

核技术利用建设项目

四川省医学科学院·四川省人民医院
东院二期新建核医学科影像中心项目

环境影响报告表

(公示本)



生态环境部监制

核技术利用建设项目

四川省医学科学院·四川省人民医院 东院二期新建核医学科影像中心项目 环境影响报告表

建设单位：四川省医学科学院·四川省人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省成都市青羊区一环路西二段 32 号

邮政编码：

联系人：

电子邮件：

联系电话

目 录

表 1 项目概况	1
表 2 放射源	22
表 3 非密封放射性物质	22
表 4 射线装置	23
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	24
表 6 评价依据	25
表 7 保护目标与评价标准	27
表 8 环境质量和辐射现状	31
表 9 项目工程分析与源项	35
表 10 辐射安全与防护	47
表 11 环境影响分析	67
表 12 辐射安全管理	90
表 13 结论与建议	98

表 1 项目概况

建设项目名称		东院二期新建核医学科影像中心项目			
建设单位		四川省医学科学院·四川省人民医院			
法人代表	***	联系人	**	联系电话	15*****066
注册地址		成都市青羊区一环路西 2 段 32 号			
项目建设地点		成都市龙泉驿区洪河北路 585 号四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期门诊医技住院综合楼负二层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		**	项目环保投资 (万元)	**	投资比例(环保投资 /总投资) ***%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²) /
应用类 型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☒ 使用	☐ I类(医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☒ V类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线 装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☐ II类 ☒ III类		
	其它	/			

项目概述

一、建设单位情况简介

四川省医学科学院·四川省人民医院(统一社会信用代码:1251000045071756XY,简称“四川省人民医院”)坐落在成都青羊宫旁、浣花溪畔,建于1941年,医院秉承“一院多区、协同发展,全面推进、重点突出,科教兴院、人才强院”发展理念,以院本部为主体,包括青羊院区(院本部、皮肤病性病研究所、省老年医学中心)、龙泉院区(东院)温江院区(省精神医学中心、温江科研基地)、高新院区(高新医学中心、实验动物研究所、中和科研平台)、成都铁路卫生学校,形成集临床医疗、教学科研为一体的发展格局,先后荣获全国文明单位、全国百佳医院、全国抗震救灾英雄集体、全国抗击新冠肺炎疫情

先进集体、全国卫生系统先进集体、全国卫生文化先进单位等荣誉。

四川省人民医院东院（后文简称“东院”）系四川省医学科学院·四川省人民医院下属分院，地处成都市成华、锦江、龙泉驿三区交界处，是该区域内唯一一家三甲综合性医院。东院现有医疗、科研设备总值 1.7 亿余元，设有临床、医技科室 30 个，现有职工 800 余人，生殖医学、血液内科、骨科、微创、眼科、肾内科等为重点专科。东院现状有一栋门诊急诊医技住院综合楼（包含门诊、医技住院及行政楼）、一栋单身公寓及一栋临时搭建食堂，总建筑面积 33853m²；根据东院总体规划，分批次继续建设设施用房，拟新建“东院二期工程建设项目”，总占地面积约 18.63 亩，新建门诊医技住院综合楼（二期）1 栋及相关辅助工程锅炉房、污水处理站及食堂、后勤保障用房等，并于 2024 年 12 月 20 日取得了成都市龙泉驿生态环境局出具的环评批复文件（龙环评审【2024】24 号，见附件 5）

（一）任务由来

根据建设单位提供的东院二期工程设计规划，本项目核技术应用建设项目位于东院二期拟建的门诊医技住院综合楼内（3-13F，建筑高度 67.15m），主要建设内容及规模为：拟在东院二期门诊医技住院综合楼负二层北部设置核医学科影像中心，在影像中心 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房内分别拟安装使用 1 台 PET/CT 和 1 台 SPECT/CT，均属于Ⅲ类射线装置，用于开展显像诊断；拟使用 3 枚 ⁶⁸Ge 放射源进行 PET/CT 校准，活度分别为 9.25×10⁷Bq×1 枚+4.625×10⁸Bq×2 枚（均属于 V 类放射源）；拟使用放射性同位素 ^{99m}Tc、¹⁸F、⁶⁴Cu 开展显像诊断，拟使用 ¹²⁵I 开展粒子植入治疗。本项目核医学科影像中心非密封放射性核素日等效操作量共为 8.43×10⁷Bq，为乙级非密封性放射性物质工作场所。

（二）编制目的

按照《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》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第 18 号）规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号）的相关规定，本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目——使用Ⅲ类射线装置、使用 V 类放射源；乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。

为此，四川省人民医院委托四川同佳检测有限责任公司编制本项目的环境影响报告表

（委托书见附件1）。四川同佳检测有限责任公司接受本项目环境影响报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，就项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

三、产业政策符合性

本项目系核技术用于医学领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业发展政策。

二、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：东院二期新建核医学科影像中心项目

建设单位：四川省医学科学院·四川省人民医院

建设性质：新建

建设地点：成都市龙泉驿区洪河北路 585 号四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期门诊医技住院综合楼负二层

（二）建设内容与规模

四川省人民医院东院二期拟新建 1 栋门诊医技住院综合楼，是一幢由主楼（-3~13F）和裙楼（-3~4F）构成的综合体建筑，屋面距离地面高度为 21.15~67.15m。医院拟在二期门诊医技住院综合楼负二层北部设置核医学科影像中心，拟在负三层中部设置衰变池。医院拟使用核素 ^{99m}Tc 对患者进行单光子影像诊断，拟使用 ^{18}F 、 ^{64}Cu 对患者进行正电子影像诊断，拟使用 ^{125}I 对患者进行粒子植入；影像中心布置的功能房间由西向东主要包括：储源室、分装标记注射室、注射后等候室各 2 间，PET/CT 机房及控制室，抢救兼运动负荷室，检查后留观室，SPECT/CT 机房及控制室，放射性废物暂存间（含放射性废物转运间）各 1 间，患者专用卫生间共 4 间。

1、负二层（核医学科影像中心）

（1）非密封放射性物质

拟在核医学科影像中心内使用放射性同位素 ^{99m}Tc （年最大操作量为 $1.47\times 10^{13}\text{Bq}$ ，计划日最大操作量为 $4.88\times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $4.88\times 10^7\text{Bq}$ ）、 ^{18}F （年最大操作量为 $3.33\times 10^{12}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $1.11\times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.11\times 10^7\text{Bq}$ ）、 ^{64}Cu （年最大操作量为 $3.70\times 10^{10}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $7.40\times 10^8\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40\times 10^6\text{Bq}$ ）开展显像诊断；拟使用 ^{125}I （年最大操作量为 $7.40\times 10^{11}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $1.48\times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.48\times 10^7\text{Bq}$ ）进行粒子植入，药品来源均为外购；本项目核医学科影像中心非密封放射性核素日等效操作量共为 $8.43\text{E}\times 10^7\text{Bq}$ ，为乙级非密封性放射性物质工作场所。

（2）射线装置

拟在核医学科影像中心 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房内分别安装使用 1 台 PET/CT 和 1 台 SPECT/CT，型号均待定，额定管电压均为 140kV，额定管电流均为 900mA，均属于Ⅲ类射线装置，均用于开展显像诊断。

（3）放射源

本项目 SPECT/CT 不使用校准源，PET/CT 拟使用 ^{68}Ge 放射源进行校准，活度分别为 $9.25\times 10^7\text{Bq}\times 1\text{枚}+4.625\times 10^8\text{Bq}\times 2\text{枚}$ ，均属于 V 类放射源。

（4）辐射屏蔽方案

核医学科影像中心各功能用房四周墙体为 240~370mm 实心砖墙 + 0mm~6mm 铅当量硫酸钡，顶部和底部为 220mm~260mm 混凝土，防护门为 5mm~15mm 铅当量，PET 注射窗为 40mm 铅当量、手套箱为 60mm 铅当量，SPECT 注射窗为 10mm 铅当量、手套箱为 5mm 铅当量，PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房观察窗均为 15mm 铅当量，2 个储源铅柜均为 20mm 铅当量，同时配套医护工作室、阅片室、值班室、库房、储藏间、候诊大厅等非辐射功能用房。

2、负三层（衰变池）

衰变池区域建筑面积 121m^2 ，用于负二层核医学科影像中心放射性废水的收集、衰变和排放，布置的场所包括：衰变池 1~3#（包含污水提升泵井）、检修间、衰变池控制室。该衰变池设计均为槽式衰变池，采用三格并联衰变工艺，池体采用防渗漏 300mm 混凝土整体浇筑，顶板为 250mm 混凝土，单格有效容积均为 30m^3 ，总有效容积为 90m^3 。

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题		
				施工期	营运期	
核医学科影像中心	SPECT/CT 诊断	设备、数量	SPECT/CT 机 1 台		土建施工期影响已包含在《东院二期工程建设项目环境影响报告书》（龙环评审【2024】24号）。之后辐射工作场所的施工装修、设备安装将会产生：噪声、扬尘、废水、废气、固体废物	X、β、γ射线、β表面沾污、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物、臭氧
		设备型号	待定			
		管理类别	III类			
		额定管电压/电流	140kV/900mA			
		使用场所	SPECT/CT 机房			
		使用核素及用量	^{99m} Tc			
	PET-CT 诊断	设备、数量	PET/CT 机 1 台			
		设备型号	待定			
		管理类别	III类			
		额定管电压/电流	140kV/900mA			
		使用场所	PET/CT 机房			
		使用校准源	3 枚 ⁶⁸ Ge 放射源，活度为 9.25×10 ⁷ Bq×1 枚 +4.625×10 ⁸ Bq×2 枚（均为 V 类源）			
		使用核素及用量	¹⁸ F			
	⁶⁴ Cu					
	粒子植入	使用场所	PET/CT 机房或 SPECT/CT 机房			
		使用核素及用量	¹²⁵ I			
非密封放射性物质工作场所		2 间储源室、PET 和 SPECT 分装标记注射室、PET 和 SPECT 注射后等候室，PET/CT 机房及控制室，SPECT/CT 机房及控制室，抢救兼运动负荷室，检查后留观室，放射性废物暂存间（含放射性废物转运间），4 间患者专用卫生间				
场所等级		乙级非密封放射性物质工作场所：年最大使用量 2.55×10 ¹³ Bq，日最大使用量 9.76×10 ¹⁰ Bq，日等效最大操作量 8.43E×10 ⁷ Bq				
辅助工程		控制室、设备间、库房、资料室、更衣室等配套辅助用房				
公用工程		市政水网、市政电网、配电系统、废水处理站、通排风系统（中央空调）				

办公及生活设施	医护工作室、阅片室、值班室、卫生间、护士站等	
环保工程	①废水：核医学科衰变池设置在门诊医技住院综合楼负三层，建筑面积121m²，用于负二层核医学科放射性废水的收集、衰变和排放，布置的场所包括：污水提升间、衰变池1~3、检修间、衰变池控制室，该衰变池设计为槽式衰变池，采用三格并联衰变工艺，单格有效容积均为30m³，总有效容积为90m³，主要用于收集含半衰期小于24h核素的放射性废水，暂存在衰变池中封闭衰变30天后，经提升泵抽排至医院污水检查井，与项目其他废水（生活污水）经污水管道一起排入医院污水处理站（处理能力800m³/d），处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中要求后排入市政污水管网进入陡沟河污水处理厂处理。	放射性废水、生活污水
	②固体废物：核医学科影像中心设置1间放射性废物暂存间（室内设置紫外线消毒装置），有效容积约10.88m³，本项目核医学科影像中心产生的放射性固体废物采用专用塑料袋分类收集后存放于各场所内放射性固体废物暂存容器并及时转移至放射性废物暂存间专用贮存容器内存放，所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物封闭衰变超过30天后，达到清洁解控水平，作为医疗废物处理。工作人员产生的办公、生活垃圾依托医院收集系统收集，由管理人员清运至生活垃圾暂存间，交环卫部门进行统一清运。	放射性固体废物、生活垃圾
	③废气：核医学科影像中心共设置5套放射性废气排风管道系统，其中分装标记/注射室内的2个手套箱设置有独立排风管道，顶壁均安装有活性炭过滤装置，其余排风管道分别连接储源室外工作场所，PET和SPECT分装标记注射室，PET/CT和SPECT/CT机房、控制室、更衣室，PET和SPECT注射后等候室，抢救室，检查后留观室，放射性废物暂存间，患者专用卫生间等配套用房，经不同风管分别汇至核医学科西侧排风井内，最终引至门诊医技住院综合楼塔楼（13F，距地约为66.3m）屋面经活性炭吸附装置处理后排放。	放射性废气、臭氧

（三）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。

表1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	使用量	来源	用途
主要原辅材料	^{99m} Tc	年使用量为**Bq	外购	显像诊断
	¹⁸ F	年使用量为**Bq	外购	显像诊断
		年使用量为**Bq	外购	储源室备药
	⁶⁴ Cu	年使用量为**Bq	外购	显像诊断
	¹²⁵ I（粒子）	年使用量为**Bq	外购	粒子植入
	⁶⁸ Ge	9.25E+7×1枚+4.625E+8×2枚	外购	PET/CT设备校准
能源	煤（t）	-	-	-
	电（度）	5×10 ⁵	市政电网	-
	气（Nm ³ ）	-	-	-
水量	地表水（m ³ ）	1000	-	-
	地下水	-	-	-

(四) 本项目所涉及的射线装置

本项目涉及的设备参数见下表：

表 1-3 本项目射线装置清单

序号	装置名称	数量	型号	设备参数	管理类别	使用场所	备注
1	SPECT/CT	1台	待定	最大管电压 140kV，最大管电流 900mA	Ⅲ类	门诊医技住院综合楼负二层核医学科 SPECT/CT 机房	拟购
2	PET/CT	1台	待定	最大管电压 140kV，最大管电流 900mA	Ⅲ类	门诊医技住院综合楼负二层核医学科 PET/CT 机房	拟购

(五) 本项目医用核素及使用情况一览表

表 1-4 本项目涉及核素特性

使用核素	半衰期	状态	毒性分组	衰变方式	主要射线及能量
^{99m}Tc	6.02h	液态	低毒	同质异能跃迁	0.14MeV/ γ 射线
^{18}F	109.8min	液态	低毒		
^{64}Cu	12.7h	液态	低毒		
^{125}I	59.4d	固态	中毒		

表 1-5 本项目使用核素诊疗用药情况

使用场所	使用核素	日最大诊疗人数	年最大诊疗人数	单人次最大用量	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	给药方式
SPECT/CT 机房	^{99m}Tc	**	**	**	4.88E+10	1.47E+13	静脉注射
PET-CT 机房	^{18}F	**	**	**	1.11E+10	3.33E+12	静脉注射
	^{64}Cu	**	**	**	7.40E+8	3.70E+10	静脉注射
SPECT/CT 或 PET-CT 机房	^{125}I	**	**	**	1.48E+10	7.40E+11	粒子植入

表 1-6 放射源基本参数情况

放射源种类	总活度 (Bq) /活度 (Bq) × 枚	放射源类别	放射源数量	半衰期	辐射类型	辐射最大能量	备注
^{68}Ge	9.25×10 ⁷ Bq×1 枚 +4.625×10 ⁸ Bq×2 枚	V类	3 枚	270.8d	β 射线	E _{β} =2.921MeV	放射源活度不能达到要求时,联系放射源厂家更换放射源

(六) 本项目使用核素及工作场所分级

1、工作场所分级依据

根据中华人民共和国原环境保护部办公厅文件《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），满足以下 3 个特点的放射性药物使用场所，

应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：**A**、有相对独立、明确的监督区和控制区划分；**B**、工艺流程连续完整；**C**、有相对独立的辐射防护措施。

根据布局特点，本项目所在二期门诊医技住院综合楼负二层核医学科影像中心相对独立、有明确的监督区和控制区划分，有独立完整的诊疗流程，有相对独立的辐射防护措施。因此，本次环评将负二层核医学科影像中心作为一个非密封放射性物质工作场所进行评价。

依据按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C，非密封放射性物质工作场所的分级判据如表 1-7。

表 1-7 非密封放射性物质工作场所分级表

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

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式、放射源状态和实际日等效最大操作量确定。毒性组别和操作方式与放射源状态修正因子见表 1-8、表 1-9。

表 1-8 放射性核素毒性组别修正因子表

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 1-9 放射性核素操作方式修正因子表

操作方式	放射性物质状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体、溶液、悬 浮液	表面有污染 的固体	气体、蒸汽、粉末、压 力很高的液体、固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单的操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），非密封放射性物质工作场所应按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲、乙、丙三级，日等效操作量计算公式为：

$$\text{日等效操作量} = \text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子} \times \text{操作方式的修正因子}$$

2、本项目工作场所分级

根据本项目核医学科使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量，确定本项目核医学科工作场所级别，具体见表 1-10。

表 1-10 本项目非密封放射性物质工作场所分级表

工作场所	使用核素名称	计划年用量 (Bq)	日实际最大操作量 (Bq)	毒性组别及其修正因子	操作方式及其修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	综合日等效操作量 (Bq)	工作场所级别
核医学科影像中心	注射操作	^{99m}Tc	**	**	**	**	8.43E+07	乙级
	注射操作	^{18}F	**	**	**	**		
	备药贮存 (2 倍)	^{18}F	**	**	**	**		
	注射操作	^{64}Cu	**	**	**	**		
	粒子植入	^{125}I	**	**	**	**		

注：①《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 表 A.2，医疗机构使用 ^{99m}Tc 、 ^{18}F (液态) 为很简单操作、操作方式修正因子均为 10；

②由于 ^{18}F 的半衰期极短 (109.8min)，医院每天分为上午、下午各 1 次送药，考虑到核素随送药时间的推移而衰变，在核算储源室场所等级时需保守考虑二倍备药余量。

(七) 本项目外环境及选址合理性分析

1、本项目外环境

医院外环境：本项目位于成都市龙泉驿区洪河北路 585 号四川省人民医院东院内，院外周边主要为住宅区和街边商铺，其中北侧为蜀都大道，西北侧为恋日家园 B 区，西南侧为和韵东路，南侧为医院职工宿舍，东侧为洪惠路。在院内东半部为一期已建的行政楼、门诊楼、医技住院楼和临时搭建的食堂，西半部均为地面停车场，二期拟在院内西半部原地面停车场区域新建 1 栋门诊医技住院综合楼。

本项目外环境：本项目辐射工作场所位于二期拟建门诊医技住院综合楼内，50m 评价范围除西南侧和南侧外其余均位于医院内部，其中**北侧**依次为下沉庭院 (6m) 和地面停车场 (28m)；**西北侧**为院内绿化用地和院外恋日家园 B 区绿化区域 (42m)；**西侧**均为院内绿化用地；**西南侧**为院外空地；**南侧**为院内道路 (25m) 及医院职工宿舍小区的内部道路 (43m)；**东南侧**均为院内绿化用地；**东侧**为连廊 (25m) 及医技住院楼 (37m)；**东北侧**为下沉庭院 (8m) 和行政楼 (46m)。本项目所在医院总平面布局及外环境关系图见附图 2。

综上，本项目选址所在地交通便利，无重大环境制约因素。

2、选址合理性分析

(1) 医院用地及环评批复情况

根据四川省人民医院东院平面布置，院区用地红线范围内西半部为预留二期建设用地，故将门诊医技住院综合楼拟建在院内西部空地，本项目核医学科影像中心位于二期门

诊医技住院综合楼负二层、核医学科衰变池位于负三层，东院二期工程建设用地已经取得了成都市龙泉驿区规划和自然资源局颁发的建设用地规划许可证（地字第5101122025YG0001596号，见附件4），用地性质为医院用地，本项目建设均位于医院许可用地范围内，不新增用地。本项目所在二期门诊医技住院综合楼于2024年12月20日取得了成都市龙泉驿生态环境局《关于四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期工程建设项目环境影响报告表审查批复》（龙环评审【2024】24号，见附件5），该大楼的选址合理性已在上述环评报告表中进行了论述。

（2）屏蔽设施

本项目各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。

（3）与“HJ1188-2021”选址及布局要求符合性对照分析

表 1-11 核医学科选址与“HJ1188-2021”选址、布局要求符合性对照分析一览表

/	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	实施情况	是否符合
选址	5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。	本项目核医学科影像中心独立设置于门诊医技住院综合楼负二层，为独立的非密封放射性物质工作场所；核医学科影像中心医护、放射性药物、患者和放射性废物均设置有专用通道，互不交叉，其中通道入口均设置有缓冲区域，进出口均设置有电子门锁和门禁装置。	符合要求
	5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	核医学科影像中心独立成区布置在负二层地下停车场，该区域正上方为DR、CT机房，正下方为衰变池区域，周围不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，同时与周围非辐射工作场所有明确的分界隔离，并有实体屏蔽措施。	符合要求
	5.1.3 核医学工作场所排风口的的位置尽可能远离周边高层建筑。	本项目核医学科影像中心设有5套独立排风系统，排风管道均引至门诊医技住院综合楼塔楼（13F，距地约为66.3m）屋面经活性炭吸附装置处理后排放，排风口位置周围无高层建筑。	符合要求

（4）综述

东院所在位置为城市建成区，项目选址周围基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。拟建辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足

报告表确定的剂量管理约束值的要求。核医学科场所选址及布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准中规定的要求。综上所述，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

（八）实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求提高对疾病的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、病人治疗中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中射线装置的使用不当可能会造成如下辐射影响问题：

- （1）给周围环境造成一定的辐射影响。
- （2）给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。
- （3）射线装置、非密封放射性物质和放射源使用及管理的失误会造成一般辐射事故。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对射线装置、非密封放射性物质和放射源的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理射线装置、非密封放射性物质和放射源的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

（九）与周边环境的相容性分析

本项目产生的生活废水、医疗废水依托医院污水处理站处理后排入市政污水管网；项目产生的放射性废水利用衰变池暂存衰变，经监测达标后排入医院污水处理站处理后排入市政污水管网，不会对当地水质产生明显影响；项目产生的放射性固废在放射性固废暂存间暂存衰变解控后，作为一般医疗废物管理，与项目产生的医疗废物一起收集暂存于医疗废物暂存间，定期交由有资质的医疗废物处置单位收集；项目产生的办公、生活垃圾依托医院收集系统收集，由管理人员清运至生活垃圾暂存间，交环卫部门进行统一清运；项目产噪设备为风机，声级约为 65dB(A)，经采取降噪措施后噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划；项目运行阶段产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境影响较小；同时项目建设不占用医院消防通道和内部公共设施。因此，本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，与周边环境相容。

（十）劳动定员及工作制度

工作制度：实行 8 小时工作制，年工作日以 300 天计。

劳动定员：本项目拟配置辐射工作人员共计 4 人，均为医院新增辐射工作人员，各工作人员定岗定责，工作类别不交叉具体如表 1-12 所示。

表 1-12 本项目工作人员构成表

场所	设备/项目	配备人数	人员构成	备注
SPECT 诊断	分装、注射	1	护士 1 人	均为新增人员
	扫描、摆位	1	技师 1 人	
PET 诊断	分装、注射	1	护士 1 人	
	扫描、摆位	1	技师 1 人	
合计		4	/	/

四、原有核技术利用情况

（一）医院原有项目辐射安全许可情况

（1）目前，四川省医学科学院·四川省人民医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00096]），许可的种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。发证日期：2025年06月10日，有效期至2025年11月25日。

（2）医院目前已获许可使用射线装置共计86台（其中Ⅱ类16台、Ⅲ类70台），全院（含下属院区）辐射工作场所共96个，分布在：院本部放射科、核医学科、肿瘤科、PET/CT中心、手术室、体检中心、介入中心，老年医学中心，东院区，皮研所，伽玛刀中心，口腔科，碎石中心，温江精医中心，高新区实验动物研究所等；使用Ⅱ放射源⁶⁰Co25枚、Ⅲ类放射源¹⁹²Ir1枚、Ⅴ类放射源⁶⁸Ge3枚；生产核素¹⁸F；使用核素：¹⁸F、⁹⁹Tc、⁸⁹Sr、¹³¹I、¹²⁵I（籽源）；已获批核素³²P、¹³N 暂未使用。医院现有核技术利用项目的许可情况见下表。

表 1-13 四川省医学科学院·四川省人民医院已获许可使用放射源

序号	核素名称	出厂日期	出厂活度(贝可)	放射源编码	类别	用途	工作场所名称	来源
1								美国
2								美国
3								美国
4								成都中核高通同位
5								
6								
7								

8		素股份有限公司
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		德国

表 1-14 四川省医学科学院·四川省人民医院已获许可使用非密封放射性物质

序号	核素名称	本年度实际使用总量 (Bq)	工作场所名称	工作场所等级	工作场所日等效最大操作量 (Bq)	工作场所年最大用量 (Bq)	用途	来源	转让审批备案文号
1							诊断	成都欣科医药有限公司	川环辐证 [00542]
2							诊断	四川原子高通药业有限公司	川环辐证 [00423]
3							治疗	成都欣科医药有限公司	川环辐证 [00542]
4							治疗	四川原子高通药业有限公司	国环辐证 [00423]
5							治疗	本年度未使用	/

6		治 疗	本年度未 使
7		治 疗	本年度未 使用
8		诊 断	自制 川环辐 证 [00096]

表 1-15 四川省医学科学院·四川省人民医院已获许可使用射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	工作场所	备注
1				放射诊 断	院本部门诊医技楼二层 X 光摄影室 1	II类射 线装置 均已环 评、验 收；III 射线装 置均已 备案且 均正常 使用
2				放射诊 断	院本部门诊医技楼二层 X 光摄影室 2	
3				放射诊 断	院本部门诊医技楼二层 X 光摄影室 3	
4				放射诊 断	院本部门诊医技楼二层 X 光摄影室 4	
5				放射诊 断	院本部门诊医技楼二层 X 光摄影室 6	
6				放射诊 断	院本部门诊医技楼二层 X 光摄影室 7	
7				放射诊 断	院本部门诊医技楼二层胃 肠检查室	
8				放射诊 断	院本部门诊医技楼二层乳 腺 X 光摄影室	
9				放射诊 断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 1	
10				放射诊 断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 2	
11				放射诊 断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 3	
12				放射诊 断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 4	
13				放射诊 断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 5	
14				放射诊 断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 6	

15		放射诊断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 7
16		放射诊断	院本部急救中心一层 DSA 检查室 8
17		放射诊断	院本部门诊医技楼一层 CT 扫描室 1
18		放射诊断	院本部门诊医技楼一层 CT 扫描室 2
19		放射诊断	院本部门诊医技楼一层 CT 检查室 3 (双源 CT)
20		放射诊断	院本部门诊医技楼一层 CT 扫描室 4
21		放射诊断	院本部第三住院楼负一层 CT 检查室 7
22		放射诊断	院本部急救中心一层 CT 检查室 8
23		放射诊断	院本部发热门诊移动 CT 室
24		放射诊断	院本部门诊医技楼二层放 射科移动 DR 存放间 1
25		放射诊断	院本部门诊医技楼二层放 射科移动 DR 存放间 2
26		放射诊断	院本部门诊医技楼二层放 射科移动 DR 存放间 3
27		放射诊断	院本部门诊医技大楼一层 CT 检查室 15
28		放射诊断	院本部门诊医技大楼一层 CT 检查室 16
29		放射诊断	院本部第三住院楼六层 306 手术间
30		放射诊断	院本部第一住院楼二层 23 手术间
31		放射诊断	院本部第三住院楼六层 307 手术间
32		放射诊断	院本部第三住院大楼六层 神经外科复合手术间
33		放射诊断	院本部第三住院楼六层 303 手术间
34		放射诊断	院本部第三住院大楼六层 308 手术间
35		放射诊断	院本部第三住院大楼六层 310 手术间

36		放射诊断	院本部第三住院大楼六层 312 手术间
37		放射诊断	院本部门诊一层 PET/CT 机房
38		核医学	院本部门诊一层回旋加速 器室
39		放射诊断	院本部门诊医技大楼 4 层 核医学科骨密度检测室 1
40		放射诊断	院本部门诊医技四层骨密 度检测室 2
41		放射治疗	院本部门诊医技楼负一层 加速器治疗室 1
42		放射治疗	院本部门诊医技楼负一层 医用电子直线加速器治疗 室 2
43		放射诊断	院本部门诊医技楼负一层 CT 模拟定位室
44		放射诊断	院本部门诊医技楼负一层 模拟定位室
45		放射诊断	院本部第一住院楼负一层 碎石机室
46		放射诊断	院本部门诊医技楼四层口 腔照片室 1
47		放射诊断	院本部门诊医技楼四层口 腔照片室 2
48		放射诊断	院本部门诊医技楼四层口 腔 CT 室
49		放射诊断	院本部门诊医技楼七层 ERCP 机房
50		放诊断	院本部第三住院楼五层神 经外科 ICU 移动 CT 存放 间
51		放射诊断	院本部第三住院楼健康管 理中心 DR 检查室 2
52		放射诊断	院本部第三住院楼健康管 理中心一层 CT 检查室 5
53		放射诊断	院本部第三住院楼健康管 理中心一层 CT 检查室 6
54		放射诊断	院本部第三住院楼健康管 理中心三层 CT 检查室 12
55		放射诊断	院本部第三住院楼健康管 理中心二层 X 光骨密度检 查室 2

56		放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心一层 X 光骨密度检查室 1
57		放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心三层 X 光骨密度检查室 4
58		放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心一层双能骨密度检查室
59		放射治疗	皮研所 X 射线治疗室
60		放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层 DR 检查室 1
61		放射诊断	老年医学中心门诊医技楼一层 DR 检查室 2
62		放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层 CT 检查室 13
63		放射诊断	老年医学中心门诊医技楼一层 CT 检查室 14
64		放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层 DSA 检查室 9
65		放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负二层模拟定位检查室 2
66		放射治疗	老年医学中心门诊医技楼负二层加速器治疗室 3
67		放射诊断	老年医学中心体检中心手指骨密度室 1
68		放射诊断	老年医学中心体检中心手指骨密度室 3
69		放射诊断	老年医学中心第八第九第十住院楼病房
70		放射诊断	老年医学中心门诊医技大楼负一层 CT 检查室 17
71		放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层 DSA 检查室 10
72		放射诊断	东院区住院楼一层放射科 DR 室 1
73		放射诊断	东院区发热门诊东侧
74		放射诊断	东院区门诊楼一层 DSA 介入室
75		放射诊断	东院区放射科 DR 室 2

76		放射诊断	东院区门诊楼三层口腔科牙片室
77		放射诊断	东院区门诊楼三层口腔科全景机室
78		放射诊断	东院区体外冲击波碎石室
79		放射诊断	东院区 CT 室 2
80		放射诊断	东院区住院楼 15 层手术间
81		放射诊断	东院区住院楼 15 层第六手术间
82		放射诊断	东院区住院楼一层放射科 CT 室 1
83		放射诊断	东院区门诊大楼二层综合诊疗区口腔 CT 室
84		放射诊断	温江院区 1 号楼一层 CT 室
85		放射诊断	温江院区第一住院大楼二层疼痛科手术间
86		放射诊断	实验动物研究所影像楼一层 C 臂机实验机房

（二）原有核技术利用情况

根据医院《2024 年度安全和防护状况年度评估报告》可知，全院在用 II 类射线装置均已完成了环境影响评价并取得了环评批复，III 类射线装置均已完成了建设项目环境影响登记备案，目前均已上证，医院无未经辐射安全许可就投运的辐射设备或辐射场所，实际使用医用射线装置、放射源及非密封放射性物质的情况与辐射安全许可证一致；医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；医院按要求办理了放射性同位素转让（进出口、送贮）等手续，并及时更新了台账；医院自从事放射诊疗工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

医院应定期检查《辐射安全许可证》及全国核技术利用辐射安全申报系统中台账，确保在用种类、台账数量与实际使用的射线装置、放射源、非密封放射性物质等一致。医院应按照相关要求，对原有待报废射线装置进行去功能化，及时到四川省生态环境厅

办理相关手续。

（三）原有辐射工作场所监测情况

2024年度医院委托四川中环康源卫生技术服务有限公司开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，根据监测报告【CDZH(环)-2024-F0329】可知，全院射线装置工作场所及核医学工作场所屏蔽体外30cm处的辐射剂量均满足（GBZ130-2020）中规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量当量率；核医学科(回旋加速器、PECT)乙级非密封源工作场所 β 放射性活度均低于国家标准 GB18871-2002规定监督区的表面污染控制水平 4Bq/cm^2 、控制区的表面污染控制水平 40Bq/cm^2 ，监测结果均符合国家相关标准要求。

（四）职业健康体检及个人剂量检测情况

医院本年度登记在册的辐射工作人员共578名，医院对于所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并分档管理；为每名辐射工作人员配备有个人剂量计并且编号定人佩戴，定期交由有资质的检测部门进行检测，建立有个人剂量档案；目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。

医院委托四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司对全院所有辐射工作人员的个人剂量进行监测；提供了2024年度个人剂量检测报告，经核实发现2024年第1季度心血管超声及心功能科辐射工作人员刘学兵个人剂量监测值为 1.496mSv ，超过了单季度约束值 1.25mSv ，但年剂量值未超过环评约束值 5mSv ，其余全院辐射工作人员单季度和年度剂量监测值均正常。医院针对单季度个人剂量超标人员，及时进行了干预，在其佩戴个人剂量计期间进行调查并查明原因，撰写了调查报告并由当事人签字确认，由该辐射工作人员所在管理部门对其个人剂量监测结果进行跟踪监督，使之正确佩戴，加强防护，并跟踪观察下周期个人剂量值。

（五）辐射工作人员培训情况

医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院现有登记在册的辐射工作人员578人（含下属院区）分别为：X影像诊断308人，核医学28人，放射治疗69人，放射介入173人。全院在岗从事Ⅲ射线装置使用和操作人员均由医院自行组织其进行了辐射安全防护知识复训或学习，并考试合格；从事放疗、核医学以及操作Ⅱ类射线装置的放射工作人员均按要求报名参加了国家核技术利用辐射安全与防护学习平台的考试并取得了成绩合格单，对于医院在岗的辐射工作人员，以及拟新增辐射工作人员，医院均按职业类别对其进行了培训，确保其持证上岗。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年9号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。又根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事Ⅱ类射线装置活动（包括本项目新增辐射工作人员），以及医院原持有辐射安全培训合格证书到期的Ⅱ类射线装置人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

（六）年度评估报告

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“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”。建设单位已编制《2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统<http://rr.mee.gov.cn>在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。

现医院辐射安全管理情况如下：

- （1）现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- （2）辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- （3）辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求；
- （4）医院自从事放射诊疗和放射治疗工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故；

（七）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，医院已调整了辐射（放射）安全管理委员会，并制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《放射源与射线装置台账管理制度》、《场所分区管理规定》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故处理、应急处置规章制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后，可满足防护实际需要。

对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应严格落实台账管理制度，对本次项目建设内容补充完善，并根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

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	^{68}Ge	9.25E+7×1 枚+4.625E+8×2 枚	V	使用	PET/CT 校准源	核医学科 PET/CT 机房	核医学科影像中心储源室储源柜内	本次新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际计划日最大操作量（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	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态/低毒、半衰期 6.02h	使用	4.88E+10	4.88E+7	1.47E+13	影像诊断	很简单操作	二期门诊医技住院综合楼负二层核医学科影像中心	按需订购，暂存于核医学科影像中心储源室的储源柜内
2	^{18}F	液态/低毒、半衰期 109.8min	使用	1.11E+10	1.11E+7	3.33E+12	影像诊断	很简单操作		
			贮存	2.22E+10	2.22E+6	6.66E+12	贮存	源的储存		
3	^{64}Cu	液态/低毒、半衰期 12.7h	使用	7.40E+8	7.40E+6	3.70E+10	影像诊断	简单操作		
4	^{125}I （粒子）	固态/中毒、半衰期 59.4d	使用	1.48E+10	1.48E+7	7.40E+11	肿瘤治疗	很简单的操作		

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	最大电流 (mA)/剂量率 (Gy/min)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	SPECT/CT	III	1	待定	140	900	影像检查与诊断	门诊医技住院综合楼负二层核医学科影像中心 SPECT/CT 机房	本次拟购
2	PET/CT	III	1	待定	140	900	影像检查与诊断	门诊医技住院综合楼负二层核医学科影像中心 PET/CT 机房	本次拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
含放射性核素的卫生间下水，核医学科工作台面、地面去污时产生的清洁废水，工作人员手部清洗废水，受检者洗手废水	液态	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu	/	**	**	总 $\alpha < 1\text{Bq/L}$ 总 $\beta < 10\text{Bq/L}$	放射性废水通过专用管道排至衰变池中暂存。	暂存在衰变池中封闭衰变 30 天后，经提升泵抽排至医院污水检查井排入医院污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。
沾染放射性药物的注射器、注射针头及可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物	固态	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu	/	**	**	$<10^4\text{Bq/kg}$	采用专用塑料袋分类收集后存放于各场所内放射性固体废物暂存容器并及时转移至放射性废物暂存间专用贮存容器内存放。	暂存衰变，暂存期满足《核医学辐射防护与安全要求》要求后，经监测辐射剂量率处于环境本底水平， β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 作为普通医疗废物处置。
废活性炭等固体废物				50kg/次/季度	200kg/a		约 3 个月更换一次，更换下来的活性炭吸附滤芯应在放射性固废间暂存并经监测达标后，作为危险废物交有资质单位处理。	
核医学科影像中心产生的含气溶胶废气	气态	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu	/	微量	微量	微量	经独立排风管道引至门诊医技住院综合楼塔楼屋面经活性炭吸附装置处理后排放。	环境大气
废 ^{68}Ge 校准源、废 ^{125}I 粒籽源	固态	^{68}Ge 、 ^{125}I	/	/	废弃 ^{68}Ge 校准源每 2 年更换 1 次；废弃的 ^{125}I 粒子源数量视情况而定	/	不暂存	统一交由厂家回收处置

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L ，固体为 mg/kg ，气态为 mg/m^3 ，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^3)和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年 4 月 24 日修订)； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日修订)； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日实施)； (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 4 月 29 日修订； (5) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号，2017 年 7 月 16 日修订)； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》，生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (7) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日起实施)； (8) 《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，2019 年 3 月 2 日第二次修订)； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施)； (10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原环境保护部令第 10 号，2021 年 1 月 4 日修订)； (11) 《射线装置分类》原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (12)《放射源分类办法》(原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号)； (13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告 公告 2019 年第 57 号)； (14) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 公告 2021 年第 9 号)。
------	---

技术标准	(1) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容与格式》(HJ10.1-2016); (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (3) 《环境γ辐射剂量率测定技术规范》(HJ 1157-2021); (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021); (5) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020); (6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020); (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (8) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GBZ11930-2010); (9) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》(WST613-2018); (10) 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020); (11) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021); (12) 《粒籽源永久性植入治疗放射防护要求》(GBZ1788-2017)。
其他	(1) 环评委托书; (2) 《四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期工程建设项目环境影响报告表审查批复》(龙环评审【2024】24号); (3) 《核技术利用监督检查技术程序》(生态环境部(国家核安全局), 2020 发布版); (4) 《实用辐射安全手册》, 从慧玲主编, 原子能出版社; (5) 《辐射防护手册》(第一分册、第三分册), 李德平、潘自强主编, 原子能出版社; (6) 四川省人民医院提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目产生的电离辐射经实体防护屏蔽和距离衰减后，对公众的影响较小。根据本项目的特点并参照《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）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告表的评价范围和保护目标的选取原则：非密封放射性物质工作场所项目评价范围，乙级取半径 50m 的范围”，确定本次评价范围为非密封放射性物质工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围。

保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围停留的公众，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标

项目		保护目标及相对位置	距靶源最近距离 (m)	人流量 (人次/d)	剂量约束值 (mSv/a)
核医学科影像中心	职业	影像中心控制区及监督区内医护人员	**	4	5.0
	公众	北侧医护工作室、阅片室、值班室、卫生间等	**	约 15	0.1
		南侧库房、储藏间、走道、地下车库	**	约 200	0.1
		西侧护士站、候诊区、患者电梯厅、地下车库	**	约 300	0.1
		东侧医护电梯厅、空调机房、地下车库	**	约 200	0.1
		北侧下沉庭院、地面停车场	**	约 500	0.1
		西北侧院外恋日家园 B 区	**	约 20	0.1
		南侧医院职工宿舍	**	约 50	0.1
		东侧连廊及医技住院楼	**	约 300	0.1
		东北侧行政楼	**	约 300	0.1
		上方 CT、DR、MRI 机房等区域	**	约 100	0.1
		下方停车场及衰变池区域	**	约 200	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气环境质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；
- (2) 地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标

准；

(3) 声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。

二、污染物排放标准

(1) 大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准；

(2) 水污染物：本项目污水排入医院污水处理站处理后达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 中表 2 (综合医疗机构和其他医疗机构) 的预处理排放标准；

(3) 噪声：①施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中标准限值；②运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准；

(4) 固废：《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB 39707-2020)。

三、电离辐射限值

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

根据第 B1.1.1 条的规定，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯平均) 20mSv；根据第 B1.2.1 条的规定，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应超过年有效剂量 1mSv。

2、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)

一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

综上，结合实际情况，考虑建设单位已有辐射源项的条件下，确定本项目核医学科职业人员和公众的剂量约束限值如下：

◇职业照射个人总受照剂量约束限值取 5mSv/a；

◇公众照射个人总受照剂量约束限值取 0.1mSv/a。

四、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

1、X 射线诊断装置机房

本项目 III 类医用射线装置使用场所参照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 有关规定“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件检测时，X

射线设备机房屏蔽体外周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

2、操作非密封放射性物质工作场所

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

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

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

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

五、放射性废物清洁解控水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）7.2.3.1 款，固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

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

六、放射性废水排放标准

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中“7.3.3 放射性废液排放”的以下规定：所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放。

七、放射性固废排放标准

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中“7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

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

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

八、工作场所通风要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中“6.3 密封和通风要求”、“7.4 气态放射性废物的管理”的以下规定：

6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

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

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

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

参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）第 5.2.3 款，操作放射性药物所用的手套箱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s ，排气口应高于本建筑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。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

本项目位于成都市龙泉驿区洪河北路 585 号四川省人民医院东院内，院外周边主要为住宅区和街边商铺，其中北侧为蜀都大道，西北侧为恋日家园 B 区，西南侧为和韵东路，南侧为医院职工宿舍，东侧为洪惠路。

本项目辐射工作场所位于医院二期拟建门诊医技住院综合楼负二层内，根据现场踏勘，目前项目所在地为空地。根据医院二期建成后总平面布局图（附图2）可知，本项目50m评价范围除西南侧和南侧外其余均位于医院内部，50m评价范围内**北侧**依次为下沉庭院（6m）和地面停车场（28m）；**西北侧**为院内绿化用地和院外恋日家园B区绿化区域（42m）；**西侧**均为院内绿化用地；**西南侧**为院外空地；**南侧**为院内道路（25m）及医院职工宿舍小区的内部道路（43m）；**东南侧**均为院内绿化用地；**东侧**为连廊（25m）及医技住院楼（37m）；**东北侧**为下沉庭院（8m）和行政楼（46m）；正上方为负一层CT、DR、MRI机房等区域，正下方为负三层停车场及衰变池区域。

本项目拟建地址现状见图8-1。

图 8-1 四川省人民医院门诊医技住院综合楼建设现状

二、本项目所在地 X-γ 辐射空气吸收剂量现状监测

为掌握项目所在地的辐射环境现状，评价过程中，四川省中栎环保科技有限公司委托四川省永坤环境监测有限公司于 2025 年 5 月 26 日对项目拟建场所进行了现场监测，监测报告见附件 7，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021
β表面污染	《表面污染测定第一部分β发射体（最大β能量大于 0.18MeV）和α发射体》	GB/T14056.1-2008

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	测量范围	检定/校准情况	
环境 X-γ 辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 编号: YKJC/YQ-40	1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位: 中国测试技术研究院 证书编号: 202412102810 检定/ 校准有效期: 2024.12.13~2025.12.12 校准因子: 0.96(校准源: ^{137}Cs)	天气: 晴 温度: 28.6°C 湿度: 53.3%
α 、 β 表面污染	CoMo170 表面污染监测仪 编号: YKJC/YQ-06	表面发射率响应 $R_a=0.40$ $R_\beta=0.46$	检定/校准单位: 中国测试技术研究院 证书编号: 202207006107 检定/校准有效期至: 2022.07.22~2023.07.21	

三、质量保证

四川省永坤环境监测有限公司通过了计量认证, 具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求, 均有有效的国家计量部门的检定合格证书, 并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训, 考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法, 按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报, 并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系:

(一) 资质认证

从事监测的单位四川省永坤环境监测有限公司通过了四川省市场监督管理局的计量认证(计量认证号: 242312051074), 有效期至 2030 年 03 月 12 日。

(二) 仪器设备管理

①管理与标准化; ②计量器具的标准化; ③计量器具、仪器设备的检定。

(三) 记录与报告

①数据记录制度; ②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训, 考核合格持证上岗。

监测所用仪器已由计量部门年检, 且在有效期内; 测量方法按国家相关标准实施; 测量不确定度符合统计学要求; 布点合理、人员合格、结果可信, 能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平, 可以作为本次评价的科学依据。

四、监测点位布设及代表性分析

现场监测时，本项目所在二期门诊医技住院综合楼还未施工建设，项目所在地现状为一片空地，根据医院二期建成后总平面布局图及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的相关要求，本次选择在项目拟建区域中心和四周及周围敏感点处分别布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况，环境现状监测点位图见图 8-1，监测点位布设合理。

图 8-4 拟建辐射工作场所周围环境现状监测点位示意图

五、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

具体监测结果如下所述：

表 8-3 拟建辐射工作场所及周围环境 X- γ 辐射剂量率 单位：nGy/h

点 位	监测位置	环境 X- γ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
1	核医学科拟建地址	**	**	室外
2	核医学科拟建址北侧	**	**	
3	核医学科拟建址西侧	**	**	
4	核医学科拟建址南侧	**	**	
5	核医学科拟建址东侧医技住院楼	**	**	
6	核医学科拟建址东北侧行政楼	**	**	
7	核医学科拟建址南侧医院职工宿舍小区道路	**	**	
8	院外恋日家园 B 区绿化区域	**	**	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值；

表 8-4 拟建辐射工作场所及周围环境 β 表面污染水平监测结果

点 位	监测位置	β 表面污染水平		备注
		平均值*	标准差	
1	核医学科拟建地址	<LLD _{β}	/	室外
2	核医学科拟建址北侧	<LLD _{β}	/	
3	核医学科拟建址西侧	<LLD _{β}	/	
4	核医学科拟建址南侧	<LLD _{β}	/	
5	核医学科拟建址东侧医技住院楼	<LLD _{β}	/	
6	核医学科拟建址东北侧行政楼	<LLD _{β}	/	

7	核医学科拟建址南侧医院职工宿舍小区道路	<LLD _β	/	
8	院外恋日家园 B 区绿化区域	<LLD _β	/	

*注：β表面污染探测下限 $LLD_{\beta}=3.7\times 10^{-2}Bq/cm^2$ 。

由表 8-3 监测结果可知，项目所在区域的 X-γ辐射空气吸收剂量率背景值为 77nGy/h ~83nGy/h，该值与成都市生态环境局《2023 成都生态环境质量公报》全市环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围（67.0~119nGy/h）基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

由表 8-4 监测结果可知，项目拟建辐射工作场所周围环境β表面污染检测结果均低于检测限值。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

1、施工流程及产污环节

本项目核医学科影像中心主体工程土建施工影响已在《四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期工程建设项目环境影响报告表》（龙环评审【2024】24号）中进行了评价，施工过程中产生的废水、废气和固废按照上述报告表及批复文件中提出的环保设施和环保措施处理即可，本次评价不涉及。

本项目施工期主要是核医学科内屏蔽及装修施工阶段和设备安装、调试阶段。建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，使用的水泥标号、实心砖、硫酸钡的密度及厚度要满足设计要求，同时要防止噪声扰民。

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。装修时应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，墙与墙之间须紧密贴合，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的10倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的10倍，注射给药窗和观察窗等与墙体至少重叠5cm，且采用硫酸钡涂料灌缝，避免各屏蔽体之间有漏缝产生，防止辐射泄漏。

本项目屏蔽及装修需在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最低程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

本项目所有设备的安装、调试，均由设备厂家专业人员进行，建设方和医院方不得自行安装及调试设备。在射线装置安装过程中，会产生少量包装废弃物；在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为X射线、臭气和少量包装废弃物。医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。

二、运营期

四川省人民医院东院拟开展核医学科核素诊断项目，具体为：拟在二期门诊医

技住院综合楼负二层北部核医学科影像中心新增1台SPECT/CT和1台PET/CT（均属于Ⅲ类射线装置），拟使用核素 ^{99m}Tc 对患者进行单光子影像诊断，使用 ^{18}F 、 ^{64}Cu 对患者进行正电子影像诊断，使用 ^{125}I 对患者进行粒子植入，药物来源均为外购，场所日等效操作量共为 $8.43\times 10^7\text{Bq}$ ，为乙级非密封性放射性物质工作场所；拟使用3枚 ^{68}Ge 放射源用于对PET-CT进行校准，活度为 $9.25\times 10^7\text{Bq}\times 1\text{枚}+4.625\times 10^8\text{Bq}\times 2\text{枚}$ ，均属于V类放射源。

1、SPECT/CT 诊断工艺分析

（1）设备组成及工作原理

SPECT/CT（Single Photon Emission Computed Tomography，单光子发射型计算机断层显像），是一种利用放射性核素的检查方法。其使用放射性核素进行诊断的基本原理是：受检者注射含放射性核素的药物，放射性核素在特定的器官或组织发射出 γ 射线，穿过组织器官后到达SPECT探测器。SPECT使用低能准直器对 γ 射线进行准直，通过闪烁体将 γ 射线能量转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。

SPECT主要由三部分（探头、旋转运动机架、计算机、CT及其他辅助设备等）组成。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路等组成。SPECT自身带有一个CT球管，在SPECT核素扫描的基础上，可以同时获得CT解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

（2）工作负荷

SPECT诊断项目正式开展后，使用1台SPECT/CT开展工作，每年工作300天（50周），每周工作6天，每天工作8h，规划使用放射性核素 ^{99m}Tc ，通过放射性药品供应单位直接配送药品。SPECT/CT开展 ^{99m}Tc 核素每日最多诊断60人，单人每次最大使用量为 $8.14\times 10^8\text{Bq}$ 。

（3）工作流程及产污环节

1) 药物制备及外购

本项目计划使用放射性核素 ^{99m}Tc 进行SPECT诊断，其中放射性核 ^{99m}Tc 为外

购并自主分装。工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数，提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位在约定的时间，将预约用量的药物以单支成品药物送至核医学科影像中心，安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续，将药物暂存在储源室。

2) 分装

工作人员根据临床诊断所需药物^{99m}Tc 的用量在 SPECT 分装标记注射室手套箱内进行分装、标记和测活。在分装标记过程中，工作人员双手通过手套孔进入屏蔽体内进行分装标记，手套箱内始终负压通风，能够有效避免人员吸入放射性核素造成内照射。

3) 注射

注射给药时，工作人员（做好防护措施，穿铅衣、铅围脖等）将装有放射性药物的铅罐转移至 SPECT 注射窗口操作台，注射室内的注射窗口安装 10mmPb 的防护窗。注射药物时，工作人员从铅罐内用配有铅防护套筒的注射器（5mmPb）吸出药物，护士与患者分别位于铅玻璃两侧，通过注射防护窗对患者进行注射，注射时间约为 30s 每人次，护士距患者约 30cm。部分患者在注射药物后，需在运动负荷室进行运动。

4) 扫描诊断

病人注射后在 SPECT 注射后等候室内静躺候诊（注射药物候诊时间为 15min），待药物充分代谢后，通过语音呼叫，进入 SPECT/CT 机房显现诊断。显像过程中，技师在控制室内进行语音提示摆位，必要时需进入机房指导（约 1/10 病人需技师进入机房进行现场摆位），摆位时间约 1min，摆位完成后离开机房返回控制室。技师隔室操作对患者进行 SPECT 扫描诊断，每次扫描约 15~20min，扫描完成后患者在检查后留观室等候约 5min，确定无不良反应后从患者出口离开核医学科。

SPECT 诊断项目工作流程与产污环节分析见图 9-1。

图 9-1 SPECT/CT 诊断项目的工作流程与产污环节图

5) 产污环节

在 SPECT/CT 显像检查过程中，主要的环境影响为药物的质控、分装、测活、注射及患者注射后候诊、扫描、留观、抢救等过程中产生的 γ 射线及 β 射线；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、药物的服药杯、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、使用放射性药物患者的排泄物；分装过程中产生的放射性废气；SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线、臭氧。

2、PET-CT 诊断工艺分析

(1) 设备组成及工作原理

本项目配置 1 台 PET-CT 进行正电子发射断层扫描（Positron Emission Tomography, PET），其工作原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂，示踪人体内特定生物物质的生物活动，采用多层、环形排列于发射体周围的探头，由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子，然后将获得的信息，通过计算机处理，以解剖影像的形式及其相应的生理参数，显示靶器官或病变组织的状况，藉此诊断疾病，又称为生化显像或功能因子显像，是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术。

PET/CT 是将 PET 和 X 线计算机断层扫描（Computer Tomography, CT）组合而成的多模式成像系统，是目前全球最高端的医学影像设备，同时也是一种可以在分子水平成像的影像技术。PET/CT 将 PET 与 CT 融为一体，使两种成像技术优势互补，PET 图像提供功能和代谢等分子信息，工作时，其 CT 球管发射 X 射线，穿透人体组织，其探测器获得的数据不仅用于重建 CT 图像，同时提供给 PET 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 PET 图像的重建。所显示的图像为两者图像融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。

(2) 工作负荷

PET 诊断项目正式开展后，使用 1 台 PET/CT 开展工作，每年工作 300 天（50 周），每周工作 6 天，每天工作 8h，规划使用 2 种正电子放射性核素 ^{18}F 、 ^{64}Cu ，通

过放射性药品供应单位直接配送药品。PET/CT 开展 ^{18}F 核素每日最多诊断 30 人，单人次最大使用量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ ；开展 ^{64}Cu 核素每日最多诊断 5 人，单人次最大使用量为 $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

(3) 工作流程及产污环节

1) 药物制备及外购

核医学科根据预约的受检者量向药物供货商订购核素 ^{18}F 、 ^{64}Cu ，药物供货商将订购的核素 ^{18}F 、 ^{64}Cu 运输至核医学科的 PET/分装标记注射室手套箱的铅罐内暂存，运输过程由药物供货商负责。由于 ^{18}F 的半衰期极短（109.8min），每天送药次数分为上午下午各 1 次，因此 ^{18}F 考虑 2 倍备药余量；每次使用时，护士在手套箱内对厂家药物进行活度测定，测量后根据受检者所需核素的量在分装准备室手套箱内进行分装取药。

2) 药物分装

本项目计划使用放射性核素 ^{18}F 、 ^{64}Cu 进行 PET 显像诊断检查，所使用的核素均为外购而来。工作人员根据临床诊断所需药物的使用量在 PET 分装标记注射室手套箱内进行分装、标记和测活。在分装标记过程中，工作人员双手通过手套孔进入屏蔽体内进行分装标记，手套箱内始终负压通风，能够有效避免人员吸入放射性核素造成内照射。

3) 注射

病人给药采用注射方式（预埋针）进行给药，工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）将装有放射性药物的铅罐转移至 PET 注射窗口操作台，注射窗口安装有 40mmPb 的防护窗。注射药物时工作人员从铅罐内用配有铅防护套筒（10mmPb）的注射器吸出药物，护士与患者分别位于铅玻璃两侧，通过注射防护窗对患者进行注射，注射时间约为 30s 每人次，护士距患者约 30cm。

4) 扫描诊断

病人注射完成后，接受注射的患者在 PET 注射后等候室观察 5~30min。待药物在身体内有一定程度的代谢后，护士通过语音呼叫，进入 PET/CT 机房。技师在控制室内进行语音提示摆位，必要时需进入机房指导（约 1/10 病人需技师进入机房进行现场摆位），摆位时间约 1min，摆位完成后离开机房返回控制室。技师隔室操作对患者进行 PET/CT 扫描诊断，PET/CT 机房每次扫描 15~20min，扫描完成后患者

在检查后留观室等候约 5min，确定无不良反应后从患者出口离开核医学科。

PET 诊断项目工作流程与产污环节分析见图 9-2。

图 9-2 PET/CT 显像诊断及产污流程图

5) 产污环节

PET-CT 显像诊断的主要环境影响为：药物的质控、分装、测活、注射及患者注射后候诊、扫描、留观、抢救等过程中产生的 γ 射线及 β 射线；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、药物的服药杯、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、使用放射性药物患者的排泄物；分装过程中产生的放射性废气；PET/CT 扫描时产生的 X 射线、臭氧。

3、碘-125 粒籽源植入治疗

(1) 治疗原理

碘-125（粒籽源）由高纯钛合金管内置全杆标记的银棒经激光焊制而成，钛管材质。其中壁厚 0.05mm，长 4.5mm，直径为 0.8mm，芯长 3.2mm。通常是在 B 超、CT 及计算机三维立体定向计划系统精确指导下将碘-125（粒籽源）通过手术或采用特殊防辐射植入器，碘-125（粒籽源）一次性永久植入肿瘤组织或植于手术切除肿瘤的残存癌床内，碘-125（粒籽源）能持续低剂量的释放 γ 射线，通过直接作用于肿瘤细胞的 DNA，造成 DNA 的双链断裂，另外还可间接使体内水分子的电离，产生自由基，促进肿瘤细胞的凋亡，使敏感的肿瘤细胞迅速死亡，不敏感的静止期细胞一旦进入分裂期，在 γ 射线的持续作用下又迅速凋亡。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，从而实现对肿瘤的近距离治疗，可持续有效地杀灭肿瘤细胞。

(2) 工作负荷

碘-125 粒籽植入项目正式开展后，使用影像中心的 SPECT-CT 机房或者 PET-CT 机房开展手术植入工作，每日最多接诊 5 人，年最大诊疗 250 人，单人次最大使用量为 $2.96 \times 10^9 \text{Bq}$ （80mCi）。

(3) 植入流程及产污环节

①针对不同病情的病人，根据临床检查结果，分析及确定肿瘤体积。根据 TPS 计划系统中所计算需要的 ^{125}I 籽源总活度和数目，向厂家订购 ^{125}I 籽源。

② ^{125}I 籽源由厂家运输至核医学科影像中心储源室保险柜中，进行台账记录。

③根据病人对 ^{125}I 籽源的需求量，将储有 ^{125}I 籽源的铅罐放入分装标记室注射室的手套箱内，由专人在手套箱中进行装枪操作。

④ ^{125}I 籽源分装完成后， ^{125}I 籽源即密闭于专用植入枪内，需约 15min，将植入枪进行整体高温消毒。

⑤ ^{125}I 籽源植入手术位于核医学科影像中心 SPECT-CT 机房或者 PET-CT 机房。植入 ^{125}I 籽源时，先以 CT 扫描确定穿刺路径，将穿刺针（即植入针）穿刺到达肿瘤部位后再扫描确定。将植入枪出口与穿刺针尾部的专用接口结合，用推针将 ^{125}I 籽源顶入瘤体。完成植入后再次扫描以确定是否到达预定位置及 ^{125}I 籽源计划植入数目。

4、核医学科人流物流路径规划

（1）医护人员路径

①**护士、医师进出路线：**由医护人员专用楼梯到达地下二层，然后沿医护走廊向北直行后再向西左转直至尽头，经更衣/缓冲间后分别进入 PET 或 SPECT 分装标记注射室及储源室内。护士进入储源室内取出每批次所需注射的放射性药物至分装标记注射室手套箱，在手套箱内完成分装、测活等操作后，再至注射窗口给患者施药，操作结束后原路返回。

②**技师进出路线：**由医护人员专用楼梯到达地下二层，然后沿医护走廊向北直行后再向西左转，经更衣后分别进入 SPECT 或 PET 控制室，操作结束后原路返回。

（2）患者路径

①**PET 受检者行走路线：**在核医学科影像中心西北侧护士站经过咨询、问诊和放置留置针后，在候诊区等候叫号。被叫号后经防护门进入患者走廊，在患者走廊入口处 PET 注射窗口接受注射，然后在患者走廊对面 PET 注射后候诊室内候诊，经语音提示后再进入 PET/CT 机房进行检查，检查后受检者在患者走廊东部检查后留观室内留观，经主管医生确认图像质量满意后，受检者经患者出口离开核医学科，经过地下停车库至西侧患者专用电梯，上升至地面后离开。

②**SPECT 受检者行走路线：**在核医学科影像中心西北侧护士站经过咨询、问诊

和放置留置针后，在候诊区等候叫号。被叫号后经防护门进入，在患者走廊入口处 SPECT 注射窗口接受注射，然后在 SPECT 注射后候诊室内候诊（部分患者需要在运动负荷室内运动），经语音提示后再进入 SPECT/CT 机房进行检查，经检查后在留观室内留观，经主管医生确认图像质量满意后，受检者经患者出口离开核医学科，经过地下停车库至西侧患者专用电梯，上升至地面后离开。

③¹²⁵I 粒籽源植入路径：在核医学科影像中心西北侧护士站经过登记后，在候诊区等候叫号，被叫号后经防护门进入患者走廊至 SPECT-CT 机房或者 PET-CT 机房内进行粒子植入手术，植入完成后在检查后留观室留观后离开核医学科。

（3）放射性药物运输路径

核医学科诊断项目使用的放射性核素均外购成品药物。工作人员每天早上提前到达，核对放射性药物信息量，与供药公司办理交接手续并存档，供药公司人员在上班前送药，通过手推运输小车从北侧下沉庭院核药物入口进入，依次经过药物运输通道和更衣缓冲室，最终送入储源室或分装标记注射室手套箱内，由核医学科工作人员接收，¹⁸F 每天送药次数分为上午下午各 1 次。

（4）放射性废物运输路径

在 PET 和 SPECT 分装标记注射室内分别放置有放射性废物桶，用于收集分装标记和注射过程产生的放射性固体废物，PET 和 SPECT 注射后等候室及检查后留观室内均放置有铅桶，用于收集患者注射后产生的固体废物。放射性固体废物经暂存桶收集后转运至东侧放射性废物暂存间内，在暂存间内打包后进行衰变处理，待暂存至一定期限达到解控标准后经南侧污物电梯转运至医院总医疗废物暂存间内。

图 9-3 核医学科诊断人流、物流路径示意图

上述人流、物流均有独立的路径，满足 HJ1188-2021 中关于“核医学设置相应物理隔离和单独的人员、物流通道”要求。

（5）放射性废水路径

核医学科影像中心采用专用管道收集 PET 和 SPECT 分装标记注射室洗手池、应急冲淋间、PET 和 SPECT 注射后等候室卫生间、抢救室卫生间、检查后留观室卫生间及放射性废物暂存转运间产生的放射性废水（均为短半衰期），废水流向为自西向东、由北向南，最终经过重力自流进入门诊医技住院综合楼负三层正下方的衰变池内进行衰变。

上述措施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“核医学科工作场所应设置槽式或推流式废水衰变池，收集放射性药物操作场所、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液”的要求。

（6）放射性废气路径

核医学科影像中心存在一定压差，各场所气流流向为：清洁区、监督区、控制区，控制区的负压高于监督区，监督区高于清洁区，各房间排风支管均设置有止回阀，防止放射性废气及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

在工作场所内，拟设置5支排风管道，其中第1支主要用于收集分装标记注射室2台手套箱的废气（屋面风机编号为EA-B2/1-3）；第2支排风管道主要用于收集SPECT/CT机房、控制室、更衣室和PET/CT机房、控制室、更衣室区域的废气（屋面风机编号为EA-B2/1-2）；第3支排风管道主要用于收集储源室外走廊及分装标记注射室、放射性废物暂存间的废气（屋面风机编号为EA-B2/1-3）；第4支排风管道主要用于收集PET和SPECT注射后等候室、抢救兼运动负荷室、检查后留观室、患者走廊区域的废气（屋面风机编号为EA-B2/1-4）；第5支排风管道主要用于收集该场所患者专用卫生间内的废气（屋面风机编号为EA-B2/1-5）。

第1支放射性废气收集管先经手套箱顶壁自带的活性炭过滤器过滤后与第3支放射性废气管道在核医学科西侧排风井内集束，最终至塔楼屋面经编号为EA-B2/1-3的风机口活性炭吸附装置处理后排放。第2、4、5支排风管均单独汇至核医学科西侧排风井内，最终在门诊医技住院综合楼塔楼（13F，距地约为66.3m）屋面经对应的风机口活性炭吸附装置处理后排放。

综上，核医学科影像中心放射性废气处理措施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中关于“①保持工作场所负压和各区之间的压差，使得工作场所气流由清洁区流向监督区再流向控制区；②应在手套箱设计独立排风系统，在每一个密闭设备顶壁安装活性炭过滤装置，经过滤装置处理后的废气经管道在楼顶经过活性炭吸附装置处理后排放；③通风系统排气口应高于建筑物屋顶，尽可能远离附近高层建筑”等相关要求。

污染源项描述

(一) 施工期及设备调试安装

1、辐射污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，施工期主要是装修，工程量小，施工时间短，非放射性物质产生量较小。

设备安装、调试须由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止发生辐射事故。由于设备的安装和调试均在射线装置机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

2、其他环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

(二) 运行期

1、Ⅲ类医用射线装置

本项目共涉及Ⅲ类医用射线装置2台，分别为1台SPECT/CT、1台PET-CT，均为数字成像，无废显定影液及废胶片产生，其主要危害为设备工作时产生X射线。最大可能发生的事故为射线装置曝光期间人员误入。

2、核医学科核素诊断活动污染源项分析

(1) 正常工况

① γ 及 β 射线：药物在质控、分装、测活、注射、注射后候诊、扫描、留观、抢救等过程中产生的 γ 射线及 β 射线。

② β 放射性表面污染：医生在对放射性药物的操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

③放射性废气：在放射性药物质控、分装、测活时，药物挥发产生的含放射性核素废气。

④放射性废水：含有放射性核素的病人排泄物、工作场所清洗废水等。

⑤放射性固废：本项目放射性固废主要为工作人员操作过程产生的服药杯子、污染物的注射器、针头、手套、棉签、纱布、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品、更换的废活性炭过滤装置等放射性废弃物。PET-CT校准退役放射源（ ^{68}Ge ）退役放

射源。碘-125(籽源)植入及留观过程产生的废碘-125籽源，产生枚数根据实际情况而定。

(2) 事故工况

①放射性药物丢失、被盗、撒漏或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，这样就会使室内的设备、地面等受到放射性污染。

②校准源丢失、被盗、失控。

3、其他非放射性污染物

(1) 非放射性废水

医护人员产生的生活废水，依托医院的污水处理站处置。

(2) 非放射性固废

医护工作人员产生的办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理。

(3) 噪声

噪声主要来源于通排风系统的风机。本项目均拟选用低噪声设备，噪声源强约为65dB(A)。排风机位于门诊医技住院综合楼塔楼屋面，送风机位于大楼负二层风机房。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局与分区

本项目核医学科影像中心位于二期门诊医技住院综合楼负二层北部，整个核医学科工作场所为一个较规则的矩形，医护人员办公、休息区和患者诊断区域分开布置，分别设置有医护电梯和患者电梯到达核医学科。

(1) 场所布局：根据附图 3 门诊医技住院综合楼负二层平面布局图可知，核医学科影像中心区域内北部自西向东依次布置为空调机房、更衣缓冲间、医护工作室、阅片室、值班室和医护卫生间；隔医护通道中部自西向东依次为储源室，PET 和 SPECT 分装标记注射室，PET-CT 更衣室、设备间、控制室及机房，资料室，库房，SPECT/CT 更衣室、设备间、控制室及机房，均呈“一”字排列；隔患者通道南部自西向东依次为 PET 注射后等候室，2 间病卫，SPECT 注射后等候室，走道，抢救室，2 间病位，检查后留观室，放射性废物暂存及转运室；正上方为负一层 CT、DR、MRI 机房等区域，正下方为负三层停车场及衰变池区域。在门诊医技住院综合楼负二层内核医学科影像中心北侧紧邻下沉庭院，南侧设置为库房、储藏间及停车场，西侧设置为护士站和候诊区、患者电梯及停车场区域等，东侧设置为医护电梯和停车场区域。

(2) 布局路径分析：核医学科就诊患者通过患者电梯到达负二层核医学科候诊区，通过护士站分诊后，经防护门入口进入诊断区域，注射窗口布置在患者走道入口处，便于患者注射，候诊室隔患者走廊布置在注射室对面，SPECT/CT 机房和 PET/CT 机房分别隔辅助用房控制室、更衣室和设备间与注射室呈“一”字排列布置在中部位置，抢救室和检查后留观室分别布置在南侧患者走廊的末端，诊疗结束后患者从南侧中部患者出口离开。药物分装工作人员通过更衣缓冲间进入工作区域，该区域设置有 2 间储源室和 2 间分装标记注射室，且在分装标记注射室内均设有洗手池，在入口区域设置有应急淋浴间，工作人员清洗废水通过管道进入衰变池暂存衰变。SPECT/CT 机房和 PET/CT 机房工作人员分别通过对应的更衣室进入控制室内，工作人员通道均不与患者通道交叉。

(3) 与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）对照分析：

表 10-1 平面布局与《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 对照分析一览表

标准序号	标准要求	设计落实情况	是否符合
5.2.1	核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。	①本项目核医学科影像中心独立布置，高活室区域集中布置于一端，可防止交叉污染；②场所均已设置独立的放射性废物室，同时核医学科工作场所均拟设置电子门锁、门禁系统、检查后留观室、可有效控制给药后患者的活动空间。	符合要求
5.2.2	核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。	①本项目设置有独立的工作人员、患者及放射性药物通道，可以避免医生、病人及放射性药物交叉影响，同时针对放射性药物和放射性废物运送采取时间管控措施，避免交叉影响。②核医学科药物从北侧下沉庭院进入，依次经过药物运输走道和更衣缓冲间后进入储源室，路径较短且与其他人员路径交叉。	符合要求
5.2.3	核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。	①本项目核医学科设置有患者检查后留观室，同时场所内设置病人单向流通门禁系统，可有效控制病人流动范围，避免工作人员和公众受到不必要的照射；②控制区出入口已设计工作人员卫生通过区域和缓冲区，配备工作人员使用的卫生通过间，包含更衣、淋浴和表面沾污监测设备，辐射工作人员需经过表面沾污监测→合格→更衣流程后离开；③患者进出场所均为单向流通，用药前后患者不交叉；患者候诊室和检查后留观室均设有专用卫生间，卫生间下水通过管道进入衰变池暂存衰变。	符合要求

综上所述，本项目核医学科影像中心平面布局满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)，核医学科位置相对封闭且独立，功能用房相对集中且齐全，基本满足功能需要；设施布局顺序和诊断流程——对应，便于放射性药物注射、候诊、检测、留观等步骤的逐步实施；各组成部分功能分区明确，满足诊治工作要求，既能有机联系，又不相互干扰，从辐射安全的角度考虑，平面布置合理。

二、辐射工作场所两区划分

1、分区原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范和管理工作，项目应当按照《电离辐

射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。放射性工作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

2、控制区与监督区的划分

结合项目辐射防护和环境情况特点，项目控制区和监督区划分情况见表 10-2。

表 10-2 项目控制区和监督区划分情况

项目	控制区	监督区
核医学科影像中心	应急冲淋室、2 间储源室、PET 和 SPECT 分装标记注射室、患者走道、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、PET 注射后等候室（包含病卫）、SPECT 注射后等候室（包含病卫）、抢救兼运动负荷室（包含病卫）、检查后留观室（包含病卫）、放射性废物暂存及转运室	分装标记注射室入口更衣/缓冲间、PET/CT 更衣室、设备间、控制室、SPECT/CT 更衣室、设备间、控制室、患者出口缓冲走道

图 10-1 核医学科影像中心两区划分示意图

3、控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，见图 10-2。

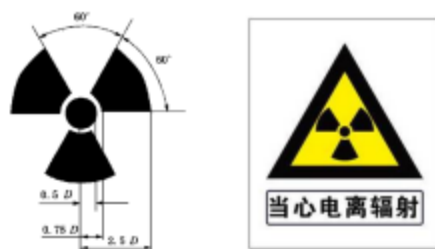


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序。

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门禁）限制进出控制区。

④在卫生通过区域配备个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜等。

⑤核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。

⑥控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备，控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

⑦定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

4、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

三、辐射安全及防护措施

（一）非密封放射性物质工作场所

1、核医学科辐射防护设计要求

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），核医学的工作场设计要求具体如下：

①核医学工作场所的通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。操作放射性药物所用的手套箱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

②I类核医学工作场所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，废原液和高污染废液应专门收集存放。

③收集放射性废液的容器上应有放射性标志。放射性废液按照长半衰期和短半衰期分别收集，并给与适当屏蔽，固体废物和污染针头、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。

④在放射性核素的操作区域（药物分装准备室和注射室）地面和墙体表面应使用光滑、耐腐蚀及易去污的材料，地板与墙壁接缝无缝隙，并在工作场所内设置通风实施，保证工作场所的通风良好。

本项目核医学科具体设计情况见下表。

表 10-3 本项目非密封放射性物质工作场所防护设计情况

工作场所	地面	工作台面	手套箱	室内通风	管道	清洗及去污设备
核医学科影像中心	工作场所地面采用PVC地面，墙面与地面交接作圆角处理，地面全部敷设有去污并可拆除更换的材料，其边缘应高出地面15~25cm，且地面光滑，并具有易去污，受辐照后不易老化，且防水。	放射性核素操作台面均设为易清洗不锈钢台面。	PET和SPECT分装标记注射室各配备1台手套箱，手套箱顶部均自带有活性炭过滤装置，风速大于0.5m/s。	该场所内设置有5套排风系统，经风管汇至西侧排风井内，最终引至门诊医技住院综合楼塔楼（13F，距地约为66.3m）屋面经活性炭吸附装置处理后排放。	已设计独立的放射性废水排放系统，连接至负三层的衰变池。	拟在工作人员卫生通过区域和缓冲区设置表面沾污检测设备和去污设备（感应式洗手池）。

经对比，本项目核医学科工作场所室内防护和装备要求能够达到《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中最高级I类场所的防护要求。

2、防护措施

本项目非密封放射性物质工作场所采取的辐射防护与放射性污染防治措施主要包括以下方面：

（1）建筑物屏蔽防护

根据建设单位提供设计图，本项目核医学科辐射工作场所设计见下表：

表 10-5 核医学科辐射工作场所实体屏蔽防护设计

位置	墙体、屋顶及地面屏蔽体材料及厚度		防护门	防护窗
储源室（2间）	四周墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 当量硫酸钡涂层	5mmPb	/
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
PET分装标记注射室	四周墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 当量硫酸钡涂层	5mmPb	40mmPb 注射窗
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
SPECT分装标记注射室	四周墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 当量硫酸钡涂层	5mmPb	10mmPb 注射窗
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
患者走廊	四周墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 当量硫酸钡涂层	15mmPb	/
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		

PET/CT 机房	四周墙体	370mm 实心砖墙+2mmPb 当量硫酸钡涂层	15mmPb	15mmPb 观察窗
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
SPECT/CT 机房	四周墙体	370mm 实心砖墙+2mmPb 当量硫酸钡涂层	15mmPb	15mmPb 观察窗
	楼顶板	220mm 混凝土		
	楼底面	260mm 混凝土		
PET 注射后等候室	四周墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 当量硫酸钡涂层	15mmPb	\
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
SPECT 注射后等候室	四周墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 当量硫酸钡涂层	15mmPb	\
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
患者出口通道	四周墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 当量硫酸钡涂层	15mmPb、6mmPb	
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
抢救室	四周墙体	240mm 实心砖墙+2mmPb 当量硫酸钡涂层	15mmPb	\
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
检查后留观室	四周墙体	240mm 实心砖墙+2mmPb 当量硫酸钡涂层	15mmPb	\
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		
放射性废物暂存及转运间	四周墙体	240mm 实心砖墙+6mmPb 当量硫酸钡涂层	10mmPb	\
	楼顶板	250mm 混凝土		
	楼底面	250mm 混凝土		

注：本项目使用的混凝土密度为 2.35g/cm^3 ，铅板的密度为 11.3g/cm^3 ，实心砖的密度为 1.6g/cm^3 ，硫酸钡防护涂料密度为 3.9g/cm^3 。

(2) 放射性药物存储辐射防护措施

本项目核医学科影像中心外购的放射性药品或核素，均须向有相应类别销售资质的厂家进行购买，厂家将按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定货包的要求进行包装，货包表面任意一点的最高辐射水平为 $0.005\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ 。厂家按医院要求分别将货包运至核医学科影像中心储源室储源柜或分装标记注射室手套箱内暂存。核医学科影像中心设置有 2 间储源室，每间储源室内均配置 1 台 20mmPb 的储源柜，储源柜拟设置双人双锁，储源室出入口安装摄像头、红外报警系统；PET 和 SPECT 分装标记注射室内分别配置有 1 台 60mmPb 的手套箱和 1 台 5mmPb 的手套箱。

建设单位拟配备专（兼）职人员负责放射性药物的管理并建立健全放射性物质的保管、领用、注销登记和定期检查制度。要求设置专门的台账（如交收账、库存帐、

消耗账），加强对放射性药物的管理，严防丢失。放置放射性物质的容器，必须容易开启和关闭，容器外必须有明显的标签（注明核素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起止时间、存放负责人等）。放射性药物要设有专门可靠的防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全设施的贮存场所，且不得将放射性药物与易燃易爆及其他危险物品放在一起。

(3) 放射性药物操作过程辐射防护措施

医生在进行放射性药品分装、测活、注射操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅橡胶衣、铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅玻璃眼镜等，均具备 0.5mmPb 当量。放射性药品分装操作均在手套箱内完成，手套箱设置有相应的铅当量防护层，分装测活后放射性药品装于配备屏蔽套的注射器中，将其置于注射器防护提盒内后转运至注射台，注射时医生和病人之间设置有相应铅当量的入墙式注射台。分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。手套箱底部设有废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。注射时注射器外还配有注射器铅防护套，注射操作台拟采用铅玻璃防护。注射操作时，医生（采取相应防护措施）与病人及药物分别位于铅玻璃的两侧，病人注射后进入注射后等候室候诊。

(4) 表面污染控制措施

为保证非密封放射性物质工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，环评提出以下管理措施和要求：

- ①放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；
- ②操作放射性药物时，须在有负压的手套箱内进行，防止放射性物质飞散；
- ③放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品；
- ④操作台、地面应当选用易于清污和防污染的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。注射窗口的药品操作台上及托盘内，在操作过程中垫上一次性、容易吸附溅洒液体的厚纸，每次完成注射工作后，将其放入放射性废物桶内，这样便于保持操作台免受放射性沾污。

(5) 人员防护措施

①对注射后患者的防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，患者要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在诊疗区域内驻留，医院需要划定专门的陪护人员等候区并尽量远离非密封源工作场所，同时要求患者注射药物后在注射后等候室静候，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入注射后等候室内专用卫生间，最终排入衰变池内，结束后按指定线路离开核医学科。

②辐射工作人员的防护

为减少辐射工作人员受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

A、屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套和注射器防护提盒。根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中相关要求，本项目所有拟配备的防护用品和辅助防护设施的铅当量至少为 0.25mmPb。

B、时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少工作时间，使照射时间最小化。

C、距离防护：在不影响工作质量前提下，保持与辐射源尽可能大的距离。

D、表面沾污监测：设置淋浴卫生通过间，辐射工作人员操作后离开辐射工作场所前洗手和进行表面污染监测，如污染水平超过规定值要求，采取相应的去污措施。

E、个人剂量检测：医院拟为辐射工作人员配备个人剂量计，并要求上班期间必须正确佩戴，并定期送检，且定期开展职业健康体检，建立个人剂量档案和个人职业健康监护档案。

③其他人员防护

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

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

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

(6) 核医学科拟配防护用品

表 10-6 非密封放射性物质工作场所内拟配防护用品一览表

序号	防护用品名称	配置场所	数量	备注
1	储源铅柜	**	**	20mmPb
2	手套箱	**	**	60mmPb
		**	**	5mmPb
3	注射铅窗	**	**	40mmPb
		**	**	10mmPb
4	注射器防护套	**	**	10mmPb
		**	**	5mmPb
5	注射器防护提盒	**	**	10mmPb
		**	**	5mmPb
6	放射性废物暂存铅罐	**	**	10mmPb
8	观察窗	**	**	15mmPb
		**	**	15mmPb
9	放射性废物衰变箱	**	**	10mmPb
11	去污工具组	**	**	/
13	一次性工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等	**	**	/
14	铅橡胶衣、铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅玻璃眼镜	**	**	0.5mmPb
15	表面污染监测仪	**	**	/
16	便携式 X- γ 辐射监测仪	**	**	/
17	个人剂量报警仪	**	**	人员随身携带
18	个人剂量计	**	**	每人 1 套

3、辐射安全措施

①**电离辐射警告标志**：拟在核医学科控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。拟在 PET-CT 机房和 SPECT/CT 机房防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

②**紧急停机按钮**：在 PET-CT 和 SPECT/CT 控制台上、治疗床侧均安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急停机按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急停机按钮即可令射线装置立即停止运行。

③**操作警示装置**：PET-CT 和 SPECT/CT 扫描时，控制台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

④**视频监控和对讲装置**：在核医学科工作场所范围内设置有视频监控系统，便于观察受检者的情况、核医学科工作场所进出入口情况；医生办公室与患者注射后等候室、抢救室之间、PET-CT 和 SPECT/CT 机房与对应控制间之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与扫描间内受检者联系。

⑤**门禁系统**：在核医学科场所各个出入口处均设置专用门禁系统及双电子门锁，控制人员进出。

⑥**表面沾污监测**：在控制区出口处，配置表面沾污仪，从控制区离开的人员和物品均进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

⑦**防盗装置**：储源间内拟设专门贮存放射性物质的药物储存罐和保险柜，贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。储源间另设有红外报警仪，对其进行 24 小时监控，拟设置双人双锁及防盗装置。

(二) III类射线装置辐射防护措施

1、设备固有安全性

(1) 采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

(2) 采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用射线谱。

(3) 采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视(如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择)，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

(4) 采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

(5) 配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警。

2、机房屏蔽设计

表 10-7 III类医用射线装置机房屏蔽防护设计

机房	面积 (m ²)	四周墙体	屏蔽门	观察窗	楼顶	地面
		结构及厚度			结构及厚度	
SPECT/C T 机房	49.2m ² (最小单 边长度5.8m)	370mm 加实心砖墙 +2mmPb 当量硫酸 钡涂层	15mm 铅 当量	15mm 铅当量	250mm 混凝土	250mm 混凝土
PET/CT 机房	46.8m ² (最小单 边长度6.3m)	370mm 加实心砖墙 +2mmPb 当量硫酸 钡涂层	15mm 铅 当量	15mm 铅当量	220mm 混凝土	260mm 混凝土

放射诊断 放射防护 要求	最小有效使用面 积30m ² , 最小单 边长度4.5m	较大工作量2.5mm铅当量, 一般工作量2mm铅当量				
是否满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

3、机房安全装置设计

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、生态环境部(国家核安全局)《核技术利用监督检查技术程序》(2020年发布版)、《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]1400号), 本项目Ⅲ类射线装置机房具体布置情况见表10-8。

表 10-8 本项目Ⅲ类射线装置机房安全装置布置表

安装装置	作用及安装要求	配置数量
紧急停机按钮	控制室操作台和机房治疗床侧均设置紧急停机按钮, 以避免机房内人员尚未完全撤离的情况下开机, 产生误照射。按钮位置应有中文标识。	1套×2间
工作状态指示灯(门-灯连锁)	机房防护门口醒目处均安装工作状态指示灯, 并于防护门连锁, 当防护门关闭时, 工作状态指示灯亮起, 显示“射线有害, 灯亮勿入”, 当防护门开启时工作状态指示灯熄灭。	1套×2间
语音对讲装置	在准备出束时, 操作台工作人员可通过语音对讲装置与机房内人员进行沟通交流。	1套×2间

四、辐射工作场所安防措施

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 放射性同位素贮存场所应当采取防火、防盗、防丢失、防破坏、防泄漏的安全措施, 本项目针对辐射工作场所拟采取的辐射安全保卫措施见表 10-9。

表 10-9 辐射工作场所安全保卫措施一览

场所类别	措施类别	对应措施
非密封放射性物质工作场所	防火	核医学科安装有烟气报警装置和消防栓, 且各个房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》(GB50016-2018), 本项目核医学科控制区内禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。同时人员易接触的地方均配备干粉式灭火器。
	防水	整个场所做了较好的防水和防渗设计, 四周设置有排水沟, 并可有效防止雨水渗入, 同时整个非密封放射性物质工作场所将敷设防水材料避免放射性污染物下渗影响。
	防盗、防丢失和防破坏	①整个核医学科控制区进行封闭管理, 并设有门禁系统, 非相关人员不能直接进入核医学科内; ②各个非密封放射性物质储存场所储存场所设置有保险柜并设置双人双锁, 非密封放射性物质的转入、转出均由专人进行台账管理; ③整个核医学科控制区设置严密的监控系统, 实行 24h 实施监控, 并将核医学科作为保安人员重点巡查范围。

	防泄漏	①本项目使用的各种放射性药品均外购于正规生产厂家，包装用铅罐密闭，铅罐表面剂量满足标准要求，且用完后的空铅罐经表面去污处理后放置于储源室内待厂家进行回收； ②核医学科非密封放射性物质工作场所均采取有效的实体屏蔽措施，能够达到《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）控制剂量率要求； ③建设单位拟自行配备便携式 γ 辐射监测仪及 β 表面沾污仪，定期或不定期进行场所巡测，发现异常及时查明原因并进行处置。
射线装置工作场所	防破坏	①射线装置机房及附属设施纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②工作场所根据需要设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗窃事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	①本项目所使用的Ⅲ类射线装置均购置于正规厂家，具有固有安全性，防护性能满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； ②本项目机房已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和标准要求落实，各机房是不存在辐射泄漏的情况。

五、辐射安全防护设施对照分析

综上所述，辐射安全防护分析及措施，医院需对下表所列设施进行配置：

表 10-10 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备的条件	落实情况
非密封放射性物质工作场所		
场所设施	墙体、观察窗、机房防护门	已设计
	场所门外电离辐射警示标志、通道标志	已设计
	独立的通风设施（流向）	已设计
	有负压和过滤的工作箱/通风柜（乙级场所）	已设计
	注射、给药用屏蔽设施	已设计
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料	已设计
	移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂套	已设计
	病人专用卫生间	已设计
	放射性同位素暂存库或设施	已设计
	放射性固体废物收集容器和放射性标识	已设计
	安全保卫设施（贮存场所必须）	已设计
	人员出口配备污染监测仪	计划配备
	操作位屏蔽防护措施	已设计
	放射性废液暂存设施	已设计
监测设备	储源室安装固定式剂量报警仪	计划配备
	便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）	计划配备
	个人剂量计	计划配备
	个人剂量报警仪	计划配备
	放射性活度计	计划配备

放射性废物和废液	放射性下水系统（衰变池）及标识	已设计
	放射性固体废物暂存间（设施）	已设计
	废物暂存间屏蔽措施	已设计
	废物暂存间通风系统	已设计
防护器材	通道铅隔板、门禁、监控装置	计划配备
	场所门外电离辐射警示及禁止串门的标志	计划配备
	个人防护用品	计划配备
	放射性表面去污用品和试剂	计划配备
	火灾报警仪	计划配备
	灭火器材	计划配备
III类医用射线装置		
实体防护	墙体、铅防护门、观察窗	已设计
警示装置	工作状态指示灯	已设计
	电离辐射警告标志	已设计
紧急设施	门灯联锁装置	已设计
	室内安装紧急止动装置	已设计
	对讲装置	已设计
监测设备	个人剂量计	计划配备
防护设施	患者防护	计划配备
防护器材	火灾报警仪	计划配备
	灭火器材	计划配备
其他	通风系统	已设计

六、环保投资

本项目总投资**万元，环保投资**万元，占总投资的**%。本项目环保投资估算见下表。

表 10-11 环保设施及投资估算一览表

辐射安全防护设施		数量（套/个）	投资金额（万元）
非密封放射性物质工作场所			
实体防护	防护墙体、铅防护门、注射铅窗、传递窗	/	计入大楼主体建设
场所设施	储源铅柜	**	**
	手套箱	**	**
	注射器防护提盒	**	**
	注射器防护套	**	**
	一体化注射装置	**	**
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料	**	**
	放射性废物暂存铅罐	**	**
	放射性废物暂存间铅废物箱（1个容积不低于 50L，4个容积不低于 250L）	**	**
	去污工具组	**	**

	不锈钢转运推车	**	**
	对讲装置	**	**
警示标识	电离辐射警示标识	**	**
	监督区、控制区标识	**	**
	患者就诊路径标识	**	**
安全设施	病员通道、患者通道门禁系统	**	**
	视频监控、语音广播系统	**	**
监测设备	储源室固定式剂量报警仪	**	**
	放射性活度计	**	**
	表面污染监测仪	**	**
	便携式X-γ辐射监测仪	**	**
个人防护用品	个人剂量报警仪	**	**
	个人剂量计	**	**
	铅橡胶衣、铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅玻璃眼镜（0.5mmPb）	**	**
放射性废物和废液	放射性废水衰变池	**	**
	放射性固体废物暂存间	**	**
	独立下水系统及排水管道屏蔽设施	**	**
其他	放射性表面去污用品和试剂	**	**
	手套箱独立排风系统	**	**
	其余区域排风系统	**	**
	屋面活性炭吸附装置	**	**
III类医用射线装置			
实体防护	四周墙体+屋顶屏蔽	**	**
	铅防护门、观察窗	**	
警示装置	工作状态指示灯	**	**
	电离辐射警告标志	**	**
紧急设施	门灯联锁装置	**	**
	紧急制动装置	**	**
	视频监控和对讲	**	**
监测设备	个人剂量计（技师）	**	**
防护设施	铅橡胶衣、铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶手套、铅防护眼镜等	**	**
	通风系统	**	**
合计			58.5

今后医院在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、施工期三废治理

(一) 废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，主要通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

(二) 噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。且禁止夜间施工，也尽可能选用噪音较小的施工设备。

(三) 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，生活污水产量较小，将依托医院污水处理设施处理。

(四) 固体废物

施工中固体废物主要为建筑废料、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾，施工垃圾和生活垃圾均已由医院统一收集并移交环卫部门清运。

二、运营期三废治理

(一) 废气治理措施

1、放射性废气

核医学科影像中心存在一定压差，各场所气流流向为：清洁区、监督区、控制区，控制区的负压高于监督区，监督区高于清洁区，各房间排风支管均设置有止回阀，防止放射性废气及气溶胶对工作场所造成交叉污染。手套箱通过设置抽风+自然进风的方式，使箱内保持负压状态，风速均大于 0.5m/s ，手套箱顶壁自带有活性炭过滤装置。

核医学科影像中心共设置5套放射性废气排风管道系统，其中分装标记/注射室内手套箱设置有1套独立排风管道，顶壁均安装有活性炭过滤装置，其余4套排风管道分别连接影像中心其余辐射工作场所，主管均汇至核医学科西侧排风井内，最终引至门诊医技住院综合楼塔楼（13F，距地约为66.3m）屋面经活性炭吸附装置处理后排放。

核医学科影像中心具体排风措施如下表所示：

表10-20 本项目核医学科工作场所排风措施一览表

场所	排风管道	涵盖场所	对应屋面风机	排风量	废气处理设施	排放方式及去向
核医学科影像中心	1#	PET 和 SPECT 分装标记注射室手套箱	**	**	**	每支风管均汇至核医学科西侧排风井内,最终引至门诊医技住院综合楼塔楼屋面经对应风机口处的活性炭吸附装置处理后排放排气口高于屋面 2m,距地面 66m。
	2#	SPECT/CT 机房、控制室、更衣室和 PET/CT 机房、控制室、更衣室	**	**	**	
	3#	储源室外走廊、分装标记注射室、放射性废物暂存间	**	**	**	
	4#	PET 和 SPECT 注射后等候室、抢救兼运动负荷室、检查后留观室、患者走廊	**	**	**	
	5#	影像中心患者专用卫生间	**	**	**	

综上,核医学科影像中心放射性废气处理措施满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中关于“①保持工作场所负压和各区之间的压差,使得工作场所气流由清洁区流向监督区再流向控制区;②应在手套箱设计独立排风系统,在每一个密闭设备顶壁安装活性炭过滤装置,经过滤装置处理后的废气经管道在楼顶经过活性炭过滤装置处理后排放;③通风系统排气口应高于建筑物屋顶,尽可能远离附近高层建筑”等相关要求。

2、臭氧

本项目 2 台 III 类射线装置运行时 X 射线与空气作用会产生少量臭氧,该工作场所区域均设置有通排风设施,产生的臭氧经排风管道抽至门诊医技住院综合楼塔楼屋面排放。

(二) 废水处理措施

1、放射性废水

(1) 放射性废水处理措施

本项目放射性废水主要来自患者注射完药物候诊、留观排泄的废水及分装标记注射室内医护冲淋洗手产生的废水和放射性废物暂存及转运间清洗产生的废水。各场所

均设置有放射性废水管道，通过管道经重力自流进入门诊医技住院综合楼负三层正下方的衰变池内进行衰变。

医院拟在二期门诊医技住院综合楼负三层中部设置1组衰变池，用于收集核医学科影像中心放射性废水 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu 的收集、衰变和排放。衰变池区域建筑面积 121m^2 ，该场所布置包括：衰变池1~3#（每格衰变池均包含有污水提升泵井）、检修间、衰变池控制室。该衰变池设计均为槽式衰变池，采用三格并联衰变工艺，单格有效容积均为 30m^3 ，总有效容积为 90m^3 。

根据衰变池设计资料，衰变池池体采用 300mm 钢筋混凝土现浇，池体坚固防渗，耐酸碱腐蚀，池壁内做防渗涂料，顶板采用 250mm 混凝土。衰变池周围设置了电离辐射标志与中文警示说明，衰变池设置有排气管，用以排放放射性废液储存期间产生的气体。衰变池液面距盖板距离不小于 20cm，距池体顶板厚度不小于 30cm，检修井盖设置有电离辐射标志，设置有 5mm 铅当量铅板防护。放射性废水的排放管道采用 DN100 不锈钢管体或铸铁管，外包 5mm 铅当量的铅皮包裹，防止泄漏。排放管道走线避开人群密集区域，尽量减小对公众的辐射影响。

(2) 衰变池运行原理

3 格衰变池并联，依次使用。初使用时，1#衰变池电动阀开启，2#、3 #衰变池电动阀关闭；1#衰变池水位达到最高水位时，1#衰变池电动阀关闭，2#衰变池电动阀开启；2#衰变池水位达到最高水位时，2#衰变池电动阀关闭，3#衰变池电动阀开启；3#衰变池水位达到最高水位时，3#衰变池电动阀关闭，如此循环反复。放射性废水在衰变池内停留一个排水周期，最终进入医院一般污水管网作为一般废水进行处理。3 格衰变池轮流使用，衰变池加盖上锁，并安排专人管理。

同时为保障该衰变池的长效可靠运行还需采取如下管理措施：

①衰变池区域应作为重点防渗区（渗透系数需 $\leq 10^{-10}\text{cm/s}$ ）和控制区进行独立管理，建设单位专职部门应定期对放射性废水管道、阀门、池体及附属安全设施（如液位报警、电控系统）及防渗设施进行维护和检修，防止“跑、冒、滴、漏”情况出现，同时防止污泥硬化淤积、堵塞进出水口、池体超压等情况发生，不得随意对下水管道进行改线或接入非放下水管道，不得设置U型下水管路，保持管道内径光滑并具有一定的下水坡度，防止出现放射性物质沉积。

②放射性废水衰变池设有废水取样口和检修口，排放前应对放射性废水进行取样

监测，监测结果符合排放标准后方可排放。建设单位应对每次排放时间、排放量等做好详细记录，保留好排放前废水监测报告，设置专门的废水排放台账台账应有专人管理，存档保存。

③为防止衰变池过满溢出，每个衰变池设置液位计，随时监控衰变池内水位，到达预定位置时即可报警并提示自动关闭进水阀门，使废水进入一下个池体。

(3) 衰变池容积容量可行性分析

本项目核医学科影像中心放射性废水核素主要为 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu ，最长半衰期核素 ^{64}Cu 的半衰期为 12.7h ($<24\text{h}$)， ^{125}I 粒子植入手术不产生放射性废水，根据核素诊疗用药情况 PET/CT： ^{18}F 诊断 30 人次/天、 ^{64}Cu 诊断 5 人次/天，SPECT/CT： $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 诊断 60 人次/天。废水来源主要为：①受检者排尿和洗手的冲洗用水，用水量按 10L/人估算；②场所清洁废水，按 $0.1\text{m}^3/\text{天}$ 估算；③工作人员清洗用水，保守考虑按每人 $0.05\text{m}^3/\text{d}$ 进行估算；则核医学科影像中心每天放射性废水量粗略估计为： $10\text{L}/\text{人} \times (30+5+60) + 0.1\text{m}^3/\text{d} + 0.05\text{m}^3/\text{d} \times 4 = 1.25\text{m}^3/\text{d}$ 。

综上所述，本项目核医学科影像中心，每日产生污水量为 1.25m^3 。本项目衰变池为 3 格槽式设计，每格衰变池有效容积为 30m^3 ，偏保守考虑，放射性废水待放满第 1 格衰变池起才计算衰变时间，直到放满其余 2 格衰变池，再排放第 1 格衰变池废水，注满 2 格衰变池需要 48d，即第 1 格放射性废水拟排放前的衰变时长为 48d ($>30\text{d}$)。

当废水衰变时长超过 30d 后，便打开阀门，排入流量大于 10 倍排水量医院内部污水管网进入医院污水处理站，每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，并作好记录。综上，本项目衰变池的容积满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188—2021) 中关于“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”的要求。

2、生活污水

运营期工作人员产生生活污水依托医院污水处理站（处理能力 $800\text{m}^3/\text{d}$ ），处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中要求后，排入市政污水管网进入陡沟河污水处理厂处理。

(三) 固体废物处理措施

1、放射性固体废物

(1) 放射性固体废物暂存要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)，针对放射性固废的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

1) 放射性固体废物收集

①按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理；②建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案；③放射性固废收集桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋；④放射性废物每袋重量不超过 20kg，装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

2) 放射性固废临时贮存和最终处理

①放射性废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

②固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

③固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

(2) 放射性固体废物处理措施

本项目核医学科影像中心患者走廊尽头设置1间放射性废物暂存间及放射性废物转运间，占地面积分别约 10.88m^2 和 4.80m^2 ，其中放射性废物暂存间内布置有1个容积不低于50L的铅废物箱(10mmPb)，用于暂存废活性炭；布置有4个容积不低于250L的铅废物箱(10mmPb)，用于暂存废注射器、棉棒、一次性卫生用品、垫料等。该场所内产生的放射性固废按上述分类方式分别进行袋装后，做好记录放射性废物的核素名称、废物产生起始日期和暂存最低截止日期的标签后放入铅箱中暂存衰变，待满足衰变时间后进行表面污染活度和 γ 辐射剂量率监测，达标后转入医院医疗固废暂存间做为医疗固废进行下一步处理。病人等候显像和留观期间产生的沾染有核素的生活垃圾待满足衰变时间和监测满足相应限值要求后做为一般固废进行处置。废碘125粒籽源和废 ^{68}Ge 校准源及时交由厂家回收处置。放射性废气过滤装置更换下的活性炭吸附滤芯应

在放射性废物暂存间暂存并经监测达标后，作为危险废物交有资质单位处理。

经下文表 11 核算,本项目核医学科诊断区设置的放射性废物暂存间暂存能力大于放射性固体废物产生量，暂存期满后核素的活度浓度、活度均分别低于豁免水平。

2、一般固体废物处理措施

本项目运营期产生的生活垃圾、办公垃圾依托医院收集设施收集后交由市政环卫统一清运。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目依托二期门诊医技住院综合楼建设，土建施工影响已在《四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期工程建设项目环境影响报告表》（龙环评审【2024】24号）中进行了评价，施工过程中产生的废水、废气和固废按照上述报告表及批复文件中提出的环保设施和环保措施处理即可，本次评价不涉及。

本项目辐射工作场所还需进行墙面硫酸钡涂抹、铅板等防护施工、场所装修、设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他防护设施的安裝，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。

（一）装修施工期环境影响分析

1、大气环境影响分析

装修过程中产生的废气污染物相对较少，施工现场采用“环保型”油漆及涂料，工作人员在焊接施工时佩戴相应防护面罩，并采取洒水降尘等措施抑制扬尘和颗粒物。在施工过程中加强通风或采用室内空气净化措施，全程严格按《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）控制室内环境水平，可将废气对周围环境的影响降至最低。

2、水环境影响分析

本项目装修施工过程中会产生少量的施工废水，用于降尘，废水产量较少且无污染物溶解，自然蒸发后对周围水环境影响较小；施工人员生活会排放少量的生活污水，依托医院污水收集系统收集处理后排入市政污水管网，不会对周围水环境产生影响。

3、声环境影响分析

施工过程中会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟尽量采取使用低噪音设备、避免夜间施工、在声源附近设置掩蔽物、注意对施工设备的保养以及使施工设备保持良好运行状态等措施，来尽量降低本项目噪声对周围的影响。

4、固体废物影响分析

本项目装修过程产生的固体废弃物主要是生活垃圾、装修垃圾等。

①生活垃圾

施工期生活垃圾产生量较小，应妥善处置，减少雨水冲刷造成地表污染，并保持

工区环境的洁净卫生。生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由市政环卫部门统一清运。

②装修垃圾

项目施工过程中会产生一些建筑垃圾、包装袋、包装箱、碎木块、余料等。首先对其可回收利用部分进行回收，其余不能回收部分作为建筑垃圾，由施工单位集中收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场处理。本项目装修工程工期较短，施工量小，在院方的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

（二）设备安装调试期环境影响

本项目射线装置在安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定辐射影响。在设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

本项目拟购射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行，安装和调试均在辐射防护设施建设完成后进行。

在设备安装调试阶段，医院应配合设备厂家加强安装调试现场的辐射安全管理，在此过程中保证各类辐射安全防护设施正常运行。在设备调试期间关闭防护门，在防护门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

本项目拟在二期门诊医技住院综合楼负二层北部核医学科影像中心新增 1 台 PET/CT 和 1 台 SPECT/CT，使用放射性同位素 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{64}Cu 开展显像诊断，使用 ^{125}I 进行粒子植入，产生的电离辐射包括 X 射线、 β 射线、 γ 射线，药品来源均为外购，核医学科影像中心日等效操作量共为 $8.43 \times 10^7 \text{Bq}$ ，为乙级非密封性放射性物质工作场所，使用 3 枚 ^{68}Ge 放射源用于对 PET-CT 进行校准，活度为 $9.25 \times 10^7 \text{Bq} \times 1 \text{枚} + 4.625 \times 10^8 \text{Bq} \times 2 \text{枚}$ 。

（一） β 射线的辐射影响分析

本项目涉及使用的 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{64}Cu 核素在衰变过程中会有 β 粒子，根据《辐射防护

手册 第三分册》（原子能出版社）， β 粒子在不同介质中的射程按下式计算：

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

式中：

d —— β 射线在介质中的射程，cm；

ρ ——介质的密度，空气密度为 $1.29 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ ；砖密度为 $1.65/\text{cm}^3$ ；铅密度为 11.34g/cm^3 ；铅玻璃密度为 7.36g/cm^3 ；

E_{MAX} —— β 射线的最大能量，MeV。

表11-1 各核素 β 射线在空气中理论最大射程

核素	^{18}F	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{64}Cu
β 射线能量(MeV)	**	**	**
空气密度(g/cm^3)	1.29×10^{-3}		
空气中的射程 (cm)	2.44E+02	7.75E-01	2.52E+02
实心砖墙密度(g/cm^3)	1.65		
砖墙中的射程 (cm)	1.91E-01	6.06E-04	1.97E-01
铅玻璃密度(g/cm^3)	4.77		
铅玻璃中射程 (cm)	6.60E-02	2.10E-04	6.81E-02
混凝土密度(g/cm^3)	2.35		
混凝土中射程 (cm)	1.34E-01	4.26E-04	1.38E-01

由上表可知，本项目涉及使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{64}Cu 核素产生的 β 射线在空气中射程较短，在实心砖、玻璃和混凝土中的射程可以忽略不计，同时在整个使用过程中职业人员穿戴有0.5mm铅当量的防护铅服，公众与放射性核素之间均有墙体或铅玻璃阻隔，因此综上所述 β 射线对职业人员和公众辐射影响是很小，可忽略不计。

（二）韧致辐射（X射线）影响分析

由于 β 粒子在遇到重质材料（如：铅、铁等原子序数大于56的材质）屏蔽时，才会产生韧致辐射，因此本次评价主要考虑分装、操作过程中有铅屏蔽时的韧致辐射影响，本项目涉及分装的主要为 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{64}Cu 三种核素，根据《辐射防护导论》（P133），韧致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式如下：

$$D = 4.58 \times 10^{-14} \cdot A \cdot Z \cdot (\mu_{en}/\rho) \cdot (E_b/r)^2 \dots\dots\dots \text{式 (11-2)}$$

式中： D ——屏蔽层中 β 粒子产生的韧致辐射在 $r(0.5\text{m})$ 处空气中的吸收剂量率，Gy/h；

μ_{en}/ρ ——是平均能量为 $E_b(E_b=1/3E_{max})$ 的韧致辐射在屏蔽材料中质量能量吸收系数， $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，由《辐射防护导论》附表1查得；

A—放射源活度，Bq；

Z—电子屏蔽材料的有效原子序数，根据《辐射防护导论》表 4.4 查得铅有效原子序数为 82。

根据《辐射防护导论》（P134）经屏蔽体衰减后，屏蔽体外剂量当量率由下式计算：

$$E = D \cdot 0.1^{(d/TVL)} \quad \text{式 (11-2)}$$

式中：

E—屏蔽体外剂量当量率，Gy/h，

D—屏蔽层中 β 粒子产生的韧致辐射在 r(0.5m)处空气中的吸收剂量率，Gy/h；

d—屏蔽层厚度，cm；

TVL—屏蔽层在 β 粒子平均能量下的什值层厚度，cm，由《辐射防护导论》表 3.5 查得。

β 粒子所致韧致辐射空气吸收剂量率及屏蔽体外辐射剂量当量率计算结果见下表。

表11-2 韧致辐射空气吸收剂量率及屏蔽体外剂量率计算表

核素	^{18}F	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{164}Cu
β 粒子能量 (MeV)	0.63	0.002	0.65
β 粒子平均能量 (MeV)	0.21	0.001	0.22
操作活度 (Bq)	1.11E+10	4.88E+10	7.40E+08
空气质量能量吸收系数 ($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	**	**	**
屏蔽前空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	**	**	**
屏蔽层铅当量厚度 (cm)	**	**	**
铅什值层厚度* (cm)	**	**	**
屏蔽体外剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	6.55E-40	2.95E-108	4.66E-41

*注：对照《辐射防护导论》表3.5，保守按较高能量查得什值层厚度。

经计算，本项目操作位距离辐射源0.5m处韧致辐射剂量当量率最大为6.55E-40，韧致辐射为周围辐射剂量率贡献值很小，本次评价可以忽略。

（三）III类射线装置的X射线外照射

对于PET/CT、SPECT/CT机房，还需考虑PET/CT、SPECT运行时产生的X射线的辐射屏蔽。拟建PET/CT、SPECT/CT机房四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗的建设均采取了辐射屏蔽，充分考虑邻室（含楼上下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度满足核素屏蔽要求，均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从X射线放射诊断屏蔽方面考虑，本评价项目的各机房的防护设施的技术要求满足《放

射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中的相关防护设施的技术要求。因此,可进一步得知本次评价的射线装置在正常运行时可满足“周围剂量当量率控制目标值应不大于2.5μSv/h”的要求。

(四) 校准用密封源的环境影响

本项目 PET/CT 设备拟使用 3 枚 ⁶⁸Ge 校准源,一般情况下校准源储存在储源室的储源柜内,进行图片质量校准时从储源室中取出放置在需要校准的设备上采集信息。放射源处于贮存状态时,贮存容器和储源室的屏蔽设施能够完全屏蔽掉γ射线对周围环境的影响。校准状态时,使用场所在做了专门防护的扫描间内,校准时,校准源需放置在设备自带屏蔽体内部,对周围环境影响可忽略不计。

校准时间选择在非运营时间,故不会有非相关人员的进入。专门负责的校准工作人员穿着专门的铅衣在扫描间对机器进行校准,且本项目使用的校准源活度较低,因此校准源使用过程中对周围环境影响很小,对工作人员的剂量贡献较低。

(五) γ辐射环境影响分析

1、预测模式

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

参考《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)附录 I 中第 1.2 款,屏蔽体外辐射剂量率可由公式 I.1(瞬时剂量率计算方法)推导出来,具体计算公式见式 11-3:

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_p \times r^2}\right) \quad \text{式 (11-3)}$$

式中:

$\dot{H}_p$ —屏蔽体外关注点的剂量率控制值, μSv/h;

A—单个患者或受检者所用放射源的最大活度, MBq;

Γ—1m处的周围剂量当量率常数, μSv·m²·(hMBq)⁻¹;

r—关注点到辐射源的距离, m;

x—拟采用的屏蔽厚度，cm；

TVL — γ 射线在相应屏蔽材料中的十分之一值层厚度，cm。

由上式推得，屏蔽体外关注点剂量率计算公式为：

$$H_p = A \times \Gamma \times r^{-2} \times 10^{-x/TVL} \dots\dots\dots \text{式 (11-4)}$$

式中：

H_p —经屏蔽材料屏蔽后关注点的剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

2、预测点位选择及控制剂量率

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)以及国家核安全局《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(辐射函(2023)20号)，距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间、给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外以及核医学科患者走廊等位置等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。手套箱、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

针对该要求，本次评价主要选择控制区内屏蔽体外表面30cm处，同时选择控制区内的手套箱、注射窗等设备外表面30cm处人员操作位和显像摆位处对职业人员操作位剂量率进行估算，选取距辐射源最近居留处对职业人员和公众受照剂量进行预测评价。

3、预测核素选取及源强分析

(1) 预测核素

本项目PET诊断工作使用放射性核素 ^{18}F 和 ^{64}Cu ，根据前文分析， ^{18}F 核素诊断人数最多，日使用量最大，且两种核素诊断流程相同，因此PET诊断用核素对工作场所的辐射影响分析均按照 ^{18}F 核素进行辐射屏蔽分析。SPECT诊断项目仅使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素。同时，PET-CT机房和SPECT-CT机房，除了要考虑 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发射的 γ 射线外，还应满足CT的防护要求。

CT机产生的X射线能量（管电压140kV）远低于放射性核素 ^{18}F 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 产生的 γ 射线的能量，因此PET-CT机房和SPECT-CT机房的厚度只要满足了屏蔽 γ 射线的需要，即可满足对CT产X射线的屏蔽需要。

(2) 源强分析

①SPECT/CT：SPECT/CT机房每次仅可容纳1个人，故其屏蔽体外辐射剂量率由

^{99m}Tc 单人次最大注射量 $8.14\times 10^8\text{Bq}$ 计算得到；SPECT注射后等候室一次最多可容纳2人，故其屏蔽体外辐射剂量率则由**计算得到。

②**PET-CT**：PET-CT机房每次仅可容纳1个人，故其屏蔽体外辐射剂量率由 ^{18}F 单人次最大注射量 $3.70\times 10^8\text{Bq}$ 计算得到；PET-CT注射后等候室一次可容纳2人，故其屏蔽体外辐射剂量率则由**计算得到。

③SPECT/CT 诊断和 PET-CT 诊断共用场所

由于不同的核素对应的单次注射活度（A）和周围剂量当量率常数（ Γ ）不一致，根据公式 $H_p = A \times \Gamma \times r^{-2} \times 10^{-x/TL}$ ，虽然 ^{99m}Tc 单人次最大注射量略大于 ^{18}F ，但与剂量当量率常数相乘以后的结果以 ^{18}F 进行计算较大，因此**诊断区公共场所的辐射影响分析按 ^{18}F 核素进行辐射屏蔽分析。**

1) 设置有两间规格一样的储源室，PET 和 SPECT 诊断核素分别存放，场所屏蔽体外辐射剂量率以 ^{18}F 核素为代表计算。由于 ^{18}F 送药分为每天上午、下午各 1 次，考虑到核素随送药时间的推移而衰变，保守考虑二倍备药余量，储源室内 ^{18}F 最大用量保守按照单次最大送药量进行估算；

2) 抢救兼运动负荷室单次最多容纳 1 人，由 ^{18}F 单人次最大注射量**作为源强计算；3) 检查后留观室最多可同时容纳 2 人，保守按照 ^{18}F 患者进行预测，故其屏蔽体外辐射剂量率则由**计算得到；

3) 患者检查通道源强按照 ^{18}F 单人次最大注射量 $3.70\times 10^8\text{Bq}$ 核算。

本项目核医学诊断区各工作场所屏蔽体外辐射剂量率计算参数如表11-3所示，计算结果见表11-4。

表11-3 使用放射性药物工作场所辐射屏蔽计算参数

核素	周围剂量当量率常数 (裸源) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{MBq}$)	周围剂量当量率常数 (患者体内) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{MBq}$)	TVL (mm)		
			铅 ($11.3\text{g}/\text{cm}^3$)	实心砖 ($1.65\text{g}/\text{cm}^3$)	混凝土 ($2.35\text{g}/\text{cm}^3$)
^{18}F	0.143	0.092	16.6	263	176
^{99m}Tc	0.0303	0.0207	1	160	110

备注：周围剂量当量率常数（裸源）数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）表H.1，周围剂量当量率常数（患者体内）数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）表L.1，TVL取值来源于表I.1。

表11-4 核医学科影像中心各关注点辐射剂量率预测结果

位置		距离 (m)	屏蔽厚度		辐射剂量 率 ($\mu\text{Sv/h}$)	控制剂量 率 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
PET手套箱外表面 (源强: $^{18}\text{F}/11100\text{MBq}$)		0.5	**		1.54E+00	2.5	药物分装
SPECT手套箱 (源强: $^{99\text{m}}\text{Tc}/48800\text{MBq}$)		0.5	**		5.91E-02	2.5	药物分装
储源室 (源强: $^{18}\text{F}/11100\text{MBq}$)	北侧墙体外 30cm 处	1.3	**	**	1.95E-01	2.5	应急冲淋
	西侧墙体外 30cm 处	1.7	**		1.14E-01	2.5	药物分装注射区域走道
	东侧墙体外 30cm 处	0.7	**		6.71E-01	2.5	更衣室
	南侧墙体外 30cm 处	1.3	**		1.95E-01	2.5	药物分装注射区域走道
	防护门 30cm 处	1.7	**		1.07E+00	2.5	
	楼上地板 30cm 处	5.1	**		9.02E-03	2.5	DR机房
	楼下地板 30cm 处	5.3	**		8.36E-03	10	地下停车场
SPECT分装标记注射室 (源强: $^{99\text{m}}\text{Tc}/814\text{MBq}$)	护士注射位	0.3	**	**	1.87E-13	2.5	/
	北侧墙体外 30cm 处	2.5	**		8.53E-13	2.5	药物分装注射区域走道
	西侧墙体外 30cm 处	1.3	**		3.15E-12	2.5	护士站
	东侧墙体外 30cm 处	1.3	**		3.15E-12	2.5	PET分装标记注射室
	防护门 30cm 处	2.5	**		2.70E-10	2.5	药物分装注射区域走道
	楼上地板 30cm 处	5.1	**		3.46E-08	2.5	DR机房
	楼下地板 30cm 处	5.3	**		3.20E-08	10	地下停车场
SPECT/CT机房 (源强: $^{99\text{m}}\text{Tc}/814\text{MBq}$)	观察窗 30cm 处	3.5	**	**	1.38E-15	2.5	控制室
	摆位技师身位	0.5	**		2.13E+01	/	机房内
	北侧墙体外 30cm 处	4.0	**		5.13E-05	2.5	医护走道
	西侧墙体外 30cm 处	3.5	**		6.70E-05	2.5	控制室
	东侧墙体外 30cm 处	3.5	**		6.70E-05	2.5	医护通道
	南侧墙体外 30cm 处	4.0	**		5.13E-05	2.5	患者走道
	西侧防护门 30cm 处	3.5	**		1.38E-15	2.5	控制室
	南侧防护门 30cm 处	4.0	**		1.05E-15	10	患者走廊
	楼上地板 30cm 处	5.1	**		6.48E-03	2.5	库房
	楼下地板 30cm 处	5.3	**		2.60E-03	10	地下停车场
SPECT注射后 等候室	北侧墙体外 30cm 处	2.5	**	**	1.71E-07	10	患者走道
	西侧墙体外 30cm 处	2.0	**		2.66E-07	10	弱电间

(源强: $^{99m}\text{Tc}/1628\text{MBq}$)	东侧墙体外 30cm 处	2.0	**		2.66E-07	2.5	病卫
	南侧墙体外 30cm 处	2.5	**		1.71E-07	2.5	库房
	防护门 30cm 处	2.5	**		5.39E-15	10	患者走道
	楼上地板 30cm 处	5.1	**		6.91E-03	2.5	走廊
	楼下地板 30cm 处	5.3	**		6.40E-03	10	衰变池
PET分装标记注射室 (源强: $^{18}\text{F}/370\text{MBq}$)	护士注射位	0.3	**	**	3.68E-01	2.5	/
	北侧墙体外 30cm 处	2.5	**		7.24E-02	2.5	药物分装注射区域走道
	西侧墙体外 30cm 处	1.3	**		2.68E-01	2.5	SPECT分装标记注射室
	东侧墙体外 30cm 处	1.3	**		2.68E-01	2.5	控制室
	防护门 30cm 处	2.5	**		6.80E-01	2.5	药物分装注射区域走道
	楼上地板 30cm 处	5.1	**		1.24E-02	2.5	DR机房
	楼下地板 30cm 处	5.3	**		1.15E-02	10	地下停车场
PET/CT机房 (源强: $^{18}\text{F}/370\text{MBq}$)	观察窗 30cm 处	3.5	**		**	2.5	控制室
	摆位技师身位	0.5	**		1.27E+02	/	机房内
	北侧墙体外 30cm 处	4.0	**		6.32E-02	2.5	医护走道
	西侧墙体外 30cm 处	3.5	**		8.25E-02	2.5	控制室
	东侧墙体外 30cm 处	3.5	**		8.25E-02	2.5	资料室\库房
	南侧墙体外 30cm 处	4.0	**		6.32E-02	10	患者走道
	西侧防护门 30cm 处	3.5	**		3.47E-01	2.5	控制室
	南侧防护门 30cm 处	4.0	**		2.66E-01	10	患者走道
	楼上地板 30cm 处	5.1	**		4.97E-02	2.5	CT机房
	楼下地板 30cm 处	5.3	**		4.60E-02	10	地下停车场
PET/CT注射后等候室 (源强: $^{18}\text{F}/740\text{MBq}$)	北侧墙体外 30cm 处	2.5	**		5.80E-01	10	患者走道
	西侧墙体外 30cm 处	2.0	**		9.06E-01	2.5	病卫
	东侧墙体外 30cm 处	2.0	**		9.06E-01	2.5	患者出院通道
	南侧墙体外 30cm 处	2.5	**		5.80E-01	2.5	库房
	防护门 30cm 处	2.5	**		1.36E+00	10	患者通道
	楼上地板 30cm 处	5.1	**		9.94E-02	2.5	更衣室
	楼下地板 30cm 处	5.3	**		9.20E-02	10	地下停车场
抢救兼运动负荷室 (源强: $^{18}\text{F}/370\text{MBq}$)	北侧墙体外 30cm 处	2.5	**		5.05E-01	10	患者走道
	西侧墙体外 30cm 处	2.2	**		6.52E-01	2.5	患者出院通道
	东侧墙体外 30cm 处	2.2	**		6.52E-01	2.5	病卫

	南侧墙体外 30cm 处	2.5	**	5.05E-01	2.5	储藏室
	防护门 30cm 处	2.5	**	6.80E-01	10	患者走道
	楼上地板 30cm 处	5.1	**	4.97E-02	2.5	走廊
	楼下地板 30cm 处	5.3	**	4.60E-02	10	地下停车场
检查后留观室 (源强: $^{18}\text{F}/740\text{MBq}$)	北侧墙体外 30cm 处	2.5	**	1.01E+00	10	患者走道
	西侧墙体外 30cm 处	2.2	**	1.30E+00	2.5	病卫
	东侧墙体外 30cm 处	2.2	**	1.30E+00	2.5	放射性废物 暂存间
	南侧墙体外 30cm 处	2.5	**	1.01E+00	2.5	储藏室
	防护门 30cm 处	2.5	**	1.36E+00	10	患者走道
	楼上地板 30cm 处	5.1	**	9.94E-02	2.5	走廊
	楼下地板 30cm 处	5.3	**	9.20E-02	10	地下停车场
患者走道 (源强: $^{18}\text{F}/370\text{MBq}$)	防护门表面 30cm 处	2.0	**	1.06E+00	2.5	核医学候诊 大厅
	两侧墙体	1.5	**	8.05E-01	2.5	/

由上表 11-4 各关注点估算结果可知,①控制区内人员经常性停留的房间四周墙体、防护门外表面 30cm 处周围剂量当量率最大值为 $1.30\mu\text{Sv/h}$, 满足 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制剂量率要求;②控制区内手套箱外表面 30cm 处人员操作位周围剂量当量率最大值为 $1.54\mu\text{Sv/h}$, 满足 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制剂量率要求;③控制区内屏蔽体外人员偶尔居留的区域(患者走廊、地下停车场区域)周围剂量当量率最大为 $1.36\mu\text{Sv/h}$, 满足 $10\mu\text{Sv/h}$ 控制剂量率要求。上述屏蔽体外关注点周围剂量当量率均满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的相关要求,因此本项目核医学科影像中心辐射防护屏蔽设计是合理的。

实际上,病人在注射后候诊室等待过程中,由于衰变作用导致病人体内核素的活度不断减少,因对墙外或门外的辐射影响也不断降低。

(六) 职业及公众个人剂量估算

1、职业人员受照剂量估算

本项目核医学影像诊断工作过程中,职业人员及公众受照射的环节主要为:

(1) 药物分装:

核医学科场所内拟设置有2个手套箱,药物测活和分装时间约为60s/次。依据表11-4计算结果可知, SPECT诊断分装 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 时手套箱外表面剂量率: $9.87\text{E}-04\mu\text{Sv/h}$; PET诊断分装 ^{18}F 时手套箱外表面剂量率: $4.11\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 药物注射

药物注射时间约为 30s/人次，依据表 11-4 计算结果可知，SPECT 诊断取 ^{99m}Tc 药物注射时工作人员身位处的辐射剂量率：**；PET 诊断取 ^{18}F 药物注射时工作人员身位处的辐射剂量率：3.68E-01 $\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) SPECT-CT 和 PET-CT 诊断患者摆位

大多数情况下技师位于控制室内进行语音提示摆位，约有 1/10 的患者需技师进入机房内指导摆位，摆位时间约 60s/人次，患者与技师直线距离约 0.5m，摆位人员接触患者的整个过程中均穿戴 0.5mmPb 个人防护用具。依据表 11-4 计算结果可知，SPECT-CT 机房内摆位人员处的辐射剂量率：**，PET-CT 机房内摆位人员处的辐射剂量率：**。

(4) SPECT-CT 和 PET-CT 扫描

SPECT-CT 和 PET-CT 扫描时间约为 15~20min/人次，工作人员采用隔室操作设备进行扫描。依据表 11-4 计算结果可知，SPECT-CT 机房工作人员操作位处的最大辐射剂量率为：**，PET-CT 机房工作人员操作位处的最大辐射剂量率为：**。

根据上述核医学科内屏蔽体外剂量率预测结果分析，职业人员年最大有效剂量估算公式如下：

$$H_r = H \cdot t \cdot T \cdot 10^3 \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

式中： H_r —辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

H —辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —年工作时间，h；

T —居留因子，职业人员保守按照 1 考虑，公众人员参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 表 A.1。

表11-5 核医学科辐射工作人员情况以及工作负荷一览表

工作场所	操作	工作负荷		人员数量	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 (mSv)	
		秒/次	次/年				
SPECT/CT 诊断	测活、分装	**	18000	1 名护士	**	1.77E-02	1.77E-02
	注射	**	18000		**	2.81E-14	
	摆位	**	1800	1 名技师	**	6.39E-01	6.39E-01
	扫描	**	18000		**	8.28E-15	
PET-CT 诊断	测活、分装	**	9000	1 名护士	**	2.31E-01	2.59E-01
	注射	**	9000		**	2.76E-02	
	摆位	**	900	1 名技师	**	1.91E+00	2.95E+00

	扫描	**	9000		**	1.04E+00	
--	----	----	------	--	----	----------	--

由上表11-5可知，核医学科影像中心辐射工作人员年有效剂量最大为2.95mSv/人，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中规定的“一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a”要求。

2、公众受照剂量估算

根据表11-4可知各辐射工作场所周围辐射剂量率计算源强，结合最近公众的距离，计算出公众最近关注点辐射剂量率，从而求得公众所受剂量。由于辐射剂量率与距离成反比，故可仅保守考虑距离辐射工作场所最近公众的年有效剂量，以代表同一方位距离更远的保护目标为公众的年有效剂量，详见下表。

表11-6 核医学科影像中心所致公众人员年有效剂量

最近的保护目标	辐射场所	与辐射场所最近距离m	剂量率(μSv/h)	居留因子	受照时间(h)	年最大有效剂量(mSv)
北侧医护工作室、阅片室、值班室、卫生间等	PET-CT 机房	**	**	**	**	4.74E-02
北侧下沉庭院、地面停车场	PET-CT 机房	**	**	**	**	3.29E-04
西侧护士站、候诊区、患者电梯厅、地下车库	PET分装标记注射室	**	**	**	**	4.02E-02
南侧库房、储藏间、走道、地下车库	PET注射后等候室	**	**	**	**	8.16E-02
南侧医院职工宿舍	PET注射后等候室	**	**	**	**	7.06E-04
东侧医护通道、电梯厅、空调机房、地下车库	SPECT/CT 机房	**	**	**	**	1.01E-04
西北侧院外恋日家园B区	储源室	**	**	**	**	1.37E-03
东北侧行政楼	SPECT/CT 机房	**	**	**	**	1.90E-07
上方 CT、DR、MRI 机房等区域	储源室	**	**	**	**	2.15E-03
下方停车场及衰变池区域	储源室	**	**	**	**	4.61E-04

备注：①若墙体为回填土或位于空中，人员无法到达，则不对该点位进行预测；②若墙体为控制区和监督区，公众无法到达，亦不对该点位进行预测；③关注点仅考虑辐射场所50m共同范围内的，大于50m不考虑其叠加影响。

综上，核医学科周围公众的年有效剂量最大为8.16E-02mSv/a，能满足公众人员的年有效剂量率小于评价项目提出的剂量管理限值0.1mSv/a。

由此可见，本项目正常运营后，对核医学科周围环境中的工作人员和公众的辐射影响均能满足相关标准要求。由以上估算结果及分析可知，本项目工作人员和公众成

员所受到的附加辐射照射，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求以及本项目剂量约束值的要求。

3、 β 表面沾污的防护措施

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

①使用、操作放射性同位素的人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；

②开瓶、转移、标记、分离纯化等易产生放射性物质逸出或飞散的操作，其操作须在通风柜内进行；

③操作液体放射性物质应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料；

④吸取液体的操作必须用合适的器具，严禁用口吸取；

⑤不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作；

⑥放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污，工作人员应进行淋浴；

⑦放射性药品用后应及时存放在专用柜内，需防盗、防水、防火、柜外应有电离辐射标志；

⑧做好就诊病人的管理，特别是已服药和注射放射性药品的病人管理工作，严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随处走动。

⑨如 β 表面污染水平超过GB18871-2002规定值，医院应暂停开展核医学活性区的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务，同时辐射工作人员出现手、皮肤、内衣、工作袜等出现污染情况（超过 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）需及时进行去污操作并暂停放射性物质操作，评估其受照射剂量，并根据评估结果采取下一步措施（调整工作或接受治疗等）。

（七）放射性“三废”影响分析

1、放射性废水

（1）放射性废水处理措施

本项目放射性废水主要来自患者注射完药物候诊、留观排泄的废水及分装标记注射室内医护冲淋洗手产生的废水和放射性废物暂存及转运间清洗产生的废水。各场所均设置有放射性废水管道，通过管道经重力自流进入门诊医技住院综合楼负三层正下方的衰变池内进行衰变。

医院拟在二期门诊医技住院综合楼负三层中部设置1组衰变池，用于核医学科影像中心放射性废水 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu 的收集、衰变和排放。衰变池区域建筑面积 121m^2 ，该场所布置包括：衰变池1~3#（每格衰变池均包含有污水提升泵井）、检修间、衰变池控制室。该衰变池设计均为槽式衰变池，采用三格并联衰变工艺，单格有效容积均为 30m^3 ，总有效容积为 90m^3 。

根据衰变池设计资料，衰变池池体采用 300mm 钢筋混凝土现浇，池体坚固防渗，耐酸碱腐蚀，池壁内做防渗涂料，顶板采用 250mm 混凝土。衰变池周围设置了电离辐射标志与中文警示说明，衰变池设置有排气管，用以排放放射性废液储存期间产生的气体。衰变池液面距盖板距离不小于 20cm，距池体顶板厚度不小于 30cm，检修井盖设置有电离辐射标志，设置有 5mm 铅当量铅板防护。放射性废水的排放管道采用 DN100 不锈钢管体或铸铁管，外包 5mm 铅当量的铅皮包裹，防止泄漏。排放管道走线避开人群密集区域，尽量减小对公众的辐射影响。

(2) 核医学科放射性废水产生量核算

本项目核医学科影像中心放射性废水核素主要为 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu ，最长半衰期核素 ^{64}Cu 的半衰期为 12.7h ($<24\text{h}$)， ^{125}I 粒子植入手术不产生放射性废水，根据核素诊疗用药情况 PET/CT： ^{18}F 诊断 30 人次/天、 ^{64}Cu 诊断 5 人次/天，SPECT/CT： $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 诊断 60 人次/天。废水来源主要为：

- ①受检者排尿和洗手的冲洗用水，用水量按 10L/人估算；
- ②影像中心清洁废水，按 $0.1\text{m}^3/\text{天}$ 估算；
- ③工作人员清洗用水，保守考虑按每人 $0.05\text{m}^3/\text{d}$ 进行估算，核医学科影像中心共 4 名辐射工作人员；

综上所述，核医学科影像中心每天放射性废水量粗略估计为： $10\text{L}/\text{人} \times (30+5+60) + 0.1\text{m}^3/\text{d} + 0.05\text{m}^3/\text{d} \times 4 = 1.25\text{m}^3/\text{d}$ 。

(3) 核医学科放射性废水衰变池容量合理性分析

本项目核医学科影像中心，每日产生污水量为 1.25m^3 ，衰变池为 3 格槽式设计，

每格衰变池有效容积为 30m^3 ，偏保守考虑，放射性废水待放满第 1 格衰变池起才计算衰变时间，直到放满其余 2 格衰变池，再排放第 1 格衰变池废水，注满 2 格衰变池需要 48d ($60\text{m}^3 \div 1.25\text{m}^3/\text{天} = 48\text{天}$)，即第 1 格放射性废水拟排放前的衰变时长为 48d ($> 30\text{d}$)。

当废水衰变时长超过 30d 后，便打开阀门，排入流量大于 10 倍排水量医院内部污水管网进入医院污水处理站，每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，并作好记录。综上，本项目衰变池的容积满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188—2021)中关于“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”的要求。

2、放射性固废

(1) 核医学科影像中心放射性固体废物

①工作人员操作过程产生的废注射器、针头、手套、棉签、纱布、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品以及其他可能受放射性污染的物品等，按照每人每天 0.02kg 产生量进行估算，核医学科影像中心年最大诊疗人数共为 27250 人，正常情况下，年放射性固体废物的产生量为 545kg ，按照平均密度 $100\text{kg}/\text{m}^3$ 核算，则年产生量为 5.45m^3 (5450L)。在 PET 和 SPECT 分装标记注射室内分别配置有 1 个 10mmPb 脚踏式废物桶（铅废物桶底部带有万向轮），桶内放置专用塑料袋，对于注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再放入塑料袋内，装满后转运至危废暂存间。

②放射性废气过滤装置更换下来的活性炭，约 3 个月更换一次，每次产生量约为 50kg ，按照颗粒柱状的活性炭密度 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 核算，则废活性炭每次产生量为 0.1m^3 (100L)。

③PET-CT 设备年使用 3 枚 ^{68}Ge 校准源，废弃的 ^{125}I 粒子源数量视情况而定。废 ^{125}I 粒子源和废 ^{68}Ge 校准源均及时交由厂家回收处置，不暂存。

核医学科影像中心患者走廊尽头设置有 1 间放射性废物暂存间及放射性废物转运间，占地面积分别约 10.88m^2 和 4.80m^2 ，其中放射性废物暂存间内布置有 1 个容积不低于 50L 的铅废物箱 (10mmPb)，用于暂存废活性炭；布置有 4 个容积不低于 250L 的铅废物箱 (10mmPb)，用于暂存废注射器、棉棒、一次性卫生用品、垫料等。

根据《核医学辐射防护与安全要求》7.2.3.1 中的规定，放射性固体废物在产生点采

用专用塑料袋直接收纳后及时转送至放射性废物间，暂存超过30天经监测辐射剂量率处于环境本底水平， β 表面污染小于 0.8 Bq/cm^2 后，作为医疗废物进行处理。废碘125粒籽源和废 ^{68}Ge 校准源及时交由厂家回收处置。

(2) 放射性固体废物暂存衰变后活度

本项目放射性固体废物沾染的放射性核素量保守按照操作核素总活度的1%考虑，在暂存时间满足《核医学辐射防护与安全要求》规定后的活度计算结果如下表所示：

表11-7 核医学科影像中心放射性固体废物解控后核素活度

核素名称	日最大操作量 (Bq)	日沾染活度 (Bq)	暂存时间 (d)	暂存期满后活度 (Bq)	暂存期满后活度浓度 (Bq/g)	豁免活度 (Bq)	豁免活度浓度 (Bq/g)
^{18}F	**	**	**	$4.05\text{E-}112$	$2.25\text{E-}117$	$1.00\text{E+}06$	$1.00\text{E+}01$
^{64}Cu	**	**	**	$6.35\text{E-}12$	$1.27\text{E-}15$	$1.00\text{E+}06$	$1.00\text{E+}01$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	**	**	**	$4.84\text{E-}29$	$1.34\text{E-}34$	$1.00\text{E+}07$	$1.00\text{E+}02$

从上表可知，本项目放射性固体废物在暂存期满后所含核素的活度浓度、活度分别低于豁免水平。

(3) 放射性固体废物暂存能力分析

本项目在核医学科影像中心设置有1个放射性废物暂存间，其暂存能力分析见下表。医疗废物密度国家统计局结果平均值是 488.85kg/m^3 ，考虑到器皿体积等附加因素，保守按照平均密度 100kg/m^3 对于医疗固废进行统计，颗粒柱状活性炭密度一般在 $450\sim 650\text{kg/m}^3$ ，保守按 650kg/m^3 进行统计。

表11-8 放射性固体废物暂存能力分析表

暂存场所	放射性固体废物类别	放射性固废年(次)产生量 (L)	暂存周期内产生量 (L)	铅废物箱容积 (L)	暂存间占地面积(m^2)	是否满足暂存要求
放射性废物暂存间	废注射器、针头、手套、棉签、破碎杯血	**	**	**	10.88	满足
	废活性炭、废过滤装置	**	**	**		满足

从上表可知，本项目设置的放射性固体废物暂存设施满足暂存要求。

3、放射性废气

核医学科影像中心共设置5套放射性废气排风管道系统，其中分装标记/注射室内的2个手套箱设置有独立排风管道，顶壁均安装有活性炭过滤装置，其余排风管道分别连接储源室外工作场所，PET和SPECT分装标记注射室，PET/CT和SPECT/CT机房、控制室、更衣室，PET和SPECT注射后等候室，抢救室，检查后留观室，放射性废物暂存间，患者专用卫生间等配套用房，经不同风管分别汇至核医学科西侧排风井内，最终引至

门诊医技住院综合楼塔楼（13F，距地约为66.3m）屋面经活性炭吸附装置处理后排放。

核医学科影像中心放射性废气的产生量保守按照操作核素总活度的1‰考虑；本项目产生的放射性废气均在门诊医技住院综合楼塔楼屋面排放，排放口拟采用活性炭吸附装置，去除效率为99%；本项目核医学科全年工作300d，假设人呼吸量为1.2m³/h。SPECT/CT诊断和PET-CT诊断共用场所保守按照¹⁸F考虑药物挥发产生的含放射性核素的废气。

表11-9 排气口核素所致公众年吸入量预测结果

场所	操作场所	所含核素名称	年操作量 (Bq)	废气中含核素量 (Bq)	排风量 (m ³ /h)	年操作时间 (h)	排气口气溶胶浓度 (Bq/m ³)	公众年最大吸入量 (Bq)	年最大摄入量限值 (Bq)
核医学科影像中心	SPECT 手套箱	^{99m} Tc	**	**	**	**	3.06E+04	1.10E+05	4.5E+07
	PET 手套箱	¹⁸ F	**	**	**	**	1.39E+04	2.50E+04	2.0E+07
	影像中心其他场所		**	**	**	**	4.44E+04	4.00E+04	2.0E+07

由上表可知，各场所排气口核素所致公众年吸入量小于《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WST613-2018）规定的公众成员（>17岁）吸入放射性气溶胶年摄入量限值。

本项目核医学科屋顶排风口均安装有大功率排风机，塔楼排风高度距地约为66m；屋面排气口附近无公众长期停留。因此，本项目核医学科产生的放射性废气经过空气稀释后，远低于预测公众年最大吸入量。

表11-10 排气口核素所致公众年吸入有效剂量预测结果

场所	操作场所	所含核素名称	公众年最大吸入量 (Bq)	吸入量所致待积有效剂量转换因子 (Sv/Bq)	气溶胶致公众年受照总剂量 (mSv/a)	年最大受照剂量 (mSv/a)
核医学科影像中心	SPECT 手套箱	^{99m} Tc	**	**	**	6.04E-03
	PET 手套箱	¹⁸ F	**	**	**	
	影像中心其他场所		**	**	**	

备注：公众成员吸入单位摄入量所致的待积有效剂量转换因子（Sv/Bq）根据GB18871-2002中附表B7查得，保守取（>17岁）年龄段对应的F、S、M中最大值。

由上表可知，气溶胶中核素所致公众年受照年有效剂量最大为6.04E-03mSv，小于公众年剂量约束值0.1mSv。

4、非放射性污染物环境影响分析

(1) 水环境影响分析

运营期工作人员产生的生活污水依托医院污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中要求后，排入市政污水管网进入陡沟河污水处理厂处理。

（2）大气环境影响分析

本项目Ⅲ类射线装置运行时X射线与空气作用会产生少量臭氧，该工作场所区域均设置有通排风设施，产生的臭氧经排风管道抽至门诊医技住院综合楼塔楼屋面排放。

（3）声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过65dB（A），均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

（4）固体废弃物影响分析

本项目运营期产生的生活垃圾、办公垃圾依托医院收集设施收集后交由市政环卫统一清运。

事故影响分析

一、环境风险评价的目的

环境风险评价是为了分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

二、风险识别

（一）核医学科风险识别

①放射性药物丢失、被盗、撒漏或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，这样就会使室内的设备、地面等受到放射性污染；

②校准源丢失、被盗、失控。

（二）Ⅲ类医用射线装置可能发生的辐射事故

本项目涉及使用1台PET/CT和1台SPECT/CT，本项目所用Ⅲ类射线装置均为数字

成像，无废显定影液及废胶片产生，其主要危害为设备工作时产生X射线。III类射线装置属于低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成辐射损伤。

三、源项分析及事故等级分析

核医学科所用的放射性核素，将产生 β 和 γ 射线，由于 β 辐射在空气中射程较短，易于防护，故核医学科可能发生的风险事件中，其风险因子为 γ 射线；III类医用射线装置主要风险因子为X射线。

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表11-11中。

表11-11 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

事故等级	事故类型
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。

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表11-12。

表11-12 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	重度	20.0Gy~50.0Gy
脑型急性放射病	\	50.0Gy~100.0Gy
	死亡	>100Gy

四、后果计算

（一）核医学科

1、放射性药物意外泄漏或丢失事故

(1) 事故情景假设

①本项目使用核素主要为 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu 、 ^{125}I （粒子源）四种放射性核素，事故情况假设以上三种放射性核素试剂瓶（内装单人次注射或给药活度的核素）发生丢失或药物泼洒，造成工作人员或公众吸入内照射，发生事故时放射性核素的活度为 ^{18}F ($3.70 \times 10^8 \text{Bq}$)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($8.14 \times 10^8 \text{Bq}$)、 ^{64}Cu ($1.48 \times 10^8 \text{Bq}$)、 ^{125}I ($2.96 \times 10^9 \text{Bq}$)。假设事故持续过程中按点源考虑，受照人员不考虑任何屏蔽措施，事故持续最长时间为 2h；保守假设事故持续时间内，丢失的药物被同一人随身携带，距离按 20cm 考虑；携带人员无任何屏蔽措施，不考虑放射性核素随着时间的衰变。

②操作过程中 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu 三种放射性核素溶液撒漏直接沾染工作人员手部皮肤，致使工作人员受照剂量。由于 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{64}Cu 三种放射性核素操作人员不同组，故按照单次最大操作量 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($8.14 \times 10^8 \text{Bq}$) 进行计算；假设泼洒溶液在手部均匀分布，沾染面积取成人平均手部表面积 280cm^2 。

(2) 剂量估算

①在假设事故情景下，计算携带人员在事故持续时间内的受照剂量，结果见下表。

表 11-13 放射性核素丢失或泼洒后不同时间内个人受照剂量表

核素	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	各事故持续时间段/射线所致最大辐射有效剂量 (mSv)				
		10min	30min	60min	90min	120min
^{18}F	**	2.2E-01	6.6E-01	1.3E+00	2.0E+00	2.6E+00
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	**	1.0E-01	3.1E-01	6.2E-01	9.2E-01	1.2E+00
^{64}Cu	**	1.8E-02	5.4E-02	1.1E-01	1.6E-01	2.1E-01
^{125}I	**	2.0E-01	6.1E-01	1.2E+00	1.8E+00	2.4E+00
合计	**	5.4E-01	1.6E+00	3.3E+00	4.9E+00	6.5E+00

②根据《RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002》(Published by Nuclear Technology Publishing)，不同放射性核素泼洒到手部时，每 $1 \text{kBq} \cdot \text{cm}^{-2}$ 对皮肤造成的剂量率及事故状态下受照剂量见表 11-14。

表 11-14 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 溶液泼洒对手部照成的剂量计算表

持续时间 min	日最大操作活度 (kBq)	手部沾染活度 ($\text{kBq} \cdot \text{cm}^{-2}$)	每 $1 \text{kBq} \cdot \text{cm}^{-2}$ 对皮肤造成的辐射剂量率 (mSv/h)	事故中皮肤受照剂量 (mSv)
5	$8.14 \text{E}+05$	$2.91 \text{E}+00$	4.71	$1.14 \text{E}+00$
10	$8.14 \text{E}+05$	$2.91 \text{E}+00$	4.71	$2.28 \text{E}+00$
20	$8.14 \text{E}+05$	$2.91 \text{E}+00$	4.71	$4.57 \text{E}+00$
30	$8.14 \text{E}+05$	$2.91 \text{E}+00$	4.71	$6.85 \text{E}+00$

60	8.14E+05	2.91E+00	4.71	1.37E+01
(3) 事故等级 ①从表 11-13 可知,携带放射性核素人员或近距离公众在事故持续时间内所受最大剂量为 6.5mSv, 超过公众 5 个连续年的年平均剂量限值 (1mSv)。对照表 11-12, 不构成放射性疾病, 对照表 11-11, 事故持续周期内可造成公众人员超剂量照射而导致一般辐射事故。由于计算过程未考虑放射性核素衰变, 计算结果偏保守。 ②从表 11-14 可知, 当放射性废液撒漏单次事故状态下持续时间超过 1 小时, 职业人员手部最大受照剂量为 1.37E+01mSv, 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中对四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量 500mSv 的限值, 不构成辐射事故。 2、⁶⁸Ge 校准源丢失、被盗、失控 根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号), V 类放射源丢失、被盗、失控, 或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的为一般辐射事故。因此核学科 ⁶⁸Ge 校准源(V 类)丢失、被盗、失控为一般辐射事故。 (二) III 类医用射线装置的后果计算 PET/CT、SPECT/CT 属于 III 类射线装置, 其 X 射线能量不大, 曝光时间都比较短, 事故情况下, 人员误入或误照射情况下, 可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。 事故情况下, X 射线直接照射到人员身上, 保守考虑, 误入人员或病人在机房内被误照射, 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表 E.2 典型成年受检者常见 CT 检查项目的辐射剂量和诊断参考水平可知, 最大 $CTDI_{vol}$ 为 60mGy/次, 则机房内误入/误照射人员所受的 X 射线辐射剂量率最大为 60mSv/次, 超过公众外照射年剂量限值, 事故等级为一般辐射事故。 五、事故防范措施 1、核医学科可能发生的事故及应对措施 本项目核医学科影像中心属于乙级非密封放射性物质工作场所, 按国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的规定, 应参照 II 类密封型放射源工作场所的相关要求, 实施辐射安全管理。由于核素的操作量较大, 一旦发生事故有可能导致环境的放射污染。核医学科诊治过程中较常见的事故有:				

(1) 无关人员误入核医学科工作场所，造成人员误照射事故；

应对措施：核医学科工作场所进出门外设置工作状态指示灯和悬挂电离辐射警示标识，相关场所的出入口均设置了门禁及视频监控系统，在机房控制室设置应急停止按钮，机房防护门设置门灯门机联锁、张贴应急预案，放射防护注意事项、设备操作规程、紧急处理措施等。

(2) 放射性药物或放射源丢失、被盗、放射性药物撒漏或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，这样就会使室内的设备、地面等受到放射性污染；

应对措施：医院应当在放射源和放射性药物的签收、储存和发放等环节有详细的程序和记录，实行专人专锁专管，切实做好防火防盗，以此避免此类事故的发生；对大剂量的治疗用量必须格外小心，要严格按照操作规程进行，尽量避免污染事故的发生，操作台面应有防治污染用的塑料覆面，在操作放射性核素和药物后应进行表面污染监测；在核医学工作中，遇到放射性药品抛洒的意外情况时尽快进行处理，争取在最短的时间内将事故排除，事故处理时应穿戴防护用品，以避免不必要的污染。

(3) 在放射性药物的给药过程中，因为多种原因导致工作人员获得高剂量照射。

应对措施：医院应制定针对放射性核素紧急情况的应急程序，放射性职业人员应进行辐射防护的培训，并且对辐射工作人员进行个人剂量的监测。

2、III类医用射线装置事故分析与防范应对措施

本项目共涉及III类医用射线装置2台，均为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成辐射损伤，不构成辐射事故。

III类医用射线装置主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要照射。因此，在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用X射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当导致一般辐射事故时，医院即时上报当地生态环境局。

3、事故综合防范应对措施

医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的

发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定医院重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置及非密封放射性物质工作场所的单位应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。

四川省人民医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责（见附件3），其中组长为医院法人主管院长杨正林；副组长为分管副院长王莉；成员为各科室负责人；全面负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作，保障辐射工作人员、社会公众的健康与安全。

二、辐射工作人员配置和能力要求

①医院为本项目拟配备辐射工作人员4人，均为新增辐射工作人员。今后医院可根据设备数，承担诊疗、科研任务，开展的项目和工作量等实际情况适当增加人员编制；

②射线操作人员均需取得射线装置相关操作证书，熟悉专业技术；

③本项目新增的辐射工作人员需参加生态环境部辐射培训平台中辐射安全与防护知识的学习，定期参加考核，考核通过后方可上岗；

④医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年9号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。又根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事辐射活度的工作人员，以及原持有辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

三、射线装置处理报废

医院报废的射线装置在报废前必须做去功能化处理，应采取去功能化的措施（如拆除电源或拆除高压零部件），确保装置无法再次通电使用，并上报到生态环境主管部门作备案登记。

四、非密封放射性物质工作场所退役

本项目核医学科影像中心非密封放射性物质工作场所退役需办理退役环评手续。

辐射安全档案资料管理和规章制度

一、档案管理分类

医院应将相关资料进行分类归档妥善放置，包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”和“废物处置记录”。

二、辐射安全管理规章制度

根据《核技术利用监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局），2020 发布版）、《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号），医院辐射安全管理规章制度已落实、还需补充的内容见下表 12-1：

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	国家生态环境部要求		省生态环境厅要求	具体要求	对照分析
	项目	制度名称	制度名称		
1	A 综合	辐射安全与环境保护管理机构和岗位职责	辐射安全与环境保护管理机构和岗位职责	应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员，落实了部门和人员全面负责辐射安全管理的具体工作	已制定，需将核医学科相关负责人和人员加入管理机构，并明确核医学人员职责
2		辐射工作场所安全管理规定	辐射工作场所安全管理规定	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	本次新增工作场所应新增管理制度上墙
3		辐射安全防护设施维护	辐射安全防护设施	应定期检查辐射安全防护设施的有效性	已制定
4		维修制度	维护维修		

			制度		
5	B 场所	场所分区管理制度	场所分区管理制度	按要求划分控制区和监督区，实行分区管理，应有明确的标识	即有场所已划定，需按要求划定新增场所的两区
6		设备操作规程	辐射工作设备操作规程	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	应补充本次新增设备和核医学科操作规程并上墙
7		核医学去污操作规程	/		
8	C 监测	场所及环境监测方案	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	每年委托有资质的单位进行 1 次场所年度监测；平时应定期开展自我监测，并做好记录；取得《许可证》后 3 个月内完成验收监测。	已制定相关制度并按要求实施
9		监测仪表使用与校验管理制度	监测仪表使用与校验管理制度	需制定并落实监测仪表使用与校验管理制度	已制定
10		校验源管理制度	/	核医学科影像中心应制定 ^{68}Ge 校准源管理制度	需补充
11	D 人员	辐射工作人员培训/再培训制度	辐射工作人员培训制度	辐射工作人员和辐射防护负责人均应登录国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址： http://fushe.mee.gov.cn ）学习辐射安全与防护知识并通过考核；已取得辐射安全培训合格证满五年需再培训并考核合格	已制定并落实
12		辐射工作人员个人剂量管理制度	辐射工作人员个人剂量管理制度	个人剂量监测周期为 1 次/季。当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。	已制定并落实
13		工作人员岗位职责	辐射工作人员岗位职责	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	本次新增诊疗项目应补充制定工作人员岗位职责并上墙

14	E 应急	辐射事故/事件应急预案	辐射事故预防措施及应急处理预案	辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联系电话），应急保障措施，应急演练计划。应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	已制定并落实，需根据新增诊疗项目更新补充应急预案内容，并在新增工作场所墙上悬挂应急预案内容
15	F 三废	放射性“三废”管理规定	“三废”处理	放射性“三废”应分类收集。放射性废水应在衰变池内暂存满足要求后排放；放射性固体废物贮存场所（设施）应具备“六防”（防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄露）措施，贮存容器应有放射性标识和放射性核素名称、批号、物理形态、出厂活度及存放日期等相关信息。放射性废气应由专门的排气管道经活性炭过滤后排放。	需补充核医学科“三废”管理制度并落实
16	G 放射源	放射源台账管理	放射性同位素和射线装置台账管理制度	放射源台账和国家辐射安全管理系统档案是否一致；放射性同位素的购买须在四川省人民政府政务服务中心环保窗口办理备案手续；台账的内容应该包括：放射性同位素名称、初始活度、放射源编码、购买时间、收贮时间；射线装置型号、管电压、管电流、购买时间、报废时间等。	针对本项目放射性同位素和射线装置应按要求建立动态台账，做到帐物相符，并及时更新。
17		更换放射源管理制度			
18	H 其他	X 射线诊断中受检者防护规定	/	对核医学科诊断患者采取铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等防护	本次需新增核医学科影像中心患者防护设施
19		/	质量保证大纲和质量控制检测计划	使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位须制定质量保证大纲和质量控制检测计划，利用更精确的诊疗计划减少病患受到不必要的照射	已制定，需补充新增诊疗项目的质量保证大纲和质量控制检测计划

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要

辐射监测

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

1、工作场所监测

自主验收监测：医院在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展 1 次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测频次根据医院的实际工作量自行确定。

2、个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为 1 次/季。

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

（1）当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查；

（2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关；

（3）根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前；对于工作中穿戴铅衣的情况，通常应根据佩带在铅衣里面躯干上的剂量计估算工作人员有效剂量；

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案终身保存。

3、医院自我监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1 次/月。

4、监测内容和要求

(1) 监测内容： $X\text{-}\gamma$ 辐射剂量率、 β 表面沾污。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立监测数据台账。

表 12-2 本项目监测布点方案表

场所或设备	监测内容	监测周期	监测布点位置
核医学科影像中心	$X\text{-}\gamma$ 辐射剂量率	验收监测 1 次，委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；自行开展辐射监测，频率为 1 次/1 季， β 表面污染可在每天工作完成后进行一次（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	储源室、PET 和 SPECT 分装标记注射室、PET 和 SPECT 注射后等候室，控制室，抢救兼运动负荷室，检查后留观室，放射性废物暂存间（含放射性废物转运间），患者专用卫生间、患者通道、医护通道、核医学科正上方、正下方等
	β 表面放射性污染		SPECT/CT 和 PET/CT 机房，储源室、PET 和 SPECT 分装标记注射室、PET 和 SPECT 注射后等候室，控制室，抢救兼运动负荷室，检查后留观室，放射性废物暂存间（含放射性废物转运间），患者专用卫生间、更衣/缓冲间、医护通道、患者通道的墙壁、地面、防护门，放射性废物桶和包装袋表面，辐射工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等
	放射性废水中总 β	验收监测 1 次	核医学科衰变池排放口
	放射性废气中总 β	验收监测 1 次	核医学科废气排放口

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

b、采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监

测机构出具的监测报告中的方法；

c、制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

5、年度评估报告情况

医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在全国核技术利用辐射安全申报系统中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

1、事故应急预案内容

为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院应制订辐射事故应急预案，应包含以下内容：

（1）应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理；

（2）应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话；

（3）应急人员的培训；

（4）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

（6）发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

(1) 一旦发现放射性药物、放射源被盗或者丢失，及时向公安部门、生态环境主管部门和卫健部门报告。

(2) 放射源工作或者贮存过程中发生火灾、爆炸等可能影响放射源的安全，在现场允许情况下，应优先对放射源进行灭火并抢离火灾现场，防止放射源屏蔽体破坏。

(3) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

(4) 医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

(5) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫健行政部门报告。

(6) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

3、其他要求

(1) 辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案；

(2) 医院应结合本次新增直线加速器、后装机放疗、核医学制药、诊断和治疗项目，及时补充应急预案内容并演练。

(3) 在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：东院二期新建核医学科影像中心项目

建设单位：四川省医学科学院·四川省人民医院

建设性质：新建

建设地点：成都市龙泉驿区洪河北路 585 号四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期门诊医技住院综合楼负二层

本项目建设内容与规模为：

四川省人民医院东院二期拟新建 1 栋门诊医技住院综合楼，是一幢由主楼（-3~13F）和裙楼（-3~4F）构成的综合体建筑，屋面距离地面高度为 21.15~67.15m。医院拟在二期门诊医技住院综合楼负二层北部设置核医学科影像中心，拟在负三层中部设置衰变池。核医学科影像中心布置的功能房间由西向东主要包括：储源室、分装标记注射室、注射后等候室各 2 间，PET/CT 机房及控制室，抢救兼运动负荷室，检查后留观室，SPECT/CT 机房及控制室，放射性废物暂存间（含放射性废物转运间）各 1 间，患者专用卫生间共 4 间。医院拟在影像中心 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房内分别安装使用 1 台 PET/CT 和 1 台 SPECT/CT，型号均待定，额定管电压均为 140kV，额定管电流均为 900mA，均属于Ⅲ类射线装置，均用于开展显像诊断；拟使用核素 ^{99m}Tc 对患者进行单光子影像诊断，使用 ^{18}F 、 ^{64}Cu 对患者进行正电子影像诊断，使用 ^{125}I 对患者进行粒子植入，使用 ^{68}Ge 放射源对 PET/CT 进行校准，活度分别为 $9.25\times 10^7\text{Bq}\times 1$ 枚 + $4.625\times 10^8\text{Bq}\times 2$ 枚，均属于Ⅴ类放射源；核医学科影像中心非密封放射性核素日等效操作量共为 $8.43\times 10^7\text{Bq}$ ，属于乙级非密封性放射性物质工作场所。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核技术用于医学领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术

开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目所在东院二期工程建设用地已经取得了成都市龙泉驿区规划和自然资源局颁发的建设用地规划许可证（地字第 5101122025YG0001596 号，见附件 4），用地性质为医院用地，本项目建设均位于医院许可用地范围内，不新增用地。本项目所在二期门诊医技住院综合楼于 2024 年 12 月 20 日取得了成都市龙泉驿生态环境局《关于四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期工程建设项目环境影响报告表审查批复》（龙环评审【2024】24 号，见附件 5），该大楼的选址合理性已在上述环评报告表中进行了论述。

本项目核医学科影像中心独立设置于门诊医技住院综合楼负二层，为独立的非密封放射性物质工作场所；周围不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，同时与周围非辐射工作场所有明确的分界隔离，并有实体屏蔽措施；选址及布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准中规定的要求。拟建辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。综上所述，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

四、所在地区环境质量现状

根据四川省永坤环境监测有限公司的监测报告，项目所在地的 γ 辐射空气吸收剂量率背景值属于正常天然本底辐射水平，拟建核医学科场所周围环境 β 表面污染检测结果均低于检测限值。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

本项目核医学科影像中心主体工程土建施工影响已在《四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期工程建设项目环境影响报告表》（龙环评审【2024】24 号）中进行了评价，项目施工期主要是核医学科内屏蔽及装修施工阶段和设备安装、调试阶段产生的影响，建设单位在落实报告书提出的各项污染防治措施后，对周围环境影响较小。

(二) 营运期环境影响分析

1、辐射环境影响分析

本项目投入运营后，核医学科影像中心辐射工作人员年有效剂量最大为 2.95mSv/人；所致周围公众年最大有效剂量为 8.16E-02mSv/a，分别低于职业人员 5mSv/a 和公众 0.1mSv/amSv 的剂量约束值，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的相关要求。

2、大气的环境影响分析

核医学科影像中心存在一定压差，各场所气流流向由清洁区流向监督区再流向控制区，每个区域之间压差在-5Pa 到-10Pa，保证工作场所内的空气从低活度区域流向高活度区域。核医学科影像中心共设置 5 套放射性废气排风管道系统，其中分装标记/注射室内的 2 个手套箱设置有独立排风管道，顶壁均安装有活性炭过滤装置，其余排风管道分别连接储源室外工作场所，PET 和 SPECT 分装标记注射室，PET/CT 和 SPECT/CT 机房、控制室、更衣室，PET 和 SPECT 注射后等候室，抢救室，检查后留观室，放射性废物暂存间，患者专用卫生间等配套用房，经不同风管分别汇至核医学科西侧排风井内，最终引至门诊医技住院综合楼塔楼（13F，距地约为 66.3m）屋面经活性炭吸附装置处理后排放。

3、声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机、空调噪声，所有设备选用低噪声设备，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

4、水环境影响分析

本项目投入运营后，废水主要为核医学科产生的放射性废水和医院工作人员、患者产生的生活污水。本项目核医学科衰变池设置在门诊医技住院综合楼负三层，建筑面积 121m²，用于核医学科放射性废水的收集、衰变和排放，该衰变池设计为槽式衰变池，采用三格并联衰变工艺，单格有效容积均为 30m³，总有效容积为 90m³，主要用于收集含半衰期小于 24h 核素的放射性废水，暂存在衰变池中封闭衰变 30 天后，经提升泵抽排至医院污水检查井，与项目其他废水经污水管道一起排入医院污水处理站，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中要求后排入市政污水管网进入陡沟河污水处理厂处理。

5、固体废物影响分析

本项目产生的医疗废物，按照危废管理相关要求，进行分类收集。本项目核医学科影像中心产生的放射性固体废物采用专用塑料袋分类收集后存放于各场所内放射性固体废物暂存容器并及时转移至放射性废物暂存间专用贮存容器内存放，所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物封闭衰变超过 30 天后，达到清洁解控水平，作为医疗废物处理。工作人员产生的办公、生活垃圾依托医院收集系统收集，由管理人员清运至生活垃圾暂存间，交环卫部门进行统一清运。

六、环保设施与保护目标

按照环评报告落实后，医院环保设施配置较全，总体效能良好，可使保护目标所受年剂量低于本次确定的剂量约束值。

七、事故风险与防范

医院制订的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

医院按照环评要求完善相关内容后，对本项目辐射设备和场所而言，其具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为从环境保护和辐射防护角度看，本项目在成都市龙泉驿区洪河北路 585 号四川省医学科学院·四川省人民医院东院二期门诊医技住院综合楼内建设是可行的。

十、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

辐射安全防护设施		数量(套/个)
非密封放射性物质工作场所		
实体防护	防护墙体、铅防护门、注射铅窗、传递窗	**
场所设施	储源铅柜	**
	手套箱	**
	注射器防护提盒	**
	注射器防护套	**

	一体化注射装置	**
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料	**
	放射性废物暂存铅罐	**
	放射性废物暂存间铅废物箱（1个容积不低于 50L， 4个容积不低于 250L）	**
	去污工具组	**
	不锈钢转运推车	**
	对讲装置	**
警示标识	电离辐射警示标识	**
	监督区、控制区标识	**
	患者就诊路径标识	**
安全设施	病员通道、患者通道门禁系统	**
	视频监控、语音广播系统	**
监测设备	储源室固定式剂量报警仪	**
	放射性活度计	**
	表面污染监测仪	**
	便携式X-γ辐射监测仪	**
个人防护用品	个人剂量报警仪	**
	个人剂量计	**
	铅橡胶衣、铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、 铅玻璃眼镜（0.5mmPb）	**
放射性废物和 废液	放射性废水衰变池	**
	放射性固体废物暂存间	**
	独立下水系统及排水管道屏蔽设施	**
其他	放射性表面去污用品和试剂	**
	手套箱独立排风系统	**
	其余区域排风系统	**
	屋面活性炭吸附装置	**
III类医用射线装置		
实体防护	四周墙体+屋顶屏蔽	**
	铅防护门、观察窗	**
警示装置	工作状态指示灯	**
	电离辐射警告标志	**
紧急设施	门灯联锁装置	**
	紧急制动装置	**
	视频监控和对讲	**
监测设备	个人剂量计（技师）	**
防护设施	铅橡胶衣、铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶手套、 铅防护眼镜等	**
	通风系统	**

建议和要求

- 1、建设单位应加强与周边公众的沟通，做好解释协调工作。
- 2、落实本报告表中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 3、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核，成绩合格单到期，应再次考核。
- 4、年度评估报告须按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；年度评估报告应签章后上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。
- 5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。
- 6、医院须重视控制区和监督区的管理。
- 7、射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。
- 8、医院在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统，对相关信息进行修改。
- 9、若日后核医学科非密封放射性物质工作场所不再使用，须办理退役手续后，方可再行他用。
- 10、加速器退役时，应对加速器部件测定辐射水平，高于豁免值的部件应作为放射性固体废物进行处理。
- 11、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：
 - （1）建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://www.mee.gov.cn>）。
 - （2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收（调查）报告。
 - （3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。
 - （4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#/pub-message>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。