

核技术利用建设项目

重庆中核华友医院核特色医疗项目（辐射部分）

# 环境影响报告表

建设单位：中核华友重庆医院管理有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：二〇二一年五月



生态环境部监制

打印编号: 1619753356000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	8t6625		
建设项目名称	重庆中核华友医院核特色医疗项目（辐射部分）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	中核华友重庆医院管理有限公司 		
统一社会信用代码	91500107MA5UMPNP2T		
法定代表人（签章）	董延武 		
主要负责人（签字）	唐敏 		
直接负责的主管人员（签字）	唐敏 		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司 		
统一社会信用代码	915001126942004062		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
刘媛	2014035550350000003511550046	BH001056	
<b>2 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘媛	项目基本情况、射线装置、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH001056	

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		重庆中核华友医院核特色医疗项目（辐射部分）			
建设单位		中核华友重庆医院管理有限公司 （统一社会信用代码：91500107MA5UMP2T）			
法人代表	董延武	联系人	唐敏	联系电话	158*****965
注册地址		重庆市九龙坡区创业大道 111 号附 1 号			
项目建设地点		重庆市九龙坡区创业大道 111 号附 1 号 1、2 层北侧			
立项审批部门		重庆市九龙坡区发展和改革委员会	批准文号	2020-500107-84-03-142710	
建设项目总投资（万元）		2000	项目环保投资（万元）	90	投资比例（环保投资/总投资） 4.5%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	1000
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类		
	其他	无			
	<b>1.1 建设单位概况</b>				
<p>重庆中核华友医院始建于 2012 年，前身为重庆三九医院。2019 年 11 月，中核核素医疗投资有限公司与重庆立三九医院管理有限公司、余梅签订《增资扩股协议》；2020 年 3 月，重庆立三九医院管理有限公司更名为中核华友重庆医院管理有限公司。2020 年 4 月，重庆市九龙坡卫生和计划生育委员会核发了新的《医疗机构执业许可证》，重庆立三九医院更名为重庆中核华友医院，医院是中国核工业集团公司旗下国有控股二级综合医院。医院以甲状腺专科为特色，同步开展内科、外科、妇科、儿科门诊与住院诊疗服务，设置有预防保健科、内科、外科、妇产科、计划生育专业、儿童保健科、急诊医学科、康复医学科、临终关怀科、医学检验科、医学影像科及中医科，现实际开设床</p>					

## 续表1 项目基本情况

位 90 张，牙椅 1 张。

### 1.2 项目由来

2020 年医院重点建设“核特色项目”，该项目已列入 2020 年九龙坡区重点项目，并于 2020 年 7 月取得《重庆市企业投资项目备案证》（2020-500107-84-03-142710），具体内容为新增租赁 1、2 层北侧用房，在现有医院综合大楼进行装修改造扩建，增设床位 60 张，新开设核医学科、肿瘤科、体检中心等，完善消防、电气、给排水、污水处理系统及院内环境建设。建成一所以肿瘤、甲状腺疾病治疗、健康管理、康复治疗为特色的二级医疗机构。

目前“核特色项目”非辐射部分环境影响评价工作已委托重庆宏伟环保工程有限公司编制环境影响报告表，并取得《建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（九）环准[2021]039 号）。“核特色项目”辐射部分用房、配套工程土建施工已统一纳入《重庆中核华友医院核特色医疗项目环境影响报告表》进行评价，本环评仅对核医学科辐射环境影响进行评价。核特色项目辐射部分包括拟在医院综合大楼 1、2 层核医学科使用  $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒籽、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  四种放射性同位素开展核医学放射诊疗工作，经核定 1 层核医学科显像诊断区、2 层核医学科病房区均为乙级非密封源工作场所。拟购的 PET-CT、SPECT-CT 均为 III 类射线装置，因 PET-CT 型号尚未确定，其使用的校准源类型尚不能明确，校准源一般为 V 类放射源，由建设单位确定放射源种类后单独开展环境影响登记表备案。

放射性同位素及射线装置使用时将会对周围环境产生一定的电离辐射影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》的要求，本项目属于 172-核技术利用建设项目中“乙级非密封放射性物质工作场所”，环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，中核华友重庆医院管理有限公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对该项目进行环境影响评价。评价单位在进行现场踏勘、收集有关资料的基础之上，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）的要求，编制完成了《重庆中核华友医院核特色医疗项目（辐射部分）环境影响报告表》。

### 1.3 项目建设内容及规模

## 续表1 项目基本情况

### 1.3.1 项目建设内容及规模

- (1) 项目名称：重庆中核华友医院核特色医疗项目（辐射部分）
- (2) 建设地点：重庆市九龙坡区创业大道 111 号附 1 号 1、2 层北侧核医学科
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设单位：中核华友重庆医院管理有限公司
- (5) 建设规模：核医学科位于医院综合大楼 1、2 层北侧区域，总建筑面积约 1000m<sup>2</sup>。拟购买含 <sup>99m</sup>Tc、<sup>18</sup>F 的放射性药物在 1 层北侧开展 SPECT-CT、PET-CT 核医学显像诊断，拟购买碘 [<sup>131</sup>I] 化钠在二层核医学科病房区开展甲亢、甲癌治疗及甲吸测定，经核定均为乙级非密封源工作场所，1F 核医学科影像诊断区日等效最大操作量为 6.48×10<sup>7</sup>Bq，2F 核医学科病房区日等效最大操作量分别为 3.52×10<sup>9</sup>Bq，本次医学科病房区按照 4 张病床进行评价。
- (6) 项目投资：总投资约 2000 万元，其中环保投资约 90 万元。
- (7) 施工期：3 个月。

### 1.4.2 项目组成

项目组成情况见下表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	组成	依托关系
主体工程	核医学科显像诊断区（1F，490m <sup>2</sup> ）	布置预留粒籽源准备间、清洁间、SPECT-CT 机房、PET-CT 机房、设备间、控制室、更衣室、卫生通过间、准备间、放射性废物暂存间（废物间）、SPECT 注射室、PET 注射室、SPECT 注射后候诊室（含卫生间）、PET 注射后候诊室（含卫生间）、留观室、病人通道。按照乙级非密封源工作场所建设	新建
	核医学科病房区（2F，510m <sup>2</sup> ）	护士站、抢救器械室、甲吸服药室、甲亢/甲癌服药室、更衣室、卫生通过间、准备间、保洁室、被服及放射性废物暂存间、4 间单人病房、预留 4 间双人病房（非本次评价范围）、甲亢病人专用通道及楼梯。按照乙级非密封源工作场所建设	新建
	放射性药物使用	外购含 <sup>131</sup> I、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>18</sup> F 的放射性药物开展核医学诊疗工作，其中甲吸测定购买含 <sup>131</sup> I 的胶囊，甲亢、甲癌治疗购买碘 [ <sup>131</sup> I] 化钠液体，含 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>18</sup> F 的放射性药物均为液体。	/
	设备	SPECT-CT1 台、PET-CT1 台，设备型号待定	拟购

续表1 项目基本情况

辅助工程	病人候诊、医生办公室等	1F 设置核医学科显像诊断区预约咨询候诊门厅、医生综合区 2F 设置核医学科病房区候诊门厅，甲测室、休息室	新建
储运工程	放射性药物运输、暂存	在核医学科显像诊断区使用含 $^{99m}\text{Tc}$ 的放射性药物为外购成品针剂， $^{18}\text{F-FDG}$ 为外购成品针剂，含 $^{131}\text{I}$ 放射性药物外购口服液及胶囊，以上外购放射性药物一般为即定即用。 $^{18}\text{F-FDG}$ 、含 $^{99m}\text{Tc}$ 的放射性药物的成品针剂由厂家送至 1F 准备间西墙上的传递窗口，核医学科工作人员接收后暂存在 1F 准备间核储存柜内。 含 $^{131}\text{I}$ 的放射性药物由厂家送至 2F 准备间传递窗，核医学科工作人员接收后暂存在 2F 准备间核储存柜内。 $^{125}\text{I}$ 粒籽源由厂家使用铅罐运输至粒籽源准备间，在核素储存柜内暂存	新建
	放射性废物暂存	1F核医学科显像诊断区的准备间内设置1个放射性废物暂存间，面积约4.8m <sup>2</sup> ，放射性废物暂存在铅防护污物桶内。 2F核医学科病房区设置1个被服及放射性废物暂存间，面积约7.6m <sup>2</sup> ，放射性废物暂存在铅防护污物桶内。 SPECT注射室、PET注射室、SPECT注射后候诊室、PET注射后候诊室、甲亢/甲癌服药室、甲吸服药室、准备间内等设置铅防护污物桶。	
公用工程	给水	依托院内供水管网。	依托
	排水	雨污分流，污污分流。本项目放射性废水经新建的沉渣池+衰变池处理后排入医院污水处理站（设计处理能力200m <sup>3</sup> /d），处理达 GB18466 -2005 预处理排放标准后接入市政污水管网，最终进入大九污水处理厂处理。	新建沉渣池、衰变池，新建排水管网
	供配电	依托院内供配电系统。	依托
	通风	核医学科显像诊断区、病房区均采用新风系统，机械排风。	新建
环保工程	废水处理措施	1F 核医学诊断区、2F 核医学科病房区控制区及清洁间产生放射性废水经专用管网接至衰变池，经衰变池处理后接入医院污水处理站。监督区（1F 核医学科诊断区发热门诊厕所及其他非核医学科区域）产生废水直接排入医院污水处理站处理。 室外放射性废水管网 DN110 埋深不小于 500mm。室内 2F 核医学科病房区排水管网 DN50 穿地板位于 1F 吊顶内，接入该层 DN75 主管，所有穿墙处采用 8mm 铅皮包裹。室内 1F 排水管网 DN50 位于该层地坪内，汇入该层 DN75 排水管网，接入室外 DN110 管网内，穿墙处采用 8mm 铅皮包裹。室外排水管采用顶部及两侧采用 200mm 砼，顶部加 120mm 砖。 在医院西南侧空地新建一座地埋式沉渣池+槽式衰变池，沉渣池有效容积约 46m <sup>3</sup> ，沉渣池内设搅拌机。衰变池的	新建

续表1 项目基本情况

		第一池、第二池、第三池有效容积均约 110.0m <sup>3</sup> ，衰变池总有效容积均约 330.0m <sup>3</sup> 。	
	废气处理措施	核医学科显像诊断区（1F）设置一根截面为 500mm×320mm 的主管和若干支管，设置 2 台风机于屋顶（一用一备），风量均为 3500m <sup>3</sup> /h，准备间通风橱由专业厂家提供带高效过滤器的排风装置，接入该层通风主管。各支管设置止回阀，汇入主管，主管末端设置活性炭吸附装置，主管高于 10F 顶 5m 排放。 核医学科病房区（2F）设置一根截面为 500mm×400mm 的主管和若干支管，设置 2 台风机于屋顶（一用一备），风量均为 5000m <sup>3</sup> /h，准备间通风橱由专业厂家提供带高效过滤器的排风装置，接入该层通风主管。各支管设置止回阀，汇入主管，主管末端设置活性炭吸附装置，主管高于 10F 顶 5m 排放。 通风管位于各层吊顶上风，2 根通风主管穿外墙处采用 8mm 铅皮包括。	新建
	放射性固废处置措施	核医学科显像诊断区（1F）、核医学科病房区（2F）产生放射性废物置于产生点铅防护污物桶内，下班后由工作人员统一运至放射性废物暂存间，待达到清洁解控水平后作为一般医疗废物处理。	新建
	辐射防护	采用足够厚度的铅玻璃、实心砖墙、防护门、铅防护板、硫酸钡防护涂料、混凝土等作为核医学科工作场所屏蔽体	新建

### 1.5 核医科辐射防护方案设计

核医学科核医学诊断区及病房区用房为租赁重庆市大林机械发展有限公司已闲置厂房，医院租赁前为汽车修理店，目前汽车修理店已搬迁空置。由于租赁场地布局无法适应医院核医学科建设要求，本次将其内部墙体全部拆除后按照核医学科平面布置方案建设。项目辐射防护设计方案见表1-2。

表 1-2 核医学科主要用房辐射防护设计方案表

名称	房间	面积 (m <sup>2</sup> )	防护方案
1F 核医学科显像诊断区	准备间	9.3	四周墙体：240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：6mmPb 当量 传递窗：26mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	放射性废物暂存间（废物间）	4.8	四周墙体：240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：6mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）

续表1 项目基本情况

	SPECT 注射室	3.5	四周墙体：240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：6mmPb 当量 注射台：40mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	PET 注射室	3.4	四周墙体：240mm 实心砖墙+6mmPb 铅板 防护门：6mmPb 当量 注射台：40mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	SPECT 注射后候诊室（含卫生间）	22.9	四周墙体：240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：6mmPb 当量，窗：6mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量） 卫生间内侧墙体：120mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	PET 注射后候诊室（含卫生间）	25.2	四周墙体：240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：6mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量） 卫生间内侧墙体：120mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	留观室（含卫生间）	27.8	四周墙体：240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：6mmPb 当量，窗：6mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量） 卫生间内侧墙体：120mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料
	SPECT-CT 机房	39.3m <sup>2</sup> ， 最小单边长 5.3m	四周墙体：240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡防护涂料 3 个防护门：6mmPb 当量，窗：6mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	PET-CT 机房	39.8m <sup>2</sup> ， 最小单边长 5.3m	四周墙体：240mm 实心砖+8mmPb 硫酸钡防护涂料 3 个防护门：8mmPb 当量，窗：8mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	粒籽源准备间	5.0	四周墙体：240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：6mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	清洁间	3.5	四周墙体：240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：6mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
核医学科病房区 2F	甲吸服药室	2.2	墙体：120mm 实心页岩砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：4mmPb 当量，服药窗口：40mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+4mm 防护铅板（4mmPb 当量） 底板：120mm 砼
	甲亢/甲癌服药室	2.3	四周墙体：240mm 实心砖+8mmPb 铅板（8mmPb 当量） 防护门：8mmPb 当量，服药窗口：40mmPb 当量 底板：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量） 顶棚：400mm 砼



续表1 项目基本情况

	准备间	8.2	四周墙体：240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：8mmPb 当量 传递窗（600mm×600mm）：26mmPb 当量 顶棚、底板：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	甲亢病人通道	宽 1.56m	防护门 2 个（带门禁）：8mmPb 当量 顶棚、底板：120mm 砼+4mm 防护铅板（4mmPb 当量）
	甲癌病人通道	宽 2.0m	防护门 2 个（带门禁）：8mmPb 当量 顶棚：400mm 砼 底板：120mm 砼+4mm 防护铅板（4mmPb 当量）
	病房 1、4、6、8 （预留，双人）	24.6	四周墙体：240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：8mmPb 当量 顶棚：400mm 砼 底板：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	病房 2、3、5、7 （单人）	28.2、 26.2、 25.5、25.4	四周墙体：240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料 防护门：8mmPb 当量 防护窗：16mmPb 当量 顶棚：400mm 砼 底板：120mm 砼+4mm 铅板（4mmPb 当量）
	保洁室	5.7	四周墙体：240mm 实心砖+30mm 防护涂料（3mmPb 当量） 防护门：8mmPb 当量 顶棚：120mm 砼+40mm 防护涂料（4mmPb 当量） 底板：120mm 砼
	被服及放射性废物 暂存间	7.6	四周墙体：240mm 实心砖+10mmPb 铅板（10mmPb 当量） 防护门：10mmPb 当量 顶棚、底板：120mm 砼
核医学科病房 区 2F	护士站、抢救器械 室	23.1	四周墙体：240mm 实心砖 观察窗：40mmPb 当量 防护门：14mmPb 当量 传递窗：26mmPb 当量 护士站外通道顶棚：400mm 砼 地板：120mm 砼+4mm 铅板
	沉渣池、衰变池	/	池壁、顶部：300mm 砼，池底：200mm 砼，顶板增加 100mm 砼 内部刷防水砂浆，具有防腐、防渗漏
	室外排水管网	DN110	敷设在地下，室外排水管采用顶部及两侧采用 200mm 砼，顶部加 120mm 砖。
	排风主管道	2 根	主管道在西侧外墙上，穿墙处包 8mmPb 当量铅皮

备注：混凝土（砼）密度 2.35g/cm<sup>3</sup>；防护涂层为硫酸钡，密度 3.5g/cm<sup>3</sup>；铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>；实心砖密度 1.65g/cm<sup>3</sup>。

## 1.6 核医学科配套设施、设备

核医学科设备设施全部新配，具体见表 1-3。

表 1-3 项目配套设施设备配置一览表

位置	名称	数量	位置	备注
1F 核医学科 显像诊断区	核素储存柜	1	准备间	配双锁, 20mmPb
	核素储存柜	1	粒籽源准备间	配双锁, 10mmPb
	分装+通风橱	1	准备间	40mmPb
	活度计	1	准备间	不带放射源, 在通风橱下操作
	铅防护 L 屏	1	准备间	20mmPb
	PET 猫 (注射器屏蔽套)	2	准备间、注射室	SPECT、PET 各一套, 10mmPb
	注射窗口	2	注射室	SPECT、PET 注射室各一个
	注射车	1	SPECT-CT 机房	SPECT 床边注射用
	铅屏蔽废物桶	9	准备间、注射室、注射后候诊室等、放射性废物暂存间	SPECT 注射室、PET 注射室、SPECT 注射后候诊室、PET 注射后候诊室、甲亢/甲癌服药室、甲吸服药室等各设置 1 个铅防护废物桶, 放射性废物暂存间设置 3 个, 4mmPb
	表面沾污仪	1	卫生通过间	Como170
	剂量率仪	1	/	451P
	个人剂量报警仪	1	准备间	根据人员配置
	铅衣、铅帽、三角巾等	4	卫生通过间	成人防护用品不低于 0.25mmPb, 儿童防护用品不低于 0.5mmPb。
校准源贮存柜	1	PET-CT 机房	20mmPb	
1F 核医学科 显像诊断区	粒籽植入枪	1	粒籽源准备间	2mmPb
	防护立屏	1	粒籽源准备间	2mmPb
	长柄镊子	2	粒籽源准备间	/
2F 核医学科 病房区	核素储存柜	1	准备间	配双锁, 20mmPb
	通风橱	1	准备间	具体尺寸待定, 50mmPb
	给药窗口	2	准备间	
	碘自动分装仪	1	准备间	定制、适配给药窗口
	活度计	1	准备间	
	操作台	1	准备间	
	长柄钳常规护士器械	若干	准备间	
	铅屏蔽废物桶	5	准备间、服药室、放射性废物暂存间等	准备间、服药室各设置 1 个, 放射性废物暂存间设置 3 个
	碘出院测量仪	1	病房走廊出口处	定制
	表面沾污仪	2	护士站、卫生通过间	Como170
剂量率仪	1	护士站	451P	

**续表1 项目基本情况**

	在线辐射监测系统	1		探头位置具体待定
	个人剂量报警仪	5	准备间	根据人员配置
	铅衣、铅帽等	5	卫生通过间	根据人员配置，不低于0.25mmPb
	甲状腺功能测定仪	1	甲测室	
核医学科	监控系统	3套	护士站	监控病人走向等
	对讲系统	2套	准备间	指导病人用药和走向

**1.7 项目劳动定员、工作制度及工作负荷**

核医学中心劳动定员 14 名，包括核医学医师 4 名，核医学护士 6 名，核医学技师 4 名。目前核医学中心放射工作人员部分招聘到岗，工作人员年工作时间为 240 天，实行放射工作人员轮休制。

本项目核医学科工作实行预约制，核医学科工作负荷见表 1-4。

**表 1-4 核医学科工作负荷**

核素名称		日最大诊疗人次	年就诊人次（人）	用途
<sup>131</sup> I	甲吸	20	4800	甲吸测定
	甲亢	15	3600	甲亢治疗
	甲癌	4	192	甲癌治疗
<sup>125</sup> I 粒籽		6	600	肿瘤治疗
<sup>99m</sup> Tc		30	7200	核医学显像
<sup>18</sup> F		40	9600	核医学显像
合计		115	25992	/

**1.8 环境保护目标**

中核华友医院位于重庆市九龙坡区创业大道 111 号附 1 号，本项目位于医院综合大楼北侧 1、2 层，该部分用房原为原为汽车维修店，目前已搬迁。医院南侧为金桥路，东侧为创业大道，核医学科北侧约 11m 为重庆愉悦皇玛汽车维修店，西侧约 21m 为重庆康泽服务站等小型汽车修理店，汽车修理店楼上为重庆南洋机械制造有限公司，西南侧约 37m 为品厚酒店。因此，项目周边保护目标主要为该医院从事本项目放射诊疗的放射工作人员以及周围活动的公众成员。

**1.9 项目建设背景**

## 续表1 项目基本情况

### 1.9.1 医院环保手续情况

2012年9月28日，医院取得《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（九）环准[2012]294号），评价内容包括医院建筑面积10253.06m<sup>2</sup>，包括1、2层南侧区域，3楼康复区，4~6楼预留用房，7、8楼为住院病房，9楼为会议室，设置90张床位。2013年7月医院取得原重庆市九龙坡区环境保护局竣工验收批复，渝（九）环验[2013]033号，自2013年，医院纳入排污许可证管理，《重庆市排放污染物许可证》编号为：渝（九）环排证（2019）00563号。

2020年9月，医院委托重庆宏伟环保工程有限公司开展重庆中核华友医院核特色医疗项目环境影响评价工作，该项目目前已取得重庆市九龙坡区生态环境局下发的《建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（九）环准[2021]039号），该项目改造方案目前正在建设中。

根据调查，医院近年未发生环保纠纷，未收到环保投诉。

### 1.9.2 医院核技术利用项目开展情况

#### （1）医院核技术利用项目开展情况

现场调查和咨询，医院目前使用III类射线装置1台，于2018年12月13日取得《辐射安全许可证》：渝环辐证[15069]（有效期至2023年12月11日），医院现有射线装置具体情况见表1-5所示。

表 1-5 医院现使用的射线装置情况一览表

序号	射线装置	规格型号	类别	数量	位置	环保手续
1	医用诊断 X 射线机	Ange11-DR-L	III类	1台	放射科	已上证

经现场调查，重庆中核华友医院放射工作人员配置了个人剂量计，建立了个人剂量监测档案和健康体检档案，放射工作人员进行了辐射安全防护培训，并取得了合格证，做到了持证上岗。医院委托有资质单位对医用诊断 X 射线机机房屏蔽能力进行了监测，机房屏蔽能力满足要求。医院运营至今，辐射设备运营良好，到目前为止未发生辐射安全事故，重庆市九龙坡区生态环境局也未收到辐射环保投诉，也未产生辐射环保纠纷。

#### （2）存在的环保问题

根据建设单位提供资料可知，医院法人，建设单位发生了变换，应申请变更《辐射

## 续表1 项目基本情况

安全许可证》基本信息。

### 1.9.3 本项目与医院整体的依托可行性分析

2021 年医院将重点发展核医学科、医学影像科、体检中心等。本项目属于医院核特色项目的一部分，核特色项目在新增床位、设施设备的同时将新建医院污水处理站及衰变池。核医学科用房属于医院核特色项目的新增用房，目前已签订租房合同，本项目的建设 with 医院整体发展相协调，本项目与医院依托可行性分析见表 1-6。

表 1-6 本项目与医院依托关系表

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
项目用房	建筑主体	项目核医学科用房为医院新增用房，已签订租赁合同。增核医学中心 1、2F 用房可与医院 1、2F 南侧区域相连，统一纳入医院用房管理。	可行
公用工程	供电、供水	医院主体工程已运行，本次新增 1、2F 北侧用房新建内部供水管网，以满足运行需要。供电依托市政供电。	可行
环保工程	废水排放	本次核特色项目将新建污水处理站 1 座，新建污水处理站与衰变池同属于核特色项目内容建设内容，新建衰变池及污水处理站以适应核特色项目废水处理需要。	可行
	固废处理	医疗垃圾暂存间位于医院综合大楼 1F 东北侧靠近楼梯口，面积为 5m <sup>2</sup> ，并与同兴医疗废物处理有限公司签订了处置协议，医疗垃圾每天清运。 核医学科固体废物主要为一次性注射针头、棉签、口服纸杯等，产生量很小，待在铅屏蔽废物桶内衰变池至清洁解控水平后送至医疗垃圾暂存间，能够满足本项目的需求。	可行
放射工作人员及管理机构	放射工作人员及辐射环境管理	医院现有放射工作人员已取得辐射防护与安全培训合格证，本次将新增核医学科放射工作人员，统一纳入放射工作人员管理。 辐射防护领导小组以现有人员为基础，进行增补，部分辐射环境管理制度已进行了修订。	可行

**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
本项目不涉及。								

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>131</sup> I	液态中毒组	使用	3.70×10 <sup>6</sup>	3.70×10 <sup>5</sup>	8.88×10 <sup>8</sup>	甲吸测定	简单操作	2F 核医学科显像诊断区	使用前购买，暂存于核医学科 2F 自动分装仪内或核素储存柜内
				5.55×10 <sup>9</sup>	5.55×10 <sup>8</sup>	1.33×10 <sup>12</sup>	甲亢治疗	简单操作		
				2.96×10 <sup>10</sup>	2.96×10 <sup>9</sup>	1.42×10 <sup>12</sup>	甲癌治疗	简单操作		
2	<sup>125</sup> I 粒籽	固态中毒组	使用	2.66×10 <sup>9</sup>	2.66×10 <sup>6</sup>	2.66×10 <sup>10</sup>	肿瘤治疗	很简单操作	1F 核医学科病房区	使用前购买，暂存在核医学科 1F 准备间核素储存柜内
2	<sup>99m</sup> Tc	液态低毒组	使用	4.44×10 <sup>10</sup>	2.66×10 <sup>7</sup>	5.33×10 <sup>12</sup>	显像诊断	很简单操作		
3	<sup>18</sup> F	液态低毒组	使用	1.48×10 <sup>10</sup>	1.48×10 <sup>7</sup>	3.55×10 <sup>12</sup>	显像诊断	很简单操作		

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	SPECT-CT	III	1	待定	150	600	SPECT-CT 显像诊断	1F 核医学科显像诊断区 SPECT-CT 机房	拟购
2	PET-CT	III	1	待定	150	600	PET-CT 显像诊断	1F 核医学科显像诊断区 PET-CT 机房	
	以下空白								

(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 (mA)	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	
本项目不涉及													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向	
含放射性核素的废水	液态	主要为 <sup>131</sup> I、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>18</sup> F	/	19.6 m <sup>3</sup> /月	235.7m <sup>3</sup> /a	总 β<10Bq/L	排入衰变池	经衰变池衰变后进入医院废水处理站处理，达标后排放至市政污水管网。	
含放射性核素的废气	气态	<sup>131</sup> I 等	3.52×10 <sup>7</sup> Bq	/	/	3.52×10 <sup>5</sup> Bq	不暂存	经核医学科内废气收集管网收集后引至 10 楼顶，经活性炭吸附后高于屋顶排放。	
放射性固废	一次性注射器、针头、手套、棉签等	固体	<sup>99m</sup> Tc、 <sup>18</sup> F	/	70 kg/月	840kg/a	废物包装盒外表面 β<0.4Bq/cm <sup>2</sup> ；每袋包装物表面辐射剂量率≤0.1mSv/h。含 <sup>99m</sup> Tc 的放射性固废低于 100Bq/g， <sup>18</sup> F 的放射性固废低于 1000Bq/g	当天转移至 1F 放射性废物暂存间内暂存衰变	暂存衰变后转移至医院医疗废物间按一般医疗废物交有资质单位处置。
	一次性纸杯、纸巾、沾染放射性药物的餐盒、纸巾	固体	<sup>131</sup> I	/	22.3kg/月	267.8kg/a	废物包装盒外表面 β<0.4Bq/cm <sup>2</sup> ；每袋包装物表面辐射剂量率≤0.1mSv/h。含 <sup>131</sup> I 的放射性固废低于 100Bq/g	当天转移至 2F 放射性废物暂存间内暂存衰变	暂存衰变后转移至医院医疗废物间按一般医疗废物交有资质单位处置。
	废弃 <sup>125</sup> I 粒籽	固体	<sup>125</sup> I	/	微量	约 0.1kg	废物包装盒外表面 β<0.4Bq/cm <sup>2</sup>	暂存在铅罐内	返回厂家
以下空白									

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 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

法律法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</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 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令 380 号；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局令 31 号公布，自 2006 年 3 月 1 日起施行，2021 年 1 月 4 日生态环境部令 20 号《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，部令 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(13) 关于发布《放射性废物分类》的公告，公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《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>(15) 《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版；</p>
--------	--

续表 6 评价依据

<p>法律 法规 文件</p>	<p>(16) 《重庆市辐射污染防治办法》渝府令〔2020〕338号自2021年1月1日起施行； (17) 重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，渝环[2017]242号。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)；《 (5) 核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)； (6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)； (7) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)； (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (9) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)； (10) 《医疗废物集中处置技术规范(试行)》； (11) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素(一)》(GBZ2.1-2019)； (12) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)； (13) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)； (14) 《医院污水处理工程技术规范》(HJ2029-2013)。</p>

续表 6 评价依据

其他	<p>(1) 项目备案证, 附件 1;</p> <p>(2) 医院环评批复, 附件 2;</p> <p>(2) 环境影响评价委托书, 附件 3;</p> <p>(3) 医院《辐射安全许可证》, 附件 4;</p> <p>(4) 医院租房合同, 附件 5;</p> <p>(5) 项目监测报告, 附件 6;</p> <p>(6) 医院现有辐射环境管理制度, 附件 7;</p> <p>(7) 《Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine》(ICRP Publication 33);</p> <p>(8) 《Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities 》(NCRP No. 144);</p> <p>(9)《Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities》(NCRP No. 147);</p> <p>(10)《辐射防护导论》;</p> <p>(11) 医院提供的其他资料。</p>
----	---

**表 7 保护目标与评价标准**

**评价范围**

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）的相关规定，并结合该项目射线装置、放射性同位素为能量流污染的特征。根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以核医学科用房边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

**环境保护目标**

**(1) 医院外环境概况**

重庆中核华友医院位于重庆市九龙坡区创业大道 111 号附 1 号，医院用房为 1 栋 10F 高综合大楼，呈“V”字形，无地下层。医院南侧为金桥路，东侧为创业大道，核医学科北侧约 11m 为重庆愉悦皇玛汽车维修店，西侧约 21m 为重庆康泽服务站等小型汽车修理店，汽车修理店楼上为重庆南洋机械制造有限公司，西南侧约 37m 为品厚酒店。

核医学科显像诊断区位于 1 层北侧区域，核医学科病房区位于 2 层北侧区域。衰变池位于医院大楼南侧空坝，核医学科显像诊断区、核医学科病房区放射性废气经各分支管道收集分别汇入 2 根主管道，2 根主管道大楼西侧外墙引至医院楼顶排放，排放口朝向东侧创业大道，排放口高于医院综合大楼 10F 顶 5m。项目地理位置图见附图 1，医院总平面及周围环境示意图见附图 2，周围环境及现场照片见附图 3。项目周围外环境关系见下表 7-1。

**表 7-1 项目周围外环境关系一览表**

序号	名称	方位	距离 (m)	环境特征
1	创业大道	东	35m	主干道（双向六车道）
2	金桥路	南	15m	次干道（双向四车道）
3	重庆愉悦皇玛汽车维修店	北	约 11m	2F, 汽车维修店
4	重庆康泽服务站等	西	约 21m	1F 为汽车维修店
5	重庆南洋机械制造有限公司	西	约 21m	2-5F 为机械制造公司
6	品厚酒店	西南	约 35m	4F 酒店, 约 40 间客房

备注：“+”表示本项目高于周围环境。

## 续表 7 保护目标与评价标准

### (2) 项目用房所在楼层布局及周围环境保护目标

核医学科显像诊断区位于医院 1 层北侧区域，1 层南侧布置有医学影像科 CT 机、DR、MRI 等用房，中部为电梯、候诊大厅、药房及导医台，核医学科显像诊断区正下方无建筑，正上方为核医学科病房区。

核医学科病房区位于医院 2 层北侧，该层南侧为眼科、耳鼻喉科诊室，中部为宣教室及中药房，北侧为核医学科病房区，3 楼为体检中心用房。

项目用房周围环境保护目标统计见表 7-2。

表 7-2 项目周围环境保护目标一览表

序号	工作场所	保护目标	方位	与本项目控制区边界最近距离	高差	环境特征	影响因素
1	核医学科显像诊断区	医学影像科	西南	约 19m	平层	放射工作人员，公众成员，设置影像科	电离辐射
2		肠道发热门诊	南	约 5m	平层	肠道发热诊室，公众成员，约 2 人	
		药房	南	约 11m	平层	公众成员，约 5 人	
		门诊收费室	南	约 13m	平层	公众成员，约 5 人	
		预约咨询候诊门厅	南	紧邻	平层	公众成员，约 10 人	
3	核医学科病房区	诊室 4 间	南	约 12m	平层	公众成员，约 8 人	
		核医学科候诊门厅	南	紧邻	平层	公众成员，约 10 人	
		宣教室与中药房	南	约 14m	平层	公众成员，约 10 人	
4		妇科、眼科等诊室	西南	约 14m	平层	公众成员，约 20 人	
5	核医学科显像诊断区、核医学科病房区	重庆愉悦皇玛汽车维修店	北	约 11m	0	2F，汽车维修店，公众成员	
6		重庆康泽服务站等	西	约 21m	0	1F 为汽车维修店，公众成员	
		重庆南洋机械制造有限公司	西	约 21m	+4	2-5F 为机械制造公司，公众成员	
7		品厚酒店	西南	约 35m	0	4F 酒店，公众成员	
8		医院 3-10F 用房-	楼上	楼上	+3.3 及以上	体检中心检查用房，一般为上午体检。4-7F 为住院区，8F 为康复中心，9F 办公区，10F 食堂	

备注：“+”表示高于本项目，控制区指附图 5 划定的范围。

## 续表 7 保护目标与评价标准

### (3) 衰变池周围环境

医院衰变池及污水处理站紧邻布置，均为地埋式，位于医院大楼西南侧，衰变池及污水处理站臭气一并引至医院综合大楼楼顶排放。衰变池北侧约 2m 为医院综合大楼，南侧外隔绿化约 5m 为金桥路，衰变池周围环境保护目标见表 7-3 所示。

表 7-3 衰变池周围环境保护目标一览表

序号	环境保护目标	方位	水平距离	高差	环境特征	影响因素
1	医院综合大楼	东北	约 2m	衰变池顶部与大楼 1F 底部齐平	10F，医院大楼	电离辐射
2	品厚酒店	西	约 38m	衰变池顶部与酒店 11F 底部齐平	4F 酒店，公众成员	电离辐射

### (4) 核医学科废气排放口周围环境概况

核医学科影像诊断区放射性废气主管及核医学科病房区放射性废气主管均经医院综合大楼西侧墙体引至大楼楼顶排放，穿西侧外墙处采用 8mm 铅皮包裹，废气排放口高于项目所在楼楼顶约 5m，朝向东侧创业大道，放射性废气排放口周围环境保护目标见表 7-4。

表 7-4 核医学科放射性废气排放口周围环境保护目标一览表

序号	环境保护目标	方位	水平距离	高差	环境特征	影响因素
1	医院综合大楼	东北	约 2m	低于排气筒约 0.5m	10F，医院大楼	废气
2	品厚酒店	西南	约 38m	低于排气筒约 16m	4F 酒店	
3	重庆康泽服务站等	西	约 21m	低于排气筒约 13m	1F 为康泽服务站。2-5F 为机械制造有限公司	
4	重庆愉悦皇玛汽车维修店	北	约 29m	低于排气筒约 22m	2F 汽车维修店	

## 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

#### 4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

## 续表 7 保护目标与评价标准

第 B1.1.1.1 款 应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。

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 作为职业照射剂量限值。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

### 6.2.3 表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限值要求。

工作场所的表面污染控制水平如表 B11（本环评表 7-5）所列。

**表 7-5 工作场所的放射性表面污染控制水平表 单位：Bq/cm<sup>2</sup>**

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区/监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-1</sup>

1) 该区内的高污染子区除外

附录 B2.2 工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11（本环评表 7-3）中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。

### 6.4.3 非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

第 C1 款 应按表 C1（本环评表 7-6）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 7-6 非密封源工作场所的分级**

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 <sup>9</sup>
乙	2×10 <sup>7</sup> ~4×10 <sup>9</sup>

续表 7 保护目标与评价标准

丙	豁免活度值以上~ $2 \times 10^7$			
<p>第 C2 款 放射性核素的日等效操作量的计算</p> <p>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) 与该核素毒行组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 C2 (本环评表 7-7) 和表 C3 (本环评表 7-8)。放射性核素的毒性分组见附录 D (标准的附录)。</p>				
<b>表 7-7 放射性核素毒性组别修正因子</b>				
毒性组别	毒性组别修正因子			
极毒	10			
高毒	1			
中毒	0.1			
低毒	0.01			
<p>拟建项目涉及的放射性核素 <math>^{131}\text{I}</math>、<math>^{125}\text{I}</math> 属于中毒组，毒性组别修正因子取 0.1，<math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math>、<math>^{18}\text{F}</math> 属于低毒组，毒性组别修正因子取 0.01。</p>				
<b>表 7-8 操作方式与放射源状态修正因子</b>				
操作方式	放射源状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体，溶 液，悬浮液	表面有污 染的固体	气体，蒸汽，粉末， 力很高的液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001
<p>结合环办辐射函[2016]430 号，医院外购含 <math>^{18}\text{F}</math>、<math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math> 的放射性药物、<math>^{125}\text{I}</math> 粒籽源，其相关活动视为“很简单的操作”，故 <math>^{125}\text{I}</math> 粒籽源操作方式与放射源状态修正因子取 100，<math>^{18}\text{F}</math>、<math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math> 的放射性药物操作方式与放射源状态修正因子取 10；医院拟使用自动分装仪分装含 <math>^{131}\text{I}</math> 的放射性药物，其相关活动视为“简单操作”，故操作方式与放射源状态修正因子取 1。</p>				
<p>8.6 放射性物质向环境排放的控制</p> <p>8.6.1 d) 排放所致的公众照射符合本标准附录 B (标准的附录) 所规定的剂量限制要求；</p>				



## 续表 7 保护目标与评价标准

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

(a) 每月排放的总活度不超过  $10ALI_{min}$  ( $ALI_{min}$  是相应于职业照射的食入和吸入  $ALI$  值中的较小者)；

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

### (2) 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)

2020-10-26 发布，2021-05-01 实施。

#### 5.2 放射防护措施要求

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

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为 I、II、III 三类。不同类别的核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 1 (本环评表 7-9)，核医学工作场所分类的加权活度计算方法见附录 G。

**表 7-9 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**

操作方式	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 <sup>a</sup>	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup>

<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开关控制。

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所

## 续表 7 保护目标与评价标准

的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

### 5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5 cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附录 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 2（本环评表 7-5）。

### 6 操作中的放射防护要求

#### 6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备

##### 6.1.1 个人防护用品及去污用品

开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录 K），其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。当使用的  $^{99\text{Tc}^{\text{m}}}$  活度大于  $800\text{MBq}$  时，防护用品的铅当量应不小于  $0.5\text{mmPb}$ ，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作  $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{18}\text{F}$  等正电子放射性药物和  $^{131}\text{I}$  的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。

### 7 患者或受检者放射防护要

#### 7.2 患者出院的管理要求

7.2.1 接受  $^{131}\text{I}$  治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至  $400\text{MBq}$  或距离患者体

## 续表 7 保护目标与评价标准

表 1m 处的周围剂量当量率不大于  $25\mu\text{Sv/h}$  方可出院，以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。对接受其他放射性药物治疗的患者仅当患者体内放射性活度低于附录 L 中 L.2 要求时才能出院。患者体内活度检测控制应按附录 L 中 L.3 推荐的方法进行。

7.2.2 对甲亢和甲状腺癌患者，出院时应按附录 L 中 L.4 给出接触同事和亲属及到公众场所的合理限制和有关防护措施（限制接触时间及距离等）的书面建议。

### 7.3 陪护者、探视者和家属的防护管理要求

7.3.1 开展核医学工作的医疗机构应向陪护者、探视者和家庭成员提供有关的辐射防护措施（例如限定接触或接近患者或受检者的时间等）及其相应的书面指导（见附录 L），用附录 L 中 L.1 给出的剂量控制参考值对其所受剂量加以约束，使其在患者或受检者诊断或治疗期间所受的剂量不应超过  $5\text{mSv}$ 。儿童应尽量避免探视已施用放射性药物的患者或受检者，无法避免时所受剂量不应超过  $1\text{mSv}$ 。

7.3.2 对接受放射性药物治疗的患者，应对其家庭成员提供辐射防护的书面指导。对接受放射性药物治疗的住院患者，仅当其家庭成员中的成人所受剂量不能超过  $5\text{mSv}$ 、其家庭成员中的儿童以及其他公众所受剂量不能超过  $1\text{mSv}$ ，才能允许患者出院。探视者和家庭成员所受剂量的估算方法以及与剂量约束相对应的放射性药物施用量可见附录 L 中的方法。

### 8 医用放射性废物的放射防护管理要求

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

8.9 储存场所应具有通风设施，出入口设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

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

### 10 $^{131}\text{I}$ 治疗患者住院期间的放射防护要求

10.1.1  $^{131}\text{I}$  治疗病房区应为相对独立的场所，病房区入口处应设缓冲区。患者住院后，只能在治疗区活动。

10.1.2  $^{131}\text{I}$  治疗病房区应有独立的通风系统，通风管道应有过滤装置，并定期更换，更换的过滤装置按放射性固体废物处理。

10.1.7 施用了  $^{131}\text{I}$  治疗药物的患者如需住院应使用专用病房。专用病房宜为单人间，

## 续表 7 保护目标与评价标准

如不能实现，每间病房最多不应超过 2 人，并且 2 人之间应设置适当的防护屏蔽。

### 11.3 工作人员的放射防护要求

11.3.1 操作人员应在铅当量不低于 0.5mmPb 的屏风后分装粒籽源，屏风上应有铅玻璃观察窗，铅玻璃铅当量不低于 0.5mmPb。

11.3.2 工作人员防护用品配备见附录 K，操作前要穿戴好防护用品。防护衣厚度不应小于 0.25mmPb 铅当量。对性腺敏感器官，可考虑穿含 0.5mmPb 铅当量防护的三角裤或三角巾。

### 11.5 住院患者管理要求

11.5.2 植入粒籽源患者宜使用临时专用病房并将其划为临时控制区。如无专用病房，病人床边 1.5m 处应划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不应入内，患者也不应随便离开。医护人员查房，家属成员如需长时间陪护应与患者保持 1m 以上的距离。

**(3) 《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）**

#### 一、关于放射性药品生产、使用场所的管理

（一）满足以下特点的放射性药品生产、使用场所、应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：

- 1.有相对独立、明确的监督区和控制区划分；
- 2.工艺流程连续完整；
- 3.有相对独立的辐射防护措施。

（二）常见的放射性药品生产、使用场所日等效操作量核算中操作因子的选取：

- 1.利用钼锝发生器淋洗  $^{99m}\text{Tc}$  放射性药物时， $^{99}\text{Mo}$  的操作视为“贮存”；
- 2.放射性药品生产中，分装、标记等活动视为“简单操作”；
- 3.医疗机构使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒籽源相关活动视为“很简单的操作”，使用  $^{131}\text{I}$  核素相关活动视为“简单操作”。

#### **(4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）**

放射治疗和核医学中的 X 射线成像设备参照本标准执行。

本项目核医学科使用 PET-CT、SPECT-CT 参照此标准。

## 续表 7 保护目标与评价标准

第 6.1.5 款 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（本报告表 7-10）的规定。

**表 7-10 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度**

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

第 6.2.1 款 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不小于表 3（本报告表 7-11）要求：

**表 7-11 不同类型射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求**

机房类型	有用线束方向铅当量（mm）	非有用线束方向铅当量（mm）
CT 机（不含头颅移动 CT）	2.5	

第 6.3.1 款 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h；

第 6.5.3 款 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

第 6.5.4 款 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

SPECT-CT、PET-CT 也属于 CT 机范畴，按相应 CT 要求执行。

### **（5）《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）**

第七条 豁免或者解控的剂量准则：在合理预见的一切情况下，被豁免的实践或源（或者被解控的物质）使任何个人一年内所受到的有效剂量在 10μSv 量级或更小，而且即使在发生低概率的意外不利情况下，所受到的年有效剂量不超过 1mSv。

## 续表 7 保护目标与评价标准

第十条 极短寿命放射性废物：废物中所含主要放射性核素的半衰期很短，长寿命放射性核素的活度浓度在解控水平以下，极短寿命放射性核素半衰期一般小于 100 天，通过最多几年时间的贮存衰变，放射性核素活度浓度即可达到解控水平，实施解控。常见的极短寿命放射性废物如医疗使用碘-131 及其他极短寿命放射性核素时产生的废物。

### (6) 《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)

4.4 如果经审管部门确认或批准，凡放射性核素活度浓度小于或等于附录 B 所示清洁解控水平推荐值的放射性废物，按免管废物处理。

#### B.1 清洁解控水平推荐值 (本环评表 7-12)

表 7-12 核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

解控水平 (Bq/g)	核素
$1 \times 10^6$	$^3\text{H}$
$1 \times 10^5$	$^{35}\text{S}$
$1 \times 10^4$	$^{14}\text{C}$
$1 \times 10^3$	$^{32}\text{P}$ 、 $^{151}\text{Cr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{99}\text{Y}$ 、 $^{113}\text{Sn}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{133}\text{Xe}$
$1 \times 10^2$	$^{15}\text{O}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{113}\text{In}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{198}\text{Au}$ 、 $^{203}\text{Hg}$ 、 $^{201}\text{Tl}$
$1 \times 10^1$	$^{18}\text{F}$ 、 $^{59}\text{Fe}$

注：本表数值取自 GB18871-2002 附录 A，并与 GB167-2005 附录 B 的取值一致。

5.1.1 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于  $2 \times 10^7 \text{Bq}$  的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。

5.1.2 产生放射性废液而可不设置放射性污水池的单位，应将含短半衰期核素的废液注入专用容器中通常存放 10 个半衰期后，经审管部门审核准许，可作普通废液处理。对含长半衰期核素的废液，应专门收集存放。

5.1.3 下列低放废液可以直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道：每月排放总活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应作记录并存档。

### (7) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)

第 12.2.3.1 款 医院、学校、研究所和其他放射性同位素应用单位产生的少量放射性废物 (包括废放射源)，经审管部门批准可以临时贮存在许可的场所和专用容器中。贮存

## 续表 7 保护目标与评价标准

时间和总活度不得超过审管部门批准的限值。

第 12.2.3.2 款 应采用安全可靠的贮存容器，建立必要的管理办法，并配备管理人员，防止废物丢失或污染周围环境。

### (8) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)

4.1.2 县级及县级以上或 20 张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表 2 的规定。

5.4.1 低放射性废水应经衰变池处理。

6.1.2 总  $\alpha$ 、总  $\beta$  在衰变池出口采样监测。

标准表 2 中总  $\beta$  排放限值 (日均值): 10Bq/L。

### (9) 《工作场所有害因职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019)

室内: 臭氧浓度的接触限值: 0.3mg/m<sup>3</sup>。

### (10) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)

二级标准: 臭氧 1 小时平均限值为 200 $\mu$ g/m<sup>3</sup> (0.2mg/m<sup>3</sup>)。

### (11) 医疗废物

医疗废物属于危险废物，按国家危险废物名录分为医疗废物 HW01，主要包括感染性废物 (841-001-01)、损伤性废物 (841-002-01)，按《医疗废物管理条例》和《重庆市人民政府关于进一步加强医疗废物管理的通告》(渝府发[2007]71 号) 要求进行收集处置；其贮存按《医疗废物集中处置技术规范 (试行)》(环发[2003]206 号)、《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 执行。

### (12) 评价标准及相关参数值

#### ①年有效剂量

根据医院提供的资料，选取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值的四分之一 (即 5mSv/a) 作为放射工作人员的年有效剂量管理目标值；取其公众照射平均剂量估计值的四分之一 (即 0.25mSv/a) 作为公众成员的年有效剂量管理目标值。根据 GB18871-2002 的 11.4.3.2 规定：剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%-30% (即 0.1mSv/a-0.3mSv/a)。本项目的公众照射剂量管理取公众照射的 25%，在上述取值范围内，满足 GB18871-2002 要求。

#### ②放射性废水活度排放限值

## 续表 7 保护目标与评价标准

根据 GB18871-2002 中 8.6.2 款，给出了放射性废水每月排放的总活度不超过 10ALI<sub>min</sub>，每一次排放的活度不超过 1ALI<sub>min</sub>，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。本项目涉及核 ALI<sub>min</sub> 值及 10ALI<sub>min</sub> 如下。

年摄入量限值 (ALI)：参考人在一年时间内经吸入、食入或通过皮肤所摄入的某种给定放射性核素的量，其所产生的待积剂量等于相应的剂量限值。ALI 用活度的单位表示。根据 GB18871-2002 计算：放射性核素 j 的年摄入量限值 ( $I_{iL}$ ) 计算公式：

$$I_{iL} = \frac{D_L}{e_j} \quad (\text{公式 7-1})$$

式中： $D_L$ ：相应的有效剂量的年剂量限值，mSv。

$e_j$ ：核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值，Sv/Bq。

查 GB18871-2002 表 B3，ALI<sub>min</sub> 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，因此，本项目放射性废水活度排放限值见表 7-12。

表 7-12 放射性废水单月、单次排放活度限值

核素	吸入 $e$ (g) <sub>1<math>\mu</math>m</sub> (Sv/Bq)	$e$ (g) <sub>5<math>\mu</math>m</sub> (Sv/Bq)	食入 $e$ (g) (Sv/Bq)	单次排放限值 (ALI <sub>min</sub> )，Bq	单月排放限值 (10 ALI <sub>min</sub> )， Bq
<sup>18</sup> F	$3.0 \times 10^{-11}$	$5.4 \times 10^{-11}$	$4.9 \times 10^{-11}$	$3.70 \times 10^8$	$3.70 \times 10^9$
<sup>99m</sup> Tc	$1.2 \times 10^{-11}$	$2.0 \times 10^{-11}$	$2.2 \times 10^{-11}$	$9.09 \times 10^8$	$9.09 \times 10^9$
<sup>131</sup> I	$7.6 \times 10^{-9}$	$1.1 \times 10^{-8}$	$2.2 \times 10^{-8}$	$9.09 \times 10^5$	$9.09 \times 10^6$

综上，本评价根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 等标准以及医院确定的个人剂量管理目标，确定本项目的评价标准见表 7-13。



续表 7 保护目标与评价标准

表 7-13 项目剂量限值及污染物排放指标表

年剂量限值要求			执行依据
分类	年有效剂量管理目标值	年剂量限值	
放射工作人员	5mSv/a	20mSv/a	GB18871-2002 及医院管理要求
公众成员	0.25mSv/a	1mSv/a	
剂量控制及表面污染			执行依据
SPECT-CT 机房、 PET-CT 机房屏蔽体外 30cm 处	周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h		GBZ130-2020
核医学控制区外人员 可达处，距屏蔽体外 表面 0.3m 处	周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h		GBZ120-2020
控制区内屏蔽体外表 面 0.3m 处的	周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu$ Sv/h		
核医学工作场所的分 装柜外表面 5cm 处	周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu$ Sv/h		
表面污染	(1) 工作台、设备、墙壁、地面 控制区： $\beta \leq 4 \times 10 \text{Bq/cm}^2$ 监督区： $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ (2) 工作服、手套、工作鞋 控制区 / 监督区： $\beta \leq 0.4 \text{Bq/cm}^2$ (3) 手、皮肤、内衣、工作袜 $\beta \leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$		GB18871-2002
机房面积要求及通风要求			执行依据
PET-CT、SPECT-CT 机房	机房内有效使用面积 $\geq 30\text{m}^2$ ，机房内最小单边长度 $\geq 4.5\text{m}$		参照 GBZ130-2020
放射性废物排放			执行依据
放射性固体废物	每袋废物（重量 $\leq 20\text{kg}$ ）的表面辐射剂量率 $\leq 0.1\text{mSv/h}$		GBZ120-2020
	废物包装盒外表面： $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$		
	放射性废物清洁解控水平推荐值：100Bq/g ( $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )、10Bq/g ( $^{18}\text{F}$ )		
放射性废水	衰变池排放口：总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$		GB18466-2005
	每月排放的总活度不超过 10ALImin；每一次排放的活度不超过 1ALImin		GB18871-2002

续表 7 保护目标与评价标准

核医学通风要求		执行依据
通风	合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。	GBZ120-2020
排气口	排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	
医疗废物、医疗废水		执行依据
非放射性废水	经医院废水处理站处理后方可排放	GB18466-2005
医疗废物	交具有相应资质的单位处置	渝府发[2007]71 号

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2020 年 8 月 10 日对本项目拟建址的环境地表  $\gamma$  辐射剂量率进行了监测，监测报告编号为：[2020]1187 号。

(1) 监测点位：本项目监测 14 个点位，监测布点示意图见图 8-1、8-2。

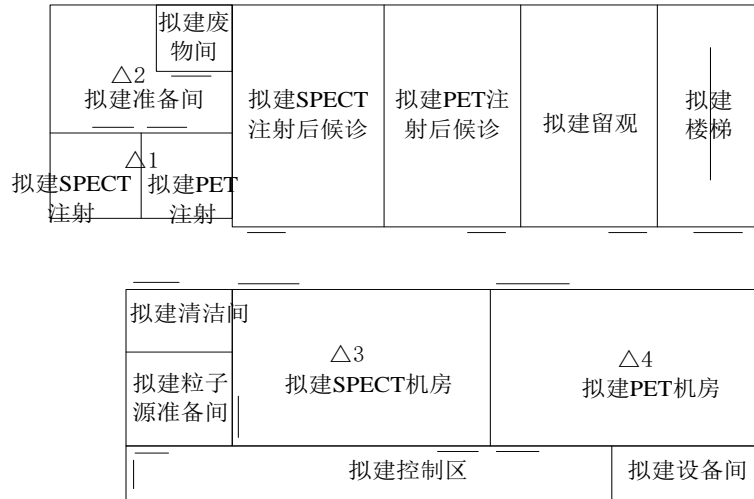


图8-1 1F监测点位布置图

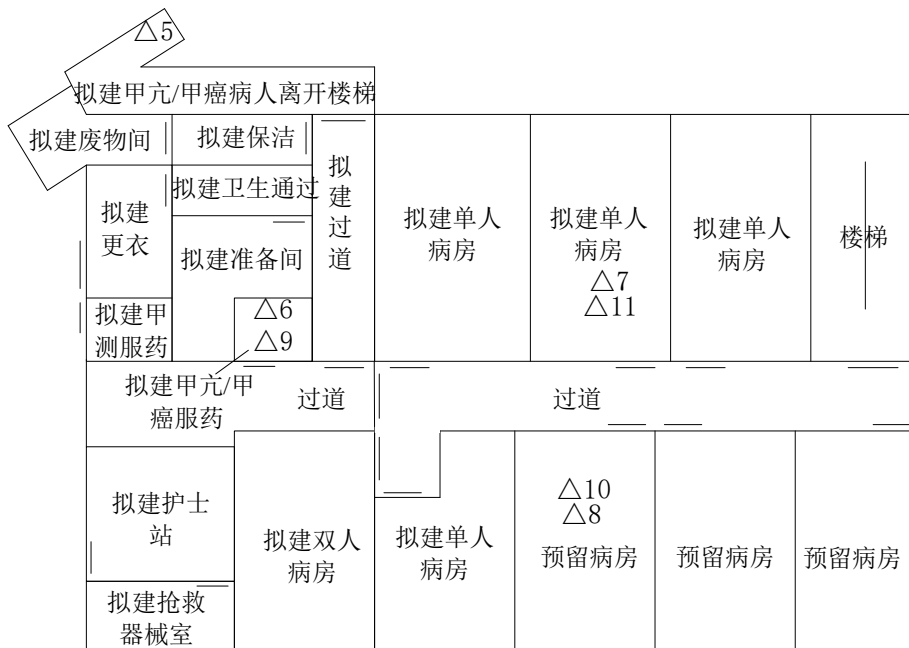


图8-2 2F监测点位布置图

续表 8 环境质量和辐射现状

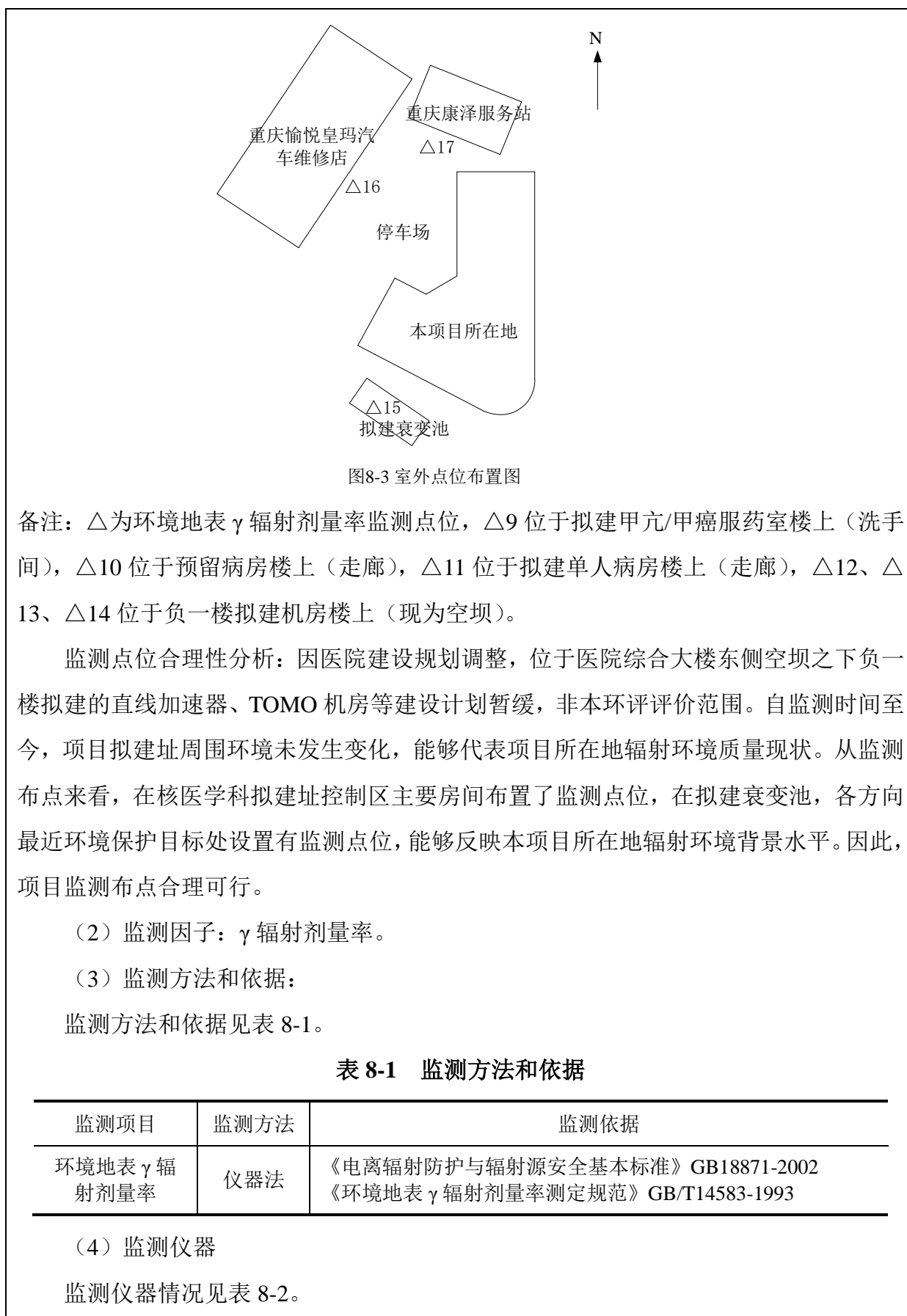


图8-3 室外点位布置图

备注：△为环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率监测点位，△9 位于拟建甲亢/甲癌服药室楼上（洗手间），△10 位于预留病房楼上（走廊），△11 位于拟建单人病房楼上（走廊），△12、△13、△14 位于负一楼拟建机房楼上（现为空坝）。

监测点位合理性分析：因医院建设规划调整，位于医院综合大楼东侧空坝之下负一楼拟建的直线加速器、TOMO 机房等建设计划暂缓，非本环评评价范围。自监测时间至今，项目拟建址周围环境未发生变化，能够代表项目所在地辐射环境质量现状。从监测布点来看，在核医学科拟建址控制区主要房间布置了监测点位，在拟建衰变池，各方向最近环境保护目标处设置有监测点位，能够反映本项目所在地辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理可行。

(2) 监测因子： $\gamma$  辐射剂量率。

(3) 监测方法和依据：

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率	仪器法	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》GB/T14583-1993

(4) 监测仪器

监测仪器情况见表 8-2。

续表 8 环境质量和辐射现状

表 8-2 监测仪器情况

监测仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率 JB4010	09031	2020030403481	2021.3.19	1.03

(5) 质量保证措施

监测人员持证上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的的数据量，以保证监测结果的统计学精度；监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

(6) 监测结果统计

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 拟建项目监测结果统计

监测点位	监测点位描述	环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)
△1	拟建 SPECT 注射室	88
△2	拟建准备间	84
△3	拟建 SPECT 机房	91
△4	拟建 PET 机房	76
△5	拟建甲亢/甲癌病人离开楼梯出口处	74
△6	拟建甲亢/甲癌服药	76
△7	拟建单人病房	87
△8	预留病房	87
△9	拟建甲亢/甲癌服药楼上（洗手间）	75
△10	预留病房楼上（走廊）	82
△11	拟建单人病房楼上（走廊）	74
△15	拟建衰变池处	66
△16	重庆愉悦皇玛汽车维修店门口	63
△17	重庆康泽服务站门口	59

根据监测统计结果可知，拟建项目所在位置  $\gamma$  剂量率的监测值在 59nGy/h~91nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），根据《2019 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部），重庆市多个点位的 2019 年环境地表  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测值范围在 64.8~188.8nGy/h 之间。两者相比，项目所在地的环境地表  $\gamma$  辐射剂量率无明显差异。

表9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期

施工期主要为项目用房内部部分墙体拆除及新建（除保留建筑外墙外，1/2层北侧内部墙体拆除后新建）、墙体防护、通风系统等土建施工和室内装修等，污水处理站、衰变池开挖新建。施工期需要使用到的主要施工机械设备包括人工锤和气锤、电锯、切割机、冲击钻等，衰变池使用小型机械开挖。

本项目施工内容是核特色项目的一部分，施工期的环境影响已在《重庆中核华友医院核特色医疗项目环境影响报告表》中进行评价，本评价不再单独评价。

### 9.3 运行期污染工序及污染物产生情况

临床核医学是利用核素及其标记物诊断和治疗疾病的临床医学。诊断核医学是以放射性核素显像及脏器功能测定为主的体内诊断法和以体外放射性分析为主的体外诊断法组成。本项目采用的诊断核医学是以放射性核素显像及脏器功能测定为主的体内诊断法。治疗核医学是通过高度靶向性聚集在病变部位的放射性核素或其标记物所发射出的射程很短的核射线对病变进行内照射治疗。

医院新建核医学科拟外购使用含 $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 的放射性药物及 $^{125}\text{I}$ 粒籽4种放射性药物开展核医学诊疗工作。

#### 9.3.1 核医学科病房区（2F 北侧）应用 $^{131}\text{I}$ 开展甲状腺疾病诊疗工作原理、工艺流程

##### （1）工作原理

①甲吸测定：全称为甲状腺摄碘率测定。碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子克服电化学梯度从血循环中浓聚 $^{131}\text{I}$ ，因此病人口服的 $^{131}\text{I}$ 药剂大都聚集在甲状腺内。在体外用甲状腺功能测定仪的探测器在颈部测量甲状腺对 $^{131}\text{I}$ 的摄取速度和摄取量即吸碘率。利用不同时间段患者摄碘率的变化曲线来判断患者甲状腺功能是否正常，为甲状腺疾病的诊断和放射性碘治疗提供可靠的数据。

②甲亢治疗：全称为甲状腺功能亢进症治疗。甲状腺细胞对碘化物具有特殊的亲和力，服用药物后 $^{131}\text{I}$ 能够被甲状腺高度选择性吸收，甲亢病人的甲状腺中功能亢进的病变组织比一般的甲状腺组织的摄碘率更高。医院拟使用的碘 $^{131}\text{I}$ 化钠口服液（简称 $^{131}\text{I}$ ），用于甲状腺机能亢进（甲亢）的治疗。 $^{131}\text{I}$ 属中毒组核素，在甲状腺内有效半衰期约为3.5~4.5d，有较长的停留时间； $^{131}\text{I}$ 衰变时发射的 $\beta$ 射线射程平均约1mm，几乎全部为甲状腺组织吸收；使用适当剂量的 $^{131}\text{I}$ ，其辐射生物效应使功能亢进的甲状腺

## 续表 9 项目工程分析与源项

细胞受破坏，甲状腺缩小、甲状腺激素的合成减少而达到治疗的目的。

③甲癌治疗：即甲状腺癌治疗。 $^{131}\text{I}$ 是一种带有放射性的碘，摄入体内主要聚集在有甲状腺和其他摄取碘的组织里。由于分化型甲状腺癌细胞分化较好，因此具备部分摄取碘的能力，但通常比甲状腺组织弱很多，当正常甲状腺组织被去除后，分化好的甲状腺癌组织能够摄取一定量的 $^{131}\text{I}$ ，利用 $^{131}\text{I}$ 衰变发出的 $\beta$ 射线破坏肿瘤细胞，达到治疗目的。

### (2) 工艺流程

医院根据病人预约情况提前向生产厂家订购，生产厂家用专车将放射性药物使用铅罐运抵医院，经过总活度测量后，生产厂家专业技术人员通过泵吸（自动分装仪自带）将铅罐中含 $^{131}\text{I}$ 放射性药物的药液注入自动分装仪中。然后医院核医学科医生在准备间内通过远程电脑控制将生理盐水注入自动分装仪中对购买的 $^{131}\text{I}$ 液态放射性药物进行稀释。核医学科医生可以在本机界面或远程计算机（本项目采用远程计算机）设定样品的分配活度、体积和计划使用时间，系统会自动完成将放射性原料（母液）进行稀释处理、定量分配、在线活度测量和样品体积配比的全部工作，测试合格的溶液可用于患者服用。

由于甲吸测定病人服药量很少，低于自动分装仪最低分装量，直接购买成品含 $^{131}\text{I}$ 的胶囊供病人口服。甲亢、甲癌患者可以实现自动分装给药，自动分装仪实物见图9-1。

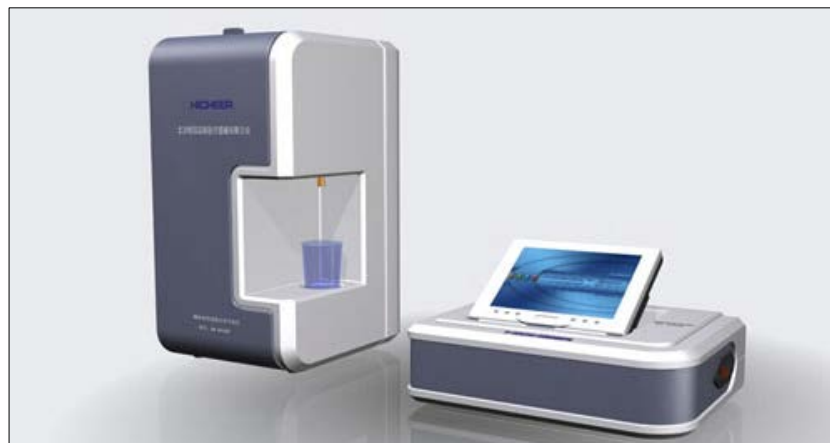


图9-1  $^{131}\text{I}$ 自动分装仪实物图

### ①甲吸测定

甲状腺吸碘功能测定主要用于准备 $^{131}\text{I}$ 甲亢治疗的病人计算口服 $^{131}\text{I}$ 量以及亚急性甲状腺炎病人的诊断。甲吸病人在专用甲吸服药室窗口口服胶囊，在服用含 $^{131}\text{I}$ 胶囊后3h、

续表 9 项目工程分析与源项

6h、24h用甲功测定仪分别测定甲状腺部位的放射性计数（单人单次约1min），测量前先测定室内自然本底的计数及标准源计数。三次测量之间间隔时间较长，病人离开核医学诊断区。根据测量结果计算出的甲状腺吸碘率值可判定受检者甲状腺功能，检查后即可离开。

### ②甲亢治疗

医生首先根据甲状腺吸碘率或吸碘量，确定服药量之后，通过电脑控制自动分装仪内放出适量药物，药物用一次性纸杯盛装，通过对讲设施指导病人在服药室取药窗口服用，每人每次在自动分装仪旁口服药物时间约 1min。一般情况下，甲亢患者服药量 5~10mCi（ $1.85 \times 10^8 \sim 3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ ），患者服药后自行由专用通道离开核医学科。

因此，本项目甲亢治疗患者最大服药量为10mCi（370MBq），低于《临床核医学患者防护要求》（WS533-2017）中 $^{131}\text{I}$ 离院限值400MBq的要求，病人可以直接离院。

### ③甲癌治疗

核医学科病房区设置有 4 间单人病房，并为远期发展预留 4 间双人病人，本环评按照本期规模进行评价，即当日 4 间病房全部住满。甲癌病人在核医学科病房区住院，住院时间一般为 7 天，住院期间病人不可离开核医学科病房区。在每日餐点，由护士打开病房区门禁，病人听指挥在护士台取餐，此时护士站外通道无其他甲亢病人。

具体治疗流程如下：

第 1 天：入院检查，在服药室窗口服药 5mCi 观察 48h 后进行 SPECT-CT 碘显像。

第 2 天：病房内休息，通过视频、语音查房。

第 3 天：根据病人体重等情况安排在服药室窗口服药，一般为 100~150 mCi（ $3.7 \times 10^9 \sim 5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ ），最大可达 200mCi（ $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。每人每次在自动分装仪旁口服药物时间约 2min。

第 4 天~第 6 天：通过视频、语音查房，病人在专用病房内休息。

第 7 天：出院前 SPECT-CT 扫描、体内碘扫描，患者满足出院（体内残留  $^{131}\text{I}$  携带量限值 400MBq）条件后离开。

应用含  $^{131}\text{I}$  放射性药物诊疗流程图见图 9-2。



续表 9 项目工程分析与源项

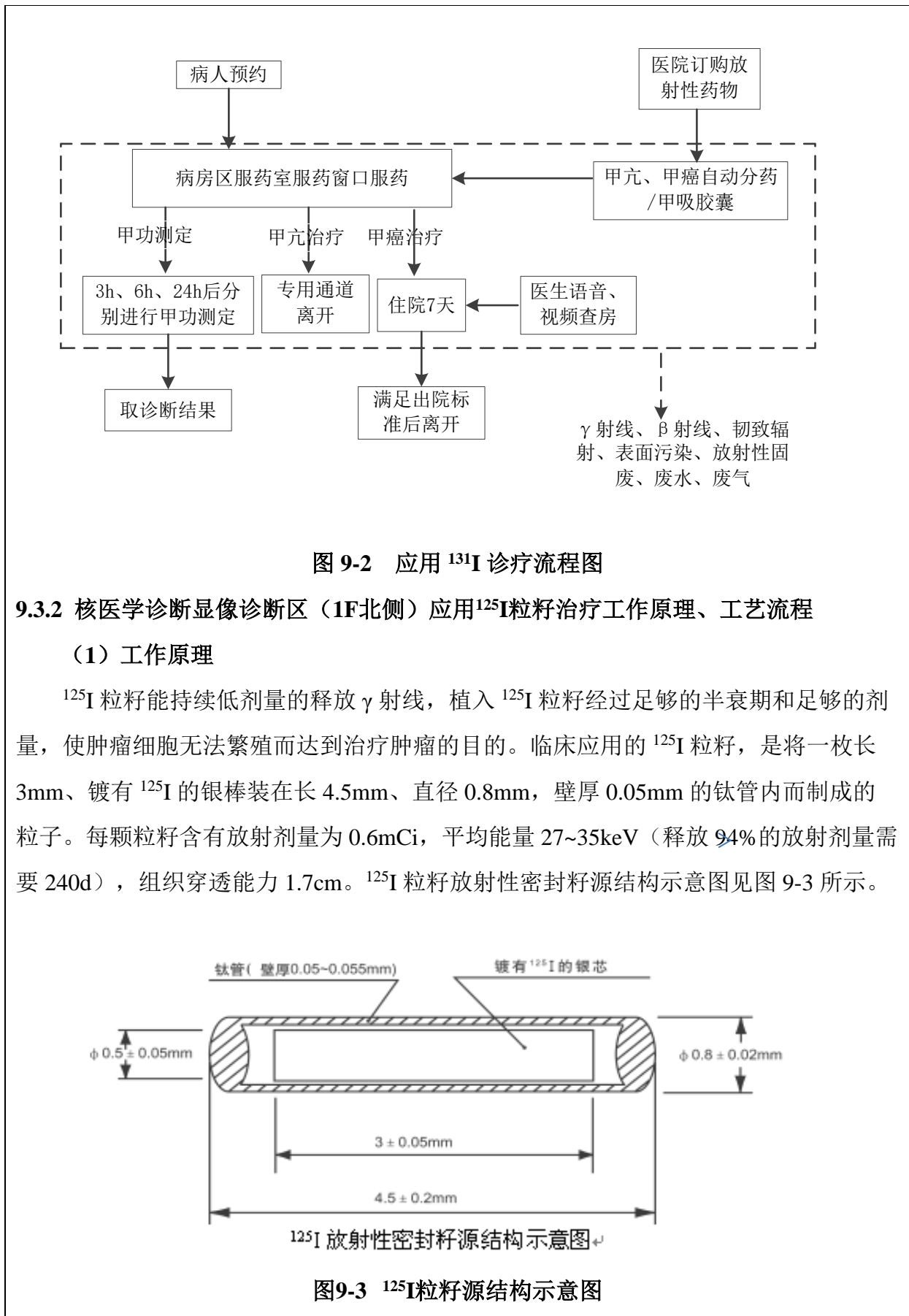


图 9-2 应用 <sup>131</sup>I 诊疗流程图

### 9.3.2 核医学诊断显像诊断区（1F北侧）应用<sup>125</sup>I籽粒治疗工作原理、工艺流程

#### (1) 工作原理

<sup>125</sup>I 籽粒能持续低剂量的释放  $\gamma$  射线，植入 <sup>125</sup>I 籽粒经过足够的半衰期和足够的剂量，使肿瘤细胞无法繁殖而达到治疗肿瘤的目的。临床应用的 <sup>125</sup>I 籽粒，是将一枚长 3mm、镀有 <sup>125</sup>I 的银棒装在长 4.5mm、直径 0.8mm，壁厚 0.05mm 的钛管内而制成的粒子。每颗粒籽含有放射剂量为 0.6mCi，平均能量 27~35keV（释放 94%的放射剂量需要 240d），组织穿透能力 1.7cm。<sup>125</sup>I 籽粒放射性密封籽源结构示意图见图 9-3 所示。

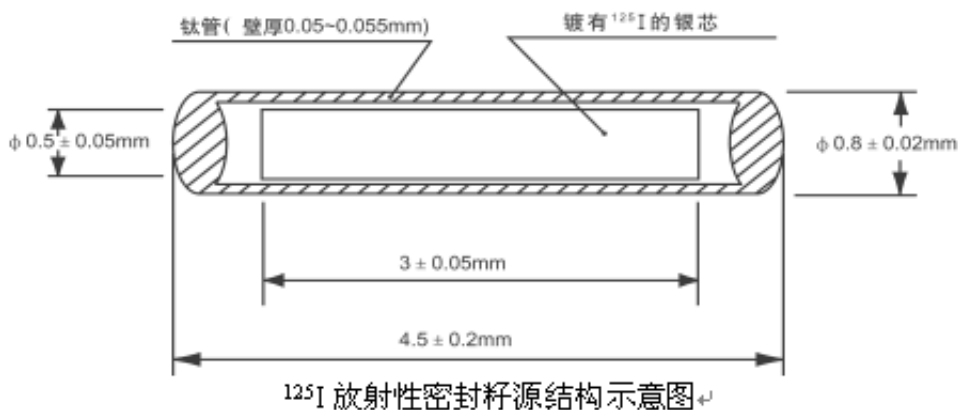


图9-3 <sup>125</sup>I籽粒源结构示意图

续表 9 项目工程分析与源项

(2) 工艺流程

本项目开展粒籽植入手术主要在核医学科 SPECT-CT 引导下进行，完成粒子植入的病人均在医院 5 层内科病房内留院观察 2~3 天，且为单人病房。核医学科 1 层显像区设置有一间粒籽植入准备间，医生通过 TPS 计划系统确定病人植入粒籽源剂量，在粒籽源准备间内装入植入枪后，在 SPECT-CT 引导下植入。SPECT-CT 为预约制，开展粒籽植入则该时段不同时预约核医学显像诊断。粒籽装入植入枪约每人 1min，植入枪具有 2mmPb 当量，手术植入过程约 10min/人次。

工艺流程见图 9-4。

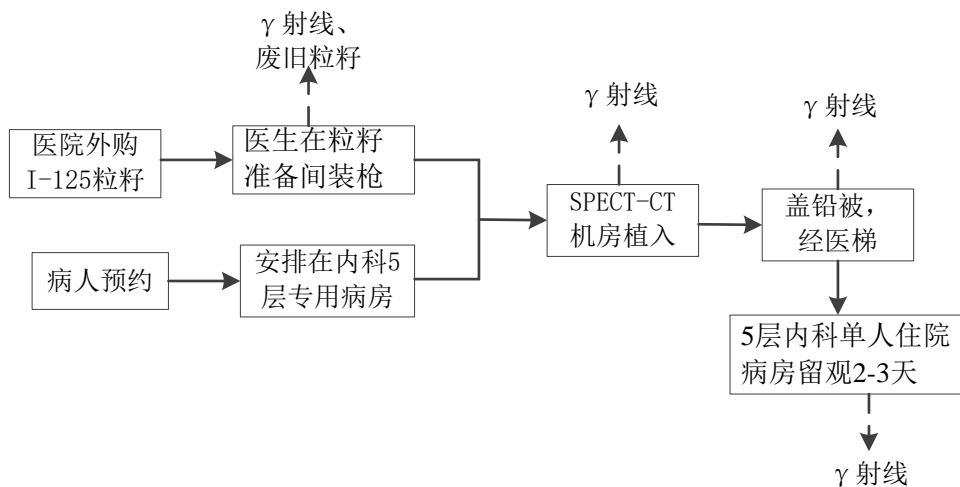


图9-4 <sup>125</sup>I粒籽治疗流程及产污环节示意图

9.3.3 核医学科显像诊断区应用单光子放射性药物开展SPECT-CT核医学显像诊断

(1) 工作原理

SPECT (Single Photon Emission Computerized Tomography, 单光子发射型计算机断层显像) 是利用 <sup>99m</sup>Tc、<sup>131</sup>I 等放射性核素的示踪作用，不同的显像剂在体内有其特殊的分布和代谢规律，能够选择性的聚集在特定脏器、组织或病变部位，使其与临近组织之间的放射性分布形成一定程度浓度差，而显像剂中的放射性核素可发射出具有一定穿透力的 γ 射线，利用 SPECT 探头对这些光子进行探测和记录，通过计算机处理从而获得脏器、组织或者病变部位的形态、位置、大小以及脏器功能图像数据。

(2) 基本结构

SPECT 系统一般由探测器、机架、控制台、计算机（包括接口）和外围设备五部分构成。SPECT-CT 同样是将 SPECT 和 CT 结合成一体化的设备，使用同一个检查床和同

## 续表 9 项目工程分析与源项

一个图像处理工作站，将 SPECT 图像和 CT 图像融合，可以同时放映病灶的病理生理变化和形态结构，明显提高诊断的准确性。

医院常用 SPECT-CT 见图 9-5。



图 9-5 SPECT-CT 照片（示例）

### （3）工作流程

医院拟使用含  $^{99m}\text{Tc}$  放射性药物均从厂家直接外购成品针剂，医院根据患者预约情况提前向厂家订购，由厂家送药人员负责将药物运输至核医学科 1F 准备间药物传递窗。核医学护师测定活度后（活度测定上午、下午各一次，一次 20min，可测定全天放射性药物活度），受检者在 SPECT 注射台凭预约单在核医学科注射室窗口注射药物，给病人注射含  $^{99m}\text{Tc}$  放射性药物的针剂约 0.5min/人次，受检者在 SPECT 注射室注射后进入 SPECT 注射后候诊室休息，等待扫描。显像部位不同，等候时间不同。对骨扫描显像需要喝水待药物在体内分布达到平衡后进入 SPECT-CT 机房扫描，等候时间较长，约 2.5h；对肾扫描显像注射后即可进入 SPECT-CT 机房扫描；对甲状腺及胰腺显像需等候 5~10min 后进入 SPECT-CT 机房扫描。

SPECT-CT 技术人员辅助受检者上机检查摆位时间平均约 1min；SPECT 平均扫描时间约 10min/次，CT 平均扫描时间约 2min/次。应用单光子放射性药物在 SPECT-CT 下显像诊断流程图见图 9-6。

续表 9 项目工程分析与源项

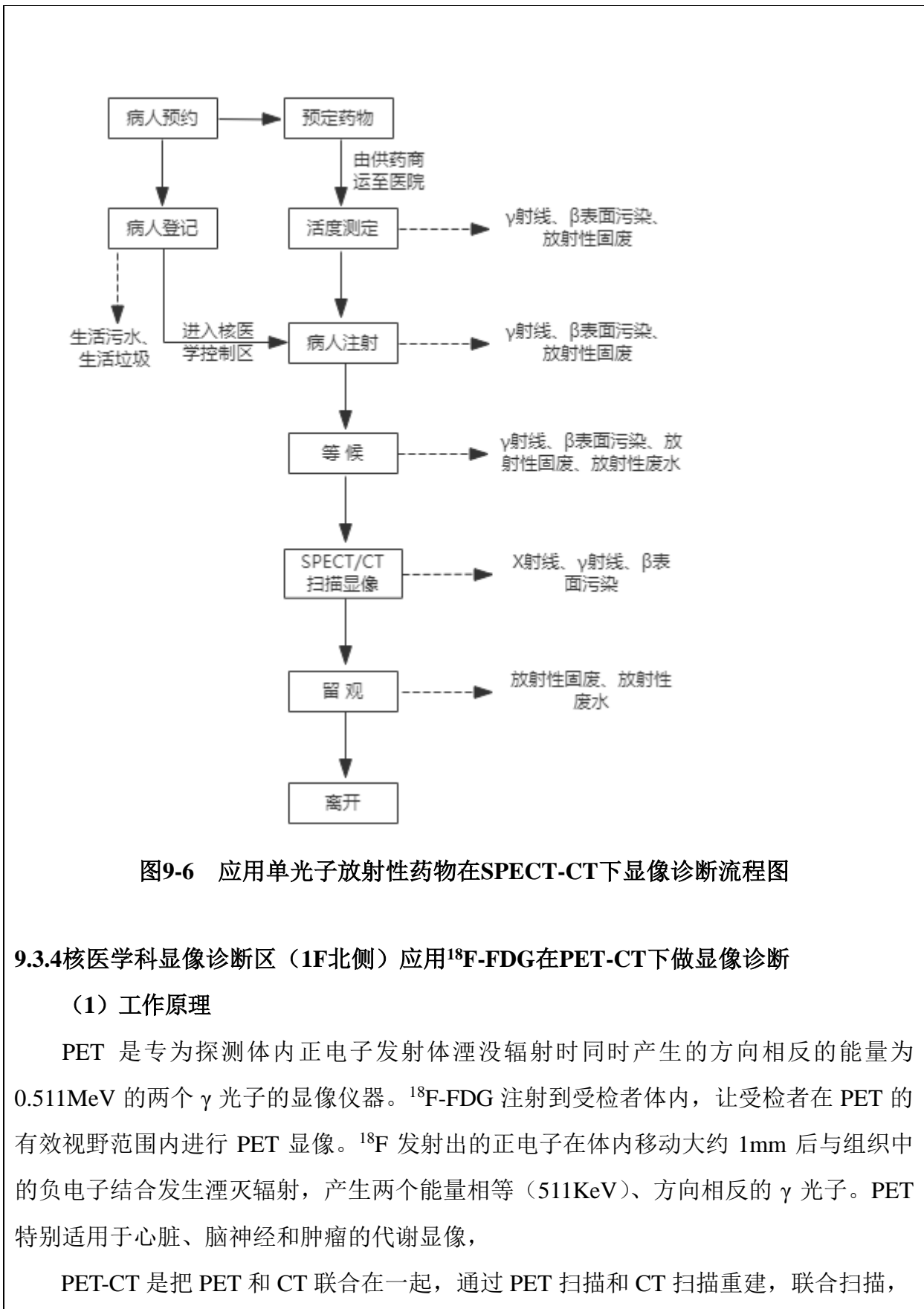


图9-6 应用单光子放射性药物在SPECT-CT下显像诊断流程图

### 9.3.4核医学科显像诊断区（1F北侧）应用<sup>18</sup>F-FDG在PET-CT下做显像诊断

#### (1) 工作原理

PET 是专为探测体内正电子发射体湮灭辐射时同时产生的方向相反的能量为 0.511MeV 的两个  $\gamma$  光子的显像仪器。<sup>18</sup>F-FDG 注射到受检者体内，让受检者在 PET 的有效视野范围内进行 PET 显像。<sup>18</sup>F 发射出的正电子在体内移动大约 1mm 后与组织中的负电子结合发生湮灭辐射，产生两个能量相等（511KeV）、方向相反的  $\gamma$  光子。PET 特别适用于心脏、脑神经和肿瘤的代谢显像，

PET-CT 是把 PET 和 CT 联合在一起，通过 PET 扫描和 CT 扫描重建，联合扫描，

## 续表 9 项目工程分析与源项

使两者的硬件和软件有机地融合在一起。CT 的球管发射 X 射线，穿透人体组织，探测器在对侧获得数据来重建结构图像；同时又提供给 PET 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 PET 图像的重建，因此所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢图像和所处的解剖位置图像，一次检查可快速了解全身的整体状况。PET-CT 照片见图 9-7。



图 9-7 PET-CT (示例)

### (2) 工作流程

医院  $^{18}\text{F-FDG}$  成品针剂根据病人预约情况向厂家订购，厂家送药人员经准备间西墙上传递窗将药物送给核医学科护师，护师只需进行活度检测后即可注射。按照受检者当天满负荷考虑，活度测定分 4 次进行，每次约 10min。

受检人员在 1F 核医学诊断区护士台登记后，凭预约单由受检人员专用入口（单向门）进入，在 PET 注射台注射  $^{18}\text{F-FDG}$ ，约 0.5min/人次。放射性药物注射量根据每人不同情况而定，一般为 5~8mCi，对于个别体重超重受检人员（80kg）以上受检人员单次注射量用量在 10~15mCi，平均每例受检者不超过 10mCi。

受检人员注射后在 PET 注射后候诊室等待约 45~60min，待药物在体内代谢达到平衡后，在该候诊室内病人专用厕所排泄，进入 PET-CT 室进行扫描，每次扫描约 20~30min，总计停留时间一般不超过 30min。应用  $^{18}\text{F-FDG}$  在 PET-CT 下开展显像诊断流程图见图 9-8。

续表 9 项目工程分析与源项

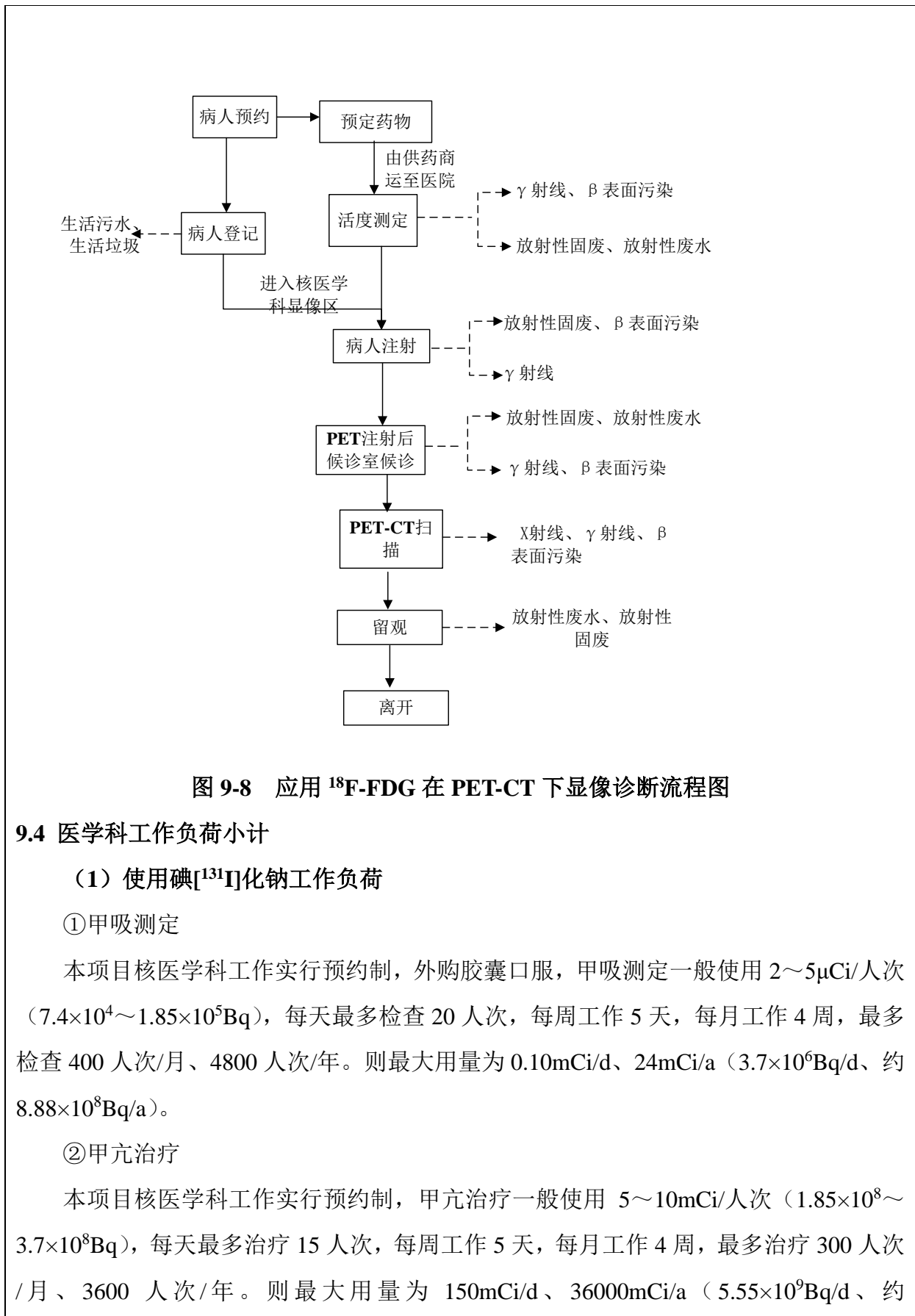


图 9-8 应用  $^{18}\text{F}$ -FDG 在 PET-CT 下显像诊断流程图

#### 9.4 医学科工作负荷小计

##### (1) 使用碘 $^{131}\text{I}$ 化钠工作负荷

###### ①甲吸测定

本项目核医学科工作实行预约制，外购胶囊口服，甲吸测定一般使用  $2\sim 5\mu\text{Ci}/\text{人次}$  ( $7.4\times 10^4\sim 1.85\times 10^5\text{Bq}$ )，每天最多检查 20 人次，每周工作 5 天，每月工作 4 周，最多检查 400 人次/月、4800 人次/年。则最大用量为  $0.10\text{mCi}/\text{d}$ 、 $24\text{mCi}/\text{a}$  ( $3.7\times 10^6\text{Bq}/\text{d}$ 、约  $8.88\times 10^8\text{Bq}/\text{a}$ )。

###### ②甲亢治疗

本项目核医学科工作实行预约制，甲亢治疗一般使用  $5\sim 10\text{mCi}/\text{人次}$  ( $1.85\times 10^8\sim 3.7\times 10^8\text{Bq}$ )，每天最多治疗 15 人次，每周工作 5 天，每月工作 4 周，最多治疗 300 人次/月、3600 人次/年。则最大用量为  $150\text{mCi}/\text{d}$ 、 $36000\text{mCi}/\text{a}$  ( $5.55\times 10^9\text{Bq}/\text{d}$ 、约

续表 9 项目工程分析与源项

$1.33 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ )。每人每次在自动分装仪旁口服药物时间约 1min。

③甲癌治疗

本项目核医学科工作实行预约制，本期仅对 4 间单人病房评价，远期使用大于 4 张床位时另行评价。医院甲癌病房区单日最多安排 4 名甲癌病人服药，甲癌病人一般使用  $100 \sim 200 \text{mCi/人次}$  ( $3.7 \times 10^9 \sim 7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ )，住院 5~7 天后经碘扫描且满足出院（体内残留  $^{131}\text{I}$  携带量限值  $400 \text{MBq}$ ）条件后离开。预计年最多治疗甲癌患者 192 人次，则最大操作量为  $800 \text{mCi/d}$  ( $2.96 \times 10^{10} \text{Bq}$ )，年最大用量为  $38.4 \text{Ci/a}$  (约  $1.42 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ )。

(2)  $^{125}\text{I}$  粒籽治疗工作

在 SPECT-CT 机房开展的  $^{125}\text{I}$  粒籽植入手术为预约制，预计年开展 100 天，一天最多可以治疗约 6 例，年最多治疗 600 人次。根据病人病情，每例病人使用的粒籽约为 10~20 粒，每粒平均活度约  $0.6 \text{mCi}$  ( $2.22 \times 10^7 \text{Bq}$ )。则最大用量为  $72 \text{mCi/d}$ 、 $720 \text{mCi/a}$  ( $2.66 \times 10^9 \text{Bq/d}$ 、约  $2.66 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ )。

(3) 使用含  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的放射性药物在 SPECT-CT 显像工作负荷

核医学科采用预约制开展含  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的放射性药物在 SPECT-CT 显像诊断工作，每例病人注射一般不超过  $20 \text{mCi}$  ( $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$ )，每天最多接待 30 人次，每周工作 5 天，每月工作 4 周，最多诊断 600 人次/月、7200 人次/年。则最大用量为  $1200 \text{mCi/d}$ 、 $144000 \text{mCi/a}$  ( $4.44 \times 10^{10} \text{Bq/d}$ 、约  $5.33 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ )。

(4) 使用  $^{18}\text{F-FDG}$  在 PET-CT 显像工作负荷

医院拟外购  $^{18}\text{F-FDG}$  成品针剂开展 PET 显像诊断工作，PET-CT 显像采用预约制，每例病人平均注射一般不超过  $10 \text{mCi}$  ( $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ )，每天最多接待 40 人次，每周工作 5 天，每月工作 4 周，最多诊断 800 人次/月、9600 人次/年。则最大用量为  $400 \text{mCi/d}$ 、 $96000 \text{mCi/a}$  ( $1.48 \times 10^{10} \text{Bq/d}$ 、约  $3.55 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ )。

(5) 核医学科核素使用量小计

本项目核医学科核素使用总体情况见表9-1。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-1 核医学科核素使用情况表

核素名称		单人次最大用量 (Bq)	日最大诊疗人次	最大日操作量 (Bq)	年就诊人次 (人)	年最大用量 (Bq)	用途
<sup>131</sup> I	甲吸	1.85×10 <sup>5</sup>	20	3.70×10 <sup>6</sup>	4800	8.88×10 <sup>8</sup>	甲吸测定
	甲亢	3.70×10 <sup>8</sup>	15	5.55×10 <sup>9</sup>	3600	1.33×10 <sup>12</sup>	甲亢治疗
	甲癌	7.40×10 <sup>9</sup>	4	2.96×10 <sup>10</sup>	192	1.42×10 <sup>12</sup>	甲癌治疗
<sup>125</sup> I 粒籽		2.22×10 <sup>7</sup>	6	2.66×10 <sup>9</sup>	600	2.66×10 <sup>10</sup>	肿瘤治疗
<sup>99m</sup> Tc		7.4×10 <sup>8</sup>	30	4.44×10 <sup>10</sup>	7200	5.33×10 <sup>12</sup>	核医学显像
<sup>18</sup> F		3.7×10 <sup>8</sup>	40	1.48×10 <sup>10</sup>	9600	3.55×10 <sup>12</sup>	核医学显像
合计		/	115	9.70×10 <sup>10</sup>	25992	1.17×10 <sup>12</sup>	/

备注：操作量主要考虑病人注射、服药的量，未考虑储存。

## 9.5 污染源项及产排污分析

### 9.5.1 核医学科产排污分析

本项目核医学科放射性药物由有资质的专业放射性药物生产厂家供应，医院核医学科不进行核素的生产、标记等操作。本项目放射性药物诊疗过程中主要有β射线、γ射线外照射影响及放射性固体废物、废水和废气对周围环境的影响。

#### (1) 电离辐射

本项目拟使用的非密封放射性药物涉及 <sup>131</sup>I、<sup>125</sup>I 粒籽、<sup>99m</sup>Tc、<sup>18</sup>F 共 4 种核素。核素性能特性参数见表 9-2。

表 9-2 医院使用放射性核素特性参数表

核素	半衰期	衰变模式	物理状态	主要辐射类型	辐射能量 (MeV)	周围剂量当量率常数 μSv·m <sup>2</sup> /MBq·h	毒性分组	操作方式	用途	摄入方式	工作场所	来源
<sup>131</sup> I	8.02d	β 负衰变	液态	γ	0.360	0.0595	中毒	简单操作	甲吸测定	口服	2 层准备间	外购成品胶囊
				β	0.192				核素治疗	口服		外购口服液稀释分装
<sup>125</sup> I 粒籽	59.4d	电子俘获	固态	γ	0.036	0.0165	中毒	很简单操作	治疗	粒籽枪植入	1 层粒籽准备间	外购成品粒籽
<sup>99m</sup> Tc	6.01h	同质异能跃迁	液态	γ	0.140	0.0303	低毒	很简单操作	显像	注射	1 层准备间	外购成品针剂



续表 9 项目工程分析与源项

$^{18}\text{F}$	109.8min	$\beta$ 正衰变	液态	$\gamma$	0.511	0.143	低毒	很简单操作	显像	注射	1层准备间	外购成品针剂
-----------------	----------	-------------	----	----------	-------	-------	----	-------	----	----	-------	--------

备注：周围剂量当量率、半衰期来自《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）表H.1。

根据表9-2可知， $^{131}\text{I}$ 在衰变过程中，伴有 $\beta$ 或 $\gamma$ 射线， $^{125}\text{I}$ 粒籽、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 使用过程中产生 $\gamma$ 射线，主要是 $^{18}\text{F}$ 会因湮灭产生0.511MeV的 $\gamma$ 射线，能量较强。当高能 $\beta$ 粒子被源周围物质阻止时，会产生轫致辐射，有较强的贯穿能力，需采用一定的防护措施。在操作放射性核素过程中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成 $\beta$ 放射性表面污染。

拟建项目SPECT-CT、PET-CT在CT模式下开机并曝光时将产生X射线，在开机不曝光或不开机状态下不产生X射线。X射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与X射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的X射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由X射线球管产生的电子通过打靶获得X射线并通过辐射窗口用来照射人体，形成诊断影像的射线。其射线能量、强度与X射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在X射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。由于本项目X射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

根据射线衰减原理和ICRP33号报告，不同过滤条件下离靶1米处的X射线发射率如下图9-9所示。

续表 9 项目工程分析与源项

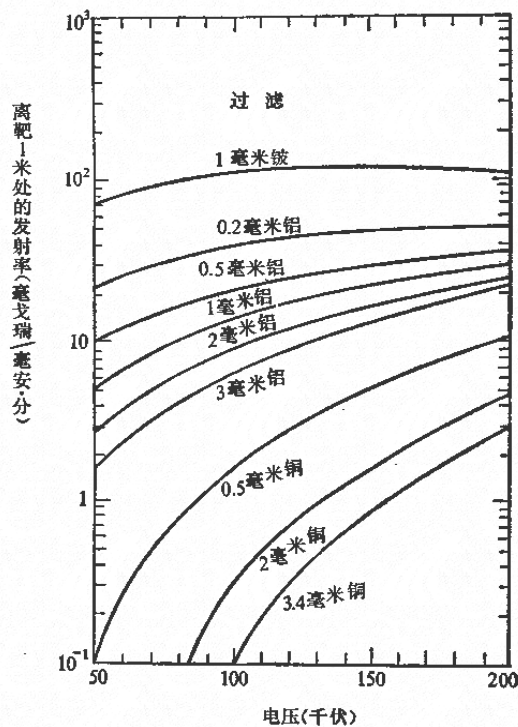


图9-9 不同过滤材质在恒电位X射线发生器在离靶1米处的发射率

本项目拟购SPECT-CT、PET-CT过滤板为3mmAl，额定电压为150kV。查图可知，额定电压150kV时，离靶1米处的发射率约为13.4mGy/mA·min。

②漏射线：由X射线管发射的透过X射线管组装体的射线。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与X射线能量、X射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离等有关。

## (2) 放射性废水

放射性废水主要来自病人排泄物（病人的尿液）；工作人员操作过程中手部可能受到微量放射性核素污染的洗手水；清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量核素清洗水等。根据核医学科排水管网图，医院拟设置独立的放射性废水收集管网，在产生放射性废水的位置将核医学科 1、2 层放射性废水统一收集至放射性废水排水管接入医院衰变池内处理。

根据工作负荷，核医学科门诊病人每天最多接待 115 人，其中 70 人注射含  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  放射性药物的受检者需要在核医学科 1 层停留较长时间，甲亢患者及甲吸测定患者未设置专用厕所，且服药量不大，一般服药后即离开，因此门诊治疗、诊断主要考虑注

**续表 9 项目工程分析与源项**

射了含  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  的放射性药物受检者产生的放射性废水。 $^{125}\text{I}$  籽粒植入病人植入后即送往住院病房留观，甲癌病房区考虑本评价满负荷即 4 名住院病人的排水量。1、2 层操作放射性药物的护师按照每天最多 4 人考虑。

根据《节水型卫生洁具》(GB/T31436-2015)规定，节水型蹲便器用水量应不大于 6L，考虑门诊受检者每人排泄 1 次，洗手用水量考虑按 2L/人·次计，则门诊受检者用水定额考虑为 8L/人·次计。按满负荷计算；每天住院患者最多 4 人，患者用水 50L/人·d，操作放射性药物的护师每天最多 4 人，用水量按照 50L/人·d 考虑。

项目放射性废水排放情况见表 9-3。

**表 9-3 项目放射性废水核算表**

用水类别	用水定额	用水规模	用水量 (L/d)	排水量 (L/d)	排水量 (m <sup>3</sup> /a)	处理方式及去向
操作放射性药物的放射工作人员	50L/人次·d	4 人	200	180	43.2	单独收集后经专用沉渣池+衰变池处理，再排入医院废水处理站
住院病人	50L/人次·d	4 人次	200	180	43.2	
诊断受检者	8L/人·次 1天1次	70 人次	560	504	121.0	
清洁用水	0.05L/m <sup>2</sup> ·次 1天1次	640m <sup>2</sup>	32	28.8	6.9	
小计			992	892.8	214.3	
未预见水量按以上水量的 10% 计			99.2	89.3	21.4	
总计			1091.2	982.1	235.7	

备注：核医学科每月运营 20 天，年运营 240 天，排水系数取 0.9。

**(2) 放射性废气**

本项目涉及使用的非密封放射性物质包括： $^{131}\text{I}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{18}\text{F}$ 。其中 $^{131}\text{I}$ 属于碘化钠化合物，属于易挥发物质，且给药方式为口服。 $^{125}\text{I}$ 籽粒为固态非挥发性核素，不考

续表 9 项目工程分析与源项

虑废气。<sup>99m</sup>Tc、<sup>18</sup>F使用针剂注射，在正常工作情况下均不会产生气溶胶和蒸汽，若由于操作失误，放射性物质泼洒在工作台面或地面，可能会有微量药物挥发进入空气。本项目核医学科设置1、2F分别设置独立的排风系统，将收集的放射性废气引至高于楼顶排放，经活性炭吸附处理后排放。考虑排放系数0.1%，放射性废气排放总量见表9-4。

表 9-4 核医学科放射性废气排放量表

核素	日甲癌、甲亢患者操作量 (Bq)	排放系数 (%)	日最大排放量 (Bq)
<sup>131</sup> I	$3.52 \times 10^{10}$	0.1	$3.52 \times 10^7$

备注：甲吸患者使用口服胶囊，不考虑放射性废气挥发。

### (3) 放射性固废

**核医学科显像诊断区：**<sup>18</sup>F、<sup>99m</sup>Tc给药方式为注射，产生的放射性固体废物包括：一次性注射器、针头、橡胶手套、棉签等产生量约50g/人·次。

**核医学科病房区：**甲亢/甲癌服药室含<sup>131</sup>I放射性药物的给药方式未口服，产生的放射性固体废物包括：一次性纸杯、纸巾，产生量约20g/人·次。核医学科病房区的住院病人产生的放射性固废主要包括：可能沾染放射性药物的餐盒、纸巾等，产生量约1kg/人。可能沾染放射性药物的被服（血液、汗液、尿液等沾染）暂存在被服间，待达到清洁解控水平后，再进行清洗消毒处理，而后再利用。

**废活性炭：**医院放射性废气处理系统均采用活性炭吸附，活性炭3~6个月更换一次，每次装填的活性炭滤网重约20kg，则废活性炭产生约80kg/a（按每3月更换一次）。

**废旧粒籽：**<sup>125</sup>I粒籽在装如植入枪过程中可能会出现破裂的情况，使用长柄镊子将废旧粒籽夹入铅罐内，返回厂家，立即清理台面。

根据前述分析，放射性固废产生情况见表9-5。

表 9-5 核医学科放射性废物产生情况

区域	污染物种类	暂存场所	产污系数	数量	产生量 (kg/a)
核医学科显像诊断区	一次性注射器、针头、手套、棉签等	1F 废物间内	50 g/人·次	16800 人·次/a	840
核医学科病房区	一次性纸杯、纸巾（甲亢、甲癌患者）	2F 服药室铅屏蔽废物桶、被服及放射性废物暂存间	20g/人·次	3792	75.8
	沾染放射性药物的餐盒、纸	2F、被服及放射性废物暂存间	1kg/人	192	192

续表 9 项目工程分析与源项

	巾（甲癌患者）				
放射性废气处理装置	废活性炭	2F、被服及放射性废物暂存间	20kg/次	4次/a	80
废旧粒籽源	废旧粒籽源	1F 粒籽源准备间铅罐内	/	600人次/a	约 0.1kg/a

本项目实行预约制，即定即用，一般情况无放射性废药物产生。若患者未按照预约时间前往核医学科工作场所进行诊断治疗，未使用完的长半衰期的放射性同位素<sup>131</sup>I、<sup>125</sup>I粒籽暂存至核素储存柜内，不作为放射性废物处理；未使用完的短半衰期的放射性同位素<sup>99m</sup>Tc、<sup>18</sup>F则转移至废物处置间内暂存，作为放射性废物处置。

核医学科工作场所产生的放射性固体废弃物拟按类别和日期分别暂存于废物间内的铅屏蔽废物桶，达到清洁解控水平后按一般医疗废物处理。

### 9.5.2 非放射性污染物

拟建项目 X 射线、γ 射线等与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气，经核医学科废气收集系统一并引至医院综合大楼楼顶排放。拟建项目产生的非放射性医疗废物和生活垃圾少，医疗废物运至医疗垃圾暂存间暂存，而后交有资质的单位处理，一般生活垃圾则交环卫部门处理。核医学科其他工作区域的工作人员、给药前的患者及家属也会产生少量的普通生活污水，这一部分生活污水直接排入医院污水处理站处理。“非放射性三废”已在《重庆中核华友医院核特色医疗项目环境影响报告表》中进行评价，本评价不作详细分析。

### 9.5.3 污染物产排总体情况

根据上述分析和核算，本项目主要污染物产排情况统计汇总见表9-6。

表 9-6 本项目主要污染物情况统计汇总表

污染物		主要污染因子	产生量	处置方式
电离辐射		X 射线	射线能量不大于 150kV，距靶 1m 处主射束的输出量不大于 13.4mGy·m <sup>2</sup> /mA·min	屏蔽体防护，保证诊疗场所控制区屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率满足要求
		γ 射线	能量不大于 0.511MeV	
		β 射线、β 表面污染	能量不大于 0.192 MeV	
放射性污染物	废气	含 <sup>131</sup> I 放射性废气	3.52×10 <sup>7</sup> Bq/d	收集后引至医院综合大楼顶，经活性炭吸附后高于楼顶排放
	废水	患者排泄物、操作放射性药物人	982.1L/d 235.7m <sup>3</sup> /a	排入衰变池处理后再排入医院污水处理站处理

续表 9 项目工程分析与源项

		员洗手废水、场地清洁废水等		
固废		口服纸杯、废棉签、注射器、药瓶、抹布、手套等	4.6 kg/d 1107.8 kg/a	暂存于核医学科废物间轮流使用的铅屏蔽废物桶内衰变，达到清洁解控水平后按一般医疗废物处置，废旧粒籽源交厂家回收
		废活性炭	80kg/a	
		废旧粒籽源	约 0.1kg/a	
		未用完核素溶液	少量	

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 布局与分区**

**10.1.1 项目选址和布局**

拟建项目选址于医院综合大楼 1、2 层北侧区域，按照使用功能进行选址布局，1F 北侧为核医学科显像诊断区，其正上方对应的 2F 北侧区域为核医学科病房区。项目用房北侧外约 11m 为汽车维修店，西侧外约 28m 为汽车维修店及机械制造公司，西南侧约 37m 为品厚酒店。

项目用房较集中，根据核医学科显像需要，1 层设置有核医学科预约咨询候诊门厅、医生综合区兼阅片室等辅助用房，按照病人诊断流程依次设置有 SPECT 注射室、PET 注射室、SPECT 注射后候诊室（含卫生间）、PET 注射后候诊室（含卫生间）、SPECT-CT 机房、PET-CT 机房、病人通道、留观室等，医生路径上设置有、更衣室、卫生通过间、准备间、废物间等。就诊流线清晰。

2 层设置围绕含 <sup>131</sup>I 放射性药物的治疗不同患者的需求，分别设置有甲癌/甲亢患者服药室，甲癌病房。甲亢患者服药专用离开通道及楼梯，微小剂量的甲吸患者专用服药室。在医生活动区设置有更衣室、卫生通过间、准备间，专门设置有被服及放射性废物暂存间及护士站、抢救器械室等病房区辅助用房。

**10.1.2 机房面积**

项目 SPECT-CT、PET-CT 机房的内空尺寸和标准要求见表 10-1 所示。

**表 10-1 各机房建设要求对比表**

机房名称	设计情况		标准要求		是否满足要求
	机房内最小单边长度, m	机房内最小有效使用面积, m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度, m	机房内最小有效使用面积, m <sup>2</sup>	
SPECT-CT 机房	5.3	39.3	≥4.5	≥30	满足
PET-CT 机房	5.3	39.8	≥4.5	≥30	满足

注：内空面积为机房有效使用面积。

由上表可知，SPECT-CT、PET-CT 机房最小单边长及机房内最小有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

**10.1.3 工作场所分区**

## 续表 10 辐射安全与防护

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，核医学科拟采取分区管理，划分为控制区及监督区，限制无关人员受到不必要的照射。控制区：在辐射工作场所划分的一区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件。

拟建项目控制区、监督区具体划分见表10-2及附图5。

**表10-2 本项目控制区、监督区划分**

工作场所	控制区范围	监督区范围
1F 核医学科显像诊断区	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房、更衣室、卫生通过间、准备间、废物间、SPECT 注射室、PET 注射室、SPECT 注射后候诊室（含卫生间）、PET 注射后候诊室（含卫生间）、留观室、病人通道、籽源准备间、清洁间。	设备间、控制室、预约咨询候诊门厅、楼梯间、杂物间
2F 核医学科病房区	甲亢/甲癌服药室、更衣室、卫生通过间、准备间、保洁室、被服及放射性废物暂存间、护士站、抢救器械室、4 间单人病房、预留 4 间双人病房（非本次评价范围）	护士站、抢救器械室、甲吸服药室、候诊门厅、甲测室、休息室、楼梯间
5F 内科单人病房	单人病房区划为临时控制区	病房外走廊

医院严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。控制区设墙体、铅门等实体边界，控制区边界铅门设置电离辐射警告标识，地面设置指示路径箭头。对监督区入口处的适当地点应设立标明监督区的标识，病人核医学检查、治疗告知书。核医学科各工作场所按照相关要求分区，控制区、监督区互不交叉，分区较为合理。

植入籽源患者拟使用 5F 内科临时专用病房，并将该病房划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警示标志，设置护士站管控，其他无关人员不应入内，患者也不应随便离开。医护人员查房，家属成员如需长时间陪护应与患者保持 1m 以上的距离。

### 10.1.3 路径规划情况

#### (1) 核医学科显像诊断区人流路径规划

##### ① 受检者、病人路径

SPECT-CT、PET-CT 显像受检者：预约咨询候诊门厅→显像诊断区专用门（单向门）→SPECT 注射窗、PET 注射窗接受注射→SPECT 注射后候诊室、PET 注射后候诊室→SPECT-CT 机房、PET-CT 机房→留观→离开



## 续表 10 辐射安全与防护

$^{125}\text{I}$  粒籽植入治疗病人（此时无 SPECT-CT 预约受检者）：显像诊断区专用门（单向门）→SPECT-CT 机房植入  $^{125}\text{I}$  粒籽→盖铅被至医院医梯→5 层内科单人住院病房留观 2-3 天→离开

### ②显像诊断区工作人员

显像诊断区护师：预约咨询候诊门厅→更衣室→卫生通过间→准备间→成品针剂活度测定→SPECT 注射室、PET 注射室注射→卫生通过间→原路径返回

显像诊断区技师：医生综合区→控制室→原路径返回

操作  $^{125}\text{I}$  粒籽医师：医生综合区→粒籽源准备间→SPECT-CT 机房→原路径返回

### （2）核医学科病房区人流路径规划

#### ①病人路径

核医学科甲亢病人：核医学科住院病房专用门（单向门）→单人病房入住→上午 8:30 甲亢/甲癌服药室服药窗口服药→返回病房→满足出院要求后出院。

核医学科甲亢病人：核医学科候诊前厅门→上午 9:00 在甲亢/甲癌服药室服药窗口服药→甲亢病人专用通道、专用楼梯离开。

核医学科甲测患者：核医学科候诊前厅门→上午 8:30 在甲测服药室服药窗口口服胶囊→每隔 3h、6h、24h 后再到甲测室进行甲功测定。

#### ②病房区工作人员路径规划

核医学科病房区放射性药物操作护师：更衣室→卫生通过间→准备间自动分装仪操作台分装→卫生通过间→原路径返回

核医学科病房区值班护师、查房医生：核医学住院病房专用门→视频、语言查房、送餐→原路径返回。

### （3）核医学科显像诊断区物流路径规划

#### ①药物运输规划路径

厂家送药人员→准备间西墙上传递窗口→护师接收→准备间核素储存柜

#### ②废物运输规划路径

每日下班后，由专人将 SPECT 注射室、PET 注射室、SPECT 注射后候诊室、PET 注射后候诊室、留观室、准备间的铅屏蔽废物桶放射性废物收集至废物间内暂存，待其衰变达到清洁解控水平后，从准备间→卫生通过间→运出核医学科→医院综合大楼

续表 10 辐射安全与防护

1F 东北侧医疗废物暂存间内。

#### (4) 核医学科病房区物流路径规划

##### ① 药物运输规划路径

厂家送药人员→甲亢病人专用楼梯→甲亢病人专用通道→准备间北墙传递窗→准备间核素储存柜。

##### ② 废物运输规划路径

每日下班后，由专人将甲亢、甲癌服药室铅屏蔽废物桶放射性废物经甲亢病人专用通道运输至被服及放射性废物暂存间内暂存，待其衰变达到清洁解控水平后，经甲亢病人专用楼梯运输至医院综合大楼 1F 东北侧医疗废物暂存间内。

住院病人离院 1 天后，将病房内被服、病服运输至被服及放射性废物暂存间暂存，待其衰变达到清洁解控水平后，经甲亢病人专用楼梯运输至医院综合大楼 1F 东北侧医疗废物暂存间内。

核医学科人流、物流示意图见附图 6。

#### (5) 核医学科显像诊断及病房区气流规划

1F 核医学科显像诊断区采用独立的排风系统收集各房间内废气，在准备间内设置通风橱，通风橱由专业厂家提供带高效过滤器的排风装置，通风橱废气管接入主管，各支管设置止回阀，汇入主管，主管穿医院大楼西侧墙体引至大楼 10F 顶，主管末端设置活性炭吸附装置，主管高于 10F 顶 5m 排放。

2F 核医学科显像诊断区采用独立的排风系统收集各房间内废气，在准备间内设置通风橱，通风橱（内装自动分装仪）由专业厂家提供带高效过滤器的排风装置，通风橱废气管接入主管，各支管设置止回阀，汇入主管，主管穿医院大楼西侧墙体引至大楼 10F 顶，主管末端设置活性炭吸附装置，主管高于 10F 顶 5m 排放。

外购的两个通风橱自带风机，应确保通风橱风速应不小于 0.5m/s。核医学科排风平面图见附图 9。

#### (6) 核医学科显像诊断及病房区废水流向

本项目采用污污分流的方式。一般医疗废水、生活污水直接进入医院污水处理站处理；核医学科显像诊断区的卫生通过间、SPECT 注射后候诊室卫生间、PET 注射后候诊室卫生间、留观室卫生间、清洁间排水点废水放射性废水排入项目西南侧衰变池。核医

## 续表 10 辐射安全与防护

学科病房区卫生通过间、病房卫生间、清洁间排水点废水放射性废水排入项目西南侧衰变池。放射性废水经衰变池处理满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中总β排放限值的要求后再排入医院污水处理站进一步处理。

核医学科排水管网布置图见附图7，衰变池平面布置图见附图8。

### 10.1.5 布局合理性分析

本项目核医学工作场所 1、2F 分别为显像诊断区及病房区，受检者或病人均有独立的进出通道，诊断或治疗工艺流程完整，有独立的通风系统，相对明确的控制区、监督区划分，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）文件，按照 2 个非密封源工作场所进行管理。

从整体布局来看，医院根据核医学科拟开设的诊疗项目，配置了相应的功能用房，且各功能用房按照低活性区向高活性区、清洁区向污染区分布的原则进行排列，诊断流程、路线清晰。核医学科医护人员、患者、放射性药物及放射性废物通道通过时间管控后，可有效避免交叉感染。同时，核医学科工作场所病人进出口、医生通道等处均设置门禁，保证患者单向线路唯一，避免无关人员出入，尽可能避免给药患者与医护人员、公众成员的交叉污染。此外，核医学科显像诊断区及病房区用房按照乙级非密封源工作场所进行了控制区、监督区的划分，并在医护工作区的高、低活性区分界处设有卫生通过间（含淋浴），注射后候诊室、留观室设置有专门厕所。分别设置不同诊疗类型的给药房间，设置了甲癌病人专用病房，对病房区专门管理。

因此该布局符合核医学科工作场所的功能需要，便于核医学场所辐射防护管理。从辐射防护角度，项目平面布局合理。

## 10.2 非密封放射性物质工作场所分级、分类

### 10.2.1 非密封源工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式修正因子}} \quad (\text{公式 10-1})$$

放射性工作场所因操作放射性物质的毒性组别和操作量的不同，产生的放射性危害

## 续表 10 辐射安全与防护

的机率也不同，为了便于管理，非密封性工作场所按所用放射性核素日等效最大操作量并考虑操作因素分为甲、乙、丙三级。

根据环办辐射函[2016]430号中关于放射性药品生产、使用场所的管理，核定拟建项目涉及2个非密封源工作场所。医院提供的放射性药物用量，可以计算本项目使用的各放射性同位素日等效最大操作量见表10-3。

**表 10-3 非密封源工作场所分级核算表**

工作场所名称	核素名称	日最大操作量 (Bq)	毒性组修正因子	操作性质	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
核医学科显像诊断区	<sup>125</sup> I 粒籽	2.66×10 <sup>9</sup>	0.1	很简单操作	100	2.66×10 <sup>6</sup>
	<sup>99m</sup> Tc	4.44×10 <sup>10</sup>	0.01	很简单操作	10	4.44×10 <sup>7</sup>
	<sup>18</sup> F	1.48×10 <sup>10</sup>	0.01	很简单操作	10	1.48×10 <sup>7</sup>
	<sup>18</sup> F (备药量)	2.96×10 <sup>10</sup>	0.01	储存	100	2.96×10 <sup>6</sup>
合计						6.48×10 <sup>7</sup>
核医学科病房区	<sup>131</sup> I	3.70×10 <sup>6</sup>	0.1	简单操作	1	3.70×10 <sup>5</sup>
		5.55×10 <sup>9</sup>	0.1	简单操作	1	5.55×10 <sup>8</sup>
		2.96×10 <sup>10</sup>	0.1	简单操作	1	2.96×10 <sup>9</sup>
合计						3.52×10 <sup>9</sup>

备注：病人均均为预约制，由于<sup>18</sup>F半衰期短，考虑2倍备药量，其他核素不考虑备药量。

根据该项目使用的放射性核素的毒性组别、用量及操作因子，本项目核医学科显像诊断区的日等效最大操作量为6.48×10<sup>7</sup>Bq，核医学科病房区的日等效最大操作量为3.52×10<sup>9</sup>Bq，根据GB18871-2002的分级，核定本项目核医学科为2个乙级非密封源工作场所。

### 10.2.2 临床核医学工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)附录G，本项目核医学科工作场所的房间功能及放射性同位素的使用情况对其进行分类，具体见表10-4。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-4 本项目核医学工作场所分类计算表

工作场所	用房名称	使用核素	非密封性物质操作最大活度 (MBq)	毒性权重因子	操作方式	操作性质修正因子	该房间操作最大量放射性核素的加权活度 (MBq)		分类
核医学科 影像诊断区	SPECT 注射室	<sup>99m</sup> Tc	4.44×10 <sup>4</sup>	1	施给药	1	4.44×10 <sup>4</sup>	4.44×10 <sup>4</sup>	II类
	PET 注射室	<sup>18</sup> F	1.48×10 <sup>4</sup>	1	施给药	1	1.48×10 <sup>4</sup>	1.48×10 <sup>4</sup>	II类
	准备室 (含储源柜)	<sup>99m</sup> Tc	4.44×10 <sup>4</sup>	1	贮存	100	4.44×10 <sup>2</sup>	3.4×10 <sup>3</sup>	II类
		<sup>18</sup> F	2.96×10 <sup>4</sup>	1		100	2.96×10 <sup>2</sup>		
		<sup>125</sup> I 粒籽	2.66×10 <sup>3</sup>	100		100	2.66×10 <sup>3</sup>		
	SPECT 注射后候诊室	<sup>99m</sup> Tc	2.22×10 <sup>4</sup>	1	候诊区	10	2.22×10 <sup>3</sup>	2.22×10 <sup>3</sup>	II类
	PET 注射后候诊室	<sup>18</sup> F	1.48×10 <sup>4</sup>	1	候诊区	10	1.48×10 <sup>3</sup>	1.48×10 <sup>3</sup>	II类
	SPECT-CT 机房	<sup>99m</sup> Tc	2.22×10 <sup>4</sup>	1	断病床区	10	2.22×10 <sup>3</sup>	2.88×10 <sup>4</sup>	II类
		<sup>125</sup> I 粒籽	2.66×10 <sup>3</sup>	100		10	2.66×10 <sup>4</sup>		
	PET-CT 机房	<sup>18</sup> F	1.48×10 <sup>4</sup>	1	诊断病床区	10	1.48×10 <sup>3</sup>	1.48×10 <sup>3</sup>	II类
	留观室	<sup>99m</sup> Tc	4.44×10 <sup>4</sup>	1	候诊区	10	4.44×10 <sup>3</sup>	3.70×10 <sup>3</sup>	II类
<sup>18</sup> F		1.48×10 <sup>4</sup>	1	10		1.48×10 <sup>3</sup>			
废物间	<sup>99m</sup> Tc	4.44×10 <sup>2</sup>	1	废物处理	10	4.44×10 <sup>1</sup>	3.70×10 <sup>1</sup>	III类	
	<sup>18</sup> F	1.48×10 <sup>2</sup>	1		10	1.48×10 <sup>1</sup>			
核医学科 病房区	准备室 (含储源柜)	<sup>131</sup> I	3.52×10 <sup>4</sup>	100	分装	1	3.52×10 <sup>6</sup>	3.56×10 <sup>6</sup>	I类
		<sup>131</sup> I	3.52×10 <sup>4</sup>	100	贮存	100	3.52×10 <sup>4</sup>		
	甲亢/甲癌服药室	<sup>131</sup> I	3.52×10 <sup>4</sup>	100	施给药	1	3.52×10 <sup>6</sup>	3.52×10 <sup>6</sup>	I类
	甲吸服药室	<sup>131</sup> I	3.70	100	施给药	1	3.70×10 <sup>2</sup>	3.70×10 <sup>2</sup>	II类
	单人病房	<sup>131</sup> I	7.4×10 <sup>3</sup>	100	治疗病床区	1	7.40×10 <sup>5</sup>	7.40×10 <sup>5</sup>	I类
被服及放射性废物暂存间	<sup>131</sup> I	3.52×10 <sup>2</sup>	100	废物处理	10	3.52×10 <sup>3</sup>	3.52×10 <sup>3</sup>	II类	

备注：废物处置间按照患者用量的 1% 考虑。

上表计算结果可知，按照《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 中工作场所分类，本项目核医学科 2F 病房区单人病房、甲亢/甲癌服药室、准备室 (含储源柜) 核定为 I 类

续表 10 辐射安全与防护

场所，2F 甲吸服药室、被服及放射性废物暂存间核定为II类场所；核医学科 1F 显像诊断区除废物间外均核定为II类场所，废物间核定为III类场所。

项目核医学科工作场所拟采取的室内设计与 GBZ120-2020 要求的对照表见表 10-5。

表 10-5 核医学室内表面及装备结构设计防护与标准对照表

工作场所	用房名称	本项目设计	GB120-2006 要求	分类	是否符合
核医学科显像诊断区	SPECT 注射室、PET 注射室、准备室（含储源柜）、SPECT 注射后候诊室、PET 注射后候诊室、SPECT-CT 机房、PET-CT 机房、留观室	<p>结构屏蔽：采用实心砖、混凝土铅板、硫酸钡防护涂料等进行屏蔽</p> <p>地面：2mmPVC 地板胶，墙角线采用铝合金接缝处无缝隙</p> <p>表面：注射台、工作台等表面为钢/铅，易清洗，墙面采用抗菌净化专用涂料，顶面采用铝扣板</p> <p>通风橱：购买成品针剂，不进行分类分装，测定活度在准备室通风橱下进行</p> <p>通风：设置新风及废气独立机械排风</p> <p>管道：拟设置独立通风管及独立的放射性废水排水管，穿墙管道包铅皮</p> <p>盥洗与去污：准备室台面设置专门的吸水纸及专门清洁抹布，控制区清洁废水接入衰变池，洗手盆采用感应式</p>	<p>结构屏蔽：需要</p> <p>地面：与墙壁接缝无缝隙</p> <p>表面：易清洗</p> <p>通风橱：需要</p> <p>通风：良好通风</p> <p>管道：普通要求</p> <p>盥洗与去污：洗手盆和去污设备</p>	II 类	是
	废物间、清洁间、卫生通过间（淋浴室）	<p>结构屏蔽：废物间采用 240mm 砖墙+3mmPb 当量硫酸钡防护涂料。</p> <p>地面：采用防水处理后+300×300 防滑地砖。</p> <p>表面：墙面采用抗菌净化专用涂料，顶面采用铝扣板</p> <p>通风：设置新风及废气独立机械排风</p> <p>管道：设置独立的放射性废水排水管及排风管，管道穿墙处采用铅皮包裹</p> <p>盥洗与去污：控制区、监督区分别设置专用拖把并标识，清洁废</p>	<p>结构屏蔽：不需要</p> <p>地面：易清洗</p> <p>表面：易清洗</p> <p>通风橱：不必须</p> <p>通风：一般自然通风</p> <p>管道：普通管道</p> <p>盥洗与去污：洗手盆</p>	III 类	是

续表 10 辐射安全与防护

		水接入衰变池。洗手盆为感应式			
核医学科病房区	准备室（含储源柜）、甲亢/甲癌服药室、单人病房	<p>结构屏蔽：四周墙体、顶棚、地板采用混凝土、砖墙、硫酸钡防护涂料等进行屏蔽。</p> <p>地面：2mmPVC 地板胶，墙角线采用铝合金接缝处无缝隙</p> <p>表面：服药室窗口、工作台等表面为钢/铅，易清洗；墙面采用抗菌净化专用涂料，顶面采用铝扣板</p> <p>通风橱：自动分装仪置于通风橱内</p> <p>通风：设置新风及废气独立机械排风，通风橱上方设置有抽风机，废气经活性炭吸附引至大楼楼顶排放</p> <p>管道：拟设置独立通风管及独立的放射性废水排水管</p> <p>盥洗与去污：准备室台面设置专门的吸水纸及专门清洁抹布，控制区清洁废水接入衰变池，洗手盆为感应式</p>	<p>结构屏蔽：需要</p> <p>地面：与墙壁接缝无缝隙</p> <p>表面：易清洗</p> <p>通风橱：需要</p> <p>通风：特殊的强制通风</p> <p>管道：特殊的管道</p> <p>盥洗与去污：洗手盆和去污设备</p>	I 类	是
	甲吸服药室、被服及放射性废物暂存间	<p>结构屏蔽：甲吸服药室采用 120mm 实心页岩砖+2mmPb 当量硫酸钡防护涂料。被服及放射性废物暂存间采用 240mm 实心页岩砖+10mm 铅板</p> <p>地面：废物间采用防滑地砖，甲吸服药室采用 2mmPVC 地板胶</p> <p>表面：服药室工作台等表面为钢，易清洗。墙面采用抗菌净化专用涂料，顶面采用铝扣板</p> <p>通风橱：甲吸测定药物为含 <sup>131</sup>I 胶囊，不设置通风橱</p> <p>通风：设置独立的放射性废水排水管及排风管，管道穿墙处采用铅皮包裹</p> <p>管道：拟设置独立通风管及独立的放射性废水排水管</p> <p>盥洗与去污：地面清洁废水接入衰变池。</p>	<p>结构屏蔽：需要</p> <p>地面：与墙壁接缝无缝隙</p> <p>表面：易清洗</p> <p>通风橱：需要</p> <p>通风：良好通风</p> <p>管道：普通要求</p> <p>盥洗与去污：洗手盆和去污设备</p>	II 类	是
<p>从上表可知，本项目拟建核医学科工作场所设计符合《核医学放射防护要求》</p>					

## 续表 10 辐射安全与防护

(GBZ120-2020) 中对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。

### 10.3 辐射安全与防护

#### 10.3.1 屏蔽措施

(1) 核医学科显像诊断区准备间、放射性废物暂存间、SPECT 注射室、PET 注射室、SPECT 注射后候诊室、SPECT 注射后候诊室、PET 注射后候诊室、留观室、粒籽源准备间、清洁间的四周墙体为 240mm 实心砖墙+3mmPb 硫酸钡防护涂料，SPECT-CT 机房四周墙体为 240mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料。PET-CT 机房的四周墙体为 240mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料，顶棚采用 120mm 砼+4mm 铅板 (4mmPb 当量)，防护门为 6~8mmPb 当量。核医学科病房区甲吸服药室四周墙体采用 120mm 实心页岩砖+2mmPb 硫酸钡防护涂料，甲亢/甲癌服药室四周墙体采用 240mm 实心页岩砖+8mmPb 硫酸钡防护涂料，准备间四周墙体采用 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料；甲癌病房采用 240mm 实心砖+3mmPb 硫酸钡防护涂料，甲癌病房、甲癌病人通道、甲亢/甲癌服药室、护士站外通道顶棚采用 400mm 砼，其余房间顶棚采用 120mm 砼+4mm 铅板 (4mmPb 当量)，地板采用 120mm 砼+4mm 铅板 (4mmPb 当量)，防护门 6~8mmPb 当量，病房防护窗为 16mmPb 当量。衰变池主体结构拟采用 300mm 混凝土，顶板为 40mm 混凝土，井盖为 30mm 铸铁井盖。室内排水管网穿墙处包裹 8mmPb 当量铅皮，室外排水管采用顶部及两侧采用 200mm 砼，顶部加 120mm 砖。排风主管穿墙处包裹 8mmPb 当量铅皮。根据后文核算，核医学科显像诊断区及病房区控制区边界屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足评价标准限值要求。

(2) 核医学科用房在建设时保证施工质量，通风橱、自动分装仪、防护门、观察窗、注射台、服药窗口的生产、安装由专业厂家承担。此外，机房穿越防护墙的管线不影响墙体的屏蔽防护效果。

#### 10.3.2 管理措施

(1) 按照 2 个乙级非密封源工作场所的要求进行管理，核医学科显像诊断区受检者注射了放射性药物的受检者在具有防护功能的专用卫生间内入厕，经核医学显像检查后，在留观室内留观，留观室设置有专用卫生间。核医学科病房区根据治疗需要，甲亢患者服药后经专用通道离开，甲癌患者则住进病人专用防护病房，病房内设置有卫生间。



## 续表 10 辐射安全与防护

(2) 核医学科显像诊断区及病房区均设置有工作人员卫生通过间(含淋浴),操作放射性药物的护师离开控制区前应清洗并进行表面污染监测,合格后方可离开( $\beta$ 放射性物质 $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ )。

(3) 核医学科施行预约制,按照预约患者用药量合理订购放射性药物,避免放射性药物浪费。预约时分时段开展不同的诊疗工作,实行预约制分流患者,并纳入核医学科管理制度中,在候诊区外将病人告知书等张贴上墙,便于引导工作人员、病人按秩序进行显像诊断、核素治疗,尽量避免受药患者之间的交叉影响并杜绝服错药等事故的发生。

(4) 在准备间配置足够厚度的核素储存柜,放射性药物一般即定即用,多余药物暂存夹在核素储存柜内,制定放射性药物登记、使用制度。贮存的放射性物质及时登记建档,做到交接账目清楚、账物相符。登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、活度等。设置专人管理,在核素储存柜上安装防盗装置。

(5) 患者或受检者用药前有核医学科工作人员提前告知用药患者用药后注意事项(如住院注意事项,用药离院不宜乘坐公共交通,不在人群集中的区域长时间停留等,减少对患者周围公众成员的影响)。

(6) 核医学科患者专用进出口设置为单向防护门,并设置门禁。核医学科医护通道出入口设置门禁。核医学科各门禁的设置可禁止无关人员入内,同时防止患者随意进出。此外,患者出口处的患者、废物运输出后不得返回。

(7) 建立核医学科显像诊断区、病房区的工作制度、受检者管理制度、住院病人管理制度等。拟在核医学科显像诊断区、病房区候诊区域张贴通俗易懂的就医流程,在患者进入控制区房间内设置对讲和监控系统,以便放射工作人员能观察患者并与患者进行沟通,正确指导患者就诊,保持核医学工作场所良好的就诊秩序。甲亢/甲癌服药室窗口、SPECT注射窗口、PET注射窗口设置语音系统,核对病人信息,提示病人在核医学工作场所内禁止吸烟。门禁、对讲及监控装置安装见附图5。

(8)  $^{131}\text{I}$ 住院病人管理:病房区是相对独立的场所,由护士站管控病房区出入口门禁,病人住院后,仅能在病房内活动,患者不可在病房区内聚集。核医学科病房区日常采用语音、视频查房,病房内使用专门的保洁用品。日常取餐或取生活必需品,均由护士站统一安排,单独至护士站窗口取处,不得与其他人员近距离接触。病人离院前在SPECT-CT上扫描,体内活度低于 $400\text{MBq}$ 方可出院。

## 续表 10 辐射安全与防护

(9)  $^{125}\text{I}$ 住院病人管理：接受籽粒植入病人由单人病房护士站，在单人病房外张贴电离辐射警示标识，除医护人员外，其他无关人员不应入内，患者也不应随便离开。医护人员查房，与病人保持1m以上的距离。籽粒植入病人住院前告知出院后防护告知书，尽量避免到公众场所活动，告知与家属接触的注意事项等。

(10) 医院拟设置衰变池处理核医学科产生放射性废水。核医学科显像诊断及病房区均设置有清洁间，按照控制区和监督区分别使用不同的清洗池、专用拖把和抹布，不可混用。清洁时从低活度区域到高活度区域进行，地面清洁用水接入衰变池内。

(11) 2个工作场所分别设置1套通风系统及活性炭吸附处理装置，准备间通风橱由专业厂家提供带高效过滤器的排风装置。核医学科1F、2F分别设置一根主管，主管道内保持负压，各支管设置止回阀，2根主管穿医院大楼西侧墙体引至大楼10F顶，主管末端分别设置活性炭吸附装置，主管高于10F顶5m排放。核医学工作人员定期检查防护通风柜、通风风机运行效能，形成检查记录，定期更换活性炭，对于更换的活性炭作为放射性废物处置。

(12) 核医学科每日下班后，放射性废物由专人分类、打包、记录后转移至废物间，甲癌病房区病服、被服待病人出院一天后，统一转移至被服及放射性废物暂存间内，放射性废物经衰变至达到清洁解控水平后作为一般医疗废物管理，核医学科建立放射性废物产生、转移、接收台账。执行放射性固废应按照医疗废物（危险废物）的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

(13) 长期使用表面污染监测仪对核医学科工作场所的工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等进行检测，根据检测结果对工作台、设备、墙壁、地面进行清洗，工作服、手套等则根据检测、使用情况进行衰变处理或更换。

(14) 核医学科病房区日常采用语音、视频查房，甲亢/甲癌服药室窗口设置有语音系统，拟张贴有病人温馨提示，提示病人在核医学工作场所内禁止吸烟。

### 10.3.3 标识设置

(1) 核医学科显像诊断及病房区，患者通道设置明显的受检者、患者导向标识及提示语。

(2) 核医学科显像诊断及病房区控制区入口处拟设置电离辐射警示标志，SPECT-

## 续表 10 辐射安全与防护

CT 机房、PET-CT 机房防护门上张贴电离辐射警示标志，放射性废物间、铅防护污物桶拟张贴电离辐射警示标志，铅防护污物桶、核素储存柜拟设置电离辐射标志。

(3) 在  $^{125}\text{I}$  籽粒植入的单人病房门口张贴电离辐射警告标识，由护士站管控病房内进出人员。

### 10.3.4 门灯联锁

SPECT-CT 机房、PET-CT 机房防护门外拟设置醒目的工作状态指示灯，工作状态指示灯和与机房门联动。

### 10.3.5 防护用品及监测仪器

(1) 拟配置自动分装仪、核素储存柜、通风橱、铅防护 L 屏、注射器屏蔽套、铅罐、铅屏蔽废物桶等辅助用品，具体见表 1-3。

(2) 核医学科工作场所拟配备铅衣、铅帽、铅眼镜、铅围裙、个人剂量计、表面污染监测仪、在线辐射监测系统个人防护用品和监测设备，具体见表 1-3。

### 10.3.6 拟采取辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

根据表 10-6 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）等相关标准的要求。

续表10 辐射安全与防护

表 10-6 项目辐射防护措施与相关标准要求对比分析表

--

标准号	标准要求		项目情况	
GBZ120-2020	工作场所的放射防护要求	5.1 工作场所平面布局和分区	<p>5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。</p>	<p>项目选址于医院综合大楼 1、2 层北侧，不与产科、儿科、食堂等部门相邻，核医学科显像诊断区及病房区均设置有独立的候诊、预约、咨询门厅，有单独的出入口，距离门诊大厅、收费处等人群稠密区域有一定距离。</p>
			<p>5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。</p>	<p>医院将核医学科显像诊断区及病房区分开设置，核医学科显像诊断区位于 1 层北侧，以避免对影像质量。核医学科控制区的入口和出口设置带门禁的单向门安全措施，在准备室的出口处设计卫生通过间，进行污染检测。</p>
			<p>5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。</p>	<p>从功能设置上 1F 为核医学科显像诊断区，2F 为核医学科病房区。</p>
			<p>5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。</p>	<p>按要求划分了控制区和监督区</p>
			<p>5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区(病房)的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。</p>	<p>核医学工作场所的布局有助于开展工作，可避免无关人员通过。甲癌病房位于 2F 病房区专门的区域，与门诊治疗不交叉，甲癌服药室距离病房较近。</p>
			<p>5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污</p>	<p>按要求规划人员、药物等路径，见表 10.1.4，不交叉，设置合理，方便工作开展。</p>

			染的清理、清洗等工作的开展。	
			5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。	注射了放射性药物的受检者设置专门的PET注射后候诊室、SPECT注射后候诊室，且控制区内各墙体采取屏蔽措施，可避免附近放射源对诊断区设备成像、功能检测的影响。
	5.2 放射防护措施要求		5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。	按照要求进行了分级并采取了相应措施，见 10.3。
			5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为I、II、III三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 1。	按照要求对核医学科工作场所进行了分类，见表 10-4，不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构符合性分析见表 10-5。
			5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	核医学科显像诊断区及病房区工作场所设置独立通风管道收集放射性废气，其中通风橱单独设置过滤装置，其抽风口速率不低于 1m/s，2 根排风主管道内保持负压，穿医院大楼西墙引至 10F 顶经活性炭吸附后排放。
			5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式， <sup>131</sup> I 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。	核医学科病房区 <sup>131</sup> I 分装采用自动分装仪，在准备间内远程控制分装、语音指导服药。
			5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。	放射性废液衰变池及其污水管道均采用地埋式。
			5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。	控制区的入口拟设置电离辐射警告标志。
			5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。	控制区内设置明确的患者、受检者导向标识。
			5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。	给药后受检者的 PET 注射后候诊室、SPECT 注射后候诊室拟设置对讲装置。

		5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。	放射性物质内部运输拟配备有足够屏蔽的储存、转运等容器，容器表面应设置电离辐射标志，见表 1-3。
		5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。	SPECT-CT 机房及 PET-CT 机房防护门上方拟设置工作状态指示灯。
操作中的放射防护要求	6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备	6.1.1 个人防护用品及去污用品 开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录 K），其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。当使用的 $^{99m}\text{Tc}$ 活度大于 800 MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{18}\text{F}$ 等正电子放射性药物和 $^{131}\text{I}$ 的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。	拟为工作人员配备合适的防护用品和去污用品，对陪检者配备铅橡胶防护衣，使用注射器防护套，见表 1-3。
		6.1.2 辅助用品根据工作内容及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。防护通风柜的典型屏蔽厚度参见附录 I。	拟配备核素储存柜、通风橱、铅防护 L 屏、注射器屏蔽套、铅罐、铅屏蔽废物桶长柄镊子等辅助用品，见表 1-3。
	6.2 放射性药物操作的放射防护要求	6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。	核医学科病房区设置有准备间、2 个服药室，核医学科显像诊断区设置有准备间、2 个注射室用于放射性药物相关的操作，放射性药物在铅罐、通风橱内操作，注射使用注射器屏蔽套。
		6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。	注射器屏蔽套防护铅当量为 10mmPb
		6.2.3 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。	训练操作放射性药物护士操作技能，拟根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。
		6.2.5 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。	拟制定制度，在控制区内拟不进食、饮水、吸烟、化妆，也不进行无关工作及存放无关物品。
6.2.6 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所	在核医学科显像诊断区及病房区均设置卫生通过间，操作		

		前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 2 规定值，应采取相应去污措施。	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。
		6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 2 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。	从控制区取出物品拟进行表面污染检测。
		6.2.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。	拟在核医学科显像诊断区准备间设置核素储存柜，拟在核医学科病房区准备间设置核素储存柜，放射性药物存放在铅罐内，具体见表 1-3。
		6.2.10 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。	拟对核医学科工作场所进行定期的监测，包括准备间核素储存柜。
		6.2.11 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。	贮存和运输放射性物质时拟使用专门容器，取放容器中内容物时，不污染容器。容器在运输时有适当的固定措施。
		6.2.12 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。	贮存的放射性药物拟登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。
		6.2.13 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。	所有放射性药物不再使用时，拟立即送回放射性废物暂存间内储存。
		6.2.14 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用 6.1.2 和附录 K 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。	医院拟制定应急预案，发生放射性物质溢出、散漏事故时，按要求进行处理。
		6.2.15 核医学放射工作人员应按 GBZ 128 的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续 5 年期间，年平均当量剂量不超过 20 mSv，任何 1 年中的当量剂量不超过 50 mSv；操作大量气态和挥发性物质的工作人员，例如近距离操作 $^{131}\text{I}$ 的工作人员，宜按照 GBZ129 的要求进行内照射个人监测。	核医学放射工作人员拟按要求进行外照射个人监测。



7 患者或受检者放射防护要求	7.2 患者出院的管理要求	7.2.1 接受 $^{131}\text{I}$ 治疗的患者, 应在其体内的放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 方可出院, 以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。	对甲亢患者, 其服用活度已低于 400MBq, 可直接离院, 对甲癌患者, 拟制定制度, 在出院前进行 SPECT-CT 扫描及体表剂量率测量, 满足出院要求方可离开医院。
8 医用放射性废物的放射防护管理要求	8.1	放射性废物分类, 应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等, 将放射性废物进行分类收集和分别处理。核医学常用放射性核素的物理特性参见附录 H。	在核医学科显像诊断区及病房区均设置有放射性废物暂存间, 放射性废物拟按要求进行分类。
	8.2	设废物储存登记表, 记录废物主要特性和处理过程, 并存档备案。	拟设废物储存登记表, 记录废物主要特性和处理过程, 并存档备案。
	8.3	放射性废液衰变池应合理布局, 池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性, 并有防泄漏措施。	衰变池布置在医院大楼西南侧, 池底和池壁采用混凝土结构, 并涂有防渗材料。
	8.4	开展放射性药物治疗的医疗机构, 应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所, 专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件, 而且随时保持便池周围清洁。	核医学科显像诊断区及病房区分别设置有受检者专用厕所及患者专用厕所, 专用厕所内废水接入衰变池。
	8.5	供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。	收集废物的污物桶拟设置外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、服药室等位置放置铅屏蔽废物桶。
	8.6	污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物, 装满后的废物袋应密封, 不破漏, 及时转送存储室, 放入专用容器中存储。	污物桶内拟放置专用塑料袋直接收纳废物, 装满后的废物袋应密封, 不破漏, 及时转送存废物间, 放入专用铅屏蔽废物桶中存储。
	8.7	对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物, 应先装入利器盒中, 然后再装入专用塑料袋内。	对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物, 拟先装入利器盒中, 然后再装入专用塑料袋内。
	8.8	每袋废物的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv/h}$ , 质量不超过 20 kg。	拟制定放射性废物管理制度, 每袋废物的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv/h}$ , 质量不超过 20kg。
	8.9	储存场所应具有通风设施, 出入处设电离辐射警告标志。	放射性废物暂存间拟设置通风设施, 门上张贴电离辐射警告标志

		8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。	拟设置安全可靠的废物袋、废物桶及其他存放废物的容器，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。	
		8.11 废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$ 。	确保废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$ 。	
	10 $^{131}\text{I}$ 治疗患者住院期间的放射防护要求	10.1 场所放射防护要求	10.1.1 $^{131}\text{I}$ 治疗病房区应为相对独立的场所，病房区入口处应设缓冲区。患者住院后，只能在治疗区活动。	病房区设置在 2F，属于相对独立的区域，病房区入口设置门厅，患者住院后，只能在病房内活动。
			10.1.2 $^{131}\text{I}$ 治疗病房区应有独立的通风系统，通风管道应有过滤装置，并定期更换，更换的过滤装置按放射性固体废物处理。	核医学科病房区拟设置独立的通风系统，废气引至楼顶排放，排放前经活性炭吸附处理，定期更换活性炭。
			10.1.3 $^{131}\text{I}$ 治疗住院患者的排泄物不应直接排到医院的公共污水管道，应先经过衰变池的衰变。下水管道宜短，露出地面的部分应进行防护和标记。	住院病房内设置有专门的卫生间，卫生间废水接入衰变池内，下水管道采用埋地式。室内排水管穿墙处包括 8mmPb 铅皮。
			10.1.4 病房内应设置患者专用厕所和淋浴间，厕所内应有患者冲厕所和洗手的提示。	病房内拟设置患者专用厕所和淋浴间，患者住院期间均使用病房内厕所。
			10.1.5 病房可设置采光窗，采光窗应进行必要的防护，使其符合 5.3.1 要求。	本项目病房设置采光窗，其防护当量为 16mmPb 当量。
			10.1.6 分装室与给药室之间药物传递应便捷，分装好的 $^{131}\text{I}$ 宜采用机械或自动、半自动的方式传递到给药室，给药过程应有监控。分装室应设置工作人员通过间，通过间应配备表面污染检测及剂量率检测仪表及清洗设施。	分装好的 $^{131}\text{I}$ 采用自动方式传递给服药室患者，准备间外设置工作人员卫生通过间，卫生通过间拟配备表面污染检测及剂量率检测仪表及清洗设施。
			10.1.7 施用了 $^{131}\text{I}$ 治疗药物的患者如需住院应使用专用病房。专用病房宜为单人间，如不能实现，每间病房最多不应超过 2 人，并且 2 人之间应设置适当的防护屏蔽。	服用了 $^{131}\text{I}$ 的甲癌患者在专用病房内住院，本次评价病房为单人间。
			10.1.8 病房中应配备对讲、监控等设施。	病房中拟配备对讲和监控设施。
10.1.9 患者使用过的被服应先进行存放衰变，衰变至少一个半衰期再进行清洗。	患者使用过的被服拟在被服及放射性废物暂存间内暂存一个半衰期后进行清洗。			

		10.1.10 在 $^{131}\text{I}$ 病房场所应使用专用的保洁用品，不能和其他场所（包括核医学其他放射性场所）混用，病房区域内应有存放及清洗保洁用品的场所。	核医学科病房区设置专门的清洁间，清洁间分控制区和监督区清洁池，不与监督区内场所混用。
11 粒籽源植入放射防护要求	11.1 一般要求	11.1.2 应配备 CT 机、X 射线机、B 超等影像设备以及粒籽植入治疗的放射治疗计划系统	拟配置 1 台 SPECT-CT 及 TPS 治疗计划系统。
	11.2 粒籽源贮存	11.2.1 待用的粒籽源应装入屏蔽容器内，并存放在专用房间。	待用的粒籽源拟暂存在核医学科显像区的核素储存柜的铅罐内。
		11.2.2 应建立粒籽源出入库登记制度，详细记录日期时间、入库活度/数量、送货人、接收人、出库活度/数量、去往场所、出库经手人、接收人等。	拟建立粒籽源出入库登记制度，详细记录上述内容。
	11.3 工作人员的放射防护要求	11.3.1 操作人员应在铅当量不低于 0.5mmPb 的屏风后分装粒籽源，屏风上应有铅玻璃观察窗，铅玻璃铅当量不低于 0.5mmPb。	操作人员在粒籽源准备间内分装，准备间内设置屏风，铅屏风及玻璃为 2mmPb 当量
		11.3.3 粒籽源分装操作室台面和地面应无渗漏易于清洗，分装应采取防污染措施。分装过程中使用长柄镊子，轻拿轻放，避免损伤或刺破粒籽源，不应直接用手拿取粒籽源。	准备间粒籽源操作台拟采用钢，装枪过程拟使用长柄镊子，轻拿轻放。
		11.3.4 在实施粒籽源手术治疗前，应制定详细可行的实施计划，并准备好所需治疗设备，如定位模板、植入枪等，尽可能缩短操作时间。	拟制定粒籽源实施计划，尽可能缩短操作时间。
		11.3.5 拿取掉落的粒籽源应使用长柄器具（如镊子），尽可能增加粒籽源与操作人员之间的距离。在整个工作期间，应快速完成必要的操作程序，所有无关人员尽可能远离放射源。	拟制定操作规程，使用长柄镊子拿取掉落的粒籽源。
		11.3.6 如粒籽源破损引起泄漏而发生污染，应封闭工作场所，将源密封在屏蔽容器中，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所去污和人员应急处理。	拟制定应急预案，按上述要求进行。

续表10 辐射安全与防护

		11.5 住院患者管理要求	11.5.1 植入粒籽源患者宜使用临时专用病房并将其划为临时控制区。如无专用病房，病人床边 1.5 m 处应划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不应入内，患者也不应随便离开。医护人员查房，家属成员如需长时间陪护应与患者保持 1 m 以上的距离。	拟将内科单人病房作为植入粒籽源患者专用病房，并划为临时控制区。该病房入口处设置电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不应入内，患者也不能随便离开。
			11.5.5 临时控制区内，任何物品在搬离病房之前应进行监测，被污染物品按放射性废物处理。	任何物品在搬离病房之前应进行监测，被污染物品按放射性废物处理。
GBZ130-2020	一般要求	5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。		设备自带
		5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位置。		
		5.1.3 X 射线组件上应标明固有过滤，所有附加滤过片均应标明其材料和厚度。		
	CT 设备防护性能的专用要求	5.4.1 在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所使用的 CT 运行条件。		
		5.4.2 对于任意一种 CT 扫描程序，都应在操作者控制台上显示剂量信息。		
		5.4.3 CT 设备应设置急停按钮，以便在 CT 扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。		
	X 射线设备防护性能的技术要求	6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房的门、窗、管线口和工作人员操作位可避免有用线束直接照射。	
		6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房四周墙体和楼上均采用足够厚的屏蔽材料进行防护。	
		6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。	SPECT-CT、PET-CT 均有独立机房。	
		6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房有效使用面积和最小单边长	

续表10 辐射安全与防护

		对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。	度均能满足标准要求。
		6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。	根据后文计算，SPECT-CT 机房、PET-CT 机房屏蔽体铅当量满足 GBZ130-2020 表 3 的规定。
		6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求： b)CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房各屏蔽体屏蔽厚度满足 GBZ130-2020 要求，能确保外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。
GBZ130-2020	X 射线设备防护性能的技术要求	6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房均设置了观察窗，便于观察到患者和受检者状态。
		6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房内除必要的配套设施外，不堆放其他杂物。
		6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房拟设置机械排风装置，与核医学科显像诊断区共用 1 套通风系统，能保持良好通风。
		6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房门外拟设电离辐射警告标志；上方拟设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上拟设置可视警示语句；候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏。
		6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房与控制室之间的门为平开门，拟设自动闭门装置，病人进出的防护铅门为推拉式门，设置门灯门锁，确保曝光时关闭机房门。
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	SPECT-CT 机房、PET-CT 机房患者进出的防护门为电动推拉式门，拟设置防夹装置。
		6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	受检者在 SPECT 注射后候诊室、PET 注射后候诊室内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不滞留在机房内。
		6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。	SPECT-CT、PET-CT 摆放能利于操作者观察受检者。

续表10 辐射安全与防护

		6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	SPECT-CT、PET-CT 无主射线，防护门均远离了设备出束位置
		6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。	拟配置相应的辐射防护用品，数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 1-3。
		6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。	
		6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。	
GBZ128-2019	剂量计	5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。 5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。	本项目拟为核医学科操作放射性药物的工作人员每人配置 1 组枚个人剂量计（铅衣内外各 1 枚）。同时核医学科拟配置个人剂量报警仪，监控放射工作人员受到的个人剂量。

续表10 辐射安全与防护

## 10.4 三废的处理

### 10.4.1 放射性废物

#### (1) 放射性废气

根据工程分析，项目核医学科病房区拟使用的<sup>131</sup>I具有挥发性，<sup>131</sup>I自动分装、病人口服、病房内住院过程会有少量放射性废气产生，自动分装仪置于通风橱内。核医学科显像诊断区使用<sup>99m</sup>Tc、<sup>18</sup>F为针剂，在通风橱内进行活度测定。两个通风橱由专业厂家提供带高效过滤器的排风装置，确保风速不低于0.5m/s。

根据附图9核医学科工作场所排风管道平面布置图可知，1F核医学科显像诊断区拟将准备间、放射性废物暂存间、SPECT注射室、PET注射室、病人走廊、清洁间、粒籽源准备间、SPECT-CT机房、PET-CT机房、SPECT注射后候诊室、PET注射后候诊室、留观室、准备间通风橱支管接入该层主管。主管穿医院大楼西墙引至楼顶，经活性炭吸附后朝向东侧排放，主管高于10F顶5m排放。

2F核医学科病房区拟将甲吸服药室、甲亢/甲癌服药室、卫生通过间、准备间、准备间通风橱、被服及放射性废物暂存间、4间单人病房、甲亢病人专用通道等可能挥发性放射性核素的房间（控制区用房）内均设置抽风口汇集至1根主管，主管穿医院大楼西墙引至楼顶，经活性炭吸附后朝向东侧排放，主管高于10F顶5m排放。

各支管设置止回阀，楼顶设大功率风机，使排风主管道内保持负压，避免废气倒灌和泄漏。另外，项目排水量很少，新建衰变池的臭气与医院污水处理站臭气一并引至医院综合大楼楼顶排放。

#### (2) 放射性废水

根据污染源分析，本项目核医学科放射性废水排放总量约为982.1L/d（235.7m<sup>3</sup>/a）。项目拟新建一个地理式沉渣池+衰变池单独处理本项目的放射性废水。衰变池布置在医院大楼西南侧，便于经重力自流接入污水处理站，也远离公众长期停留的地方。衰变池为地理式沉渣池+槽式衰变池，可以达到槽式排放的要求，沉渣池有效容积约46m<sup>3</sup>，衰变池的第一池、第二池、第三池有效容积均约110.0m<sup>3</sup>，衰变池总有效容积均约330.0m<sup>3</sup>。衰变池主体结构拟采用300mm混凝土，顶板为30mm混凝土，井盖为30mm铸铁井盖。池壁内部刷防渗砂浆，放射性废水管道则采用耐腐蚀的特种管道，并避开屏蔽能力的相对薄弱的砖墙。衰变池设置采样口便于采样，周围设电离辐射警示标识。

## 续表10 辐射安全与防护

### (3) 放射性固体废物

由污染源分析可知，放射性固体废弃物主要包括一次性注射器、手套等物品、病房区住院病人沾染放射性药物的餐盒、纸巾、被服等和废活性炭。患者使用过的被服拟在被服及放射性废物暂存间内暂存一个半衰期后进行清洗。核医学科两个工作场所的放射性固体废弃物分类收集在专用铅屏蔽废物桶内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋存放到废物间的铅屏蔽废物桶内暂存，暂存至其活度低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）清洁解控水平后，作为普通医疗废物处理。

### 10.5 工作场所服务期满后退役或扩建要求

若医院核医学科工作场所搬迁或者取消时，该场所应按照相关规定要求完善退役环保手续。核医学科病房区预留有4间双人病房，若今后医院发展需要开放更多的核医学科病房，病房区日等效操作量超过本环评核算量，需要提交扩建项目环境影响报告。



表 11 环境影响分析

### 11.1 运行期辐射环境影响分析

#### 11.1.1 非密封放射性物质工作场所屏蔽效能核算

##### (1) 核医学科各功能用房设计墙体屏蔽情况

根据医院提供的资料可知，项目核医学科控制区各房间四周墙体的屏蔽防护设计情况见表 1-2。

##### (2) 计算公式

本次屏蔽核算把注射后的受检者当作一个整体的放射源（点源）进行考虑，根据 GBZ120-2020 中附录 I 公示：

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_p \times r^2}\right) \quad (\text{公式11-1})$$

式中：x—屏蔽厚度，mm；

TVL— $\gamma$  射线的十分之一值层厚度，单位为毫米（mm）；

A—单个患者所用放射源的最大活度，单位为兆贝可（MBq）；

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

$\dot{H}_p$ —屏蔽墙外30cm关注点剂量率控制值，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

r ——参考点与靶点间的距离，单位为米（m）；

根据上述公式，已知屏蔽体厚度，则关注点外剂量率  $\dot{H}$  的核算由公式2转换为：

$$\dot{H} = (A \times \Gamma) / (r^2 \times 10^{(x/TVL)}) \quad (\text{公式11-2})$$

##### (3) 计算参数

①本项目核医学科显像诊断区涉及的核素有  $^{125}\text{I}$  粒籽、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ ，核医学科病房区涉及的核素有  $^{131}\text{I}$ ，对于 1F 显像诊断区使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  量较大， $^{18}\text{F}$  会因湮灭产生 0.511MeV 的  $\gamma$  射线，能量较强。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  产生  $\gamma$  射线能量为 0.140MeV， $^{125}\text{I}$  粒籽产生  $\gamma$  射线能量为 0.036MeV，能量低，且使用量不大，能屏蔽  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  也可以屏蔽  $^{125}\text{I}$  粒籽产生的  $\gamma$  射线。

②项目单次购买 1000mCi 含  $^{131}\text{I}$  放射性药物，甲亢/甲癌服药室内每次最多安排一人服药，单人（甲癌患者）服药量不超过 200mCi/人。

③原则上核素/患者距离墙体等按 1m 考虑，水平面上考查点在屏蔽体外 0.3m 处，

续表 11 环境影响分析

顶棚取楼上 0.3m 处，底板取距离楼下 1F 地面 1.7m 处；核素操作/患者离地约 1m。

④SPECT-CT 机房的屏蔽计算时，由于不同受检者等候时间差异较大，不考虑时间衰减。PET-CT 机房受检者一般在候诊室等待约 45~60min，且排泄一次，此时  $^{18}\text{F}$  至少经 45min 衰变，考虑病人排泄及时间衰减。

⑤根据《辐射防护导论》（方杰、李士骏）P88，实心页岩砖和混凝土的相当厚度可用密度进行换算，具体公式如下：

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad (\text{公式 11-3})$$

式中： $d_1$ 、 $d_2$ —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度，

$\rho_1$ 、 $\rho_2$ —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

根据核算，4cm 的硫酸钡防护涂层（密度  $3.5\text{g}/\text{cm}^3$ ）相当于 8.5cm 的实心页岩砖墙。

⑥核素剂量率常数、什值层厚度见表 11-1。

表 11-1 核素剂量率常数、什值层厚度表

核素	对于裸源单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	患者或受检者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	TVL (mm)		
			混凝土	实心页岩砖	铅
$^{18}\text{F}$	0.1430	0.0920	176	263	16.6
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.0303	0.0207	110	160	1
$^{131}\text{I}$	0.0595	0.0583	170	240	11

备注：参数均来自《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

⑦核医学科各功能房间核算按见表 11-2。

表 11-2 各房间屏蔽计算核算条件

工作场所	房间名称	核算条件	1m 处的周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
核医学显科像诊断区 1F	准备室	购买 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 成品针剂在准备间通风橱下测量活度，分装柜为 40mmPb 当量，其表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$	<2.25
	废物间	废物处置间按照受检者用量的 1% 考虑， $^{18}\text{F}$ 污染活度为 $1.48\times 10^2\text{MBq}$ ， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 污染活度为 $2.22\times 10^2\text{MBq}$ ， $^{18}\text{F}$ 1m 处的周围剂量当量率取 $0.143\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 1m 处的周围剂量当量率取 $0.0303\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$148\times 0.143+222\times 0.0303=27.9$
	SPECT 注	单名受检者活度为 $7.4\times 10^2\text{MBq}$ ，1m 处的周	$740\times 0.0303=22.4$

续表 11 环境影响分析

	射室	围剂量当量率取 $0.0303\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	
	PET 注射室	单名受检者活度为 $3.7\times 10^2\text{MBq}$ , 1m 处的周围剂量当量率取 $0.143\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$370\times 0.143=52.9$
	SPECT 注射后候诊室	单名受检者活度为 $7.4\times 10^2\text{MBq}$ , 不考虑时间衰减, 保守估计候诊室内共计 5 名受检者候诊, 总活度为 $3.7\times 10^3\text{MBq}$ , 受检者 1m 处的周围剂量当量率取 $0.0207\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$3700\times 0.0207=75.6$
	PET 注射后候诊室	单名受检者活度为 $3.7\times 10^2\text{MBq}$ , 不考虑时间衰减, 保守估计候诊室内共计 6 名受检者候诊, 则总活度为 $2.22\times 10^3\text{MBq}$ , 受检者 1m 处的周围剂量当量率 $0.0920\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$2220\times 0.0920=204.2$
	SPECT-CT 机房	单名受检者活度为 $7.4\times 10^2\text{MBq}$ , 受检者 1m 处的周围剂量当量率 $0.0207\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ SPECT-CT 中 CT 机为 III 类射线装置, 其机房屏蔽体厚度已远大于 GBZ130-2020 中要求的屏蔽厚度, 不再单独核算 X 射线剂量。	$740\times 0.0207=15.3$
	PET-CT 机房	单名受检者活度为 $3.7\times 10^2\text{MBq}$ , 受检人员至 PET/CT 机房已经在前观室等待约 45~60min, 且排泄一次, 此时 $^{18}\text{F}$ 至少经 45min 衰变, 排泄 1 次大约排泄掉给药活度的 15%, 排泄导致的衰减校正因子为 0.85, 衰变因子为 $\text{EXP}(-0.693\times 45/110)=0.75$ 。受检者 1m 处的周围剂量当量率取 $0.0920\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 另本项目 PET-CT 中 CT 机为 III 类射线装置, 相对于 $\gamma$ 光子能量低, 屏蔽 $0.511\text{MeV}$ $\gamma$ 射线即可屏蔽 X 射线, 不再单独核算 X 射线剂量。	$370\times 0.85\times 0.75\times 0.092=21.7$
	留观室	对于 PET-CT 受检人员, 已经在注射后候诊室等待约 45~60min, 且排泄一次, 在 PET/CT 机房停留 20~30min。排泄导致的衰减校正因子为 0.85, 衰变因子为 $\text{EXP}(-0.693\times 65/110)=0.66$ 。 对于 SPECT-CT 受检人员, 一般检查后可不需要留观, 留观室考虑 2 人。	$370\times 0.85\times 0.66\times 0.092\times 2=38.2$
	控制区走廊	考虑 2 名 PET-CT 受检人员 (总活度为 $740\text{MBq}$ ), 2 名 SPECT-CT 受检人员 (总活度为 $1480\text{MBq}$ ) 位于走廊, 不考虑时间衰减, $^{18}\text{F}$ 受检者 1m 处的周围剂量当量率取 $0.0920\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 受检者 1m 处的周围剂量当量率 $0.0207\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$740\times 0.0920+1480\times 0.0207=98.7$
核医学科 病房区 2F	准备间	$^{131}\text{I}$ 在自动分装仪内分装, 自动分装仪位于通风橱内, 通风橱为 50mmPb 当量其表面 30cm 处的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$	2.25
	甲吸服药室	单人口服 $^{131}\text{I}$ 胶囊 $0.185\text{MBq}$ , 1m 处的周围剂量当量率 $0.0595\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$0.185\times 0.0595=0.01$
	甲亢/甲癌服药室	单名甲癌患者最多口服含 $^{131}\text{I}$ 放射性药物 $7400\text{MBq}$ , 1m 处的周围剂量当量率 $0.0595\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$7400\times 0.0595=440.3$

续表 11 环境影响分析

被服及放射性废物暂存间	废物处置间按照受检者用量的 1%考虑, $^{131}\text{I}$ 沾染活度为 $3.52 \times 10^2 \text{MBq}$ , 1m 处的周围剂量当量率 $0.0595 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^{-2}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$	$352 \times 0.0595 = 20.9$
护士站外通道	考虑 1 名甲癌患者位于护士站外通道, 患者体内活度为 $7.4 \times 10^3 \text{MBq}$ , 患者 1m 处的周围剂量当量率 $0.0583 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^{-2}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$	$7400 \times 0.0583 = 431.4$
甲亢患者专用通道	考虑 1 名甲亢患者位于该通道, 患者体内活度为 $3.70 \times 10^2 \text{MBq}$ , 患者 1m 处的周围剂量当量率 $0.0583 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^{-2}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$	$370 \times 0.0583 = 21.6$
单人病房	单名甲癌患者最多口服含 $^{131}\text{I}$ 放射性药物 $7400 \text{MBq}$ , 患者 1m 处的周围剂量当量率 $0.0583 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^{-2}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$	$7400 \times 0.0583 = 431.4$

(4) 核医学科屏蔽防护效能核实

①核医学科用房屏蔽体屏蔽效能核实

本评价按照《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 相关要求进行了屏蔽防护评价。根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 中 5.3.1 条的要求, 在核医学控制区外人员可达处, 距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。因此, 核医学科控制区边界屏蔽体外 0.3 m 处的周围剂量当量率按照  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  进行控制。

核医学科屏蔽体屏蔽效能核算结果见表 11-3、11-4。

表 11-3 核医学显科像诊断区主要用房屏蔽防护效能核算结果表

核算位置		预测距离 (m)	1m 处周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	屏蔽设计方案	设计厚度下周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否满足要求
准备间	西墙	1.0	<2.25	240mm 实心砖墙 +3mmPb 硫酸钡防护涂料	0.18	是
	传递窗	1.0		26mmPb 当量	0.06	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	0.01	是
废物间	西墙	2.3	27.9	240mm 实心砖墙 +3mmPb 硫酸钡防护涂料	0.43	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	0.16	是
SPECT 注射室	注射台	1.0	22.4	40mmPb 当量	<0.01	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	<0.01	是
PET 注射室	注射台	1.0	52.9	40mmPb 当量	0.21	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	0.31	是

续表 11 环境影响分析

SPECT 注射后候 诊室	西墙	3.1	75.6	240mm 实心砖墙 +3mmPb 硫酸钡防护 涂料	<0.10	是
	防护窗	3.1		6mmPb 当量	<0.10	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	<0.10	是
PET 注射 后候诊室	西墙	3.1	204.2	240mm 实心砖墙 +3mmPb 硫酸钡防护 涂料	1.71	是
	防护门	3.1		6mmPb 当量	0.08	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	1.20	是
SPECT- CT 机房	四周墙体	3.1	15.3	240mm 实心砖墙 +6mmPb 硫酸钡防护 涂料	<0.01	是
	3 个防护 门	3.1		6mmPb 当量	<0.01	是
	观察窗	3.1		6mmPb 当量	<0.01	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	<0.01	是
PET-CT 机房	四周墙体	3.1	21.7	240mm 实心砖墙 +8mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.09	是
	3 个防护 门	3.1		8mmPb 当量	0.74	是
	观察窗	3.1		8mmPb 当量	0.74	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	0.13	是
留观室	西墙	3.1	38.2	240mm 实心砖墙 +3mmPb 硫酸钡防护 涂料	0.32	是
	2 个防护 窗	3.1		6mmPb 当量	1.73	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	0.23	是
控制区走 廊	2 个防护 门	5.3	98.7	6mmPb 当量	1.53	是
	顶棚	4.5		120mm 砷+4mm 铅板	0.58	是

备注：1F 内空高度 5.1m。

续表 11 环境影响分析

核算位置		预测距离 (m)	1m 处周围 剂量当量 率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	屏蔽设计方案	设计厚度下周 围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否满 足要求
准备间	顶棚	2.7	<2.25	120mm 砼+4mm 铅板	0.03	是
	底板	4.5		120mm 砼+4mm 铅板	0.01	是
甲亢/甲 癌服药 室	顶棚	3.0	440.3	400mm 砼	0.22	是
	底板	4.5		120mm 砼+4mm 防护 铅板	1.85	是
被服及 放射性 废物暂 存间	东西墙	1.0	20.9	240mm 实心砖 +10mmPb 铅板	0.26	是
	顶棚	2.7		120mm 砼	0.56	是
	底板	4.5		120mm 砼	0.20	是
护士站 外通道	防护门	3.3	431.4	14mmPb 当量	2.11	是
	观察窗	1.0		40mmPb 当量	0.10	是
	顶棚	3.0		400mm 砼	0.21	是
	底板	4.5		120mm 砼+4mm 铅板	1.82	是
甲亢患 者专用 通道	防护门	2.0	21.6	8mmPb 当量	1.01	是
	顶棚	2.7		120mm 砼+4mm 铅板	0.25	是
	底板	4.5		120mm 砼+4mm 铅板	0.09	是
单人病 房	西墙	3.7	431.4	240mm 实心砖 +3mmPb 硫酸钡防护 涂料	1.68	是
	东墙	3.0		240mm 实心砖 +4mmPb 硫酸钡防护 涂料	2.07	是
	防护窗	3		16mm 铅玻璃	1.68	是
	顶棚	3.0		400mm 砼	0.21	是
	底板	4.5		120mm 砼+4mm 铅板	1.82	是

备注：2F 内空 3.3m。

根据上表可知，按照核医学科现有屏蔽防护设计方案进行建设后，核医学科控制区各房间外人员可达处，屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

#### ②防护通风柜、注射窗屏蔽效能核实

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中 5.3.1 条的要求核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5 cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应

**续表 11 环境影响分析**

满足个人剂量限值要求。因此，核医学科控制区防护通风柜柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率按照 25 $\mu$ Sv/h 进行控制。防护通风柜柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率估算结果见表 11-5。

**表 11-5 核医学科各设备屏蔽效能核算结果**

设备名称	核素	最大活度 (MBq)	裸源单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 $\mu$ Sv·m <sup>2</sup> /(h·MBq)	预测距离 (m)	屏蔽材料及厚度	周围剂量当量率 ( $\mu$ Sv/h)
1F 准备间 (分装+通风橱)	<sup>99m</sup> Tc	22200	0.0303	0.5	40mmPb	<0.01
	<sup>18</sup> F	3700	0.1430	0.5	40mmPb	8.21
SPECT 注射台	<sup>99m</sup> Tc	740	0.0303	0.5	40mmPb	<0.01
PET 注射台	<sup>18</sup> F	370	0.1430	0.5	40mmPb	0.82
2F 准备间通风橱 (内装自动分装仪)	<sup>131</sup> I	35000	0.0595	0.5	50mmPb	0.24

备注：最大活度为单次通风橱内最大操作活度。

根据上表核算可知，防护通风柜柜体外、自动分装仪器表面 5cm 处周围剂量当量率低于 25 $\mu$ Sv/h，满足评价标准限值要求。

**11.1.2 剂量估算**

X- $\gamma$  射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)}^* \times t \times 10^{-3} \quad (\text{公式 11-4})$$

式中： $H_{Er}$ ：X 或  $\gamma$  射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H_{(10)}^*$ ：X 或  $\gamma$  射线周围剂量当量率， $\mu$ Sv/h；

$t$ ：X 或  $\gamma$  射线照射时间，h。

**(1) 核医学科显像诊断区放射工作人员剂量估算**

①**护师**：核医学科护师主要负责核医学科分装（活度测定）、注射。假设全年核医学科影像诊断区负责 <sup>99m</sup>Tc、<sup>18</sup>F、<sup>125</sup>I 粒籽植入相关放射性药物的操作工作由 3 名护师进行，1 个护师负责一种放射性药物，诊断区护师年有效剂量估算见表 11-6。

续表 11 环境影响分析

表 11-6 核医学科显像诊断区护师年剂量估算

操作涉及核素	涉及操作	瞬时剂量率 (μSv/h)	年操作时间	年有效剂量 (mSv)	合计 (mSv)
<sup>99m</sup> Tc	分装	<0.01	20min×2×240=160h	<0.01	<0.01
	注射	<0.01	0.5min×7200=60h	<0.01	
<sup>18</sup> F	分装	8.21	10min×4×240=160h	1.31	1.38
	注射	0.82	0.5min×9600=80h	0.07	
<sup>125</sup> I	装枪	<0.01	1min×600=10h	<0.01	<0.01
	植入	<0.01	10min×600=100h	<0.01	

核医学科护师年有效剂量最大值约为 1.37mSv，小于医院的年有效剂量管理目标值 5mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

②**技师：**技师主要负责辅助患者摆位及 SPECT-CT、PET-CT 扫描显像。

**A、摆位：**SPECT-CT、PET-CT 机房与控制室之间设置观察窗和对讲装置，技师通过对讲指导受检者自行摆位，假设有 1/10 受检者需要辅助摆位，单次辅助摆位时间约 1min。全年 SPECT-CT 显像诊断 7200 人次，PET-CT 显像诊断 9600 人次，根据表 11-2，SPECT-CT 受检者 1m 处周围剂量当量率为 15.3μSv/h，PET-CT 受检者 1m 处周围剂量当量率为 21.7μSv/h。

**B、显像：**注射后受检者进入 SPECT-CT、PET-CT 机房后即对控制室的技师产生辐射影响，故 SPECT-CT、PET-CT 显像时间按照患者在机房内停留时间进行考虑，SPECT-CT 受检者每人 12min，PET-CT 受检者每人 30min，周围剂量当量率取值表 11-3。

若全年的 SPECT-CT、PET-CT 显像诊断工作分别由 2 名技师完成，则核医学科影像诊断区技师年剂量估算见表 11-7。

表 11-7 技师年剂量估算

分类	涉及操作	瞬时剂量率 (μSv/h)	年受照时间	年有效剂量 (mSv)	合计 (mSv)
SPECT-CT 技师	辅助受检者摆位 (机房内)	15.3	1min×1/10×7200=6h	0.18	0.18
	显像 (机房外)	<0.01	12min×7200=1440h	<0.01	
PET-CT 技师	辅助受检者摆位 (机房)	21.7	1min×1/10×9600=16h	0.70	4.3



续表 11 环境影响分析

	内)				
	显像(机房外)	0.74	30min×9600=4800h	3.6	

根据上表可知，全年的 SPECT-CT 显像诊断工作由 1 名技师完成，其年有效剂量为 0.74mSv，全年的 PET-CT 显像诊断若由 1 名技师完成，其年有效剂量为 4.3mSv，小于医院的年有效剂量管理目标值 5mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。由于 PET-CT 显像诊断时间较长，建议安排两组或以上技师分担工作量，熟练操作技能、缩短工作时间等，确保工作人员年剂量处于较低水平。

**(2) 核医学科病房区放射工作人员剂量估算**

在 2F 病房区，甲吸测定患者服用含有 <sup>131</sup>I 放射性药物的胶囊，甲亢、甲癌患者口服的碘 [<sup>131</sup>I] 化钠使用自动分装仪分装，患者进入服药室可直接取药服用，核医学科工作人员全程几乎不接触 <sup>131</sup>I 药物，也不接触服用 <sup>131</sup>I 后的患者。病房区放射工作人员年有效剂量估算见表 11-8。

**表 11-8 放射工作人员年有效剂量估算结果表**

核素名称	操作内容	操作距离 (m)	操作位剂量率 (μSv/h)	年受照时间	年有效剂量 (mSv)
<sup>131</sup> I	自动分装仪	0.5	0.24	2min×192 人次+1min×3600 人次=66.4h	0.16

由上表可知，按不利情况考虑，核医学科由 1 名放射工作人员操作自动分装仪，则该名放射工作人员受到的年附加有效剂量约为 0.16mSv/a，小于医院的年有效剂量管理目标值 5mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

在实际工作中，多名放射工作人员工作时间平均分配，同时放射工作人员应正确穿戴和使用防护用品，同时熟练操作，减少操作时间，以降低放射工作人员不必要的受照剂量。

**(3) 公众成员剂量估算**

根据项目周围布置情况及射线衰减理论，与本项目控制区紧密相连区域的公众成员受到一定的影响，距离本项目较远处公众成员受到的影响较小，因此本次主要关注与项目控制区相邻区域公众成员的年附加有效剂量，具体情况如下表 11-9。

续表 11 环境影响分析

表 11-9 公众成员年有效剂量估算结果表

场所名称		与项目主要用房的位置关系	诊疗场所屏蔽体外周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	受照射时间 (h)	居留因子	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
1F	肠道发热门诊	医生综合区兼阅片室紧邻	<0.01	1920	1	<0.02
	预约咨询候诊门厅	受检者通道入口旁	1.53	192	1/4	0.07
2F	核医学科候诊门厅	患者通道专用入口旁	2.11	192	1/4	0.10
3F	体检中心	核医学科病房区楼上	0.21	960	1	0.20
医院大楼外	重庆愉悦皇玛汽车维修店	核医学科影像诊断区 PET-CT 机房北面约 11m	<0.01	1920	1	<0.02
	重庆康泽服务站等	甲亢病人专用通道西侧约 28m	<0.01	192	1	<0.01

备注：核医学科年工作 240 天，每天工作 8h，对开展治疗、诊断的房间全年工作时间为 1920h/a；对通道内停留人员按照全年工作时间的 1/10 考虑，对病房则按照 24h×240 天=5760h 考虑。体检中心一般上半天班，工作人员工作时间为 4h×240 天=960h。居留因子根据 NCRP144 号表 4.4 取值

根据上表可知，核医学科诊疗场所屏蔽体外的公众成员受到的年附加剂量最大为 0.20mSv/a，小于医院的年有效剂量管理目标值 0.25mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。同时，上表核算未考虑建筑原本墙体等屏蔽，估算结果较保守。从上表可知，距离医院综合大楼外最近环境保护目标处周围剂量当量率也均处于本底值，项目对环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。核医学科工作人员在病人就诊前告知病人离院后的注意事项，如：用药后不宜乘坐公共交通，不在人群集中的区域长时间停留等，尽量避免与周围人员近距离接触，减少对周围公众成员的影响。

### 11.1.3 环境保护目标辐射环境影响分析

根据表 11-3、11-4 的计算结果可知，核医学科影像诊断区控制区外界外人员可达处，屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，若考虑控制区外非核医学科用房诊疗场所墙体屏蔽，对门诊用房等贡献值将接近本底值，根据表 11-9 可知，距离医院综合大楼外最近环境保护目标处周围剂量当量率也均处于本底值，项目对环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。核医学科工作人员在病人就诊前告知病人

续表 11 环境影响分析

离院后的注意事项，如：用药后不宜乘坐公共交通，不在人群集中的区域长时间停留等，尽量避免与周围人员近距离接触，减少对周围公众成员的影响。

## 11.2 放射性“三废”环境影响分析

### 11.2.1 放射性废水影响分析

#### (1) 放射性废水来源及排放量

项目核医学科使用 4 种放射性药物 ( $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{125}\text{I}$  粒籽)，放射性废水主要来自病人排泄物（病人的尿液）； $^{125}\text{I}$  粒籽为固态，不考虑其进入病人排泄物中的放射性。工作人员操作过程中手部可能受到微量  $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  污染的洗手水；清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量核素清洗水等。根据工程分析，项目放射性废水产生量约为 982.1L/d，235.7m<sup>3</sup>/a。

#### (2) 放射性废水收集及处置系统

核医学科产生的放射性废水经单独收集后进入新建的沉渣池+衰变池处理后再排入医院污水处理站处理。新建沉渣池有效体积为 46m<sup>3</sup>，衰变池总有效体积为 330m<sup>3</sup>。衰变池平立面布置图见附图 8。

#### (3) 衰变池衰变处理能力的确定

本评价按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，本项目放射性废水的排放应满足排放总量限值和浓度限值。

##### ① 计算每日放射性废水产生活度

根据 AAPM Task Group 108: PET and PET-CT Shielding Requirements, PET、PET-CT 扫描前患者需要排空，一般给药 2 小时后，膀胱排出活度约 15%-20%。本评价按照最不利情况考虑，所有患者均排出给药量活度的 20% 进入衰变池。对于甲癌患者，病人一般住院 5~7d 中， $^{131}\text{I}$  从尿中排出量约为给药量的 80%，每月最多收治 16 名病人。核医学科每日、每月病人给药及排放的最大活度见表 11-10。

表 11-10 每日、每月最大排放活度一览表

核素名称	单人最大用量 (Bq)	人数 (人)		最大用量 (Bq)		排放比例 (%)	最大排放量 (Bq)	
		每日	每月	每日	每月		每日	每月
$^{18}\text{F}$	$7.4 \times 10^8$	40	800	$1.48 \times 10^{10}$	$2.96 \times 10^{11}$	20	$2.96 \times 10^9$	$5.92 \times 10^{10}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$3.7 \times 10^8$	30	600	$4.44 \times 10^{10}$	$8.88 \times 10^{11}$	20	$8.88 \times 10^9$	$1.78 \times 10^{10}$
$^{131}\text{I}$	$7.40 \times 10^9$	4	16	$2.96 \times 10^{10}$	$1.18 \times 10^{11}$	20	$5.92 \times 10^9$	$2.36 \times 10^{10}$

续表 11 环境影响分析

②衰变池处理效果核算

本项目使用槽式衰变池处理放射性废水，以每天产生的的初始活度值为基数，计算它分别经过 kd、k+1d、k+2d.....md 衰变后各自单独的活度值，将这 n（m-k+1）份不同活度值的放射性废水的总活度作为单次放射性废水排入环境中的活度值。衰变计算公式如下：

$$\text{化粪池内的总活度： } A_n = A_0 \cdot \frac{1 - e^{-\lambda t}}{1 - e^{-\lambda}}$$

$$\text{衰变池每次排出总活度： } A_{\text{排出}} = A_n \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\text{排放的活度浓度： } A_c = \frac{A_{\text{排出}}}{V}$$

式中：A<sub>n</sub>：化粪池内放射性废水总活度，Bq；

A<sub>0</sub>：每天流入化粪池的活度，Bq；

λ：核素的衰变常数； $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$ ；T<sub>1/2</sub>为核素的半衰期；

t：沉渣池装满所需的时间，时间单位应与 T<sub>1/2</sub> 的单位一致；

A<sub>排出</sub>：衰变池排放口的活度，Bq；

A<sub>c</sub>：衰变池排放口的活度浓度，Bq/L；

V：衰变池容积，L。

不考虑沉渣池的停留时间，每一格衰变池科储存 112 天，本项目衰变池采用槽式排放，共 3 格，衰变池每一格的有效容积为 110m<sup>3</sup>，衰变池能装约 336 天的放射性废水量。根据计算，放射性废水经衰变后，衰变池排口的每次排放活度为 2.81×10<sup>2</sup>Bq，月排放活度为 2.81×10<sup>2</sup>Bq，废水排放浓度为 0.3Bq/L，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）的限值要求（10Bq/L）。

因此，本项目拟新建衰变池有效容积及类型能满足本项目的要求。

（4）放射性废水处理工艺可行性分析

根据建设单位提供资料，放射性废水采用“沉渣池+槽式衰变池”工艺处理放射性废

## 续表 11 环境影响分析

水，而后排入医院污水处理站处理后排入市政污水管网。衰变池内设置电磁阀、污水泵，实现废水槽式排放。不考虑沉渣池的停留时间，每一格衰变池可储存 112 天，本项目衰变池采用槽式，共 3 格，每一天考虑 1 份水，每份水可停留，第一、二、三格水装满后，第一格水排出。为确保衰变池正常的运行，本项目在衰变池前设置专用沉渣池，内设污泥搅拌机，用于沉淀消化固形物。

综上，项目设置有独立的放射性废水收集系统，放射性废水经衰变池处理后，排入医院污水处理设施处理，因此，项目产生的放射性废水能够得到有效处理，达标排放。由于放射性废水的产生量及浓度存在波动性。衰变池周围应设电离辐射警告，排放口应设置标准化的排污口并便于采样。

### (5) 衰变池建设要求

衰变池池壁、顶部采用 300mm 砼，池底采用 200mm 砼，顶板增加 100mm 砼进行辐射屏蔽，核医学科病房区排水管网 DN50 穿地板位于 1F 吊顶内，接入该层 DN75 主管，所有室内穿墙排水管处采用 8mm 铅皮包裹。室外排水管采用顶部及两侧采用 200mm 砼，顶部加 120mm 砖。衰变池内部防水砂浆确保衰变池满足防渗、耐酸碱腐蚀、无渗透和泄露的要求。衰变池内放射性物质最大量考虑当日排放量，则衰变池屏蔽体屏蔽效能核算结果见表 11-11。

表 11-11 核医学科衰变池屏蔽效能核算结果

屏蔽结构	衰变池屏蔽材料及厚度	最大活度 (MBq)	周围剂量当量率常数 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ )	预测距离 (m)	周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )
池壁、顶部	400mm 砼	2960	0.1430 (考虑 F-18)	2.9	0.27

备注：取距离池顶部 0.3m 处。

根据上表计算可知，按照衰变池现有屏蔽防护设计方案进行建设，距衰变池地面 0.3m 处的周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

综上，医院核医学科产生放射性废水能够得到有效处理，达标排放。

### 11.2.2 放射性废气影响分析

根据本报告表 10 可知，医院拟在核医学科 1F、2F 设置分别设置独立的排风系统，各控制区设置独立的排风系统，涉及放射性药物分装过程均在常温、负压的封闭式通风橱下进行，底部衬托吸水滤纸，操作时无开放液面，通风橱内风速不低于  $0.5\text{m/s}$ ，通风

## 续表 11 环境影响分析

橱上方设置吸附过滤装置，通风橱支管接入该层排风主管内。楼顶设置大功率风机，主管道内保持负压，各废气支管口设置止回阀，保证气流走向。2根主管末端设置活性炭吸附装置，排风口位于10F顶，高于屋顶5m，朝向东侧道路，排风口周围20m范围内无遮挡物，项目所在区域常年主导风向为东北风，东北风下风向环境保护目标最近约38m（建筑低于排放口约16m），采取以上措施后，放射性废气对周围环境基本无不良影响。

考虑通风橱吸附装置及末端活性炭吸附装置二级组合处理效率为99.9%，则含有 $^{131}\text{I}$ 排风活度为 $3.52 \times 10^4 \text{Bq}$ ，浓度为 $0.88 \text{Bq/m}^3$ ，对周围环境影响可接受。核医学工作人员定期检查排风机的运行效能，形成检查记录，定期更换活性炭，对于更换的活性炭作为放射性废物处置。

### 11.2.3 放射性固废影响分析

本项目产生放射性固体废弃物分类收集在专用固废收集桶内，每天下班由专人统一将桶内的固体废物连同垃圾袋存放到污物储存间内暂存，待其衰变至活度低于放射性废物免管水平后，清洁解控作为普通医疗废物处理。

项目放射性固废应严格采取以下治理措施：

（1）严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理。应力求控制和减少放射性废物产生量，以满足废物最小化原则。

（2）对放射性固体废物应尽可能分核素分类收集。根据核素的性质，单独衰减，达到衰变时间和要求的，再收集在一起作为医疗废物处理。放射性固废应按照医疗废物（危险废物）的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

（3）供收集的专用固废收集桶应具有外防护层和电离辐射标志。污物桶放置点应避开工作人员作业和经常走动的地方。

（4）内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加不易刺破的外套（如硬牛皮纸外套）。

（5）放射性废物在废物间内暂存，根据前文项目一天产生放射性废物最大约4.6kg，项目1、2F废物处置间面积约 $12.4 \text{m}^2$ ，可容纳项目产生的放射性废物至其活度浓度或总活度低于或者等于GB18871清洁解控水平后，作为一般医疗废物处理。患者使用过的

**续表 11 环境影响分析**

被服拟在被服及放射性废物暂存间内暂存一个半衰期后进行清洗。

**11.3 事故影响分析**

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。这类效应存在阈值效应，分为确定性效应和随机性效应，在剂量超过一定的阈值时才能发生的是确定性效应，而随机性效应则不存在阈值。确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。

成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值见表 11-12，成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-13 所示。

**表 11-12 成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值**

组织和效应		在一次短时期照射中受到的总剂量 (Sv)	分多次的照射或迁延照射中受到的总剂量 (Sv)	多年中每年以很多分次照射或迁延照射接受剂量时的年剂量 (Sv/a)
睾丸	暂时不育	0.15	NA	0.4
	永久不育	3.5~6.0	NA	2.0
卵巢—不育		2.5~6.0	6.0	>0.2
晶状体	可查出的浑浊	0.5~2.0	5	>0.1
	视力障碍 (白内障)	2.0~10.0	>8	>0.15
骨髓—造血功能低下		0.5	NA	>0.4

备注：表格来自 ICRP, 1984；NA 表示不适用，因为该阈值取决于剂量率而不取决于总剂量。

**表 11-13 不同照射剂量对人体损伤的估计**

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25	/		不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5			可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1.0~2.0	骨髓型急性放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
2.0~4.0		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，1h~2h 后呕吐，白细胞短暂上升后下降
4.0~6.0		重度	降
6.0~10.0		极重度	1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降

续表 11 环境影响分析

		1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降
10~50	肠型急性放射病	频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病	频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《急性外照射放射病的诊断标准》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-14。

表 11-14 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	20
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-15。

表 11-15 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

### 11.3.1 辐射潜在事故风险类型



## 续表 11 环境影响分析

本项目使用放射性药物在正常营运情况下对于公众和周围环境是安全的。但如果操作管理不善或发生异常情况时，可能对公众和环境造成辐射危害，可能出现的情况有：

①由于管理不善，导致放射性药物保管不善丢失、被盗，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

②工作人员未认真核对姓名、药物名称、种类、给药途径、用量等，致使他人用药错误或过量而造成误照射。

③由于工作人员操作不熟练或者其他原因造成工作时放射性药物撒漏，或者病人服药过程中纸杯撒漏，可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，造成手和皮肤污染，还可能产生放射性废水和处理产生放射性固废。

④放射性固体废物未经足够长时间的暂存衰变，擅自处置，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

⑤违反核医学管理规定在核医学科工作场所吸烟、进食，可能吸入和食入放射性物质造成人员内照射。

⑥手部有伤仍从事放射性物质操作，也可能造成内照射。

⑦工作人员存在不良工作习惯，对自身的防护不重视，注射用棉签，一次性手套未妥善收集和处置，致使室内受到污染，辐射水平增高。

### 11.3.2 辐射潜在事故剂量估算

#### (1) ①类辐射事故

根据上述事故类型，本项目<sup>18</sup>F、<sup>99m</sup>Tc针剂类放射性药物进入核医学科影像诊断区后，放置在准备间的核素储存柜内，病人注射前才由放射工作人员从其中拿出来；<sup>131</sup>I放射性药物进入核医学科后，放置在自动分装室的自动分装仪内，病人服药前才由放射工作人员通过电脑控制，自动分装药物。另外，进入核医学科控制区的门均为铅防护门，设置有门禁，日常无关人员无法进入，因此，①类事故发生概率较低，本报告不予核算。

#### (2) ②类辐射事故

核医学科工作人员严格执行相关管理制度，科室采用语音呼叫系统，一次呼叫1人进入给药房间，并核实身份信息，发生注射错误药物和过量放射性药物致使他人用药错误和过量而造成误照射事故的概率极低，本报告不与核算。

#### (3) ③~⑦类事故

③~⑦类事故发生后，以③放射性药物撒漏事故概率较大，且放射性药物事故活度

**续表 11 环境影响分析**

最大，对人员和周围环境产生的影响最大。

医院拟使用的大部分放射性药物均购买成品针剂直接注射，<sup>131</sup>I 采用自动分装仪进行分装，故分装过程中发生辐射事故的概率低。因此，本项目核医学科工作场所可能发生放射性药物撒漏事故的工作环节主要考虑 <sup>18</sup>F 分装、<sup>99m</sup>Tc 分装、患者给药环节。

根据项目核素使用情况，本次评价考虑项目使用较多的主要病人 <sup>131</sup>I 口服时撒泼，以及医务人员操作 <sup>18</sup>F 针剂、<sup>99m</sup>Tc 针剂破碎的情况进行事故剂量估算。

放射性药物 <sup>131</sup>I 撒泼后，病人及时脱掉沾药衣物，医务人员及时清洁处理（擦拭、冲洗、检测），直到满足要求为止。<sup>18</sup>F 针剂、<sup>99m</sup>Tc 针剂破碎一般发生在分装过程，涉及人员为医务人员。估算参数及结果见表 11-16。

**表 11-16 事故剂量核算参数/条件表**

核素	裸源 1 米处的周围 剂量当量率常数 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ )	撒泼药量 (MBq)	处理距离 (m)		处理/受照时间 (min)		事故剂量 (mSv/ 次)	
			公众	医务人员	公众	医务人员	公众	医务人员
<sup>131</sup> I	0.0595	7400 (甲 癌)	0.05	0.2	2	30	5.3	5.5
<sup>18</sup> F	0.1430	370	--	0.2	/	30	--	0.7
<sup>99m</sup> Tc	0.0303	740	--	0.2	/	30	--	0.3
<sup>125</sup> I 粒 籽	0.0165	433	--	0.2	/	10	--	0.03

根据上述核算，单次<sup>131</sup>I口服药物撒漏及<sup>18</sup>F针剂、<sup>99m</sup>Tc针剂破损时，公众成员和医务人员的受照剂量超过医院年剂量管理目标，可能导致机能变化，血液变化，但不伴有临床症状的病变，属于一般辐射事故。多次的撒漏事件可能演变成超年剂量限值事故的发生，

**11.3.3 风险防范措施**

**(1) 项目事故风险防范措施**

发生在非密封源工作场所的放射事故主要是污染事故，导致人员的照射方式主要是内照射。应急措施从以下几个方面体现：

**①人员**

A、尽快消除有害因素，使受照人员尽快撤离现场，检查人员受害程度，采取措施，同时向上级部门报告。

B、对疑有污染人员，应进行体表污染监测，确有污染应进行去除污染处理，防止

续表 11 环境影响分析

污染进一步扩散；疑有吸入或食入者，应尽早选择适当的促排剂进行促排。

### ②污染控制

A、放射事故一般处理原则是：控制事故源，防止蔓延。控制事故处理时限，把危害降低到最低限度，控制事故影响。

B、控制污染，禁止无关人员出入现场，以防扩大污染范围，在采取控制污染措施时，要注意保护好现场。

C、发生场所、地面、设备污染事故时，在确定同位素、范围、水平后，尽快地采取相应的去污措施去污。

D、发生放射性液体、气体、气溶胶污染空气事故时，要根据监测数据采取相应吸附、过滤、通风等除污净化措施。

E、当人员皮肤、伤口被污染时要迅速除去污染和医学处理。

### (2) 应急措施

①发生少量放射性液体洒落的地面或者操作台时，可立即用吸水纸、纱布等自外而内螺旋形吸水，换用吸水纸或纱布自外而内擦干，再此基础上用温水仔细清洗污染处，检测安全后方可结束。使用过的吸水纸或纱布视为放射性废物。经检测安全后方可结束。用过的纱布视为放射性废物。当发生人员身体、衣物受到表面污染时，受沾污人员应及时去污，防止污染扩散。体表沾污应用温水加肥皂或者洗涤剂冲洗，配合软毛刷或棉签刷洗。注意操作要轻柔，防止皮肤损伤，去污后经检测合格方能离开。

②当发生射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射时，首先应立即切断电源，对可能受放射损伤的人员，应第一时间将伤员撤离到相对安全区域后，采取暂时隔离和应急救援措施。事故中受超剂量照射需转送到指定救治基地进行救治观察者，应及时由救护车转送。

③当发生放射性药物被盗、丢失时，应第一时间向医院辐射事故应急小组及生态环境、公安、卫生主管部门报告。

④去污后建设单位应根据人员受照剂量，判定事故类型和级别，提出控制措施及救治方案，迅速安排受照人员接受医学检查、救治和医学监护。具体处理方法按《核与放射事故干预及医学处理原则》（GBZ113-2006）和《辐射损伤医学处理规范》

（卫生部、国防科委文件卫法监发[2002]133号）进行。发生照射事故时，人员接受医

## 续表 11 环境影响分析

学检查或在指定的医疗机构救治，并在 2 小时内向市生态环境局和卫生主管部门报告。

### 11.4 实践正当性分析

按照《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“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

项目放射性同位素药物在核医学的应用，对疾病的诊断、治疗有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。本项目营运以后，将为病人提供一个优越的就医环境，具有明显的社会效益；随着医院医疗技术与及服务水平的提高，将吸引更多的就诊人员，医院在为患者健康服务的同时也将创造更大的经济效益。

项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的影响在可接受范围内。在项目营运过程中建设单位应掌握好适应症，正确合理地使用诊断性医疗照射；执业医师等核医学科人员应根据诊疗目的和受照人员特征对医疗照射实践进行正当性判断，应尽可能使用与计划照射相关的病人先前已有的诊断信息和医学记录，避免不必要的重复照射。

因此，该医院放射性同位素的应用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

### 11.5 环保投资估算

本项目环保投资估算共约 90 万，占总投资 4.5%，具体情况见表 11-10。

表 11-18 项目环保投资一览表

序号	辐射安全与防护设施名称	投资（万元）
1	防护铅门、铅玻璃、铅板等	35
2	核素储存柜、活度计、对讲、门禁等见表 1-3 及各类防护用品、监测仪器	25
3	废气收集管网、处置	4
4	沉渣池、衰变池	16
5	监测、环评、验收等	10
合计		90

表 12 辐射安全管理

**12.1 辐射安全与环境保护管理机构及人员**

**12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构**

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

按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立有辐射防护与安全管理领导小组，具体成员如下表 12-1 所示。

**表 12-1 辐射防护与安全管理领导小组成员基本情况表**

职务	姓名	性别	职务或职称	学历	工作部门	专职/兼职
组长	董**	男	总经理兼副院长，主任医师	研究生	医院领导班子成员	兼职
副组长	谢**	男	副总经理兼副院长	本科	医院领导班子成员	兼职
副组长	李**	男	副主任医师	研究生	核医学科	兼职
成员	易**	男	副主任医师	本科	医务部	兼职
成员	王**	男	主治医师	本科	放射科负责人	兼职
成员	蒲**	女	部门经理	本科	保障部	兼职

由上表可知，医院设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，小组成员均在岗，管理人员学历均为专科以上，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

**12.1.2 放射工作人员配置**

项目核医学科劳动定员共计 14 人，现有已招聘放射工作人员 7 人，项目目前确定的放射工作人员情况见表 12-2 所示，其余待定。

表 12 辐射安全管理

表 12-2 本项目放射工作人员基本情况表							
序号	姓名	性别	学历	岗位	最近一次辐射安全与防护培训时间	培训证号	个人剂量计编号
1	董**	男	研究生	核医学医师	待培训	/	/
2	李**	男	研究生	核医学医师	待培训	/	/
3	王**	男	本科	放射医师	待培训	/	/
4	张**	男	大专	放射技师	待培训	/	/
5	张*	女	大专	放射技师	待培训	/	/
6	张**	女	大专	核医学技师	待培训	/	/
7	帅**	女	大专	核医学技师	待培训	/	/

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过我部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过我部培训平台报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

由上表可知，本项目放射工作人员均未取得培训合格证，也尚未进行健康体检和个人剂量监测。待放射工作人员确定后应按要求参加辐射安全与防护培训并取得培训合格证，进行职业健康体检并申请个人剂量计后才能从事本项目的辐射工作。

## 12.2 辐射安全管理

### 12.2.1 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》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

医院为首次开展非密封源工作场所，医院核医学科也正在筹备、建立中，目前医院制定的相关使用Ⅲ类射线装置的辐射环境管理制度不能适应本项目的辐射环境管理

**表 12 辐射安全管理**

要求，待核医学科人员、设施到位后制定核医学科管理制度及核医学科受检者/患者的管理制度等。现有辐射环境管理基本制度中已修订《中核华友重庆医院管理有限公司辐射防护管理规定》及《辐射事故（事件）专项应急预案》。辐射防护管理规定中包括了许可证申领、放射工作人员管理、辐射工作场所管理、放射性同位素和射线装置的采购与使用、放射源及放射性废物处理、辐射事故处理等相关规定。辐射事故（事件）专项应急预案中给出了医院辐射事故应急领导小组，医院可能出现的辐射事故（事件）类型、应急处置、响应措施等。

医院还应修订现有《辐射安全与防护专业知识学习、培训计划》、《辐射工作场所监测计划》等，同时建立核医学科相关管理制度，如：核医学科安全防护管理规章制度、核医学科放射性药物订购领取保管制度、放射性同位素使用登记制度、核医学交接班管理制度、核医学科受检者/患者的就诊前告知书、核医学科辐射防护和安全保卫制度、核医学科病房管理制度、核医学科仪器管理操作保养和维修制度、核医学放射废物的处理制度、核医学科清洁卫生制度、各类人员岗位职责及核医学科应急处置程序等。

在项目建成前，以上辐射环境管理要求应落实到位，组织科室人员培训学习，并张贴上墙。

### **12.2.2 档案管理**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

医院按照相关要求，建立了放射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并且组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年。

本项目运营前，医院应认真落实相关制度和规定，安排新进放射工作人员进行职业健康体检、配置个人剂量计、参加辐射安全与防护培训并取得合格证，将健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

**表 12 辐射安全管理**

**12.2.3 年度评估**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

医院按照上述要求每年均提交了上一年度的年度评估报告，医院今后还应制定并落实年度评估制度，继续于每年 1 月 31 日前均向原发证机关提交年度评估报告。年度评估报告应包括医用 X 射线装置台账、非密封放射性物质台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

**12.3 核安全文化建设**

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。

医院应建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别单位内部核安全文化的弱化处并加以纠正，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①医院应组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②医院应当建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

**12.4 辐射活动能力评价**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（第十六条）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（第七条）的相关规定，医院从事的辐射活动能力评价如表 12-3。



表 12 辐射安全管理

表 12-3 从事本项目辐射活动能力评价	
应具备的主要条件	落实情况
（一）使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院已成立辐射防护与安全管理领导小组，负责医院的辐射安全与环境保护管理工作。
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	已制定培训计划，全部放射工作人员上岗前取得培训合格证，待落实后方可开展辐射工作。
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	项目拟设置自动分装仪、单向门、核素储存柜、放射源储存保险柜等，设备所在房间拟设置监控系统、防护门（具有防盗功能）。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	核医学科工作场所地面拟设置指示箭头指导患者就诊。
（五）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。	拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪、表面污染监测仪等，同时拟配置铅橡胶衣服、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子等。
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院将完善现有管理制度，并制定完整的核医学科管理制度，将制度贴上墙。
（七）有完善的辐射事故应急措施。	拟制定核医学科应急处置程序。
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	根据分析，医院拟采取的放射性废气、废液、固体废物的处理方案可行。
<p>第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。</p> <p>贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。对放射性同位素贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、放射线泄漏的安全措施。</p>	<p>核医学科拟设有废物间，用于专门储存放射性固废，室内无其它易燃、易爆、腐蚀性物品，并指定专人负责保管。</p> <p>医院拟制定核医学科放射性药物订购领取保管和使用制度、核医学交接班管理制度等。项目设置有自动分装仪、保险柜存储放射性药物，设备所在房间有监控系统、防护门（具有防盗功能）。</p>
<p>根据上表可知，本项目的管理工作依托医院现有的管理体系，已具备了一定的能力，但还应在本项目建设完成后运营前，针对本项目非密封放射源工作场所的特点，完善相应管理制度，认真落实上述要求后，医院才具备从事本项目辐射活动的能力。</p>	

表 12 辐射安全管理

12.5 辐射环境监测

12.5.1 工作场所环境监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，建设单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测，并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便主管部门及时了解项目安全运行情况。

(1) 非密封源工作场所监测

医院拟自行配备仪器进行核医学科工作场所日常监测，发现问题及时整改。监测数据纳入每年的年度评估报告提交至生态环境主管部门。根据《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)，医院核医学科 1、2 层工作场所日常监测计划如下表 12-4 所示。

表 12-4 项目监测及检查内容一览表

监测地点		监测项目	监测频率	限值要求
核医学科工作场所	诊疗场所屏蔽体外	周围剂量当量率	2 周一次	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
	内部工作场所	$\beta$ 表面污染	4 周一次	工作台、设备、墙壁、地面： 控制区： $\beta \leq 4 \times 10\text{Bq/cm}^2$ ； 监督区： $\beta \leq 4\text{Bq/cm}^2$ ；
	人体皮肤衣服	$\beta$ 表面污染	每次从控制区经卫生通过间离开	工作服、手套、工作鞋： $\beta \leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ ； 手、皮肤、内衣、工作袜： $\beta \leq 4 \times 10^{-1}\text{Bq/cm}^2$ 。
放射性固废	废物包装外表面	$\beta$ 表面污染	每次处理前	$\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ ；每袋废物的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv/h}$ ，重量 $\leq 20\text{kg}$ 。 含 $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的放射性废物 $\leq 100\text{Bq/g}$ 、 含 $^{18}\text{F}$ 的放射性废物 $\leq 10\text{Bq/g}$

(2) 个人剂量监测

医院已将个人剂量检测纳入了管理制度，严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，为放射工作人员配备了个人剂量计，每 3 个月进行 1 次个人剂量监测；建立了个人剂量档案，为放射工作人员长期保存职业照射记录。

监测频率：常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

**表 12 辐射安全管理**

本项目建成后，医院也应按照以往的管理认真落实个人剂量监测和个人剂量档案管理的相关工作。

### **12.6 辐射事故应急**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242号）要求，建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

医院目前已制定了放射安全事件应急预案，预案内容包括应急机构组织、应急准备与响应程序等内容，但应完善应急能力的培训、演练和应急响应能力的保持等内容，并定期进行演练。

#### **（1）事故报告程序**

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，根据《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》在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、九龙坡区生态环境局和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。报告联系电话如下：

医院应急领导小组电话：023-68566338

市生态环境局24小时值班电话：12369

重庆市辐射环境监督管理站：15998981300

九龙坡区生态环境局：（023）68782352

重庆市卫生健康委员会：（023）67706707

九龙坡区卫生健康委员会：（023）68782070

#### **（2）辐射事故应急措施**

事故发生后，除了上述工作外，还应加强管理，完成以下几项工作：

- ①确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ②现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计。
- ③应尽可能记录现场有关情况，对工作人员和公众成员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员和公众成员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影

**表 12 辐射安全管理**

响。

④事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

⑤医院后续还应进行辐射事故应急演练，并做好记录，加强相关人员的辐射应急处置能力，减少辐射事故扩大影响的几率。

**12.7 竣工验收**

根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目需要配套建设的环境保护设施需与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。项目正式投产运行前，医院应进行自主竣工环保验收。

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-5。

**表 12-5 项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表**

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保资料	建设项目的环评评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告	齐全
2	环境管理制度	有专人负责，定期更新，制度上墙	有
3	人员要求	配备核医学医师、技师、护士/护师、化学师、物理师等，参加辐射安全与防护培训，持证上岗，定期复训	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等
4	辐射防护与安全措施	<p>①项目核医学科工作场所设置电离辐射警告标志，划为控制区和监督区，在地面设置患者、医生的行走箭头标识，规定不同类别人员的活动路径。</p> <p>②核医学室内表面及装备结构要求满足 GB120-2006，控制区墙体屏蔽防护满足要求。配置辅助防护用品及设备、设备，如表面污染监测仪，个人剂量报警仪，适当数量的防护铅衣等。</p> <p>③将控制区用房的废气按照低活度到高活度收集，设置放射性废气活性炭吸附装置，并设置电离辐射警告标志。</p> <p>④核医学科诊疗场所的墙体、防护门、观察窗防护能力满足要求。SPECT-CT 机房、PET-CT 机房设置有门灯连锁装置、急停开关、电离辐射警告标志、工作状态指示灯。</p> <p>⑤设置对讲装置、监控、门禁装置。</p> <p>⑥设置衰变池，并设置电离辐射警告标志。</p> <p>⑦建立完善的就医流程、放射性药物、放射性废物</p>	符合要求 正常运行

表 12 辐射安全管理

		管理台账。 ⑧配备个人防护用品及辅助防护设施，每个放射工作人员佩戴个人剂量计，项目核医学科工作场所配置表面污染监测仪、个人剂量报警仪等监测设备		
5	电离辐射	剂量限值	放射工作人员年有效剂量限值 5mSv。 公众成员年有效剂量限值 0.25mSv。	GB18871-2002 及医院管理
		表面污染	(1) 工作台、设备、墙壁、地面： 控制区： $\beta \leq 4 \times 10^4 \text{Bq/cm}^2$ ；监督区： $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ ； (2) 工作服、手套、工作鞋： 控制区/监督区： $\beta \leq 0.4 \text{Bq/cm}^2$ ； (3) 手、皮肤、内衣、工作袜： $\beta \leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ 。	GB18871-2002
		剂量率控制	核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处周围剂量当量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ120-2020
			控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ SPECT-CT、PET-CT 机房外 30cm 处周围剂量当量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。	
		距离防护通风柜柜体表面 5cm 处周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。		
6	放射性废水	新建地埋式沉渣池+槽式衰变池处理放射性废水。将核医学科显像诊断及病房区控制区卫生间、洗手池、保洁室等产生的放射性废水全部作为放射性废水处理。衰变池有效容积 $330 \text{m}^3$ 。衰变池上方设置采样口，衰变池具有防渗、防腐蚀，衰变池排口设置标准采样口，总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ 。		GB18466-2005
7	放射性废气	在项目核医学科 1F、2F 分别设置两套独立的机械排风系统，各支管设置止回阀，汇入主管，准备间通风橱由专业厂家提供带高效过滤器的排风装置，通风橱风速不低于 $0.5 \text{m/s}$ 。 接入该层通风主管。2 根主管末端均设置活性炭吸附装置，主管高于 10F 顶排放。		GBZ120-2020
8	放射性固废	1F、2F 分别设置废物间用于暂存项目产生放射性废物，废物间内设置铅防护污物桶，按放射性固废沾染核素类型、时间分类收集，单独暂存衰变。各放射性废物包装袋上设置标签，标注放射性废物的基本情况。废物衰变至清洁解控水平后作为普通医疗废物交有资质单位处置。每袋废物（重量 $\leq 20 \text{kg}$ ）的表面辐射剂量率 $\leq 0.1 \text{mSv/h}$ ；废物包装盒外表面： $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$ ；放射性废物清洁解控水平推荐值： $100 \text{Bq/g}$ ( $^{131}\text{I}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )、 $1000 \text{Bq/g}$ ( $^{18}\text{F}$ )。		GBZ120-2020、GBZ133-2009

表 13 结论及建议

### 13.1 项目概况

中核华友重庆医院管理有限公司拟开展重庆中核华友医院核特色医疗项目（辐射部分），建设内容包括在重庆中核华友医院 1、2 层北侧区域建设核医学科，拟购买含<sup>99m</sup>Tc、<sup>18</sup>F 的放射性药物在 1 层北侧开展 SPECT-CT、PET-CT 核医学显像及 <sup>125</sup>I 粒籽治疗工作，拟购买碘 [<sup>131</sup>I] 化钠在二层核医学科病房区开展甲亢、甲癌治疗及甲吸测定治疗，经核定均为乙级非密封源工作场所，1F 核医学科影像诊断区日等效最大操作量为  $6.48 \times 10^7$  Bq，2F 核医学科病房区日等效最大操作量分别为  $3.52 \times 10^9$  Bq。

项目总投资约 2000 万元，其中环保投资约 90 万元。

### 13.3 实践正当性

医院放射性同位素的应用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

### 13.4 辐射环境质量现状

为了解本项目拟建地的辐射环境质量现状，重庆市泓天环境监测有限公司对项目拟建址辐射水平现状进行了监测， $\gamma$  辐射剂量率为 59~91nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），监测结果表明，项目所在地的环境地表  $\gamma$  辐射剂量无明显异常。

### 13.5 选址合理性及布局合理性

项目选址医院综合大楼 1、2 层北侧，不与产科、儿科、食堂等部门，核医学科显像诊断及病房区均设置有独立的候诊、预约、咨询门厅，有单独的出入口，距离门诊大厅、收费处等人群稠密区域有一定距离。从整体布局来看，医院根据核医学科拟开设的诊疗项目，配置了相应的功能用房，且各功能用房按照低活性区向高活性区、清洁区向污染区分布的原则进行排列，诊断流程、路线清晰。核医学科医护人员、患者、放射性药物及放射性废物通道通过时间管控后，可有效避免交叉感染。同时，核医学科工作场所病人进出口、医生通道等处均设置门禁，保证患者单向线路唯一，避免无关人员出入，尽可能避免给药患者与医护人员、公众成员的交叉污染。此外，核医学科显像诊断及病房区用房按照乙级非密封源工作场所进行了控制区、监督区的划分，并在医护工作区的高、低活性区分界处设有卫生通过间（含淋浴），注射后候诊室、留观室设置有专门厕所。分别设置不同诊疗类型的给药房间，设置了甲

### 续表 13 结论及建议

癌病人专用病房，对病房区专门管理。从辐射防护与环境保护角度，项目选址及平面布局合理。

#### 13.6 辐射安全与防护分析结论

(1) 核医学科间功能设计满足乙级非密封源工作场所的要求。核医学科显像诊断区受检者注射了放射性药物的受检者在具有防护功能的专用卫生间内入厕，经核医学显像检查后，在留观室内留观，留观室设置有专用卫生间。核医学科病房区根据治疗需要，甲亢患者服药后经专用通道离开，甲癌患者则住进病人专用防护病房，病房内设置有卫生间。

(2) 核医学科 2F 病房区单人病房、甲亢/甲癌服药室、准备室（含储源柜）核定为 I 类场所，2F 甲吸服药室、被服及放射性废物暂存间核定为 II 类场所；核医学科 1F 显像诊断区除废物间外均核定为 II 类场所，废物间核定为 III 类场所。核医学工作场所装修设计符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中对核医学场所室内表面及装备结构的要求。

(3) 核医学科控制区各用房采用足够厚度的铅防护门、砖墙+防护涂层、混凝土等结构进行辐射防护，诊疗场所屏蔽体外的周围剂量当量率低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足评价标准限值要求。核医学科用房在建设时保证施工质量，防护门、观察窗、注射台、服药窗口的生产、安装由专业厂家承担。此外，机房穿越防护墙的管线不影响墙体的屏蔽防护效果。

(4) 管理措施：核医学科拟采取一系列的管理措施，操作放射性药物的护师离开控制区前应清洗并进行表面污染监测，合格后方可离开；核医学科施行预约制，尽量避免受药患者之间的交叉影响并杜绝服错药等事故的发生。患者或受检者用药前有核医学科工作人员提前告知用药患者用药后注意事项；核医学科患者专用进出口设置为单向防护门，并设置门禁，病房区采用视频、对讲查房。

(5) 放射性“三废”处理措施：核医学科产生的放射性废水设置衰变池处理达标后接入医院污水处理站。衰变池设置采样口便于采样，周围设电离辐射警示标识。核医学科产生的废气集中收集后引至楼顶经设置在楼顶的活性炭装置吸附处理后再排放。核医学科每日下班后，放射性废物由专人分类、打包、记录后转移至废物间。执行放射性固废应按照医疗废物（危险废物）的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处

### 续表 13 结论及建议

理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。核医学科显像诊断区及病房区，患者通道设置明显的受检者、患者导向标识及提示语。核医学科显像诊断区及病房区控制区入口处拟设置电离辐射警示标志，SPECT-CT机房、PET-CT机房防护门上张贴电离辐射警示标志，放射性废物间设置电离辐射警示标志，核素储存柜拟设置电离辐射标志。

(6) 辅助防护用品：核医学科工作场所拟配备铅衣、铅帽、铅眼镜、铅围裙、个人剂量计、表面污染监测仪、在线辐射监测系统等个人防护用品和监测设备。配置自动分装仪、核素储存柜、通风橱、铅防护 L 屏、注射器屏蔽套、铅罐、铅屏蔽废物桶等辅助用品等。

#### 13.7 环境影响分析结论

(1) 本项目核医学科控制区屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率均不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足评价标准限值要求。放射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理限值的要求（工放射作人员  $5\text{mSv/a}$ ，公众成员  $0.25\text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。项目运行后，对周围环境保护目标的影响有限，能为环境所接受。

(2) 项目产生的放射性废水经衰变池衰变至排放标准后排入医院污水处理站处理。

(3) 核医学科使用独立机械通风系统。核医学科放射性废气收集后引至项目所在楼楼顶经活性炭吸附装置处理后排放，其排放口距离周围敏感建筑物有一定的距离，故项目排放的放射性废气经大气扩散后，对周围环境影响小。

(4) 放射性固废在产生处使用污物桶收集，而后分类暂存于废物处置间，衰变达标清洁解控水平后作为一般医疗废物处理。危险废物实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

#### 13.8 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射防护管理工作领导小组，制定了一些射线装置辐射环境管理相关制度，医院还应针对本项目核医学科工作场所的特点，制定详实、可操作性强的核医学科管理制度及应急预案，加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院在今后的工作中，加强管理，杜绝辐射事故的发生。



### 续表 13 结论及建议

综上所述，重庆中核华友医院核特色医疗项目（辐射部分）符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。