

核技术利用建设项目  
PET/CT 建设项目  
环境影响报告表


重庆华健友方医院有限公司



环境保护部制

核技术利用建设项目  
PET/CT 建设项目  
环境影响报告表

建设单位名称：重庆华健友方医院有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢



邮政编码：400052

联系人：殷梁

电子邮箱：714758623@qq.com

联系电话：17365294345

### 编制单位和编制人员情况表

建设项目名称		PET/CT 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>			
建设单位（签章）		重庆华健友方医院有限公司	
法定代表人或主要负责人（签字）		 	
主管人员及联系电话		殷梁 17365294345	
<b>二、编制单位情况</b>			
主持编制单位名称（签章）		重庆宏伟环保工程有限公司	
社会信用代码		915001126912004062	
法定代表人（签字）		 	
<b>三、编制人员情况</b>			
编制主持人及联系电话		肖英 13271946226	
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书编号	签字	
肖英	0008219		
<b>2. 其他编制人员</b>			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
肖英	0008219	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量现状、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、结论及建议	
<b>四、参与编制单位和人员情况</b>			
<p>编制单位情况：重庆宏伟环保工程有限公司为依法登记的独立法人，并具备统一社会信用代码 915001126912004062。重庆宏伟环保工程有限公司不属于下列单位：（一）生态环境主管部门或者其他有关审批部门设立的事业单位和作为业务主管单位或者挂靠单位的社会组织，以及受生态环境主管部门或者其他有关审批部门委托，开展环境影响报告书（表）技术评估的单位；（二）第一项中的事业单位、社会组织以及技术评估单位出资的企业法人；（三）第二项中的企业法人出资的企业法人。</p> <p>编制人员情况：肖英为重庆宏伟环保工程有限公司中具备环境影响评价技术能力的全职人员，且具备环境影响评价工程师职业资格。</p>			

项目基本情况

表 1

建设项目名称		PET/CT 建设项目			
建设单位		重庆华健友方医院有限公司			
法人代表	谢祥先	联系人	殷梁	联系电话	/
注册地址		重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢			
项目建设地点		重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1000	项目环保投资 (万元)	40	投资比例 (环保投资/总投资)	4.0%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m <sup>2</sup> )	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input checked="" 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 type="checkbox"/> 乙 <input checked="" 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			

### 1.1 建设单位概况

重庆华健友方医院有限公司下辖的重庆华健友方医院(原名:重庆友方医院,2017年5月9日更名)于2015年12月取得《医疗机构执业许可证》,设预防保健科、内科(呼吸内科专业、消化内科专业、心血管内科专业)、外科(普通外科专业、骨科专业)、妇产科、儿科、眼科、耳鼻喉科、口腔科、皮肤科、肿瘤科、急诊医学科、疼痛科、医学检验科、医学影像科、中医科(肛肠科专业),是一所集医疗、教学、科研、预防、生殖健康、保健与康复为一体的二级综合性民营医院。

## 1.2 项目由来

为改善九龙坡区城乡居民就医环境，提高医疗服务质量，重庆华健友方医院有限公司拟将医院东北侧裙楼 1 楼原定核医学科用房改造，建设“PET/CT 建设项目”。项目拟使用非密封放射性药物  $^{18}\text{F}$ -FDG（氟代脱氧葡萄糖）并配置的 1 台 PET/CT 开展核医学影像诊断工作。其中 PET/CT 机属于 III 类射线装置，PET/CT 使用 V 类放射源（1 枚  $^{68}\text{Ge}$ 、6 枚  $^{22}\text{Na}$ ）作为校准源。经核定项目 PET/CT 中心属于非密封放射性物质丙级工作场所。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，本项目应进行环境影响评价，建设单位委托重庆宏伟环保工程有限公司开展该项目的环评工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号）及《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》（生态环境部令第 1 号）的要求，“乙、丙级非密封放射性物质工作场所”项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础上，并按照《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《PET/CT 建设项目环境影响报告表》。

## 1.3 项目概况

### 1.3.1 用房情况

2018 年 1 月，医院拟在重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼建设碘 125 粒籽植入、碘 131 甲状腺疾病治疗项目，为此委托重庆宏伟环保工程有限公司编制了《碘 125 粒籽植入、碘 131 甲状腺疾病治疗项目环境影响报告表》，2018 年 7 月该项目通过环评并取得了环评批复（文号：渝（辐）环准[2018]023 号）。

在该项目建设过程中，医院同步办理了辐射安全许可证，但尚未购买过核素开展核医学相关项目。同时，由于医院计划调整，医院拟在该项目原定核医学科用房上进行改造，建设“PET/CT 建设项目”，用房建筑面积约 262m<sup>2</sup>。

### 1.3.2 项目组成

本项目位于重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼，

项目基本情况

续表 1

用房建筑面积约 262m<sup>2</sup>。项目施工期预计 2 个月，本项目工程组成一览表见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	工程组成	备注
主体工程	PET/CT 中心诊断场所 (1F)	设置 PET/CT 机房 1 间、操作室、扫描前观察室、扫描后观察室、卫生通过间、放射性废物暂存间、注射分装室、等候区、VIP 候诊区、护士站、抢救间、清洁用具间等。	依托现有核医学科用房，部分墙体进行拆除或改造，部分防护门更换
	设备、核素、放射源	使用非密封放射性药物 18F-FDG(氟代脱氧葡萄糖)，配置的 1 台 PET/CT (Ⅲ类射线装置)，PET/CT 使用 V 类放射源 (1 枚 <sup>68</sup> Ge、6 枚 <sup>22</sup> Na) 作为校准源。	新建
辅助工程	PET/CT 中心办公区 (1F 夹层)	设置医师办公区、档案资料区、值班室。	依托
储运工程	放射性药物储存	放射性药物由厂家送至项目北侧专用药物通道进入分装注射室内核素贮存柜暂存。	新建
公用工程	给水	由城市供水管网供给，利用房间内接水点，根据项目接水点重新布置内部供水管网。	依托核医学科用房现有
	排水	实行雨污分流、污污分流，PET/CT 中心诊断场所卫生通过间、扫描前观察室和扫描后观察室病人卫生间、放射性废物暂存间废水经单独排水管网接至医院现有衰变池处理达标后接入医院污水处理设施处理；VIP 候诊区卫生间废水接入医院污水处理设施处理。	依托医院已有医院污水处理设施处理，衰变池、内部排水管网依托核医学科用房现有
	供配电	由市政电网供电。	依托
	通风	1F PET/CT 中心诊断场所控制区独立通风，排放口位于项目 1F 北侧放射性药物、废物专用门外顶部招牌处。	新建
	新风系统	配置新风处理机，对 PET/CT 中心诊断场所控制区内各房间进行空气净化。	
地面清洁	分区清洁，PET/CT 中心诊断场所控制区内清洁间内拖把标识属控制区放射性专用拖把。		
环保工程	医疗废水	医院西侧设置污水处理设施，设计处理能力 200m <sup>3</sup> /d，污水经处理达 GB18466-2005 预处理标准后接入市政污水管网。	依托医院现有
	放射性废水处理设施	项目北侧设置化粪池+三级推溢式衰变池一座，有效容积 80.5m <sup>3</sup> ，第一格尺寸为 4m×2.5m×2.5m，后面三格尺寸为 4m×1.85m×2.5m，衰变池池壁为 35cm 厚钢筋混凝土结构，盖板采用 4cm 铸铁盖板。放射性废水经衰变池衰变后接入医院污水处理设施处理，处理能力为 200m <sup>3</sup> /d；非放射性废水则直接排入医院污水处理设施处理。	
	放射性废气	设置管道收集 PET/CT 中心诊断场所控制区内每间房间的废气，通风换气次数为 4 次/h，收集经活性炭吸	依托核医学科用房现有并进行部

		附后引至项目裙楼楼顶东北角排放，排口朝向西侧。风机、活性炭装置均安装项目 1F 中部门上方招牌处。收集管内设置防倒灌装置并保持负压，保证废气由低放射区至高放射区收集至主管道。	门改造
	医疗垃圾	一般医疗废物暂存间和生活垃圾暂存间。	依托医院现有
	放射性固废	设置 1 个放射性废物暂存间，约 6.8m <sup>2</sup> ，放射性废物暂存间设置 1 个防辐射的专用污物箱，分装台、注射窗口各设置 1 个专用铅防护污物箱，注射后扫描前扫描前观察室病人专用卫生间及扫描后观察室病人卫生间各设置 1 个专用铅防护污物箱。	新建
	辐射防护	PET/CT 中心诊断场所四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗均采用足够厚的相应材质（混凝土、硫酸钡粉、实心页岩砖、铅玻璃等）进行辐射屏蔽防护。	依托现有核医学科用房，部分墙体改造，部分防护门更换

### 1.3.3 项目改造方案及辐射防护方案

项目现有核医学科用房上进一步改造，改变房间使用功能，部分墙体进行拆除或改造，部分防护门更换，部分环保设施依托，部分改建。改造前后变化情况见表 1-2.1，项目用房改造前后防护方案详见表 1-2.2。

表 1-2.1 本项目改造前后变化情况一览表

序号	项目	原有情况	现有情况
1	墙体、辐射防护等	详见表 1-2.2	
2	废水处理设施	医院西侧设置污水处理设施，设计处理能力 200m <sup>3</sup> /d。项目北侧设置化粪池+三级推溢式衰变池一座，有效容积 80.5m <sup>3</sup> 。	依托现有，不进行改造
3	排水管网	实行雨污分流、污污分流。	依托现有，不进行改造
4	放射性废气收集管网	设置管道收集 PET/CT 中心诊断场所控制区内每间房间的废气，通风换气次数为 4 次/h，收集经活性炭吸附后引至项目裙楼楼顶东北角排放，排口朝向西侧。风机、活性炭装置均安装项目 1F 中部门上方招牌处。收集管内设置防倒灌装置并保持负压，保证废气由低放射区至高放射区收集至主管道。	依托现有，不进行改造

序号	原有情况		现有情况		
	名称	防护方案	名称	防护方案	尺寸
1	粒籽植入病房 (2 间)	顶棚: 30cm 砼, 底板: 50cm 砼 四周墙体: 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 防护门: 4mmPb	PET/CT 机房	防护门、窗: 8mmPb; 其余不变	5.85×6.50m, 有效使用面积约 38.03.m <sup>2</sup>
2	粒籽植入病房 (1 间)	顶棚: 30cm 砼, 底板: 50cm 砼 东墙、南墙: 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 西墙、北墙: 24cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 防护门: 4mmPb	操作室	防护门、窗: 8mmPb; 其余不变	2.80×6.50m, 有效使用面积约 18.20m <sup>2</sup>
3	甲亢病房	顶棚: 30cm 砼, 底板: 50cm 砼 西墙、北墙: 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 东墙、南墙: 48cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 防护门: 4mmPb	扫描后观察室	东墙、南墙: 由 48cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉变为 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉; 其余不变	2.855×6.50m, 有效使用面积约 18.56m <sup>2</sup>
4	分装室、服药室、固废间	顶棚: 30cm 砼, 底板: 50cm 砼 控制区外墙为: 48cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 固废间、分装室: 除外墙外, 墙体为 2cm 硫酸钡粉+24cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 服药室: 除外墙外及与固废间和分装室相邻墙体外, 墙体为 12cm 实心页岩砖 防护门: 4mmPb 普通窗	扫描前观察室	东墙、北墙: 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 南墙: 2cm 硫酸钡粉+24cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 西墙: 12cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉; 其余不变	4.07×4.49m, 有效使用面积约 18.56m <sup>2</sup>
5	固废通道	顶棚: 30cm 砼, 底板: 50cm 砼 东墙、西墙: 墙体为 12cm 实心页岩砖 北墙: 48cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 防护门: 铁门 (约 0.5cm 铁)	注射分装室 (分装台、注射窗口)	东墙: 12cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 南墙: 2cm 硫酸钡粉+24cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 西墙: 37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 北墙: 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉; 其余不变	1.70×4.07m, 有效使用面积约 18.27m <sup>2</sup>



项目基本情况

续表 1

6	卫生通过间	顶棚: 30cm 砼, 底板: 50cm 砼 东墙、北墙: 12cm 实心页岩砖 南墙: 12cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 西墙: 37cm 实心页岩砖 防护门: 普通门	卫生通过间	东墙、北墙: 12cm 实心页岩砖 南墙: 12cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 西墙: 37cm 实心页岩砖 防护门: 普通门 其余不变	1.50×2.64m, 有效使用面积约 3.96m <sup>2</sup>
7	甲吸室	顶棚: 30cm 砼, 底板: 50cm 砼 西墙: 24cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 东墙、南墙: 12cm 实心页岩砖 北墙: 48cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 防护门、窗: 普通门、防盗窗	放射性废物暂存间	东墙、西墙: 37cm 实心页岩砖 南墙: 12cm 实心页岩砖 北墙: 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 防护门: 双人双锁防盗门; 北墙窗户封闭, 材料厚度与北墙一致, 其余不变	2.58×2.64m, 有效使用面积约 6.81m <sup>2</sup>
8	核医学影像诊断场所过道	顶棚: 30cm 砼, 底板: 50cm 砼 东墙: 48cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 南墙: 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 北墙: 12cm 实心页岩砖 入口处防护门: 4mmPb、出口处防护门: 铁门(约 0.5cm 铁)	PET/CT 中心诊断场所过道	东墙、南墙: 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 北墙: 2cm 硫酸钡粉+24cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉 入口处防护门: 8mmPb 出口处防护: 铁门(约 0.5cm 铁)+30cm 砼(围挡); 其余不变	/

备注: 混凝土密度 2.35g/cm<sup>3</sup>, 硫酸钡密度 3.5g/cm<sup>3</sup>, 铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>, 实心页岩砖密度 1.85g/cm<sup>3</sup>, 铁的密度 7.8g/cm<sup>3</sup>。

1.3.4 配套设施、设备

项目拟配套设施设备见表 1-3。

表 1-3 项目拟配置配套设施设备一览表

序号	名称	数量	型号	位置	备注
1	PET/CT	1 台	NeuSight PET/CT 64	友方医院东北侧裙楼 1 楼 PET/CT 室	III类射线装置
2	分装柜+通风橱一体机	1 台	/	分装注射室	全自动分装系统操作的高铅玻璃视窗规格 280mm×260mm, 铅当量 35mmPb; 整体>35mmPb;
3	注射器防护套	1 套	/	分装注射室	铅当量 20mmPb
4	注射转运盒	2 套	/	分装注射室	铅当量 10mmPb 可同时放置不少于 2 支注射器

## 项目基本情况

续表 1

5	药品铅罐	2 套	/	核素贮存柜	铅当量 35mmPb
6	放射废物桶	5 个	/	放射性废物暂存间、 注射窗口、分装台、 注射后候诊区病人 专用卫生间、留观病 人卫生间	标准尺寸：300×300× 500(H) 铅当量 8mmPb
7	注射台	1 个	/	注射窗口	防护当量注射区 25mmPb， 立屏 25mmPb 标配内置防护废物箱： 8mmPb
8	移动注射车	1 个	/	分装注射室	铅当量 20mmPb
9	移动铅屏风	6 个	/	PET/CT 机房、扫描 前观察室、扫描后观 察室	防护屏尺寸大于等于 1800mm(H)×1000mm(W) 铅当量 10mmPb
10	PET/CT 校准源 储源罐（带锁）	2 个	/	放射性废物暂存间	铅当量 20mmPb 用于放置校准源，具体尺寸 以调试源尺寸为准
11	防护手套	2 个	/	分装注射室	尺寸：大、中、小号各一副 屏蔽：0.5mmPb
12	活度计	1 套	/	分装注射室	/
13	长柄钳、常规护 士器械	2 套	/	分装注射室	/
14	器械柜	2 套	/	分装注射室	/
15	医用推车	1 个	/	抢救室	/
16	数字式表面玷 污计量仪	2 台	/	卫生通过间、分装注 射室	
17	个人剂量报警 仪	2 台	/	PET/CT 中心诊断场 所护师使用	/

## 1.3.5 劳动定员及工作制度

本项目劳动定员 7 人，均为放射工作人员，其中主任医师 2 人，主治医师 1 人，核医学医师 1 人，护师 2 人，护士 1 人。年工作 300 天，轮休。

## 1.3.6 工作负荷

预计全年注射  $^{18}\text{F}$  标记药物进行显像诊断的病人约 1500 人，日注射  $^{18}\text{F}$  标记药物扫描显像病人不超过 8 例。PET/CT 仅用于核医学显像诊断。

## 1.4 项目周边保护目标

本项目位于重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼，根据本项目周围环境敏感目标分布情况，项目所在位置周围 50m 范围内有西苑六号小区 5 幢居民楼及商业裙楼、华健友方医院主楼等，确定项目周边保护目标主

要为医院从事本项目辐射影像诊断的工作人员以及机房外活动的其他公众成员。

## 1.5 与项目有关的环境保护问题

### 1.5.1 项目用房环保手续情况

2018年7月，医院进行了“碘 125 粒籽植入、碘 131 甲状腺疾病治疗项目”的环评，取得了环评批复（文号：渝（辐）环准[2018]023 号）。由于医院计划调整，该项目用房建设完成但未开展核医学相关项目，本项目用房在该项目建设的核医学科用房上进一步改造。原用房按乙级非密封放射性物质工作场所建设。

### 1.5.2 与医院发展衔接性分析

本项目位于重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼，与医院综合门诊相邻，两者功能互为补充；根据医院对周边居民就医需求的调查，医院将“碘 125 粒籽植入、碘 131 甲状腺疾病治疗项目”改建为本项目，进一步改善九龙坡区城乡居民就医环境，提高医疗服务质量。

### 1.5.3 环保设施说明

根据建设单位提供资料及监测报告（详见附件 5），重庆华健友方医院有限公司在主楼西侧建设有污水处理装置收集处理医院的医疗废水、生活污水，该污水处理装置设计处理能力为 200m<sup>3</sup>/d，目前医院污水排水量约 30m<sup>3</sup>/d，本项目废水排放量小于 1.5m<sup>3</sup>/d，处理能力满足要求。同时根据监测报告，医院出水能满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）的排放要求，也满足接入市政污水管网的水质要求。

同时在项目西侧医院设置有医疗废物暂存间。医疗废物暂存间面积约 20m<sup>2</sup>，采用紫外灯消毒，医院建立台账，统一交由资质单位处置。该医疗废物暂存间建筑面积可以满足项目的暂存需要。

### 1.5.4 与项目有关辐射环境问题

根据调查，医院现有辐射安全许可证号为渝环辐证[00444]（详见附件 3），有效期至 2023 年 7 月 31 日。医院开展的核技术利用项目包括使用 I 类放射源（钴-60），乙级非密封放射性工作场所 1 处（I-125 粒子、I-131，进行了环评但未使用），使用 II 类、III 类射线装置共计 3 台，现有辐射装置情况见表 1-4。

表 1-4 建设单位现有辐射装置情况一览表

编号	装置名称	生产厂家及设备型号	类别	场所	环保手续
1	DR	深圳安健公司 Angell-DR-L	III类	主大楼一楼影像科 DR 室	均已办理辐 射安全许 可证
2	CT	飞利浦 Ingenuity core 128	III类	主大楼一楼影像科 CT 室	
3	直线加速器	山东新华医疗器械 XHA1400	II类	主大楼负一楼放疗 中心加速器室	

经现场调查，医院放射工作人员配备满足项目使用要求，建立了个人剂量档案和健康档案。现有放射工作人员均进行了辐射工作安全防护培训，并取得合格证，并在四年期内。医院运营至今，辐射设备运营良好，无辐射安全事故发生，重庆市生态环境局和九龙坡区生态环境局也未收到环保投诉，也未产生环保纠纷。

另外，本项目所在地原有碘 125 籽粒植入、碘 131 甲状腺疾病治疗项目尚未购买过核素开展核医学相关项目，不存在原有污染，也不存在退役问题。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	<sup>68</sup> Ge	$7.4 \times 10^7 \text{Bq} \times 1$	V 类源	使用	校准	重庆市九龙坡区华 龙大道 189 号 6 幢友 方医院东北侧裙楼 1 楼 PET/CT 机房	放在 PET/CT 设备内， 每天质控用	/
2	<sup>22</sup> Na	$3.7 \times 10^5 \text{Bq} \times 6$	V 类源	使用	校准		储存在放射性废物暂 存间内储源柜中，双 人双锁防盗保管，24 小时监控；需要时用于 图像空间位置校准	/

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>18</sup> F	液态 低毒组	使用	$2.96 \times 10^9$	$2.96 \times 10^6$	$5.55 \times 10^{11}$	核医学 显像	很简单的 操作	友方医院东北 侧裙楼 1 楼注 射分装室	友方医院东 北侧裙楼 1 楼分装注射 室的核素贮 存柜内
	以下空 白									

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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(台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	PET/CT	III类	1	NeuSight PET/CT 64	140	560	核医学显像	友方医院东北侧裙楼 1 楼 PET/CT 机房	拟购
	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	
本项目不涉及中子发生器													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	日排放量	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	$^{18}\text{F}$	/	0.191 m <sup>3</sup> /d	57.30m <sup>3</sup> /a	总 $\beta$ <10Bq/L	衰变池处理	放射性废水经衰变池处理后接入医院污水处理装置处理后达标排放
放射性废气	气态	/	/	少量	少量	/	/	经专用的抽风管道收集经活性炭吸附后引至项目裙楼楼顶东北角排放，排口朝向西侧。
放射性固体废物	固体	$^{18}\text{F}$	/	/	废棉签、一次性手套、滤纸及清洁用抹布等放射性废物 200kg/a, 废活性炭 0.02t/a	/	放射性废物暂存间	放射性废物达到清洁解控水平按一般医疗废物处理
退役后的 $^{68}\text{Ge}$ 、 $^{22}\text{Na}$ 废源	固态	$^{68}\text{Ge}$ 、 $^{22}\text{Na}$	/	/	$^{68}\text{Ge}$ 放射源的有效使用寿命是 2~3 年, $^{22}\text{Na}$ 放射源的有效使用寿命是 4~6 年, 在应用过程中无放射性废物产生, 只有在 $^{68}\text{Ge}$ 、 $^{22}\text{Na}$ 放射源服务期满或设备退役时, 产生 $^{68}\text{Ge}$ 、 $^{22}\text{Na}$ 废源	/	正常情况下不暂存, 更换新源时由生产厂家将旧源带回回收或有资质单位收贮; 特殊情况下暂存在储源柜中	由生产厂家回收处理或有资质单位收贮

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

<p>法律 法规 文件</p>	<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 19 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) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环保部令第 3 号，2008 年 12 月 6 日修订施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环保部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日施行）及《关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》部分内容的决定》，生态环境部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日施行；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，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>(10) 《放射性废物分类》，公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《重庆市环境保护条例》，2017 年 6 月 1 日施行修订版；</p> <p>(12) 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) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）；</p> <p>(3) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）；</p> <p>(4) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>(5) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）；</p>



续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(7) 《临床核医学患者防护要求》 (WS533-2017) ;              (8) 《医疗机构水污染物排放标准》 (GB18466-2005) ;              (9) 《医疗废物集中处置技术规范 (试行)》 ;              (10) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》 (HJ2.1-2016) ;              (11) 《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) ;              (12) 《核医学放射防护要求》 (征求意见稿) ;              (13) 《医院污水处理工程技术规范》 (HJ2029-2013) 。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 《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) ;              (2) 评价内容确认函, 附件 1;              (3) 《碘 125 籽粒植入、碘 131 甲状腺疾病治疗项目》环评批复 (文号: 渝 (辐) 环准[2018]023 号), 附件 2;              (4) 监测报告 (渝泓环 (监) [2017]388 号、渝泓环 (监) [2019]1162 号), 附件 4;              (5) 建设单位提供的其他资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 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 环境影响文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，确定以本项目用房边界外 50m 区域及相邻楼上、楼下区域作为辐射环境的评价范围。

### 7.2 保护目标

#### (1) 项目所在楼外环境概况

本项目重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼。拟建医院核医学科位于医院裙楼（主楼东北侧），医院北侧紧邻市政道路，隔市政道路为华岩陶瓷市场空坝，西侧紧邻华龙大道，东侧和南侧为西苑六号小区。

拟建核医学科所在裙楼地上部分为 2F，楼上为手术室，楼下为医学影像科、停车库。

医院主楼及裙楼平面关系见图 7-1 所示，项目与医院建筑立面关系见图 7-2 所示。

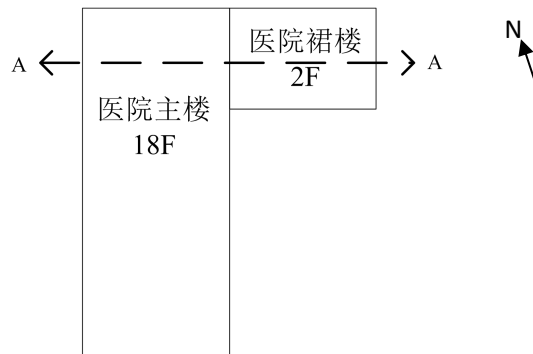


图 7-1 医院建筑平面示意图

续表 7 保护目标与评价标准

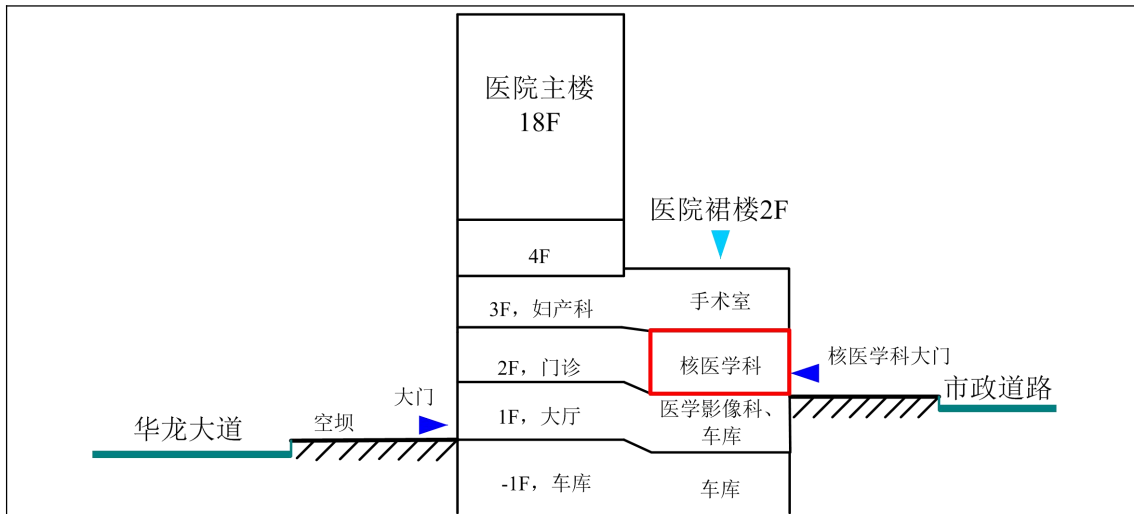


图 7-2 项目与医院建筑 A-A 剖面示意图

(2) 项目环境保护目标

本项目东侧约 7m 为西苑六号小区 5 幢商业裙楼，东南侧约 25m 为西苑六号小区 5 幢居民楼，西南侧约 35m 为西苑六号小区 7 幢商业裙楼，西侧紧邻医院主楼，楼上为手术室，楼下为医学影像科、车库。项目 1F 北侧衰变池废气排放口位于绿化带内，放射性废气经活性炭吸附后引至引至项目裙楼楼顶东北角排放，排口朝向西侧，项目废气排放口 50m 范围环境保护目标与前文一致。

本项目周围 50m 范围内环境保护目标见表 7-1，项目所在地卫星图见附图 2。

表 7-1 本项目周围环境保护目标一览表

序号	敏感点名称	方位	水平距离 (m)	高差 (m)	环境特征	保护对象	影响因子
本项目用房							
1	医院裙楼 2F	楼上	/	/	手术室	公众成员	电离辐射
2	医院裙楼-1F	楼下	/	/	医学影像科	公众成员	
3	车库-1F、-2F	楼下	/	/	车库	公众成员	
4	西苑六号小区 5 幢商业裙楼	东侧	约 7	0	1F 商业楼	公众成员	
5	西苑六号小区 5 幢居民楼	东南侧	约 25	0	高层居民楼	公众成员	
6	西苑六号小区 7 幢商业裙楼	西南侧	约 35	-1	2F 商业楼	公众成员	
7	医院主楼	西侧	紧邻	/	18F 医院主楼，与项目平层 2F 主要设置门诊科室	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

衰变池废气、放射性废气							
1	西苑六号小区 5 幢 商业裙楼	东侧	约 15/7	0/-8	1F 商业楼	公众成员	电离 辐射
2	西苑六号小区 5 幢 居民楼	东南侧	约 35/25	0/-8	高层居民楼	公众成员	
3	西苑六号小区 7 幢 商业裙楼	西南侧	约 49/45	-1/-9	2F 商业楼	公众成员	
4	医院主楼	西侧	约 3/20	/	18F 医院主楼	公众成员	

### 7.3 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

第 B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的\*\*职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：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。

##### 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 7-2）所列。

**表 7-2 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		β放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-1</sup>

1) 该区内的高污染子区除外

续表 7 保护目标与评价标准

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.3 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 7-3）将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-3 非密封源工作场所的分级

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

第 C2 款 放射性核素的日等效操作量的计算

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒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 7-4）和表 C2（本环评表 7-5）。放射性核素的毒性分组见附录 D（标准的附录）。

表 7-4 放射性核素毒性组别修正因子

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

表 7-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较低的固体	液体，溶液，悬浮液	表面有污染的固体	气体，蒸汽，粉末，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

**续表 7 保护目标与评价标准**

本项目使用  $^{18}\text{F}$  放射性药物属于低毒组， $^{18}\text{F}$  放射性药物为液体，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），操作方式属于很简单的操作。

**8.6 放射性物质向环境排放的控制**

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  $10\text{ALImin}$  ( $\text{ALImin}$  是相应于职业照射的食入和吸入  $\text{ALI}$  值中的较小者)；

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

**(2) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）**

标准适用于临床核医学应用放射性药物施行诊断和治疗的实践。

第 4.2 款 一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于 GB18871 规定的乙级或丙级非密封工作场所。为便于操作，针对临床核医学实践的具体情况，可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为 I、II、III 等三类（见表 1），本环评见表 7-6。

**表 7-6 非密封源工作场所的分级**

分类	操作最大量放射性核素的加权活度 <sup>2)</sup> ，MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

<sup>2)</sup> 加权活度 = (计划的日操作最大活度 × 核素的毒性权重因子) / 操作性质修正因子

第 4.3 款 供计算操作最大量放射性核素的加权活度用的核医学常用放射性核素的毒性权重因子和不同操作性质的修正因子分别见表 2 和表 3（本环评表 7-7 和 7-8）。

**表 7-7 核医学常用放射性核素的毒性权重因子**

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
B	$^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{51}\text{Cr}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{113\text{m}}\text{In}$ 、 $^{201}\text{Tl}$ 、 $^{128}\text{I}$	1

续表 7 保护目标与评价标准

本项目使用放射性核素为  $^{18}\text{F}$ ，核素的毒性权重因子取 1。

表 7-8 不同操作性质的修正因子

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

第 4.5 款 合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于  $1\text{m/s}$ ），排气口应高于本建筑屋脊、并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

(2) 《临床核医学患者防护要求》（WS533-2017）

(3) 《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 7-9）

表 7-9 以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
$1 \times 10^1$	$^{18}\text{F}$ 、 $^{59}\text{Fe}$

本项目使用放射性核素为  $^{18}\text{F}$ 。

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。

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

6.2.4 废物包装外表面的污染控制水平： $\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$ ； $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

6.3.3 未知核素的废物在其活度浓度小于或者等于  $2 \times 10^4\text{Bq/kg}$  时，或废物中的核素已知且其活度浓度符合 4.4 或者 4.5 时，可作免管固体废物处理。

(4) 《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

续表 7 保护目标与评价标准

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  $10\mu\text{Sv}$  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  $1\text{mSv}$ 。

**(5) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）**

第 5.2 款 每台 X 射线机（不含移动式 and 携带式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 2（本环评表 7-10）要求。

**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 ( $\text{m}^2$ )	机房内最小单边长度 (m)
CT 机	30	4.5

**(6) 《医用 X 射线诊断受检者放射卫生防护标准》（GB16348-2010）**

第 7.1.2 款 应为不同年龄儿童的不同检查配备有保护相应组织和器官的防护用品，其防护性能不小于  $0.5\text{mm}$  铅当量。

**(8) 《核医学放射防护要求》（征求意见稿）**

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，在距机房屏蔽体外表面  $0.3\text{ m}$  处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。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  $5\text{ cm}$  处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $10\mu\text{Sv/h}$ 。

**(9) 《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。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准，排入终端已建有正常运行城镇二级污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。

本项目废水最终进入市政污水管网后进入污水处理厂，总 $\beta$ 执行预处理标准（日均值）： $10\text{Bq/L}$ 。

**(10) 医疗垃圾**



续表 7 保护目标与评价标准

医疗垃圾属于危险废物，按国家危险废物名录分为医疗废物（HW01，废物代码 851-001-01）和废药物、药品（HW03，废物代码 900-002-03），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。

**(11) 评价标准及相关参数值**

本评价综合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）等标准以及建设单位制定的个人剂量管理目标，取 5mSv/a 作为放射工作人员的年有效剂量管理目标，取 0.25mSv/a 作为公众成员年管理目标值。

综上所述，确定本项目的评价标准见表 7-11 所示。

**表 7-11 评价标准汇总**

年有效剂量控制要求			执行依据
执行对象	标准限值 (mSv/a)	年有效剂量管理目标 (mSv/a)	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及建设单位确定
放射工作人员	20	5	
公众成员	1	0.25	
周围剂量当量率要求			执行依据
机房外 30cm 处	PET/CT 中心诊断场所控制区用房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h		《核医学放射防护要求》(征求意见稿)
机房面积及最小单边长要求			执行依据
设备名称	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)	《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)
PET/CT	30	4.5	
放射性废物排放			执行依据
表面污染	控制区: <4 $\times$ 10Bq/cm <sup>2</sup> ; 监督区: <4Bq/cm <sup>2</sup> 其他: <0.4Bq/cm <sup>2</sup>		《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002
放射性固体废物	每袋废物重量 $\leq$ 20kg, 表面辐射剂量率 $\leq$ 0.1mSv/h		《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)
	废物包装盒外表面: $\beta$ <0.4Bq/cm <sup>2</sup>		
	清洁解控水平<10Bq/g		

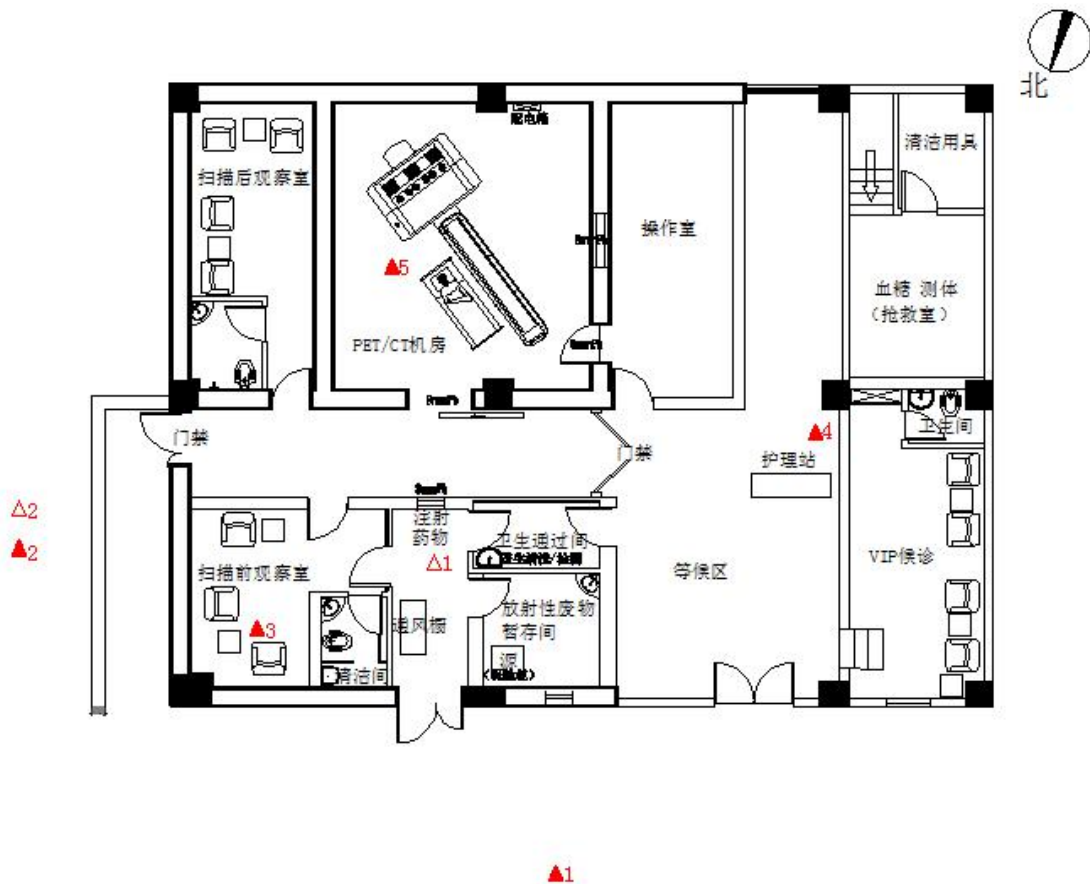
续表 7 保护目标与评价标准

放射性废水	总β放射性<10Bq/L	《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）
核医学通风要求		执行依据
核医学影像诊断	通风速率不低于 1m/s，排放高度不得低于所在建筑物	《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）
医疗垃圾、医疗废水		执行依据
非放射性废水	经消毒处理后方可排放	《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）
医疗垃圾	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

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 2019 年 8 月 6 日对本项目建设地的 $\gamma$ 辐射剂量率背景值进行了监测（渝泓环（监）[2019]1162 号）。同时引用 2018 年 1 月 24 日对“碘 125 籽粒植入、碘 131 甲状腺疾病治疗项目”的环评监测数据（渝泓环（监）[2017]388 号），监测至今医院未辐射环境无重大变化，同时监测数据在三年之内，因此引用可行。

(1) 监测点位：本次监测 2 个点位，引用 5 个监测点位。监测布点示意图见图 8-1。



备注：△表示本次监测点位，▲表示引用监测点位

图 8-1 监测布点示意图

监测点位合理性分析：根据以上监测布点可知，在项目主要的用房（PET/CT 机房、扫描前观察室、扫描后观察室、分装注射室）内均布置有监测点，室外衰变池位置、消防通道位置均设置监测点位，能够反映本项目用房室内、室外的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理可行。

(2) 监测因子： $\gamma$ 辐射剂量率。

**续表 8 环境质量和辐射现状**

(3) 监测方法和依据:

监测方法和依据见表 8-2。

**表 8-2 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 8-3。

**表 8-3 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	2017F33-10-12580 47002	2018.03.31	1.04
环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪 JB4010 型	09031	2019022701665	2020.3.7	1.04

(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；监测时获取足够的数量，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 8-4。

**表 8-4 拟建项目监测结果统计**

监测点位	监测点位描述	$\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)
$\Delta$ 1	放射性废物暂存间前通道（分装注射室内）	112
$\Delta$ 2	消防通道（室外）	90
$\blacktriangle$ 1	绿化带（衰变池区域）	83
$\blacktriangle$ 2	消防通道（室外）	79
$\blacktriangle$ 3	原拟建服药区（扫描前观察室）	84
$\blacktriangle$ 4	原拟建办公区（护理站、等候区）	83
$\blacktriangle$ 5	原拟建病房（PET/CT 机房）	94

**续表 8 环境质量和辐射现状**

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 79nGy/h~112nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），与《2018 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部）中重庆市多个点位的 2018 年环境地表  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率测量值 64.4-168.7nGy/h(未扣除宇宙射线)相比较处于本底涨落范围内。项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

**表 9 项目工程分析与源项**

## 工程设备和工艺分析

### 9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

施工期主要为现有部分墙体改造、墙体防护、通风、净化等设备安装、室内装修等，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。

项目用房墙体改造、设备安装、内部装修等要污染因子主要有：噪声、粉尘、弃渣、生活污水和生活垃圾等。

噪声：各施工设备噪声源强约为 75~90dB（A）。

扬尘：扬尘主要来自于施工过程中建筑材料（水泥、沙子、石子等）现场搬运及堆放产生的扬尘、切割打磨装饰材料产生的粉尘、建筑垃圾清理及堆放产生的扬尘。

生活污水：生活污水主要为施工工人产生。项目施工期每天最大约 10 人在施工现场作业，生活用水量约为 50L/人·d 计，污水产生系数按用水量的 0.9 计，则生活污水排放量为 0.45m<sup>3</sup>/d。生活污水依托医院现有的污水处理设施处理后达标后排入市政污水管网。

建筑垃圾：装修垃圾主要包括装修时改造原部分墙体期间产生的废木料、水泥、沙石、石材、塑料包装、金属材料、碎玻璃等，根据类比同类型的项目，产生的所有建筑垃圾约为 2t。

生活垃圾：施工期产生的生活垃圾按每天 10 人计，每人每天产生生活垃圾 0.5kg，则每天产生 5kg。依托医院现有的生活垃圾收集系统收集后交环卫部门统一收运处理。

### 9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

#### 9.2.1 PET/CT

##### (1) 工作原理

**续表 9 项目工程分析与源项**

在临床医学中，应用放射性同位素进行疾病诊断已是常用的一种方法。根据患者的病症、部位以及诊断项目，将一定剂量的放射性同位素注射或食入体内，进行病灶器官的扫描，确定病灶部位特征。

PET 是专为探测体内正电子发射体湮没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。 $^{18}\text{F}$ -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。 $^{18}\text{F}$  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。由于两个光子在体内的路径不同，到达两个探测器的时间也有一定差别，如果在规定的时间内（一般为 0~15 $\mu\text{s}$ ），探头系统探测到两个互成 180 度（ $\pm 0.25$  度）的光子时，即为一个符合事件。探测器便分别送出一个时间脉冲，脉冲处理器将脉冲变为方波，符合电路对其进行数据分类后，送入工作站进行图像重建。便得到人体各部位横断面、冠状断面和矢状断面的影像。PET 特别适用于心脏、脑神经和肿瘤的代谢显像，本项目应用 PET 显像诊断使用的正电子放射性核素为  $^{18}\text{F}$ ，拟使用放射性同位素特性见表 9-1。

**表 9-1 放射性同位素特性**

核素名称	半衰期	衰变模式	$\beta$ 辐射能量	主要辐射类型	$\gamma$ 射线能量 MeV	物理性状	毒性分组	周围剂量当量率常数 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ )
$^{18}\text{F}$	109.8min	$\beta^+$ , EC	633.5keV	$\gamma$	0.511	液态	低毒	0.143

备注：参数取自《简明放射性同位素应用手册》中 4.2 同位素表。

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，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 9-1。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-1 PET/CT (示例)

### (3) 工作流程

本项目使用的  $^{18}\text{F}$  药物拟外购, 医院根据与病人预约情况提前向药物供货商定药, 由药物供货商负责在合理时段内将药物运输至项目核素贮存柜储存, 每次使用时, 医护人员取出针剂, 测定活度, 在带铅屏蔽的通风橱内分装 (即注射器吸药), 然后再在注射台为病人注射。病人在项目 1F 核医学等候区预约后, 凭预约单由病人专用入口 (单向门) 在注射窗口注射药物, 注射根据每人不同情况而定在 5~12mCi 之间, 平均每人注射按 10mCi 计, 病人注射后在扫描前观察室等待约 45~60min, 待药物在体内代谢达到平衡后, 进入 PET/CT 机房进行扫描, 每次扫描约 20~30min。应用  $^{18}\text{F}$  标记药物在 PET/CT 下开展显像诊断流程图见图 9-2。

### (3) 工作负荷

PET/CT 只进行放射性药物显像, PET/CT 工作负荷约 1500 人次/年。PET/CT 采用 CT 模式扫描平均每次进行显像的有效开机时间约为 2min, 年有效开机时间约为 50h。



续表 9 项目工程分析与源项

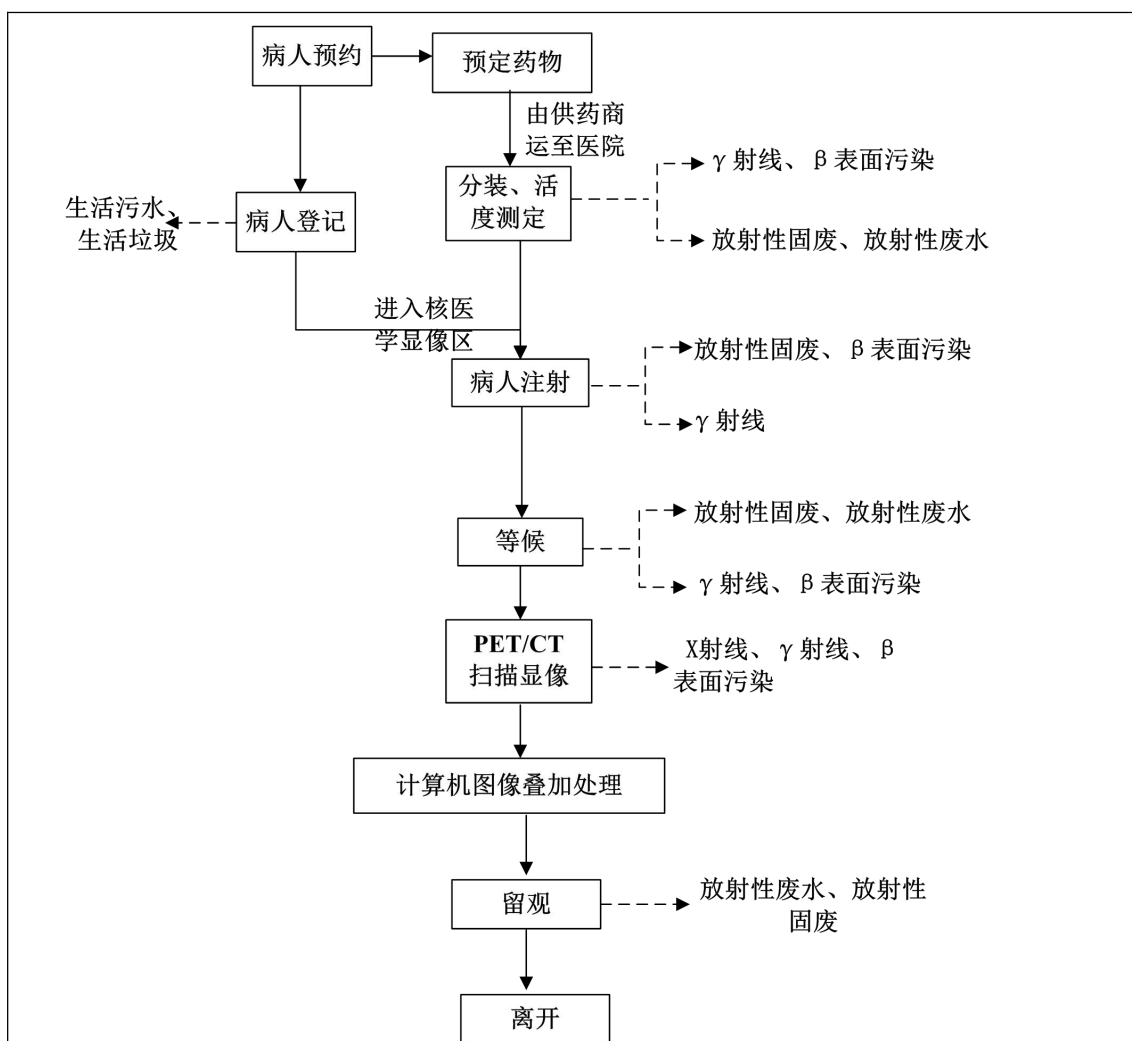


图 9-2 应用正电子放射性药物在 PET/CT 下显像诊断流程图

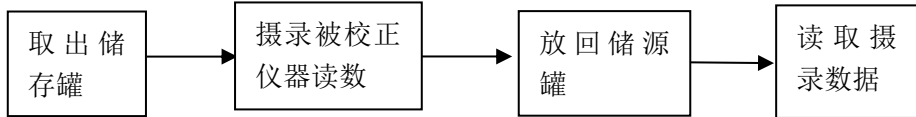
### 9.2.2 密封校准源

本项目 PET/CT 内含 1 枚  $^{68}\text{Ge}$ 、6 枚  $^{22}\text{Na}$  放射源作为校准源,密封校准源  $^{68}\text{Ge}$  主要用于 PET 的能量及图像校准,置于 PET/CT 设备内,每天质控用;6 枚  $^{22}\text{Na}$  储存在放射性废物暂存间储源柜中,双人双锁防盗保管,当 PET/CT 图像空间位置不准确时,用于图像空间位置校准。特性参数见表 9-2。

表 9-2 校准源主要辐射特性

核素名称	衰变类型及分支比	主要 $\gamma$ 、X 射线能量 (keV) 与绝对强度 (%)	物理半衰期	毒分
$^{68}\text{Ge}$	$\epsilon$ (100)	XK $_{\beta}$ : 10.3 (5.45) XK $_{\alpha 2}$ : 9.22482 (13.07) XK $_{\alpha 1}$ : 9.25174 (25.6)	270.8d	中毒组
$^{22}\text{Na}$	EC(10.11)、 $\beta^+$ (89.9)	$\beta_{0,1}$ : 545.6 (89.836%) $\gamma^{\pm}$ : 511 (179.8)	2.602a	中毒组

续表 9 项目工程分析与源项

		XK <sub>a2</sub> : 0.848 (0.475) XK <sub>a1</sub> : 0.849 (0.094)		
<p>备注：<sup>68</sup>Ge 参数取自《简明放射性同位素应用手册》中 4.2 同位素表；<sup>22</sup>Na 参数取自《<sup>22</sup>Na 活度测量方法研究》（中国原子能科学研究院）。</p> <p>密封校准源 <sup>68</sup>Ge 置于 PET/CT 设备内，每天质控用；当 PET/CT 图像空间位置不准确时，工作人员将含密封校准源（6 枚 <sup>22</sup>Na）铅罐推至设备外挂放射源支架上，工作人员退出机房，设备进行校准。校准源使用过程中不产生放射性废物，图像配准及能量校准过程中释放出 <math>\gamma</math> 射线贯穿屏蔽层对操作人员产生影响甚微。</p> <p>质控通常选择在没有病人的时候进行，具体操作流程如下。</p>				
 <pre> graph LR     A[取出储存罐] --&gt; B[摄录被校正仪器读数]     B --&gt; C[放回储源罐]     C --&gt; D[读取摄录数据]     </pre>				
<h3>9.3 污染源项描述</h3> <h4>9.3.1 电离辐射</h4> <p>本项目使用产生<math>\beta^+</math>的放射性同位素 <sup>18</sup>F，正电子本身是不稳定的，正电子放射性同位素衰变产生的正电子丧失动能后，与物质中的负电子结合，转化为一对运动方向相反、能量均为 0.511MeV 的<math>\gamma</math>光子，正电子与负电子自身消失，这种现象称为湮没反应，所产生的<math>\gamma</math>光子也称湮没辐射。使用正电子药物发生湮没辐射产生 0.511MeV 的<math>\gamma</math>射线。</p> <p>放射源 <sup>68</sup>Ge 半衰期为 270.8d，通过电子捕获发射能量为 0.106MeV 的<math>\gamma</math>射线，其衰变子体为 <sup>68</sup>Ga。</p> <p>放射源 <sup>22</sup>Na 半衰期为 2.602a，通过电子捕获发射能量为 1.2745MeV 的<math>\gamma</math>射线和 0.511MeV 的湮灭光子，其衰变子体为 <sup>22</sup>Ne。</p> <p>本项目使用 PET/CT 装置使用 CT 模式扫描产生 X 射线。装置在开机并曝光时产生 X 射线，在开机不曝光或不开机状态下均不产生 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。</p> <p>(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。距靶 1m 处主射束的输出量约 13.5mGy/mA·m<sup>2</sup>·min（根据射线衰减原理和 ICRP33 号报告，在不同过滤材质的</p>				

续表 9 项目工程分析与源项

屏蔽体外剂量率，本项目 PET/CT 额定电压为 140kV，过滤板均 3mmAl），能量不大于 140keV。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。

(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、面积和距离有关。

### 9.3.2 废气

X 射线、 $\gamma$ 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气。

本项目使用的放射性同位素  $^{18}\text{F}$ -FDG 为购买成品针剂，操作比较简单，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中。

### 9.3.3 废水

#### (1) 放射性废水

本项目采用污污分流的方式。放射性废水主要来自病人排泄物；工作人员操作过程中手部可能受到微量  $^{18}\text{F}$  标记液污染的洗手水；清洗控制区室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量  $^{18}\text{F}$  标记液的清洗水等。本项目参与放射性药物的操作的 2 名护师淋浴、洗手水按核医学工作人员人员用水定额 50L/人·d 考虑，本项目病人每天最大约 8 人（平均每天约 5 人），病人在注射  $^{18}\text{F}$ -FDG 药物后停留时间总计最多为 1.5 小时，排泄 2 次，使用节水型马桶冲洗，冲洗厕用水 6L/次，项目放射性排水情况见表 9-3。

表 9-3 项目放射性废水排放情况表

用水类别		用水定额	用水规模	用水量 (L/d)	排水量 (L/d)	去向
PET/CT 中心 诊断场所	核医学护师(操作放射性药物)	50L/人·班	2 人	100.00	100.00	接入北侧衰变池处理后排入医院污水处理
	诊断病人	12L/人·d	5 人(最大 8 人)	60.00(最大 96)	60.00(最大 96)	
	清洁用水	0.1L/m <sup>2</sup> ·次	约 140m <sup>2</sup>	14.00	12.60	

续表 9 项目工程分析与源项

	未预见水量按以上水量的 10%计	17.40 (最大 21.00)	17.26 (最大 20.86)	设施。
总计		0.191m <sup>3</sup> /d (最大 0.231m <sup>3</sup> /d)	0.190m <sup>3</sup> /d (最大 0.229m <sup>3</sup> /d)	

医护人员、诊断病人排水系数取 1，清洁用水排水系数取 0.9。

### (2) 非放射性废水

项目其他不接触放射性药物的医生也会产生一定量的普通生活污水，这一部分水直接排入医院污水处理设施处理。其水量核算见表 9-4。

表 9-4 项目非放射性废水用量核算

用水类别	用水定额	用水规模	用水量 (m <sup>3</sup> /d)	排水量 (m <sup>3</sup> /d)	去向
医务人员	150L/d·人·班	5 人	0.75	0.68	直接排入医院污水处理设施处理
清洁用水	1.5 L/m <sup>2</sup> ·次	122m <sup>2</sup>	0.18	0.16	
未预见水量	按每日最高用水量的 10%计		0.09	0.08	
合计			1.02	0.92	

### 9.3.4 固废

#### (1) 放射性固废

本项目 PET/CT 中心诊断场所控制区产生的废棉签、注射器及试管、清洁用抹布及购置未用完的含 <sup>18</sup>F 放射性药物原液等，产生量约 200kg/a。收集在专用防护污物箱内，每天下班专人统一放至放射性废物暂存间内暂存，达到清洁解控水平后送至项目西侧医院医疗废物暂存间，交有资质单位处置。

本项目 PET/CT 中心诊断场所放射性废气经收集后采用活性炭吸附，活性炭定期更换，产生废活性炭约 0.02t/a。

本项目的校准源为 V 类放射源，购买时与厂家签订回收协议，当密封源退役处理时，废密封源由厂家回收。

#### (2) 非放射性固废

项目主要产生少量生活垃圾，产生情况见表 9-5。

表 9-5 非放射性固废产生情况

序号	固废类别	来源	定额	规模	产生量 (t/a)	固废性质	处置措施
1	生活垃圾	医务人员	0.5kg/人次	7 人	1.05	一般固废	生活垃圾分类收集，交由市政

续表 9 项目工程分析与源项

						环卫部门外运处理
<p>综上，本项目主要污染物产生情况统计汇总见表 9-6。</p>						
<p style="text-align: center;"><b>表 9-6 本项目主要污染物情况统计汇总表</b></p>						
分类	场所	污染物	主要污染因子	产生量		
PET/CT 中心诊断场所	PET/CT 机房	电离辐射	X 射线、 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 面污染	X 射线能量不大于 140keV		
	分装注射室、扫描前观察室、扫描后观察室	电离辐射	$\gamma$ 射线、 $\beta$ 表面污染	$\gamma$ 射线：0.511MeV		
		放射性固废	放射性废物：废棉签、注射器及试管、清洁用抹布、废原液等	200kg/a		
			废活性炭	0.02t/a		
		放射性废水	患者的排泄物、操作放射性药物人员洗手、淋浴废水等	0.190m <sup>3</sup> /d（最大 0.229m <sup>3</sup> /d）		
		放射性废气	含 <sup>18</sup> F 废气	少量		
	校准源 <sup>68</sup> Ge、 <sup>22</sup> Na	电离辐射	$\gamma$ 射线	$\gamma$ 射线：0.511MeV		
		固体废物	退役废源	/		
非放射性废水	本项目用房	医疗废水、生活污水	医疗废水、生活污水	0.92m <sup>3</sup> /d		
非放射性固废	本项目用房	生活垃圾	医生、病人生活垃圾	1.05t/a		

#### 9.4 非密封放射性物质工作场所分级、分类

##### (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：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作规程方式修正因子}}$$

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。根据建设单位提供的放射性同位素用量，可以计算本项目使用的放射性同位素日等效最大操作量见表 9-7。

续表 9 项目工程分析与源项

核素名称	年最大用量 (Bq)	日最大操作量 (Bq)	毒性组修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
<sup>18</sup> F	5.55×10 <sup>11</sup>	2.96×10 <sup>9</sup>	0.01	10	2.96×10 <sup>6</sup>

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，本项目日等效最大操作量 2.96×10<sup>6</sup>Bq，根据 GB18871-2002 的分级，核定本项目 PET/CT 中心诊断场所为丙级非密封放射性物质工作场所。

### (2) 临床核医学工作场所分类

根据《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)的要求，本项目 PET/CT 中心诊断场所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 9-8。

表 9-8 本项目 PET/CT 中心诊断场所分类计算

房间名称	非密封性物质操作最大活度 (MBq)	毒性权重因子	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
注射窗口	1480	1	1	1480	II
分装台	1850		1	1850	II
分装注射室(核素贮存)	1850		100	18.50	III
注射后扫描前观察室	1110		10	111	II
放射性废物暂存间	18.5		10	1.85	III
PET/CT 机房	370		10	37	III
扫描后观察室	1480		10	148	II

由上表的计算结果显示，按照《临床核医学放射卫生防护标准》(GB120-2006)中表 1 工作场所具体分类，本项目注射窗口、分装台、注射后扫描前观察室、扫描后观察室核定为 II 类场所，PET/CT 机房、放射性废物暂存间、分装注射室(核素贮存)为 III 类场所。其室内表面及装备基本放射防护要严格按照 GB120-2006 的要求实施。

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 布局与分区**

**10.1.1 项目布局**

本项目共 1F，西侧部分设有 1F 夹层。

1F 布置有等候区和 VIP 候诊室（注射前候诊）、卫生通过间、注射分装室、放射性废物暂存间、扫描前观察室、扫描后观察室、抢救室、PET/CT 室、操作室等。1F 夹层设置有医师办公室、档案资料室、值班室。

**10.1.2 机房面积**

项目 X 射线装置机房尺寸和标准要求见表 10-1 所示。

**表 10-1 机房建设要求对比表**

设备名称	机房设计		标准要求		是否满足要求
	最小单边长 (m)	有效使用 (m <sup>2</sup> )	最小单边长 (m)	面积 (m <sup>2</sup> )	
PET/CT	5.85	38.03	≥4.5	≥30	满足

由表 10-1 可知，本项目 X 射线装置机房最小单边长及机房内最小有效使用面积均满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）要求。

**10.1.3 路径规划情况**

**(1) 项目人流规划**

①病人路径规划：PET/CT 中心诊断病人从项目北侧大门进入等候区预约。

预约了 PET/CT 的病人→病人专用单向防护门进入放射性药物诊断区→注射窗口静脉注射 <sup>18</sup>F-FDG 放射性药物→进入注射后扫描前观察室喝水、排泄（在观察室专用厕所内入厕）等待药物代谢至靶器官→PET/CT 机房扫描→扫描后在扫描后观察室留观→东侧专用通道单向防护门离开。

②PET/CT 技师路线：从项目北侧大门进入后再进入操作室（利用对讲机、视频监控等手段在控制室内指挥病人摆位，操作人员不进入机房）→原路返回。

③操作放射性药物护士路径规划：从事放射性药物分装、注射的 1 名护师从项目北侧大门进入后左转经卫生通过间更衣→进入分装注射室分装、注射窗口注射→按原来路径经卫生通过间淋浴、更衣进行表面污染监测达标后方可离开。

④分装注射室与扫描前观察室间铅门仅在人员需要抢救时，方便护师第一时间通过到达病人处，其余时间均不使用。

续表 10 辐射安全与防护

## (2) 项目物流规划

### ①放射性药物院内路径规划

供货方经北侧市政道路送至项目处→项目专人手提放射性药物铅罐进入项目北侧放射性药物、废物专用门→分装注射室内核素贮存柜暂存。

### ②放射性废物运出路径规划

每日下班后,控制区内各放射性废物专用污物箱内污物由专人收集至放射性废物暂存间内→放射性废物暂存达到清洁解控水平(一般为2天)作为医疗垃圾→北侧放射性药物、废物专用门→西侧医院医疗废物暂存间后交有资质单位处理。

项目人流、物流图见附图 5。

## (3) 密封放射源内部路径规划

用于 PET/CT 图像空间位置校准的 6 枚  $^{22}\text{Na}$  密封放射源平时置于储存在放射性废物暂存间储源柜中,当 PET/CT 图像空间位置不准确时,由专人经放射性废物暂存间→分装注射室→注射后扫描前观察室→PET/CT 机房,校准完毕后,原路送回放射性废物暂存间储源柜。校准时间选择在非营业时间,故不会有病人及其他无关人员进入。

## (4) 项目气流路径规划

根据项目排风管道布置图可知,PET/CT 中心诊断场所控制区采用单独排风系统,设置管道收集核医学影像诊断控制区内每间房间的废气,通风换气次数为 4 次/h,收集经活性炭吸附后引至项目裙楼楼顶东北角排放,排口朝向西侧。风机、活性炭装置均安装项目 1F 中部门上方招牌处。收集管内设置防倒灌装置并保持负压,保证废气由低放射区至高放射区收集至主管道。

项目通风图见附图 7。

## (5) 项目废水流向

项目采用污污分流的方式,VIP 候诊室卫生间排水直接接入医院污水处理设施处理,项目放射性废水经衰变池处理后接入医院污水处理设施处理。项目排水管网图见附图 6。

PET/CT 中心诊断场所控制区卫生通过间、注射后扫描前观察室卫生间(内



## 续表 10 辐射安全与防护

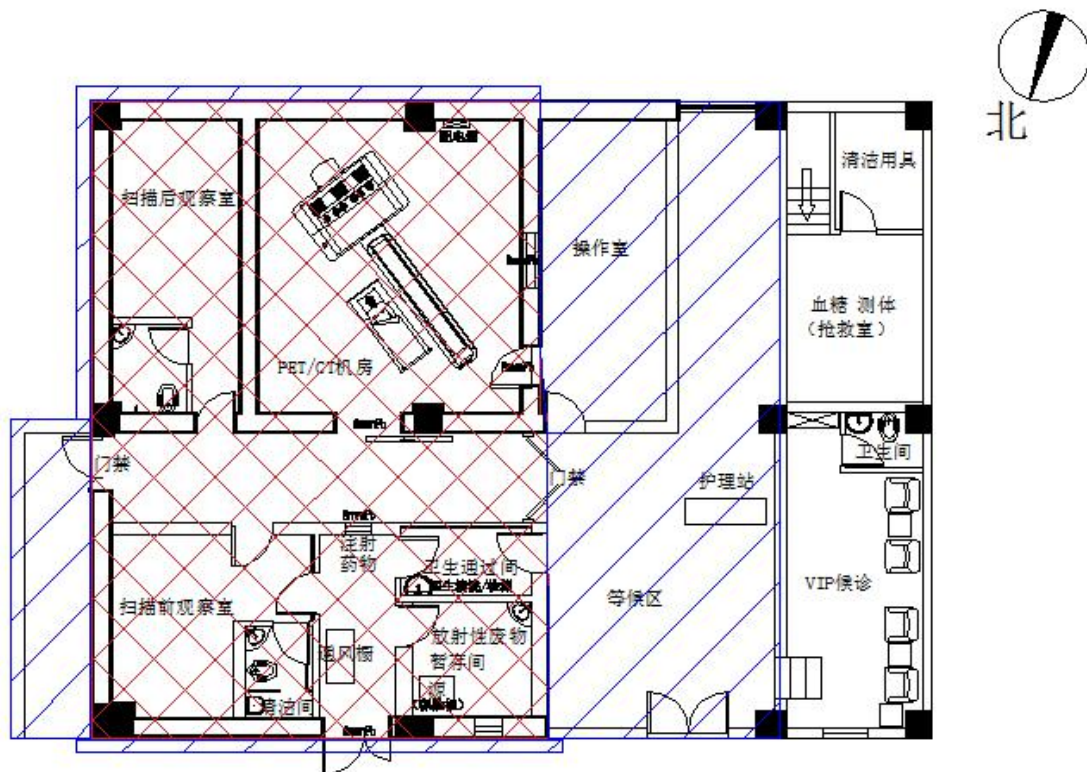
含清洁间)、扫描后观察室卫生间排水点均接入北侧衰变池,经衰变后排入医院污水处理设施处理。

### 10.1.4 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,本项目 PET/CT 中心拟采取分区管理,划分为控制区及监督区,限制无关人员受到不必要的照射。GB18871-2002 定位为“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的任何区域”。具体划分见表 10-2 及图 10-1。

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
PET/CT 中心诊断场所	放射性废物暂存间、卫生通过间、分装注射室、放射性废物暂存间、PET/CT 机房、扫描前观察室、扫描后观察室、病人区域走廊	操作室、等候区、用房四周墙体外 30cm、控制区楼上及楼下区域等



备注: 十字交叉区域为控制区, 单斜杠区域为监督区

图 10-1 项目分区图

### 10.1.5 布局合理性分析

**续表 10 辐射安全与防护**

综上，各功能用房基本上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布置，诊断流程、路线清晰。按照丙级非密封放射性物质工作场所进行控制区、监督区划分。本项目 PET/CT 中心诊断场所医护人员、患者、药物及放射性废物通道独立，可有效避免交叉污染，医护人员高、低活性区分界处设有卫生通过间，注射了放射性药物病人设置有专门厕所，控制区病人进出口、医生通道等均设置门禁，保证单向线路唯一。该布局符合核医学诊断场所功能需要，便于核医学场所辐射防护管理。

项目北侧离市政道路约 5m，方便供货方将放射性药物送达项目北侧，通过北侧放射性药物、废物专用门由专人将药物运至核素贮存柜内。通过采用张贴标识，严禁无关人员进入该通道。项目放射性废气、废水、固废等通过采取有效的处理措施，满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求。从辐射防护角度，项目平面布局合理。

**10.2 辐射安全与防护**

**10.2.1 工作场所装修及防护要求**

根据表 9-8，本项目注射窗口、分装台、注射后扫描前观察室、扫描后观察室核定为 II 类场所，PET/CT 机房、放射性废物暂存间、分装注射室（核素贮存）为 III 类场所。其室内表面及装备基本放射防护要严格按照 GB120-2006 的要求实施。

**表 10-3 本项目 PET/CT 中心诊断场所室内表面及装备结构设计防护与标准对照表**

项目	分类	GB120-2006 要求	设计方案	是否符合标准要求
注射窗口、分装台、注射后扫描前观察室、扫描后观察室	II	地面：易清洗且不易渗透	地面：PVC 地板胶铺设	是
		表面：易清洗	墙壁表面：乳胶漆	
		通风橱：需要	分装柜上方设有通风橱	
		室内通风：有较好通风	室内通风：设新风系统	
		管道：一般要求	管道：采用耐腐蚀的排污管道	
		清洗及去污设备：需要	清洁及去污设备：配备吸水纸、消毒液等	
分装注射室（核素贮存）、放射性废	III	地面：易清洗	地面：地板砖	是
		表面：易清洗	墙壁表面：乳胶漆	
		通风橱：不必	无通风橱	
		室内通风：一般自然通风	室内通风：设新风系统	

**续表 10 辐射安全与防护**

物暂存间、PET/CT 机房	管道：一般要求	管道：采用耐腐蚀的排污管道
	清洗及去污设备：只需清洗设备	清洁及去污设备：配备吸水纸、消毒液等

由上表可知，本项目 PET/CT 中心诊断场所设计符合《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要求。

**10.2.2 建设单位拟采取的辐射安全与防护措施**

(1) 本项目 PET/CT 中心诊断场所控制区四周墙体采用 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉、顶棚 30cm 混凝土，底板 50cm 混凝土，控制区内部房间墙体主要采用 24cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉等，防护门窗达到 4-8mmPb。同时严格监理施工过程，保证施工质量。

(2) 按照丙级非密封放射性工作场所管理，注射放射性药物的病人在具有电离辐射警告标志的专用卫生间内入厕。设置工作人员卫生通过间及淋浴间，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。

(3) 拟在本项目 PET/CT 中心诊断场所控制区入口、出口、衰变池门口、放射性废物暂存间门口等设置电离辐射警告标志，放射性废物桶、核素贮存柜设置电离辐射标志。

(4) 病人专用出入口均为单向防护门，病人专用出口门外设置 30cm 砼围墙，医生通道入口、病人通道入口等处均设置门禁，禁止无关人员入内。(5) 本项目 PET/CT 中心诊断场所控制区设置专门清洁间，该清洁间拖把仅用于控制区，不可与其他区域清洁拖把混用。

(6) 设置项目控制区和监督区的标识，同时在地面设置病人、医生在项目 PET/CT 中心诊断场所的行走箭头标识，指示各类人员在项目内的活动路径。

(7) 张贴通俗易懂的告知病人流程，在 PET/CT 中心诊断场所控制区病人入口、出口等区域安装门禁，禁止人员随意不按照规定的路线行走。病人活动区域设置对讲、视频监控装置，指导病人就诊，保持 PET/CT 中心诊断场所良好的就医秩序。

(8) 通过管理措施，尽量避免放射性药物和医生的交叉、受药病人之间的交叉影响、告知病人就诊、离开注意事项。

## 续表 10 辐射安全与防护

(9) 核素贮存柜及放射性废物暂存间设置防盗设施，钥匙专人保管，接收、使用放射性药物及放射源及时登记建档，建做到交接账目清楚、账物相符。

(10) 放射性废物每日由专人分类、打包、记录后转移至放射性废物暂存间，建立放射性废物暂存间接收、转移台账。本项目 PET/CT 中心诊断场所地面、墙体表面采用易清洗材料装修。

(11) 分装放射性药物时，通风柜保持负压，通风管道经放射性废气从低活性区向高活性区收集，设置防倒灌设施。核医学工作人员定期检查通风柜及通风风机运行效能，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) 拟配置移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、镊子、钳子、分装柜屏蔽运输容器、放射性废物桶等辅助用品，具体见表 1-3。

(13) 各防护门和观察窗的生产应由有生产资质的厂家承担，其搭接长度不小于缝隙的 10 倍。X 射线装置机房内建设的穿越防护墙的导线、导管等不影响墙体的屏蔽防护效果。

(14) 拟在配备铅防护污物箱、铅衣、铅帽、铅眼镜、铅围裙、个人剂量计、表面污染监测仪等个人防护用品和监测设备，具体见表 10-4。

**表 10-4 拟配置的个人防护用品和监测设备**

序号	设备名称	数量	拟安装/使用位置
1	个人剂量报警仪	2 台	PET/CT 中心诊断场所使用
2	$\beta$ 表面污染检测仪	2 台	卫生通过间、分装注射室
3	个人剂量计	7 个	每名放射工作人员佩戴
4	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	2 套	分装注射室
5	铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	4 套	注射后扫描前观察室
6	铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	1 套	PET/CT 机房内

备注：成人防护用品不低于 0.25mmPb。

(15) 放射性药物通道设置标识，禁止无关人员进入该通道。建立核医学诊断场工作制度、受检者管理制度等，约束诊断病人按照指定路线就诊，告知注射放射性药物病人不宜乘坐公共交通。

### 10.2.3 拟采取辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

**续表 10 辐射安全与防护**

本项目拟采取的辐射安全与防护措施与《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）等相关要求对比情况见表 10-7 所示。

根据表 10-5 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）及《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）要求。

表 10-5 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准号	标准要求	项目情况
GBZ120-2006	临床核医学的工作场所应按照 GB18871 非密封源工作场所分级规定进行分级,并采取相应放射防护措施。	按照 GB18871, 项目 PET/CT 中心诊断场所核定为丙级非密封放射性物质工作场所。
	一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于 GB18871 规定的乙级或丙级非密封源工作场所。为便于操作,针对临床核医学实践的具体情况,可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活动,把工作场所分为 I、II、III类(见表 1)	分装注射室、注射后扫描前观察室、扫描后观察室核定为 II 类场所, PET/CT 机房、放射性废物暂存间为 III 类场所。
	按表 1 划分的三类核医学工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 4。	根据表 10-4 可知, 本项目 PET/CT 中心诊断场所室内及表面装备结构满足要求。
	合成和操作放射性药物所用的通风橱, 工作中应有足够风速(一般风速不小于 1m/s), 排气口应高于本建筑屋脊, 并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置, 排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。	分装工作在密闭的通风橱内进行, 风速不低于 1m/s, 废气经收集后经活性炭吸附后在引至项目裙楼楼顶东北角排放。
	凡 I 类工作场所和开展放射性药物治疗的单位应设有放射性污水池, 以存放放射性污水直至符合排放要求时方可排放。废原液和高污染的放射性废液应专门收集存放。	本项目设置有衰变池, 且衰变池容积满足 GB18871 排放总量和浓度的要求。
	临床核医学工作场所备有收集放射性废物的容器, 容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集, 并给予适当屏蔽。固体废物如污染的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄露、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。放射性废物应及时按 GBZ133 进行处理。	拟在放射性废物容器张贴放射性标志, 放射性废物分类收集在铅污物桶内, 衰变 10 个半衰期后作为医疗垃圾处理。
	临床核医学诊断及治疗用工作场所(包括通道)应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序, 如一端为放射性物质贮存室, 依次为给药、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过。	按照上述要求进行布局。
	临床核医学诊断用给药和检查室应分开。如必须在检查室给药, 应具有相应的放射防护设备。	PET/CT 室和注射室分开, 注射在专用注射窗口进行, 并配备其他防护设备。
临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室, 宜有受检者专用厕所。	病人注射后扫描前观察室及扫描后观察室均设置	

标准号	标准要求	项目情况	
		有专门的厕所。	
GBZ120-2006	放射性药物操作的一般放射防护要求	5.1 操作放射性药物应有专门场所，如给药不在专门场所进行时则需采取适当防护措施。药物使用前应有屏蔽。	放射性药物操作在分装注射内操作，拟配置分装柜+通风橱一体机，整体>35mmPb；操作医生佩戴铅眼镜、穿戴铅衣、戴铅帽，使用带有屏蔽套的注射器。
		5.2 装有放射性药物的给药注射器应有屏蔽，难以屏蔽时应缩短操作时间。	拟配置带有屏蔽套的注射器，铅当量 20mmPb
		5.3 操作放射性药物应在衬有吸水纸的托盘内进行，工作人员应穿戴个人防护用品。	拟配置不锈钢托盘，托盘内有吸水纸，工作人员操作时穿戴防护用品。
		5.5 在放射性工作场所不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物件。	拟制定工作制度，禁止在本项目 PET/CT 中心诊断场所进食、饮水、吸烟。
		5.6 工作人员操作后离开工作室前应洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过 GB18871 规定值，应采取去污措施。	拟在卫生通过间配备表面污染检测仪，离开前在卫生通过间淋浴、清洗、检测表面污染达标方可离开核医学控制区。
		5.7 从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平监测，以杜绝超过 GB18871 规定的表面污染控制水平的物品带出控制区。	工作人员离开控制区前进行去污、表面检测达标方可离开控制区。
		5.9 放射性物质的贮存容器或保险柜应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于存放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分	拟将放射性药物暂存在含铅的核素贮存柜内，每次使用登记记录。
		5.10 放射性物质的贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不得入内。	拟定期对核医学工作场所的辐射环境进行监测。
		5.11 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，不应污染容器在运输时应有适当的放射防护措施。	放射性废物贮存在铅污物桶内（铅当量 8mmPb），放射性药物贮存在铅核素柜内（铅当量 35mmPb）。
		5.12 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。	拟建立放射性药品使用、订购档案，按照上述要求进行。

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2013	X 射线设备机房防护设施的技术要求	X 射线设备机房（照射室）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。	机房四周墙体、楼上、楼下均采用足够厚的屏蔽材料进行防护。
		每台 X 射线机应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于相应要求。	PET/CT 有独立的机房，机房面积和最小单边长度满足标准要求。
		X 射线设备机房屏蔽防护应满足相应要求。具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；CT 机、乳腺机、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影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 2.5 $\mu$ Sv/h。	根据后文核算，机房屏蔽体的铅当量折算大于标准要求，屏蔽体外的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h，屏蔽能力满足要求。
		应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。	合理设置门窗和管线位置，设计有相应的屏蔽能力。顶棚地板的屏蔽能力满足要求。
		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患者和受检者状态。	机房设置有观察窗，能从控制室观察到患者和受检者状态。
		机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。	合理安装设备，主射线避免朝向防护门、观察窗、管线位置。机房内除必要的配套设施外，不堆放杂物。机房设置新风系统通风。
		机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。	机房外拟设置电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，拟设置门灯连锁。
		根据工作内容，现场应配备相应的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施。其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.25mmPb；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有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低于 0.5mmPb。	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 10-6。



## 续表 10 辐射安全与防护

### 10.3 三废的处理

#### 10.3.1 非放射性废物

(1) 固废：本项目主要产生的固废来源于医生、病人及家属产生少量的生活垃圾，生活垃圾交市政环卫部门处理。

(2) 废水：本项目主要产生的非放射性废水来源于医生、未接受放射性药物的病人及家属产生少量的生活污水等，直接排入医院现有污水处理设施处理达标后接入医院西侧市政污水管网最终排入九排污水处理厂深度处理排入长江。

(3) 废气：本项目 PET/CT 运行时产生少量的臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对诊断室的影响，关键在于加强室内通风。本项目射线装置运行时输出 X 线功率低，剂量小，光子能量低，产生臭氧和氮氧化物量极少，机房安装有新风系统，能有效保证机房内的通风换气，将室内空气中的有害气体臭氧和氮氧化物浓度降低到国家规定的浓度限值以下。臭氧在空气中分解时间较短（约 0.83h），因此，其废气将很快恢复到原来的空气浓度水平，不会对公众造成危害，对环境带来影响。

#### 10.3.2 放射性废物

##### (1) 放射性废水

本项目 PET/CT 中心诊断场所卫生通过间、注射后扫描前观察室卫生间（内含清洁间）、扫描后观察室卫生间排水点均接入北侧衰变池（有效容积 80.5m<sup>3</sup>），经衰变后排入医院现有污水处理设施（处理能力 200m<sup>3</sup>/d）处理后排入接入西侧市政污水管网最终排入九排污水处理厂深度处理排入长江。

##### (2) 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、手套等物品及购置未用完的含 <sup>18</sup>F 放射性药物废原液。核医学显像诊断控制区各放射性废物产生点设置专用防护污物箱，每天下班专人统一放至放射性废物暂存间铅制污物防护桶内暂存，暂存至其活度低于 GB18871 清洁解控水平（10Bq/g）后，作为普通医疗废物处理。

##### (3) 放射性废气

本项目 PET/CT 中心诊断场所控制区采用单独排风系统，设置管道收集控制区内

### 续表 10 辐射安全与防护

每间房间的废气，通风换气次数为 4 次/h，收集经活性炭吸附后引至引至项目裙楼楼顶东北角排放，排口朝向西侧。风机、活性炭装置均安装项目 1F 中部门上方招牌处。收集管内设置防倒灌装置并保持负压，保证废气由低放射区至高放射区收集至主管道。

**表 11 环境影响分析**

**11.1 施工期环境影响**

本项目施工期主要为机房、辅助用房的墙体建设和装修。施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

**(1) 扬尘影响及防治措施**

项目施工主要为装修时机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘。其工程量小，且均为室内施工，影响有限。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：封闭施工现场；加强施工现场管理，进行适当的加湿处理；施工运送建筑垃圾车辆，车厢应严密清洁，避免产生扬尘对周边居民正常生活造成影响。

**(2) 废水影响及防治措施**

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院现有污水处理设施处理后进入市政污水管网。不会对环境产生影响。

**(3) 噪声影响及防治措施**

主要来自于机房装修及现场处理等。选取噪音低、振动小的设备操作，合理安排施工时间，不在午休期间和夜间施工。采取上述措施能减轻项目施工期间对外界的影响。

**(4) 固体废物及防治措施**

主要为建筑垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾医院现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门处理。

综上所述，本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

**11.2 营运期辐射环境影响分析**

**11.2.1 非密封放射性物质工作场所屏蔽效能核算**

**(1) 屏蔽核算条件**

根据 18F-FDG 正电子放射性药物物理特性，发射 $\beta^+$ 粒子和 $\gamma$ 射线； $\beta^+$ 粒子射程短，穿透力弱，且很快通过湮灭辐射发射 511keV 的 $\gamma$ 光子， $\gamma$ 光子穿透力强，

续表 11 环境影响分析

仅考虑 $\gamma$ 射线屏蔽。

(2) 计算公式

$$H_R = A \times f \times R^{-2} \times 10^{-x/TVL} \quad (\text{公式 11-1})$$

式中  $H_R$ : 经屏蔽后关注点的剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ 。

$A$ : 药物的放射性活度,  $\text{MBq}$ 。

$f$ :  $^{18}\text{F}$  剂量率常数, 距源 1m 处的周围剂量当量率常数, 单位为  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ , 对  $^{18}\text{F}$  裸源为  $0.143\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ;  $^{18}\text{F}$  在人体内的剂量率不同于体外情况, 主要是因组织的吸收有一定程度减少, 患者的吸收因子取 0.36 (取自 Angular width of a narrow beam for X-ray linear attenuation coefficient measurements), 经修正后使用患者剂量率常数为  $0.092\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。扫描前患者需要排空, 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, 假设患者注射药物经至少 45min 后到机房接受检查, 衰变因子为  $\text{EXP}(-0.693 \times 45/110) = 0.75$ 。那么距患者 1m 处的辐射剂量率为:  $370 \times 0.85 \times 0.75 \times 0.092 = 21.70\mu\text{Sv/h}$ 。

$R$ : 关注点到“点源”距离, m。对于四周墙体, 参考点距墙体外表面 30cm 处; 考虑顶棚之上 1.0m 处, 距离楼下地面 1.7m 处。

$x$ : 屏蔽体的屏蔽厚度, cm。

(3) 计算参数

计算参数见表 11-1。

表 11-1 计算参数

项目	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 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2(\text{h}\cdot\text{MBq})^{-1}$	患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2(\text{h}\cdot\text{MBq})^{-1}$	TVL			
			铅	混凝土	实心页岩砖	硫酸钡粉
$^{18}\text{F}$	0.143	0.092	16.6mm	176mm	224mm	118mm

注: 正电子发射核素资料来自 AAPM 108-2009

各房间核算条件见表 11-2。

续表 11 环境影响分析

表 11-2 各房间屏蔽计算核算条件		
机房名称	核算条件	1m 处的辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
PET/CT 机房、机房	考虑病人候诊期间放射性药物的衰变, 根据候诊时间约为 45-60min (核算时按 45min), PET/CT 机房按单个病人 (1 个病人) 体内活度 315MBq 核算。把注射药物后的病人视为“点源”, 考虑吸收因子和透射因子的影响, $^{18}\text{F}$ 剂量率常数取 $0.092\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。则衰变因子为 $\text{EXP}(-0.693\times 45/110)=0.75$ 。 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 射线屏蔽。	21.74
核素贮存柜	放射性药物盛装在铅罐中 (铅罐 35mmPb 当量), 活度 1850MBq, $^{18}\text{F}$ 剂量率常数取 $0.143\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。	2.06
分装柜	最大持有量情况下, 放射性药物每天分装 1 次, 一次 1850MBq 进行核算。自动分装柜分装, 放射性药物在 35mmPb 当量分装柜内分装, $^{18}\text{F}$ 剂量率常数取 $0.143\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。	2.06
注射窗口	放射性药物活度按每支 370MBq (10mCi) 进行核算。 $^{18}\text{F}$ 剂量率常数取 $0.143\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。 防护当量注射区 25mmPb, 立屏 25mmPb 当量	1.65 (注射区) 1.65 (注射窗口)
放射性废物暂存间	废液、固废均存放在铅废物防护箱 (8mmPb 当量) 内。放射性废物按 18.5MBq (取每日用放射性药物活度 1%) 进行核算, $^{18}\text{F}$ 剂量率常数取 $0.143\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。	0.88
注射后扫描前观察室 (考虑 3 人同时候诊)	注射药物后的病人进入休息室, 可同时候诊的 3 个病人, 放射性药物总活度按 1100MBq 核算。把注射药物后的病人视为“点源”, 考虑吸收因子和透射因子的影响, $^{18}\text{F}$ 剂量率常数取 $0.092\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。	102.12
扫描后观察室 (考虑 4 人同时留观)	病人留观半个小时后离开, 在留观室旁辅助用房内更衣后离开, 留观室病人同时容纳 4 人, 则这些病人经注射后扫描前观察室 (至少 45min) 及 PET/CT 检查 (至少 20min), $^{18}\text{F}$ 至少经 65min 衰变, 扫描前患者需要排空, 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 $\text{EXP}(-0.693\times 65/110)=0.66$ 。距患者 1m 处的辐射剂量率为: $1480\times 0.85\times 0.66\times 0.092=76.39\mu\text{Sv/h}$	76.39
<p><b>(3) 计算结果</b></p> <p>控制区各房间屏蔽效能核算结果见表 11-3。</p>		

续表 11 环境影响分析

表 11-3 本项目 PET/CT 中心诊断场所主要房间屏蔽效能核算结果					
房间名称	墙体名称	1m 处周围 剂量当量 率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	距离 (m)	设计厚度	设计厚度下周 围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
PET/CT 机 房	四周墙体	21.74	1	2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫 酸钡粉 (相当于 44.5cm 实心砖)	0.23
	防护门		3.2	8mmPb	0.70
	观察窗		2.9	8mmPb	0.86
	顶棚		4.5	30cm 砼	0.02
	底板		4.0	50cm 砼	<0.01
放射性废物 暂存间	四周墙体	0.88	1	37cm 实心砖	0.02
	防护门		1	防盗门 (无屏蔽能 力)	0.88
	顶棚		4.5	30cm 砼	<0.01
	底板		3.0	50cm 砼	<0.01
注射分装室	四周墙体	2.06	1	2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫 酸钡粉 (相当于 44.5cm 实心砖)	0.02
	防护门		1	0.5cm 铁 (约 1.66cm 砼)	1.66
	顶棚		4.5	30cm 砼	<0.01
	底板		4.0	50cm 砼	<0.01
注射后扫描 前观察室 (考虑 3 人 同时候诊)	四周墙体	102.12	1	2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫 酸钡粉 (相当于 44.5cm 实心砖)	1.05
	顶棚		4.5	30cm 砼	0.10
	底板		4.0	50cm 砼	0.01
扫描后观察 室 (考虑 4 人同时留 观)	四周墙体	76.39	1	2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫 酸钡粉 (相当于 44.5cm 实心砖)	0.79
	顶棚		4.5	30cm 砼	0.08
	底板		4.0	50cm 砼	0.01
PET/CT 中 心诊断场所 控制区走廊	四周墙体	21.74	1	2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫 酸钡粉 (相当于 44.5cm 实心砖)	0.24
	东侧(进口处)		2	8mmPb	1.79
	西侧(出口处)		2.6	0.5cm 铁+围挡 30cm	0.35

续表 11 环境影响分析

备注：顶棚取楼上 1.0m，底板取楼下距离车库地面 1.7m 处，等候区按照平面图上给出的座椅位置作为源项位置；四周墙体考虑控制区外最薄墙体核算，按照距离源强 1m 处保守考虑，项目楼层净空高约 4.2m。

根据表 11-3 可知，按照项目屏蔽防护设计方案进行建设，本项目核医学控制区墙体外 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h。

### 11.2.3 剂量估算

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H(10) \times T \times t \times 10^{-3} \quad (11-2)$$

其中：H<sub>Er</sub>：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

H\*(10)：X 或 γ 射线周围剂量当量率，μSv/h；

T：居留因子

t：X 或 γ 射线照射时间，小时。

#### (1) X 射线装置机房外剂量估算

表 11-5 PET/CT 机房外剂量估算结果

序号	设备	考虑类型射线类型	墙体外剂量率限值 (μSv/h)	年最大有效开机时间 (h/a)	年有效剂量当量 (mSv)	
					放射工作人员	公众成员
1	PET/CT	X 射线	<0.86	50	0.04	<0.01
		γ射线	0.86	50		

备注：公众成员居留因子取 1/8 进行估算。

#### (1) PET/CT 中心诊断场所放射工作人员

##### ①操作放射性药物护师（分装、注射）

本项目 PET/CT 中心诊断场所放射工作人员在放射性药品分装、注射等环节与患者距离较近，若不注意防护，则工作人员可能受到大剂量辐射。

分装是在分装柜内自动分装，<sup>18</sup>F 距源 1m 处的辐射剂量率为 13.2μSv/h（考虑注射器 20mm 铅当量防护套，一次最多连续注射 4 人，按每例注射最大用药量 370MBq 计算），注射距离考虑 0.5m，则 <sup>18</sup>F 距源 0.5m 处的辐射剂量率为 52.8μSv/h，每年患者 1500 人次，注射每次约 0.5min，全年累计 12.5h，年有效剂量为 0.66mSv。

##### ②PET/CT 技师（摆位、显像）

续表 11 环境影响分析

摆位：<sup>18</sup>F距源0.5米处辐射剂量率为87.0 $\mu$ Sv/h（按每次注射最大用药量370MBq计算，考虑吸收因子、透射因子及衰变因子），每年患者1500人次，摆位每次约1min，假设有1/10病人需要辅助摆位，全年累计约2.5h，年有效剂量为0.22mSv。

核素显像：核素显像过程中的剂量估算见表 11-6。

表 11-6 核医学放射工作人员年有效剂量估算结果

分类	分装、注射 (mSv/a)	核素显像		年有效剂量小计 (mSv/a)
		摆位 (mSv/a)	显像 (mSv/a)	
PET/CT 技师	/	0.22	0.04	0.26
操作放射性 药物护师	0.66	/	/	0.66

由表 11-6 可知，假设由一名操作放射性药物护师、一名 PET/CT 技师完成核医学显像工作，其受到年有效剂量分别为 0.26mSv/a、0.66 mSv/a，根据本项目劳动定员，这两个岗位均配置 2 名放射工作人员，则每名放射工作人员年有效剂量低于 0.4mSv，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和建设单位制定的年有效剂量管理目标 5.0mSv/a。以上估算仅考虑了注射器 20mm 铅当量防护套的屏蔽，实际工作中，放射工作人员在进行放射性药物操作要求穿戴防护衣、铅防护眼镜等，PET/CT 技师也尽量采用语音指导病人摆位，减少放射工作人员不必要的照射。

### (2) 公众成员

根据表 11-3 核算结果，在现有设计条件下，本项目 PET/CT 中心诊断场所控制区墙体外周围剂量当量率均小于 2.5 $\mu$ Sv/h。此外项目是个相对封闭的区域，一般公众公众成员不会到达控制区，公众成员不会受到额外的辐射。因此，项目致公众成员所受的最大年附加剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，可以保证周围公众的安全。

#### 11.2.4 对环境敏感点的影响分析

根据表 11-3 预测结果，结合辐射源为能量流污染及其能量流的传播与距离的平方呈反比的特性，项目周围环境敏感点处周围剂量当量率预测结果见表 11-7。



续表 11 环境影响分析

序号	敏感点名称	方位	距离 (m)	控制区边界周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	敏感点仅考虑距离衰减理论预测值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	医院裙楼 2F	楼上	/	0.10	0.10
2	医院裙楼-1F	楼下	/	0.01	0.01
3	车库-1F、-2F	楼下	/	0.01	0.01
4	西苑六号小区 5 幢商业裙楼	东侧	约 7m	1.05	0.02
5	西苑六号小区 5 幢居民楼	东南侧	约 25m	1.05	<0.01
6	西苑六号小区 7 幢商业裙楼	西南侧	约 35m	1.79	<0.01
7	医院主楼	西侧	紧邻	1.79	1.79

由上表可知，各敏感点仅考虑距离衰减的情况下，本项目对各敏感点的贡献值已在本底范围，若考虑实际情况楼板、墙体、泥土、人员穿戴防护用品屏蔽等因素，本项目对各环境敏感点的影响值将更小，不会对各敏感点产生不利环境影响。

### 11.2.5 放射性“三废”环境影响分析

#### (1) 放射性废水影响分析

##### ①放射性废水收集系统

建设单位拟将本项目产生的放射性废水（由注射放射性药物病人排泄、接触放射性药物医护人员洗手、淋浴及控制区清洁用水）设置单独的收集系统，收集放射性废水的管道均采用耐腐蚀的特种管道，放射性废水通过独立管道收集至项目北侧衰变池，衰变池池壁为 35cm 厚钢筋混凝土结构，具有一定的防渗和辐射屏蔽能力，放射性废水排水管网图见附图 6，衰变池平面布置图见附图 8。

##### ②衰变池容积的确定

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。本项目衰变池应满足：

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

续表 11 环境影响分析

(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。

本评价以  $^{18}F$  的排放为对象对核医学衰变池放射防护设计及容积进行计算，计算过程如下：

#### A、计算 $ALI_{min}$ 值

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：

$$I_{IL}=D_L/e_j$$

式中：

$D_L$ ：相应的有效剂量的年剂量限值，mSv。（本项目公众为 0.25mSv，职业为 5mSv）

$e_j$ ：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， $^{18}F$  吸入  $e(g)_{1\mu m}$  为  $3.0 \times 10^{-11}$ ， $e(g)_{5\mu m}$  为  $5.4 \times 10^{-11}$ ，食入  $e(g)$  为  $4.9 \times 10^{-11}$ 。由此可得， $^{18}F$  的公众成员  $ALI_{min}$  为：

$$ALI_{min}=D_L/e_j=5mSv/4.9 \times 10^{-11} Sv/Bq=1.02 \times 10^8 Bq$$

则可以计算  $^{18}F$  每月排放的总活度限值： $10ALI_{min}=1.02 \times 10^9 Bq$ 。

#### B、每月排放 $^{18}F$ 衰变至 $10ALI_{min}$ 所需时间

计算的基本假设：①每名病人  $^{18}F$  治疗最大用量： $3.7 \times 10^8 Bq$ ；②根据 AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements，给药 2 小时后，膀胱排出活度约 15%-20%，评价保守按照排入衰变池活度为 85% 计算，因此，每月 125 名病人总排放  $^{18}F$  活度为  $4.625 \times 10^{10} Bq$ ，其衰变至  $10ALI_{min}$  约需 10h。

#### C、衰变池容积的确定

项目满负荷每天最大排水量为  $0.229 m^3/d$ ，由此可计算容纳 10h 污水的衰变池容积为  $0.095 m^3$ ，此排水量以及每月排放  $^{18}F$  衰变至  $10ALI_{min}$  所需时间均从保守角度考虑，已经预留有安全系数，医院北侧设置了衰变池（1 个化粪池+3 个衰变池），根据建设单位提供衰变池尺寸，总有效容积为  $80.5 m^3$ 。经该衰变池衰变后，本项目放射性废水的排放满足 GB18871-2002 排放总量限值和浓度限值要

续表 11 环境影响分析

求。

另外，根据《医院污水处理工程技术规范》（HJ2029-2013），衰变池的容积按最长半衰期同位素的 10 个半衰期计算，则本项目  $0.229\text{m}^3/\text{d}$  放射性废水经 10 个半衰期衰减需要有效容积为  $0.018\text{m}^3$ ，本项目设计衰变池有效容积为  $80.5\text{m}^3$ ，满足上述技术规范要求。

### ③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“化粪池+三级推溢式衰变”工艺处理，如工艺图所示，放射性废水先经化粪池厌氧处理后经三级推溢式衰变处理，其他污染因子与普通医疗废水浓度类似，接入医院污水处理设施处理对进水浓度负荷影响不大。由于放射性废水的产生量及浓度存在波动性，因此为了确保安全，废水衰变池排放口留有取样口，确保废水经衰变处理后达到排放标准，严禁将废水稀释后排放。

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，医院污水处理设施已建成运行多年，能达标排放。因此，项目产生的放射性废水能够得到有效处理，达标排放。

### （2）放射性固废影响分析

本项目产生放射性废物种类单一，均为含  $^{18}\text{F}$  废物， $^{18}\text{F}$  半衰期短，每天下班专人统一放至放射性废物暂存间内暂存至其活度低于清洁解控水平  $10\text{Bq/g}$  后，作为普通医疗废物处理。医疗废物从北侧放射性药物、废物专用门运出再运至项目西侧医院医疗废物暂存间后交有资质单位处置。项目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。

②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供收集的专用污物桶应具有外防护层和电离辐射警告标志，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

续表 11 环境影响分析

套)。

另外,对购置未用完的<sup>18</sup>F放射性药物废原液,应严格控制其产生,根据病人的实际或预计使用量,根据最优化原则预定放射性药物,对于残余的微量余液应存放在原容器内衰减至达到清洁解控水平(10Bq/g)作为医疗废物处置。

### (3) 放射性废气影响分析

项目使用的<sup>18</sup>F-FDG非气态放射性药物,为防止非正常情况下放射性药物泼洒在工作台面或地面,可能会有微量药物挥发进入空气中。建设单位拟设置专用负压通风橱,放射性药物的分装操作在负压通风橱内进行(风速一般大于1m/s),食入、吸入等内照射较小,满足《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)相关要求。同时本项目PET/CT中心诊断场所控制区采用单独的排风系统收集各房间内废气,收集管内设置防倒灌装置并保持负压,保证废气由低放射区至高放射区收集至主管道。废气出口端设置活性炭吸附装置,风机风量达5000m<sup>3</sup>/h,放射性废气经活性炭吸附后至引至项目裙楼楼顶东北角排放,排口朝向西侧。项目所在地主导风向为东北风,距离下风向最近建筑医院主楼约20m,本项目为丙级非密封放射性工作场所且废气经活性炭吸附后排出,经空气稀释后对医院主楼影响很小,对周围环境影响很小。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 辐射潜在事故风险分析

#### (1) 项目潜在辐射事故风险分析

- 1) 由于误操作,导致较大放射性剂量给药的情况。
- 2) 由于管理不善,导致放射性物品失窃,造成放射性污染事故。
- 3) 操作放射性药物时发生容器破碎、药物泼洒等意外事件,可能污染工作台、地面、墙壁、设备等,甚至造成手和皮肤污染。泼洒的药物挥发将产生少量放射性废气,擦除污染物将产生少量的放射性固体废物。
- 4) 手部有伤仍从事放射性物质操作,可能造成内照射。
- 5) 违反核医学管理规定在PET/CT中心诊断场所控制区内吸烟、进食,可能吸入和食入放射性物质造成人员内照射。
- 6) 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

续表 11 环境影响分析

性手套乱扔，致使室内受到污染，辐射水平增高。

距  $^{18}\text{F}$  裸源 1 米处的  $\gamma$  射线剂量率为  $52.9\mu\text{Sv/h}$ （按每次注射最大用量  $370\text{MBq}$  计算），在没有防护情况下，接触源的时间不一样，人体受到的损伤不一样。

### 11.3.2 事故风险危害后果分析

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。

这类症状存在阈值效应，其严重程度取决于剂量大小，只有在剂量超过一定的阈值时才能发生，我们称之为确定性效应，该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。

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表 11-8。

表 11-8 成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值

组织和效应		在单次短时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
组织和效应		在单次短时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)
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

续表 11 环境影响分析

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 11-9 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 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1~2 2~4 4~6 6~10	骨髓型急性放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，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。

根据核与放射事故的分级救治要求，进行分级救治；全身受照剂量小于 0.1Gy 者可作一般医学检查，确定是否需要治疗；受照剂量大于 0.25Gy 者应予以对症治疗；对受照剂量大于 0.5Gy 者应住院观察，并给予及时治疗；受照剂量大于 1Gy 者必须住院严密观察和治疗；对受照剂量大于 2Gy 患者应送专科医院救治。

### 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

①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。

②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。

续表 11 环境影响分析

## 2) 污染控制

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。

①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。

②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。

③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。

④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，再次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，首先应立即切掉电源，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) 当发生放射源或者放射性药物被盗、丢失时，应第一时间向公司辐射事故应急小组及向生态环境、公安、卫生主管部门和疾病控制机构报告。

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

**续表 11 环境影响分析**

事故时，人员接受医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。

放射性同位素的应用及 X 射线装置在医疗诊断方面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，将为病人提供良好的影像诊断选择，具有明显的社会效益。同时提高体检档次，在项目营运过程中建设单位应掌握好适应证，正确合理地使用诊断性医疗照射。不得将核素显像检查列入对婴幼儿及少年儿童体检的常规检查项目；对育龄妇女腹部或骨盆进行核素显像检查前，应问明是否怀孕；实施放射性药物给药操作时，应当禁止非受检者进入操作现场，因患者病情需要其他人员陪检时，应当对陪检者采取防护措施。

因此，本项目应用放射性同位素和射线装置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 产业政策符合性**

根据《产业结构调整指导目录》（2013 年修正）第一类——鼓励类中新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及器械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用。本项目使用 PET/CT，符合产业政策。

#### **11.6 工作场所选址合理性**

项目用房位于重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼，场址的辐射环境质量状况良好，本项目属于友方医院一部分，业务相互衔接，项目距离其他办公等环境敏感点较远。项目选址在一楼，人流、物流通道独立，



**续表 11 环境影响分析**

且经核医学显像诊断病人出口远离一般诊疗区，可直接离开。放射性药物、废气、废水、固废等通道独立，规划路径远离一般诊疗区病人，与其独立。从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### (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。另外，《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》（环境保护部令第 3 号）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。

医院放射防护管理领导小组成员情况见下表所示。

表 12-1 放射防护管理领导小组成员名单

序号	姓名	性别	学历	工作岗位	是否专职人员
1	陈渝	男	研究生	行政院长	否
2	吉勇	男	本科	业务院长	否
3	付尚志	男	本科	主任	否
4	刘景茂	男	本科	医生	否
5	周泽均	男	本科	物理师	否
6	寇小海	男	专科	技师	否
7	李万平	女	本科	物理师	是

从医院目前配置的辐射领导小组人员学历构成看，绝大部分为本科学历，有一定的管理的能力。本项目开展后，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

#### (2) 放射工作人员配置

根据环境保护部令第 3 号第十五条的规定：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。同时，根据环境保护部令第 18 号第二十二条规定：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。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专

## 续表 12 辐射安全管理

业标准、技术规范以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。

根据建设单位资料，本项目医院核医学科工作人员配备情况见下表。

表 12-1 项目已招聘放射工作人员

序号	姓名	年龄	性别	学历	职称	工作岗位	个人剂量计号	最近一年年剂量	培训合格证
1	付尚志	55	男	本科	主任医师	放射治疗	07086019	/	待培训
2	李忠	46	男	本科	副主任医师	放射诊断	07086010	/	待培训
3	王帅	29	男	本科	核医学医师	核医学科	07086029	/	待培训
4	彭琴敏	24	女	专科	护士	放射诊断	07086013	/	待培训
5	敖秋红	31	女	专科	护师	放射诊断	07086025	/	待培训
6	周泽均	44	男	本科	主治医师	放射治疗	07086015	0.2mSv	军辐培证 00214
7	王佼	28	女	专科	护师	放射治疗	070860296	/	待培训

从表 12-1 可知，医院已招聘放射工作人员部分待培训或已培训，在本项目营运前，要求本项目全部放射工作人员应取得初级培训合格证，并每四年组织一次复训。并为每名放射工作人员佩戴个人剂量计，个人剂量计最长不应超过 90 天，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

#### (1) 辐射安全管理规章制度

根据环境保护部令第 3 号第十六条规定：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：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。

目前，建设单位已制定了《核医学科放射防护管理规定》、《核医学科诊疗预约登记制度》、《核医学科工作人员分工职责》、《放射性药物给药室工作制度》、《核医学科放射性废物处理制度》、《医院放射防护监测制度》、《个人剂量-职业健康-档案管理规定》等制度。上述各种制度基本健全，具有一定的可操作性。建设单位在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未曾发生过放射事故。另外，建设单位还应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）的相关规定完善已经制定的

## 续表 12 辐射安全管理

各项规章制度并增加本项目相关的制度。

### (2) 档案管理

根据环境保护部令第 18 号第二十三条规定：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七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

建设单位按照《放射工作人员健康及个人剂量管理制度》的要求，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。

本项目放射工作人员到位后，应认真落实相关制度，将放射工作人员的健康体检报告、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环境保护部令第 18 号规定执行。

档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。建设单位应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

### (3) 年度评估

根据环境保护部令第 18 号第十二条规定：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。

医院建立了年度评估报告提交制度，2017 年提交过年度评估报告，医院还应于每年 1 月 31 日前均向原发证机关提交年度评估报告。年度评估报告包括医用 X 射线装置台账、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 辐射活动能力评价

建设单位从事辐射活动的的能力情况见表 12-2 所示。

续表 12 辐射安全管理

表 12-2 从事辐射活动能力评价	
应具备条件	落实情况
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。	成立了辐射防护领导机构, 并指定了 1 名具备本科学历的专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。
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。	项目目前拟配置的放射工作人员均已参加培训, 并承诺确保放射工作人员按照要求持证上岗, 并保证四年一次复训。
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。	拟设置专门贮源保险柜, 放射性药品贮存在专用核素贮存柜中。
放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	拟在设备机房设置门灯联锁装置、相关场所张贴辐射警告标识, 项目 PET/CT 中心诊断场所地面指示箭头指导病人就诊。
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。	各放射工作人员均配备了个人剂量计, 配备一定数量的辐射防护用品供放射工作人员和病员使用。拟配置与开展项目相适应的监测仪器及表面污染监测仪。
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。	医院建立健全本项目的相关规章制。在本项目建成后, 将制定齐全各射线装置操作规程, 并将操作规程等相关制度在本项目工作场所张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急预案, 应定期演练
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。	根据前表分析, 项目产生放射性废气、废液、固体废物的处理方案可行。
放射性同位素应当单独存放, 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。	订购的放射性同位素拟暂存在专用核素贮存柜内, 由专人保管, 仅存放放射性药物。
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。	拟配置的核素贮存柜为保险柜, 药品放在药品铅罐内, 核素贮存柜具有防火、防水、防盗、防丢失、防破坏功能。
<p>根据上表可知, 因此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, 针对本项目完善相应管理规定, 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>	
<h3>12.3 辐射环境监测</h3>	

**续表 12 辐射安全管理**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、开展常规的防护监测工作。

建设单位可配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对医用 X 射线装置机房周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

**(1) 个人剂量监测**

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：90 天测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

**(2) 工作场所外环境监测**

项目建成后应委托有资质的单位对本项目 PET/CT 中心诊断场所周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测。监测频度：验收时监测一次；日常监测每 1~2 年监测一次，监测内容如下表 12-3 所示。

**表 12-3 监测内容一览表**

科室名称	监测地点	监测项目	限值要求
项目 PET/CT 中心诊断场所	PET/CT 机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处、PET/CT 中心诊断场所控制区墙体、防护门外 30cm 处、顶棚、底板	周围剂量当量率	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
	工作场所	$\beta$ 表面污染	控制区 $< 40\text{Bq/cm}^2$ 监督区 $< 4\text{Bq/cm}^2$ 其他 $< 0.4\text{Bq/cm}^2$
	放射性固废（每袋废物重量 $\leq 20\text{kg}$ ）	废物包装外表面	$\leq 0.1\text{mSv/h}$

**12.4 辐射事故应急**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）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，辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急预案或具有针对性与操作性的应急措施。

## 续表 12 辐射安全管理

医院设置有放射事件应急处理领导小组，制定了《关于医院辐射事件应急处理的预案》，医院还应在实践中不断完善应急预案。

### (1) 事故报告程序

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》，向市生态环境局、九龙坡区生态环境局、九龙坡区卫健委等部门报告。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：

重庆市辐射环境监督管理站值班电话：15998951300

环境保护举报热线电话：12369

重庆市九龙坡区生态环境局电话：023-68789230

重庆市九龙坡区卫健委电话：023-68786459

### (2) 辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

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戴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。

## 12.5 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

表 12-4 环保设施竣工验收要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的	齐全

续表 12 辐射安全管理

		验收监测报告		
2	环境管理制度	有专人负责，制度上墙		档案管理规范
3	辐射防护与安全措施	①项目 PET/CT 中心诊断场所设置电离辐射警告标志，划分控制区和监督区，在地面设置病人、医生在项目内的行走箭头标识，规定各类人员的活动路径。 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。 ③设置卫生通过间，工作人员离开时进行表面污染监测，放射性废物暂存间设防盗门。 ④设置衰变池、放射性废气活性炭吸附装置，并设置电离辐射警告标志。 ⑤机房墙体、防护门、观察窗防护当量满足要求，设置有门灯联锁装置、急停开关、电离辐射警告标志、工作状态指示灯。 ⑥门与墙搭接满足要求、机房内通风良好。 ⑦机房内设置对讲装置，观察窗或摄像监控装置。 ⑧建立完善的就医流程、放射性药物、放射性废物管理台账。 ⑨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 PET/CT 中心诊断场所配置表面污染监测仪等监测设备。		齐全
4	人员要求	配备影像技师、影像诊断医师、护士等技术人员，持证上岗，4 年进行 1 次复训		环境保护部令第 3 号、第 18 号
5	机房面积	PET/CT 机房最小使用面积： $\geq 30\text{m}^2$ ，机房内最小单边长度 $\geq 4.5\text{m}$		GBZ130-2013
6	电离辐射	剂量限制	放射工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ 公众成员年有效剂量 $\leq 0.25\text{mSv}$	GB18871-2002
		周围剂量率控制	项目 PET/CT 中心诊断场所控制区边界 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。 机房顶棚、地板、四周墙外、防护门外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ130—2013 GBZ/T180-2006
		表面污染	控制区的表面污染控制水平 $< 40\text{Bq/cm}^2$ ，监督区的表面污染控制水平 $< 4\text{Bq/cm}^2$ ，其他的表面污染控制水平 $< 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。	GB18871-2002
7	放射性废水	衰变池及放射性废水收集管道采用防渗、防腐蚀材料，医院总排口总 $\beta < 10\text{Bq/L}$		GB18466-2005



表 13 结论及建议

### 13.1 结论

#### (1) 项目概况

重庆华健友方医院有限公司“PET/CT 建设项目”位于重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼。项目拟使用非密封放射性药物  $^{18}\text{F}$ -FDG（氟代脱氧葡萄糖）并配置的 1 台 PET/CT 开展核医学影像诊断工作。其中 PET/CT 机属于 III 类射线装置，PET/CT 使用 V 类放射源（1 枚  $^{68}\text{Ge}$ 、6 枚  $^{22}\text{Na}$ ）作为校准源。经核定项目 PET/CT 中心属于非密封放射性物质丙级工作场所。项目总建筑面积约 262m<sup>2</sup>，总投资 1000 万元，其中环保投资约 40 万。

#### (2) 实践正当性

使用 X 射线装置及放射性同位素的配置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。

#### (3) 产业政策符合性

项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 9 号《产业结构调整指导目录》（2011 年本，2013 年修正）中第一类——鼓励类，符合国家产业政策。

#### (4) 辐射环境现状

根据监测统计结果可知，本项目建设位置的地表  $\gamma$  剂量率的监测值在 79nGy/h~112nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），与《2018 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部）中重庆市多个点位的 2018 年环境地表  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率测量值 64.4-168.7nGy/h（未扣除宇宙射线）相比较处于本底涨落范围内。项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

#### (5) 选址合理性

项目用房位于重庆市九龙坡区华龙大道 189 号 6 幢友方医院东北侧裙楼 1 楼，场址的辐射环境质量状况良好，本项目属于友方医院一部分，业务相互衔接，项目距离其他办公等环境敏感点较远。项目选址在一楼，人流、物流通道独立，且经核医学显像诊断病人出口远离一般诊疗区，可直接离开。放射性药物、废气、废水、固废等通道独立，规划路径远离一般诊疗区病人，与其独立。从辐射环境

续表 13 结论及建议

护角度分析，项目选址可行。

#### (6) 布局合理性分析

项目各功能用房基本上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布置，诊断流程、路线清晰。项目医护人员、患者、药物及放射性废物通道独立，可有效避免交叉污染，医护人员高、低活性区分界处设有卫生通过间等，控制区病人进出口、医生通道等均设置门禁，保证单向线路唯一。放射性废气、废水、固废处理措施有效布局合理，满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求。

#### (7) 辐射防护与安全措施结论

①项目控制区四周墙体采用 2cm 硫酸钡粉+37cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉、顶棚 30cm 混凝土，底板 50cm 混凝土，控制区内部房间墙体主要采用 24cm 实心页岩砖+2cm 硫酸钡粉等，防护门窗达到 4-8mmPb。同时严格监理施工过程，保证施工质量。

②按照丙级非密封放射性工作场所管理，注射放射性药物的病人在具有防护标志的专用卫生间内入厕。设置工作人员卫生通过间及淋浴间，操作放射性药物的医生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。

③在项目 PET/CT 中心诊断场所控制区入口、出口、衰变池表面、放射性废物暂存间门口等设置电离辐射警告标志。

④PET/CT 机房门外拟设置电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯；工作状态指示灯和与机房门联动。

⑤设置项目控制区和监督区的标识，同时在地面设置病人、医生在项目 PET/CT 中心诊断场所的行走箭头标识，指示各类人员在项目内的活动路径。

⑥张贴通俗易懂的告知病人流程，在核医学控制区病人入口、出口、放射性药物工作人员入口等区域安装门禁，禁止人员随意不按照规定的路线行走。病人活动区域设置对讲、视频监控装置，指导病人就诊，保持核医学工作场所良好的就医秩序。

⑦通过管理措施，尽量避免放射性药物和医生的交叉、受药病人之间的交叉影响、告知病人离院注意事项。

续表 13 结论及建议

⑧放射性药物核素贮存柜及放射性废物暂存间设置防盗设施，钥匙专人保管，以确保放射性药品的安全。接收、使用放射性药物及放射源及时登记建档，建做到交接账目清楚、账物相符。

⑨放射性废物每日由专人分类、打包、记录后转移至放射性废物暂存间，建立放射性废物暂存间接收、转移台账。核医学科用房地面采用地面、墙体表面采用易清洗材料装修，所有管线均为暗装。

⑩分装放射性药物时，通风柜保持负压，通风管道经放射性废气从低活性区向高活性区收集，设置防倒灌设施。核医学工作人员定期检查通风柜及通风风机运行效能，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。

⑪各防护门和观察窗的生产应由有生产资质的厂家承担，其搭接长度不小于缝隙的 10 倍。机房内建设的穿越防护墙的导线、导管等不影响墙体的屏蔽防护效果。

⑫X 射线装置有用射线束的方向，避开防护门、观察窗等区域。机房设计通风换气不小于 4 次/h，保证机房内良好的通风。

⑬拟在配备铅防护污物箱、铅衣、铅帽、铅眼镜、铅围裙、个人剂量计、表面污染监测仪和 X-γ 辐射监测仪等个人防护用品和监测设备。

经分析，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）及《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）要求。

### （7）环境影响分析结论

#### ①辐射环境影响分析

在现有建设条件下，项目控制区墙体外的瞬时剂量小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，各房间四周墙体及顶棚设计厚度均满足辐射屏蔽的要求。

通过核算，本项目放射工作人员和公众成员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员  $5\text{mSv/a}$ ，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。

#### ②废气影响

续表 13 结论及建议

X 射线装置运行中 X 射线与空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物，项目设置新风系统，可满足 X 射线装置室内通风换气需要，不会对公众造成危害，对环境带来影响。

### ③放射性“三废”污染防治措施

项目产生放射性废水全部接入项目北侧衰变池内处理后排入医院现有污水处理设施处理后再通过市政污水管网进入九排污水处理厂深度处理后排入长江。

项目放射性固体废弃物收集在专用污物桶内，将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋存放到放射性废物室内，暂存至其活度低于 GB18871 清洁解控水平后，作为普通医疗废物处理。放射性固废应按照医疗废物的管理要求，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。严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理，力求控制和减少放射性废物产生量。

项目 PET/CT 中心诊断场所各房间废气经分支管道收集汇至主管道，主管道内安装活性炭吸附装置，放射性废气经活性炭吸附后引至项目裙楼楼顶东北角排放。活性炭应定期更换，更换下来的活性炭过滤网按放射性固体废物处理。校准源为 V 类放射源，当密封源退役处理时，废密封源由厂家回收。

### ④非放射性废水、固废污染防治措施

项目控制区域外产生的普通生活污水直接排入医院现有污水处理设施处理后排入市政污水管网，然后通过市政污水管网进入九排污水处理厂深度处理后排入长江。

项目产生的少量生活垃圾交环卫部门处理。

### (8) 辐射安全管理

本项目拟配置放射工作人员目前均能保证持证上岗，工作时还应保证放射工作人员必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排健康体检。建设单位还应不断完善就医流程、操作、管理及辐射防护制度、人员培训、工作场所监测等制度，配备相关应急物资并定期开展应急演练等，以满足环保部令第 3 号和 18 号令的要求。在今后的工作中，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，重庆华健友方医院有限公司 PET/CT 建设项目在完善相应的污

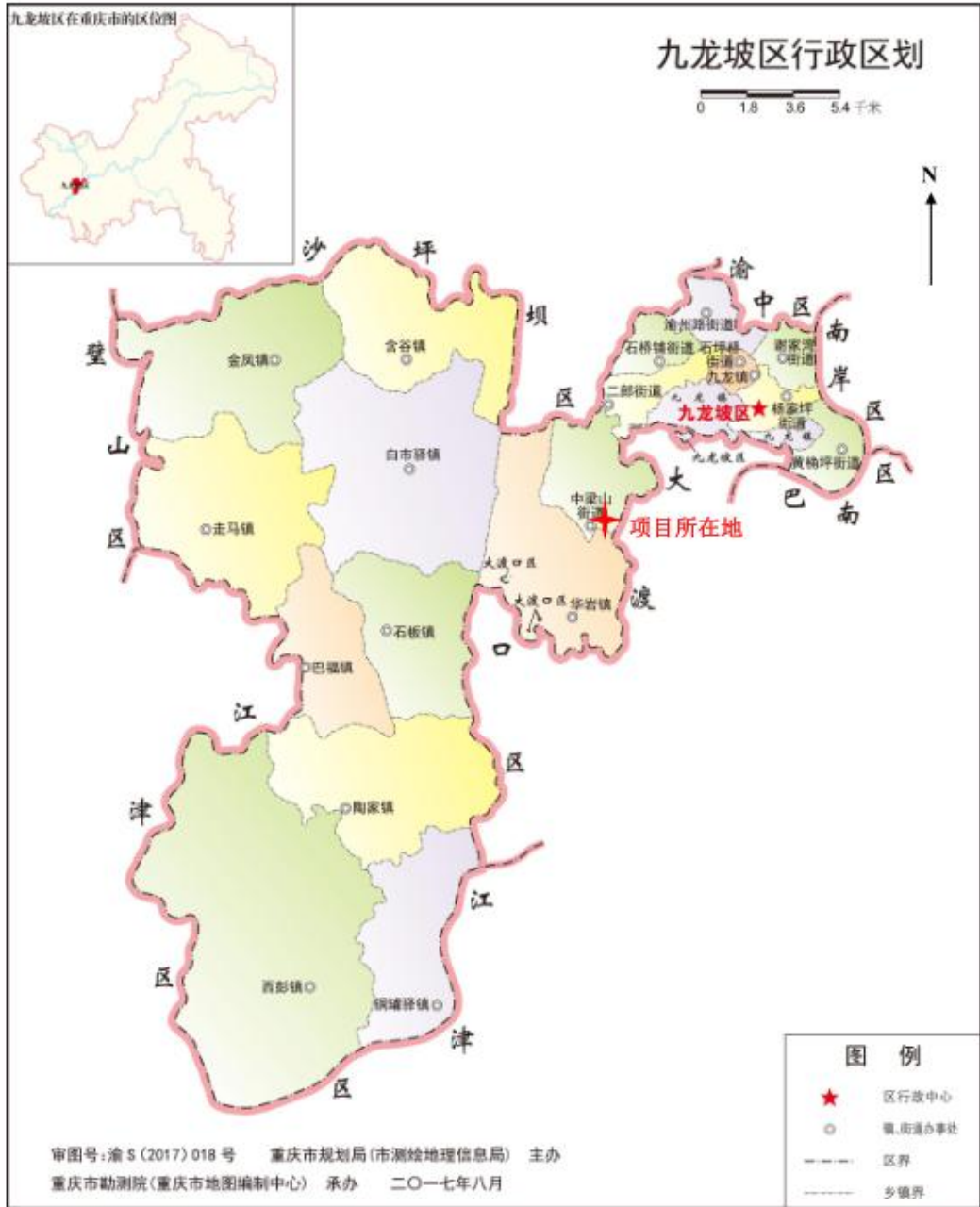
续表 13 结论及建议

染防治措施和管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。在项目运行中，只要严格落实各项污染防治措施和环境保护措施，按照有关法规和安全操作的要求进行，不会对公众造成影响。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

### 13.2 建议

(1) 加强对设备的性能检测和维护管理，严格杜绝在非正常工况下，对受检者或患者进行照射。同时定期检查各项辐射防护措施的有效性，如辅助防护设施、联锁装置等，确保项目辐射环境安全。

(2) 项目在正式投运前应取得《辐射安全许可证》，在许可范围内开展工作。



附图 1 项目地理位置图

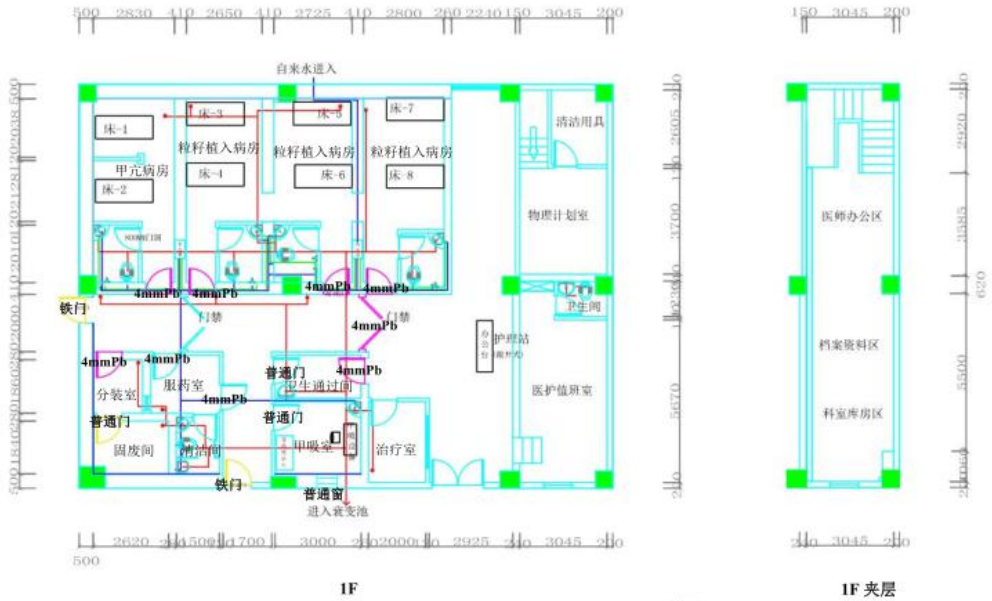


附图 2 项目所在地卫星图



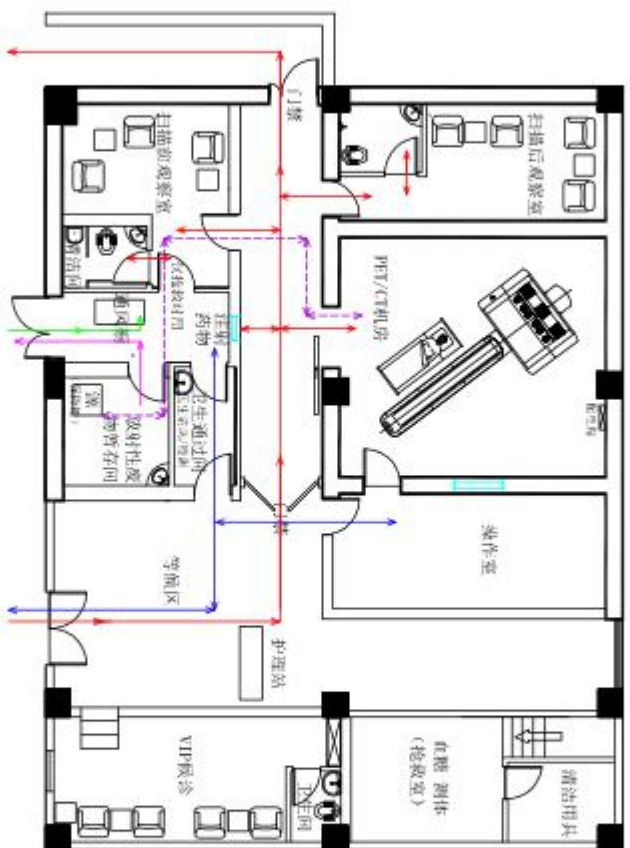
附图 3 现场照片





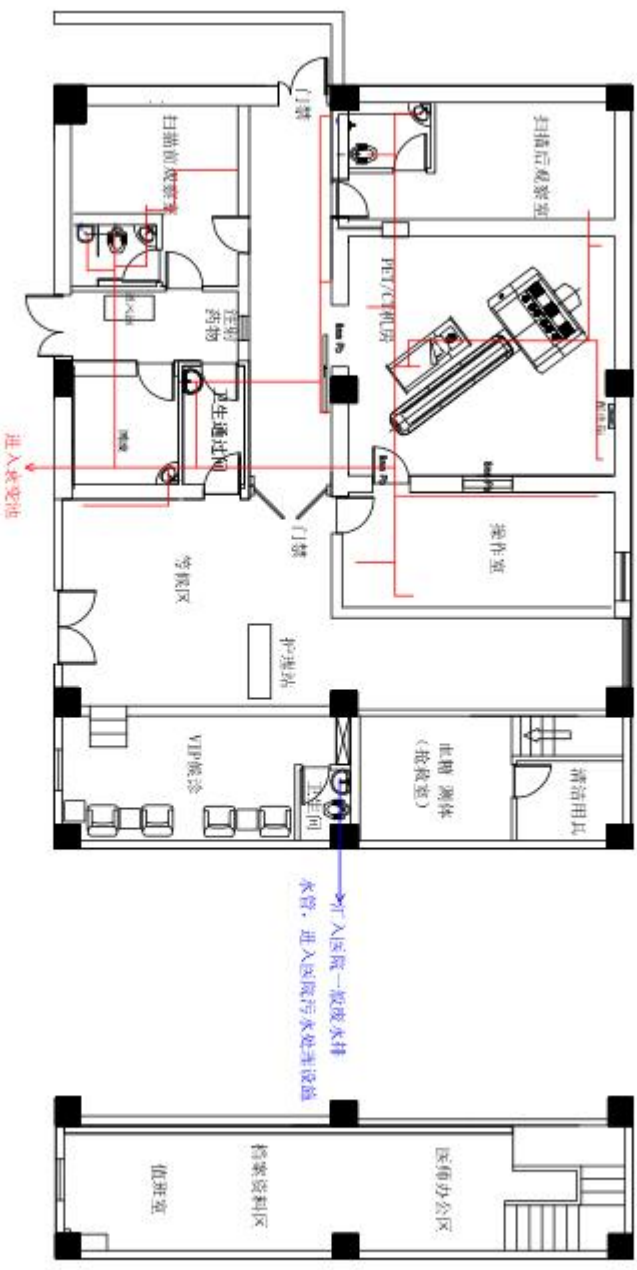
附图 4 原有项目平面布置及排水管网图





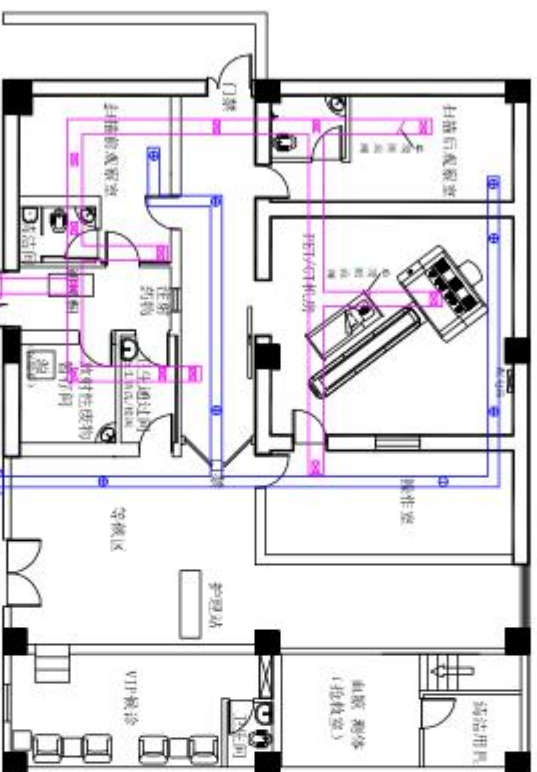
- 医生路线
- 病人路线
- 放射性药物路线
- 放射性废物路线
- 无菌路线

附图6 人流、物流示意图



- 一般废水排水
- 放射性废水排水

附图7 排水管网图

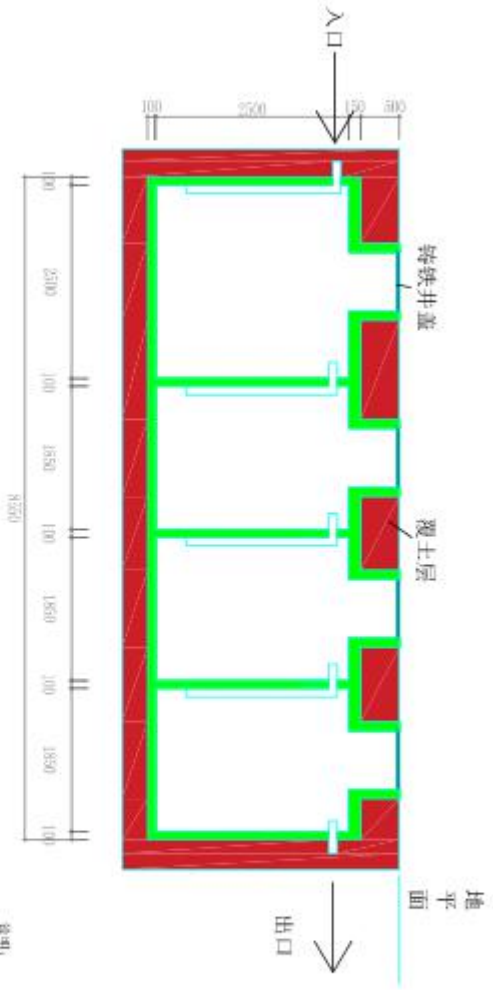


1F

附图8 通风图



1F夹层



附图9 衰变池平面布置图

- 说明:
1. 尺寸单位: mm.
  2. 单个箱体尺寸: 6000(2500)×2500(mm<sup>2</sup>), 14个, 409.318(232.5)mm<sup>2</sup>, 43个.
  3. 总容积: 4000(2500)×2500×1mm<sup>3</sup>.
  4. 所有箱体容积: 40.311mm<sup>3</sup>.
  5. 检查口 (筒子口): 直径800mm.
  6. 衰变体采用厚度: 356/cm<sup>2</sup> 混凝土建造.
  7. 检查口设置在筒子口之下.
  8. 特殊要求见详图, 密度: 0g/cm<sup>3</sup>.

