

重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目

竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：重庆市巴南区人民医院

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

二〇二五年四月



建设单位法人代表:

(签字)

编制单位法人代表:

(签字)

项目负责人: 肖英

报告编写人: 肖英



建设单位 重庆市巴南区人民医院

电话 17723615061

传真 /

邮编 401320

地址 重庆市巴南区龙洲湾渝南大道 659 号

编制单位

重庆宏伟环保工程有限公司

电话 023-68182682

传真 /

邮编 400039

地址 重庆市九龙坡区火炬大道 99 号 3 栋 28 楼



表 1 项目基本情况

建设项目名称	重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目				
建设单位名称	重庆市巴南区人民医院				
建设项目性质	■新建 □改扩建 □技改 □迁建				
建设地点	重庆市巴南区龙洲湾渝南大道 659 号医院门诊综合楼负二层				
源项	放射源		V类（校准源）		
	非密封放射源		乙级非密封工作场所		
	射线装置		III		
建设项目环评 批复时间	2023 年 11 月 14 日	开工建设时间	2023 年 12 月 11 日		
取得辐射安全 许可证时间	2025 年 1 月	项目投入 运行时间	尚未运营		
辐射安全与防 护设施投入运 行时间	2025 年 12 月 31 日	验收现场 监测时间	2025 年 2 月 27 日		
环评报告表 审批部门	重庆市生态环境局	环评报告表 编制单位	重庆宏伟环保工程有限 公司		
辐射安全与防 护设施设计单 位	核工业西南勘察设 计研究院有限公司	辐射安全与防护 设施施工单位	四川国核建设有限公司		
投资总概算	2500	辐射安全与防护 设施投资总概算	476	比例	19.0%
实际总概算	2334.86	辐射安全与防护 设施实际总概算	450	比例	19.3%

表 1 项目基本情况

验收依据	1、法律法规和部门规章 (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版； (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行修订版； (5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日施行第四次修正版； (6) 《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 日实施； (7) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日实施； (8) 《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》的通知，环办环评函〔2020〕688 号，2020 年 12 月 13 日实施； (9) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》，2012 年； (10)《射线装置分类》，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行； (11)《放射性废物分类》，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行； (12)《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号； (13)《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日施行修正版； (14)《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日起施行。
------	--

表 1 项目基本情况

验收依据	2、建设项目竣工环境保护验收技术规范 (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； (3) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）； (4) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； (5) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； (6) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； (7) 《关于核医学科标准相关条款咨询的复函》，辐射函[2023]20 号； (8) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； (9) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》，生态环境部公告，2018 年第 9 号； (10) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）； (11) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (12) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。 3、环境影响报告表及其审批部门审批决定 (1) 《重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目环境影响报告表》，重庆宏伟环保工程有限公司，2023 年 10 月； (2) 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，渝（辐）环准〔2023〕90 号，2023 年 11 月 14 日，附件一。 4、其他相关资料 (1) 《辐射安全许可证》，渝环辐证[00268]号； (2) 验收监测报告； (3) 建设单位提供的竣工资料、辐射安全管理制度等相关资料。
------	---

表 1 项目基本情况

验收执行标准

根据《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》和《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）规定，建设项目竣工环境保护验收污染物排放标准原则上执行环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定所规定的标准。在环境影响报告书（表）审批之后发布或修订的标准对建设项目执行该标准有明确时限要求的，按新发布或修订的标准执行。

本项目环评后无新增或更新的标准，因此，本次验收项目执行环境影响报告表及环境影响评价文件批准书所规定的标准，与本次验收相关的控制限值指标等具体见表1-1。

表 1-1 项目验收执行相关指标表

一、年剂量限值要求			执行依据
放射工作人员	年有效剂量约束值不超过 5mSv/a； 手部皮肤的年当量剂量限值为 125mSv/a。		GB 18871-2002 HJ 1188-2021 及医院管理要求
公众成员	年有效剂量约束值不超过 0.1mSv/a。		
二、剂量率控制值			执行依据
核医学科	控制区	控制区外人员可达处、各控制区内用房防护门、观察窗、墙壁、顶棚、地板（含 X 射线装置机房）外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。	HJ 1188-2021 GBZ 120-2020 GBZ 130-2020 综合取值
	手套箱等	手套箱柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h； 手套箱、注射窗、自动分药仪等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。	
	废物桶、管道、衰变池等	固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道外表面30cm处的周围剂量当量率小于2.5μSv/h。	
三、机房要求			执行依据
机房名称	机房内最小有效使用面积	机房内最小单边长度	/
SPECT/CT 机房 CT 机房	30m²	4.5m	GBZ130-2020
四、放射性废物排放			执行依据
放射性废水	槽式衰变处理设施： 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放，排放口总β≤10Bq/L； 所含核素半衰期大于 24 小时的暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），衰变池废水可以直接排放，暂存不满 180 天但监测结果表明碘-131 活度浓度已≤10Bq/L，也可直接排放。排放口总α≤1Bq/L、总β≤10Bq/L，碘-131 的放射活度浓度≤10Bq/L。		GBZ120-2020 HJ1188-2021 GB18466-2005 GB18871-2002 辐射函[2023]20号等
放射性固体废物	每袋废物的表面辐射剂量率≤0.1mSv/h，质量不超过 20kg。废物包装体外表面的污染控制水平：β<0.4Bq/cm²。		HJ1188-2021 GBZ120-2020

表 1 项目基本情况

		所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天,所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍;含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。放射性固废暂存时间满足要求后,经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平, α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$, β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的,可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。	
	表面污染	①工作台、设备、墙壁、地面:控制区:α(极毒性)$\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$, $\beta\leq 4\times 10\text{Bq}/\text{cm}^2$; 监督区:$\alpha$(极毒性)$\leq 4\times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^2$, $\beta\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$; ②工作服、手套、工作鞋:控制区/监督区:$\alpha$(极毒性)$\leq 4\times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^2$, $\beta\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$; ③手、皮肤、内衣、工作袜:$\alpha$(极毒性)$\leq 4\times 10^{-2}\text{Bq}/\text{cm}^2$, $\beta\leq 4\times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^2$。	GB18871-2002 GBZ120-2020
	五、通风要求		执行依据
	手套箱	手套箱等密闭设备设计单独的排风系统,并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。风速应不小于 $0.5\text{m}/\text{s}$ 。	HJ1188-2021 GBZ120-2020 GBZ130-2020 辐射函[2023]20号 等
	废气排放	废源间、住院病房区应有单独的排气管网,废气经处理后引至高于本建筑物屋顶并尽可能远离邻近的高层建筑。 CT 机房、SPECT/CT 机房应设置动力通风装置,并保持良好的通风。	
	六、医疗废物、医疗废水		执行依据
	非放射性废水	经医院污水处理站处理后方可排放。	GB18466-2005
	非放射性医疗废物	交具有相应资质的单位处置。	医疗废物管理条例

表 2 项目建设情况

项目建设内容：

2.1 建设单位概况

重庆市巴南区人民医院始建于1940年，是一所政府主办的三级甲等综合医院。2020年5月医院整体搬迁，12月成功创建三级甲等综合医院，被市卫生健康委评为“智慧医院”（四级）和“美丽医院”示范建设单位，成功获批设立市级博士后科研工作站。2022年2月正式授牌为重庆医科大学附属巴南医院。2023年2月正式启用重庆市巴南区人民医院互联网医院。

医院目前占地约150亩（含原妇儿医院），编制床位900张。有重庆市临床重点专科8个，特色医疗专科4个，承担全区23个专业医疗质量控制工作。现有在岗职工1557人，卫生专业技术人员1402人，其中高级职称194人，博士、硕士研究生学历302人。

2.2 验收项目背景

2023年10月，重庆市巴南区人民医院委托重庆宏伟环保工程有限公司编制了《重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目环境影响报告表》，2023年11月，重庆市生态环境局以渝（辐）环准〔2023〕90号批复了该项目。批复建设内容见4.2和附件。

2023年12月项目开工建设，2024年12月底项目用房已经装修完成，2025年1月配套的设施设备配置/安装到位。2025年1月16日，核医学科工作场所取得辐射安全许可；2025年4月22日，获得放射性药品转让审批；根据医院医疗规划等，近期先开展核医学科内的SPECT影像诊断、碘-131、碘-125粒籽、门诊注射治疗等的诊疗工作，暂不开展核医学科PET相关诊断工作（含 ^{18}F 、 ^{68}Ga 及PET/CT、校准源等）、敷贴治疗工作（使用V类密封源 ^{90}Sr - ^{90}Y ）、骨密度诊断工作。核医学科用房全部一次建成和装修，环保设施一次建成，设施设备按使用需求配置。后期待PET/CT、敷贴源、骨密度仪配置到位后，另行开展竣工验收工作。

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的要求，重庆市巴南区人民医院委托我公司对医院核医学科近期开展的诊疗工作进行竣工环境保护验收调查。我公司在现场调查、资料收集、验收监测等基础上编制了《重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目竣工环境保护验收监测报告表》。

2.3 项目建设内容和规模

表 2 项目建设情况

(1) 项目建设地点

项目核医学科位于巴南区龙洲湾渝南大道659号医院门诊综合楼负二层。

(2) 项目建设内容和规模

核医学科总建筑面积约1985m²，配置了SPECT/CT机、CT机各1台，使用非密封放射性同位素^{99m}Tc、¹³¹I、⁸⁹Sr、²²³Ra、²²⁵Ac、¹²⁵I（粒籽）开展临床核医学诊疗工作，设置核素治疗住院病房、留观病房6间，非密封放射性同位素全部外购。

根据目前使用核素的情况，经核算，核医学科的放射性核素年用量为8.97×10¹²Bq，日等效最大操作量约为2.36×10⁹Bq，属于乙级非密封源工作场所。

(3) 防护设施及监测仪器

本项目已配置的防护设施和监测仪器见表2-1。

表2-1 本项目配置的设施、设备一览表

序号	名称	数量	使用位置	型号或主要性能参数
1	SPECT/CT	1 台	SPECT/CT 检查室	美国西门子 Symbia IntevoBold 型 130kV, 345mA
2	CT	1 台	CT 机房	航卫通用电气 Discovery RT 型， 140kV, 800mA
3	表面检测仪	2 台	卫生通过间 1、2	IA-V2/inspector 型 MR-50EXP 型
4	甲状腺功能测定仪	1 台	甲吸室	JXY-II型
5	自动分药仪	2 台	服碘室	Cads 型, 40mmPb
6	转送铅盒	1 个	服碘室到甲亢服药室	20mmPb
7	活度计	3 台	分装室 1、分装室 2 粒籽消毒室	RM-905a 型、RM-905A 型 HA4300-R 型
8	储源铅罐	1 个	储源室 1	10mmPb
		1 个	储源室 2	20mmPb
		3 个	储源室 3	10mmPb
9	储源柜（带锁）	2 个	储源室 1、2	10mmPb
10	手套箱 （单联）	2 台	分装室 1	10mmPb、50mmPb
		1 台	分装室 2	40mmPb
11	核医学注射窗口 （一体注射台）	3 个	分装室 1	4mmPb、30mmPb
			分装室 2	4mmPb
12	移动防护注射车	1 辆	注射室 2	20mmPb
13	注射器防护套	6 个	分装室	10mmPb
14	注射器转运盒	2 个	分装室	10mmPb
15	植入枪	2 个	粒籽消毒室	2mmPb
16	铅屏风	2 扇	甲癌病房	5mmPb、10mmPb
17	放废桶	10 个	分装室 1、分装室 2、服碘 室、甲亢服药室、废源库 1、废源间 2 等	20mmPb 2 个大号 8 个中号
18	医用推车	2 个	抢救室	病人抢救

表 2 项目建设情况

19	器械柜	3 个	分装室、粒籽消毒室	器械存储
20	视频对讲系统	1 套	核医学工作场所	等候室、留观室、射线装置机房、走廊、病房等区域
21	监控系统	1 套	核医学工作场所	探头位置具体见附图
22	门禁系统	多处	核医学工作场所	具体位置具体见附图
23	转运盒	1 个	储源室 3	2mmPb
24	分装台	1 个	粒籽消毒室	5mmPb
25	铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽、铅围裙	5 套	卫生通过间 1、2	0.5mmPb
26	铅衣、铅眼镜、铅围裙	2 套	粒籽消毒室	0.5mmPb
27	铅方巾	4 套	粒籽病房	0.5mmPb
28	有机玻璃眼镜/面罩	2 套	敷贴室	0.25mmPb
29	橡皮或橡胶板	2 套	敷贴室	≥3mm
30	防护手套	多副	分装室 1、分装室 2、敷贴室、粒籽消毒室	0.025mmPb
31	放射性污染防护服	2 件	卫生通过间 1、2	/
32	自吸式过滤式口罩	2 件	卫生通过间	/
33	铅围裙/方巾、铅颈套、铅帽子	2 套	CT 机房	0.5mmPb
34	固定式区域辐射报警系统	1 套	各通道出口、护士站、控制室等	SMACH-RM200 型 14 个分机、中辐安 RMS128 型 2 个
35	智能化 X-γ 辐射仪（手持式）	2 台	核医学工作场所	YD-1105 型 MR-50EXP 型
36	个人剂量报警仪	4 台	放射工作人员佩戴	SMACH-RG1000 型
37	个人剂量计	9 枚	放射工作人员随身佩戴使用	核素操作人员铅衣内外各 1 枚，按 1 枚计
38	洗消设备（含洗消液）	按需	控制区内清洗处	含洗眼器，冲淋器及核素清洗液等
39	托盘、镊子、长柄钳子等常规护士器械	按需	分装室、敷贴室、储源室 3、粒籽消毒室等	/
40	应急去污用品	按需	分装室	按 GBZ120-2020 K.2 要求执行

根据相关要求和同类型核医学科运行情况来看，配置的设施设备、个人防护用品及监测仪器可以满足本次验收工作使用需要。

2.4 总平面布置

（1）项目总平面布置

根据核医学科平面布置可知，本项目核医学科主要分为三部分：医护功能用房、病患功能用房、辅助功能用房。医护功能用房主要分布在科室北侧、西侧，辅助功能用房（配电房、风机房等）主要布置在东侧，中间区域及南侧区域为病患功能用房（主要分为诊断区和治疗区、其他区）。具体布置情况见表2-4及附图五（1）。

项目设置的各功能用房齐全，能满足本项目使用放射性核素的配套用房需求。

项目核医学科诊疗区域主要设置 3 个病人入口、3 个病人出口，2 个医护入口。

表 2 项目建设情况

核医学科衰变处理设施布置在门诊综合楼东侧绿化带内，废气排放口布置在门诊综合楼的 4 楼顶。

(2) 变化情况

部分用房名称微调。项目总平面布局与环评阶段相比，根据防火、使用费方便影响情况，变化情况如下：

- ① CT 机房的医护人员进出门由西南角改在了东南角，屏蔽厚度不变；
- ② 诊断廊上的隔断门（防火门）向北挪动了约 3m；
- ③ 将 PET/CT 控制室外医护走廊并入 PET/CT 控制室内；取消 4#楼梯，将其一半用房与北侧用房合并；合并原主任办公室、资料室及其南侧过道；库房、资料室、主任办公室、示教室（学习室）的位置相互调整，不影响核医学科路径通道，不影响核医学科使用功能。

具体变化情况如下表 2-2 所示。

表 2-2 项目布局变化对比表

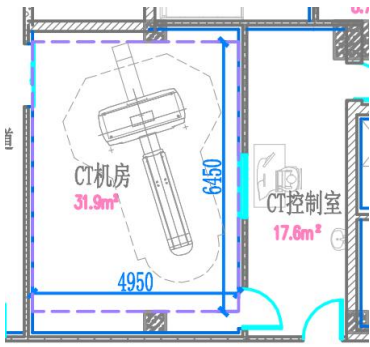
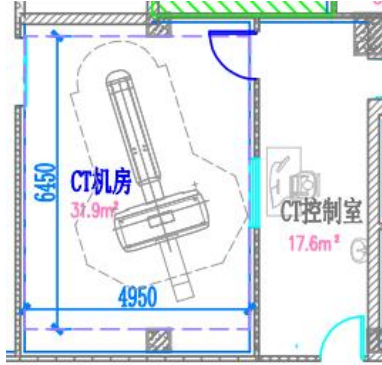
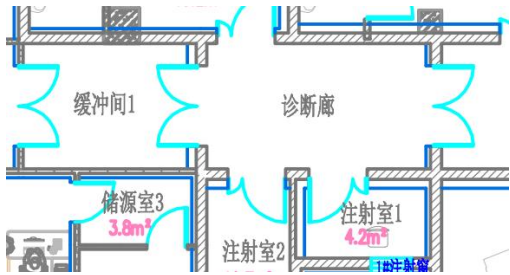
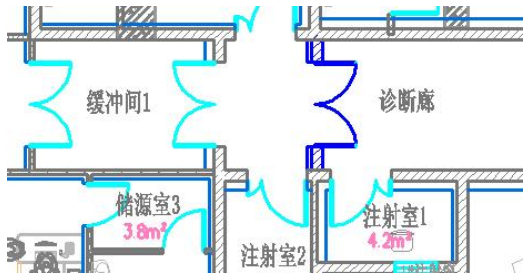
环评阶段	验收阶段
	
	

表 2 项目建设情况

(环评阶段)
(验收阶段)
备注：上图左侧为正北方向。
根据上文，项目核医学科控制区内布局变化微小，不影响人员路径规划等；项目东侧的辅助用房有一定的调整，但未改变科室用房的功能。因此，项目布局微调不属于重大变动。
2.5 项目周围环境及保护目标 项目位于医院门诊综合楼负二层。门诊综合楼为4F/-3F的建筑，项目东北侧的住院楼裙楼为4F/-3F，2栋塔楼为20F/-3F。门诊综合楼所有楼层与住院楼裙楼由连廊相通，形成一个大的综合建筑体。 项目调查范围 50m 均在医院用地范围内，涉及到的建筑物有门诊综合楼、住院楼、传染楼。项目周围外环境情况详见附图二～四所示。

表 2 项目建设情况

项目环境保护目标列表见表 2-3 所示。						
表2-3 项目环境保护目标表						
序号	环境保护目标名称	方向	最近水平距离	最小高差关系	敏感目标特性	受影响人群
医院门诊综合楼、住院楼建筑内地下的（-1F 及以下）环境保护目标						
1	缓冲间 3、粒籽廊、缓冲间 4 等	东侧	紧邻	同层	项目配套辅助用房，约 6 人	公众成员
2	配电房、风机房等	东侧	紧邻	同层	项目配套辅助用房，约 2 人	公众成员
3	缓冲间 5、治疗出口廊、楼梯（10#、2#）等	东南侧	紧邻	同层	项目配套辅助用房，约 10 人	公众成员
4	入口廊、送餐廊、缓冲间 2 等	南侧	紧邻	同层	项目配套辅助用房，约 3 人	公众成员
	出院梯、强电间弱电间、家属等候区等		约 2m	同层	项目配套辅助用房，约 10 人	公众成员
5	设备房（高压氧舱）、车库等	南侧	紧邻	同层	项目所在建筑，高压氧舱设备房、车库等，约 10 人	公众成员
6	SPECT/CT控制室、PET/CT控制室、CT控制室	西侧	紧邻	同层	项目配套辅助用房，约 10 人	放射工作人员
	学习室（示教室）		紧邻	同层	项目配套辅助用房，约 6 人	公众成员
	资料室、办公室、库房、楼梯、医梯、更衣室、用餐室、值班室 2 等		约 1.5m	同层	项目配套辅助用房，约 20 人	公众成员
7	车库等	西侧	约 5m~50m	同层	项目所在建筑，车库，约 10 人	公众成员
8	缓冲间1、敷贴室、入口走道、强电间弱电间、维生素检测室、值班室、医护走道、预留机房及控制室等	北侧	紧邻	同层	项目配套辅助用房，约 50 人	公众成员
	候诊区、护士站、诊室、护士办、留置针室、准备间、技师办公室、甲吸室、卫生间、楼梯（5#）等		约 2.5m	同层	项目配套辅助用房，约 20 人	公众成员
9	车库等	北侧	约 10m~50m	同层	项目所在建筑，车库，约 10 人	公众成员
10	电梯、后勤用房（工具间、库房、信息中心机房、信息办公室）、车库等	东北侧	约 6m~50m	同层	项目所在建筑，后勤用房、车库等，约 10 人	公众成员
11	车库等	楼下	/	与项目地板相邻	门诊综合楼及住院楼-3F，车库等，约 10 人	公众成员
12	公共大厅、高压氧舱、碎石中心、肿瘤治疗区、放射科、扶梯、过渡厅、车库等	楼上	/	与项目顶棚相邻	门诊综合楼及住院楼-1F，医院其他医疗用房科室、公共区域、车库等，约 100 人	公众成员
其他的环境保护目标						
13	门诊用房、医院街、扶梯等	楼上	/	高于项目顶棚约 5m	门诊综合楼 1F 及以上，医院其他医疗用房科室、公共区域等，约 300 人	公众成员
14	住院楼（1#塔楼）	东北侧	约 45m~50m	1F 地面高于项目顶棚约 5m	医院医疗用房，地面为 20F，主要为住院相关业务用房，约 500 人	公众成员

表 2 项目建设情况

15	室外休息区、绿化道路、水景、住院广场	东侧	0m~50m	与项目顶棚相邻	医院公共区域,主要为室外休息区、绿化道路、水景、住院广场等,约 20 人	公众成员
16	传染楼	东南侧	约 45m~50m	-1F 地面与本项目地面齐高	医院医疗用房, 2F/-1F, 1F 与门诊综合楼-1F 有连廊相接, 部分区域为吊层, 约 50 人	公众成员
17	门诊入口广场	西侧	约 23m~50m	高于项目顶棚约 5m	医院门诊入口广场, 约 200 人	公众成员

备注: ①环境保护目标受影响因素均为电离辐射。

②住院楼地下建筑与门诊综合楼相通, 环保目标描述中地下建筑纳入建筑内, 建筑外仅考虑地面 1F 及以上建筑。

③上述环保目标为包含本次不验收的 PET 相关用房控制区的环保目标。

本项目在门诊综合楼-3F 东南侧建设了一个提污间,用于放射性废水的收集和提升。提污间东侧、南侧为泥土层,西侧为车库,北侧为电梯检修间、车库、楼梯间等。楼上为核医学科强电间、弱电间,地下无建筑。

本项目在门诊综合楼东侧绿化带内建设了两套地埋式混凝土结构放射性废水衰变处理设施。其四周均为绿化带、人行道、水景等,距离最近的建筑为西侧的门诊综合楼,约 25m。设施盖板上、底板下无建筑和设施。放射性废水衰变处理设施的废气直接在绿化带内排放。

核医学科放射性废气引至门诊综合楼 4F 楼顶高于楼顶排放。排放口位于项目业务用房东北角的对应楼顶区域。排放口东北侧为住院楼,南侧为传染楼。排放口所在区域常年主导风向为北风,下风向南侧为传染楼,低于排放口,下风向南侧的高层建筑为康居雅苑,最近距离约为 140m。

提污间、衰变处理设施、废气排放口周围环境保护目标情况见表 2-4 所示。

表 2-4 项目提污间、衰变处理设施及废气排放口周围环境保护目标表

序号	环境保护目标	基本情况	方位	水平最近距离	垂直高差
提污间					
1	车库	车库,约 5 人	西侧	紧邻	同层
2	电梯检修间、车库、楼梯间等	电梯检修间、车库、楼梯间等,约 5 人	北侧	紧邻	同层
3	核医学科强电间、弱电间	项目配套辅助用房,辅助用房,约 2 人	楼上	/	与提污间地板相邻
衰变处理设施					
1	人行道、绿化带、水景等	医院公共区域,主要为人行道、绿化带、水景,约 10 人	四周	紧邻	0m~2m
2	门诊综合楼	医院医疗用房,本项目所在建筑, -3F/4F,约 450 人	西侧	约 25m	池体与本项目内空基本齐高

表 2 项目建设情况

核医学废气排放口（6 个）					
1	门诊综合楼	4F/-3F，项目所在楼	排气口下方	/	排放口高于楼顶地面至少 3m
2	住院楼	20F/-3F，医疗用房	东北侧	约 32m	排放口低于楼顶约 65m
3	感染楼	2F/-1F	南侧	约 75m	排放口高于楼顶约 16m

根据调查，项目核医学科周围环境保护目标与环评阶段相比，因敷贴室、骨密度机房本次不验收，划为监督区管理，纳入了本次的环保目标，其余环保目标均未发生变化。

2.6 项目建设内容

本次验收建设内容与环评阶段对应建设内容的对比情况见表2-5所示。

根据表2-5可知，本次验收部分的建设内容与项目环评及其审批意见的建设内容一致。

表2 项目建设情况

表2-5 核医学科建设变更情况统计				
分类	环评内容及批复		实际建设情况	变更情况及说明
主体工程	工作场所	核医学科病患功能用房按功能可主要分为诊断区、治疗区、其他区。 诊断区主要功能用房包括卫生通过间1（含淋浴）、分装室1、储源室1、废源间1、注射室1、注射室2（运动室）、SPECT等候室、PET等候室、抢救室1、SPECT/CT机房、PET/CT机房、校准源间、SPECT留观室、PET留观室、污洗间1。 治疗区主要功能用房包括卫生通过间2、分装室2、注射室3、储源室2、废源间2、污洗间2、甲癌服药室、甲亢服药室、甲亢留观室、配餐间、被服库、甲癌病房、抢救室2。 其他区主要功能用房包括骨密度机房、储源室3、敷贴室、粒籽消毒室、CT机房、粒籽病房等。 核素治疗住院/留观病房6间，其中甲亢留观病房1间、甲癌住院病房2间，粒籽住院病房3间。 核医学科所在楼层-2F的层高为4.8m。	核医学科病患功能用房按功能可主要分为诊断区、治疗区、其他区。 诊断区主要功能用房包括卫生通过间1（含淋浴）、分装室1、储源室1、废源库1、注射室1、注射室2（运动室）、SPECT/CT等候室、PET/CT等候室、抢救室1、SPECT/CT检查室、PET/CT检查室、校准源间、SPECT/CT留观室、PET/CT留观室、污洗间1。 治疗区主要功能用房包括卫生通过间2、分装室2、注射室3、储源室2、废源间2、污洗间2、服碘室、甲亢服药室、甲亢留观室、配餐间、被服库、甲癌病房、抢救室2。 其他区主要功能用房包括预留机房及其控制室、储源室3、敷贴室、粒籽分装消毒室、CT机房、粒籽病房等。 核素治疗住院/留观病房6间，其中甲亢留观病房1间、甲癌住院病房2间，粒籽住院病房3间。 核医学科所在楼层-2F的层高为4.8m。 其中SPECT/CT检查室内空尺寸为8.29m×6.3m，有效使用面积为52.2m²；CT机房内空尺寸为6.45m×4.95m，有效使用面积为31.9m²。	项目用房全部一次建成，本次验收内容的工作场所位置不变，建设内容不变，工作场所等级不变。机房最小单边长度和有效使用面积不变。
	放射性核素	拟使用非密封放射性同位素有：¹⁸F、⁶⁸Ga、^{99m}Tc、¹³¹I、⁸⁹Sr、²²³Ra、²²⁵Ac、¹²⁵I（粒籽），均为外购成品。¹⁸F每天送药最多两趟，其余每天最多一趟。 拟使用⁹⁰Sr-⁹⁰Y进行敷贴治疗，活度为1.48×10⁹Bq（40mCi），属于V类放射源。 PET/CT拟配置5枚放射源⁶⁸Ge作为校准源，单枚活度不超过5.0×10⁸Bq，属于V类放射源。	使用非密封放射性同位素有：^{99m}Tc、¹³¹I、⁸⁹Sr、²²³Ra、²²⁵Ac、¹²⁵I（粒籽），均为外购成品。每天最多运送一趟。	本次验收内容使用的放射性核素种类不变。
	射线装置	拟配置1台PET/CT、1台SPECT/CT，型号待定，最大管电压为140kV，最大管电流为1000mA，均属于III类射线装置。 拟配置1台CT，型号待定，最大管电压为140kV，最大管电流均为1000mA，属于III类射线装置。 拟配置1台全身骨密度仪，型号待定，最大管电压为90kV，	配置了1台SPECT/CT机，Symbia IntevoBold型，最大管电压为130kV，最大管电流为345mA，属于III类射线装置。 配置了1台CT，Discovery RT型，最大管电压为140kV，最大管电流均为800mA，属于III类射线装置。	本次验收内容配置的射线装置类型和数量不变。

表 2 项目建设情况

		最大管电流均为 10mA，属于III类射线装置。		
辅助工程	工作场所	核医学科新建的辅助用房主要包括候诊区、卫生间、诊室 1、诊室 2、留置针室、准备间、护士站、护士办、甲吸室、缓冲间、机房控制室、值班室、技师办、用餐室、更衣室、资料室、办公室、主任办公室、示教室、库房、家属等候区、强电间、弱电间、楼梯/电梯等，另外还依托现有的配电房、风机房、楼梯/电梯等。 另外，在-3F 车库内配套建设提污间（提升放射性废水）、污水提升间（提升非放射性废水）。		项目用房全部一次建成，项目辅助用房功能设置不变。
储运工程	储存	¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga、 ^{99m} Tc放射性药物在储源室1储存， ¹³¹ I、 ⁸⁹ Sr、 ²²³ Ra、 ²²⁵ Ac放射性药物在储源室2储存， ¹²⁵ I（粒籽）、 ⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y（敷贴）在储源室3储存。校准源在PET/CT机房旁的校准源间储存。		本次验收内容不变
	运输	放射性药物 ¹⁸F 每日送药 2 次，其余放射性核素每日最多送药 1 次。储源室 1、储源室 3 的放射性药物/放射源由供货方车辆运至门诊综合楼-2F，通过技师办旁的门进入医护走道送达。储源室 2 的放射性药物由供货方运至门诊综合楼-1F，通过 2#楼梯到达-2F，经入口廊、送餐廊送达。 校准源运输路径同储源室 1 路径，并延伸到 PET 控制室、PET/CT 机房到达校准源间，废源运输按原路返回。		本次验收内容不变
公用工程	给水	依托院内供水管网。		不变
	排水	雨污分流，污污分流。“长半衰期放射性废水”和“短半衰期放射性废水”分开收集处理。放射性废水经废水衰变处理设施处理达标后排入医院东南角的医院污水处理站（设计处理能力 900m ³ /d）处理达 GB18466-2005 预处理排放标准后接入市政污水管网。非放射性废水接入医院总体污水排水管网进入污水处理站处理。		不变
	供配电	由市政电网供电，依托院内供配电系统。	由市政电网供电，依托院内供配电系统。	不变
环保工程	地面清洁	设置 2 个污洗间，分别清洁不同区域，并分别配置清洁车，设置多个拖把分场地区域使用，不交叉。 核医学科控制区之外的区域按照医院管理常规清洁。		不变
	废气	核医学科设置 6 套废气主管收集核医学科控制区及部分监督区的放射性废气，各分支管道内设置防倒灌装置，并保持负压。各套管网将废气通过专用排风井引至门诊综合楼 4F 楼顶，分别经活性炭吸附后高于楼顶排放，其中手套箱废气收集和排放处均设置活性炭吸附装置。 核医学科场所内设置 1 套非放射性废气管网收集，之后引至-1F 向东直接排放，放射性废水衰变处理设施的废气直接在绿化带排放。		不变

表 2 项目建设情况

	废水	项目在门诊综合楼东侧绿化带内新建两套地理式槽式混凝土结构废水衰变处理设施，1#衰变处理设施用于处理短半衰期放射性废水，2#衰变处理设施用于处理长半衰期放射性废水。单套处理设施包含一体化污水提升器（2个，一备一用，位于-3F的提污间内，兼做污泥池）、衰变池（3个并联）。单个污水提升器有效体积为1m³，内设铰刀式切割泵；1#衰变处理设施的单个衰变池有效体积为22m³，3个衰变池有效体积共66m³；2#衰变处理设施的单个衰变池有效体积为156m³，3个衰变池有效体积共468m³。 放射性废水经-3F新建提污间内的一体化污水提升器提升进入衰变处理设施，处理后能由重力自流进入医院污水处理站进一步处理。		不变
		非放射性废水经管网排入医院污水处理站。		不变
	固废	拟在诊断区和治疗区分别设置1个废源间（使用面积分别约为5.8m²、5.7m²），分别用于诊断区、治疗区的废物衰变；另治疗区的病房附近拟设置1个被服库（使用面积约4.3m²），用于甲癌病房被服暂存衰变。 放射性废物在产生处收集至对应废源间后分类暂存，待衰变达到规定时间要求并监测合格后作为一般医疗废物交由有资质单位处理；病床配置专用被服，换下来的被服先在被服库存放衰变，衰变至少一个半衰期后再清洗使用。 未用完的放射性药物，短半衰期的暂存后作为放射性固废衰变处置，长半衰期的交生产厂家回收处置。 废校准源、废敷贴源、废粒籽源交厂家回收处置。	在诊断区和治疗区分别设置1个废源间（使用面积分别约为5.8m²、5.7m²），分别用于诊断区、治疗区的废物衰变；另治疗区的病房附近拟设置1个被服库（使用面积约4.3m²），用于甲癌病房、甲亢留观室被服暂存衰变。 放射性废物在产生处收集至对应废源间后分类暂存，待衰变达到规定时间要求并监测合格后作为一般医疗废物交由有资质单位处理；病床配置专用被服，换下来的被服先在被服库存放衰变，衰变至少一个半衰期后再清洗使用。 未用完的放射性药物，短半衰期的暂存后作为放射性固废衰变处置，长半衰期的交生产厂家回收处置。 废粒籽源交厂家回收处置。	本次验收内容不变
		项目运行产生的其他废物依托医院的收运系统，一般医疗废物交有资质的单位处理，生活垃圾交环卫部门处理。报废射线装置去功能化后交由物资回收单位处置，其中阴极射线管作为危险废物交有资质单位处置；废铅防护用品妥善保管，做好记录，交有资质单位处理；废紫外灯作为危险废物交有资质单位处置。		不变
	辐射防护	核医学科工作场所控制区边界及内部的四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗等均采用足够厚的相应屏蔽材质（如混凝土、实心页岩砖、无铅有机纳米复合防辐射板（以下简称防护板）、铅玻璃、铅防护门等）进行辐射屏蔽防护，保证屏蔽体外周围剂量当量率满足标准限值要求。 核医学科拟设置电离辐射警示标志、门禁系统、监控系统、对讲系统、路径标识、门灯连锁、剂量监控设施等保证核医学科内人员的安全。		不变

表 2 项目建设情况

源项情况：

2.7 验收核素特性参数

本次验收的放射性同位素包含 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{125}I （粒籽）。放射性同位素特性见下表。

表 2-6 本次验收的放射性同位素特性参数表

序号	核素		半衰期	衰变模式	β 最大能量 MeV	光子能量 MeV	毒性分 组	周围剂量当 量率常数（裸源） Γ	操作 方式	主要用途	摄入 方式	主要使用场所	来源
1	锝	^{99m}Tc	6.02h	同质异能跃 迁	—	0.140	低毒	0.0303	很简单的 操作	SPECT/CT 显像	注射	分装室 1	外购成品
2	碘	^{131}I	8.02d	β^-	0.602	0.284, 0.365, 0.637	中毒	0.0595	简单 操作	甲吸测定	口服	分装室 2	外购成品
										甲亢甲癌治疗	口服	甲亢服药室、服碘室	
3	锶	^{89}Sr	50.53d	β^-	0.5846	—	中毒	—	简单 操作	癌症骨转移治疗	注射	分装室 2	外购成品
4	镭	^{223}Ra	11.43d	$\alpha(100)$	5.8713(α) 0.4270(β)	0.0117, 0.0838, 0.2695	极毒	—	简单 操作	前列腺癌骨转移治 疗	注射	分装室 2	外购成品
5	锕	^{225}Ac	10.0d	$\alpha(100)$	5.892(α)	1.0715, 0.9335, 0.13716	极毒	—	简单 操作	癌症治疗	注射	分装室 2	外购成品
6	碘	^{125}I (粒籽)	59.4d	EC	—	0.027, 0.028, 0.031, 0.036	中毒	0.0165	很简单操 作	癌症治疗	植入	CT 机房	外购成品

注：EC 表示轨道电子俘获； Γ 表示距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ；“—”表示无相关数据；上表数据主要来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 H、《简明放射性同位素应用手册》（卢玉楷）。

表 2 项目建设情况

2.8 验收核素用量

本次验收的非密封放射性同位素包含 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{125}I （粒籽），每次使用前根据病人用量提前订购。本次验收的非密封放射性同位素使用情况见表 2-7。

表2-7 本次验收非密封放射性同位素情况一览表

核素名称	日最大操作量 (Bq)	毒性因子	操作方式	日等效最大操作量 (Bq)	年用量 (Bq)	暂存方式	与环评阶段相比
^{99m}Tc	2.035×10^{10}	0.01	很简单的操作	2.035×10^7	5.088×10^{12}	储源室 1	不变
^{131}I	1.924×10^{10}	0.1	简单操作	1.924×10^9	2.369×10^{12}	储源室 2	不变
^{89}Sr	2.96×10^8	0.1	简单操作	2.96×10^7	2.96×10^{10}	储源室 2	不变
^{223}Ra	1.48×10^7	10	简单操作	1.48×10^8	7.40×10^8	储源室 2	不变
^{225}Ac	2.22×10^7	10	简单操作	2.22×10^8	1.11×10^9	储源室 2	不变
^{125}I (粒籽)	1.48×10^{10}	0.1	很简单的操作	1.48×10^7	1.48×10^{12}	储源室 3	不变
合计	5.47×10^{10}	/	/	2.36×10^9	8.97×10^{12}	/	不变

从上表可知，本项目验收的非密封放射性同位素的用量与环评阶段一致，工作场所等级为乙级也不变。

工程设备与工艺分析：

2.9 工艺流程及产污环节

2.9.1 应用单光子放射性药物开展 SPECT/CT 核医学显像诊断

（1）设备组成及工作方式

SPECT 系统一般由探测器、机架、控制台、计算机（包括接口）和外围设备五部分构成。SPECT/CT 同样是将 SPECT 和 CT 结合成一体化的设备，使用同一个检查床和同一个图像处理工作站，将 SPECT 图像和 CT 图像融合，可以同时反映病灶的病理生理变化和形态结构，明显提高诊断的准确性。

SPECT/CT 工作时操作人员隔室操作。

（2）工作原理及工作方式

SPECT (Single Photon Emission Computerized Tomography, 单光子发射型计算机断层显像) 是利用 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 等放射性核素的示踪作用，不同的显像剂在体内有其

表 2 项目建设情况

特殊的分布和代谢规律，能够选择性地聚集在特定脏器、组织或病变部位，使其与邻近组织之间的放射性分布形成一定程度浓度差，而显像剂中的放射性核素可发射出具有一定穿透力的 γ 射线，利用 SPECT 探头对这些光子进行探测和记录，通过计算机处理从而获得脏器、组织或者病变部位的形态、位置、大小以及脏器功能图像数据。

在注射了 ^{99m}Tc ，口服了 ^{131}I 类单光子放射性药物受检者待药物代谢至组织、脏器，根据技师语音指导摆位，进行 SPECT/CT 扫描，其工作方式及流程与 CT 类似。

（3）工作流程

应用单光子放射性药物的患者在 SPECT/CT 下作显像诊断具体流程描述如下：

①根据医务人员指导意见，需要接受全身或脏器显像检查的人员提前预约登记，确定用药量。本项目使用的诊断药物为含 ^{99m}Tc 放射性药物，为直接外购成品针剂。医务人员根据用药量提前向有资质的药物供货商/生产商订药，由其负责将药物运输至核医学科储源室 1 内。

②医护人员穿戴好个人防护用品等，将含 ^{99m}Tc 的放射性药物转移至分装注射室内的手套箱内进行活度测定、简单分装（取药，即注射器吸药），然后再利用注射器转运盒将 ^{99m}Tc 药物针剂转至 SPECT 注射窗口。对成品针剂进行活度测定、注射器吸药总体按 10s/支考虑。

③受检者按约定时间在核医学科诊室进行登记、准备（预置留置针）。听到呼叫后从指定入口进入核医学科诊断区的注射室 2（SPECT 注射窗口）。其中进行 ^{99m}Tc 心功能显像检查的受检者需先进入注射室 2 内的运动室，通过跑步机跑步达一定运动负荷后再在注射室 2（SPECT 注射窗口）接受注射或者由医务人员直接在跑步机旁对受检者进行注射。

④操作核素的医护人员核实受检者相关信息，确认无误后为受检者注射，常规的在 SPECT 注射窗口注射。注射、给药时间平均约 10s/每人，每日计划最多注射 22 人次。

⑤注射了 ^{99m}Tc 放射性药物的受检者进入 SPECT 等候室等候，等待药物在体内分布达到平衡。显像部位不同，等候时间不同，骨扫描显像等候时间约 2.5h，肾扫描显像在注射后即可进行扫描，对胰腺显像等的等候时间约 5~10min。

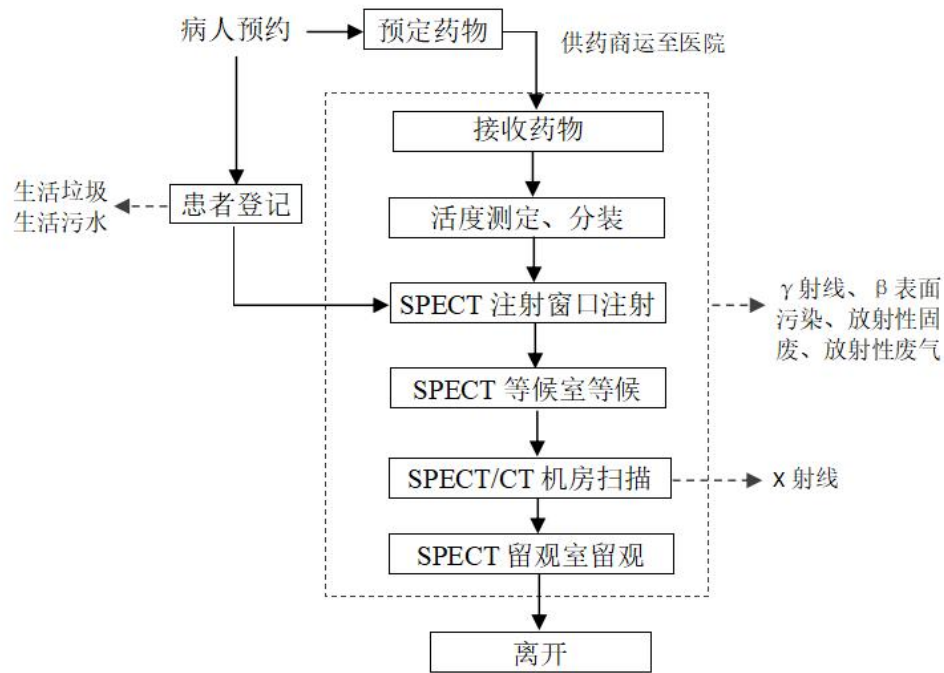
表 2 项目建设情况

⑥SPECT 等候室的受检者达到要求后进入 SPECT/CT 检查室检查。SPECT 平均扫描时间约 10min/次，CT 平均扫描时间约 2min/次。SPECT/CT 技术人员辅助受检者上机检查摆位按总人数的 1/10 考虑，单次摆位时间平均约 1min。

另外， ^{131}I 住院患者在需要 SPECT/CT 检查且无门诊病人时，通过住院廊、诊断廊进入到 SPECT/CT 机房进行扫描，其具体流程见后文。

⑦检查完成后， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 门诊患者受检者在 SPECT 留观室进行留观，留观时间为 5~10min，经医务人员确认图像质量满意后，门诊患者通过缓冲间、家属等候区、专用电梯离开门诊综合楼。 ^{131}I 住院患者扫描完成后即原路返回到病房。

应用单光子放射性药物的患者在 SPECT/CT 下做显像诊断流程如下图 2-1。



备注：上述分装为简单分装，即注射器吸药。

图 2-1 应用单光子放射性药物在 SPECT/CT 下显像诊断流程图

2.9.2 核医学甲状腺功能诊断

本项目核医学科利用 ^{131}I 进行甲吸测定，对甲状腺疾病进行诊断。

(1) 甲吸测定工作原理

甲吸测定全称为甲状腺摄碘率测定。碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子克服电化学梯度从血循环中浓聚 ^{131}I ，因此患者口服的 ^{131}I 药

表 2 项目建设情况

剂大都聚集在甲状腺内。在体外用探测器在颈部测量甲状腺对 ^{131}I 的摄取速度和摄取量即吸碘率。利用不同时间段患者摄碘率的变化曲线来判断患者甲状腺功能是否正常，为甲状腺疾病的诊断和放射性碘治疗提供了可靠的数据。

(2) 甲吸测定流程

甲状腺吸碘功能测定主要用于甲亢治疗、甲癌治疗患者服碘量的计算以及亚急性甲状腺炎患者的诊断，其主要流程包括患者准备、标准源的准备和服用、甲功测定和结果判定。

甲吸测定使用的 ^{131}I 放射性药物量少，在自动分装仪内进行首次稀释后再在手套箱内进行再次稀释和分装。患者到达甲亢服药室接受药物后口服，然后通过楼梯离开核医学科。待服药后 3h、6h、24h 后在甲吸室用甲功测定仪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。三次测量之间间隔时间较长，患者可离开医院自由活动。根据测量结果计算出的甲状腺吸碘率值可判定受检者甲状腺功能，检查后即可离开。

根据了解，一次分装可使用一周，分装稀释剩余的药物放在分装室 2 的手套箱内。一次自动分装、手动稀释等工作用时约 10min。

应用 ^{131}I 甲吸测定流程图见图 2-2。

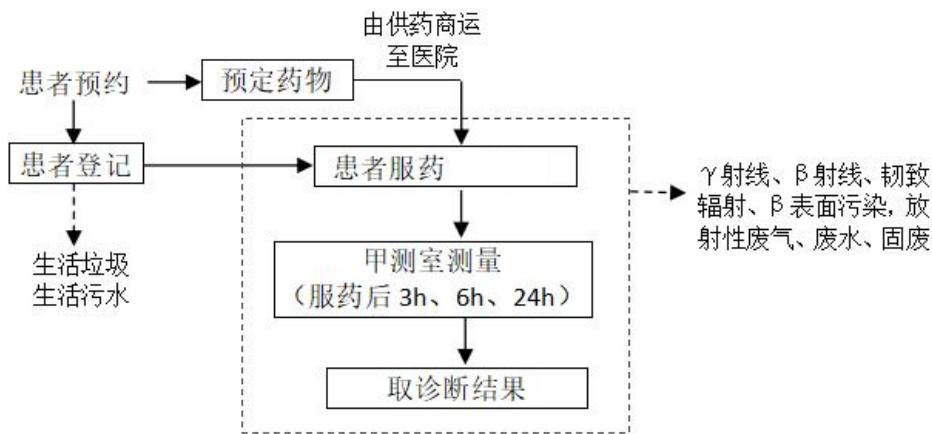


图 2-2 应用 ^{131}I 甲吸测定流程图

2.9.3 应用 ^{131}I 治疗流程及产污环节

(1) 工作原理

本项目主要利用 ^{131}I 开展甲亢治疗、甲癌治疗工作。

表 2 项目建设情况

甲亢治疗：全称甲状腺功能亢进症治疗。甲状腺细胞对碘化物具有特殊的亲和力，服用药物后 ^{131}I 能够被甲状腺高度选择性吸收，甲亢患者的甲状腺中功能亢进的病变组织比一般的甲状腺组织的摄碘率更高。医院拟使用的碘 ^{131}I 化钠口服液（简称 ^{131}I ），用于甲状腺功能亢进（甲亢）的治疗。 ^{131}I 属中毒组核素，在甲状腺内有较长的停留时间； ^{131}I 衰变时发射的 β 射线射程平均约 1mm，几乎全部为甲状腺组织吸收；使用适当剂量的 ^{131}I ，其辐射生物效应使功能亢进的甲状腺细胞受破坏，甲状腺缩小、甲状腺激素的合成减少而达到治疗的目的。

甲癌治疗：即甲状腺癌治疗。 ^{131}I 是一种带有放射性的碘，摄入体内主要聚集在有甲状腺和其他摄取碘的组织里。由于分化型甲状腺癌细胞分化较好，因此具备部分摄取碘的能力，但通常比甲状腺组织弱很多，当正常甲状腺组织被去除后，分化好的甲状腺癌组织能够摄取一定量的 ^{131}I ，利用 ^{131}I 衰变发出的 β 射线破坏肿瘤细胞，达到治疗目的。

（2）工作流程

医院根据患者预约情况向有资质的供货商/生产商预定含 ^{131}I 的放射性药物（一般每次预定一天的用量），然后由有资质的供货商/生产商当天用专车运抵医院，有资质的供货商/生产商的专业技术人员将装有核素的铅罐放入核医学科储源室2墙体上的传递窗（铅抽屉）内，医务人员接收后在储源室2储存。使用前将铅罐安装在自动分药仪内，然后医务人员通过分装室2的电脑控制将蒸馏水注入自动分药仪中对购买的 ^{131}I 液态放射性药物进行稀释。操作护士在隔室操作界面上设定样品的分配活度、体积和计划使用时间，系统会自动完成将放射性原料（母液）进行稀释处理、定量分配、在线活度测量和样品体积配比的全部工作，测试合格的溶液可用于患者服用。

甲亢治疗流程：医生首先根据甲状腺吸碘率或吸碘量，确定服药量之后，通过电脑控制从位于服碘室的自动分药仪内分出适量药物。甲亢病人根据医护人员指导进入服碘室自行取药服药。甲亢病人服药剂量大小不等，临床数据多在5~20mCi，对于大多数服药小于10mCi患者服药后通过缓冲间5、治疗出口廊、10#楼梯自行离开核医学科；对于少数服药大于10mCi的患者，在甲亢留观室内住院留观约2天后通过治疗廊、治疗出口廊、10#楼梯离开核医学科。

甲癌治疗流程：甲癌患者办理住院手续后进入病房，听医务人员指挥直接进入服药室自动分药仪处自行取药服药，然后返回病房住院。

医院计划每天最多安排甲癌病人2人入院，每周4人入院。每间病房设置门禁，住院时间一般为7天，住院期间病人不可离开核医学科病房区域。

The flowchart illustrates the hospital's medical waste management process. It begins with 'Patient Appointment' leading to 'Medication Pre-booking'. From there, it branches to 'Patient Registration' and 'Drug Automatic Dilution/Dispensing'. 'Patient Registration' leads to 'Waste Disposal' (labeled as 'Living Waste/Living Sewage') and 'Patient Medication'. 'Drug Automatic Dilution/Dispensing' leads to 'Patient Medication'. 'Patient Medication' leads to 'Oncology Patient Admission' and 'Thyroid Patient Admission'. 'Oncology Patient Admission' leads to 'SPECT/CT Scanning'. 'SPECT/CT Scanning' leads to 'Discharge/Departure'. 'Discharge/Departure' leads to 'Waste Disposal' (labeled as 'Gamma rays, Beta rays, Bone-seeking radiation, Beta surface contamination, Radioactive gas, Radioactive solid waste, Radioactive wastewater').

```

graph TD
    A[患者预约] --> B[预定药物]
    B --> C[由供货商运至医院]
    C --> D[药物自动稀释、分装]
    D --> E[患者服药]
    F[患者登记] --> G[生活垃圾  
生活污水]
    F --> E
    H[语音视频查房] --> I[甲癌患者住院]
    I <--> J[SPECT/CT扫描]
    J --> K[出院离开]
    L[甲亢患者住院] --> K
    E --> K
    K --> M["γ射线、β射线、韧致辐射、  
β表面污染、放射性废气、  
放射性固废、放射性废水"]
  
```

图 2-3 应用 ^{131}I 治疗流程图示意图

(1) 工作原理

^{89}Sr 在元素周期表中与钙同族，其体内代谢特点与钙相似。肿瘤细胞破坏骨组织，导致成骨修复活跃，骨组织代谢增高，浓聚大量的 ^{89}Sr 。病变骨组织与正常骨组织的摄取比为2:1至25:1。 ^{89}Sr 在正常骨的有效半衰期14d，在肿瘤骨转移灶内的有效半衰期长于50d，因此 ^{89}Sr 可使病灶获得较高的辐射吸收剂量。 ^{89}Sr 发射 β 射线集中照射病变组织，能使瘤体缩小，减轻受累骨膜和骨髓腔的压力； ^{89}Sr 的辐射生物效应干扰神经末梢去极化过程，能影响疼痛信号的传导，能抑制炎性疼痛介质的产生。因此， ^{89}Sr 能抑制和杀灭肿瘤细胞，发挥缓解骨痛、抑制骨转移灶生长的作用。

23

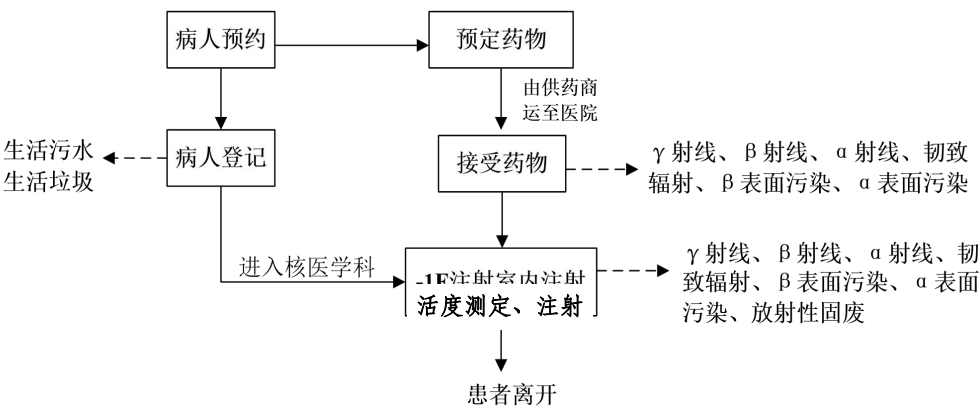
表 2 项目建设情况

显，即当放射源位于骨表面时，较短射程的 α 放射体引起较少的骨髓辐射，同时 α 衰变核素比 β 衰变核素射线能量高、射程短，对肿瘤细胞杀伤力强而对正常组织影响小。 ^{223}Ra 与钙同族，可以模拟钙并且在骨更新增多的部位，例如骨转移部位，与骨矿物质羟基磷灰石形成复合物。 ^{223}Ra 发射的高线性能量转移射线（ $80\text{keV}/\mu\text{m}$ ）可引起邻近细胞的双链 DNA 断裂，进而对骨转移产生抗肿瘤作用。 ^{223}Ra 发射的 α 粒子的射程短（不到 10 个细胞直径），能够最大限度地减少对周围正常组织的伤害。目前研究表明， ^{225}Ac 为亲骨性放射性核素，与骨组织有很高亲和力，进入体内后浓聚在骨代谢活跃部位，恶性肿瘤骨转移病灶对其摄取率远大于正常骨组织，利用放射性核素发射的 α 射线的电离辐射效应杀伤癌细胞，缩小病灶，起到良好的镇痛和治疗效果。 ^{225}Ac 作为发射 α 粒子的骨骼靶向放射性药物，目前主要用于治疗晚期趋势抵抗性且有前列腺癌骨转移的患者，临床治疗的最佳剂量和治疗间隔以及其他方向的应用仍处于进一步研究中。

(2) 工作流程

医院根据患者预约情况向有资质的药物供货商/生产商预定 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 放射性药物成品针剂，由有资质的药物供货商/生产商负责将药物运输至核医学科储源室 2 墙体上的铅抽屉内，然后在分装室 2 的防护手套箱内活度测定后吸入注射器内备用。患者经专用通道进入注射室 3 的注射窗口接受药物注射。 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 的分装注射属于简单的湿法操作，患者注射放射性药物后，如无特殊情况，即经治疗出口廊从 10#楼梯离开核医学科。

应用 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 治疗流程图见图 2-4。



备注：污染因子为核素 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 共同产生。

图 2-4 应用 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 治疗流程图

表 2 项目建设情况

2.9.5 应用 ^{125}I 粒籽植入治疗流程及产污环节

(1) 工作原理

临床应用的 ^{125}I 粒籽，是将一枚长 3mm、镀有 ^{125}I 的银棒装在长 4.5mm、直径 0.8mm，壁厚 0.05mm 的钛管内而制成的粒籽。每颗粒籽含有放射剂量为 1mCi，平均能量 27~35keV（释放 94%的放射剂量需要 240d），组织穿透能力 1.7cm。

^{125}I 粒籽源植入技术是一种用于近距离组织间植入的内放射治疗技术。通常是在 B 超、X 射线装置（本项目采用 CT 机）及计算机三维立体定向计划系统精确指导下将 ^{125}I 粒籽通过手术或采用特殊防辐射植入器，将 ^{125}I 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， ^{125}I 粒籽源能持续低剂量的释放 γ 射线，通过直接作用于肿瘤细胞的 DNA，造成 DNA 的双链断裂，另外还可间接使体内水分子的电离，产生自由基，促进肿瘤细胞的凋亡，使敏感的肿瘤细胞迅速死亡，不敏感的静止期细胞一旦进入分裂期，在 γ 射线的持续作用下又迅速凋亡。经过足够的半衰期和足够的剂量，使肿瘤细胞无法繁殖而达到治疗肿瘤的目的，从而实现对肿瘤的近距离治疗，可持续有效地杀灭肿瘤细胞。

(2) 工作流程

本项目开展的 ^{125}I 粒籽植入手术为预约制，在核医学科 CT（III类射线装置）介入室内进行，完成粒籽植入的病人均在核医学科粒籽病房内住院观察 2~3 天。

粒籽植入工作流程见图 2-5 所示。

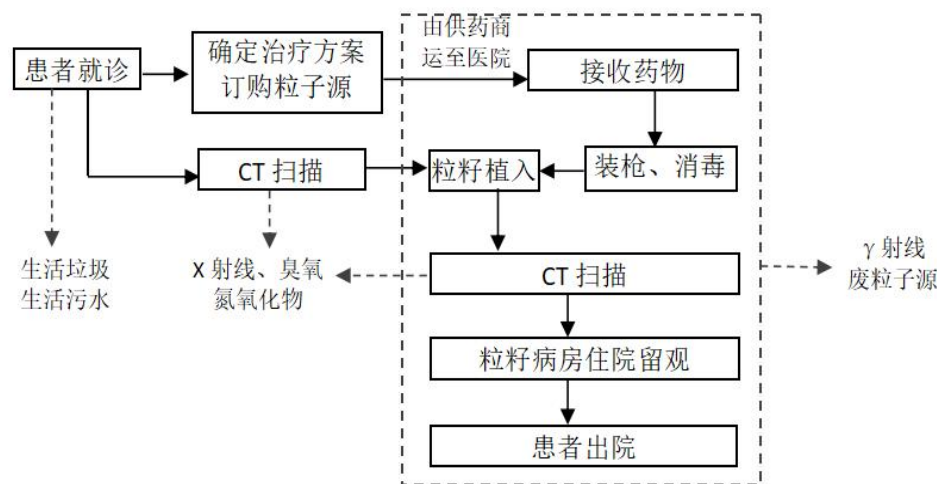


图 2-5 ^{125}I 粒籽植入手术工作流程示意图

表 2 项目建设情况

粒籽植入工作流程具体描述如下：

A：患者就诊后，针对不同病情的患者，由医务人员在医生办公室制定 TPS 治疗计划，按需订购粒籽数量。

B：厂家按需将粒籽送到储源室 3。核医学科药品管理人员核对购买的粒籽源数量、活度并进行登记，做好台账，将粒籽源暂存于储源室 3 储源柜内。储源柜双人双锁。

C：植入手术前，医务人员穿戴防护用品后进入储源室 3 取出装有粒籽源的储源铅罐，送至粒籽分装消毒室，在分装台上使用活度计进行抽样检查，确认无误后将粒籽装入植入枪（每次取出 10 颗装一个弹夹，单人次用量最多装 10 个弹夹，总装枪操作时间平均约 10min）。植入枪和弹夹放入转运盒中，与植入系统手术用具等一起消毒，再送到 CT 机房内备用（运输距离较短，约 1min）。

D：患者进入 CT 机房，由技师运行 CT 扫描（约 2min）确认粒籽拟植入位置。医务人员穿戴防护用品进入 CT 机房内，利用 CT 扫描结果确定穿刺路径，将穿刺针穿刺到达肿瘤部位后，将植入枪出口与穿刺针尾部的专用接口结合，用顶针将粒籽源顶入瘤体（植入过程中 CT 不开机），植入过程约 30min。

E：完成植入计划粒籽源数后，医务人员退出机房，技师再次运行 CT 进行扫描（约 2min），确定是否到达预定位置，并核对粒籽源数目。每次手术完成后，使用 X-γ 剂量率监测仪器（探测光子能量下限低于 27keV）对 CT 机房进行监测，发现是否有粒籽源洒落在机房内，若有粒籽源洒落情况，应将粒籽源装回储源铅罐，将铅罐送返储源室 2 储源柜内存放，由厂家进行回收。

F：手术完成后，在患者植入粒籽源部位遮盖 0.25mmPb 铅方巾进行屏蔽，安排医护人员推床运送患者至粒籽病房进行住院观察治疗，单次转运约 5min。

植入过程中 CT 不出束，植入结束医生退出机房，由技师再次开机运行 CT 确认粒籽已植入的位置。

综上所述，除甲吸由服用胶囊变为手动分装外，项目应用的非密封放射性同位素进行诊疗的工艺流程和产排污环节与环评阶段一致，未发生变化。

2.10 污染因子

由核医学科操作流程及核素辐射特性表可知，本次放射性同位素使用过程中主

表 2 项目建设情况

要污染因子包括： α 射线、 β 射线、 γ 射线、 α 表面污染、 β 表面污染、放射性“三废”。另外，SPECT/CT、CT 在使用 CT 模式下运行还会产生 X 射线。

(1) 电离辐射

α 射线：核医学科使用的 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 会产生 α 射线， α 射线的最大能量为 5.892MeV， α 射线在空气中、人体组织中的射程均很短，穿不透皮肤表层。因此，本评价不考虑 α 射线外照射影响。

β 射线：核医学科使用的 ^{131}I 、 ^{89}Sr 会产生 β 射线，其 β 射线能量在 0.5846MeV~0.602MeV 之间， β 射线在人体组织中的射程较短，患者的身体完全能够阻挡 β 射线，同时人体皮肤也能有效阻挡 β 射线进入人体。因此，本项目评价时不考虑 β 射线的穿透影响。

γ 射线：核医学科使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{125}I 会产生 γ 射线，其 γ 射线能量在 0.0117MeV~1.0715MeV 之间。 γ 射线在人体组织中的射程较长，患者的身体不能完全能够阻挡 γ 射线，同时人体皮肤也不能有效阻挡 γ 射线进入人体。因此，本项目评价时将主要考虑 γ 射线的影响。

韧（同“韧”，其余位置同此）致辐射：本项目核医学科使用的放射性核素的 β 粒子穿过周围物质时将产生韧致辐射。

α 表面污染：医务人员在操作 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 过程中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成 α 放射性表面污染。

β 表面污染：医务人员在操作 β 放射性核素过程中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。

X 射线：核医学科使用的 SPECT/CT、CT 机在使用时会产生 X 射线。以上装置在开机并曝光时产生 X 射线，在开机不曝光或不开机状态下均不产生 X 射线。X 射线能量在零和曝光管电压之间（不超过 140kV），为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

(2) 废气

核医学科开展诊断、治疗活动过程中，放射性药物活度测量、分装、稀释等操作过程中会产生少量的放射性气溶胶废气。离子型的 ^{131}I 放射性药物易氧化析出 ^{131}I

表 2 项目建设情况

（单质碘），碘在常温下易挥发，产生放射性气溶胶；其他放射性核素均购买成品药物/针剂，操作比较简单，在正常工作情况下均不会产生气溶胶和蒸汽，仅在操作失误，放射性物质泼洒在工作台面或地面，可能会有微量药物挥发进入空气中。

X 射线、 γ 射线等与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气。

衰变处理设施运行产生少量臭气等。

（3）废水

用药后的病人排泄物、放射性药物操作过程中沾染的洗手水、一些重复使用的医疗器械的清洗水、工作场所清洁会产生放射性废水。

核医学科医务人员、病人（候诊区、粒籽病房等）及陪同家属会产生一些医疗废水，属于非放射性废水。

（4）固体废物

核医学科开展诊断、治疗的活动过程中，将产生放射性固废，主要有一次性注射器、针头、手套、棉签、清洁污染用吸水纸、抹布、一次性纸杯、纸巾、清洁污染用吸水纸、餐盒、纸巾等。放射性废气处理系统采用活性炭吸附，更换后产生废活性炭。甲癌病房、甲亢留观室可能沾染放射性药物的被服；非正常情况下少量未用完的放射性药物（含容器瓶）；射线装置报废产生废射线装置；废源间/废源库采用紫外灯消毒，后期会产生废紫外灯等。

项目产生的污染因子与环评阶段一致，未发生变化。

2.11 人员配置及工作负荷

（1）人员配置

根据建设单位提供资料，核医学科目前配置了 9 名放射工作人员，由医院其他放射工作人员调岗或常规工作人员培养而来。放射工作人员名单见表 2-9。

表 2-9 核医学科放射工作人员名单表

序号	姓名	性别	学历	职称/职位	辐射安全与防护培训合格证号	培训时间	健康体检时间	个人剂量计编号	说明
1	刘颖	男	硕士	副主任 医师	FS25CQ0300006	2025.1	2023.9	5011050004	/
2	冉林浩	男	本科	副主任 医师	FS25CQ0300001	2025.1	2023.9	5011050020	/
3	付炜晨	男	本科	技师	FS25CQ0300004	2025.1	2023.9	5011050031	/

表 2 项目建设情况

4	杨弟春	男	本科	主管技师	FS25CQ0300007	2025.1	2023.9	5011050015	/
5	陈疆圩	男	硕士	医师	FS25CQ0300005	2025.1	2024.8	5011050150	/
6	梁欢	女	硕士	医师	FS24CQ0300108	2024.8	2024.6	5011050136	/
7	张国莉	女	本科	主管护师	FS24CQ0300060	2024.7	2024.9	5011050147	/
8	张颖	女	本科	主管技师	FS25CQ0300012	2025.1	2023.8	5011050112	/
9	阳涛	男	本科	物理师	FS24CQ0200076	2024.5	2023.9	5011050111	籽粒植入计划

备注：操作放射性药物的放射工作人员铅衣内外各1枚，同一个编号。物理师为医院共用。

项目劳动定员34人，因项目目前尚未运行，且核医学科前期开展的诊疗项目较少，运行前期病人量少，目前仅配置了9名放射工作人员，待后续病人数增加后再酌情增加放射工作人员，目前配置的放射工作人员涉及到各岗位，能满足核医学科前期运行的需要。放射工作人员均通过了辐射安全培训与考核，能持证上岗；放射工作人员均已开展了岗前职业健康体检，配置了个人剂量计。放射工作人员的培训档案、健康档案、个人剂量档案均由医院辐射专职管理人员负责管理。

医院另行配置了多名核医学科预备放射工作人员，目前正在参加辐射安全培训与考核，待其满足相关管理要求后才能在核医学科从事相应放射工作。

2.12 工作负荷

根据医院确认，项目核医学科年运营 365 天，工作人员工作 250 天，实行轮休制。核医学科放射性核素药物操作天数不超过 250 天/年。

核医学科每天最多接待诊疗患者 54 人次，年最多接待诊疗患者 11200 人次，其中年住院 800 人次（含甲亢留观）。

核医学科使用非密封放射性同位素的工作负荷具体情况如下表 2-10，设备及放射工作人员工作时间见表 2-11。

表 2-10 非密封放射性同位素使用情况表

核素名称	用途	药物形态	单人次最大用量 (Bq)	最多接待人次 (人次)			核素用量 (Bq)		
				日	周	年	日	周	年
^{99m} Tc	扫描诊断	液态	9.25×10 ⁸	22	110	5500	2.035×10 ¹⁰	1.018×10 ¹¹	5.088×10 ¹²
¹³¹ I	门诊诊断 (甲吸)	液态	3.70×10 ⁵	10	50	2500	3.7×10 ⁶	1.85×10 ⁷	9.25×10 ⁸
	门诊治疗	液态	3.70×10 ⁸	8	40	2000	2.96×10 ⁹	1.48×10 ¹⁰	7.40×10 ¹¹

表 2 项目建设情况

	(甲亢)								
	门诊治疗 (甲亢)	液态	7.40×10^8	2	4	200	1.48×10^9	2.96×10^9	1.48×10^{11}
	住院治疗 (甲癌)	液态	7.40×10^9	2	4	200	1.48×10^{10}	2.96×10^{10}	1.48×10^{12}
	小计	/	/	22	98	4900	1.924×10^{10}	4.738×10^{10}	2.369×10^{12}
^{89}Sr	门诊治疗	液态	1.48×10^8	2	4	200	2.96×10^8	5.92×10^8	2.96×10^{10}
^{223}Ra	门诊治疗	液态	7.40×10^6	2	2	100	1.48×10^7	1.48×10^7	7.40×10^8
^{225}Ac	门诊治疗	液态	1.11×10^7	2	2	100	2.22×10^7	2.22×10^7	1.11×10^9
^{125}I 粒籽	植入治疗	固态	3.7×10^9	4	8	400	1.48×10^{10}	2.96×10^{10}	1.48×10^{12}
合计			——	54	224	11200	5.47×10^{10}	1.79×10^{11}	8.97×10^{12}

表 2-11 核医学科射线装置及人员工作负荷统计表

设备名称	工作内容	诊断人数 (人次/年)	单次所需时间	年有效开机时间
SPECT/CT ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 甲癌)	SPECT 显像	$5500 + 200 \times 2 = 5900$	10min/人次	983.3 h/年
	CT 扫描		2min/人次	196.7 h/年
CT	粒籽植入	400	$2 \times 2 = 4\text{min/人次}$	26.7 h/年
核素名称	工作内容	诊疗人数 (人次/年)	单次所需时间	放射工作人员接触时间
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	活度测定、注射器吸药	5500	10s/人次	15.3 h/年
	注射	5500	10s/人次	15.3 h/年
	SPECT/CT 辅助摆位	$5900 \times 1/10 = 590$	1min/人次	9.8 h/年
^{131}I (甲吸测定)	手动稀释分装	1 次/周, 50 周/年	10min/次	8.3h/年
^{131}I (甲亢甲癌治疗)	自动分装	2400	自动分药仪	/
^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac	分装、活度测定	400	10s/人次	1.1 h/年
	注射	400	10s/人次	1.1 h/年
^{125}I 粒籽	分装入枪	400	10min/人次	66.7 h/年
	运输	400	1min/人次	6.7 h/年
	CT 引导下植入	400	30min/人次	200 h/年
	病人转运	400	5min/人次	33.3 h/年

综上所述, 本次验收的核医学科各放射性同位素的诊疗用量与环评阶段一致, 设备及放射工作人员的工作时间与环评阶段一致。

2.13 项目变更情况

综上所述, 与环评阶段相比, 本次验收的核医学科的变化情况见表2-12。

表 2 项目建设情况

表2-12 项目变化情况表			
序号	环评阶段	验收阶段	变化情况原因和影响
1	CT机房的医护人员进出门位于机房西南角。	CT机房的医护人员进出门在机房东南角。	优化布局,减少 ¹²⁵ I粒籽的运输距离。
2	诊断廊的隔断门(防火门)位于注射室1门的南侧	与缓冲间1的隔断门(防火门)位于注射室1门的北侧,防火门向北挪动了约3m。	根据消防分区要求进行调整,不影响诊断路径走向。
3	将PET/CT控制室外医护走廊并入PET/CT控制室内;取消4#楼梯,将其一半用房与北侧用房合并;合并原主任办公室、资料室及其南侧过道;库房、资料室、主任办公室、示教室(学习室)的位置相互调整。项目用房的建筑面积由2000m ² 减少为1985m ² 。		辅助用房的优化调整,增加了控制室、示教室、办公室的使用面积,减少了库房等的使用面积,不影响核医学科使用功能。
4	甲吸用药为胶囊。	甲吸用药为手动稀释分装。	买药受限,甲吸用药量少,在40mmPb手套箱内操作,对放射工作人员的影响微小。
5	控制区(含敷贴室、骨密度机房)周围50m的环保目标	将敷贴室、骨密度机房(预留机房)纳入本次环保目标,其余不变	本次不验收敷贴室、骨密度机房,将其作为监督区。

根据以上分析,项目建设与环评阶段变化较小。根据《污染影响类建设项目重大变动清单(试行)》(环办环评函〔2020〕688号),项目的建设性质、规模、地点、采用的设备及工艺、防治污染、辐射安全与防护等措施未发生重大变动。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 主要污染源、污染物处理和排放：

(1) 工作场所布局

根据核医学诊疗业务流程，诊断区总体上从北到南设置了卫生通过间 1（含淋浴）、分装室 1、储源室 1、废源库 1、注射室 1、注射室 2（运动室）、SPECT 等候室、PET 等候室、抢救室 1、SPECT/CT 检查室、PET/CT 检查室、校准源间、SPECT 留观室、PET 留观室、污洗间 1；治疗区总体上从南到北设置了卫生通过间 2、分装室 2、注射室 3、储源室 2、废源间 2、污洗间 2、服碘室、甲亢服药室、甲亢留观室、配餐间、被服库、抢救室 2、甲癌病房；其他区总体上从西到东主要设置了 CT 机房室、粒籽分装消毒室、敷贴室、储源室 3、预留机房及其控制室、粒籽病房等。

(2) 人流物流路径

①患者（病人）规划路径

A.注射诊断患者路径

注射^{99m}Tc的受检者：通过门诊综合楼1F的入口梯进入-2F核医学科，护士站→候诊区→入口走道→缓冲间1→诊断廊→注射室2（需要运动的进入里间的运动室先运动）→诊断廊→SPECT/CT等候室→诊断廊→SPECT/CT检查室→SPECT/CT留观室→缓冲间2→家属等候区，通过新建专用出院梯上到门诊综合楼-1F直接离开门诊综合楼。

B.注射治疗患者路径

注射⁸⁹Sr、²²³Ra、²²⁵Ac的患者：通过门诊综合楼-1F的2#楼梯，下到核医学科治疗廊→注射室3→治疗廊→治疗出口廊，通过10#楼梯到达门诊综合楼-1F，再离开门诊综合楼。

C.口服药物患者路径

甲吸患者：通过门诊综合楼-1F的2#楼梯，下到核医学科治疗廊→甲亢服药室服药→治疗廊→治疗出口廊，通过10#楼梯到达门诊综合楼-1F，再离开门诊综合楼。甲测时同门诊诊断患者路径到护士站登记后进入甲吸室检查。

甲亢患者：通过门诊综合楼-1F的2#楼梯，下到核医学科治疗廊→→→住院廊→服碘室→住院廊→缓冲间5→治疗出口廊，经10#楼梯到达门诊综合楼-1F，再离开门诊综合楼；需要留观的经治疗出口廊、治疗廊到甲亢留观室留观后再经10#楼

表 3 辐射安全与防护设施/措施

梯离开门诊综合楼。

甲癌患者：通过门诊综合楼 1F 的入口梯进入-2F 核医学科，在护士站办理住院手续，经缓冲间 3、粒籽廊、缓冲间 4、住院廊进入甲癌病房住院，待需要服药时经住院廊到服碘室，之后原路返回甲癌病房住院。出院时经住院廊、缓冲间 5、治疗出口廊、10#楼梯到达门诊综合楼-1F，再离开门诊综合楼。

甲亢患者服药期间，甲癌病人由医护人员管控在甲癌病房内，不与甲亢病人接触。

D.粒籽植入患者路径

患者通过门诊综合楼1F的入口梯进入-2F核医学科，护士站→候诊区→CT机房植入→缓冲间3→粒籽廊→粒籽病房，出院时原路返回经缓冲间3、候诊区、电梯出院。

②核医学科医务人员规划路径

A.操作射线装置的医务人员（技师）路径

核医学科技师直接从医梯进入-2F核医学科，通过医护廊进入各控制室操作，工作结束后原路返回。

B.操作诊断核素的医务人员（护士）路径

医务人员（技师）直接从医梯进入-2F核医学科，通过医护廊进入卫生通过间1进入分装室1工作，工作完成后原路返回。该部分医务人员离开分装注射室后，需要在卫生通过间内经 β 表面污染监测仪监测表面污染达标后方可离开。

C.操作治疗核素的医务人员（护士）路径

操作治疗核素的医务人员（护士）：通过门诊综合楼-1F的2#楼梯，下到核医学科入口廊，经送餐廊、卫生通过间2进入分装室2工作，工作完成后原路返回。

D.粒籽植入医护人员路径

医护人员经医护廊进入CT控制室、粒籽消毒室到达储源室3取出粒籽，然后返回粒籽消毒室分装粒籽入植入枪，然后消毒，再进入CT机房为病人植入等，工作完成后可直接离开。

③放射性药物运输路径

本项目放射性药物全部采用预约对外订购方式获得，每日由供货商/生产商运

表 3 辐射安全与防护设施/措施

送。

专业人员运送^{99m}Tc放射性药物时，从-2F车库直接经核医学科西北角的入口进入医护廊，再送入储源室1。

专业人员运送¹²⁵I粒籽源时，从-2F车库直接经核医学科北侧大门通过入口走道进入敷贴室，再送入储源室3。

专业人员运送¹³¹I、⁸⁹Sr、²²³Ra、²²⁵Ac放射性药物时，从-1F的2#楼梯下到-2F核医学科，沿入口廊、送餐廊送到储源室2。

放射性药物一般在每天的早上接诊前送药，送药时核医学科内尚无门诊病人活动。

④放射性废物运输路径

核医学科拟设置废源库1、废源间2。每日诊疗工作完成后，核医学科医务人员将诊断区等的放射性废物收集到废源间1内分类打包、贴标识后进行衰变。

每日治疗完成后将治疗区的放射性废物收集到废源间2内分类打包、贴标识后进行衰变。住院区的放射性废物一般情况下在病人出院后再收集至废源间2衰变，住院病人的被服直接收集到被服库衰减处理。

放射性废物衰变达相应时间并监测合格后，废源间1的通过医护廊送出，废源间2的通过送餐廊、入口廊、出院梯送出，然后在医院医疗废物暂存间暂存，最后交有资质单位处置。

⑤送餐路径

甲癌病房的送餐人员通过门诊综合楼-1F的2#楼梯，下到核医学科入口廊，经送餐廊直接送至配餐间的传递窗。粒籽病房等的送餐从候诊区、缓冲间3送到粒籽廊。甲亢留观室的餐从2#电梯到入口廊，送到治疗廊。送餐期间病人均在病房内。

项目核医学科人流、物流等路径规划示意图附图五（2）所示。

综上所述，通过时间空间管控，本项目核医学科工作人员通道与患者通道分开，用药前患者和用药后患者通道能分开，人员与放射性药物通道错时分开，做到通道时空不交叉。

与环评阶段相比，核医学科人流物流路径未发生变化。人流、物流相对独立，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）与《核医学放射防护要求》

表3 辐射安全与防护设施/措施

(GBZ120-2020)的要求。

3.2 辐射工作场所分区管理

医院对核医学科用房进行了分区管理,具体分区情况见表 2-2,分区图见附图五(3)所示。

表3-1 项目分区情况

阶段	控制区范围	监督区范围
环评阶段	1、卫生通过间 1(含淋浴)、分装室 1、储源室 1、废源间 1、注射室 1、注射室 2(运动室)、SPECT 等候室、PET 等候室、抢救室 1、SPECT/CT 机房、PET/CT 机房、校准源间、SPECT 留观室、PET 留观室、污洗间 1、诊断廊。 2、卫生通过间 2、分装室 2、注射室 3、储源室 2、废源间 2、污洗间 2、甲癌服药室、甲亢服药室、甲亢留观室、治疗廊、配餐间、被服库、抢救室 2、甲癌病房、粒籽病房、住院廊。 3、骨密度机房、储源室 3、敷贴室、粒籽消毒室、CT 机房。 4、提污间、衰变处理设施池体内部。	缓冲间 1、入口走道、诊室 2、骨密度控制室、强电间、弱电间、医护走道、甲吸室、CT 控制室、SPECT 控制室、PET 控制室、库房、缓冲间 2、送餐廊、入口廊、家属等候区、2#楼梯、治疗出口廊、缓冲间 5、配电房、缓冲间 4、粒籽廊、值班室 2,以及设备房、车库等。 控制区楼上、楼下正对区域; 提污间西侧和北侧的车库、东侧和南侧排水沟等区域,提污间楼上对应区域;衰变处理设施上方区域。
验收阶段	1、卫生通过间 1(含淋浴)、分装室 1、储源室 1、废源库 1、注射室 1、注射室 2(运动室)、SPECT/CT 等候室、PET/CT 等候室、抢救室 1、SPECT/CT 检查室、PET/CT 检查室、校准源间、SPECT/CT 留观室、PET/CT 留观室、污洗间 1、诊断廊。 2、卫生通过间 2、分装室 2、注射室 3、储源室 2、废源间 2、污洗间 2、服碘室、甲亢服药室、甲亢留观室、治疗廊、配餐间、被服库、抢救室 2、甲癌病房、粒籽病房、住院廊。 3、储源室 3、粒籽分装消毒室、CT 机房。 4、提污间、衰变处理设施池体内部。	缓冲间 1、入口走道、敷贴室、诊室 2(维生素检测室)、预留机房、强电间、弱电间、医护走道、甲吸室、CT 控制室、SPECT 控制室、PET 控制室、学习室(示教室)、缓冲间 2、送餐廊、入口廊、家属等候区、2#楼梯、治疗出口廊、缓冲间 5、配电房、缓冲间 4、粒籽廊、值班室 2,以及设备房、车库等。 控制区楼上、楼下正对区域; 提污间西侧和北侧的车库、东侧和南侧排水沟等区域,提污间楼上对应区域;衰变处理设施上方区域。

本次验收范围不包含 PET 相关诊断,但因其相关用房均在核医学科控制区内,无关人员无法进入,因此这些用房也纳入控制区进行管理。本次不验收的敷贴治疗、骨密度诊断用房相对独立,本次将其划为监督区进行管理。因此,与环评阶段相比,除骨密度机房(预留机房)、敷贴室划为监督区外,其余不变。

核医学科的控制区满足环评、批复文件和《电离辐射防护与辐射源安全基本标

表 3 辐射安全与防护设施/措施

准》的要求，同时也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）与《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

3.3 各房间防护厚度建设情况

项目验收涉及用房的屏蔽设计及建设情况见表3-2。

表3-2 项目验收涉及用房屏蔽情况对比表

名称	环评阶段防护方案	验收阶段防护方案	变化情况
分装室 1	墙体：120mm/240mm 砖+8mmPb 注射窗：1#40mmPb，2#10mmPb 防护门：5mmPb/10mmPb 顶棚：120mm 砼+16mmPb 地板：120mm 砼+3mmPb		不变
储源室 1	墙体：120mm/240mm 砖+3mmPb、120mm 砖+8mmPb 防护门、传递窗（铅抽屉）：10mmPb 顶棚、地板：120mm 砼		不变
废源库 1	墙体：120mm/240mm 砖+3mmPb、120mm 砖+8mmPb 防护门：5mmPb/10mmPb 顶棚、地板：120mm 砼		不变
注射室 2 （含运动室）	墙体：240mm 砖+3mmPb、120mm/240mm 砖+8mmPb 防护门：10mmPb 顶棚、地板：120mm 砼+3mmPb		不变
抢救室 1	墙体：120mm/240mm 砖+8mmPb、120mm 砖+3mmPb/15mmPb 防护门：10mmPb 顶棚：120mm 砼+16mmPb 地板：120mm 砼+3mmPb		不变
SPECT/CT 等候室	墙体：240mm 砖+3mmPb/8mmPb 防护门：10mmPb 顶棚：120mm 砼+3mmPb 地板：120mm 砼		不变
SPECT/CT 检查室	墙体：120mm 砖+4mmPb/12mmPb、240mm 砖+8mmPb 防护门、观察窗：5mmPb/10mmPb 顶棚、地板：120mm 砼+3mmPb		不变
SPECT/CT 留观室	墙体：120mm 砖+3mmPb/11mmPb/18mmPb、240mm 砖+8mmPb 防护门：10mmPb 顶棚：120mm 砼+3mmPb 地板：120mm 砼		
污洗间 1	墙体：120mm/240mm 砖、120mm 砖+3mmPb 防护门：5mmPb 顶棚、地板：120mm 砼		不变
诊断廊	出入口墙体：240mm 砖+8mmPb 出入口防护门：15mmPb 顶棚：120mm 砼+16mmPb 地板：120mm 砼+3mmPb		不变
分装室 2	墙体：120mm 砖+3mmPb、240mm+10mmPb 防护门：8mmPb/10mmPb/20mmPb/25mmPb 顶棚：120mm 砼+18mmPb 地板：120mm 砼+8mmPb		不变
卫生通过间 2	/	邻送餐廊的门：5mmPb	新增防护门
储源室 2	墙体：120mm/240mm 砖+3mmPb 防护门、传递窗（铅抽屉）：10mmPb 顶棚、地板：120mm 砼		不变
废源间 2	墙体：120mm/240mm 砖+3mmPb、240mm 砖+15mmPb 防护门：8mmPb 顶棚、地板：120mm 砼		不变
注射室 3	墙体：120mm 砖、120mm 砖+15mmPb、240mm 砖+10mmPb 防护门：5mmPb 3#注射窗：20mmPb 顶棚、地板：120mm 砼+3mmPb		不变

表 3 辐射安全与防护设施/措施

服碘室	墙体：120mm 砖+23mmPb、240mm 砖+15mmPb 防护门：20mmPb/25mmPb 顶棚：120mm 砼+18mmPb 地板：120mm 砼+8mmPb	不变
甲癌病房 1、2	墙体：120mm 砖+20mmPb、240mm 砖+15mmPb 防护门：20mmPb 顶棚：120mm 砼+18mmPb/26mmPb 地板：120mm 砼+8mmPb/10mmPb	不变
住院廊	出入口：墙体 240mm 砖+10mmPb，邻监督区墙体：20mmPb 防护门 20mmPb 顶棚：120mm 砼+18mmPb 地板：120mm 砼+8mmPb	不变
甲亢服药室	墙体：120mm 砖+15mmPb、240mm 砖+3mmPb/10mmPb 防护门：20mmPb 顶棚：120mm 砼+5mmPb 地板：120mm 砼+3mmPb	不变
甲亢留观室	墙体：120mm/240mm 砖+10mmPb 防护门：16mmPb 顶棚：120mm 砼+8mmPb 地板：120mm 砼+3mmPb	不变
治疗廊	出入口、邻监督区：墙体 240mm 砖+3mmPb，防护门：12mmPb 顶棚：120mm 砼+5mmPb 地板：120mm 砼+3mmPb	不变
抢救室 2	墙体：120mm 砖+20mmPb、240mm 砖+10mmPb/15mmPb 防护门：20mmPb 顶棚：120mm 砼+18mmPb 地板：120mm 砼+8mmPb	不变
被服库	墙体：120mm 砖+3mmPb/20mmPb、240mm 砖+3mmPb 防护门：8mmPb 顶棚、地板：120mm 砼	不变
配餐间	墙体：120mm 砖+20mmPb、240mm 砖+15mmPb 防护门、配餐窗：25mmPb 顶棚：120mm 砼+18mmPb 地板：120mm 砼+8mmPb	不变
污洗间 2	防护门：2mmPb 顶棚、地板：120mm 砼	不变
储源室 3	墙体：3mmPb、240mm 砖+3mmPb 防护门：3mmPb 顶棚、地板：120mm 砼	不变
粒籽消毒室	墙体：3mmPb、240mm 砖+3mmPb 防护门：3mmPb 顶棚、地板：120mm 砼	不变
CT 机房	墙体：4mmPb、240mm 砖+4mmPb 防护门、观察窗：4mmPb 顶棚、地板：120mm 砼+3mmPb	不变
粒籽病房 1、2、3	墙体：主要为 3mmPb（邻控制区其他用房除外） 防护门：3mmPb 顶棚、地板：120mm 砼	不变
骨密度检查 室	墙体、防护门、观察窗：3mmPb 顶棚、地板：120mm 砼+2mmPb	不变
敷贴室	墙体：3mmPb、4mmPb、240mm 砖 防护门：3mmPb 顶棚、地板：120mm 砼	不变
入口廊送餐 廊南墙	240mm 砖	不变
衰变处理设 施	各池体底部 850mm 砼，各池体四周、顶部 300mm 砼，检修井井盖长半衰期的 350mm 砼，短半衰期的 300mm 砼。除井盖外，其余顶部覆土 0.3m~1.5m。	不变
提污间	墙体：240mm 砖 防护门：2mmPb 顶棚：120mm 砼	不变
放射性	裸露于空气中短半衰期放射性废水收集管网包裹 3mmPb 铅皮；	不变

表 3 辐射安全与防护设施/措施

废水管网	裸露于空气中长半衰期放射性废水收集管网包裹 7mmPb 铅皮。	
穿墙管线	穿越高度不低于 4.0m，控制区内的 2mmPb 铅皮包裹补偿。	不变

根据表3-2对比情况可知，防护方案中，除卫生通过间2与送餐廊相邻的门调整为防护门外，其余屏蔽防护均未发生变化。同时，根据后文监测结果，各屏蔽防护均能达到相关防护要求。

3.4 辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况

本项目辐射安全与防护措施包括辐射分区、警告标志、视频监控、语音对讲、引导标识等辐射安全与防护状况等，现场照片见附图三，具体布置位置见附图五(9)。核医学科的辐射安全与防护设施设置情况与环境影响报告表及其审批部门审批决定对比情况见表3-3。

表 3-3 核医学科安全防护措施落实情况表

序号	环评报告表及其批复中的安全防护措施	实际采取的安全防护措施	检验方式	检验结果
1	场所装修	在容易发生药物撒泼的服碘室、甲亢服药室、射线装置机房地面设置 PVC 地板胶铺设，并回翻接墙面；其他用房为环氧地坪，过道/走廊地面为瓷砖铺设；墙面均采用医疗洁净板。均易清洁。	现场查看	已按要求设置并达到效果
2	工作场所分区	在核医学科内划分控制区和监督区，地面贴分区标识。	现场查看	达到分区管控效果
3	防盗和监控	各储源室、废源间/废源库防护门设置门锁和门禁（或室外用房设置门禁），设置监控探头，专人保管放射源，实现双人双锁。	现场查看	已按要求设置
4	警告标志	在储源室、病房、服药碘室、废源间/废源库、射线装置检查室等门上，以及提污间、衰变处理设施围栏等处设置电离辐射警告标志。储源铅罐、放废桶、注射器转运盒表面张贴电离辐射标志。 在工作场所内部相应区域、废水处理设施围栏、出口电梯/楼梯等处设置警示语等。	现场查看	已按要求设置
5	就诊引导标识	在诊断廊、治疗廊、住院廊等处设置地面导向提示，引导受检者就诊。	现场查看	已按照要求张贴标识
6	门禁系统	在控制区进出口设置门禁（密码门），防止无关人员进出；受检者出入口设置单向门禁仅能单向通行，技师、护士工作区域无关人员不可进入。	现场查看	已按要求设置并达到效果
7	监视和通讯装置	在核医学科工作场所必要位置设置监控探头，监控显示在护士站，并设置了对应的语音/对讲装置，方便医护人员指导患者或者与患者沟通。	现场查看和试验	已按要求设置并达到效果

表 3 辐射安全与防护设施/措施

8	剂量报警仪	在住院廊、就诊病人出口、分装室、储源室、护士站、SPECT/CT 控制室等处设置固定式区域辐射剂量报警仪。	现场查看	已按照要求设置，能正常工作
9	清洁去污	设置卫生通过间，各水出口置感应式开关。配置核素洗消液及配备应急去污用品、表面污染监测仪，保证放射工作人员清洁达到要求后再离开核医学科。	现场查看	已按照要求设置

通过现场查看及检验，本项目落实了环评报告及其批复中的安全防护措施。

3.5 放射性三废处理设施的建设

3.5.1 监测设施及防护用品

医院按照环境影响报告表及其审批部门审批决定的要求为辐射工作人员配备了防护用品及表面污染监测仪、剂量报警仪、个人剂量计等。

监测设施基本情况见表 3-4。

表3-4 核医学科个人防护用品和检测仪表

序号	设备名称	数量	存放或使用位置	备注
1	铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽、铅围裙	5 套	卫生通过间 1、2	0.5mmPb
2	铅衣、铅眼镜、铅围裙	2 套	粒籽消毒室	0.5mmPb
3	铅方巾	4 张	粒籽病房	0.5mmPb
4	铅围裙/方巾、铅颈套、铅帽子	2 套	CT 机房	0.5mmPb
5	放射性污染防护服	2 件	防护更衣室	/
6	表面污染沾污仪	2 台	卫生通过间	IA-V2/inspector 型 MR-50EXP 型
7	个人剂量报警仪	4 台	医务人员随身佩戴	SMACH-RG1000
8	固定式区域辐射报警系统	1 套	在就诊病人出口、缓冲间、分装室、储源室、护士站、SPECT/CT 控制室、PET/CT 控制室等设置	SMACH-RM200 (14 个分机)、 RMS128 (2 台)
9	个人剂量计	9 枚	医护人员随身佩戴(铅衣内外各 1 枚，按 1 枚计)	/
10	智能化 X-γ辐射仪 (手持式)	2 台	核医学工作场所	YD-1105 MR-50EXP

根据表3-4可知，医院核医学科配置的防护用品和检测仪表满足开展相应诊疗的需要，也满足环评及批复要求。固定式区域辐射报警系统设置多个探头主要在放射工作人员经常活动的位置和病人出口处设置，能有效监控工作场所的辐射水平。

3.5.2 放射性废气处理

表 3 辐射安全与防护设施/措施

根据附图五（4）核医学科废气管网布置图可知，项目共设置了7套废气收集主管。1#（非放射性废气收集管网）废气管网引至门诊急诊楼-1F直接在东侧排出室外，排放口距地约4m。2#~7#废气主管分别收集核医学科各区域放射性废气，引至门诊综合楼4F楼顶高于楼顶排放。其中分装室1的手套箱、分装室2的手套箱各设置1套独立的收集管网（4#、5#），甲癌住院区（3#）、放废暂存间2（6#）均设置独立的排风系统，诊断区、治疗区的其余区域分别设置1套收集管网（2#、7#），管网布置保证废气从低活性到高活性方向收集。

1#废气管网收集风机位于风机房内，2#~7#废气收集管道的风机均位于4楼顶，合理配置风机（风量），保证核医学科内气流从清洁区到监督区到控制区走向，保证各手套箱风速不低于0.5m/s。

各手套箱上方设置了活性炭吸附装置，各放射性废气管网引至楼顶排放的废气管网在排放口之前另设置活性炭吸附装置，活性炭定期更换。核医学工作人员定期检查防护手套箱、通风风机运行效能，形成检查记录，定期更换活性炭，更换下来的废活性炭作为放射性废物处置。

放射性废气收集管网布置、收集范围、排放口设置位置等与环评阶段一致，未发生改变。

核医学科废气收集管网基本情况见表 3-5。

表 3-5 核医学科废气收集管基本情况表

排气管道编号	主要收集范围	排风量（m ³ /h）		备注
		环评阶段	验收阶段	
1#	其他区：医护区卫生间，候诊卫生间，储源室3，CT机房、CT控制室、敷贴室，粒籽病房。	4100	4100	引至-1F直接排出室外
2#	诊断区：污洗间2、诊断廊、SPECT留观室、PET留观室、PET/CT机房，校准源室、抢救室1，SPECT/CT机房，PET等候室、注射室1，SPECT等候室，注射室2，卫生通过间1、储源室1、废源间1、分装室1。	6600	6800	分别引至4F楼顶（电梯机房楼顶）各自排放
3#	住院区：配餐间、抢救室、被服库、住院廊、污洗间、服碘室、甲癌病房2、甲癌病房1。	4300	2400	
4#	手套箱：分装室1手套箱（2个）	1000	1000	
5#	手套箱：分装室2手套箱	500	500	
6#	废源间2	200	200	
7#	治疗区：卫生通过间2、储源室2、注射室3、	1800	2300	引至4F楼顶排

表 3 辐射安全与防护设施/措施

	分装室2, 甲亢服药室、甲亢留观室。			放
放射性废气收集管网布置、收集范围、排放口设置位置等与环评阶段一致，部分管网排风机的风量有所调整，能保证手套箱内风速不低于 0.5m/s，工作场所废气从低活区到高活区收集，其余未发生改变。				
3.5.3 放射性废水处理				
核医学科的放射性废水采用污污分流的方式收集和处理。				
核医学科建设了两套独立的放射性废水收集处理系统。1#衰变处理设施为短半衰期放射性废水收集处置，主要收集卫生通过间1、分装室1、SPECT/CT等候室、抢救室1、SPECT/CT留观室、污洗间1的放射性废水。2#衰变处理设施为长半衰期放射性废水收集处置，主要收集包含卫生通过间2、甲癌病房1、甲癌病房2、污洗间2、甲亢留观室的放射性废水。粒籽病房的废水不属于放射性废水，直接接入普通医疗废水管网。两套废水管网收集系统能做到污污分流收集，并保证放射性废水全部收集处理。				
两套放射性废水衰变处理设施均设置在门诊综合楼东侧绿化带内。放射性废水管网收集废水后直接穿越地板到-3F顶棚下方，之后汇集到-3F提污间的一体化污水提升器内，再泵至-1F室外地面引至衰变处理设施内进行处理。放射性废水收集管网穿越地板后至-1F室外段为裸露于空气中，采取包裹铅皮（短半衰期的3mmPb铅皮，长半衰期的7mmPb铅皮）及实心砖墙的提污间（240mm实心砖及2mmPb防护门）进行防护；-1F室外至衰变处理设施段为地理，覆土不低于500mm。				
两套衰变处理设施各包含 2 个（并联）一体化污水提升器、3 个（并联）衰变池。一体化污水提升器兼做污泥池，主要内设置铰刀式切割泵，能破碎消除废水中的沉渣，防止污泥硬化淤积和后续处理系统堵塞。衰变处理设施有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。一体化污水提升器一备一用。衰变池体积足够大，可接纳事故应急时清洗产生的放射性废水。				
两套放射性废水衰变处理设施（衰变池）均为地理式混凝土结构槽式处理间歇排放工艺，均为高度智能化控制系统，人性化操作管理，设置触摸屏控制系统、报警机制和状态提醒机制、剂量监控探测系统，所有运行状态自行监控，实现全自动稳定运行。系统的电源柜、自动控制柜、主机等均设置在废水间内，远程控制界面				

表 3 辐射安全与防护设施/措施

拟设置在核医学科医生办公室。

放射性废水经管网、提污间泵入衰变池1，待其装满废水后启用衰变池2，待衰变池2装满废水后启用衰变池3，待衰变池3装满水后，将衰变池1的废水泵入医院污水井排放到医院污水管网，放射性废水再排入衰变池1，以此循环。提污间、各池体内的泵均为一备一用。衰变池排水管网上设置采样系统，在需要时可采样检测。

两套衰变处理设施布置在一起，共用部分池体隔墙，池体外部轮廓长×宽×高为22.4m×8m×5.5m（不含底座）。各池体底部 850mm 砼，各池体四周、顶部 300mm 砼，检修井井盖长半衰期的 350mm 砼，短半衰期的 300mm 砼。除井盖外，其余顶部覆土 0.3m~1.5m。衰变处理设施上方井盖区域设置围栏，设置电离辐射警告标志和禁止长期停留等警示语。

1#衰变处理设施收集处理短半衰期放射性废水，单个衰变池有效体积为 22m³，3 个衰变池总有效体积为 66m³。2#衰变处理设施收集处理长半衰期放射性废水，单个衰变池有效体积为 156m³，3 个衰变池总有效体积为 468m³。

放射性废水衰变处理设施所在位置按照要求采取了防渗处理，混凝土池壁内部刷防渗砂浆，放射性废水管道则采用耐腐蚀的特种管道，能满足防渗的要求。衰变处理设施围栏上设置了电离辐射警示标识。放射性废水收集管网、管槽内管网设置标记，便于检测和维修。

项目放射性废水收集排放管网、处理设施的平立面示意图见附图五（6）、附图五（7）。

与环评阶段相比，放射性废水管网和衰变处理设施与环评阶段一致，未发生改变。

3.5.4 放射性固废处理

核医学科配置了10个20mmPb的放射废物桶（2个大号，8个中号），分别放置在SPECT/CT等候室、SPECT/CT留观室、分装室1、分装室2、服碘室、废源间/废源库、甲亢服药室、病房等，收集包括注射器、针头、棉签、一次性纸杯、手套、餐盒、纸杯等放射性废物。放射废物桶上设置了电离辐射标志。

核医学科诊断区在分装室1旁设置了废源库1、治疗区在分装室2旁设置了废源间2，各配置了1个大号放射废物桶，用于暂存衰变放射性废物。分类收集诊断区的放

表 3 辐射安全与防护设施/措施

放射性废物后在废源库1暂存衰变处理，分类收集治疗区的放射性废物在废源间2暂存衰变处理。废物暂存间内有放射性废物登记及管理台账，能准确记录每次产生放射性废物的种类、核素类别、重量、暂存起止时间、转运人员及监测人员等基本信息。医院按照医用放射性废物管理要求进行管理，每天诊疗工作结束后由专人统一收集打包等，衰变满足相应时间，经监测合格后作为一般医疗废物送至医院医疗垃圾暂存间，再交有资质单位处置。

未用完的放射性药物（含容器瓶）短半衰期的直接在手套箱内衰变后到衰变室暂存，达到要求后作为一般医疗废物处理，长半衰期的交生产厂家回收处置。粒籽植入过程或者病人住院期间产生的废粒子源暂存在储源室3的储源柜内，之后交厂家回收。

住院病人（含甲亢留观室）使用过的被服在被服库内暂存，达到清洁解控水平后（至少一个半衰期）再进行清洗消毒处理，而后再利用。核医学科住院区的被服单独清洗和使用，不与其他病房的被服一起清洗和混用。粒籽病房的被服与医院其他被服一起收集清洗消毒后再用。

与环评阶段相比，废源库1、废源间2、被服库的设置位置、面积、收纳范围等均未发生变化，其他放射性废物的收集处理方式也未发生变化。

3.5.5 其他

（1）废气：本项目衰变处理设施产生的少量臭气直接在绿化带排放。

（2）废水：核医学科常规废水单独设置废水收集管网，然后接入医院污水管网进入医院污水处理站进行处理。

（3）固废：本项目产生的非放射性固废主要为病人用药前及家属产生的医疗废物，为一般医疗废物，收集暂存于医院医疗废物暂存间，最终交有资质单位处置，对周围环境影响小。铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由医院收集妥善保存，交有资质单位处置，并做好相应记录。X射线装置设备报废后，设备去功能化交由物资回收单位处置，并做好记录。废紫外消毒灯的灯管属于危险废物，交有资质单位处置。

3.6 辐射环境安全管理落实情况

（1）辐射安全管理机构

表 3 辐射安全与防护设施/措施

医院成立了辐射防护管理机构领导小组，在放射科、肿瘤科、核医学科等科室成立各科室辐射防护管理小组，并于 2024 年底以文件的形式进行了人员调整。文件明确了辐射安全管理工作领导小组人员组成及职责，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

(2) 管理制度

医院制定了一系列辐射环境管理制度，公共制度主要包括：《放射防护和安全规章制度》《放射设备使用制度和维修保养制度》《放射工作人员学习、培训制度》、《辐射工作场所监测计划》《放射工作人员个人剂量管理制度》《放射工作人员健康管理规定》；核医学科制定了单独的科室管理制度，主要包括：《核医学科**岗位职责》《放射性药品采购、贮存、领用及注销规程》《放射性药品使用、查对及观察规程》《放射安全应急处理预案规程》《放射性 ^{125}I 粒籽使用观察规程》《核医学科仪器操作规范（SPECT/CT）》《核医学科放射事故应急预案》《核医学科放射性事故和放射源保管处理应急预案》《核医学科辐射安全应急处理、报告制度》《核医学仪器管理、操作、保养及维修制度》《核医学放射性药物管理制度》《核医学安全管理制度》《核医学清洁卫生制度》《核医学工作人员辐射防护制度》《核医学诊断、治疗病人防护制度》《核医学放射性药品配制、质控及记录制度》《核医学放射性废物处理制度》《核医学科核素显像室工作制度》《核医学科交接班管理制度》。

以上管理制度较齐全，能够指导核医学科的日常辐射安全管理工作，内容全面，具有可操作性。

(3) 其他

医院建立了放射工作人员个人剂量档案及健康体检档案，将定期安排放射工作人员进行职业健康体检、相应专业的辐射防护与安全考核，合格并在有效期内才能上岗。

医院按照环境影响报告表及其审批部门审批决定的要求进行辐射环境管理，对按照环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序对建设单位的辐射环境安全管理检查结果见表 3-6。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

表 3-6 辐射环境安全管理检查结果表				
序号	类别	分类	项目	本项目是否具备
1	辐射安全防护设施与运行	场所设施	入口电离辐射警示标志	是
2			场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	是
3			通风柜（半开口处风速 0.5m/s 以上）	是
4			易去污的工作台面和防污染覆盖材料	是
5			移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂的套	是
6			放射性下水系统或暂存设施	是
7			放射性下水系统标识	是
8			放射性同位素暂存库或设施	是
9			安保设施（贮存场所必须）	是
10			放射性固体废物暂存设施	是
11		监测设备	便携式辐射检测仪器仪表（表面污染、辐射水平等）	是
12			个人剂量计	是
13		防护器材	个人防护用品	是
14			去污用品和试剂	是
1	管理制度	综合	辐射安全管理	是
2		放射性物质	非密封放射性物质的管理规定（购买、领用、保管盘存和运输）	是
3			物料平衡管理规定	是
4		场所	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	是
5			操作规程（操作、贮存及包装等）	是
6			去污操作规程	是
7			保安管理规定	是
8		监测	监测方案	是
9			监测仪表使用与校验管理制度	是
10		人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	是
11			辐射工作人员个人剂量管理制度	是
12		应急	辐射事故/事件应急预案	是
13		三废	放射性“三废”管理规定	是

根据上述要求，医院核医学科采取的措施等满足检查要求，核医学科具备运营的条件。

3.7 环保设施投资及“三同时”落实情况

（1）环保投资

项目总投资约 2334.86 万元，其中环保投资约 450 万元，主要用于工作场所辐射屏蔽、各项辅助防护设施、监测仪器、个人防护用品等。环保投资一览表见下表。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

表3-7 项目环保设施及投资一览表			
序号	项目	环境保护（辐射防护）措施	投资估算 （万元）
1	辐射安全管理	管理制度建立、修订等，制度上墙，各处标识 标牌、警示标志等	2
2	人员	辐射安全与防护培训与考核	3
3	监测仪器和防护用品	固定式区域辐射报警系统、通道式行人放射性 监测系统、个人剂量报警仪、智能化 X-γ辐射 仪、表面检测仪、个人剂量计、活度计等	35
4	防护设施和防护用品	工作服、口罩、手套、洗消用品等 表 1-3 各工作场所辐射防护设施、防护用品	
5	废气治理措施	废气收集管网、处置设施	20
6	废水治理措施	放射性废水收集管网、废水衰变处理设施、防 渗处理等	20
7	固体废物治理设施	废源间特殊装修和建设、放废桶等	20
8	辐射防护设施工程	各防护门、铅窗等	150
		核医学科控制区内用房墙体屏蔽、顶棚地板	185
9	环境影响评价、竣工验收、辐射安全许可证办理等		15
合计			450

（2）“三同时”落实情况

项目配套建设的环境保护设施（如废气收集处理系统、放射性废水收集处理系统等）与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。项目建设满足“三同时”要求。

（3）其他

核医学科正式投入运行前，医院依据有关规定向重庆市生态环境局重新申请办理了《辐射安全许可证》（渝环辐证[00268]，有效期至 2030 年 1 月 15 日）。

本次自主验收后将按照要求向社会公开验收报告，在公示期满 5 个工作日内，登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报验收等相关信息。

3.8 环评及其批复文件要求落实情况

通过查阅医院竣工资料，与医院工作人员一同检查、验证各防护设施的运行状态。项目监控装置有效，监测仪器正常运行，防护门控制系统运行良好，废气排风装置运行良好，制度标识等张贴规范。

（1）环评批复要求落实情况

本项目环评批复中要求采取的辐射防护与安全措施落实检查情况见表 3-8。

根据表 3-8 可知，项目核医学科的建设落实了项目环评批复的要求。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

表3-8 环评批复中辐射防护与安全设施落实情况表		
环评批复要求的环保措施	实际采取的环保措施	落实情况
应严格遵守国家有关标准要求，有效控制项目对环境的电离辐射影响，确保： （1）附加给工作人员、公众的年有效剂量分别控制在 5mSv、0.25mSv 内。 （2）核医学科控制区外人员可达处、控制区内用房（含 PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、校准源室）屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率控制目标值应小于 2.5μSv/h；手套箱距离屏蔽体外表面 5cm 处周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h；手套箱、注射窗、全自动核素分药仪、放废桶、废水间表面 30cm 处周围剂量当量率控制目标值小于 2.5μSv/h。 （3）工作场所控制区、监督区和其他区域的表面污染水平应分别小于 40Bq/cm²、4Bq/cm²、0.4Bq/cm²。	根据后文监测结果及最大工作负荷估算，本项目附加给放射工作人员、公众的年有效剂量分别小于5mSv、0.1mSv。核医学科控制区外人员可达处、控制区内用房（含SPECT /CT机房）屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率控制目标值小于 2.5μSv/h；手套箱距离屏蔽体外表面5cm处周围剂量当量率控制目标值不大于25μSv/h；手套箱、注射窗、全自动核素分药仪、放废桶表面30cm处周围剂量当量率控制目标值小于2.5μSv/h，满足要求。 根据监测，工作场所的β表面污染满足要求。 核医学科尚未运营，提污间、衰变处理设施顶棚未进行监测。待核医学科运行，衰变处理设施内有一定量放射性废水时，再行委托有资质单位对废水性废水管网和衰变处理设施顶部、提污间周围进行监测，确保其达标。	已落实
严格落实辐射安全管理制度。设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，健全辐射安全责任制，落实辐射安全相关人员岗位职责。建立完善操作规程、设备维护保养制度、人员培训计划、监测方案和放射性物品台账管理制度等辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案并落实。	医院成立了辐射防护管理机构领导小组，在放射科、肿瘤科、核医学科等科室内成立各科室辐射防护管理小组，明确了辐射安全管理工作领导小组人员组成及职责。制定了对应管理制度及核医学科辐射事故应急方案。 在核医学科运行后严格落实管理制度中的相关要求。	已落实
严格落实辐射防护与安全措施。辐射工作场所应严格分区管理，划定控制区、监督区，屏蔽防护应满足辐射防护安全要求，并符合最优化原则，且所有进出风口、穿墙管道等处应采取相应的防射线泄漏措施。按有关规定对放射诊疗进行管理与控制，设置明显的电离辐射标志、中文警示说明和工作信号指示器；落实安全联锁、紧急停机按钮、辐射监测系统等防止误操作、避免工作人员和公众受意外照射的安全措施；采取有效措施，防止设施设备运行故障，强化风险防范管理，做好放射性物品的安全保卫工作。	医院核医学科实行分区管理，划定了控制区和监督区；根据后文监测，控制区的屏蔽防护满足辐射安全要求，且进出风口、穿墙管道等处均采取了相应的防射线泄漏的补偿措施。核医学科内设置了明显的电离辐射标志、中文警示说明和工作信号指示器。设置了门灯联锁、紧急停机按钮、辐射监测系统等防止误操作、避免工作人员和公众受意外照射的安全措施，并能正常运行。制定了管理制度定期检查和维护设备，故障时及	已落实

	时报修。核医学科储源室、废源库/废源间采取了监控、门锁等措施保证放射性物品的安全。	
严格落实环境污染防治措施。按规定要求设置放射性废水收集管道和衰变池，并采取防渗漏处理，放射性废水需达到国家规定的排放标准后方可进入医院污水处理站，非放射性废水达标排放。按照有关标准要求设置通风装置并加强通风换气。固体废物按国家有关规定分类收集、处理，医疗废物应交由有资质的单位处理，控制和减少放射性废物的产生量，使用期满后的放射源返回生产单位或者送贮有资质的单位。	核医学科按规定要求设置了两套放射性废水收集管道和衰变处理设施，并采取了防渗漏处理，放射性废水经衰变达到规定时间后才排入医院污水处理站进一步处理，非放射性废水另建管网接入医院污水管网进入医院污水处理站处理后达标排放。核医学科设置了多套放射性废气收集处理管网，能保证废气的收集排放和场所的通风换气。固体废物按国家有关规定分类收集、处理，医疗废物交由有资质的单位处理，加强管理，控制和减少放射性废物的产生量，使用期满后的放射源返回生产单位。	已落实
严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度。项目投入运行前，应依据有关规定重新办理辐射安全许可证，不得无证运行或不按证运行。项目竣工后，应按照有关规定对配套建设的环境保护设施进行自主验收。	核医学科的建设严格执行了环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度。核医学科已经重新办理了辐射安全许可证。本次正在按照有关规定对配套建设的环境保护设施进行自主验收。	已落实
(2) 环评报告验收要求落实情况 项目建设与项目环境影响报告表竣工验收要求一览表对比情况见表 3-9。 由表 3-9 可知，建设单位落实了环境影响报告表竣工验收要求，满足验收要求。		

表 3-9 项目与环境影响报告表验收一览表对比情况

序号	验收内容	验收要求			完成情况
1	核技术利用工作场所及设备	乙级非密封放射性工作场所，并配置 PET/CT 机、SPECT/CT 机、CT 机、骨密度仪各 1 台。建设内容不超过该范围			乙级非密封放射性工作场所，并配置了 SPECT/CT 机、CT 机各 1 台。建设内容不超过该范围。
2	环保资料	建设项目的环评影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等齐全。			环评文件、环评批复、验收监测报告等齐全。
3	机房面积及尺寸要求	机房名称	最小单边长度	最小面积	SPECT/CT 机房、CT 机房的最小单边长度和最小有效使用面积均满足标准要求。
		SPECT/CT 机房、CT 机房	≥4.5m	≥30m ²	
4	年有效剂量管理	放射工作人员年有效剂量约束值 5 mSv/a 放射工作人员手部当量剂量限值 125 mSv/a 公众成员年有效剂量约束值 0.1 mSv/a			根据监测报告及剂量估算结果，辐射工作人员和公众成员的受照剂量满足年剂量管理目标。
5	剂量率控制	①控制区外人员可达处、控制区内用房（含 X 射线装置机房、校准源间）屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率控制目标值应小于 2.5μSv/h。 ②手套箱：距离屏蔽体外表面 5cm 处周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h。 ③手套箱、注射窗、自动分药仪表面 30cm 处周围剂量当量率控制目标值小于 2.5μSv/h。 ④固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。			根据监测报告，①控制区外人员可达处、控制区内用房（含 X 射线装置机房）屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。②手套箱：距离屏蔽体外表面 5cm 处周围剂量当量率控制目标值不大于 25μSv/h。③手套箱、注射窗、自动分药仪表面 30cm 处周围剂量当量率控制目标值小于 2.5μSv/h。④固体放射性废物收集桶外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。项目工作场所周围剂量当量率满足的要求。 核医学科尚未运营，曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道外表面尚未监测。待核医学科运行，衰变处理设施内有一定量放射性废水时，再行委托有资质单位对废水性废水管网和衰变处理设施顶部、提污间周围进行监测，确保其达标。
6	表面污染	①工作台、设备、墙壁、地面：控制区：α(极毒性) ≤4Bq/cm ² ，β ≤4×10Bq/cm ² ；监督区：α(极毒性) ≤4×10 ⁻¹ Bq/cm ² ，β ≤4Bq/cm ² ；			根据监测报告，项目工作场所表面及各类设施表面的β 表面污染监测值均满足标准限值要求。α核素影响较小，本次

		②工作服、手套、工作鞋：控制区/监督区：α(极毒性)$\leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$, $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$; ③手、皮肤、内衣、工作袜：$\alpha$(极毒性)$\leq 4 \times 10^{-2} \text{Bq/cm}^2$, $\beta \leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$。	未模拟监测 α 核素，后期核医学科运营使用 α 核素后，再开展 α 表面污染监测。
7	辐射防护与 安全措施	①核医学科工作场所设置电离辐射警告标志，划分控制区和监督区，设置相应的分区标识；在地面/墙面设置病人、医生在场所内的行走箭头标识，规定各类人员的活动路径。 ②核医学室内表面及装备结构要求满足 GBZ120-2020，控制区屏蔽体的防护能力满足要求。 ③设置卫生通过间（含淋浴），工作人员离开时进行表面污染监测，储源室、校准源间、废源间设视频监控及防盗装置，手套箱、保险柜、储源柜上锁。工作场所设置对讲系统、视频监控、门禁系统、辐射报警系统等。配置手套箱、铅罐、自动分药仪、储源柜、注射台/窗、放废桶等防护设施，具体见表 1-3。设置用药后病人专用卫生间，分区设置单独的污洗间，分区配置清洁设施、分区清洁；控制区内上水设置洗消设备（含洗消液），各出水口设置感应式开关/出水口。 ④住院区视频查房，独立区域管控，听指令取餐。 ⑤射线装置机房的各门上方设置工作状态指示灯，并进行门灯连锁，设置电离辐射警告标志，平开门设置自动闭门装置，推拉门设置防夹装置。 ⑥加强管理，建立完善的就医流程、放射性药物、放射性废物管理台账。 ⑦设置 2 套放射性废水衰变处理设施，分类收集处置放射性废水，并设置电离辐射警告标志。设置 6 套放射性废气收集管网收集并设置活性炭吸附装置处理工作场所废气。设置废源间、放废桶等收集、贮存放射性废物。 ⑧配备个人防护用品及辅助防护设施，每个放射工作人员佩戴个人剂量计，工作场所配置表面污染监测仪、个人剂量报警仪等，具体见表 1-3。	①核医学科各处设置了电离辐射警告标志，划分了控制区和监督区，设置相应的分区标识；在地面/墙面设置病人、医生在场所内的行走地贴指引条。 ②核医学室内表面及装备结构要求满足标准要求；根据监测，控制区屏蔽体的防护能力满足要求。 ③设置了卫生通过间（含淋浴），配置了表面污染监测仪，储源室、废源库设防盗装置，手套箱、保险柜、储源柜上锁。工作场所设置了对讲系统、视频监控、门禁系统、辐射报警系统等。配置了手套箱、铅罐、自动核素分药仪、储源柜、注射台/窗、放废桶等防护设施。设置了用药后病人专用卫生间，分区设置单独的污洗间，分区配置清洁设施、分区清洁；控制区内上水设置洗消设备（含洗消液），各出口设置感应式开关/出口。 ④住院区视频查房，独立区域管控，听指令取餐。 ⑤射线装置机房的各门上方设置工作状态指示灯，并进行门灯连锁，平开门设置自动闭门装置，推拉门设置防夹装置。 ⑥建立了完善的核医学科就医流程、放射性药物、放射性废物管理台账。 ⑦设置了 2 套放射性废水衰变处理设施，分类收集处置放射性废水，并设置电离辐射警告标志。设置 6 套放射性废气收集管网收集并设置活性炭吸附装置处理工作场所废气。设置废源间/废源库、放废桶等收集、贮存放射性废物。 ⑧配备了满足要求的个人防护用品及辅助防护设施，监测设备，具体见表 2-1。

8	废气	核医学科设置 6 套放射性废气管网收集放射性废气，各处废气收集后引至门诊综合楼 4F 楼顶经活性炭吸附后高于楼顶排放。各套废气收集管设置防倒灌装置并保持负压，其中手套箱废气收集口和排放口均设置活性炭吸附装置，手套箱废气收集口风速不低于 0.5m/s。衰变处理设施废气在绿化带排放。另设 1 套非放射性废气收集管网，引至门诊综合楼-1F 直接外排室外。	核医学科控制区设置了 6 套放射性废气管网收集工作场所的放射性废气，各处废气收集后引至门诊综合楼 4F 楼顶经活性炭吸附后高于楼顶排放。各套废气收集管设置防倒灌装置并保持负压，其中手套箱废气收集口和排放口均设置活性炭吸附装置，手套箱废气收集口风速不低于 0.5m/s。衰变处理设施废气在绿化带排放。另设 1 套非放射性废气收集管网，引至门诊综合楼-1F 直接外排室外。
9	废水	核医学科设置 2 套槽式放射性废水衰变处理设施，分类收集处置放射性废水，最后进入医院污水处理站进一步处理。1#衰变处理设施用于处理短半衰期放射性废水，2#衰变处理设施用于处理长半衰期放射性废水。单套处理设施包含一体化污水提升器（2 个，一备一用，位于-3F 的提污间内）、衰变池（3 个并联）。单个污水提升器有效体积为 1m³，内设铰刀式切割泵；1#衰变处理设施的单个衰变池有效体积为 22m³，3 个衰变池有效体积共 66m³；2#衰变处理设施的单个衰变池有效体积为 156m³，3 个衰变池有效体积共 468m³。 槽式衰变处理设施排放要求：所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放，排放口总$\beta \leq 10\text{Bq/L}$。所含核素半衰期大于 24 小时的暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），排放口总$\alpha \leq 1\text{Bq/L}$，总$\beta \leq 10\text{Bq/L}$，碘-131 的放射活度浓度$\leq 10\text{Bq/L}$。 非放射性废水直接经医院污水管网进入医院污水处理站处理。	核医学科设置了 2 套槽式放射性废水衰变处理设施，分类收集处置放射性废水，最后进入医院污水处理站进一步处理。1#用于处理短半衰期放射性废水，2#用于处理长半衰期放射性废水。单套处理设施包含一体化污水提升器（2 个，一备一用，位于-3F 的提污间内）、衰变池（3 个并联）。单个污水提升器有效体积为 1m³，内设铰刀式切割泵；1#衰变处理设施的单个衰变池有效体积为 22m³，3 个衰变池有效体积共 66m³；2#衰变处理设施的单个衰变池有效体积为 156m³，3 个衰变池有效体积共 468m³。 两套槽式衰变处理设施的体积能保证放射性废水储存衰变达到标准规定时间后再行排放。 非放射性废水直接经医院污水管网进入医院污水处理站处理。 核医学科尚未运行，尚无放射性废水产生和排放。待核医学科运行有放射性废水经衰变后排放时，再行委托有资质单位对排放口的废水进行采样监测，对提污间周围、衰变处理设施顶部、放射性废水管网等进行监测。
10	固废	核医学科设置 2 个废源间暂存放射性废物，放射性废物按照核素等类别分类收集贮存衰变。收集的每袋放射性废物的表面辐射剂量率$\leq 0.1\text{mSv/h}$，质量不超过 20kg。废物包装体外表面的污染控制水平：$\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$。 衰变时间要求为：所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物	核医学科设置了 2 个废源间暂存放射性废物，放射性废物按照核素等类别分类收集贮存衰变。收集的每袋放射性废物按照要求打包衰变和剂量率控制。 核医学科配置了足够多的放废桶收集和暂存放射性废物，使其暂存衰变的时间满足标准要求。 住院被服在被服库衰减至少一个半衰期再进行清洗。

		暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。 放射性固废暂存时间满足要求后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$、$\beta$表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物交有资质单位处置。住院被服在被服库衰减至少一个半衰期再进行清洗。 废校准源、敷贴源、粒籽源由生产厂家回收处置，签订回收合同/协议。 一般医疗废物依托医院医疗废物暂存间暂存，交有资质的单位处理；生活垃圾依托医院收运系统，交环卫部门处理；废铅防护用品由医院收集后妥善保管，交有资质单位处理，并做好相应记录。报废射线装置设备去功能化后交由物资回收单位处置，阴极射线管作为危险废物交有资质单位处置。废紫外消毒灯的灯管属于危险废物（900-023-29），交有资质单位处置。	一般医疗废物依托医院医疗废物暂存间暂存，交有资质的单位处理；生活垃圾依托医院收运系统，交环卫部门处理；废铅防护用品由医院收集后妥善保管，交有资质单位处理，并做好相应记录。报废射线装置设备去功能化后交由物资回收单位处置。废紫外消毒灯的灯管属于危险废物，交有资质单位处置。
11	人员要求	拟配备核医学医师、物理师、技师、护士等，参加辐射安全与防护培训并考核合格，按要求复训。	核医学科配置了核医学医师、物理师、技师、护士等，均参加辐射安全与防护培训并考核合格，按要求复训。现有的放射工作人员能满足核医学科运营的需求。
12	辐射安全管理	有辐射环境管理机构；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、辐射事故应急预案等，以及核医学科专科管理制度。相应制度张贴上墙。	医院成立了辐射防护管理机构领导小组负责医院辐射环境的管理，并制定了一系列核医学科的辐射安全管理制度，具体见 3.6。制度已在合适的位置张贴上墙。
13	监测仪器和防护用品	每名放射工作人员均配置 1 枚个人剂量计（其中核医学核素操作人员铅衣内外各配置 1 枚），根据工作场所配置适宜数量的个人剂量报警仪，具体见报告表 1-3 对应内容。	核医学科为每名放射工作人员均配置个人剂量计（其中核医学核素操作人员铅衣内外各配置 1 枚），并配置了个人剂量报警仪，能满足项目运营的要求。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 建设项目环境影响报告表主要结论

4.1.1 辐射安全与防护分析结论

①分区：本项目按照标准要求进行了分区，并实行分区管理，限制无关人员受到不必要的照射。严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。控制区设墙体、防护门等实体边界，设置电离辐射警示标志、门禁等设施，并在控制区入口设置规范的电离辐射警告标识及标明控制区的标志，限制无关人员随意进入，按要求定期检查辐射剂量水平，以便控制正常照射和防止（或限制）潜在照射；在监督区入口处的适当位置设立标明监督区的标志。

②屏蔽体防护：本项目核医学科控制区内各用房均设计了足够厚度的屏蔽体，可保证各用房屏蔽体外周围剂量当量率满足辐射防护的要求；各屏蔽体的穿墙管线采用直穿+补偿等方式，对屏蔽体的防护能力削弱甚微，不影响墙体的屏蔽防护效果；铅防护门的生产和安装均交由有资质的厂家负责，以保证防护门搭接处的屏蔽能力；施工时保证施工质量。配置的手套箱、放废桶、注射窗等防护足够，其外周围剂量当量率满足标准要求。

③辐射安全与防护设施/措施

项目非密封源场所人流、物流（包括废物）相对独立，拟设置多个门禁系统、标明分区划设，并设置患者(受检者)导向标识或导向提示等管控措施。核医学科非密封源场所控制区入口处、射线装置机房防护门外，以及储源室、废源间、住院病房、校准源间与提污间门外拟张贴电离辐射警告标志，衰变处理设施围栏上拟设置禁止长期停留等警示语。拟在控制区工作人员出入口卫生通过间配备防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备，在控制区通道进出口适当位置拟安设固定式辐射报警系统与通道式行人放射性检测系统；拟配置手套箱、注射器防护套与转运盒、储源铅罐、储源柜、源容器及保险柜等设施设备，以及托盘、镊子、长柄钳子、放废桶、铅屏风等辅助用品及个人防护用品，拟设置患者专用卫生间及控制区保洁专用的洁具间等辅助设施，各种设施设备均有足够厚的屏蔽防护厚度。医院拟配置合适的检测仪表并按规定进行定期检定或校准。住院病房、给药后患者活动区域拟设置对讲、视频监控装置；校准源间、储源室及废源间拟设置防盗门等安保设施。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

放射性药物分装、注射及给药场所与操作台面设计建造为易清洗且不易渗透，易于去除污染，核医学室内表面及装备结构要求满足 GBZ120-2020、HJ1188-2021 要求。

拟购满足相关标准要求的Ⅲ类射线装置，各防护门外上方拟设置醒目的工作状态指示灯、电离辐射警告标志；平开门拟设自动闭门装置，推拉门拟设红外防夹装置，机房均设置门灯联锁，机房和控制室之间拟设铅玻璃观察窗。

④通风：项目拟设置放射性药物分装专用负压手套箱，手套箱、废源间2、甲癌病房区域均拟设单独的通风系统，控制区各功能房间均配置排风系统，废气收集遵循从低活度向高活度收集的原则，设置防倒灌止回阀并保持负压，以防止放射性气体交叉污染。放射性废气收集至门诊综合楼4F楼顶后经活性炭吸附后再高于楼顶排放，其中手套箱废气收集口和排放口均设置活性炭吸附装置；手套箱排风风速不小于0.5m/s；项目在非诊疗区分别设置1套通风管网，引至门诊综合楼-1F向东直接排出室外。废水衰变处理设施废气直接在绿化带排放。

⑤建立专门的核医学科工作制度、患者管理制度、放射性药物及三废管理制度。

综上，核医学科非密封源场所的辐射安全防护措施符合相关标准规范，亦满足辐射安全与放射性污染防治要求。

4.1.2 环境影响分析结论

①本项目核医学科控制区边界、控制区内各用房屏蔽体外（含射线装置机房、校准源间、提污间等）周围剂量当量率均低于 2.5 μ Sv/h，手套箱表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值不大于 25 μ Sv/h，手套箱、注射窗、自动分药仪等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。放废桶、放射性废水管网（人员可接近处）、衰变处理设施（人员可接近处）等外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。屏蔽体外的剂量率满足评价标准限值要求。

②项目各类放射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均满足本项目的年有效剂量管理目标值（放射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），手部当量剂量不超过本环评的剂量管理目标（125mSv/a）的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）相关标准的要求。项目运行后，对周围环境保护目标的影响有限，能为环境所接受。

③项目拟设置单独的排风系统。核医学科放射性废气收集至门诊综合楼 4F 楼顶

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

经活性炭吸附装置吸附处理后高于楼顶排放。放射性废气排放口距离主导风向下风向的高层建筑约 140m，且废气经处理后再排放。因此，项目核医学科产生的放射性废气排放对周围环境的影响很小。

④项目产生的放射性废水经 2 套槽式衰变处理设施，分别处理长半衰期放射性废水、短半衰期放射性废水。放射性废水经衰变处理达到时间要求并低于排放标准后排入医院废水处理站处理，非放射性废水直接排入医院污水处理站处理。项目运行产生的废水得到有效处理，对环境的影响小。

⑤放射性固废在产生处使用放废桶收集，而后按核素、废物种类等分类暂存于 2 个放废暂存间衰变，衰变时间满足要求并监测合格后作为一般医疗废物处理。医疗废物依托医院危废暂存间暂存后交由有资质单位处理，危险废物实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好相关的记录台账。生活垃圾交环卫部门处理，废铅防护用品由医院收集后妥善保管，交有资质单位处理，并做好相应记录。废校准源更换时交生产厂家直接带回处理。报废射线装置设备去功能化后交由物资回收单位处置，阴极射线管作为危险废物交有资质单位处置。废紫外消毒灯的灯管属于危险废物，交有资质单位处置。项目各固体废物均能得到有效处理，对周围环境影响小。

4.1.3 辐射环境管理

医院成立了放射诊疗安全防护管理领导小组，现有的各项规章制度、操作规程、应急处理措施基本健全、具有可操作性。在本项目运营前，应进一步补充、完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度，方能满足辐射环境管理要求，加强日常应急响应的准备工作及应急演练。在今后的工作中，加强辐射防护与管理，杜绝辐射事故的发生。

4.1.4 综合结论

综上所述，重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全的目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.2 审批部门审批意见

本项目于 2023 年 11 月 14 日取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（辐）环准〔2023〕90 号），批复内容如下。

一、根据《中华人民共和国环境影响评价法》等法律、法规的有关规定，我局原则同意重庆宏伟环保工程有限公司（统一社会信用代码：915001126912004062）编制的该项目环境影响报告表结论及其提出的辐射安全防护、污染防治等环境保护措施，从辐射防护与环境保护角度，该项目建设可行。

二、该项目选址于重庆市巴南区龙洲湾渝南大道 659 号重庆市巴南区人民医院，拟在医院门诊综合楼负二层部分车库区域建设核医学科，设置核素治疗住院病房、留观病房共 6 间，配置 PET/CT、SPECT/CT 机、CT 机、骨密度仪各 1 台（均为Ⅲ类射线装置），分别使用 1 枚Ⅴ类放射源 ^{90}Sr - ^{90}Y （活度为 $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ ）、5 枚Ⅴ类放射源 ^{68}Ge （单枚活度不超过 $5.0 \times 10^8 \text{Bq}$ ）开展敷贴治疗和设备校准工作，使用非密封放射性同位素 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{125}I （粒籽）开展临床核医学诊疗工作。核医学科的放射性核素年用量为 $1.27 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量约为 $2.372 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封源工作场所。

项目总建筑面积约 2000 m^2 ，总投资约 2500 万元，其中环保投资约 476 万元。

三、你单位应严格遵守国家有关法规标准要求，有效控制项目对环境的电离辐射影响，确保：

（一）附加给工作人员、公众的年有效剂量分别控制在 5mSv、0.1mSv 内。

（二）核医学科控制区外人员可达处、控制区内用房（含 PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、校准源室）屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率控制目标值应小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ；手套箱距离屏蔽体外表面 5cm 处周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ；手套箱、注射窗、全自动核素分药仪、放废桶、废水间表面 30cm 处周围剂量当量率控制目标值小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

（三）工作台、设备、墙壁、地面：控制区： $\beta \leq 40 \text{Bq/cm}^2$ ，监督区： $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ ；工作服、手套、工作鞋：控制区/监督区： $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ ；手、皮肤、内衣、工作袜： $\beta \leq 0.4 \text{Bq/cm}^2$ 。

四、在项目设计、建设和运行过程中，应认真落实环境影响评价文件提出的各

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

项辐射防护安全、放射性污染防治等环境保护措施，重点做好以下工作，以确保辐射环境安全。

（一）严格落实辐射安全管理制度。设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，健全辐射安全责任制，落实辐射安全相关人员岗位职责。建立完善操作规程、设备维护保养制度、人员培训计划、监测方案和放射性物品台账管理制度等辐射安全管理规章制度及辐射事故应急方案并落实。

（二）严格落实辐射防护与安全措施。辐射工作场所应严格分区管理，划定控制区、监督区，屏蔽防护应满足辐射防护安全要求，并符合最优化原则，且所有进出风口、穿墙管道等处应采取相应的防射线泄漏措施。按有关规定对放射诊疗进行管理与控制，设置明显的电离辐射标志、中文警示说明和工作信号指示器；落实安全联锁、紧急停机按钮、辐射监测系统等防止误操作、避免工作人员和公众受意外照射的安全措施；采取有效措施，防止设施设备运行故障，强化风险防范管理，做好放射性物品的安全保卫工作。

（三）严格落实环境污染防治措施。按规定要求设置放射性废水收集管道和衰变池，并采取防渗漏处理，放射性废水需达到国家规定的排放标准后方能进入医院污水处理站，非放射性废水达标排放。按照有关标准要求设置通风装置并加强通风换气。固体废物按国家有关规定分类收集、处理，医疗废物应交由有资质的单位处理，控制和减少放射性废物的产生量，使用期满后的放射源返回生产单位或者送贮有资质的单位。

五、建设项目应严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。若项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染措施发生重大变动的，应按规定重新报批项目环境影响评价文件。自批准之日起超过 5 年该项目方开工建设的，其环境影响评价文件应当报我局重新审核。项目投入运行前，应依据有关规定重新办理辐射安全许可证，不得无证运行或不按证运行。项目竣工后，应按照有关规定对配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告并依法向社会公开，公示期满 5 个工作日内，应登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报验收相关信息。

六、建设项目按规定接受市生态环境保护综合行政执法总队和巴南区生态环境

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

局的环保日常监管。按照属地负责的原则，巴南区生态环境局作为建设项目事中事后监管的主要责任部门。你单位应在收到本批准书后 20 个工作日内，将批准后的环境影响报告表送巴南区生态环境局。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

5.1 监测单位资质

本次验收监测单位为重庆泓天环境监测有限公司，该公司具有重庆市市场监督管理局颁发的在中华人民共和国境内有效的检验检测机构资质认定证书，保证了监测工作的合法性和有效性。

5.2 人员能力

本次参加验收监测人员全部具有出具数据的合法资格，监测数据实行了审核制度，最后由授权签字人签发。

5.3 验收监测过程中的质量保证和质量控制

验收监测过程中的质量保证和质量控制措施如下：

- （1）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性。
- （2）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。
- （3）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

5.4 建设单位质量保证和质量控制

医院严格按照环评及批复要求，采取了有效的辐射防护措施，确保验收的质量保证和质量控制。

表 6 验收监测内容

6.1 验收监测内容

重庆泓天环境监测有限公司接受委托，在 2025 年 2 月 27 日对重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目中验收内容相关场所进行了验收监测，监测报告号为渝泓环（监）〔2025〕279 号，具体见附件 3。

核医学科尚未运营，监测时采用模拟监测。

6.2 监测项目

监测项目：周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）、 β 表面污染（ Bq/cm^2 ）

6.3 监测点位

（1）监测布点

本次验收监测对新建核医学科工作场所控制区主要用房周围、手套箱表面、注射窗表面、放废桶表面等周围剂量当量率进行了监测，对注射室、卫生通过间、注射后等候区、检查后留观区、病房、服碘室、抢救室等地面、墙壁、座椅、台面等可能污染的位置表面污染进行布点监测。监测布点具体情况见“表 7”及监测报告所示。本次共在核医学科工作场所布设 437 个周围剂量当量率点位，101 个 β 表面污染点位。

因核医学科尚未运营，2 套衰变处理设施内均无放射性废水，因此本次不进行放射性废水的监测。待核医学科运行有放射性废水经衰变后排放时，再行委托有资质单位对排放口的废水进行采样监测，对提污间四周及楼上、衰变处理设施顶部、放射性废水管网等进行监测。

（2）监测布点合理性分析

本次监测点位布置符合环评及验收批复要求，在新建核医学科工作场所调试运行的情况下进行了监测，按照 SPECT/CT 诊断流程、 ^{131}I 治疗流程等对控制区、监督区主要控制点及人流、物流路径控制区、监督区主要用房周围剂量当量率、 β 表面污染进行了监测布点。本次验收监测布点全面，满足环境保护竣工验收要求，布点合理，监测布点满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

6.4 监测仪器和监测分析方法

验收监测使用监测仪器见表 6-1 所示。监测方法为仪器法，具体见表 6-2。

表 6 验收监测内容

表 6-1 验收监测所使用的仪器情况表						
仪器名称	仪器型号	仪器编号	测量范围	计量检定 证书编号	有效期至	校准 因子
X-γ辐射剂 量率仪	RGM1208	1212405 003230	0.01μSv/h~ 999μSv/h	2024092305117	2025.09.26	1.00
α、β 表面污染仪	RS2100	701501 021006	1~1×10 ⁵ cps	2024111405896	2025.11.20	/

表 6-2 验收监测方法		
监测项目	监测方法	监测、评价依据
周围剂量当量率	仪器法	《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 《放射诊断放射防护要求》GBZ130-2020 《操作非密封源的辐射防护规定》GB11930-2010 《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》渝（辐）环准[2023]90 号
β表面污染	仪器法	《核医学放射防护要求》GBZ 120-2020 《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 《操作非密封源的辐射防护规定》GB11930-2010 《表面污染测定（第一部分）β发射体 EβMax>0.15MeV 和α发射体》GB/T14056.1-2008 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》渝（辐）环准[2023]90 号

表 7 验收监测

7.1 验收监测期间生产工况记录

核医学科尚未运营。2025年2月27日，无核医学科就诊病人，采用药物模拟监测。核医学工作场所监测期间的工况情况如下表。

表7-1 核医学科监测工况一览表

序号	工作场所	监测条件	对应监测点位	满负荷校核因子
125I籽粒使用场所				
1	储源室3	2960MBq的125I籽源药物置于铅罐内，铅罐放于储源室3储源柜内	1~18	5
2	籽粒分装消毒室	2960MBq的125I籽源药物置于籽粒分装消毒室分装台上	19~37	1.25
3	CT机房	296MBq 的 125I 籽源药物置于 CT 机房 CT 诊疗床上；CT 工作条件：140kV，电流：575mA，扫描时间：13.84s	38~57	/（主要是X射线影响，不需校核）
4	籽粒病房1	296MBq的125I籽源药物置于籽粒病房1病床上	58~70	/（籽粒病房空间大，籽粒影响小，不需校核）
5	籽粒病房2	296MBq的125I籽源药物置于籽粒病房2病床上	71~81	
6	籽粒病房3	296MBq的125I籽源药物置于籽粒病房3病床上	82~92	
131I、89Sr使用场所				
1	储源室2	8140MBq的131I和740MBq的89Sr药物位于铅罐内，铅罐放于储源柜内	1~13	2.36
2	分装室2	740MBq的131I药物放置于分装室2	14~47	/（日常仅为甲吸分装，不需校核）
		740MBq的131I药物置于分装室2手套箱内	48~53	
3	甲亢服药室	740MBq的131I药物位于房间中间	54~68	/
4	甲亢留观室	740MBq的131I药物位于留观床上	69~78	2.0
5	服碘室	7400MBq的131I药物置于服碘室内	79~94	/
		7400MBq的131I药物置于服碘室给药机内	95~104	2.6
6	甲癌病房1	7400MBq131I药物置于甲癌病房1病床上	105~115	2.0
7	甲癌病房2	7400MBq131I药物置于甲癌病房2病床上	116~126	2.0
8	抢救室2	7400MBq的131I药物置于抢救室2病床上	127~137	/
9	住院廊	7400MBq的131I药物置于住院廊缓冲间4防护门外1m	138~142	/
		7400MBq的131I药物置于住院廊缓冲间5防护门外1m	143~147	/
		7400MBq的131I药物置于住院廊、诊断廊防护门外1m	148~152	/
		7400MBq的131I药物置于住院廊	153~166	/
10	配餐间	7400MBq的131I药物置于配餐间	167~179	/
11	注射室3	740MBq的89Sr置于注射室3	180~191	/
12	废源处置室2	含不定量的131I和89Sr废物置于废源处置室2放射性废物桶内	192~208	/
SPECT/CT使用场所				
1	储源室1	925MBq的99mTc药物位于铅罐内，铅罐放于储源柜内	1~14	22
2	分装室1	925MBq 的 99mTc 药物位于分装室 1 手套箱内	15~53	/（日常其余药物放置在铅罐内，不需校核）
3	注射室2	925MBq的99mTc药物位于注射室2	54~71	/

表 7 验收监测

4	SPECT/CT等候室	925MBq 的 ^{99m} Tc 药物位于 SPECT/CT 等候室椅子上	72~83	2.0
5	SPECT/CT检查室	925MBq 的 ^{99m} Tc 药物位于 SPECT/CT 检查室 CT 诊疗床上；SPECT/CT 工作条件：130kV，电流：165mA，扫描时间：23.06s	84~103	/
6	抢救室1	925MBq的 ^{99m} Tc药物位于抢救室1病床上	104~115	/
7	SPECT/CT留观室	925MBq的 ^{99m} Tc药物位于SPECT/CT留观室椅子上	116~127	2.0
8	诊断廊	925MBq的 ^{99m} Tc药物位于污洗间1外诊断廊	128~132	/
		925MBq的 ^{99m} Tc药物位于注射室2外诊断廊	133~137	/

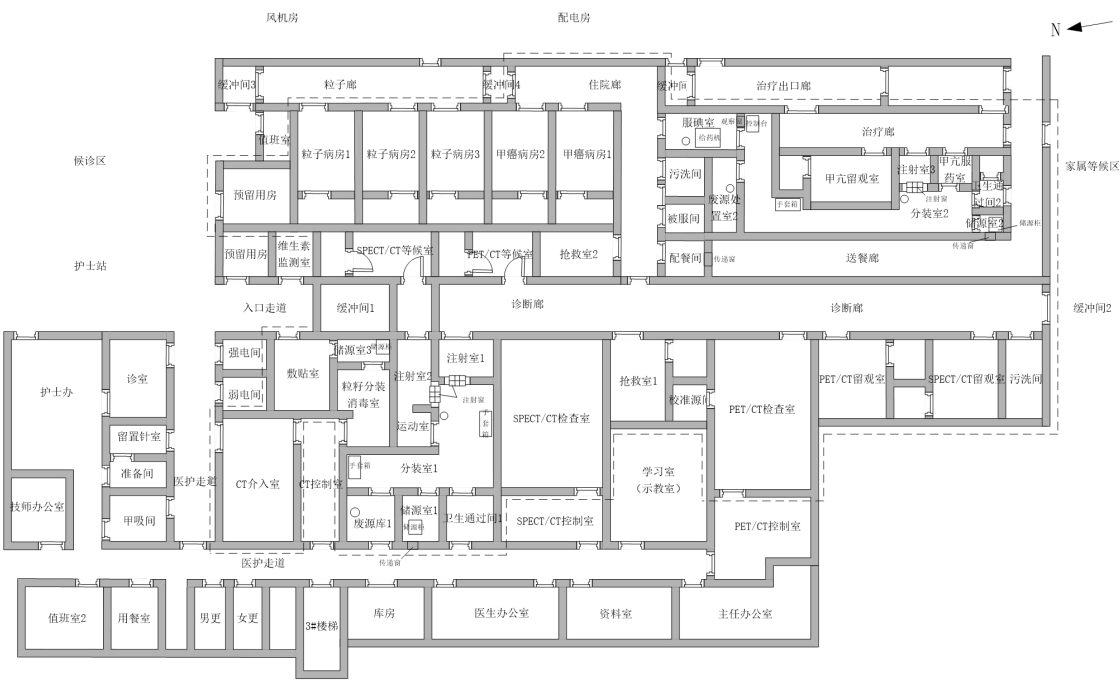
备注：“废源处置室2”为报告附图中的“废源间2”，下同。

根据上表监测工况及校核因子校核后，本次验收监测结果能够反映核医学科工作场所屏蔽防护效果。

7.2 验收监测结果

(1) 监测布点图

项目监测布点图见图7-1所示。



备注：[] 内为控制区，○为放射性废物垃圾桶，PET/CT、敷贴本次不涉及。

图7-1 项目监测布点示意图

(2) 周围剂量当量率监测结果

项目核医学科工作场所周围剂量当量率监测结果见表7-2。

表 7 验收监测

表7-2（1） 核医学科 ¹²⁵ I粒籽使用场所周围剂量当量率监测结果表						
序号	场所名称	测量位置	周围剂量当量率 (μSv/h)	满负荷校核因子	效核结果 (μSv/h)	标准限值 (μSv/h)
1	储源室 3	储源柜表面 5cm	<MDL	5	<0.25	/
2		储源柜表面 30cm	<MDL	5	<0.25	/
3		敷贴室侧防护门左门缝表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
4		敷贴室侧防护门下门缝表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
5		敷贴室侧防护门右门缝表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
6		敷贴室侧防护门上门缝表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
7		敷贴室侧防护门中间表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
8		敷贴室侧墙表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
9		缓冲间 1 侧墙表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
10		注射室 2 侧墙表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
11		粒籽分装消毒室侧防护门左门缝表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
12		粒籽分装消毒室侧防护门下门缝表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
13		粒籽分装消毒室侧防护门右门缝表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
14		粒籽分装消毒室侧防护门上门缝表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
15		粒籽分装消毒室侧防护门中间表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
16		粒籽分装消毒室侧墙表面 30cm	<MDL	5	<0.25	2.5
17		楼上过道（距地面 30cm）	<MDL	5	<0.25	2.5
18		楼下车库（距地面 170cm）	<MDL	5	<0.25	2.5
19	粒籽分装消毒室	分装台铅窗后 30cm	<MDL	1.25	<0.06	/
20		分装时医生手部	2.6	1.25	3.25	/
21		储源室 3 侧防护门左门缝表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
22		储源室 3 侧防护门下门缝表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
23		储源室 3 侧防护门右门缝表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
24		储源室 3 侧防护门上门缝表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
25		储源室 3 侧防护门中间表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
26		储源室 3 侧墙表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
27		敷贴室侧墙表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
28		注射室 2 侧墙表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
29		分装室 1 侧墙表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
30		CT 控制室侧防护门左门缝表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
31		CT 控制室侧防护门下门缝表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
32		CT 控制室侧防护门右门缝表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
33		CT 控制室侧防护门上门缝表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
34		CT 控制室侧防护门中间表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
35		CT 控制室侧墙表面 30cm	<MDL	1.25	<0.06	2.5
36		楼上过道（距地面 30cm）	<MDL	1.25	<0.06	2.5
37		楼下车库（距地面 170cm）	<MDL	1.25	<0.06	2.5
38	CT 机房	CT 控制室侧防护门左门缝表面 30cm	0.26	/	0.26	2.5
39		CT 控制室侧防护门下门缝表面 30cm	1.86	/	1.86	2.5
40		CT 控制室侧防护门右门缝表面 30cm	0.29	/	0.29	2.5
41		CT 控制室侧防护门上门缝表面 30cm	0.52	/	0.52	2.5
42		CT 控制室侧防护中间表面 30cm	0.36	/	0.36	2.5
43		CT 控制室侧墙表面 30cm	0.32	/	0.32	2.5
44		铅窗表面 30cm	0.50	/	0.50	2.5
45		管线口表面 30cm	1.61	/	1.61	2.5

表 7 验收监测

46		工作人员操作位	0.10	/	0.10	2.5
47		西侧医护走道侧墙表面 30cm	0.33	/	0.33	2.5
48		北侧医护走道侧墙表面 30cm	0.52	/	0.52	2.5
49		医护走道侧防护门左门缝表面 30cm	1.89	/	1.89	2.5
50		医护走道侧防护门下门缝表面 30cm	0.40	/	0.40	2.5
51		医护走道侧防护门右门缝表面 30cm	0.69	/	0.69	2.5
52		医护走道侧防护门上门缝表面 30cm	0.12	/	0.12	2.5
53		医护走道侧防护门中间表面 30cm	0.20	/	0.20	2.5
54		弱电间侧墙表面 30cm	0.11	/	0.11	2.5
55		敷贴室侧墙表面 30cm	0.06	/	0.06	2.5
56		楼上阅片室（距地面 30cm）	0.09	/	0.09	2.5
57		楼下车库（距地面 170cm）	<MDL	/	<MDL	2.5
58	粒籽病房 1	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
59		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
60		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
61		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
62		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
63		粒籽廊墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
64		值班室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
65		预留用房墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
66		维生素检查室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
67		SPECT/CT 等候室侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
68		粒籽病房 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
69		楼上大厅（距地面 30cm）	<MDL	/	<MDL	2.5
70		楼下车库（距地面 170cm）	<MDL	/	<MDL	2.5
71	粒籽病房 2	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
72		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
73		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
74		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
75		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
76		粒籽廊侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
77		粒籽病房 1 侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
78		粒籽病房 3 侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
79		SPECT/CT 等候室侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
80		楼上大厅（距地面 30cm）	<MDL	/	<MDL	2.5
81		楼下车库（距地面 170cm）	<MDL	/	<MDL	2.5
82	粒籽病房 3	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
83		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
84		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
85		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
86		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
87		粒籽廊侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
88		粒籽病房 2 侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
89		甲癌病房 2 侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
90		PET/CT 等候室侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
91		楼上大厅（距地面 30cm）	<MDL	/	<MDL	2.5
92		楼下车库（距地面 170cm）	<MDL	/	<MDL	2.5

表 7 验收监测

表 7-2 (2) 核医学科 ^{131}I 、 ^{89}Sr 使用场所周围剂量当量率监测结果表						
序号	场所名称	测量位置	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	满负荷校核因子	效核结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	储源室 2	储源柜表面 5cm	3.48	2.36	8.21	/
2		储源柜表面 30cm	1.01	2.36	2.38	/
3		防护门左门缝表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
4		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
5		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
6		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
7		防护门中间表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
8		卫生通过间 2 墙表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
9		入口廊墙表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
10		送餐廊墙表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
11		传递窗表面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
12		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
13		楼下车库距地面 170cm	<MDL	2.36	<0.12	2.5
14	分装室 2	储源室 2 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
15		储源室 2 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
16		储源室 2 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
17		储源室 2 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
18		储源室 2 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
19		卫生通过间 2 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
20		卫生通过间 2 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
21		卫生通过间 2 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
22		卫生通过间 2 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
23		卫生通过间 2 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
24		甲亢服药室防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
25		甲亢服药室防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
26		甲亢服药室防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
27		甲亢服药室防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
28		甲亢服药室防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
29		甲亢服药室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
30		注射室 3 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
31		注射室 3 注射窗表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
32		甲亢留观室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
33		服碘室防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
34		服碘室防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
35		服碘室防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
36		服碘室防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
37		服碘室防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
38		服碘室观察窗表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
39		废源处置室 2 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
40		废源处置室 2 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
41		废源处置室 2 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
42		废源处置室 2 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
43		废源处置室 2 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
44		废源处置室 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5

表 7 验收监测

45		送餐廊墙表面 30cm	0.05	/	0.05	2.5
46		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
47		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
48		手套箱观察窗表面 5cm	0.19	/	0.19	2.5
49	分装室 2	手套箱观察窗表面 30cm	0.13	/	0.13	2.5
50		左手洞（关闭）	<MDL	/	<MDL	2.5
51		右手洞（关闭）	0.09	/	0.09	2.5
52		左手洞（打开）	309.3	/	309.3	/
53		右手洞（打开）	323.8	/	323.8	/
54		治疗廊防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
55		治疗廊防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
56		治疗廊防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
57		治疗廊防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
58	甲亢服药室	治疗廊防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
59		分装室 2 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
60		分装室 2 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
61		分装室 2 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
62		分装室 2 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
63		分装室 2 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
64		分装室 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
65		卫生通过间 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
66		注射室 3 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
67		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
68		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
69	甲亢留观室	治疗廊防护门左门缝表面 30cm	0.05	2.0	0.10	2.5
70		治疗廊防护门下门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
71		治疗廊防护门右门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
72		治疗廊防护门上门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
73	甲亢留观室	治疗廊防护门中间表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
74		治疗廊墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
75		分装室 2 墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
76		注射室 3 墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
77		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
78		楼下车库距地面 170cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
79	服碘室	分装室 2 防护门左门缝表面 30cm	1.37	/	1.37	2.5
80		分装室 2 防护门下门缝表面 30cm	2.21	/	2.21	2.5
81		分装室 2 防护门右门缝表面 30cm	1.48	/	1.48	2.5
82		分装室 2 防护门上门缝表面 30cm	1.57	/	1.57	2.5
83		分装室 2 防护门中间表面 30cm	1.16	/	1.16	2.5
84		观察窗表面 30cm	1.32	/	1.32	2.5
85		废源处置室 2 墙表面 30cm	0.26	/	0.26	2.5
86		缓冲间 5 墙表面 30cm	0.50	/	0.50	2.5
87		住院廊防护门左门缝表面 30cm	1.11	/	1.11	2.5
88		住院廊防护门下门缝表面 30cm	1.58	/	1.58	2.5
89		住院廊防护门右门缝表面 30cm	1.22	/	1.22	2.5
90		住院廊防护门上门缝表面 30cm	0.98	/	0.98	2.5
91		住院廊防护门中间表面 30cm	1.04	/	1.04	2.5
92	服碘室	污洗间墙表面 30cm	0.14	2.6	0.36	2.5
93		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	2.6	<0.13	2.5
94		楼下车库距地面 170cm	<MDL	2.6	<0.13	2.5

表 7 验收监测

95		自动给药机上表面 5cm	1.43	2.6	3.72	25
96		自动给药机上表面 30cm	0.10	2.6	0.26	2.5
97		自动给药机前面 5cm	1.74	2.6	4.52	25
98		自动给药机前面 30cm	0.32	2.6	0.83	2.5
99		自动给药机左侧表面 5cm	1.23	2.6	3.20	25
100		自动给药机左侧表面 30cm	0.10	2.6	0.26	2.5
101		自动给药机右侧表面 5cm	1.07	2.6	2.78	25
102		自动给药机右侧表面 30cm	0.06	2.6	0.16	2.5
103		自动给药机铅窗表面 5cm	1.18	2.6	3.07	25
104		自动给药机铅窗表面 30cm	0.16	2.6	0.42	2.5
105	甲癌病房 1	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
106		防护门下门缝表面 30cm	0.05	2.0	0.10	2.5
107		防护门右门缝表面 30cm	0.06	2.0	0.12	2.5
108		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
109		防护门中间表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
110		东侧住院廊墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
111	甲癌病房 1	南侧住院廊墙表面 30cm	0.10	2.0	0.20	2.5
112		抢救室 2 墙表面 30cm	0.06	2.0	0.12	2.5
113		甲癌病房 2 墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
114		楼上大厅距地面 30cm	0.08	2.0	0.16	2.5
115		楼下车库距地面 170cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
116	甲癌病房 2	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
117		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
118		防护门右门缝表面 30cm	0.12	2.0	0.24	2.5
119		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
120		防护门中间表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
121		缓冲间墙表面 30cm	0.07	2.0	0.14	2.5
122		甲癌病房 1 墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
123		粒籽病房 3 墙表面 30cm	0.06	2.0	0.12	2.5
124		PET/CT 等候室墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
125		楼上大厅距地面 30cm	0.05	2.0	0.10	2.5
126		楼下车库距地面 170cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
127	抢救室 2	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
128		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
129		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
130	抢救室 2	防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
131		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
132		住院廊墙表面 30cm	0.06	/	0.06	2.5
133		诊断廊墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
134		PET/CT 等候室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
135		甲癌病房 1 卫生间墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
136		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
137		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
138	住院廊	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
139		防护门下门缝表面 30cm	0.06	/	0.06	2.5
140		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
141		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
142	住院廊	防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
143		防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
144	住院廊	防护门下门缝表面 30cm	0.05	/	0.05	2.5

表 7 验收监测

145		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
146		防护门上门缝表面 30cm	0.08	/	0.08	2.5
147		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
148	住院廊	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
149		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
150		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
151		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
152		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
153	住院廊	污洗间 2 防护门左门缝表面 30cm	0.06	/	0.06	2.5
154		污洗间 2 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
155		污洗间 2 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
156		污洗间 2 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
157		污洗间 2 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
158		污洗间 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
159		被服间防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
160		被服间防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
161		被服间防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
162		被服间防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
163		被服间防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
164		被服间墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
165		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
166		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
167	配餐间	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
168		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
169		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
170		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
171		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
172		被服库墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
173		住院廊墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
174		诊断廊墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
175		送餐廊墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
176		送餐廊取餐窗口表面 5cm	0.60	/	0.60	25
177		送餐廊取餐窗口表面 30cm	0.05	/	0.05	2.5
178		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
179		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
180	注射室 3	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
181		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
182		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
183		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
184		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
185		治疗廊墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
186		甲亢服药室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
187		甲亢留观室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
188		分装室 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
189		注射窗表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
190		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
191		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
192	废源处置室 2	放射性废物桶表面	<MDL	/	<MDL	/
193		分装室 2 侧防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
194		分装室 2 侧防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5

表 7 验收监测

195		分装室 2 侧防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
196		分装室 2 侧防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
197		分装室 2 侧防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
198		分装室 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
199		服碘室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
200		污洗间 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
201		被服间墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
202		送餐廊侧防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
203		送餐廊侧防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
204		送餐廊侧防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
205		送餐廊侧防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
206		送餐廊侧防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
207		楼上大厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
208		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5

表 7-2 (3) 核医学科 SPECT/CT 使用场所周围剂量当量率监测结果表

序号	场所名称	测量位置	周围剂量当量率 (μSv/h)	满负荷校核因子	效核结果 (μSv/h)	标准限值 (μSv/h)
1	储源室 1	储源柜表面 5cm	0.05	22	1.10	/
2		储源柜表面 30cm	<MDL	22	<1.10	/
3		防护门左门缝表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
4		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
5		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
6		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
7		防护门中间表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
8		分装室 1 墙表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
9		废源库 1 墙表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
10		卫生通过间 1 墙表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
11		医护走道墙表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
12		传递窗表面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
13		楼上过渡厅距地面 30cm	<MDL	22	<1.10	2.5
14		楼下车库距地面 170cm	<MDL	22	<1.10	2.5
15	分装室 1	手套箱观察窗表面 5cm	0.11	/	0.11	25
16		手套箱 2 观察窗表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
17		手套箱 2 左侧表面 30cm	0.05	/	0.05	2.5
18		左手洞 (关闭)	<MDL	/	<MDL	2.5
19		右手洞 (关闭)	<MDL	/	<MDL	2.5
20		左手洞 (打开)	44.62	/	44.62	/
21		右手洞 (打开)	39.41	/	39.41	/
22		储源室 1 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
23		储源室 1 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
24		储源室 1 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
25		储源室 1 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
26		储源室 1 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
27		储源室 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
28		卫生通过间 1 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
29		卫生通过间 1 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
30		卫生通过间 1 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5

表 7 验收监测

31		卫生通过间 1 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
32		卫生通过间 1 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
33		卫生通过间 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
34		废源库 1 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
35		废源库 1 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
36		废源库 1 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
37		废源库 1 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
38		废源库 1 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
39		废源库 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
40		注射室 2 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
41		注射室 2 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
42		注射室 2 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
43		注射室 2 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
44		注射室 2 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
45		注射室 2 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
46		注射室 2 注射窗口表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
47		注射室 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
48		注射室 1 注射窗口表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
49		SPECT/CT 检查室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
50		CT 控制室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
51		籽分装消毒室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
52		楼上过渡厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
53		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
54	注射室 2	分装室 1 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
55		分装室 1 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
56		分装室 1 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
57		分装室 1 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
58		分装室 1 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
59		分装室 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
60		注射窗口表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
61		医生手部处	158.4	/	158.4	/
62		注射室 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
63		注射室 2 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
64		注射室 2 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
65		注射室 2 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
66		注射室 2 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
67		注射室 2 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
68		储源室 3 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
69		籽分装消毒室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
70		楼上过渡厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
71		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
72	SPECT/CT 等候室	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
73		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
74		防护门右门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
75		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
76		防护门中间表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
77		籽病房 1 墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
78		籽病房 2 墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
79		PET/CT 等候室墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
80		缓冲间 1 墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5

表 7 验收监测

81		维生素检测室墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
82		楼上过渡厅距地面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
83		楼下车库距地面 170cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
84	SPECT/CT 检查室	SPECT/CT 控制室防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
85		SPECT/CT 控制室防护门下门缝表面 30cm	0.06	/	0.06	2.5
86		SPECT/CT 控制室防护门右门缝表面 30cm	0.06	/	0.06	2.5
87		SPECT/CT 控制室防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
88		SPECT/CT 控制室防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
89		SPECT/CT 控制室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
90		铅窗表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
91		管线口表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
92		分装室 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
93		注射室 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
94		诊断廊防护门左门缝表面 30cm	0.23	/	0.23	2.5
95		诊断廊防护门下门缝表面 30cm	0.14	/	0.14	2.5
96		诊断廊防护门右门缝表面 30cm	0.23	/	0.23	2.5
97		诊断廊防护门上门缝表面 30cm	0.06	/	0.06	2.5
98		诊断廊防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
99		诊断廊墙表面 30cm	0.08	/	0.08	2.5
100		抢救室 1 墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
101		学习室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
102		楼上过渡厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
103		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
104	抢救室 1	诊断廊防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
105		诊断廊防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
106		诊断廊防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
107		诊断廊防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
108		诊断廊防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
109		诊断廊墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
110		SPECT/CT 检查室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
111		PET/CT 检查室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
112		校准源间墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
113		学习室墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
114		楼上过渡厅距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
115		楼下车库距地面 170cm	<MDL	/	<MDL	2.5
116	SPECT/CT 留观室	诊断廊防护门左门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
117		诊断廊防护门下门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
118		诊断廊防护门右门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
119		诊断廊防护门上门缝表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
120		诊断廊防护门中间表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
121		诊断廊墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
122		PET/CT 留观室墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
123		PET/CT 留观室卫生间墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
124		污洗间 1 墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
125		设备房墙表面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
126		楼上过渡厅距地面 30cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
127		楼下车库距地面 170cm	<MDL	2.0	<0.10	2.5
128	诊断廊	缓冲间 2 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
129		缓冲间 2 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
130		缓冲间 2 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5

表 7 验收监测

131	诊断廊	缓冲间 2 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
132		缓冲间 2 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
133		缓冲间 1 防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
134		缓冲间 1 防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
135		缓冲间 1 防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
136		缓冲间 1 防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
137		缓冲间 1 防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5

根据表 7-2 监测结果可以得出，核医学科控制区外人员可达处、控制区内屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率最大为 2.21 μ Sv/h（满负荷校核后）。因此，核医学科控制区屏蔽体外的周围剂量当量率均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及项目环评批复文件的相关要求（不大于 2.5 μ Sv/h）。SPECT/CT 机房屏蔽体外的周围剂量当量率低于最低探测水平，满负荷校核后周围剂量当量率最大为 0.23 μ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 CT 机房屏蔽体外周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h 的要求。

根据上表7-2可知，手套箱外表面5cm处周围剂量当量率最大值为0.19 μ Sv/h（满负荷校核后），外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率最大为0.13 μ Sv/h（满负荷校核后）；自动给药机外表面5cm处周围剂量当量率最大值为4.52 μ Sv/h（满负荷校核后），外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率最大为0.83 μ Sv/h（满负荷校核后），均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求；注射窗、放射性废物桶表面30cm处周围剂量当量率最大为0.05 μ Sv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中固体放射性废物收集桶外表面30cm处的周围剂量当量率小于2.5 μ Sv/h的要求。

（3） β 表面污染水平监测结果

项目核医学科工作场所 β 表面污染监测结果见表7-3。

表7-3（1）项目核医学科治疗区 β 表面污染水平监测结果表

β 测量时间（s）		10	测量面积（cm ² ）	100	发射率响应	0.39
序号	场所名称	测量位置			表面污染结果 A _s （Bq/cm ² ）	执行标准 （Bq/cm ² ）
1	储源室 2	地面			L	40
2		墙表面			L	40
3		储源柜表面			0.15	40
4		传递窗表面			0.14	40

表 7 验收监测

5	甲亢服药室	地面	0.18	40
6		墙表面	L	40
7	卫生通过间 2	地面	L	40
8		墙表面	L	40
9	甲亢留观室	地面	L	40
10		墙表面	L	40
11		床表面	0.05	40
12	分装室 2	地面	0.06	40
13		墙表面	L	40
14		工作台面	0.30	40
15		手套箱表面	0.11	40
16		废物桶表面	0.08	40
17	甲癌病房 1	地面	L	40
18		墙表面	L	40
19		床表面	0.10	40
20	甲癌病房 2	地面	L	40
21		墙表面	L	40
22		床表面	0.14	40
23	住院廊	地面	L	40
24		墙表面	L	40
25	抢救室 2	地面	0.08	40
26		墙表面	L	40
27		床表面	0.07	40
28	治疗出口廊	地面	L	40
29		墙表面	L	40
30	缓冲间 4	地面	L	4
31		墙表面	L	4
32	服碘室	地面	0.16	40
33		墙表面	0.08	40
34		自动分药机表面	0.19	40
35		废物桶表面	0.07	40
36	治疗廊	地面	L	40
37		墙表面	L	40
38	污洗间 2	地面	L	40
39		墙表面	L	40
40		洗手台表面	0.09	40
41		拖把池	L	40
42	被服间	地面	L	40
43		墙表面	L	40
44	配餐间	墙表面	L	40
45		地面	L	40
46		传递窗表面	L	40
47	送餐廊	墙表面	L	4
48		地面	L	4

表 7 验收监测

49	注射室 3	墙表面	L	40
50		地面	L	40
51		注射窗表面	L	40
52	废源处置室 2	墙表面	L	40
53		地面	0.05	40
54		废物桶表面	0.07	40
55	医护人员	医生手部表面	L	0.4
56		医生衣物表面	L	4
57		医生鞋子表面	L	4

表7-3（2） 项目核医学科诊断区β表面污染水平监测结果表

β测量时间（s）		10	测量面积（cm ² ）	100	发射率响应	0.39
序号	场所名称	测量位置			表面污染结果 A _s （Bq/cm ² ）	执行标准 （Bq/cm ² ）
1	储源室 1	地面			0.25	40
2		墙表面			L	40
3		储源柜表面			0.30	40
4		传递窗表面			0.32	40
5	分装室 1	地面			0.37	40
6		墙表面			L	40
7		工作台面			0.17	40
8		手套箱 2 表面			0.25	40
9		注射窗表面			0.19	40
10		废物桶表面			0.34	40
11	注射室 2	地面			L	40
12		墙表面			L	40
13		注射窗表面			L	40
14		废物桶表面			L	40
15	缓冲间 1	地面			L	40
16		墙表面			L	40
17	诊断廊	地面			L	40
18		墙表面			L	40
19	SPECT/CT 等候室	地面			L	40
20		墙表面			L	40
21		座椅表面			L	40
22	SPECT/CT 检查室	地面			0.19	40
23		墙表面			L	40
24		SPECT/CT 床表面			0.31	40
25	抢救室 1	地面			L	40
26		墙表面			L	40
27		床表面			0.14	40
28		洗手台表面			L	40

表 7 验收监测

29	SPECT/CT 留 观室	地面	0.10	40
30		墙表面	L	40
31		座椅表面	0.14	40
32		洗手台表面	L	40
33	缓冲间 2	地面	L	40
34		墙表面	L	40
35	卫生通过间 1	地面	L	40
36		墙表面	L	40
37	废源库 1	地面	L	40
38		墙表面	L	40
39		废物桶表面	0.11	40
40	医护人员	医生手部表面	L	0.4
41		医生衣物表面	L	4
42		医生鞋子表面	L	4
43	医护走道	地面	L	4
44		墙表面	L	4

根据表7-3可知，医护人员手部表面的表面污染均未检出，低于0.4Bq/cm²；医护人员工作服表面、鞋子表面，监督区的墙壁、地面以及工作台面等表面的表面污染均未检出，低于4Bq/cm²；控制区的墙壁、地面以及工作台面、设备表面等的表面污染最大为0.30Bq/cm²，低于40Bq/cm²。因此，核医学科工作场所的表面污染监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及环评批复中规定的β表面污染水平限值要求。

综上，根据以上监测结果分析可知，本项目核医学场所及周围环境的周围剂量当量率、表面污染水平均能满足环评及其批复文件的要求。

7.3 受照剂量估算

7.3.1 个人剂量估算公式

本次验收调查通过放射工作人员工作位监测结果及满负荷情况下参与放射工作的时间估算工作人员年受照剂量。满负荷工作量与环评阶段工作量一致。

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3}$$

其中：H_{Er}：X 或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

表 7 验收监测

$H^*(10)$: X 或 γ 射线周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t: X或 γ 射线照射时间, 小时。

7.3.2 个人剂量估算结果

(1) 放射工作人员受照剂量估算

项目甲亢和甲癌用药采用自动分装仪给药, 远程控制, 不单独考虑; ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{89}Sr 为纯 α 、 β 核素, 辐射影响微小, 不予估算。

根据上述公式和验收监测结果, 项目放射工作人员年有效剂量估算结果见表 7-4。

表7-4 放射工作人员年有限剂量估算表

分类		受照来源	操作时间 (h/a)	受照剂量率 (μSv/h)	年有效剂量(mSv/a)	
护士 (核素操作)-全身	Tc-99m	活度测定、分装	15.3	0.05 (手套箱表面)	7.65×10 ⁻⁴	0.02
		注射	15.3	0.05 (工作人员操作位)	7.65×10 ⁻⁴	
护士 (核素操作)-手部	Tc-99m	活度测定、分装	15.3	44.62 (手套箱手孔打开)	0.68	3.10
		注射	15.3	158.40 (医生手部处)	2.42	
粒籽植入(核素操作)-全身	I-125	分装、植入	266.7	0.06 (分装台铅窗后)	0.02	
粒籽植入(核素操作)-手部	I-125	分装、植入	266.7	3.25 (分装时医生手部)	0.09	
护士 (核素操作)-全身	I-131	甲吸稀释分装	8.3	0.19 (手套箱表面)	1.58×10 ⁻³	
护士 (核素操作)-手部	I-131	甲吸稀释分装	8.3	323.8 (手套箱手孔打开)	2.69	
技师	SPECT/CT	摆位	9.8	93.28	0.91	0.98
		显像、扫描	1180	0.06 (工作人员操作位)	0.07	
	CT	粒籽植入	26.7	1.61(操作室管线口)	0.04	

备注: ①上述核算未考虑铅衣的防护。

②本次模拟监测无病人, 未模拟摆位情况, 摆位时剂量参照环评阶段预测值。

③上述核算未考虑注射器防护套等的屏蔽防护作用。

④甲吸稀释分装的受照剂量率保守按照模拟监测时分装室 2 内手套箱的剂量率(甲亢病人服药量)计算。

从上表可知, 满负荷工作时, 放射工作人员全身年有效剂量能满足环评批复、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 等的年有效剂量管理目标 5mSv/a , 手部剂量低于验收限值 125mSv/a 的要求, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

表 7 验收监测

建设单位应加强管理，合理安排放射工作人员操作时间和工作内容，做好放射工作人员个人剂量监测及档案管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告。

(2) 公众成员受照剂量估算

公众成员所受剂量主要为辐射工作场所周围停留所致。本次按监测结果进行核算，综合选择核医学工作场所外（控制区边界）对应环境保护目标侧周围剂量当量率监测结果较大值进行估算，核算结果见表 7-5。

表 7-5 项目控制区边界公众成员年有效剂量估算表

序号	保护目标	方向	最近水平距离	屏蔽体外周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$	受照射时间		年有效剂量, mSv/a
					考虑受照时间 (h)	居留因子	
1	缓冲间 3、粒籽廊、缓冲间 4 等	东侧	紧邻	0.06(住院廊外)	100	1/5	1.20×10^{-3}
2	配电房、风机房等	东侧	紧邻	0.06(锁门无法进入, 参照住院廊外)	50	1/20	1.50×10^{-4}
3	缓冲间 5、治疗出口廊、楼梯 (10#、2#) 等	东南侧	紧邻	0.08(住院廊外)	100	1/5	1.60×10^{-3}
4	入口廊、送餐廊、缓冲间 2、出院梯、强电间弱电间、家属等候区等	南侧	紧邻	0.05(配餐间外)	100	1/5	1.0×10^{-3}
5	设备房 (高压氧舱)、车库等	南侧	紧邻	0.10(SPECT/CT 留观室外)	50	1/20	2.50×10^{-4}
6	医护走道、更衣室、用餐室、值班室 1 等	西侧	紧邻	0.33 (CT 机房外)	26.7	1/5	1.76×10^{-3}
	学习室 (示教室)	西侧	紧邻	<0.05 (SPECT/CT 检查室外)	2000	1/2	<0.05
	办公室、库房、楼梯、医梯、更衣室、用餐室、值班室 2 等	西侧	紧邻	<0.025 (参考 SPECT/CT 检查室外, 距离大, 取一半值)	2000	1	<0.05
7	车库等	西侧	约 5m~50m	<0.05	1180	1/40	$<1.48 \times 10^{-3}$
8	缓冲间 1、敷贴室、入口走道、强电间弱电间、	北侧	紧邻	<0.10 (SPECT/CT 等候室外)	100	1/5	$<2.0 \times 10^{-3}$
	维生素检测室、值班室、医护走道、预留机房及控制室等	北侧	紧邻	<0.10 (SPECT/CT 等候室外)	2000	1	<0.02
	候诊区、护士站、诊室、护士办、留置针室、准备间、技师办公室、甲吸室、卫生间、楼梯等	北侧	约 2.5m	<1.89 (参考 CT 机房外)	26.7	1	<0.05
9	车库等	北侧	约 10m~50m	<1.89 (参考 CT 机房外)	26.7	1/40	$<1.26 \times 10^{-3}$

表 7 验收监测

10	电梯、后勤用房（工具间、库房、信息中心机房、）、车库等	东北侧	约 6m~50m	<0.06(参考住院廊外)	2000	1/5	<0.02
	信息办公室	东北侧	约 45m	<0.03(参考住院廊外, 距离大, 取一半值)	2000	1	<0.06
11	车库等	楼下	/	<1.10 (储源室 1 楼下)	2000	1/40	<0.06
12	过道/扶梯	楼上	/	<0.25 (储源室 3 楼上)	2000	1/8	<0.06
	阅片室、过道	楼上	/	0.09 (CT 机房楼上)	26.7	1	2.4×10^{-3}
	公共大厅	楼上	/	0.16 (住院病房 1 楼上)	2000	1/8	0.04
	过渡厅	楼上	/	<0.10 (SPECT/CT 留观室楼上)	2000	1/8	$<2.5 \times 10^{-2}$
	高压氧舱、碎石中心、肿瘤治疗区、放射科、车库等	楼上	/	<0.05	2000	1	<0.10
备注：①屏蔽体外周围剂量当量率为同侧屏蔽体外最大值； ②项目用房内部保护目标（各缓冲间、粒籽廊、入口廊、送餐廊），无关人员无法达到，时间考虑为 100h/a；配电房、风机房、高压氧舱的设备房一般人员无法进入，仅巡检维修人员进入，工作时间考虑为 50h/a；CT 机房按照其 X 射线出束时间 26.7h/a 考虑。 ③根据咨询，楼上公共大厅的挂号收费从未启用也不会启用，本次按照公共大厅考虑。							

根据上表监测结果，项目核医学科控制区边界相邻的区域公众成员受照剂量均远低于标准限值 0.1mSv/a；上表外更远处的环保目标距离控制区有一定的距离，且有房间相隔，受到的辐射影响也较小，低于标准限值 0.1mSv/a。因此，项目运行对周围环境保护目标的影响满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）等以及项目环评批复的要求。

表 8 验收监测结论

根据重庆市巴南区人民医院医疗规划,重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目本次验收内容为:配置了 SPECT/CT 机、CT 机各 1 台,使用非密封放射性同位素 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 、 ^{225}Ac 、 ^{125}I (粒籽)开展临床核医学诊疗工作,设置核素治疗住院病房、留观病房 6 间,非密封放射性同位素全部外购。本次验收不包含 PET 相关诊断工作(^{18}F 、PET/CT、校准源等)、敷贴治疗工作、骨密度诊断相关内容。本次验收相关结论如下:

8.1 验收监测结论

由验收监测结果可知,本项目核医学科工作场所各监测点位的监测值均满足环评及批复文件的标准要求,同时也满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)的要求。

8.2 职业照射和公众照射

根据估算,正常使用的情况下,本项目放射工作人员及周围公众成员受到的年有效剂量均小于医院管理目标值(放射工作人员 5mSv/a,公众成员 0.1mSv/a),满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

医院应做好放射工作人员个人剂量监测、工作场所监督区监测及档案管理工作,发现个人剂量监测结果、监督区剂量率监测异常的,应当立即核实和调查,并将有关情况及时报告。

8.3 环保设施/措施设置情况

本项目将核医学科工作场所划分为控制区和监督区,在患者出入口设置分区标识。SPECT/CT机房各防护门上方设置“射线有害,灯亮误入”的工作状态指示灯,并实行门灯联锁,机房门根据要求设置了防夹装置和自动闭门装置;控制区出入口、走廊、用药后等候用房内等处安装监视装置,在护士站设置监控显示器,能监控工作场所内患者的活动情况。核医学科设置了患者路径指示地贴,并根据需要设置单向/双向门禁系统,保证患者按照工作场所的规划路径流动。核医学科根据需要设置单向和双向语音系统,便于指导患者或与患者进行沟通和交流。核医学科配置了固定式区域辐射剂量报警系统,能实时监控工作场所和人员的辐射环境情况。核医学科各防护门、出入口处、提污间等张贴电离辐射警告标志。储源铅罐、注射器转运盒、放废桶等防护设施表面张贴电离辐射标志。储源室、

废源间/废源库有防盗功能，双人双锁保管放射源，并设置监控。核医学科上水出口置感应式开关。卫生通过间、洁具间等处配置核素洗消液及配备应急去污用品，操作放射性药物的护士离开控制区前应清洗并进行表面污染监测。

工作场所配备了防护铅衣、防护铅围脖、防护铅眼镜、防护铅帽等防护用品，表面污染监测仪、个人剂量报警仪等监测设备，配置注射窗、注射器转运盒、防护套等防护设施。

核医学科设置两套槽式地埋式衰变处理设施，分别处置长半衰期和短半衰期的放射性废水，衰变池的体积足够大，能保证放射性废水衰变达到标准要求时间，之后排入医院污水处理站处理。项目控制区用房的废气分区收集并引至门诊急诊楼楼顶经活性炭处理后排放。工作场所设置废源库、废源间及多个放废桶，放射性废物分类收集暂存衰变，达到衰变时间要求后经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，对废物清洁解控并作为医疗废物交由有资质的单位处理。

医院成立有专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定了各项辐射安全管理制度、辐射事故应急预案及操作规程、人员岗位职责、放射性废物处理制度、放射性物品台账管理制度等，辐射环境管理制度齐全，有一定的操作性。

8.4 变更情况

项目核医学科的主要变更情况为：①CT机房的医护人员进出门由机房西南角变动到机房东南角。②场所西侧的辅助用房进行了合并和调整，增加了控制室、示教室、办公室的使用面积，减少了库房等的使用面积。③甲吸服药方式由胶囊变为手动分装，其接诊病人量少，病人用药量少，对医护人员的影响小。④配置了1台自动分药仪，甲亢药物需由医护人员转送到病人服药处，配置了相应的铅盒转运，对医护人员的影响小。⑤本次验收不包含的敷贴室、骨密度机房（预留机房）纳入监督区管理，并作为控制区外的环保目标。

综上，本项目验收内容的源项（非密封放射性物质规模）与环评阶段一致，工作场所辐射安全与防护措施/设施等均未发生变动。经过对比分析，项目不涉及重大变动。

8.5 综合结论

重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目认真落实了环境影响评价报告及其批复文件的各项辐射防护与安全措施和管理措施，项目运行对放射工作人员、

公众人员及周围环境产生的影响很小，满足国家辐射安全相关标准。因此，从辐射环境保护角度分析，重庆市巴南区人民医院核医学科建设项目满足竣工环境保护验收条件，验收合格。

8.7 后续要求

医院应加强对核医学科工作场所和衰变处理设施的管理，核医学科正常运行后，每次操作后对工作场所进行清洁，保证工作场所各区域的表面污染达标。待放射性废水衰变完成排放前，对衰变间进行周围剂量当量率监测，并进行放射性废水采样监测，确保其达标排放。

后期配置 PET 诊断的设施设备、骨密度仪、敷贴源后，该部分应重新开展竣工环保验收，完善相关环保手续。

附 录

附图：

附图一 项目地理位置图

附图二 医院总平面布置及环保目标布置示意图

附图三 项目验收现场相关照片

附图四 (1) 门诊综合楼、住院楼负一层平面布置图

(2) 门诊综合楼、住院楼负二层平面布置图

(3) 门诊综合楼、住院楼负三层平面布置图

附图五 (1) 核医学科平面布置图

(2) 核医学科规划路径图

(3) 核医学科分区布置图

(4) 核医学科废气管网布置图

(5) 核医学科排水管网、设施布置图

(6) 核医学科防护设计方案图

(7) 辐射安全与防护措施/设施布置示意图

附件：

附件一 环境影响评价文件批准书

附件二 辐射安全许可证

附件三 放射工作人员培训合格证

附件四 验收监测报告

附件五 辐射安全管理机构及管理制度

附表：

竣工环境保护“三同时”验收登记表