

核技术利用建设项目
南京市第二医院
(南京市公共卫生医疗中心)核医学改
造项目环境影响报告表

南京市第二医院

2024年8月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南京市第二医院

(南京市公共卫生医疗中心)核医学改

造项目环境影响报告表

建设单位名称：南京市第二医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省南京市鼓楼区钟阜路 1-1 号、江苏省南京市江
宁区康复路 1-1 号



环评项目负责人职业资格证



姓名: 陈朝晖
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1968年12月
Date of Birth
专业类别:
Professional Type
批准日期: 2014年05月
Approval Date

持证人签名:
Signature of the

签发单位盖章:
Issued by
签发日期: 2014年09月04日
Issued on

管理号:
File No.
2014035320352013321405000117



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: 南京瑞森辐射技术有限公司
统一社会信用代码: 91320106694645355X

现参保地: 玄武区
查询时间: 20240903

共1页, 第1页

单位参保险种	养老保险	医疗保险	失业保险	
缴费总人数	36	36	36	
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	陈朝晖		202405 - 202407	3

说明:

- 本权益记录单及参保职工个人信息, 单位应妥善保管。
- 权益记录单打印时参保情况。
- 本权益记录单已签具电子印章, 不再加盖鲜章。
- 本权益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)。



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: 南京瑞森辐射技术有限公司

现参保地: 玄武区

统一社会信用代码: 91320106694645355K

查询时间: 202402-202408

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	36	36	36	
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	于善智		202402 - 202407	6

说明:

- 本权益记录单涉及单位及参保职工个人信息, 单位应妥善保管。
- 本权益记录单为打印时参保情况。
- 本权益记录单已签具电子印章, 不再加盖鲜章。
- 本权益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)。



南京市第二医院(南京市公共卫生医疗中心)核医学改造项目
环评负责人现场勘查照片

目 录

表 1	项目基本情况	- 1 -
表 2	放射源	- 4 -
表 3	非密封放射性物质.....	- 4 -
表 4	射线装置	- 4 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 6 -
表 6	评价依据	- 7 -
表 7	保护目标与评价标准.....	- 10 -
表 8	环境质量和辐射现状.....	- 19 -
表 9	项目工程分析与源项.....	- 24 -
表 10	辐射安全与防护.....	- 32 -
表 11	环境影响分析.....	- 42 -
表 12	辐射安全管理.....	- 61 -
表 13	结论与建议	- 66 -
表 14	审批	- 72 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）核医学改造项目			
建设单位		南京市第二医院 (统一社会信用代码: 1232010042580096XJ)			
法人代表	杨永峰	联系人	束俊玫	联系电话	13675178344
注册地址		南京市鼓楼区钟阜路 1-1 号、南京市江宁区康复路 1-1 号			
项目建设地点		江苏省南京市江宁区康复路 1-1 号南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）A 楼 1 楼			
立项审批部门		南京市发展和改革委员会	批准文号	2308-320100-04-01-119024	
建设项目总投资 (万元)	500	项目环保总投资 (万元)	200	投资比例（环保 投资/总投资）	40%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	<p>项目概述:</p> <p>一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来</p> <p>南京市第二医院，又名南京中医药大学附属南京医院，徐州医科大学南京第二临床学院，南京市肿瘤医院，是南京大学、东南大学教学基地。医院现分为钟阜院区、汤山院区两个院区，钟阜院区地处鼓楼区钟阜路 1-1 号，汤山院区（挂牌江苏省传染病医院，南京市公共卫生医疗中心）位于江宁区汤山街道康复路 1 号。医院由宋美龄</p>				

基金会创建于1933年，是集医疗、教学、科研、预防为一体，以“精专科、强综合、重防治、应突发”为特色的三级甲等传染病医院。

为了适应医院发展要求，服务患者，医院拟将汤山院区A楼1楼原用于五官科、内科等相关科室的房间改建成核医学科，拟建成丙级非密封放射性物质工作场所，配置1台SPECT/CT（型号：NM/CT860，最大管电压140kV，最大管电流600mA，属III类射线装置），拟使用放射性核素^{99m}Tc配合SPECT/CT开展核素显像诊断。

本项目核医学科场所拟建址已进行局部安全性鉴定，目前现场的建筑做法、建筑面层、顶棚做法符合房屋原建筑设计施工图的要求，经专家组讨论，本项目基建部分的实施是可行的（详见附件8）。

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》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，该项目需进行环境影响评价工作。受南京市第二医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位核医学改造项目的环境影响评价工作。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部部令第16号），本次核医学改造项目属于“172核技术利用建设项目”中的“乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）”项目，确定为编制环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司通过资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。医院核医学改造项目情况见下表：

表 1-1 南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）核医学改造项目情况一览表

非密封放射性物质									
序号	工作场所等级	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)			工作场所名称	使用情况	环评及审批情况	备注
1	丙级	^{99m} Tc	1.48×10 ⁷			汤山院区 A 楼 1 楼	未使用	本次环评	/
射线装置									
序号	射线装置名称型号	数量	管电压 (kV)	管电流 (mA)	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	环评及审批情况	备注
1	SPECT/CT (NM/CT860)	1	140	600	III	汤山院区 A 楼 1 楼	未使用	本次环评	/

二、项目选址情况

南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）位于南京市江宁区汤山街道康复路

1号，医院东侧为绿地和康复路，南侧、西侧、北侧为山坡、绿地或水塘。

本项目位于医院汤山院区A楼1楼，A楼为地上5层、地下1层建筑，其东侧、南侧皆为院内道路，西侧为B楼，北侧为院内道路、停车场。本项目地理位置示意图见附件1，医院平面布置和周围环境示意图见附件2。

本项目核医学科西侧为办公区，东侧、南侧、北侧皆为过道，上方为麻醉科手术室、更衣室、护士站、休息室、苏醒间、前室、走道等，下方为库房、停车场、拟建衰变池。本项目衰变池位于A楼负一楼衰变间内，东侧为储藏间，南侧、北侧为走道，西侧为库房，上方为拟建核医学科，下方为土层。

本项目核医学场所周围50m范围均位于院内。运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。

三、原有核技术利用项目许可情况

南京市第二医院已于2023年10月30日重新申领辐射安全许可证（见附件4），证书编号为苏环辐证[01288]，种类和范围：使用III类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至：2025年4月27日。医院原有核技术利用项目均已履行环保手续（见附件3）。

四、实践正当性分析

本项目的运行，可为病人提供医疗诊断服务，并可提高当地医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的影响，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。

五、“三线一单”相符性分析

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《关于加强生态保护红线管理的通知》（自然资发〔2022〕142号）、《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41号）和《江苏省关于加强生态红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880号）要求，经向江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于江宁区其他街道一般管控单元（编码：ZH32011530023）内，不在南京市生态保护红线内，评价范围内也不涉及优先保护单元和重点管控单元。本项目为核技术利用项目满足一般管控单元管控要求（见附件9）。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活度种类	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	^{99m} Tc	液态/低毒	使用	1.48×10 ¹⁰	1.48×10 ⁷	3.7×10 ¹²	核素诊断	很简单操作	汤山院区 A 楼 1 楼核医学科	按需订购，不贮存，核医学科门诊使用
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
1	SPECT/CT	III	1	NM/CT860	140	600	医疗诊断	汤山院区 A 楼 1 楼 核医学科	本次环评
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
沾有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸及剩余药品等	固体	^{99m}Tc	/	■	■	/	存放于专用放射性废物铅桶与废物库	暂存时间超过 30 天，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
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	^{99m}Tc	/	■	■	/	流入衰变池中	在衰变池中暂存超过 30 天后，排放至医院医疗废水处理站处理后纳入市政管网
含有液态放射性药物操作时挥发的微量气溶胶	气体	^{99m}Tc	/	微量	微量	微量	不暂存	在通风橱中操作，经通风橱管道内及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下约 50 分钟可自然分解为氧气
废活性炭	固体	^{99m}Tc	/	少量	少量	/	更换后暂存在废物库	暂存时间超过 30 天、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，作为医疗废物统一交由有资质的单位处理

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

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令 第9号，2015年1月1日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），中华人民共和国主席令 第二十四号，2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第六号，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订版），国务院令 第682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部部令 第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部部令第16号，2021年1月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告2017年 第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令 第612号，2012年3月1日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017年公告第65号公布，自2018年1月1日起施行；</p> <p>(12) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施；</p> <p>(13) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函[2016]430号，2016年3月7日起施行；</p>
------------------	--

	<p>(14) 《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10月25日发布；</p> <p>(15) 《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日发布；</p> <p>(16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019年 第57号，2019年12月24日发布；</p> <p>(17) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部部令 第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(18) 《江苏省国土空间规划(2021—2035年)》，国函〔2023〕69号，2023年7月25日；</p> <p>(19) 《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28日发布；</p> <p>(20) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布；</p> <p>(21) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知(试行)》，自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日发布；</p> <p>(22) 《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日发布；</p> <p>(23) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号，2024年2月1日起施行；</p> <p>(24) 《江苏省关于加强生态红线监督管理的通知》(苏自然资函〔2023〕880号)，2023年10月10日发布；</p> <p>(25) 《生态环境分区管控管理暂行规定》，环环评〔2024〕41号，生态环境部2024年7月8日发布，自公布之日起施行。</p> <p>(26)《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，国家核安全局，辐射函〔2023〕20号，2023年9月13日发布。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)；</p> <p>(3) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)；</p>

	<p>(4) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(6) 《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)；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(9) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)；</p> <p>(10) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(11) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)。</p>
其他	<p>附图：</p> <p>(1) 本项目地理位置示意图；</p> <p>(2) 医院平面布置和周围环境示意图；</p> <p>(3) 医院 A 楼负 1 楼平面布局示意图；</p> <p>(4) 医院 A 楼 1 楼平面布局示意图；</p> <p>(5) 医院 A 楼 2 楼平面布局示意图；</p> <p>(6) 本项目核医学科污水管道布设示意图；</p> <p>(7) 本项目核医学科通风管道布设示意图；</p> <p>(8) 本项目与南京市生态空间保护区域位置关系图。</p> <p>附件：</p> <p>(1) 项目委托书；</p> <p>(2) 射线装置、非密封放射性物质使用承诺书；</p> <p>(3) 医院原有核技术利用项目；</p> <p>(4) 辐射安全许可证正本复印件；</p> <p>(5) 辐射环境现状监测报告；</p> <p>(6) 医疗废物处置合同及处置单位资质；</p> <p>(7) 立项文件；</p> <p>(8) 本项目局部安全性鉴定工程；</p> <p>(9) 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“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，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本次核医学改造项目工作场所实体屏蔽墙体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《关于加强生态保护红线管理的通知》（自然资发〔2022〕142 号）、《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41 号）和《江苏省关于加强生态红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880 号）要求，经向江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于江宁区其他街道一般管控单元（编码：ZH32011530023）内，不在南京市生态保护红线内，评价范围内也不涉及优先保护单元和重点管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、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。

本项目核医学科周围 50m 评价范围均位于医院内，无学校、居民区等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要是项目辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患和其他公众等，详见表 7-1。

表 7-1 南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）核医学改造项目保护目标一览表

■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

	■	■	■	■	
	■	■	■	■	

评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

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

1.2 非密封源工作场所的分级

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

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

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

监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

表 B11 工作场所放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型	α 放射性物质 (Bq/cm ²)		β 放射性物质 (Bq/cm ²)
	极毒性	其他	
工作台、设备、	控制区	4	4×10

墙壁、地面	监督区	4×10^{-1}	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-2}

二、《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）：

三、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：

6.1 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

6.2 场所安全措施要求

6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。

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。

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.3 固体放射性废物处理

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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 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：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

7.3 液态放射性废物的管理

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

- a) 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；
- 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 $1\text{Bq}/\text{L}$ 、总 β 不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$ 。

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。

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。

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。

8.2 工作场所监测

8.2.2 核医学工作场所辐射监测点位、内容和频次应包括但不限于表 1 的内容。

表 1 核医学工作场所辐射监测关注点位

监测内容	监测点位	监测频次
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和存有放射性物质的装置/设备的表面	不少于 1 次/月
表面放射性污染	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）

员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。

四、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）：

5.2 放射防护设施要求

5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为 I、II、III 三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 1，核医学工作场所分类的加权活度计算方法见附录 G。

表 1 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 ^a	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b
^a 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。			
^b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。			

5.2.3 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门的排风装置，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。

6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备

6.1.1 个人防护用品及去污用品

开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录 K），其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。当使用的 ⁹⁹Tc^m 活度大于 800 MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作 ⁶⁸Ga、¹⁸F 等正电子放射性药物和 ¹³¹I 的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置

针等措施。

表 K.1 个人防护用品

场所类型	工作人员		患者或受检者
	必备	选备	
普通核医学和 SPECT 场所	铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	—
正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所	放射性污染防护服	—	—
敷贴治疗	宜使用远距离操作工具	有机玻璃眼镜或面罩	不小于 3mm 厚的橡皮泥或橡胶板等
粒籽源植入	铅橡胶衣、铅玻璃眼镜、铅橡胶围裙或三角裤	铅橡胶手套、铅橡胶围脖、0.25mm 铅当量防护的三角裤或三角巾	植入部位对应的体表进行适当的辐射屏蔽

注：“—”表示不要求,宜使用非铅防护用品。

K.2 应急及去污用品

主要包括下列物品：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、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂和硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、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。

五、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

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

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.4 移动式 X 射线机（不含床旁摄影机和急救车配备设备）在使用时，机房应满足相应布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	机房内最小有效使用面积 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv；

d) 车载式诊断 X 射线设备工作时，应在车辆周围 3m 设立临时控制区，控制区边界的周围剂量当量率应符合 6.3.1 中 a) ~c) 的要求。

6.4 X 射线设备工作场所防护

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

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

6.4.11 车载式诊断 X 射线设备工作场所的选择应充分考虑周围人员的驻留条件, X 射线有用线束应避免人员停留和流动的路线。

6.4.12 车载式诊断 X 射线设备的临时控制区边界上应设立清晰可见的警告标志牌(例如:“禁止进入 X 射线区”)和电离辐射警告标志。临时控制区内不应有无关人员驻留。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

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

6.5.2 车载式诊断 X 射线设备机房个人防护用品和辅助防护设施配置要求按照其安装的设备类型参照表 4 执行。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时,应妥善存放,不应折叠放置,以防止断裂。

6.5.6 对于移动式 X 射线设备使用频繁的场合(如:重症监护、危重病人救治、骨科复位等场所),应配备足够数量的移动铅防护屏风。

7 X 射线设备操作的防护安全要求

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

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

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

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

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员,其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ 128 的规定。

7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时,球管应位于病人身体下方;水平方向透视时,工作人员可位于影像增强器一侧,同时注意避免有用线束直接照射。

六、辐射环境评价标准

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《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)、《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(辐射函[2023]20号)的标准要求及本项目实际情况确定:

(一) 剂量约束值

职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a，公众剂量约束值不超过 0.1mSv/a；

(二) 辐射剂量率控制水平

核医学科工作场所控制区内工作人员经常性停留的场所(人员居留因子 $\geq 1/2$)，周围剂量当量率应小于 2.5 μ Sv/h。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以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 10 μ Sv/h；放射性药物分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 μ Sv/h。

七、参考资料：

(1) 《辐射防护导论》，方杰主编。

(2) 《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)，江苏省环境监测站。

江苏省环境天然 γ 辐射 (空气吸收) 剂量率 (单位: nGy/h)

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
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：*测量值已扣除宇宙射线响应值，评价时采用“测值范围”作为辐射现状评价的参考数值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）位于南京市江宁区汤山街道康复路 1 号，医院东侧为绿地和康复路，南侧、西侧、北侧为山坡、绿地或水塘。

本项目位于医院汤山院区 A 楼 1 楼，A 楼东侧、南侧皆为院内道路，西侧为 B 楼，北侧为院内道路、停车场。

本项目核医学科西侧为办公区，东侧、南侧、北侧皆为过道，上方为麻醉科手术室、更衣室、护士站、休息室、苏醒间、前室、走道等，下方为库房、停车场、拟建衰变池。

本项目核医学科周围 50m 范围均位于院内。运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。

本项目核医学科周围环境见图 8-1~图 8-6。

二、辐射环境现状调查

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于医院核医学改造项目拟建址周围进行布点，测量辐射现状剂量率，监测结果见表 8-1~表 8-2，监测点位示意图见图 8-7。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2023 年 2 月 27 日

监测因子： γ 辐射剂量率、 β 表面污染水平

天气：晴

温度：7°C

湿度：55%RH

监测布点：根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过计量认证（证书编号：221020340350，检测资质见附件 5），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理： γ 辐射剂量率检测时，开机预热，手持仪器。保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用

由表 8-1 监测结果可知，南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）核医学改造项目拟建址及其周围室内环境（1#~9#） γ 辐射剂量率为 65nGy/h~72nGy/h，位于江苏省建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平 50.7nGy/h~129.4nGy/h 的涨落区间，属江苏省环境天然 γ 辐射本底水平。

2、 β 表面污染水平

检测仪器：CoMo 170 型 α 、 β 表面污染测量仪（设备编号：NJRS-043，检定有效期：2022 年 10 月 10 日~2023 年 10 月 9 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2022-0097798）

测量范围：0cps~20000cps

表 8-2 本目拟建址周围 β 表面污染水平

■	■	■	■
■	■	■	■
■		■	■
■		■	■
■	■	■	■

注： β 表面放射性污染水平仪器探测下限（LLD）为 0.03Bq/cm²。

由表 8-2 监测结果可知，南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）核医学改造项目拟建址周围 β 表面污染水平均小于仪器探测下限。

图 8-7 本项目拟建址周围 γ 辐射剂量率、 β 表面污染水平监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

南京市第二医院拟在汤山院区 A 楼 1 楼改造核医学科，拟建成丙级非密封放射性物质工作场所，配置 1 台 SPECT/CT（型号：NM/CT860，最大管电压 140kV，最大管电流 600mA，属 III 类射线装置），拟使用放射性核素 ^{99m}Tc 配合 SPECT/CT 开展核素显像诊断。

SPECT/CT 是将 SPECT 和 CT 这两种设备安装在同一个机架上，两种显像技术的定位坐标系相互校准，在两次扫描期间患者处于同一个检查床上且保持体位不变，可防止因患者移位产生的误差，在一定程度上也解决了时间配准的问题。通过 SPECT/CT 图像融合技术，可以将 SPECT 灵敏反映体内组织器官生理、生化和功能的变化与 CT 提供的精确的解剖结构信息相结合，真正实现了功能、代谢、生化影像与解剖结构影像的实时融合，为临床提供了更加全面、客观、准确的诊断依据。不仅如此，CT 提供的图像数据还可用于 SPECT 的衰减校正，有效提高 SPECT 的图像质量。

本项目核医学科使用放射性同位素表 9-1。

表 9-1 本项目核医学科情况一览表

非密封放射性物质							
^{99m}Tc	日最大用量	单次使用平均量 20mCi×日最高峰 20 人=1.48×10 ¹⁰ Bq					
	年总用量	单次使用平均量 20mCi×日最高峰 20 人×250 工作日=3.7×10 ¹² Bq					
射线装置							
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	射线装置类别	活动种类	备注
1	SPECT/CT	NM/CT860	140	600	III	使用	拟购

根据医院提供的预估工况分别核算其放射性核素日最大操作量和年总用量。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“表 A.1 核医学常用放射性核素毒性组别修正因子”和“表 A.2 核医学常见放射性核素状态与操作放射修正因子”，根据核素的日最大操作量，经过毒性组别及操作方式的双重修正，得到新增非密封放射性物质工作场所的日等效操作量，并判断其工作场所等级。

表 A.1 核医学常用放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	常用核素名称	毒性组别修正因子
高毒	⁹⁰ Sr	1
中毒	²² Na、 ³² P、 ⁶³ Ni、 ⁶⁷ Ga、 ⁹⁰ Y、 ⁹⁹ Mo、 ¹¹¹ In、 ¹²⁵ I、 ¹³¹ I、 ¹⁵³ Sm	0.1
低毒	³ H、 ¹¹ C、 ¹¹ CO、 ¹¹ CO ₂ 、 ¹⁴ CO、 ¹⁴ CO ₂ 、 ¹⁸ F、 ⁵¹ Cr、 ^{99m} Tc、 ^{111m} In、 ¹²³ I、 ¹³³ Xe、 ²⁰¹ Tl	0.01

表 A.2 核医学常见放射性核素状态与操作放射修正因子

活动类型	核素及状态	操作方式界定	操作方式修正因子
发生器淋洗	母体（液态）	贮存	100
	子体（液态）	简单操作	1
医疗机构使用	¹⁸ F、 ^{99m} Tc（液态）	很简单操作	10
	¹²⁵ I 籽源（固态）	很简单操作	100
放射性药品生产	分装、标记（液态）	简单操作	1
	分装、标记（固体）	简单操作	10
核素治疗	¹³¹ I（液态）	简单操作	1

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）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。南京市第二医院核医学科所使用的放射性核素日等效最大操作量核算见表 9-2。

表 9-2 本项目使用的放射性核素日等效最大操作量核算

■	■	■	■
■	■	■	■

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）非密封源工作场所的分级原则，结合表 9-2 计算结果可知本项目核医学诊断工作场所日等效最大操作量为 1.48×10^7 Bq，属于“豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$ ” Bq，确定本次新增的工作场所为丙级非密封放射性物质工作场所。

二、工作原理及工作流程

（一）工作原理

SPECT (SinglePhotonEmissionComputedTomography, 单光子发射型计算机体层显像), 是一种利用放射性核素的检查方法。**SPECT** 其使用放射性核素进行诊断的基本原理是: 受检者注射含放射性核素的药物, 放射性核素在特定的器官或组织发射出 γ 射线, 穿过组织器官后到达 **SPECT** 探测器。**SPECT** 使用低能准直器对 γ 射线进行准直, 通过闪烁体将 γ 射线能力转换为光信号, 再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大, 得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小, 再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是: 除了显示脏器形态结构外, 更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。

SPECT/CT 主要由三部分组成, 即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。**SPECT/CT** 自身带有一个 **CT** 球管, 在 **SPECT** 核素扫描的基础上, 可以同时获得 **CT** 解剖图像, 从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。



图 9-1 常见 SPECT/CT 外观图

(二) 工作流程及产污环节

南京市第二医院(南京市公共卫生医疗中心)核医学改造项目所使用的 ^{99m}Tc 放射性药物拟向制药公司订购获得, 医院根据患者预约情况, 确定当天所使用的药物剂量, 向提前向制药公司预订, 制药公司在患者就诊前将药物送到核医学科, 核医学科指定专人负责药物的接收和登记, 并暂存到高活室铅通风橱内, 当天用完。

患者按预约日期到达候诊大厅，在候诊大厅内接受宣讲和告知，之后在进行注射前埋针，埋针后进入高活室。医护人员在铅通风橱内根据患者用药情况将药物进行操作，装至带铅套的注射器内，经校对无误后，在注射窗口为病人注射。注射完毕后的注射器放入专用废物铅桶内。每次取药过程中近距离接触药物的时间保守按 2min、注射过程按 1min 估算。

SPECT/CT 诊断具体工作流程如下：

- 1、接收患者，开具 SPECT/CT 诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害；
- 2、医生根据病情确定使用核素的剂量；与患者预约，按需订购放射性药物；
- 3、病人先进行埋针，然后通过注射将放射性药物摄入。在药品摄入过程中存在 γ 射线污染，同时会产生放射性废水、固废(注射器、棉球、药品盒)；

4、病人注射完药物后进入注射后候诊室内等待观察（一般注射放射性药物后需等待约 30min），待药物代谢至靶器官，进入 SPECT/CT 机房，经医护人员摆位后，接受 SPECT/CT 的扫描，每次扫描约 10~20 分钟。扫描完成后，病人在留观室休息，留观一段时间后，若无其他情况，从患者通道离开，此过程病人带有 γ 射线。

SPECT/CT 诊断工作流程及产污环节分析见图 9-2。

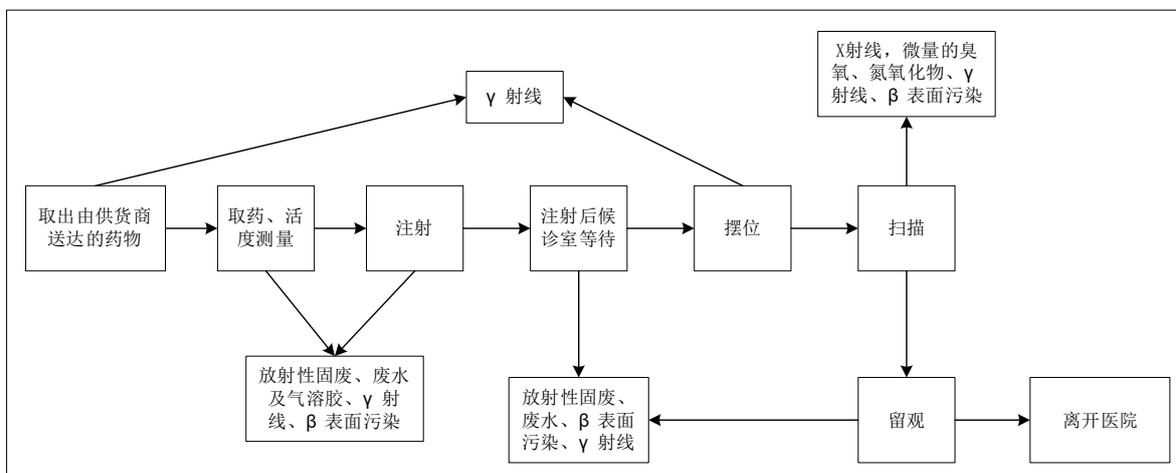


图 9-2 SPECT/CT 工作流程及产污环节分析示意图

因此，用 ^{99m}Tc 进行 SPECT/CT 显像主要环境影响为取药、注射对工作人员产生的外照射；注射过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、注射放射性药物患者的排泄物；SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线。

(三) 核医学科人流、物流路径规划

本次改造核医学科工作场所控制区和监督区内患者及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免工作人员、公众受到不必要的外照射。核医学科工作场所区域划分及患者、医护人员流动路线见图 9-3。

医护人员路径：1、核医学科核素操作人员从 A 楼 1 楼入口进入核医学科，通过更衣室向北进入高活室等，工作完成后需经缓冲间，监测表面污染合格后才能回到非辐射工作场所；2、SPECT/CT 操作人员由从 A 楼 1 楼入口进入核医学科，经走廊到达控制室操作位，进行扫描操作，工作完成后原路返回。

患者路径：核医学科患者从 A 楼 1 楼入口进入核医学科走道，走道南侧即为高活室，在高活室接受给药后向北依次经过 SPECT/CT 候诊、SPECT/CT 机房、留观室，监测表面污染合格后，再通过核医学科北部出口离开核医学科。此出口避开人员密集处。

放射性药物路径： ^{99m}Tc 放射性药物由厂商在患者受检前，在约定的时间，将预约用量的药物从 A 楼 1 楼到达核医学科，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在通风橱内。贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。铅罐原路返回。

废物路径：每日核医学诊断项目患者离开后，产生的放射性废物从各房间收集后，经高活室集中到放射性废弃物间中，分别标记、分开贮存，在废物库中的铅桶内自然衰变 30 天后，从 A 楼 1 楼进出口送出。

按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相关要求：核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷；核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间；操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行

表面污染监测。

图 9-3 核医学科工作场所布局及病人、医护人员流动路线图

本次核医学诊断项目相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间开展，减少了人员的流动性，有助于实施工作程序；医护人员与患者有各自独立的通道；高活室与检查室分开，给药后候诊室内设置有患者专用卫生间。医院拟采取向患者发放告知单及叫号等措施，避免患者在核医学科工作场所内的随意走动，减少患者间的交叉而受到额外的辐射影响。工作人员离开工作室前洗手和做表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，应采取去污措施。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。本项目丙级非密封放射性物质工作场

所布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中关于临床核医学工作场所的要求以及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）要求。

污染源项描述

一、放射性污染

（一）辐射

SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线，能量最大为 140kV；显像检查用 ^{99m}Tc 放射性核素在取药、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生能量为 0.140MeV 的 γ 射线，以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

本项目核医学科拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-5。

表 9-5 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量率当量率常数 (裸源) ^① ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq h}$)
^{99m}Tc	6.02h	同质异能跃迁	—	0.140	0.0303

注：^①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）。

SPECT/CT 扫描时 CT 发出能量最大为 140kV 的 X 射线，其贯穿能力远弱于放射性核素发出的 γ 射线，在 γ 射线得到充分屏蔽的条件下，CT 发出的 X 射线也能够得到足够的屏蔽。放射性核素衰变过程中产生的 γ 射线穿透能力较强，会对工作场所及周围环境产生一定的外照射影响。故核医学科主要考虑放射性核素发出的 γ 射线的辐射影响。

（二）放射性废气

^{99m}Tc 放射性核素在操作过程中，由于空气的流动而“挥发”出的微量放射性废气，被医务人员或公众吸入体内造成的内照射影响。本项目核素操作在通风橱中进行，通风橱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于 0.5m/s，排放口高于本建筑屋脊），开放液面挥发散逸的放射性同位素经通风系统内活性炭过滤后，从通风橱的通风管道直接抽出，由屋顶排放；整个核医学科工作场所均拟设置新风系统，保证工作场所内空气循环。

（三）放射性废水

体内含有放射性核素的患者排泄物等；工作场所清洗废水等。SPECT/CT 诊断项目日接诊量最大为 20 人次，放射性废水产生量按 10L/人次计算，工作场所每天的清洗废水约为 100L，则放射性废水排放量为 300L/d（10L/人 \times 20 人/d+100L/d）。

（四）放射性固体废物

^{99m}Tc 放射性核素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签、滤纸等带微量放射性核素的医疗固体废弃物，通风管道内更换下来的废活性炭，污染途径为操作过程中及收集固废过程中和贮存衰变时对医务人员产生的外照射。SPECT/CT 诊断项目日接诊量最大为 20 人次，放射性固体废物产生量按 0.02kg/人次计算，则放射性固体废物产生量为 0.4kg/d (0.02kg/人×20 人/d)。

二、非放射性污染

（一）废气

SPECT/CT 机房内的空气在 X 射线、 γ 射线作用下，分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体。

（二）废水

主要是工作人员产生的生活污水。

（三）固体废物

主要是工作人员产生的生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

(一) 工作场所布局及分区

本项目核医学科西侧为办公区，东侧、南侧、北侧皆为过道，上方为麻醉科手术室、更衣室、护士站、休息室、苏醒间、前室、走道等，下方为库房、停车场、拟建衰变池。

本项目将高活室、注射后候诊室、留观室、SPECT/CT 机房、废物库、源库、污洗间、患者走道、衰变池等作为辐射防护控制区，将医生卫生间、更衣室、控制室等作为辐射防护监督区。本项目核医学科平面布局及辐射防护分区见图 10-1。

图 10-1-1 本项目核医学科场所分区示意图

图 10-1-2 本项目衰变间分区示意图

本次新增的核医学科工作场所位于医院汤山院区 A 楼 1 楼，整个诊断工作场所相对独立，与其他科室有明显的界限。拟建的核医学科项目人流及物流具有相对的独立通道，且出入口避开了人流量较大的区域，避免了对公众不必要的照射。

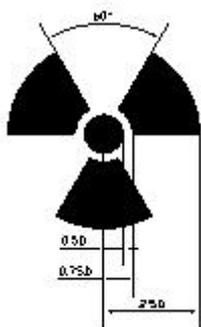
本项目辐射工作场所符合工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布局，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区或其它人流活动区；在设计阶段，辐射工作场所进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性，从辐射安全和防护角度分析，其总平面布局合理，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求以及《核医学防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

1、控制区的防护手段与安全措施：

(1) 核医学诊断工作场所进、出口防护门外、注射后候诊室防护门外、留观室

防护门外、SPECT/CT 机房防护门外及其他适当位置处设立醒目的“当心电离辐射”警告标志。“当心电离辐射”警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 F 要求,如图 10-2 所示。



a. 电离辐射标志



b. 电离辐射警告标志

图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

(2) 制定辐射防护与安全管理措施,包括适用于控制区的规则和程序;

(3) 运用行政管理程序(如进入控制区的工作许可制度)和实体屏障(包括门锁)限制进出控制区;

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

(5) 定期审查控制区的实际状况,以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

2、监督区防护手段与安全措施

(1) 以黄线警示监督区的边界;

(2) 在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌;

(3) 定期检查该区的条件,以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定,或是否需要更改监督区的边界。

(二) 场所安全措施要求

根据 HJ1188-2021 的要求,本项目核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑,室内地面与墙壁衔接处应无接缝,易于清洗、去污。操作放射性药物场所级别达到丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽,给药后患者候诊室内的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体,以减少对其他患者和医护人员的照射。

二、辐射防护屏蔽设计

根据医院提供的建设项目设计资料，该核医学科工作场所屏蔽设计如表 10-1：

表 10-1 核医学改造项目工作场所屏蔽设计一览表

[REDACTED]	[REDACTED]				
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]				
[REDACTED]	[REDACTED]				
[REDACTED]	[REDACTED]				

注：1、表中所列屏蔽材料密度为：混凝土 2.35g/cm³，铅 11.3g/cm³；

2、根据建设单位、医院施工、设计单位提供的数据，本项目 1.5cm 硫酸钡板相当于 1 个铅当量；

3、本项目核医学房间四周墙面的硫酸钡板施工情况见附件 1。

三、辐射安全措施

（一）电离辐射警告标志

医院拟将核医学科工作场所划分为控制区和监督区，在控制区出入口处均拟设置有符合规范的电离辐射警告标志；

（二）工作状态指示灯、闭门装置

SPECT/CT 机房门口拟设置工作状态指示灯，且工作状态指示灯与机房相通的门设置联锁装置，用于提示机房内设备的运行状态；平开机房门应设有自动闭门装置，推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施。

（三）语音对讲、监控装置

医院拟在 SPECT/CT 机房与控制室内设置双向语音对讲装置和监控系统，且机房控制台处安装有观察窗，在诊断过程中医务人员可以及时观察患者情况和与患者交流，保证诊断质量和防止意外情况的发生；拟在核医学科的控制区内安装监控及对讲

设备，通过监控及对讲设备对控制区内用药后患者进行有序管理，使患者有序进入核医学中心用药就诊。同时，除了使用监控及对讲设备对患者进行逐个叫号注射（服药）以及扫描外，医院计划在地面设置指示箭头以及指示牌指示患者进行有序注射（服药）以及扫描，通过加强管理的方式减少患者的直接交叉辐射影响。

（四）急停按钮

本项目 SPECT/CT 机房内外均设有急停按钮，按下急停按钮，即可停止出束。

（五）对控制区内带药患者的监督管理

医院拟做好本项目控制区的监督管理工作，防止无关人员入内；拟在控制区出入口设置单向门禁系统，实现“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线；加强对控制区内注射放射性药物患者的监督管理，避免其给药后随意走动；同时应告知检查完成后患者离开路线，防止其对公众造成不必要照射。

（六）核医学科工作场所安全防护措施管理规定

医院拟将高活室、注射后候诊室、留观室、SPECT/CT 机房、废物库、源库、污洗间、患者走道、衰变池等作为辐射防护控制区，将医生卫生间、更衣室、控制室等作为辐射防护监督区。

工作人员离开控制区前洗手和做表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，应采取去污措施。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。满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关要求。

（七）工作人员防护用品

医院拟为本项目工作人员配备的辐射防护装置及个人防护用品主要有铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅防护眼镜、剂量报警仪、个人剂量计等。

（八）本项目现有场所的安全性鉴定

本项目核医学科场所拟建址已进行局部安全性鉴定，目前现场的建筑做法、建筑面层、顶棚做法符合房屋原建筑设计施工图的要求，经专家组讨论，本项目基建部分的实施是可行的。

本项目核医学场所的辐射安全设施布设示意图见图 10-3。

图 10-3 本项目核医学科场所辐射安全设施布设示意图

四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展放射诊疗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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）已配备 1 台辐射巡测仪，拟为本项目配备 1 台表面沾污仪、2 台个人剂量报警仪。辐射工作人员工作时将佩带个人剂量计，以监测累积受照情况。医院拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将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。

表 10-2 个人防护用品和辅助防护设置配置符合性

场所类型	分项		《核医学放射防护要求》 (GBZ120-2020) 要求	本项目拟采取措施
SPECT 场所	工作人员	必备	铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖	2 套铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜；1 套注射器铅防护套、防护提盒；放射性污染防护服若干。
		选备	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	

	患者或受检者	/	/
应急及去污用品		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、去污剂和/或喷雾（至少为加入清晰洗涤剂 and 硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔、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、一次性镊子若干。	

三废治理

一、放射性三废

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

（一）含放射性核素气溶胶

核医学科高活室内的通风橱有独立排风管道，放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱由专业厂商提供，根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于0.5m/s）”要求，医院购买的通风橱排风口处风速不得低于0.5m/s；核医学科注射后候诊室、留观室、高活室、SPECT/CT机房等均有排风管道连接，要确保非密封放射性物质工作为负压工作场所，工作场所各排风管道须密封良好，不与其他排风管道相通，通风管道布设如附图7所示。

医院拟在排风管道末端处配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施，为保证过滤效率的有效性，建设单位需根据设备特性定期进行过滤器维护和校准，过滤器及活性炭需定期更换（1~2次/年），更换后的废活性炭经贮存自然衰变30天后作为医疗废物处置。

南京市第二医院A楼为6层建筑（地下一层，地上五层），本项目核医学科产生的废气将通过排风管引至本楼楼顶排放，排风管道从A楼北侧楼外立面延伸至楼顶，排口高于楼屋房脊3m，排口不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标。

（二）放射性废水

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

本项目核医学科设置有独立的病人专用卫生间，且设置有独立的排水系统，并与

本项目新建衰变池相连，该衰变池位于 A 楼负 1 楼，避开了人群集中活动区域。工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至本次新建的衰变池系统内，本项目核医学科内大部分下水管道位于建筑体内，对于少部分外露管道将采用铅皮进行包裹，尽量减小对公众的辐射影响。

来自核医学科高活室和注射后病人专用厕所的放射性废水，含有放射性核素，由独立下水管道（详见附图 6）统一集中到 A 楼负 1 楼的衰变池（结构示意见图 10-4）中，暂存衰变 30 天后可直接解控排放至流入医院污水处理系统作为医疗废水处理。

图 10-4-2 本项目核医学科衰变池剖面示意图

核医学科的衰变池系统由 1 个降解池加 3 个衰变池组成，单个衰变池有效容积均为 27m^3 ，运行容积均为 25m^3 ，总运行容积为 75m^3 ，衰变池为不锈钢水箱。

核医学废水首先接入成品降解池内，成品降解池安装有潜污泵系统，通过潜污泵系统控制从而向3组衰变池分别排水。放射性废水排入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后自动关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，核医学的废水通过沉淀池会排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，自动关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，此时核医学科产生的放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，此时打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站，三个衰变池以此往复运行。

此系统终端控制器为一组10寸彩色触摸屏，一般情况下所有动作均自动执行，但如需反控可进入手动界面控制全部执行器的动作；同时，此人机终端可反应本系统一切内容，如故障、报警及排放记录等。

放射性废水主要有沾有放射性核素的医疗器械、器皿的洗涤用水，辐射工作人员的洗涤用水以及服用药物病人的排泄物及冲洗水等。本项目核医学科工作场所中，SPECT/CT诊断项目日接诊量最大为20人次，放射性废水产生量按10L/人次计算，工作场所每天的清洗废水约为100L，则放射性废水排放量为300L/d。

根据放射性废水衰变系统运行方式，当第二个池子装满时，第一个池子内的废水已衰变约83天，当第三个池子装满时，第一个池子内废水已衰变166天，第二个池子内废水已衰变83天，此时将第一个池子内的废水进行排放，以此类推，放射性废水可在该衰变系统内衰变约166d，能够满足《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”的要求。

为进一步保证衰变池的长效可靠运行及人员安全，医院应切实做好以下工作：

- 1、应建立衰变池排放台账，记录每次排放时间、排放量及监测结果情况并由专人负责管理；
- 2、衰变池周围需设立明显的“电离辐射警告标志”，同时衰变池四周应设立阻挡隔离，防止无关人员靠近；
- 3、专用厕所应具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

（三）放射性固废

核医学科产生的放射性固体废物主要有废弃的注射器、一次性手套、棉签、滤纸等。核医学科高活室、注射后候诊室等房间均拟设置 1~2 个放射性废物桶（防护厚度应不低于 5mmPb），另外，医院在核医学科设有 1 个废物库，面积约为 3.61m²，容积约为 15.2m³，有效使用体积保守按照 40% 进行估算，约为 6.1m³。核医学科各房间放射性废物桶内的废弃物在下班后统一集中到废物库内，放射性固体废物可在废物库内暂存超过 30 天，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，同时放射性废物包装袋还应满足“放射性废物每袋不超过 20kg”的标准要求。

通风橱通风管道内更换下来的废活性炭，连同其他放射性固体废物在废物库暂存时间超过 30 天，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/cm²、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm² 的，作为医疗废物进行处理。

为进一步保证放射性废物的科学管理及人员安全，医院应切实做好以下工作：

1、放射性废物应收集在具有防护外层和电离辐射标志的固体废物桶中，固体废物桶应避免辐射工作人员和经常走动的地方，装满后的废物袋应密封，不破漏；

2、存放废物的容器必须安全可靠，并在铅废物桶的显著位置处标有废物类型、核素种类、比活度范围和存放的日期等说明；

3、放射性废物的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》的相关规定。

4、建立放射性废物收集、暂存、转运、回收台账，确保放射性固废不乱丢、不乱弃；

5、不同核素种类放射性固废进行分类收集，达到清洁解控水平后，按照医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理。

二、非放射性三废

（一）废气：核素操作过程中，空气因电离产生的少量臭氧和氮氧化物可通过核医学科工作场所均拟设置的排风系统排至室外，臭氧在空气中约 50 分钟可自动分解为氧气。

（二）废水：工作人员产生的医疗废水和生活污水，将进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网。

（三）固体废物：产生的医疗废物集中收集后交资质单位处置；生活垃圾经分类收集后，交由市政环卫部门处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本次核医学改造项目建设时主要工作为建筑施工、墙体隔断与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

一、大气：本项目在建设施工期需进行的墙体隔断等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

二、噪声：整个建筑施工阶段，如墙体拆除、墙体连接等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

三、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托由有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

四、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。在施工阶段，将合理安排施工计划，及时清理。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院院区内部，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

本项目主要污染因子为 ^{99m}Tc 放射性核素在取药、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线；SPECT/CT 装置 CT 扫描时产生的 X 射线。

（一） γ 射线辐射影响分析

参考《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 I 中第 1.2 款 ^{99m}Tc 诊断、 ^{131}I 治疗、PET 等工作场所的屏蔽计算，保守起见，核素工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \cdot \Gamma}{H_p \times r^2}\right) \quad (\text{式 11-1})$$

式中：x—屏蔽厚度，mm；

TVL— γ 射线的十分之一值层厚度，mm；

A—单个患者或者受检者所用放射源的最大活度，MBq；

Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ ；

H_p —屏蔽体外关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R—放射源到考察点的距离，m。

由公式 11-1 推导可得：

$$H_p = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} 10^{\left(-\frac{x}{TVL}\right)} \quad (\text{式 11-2})$$

由《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）查出铅、混凝土对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 十分之一值层见表 11-1。

表 11-1 常用核素屏蔽材料十分之一值层厚度（TVL）

■	■■■■■	■■■■■■■■■■
■	■	■■■

根据工程分析可知，核医学诊断项目辐射影响主要包括药物质控的活度测量过程、注射、患者候诊、扫描和留观等过程，主要对核医学科工作人员及室外公众产生外照射辐射影响，根据公式 11-2 可估算出核医学科项目周围各参考点处的辐射水平，各参考点位置见图 11-1，预测结果见表 11-2。

表 11-2 核医学项目工作场所辐射水平估算结果

■	■	■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
	■	■	■	■	■	■	■	
■	■	■	■	■	■	■		
■	■	■	■	■	■	■		

■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■	■	■■■■■■■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■	■■■■	■	■■■■■■■■■■ ■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■	■■■■	■	■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■	■	■■■■■■■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■	■	■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■	■	■■■■■■■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■	■	■■■■■■■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■	■	■■■■■■■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■	■	■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■	■■■■	■	■■■■■■■■■■ ■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■	■■■■	■	■■■■	■■■■	■■■■	■
■	■■■■■■■■■■	■■■■	■	■■■■	■■■■	■■■■	■

注：1、本项目透射比是根据核素对不同材料的什值层厚度计算得出，混凝土密度为 2.35g/cm³，铅板密度为 11.34g/cm³；

2、核医学科 SPECT/CT 诊断项目核素注射阶段，周围剂量当量率常数（裸源）取 0.0303μSv·m²/MBq h，注射后带药患者候诊、扫描、留观阶段，患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率保守按裸源取 0.0303μSv·m²/MBq h。

图 11-1 本项目剂量率估算点位示意图

由表 11-2 的理论估算结果可以看出,由于有不小于 5mm 铅当量通风橱屏蔽,^{99m}Tc 药物取药过程中对操作人员的躯干辐射影响较小,但由于需要用手操作,手部剂量较高。^{99m}Tc 药物针剂外设有铅套、同时操作中工作人员穿戴铅防护服。本项目候诊室(4 人候诊)周围辐射剂量率最大为 0.138 μ Sv/h。^{99m}Tc 药物在操作过程中及患者在显像过程中对高活室、注射后候诊室及 SPECT/CT 机房外的环境影响较小,高活室、注射后候诊室及 SPECT/CT 机房的防护设计均能够满足 ^{99m}Tc 核素的辐射防护要求。候诊期间由于患者相对集中,医院必须采取分批预约、分批注射、分批候诊的方式,严格按照要求控制候诊室内患者的数量,减少对患者与对外环境的辐射影响。

(二) CT 环境影响分析

本项目按额定管电压 140kV 核算 SPECT/CT 机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。本项目 SPECT/CT 机房辐射防护设计及其等效铅当量见表 11-3。

表 11-3 核医学科 SPECT/CT 机房辐射防护设计及其等效铅当量一览表

■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■

注：1、混凝土密度为 2.35g/cm³，铅板密度为 11.34g/cm³；

2、混凝土参照 GBZ 130-2020 中表 C.5 及表 C.6 中等效铅当量厚度数值采用插值法求得。

由上表可知，核医学科 SPECT/CT 机房屏蔽防护措施能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的标准要求。

本项目 SPECT/CT 机房辐射屏蔽主要考虑散射辐射与泄漏辐射的影响。本项目 SPECT/CT 以 CT 模式运行时，其常用最大管电流约为 200mA、最大管电压为 140kV，根据《辐射防护手册（第一分册）》P448 的能量散射公式计算一次散射能量与初级射线能量的比值，140kV 射线经过一次散射后的射线能量约为 109.9kV，故本项目保守按 120kV 进行计算。

1、关注点处散射辐射空气比释动能率计算

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的 X 射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式：

$$X_{ws} = \frac{X_{10} \cdot W \cdot u \eta \alpha s f}{d_0^2 \cdot d_r^2} \quad (10.10)$$

式中：X₁₀—每 mA 管电流产生的 X 射线在 1m 处的照射量；

W—X 射线机的每周工作负荷管电流，W=It，其中 I 为管电流；t 为每周工作时间；

α—已知受照物体(或人体)对入射 X 射线的散射比为，α=a/400，a 为人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比；

s—主束在受照人体上的散射面积；

d₀—源至受照点的距离；

d_r—受照体至关注点的距离；

f—减弱因子，

u 为利用因子，它表示射线被利用的程度，也就是有用射线束指向有关照射点的

工作负荷分数，在不改变方向的水平照射情况下， $u=1$ ， η 为对防护区的占用因子，它表示人员在防护区停留或居住的时间。在“全居住”的情况下， $\eta=1$ 。

将上述公式 (10.10) 进行推导，得到散射线在关注点处的比释动能率 H_s 的计算公式 (推导中，将原公式中的使用因子 u 、居留因子 η 均取为 1)：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot r^2} \quad (\text{式 11-3})$$

式中： H_0 —X 射线机发射率常数 (即 10.10 中的 $\frac{X_{ws}}{t}$ ，当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1m 处由主束产生的比释动能率)， $\text{mGy m}^2 \text{mA}^{-1} \text{min}^{-1}$ ，具体数值可根据 X 射线机管电压、过滤片等条件从《辐射防护导论》附图 3 查取，按本项目 CT 的最大管电压为 140kV、过滤片为 2.5mmAl 的条件从《辐射防护导论》附图 3 查得 H_0 为 $15\text{mGy m}^2 \text{mA}^{-1} \text{min}^{-1}$ ，即 $900000\mu\text{Gy m}^2 \text{mA}^{-1} \text{h}^{-1}$ ；

I —管电流，mA；本项目 CT 模式下正常使用的最大管电流为 200mA；

a —人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，查《辐射防护手册 (第一分册)》表 10.1，本项目最大常用管电压为 140kV，采用内插法查取散射角 90° 时 140kV 对应的 a 值为 0.0016；

S —主束在受照人体上的散射面积，本项目取 314cm^2 ；

d_0 —源至受照点的距离，本项目保守取 0.6m；

r —受照体至关注点的距离 (即 10.10 中的 d_r)；

B_s —屏蔽材料对散射线的透射因子 (即 10.10 中的 f)，无量纲，计算公式见式 11-4：

$$B_s = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 11-4})$$

式中： X —铅厚度，本项目机房屏蔽体的铅厚度见表 11-3；

α 、 β 、 γ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见表 11-4。

表 11-4 铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

■	■	■	■
■	■	■	■

(2) 关注点处泄漏辐射空气比释动能率计算

泄漏辐射剂量率 H_L 采用下式计算：

$$H_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \quad (\text{式 11-5})$$

式中： H_i —距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率，mGy/h；本项目 1m 处泄漏射线的空气比释动能率取 0.8mGy/h。

B —屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲。

按照公式 11-4 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，机房外关注点处的辐射剂量率理论估算结果汇总见表 11-5。

计算结果表明，SPECT/CT以CT模式运行（工况：140kV/200mA）时，叠加放射性药物的辐射影响，机房四周墙体、顶部及防护门处的辐射剂量率为(0.072~0.706) $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的要求。

（三）保护目标的有效剂量估算

根据表 11-4 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-6。

表 11-6 核医学诊断项目工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

序号	关注点名称	辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	停留时间 (h/a)	停留概率 (%)	辐射工作人员年有效剂量 (mSv/a)	公众年有效剂量 (mSv/a)
1	机房东墙	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
2	机房西墙	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
3	机房南墙	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
4	机房北墙	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
5	机房顶部	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
6	机房防护门	0.706	2000	100	0.1412	0.1412
7	机房走廊	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
8	机房控制室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
9	机房候诊室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
10	机房办公室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
11	机房更衣室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
12	机房卫生间	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
13	机房休息室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
14	机房值班室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
15	机房储物间	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
16	机房更衣室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
17	机房卫生间	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
18	机房休息室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
19	机房值班室	0.072	2000	100	0.0144	0.0144
20	机房储物间	0.072	2000	100	0.0144	0.0144

■	██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	█

核医学诊断项目过程中，工作人员主要受照射环节为注射过程及患者扫描诊断过程。一般情况下，取药过程约 2 分钟，送至注射窗口、注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。预测本项目运行后，SPECT/CT 诊断项目日接诊量最大为 20 人次。本项目 SPECT/CT 以 CT 模式运行的时间较短，平均每名患者约 20s，机房内 CT 出束致公众及辐射工作人员年有效剂量估算见表 11-7。

表 11-7 SPECT/CT 机房内 CT 出束致公众及辐射工作人员年有效剂量估算

■	██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████		█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████		█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████		█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████		█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████		█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████		█	██████████	██████████	██████████
■	██████████	██████████		█	██████████	██████████	██████████

■	■	■		■	■	■	■
■	■	■		■	■	■	■
■	■	■		■	■	■	■
■	■	■		■	■	■	■

根据表 11-6 至表 11-7 估算结果，取药过程中工作人员受到的年有效剂量为 0.003mSv，注射过程中工作人员受到的年有效剂量为 <0.001mSv，扫描过程中工作人员受到的年有效剂量约为 0.002mSv。医院拟为核医学诊断项目安排 1 名护士（负责取药及注射）、2 名医师及 1 名技师（负责操作设备、指导病人摆位）。医院拟合理安排各辐射工作人员工作量，根据理论估算可知，本项目 1 名护士（负责取药及注射）平均年有效剂量 <0.001mSv，2 名医师及 1 名技师（负责操作设备并指导病人摆位、取消摆位）年有效剂量最大约为 1.18mSv，均能够满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv 的剂量约束值要求。

根据表 11-6 至表 11-7 估算结果，核医学诊断项目工作过程中，周围公众（控制区、监督区外）年有效剂量最大为 0.020mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）对公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求（公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

二、放射性“三废”影响分析

核医学科项目运行过程中会产生含 ^{99m}Tc 的放射性废水、放射性固体废物，核素操作过程中会产生少量放射性气溶胶。

（一）放射性废气

在进行液态放射性药物活度操作过程中，若放射性药物液面处于开放状态，空气中可能挥发微量放射性同位素，污染途径为放射性药物在空气中挥发散逸造成人员吸入的内照射。本项目核医学科高活室设有 1 个防护铅当量不小于 5mmPb 的 ^{99m}Tc 专用通风橱，本项目核素操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压且设有排风系统（设计通风速率不少于 0.5m/s，排放口高于本建筑屋脊），满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“排气口应高于本建筑物屋顶”的要求，能够有效防止放射性废

气对周围环境产生的影响，符合放射性工作场所相关要求。同时医院拟在通风橱管道内及屋顶排放口处设置活性炭过滤吸附装置，对放射性气溶胶进行吸附，降低放射性气溶胶外排浓度，吸附材料应定期更换（一年更换 1~2 次）并作为放射性固体废物处理。整个核医学科工作场所均拟设置新风系统及独立的排风系统。

（二）放射性废水

来自核医学科给药后患者专用卫生间等高活区的放射性废水，含有 ^{99m}Tc 等放射性核素，由独立下水管道统一集中到 A 楼负 1 楼的衰变池中，衰变 30 天后可直接解控排放至医院污水处理系统作为医疗废水处理。

核医学科的衰变池系统由 1 个降解池加 3 个衰变池组成，单个衰变池有效容积均为 27m^3 ，运行容积均为 25m^3 ，总有效运行容积为 75m^3 ，衰变池为不锈钢水箱。

核医学废水首先接入成品降解池内，成品降解池安装有潜污泵系统，通过潜污泵系统控制从而向 3 组衰变池分别排水。放射性废水排入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后自动关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，核医学的废水通过沉淀池会排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，自动关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，此时核医学科产生的放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，此时打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站，三个衰变池以此往复运行。

此系统终端控制器为一组 10 寸彩色触摸屏，一般情况下所有动作均自动执行，但如需反控可进入手动界面控制全部执行器的动作；同时，此人机终端可反应本系统一切内容，如故障、报警及排放记录等。

本项目核医学科工作场所中，SPECT/CT 诊断项目日接诊量最大为 20 人次，放射性废水产生量按 10L/人次计算，工作场所每天的清洗废水约为 100L，则放射性废水排放量为 300L/d。

根据放射性废水衰变系统运行方式，放射性废水可在该衰变系统内衰变约 166d，而本项目使用的 ^{99m}Tc 的半衰期为 6.02h，故本项目衰变系统能够满足《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”的要求。

核医学科放射性废水经专用管道流入衰变系统，裸露管道外采用 3mm 铅当量铅

皮包覆进行辐射防护，避免含放射性废水流动时造成管道穿行区域的辐射泄漏。

将专用管道中的放射性废水看作线源，其对周围环境产生的辐射影响参照《辐射防护导论》（方杰主编）中相关公式进行计算：

$$K = \frac{2A\Gamma_k}{Lr} \text{tg}^{-1} \frac{L}{2r} \quad (\text{式 11-6})$$

式中：K—比释动能率，Sv s⁻¹；

A—总活度，Bq；

Γ_k —距源 1m 处的周围剂量当量率常数，Sv m² Bq⁻¹ h⁻¹；

L—线源长度，m；

r—线源到考察点的距离，m。

表 11-8 核医学中心专用管道外剂量估算结果

██████████	██████████
████████████████████	██████████
████████████████████	██████████████████
████████████████████	██████████████████
██████████████████	██████████
██████████████████	██████████
██████████████████	██████████
██████████	██████████
██████████████████	██████████
██████████████████	██████████████████
██████████████████	██████████

注：1、单次核医学诊断项目患者，排泄物内核素活度排泄比率保守按 30% 进行计算，则单次排放 ^{99m}Tc 核素活度为 20mCi×30%=6mCi/次；

2、距源 1m 处的周围剂量当量率常数取自《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 H 表 H.1；

3、本项目核医学科位于 A 楼 1 楼，距一楼地面最近约 0.4m，人员无法近距离接触，故考察点设置于一层地面 170cm 处，线源到考察点的距离取 1.3m。

由表 11-8 可知，裸露的放射性废水专用管道外采用 3mmPb 铅皮包覆进行辐射防护，其对周围公众产生的辐射影响较小。

放射性废水经专用下水管道集中到 A 楼地下的衰变间的衰变池中，衰变池整体

为不锈钢水箱,衰变间上方为 150mm 混凝土,四周为 4mm 铅当量防护材料进行防护。衰变池下方为土层,上方为核医学科。

将衰变池内放射性废水看作点源,参照公式 11-2 计算衰变池内废水对地面处产生的辐射影响,其预测计算结果见表 11-9。

表 11-9 核医学科衰变池上方辐射水平估算结果

████████	████	██████	██████	████	████████	████████
████████	████	████	████	████	████	██
████████		██	████	████	████	██
████████		██	██████	████	████	██

注: *单次核医学诊断项目患者,排泄物内核素活度排泄比率保守按 30%进行计算,则单次排放^{99m}Tc 核素活度为 20mCi×30%=6mCi/次,保守按 20 名候诊患者的排泄物进入衰变系统进行辐射计算(未考虑废水对核素的屏蔽及核素自然衰变)。

由表 11-9 可知,核医学科衰变池采用现有屏蔽设计进行辐射防护,其对周围环境及公众产生的辐射影响较小。

(三) 放射性固体废物

核医学科产生的放射性固体废物主要有废弃的注射器、一次性手套、棉签、滤纸等。核医学科设有废物库,高活室、注射后候诊室等房间均拟设置 1~2 个放射性废物桶(^{99m}Tc 的防护厚度应不低于 5mmPb)。根据医院对本项目规划的工作量估算每年产生放射性固体废物量, SPECT/CT 诊断项目日接诊量最大为 20 人次,放射性固体废物产生量按 0.02kg/人次计算,则放射性固体废物产生量为 0.4kg/d,核医学科各房间内放射性废物桶放置点应避开工作人员与其它人员经常走动的地方,并设置有电离辐射警告标志。

从核医学科各房间收集的含放射性废物应分别标记、分开贮存(标记主要核素类型、收集时间等)后集中到废物库中的铅桶(废物库中设置若干铅桶,^{99m}Tc 防护厚度不低 5mmPb)中暂存,在废物库内暂存时间超过 30 天,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/cm²、β 表面污染小于 0.8Bq/cm²的,作为医疗废物进行处理。

通风橱通风管道内更换下来的废活性炭,在废物库内暂存时间超过 30 天,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/cm²、β 表面污染小于 0.8Bq/cm²的,作为医疗废物进行处理。

本项目核医学科的废物库面积约为 3.61m^2 ，总容积约为 15.2m^3 ，有效使用体积保守按照 40% 进行估算，约为 6.1m^3 。该废物库容积能够满足放射性固体废物贮存 30 天的要求。保守假设单日最大操作量的 10% 的放射性核素（约 40mCi）转移到固体废物中，则放射性废物桶外表面 30cm 处（与源距离取 0.5m）辐射剂量率为 $0.002\mu\text{Sv/h}$ ，废物库外周围 30cm 处（与源距离取 0.5m）辐射剂量率为 $0.018\mu\text{Sv/h}$ （未考虑放射性废物桶的防护），满足小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。医院对放射性废物的管理措施主要有：

（1）各场所设置均拟设置 5mm 铅当量的放射性废物桶，并在废物桶外明显位置设置电离辐射警告标志。废物桶的放置于房间角落，避开工作人员工作和经常走动的区域。

（2）废物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物，对装满后的废物袋进行密封，不破漏，并再标记相应信息后及时送放射性废物间专用容器中贮存。

（3）对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

（4）废物库入口门张贴有电离辐射警告标志。

（5）放射性废物袋、废物桶及其他存放废物的容器保证安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

三、非放射性“三废”影响分析

（一）废气

SPECT/CT 机房内的空气在 X 射线、 γ 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

（二）废水

工作人员和部分患者产生的医疗废水和生活污水，由院内污水处理站统一处理，对周围环境影响较小。

（三）固体废物

工作人员和病人产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

事故影响分析

本项目新增的 SPECT/CT 为 III 类射线装置，核医学科工作场所为丙级非密封放射

性物质工作场所。医院在开展放射治疗和诊断过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。因此本项目主要事故风险为：

一、SPECT/CT 工作状态下，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

二、SPECT/CT 机房门机联锁失效，导致防护门无法自动关闭，开机时防护门外工作人员或公众受到误照射。

三、操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

四、核医学科药物注射时，注射器排气有可能挤出放射性药物，注射器有损漏以及注射针头没有装牢固，造成放射性药物泼洒或者散逸挥发，产生 γ 辐射，操作台面或仪器设备受到放射性污染。

五、注射药物的患者未按要求停留于控制区，导致公众遭受较大剂量照射。

六、由于保管或管理工作不到位，导致 ^{99m}Tc 放射性核素的丢失、被盗，使公众受到误照射。

七、放射性废水专用管道长期使用老化破裂，或衰变池渗漏，造成核医学科地面受到放射性污染。

八、当日就诊人数较多，工作人员给药错误，未按正确剂量给患者注射药物。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的预防措施：

一、发生误照射（人员误留、误入机房内；操作人员违反操作规程或误操作；机房门-机联锁装置失效，导致防护门无法自动关闭），应立即按下急停开关，确保 SPECT/CT 停止工作。

二、迅速安排受照人员接受医学检查和救治。

三、发生非密封放射性物质污染，封闭工作场所，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所和人员的去污。

四、药物注射前，告知患者注意事项，使之了解放射性药物对他人的危害，并加强对带药患者的监督管理。

五、对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。

六、医院应定期对核医学科工作场所辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。

医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训,尽可能避免辐射事故的发生。

七、事故发生后,积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作。

医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案,明确建立应急机构和人员职责分工、辐射事故分类与应急响应的措施,并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。发生辐射事故时,立即启动事故应急方案,采取必要防范措施,在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告,并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。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;对于可能受到大剂量照射的人员,迅速安排医学检查和救治,积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

南京市第二医院拟在汤山院区 A 楼 1 楼改造核医学科，用于医疗诊断。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用丙级非密封放射性物质工作场所的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。

根据上述要求，南京市第二医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次核医学改造项目修订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。医院拟为本项目共配备 4 名辐射工作人员，为医院原有人员，辐射安全管理人员应参加“辐射安全管理”辐射防护上岗考核。核医学科的辐射工作人员“核医学”辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗；同时如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

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》的有关要求，使用丙级非密封放射性物质工作场所的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。目前医院已制定相关辐射安全与防护管理制度，包括岗位职责、辐射工作人员健康与个人剂量监测管理制度、人员培训制度、辐射防护安全管理制度、辐射事故应急预案及不同设备相应的操作规程等。医院现有管理制度内容较为全面，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，拟根据本次核医学改造项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全

管理。

一、操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

（一）提高辐射工作人员对放射性药物操作的熟练程度，尽量减少辐射工作人员与放射性药物的近距离接触时间；

（二）确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

（三）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

（四）在工作场所严禁吸烟、进食；

（五）放射性“三废”的处理需严格按照操作规程执行。

二、岗位职责：明确射线装置、放射性药品使用工作人员、台帐管理人员、药物注射人员及辐射安全管理人员的岗位责任，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。

三、辐射防护和安全保卫制度：根据射线装置及放射性药物操作的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：

（一）定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪和表面沾污仪保持良好工作状态；

（二）工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护；

（三）放射性药物注射后患者应严格限制在控制区内；

（四）当注射后候诊室内有多位注射放射性药物的患者同时候诊时，建议医院在患者之间采用铅屏风进行隔离，减少患者间的交叉辐射影响。

四、设备维修制度：明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

五、放射性同位素使用登记制度：建立放射性同位素台帐，重点是：放射性药物的使用、贮存情况等由专人负责登记、专人形成台帐、每月核对，确保帐物相符。

六、人员培训计划和健康管理制：明确培训对象、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。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。医院应组织辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

七、监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保非密封放射性物质工作场所及 III 类射线装置的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，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；

（三）对发生放射性药物泼洒的事故处理进行全程监测；

（四）医院应当按照有关标准、规范的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，发现异常情况的，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；

（五）委托有资质监测单位对本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

医院 2023 年编写放射源、射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括放射源、射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，已上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，未发现问题。

辐射监测

根据辐射管理要求，南京市第二医院已配备辐射巡测仪 1 台，拟为本项目配备表面污染仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划：

一、工作场所监测

(一) 应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式, 对核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测;

(二) 核医学工作场所辐射监测点位、内容和频次应包括但不限于表 12-1 的内容。

表 12-1 核医学工作场所辐射监测关注点位

监测内容	监测点位	监测频次
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和存有放射性物质的装置/设备的表面	不少于 1 次/月
表面放射性污染	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面, 给药后患者候诊室, 核素治疗场所的设施、墙壁和地面等, 放射性废物桶和包装袋表面, 工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。	每次工作结束(出现放射性药物洒落应及时进行监测)

二、委托有资质的单位定期对项目及周围环境 X- γ 辐射剂量率、表面放射性污染进行监测, 周期: 1~2 次/年;

三、辐射工作人员开展个人剂量监测, 建立个人剂量档案;

四、医院应定期对本项目非密封放射性物质工作场所及周围环境的辐射水平、表面污染情况进行监测, 医院用自配备的表面沾污仪定期对非密封放射性物质工作场所及周围环境表面沾污进行监测, 工作人员操作后离开各辐射工作场所前应进行表面污染监测, 从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平检测, 以杜绝超过 GB18871-2002 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。以上监测均应记录档案, 同时医院应在监测方案中列出 GB18871-2002 中表面污染控制水平。

五、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检, 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;

六、出现外照射事故, 立即采取应急措施, 并在 1 小时之内向县(市、区)或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

南京市第二医院拟根据上述监测计划, 明确监测项目, 定期(不少于 1 次/季)使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检, 并保留自检记录, 每年委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- γ 辐射剂量率进行监测, 监测结果上报生态环境行政主管部门。

医院为辐射工作人员配备个人剂量计, 组织辐射工作人员进行个人剂量监测(1

次/季)和职业健康体检(1次/2年),医院公共卫生科负责全院人员个人剂量的收发和管理,职业健康监护、个人剂量监测档案均存放于公共卫生科。

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定,辐射事故应急预案应明确以下几个方面:

- 一、应急机构和职责分工;
- 二、应急的具体人员和联系电话;
- 三、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;
- 四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施;
- 五、辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的,应根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》(原国家环保总局,环发[2006]145号)和《江苏省辐射污染防治条例》等要求,发生辐射事故的,立即启动事故应急方案,采取必要防范措施,并在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告,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行政部门报告;并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》,向当地生态环境部门和公安部门报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,同时向当地卫生健康行政部门报告。

医院已经制定了《辐射事故应急预案》,该预案已包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组组织各相关科室,定期(1次/年)开展应急培训演练,在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。医院开展核技术利用项目至今,未发生过辐射事故。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

南京市第二医院拟在汤山院区 A 楼 1 楼改造核医学科，拟建成丙级非密封放射性物质工作场所，配置 1 台 SPECT/CT（型号：NM/CT860，最大管电压 140kV，最大管电流 600mA，属 III 类射线装置），拟使用放射性核素 ^{99m}Tc 配合 SPECT/CT 开展核素显像诊断。

二、项目建设的必要性及产业政策符合性

本项目的建设，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家现行的产业政策。

三、实践正当性

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。具有良好的社会效益和经济效益，经落实辐射防护屏蔽设计和安全管理措施后，本项目的建设和运行对受照个人和社会公众所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，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。

四、选址合理性

南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）位于南京市江宁区汤山街道康复路 1 号，医院东侧为绿地和康复路，南侧、西侧、北侧为山坡、绿地或水塘。

本项目于医院汤山院区 A 楼 1 楼改造核医学科，A 楼东侧、南侧皆为院内道路，西侧为 B 楼，北侧为院内道路、停车场。

本项目核医学科西侧为办公区，东侧、南侧、北侧皆为过道，上方为麻醉科手术室、更衣室、护士站、休息室、苏醒间、前室、走道等，下方为库房、停车场、拟建衰变池。

本项目核医学科场所周围 50m 范围均位于院内。运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然

遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《关于加强生态保护红线管理的通知》（自然资发〔2022〕142号）、《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41号）和《江苏省关于加强生态红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880号）要求，经向江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于江宁区其他街道一般管控单元（编码：ZH32011530023）内，不在南京市生态保护红线内，评价范围内也不涉及优先保护单元和重点管控单元。本项目为核技术利用项目满足一般管控单元管控要求。

本项目核医学科工作场所划分了控制区及监督区，控制区和监督区内患者及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，相关配套布局能够保证工作程序沿着相关房间单向开展，能够有效防止交叉污染，核医学科工作场所控制区内设置有患者专用卫生间，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，布局合理。

五、辐射环境现状评价

南京市第二医院本次核医学改造项目拟建址周围本底辐射剂量率在 65nGy/h~72nGy/h 之间，与江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果相比较，未见异常；核医学项目拟建址周围 β 表面污染水平均小于仪器探测下限。

六、环境影响评价

根据预测估算结果，南京市第二医院本次核医学改造项目在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，项目投入运行后：

辐射防护影响预测：本项目核医学科控制区内房间防护门、观察窗、通风橱、墙壁、注射窗外表面 30cm 处的周围剂量当量率均符合《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）的相关要求。

剂量约束值：本项目辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对本项目职业人员和公众剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

七、“三废”的处理处置

核医学科核素操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于 0.5m/s，排放口高于本建筑屋脊），管道内及外排放口处设置活性炭过滤吸附装置，能够有效防止放射性废气对周围环境产生的影响；来自核医学科的高活室、给药后患者专用卫生间等高活区的放射性废水，含有 ^{99m}Tc 放射性核素，由独立下水

管道统一集中到 A 楼地下的衰变池中，衰变 30 天满足排放标准后流入医院污水处理系统作为医疗废水处理；核医学科产生的放射性固体废物集中到废物库中的放射性废物桶中暂存，在废物库内自然衰变 30 天后，作为医疗废物进行处理。符合辐射环境保护管理要求。

SPECT/CT 机房内的空气在 X 射线、 γ 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气；工作人员和部分患者产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理；工作人员和病人产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

南京市第二医院拟改造的核医学科 SPECT/CT 机房扫描时产生的 X 射线； ^{99m}Tc 放射性核素在取药、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线，以上射线会造成医务人员和公众的外照射。本项目核医学科工作场所控制区出入口拟设置“当心电离辐射”警告标志；SPECT/CT 机房入口处拟设置“当心电离辐射”警示标识和工作状态灯。SPECT/CT 机房设置有门机联锁装置，机房内外均设置有急停按钮，核医学科控制区出入口设置单向门禁系统，符合《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《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的安全管理要求。

九、辐射安全管理评价

南京市第二医院已设立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，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院拟制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

南京市第二医院需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。南京市第二医院还需为本项目配备辐射巡测仪 1 台、表面沾污仪 1 台及个人剂量报警仪 2 台。此外，医院应根据相关标准要求，为核医学科项目工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，南京市第二医院（南京市公共卫生医疗中心）核医学改造项目在落实本

报告提出的各项污染防治措施和管理措施后,该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施,其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求,从环境保护角度论证,本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、该项目运行中,应严格遵循操作规程,加强对操作人员的培训,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。

二、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行,严格按国家有关规定要求进行操作,确保其安全可靠。

三、定期进行辐射工作场所的检查及监测,及时排除事故隐患。

四、医院取得本项目环评批复后,应及时申请辐射安全许可证,按照法规要求开展竣工环境保护验收工作,环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月,最长不超过 12 个月。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	■
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于 1 名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	■
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：核医学科工作场所墙体采用硫酸钡、顶部采用混凝土+铅板、地面采用混凝土或混凝土+硫酸钡进行辐射防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行辐射防护。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。	■
	核医学科控制区入口处（包括 SPECT/CT 机房、高活室、废物库、注射后候诊室、留观室等）、放射性废物桶表面设置电离辐射警告标志，同时在 SPECT/CT 机房防护门处设置工作状态指示灯及闭门装置，并设置急停按钮及对讲装置，核医学科控制区出入口设置单向门禁系统。	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《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	
	放射性“三废”处理措施： 本项目核素操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于 0.5m/s，排放口高于本建筑屋脊），管道内及外排放口处设置活性炭过滤吸附装置，符合非密封放射性物质工作场所相关要求。 本项目产生的放射性废水由专用下水管道统一集中到 A 楼负 1 楼的衰变池中，暂存 30 天后可直接解控排放至医院污水处理系统作为医疗废水处理。衰变系统采用串联衰变池，包含 3 个衰变池，单个衰变池运行容积约 25m ³ ，总运行容积约 75m ³ 。 核医学科产生的放射性固体废物集中到废物库中的铅桶中暂存，在废物库内自然衰变 30 天后，作为医疗废物进行处理。符合辐射环境保护管理要求。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《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）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。 辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	■

	加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪1台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	■
	拟配备表面沾污仪1台。		
	拟配备个人剂量报警仪2台。		
核医学科配备1个通风橱，放射性核素操作人员及摆位工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅防护眼镜等个人防护用品。	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《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	■	
辐射安全管理制度	制定操作规程、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、辐射事故应急措施等制度；根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《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》有关要求。	■
总计	/	/	■

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公 章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公 章
年 月 日