

表 1 项目基本情况

建设项目名称	成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）核医学科搬迁项目				
建设单位	成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）				
法人代表	周*	联系人	王**		
注册地址	成都市温江区柳城镇麻市街 33 号				
项目建设地点	成都市温江区柳城镇麻市街 33 号成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	1000	项目环保投资（万元）	182.3	投资比例（环保投资/总投资）	18.23%
项目性质	☐ 新建	☒ 改建	☒ 扩建	占地面积（m ² ）	1309
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV ☐ V		
		☐ 使用	☐ I（医疗使用） ☐ II ☐ III ☐ IV ☐ V		
	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 ☐ III		
		☐ 销售	☐ II ☐ III		
		☐ 使用	☐ II ☐ III		
	其它	/			
项目概述					
一、概况 1、建设单位简况 成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）（统一社会信用代码：12510100450751864B，以下简称“医院”）始建于 1938 年，是一所历史悠久、文化底蕴丰厚，以微创技术和老年病综合治疗为特色的集医疗、教学、科研、预防、保健、康复、急救于一体的国家三级甲等综合性医院,是成都中医药大学附属第五人民医院/第二临床医学院。医院建筑面积 21.1 万平方米，编制床位 1380 张，开放床位 1900 张。医院学科设置齐全，拥有临床科室 30 个，医技及辅助科室 17 个，行政职能科室 24 个，一级学科 25 个、二级					

学科 66 个。2018 年门、急诊 143 万人次，住院 7.6 万余人次，手术 4.9 万台次。

2、项目由来

为拓展医院业务范围，提高医院医疗服务水平，更好地满足患者的医疗服务需求，医院拟对医院 3 号楼 2 楼老核医学科实施整体退役，将 8 号楼 1 楼空房间改造为新核医学科，涉及使用的非密封放射性物质包括：钼-99、锝-99m、碘-131、碘-125（粒籽源）、碘-125（放免）、锾-89，使用 V 类放射源锾-90，非密封放射性物质工作场所等级为乙级，配置使用 1 台 SPECT（不带 CT 功能）。

根据环境保护部《关于实施碘-125 放射免疫体外诊断试剂使用有条件豁免管理的公告》（公告 2013 年第 74 号）：“自 2013 年 12 月 9 日起，对放免药盒的最大日使用量不超过 $1.0\text{E}+6$ 贝可（ $1.48\text{E}+5$ 贝可规格的 7 盒）的医院及专业体检机构实行豁免管理。上述单位使用、转让放免药盒，不需办理辐射安全许可证和放射性同位素转让审批，也不再逐一向当地环境保护部门办理豁免备案手续。”本项目核医学科使用的碘-125（放免）非密封放射性物质最大日使用量为 $5\mu\text{Ci}$ （即 $1.85\times 10^5\text{Bq}$ ），因此本项目所使用的碘-125 属于豁免管理范围内，本次环评不予评价。医院已办理 V 类放射源锾-90（出厂活度 $1.48\times 10^9\text{Bq}$ 、编码 0100SYD01235）的环境影响登记表备案手续（备案号：202051011500000033），本次环评不予评价。老核医学科退役环评另行委托环评，补充完善相关手续，不纳入本次环评评价内容。

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。同时，根据中华人民共和国生态环境部 1 号令《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》和中华人民共和国环境保护部第 44 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》，本项目涉及使用“乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。因此，医院委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）开展环境影响评价工作。我院接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《成都市第五人民医院（成

都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）核医学科搬迁项目环境影响报告表》。

二、建设项目概况

1、项目建设内容及规模

将 8 号楼 1 楼空房间改造为新核医学科,包括辐射工作场所和配套的办公室、值班室和放免实验室等,总建筑面积 1309m²。主要辐射工作场所包括墙体防护为 250mm 钢筋混凝土的活性室、给药室、注射后等待室、ECT 机房、服药留观室、甲吸室,墙体防护为 300mm 钢筋混凝土的服药室、4 间核素病房(4 张床位)、源库 01、源库 02、放射性废物暂存间;屋顶防护为 150mm 钢筋混凝土的活性室、给药室、源库 01、注射后等待室、ECT 机房、服药留观室、放射性废物暂存间、甲吸室,屋顶防护为 150mm 钢筋混凝土+钢骨架 12mm 铅板的服药室、4 间核素病房(4 张床位)、源库 02;位于 1 楼,地下无楼层,地面不做屏蔽防护;屏蔽门为(3-15) mm 铅当量铅钢防护门;观察窗、注射窗为(3-15) mm 铅当量铅玻璃。

本项目涉及使用的非密封放射性物质包括:钼-99、锝-99m、碘-131、碘-125(粒籽源)和铯-89,各非密封放射性物质用量情况如下:锝-99m 日等效最大操作量为 $2.22 \times 10^7 \text{Bq}$,年最大用量为 $5.55 \times 10^{12} \text{Bq}$,同时本项目锝-99m 的制备涉及使用钼锝发生器,因此涉及使用钼-99 核素,根据建设单位提供资料单次钼锝发生器购买的规格为 1Ci ($3.70 \times 10^{10} \text{Bq}$),钼-99 日等效最大操作量为 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$,年最大用量为 $8.88 \times 10^{12} \text{Bq}$;碘-131 日等效最大操作量为 $1.73 \times 10^9 \text{Bq}$,年最大用量为 $1.43 \times 10^{12} \text{Bq}$;碘-125(粒籽源)日等效最大操作量为 $3.55 \times 10^7 \text{Bq}$,年最大用量为 $1.78 \times 10^{11} \text{Bq}$;铯-89 日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^6 \text{Bq}$,年最大用量为 $3.70 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。整个核医学属于乙级非密封放射性物质工作场所,核算过程见表 1-6。本项目使用 1 台 SPECT(不带 CT 功能)。

核医学科病人就诊量及非密封放射性物质使用情况见表 1-1。

表 1-1 核医学科就诊病人量及非密封放射性物质用量情况表

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)	使用场所
----	----	----	-----------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	------

1	钼-99	制备钼-99m	/	/	/	3.70×10^{10}	8.88×10^{12}	活性室
2	钼-99m	显像诊断	30	20	5000	2.22×10^{10}	5.55×10^{12}	活性室、给药室、注射后等待室、ECT 机房
3	碘-131 (甲吸)	甲吸诊断	0.004	5	1250	7.40×10^5	1.85×10^8	给药室、甲吸室
3	碘-131 (甲亢)	甲亢治疗	5	3	750	5.55×10^8	1.39×10^{11}	给药室、服药留观室
4	碘-131 (甲癌)	甲癌治疗	150	3	200	1.67×10^{10}	1.11×10^{12}	服药室、病房
5	碘-125 (籽源)	肿瘤治疗	96	1	50	3.55×10^9	1.78×10^{11}	活性室、病房
6	锶-89	骨癌转移治疗	5	1	200	1.85×10^8	3.70×10^{10}	活性室、给药室

②工作场所分级

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 非密封放射性物质工作场所的分级判据如表 1-2。

表 1-2 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 $\sim 2 \times 10^7$

根据建设单位提供的核素日最大操作量及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 确定的核素毒性因子、操作方式因子等（见表 1-3、表 1-4），并根据下式可以计算日等效最大操作量。

$$\text{日等效用量} = \frac{\text{日操作量} \times \text{毒性修正因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad \text{式 1-1}$$

表 1-3 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 1-4 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	液体，溶液，	表面有污染	气体，蒸汽，粉末，压力

	较低的固体	悬浮液	的固体	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

放射性同位素日等效操作量修正因子及日等效操作量计算结果见表 1-5。

表 1-5 本项目核医学科非密封放射性物质工作场所分级表

工作场所	核医学科				
核素名称	钼99	锝99m	碘131	碘125 (籽源)	锶89
日最大操作量 /Bq	3.7×10^{10}	2.22×10^{10}	1.73×10^{10}	3.55×10^9	1.85×10^8
毒性分组	中毒	低毒	中毒	中毒	中毒
毒性组别修正 因子	0.1	0.01	0.1	0.1	0.1
性状	液态	液态	液态	固态	液态
操作方式	源的贮存	很简单操作	简单操作	很简单操作	很简单操作
方式与状态修正 因子	100	10	1	10	10
日等效最大操作 量/Bq	3.70×10^7	2.22×10^7	1.73×10^9	3.55×10^7	1.85×10^6
	1.83×10^9				
工作场所级别	乙级				

根据表 1-5，核医学科日等效最大操作量为 1.83×10^9 Bq，确定核医学科场所等级为乙级。

2、项目组成及主要环境问题

本项目具体项目组成及主要的环境问题见表 1-6。

表 1-6 项目组成及主要的环境问题表

	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	营运期
主体工程	核医学科位于 8 号楼 1 楼，总建筑面积 1309m ² ，包括辐射工作场所和配套的办公室、值班室和实验室等。主要辐射工作场所包括：源库 01、源库 02、活性室、给药室、注射后等待室、服药留观室、ECT 机房、甲吸室、放射性废物暂存间、服药室、核素病房（4 间病房、4 张床位）等。ECT 机房建筑面积为 39.5m ² ，机房净空尺寸为长 6.4m×宽 5.2m×高 3.3m，四周墙体为 250mm 钢筋混凝土；屋顶为 150mm 钢筋混凝土（位于 1 楼，楼下无楼层，地面无防护），观察窗和防护门均为 3.0mm 铅当量。	施工废水、固体废物、噪声、扬尘等	β、γ 射线、放射性废水、放射性固废、β 表面沾污

辅助工程	ECT 机房的控制室，建筑面积 11.7m ² 。 发药控制室，建筑面积 12.8m ² 。	施工废水、固体废弃物、噪声、扬尘等	/
环保工程	新建 3 格并联衰变池+2 格并联化粪池 1 座（总有效容积 114.4m ³ ）。		放射性废水、放射性固废、放射性废气
	1 间放射性废物暂存间，建筑面积 8.0m ² 。 核医学科设立独立通排风系统。非密封放射性物质工作场所新风量 1900m ³ /h，排风量 2500m ³ /h；放免实验室区域新风量 700m ³ /h，排风量 700m ³ /h；活性室内设置有通风橱，该通风橱在半开的条件下风速不小于 1m/s。		
公用工程	依托医院的配电、供电、通讯系统及污水处理系统等。		/
办公及生活设施	核医学科医生办公室、值班室等，位于 8 号楼 1 楼。本项目核医学科部分门诊用房直接依托其他门诊间进行病人就诊前的诊断。		生活废水，生活垃圾

3、主要技术参数

本项目设备和非密封放射性物质工作场所使用的放射性核素的主要技术参数见表 1-7 和表 1-8。

表 1-7 主要设备配置及主要技术参数

设备名称	型号	数量	设备厂家	用途	备注
SPECT	BDH-180	1	深圳市贝斯达医疗股份有限公司	显像诊断	新增

表 1-8 本项目主要技术参数表

核素名称	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	药品名称	用途
⁹⁹ Mo	67h	β ⁻ (100%)	1.23	0.78	钼[⁹⁹ Mo]酸钠溶液	制备钼-99m
^{99m} Tc	6.02h	IT (100%)	0.002	0.14051	高锝[^{99m} Tc]酸钠注射液	显像诊断
¹³¹ I	8.04d	β ⁻ (100%)	0.606	0.364	碘[¹³¹ I]化钠口服液	甲状腺吸碘功能测定、甲状腺亢进治疗和甲状腺治疗
¹²⁵ I(粒籽源)	60.14d	EC (100%)	/	0.0355	碘[¹²⁵ I]化钠粒籽源	肿瘤治疗
⁸⁹ Sr	50.4d	β ⁻ (100%)	1.495	/	氯化锶[⁸⁹ Sr]注射液	骨癌转移治疗

三、工作人员及工作制度

1、劳动定员

建设单位拟设置辐射工作人员共 11 人（9 名已有辐射工作人员，2 名新增辐

射工作人员），涉及科室为核医学科。

表 1-9 辐射工作人员配置情况表

序号	科室	拟配置人数（人）	备注
1	核医学科	2	涉及操作核素：碘-131（甲癌）
		9	涉及操作核素：钼-99、钨-99m、碘-131（甲吸）、碘-131（甲亢）、碘-125（粒籽源）、锶-89
合计		11	/

2、工作制度

核医学科实行 8 小时单班工作制度，年工作日为 250 天。

四、产业政策符合性

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第六项核能中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

五、项目规划符合性

本项目位于成都市温江区柳城镇麻市街 33 号成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）内，项目用地属于成都市总体规划的医疗用地，本项目均依托医院主体工程征地红线内建设，不新增用地，项目符合成都市总体规划。

六、项目选址合理性与平面布置合理性分析

1、选址合理性分析

医院位于城区环境，周围为居民区及商业区，交通便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。医院北面为麻市街；西面为上栖美塾及和馨苑（居民楼）；南面为地面停车场和百姓大院（居民楼）；东面为凤溪大道。

本项目位于 8 号楼 1 楼，8 号楼共 7 层（无地下楼层，楼顶距离地面约 23m，高于周围建筑），位于医院西南角，其北侧为院内道路及 7 号楼、临建门诊楼（7 号楼和临建门诊楼目前已搬空，拟拆除，以后作为绿地），西北侧为 3 号楼，东侧为院内道路及 9 号楼（9 号楼目前已搬空，拟拆除，以后作为绿地），南侧为氧气站、负压站及地面停车场，西侧为院内道路及医院临建房（共 2F，1 楼为库

房及功能用房，2 楼为肿瘤科病房，病房拟搬迁，搬迁后改为办公室）。8 号楼建于 2002 年，根据现场调查，由于建设年代较早，未进行环境影响评价。本项目拟改造的 8 号楼 1 楼空房间，原为内分泌科，经现场踏勘，无环境遗留问题。

本项目辐射工作场所不选择在医院内人流量较大的综合门诊楼、住院楼内，并同时兼顾了病员就诊的方便性，项目辐射工作场所 50m 范围内不存在自然保护区、保护文物、风景名胜区、饮用水源保护区和学校等生态敏感目标和环境敏感目标，距离本项目最近的集中居民区为项目西侧的和馨苑（距离约 47m，接近于评价范围），周围无明显环境制约因素。本项目在 8 号楼 1 楼进行改造，不新增用地，且拟建设的辐射工作场所按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境的影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

2、平面布置合理性分析

本项目位于 8 号楼 1 楼，1 楼均属于核医学科区域，1 楼东侧为本项目配套的办公及生活用房，1 楼西侧为本项目辐射工作场所。核医学科入口位于 8 号楼北侧，核医学科北侧为院内道路及 7 号楼（7 号楼目前已搬空，拟拆除，以后作为绿地），东侧为院内道路及 9 号楼，南侧为氧气站、负压站及地面停车场，西侧为院内道路及医院临建房（共 2F，1 楼为库房及功能用房，2 楼为肿瘤科病房，病房拟搬迁，搬迁后改为办公室）。核医学科楼上区域为肿瘤科病房，核医学科下方无地下楼层。本项目辐射工作场所设置有独立门禁出入口，非工作人员引导不能直接进入，其中入口位于 8 号楼北侧，非住院病人出口位于南侧，住院病人出口位于西侧，整个场所相对封闭。

①人员流向合理性：患者进入核医学科大厅后在候诊大厅进行等待，然后通过患者专用通道进入给药室进行相应的核素注射或者服药后在等待室进行等待观察，其中锝-99m 注射病人观察后进入 ECT 机房显像诊断后离开，碘-131（甲亢）服药病人观察后直接离开；碘-131 甲吸诊断病人、锶-89 骨癌治疗病人是对适应症病人开展，均不需要进行观察，服药或者注射后直接离开。碘-131（甲吸）服药病人经一定时间再到甲吸室进行测定，然后直接离开。以上均为非住院病人，是通过核医学科南侧专用通道离开。此外，碘-131（甲癌）服药病人是在服药室进行服药治疗，之后进入病房住院。碘-125（粒籽源）病人在放射科 CT 室进行

植入手术后，进入核医学科病房住院。治疗结束后，住院病人是通过核医学科西侧专用离开通道出院。住院区域设置单向门禁系统，以实现病人单向流通。

核医学科医生均由核医学科北侧医生专用通道进入，整个过程，患者通道和医护通道完全分离，且医生用卫生间和病人用卫生分开独立设置；整个核医学科各功能房间布局紧凑，且有效衔接，控制用药病人流动范围从而控制表面污染的范围，并减少了病人与医生的交叉影响。从布局来说，人员流向合理。

②药物通道合理性：放射性药物均从核医学科北侧药物专用通道进入源库 01、源库 02，然后再由源库 01 转入活性室、给药室内，源库 02 转入服药室内，放射性药物不从核医学科内非辐射工作区流通，且放射性药物在控制区内流动范围较小，有效控制药物转移过程中因撒漏造成的表面污染范围，从布局来说，药物通道设置合理。

③放射性废物存储间设置合理性：本项目放射性废物存储间设置在核医学科南侧靠近出口处，放射性废物能以最短距离被送出核医学科区域，避免了对其他人员的二次照射，同时该区域除病人外人员流动少，降低了医生及公众受照射的可能性，其设置合理。

综上所述，整个核医学科位置相对封闭且独立，各组成部分功能分区明确，满足诊治工作要求，既能有机联系，又不相互干扰，从辐射安全的角度考虑，该核医学科平面布置是合理的。

七、与周边环境的兼容性分析

本项目利用医院内现有的水资源供给系统，生活废水经医院的污水处理站处理后由市政管网排入污水处理厂处理，不会对当地水质产生明显影响；本项目产噪设备为风机，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。项目产生的医疗废物收集暂存后定期由有资质单位清运处置，生活垃圾交由市政环卫清运。因此本项目的建设没有对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容。

八、实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、

病人治疗中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中非密封放射性物质的使用可能会造成如下辐射影响问题：

（1）给周围环境造成一定的辐射影响；

（2）给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响；

（3）非密封放射性物质使用及管理的失误会造成较大和一般的辐射事故。

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

九、原有核技术利用项目许可情况

1、医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00372]），许可种类和范围为：使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至2023年11月25日。

2、目前，医院被许可使用1枚V类放射源；使用3台II类射线装置，使用17台III类射线装置；使用 ^{131}I 、 ^{125}I 非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所，均已上证，详见表1-10。经现场踏勘，未发现遗留环境问题。同时，经建设单位证实，医院开展放射性诊疗多年，目前未发生过辐射安全事故。

表 1-10 医院被许可使用放射性工作场所一览表

放射源								
序号	名称	出厂活度	数量	编码	类别	工作场所	活动种类	备注
1	^{90}Sr	$1.48 \times 10^9 \text{Bq}$	1枚	0100SYD01235	V类放射源	老核医学科	使用	已上证
非密封放射性物质								
序号	名称	主要参数			场所等级	工作场所	活动种类	备注
2	^{131}I	日等效最大操作量： $2.30 \times 10^6 \text{Bq}$ 年最大用量： $3.70 \times 10^9 \text{Bq}$			丙级非密	老核医学	使用	已上证

3	¹²⁵ I (放免)	日等效最大操作量：1.85×10 ⁵ Bq* 年最大用量：2.22×10 ⁷ Bq			封装放射性物质工作场所	科		
射线装置								
序号	射线装置名称	设备型号	数量(台)	类别	主要参数(管电压、管电流)	工作场所	活动种类	备注
4	数字减影血管造影系统 DSA	Allura Xper FD20	1	II	125kV、1250mA	介入科导管一室	使用	已上 证
5	直线加速器	Clinac CX	1	II	10MV	6号楼底楼放疗中心加速器治疗室	使用	
6	数字减影血管造影系统 DSA	Innova IGS 530	1	II	125kV、1000mA	住院放射科介入科导管二室	使用	
7	放射治疗模拟机	HMD-1	1	III	125kV、500mA	6号楼底楼放疗中心模拟定位室	使用	
8	16排螺旋CT	Brightspeed Elite	1	III	140kV、440mA	1号楼6层	使用	
9	数字式医用诊断 X 线机	Philips Digital Diagnost VR	1	III	150kV、650mA	1号楼2层	使用	
10	X 射线 DR 胃肠机二合一机	AXIOM Luminos dRF	1	III	150kV、800mA	1号楼2层	使用	
11	数字化乳腺 X 射线系统	MAMMOMAT	1	III	35kV、150mA	1号楼2层	使用	
12	移动式数字 X 射线机	KD-C5000	1	III	120kV、100mA	2号楼4层手术室放射科	使用	
13	医用 X 射线机	新东方 1000	1	III	150kV、630mA	万春东路 56 号放射科 DR 室	使用	
14	高频移动式 X 射线机	PLX112C	1	III	125kV、100mA	2号楼4层手术室放射科	使用	

15	X 射线计算机断层摄影设备	Brilliance CT 64 Slice	1	III	140kV、500mA	1 号楼 2 层 CT 室	使用
16	移动式数字摄影 X 射线机	DX-D100	1	III	150kV、90mA	2 号楼 5 层监护室放射科	使用
17	口腔全景 X 射线机	PAPAYA Plus	1	III	90kV、12mA	1 号楼 5 层口腔科	使用
18	牙科 X 射线机	戴森 DYS-M 移动式	1	III	70kV、7mA	1 号楼 5 层口腔科	使用
19	X 射线骨密度仪	DPX-BRAVO	1	III	75kV、3mA	1 号楼 2 层骨密度室	使用
20	数字化医用 X 射线摄影系统	VX3733-SYS	1	III	150kV、1000mA	1 号楼 2 层	使用
21	X 射线计算机体层摄影设备	uCT530	1	III	140kV、420mA	万春东路 56 号放射科 CT 室	使用
22	X 射线计算机体层摄影设备	uCT530	1	III	140kV、420mA	1 号楼 1 层急诊科	使用
23	平板 DR	DigiEye 680E	1	III	150kV、790mA	1 号楼 6 层体检中心	使用

注：医院老核医学科目前使用 ^{125}I （放免），已登记在辐射安全许可证上，但实际最大日使用量为 5uCi（即 $1.85 \times 10^5 \text{Bq}$ ），属于豁免管理范围内。

3、医院现有辐射工作人员 279 名，每名工作人员均配有个人剂量计，根据建设单位提供的近一年度全院辐射工作人员的个人剂量检测报告，全院辐射工作人员低于职业人员 5mSv/年的约束限值，有部分辐射工作人员的季度个人剂量计检测结果大于职业人员 1.25mSv/季度的约束限值，原因在于未正确佩戴和管理个人剂量计，个人剂量计曾经被水浸泡或者被留置于辐射工作场所内，核医学科个人剂量检测结果见表 1-11。

表 1-11 核医学科辐射工作人员近一年度个人剂量检测结果表

序号	姓名	性别	个人剂量计检测结果（mSv）				
			2018.06.22 ~2018.11.01	2018.11.08 ~2019.02.01	2019.02.01 ~2019.04.30	2019.05.01 ~2019.07.31	共计
1	谢谦	男	0.278	0.253	0.2318	0.1038	0.8666
2	胡德胜	男	0.104	0.226	0.0792	0.0480	0.4572
3	贾晓霞	女	0.103	0.235	0.2066	0.1085	0.6531
4	刘越	女	0.372	0.264	0.2415	0.1260	1.0035
5	吴兴勇	男	0.110	0.211	0.1197	0.1157	0.5564

6	徐洪林	男	0.117	0.213	0.0973	0.1186	0.5459
7	曾尹施	女	0.451	0.163	0.1359	1.6040	2.3539
8	倪丹	女	0.117	0.222	/	/	0.339
9	石磊	男	/	/	/	/	/

注：/：工作人员进修，未涉及辐射工作。

4、医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。对于医用射线装置使用场所，主要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；对于非密封放射性物质工作场所，主要对注射室、病人候诊室、敷贴治疗室、分装仪控制室、甲吸检查室、废源库、配药及给药室等工作场所的进行了监测，监测数据记录存档。

医院委托了四川省永坤环境监测有限公司、四川鸿源环境检测技术咨询有限公司开展了射线装置2019年度辐射环境现状监测，监测报告文号为永环监字（2019）第 RM0146号、永环监字（2019）第 RM0196号、永环监字（2019）第 RM0197号、永环监字（2019）第 RM0213号、川鸿源放检字[2019]第048号和川鸿源放检字[2019]第217号，根据监测报告可知，现有射线装置辐射工作场所的周围 X~γ 辐射剂量率小于2.5μSv/h 的标准值，屏蔽防护设施和措施均能满足辐射防护要求；医院委托了四川鸿源环境检测技术咨询有限公司开展了核医学科2019年度辐射环境现状监测，监测报告文号为川鸿源放检字[2019]第064号。根据监测报告可知，核医学科相关工作场所 β 放射性表面污染均满足《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的工作场所控制区和监督区 β 放射性表面污染的限值要求。辐射工作中所致职业人员所受剂量满足5mSv/a 的年剂量约束值，所致公众所受剂量均满足0.1mSv/a 的年剂量约束值。

5、医院现有辐射工作人员 279 人，其中有 206 人（本项目涉及 9 人，培训情况见表 1-6）参加了辐射安全与防护培训班学习和考核，并取得培训合格证书，其余 73 人尚未参加辐射安全与防护培训学习。

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，应当通过我部培训平台报名并参加考核。”建设单位承诺将尽快组织新增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>）学习相关知识并报名参加考核。

本项目涉及 9 名辐射工作人员的培训情况见表 1-12。

表 1-12 核医学科辐射工作人员辐射安全与防护培训情况

序号	姓名	性别	是否培训	培训时间	证书编号
1	谢谦	男	是	2017.06.14~2017.06.16	CHO21354
2	胡德胜	男	是	2017.06.14~2017.06.16	CHO21351
3	贾晓霞	女	是	2017.06.14~2017.06.16	CHO21353
4	刘越	女	是	2018.06.27~2018.06.29	CHO30295
5	吴兴勇	男	是	2017.06.14~2017.06.16	CHO21352
6	徐洪林	男	是	2018.06.27~2018.06.29	CHO30294
7	曾尹施	女	是	2019.01.16~2019.01.18	CHO37032
8	倪丹	女	是	2017.06.14~2017.06.16	CHO21389
9	石磊	男	是	2018.06.27~2018.06.29	CHO30296

7、医院编制了《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2019 年度）》，包括基本信息、辐射安全许可证符合性检查及变更情况、射线装置使用台帐及变更情况、辐射防护设施设备及废物处置、辐射安全与防护制度的修订和落实情况、辐射工作人员和个人剂量情况、场所辐射环境监测及监测数据、辐射事故及应急响应、辐射安全隐患及整改。

现医院辐射安全管理情况如下：

（1）地址未发生变更，单位名称由成都市第五人民医院变更为成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院），法人由雷建国变为周政，已完成办理。

（2）辐射安全许可证所规定的活动种类未发生改变。2019 年医院新增了 2 台射线装置，报废了 2 台射线装置，2020 年 1 月中旬医院又新增了 1 台射线装置，目前均已添至《辐射安全许可证》。

（3）现有放射性同位素与射线装置与台账明细一致。

（4）个人剂量档案和职业健康档案齐全。

（5）放射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求。

（6）医院按要求委托有资质的单位进行了年度监测和个人剂量检测。

（7）医院自从事辐射诊疗以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

经单位自查，2019 年度单位辐射防护工作自查结果良好。

8、辐射安全管理制度的执行情况

（1）辐射防护管理机构

医院成立有负责单位辐射安全与防护管理的组织机构—辐射安全防护领导小组，全面负责辐射安全防护管理工作。

（2）辐射安全管理制度建立和执行情况

根据相关文件的规定，结合公司实际情况，医院已制定有一套相对完善的管理制度，包括辐射安全管理规定、操作规程、安全防护设备的维护与维修制度、监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射工作人员岗位职责和辐射事故应急预案等。医院制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。在医院辐射安全防护领导小组的领导下，明确各科室人员责任，按照制定的辐射安全管理规章制度严格落实，定期组织对辐射工作场所和设备进行放射防护检测、监测和检查，制度执行情况较好。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	锶-90	$1.48 \times 10^9 \text{Bq} / 1.48 \times 10^9 \text{Bq} \times 1$	V	使用	敷贴治疗	老核医学科	敷贴室保险柜	已有, 场所拟退役

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	碘-131	液态	使用	2.30×10^7	2.30×10^6	3.70×10^9	治疗	简单操作	老核医学科	给药室	已有, 场所拟退役
2	碘-125 (放免)	液态	使用	1.85×10^7	1.85×10^5	2.22×10^7	诊断	很简单操作	老核医学科	实验室冰箱	已有, 场所拟退役
3	钨-99	液态	使用	3.70×10^{10}	3.70×10^7	8.88×10^{12}	制备钨-99m	源的贮存	新核医学科	源库 01 保险柜	本项目新增
4	钨-99m	液态	使用	2.22×10^{10}	2.22×10^7	5.55×10^{12}	诊断	很简单操作		源库 01 保险柜	本项目新增
5	碘-131	液态	使用	1.73×10^{10}	1.73×10^9	1.43×10^{12}	治疗	简单操作		碘-131 (甲吸) 和碘-131 (甲亢) 位于源库 01、碘-131 (甲癌) 位于源库 02 保险柜	本项目新增
6	碘-125 (粒子源)	固态	使用	3.55×10^9	3.55×10^7	1.78×10^{11}	治疗	很简单操作		源库 01 保险柜	本项目新增
7	锶-89	液态	使用	1.85×10^8	1.85×10^6	3.70×10^{10}	治疗	很简单操作		源库 01 保险柜	本项目

											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 X 射线能量 (MeV)	剂量率 (Gy/min)	用途	工作场所	备注
1	直线加速器	II	1 台	Clinac CX	电子	10MV	6Gy/min	放射治疗	6 号楼底楼放疗 中心加速器治 疗室	已有

（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	射线装置名称	类别	数量	设备型号	主要参数（管电压、 管电流）	用途	工作场所	活动 种类	备注
1	数字减影血管造影系统 DSA	II	1 台	Allura Xper FD20	125kV、1250mA	介入治疗	介入科 导管一室	使用	已有
2	数字减影血管造影系统 DSA	II	1 台	Innova IGS 530	125kV、1000mA	介入治疗	住院放射科介入科 导管二室	使用	
3	放射治疗模拟机	III	1 台	HMD-I	125kV、500mA	模拟定位	6 号楼底楼放疗中心 模拟定位室	使用	
4	16 排螺旋 CT	III	1 台	Brightspeed Elite	140kV、440mA	放射诊断	1 号楼 6 层	使用	
5	数字式医用诊断 X 线机	III	1 台	Philips Digital Diagnost VR	150kV、650mA	放射诊断	1 号楼 2 层	使用	
6	X 射线 DR 胃肠机二合 一机	III	1 台	AXIOM Luminos dRF	150kV、800mA	放射诊断	1 号楼 2 层	使用	
7	数字化乳腺 X 射线系统	III	1 台	MAMMOMAT	35kV、150mA	放射诊断	1 号楼 2 层	使用	

8	移动式数字 X 射线机	III	1 台	KD-C5000	120kV、100mA	放射诊断	2 号楼 4 层手术室放射科	使用	
9	医用 X 射线机	III	1 台	新东方 1000	150kV、630mA	放射诊断	万春东路 56 号放射科 DR 室	使用	
10	高频移动式 X 射线机	III	1 台	PLX112C	125kV、100mA	放射诊断	2 号楼 4 层手术室放射科	使用	
11	X 射线计算机断层摄影设备	III	1 台	Brilliance CT 64 Slice	140kV、500mA	放射诊断	1 号楼 2 层 CT 室	使用	
12	移动式数字摄影 X 射线机	III	1 台	DX-D100	150kV、90mA	放射诊断	2 号楼 5 层监护室放射科	使用	
13	口腔全景 X 射线机	III	1 台	PAPAYA Plus	90kV、12mA	放射诊断	1 号楼 5 层口腔科	使用	
14	牙科 X 射线机	III	1 台	戴森 DYS-M 移动式	70kV、7mA	放射诊断	1 号楼 5 层口腔科	使用	
15	X 射线骨密度仪	III	1 台	DPX-BRAVO	75kV、3mA	放射诊断	1 号楼 2 层骨密度室	使用	
16	数字化医用 X 射线摄影系统	III	1 台	VX3733-SYS	150kV、1000mA	放射诊断	1 号楼 2 层	使用	
17	X 射线计算机体层摄影设备	III	1 台	uCT530	140kV、420mA	放射诊断	万春东路 56 号放射科 CT 室	使用	
18	X 射线计算机体层摄影设备	III	1 台	uCT530	140kV、420mA	放射诊断	1 号楼 1 层急诊科	使用	
19	平板 DR（数字化医用 X 射线摄影系统）	III	1 台	DigiEye 680E	150kV、790mA	放射诊断	1 号楼 6 层体检中心	使用	

（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（ μ A）	中子强度（n/s）	用途	工作场	氚靶情况	备注
----	----	----	----	----	-----------	-----------------	-----------	----	-----	------	----

									所	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	年排放总量	暂存情况	最终去向
核医学科放射性固废：一次性注射器、口罩、口杯、擦拭纸和空药瓶、手套、塑料袋、注射器等；核医学科排风口更换下的过滤器；废弃的钼铯发生器	固态	1.23t/a	按不同核素分类收集，放于核医学科放射性固体废物存储间，并编号记录存储日期，衰变 10 个半衰期后转入普通医疗废物暂存间。	采用放置衰变法处置：放射性固废按核素分类收集并标明标签，放置于放射性废物存储间衰变十个半衰期按医疗废物处理。废弃的钼铯发生器由生产厂家回收处理。
核医学科放射性废水：病人排泄废水	液态	208.0 m ³ /a	放射性废水通过专用管道排至衰变池中暂存	放射性废水经衰变池收集停留 10 个半衰期监测达标后进入医院污水处理管道最终进入医院污水处理站处理。
放射性废气	气态	/	/	通过排风管道引至楼顶排放

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/m²）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日实施）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）； (4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院 682 号令）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）； (6) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号）； (7) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日实施）； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）； (9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部/国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号）； (10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》（部令第 47 号）对其进行了修改）； (11) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》（环境保护部第 44 号令）； (12) 《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》（生态环境部 1 号令）； (13) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》（环发[2008]13 号）。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《裂变钼 99-钨 99m 色层发射器》（GB13172-2009）； (3) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； (4) 《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》（HJ 10.1-2016）； （5）《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）； （6）《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； （7）《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）； （8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）； （9）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ244-2017）； （10）《医用 X 射线治疗放射防护要求》（GBZ131-2017）； （11）《粒籽源永久性植入治疗放射防护要求》（GBZ1788-2017）。
其他	（1）《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》（第三版）； （2）《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）； （3）《关于印发<四川省生态环境厅（四川省核安全管理局）辐射事故应急预案（2020 版）>的通知》（川环发[2020]2 号）。

表 7 保护目标及评价标准

评价范围 按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的有关规定，对于乙级非密封放射性物质工作场所，评价范围确定为本项目各屏蔽墙体边界外 50m 范围。					
保护目标 本项目的的主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、医院辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目重点关注的环境保护目标见表 7-1 所示。					
表 7-1 主要环境保护目标					
保护名单	人数（人）	方位	位置	距离辐射源最近距离（m）	
				水平	垂直
核医学科内职业人员	11	/	活性室、甲吸室、办公室、值班室、ECT 机房的控制室、发药控制室等	0.5	/
进入核医学科的陪护公众	流动人群	东侧	候诊大区	8.5	/
核医学科周围的公众	流动人群	南侧	氧气站、负压站	3.0	/
	流动人群	南侧	地面停车场	23.0	/
	流动人群	西侧	院内道路	3.0	/
	约 20 人	西侧	医院临建房	15.0	/
	约 30 人	西侧	上栖美塾	48.0	/
	约 40 人	西侧	和馨苑	47.0	/
	流动人群	北侧	院内道路	3.0	/
	约 15 人	西北侧	3 号楼	27.0	/
	约 60 人	楼上	肿瘤科病房	/	3.3
评价标准 1、环境质量标准 环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准； 地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅲ类标准； 声环境质量执行国家《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 2 类标准。					

2、污染物排放标准

废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297—1996）二级标准；

废水：执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理标准。

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放限值》（GB12523-2011）标准；

运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。

3、个人剂量约束值

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。项目对于职业人员，要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量的 1/4 执行（即 5mSv/a），作为本项目职业照射年有效剂量约束值。

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的 1/10 执行，即 0.1mSv/a，作为本项目公众照射年有效剂量约束值。

4、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 7-2。

表 7-2 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 (Bq/cm ²)
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

5、放射性废水排放标准

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 7-3。

表 7-3 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	

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目拟建地辐射水平，建设单位委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）对项目拟建地辐射环境进行了现场监测。

1、监测点位布设

根据现场踏勘，项目所在地为 8 号楼 1 楼空房间。根据本项目各辐射工作场所布置情况，本次选择在拟建地和周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况。

2、监测时间及现场环境状况

2020 年 1 月 16 日，四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）监测人员对本项目进行了现场监测，监测时环境温度：7℃~9℃；环境湿度：65%~67%；天气状况：晴。

3、监测方法及监测仪器

表 8-1 监测方法及监测仪器一览表

监测因子	监测方法	监测仪器
X-γ 辐射剂量率	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)	仪器名称：辐射防护用 X-γ 辐射剂量当量率仪 仪器型号：AT1123（平衡帽：0.025-3MeV） 仪器编号：54088 检出限：50nGy/h 检定证书编号：校准字第 2019-40 号 检定单位：四川省核工业辐射测试防护设备计量检定站 检定日期：2019 年 10 月 08 日 有效日期：2020 年 10 月 07 日

4、质量保证

本次监测单位为四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心），该单位具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书（证书号：160021181133），并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- (3) 监测仪器按规定定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- (4) 监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，确保监测数据的准确性和可比性；
- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好；
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- (7) 监测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

6、监测结果

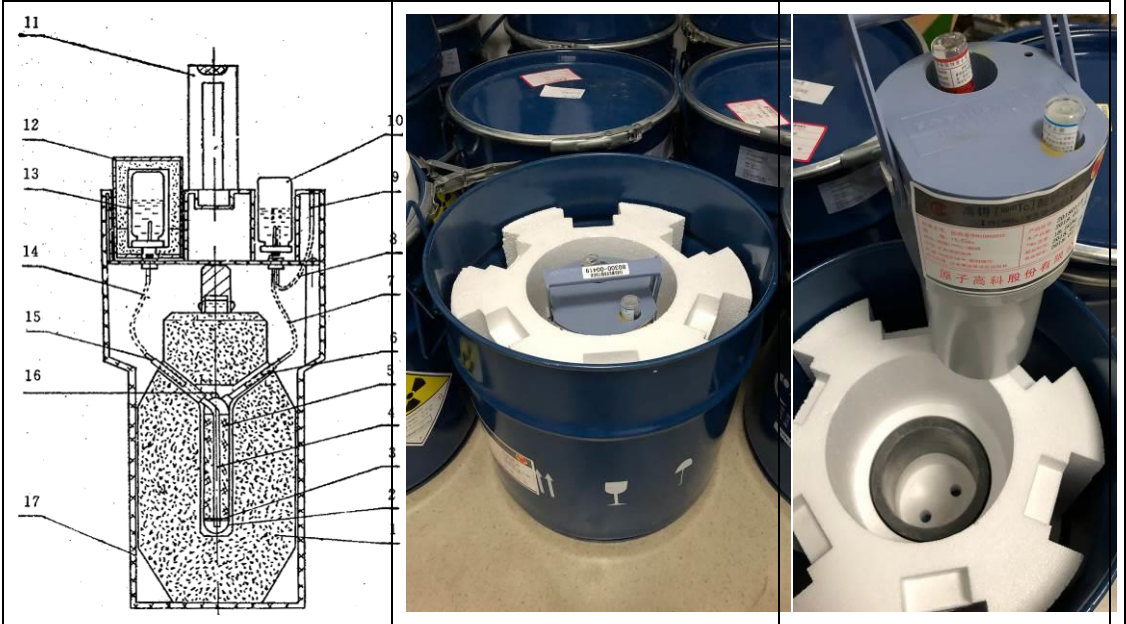
监测结果见表 8-2。

表 8-2 8 号楼 1 楼内及周围 X- γ 辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X- γ 辐射剂量率 (nSv/h)	标准差	备 注
1	8 号楼 1 楼东侧走廊	79	1.6	/
2	8 号楼 1 楼拟建活性室位置处	86	1.5	/
3	8 号楼 1 楼拟建 ECT 机房 2 位置处	86	1.7	/
4	8 号楼 1 楼西侧走廊	85	1.6	/
5	8 号楼 1 楼拟建病房位置处	83	1.8	/
6	8 号楼西侧拟建衰变池位置处	85	1.5	/
7	8 号楼北侧入口位置处	84	1.5	/

由表 8-2 可以看出，8 号楼 1 楼内及周围 X- γ 辐射剂量率范围为 79nSv/h~86 nSv/h，辐射权重因子取 1，即 79 nGy/h ~86 nGy/h，属于当地正常本底辐射水平（注：参照生态环境部《2018 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率范围为 65.5 nGy/h ~214.2nGy/h）。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析 (一) 钨-99m 显像诊断 1、工作原理 (1) 钨钨发生器淋洗原理 本项目显像诊断使用的钨-99m 由钨钨发生器淋洗而成，该发生器属于裂变色层发生器，基本部件是钨酸钨柱/活化氧化铝柱、淋洗系统和用于保护工作人员的辐射屏蔽套。钨-99m 由钨酸钨柱内钨-99 不断衰变产生，并被钨酸钨柱吸附，当加入适当的淋洗剂时，钨-99m 便以 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 的形式被淋洗出来，整个过程称为“挤奶”。为了使用方便，一套发生器除基本部件外，常附加子体核素溶液接收瓶（即负压瓶）和一定量的淋洗剂（生理盐水）。由于母体核素的不断衰变就不断地产生子体核素，因而核素发生器可以反复淋洗制得子体核素，一般情况下，发生器每隔 23 小时可淋洗一次，发生器发生器的内部结构及实景见图 9-1。	
	
组成部件： 1.发生器铅罐；2.吸附柱；3.筛板；4.淋洗液排出管 5. 钨酸钨柱/活化氧化铝柱；6.生理盐水进口接头 7.连接胶管；8.连接胶管；9.空气过滤器；10 生理盐水瓶；11.发生器提把；12.钨合金罐；13.淋洗液接收瓶（负压瓶）；14.连接胶管；15.淋洗液出口接头；16.装料管接头；17.塑料外壳。	
图 9-1 发生器的内部结构及实景图	
(2) SPECT 工作原理 SPECT 系统是单光子发射计算机断层仪（SPECT），可利用发射单光子的	

核素药物进行检查。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 使用钨-99m 放射性核素，将放射性药物钨-99m 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。

2、操作流程

本项目钨-99m 放射性药物由医生通过发生器自行进行制备，其制备、注射和显像流程如下：

①淋洗：发生器从生产厂家购入后即进入活性室通风橱内存放，淋洗时，在通风橱内即可对发生器进行淋洗操作。先把 0.9%生理盐水瓶插入发生器的双针，然后把外有防护罐的负压瓶插入发生器的单针，直至 0.9%生理盐水被吸干，1min 后整体拔下外有防护罐的负压瓶，即制得钨-99m 淋洗液，制得的淋洗液贮存于外有防护罐的负压瓶之中。通常整个淋洗过程约需 2min。

钼-99 装在钼钨发生器内，发生器外用壁厚约 10mm 铅当量的铅罐包装，在整个使用过程中钼-99 都保持在发生器柱子里，使用后的柱子随铅罐包装一同回收至发生器生产厂家，钼-99 也就随包装而被完全转移到厂家。据厂家提供资料显示，在装有 1Ci 的钼钨发生器铅罐表面的 γ 剂量率小于 0.1mSv/h。有铅罐包装的钼钨发生器放置在有不小于 20mm 铅当量防护厚度的通风橱内，整个制药过程均在通风橱内进行，经过 10mm 铅当量的铅罐及 20mm 铅当量防护厚度的通风橱屏蔽后，发生器内的钼-99 对职业工作人员影响非常小，而在整个制药过程中，公众不能进入活性室，而在非工作期间，工作人员将活性室上锁，公众仍然无法进入活性室，因此经屏蔽后，发生器内的钼-99 对公众人员没有影响。

②测量活度：测量活度在通风橱内进行，由负责标记的工作人员完成。工作人员用注射器吸取上一步制得的少量淋洗液（0.1ml），垂直放入活度计井中，测量其放射性活度，得出该瓶淋洗液的比活度，同时可测量淋洗液的纯度。

③标记：标记在活性室进行，工作人员同测量活度的人员为同一人，用于标记的冻干药盒在标记操作前经完整性检查后传递至活性室通风橱内。用注射器将

已测量好活度的淋洗液迅速转移至冻干药盒，并充分摇匀，稀释到预设体积。

④给药试验、测定

病人给药采用注射方式进行给药，活性室工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅帽等）将装有放射性药物的铅罐转移至注射窗口操作台，注射窗口操作台安装 5mm 铅当量注射防护装置，注射药物时，工作人员从铅罐内吸取药物进行注射，病人注射完药物后进入等待室，观察等待时间约 30min。等待结束后得-99m 注射病人进入 ECT 机房进行显像诊断，诊断结束后病人可直接离开。显像诊断操作流程见图 9-2。

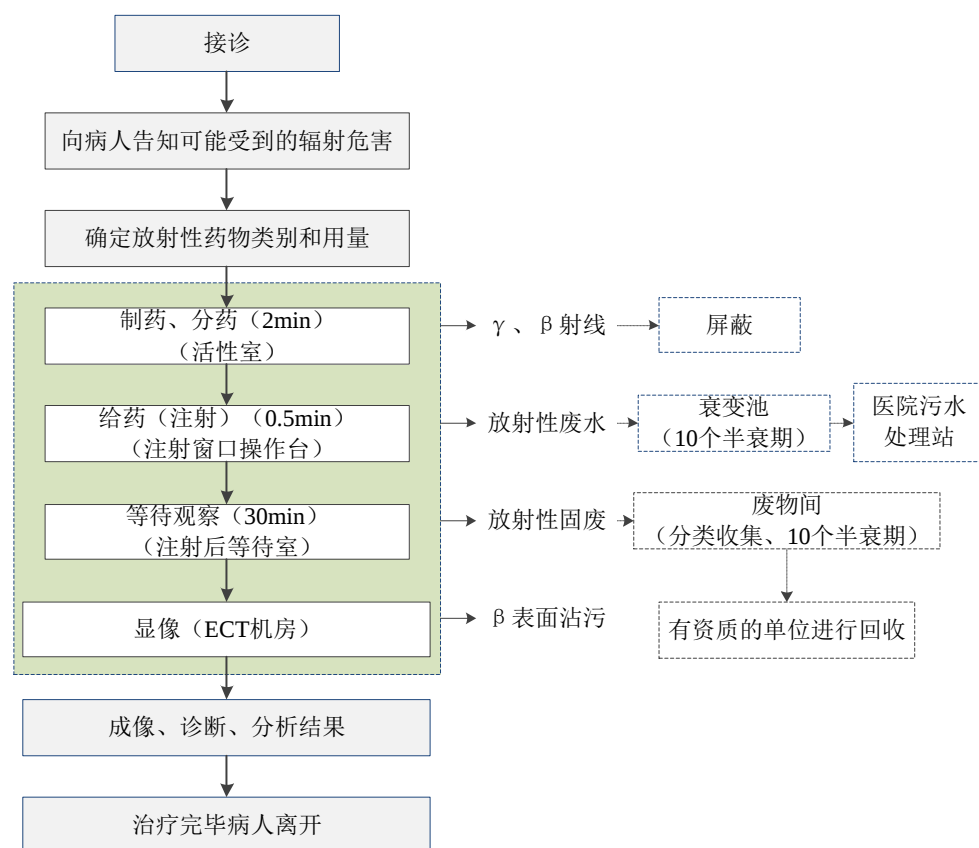


图 9-2 ^{99m}Tc 显像诊断工作流程图

(二) 碘-131 甲亢、甲癌治疗

1、工作原理

碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子（NIS）克服电化学梯度从血液循环中浓聚碘-131。碘-131 在甲状腺组织内的有效半衰期约为 3.4~3.5d，碘-131 衰变发射的 β 射线在组织内平均射程为 1mm，所以 β 粒子携带的能量几乎全部释放在甲状腺组织内，对甲状腺周围的组织和器官影响较

小。由于 β 射线在组织内有一定的射程，将产生“交叉火力”作用，使甲状腺组织不是均匀的接受辐射，腺体中心的组织接受来自四周的辐射，而表面的甲状腺组织则只接受来自甲状腺体内的辐射，甲状腺周围的组织不摄取碘-131，不会对甲状腺表面的组织形成空间的辐射。因此，甲状腺中心部分接受的辐射剂量大于腺体表面，如给予适当剂量的碘^[131I]化钠，利用放射性“切除”部分甲状腺组织的同时保留一定量的甲状腺组织，使甲状腺功能恢复正常，达到治疗甲亢和甲癌的目的。

2、操作流程

本项目购买现成的碘^[131I]化钠溶液，在给药室（碘-131 甲亢病人）、服药室（碘-131 甲癌病人）通过自动分装仪直接分药后供患者口服。治疗程序有接诊、告知辐射危害、确定治疗方法、确定所用核素用量、分药、服药、检查及出具结果等。甲癌及甲亢治疗流程见图 9-3。

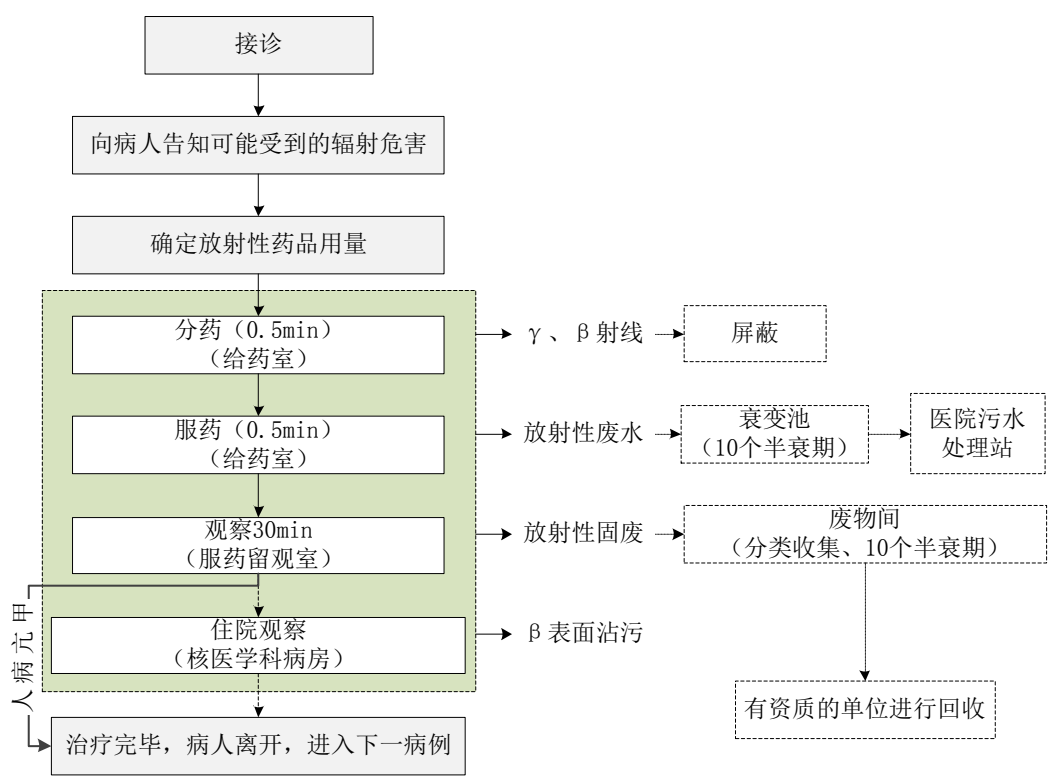


图 9-3 甲癌、甲亢治疗工作流程图

(三) 碘-131 甲状腺吸碘功能测定的工作原理

1、工作原理

甲状腺吸碘功能测定简称甲吸。甲状腺具有选择性摄取和浓聚碘的功能，其摄取速度和数量以及碘在甲状腺停留的时间，取决于甲状腺的功能状态。食物中

的碘为碘-127，而碘-131 是其同位素，具有相同的理化性质，但碘-131 具有放射性，能释放出 γ 射线。因此，给检查者口服一定量的碘^[131I]化钠后，即被甲状腺所摄取，在体外用特定的 γ 射线探测仪就可测得甲状腺对碘-131 的吸收情况，从而可判断甲状腺的功能状况。

2、操作流程

甲状腺吸碘功能测定主要用于准备碘-131 甲亢治疗的患者计算服碘-131 量，以及亚急性甲状腺炎患者的诊断，其主要流程包括病人准备、标准源的制备（制备相当于受检者用量的碘-131 溶液）、甲功测定和结果判定。受检者位于给药室，给药采用空腹口服给药的方式，服药量为 2~10 μ Ci，服用碘-131 后 3h、6h、24h 后用甲功测定仪在甲吸室测定甲状腺部位的放射性计数，测量前先测定室内自然本底的计数及标准源计数。根据按测量结果计算出的甲状腺吸碘-131 率值可判定受检者的甲状腺功能。

操作流程及污染物产生位置简单地如图 9-4 所示。

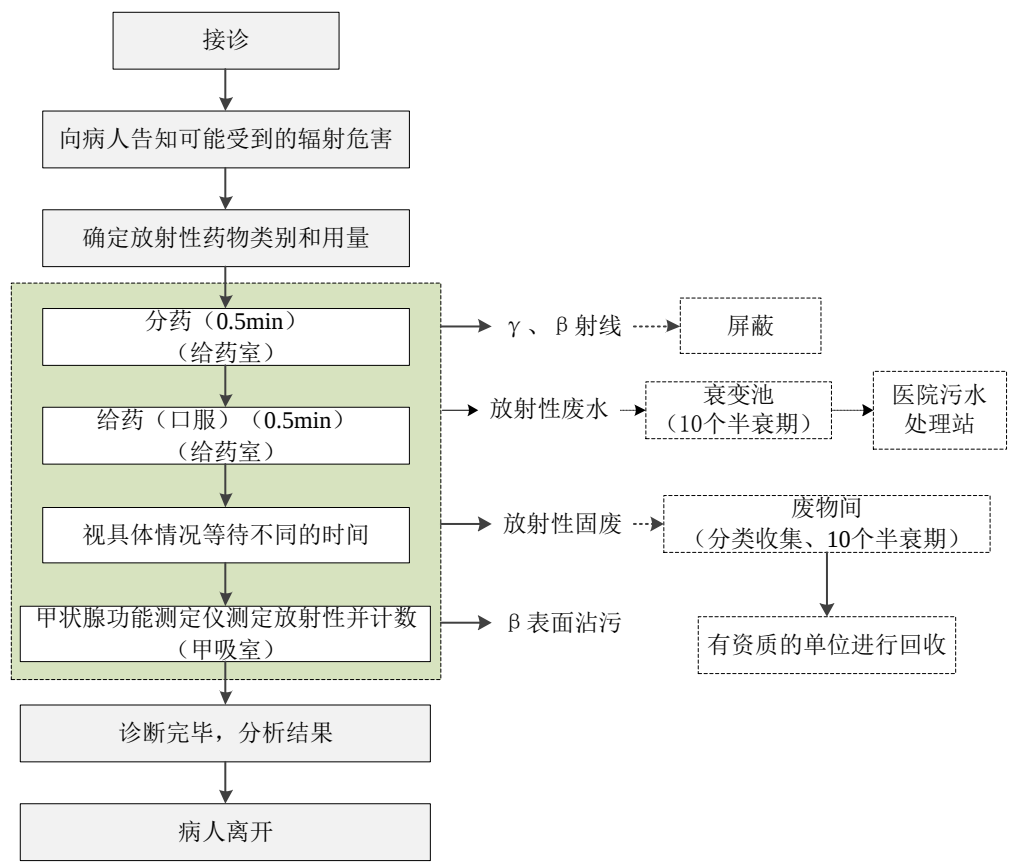


图 9-4 碘-131 甲状腺吸碘功能测定流程图及产污位置图

(四) 碘-125 粒籽源植入治疗

1、工作原理

碘-125 粒籽源由高纯钛合金管内置全杆标记的银棒经激光焊制而成(详见图 9-5、图 9-6)，钛管材质。其中壁厚 0.05mm，长 4.5mm，直径为 0.8mm，芯长 3.2mm。通常是在 B 超、CT（本项目采用 CT 进行辅助植入）及计算机三维立体定向计划系统精确指导下将碘-125 粒籽源通过手术或采用特殊防辐射植入器，将碘-125 粒籽源一次性永久植入肿瘤组织或植于手术切除肿瘤的残存癌床内，碘-125 粒籽源能持续低剂量的释放 γ 射线，通过直接作用于肿瘤细胞的 DNA，造成 DNA 的双链断裂，另外还可间接使体内水分子的电离，产生自由基，促进肿瘤细胞的凋亡，使敏感的肿瘤细胞迅速死亡，不敏感的静止期细胞一旦进入分裂期，在 γ 射线的持续作用下又迅速凋亡。经过足够的半衰期和足够的剂量，使肿瘤细胞无法繁殖而达到治疗肿瘤的目的，从而实现对肿瘤的近距离治疗，可持续有效地杀灭肿瘤细胞。

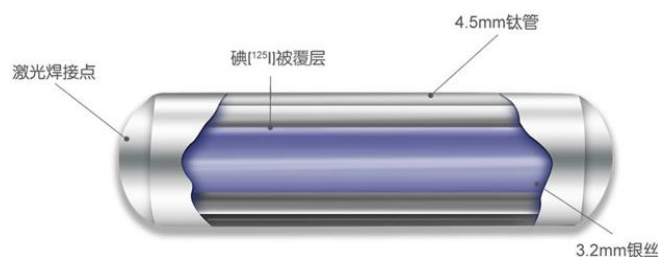


图 9-5 碘-125 粒籽源示意图



图 9-6 碘-125 粒籽源实景图

2、操作流程

建设单位拟开展的碘-125 粒籽源植入手术包括：肺部植入、肛肠植入和前列腺植入等。碘-125 粒籽源植入治疗流程见图 9-7。

①根据病人对碘-125 粒籽源的需求量，将核医学科储源库储有碘-125 粒籽源的铅罐放入专用铅箱，由专人在铅箱中进行装枪操作；

②在铅箱中完成碘-125 粒籽源的装枪后，粒籽源即密闭于专用植入枪内，然后转入 1 号楼 2 楼的放射科 CT 室；

③植入时，先以 CT 扫描，确定穿刺路径，将穿刺针穿刺到达肿瘤部位后再以 CT 扫描确定。将植入枪出口与穿刺针尾部的专用接口结合，用顶针将碘-125 粒籽源顶入瘤体。完成计划粒子数后再次 CT 扫描以确定是否到达预定位置及数目；

④所有操作完成后 CT 扫描确定，多余碘-125 粒籽源退回铅罐，密封送返核医学科储源库；

⑤病人以铅橡胶覆盖送回核医学科病房留观，待植入的粒籽源在病人体内达到稳定时病人可进行出院(碘-125 粒籽源植入病人住院场所位于核医学科病房)。

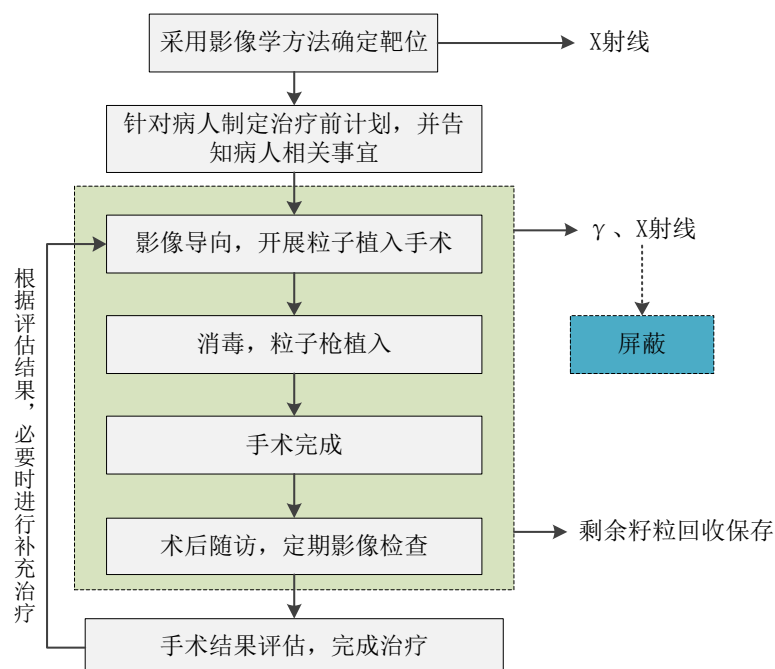


图 9-7 碘-125 粒籽源植入治疗流程图

(五) 锶-89 骨癌转移治疗

1、工作原理

锶-89 放射性药物主要用于缓解前列腺癌、乳腺癌、肺癌、鼻咽癌、神经内分泌肿瘤等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射

性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，非密封放射性物质衰变过程中发射 β 射线，辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润；进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而治疗骨肿瘤。

2、操作流程

主要流程包括病人就诊、治疗方法介绍并告知可能受到的辐射危害、剂量确定、病人用药等。注射药物时，工作人员从铅罐内吸取药物进行注射，病人在注射后即可直接离开，治疗流程见图 9-8。

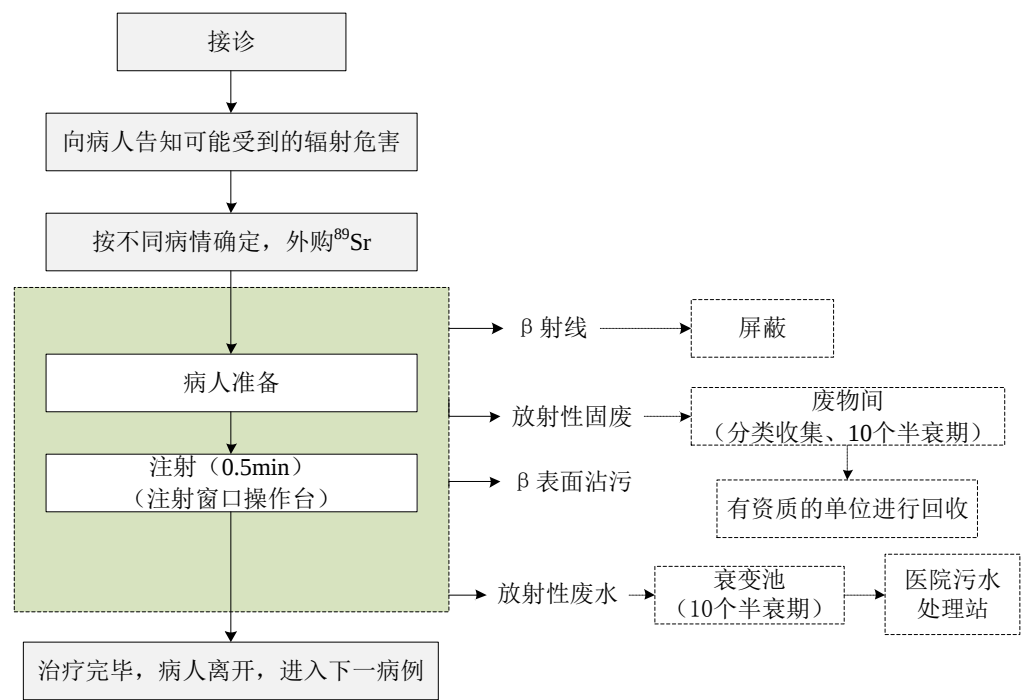


图 9-8 ⁸⁹Sr 骨癌转移治疗流程图

污染源项描述

一、施工期工艺分析

本项目主要是在已有建筑物内进行改造、装修施工。根据屏蔽设计情况，需要将空房间原有的部分墙体、窗户和门拆除，原有的可利用的墙体重新开设门洞，然后再建造新的防护墙，安装防护门和观察窗，在楼板安装防护板材，并进行装修工程。根据建设单位提供的资料，已有建筑结构和基础满足本项目后期建设施工要求。

在其施工期主要环境影响表现为施工噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑废渣等，以建筑施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主，会对周围声环境质量产生影响，但因本项目工程量小，施工期短，通过作业时间控制，合理安排好各种噪声施工机具的使用时间，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生较小的影响，该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。施工所产生的少量生活废水经医院处理系统排入城市污水处理管网，在建设施工中采取湿法作业，尽量降低扬尘对周围环境的影响。建设施工所产生的少量施工废渣送当地指定的建筑垃圾处置场。本次环评要求在建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，使用的水泥标号要满足设计要求，禁止使用残砖，混凝土浇筑墙体要连续施工，同时要防止噪声扰民。在安装调试阶段，主要环境影响为包装固体废物影响。施工期工艺流程见图 9-9。

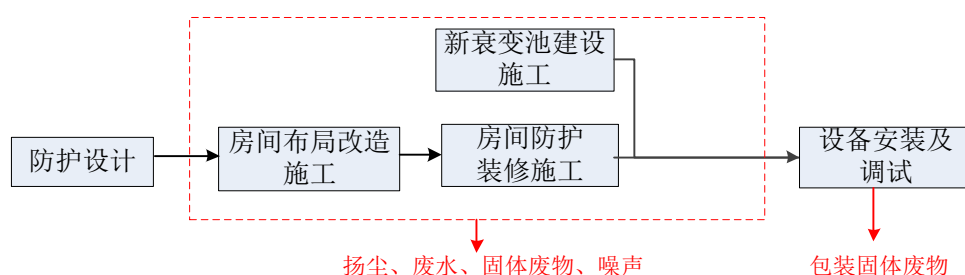


图 9-9 施工期施工工序及产污位置图

二、运行期正常工况污染源分析

（1）电离辐射

根据核医学科涉及使用的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： β 、 γ 射线，各核素产生的射线特性见表 1-8。

（2）废水

本项目产生少量生活污水和放射性废水。

生活污水：本项目工作人员会产生少量的生活污水，依托医院污水处理设施处置。

放射性废水：本项目涉及使用的非密封放射性物质包括：钼-99、锝-99m、碘-131、碘-125（粒籽源）和锶-89。根据医院提供资料显示，钼-99 为淋洗制备锝-99m，自身不产生放射性废水；碘-131 甲吸诊断病人、锶-89 骨癌治疗病人是

对适应症病人开展，均不需要进行观察，病人服药或注射后即可直接离开核医学科，一般不会对核医学科入厕，且病人量少、放射性药物用量也较小，由于核医学科南侧病人出口处设有公共卫生间，保守考虑其诊疗过程中产生放射性废水；碘-125（粒籽源）植入病人在核医学科病房住院期间不产生放射性废水。因此，本项目放射性废水考虑锝-99m 显像诊断病人、碘-131 甲亢治疗病人、碘-131 甲癌病人、碘-131 甲吸诊断病人和锶-89 骨癌治疗病人。锝-99m 显像诊断病人、碘-131 甲亢治疗病人、碘-131 甲吸诊断病人和锶-89 骨癌治疗病人均不需要进行住院观察，所以在注射或者服药后候诊过程中产生的放射性废水主要来源于少量排泄废水、清洗废水，根据《建筑给排水设计规范》（GB50015-2010），门诊病人用水定额取（10L/次·人）；碘-131 甲癌病人由于需要进行留院观察，观察期间产生的废水主要来源于排泄废水及洗澡用水，根据《建筑给排水设计规范》（GB50015-2010），住院病人（设单独卫生间）用水定额取（250L/次·人）。

本项目核医学科放射性废水产生情况见表 9-1。

表 9-1 核医学科放射性废水排放汇总表

核素名称	半衰期	产生来源	用水量 (L/d·人)	排放量 (L/d·人)	日最大病人 人数 (人)	日产生量 (L/d)
^{99m} Tc	6.02h	排泄、清洗	10	8	20	160
¹³¹ I (甲癌)	8.04d	排泄、淋浴	250	200	3	600
¹³¹ I (甲亢)	8.04d	排泄、清洗	10	8	3	24
¹³¹ I (甲吸)	8.04d	排泄、清洗	10	8	5	40
⁸⁹ Sr	50.4d	排泄、清洗	10	8	1	8
合计						832

注：废水排放系数取 0.8。

(3) 固体废物

本项目产生少量非放射性固废和放射性固废。

非放射性固废：本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，此外本项目工作人员产生少量生活垃圾。

放射性固废：锝-99m 显像诊断病人、锶-89 骨癌转移治疗病人采取注射的方式进行给药，产生的固废废物包括：一次性注射器、针头、手套、药瓶等，产生量约 50g/人 次，此外还有使用的钼锝发生器，产生量约 100kg/a。碘-131 甲癌、甲亢、甲吸病人采取口服的方式进行给药，产生的固体废物包括：使用过的一次性口杯、擦拭纸巾和空药瓶等，其产生量大约为 50g/人 次。同时住院病人每天

还会产生生活垃圾，产生量约 1kg/d 次。本项目核医学科废气排风口设置有活性炭过滤器，建设单位将每半年进行校正和更换，产生量约 20kg/a。

根据前述分析，放射性固废产生情况见表 9-2。

表 9-2 核医学科放射性固废汇总表

核素名称	产生来源	产生量 (g/ d•人)	日最大病人 人数(人)	日产生量 (kg/d)
^{99m}Tc	一次性注射器、口罩、手套、药瓶以及 擦拭废物	50	20	1.0
^{89}Sr	一次性注射器、口罩、手套、药瓶以及 擦拭废物	50	1	0.05
^{131}I (甲癌)	口杯、擦拭纸巾、使用过的空药瓶以及 生活垃圾	1000	3	3.0
^{131}I (甲亢)	口杯、擦拭纸巾以及使用过的空药瓶	50	3	0.15
^{131}I (甲吸)	口杯、擦拭纸巾以及使用过的空药瓶	50	5	0.25
/	废弃的钼锝发生器	100kg/a	/	/
/	活性炭过滤器	20kg/a	/	/
合计				4.45

(4) 废气

本项目涉及使用的非密封放射性物质碘-131，属于易挥发性核素，在使用过程中会产生一定量的碘-131 气载性流出物，本项目其他非密封放射性物质在通风橱内进行分药操作时，由于药物针剂在带有通风装置的通风橱内分装完毕，注射时药物在针筒内，在正确正常操作过程中无开放液面，空气中挥发散逸的放射性同位素几乎没有，因此放射性气溶胶极少，其对医务人员和公众呼吸入体内造成的内照射影响可以忽略。

(5) 噪声

本项目主要噪声源是通排风系统风机产生的噪声。非密封放射性物质工作场所为风机进行换气，新风量 1900m³/h，排风量 2500m³/h，排风口高度约为 25m，高于 8 号楼楼顶（楼高 23m），风机均位于污洗间内，工作时噪声源强最大为 65dB(A)。放免实验室区域为风机进行换气，新风量 700m³/h，排风量 700m³/h，排风口高度约为 25m，高于 8 号楼楼顶（楼高 23m），风机工作时噪声源强最大为 55dB(A)。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

通过污染源分析可知，本项目产生的主要污染物为 γ 射线、 β 射线和表面沾污。同时病人治疗和诊断过程还会产生放射性废水、放射性固废和放射性废气。针对这些污染物，建设单位在设计阶段均制定了相应的污染防治措施。

一、辐射防护屏蔽措施

（一）核医学科辐射防护措施

1、防护要求

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）核医学的非密封放射性物质工作场所根据操作放射性核素的权重活度分为三级，见表 10-1。

表 10-1 临床核医学工作场所分级

分级	权重活度，MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

注：权重活度=（计划的日最大操作活度×核素毒性权重系数）/操作性质修正系数。

本项目放射性核素毒性权重系数和操作性质修正系数见表 10-2 和 10-3。

表 10-2 核医学常用放射性核素的毒性权重系数

类别	放射性核素	权重系数
A	^{68}Ge 、 ^{89}Sr 、 ^{99}Mo 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{153}Sm 、 ^{177}Lu	100
B	^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	1

表 10-3 不同操作性质的修正系数

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

按照表 10-2~10-3，本项目各个核素权重活度计算结果见表 10-4。

10-4 本项目工作场所使用核素权重活度结算结果

工作场所	核素	日最大操作量(Bq)	操作性质修正系数	毒性权重系数	计算结果(Bq)	合计结果(MBq)	防护分级
活性室	^{99}Mo	3.70×10^{10}	100	100	3.70×10^{10}	4.33×10^5	I

	^{99m}Tc	2.22×10^{10}	1	1	2.22×10^{10}		
	^{125}I (粒籽源)	3.55×10^9	1	100	3.55×10^{11}		
	^{89}Sr	1.85×10^8	1	100	1.85×10^{10}		
源库 01	^{125}I (粒籽源)	3.55×10^9	100	100	3.55×10^9	4.13×10^4	II
	^{89}Sr	1.85×10^8	100	100	1.85×10^8		
	^{131}I (甲吸)	7.40×10^5	100	100	7.40×10^5		
	^{131}I (甲亢)	5.55×10^8	100	100	5.55×10^8		
	^{99}Mo	3.70×10^{10}	100	100	3.70×10^{10}		
源库 02	^{131}I (甲癌)	1.67×10^{10}	100	100	1.67×10^{10}	1.67×10^4	II
给药室	^{99m}Tc	2.22×10^{10}	1	1	2.22×10^{10}	9.63×10^4	I
	^{89}Sr	1.85×10^8	1	100	1.85×10^{10}		
	^{131}I (甲吸)	7.40×10^5	1	100	7.40×10^7		
	^{131}I (甲亢)	5.55×10^8	1	100	5.55×10^{10}		
服药室	^{131}I (甲癌)	1.67×10^{10}	1	100	1.67×10^{12}	1.67×10^6	I
注射后等待室	^{99m}Tc	2.22×10^{10}	10	1	2.22×10^9	2.22×10^3	II
ECT 机房	^{99m}Tc	2.22×10^{10}	10	1	2.22×10^9	2.22×10^3	II
甲吸室	^{131}I (甲吸)	7.40×10^5	10	100	7.40×10^6	7.40	III
服药留观室	^{131}I (甲亢)	5.55×10^8	10	100	5.55×10^9	5.55×10^3	II
病房	^{131}I (甲癌)	1.67×10^{10}	1	100	1.67×10^{12}	3.72×10^5	I
	^{125}I (粒籽源)	3.55×10^9	1	100	3.55×10^{11}		
放射性废物 暂存间	^{99m}Tc	2.22×10^{10}	10	1	2.22×10^9	1.13×10^4	II
	^{89}Sr	1.85×10^8	10	100	1.85×10^9		
	^{131}I (甲癌)	1.67×10^{10}	10	100	1.67×10^9		
	^{131}I (甲吸)	7.40×10^5	10	100	7.40×10^6		
	^{131}I (甲亢)	5.55×10^8	10	100	5.55×10^9		

根据表 10-4 计算结果,可以得出不同级别工作场所室内防护要求,见表 10-5。

表 10-5 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

工作场所	工作场所	地面	表面	通风橱 ^①	室内通风	管道	清洗及去污设备
I	活性室、给药室、服药室、病房	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要(风速不小于 1m/s)	应设抽风机	特殊要求 ^②	需要
II	源库 01、源库 02、注射后等待室、ECT 机房、服药留观室、放射性废物暂存间	易清洗且不易渗	易清洗	需要(风速不小于 1m/s)	有较好通风	一般要求	需要
III	甲吸室	易清洗	易清洗	不必	一般自然通风	一般要求	只需清洗设备

注：①仅指实验室；②下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检修。

综上所述，通过计算分析活性室、给药室、服药室、病房需达到Ⅰ级场所防护要求；源库 01、源库 02、注射后等待室、ECT 机房、服药留观室、放射性废物暂存间需达到Ⅱ级场所防护要求，甲吸室需达到Ⅲ级场所防护要求。

2、防护措施

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

(1) 建筑物屏蔽设计

本项目辐射工作场所的设计和修建均由相应资质的单位进行设计和装饰，房间四周及屋顶均修建相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽，屏蔽状况见表 10-6。本项目位于 8 号楼 1 楼，地下无楼层，地面不做屏蔽防护。

表 10-6 核医学科非密封放射性物质工作场所房间防护情况一览表

工作场所	工作台面	地面	墙体、屋顶和地板	通风	防护门	观察窗
活性室	易清洗 不锈钢 台面	墙面与 地面交 接应作 圆角处 理，地面 应全部 敷设易 去污并 可以拆 除更换 的材料， 其边缘 应高出 地面 15~ 25cm， 且地面 光滑，并 具有易 去污，受 辐照后 不易老 化，且防 水	墙体为 250mm 钢筋混凝土（新建），楼板为 150mm 钢筋混凝土（利旧）	有	5mm 铅当量	5mm 铅当量
给药室	无		墙体为 250mm 钢筋混凝土（新建），楼板为 150mm 钢筋混凝土（利旧）	有	3mm 铅当量	无
服药室	无		墙体为 300mm 钢筋混凝土（新建），楼板为 150mm 钢筋混凝土（利旧）+钢骨架 12mm 铅板（新建）	有	15mm 铅当量	15mm 铅当量
病房 001	无		南墙为 200mm 轻体砖（利旧）+300mm 钢筋混凝土（新建），东、西、北墙为 300mm 钢筋混凝土（新建），楼板为 150mm 钢筋混凝土（利旧）+钢骨架 12mm 铅板（新建）	有	8mm 铅当量	无
病房 002	无		南墙为 200mm 轻体砖（利旧）+300mm 钢筋混凝土（新建），东、西、北墙为 300mm 钢筋混凝土（新建），楼板为 150mm 钢筋混凝土（利旧）+钢骨架 12mm 铅板（新建）	有	8mm 铅当量	无
病房 003	无		西、南墙为 200mm 轻体砖（利旧）+300mm 钢筋混凝土（新	有	8mm 铅当量	无

			建), 东、北墙为 300mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧) + 钢骨架 12mm 铅板 (新建)			
病房 004	无		西、北墙为 200mm 轻体砖 (利旧) + 300mm 钢筋混凝土 (新建), 东、南墙为 300mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧) + 钢骨架 12mm 铅板 (新建)	有	8mm 铅当量	无
源库 01	无		墙体为 300mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧)	有	3mm 铅当量	无
源库 02	无		东、西、南墙体为 300mm 钢筋混凝土 (新建), 北墙体为 200mm 轻体砖 (利旧) + 300mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧) + 钢骨架 12mm 铅板 (新建)	有	5mm 铅当量	无
注射后等待室	无		东、西、南墙为 250mm 钢筋混凝土 (新建), 北墙为 300mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧)	有	3mm 铅当量	无
ECT 机房	无		墙体为 250mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧)	有	3mm 铅当量	3mm 铅当量
服药留观室	无		墙体为 250mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧)	有	5mm 铅当量	无
放射性废物暂存间	无		东、西、北墙为 300mm 钢筋混凝土 (新建), 南墙为 200mm 轻体砖 (利旧) + 300mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧)	有	3mm 铅当量	无
甲吸室	无		墙体为 250mm 钢筋混凝土 (新建), 楼板为 150mm 钢筋混凝土 (利旧)	有	3mm 铅当量	无

根据表 10-6, 核医学科辐射防护设计满足《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006) 防护要求。

(2) 储存过程的防护措施

本项目锶-89、碘-131（甲亢、甲吸）放射药物、碘-125（粒籽源）放射药物和钼铈发生器暂存于源库 01 的保险柜中，碘-131（甲癌）放射药物暂存于源库 02 的保险柜中，实行双人双锁。

本项目锶-89、碘-131 放射药物、碘-125（粒籽源）放射药物及钼铈发生器自身带有 10mm 铅当量的屏蔽层，且转入医院前表面辐射剂量率水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019），源库 01、源库 02 拟设置监控摄像头和固定式剂量报警仪，防止放射性物品被盗或破坏。

(3) 放射性药品操作过程防护措施

①辐射工作人员在进行放射性药物锝-99m 的制备和分装操作以及锶-89 的分装操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅围脖、口罩、工作帽等，由医生将放射性药物从源库 01 转入活性室通风橱内，通风橱及设置的铅玻璃有不小于 20mm 铅当量的防护厚度，通风橱设置排风口，从而保持分装设备内空气通畅，通风管引致屋顶。操作侧下方设两个活动式铅门，作为两个操作口，医生通过此操作口在通风柜内进行淋洗和分装操作。分药时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。病人注射时，医生将分装后的放射性药物转入注射室内，病人与医生之间设置至少 5mm 铅当量注射防护装置的注射窗口操作台。操作台下面需设置一个放射性废物收集桶（2mm 铅当量），用于收集废弃的一次性注射器、空药瓶等。

②放射性药物碘-131 的操作防护

本项目在给药室、服药室内各设置 1 台全自动核素分药仪进行碘-131 的分装操作，碘-131（甲亢、甲吸）病人在给药室服药，碘-131（甲癌）病人在服药室服药。分药操作前医生先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅围脖、口罩、工作帽等，然后从源库 01、源库 02 取出碘-131 装入全自动核素分药仪，该仪器自带内部屏蔽系统（具有 10mm 铅当量），医生只需在输入厂家标定的碘-131 放射性药物活度、标定时间等参数，设定稀释蒸馏水的体积，系统会自动完成定量分配、在线活度测量和体积配比等全部工作。最后医生在计算机上输入病人姓名，服用药物的量等参数，系统会自动按照输入的药量给病人分装药物，减少了医生分装过程直接接触时间，在整个分装和取药过程设置了严密的监控系统和报警

系统，以防止误入或误操作导致药品撒漏和丢失。分药后由病人自行在给药室、服药室内取药服用，医生通过观察窗和广播语音与病人交流，活性室拟设置 5mm 铅当量观察窗（位于活性室和给药室之间墙体），用于观察给药室内病人，服药室拟设置 15mm 铅当量观察窗（位于发药控制室和服药室之间防护铅门上），用于观察服药室内病人。给药室、服药室内需设置一个放射性废物收集桶（2mm 铅当量），用于收集服药病人废弃的纸杯等。

③开展碘-125 粒籽源植入操作的防护

碘-125 粒籽源的装源过程均在 1mm 的铅箱中进行操作，医生是不直接接触碘-125 粒籽源的，同时在整个装源过程中，放置有碘-125 密封粒籽源回收托盘，主要用于粒籽源的回收，防止粒籽源在装源过程中掉落。医生在进行碘-125 粒籽源存储和使用之前，均做好了个人防护，包括穿戴铅衣、铅眼镜、铅帽、铅围裙和铅围脖等，具有至少 0.5mm 铅当量。同时，植入手术所使用的植入枪和植入针也均具有很好的辐射屏蔽功能，射线漏射很少。

（3）对服药和注射后病人防护措施

本项目单个甲亢治疗病人碘-131 服药量为 185MBq（5mCi）<400MBq（碘-131 最低出院活度限值），因此甲亢服药病人不需住院，服药短暂观察后可直接离开核医学科，单个甲癌病人碘-131 服药量为 7400MBq（200mCi）>400MBq，因此甲癌服药病人需住院观察。不管是住院还是非住院用药病人，均实行病人与陪护人员及其他公众的隔离管理，隔离期间禁止病人随意流动（特别是甲癌用药病人），并使用病人专用厕所进行大小便，在观察结束后按指定线路离开核医学科。针对甲癌病人住院期间有探视者进入病房的情况，需经管理人员同意并登记，探视前需提前告知辐射可能带来的危害性，探视期间严格控制探视时间（不大于 15min）及与病人之间的距离，并采取必要的辐射屏蔽措施，如穿着铅服或设置隔离铅屏风等。

（4）碘-125 粒籽源植入病人防护和管理

植入粒籽源的病人需转入专门的病房（该病房需设置专用便器、专用浴室和厕所）。根据医院计划，碘-125 粒籽源植入病人住院场所位于核医学科病房，拟设置专用便器、专用浴室和厕所，实行病人与陪护人员及其他公众的隔离管理，隔离期间禁止病人随意流动。除医护人员外，其他无关人员不得入内。针对住院

期间有探视者进入病房的情况，需经管理人员同意并登记，探视前需提前告知辐射可能带来的危害性，探视期间严格控制探视时间（不大于 15min）及与病人之间的距离（距离至少保持在 1m 远处），并采取必要的辐射屏蔽措施，如穿着铅服或设置隔离铅屏风等。植入手术结束后，在病人病灶位置加盖铅橡胶或穿着防护铅服，以尽量减少病人对护理人员的剂量控制。建设单位后期拟将开设的手术植入包括：肺部植入、前列腺植入和肛肠植入，这对不同的植入部位，提出如下措施：

表 10-7 碘-125 粒籽源不同植入部位防护措施一览表

植入部位	肺部植入	前列腺植入	肛肠植入
防护措施	在住院期间应带口罩，以避免粒籽源咳出丢失在周围环境中，如发现粒籽源咳出，应报告主管医生并采取相应的应急措施。	患者应戴避孕套，为防止随尿液排出，在植入后两周内，应使用容器接尿液。如果发现植入的粒籽源流失到患者的膀胱或尿道，应用膀胱内镜收回粒籽源并放入铅罐中贮存。	由于植入粒籽源可能会随着消化道系统排出，要求在前期用专门容器进行排泄物的收集，并在判别不存在粒籽源后再排入衰变池，同时为防植入粒籽源的破损，病人不宜久坐或过重压负等。
	病人需定期观察并核实植入粒籽源数量，以避免粒籽源脱落，同时对于脱落出体外的粒籽源，医生或家属如果发现脱落的粒籽源，应立即用长柄夹或长勺夹取脱落的碘-125 粒籽源并返回事先备好的铅罐中，禁止用手直接拿取。		

同时，病人在出院后，医生应按照《粒子源永久性植入治疗放射防护要求》（GBZ178-2017）进行出院患者的防护告知。

（5）对病人进行外科手术和尸体处理措施

如经过放射性核素治疗的病人需进行外科手术需遵循如下原则：

①应尽可能推迟到患者体内放射性活度降低到可接受水平不需要放射防护时再作手术处理；

②进行手术的外科医生及护理人员应佩戴个人剂量计；

③对手术后的手术间应进行放射防护监测和去污，对敷料、覆盖物等其他物件也应进行放射防护监测，无法去污时应作放射性废物处理。

本项目核医学科，对治疗过程出现意外死亡病人的处理不得超过《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）相关标准要求。

（6）其他

①用药病人在入院前及出院前，医生需提前告知病人及家属辐射可能带来的

危害性。

②医生及护士不得在核医学科控制区内进食、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品。

二、辐射防护安全装置/设备

为防止发生辐射事故，根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400号）中对乙级非密封放射性物质工作场所辐射防护安全装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表 10-8。

表 10-8 辐射安全装置配置要求汇总对照分析表

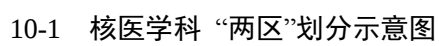
1、乙级非密封放射性物质工作场所				
序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	备注
1	场所设施	明确的监督区、控制区划分和标识	/	拟设置
2		场所门外电离辐射警示标志	/	拟设置
3		独立的通风设施（流向）	已设计有	/
4		有负压和过滤的工作箱/通风柜	/	拟配置
5		治疗病房病人之间防护	/	拟配置
6		注射或口服药用屏蔽	/	拟配置
7		易去污的工作台和防污染覆盖材料	/	拟配置
8		移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂的套	/	拟配置
9		病人专用卫生间	已设计有	/
10		放射性同位素暂存或设施	已设计有	/
11		放射性固体废物收集容器和放射性标识	/	拟配置
12		安全保卫设施（储存场所）	已设计有	/
13	监测设备	便携式 X-γ 辐射监测仪	/	拟配置
14		β 表面沾污仪	已配置有	/
15		个人剂量计	已配置有	拟增设
16		个人剂量报警仪	已配置有	拟增设
17		放射性活度计	/	拟配置
18	三废	放射性下水系统及标识	已设计有	拟配置
19		放射性固体废物暂存间（设施）	已设计有	/
20		废物暂存间屏蔽措施	已设计有	/
21		废物暂存间通风系统	已设计有	/
22	防护器材	铅衣、铅围裙、铅眼镜等个人防护用品	已配置有	拟增设
23		放射性表面去污用品和试剂	/	拟配置
24		灭火器材	/	拟配置

三、工作区域管理

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定控制区和监督区。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”。结合定义与现场实际，本次环评对控制区和监督区的划分见表 10-9 和图 10-1。

表 10-9 控制区和监督区划分

工作场所	控制区	监督区	备注
核医学科	源库 01、源库 02、活性室、给药室、注射后等待室、服药留观室、ECT 机房、甲吸室、敷贴室、放射性废物暂存间、抢救室、服药室、核素病房(4 间病房、4 张床位)、污洗间等	发药控制室、配餐区、被服间、医生通道、值班室、护士站、问诊/病史采集室、办公室、淋浴更衣室、ECT 机房的控制室、设备间等	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量减小在控制区内居留时间，以减少不必要的照射。监督区范围内应尽量限制无关人员进入。另外本次环评要求：新建衰变池所在位置应进行隔离，防止无关人员进入。并张贴电离辐射警示标志。



四、辐射工作场所安全保卫措施

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

表 10-10 辐射工作场所安防措施一览表

场所类别	措施类别	对应措施
非密封放射性物质工作场所	防火	核医学科安装有烟气报警装置和消防栓，且各个房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 年版），本项目核医学科区域禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。同时人员易接触的地方均配备干粉式灭火器。
	防水	本项目核医学科距离地表水体距离较远，不受地表水体影响，同时整个核医学科地面均做了较好的防水设计，项目区域不受地下水影响。
	防盗、防抢和防破坏	①整个核医学科控制区进行封闭管理，并设有门禁系统，非相关人员不能直接进入核医学科内。 ②各个非密封放射性物质储存场所储存场所设置有保险柜并设置双人双锁，非密封放射性物质的转入、转出均由专人进行台账管理。 ③整个核医学科控制区设置严密的监控系统，实行 24h 实施监控，并将核医学科作为保安人员重点巡查范围。
	防泄漏	①本项目使用的各种放射性核素药品均来自于正规生产厂家，出厂时包装用铅罐（10mm 厚铅）密闭，铅罐表面剂量满足标准要求，且用完后的空铅罐经表面去污处理后放置于储源库内待厂家进行回收。 ②核医学科非密封放射性物质工作场所均采取有效的实体屏蔽措施，能够达到《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中的 I、II、III 级工作场所的要求。 ③核医学科储源库设置固定式剂量报警仪，若出现放射性物质泄漏，将进行报警提示；建设单位还自行配备便携式 γ 辐射监测仪及 β 表面沾污仪，并进行定期或不定期场所监测，发现异常及时查明原因并进行处置。

三废的治理

一、废气治理措施

本项目核医学科密封放射性物质工作场所设置有通排风系统，新风量 $1900\text{m}^3/\text{h}$ ，排风量 $2500\text{m}^3/\text{h}$ ，独立设置了 1 个排风管道，且活性室内设置有通风橱，该通风橱在半开的条件下风速不小于 1m/s ，并保持通风橱内负压环境，保持由外向内的空气流通。排风管道最终引至 8 号楼楼顶排放，排风口高度约为 25m，高于 8 号楼楼顶（楼高 23m）。排风管道设置有两级过滤装置，其中一级安装高效过滤器，二级安装活性炭过滤器，总的过滤效率大于 99.9%，排口不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标，同时为防止公众进入楼顶避免不必要的误

照射，要求建设单位将 8 号楼楼顶划为管控区域，并进行封闭管理。为保证过滤效率的有效性，建设单位需根据设备特性定期进行过滤器维护和校准，并将更换下的过滤器作为放射性固废进行管理。

二、固体废弃物处理措施

1、放射性固废处理措施

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要是一次性口杯、注射器、针头和手套等医用器具以及封装药物的铅罐和使用过的钼铯发生器等，涉及的放射性核素包括铯-99m、碘-131、锶-89。本项目活性室、给药室、注射后等待室、服药留观室、服药室和病房内均拟设置放射性固废收集桶（2mm 铅当量），用于分核素种类收集产生的核素放射性固废，到达一定量时转入放射性废物暂存间进行暂存衰变，钼铯发生器交由生产厂家回收处理，本次要求建设单位将定期更换下的活性炭过滤器作为放射性固废进行收集处理。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 $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

2、一般医疗废物处理措施

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转

移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。

三、废水处理措施

本项目放射性废水主要来自于病人的排泄废水和清洗废水，本项目核医学科设置有独立的病人专用卫生间，且设置有独立的排水系统，并与衰变池相连，该衰变池位于核医学科西侧，并将池体埋入地下，且避开人群集中活动区域。池体距离核医学科西侧约 5m 处，下水管道均位于建筑体内及地下，没有外露，尽量减小对公众的辐射影响。

根据污染源分析，核医学科单日最大放射性废水产生量约 0.832m^3 ，放射性废水核素组成包括：碘-131、钨-99m、锶-89，其中半衰期最长的核素为锶-89（50.4d），但由于锶-89 就诊病人量极少，且放射性药物用量也较小，相应产生的废水量也较小，本次评价以废水产生量较大且半衰期时间相对较长的碘-131（10 个半衰期 81 天）核素来核算衰变池容积的有效性。经核算核医学科碘-131 的 10 个半衰期废水产生量为 66.56m^3 。

根据设计，本项目核医学科放射性废水通过下水管道，到达化粪池经自然沉淀和分解后，再进入衰变池进行衰变。化粪池总的有效容积为 17.2m^3 ，2 格并联，单个池体有效容积为 8.6m^3 ；衰变池总的有效容积为 97.2m^3 ，该衰变池为 3 格并联衰变池，单个池体有效容积为 32.4m^3 。本项目衰变池及化粪池均采用地埋式钢筋混凝土结构，进行防腐防水处理，顶板和四周池壁厚 300mm，底板厚 400mm，池与池之间隔板厚 200mm，砼强度等级均为 C30，抗渗等级均为 P8。每个池子配套 2 个潜污水泵和 1 个液位计。衰变池池壁上方设置溢流孔，如果出现液位计失效，电动阀无法及时切换的非正常工况，废水可外溢至其它衰变池。进入化粪池的污水管采用耐酸防腐材料，且管外径用铅皮包住。化粪池及衰变池池壁内表面及池底均抹防水沙浆及耐酸碱腐蚀涂料。检修口井盖为 300mm 厚钢筋混凝土，设有止水条，井盖密封，防止雨水灌入池体。并从衰变池中间向各侧找坡，中间高于各侧，防止雨水长期停留在衰变池顶部。

运行方式：三格衰变池交替使用，放射性废水首先进入到化粪池进行沉淀，沉淀后首先进入一号衰变池，此时，另两格衰变池的进水口和三格衰变池的出水口全部处于关闭状态。当第一格衰变池废液注满后，系统自动关闭一号衰变池进水阀，二号衰变池的进水阀门开启，水泵运转放射性废液进入二号衰变池。当二

号衰变池废液注满后，系统自动关闭二号衰变池进水阀，开启三号衰变池进水阀，当三号衰变池废液注满后，关闭三号衰变池进水阀，一号衰变池排水阀开启，排水泵工作，当一号衰变池排空后，废液重新进入一号衰变池，待一号衰变池再次注满废液后，二号衰变池排水阀开，排水泵工作，二号衰变池再次注满废液后，三号衰变池排水阀开，排水泵工作，如此往复循环。当各池内废水衰变10个半衰期后通过预留取样口进行取样监测，监测达标后通过排水泵将废水排入医院污水管网最后通过医院污水处理站处理后达标排放市政污水管网。

本项目衰变池及化粪池设计的总容量为114.4m³，大于碘-131 10个半衰期废水排放量，且能满足排放口废水总放射性达标，设计合理。同时为保障该衰变池的长效可靠运行还需采取如下管理措施：

①衰变后的废水需监测达标（总 α 排放标准：1Bq/L；总 β 排放标准 10Bq/L）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。

四、噪声的产生及治理措施

本项目运行期通排风系统工作时将产生一定的噪声，由于通排风系统为低功率设备，属于低噪设备，再加上建筑物墙体的隔声作用及医院场址内的距离衰减，其噪声值较小，无需采用专门的降噪措施。

五、环保措施及其投资估算

项目辐射防护措施及其投资估算见表 10-11。本项目总投资 1000 万元，环保投资 182.3 万元，占总投资的 18.23%。

表 10-11 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	设施（措施）		新增环保投资金额（万元）	备注
	已有措施	新增措施		
辐射屏蔽措施	/	核医学科屏蔽房间及防护门、铅玻璃观察窗等	/	纳入主体工程范围
	带屏蔽效果（10mm 铅当量）	带屏蔽效果（10mm 铅当量）的自动核素分药仪 1 台	20.0	/

	的自动核素分药仪 1 台			
	/	活性室带屏蔽效果（20mm 铅当量）的通风橱 1 套	28.0	/
	/	活性室带屏蔽效果（5mm 铅当量）注射窗口操作台 1 个	1.0	/
个人防护用品	个人剂量报警仪 8 个	个人剂量报警仪 3 个	2.5	/
	个人剂量计 9 个	个人剂量计 2 个	0.2	/
	铅衣 8 件、铅眼镜 5 个、铅帽 4 个、铅手套 3 个、铅围脖 4 个、铅屏风 1 扇（均为 0.5mm 铅当量）	/	/	/
	/	污染表面清洗剂	1.0	/
放射性废水	/	控制区独立下水系统及排水管道屏蔽措施	/	纳入主体工程范围
	/	3 格并联衰变池+2 格并联化粪池（总有效容积 114.4m ³ ）	/	
放射性固废	/	活性室、给药室、注射后等待室、服药留观室、服药室和病房设置带屏蔽效果（2mm 铅当量）的放射性固废收集桶 9 个	4.5	/
	/	放射性固废暂存间 1 间	/	纳入主体工程范围
安全装置	/	源库 01、源库 02 的保险柜（双人双锁）2 个	2.0	/
	/	源库 01、源库 02、活性室、甲吸室、放射性废物暂存间、核医学科病人入口、出口、ECT 机房控制室、核医学科通道、核素病房入口、出口、服药室、核素病房通道、核素病房等配备监控系统 1 套	20.0	/
	/	ECT 机房、给药室、服药室、注射后等待室、ECT 留观室、抢救室、核素病房、护士站、值班室等呼叫系统装置 1 套	20.0	/
	/	ECT 机房、给药室、注射窗口、服药室、取餐区等话筒对讲装置 1 套	5.0	/
	/	源库 01、源库 02、放射性废物暂存间、活性室、甲吸室、核素病房入口、出口、ECT 机房控制室、护士	25.0	/

		站等配备固定式辐射监测仪报警系统 1 套		
	/	电离辐射警告若干	1.0	/
	/	核医学科控制区门禁系统 1 套	15.0	/
通风系统	/	独立通排风系统	/	纳入主体工程范围
	/	两级过滤装置	10.0	/
分区管理	/	场所控制区、监督区划分标识	0.1	/
监测设备	/	X-γ 辐射剂量率监测仪 1 台	2.0	/
	β 表面沾污仪 2 台	/	/	/
综合管理	9 名辐射工作人员已参加辐射安全培训并取得证书。	新增的 2 名辐射工作人员应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习并报名参加考核。	2.0	/
	/	规章制度上墙	3.0	/
	/	应急和救助的物资准备	20.0	/
合计			182.3	/

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

1、改造、装修施工的环境影响

本项目涉及的工作场所位于 8 号楼 1 楼，本项目施工期主要是在已有建筑物内进行改造、装修施工。施工期间可能产生的污染物主要为扬尘、废水、噪声、废渣和装修废气等。

(1) 大气环境影响分析

本项目施工期产生废气的作业主要为施工时产生的扬尘及装修废气等。本项目施工期间产生的扬尘量较小，通过建设施工中采取湿法作业，尽量降低粉尘对周围环境的影响，施工期产生的少量扬尘对项目周围大气环境影响较小。装修过程中产生的废气污染物相对较少，加强通风或室内空气净化措施，严格按《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）控制室内环境，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

综上所述，本项目工程量较小，施工期大气污染物对项目所在地环境空气质量影响较小，且这些影响将会随施工期的结束而结束。

(2) 声环境影响分析

本项目施工期噪声源主要有施工机械和设备，由于本项目工程量小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小，但必须重视对施工期噪声的控制，特别是应减小对其他工作单元的不利影响。

施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期声环境影响，施工期噪声污染防治措施具体有：

①合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，22:00~6:00 禁止施工作业。

②优先选用低噪声设备，日常应注意对施工机械、设备的维修、保养，使其保持良好的运行状态。

③对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。

经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，

场界噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523 -2011）标准的要求，影响也是可以接受的，且施工期只在短时期对局部环境造成影响，待施工结束后这些影响也随着消失，施工期噪声对周围声学环境不会造成明显影响。

（3）水环境影响分析

本项目施工期间，施工人员生活会排放一定量的生活污水，可依托医院现有污水收集系统收集处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

（4）固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾。施工期生活垃圾产生量较小，可依托医院已有的环保设施，经医院垃圾桶收集后定期清运。本项目建筑垃圾产生量较小，首先对其中可回收利用部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，由施工单位或承建单位与市政部门联系外运至当地住建部门指定的建筑垃圾堆放场。评价认为施工期的建筑垃圾及生活垃圾均有合适的处置方式，是可行的、合理的，可有效减轻对工程所在地区的生态环境和景观产生的不利影响。

（5）老核医学科搬迁过程影响

搬迁过程中，工作人员均穿戴铅衣、铅手套等个人防护用品，并将放射性物质及部分辐射防护设施（设备）由专人用容器收集，由于搬迁路线距离较短（从3号楼2楼的老核医学科至8号楼1楼的新核医学科，两栋楼相邻），不是院内人流量较大的主要通道，且搬迁时对搬迁路线进行临时管控，因此核医学科搬迁过程对公众人员和周围公众影响较小。

由于项目施工单元与医院临建房相邻，且楼上有病房，为保证其它工作单元正常运营，在施工过程中应加强施工管理。综上所述，本项目施工期较短，施工量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

2、设备安装调试的环境影响

本项目设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员

进入机房所在区域，防止辐射事故发生。

运行阶段对环境的影响

一、核医学科辐射环境影响分析

1、β 射线辐射影响分析

本项目涉及使用的钨-99m、碘-131 和锶-89 核素在衰变过程中会有 β 粒子，根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171），β 粒子在不同介质中的射程按式 11-1 计算：

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

式中：d—最大射程，cm；ρ—屏蔽材料密度，g/cm³

表 11-1 各核素 β 射线在空气中理论最大射程

核 素	^{99m} Tc	¹³¹ I	⁸⁹ Sr
β 射线能量(MeV)	0.002	0.606	1.495
空气密度(g/cm ³)	1.29×10 ⁻³		
空气中的射程（cm）	0.775	235	579
混凝土密度(g/cm ³)	2.35		
混凝土中的射程（cm）	4.26×10 ⁻⁴	0.129	0.318
铅玻璃密度(g/cm ³)	7.36		
铅玻璃中射程（cm）	1.36×10 ⁻⁴	0.041	0.101
铅密度(g/cm ³)	11.34		
铅中的射程（cm）	8.82×10 ⁻⁵	2.67×10 ⁻²	6.59×10 ⁻²

由上表可以看出钨-99m、碘-131 和锶-89 核素产生的 β 射线在空气中的射程是很短的，最大约为 5.79m 左右，而本项目非密封放射性物质工作场所均设置了足够的空间，同时 β 射线在混凝土中的射程最大为 0.318cm，在铅玻璃中的射程最大为 0.101cm，在铅中的射程最大为 6.59×10⁻²cm，医生在操作过程中有 20mm 铅当量防护厚度的通风橱和铅玻璃进行屏蔽，在整个使用过程中职业人员还穿戴有 0.5mm 铅当量的防护铅服，此外本项目涉及的辐射工作场所采用至少 25cm 厚混凝土墙体、15cm 厚混凝土楼板和 3mm 铅当量防护厚度的铅门等进行屏蔽，且还采取了距离隔离措施，因此所以本项目 β 射线对周围辐射环境影响是很小的。

2、β 表面沾污

β 表面沾污的影响主要来源于医生操作时，放射性物质逸出或飞散在操作台、地板、墙壁、个人防护用品等表面，对职业人员和公众造成辐射影响，因此，

为了使本项目非密封放射性物质工作场所的 β 表面污染水平达到 GB18871-2002 规定的要求，环评要求建设方要做到以下防护措施：

- ①使用、操作放射性同位素的人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；
- ②开瓶、转移、标记、分离纯化等易产生放射性物质逸出或飞散的操作，其操作须在通风柜内进行；
- ③操作液体放射性物质应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料；
- ④吸取液体的操作必须用合适的器具，严禁用口吸取；
- ⑤不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作；
- ⑥放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污。工作人员应进行淋浴；
- ⑦放射性药品用后应及时存放在专用柜内，需防盗、防水、防火、柜外应有电离辐射标志；
- ⑧做好就诊病人的管理，特别是已服药和注射放射性药品的病人管理工作，严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随处走动。
- ⑨如 β 表面污染水平超过 GB18871-2002 规定值（规定限值见本报告表 7-2 工作场所放射性表面污染控制水平），医院应暂停开展核医学活性区的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务，同时辐射工作人员出现手、皮肤、内衣、工作袜等出现污染情况（超过 0.4 Bq/cm^2 ）需及时进行去污操作并暂停放射性物质操作评估其受照射剂量，并根据评估结果采取下一步措施（调整工作或接受治疗等）。

3、 γ 射线辐射影响分析

（1）预测模式

因预测点位与放射性核素操作位置间的距离比装药瓶的几何尺寸大 5 倍以上，故可视为点源。应用 γ 射线点源剂量率计算公式进行预测，计算公式如式 11-2~11-4 所示。

$$X = A \cdot \Gamma / r^2 \dots\dots\dots \text{式 11-2}$$

$$D = 8.73 \times 10^{-3} X \dots\dots\dots \text{式 11-3}$$

$$H_s = D \cdot W_R \cdot W_T \dots\dots\dots \text{式 11-4}$$

式中：A—放射源的活度，Ci；

Γ —放射性核素的 Γ 常数，R m²/h Ci，

X—照射量率，单位 R/h；

r—参考点距离源的距离，m；

D—吸收剂量率，Gy/h；

H_s—有效剂量率，Sv/h；

W_T—辐射权重，取 1；

W_R—权重因子，取为 1。

职业人员操作过程中医生穿着有防护铅服，并在屏蔽体中进行操作，公众位于屏蔽房间外，本次评价还考虑屏蔽材料减弱因素。本次评价按半值层法进行减弱系数计算。

$$K = 0.5^{\frac{d}{HVL}} \dots\dots\dots \text{式 11-5}$$

式中：HVL—半值层厚度（mm）；

d—屏蔽厚度（mm）；

K—衰减系数。

（2）预测计算所依据参数

本项目各预测参数选取见表 11-2。

表 11-2 预测参数表

核素	单个病人用药量（mCi）	γ 射线能量（MeV）	人员	操作方式	受照射时间（min）	年接诊人次（人）	年操作时间（h）
^{99m} Tc	30	0.14	职业	制药、分药	2	5000	166.7
				注射	0.5		41.7
				显像	20		1666.7
			公众	制药、分药	2		166.7
				注射	0.5		41.7
				观察	30		2500.0
				显像	20		1666.7
¹²⁵ I(粒籽源)	96	0.0355	职业	分装	1	50	0.8
				植入	1		0.8
			公众	分装	1		0.8
				植入	1		0.8
				观察	/		/

^{131}I (甲癌)	150	0.364	职业	分药	0.5	200	1.7
				服药	0.5		1.7
			公众	分药	0.5		1.7
				服药	0.5		1.7
				观察	/		/
^{131}I (甲亢)	5	0.364	职业	分药	0.5	750	6.3
				服药	0.5		6.3
			公众	分药	0.5		6.3
				服药	0.5		6.3
				观察	30		375.0
^{131}I (甲吸)	0.004	0.364	职业	分药	0.5	1250	10.4
				服药	0.5		10.4
			公众	分药	0.5		10.4
				服药	0.5		10.4

*注：在非住院病人观察期间，医生一般不近距离直接接触病人，病人直接在注射后等待室、服药留观室休息等待，因此不考虑非住院病人观察期间对职业人员的影响；在住院病人观察期间，医生一般通过监控摄像头和电话对讲装置远程观察，不近距离直接接触病人，因此不考虑住院病人观察期间对职业人员的影响。 ^{125}I （粒籽源）和 ^{131}I （甲癌）为住院病人（最长住院7天），观察时间与周围公众停留时间有关，针对不同公众，观察时间不同，具体观察时间见 ^{125}I （粒籽源）和 ^{131}I （甲癌）操作过程 γ 射线的影响计算。

(3) 预测结果

各关注点的 γ 辐射剂量率及年有效剂量预测结果见表11-3~11-7。

表 11-3 铈-99m 操作过程 γ 射线的影响计算

人员	操作方式	距 γ 源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	年操作时间 (h)	经过屏蔽后 γ 射线辐射剂量率预测值 (mSv/h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
职业	制药、分药	0.5	20.5mm 铅	166.7	4.79E-22	1	7.98E-20
	注射	1.0	5.5mm 铅	41.7	1.35E-07	1	5.62E-06
	显像	4.0	250mm 混凝土	1666.7	1.06E-06	1	1.76E-03
楼上病房公众	制药、分药	3.3	150mm 混凝土	10.0	3.62E-05	1	3.62E-04
	注射	3.3		2.5	3.62E-05	1	9.06E-05
	观察	3.3		150.0	3.62E-05	1	5.43E-03
	显像	3.3		100.0	3.62E-05	1	3.62E-03

院内道路 公众	制药、 分药	3	250mm 混凝土	166.7	1.88E-06	0.0625	1.96E-05
	注射	3		41.7	1.88E-06	0.0625	4.89E-06
	观察	3		2500.0	1.88E-06	0.0625	2.93E-04
氧气站、 负压站公 众	显像	3		1666.7	1.88E-06	0.0625	1.96E-04

*注：①职业人员制药、分药过程中穿着有防护铅服（0.5mmPb），并在 20mm 铅当量的通风橱屏蔽体中进行操作，职业人员注射过程中穿着有防护铅服（0.5mmPb），并在 5mm 铅当量注射防护装置的注射窗口操作台进行操作；②根据平面布置图，公众预测均选择距离最近的代表性敏感目标进行预测评价；③锝-99m 病人为非住院病人，针对楼上病房公众，住院时间最长为 15 天，并非全年住院，因此楼上病房公众保守按其最长住院 15 天内锝-99m 实际操作时间统计年操作时间；针对院内道路公众，按锝-99m 实际操作时间来统计年操作时间。

表 11-4 碘-125 粒籽源操作过程 γ 射线的影响计算

人员	操作方式	距 γ 源 距离 (m)	屏蔽材料 及厚度	年操作 时间 (h)	经过屏蔽后 γ 射线辐射剂量 率预测值 (mSv/h)	居留 因子	年有效剂量 (mSv/a)
职业	分装	0.5	0.5mm 铅	0.8	2.24E-07	1	1.79E-07
	植入	1		0.8	5.59E-08	1	4.48E-08
楼上 病房 公众	分装	3.3	150mm 混凝土	0.25	2.77E-14	1	6.93E-15
	观察	3.3	150mm 混凝土 +12mm 铅板	360.0	8.88E-159	1	3.20E-156
院内 道路 公众	分装	3	250mm 混凝土	0.8	9.99E-22	0.0625	5.00E-23
	观察	3	300mm 混凝土	2000.0	1.73E-25	0.0625	2.16E-23
植入 机房 楼上 楼下 公众	植入	3.3	220mm 混凝土	0.8	1.50E-19	1	1.20E-19
植入 机房 周围 公众	植入	3	370mm 实心砖	0.8	3.66E-23	1	2.92E-23

*注： ^{125}I （粒籽源）为住院病人（最长住院 7 天），在其住院观察期间，针对楼上病房公众，住院时间最长为 15 天，并非全年住院，因此楼上病房公众保守按其最长住院 15 天统计年操作时间，即 $24\text{h/d} \times 15\text{d} = 360\text{h}$ ；针对院内道路公众，也不是全年每天都在院内，保守按核医学科工作时间 2000h/a （ $=8\text{h/d} \times 250\text{d/a}$ ）统计年操作时间； ^{125}I （粒籽源）病人植入时按其实际操作时间统计年操作时间。

表 11-5 碘-131（甲亢）分药、给药、观察过程 γ 射线的影响

人员	操作方式	距 γ 源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	年操作时间 (h)	经过屏蔽后 γ 射线辐射剂量率预测值 (mSv/h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
职业	分药	1	10.5mm 铅	6.3	8.49E-04	1	5.35E-03
	服药	1		6.3	8.49E-04	1	5.35E-03
楼上病房公众	分药	3.3	150mm 混凝土	0.375	2.76E-05	1	1.03E-05
	服药	3.3		0.375	2.76E-05	1	1.03E-05
	观察	3.3		22.5	2.76E-05	1	6.20E-04
院内道路公众	分药	3	250mm 混凝土	6.3	3.31E-06	0.0625	1.30E-06
	服药	3		6.3	3.31E-06	0.0625	1.30E-06
	观察	3		375.0	3.31E-06	0.0625	7.75E-05

*注：碘-131（甲亢）病人为非住院病人，针对楼上病房公众，住院时间最长为 15 天，并非全年住院，因此楼上病房公众保守按其最长住院 15 天内碘-131（甲亢）实际操作时间统计年操作时间；针对院内道路公众，按碘-131（甲亢）实际操作时间来统计年操作时间。

表 11-6 碘-131（甲癌）分药、给药、观察过程 γ 射线的影响

人员	操作方式	距 γ 源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	年操作时间 (h)	经过屏蔽后 γ 射线辐射剂量率预测值 (mSv/h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
职业	分药	1	10.5mm 铅	1.7	2.55E-02	1	4.33E-02
	服药	1		1.7	2.55E-02	1	4.33E-02
楼上病房公众	分药	3.3	150mm 混凝土 +12mm 铅板	0.1	5.17E-05	1	5.17E-06
	服药	3.3		0.1	5.17E-05	1	5.17E-06
	观察	3.3	150mm 混凝土 +12mm 铅板	360	5.17E-05	1	1.86E-02
院内道路公众	分药	3	300mm 钢筋混凝土	1.7	3.13E-05	0.0625	3.32E-06
	服药	3		1.7	3.13E-05	0.0625	3.32E-06
	观察	3	300mm 钢筋混凝土	2000.0	3.13E-05	0.0625	3.91E-03
氧气站、负压站公众	观察	3	300mm 钢筋混凝土	2000.0	3.13E-05	0.0625	3.91E-03

*注： ^{131}I （甲癌）为住院病人（最长住院 7 天），在其住院观察期间，针对楼上病房公众，住院时间最长为 15 天，并非全年住院，因此楼上病房公众保守按其最长住院 15 天统计年操作时间，即 $24\text{h/d} \times 15\text{d} = 360\text{h}$ ；针对院内道路及南侧氧气站、负压站公众，也不是全年每天都在院内，保守按核医学科工作时间 $2000\text{h/a} (=8\text{h/d} \times 250\text{d/a})$ 统计年操作时间； ^{131}I （甲癌）病人分药、服药按其实际操作时间统计年操作时间。

表 11-7 碘-131（甲吸）分药、给药过程 γ 射线的影响

人员	操作方式	距 γ 源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	年操作时间 (h)	经过屏蔽后 γ 射线辐射剂量率预测值 (mSv/h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
职业	分药	1	10.5mm 铅	10.4	6.79E-07	1	7.06E-06
	服药	1		10.4	6.79E-07	1	7.06E-06
楼上病房公众	分药	3.3	150mm 混凝土	0.625	2.20E-08	1	1.38E-08
	服药	3.3		0.625	2.20E-08	1	1.38E-08
院内道路公众	分药	3	250mm 混凝土	10.4	2.65E-09	0.0625	1.72E-09
	服药	3		10.4	2.65E-09	0.0625	1.72E-09

*注：碘-131（甲吸）病人为非住院病人，针对楼上病房公众，住院时间最长为 15 天，并非全年住院，因此楼上病房公众保守按其最长住院 15 天内碘-131（甲吸）实际操作时间统计年操作时间；针对院内道路公众，按碘-131（甲吸）实际操作时间来统计年操作时间。

(4) 剂量估算

①职业人员

本项目正常运行时，根据核医学科安排，核素碘-131（甲癌）由 2 名辐射工作人员专门进行操作，其他核素由剩余 9 人操作。因此针对核素碘-131（甲癌），假设均由同一职业人员完成所有操作，由表 11-6 可知，最大受照射年剂量为 $4.33 \times 10^{-2} \text{mSv/a} + 4.33 \times 10^{-2} \text{mSv/a} = 8.66 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ；针对其他核素，假设均由同一职业人员完成所有操作，由表 11-3~11-5、11-7 可知，最大受照射年剂量为 $7.98 \times 10^{-20} \text{mSv/a} + 5.62 \times 10^{-6} \text{mSv/a} + 1.76 \times 10^{-3} \text{mSv/a} + 1.79 \times 10^{-7} \text{mSv/a} + 4.48 \times 10^{-8} \text{mSv/a} + 5.35 \times 10^{-3} \text{mSv/a} + 5.35 \times 10^{-3} \text{mSv/a} + 7.06 \times 10^{-6} \text{mSv/a} + 7.06 \times 10^{-6} \text{mSv/a} = 1.25 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，均低于职业照射年有效剂量约束值 5mSv/a。

②公众

由表 11-3~11-7 可知，楼上病房公众最大受照射年剂量为 $2.88 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，院内道路公众最大受照射年剂量为 $4.31 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，氧气站、负压站公众最大受照射年剂量为 $4.10 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，均低于公众照射年有效剂量约束值 0.1mSv/a。

针对表 7-1 中其他环境保护目标的受照射剂量，主要根据辐射强度与距离的平方成反比的关系来计算：

地面停车场：公众受照射剂量=氧气站、负压站公众受照射剂量 $\times 3\text{m} \times 3\text{m}$ / $(23\text{m} \times 23\text{m}) = 4.10 \times 10^{-3} \text{mSv/a} \times 3\text{m} \times 3\text{m} / (23\text{m} \times 23\text{m}) = 6.98 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ；

候诊大厅：公众受照射剂量=院内道路公众受照射年剂量×居留因子×3m×3m / (8.5m×8.5m) =4.31×10⁻³mSv/a×4 (候诊大厅居留因子为 1/4，院内道路居留因子为 1/16，反推居留因子则应乘以 4) ×3m×3m / (8.5m×8.5m) =2.15×10⁻³ mSv/a；

医院临建房：公众受照射剂量=院内道路公众受照射年剂量×居留因子×3m×3m / (15m×15m) =4.31×10⁻³mSv/a×16 (医院临建房居留因子为 1，院内道路居留因子为 1/16，反推居留因子则应乘以 16) ×3m×3m / (15m×15m) =2.76×10⁻³mSv/a；

3 号楼：公众受照射剂量=院内道路公众受照射年剂量×居留因子×3m×3m / (27m×27m) =4.31×10⁻³mSv/a×16 (3 号楼居留因子为 1，院内道路居留因子为 1/16，反推居留因子则应乘以 16) ×3m×3m / (27m×27m) =8.52×10⁻⁴mSv/a；

和馨苑及上栖美塾：和馨苑及上栖美塾为居民楼，长期停留，住院病人观察期间对其辐射影响应重新考虑，住院病人观察期间的年操作时间保守取居民楼停留时间 24h/d×365d/a=8760h/a，因此和馨苑公众受照射剂量=(院内道路公众受照射年剂量-院内道路公众受核素碘-131 (甲癌) 和碘-125 (粒籽源) 住院病人的照射年剂量) ×居留因子×3m×3m / (47m×47m) +院内道路公众受核素碘-131 (甲癌) 和碘-125 (粒籽源) 住院病人观察期间的经过屏蔽后 γ 射线辐射剂量率预测值 (mSv/h) ×年操作时间 (h) ×居留因子×3m×3m / (47m×47m)。其中，居留因子：和馨苑居留因子为 1，院内道路居留因子为 1/16，反推居留因子则应乘以 16。即 (4.31×10⁻³mSv/a-3.91×10⁻³mSv/a-2.16×10⁻²³mSv/a) ×16×3m×3m / (47m×47m) + (1.73×10⁻²⁵mSv/h+3.13×10⁻⁵mSv/h) ×8760h/a×16×3m×3m / (47m×47m) =1.77×10⁻²mSv/a。同理可得上栖美塾公众受照射剂量为 1.70×10⁻²mSv/a。

综上，本项目 50m 评价范围内公众均满足 0.1mSv/a 年有效剂量约束值要求。

根据前述分析，本项目 50m 评价范围内主要环境保护目标受照射剂量计算结果见表 11-8。

表 11-8 主要环境保护目标受照射剂量计算结果表

保护名单	人数(人)	方位	位置	距离辐射源最近距离(m)		最大受照射剂量 (mSv/a)
				水平	垂直	
核医学科内职业人员	11	/	活性室、甲吸室、办公室、值班室、ECT 机房的控制室、发药控制室等	0.5	/	8.66×10^{-2}
进入核医学科的陪护公众	流动人群	东侧	候诊大区	8.5	/	2.15×10^{-3}
核医学科周围的公众	流动人群	南侧	氧气站、负压站	3.0	/	4.10×10^{-3}
	流动人群	南侧	地面停车场	23.0	/	6.98×10^{-5}
	流动人群	西侧	院内道路	3.0	/	4.31×10^{-3}
	约 20 人	西侧	医院临建房	15.0	/	2.76×10^{-3}
	约 30 人	西侧	上栖美塾	48.0	/	1.70×10^{-2}
	约 40 人	西侧	和馨苑	47.0	/	1.77×10^{-2}
	流动人群	北侧	院内道路	3.0	/	4.31×10^{-3}
	约 15 人	西北侧	3 号楼	27.0	/	8.52×10^{-4}
	约 60 人	楼上	肿瘤科病房	/	3.3	2.88×10^{-2}

二、大气环境影响分析

本项目核医学科控制区房间内按要求设置有独立排风系统，同时活性室内通风橱还设立有独立排风管道，并将废气引至楼顶进行排放。由于本项目涉及的非密封放射性物质均属于液态，操作量相对较小，挥发量也较小，且排风管道设置有活两级过滤装置，其中一级安装高效过滤器，二级安装活性炭过滤器，总的过滤效率大于 99.9%，本项目产生的废气经独立排风系统过滤排至室外自然稀释后对环境的影响较小。

本项目放射性气体主要来源于核医学科产生的碘-131 气态性流出物。

(1) 源强计算

本次评价按碘-131 日最大用量 ($1.73 \times 10^{10} \text{Bq}$) 进行计算，碘-131 挥发量按 0.1% 进行核算，根据设计核医学科废气排放口总的排风量为 $2500 \text{m}^3/\text{h}$ ，两级过滤器过滤效率为 99.9%，经计算核医学科碘-131 排放速率 $= 1.73 \times 10^{10} \text{Bq} \times 0.1\% \times (1 - 99.9\%) / (8 \text{小时}) = 2200 \text{Bq/h}$ ，排口平均排放浓度 $= 2200 \text{Bq/h} / 2500 \text{m}^3/\text{h} = 0.88 \text{Bq/m}^3$ 。

(2) 公众受照射剂量估算

碘-131 放射气体关键照射途径为吸入内照射，公众吸入内照射待积有效剂量计算公示如下：

$$H_{hi} = T C_{ai} u f g_{hi} \dots \dots \dots \text{式 11-6}$$

式中：

H_{hi} —吸入内照射待积有效剂量，Sv/a；

T —受照时间，h/a；

u —为个人正常情况下的呼吸率， m^3/h ；

C_{ai} —评价点的空气浓度， Bq/m^3 ；

g_{hi} —为吸入放射性核素 i 产生的待积有效剂量转换因子；

f —转换因子，取 1。

本次评价按点源计算，根据《环境影响评价技术导则-大气环境》附录 A 推荐模型中的 AERSCREEN 模式，点源污染源计算参数、估算模型参数表 and 不同距离处碘-131 气态性流出物落地浓度及吸入内照射待积有效剂量分别见表 11-9、表 11-10 和表 11-11。

表 11-9 点源污染源计算参数一览表

编号	名称	排气筒底部中心坐标 /m		排气筒底部海拔高度/m	排气筒高度/m	排气筒出口内径/m	排风量	烟气温度/℃	年排放小时数/h	排放工况	污染物排放速率(Bq/h)
		X	Y								
1	碘-131	387770	3396719	539	25	0.2	2500	环境气温	2000	正常	2200

表 11-10 估算模型参数表

参数		取值
城市农村/选项	城市/农村	城市
	人口数(城市人口数)	/
最高环境温度		38℃
最低环境温度		-5.9℃
土地利用类型		建设用地
区域湿度条件		湿润地区
是否考虑地形	考虑地形	是
	地形数据分辨率(m)	90
是否考虑海岸线熏烟	考虑海岸线熏烟	否
	海岸线距离/km	/
	海岸线方向/o	/

表 11-11 放射性气体不同距离处落地浓度计算结果

序号	离源距离(m)	碘-131 气载性流出物 (Bq/m ³)	碘-131 吸入内照射待积年 有效剂量 (mSv/a)
1	10	6.40E-07	1.80E-08
2	19 (医院临建房)	9.51E-06	2.67E-07
3	25	6.63E-05	1.86E-06
4	30	7.40E-05	2.08E-06
5	31 (3 号楼)	7.22E-05	2.03E-06
6	50	4.68E-05	1.32E-06
7	51 (和馨苑)	4.57E-05	1.29E-06
8	52 (上栖美塾)	4.44E-05	1.25E-06
9	75	3.13E-05	8.80E-07
10	100	3.20E-05	9.00E-07
11	125	3.47E-05	9.76E-07
12	150	3.93E-05	1.11E-06
13	175	4.09E-05	1.15E-06
14	200	4.07E-05	1.14E-06
15	225	3.96E-05	1.11E-06

16	250	3.79E-05	1.07E-06
17	275	3.66E-05	1.03E-06
18	300	3.88E-05	1.09E-06
19	325	3.96E-05	1.11E-06
20	350	3.99E-05	1.12E-06
21	375	3.98E-05	1.12E-06
22	400	3.94E-05	1.11E-06
23	425	3.88E-05	1.09E-06
24	450	3.81E-05	1.07E-06
25	475	3.73E-05	1.05E-06
26	500	3.66E-05	3.09E-07

注：离源距离是指距排风口的水平距离。

根据表 11-11，碘-131 气载性流出物所致公众最大受照射剂量为 $2.08 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ ，满足 0.1mSv/a 剂量约束值，因此本项目排放的放射性气体对周围辐射环境影响较小。

三、水环境影响分析

本项目放射性废水 10 个半衰期产生量为 66.56m^3 ，该部分废水先排入化粪池经自然沉淀和分解后，再排入衰变池进行衰变，放射性废水在衰变池停留 10 个半衰期后，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。

四、固体废物环境影响分析

1、放射性固体废物

本项目放射性固废产生量为 4.45kg/天 ，核素种类包含：钨-99m、碘-131、锶-89，医院采用专门固废收集桶分类收集后，衰变 10 个半衰期并监测达标后转移至医疗废物暂存库，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，不外排；更换下的活性炭过滤器产生量为 20kg/a ，衰变 10 个半衰期并监测达标后作为普通固废处置；废钨钨发生器由厂家定期回收，对周围环境影响较小。

2、非放射性固体废物

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转

移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。此外本项目工作人员产生的少量生活垃圾经医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理，本项目对周围环境影响较小。

五、声环境影响分析

本项目运行期通排风系统工作时将产生一定的噪声，由于通排风系统为低功率设备，属于低噪设备，再加上建筑物墙体的隔声作用及医院场址内的距离衰减，其噪声值较小，无需采用专门的降噪措施，对周围声环境影响较小。

六、辐射事故影响分析及应急措施

（一）事故等级判断依据

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 11-12。

表 11-12 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	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

同时根据《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 11-13。

表 11-13 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

(二) 非密封放射性物质辐射事故影响分析

1、事故类型

根据污染源分析本项目核医学科可能存在的最大潜在辐射事故包括：

- ①放射性药物试剂发生丢失或被盗；
- ②试剂操作时打翻、洒漏造成操作台、地面、仪器设备表面污染；
- ③发生火灾造成的放射试剂瓶撒漏。

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：非密封放射性物质操作时，发生辐射事故判定因子为：事故造成一定范围内环境剂量率、事故造成水环境污染时放射性物质的释放量（以 Sr-90 当量为标准）、事故造成地表、土壤污染时放射性物质的释放量（以 Sr-90 当量为标准）。

2、判定因子：环境剂量率

(1) 事故情景假设

①放射性核素分装过程中导致放射性药物试剂瓶或铅罐打翻或破碎，或放射性药物分装过程中造成放射性药物泄漏，本次以核素单日最大操作量计算，并考虑日操作量相对较大的钼-99、锝-99m 和碘-131 核素。

- ②若发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；
- ③受照人员不考虑任何屏蔽措施。

(2) 剂量估算模式与参数选取

根据式 11-2~11-3，分别计算距辐射源 0.1m、0.2m、0.5m、1.0m、2.0m、5.0m、10m、12.6m 处的剂量率。

(3) 计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 0.1m~12.6m 范围内剂量率，计算结果见表 11-14。

表 11-14 放射性药物丢失和撒漏事故和下不同距离处剂量率分布表

距源距离 (m)	各事故持续时段的 γ 射线剂量率 (mGy/h)		
	钼-99	锝-99m	碘-131
0.1	1.57E+01	8.90E+01	8.93E+01
0.2	7.86E+00	2.23E+01	2.23E+01

0.5	3.14E+00	3.56E+00	3.57E+00
1.0	1.57E+00	8.90E-01	8.93E-01
2.0	7.86E-01	2.23E-01	2.23E-01
5.0	3.14E-01	3.56E-02	3.57E-02
10.0	1.57E-01	8.90E-03	8.93E-03
12.6	1.25E-01	5.61E-03	5.63E-03

(4) 事故后果

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：500m²（半径为 12.6m）范围的环境剂量率超过 0.1mSv/h，结合表 11-31 可知，本项目放射性药品在撒漏情况下构成一般辐射事故。

3、判定因子：事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量（以 Sr-90 当量为标准）

锶-90 当量释放量=评价核素释放量（Bq）×评价核素食入待积有效剂量（Sv/Bq）/锶-90 食入待积有效剂量（Sv/Bq）

本次评价以本次以核素单日最大操作量最为事故状态下的释放量，并以日操作量相对较大的氟-18、钼-99、锝-99m 和碘-131 核素进行评价，各核素事故状态下锶-90 当量释放量见表 11-15。

表 11-15 事故状态下锶-90 当量释放量计算表

核素	评价核素日最大操作量（Bq）	锶-90 食入所致待积有效剂量（Sv/Bq）*	评价核素食入所致待积有效剂量（Sv/Bq）*	锶-90 当量释放量（Bq）
钼-99	3.70×10 ¹⁰	2.3×10 ⁻⁷	5.5×10 ⁻⁹	8.85E+08
锝-99m	2.22×10 ¹⁰	2.3×10 ⁻⁷	2.0×10 ⁻¹⁰	1.93E+07
碘-131	1.73×10 ¹⁰	2.3×10 ⁻⁷	1.8×10 ⁻⁷	1.35E+10

*注：食入所致待积有效剂量根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B6 查得。

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 1.0E+11Bq 的 Sr-90 当量时或者事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量小于 1.0E+12Bq 的 Sr-90 当量时为一般辐射事故。根据表 11-32 计算结果，本项目发生辐射事故，各核素事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量均小于上述限值，为一般辐射事故。

综上，本项目非密封放射性物质使用过程中发生辐射事故时，为一般辐射事故。

(四) 辐射事故应急措施

发生辐射事故时，采取的应急处理措施如下：

(1) 由于操作不慎，有少量的液态药物溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

(2) 因不慎造成放射性核素大面积污染了地面或台面时，应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。人体溅污放射性核素时，应先用吸水纸吸干体表，避免污染面积扩大，之后根据不同核素分别去污，最终去污标准需达到 $0.4\text{ Bq}/\text{cm}^2$ 。

(3) 若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（环保、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

(4) 放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，非密封放射性物质工作场所的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 建设单位以“成五院发[2020]10 号”文成立了辐射安全与防护管理委员会，成员组成见表 12-1。	
表 12-1 辐射安全与防护管理委员会组成表	
主任委员	邱*
副主任委员	唐**、晏*
委员	张**、聂*、赵**、潘*、李**、付*、胡**、何*、李*、陈*、顾**、文**、曹**、李*、王**、刘*、陈*
秘书	陈*（兼）
辐射安全与防护管理领导委员会职责包括：①负责医院辐射防护与环境保护工作的监督与检查，并经常检查各项相关规章制度、辐射防护措施及环境保护措施落实情况；②根据相关法律法规政策组织修订辐射事故应急预案及规章制度；③负责辐射工作人员个人剂量和健康管理，并组织开展对辐射工作场所进行年度监测和年度评估报告的编制工作；④组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习，并落实辐射工作人员上岗培训计划；⑤负责对医院所有辐射安全与防护设施、设备进行定期保养，做好保养记录，如有损坏及时协同相关部门进行处理。⑥组织医院开展辐射事故应急演练及辐射事故应急处置及调查公众。	
辐射安全管理规章制度 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 年修改）（环境保护部第 3 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的相关管理要求，非密封放射性物场所的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）的相关要求，将建设单位需要制定的列于表 12-2。	

表 12-2 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		落实情况	备注
1	综合	辐射安全和防护管理规定（综合性文件）	已制定	将本项目纳入管理
2		放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）	拟制定	/
3		辐射工作场所安全保卫制度	已制定	将本项目纳入管理
4	场所设施	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	拟制定	/
5		非密封放射性物质操作规程（分操作核素或诊治类别进行制定）	拟制定	/
6		去污操作规程	拟制定	/
7		SPECT 操作规程	拟制定	/
8		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定	将本项目纳入管理
9		患者管理规定	拟制定	/
10		放射性药物（体内）治疗病房管理规定	拟制定	/
11	监测	监测方案	已制定	将本项目纳入管理
12		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	将本项目纳入管理
13	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定	将本项目纳入管理
14		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	将本项目纳入管理
15	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	将本项目纳入管理
16	三废	放射性“三废”管理规定	已制定	需完善,将本项目纳入管理
17	大纲	放射性治疗保证大纲及质量控制计划	拟制定	/

建设单位需在医院辐射安全管理领导小组组织下及时定制上述各项规章制度，明确各科室人员责任，并严格落实。辐射安全管理领导小组需定期对辐射安全规章制度执行情况进行评议，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。同时各辐射工作场所职业人员操作室或医生办公室内需将所有制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“非密封放射性物质操作规程”、“SPECT 操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm。

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”，为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《操作非密

封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

1、个人剂量监测

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49号）做好个人剂量管理的工作。加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，并建立个人剂量档案终生保存。

当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，并进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

2、辐射工作场所监测

（1）监测内容：X- γ 辐射剂量率、 β 表面沾污及衰变池废水总 β 。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，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；

（3）监测频度：对于 X- γ 辐射剂量率和 β 表面沾污应自行配备监测设备每 1 个月监测 1 次，废水总 β 应在每次排放前委托有资质单位进行采样监测。另外建设单位需每年委托有监测资质的单位在项目正式投运前开展验收监测，并在投运后每年定期开展年度监测，并于每年 1 月 31 日前向四川省生态环境厅提交。

（4）监测范围：非密封放射性物质工作场所主要监测控制区人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等表面沾污，以及控制区内所有场所及控制区外邻近房间的 γ 辐射剂量率和 β 表面沾污。

（5）监测设备：X- γ 辐射剂量率监测仪、 β 表面沾污仪。

（6）质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表 12-3 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	非密封放射性物质工作场所	β 表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	每月一次(记录监测数据存档)	β 表面沾污仪
		γ 辐射剂量率	控制区内所有场所、控制区外邻近房间	每月一次(记录监测数据存档)	X- γ 辐射剂量率监测仪
委托监测	非密封放射性物质工作场所	β 表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	(1) 竣工环保验收监测; (2) 编制辐射防护年度评估报告(每年)	表面沾污仪
		γ 辐射剂量率	控制区、监督区		X- γ 辐射剂量率监测仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次(需建立个人剂量档案)	个人剂量计
		总 β	衰变池排放口	每次排放前	委托监测

辐射事故应急

为了加强对放射性同位素的安全和防护的监督管理,促进放射性同位素的安全应用,保障人体健康,保护环境,建设单位已制定《辐射事故应急预案》,并设立了领导小组,该应急预案包括:辐射事故分级、预案适应范围、辐射事故的预防、组织机构及职能、辐射事故的报告、辐射事故的处理等。其内容较全、措施具体,针对性较强、便于操作,在应对放射性事故和突发性事件时基本可行,环评要求将本项目纳入预案应急适用范围,并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备,定期组织演练。

一旦发生辐射事故,应立即启动应急预案,采取必要的应急措施,并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》,由应急领导小组按辐射事故应急预案上报程序逐级上报主管单位,同时上报公安部门,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）核医学科搬迁项目

建设单位：成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）

建设性质：改扩建

建设地点：成都市温江区柳城镇麻市街 33 号成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）内

本项目建设内容：将 8 号楼 1 楼空房间改造为新核医学科，包括辐射工作场所和配套的办公室、值班室和实验室等，涉及使用的非密封放射性物质包括：钼-99、钨-99m、碘-131、碘-125（粒籽源）和锶-89，非密封放射性物质工作场所等级为乙级，配置使用 1 台 SPECT（不带 CT 功能）。本项目总投资 1000 万元，环保投资 182.3 万元，占总投资的 18.23%。

2、本项目产业政策符合性分析

项目属于核技术在医学领域内的运用，根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目的建设属于其中第六项核能中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

3、本项目选址及平面布局合理性分析

医院所在区域道路、给排水、电力等城市基础配套设施完善，为项目建设提供了良好条件；本项目周围没有建设的制约因素，且该辐射工作场所相对独立，为专门的辐射工作场所，本项目产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境的影响较小，其选址是合理的。本项目辐射工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护来进行布置，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区或其它人流活动区；在设计阶段，所有辐射工作场所均进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。综上所述，项目总平面布置是合理的。

4、工程所在地区环境质量现状

根据现场监测，8号楼1楼内及周围X- γ 辐射剂量率范围为79nSv/h~86nSv/h，辐射权重因子取1，即79nGy/h~86nGy/h，属于当地正常本底辐射水平（注：参照生态环境部《2018年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率范围为65.5nGy/h~214.2nGy/h）。

5、环境影响评价结论

（1）辐射环境影响分析

经现场监测和模式预测，在正常工况下，对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价5mSv的职业人员年剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价0.1mSv的公众人员年剂量约束值。

（2）大气的环境影响分析

本项目非密封放射性物质工作场所产生的放射性废气经过滤排放后对周围辐射环境影响较小。

（3）废水的环境影响分析

本项目放射性废水先排入化粪池经自然沉淀和分解后，再排入衰变池进行衰变，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。

（4）固体废物的环境影响分析

本项目放射性固废采用专门固废收集桶分类收集后，衰变10个半衰期并监测达标后转移至医疗废物暂存库，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，不外排；更换下的活性炭过滤器经暂存衰变10个半衰期并监测达标后作为普通固废处置；废钼铯发生器由厂家定期回收，对周围环境影响较小。

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。

（5）声环境

本项目核医学科非密封放射性物质工作场所噪声较小，经墙体隔离和距离衰减后对周围声环境影响较小。

6、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求补充制定相关安全管理制度并完善辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

7、环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

8、辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，考试（核）合格，有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

9、项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目在成都市温江区柳城镇麻市街 33 号成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议

（1）在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

（2）认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

（3）不断提高工作人员素质，增强职工环保意识和安全意识，做好辐射防护设施、设备的维护保养，避免发生辐射事故。

承诺

（1）对未参加辐射安全培训的辐射工作人员尽快安排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>）学习相关知识并报名参加考核。

(2) 加强对病人和核医学科住院病人活动区的辐射安全管理。

(3) 项目应按照国家相关法律法规尽快进行验收。

(4) 接受环境保护行政主管部门的监督检查。

项目竣工验收检查内容

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院 682 号令），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目投入运行后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。本项目竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	设施（措施）	数量	备注
辐射屏蔽措施	核医学科屏蔽房间及防护门、铅玻璃观察窗等带屏蔽效果（10mm 铅当量）的自动核素分药仪	2 台	/
	活性室带屏蔽效果（20mm 铅当量）的通风橱	1 套	/
	活性室带屏蔽效果（5mm 铅当量）注射窗口操作台	1 个	/
个人防护用品	个人剂量报警仪	11 个	/
	个人剂量计	11 人×1 个	/
	铅衣 8 件、铅眼镜 5 个、铅帽 4 个、铅手套 3 个、铅围脖 4 个、铅屏风 1 扇（均为 0.5mm 铅当量）	/	/
	污染表面清洗剂	/	/
放射性废水	控制区独立下水系统及排水管道屏蔽措施	1 套	/
	3 格并联衰变池+2 格并联化粪池（总有效容积 114.4m ³ ）	1 座	/
放射性固废	活性室、给药室、注射后等待室、服药留观室、服药室和病房设置带屏蔽效果（2mm 铅当量）的放射性固废收集桶	9 个	/
	放射性固废暂存间	1 间	/
安全装置	源库 01、源库 02 的保险柜（双人双锁）	2 个	/
	源库 01、源库 02、活性室、甲吸室、放射性废物暂存间、核医学科病人入口、出口、ECT 机房控制室、核医学科通道、核素病房入口、出口、服药室、核素病房通道、核素病房等配备监控系统	1 套	/
	ECT 机房、给药室、服药室、注射后等待室、ECT 留观室、抢救室、核素病房、护士站、值	1 套	/

	班室等呼叫系统装置		
	ECT 机房、给药室、注射窗口、服药室、取餐区等话筒对讲装置	1 套	/
	源库 01、源库 02、放射性废物暂存间、活性室、甲吸室、核素病房入口、出口、ECT 机房控制室、护士站等配备固定式辐射监测仪报警系统	1 套	/
	电离辐射警告	若干	/
	核医学科控制区门禁系统	1 套	/
通风系统	独立通排风系统及高效过滤系统	/	/
分区管理	场所控制区、监督区划分标识	/	/
2、综合管理			
监测设备	X-γ 辐射剂量率监测仪	1 台	/
	β 表面沾污仪	2 台	/
应急	应急和救助的物资准备		/
台账管理	个人剂量档案		单季度个人剂量不得超过 1.25mSv 情况
	非密封放射性物质台账		/
规章制度	辐射安全和防护管理规定、放射性药物管理规定、辐射工作场所安全保卫制度、场所分区管理规定、非密封放射性物质操作规程、去污操作规程、SPECT 操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、患者管理规定、放射性药物（体内）治疗病房管理规定、监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射事故/事件应急预案、放射性“三废”管理规定、放射性治疗保证大纲及质量控制计划		建设单位制定的所有规章制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需在各辐射工作场所内张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm

审批

下一级环保部门预审意见：

经办人签字

年 月 日

单位盖章

年 月 日

审批意见：

签发人签字

年 月 日

单位盖章

年 月 日