

核技术利用建设项目
(成都市第三人民医院改扩建项目一期工程)
新增 II 类射线装置和非密封放射性物质
工作场所使用建设项目
环境影响报告表

(公示本)

成都市第三人民医院(盖章)



生态环境部监制

目 录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	24
表 3	非密封放射性物质	25
表 4	射线装置	28
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	32
表 6	评价依据	33
表 7	保护目标与评价标准	36
表 8	环境质量和辐射现状	41
表 9	项目工程分析与源项	44
表 10	辐射安全与防护	62
表 11	环境影响分析	84
表 12	辐射安全管理	94
表 13	结论与建议	99
表 14	审批	103

表 1 项目概况

建设项目名称		(成都市第三人民医院改扩建项目一期工程) 新增II类射线装置和非密封放射性物质工作场所使用建设项目			
建设单位		成都市第三人民医院			
法人代表	刘早阳	联系人	***	联系电话	***
注册地址		成都市青羊区青龙街 82 号			
项目建设地点		成都市青羊区青龙街 82 号院区内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		110200	项目环保投资 (万元)	765.1	投资比例 (环保投资/总投资)
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			建筑面积 (m ²) 1694.8
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		
	其他	/			

项目概述

1、建设单位简介

成都市第三人民医院（统一社会信用代码：125101004507543870）始建于 1941 年 7 月，是集医疗、科研、教学、预防、保健和康复为一体的国家三级甲等综合性医院。

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号，占地 138 亩，编制床位 1900 张，年诊疗约 283 万人次，出院 9.05 万人次，住院手术 3.09 万人次。医院现有职工 3550 人，有博士 190 人、硕士 737 人；获国务院和省市政府特殊津贴 3 人，省卫生健康领军人才 1

人，省及省卫健委突出贡献 3 人，四川省“青城计划”天府名医 1 人，“峨眉计划”青年人才入选 1 人，四川省临床技能名师 4 人，四川省海外高层次留学人才 9 人，事业单位专业技术二级岗 3 人，各层级学术技术带头人及后备人选 50 人。医院拥有国家临床重点专科建设项目 2 个，省临床重点专科 5 个，省医学重点专科（学科）13 个，市高水平临床重点专科建设项目 3 个，市临床重点专科 1 个，市医学重点学科 31 个，市医疗质量控制中心 24 个，附设成都市心血管病、神经疾病、呼吸健康、肿瘤和消化 5 个研究所、成都市名医工作室 3 个。医院成功创建四川省、成都市院士（专家）创新工作站、四川省博士后创新实践基地，现为国家呼吸系统疾病临床医学研究中心分中心、国家消化系统疾病临床医学研究中心四川省分中心、国家老年疾病临床医学研究中心协同网络核心单位；先后成为国家胸痛中心示范基地、房颤中心示范基地、中国心衰中心、国家标准化心脏康复中心、国家高级卒中中心；入选全国首批罕见病诊疗协作网，国家疑难病症诊治能力提升工程联盟中心；设有国家住院医师规范化培训基地 19 个，四川省专科医师培训基地 4 个。医院先后荣获“全国改善服务创新医院”“全国保障医疗安全示范医院”“中国医院质量管理奖（医疗 2019 年）卓越奖”“中国和谐医患先锋医院”等 30 余项荣誉。

目前，成都市第三人民医院已取得四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（许可证号：川环辐证[00271]号，有效期至2026年4月13日）。许可的种类和范围：使用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，丙级非密封放射性物质工作场所。

2、任务由来

为拓展医学诊断与治疗业务范围，提高医疗服务水平，适应和满足人民群众的健康需求，成都市第三人民医院拟在新建的门急诊住院综合楼（又称 1#楼）的主楼内新增 4 台 II 类射线装置（1 台 DSA、2 台 ERCP、1 台移动 C 臂），新增 1 个乙级非密封放射性物质工作场所，新增 2 台 III 类射线装置（1 台 PET/CT、1 台 SPECT/CT）。

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影

响评价。

同时，根据中华人民共和国生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》的规定，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172.核技术利用建设项目——使用 II 类射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）”，其环评文件形式应为环境影响报告表。

因此，成都市第三人民医院委托中国核动力研究设计院对成都市第三人民医院“（成都市第三人民医院改扩建项目一期工程）新增 II 类射线装置和非密封放射性物质工作场所使用建设项目”开展环境影响评价工作。中国核动力研究设计院接受委托后，经现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件、充分研读相关法律法规和规章制度和审查技术资料之后，预测项目在正常运行和事故期间对环境的影响，并按相应标准进行评价。同时，对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、事故应急预案的可行性、合理性进行分析和评价，在此基础上提出合理可行的对策和建议，并编制完成《（成都市第三人民医院改扩建项目一期工程）新增 II 类射线装置和非密封放射性物质工作场所使用建设项目环境影响报告表》。

3、环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度，根据《中华人民共和国环境保护法》和原环保部环办[2013]103 号《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）>的通知》：建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告表的全本信息；各级生态环境主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

根据以上要求，成都市第三人民医院在向四川省生态环境厅提交《（成都市第三人民医院改扩建项目一期工程）新增 II 类射线装置和非密封放射性物质工作场所使用建设项目》之前，在成都市第三人民医院门户网站（网址：<http://www.cd3hospital.com/>）

上进行了公示。

公示期内无反馈意见，现将报告表呈报生态环境主管部门审批。

4、项目概况

项目名称：（成都市第三人民医院改扩建项目一期工程）新增 II 类射线装置和非密封放射性物质工作场所使用建设项目

建设单位：成都市第三人民医院

建设地点：成都市青羊区青龙街 82 号院内

项目性质：新建

(1)建设内容与规模

在门急诊住院综合楼（1#楼）主楼的六层、三层各新增使用 II 类射线装置 2 台/套，在负一层新建 1 个乙级非密封放射性物质工作场所，新增使用 III 类射线装置 2 台/套，同时配套建设 4 个放射性废水衰变池、放射性废水管网、放射性工作场所通风系统等，其他办公生活配套设施依托医院现有的设施。

本项目拟使用的门急诊住院综合楼（1#楼）主楼六层、三层、负一层的相关场所之前未建成任何工作场所，没开展过任何业务，不存在环境污染等遗留问题。本项目运行后，六层、三层、负一层的辐射工作场所分别由成都市第三人民医院的中心手术部、腔镜中心、核医学科管理使用。

本项目所在的门急诊住院综合楼（1#楼）已履行相关环评手续，于 2020 年 11 月 27 日取得成都市青羊生态环境局《关于成都市第三人民医院改扩建项目一期工程环境影响报告表审查的批复》（成青环评审[2020]8 号）文件。

本项目不新增用地，医院用地已取得原成都市青羊区人民政府 1993 年 6 月 14 日颁发的《国有土地使用证》，其用途为医院用地。

①中心手术部

1) DSA 室：位于门急诊住院综合楼主楼六层，由手术室、控制室和 DSA 设备间组成，总建筑面积约 118.8m²。手术室内拟新增使用 1 台 DSA（管电压 125kV、管电流 1000mA），属于 II 类射线装置。该设备主要用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计开展 DSA 手术 50 台/a，累计曝光时间 17h/a。

2) OR-09、OR-10 普外手术室：位于门急诊住院综合楼主楼六层，两个手术室总建筑面积约 113.7m²。两个手术室新增共用 1 台移动 C 臂（管电压 125kV、管电流 250mA），属于 II 类射线装置。该设备主要用于泌尿系统、骨科矫形介入检查与治疗。预计每间手术室开展手术 150 台/a，累计曝光时间 25h/a。

②腔镜中心

ERCP 室 1、ERCP 室 2：位于门急诊住院综合楼主楼三层，由 ERCP 机房 1、ERCP 机房 2 和控制室（共用）组成，总建筑面积约 101.9m²。ERCP 机房 1、ERCP 机房 2 内各拟新增使用 1 台 ERCP（管电压 150kV、管电流 800mA），属于 II 类射线装置。该设备主要用于胰胆管介入检查与治疗。预计单台 ERCP 开展 ERCP 手术 100 台/a，累计曝光时间约 34h/a。

③核医学科

核医学科工作场所设在门急诊住院综合楼主楼负一层东南端，总建筑面积约 1360.4m²，主要放射性工作场所包括：PET/CT 扫描室、SPECT/CT 扫描室、设备间、控制室（SPECT/CT 与 PET/CT 共用）、核素分装室、注射室、碘服药及雾化室、核素暂存库房、PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、抢救室、问诊室、敷贴治疗室、甲吸室、放射性废物暂存室、门诊室、护士站、办公室、资料室、会议室、休息室、阅片室、更衣室、卫生通过间、淋浴间、卫生间等辅助功能用房及预留用房等。此外，在门急诊住院综合楼东侧配套建设 4 个放射性废水衰变池（单个体积 121.25m³），用于贮存本项目工作场所产生的放射性废水（含核素 ^{99m}Tc、⁶⁸Ga、¹⁸F、⁸⁹Sr、¹³¹I、²⁰¹Tl 的废水混合贮存）。

核医学科涉及使用核素 ^{99m}Tc（显像）、⁶⁸Ga（显像）、¹⁸F（显像）、⁸⁹Sr（治疗）、¹³¹I（治疗）、²²³Ra（治疗）、²⁰¹Tl（治疗）、¹³¹I-MIBG（显像）、甲状腺 ¹³¹I 摄取试验等，日等效最大操作量为 6.78×10⁸Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。工作场所及开展诊疗项目如下：

1) PET/CT 显像诊断

显像设备：在 PET/CT 扫描室拟安置一套 PET/CT 系统（管电压 140kV、管电流

1000mA)，属于III类射线装置，用于图像采集。

显像核素：拟用核素 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，用于显像诊断。核素 ^{18}F 日最大操作量为 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年用量 $1.3875 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；由有资质单位供应，医院不自行生产。核素 ^{68}Ga 日最大操作量为 $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年用量 $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；由 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器生产，日最大操作量为 $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.7 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年用量 $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。

使用校准源的枚数及活度均暂未确定，因此本次评价不包含校准源部分内容。待医院确定校准源枚数及活度后，在校准源购买前应履行相关环评手续，并应在辐射安全许可证上进行登记。

2) SPECT/CT 显像诊断

显像设备：SPECT/CT 扫描室拟安置一套 SPECT/CT 系统（管电压 140kV、管电流 500mA），属于III类射线装置，用于图像采集。

显像核素：拟用核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，用于显像诊断。核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 日最大操作量为 $2.96 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $2.96 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年用量 $7.4 \times 10^{12} \text{Bq}$ ；由 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器生产，日最大操作量为 $3.70 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年用量 $9.25 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。

拟用核素 ^{131}I ，用于 ^{131}I -MIBG 显像诊断；由有资质单位供应，医院不自行生产。核素 ^{131}I 日最大操作量 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年用量 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。

拟用核素 ^{201}Tl ，用于显像诊断；由有资质单位供应，医院不自行生产。核素 ^{201}Tl 日最大操作量 $5.55 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年用量 $1.3875 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。

使用校准源的枚数及活度均暂未确定，因此本次评价不包含校准源部分内容。待医院确定校准源枚数及活度后，在校准源购买前应履行相关环评手续，并应在辐射安全许可证上进行登记。

3) ^{89}Sr 治疗

拟用核素 ^{89}Sr ，用于转移癌性骨痛等治疗。核素 ^{89}Sr 日最大操作量 $7.40 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $7.40 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年用量 $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。

4) ^{131}I 甲亢治疗

拟用核素 ^{131}I ，用于 ^{131}I 甲亢治疗。核素 ^{131}I 日最大操作量 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年用量 $4.625 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。

5) ^{223}Ra 治疗

拟用核素 ^{223}Ra ，用于晚期前列腺癌治疗。核素 ^{223}Ra 日最大操作量 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $5.55 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年用量 $1.3875 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

6) 甲状腺 ^{131}I 摄取试验

拟用核素 ^{131}I ，用于鉴别甲亢（碘甲亢除外）和非甲亢性甲状腺毒症。核素 ^{131}I 日最大操作量 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $7.4 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年用量 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

7) $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴治疗

拟用核素 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ，用于皮肤瘢痕疙瘩敷贴治疗。 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴源按放射源管理， $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴源最大活度为 $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ （40mCi）。

8) $^{99}\text{Tc-MDP}$ 治疗

拟用核素 ^{99}Tc ，用于类风湿关节炎治疗。 $^{99}\text{Tc-MDP}$ 按非放射性药物管理。

(2)项目组成内容及可能产生的环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-1。

表 1-1 项目组成内容及主要环境问题

名 称		建设内容及规模	可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主 体 工 程	中心手术部 门急诊住院综合 楼主楼 六层	DSA 室 ◆机房空间尺寸：长 9.4m×宽 8.95m×高 3m。 ◆屏蔽防护 机房的北、西、南三侧的墙体均为 3mm 铅当量的硫酸钡板，东侧的墙体为 4mm 铅当量的硫酸钡板；顶板混凝土厚度 120mm，附加 3mm 铅当量的硫酸钡板；地板混凝土厚度 305mm；设计安装 3mmPb 屏蔽门（3 扇）、3mmPb 铅玻璃窗（1 扇）。 ◆拟用设备 1 台 DSA（管电压 125kV、管电流 1000mA。），属于 II 类射线装置。 用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计开展 DSA 手术 50 台/a，累计曝光时间 17h/a。	扬尘 噪声 施工废水 建筑垃圾 生活废水 生活垃圾	X 射线 臭氧 噪声 生活废水 生活垃圾

续表 1-1 项目组成内容及主要环境问题

名 称		建设内容及规模	可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	中心手术部 门急诊住院综合楼主楼 六层	OR-09、OR-10 普外手术室 ◆机房空间尺寸：OR-10 长 9.4m×宽 6.7m×高 3m，OR-9 长 9.4m×宽 6.3m×高 3m。 ◆屏蔽防护 OR-09 机房的东、西两侧的墙体均为 3mm 铅当量的硫酸钡板，南、北侧的墙体为 4mm 铅当量的硫酸钡板；OR-10 机房的东、西、南三侧的墙体均为 3mm 铅当量的硫酸钡板，北侧的墙体为 4mm 铅当量的硫酸钡板；顶板混凝土厚度 120mm，附加 3mm 铅当量的硫酸钡板；地板混凝土厚度 305mm；设计安装 3mmPb 屏蔽门（各 2 扇）、3mmPb 铅玻璃窗（各 1 扇）。 ◆拟用设备 OR-09、OR-10 两个手术室共用 1 台移动 C 臂（管电压 125kV、管电流 250mA），属于 II 类射线装置。用于泌尿系统、骨科矫形介入检查与治疗。预计每间手术室开展手术 150 台/a，累计曝光时间约 25h/a。	扬尘 噪声 施工废水 建筑垃圾 生活废水 生活垃圾	X 射线 臭氧 噪声 生活废水 生活垃圾

续表 1-1 项目组成内容及主要环境问题

名 称		建设内容及规模	可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	内镜中心 门急诊住院综合楼主楼 三层	ERCP 室 1、ERCP 室 2 ◆机房空间尺寸：ERCP 室 1 长 7.15m×宽 5.87m×高 4.49m，ERCP 室 1 长 7.15m×宽 5.92m×高 4.34m。 ◆屏蔽防护 机房的东、西、南三侧的墙体均为 370mm 砖，北侧的墙体为 370mm 砖+1.5mm 铅当量的硫酸钡板；顶板、底板混凝土厚度 260mm；设计安装 3mmPb 屏蔽门（各 2 扇）、3mmPb 铅玻璃窗（各 1 扇）。 ◆拟用设备 ERCP 机房 1、ERCP 机房 2 各拟安置 1 台 ERCP（管电压 150kV、管电流 800mA），属于 II 类射线装置。用于胰胆管介入检查与治疗。预计单台 ERCP 开展 ERCP 手术 100 台/a，累计曝光时间约 34h/a。	扬尘 噪声 施工废水 建筑垃圾 生活废水 生活垃圾	X 射线 臭氧 噪声 生活废水 生活垃圾

续表 1-1 项目组成内容及主要环境问题

名 称		建设内容及规模	可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	核医学科	核医学科		
		◆射线装置		
		使用 PET/CT 系统（管电压 140kV、管电流 1000mA）、SPECT/CT 系统（管电压 140kV、管电流 500mA），均属 III 类射线装置。	扬尘	X、 γ 、 β 射线
		◆核素	噪声	放射性废水
	门诊急诊住院综合楼主楼	使用核素 ^{99m}Tc （显像）、 ^{131}I -MIBG（显像）、 ^{201}Tl （显像）、 ^{68}Ga （显像）、 ^{18}F （显像）、 ^{89}Sr （治疗）、 ^{131}I （治疗）、 ^{223}Ra （治疗）、 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ （敷贴治疗）、 ^{99}Tc -MDP（非放治疗）。	施工废水	放射性固废
	负一层	◆工作场所等级	建筑垃圾	臭氧
		核医学科使用核素日等效最大操作量 $6.78 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。	生活废水	噪声
			生活垃圾	生活污水
				生活垃圾
辅助工程		阅片室、值班室、医生办公室、护士站、空调机房、排风机房等功能用房。	扬尘	
			噪声	
			施工废水	生活污水
			建筑垃圾	生活垃圾
			生活废水	
			生活垃圾	
公用工程		依托医院给水、供电、通风等配套设施。	/	/
办公生活设施		依托医院食堂等生活设施。	/	/

续表 1-1 项目组成内容及主要环境问题

名 称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
环保设施	◆放射性废物贮存 临时收集容器若干个，单个体积 25 升，防护厚度 10mm 铅当量；专用贮存容器 5 个，单个体积 50 升，防护厚度 20mm 铅当量。 ◆放射性废水衰变池 由 4 个储水式衰变池组成，单个体积 $5\text{m} \times 5\text{m} \times 4.85\text{m} = 121.25\text{m}^3$。 ◆废气净化装置 核医学科拟安装 1 套废气净化装置。 ◆通风柜 核医学分装室配置 1 台通风柜，屏蔽厚度 120mmPb。 ◆通风 DSA 室、OR-9、OR-10、ERCP 室 1、ERCP 室 2 与所在楼层共用通风系统。核医学科单独配置 1 套通风系统。 ◆非放废水处理设施 依托医院现有的污水处理站。 ◆非放废物处理设施 依托门急诊住院综合楼负一楼医疗废物暂存间、生活垃圾暂存间。	/	/

5、项目选址及周边保护目标

(1)项目地理位置

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号，本项目工作场所位于该院区拟建的门急诊住院综合楼（简称 1#楼）主楼六层、三层和负一层。

(2)外环境状况

①医院外环境关系

医院外环境关系：院区的东侧是羊市巷29号院、罗马国际，西南侧是羊市街21号院（干休所宿舍区），西侧是四川省曲艺研究院（已拆迁），南侧是羊市街道路，东北侧是青龙街道路，西北侧是老东城根街道路。

②1#楼外环境关系

1#楼位于院区的西侧，是一座新建的独立的建筑物（共 23 层，其中地上 20 层、地下 3 层。地面上总高度 95.3m）。其外环境关系：东侧距中医科（原市委 8#楼附属楼）14m，距门诊五区（原市委 8#楼）23m，距门诊三区 27m，距门诊二区（原市委 5#楼）31m；东北侧距全科医生临床培养基地 15m，距第二住院楼 12m；西北侧距医院的动力保障中心污水处理站 13m，距液氧储罐站房 30m；西侧距四川省曲艺研究院（已拆迁）13m；西南侧距羊市街 21 号院（干休所宿舍区）19m；南侧距行政 1 号楼 19m。

③本项目工作场所外环境关系

1) DSA 室外环境关系

DSA 室位于成都市第三人民医院 1#楼六层中心手术部东侧，距院区场界最近距离约 58m。DSA 室机房外 50m 评价范围内均为医院所属区域。

其相邻外环境关系：东侧为清洁走廊；西侧为洁净走廊；南侧为控制室；北侧为设备间、DSA 设备间；楼上是空调机房；楼下是通道、监护病房。

2) OR-9、OR-10 普外手术室

OR-9、OR-10 普外手术室位于成都市第三人民医院 1#楼六层中心手术部南侧，OR-9 普外手术室距院区场界最近距离约 26m，OR-10 普外手术室距院区场界最近距离约 31m。OR-9、OR-10 普外手术室 50m 评价范围内大部分为医院所属区域，南侧部分位于院场界

外，为羊市街 21 号院（干休所宿舍区）。

OR-9 普外手术室其相邻外环境关系：东、南均为清洁走廊；西侧为借用为控制室的洁净走廊，再向西为污梯间；北侧为 OR-10 普外手术室；楼上是值班室；楼下是隔离缓冲室、隔离监护室。

OR-10 普外手术室其相邻外环境关系：东侧为清洁走廊；西侧为借用为控制室的洁净走廊，再向西为 C 臂室和污洗打包间；南侧为 OR-9 普外手术室；北侧为 OR-11 手术室；楼上是办公走廊、值班室；楼下是监护病房、隔离走廊、隔离缓冲室。

3) ERCP 室 1、ERCP 室 2

ERCP 室 1、ERCP 室 2 位于成都市第三人民医院 1#楼三层腔镜中心中部，ERCP 室 1 距院区场界最近距离约 46m，ERCP 室 2 距院区场界最近距离约 42m。ERCP 室 1、ERCP 室 2 的 50m 评价范围内大部分为医院所属区域，西南侧部分位于院区场界外，为羊市街 21 号院（干休所宿舍区）。

ERCP 室 1 其相邻外环境关系：东侧为洁净通道；西侧为污物走廊；南侧为控制室；北侧为铅衣更衣间；楼上是无菌物品存放区；楼下是卧式输液室。

ERCP 室 2 其相邻外环境关系：东侧为洁净通道；西侧为污物走廊；南侧为物资库；北侧为控制室；楼上是检查包装及灭菌区；楼下是物资库、一治和护士办公室。

4) 核医学科

核医学科位于成都市第三人民医院 1#楼负一层东南侧，核医学科距院区场界最近距离约 26m。核医学科 50m 评价范围内大部分为医院所属区域，西南侧部分位于院区场界外，为羊市街 21 号院（干休所宿舍区）；西侧部分位于院区场界外，为四川省曲艺研究院（已拆迁）。

核医学科其相邻外环境关系：东侧为 1#楼外墙，墙外为土壤，地面上对应区域从北向南为核医学出口和急诊入口，两者距离约 15m；南侧为 1#楼外墙，墙外为土壤，地面上对应区域为核医学入口和急救入口；西侧为地下车库行车道、变配电室；北侧为卫生间、走廊、楼梯间前室；楼上是抢救大厅、急诊大厅、急救室等；楼下是地下车库、送、排风机房等。

核医学科的衰变池位于成都市第三人民医院 1#楼外东侧 2m 处，四周均为土壤，地面上对应区域为核医学出口北侧道路。

④项目选址、布局合理性分析

1) 选址：

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号，土地用途为医疗用地。本项目工作场所位于院区内拟建门急诊住院综合楼（1#楼）里，不新征用土地。

屏蔽防护：本项目工作场所位于门急诊住院综合楼主楼的三层、六层和负一层。该位置邻近有医院门诊部等，院外有羊市街 21 号院（干休所宿舍区）、四川省曲艺研究院（已拆迁）。为保证辐射工作场所周围环境的辐射安全，辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处的剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求；同时使辐射工作人员、公众受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的剂量要求。

合理性分析：本项目所在的门急诊住院综合楼已取得了成都市青羊生态环境局的批复（成青环评审〔2020〕8 号），医院整体项目选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其中部分建设内容，不新增用地，且拟建的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、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中的剂量约束值要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

2) 布局：

1) DSA 室布局

DSA 室由 X 射线设备机房、控制室、DSA 设备间组成，作为一个独立的辐射工作场所。X 射线设备机房与控制室、DSA 设备间是南北方向布局，控制室在 X 射线设备机房的南侧，DSA 设备间在 X 射线设备机房的东北侧。X 射线设备机房与相邻的控制室、设备间、楼内通道、楼上的空调机房、楼下的通道和监护病房等依靠墙壁、门窗、屋顶、地

板分开。X 射线设备机房设置两个出入口，辐射工作人员出入口设在机房西墙壁的北端，辐射工作人员经走廊进出机房；患者和医疗废物出入口设在机房东墙壁的南端，患者和医疗废物经污物走廊进出机房。

2) OR-9、OR-10 普外手术室

OR-9、OR-10 普外手术室由两个 X 射线设备机房、借用为控制室的洁净走廊组成，作为一个独立的辐射工作场所。两个 X 射线设备机房是南北方向布局，未设置单独的控制室，借用西侧的洁净走廊进行控制。X 射线设备机房与相邻的 OR-11 手术室、C 臂室、污洗打包间、污梯间、楼内通道、楼上的值班室和办公室、楼下的病房等依靠墙壁、门窗、屋顶、地板分开。OR-9、OR-10 普外手术室的布局相似，X 射线设备机房设置两个出入口，辐射工作人员出入口设在机房西墙壁的北端，辐射工作人员经洁净走廊进出机房；患者和医疗废物出入口设在机房东墙壁的南端，患者和医疗废物经污物走廊进出机房。

3) ERCP 室 1、ERCP 室 2 布局

ERCP 室 1、ERCP 室 2 由两个 X 射线设备机房、合用的一个控制室组成，作为一个独立的辐射工作场所。X 射线设备机房与控制室是南北方向布局，控制室在两个 X 射线设备机房之间。X 射线设备机房与相邻的控制室、铅衣更衣室、物资库、楼内通道、楼上的灭菌区和存放区、楼下的办公室和物资库等依靠墙壁、门窗、屋顶、地板分开。ERCP 室 1 的 X 射线设备机房设置两个出入口，辐射工作人员出入口设在机房南墙壁的西端，辐射工作人员经控制室进出机房；患者和医疗废物出入口设在机房东墙壁的中间位置，患者和医疗废物经洁净通道进出机房。ERCP 室 2 的 X 射线设备机房设置两个出入口，辐射工作人员出入口设在机房北墙壁的西端，辐射工作人员经洁净通道、控制室进出机房；患者和医疗废物出入口设在机房东墙壁的中间位置，患者和医疗废物经洁净通道进出机房。

4) 核医学科

①整体布局

核医学科的入口位于南侧中间位置的电梯，出口位于东侧中间位置的电梯。核医学科区域西北侧为工作人员区，中部为诊断治疗区，西南侧、东北侧为预留区域。每个区域之间相对独立，设有门禁，由护士站遥控开启进出。整个核医学科相对独立且封闭，除核医

学医护人员及病人外，无关人员不得入内，平面布置较为合理。

②人流通道布局

本项目核医学科能实现医护人员与病人之间流动路线的分离；通过合理的管理，本项目核医学科能实现不同诊疗项目病人之间流动路线的分离。

a. 治疗诊断：

^{18}F 、 ^{68}Ga 显像检查病人由南侧电梯进入核医学科后，在候诊区等待呼叫，待医护人员完成分药后，由护士站开启门禁，行至注射室注射后，向北转东行至 PET/CT 观察室，等待观察 15min 无异常后，向南转西进入 PET/CT 机房显像诊断，随后向北转东进入 PET/CT 留观室留观 10min，最后由护士站开启门禁，向东由东侧核医学电梯离开。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I -MIBG、 ^{201}Tl 显像检查病人由南侧电梯进入核医学科后，在候诊区等待呼叫，待医护人员完成分药后，由护士站开启门禁，行至注射室注射后，向北转东行至 SPECT/CT 观察室，等待观察 15min 无异常后，向北转西进入 SPECT/CT 机房显像诊断，向北转东进入 SPECT/CT 留观室留观 10min，最后由护士站开启门禁，向东由东侧核医学电梯离开。

^{89}Sr 治疗病人由南侧电梯进入核医学科后，在候诊区等待呼叫，待医护人员完成分药后，由护士站开启门禁，行至注射室注射后，向北转东行至门诊室，等待观察 30min 无异常后，由护士站开启门禁，由东侧核医学电梯离开。

^{131}I 甲亢治疗病人由南侧电梯进入核医学科后，在候诊区等待呼叫，由护士站开启门禁，行至碘服药室服药（自动分装仪分装）后，向北转东行至门诊室，等待观察 30min 无异常后，由护士站开启门禁，由东侧核医学电梯离开。

^{223}Ra 治疗病人由南侧电梯进入核医学科后，在候诊区等待呼叫，待医护人员完成分药后，由护士站开启门禁，行至注射室注射后，由护士站开启门禁，向北转东行至东侧核医学电梯直接离开。

^{99}Tc -MDP 治疗病人由南侧电梯进入核医学科后，在候诊区等待呼叫，待医护人员完成分药后，由护士站开启门禁，行至注射室注射后，由护士站开启门禁，向北转东行至东侧核医学电梯直接离开。

甲状腺 ^{131}I 摄取试验病人由南侧电梯进入核医学科后，在候诊区等待呼叫，向北行至甲吸室服药（甲吸仪自动分装）后测定，由护士站开启门禁，向南转东行至东侧核医学电梯直接离开。

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴治疗病人由南侧电梯进入核医学科后，在候诊区等待呼叫，待医护人员准备完成后，由护士站开启门禁，向北行至敷贴治疗室治疗约 5min 后，由护士站开启门禁，向南转东行至东侧核医学电梯直接离开。

医院通过采用时间管理措施，对注射不同核素病人实施提前预约，集中诊疗。

b. 医护人员：

核医学医生由核医学科北侧的医护人员专用通道刷卡进出，在更衣室穿戴防护用品后通过专用的医护通道进入各自的工作区，工作结束后需在淋浴间去污清洁，再进行表面污染监测，不合格者继续在淋浴间去污清洁，合格后方可向北原路退出核医学科。

本项目核医学科诊疗过程，病人通道和医护通道分离，医生活动区域和病人活动区域分开设置；不同剂量水平的病人分时段管理，留观区域分开设置；整个核医学科各功能房间布局紧凑，且有效衔接，控制用药病人流动范围从而控制表面污染的范围，并减少了病人与医生、不同剂量水平的病人之间的交叉影响。从平面布局来说，本项目人员流向合理。

③物流通道布局

a. 药物通道：

根据提前用药预约安排，在核医学科非工作时间，由药物供应商负责运送。甲亢治疗用 ^{131}I 药物从核医学科南侧电梯送至候诊区，核医学药品管理员与送货人员办理验收，在监控摄像头下“点对点”交接，同时记录药品规格、批次、数量以及收货时间，无误后由药物供应商通过门禁直接送入碘服药室，存放在带铅屏蔽的自动分装仪内。使用时，医生的远程操作自动分装仪分好药物，在碘服药室提供给病人口服，全程医生不必近距离接触药物。

甲状腺 ^{131}I 摄取试验用 ^{131}I 药物从核医学科南侧电梯送至候诊区，核医学药品管理员与送货人员办理验收，在监控摄像头下“点对点”交接，同时记录药品规格、批次、数量以及收货时间，无误后由药物供应商直接送入甲吸室，存放在带铅屏蔽的甲吸仪内。使用

时，医生的远程操作甲吸仪分好药物，在甲吸室提供给病人口服，全程医生不必近距离接触药物。

核素显像用 ^{18}F 药物、 ^{131}I -MIBG 药物、 ^{201}Tl 药物、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器、 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器、转移性骨肿瘤用 ^{89}Sr 药物、晚期前列腺癌用 ^{223}Ra 药物、皮肤瘢痕疙瘩用 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴源、类风湿关节炎用 ^{99}Tc -MDP 药物，从核医学科南侧电梯经候诊区、门禁进入库房，核医学药品管理员与送货人员办理验收，在监控摄像头下“点对点”交接，同时记录药品规格、批次、数量以及收货时间，无误后存放在源库的铅屏蔽容器内。使用时，医生在分药室分好药物，将其置于转移铅罐内后，经测量核定药物活度后从两个注射室转移给病人注射。

放射性药物在核医学科内流动范围较小，有效防止药物转移过程中因突发情况撒漏造成的表面污染范围，从时间安排和医院严格管理前提下，药物通道设置合理。

b. 污物通道：

本项目放射性废物存储间设置在核医学科东侧靠近出口处，放射性废物能以最短距离被送出核医学科区域，避免了对其他人员的二次照射，同时该区域人员流动少，降低了医生及公众受照射的可能性，其设置合理。

从功能分区来看，本项目核医学科接诊等候、核素诊断治疗、扫描检查、工作人员办公区域划分明确，相对隔离，可以尽量避免公众和医护人员不必要的照射。医院将加强对核医学科的管理，人员或语音广播引导患者就诊，地面粘贴引导标志，告诫注射药物的待检者在规定区域候诊，提醒陪护者和无关人员避免进入候诊走廊和注射药物候诊区域。

整个核医学科位置相对封闭且独立，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，本项目核医学科平面布置是合理的。

综上所述，从便于分区划分、便于辐射防护以及满足安全诊疗的角度来看，以上辐射工作场所的平面布局是可行的。

6、产业政策符合性

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019

年本)》，本项目属鼓励类第十三项“医药”第5条“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，符合国家产业政策。

7、工作制度与人员配置

工作制度：年工作日 250d，每周工作 5 天，每天工作 8h。

人员配置：

DSA 室：医生 4 人、护士 1 人、影像技师 1 人。

OR-9、OR-10：每间医生 4 人、护士 2 人，共用影像技师 2 人。

ERCP 室 1、ERCP 室 2：每间医生 2 人、护士 2 人、影像技师 1 人。

核医学科：医生 3 人，技师 4 人，护士 3 人。

各组成员固定，不再从事其他辐射工作。

8、项目单位核技术应用现状

(1)辐射安全许可证的许可种类和范围

该医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（许可证号：川环辐证[00271]号，有效期至2026年4月13日）。许可的种类和范围：使用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，丙级非密封放射性物质工作场所。

①放射源

许可项目单位使用放射源共8枚，其参数见表1-2。

表 1-2 许可使用的放射源

序号	核素	类别	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	活度种类
1	^{192}Ir	III	$3.7\text{E}+11$	使用
2	^{22}Na	V	$1.48\text{E}+7 \times 1$	使用
3	^{22}Na	V	$3.7\text{E}+5 \times 6$	使用

②非密封放射性物质

许可项目单位使用核素共2种，其等参数见表1-3。

表 1-3 许可使用的非密封放射物质

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活度种类
1	放免室	丙级	^{125}I	4.44E+4	1.11E+7	使用
2	2 号楼负 3 层核医学科	丙级	^{18}F	8.88E+6	5.55E+12	使用

③射线装置

许可项目单位使用II、III类射线装置共35（台/套），其中使用II类射线装置7（台/套）、使用III类医用射线装置28（台/套），见表1-4。

表 1-4 许可使用的医用射线装置

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	医用直线加速器	II	1	使用
2	血管造影机	II	5	使用
3	移动式 C 型臂 X 射线机	II	1	使用
4	正电子发射及 X 射线计算机断层成像系统 PET/CT Imaging System	III	1	使用
5	移动式 X 射线机	III	3	使用
6	移动式 C 型臂 X 射线机	III	2	使用
7	X 射线骨密度仪	III	2	使用
8	双能量 X 射线骨密度仪	III	2	使用
9	数字化 X 射线透视摄影系统	III	4	使用
10	乳腺 X 射线机	III	1	使用
11	口腔颌面锥形计算机体层摄影设备	III	1	使用
12	口腔 X 射线机	III	2	使用

13	X 射线计算机体层摄影设备（CT）	III	8	使用
14	DR	III	1	使用
15	移动 DR	III	1	使用

(2)辐射安全管理的回顾性分析

2022 年度，医院使用放射性同位素与射线装置的辐射安全管理情况如下：

①辐射管理机构设置

项目单位的辐射安全管理部门为院感部，辐射安全管理负责人为郭华。2022 年，项目单位调整了“辐射安全与环境保护管理领导小组”（内容包含成员构成、工作职责等）的组织架构，确定了小组成员，负责医院放射性同位素和射线装置的辐射安全与环境保护的领导工作。

②辐射安全和规章制度

项目单位建立有较完备的辐射安全和规章制度，包括《辐射安全管理规定》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护制度》、《放射源与射线装置台帐管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《职业健康管理制度》、《辐射事故应急救援预案》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》等，并且相关制度在各个辐射工作场所均已上墙。

③辐射安全培训

项目单位建立有辐射工作人员辐射安全培训档案，2022 年度新增了 30 名辐射工作人员，目前共有 286 名辐射工作人员，对工作人员均采取持证上岗并定期到相关部门培训，已有 265 名进行了辐射安全培训，未培训人员正在陆续安排之中。

④个人剂量管理

项目单位建立有辐射工作人员个人剂量档案，个人剂量每季度检测一次（检测结果均满足国家标准要求），检测结果存入个人剂量档案。

⑤放射性同位素及射线装置台帐

项目单位建立有放射性同位素及射线装置台帐，当放射性同位素及射线装置发生变动

时，及时更新了台账。2022 年度项目单位新增 2 台 II 类射线装置、7 台 III 类射线装置。

⑥辐射安全和防护设施维护情况

每年定期对辐射防护设施、设备和各场所辐射安全和防护设施开展了检查与维护，确保了辐射安全和防护设施、设备、各场所辐射安全和防护设施运行正常。

⑦场所辐射环境监测

定期对各辐射工作场所开展了自行监测，并存有监测记录；每年委托有资质单位对各辐射工作场所开展年度监测一次，监测结果均满足国家标准要求。

⑧辐射事故应急演练

2020 年 12 月 26 日，项目单位开展导管室 DSA 故障应急演练一次。

⑨环保手续履行情况

2020 年度，项目单位新增 2 台 II 类射线装置，7 台 III 类射线装置，无退役射线装置。新增 II 类射线装置已经按照规定委托编制了建设项目环境影响报告表并取得批复。新增 III 类射线装置已经按照规定填写了建设项目环境影响登记表并备案。新增的射线装置均按照要求向四川省生态环境厅提交了资料并进行了辐射安全许可证更换。

⑩2022 年度未发现安全隐患，未发生辐射事故。

通过上述回顾，环评认为，2022 年度项目单位使用的放射性同位素与射线装置的安全与防护管理满足中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求。

(3)建设项目环保审批的履行情况

《成都市第三人民医院改扩建项目一期工程环境影响报告表》于 2020 年 11 月 27 日通过成都市青羊生态环境局审批，批复文号：成青环评审[2020]8 号。

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	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	$1.48 \times 10^9 \text{Bq}$	V	使用	敷贴治疗	1#楼负 1 楼核医学科	核素暂存库房	本项目
2	^{22}Na	$1.48 \times 10^7 \text{Bq} \times 1$ 枚	V	使用	PET/CT 校准	2 号楼负 3 楼 PET/CT 检查室	PET/CT 检查室贮存间	已有
3	^{22}Na	$3.7 \times 10^5 \text{Bq} \times 6$ 枚	V	使用	PET/CT 校准	2 号楼负 3 楼 PET/CT 检查室	PET/CT 检查室贮存间	已有
4	^{192}Ir	$3.70 \times 10^{11} \text{Bq} \times 1$ 枚	III	使用	治疗	2 号楼负 3 楼后装治疗室	后装治疗室	已有
/								

注：密封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	物化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器	^{99}Mo 液态、中毒	使用	$3.70\text{E}+10$	$3.70\text{E}+07$	$9.25\text{E}+12$	/	贮存	1#楼负 1 楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式：/	本项目
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态、低毒	使用	$2.96\text{E}+10$	$2.96\text{E}+08$	$7.40\text{E}+12$	诊断	简单操作	1#楼负 1 楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式： 置于发生器内。	本项目
3	^{18}F	液态、低毒	使用	$5.55\text{E}+9$	$5.55\text{E}+6$	$1.3875\text{E}+12$	诊断	很简单操作	1#楼负 1 楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式： 置于铅罐内。	本项目
4	^{131}I	液态、中毒	使用	$1.85\text{E}+9$	$1.85\text{E}+8$	$4.625\text{E}+11$	治疗(甲亢)	简单操作	1#楼负 1 楼：核医学科	贮存地点： 碘服药室内。贮存方式： 置于自动分装仪内。	本项目
5	^{89}Sr	液态、中毒	使用	$7.40\text{E}+8$	$7.40\text{E}+7$	$1.85\text{E}+11$	治疗	简单操作	1#楼负 1 楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式： 置于铅罐内。	本项目
6	^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器	^{68}Ge 液态、中毒	使用	$3.7\text{E}+9$	$3.7\text{E}+6$	$1.85\text{E}+11$	/	贮存	1#楼负 1 楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式：/	本项目

序号	核素名称	物化性质	活动种类	实际日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
7	^{68}Ga	液态、低毒	使用	7.4E+8	7.4E+6	1.85E+11	诊断	简单操作	1#楼负1楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式： 置于发生器内。	本项目
8	^{223}Ra	液态、极毒	使用	5.55E+6	5.55E+7	1.3875E+9	治疗	简单操作	1#楼负1楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式： 置于铅罐内。	本项目
9	^{131}I	液态、中毒	使用	7.4E+6	7.4E+5	1.85E+9	诊断(甲吸)	简单操作	1#楼负1楼：核医学科	贮存地点： 甲吸室内。贮存方式： 置于甲吸仪内。	本项目
10	^{131}I	液态、中毒	使用	7.4E+7	7.4E+6	1.85E+10	诊断(显像)	简单操作	1#楼负1楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式： 置于铅罐内。	本项目
11	^{201}Tl	液态、低毒	使用	5.55E+8	5.55E+6	1.3875E+11	诊断	简单操作	1#楼负1楼：核医学科	贮存地点： 核素暂存库房内。 贮存方式： 置于铅罐内。	本项目
12	^{125}I	液态、中毒	使用	4.44E+05	4.44E+04	1.11E+07	检验	简单操作	放免室	贮存地点： 试剂存放室内。 贮存方式： 置于铅罐内。	已有

序号	核素名称	物化性质	活动种类	实际日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
13	^{18}F	液态、低毒	使用	2.22E+10	8.88E+06	5.55E+12	诊断	很简单操作/ 贮存	2 号楼负 3 层核医学科	贮存地点： PET-CT 源库。 贮存方式： 置于铅罐内。	已有
/											

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)/ 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1	Elekta Synergy	电子	6	/	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	住院 2 号楼 负 3 楼：直线加速器治疗室 1	已有
/										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医疗诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大输出电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	未定	125	1000	介入检查和治疗	1#楼 6 楼：DSA 室	本项目
2	移动 C 臂	II	1	未定	125	250	泌尿系统、骨科矫形介入检查和治疗	1#楼 6 楼：OR-9、OR-10 普外手术室	本项目
3	ERCP	II	2	未定	150	800	胰胆管介入检查和治疗	1#楼 3 楼：ERCP 室 1、ERCP 室 2	本项目
4	PET/CT	III	1	未定	140	1000	诊断	1#楼负 1 楼：核医学科 PET/CT 机房	本项目
5	SPECT/CT	III	1	未定	140	500	诊断	1#楼负 1 楼：核医学科 SPECT/CT 机房	本项目
6	口腔 X 射线机	III	1	KODAK2100	60	7	诊断	口腔科（西府北街 27 号牙科检查 1 室）	已有

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大输出电流 (mA)	用途	工作场所	备注
7	牙科 X 射线机	III	1	ORTH OPHO S XG 5 Ceph	90	16	诊断	口腔科（西府北街 27 号牙科检查 3 室）	已有
8	移动式 C 型臂 X 射线机	III	1	Ziehm Vision FD Vario 3D	110	20	诊断	手术室（住院 3 号楼 18 楼）	已有
9	移动式 X 射线机	III	1	AMX-4+	125	100	诊断	放射影像科（住院 2 号楼负 1 楼）	已有
10	移动式 X 射线机	III	1	AMX-4+	125	100	诊断	放射影像科（住院 2 号楼负 1 楼）	已有
11	血管造影 X 射线机	II	1	Allura Xper FD20	125	1250	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室 5	已有
12	CT 机	III	1	SOMATOM Emotion16	130	345	诊断	门诊放射区 CT 室 2	已有
13	DR 机	III	1	Essent a DR Compact	150	650	诊断	门诊放射区 DR 室 2	已有
14	数字化 X 射线摄影机	III	1	Digital Diagnost	150	900	诊断	门诊放射区 DR 室 1	已有
15	数字 X 射线摄影机	III	1	N600	150	630	诊断	体检部 1 楼：妇儿病区 X 线检查室	已有
16	医用诊断 X 射线机	III	1	Definium6000	150	800	诊断	住院 2 号楼负 1 楼：DR 扫描室 2	已有
17	CT 机	III	1	BrillianceiCT	140	1000	诊断	门诊放射区 CT 室 1	已有
18	医用血管造影 X 射线机	II	1	Innova IGS 540	125	1000	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室 6	已有
19	移动式 C 型臂 X 射线机	III	1	Ziehm 8000	110	20	诊断	手术室（住院 3 号楼 17 楼）	已有

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大输出电流 (mA)	用途	工作场所	备注
20	口腔颌面锥形计算机体层摄影设备	III	1	i-CAT 17-19	120	5	诊断	口腔科：口腔科门诊（西府北街 27 号口腔科大楼 2 层牙科检查 2 室）	已有
21	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	III	1	uDR 370i	150	400	诊断	门诊放射区：署前街 9 号妇儿病区	已有
22	医用血管造影 X 射线机	II	1	Innova IGS 520	125	1000	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室 2	已有
23	医用血管造影 X 射线机	II	1	Innova IGS 520	125	1000	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室 3	已有
24	乳腺 X 射线机	III	1	Senographe Essential, Senographe DS	49	100	诊断	住院 2 号楼负 1 楼：乳腺 X 射线摄影室	已有
25	X 射线计算机体层摄影设备	III	1	SOMATOM Definition AS, 配置 128 层	140	800	诊断	住院 2 号楼负 1 楼：CT 扫描室	已有
26	X 射线计算机体层摄影设备	III	1	u CT550	140	420	诊断	门诊放射区：发热门诊	已有
27	X 射线计算机体层摄影设备	III	1	NeuViz ACE SP N32ALV210060	140	320	诊断	车载 CT 室	已有
28	X 射线骨密度仪	III	1	MetriScan	60	0.333	诊断	体检二区，骨密度检查室 1	已有
29	X 射线骨密度仪	III	1	MetriScan	60	0.333	诊断	体检二区，骨密度检查室 2	已有
30	双能量 X 射线骨密度仪	III	1	AKDX-16H	80	1.2	诊断	体检二区，骨密度检查室 3	已有
31	双能量 X 射线骨密度仪	III	1	AKDX-16H	80	1.2	诊断	体检一区，骨密度检查室 6	已有

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大输出电流 (mA)	用途	工作场所	备注
32	医用血管造影 X 射线系统	II	1	Azurion 7 M12	125	813	介入检查和治疗	2 号楼 1 楼：导管室 4	已有
33	CT	III	1	SOMATOM Confidence	140	800	诊断	2 号楼负 3 楼：放疗定位四维 CT 室	已有
34	数字化 X 射线透视摄影系统	III	1	SONIALVISION C200	150	800	诊断	胃肠 DR 检查室	已有
35	CT	III	1	uCT530	140	420	诊断	2 号楼负 3 楼：CT 室 4	已有
36	移动式 C 形臂 X 射线机	II	1	Ziehm Vision RFD	120	200	介入检查和治疗	2 号楼 1 楼：消化内镜介入治疗室	已有
37	X 射线计算机体层摄影设备	III	1	SOMATOM Force	150	2600	诊断	门诊放射区 CT 室 3	已有
38	PET-CT	III	1	Vereos PET/CT	140	665	诊断	2 号楼负 3 楼核医学科	已有
39	移动 DR	III	1	uDR 380i Pro	150	560	诊断	住院 2 号楼负 1 楼	已有
/									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度 (Bq/a)	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
(含 ^{99m}Tc) 废水	液态	^{99m}Tc	2.96×10^{12}	总 $\beta < 1.5 \times 10^6 \text{Bq}$	总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$, ^{131}I 放射性活度浓度 $\leq 10 \text{Bq/L}$	在衰变池内暂存, 含 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 废水暂存超过 30d, 含 ^{131}I 放射性废水暂存超过 180d, 含 ^{89}Sr 、 ^{201}Tl 废水暂存超过十个半衰期 (506d、31d)	市政污水管网
(含 ^{18}F) 废水	液态	^{18}F	5.55×10^{11}	总 $\beta < 7.5 \times 10^5 \text{Bq}$			
(含 ^{68}Ga) 废水	液态	^{68}Ga	7.4×10^{10}	总 $\beta < 1.5 \times 10^5 \text{Bq}$			
(含 ^{89}Sr) 废水	液态	^{89}Sr	7.4×10^{10}	总 $\beta < 1.88 \times 10^5 \text{Bq}$			
(含 ^{131}I) 废水	液态	^{131}I	1.94×10^{11}	总 $\beta < 6.38 \times 10^5 \text{Bq}$			
(含 ^{201}Tl) 废水	液态	^{201}Tl	5.55×10^{10}	总 $\beta < 1.88 \times 10^5 \text{Bq}$			
注射器、棉签、口杯、废乳胶手套、试管等	固态	^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl	4.89×10^{11}	约 1150kg/a	/	在废物间分开暂存, 含 ^{131}I 的放射性固废暂存超过 180d, 含 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl 的放射性固废暂存超过 10 个半衰期 (506d、115d、31d), 含其余核素的放射性固废暂存 30d	衰变到解除水平后, 经监测达标, 按一般医疗废物处理
(含 ^{131}I) 废活性炭	固态	^{131}I	/	少量	/		
废 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器	固态	^{99}Mo	/	50 个	/	/	生产单位回收或送交有资质的单位处理
废 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器	固态	^{68}Ge	/	2 个	/	/	
废 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴源	固态	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	/	/	/	/	
(含 ^{131}I) 废气	气态	^{131}I	4.83×10^8	$4.83 \times 10^6 \text{Bq}$	/	/	大气环境

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. 含有放射性的废弃物要注明，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》，2015 年 1 月 1 日实施； (2)《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日实施； (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)《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号（1998 年 11 月 29 日国务院令第 253 号发布，根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订），2017 年 10 月 1 日实施； (5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日实施； (6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环保总局第 31 号令（根据 2017 年 12 月 20 日原环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改 部分规章的决定》修正；根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正；根据 2021 年 1 月 4 日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件 的决定》修正）； (7)《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起实施； (8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日实施； (9)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 29 日发布； (10)《关于印发<建设项目环境影响评价信息公开机制方案>的通知》，环发[2015]162 号，2015 年 12 月 11 日发布； (11)《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告[2017]66 号，2017 年 12 月 6 日； (12)《四川省环境保护条例》（修订），2018 年 1 月 1 日施行； (13)《四川省辐射污染防治条例》，2016 年 6 月 1 日实施； (14)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函
------	--

	[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日发布； (15)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77 号，2012 年 7 月 3 日发布； (16)《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，国家发展和改革委员会第 29 号令，2020 年 1 月 1 日实施； (17)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发； (18)关于发布《放射性废物分类》的公告，原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起实施。
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和格式》（HJ10.1-2016）； (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3)《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； (4)《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； (5)《X 射线计算机断层摄影放射卫生防护要求》（GBZ165-2012）； (6)《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； (7)《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； (8)《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》（WS/T613-2018）； (10)《职业性皮肤放射性污染个人监测规范》（GBZ166-2005）； (11)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (12)《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (13)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (14)《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； (15)《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）； (16)《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； (17)《临床核医学的患者防护与质量控制规范》（GB16361-2012）。

其他	(1)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）》的通知，川环函[2016]1400 号，2016 年 9 月 22 日发布； (2)《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》； (3)建设单位提供的工程设计图纸及相关技术资料。
----	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定，本项目评价范围：DSA 机房、OR-9、OR-10 普外手术室、ERCP 机房 1、ERCP 机房 2、核医学科建筑实体外 50m 的范围。

该范围内主要为医院所属区域、院外的羊市街 21 号院（干休所宿舍区）、四川省曲艺研究院（已拆迁），医院内的中医科（原市委 8#楼附属楼）、门诊五区（原市委 8#楼）、门诊二区（原市委 5#楼）为保护建筑，无自然保护区、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。

保护目标

根据本项目评价范围，确定本项目职业照射控制目标和主要环境保护目标。

职业照射控制目标：本项目辐射工作人员；

环境保护目标：评价范围内的其他医务人员（辐射工作人员除外）、患者陪护及其他人员。

本项目评价范围内的主要环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

辐射场所	保护目标		与辐射源 相对位置	最小距离 (m)
DSA 室	职业人员	控制室操作人员	S	8.5
		介入手术操作人员	床旁	0.6
	公众	CT 手术室医护、患者	S	12
		骨科手术室、体外循环室、走廊 心脏手术室、预麻区的医护、患者	W	6
		数字手术室医护、患者	N	7.6
		污物走廊保洁人员	E	5.7
		空调机房巡检人员	楼上	5.3
		监护病房医护、患者	楼下	4.6

续表 7-1 本项目主要环境保护目标

保护目标			与辐射源 相对位置	距离（m）
OR-9、 OR-10 普外手术 室	职业人员	OR-9、OR-10 介入手术操作人员	床旁	0.6
	公众	OR-9 、OR-10 普外手术室医护、患者、 污物走廊保洁人员	S	5
		走廊、C 臂室医护、患者	W	6.7
		OR-11 手术室	N	5.8
		OR-07 骨科手术室、操作间、OR-08 骨科手术室医护、患者	E	8
		办公室医务人员	楼上	5.3
		病房医护、患者	楼下	4.6
		羊市街 21 号院（干休所宿舍区）人员	SW	26
ERCP 机房 1、 ERCP 机房 2	职业人员	控制室操作人员	S	4.5
		介入手术操作人员	床旁	0.6
	公众	走廊和消化内镜室（4~8）医护人员、 患者	E	>4.5
		物资库、纯水机房、消化镜消洗间的医 护人员	S	>4
		走廊、腔镜手术室（1~4）医护人员、 患者	W	>4
		铅衣更衣室、走廊医护人员、患者	N	>4
		灭菌区工作人员	楼上	5.2
		办公室工作人员	楼下	4.4
		羊市街 21 号院（干休所宿舍区）人员	SW	42
核医学 工作场所	职业人员	控制室 SPECT/CT、PET/CT 操作人员		
		分装室淋洗、分药、给药操作人员	在操作台旁	>0.5
		SPECT/CT、PET/CT 摆位工作人员	病人附近	>0.5
		分诊护士	东南	>2
	公众	地面一层消防通道	E	>8
		地面一层急救通道	E	>7
		抢救室	楼上	5.2
		停车场	楼下	3.8
		羊市街 21 号院（干休所宿舍区）人员	SW	26

评价标准

1、个人剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 4.4.2 一节规定，确定本项目的剂量约束值。本次评价将其作为评价标准，见表 7-2。

表 7-2 本项目辐射环境影响评价标准

单位：mSv/a

分 类	剂量限值		剂量约束值/评价标准
职业照射	20（有效剂量）		5（有效剂量）
	手、皮肤	500（当量剂量）	125（当量剂量）
公众照射	1（有效剂量）		0.1（有效剂量）

2、放射性表面污染控制水平

辐射工作场所内的表面以及工作人员的工作服、手套、工作鞋等处污染控制水平如表 7-3 给出。

表 7-3 放射性表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质 (Bq/cm ²)	β 放射性物质 (Bq/cm ²)
		极毒性	
工作台、设备 墙壁、地面	控制区	4	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4×10^{-1}	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-1}

3、外照射控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 6.1.5 节规定，距核医学科工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 0.3m 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 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 6.1.6 节规定，放射性药物

合成和分装的通风柜等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率应小于 2.5 μ Sv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率应小于 25 μ Sv/h。

4、放射性废物排放限值

(1)放射性废水

放射性废水排放执行《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）表 2 规定，即衰变池出水口废水的总 β 不大于 10Bq/L。

(2)放射性固体废物

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.2.3 规定，结合本项目实际情况，给出本项目放射性废物清洁解控水平，见表 7-4。

表 7-4 本项目放射性废物清洁解控水平

核素种类	清洁解控水平
含放射性核素 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的放射性固体废物	放射性固体废物暂存时间超过 30d，且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 。
含放射性核素 ^{89}Sr 的放射性固体废物	放射性固体废物暂存时间超过 506d，且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 。
含放射性核素 ^{223}Ra 的放射性固体废物	放射性固体废物暂存时间超过 115d，且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 。
含放射性核素 ^{201}Tl 的放射性固体废物	放射性固体废物暂存时间超过 31d，且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 。
含放射性核素 ^{131}I 的放射性固体废物	放射性固体废物暂存时间超过 180d，且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 。

4、用药患者出院要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中附录 B 规定，接受放射性药物治疗的患者，当体内放射性活度低于表 7-5 要求时才能出院。

表 7-5 放射诊疗患者出院时体内放射性活度的要求

放射性核素	患者出院时体内放射性活度要求 (MBq)
^{89}Sr	≤ 200
^{131}I	≤ 400
^{201}Tl	≤ 5100

5、X 射线设备机房防护设施的技术要求

(1) X 射线设备机房使用面积、单边长度

本项目拟用 X 射线设备机房面积：按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 2 要求执行，见表 7-6。

表 7-6 X 射线设备机房使用面积、单边长度要求

设备类型		机房内最小有效使用面积 m^2	机房内最小单边长度 m
CT 机	PET/CT SPECT/CT	30	4.5
单管头 X 射线机	DSA ERCP 移动 C 臂	20	3.5

(2) X 射线设备机房屏蔽

本项目拟用 X 射线设备机房屏蔽：按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 要求执行，见表 7-7。

表 7-7 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型		有用线束方向 铅当量 mm	非有用线束方向 铅当量 mm
标称 125kV 以上的摄影机房	ERCP	3.0	2.0
标称 125kV 及以下的摄影机房	DSA、移动 C 臂	2.0	1.0
CT 机房	PET/CT、SPECT/CT	2.5	2.5

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号，本项目工作场所所在的门急诊住院综合楼位于院区西侧。

2、环境现状评价

(1)评价对象

项目所在区域环境的辐射水平。

(2)监测因子

环境 X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染。

(3)监测点位

在本项目评价范围内布设监测点位，监测点位描述见表 8-3、表 8-4。

3、辐射环境监测

2023 年 3 月 10 日，四川省永坤环境监测有限公司对本项目拟建地、所在区域环境中的环境 X- γ 辐射剂量率及地表面 β 表面污染进行了监测。

(1)监测依据

监测方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测方法、方法来源一览表

监测因子	监测方法	方法来源
环境 X- γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	HJ1157-2021
β 表面污染	《表面污染测定 第 1 部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》	GB/T14056.1-2008

(2)监测环境条件

天气：晴；环境温度：19~20℃；环境湿度：58.5~62.7%。

(3)监测设备

现场监测设备的性能参数见表 8-2。

表 8-2 监测设备性能参数一览表

监测项目	监测设备		
	名称型号	测量范围	检定有效期
环境 X- γ 辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 YKJC/YQ-40	1nGy/h-1.2mGy/h	有效期至 2023.10.23
β 表面污染	CoMo170 表面污染监测仪 YKJC/YQ-06	表面发射率响应 $R_{\alpha}=0.40$ $R_{\beta}=0.40$	有效期至 2023.7.21

(4)质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器检定：监测仪器具有计量检定合格证书并在其有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

数据处理与复合：监测报告实行三级审核制度，经编制、审核，最后由技术总负责人签发。

(5)监测结果

略

4、辐射环境质量现状评价

(1)比较标准

项目所在区域环境辐射水平参考《2022 年全国辐射环境质量报告》中的监测数据，见表 8-5。

表 8-5 2022 年四川省空气吸收剂量率自动监测结果

监测地点	空气吸收剂量率年均值范围 (nGy/h)
四川省 27 个自动监测站	61.9~151.8

(2)辐射环境质量现状评价

①区域环境中的辐射水平

由表 8-3 中监测数据显示，项目所在环境中的 X- γ 辐射剂量率在 (82~97) nGy/h 之间，与《2022 年全国辐射环境质量报告》四川省 27 个电离辐射环境监测自动监测站测

得的空气吸收剂量率（年均值）范围（61.9~151.8）nGy/h 相比，处于天然本底涨落范围内。

②区域环境中的表面污染水平

从表 8-4 中的数据可见，项目所在区域地表的 β 表面污染水平低于仪器探测下限（ $LLD_{\beta}=3.7\times 10^{-2}\text{Bq/cm}^2$ ），尚未发现本项目区域地表面被放射性物质污染。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、建设期

(1) 土建施工

本项目辐射工作场所位于门急诊住院综合楼（主楼）内，放射性废水衰变池位于该楼东侧，与该楼同时设计、同时建设。建设期间的工艺流程、产生的非放污染物、建设期间的非放污染防治措施以及对环境的影响已由批复的《成都市第三人民医院改扩建项目一期工程环境影响报告表》（成青环评审[2020]8 号）给出，本次环评不再赘述。

(2) X 射线设备调试

本项目拟用的 6 台 X 射线设备在调试过程将产生 X 射线。

二、运行期

（一）介入 X 射线设备（DSA、ERCP、移动 C 臂）

本项目拟用介入 X 射线设备有 DSA、ERCP 和移动 C 臂，其工作原理、产生的污染物类似，设备的技术参数（管电压、管电流）不同，临床应用对象有所不同。以 DSA 为例，介绍该设备组成、工艺流程和产污环节。

(1) DSA 组成和诊疗范围

数字减影血管造影（digital subtraction angiography, DSA）是 20 世纪 80 年代继 CT 之后出现的一项医学影像学新技术，是电子计算机图像处理技术与传统 X 线血管造影技术相结合的一种新的检查方法。可以满足心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入检查与治疗。介入诊断与治疗，是指医生在 DSA 图像的引导下，通过皮穿刺途径或通过人体原有孔道将导管或器械插入病变部位或注入造影剂，进行诊断和治疗。

DSA 组成：DSA 由 X 线系统、电子计算机系统、机械及附属设备系统、成像控制系统等系统组成。X 线系统由 X 线发生装置（X 线管、高压发生器和 X 线控制器）及其影像链构成。

DSA 成像原理：DSA 用碘化铯荧光体探测器将穿过人体的 X 线信息接收，使之变为光学图像，经影像增强器的增强后，再用高分辨率的摄像机扫描，所得到的图像信号经模数转换，储存在数字存储器内，将注入对比剂前所摄的蒙片与注入对比剂后所摄的血管充盈像经计算机减影，处理成减影影像，再经模数转换，将只留下含对比剂的血管像显示出

来。

DSA 介入诊疗范围：本项目拟用的 DSA 用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查与治疗。

(2) DSA 检查与治疗流程与产污环节简述（图示）

① DSA 检查与治疗流程简述：

DSA 检查流程：医师向受检者告之在介入诊断过程可能受到辐射危害。固定受检者体位或转动 C 形臂，尽量使受检部位紧靠检测器，然后，医师离开介入手术室，关闭防护门。以拍片模式，对没有注入造影剂的造影部位曝光采集图像。之后，医师进入介入手术室，给受检者注入造影剂，然后离开介入手术室，关闭防护门。以拍片模式，对注入造影剂的造影部位曝光采集图像。在控制室医师将同一部位的两幅血管造影 X 线荧光图像经计算机减影处理后，在计算机显示器上显示出血管影像的减影图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

DSA 治疗流程：按照治疗方案对患者实施 DSA 治疗。DSA 术前，医生告知术中可能受到辐射危害。患者进入 DSA 机房，DSA 工作人员为患者摆位、调整手术床、C 型臂。介入操作中，DSA 工作人员在手术床旁根据操作需求，以透视模式，踩动手术床下的脚踏开关启动 X 线系统进行透视，然后通过悬挂显示屏上显示的连续画面，继续完成介入操作。每台手术 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完成后关机，病人离开 DSA 介入室。

DSA 检查与治疗流程及产污环节如图 9-1 所示。

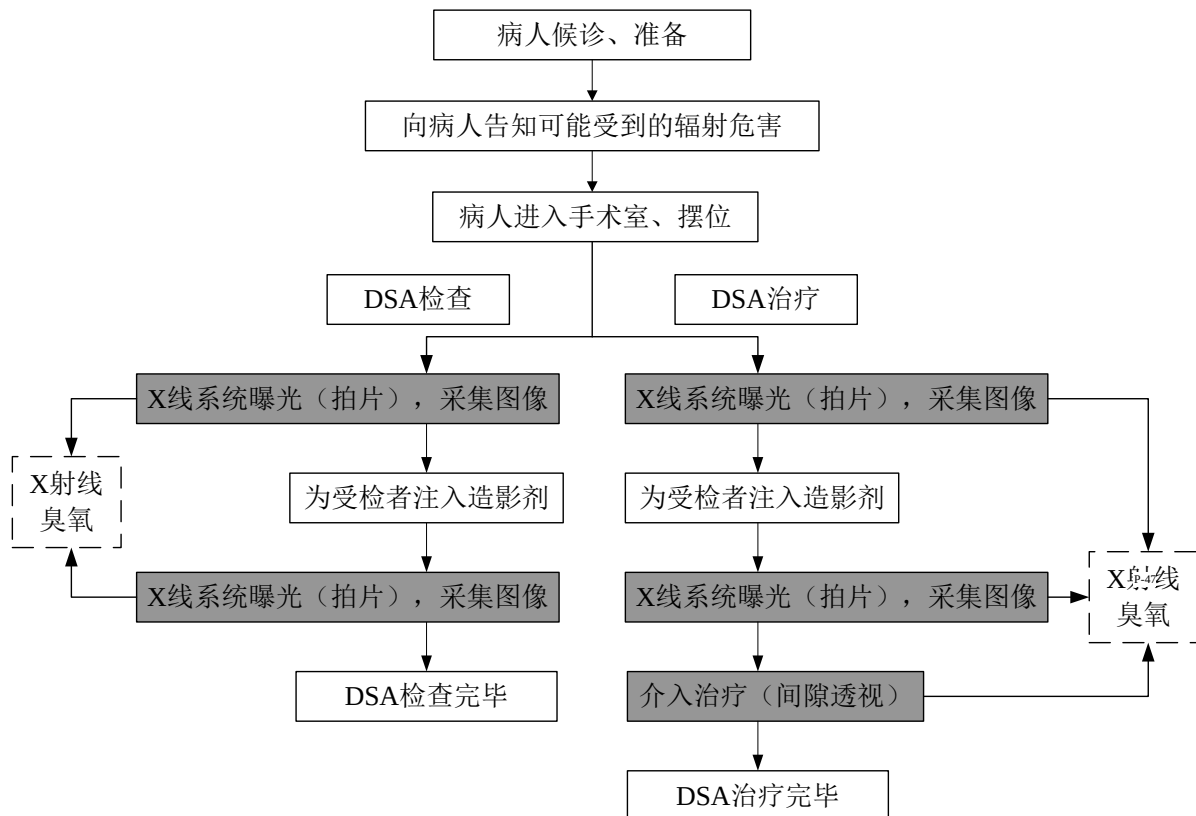


图 9-1 DSA 检查与治疗流程及产污环节示意图

②产污环节：

从图 9-1 可见，DSA 检查与治疗过程中，因使用 X 线系统拍片、透视，而产生 X 射线和臭氧。另外，通风设备运行将产生噪声，人员将产生生活废水和固体废物（生活垃圾和医疗废物）。

（二）显像 X 射线设备（SPECT/CT、PET/CT）

本项目拟用显像 X 射线设备 SPECT/CT、PET/CT。

1、PET/CT 显像检查

（1）PET/CT 系统构成及工作原理

①系统构成

PET/CT 系统是把 PET 和 CT 扫描器放在一个机架上，将两个机器有机地结合在一起的设备。再通过一台高档计算机和软件融合系统将两个装置采集的图像融合起来，这些装置的相互结合便构成了 PET/CT。

PET/CT 装置分两部分，前部是 CT，后部是 PET 扫描机。患者检查时，首先进入 CT 扫描视野，CT 扫描结束后，检查床自动进入 PET 扫描视野，开始 PET 扫描。CT 扫描数

据一方面用于结构解剖图像与 PET 图像融合，另一项是对 PET 发射扫描数据进行衰减校正。

基本结构：由 PET 系统、CT 系统、一体化扫描机架、扫描床、计算机系统和辅助设备组成。

②工作原理

PET/CT 技术是把极其微量的正电子示踪剂注射到人体内，然后用 PET 探测这些正电子核素在人体全身脏器的分布情况，再结合 CT 的精确定位，准确的显示出人体各器官的生理代谢情况和解剖结构。

(2)放射诊断流程与产污环节简述（图示）

①PET/CT 检查流程简述

- 1) 预约检查：接到医生开的 PET/CT 检查单后到 PET/CT 中心预约。
 - 2) 收集病史：受检者出示所有检查报告、X 片、CT、MRI 或超声等。
 - 3) 测量身高、体重：测身高，以确保不超过 PET/CT 仪的扫描孔径，保证使感兴趣区得到最佳显示；测体重，以确保不超过 PET 检查床的最大载重量，并根据患者的体重确认注射显像剂的剂量。
 - 4) 测血糖：进行血糖测定，因某些注射的显像剂是一种特殊的葡萄糖，血糖过高会影响到显影。
 - 5) 注射显像剂：静脉注射显像剂（ ^{18}F -FDG 或 ^{68}Ga 生长抑素）。
 - 6) 注射后休息：注射完显像剂之后，在休息室安静休息，目的是让显影剂分布到全身。不要与人交谈，避免紧张体位。检查项目不同，注射后等待时间不同。
 - 7) 接受检查：每天使用 PET/CT 之前，进行衰减校正（空白扫描、透射扫描）。
 - 8) PET/CT 检查前排空小便，整个检查过程大约要 20min；检查完毕进入留观室，医生或技师观察图像质量满意后，则准许病人离开。
 - 9) 报告结果：一般情况下三个工作日给出报告结果。
- PET/CT 检查流程及产污环节如图 9-2 所示。

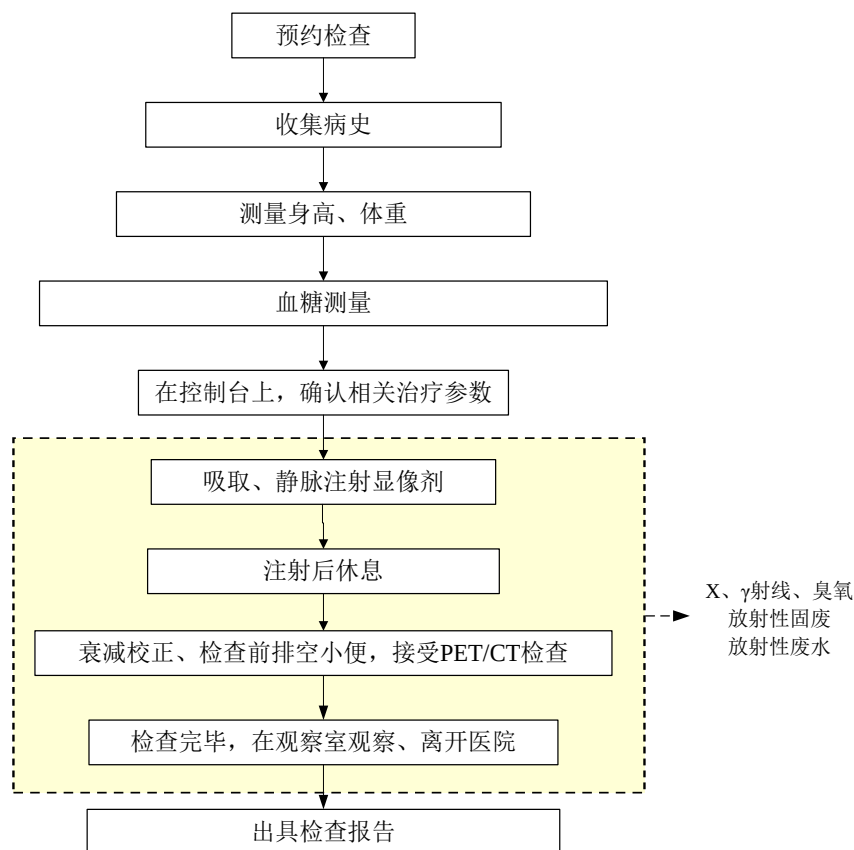


图 9-2 PET/CT 检查流程及产污环节示意图

②产污环节

从图 9-2 可见，在使用 PET/CT 诊断过程中，将产生 X 射线、 γ 射线、放射性固废、放射性废水和臭氧，产污环节如下。

PET/CT 衰减校正：在使用校准源进行衰减校正过程中，因发生湮没辐射而产生 γ 射线。

CT 机扫描：CT 机扫描时，其 X 线管发生 X 射线，同时 X 射线使空气电离产生臭氧。

注射显像剂后：受检者被静脉注射显像剂（ ^{18}F -FDG 或 ^{68}Ga 生长抑素）后， ^{18}F 、 ^{68}Ga 发出的正电子与组织中的负电子结合发生湮灭辐射，产生 γ 射线、废注射器、棉签和受检者产生的含 ^{18}F 、 ^{68}Ga 放射性废水。

此外，在淋洗 ^{68}Ga 标记放射性药物环节中，会产生 γ 射线、 β 表面污染，同时产生含 ^{68}Ga 的放射性固废、放射性废水。

2、SPECT/CT 显像检查

(1)SPECT/CT 系统构成及工作原理

①SPECT/CT 系统构成

SPECT/CT 系统为单光子发射 X 射线计算机断层成像系统，主要由 CT 机架、SPECT 机架、探头、检查前床、检查后床、CT 供电柜、系统采集计算机 ICS、重建计算机 IRS、SPECT 采集计算机 SNAC 和负责核医学图像高端后重建（刻骨技术）的 MRS 计算机组成。用于诊断（显像或功能测定）的发射 γ 射线的常用核素为 ^{99m}Tc 、 ^{131}I -MIBG、 ^{201}Tl 。

②工作原理

带有示踪性功能的放射性药物通过静脉注射或口服方式进入检查者体内，经过代谢吸收后，形成不同浓度的区域分布，这是采集前的准备。在系统采集计算机 ICS 上建立采集方案，将病人通过检查床送入探头视野内进行探测，采集放射性药物发射的射线，如 ^{99m}Tc 标记物发射 γ 射线。 γ 光子信号经过探头的准直器，在探头晶体表面产生光信号，这些光信号经过光电倍增管放大后产生电信号，经过模数转换，发送到系统的 SPECT 采集计算机 SNAC，这些数据在 SNAC 计算机进行成像重建，产生核医学的图像，同时会传送到 ICS 计算机，如果需要进一步重建，则可以调用 MRS 计算机进行进一步重建，核医学部分采集成像结束。

CT 成像原理：ICS 控制的 CT 成像，检查床将病人送入 CT 机架扫描视野内，使用 CT 的扫描协议，进行成像扫描，CT 数据被传送到 IRS 计算机，进行 CT 的图像重建，重建后的图像数据被传送到 ICS 上，CT 部分采集成像结束。

如果有需要融合的 CT 和 SPECT 数据，在 ICS 上调用 NMCT FOV 的融合校正数据，对 CT 和 SPECT 数据进行图像融合，从而得到想要的融合图像。

(2)诊断流程与产污环节简述（图示，以 ^{99m}Tc 为例）

①诊断流程简述（图示）

订购钼铈发生器→钼铈发生器置于通风柜内，用生理盐水淋洗吸附柱，得到含 ^{99m}Tc 淋洗液→ ^{99m}Tc 标记放射性药物（显像剂）的制备→给患者注射显像剂→引入显像剂 2h 内进行显像→SPECT/CT 扫描约 15min→患者离开 SPECT/CT 扫描间。使用 ^{99m}Tc 进行 SPECT/CT 扫描流程及产污环节如图 9-3 所示。

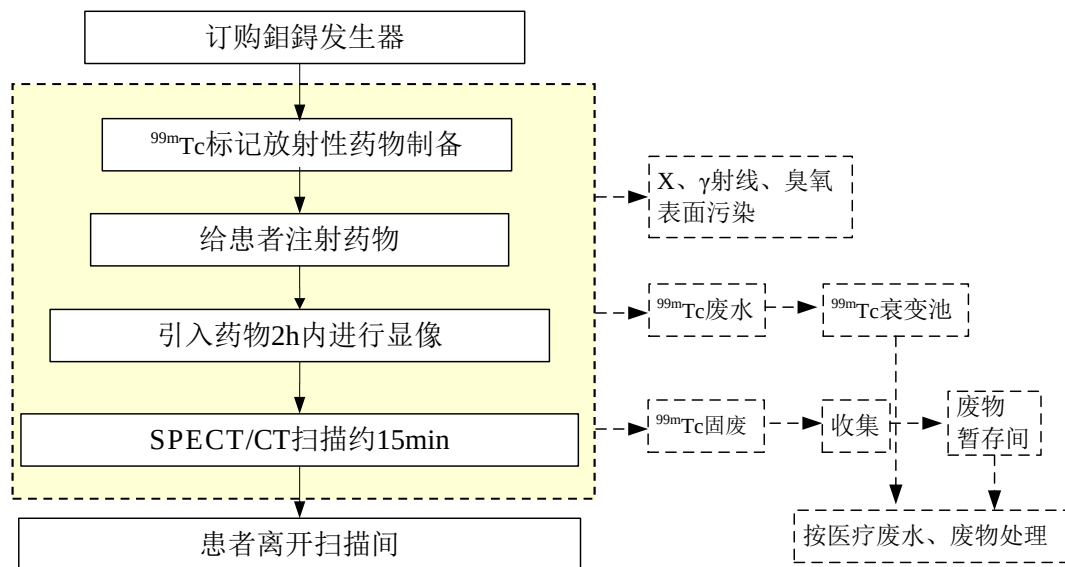


图 9-3 使用 ^{99m}Tc 进行 SPECT/CT 扫描流程及产污环节示意图

②产污环节

从图 9-3 可见，在 SPECT/CT 扫描过程，产生 X 射线、 γ 射线和臭氧；在淋洗 ^{99m}Tc 标记放射性药物的制备、注射、显像、SPECT/CT 扫描环节中，产生 γ 射线、 β 表面污染，同时产生含 ^{99m}Tc 的放射性固废、放射性废水。使用 ^{131}I -MIBG、 ^{201}Tl 等核素时，同理会产生含 ^{131}I 、 ^{201}Tl 的放射性固废、放射性废水。

(三) ^{131}I 甲亢治疗

核医学科使用核素 ^{131}I 用于甲亢治疗。

(1) ^{131}I 甲亢治疗原理

甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。 ^{131}I 在甲状腺组织内的有效半衰期约为 3.5~4.5 天， ^{131}I 衰变发射的 β 射线在组织内平均射程为 1mm，所以 β 粒子携带的能量几乎全部释放在甲状腺组织内，对甲状腺周围的组织和器官影响较小。如给予适当剂量的 ^{131}I ，利用放射性“切除”部分甲状腺组织的同时保留一定量的甲状腺组织，使甲状腺功能恢复正常，达到治疗甲亢的目的。

(2) ^{131}I 治疗流程与产污环节简述（以甲亢治疗为例图示）

① ^{131}I 治疗流程：

1) 病人的准备

停止服用影响甲状腺摄取 ^{131}I 的药物和忌食食物；进行体检和血、尿常规检查等；查血中甲状腺激素和 TSH 水平；测定甲状腺 ^{131}I 摄取率。

2) ^{131}I 治疗剂量的确定。

3) 给药：工作人员通过全自动分装仪给患者发药，患者在服药室一次口服，然后回门诊室观察 30min 后离开。

^{131}I 一次治疗流程简单示意如图 9-4 所示。

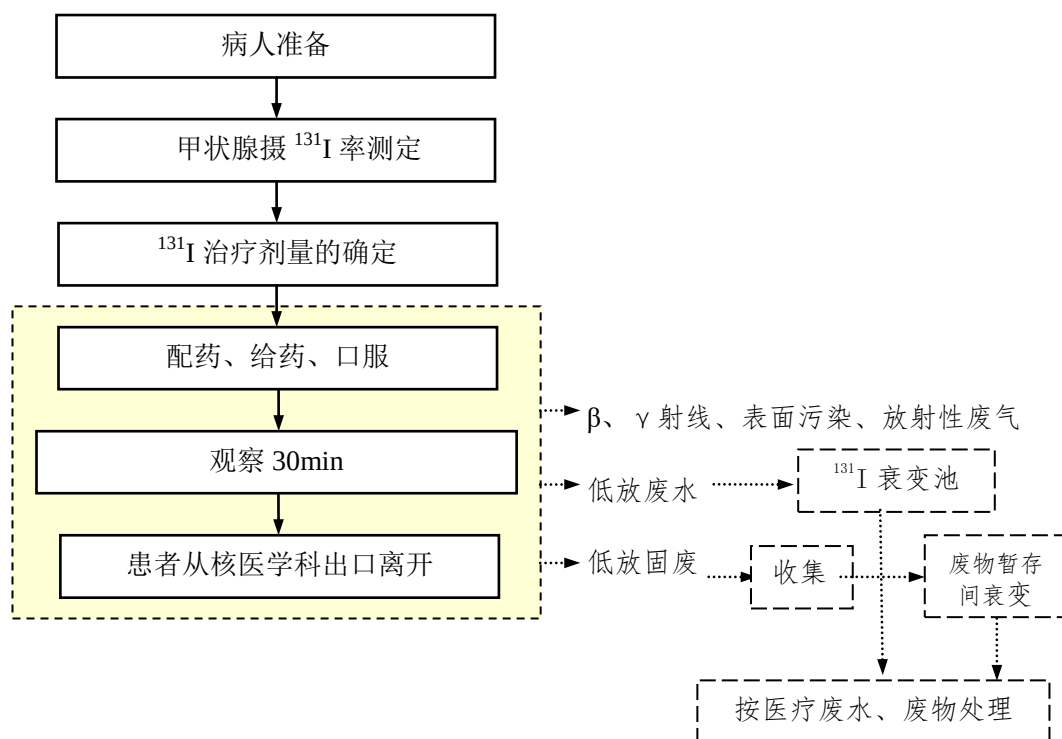


图 9-4 ^{131}I 治疗流程及产污环节示意图

②产污环节

从图 9-4 可见，由于使用核素 ^{131}I ，在配药、给药、患者服药及在院观察期间，将产生 β 射线、 γ 射线、表面污染，同时产生含 ^{131}I 的放射性固废、放射性废水和少量挥发的放射性废气。

（四） ^{89}Sr 骨肿瘤治疗

①治疗原理

利用放射性核素 ^{89}Sr 发射 β 射线进行骨肿瘤治疗。应用原理：用于治疗骨肿瘤的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，放射性核素衰

变过程中发射 β 射线，辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润；进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而达到治疗骨肿瘤的目的。

②治疗流程与产污环节简述

工作人员根据病人的病情确定治疗剂量，患者在注射室进行静脉注射或局部注射 ^{89}Sr 。病人注射后，如无异常情况，观察后当天就可离开医院。

每次用药时，医院购进分装好的 ^{89}Sr ，无需再分装。在取药、注射过程中，产生 β 射线、 γ 射线和韧致辐射，产生含有 ^{89}Sr 的放射性固废。

（五） ^{223}Ra 晚期前列腺癌治疗

①治疗原理

$^{223}\text{RaCl}_2$ （二氯化镭）是一种治疗有症状骨转移及无已知内脏转移的去势抵抗性前列腺癌（CRPC）的 α 粒子辐射的放射性药物。其活性部分模拟钙离子，通过与骨骼中的羟基磷灰石形成复合物，选择性地靶向骨骼，尤其是骨转移区域。 ^{223}Ra 发射的高线性能量转移（ $80\text{keV} \cdot \text{mm}^{-1}$ ），能够在邻近肿瘤细胞中引发高频率的双链 DNA 断裂，从而产生强效的细胞毒效应，对骨转移的癌细胞起到治疗作用。 ^{223}Ra 发射的 α 粒子量程小于 $100\mu\text{m}$ （不到 10 个细胞直径），能够最大限度地减少对周围正常组织的伤害。

②治疗流程与产污环节简述

工作人员根据病人的病情确定治疗剂量，患者在注射室进行静脉注射或局部注射 $^{223}\text{RaCl}_2$ 。病人注射后可直接离开医院。

每次用药时，医院购进分装好的 $^{223}\text{RaCl}_2$ ，无需再分装。在取药、注射过程中，产生 α 射线、 β 射线、 γ 射线和韧致辐射，产生含有 $^{223}\text{RaCl}_2$ 的放射性固废。

（六）甲状腺 ^{131}I 摄取试验

①治疗原理

甲状腺 ^{131}I 摄取试验是一种测试甲状腺 ^{131}I 吸碘率的诊断方法。甲状腺 ^{131}I 吸碘率是利用空腹口服 ^{131}I ，经过胃肠吸收后，随血液进入甲状腺，迅速被甲状腺滤泡上皮细胞摄取，摄取的量和速度与甲状腺的功能密切相关。

②治疗流程与产污环节简述

病人检查以前需要停食含碘丰富的食物 2-4 周，停用含碘药物 2-8 周，停用影响甲状

腺功能的药物 2-4 周。诊断时在病人甲吸室进行 ^{131}I 的自动分药与服药，具体的剂量由核医学医生来根据体重计算，服用以后继续禁食 1h。病人在服药后的 2h、24h 测定甲状腺部位放射性计数，与标准原比较并绘制碘-131 摄取率的曲线。

工作人员通过甲吸仪给患者发药，无需再分装。在取药、服药过程中，产生 β 射线、 γ 射线和韧致辐射，产生含有 ^{131}I 的放射性固废。

（七） $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 皮肤瘢痕疙瘩敷贴治疗

①治疗原理

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器治疗皮肤瘢痕疙瘩，其原理是通过 β 射线的电离作用使组织的血管内皮细胞发生炎性改变，微血管发生萎缩、闭塞，从而达到治疗目的。 ^{90}Sr 的物理半衰期为 28.1 年，放出的 β 射线能量 0.65MeV 然后转变成子代产物 ^{90}Y ，它的半衰期很短，但能随着 ^{90}Sr 的衰变过程源源不断地形成。 ^{90}Y 衰变放出射线的能量 2.2MeV，是真正起治疗作用的放射性核素， ^{90}Y 射线在组织中的最大穿透距离 11mm。 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器其结构为 1mm 的银片或高分子材料，内含一定活度的 ^{90}Sr 化合物，外有一层金属薄膜保护层，并用以吸收 ^{90}Sr 所发射的 β 射线，而用以治疗的几乎是 ^{90}Y 发射的 β 射线。 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器其形状为圆形或方型，出厂时已标定其放射性活度及表面剂量率。由于 ^{90}Sr 的半衰期较长，可以长期使用，但每年需做一次衰变矫正。敷贴器的大小常不等，其活性区的面积有不同规格选用。小则 $3\times 4\text{mm}$ ，大则 $60\times 80\text{mm}$ 。某些敷贴器还可弯曲，更有利于贴进皮肤。使用时需用橡皮或塑料等防护材料将病变周围皮肤覆盖，免受不必要的照射，然后在敷贴器下放一层玻璃纸，用胶布或绷带将敷贴器固定于病变处，再将敷贴器上面放置大于敷贴器面积的防护材料并固定。记录敷贴时间，达到预定治疗剂量时应及时取掉。

②治疗流程与产污环节简述

工作人员根据病人的病情确定治疗剂量，患者在注射室进行 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴治疗。一次治疗约 5min，病人治疗后可直接离开医院。

每次治疗前，医护人员从放射性核素暂存库取出的标定好放射性活度及表面剂量率 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器。在治疗过程中，仅产生 β 射线和韧致辐射。

（八） $^{99}\text{Tc-MDP}$ 治疗

①治疗原理

$^{99}\text{Tc-MDP}$ 通用名是锝（ ^{99}Tc ）亚甲基二膦酸盐注射液，是我国首个用于类风湿关节炎

临床治疗的核素药物。云克注射液首先被用于类风湿性关节炎临床治疗，经过多年的临床证据积累，云克注射液的适应症也推广到了骨质疏松、股骨头坏死、骨关节炎、强直性脊柱炎、甲亢突眼、肿瘤骨转移等。⁹⁹Tc-MDP 是多环节治疗的药物，具有消炎镇痛、免疫调节、抑制骨破坏并且促进骨骼修复的双向骨保护的作用。研究表明，首先，它通过抑制前列腺素、组胺等炎症物质而起到消炎镇痛的作用；其次，通过下调 TNF- α 、IL-1、IL-6 等炎性细胞因子水平，同时上调 IL-10、TGF- β 等抗炎性细胞因子水平，对患者血清中血沉、CRP 等炎性指标下调，从而起到免疫调节的作用；另外，它可抑制破骨细胞分化成熟、抑制基质金属蛋白酶表达而抑制骨破坏，螯合血清中的钙离子促进成骨细胞活化增殖以及修复骨的显微结构、改善骨强度，进而促进骨骼修复。⁹⁹Tc-MDP 适应症为类风湿性关节炎、骨关节炎、骨质疏松症、股骨头坏死、肿瘤骨转移、痛风、强直性脊柱炎、银屑病性关节炎、甲亢伴浸润性突眼等。

②治疗流程与产污环节简述

工作人员根据病人的病情确定用药量，患者在注射室进行静脉注射或局部注射⁹⁹Tc-MDP。病人注射后可直接离开医院。

每次用药时，医院购进分装好的⁹⁹Tc-MDP，无需再分装。在取药、注射过程中，产生含有⁹⁹Tc-MDP 的非放射性医疗废物。

污染源项描述

一、建设期污染源项分析

本项目辐射工作场所和放射性废水衰变池在基建施工期间，会产生扬尘、废水、噪声和固体废物。X 射线设备调试过程会产生 X 射线。

二、运行期污染源项分析

1、辐射源项

本项目在运行期间，辐射源项有射线装置和放射性核素。

(1)射线装置

①X 射线设备技术参数

本项目拟用 X 射线设备 6 台/套，其相应情况见表 9-1。

表 9-1 使用射线装置

使用场所	名称	规格型号	技术参数	数量(台)	类别	生产厂家	用途
DSA 室	DSA	待 定	125kV/1000mA	1	II	待 定	介入检查与治疗
OR-9、OR-10 普外手术室	移动 C 臂	待 定	125kV/250mA	1	II	待 定	泌尿系统介入检查与治疗
ERCP 室 1 ERCP 室 2	ERCP	待 定	150kV/800mA	2	II	待 定	胰胆管介入检查与治疗
核医学 工作场所	PET/CT	待 定	140kV/1000mA	1	III	待 定	检查（图像采集）
	SPECT/CT	待 定	140kV/500mA	1	III	待 定	检查（图像采集）

②X 射线设备运行工况

1) 运行方式：间歇加载、连续运行。

2) 运行参数

本项目拟用的 X 射线设备在正常出束时，运行管电压低于额定电压的 20%~30%。

(2)放射性核素

①诊疗核素辐射特性

本项目拟用诊疗核素及其辐射特性见表 9-2。

表 9-2 诊疗核素及辐射特性

序号	核素名称	毒性	形态	半衰期	衰变方式 (分支比%)	最大粒子 能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量当量率 常数 ($R \cdot m^2/h \cdot Ci$)	周围剂量当量率 常数(裸源) (μ $Sv \cdot m^2/MBq \cdot h$)	患者或受检者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 (μ $Sv \cdot m^2/MBq \cdot h$)
1	^{99}Mo	中毒	液态	66.02h	β^-	1.214	0.7394	0.143		
2	^{99m}Tc	低毒	液态	6.02h	同质异能跃迁		0.140	0.060	0.0303	0.0207
3	^{18}F	低毒	液态	109.8min	β^+ , EC	0.63 (+)	0.511	0.58	0.143	0.092
4	^{131}I	中毒	液态	8.02d	β^-	0.602	0.284, 0.365, 0.637	0.22	0.0595	0.0583
5	^{68}Ge	中毒	液态	270.93d	EC		0.010365			
6	^{68}Ga	低毒	液态	68.3min	β^+ , EC	1.9 (+)	0.511	0.56	0.134	0.086
7	^{89}Sr	中毒	液态	50.53d	β^-	1.488				
8	^{223}Ra	极毒	液态	11.44d	α	5.8713 (α), 0.4270 (β)	0.0117, 0.0838, 0.2695	0.048		
9	^{201}Tl	低毒	液态	3.05d	EC		0.16743			0.0119
10	^{90}Sr	高毒	固态	28.1a	β^-	0.546				
11	^{90}Y	中毒	固态	2.67d	β^-	2.288				

注：数据取自《辐射防护手册 第一分册》、《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 的附录、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、IAEA Nuclear Data Section。

②密封源

PET/CT、SPECT/CT 设备校准使用的校准源的枚数及活度均暂未确定，因此本次评价不包含校准源部分内容。待医院确定校准源枚数及活度后，在校准源购买前应履行相关环评手续，并应在辐射安全许可证上进行登记。

③放射性核素使用量

本项目预计年诊疗病人量、诊疗放射性核素的使用量和用途见表 9-3。

表 9-3 放射性核素使用情况

核素名称	单人最大用药量 (Bq)	日最多诊疗人次	日最大操作量 (Bq)	年最多诊疗人数	年最大操作量 (Bq)	用途
⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc 发生器	/	/	3.7×10^{10}	/	9.25×10^{12}	洗出 ^{99m} Tc
^{99m} Tc	7.4×10^8	40	2.96×10^{10}	10000	7.4×10^{12}	显像诊断
¹⁸ F	2.775×10^8	20	5.55×10^9	5000	1.3875×10^{12}	显像诊断
¹³¹ I	3.7×10^8	5	1.85×10^9	1250	4.625×10^{11}	甲亢治疗
	7.4×10^5	10	7.4×10^6	2500	1.8×10^9	甲吸诊断
	3.7×10^7	2	7.4×10^7	500	1.8×10^{10}	显像诊断
⁸⁹ Sr	1.48×10^8	5	7.4×10^8	1250	1.85×10^{11}	治疗
⁶⁸ Ge- ⁶⁸ Ga 发生器	/	/	3.7×10^9	/	1.85×10^{11}	洗出 ⁶⁸ Ga
⁶⁸ Ga	1.85×10^8	4	7.4×10^8	1000	1.85×10^{11}	显像诊断
²²³ Ra	5.55×10^6	1	5.55×10^6	250	1.3875×10^9	治疗
²⁰¹ Tl	1.11×10^8	5	5.55×10^8	1250	1.3875×10^{11}	显像诊断
⁹⁰ Sr	1.48×10^9	15	2.22×10^{10}	3750	5.55×10^{12}	敷贴治疗
⁹⁰ Y	7.4×10^8		1.11×10^{10}		2.775×10^{12}	

注：⁹⁹Mo-^{99m}Tc 发生器柱规格 3.7×10^{10} Bq (1Ci)，每周购置一个 ⁹⁹Mo-^{99m}Tc 发生器。⁶⁸Ge-⁶⁸Ga 发生器柱规格 3.7×10^9 Bq (0.1Ci)，每年购置 2 个 ⁶⁸Ge-⁶⁸Ga 发生器。

(3) 工作场所分级

核医学科为开放型放射性物质工作场所，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录 C 非密封源工作场所的分级规定进行分级。核医学科使用核素种类、放射性核素毒性组别修正因子、操作方式与放射性源状态修正因子、日最大操作量、日等效最大操作量一并列入表 9-5 中。⁹⁰Sr/⁹⁰Y 敷贴器按放射源管理，故不进行计算。

表 9-5 核医学科分级

核素	日最大操作量 (Bq)	毒性组别 及其修正 因子	操作方式、物 化性质与源状 态修正因子	日等效最大 操作量 (Bq)	工作场所 日等效最大操作量 (Bq)
⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc 发生器	3.7×10 ¹⁰	⁹⁹ Mo 中毒	液态、贮存	3.70×10 ⁷	6.78×10 ⁸ 乙级
		0.1	100		
^{99m} Tc	2.96×10 ¹⁰	低毒	液态、简单操作	2.96×10 ⁸	
		0.01	1		
¹⁸ F	5.55×10 ⁹	低毒	液态、很简单操作	5.55×10 ⁶	
		0.01	10		
¹³¹ I	1.9314×10 ⁹	中毒	液态、简单操作	1.9314×10 ⁸	
		0.1	1		
⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁸	中毒	液态、简单操作	7.40×10 ⁷	
		0.1	1		
⁶⁸ Ge- ⁶⁸ Ga 发生器	3.7×10 ⁹	⁶⁸ Ge 中毒	液态、贮存	3.7×10 ⁶	
		0.1	100		
⁶⁸ Ga	7.40×10 ⁸	低毒	液态、简单操作	7.40×10 ⁶	
		0.01	1		
²²³ Ra	5.55×10 ⁶	极毒	液态、简单操作	5.55×10 ⁷	
		10	1		
²⁰¹ Tl	5.55×10 ⁸	低毒	液态、简单操作	5.55×10 ⁶	
		0.01	1		

由表 9-5 中数据可见，在核医学科操作核素的日等效最大操作量为 6.78×10⁸Bq，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定（乙级：2×10⁷Bq~4×10⁹Bq），确定核医学科为乙级非密封源工作场所。

2、污染物产生

本项目运行后，产生的污染物主要由 X 射线、γ 射线、α 射线、β 射线、放射性“三

废”和非放射性污染物（臭氧、噪声、生活废水和固体废物）。

(1)外照射

X 射线：本项目拟用的 6 台 X 射线设备在运行时，产生 X 射线；关机后，无射线产生。

γ 、 α 、 β 射线：PET/CT、SPECT/CT 设备使用的校准密封源产生 γ 射线。操作放射性药物时（如淋洗、标记、分装、注射、显像等环节）、施有放射性药物的患者、固体放射性废物、用于操作放射性药物的容器，工作场所地面、操作器械上的表面、工作服和鞋袜的表面污染等均会引起 γ 、 α 、 β 外照射，但主要还是来自放射性核素的分药、注射、显像及 PET/CT、SPECT/CT 扫描过程。

(2)表面污染

核医学工作人员操作放射性药物时，有可能出现溢出、滴洒等，均会造成工作台面、地面、设备表面和操作器械的放射性污染；这些表面污染如果及时发现、处理，会对人员产生外照射。

(3)放射性“三废”

①放射性废气

挥发性放射性药物在操作过程中，因自然挥发等会造成空气污染，从而使工作人员、周围环境中的公众受到内照射。本项目中使用的液态放射性碘化物具有挥发性，年总用药量为 $4.8285 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。 ^{131}I 按 1‰ 挥发量计算，则 ^{131}I 年挥发量 $4.83 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

②放射性固体废物

1) 废发生器柱：核医学科因使用 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器、 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器，预计产生废 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器 50 个/a、 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器 2 个/a。

2) 含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{68}Ga 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl 废物：核医学科因使用核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{68}Ga 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl ，而产生含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{68}Ga 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl 废物（如注射器、棉签、口杯和乳胶手套等）约 1150kg/a，总活度约 $4.89 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

3) 含 ^{131}I 废活性炭：核医学科的废气净化装置使用活性炭，当活性炭达不到处理要求后，会产生少量的含 ^{131}I 废活性炭。

4) 废 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器：核医学科因使用 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器，考虑到 ^{90}Sr 的半衰期长达 28.1a，日常使用中仅需每年对 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器活度进行一次校准即可。若干年后，当 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷

贴器的活度不能满足治疗需求时，将产生废⁹⁰Sr/⁹⁰Y敷贴器。

③放射性液体废物

1) ^{99m}Tc、⁶⁸Ga 标记淋洗液：核医学科产生的废^{99m}Tc、⁶⁸Ga 标记淋洗液微量。

2) 含^{99m}Tc、¹⁸F、¹³¹I、⁶⁸Ga、⁸⁹Sr、²⁰¹Tl 废水：核医学科冲洗患者排泄物而产生含^{99m}Tc、¹⁸F、¹³¹I、⁶⁸Ga、⁸⁹Sr、²⁰¹Tl 废水量约 341.3m³/a，总活度约 3.92×10¹²Bq/a。各类放射性废水活度详见表 5。

(4)非放射性污染物

①臭氧：X 射线设备机房内的空气在电离辐射作用下，产生有害气体臭氧。

②噪声：辐射工作场所的通风设备运行，会产生噪声。

③生活废水

辐射工作人员、患者/受检者在院期间，将产生生活废水（含废造影剂）。

新增生活废水是由 DSA、ERCP、OR-9、OR-10 术后的患者及其陪护在住院期间产生的。术后患者需住院 3~5d/人，并有 1 人陪护，按平均住院 4d/人考虑。住院病人排水量按生活用水（250L/d）的 85% 计。DSA 术后住院患者 50 人/a，ERCP 术后住院患者 200 人/a，OR-9、OR-10 术后住院患者 300 人/a。

经计算，本项目产生生活废水量 1017.5m³/a。

本项目拟用的造影剂是无色至淡黄色的液体，无毒、刺激性小、理化性质稳定、易排泄，无辐射。注入患者/受检者体内量较少，患者/受检者排泄后直接按生活废水处理。

④固体废物

辐射工作人员、患者/受检者在院期间，将产生固体废物（生活垃圾和医疗废物）。

术后患者需住院 3~5d/人，并有 1 人陪护，按平均住院 4d/人考虑。住院病人医疗垃圾按 1.0kg/d 计，生活垃圾按 0.5kg/d 计。DSA 术后住院患者 50 人/a，ERCP 术后住院患者 200 人/a，OR-9、OR-10 术后住院患者 300 人/a。

预计每台手术产生 0.5kg~1kg 医疗废弃物，年 550 台手术，最多产生医疗废弃物 0.55t/a。

经计算，本项目产生生活生活垃圾 2.2t/a、医疗垃圾 2.75t/a。

4、环境影响因子与辐射途径

环境影响因子：X 射线、γ 射线、β 射线、放射性“三废”、臭氧、生活废水、固体废物和噪声。

辐射途径：主要为外照射。

三、退役后污染源项分析

1、废 X 射线装置：本项目拟用的 6 台 X 射线装置达到使用期限时，可能会产生对环境造成危害的材料和零件，如 X 线发生装置、蓄电池、电子信息产品等。

2、废旧放射源：PET/CT、SPECT/CT 系统使用的校准源、 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器达不到使用要求时，将产生废旧放射源。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、辐射安全防护措施

1、项目选址、布局合理性分析

1) 选址合理性分析

本项目 DSA 辐射工作场所位于医院 1 号楼的六层东端，移动 C 臂辐射工作场所位于医院 1 号楼的六层南端，ERCP 辐射工作场所位于医院 1 号楼的三层中部，核医学科位于医院 1 号楼的地下一层东南端，均相对封闭、独立。且拟建的辐射工作场所具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本次评价确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

2) 布局合理性分析

本项目 DSA 辐射工作场所位于医院 1 号楼的六层东端，移动 C 臂辐射工作场所位于医院 1 号楼的六层南端，ERCP 辐射工作场所位于医院 1 号楼的三层中部，核医学科位于医院 1 号楼的地下一层东南端，均属于相对独立的区域。DSA、移动 C 臂、ERCP 辐射工作场所均设置两个出入口，辐射工作人员、患者和医疗废物由不同的走廊、在不同的时间出入机房，合理有效。核医学科的入口位于 1 号楼南侧的专用电梯，出口位于 1 号楼东侧的专用电梯。辐射工作场所整体上布局较为紧凑、独立、封闭，控制区与监督区分界明确，每个辐射工作场所按照医疗诊断流程进行布局，每个房间分别设置，相对独立，核医学科诊断、治疗病人有独立的洗手间。整体布局可以实现医生通道和病人通道分开独立设置，互不交叉，并能有效控制核医学科病人流通范围，避免污染扩散。此外，除辐射工作人员及病人外，无关人员不得入内。另外，放射性废物暂存间位于整个核医学科的东侧，衰变池位于 1 号楼外东侧的地下，相对独立，已避开各类人群集中活动区域，且下水管道均位于建筑体内。

同时，从功能分区来看，本项目辐射工作场所接诊等候、诊断治疗、扫描检

查、工作人员办公区域划分明确，相对隔离，可以尽量避免公众和医护人员不必要的照射。医院将加强对辐射工作场所的管理，人员或语音广播引导患者就诊，地面粘贴引导标志，告诫注射药物的待检者在规定区域候诊，提醒陪护者和无关人员避免进入候诊区域。整个辐射工作场所位置相对封闭且独立，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，本项目辐射工作场所平面布置是合理的。

综上所述，从便于分区划分、便于辐射防护以及满足安全诊断治疗的角度来看，以上辐射工作场所的平面布局是可行的。

2、辐射分区原则与区域划分

(1) 分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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

监督区-通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

(2) 控制区与监督区的划分

① 区域划分

1) DSA 室

控制区-DSA 机房划为控制区，以实体为边界。

监督区-控制室、DSA 设备间划为监督区，以实体为边界。

2) OR-9、OR-10 普外手术室

控制区-OR-9、OR-10 普外手术室划为控制区，以实体为边界。

监督区-OR-9、OR-10 普外手术室西侧的洁净走廊划为监督区，以实体为边界。

3) ERCP 室 1、ERCP 室 2

控制区-ERCP 机房 1、ERCP 机房 2 划为控制区，以实体为边界。

监督区-控制室划为监督区，以实体为边界。

4) 核医学科

控制区-PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、分装室、注射室、碘服药室、核素暂存库房、PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、抢救室、放射性废物暂存间、敷贴治疗室、甲吸室、门诊室、洁具间、病人卫生间等控制区，以实体为边界。

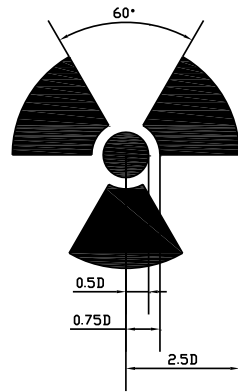
监督区-PET/CT 设备间、SPECT/CT 设备间、控制室、护士站、排风机房、空调机房、主任办公室、资料室、会议室、阅片室、医生卫生间、更衣室、休息室、卫生通道、淋浴间、问诊室、预留通道、预留控制室、预留机房等划为监督区，以实体为边界。

②环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目单位应做到：

1) 控制区的防护手段与安全措施

- ◆控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-1）。
- ◆制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；
- ◆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（包括门锁）限制人员进、出控制区；
- ◆定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。



a.电离辐射标志



b.电离辐射警告标志

图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

2) 监督区的防护手段与安全措施

- ◆以黄线警示监督区的边界；
- ◆在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- ◆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。

3、场所的安全与防护

(1)外照射防护

①屏蔽防护

1) DSA 室

DSA 机房使用空间尺寸：长 8.2m、宽 7.6m、高 3m，使用面积约为 62m²。

DSA 机房南西北三面采用 3mmPb 硫酸钡板，东面采用 4mmPb 硫酸钡板；顶板为厚度 150mm 现浇混凝土（密度 2.36g/cm³）加 3mmPb 硫酸钡板，地板为厚度 150mm 现浇混凝土（密度 2.36g/cm³）加 155mm 混凝土回填层（密度 2.36g/cm³）加 3mmPb 硫酸钡水泥；设计安装 3mmPb 屏蔽门（3 扇）、3mmPb 铅玻璃窗（1 扇）。

2) OR-9、OR-10 普外手术室

OR-9 普外手术室使用空间尺寸：长 8.4m、宽 4.8m、高 3m，使用面积约为 40m²。

OR-10 普外手术室使用空间尺寸：长 7.5m、宽 4.8m、高 3m，使用面积为 36m²。

OR-9、OR-10 普外手术室东南西三面采用 3mmPb 硫酸钡板，北面采用 4mmPb 硫酸钡板；顶板为厚度 150mm 现浇混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）加 3mmPb 硫酸钡板，地板为厚度 150mm 现浇混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）加 155mm 混凝土回填层（密度 2.36g/cm^3 ）加 3mmPb 硫酸钡水泥；设计每个房间各安装 3mmPb 屏蔽门（2 扇）、3mmPb 铅玻璃窗（1 扇）。

3) ERCP 室 1、ERCP 室 2

ERCP 机房 1 使用空间尺寸：长 6.4m、宽 5.1m、高 3.95m，使用面积约为 33m^2 。

ERCP 机房 2 使用空间尺寸：长 6.4m、宽 5.2m、高 3.8m，使用面积约为 33m^2 。

ERCP 机房 1、ERCP 机房 2 的东南西三面墙体均为厚度 370mm 实心砖墙（密度 1.65g/cm^3 ），北面墙体为厚度 370mm 实心砖墙（密度 1.65g/cm^3 ）加 0.5mmPb 硫酸钡板；顶板和地板厚度均为 260mm 现浇混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）；设计每个房间各安装 3mmPb 屏蔽门（2 扇）、3mmPb 铅玻璃窗（1 扇）。

4) 核医学科

PET/CT 机房使用空间尺寸：长 7.22m、宽 6.16m、高 3.95m，使用面积约为 44m^2 。

SPECT/CT 机房使用空间尺寸：长 6.16m、宽 5.63m、高 3.95m，使用面积约为 34m^2 。

PET/CT 机房、SPECT/CT 机房的四面墙体厚度均为 370mm 实心砖墙（密度 1.65g/cm^3 ）；顶板和地板厚度均为 300mm 混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）；设计每个房间各安装 3mmPb 屏蔽门（2 扇）、3mmPb 铅玻璃窗（1 扇）。

分装室、注射室、 ^{131}I 服药室、核素暂存库房、PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、抢救室、门诊室等控制区的四面墙体厚度均为 370mm 实心砖墙（密度 1.65g/cm^3 ）；顶板和地板厚度均为 300mm 混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）。

核医学科设计安装 3mmPb 屏蔽门。将上述辐射工作场所拟采用的屏蔽材料及厚度汇总列入表 10-1 中。

查《放射诊断放射防护要求》（GBZ-130-2020）表 C.4、C.7，管电压为 125kV

（有用线束）时，150mm 厚度的混凝土相当于 1.0mm 铅当量厚度，305mm 厚度的混凝土相当于 3.0mm 铅当量厚度；管电压为 150kV（有用线束）时，260mm 厚度的混凝土相当于 3.0mm 铅当量厚度。查《辐射防护手册》第三分册表 3.4，管电压为 150kV 时，370mm 实心砖墙（密度 1.65g/cm^3 ）相当于 4mm 铅当量厚度。

表 10-1 辐射工作场所屏蔽材料及厚度一览表

辐射工作场所	屏蔽体	设计厚度
--------	-----	------

DSA 机房 面积: 62m ² (8.2m×7.6m)	南、西、北 墙	3mmPb 硫酸钡板
	东墙	4mmPb 硫酸钡板
	观察窗	铅玻璃 3mmPb (1 扇)
	防护门	防护厚度 3mmPb (3 扇)
	顶板	150mm 现浇混凝土+3mmPb 硫酸钡涂料(共 4mmPb)
	地板	150mm 现浇混凝土+155mm 混凝土回填层+3mmPb 硫酸钡涂料 (共 6mmPb)
OR-9 机房面积: 40m ² (8.4m×4.8m) OR-10 机房面积: 36m ² (7.5m×4.8m)	东、南、西 墙	3mmPb 硫酸钡板
	北墙	4mmPb 硫酸钡板
	观察窗	铅玻璃 3mmPb (各 1 扇)
	防护门	防护厚度 3mmPb (各 2 扇)
	顶板	150mm 现浇混凝土+加 3mmPb 硫酸钡涂料 (共 4mmPb)
	地板	150mm 现浇混凝土+155mm 混凝土回填层+3mmPb 硫酸钡涂料 (共 6mmPb)
ERCP 机房 1 面积: 33m ² (6.4m×5.1m) ERCP 机房 2 面积: 33m ² (6.4m×5.2m)	东、南、西 墙	370mm 实心砖墙 (密度 1.65g/cm ³)
	北墙	370mm 实心砖墙 (密度 1.65g/cm ³) +0.5mmPb 硫酸钡板
	观察窗	铅玻璃 3mmPb (各 1 扇)
	防护门	防护厚度 3mmPb (各 2 扇)
	顶板、地板	260mm 现浇混凝土 (密度 2.36g/cm ³)
PET/CT 机房面积: 44m ² (7.22m×6.16m) SPECT/CT 机房面 积: 34m ² (6.16m×5.63m)	四周墙体	370mm 实心砖 (密度 1.65g/cm ³)
	观察窗	铅玻璃 3mmPb (各 1 扇)
	防护门	防护厚度 3mmPb (各 2 扇)
	顶板、地板	300mm 现浇混凝土 (密度 2.36g/cm ³)
分装室、注射室、 ¹³¹ I 服药室、核素暂存库 房、PET/CT 观察室、 SPECT/CT 观察室、 PET/CT 留观室、 SPECT/CT 留观室、 抢救室、门诊室	四周墙体	370mm 实心砖 (密度 1.65g/cm ³)
	防护门	防护厚度 3mmPb
	顶板、地板	300mm 现浇混凝土 (密度 2.36g/cm ³)
从表 10-1 中数据可见, 6 个 X 射线设备机房的面积、机房内最小单边长度、机房的屏蔽防护厚度均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中的相应要求。		
环评要求: 辐射场所在建设过程中, 应注意以下问题:		

1) 穿过辐射工作场所屏蔽墙的各种管道和电缆线弯成 S 形或 U 形, 不要正对辐射源和工作人员经常停留的地点。穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

2) 为防止辐射泄漏, 辐射场所的防护门与墙、门的底部与地面之间的重叠宽度不少于空隙的 10 倍。

3) 辐射工作场所要保证施工质量, 避免出现屏蔽薄弱处或者缝隙。

②安全防护措施

1) DSA 室、OR-9、OR-10 普外手术室、ERCP 室 1、ERCP 室 2

本项目拟用的介入 X 射线设备, 除了固有的安全防护措施之外, 在其工作场所还拟采用了如下辐射安全防护措施:

◆警告标志

在 X 射线设备机房门外设置电离辐射警告标志, 警示无关人员远离辐射工作场所。

◆工作状态显示

在 X 射线设备机房门外顶部设置工作状态指示灯, 并与门连锁。防护门关闭时, 指示灯亮, 灯箱上以文字“射线有害、灯亮勿入”警示人员注意安全; 防护门打开时, 指示灯灭。

◆紧急止动装置

在控制室的控制台上、手术床旁控制台上、床头前部、C 型臂纵向移动框架上均设置紧急止动按钮 (各按钮分别与 X 射线系统连接), 在 X 射线设备出束过程中, 一旦出现异常, 按动任一个紧急止动按钮, 均可停止 X 射线设备出束。

◆操作警示装置

X 射线设备出束时, 控制台上的指示灯变色, 同时蜂鸣器发出声音。

◆对讲装置

X 射线设备机房与控制室之间安装对讲装置, 控制室的工作人员可通过对讲装置与机房内的患者联系。

2) 核医学科

在核医学科, 除了 PET/CT、SPECT/CT 固有安全防护措施之外, 还拟采用

了如下辐射安全防护措施：

◆警告设施、安全联锁

在核医学科病员和医护进出口的防护门外均设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。

PET/CT 机房、SPECT/CT 机房的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，指示灯亮，灯箱上以文字“射线有害、灯亮勿入”警示人员注意安全；防护门打开时，指示灯灭。

◆紧急止动装置

PET/CT、SPECT/CT 控制室的操作台上、治疗床上均安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在扫描中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮就令 PET/CT、SPECT/CT 系统停止运行。

◆操作警示装置

PET/CT、SPECT/CT 扫描时，操作台上、PET/CT、SPECT/CT 设备机架上的指示灯变亮。

◆对讲装置、呼叫系统

PET/CT 机房、SPECT/CT 机房与控制室之间拟安装有对讲装置；在注射窗口、注射后等待区等处安装呼叫系统，便于医护人员与受检者之间对话和联系。

◆门禁系统

在核医学科病员出、入口处采用单向门禁系统，病员出、入由医护人员控制。

◆视频监控

在核医学科出、入口处、注射窗口、服药窗口、PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室等处安装摄像头，便于医生、护士及时观察受检者的情况。

◆放射性药物暂存库房的防盗

A.库房的防护门拟采用防盗门，钥匙由专人负责保管。

B.库房内配备保险柜，钥匙由专人负责保管。

C.库房的防护门外安装摄像头，由医院保安人员 24h 视频监控。

(2)室内表面污染防治

开放型放射性操作容易引起表面污染、容易产生内照射危害,针对这一特点,核医学科的室内表面污染防治如下:

①地板:地板应光滑、无缝隙、无破损。所用材料能耐酸碱,易去除放射性污染。可选用聚氯乙烯板、硬橡胶和耐酸金属板等铺地。铺设时,每块板之间要密合,与墙壁连接处要翻转到墙上 20cm 以上,地面要有一定坡度,在最低处尽可能设置地漏,以便清洗。

②墙面:核医学科地面与墙面或墙面与天花板交接处应做成圆角,以利去污。核医学科墙壁和天花板应全部刷油漆。最好采用易去污的高级氯化橡胶基油漆。

③工作台面:所有工作台面均应铺上耐酸碱而又光滑的材料,如钢化玻璃台面和上釉薄瓷砖台面等。在瓷砖的交接处用环氧树脂、水玻璃等抹缝。工作时,台面上最好能铺上一层廉价、可处理的、对台面起防止污染作用的材料,如聚乙烯薄膜等,以便经常更换。

④排水:核医学科设有独立的放射性下水道,排到专用放射性废水衰变池,集中暂存衰变。

⑤污物桶:核医学科室内设置放射性污物桶,桶上有明显标志。桶内衬塑料膜口袋,装满废物时,把整个塑料袋一起拿出,集中在放射性废物暂存间暂存衰变。

⑥通风:核医学科拟设独立的通风系统,确保持室内有良好的通风。气流方向从清洁区到监督区再向控制区,保持工作场所负压。室内换气次数:4~6 次/h。

4、人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、患者及本次评价范围内的其他人员(公众)。实际工作中,为减少人员照射剂量,普遍采取屏蔽防护、时间防护和距离防护措施。

◆屏蔽防护

依托辐射工作场所的有效实体,使四周环境中的人员安全得以保障。在相应场所内为患者配备个人防护用品(如铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具。工作场所拟配个人防护用品见表 10-2、表 10-3。

◆时间防护

通过制定最优化的治疗方案，尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

◆距离防护

保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

◆安全操作

(1)工作人员在操作放射性核素前，应拟定出周密的工作计划和步骤，检查仪器是否正常，通风是否良好，个人防护用品（铅背心、铅帽、铅围脖、铅玻璃眼镜等）是否齐全。

(2)在正式操作放射性核素前，必须熟悉放射性核素的性质。

(3)有可能造成污染的操作步骤（如开瓶、分装等操作），应在通风柜内进行。操作放射性液体时，须在铺有吸水纸的瓷盘内进行，使用注射器操作放射性液体时要配套使用注射器防护套。

(4)凡装有放射性核素的容器，容器外均应贴有明显的标签（注明核素的名称、活度等信息）。

(5)场所内的设备和操作工具，不得随意携带出去。

(6)经常检查人体和工作环境的污染情况，发现超限值水平的污染，应及时去污处理。

(7)严格管理制度，防止放射性溶液泼洒、弄错或丢失。

(8) ^{18}F 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl 由供应单位派专人直接送至放射性药物暂存库房置于柜中的铅罐内暂存， ^{131}I 由供应单位派专人直接送至甲吸室的甲吸仪或碘服药室的自动分碘仪内暂存。

(9)放射性药物暂存库房为防护铅门，采用双人双锁管理模式，日常期间由值班人员巡视检查，出入口安装摄像头、红外报警系统。

本项目符合 GBZ130-2020 中 6.5 款放射学操作对个人防护用品和辅助防护设施配置的要求。

表 10-2 介入 X 射线设备工作场所个人防护用品和辅助防护设施配置

工作场所	工作人员	患者
------	------	----

DSA 室	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套（4 套），选配：铅橡胶帽 辅助设施：铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏（1 套）。 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）/方巾、铅橡胶颈套（1 套） 选配：铅橡胶帽
OR-9 普外手术室	同上	同上
OR-10 普外手术室	同上	同上
ERCP 室 1	同上	同上
ERCP 室 2	同上	同上

由表 10-2 可见，根据介入 X 射线设备的辐射特性，拟为 DSA 室、OR-9 普外手术室、OR-10 普外手术室、ERCP 室 1、ERCP 室 2 的工作人员、患者/受检者配备的个人防护用品和辅助防护设施的种类和数量能够满足开展介入治疗与检查的需要。

表 10-3 核医学科、同位素室个人防护用具一览表

工作场所	工作人员		患者和受检者
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品
PET/CT 机房	铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜（1 套，防护厚度 0.5mmPb）	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）/方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（1 套）
SPECT/CT 机房	同上	—	同上
分装室 注射室 服药室	铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶手套（4 套，防护厚度 0.5mmPb）	通风柜 1 台，铅淋洗罐（若干个），注射器防护套（若干个，1.5mmPb）	—
抢救室	铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶手套（3 套，防护厚度 0.5mmPb）	移动铅屏风（1 个，防护厚度 0.5mmPb）	—

由表 10-3 可见，为减少操作带来的辐射危害，核医学科为工作人员、患者配备的个人防护用品、辅助防护设施的种类和数量能够满足开展工作需要，满足相应辐射管理要求。

5、辐射工作场所安全保卫措施

为确保本项目所使用的乙级非密封放射性物质工作场所、II、III类射线装置的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-4。

表 10-4 辐射工作场所安防措施一览表

措施类别	对应措施
防火	整个辐射工作场所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》（GB50016-2006），本项目辐射工作场所禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。同时放射性药物暂存库房内人员易接触的地方配备干粉式灭火器。
防水	本项目距离地表水体距离较远，不受地表水体影响，同时整个辐射工作场所地面均做了较好的防水设计，项目区域不受地下水影响。
防盗、防抢、防破坏	①整个辐射工作场所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控制区内。 ②放射性药物暂存库房设置有保险柜并设置双人双锁，放射性药物的转入、转出均由专人进行台账管理； ③整个辐射工作场所控制区内外及放射性药物暂存库房设置严密的监控系统，实行24h实施监控，并将辐射工作场所作为保安人员重点巡查范围。
防泄漏	放射性同位素： ①本项目使用的非密封放射性物质及放射源均来自于正规生产厂家，出厂时包装用铅罐密闭，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放射性药物暂存库房内待厂家进行回收； ②辐射工作场所采取有效的实体屏蔽措施，能够达到《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2020）中的II级工作场所的防护要求； ③建设单位自行配备便携式X-γ辐射监测仪及β表面沾污仪，并进行定期或不定期场所监测，发现异常及时查明原因并进行处置，防治射线泄漏。 射线装置： ①本项目所使用的II、III射线装置购置于正规厂家，出厂时X射线漏射满足《X射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）； ②射线装置工作场所均已按照《医用X射线CT机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）进行了辐射防护设计，机房屏蔽体外30cm处剂量率能满足2.5μSv/h标准要求。

三废治理

一、建设期

本项目在建设期，涉及 X 射线设备安装和调试。X 射线设备在机房内安装完后，进行调试过程将产生 X 射线。此期间拟采取防护措施：X 射线设备的安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。项目单位设专人负责在工作现场监督、警戒。在机房外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房上锁并派专人看守。

二、运行期

1、放射性“三废”防治措施

(1)放射性液体废物

核医学科在使用放射性药物过程中将产生一定量的放射性液体废物。具体处理措施如下：

1) 放射性液体废物的收集处理

来源：核医学科产生的放射性液体废物主要为废 ^{99m}Tc 、 ^{68}Ga 标记淋洗液及施药 (^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{131}I 、 ^{68}Ga 、 ^{89}Sr 、 ^{201}Tl) 后患者的含排泄物。

处理：产生的废 ^{99m}Tc 、 ^{68}Ga 标记淋洗液装入铅罐，由其生产厂家直接回收处理。施药后患者的排泄物处理：分装室的清洗池和地漏、PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、门诊室的专用卫生间等，均通过专设的放射性下水管道接入放射性废水衰变池。含 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{99m}Tc 的放射性废水在衰变池暂存不少于 30d，含 ^{131}I 的放射性废水在衰变池暂存不少于 180d，含 ^{89}Sr 、 ^{201}Tl 的放射性废水在衰变池暂存不少于十个半衰期（506d、31d），监测达标后排入医院医疗废水处理站。

2) 放射性废水衰变池

4 个放射性废水衰变池（单个体积 $5\text{m} \times 5\text{m} \times 4.85\text{m} = 121.3\text{m}^3$ ），用于收集核医学科产生的放射性废水和事故应急时清洗产生的放射性废水。放射性废水衰变池位于门急诊住院综合楼东侧地下，与其他区域实现了物理隔离，非相关工作人员不可达，并在显著位置设置明显的电离辐射警示标志。

衰变池：衰变池本体 4 个并联（单个容积 121.3m^3 ）。

①按门诊病人每人用水 15L 估算, PET/CT、SPECT/CT 系统每天最多使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 检查 64 (40+20+4=64) 人次, 每天含 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的放射性废水产生量 $0.96\text{m}^3/\text{d}$ 。按废水暂存衰变 30 天考虑计算, 使用总容积至少应为 28.8m^3 。

②按门诊病人每人用水 15L 估算, SPECT/CT 系统每天最多使用 ^{131}I -MIBG 检查 2 人次, ^{131}I 每天最多治疗甲亢 5 人, 含 ^{131}I 的放射性废水产生量 $0.105\text{m}^3/\text{d}$ 。按废水暂存衰变 180 天考虑计算, 使用总容积至少应为 18.9m^3 。

③按门诊病人每人用水 15L 估算, SPECT/CT 系统每天最多使用 ^{201}Tl 检查 5 人次, 每天含 ^{201}Tl 的放射性废水产生量 $0.075\text{m}^3/\text{d}$ 。按废水暂存衰变 31 天考虑计算, 使用总容积至少应为 2.4m^3 。

④按门诊病人每人用水 15L 估算, ^{89}Sr 每天最多治疗 5 人, 每天含 ^{89}Sr 废水产生量 $0.075\text{m}^3/\text{d}$ 。按废水暂存衰变十个半衰期 (506 天) 考虑计算, 使用总容积至少应为 38m^3 。

建设 4 个 121.3m^3 的衰变池, 根据核素的半衰期长短, 对其分类收集, 能够满足核医学科产生放射性废水的贮存衰变要求。

池体建筑: 四周墙体水泥厚度为 300mm; 底部水泥厚度为 350mm; 池的盖板材料为钢筋混凝土, 厚度为 300mm。

衰变池防渗、防漏措施: 衰变池、下水道全部采用防渗水泥。

运行方式: 4 个衰变池本体均设单独的进水管、电动阀门、液位传感器、浮球阀报警装置及潜水泵。①产生的 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 废水经放射性下水道、过滤池进入衰变池 1, 衰变池 1 废水贮存放置不少于 30d 时进行第一次抽检, 监测合格后, 人工手动潜水泵将废水排入院内医疗废水处理站, 然后等待下一次贮存废水。②产生的 ^{131}I 废水经放射性下水道、过滤池进入衰变池 2, 衰变池 2 废水贮存放置不少于 180d 时进行第一次抽检, 监测合格后, 人工手动潜水泵将废水排入院内医疗废水处理站, 然后等待下一次贮存废水。③产生的 ^{201}Tl 废水经放射性下水道、过滤池进入衰变池 3, 衰变池 3 废水贮存放置不少于 31d 时进行第一次抽检, 监测合格后, 人工手动潜水泵将废水排入院内医疗废水处理站, 然后等待下一次贮存废水。④产生的 ^{89}Sr 废水经放射性下水道、过滤池进入衰变池 4,

衰变池 4 废水贮存放置不少于 506d 时进行第一次抽检，监测合格后，人工手动潜水泵将废水排入院内医疗废水处理站，然后等待下一次贮存废水。

环评要求：

◆衰变池体上应预设取样口。

◆衰变池内应配置铰刀型潜污泵、高压水枪冲洗装置、电动/手动控制电动蝶阀，用于池体冲洗，防止污泥硬化淤积或堵塞进、出口。

◆衰变池应设置有过滤的沼气排放管道，防止废液衰变池超压。

◆放射性废水收集的管道走向、阀门和管道连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废水集聚，便于检测和维修。

◆淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或肘式开关，以减少场所内的设备污染。

◆当辐射工作场所的上水管道与放射性废水管道平行敷设时，他们之间的距离，一般不应小于 3m，其标高应高于放射性废水管道。当交叉敷设时，应设在放射性废水管道的上方，距离至少大于 1m，且交叉处应避开放射性废水管道的焊缝并给废水管道加套管隔离。

(2)放射性固废的处理

①放射性固废收集

1) 按放射性废物分类的要求，先区分放射性废物与解控废物，以控制和减少放射性废物的产生量。然后将废物按核素半衰期长短，分开收集。含 ^{131}I 的放射性固废暂存超过 180d，含 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl 的放射性固废暂存超过 10 个半衰期（506d、115d、31d），含其余核素的放射性固废暂存 30d。

2) 核医学科均放置固体放射性废物临时收集容器（若干个，单个体积 25 升，防护厚度 10mm 铅当量，脚踏式开关），收集容器内放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋密封，不破漏，及时转送到放射性废物暂存间，并放入专用贮存容器（5 个，单个体积 50 升，防护厚度 10mm 铅当量，脚踏式开关）中贮存。临时收集容器和专用贮存容器上的显著位置设置电离辐射警示标志。

②放射性废物转运

放射性废物包装体外的表面剂量率不超过 0.1mSv/h， β 表面污染水平小于

4Bq/cm²，极毒核素 α 表面污染水平小于 0.4Bq/cm²。每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋密封，由辐射工作人员（专人负责、运送过程佩戴个人防护用品）转送至放射性废物暂存间存储。

③放射性废物暂存

1) 核医学科设有专用的放射性废物暂存间，用于本项目产生的放射性废物的暂存。

2) 放射性废物暂存间内设通风换气装置，能够对放射性废物暂存间进行通风换气。放射性废物暂存间按照控制区管理，入口处（防护门）外配置电离辐射警示标志，采取有效的防火（灭火器）、防丢失（防盗门）、防放射性泄漏（实体墙）等措施。

3) 放射性废物暂存间内设有专用贮存容器用于盛放固体放射性废物袋，不同类别的废物分开存放。盛有废物的容器表面上的显著位置标有废物所含核素名称、废物类别、入库日期等信息，并做登记记录。

4) 放射性废物暂存间内不存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

④固体放射性废物处理

1) 含 ^{99m}Tc、¹⁸F、⁶⁸Ga 的固体废物在暂存间存储时间超过 30d 后，含 ⁸⁹Sr、²²³Ra、²⁰¹Tl 的固体废物在暂存间存储时间超过 10 个半衰期（506d、115d、31d）后，含 ¹³¹I 的固体废物和含 ¹³¹I 废活性炭在暂存间存储时间超过 180d 后，进行表面剂量率、表面污染水平监测，经监测辐剂量率所处环境本底水平，α 表面污染水平小于 0.08Bq/cm²，β 表面污染水平小于 0.8Bq/cm² 的，按医疗废物处理。

2) 不能按解控废物处理的固体放射性废物，如废 ⁹⁹Mo-^{99m}Tc 发生器、废 ⁶⁸Ge-⁶⁸Ga 发生器、废 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y 敷贴器等，由生产厂家直接回收处理或送交有资质的单位处理。

3) 固体放射性废物的存储和处理将安排专人负责，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、入库日期、解控或送贮日期、责任人员等信息。

(3)放射性废气的处理

①通风

为确保核医学科有较好的通风，核医学科拟安置一套通风系统，风机安置在核医学科东侧的机房内，排风口设在 1 号楼塔楼屋面。

②废气净化装置

为防止核医学科产生的放射性废气进入外环境，拟在核医学科排风管道汇集处安装废气二级处理净化装置，废气通过净化装置集中净化后进入大气环境。分装室拟安装一套备有活性炭过滤的通风柜，用于放射性核素操作。气体通过通风柜排风管处的活性炭过滤后才能排入大气环境。(①通风柜排风经过滤器过滤后，单独引至 1 号楼塔楼屋面排放；②放射性核素暂存库房、注射室、碘服室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、抢救室、PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室间、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、放射性固体废物暂存间排风汇集后，经过滤器过滤后，引至东侧排风井排放，总风量 8500m³/h；③敷贴治疗室排风经过滤器过滤后，单独引至东侧排风井排放；④核医学科其他区域的排风汇集后，引至东侧排风井排放，总风量 3500m³/h。)

本项目废气净化材料拟用活性炭，每年更换一次。每年度对排风口的空气中放射性核素 ¹³¹I 浓度监测一次，以确定过滤效果。更换下来的失效的活性炭按放射性固废进行收集、处理。

2、非放射性污染防治措施

本项目在运行期间产生的非放射性污染物主要是臭氧、噪声、生活污水和固体废物。具体治理措施如下：

(1)臭氧治理措施

本项目在运行期间产生的臭氧来自 X 射线设备曝光过程。为确保患者、医护人员的安全，在 X 射线设备工作场所采用机械通风方式，及时将室内的臭氧排出室外。

(2)噪声治理措施

①噪声源：主要是风机、通风管道。

②噪声防治措施：

◆选用低噪声设备；

◆通风管道及相关设备采用抗震支吊架，并在基础四周设限位器固定；

- ◆通风空调与风管连接均采用软接；
- ◆空调器、风机进出口均设消声静压箱或阻抗复合式消声器；
- ◆风机、空调机组等设备设防震基础，噪声较大设备采用机房隔离，并在系统进出风管上设置消声器。

(3)废水处理措施

项目运行后，产生的废水主要为生活废水（患者排泄的含有造影剂的尿液按生活废水处理）。处理措施：本项目产生的生活废水排进入院内污水处理站，采用“预处理+一级强化处理+二氧化氯消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过医院污水排放口排入市政污水管网，进入成都市第九污水处理厂，处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）中的城镇污水处理厂排放标准后排入锦江。

(4)固体废物理措施

项目运行后，产生的固体废物主要为生活垃圾和医疗废物。处理措施：本项目产生的生活垃圾在门急诊住院综合楼负一楼生活垃圾暂存间集中暂存，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。本项目产生的医疗废物在门急诊住院综合楼负一楼医疗废物暂存间集中暂存，由有资质的医疗废物处置单位统一收集、清运和处理。

三、退役

本项目拟用的 6 台 X 射线设备达到使用期限后，将进行报废处理。对 X 射线设备内的高压射线管进行拆除和去功能化，并严格执行相应报废程序。

另外，X 射线设备报废处置过程产生的蓄电池、废电子产品等交给有资质的废物处置单位回收和处理。

综上所述：项目在各期产生的各项非放污染物均拟采取了相应的环保治理措施，符合环境保护要求。

四、环保投资：

本项目总投资 11.02 亿元，其中环保投资投资 765.1 万元，占总投资 0.7%，辐射防护与安全设施等投资列入表 10-5。

表 10-5 辐射安全与环保措施投资一览表

项目		内 容	数量	金额 (万元)	备注
DSA 室	场所屏蔽	DSA 机房	1 间	计入土建	

		防护门	3 扇	30	
		铅玻璃窗	1 块	10	
	安全措施	门灯联锁装置、对讲系统	各 1 套	0.5	
		紧急止动按钮	1 套	1	
		入口处电离辐射警告标志	3 块	0.015	
		入口处工作状态指示灯（门灯联锁）	1 套	0.01	
OR-9 OR-10 普外手术 室	场所屏蔽	OR-9、OR-10 机房	2 间	计入土建	
		防护门	4 扇	40	
		铅玻璃窗	2 块	20	
	安全措施	门灯联锁装置、对讲系统	各 1 套	1	
		紧急止动按钮	2 套	2	
		入口处电离辐射警告标志	4 块	0.02	
		入口处工作状态指示灯（门灯联锁）	各 1 套	0.02	
ERCp 室 1 ERCp 室 2	场所屏蔽	ERCp 室 1、ERCp 室 2 机房	2 间	计入土建	
		防护门	4 扇	40	
		铅玻璃窗	2 块	20	
	安全措施	门灯联锁装置、对讲系统	各 1 套	1	
		紧急止动按钮	2 套	2	
		入口处电离辐射警告标志	4 块	0.02	
		入口处工作状态指示灯（门灯联锁）	各 1 套	0.02	
监测设备		个人剂量计	30 × 2 个	10.8	
		X-γ 辐射监测仪	1 台	2	
个人防护用品		患者：铅橡胶性腺防护围裙（方形）/方巾、铅橡胶颈套（1 套）	1 套×5	10	
		工作人员：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套（4 套）	4 套×5		
辅助防护设施		铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏	1 套×5	设备自带	
空气调节		拟采用通风设施	楼层共用	/	

续表 10-5 辐射安全与环保措施投资一览表

项目	内 容	数量	金额（万元）	备注
辐射	核医学科房间的防护墙体、防护门和观察窗	/	400	/

防护措施	分装通风橱	1 台	25	120mmPb
	扫描床前屏风	1 个	设备自带	
	自动分碘仪	1 个	10	
	注射器防护盒	2 个	2	
	注射器防护套	2 个	2	
	注射器防护套	2 个	2	
安全装置设施	工作状态指示灯	2 个	1	/
	控制区监控系统	/	20	场所全覆盖
	核素暂存库房保险柜	1 个	2	双人双锁
	紧急止动开关	2 套	2	/
	控制区入口及出口单向门禁系统	1 套	1	/
	电离辐射警告标志	若干	0.5	/
	场所控制区、监督区划分地面标识	若干	0.5	/
个人防护用品	个人剂量报警仪	10 个	16	/
	个人剂量计	10× 2 个	3.6	/
	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等	4 套	8	/
	表面污染擦拭用品	/	0.5	/
废水	控制区独立下水系统	1 套	20	/
	衰变池（单个容积121.3m ³ ）	4 个	计入土建	/
固体废物	专用废物收集桶	若干个	1	10mmPb
	放射性废物储存桶	4 个	4	20mmPb
放射性废气	通风橱及控制区房间独立排风系统	1 套	22	/
	活性炭吸附装置	1 套	10	/
监测设备	X-γ辐射剂量率监测仪	1 台	2	/
	β 表面沾污仪	1 台	3	/
续表 10-5 辐射安全与环保措施投资一览表				
项目	内 容	数量	金额（万元）	备注
其他	辐射工作人员上岗培训	40 人	/	/

	规章制度上墙	/	1.6	/
	应急和救助的物资准备	/	15	/
合 计			765.1	/

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

1、非放环境影响分析

本项目辐射工作场所在建设阶段工程量小，产生的非放射性污染物质也小。非放射性污染物随着建筑施工的完成而停止产生。施工单位认真做好施工组织工作，文明施工，认真落实《成都市第三人民医院改扩建项目一期工程项目环境影响报告表》提出的相应措施后，在施工期将不会对环境产生明显的不利影响。

2、X 射线设备调试过程影响分析

X 射线设备在机房内调试期间，现场负责监督警戒人员位于机房外。调试期间 X 射线设备曝光次数少，时间很短，产生的 X 射线经机房屏蔽后，对机房外围人员基本不产生辐射影响。

运行阶段对环境的影响

一、项目正常运行阶段辐射环境影响分析

在运用介入 X 射线设备（DSA、ERCP、移动 C 臂）进行拍片时，工作人员采用隔室操作方式（在控制室操作）。此过程中，介入 X 射线设备曝光时间很短，产生的 X 射线经机房屏蔽体屏蔽后，对机房外的工作人员和公众基本没有辐射影响。

本次评价采用理论计算方法，预测介入 X 射线设备在介入治疗中，正常透射条件下产生的 X 射线对介入手术操作人员、控制室工作人员和机房外公众的辐射影响。

1、DSA 室

略

DSA 室开展介入检查与治疗，辐射工作人员照射剂量最大值为 7.44mSv/a、手部皮肤年当量剂量值 54.1mSv/a。DSA 设 2 个诊疗组，假若单组人员介入手术时间占总时间的 3/5，则单组介入手术人员照射剂量最大值为 4.47mSv/a，低于职业照射剂量约束值 5mSv/a；DSA 手术人员手部的皮肤吸收剂量为 32.5mSv/a，低于手部皮肤年当量剂量值 125mSv/a。公众照射剂量最大值 5.32×10^{-4} mSv/a，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。满足本次评价标准要求。

2、OR-09、OR-10 普外手术室

略

OR-10 普外手术室开展泌尿系统、骨科矫形介入检查与治疗，辐射工作人员照射剂量

最大值为 10.94mSv/a、手部皮肤年当量剂量值 79.6mSv/a。OR-10 普外手术室移动 C 臂设 3 个诊疗组，假若单组人员介入手术时间占总时间的 2/5，则单组介入手术人员照射剂量最大值为 4.38mSv/a，低于职业照射剂量约束值 5mSv/a；介入手术人员手部的皮肤当量剂量为 31.9mSv/a，低于手部皮肤年当量剂量值 125mSv/a。公众照射剂量 2.54×10^{-3} mSv/a，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。满足本次评价标准要求。

同理，OR-9 普外手术室开展泌尿系统、骨科矫形介入检查与治疗，辐射工作人员照射剂量最大值为 4.38mSv/a，低于职业照射剂量约束值 5mSv/a；介入手术人员手部的皮肤当量剂量为 31.9mSv/a，低于手部皮肤年当量剂量值 125mSv/a。公众照射剂量为 2.54×10^{-3} mSv/a，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。满足本次评价标准要求。

OR-9 普外手术室、OR-10 普外手术室相邻，周围公众会受到 2 个场所的辐射影响，因此将公众剂量叠加，结果 5.08×10^{-3} mSv/a 作为 OR-9 普外手术室和 OR-10 普外手术室外公众照射剂量最大值。

3、ERCP 室 1、ERCP 室 2

略

ERCP 室 1 开展胰胆管介入检查与治疗，辐射工作人员照射剂量为 24.09mSv/a，介入手术人员手部的皮肤当量剂量为 166.3mSv/a。ERCP 室 1 设 5 个诊疗组，则单组介入手术人员照射剂量最大值为 4.82mSv/a，低于职业照射剂量约束值 5mSv/a；介入手术人员手部的皮肤当量剂量为 33.3mSv/a，低于手部皮肤年当量剂量值 125mSv/a。公众照射剂量 8.61×10^{-4} mSv/a，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。满足本次评价标准要求。

同理，ERCP 室 2 开展胰胆管介入检查与治疗，辐射工作人员照射剂量最大值为 4.82mSv/a，低于职业照射剂量约束值 5mSv/a；介入手术人员手部的皮肤当量剂量为 33.3mSv/a，低于手部皮肤年当量剂量值 125mSv/a。公众照射剂量为 8.61×10^{-4} mSv/a，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。满足本次评价标准要求。

ERCP 室 1、ERCP 室 2 相邻，辐射工作人员和公众剂量应考虑叠加问题。辐射工作人员在本室照射剂量的基础上加 8.61×10^{-4} mSv/a，附加值很小，可忽略。周围公众剂量叠加，结果 1.73×10^{-3} mSv/a 作为 ERCP 室 1、ERCP 室 2 外公众照射剂量最大值。

4、核医学科

略

外照射环境影响结论：核医学科在正常运行工况下，产生的外照射经采用辐射场所建筑实体、个人防护用具等屏蔽后，辐射工作人员年有效剂量最大值为 1.277mSv/a，低于职

业照射剂量约束值 5mSv/a；公众年有效剂量最大为 8.18×10^{-2} mSv/a，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。

(2)β 表面污染影响

任何表面上沾染放射性物质，均可能成为外照射源。在核医学科中，通风柜内及其操作口、工作台面、附近地面、工作人员穿戴的鞋、手套和工作服袖口，清洁用的抹布和拖布、盛放放射性物质的容器及其承托物等，均是容易被污染的地方。当发现污染程度高于相关限值的地方及时去污处理，降低表面污染水平后，不会对人员产生外照射危害。

另外，为防止污染扩散，对操作过核素的物件（如工具、器皿和设备）不宜带出辐射工作场所。确实有必要时，应对物件进行污染监测和去污，达到规定限制时才允许带出。

环评认为，工作中能够落实上述措施后，是能够确保工作人员不会受到高于表 7-3 给出的β 表面污染控制水平的照射，不会造成外环境污染。

(3)放射性“三废”影响分析

①放射性废水的环境影响

本项目运行后主要产生含 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{201}Tl 废水。产生的废水在衰变池内分类收集，含 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 废水暂存超过 30d，含 ^{131}I 放射性废水暂存超过 180d，含 ^{89}Sr 、 ^{201}Tl 废水暂存超过十个半衰期（506d、31d）。排放前监测总 β，监测数据低于《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）表 2 规定总 β 最高允许排放浓度 10Bq/L 后，方可排入医院医疗废水处理站做进一步处理后排放，对当地水环境造成的放射性污染影响是甚微的。

②放射性固废的环境影响分析

本项目产生的废 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器、 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器、废 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴源由生产单位直接回收处理。其余的低放射性废物如注射器、棉签、口杯、废乳胶手套、试管等、含 ^{131}I 废活性炭在废物间分开暂存，含 ^{131}I 的放射性固废暂存超过 180d，含 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl 的放射性固废暂存超过 10 个半衰期（506d、115d、31d），含其余核素的放射性固废暂存 30d，待放射性物质衰变达到清洁解控水平（α 表面污染 $< 0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、β 表面污染 $< 0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）后，作为医疗废物处理，对项目所在区域环境不会造成放射性污染影响。

③放射性废气的环境影响分析

本项目使用的放射性碘化物是以液体形式存在的，操作过程会产生微量的放射性废气，经活性炭净化装置处理排放后，对项目所在大气环境不会造成放射性污染影响。

④患者出院时体内放射性活度

核医学科使用放射性核素 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{201}Tl 。患者注射放射性药物后经过诊疗流程时间的衰变，出院时体内放射性活度应低于出院时体内放射性活度。

本项目放射诊疗患者出院时体内放射性活度见表 11-22。

表 11-22 本项目放射诊疗患者出院时体内放射性活度

诊疗放射性核素	患者体内注射最大放射性活度 (MBq)	患者出院时体内放射性活度要求 (MBq)
^{99m}Tc	740	/
^{18}F	277.5	/
^{68}Ga	185	/
^{89}Sr	148	≤ 200
^{131}I	370 (甲亢)	≤ 400
	37 (显像诊断)	
	0.74 (甲吸)	
^{223}Ra	5.55	/
^{201}Tl	111	≤ 5100

目前， ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{223}Ra 诊断患者出院时体内放射性活度没有标准要求。在此，**环评要求：**患者出院时，项目单位应为出院患者提供辐射防护书面指导（内容包括限制接触/接近患者的时间、控制与患者的距离等），确保患者出院后探视者、家庭成员及公众所受的照射处于尽可能低的水平。

将本项目外照射辐射影响分析结果统一列入表 11-23 中。

表 11-23 本项目职业人员、公众外照射剂量汇总一览表

工作场所	职业人员 (mSv/a)	公众 (mSv/a)
DSA 室	4.47 (手 32.5)	5.32×10^{-4}
OR-9 普外手术室	4.38 (手 31.9)	5.08×10^{-3}
OR-10 普外手术室	4.38 (手 31.9)	5.08×10^{-3}
ERCP 室 1	4.82 (手 33.3)	1.73×10^{-3}
ERCP 室 2	4.82 (手 33.3)	1.73×10^{-3}
核医学科	核素操作人员: 3.83×10^{-1}	8.18×10^{-2}
	敷贴源操作人员: 3.66×10^{-1}	
	PET/CT 系统操作人员: 1.277	
	SPECT/CT 系统操作人员: 5.79×10^{-1}	

	护士：1.13×10 ⁻¹	
	医生：2.53×10 ⁻¹	
从表 11-13 中数据可见，本项目在正常运行工况下，产生的外照射经采用辐射场所建筑实体、个人防护用具等屏蔽后，辐射工作人员年有效剂量最大值为 4.82mSv/a，均低于职业剂量约束值 5mSv/a；公众年有效剂量最大为 8.18×10⁻²mSv/a，低于公众剂量约束值 0.1mSv/a。辐射工作人员手部当量剂量最大值为 33.3mSv/a，满足本次评价职业人员手部当量剂量限值 125mSv/a 要求。 二、非放射性污染物的环境影响分析 1、水环境影响分析 本项目辐射工作人员、患者及其陪护在院期间产生的生活废水，经医院污水处理站处理达标排放后，对项目所在地水环境影响甚微。 2、大气环境影响分析 PET/CT、SPECT/CT 系统运行将产生臭氧。PET/CT、SPECT/CT 系统能量小，运行过程产生的臭氧量少。产生的臭氧经通风系统排入大气环境稀释后，对本项目工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中的臭氧浓度影响甚微。 3、声环境影响分析 项目运行过程产生的噪声，经采用隔声降噪和距离衰减等措施后，对本项目区域外的声环境影响很小。 4、固体废弃物影响分析 本项目运行期间产生的生活垃圾和医疗废物经分类收集后，由符合规定的相关部门及时处理，不直接排入环境，对当地环境的影响程度较小。 5、X 射线装置退役 本项目使用的 X 射线装置达到使用期限后，产生的废旧 X 射线装置、蓄电池、电子信息产品等按相关部门管理规定处理后，不对环境产生影响。 小结：综上所述：项目在正常运营期间产生的各项非放污染物均能实现达标排放或实现清洁处理。		

事故影响分析

1、事故风险评价目的

本项目事故风险评价目的是分析本项目在运行过程中存在的潜在危险和有害因素，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出适当的防护与安全措施，尽可能减少或防止由人为错误或其他原因导致的事件或事故，并有效减轻事件或事故的后果。

2、事故风险识别

(1)危害因子

本项目环境危害因子为 X 射线。

(2)可能发生的事故

①DSA 介入术中，因控制系统失灵，导致手术人员超剂量照射；

②维修 X 射线装置时，维修人员受意外照射；

③操作时，装有放射性药物的试剂瓶被打翻、洒漏，造成操作台、地面、仪器设备等表面污染。

3、辐射事故分级

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：根据辐射事故性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重大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，具体分级见表 11-24。

表 11-24 辐射事故分级

辐射事故等级	辐射事故
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 3 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、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。

4、事故工况下的辐射影响分析

(1)DSA 介入术中，因控制系统失灵，导致手术人员超剂量照射

①事故情景假设

A DSA 术中，X 射线装置的控制系统失灵。

B X 射线装置的 X 线源处于“曝光”状态，医护人员在距 X 射线管主射束方向 1m 处进行介入操作。

C 假定该名医护人员在此停留时间为 5min，穿铅衣等个人防护用品（防护厚度 0.5mm 铅当量）。

②剂量估算

在上述条件下，若以《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 G1.4 中入射体表剂量率 100mGy/min 估算，得出 DSA 术中被误照人员的照射剂量约为 27.85mGy/次（125kV 时，0.5mm 铅当量厚的铅衣对 X 射线的减弱倍数为 5.57×10^{-2} ）。

③事故后果

在上述事故情景假设条件下，被误照人员已受到超过年剂量限值的照射。当受照射剂量较小时，主要表现为放射反应。例如全身受照剂量小于 0.1Gy 时，无明显变化症状，血液学变化不明显，一般在正常值范围内波动。

④事故等级

对照表 11-4 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，事故等级应为一般辐射事故。

(2)维修 X 射线装置时，维修人员受意外照射

①事故情景假设

A 设备维护人员在维护 X 射线装置的射线管或平板探测器时，突然发现射线管正处于出束状态，便立即离开并中断电源。

B 假若维护时，X 射线装置以透视模式运行，距靶 1m 处的辐射剂量率按 100mGy/min 估算。

C X 射线装置上的指示灯和声音装置均失效。

D 维护人员位于 X 射线主射束方向，距靶 1m 的地方，停留时间 15s，无任何屏蔽措施。

②剂量估算

根据上述条件，计算得出维护人员受照剂量为 25mGy/人·次。

③事故后果

在上述事故情景假设条件下，维护人员已受到超过年剂量限值的照射。当受照射剂量

较小时，主要表现为放射反应。例如全身受照剂量小于 0.1Gy 时，无明显变化症状，血液学变化不明显，一般在正常值范围内波动。

④事故等级

对照表 11-4 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，事故等级应为**一般辐射事故**。

(3)放射性药物洒漏

在液态放射性药物中， ^{68}Ga 的 β 射线能量相对较大（1.9MeV）。以 ^{68}Ga 为例，分析 ^{68}Ga 药物洒漏情况下的影响。

①事故情景假设

1) 装有 ^{68}Ga 的容器打翻，导致 ^{68}Ga 药物洒漏于操作台，假设发生事故时瓶装 ^{68}Ga 2mL，活度为 5mCi；

2) 考虑 β 放射性对操作人员手部的烧伤，假设放射性液体均匀洒在手部皮肤表面，手部污染面积，取 50cm^2 ；

3) 假设事故处理时间持续 2min。

②剂量估算

根据《职业性皮肤放射性污染个人监测规范》（GBZ 166-2005）附录 B 给出的皮肤表面 β 放射性污染所致皮肤剂量，估算手部受 ^{68}Ga 污染时，所致手部皮肤不同深度处的吸收剂量，计算结果见表 11-25。

表 11-25 ^{68}Ga 手部皮肤不同深度处的吸收剂量

深度(mm)	0.01	0.07	0.5	1.0	5.0
吸收剂量 ($\mu\text{Gy/h}$) / (Bq/cm^2)	0.38	0.26	0.13	0.09	0.004
当量剂量(mSv/次)	46.9	32.1	16.1	11.1	0.5
基本标准限值(mSv/a)	500				

从表 11-25 中数据可见，在上述假设事故情景下，工作人员手部皮肤深度在 0.01~5.0mm 处吸收剂量均未超过了 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。

(4)放射源丢失、被盗、失控

本项目使用的 Sr-90/Y-90 敷贴源按密封源管理，最大活度为 40mCi（ $1.48 \times 10^9\text{Bq}$ ），根据《放射源分类办法》，最大为 V 类源。根据中华人民共和国国务院令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，V 类放射源丢失、被盗、失控属于**一般辐射事**

故。

5、事故预防与应急措施

(1)X 射线设备

①事故预防

为防止 X 射线设备在运行、检修维护期间发生辐射事故，项目单位应做好下列事故防范工作：

1) 单位领导对辐射安全防护应有足够重视，辐射工作人员应加强安全意识和岗位责任心，并严格按射线装置的操作规程执行操作。

2) 在操作 X 射线装置时要始终注意安全，辐射工作人员必须对该设备具有足够的了解，能够识别任何可能导致危险的故障；如果发生故障或发现存在安全问题，在授权人员修复故障之前，不得使用该设备。

3) 为保证持续安全的操作，应按相关要求对设备进行定期维护。

4) 做好辐射工作人员和患者的防护工作。

5) X 射线装置的钥匙由指定辐射工作人员控制。

6) 加强环境保护、辐射安全和防护等的科普宣传教育工作，普及辐射防护预防常识，增强公众的防范意识和相关心理准备，提高公众的防范能力。

②应急措施

假若本项目发生了上述辐射事故，项目单位应迅速、有效地采取以下应急措施：

1) 发现误照射事故时，辐射工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院辐射事故应急领导小组报告。

2) 医院事故应急领导小组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。

3) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告；造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

(2)放射性药物洒漏

①事故预防

1) 工作人员应严格按照放射性核素安全操作规则操作。

2) 工作人员应穿戴棉布白工作服、帽子、工作鞋、乳胶手套和个人防护用品等。

3) 分装药品应在通风柜内的搪瓷盘内进行, 下衬滤纸。

4) 操作放射性药物频繁区域(如分装室、注射室、碘服药室、甲吸室、放射性核素暂存库和放射性废物暂存间等)的地面, 敷设易于清洗且不易渗透材料做成。

②应急措施

1) 立即通知在场的其他人员。

2) 迅速标出污染范围, 以免其他人员误入。

3) 皮肤或伤口受到污染时, 应立即清洗; 眼睛受到污染时, 立即用水冲洗。

4) 污染的衣服, 应脱掉留在污染区。

5) 污染区的人员在采取减少危害和防止污染扩散的必要措施后, 应立即离开污染区。

6) 事故发生后, 应尽快通知主管人员向医院辐射安全与环境保护管理领导小组报告, 疏散现场外无关人员, 设置警戒区并在边界设置警示标志, 禁止无关人员进入现场; 医院应急处理小组长接到报告后立即启动本单位辐射事故应急预案。

7) 事故处理人员应着用适当的个人防护用品、佩带个人剂量计和携带必要的工具进入事故区域去污。去污产生的废滤纸、一次性手套等按放射性废物管理和处理, 产生的少量冲洗器皿、台面等的废水应收集排入放射性废水衰变池。

8) 污染区去污后, 对工作区域环境中的 γ 辐射剂量率和 β 表面污染水平进行监测, 当监测值达到《电离辐射防护源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的剂量限值和表面控制水平后, 事故处理完毕。

9) 详细记录事故的经过和处理情况, 作为查找事故原因, 改进防护工作和日后鉴定工作人员健康状况的一项重要依据。

10) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》, 向当地环境保护主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的, 还应同时向当地卫生行政部门报告。

(3)放射源丢失、被盗、失控事故

医院对放射源实施了严密的保卫措施和制度, 确保放射源处于受控状态。放射源存放在有足够屏蔽能力的铅罐内, 并有专门的贮存设施, 专人负责管理。放射源库、治疗室安装了报警装置, 实行 24 小时全天候保卫制度, 并实行严格的登记、领(借)用、归还注销、保管和定期校核与检查等管理制度。同时, 医院制定了完善的事故应急预案, 以将事故不良后果降至最低。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全与环境保护管理机构

项目单位设立有“成都市第三人民医院辐射安全与环境保护管理领导小组”。辐射安全与环境保护管理领导小组直接负责医院的放射性同位素和射线装置的辐射安全与环境保护的领导工作。办事机构设在医学感染管理及预防保健部。

环评要求：项目单位辐射安全与环境保护管理领导小组机构成员若有变动，应及时补充、调整。在此基础上，环评认为，医院该机构设置满足要求。

2、辐射工作人员配置

本项目拟配辐射工作人员 40 人（ERCP 室 1、ERCP 室 2 各 5 人，DSA 室 6 人，OR-9、OR-10 普外手术室共 14 人，核医学科 10 人）。其中，OR-9、OR-10 普外手术室有 4 人来自医院现有的辐射工作人员，调配后不再从事原有辐射工作，均已持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全与防护培训合格证书》（在有效期内），名单和最近 4 个季度的个人剂量见表 12-1；其余人员均为新增的辐射工作人员。

表 12-1 本项目拟配置的原有辐射工作人员最近 4 个季度个人剂量

科室	姓名	个人年剂量 (mSv/a)	培训证书编号	培训时间
OR-9、OR-10 普外手术室	余彬	0.228	CHO30951	2018/6/24
	邱建忠	0.269	CHO30961	2018/6/24
	罗静	0.288	CHO30962	2018/6/24
	秦辉	0.857	CHO30963	2018/6/24

环评要求：

(1)辐射工作人员持有的辐射安全培训合格证书到期后，应通过生态环境部培训平台（培训平台网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

(2)有新从事辐射活动的人员，应通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

(3)严禁无证人员从事放射治疗工作。

环评认为，在此基础上，本项目辐射工作人员的配置情况满足要求。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 年修改）（原环境保护

部第 3 号令)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部第 18 号令)的相关管理要求,放射源、射线装置及非密封放射性物场所的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《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》(川环办发[2016]1400 号)的相关要求,为确保本项目拟配置的非密封放射性物质工作场所和射线装置的安全运行和管理使用,项目单位拟制定管理制度如下:将建设单位需要制定的列于表 12-1。

表 12-1 本项目管理制度的汇总对照表

序号	制度类型	管理制度名称	落实情况
1	场所/ 药物/ 设施	辐射工作场所安全防护管理要求	拟制定
2		辐射工作场所安全保卫制度	拟制定
3		非密封放射性物质操作规程	拟制定
4		射线装置操作规程	拟制定
5		辐射安全和防护设施维护维修制度	拟制定
6		放射源与射线装置台帐管理制度	拟制定
7	人员	辐射工作人员岗位职责	拟制定
8		辐射工作人员培训制度	拟制定
9		辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定
10	监测	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	拟制定
11		监测仪表使用与校验管理制度	拟制定
12	应急	辐射事故应急预案(本项目辐射事故应急纳入医院现有辐射事故应急体系)	已制定
13	废物管理	放射性“三废”管理规定	拟制定
14	质量	放射性诊治质量保证大纲和质量控制检测计划	拟制定

项目单位需在辐射安全与环境保护管理领导小组领导下及时制定上述各项规章制度,明确各科室人员责任,并严格落实。应根据生态环境主管部门最新规定和要求,及时修订、完善各项辐射安全管理制度,并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。项目单位应安排人员专职或兼职负责管理辐射安全档案。项目竣工环保验收之前,应落实完成管理制度,将所有制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“辐射事故应急响应程序”的内容需张贴上墙,且上墙制度的长宽尺寸不

得小于 600mm×400mm。

只要项目单位能够结合项目实际，建立健全上述各项规章制度，则环评认为，项目单位制定的规章制度是符合《辐射安全许可证》发放条件、中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《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）等相关文件要求的。

辐射防护监测

项目运行后，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，对本项目辐射工作人员、辐射工作场所和周围环境开展辐射监测。

1、个人剂量监测

辐射工作人员均佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测；对于从事放射性药物分装、给药工作等近距离操作放射性核素的工作人员，还应开展皮肤污染监测和手部剂量监测（佩戴腕部外照射剂量计）；对于从事介入手术的工作人员，还应开展手部剂量监测（佩戴腕部外照射剂量计）。个人剂量的监测按医院“辐射工作人员个人剂量管理制度”进行管理。监测内容与周期见表 12-2、12-3。

医院委托有资质单位每季度对辐射工作人员个人剂量计、腕部剂量计检测一次，检测结果存入个人剂量档案。

环评要求：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，并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；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

2、辐射工作场所监测、环境监测和液态流出物监测

自行监测：项目单位每月对辐射场所及其周围环境开展辐射巡测，监测结果留存备查（记录表上有监测工况、监测时间、监测人、记录人）。监测设备定期送检，确保每次监测数据有效。

委托监测：项目单位每年委托有监测资质单位对辐射场所及其周围辐射环境监测一次，监测报告存档。

本项目非密封放射性物质工作场所监测计划（个人剂量监测、工作场所监测、液态流

出物和环境监测)见表 12-2;本项目射线装置机房辐射监测计划(个人剂量监测、工作场所监测)见表 12-3。

表 12-2 本项目非密封放射性物质工作场所辐射监测计划

监测对象	监测项目	监测位置	监测周期	
			自行监测	委托监测
辐射工作人员	外照射剂量率水平	全身、手部	连续	1 次/季度
	β 表面污染水平	工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。	每次工作结束	/
工作场所	外照射剂量率水平	1) PET/CT 室、SPECT/CT 室机房四面墙外、铅玻璃窗外、屏蔽门外、天花板上、地板下等;管线洞口、门缝、控制室、设备间等处。 2) 护士站、分装室、注射室、碘服药室、放射性核素暂存库房、PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室、走廊、抢救室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、放射性废物暂存间、洁具间、病人卫生间、核医学进出口电梯间、空调机房、排风机房、门诊室、阅片室、更衣室、办公室、会议室、医生卫生间等。	不少于 1 次/月	1 次/年
	β 表面污染水平	放射性核素操作的工作台、设备表面、通风柜内及其操作口、墙壁、地面, PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室、SPECT/CT 留观室、放射性废物暂存间的座椅、洗手池、墙壁和地面等可能污染的位置,放射性废物容器表面等。	每次工作结束	1 次/年
环境	外照射剂量率水平 β 表面污染水平	核医学科外周围区域、衰变池周围区域,放射性下水管道地面上及周围区域。	不少于 1 次/年	1 次/年
流出物	总 β 浓度	衰变池排放口	/	/
	放射性气溶胶	工作场所、排风口	/	/
	表面外照剂量率水平 β 表面污染水平	放射性废物包装	解控、送交时监测	

表 12-3 本项目射线装置机房辐射监测计划

监测对象	监测内容	监测周期	
		自行监测	委托监测
个人外照射： 个人剂量计、腕部外照射剂量计	有效剂量 mSv	连续	1 次/季度
辐射工作场所： 射线装置：机房四面墙体外、铅玻璃窗外、屏蔽门外、天花板上、楼板下 30cm 处；管线洞口、门缝、控制室、设备间等处。	X- γ 空气吸收剂量率	不少于 1 次/月	1 次/年

环评认为：项目运行后，按本项目辐射监测计划开展的监测，能够及时反映辐射工作人员工作环境的安全性、及时反映非密封放射性物质工作场所、射线装置机房屏蔽防护的有效性，符合《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）等相关要求，是可行的。

辐射事故应急

为了加强对非密封放射性物质和射线装置的安全和防护的监督管理，促进非密封放射性物质和射线装置的安全应用，保障人体健康，保护环境，根据中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位应急方案，做好应急准备”的要求，建设单位需制定《辐射事故应急预案》。

目前，项目单位已制定有辐射事故应急救援预案，其内容主要包括：①应急机构和职责分工；②应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；③应急响应措施；④辐射事故调查、报告和处理程序。

环评要求：针对本项目可能发生的辐射事故，需在原有预案中增设事故预防措施。补充、完善后的预案，要具有针对性和可操作性。一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的应急措施，并在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，由应急领导小组逐级上报地方及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号,本项目位于医院院区西侧新建的门急诊住院综合楼主楼(1#楼)。

成都市第三人民医院拟新增 4 台 II 类射线装置:1 台 DSA(管电压 125kV、管电流 1000mA,预计开展 DSA 手术 50 台/a,累计曝光时间 17h/a)、1 台移动 C 臂(管电压 125kV、管电流 250mA,预计每间手术室开展手术 150 台/a,累计曝光时间 25h/a)、2 台 ERCP(管电压 150kV、管电流 800mA,预计单台 ERCP 开展 ERCP 手术 100 台/a,累计曝光时间约 34h/a);拟新增 2 台 III 类射线装置:1 台 PET/CT(管电压 140kV、管电流 1000mA)、1 台 SPECT/CT(管电压 140kV、管电流 500mA);拟新建一个乙级非密封放射性物质工作场所:预计使用核素 ^{99m}Tc (显像诊断)、 ^{68}Ga (显像诊断)、 ^{18}F (显像诊断)、 ^{131}I (显像诊断)、 ^{201}Tl (显像诊断)、 ^{131}I (甲吸诊断)、 ^{89}Sr (治疗)、 ^{131}I (甲亢治疗)、 ^{223}Ra (治疗)、 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器(治疗)、 ^{99}Tc (非放治疗),日等效最大操作量为 $6.78\times 10^8\text{Bq}$,年治疗 26750 人次;拟新建 4 个放射性废水衰变池(单个尺寸 $5\text{m}\times 5\text{m}\times 4.85\text{m}$)。

DSA 室位于 1#楼六层,由 X 射线设备机房、控制室和 DSA 设备间组成,总建筑面积约 118.8m^2 ;共用移动 C 臂的 OR-09、OR-10 普外手术室位于 1#楼六层,两个手术室总建筑面积约 113.7m^2 ;ERCP 室 1、ERCP 室 2 位于 1#楼三层,由 2 个 X 射线设备机房和控制室(共用)组成,总建筑面积约 101.9m^2 ;核医学科工作场所位于 1#楼负一层,主要包括 PET/CT 扫描室、SPECT/CT 扫描室、设备间、控制室(SPECT/CT 与 PET/CT 共用)、分装室、注射室、碘服室、放射性核素暂存库房、PET/CT 观察室、SPECT/CT 观察室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、抢救室、门诊室、放射性废物暂存间、护士站、办公室、会议室、阅片室、医生更衣室等辅助功能用房,总建筑面积约 1360.4m^2 ;4 个放射性废水衰变池位于 1#楼东侧。

各机房和工作场所的屏蔽情况具体见表 10-1。

本项目总投资 11.02 亿元,其中环保投资 765.1 万元,占总投资 0.7%。

2、产业政策符合性

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录(2019

年本)》，本项目属鼓励类第十三项“医药”第5条“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，符合国家产业政策。

3、项目布局的合理性

本项目辐射工作场所的布置即满足安全工作需要，又便于辐射场所的分区管理和辐射防护。从环境保护和辐射防护的角度而言，项目的布局是合理可行的。

4、辐射环境质量现状

现场监测数据表明：项目所在地的 X- γ 辐射剂量率与《2022 年全国辐射环境质量报告》四川省 27 个电离辐射环境监测自动监测站测得的空气吸收剂量率（年均值）相比，处于天然本底涨落范围内；项目所在区域地表的 β 表面污染水平低于仪器探测下限（ $LLD_{\beta}=3.7\times 10^{-2}\text{Bq/cm}^2$ ），尚未发现本项目区域地表面被放射性物质污染。

5、公众参与

医院在成都市第三人民医院门户网站（网址：<http://www.cd3hospital.com/>）上就项目情况进行了网上公示，网上公示期间，未收到任何反馈信息。

6、项目正常运行工况下的环境影响结论

(1)辐射环境影响分析结论

在预测条件下，本项目正常运行期间，产生的核素和 X 射线经机房实体屏蔽后，所致辐射工作人员（各组成员固定，不操作其他辐射设备）年有效剂量最大值为 4.82mSv/a，低于职业照射剂量约束值 5mSv/a；所致公众年有效剂量最大值为 $8.18\times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a；辐射工作人员手部当量剂量最大值为 33.3mSv/a，满足本次评价职业人员手部当量剂量限值 125mSv/a 要求。满足本次评价标准要求。

(2)臭氧的环境影响结论

机房产生的臭氧饱和浓度低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值 0.2mg/m^3 。经采用机械通风措施排入大气环境稀释后，对工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中的臭氧浓度影响甚微。

7、事故影响分析结论

经预测，假若本项目发生辐射事故，最大事故等级为一般辐射事故。环评认为，项目

单位有较完善的辐射事故应急措施，一旦发生此类事故，启动辐射事故应急预案之后，能够控制事故，及时制止事故的恶化，能降低辐射事故后果的负面影响。

8、可行性分析结论

本项目符合国家产业政策，项目布置合理，区域辐射环境质量现状符合当地实际。在落实本报告提出的各项环保及辐射防护措施后，使用 II 类射线装置和非密封放射性物质工作场所产生的电离辐射及其他污染物排放可以满足国家相关标准要求，辐射工作人员年有效剂量和公众年有效剂量满足国家规定的年有效剂量限值和剂量约束值要求。

本次评价认为，成都市第三人民医院申请在院区内从事辐射工作的种类、范围和场所满足辐射安全相关要求，具备使用 II 类射线装置和非密封放射性物质工作场所的相关能力。项目的建设从环境保护和辐射环境安全的角度而言是可行的。

建议与承诺

要求：

1、辐射场所在建设过程中，应注意以下问题：

(1)穿过辐射工作场所屏蔽墙的各种管道和电缆线弯成 S 形或 U 形，不要正对辐射源和工作人员经常停留的地点。穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

(2)为防止辐射泄漏，辐射场所的防护门与墙、墙与窗、门的底部与地面之间的重叠宽度不少于空隙的 10 倍。

(3)辐射工作场所要保证施工质量，避免出现屏蔽薄弱处或者缝隙。

2、人员培训

(1)有相关培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（培训平台网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。

(2)新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当按四川省生态环境厅的要求，安排工作人员在上岗前参加辐射安全与防护培训，并取得培训合格证书，持证上岗。

3、管理制度

(1)建立健全管理制度。

(2)项目竣工环保验收之前，《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》应上墙。

(3)设立医院环保档案，档案资料应分类放置，安排专人或兼职人员负责环保资料的管

理。

4、补充、完善辐射事故应急预案。

5、应定期将辐射监测设备送到有检定资质的检定单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性。

6、若发现个人季度监测数据超过 1.25mSv，应及时查找原因，并采取相应干预管理措施。

7、医院的放射诊断实践活动应遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）放射诊断医疗照射指导水平。

8、项目竣工后应开展竣工环境保护验收工作。

9、医院应当对本单位使用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，每年 1 月 31 日前将评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn/>），并向四川省生态环境厅提交上一年度的自评估报告，同时提交每年度辐射作业场所及周围环境的监测报告（委托有监测资质的机构进行监测）。

10、医院应按相关规定到四川省生态环境厅办理《辐射安全许可证》，办理前应登陆全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn/>）提交相关资料。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公 章
年 月 日

审批意见：

经办人

公 章
年 月 日