检索号	2026-HP-0047
商密级别	普通商密

核技术利用建设项目

江苏省人民医院 0 号楼 3 楼核医学科新增 ^{177}Lu 核素治疗项目环境影响报告表

江苏省人民医院

2026 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏省人民医院 0 号楼 3 楼核医学科

新增 ^{177}Lu 核素治疗项目环境影响报告表

建设单位名称：江苏省人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏省南京市鼓楼区广州路 300 号

邮政编码：210000 联系人：/

电子邮箱：/ 联系电话：/

打印编号：1780641096000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	46duwo
建设项目名称	江苏省人民医院0号楼3楼核医学科新增177Lu核素治疗项目
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	江苏省人民医院
统一社会信用代码	12320000466000838D
法定代表人（签章）	刘云
主要负责人（签字）	槐京阳
直接负责的主管人员（签字）	槐京阳
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	江苏辐环环境科技有限公司
统一社会信用代码	913201003393926218
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
符晶晶	2015035320350000003510320304	BH005877	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
符晶晶	表9~表11、表13	BH005877	
刘成	表1~表8、表12	BH069439	

全国环境影响评价信用平台



编制主持人环境影响评价工程师职业资格证书（复印件）

江苏省社会保险权益记录单

（参保单位）

请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称： 江苏辐环环境科技有限公司　　**现参保地：** 建邺区

统一社会信用代码： 913201003393926218　　**查询时间：** 202603-202605

共1页，第1页

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险
缴费总人数	52	52	52

序号	姓名	公民身份号码（社会保障号）	缴费起止年月	缴费月数
1	刘成	[redacted]	202603 - 202605	3
2	符晶晶	[redacted]	202603 - 202605	3

说明：
1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。

打印时间：2026年5月18日

编制人员社保证明

目录

表 1 项目基本情况 1
表 2 放射源 8
表 3 非密封放射性物质 8
表 4 射线装置 9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 10
表 6 评价依据 12
表 7 保护目标与评价标准 15
表 8 环境质量和辐射现状 23
表 9 项目工程分析与源项 33
表 10 辐射安全与防护 42
表 11 环境影响分析 51
表 12 辐射安全管理 68
表 13 结论与建议 74
表 14 审批 79

附图

附图 1：江苏省人民医院地理位置图

附图 2：江苏省人民医院平面布局及周围环境示意图

附图 3：江苏省人民医院 0 号楼 3 楼平面布局示意图

附图 4：江苏省人民医院 0 号楼 4 楼平面布局示意图

附图 5：江苏省人民医院 0 号楼 2 楼平面布局示意图

附图 6：江苏省人民医院 0 号楼 1 楼平面布局示意图

附图 7：本项目 0 号楼 3 楼核医学科人流、物流路径示意图

附图 8：本项目 0 号楼 3 楼核医学科控制区、监督区划分示意图

附图 9：本项目 0 号楼 3 楼核医学科放射性废水衰变系统结构示意图

附图 10：本项目 0 号楼 3 楼核医学科放射性废水排水管道布设示意图

附图 11：本项目 0 号楼 3 楼核医学科排风管道布设示意图

附件

附件 1：项目委托书

附件 2：放射性核素使用承诺书

附件 3：0 号楼 3 楼核医学科环评批复及竣工环保验收材料

附件 4：医院辐射安全许可证复印件

附件 5：本项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质

附件 6：辐射工作人员近一年个人剂量检测报告

附件 7：医院现有核技术利用项目一览表

附件 8：医院 0 号楼 3 楼核医学科放射性废物排放记录和佐证材料

附件 9：编制主持人踏勘现场照片

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">江苏省人民医院 0 号楼 3 楼核医学科新增 ^{177}Lu 核素治疗项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">江苏省人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>刘云</td><td>联系人</td><td colspan="2">/</td><td>联系电话</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8">江苏省南京市鼓楼区广州路 300 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">江苏省南京市鼓楼区广州路 300 号 0 号楼 3 楼核医学科</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>5</td><td colspan="2">项目环保投资（万元）</td><td>1</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">20%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">□新建 □改建 ☑扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="7">□I 类 □II 类 □III 类 □IV 类 □V 类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="7">□I 类（医疗使用）□II 类 □III 类 □IV 类 □V 类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="7">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="7">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="7">☑乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="7">□II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="7">□II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="7">□II 类 □III 类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="8">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位基本情况

江苏省人民医院暨南京医科大学第一附属医院、江苏省临床医学研究院、江苏省红十字医院。医院目前是江苏省综合实力最强的三级甲等医院，担负全省医疗、教学、科研、公益四项中心任务。医院位于南京市鼓楼区广州路 300 号，占地面积约 370 亩，现有建筑面积约 41 万平方米，开放床位 4600 余张，职工 7000 余人。

医院现有国家重点学科 1 个，国家临床重点专科 18 个以及建设单位 7 个，省临床医学研究中心 5 个，江苏高校优势学科 1 个，省“科教能力提升工程”医学创新中心 7 个、医学重点学科/实验室 21 个，省级专科（病）诊疗中心 8 个，省级临床重点专科 36 个，省级医疗质量控制中心 16 个。

1.1.2 项目由来及建设规模

1、项目由来

医院 0 号楼（核医学楼）共有两个乙级非密封放射性物质工作场所，分别为 1~2 楼核医学科和 3 楼核医学科，1~2 楼核医学科包括 1 楼的 SPECT 诊断场所和 2 楼的甲癌病房，许可使用放射性核素 ^{99m}Tc、^{123}I 开展显像诊断，使用放射性核素 ^{223}Ra、^{89}Sr、^{131}I 开展核素治疗，使用放射性核素 ^{125}I 开展放射免疫的标记实验，使用放射性核素 ^{35}S 开展功能测定，并对 ^{90}Y 微球进行分装，已许可的日等效最大操作量为 $3.88\times10^{9}Bq$，为乙级非密封放射性物质工作场所；3 楼核医学科包括核素治疗病房区和药研留观病房区，其中的核素治疗病房区设置有 5 间治疗病房，许可使用放射性核素 ^{131}I 开展甲癌治疗；药研留观病房区设置有 2 间留观病房，许可使用放射性核素 ^{14}C、^{59}Fe 开展标记创新药临床药代动力学研究试验，已许可的日等效最大操作量为 $3.85\times10^{9}Bq$，为乙级非密封放射性物质工作场所。

为满足患者治疗需求，医院拟在 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区新增 ^{177}Lu 核素治疗项目，将 1#、2#治疗病房由单人间 ^{131}I 甲癌治疗病房调整为单人间 ^{177}Lu 治疗病房，将 3#治疗病房由双人间 ^{131}I 甲癌治疗病房调整为单人间 ^{131}I 甲癌治疗病房（用于 ^{131}I 给药量较大的患者住院留观），仍将 4#、5#治疗病房作为双人间 ^{131}I 甲癌治疗病房。本次调整后，0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区共有 3 间 ^{131}I 甲癌治疗病房（3#~5#治疗病房）和 2 间 ^{177}Lu 治疗病房（1#~2#治疗病房），核素治疗病房区调整前的床位布置见图 1-1，调整后的床位布置见图 1-2。

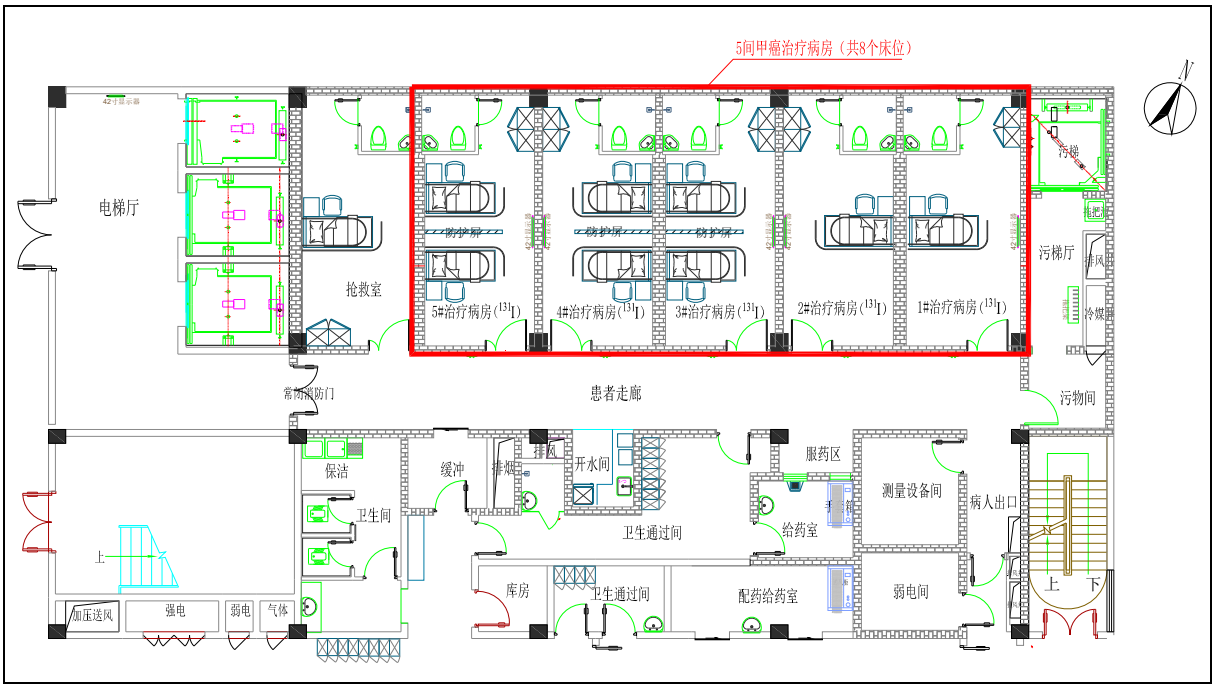


图 1-1 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区调整前的床位布置示意图

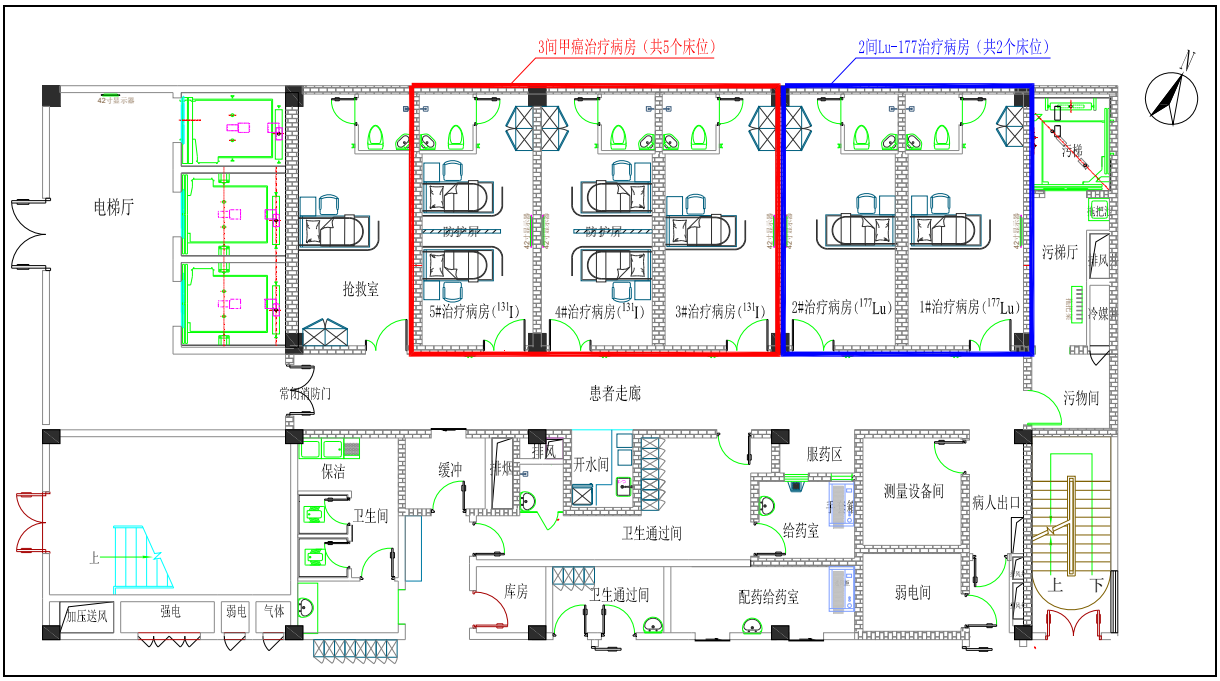


图 1-2 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区调整后的床位布置示意图

医院 0 号楼 3 楼核医学科于 2023 年 10 月 24 日取得了江苏省生态环境厅的批复（批复文号：苏环辐（表）审〔2023〕58 号），通过许可后又先后编制了《江苏省人民医院新增放射性核素放射诊疗项目辐射安全分析报告》和《江苏省人民医院本次新增、调整使用放射性核素 ^{59}Fe、^{123}I、^{90}Y、^{99m}Tc 项目辐射安全分析报告》对核素种类和使用量进行了调整，于 2025 年 10 月 14 日重新申领了辐射安全许可证，因药研留观病房区暂未投入使用，于 2026 年 2 月 5 日对核素治疗病房区进行了自主竣工环保验收。医院 0 号楼 3 楼核医学科环评批复及竣工环保验收资料见附件 3。

医院 0 号楼 3 楼核医学科已许可的核素种类及使用量见表 1-1。

表 1-1 医院 0 号楼 3 楼核医学科已许可的核素种类及使用量一览表

非密封放射性物质工作场所								
序号	工作场所等级	核素名称	活动种类	工作场所名称	日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	备注
1	乙级	^{131}I	使用	0 号楼 3 楼核医学科	3.84×10^{10}	3.84×10^{9}	2.69×10^{12}	核素治疗病房区
2		^{14}C	使用		8.88×10^{7}	8.88×10^{6}	3.33×10^{9}	药研留观病房区
3		^{59}Fe	使用		2.22×10^{7}	2.22×10^{6}	1.11×10^{9}	

2、项目建设规模

医院 0 号楼 3 楼核医学科每年开展 350 天，甲癌患者每批由 8 名降至 5 名，每批患者住院 4~5 天，每年开展不超过 70 批次，年门诊量由 560 名降至 350 名，甲癌患者给药量保持不变，即单名患者给药量基本在 3.7×10^{9}Bq~5.55×10^{9}Bq（100mCi~150mCi），极少量患者给药量为 5.55×10^{9}Bq~7.4×10^{9}Bq（150mCi~200mCi），单人平均给药量为

4.81×10^{9}Bq（130mCi），则 ^{131}I 日最大操作量由 3.84×10^{10}Bq 降至 2.41×10^{10}Bq，年最大用量由 2.69×10^{12}Bq 降至 1.68×10^{12}Bq；^{177}Lu 患者每批不超过 2 名，每批患者住院 6~8h，每年开展不超过 350 批次，年门诊量不超过 700 名，单名 ^{177}Lu 患者给药量为 7.40×10^{9}Bq，则 ^{177}Lu 日最大操作量为 1.48×10^{10}Bq，年最大用量为 5.18×10^{12}Bq。

本次调整后，医院 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区使用的核素种类及使用量见表 1-2。

表 1-2 医院 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区调整后核素种类及使用量一览表

工作场所	核素	单人平均用药量（Bq）	日最大门诊量	日最大操作量（Bq）	年门诊量	年最大用量（Bq）	备注
0 号楼 3 楼核医学科（核素治疗病房区）	^{131}I	4.81×10^{9}	5 人	2.41×10^{10}	350 人	1.68×10^{12}	**用量减少**
	^{177}Lu	7.40×10^{9}	2 人	1.48×10^{10}	700 人	5.18×10^{12}	**本次新增**

本次新增的 ^{177}Lu 核素治疗项目依托 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区现有的给药室、治疗病房进行给药和住院治疗，依托现有的放射性固废暂存间、放射性废水衰变系统、通风系统对产生的放射性废物进行处置，不改变现有场所的布局、两区划分、辐射防护与安全措施。本次 0 号楼 3 楼核医学科药研留观病房区的核素使用种类和使用量保持不变，故本次环评重点对新增 ^{177}Lu 核素治疗的核素治疗病房区进行评价，药研留观病房区的相关评价见《江苏省人民医院 ^{131}I 甲癌治疗和 ^{14}C 标记创新药临床药代动力学研究项目环境影响报告表》及相关资料。

3、工作场所等级划分

本项目 ^{131}I 和 ^{177}Lu 放射性药物均为购买成品药物，^{131}I 药物采用口服的方式进行给药，^{177}Lu 药物采用注射的方式（包括静脉注射或静脉输注）进行给药，根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的相关要求，本项目放射性核素 ^{131}I 和 ^{177}Lu 的使用均视为“简单操作”。经过毒性组别及核素的操作方式双重修正后，本项目放射性核素 ^{131}I 和 ^{177}Lu 的日等效最大操作量见表 1-3。

表 1-3 本项目放射性核素 ^{131}I 和 ^{177}Lu 日等效最大操作量一览表

工作场所	核素	日最大操作量（Bq）	毒性组别修正因子	操作方式与放射源状态修正因子	日等效最大操作量（Bq）
0 号楼 3 楼核医学科	^{131}I（使用）	2.41×10^{10}	中毒，0.1	简单操作（液体），1	2.41×10^{9}
	^{177}Lu（使用）	1.48×10^{10}	中毒，0.1	简单操作（液体），1	1.48×10^{9}

注：^{131}I 药物胶囊内部为吸附剂吸附的碘化钠口服溶液，放射源状态修正因子按液态进行取值。

本次调整后，医院 0 号楼 3 楼核医学科使用的核素种类、使用量以及场所的日等效最大操作量见表 1-4。

表 1-4 医院 0 号楼 3 楼核医学科调整后核素种类及使用量一览表

非密封放射性物质工作场所								
序号	工作场所等级	核素名称	活动种类	工作场所名称	日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	备注
1	乙级	^{131}I	使用	0 号楼 3 楼核医学科	2.41×10^{10}	2.41×10^{9}	1.68×10^{12}	**用量减少**
2		^{177}Lu	使用		1.48×10^{10}	1.48×10^{9}	5.18×10^{12}	**本次新增**
3		^{14}C	使用		8.88×10^{7}	8.88×10^{6}	3.33×10^{9}	本次不变
4		^{59}Fe	使用		2.22×10^{7}	2.22×10^{6}	1.11×10^{9}	
日等效最大操作量合计					/	**3.90×10^{9}**	/	/

本次调整后，医院 0 号楼 3 楼核医学科的日等效最大操作量由 3.85×10^{9}Bq 增加至 3.90×10^{9}Bq，仍属于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的乙级非密封放射性物质工作场所（2×10^{7}~4×10^{9}）。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，本项目应办理核技术利用项目环境影响评价手续。

本项目为减少核素 ^{131}I 的使用量，并新增使用核素 ^{177}Lu，本次调整后仍为使用非密封放射性物质（乙级非密封放射性物质工作场所），根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），应编制环境影响报告表。受江苏省人民医院的委托，江苏辐环环境科技有限公司承担该医院本次核技术利用项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场勘察、现场监测等工作的基础上，编制了该项目的环境影响报告表。

1.2 项目周边保护目标及项目选址情况

1、医院位置

江苏省人民医院位于南京市广州路 300 号，医院地理位置示意图见附图 1。医院东侧为南京市脑科医院，南侧为广州路，西侧为虎踞关路，西北侧为虎踞关 60 号小区，北侧为南京师范大学操场，医院平面布置及周围环境情况见附图 2。

2、本项目位置

医院 0 号楼东侧依次为 0 号楼专用通道、土坡、医院道路、新 6 号楼（办公楼），南侧依次为 0 号楼专用通道、医院围墙、广州路；西侧依次为医院道路、医院停车场，北侧依次为土坡、江苏省国家紧急医学救援基地临时项目部、医院道路、立体停车场。

本项目 0 号楼 3 楼核医学科位于 0 号楼 3 楼的东端，其中的核素治疗病房区位于该核医学科的北部，药研留观病房区位于该核医学科的南部，该核医学科东侧 50m 范围依次为 0 号楼专用通道、土坡、医院道路、新 6 号楼，南侧 50m 范围依次为 0 号楼专用通道、广州路、广州路 215-2 号 2 幢商住楼，西侧 50m 范围依次为核医学科其他工作场所、医院道路、医院停车场，北侧 50m 范围依次为土坡、江苏省国家紧急医学救援基地临时项目部、医院道路、立体停车场，楼上为日间治疗中心和肿瘤科病房，楼下为核医学科工作场所以及水泵房、热交换间等设备间。

医院 0 号楼核医学科配套的放射性废水衰变室位于 0 号楼 1 楼的北部，放射性废水衰变室东侧为污梯厅和 0 号楼专用通道，南侧为 1 楼 SPECT 诊断场所，西侧为医院道路，北侧为土坡，正上方 2 楼为水泵房、热交换间等设备间，楼下无建筑。0 号楼核医学科配套的放射性固废暂存间位于 0 号楼的东侧，放射性固废暂存间东侧为土坡，南侧、西侧、北侧均为 0 号楼专用通道，楼上、楼下无建筑。

医院 0 号楼 3 楼平面布局见附图 3，4 楼平面布局见附图 4，2 楼平面布局见附图 5，1 楼平面布局见附图 6。

3、项目选址合理性分析

医院 0 号楼 3 楼核医学科位于 0 号楼 3 楼的一端，设置有相应的物理隔断和单独的人员、物流通道，并与非放射性工作场所有明确的分界隔离，不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，放射性废气排风口远离周边高层建筑，周围无环境制约因素。本次新增的 ^{177}Lu 核素治疗与 ^{131}I 核素治疗同为 β 核素治疗，项目依托 0 号楼 3 楼核医学科现有核素治疗病房进行住院治疗，^{177}Lu 患者设置有专用住院治疗病房，与甲癌患者不共用治疗病房，项目选址合理。医院南侧广州路 215-2 号 2 幢商住楼距本项目 0 号楼 3 楼核医学科最近距离约 35m，为本项目的敏感点，本项目环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、医院内的其他工作人员、病患及陪同家属等流动人员、广州路上行人以及广州路 215-2 号 2 幢商住楼的商户和居民等公众。

本项目不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，也不涉及江苏省国家级生态保护红线区域和江苏省生态空间管控区域。根据现场监测与环评预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目位于南京市重点管控单元（南京市中心城区（鼓楼区））内，对照重点管控单元的管控要求，本项目符合生态环境分区管控要求。

综上所述，本项目周围无环境制约因素，项目选址合理。

1.3 实践正当性评价

本项目的投入使用能够更好的满足患者的就诊需求，在做好辐射防护的基础上，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

1.4 医院现有核技术利用项目许可及辐射安全管理情况

1.4.1 医院现有核技术利用项目许可情况

江苏省人民医院目前持有的辐射安全许可证证书编号为苏环辐证[00341]，许可种类和范围：使用 I 类、V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；生产、使用非密封放射性物质；乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2027 年 12 月 27 日，医院辐射安全许可证复印件见附件 4。

1.4.2 医院现有辐射安全管理情况

医院已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，已针对现有核技术利用项目制定了辐射安全管理制度，每年委托有资质单位对本单位的辐射工作场所进行了监测，监测结果满足相关标准要求。医院每年对本单位辐射工作场所的安全和防护状况进行了年度评估，于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交了上一年度的放射性同位素与射线装置安全和防护状况评估报告，满足环保相关管理要求。

医院现有辐射工作人员均已参加并通过辐射安全与防护的培训和考核，合格证书均在有效期内。医院现有辐射工作人员的数量满足现有核技术利用项目对人员的需求。医院已安排所有辐射工作人员参加了职业健康体检，并建立了辐射工作人员职业健康监护档案，根据辐射工作人员的职业健康体检报告，现有辐射工作人员均可从事放射工作或可继续从事原放射工作；医院委托江苏省疾病预防控制中心对辐射工作人员进行了个人剂量监测，并建立了个人剂量档案，根据辐射工作人员的个人剂量检测报告，现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值 5mSv/a，满足环保相关管理要求。

医院现有核技术利用项目均已履行了相关环保手续，无遗留环保问题，医院现有核技术利用项目一览表见附件 7。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/ 活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素 名称	理化 性质	活动 种类	实际日最大 操作量 （Bq）	日等效最大 操作量 （Bq）	年最大用量 （Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与 地点
1	^{131}I	液态、中毒 $T_{1/2}$=8.02d	使用	2.41×10^{10}	2.41×10^{9}	1.68×10^{12}	核素治疗	简单操作	0 号楼 3 楼 核医学科 核素治疗病 房区	不贮存，当天送达，当天使用
2	^{177}Lu	液态、中毒 $T_{1/2}$=6.73d	使用	1.48×10^{10}	1.48×10^{9}	5.18×10^{12}		简单操作		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
给药后患者产生的含放射性核素的排泄物和冲洗水以及含放射性核素的清洗废水	液态	^{131}I、^{177}Lu	/	约 10.2m³	约 122.5m³	总 β≤10Bq/L，^{131}I、^{177}Lu 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L	经专用管道排至 0 号楼 1 楼放射性废水衰变室的 1#放射性废水衰变系统内（1#~5#衰变池）	自然衰变超过 180 天后，排放至医院污水处理系统，作为医疗废水处理
产生的一次性手套、口罩、西林瓶、擦拭废纸等	固体	^{131}I	/	约 110kg	约 1316kg	≤^{131}I 清洁解控水平推荐值：1×10^5Bq/kg	先暂存于给药室、治疗病房的废物铅桶内，患者出院后集中收集放置在 0 号楼的 2#放射性固废暂存间中	自然衰变超过 180 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm²、β 表面污染小于 0.8Bq/cm² 后，作为医疗废物处理
产生的一次性床单、被套	固体	^{131}I	/	约 5.83kg	约 70kg	≤^{131}I 清洁解控水平推荐值：1×10^5Bq/kg	患者出院后集中收集放置在 0 号楼的 2#放射性固废暂存间中	至少衰变一个半衰期（8.02 天），经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm²、β 表面污染小于 0.8Bq/cm² 后，作为医疗废物处理
产生的一次性手套、口罩、注射器、棉签、擦拭废纸等	固体	^{177}Lu	/	约 43.8kg	约 525kg	≤^{177}Lu 清洁解控水平推荐值：1×10^6Bq/kg	先暂存于给药室、治疗病房的废物铅桶内，患者出院后集中收集放置在 0 号楼的 3#放射性固废暂存间中	自然衰变超过 68 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm²、β 表面污染小于 0.8Bq/cm² 后，作为医疗废物处理

产生的一次性床单、被套	固体	^{177}Lu	/	约 11.7kg	约 140kg	≤^{177}Lu 清洁解控水平推荐值：$1\times10^{6}Bq/kg$	患者出院后集中收集放置在 0 号楼的 3#放射性固废暂存间中	至少衰变一个半衰期（6.73 天），经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 $0.08Bq/cm^2$、β 表面污染小于 $0.8Bq/cm^2$ 后，作为医疗废物处理
核素治疗病房区通风系统更换下来的废活性炭	固体	^{131}I、^{177}Lu	/	/	约 20kg	≤^{131}I 清洁解控水平推荐值：$1\times10^{5}Bq/kg$	集中收集放置在 0 号楼的 2#放射性固废暂存间中	自然衰变超过 180 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 $0.08Bq/cm^2$、β 表面污染小于 $0.8Bq/cm^2$ 后，作为非放射性固体废物处理
放射性废气	气态	^{131}I、^{177}Lu	/	微量	微量	/	不暂存	经活性炭过滤后，由排风系统排至 0 号楼楼顶排放
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m^3，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/ m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日起施行 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），自 2018 年 12 月 29 日起施行 （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行 （4）《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 13 日发布，2026 年 8 月 15 日起施行（届时，《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》同时废止） （5）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行 （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行 （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行 （8）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行 （9）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 （10）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局文件，环发〔2006〕145 号文 （11）关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的通知，环办〔2013〕103 号，2014 年 1 月 1 日起施行 （12）《关于发布<放射性废物分类>的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017 年公告第 65 号公布，自 2018 年 1 月 1 日起施行 （13）《国家危险废物名录（2025 年版）》，生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号公布，自 2025 年 1 月 1 日起施行 （14）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行 （15）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行

	（16）《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日生成 （17）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2020年1月1日起施行 （18）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430号 （19）《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修改版），江苏省人大常委会公告第2号，2018年3月28日修改，2018年5月1日起施行 （20）《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日起施行 （21）《江苏省国家级生态保护红线规划》，江苏省人民政府（苏政发〔2018〕74号），2018年6月9日发布 （22）《江苏省生态空间管控区域规划》，江苏省人民政府（苏政发〔2020〕1号），2020年1月8日发布 （23）《江苏省生态空间管控区域管理办法》，江苏省人民政府（苏政办规〔2026〕1号），2026年3月1日起施行 （24）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月31日发布 （25）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，生态环境部辐射源安全监管司，辐射函〔2023〕20号，2023年9月11日发布 （26）《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》，环办辐射函〔2025〕313号，生态环境部，2025年8月29日发布
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） （2）《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） （3）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022） （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） （6）《表面污染测定 第1部分：β发射体（$E_{\beta max}$＞0.15 MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008） （7）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

	（8）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005） （9）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010） （10）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020） （11）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021） （12）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）
其他	报告附件： 附件 1：项目委托书 附件 2：放射性核素使用承诺书 附件 3：0 号楼 3 楼核医学科环评批复及竣工环保验收材料 附件 4：医院辐射安全许可证复印件 附件 5：本项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质 附件 6：辐射工作人员近一年个人剂量检测报告 附件 7：医院现有核技术利用项目一览表 附件 8：医院 0 号楼 3 楼核医学科放射性废物排放记录和佐证材料 附件 9：编制主持人踏勘现场照片

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的要求，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙级、丙级取半径 50m 的范围。

本项目为使用非密封放射性物质（乙级非密封放射性物质工作场所），根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的要求，本项目评价范围应为 0 号楼 3 楼核医学科实体边界外 50m 以内区域。本项目评价范围见附图 2。

7.2 保护目标

本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条（一）中的国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，也不涉及《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）中受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。根据附图 2，医院南侧的广州路 215-2 号 2 幢商住楼距本项目核医学科最近距离约 35m，为本项目的环境敏感点，本项目环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、医院内的其他工作人员、病患及陪同家属等流动人员、广州路上行人以及广州路 215-2 号 2 幢商住楼的商户和居民等公众。本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标分布

保护目标			方位	距核医学科实体边界最近距离	规模
辐射工作人员	核医学科内	医生、护师等	/	/	约 8 名工作人员
评价范围内公众	0 号楼专用通道	医院工作人员、病患及陪同家属等流动人员	本项目核医学科东侧	紧邻	流动人员
	医院道路	医院工作人员、病患及陪同家属等流动人员		约 3m	流动人员
	新 6 号楼	医院工作人员		约 7m	约 80 人
	0 号楼专用通道	医院工作人员、病患及陪同家属等流动人员	本项目核医学科南侧	紧邻	流动人员
	广州路	路上行人		约 5m	流动人员
	广州路 215-2 号 2 幢商住楼	楼内商户和居民等		约 35m	约 80 名商户人员和居民，其余为流动人员

	核医学科其他工作场所	医院工作人员	本项目核医学科西侧	紧邻	约 10 人
	医院道路	医院工作人员、病患及陪同家属等流动人员		约 10m	流动人员
	医院停车场	医院工作人员、病患及陪同家属等流动人员		约 30m	流动人员
	江苏省国家紧急医学救援基地临时项目部	项目部工作人员	本项目核医学科北侧	约 3m	约 20 人
	医院道路及立体停车场	医院工作人员、病患及陪同家属等流动人员		约 13m	流动人员
	4~8 楼日间治疗中心和肿瘤科病房	医院工作人员、病患及陪同家属等流动人员	本项目核医学科楼上	紧邻	约 40 名人员，其余为流动人员
	1~2 楼核医学科工作场所	医院工作人员、病患及陪同家属等流动人员	本项目核医学科楼下	紧邻	约 20 名人员，其余为流动人员
	2 楼水泵房、热交换间等设备间	医院工作人员			平时无人员逗留

7.3 评价标准

（1）剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值，见表 7-2。

表 7-2 照射剂量限值

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

（2）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，遵循辐射防护最优化原则，制定的项目剂量约束值管理目标见表 7-3。

表 7-3 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射	5mSv/a
公众照射	0.1mSv/a

（3）辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区，对于未被设定为控制区，不需要专门防护手段或安全措施但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域，划分为监督区。对控制区和监督区的人员活动进行限制，辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

（4）工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的非密封源工作场所的分级，应按表 7-4 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-4 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4\times10^{9}$
乙	2×10^{7}~4×10^{9}
丙	豁免活度值以上~2×10^{7}

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。本项目放射性核素的毒性分组及毒性组别修正因子见表 7-5，与操作方式有关的修正因子见表 7-6。

表 7-5 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 7-6 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	毒性组别修正因子			
	表面污染水平较低的固体	液体，溶液，悬浮液	表面有污染的固体	气体，蒸汽，粉末，压力很高的液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

（5）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》（GB 18871-2002）中表 B11 和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的规定，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表 7-7 的控制水平。

表 7-7 工作场所放射性表面污染控制水平（单位：Bq/cm^2）

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 1）	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4
1）该区内的高污染子区除外				

（6）辐射剂量率控制水平

①根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的屏蔽要求：

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

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

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

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

②根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20 号的屏蔽要求：

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021，以下称核医学标准）第 6.1.5 节规定，距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。本条规定的具体含义为：

1.控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2），周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。

2.控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子＜1/2），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

本项目辐射剂量率控制水平：

①核医学科控制区内各房间的四周墙体、防护门、楼上地板外表面 30cm 处及楼下人员可达处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h；若控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子＜1/2），周围剂量当量率应小于 10μSv/h；

②手套箱外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h；

③给药窗、注射窗外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h；

④废物铅桶、放射性废水衰变室、放射性固废暂存间、曝露于地面致使人员可接近的放射性废水排水管道外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

（7）液体放射性废物的管理

①根据《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005），医疗机构放射性废水排放口执行“总 α≤1Bq/L、总 β≤10Bq/L”的要求。

②根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.3.3 条规定，

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

b）所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期（含碘-131核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB 18871中8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总α不大于1Bq/L、总β不大于10Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于10Bq/L。

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

③根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20号的规定：

一、关于槽式衰变池中含碘-131放射性废水排放

含碘-131放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

（一）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 8.6.2 条规定，经监管部门确认单次排入普通下水道的废水中碘-131活度不超过1ALImin（9E+5贝可），每月排放的废水中碘-131总活度不超过10ALImin（9E+6贝可）。

（二）暂存180天后，衰变池废水可以直接排放。

（三）暂存不满 180 天但监测结果表明碘-131活度浓度已降至不高于 10 贝可/升水平，也可直接排放。

（8）气态放射性废物的管理

①根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）第5.2.3条规定：

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

②根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第6.3条和7.4条规定：

6.3 密闭和通风要求

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

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

6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

7.4 气态放射性废物的管理

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

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期

不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

③根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20 号的规定：

三、关于独立通风要求

核医学标准第 6.3.4 节规定，手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统。单独的排风系统意为手套箱、通风橱等设备的排风管道在汇入“主排风管道前”的部分，应独立设置，防止发生气体回流和交叉污染。经过滤后的气体汇入到一个主管道中排放不违反标准要求。

（9）固体放射性废物的管理

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

b）所含核素半衰期大于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

c）含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天。

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

（10）核素治疗患者出院管理要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求：为确保放射治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，放射治疗患者出院时体内放射性活度应符合表 B.1（即表 7-8）的要求。

表 7-8 放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求

放射性核素	患者出院时体内放射性活度要求	患者体表 1m 处的周围剂量当量率
^{131}I	≤400MBq	≤25μSv/h
^{177}Lu	/	≤25μSv/h

注：^{177}Lu 患者出院时患者体表 1m 处的周围剂量当量率限值参考 ^{131}I 甲癌患者。

（11）其他标准

《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）

（12）参考资料

①《辐射防护导论》，方杰主编

②《辐射防护手册》，李德平、潘自强主编

③《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月。

江苏省环境天然γ辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

类别	原野	道路	室内
测值范围	33.1～72.6	18.1～102.3	50.7～129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1～72.6）nGy/h；道路为（18.1～102.3）nGy/h；室内为（50.7～129.4）nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

8.1.1 项目地理和场所位置

1、医院位置

江苏省人民医院位于南京市广州路 300 号，医院东侧为南京市脑科医院，南侧为广州路，西侧为虎踞关路，西北侧为虎踞关 60 号小区，北侧为南京师范大学操场。

2、本项目位置

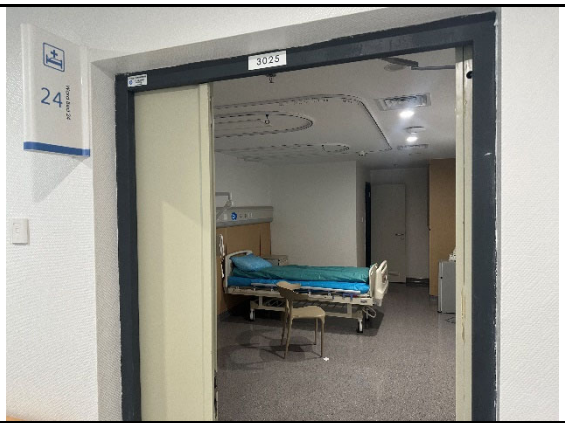
本项目 0 号楼 3 楼核医学科位于 0 号楼 3 楼的东端，其中的核素治疗病房区位于该核医学科的北部，药研留观病房区位于该核医学科的南部，该核医学科东侧 50m 范围依次为 0 号楼专用通道、土坡、医院道路、新 6 号楼，南侧 50m 范围依次为 0 号楼专用通道、广州路、广州路 215-2 号 2 幢商住楼，西侧 50m 范围依次为核医学科其他工作场所、医院道路、医院停车场，北侧 50m 范围依次为土坡、江苏省国家紧急医学救援基地临时项目部、医院道路、立体停车场，楼上为日间治疗中心和肿瘤科病房，楼下为核医学科工作场所以及水泵房、热交换间等设备间。

本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区及周围环境现状见图 8-1。

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>0 号楼</td><td>核素治疗病房区的入口</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>核素治疗病房区的卫生通过间</td><td>核素治疗病房区的给药室</td></tr>
</table>



核素治疗病房区的服药区



核素治疗病房区的单人间治疗病房



核素治疗病房区的双人间治疗病房



核素治疗病房区的治疗病房卫生间



核素治疗病房区的测量设备间



核素治疗病房区的出口



0 号楼东侧新 6 号楼



本项目敏感点-广州路 215-2 号 2 幢商住楼

图 8-1 本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区及周边环境现状图

8.1.2 环境现状检测

本项目运行期间主要的环境污染物为放射性核素产生的 γ 射线、β 表面污染，0 号楼 3 楼核医学科的药研留观病房区暂未投入使用，核素治疗病房区使用的放射性药物均为分装好的单人份药剂，无需分装，挥发的放射性废气很少，辐射影响很小；放射性废水不直接对外排放，且衰变池不泄漏。本项目在进行现状调查时，主要调查本项目依托的 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率和 β 表面污染水平。

1、环境现状评价对象、检测因子、检测点位

环境现状评价对象：0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区及周围辐射环境

检测因子：γ辐射空气吸收剂量率及 β 表面污染

检测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点，在 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区及周围环境共计布设 38 个γ辐射空气吸收剂量率点位和 30 个 β 表面污染检测点位，具体点位分别见图 8-2~图 8-7。

2、检测方案

（1）检测单位：江苏辐环环境科技有限公司（CMA 证书编号：231012341512）

（2）检测报告编号：（2026）辐环（检）字第（0220）号

（3）检测时间：2026 年 3 月 28 日

（4）检测天气：晴

（5）检测仪器：

①γ辐射空气吸收剂量率检测仪器

仪器名称：多功能射线检测仪

仪器型号：BG9512PG03

仪器编号：1TR5GSKW

能量响应范围：25keV～3MeV

量程范围：10nGy/h～200μGy/h

检定单位：江苏省计量科学研究院

检测证书编号：Y2025-0048715

检定有效期：2025.5.27~2026.5.26

②α、β 表面污染检测仪器

检测仪器：α、β 表面沾污仪

仪器型号：RADIAGEM2000+SABG-100

仪器编号：5073+0792

α、β 辐射测量范围：0-10000cps

能量响应范围：主机探测器：40keV-1.5MeV；探头：α>3MeV，β>150keV

检定单位：江苏省计量科学研究院

检测证书编号：Y2026-0001983

校准日期：2026.1.13~2027.1.12

（6）检测方法及数据处理：按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《表面污染测定 第 1 部分：β 发射体（$E_{\beta max}$＞0.15 MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）中的要求进行，表面污染检测采用直接测量法通过巡测取最大值。

3、质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，其计量认证证书及检测能力证书见附件 5；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核；

⑤检测仪器在使用前、后进行性能检查；

⑥检测报告实行三级审核。

4、检测结果及评价

本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区及周围环境的 γ 辐射水平检测结果见表 8-1，β 表面污染检测结果见表 8-2，检测报告见附件 5。

表 8-1 本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境 γ 辐射水平检测结果

序号	检测点位描述		建筑物	检测结果（nGy/h）	标准差	备注
1	0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区	入口处	楼房	76	1	检测时，0 号楼 3 楼和 2 楼核医学科的甲癌病人已出院，1 楼核医学科未开诊，场所内无放射性药物和放射性固体废物；3 楼核医学科的药研留观病房区暂未投入使用；1 楼放射性废水衰变
2		患者入口缓冲区内	楼房	74	1	
3		卫生通过间内	楼房	75	1	
4		给药室内	楼房	73	1	
5		服药区处	楼房	73	1	
6		1#治疗病房内	楼房	92	1	
7		1#治疗病房卫生间内	楼房	345	4	
8		2#治疗病房内	楼房	73	1	
9		2#治疗病房卫生间内	楼房	156	2	
10		3#治疗病房内	楼房	252	4	

11		3#治疗病房卫生间内	楼房	485	6	室内暂存有放射性废水；0号楼东侧的3间放射性固废暂存间内均暂存有放射性固体废物
12		4#治疗病房内	楼房	98	2	
13		4#治疗病房卫生间内	楼房	376	4	
14		5#治疗病房内	楼房	68	1	
15		5#治疗病房卫生间内	楼房	190	3	
16		抢救室内	楼房	69	1	
17		抢救室卫生间内	楼房	200	2	
18		开水间处	楼房	204	2	
19		测量设备间内	楼房	74	1	
20		污物间内	楼房	75	2	
21		污梯厅内	楼房	347	5	
22		患者走廊内（西）	楼房	69	1	
23		患者走廊内（东）	楼房	98	1	
24		患者出口处	楼房	77	1	
25		患者出口缓冲区内	楼房	91	1	
26		东侧楼梯间内	楼房	91	2	
27		西侧电梯厅内 （核医学科西侧常闭消防门外）	楼房	68	1	
28		楼上日间治疗中心病房走廊内	楼房	68	1	
29		楼下热交换间内	楼房	127	1	
30		楼下生活水泵房内	楼房	86	2	
31		楼下消防水泵房内	楼房	85	1	
32	一楼放射性废水衰变室西侧防护门外		道路	101	1	
33	一楼放射性废水衰变室东侧防护门外		道路	172	2	
34	0号楼东侧通道 （2#放射性固废暂存间防护门处）		道路	137	2	
35	0号楼南侧通道		道路	99	1	
36	0号楼北侧通道		道路	64	1	
37	新6号楼西侧医院道路		道路	84	2	
38	广州路215-2号2幢商住楼北侧楼下道路		道路	43	1	

注：①上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值，已考虑建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子；

②建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取0.8，道路取1。

表 8-2 本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境 β 表面污染检测结果

序号	检测点位描述		检测结果（Bq/cm^2）	分区情况	备注
1	0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区	入口处地面、墙面	＜MDL	/	检测时，0 号楼 3 楼核医学科的甲癌病人已出院，场所内无放射性药物和放射性固体废物；3 楼核医学科的药研留观病房区暂未投入使用
2		患者入口缓冲区内地面、墙面	＜MDL	监督区	
3		卫生通过间内地面、墙面	0.13		
4		给药室内地面、墙面	0.09	控制区	
5		给药室内手套箱表面	＜MDL		
6		给药窗口表面	0.10		
7		注射窗口表面	＜MDL		
8		服药区处地面、墙面	0.13		
9		1#治疗病房内地面、墙面	0.16		
10		1#治疗病房卫生间内地面、墙面	0.53		
11		2#治疗病房内地面、墙面	0.12		
12		2#治疗病房卫生间内地面、墙面	0.19		
13		3#治疗病房内地面、墙面	0.27		
14		3#治疗病房卫生间内地面、墙面	0.85		
15		4#治疗病房内地面、墙面	0.19		
16		4#治疗病房卫生间内地面、墙面	0.48		
17		5#治疗病房内地面、墙面	0.17		
18		5#治疗病房卫生间内地面、墙面	0.39		
19		抢救室内地面、墙面	0.19		
20		抢救室卫生间内地面、墙面	0.28		
21		开水间处地面、墙面	0.75		
22		测量设备间内地面、墙面	0.93		
23		污物间内地面、墙面	0.16		
24		污梯厅内地面、墙面	0.23		
25		患者走廊（西）地面	0.45		
26		患者走廊（东）地面	0.55		
27		患者出口处地面	0.35		
28		患者出口缓冲区内地面	0.24	监督区	
29		东侧合用前室处地面	＜MDL	/	
30		西侧电梯厅处地面（核医学科西侧常闭消防门外）	＜MDL	/	

注：检测仪器 β 检出限 MDL 为 $0.08Bq/cm^2$。

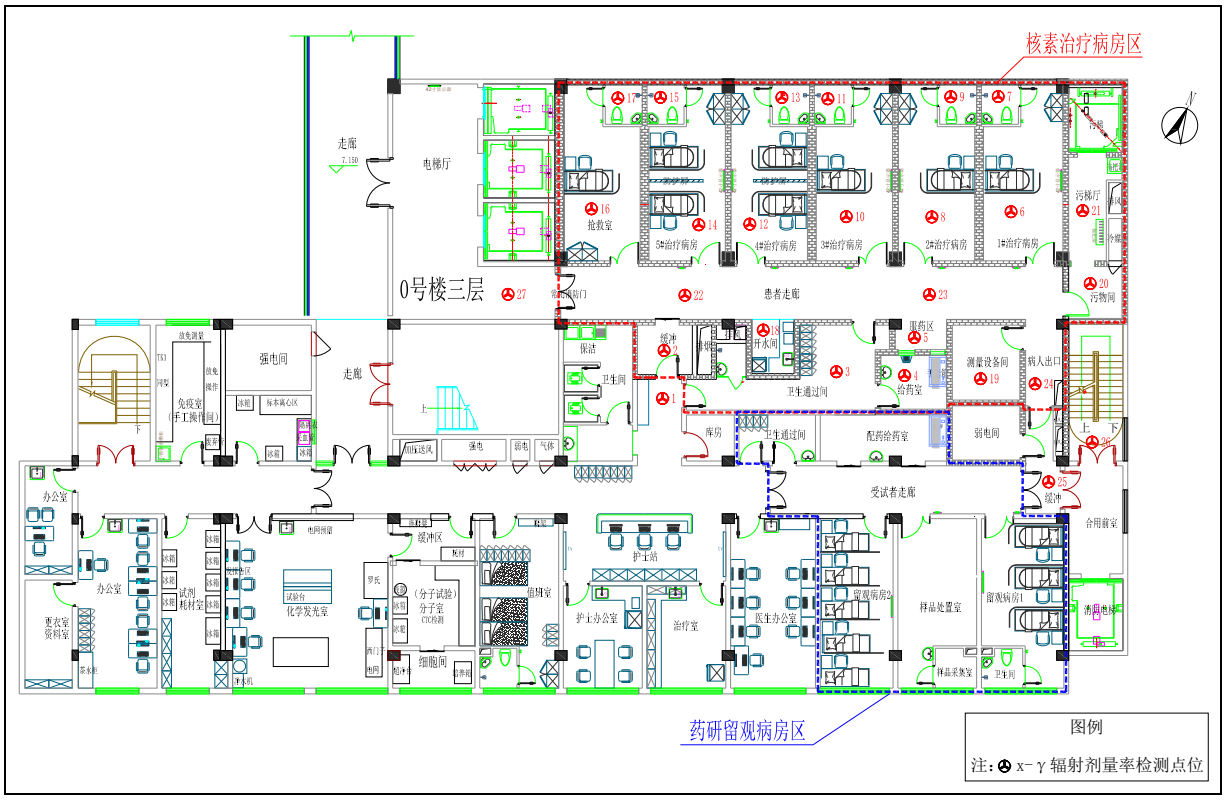


图 8-2 本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境γ辐射水平检测点位示意图（0 号楼 3 楼）

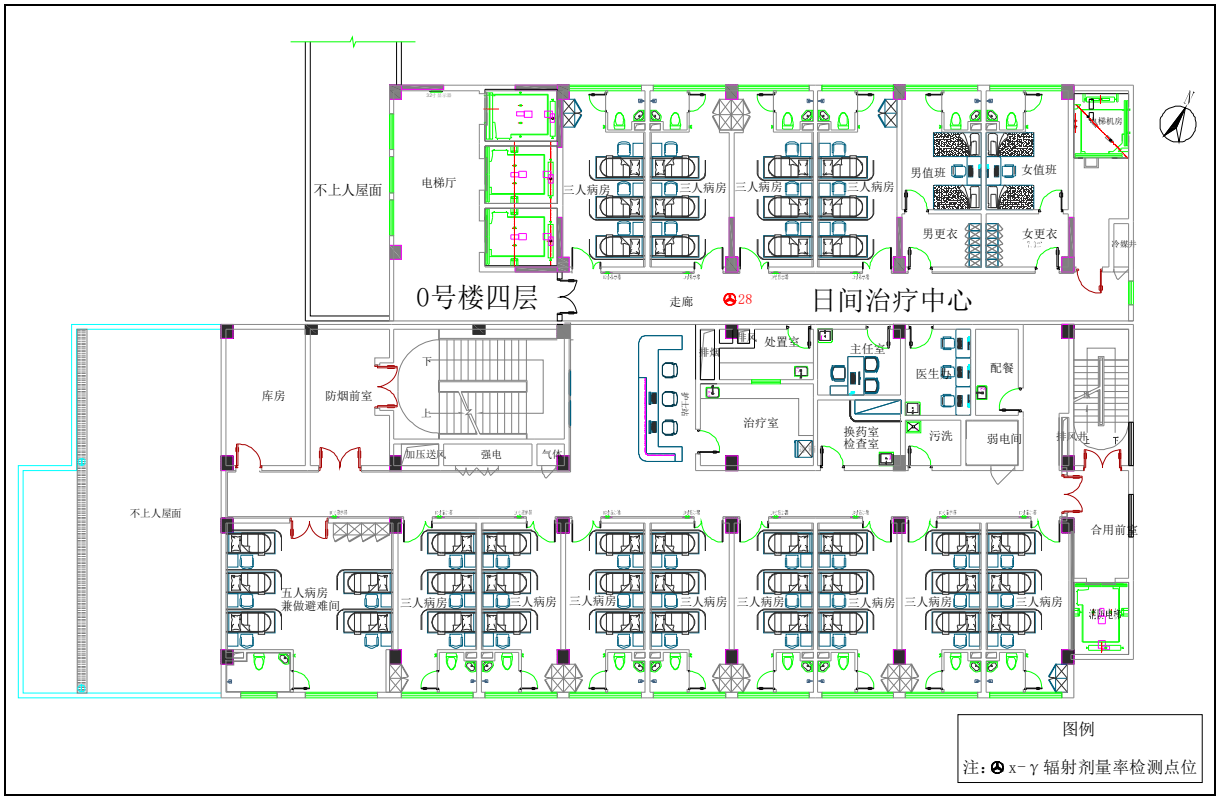


图 8-3 本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境γ辐射水平检测点位示意图（0 号楼 4 楼）

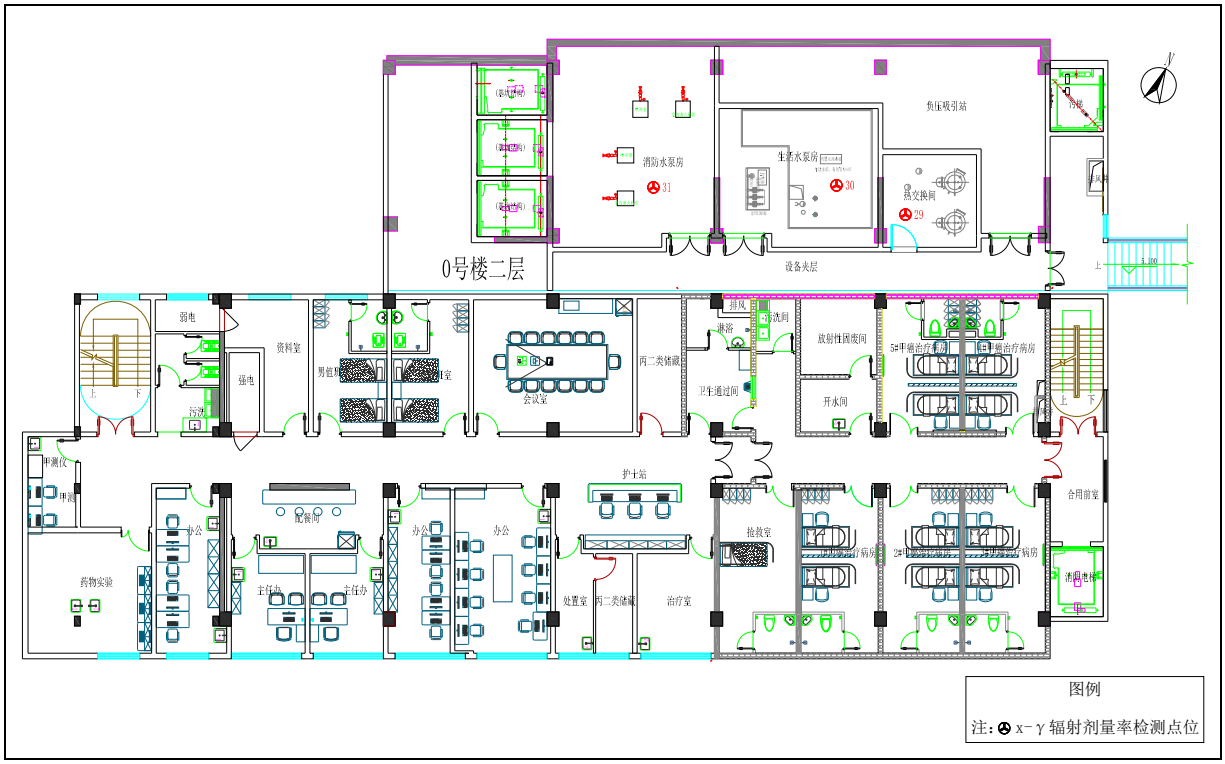


图 8-4 本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境 γ 辐射水平检测点位示意图（0 号楼 2 楼）



图 8-5 本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境 γ 辐射水平检测点位示意图（0 号楼 1 楼）

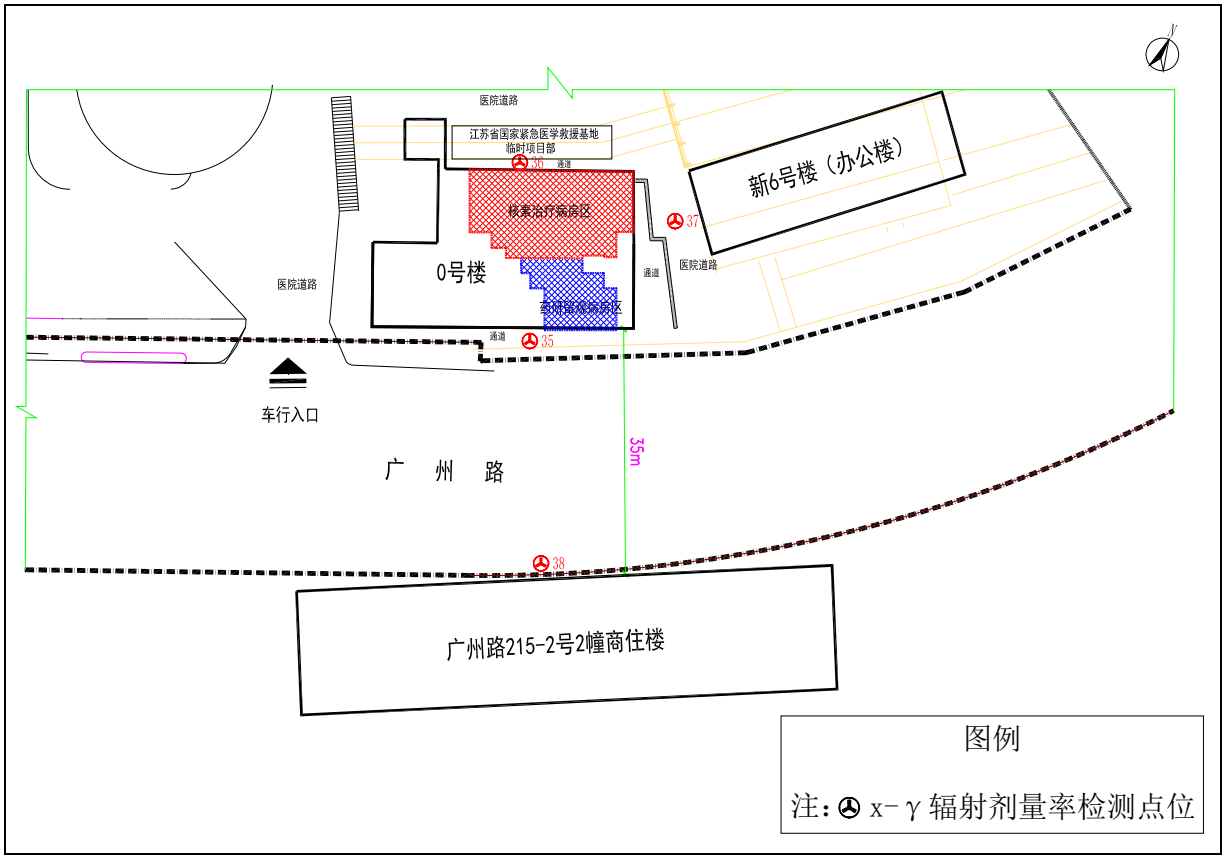


图 8-6 本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境γ辐射水平检测点位示意图（0 号楼周围）

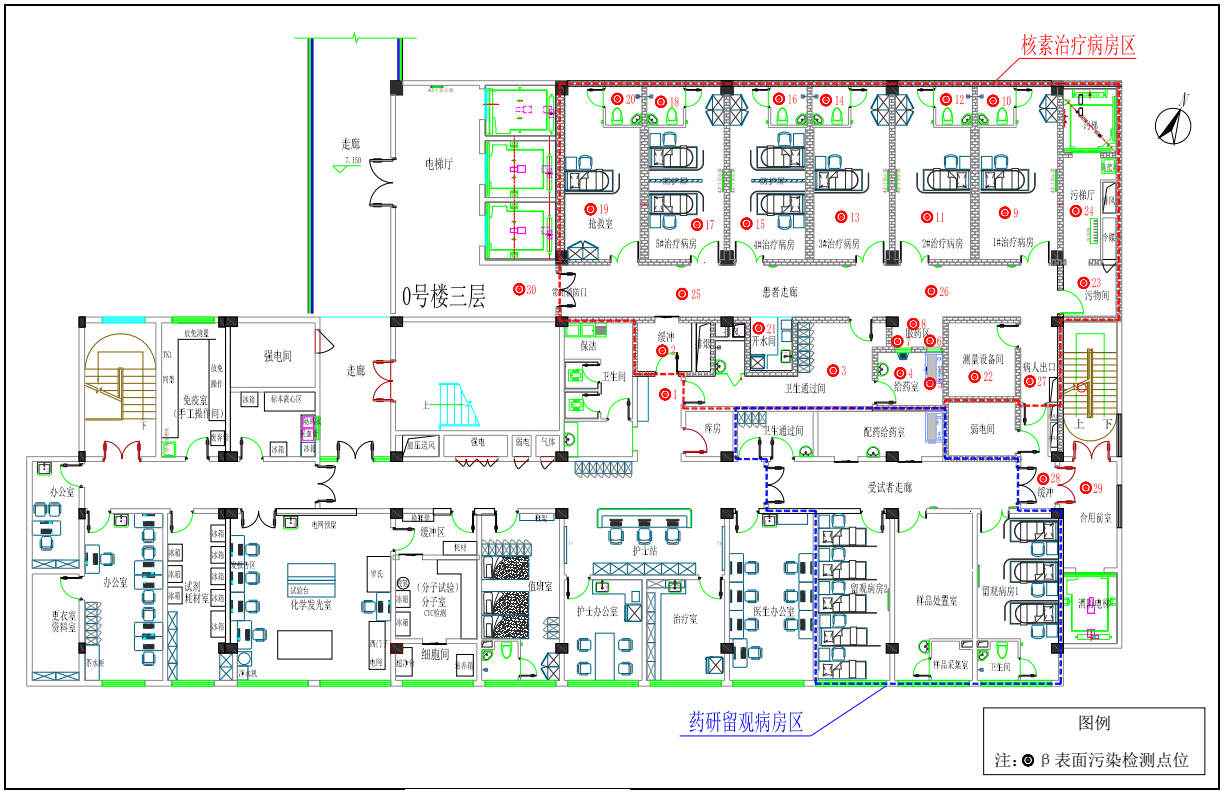


图 8-7 本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境β表面污染检测点位示意图

根据表 8-1 可知，本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境的室内γ辐射水平

为（68～485）nGy/h，室外道路γ辐射水平为（43～172）nGy/h，对照江苏省室内环境天然γ辐射水平调查结果（50.7~129.4）nGy/h，室外道路环境天然γ辐射水平调查结果（18.1~102.3）nGy/h，因核医学科核素治疗病房区的甲癌患者刚出院，核素治疗病房区的部分场所沾有放射性核素，导致辐射水平偏高，放射性废水衰变室和放射性固废暂存间暂存有放射性废物，导致放射性废水衰变室和放射性固废暂存间周围辐射水平偏高，除此之外，本项目核医学科的核素治疗病房区及周围环境的γ辐射水平均处于江苏省环境天然γ辐射水平范围内，属正常辐射水平。

根据表 8-2 可知，本项目核医学科的核素治疗病房区的控制区 β 表面污染水平为（＜MDL~0.93）Bq/cm^2，监督区 β 表面污染水平为（＜MDL~0.24）Bq/cm^2，周围环境未检出 β 表面污染，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制区、监督区表面污染控制水平（控制区内场所和设备表面 β 放射性表面污染控制水平 40Bq/cm^2，监督区内场所和设备表面 β 放射性表面污染控制水平 4Bq/cm^2）。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

（1）^{131}I 甲癌治疗项目

本项目购置的 ^{131}I 放射性药物由供货商根据医院预约情况分装至西林瓶的单人份药物胶囊，胶囊内部为吸附剂吸附的碘化钠口服溶液，每瓶 ^{131}I 活度为 3.7×10^{9}Bq~7.4×10^{9} Bq，西林瓶放置在 43mmPb 的铅罐中。患者服药时，医护人员在手套箱内打开铅罐，使用专用夹子取出装有药物的西林瓶，通过手套箱给药窗口将西林瓶递给患者，并指导患者打开西林瓶口服药物胶囊，患者服药后将西林瓶返还给医护人员，医护人员继续为下一名患者服药。给药室同时设置有一扇 40mmPb 的牛头注射窗，患有复合病的甲癌住院患者可在该牛头注射窗处注射普通药物试剂。

（2）^{177}Lu 核素治疗项目

本项目拟购置的 ^{177}Lu 放射性药物由供货商根据医院预约情况分装至西林瓶的单人份液体试剂，每瓶 ^{177}Lu 活度为 7.4×10^{9}Bq，西林瓶放置在 12mmPb 的铅罐中。医护人员依托给药室现有的 40mmPb 牛头注射窗采用注射的方式（包括静脉注射或静脉输注）为患者给药。

9.1.2 工作原理、工艺流程及产污环节

1、工作原理

（1）^{131}I 甲癌治疗工作原理

甲状腺是人体最大的内分泌腺，甲状腺控制使用能量的速度、制造蛋白质、调节身体对其他荷尔蒙的敏感性。甲状腺细胞从海带等产品中摄取碘来合成甲状腺激素。甲状腺癌是原发在甲状腺的癌症，属于甲状腺恶性肿瘤当中最常见的一个类型，甲状腺癌的病理类型主要可以分为乳头状腺癌、滤泡状腺癌、未分化癌和髓样癌。

甲状腺细胞对碘化物具有特殊的亲和力，正常的甲状腺细胞和甲状腺癌细胞具有同样的性质，服用含有放射性碘的溶液，口服的 ^{131}I 药剂大都被甲状腺细胞或甲状腺癌细胞摄取聚集在甲状腺内，核素 ^{131}I 衰变时能放射出 β 射线（占 99%）和 γ 射线（占 1%）。β 射线在组织内有效射程仅 0.5～2 毫米，因此 β 粒子的能量几乎全部释放在甲状腺组织内，选择性地破坏甲状腺腺泡上皮而不影响邻近组织。甲状腺组织能受到长时间的集中照射，其腺体被破坏后逐渐坏死，代之以无功能的结缔组织，从而降低甲状腺的分泌功能。分化型甲状腺癌患者，手术切除癌变甲状腺组织后，同样可用 ^{131}I 去除残留的甲状腺组织，或利用 ^{131}I 显像发现分化型甲状腺癌的转移灶，对其复发或者转移进行诊断。

（2）^{177}Lu 核素治疗工作原理

放射性核素 ^{177}Lu 在衰变过程中释放出 β 射线，具有较强的电离辐射效应，对于肿瘤细胞或异常增殖组织等具有较强的杀灭作用，达到治疗的目的。工作原理以治疗前列腺癌为例：前列腺癌细胞表面会大量表达前列腺特异性膜抗原（PSMA），科学家设计了能精准结合 PSMA 的小分子配体（如 PSMA-617），相当于给药物装上 GPS 导航，然后在配体上通过螯合剂共价连接放射性核素 ^{177}Lu，^{177}Lu 药物经静脉注射进入人体后，会在 2.5 小时内分布到全身组织，依靠 PSMA 配体的特异性亲和力，自动聚集在所有 PSMA 阳性的肿瘤病灶（包括原发灶、骨转移、内脏转移），肿瘤部位的药物浓度远高于正常组织。放射性核素 ^{177}Lu 释放的 β 射线在软组织中平均射程仅约 0.28-0.67mm，最大射程不超过 1.8mm，只能对富集了药物的肿瘤细胞产生杀伤作用，射线不会大范围损伤周边正常组织，因此相比传统化疗副作用更小、安全性更高。

2、工艺流程及产污环节

（1）^{131}I 甲癌治疗工艺流程及产污环节

本项目 ^{131}I 甲癌治疗工艺流程与现有 ^{131}I 甲癌治疗相同，患者先在核医学科门诊进行吸碘率测试，确定用药量后，医院向厂家预约定药。医院 ^{131}I 药物由专业供货商供货，由核医学科专人接收、登记，暂存在给药室内。本项目甲癌治疗具体工艺流程及产污环节如下：

①医院根据患者预约情况提前向药物供货商订药，由药物供货商负责将分装好的药物运送至本项目核医学科，由核医学科专人接收、登记，暂存在给药室内；

②医护人员通过语音系统呼叫患者，患者移至服药窗口，医护人员核对患者姓名、服药量等信息后，在手套箱内打开铅罐，使用专用夹子取出装有药物的西林瓶，测量活度无误后，通过手套箱给药窗口将西林瓶递给患者，并指导患者服药；

③患者服药后将西林瓶返还给医护人员，然后进入各自治疗病房住院留观，在治疗病房内留观 4~5 天；

④患者出院前，在测量设备间对体表 1m 处周围剂量当量率进行监测，经监测患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 后，方可出院。

由于甲癌患者的甲状腺大部分或者全部切除，其对碘的摄取量非常少，大部分碘由大小便及汗液排出，因此，在核素半衰期及生物半排期同时作用下，患者体内的 ^{131}I 约一天后只剩一半（参考《分化型甲状腺癌患者的 ^{131}I 有效半衰期》），住院约 4~5 天后体内的 ^{131}I 药物活度将小于 400MBq。医护人员在药物接收、活度测量、给药过程以及患者住院过程中，会受到 γ 射线外照射，并可能受到 β 表面污染，工作人员需全程穿戴铅衣、铅围脖及一次性手套等防护用品进行操作。本项目 ^{131}I 甲癌治疗具体工艺流程及产

污环节见图 9-1。

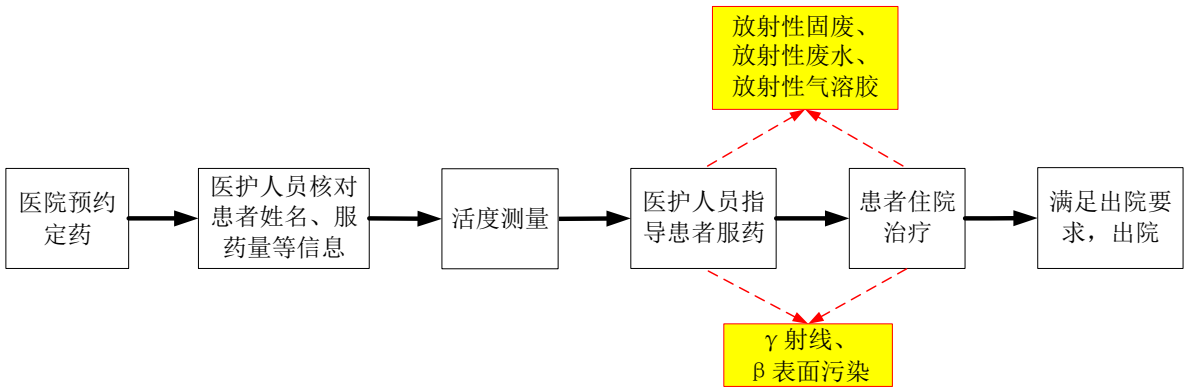


图 9-1 ^{131}I 甲癌治疗具体工艺流程及产污环节示意图

（2）^{177}Lu 核素治疗工艺流程及产污环节

根据《^{177}Lu-PSMA放射性配体疗法治疗前列腺癌的临床实践专家共识》（2024年版），给药4h、6h和24h后，^{177}Lu患者体表1m处辐射剂量率监测结果分别为（25.59±5.68）μSv/h、（19.88±2.89）μSv/h和（9.49±3.23）μSv/h，大部分患者住院留观6~8h即可离院。则本项目患者给药后在治疗病房内留观6~8h后，并经监测患者体表1m处的周围剂量当量率不大于25μSv/h后即可离开。当出现^{177}Lu和^{131}I同时给药时，采取错时给药，先开展^{131}I甲癌患者给药，再进行^{177}Lu给药。^{177}Lu给药前后均会为患者输注生理盐水，促进放射性药物水化以及未被病灶吸收的放射性药物从体内排出，^{177}Lu核素治疗工艺流程及产污环节以治疗前列腺癌为例：

①病例选择：a、病理学明确诊断为前列腺癌，经MRI骨扫描检查证明有前列腺癌远处转移灶，且无法接受根治性治疗的患者；b、经^{18}F-PET/CT显像检查确认肿瘤为阳性（医院PET/CT项目已取得许可）；c、基线血常规、肝功能及肾功能指标符合治疗标准后，经核医学科、泌尿外科等多学科讨论确定治疗方案；

②预订药物：医院根据患者预约情况提前向药物供货商订药，由药物供货商负责将分装好的药物运送至本项目核医学科，由核医学科专人接收、登记，暂存在给药室内；

③患者水化、预防性用药：患者在注射^{177}Lu药物前的1~2h，静脉输注1~2L生理盐水，促进药物分布与排泄；对于可能出现或既往治疗中曾出现恶心呕吐等症状的患者，在注射^{177}Lu药物前至少15min，可预防性静脉输注一定量的盐酸托烷司琼；

④药物检查：在为患者注射前，医护人员在手套箱内从铅罐中取出^{177}Lu试剂，对药物进行检查（包括检查药液是否澄清、无颗粒物或变色，否则作为放射性废物处理）、活度测量，药物检查、活度测量时间最多2min；

⑤药物注射：医护人员通过语音系统呼叫患者，患者移至注射窗口，医护人员核对患者姓名等信息，^{177}Lu药物采用静脉注射或静脉输注的方法为患者给药，采用静脉注射时使用注射泵通过专用静脉导管缓慢推注，随后用≥10mL生理盐水冲洗导管，减少药物

残留，单名患者给药用时不超过10min；采用静脉输注时，以生理盐水为载体，单名患者给药用时不超过30min；

⑥住院留观：患者给药后进入各自治疗病房住院留观，在治疗病房内留观6~8h，医护人员通过监控系统实时监测其生命体征及药物不良反应；

⑦患者出院：参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中4.5.2中“接受^{131}I治疗的患者在距离体表1m处的周围剂量当量率不大于25μSv/h方可出院”，患者出院前，在测量设备间对体表1m处周围剂量当量率进行监测，经监测患者体表1m处的周围剂量当量率不大于25μSv/h后，方可出院。

医护人员在药物接收、药物检查、给药过程以及患者住院过程中，会受到γ射线外照射，并可能受到β表面污染，工作人员需全程穿戴铅衣、铅围脖及一次性手套等防护用品进行操作。本项目^{177}Lu核素治疗具体工艺流程及产污环节见图9-2。

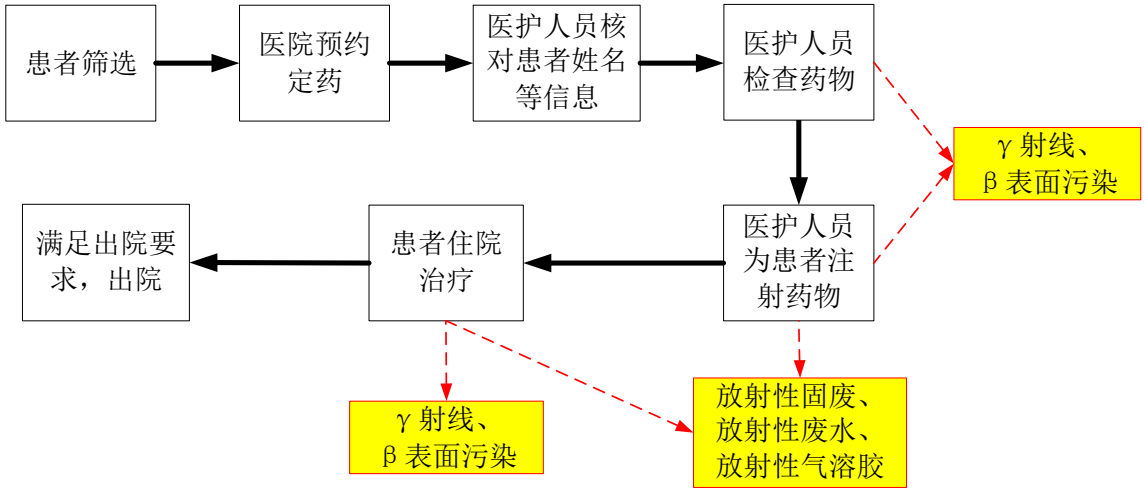


图9-2　本项目^{177}Lu核素治疗工艺流程及产污环节示意图

9.1.3 人流、物流路径规划

本项目核医学科的核素治疗病房区已设置有相对独立的医护通道、患者通道、药物通道和放射性废物通道等，本次人流、物流路径与现有路径相同，具体如下：

1、工作人员路径

医护人员入口→卫生通过间，更衣并穿戴个人防护用品→给药室，工作结束后，在卫生通过间进行表面污染检测，若检测合格，直接更衣后离开，若其污染水平超过 GB 18871-2002 规定值，则将被污染的工作服等防护用品脱下放入衣物篮衰变一定时间后进行清洗，工作人员在淋浴间冲洗，直至检测合格，原路返回。

2、患者路径

^{131}I 甲癌患者路径：患者入口→缓冲区→服药窗口服药→3#~5#治疗病房住院留观4~5 天，出院前在测量设备间对体表 1m 处周围剂量当量率进行测量，满足出院要求后，依次通过患者出口→缓冲区→合用前室消防电梯离开。

^{177}Lu 患者路径：患者入口→缓冲区→注射窗口注射药物→1#~2#治疗病房住院留观6~8h，出院前在测量设备间对体表 1m 处周围剂量当量率进行测量，满足出院要求后，依次通过患者出口→缓冲区→合用前室消防电梯离开。

3、放射性药物路径

本项目订购的放射性药物由供货商通过患者出口处的消防电梯送至 3 楼本项目核医学科，核医学科工作人员接收药物后依次通过合用前室→患者出口缓冲区→患者出口→卫生通过间→给药室，卸下药物后原路返回。

4、放射性固体废物路径

本项目核医学科核素治疗病房区内产生的放射性固体废物先暂存在各房间的废物铅桶或污物间的废物桶内，病人出院后根据核素种类分类集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息），沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物通过污梯运至 0 号楼的 2#放射性固废暂存间暂存，沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物通过污梯运至 0 号楼的 3#放射性固废暂存间暂存。

5、送餐路径

医护人员将餐车从患者入口推入，经缓冲区送至病房区的患者走廊处，医护人员原路退出，并语音通知患者领餐。

本项目核医学科核素治疗病房区现有的医护通道、患者通道、药物通道和放射性废物通道等合理可行。本项目核医学科核素治疗病房区的人流、物流路径见附图 7。

9.1.4 劳动定员和工作负荷

本项目 0 号楼 3 楼核医学科已配备 8 名辐射工作人员，目前除负责本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区和 0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房的辐射工作外，后期还可能负责 0 号楼 3 楼核医学科的药研留观病房区的辐射工作。8 名辐射工作人员分为两班，每班周工作最多 5 天，每天 8 小时工作制，年工作 50 周。

本项目各环节具体操作时间见表 9-1。

表 9-1 本项目各环节操作时间一览表

工作内容	工作环节	工作时间	年工作时间（h）	每组人员年工作时间（h）
^{131}I甲癌患者治疗	^{131}I药物接收、转移至手套箱	年门诊量不超过350人，平均每份药物铅罐接收、转移至手套箱用时不超过5min	29.2	14.6
	^{131}I药物活度测量	年门诊量不超过350人，平均每份药物活度测量用时不超过0.5min	2.92	1.46
	^{131}I药物给药	年门诊量不超过350人，平均每名患者给药用时不超过2min	11.7	5.85

^{177}Lu患者治疗	^{177}Lu药物接收、转移至手套箱	年门诊量不超过700人，平均每份药物铅罐接收、转移至手套箱用时不超过5min	58.3	29.2
	^{177}Lu药物检查、活度测量	年门诊量不超过700人，平均每份药物检查、活度测量用时不超过2min	23.3	11.7
	^{177}Lu给药	年门诊量不超过700人，平均每名患者给药用时不超过30min	350	175

注：①保守假设每项工作均由每组工作人员共同完成。

②本项目放射性核素主要转移至放射性废水中，转移至放射性固体废物中的量较少，则收集放射性固体废物所致工作人员的年受照剂量相对较小，相对给药等过程可忽略不计。

9.1.5 原有工艺不足及改进情况分析

医院 0 号楼 3 楼核医学科已取得辐射安全许可证，已建立完善的辐射安全与防护规章制度，核医学科原有核素治疗的工艺流程合理可行，并已根据相关标准要求在开展核素治疗过程中采取相应的辐射安全防护措施，不存在工艺不足及改进情况。

目前甲状腺癌手术方式相对于以前更趋于保守，大部分患者受益于对甲状腺超声体检的重视，早期发现较多，甲状腺全切患者显著减少，使用放射性核素 ^{131}I 进行清甲治疗的患者相对减少。随着放射性核素 ^{177}Lu 的广泛应用，尤其是前列腺癌的治疗药物上市，^{177}Lu 核素治疗患者数量越来越多，原有 ^{131}I 核素已不能满足患者就诊需求，故医院在 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区新增 ^{177}Lu 核素治疗，并依托该核医学科现有场所和辐射工作人员，以满足患者的就诊需求。

9.2 污染源项描述

9.2.1 污染源项

1、辐射

根据表 9-4 可知，核素 ^{131}I、^{177}Lu 产生的 β 射线所致韧致辐射的能量小于 γ 射线能量，故本项目主要考虑 γ 射线外照射辐射影响。

放射性核素 ^{131}I 在操作过程以及给药后患者在住院治疗等过程中会发射平均能量为 0.365MeV 的 γ 射线，服用 3.7×10^{9}Bq ^{131}I 放射性药物的甲癌患者所致 1m 处周围剂量当量率最大为 220μSv/h，服用 7.4×10^{9}Bq ^{131}I 放射性药物的甲癌患者所致 1m 处周围剂量当量率最大为 440μSv/h。

放射性核素 ^{177}Lu 在操作过程以及给药后患者在住院治疗等过程中会发射平均能量为 0.173MeV 的 γ 射线，服用 7.4×10^{9}Bq ^{177}Lu 放射性药物的患者所致 1m 处周围剂量当量率最大为 46.6μSv/h。

本项目放射性药物在操作过程中可能会发生药物撒落事故，对工作台、设备、墙壁、地面等产生放射性污染，造成局部 β 放射性表面污染。

2、放射性废水

根据《江苏省人民医院 ^{131}I 甲癌治疗和 ^{14}C 标记创新药临床药代动力学研究项目环境影响报告表》和《江苏省人民医院新增放射性核素放射诊疗项目辐射安全分析报告》，原 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区每批次最多接收 8 名甲癌住院患者，医院为减少核素治疗病房区放射性废水的产生量，对核素治疗病房区的淋浴进行电子管控，对甲癌患者住院期间的淋浴进行定时定量供水，即每名甲癌患者住院期间只允许洗澡 2 次，每次淋浴用水不超过 100L；每名甲癌患者日产生洗漱、排泄物冲洗水等其他放射性废水不超过 20L，医护人员和场所每批次产生清洗废水不超过 50L，则每批甲癌患者住院期间（每五天）共产生放射性废水不超过 2.45m³，年开展 70 批次，则每年共产生放射性废水不超过 171.5m³。本次调整后，单名甲癌患者的用水量基本保持不变，核素治疗病房区的甲癌住院患者每批次由 8 名降至 5 名，则每批甲癌患者住院期间（每五天）共产生放射性废水不超过 1.55m³，年开展 70 批次，则每年共产生含有核素 ^{131}I 的放射性废水不超过 108.5m³。

本项目核医学科的核素治疗病房区每批次最多接收 2 名 ^{177}Lu 住院患者，^{177}Lu 患者住院留观 6~8h，住院留观期间不淋浴，只产生洗漱、排泄物冲洗水，每名患者日产生洗漱、排泄物冲洗水不超过 20L，则每批 ^{177}Lu 患者住院期间产生放射性废水不超过 40L，年开展 350 批次，则每年共产生含有核素 ^{177}Lu 的放射性废水不超过 14m³。

此外，事故工况下淋浴冲洗会产生应急淋浴废水，每次不超过 100L。综上所述，本次调整后，本项目 0 号楼 3 楼核医学科每年放射性废水产生量由不超过 171.5m³降至不超过 122.5m³。本项目运行过程中放射性废水来源、产生量、含有核素种类具体见表 9-2。

表 9-2 本项目放射性废水一览表

放射性废水名称	来源	含有核素种类	单批次产生量	年最大治疗批次	年产生量
甲癌患者淋浴用水	3#~5#治疗病房	^{131}I	1.0m³	70批次	70m³
甲癌患者洗漱、排泄物冲洗水			0.5m³	70批次	35m³
^{177}Lu患者洗漱、排泄物冲洗水	1#~2#治疗病房	^{177}Lu	0.04m³	350批次	14m³
医护人员和场所每批次产生的清洗废水	核素诊疗病房区内	^{131}I、^{177}Lu	0.05m³	70批次	3.5m³
事故应急淋浴废水	卫生通过间应急淋浴	^{131}I、^{177}Lu	正常情况下不产生，发生事故时，淋浴冲洗才会产生，单次不超过0.1m³		
总计					**122.5m³（不含淋浴废水）**

3、放射性废气

本项目放射性药物的操作均在带有通风装置的手套箱内进行，^{131}I、^{177}Lu 药物无开放式液面操作，空气中挥发散逸的放射性气溶胶非常少，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。

4、放射性固体废物

根据《江苏省人民医院 ^{131}I 甲癌治疗和 ^{14}C 标记创新药临床药代动力学研究项目环境影响报告表》和《江苏省人民医院新增放射性核素放射诊疗项目辐射安全分析报告》，原 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区每批次最多接收 8 名甲癌住院患者，沾有核素 ^{131}I 的一次性手套、口罩、西林瓶、擦拭废纸等放射性固体废物产生量不超过 0.75kg/人·d，每批患者住院期间产生沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物不超过 30kg，年开展 70 批次，年产生量不超过 2100kg。本次调整后，单名甲癌患者产生的放射性固体废物量基本保持不变，核素治疗病房区的甲癌住院患者每批次由 8 名降至 5 名，每批患者住院期间产生沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物不超过 18.8kg，年开展 70 批次，则年产生沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物不超过 1316kg。

本项目核医学科的核素治疗病房区每批次最多接收 2 名 ^{177}Lu 住院患者，沾有核素 ^{177}Lu 的一次性手套、口罩、注射器、西林瓶、棉签、擦拭废纸等放射性固体废物产生量不超过 0.75kg/人·d，每批患者住院期间产生沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物不超过 1.5kg，年开展 350 批次，则年产生沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物不超过 525kg。

本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区在环评阶段，患者使用过的床单、被套暂存衰变至少一个半衰期后，清洗后重复利用，不作为放射性固体废物处理；而在实际运行时，医院使用材质为无纺布的一次性床单、被套（患者不穿病号服），重量不超过 0.2kg/套，甲癌患者年门诊量不超过 350 名，^{177}Lu 患者年门诊量不超过 700 名，则年产生沾有核素 ^{131}I 的一次性床单、被套不超过 70kg，年产生沾有核素 ^{177}Lu 的一次性床单、被套不超过 140kg。

此外，本项目核医学科核素治疗病房区通风系统的活性炭每年更换一次，年产生废活性炭不超过 20kg。

综上所述，本次调整后，本项目 0 号楼 3 楼核医学科年产生沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物由不超过 2100kg 降至不超过 1316kg，年产生沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物不超过 525kg，年产生沾有核素 ^{131}I 的一次性床单、被套不超过 70kg，年产生沾有核素 ^{177}Lu 的一次性床单、被套不超过 140kg，年产生废活性炭不超过 20kg。本项目运行过程中放射性固体废物来源、产生量、含有核素种类具体见表 9-3。

表 9-3 本项目放射性固体废物一览表

放射性固体废物名称	来源	含有核素种类	单批次产生量	年最大治疗批次	年产生量
一次性手套、口罩、西林瓶、擦拭废纸等	3#~5#治疗病房、给药室	^{131}I	18.8kg	70批次	1316kg
一次性床单、被套	3#~5#治疗病房	^{131}I	1.0kg	70批次	70kg
一次性手套、口罩、注射器、西林瓶、棉签、擦拭废纸等	1#~2#治疗病房、给药室	^{177}Lu	1.5kg	350批次	525kg
一次性床单、被套	1#~2#治疗病房	^{177}Lu	0.4kg	350批次	140kg
废活性炭	核素诊疗病房区通风系统	^{131}I、^{177}Lu	每年更换一次，单次不超过20kg		
总计					**2071kg**

5、非放射性污染

（1）项目运行期不产生医疗废水，废水主要为工作人员产生的少量生活污水。

（2）项目运行期产生的固体废物主要为工作人员产生的少量生活垃圾。

9.2.2 核素特性

本项目放射性核素的特性见表 9-4。

表 9-4 本项目放射性核素特性一览表

核素	半衰期	衰变类型及分支比（%）	主要 α、β 射线能量（keV）与绝对强度（%）	主要 γ 射线能量（keV）与绝对强度（%）	周围剂量当量率常数（$\mu Sv \cdot m^2 \cdot MBq^{-1} \cdot h^{-1}$）
^{131}I	8.02d	β^-（100）	247.9（2.1） 333.8（7.27） 606.3（89.9）	80.185（2.62） 284.305（6.14） 364.489（81.7） 636.989（7.17） 722.911（1.77）	0.0595
^{177}Lu	6.73d	β^-（100）	176.5（12.2） 248.1（0.053） 384.8（9.1） 497.8（78.6）	112.9498（6.4） 208.3664（11.0）	0.0063

注：数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《简明放射性同位素应用手册》《发射光子的放射性核素各向同性点源的剂量学常数（续 II）》。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局与分区

1、工作场所布局

本项目 0 号楼 3 楼核医学科包括核素治疗病房区和药研留观病房区，核素治疗病房区与药研留观病房区相对独立，有各自相对独立的医护通道、患者和受试者通道，其中核素治疗病房区出入口设置有卫生通过间，可为工作人员提供可更换的衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备，控制区相对集中，并设置有相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径，工作人员通道与患者通道不交叉，药物通道与工作人员通道不交叉，药物通道与给药前患者通道不交叉，给药后患者与给药前患者不交叉，进药时间与患者离开时间错时，可从时间上使药物与患者离开不交叉，治疗病房内设置有给药后患者的专用卫生间，减少给药后患者对其他人员的照射，放射性药物和放射性废物运送通道短捷，可有效避免工作人员、患者与放射性药物和放射性废物之间的交叉污染，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的布局要求。本次调整不改变本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的平面布局，该核医学科的核素治疗病房区现有的平面布局合理。

2、工作场所分区

本项目 0 号楼 3 楼核医学科实行分区管理，控制区与监督区的划分见表 10-1，控制区和监督区划分示意图见附图 8。

表 10-1 本项目 0 号楼 3 楼核医学科控制区和监督区划分一览表

场所		控制区	监督区
0 号楼 3 楼核医学科	核素治疗病房区	给药室、服药区、开水间、抢救室、治疗病房、污物间、污梯厅、污梯、测量设备间、给药后患者走廊	卫生通过间、患者入口缓冲区
	药研留观病房区	配药给药室、留观病房、样品处置室、样品采集室、给药后受试者走廊	卫生通过间
	其他区域	/	共用出口缓冲区

除此之外，0 号楼核医学科的放射性废水衰变室、放射性固废暂存间也属于控制区，入口处张贴电离辐射警告标志，禁止无关人员进入。

本次调整不改变本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的两区划分，该核医学科现有的控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中有关辐射工作场所的分区规定。

10.1.2 辐射防护设计

本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区现有的屏蔽防护参数见表 10-2。

表 10-2 本项目 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区现有的屏蔽防护情况一览表

场所	屏蔽材料及厚度
给药室	四周墙体：240mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 顶部：250mm 砼+8mmPb 硫酸钡防护涂料； 底部：250mm 砼+5mmPb 硫酸钡防护涂料； 防护门：内嵌 8mm 铅板的铅防护门； 牛头注射窗：40mmPb
开水间	四周墙体：240mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 顶部：250mm 砼+8mmPb 硫酸钡防护涂料； 底部：250mm 砼+5mmPb 硫酸钡防护涂料
抢救室	东墙、西墙：370mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 南墙、北墙：240mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 顶部：250mm 砼+8mmPb 硫酸钡防护涂料； 底部：250mm 砼+5mmPb 硫酸钡防护涂料； 防护门：内嵌 8mm 铅板的铅防护门
治疗病房 1、 治疗病房 3、 治疗病房 5	东墙、南墙、北墙：240mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 西墙：370mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 顶部：250mm 砼+8mmPb 硫酸钡防护涂料； 底部：250mm 砼+5mmPb 硫酸钡防护涂料； 防护门：内嵌 10mm 铅板的铅防护门
治疗病房 2、 治疗病房 4	东墙：370mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 南墙、西墙、北墙：240mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 顶部：250mm 砼+8mmPb 硫酸钡防护涂料； 底部：250mm 砼+5mmPb 硫酸钡防护涂料； 防护门：内嵌 10mm 铅板的铅防护门
测量设备间、 污梯厅、 污物间	四周墙体：240mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 顶部：250mm 砼+8mmPb 硫酸钡防护涂料； 底部：250mm 砼+5mmPb 硫酸钡防护涂料； 防护门：内嵌 8mm 铅板的铅防护门
患者走廊	四周墙体：240mm 实心砖墙+6mmPb 硫酸钡防护涂料； 顶部：250mm 砼+8mmPb 硫酸钡防护涂料； 底部：250mm 砼+5mmPb 硫酸钡防护涂料； 患者入口外侧防护门为内嵌 4mm 铅板的铅防护门，其余进出口防护门均为内嵌 8mm 铅板的铅防护门
手套箱	六面均为 40mm 铅当量
放射性固废 暂存间	四周墙体：240mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料； 顶部：120mm 砼+15mmPb 硫酸钡防护涂料； 防护门：内嵌 10mm 铅板的铅防护门； 房间内配置一扇 6mmPb 铅屏风，用于对铅防护门的补充屏蔽

放射性废水衰变室	东墙：北部 400mm 砼，南部 600mm 砼； 南墙、西墙：400mm 砼； 北墙：东部 300mm 砼，西部 400mm 砼； 顶部：400mm 砼； 防护门：内嵌 15mm 铅板的铅防护门

注：实心砖密度为 1.65g/cm³，砼密度为 2.35g/cm³，硫酸钡防护涂料密度为 3.5g/cm³，铅密度为 11.34g/cm³。

本次调整不改变本项目核医学科的核素治疗病房区以及放射性固废暂存间、放射性废水衰变室现有的屏蔽防护措施。

10.1.3 辐射安全和防护措施

本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区已根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）设置有相应的辐射安全措施，主要有：

（1）门禁系统和监控系统：给药室防护门设置有门锁，给药室内安装有监控探头，监控显示器位于医院保卫处，实时监控放射性药物的情况。

（2）电离辐射警告标志：控制区内各防护门外表面粘贴有符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志，手套箱外表面、废物铅桶外表面粘贴电离辐射标志，警告无关人员不要靠近和逗留。

（3）单向门及门禁系统：患者进出口防护门设置为单向门并设置有门禁，入口只进不出，出口只出不进，禁止无关人员进入；控制区与外部相通的其他防护门为常闭消防门，设置有门禁，禁止人员进出；污物出口污物电梯设置有门禁，禁止无关人员使用，且电梯只能到达地面 1 楼和 3 楼。

（4）监控及对讲系统：患者出入口处、治疗病房内、抢救室内、开水间处、测量设备间内、污物间内、患者走廊内安装有监控探头，并设置对讲系统，监控显示器位于该核医学科护士站处，实时监控控制区场所内和用药患者的情况。

（5）自动闭门装置：控制区内各防护门安装自动闭门装置，确保防护门处于常闭状态。

（6）铅屏风隔挡：双人间治疗病房内的病床之间用 10mm 铅当量的铅屏风隔挡。

（7）导向标识：控制区入口设置有符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处设置有标明监督区的标志，并标出患者进出口通道和流动路线及文字说明。

（8）双人双锁：卫生通过间和给药室均设置有门锁，钥匙由不同的辐射工作人员保管，形成双人双锁，确保放射性药物的安全。

（9）其他辐射安全和防护措施：

①工作场所内放射性药物操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，地面与墙壁衔接处无接缝，易于清洗、去污。

②辐射工作人员在控制区内不得进食、饮水、吸烟、化妆，也不得进行无关工作及存放无关物件，防止含有微量放射性核素的空气被医务人员吸入体内造成内照射。

③卫生通过间配备 1 台 α-β 表面沾污仪，辐射工作人员操作放射性药物后离开控制区前应洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

④工作场所的上水配备洗消处理设备，控制区内的淋浴、洗手池等选用自动感应式的开关，马桶采用节水模式，以上措施可减少放射性废水的产生和场所内的设备放射性污染。

⑤配备有 4 套 0.5mmPb 防护铅衣、铅围脖、铅眼镜等个人防护用品。

⑥辐射工作人员配备有洁净服和一次性乳胶手套，避免直接接触放射性物质。

⑦送药时、患者出院时，对出口处的消防电梯进行临时管制，该时间段内禁止他人使用。

（10）患者住院期间的管理措施：

①除医护人员外，禁止其他人员进入病房区。

②通过患者入口缓冲区向病房区内传递生活必需品。

③通过视频进行实时监控，禁止 2 名及以上患者近距离接触或者集聚。

④医护人员通过视频及对讲系统进行查房，医护人员进入治疗病房对患者进行救治时，穿戴个人防护用品。

⑤选用产生废物少的食材，减少放射性废物的产生量。

⑥测量设备间内安装有固定式区域辐射剂量率仪，患者出院前对体表 1m 处辐射剂量率进行监测，满足出院要求后方可出院。

综上所述，本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区已采取的辐射安全措施能够满足本项目辐射安全要求。

10.2 三废的治理

1、放射性废水处理措施

医院在 0 号楼的 1 楼建有一间由混凝土浇筑的放射性废水衰变室，衰变室内设置有一套短半衰期放射性废水衰变系统（3#废水衰变系统）和两套长半衰期放射性废水衰变系统（1#、2#废水衰变系统），1#放射性废水衰变系统（1#衰变池~5#衰变池）供本项目核医学科的核素治疗病房区使用，2#放射性废水衰变系统（6#衰变池~10#衰变池）供已

许可的 0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌治疗病房使用，3#放射性废水衰变系统（11#衰变池~13#衰变池）供已许可的 0 号楼 1~2 楼核医学科的 1 楼 SPECT/CT 门诊使用。衰变室由混凝土浇筑并做防水处理，衰变池使用不锈钢材质，能够满足坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性的要求。同时，该衰变室的入口地基高于地面，防止雨水流入该衰变室。

其中，1#放射性废水衰变系统由 1 个多功能降解槽、5 个衰变池、取样监测系统组成，多功能降解槽内设置有搅拌棒，将固体杂质搅碎后流入衰变池，衰变池内设置有电缆浮球液位计，每个衰变池的容积为 37.5m^3（5m×2.5m×3m），有效容积约为 33.75m^3，5 个衰变池交替使用，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为 2 组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液，在废液池上预设取样口，有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压措施的要求。

医院 0 号楼放射性废水衰变室见图 10-1，废水衰变系统结构示意图见附图 9。



放射性废水衰变室入口



放射性废水衰变室内部

图 10-1 医院 0 号楼放射性废水衰变室

根据《江苏省人民医院 ^{131}I 甲癌治疗和 ^{14}C 标记创新药临床药代动力学研究项目环境影响报告表》和《江苏省人民医院新增放射性核素放射诊疗项目辐射安全分析报告》，0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区产生的放射性废水排入 1#放射性废水衰变系统，衰变时间超过 180 天后，排放至医院的污水处理系统，作为医疗废水进行处理，含有核素 ^{131}I 的放射性废水可在 1#放射性废水衰变系统内暂存 180 天的佐证材料见附件 8；0 号楼 3 楼核医学科药研留观病房区产生的放射性废水根据 GB 18871-2002 要求，用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，冲洗水直接排入医院的污水处理系统，作为医疗废水进行处理。

本项目产生的含有核素 ^{131}I、^{177}Lu 的放射性废水依托本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的 1#放射性废水衰变系统进行处理，1#放射性废水衰变系统的具体工作流程为：放射性废水先通过专用管道流至多功能降解槽，杂质经打碎均匀混合后先抽至衰变池 1，当

衰变池 1 电缆浮球液位计报警时，电子控制系统将自动关闭衰变池 1 的进水阀，同时打开衰变池 2 的进水阀，当衰变池 2 电缆浮球液位计报警时，电子控制系统将自动关闭衰变池 2 的进水阀，同时打开衰变池 3 的进水阀，当衰变池 3 电缆浮球液位计报警时，电子控制系统将自动关闭衰变池 3 的进水阀，同时打开衰变池 4 的进水阀，当衰变池 4 电缆浮球液位计报警时，电子控制系统将自动关闭衰变池 4 的进水阀，同时打开衰变池 5 的进水阀，当衰变池 5 中放射性废水储存到该衰变池的 80%时，电缆浮球液位计报警，确认衰变池 1 中放射性废水已至少衰变 180 天后，通过电子控制系统打开衰变池 1 的排水阀，将衰变池 1 中放射性废水排至医院的污水处理系统，电子控制系统将自动关闭衰变池 5 的进水阀，同时打开衰变池 1 的进水阀，5 个衰变池轮流使用，每次排放前确保放射性废水已至少衰变 180 天，方可排放至医院的污水处理系统，作为医疗废水进行处理。本项目 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区的放射性废水排水管道布设见附图 10。

本项目放射性废水处置措施汇总见表 10-3。

表 10-3 本项目放射性废水处置措施汇总一览表

放射性废水名称	来源	含有核素种类	年产生量	暂存设施	最终处置措施
甲癌患者淋浴用水	3#~5#治疗病房	^{131}I	70m³	0号楼放射性废水衰变室的1#放射性废水衰变系统	暂存衰变 180 天后，排至医院污水处理系统，作为医疗废水进行处理
甲癌患者洗漱、排泄物冲洗水			35m³		
^{177}Lu患者洗漱、排泄物冲洗水	1#~2#治疗病房	^{177}Lu	14m³		
医护人员和场所每批次产生的清洗废水	核素诊疗病房区内	^{131}I、^{177}Lu	3.5m³		
事故应急淋浴废水	卫生通过间应急淋浴	^{131}I、^{177}Lu	正常情况下不产生，发生事故时，淋浴冲洗才会产生，单次不超过0.1m³		

本项目核医学科位于 0 号楼的 3 楼，2 楼负压吸引站天花板吊顶处采用混凝土降板结构，放射性废水排水管道横管包封在混凝土降板结构内（包裹厚度为 150mm），未包封在混凝土降板结构内的横管包裹 5mm 铅皮，立管使用 120mm 实心砖管井包封，并延伸至 1 楼的放射性废水衰变室。本项目放射性废水排水管道使用含铅铸铁，管道阀门处和连接处使用密封圈，做到防渗防漏，并在管道走向上设置有标记，便于检测和维修。

医院放射性废水衰变室防护门上张贴有电离辐射警告标志和警示标语，禁止公众靠近和在此逗留。医院已安排专人负责核医学科放射性废水的暂存和处理，并建立了废水暂存和处理台账，详细记录了放射性废水所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间等信息。

2、放射性废气处理措施

本项目产生的放射性废气依托本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的通风系统进行处理，该核医学科的核素治疗病房区、药研留观病房区、手套箱分别设置有独立的排风系统，手套箱设计风速不小于 0.5m/s，每套排风系统均设置有独立排风机，并设置止回阀，可使废气不回流，通风系统通过控制各区域送风口、吸风口的风量大小，起到使各区域与相邻区域产生一定的压差的能力，保证清洁区为正压，监督区相对清洁区为微负压，控制区相对监督区为负压，控制区内带放射性操作的房间相对其他区域为负压，手套箱相对工作场所为负压，最终实现控制气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。通风系统各排风管道排风口处及手套箱的顶壁均设置有活性炭过滤装置，放射性废气由单独的管道延伸至 0 号楼的楼顶排放，排风口高度高于 50m 评价范围内的其他建筑。本项目 0 号楼 3 楼核医学科工作场所的排风管道平面布置示意图见附图 11。

医院在选取活性炭过滤装置时，选取微孔占比高的活性炭和增加填装密度，以增加对 ^{131}I 放射性气溶胶的吸附，并每年更换一次活性炭过滤装置，确保活性炭过滤装置的吸附效率，通风系统内更换下来的含放射性核素的废活性炭作为放射性固体废物进行收集、处理。

3、放射性固体废物处理措施

医院在 0 号楼的东侧建有 3 间放射性固废暂存间，每间放射性固废暂存间内设置有铅屏风、不锈钢置物架和废物铅桶，其中的 1#放射性固废暂存间用于暂存 0 号楼 1~2 楼核医学科的 1 楼 SPECT 诊断场所产生的放射性固体废物，2#放射性固废暂存间用于暂存 0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房和 3 楼核医学科的核素治疗病房区产生的放射性固体废物，3#放射性固废暂存间用于暂存 ^{90}Y 微球治疗项目产生的放射性固体废物。

本项目产生的放射性固体废物依托 0 号楼现有的 2#、3#放射性固废暂存间进行处理，0 号楼 2#、3#放射性固废暂存间见图 10-2。



2#放射性固废暂存间内部



3#放射性固废暂存间内部

图 10-2 医院 0 号楼 2#、3#放射性固废暂存间

医院拟在给药室内增加一套 10mmPb 的废物铅桶，用于放置沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物。本项目 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区产生的放射性固体废物先暂存在各房间的废物铅桶和污物间的废物桶内，废物铅桶和废物桶内放有专用塑料袋，病人出院后根据核素种类分类集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息），沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物放置在 2#放射性固废暂存间内暂存至少 180 天（处置记录见附件 8），沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物放置在 3#放射性固废暂存间内暂存至少 68 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理。

本项目 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区产生的一次性床单、被套根据核素种类分类集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息），沾有核素 ^{131}I 的一次性床单、被套放置在 2#放射性固废暂存间内至少暂存一个半衰期（8.02d），沾有核素 ^{177}Lu 的一次性床单、被套放置在 3#放射性固废暂存间内至少暂存一个半衰期（6.73d），经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理。

本项目 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区通风系统更换的废活性炭集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息）放置在 2#放射性固废暂存间内，暂存至少 180 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为非放射性固体废物处理。

本项目放射性固体废物处置措施汇总见表 10-4。

表 10-4 本项目放射性固体废物处置措施汇总一览表

放射性固体废物名称	来源	含有核素种类	年产生量	暂存设施	最终处置措施
一次性手套、口罩、西林瓶、擦拭废纸等	3#~5#治疗病房、给药室	^{131}I	1316kg	0号楼2#放射性固废暂存间	暂存至少 180 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理
一次性床单、被套	3#~5#治疗病房	^{131}I	70kg		至少暂存一个半衰期（8.02d），经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理
废活性炭	核素诊疗病房区通风系统	^{131}I、^{177}Lu	20kg	0号楼2#放射性固废暂存间	暂存至少 180 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为非放射性固体废物处理

一次性手套、口罩、注射器、西林瓶、棉签、擦拭废纸等	1#~2#治疗病房、给药室	^{177}Lu	525kg	0号楼3#放射性固废暂存间	暂存至少 68 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理
一次性床单、被套	1#~2#治疗病房	^{177}Lu	140kg		至少暂存一个半衰期（6.73d），经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理

医院已安排专人负责本项目核医学科的放射性固体废物的存储和处理，建立了废物存储和处理台账，详细记录了放射性固体废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

4、非放废物处理措施

（1）项目运行期间产生的生活污水依托医院的污水处理系统进行处置，处理达标后排入城市污水管网。

（2）项目运行期间产生的少量生活垃圾，依托医院的保洁措施，分类收集后交由环卫部门统一处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目 0 号楼 3 楼核医学科已建成，其中的核素治疗病房区已投入使用，^{177}Lu 核素治疗项目依托现有的核素治疗病房区开展，不存在建设阶段环境影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 γ 射线外照射辐射影响分析

根据表 9-4 可知，核素 ^{131}I、^{177}Lu 产生的 β 射线所致韧致辐射的能量小于 γ 射线能量，故本项目主要考虑 γ 射线外照射辐射影响。发射 γ 射线的放射性药物，其周围剂量当量率可近似按照点源模式计算，采用《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中公式（I.1）计算参考点周围剂量当量率：

$$K_\alpha = \frac{A \cdot \Gamma}{R^2} \cdot \eta \qquad （式 11-1）$$

上式中：

K_α—周围剂量当量率，μSv/h；

A—放射性药物的活度，MBq；

Γ—周围剂量当量率常数，μSv·m^2/(MBq·h)，见表 9-4；

R—距放射源的距离，m；

η—透射比，无屏蔽情况下取 1，有屏蔽情况下，根据相对应屏蔽材料的什值层计算相应的透射比。

$$\eta = 10^{-X/TVL} \qquad （式 11-2）$$

上式中：X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《辐射防护手册》（第三分册），放射性核素 ^{131}I、^{177}Lu 对应铅、砖、混凝土的什值层见表 11-1。

表 11-1 放射性核素 ^{131}I、^{177}Lu 对应屏蔽物质的什值层取值一览表（单位：mm）

核素	铅（11.3g/cm³）	砖（1.65g/cm³）	混凝土（2.35g/cm³）
^{131}I	11	240	170
^{177}Lu	4.7	200	140

本次调整后，1#、2#治疗病房为单人间 ^{177}Lu 治疗病房，3#治疗病房为单人间 ^{131}I 甲癌治疗病房，4#、5#治疗病房为双人间 ^{131}I 甲癌治疗病房。在计算时，1#、2#治疗病房按每名患者给药 7.4×10^{9}Bq 的 ^{177}Lu 进行计算，3#治疗病房按每名患者给药 7.4×10^{9}Bq 的 ^{131}I 进行计算，4#、5#治疗病房保守按每名患者最大给药 5.55×10^{9}Bq 的 ^{131}I 进行计算，将相关参数代入公式（11-1）、（11-2），计算结果见表 11-2，参考点位见图 11-1。

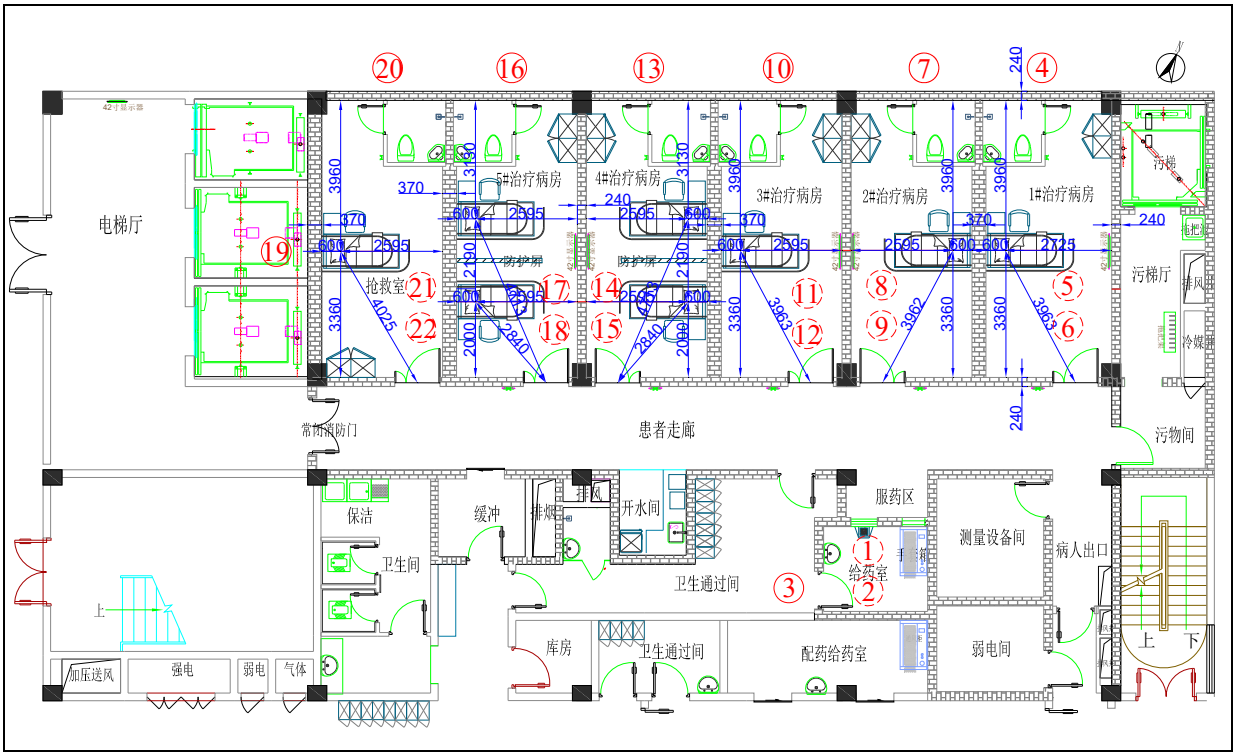


图 11-1 本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区参考点位示意图

表 11-2 本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区各参考点位辐射水平计算结果

参考点位			活度 A（Bq）	距离 R（m）	防护措施	透射比 η	参考点辐射水平（μSv/h）	剂量率控制水平（μSv/h）
给药室	1	距离楼上地板表面外 30cm	2.41×10^{10}（^{131}I）	2.9	43mmPb 铅罐+250mm 砼+8mmPb 硫酸钡涂料	7.82×10^{-7}	**1.43×10^{-4}**	2.5
			1.48×10^{10}（^{177}Lu）	2.9	12mmPb 铅罐+250mm 砼+8mmPb 硫酸钡涂料	9.10×10^{-7}		
	2	距离下楼层地面 1.7m	2.41×10^{10}（^{131}I）	2.9	43mmPb 铅罐+250mm 砼+5mmPb 硫酸钡涂料	1.46×10^{-6}	**2.94×10^{-4}**	2.5
			1.48×10^{10}（^{177}Lu）	2.9	12mmPb 铅罐+250mm 砼+5mmPb 硫酸钡涂料	3.96×10^{-6}		
	3	防护门外表面 30cm	2.41×10^{10}（^{131}I）	1	43mmPb 铅罐+8mmPb 防护门	2.31×10^{-5}	**3.83×10^{-2}**	2.5
			1.48×10^{10}（^{177}Lu）	1	12mmPb 铅罐+8mmPb 防护门	5.55×10^{-5}		
	控制区内	东、南、北墙外表面 30cm	2.41×10^{10}（^{131}I）	1	43mmPb 铅罐+240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	3.61×10^{-6}	**5.90×10^{-3}**	10
			1.48×10^{10}（^{177}Lu）	1	12mmPb 铅罐+240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	9.34×10^{-6}		

		给药窗外表面 30cm	7.4×10^{9}（^{131}I）	0.5	40mmPb	2.31×10^{-4}	**0.407**	2.5
		注射窗外表面 30cm	7.4×10^{9}（^{177}Lu）	0.5	40mmPb	3.09×10^{-9}	**5.75×10^{-7}**	2.5
1#治疗病房	4	北墙外表面 30cm	7.4×10^{9}（^{177}Lu）	4.5	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	3.34×10^{-3}	**7.68×10^{-3}**	2.5
	5	距离楼上地板表面外 30cm		2.9	250mm 砼+8mmPb 硫酸钡涂料	3.25×10^{-4}	**1.80×10^{-3}**	2.5
	6	距离下楼层地面 1.7m		2.9	250mm 砼+5mmPb 硫酸钡涂料	1.41×10^{-3}	**7.84×10^{-3}**	2.5
	控制区内	东墙外表面 30cm		3.3	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	3.34×10^{-3}	**1.43×10^{-2}**	10
		南墙外表面 30cm		3.9	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	3.34×10^{-3}	**1.02×10^{-2}**	10
		西墙外表面 30cm		1.3	370mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	7.47×10^{-4}	**2.06×10^{-2}**	10
		防护门外表面 30cm		4.3	10mmPb 防护门	7.45×10^{-3}	**1.88×10^{-2}**	10
2#治疗病房	7	北墙外表面 30cm	7.4×10^{9}（^{177}Lu）	4.5	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	3.34×10^{-3}	**7.68×10^{-3}**	2.5
	8	距离楼上地板表面外 30cm		2.9	250mm 砼+8mmPb 硫酸钡涂料	3.25×10^{-4}	**1.80×10^{-3}**	2.5
	9	距离下楼层地面 1.7m		2.9	250mm 砼+5mmPb 硫酸钡涂料	1.41×10^{-3}	**7.84×10^{-3}**	2.5
	控制区内	东墙外表面 30cm		1.3	370mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	7.47×10^{-4}	**2.06×10^{-2}**	10
		南墙外表面 30cm		3.9	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	3.34×10^{-3}	**1.02×10^{-2}**	10
		西墙外表面 30cm		3.1	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	3.34×10^{-3}	**1.62×10^{-2}**	10
		防护门外表面 30cm		4.3	10mmPb 防护门	7.45×10^{-3}	**1.88×10^{-2}**	10
3#治疗病房	10	北墙外表面 30cm	7.4×10^{9}（^{131}I）	4.5	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**0.619**	2.5
	11	距离楼上地板表面外 30cm		2.9	250mm 砼+8mmPb 硫酸钡涂料	6.34×10^{-3}	**0.332**	2.5
	12	距离下楼层地面 1.7m		2.9	250mm 砼+5mmPb 硫酸钡涂料	1.19×10^{-2}	**0.622**	2.5
	控制区内	东墙外表面 30cm		3.1	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**1.30**	10
		南墙外表面 30cm		3.9	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**0.824**	10

		西墙外表面 30cm		1.3	370mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	8.18×10^{-3}	**2.13**	10
		防护门外表面 30cm		4.3	10mmPb 防护门	0.123	**2.94**	10
4#治疗病房	13	北墙外表面 30cm	5.55×10^{9} ×2（^{131}I，双人间）	3.7	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**0.72**	2.5
				5.9	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料+10mmPb 铅屏风	3.51×10^{-3}		
	14	距离楼上地板表面外 30cm		2.9	250mm 砼+8mmPb 硫酸钡涂料	6.34×10^{-3}	**0.498**	2.5
	15	距离下楼层地面 1.7m		2.9	250mm 砼+5mmPb 硫酸钡涂料	1.19×10^{-2}	**0.933**	2.5
	控制区内	东墙外表面 30cm		1.3	370mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	8.18×10^{-3}	**3.20**	10
		南墙外表面 30cm		2.5	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**1.55**	10
				4.7	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料+10mmPb 铅屏风	3.51×10^{-3}		
		西墙外表面 30cm		3.1	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**1.96**	10
		防护门外表面 30cm		3.1	10mmPb 防护门	0.123	**4.44**	10
				5.0	10mmPb 铅屏风+10mmPb 防护门	1.52×10^{-2}		
5#治疗病房	16	北墙外表面 30cm	5.55×10^{9} ×2（^{131}I，双人间）	3.7	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**0.72**	2.5
				5.9	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料+10mmPb 铅屏风	3.51×10^{-3}		
	17	距离楼上地板表面外 30cm		2.9	250mm 砼+8mmPb 硫酸钡涂料	6.34×10^{-3}	**0.498**	2.5
	18	距离下楼层地面 1.7m		2.9	250mm 砼+5mmPb 硫酸钡涂料	1.19×10^{-2}	**0.933**	2.5
	控制区内	东墙外表面 30cm		3.1	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**1.96**	10
		南墙外表面 30cm		2.5	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**1.55**	10
				4.7	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料+10mmPb 铅屏风	3.51×10^{-3}		

		西墙外表面 30cm		1.3	370mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	8.18×10^{-3}	**3.20**	10
		防护门外表面 30cm		3.1	10mmPb 防护门	0.123	**4.44**	10
				5.0	10mmPb 铅屏风+10mmPb 防护门	1.52×10^{-2}		
抢救室	19	西墙外表面 30cm	7.4×10^{9}（^{131}I）	1.3	370mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	8.18×10^{-3}	**2.13**	2.5
	20	北墙外表面 30cm		4.5	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**0.619**	2.5
	21	距离楼上地板表面外 30cm		2.9	250mm 砼+8mmPb 硫酸钡涂料	6.34×10^{-3}	**0.332**	2.5
	22	距离下楼层地面 1.7m		2.9	250mm 砼+5mmPb 硫酸钡涂料	1.19×10^{-2}	**0.622**	2.5
	控制区内	东墙外表面 30cm		3.3	370mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	8.18×10^{-3}	**0.331**	10
		南墙外表面 30cm		3.9	240mm 实心砖+6mmPb 硫酸钡涂料	2.85×10^{-2}	**0.824**	10
		防护门外表面 30cm		4.3	8mmPb 防护门	0.187	**4.46**	10
^{131}I 药物货包	货包铅罐外表面 30cm		7.4×10^{9}（^{131}I）	0.5	43mmPb 铅罐	1.23×10^{-4}	**0.217**	/
^{177}Lu 药物货包	货包铅罐外表面 30cm		7.4×10^{9}（^{177}Lu）	0.5	12mmPb 铅罐	2.80×10^{-3}	**0.522**	/
手套箱	手套箱外表面 30cm 处人员操作位		7.4×10^{9}（^{131}I）	0.5	40mmPb 手套箱	2.31×10^{-4}	**0.407**	2.5
	手套箱非正对人员操作位表面			0.25	40mmPb 手套箱	2.31×10^{-4}	**1.63**	25
	手套箱外表面 30cm 处人员操作位		7.4×10^{9}（^{177}Lu）	0.5	40mmPb 手套箱	3.09×10^{-9}	**5.75×10^{-7}**	2.5
	手套箱非正对人员操作位表面			0.25	40mmPb 手套箱	3.09×10^{-9}	**2.30×10^{-6}**	25

注：2 楼、3 楼的层高为 3.6m；计算给药室外辐射剂量率时，药物货包位于给药室内南墙处；计算治疗病房和抢救室外辐射剂量率时，给药后患者位于房间的病床处。

根据表 11-2 可知，本项目核医学科的核素治疗病房区使用放射性核素 ^{131}I、^{177}Lu 进行治疗时：

①手套箱外表面 30cm 处人员操作位的辐射剂量率最大为 0.407μSv/h，非正对人员操作位表面的辐射剂量率最大为 1.63μSv/h，满足手套箱外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h 的要求；

②给药窗外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 0.407μSv/h，注射窗外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 5.75×10^{-7}μSv/h，满足小于 2.5μSv/h 的要求；

③核医学科核素治疗病房区的控制区外表面 30cm 处及楼下人员可达处的辐射剂量率最大为 2.13μSv/h，控制区内各房间外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 4.46μSv/h，满足控制区内各房间的四周墙体、防护门、楼上地板外表面 30cm 处及楼下人员可达处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，若控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子＜1/2），周围剂量当量率应小于 10μSv/h 的要求。

11.2.2 β 表面污染辐射影响分析

β 表面污染的影响主要来源于放射性药物操作时打翻、漏洒造成地面、台面、设备仪器表面污染，对周围环境产生辐射影响。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 GB 18871-2002 规定的要求，医院采取了以下防护措施：

①使用、操作放射性物质的工作人员接受相关培训，具备相应的技能与防护知识；

②开瓶、抽取等易产生放射性物质逸出或飞散的操作，其操作在手套箱内进行；

③操作液体放射性物质在易去除污染的工作台上进行，并铺以吸水性好的材料；

④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；

⑤严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随意进入控制区；

⑥放射性操作之后对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检测，如 β 表面污染水平超过 GB 18871-2002 规定值，暂停开展相关业务，去污经监测符合标准后方可重新开展工作。

11.3 保护目标剂量评价

参考点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式算出：

$$D_{Eff}=K_a\cdot t\cdot T\cdot U \qquad （式 11-3）$$

上式中：

D_{Eff}－参考点人员有效剂量（Sv）；

K_α－参考点的周围剂量当量率（$Sv\cdot h^{-1}$）；

t－参考点处受照时间（h）；

T－居留因子；

U－使用因子，本项目取 1。

11.3.1 辐射工作人员年有效剂量评价

1、现有辐射工作所致年有效剂量

根据医院提供的辐射工作人员近一年的个人剂量检测报告（见附件 6）可知，本项

目辐射工作人员从事本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区和 0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房的辐射工作所致年有效剂量最大不超过 0.29mSv，具体见表 11-3。

表 11-3 本项目辐射工作人员近一年个人剂量检测结果一览表（单位：mSv）

序号	姓名	2024.10.1~2024.12.31	2025.1.1~2025.3.31	2025.4.1~2025.6.30	2025.7.1~2025.9.30	年有效剂量
1	程旭	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.16
2	冯建林	<0.04	0.13	<0.04	<0.04	<0.25
3	许昕丹	<0.04	0.12	<0.04	<0.04	<0.24
4	时鹤	<0.04	0.17	<0.04	<0.04	<0.29
5	钱蕾行	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.16
6	刘标	<0.04	<0.04	0.04	<0.04	<0.16
7	严鹏	<0.04	0.04	<0.04	<0.04	<0.16
8	是媞	<0.04	0.06	<0.04	<0.04	<0.18

注：最低探测水平（MDL）值为 0.04mSv。

2、本项目所致年有效剂量

根据本项目劳动定员和工作负荷（第 9.1.4 节），将相关参数代入公式（11-3），本项目所致辐射工作人员年有效剂量计算结果见表 11-4。

表 11-4 本项目所致辐射工作人员年有效剂量估算结果

工作内容	参考点位置	参考点辐射剂量率（μSv/h）	每组人员年工作时间（h）	居留因子	年有效剂量(mSv)	叠加年有效剂量(mSv)
^{131}I 药物接收、转移至手套箱	^{131}I 货包铅罐外表面 0.5m 处	0.217	14.6	1	3.17×10^{-3}	**6.14×10^{-3}**
^{131}I 药物活度测量	手套箱外表面 0.5m 处	0.407	1.46	1	5.94×10^{-4}	
^{131}I 药物给药	给药窗外表面 0.5m 处	0.407	5.85	1	2.38×10^{-3}	
^{177}Lu 药物接收、转移至手套箱	^{177}Lu 货包铅罐外表面 0.5m 处	0.522	29.2	1	1.52×10^{-2}	**1.52×10^{-2}**
^{177}Lu 药物检查、活度测量	手套箱外表面 0.5m 处	5.75×10^{-7}	11.7	1	6.73×10^{-9}	
^{177}Lu 给药	注射窗外表面 0.5m 处	5.75×10^{-7}	175	1	1.01×10^{-7}	

根据表 11-4 可知，本项目投入运行后，^{131}I 甲癌治疗工作所致本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 6.14×10^{-3}mSv，^{177}Lu 核素治疗工作所致本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 1.52×10^{-2}mSv。

3、0 号楼 3 楼核医学科药研留观病房区所致年有效剂量

本项目辐射工作人员目前除负责本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区和 0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房的辐射工作外，后期还可能负责 0 号楼 3 楼核医学科的药研留观病房区的辐射工作。根据《江苏省人民医院 ^{131}I 甲癌治疗和 ^{14}C 标记创新药临床药代动力学研究项目环境影响报告表》和《江苏省人民医院新增放射性核素放射诊疗项目辐射安全分析报告》《江苏省人民医院本次新增、调整使用放射性核素 ^{59}Fe、^{123}I、^{90}Y、^{99m}Tc 项目辐射安全分析报告》，药研留观病房区开展 ^{14}C、^{59}Fe 药代动力学研究实验后，所致辐射工作人员年有效剂量最大为 0.432mSv。

4、叠加年有效剂量分析

本项目投入运行后，保守假设 0 号楼 3 楼核医学科 ^{131}I 甲癌治疗工作量较之前保持不变，则叠加现有辐射工作所致年有效剂量 0.29mSv、本次新增的 ^{177}Lu 核素治疗工作所致年有效剂量 1.52×10^{-2}mSv 以及后期药研留观病房区所致年有效剂量 0.432mSv 后，本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 0.737mSv（0.29mSv+1.52×10^{-2}mSv+0.432mSv），仍满足职业人员年受照剂量不超过 5mSv 的要求。

11.3.2 公众年有效剂量评价

1、本项目所致年有效剂量

将相关参数代入公式（11-3），本项目所致周围公众年有效剂量计算结果见表 11-5。

表 11-5 本项目所致周围公众年有效剂量估算结果

保护目标		参考点位置	参考点辐射剂量率（μSv/h）	年工作时间（h）	居留因子	年有效剂量（mSv）
核素治疗病房区东侧	弱电间处公众	参考给药室东墙外表面 30cm	5.90×10^{-3}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1/16	**7.38×10^{-4}**
	楼梯及合用前室处公众	保守参考 1#治疗病房东墙外表面 30cm	1.43×10^{-2}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1/16	**1.79×10^{-3}**
	0 号楼专用通道及医院道路处公众	保守参考 1#治疗病房东墙外表面 30cm	1.43×10^{-2}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1/16	**1.79×10^{-3}**
	新 6 号楼处公众	保守参考 1#治疗病房东墙外表面 30cm	1.43×10^{-2}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1	**1.43×10^{-2}**
核素治疗病房区南侧	医生办公室及护士站等处公众	距 4#、5#治疗病房南墙最近约 11m，根据公式（11-1）计算得出	3.57×10^{-3}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1	**7.14×10^{-3}**

	0 号楼专用通道及广州路处公众	距 4#、5#治疗病房南墙最近约 17.8m，根据公式（11-1）计算得出	2.10×10^{-3}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1/16	**2.63×10^{-4}**
	广州路 215-2 号 2 幢商住楼处公众	距 4#、5#治疗病房南墙最近约 52.8m，根据公式（11-1）计算得出	3.03×10^{-4}	8400（核医学科年开展 350 天）	1	**2.55×10^{-3}**
核素治疗病房区西侧	电梯厅和走廊处公众	抢救室西墙外表面 30cm（点位 19）	2.13	保守假设抢救室年抢救时间 50h	1/16	**6.66×10^{-3}**
	医院道路及停车场处公众	保守参考抢救室西墙外表面 30cm（点位 19）	2.13	保守假设抢救室年抢救时间 50h	1/16	**6.66×10^{-3}**
核素治疗病房区北侧	江苏省国家紧急医学救援基地临时项目部办公室处公众	距 1#、2#治疗病房北墙最近约 3m，根据公式（11-1）计算得出	3.00×10^{-3}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1	**6.00×10^{-3}**
	江苏省国家紧急医学救援基地临时项目部的库房、卫生间、过道、楼梯处公众	距 3#治疗病房北墙最近约 3m，根据公式（11-1）计算得出	0.242	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1/16	**3.03×10^{-2}**
		距 4#、5#治疗病房北墙最近约 3m，根据公式（11-1）计算得出	0.246		1/16	**3.08×10^{-2}**
		距抢救室北墙最近约 3m，根据公式（11-1）计算得出	0.242	保守假设抢救室年抢救时间 50h	1/16	**7.56×10^{-4}**
	医院道路及立体停车场处公众	距 1#、2#治疗病房北墙最近约 13m，根据公式（11-1）计算得出	5.26×10^{-4}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1/16	**6.58×10^{-5}**
		距 3#治疗病房北墙最近约 13m，根据公式（11-1）计算得出	4.24×10^{-2}		1/16	**5.30×10^{-3}**
		距 4#、5#治疗病房北墙最近约 13m，根据公式（11-1）计算得出	3.84×10^{-2}		1/16	**4.80×10^{-3}**
		距抢救室北墙最近约 13m，根据公式（11-1）计算得出	4.24×10^{-2}	保守假设抢救室年抢救时间 50h	1/16	**1.33×10^{-4}**

核素治疗病房区楼上	给药室楼上医生办公室处医护人员	给药室楼上地板表面外 30cm（点位 1）	1.43×10^{-4}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1	**2.86×10^{-4}**
	1#、2#治疗病房楼上夜间值班室处医护人员	1#、2#治疗病房楼上地板表面外 30cm（点位 5 和 8）	1.80×10^{-3}	每名工作人员年夜间值班不超过 250h	1	**4.50×10^{-4}**
	3#~5#治疗病房及抢救室楼上日间治疗中心病房处的医护人员	3#治疗病房楼上地板表面外 30cm（点位 11）	0.332	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1/16	**4.15×10^{-2}**
		4#、5#治疗病房楼上地板表面外 30cm（点位 14 和 17）	0.498		1/16	**6.23×10^{-2}**
		抢救室楼上地板表面外 30cm（点位 21）	0.332	保守假设抢救室年抢救时间 50h	1/16	**1.04×10^{-3}**
	3#~5#治疗病房及抢救室楼上日间治疗中心病房处的住院患者	3#治疗病房楼上地板表面外 30cm（点位 11）	0.332	168（普通病房住院患者住院时间一般为一周）	1	**5.58×10^{-2}**
		4#、5#治疗病房楼上地板表面外 30cm（点位 14 和 17）	0.498		1	**8.37×10^{-2}**
		抢救室楼上地板表面外 30cm（点位 21）	0.332	保守假设抢救室年抢救时间 50h	1	**1.66×10^{-2}**
核素治疗病房区楼下	1#~5#治疗病房及抢救室楼下水泵房、热交换间等设备间处公众	1#、2#治疗病房楼下地面 1.7m（点位 6 和 9）	7.84×10^{-3}	2000（非辐射工作人员年工作时间）	1/40	**3.92×10^{-4}**
		3#治疗病房楼下地面 1.7m（点位 12）	0.622		1/40	**3.11×10^{-2}**
		4#、5#治疗病房楼下地面 1.7m（点位 15 和 18）	0.933		1/40	**4.67×10^{-2}**
		抢救室楼下地面 1.7m（点位 22）	0.622	保守假设抢救室年抢救时间 50h	1/40	**7.78×10^{-4}**

根据表 11-5 可知，本项目所致周围公众年有效剂量最大为 8.37×10^{-2}mSv，满足公众年受照剂量不超过 0.1mSv 的要求。

2、0 号楼 3 楼核医学科药研留观病房区所致叠加年有效剂量

本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区东侧弱电间、楼梯、合用前室及消防电梯处公众以及楼上日间治疗中心处医护人员还可能受到 0 号楼 3 楼核医学科药研留观病房区的辐射影响。根据《江苏省人民医院 ^{131}I 甲癌治疗和 ^{14}C 标记创新药临床药代动力

学研究项目环境影响报告表》和《江苏省人民医院新增放射性核素放射诊疗项目辐射安全分析报告》和《江苏省人民医院本次新增、调整使用放射性核素 ^{59}Fe、^{123}I、^{90}Y、^{99m}Tc 项目辐射安全分析报告》，药研留观病房区开展 ^{14}C、^{59}Fe 药代动力学研究实验后，所致弱电间处公众年有效剂量最大为 0.027mSv，所致楼梯、合用前室及消防电梯处公众年有效剂量最大为 0.03mSv，所致楼上日间治疗中心处医护人员年有效剂量最大为 1.93×10^{-2}mSv。叠加表 11-5 中核素治疗病房区所致对应场所处公众年有效剂量后，弱电间处公众年有效剂量最大为 2.77×10^{-2}mSv（0.027mSv+7.38×10^{-4}mSv），楼梯、合用前室及消防电梯处公众年有效剂量最大为 3.18×10^{-2}mSv（0.03mSv+1.79×10^{-3}mSv），楼上日间治疗中心处医护人员年有效剂量最大为 8.16×10^{-2}mSv（1.93×10^{-2}mSv+6.23×10^{-2}mSv），仍满足公众年受照剂量不超过 0.1mSv 的要求。

3、0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房和放射性废水衰变室所致叠加年有效剂量

本项目 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区楼下的水泵房、热交换间等设备间处公众还受到 0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房和 1 楼放射性废水衰变室的叠加辐射影响。根据 0 号楼 1~2 楼核医学科竣工验收监测报告（（2019）苏核辐科（验）字第（0030）号），0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房所致周围公众所达处的辐射剂量率为（91~203）nSv/h，根据本次现状检测报告可知，水泵房、热交换间等设备间处的辐射剂量率为（85~127）nSv/h，均基本处于环境辐射本底水平，且水泵房、热交换间等设备间平时无人员逗留，0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房和 1 楼放射性废水衰变室所致水泵房、热交换间等设备间处公众附加年有效剂量很小，可忽略不计。

4、叠加年有效剂量分析

本项目投入运行后，本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区、药研留观病房区以及 0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房、1 楼放射性废水衰变室所致本项目周围公众叠加年有效剂量最大为 8.37×10^{-2}mSv，满足公众年受照剂量不超过 0.1mSv 的要求。

11.4 三废的治理评价

1、放射性废水处理措施评价

本项目产生的放射性废水依托本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的 1#放射性废水衰变系统进行处理。本次调整后，本项目 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区每 5 天（^{131}I 核素治疗开展 1 个批次，^{177}Lu 核素治疗开展 5 个批次）产生含有核素 ^{131}I、^{177}Lu 的放射性废水不超过 1.75m³，0 号楼 3 楼核医学科配套的 1#放射性废水衰变系统共有 5 个衰变池，每个衰变池的容积为 37.5m³（5m×2.5m×3m），有效容积约为 33.75m³，则本项目核医学科核素治疗病房区产生的放射性废水可在 1#废水衰变系统中贮存衰变约 366 天（（33.75m³×3+33.75m³×0.8）/（1.75m³/5 天）），核素 ^{177}Lu 的半衰期为 6.73d，核素 ^{131}I 的

半衰期为 8.02d，故本次调整后，1#放射性废水衰变系统的容积仍能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天）的要求。

根据《江苏省人民医院 ^{131}I 甲癌治疗和 ^{14}C 标记创新药临床药代动力学研究项目环境影响报告表》，1#、2#、3#放射性废水衰变系统储存满放射性废水时，放射性废水衰变系统所致衰变室周围辐射剂量率最大为 1.38μSv/h，而本次 2#、3#放射性废水衰变系统所储存放射性废水不变，1#放射性废水衰变系统储存有部分含有核素 ^{177}Lu 的放射性废水，而核素 ^{177}Lu 产生的射线能量小于核素 ^{131}I 的射线能量，故本次调整后，1#、2#、3#放射性废水衰变系统所致衰变室周围辐射剂量率将小于 1.38μSv/h，仍满足小于 2.5μSv/h 的要求。医院应定期对放射性废水衰变室周围的辐射水平进行检测，确保放射性废水衰变室外表面 30cm 处的辐射剂量率小于 2.5μSv/h。

本项目核医学科核素治疗病房区放射性废水排水管道横管包封在混凝土降板结构内（包裹厚度为 150mm），未包封在混凝土降板结构内的横管包裹 5mm 铅皮，立管使用 120mm 实心砖管井包封，可使放射性废水排水管道所致人员可接近处辐射剂量率小于 2.5μSv/h，且放射性废水衰变室东侧为核医学科专用通道，南侧为核医学科，西侧为核医学科专用通道，北侧为土坡，楼上为水泵房、热交换间等设备间，平时无人员逗留，对周围环境影响很小。

综上所述，本项目放射性废水的处理满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）中有关放射性废水的处置要求，对周围环境辐射影响很小。

2、放射性废气处理措施评价

本项目产生的放射性废气依托本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的通风系统进行处理，该核医学科的核素治疗病房区、药研留观病房区、手套箱分别设置有独立的排风系统，手套箱设计风速不小于 0.5m/s，每套排风系统均设置有独立排风机，并设置止回阀，可使废气不回流，通风系统通过控制各区域送风口、吸风口的风量大小，起到使各区域与相邻区域产生一定的压差的能力，保证清洁区为正压，监督区相对清洁区为微负压，控制区相对监督区为负压，控制区内带放射性操作的房间相对其他区域为负压，手套箱相对工作场所为负压，最终实现控制气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。通风系统各排风管道排风口处及手套箱的顶壁均设置有活性炭过滤装置，放射性废气由单独的管道延伸至 0 号楼的楼顶排放，排风口高度高于 50m 评价范围内的其他建筑，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中放射性废气排放的要求，对周围环境辐射影响很小。

3、放射性固体废物处理措施评价

本项目产生的放射性固体废物依托 0 号楼现有的 2#、3#放射性固废暂存间进行处理。本项目 0 号楼 3 楼核医学科核素治疗病房区产生的放射性固体废物先暂存在各房间的废物铅桶和污物间的废物桶内，废物铅桶和废物桶内放有专用塑料袋，病人出院后根据核素种类分类集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息），沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物放置在 2#放射性固废暂存间内暂存至少 180 天，沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物放置在 3#放射性固废暂存间内暂存至少 68 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理；产生的一次性床单、被套根据核素种类分类集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息），沾有核素 ^{131}I 的一次性床单、被套放置在 2#放射性固废暂存间内至少暂存一个半衰期（8.02d），沾有核素 ^{177}Lu 的一次性床单、被套放置在 3#放射性固废暂存间内至少暂存一个半衰期（6.73d），经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理；通风系统更换的废活性炭集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息）放置在 2#放射性固废暂存间内，暂存至少 180 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为非放射性固体废物处理。

本次调整后，本项目 0 号楼 3 楼核医学科年产生沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物不超过 1386kg（包括一次性床单、被套），年产生废活性炭不超过 20kg，0 号楼 1~2 楼核医学科的 2 楼甲癌病房年产生沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物不超过 1975kg（包括一次性床单、被套），2#放射性固废暂存间容积约为 25.9m^3（长 4m、宽 1.6~2.0m、高 3.6m），放射性固体废物按 1kg≈1L，则 2#放射性固废暂存间可暂存 180 天的废物量；本项目 0 号楼 3 楼核医学科年产生沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物不超过 665kg（包括一次性床单、被套），0 号楼 1~2 楼核医学科年产生沾有核素 ^{90}Y 的放射性固体废物不超过 1000kg，3#放射性固废暂存间容积约为 19.8m^3（长 2.5m、宽 2.1~2.3m、高 3.6m），放射性固体废物按 1kg≈1L，则 3#放射性固废暂存间可暂存 68 天的废物量，故医院现有的 2#、3#放射性固废暂存间的容积仍能够满足放射性固体废物的暂存衰变要求。

本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区 ^{131}I 日最大操作量为 2.41×10^{10}Bq，0 号楼 1~2 楼核医学科已许可的 ^{131}I 日最大操作量为 3.55×10^{10}Bq，则本次调整后，0 号楼 ^{131}I 日最大操作量为 5.96×10^{10}Bq。医院甲癌治疗使用的为 ^{131}I 药物胶囊，无液体分装操作，保守假设日最大操作量 5%的核素转移至放射性固体废物中，放射性固体废物在废物铅桶和污物间内衰变 5 天后，再集中收集暂存在 2#放射性固废暂存间内，则 180 天衰变

时间内 2#放射性固废暂存间内的 ^{131}I 活度最大为 $2.98\times10^{9}Bq$（$e^{\frac{-0.693\times5}{8.02}}+\left(e^{\frac{-0.693\times5}{8.02}}\right)^{2}+\cdots+\left(e^{\frac{-0.693\times5}{8.02}}\right)^{36}$）$\approx5.51\times10^{9}Bq$。将相关参数代入公式（11-1）、（11-2），2#放射性固废暂存间外的辐射水平见表 11-6。

表 11-6 2#放射性固废暂存间辐射影响一览表

场所	核素	活度 A（Bq）	防护措施	透射比 η	衰减距离 R（m）	参考点辐射水平（μSv/h）
2#放射性固废暂存间	^{131}I	5.51×10^{9}	四周墙体：240mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡防护涂料	1.87×10^{-2}	1.6	2.40
			顶部：120mm 砼+15mmPb 硫酸钡防护涂料	8.52×10^{-3}	2.9	0.332
			防护门：10mmPb 铅门+6mmPb 铅屏风	3.51×10^{-2}	2.3	2.18

根据表 11-6 可知，2#放射性固废暂存间暂存 180 天的沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物后，2#放射性固废暂存间外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 2.4μSv/h，仍满足小于 2.5μSv/h 的要求。

本项目 3#放射性固废暂存间用于暂存沾有核素 ^{90}Y、^{177}Lu 的放射性固体废物，本项目 ^{177}Lu 日最大操作量为 $1.48\times10^{10}Bq$，已许可的 ^{90}Y 微球日最大操作量为 $6.0\times10^{9}Bq$，因 ^{90}Y 微球药物为悬浮液、^{177}Lu 药物为液体，有液体分装操作，保守假设日最大操作量 10%的核素转移至放射性固体废物中，沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物暂存 68 天后即可作为医疗废物处理，则 68 天衰变时间内 3#放射性固废暂存间内的 ^{177}Lu 活度最大为 $1.48\times10^{9}Bq$（$1+e^{\frac{-0.693\times1}{6.73}}+\left(e^{\frac{-0.693\times1}{6.73}}\right)^{2}+\cdots+\left(e^{\frac{-0.693\times5}{6.73}}\right)^{67}$）$\approx1.51\times10^{10}Bq$，沾有核素 ^{90}Y 的放射性固体废物暂存 30 天后即可作为医疗废物处理，则 30 天衰变时间内 3#放射性固废暂存间内的 ^{90}Y 活度最大为 $6.0\times10^{8}Bq$（$1+e^{\frac{-0.693\times1}{2.67}}+\left(e^{\frac{-0.693\times1}{2.67}}\right)^{2}+\cdots+\left(e^{\frac{-0.693\times5}{2.67}}\right)^{29}$）$\approx2.62\times10^{9}Bq$。根据核素活度及射线能量分析可知，核素 ^{90}Y、^{177}Lu 的辐射影响远小于核素 ^{131}I 的辐射影响，而 3#放射性固废暂存间的屏蔽防护措施与 2#放射性固废暂存间的相同，由此可推测，3#放射性固废暂存间外表面 30cm 处的辐射剂量率也仍满足小于 2.5μSv/h 的要求。

医院 0 号楼的放射性固废暂存间为单层建筑，其东侧为土坡，南侧、西侧、北侧均为核医学科专用通道，周围人流量很小。医院应定期对放射性固废暂存间周围的辐射水平进行检测，确保放射性固废暂存间外表面 30cm 处的辐射剂量率小于 2.5μSv/h。

综上所述，本项目放射性固体废物的处理满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中有关放射性固体废物处置要求，对周围环境辐射影响很小。

4、非放废物处理措施评价

（1）项目运行期间产生的生活污水依托医院的污水处理系统进行处置，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响很小。

（2）项目运行期间产生的少量生活垃圾，依托医院的保洁措施，分类收集后交由环卫部门统一处理，对周围环境影响很小。

采取上述措施后，本项目的废物处置方式合理恰当，能够满足当前环保管理要求。

11.5 事故影响分析

1、本项目可能产生的辐射事故主要有：

（1）给药后患者未按要求在相应的病房内住院治疗，在本项目工作场所以外的区域随意走动，导致公众受到照射。

（2）由于保管或管理工作不到位导致放射性药物丢失、被盗等情况导致公众受到大剂量照射。

（3）辐射工作人员误操作，导致放射性药物漏洒造成操作台面、地面或仪器设备受到表面污染。

（4）放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害。

（5）放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短，即进行擅自处理，可能对环境造成污染。

（6）放射性废气过滤吸附装置因失灵、损坏等，放射性废气未经过滤吸收直接排放至大气中，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

（7）工作人员未按要求穿戴工作服和手套等，造成不必要的手或皮肤等的污染。

2、事故预防措施

（1）给药前，医生对患者进行健康教育，加强对患者的管理，避免给药后患者在病房外随意走动。

（2）制定放射性药物安全管理制度，在日常工作中，设置专人负责放射性药物的管理，做好日常检查，防止放射性药物的丢失、被盗。

（3）工作人员进行岗前培训，合格后方可上岗；制定完善的操作规范，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物洒漏事故的发生。操作过程中，操作者应穿戴防护服、防护眼镜及手套，如果意外事故下放射性液体溅到皮肤上，立即去污。

（4）加强放射性废物的管理，对放射性废物制定放射性三废的处理制度，设置放射

性废物专职管理员，对放射性废物单独收集，按照国家规定处理，并做好相应的记录。

（5）辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查辐射工作场所和设备的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

3、应急处理措施

（1）一旦发现给药后患者在病房外随意走动，工作人员应立刻通过语音系统告知，使患者回到病房内。

（2）当发生放射性药物丢失、被盗时，应立即启动本单位辐射事故应急措施，第一时间将事故情况通报有关主管部门（生态环境、公安、卫生健康等），向主管部门提供有用线索，并积极配合主管部门查找丢失的放射性药物。

（3）当发生液态放射性核素泼洒、泄漏导致的表面污染事故时，应及时去污，尽量转移至放射性固废。如：迅速用吸附衬垫或滤纸吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。去污结束后，需用 α-β 表面沾污仪测量污染区，如果测量结果大于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中工作场所的放射性表面污染控制水平，则表明该污染区未达到去污控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，确保测量结果符合 GB 18871-2002 中工作场所的放射性表面污染控制水平要求。

（4）当放射性药物或放射性废物管理或处置不当造成污染时，应立即划定警戒区，设置放射性污染标识，限制人员随意走动或靠近，由专业人员处理，现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间，现场经监测满足解控要求后方可解除警戒，并尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

（5）对可能受到大剂量照射的人员，应及时送医院检查和治疗。

医院已根据本项目可能发生的辐射事故配备了放射性污染防护服以及一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂、小刷子、吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子等应急及去污用品。医院应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查辐射安全措施的有效性，定期对工作场所进行检测，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 12 辐射安全管理

12.1 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》《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》等法律法规要求，使用射线装置、放射性同位素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；辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核。

医院已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员管理职责。医院辐射防护专职管理人员及现有辐射工作人员均已参加并通过相应类别的辐射安全和防护培训和考核，合格证书均在有效期内。本项目辐射工作人员均为0号楼3楼核医学科现有辐射工作人员，不新增人员，本项目辐射工作人员的辐射安全和防护培训情况及职业健康体检情况见表12-1。

表12-1 本项目辐射工作人员辐射安全和防护培训及职业健康体检情况一览表

序号	姓名	辐射安全与防护考核证书编号	证书有效期	职业健康体检时间及结论	岗位
1	程旭	FS25JS0300241	2025-10-17 至 2030-10-17	2024.09.27，可继续从事原放射工作	医生
2	冯建林	FS21JS0300043	2021-04-27 至 2026-04-27	2024.10.25，可继续从事原放射工作	医生
3	许昕丹	FS25JS0300329	2025-12-05 至 2030-12-05	2024.09.20，可继续从事原放射工作	医生
4	时鹤	FS25JS0300255	2025-10-25 至 2030-10-25	2024.11.12，可继续从事原放射工作	医生
5	钱蕾行	FS25JS0300306	2025-11-24 至 2030-11-24	2024.09.23，可继续从事原放射工作	医生
6	刘璐	FS25JS0300311	2025-11-29 至 2030-11-29	2024.09.20，可继续从事原放射工作	护师
7	严鹏	FS25JS0300270	2025-10-31 至 2030-10-31	2024.09.27，可继续从事原放射工作	护师
8	是媞	FS25JS0300339	2025-12-08 至 2030-12-08	2024.09.20，可继续从事原放射工作	护师

12.2 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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，江苏省人民医院已针对现有核技术利用项目制定了相关的辐射安全管理制度，主要有《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《监测方案》《台账管理制度》及《辐射事故应急预案》等。

医院已开展 ^{131}I 甲癌治疗和 ^{177}Lu 核素药研临床治疗多年，相关的辐射安全管理规章制度较完善，现对医院已制定的辐射安全管理制度的重点总结如下：

辐射防护和安全保卫制度：已根据射线装置、放射性同位素操作的具体情况制定了相应的辐射防护和安全保卫制度，预防辐射安全事故的发生。

操作规程：明确了辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中应采取的具体防护措施及步骤。加强辐射工作人员的管理，严禁无证人员操作放射性同位素和射线装置。

岗位职责：明确了辐射工作人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

设备检修维护制度：明确了设备和辐射安全装置等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效运转；重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器等必须保持良好工作状态。

放射性同位素、射线装置使用登记制度：建立了射线装置和放射性同位素使用登记制度，明确了射线装置的购买、使用以及放射性同位素的使用、贮存情况等由专人负责登记、专人形成台账、每月核对，确保账物相符。

人员培训计划：明确了培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

个人剂量监测方案和职业健康管理：明确了辐射工作人员开展辐射工作时应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确了个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确了辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立了个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射环境监测方案：购置了相应的监测设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。每年对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。

事故应急方案：预案中明确了应急机构的组成、职责分工、应急人员的培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

监测异常报告制度：明确了按照相关标准要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测；当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告；当发现个人剂量监测结果异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

医院制定的辐射安全管理规章制度较完善，并具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目和本项目对辐射安全管理规章制度的需求。医院现有核技术利用项目能够按照相应的操作规程进行操作，也能够按照辐射安全管理制度进行管理。本项目辐射工作人员应在医院辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的辐射安全措施进行检查。医院在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各项管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。

12.3 辐射监测

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警、便携式辐射监测、表面污染监测等设备，对直接从事使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

医院已为 0 号楼 3 楼核医学科配备了 1 台 451P-DE-SI-RYR 型辐射巡测仪、1 台 CoMo-170 型 α、β 表面污染仪，为每名辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪（共 8 台），并在测量设备间、卫生通过间、患者走廊等处安装了固定式区域辐射剂量率仪。测量设备间内的固定式区域辐射剂量率仪用于患者出院前的体表 1m 处辐射剂量率监测，辐射巡测仪和 α-β 表面沾污仪放置于卫生通过间，用于工作场所的辐射剂量率和表面污染检测，以及医护人员离开控制区时对手、足、物品的表面污染检测，避免将沾有放射性核素的物品带出；个人剂量报警仪由工作人员工作时随身携带。本项目核医学科现有的辐射监测仪器能够满足辐射监测仪器配备要求。

2、监测方案

江苏省人民医院根据辐射管理要求，已制定了如下监测方案：

（1）建设项目竣工后 3 个月内，请有资质单位对辐射工作场所及周围环境进行监测；

（2）请有资质单位定期对辐射工作场所及周围环境辐射水平以及核医学科的表面污染水平进行监测，不少于 1 次/年；

（3）辐射工作人员佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于 1 次/三个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案；

（4）所有辐射工作人员上岗前进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案；

（5）利用自配备的辐射监测仪器对医院的辐射工作场所定期进行自主监测，并记录档案。

医院现有核技术利用项目均已认真落实以上监测方案，每年请有资质监测单位对现有辐射工作场所及周围环境辐射水平以及核医学科的表面污染水平进行了监测，并不定期的进行自主监测，监测结果满足相关标准要求。现有辐射工作人员均已配备个人剂量计，定期送有资质部门进行个人剂量监测，现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值5mSv/a。医院定期组织辐射工作人员进行健康体检，现有辐射工作人员均可从事放射工作或可继续从事原放射工作，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。医院已于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交了上一年度的评估报告。

本项目运行后，也应落实上述监测方案，方能满足辐射安全管理的要求。本项目监测方案见表 12-2。

表 12-2 本项目辐射监测计划

监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位	控制要求
工作场所监测	竣工环保验收监测	X-γ 辐射剂量率、β 表面污染	请有资质单位监测，建设项目竣工后 3 个月内	**辐射水平：**控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位，放射性固废暂存间、放射性废水衰变室、放射性废物铅桶外表面 30cm，工作场所出口处的合用前室和消防电梯以及对应楼上、楼下和 0 号楼四周通	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《核医学辐射防护
	年度监测	X-γ 辐射剂量率、β 表面污染	请有资质单位监测，不少于 1 次/年		

	日常监测	X-γ辐射剂量率、β表面污染	X-γ辐射剂量率自主监测不少于1次/月，β表面污染自主监测为每次工作结束后进行监测（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	道等人员可能居留的有代表性的点位； **表面污染：**放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面等；病房的墙壁、地面；放射性废物铅桶和包装袋表面；工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等；工作场所出口处合用前室和消防电梯的地面。	与安全要求》（HJ 1188-2021）
个人剂量监测	/	职业性外照射个人剂量	定期送有资质部门进行监测，不少于1次/三个月	/	年有效剂量不超过5mSv

根据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修订版），当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；当发现个人剂量监测结果异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

12.4 辐射事故应急

依照国家环保总局的《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）中的有关要求，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大事故、较大事故和一般辐射事故。本项目事故多为放射性药物的丢失、被盗或泼洒而发生污染。

为加强辐射工作过程中的辐射安全和管理，预防和控制放射性突发事故的发生而造成的危害，保障辐射工作人员和周围公众的健康与安全，医院已根据现有核技术利用项目制定了事故应急方案，应急方案内容包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）辐射事故分级与应急响应措施；

（3）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（4）应急演习计划；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序。

江苏省人民医院制定的应急预案有效可行，医院配备了专业的应急队伍以及个人防护装备、辐射监测设备和应急药品等应急物资和应急技术保障力量，每年开展1次综合或单项辐射应急演练，并留存演练记录，满足环保相关要求。本项目运行后，医院应继

续加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，积极开展辐射应急演练，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，确保辐射工作安全有效运转。

发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1、项目概况

为满足患者就诊需求，医院拟在 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区新增 ^{177}Lu 核素治疗项目，将 1#、2#治疗病房由单人间 ^{131}I 甲癌治疗病房调整为单人间 ^{177}Lu 治疗病房，将 3#治疗病房由双人间 ^{131}I 甲癌治疗病房调整为单人间 ^{131}I 甲癌治疗病房（用于 ^{131}I 给药量较大的患者住院留观），仍将 4#、5#治疗病房作为双人间 ^{131}I 甲癌治疗病房，并依托该核医学科的核素治疗病房区现有的给药室、治疗病房进行给药和住院治疗，依托现有的放射性固废暂存间、放射性废水衰变系统、通风系统对产生的放射性废物进行处置，不改变现有场所的布局、两区划分、辐射防护与安全措施。本次调整后，0 号楼 3 楼核医学科的日等效最大操作量由 3.85×10^{9}Bq 增加至 3.90×10^{9}Bq，仍属于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的乙级非密封放射性物质工作场所。

2、实践正当性评价

本项目的投入使用能够更好的满足患者的就诊需求，在做好辐射防护的基础上，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

3、选址、布局合理性评价

医院 0 号楼 3 楼核医学科位于 0 号楼 3 楼的一端，设置有相应的物理隔断和单独的人员、物流通道，并与非放射性工作场所有明确的分界隔离，不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，放射性废气排风口远离周边高层建筑，周围无环境制约因素。本次新增的 ^{177}Lu 核素治疗与 ^{131}I 核素治疗同为 β 核素治疗，项目依托 0 号楼 3 楼核医学科现有核素治疗病房进行住院治疗，^{177}Lu 患者设置有专用住院治疗病房，与甲癌患者不共用治疗病房，项目选址合理。

本项目 0 号楼 3 楼核医学科包括核素治疗病房区和药研留观病房区，核素治疗病房区与药研留观病房区相对独立，有各自相对独立的医护通道、患者和受试者通道，其中核素治疗病房区出入口设置有卫生通过间，可为工作人员提供可更换的衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备，控制区相对集中，并设置有相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径，工作人员通道与患者通道不交叉，药物通道与工作人员通道不交叉，药物通道与给药前患者通道不交叉，给药后患者与给药前患者不交叉，进药时间与患者离开时间错时，可从时间上使药物与患者离开不交叉，治疗病房内

设置有给药后患者的专用卫生间，减少给药后患者对其他人员的照射，放射性药物和放射性废物运送通道短捷，可有效避免工作人员、患者与放射性药物和放射性废物之间的交叉污染，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的布局要求。本次调整不改变本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的平面布局，该核医学科的核素治疗病房区现有的平面布局合理。

医院已将核素治疗病房区的给药室、服药区、开水间、抢救室、治疗病房、污物间、污梯厅、污梯、测量设备间、给药后患者走廊以及药研留观病房区的配药给药室、留观病房、样品处置室、样品采集室、给药后受试者走廊划为控制区，将核素治疗病房区的卫生通过间和患者入口缓冲区、药研留观病房区的卫生通过间、共用的出口缓冲区划为监督区，禁止任何无关人员进入。本次调整不改变本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的两区划分，本项目辐射工作场所现有的控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中有关辐射工作场所的分区规定。

4、辐射防护措施评价

本项目依托 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区现有的实体屏蔽防护措施，根据理论预测及分析，本项目 0 号楼 3 楼核医学科的核素治疗病房区现有的屏蔽防护措施仍能满足辐射防护要求，场所周围辐射剂量率满足相应剂量率管理限值要求。

5、辐射安全措施评价

本项目核医学科的核素治疗病房区已采取的辐射安全和防护措施主要有：门禁系统和监控系统、电离辐射警告标志、单向门及门禁系统、监控及对讲系统、自动闭门装置、铅屏风隔挡、导向标识、双人双锁、临时管制、配备个人防护用品等。本项目核医学科的核素治疗病房区已采取的辐射安全和防护措施能够满足辐射安全防护要求。

6、辐射防护监测仪器评价

医院已为 0 号楼 3 楼核医学科配备了 1 台 451P-DE-SI-RYR 型辐射巡测仪、1 台 CoMo-170 型 α、β 表面污染仪，为每名辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪（共 8 台），并在测量设备间、卫生通过间、患者走廊等处安装了固定式区域辐射剂量率仪。本项目核医学科现有的辐射监测仪器能够满足辐射监测仪器配备要求。

7、保护目标剂量评价

根据理论估算结果，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员和公众年受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和项目剂量约束值管理目标（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

8、放射性废物处理措施评价

（1）放射性废水处理措施评价

本项目产生的放射性废水依托本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的 1#放射性废水衰变系统进行处理，本项目核医学科核素治疗病房区产生的放射性废水通过专用管道排至 1 楼放射性废水衰变室的 1#放射性废水衰变系统，放射性废水可在该 1#放射性废水衰变系统中衰变约 366 天，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天）的要求。本项目核医学科核素治疗病房区产生的放射性废水暂存超过 180 天后，排放至医院的污水处理系统，作为医疗废水进行处理，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）中有关放射性废水的处置要求，对周围环境辐射影响很小。

（2）放射性废气处理措施评价

本项目产生的放射性废气依托本项目 0 号楼 3 楼核医学科现有的通风系统进行处理，该核医学科的核素治疗病房区、药研留观病房区、手套箱分别设置有独立的排风系统，手套箱设计风速不小于 0.5m/s，每套排风系统均设置有独立排风机，并设置止回阀，可使废气不回流，通风系统通过控制各区域送风口、吸风口的风量大小，起到使各区域与相邻区域产生一定的压差的能力，保证清洁区为正压，监督区相对清洁区为微负压，控制区相对监督区为负压，控制区内带放射性操作的房间相对其他区域为负压，手套箱相对工作场所为负压，最终实现控制气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。通风系统各排风管道排风口处及手套箱的顶壁均设置有活性炭过滤装置，放射性废气由单独的管道延伸至 0 号楼的楼顶排放，排风口高度高于 50m 评价范围内的其他建筑，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中放射性废气排放的要求，对周围环境辐射影响很小。

（3）放射性固体废物处理措施评价

本项目产生的放射性固体废物依托 0 号楼现有的 2#、3#放射性固废暂存间进行处理。本项目核医学科核素治疗病房区产生的放射性固体废物先暂存在各房间的废物铅桶和污物间的废物桶内，废物铅桶和废物桶内放有专用塑料袋，病人出院后根据核素种类分类集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息），沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物放置在 2#放射性固废暂存间内暂存至少 180 天，沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固

体废物放置在 3#放射性固废暂存间内暂存至少 68 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理；产生的一次性床单、被套根据核素种类分类集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息），沾有核素 ^{131}I 的一次性床单、被套放置在 2#放射性固废暂存间内至少暂存一个半衰期（8.02d），沾有核素 ^{177}Lu 的一次性床单、被套放置在 3#放射性固废暂存间内至少暂存一个半衰期（6.73d），经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理；通风系统更换的废活性炭集中收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息）放置在 2#放射性固废暂存间内，暂存至少 180 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为非放射性固体废物处理。本项目放射性固体废物的处理满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中有关放射性固体废物处置要求，对周围环境辐射影响很小。

9、辐射安全管理评价

江苏省人民医院已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员的管理职责。医院辐射防护专职管理人员及现有辐射工作人员均已参加并通过了相应类型的辐射安全和防护培训和考核，合格证书均在有效期内，并建立了个人剂量监测档案及职业健康监护档案。本项目辐射工作人员均为 0 号楼 3 楼核医学科现有辐射工作人员，不新增人员，满足辐射工作人员的岗位要求。医院已制定了相应的辐射安全管理规章制度，并具有较强的针对性和可操作性，同时在工作中将其落到实处，确保辐射工作的安全。医院已落实上述各项辐射防护措施及管理要求，具备从事本项目辐射活动的综合能力。

可行性结论：

综上所述，江苏省人民医院 0 号楼 3 楼核医学科新增 ^{177}Lu 核素治疗项目在落实本报告所提出的各项污染防治和管理措施后，该单位具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

13.2 建议与承诺

（1）该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对医务人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

（2）项目施工前，应根据《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313 号），核查项目实际建设情况与环评及批复是否一致。如果项目发生重大变动，需要重新编制环境影响评价报告，如果项目发生非重大变动，需要编制非重大变动报告。

（3）项目取得批复并建成后，应根据有关规定及时重新申领辐射安全许可证。

（4）建设项目竣工后，医院应按照国务院生态环境行政主管部门规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，验收期限最长不超过 12 个月。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见 公　　章 经办人　　年　月　日
审批意见 公　　章 经办人　　年　月　日

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员的管理职责。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用放射性同位素和射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的管理或者至少有 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的要求。	/
辐射安全和防护措施	**屏蔽措施:** 核医学科工作场所已采取实体屏蔽防护措施，具体见表 10-2；给药室内增加一套 10mmPb 的废物铅桶。	辐射工作场所周围辐射剂量率满足本项目辐射剂量率管理限值要求；辐射工作人员和周围公众年受照剂量应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标剂量约束值要求：职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv。	1.0
	辐射安全措施： 已采取门禁系统和监控系统、电离辐射警告标志、单向门及门禁系统、监控及对讲系统、自动闭门装置、铅屏风隔挡、导向标识、双人双锁、临时管制、配备个人防护用品等辐射安全措施。	已满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的相关要求。	
人员配备	本项目辐射工作人员已参加并通过相应类型的辐射安全和防护专业知识培训和考核。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中从事辐射工作的人员必须参加并通过辐射安全和防护培训和考核的管理要求。	/
	本项目辐射工作人员已配备个人剂量计，定期送检（不少于 1 次/三个月），并建立辐射工作人员个人剂量档案。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员须开展个人剂量监测的管理要求。	

	本项目辐射工作人员已定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立职业健康监护档案。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员须开展职业健康体检的管理要求。	
监测仪器和防护用品	已配备 1 台辐射巡测仪。 已配备 1 台 α-β 表面沾污仪和 8 台个人剂量报警仪。 已配备 4 套 0.5mmPb 防护铅衣、铅围脖等个人防护用品。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器和防护用品的配置要求。	/
辐射安全管理制度	已制定《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《监测方案》《台账管理制度》及《辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度，在之后的实际工作中落到实处。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用放射性同位素和射线装置的单位须具备有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/
放射性“三废”处理措施	**放射性废水处理措施：** 核医学科核素治疗病房区产生的放射性废水通过专用管道排至 0 号楼 1 楼放射性废水衰变室的 1#放射性废水衰变系统，暂存超过 180 天后，排放至医院的污水处理系统，作为医疗废水进行处理。	已满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）中放射性废水处置要求。	/
	放射性废气处理措施： 核医学科的核素治疗病房区、药研留观病房区、手套箱分别设置有独立的排风系统，手套箱设计风速不小于 0.5m/s，每套排风系统均设置有独立排风机，并设置止回阀，各排风管道排风口处及手套箱的顶壁均设置有活性炭过滤装置，核医学科工作场所内产生的放射性气体通过专用管道延伸至 0 号楼的楼顶并经活性炭过滤后排放，排风口高度高于 50m 评价范围内的其他建筑。	已满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置的要求。	

	放射性固体废物处理措施： 核医学科核素治疗病房区产生的沾有核素 ^{131}I 的放射性固体废物放置在 2#放射性固废暂存间内暂存至少 180 天，沾有核素 ^{177}Lu 的放射性固体废物放置在 3#放射性固废暂存间内暂存至少 68 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理；沾有核素 ^{131}I 的一次性床单、被套放置在 2#放射性固废暂存间内至少暂存一个半衰期（8.02d），沾有核素 ^{177}Lu 的一次性床单、被套放置在 3#放射性固废暂存间内至少暂存一个半衰期（6.73d），经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为医疗废物统一处理；通风系统更换的废活性炭放置在 2#放射性固废暂存间内，暂存至少 180 天，经监测辐射剂量率处于环境本底水平、α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后，作为非放射性固体废物处理。	已满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中有关放射性固体废物处置要求。	

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。