用的  $^{89}\text{Sr}$  核素也从专业放射性同位素供货商购买，按照每日用量提前订购单支成品药物，不开展分装，当日运输到医院后在储源室暂存，不贮存。

①接收患者，并告知患者诊断过程存在辐射危害；

②医生根据病情确定使用核素的剂量，提前从专业放射性同位素供货商订购放射性药物；

③护士对放射性药物进行活度测量、确认患者信息后，在分装注射室注射窗口对患者进行注射给药。在该过程，存在  $\beta$  射线污染、 $\beta$  表面污染和韧致辐射，同时会产生固体放射性废物（注射器、针头、棉棒、一次性卫生用品等）；

④根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），接受  $^{89}\text{Sr}$  治疗的患者，应在其体内的放射性活度低于  $200\text{MBq}$  ( $5.4\text{mCi}$ ) 方可离开医院。本项目接受  $^{89}\text{Sr}$  核素治疗的患者单人次用药量为  $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$  ( $4\text{mCi}$ )，患者完成给药后，可直接从患者通道离开核医学科。

因此， $^{89}\text{Sr}$  核素开展骨癌治疗项目污染因子是： $\beta$  射线、 $\beta$  表面污染、韧致辐射和固体放射性废物。

$^{89}\text{Sr}$  骨癌治疗的工艺流程及产污环节图如图 9.2-3 所示。

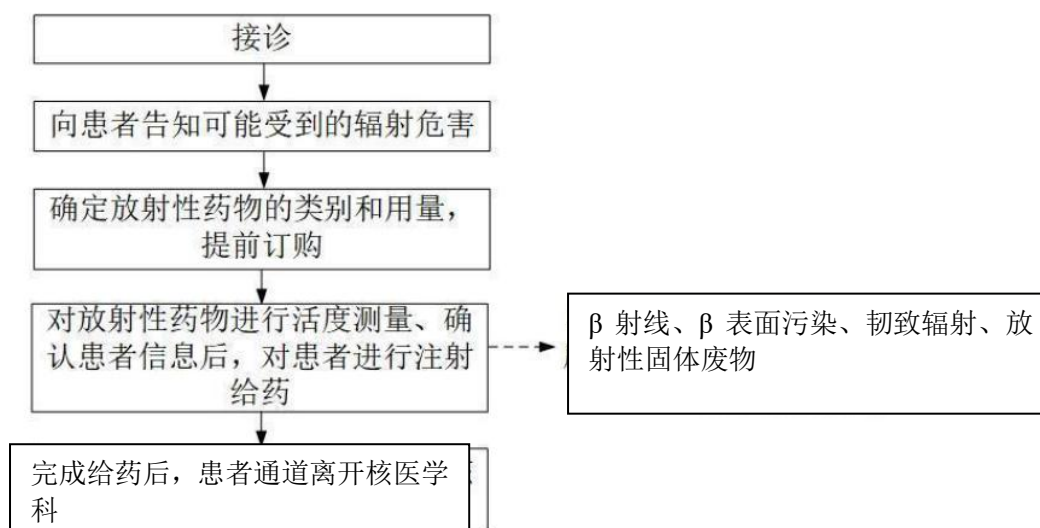


图 9.2-3  $^{89}\text{Sr}$  骨癌治疗工艺流程及产污环节

## 9.2.5 $^{131}\text{I}$ 诊疗流程、工艺流程及产污环节分析

### (1) 工作原理

**甲功能测定：**甲状腺具有选择性摄取和浓聚碘的功能，其摄碘的速度和数量以及碘在甲状腺的停留时间，均取决于甲状腺的功能状态。食物中的碘为  $^{127}\text{I}$ ，而  $^{131}\text{I}$  为其同位素，具有相同的理化性质，但  $^{131}\text{I}$  具有放射性，在其衰变时发出  $\gamma$  射线。因此，给检查者口服一定量的  $^{131}\text{I}$  后，即被甲状腺所摄取，在体外用特定的  $\gamma$  射线探测仪就可测得甲状腺对  $^{131}\text{I}$  的吸收情况，从而判断甲状腺的功能状况。甲功测定单次  $^{131}\text{I}$  给药量很小，最大用量仅为  $10\mu\text{Ci}$ 。

**甲亢治疗：**甲状腺具有高度选择性摄取  $^{131}\text{I}$  的能力，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多，可高达血浆的几百倍，且在甲状腺内停留的时间较长，有效半衰期可达 7.6 天。在患者服用  $^{131}\text{I}$  后，90% 以上的  $^{131}\text{I}$  都会聚集到患者的甲状腺，其余的  $^{131}\text{I}$  随代谢排出体外。 $^{131}\text{I}$  衰变为  $^{131}\text{Xe}$  时放射出 95% 的  $\beta$  射线，该射线能量低，在甲状腺内的平均射程仅有 0.5mm，一般不会造成甲状腺周围组织例如甲状旁腺、喉返神经等的辐射损伤。因此  $^{131}\text{I}$  治疗可使部分甲状腺组织受到  $\beta$  射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发炎症、萎缩、直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。

## (2) 工作流程及产污环节

$^{131}\text{I}$  甲亢治疗每天最多 10 人，单人最大用药量为  $10\text{mCi}$  ( $3.7\times 10^8\text{Bq}$ )，日最大操作量为  $3.7\times 10^9\text{Bq}$ 。 $^{131}\text{I}$  甲状腺功能测定治疗每天 15 人，单人最大用药量为  $0.01\text{mCi}$  ( $3.7\times 10^5\text{Bq}$ )，日最大操作量为  $5.55\times 10^6\text{Bq}$ 。本项目  $^{131}\text{I}$  均由医护人员在手套箱内人工分装，分装好的  $^{131}\text{I}$  提供给患者服用，不涉及自动分碘仪和控制台。

治疗流程：

- ①接收患者，告知患者诊断过程存在的辐射危害；
- ②医生根据病情确定使用核素的剂量；
- ③工作人员在手套箱内将药物进行分装，并指导患者服药；
- ④患者口服  $^{131}\text{I}$  药品进行治疗。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)规定，接受  $^{131}\text{I}$  治疗的患者体内放射性活度降至低于  $400\text{MBq}$  ( $10.8\text{mCi}$ ) 或距离患者体表 1m 处周围剂量当量率不大于  $25\mu\text{Sv/h}$  方可出院。本项目甲亢患者单人次用药量为  $10\text{mCi}$ ，因此甲亢患者服药后可不必住院，在甲亢留观室短暂留观约 10min，无碍后离开医院；甲功能测定患者单人次用药量为  $10\mu\text{Ci}$  (单人用药量为豁免水平)，分别于服药后 2h、4h、6h、24h 由注射前等待区进入甲测室进行吸碘率的测定，每次测定约 1min，测定结束后打印报告，检

查结束离开医院。

$^{131}\text{I}$  甲功能测定和甲亢治疗的工艺流程及产污环节图如图 9.2-4 所示。

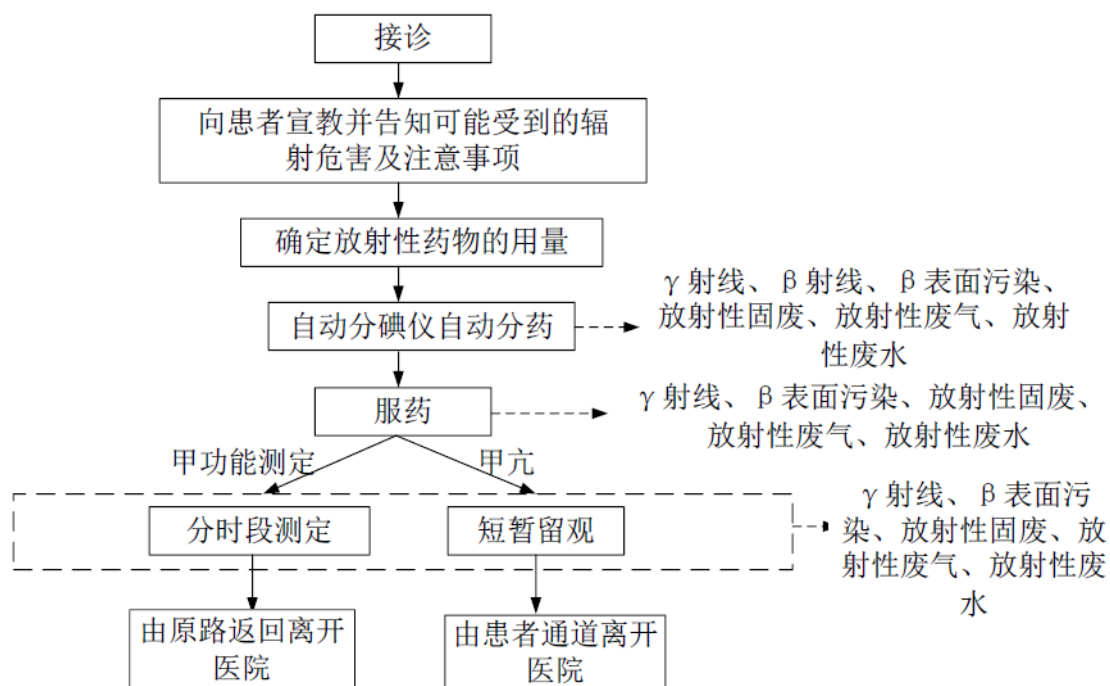


图 9.2-4  $^{131}\text{I}$  甲功能测定和甲亢治疗工艺流程及产污环节

甲亢患者和甲功能测定患者服用  $^{131}\text{I}$  的药量差异大。医院应做好分类管理，使患者错开时间服药。甲功能测定患者在甲测室检查结束后，从候诊大厅离开核医学科，甲亢患者在甲亢留观室进行短暂观察，无特殊情况发生则离开核医学科出院，因此服药后的甲亢患者和甲功能测定患者能在空间上错开，避免互相影响。

综上所述， $^{131}\text{I}$  核素开展甲功能测定和甲亢治疗项目污染因子是： $\gamma$  射线、 $\beta$  射线、 $\beta$  表面污染、放射性废液、气态放射性废物和固体放射性废物。

### 9.2.6 核医学科人员、物流路径分析

本项目核医学科采取集中布置的方式，整个场所较独立且相对较为集中布置于肿瘤诊疗中心大楼一层西侧，便于建设单位统一运行管理，整个核医学功能分区明确，便于不同诊疗病人分区管理。

#### 一、核医学科平面布局

核医学科南侧为注射前等候区（候诊大厅）、登记台、问诊室、敷贴室。

核医学科中间为主要治疗诊断场所，主要包括分装注射室、储源室、卫生通过间、污物间、SPECT/CT 候诊室（甲亢患者给药后短暂留观室）、甲功室、SPECT/CT 机房及控制室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室（甲亢治疗短暂留观）、PET 候诊室（2

间)、PET/CT 机房及控制室。

核医学科最东侧为医护通道，核医学科最西侧为患者出口通道。

核医学科北侧为会诊室、医护办公室、主任办公室、设备间。

各工作用房根据其不同使用功能特点，将相关主要设备用房及其辅助用房及病人候诊、候检、留观等过程分别形成各自独立的工作区块。

根据 GBZ120-2020 要求，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。平面图见附图 5。

## 二、核医学科人流路径

### (1) 受检者/患者流通过程：

#### $^{89}\text{Sr}$ 治疗患者路径：

患者一般在注射前等候区等候（候诊大厅）→预约治疗（登记台/问诊室）→根据叫号进入病人通道、到达服碘室窗口→注射后无需留观，直接从患者出口离开核医学科。

#### $^{32}\text{P}$ 敷贴治疗、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 敷贴器治疗患者路径：

患者一般在注射前等候区等候（候诊大厅）→预约治疗（登记台/问诊室）→根据叫号进入东南角敷贴室→结束治疗后无需留观，直接按原路离开核医学科。

#### $^{131}\text{I}$ 甲状腺功能测定患者路径：

患者进入核医学科（候诊大厅）→预约治疗（登记台/问诊室）→根据叫号进入病人通道、进入甲功室，根据医生语音指导服药，服药后分别于 2h、4h、6h、24h 后返回甲功室通过  $\gamma$  射线探测器进行检查和评估→测定完成后，离开核医学科。

#### $^{131}\text{I}$ 甲亢治疗患者路径：

$^{131}\text{I}$  治疗患者进入核医学科（候诊大厅）→预约治疗（登记台/问诊室）→根据叫号进入病人通道、进入东侧  $^{131}\text{I}$  服药窗口（服碘室），根据医生语音指导服药→服药后在 SPECT/CT 候诊室留观，然后从患者出口离开核医学科。

本项目核医学场所内的 SPECT/CT 检查安排在工作日的上午， $^{89}\text{Sr}$  治疗、敷贴治疗、 $^{131}\text{I}$  甲亢治疗项目安排在工作日的下午，采取错时措施，并指定错时诊断和治疗管理制度，依次开展 SPECT/CT 检查、 $^{89}\text{Sr}$  治疗、敷贴治疗、 $^{131}\text{I}$  甲亢治疗，保证各项患者的患者不会造成交叉辐射影响。

### (2) 工作人员路径：

#### $^{89}\text{Sr}$ 等核素治疗药物注射工作人员路径：

药物注射人员进入卫生通过间（配置污染检测仪、去污洗消设施）→分装注射室进

行药物试剂的准备工作（配备手套箱）→给药窗口进行药物注射，工作结束后原路返回，若表面沾污监测不合格，则将被污染的工作服等防护用品脱下放入衣物篮并在淋浴间冲洗，直至检测合格，方可离开。

#### **$^{32}\text{P}$ 敷贴治疗药物操作工作人员路径：**

药物操作人员通过医护通道进入卫生通过间→分装注射室进行敷贴器的制作（配备手套箱）→在敷贴室给患者进行敷贴器的治疗→工作结束后通过医护通道、污物间、卫生通过间（配置污染检测仪、去污洗消设施），若表面沾污监测不合格，则将被污染的工作服等防护用品脱下放入衣物篮并在淋浴间冲洗，直至检测合格，方可离开。

#### **$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 敷贴器治疗操作工作人员路径：**

药物操作人员通过医护通道进入卫生通过间→储源室取出敷贴器（保险柜储源箱）→在敷贴室给患者进行敷贴器的治疗→工作结束后原路返回。

#### **甲状腺功能测定工作人员路径：**

医护人员进入卫生通过间（配置污染检测仪、去污洗消设施）到达分装注射室取出 $^{131}\text{I}$ 核素，在手套箱分装出微量的放射性药物（约 $10\mu\text{Ci}$ ）放置在铅转运盒中→从分装注射室经污物间进入甲功室→在甲功室内供患者服用→工作结束后原路返回，若表面沾污监测不合格，则将被污染的工作服等防护用品脱下放入衣物篮并在淋浴间冲洗，直至检测合格，方可离开。

#### **$^{131}\text{I}$ 甲亢治疗工作人员路径：**

医护人员进入卫生通过间（配置污染检测仪、去污洗消设施）→到达分装注射室，在手套箱分装出药物，通过电脑叫号，语音系统指导患者服药→工作结束后原路返回，若表面沾污监测不合格，则将被污染的工作服等防护用品脱下放入衣物篮并在淋浴间冲洗，直至检测合格，方可离开。

### **三、核医学科放射性药物路径**

#### **$^{89}\text{Sr}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{131}\text{I}$ 等核素和 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 敷贴器运输路径：**

本项目订购的 $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 药物由供货商每天在核医学科上班之前送至医院→进入患者出口通道经甲功室、污物间、分装注射室将药物送至储源室内。

$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 敷贴器由供货商送至医院核医学科工作人员接收后，核医学科西侧病人出口进入核医学科→经患者通道、敷贴室、污物间、分装注射室将敷贴器送至储源室内。

### **四、核医学科放射性废物路径**

本项目场所各房间产生的放射性固体废物先放在各房间的废物铅桶内→下班后集

中收集，放置在污物间→待放置到清洁解控之后，经检测辐射剂量率处于所处环境本底水平、 $\beta$ 表面沾污小于  $0.8\text{Bq/cm}^2$  后→从患者专用出口运至医院医疗废物，作为医疗废物处理。产生的  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源暂存于储源室，由供源单位回收。

### 9.3 污染源项描述

#### 9.3.1 正常工况下污染源项描述

##### (1) $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线和韧致辐射

本项目核医学科使用  $^{32}\text{P}$  核素用于敷贴治疗；使用  $^{89}\text{Sr}$  核素用于骨癌治疗；使用  $^{131}\text{I}$  核素用于甲亢治疗和甲功能测定；使用  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源用于敷贴治疗。

在甲功能测定和甲亢治疗中， $^{131}\text{I}$ 核素在衰变过程中释放 $\beta$ 射线和 $\gamma$ 射线；在敷贴治疗和骨癌治疗中， $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 和 $^{90}\text{Sr}$ 核素在衰变过程中主要释放 $\beta$ 射线， $\beta$ 射线被阻止会产生韧致辐射。

另外， $\gamma$ 射线穿透能力很强，会对周围环境造成一定的辐射影响， $\beta$ 射线穿透力很弱，在组织内辐射距离很短，不会对环境产生明显影响。

##### (2) $\beta$ 表面污染

工作人员在操作非密封放射性物质时，不可避免地会引起场所的工作台、地面等放射性沾污，造成放射性表面污染，主要为 $\beta$ 放射性表面污染。

##### (3) 放射性废气

根据医院提供的资料，核医学科产生的气态放射性废物经风机引至肿瘤诊疗中心大楼屋顶排放，排放口高于肿瘤诊疗中心大楼屋顶，风机抽吸口配置活性炭过滤装置，活性炭平均每半年更换一次。核医学科各工作场所设有单独的通风系统，监督区均为正压通风，控制区域均为微负压通风，不与其他非辐射工作区域通排风系统交叉，保证监督区的气流由清洁区进入污染控制区，避免控制区的污染空气进入监督区。

针对放射性废气，核医学科设置多套独立的排风系统（附图 9）：

##### 1) 核素治疗场所手套箱、手套箱排风系统

①分装注射室手套箱（用于  $^{131}\text{I}$  分装）设置 1 套独立排风系统，排风量不小于  $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，排放风速不低于  $0.5\text{m/s}$ ，废气通向肿瘤诊疗中心大楼屋顶。

②装注射室手套箱（用于  $^{32}\text{P}$  分装敷贴制备）设置 1 套独立排风系统，排风量不小于  $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，排放风速不低于  $0.5\text{m/s}$ ，废气通向肿瘤诊疗中心大楼屋顶。

③分装注射室手套箱（用于  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  分装 $^{89}\text{Sr}$  针剂保存）设置 1 套独立排风系统，排风量不小于  $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，排放风速不低于  $0.5\text{m/s}$ ，废气通向肿瘤诊疗中心大楼屋顶。

## 2) 核医学科各场所排风系统

①核医学科内部过道、PET/SPECT 留观、PET 候诊室、PET/CT 机房设置 1 套独立排风管道，设计排风量为 1200m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于 0.5m/s。

②甲功室、服碘室、SPECT/CT 留观室（甲亢治疗留观）设置 1 套独立排风管道，设计排风量为 1000m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于 0.5m/s。

③敷贴室、卫生通过间、分装注射室、储源室、SPECT/CT 机房设置 1 套独立排风管道，设计排风量为 1000m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于 0.5m/s。

排风管道采用止回阀设计，防止回风。核医学科工作场所控制区均采用微负压，监督区采用正压通风，以保证监督区的气流由清洁区进入污染控制区，同时保证控制区的气流不进入监督区；排风管道采用每个房间内的排风装置、止回阀以及总排风动力装置设计，防止回风。

射性药物<sup>131</sup>I在分装、活度测量和给药过程中，<sup>131</sup>I药物具有挥发性，会产生少量的放射性废气。

### (4) 放射性废液

本项目核医学科放射性废液主要为核素操作人员淋洗废水、患者候诊或留观期间产生的如厕废水以及工作场所清洗废水。

根据医院提供的资料，本项目使用的放射性核素为<sup>89</sup>Sr、<sup>131</sup>I、<sup>32</sup>P，由于注射<sup>89</sup>Sr患者整个治疗流程较短，注射后不作停留，产生的废水可基本忽略不计。甲测病人单人用量远低于出院要求的400MBq，甲状腺功能检测后不作停留，产生的废水可基本忽略不计。<sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y敷贴器治疗和<sup>32</sup>P敷贴治疗在治疗过程不产生放射性废水。在<sup>32</sup>P敷贴器制备过程日产生不超过0.5L的工艺废水。因此，本项目涉及的放射性废水主要为<sup>32</sup>P敷贴制备产生和<sup>131</sup>I甲亢病人留观产生。

医院核医学科涉及的放射性废水主要如下：

- 1) 现有的SPECT/CT（<sup>99m</sup>Tc）诊断检查产生；
- 2) 本项目计划新增的<sup>32</sup>P敷贴制备产生；
- 3) 本项目计划新增的<sup>131</sup>I甲亢病人留观产生。

本项目将在注射分装室内<sup>32</sup>P敷贴制作台设置两个15L的塑料桶，<sup>32</sup>P敷贴治疗项目产生的少量工艺废水单独收集在塑料桶中，并放置在注射分装室的铅桶内，每个塑料桶可暂存30周（即210天）的废水量，每个塑料桶集满后，标明日期后密封衰变，在桶内自然衰变至少143天后，经检测，满足总α不大于1Bq/L、总β不大于10Bq/L、<sup>32</sup>P的放射性

活度浓度不大于 $1 \times 10^6 \text{Bq/L}$ 的要求，监测结果经审管部门认可后，通过控制区内的卫生间排入衰变池。

根据医院提供的资料得知核医学科显像诊断检查（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）病人，SPECT预计年接待3000人次，本项目 $^{131}\text{I}$ 甲亢治疗病人计划年接待500人次，参考《综合医院建筑设计规范》(GB51039-2014)门诊患者每人每次用水定额取10L，则患者每年产生放射性废水 $35\text{m}^3$ 。工作人员在完成一天的工作后需进行污染检测，并进行去污清洗而产生放射性废水，每天清洗废水产生量约为200L，每年工作250天，则每年产生放射清洗废水约 $50\text{m}^3$ 。事故废水按500L/次，1年2次进行估算；因此，核医学科每年产生放射性废水约 $86\text{m}^3$ ，平均每天产生量约 $0.236\text{m}^3$ （以365天计）；由专用污水管道收集后送至配套的衰变池暂存衰变。

### (5) 放射性固废

放射性固体废物主要为一次性杯子、一次性注射器、针头、手套、药棉、纱布、破损杯皿、擦拭污染地面的物品、废气处理更换的废活性炭、废敷贴器、废放射源等。

$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴源开展敷贴治疗项目将产生废弃  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源，约 5 年产生 1 枚，医院应在购源前应签订废旧放射源返回合同，由供源单位将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。

类比浙江同类型医院核医学科开展情况，患者门诊诊疗过程固体放射性废物产生量约  $0.05\text{kg}/\text{人次}$ ，则本项目核医学一次性杯子、注射器、针头、棉棒、一次性卫生用品、擦拭污染地面的物品的固体放射性废物产生量为  $250\text{kg}/\text{a}$ 。其中 SPECT 显像诊断产生固体放射性废物约为  $150\text{kg}/\text{a}$ ， $^{89}\text{Sr}$  核素用于骨癌治疗产生固体放射性废物约为  $12.5\text{kg}/\text{a}$ ， $^{32}\text{P}$  核素用于敷贴治疗产生固体放射性废物约为  $25\text{kg}/\text{a}$ ， $^{131}\text{I}$  核素用于甲功能测定和甲亢治疗产生固体放射性废物约为  $62.5\text{kg}/\text{a}$ 。

本项目核医学科工作场所共设有6支排风管道，分装注射室内的2个手套箱和1个分装柜的顶壁均安装活性炭过滤装置；其余排风管道的风机抽吸口配置活性炭过滤装置；活性炭总填装量为 $100\text{kg}$ 。根据医院现有核医学科情况，活性炭平均每半年更换一次，故本项目拟定每半年更换一次活性炭，则废气处理更换的废活性炭产生量为 $200\text{kg}$ 。

综上，本项目固体放射性固废合计约为 $450\text{kg}/\text{a}$ 。

因此，本项目核医学科的主要污染因子：贯穿射线（ $\beta$ 、 $\gamma$ 射线）、韧致辐射、放射性废气、放射性废水、放射性固废等。

### 9.3.2 事故工况



(1) 由于工作人员操作不熟练或违反放射操作规程或误操作等其他原因造成的工作是放射性药物撒漏，造成意外照射和辐射污染。

(2) 由于未锁好核医学科进出口的大门或取用药物后未及时锁好防护门或保险柜等药物保管工作不到位致使放射性药剂、放射源丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

(3) 核医学科患者用药后未经允许离开核医学科，尤其是在用药初期离开候诊区，可能对接近患者的人员造成额外的照射剂量。

## 9.4 现有核医学科开展项目工程分析

### 9.4.1 现有核医学科使用非密封放射性物质情况

医院现有核医学科位于肿瘤诊疗中心大楼一层西侧。根据医院辐射安全许可证（：浙环辐证[D2228]），医院登记使用 1 种非密封放射性物质  $^{99m}\text{Tc}$  进行 SPECT/CT 显像检查，为丙级非密封放射性物质工作场所。

医院登记及目前开展的非密封放射性物质情况详见表 1.1-3。

### 9.4.2 现有核医学科人员管理情况及工作班制

现有核医学科共 5 名辐射工作人员，均持有放射防护培训合格证书，持证上岗。每名辐射工作人员均配有个人剂量计，从医院 2022 年度评估报告开展的人员剂量监测结果可以看出：核医学科现有辐射工作人员个人剂量 2022 年度监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值；根据医院提供的职业健康体检报告，核医学科辐射工作人员体检结论均为“可继续从事放射工作”；核医学科现有辐射工作人员已进行放射防护知识培训并考核合格。

现有核医学科年工作 250 天，每天工作 8h。

### 9.4.3 现有核医学科平面布置情况

核医学科内辐射工作场所包括：1 间 PET/CT 机房（预留）、1 间 SPECT/CT 机房、分装注射室、2 间 PET 候诊（预留）、SPECT 留观、PET 留观（预留）、SPECT 注射后候诊室、运动负荷室、储源室、污物间、卫生通过间等；非辐射工作场所包括问诊室、办公室、候诊大厅、控制室等。

现有核医学科病人在接诊后，由候诊大厅患者单向门禁进入核医学科，在分装注射室注射窗注射药物后，然后进入注射后 SPECT 候诊室候诊，根据叫号依次进入 SPECT 机房显像扫描，经留观后从患者出口单向门禁离开核医学科。医护人员由东侧医护通道分别进入控制室和护士站。项目平面布局可以满足医患路径不交叉的要求。

根据现场踏勘，医院现有核医学科注射室已设置储源室和污物间，分装注射室内设有一个通风柜，用于  $^{99m}\text{Tc}$  的临时暂存、测活。

#### 9.4.4 现有核医学科开展项目工艺流程

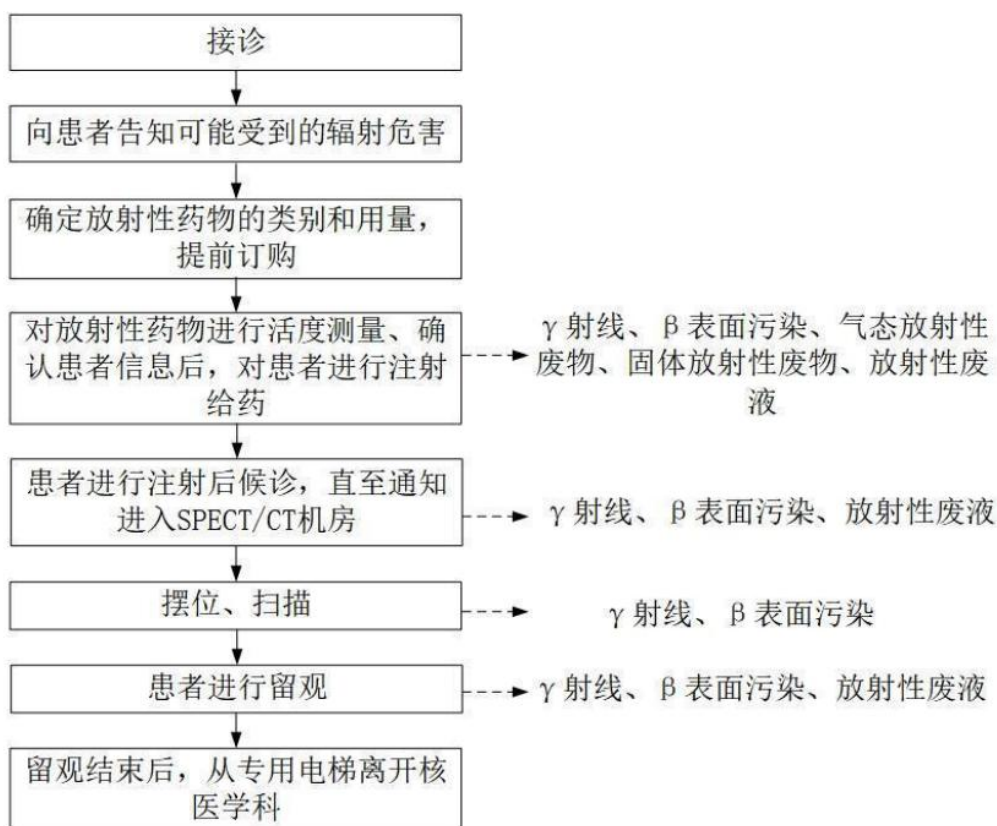


图 9-4 SPECT/CT 诊断工艺流程及产污环节

医院现有核医学科主要开展 SPECT/CT 的显像诊断，使用放射性核素为  $^{99m}\text{Tc}$ ，工艺流程与项目改扩建后一致。

核医学科主要开展 SPECT/CT 的显像诊断流程如下：

- ①接收患者，并告知患者诊断过程存在辐射危害；
- ②医生根据病情确定使用核素的类别和剂量，提前从专业放射性同位素供货商订购放射性药物；

③护士对放射性药物进行活度测量、确认患者信息后，在 SPECT 注射室注射窗口对患者进行注射给药。在该过程，存在  $\gamma$  射线和  $\beta$  表面污染，同时会产生固体放射性废物（注射器、针头、棉棒、一次性卫生用品等）和少量气态放射性废物，也可能产生放射性废液（操作人员的去污清洗废水等）；

④患者进行注射后候诊，候诊时间一般为 30min~60min，直至通知进入 SPECT/CT 机房进行摆位和扫描，在此过程中病人带有  $\gamma$  射线；

⑤检查后进入留观室进行留观，留观时间一般为 10min，无特殊情况发生则从专用电梯离开核医学科。

#### 9.4.5 现有核医学科辐射防护及“三废”治理措施

现有核医学科目前开展项目主要使用  $^{99m}\text{Tc}$  开展 SPECT/CT 的显像诊断。

##### ①辐射工作场所四周屏蔽情况

根据医院提供资料，现有辐射工作场所辐射屏蔽情况见表 1.1-4。

##### ②放射性废水

根据医院提供资料，现有核医学放射性废水主要来源于 SPECT/CT 显像患者候诊期间排泄废水、场所清洁及工作人员去污废水，所含核素为  $^{99m}\text{Tc}$ ，根据医院统计数据，现有核医学科每年废水产生量约  $40\text{m}^3$ 。

现有核医学科的衰变池位于核医学科西北侧过道旁（见附图 10 和附图 11），设有 6 个有效容积均为  $48\text{m}^3$  的串联衰变池，埋地设置。核医学科放射性废液管道均要求抗酸碱、耐腐蚀并有一定防辐射功能。本项目废水管道使用不锈钢管，下水管道均采用  $6\text{mmPb}$  铅皮包裹，且水管道为埋地设计无裸露，埋地深度大于  $50\text{cm}$ 。现有核医学科未对放射性废水排放浓度进行监测，未做放射性废水排放的台账。根据浙国辐（WT）字 2021 第 514 号监测报告数据，绍兴第二医院核医学科 SPECT 工作场所衰变池外排废水中总  $\beta$  放射性活度浓度为  $0.29\text{Bq/L}$ 。监测结果表明，外排废水放射性小于《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466—2005）规定的  $10\text{Bq/L}$  限值标准。

##### ③放射性固废

现有核医学科放射性固废主要包括口罩、手套、药瓶、废活性炭以及擦拭废物等。

现有核医学科设有废物收集铅桶，用于放射性固废的收集，收集的废物统一贮存在污物间内。放射性固废集中放置贮存 30 天后作为普通医疗废物交由有资质单位处置。根据医院提供的资料，现有核医学科每年放射性固废产生量约  $175\text{kg}$ ，并及时更新放射性固废的台账记录。

##### ④放射性废气

现有核医学科  $^{99m}\text{Tc}$  测活操作在专用通风柜中进行，通风柜设置有独立的排风管道，风速不低于  $0.5\text{m/s}$ ，废气经通风管道引至肿瘤诊疗中心楼顶经活性炭吸附处理后进行排放。本项目建成后将采用“以新带老”方式用手套箱替换通风柜，以满足乙级工作场所的要求。

#### 9.4.6 现有核医学科辐射环境现状

为了解医院现有核医学科污染源及场所辐射防护情况，本环评引用浙江亿达检测技术有限公司对医院核医学科工作场所年度监测数据（报告编号：浙亿检（放）字 FH 2022 第 0505 号，监测日期 2022 年 07 月 19 日）。

#### ①X-γ 辐射剂量率

根据浙亿检（放）字 FH 2022 第 0505 号监测报告数据及结论，核医学科控制区内 X-γ 辐射剂量率最大为 1.01μSv/h，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关辐射剂量率限值要求。核医学科控制区外的 X-γ 辐射剂量率最大为 0.18μSv/h，满足《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）的相关辐射剂量率限值要求。

#### ②β 表面污染

根据浙亿检（放）字 FH 2022 第 0505 号监测报告数据及结论，核医学科监督区 β 表面污染测值在为未检出，控制区 β 表面污染测值在未检出~0.47Bq/cm<sup>2</sup> 之间，各监测点的 β 表面污染水平均未超出《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应控制水平（控制区 40Bq/cm<sup>2</sup>、监督区 4Bq/cm<sup>2</sup>）。

### 9.4.7 现有核医学科“以新带老”措施

（1）新购置 1 台手套箱（20mmPb）用于核医学科已批准的 <sup>99m</sup>Tc 核素测活等相关操作，淘汰现有的通风柜。

新购 2 台手套箱，防护当量分别为 40mmPb 和 10mmPb，分别用于 <sup>131</sup>I 和 <sup>32</sup>P 的质控、分装等操作。

本项目核医学工作场所的等级核算结果为“乙级非密封放射性工作场所”，场所内所有放射性药物的操作均在手套箱内进行，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 6.2.2 条款中“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”的规定。

本项目建成前后，医院核医学科非密封放射性物质使用情况及放射性废物变化情况详见表 9.4-1、表 9.4-2 和表 9.4-3。

**表 9.4-1 本项目建成后医院核医学科非密封放射性物质使用情况变化表**

核素	现有项目登记量		本项目建成后	
	日最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	日最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)
<sup>99m</sup> Tc	1.66×10 <sup>7</sup>	6×10 <sup>12</sup>	1.66×10 <sup>7</sup>	6×10 <sup>12</sup>

$^{32}\text{P}$	/	/	$4.44 \times 10^8$	$2.22 \times 10^{10}$
$^{89}\text{Sr}$	/	/	$7.4 \times 10^8$	$3.70 \times 10^{10}$
$^{131}\text{I}$ (甲亢)	/	/	$3.7 \times 10^9$	$1.85 \times 10^{11}$
$^{131}\text{I}$ (甲功)	/	/	$5.55 \times 10^6$	$2.78 \times 10^8$

表 9.4-2 本项目建成后医院核医学科放射源使用情况变化表

核素名称	现有项目登记量		本项目建成后	
	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别
$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	/	/	$2.96 \times 10^9 / 1.48 \times 10^9 \times 2$	V

表 9.4-3 本项目建成后医院放射性废物变化一览表

污染物	现有项目实际排放量	本项目新增排放量	“以新带老” 削减量	全院排放总量
放射性废水	$40\text{m}^3/\text{a}$	$13\text{m}^3/\text{a}$	0	$53\text{m}^3/\text{a}$
放射性固废	$175\text{kg}/\text{a}$	$275\text{kg}/\text{a}$	0	$450\text{kg}/\text{a}$

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 核医学工作场所安全设施

#### 10.1.1 场所选址与平面布局

本项目现有核医学科位于肿瘤诊疗中心大楼一层西侧，为现有核医学科改扩建，改扩建后开展  $^{99m}\text{Tc}$  用于 SPECT/CT 显像、 $^{32}\text{P}$  开展敷贴治疗、 $^{89}\text{Sr}$  开展骨癌治疗、 $^{131}\text{I}$  开展甲亢治疗和甲功能测定、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源开展敷贴治疗，主要功能用房包括：注射前等候区（候诊大厅）、登记台、问诊室、敷贴室、分装注射室、储源室、卫生通过间、污物间、SPECT/CT 候诊室（甲亢患者给药后短暂留观室）、甲功室、SPECT/CT 机房及控制室、PET/CT 机房及控制室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室（甲亢治疗短暂留观），PET 候诊室（2 间）、医生办公室等。

核医学工作场所的六侧相邻环境关系见表 10.1-1。

表 10.1-1 本项目核医学工作场所的六侧相邻环境关系表

场所名称	场所位置	东侧	南侧	西侧	北侧	正上方
核医学科	肿瘤诊疗中心大楼一层西侧	过道	登记台、问诊室、候诊区等区域	医院内部道路	医生办公室	病房

a、核医学科位于肿瘤诊疗中心大楼一层西侧，场址选择已充分考虑周围场所的安全，不毗邻儿科、产科、食堂等部门及人员密集区，与周围非放射性工作场所有明确的分界隔离。核医学科位置相对独立，且区域集中设置。诊疗流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施，有明确的监督区和控制区划分，工作场所设置了相对独立的医护通道、患者通道、药物通道和污物通道。患者通道与医护人员通道分开，患者单向流动，注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，避免了患者之间交叉影响；放射性药物在上班之前送至源库，避免与患者交叉；放射性废物在废物间衰变，待衰变至符合清洁解控水平后，选择下班后时间运出核医学科。

b、核医学科配套设施齐全，能够兼顾医患双方的交流、抢救、诊疗、废物贮存等多重功能。

c、工作场所控制区出入口的防护门均设置有门禁系统，仅允许单向通行，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。储源室、污物间与注射室邻近设置，降低了药物操作和转移过程中可能会出现洒落等情况。注射室的出入口设有卫生通过间，并设置去污及淋浴功能，有效防止医护人员的沾污。核医学科工作场所的注射后候诊室和留观室设有患者专用卫生间，患者产生的放射性废液

均通至衰变池处理。核医学科放射性废液经埋地耐腐蚀和防护屏蔽的管道收集至衰变池内，衰变池组设置在核医学科北侧。储源室、污物间紧邻分装注射室，便于放射性废液、放射性固体废物的短距离收集和贮存衰变，便于放射性药物和放射源的集中存放，减小受污染区域。分装注射室内手套箱设置单独排风管道，风速不低于0.5m/s，手套箱的顶壁安装活性炭过滤装置废气最终排至肿瘤诊疗中心大楼楼顶，排气口高于本建筑物屋顶，且尽可能远离邻近的高层建筑。

d、通过预约时间和叫号注射等管理手段以及医患通道物理隔离等措施，确保进入核医学科内患者完成注射（敷贴）后，方可叫号下一位进入核医学科接受药物注射（敷贴），可实现给药后患者/受检者与给药前患者/受检者不交叉，给药后患者/受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉；放射性药物在上班之前通过患者出口送至储源室，避免与患者交叉。放射性“三废”收集与处理设施均单独设置，不与周围非放射性工作场所共用。

因此，本项目核医学科的选址和布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“选址和布局”要求，设计基本合理，可保证相关工作的正常开展，避免无关人员通过。

### 10.1.2 非密封放射性工作场所分级、分类及分区管理

#### (1) 场所分级

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号）中关于单独的非密封放射性物质工作场所的界定条件，本项目核医学工作场所可作为一个单独的非密封源工作场所分别进行日等效操作量核算。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 中 C2 条款规定，非密封源工作场所放射性核素的日等效操作量计算方法见公式（10.1-1），本项目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 10.1-2 和表 10.1-3。

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性组别修正因子}}{\text{操作方式与放射源状态修正因子}} \dots\dots\dots (10.1-1)$$

**表 10.1-2 本项目各放射性核素毒性组别修正因子判定结果**

核素名称	毒性组别	毒性组别修正因子	判定依据
<sup>99m</sup> Tc	低毒	0.01	GB18871-2002 附录 D
<sup>32</sup> P	中毒	0.1	

<sup>89</sup> Sr	中毒	0.1
<sup>131</sup> I	中毒	0.1

**表 10.1-3 本项目各放射性核素操作方式与放射源状态的修正因子判定结果**

核素名称	操作方式	放射源状态	操作方式与放射源状态修正因子	判定依据
<sup>99m</sup> Tc	很简单操作	液体	10	HJ1188-2021 附录 A 表 A.2
<sup>32</sup> P	简单操作	液体	1	GB18871-2002 附录 C 表 C2
<sup>89</sup> Sr	简单操作	液体	1	GB18871-2002 附录 C 表 C2
<sup>131</sup> I	简单操作	液体	1	HJ1188-2021 附录 A 表 A.2

根据公式（10.1-1），本项目各非密封放射性物质工作场所同时操作所有核素的最不利情况下，日等效最大操作量的计算结果见表 10.1-4。

**表 10.1-4 本项目核医学工作场所分级计算结果**

核素名称	计划日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式与放射源状态修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
<sup>99m</sup> Tc	$1.66 \times 10^{10}$	0.01	10	$1.66 \times 10^7$
<sup>32</sup> P	$8.88 \times 10^7$	0.1	1	$8.88 \times 10^6$
<sup>89</sup> Sr	$7.4 \times 10^8$	0.1	1	$7.4 \times 10^7$
<sup>131</sup> I (甲亢)	$3.7 \times 10^9$	0.1	1	$3.7 \times 10^8$
<sup>131</sup> I (甲功)	$5.55 \times 10^6$	0.1	1	$5.55 \times 10^5$
小计				$4.59 \times 10^8$

因此，本项目核医学工作场所同时操作上述放射性核素时日等效操作量为  $4.59 \times 10^8$  Bq，在  $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$  Bq 范围内，则非密封放射性物质工作场所等级为乙级。

## (2) 场所分类

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 G 中第 G.2 条款，本项目核医学工作场所分类的加权活度计算方法见公式（10.1-2），本项目放射性核素的毒性权重因子见表 10.1-5，不同操作性质的修正因子取值见表 10.1-6。

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}} \dots\dots\dots (10.1-2)$$

**表 10.1-5 本项目各放射性核素的毒性权重因子**

核素名称	核素的毒性权重因子	判定依据
<sup>99m</sup> Tc	1	GBZ120-2020附录G表G.2



$^{32}\text{P}$	100
$^{89}\text{Sr}$	100
$^{131}\text{I}$	100

表 10.1-6 本项目各场所不同操作性质的修正因子

场所名称	操作性质修正因子	判定依据
储源室、敷贴室	100	GBZ120-2020附录 G表G.3
SPECT/CT机房、SPECT候诊室、留观室、污物间、甲功室	10	
注射室、服碘室	1	

根据公式（10.1-2），本项目相关场所加权活度计算结果见表 10.1-7。

表 10.1-7 本项目各场所不同操作性质的修正因子

场所名称	核素名称	毒性权重因子	操作性质修正因子	日操作最大活度 (Bq)	加权活度 (Bq)	场所类别
储源室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	100	$1.66 \times 10^{10}$	$4.59 \times 10^9$	II类
	$^{32}\text{P}$	100	100	$8.88 \times 10^7$		
	$^{89}\text{Sr}$	100	100	$7.4 \times 10^8$		
	$^{131}\text{I}$	100	100	$3.71 \times 10^9$		
SPECT 机房	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	$1.66 \times 10^{10}$	$1.66 \times 10^9$	II类
SPECT 候诊/甲亢短暂留观	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	$1.66 \times 10^{10}$	$3.87 \times 10^{10}$	II类
	$^{131}\text{I}$	100	10	$3.7 \times 10^9$		
SPECT 留观	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	$1.66 \times 10^{10}$	$1.66 \times 10^9$	II类
服碘室	$^{131}\text{I}$	100	1	$3.71 \times 10^9$	$3.71 \times 10^{11}$	I类
甲功室	$^{131}\text{I}$	100	10	$5.55 \times 10^6$	$5.55 \times 10^7$	II类
敷贴室	$^{32}\text{P}$	100	100	$4.44 \times 10^8$	$4.44 \times 10^8$	II类
分装注射室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	1	$1.66 \times 10^{10}$	$5.06 \times 10^{11}$	I类
	$^{32}\text{P}$	100	1	$4.44 \times 10^8$		
	$^{89}\text{Sr}$	100	1	$7.4 \times 10^8$		
	$^{131}\text{I}$	100	1	$3.71 \times 10^9$		
污物间	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	$1.66 \times 10^{10}$	$5.06 \times 10^{10}$	I类
	$^{32}\text{P}$	100	10	$4.44 \times 10^8$		

	<sup>89</sup> Sr	100	10	7.4×10 <sup>8</sup>		
	<sup>131</sup> I	100	10	3.71×10 <sup>9</sup>		

因此，本项目分装注射室、服碘室、污物间应按照I类工作场所进行管理和规划设计；其余场所均应按照II类工作场所进行管理和规划设计。根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）第5.2.2条款规定，本项目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具体见表10.1-8。

**表 10.1-8 本项目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**

结构分类	结构屏蔽	地面	表面	分装柜	通风	管道	盥洗与去污
I类	需要	与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	特殊的强制通风	特殊的管道 <sup>a</sup>	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备
II类	需要	与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	良好的通风	普通管道	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备

<sup>a</sup>下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。<sup>b</sup>洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触接触开关控制。

### （3）分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第6.4条款规定，辐射工作场所可分为控制区、监督区，其划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指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。

根据两区划分原则，结合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）等标准规定，本项目拟将核医学工作场所分为“控制区”和“监督区”，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

**表 10.1-9 本项目核医学工作场所两区划分情况**

场所名称	控制区	监督区	备注
核医学工作场所	分装注射室、储源室、污物间、卫生通过间、敷贴室、SPECT候诊/甲亢短暂留观、服碘室、甲功室、SPECT/CT机房、PET/CT机房、PET候诊室、SPECT留观室、PET留观室、患者廊道、衰变池	SPECT/CT控制室、PET/CT控制室、设备室、注射前候诊区、登记台、问诊室、医生办公室、医护通道等辅助用房及楼上等周围环境需关注的敏感区域。	见附图13

注：基于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第4.3.3条款将卫生通过间划为监督区，《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）第5.1.4条款将卫生通过间划为控制区，本次评价从严处理，保守将卫生通过间划定为控制区。

控制区内防护及管理措施如下：a、在控制区进出口及其他适当位置处设置醒目的、

符合 GB18871-2002 附录 F 规定的警告标志，并应给出相应的辐射水平和污染水平的指示；b、控制区的入口和出口设置门锁权限控制和单向门，非有关职业工作人员严禁入内，不允许有药的患者随便出入，除特别需要外不允许亲友陪护；c、在控制区入口处提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜；d、在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜；f、定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

监督区防护及管理措施如下：a、以黄色警戒线划出监督区的边界；b、在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；c、给药前候诊区与控制区分割处设置铅防护门，并设置门禁系统，将控制区与监督区分开；d、定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

### 10.1.3 核医学工作场所辐射屏蔽防护设计

根据医院提供的资料，本项目核医学工作场所改扩建后的辐射防护屏蔽设计参数表见表 10.1-10。

表 10.1-10 核医学科改扩建前后辐射屏蔽情况

工作场所	屏蔽体	屏蔽防护
分装注射室	四侧墙体	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼
	防护门	内衬 8mm 铅板
	注射室注射窗	20mmPb 一体化注射台
	<sup>32</sup> P 手套箱	六面 10mmPb (内衬 1cm 厚有机玻璃)
	<sup>99m</sup> Tc 手套箱 ( <sup>89</sup> Sr 针剂保存)	六面 20mmPb
污物间	<sup>131</sup> I 手套箱	40mmPb
	西墙、北墙	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	其余墙体	370mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼
储源室	防护门	内衬 5mm 铅板
	南侧墙体	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料

	其余墙体	370mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼
	防护门	内衬 5mm 铅板
卫生通过间（内设缓冲、更衣、淋浴）	四侧墙体	200mm 实心砖墙+3.5mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼
	防护门	内衬 6mm 铅板
	内部通道门	普通门
SPECT/CT 候诊室（甲亢治疗短暂留观）	南墙	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	东墙、西墙、北墙	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼
	防护门	内衬 5mm 铅板
甲功室	四侧墙体	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼
	防护门	内衬 5mm 铅板
敷贴室	南侧墙体	200mm 实心砖墙+3.5mmPb 硫酸钡防护涂料
	其余墙体	200mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 砼
	地坪	120mm 砼
	防护门	内衬 2mm 铅板
服碘室	南侧墙体	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料
	东侧墙体	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	其余墙体	240mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料
	地坪	120mm 砼
	防护门	普通门
患者通道	顶棚	120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料

	地坪	120mm 砼
	防护门	内衬 8mmPb 铅板
注：混凝土密度不小于 2.35g/cm <sup>3</sup> ，硫酸钡防护涂料密度不小于 3.20g/cm <sup>3</sup> ，实心砖密度不小于 1.65g/cm <sup>3</sup> ，铅板密度不小于 11.35g/cm <sup>3</sup> 。		

本项目为现有核医学科改扩建，核医学科辐射工作场所四侧墙体为实心砖墙+硫酸钡防护涂料结构，经辐射影响预测，在上述屏蔽防护措施的基础上，本项目核医学科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均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中工作场所防护水平要求；职业人员和周围公众年有效剂量均满足 GB18871-2002 中剂量限值和本项目年剂量约束值的要求。因此，本项目核医学科屏蔽防护设计方案基本合理可行。

#### 10.1.4核医学科辐射安全和防护及环保相关设施

对照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）等标准要求，本项目核医学科拟采取的辐射安全和防护及环保相关设施如下：

##### 10.1.4.1场所综合管理措施

（1）核医学科控制区的入口处和各功能房间的防护门外均已设置电离辐射警告标志；新增功能房间防护门拟设置电离辐射警告标志。

（2）控制区内各功能房间及患者廊道已设置视频监控系统（见附图12），SPECT/CT 机房已设置视频监控系统，实现场所治安防控“全覆盖、无死角”，便于观察受检者的情况、核医学工作场所进出口情况。SPECT/CT 机房和控制室之间已安装观察窗和对讲装置。

（3）在卫生通过间出入口已设置固定式实时剂量率监测探头，实时监测场所剂量率水平，并设置阈值，场所剂量率水平超出阈值可自动报警。

（4）区域控制区的入口和出口已设置单向门禁系统，并在相应位置设有明确的患者/受检者导向标识或导向提示。实行“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线，加强对控制区内带药患者的管理，并防止无关人员入内。告知检查完成后病人离开路线，防止其对其他公众造成不必要照射。

（5）区域控制区入口处已张贴人流、物流路线图，明确标出医生、患者等路径走向，做好场所分区管理工作。

（6）分装注射室的出口已设置工作人员卫生通过间，内设洗手池、淋浴间等，并

配有表面污染检测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染检测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

(7) 核医学工作场所的上水已配备洗消处理设备（包括洗消毒液），控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等均拟采用全自动感应式水龙头，受检者专用卫生间的便池采用感应式节水座便马桶，以减少场所内的设备放射性污染。

(8) 给药后候诊室和留观室均为多人间，患者与患者之间设置可移动铅屏风，避免患者之间辐射剂量交叉影响。

#### **10.1.4.2放射性药物运输过程中的防护措施**

本项目放射性核素均由有资质的放射性药品运输单位负责运输到医院核医学科内，放射性药品运输应满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求，确保运输安全。

#### **10.1.4.3放射性药物贮存过程中的防护措施**

(1) 本项目核医学科使用的放射性药物与放射源均以符合国家相关标准要求的防护水平的铅罐包装，并暂存于储源室的保险柜内。放射性药物的放置均合理有序、易于存放，每次存取放射性物质只限于需用的部分。

(2) 储源室应做好防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”工作，具体要求包括：a、设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网；b、设置24小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间为30天，并与科室的值班室联网；c、采用防盗门和保险柜；d、保险柜和防护门外均设置电离辐射警告标识，并实行双人双锁制度；e、配备若干干粉灭火器，库内严禁烟火。

(3) 已明确2名以上固定的辐射工作人员进行专人负责储源室内放射性药物的保管工作。

(4) 储源室内严禁贮存易燃、易爆、腐蚀性和其它危险物品。

(5) 储源室已定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。

(6) 储源室已设置机械通风设施，保证库内空气环境质量。

(7) 医院已建立放射性核素的出入库登记制度，贮存、领取、使用和归还放射性药物时，应当及时进行登记、检查，做到账物相符。

#### **10.1.4.5放射性药物转移过程中的防护措施**

(1) 核医学科分装注射室和储源室相邻设置，缩短了放射性药物运输路径。

(2) 核医学科拟配备有足够屏蔽的放射性药物转运容器，容器表面应张贴电离辐

射标志，容器在运送时拟有适当的固定措施，便于放射性药物的运送。

#### **10.1.4.6放射性药物操作过程中的防护措施**

(1) 本项目新增放射性药物除注射给药外，其余涉及放射性药物的所有操作均在手套箱内进行，手套箱操作台面要求平整光滑、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都必须在铺衬有吸水纸的搪瓷盘内进行。手套箱底部拟设有脚踏式铅桶，用于暂时收集放射性废物。

(2) 本项目核医学科核素操作人员进入控制区均穿戴好铅衣等个人防护用品，核素操作时有相应的防护措施。

(3) 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，如工作服、手套与工作鞋表面 $\beta$ 放射性物质大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 或手部、皮肤、内衣与工作袜表面 $\beta$ 放射性物质大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，应采取相应去污措施。

(4) 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝表面 $\beta$ 放射性物质大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的物品被带出控制区。

(5) 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，容器外有电离辐射警示标志，容器在运输时应有适当的固定措施。

(6) 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。

(7) 当发生放射性物质溢出、洒漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，合理选择使用移动铅屏风、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、屏蔽运输容器、放射性废物桶等辅助用品与一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、去污剂、小刷子、一次性毛巾或吸水纸、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带等应急去污用品，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。

#### **10.1.4.7对服药和注射后患者的防护措施**

本项目核医学工作场所患者均不需要住院，给药扫描短暂观察后即可直接出院。实行患者与陪护人员及其他公众的隔离管理，隔离期间禁止患者随意流动，并使用患者专用厕所，在观察结束后按指定线路离开核医学科。

#### **10.1.4.8敷贴治疗的辐射安全措施**

敷贴室设置安全警示标志，室内张贴治疗操作规程及管理制度。敷贴治疗中，辐射工作人员应采取有效的个人防护措施，如戴乳胶手套、有机玻璃眼镜或面罩，尽量使用远距离操作工具。医院应对 $^{32}\text{P}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 敷贴器的数量、活度、使用情况进行登记，用后由医护人员清点回收，每次治疗前，医院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，实施敷贴治疗时不应将敷贴源带出治疗室外。

本项目敷贴患者在敷贴时间禁止患者随意流动，患者如有需求可通过敷贴室内的呼叫系统联系医护人员，医护人员通过监控和语音系统进行交流，敷贴结束后按指定线路离开核医学科。

贮源室设置贮源箱，贮源箱屏蔽结构分为内外两层，内层为10mm有机玻璃，厚度应大于 $\beta$ 射线在材料中的最大射程，外层为2mm铅板，并具有防火防盗功能。

#### **10.1.4.9表面污染控制措施**

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

- （1）放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；
- （2）操作放射性药物时，须在有负压的手套箱内进行，防止放射性物质飞散；
- （3）放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品。

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

#### **10.1.4.10内照射防护措施**

操作非密封放射性药物时，液体洒落、挥发泄漏造成地面、工作台面、操作人员衣服、手套和空气等污染，污染的表面一方面成为外照射的辐射源，一方面通过皮肤渗透、呼吸、进食使放射性物质进入体内形成内照射。为降低内照射对工作场所内辐射工作人员的影响，本次评价要求：

（1）放射性药物暂存、分装、使用均在手套箱中进行，手套箱通风速率不低于0.5m/s。废气末端处理设有二级过滤装置，可以有效降低工作场所空气中的放射性物质浓度。

（2）严格规范辐射工作人员工作和生活习惯，禁止在核医学科场所饮食饮水、化妆等。

（3）辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，尽量避免放射性药物撒漏，并经常用湿法清洁台面、地面及设备表面。

（4）严格遵守个人卫生制度和安全操作规程，穿戴个人防护用品，如工作服、手



套、口罩、帽子、防护眼镜等，防止放射性核素沾染手和体表。

(5) 工作人员在卫生通过间进行必要的表面污染监测和污染洗消后方可离开核医学科。

#### **10.1.4.11 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：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的有害辐射；为核素操作人员配备铅防护手套、铅橡胶围裙等个人防护用品，注射器配备注射防护套。

②时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。

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。

④本项目核医学科所有辐射工作人员均应配备个人剂量计并定期送检，开展职业健康监护并建立个人职业健康监护档案。

##### **(2) 受检者的防护**

为减少受检者的照射剂量，主要采取屏蔽防护、时间防护和距离防护措施。

①屏蔽防护：候诊室设置移动铅屏风，减少患者之间的相互照射。

②时间防护：在满足检查要求的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。核医学科改扩建后，以时间管理的方式错开受检病人，即规定在前一位病人注射后抵达注射后等候室后，后一位病人方可进入控制区域，使前后两名患者不存在路径交叉（主要是患者过道区域）。

③距离防护：尽可能增加受检者与射线源的距离，减少受检者的受照剂量。

##### **(3) 其他人员防护**

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

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。

### 10.1.4.12防护用品和监测仪器配置

本项目核医学工作场所的防护用品和监测仪器配置计划见表10.1-11。

**表10.1-11 本项目核医学科防护用品与监测设备配置计划**

屏蔽设备	设置场所	铅当量厚度	数量/规格		备注
手套箱	分装注射室	<sup>32</sup> P手套箱：六面10mmPb (内衬1cm厚有机玻璃)	1套	新增	<sup>32</sup> P
手套箱*	分装注射室	<sup>131</sup> I手套箱：40mmPb	1套	新增	<sup>131</sup> I
手套箱	分装注射室	<sup>99m</sup> Tc手套箱：20mmPb	1套	新增	<sup>89</sup> Sr
注射化一体窗	分装注射室	20mmPb	1套	已有	<sup>89</sup> Sr
贮源箱	储源室	内层为10mm有机玻璃，外 层为2mm铅板	1个	新增	<sup>90</sup> Sr
手提铅盒	分装注射室	5mmPb	3个	已有	<sup>89</sup> Sr
注射器防护套	分装注射室	6mmPb	6个	已有	<sup>89</sup> Sr
放射性固废收集 桶	分装注射室、敷 贴室等	2mmPb+10mm 有机玻璃	若干	新增	<sup>32</sup> P
	分装注射室、给 药窗口、甲功室 等	20mmPb	12个	已有	<sup>89</sup> Sr、 <sup>131</sup> I
活度计	分装注射室	用于放射性药物活度测定	1个	新增	<sup>131</sup> I、 <sup>32</sup> P
贮源箱	储源室	/	1个	新增	<sup>90</sup> Sr
放射性固废暂存 容器	污物间	20mmPb	1个	已有	<sup>89</sup> Sr
	敷贴室、污物间 等	2mmPb+10mm有机玻璃	2个	新增	<sup>32</sup> P
	污物间	40mmPb	1个	已有	<sup>131</sup> I
铅衣、铅帽、铅 眼镜、铅围脖、 铅围裙、放射性 污染防护服	卫生通过间	0.5mmPb	1套	已有	<sup>89</sup> Sr、 <sup>32</sup> P 等
放射性污染防护 服	卫生通过间	/	1套	已有	<sup>131</sup> I
有机玻璃眼镜或 面罩、长镊子	分装注射室、敷 贴室	/	1套	新增	<sup>32</sup> P
乳胶手套、工作 服、一次性鞋套、 帽子、防护过滤 式口罩、长镊子	卫生通过间	/	按需配 置	已有	/
个人剂量报警仪	/	/	3个	已有	医护人员 携带

便携式X-γ辐射监测仪	核医学科	/	1台	已有	日常辐射剂量检测
α、β表面污染监测仪	核医学科卫生通过间	/	1台	已有	表面污染检测
固定式辐射检测仪	卫生通过间出入口	/	1台	已有	
* <sup>131</sup> I手套箱厚度：根据GBZ120-2020附录I中表I.2得出。					

## 10.2 “三废”的治理

本项目核医学科使用非密封放射性物质过程中会产生放射性废气、放射性废水和放射性固废。医院拟采取以下“三废”治理措施。

### 10.2.1 放射性废气

根据医院提供的资料，核医学科产生的气态放射性废物经风机引至肿瘤诊疗中心大楼屋顶排放，排放口高于肿瘤诊疗中心大楼屋顶，风机抽吸口配置活性炭过滤装置，活性炭每半年更换一次。核医学科各工作场所设有单独的通风系统，监督区均为正压通风，控制区域均为微负压通风，不与其他非辐射工作区域通排风系统交叉，保证监督区的气流由清洁区进入污染控制区，避免控制区的污染空气进入监督区。

针对放射性废气，核医学科设置多套独立的排风系统：

#### 1) 核素治疗场所手套箱、手套箱排风系统

①分装注射室手套箱（用于<sup>131</sup>I分装）设置1套独立排风系统，排风量不小于1000m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于0.5m/s，废气通向肿瘤诊疗中心大楼屋顶。

②装注射室手套箱（用于<sup>32</sup>P分装敷贴制备）设置1套独立排风系统，排风量不小于1000m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于0.5m/s，废气通向肿瘤诊疗中心大楼屋顶。

③分装注射室手套箱（用于<sup>99m</sup>Tc分装<sup>89</sup>Sr针剂保存）设置1套独立排风系统，排风量不小于1000m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于0.5m/s，废气通向肿瘤诊疗中心大楼屋顶。

#### 2) 核医学科各场所排风系统

①核医学科内部过道、PET/SPECT留观、PET候诊室、PET/CT机房设置1套独立排风管道，设计排风量为1000m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于0.5m/s。

②甲功室、服碘室、SPECT/CT留观室（甲亢治疗留观）设置1套独立排风管道，设计排风量为1000m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于0.5m/s。

③敷贴室、卫生通过间、分装注射室、储源室、SPECT/CT机房设置1套独立排风管道，设计排风量为1000m<sup>3</sup>/h，排放风速不低于0.5m/s。

排风管道采用止回阀设计，防止回风。核医学科工作场所控制区均采用微负压，监督区采用正压通风，以保证监督区的气流由清洁区进入污染控制区，同时保证控制区的气流不进入监督区；排风管道采用每个房间内的排风装置、止回阀以及总排风动力装置设计，防止回风。

本项目排风管道在穿墙位置拟采用 6mmPb 铅板包裹，排风管道连接至本房间的屋顶，废气经管道最终排到楼顶，能将核医学科产生放射性废气排到本建筑屋脊上方，远离周边建筑。各手套箱和屋顶排风口处设置过滤器过滤。

本项目核医学科排风平面布局图见附图9。

### 10.2.2 放射性废水

根据医院提供的资料，现有核医学科已有一个衰变池组，位于肿瘤诊疗中心西北侧，地埋式设置。衰变池四周主要为绿化带、医院内部道路，该选址属于人员较少居留位置。因此从辐射防护考虑，选址合理。建议衰变池上方区域可设置物理围栏遮挡并张贴电离辐射警示标志，需检修时方可进入维修，无关人员禁止进入。放射性废水衰变池为一个六级废水池（包括 1 个化粪池和 5 个衰变池），分两排并列分布（见附图 11），自西向东每个废水池的尺寸为 2.55m×2m×1.85m，2.2m×2m×1.85m，1.8m×2m×1.85m，容积依次为 9.4m<sup>3</sup>，8.1m<sup>3</sup>和 6.7m<sup>3</sup>，放射性废水衰变池总容积约为 48m<sup>3</sup>。核医学科所产生的放射性废水拟排入原有衰变池，核医学科设置 1 套独立放射性废水排水管道。

#### （1）放射性废水收集管线和处理方式

废水依次通过分装注射室、注药后候诊的卫生间、留观的卫生间、卫生通过间，然后通过自流排入化粪池，经化粪池沉淀预处理后，流入推流式放射性废水衰变池。本项目废水管道使用不锈钢管，下水管道均采用 6mmPb 铅皮包裹，且水管道为埋地设计无裸露，埋地深度大于 50cm，放射性废水管道走管区域均属人员居留较少区域，布置走向合理。其排水路径示意图见附图 10。

#### （2）衰变池组工作原理

核医学科放射性废水均由专用下水管道接入衰变池进水口，放射性废水自流排入第一级化粪池，经沉淀后，上层的澄清液溢流入第二级，第二级液面抬升至接近池顶时，放射性废水溢流入第三级，以此类推，第五级液面抬升至接近池顶时，放射性废水溢流入第六级。第六级衰变池靠近中部有抽水管，当第六级衰变池的废水超过界限值时，抽水泵自动运转，将经过充分衰变的放射性废水抽入医院污水系统，作为医疗废水处理。

第六级衰变池靠近中部有取水口，可进行放射性废水的辐射水平检测采样。由于本项目推流式衰变池贮存的废水存在半衰期大于 24 小时的核素 ( $^{131}\text{I}$ )， $^{131}\text{I}$  需要暂存超过 180 天。废水每次排放前，监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式方可进行排入医院污水处理站，监测应符合放射性废液总排放口总  $\alpha$  不大于 1Bq/L、总  $\beta$  不大于 10Bq/L、 $^{131}\text{I}$  的放射性活度浓度不大于 10Bq/L 的要求。

本项目化衰变池外围池壁采用 30cm 混凝土浇筑，六级衰变池顶部均留有检修口，检修口使用 30cm 的混凝土盖板覆盖，防止雨水流入，能够保证放射性废水的良好屏蔽。该衰变池结构设计合理，衰变池建造过程中并采取防腐防渗设施。

### (3) 放射性污水池排放废水中核素活度浓度

核医学科所产生的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 等放射性废水拟排入衰变池，每日平均放射性废水排放量为 $0.236\text{m}^3$ ，放射性废水自流排入第一级化粪池，经沉淀后，上层的澄清液溢流入第二级，以此类推，第五级液面抬升至接近池顶时，放射性废水溢流入第六级。放射性废水衰变池总容积约为 $48\text{m}^3$ ，忽略废水在化粪池沉淀的时间，废水在到达第六级排放界限值时在废水池存储时间为： $48\text{m}^3 \div 0.236\text{m}^3 \approx 203.4$ 天，即可存放203天。故满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）标准关于“含碘-131核素的暂存超过180天”的要求。

核医学科所产生的放射性废水拟排入衰变池内，主要是 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 诊断检查及 $^{131}\text{I}$ 核治疗每日平均产生放射性废水总量分别为 $0.107\text{m}^3$ 和 $0.037\text{m}^3$ ，废水进入衰变池后推流向外排出。引用平衡状态下自流串联式 n 级分池的总活度减弱倍数公式（《某医院核医学科放射性废水环境影响评价》，吴运涛，海峡科学，2015 年第 7 期），公式如下：

$$K = \left(1 + \frac{\lambda V}{nV_0}\right)^n \quad (10.2-1)$$

K：总活度衰减倍数；

V：n 级相同分池串联的自流池总体积， $\text{m}^3$ ，本项目为 6 级串联，总体积  $48\text{m}^3$ ；

$V_0$ ：进入衰变池废水的产生速率（ $\text{m}^3/\text{d}$  或  $\text{m}^3/\text{h}$ ），本项目为  $0.107\text{m}^3/\text{d}$ 、 $0.037\text{m}^3/\text{d}$ ；

$\lambda$ ：核素的物理衰变常数，为  $\ln 2/T$ ， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  半衰期为 6.02h，则  $\lambda = 2.76\text{d}^{-1}$ ； $^{131}\text{I}$  半衰期为 8.02d，则  $\lambda = 0.086\text{d}^{-1}$ 。

医院应建立放射性废水的暂存和处理台账，详细记录放射性废水所含的核素名称、体积、废水产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。排放情况详见表 10.2-1。

表10.2-1 核医学工作场所排放废水中核素的ALImin估算一览表

核素名称	一天排入衰变池核素量 (Bq)	一天排水量 (m <sup>3</sup> )	衰变倍数	排出的废水中核素活度 (Bq)		ALImin ② (Bq)	排放浓度 (Bq/L)
				每天	每月		
<sup>99m</sup> Tc	2.22×10 <sup>9</sup> ①	0.107	7.95×10 <sup>13</sup>	2.64×10 <sup>-5</sup>	5.28×10 <sup>-4</sup>	1.72×10 <sup>8</sup>	2.47×10 <sup>-7</sup>
<sup>131</sup> I	7.41×10 <sup>8</sup>	0.037	5.82×10 <sup>7</sup>	13.094	261.87	2.27×10 <sup>5</sup>	0.354
合计							0.354

注：①达到平衡状态下按照一天的核素用量进行计算，根据医院提供的资料，按核素使用量的20%排入衰变池考虑，保守按每月排放20天。

②根据GB18871-2002附录B中B1.3.4和B1.3.5条规定，对于职业照射，在一定的假设下，可将I<sub>j,L</sub>用作ALI。计算公式为：I<sub>ij</sub>=DL/e<sub>j</sub>，其中，DL为相应的有效剂量的年剂量限值，本次评价取5mSv/a，e<sub>j</sub>为GB18871-2002附录表B3中给出的放射性核素j的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值，本次评价取吸入值和食入值中的最大值。

由表10.2-1计算结果得知本项目核医学每天排放的总活度不超过1ALImin，每月排放的总活度不超过10ALImin，<sup>131</sup>I的放射性活度浓度满足GB18871附录A表A1的要求。故本项目衰变池符合《核医学辐射防护与安全要求》对于推流式衰变池贮存含碘-131放射性核素废液的要求。

综上所述，本项目放射性废水衰变系统结构设计合理，满足防腐、防渗、耐酸碱腐蚀的要求。本项目核医学工作产生的放射性废水经专用管道排至相应的放射性废水衰变系统，满足放射性废水处置要求。

### 10.2.3 放射性固废

本项目核医学科放射性固废主要为一次性注射器、针头、手套、药棉、纱布、破损杯皿、擦拭污染地面的物品及废活性炭等。根据医院提供的资料，核医学科产生的固体放射性废物收集在放射性废物收集桶包装袋内，不同类别废物分开存放，在装满后的包装袋上标明废物类型、收贮时间、核素种类及数量等内容，转运暂存至放射性固废暂存容器，放射性固废暂存容器表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息。本项目核医学科产生的放射性固废约250kg/年，废滤料及废活性炭约200kg/a，废物暂存在污物间内，达到解控标准后按普通医疗废物处理，废放射源交由供源单位将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。

放射性固废(<sup>99m</sup>Tc)衰变超过30天，放射性固废(<sup>32</sup>P)衰变超过143天，放射性固废(<sup>89</sup>Sr)衰变超过506天，放射性固废(<sup>131</sup>I)衰变超过180天，经监测辐射剂量率

满足所处环境本底水平， $\alpha$  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，其中废活性炭属于放射性固体废物，暂存时间满足标准中要求，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控作为医疗废物处理。

放射性废物桶和衰变箱应按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关规定：废物桶张贴电离辐射标志，放置专用塑料包装袋，在装满后的包装袋上标明废物类型、收贮时间、核素种类及数量等内容；每袋废物的表面剂量率应不超过  $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，重量不超过  $20\text{kg}$ ；对含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入包装袋内，装满后的专用塑料包装袋应密封、不破漏，及时转运暂存于废物间的衰变箱内，衰变箱表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息。

医院现有核医学科已建立固体放射性废物收集、贮存、排放管理台账，由专人负责详细记录固体放射性废物的核素名称、种类、废物产生起始日期、责任人员、出库时间监测结果等信息。





**表 11 环境影响分析**

### **11.1 施工期环境影响分析**

#### **11.1.1 建设阶段环境影响分析**

本次施工期主要评价内容为：房间防护改扩建装修与设备安装调试的环境影响。

#### **11.1.1 装修施工环境影响分析**

本项目施工期间可能产生的污染物主要为扬尘、废水、噪声、废渣和废气等。

##### **(1) 大气环境影响分析**

本项目施工期产生废气的主要为装修时产生的扬尘及废气等。本项目施工期间产生的扬尘量较小，通过建设施工中采取湿法作业，尽量降低粉尘对周围环境的影响，施工期产生的少量扬尘对项目周围大气环境影响较小。装修过程中产生的废气污染物相对较少，加强通风或室内空气净化措施，严格按《室内空气质量标准》（GB/T 18883-2002）控制室内环境，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

##### **(2) 水环境影响分析**

本项目施工期间产生少量的施工废水，施工人员日常生活会排放一定量的生活污水，施工废水和生活污水可依托医院的污水处理系统收集处理，经处理后污水进入城市污水管网，处置措施可行。

##### **(3) 声环境影响分析**

本项目施工方式主要为人工施工，切割机等设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小，但必须重视对施工期噪声的控制，特别是应减小对其他工作单元的不利影响。

针对本项目而言，施工期噪声污染防治措施具体有：

①合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，22:00~6:00禁止施工作业。

②优先选用低噪声设备，日常应注意对施工机械、设备的维修、保养，使其保持良好的运行状态。

经采取上述有效措施后，可有效降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

##### **(4) 固体废物**

固体废弃物主要是生活垃圾、设备包装废弃物及少量建筑垃圾。

生活垃圾及包装废物由项目设置的垃圾箱集中收集后由环卫部门定期清运。项目产生建筑垃圾主要是建筑废渣和一些包装袋、包装箱、碎木块、废水泥等。首先对其中可回收利用部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，运至政府部门指定的建筑垃圾堆放场。

### 11.1.2 设备安装调试阶段对环境的影响

医院新增手套箱的安装请设备厂家专业人员进行，不涉及放射性同位素的使用。设备安装完成后，医院方应及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

## 11.2 运行阶段对环境的影响

本项目核医学工作场所新增使用的核素共 4 种，分别为  $^{32}\text{P}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 。其中  $^{32}\text{P}$  开展敷贴治疗、 $^{89}\text{Sr}$  开展骨癌治疗、 $^{131}\text{I}$  开展甲亢治疗和甲功能测定、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  开展敷贴治疗。

### 11.2.1 $\beta$ 射线辐射环境影响分析

本项目涉及使用的  $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{90}\text{Sr}$  均为纯  $\beta$  衰变，在衰变过程中仅产生  $\beta$  射线，根据《放射防护实用手册》（主编：赵兰才、张丹枫）， $\beta$  射线在空气中的射程按公式（11-1）计算，计算结果见表 11.2-1。

$$d = \frac{1}{2\rho} \cdot E_{\text{MAX}} \dots\dots \text{（式 11-1）}$$

式中：d： $\beta$  射线在介质中射程，cm；

$\rho$ ：介质的密度， $\text{g/cm}^3$ ；空气密度取  $1.29 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ ，砖的密度取  $1.65 \text{g/cm}^3$ ，混凝土密度取  $2.35 \text{g/cm}^3$ ，铅玻璃密度取  $4.2 \text{g/cm}^3$ ，铅密度取  $11.3 \text{g/cm}^3$ ，硫酸钡砂浆密度取值  $3.2 \text{g/cm}^3$ ，人体密度取  $1 \text{g/cm}^3$ 。

$E_{\text{MAX}}$ ： $\beta$  射线的最大能量，MeV。

表 11.2-1 核素衰变产生的  $\beta$  射线在各介质中的理论最大射程

核素	$^{32}\text{P}$	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$
$\beta$ 射线能量(MeV)	1.71	0.58	0.55
空气中的射程 (cm)	663	227	212
实心砖墙中的射程 (cm)	0.52	0.18	0.17
混凝土中射程 (cm)	0.36	0.12	0.12

铅玻璃中射程 (cm)	0.20	0.07	0.07
铅中射程 (cm)	0.08	0.03	0.02
硫酸钡砂浆中射程 (cm)	0.27	0.09	0.09
人体中射程 (cm)	0.86	0.29	0.27

根据表 11.2-1 可知, 放射性核素  $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{90}\text{Sr}$  产生的  $\beta$  射线在空气中的射程很短, 而本项目核医学科场所设置了足够的空间, 且有墙体和铅门进行屏蔽, 同时  $\beta$  射线在铅中的射程最大为 0.075cm, 医护人员在操作过程中穿戴 0.5mm 铅当量的防护服, 且有铅玻璃进行屏蔽, 故放射性核  $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{90}\text{Sr}$  产生的  $\beta$  射线对周围环境影响很小。

### 11.2.2 $\beta$ 表面污染环境的影响分析

$\beta$  表面污染的影响主要来源于医生操作时, 放射性物质逸出或飞散在操作台、地板、墙壁、个人防护用品等表面, 对职业人员和公众造成辐射影响, 因此, 为了使本项目非密封放射性物质工作场所的  $\beta$  表面污染水平达到 GB18871-2002 规定的要求, 环评要求建设方要做到以下防护措施:

- ①使用、操作放射性同位素的人员应经过培训, 具备相应的技能与防护知识;
- ②开瓶、分装、转移等易产生放射性物质逸出或飞散的操作, 其操作须在手套箱内进行;
- ③操作液体放射性物质应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行, 并铺以吸水性好的材料;
- ④吸取液体的操作必须用合适的器具, 严禁用口吸取;
- ⑤不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作;
- ⑥放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污。工作人员应进行淋浴;
- ⑦放射性药品用后应及时存放在专用柜内, 需防盗、防水、防火、柜外应有电离辐射标志;
- ⑧做好就诊病人的管理, 特别是注射放射性药品的病人管理工作, 严格划定好控制区和监督区, 禁止无关人员随处走动。
- ⑨如  $\beta$  表面污染水平超过 GB18871-2002 规定值, 医院应暂停开展核医学活性区相关业务, 去污染经监测符合标准后方可重新开展业务, 同时辐射工作人员出现手、皮肤、内衣、工作袜等出现污染情况 (超过  $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ) 需及时进行去污操作并暂停放射性物

质操作评估其受照射剂量,并根据评估结果采取下一步措施(调整工作或接受治疗等)。

### 11.2.3 韧致辐射环境影响分析

对于  $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{90}\text{Sr}$  均为纯  $\beta$  衰变,屏蔽强  $\beta$  粒子的高原子序数材料会产生韧致辐射,根据《辐射防护导论》(主编:方杰)中相关公式,剂量率估算采用式 11-2 计算,计算结果见表 11.2-2。

$$H_r = 4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z_e \times \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \times (\mu_{em} / \rho) \times q \times \eta \dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中:

$H_r$ : 距离韧致辐射源 r 米处的空气比释动能率, Gy/h;

A: 放射源活度, Bq;

$Z_e$ : 电子屏蔽材料的有效原子序数,本项目取有机玻璃的有效原子序数 5.85;

$E_b$ : 韧致辐射的平均能量  $E_b$  是入射  $\beta$  粒子的最大能量的 1/3,即  $E_b = E_{\max}/3$ , MeV;  $^{32}\text{P}$  取 0.57MeV、 $^{89}\text{Sr}$  取 0.195MeV 和  $^{90}\text{Sr}$  取 0.182MeV。

$\mu_{em} / \rho$ : 平均能量为  $E_b$  的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数,  $\text{m}^2/\text{kg}$ , 由《辐射防护导论》附表 1 查得,本项目空气质量能量吸收系数分别为:  $^{32}\text{P}$  取  $2.953 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{kg}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{90}\text{Sr}$  取  $2.672 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{kg}$ 。

q: 关注点所在区域相应的居留因子,本项目取 1;

$\eta$ : 透射比,本项目取 1。

表 11.2-2 韧致辐射在不同距离处的辐射剂量率

位置	源活度 A (Bq)	屏蔽物质原子序数 $Z_e$	$E_b$ (MeV)	距离 r (m)	$\mu_{em} / \rho$ ( $\text{m}^2/\text{kg}$ )	q	$\eta$	剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
SPECT 手套箱	$^{89}\text{Sr}$ $7.4 \times 10^8$	5.85	0.195	0.5	$2.672 \times 10^{-3}$	1	1	$8.06 \times 10^{-2}$
SPECT 注射工作台	$^{89}\text{Sr}$ $1.48 \times 10^8$	5.85	0.195	0.5	$2.672 \times 10^{-3}$	1	1	$1.61 \times 10^{-2}$
手套箱外表面	$^{32}\text{P}$ $8.88 \times 10^7$	5.85	0.57	0.5	$2.953 \times 10^{-3}$	1	1	$9.12 \times 10^{-2}$
敷贴医生位	$^{32}\text{P}$ $4.44 \times 10^7$	5.85	0.57	0.5	$2.953 \times 10^{-3}$	1	1	$4.57 \times 10^{-2}$
贮源箱外表面	$^{90}\text{Sr}$ $2.96 \times 10^9$	5.85	0.182	0.5	$2.672 \times 10^{-3}$	1	1	$2.81 \times 10^{-1}$
敷贴医生位	$^{90}\text{Sr}$ $1.48 \times 10^9$	5.85	0.182	0.5	$2.672 \times 10^{-3}$	1	1	$1.40 \times 10^{-1}$

根据上表,放射性核素产生的韧致辐射在核医学科场所各控制区内房间和墙壁外表

面 30cm 处的周围剂量当量率均小于 2.5 $\mu$ Sv/h，因此， $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{90}\text{Sr}$  核素放出的  $\beta$  粒子所致韧致辐射对周围环境影响很小。

#### 11.2.4 $\gamma$ 射线环境影响分析

##### (1) 诊疗人数及使用量

甲亢治疗： $^{131}\text{I}$  甲亢治疗每天最多 10 人，500 人次/年，单人最大用药量为  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$  (10mCi)，日最大操作量为  $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

甲亢测定： $^{131}\text{I}$  甲状腺功能测定治疗每天 15 人，750 人次/年，单人最大用药量为  $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$  (0.01mCi)，日最大操作量为  $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ 。

##### (2) 工作场所屏蔽体外剂量率计算公式

辐射工作人员进行相关放射性药物的分装和给病人注射放射性核素，这个过程主要是放射性核素产生的  $\gamma$  射线引起的辐射照射。当病人注射了放射性药物之后，病人又成为一个活动的辐射体，其所在的工作场所则要考虑来自病人身体的射线辐射。

核素操作场所屏蔽计算公式参考《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)，辐射剂量率估算公式

$$H=10^{-X/\text{TVL}} A \Gamma/R^2 \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

$H$ ：屏蔽体外关注点剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ；

$X$ ：屏蔽厚度，单位为 mm；

$A$ ：单个患者或受检者所用放射源的最大活度，单位为 MBq；

$\Gamma$ ：距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h MBq})$ ；

$R$ ：参考点与放射源间的距离，m。

由公式 11-3 知，在相同的辐射屏蔽设施中，关注点的  $\gamma$  辐射剂量率与放射性药物的活度  $A$ 、周围剂量当量率常数  $\Gamma$  和什值层 TVL 有关。本项目  $\gamma$  射线评价对象为  $^{131}\text{I}$ 。放射性核素或患者视为“点状辐射源”，根据核素使用量进行关注点剂量率预测。核素的相关参数见表 11.2-3。

表 11.2-3 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素	周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot(\text{h}\cdot\text{MBq})^{-1}$	患者体外 1m 处的当量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot(\text{h}\cdot\text{MBq})^{-1}$	TVL (mm)		
			铅 (11.3g/cm <sup>3</sup> )	混凝土 (2.35g/cm <sup>3</sup> )	实心砖 (1.65g/cm <sup>3</sup> )
$^{131}\text{I}$	0.0595	0.0583	16.6	176	263

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 选取，具体数值见表 11.2-4。

表 11.2-4 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/8	1/8-1/40	1/8: 各治疗室房门、污物间、储源室 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

### (3) 工作场所辐射水平分析及预测

#### 1) 储源室、污物间

本项目使用的核素为  $^{131}\text{I}$ ，医院根据与患者预约情况从专业放射性同位素供货商购买，按照每日用量提前订购，当日运输到医院后在储源室暂存，不贮存。储源室南侧墙体为 370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料；其余墙体为 370mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料，顶棚为 120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料，防护门内衬 5mm 铅板，放射性药物在储源室暂存期间对周围辐射环境影响很小。

核素应用过程中产生的固废表面核素活度按不超过使用量的 1% 计，固体放射性废物暂存于污物间的衰变箱内。污物间西墙和北墙为 370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料；其余墙体为 370mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料；顶棚为 120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料，防护门内衬 5mm 铅板，放射性固废暂存于污物间 40mmPb 铅废物箱中，在污物间衰变期间对周围辐射环境影响很小。

#### 2) 分装注射室、服碘室

核素  $^{131}\text{I}$  给药前，护士将放射性药物  $^{131}\text{I}$  从储源室连同铅罐拿到分装注射室，放置于手套箱（40mmPb）内，给药前的相关操作均在手套箱内进行。 $^{131}\text{I}$  根据病人的需要在手套箱内进行分装； $^{131}\text{I}$  分装后患者在服碘窗口可直接拿取盛有分装好的药液的一次性杯子，全过程医护人员进行严格监控，指导患者服药。

#### 3) 甲功室、甲亢留观室

甲功能测定  $^{131}\text{I}$  用量较小，单个病人最大用量仅为  $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ （10 $\mu\text{Ci}$ ），低于  $^{131}\text{I}$

的豁免活度  $1 \times 10^6 \text{Bq}$ ，对环境影响较小。因此，对于  $^{131}\text{I}$  的辐射影响分析，只考虑甲亢治疗，不考虑甲功能测定。服碘窗口每次控制 1 个病人服碘，则服碘窗口源强活度为： $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi）。

甲亢留观室设置 2 张病椅，病椅均匀分布，病椅之间设置移动式铅屏风（10mmPb）。甲亢病人在服碘窗口服药后进入甲亢留观室进行留观， $^{131}\text{I}$  的药物活度已经小于  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi），偏保守的角度仍按单个患者  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi）的点源计算，保守按 2 个甲亢患者同时留观进行计算，则甲亢留观室源强总活度为： $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

根据公式 11-3 知，核医学科关注点辐射剂量率计算结果见表 11.2-5。

表 11.2-5 核医学科关注点辐射剂量率核算表

位置	点位	预测活度 (MBq)	屏蔽材料及厚度	1m处的周围剂量当量率常数 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ )	距离辐射源最近距离 (m)	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	控制剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
分装注射室	手套箱人员操作位表面 30cm	$^{131}\text{I}$ : 3700	六面 40mmPb+50mmPb 铅罐	0.0595	0.6	2.16E-03	2.5
	手套箱非正对人员操作位表面 5cm		六面 40mmPb+50mmPb 铅罐	0.0595	0.35	6.81E-03	25
SPECT/CT 留观室 (甲亢治疗留观)	南墙表面 30cm	$^{131}\text{I}$ : 740	370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料	0.0583	2.1	0.13	2.5
	西墙表面 30cm		240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料	0.0583	1.5	1.55	2.5
	东墙表面 30cm			0.0583	1.6	1.36	2.5
	北墙表面 30cm			0.0583	2.6	0.55	2.5
	楼上地面 30cm			120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	0.0583	3.1	0.23
	防护门表面 30cm		5mmPb 防护门	0.0583	2.1	1.65	2.5
甲亢室	南墙表面 30cm	$^{131}\text{I}$ : 0.37	240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料	0.0583	1.9	4.82E-04	2.5
	西墙表面 30cm			0.0583	1.3	1.03E-03	2.5
	东墙表面 30cm			0.0583	1.3	1.03E-03	2.5
	北墙表面 30cm			0.0583	1.9	4.82E-04	2.5
	楼上地面 30cm		120mm 砼+8mmPb 钡板+2mmPb 硫酸钡防护涂料	0.0583	3.1	1.17E-04	2.5

	西侧防护门表面 30cm		5mmPb 防护 门	0.0583	1.5	4.79E-03	2.5
	东侧防护门表面 30cm		5mmPb 防护 门	0.0583	1.5	4.79E-03	2.5
服碘室	南墙表面 30cm (分装注射室)	<sup>131</sup> I: 370	370mm 实心 砖墙+8mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.0595	0.7	0.58	2.5
	西墙表面 30cm		240mm 实心 砖墙	0.0595	1.4	1.37	2.5
	东墙表面 30cm (SPECT 候诊/ 甲亢短暂留观)		240mm 实心 砖墙+3mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.0595	1.4	0.91	2.5
	北墙表面 30cm		240mm 实心 砖墙	0.0595	1.5	1.2	2.5
	楼上地面 30cm		120mm 砼 +8mmPb 钡板 +2mmPb 硫酸 钡防护涂料	0.0595	3.1	0.12	2.5
储源室	南墙表面 30cm	<sup>131</sup> I: 3706	370mm 实心 砖墙+8mmPb 硫酸钡防护 涂料 +50mmPb 铅 罐	0.0595	1.6	1.08E-03	2.5
	西墙表面 30cm		370mm 实心 砖墙+3mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.0595	1.1	4.58E-03	2.5
	东墙表面 30cm		+50mmPb 铅 罐	0.0595	1.1	4.58E-03	2.5
	北墙表面 30cm		+50mmPb 铅 罐	0.0595	1.6	2.17E-03	2.5
	楼上地面 30cm		120mm 砼 +8mmPb 钡板 +2mmPb 硫酸 钡防护涂料 +50mmPb 铅 罐	0.0595	3.1	1.16E-03	2.5
	防护门表面 30cm		5mmPb 防护 门+50mmPb 铅罐	0.0595	1.3	6.34E-02	2.5
污物间	南墙表面 30cm	<sup>131</sup> I: 37.06	370mm 实心 砖墙+3mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.0595	1.3	3.37E-02	2.5
	西墙表面 30cm		370mm 实心 砖墙+8mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.0595	1.2	1.98E-02	2.5
	东墙表面 30cm		370mm 实心 砖墙+3mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.0595	1.2	3.96E-02	2.5
	北墙表面 30cm		370mm 实心 砖墙+8mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.0595	2.1	6.46E-03	2.5



	楼上地面 30cm		120mm 砼 +8mmPb 钨板 +2mmPb 硫酸 钡防护涂料	0.0595	3.1	1.19E-02	2.5
	西防护门表面 30cm		5mmPb 防护 门	0.0595	1.6	0.43	2.5
	东防护门表面 30cm		5mmPb 防护 门	0.0595	1.6	0.43	2.5

由上表估算结果可知，核医学科控制区外距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大为 1.36 $\mu$ Sv/h，满足 2.5 $\mu$ Sv/h 控制剂量率要求；手套箱外表面 5cm 处的周围剂量当量率最大为 6.81E-03 $\mu$ Sv/h，满足 25 $\mu$ Sv/h 控制剂量率要求。因此本项目核医学科辐射防护屏蔽设计是合理的。

实际上，患者在注射或服用药物后的等待过程中，由于衰变作用导致患者体内核素的活度不断减少，因而对关注点处的辐射影响也不断降低。

#### 11.2.4 工作人员受照剂量估算

根据医院医学科管理规定，所有患者均采用集中预约制，各种核素诊疗时间交错进行，互不交叉。核医学科工作场所拟新增利用  $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ （敷贴器）放射性核素开展诊疗工作。不同核素在每周的下午集中开展，不在同一天开展。患者就诊采用集中预约制。核医学科每年工作 50 周，每周工作 5 天，每天 8 小时，具体安排如下：

(1) 核医学科每周一到周五的上午使用放射性核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，日最大门诊量为 15 人，年最大为 3000 人；涉及  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  相关的辐射工作人员受照剂量采用 2022 年度评估报告内的个人剂量监测结果；

(2) 每天最多 5 人开展  $^{89}\text{Sr}$  骨转移癌，年门最大为 250 人；

(3) 每天最多 2 人开展  $^{32}\text{P}$  敷贴治疗，年最大为 500 人；

(4)  $^{131}\text{I}$  甲亢治疗每天最多 10 人，年最大为 500 人； $^{131}\text{I}$  甲状腺功能测定治疗每天 15 人，年最大为 750 人；

(5) 每天最多 2 人开展  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ （敷贴器）敷贴治疗，年最大为 300 人。

表 11.2-6 辐射工作人员情况以及工作负荷一览表

核素	操作内容	操作时间	岗位人数
$^{131}\text{I}$	转运、分装、给药	转运每次2min，年1.66h； 分装平均约30s/人次，年10.42h； 给药平均约1min/人次，年20.83h	护士2人轮岗
$^{32}\text{P}$	敷贴器制作、转移、 给药	敷贴器制作2min/人次，年16.68h； 敷贴器转移1min/人次，年8.34h； 给药30s/人次，年4.17h	

<sup>89</sup> Sr	注射	<sup>89</sup> Sr 核素订购单支成品药物，不开展分装，每年注射 250 次，注射每次 30s，年 2.08h
<sup>90</sup> Sr- <sup>90</sup> Y	给药（敷贴）	<sup>90</sup> Sr 每次 1min，每年治疗 300 人次，年 5h

由公式 11-3 和表 11.2-3 可知，<sup>131</sup>I 治疗每人每次均给药最大药量 370MBq，则距放射性药物 1m 处无屏蔽状态下的辐射剂量率约为 22.02μSv/h。

治疗用 <sup>131</sup>I 药物在分装之前存放在铅罐中，配置的铅罐厚度约为 50mm，转移和打开铅罐过程中职业人员穿戴 0.5mm 铅当量铅衣，转移铅罐过程距护士离身体约 5cm，转移铅罐过程中职业人员受照剂量率 80μSv/h。

分装时工作人员在 40mmPb 的手套箱后进行，经屏蔽后的附加剂量率约为 2.38μSv/h（距离取 0.6m）。

<sup>32</sup>P 核素主要利用其产生的 β 射线，在未屏蔽情况下对周围环境影响较大，因此敷贴器的制备在分装注射室的手套箱内进行，手套箱壁约为 10mmPb，内部一周拟衬 1cm 厚有机玻璃，均能够将 β 射线完全屏蔽，不会对外部产生辐射影响。制备或实施治疗时工作人员均身着铅服（0.5mmPb）等个人防护用品，项目运行对工作人员的外照射辐射影响轻微。

<sup>89</sup>Sr 核素主要利用其产生的 β 射线，由于使用核素 <sup>89</sup>Sr 的患者很少，且患者在工作区停留时间非常短暂，严格执行放射性药物操作使用规程和管理制度，项目运行对工作人员的外照射辐射影响轻微。

<sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y 敷贴治疗时，为避免受到不必要的照射，防护材料将病灶周围正常皮肤覆盖，然后在敷贴器下放一层玻璃纸，用胶布或绷带将敷贴器固定于病变处，再将敷贴器上面放置大于敷贴器面积的防护材料并固定。实施治疗时工作人员均身着铅服（0.5mmPb）等个人防护用品，故对工作人员影响很小。

本项目废水管道使用不锈钢管，下水管道均采用 6mmPb 铅皮包裹，且水管道为埋地设计无裸露，埋地深度大于 50cm，同时核医学科放射性废水中核素含量较少，管道外表面 30cm 处的剂量率可忽略，因此对公众人员的年附加有效剂量也可忽略。

关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff} = D_r \times t \times T \times U \quad (\text{式11-4})$$

式中：

$D_{Eff}$ : 辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

$Dr$ : 辐射剂量率, Sv/h;

$t$ : 年工作时间, h;

$T$ : 居留因子; 居留因子根据本项目的居留因子参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007)选取, 具体数值见表11.2-7。

$U$ : 使用因子, 放射性核素以点源考虑,  $U$ 取1。

核医学科共配置 5 名辐射工作人员, 其中注射室共配置 2 名护士 (2 人轮岗), SPECT/CT 机房配置 1 名技师, 2 名医生负责诊治方案、抢救等工作。根据各关注点处辐射剂量率估算值, 并结合各关注点处人员停留时间, 根据公式 (11-4) 即可得到各关注点处工作人员及公众的年受照剂量。计算结果见表 11.2-7。

表 11.2-7 本项目核医学科工作人员及周围公众年有效剂量估算

关注对象或操作环节	参考点及辐射剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	受照时间 (h)	居留因子	人员年有效剂量 (mSv/a)	
核医学科辐射工作人员	$^{131}\text{I}$ 转运	80	1.66	1	1.33E-01
	$^{131}\text{I}$ 分装	2.38	10.42	1	2.48E-02
	$^{131}\text{I}$ 给药	22.02	20.83	1	4.59E-01
	$^{32}\text{P}$ 敷贴器制作	$4.57 \times 10^{-1}$	16.68	1	7.62E-03
	$^{32}\text{P}$ 转移	$4.57 \times 10^{-1}$	8.34	1	3.81E-03
	$^{32}\text{P}$ 敷贴	$4.57 \times 10^{-2}$	4.17	1	1.91E-04
	$^{89}\text{Sr}$ 注射	$1.61 \times 10^{-2}$	2.08	1	3.35E-05
	$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	$1.40 \times 10^{-1}$	5	1	7.00E-04
	叠加污物间影响	0.43	2000 <sup>1)</sup>	1/8	1.07E-01
	叠加储源室影响	$6.34 \times 10^{-2}$	2000	1/8	1.58E-02
核医学科周边公众	核医学科东侧过道	SPECT/CT 留观室(甲亢治疗留观)东墙表面 30cm: 1.36	200 <sup>2)</sup>	1/16	0.02
	核医学科楼上	SPECT/CT 留观室(甲亢治疗留观)楼上: 0.23	200	1/4	0.01
	衰变池周围	0.09	3000 <sup>3)</sup>	1/16	1.69E-02

注: 1) 核医学科污物间对辐射工作人员影响时间按照每天 8 小时, 每年 250 天计算;  
 2) 核医学科对周边公众的影响时间按照  $^{131}\text{I}$  病人诊疗时间每周 4 小时, 每年 50 周计算;  
 3) 由于核医学科放射性废水中核素含量较少, 因此采用衰变池周围辐射剂量率采用表 8.3-4 中数据, 时间按照每天 12 小时, 每年 250 天计算。

根据表 11.2-7 的估算结果可知, 叠加 2022 年度核医学科辐射工作人员因操作  $^{99\text{m}}\text{Tc}$

产生的最大受照剂量（朱华英）0.61mSv/a（见附件10年度评估报告），因此本项目开展后核医学科所致辐射工作人员受照年有效剂量最大为 $0.61+0.38=0.99\text{mSv}$ ，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 $5\text{mSv/a}$ 的要求；本项目核医学科所致公众人员受照年有效剂量最大为 $0.02\text{mSv/a}$ ，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 $0.1\text{mSv/a}$ 的要求。

核医学科周围的商业区、小学和小区等与核医学科的距离均超过 $10\text{m}$ ，且有围墙隔离，核医学科周围各监测点位 $\gamma$ 辐射剂量率处于绍兴市天然辐射本底水平； $\beta$ 表面污染监测值均处于正常水平，未见明显异常。因此，核医学科的开展所致周围商业区、小学和小区的公众受照年有效剂量可以忽略不计。

### 11.3 核医学科“三废”影响分析

#### 11.3.1 放射性废气影响分析

本项目核医学科北侧有1个放射性废气专用排风井。废气管道风量、走向及排放口、废气排放浓度达标性分析详见表10中“10.2.1 放射性废气”处理措施。核医学科产生的气态放射性废物经风机引至肿瘤诊疗中心大楼楼顶排放，排放口高于肿瘤诊疗中心大楼，风机抽吸口配置活性炭过滤装置，活性炭每半年更换一次。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。本项目使用的放射性核素均为非挥发性核素，本项目不进行定量分析，含微量核素的放射性废气经手套箱顶壁与排风口的废气处理设施处理后，其对周围环境影响较小。

#### 11.3.2 放射性废水影响分析

核医学科产生的放射性废液通过专门的管道进行统一收集，并经管道统一排入衰变池间的衰变池组进行衰变处置，经衰变处理达标后排入医院污水处理系统。

本项目放射性废水主要为含放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 的患者排泄物、工作人员清洗废水和工作场所清洁废水等，核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 半衰期 $6.02\text{h}$ 、 $^{131}\text{I}$ 的半衰期 $8.02\text{d}$ 。放射性废水每年产生量约 $86\text{m}^3$ ，每天最大量约 $0.236\text{m}^3$ 。核医学科北侧设置衰变池组，由6个有效容积为 $48\text{m}^3$ 的衰变池组成。

由于本项目推流式衰变池贮存的废水存在半衰期大于24小时的核素（ $^{131}\text{I}$ ）， $^{131}\text{I}$ 需要暂存超过180天。废水每次排放前，监测结果经审管部门认可后，按照GB18871中8.6.2规定方式方可进行排入医院污水处理站，监测应符合放射性废液总排放口总 $\alpha$ 不大于 $1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta$ 不大于 $10\text{Bq/L}$ 、 $^{131}\text{I}$ 的放射性活度浓度不大于 $10\text{Bq/L}$ 的要求。

由表10中“10.2.2 放射性废水”分析可知，本项目的放射性废液可以在衰变池内暂存203天，放射性废液经衰变池衰变后，排入医院污水处理站，污水处理站废水量远

大于放射性废液的 10 倍以上，放射性废液中各放射性核素一次排放量均小于相应核素的 1ALlmin，总  $\beta$  和  $^{131}\text{I}$  的放射性活度不大于 10Bq/L，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中放射性废液排放的相关要求。

### 11.3.3 放射性固废影响分析

本项目核医学科产生的放射性固废约 250kg/年，每年产生废活性炭约 200kg。固废暂存在污物间内，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，放射性固废（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）衰变超过 30 天，放射性固废（ $^{32}\text{P}$ ）衰变超过 143 天，放射性固废（ $^{89}\text{Sr}$ ）衰变超过 506 天，放射性固废（ $^{131}\text{I}$ ）衰变超过 180 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于 0.08Bq/cm<sup>2</sup>、 $\beta$  表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，其中废活性炭属于放射性固体废物，暂存时间满足标准中要求，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控作为医疗废物处理。废放射源交由供源单位将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。

综上所述，本项目核医学科的放射性“三废”处理措施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求。

## 11.4 事故影响分析

### 11.4.1 事故风险因素

本项目核医学科为非密封放射性物质工作场所，事故分析因素主要有：

（1）由于工作人员操作不熟练或违反放射操作规程或误操作等其他原因造成的工作是放射性药物撒漏，造成意外照射和辐射污染。

（2）由于未锁好核医学科进出口的大门或取用药物后未及时锁好防护门或保险柜等药物保管工作不到位致使放射性药剂丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

（3）核医学科患者用药后未经允许离开核医学科，尤其是在用药初期离开候诊区，可能对接近患者的人员造成额外的照射剂量。

（4）若发生放射性药物和V类放射源丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有

人员事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

#### 11.4.2 辐射事故防范措施

(1) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物撒漏事故的发生。若少量放射性物质洒漏，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。若大量放射性物质洒漏，医院应立即封锁相关场所，并向上级有关部门报告，等待专业人员前来处理。事故处理结束后，使用表面污染检测仪对洒漏放射性液态的区域进行表面污染监测，符合国家相关标准后，结束应急状态。事后及时总结经验，形成纸质报告并存档；

(2) 制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。储源室设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。当发生放射性药物和 V 类放射源丢失事故时，事故发现者应立即报告医院辐射事故应急指挥领导小组，保护现场。领导小组立即启动本单位辐射事故应急预案，疏散现场无关人员，设置警戒区及警示标志；向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告单》；协助公安、生态环境和卫生主管部门对丢失放射性药物（或放射源）进行侦查和追缴，力争在最短时间内将放射性物品找回；

(3) 加强对有药患者的管理，在不影响诊断和治疗的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对出院的有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面的指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公众场所活动，并避免与家人近距离密切接触；

(4) 放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒；

(5) 核医学科个人防护用品主要包括工作服、工作鞋、帽子等基本防护用品，以及铅防护衣、防护镜等附加防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴放射防护用品，个人剂量计佩戴于铅衣内部左胸前。在进行分装及注射放射性药物时穿铅衣、戴口罩、手套，必要时戴防护眼镜。尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放射性药物的距离。为病人注射放射性药物时，工作人员手部有一定受照量，操作者应使用注射器屏蔽装置。科主任负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。

## 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

#### 12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用放射性同位素和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，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。

医院已成立放射诊疗质量与防护管理委员会，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作（见附件5）。该文件中明确了管理小组成员组成及相关职责，故医院原有辐射安全与环境保护管理机构能够满足本项目辐射安全管理工作的需求，在核技术利用项目运行过程中，建设单位应根据人事变动情况及时调整机构组成。

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

##### （1）职业健康检查

医院现有辐射工作人员建有职业健康档案，辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过2年。根据医院提供的职业健康体检报告，在岗辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。

对于新增辐射工作人员，医院应按要求每两年进行在岗期间职业健康体检，并建立职业健康档案。

##### （2）辐射工作人员培训

核医学科的5名辐射工作人员，均已取得绍兴市放射工作人员放射防护培训合格证（见附件6）。

##### （3）个人剂量检测

医院辐射工作人员全部配备了个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据2022年度评估报告（4个检测周期）的个人剂量检测统计结果，全院辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年照射剂量约束值5mSv。

### 12.2 辐射安全规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关规定，使用放射性同位素和射线装置的单位要建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备

检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划。

### 12.2.1 现有制度执行情况

医院现有辐射安全规章制度制定情况见前文表1中1.5.2章节，内容健全完善且规范，基本满足现有核技术利用项目的管理需要。

### 12.2.2 本项目制度要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用放射性同位素、放射源的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素（放射源）使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，完善的辐射应急措施，还应制定质量保证大纲”。

本项目使用 $^{131}\text{I}$ 核素用于甲功能测定和甲亢治疗，使用 $^{89}\text{Sr}$ 核素用于骨癌治疗，使用 $^{32}\text{P}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 敷贴源用于敷贴治疗，核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所，医院应完善和补充以下制度：

医院应做好以下工作：

（1）操作规程：对于新增的 $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ （敷贴器）等内容，医院应制定相应的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及操作程序等，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

（2）岗位职责：针对新增的治疗核素和放射源，医院应明确辐射管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

（3）辐射防护和安全保卫制度：针对新增的治疗核素和放射源，特别是储存非密封放射性物质的地方，制定针对性的辐射防护和安全保卫制度，规定专人负责辐射防护与安全保卫工作，定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器进行检查。

（4）设备维修制度：补充完善监测仪器维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。

（5）台账管理制度：医院应当建立放射性核素、放射源台账，记载放射性同位素



的核素名称、出厂时间和活度、标号、编码、来源和去向等事项。

(6) 质量保证大纲：针对新增的治疗核素和放射源，医院应制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划。

综上所述，医院在落实上述制度后，能够确保本项目的安全使用，满足国家相关的辐射安全管理及技术层面要求。日后的工作实践中，医院应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并结合现行辐射法律法规的要求及时对辐射安全管理制度进行针对性的补充、更新和完善，提高制度的可操作性。

## 12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，医院需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

### 12.3.1 现有辐射监测开展情况

医院已制定《监测制度》，并定期委托有资质的单位进行辐射工作场所监测，日常内部常规检测已执行。医院现有辐射监测仪器和防护用品清单见前文的表10.1-10，可以满足现阶段的辐射工作要求。

### 12.3.2 本项目辐射监测要求

#### 12.3.2.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。本项目辐射监测配备见表12.1-1。

表12.1-1 本项目辐射监测设备配置表

辐射工作场所名称	监测设备类型	数量
核医学科	便携式X-γ辐射监测仪	利用现有1台
	α、β表面污染监测仪	利用现有1台
	个人剂量报警仪	利用现有3台

医院应每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

#### 12.3.2.2 个人剂量监测

医院应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理规定，为辐射工作人员配备个人剂量计；同时，应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计，并进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

#### 12.3.2.3辐射工作场所监测

根据辐射管理要求，医院应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

(1) 正式使用前监测：委托有相关监测资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

(2) 常规监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

(3) 年度监测：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，监测周期为1次/年。年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

#### 12.3.2.4放射性废水排放前监测

放射性废液在衰变池组衰变超过180天，监测结果经审管部门认可后，按照GB18871中8.6.2规定方式进行排放，监测应符合放射性废液总排放口总 $\beta$ 不大于10Bq/L、 $^{131}\text{I}$ 的放射性活度浓度不大于10Bq/L的要求。医院应建立放射性废液的暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废水产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

#### 12.3.2.5放射性固废处理前监测

放射性废物应分类收集在废物桶专用的塑料袋，每袋废物表面剂量率应不超过0.1mSv/h，重量不超过20kg。废物袋必须标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明，废物包装体外表面的污染控制水平满足 $\alpha < 0.08\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta < 0.8\text{Bq/cm}^2$ 。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性固废衰变超过30天， $^{32}\text{P}$ 放射性固废衰变超过143天， $^{89}\text{Sr}$ 放射性固废衰变超过506天， $^{131}\text{I}$ 放射性固废衰变超过180天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于 $0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq/cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，其中废活性炭属于放射性固体废物，暂存时间满足标准中要求，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控作为医疗废物处理。

放射性固废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。

### 12.3.2.6 本项目辐射监测计划

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）等相关规定，本项目辐射监测计划建议见表12.3-2。

表 12.3-2 本项目辐射工作场所监测计划

监测场所	监测项目	监测范围	监测方式	监测频次
核医学科	周围剂量当量率	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点位和存有放射性物质的装置/设备的表面。	验收监测	竣工验收
			自主监测	1次/2周
			年度监测	1次/年
	放射性表面污染	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。	验收监测	竣工验收
			自主监测	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）
			年度监测	1次/年
	总β	衰变池总排放口	委托监测	1次/年
表面剂量率水平和表面污染	污物间放射性废物包装体外	自主监测	每次排放前	
		年度监测	1次/年	
本项目所有辐射场所	个人剂量当量	所有辐射工作人员	个人剂量检测	监测周期不超过三个月

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。医院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。

### 12.4 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中第十二条规定，医院应对本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向原发证机关提交上一年度的评估报告（见附件10）。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；

- (三) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- (四) 放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账；
- (五) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- (六) 辐射事故及应急响应情况；
- (七) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- (八) 存在的安全隐患及其整改情况；
- (九) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

## 12.5 环保竣工验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南——污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

## 12.6 辐射事故应急

### 12.6.1 应急预案制定要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》中第四十一条规定，医院应根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。辐射事故应急预案主要包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- (6) 编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范

措施并在2小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境主管部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生主管部门报告。如发生放射源被盗的事故，则还须向公安部门报告。

### 12.6.2 现有应急预案执行情况及合理性分析

目前医院已制定《辐射事故应急预案》。该预案明确了事故处理措施，公布了事故情况下各部门（包括医院内部各涉源部门和生态环境、卫生、公安等管理部门）的联系电话。

经与建设单位核实，医院自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。医院每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。因此，医院现有辐射事故应急预案基本合理可行。

### 12.6.3 本项目应急预案要求

本项目投入运行后，医院应做好以下工作：

(1) 医院应根据本次扩建后辐射活动变化的情况，调整现有的辐射事故应急预案，增加  $^{131}\text{I}$  治疗工作场所的风险内容和应急措施，并补充涉源部门的相关负责人及生态环境部门、卫生部门和公安部门等联系方式，以满足项目变化后的相关要求。

(3) 医院应制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。可提出将每年用于辐射应急工作的（包括应急装备、应急技术支持、培训及演习等）支出，纳入部门预算。

(4) 根据辐射事故的分级和应急响应程序，结合医院的具体情况，分别制定不同级别辐射事故应急预案。内容应包括：紧急出动、现场应急、善后处理、事故总结、信息发布等过程，落实每一步骤的具体参加人员、负责人，明确各自职责以及时限要求等，其内容应当全面具体，具有可操作性。

(5) 医院应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

## 12.7 环保投资估算一览表

本项目总投资 400 万元，主要用于设备采购、场所屏蔽部分防护改造和防护用品采购，其中项目环保投资约 200 万元，占项目总投资的 50%。该项目具体环保投资估算详见表 12.6。

表 12.6 环保投资估算一览表

项目	设施（措施）	金额（万元）	
核医学科	辐射屏蔽措施	部分墙体改造等，详见表 1.1-4	25
	废气处理设施	单独的通排风系统、手套箱活性炭吸附装置及排风口的活性炭吸附处理设置	20
	固废处理设施	放射性固废达到解控标准后按普通医疗废物处理废活性炭解控后按危险废物委托有资质单位处置，危废代码 900-039-49	10
	废水处理设施	废水排放管线的更换及防护等	15
	防护设备及防护用品	核医学科防护设备及防护用品详见表 10.1-11	115
其他	工作人员防护	人员培训、个人剂量监测、职业健康体检	5
	应急用品	一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、电离辐射警告标志等	10
合计		200	

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

医院核医学科在  $^{99m}\text{Tc}$  开展 SPECT/CT 显像诊断的基础上，新增使用  $^{32}\text{P}$  开展敷贴治疗、 $^{89}\text{Sr}$  开展骨癌治疗、 $^{131}\text{I}$  开展甲亢治疗和甲功能测定、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  开展敷贴治疗。

医院对现有核医学场所进行重新布局，增加部分功能用房；将原运动负荷室调整为甲功室；将原 SPECT 候诊室调整为 SPECT 候诊/甲亢短暂留观室；在分装注射室北侧新增 1 间服碘室；将原接诊室改为敷贴室，新增 1 间问诊室和登记台。

核医学科经本次改扩建后，核医学科日等效最大操作量为  $5.06 \times 10^8 \text{Bq}$ ，由丙级变为乙级非密封放射性物质工作场所。

#### 13.1.2 辐射安全与防护分析结论

##### (1) 辐射安全防护措施结论

本项目核医学科各功能用房四侧墙体拟主要采用实心砖墙+硫酸钡防护涂料作为屏蔽材料，顶棚为混凝土+硫酸钡防护涂料+钡板结构，防护门为内衬铅板，其防护铅当量满足防护屏蔽要求，对  $\beta$  射线和  $\gamma$  射线起到了有效的屏蔽。

辐射防护设施：对辐射工作场所进行分区管理，划分为监督区和控制区，控制区并设置相应的警示标志，限制无关人员进入。建设单位制定拟制定针对性的操作规程，职业人员工作时穿戴铅衣、铅围脖，佩戴防护眼镜等辐射防护用品。为辐射工作人员配备了个人剂量计，并配备了个人剂量报警仪，场所配备 X- $\gamma$  辐射监测仪、表面污染监测仪等；定期对辐射工作人员开展个人剂量监测和职业健康检查监护。在落实以上辐射安全措施后，核医学科辐射安全措施能够满足辐射安全防护的要求。核医学科分装注射室拟配备专用手套箱、放射药物专用注射窗；核医学科工作场所拟设置电离辐射警示标志、工作状态指示灯、对讲及监控设施；设置有满足要求的串联衰变池组、固体放射性废物收集铅桶、气态放射性废物专用排风管线及活性炭吸附装置。

##### (2) 辐射安全管理结论

医院成立了放射诊疗质量与防护管理委员会，全面负责医院的辐射安全管理工作及相关工作；医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；医院已对辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了职业健康档案和个人剂量档案，同时也应将本项目新增辐射工作人员纳入

管理范围内。

### 13.1.3 环境影响分析结论

#### (1) 辐射环境影响分析

经预测分析，本项目核医学科控制区外距屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5 $\mu$ Sv/h，屏蔽设计满足要求；手套箱和注射窗外表面 30cm 处人员操作位周围剂量当量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h，屏蔽设计满足要求。

经预测分析，在正常工况下，本项目工作人员所受辐射年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”要求，也低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）提出的 5mSv 年剂量约束值；本项目公众所受辐射年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）提出的 0.1mSv 年剂量约束值。

#### (2) “三废”环境影响分析

放射性废液在衰变池组暂存时间超 180 天，监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放，监测应符合放射性废液总排放口总 $\alpha$ 不大于 1Bq/L、总 $\beta$ 不大于 10Bq/L、<sup>131</sup>I 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L 的要求。放射性废液排入医院污水处理站进一步处理达标后纳入市政污水管网，对周围水环境影响很小。

核医学放射性固废采用专门的铅桶收集后，含<sup>99m</sup>Tc 废物在固废间暂存超过 30 天，含<sup>32</sup>P 废物暂存超过 143 天，含<sup>131</sup>I 废物暂存超过 180 天后，含<sup>89</sup>Sr 废物暂存超过 506 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于 0.08Bq/cm<sup>2</sup>、 $\beta$ 表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup>的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，其中废活性炭属于放射性固体废物，暂存时间满足标准要求，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控作为医疗废物处理。另外，<sup>90</sup>Sr 敷贴源开展敷贴治疗项目将产生废弃<sup>90</sup>Sr 放射源，约 5 年产生 2 枚，医院应在购源前应签订废旧放射源返回合同，由供源单位将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。因此废物不外排，对周围环境影响较小。

核医学科产生的放射性废气经由排风系统排至肿瘤诊疗中心大楼屋顶排放，排放口高于肿瘤诊疗中心大楼屋顶，并设置活性炭过滤装置吸附处理后排放，对周围环境影响较小。

综上所述，本项目核医学科的放射性“三废”处理措施满足《核医学辐射防护与安



全要求》（HJ1188-2021）的要求。

### 13.1.4 可行性分析结论

#### （1）产业政策符合性分析结论

本项目属于核技术在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录(2019 年本)》及国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改<产业结构调整指导目录(2019 年本)>的决定》，本项目属于第六项核能中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

#### （2）实践正当性分析结论

本项目的目的在于开展放射诊疗工作、治病救人，实践过程中采取了可能的辐射防护措施，在患者得到诊疗预期效果的同时，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

#### （3）选址合理性分析

本项目核医学科位于医院肿瘤诊疗中心大楼一层，不新增建筑面积和用地。肿瘤诊疗中心大楼位于医院西侧，为一栋地上五层建筑。一层为肿瘤放疗机房、核医学机房和高强度聚焦超声（海扶）治疗中心等，二至五层设置为病房。项目建设地点位于肿瘤诊疗中心大楼一层西侧，建筑四周均为院区道路，下方暂无地下层。核医学科西侧 13m~50m 范围内为新建南路 697 号、699 号、687 号、681 号、769 号、757 号、745 号、741 号、超顺房产、虞家小吃等建筑物；西北侧 23m 处为塔山中心小学（成章校区）；北侧 15m 处为 6 号病房楼，48m 处为柔遁弄 19 号小区；东侧为肿瘤诊断中心大楼内其他用房和医院停车场；东南侧 35m 处为急诊综合楼；南侧 45m 处为福康医院旧址。本项目不涉及生态保护红线范围。环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

#### （5）项目可行性

综上所述，绍兴第二医院医共体总院核医学改扩建项目在落实本报告提出的各项辐射防护措施、污染防治措施和辐射环境管理要求后，具备从事相应辐射活动的技术能力，本项目核素、放射源运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

## 13.2 建议和承诺

(1) 医院承诺将根据报告表和生态环境部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求,尤其是对病人及其家属的日常辐射安全管理要求以及对衰变池的日常安全管理的要求。

(2) 医院承诺制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案,并监督执行各项制度。按照应急预案处理和上报辐射事故,并及时将应急预案向生态环境主管部门备案。

(3) 环评报批并建成后,医院承诺及时向生态环境部门重新申领辐射安全许可证。

(4) 医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、辐射安全许可制度,按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号)的要求进行验收,加强环保档案管理,由专人或兼职人员负责。

## 表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章  
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章  
年 月 日