

编号：RSHP-SC-202008100001

核技术利用建设项目

成都中医药大学附属医院

新增非密封放射性物质工作场所

和医用 X 射线装置应用项目

环境影响报告表

（公示本）

成都中医药大学附属医院

2020 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

成都中医药大学附属医院

新增非密封放射性物质工作场所

和医用 X 射线装置应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：成都中医药大学附属医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省成都市金牛区十二桥路 39 号

邮政编码：***

联系人：***

电子邮箱：***

联系电话：***

《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1.项目名称——指项目立项批复时的名称,应不超过30个字(两个英文字段作一个汉字);

2.建设地点——指项目所在地详细地址,公路、铁路应填写起止地点;

3.行业类别——按国标填写;

4.总投资——指项目投资总额;

5.主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、公司、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等,应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等;

6.结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结构,确定污染防治措施的有效性,说明本项目对环境造成的影响,给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议;

7.预审意见——由行业主管部门填写答复意见,无主管部门项目,可不填;

8.审批意见——由负责审批该项目的生态环境行政主管部门批复。

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	16
表 3 非密封放射性物质.....	16
表 4 射线装置.....	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	18
表 6 评价依据.....	19
表 7 保护目标与评价标准.....	22
表 8 环境质量和辐射现状.....	29
表 9 项目工程分析与源项.....	36
表 10 辐射安全与防护.....	48
表 11 环境影响分析.....	69
表 12 辐射安全管理.....	97
表 13 结论与建议.....	103
表 14 审批.....	110

附图 1 成都中医药大学附属医院新增非密封放射性物质工作场所和医用 X 射线装置应用项目地理位置示意图.....	错误！未定义书签。
附图 2 成都中医药大学附属医院新增非密封放射性物质工作场所和医用 X 射线装置应用项目周围环境及评价范围.....	错误！未定义书签。
附图 3 成都中医药大学附属医院总平面布置图.....	错误！未定义书签。
附图 4 成都中医药大学附属医院第二住院大楼（2F）核医学科平面布置图.....	错误！未定义书签。
附图 5 成都中医药大学附属医院第二住院大楼（2F）核医学科通排风系统图.....	错误！未定义书签。
附图 6-1 成都中医药大学附属医院核医学科废水衰变池平面图.....	错误！未定义书签。
附图 6-2 成都中医药大学附属医院核医学科废水衰变池剖面图.....	错误！未定义书签。
附图 7 成都中医药大学附属医院第二住院大楼（1F）DSA 机房所在楼层平面布置图.....	错误！未定义书签。
附图 8 成都中医药大学附属医院第二住院大楼（3F）ERCP 室所在楼层平面布置图.....	错误！未定义书签。
附件 1：委托书.....	错误！未定义书签。
附件 2：医院一般项目环境影响评价批复文件.....	错误！未定义书签。
附件 3：辐射安全许可证.....	错误！未定义书签。
附件 4：辐射工作人员个人剂量监测结果报告.....	错误！未定义书签。
附件 5：情况说明.....	错误！未定义书签。
附件 6：医院原有射线装置工作场所年度监测报告.....	错误！未定义书签。
附件 7：本项目辐射环境监测报告.....	错误！未定义书签。
附件 8：辐射安全与环境保护领导小组文件.....	错误！未定义书签。
附表：建设项目环评审批基础信息表.....	错误！未定义书签。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		成都中医药大学附属医院 新增非密封放射性物质工作场所和医用 X 射线装置应用项目			
建设单位		成都中医药大学附属医院			
法人代表姓名	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		四川省成都市金牛区十二桥路 39 号			
项目建设地点		四川省成都市金牛区十二桥路 39 号成都中医药大学附属医院内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	***	项目环保总投资（万元）	***	投资比例（环保投资/总投资）	***
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			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		
	其他	/			
	项目概述 一、建设单位简介 成都中医药大学附属医院（又称“四川省中医院”，以下简称“医院”，其统一社会信用代码：91510107050087087C）创建于 1957 年，是中国最早成立的四所中医药高等院校附属医院之一，医院占地面积 7 万 m ² ，建筑面积 20 万 m ² 。作为集医疗、教学、科研、养生、保健、康复“六位一体”的三级甲等中医院，编制病床 3000 张，临床科室 43 个，医技科室 11 个，中医特色病区 38 个；专科门诊 40 个，专病门诊 61				

个，有 420 名专家在门诊为病员服务。

成都中医药大学附属医院是国家中医临床研究(糖尿病)基地、国家中药临床试验研究(GCP)中心、国家中医药传承创新基地、国家中医药高级人才培养基地和国家中医药国际合作基地。是我国中西部地区中医药特色突出、临床学科门类齐全、自主创新能力较强、区域影响力明显、综合实力雄厚的中医医疗中心、科教中心和治未病中心，有 5 个国家区域(中医)专科(急诊、妇科、内分泌、眼科、肛肠科)诊疗中心，6 个国家卫生部临床重点专科(中医专业)，13 个国家中医药管理局重点专科。

二、项目由来

随着医疗器械技术的发展进步及医院发展的需要，为更好的为医学诊疗提供支持，满足不断增长的就诊需求，成都中医药大学附属医院拟将第二住院大楼 2 层原空置房间改建为核医学科工作场所，在该工作场所内新增使用 1 台 SPECT/CT(属 III 类射线装置)和 1 台 γ 相机，同时使用非密封放射性物质： ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及 ^{89}Sr (有资质单位供应)用于显像诊断，整个核医学科工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所；医院拟将第二住院大楼 1 层原 CT 机房区域改建为数字减影血管造影机(“Digital subtraction angiography”，以下简称“DSA”)机房及配套房间，在 DSA 机房新增使用 1 台 DSA(属 II 类射线装置)；医院拟将第二住院大楼 3 层原空置房间改建为 C 型臂 X 射线机机房及配套房间用于开展经内镜逆行性胰胆管造影术(以下简称“ERCP”)，根据《射线装置分类》(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)，医院本次新增的 C 型臂 X 射线机亦属于 II 类射线装置。

三、编制目的

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》、《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》和《放射性同位素与射线装置防护条例》等相关法律法规要求，建设方成都中医药大学附属医院需对该项目进行环境影响评价。

根据生态环境部令第 1 号《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》的规定，本项目属于“第 191 条 核技术利用建设项目(不含在已许可场所增加不超过已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置)中‘制备 PET 用放射性药物的；医疗使用 I 类放射源的；使用 II 类、III 类放射源的；生产、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）；在野外进行放射性同位素示踪试验的’”，应编制环境影响报告表，并在取得环评批复后及时变更辐射安全许可证。

为此，成都中医药大学附属医院委托南京瑞森辐射技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件1）。南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合四川瑞迪森检测技术有限公司现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

四、项目概况

项目名称：成都中医药大学附属医院新增非密封放射性物质工作场所和医用 X 射线装置应用项目

建设单位：成都中医药大学附属医院

项目性质：改建

项目地点：四川省成都市金牛区十二桥路 39 号成都中医药大学附属医院内

（一）建设内容与规模

1、核医学科项目

成都中医药大学附属医院拟将医院第二住院楼 2 层原空置房间改建为核医学科工作场所，占地面积约 450m²，设有 SPECT/CT 机房及配套控制室、γ相机机房及配套控制室、甲吸及肾功室、放射性药物分装准备室、放射性药物贮存室、放射性废物暂存间、注射服药室、SPECT/CT 注射后等待室（抢救室）、¹³¹I 留观等待室、SPECT/CT 留观等待室和卫生通过间等配套用房。

本次核医学科工作场所将配套建设 1 套废水衰变池系统，拟建于医院第二住院楼外东北侧处地下，拟设计 3 个并联小池，容积分别为 13.4m³、13.4m³、14.1m³，总容积为 40.9m³。

在 SPECT/CT 机房内使用 1 台 SPECT/CT（型号待定，最大管电压不超过 140kV，最大管电流不超过 1000mA，属于 III 类射线装置），在 γ 机房内使用 1 台 γ 相机（型号待定），使用放射性同位素 ^{99m}Tc、¹³¹I 及 ⁸⁹Sr，其中 ^{99m}Tc 年最大用量为 3.70×10¹²Bq，日实际最大使用量为 1.48×10¹⁰Bq，日等效最大操作量为 1.48×10⁷Bq；¹³¹I 年最大用量为 4.62×10¹¹Bq，日实际最大使用量为 1.85×10⁹Bq，日等效最大操作量为 1.85×10⁶Bq；⁸⁹Sr 年最大用量为 3.70×10¹⁰Bq，日实际最大使用量为 1.48×10⁸Bq，日等效最大操作量为 1.48×10⁷Bq。

核医学科工作场所日等效最大操作量为 $3.15 \times 10^7 \text{Bq}$ ，根据《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）规定，核医学科工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

2、DSA 项目

成都中医药大学附属医院拟将医院第二住院楼 1 层原 CT 机房区域改建为 DSA 机房及配套功能房间，占地面积约 250m^2 ，设有 DSA 机房、控制室、手术换床准备区、谈话间、器械间、无菌存放间、污物暂存间，办公室、更衣室等。原 CT 机房区域现全部为空置房间，未进行墙体拆除。

拟在 DSA 机房内新增使用 1 台 DSA（属Ⅱ类射线装置，型号待定）；其最大管电压不超过 120kV 、最大管电流不超过 1000mA 。年诊疗病例 600 例，年曝光时间累计约 150h （拍片 25h ，透视 125h ），单台手术最长出束时间为 15min ，出束方向：由下而上。主要用于介入手术，血管造影等。

3、ERCP 项目

成都中医药大学附属医院拟在第二住院大楼 3 层原空置房间改建为 ERCP 室及配套房间，占地面积约 139.04m^2 ，设有 ERCP 室、控制室、复苏室、预约登记室、设备间 4、无菌室。原空置房间区域进行了墙体拆除。

ERCP 室内新增使用 1 台 C 型臂 X 射线机（属Ⅱ类射线装置，型号待定），其最大管电压不超过 120kV 、最大管电流不超过 1000mA 。年诊疗病例 600 例，年曝光时间累计约 150h （拍片 25h ，透视 125h ），单台手术最长出束时间为 15min ，出束方向：由下而上，主要用于介入手术等。

（二）项目组成内容及环境问题

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

表 1-1 项目组成内容及主要环境问题								
名称	建设内容						主要环境问题	
							施工期	营运期
主体工程	核医学科	使用核素	¹³¹ I	年最大用量 4.62×10 ¹¹ Bq，日等效最大操作量 1.85×10 ⁶ Bq		日等效最大操作量 3.15×10 ⁷ Bq，乙级	施工废气	γ/β射线、X 射线、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物
			^{99m} Tc	年最大用量 3.70×10 ¹² Bq，日等效最大操作量 1.48×10 ⁷ Bq				
			⁸⁹ Sr	年最大用量 3.70×10 ¹⁰ Bq，日等效最大操作量 1.48×10 ⁷ Bq				
		射线装置	1 台 SPECT/CT（型号待定，最大管电压不超过 140kV，最大管电流不超过 1000mA，属于Ⅲ类射线装置）					
		非密封放射性物质工作场所	拟在医院第二住院楼 2 层将原空置房间改建为核医学诊断工作场所，设有 SPECT/CT 机房及配套控制室、γ机房及配套控制室、甲吸及肾功室、放射性药物分装准备室、放射性药物贮存室、放射性废物暂存间、注射服药室、SPECT/CT 注射后等待室及抢救室、 ¹³¹ I 留观等待室、SPECT/CT 留观等待室、配套房间等					
	DSA 项目	设备、数量	1 台 DSA				施工噪声	X 射线、臭氧、噪声、医疗废物
		设备型号	待定				施工废水	
		管理类别	Ⅱ类				固体废物	
		使用场所	第二住院楼 1 层 DSA 机房				生活污水	
		年曝光时间	拍片 25h、透视 125h				生活垃圾	
		电压、电流	≤125kV，≤1000mA					
	ERCP 项目	设备、数量	1 台 C 型臂 X 射线机					
		设备型号	待定					
		管理类别	Ⅱ类					
		使用场所	第二住院楼 3 层 ERCP 室					
		年曝光时间	拍片 25h、透视 125h					
		电压、电流	≤125kV，≤1000mA					

辅助工程	控制室、污物间、暂存间、设备间等		生活污水 生活垃圾
公用工程	依托医院既有给水、供电等配套设施		/
办公及 生活 设施	拟建医生办公室、公共卫生间等		生活污水 生活垃圾
环保 设施	1、衰变池位于医院第二住院大楼东北侧处地下，拟设计 3 个并联小池（ $13.4\text{m}^3+13.4\text{m}^3+14.1\text{m}^3$ ），总容积为 40.9m^3 。 2、新增收集放射性废物铅桶； 3、核医学诊断工作场所通风橱通排风系统 1 套（含屋顶活性炭过滤装置），DSA 及 ERCP 工作场所排风系统 2 套（含屋顶活性炭过滤装置），通过排管道至第二住院大楼楼顶排放。		/

成都中医药大学附属医院已取得成都市生态环境局《关于成都中医药大学附属医院（四川省中医院）改扩建工程（一期）项目环境影响报告书的审查批复》成环评审[2020]15号）（见附件2）。本项目依托的主要环保设施有：

（1）医院产生的废水依托医院污水预处理池预处理后，一併排入医院已建地埋式一体化污水处理设施，经“二级生化+次氯酸钠消毒”工艺处理，达相应标准后，再通过市政污水官网排入成都市第九净水厂进一步处理达标，尾水排入锦江；

（2）本项目设置有废物暂存间，工作期间产生的放射性固废在此集中暂存，经十个半衰期衰变后经监测符合清洁解控水平，可以作为医疗废物进行处置。最终交由有资质单位进行统一收集、清运和处理。

（3）医院产生的生活垃圾依托原有医院设施收集后由市政环卫部门统一清运。

（三）主要原辅材料及能耗

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。

表1-2 主要能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途
主要原辅材料	^{131}I	$4.62 \times 10^{11} \text{Bq}$	有资质单位购买	甲亢治疗、甲吸测定
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$3.70 \times 10^{12} \text{Bq}$	有资质单位购买	用于心肌、骨、肾脏、内脏和甲状腺显像
	^{89}Sr	$3.70 \times 10^{10} \text{Bq}$	有资质单位购买	转移性骨癌治疗
能源	电(度)	5000kW·h/a	市政电网	/
水	生活用水	1000m ³ /a	市政管网	/

（四）本项目设备装置及使用情况一览表

表1-3 主要原辅材料及能耗情况表

序号	装置名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	使用场所	备注
1	SPECT/CT	待定	待定	$\leq 140\text{kV}$, $\leq 800\text{mA}$	III	第二住院大楼2层核医学科 SPECT/CT 机房	拟购
2	DSA	待定	待定	$\leq 125\text{kV}$, $\leq 1000\text{mA}$	II	第二住院大楼1层 DSA 机房	拟购
3	C型臂X射线机	待定	待定	$\leq 125\text{kV}$, $\leq 1000\text{mA}$	II	第二住院大楼3层 ERCP 室	拟购

（五）本项目放射性核素及使用情况一览表

本项目使用的放射性核素、用量及其特性见表1-4、表1-5。

表 1-4 本项目涉及核素特性

使用核素	半衰期	主要衰变方式	主要β粒子能量/MeV	主要γ射线能量/MeV	药品/装置名称	用途
^{131}I	8.04d	β (0.0094) IT (≈ 100)		0.127	碘[^{131}I]化钠口服液	甲状腺吸碘功能（甲吸）测定
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	IT (100%)	/	0.14051	高锝[$^{99\text{m}}\text{Tc}$]酸钠注射液	用于心肌、骨、肾脏、内脏和甲状腺显像
^{89}Sr	50.55d	β^- ($\sim 100\%$)	1.488	/	二氯化锶[^{89}Sr]注射液	转移性骨癌治疗

表 1-5 本项目使用核素诊疗用药情况

序号	核素	用途	单个病人最大用量 (mCi/人·次)	日最大病人量 (人)	年最大病人量 (人)	日最大用量 (Bq)	年最大用量 (Bq)
1	^{131}I	甲亢治疗	10 (口服)	5	250	1.85×10^9	4.62×10^{11}
		甲吸测定	0.005 (口服)	5	250	9.00×10^6	2.25×10^7
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	核素显像	25 (静脉注射)	20	5000	1.48×10^{10}	3.70×10^{12}
3	^{89}Sr	骨癌治疗	4 (静脉注射)	1	250	1.48×10^8	3.70×10^{10}

(六) 本项目使用核素及工作场所分级

根据中华人民共和国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。

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法和建设单位提供的放射性同位素最大日操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封源工作场所的分级判据如表1-6。

表 1-6 非密封放射性物质工作场所的分级

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

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式和实际日最大操作

量确定。毒性组别和操作方式状态修正因子见表1-7、表1-8。

表 1-7 放射性核素毒性组别修正因子

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

表 1-8 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体, 溶液, 悬 浮液	表面有污染 的固体	气体、蒸汽、粉末、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
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

根据本项目非密封放射性物质工作场所使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量, 确定出本项目非密封放射性物质工作场所级别。

成都中医药大学附属医院本次改建的核医学科工作场所用房相对独立, 整个工作流程连续完整, 有相对独立的辐射防护措施, 有明确的监督区和控制区划分, 且本层内人流及物流具有各自独立的通道, 不与其他楼层交叉。因此, 可认为本次改建的核医学科工作场所为一个独立的非密封放射性物质工作场所。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录C提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法, 经计算本项目日等效最大操作量见表1-9。

表1-9 核医学科工作场所分级计算表

核素名称	^{131}I	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{89}Sr
日最大操作量 (Bq)	1.85×10^9	1.48×10^{10}	1.48×10^8
毒性分组	中毒	低毒	中毒
毒性组别修正因子	0.1	0.01	0.1
性状	液态	液态	液态
操作方式 ^注	简单操作	很简单操作	简单操作
方式与状态修正因子	1	10	1
日等效最大操作量 (Bq)	1.85×10^6	1.48×10^7	1.48×10^7
	3.15×10^7		
工作场所级别	乙级		

注: 1) 根据环办辐射函[2016]430号, 医疗机构使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 相关活动视为“很简单操作”,

使用 ^{131}I 核素相关活动视为“简单操作”。

2) 本项目所使用 ^{89}Sr 核素毒性分组(中毒组)与 ^{131}I 相同,操作方式(静脉注射)与 ^{131}I “甲吸测定”活动相同,因此评价将使用 ^{89}Sr 核素相关活动视为“简单操作”。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)非密封源工作场所的分级原则,本项目核医学科工作场所日等效最大操作量为 $3.15 \times 10^7 \text{Bq}$,属于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 至 $4 \times 10^9 \text{Bq}$ 的范围,故成都中医药大学附属医院本次改建的核医学科工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

(七) 工作制度及人员配置

本项目医院人员配备情况见表 1-10。

表 1-10 工作人员配置情况表

序号	科室	装置名称	人员构成
1	核医学科	SPECT/CT、 γ 相机	3名医师、3名技师、2名护士
2	介入诊疗科	DSA	3名医师、3名技师、2名护士
3	内镜中心	C型臂X射线机	3名医师、3名技师、2名护士
合计			24名

医院根据本项目拟配备辐射工作人员 24 名,均为医院原有辐射工作人员,由医院根据工作需要统一调剂并要求执证上岗,配置于本项目后,不再从事其他辐射工作。

工作制度: 本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天,实行 8 小时工作制。

成都中医药大学附属医院可根据今后开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。

五、产业政策符合性

本项目系核与辐射技术用于医学领域,属高新技术。根据《产业结构调整指导目录(2019 年本》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号)相关规定,本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”,符合国家产业发展政策。本项目的运营可为成都市及周边病人提供诊疗服务,是提高人民群众生活质量,提高全市医疗卫生水平和建设小康设备的重要内容,本项目具有辐射实践的正当性,符合现行的国家产业政策。

六、本项目外环境及总图布置合理性分析

(一) 选址情况分析

1、成都中医药大学附属医院外环境关系

成都中医药大学附属医院位于四川省成都市金牛区十二桥路 39 号。经实地现场踏勘,医院东侧约 10m 紧邻成都中医院大学;南侧约 30m 为清江东路;西侧约 20m 为一环路西三段;北侧约 20m 为青羊东一路 95 号院及 68 号院住宅小区。

2、第二住院大楼外环境关系

第二住院大楼（为地上 15 层，地下 1 层建筑，总高约 50m，主要用于医院门诊、住院使用）东侧约 30m 为门诊部（为 5 层建筑），约 40m 为第一住院大楼（为 23 层建筑）；南侧为院内道路及医院广场；西侧为院内道路；北侧依次为第四住院大楼、制氧站及第三住院大楼。

本项目地理位置图见附图 1，外环境关系图见附图 2，医院平面布置图见附图 3。

（二）平面布局合理性分析

1、核医学科

SPECT/CT 机房及 γ 相机机房位于第三住院楼 2 层东南侧，东侧为医生通道、卫生间及洁具间；西侧为医生诊室、办公室、医生通道、甲吸肾功室及患者通道；南侧为 SPECT/CT 控制室、医生通道及室外；北侧为患者通道、 γ 相机控制室、去污淋洗间、卫生间、注射后等待室抢救室（SPECT）、放射性药物分装准备室、注射服药室、 ^{131}I 留观室及 SPECT 留观室；SPECT/CT 机房及 γ 相机机房楼上正上方为 ERCP 室及控制室，楼下正下方为消防控制及监控室及介入手术室。

2、DSA

DSA 机房位于第三住院楼 1 层东北侧，东侧为手术换床准备间、谈话间及家属等候区；西侧为洁净通道、配电房、办公室、更衣室及卫生淋浴间；南侧为楼梯间前室、预留间及污物暂存间；北侧为治疗室；楼上正上方为药房；楼下正下方为负一层地下室且人员不可达。

3、ERCP

ERCP 室位于第三住院楼 3 层东南侧，东侧为控制室及无菌物品室；西侧为复苏室；南侧为预约登记室及备用间 4；北侧为治疗室；楼上正上方为标本准备及操作区，楼下正下方为 SPECT/CT 机房。

本项目各辐射工作场所设有专用的候诊区域，就诊通道，医生用房独立成区，病人、医生流线尽量互不交叉。医院总图布置时已考虑了项目特点和周围环境对本项目可能存在的影响，使各科室病人能够就近诊疗，这样既方便了诊疗，又使辐射工作场所相对集中，以便于医院对辐射工作场所的集中统一管理。因此，本评价认为本项目总平面布置是合理的。

成都中医药大学附属医院已取得成都市生态环境局《关于成都中医药大学附属医院（四川省中医院）改扩建工程（一期）项目环境影响报告书的审查批复》成环评审

[2020]15 号) (附件 2), 选址合理性已在相关环评报告中进行了论述, 本项目仅为其配套项目, 不新增用地, 且拟建设的核医学诊断工作场所为专门的辐射工作场所, 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, 产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小, 从辐射安全防护的角度分析, 本项目选址是合理的。

综上分析, 评价认为, 本项目平面和空间布局基本合理可行。

七、实践的正当性

成都中医药大学附属医院新增非密封放射性物质工作场所应用项目的目的是为了对病人进行医学诊断及放射治疗。在采取了相应的辐射防护措施后, 项目所致的辐射危害可得到有效控制, 项目实施的利益大于代价, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

八、项目单位核技术应用现状

(一) 辐射安全许可证的许可种类和范围

成都中医药大学附属医院现持有四川省生态环境厅(原四川省环境保护厅)核发的辐射安全许可证, 其证书编号为川环辐证[00354]号, 许可的种类和范围为: 使用 II 类、III 类射线装置; 发证日期: 2016 年 9 月 4 日, 有效期至 2020 年 8 月 15 日。成都中医药大学附属医院目前已向原发证机关提出延续申请并正在办理中, 辐射安全许可证正副本见附件 3, 医院现有核技术利用项目情况见表 1-11。

表 1-12 辐射安全许可证已登记的射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	备注
1	CT 机	Somatom Sensation16	III	CT 室	登记 上 证 在 用
2	多功能数字化诊断系统	TD	III	X 光机室 4	
3	移动式 C 形臂 X 射线机	Brivo OEC 850	III	第一住院楼 6 楼手术室 第 12 手术室	
4	移动式 C 形臂 X 射线机	OEC Fluorostar Compact D	III	第一住院楼 6 楼手术室 第 20 手术室	
5	C 形臂 X 射线机	AxIom-Artis-dFA	II	第二住院楼一楼介入室	
6	移动式 X 射线机	CR-TX 550	III	第一住院楼 9 楼 ICU	
7	数字乳腺 X 射线系统	MAMMOMAT inspiration	III	乳腺机室	
8	数字化 X 光机	Definium 6000 GE	III	X 光机室 2	
9	血管造影 X 射线系统	Allura XperFD20	II	介入导管室 2	
10	CT 机	Discovery CT750HD	III	CT 机室	
11	口腔全景 X 光机	Kodak 9000 C	III	全景机室	
12	牙科诊断 X 射线机	GENDEX	III	口腔科 X 光机室	
13	DR	DRX Evolution	III	X 光机室 1	
14	移动式 C 形臂 X 射线系统	veradius	III	第一住院楼 6 楼手术室	

				第 13 手术间	
15	医用诊断 X 射线机	HF52-1	III	第一住院楼 2 楼胃肠照影室	

医院其他射线装置按规范进行使用，定期维护和检查，全年无辐射安全责任事故发生。

（二）辐射安全管理现状情况

医院 2019 年对在用的医疗射线装置安全与防护状况进行了评估，其年度自查评估报告已经上传至全国核技术利用辐射安全申报系统；

医院已成立有辐射安全管理领导小组，见附件 4；

同时，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条的规定，医院已成立了辐射事故应急处理领导小组，其负责组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。

（三）辐射工作人员培训情况

医院既有辐射工作人员 150 人，目前持证上岗的工作人员仅有 59 名。

医院应尽快安排医院现有未取得证书的辐射工作人员尽快参加学习培训，并通过考核后持证上岗。

根据《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）要求：

1、所有辐射工作人员均应在上岗前参加环境保护主管部门组织的辐射安全与防护培训，培训合格后，持证上岗。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，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，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟新增的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

2、在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

3、医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

（四）开展辐射监测的情况

1、工作场所辐射水平监测

根据环保部 18 号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，成都中医药大学附属医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。医用射线装置使用场所，主要针对射线装置机房周围（四周墙体、楼上和楼下、防护门和观察窗外）、控制室进行监测，成都中医药大学附属医院委托四川中环康源卫生技术服务有限公司开展了 2019 年年度辐射环境现状监测（见附件 4）。根据监测报告，所有点位的 X- γ 射线空气吸收剂量率均满足医用射线装置使用场所周围辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的控制目标值。

2、个人剂量监测情况

成都中医药大学附属医院所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案。

医院有专人负责个人剂量检测管理工作。发现个人剂量检测结果异常时，及时调查原因，并将有关情况及时报告医院辐射防护领导小组。医院委托宜宾蓝瑞鑫卫生检测科技有限公司完成 2019 年医院所有辐射工作人员的个人剂量检测（见附件 5），根据检测报告结果进行整理，整理结果如下：廖华强（编号 1403）：一季度 7.744mSv（全年 9.361mSv）；胡琳（1418）第二季度 1.505mSv（全年 2.995mSv）；罗亮（5804）第三季度 1.456（全年 3.225mSv）；杨光祥（1472）第二季度 1.936（全年 3.106mSv）；张力山（1497）第三季度 1.492（全年 3.122mSv）。针对个人剂量单季度超过 1.25mSv 限值要求的辐射工作人员，医院已进行了核实及调查查明结果并提出了改进措施及承诺（调查及情况说明见附件 6）。

（1）医院应进一步加强对辐射工作人员工作期间个人剂量管理，加强人员的培训指导，并随时对个人剂量进行监控，对遗失个人剂量计的职业人员采取相应的处理措施。若医院未查找到个人剂量超过 1.25mSv 的原因，应将个人剂量计委托第三方进行校正检测；

（2）辐射工作人员上岗期间辐射工作人员必须按规定正确佩戴个人剂量计，离岗期间个人剂量计应统一保管；

（3）应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案，

个人剂量档案应终生保存，或者停止辐射工作三十年；

（4）合理安排放射治疗医生操作时间，避免单个医生累计长时间进行操作；

（5）加强医生工作期间个人防护措施管理，工作期间应穿戴铅衣、铅帽和铅眼镜等个人防护用品。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{99m} Tc	液态、低毒	使用	1.48×10 ¹⁰	1.48×10 ⁷	3.70×10 ¹²	用于心肌、骨、肾脏、内脏和甲状腺显像	很简单操作	核医学科	放射性药物贮存室	新增
2	¹³¹ I	液态、中毒	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	4.62×10 ¹¹	甲状腺吸碘功能（甲吸）测	简单操作	核医学科	放射性药物贮存室	新增
3	⁸⁹ Sr	液态、中毒	使用	1.48×10 ⁸	1.48×10 ⁷	3.70×10 ¹⁰	转移性骨癌治疗	简单操作	核医学科	放射性药物贮存室	新增

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）/剂量率（Gy/h）		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类	1	待定	≤140	≤1000	显像诊断	第二住院大楼 2 层 SPECT/CT 机房	拟购
2	DSA	Ⅱ类	1	待定	≤125	≤1000	介入治疗	第二住院大楼 1 层 DSA 机房	拟购
3	C 臂机	Ⅱ类	1	待定	≤125	≤1000	介入治疗	第二住院大楼 3 层 ERCP 室	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（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	排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
核医学科： 放射性废水	液体	10.45m ³ /10 个半衰期	总 α <1Bq/l、总 β <10Bq/l	放射性废水衰变池 暂存	贮存 10 个半衰期后，经有资质单位监测后，排入医院污水处理站
核医学科： 放射性废物	固体 废物	100kg	<10 ⁴ Bq/kg	放射性废物暂存间 暂存	暂存 10 个半衰期，清洁解控后作为普通医疗废物处置。病号服、被褥等重复清洗使用
	废活 性炭	—	—	放射性废物暂存间 暂存	暂存，清洁解控后作为普通医疗废物处置。
核医学科： 放射性废气	气体	少量	—	经过专用通排风系统净化过滤后稀释后	环境大气
DSA 机房废气	O ₃	0.004mg/h	5.28×10 ⁻⁶ mg/m ³	经过通排风系统至楼顶排放至楼顶排放	环境大气
ERCP 室 废气	O ₃	0.004mg/h	8.12×10 ⁻⁶ mg/m ³	经过通排风系统至楼顶排放	环境大气

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/m³；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/m³）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》，1989年12月26日发布施行； 2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日发布施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施； (4) 《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日起施行；2019年修正，国务院令709号，2019年3月2日施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，（2019年修正本），2019年8月22日起施行； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，（2018年修正本），生态环境部第1号公布，自2018年4月28日起施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行； (9) 《射线装置分类》，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； (10) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第612号，2012年），自2012年3月1日起施行； (11) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（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，2017年），2018年1月1日起施行； (12) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号）； (13) 《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施； (14) 《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》原国家环保总局，环发〔2006〕145号； (15) 《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）；
----------	---

	(16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行； (17) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会，第29号令，2020年1月1日起施行； (18) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部，2019年部令第9号，2019年11月1日起施行； (19) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行； (20) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）； (3) 《医疗照射防护基本要求》（GB179-2006）； (4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； (5) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ180-2006）； (6) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； (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）； (10) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (11) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）； (12) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）； (13) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）； (14) 《医用机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）； (15) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）； (16) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）； (17) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）； (18) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； (19) 《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）； (20) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；

	(21)《核辐射环境质量评价的一般规定》 (GB11215-1989); (22)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》 (GB/T14583-1993)。
其他	(1) 环保部辐射安全与防护监督检查技术程序; (2) 工程设计图纸及相关技术资料; (3)《辐射防护手册》(第一分册-辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987); (4)《辐射防护导论》方杰主编; (5) 四川省生态环境厅关于印发《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; (6) 辐射安全许可证正副本; (7) 2019 年度医院射线装置安全和防护状况年度评估报告; (8) 现状检测报告; (9) 医院辐射安全与环境保护管理规章制度。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

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书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定为成都中医药大学附属医院新增非密封放射性物质工作场所和医用 X 射线装置应用项目实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围。

保护目标

本项目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。项目运营期产生的电离辐射经实体屏蔽防护后，机房外人员所受年剂量即低于本次评价确定的剂量约束值。由于电离辐射水平与距离的平方成反比，故机房外评价范围内区域人员所受年剂量亦低于本次确定的剂量约束值。具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内敏感保护目标情况一览表

位置	与辐射源距离(m)	保护对象	人数/天	照射类型	剂量约束值 mSv)
核医学科工作区（第二住院大楼室 2F）	0.3~0.5	职业人员	8	职业照射	5.0
控制室（SPECT/CT 机房南侧）	4.0	职业人员	4	职业照射	5.0
控制室（γ相机机房北侧）	3.0	职业人员	4	职业照射	5.0
第二住院大楼室外、院内道路、医院门诊部（5F 建筑）（东侧）	5.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
第二住院大楼室外、院内道路、医院门诊部（5F 建筑）（南侧）	5.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
放免室、楼梯间、走道、办公室、值班室、药剂库房（西侧）	1.0~10.0	公众	流动	公众照射	0.1
院内道路（西侧）	20.0~50.0				
平台、处方室、药房核医学科（西北侧）	1.0~20.0	公众	流动	公众照射	0.1
第二住院大楼室外、院内道路、第四住院大楼（5F 建筑）（西北侧）	30.0~50.0				
第二住院大楼室外、院内道路、制氧站（北侧）	5.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
复苏室、治疗室、ERCP 室及配套用房、（核医学科正上方楼上）	3.0	公众	流动	公众照射	0.1

	手术室、诊断室、消防控制及监控室等（诊核医学科正下方楼下）	3.0	公众	流动	公众照射	0.1
D S A 机 房	DSA 机房（第二住院大楼室 1F）	0.3/1.0	职业人员	8	职业照射	5.0
	控制室（DSA 机房北侧）	5.0	职业人员	4	职业照射	5.0
	手术换床准备间、谈话间及家属等候区（东侧）	5.0~15.0	公众	流动	公众照射	0.1
	第二住院大楼室外、院内道路、医院第一住院大楼（东侧）	15.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
	预留间、污物暂存间、前厅、库房、消防控制及监控室等（南侧）	5.0~30.0	公众	流动	公众照射	0.1
	第二住院大楼室外、院内道路、门诊部（南侧）	30.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
	洁净通道、缓冲区、更衣室、办公室、水泵房（西侧）	4.0~25.0	公众	流动	公众照射	0.1
	第二住院大楼室外、院内道路（西侧）	25.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
	机械间、无菌存放间（北侧）	8.0	公众	流动	公众照射	0.1
	第二住院大楼室外、院内道路、第四住院大楼、制氧站、第三住院大楼（北侧）	12.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
	药房（楼上）	4.0	公众	流动	公众照射	0.1
	负一层地下室且人员不可达（楼下）	4.0	公众	流动	公众照射	0.1
E R C P 室	ERCP 室（第二住院大楼室 3F）	0.3/1.0	职业人员	8	职业照射	5.0
	控制室（东侧）	3.0	职业人员	4	职业照射	5.0
	无菌物品间房（东侧）	8.0	公众	流动	公众照射	0.1
	第二住院大楼室外、医院门诊部（东侧）	20.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
	预约登记、备用间（南侧）	4.0	公众	流动	公众照射	0.1
	第二住院大楼室外、医院门诊部（南侧）	15.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
	复苏室、麻醉室、医生办公室等（西侧）	3.0~30.0	公众	流动	公众照射	0.1
	第二住院大楼室外、院内道路（西侧）	30.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
	治疗室（北侧）	6.0~15.0	公众	流动	公众照射	0.1
	医院第一住院大楼、制氧站（北侧）	15.0~50.0	公众	流动	公众照射	0.1
	标本准备及操作区（正上方楼上）	4.0	公众	流动	公众照射	0.1
	SPECT/CT 机房（正下方楼下）	4.0	公众	流动	公众照射	0.1

评价标准

一、执行标准

本项目执行标准如下：

1、环境质量标准

地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准；

大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；

声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

2、污染物排放标准

废水：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）相关标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。

固体废物：执行《一般工业固体废物储存、处置场污染物控制标准》（GB18599-2001）及其修改单相关标准；如有危险废物产生，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关标准。

3、辐射防护标准

执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关规定。

二、辐射环境影响评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

注册者和许可证持有者应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：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中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。

表 B11 表面污染控制水平		单位: Bq/cm ²		
表 面 类 型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹

1) 该区内的污染子区除外。

1.2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 ⁷

2、《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）；

3、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；

4、《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）；

5、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）：

第 4.7 款 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如污染的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄漏、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。放射性废物应及时按 GBZ133 进行处理。

第 4.8 款 临床核医学诊断及治疗用工作场所（包括通道）应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过。

第 4.9 款 临床核医学诊断用给药室与检查室应分开。如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。

第 4.10 款 临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室，宜有受检者专用厕所。

6、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

引自“第 6 款 X 射线设备机房防护设施的技术要求”内容，如下：

第 6.1.1 款 应合理设置 X 射线设备、机房门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

第 6.1.2 款 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

第 6.1.3 款 每台固定使用 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；

第 6.1.5 款 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和改建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合

合表 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	机房内最小有效使用面积, m ²	机房内最小单边长度, m
单管头 X 射线机（含 C 形臂, 乳腺 CBCT）	20	3.5

第 6.2 款 X 射线设备机房屏蔽

第 6.2.1 款 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

第 6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

表 3 不同类型 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
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

第 6.2.3 款 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

第 6.3 款 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

第 6.3.1 款 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求:

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h; 测量时, X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间;

第 6.4 款 X 射线设备工作场所防护

第 6.4.1 款 机房应设有观察窗或摄像监控装置, 其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

第 6.4.2 款 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

第 6.4.3 款 机房应设置动力通风装置, 并保持良好的通风。

第 6.4.4 款 机房门外应有电离辐射警告标志; 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯, 灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

第 6.4.5 款 平开机房门应有自动闭门装置; 推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施; 工作状态指示灯能与机房门有效关联。

第 6.4.6 款 电动推拉门宜设置防夹装置。

第 6.4.7 款 受检者不应在机房内候诊; 非特殊情况, 检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

第 6.4.8 款 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

第 6.4.10 款 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

第 6.5 款 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

第 6.5.1 款 每台 X 射线设备根据工作内容, 现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施, 其数量应满足开展工作需要, 对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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

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

第 6.5.5 款 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-2 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	-

第 7 款 X 射线设备操作的防护安全要求

第 7.8 款 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求。

第 7.8.1 款 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

第 7.8.2 款 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

第 7.8.3 款 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

第 7.8.4 款 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。

7、《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ 165-2012）；

8、《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）。

三、辐射环境评价标准限值

1、个人剂量管理限值

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量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。对于职业人员项目，要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行（即 5mSv/a）。

②公众照射：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。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

2、放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 7-3。

表 7-3 工作场所的放射性表面污染控制水平

表 面 类 型		β放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}

3、放射性废水排放限值

废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 限值，标准值见表 7-4。

表 7-4 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）

控制项目	衰变池排放口排放标准（Bq/L）	依据
总β	10	（GB18466-2005）表 2 限值
总α	1	

4、表面污染解控

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2 表面污染控制水平：“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时（即 0.8Bq/cm^2 ），经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。”。

5、其他

核医学科内通风橱的排风装置设计风速不小于 1m/s 。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状 一、项目位置、布局和周边环境 成都中医药大学附属医院位于四川省成都市金牛区十二桥路 39 号。根据现场踏勘调查，成都中医药大学附属医院外环境关系如下： 医院东侧约 10m 紧邻成都中医院大学；南侧约 30m 为清江东路；西侧约 20m 为一环路西三段；北侧约 20m 为青羊东一路 95 号院及 68 号院住宅小区。 第二住院大楼（为地上 15 层，地下 1 层建筑，总高约 50m，主要用于医院门诊、住院使用）东侧约 30m 为门诊部（为 5 层建筑），约 40m 为第一住院大楼（为 23 层建筑）；南侧为院内道路及医院广场；西侧为院内道路；北侧依次为第四住院大楼、制氧站及第三住院大楼。 SPECT/CT 机房及γ相机机房位于第三住院楼 2 层东南侧，东侧为医生通道、卫生间及洁具间；西侧为医生诊室、办公室、医生通道、甲吸肾功室及患者通道；南侧为 SPECT/CT 控制室、医生通道及室外；北侧为患者通道、γ相机控制室、去污淋洗间、卫生间、注射 1 后等待室抢救室（SPECT）、放射性药物分装准备室、注射服药室、^{131}I 留观室及 SPECT 留观室；SPECT/CT 机房及γ相机机房楼上正上方为 ERCP 室及控制室，楼下正下方为消防控制及监控室及介入手术室。 DSA 机房位于第三住院楼 1 层东北侧，东侧为手术换床准备间、谈话间及家属等候区；西侧为洁净通道、配电房、办公室、更衣室及卫生淋浴间；南侧为楼梯间前室、预留间及污物暂存间；北侧为治疗室；楼上正上方为药房；楼下正下方为负一层地下室且人员不可达。 ERCP 室位于第三住院楼 3 层东南侧，东侧为控制室及无菌物品室；西侧为复苏室；南侧为预约登记室及备用间 4；北侧为治疗室；楼上正上方为标本准备及操作区，楼下正下方为 SPECT/CT 机房。 医院本次改建项目位于医院院区内，核医学科诊断工作场所、DSA 机房及 ERCP 室均在医院第二住院大楼内，周围 50m 评价范围均位于医院院内，无居民区、学校等环境敏感点，项目选址基本可行。本项目拟建址周边环境现状见图 8-1~图 8-4。
--



图 8-1 核医学科所在位置



图 8-2 核医学科所在位置



图 8-3 DSA 机房所在位置



图 8-4 ERCP 室所在位置

二、监测项目和监测方法

1、本项目所在地辐射环境现状监测

为掌握项目拟建址周围辐射环境现状，四川瑞迪森检测技术有限公司（计量认证号：172312050082）于 2020 年 7 月 13 日及 2020 年 10 月 27 日按照规范要求分别对扩建核医学诊断工作场所、DSA 及 C 型臂 X 射线机目现场及周边环境进行了 X- γ 辐射剂量率及表面污染水平的布点监测。其监测项目、分析及来源见表 8-1（监测报告见附件 7）。

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	探测限	备注
γ 辐射剂量率	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-1993	10nSv/h	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标
表面污染水平	《表面污染测定第一部分： β 发射体（ $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ）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		
	仪器名称	仪器编号	检定情况
γ辐射剂量率	FH40G+FHZ672E-10 型 X-γ 辐射剂量率仪	SCRDS-004	检定单位：中国测试技术研究院 检定有效期：2019.11.07-2020.11.06
	AT1123 辐射检测仪	SCRDS-035	检定单位：中国测试技术研究院 检定有效期：2020.7.23~2021.7.21
表面污染水平	COMO170 型表面污染仪	SCRDS-007	检定单位：中国测试技术研究院 检定有效期：2019.11.06-2020.11.05

2、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。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，每次监测必须在有效期内。

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。

数据处理与复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核，最后由授权签字人审定签发。

3、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考四川省生态环境厅《2019 年四川省生态环境状况公报》中四川省 γ 辐射空气吸收剂量率范围。

表 8-3 四川省空气吸收剂量率

地点	γ辐射空气吸收剂量率范围 (nGy/h)
四川省电离辐射环境监测自动站	76.8~163

三、监测结果与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家标准方法实施；测量数据符合统计学要求；布点合理，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：

表 8-4 拟建核医学科场所周围辐射剂量水平检测结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nSv/h)	备注
1	楼梯间前室	87.0	/
2	办公室	110	/
3	走道	99.9	/
4	原实验室	81.8	/
5	闲置房间 1	117	/
6	闲置房间 2	108	/
7	洗涤室	89.6	/

8	闲置房间 3	97.9	/
9	闲置房间 4	102	/
10	正上方走廊（3F）	101	/
11	正下方走廊（1F）	109	/
12	室外 1	91.2	/
13	室外 2	78.0	/
14	室外 3	88.8	/

表 8-5 拟建址表面 β 放射性污染水平检测结果

测点编号	点位描述	表面 β 放射性污染水平检测结果 (Bq/cm ²)	备注
1	楼梯间前室	0.03	/
2	办公室	0.07	/
3	走道	0.03	/
4	原实验室	0.05	/
5	闲置房间 1	0.06	/
6	闲置房间 2	0.03	/
7	洗涤室	0.08	/
8	闲置房间 3	0.06	/
9	闲置房间 4	0.03	/

表 8-6 拟建 DSA 室周围辐射剂量水平检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果(nSv/h)	备注
1	原 CT 室	116	/
2	原设备间	114	/
3	空置房间 1	111	/
4	空置房间 2	110	/
5	卫生间	113	/
6	通道	115	/
7	空置房间 3	117	/
8	闲置房间 4	114	/
9	闲置房间 5	116	/
10	配电房	119	/
11	楼梯间前室	110	/
12	前厅	113	/
13	楼上（2F）	118	/
14	室外 1	102	/
15	室外 2	104	/

表 8-7 拟建 ERCP 室周围辐射剂量水平检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果(nSv/h)	备注
1	空置房间 1	114	/
2	空置房间 2	113	/
3	空置房间 3	117	/
4	空置房间 4	115	/
5	原办公区域	111	/
6	通道	118	/

7	空置房间 5	117	/
8	闲置房间 6	115	/
9	闲置房间 7	111	/
10	楼梯间前室	112	/
11	原档案室	110	/
12	楼上（4F）	116	/
13	楼下（2F）	112	/

由表 8-5 分析可知，拟建厂址周围环境 β 表面污染检测结果均低于检测限值，也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 给出的工作场所放射性表面污染控制水平（ 0.04Bq/m^2 ），属正常环境本底水平。

由表 8-4、表 8-6、表 8-7 中监测结果可知，本项目辐射环境 X- γ 辐射剂量率为（78.0~119）nSv/h，周围 γ 辐射剂量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取 1，则 1 号手术室周边环境的空气吸收剂量率为（78.0~119）nGy/h，与四川省生态环境厅《2019 年四川省生态环境状况公报》中四川省 γ 辐射空气吸收剂量率范围（76.8~163）nGy/h 基本一致。综上所述，本项目区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

检测点位示意图见图 8-1、8-2、8-3、8-4。

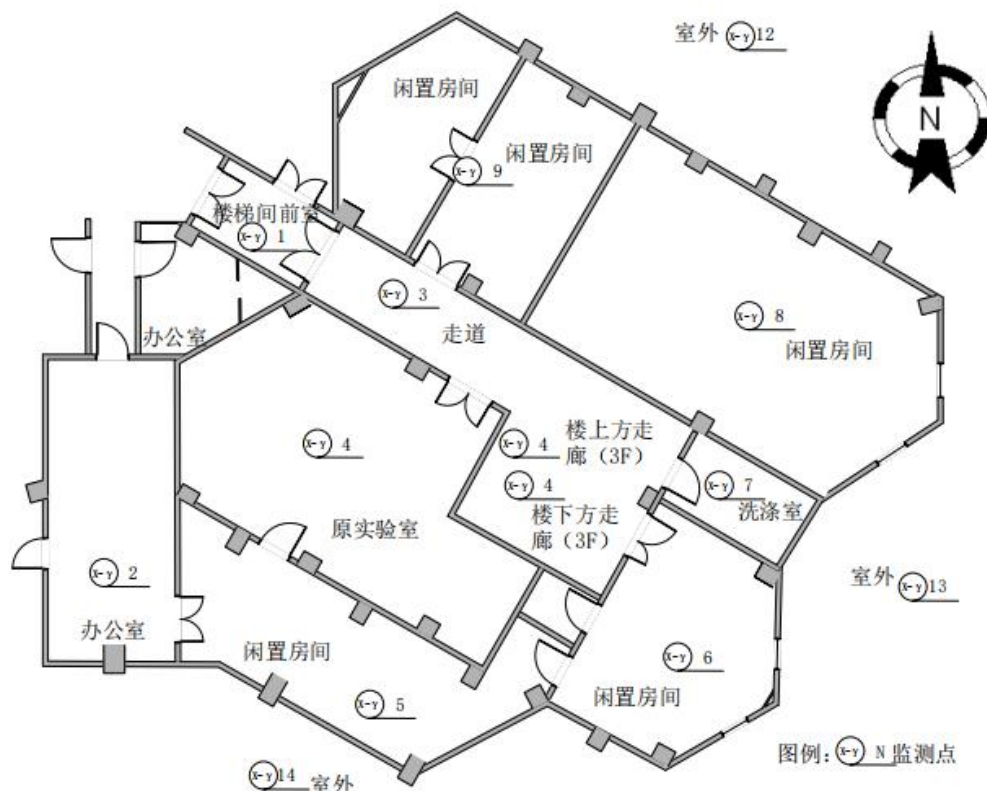
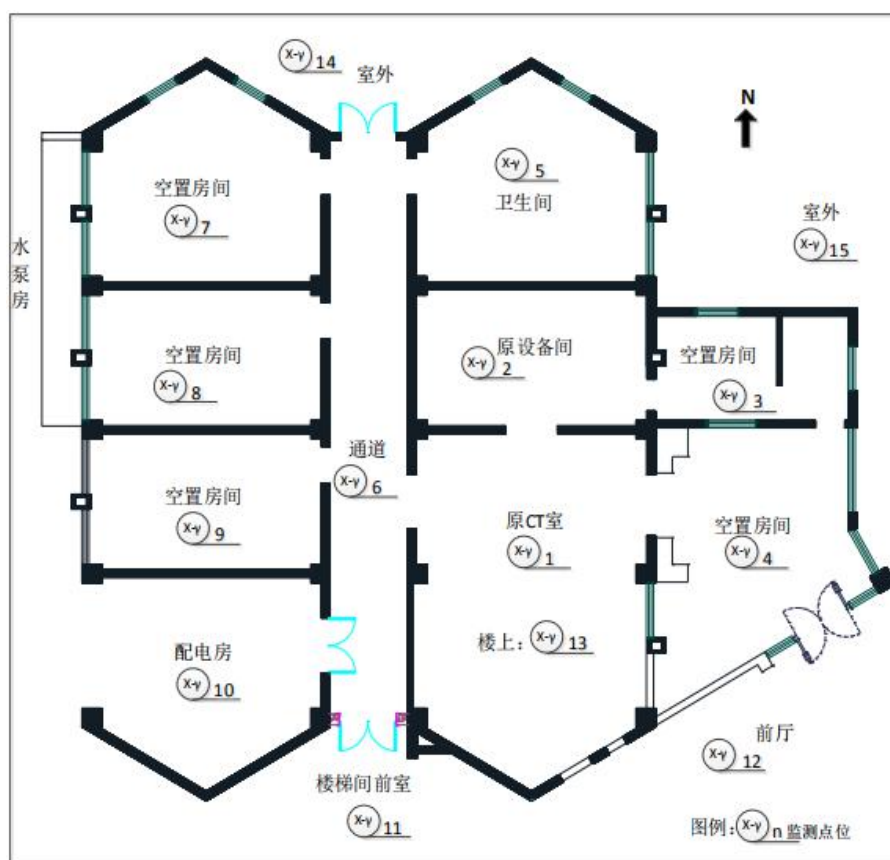
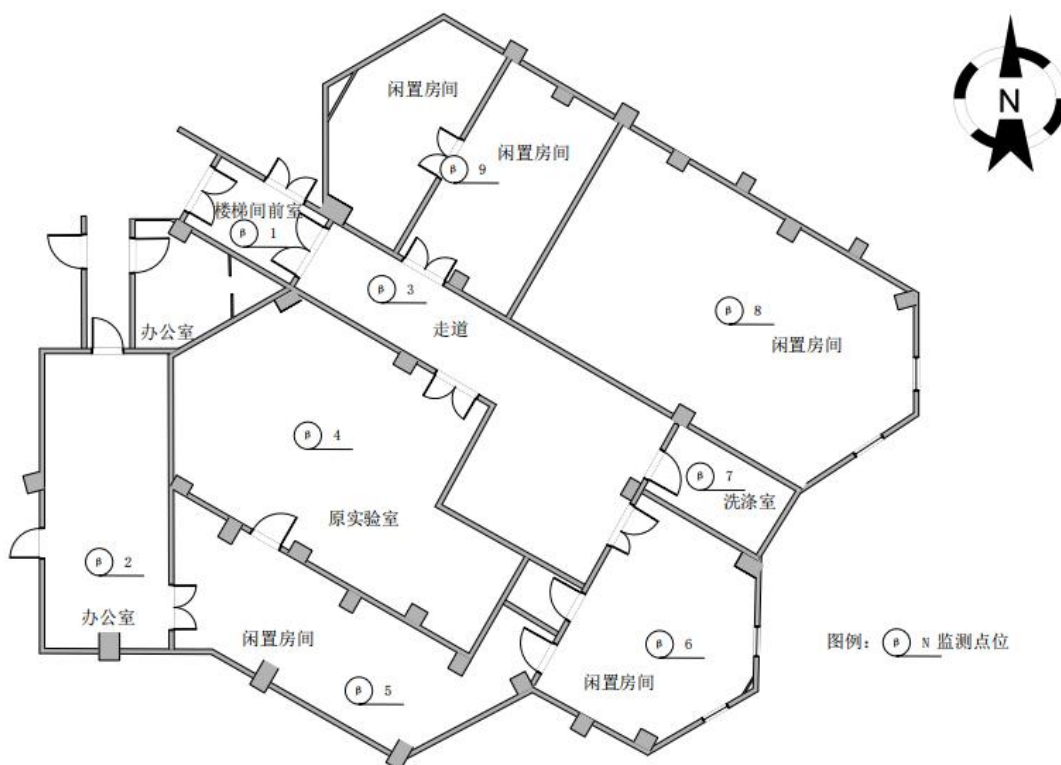


图 8-1 本项目拟建核医学科工作场所周围环境现场检测点位平面示意图



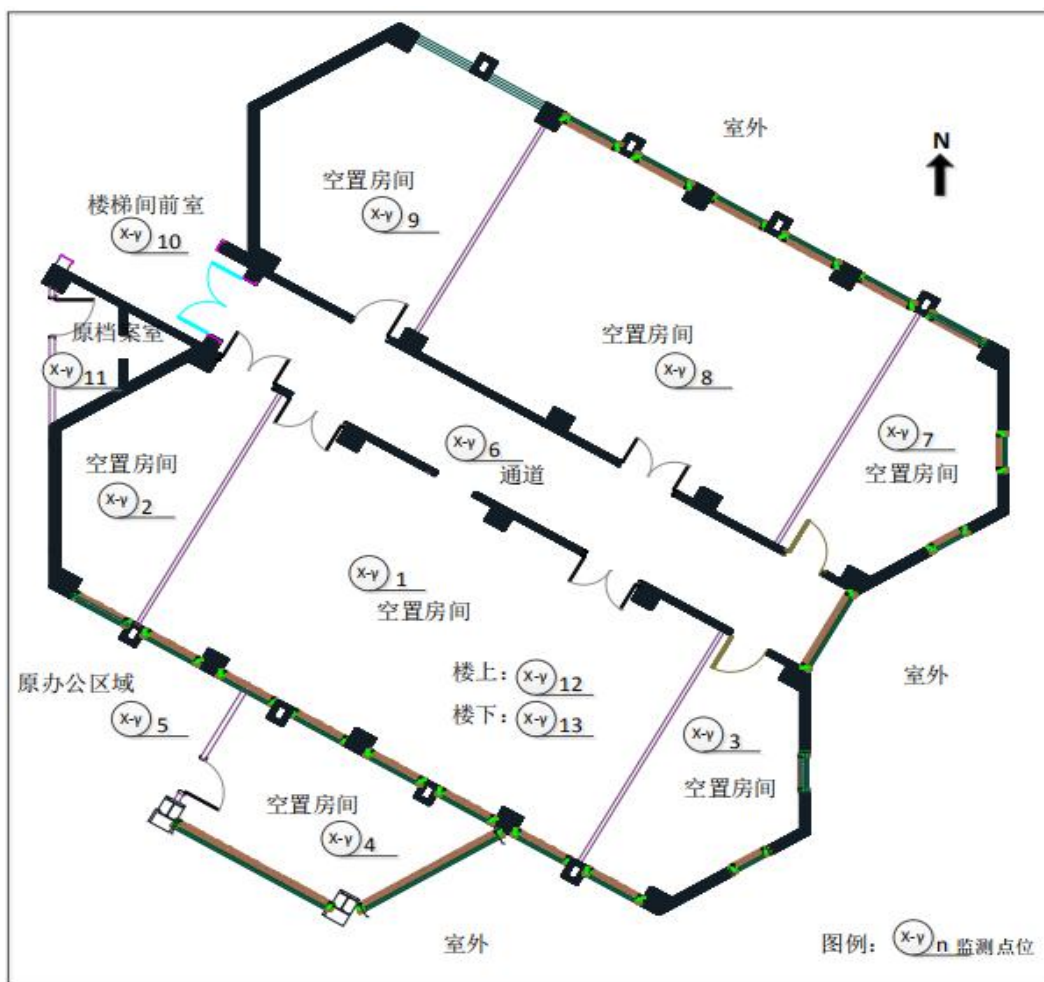


图 8-2 拟建 ERCP 周围环境现场检测点位平面示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、施工期

（一）土建装修施工阶段

本项目施工期在成都中医药大学附属医院第二住院大楼内在原有房间基础上进行改建，包括核医学诊断工作场所、DSA、C 型臂 X 射线机机房及其辅助用房的建设，以及设备安装、管线敷设、防护门及其他环境保护设施的安裝，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物产生环节见图 9-1。

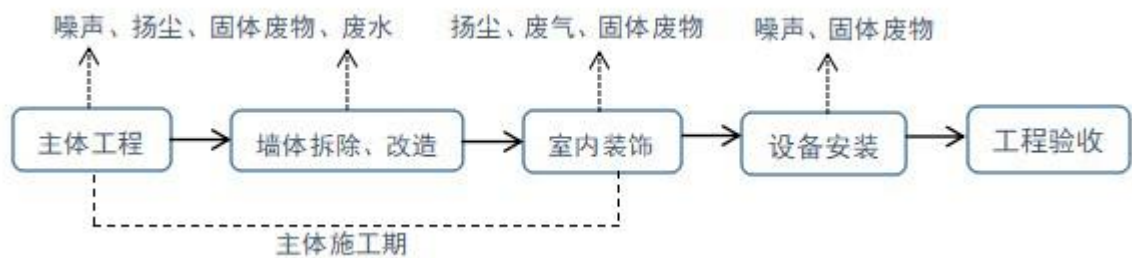


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

1、废气

（1）扬尘

扬尘污染造成大气中 TSP 值增高，施工扬尘的起尘量与许多因素有关。影响起尘量的因素包括：基础开挖起尘量、施工渣土堆场起尘量、车辆运输搬运起尘量、以及起尘高度、采取的防护措施、空气湿度、风速等。

项目施工期扬尘来源为：基础平整、土石方挖掘过程，建筑材料（钢筋、少量的砂、石水泥等）以及项目设备运输、装卸、安装等过程，以及土石方、部分建材堆放场地也将产生一定的扬尘。

项目建设可能会对周围环境造成影响，为减少扬尘的产生量及其浓度，在施工过程中，施工扬尘的控制必须严格按照《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》（国发〔2013〕37 号）、《四川省人民政府办公厅关于加强灰霾污染防治的通知》（川办发〔2013〕32 号）、《四川省灰霾污染防治实施方案（川环发〔2013〕78 号）》要求扬尘防治措施规定进行施工建设，最大程度减少扬尘产生污染环境。

施工期严格落实“六不准”、“六必须”规定：必须围挡作业、必须硬化道路、必须设置冲洗设施、必须及时洒水作业、必须落实保洁人员、必须定时清扫施工现场；

不准车辆带泥出门、不准运渣车辆冒顶装载、不准高空抛撒建筑垃圾、不准现场搅拌混凝土、不准场地积水、不准现场焚烧废弃物。

在项目施工期，对扬尘严格采取上述防治措施后，产生的扬尘可得到有效控制。

(2) 汽车及施工设备尾气

施工期间，使用机动车运送原材料、设备和建筑机械设备的运转，均会排放一定量的 CO、NO₂ 以及未完全燃烧的 HC 等，其特点是排放量小，且属间断性无组织排放，由于其这一特点，加之施工场地较开阔，扩散条件良好，因此对其不加处理就可达到相应的排放标准。对此，环评要求在施工期内多加注意施工设备的维护，使其能够正常的运行，从而可以避免施工机械因故障而使产生的废气超标的现象发生。

2、噪声

项目噪声主要来源于工程开挖施工、材料搬运和切割、运输车辆、设备安装等。由于项目施工产生的噪声会对周围环境造成一定影响，为减少项目施工噪声对环境的影响，环评要求：

①加强施工队伍的管理，禁止高声喧哗，避免不必要的噪声发生；

②合理统筹施工进度和安排；

③禁止夜间施工，如需夜间施工应该办理夜间施工许可。由于本项目施工期较短，加强施工管理后，施工噪声对周围环境的影响可控制至最低程度，影响随着施工期的结束而结束。由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。

3、固体废物

项目施工期产生的固体废弃物为施工弃土、建筑弃渣、装修垃圾以及工人生活垃圾。本项目装修垃圾分类收集，可利用部分回收处理，不可利用部分、施工弃土、建筑弃渣及时清运至政府指定的建筑垃圾填埋场；施工人员约 20 人，生活垃圾排放量按 0.5kg/人·d 计算，则生活垃圾产生量约 10kg/d，此类垃圾应经过垃圾桶收集后，由环卫部门统一处理。

4、废水

(1) 施工废水

项目施工废水主要产生于设备清洗、混凝土养护等，本项目施工期间用水量约为 1m³/d，该类废水含大量泥砂等，悬浮物浓度较高，pH 值呈弱碱性，废水水质一般为 SS：400-1000mg/L。环保措施：要求建设单位设置临时沉淀池处理后回用于场地洒水降尘，不外排。

（2）生活废水

施工期人员约按 20 人计，每人生活用水量为 $0.06\text{m}^3/\text{d}$ ，则施工期总生活用水量约 $1.2\text{m}^3/\text{d}$ ，生活废水排放系数取 0.80，则生活废水排放量为 $0.96\text{m}^3/\text{d}$ ，本项目施工期不设施工营地，产生的生活污水依托医院既有设施处理。

（二）设备安装调试阶段

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和治疗室上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置的安装和调试均在机机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

二、营运期

（一）SPECT/CT

1、工作原理

SPECT即单光子发射计算机断层成像术（Single-Photon Emission Computed Tomography），本项目SPECT利用发射单光子的核素药物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 进行检查。SPECT的基本结构分三部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系统。SPECT除显示肿瘤病灶外，尚可显示局部脏器功能的变化，如：化疗后左心功能、肾功能的改变等。本项目SPECT使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性核素，将放射性药物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 引入人体，经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异，通过计算机处理再成像。SPECT的基本成像原理是 γ 照相机探头的每个灵敏点探测沿一条投影线进来的 γ 光子，其测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。

SPECT/CT的工作原理是把SPECT和CT放在一起，利用体外的X射线穿透人体而获得三位解剖图像的断层成像技术，通过SPECT扫描和CT扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其CT球管发射X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SPECT作为衰减校正的参数，在此

基础上再进行 SPECT 图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。SPECT/CT的工作原理是把 SPECT和CT放在一起，利用体外的X射线穿透人体而获得三位解剖图像的断层成像技术，通过SPECT扫描和CT扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其CT球管发射X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SPECT图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。

2、流程及产污环节

本项目 ^{99m}Tc 放射性药物直接向有资质单位进行购买，本项目不涉及 ^{99m}Tc 的药物制备，其注射和显像流程如下：

（1）厂家辐射工作人员在医院上班前将装有 ^{99m}Tc 放射性药物的铅罐运送到核医学科源库（放射性药物贮存室）内。

（2）给药试验、测定

病人给药采用注射方式进行给药，注射室工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）将装有放射性药物的铅罐装入通风橱内，注射药物时，工作人员用注射器从铅罐内吸取定量药物，用活度计测量其放射性活度后进行注射，病人注射完药物后在注射后等待室内进行注射后观察，观察等待时间约 30min。等待结束后 ^{99m}Tc 注射病人进入 SPECT/CT 机房进行显像诊断，诊断结束后病人休息一定时间后可直接离开。显像诊断操作流程及产污环节见图 9-2。

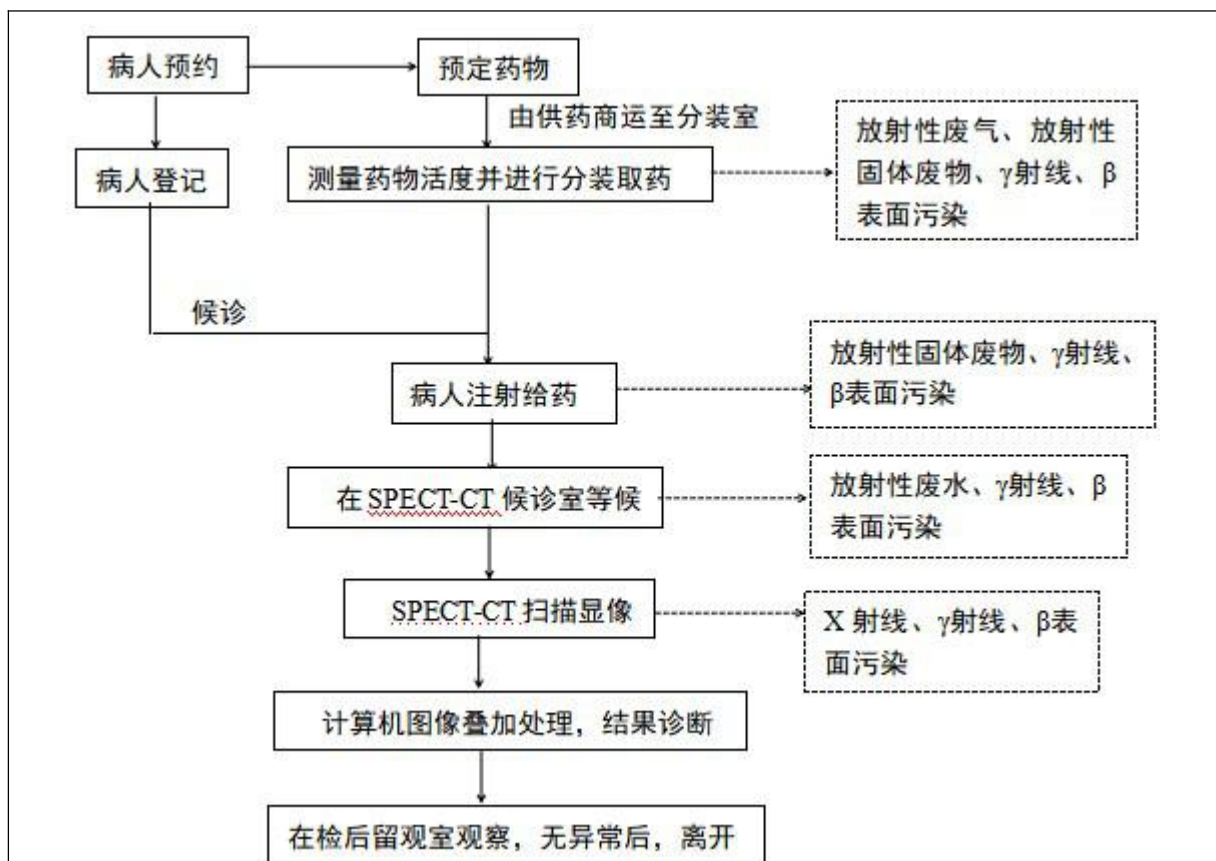


图9-2 使用 ^{99m}Tc 进行 SPECT 扫描流程及产污环节示意图

(二) γ 相机

γ 照相机一般作为非侵入性核医学显像诊断仪器，主要用于心血管、肝脏、骨科、肾脏和大脑等器官系统疾病的临床诊断。是由机架、准直器、探测器、数据采集、图像处理工作站、系统软件、患者支撑装置等组成。用于获取单光子放射性核素在人体全身或部分器官组织中的分布情况，形成平面图像。探测器是由准直器、闪烁晶体（ NaI(Tl) 晶体）、光导、光电倍增管（PMT）、前置放大器和定位网络电路等组成。准直器、晶体、光电倍增管矩阵等构成可单独运动的部分，称为探头，是伽玛照相机的核心。

准直器是该设备的一种重要部件。准直器的目的是只允许能通过准直孔的射线射到闪烁晶体上。闪烁晶体与光电倍增管之间用有机玻璃板作为光导，光导与闪烁晶体及光电倍增管之间涂有硅油作为光耦合，以减少光透过两种光介质面时的损失。每个光电倍增管的输出各经一个前置放大器加到和光电倍增管的排列位置相对应的定位网络电路上。

γ 照相机有一圆盘状的探测器，置于被测部位体外。从源发出的经过准直孔的 γ 射线投射到成像记录系统相应的区间，射线被在该区间内的闪烁晶体吸收，并转换成与

能量沉积成比例的荧光光子数，光子在闪烁体上传播，最后投射到位置灵敏光电倍增管上。将光电倍增管读出的信号通过在线数据获取系统，计算出该事件在闪烁晶体内的作用位置（x/y坐标），然后将该像点的坐标再通过准直器还原到物面上的射线发射点所在的区间的坐标，因此成像记录系统呈现的是物体的射线发射区间的分布。

（三）甲亢治疗

1、工作原理

甲亢治疗是利用甲状腺具有强大的聚碘功能，口服一定量的 ^{131}I 后，可被甲状腺组织大量摄取。 ^{131}I 在衰变过程中，可释放 β 射线和 γ 射线。 β 射线可选择性地破坏甲状腺组织而不影响邻近组织（如甲状旁腺）。甲状腺组织被破坏后逐渐坏死，并纤维化，从而减少甲状腺激素的合成和分泌，达到类似于甲状腺全切除的目的。

2、治疗流程及产污环节

本项目中 ^{131}I 存放在源库中，在分药室中进行分装，在注射室进行注射或口服。甲亢 ^{131}I 功能测定流程如图 9-3 所示。

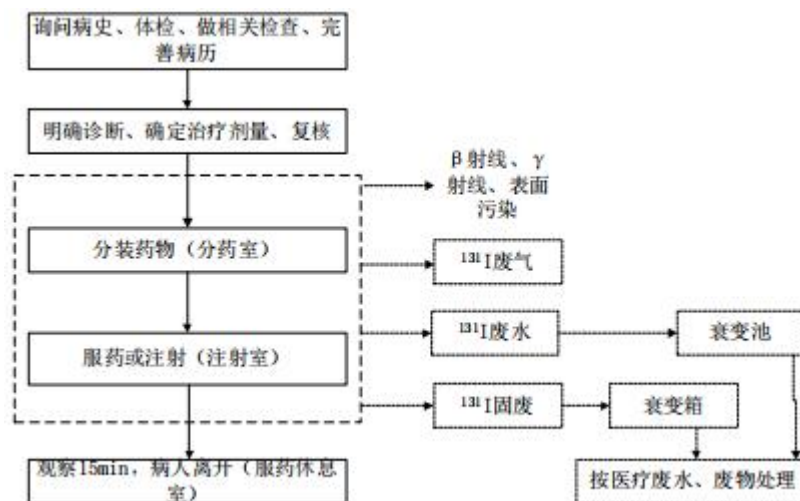


图 9-3 ^{131}I 甲亢功能测定流程及产污环节示意图

甲亢治疗过程会产生 β/γ 射线、 β 表面污染、放射性废水和放射性固废。具体为分装、给药过程对工作人员产生外照射；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服药杯、可能沾染放射性药物的棉签、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，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物。

（四） ^{131}I 甲状腺吸碘功能测定（甲吸测定）

1、工作原理

甲状腺吸 ^{131}I 功能试验是了解甲状腺碘代谢的常用方法。甲状腺具有摄取和浓聚碘的能力，碘参与甲状腺激素合成、分泌的全过程。在空腹条件下，口服放射性 ^{131}I 后，经胃肠吸收并随血流进入甲状腺，并迅速被甲状腺滤泡上皮细胞摄取，其摄取量与速度与甲状腺的功能密切相关。因此，利用甲状腺功能测定仪获得不同时间的甲状腺摄碘率，以此来评价甲状腺的功能状态。

2、测定流程及产污环节

甲状腺吸 ^{131}I 功能测定流程如图 9-4 所示。分装和给药方式同上述甲亢治疗时的方式。

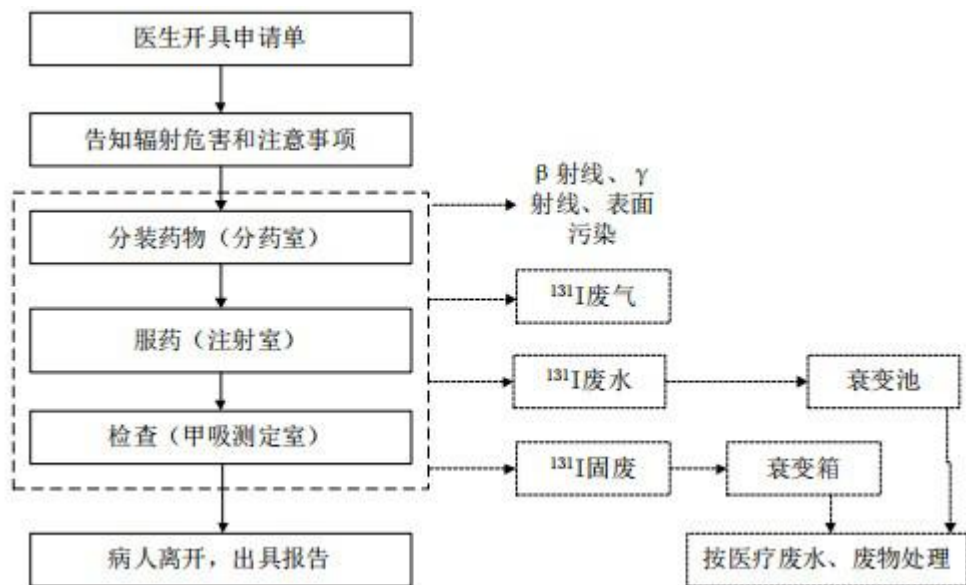


图 9-4 ^{131}I 甲状腺吸碘功能测定流程及产污环节示意图

（五）肾脏功能测定（肾图测定）

1、工作原理

静脉注射由肾小球滤过或肾小管上皮细胞分泌而不再被重复吸收的放射性示踪剂，在体外用放射性探测器连续记录其滤过、分泌和排泄的过程，可以了解两侧肾脏功能状态上尿路排泄情况，所以记录的时间-放射性曲线称为肾图。本项目使用的示踪剂是 ^{131}I -邻碘马尿酸钠（ ^{131}I -OIH）。

^{131}I -邻碘马尿酸钠是对-氨基马尿酸（PAH）的生理类似物，本医院采用的 ^{131}I -OIH 为商品药物，由有资质的单位提供。

2、测定流程及产污环节

肾图检查方法和流程主要包括病人准备、给药、肾图仪描记和显像三步骤：

①病人准备：正常饮食，检查前 30 分钟饮水 300mL，临检查前排尿，以避免血

容量少或憋尿而影响肾血流和排泄。肾定位采用体表解剖定位法，必要时用超声或 X 线定位法；

②病人给药采用注射方式进行给药，注射室工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）将装有药物的铅罐装入通风橱内，注射药物时，工作人员用注射器从铅罐内吸取定量药物（0.01mCi），对病人进行注射后立即检查。

③肾图仪描记：调整仪器的探测条件，使其工作性能保持稳定，两个探头的探测效率维持在同一水平。受检者取仰卧或坐位，两探头紧贴于背部两肾中心体壁。同时启动仪器描记；

④显像：无须特殊准备。肾血流灌注相，以 1 帧/秒连续采集 30~60 帧；肾功能相，以 1 帧/20~30 秒连续采集；采集的系列图像经计算机处理，获得肾血流灌注、肾功能动态及尿路排泄的图像与相关参数。

肾脏功能测定（肾图）的流程及污染物产生位置简单地如图 9-5 所示。

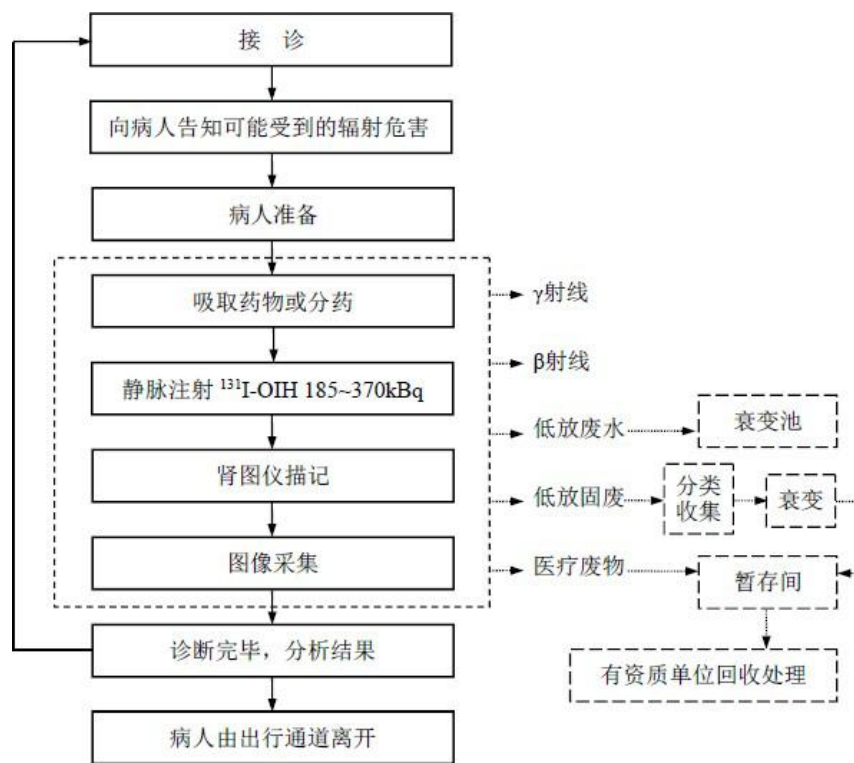


图 9-5 肾脏功能测定（肾图测定）流程及产污环节图

（六）⁸⁹Sr 转移性骨肿瘤治疗

放射性核素 ⁸⁹Sr 是一种重要的骨转移治疗手段，有助于缓解骨痛和提高生活质量。⁸⁹Sr 虽然为全身给药，但能聚集至骨转移灶内的活性成骨组织中，是一种有效的骨肿瘤的内照射治疗剂。⁸⁹Sr 是一种发射纯β射线的核素，β射线能量为 1.46MeV，半衰期

为 50.55 天。注射后很快由骨摄取，在正常骨内的生物半衰期为 14 天，在转移灶内的生物半衰期大于 50 天。 β 射线的治疗作用主要是利用其发射 β 射线杀死癌细胞来镇痛，以改善病人的生活质量，减少痛苦；另一目的是使骨转移灶缩小或消失，以缓解病情，延长病人的生命。 ^{89}Sr 作为发射纯 β 射线的核素，对周围环境以及家人的辐射危害极小，而且对患者骨髓造血功能无明显影响，极少数患者可能出现一过性白细胞或血小板减低，对人体无明显毒副作用。

^{89}Sr 治疗流程及产污环节见图 9-6。

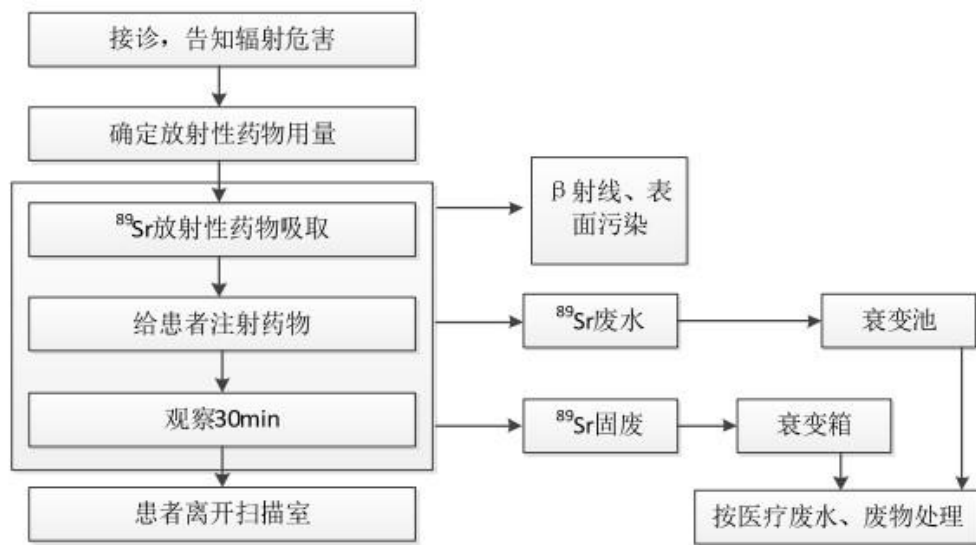


图 9-6 使用 ^{89}Sr 进行骨肿瘤治疗流程及产污环节示意图

（七）数字减影血管造影装置（DSA）

1、工作原理

DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机和多幅照相机组成。

设备是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数值相减，消除相同的信号，得到一个只有造影剂的血管图像。

设备是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数值相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分

分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

2、测定流程及产污环节

检查：手术医师接诊患者并告之在手术过程中可能收到辐射危害。患者被固定在检查床上，调整数字式平板探测器并对检查部位进行定位后，医师离开介入室，关闭防护门。分别对没有注入造影剂和注入造影剂的受检部位进行拍片，得到的两幅血管造影 X 线荧光图像经计算机剪影处理后，在计算机显示器上显示出血管影像的剪影图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

介入治疗：介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制设备的 X 射线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视，具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床旁，距设备的 X 射线管 0.3~1.0m 处，在非主射束方向上，配备各人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等），同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动设备的 X 射线系统进行透视，通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。

射线装置的 X 射线诊断机曝光时，出束方向朝上。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。射线装置诊治流程及产污环节如图 9-7 所示。

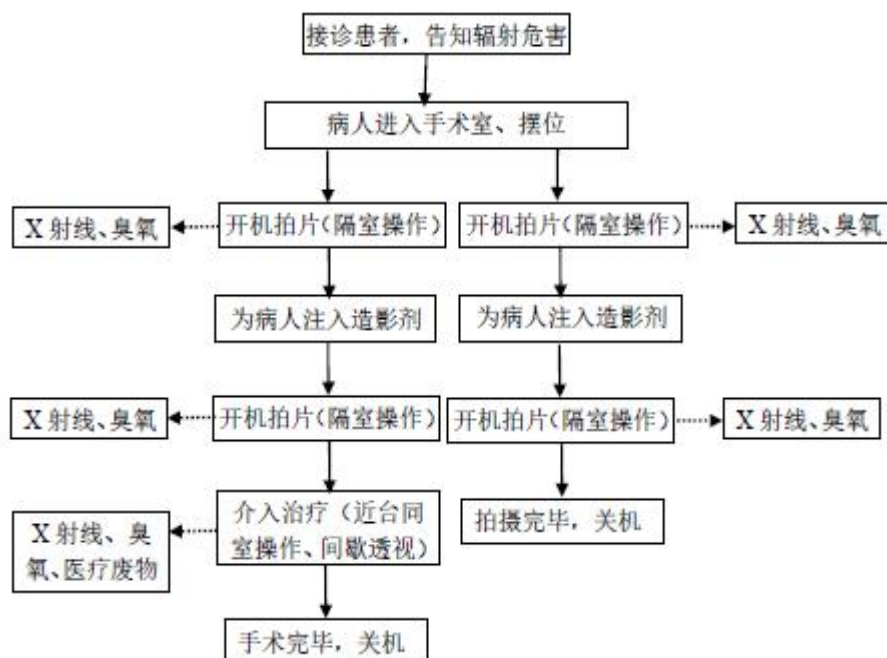


图9-7 射线装置检查与介入治疗流程及产污环节示意图

（六）C 型臂 X 射线机（ERCP）

1、设备组成

ERCP 是经内镜逆行胰胆管造影的英文首写字母，由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图象处理系统、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机组成。

2、工作原理

X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。

ERCP 是指将十二指肠镜插至十二指肠，找到十二指肠乳头，由活检管道内插入造影导管至乳头开口部，注入造影剂后 X 线摄片，以显示胰胆管的技术。

3、工作流程及产污节点分析

①接诊病人后，向病人告知可能受到的辐射危害；

②病人准备完毕进入机房摆位、固定，然后进入机房内对病人进行局部消毒处理和局部防护处理；

③医生进行插镜（十二指肠镜经口依次通过食管、胃、进入十二指肠降段，找到十二指肠乳头）、插管（将导管插入乳头），配合透视注入造影剂；

④完成造影剂注入后，医生退出机房，通过控制室操作台对病人进行拍片，得到病人病灶部位清晰影像资料。

污染源项描述

一、建设期污染源项描述

1、废水

施工期少量废水主要来自以下几个方面：

①施工场地废水；②施工人员生活污水。

2、扬尘

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是墙体装修扬尘；二是来自建筑材料包括水

泥、沙子等搬运扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

3、固体废物

施工期产生的固体废弃物主要包括施工人员的生活垃圾及废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾，由于工程规模小，产生量较少。

4、噪声

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

二、运营期污染源项描述

1、电离辐射

SPECT/CT、 γ 相机、DSA 及 C 型臂 X 射线机在开机状态下产生的 X 射线；核医学科在诊断过程中产生的 β/γ 射线、表面污染。

2、废气

药物在通风柜分装过程中产生少量放射性废气；SPECT/CT、 γ 相机、DSA 及 C 型臂 X 射线机曝光过程中臭氧产生量很小，经通排风系统处理后对环境的影响较小。

3、固体废物

核医学科产生的沾染放射性药物的注射器、注射针头、口杯及可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、敷贴滤纸、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；介入手术时产生医用器具和药棉、纱布、手套等；辐射工作人员产生少量生活垃圾及办公垃圾；放射性废气净化装置产生的废活性炭。非核医学科工作人员和患者产生的生活垃圾。

4、废水

核医学科工作台面、地面去污时产生的放射性废水，工作人员操作过程中手部受到微量污染的废水和注射后患者冲洗排便等放射性废水，非核医学科工作人员和患者产生的生活污水。

5、噪声

本项目噪声源主要为风机噪声、空调噪声。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施 一、辐射工作场所两区划分 核医学诊断工作场所项目： SPECT/CT 机房及γ相机机房位于第三住院楼 2 层东南侧，东侧为医生通道、卫生间及洁具间；西侧为医生诊室、办公室、医生通道、甲吸肾功室及患者通道；南侧为 SPECT/CT 控制室、医生通道及室外；北侧为患者通道、γ相机控制室、去污淋洗间、卫生间、注射后等待室抢救室（SPECT）、放射性药物分装准备室、注射服药室、^{131}I 留观室及 SPECT 留观室；楼上为 ERCP 室及控制室。 DSA 项目： DSA 机房位于第三住院楼 1 层东北侧，东侧为手术换床准备间、谈话间及家属等候区；西侧为洁净通道、配电房、办公室、更衣室及卫生淋浴间；南侧为楼梯间前室、预留间及污物暂存间；北侧为治疗室；楼下为楼上为药房；负一层地下室。 C 型臂 X 射线机： ERCP 室位于第三住院楼 3 层东南侧，东侧为控制室及无菌物品室；西侧为复苏室；南侧为预约登记室及备用间 4；北侧为治疗室；楼上为标本准备及操作区，楼下为 SPECT/CT 机房。 （一）核医学科人流、物流路径规划 （1）人流路径 核医学科人员路径主要是工作人员路径（包括分装和注射人员、SPECT/CT 操作人员、γ相机操作人员）、受检者路径（包括 SPECT/CT、γ相机显像诊断的患者）。 ①工作人员路径：本项目核医学科设置医患双通道。分装、注射、给药的辐射工作人员通过门 A 进入卫生通过间，接着通过门 B 进入放射性药物分装准备室。SPECT/CT 设备操作人员通过门 C 进入控制室 1，操作 SPECT/CT，如果患者需要摆位，操作人员通过门 D 进入 SPECT/CT 机房。γ相机设备操作人员通过门 E 进入控制室 2，操作γ相机，如果患者需要摆位，操作人员通过门 F 进入γ相机机房。 ②患者路径：接受 SPECT/CT、γ相机影像诊断的患者根据预约安排的时间由大门 G 进入核医学科工作区，然后直走通过门 H 进入注射服药室，在注射窗口进行注射，注射完成后通过门 I 进入注射后等待室，然后直走进入对面的 SPECT/CT 机房（门 J）
--

或者 γ 相机机房（门 K）进行扫描，扫描完成后按计划进入 ^{131}I 留观等待室（门 L）或者 SPECT/CT 留观等待室（门 M）观察等待，根据病人身体状况，无异常反应后通过走廊（门 N）离开核医学科。

该区域人流大致遵从了由辐射较低活度级别区域到高活度级别区域，基本实现了药物、工作人员和患者通道的分离。

（2）物流路径

核素进入工作场所的路径：根据提前用药预约安排，在上班之前，核素由药物供应商负责运送，通过传递窗口送入放射性药物贮存室。有病人需要治疗时，在注射窗口进行注射服药。

在放射性药物分装准备室内放置 1 个放射性废物桶收集放射性固体废物。收集的放射性固体废物暂存在放射性废物暂存室，待衰变时间超过所含半衰期最长核素的 10 个半衰期后，委托有资质单位进行监测，满足清洁解控水平（比活度小于或等于 $1 \times 10^5 \text{Bq/kg}$ ）后，固体废物经污物走道送出核医学科，进入医院医疗废物库存放。从功能分区来看，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走廊和注射药物候诊区域。

核医学科人流、物流的路径规划如图 10-1 所示。

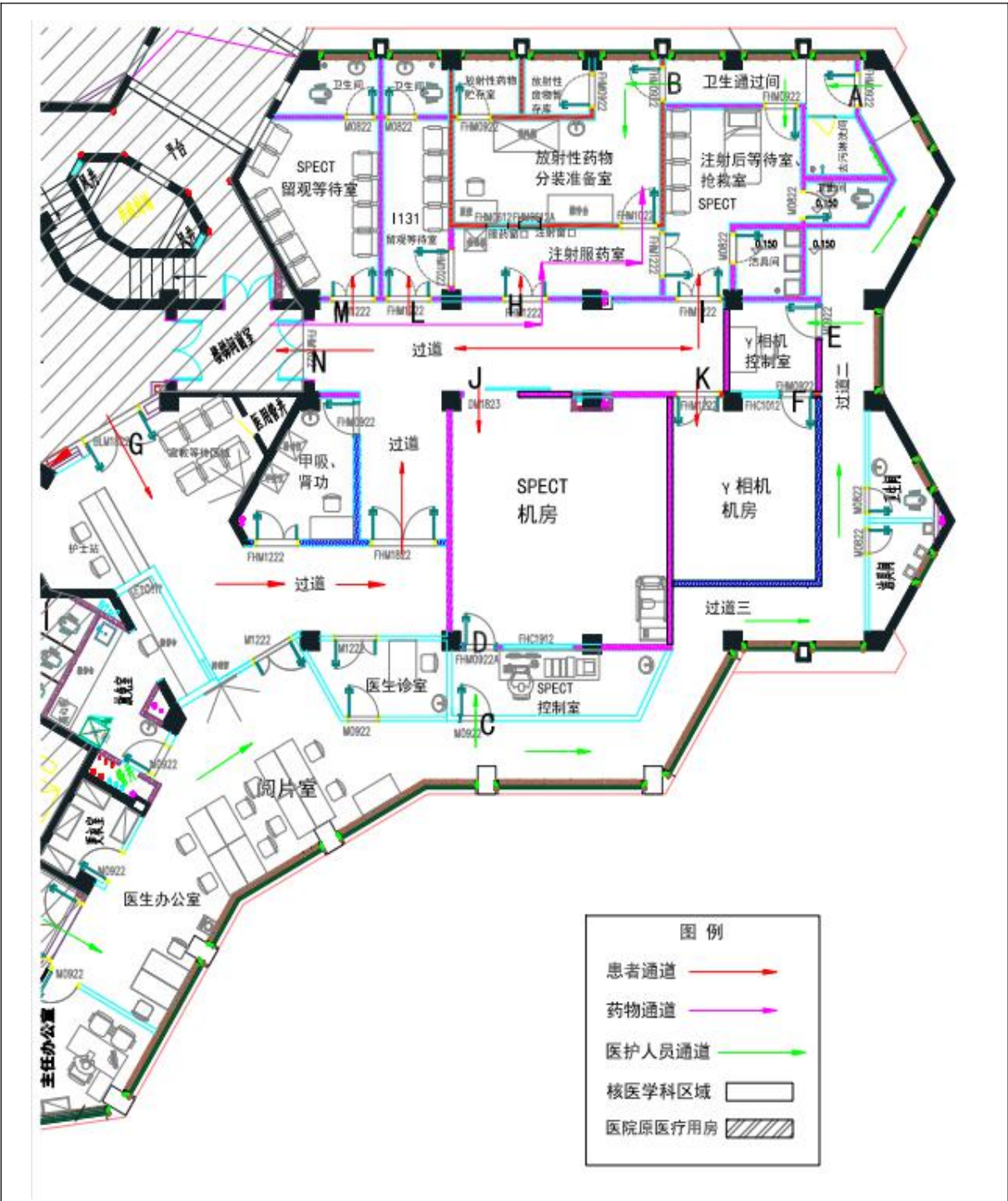


图 10-1 核医学诊断工作场所人流、物流路径示意图

(二) 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（包括门锁和连锁装置）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。

（二）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。

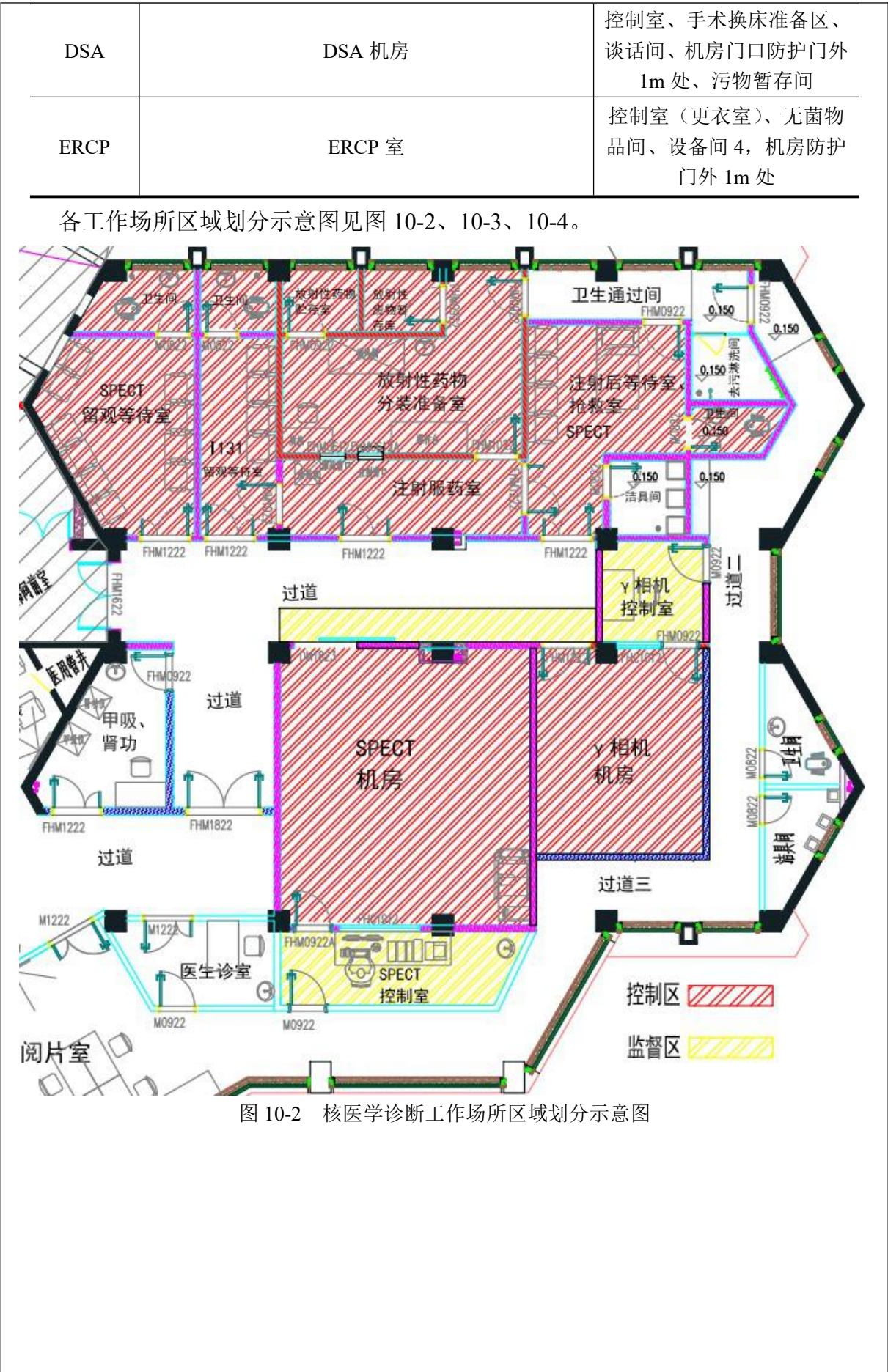
控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区。放射性工作区应与非放射性工作区隔开。

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。

结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将辐射工作场所划分为控制区，而设备的控制室（控制室）及其它相关工作场所等均划为监督区。其项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 上进行了标识。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

科室名称	控制区	监督区
核医学科	SPECT/CT 机房、 γ 相机机房、SPECT/CT 注射后等待室及抢救室（含卫生间）、放射性药物分装准备室（含放射性药物贮存室及放射性废物暂存间）、注射服药室、 ^{131}I 留观等待室（含卫生间）、SPECT/CT 留观等待室（含卫生间）	SPECT/CT 机房及 γ 相机机房门口 1m 处、SPECT/CT 控制室、 γ 相机控制室



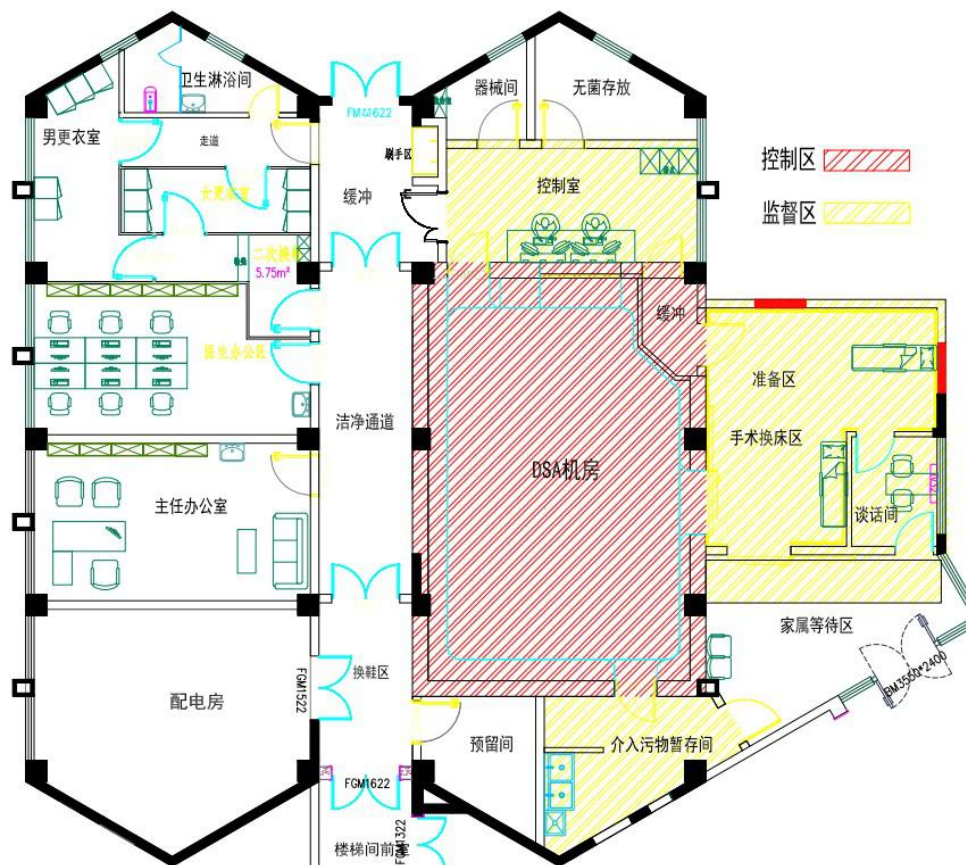


图 10-3 DSA 工作场所区域划分示意图

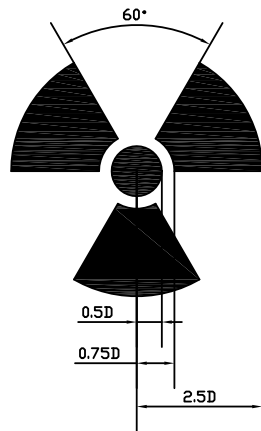


图 10-4 C 型臂 X 射线机工作场所区域划分示意图

2、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：

①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-3）。



a. 电离辐射标志



b. 当心电离辐射警告标志

图 10-3 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定辐射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（包括门锁）限制进出控制区；

④在淋浴/更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

⑤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、安全措施或该区的边界。

2) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

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。

二、辐射安全及防护措施

（一）屏蔽防护

本项目核医学科工作场所屏蔽设计见表 10-2。

10-2 核医学工作场所防护屏蔽设计一览表				
房间名称	使用功能	辐射防护设计		
分装准备室（24.9m ² ）（含放射性废物暂存间、放射性药物贮存室）	分装放射性药物	四面墙体均为 120mm 实心砖+5mmpb 铅木复合板；地面和顶棚均为 120mm 钢筋混凝土；注射窗口为 40mm 铅当量，服药窗口为 8mm 铅当量；防护门为 5mm 铅当量。		
注射服药（10.3m ² ）	注射放射性药物	西侧为 120mm 实心砖+5mmpb 铅木复合板；东、南、北侧为 120mm 实心砖+5mmpb 铅木复合板；防护门为 3mm 铅当量。		
SPECT/CT 注射后等待室、抢救室（13.9m ² ）（含卫生间）	注射后观察	西侧为 120mm 实心砖+5mmpb 铅木复合板；东、南、北侧为 120mm 实心砖+5mmpb 铅木复合板；地面和顶棚均为 120mm 钢筋混凝土；防护门为 3mm 铅当量。		
SPECT/CT 留观等候室（19.8m ² ）	扫描完留观	地面和顶棚均为 120mm 钢筋混凝土；防护门为 3mm 铅当量		
¹³¹ I 留观等候室（11.4m ² ）（含卫生间）	扫描完留观	东侧为 120mm 实心砖+5mmpb 铅木复合板；南、北、西侧为 120mm 实心砖+5mmpb 铅木复合板；地面和顶棚均为 120mm 钢筋混凝土；防护门为 3mm 铅当量。		
SPECT/CT 机房（39.3m ² ）	患者进行扫描	四面墙体均为 120mm 实心砖+3mmpb 铅木复合板；地面和顶棚均为 120mm 钢筋混凝土；观察窗为 5mm 铅当量；防护门为 3mm 铅当量。		
γ相机机房	患者进行扫描	西侧墙体为 120mm 实心砖+3mmpb 铅木复合板，东、南、北侧墙体为镀锌钢管龙骨架+3mmpb 铅木复合板；地面和顶棚均为 120mm 钢筋混凝土；观察窗为 5mm 铅当量；防护门为 3mm 铅当量。		
本项目 SPECT/CT 机房辐射防护设计见表 11-3。				
表 11-3 核医学 SPECT/CT 机房辐射防护设计一览表				
参数	设计厚度	铅当量	屏蔽要求	评价
墙体	四面墙体均为 120mm 实心砖+3mmpb 铅木复合板	4mm	一般工作量为 2mm 铅当量，较大工作量为 2.5mm 铅当量。	满足
防护大门	3mm 铅当量	3mm		
防护小门	3mm 铅当量	3mm		
观察窗	5mm 铅当量	5mm		
屋顶	120mm 钢筋混凝土+20 硫酸钡防护涂层	3mm		
机房尺寸	6.6m×5.95m=39.3m ²		机房内最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长度 4.5m	
由表 11-3 可知，本次项目 SPECT/CT 机房使用面积、单边长度及机房的屏蔽防护铅当量厚度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。				

（二）安全防护措施

1、警告设施

本项目计划在核医学科工作场所进出口设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在 SPECT/CT 扫描室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、紧急止动装置

在控制台上、扫描室内、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮即可令 SPECT/CT 停止运行。

3、操作警示装置

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

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、核医学科工作场所进出/口情况；SPECT/CT 扫描室与控制室之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与扫描室内受检者联系。

5、门禁系统

在核医学科受检者入口处设置专用门禁系统，对受检者的出入进行控制。

（三）放射性药物的存放

本项目核医学科使用放射性药物由供应单位派专人直接送至放射性药物贮存室，并放置于贮存室内配置的保险柜的铅罐内。放射性药物贮存室设有红外报警仪，对其进行 24 小时监控，并且实施双人双锁专管制度。储存的放射性药物，有良好的外包装和专门的材料，其屏蔽体外的辐射水平可符合国家相关标准，再经距离衰减和墙体屏蔽后，其所致室外环境和公众剂量，可低于国家标准规定的限值。

源库的墙体可满足防护要求，积极采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全措施。环评提出以下管理措施和要求：

1、放射性药物的存储容器要有合适的屏蔽。放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分；

2、源库要有专人进行管理，并定期进行辐射剂量的监测，无关人员不准许进入；

3、储放放射性药物要有进出登记，包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等，建立放射性同位素台帐制度；

4、医院有完善的放射性核素贮存、领取、使用、归还登记和检查制度，做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整。

（四）表面污染控制措施

为保证非密封源工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，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，须在有负压的通风橱内进行，防止放射性物质飞散；
3、放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品。

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

（五）人员防护措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

1、辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

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。

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。

距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

2、其他人员防护

屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。核医学科注射后休息大厅内拟设置2张病椅中间设防护屏风。

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。

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。

（六）操作过程的防护措施

^{131}I （甲亢治理、甲吸测定、肾图测定）放射性药品、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （核素显像）放射性药品、 ^{89}Sr （转移性骨肿瘤治疗）放射性药品的分药均采用人工分药，分药是在分药室的通风橱中进行。医生在进行核素药品的分药操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，佩戴好个人剂量计，将放射性药物贮存室内铅罐（内含放射性药品）移至通风橱内，进行分药操作。操作侧下方设两个活动式铅门，作为两个操作口，医生通过此操作口进行操作。分药操作台表面均为瓷砖贴面，分药及淋洗时药品、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。

甲吸测定病人接过药后口服，口服完后病人使用纯净水冲洗服药杯，再将冲洗水口服，反复三次，以防药物沾在口服杯上而达不到治疗效果，服完药后服药杯交医生处理。

肾图测定、核素显像、转移性骨肿瘤治疗由医护人员对病人进行注射，病人与医生之间设置注射窗口（40mm 铅当量）及服药窗口（8mm 铅当量）。操作台台下面设置一个放射性废物收集桶，用于收集废弃的一次性注射器、空药瓶等。

另外，要求分药室操作台和注射室内各设置一个放射性废物暂时收集桶，收集桶为铅材质，上面加盖铅盖。当天收集的放射性固废需及时转移至放射废物间。

（七）核医学科对服药和注射后病人防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在注射候诊大厅内驻留，核医学诊断工作场所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，同时要求病人在注射后在注射后休息大厅静候，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入注射后休息大厅内专用厕所，最终排入废水衰变池。病人扫描结束后，需在留观室留观，留观无恙后方可由核医学科单向门禁离开。

三、DSA 和 C 型臂 X 射线机辐射安全及防护措施

（一）屏蔽防护

根据医院提供的资料，医院 DSA 机房及 ERCP 室所采取的实体防护设施情况见表 10-4。

表 10-4 DSA 机房及 ERCP 室的实体防护设施对照表

名称	参数	设计厚度	铅当量	屏蔽要求	评价
DSA 机房	墙体	370mm 砖墙+1mm 铅当量铅板	4mm	有用线束 2mm 铅当量；非有用线束 2mm 铅当量	满足
	防护大门	3mm 铅当量	3mm		
	观察窗	3mm 铅当量	3mm		
	屋顶	120mm 钢筋混凝土+3mm 铅当量的铅板	4.5mm		
	地面	120mm 钢筋混凝土+10mm 硫酸钡防护涂层	2.5mm		
	机房尺寸	9.46m×616m=58.27m ²		机房内最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长度 4.5m	
ERCP 室	墙体	370mm 实心砖	3mm	有用线束 2mm 铅当量；非有用线束 2mm 铅当量	满足
	防护大门	3mm 铅当量	3mm		
	观察窗	3mm 铅当量	3mm		
	屋顶	120mm 钢筋混凝土+30mm 硫酸钡防护涂层	4.5mm		
	地面	120mm 钢筋混凝土+30mm 硫酸钡防护涂层	4.5mm		
	机房尺寸	5.25m×6.17m=32.40m ²		机房内最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长度 4.5m	

由表 11-4 可知，本次项目 DSA 机房及 ERCP 室使用面积、单边长度及机房的屏蔽防护铅当量厚度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

（二）安全措施

1、门灯联锁：DSA 机房及 ERCP 室防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。防护门关闭时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。

2、紧急止动装置：控制台上、介入手术床旁、介入室内墙上均设置紧急止动按钮（各按钮分别与 X 线系统连接）。射线装置的 X 线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 线系统出束。

3、操作警示装置：DSA 和 C 型臂 X 射线机的 X 线系统出束时，控制台上的指示灯变色，同时蜂鸣器发出声音。

4、对讲装置：DSA 机房及 ERCP 室与各配备的控制室之间拟安装对讲装置，控制室的工作人员通过对讲机与机房内的手术人员联系。

5、警告标志：DSA 机房及 ERCP 室的防护门外的醒目位置，设置明显的电离辐射警告标志。

（三）人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者或患者、本次评价范围内公众。

1、辐射工作人员

为减少辐射工作人员的照射剂量，采取防护X射线的主要方法有屏蔽防护、时间防护和距离防护，三种防护联合运用、合理调节。

（1）距离防护

机房严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

（2）时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。根据医院的实际情况，医院的 DSA 和 C 型臂 X 射线机主要用于股动脉、股静脉的穿刺，下肢深静脉血栓介入治疗，肝癌、肺癌的介入治疗，部分性脾动脉栓塞术、支气管动脉栓塞、子宫动脉栓塞术、颅内动脉栓塞术，全脑血管造影等。

（3）屏蔽防护

隔室操作：辐射工作人员采取隔室操作方式，通过控制室与介入室之间的墙体、铅门和铅玻璃窗屏蔽 X 射线，以减弱或消除射线对人体的危害。

个人防护用品和辅助防护设施：辐射工作人员配备个人防护用品（铅围脖、铅衣和铅眼镜等），防护厚度为 0.5mm 铅当量。辐射工作人员应正确使用个人防护用品（佩戴个人剂量计、防护铅衣等）等。

剂量计的佩带：对于工作中穿戴铅围裙（如医院放射科）的场合，通常应根据佩带在围裙里面躯干上的剂量计估算工作人员的实际有效剂量。当受照剂量可能超过调查水平时（如介入放射学操作），则还需要在围裙外面衣领上另外佩带一个剂量计，以估算人体未被屏蔽部分的剂量。

（4）个人剂量监测

辐射工作人员均配备有个人剂量计，并要求上班期间必须佩带。医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

2、受检者或患者的安全防护

医院应配有三角巾、铅围脖（防护铅当量应不低于 0.5mm），用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。另外，在不影响工作质量的前提下，保持与射线装置尽可能大的距离。

3、机房周边公众的安全防护

周边公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和地板楼板屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在机房门外张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯，禁止无关人员进入，以增加公众与射线装置之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

四、辐射安全防护设施对照分析

根据《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与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	要求新增措施
核医学科			
工作场所设施	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	分区合理	/
	墙体防护、观察窗、铅防护门	本次新增	/
	场所门外电离辐射警示标志、通道标志	本次新增	/
	独立的通风设施（流向）	本次新增	/
	有负压和过滤的工作箱/通风柜（乙级以上场所）	本次新增	/
	注射用屏蔽设施	本次新增	/
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料	本次新增	/
	移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂套	本次新增	/
	病人专用卫生间	本次新增	/
	放射性同位素暂存库或设施	本次新增	/
	放射性固体废物收集容器和放射性标识	本次新增	/
	安全保卫设施（贮存场所必须）	本次新增	/
	人员出口配备污染监测仪	本次新增	/
	发生器辐射屏蔽	发生器自带	/
	操作位屏蔽防护措施	本次新增	/
	放射性废液暂存设施	本次新增	/
警示装置	工作状态指示灯	本次新增	/
紧急设施	门机连锁、门灯联锁装置	本次新增	/
	室内安装紧急止动装置	本次新增	/
监测设备	便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）	本次新增	/
	个人剂量计	本次新增	/

	个人剂量报警仪	本次新增	/
	放射性活度计	本次新增	/
放射性废物和废液	放射性下水系统（衰变池）及标识	本次新增	/
	放射性固体废物暂存间（设施）	本次新增	/
	废物暂存间屏蔽措施	本次新增	/
	废物暂存间通风系统	本次新增	/
防护器材	门禁、监控装置	本次新增	/
	场所门外电离辐射警示及禁止串门的标志	本次新增	/
	个人防护用品	本次新增	/
	放射性表面去污用品和试剂	本次新增	/
DSA 及 C 型臂 X 射线机			
场所设施	墙体、机房防护门	本次新增	/
	操作位局部屏蔽防护设施	本次新增	/
	观察窗屏蔽	本次新增	/
	通风设施	本次新增	/
	紧急停机按钮	本次新增	/
	门机连锁、门灯连锁	本次新增	/
	监控、对讲系统	本次新增	/
警示装置	入口处电离辐射警告标志	本次新增	/
	入口处机器工作状态显示	本次新增	/
	操作警示装置	本次新增	/
监测设备	便携式辐射监测仪	本次新增	/
	个人剂量计	本次新增	/
	个人剂量报警仪	本次新增	/
防护设施	医护人员个人防护	本次新增	/
	患者防护	本次新增	/
防护器材	通风系统	本次新增	/

五、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，医院将投入一定资金建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-5。

表 10-5 环保设施及投资估算一览表

项目	设施与器材	数量	投资（万元）
核医学科			
工作场所	核医学科防护墙体改造	-	***
	铅防护铅门	18 套	***
	防护铅窗	4 套	
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料、铅桶、废物桶、废物袋	1 套	***
	活度计	1 套	***
	注射防护套	2 套	***
	给药窗口	1 套	***

	通风橱	1 套	***
	核素暂存保险柜、防盗门	1 套	***
	病人专用卫生间	3 间	***
	对讲和视频监控系统	2 套	***
	通道门禁	2 套	***
	铅罐	1 个	***
	活性炭吸附装置	1 套	***
监测设备	专用通道标志	1 套	***
	场所门外电离辐射警示及禁止串门的标志	18 个	***
	放射性废水衰变池	1 座	***
	个人剂量计	16 套	***
	个人剂量报警仪	8 个	***
放射性废物 和废液	表面污染监测仪	1 套	***
	γ辐射监测仪	1 套	***
	放射性表面去污用品和试剂	若干	***
	防护手套、口罩等防护用品	若干	***
防护器材	专用通风系统	1 套	***
DSA、ERCp			
场所 设施	墙体、机房防护门	2 套	***
	操作位局部屏蔽防护设施	2 套	***
	观察窗屏蔽	2 套	***
	紧急停机按钮	2 套	***
	门机连锁、门灯连锁	2 套	***
	监控、对讲系统	2 套	***
警示装置	入口处电离辐射警告标志	4 套	***
	入口处机器工作状态显示	4 套	***
	操作警示装置	4 套	***
监测设备	便携式辐射监测仪	1 个	***
	个人剂量计	32 套	***
	个人剂量报警仪	16 个	***
防护设施	医护人员个人防护	8 套	***
	患者防护	2 套	***
防护器材	通风系统	2 套	***
合计			***
本项目总投资***万元，环保投资***万元，占总投资的***%。今后医院在医用射线装置应用项目实践中，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、核医学诊断工作场所项目

本项目运行期产生的主要放射性三废为核医学工作场所使用非密封性同位素过程中产生的含放射性固废、放射性废水和放射性废气，核医学诊断工作场所拟采取以下“三废”防治措施。

（一）放射性废气

本项目核医学科工作场所排风管道分为2支，其中1支管道单独连接放射性药物分装准备室内设置的通风橱，放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱的风速不小于1m/s；第2支管道连接放射性药物分装准备室、注射服药室、SPECT/CT机房、 γ 相机机房、控制室、留观等候室等。各排风管内保持负压，拟安装防回流装置，通排风系统图见附图4。

核医学科产生的废气经由排风系统排至楼顶，在排风口配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。

核医学科各排风管道必须密封良好，不与综合楼其他排风管道相通，过滤器及活性炭需定期更换（1~2次/年），更换后的活性炭经贮存衰变10个半衰期后作为一般医疗废物处置。

（二）放射性废水

本项目核医学科产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

核医学产生的放射性废水均排放至拟建于医院第二住院楼外东北侧空地地下放射性废水衰变池系统。设置的放射性废水衰变系统通过专门管路收集放射性废水，采用槽式衰变的处理方式。放射性废水衰变系统利用一台人机界面全面监控放射性废水的降解、衰变、取样、监测、排放的全过程，掌控放射性废水的流向、排放是否符合环保标准，避免出现放射性废水的意外排放以及不可追述的事故。

放射性废水衰变池材质均采用C30-P8抗渗混凝土现浇一体浇筑，四周池壁和底板厚度为400mm，内部采用玻璃钢防腐，隔板采用200mm混凝土，盖板为直径300mm的混凝土现浇井盖，取样口位于衰变池废水外排口，距底部约30cm高处。

1、处理措施

本项目核医学科放射性废水将排入拟建于医院第二住院楼外东北侧空地地下

的核医学科衰变池内，该衰变池共设计 3 个并联小池（ $13.4\text{m}^3+13.4\text{m}^3+14.1\text{m}^3$ ），总容积为 40.9m^3 。放射性废水衰变系统采用并联排放，通过控制系统切换并联运行。

衰变槽进水管上设电动阀，出水采用卧式自吸式排污泵排出。运行时先关闭第二、三衰变槽进水管上电动阀，打开第一衰变槽进水管上的电动阀，使废水进入第一衰变槽；待第一衰变槽达到设计液位后，打开第二衰变槽进水管上的电动阀，关闭第一衰变槽进水管上的电动阀，使废水进入第二衰变槽，待第二衰变槽达到设计液位后，关闭第二衰变槽进水管上的电动阀，打开第三衰变槽进水管上的电动阀，关闭第二衰变槽进水管上的电动阀，使废水进入第三衰变槽，待第三衰变槽达到设计液位后，打开第一衰变槽自吸式排污泵，将经过衰变后的废水排入医院污水管网。

2、衰变池容量可行性分析

核医学科放射性废水主要来源是工作台面、地面去污时产生的放射性废水，工作人员操作过程中手部受到微量污染的清洁废水，患者冲洗排便废水。

根据医院提供的资料，核医学科工作场所全年检查工作日为 300d，每日最多检查患者共计约为 31 人，保守预估每检查一人次平均总共产生 0.01m^3 废水估算，预计核医学科工作场放射性废水的产生量约为 $0.31\text{m}^3/\text{d}$ ，

由于本项目放射性废水核素组成包括： ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr ，其中半衰期较长的核素为 ^{131}I （8.04d）与 ^{89}Sr （55.55d）。考虑到 ^{89}Sr 核素半衰期较长且放射性废水排放量较小，本次评价以废水产生量较大且半衰期时间相对较长的 ^{131}I 核素（其半衰期为 8.04d，10 个半衰期为 80.4d）来核算衰变池容积的有效性，故在此期间内放射性废水产生量约为 10.45m^3 。

医院核医学科工作场所产生的放射性废水通过专门的管道进行统一收集，排入放射性废水衰变池。放射性废水衰变池分为 3 格，采用并联工作模式，该衰变池共设计 3 个并联小池（ $13.4\text{m}^3+13.4\text{m}^3+14.1\text{m}^3$ ），总容积为 40.9m^3 ，大于 ^{131}I 10 个半衰期内产生的放射性废水量（ 10.45m^3 ）。放射性废水衰变池的容量可以满足医院的需求。

3、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）衰变后的废水需监测达标（需经过有监测资质单位监测，总 β 排放标准 10Bq/L ）并经审批部门核准后才能排入医院污水处理站，池内沉渣如难于排出，可进行酸化预处理再排入下水系统；

（2）医院需建立衰变池排放台账，记录每次排放时间、排放量及监测结果情况并由专人负责管理记录；

(3) 衰变池需设立明显的电离辐射警告标志，同时衰变池四周应设立拦挡；

(4) 为防止衰变池过满溢出，要求在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取样监测。

衰变池剖面示意图见图 10-6：

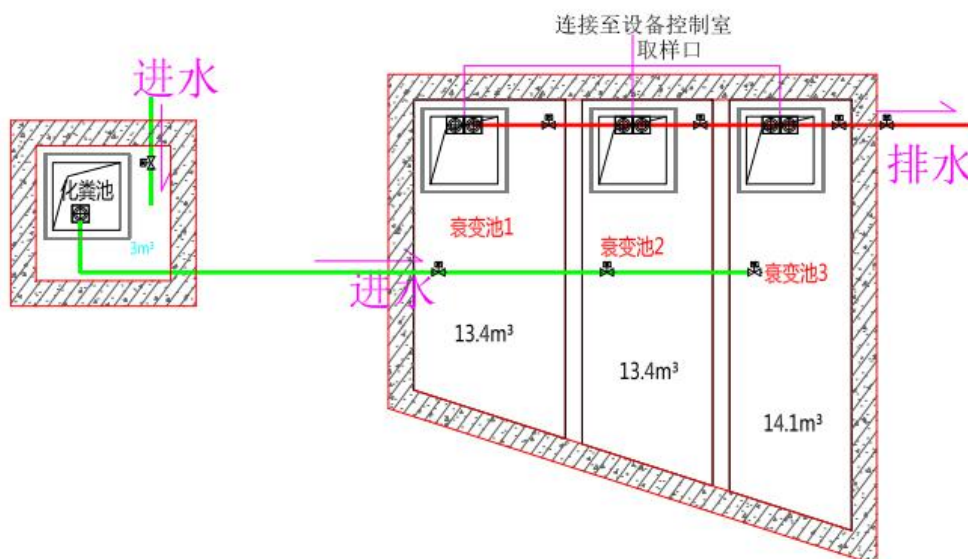


图 10-6 本项目核医学科衰变池系统设计示意图

(三) 放射性固废

本项目核医学科涉及的放射性核素包括： ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr ，产生的放射性固体废物主要为一次性口杯、注射器、针头和手套等医用器具、封装药物的铅罐和废弃的 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器及放射性废气净化装置产生的废活性炭等

核医学科每年共计产生的放射性固体废物重量约为 100kg。本项目放射性药物分装准备室、注射服药室、治疗室等均设置有放射性固废收集桶，放射性固体废物分类收集在具有防护外层的固体废物桶中，固体废物桶中放置专用塑料袋收纳废物，待废物袋装满后，转到放射性废物暂存室内集中存放，在放射性废物暂存室内存放至十个半衰期后，使用表面污染监测仪进行监测，如果符合清洁解控水平（比活度小于或等于 104Bq/kg ），按医疗废物环境管理要求进行无害化处理。医院核医学科专门设有 1 间放射性废物暂存室，能够满足放射性固体废物的存放要求。

根据《医用放射性固废的卫生防护管理》(GBZ133-2009) 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放射性固废收集桶应避开工作人员和经常走动的区域；
- ②放射性固废收集桶内应放置于专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密

封，不破漏，并及时转运至放射性固废间进行衰变处置；

③对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其它包装材料中，然后在装入专用塑料袋内；

④每袋废物的表面剂量不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

2、放射性固废临时贮存和最终处理

①建立放射性废物收集、暂存、转运、回收台账，确保放射性固废不乱丢、不乱弃；

②不同核素种类放射性固废进行分类收集，衰变 10 个半衰期后经测达标后，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理；

③放射性固废收集桶封存时应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明；

④废物包装体表面污染控制水平 $\beta < 0.4\text{Bq/cm}$ 。

二、DSA 及 C 型臂 X 射线机项目

1、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。处理措施：废水依托医院污水预处理池预处理后，一并排入医院已建地理式一体化污水处理设施，经“二级生化+次氯酸钠消毒”工艺处理，达相应标准后，再通过市政污水官网排入成都市第九净水厂进一步处理达标，尾水排入锦江；

2、固体废物环境影响分析

（1）本项目 DSA 和 C 型臂 X 射线机采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

（2）手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 0.5kg 的医疗废物，每年固体废物产生量约为 600kg。医疗废物经分类收集打包好后暂存于医废间，医疗废物日产日清，交由资质单位处理。

3、声环境影响分析

本项目噪声源主要为空调噪声，所有设备选用低噪声设备，通过距离衰减后，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。

三、射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照国有资产和生态环境保护主管部门要求，履行相关报废手续。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工阶段

本项目核医学诊断工作场所需进行墙体建造或改建、设备安装、管线敷设、防护门及其他环境保护设施的安裝，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期主要防护措施有：

1、大气污染防治措施

- ①施工场地扬尘可用洒水和清扫措施予以抑止；
- ②在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；
- ③加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

2、噪声防治措施

- ①门窗、预制构件、大部分钢筋的成品、半成品在工厂完成，减少施工场地内加工机械产生的噪声；
- ②不得随意扔、丢，减少金属件的碰击声。电钻等噪声设备使用时间尽量避开中午 12：00～14：00 和晚上 10：00 以后；
- ③加强现场运输车辆出入的管理，车辆进入现场禁止鸣笛；
- ④施工单位通过文明施工、加强有效管理，材料堆放必须轻拿轻放；
- ⑤施工单位在现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉电话后及时与当地环保部门联系，以便及时处理各种环境纠纷。

3、固废防治措施

- ①装饰工程施工产生的废弃物料和生活垃圾等由市政环卫统一清运；
- ②在工程竣工以后，施工单位应同时拆除各种临时施工设施，做到“工完、料尽、场地清”。建设单位应负责督促施工单位的固体废物处置清理工作。

4、水污染防治措施

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依医院现有生活污水处理设施处理。

5、施工要求

加速器治疗机房墙体加厚过程中严格按照施工规范进行施工，屏蔽墙体应没有漏缝，使用满足要求的水泥。墙体与铅防护门应有足够的搭接宽度，应预留防护门下沉沟槽。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和治疗室上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置的安装和调试均在机机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

运行阶段对环境的影响

一、核医学工作场所辐射环境影响分析

本项目核医学科涉及的核素包括 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr ，其中 ^{131}I 衰变时产生 0.606MeV 的 β 射线，并伴随 0.364MeV 的 γ 射线； $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 同质异能跃迁，衰变时产生 0.14051MeV 的 γ 射线； ^{89}Sr 衰变时仅产生 1.488MeV 的 β 射线。

1、 β 射线的辐射影响分析

β 射线的穿透性能较差，根据《辐射防护手册 第三分册》（原子能出版社），其在 Z 较高的物质中的射程可用如下经验公式估算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\beta\text{max}} \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11-1）}$$

式中：

d—最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度，g/cm³；空气密度取 1.29×10⁻³g/cm³，铅密度取 11.34g/cm³；

$E_{\beta\text{max}}$ —电子最大能量，MeV；

经计算， ^{131}I 、 ^{89}Sr 在空气及铅中射程距离见表 11-1。

表11-1 ^{131}I 、 ^{89}Sr 在空气及铅中射程距离

核素名称	在空气中射程 (cm)	在铅中射程 (cm)
^{131}I	235	0.03
^{89}Sr	577	0.07

由上表可知， ^{131}I 产生的 β 射线在空气中的射程约为 2.35m 左右，在铅中最大射程为 0.03cm； ^{89}Sr 产生的 β 射线在空气中的射程约为 5.77m 左右；在铅中最大射程为 0.07cm。

本项目核医学科非密封放射性物质工作场所均设置了足够的空间，且有墙体和铅门进行屏蔽，医生在操作过程中穿戴有防护服，且有墙体和铅玻璃进行屏蔽，所以 ^{131}I 、 ^{89}Sr 产生的 β 射线对工作人员及室外影响可以忽略不计。

2、 γ 射线的影响

对于发射 γ 射线的放射性药物在进行辐射环境影响预测时，将药物简化成点源，其周围空气比释动能率可近似按照点源模式计算，采用方杰主编的《辐射防护导论》中的公式 11-4 计算考察点空气比释动能率：

$$\dot{K}_\alpha = \frac{A \cdot \Gamma_k}{r^2} \cdot \eta \quad \dots\dots\dots (\text{公式 11-2})$$

式中：

$\dot{K}_\alpha$ —考察点空气比释动能率 (Gy/h)；

A —放射源活度 (Bq)；

Γ_k —放射源的空气比释动能率常数($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)；与核素衰变发射的 γ 射线能量基本成正比关系；

r —放射源到考察点的距离 (m)；

η —透射比，无屏蔽情况下取 1，有屏蔽情况下，按照放射源的平均射线能量及屏蔽材料的厚度查参考资料得到相应的透射比。

$$D_{\text{Eff}} = \dot{K}_\alpha \cdot t \cdot T \cdot U \quad \dots\dots\dots (\text{公式 11-3})$$

式中：

D_{Eff} —考察点人员有效剂量 (Sv)；

$\dot{K}_\alpha$ —考察点的空气比释动能率 (Gy/h)；

t—考察点处受放射性核素影响的时间 (h)；

T —居留因子，全部居留 $T=1$ ，部分居留 $T=1/4$ ，偶尔居留 $T=1/16$ ；

U —使用因子，放射性核素以点源模式估算，而放射性衰变是持续发生的，取 1；
简化估算：1mGy 近似为 1mSv。

3、核医学工作场所周围辐射水平估算

对于发射 γ 射线的放射性药物在进行辐射环境影响预测时，将药物及已注射药物的病人简化成点源，其周围空气比释动能率可近似按照点源模式计算，采用方杰主编的《辐射防护导论》中的公式 2 计算考察点空气比释动能率：

各参考点位置见图 11-1，预测结果见表 11-2。

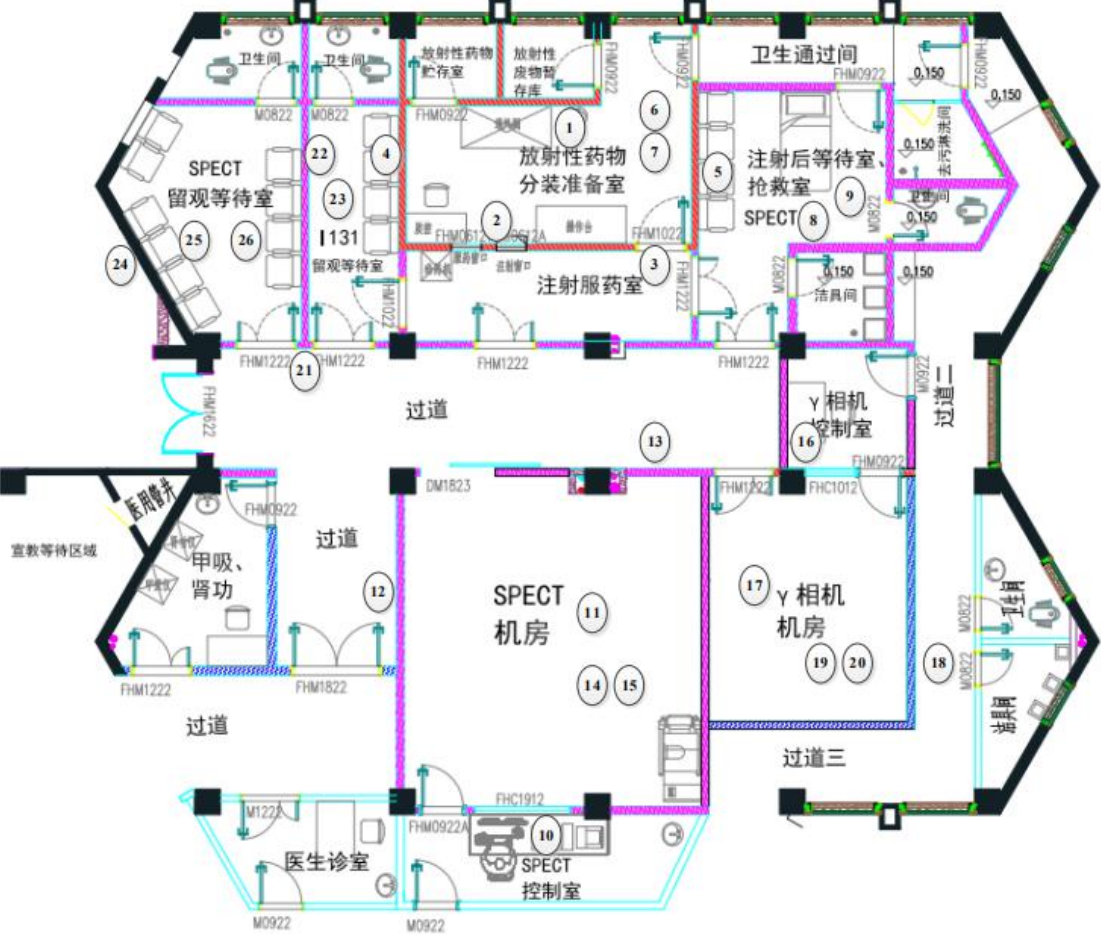


图 11-1 核医学工作场所估算点位示意图

表 11-2 理论估算结果汇总

点位	参考点位置	核素种类	源强 (Bq)	与源的 距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	参考点辐射 水平 ($\mu\text{Gy/h}$)	备注
1	取药工作位 通风橱表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	20mmPb	<0.001	<0.001	通风橱为 40mmPb
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.015	0.585	
2	注射窗	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	20mmPb	<0.001	<0.001	/
	服药窗	^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$		8mmPb	0.187	7.210	
3	分装准备室入口处防护门外 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	5mmPb	<0.001	<0.001	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.351	0.375	
4	分装准备室西墙表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	120mm 实心砖 +5mmPb 铅木复合板	<0.001	<0.001	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.081	0.086	
5	分装准备室东表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	120mm 实心砖 +5mmPb 铅木复合板	<0.001	<0.001	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.081	0.086	
6	分装准备室顶部表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	120mm 钢筋混凝土	0.089	0.031	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.230	0.246	
7	分装准备室下方距地面 1m	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.0	120mm 钢筋混凝土	0.026	0.122	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.230	0.138	
8	注射后等待室顶部表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	120mm 钢筋混凝土	0.089	0.031	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.230	0.246	
9	注射后等待下方距地面 1m	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.0	120mm 钢筋混凝土	0.026	0.122	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.230	0.138	
10	SPECT/CT 控制室操作位	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.0	5mmPb	<0.001	<0.001	/

		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.351	0.211	
11	SPECT/CT 摆位	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	1.0	0.5mmPb	0.361	4.212	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.901	8.664	
12	SPECT/CT 机房西墙表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.2	120mm 实心砖 +3mmPb 铅木复合板	<0.001	<0.001	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.177	0.167	
13	SPECT/CT 机房北墙表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.4	120mm 实心砖 +3mmPb 铅木复合板	<0.001	<0.001	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.177	0.148	
14	SPECT/CT 机房顶部表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	120mm 钢筋混凝土 +20 硫酸钡防护涂层	0.001	0.001	/
		^{131}I	$5 \times 3.70 \times 10^7$			0.534	0.570	
15	SPECT/CT 机房下方距地面 1m	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.0	120mm 钢筋混凝土 +20 硫酸钡防护涂层	0.001	0.001	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.534	0.321	
16	γ 相机控制室操作位	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	5mmPb	<0.001	<0.001	
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.351	0.276	
17	γ 相机摆位	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	1.0	0.5mmPb	0.361	4.212	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.901	8.664	
18	γ 相机机房北墙表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.5	镀锌钢管龙骨架 +3mmPb 铅木复合板	0.001	0.002	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.534	0.821	
19	γ 相机机房顶部表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	120mm 钢筋混凝土	0.089	0.131	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.230	0.246	
20	γ 相机机房下方距地面 1m	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.0	120mm 钢筋混凝土	0.089	0.074	/
		^{131}I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.230	0.138	

21	¹³¹ I 留观室南墙表面 30cm	^{99m} Tc	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.0	120mm 实心砖 +3mmpb 铅木复合板	0.014	0.016	/
		¹³¹ I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.077	0.060	
22	¹³¹ I 留观室顶部表面 30cm	^{99m} Tc	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	120mm 钢筋混凝土	0.014	0.012	/
		¹³¹ I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.077	0.46	
23	¹³¹ I 留观室下方距地面 1m	^{99m} Tc	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.0	120mm 钢筋混凝土	0.001	0.002	/
		¹³¹ I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.193	0.207	
24	SPECT/CT 留观室西墙表面 30cm	^{99m} Tc	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.0	120mm 实心砖 +3mmpb 铅木复合板	<0.001	<0.001	/
		¹³¹ I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.433	1.041	
25	SPECT/CT 留观室顶部表面 30cm	^{99m} Tc	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.0	120mm 钢筋混凝土	0.014	0.012	/
		¹³¹ I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.077	0.46	
26	SPECT/CT 留观室下方距地面 1m	^{99m} Tc	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.0	120mm 钢筋混凝土	0.001	0.002	/
		¹³¹ I	$2 \times 3.70 \times 10^7$			0.193	0.207	

从表 11-2 中的理论估算结果可以看出，由于有 40mm 铅当量通风橱屏蔽， ^{99m}Tc 、 ^{131}I 药物取药过程中对取药操作人员的躯干辐射影响较小，但由于需要用手操作，手部剂量较高。 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 药物针剂外设有铅套、同时操作中工作人员穿戴铅防护服，药物操作过程中对注射室内环境辐射影响较小。 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 药物在操作过程中及病人在显像过程中对注射服药室、注射后等待室、留观室、SPECT/CT 机房及 γ 相机机房外的环境影响较小，注射服药室、注射后等待室、留观室、SPECT/CT 机房及 γ 相机机房的防护设计均能够满足 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 核素的辐射防护要求，项目对核医学科周围环境辐射影响较小；候诊等待期间由于病人相对集中，医院必须采取分批预约、分批注射、分批候诊的方式，严格按要求控制候诊室内病人的数量，降低对病人及外环境的辐射影响。

保护目标的有效剂量估算

SPECT/CT 及 γ 相机使用 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为取药、注射服药过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，药物取药过程约 2 分钟，送至注射服药窗口、注射服药过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。

根据表 11-2 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-3。

表 11-3 核医学科项目工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

点 位	参考点位置	核素 种类	参考点辐射水 平 ($\mu\text{Gy/h}$)	关注 对象	居留 因子	受照时间 (min)	有效剂量 (mSv)	合计 (mSv)	目标管理限 值 (mSv)	备注
1	取药工作位 通风橱表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	<0.001	工作 人员	1	注射 $1\text{min} \times 20 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	0.005	5.0	/
		^{131}I	0.585			口服 $1\text{min} \times 2 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.005			
2	注射窗	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	<0.001	工作 人员	1	注射 $1\text{min} \times 20 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.002	0.060	5.0	/
	服药窗	^{131}I	7.210			口服 $1\text{min} \times 2 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.060			
3	分装准备室入口处 防护门外 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	<0.001	公众	1/4	注射 $1\text{min} \times 20 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	<0.001	0.25	/
		^{131}I	0.375			口服 $1\text{min} \times 2 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001			
4	分装准备室西墙表 面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	<0.001	公众	1/4	注射 $1\text{min} \times 20 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	<0.001	0.25	/
		^{131}I	0.086			口服 $1\text{min} \times 2 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001			
5	分装准备室东表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	<0.001	公众	1/4	注射 $1\text{min} \times 20 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	<0.001	0.25	/
		^{131}I	0.086			口服 $1\text{min} \times 2 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001			
6	分装准备室顶部表 面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.031	公众	1/4	注射 $1\text{min} \times 20 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	<0.001	0.25	/
		^{131}I	0.246			口服 $1\text{min} \times 2 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001			
7	分装准备室下方距 地面 1m	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.122	公众	1/4	注射 $1\text{min} \times 20 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	<0.001	0.25	/
		^{131}I	0.138			口服 $1\text{min} \times 2 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001			
8	注射后等待室顶部 表面 30cm	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.031	公众	1/4	等候 $20\text{min} \times 5 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.003	0.008	0.25	/
		^{131}I	0.246			等候 $20\text{min} \times 1 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.005			
9	注射后等待下方距 地面 1m	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.122	公众	1/4	等候 $20\text{min} \times 5 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.012	0.014	0.25	/
		^{131}I	0.138			等候 $20\text{min} \times 1 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.002			
10	SPECT/CT 控制室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	<0.001	工作	1	扫描 $10\text{min} \times 10 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	0.008	5.0	/

	操作位	¹³¹ I	0.211	人员		扫描 10min×1 次×250d	0.008			
11	SPECT/CT 摆位	^{99m} Tc	4.212	工作人员	1	摆位 1min×10 次×250d	0.175	0.211	5.0	/
		¹³¹ I	8.664			摆位 1min×1 次×250d	0.036			
12	SPECT/CT 机房西墙表面 30cm	^{99m} Tc	<0.001	公众	1/4	扫描 10min×10 次×250d	<0.001	0.002	0.25	/
		¹³¹ I	0.167			扫描 10min×1 次×250d	0.002			
13	SPECT/CT 机房北墙表面 30cm	^{99m} Tc	<0.001	公众	1/4	扫描 10min×10 次×250d	<0.001	0.002	0.25	/
		¹³¹ I	0.148			扫描 10min×1 次×250d	0.002			
14	SPECT/CT 机房顶部表面 30cm	^{99m} Tc	0.001	公众	1/4	扫描 10min×10 次×250d	<0.001	0.006	0.25	/
		¹³¹ I	0.570			扫描 10min×1 次×250d	0.006			
15	SPECT/CT 机房下方距地面 1m	^{99m} Tc	0.001	公众	1/4	扫描 10min×10 次×250d	<0.001	0.003	0.25	/
		¹³¹ I	0.321			扫描 10min×1 次×250d	0.003			
16	γ相机控制室操作位	^{99m} Tc	<0.001	工作人员	1	扫描 10min×10 次×250d	<0.001	0.011	5.0	/
		¹³¹ I	0.276			扫描 10min×1 次×250d	0.011			
17	γ相机摆位	^{99m} Tc	4.212	工作人员	1	摆位 1min×10 次×250d	3.601	0.211	5.0	/
		¹³¹ I	8.664			摆位 1min×1 次×250d	0.360			
18	γ相机机房北墙表面 30cm	^{99m} Tc	0.002	公众	1/4	扫描 10min×10 次×250d	<0.001	0.008	0.25	/
		¹³¹ I	0.821			扫描 10min×1 次×250d	0.008			
19	γ相机机房顶部表面 30cm	^{99m} Tc	0.131	公众	1/4	扫描 10min×10 次×250d	0.013	0.015	0.25	/
		¹³¹ I	0.246			扫描 10min×1 次×250d	0.002			
20	γ相机机房下方距地面 1m	^{99m} Tc	0.074	公众	1/4	扫描 10min×10 次×250d	0.007	0.008	0.25	/
		¹³¹ I	0.138			扫描 10min×1 次×250d	0.001			

21	¹³¹ I 留观室南墙表面 30cm	^{99m} Tc	0.016	公众	1/4	等候 10min×5 次×250d	<0.001	<0.001	0.25	/
		¹³¹ I	0.060			等候 10min×1 次×250d	<0.001			
22	¹³¹ I 留观室顶部表面 30cm	^{99m} Tc	0.012	公众	1/4	等候 10min×5 次×250d	<0.001	0.004	0.25	/
		¹³¹ I	0.460			等候 10min×1 次×250d	0.004			
23	¹³¹ I 留观室下方距地面 1m	^{99m} Tc	0.002	公众	1/4	等候 10min×5 次×250d	<0.001	0.002	0.25	/
		¹³¹ I	0.207			等候 10min×1 次×250d	0.002			
24	SPECT/CT 留观室西墙表面 30cm	^{99m} Tc	<0.001	公众	1/4	等候 10min×5 次×250d	<0.001	0.010	0.25	/
		¹³¹ I	1.041			等候 10min×1 次×250d	0.010			
25	SPECT/CT 留观室顶部表面 30cm	^{99m} Tc	0.012	公众	1/4	等候 10min×5 次×250d	<0.001	0.004	0.25	/
		¹³¹ I	0.460			等候 10min×1 次×250d	0.004			
26	SPECT/CT 留观室下方距地面 1m	^{99m} Tc	0.002	公众	1/4	等候 10min×5 次×250d	<0.001	0.002	0.25	/
		¹³¹ I	0.207			等候 10min×1 次×250d	0.002			

从表 11-3 中的理论估算结果可以看出,则给药过程中辐射工作人员受到的最大年有效剂量约为 0.060mSv,摆位过程中辐射工作人员受到的最大年有效剂量约为及扫描过程中受到的年有效剂量约为 0.211mSv,能够满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv 的限值要求;周围公众(控制区外)年有效剂量最大为 0.015mSv,能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求:公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

二、核医学科的“三废”及其他污染防治措施

1、放射性药物的存放

本项目核医学科使用的放射性药物存放在核医学科放射性药物分装准备室通风橱的铅罐内,放射性药物分装准备室和放射性药物贮存室均设有监控系统,对其进行 24 小时监控,并且实施双人双锁专管制度。储存的放射性药物,有良好的外包装和专门的材料,其屏蔽体外的辐射水平可符合国家相关标准,再经距离衰减和墙体屏蔽后,其所致室外环境和公众剂量,可低于国家标准规定的限值。放射性药物分装准备室和放射性药物贮存室的墙体可满足防护要求,积极采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全措施。

医院应做好以下相应措施:

- ①放射性药物的存储容器要有合适的屏蔽,放置在易于取放的地方;
- ②放射性药物分装准备室和放射性药物贮存室要有专人进行管理,并定期进行辐射剂量的监测,无关人员不准许进入;
- ③储放放射性药物要有进出登记,包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况等详细记录,建立放射性药物台帐制度;

2、放射性废水

本项目核医学科放射性废水主要来源是:工作台面、地面去污时产生的放射性废水,患者冲洗呕吐物或排泄物废水。

通过独立的废水管道收集来自核医学科工作场所的放射性废水,进入 3 个并联衰变池($13.4\text{m}^3+13.4\text{m}^3+14.1\text{m}^3$,总容积为 40.9m^3)进行衰变处理,衰变后的废水经监测达标后排入医院污水处理站,达标处理后排入市政污水管网,对周围环境影响较小。

医院应做好以下相应措施:

- (1)衰变后的废水需监测达标(需经过有监测资质单位监测,总 β 排放标准 10Bq/L)并经审批部门核准后才能排入医院污水处理站,池内沉渣如难于排出,可进

行酸化预处理再排入下水系统；

(2) 医院需建立衰变池排放台账，记录每次排放时间、排放量及监测结果情况并由专人负责管理记录；

(3) 衰变池需设立明显的电离辐射警告标志，同时衰变池四周应设立拦挡；

(4) 为防止衰变池过满溢出，要求在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取样监测。

3、放射性固体废物

本项目核医学科涉及的放射性核素包括： ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr ，产生的放射性固体废物主要为一次性口杯、注射器、针头和手套等医用器具、封装药物的铅罐及放射性废气净化装置产生的废活性炭等

核医学科每年共计产生的放射性固体废物重量约为 100kg。本项目放射性药物分装准备室、注射服药室、治疗室等均设置有放射性固废收集桶，放射性固体废物分类收集在具有防护外层的固体废物桶中，固体废物桶中放置专用塑料袋收纳废物，待废物袋装满后，转到放射性废物暂存室内集中存放，在放射性废物暂存室内存放至十个半衰期后，使用表面污染监测仪进行监测，如果符合清洁解控水平（比活度小于或等于 10^4Bq/kg ），按医疗废物环境管理要求进行无害化处理。医院核医学科专门设有 1 间放射性废物暂存室，能够满足放射性固体废物的存放要求。

医院应做好以下相应措施：

①放射性废物应收集在具有防护外层和电离辐射标志的固体废物桶中，固体废物桶应避免辐射工作人员和经常走动的地方，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转至放射性废物储存室，并放入专用容器中贮存。

②在放射性废物储存室出入口设电离辐射标志，存放废物的容器必须安全可靠，并在废物桶的显著位置处标有废物类型、核素种类、比活度范围和存放的日期等说明。

③一般根据规定，比活度小于或等于 $7.4\times 10^4\text{Bq/kg}$ 的放射性固体废物，可作为一般医疗废物处理。

④应加强放射性废物储存室的通风及安保工作。

⑤放射性废物的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号）的相关规定。

4、放射性废气

本项目使用放射性药物 ^{131}I 为挥发性核素，其余为无气载放射性废物产生，所以

仅考虑 ^{131}I 分装产生的放射性废气。 ^{131}I 药品使用过程中介质均为水，操作比较简单，不经过加热、振荡等步骤，因此，放射性气体污染产生量很少。

本项目核医学科高活性室拟配备通风橱为独立通风系统，设计风量为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，设计负压为 50Pa ，通风橱内风速不小于 1.0m/s ，每小时换气次数不低于 20 次，满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）标准要求。在通风橱风机出口处安装有“两级”过滤净化系统，“两级”过滤净化系统由高效空气过滤器（HEPA）和后置活性炭过滤器组成，对空气中挥发的 ^{131}I 进行吸附，吸附效率可至少达到 99%。本项目废气经过处理后通过第二住院大楼楼顶排放，高度高于楼顶，排口距离地面 10m ，且不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标，排气口需设置取样、采样平台，便于日常的环境监测。

因此，本项目产生的放射性废气经活性炭吸附处理后排放对周围环境影响是可接受的，不会对周围公众造成不利影响。

5、表面污染控制措施

为保证非密封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，放射性药物要妥善储存及转移，防止意外撒漏。

②操作放射性药物时，须在有负压和过滤的通风橱中进行，防止放射性物质飞散。

③放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品。

④操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用医院自购的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。

三、DSA 和 C 型臂 X 射线机的环境影响分析

本项目涉及 1 台 DSA 和 1 台 C 型臂 X 射线机，每台医用射线装置的年工作量最大为 600 人次/年，拍片 25h、透视 125h；单台手术最长出束时间 15min；出束方向：由下而上。

根据原环境保护部和国家卫生计生委联合发布公告 2017 年第 66 号《射线装置分类办法》，DSA 和 C 型臂 X 射线机属于 II 类射线装置，工作时不产生放射性废气、废

水和固体废物。本机为数字成像设备，不使用显、定影液，其主要危害因素为射线装置工作时产生的 X 射线，出束方向由下向上。

医用射线装置在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：操作人员采取隔室操作的方式，医生通过控制室铅玻璃观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中，医生位于控制室内，经机房各屏蔽体屏蔽后，对机房外（包括机房楼上）的公众和工作人员基本没有影响。

②脉冲透视过程

为更清楚的了解病人情况，医生需进入机房进行手术治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师身着铅衣、戴铅眼镜等在机房内对病人进行直接的手术操作。

本环评采用预测方法分析本项目 DSA 和 C 型臂 X 射线机在正常运行期间对辐射工作人员及公众的辐射影响。

1、理论预测方法

（1）对机房外环境的影响

根据医院提供的资料，DSA 机房四周墙体均为 370mm 实心砖+1mm 铅当量铅板；屋顶为 120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板，地面为 120mm 混凝土+10mm 硫酸钡防护涂层；观察窗为 3mm 铅当量的铅玻璃，防护门为 3mm 铅当量；ERCP 室四周墙体均为 370mm 实心砖；屋顶及地面均为 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡；观察窗为 3mm 铅当量的铅玻璃，防护门为 3mm 铅当量。

①计算模式

主射束的屏蔽防护采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式如下：

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T / r^2 \dots\dots\dots \text{（公式 11-3）}$$

式中：

D_r —预测点处辐射空气吸收剂量，Gy/a；

D_1 —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，Gy/min；

T—每台医用射线装置每年工作时间，150h（包括透视和拍片）；

μ —利用因子，监测点位的占用因子均取 1；

η —对防护区的占用因子（居留因子），职业人员取 1，公众取 1/4；

f—屏蔽材料对初级 X 射线束的减弱因子；（2.5~3.0mmPb 的屏蔽体对应的值： 6.5×10^{-5} ；3.0~4.5mmPb 的屏蔽体对应的值： 1.3×10^{-5} ）；

r —预测点距 X 射线源的距离，m。

②预测结果分析

保守考虑，在 X 射线过滤材料为 2.0mmAl 的情况下，距射线装置 1m 处，由单位管电流（1mA）造成的照射量率为 $0.8R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，经计算，DSA 和 C 型臂 X 射线机距靶 1m 处的辐射空气吸收剂量率为 6.984 mGy/min(X 射线过滤材料 2.0mmAl)。查《辐射防护手册》（第一分册）图 10.5e、图 10.5a 可得铅、混凝土对 X 射线的减弱因子。机房的屏蔽厚度根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的有关要求，医用射线装置使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率不大于 $2.5\mu Sv/h$ 和辐射工作人员年剂量约束值为 5.0mSv，公众的年剂量约束值为 0.1mSv 的规定，利用（公式 11-3）进行剂量预测，预测点年剂量预测见表 11-5。

表 11-5 DSA 和 C 型臂 X 射线机机房外关心点年有效剂量结果表

位置	预测点	与射线源最近距离 (m)	设计屏蔽材料与厚度 (mm)	减弱因子 (f)	照射类型	年有效剂量 (mSv)	管理限值
DSA 机房	控制室医护人员 (北侧)	5.0	370mm 砖墙+1mm 铅当量铅板 (相当于 4mm 铅当量)	1.3×10^{-5}	职业照射	4.54×10^{-2}	5.0
	机械间、无菌存放间 (北侧)	8.0		1.3×10^{-5}	公众照射	3.19×10^{-3}	0.1
	预留间、污物暂存间 (南侧)	5.0		1.3×10^{-5}		8.17×10^{-3}	
	楼梯间前室、走廊、前厅 (南侧)	8.0		1.3×10^{-5}		3.19×10^{-3}	
	洁净通道、缓冲区 (西侧)	4.0		1.3×10^{-5}		1.27×10^{-2}	
	更衣室、办公室 (西侧)	7.0		1.3×10^{-5}		4.16×10^{-3}	
	准备区、家属等候区 (东侧)	4.0		1.3×10^{-5}		1.27×10^{-2}	
	药房 (楼上)	3.0	120mm 钢筋混凝土+3mm 铅当量的铅板 (相当于 4.5mm 铅当量)	1.3×10^{-5}	公众照射	2.27×10^{-2}	
ERC 室	控制室医护人员 (东侧)	3.0	370mm 实心砖 (相当于 3mm 铅当量)	4.3×10^{-5}	职业照射	9.08×10^{-2}	5.0
	无菌物品间房 (东侧)	8.0		4.3×10^{-5}	公众	1.06×10^{-2}	0.1
	预约登记、备用间 (南侧)	4.0		4.3×10^{-5}	公众	4.22×10^{-2}	

复苏室、麻醉室、办公室等（西侧）	3.0		4.3×10^{-5}	公众	7.51×10^{-2}
治疗室（北侧）	6.0		4.3×10^{-5}	公众	1.88×10^{-2}
标本准备及操作区（楼上）	3.0	120mm 钢筋混凝土+30mm 硫酸钡防护涂层（相当于4.5mm 铅当量）	1.3×10^{-5}	公众	2.27×10^{-2}
SPECT/CT 机房（楼下）	3.0		1.3×10^{-5}	公众	2.27×10^{-2}

从表 11-5 可以看出，预测点年有效剂量预测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员年剂量约束值为 5.0mSv，公众的年剂量约束值为 0.1mSv 的规定。

（2）对机房内医护人员的影响

本项目每台医用射线装置拟配备 8 名工作人员，其中医生 3 名，技师 3 名，护士 2 名。在进行介入手术时，有 1 名医生和 1 名护士在机房内对患者进行手术，1 名技师在控制室进行操作。医生和护士在进行介入手术时将穿戴铅衣等防护用品。进行介入手术治疗过程中有时会连续曝光，此时采用脉冲透视，医师距主射束的最近距离约 0.5m，护士距主射束的距离约 1m。

本项目所用 1 台 DSA 和 1 台 C 型臂 X 射线机的额定管电压和额定管电流均相同，人员配置相同，工作时间相同，因此对机房内医护人员的影响相同，可只计算 1 台 DSA 机房内医护人员的年有效剂量。本项目对于机房内医生和护士的影响采用模式计算进行评价分析。计算模式参考李士骏编著的《电离辐射剂量学》，介入手术对机房内的工作人员所造成的辐射剂量可按式估算：

$$X = I \cdot t \cdot V_{r_0} \cdot \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \cdot f \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11-4）}$$

$$D = 8.73 \times 10^{-3} \times X \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11-5）}$$

$$E = D \cdot W_R \cdot W_T \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11-6）}$$

式中：

X—离射线装置 r 米处产生的照射量，R；

D—离射线装置 r m 处产生的空气吸收剂量，mGy；

E—参考点的有效剂量，mSv；

I—管电流（mA）或平均电子束流（μA）；

V_{r_0} —在给定的管电压和射线过滤情况下，距射线装置 r_0 m（ $r_0=1$ m）处，由

单位管电流（1mA）造成的照射量率， $R \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

f —防护材料对 X 射线的减弱因子，无量纲；

t —介入性血管造影的累计出束时间，150h（包括透视和拍片）；

W_R —辐射权重因数，X 射线为 1；

W_T —组织权重因数，全身为 1，皮肤取 0.01。

本项目 DSA 和 C 型臂 X 射线机过滤板采用 2mmAl，据此查得 $V_{r0}=0.8R \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。医生在机房内操作时须穿联体铅衣、戴铅手套、铅眼镜、铅围脖（0.5mmPb），同时手术医生使用铅屏风 and 铅帘进行防护（0.5mmPb），查《辐射防护手册》（第一分册）图 10.5e，0.5mmPb 对 X 射线的减弱因子 $f=3 \times 10^{-2}$ 。由于医生位于 X 射线的漏射方向，因此照射量取主射束方向的 1‰计算，各参数取值见表 11-6。

表 11-6 本项目预测模式下各参数取值表

参数	I	t	V_{r0}	r_0	r	f
取值	1000mA	9000min	$0.8R \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	1m	医生：0.5m 护士：1m	3×10^{-2}

将表 11-6 的参数带入上式（11-4）、（11-5）、（11-6），计算可得手术室内医生受照年有效剂量最大为 2.640mSv/a，护士的年有效剂量最大为 0.660mSv/a，本项目每台医用射线装置均配置了 3 名医生、3 名护士，因此，每名医生受照的年有效剂量最大为 0.880mSv/a，每名护士受照的年有效剂量最大为 0.220mSv/a。

综上所述，本项目 DSA 和 C 型臂 X 射线机运行后，控制室内职业人员受到的附加有效剂量最大为 0.091mSv/a，手术室内职业人员受到的年有效剂量最大为 0.880mSv/a，公众受到的附加有效剂量最大为 0.075mSv/a，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 剂量限值，且均满足职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a 的剂量约束值。

医院应做到所有手术过程中机房内的医护人员均应按辐射工作人员进行管理，手术时医护人员须将个人剂量计佩戴于铅衣内，个人剂量计定期送有资质的单位检测并建立个人剂量档案，在机房内操作时须穿铅衣、戴铅手套、铅眼镜、铅围脖等防护用品。对病人病灶进行照射时，应将病人病灶以外的部位用铅橡胶布进行遮盖或穿着铅服，以避免病人受到不必要的照射。

(3) 医生腕部皮肤受照剂量

预测模式：计算模式采用《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)，X 射线所致皮肤损伤的辐射剂量可按式估算：

$$D_s = C_{KS}(k \cdot t) \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}_{(10)}^*}{C_{KH}} \dots\dots\dots \text{(公式 11-8)}$$

式中：

D_s ：皮肤吸收剂量 (mGy)；

k ：X- γ 辐射场的空气比释动能率 ($\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$)；

C_{KS} ：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 (Gy/Gy)； $C_{KS}=1.121\text{mGy/mGy}$ ；

t ：人员累积受照时间，单位为小时 (h)；

$\dot{H}_{(10)}^*$ —X 辐射场的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

C_{KH} —空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 (Sv/Gy)。

医生操作时腕部距主射束的距离取 0.3m，且不考虑任何防护。本项目 DSA 可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。根据公式 11-7、11-8 计算得手术时腕部位置处的空气吸收剂量换算为剂量当量为 $1.40 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$ ，从表 A.9 可查得 X 辐射场空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 $C_{KH}=1.72\text{Sv/Gy}$ ，从表 A.4 可查出空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{KS}=1.134\text{mGy/mGy}$ 。

因此由公式 11-7、11-8 计算得医生腕部所受剂量最大值为 16.15mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv ，也满足本项目对于放射工作人员四肢（手和足）或皮肤当量剂量通常管理限值，即不超过 125mSv/a 的要求。

医院应加强对介入手术人员个人剂量的监测与管理，若发现季度有效剂量监测数据超过 1.25mSv ，应及时采取相应干预管理措施。医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，当个人累积剂量将超过年有效剂量 5mSv 时，应及时告知本人，并减少其辐射工作量或为其调整工作岗位，同时设备应尽可能采用小视野，介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 穿戴防护用品（铅衣服、

铅帽、铅眼镜、铅手套等），并充分利用自带的悬挂式铅防护屏及床边铅帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

(4) DSA 机房及 ERCP 环境保护目标环境影响分析

表 11-7 介入诊疗科和消化病中心环境保护目标环境影响分析表

位置	保护目标		与射线束最近距离 (m)	照射类型	估算年剂量 (mSv/a)
DSA 机房 (第二住院大楼 1 层)	手术医生	全身	0.5	职业	0.880
		手部	0.3		16.15
	护士		1.0		0.220
	操作设备的技师		3.0		4.54×10^{-2}
设备间、控制室、污物走廊	公众		8.0	公众	3.19×10^{-3}
机械间、无菌存放间 (北侧)			5.0		8.17×10^{-3}
预留间、污物暂存间 (南侧)			8.0		3.19×10^{-3}
楼梯间前室、走廊、前厅 (南侧)			4.0		1.27×10^{-2}
洁净通道、缓冲区 (西侧)			7.0		4.16×10^{-3}
更衣室、办公室 (西侧)			4.0		1.27×10^{-2}
准备区、家属等候区 (东侧)			3.0		2.27×10^{-2}
药房 (楼上)			40	公众	1.28×10^{-4}
医院第一住院大楼 (东侧)	公众		30		2.27×10^{-4}
医院门诊部 (南侧)			30		2.27×10^{-4}
院内道路 (西侧)			20		5.11×10^{-4}
ERCP 室 (第二住院大楼 3 层)	手术医生	全身	0.5	职业	0.880
		手部	0.3		16.15
	护士		1.0		0.220
	操作设备的技师		3.0		9.08×10^{-2}
控制室 (北侧)	公众		4.0	公众	1.06×10^{-2}
无菌物品间房 (东侧)			4.0		4.22×10^{-2}
预约登记、备用间 (南侧)			4.0		7.51×10^{-2}
复苏室、麻醉室、办公室等 (西侧)			30.0		1.88×10^{-2}
治疗室 (北侧)			4.0		2.27×10^{-2}
标本准备及操作区 (楼上)	公众		20	公众	1.69×10^{-3}
医院门诊部 (东侧)			15		3.00×10^{-3}
医院门诊部 (南侧)			30		7.51×10^{-4}
院内道路 (西侧)			15		3.00×10^{-3}
医院第一住院大楼、制氧站 (北侧)					

综上所述，本项目职业人员所受剂量均小于 5mSv/a 的年剂量约束值，公众所受剂量均小于 0.1mSv/a 的年剂量约束值。

2、介入治疗对医生和患者的辐射防护要求

介入治疗是一种解决临床疑难病的新方法，但介入治疗时 X 射线曝光量大，曝光

时间长，距球管和散射体近，使介入治疗操作者受到大剂量的 X 射线照射。为了减少介入治疗时 X 射线对操作者和其他人员的影响，本评价提出以下几点要求：

（1）介入治疗医生自身的辐射防护要求：①加强教育和培训工作，提高辐射安全文化素养，全面掌握辐射防护法规和技术知识；②结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施；③在介入手术期间，必须穿戴个人防护用品，并佩戴个人剂量报警仪；④定期维护 DSA 系统和 C 型臂 X 射线机设备，制定和执行介入治疗的质量保证计划。

（2）患者的辐射防护要求：①严格执行国家标准 GB18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平，保证患者的入射体表剂量率不超过 100mGy/min；②选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施；③采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散患者的皮肤剂量，避免单一皮肤区域接受全部剂量；④作好患者非照射部位的保护工作。

3、大气环境影响分析

DSA 机房及 ERCP 室内空气中的氧受 X 射线电离而产生臭氧，其产率和浓度可用下面两个公式分别计算。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_o \cdot R \cdot g \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：

Qo—臭氧产率 mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率 Gy·m²/h，本项目取 0.419；

So—射束在距离源点 1m 处的照射面积 m²，取（最大射野 40×40cm²）0.16m²；

R—射束径迹长度 m，取 1m；

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O₃ 的分子数，本项目取 10。

经计算，臭氧产率为 0.004mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \cdot T_v / V \dots\dots\dots (11-9)$$

式中：

C—室内臭氧浓度，mg/m³；

Qo—臭氧产额 mg/h；

Tv—臭气有效清除时间，h；

V—机房空间体积，DSA 机房体积为 145.68m³，ERCP 室体积为 94.65m³。

$$Tv = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots (11-10)$$

t_v—每次换气时间；

t_a—臭氧分解时间，取值为 0.83h。

DSA 机房及 ERCP 室均采用新风系统排换气，每小时换气约 4 次，每次换气时间均约为 15min，则 DSA 机房及 ERCP 室内臭气平衡浓度分别为 5.28×10⁻⁶mg/m³、8.12×10⁻⁶mg/m³。产生的臭氧通过排风管道抽至屋顶排风口排入大气环境后，经自然分解和稀释，对机房周围的环境影响远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（0.2mg/m³）的要求。

4、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。处理措施：废水依托医院污水预处理池预处理后，一并排入医院已建地埋式一体化污水处理设施，经“二级生化+次氯酸钠消毒”工艺处理，达相应标准后，再通过市政污水官网排入成都市第九净水厂进一步处理达标，尾水排入锦江；

5、固体废物环境影响分析

（1）本项目 DSA 和 C 型臂 X 射线机采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

（2）手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 0.5kg 的医疗废物，每年固体废物产生量约为 600kg。医疗废物经分类收集打包好后暂存于医废间，医疗废物日产日清，交由资质单位处理。

6、声环境影响分析

本项目噪声源主要为空调噪声，所有设备选用低噪声设备，通过距离衰减后，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。

7、射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照国有资产和生态环境保护主管部门要求，履行相关报废手续。

事故影响分析

一、环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是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、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 11-8。

表 11-8 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
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《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-9。

表 11-9 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

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

三、风险识别

1、放射性药物丢失、被盗或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，从而形成环境介质的放射性污染；

2、在放射性药品的分装、注射等操作，会产生撒漏的可能性，这样就会使室内的设备、地面等受到放射性污染。

四、事故情况下的环境影响分析

（一）核医学诊断工作场所项目

1、SPECT/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，误入人员或病人在距离射线头1m处被误照射，根据《医用X射线治疗卫生防护标准》（GBZ131-2002），在治疗状态下，当X射线管额定电压 $\leq 150\text{kV}$ 时，距X射线管焦点1m处的X射线源组件泄露辐射不超过 1mGy/h 。若人员误入机房内，逗留时间较长，受照剂量可能超过公众5个连续年的年平均剂量限值（ 1mSv ），为一般辐射事故。

2、放射性药物意外泄漏或丢失事故

（1）事故情况假设

本项目非密封放射性物质主要有 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，本项目 ^{131}I 日最大操作量为 $1.85 \times 10^9\text{Bq}$ ，半衰期8.04d， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 日最大操作量为 $1.48 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，半衰期6.02h， ^{89}Sr 日最大操作量为 $1.48 \times 10^8\text{Bq}$ ，半衰期50.55d。

因此：

①考虑到 ^{89}Sr 核素用量少且为 β 核素，本次预测分析以活度最大、半衰期较长的 ^{131}I 为例，事故情况假设 ^{131}I 试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性 ^{131}I 的活度为 1000mCi 。

②假设丢失后在整个事故持续时间内放射性药物未发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③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 10cm 考虑；

④受照人员不考虑任何屏蔽措施；

⑤事故持续最长时间为2h。

（2）计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 $0.1\text{m} \sim 10\text{m}$ 范围内不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表11-10。

表 11-10 ^{131}I 丢失事故下不同持续时间个人有效剂量分布

距源距离 (m)	事故持续时段内 γ 射线所致辐射剂量 (Gy)				
	0~10min	0~30min	0~60min	0~90min	0~120min
0.1	0.032	0.096	0.192	0.288	0.384

(3) 事故后果

由表 11-10 可以看出, 在事故持续时间为 10min、30min、60min、90min 和 120min 的情况下, 距放射源 0.1m 处的 γ 射线外照射辐射剂量分别为 0.032Gy、0.096Gy、0.192Gy、0.384Gy, 携带显像剂 (^{131}I) 人员 (或近距离公众) 在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射。考虑的整个事故持续周期 2h 内, 急性放射病发病率均在 1% 之下, 事故持续周期内可造成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 ^{131}I 衰变, 计算结果偏保守。

(二) DSA 事故的后果计算

1、介入手术过程中, 发生介入手术人员超剂量照射

(1) 事故假设

①在介入手术操作中, DSA 控制系统失灵;

②DSA X 射线源处于“曝光”状态, 介入手术人员在距 X 射线管非主射束方向进行介入手术操作;

③假定该名手术人员在此停留时间为 6min, 为穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品 (防护厚度均为 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) 中表 G1.4 中入射体表剂量率 100mGy/min 估算, 得出术中误照人员受照剂量约为 600mGy/次。

(3) 事故后果

在上述事故情景假设条件下, 受 X 射线源误照人员年剂量已超过约束值, 属于一般辐射事故。

2、维修射线装置时, 人员受意外照射

(1) 事故情景假设

①设备维护人员在维护 DSA X 射线机射线管或测量探测器时, 突然发现射线管正处于出束状态, 便立即离开中断电源;

②假若维护时,DSA 以透视模式运行,距靶 1m 处的辐射剂量率为 6.984 mGy/min;

③DSA 上的指示灯和声音装置均失效;

④维护人员位于 X 射线主射束方向,距靶 1m 的地方,停留时间 2min,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 13.90mGy/人·次。

(3) 事故后果

在上述事故情景下,维护人员已受到超过年剂量限值的照射,结合表11-8,为一般辐射事故。

五、事故防范措施

(一) 核医学科可能发生的事故及应对措施

本项目涉及的核医学科诊断场所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类密封型放射性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放射性药物丢失、被盗或工作场所失火,均可能使放射性药物释放到环境中,从而形成环境介质的放射性污染。

应对措施: 医院应当在放射性药物的签收、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。

②射性药品的给药、注射等操作,会产生撒漏的可能性,这样就会使工作室、治疗室内的设备、地面等受到放射性污染。

应对措施: 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。

对于上述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：

- a.建立全院安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。
- b.加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。
- c.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。
- d.制定全院事故处理预案、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率，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。

（二）DSA和C型臂X射线机的事故与应对措施

DSA和C型臂X射线机属于II类射线装置，为中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严重的放射损伤，但由于设备的特殊性，事故时使受照人员受大剂量照射甚至导致死亡的几率很小。开机时，医生与病人同处一室，且距X射线机的管头组装体约1m左右，距病人很近，介入机主要事故是因曝光时间较长，防护条件欠佳对医生和病人引起的超剂量照射，其级别为一般辐射事故。

为了防止事故的发生，应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；②实施介入诊疗的质量保证；③做好医生的个人防护；④做好病人非投照部位的防护工作；⑤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。

（五）SPECT/CT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1台，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，事故等级属一般辐射事故。

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的照射。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。

（六）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率，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、辐射安全与环境保护管理机构的设置

医院已成立了辐射防护领导小组（见附件 8），其职责如下：①负责协调各个科室做好放射防护相关工作，监测督促事故的预防措施和应急救援的各项准备工作；②指导现场人员疏散和自救，保护现场、控制危险事故的扩大，并负责向环保、公安、卫生等相关部门的联络、报告应急处理工作；③负责抢修因事故破坏的设备、设施，防止事故的扩大，为应急行动提供设备保障（包括应急救援器材、防护器材等）；④检查应急措施是否得当和落实，提出防范措施和总结事故教训；⑤定期组织放射工作人员学习放射性应急知识并进行应急演练；⑥辐射安全相关的日常管理工作由院感科负责。

医院应进一步完善细化辐射安全与环境保护管理机构的职能，补充小组成员联系方式，还需在文件中对辐射防护管理领导小组增加以下职责：①对医院的核技术利用项目安全防护情况进行年度评估；②组织有关人员学习、实施辐射防护法规；③组织辐射防护知识的宣传，并对有关人员进行防护知识教育；④会同上级有关部门按有关法规调查处理辐射事故，并对有关人员提出处理意见。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

成都中医药大学附属医院既有辐射工作人员 150 人，目前持证上岗的工作人员有 59 名。

根据《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）要求：

1、所有辐射工作人员均应在上岗前参加环境保护主管部门组织的辐射安全与防护培训，培训合格后，持证上岗。并且取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训；

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，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，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟新增的辐射工作

人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每5年接受一次再培训考核。

医院应尽快安排医院现有辐射工作人员尽快参加培训学习，取得证书后持证上岗。

2、在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

3、医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

辐射安全档案资料管理和规章制度

一、档案管理分类

医院对相关资料进行了分类归档放置，包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”，存放在医院相关办公室。

二、已建立主要规章制度

医院已制定了一系列辐射安全规章制度，具体见表12-1。

表12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	制度名称	制定制度的目的
1	辐射防护安全责任制度	明确医院具体的辐射管理工作，辐射管理人员的相关职责，医生、护士、技师的岗位分工及职责
2	辐射工作设备操作规程	明确医 SPECT/CT、 γ 相机、DSA、C型臂X射线机工作流程及其设备的操作程序
3	辐射工作人员管理规章制度	明确辐射工作人员责任和义务，包括正确佩戴个人剂量计
4	辐射工作人员个人剂量管理制度	明确医院辐射工作人员个人剂量的档案管理要求。对于每季度检测数值超过1.25mSv的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，并与个人剂量检测报告一起存放备查。明确个人剂量计的佩戴方法
5	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确设备维护维修的过程、人员及责任，在此期间其他人员的防护
6	场所分区管理规定	明确核医学科人流（工作人员和受检者）、物流的路径规划图，实现分区管理，划定控制区和监督区
7	放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）	明确放射性药物进出登记（包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等），做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整
8	辐射事故应急预案	明确应急小组组成、预案运行机制（包括报告制定、现场控

		制、启动应急预案、现场报告等)、应急保障、辐射事故分级, 辐射事故发生后应立即启动
9	监测仪表使用与校验管理制度	保证表面污染监测仪、 γ 辐射监测仪监测数据的准确性
10	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	明确辐射工作场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案
11	辐射工作人员岗位职责	明确核医学科医生、护士、技师的岗位分工及职责
12	射线装置台账管理制度	明确装置名称、型号、生产厂家、设备参数、管理类别、使用场所
13	辐射工作人员培训制度	明确辐射工作人员参加培训学习的时间、学习地点和学习方式
14	质量保证大纲和质量控制检测计划	明确受检者非照射部位所采取的辐射防护措施

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。

一、工作场所监测

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《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。

二、个人监测

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片,监测周期为 1 次/季。

(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》（GBZ128-2016），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。

(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保存终身。

三、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。

四、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

(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，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

场所或设备	监测内容	监测布点位置
核医学科工作场所	γ 射线	SPECT/CT 注射/给药区、放射性药物分装准备室、放射性药物贮存室、放射性废物暂存室、SPECT/CT 候诊室、留观室、SPECT/CT 机房、 γ 相机机房、SPECT/CT 控制室、 γ 相机控制室
	放射性废水	放射性废水衰变池排放口
	X 射线	SPECT/CT 机房及 γ 相机机房相邻的房间或过道、SPECT/CT 机房操作位和防护门、 γ 相机机房操作位和防护门
	表面污染	放射性药物分装准备室注射服药室、放射性药物贮存室、放射性废物暂存室、SPECT/CT 机房、 γ 相机机房、等待抢救室、留观室、卫生间、更衣室的墙壁、地面，辐射工作人员工作服、手套、工作鞋、手、皮肤
DSA	X 射线	铅窗、操作位、防护小门、防护大门、与机房相邻的房间或过道、机房正上方
C 型臂 X 射线机	X 射线	铅窗、操作位、防护门、与机房相邻的房间或过道、机房正上方和正下方

(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。

五、年度监测报告情况

医院已于每年 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。医院已应按照《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”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）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

一、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，医院制订了辐射事故应急预案，包含了以下内容：

（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。

二、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）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。

（5）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。

（6）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，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（7）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

三、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）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：成都中医药大学附属医院新增非密封放射性物质工作场所和医用 X 射线装置应用项目 建设性质：改建 建设单位：成都中医药大学附属医院 建设地点：四川省成都市金牛区十二桥路 39 号成都中医药大学附属医院内 建设内容及规模： 随着医疗器械技术的发展进步及医院发展的需要，为更好的为医学诊疗提供支持，满足不断增长的就诊需求，成都中医药大学附属医院拟在第二住院大楼 2 层将原空置房间改建为核医学诊断工作场所，该工作场所包括新增使用 1 台 SPECT/CT 及 1 台γ相机，均属 III 类射线装置，涉及使用的非密封放射性物质包括：^{131}I、$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及 ^{89}Sr（有资质单位供应）用于显像诊断，整个核医学诊断工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所；医院拟在第二住院大楼 1 层原 CT 机房区域改建为 DSA 机房及配套房间，在 DSA 机房新增使用 1 台数字减影血管造影机（DSA，II 类射线装置）；医院拟在第二住院大楼 3 层原空置房间改建为 ERCP 室及配套房间，在 ERCP 室新增使用 1 台 C 型臂 X 射线机（II 类射线装置）。 二、项目产业政策符合性 本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）有关条款的决定>的相关规定，本项目属第一类鼓励类项目的第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。本项目的运营可为成都市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。 三、项目选址及平面布局合理性 成都中医药大学附属医院位于四川省成都市金牛区十二桥路 39 号。根据现场踏勘调查，成都中医药大学附属医院外环境关系如下： 医院东侧约 10m 紧邻成都中医院大学；南侧约 30m 为清江东路；西侧约 20m 为
--

一环路西三段；北侧约 20m 为青羊东一路 95 号院及 68 号院住宅小区。

第二住院大楼（为地上 15 层，地下 1 层建筑，总高约 50m，主要用于医院门诊、住院使用）东侧约 30m 为门诊部（为 5 层建筑），约 40m 为第一住院大楼（为 23 层建筑）；南侧为院内道路及医院广场；西侧为院内道路；北侧依次为第四住院大楼、制氧站及第三住院大楼。

医院本次改建项目均位于医院第二住院大楼内，周围 50m 评价范围均位于医院院内，无居民区、学校等环境敏感点，项目选址基本可行。

成都中医药大学附属医院已取得成都市生态环境局《关于成都中医药大学附属医院（四川省中医院）改扩建工程（一期）项目环境影响报告书的审查批复》（成环评审[2020]15 号），选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其配套项目，不新增用地，且拟建设的核医学诊断工作场所为专门的辐射工作场所，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，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

综上分析，评价认为，本项目平面和空间布局基本合理可行。

四、区域环境质量现状评价结论

由监测报告得知，本项目拟建核医学科周围环境 β 表面污染检测结果均低于检测限值，也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 给出的工作场所放射性表面污染控制水平（ 0.04Bq/m^2 ），属正常环境本底水平；本项目拟建工作场所辐射环境 X- γ 辐射剂量率为（78.0~119）nSv/h，周围 γ 辐射剂量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取 1，则 1 号手术室周边环境的空气吸收剂量率为（78.0~119）nGy/h，与四川省生态环境厅《2019 年四川省生态环境状况公报》中四川省 γ 辐射空气吸收剂量率范围（76.8~163）nGy/h 基本一致。综上所述，本项目区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目施工工程量比较小，施工时间较短，故施工期的环境影响是短暂的，施工结束后影响即可消除，对周围环境影响较小。

2、营运期正常工况下辐射环境影响评价结论

（1）辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护

与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

（2）水环境影响分析

本项目核医学科工作人员操作过程手部受到微量污染或清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水以及患者冲洗排使用水。通过独立的废水管道收集来自核医学科工作场所的放射性废水，进入医院第二住院楼外东北侧空地地下拟建废水衰变池，3 个并联衰变池（每个小池为 $13.4\text{m}^3+13.4\text{m}^3+14.1\text{m}^3$ ，总容积为 40.9m^3 ）进行衰变处理，衰变后的废水经监测合格后排入医疗废水处理站进一步处理后纳入市政污水管网。

（3）固体废物影响分析

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次性卫生用品、垫料和更换下的废活性炭。医院拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门分类收集，按序封闭暂存于废物间的放射性衰变桶内（每袋废物表面剂量率不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg），让放射性物质自行衰变，待十个以上半衰期后可作为医疗废物，交由有资质单位进行进一步处置。在整个收集、储存、处理过程中，做好台账记录，台账内容应包括：标明收贮时间、种类及数量、储存时间（不少于 1 天）、废物最终处置去向等。

（4）噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A)，通风机组通过橡胶垫进行减震降噪，可降噪约 10~15 dB(A)，再加上医院场址内的距离衰减，噪声对周围环境影响较小。

（5）大气环境影响分析

开机出束期间产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O_3)。臭氧经空调系统抽取后排放，由于治疗过程中每次曝光时间短，产生的臭氧量较少，且臭氧极不稳定，再经大气稀释自然扩散后，对周围大气环境影响轻微。

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

医院按要求制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可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

医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在补充《辐射安全管理规定》、《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度并及时更新，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对射线装置的使用和管理能力。

九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位成都中医药大学附属医院在本医院网站上进行了公示，截至报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

十、项目环保可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局基本合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 - 2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量管理约束值。评价认为，本项目从辐射防护以及环境保护角度分析是可行的。

建议和承诺

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、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

3、医院应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。

4、医院应于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《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

重要组成内容一并上传。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”(网址 <http://rr.mee.gov.cn/>)中实施申报登记。延续、变更许可证,新增放射性同位素、射线装置或单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

5、经常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、现有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、医院今后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(网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>),对相关信息进行修改。

9、本次环评放射性同位素及射线装置工作场所,日后如有变化,应另作环境影响评价。

10、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)建设单位可登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范(<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other>)。

(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>)中备案,同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息,

并接受监督检查。

表 13-2 环境保护设施验收一览表

项目	应具备条件	落实情况	要求新增措施
核医学科			
工作场所设施	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	分区较合理	/
	墙体防护、观察窗、铅防护门	本次新增	/
	场所门外电离辐射警示标志、通道标志	本次新增	/
	独立的通风设施（流向）	本次新增	/
	有负压和过滤的工作箱/通风柜（乙级以上场所）	本次新增	/
	注射用屏蔽设施	本次新增	/
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料	本次新增	/
	移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂套	本次新增	/
	病人专用卫生间	本次新增	/
	放射性同位素暂存库或设施	本次新增	/
	放射性固体废物收集容器和放射性标识	本次新增	/
	安全保卫设施（贮存场所必须）	本次新增	/
	人员出口配备污染监测仪	本次新增	/
	发生器辐射屏蔽	发生器自带	/
	操作位屏蔽防护措施	本次新增	/
	放射性废液暂存设施	本次新增	/
警示装置	工作状态指示灯	本次新增	/
紧急设施	门机连锁、门灯联锁装置	本次新增	/
	室内安装紧急止动装置	本次新增	/
监测设备	便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）	本次新增	/
	个人剂量计	本次新增	/
	个人剂量报警仪	本次新增	/
	放射性活度计	本次新增	/
放射性废物和废液	放射性下水系统（衰变池）及标识	本次新增	/
	放射性固体废物暂存间（设施）	本次新增	/
	废物暂存间屏蔽措施	本次新增	/
	废物暂存间通风系统	本次新增	/
防护器材	通道铅隔板、门禁、监控装置	本次新增	/
	场所门外电离辐射警示及禁止串门的标志	本次新增	/
	个人防护用品	本次新增	/
	放射性表面去污用品和试剂	本次新增	/
DSA 及 C 型臂 X 射线机			
场所设施	墙体、机房防护门	本次新增	/
	操作位局部屏蔽防护设施	本次新增	/
	观察窗屏蔽	本次新增	/
	通风设施	本次新增	/
	紧急停机按钮	本次新增	/

	门机连锁、门灯连锁	本次新增	/
	监控、对讲系统	本次新增	/
警示装置	入口处电离辐射警告标志	本次新增	/
	入口处机器工作状态显示	本次新增	/
	操作警示装置	本次新增	/
监测设备	便携式辐射监测仪	本次新增	/
	个人剂量计	本次新增	/
	个人剂量报警仪	本次新增	/
防护设施	医护人员个人防护	本次新增	/
	患者防护	本次新增	/
防护器材	通风系统	本次新增	/
综合管理	《辐射防护安全责任制度》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员管理规章制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《场所分区管理规定》、《放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）》、《辐射事故应急预案》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》		《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。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

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日

