

核技术利用建设项目

盐城市大丰人民医院

新建核医学科项目环境影响报告表

盐城市大丰人民医院

2023年4月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

盐城市大丰人民医院

新建核医学科项目环境影响报告表

建设单位名称：盐城市大丰人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省盐城市大丰区幸福东大街 139 号

邮政编码：224100

联系人：杨*

电子邮箱：

联系电话：133****2200

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 5 -
表 3 非密封放射性物质	- 5 -
表 4 射线装置	- 6 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 7 -
表 6 评价依据	- 8 -
表 7 保护目标与评价标准	- 11 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 21 -
表 9 项目工程分析与源项	- 25 -
表 10 辐射安全与防护	- 34 -
表 11 环境影响分析	- 50 -
表 12 辐射安全管理	- 72 -
表 13 结论与建议	- 76 -
表 14 审批	- 81 -
附图 1 盐城市大丰人民医院新建核医学科项目地理位置示意图	- 82 -
附图 2 盐城市大丰人民医院平面布置及新建核医学科项目周围环境示意图	- 83 -
附图 3 新建核医学科平面布置及周围环境示意图	- 84 -
附图 4 盐城市大丰人民医院门诊医技楼负一层平面布局示意图	- 85 -
附图 5 盐城市大丰人民医院门诊医技楼一层平面布局示意图	- 86 -
附图 6 新建核医学科拟建址对应楼上位置局部平面示意图	- 87 -
附图 7 新建核医学科工作场所通风系统布置示意图	- 88 -
附图 8 新建核医学科工作场所污水管网布置示意图	- 89 -
附图 9 新建核医学科项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图	- 90 -
附件 1 项目委托书	- 91 -
附件 2 放射性同位素及射线装置使用承诺书	- 92 -
附件 3 辐射安全许可证正、副本复印件	- 93 -
附件 4 原有核技术利用情况一览表	- 96 -
附件 5 核医学工作场所屏蔽设计说明	- 99 -

附件 6 环境本底检测报告及检测资质	- 101 -
附件 7 设备参数说明	- 111 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		盐城市大丰人民医院新建核医学科项目			
建设单位		盐城市大丰人民医院 (统一社会信用代码: 12320982468394789X)			
法人代表	柏正群	联系人	杨*	联系电话	133****2200
注册地址		江苏省盐城市大丰区幸福东大街 139 号			
项目建设地点		江苏省盐城市大丰区幸福东大街 139 号医院门急诊医技楼负一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	980	项目环保总投资 (万元)	500	投资比例(环保 投资/总投资)	51%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	893.5
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>盐城市大丰人民医院(以下简称“医院”)始建于 1946 年 1 月,注册地址位于江苏省盐城市大丰区幸福东大街 139 号。医院占地 194.4 亩,建筑面积 153800 平方米,设有 25 个行政职能科室、35 个临床科室、11 个医技科室、30 个病区,编制床位 650 张,开放床位 850 张,是一座集医疗、教学、科研、预防保健、康复于一体的三级综合性医院。</p>				

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，根据规划，医院拟在门急诊医技楼负一层北部中间位置新建核医学科，配置 1 台 SPECT/CT（型号为：NM/CT 860，属 III 类射线装置）配合使用放射性核素 ^{99m}Tc 用于开展核素显像诊断。门急诊医技楼为地下一层、地上 4 层建筑，主要承担门诊、急诊、医学影像、放射治疗、体检等功能。

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设单位盐城市大丰人民医院需对该项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“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）的”应编制环境影响报告表。

为此，盐城市大丰人民医院委托南京瑞森辐射技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。本次新建核医学科项目建设内容见表 1-1 及附件 2：

表 1-1 盐城市大丰人民医院新建核医学科项目情况一览表

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	1.85×10 ⁷		核医学科	未使用	本次环评尚未许可	/	
射线装置									
序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (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/CT 860	1	140	200	III	核医学科	未使用	本次环评尚未许可	/

二、项目选址情况

盐城市大丰人民医院位于江苏省盐城市大丰区幸福东大街 139 号，医院东侧为裕

丰路及盐城市大丰区妇幼保健院，南侧为幸福东大街及无名河流，西侧为万丰路及丰裕二匡河，北侧为飞达东路。本次新建核医学科项目位于院内门急诊医技楼负一层北部中间位置，门急诊医技楼东侧、南侧为院内道路及绿化，西侧为停车场，北侧为院内道路及绿化，隔院内道路为住院部。本项目地理位置示意图附图 1，盐城市大丰人民医院平面布置及新建核医学科项目周围环境示意图见附图 2。

本次新建核医学科项目拟建址东侧为放疗科，南侧为地下停车场，西侧为药库，北侧为土层，拟建址上方为门急诊输液室、楼外地面等，下方为土层。

本项目 50m 评价范围均位于院区范围内，其东侧、南侧、西侧均为门急诊医技楼，北侧至住院部（最近处约 28m），评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标（详见附图 2）。项目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、50m 评价范围内其他医务人员、病患以及其他公众等。

三、实践正当性分析

本项目的建成运行，可为病人提供放射诊断服务，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。经合理的辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目运行获得的利益远大于对环境的不利影响，因此符合《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、原有核技术利用项目许可情况

盐城市大丰人民医院于 2022 年 9 月 14 日重新申领了辐射安全许可证，医院现持有盐城市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号：苏环辐证[J0265]，许可种类和范围为“使用 II 类、III 类射线装置”，有效期至：2027 年 9 月 13 日。医院辐射安全许可证正、副本见附件 3，原有核技术利用项目情况详见附件 4。

医院现有核技术利用项目均已履行环保手续，无环保遗留问题。

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。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域；根据现场监测和环境影响预测，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；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图见附图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 (T _{1/2} =6.02h)	使用	1.85×10 ¹⁰	1.85×10 ⁷	4.62×10 ¹²	核素显像 诊断	很简单操作	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/CT 860	140	200	医疗诊断	核医学科	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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、擦拭废纸等	固体	^{99m}Tc	/	约 8.3kg	约 100kg	/	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，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	/	约 6.25m ³	约 75m ³	/	流入衰变池中	在衰变池中暂存超过 30 天后直接解控排放。
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	通过动力通风系统排入外环境，臭氧在常温条件下可自然分解为氧气
废活性炭	固体	/	/	少量	少量	小于清洁解控水平	更换后暂存在放射性废物库	暂存 30 天后，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/m³；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<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》（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) 《放射性物品道路运输管理规定》（2016年修正本），交通运输部令 2016年第71号公布，2016年9月2日起施行；</p> <p>(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；</p> <p>(13) 《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>(14) 《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</p>
------------------	--

	<p>[2016]430号，2016年3月7日起施行；</p> <p>(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10月25日发布；</p> <p>(16) 《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>(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，2019年12月24日发布；</p> <p>(18) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部部令 第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(19) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9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) 《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21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) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域监督管理办法的通知》，苏政办发〔2021〕20号，2021年5月1日起实施；</p> <p>(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，江苏省生态环境厅办公室，2021年5月31日印发。</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) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)；</p> <p>(4) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2020)；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(6) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)；</p> <p>(7) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；</p>

	<p>(8) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(9) 《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>(10) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(11) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(12) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)；</p> <p>(13) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)。</p>
其他	<p>附图：</p> <p>(1) 盐城市大丰人民医院新建核医学科项目地理位置图；</p> <p>(2) 盐城市大丰人民医院平面布置及新建核医学科周围环境示意图；</p> <p>(3) 新建核医学科平面布置及周围环境示意图；</p> <p>(4) 盐城市大丰人民医院门诊医技楼负一层平面布局示意图；</p> <p>(5) 盐城市大丰人民医院门诊医技楼一层平面布局示意图；</p> <p>(6) 盐城市大丰人民医院门诊医技楼一层局部平面示意图；</p> <p>(7) 新建核医学科工作场所通风系统布置示意图；</p> <p>(8) 新建核医学科工作场所污水管网布置示意图；</p> <p>(9) 新建核医学科项目与江苏省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) 放射性同位素及射线装置使用承诺书；</p> <p>(3) 辐射安全许可证正、副本复印件；</p> <p>(4) 原有核技术利用项目基本情况一览表；</p> <p>(5) 核医学工作场所屏蔽设计说明；</p> <p>(6) 环境本底监测报告及监测单位资质；</p> <p>(7) 设备参数说明。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围					
<p>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”的要求，以及根据本项目的特点，本项目的的评价范围确定为盐城市大丰人民医院新建核医学科项目所在核医学科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。</p>					
保护目标					
<p>本项目周围 50m 范围均位于院内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点（详见附图 2）。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、评价范围内其他医务人员、病患及周围其他公众等。详见表 7-1。</p>					
表 7-1 本项目保护目标一览表					
编号	保护目标名		方位	距离	人口规模
1	辐射工作人员		/	/	6 人
2	公众	其他医务人员、病患	南侧，地下停车场	0~50m	流动人员
			东侧，放疗科	0~50m	约 10 人
			楼上，输液大厅	0~6m	约 40 人
			门急诊医技楼其他位置	0~50m	约 120 人
		其他医务人员、病患	北侧，病房楼	25.4~50m	约 45 人
		周围其他公众	拟建址周围	0~50m	流动人员
<p>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。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域；根据现场监测和环境影响预测，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</p>					

准入清单的问题；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

评价标准

1、《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	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； 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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

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

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

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

监督区：

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

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 $\sim 2 \times 10^7$										
<p>8 公众照射的控制</p> <p>8.6 放射性物质向环境排放的控制</p> <p>8.6.2 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：</p> <p>a) 每月排放的总活度不超过 $10ALI_{\min}$（是相应于职业照射的食入和吸入值 ALI 中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）；</p> <p>b) 每一次排放的活度不超过 $1ALI_{\min}$，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。</p> <p>2、《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）：</p> <p style="text-align: center;">表 2 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">序号</th> <th style="text-align: center;">控制项目</th> <th style="text-align: center;">排放标准</th> <th style="text-align: center;">预处理标准</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">总β/（Bq/L）</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </tbody> </table> <p>3、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；</p> <p>4、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：</p> <p>4 总则</p> <p>4.1 一般要求</p> <p>4.1.1 医疗机构应对所开展核医学活动的辐射防护与安全工作全面负责，实现保护辐射工作人员、公众和环境的目标。</p> <p>4.1.2 医疗机构应对拟开展的核医学活动进行正当性判断，确保实施的活动都是正当的。</p> <p>4.1.3 规划、设计、建设核医学工作场所和开展核医学活动的过程中，遵循辐射防护最优化原则，使得核医学活动涉及的相关个人受照剂量的大小、受到照射的人数和受到照射的可能性保持在可合理达到的尽量低的水平。</p> <p>4.1.4 开展核医学活动的工作场所应实行分级管理。</p> <p>4.1.5 开展核医学活动的辐射工作场所应划分出控制区和监督区，合理布局工作场所，规划好人流、物流、气流路径，妥善收集、暂存和处理核医学活动中产生的放射性废物。</p>				序号	控制项目	排放标准	预处理标准	22	总 β /（Bq/L）	10	10
序号	控制项目	排放标准	预处理标准								
22	总 β /（Bq/L）	10	10								

4.1.6 医疗机构应对开展核医学活动的工作场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估，证明采取的辐射防护与安全措施的合理性。

4.1.7 开展核医学活动的医疗机构应制定恰当的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备和响应工作安排，有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

4.2 辐射工作场所分级

应按照 GB 18871 的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录 A。

4.3 辐射工作场所分区

4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

4.4 剂量限值与剂量约束值

4.4.1 剂量限值

核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。

4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

4.4.3 放射性表面污染控制水平

核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB 18871 执行。

5 选址和布局

5.1 选址

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2 布局

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 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。

5.2.3 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。

6 工作场所的辐射安全与防护

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 1Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

7.3.3.2 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。

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）

5、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；

6、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

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。

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 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。

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。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

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。

6.5.3 防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；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。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层扫描 (隔室)	—	—	铅橡胶性腺防护围裙(方形) 或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注 1：“—”表示不要求。

注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品。

7、《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）：

4.1 建筑施工过程中场界环境噪声不得超过表 1 规定的排放限值。

表 1 建筑施工场界环境噪声排放限值单位：dB (A)

昼间	夜间
70	55

8、项目管理目标限值

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）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的标准要求及本项目实际情况确定本项目的管理目标限值：

1) 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；

2) 核医学科工作场所控制区内各房间防护门、观察窗、墙壁外表面 30cm 处及楼上地面 100cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h；放射性药物分装的通风橱、注射窗外表面 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。

9、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)江苏省环境监测站。

江苏省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射(空气吸收)剂量率(单位: nGy/h)

	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
均值 $\pm 3s$	29.4~71.4	10.2~84.0	47.2~131.2

注: 1、根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》,表5数据不含宇宙射线电离成分;
2、评价时采用“均值 $\pm 3s$ ”作为辐射环境本底参考范围。

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

盐城市大丰人民医院位于江苏省盐城市大丰区幸福东大街 139 号，医院东侧为裕丰路及盐城市大丰区妇幼保健院，南侧为幸福东大街及无名河流，西侧为万丰路及丰裕二匡河，北侧为飞达东路。本次新建核医学科项目位于院内门急诊医技楼负一层北部中间位置，门急诊医技楼东侧、南侧为院内道路及绿化，西侧为停车场，北侧为院内道路及绿化，隔院内道路为住院部。

本次新建核医学科项目拟建址东侧为放疗科，南侧为地下停车场，西侧为药库，北侧为土层，拟建址上方为门急诊输液室、楼外地面等，下方为土层。

本项目 50m 评价范围均位于院区范围内，其东侧、南侧、西侧均为门急诊医技楼，北侧至住院部（最近处约 28m），评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标（详见附图 2）。项目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、50m 评价范围内其他医务人员、病患以及其他公众等。

本次新建核医学科项目拟建址环境现状见图 8-1。



图 8-1 新建核医学科项目拟建址现状

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）、《表面污染测定 第1部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB 14056.1-2008）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于新建核医学科项目拟建址及其周围进行布点，测量本底辐射剂量率。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测仪器：见表 8-1

监测日期：2023 年 1 月 11 日

监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率、 β 表面污染水平

天气：晴

温度：（9~13） $^{\circ}\text{C}$

湿度：（54~65）%RH

表 8-1 本项目辐射环境现状调查监测仪器基本信息表

序号	设备名称	型号	设备编号	主要技术指标
1	X- γ 辐射监测仪	6150AD6/H +6150AD-b/ H	NJRS-12 6	能量响应：20keV~7MeV 测量范围：1nSv/h~99.9 $\mu\text{Sv/h}$ 检定证书编号：Y2022-0109288 检定有效期限：2022.11.14~2023.11.13
2	α 、 β 表面污染仪	COMO 170	NJRS-12 9	测量范围： β/α 0cps~20000cps 检定证书编号：检定字第 202204002138 号 检定有效期限：2022.4.10~2023.4.9

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《表面污染测定 第一部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）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 6），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：开机预热，手持仪器。一般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 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有合格证书，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行三级审核。

评价方法：参照江苏省环境天然 γ 辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量，监测结果见表 8-2、表 8-3，监测点位示意图见图 8-2。

表 8-2 新建核医学科项目拟建址及其周围环境 γ 辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果 (nGy/h)
1	新建核医学科项目拟建址东部 (室内)	71
2	新建核医学科项目拟建址中部 (室内)	80
3	新建核医学科项目拟建址西部 (室内)	79
4	新建核医学科项目拟建址东侧 (室内)	75
5	新建核医学科项目拟建址南侧 (室内)	74
6	新建核医学科项目拟建址西侧 (室内)	74
7	新建核医学科项目拟建址楼上 (室内)	83
8	新建核医学科项目拟建址楼上北侧院内道路 (道路)	82

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.新建核医学科项目拟建址北侧、下方均为土层。

由表 8-2 监测结果可知，盐城市大丰人民医院新建核医学科项目拟建址及其周围 γ 辐射剂量率在 71nGy/h~83nGy/h 之间，处于江苏省环境天然 γ 辐射剂量本底水平涨落范围内，属于江苏省环境天然 γ 辐射剂量本底水平。

表 8-3 新建核医学科项目拟建址及其周围环境 β 表面污染水平

测点编号	测点描述	测量结果 (Bq/cm ²)
1	新建核医学科项目拟建址东部	<0.02
2	新建核医学科项目拟建址中部	<0.02
3	新建核医学科项目拟建址西部	<0.02
4	新建核医学科项目拟建址东侧	<0.02

5	新建核医学科项目拟建址南侧	<0.02
6	新建核医学科项目拟建址西侧	<0.02
7	新建核医学科项目拟建址楼上	<0.02

注：1.监测设备探测下限为 0.02Bq/cm²；

2.新建核医学科项目拟建址北侧、下方均为土层。

由表 8-3 监测结果可知，盐城市大丰人民医院新建核医学科项目拟建址及其周围β表面污染水平均不大于 0.02Bq/cm²。

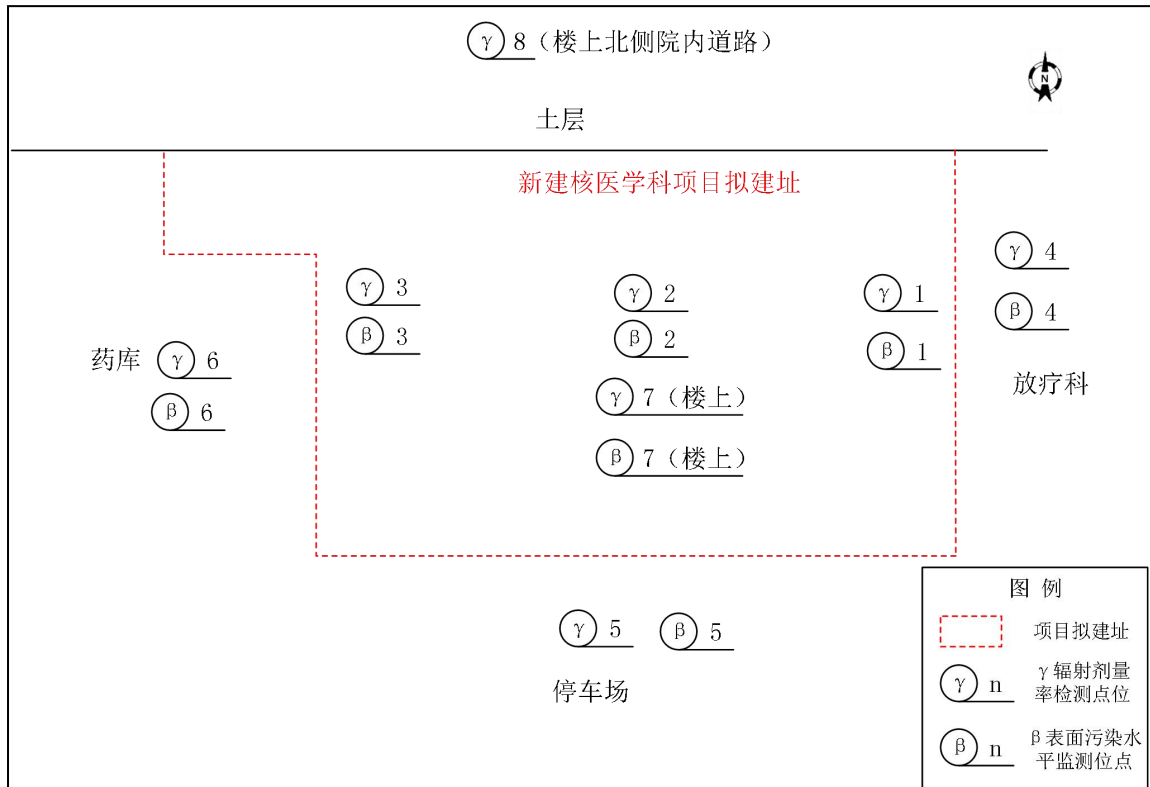


图 8-2 新建核医学科项目γ辐射剂量率、β表面污染水平检测位点示意图

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

盐城市大丰人民医院新建核医学科项目拟建址东侧为放疗科，南侧为地下停车场，西侧为药库，北侧为土层，拟建址上方为门诊输液室、过道，下方为土层。

参照《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）中：

1.有相对独立、明确的监督区和控制区划分；

2.工艺流程连续完整；

3.有相对独立的辐射防护措施的特点，工作场所人流及物流具有自己的独立通道，不与其他楼层交叉等条件。

盐城市大丰人民医院本次新建的核医学科有相对独立和明确的监督区和控制区划分，整个诊断工作流程连续完整，整个工作场所相对独立，不与其他科室交叉且人流及物流具有相对的独立通道。

因此，盐城市大丰人民医院本次新建的核医学科工作场所可作为一个独立的非密封放射性物质工作场所。

本项目使用放射性同位素 ^{99m}Tc 开展 SPECT/CT 显像诊断。本次拟新增辐射项目见表 9-1。

表 9-1 本次新建核医学科项目工作场所情况一览表

非密封放射性物质							
^{99m}Tc	日最大用量	单个病人可能的最大用药量 $25\text{mCi} \times \text{日最高峰 } 20 \text{ 人} = 1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$					
	年总用量	单次使用最大量 $25\text{mCi} \times \text{日最高峰 } 20 \text{ 人} \times 250 \text{ 工作日} = 4.62 \times 10^{12}\text{Bq}$					
射线装置							
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	射线装置类别	活动种类	备注
1	SPECT/CT	NM/CT 860	140kV	200mA	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《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）：医疗机构使用 ^{18}F 、 ^{99m}Tc 、 ^{125}I 粒子源相关活动视为“很简单的操作”；同时查阅 HJ

1188-2021 得到 ^{99m}Tc 核素的毒性组别，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。

盐城市大丰人民医院新建核医学科项目所用核素均为提前向制药公司订购，制药公司在患者就诊前将药物送到核医学科的分装室内，核医学科指定专人负责药物的接收和登记，并暂存到分装室的通风橱内，当天用完。本项目不涉及药物淋洗或分装（分装室的分装功能设置是为远期 PET/CT 项目预留）。

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。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 9-2 和表 9-3。盐城市大丰人民医院 SPECT/CT 所使用的放射性核素日等效最大操作量核算见表 9-4。

表 9-2 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 9-3 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体，溶液，悬 浮液	表面有污染的固 体	气体，蒸汽，粉末， 压力很高的液体， 固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

表 9-4 SPECT/CT 使用的放射性核素日等效最大操作量核算

核素	物理状态/ 毒性组别	操作方式	日等效最大操作量 (Bq)
^{99m} Tc	液态/低毒	很简单操作	日最大操作量 (1.85×10 ¹⁰) ×0.01 (低毒) /10 (液态/很简单操作) =1.85×10 ⁷

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 9-4 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 1.85×10⁷Bq, 属于“豁免活度值以上~2×10⁷” 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

1、工作原理

SPECT/CT(Single-Photon Emission Computed Tomography-Computed Tomography) 即单光子发射计算机断层扫描。它将发射单光子的核素药物如 ^{99m}Tc 引入生物体, 其经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异, 这些差异通过计算机处理成 ECT 图像, 为肿瘤的诊治提供多方位信息。SPECT 探头的每个灵敏点探测沿一条投影线 (Ray) 进来的 γ 光子, 其测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。在同一条直线上的灵敏点可探测人体一个断层上的放射性药物, 它们的输出称作该断层的一维投影 (Projection)。各条投影线都垂直于探测器并互相平行, 称之为平行束, 探测器的法线与 X 轴的交角 θ 称为观测角 (View)。SPECT 安装了平行孔准直器后, 可以同时获取多个断层的平行束投影, 这就是平片。平片表现不出投影线上各点的前后关系。要想知道生物体在纵深方向上的结构, 就需要从不同角度进行观测。因此 SPECT 通常配有两到三个探头, 以不同角度安装在可旋转的机架上, 运行时通过旋转可以实现不同角度的观测。可以证明, 知道了某个断层在所有观测角的一维投影, 就能计算出该断层的图像。从投影求解断层图像的过程称作重建 (Reconstruction)。这种断层成像术离不开计算机, 所以称作计算机断层成像术 (Computed Tomography, CT)。CT 设备的主要功能是获取投影数据和重建断层图像。

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统相互校准, 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 SPECT/CT 主要使用含放射性同位素 ^{99m}Tc 的药物进行显像。 ^{99m}Tc 为纯 γ 光子发射体，几乎可用于人体各重要脏器的形态和功能显像，是显像检查中最常用的放射性核素。目前全世界应用的显像药物中， ^{99m}Tc 及其标记的化合物占 80% 以上，广泛用于心、脑、肾、骨、肺等多种脏器疾患的显像检查。



图 9-1 常见的 SPECT/CT 外观图

本项目拟新增的 1 台 SPECT/CT 设备主要技术参数见表 9-5。

表 9-5 核医学科 SPECT/CT 设备主要技术参数表

指 标	技术参数
型 号	NM/CT 860
位 置	门急诊医技楼负一层核医学科 SPECT/CT 机房
额定管电压	140kV
额定管电流	200mA
用 途	显像

本项目新建核医学科，新增 1 台 SPECT/CT 配合使用放射性核素药物 ^{99m}Tc 开展核素显像诊断，该项目的实施符合医院发展规划，能够满足日益增长的医疗需求，提

高院方医疗卫生服务水平，为患者提供更多的医疗诊断选择，为院方创造更大的经济效益，具有十分突出的社会效益。

2、工作流程及产污环节

盐城市大丰人民医院新建核医学科项目所使用的 ^{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，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的分装室内，核医学科指定专人负责药物的接收和登记，并暂存到分装室的通风橱内，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，埋针后向东通过单向门禁后到达注射窗口。医护人员在从铅通风橱内取出药物，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放射性同位素药物的时间保守按 2min、注射过程按 1min 估算。

SPECT/CT 配合 ^{99m}Tc 进行显像诊断具体工作流程如下：

- ①接收患者，开具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 检查室，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，从病人专用通道离开。此过程病人带有 γ 射线。

SPECT/CT 显像诊断工作流程及产污环节分析见图 9-2。

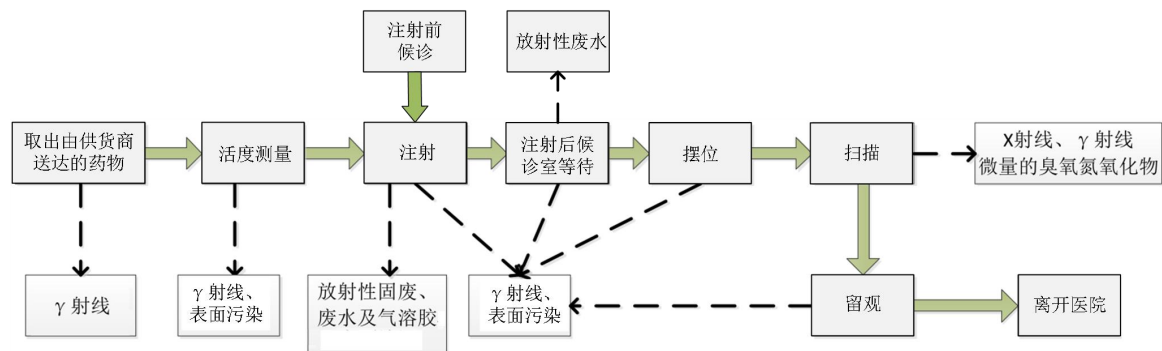


图 9-2 SPECT/CT 显像诊断工作流程及产污环节分析示意图

因此，用 ^{99m}Tc 进行 SPECT/CT 显像诊断主要环境影响为取药、注射对工作人员产生的外照射；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。

3、核医学科人流、物流路径规划

(1) 辐射工作人员路径：

注射工作人员从候诊大厅经缓冲间进入分装室、注射室，完成取药、注射操作后原路返回。

SPECT/CT 操作人员由楼梯间经工作人员通道进入操作室，进行扫描操作，工作完成后原路返回。

(2) 患者路径：

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，到护士站预埋留滞针，之后向西通过单向门禁后到达注射窗口，接受给药后进入注射后候诊室候诊，按叫号顺序前往 SPECT/CT 扫描间内接受检查，检查结束后进入留观室内留观，留观结束从南侧患者通道离开核医学科。出患者通道出口后，可从出口南侧乘电梯到达门急诊医技楼一楼；到达一楼后，从电梯厅向北即可离开门急诊医技楼，门急诊医技楼北侧为院内道路。该路径上，受检者入口和受检者出口处均设置为单向门禁，仅允许受检者单向通行；核医学科东侧与放疗科走廊相通门为预留备用通道，日常为锁闭状态；患者离开核医学科的路径避开了人群稠密区域。

注射后候诊室、留观室均设有独立的卫生间，患者在注射后候诊、检查后留观时，在专用卫生间内如厕，不随意走动。

(3) 放射性药物路径：

^{99m}Tc 放射性药物由供药厂商在患者受检前从核医学科北部楼梯间经缓冲区送至分装室的通风橱内。

(4) 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，分别标记、分开贮存在废物库中的铅桶内，自然衰变 30 天后，经核医学北部楼梯间送出。

本次新增的工作场所布局及病人、医护人员流动路线见图 9-3。

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。

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；注射室与检查室分开，给药后候诊室内设置有患者专用卫生间。公司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）中关于临床核医学工作场所的要求以及《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）要求。

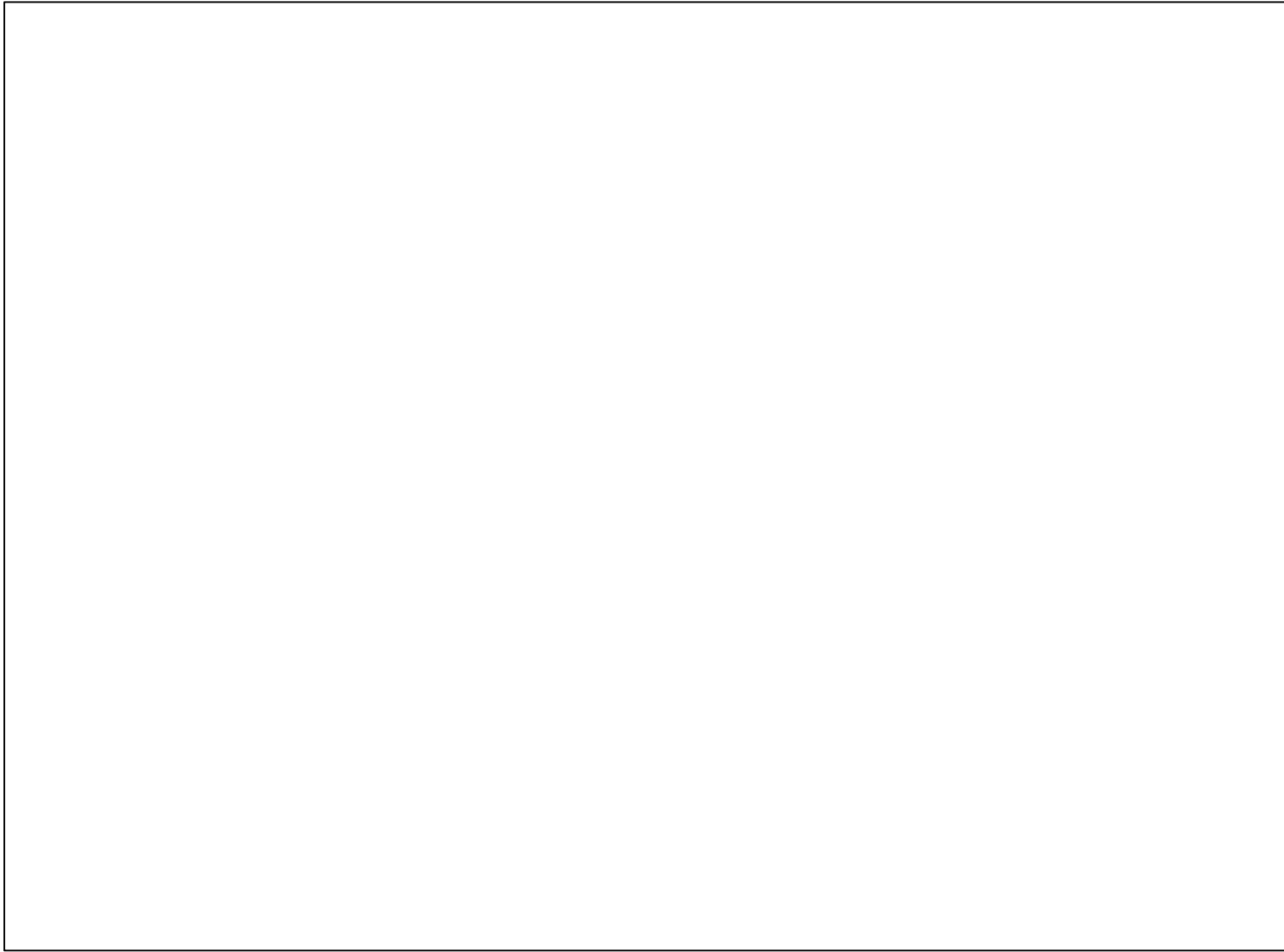


图 9-3 核医学科工作场所布局及病人、医护人员流动路线示意图

污染源项描述

1、电离辐射

SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线，放射性药物在取药、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 SPECT/CT 拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-6。

表 9-6 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 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	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）。

2、放射性废气

本项目使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 暂存在通风橱内，液体药物操作时可能产生少量的放射性气溶胶。

3、放射性废水

体内含有放射性核素的病人排泄物、唾液、呕吐物等；工作场所清洗废水等。

4、固体废物

工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次性卫生用品、垫料、更换后的高效过滤器滤芯及废活性炭等，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。

5、非放射性三废

本项目废气为 X 射线电离空气产生的 O_3 、 NO_x 等废气；本项目废水为工作人员产生少量的生活污水；本项目的固体废物，主要为工作人员产生的生活垃圾以及医疗废物；本项目噪声主要设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、核医学工作场所布局

(一) 工作场所布局合理性

盐城市大丰人民医院新建核医学科项目位于院内门急诊医技楼负一层北部中间位置，项目拟建址东侧为放疗科，南侧为地下停车场，西侧为药库，北侧为土层，拟建址上方为门诊输液室、过道，下方为土层。

本项目核医学科人流及物流具有相对的独立通道，整个诊断工作场所相对独立，与其他科室有明显的界限，项目拟建址位于门急诊医技楼负一层北部中间位置，避开了医院的产科、儿科、食堂等部门，且新增的工作场所出入口避开了人流量较大的门诊大厅、收费处等人群稠密区域，避免了对公众不必要的照射。

本项目辐射工作场所根据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。

(二) 两区划分

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《核医学防护与安全要求》（HJ 1188-2021）要求，将本项目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—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—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的区域。

2、控制区与监督区的划分

(1) 区域划分

医院拟将缓冲区、分装室、注射室、废物间、SPECT/CT 机房、注射后候诊室、留观室、患者过道、衰变池房间等划分为控制区，该区域涉及放射性同位素，是药物

注射、带药病人及含放射性废弃物的主要活动（存在）区域，设置有病人专用通道供带药病人行走，属于 GB 18871-2002 定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；拟将医护人员通道、操作室、更衣室、设备间/休息/值班室等划为监督区，属于 GB 18871-2002 定义的监督区。控制区和监督区内病人及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，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。本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-2 上进行了标识。

两区划分详见表 10-1。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

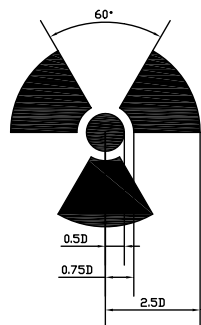
项目	控制区	监督区
核医学科工作场所	缓冲区、分装室、注射室、废物间、SPECT/CT 机房、抢救室、注射后候诊室、留观室、患者过道、衰变池房间	医护人员通道、操作室、更衣室、设备间/休息/值班室

新建核医学科项目相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间单向开展，最大限度的减少了人员的流动性，有助于实施工作程序；医护人员与病患有各自独立的通道；注射室与检查室分开，控制区内设置有注射后病人专用厕所。医院核医学科非密封放射性物质工作场所布局满足《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）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）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 10-1 所示。



a. 电离辐射标志



b. 电离辐射警告标志

图 10-1 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、辐射安全及防护措施

（一）屏蔽防护措施

根据医院提供的建设项目设计资料，该核医学工作场所屏蔽如表 10-2：

表 10-2 新建核医学科项目工作场所屏蔽设计一览表

场所		防护位置	防护参数
新建核医学科项目	废物库、分装室	四周墙壁	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料
		防护门	8mmPb
		顶面	120mm 混凝土+6mmPb
	注射室	四周墙壁	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料

		防护门	8mmPb
		顶面	120mm 混凝土+6mmPb
		注射窗	40mmPb 铅玻璃
	注射后候诊室 1/2/3/4	四周墙壁	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料
		顶面	120mm 混凝土+6mmPb
		防护门	8mmPb
	SPECT/CT 机房	四周墙壁	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料
		防护门	8mmPb
		顶面	120mm 混凝土+6mmPb
		观察窗	8mmPb 铅玻璃
	留观室	四周墙壁	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料
		防护门	8mmPb
		顶面	120mm 混凝土+6mmPb
		铅屏风	8mmPb
	过道	防护门	8mmPb
	衰变间	四周墙壁	300mm 钢筋混凝土
		检修口	3mm 钢板+8mmPb
顶面		300mm 混凝土+120mm 混凝土+6mmPb	
通风橱		20mmPb	
注射防护装置：8mm 铅当量，铅桶：10mm 铅当量。			

注：表中所列屏蔽材料参数为：

- A、铅板，密度 11.3g/cm³；
- B、实心砖，密度 1.65g/cm³；
- C、硫酸钡，密度 4.5g/cm³；
- D、铅玻璃，以铅当量表示（mmPb）。



图 10-2 核医学科工作场所辐射防护分区示意图

（二）辐射安全措施

1、警告标识设施

医院拟在核医学科控制区各房间防护门外设置明显的当心电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在 SPECT/CT 扫描间受检者防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

2、紧急制动装置

在 SPECT/CT 控制台上、诊断床旁安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急制动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按下紧急制动按钮可立即关停 SPECT/CT 设备。

3、操作警示装置

SPECT/CT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

4、铅玻璃观察窗

SPECT/CT 机房与控制室之间设置铅玻璃观察窗，工作人员在控制室可直接观察到机房内受检患者的情况，同时铅玻璃具备良好的辐射屏蔽防护效果。

5、视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控及语音对讲系统，便于观察受检者的情况、核医学科工作场所进出/口情况，便于工作人员通过对讲装置与受检者联系。视频监控同时覆盖放射性废弃物库的出入口、分装室、给药间等涉药关键区域，确保放射性废弃物及放射性药物的安全。

6、门禁系统

在核医学科受检者出入口处设置专用单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。

7、注射后候诊室与留观室拟设置患者专用厕所，废水经专用下水管道流向核医学科衰变池内。

8、对控制区内带药病人的监督管理

医院应做好本项目控制区的监督管理工作，防止无关人员入内；加强对控制区内病人的监督管理，避免其给药后随意走动；同时应告知检查完成后病人离开路线，防止其对公众造成不必要照射。

9、辐射监测

医院为本项目配置 1 台辐射巡测仪、1 台表面污染沾污仪，对工作场所辐射环境

水平进行监测。

10、工作场所分类管理

本项目核医学科工作场所为开放性工作场所，应按《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求进行分类，核医学工作场所分类见表 10-3，核医学常用放射性核素的毒性权重因子见表 10-4，不同操作性质的修正因子见表 10-5。

表 10-3 核医学工作场所分类一览表

分类	日操作最大量放射性核素的加权活度（MBq）
I	>50000
II	50~50000
III	<50

表 10-4 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	毒性权重因子
A	^{75}Se 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo 、 ^{153}Sm	100
B	^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 、 ^{51}Cr 、 ^{67}Ga 、 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ 、 ^{123}In 、 ^{111}In 、 $^{113}\text{In}^{\text{m}}$ 、 ^{201}Tl	1
C	^{14}C 、 ^3H 、 $^{81}\text{Kr}^{\text{m}}$ 、 ^{127}Xe 、 ^{133}Xe	0.01

表 10-5 不同操作性质的修正因子

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

加权活度按下式计算：

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}}$$

本项目核医学科核素使用情况见表 9-1，根据表 10-3 至表 10-5 及上式可算出各核素的加权活度及核医学科各功能房间的分类，详见表 10-6。

表 10-6 本项目核医学科工作场所分类情况

工作场所		核素毒性 权重因子	操作性质 修正因子	日最大操作量 加权活度 (MBq)	场所 类别
核医学科	注射室	1 ($^{99}\text{Tc}^m$)	1	18500	II
	SPECT/CT 机房	1 ($^{99}\text{Tc}^m$)	10	1850	II
	注射后候诊室	1 ($^{99}\text{Tc}^m$)	10	1850	II
	留观室	1 ($^{99}\text{Tc}^m$)	10	1850	II

表 10-7 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。

本项目核医学科工作场所分类由表 10-7 可知，核医学科注射室、SPECT/CT 机房、注射后候诊室、留观室等均属于 II 类核医学工作场所。医院核医学科工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护应根据表 10-7 的要求建造。

(三) 放射性药物的存放安全措施

1、 ^{99m}Tc 放射性药物的存放安全措施

本项目核医学科所使用的放射性药物 ^{99m}Tc ，医院将通过向有相关资质的放射性核素供应单位购买。医院将根据临床诊断所需药物的使用量，提前向放射性核素供应单位订购，供应单位在约定的时间负责将放射性药物运送至核医学科，建设单位应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，将放射性核素暂存至分装室内的通风橱中。使用时，先按照所需药量进行分装，然后进行注射操作。建设单位应

严禁无关人员进入核医学科所在区域，严禁辐射操作人员违规操作放射性核素。医院将在放射性核素交接结束后，开展放射诊断工作。

整个药液瓶被放置在铅罐内，能够满足当天病人的用药需求。建设单位根据所需的使用量，向有相关资质的放射性核素供应单位订购，由核素供应单位负责配送至本项目核医学科，并在放射性核素送达当天全部使用完。该工作场所正常情况下不会有放射性核素存放过夜，特殊情况下，由于病人未来就诊等原因，造成放射性核素未在当天使用完，少量放射性核素需在核医学科存放过夜时，医院拟将未使用的少量放射性核素在通风橱中存放，至第二天由送药单位将其回收。医院的工作场所将设有视频监控系统和门禁系统，可以有效保证放射性核素的安全，防止放射性核素丢失。

2、分装室安全措施

本项目分装室、注射室防护门拟设计为铅防护门，钥匙由专人负责保管；分装室室有门禁系统，门禁卡与防护门钥匙分别由 2 人保管；日常期间由值班人员巡视检查；出入口安装摄像头、红外报警系统。建设单位必须配备专（兼）职人员负责放射性药物的管理并建立健全放射性物质的保管、领用、注销登记和定期检查制度。要求设置专门的台账（如交收账、库存帐、消耗账），加强对放射性药物的管理，严防丢失。放置放射性物质的容器，必须容易开启和关闭，容器外必须有明显的标签（注明核素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起止时间、存放负责人等）。

（四）工作场所的气流组织

射线装置运行过程中，X 射线与空气作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，机房拟设置动力排风装置，并保持良好的通风。暂存药物的通风橱设置了单独的排风系统，核医学科工作场所按照从低活区到高活区的原则设计了排风系统，排风系统具有良好的排风能力，以保持工作场所的负压。

（五）人员防护措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

1、辐射工作人员的防护

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

屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注

射器配备注射防护套和注射器防护提盒。

时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少工作时间，使照射时间最小化。

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

2、其他人员防护

屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。

时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

距离防护：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

（六）操作过程中的防护措施

1、药物取用

根据医生指导意见，需要进行核医学诊断的人员提前进行预约登记，确定用药量，医院根据需求向有资质药物公司购买；药物公司将指定药物分装好，装在送药的铅罐中，在医院规定时间内（早于门诊就诊时间）将药物送至分装室的通风橱中。使用时由医护人员根据病人用药量从通风橱内的铅罐中取出。

医生在进行放射性药品的取用、注射操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅衣，铅帽，戴铅眼镜及铅手套等个人防护用品（均不低于 0.5mm 铅当量）。

本项目取用药物的操作均在通风橱内进行，通风橱内设置有 20mm 铅当量防护层，内设置排风口，能够保持通风橱内空气通畅。取用药物时，打开铅罐将定量的药物移至注射器，将其置于注射器防护提盒内后，经测量核定药物活度后转移到注射室通过注射窗口给病人注射。取药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。通风橱底部设有 10mmPb 废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。

2、药物注射

^{99m}Tc 放射性药物的注射处位于注射室注射窗口，在注射过程中医生均需做好个人防护措施，包括穿戴铅衣、铅帽、铅手套和铅围脖等个人防护用品（均不低于 0.5mmPb 当量），注射器外还配有 8mmPb 当量注射器防护套，注射操作台的观察窗拟采用 20mm

铅当量的铅玻璃防护。注射操作时，医生（采取相应防护措施）与病人及药物分别位于铅玻璃的两侧。

^{99m}Tc 患者注射药物后进入注射后候诊室候诊，等待结束后，患者进入 SPECT/CT 扫描间进行显像诊断。

（七）核医学科对注射后患者防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在等候区域内驻留。同时要求病人注射后在注射后候诊室内休息，扫描后在留观室休息；明确病人行进及离开的路线，遵照医嘱，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入专用厕所，最终排入废水衰变池。

（八）废物间辐射安全及防护措施

本项目废物间拟设置铅防护门，钥匙由专人保管。医院应建立废物台账，及时登记，确保物帐相符；定期进行辐射水平监测。

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，开展放射诊断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。

盐城市大丰人民医院拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪、6 台个人剂量报警仪、1 台表面沾污仪。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。医院拟定期组织放射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

表 10-8 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》 (GBZ 120-2020) 要求	本项目拟采取措施
普通核 医学科	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	6 套铅橡胶围裙、铅橡胶颈 套、铅防护眼镜、放射性污 染防护服；2 套注射器铅防 护套、防护提盒。
		选备	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	
	患者或受检者		/	/

三废治理

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

本项目工作场所排风管道分为2支，其中1支单独连接分装室内设置的通风橱，放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱由专业厂商提供，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；第2支管连接注射后候诊室、注射室、SPECT/CT扫描间及留观室等。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30天后作为医疗废物处置。

盐城市大丰人民医院门急诊医技楼最高处为4层建筑，本项目核医学科产生的废气将通过排风管引至4楼楼顶排放，排风口高于楼顶3m，排口不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标，同时为防止公众进入楼顶，建设单位应将门诊楼楼顶划为管控区域，并进行管理。

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，该衰变池位于核医学科衰变间，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核医学科地面以下，对于少部分外露管道将采用3mm铅皮进行包裹，尽量减小对公众的辐射影响。

来自核医学科注射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8）统一集中到核医学科衰变池中（结构示意图见图10-3），

暂存 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。

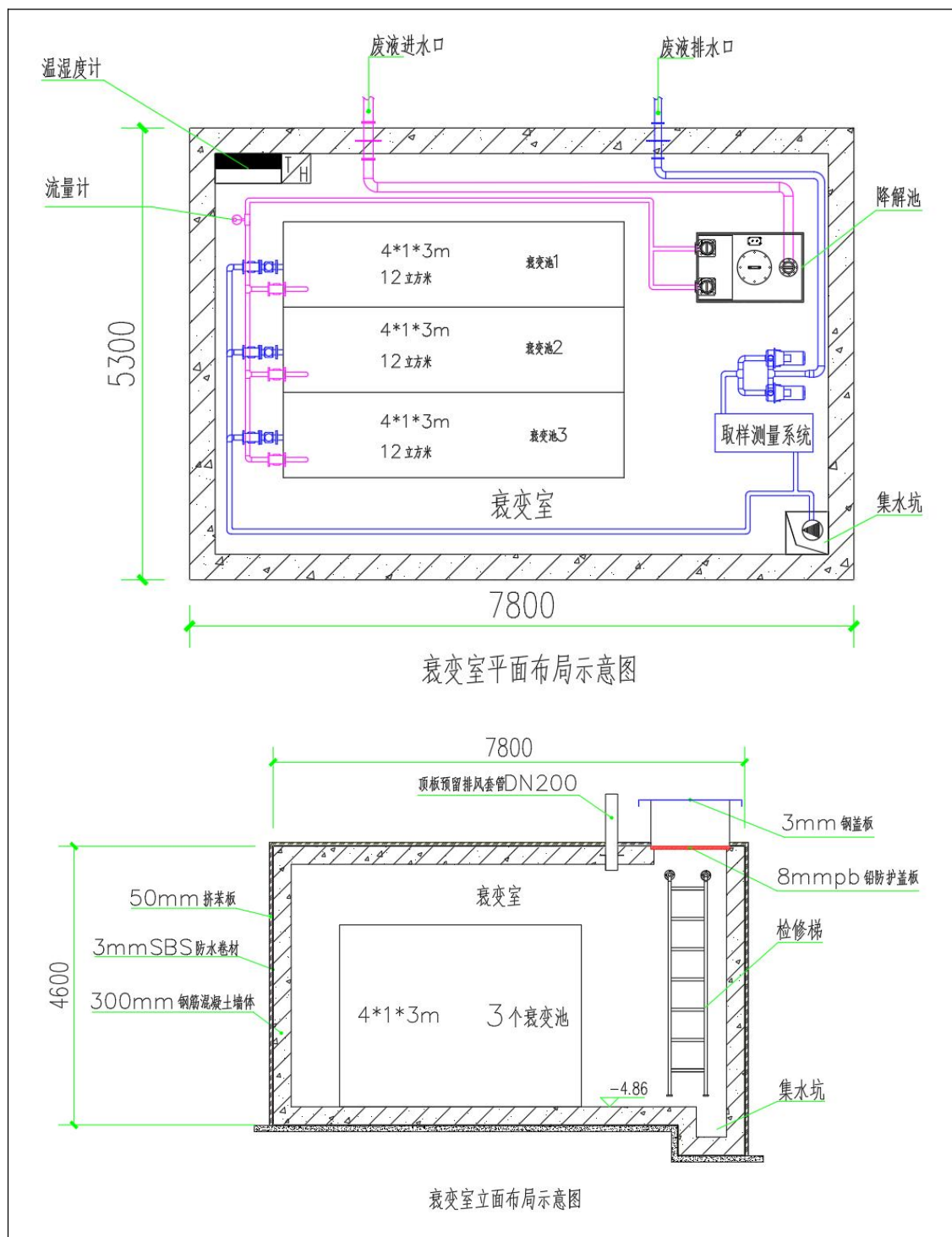


图 10-3 衰变池结构示意图

盐城市大丰人民医院核医学科位于门急诊医技楼负一层，核医学科设有衰变间。衰变间墙体采用 300mm 钢筋混凝土浇筑，墙体及地面采取防水措施；衰变间顶面预留通风管及检修口，检修口采用 8mm 铅板+3mm 钢板防护；衰变间内设集水坑，用

于收集意外泄露的废水。

核医学衰变间内安装一套衰变池系统，衰变池系统由 1 个降解池和 3 个衰变池组成，衰变池采用不锈钢罐体，单个衰变池尺寸为 4m×1m×3m，有效容积约 10m³，衰变池系统有效总容积为 30m³。

核医学科产生的放射性废水先进入降解池进行初级沉淀后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。

放射性废水主要有沾有放射性核素的医疗器械、器皿的洗涤用水以及服用药物病人的排泄物及冲洗水等。本项目核医学科日接诊量最大为 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。本项目废水产生情况见表 10-9：

表 10-9 盐城市大丰人民医院新建核医学科项目废水产生情况一览表

序号	用水类别	单人单次废水量	日诊疗人数	日产生废水量	备注
1	使用 ^{99m} Tc 患者	10L	20 人次	0.2m ³	/
2	场所清洗废水	100L/日		0.1m ³	/
合计				0.3m ³	/

根据医院制定的衰变池排水计划，待第三个衰变池装满时，才排放第一个衰变池的废水。项目日产生放射性废水约 0.3m³，两个衰变池的有效容积为 20m³，即装满两个衰变池需要约 67d，且该场所仅使用放射性核素 ^{99m}Tc (T_{1/2}=6.02h<24h)，则两个衰变池装满时已经经过了 67d，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 24h 的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”的标准要求。

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) 衰变池房间需设立明显的“电离辐射警告标志”，检修口上锁，钥匙交由专人保管，防止无关人员进入；

(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

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次性卫生用品、垫料、更换后的高效过滤器滤芯及废活性炭等。工作场所拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋分类收集，包装袋要标明收贮时间、种类及数量等内容，按序封闭暂存于放射性衰变桶（10mm 铅当量）内，最后转移至废物库内，暂存超过 30 天后作为医疗废物交由有资质单位进行处置（更换后的高效过滤器滤芯及活性炭，在暂存 30 天后，作为医疗废物进行处置）。

医院应做到：

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。

一般废气、废水及固废处理措施

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，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

工作人员产生的生活污水，将进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

工作人员产生的生活垃圾将进行分类收集，统一交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工作场所位于门急诊医技楼负一层核医学科。本次核医学科建设主要工作为墙体隔断与内饰装潢，建设时将产生施工噪声、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，各种施工将产生扬尘，另外机械和运输车辆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：

- 1、及时清扫施工场所，并保持施工场地一定的湿度；
- 2、车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- 3、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

二、噪声：整个建筑施工阶段，如墙体拆除、墙体连接等施工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后，回收用于施工场地洒水降尘。

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、放射性药物及射线装置环境影响

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装置扫描时产生的X射线。

1、 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，所有核素（如 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{18}F 等）工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_P \times r^2}\right) \dots\dots\dots \text{公式 11-1}$$

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（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ ）；

\dot{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：

$$\dot{H}_P = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{\left(-\frac{x}{TVL}\right)} \dots\dots\dots \text{公式 11-2}$$

由《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）查出铅和混凝土对 ^{99m}Tc 什值层见表 11-1。

表 11-1 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	^{99m}Tc
铅什值层厚度 TVL ($\rho=11.3\text{g/cm}^3$)	1mm
实心砖什值层厚度 TVL ($\rho=11.3\text{g/cm}^3$)	160mm
砼什值层厚度 TVL ($\rho=2.35\text{g/cm}^3$)	110mm

根据工程分析可知， ^{99m}Tc 核素诊断项目辐射影响主要包括药物取用（含质控的活度测量过程）、药物注射、病人候诊、病人扫描和留观等过程，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 核医学科工作场所辐射水平估算结果

序号	参考点位置	源强 (MBq)	距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	参考点辐射 水平($\mu\text{Sv/h}$)	控制目标 值($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	取药工作位	9250	0.5	20mmPb+0.5mmPb	3.16E-21	3.55E-18	2.5	铅服为 0.5mmPb, 通风橱为 20mmPb
2	分装室东门外 30cm 处 (废物库侧)	925	4.2	8mmPb	1.00E-08	1.59E-08	2.5	从通风橱中每次只取出一个患者的药量
3	分装室东门外 30cm 处 (缓冲区侧)	925	4.2	8mmPb	1.00E-08	1.59E-08	2.5	
4	分装室南墙外 30cm 处 (患者通道)	925	2.7	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	1.22E-06	2.5	
5	分装室西门外 30cm 处 (注射室)	925	4.2	8mmPb	1.00E-08	1.59E-08	2.5	
6	注射位 (工作人员)	925	0.5	8.5mmPb	3.16E-09	3.55E-07	/	
7	注射位 (患者)	925	0.5	48mmPb	1.00E-48	1.12E-46	/	注射器铅套 8mmPb, 注射窗 40mmPb
8	相邻注射位 (工作人员)	925	2.0	240mm 实心砖 +13.5mmPb	1.00E-15	7.01E-15	/	铅服为 0.5mmPb, 注射器铅套 8mmPb, 注射室墙壁 240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料
9	分装室楼上地面 30cm 处 (值班室)	925	4.2	120mm 混凝土+6mmPb	8.11E-08	1.29E-07	2.5	从通风橱中每次只取出一个患者的药量
10	注射后候诊室 1 东墙外 30cm 处 (候诊大厅)	925	3.0	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	9.85E-07	2.5	假设有一名带药病人位于房间中央
11	注射后候诊室 1 南墙外 30cm 处 (注射后候诊室 2)	925	2.6	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	1.31E-06	2.5	

12	注射后候诊室 1 门外 30cm 处 (患者过道)	925	3.4	8mmPb	1.00E-08	2.42E-08	2.5	
13	注射后候诊室 1 西墙外 30cm 处 (患者过道)	925	3.0	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	9.85E-07	2.5	
14	注射后候诊室 1 北墙外 30cm 处 (患者过道)	925	2.7	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	1.22E-06	2.5	
15	注射后候诊室 1 楼上 30cm 处 (处置室)	925	4.2	120mm 混凝土+6mmPb	8.11E-08	1.29E-07	2.5	
16	注射后候诊室 2 东墙外 30cm 处 (护士站)	925	3.3	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	8.14E-07	2.5	
17	注射后候诊室 2 东墙外 30cm 处 (办公室/示教室)	925	3.0	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	9.85E-07	2.5	
18	注射后候诊室 2 南墙外 30cm 处 (注射后候诊室 3)	925	2.7	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	1.22E-06	2.5	
19	注射后候诊室 2 门外 30cm 处 (患者过道)	925	3.4	8mmPb	1.00E-08	2.42E-08	2.5	
20	注射后候诊室 2 西墙外 30cm 处 (患者过道)	925	3.0	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	9.85E-07	2.5	
21	注射后候诊室 2 北墙外 30cm 处 (注射后候诊室 1)	925	2.7	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	1.22E-06	2.5	
22	注射后候诊室 2 楼上 30cm 处 (护士站)	925	4.2	120mm 混凝土+6mmPb	8.11E-08	1.29E-07	2.5	
23	注射后候诊室 3 东墙外 30cm (办公室/示教室)	925	4.0	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	5.54E-07	2.5	假设有一名带药病人 位于房间中央
24	注射后候诊室 3 东南墙外 30cm (患者过道)	925	2.0	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	2.22E-06	2.5	
25	注射后候诊室 3 南墙外 30cm	925	2.0	240mm 实心砖+5mmPb	3.16E-07	2.22E-06	2.5	

	(注射后候诊室4)			防辐射涂料				
26	注射后候诊室3门外30cm (患者过道)	925	2.3	8mmPb	1.00E-08	5.30E-08	2.5	
27	注射后候诊室3西墙外30cm (患者过道)	925	1.9	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	2.46E-06	2.5	
28	注射后候诊室3北墙外30cm (注射后候诊室2)	925	2.1	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	2.01E-06	2.5	
29	注射后候诊室3楼上(护士站)	925	4.9	120mm 混凝土+6mmPb	8.11E-08	9.47E-08	2.5	
30	注射后候诊室4东墙外30cm处 (患者过道)	925	1.9	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	2.46E-06	2.5	假设有一名带药病人 位于房间中央
31	注射后候诊室4南墙外30cm处 (患者过道)	925	3.0	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	9.85E-07	2.5	
32	注射后候诊室4门外30cm处 (患者过道)	925	1.9	8mmPb	1.00E-08	7.76E-08	2.5	
33	注射后候诊室4西墙外30cm处 (患者过道)	925	1.9	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	2.46E-06	2.5	
34	注射后候诊室4楼上30cm处 (空调机房)	925	4.2	120mm 混凝土+6mmPb	8.11E-08	1.29E-07	2.5	
35	SPECT/CT室东墙外30cm处 (患者过道)	925	4.4	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	4.58E-07	2.5	假设有一名带药病人 位于房间中央
36	SPECT/CT室防护大门外30cm处 (患者过道)	925	4.7	8mmPb	1.00E-08	1.27E-08	2.5	
37	SPECT/CT室南墙外30cm处 (预留PET/CT室)	925	3.6	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	6.84E-07	2.5	
38	SPECT/CT室防护小门外30cm处 (操作室)	925	5.0	8mmPb	1.00E-08	1.12E-08	2.5	

39	SPECT/CT 室观察窗外 30cm 处 (操作位)	925	4.5	8mmPb 铅玻璃	1.00E-08	1.38E-08	2.5	
40	SPECT/CT 室西墙外 30cm 处 (操作室)	925	4.5	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	4.38E-07	2.5	
41	SPECT/CT 室北墙外 30cm 处 (工作人员通道)	925	3.9	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	5.83E-07	2.5	
42	SPECT/CT 室楼上 30cm 处 (门急诊输液大厅)	925	4.2	120mm 混凝土+6mmPb	8.11E-08	1.29E-07	2.5	
43	留观室东门外 30cm 处 (患者通道)	925	4.3	8mmPb	1.00E-08	1.52E-08	2.5	
44	留观室东墙外 30cm 处 (患者通道)	925	4.3	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	4.79E-07	2.5	
45	留观室南门外 30cm 处 (患者通道)	925	4.2	8mmPb	1.00E-08	1.59E-08	2.5	
46	留观室南墙外 30cm 处 (患者通道)	925	2.6	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	1.31E-06	2.5	假设有一名带药病人 位于房间中央
47	留观室西墙外 30cm 处 (患者通道)	925	4.5	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	4.38E-07	2.5	
48	留观室北墙外 30cm 处 (预留 PET/CT 室)	925	2.7	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	3.16E-07	1.22E-06	2.5	
49	留观室楼上 30cm 处 (注射室)	925	4.9	120mm 混凝土+6mmPb	8.11E-08	1.29E-07	2.5	
50	摆位/取消摆位	925	0.5	5.5mmPb	3.16E-06	3.55E-04	/	

注: 1.透射比是根据核素对不同材料的什值层厚度计算得出;

2.估算留观室、患者出口走廊和患者出口防护门外辐射水平时, 保守计算所取源强没有考虑核素的衰变;

3.当日门诊量超过 10 人次时, 将分上午、下午两次购药, 通风橱内药物总量始终不会超过 250mCi。

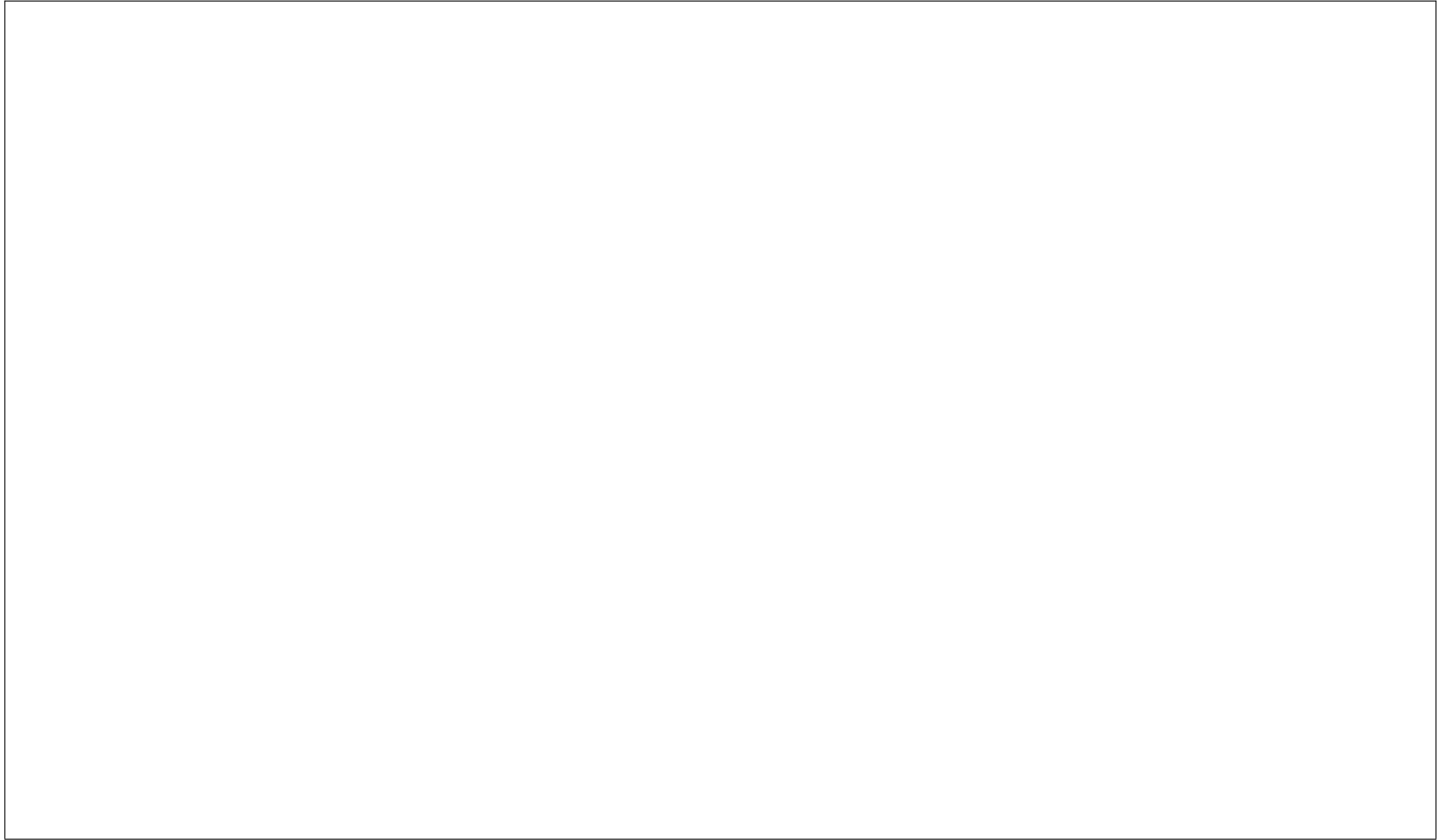


图 11-1 新建核医学科项目工作场所辐射水平预测计算参考点位示意图

^{99m}Tc 药物在操作过程中及病人在显像过程中对注射室及 SPECT/CT 机房外的环境影响较小，注射室、SPECT/CT 机房及注射后候诊室的防护设计均能够满足 ^{99m}Tc 核素对控制区外 γ 辐射剂量率的要求，项目对核医学科周围环境辐射影响较小。医院须采取分批预约、分批注射、分批候诊的方式，严格按照要求控制候诊室内病人的数量，降低对病人及外环境的辐射影响。

2、保护目标的有效剂量估算

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

表 11-3 核医学科工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算结果一览表

序号	参考点位置	参考点辐射水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	参考点处受放射性核素影响的时间*	居留因子	人员有效剂量 (mSv/a)	关注对象	剂量约束值 (mSv/a)	结果评价
1	取药工作位	3.55E-18	取药 2min×20 次×250 天	1	5.91E-19	工作人员	5	满足要求
2	分装室东门外 30cm 处 (废物库侧)	1.59E-08		1/16	1.66E-10	工作人员	5	满足要求
3	分装室东门外 30cm 处 (缓冲区侧)	1.59E-08		1/16	1.66E-10	工作人员	5	满足要求
4	分装室南墙外 30cm 处 (患者通道)	1.22E-06		1/16	1.27E-08	公众 (患者)	0.1	满足要求
5	分装室西门外 30cm 处 (注射室)	1.59E-08		1	2.65E-09	工作人员	5	满足要求
6	注射位 (工作人员)	3.55E-07	注射 1min×20 次×250 天	1	2.95E-08	工作人员	5	满足要求
7	注射位 (患者)	1.12E-46		1	9.34E-48	公众 (患者)	0.1	满足要求
8	相邻注射位 (工作人员)	7.01E-15		1	5.84E-16	工作人员	5	满足要求
9	分装室楼上地面 30cm 处 (值班室)	1.29E-07	取药 2min×20 次×250 天	1/4	5.37E-09	公众	0.1	满足要求
10	注射后候诊室 1 东墙外 30cm 处 (候诊大厅)	9.85E-07	候诊 30min×20 次×250 天	1/8	3.08E-07	公众	0.1	满足要求
11	注射后候诊室 1 南墙外 30cm 处 (注射后候诊室 2)	1.31E-06		1/4	8.19E-07	公众 (患者)	0.1	满足要求
12	注射后候诊室 1 门外 30cm 处 (患者过道)	2.42E-08		1/16	3.79E-09	公众 (患者)	0.1	满足要求

13	注射后候诊室1西墙外30cm处(患者过道)	9.85E-07	候诊 30min×20次×250天	1/16	1.54E-07	公众(患者)	0.1	满足要求
14	注射后候诊室1北墙外30cm处(患者过道)	1.22E-06		1/16	1.90E-07	公众(患者)	0.1	满足要求
15	注射后候诊室1楼上30cm处(处置室)	1.29E-07		1/4	8.05E-08	公众	0.1	满足要求
16	注射后候诊室2东墙外30cm处(护士站)	8.14E-07		1/4	5.09E-07	公众	0.1	满足要求
17	注射后候诊室2东墙外30cm处(办公室/示教室)	9.85E-07		1/4	6.15E-07	公众	0.1	满足要求
18	注射后候诊室2南墙外30cm处(注射后候诊室3)	1.22E-06		1/4	7.60E-07	公众(患者)	0.1	满足要求
19	注射后候诊室2门外30cm处(患者过道)	2.42E-08		1/16	3.79E-09	公众(患者)	0.1	满足要求
20	注射后候诊室2西墙外30cm处(患者过道)	9.85E-07		1/16	1.54E-07	公众(患者)	0.1	满足要求
21	注射后候诊室2北墙外30cm处(注射后候诊室1)	1.22E-06		1/4	7.60E-07	公众(患者)	0.1	满足要求
22	注射后候诊室2楼上30cm处(护士站)	1.29E-07		1/4	8.05E-08	公众	0.1	满足要求
23	注射后候诊室3东墙外30cm处(办公室/示教室)	5.54E-07		1/4	3.46E-07	公众	0.1	满足要求
24	注射后候诊室3东南墙外30cm(患者过道)	2.22E-06		1/16	3.46E-07	公众(患者)	0.1	满足要求
25	注射后候诊室3南墙外30cm(注射后候诊室4)	2.22E-06		1/4	1.38E-06	公众(患者)	0.1	满足要求
26	注射后候诊室3门外30cm	5.30E-08		1/16	8.28E-09	公众	0.1	满足要求

	(患者过道)					(患者)			
27	注射后候诊室3西墙外30cm (患者过道)	2.46E-06	候诊 30min×20次×250天	1/16	3.84E-07	公众 (患者)	0.1	满足要求	
28	注射后候诊室3北墙外30cm (注射后候诊室2)	2.01E-06		1/4	1.26E-06	公众 (患者)	0.1	满足要求	
29	注射后候诊室3楼上30cm处 (护士站)	1.29E-07		1/4	8.05E-08	公众	0.1	满足要求	
30	注射后候诊室4东墙外30cm 处(患者过道)	2.46E-06		1/16	3.84E-07	公众 (患者)	0.1	满足要求	
31	注射后候诊室4南墙外30cm 处(患者过道)	9.85E-07		1/16	1.54E-07	公众 (患者)	0.1	满足要求	
32	注射后候诊室4门外30cm处 (患者过道)	7.76E-08		1/16	1.21E-08	公众 (患者)	0.1	满足要求	
33	注射后候诊室4西墙外30cm 处(患者过道)	2.46E-06		1/16	3.84E-07	公众 (患者)	0.1	满足要求	
34	注射后候诊室4楼上30cm处 (空调机房)	1.29E-07		1/4	8.05E-08	公众	0.1	满足要求	
35	SPECT/CT室东墙外30cm处 (患者过道)	4.58E-07		检查 20min×20次×250天	1/16	4.77E-08	公众 (患者)	0.1	满足要求
36	SPECT/CT室防护大门外 30cm处(患者过道)	1.27E-08			1/16	1.32E-09	公众 (患者)	0.1	满足要求
37	SPECT/CT室南墙外30cm处 (预留PET/CT室)	6.84E-07	1/16		7.12E-08	公众	0.1	满足要求	
38	SPECT/CT室防护小门外 30cm处(操作室)	1.12E-08	1		1.87E-08	工作人员	5	满足要求	
39	SPECT/CT室观察窗外30cm 处(操作位)	1.38E-08	1		2.31E-08	工作人员	5	满足要求	

40	SPECT/CT 室西墙外 30cm 处 (操作室)	4.38E-07		1	7.29E-07	工作人员	5	满足要求
41	SPECT/CT 室北墙外 30cm 处 (工作人员通道)	5.83E-07	检查 20min×20 次×250 天	1/16	6.07E-08	工作人员	5	满足要求
42	SPECT/CT 室楼上 30cm 处 (门急诊输液大厅)	1.29E-07		1/4	5.37E-08	公众	0.1	满足要求
43	留观室东门外 30cm 处 (患者通道)	1.52E-08	留观 20min×20 次×250 天	1/16	1.58E-09	公众 (患者)	0.1	满足要求
44	留观室东墙外 30cm 处 (患者通道)	4.79E-07		1/16	4.99E-08	公众 (患者)	0.1	满足要求
45	留观室南门外 30cm 处 (患者通道)	1.59E-08		1/16	1.66E-09	公众 (患者)	0.1	满足要求
46	留观室南墙外 30cm 处 (患者通道)	1.31E-06		1/16	1.37E-07	公众 (患者)	0.1	满足要求
47	留观室西墙外 30cm 处 (患者通道)	4.38E-07		1/16	4.56E-08	公众 (患者)	0.1	满足要求
48	留观室北墙外 30cm 处 (预留 PET/CT 室)	1.22E-06		1/16	1.27E-07	公众	0.1	满足要求
49	留观室楼上 30cm 处 (注射室)	1.29E-07		1/4	5.37E-08	公众	0.1	满足要求
50	摆位/取消摆位	3.55E-04	2min×20 次×250 天	1	5.91E-05	工作人员	5	满足要求

*保守按最大每天就诊人数 20 人进行估算。

核医学诊断项目过程中，工作人员主要受照射环节为取药、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，摆位、取消摆位各约 1 分钟，候诊过程约 30 分钟，扫描过程约 20 分钟，扫描后留观约 20 分钟。预测本项目运行后，核医学诊断项目日接诊量最大为 20 人次。根据表 11-4 估算结果，取药、注射过程中人员受到的年有效剂量不超过 0.01mSv，摆位过程中受到的年有效剂量不超过 0.01mSv，扫描过程中受到的年有效剂量不超过 0.01mSv。医院拟为核医学诊断项目安排 2 名护士（负责取药及注射，轮岗）、4 名医师或技师（负责操作 SPECT/CT、摆位及质控，轮岗）。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，本项目辐射工作人员个人剂量能够满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv 的限值要求。

根据表 11-4 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）年有效剂量最大不超过 0.1mSv，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目标管理值要求（公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

3、射线装置环境影响分析

盐城市大丰人民医院 SPECT/CT 室四周墙体采用 240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料，顶面采用 120mm 混凝土+6mmPb，防护大门、人员防护门采用 8mmPb，观察窗采用 8mmPb 铅玻璃进行防护。

本项目按额定管电压 140kV 的条件核算 SPECT/CT 机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b) 给出的计算公式进行计算：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad \text{公式 11-3}$$

式中：X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α 、 β 、 γ —相应屏蔽物质（本项目为实心砖+硫酸钡）对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；给定铅厚度的屏蔽透射因子 B 值对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 a) 相应要求采用给出的计算公式进行计算：

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

式中： B —给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α 、 β 、 γ —铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X —铅厚度。

盐城市大丰人民医院 SPECT/CT 室辐射防护设计见表 11-4。

表 11-4 盐城市大丰人民医院 SPECT/CT 室辐射防护设计一览表

参数	设计厚度	铅当量	屏蔽要求	评价	
四面墙体	240mm 实心砖+5mmPb 防辐射涂料	6.8mm	CT 机房屏蔽防护铅当量厚度要求：2.5mm 铅当量。	满足	
顶部	120mm 混凝土+6mmPb	7.2mm		满足	
防护门	控制室	8mm 铅板		8mm	满足
	防护大门	8mm 铅板		8mm	满足
观察窗	8mm 铅当量铅玻璃	8mm		8mm	满足
机房面积	7.8×6.3=49.1m ² ，最小单边长度为 6.3m。		CT 机房内最小有效使用面积为 30m ² ，机房内最小单边长度为 4.5m。	满足	

由上表可知，盐城市大丰人民医院核医学科 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。

根据建设单位提供资料，本项目所用 NM/CT 860 型 SPECT/CT 设备在常用出束状态（工况：140kV/100mAs）下机房内的辐射剂量率水平分布如图 11-2 所示：

图 11-2 SPECT/CT 出束状态水平剂量率分布图（单位：μGy/h）

本项目所用 NM/CT 860 型 SPECT/CT 设备在常用出束状态（工况：140kV/100mAs）

下机房内的辐射剂量率垂直分布如图 11-3 所示：

图 11-3 SPECT/CT 出束状态垂直剂量率分布图（单位：μGy/h）

按照公式 11-4 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取距 X 射线源（即焦点）1m 处最大剂量率考虑距离衰减后再按照公式 11-5 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（μSv/h）。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_{\text{图}} R_{\text{图}}^2 \cdot I}{R^2} \cdot B \cdot K \quad \text{公式 11-5}$$

式中： $\dot{H}_{\text{图}}$ —依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取距 X 射线源（即焦点）1m 处最大剂量率，μGy/h；

$R_{\text{图}}$ —依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取的点距焦点的距离，m；

R —辐射源点至关注点的距离，m，本项目参考点均为相应墙外 30cm；

I —管电流，mA，本项目最大管电压下常用管电流为 100mA；

B —给定铅厚度的屏蔽透射因子；

K —有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，对于本项目 SPECT/CT 运行时常用最大管电压 140kV， K 值以插值法取 1.64。

表 11-5 SPECT/CT 机房设备出束状态下参考点处及叠加 ^{99m}Tc 放射性药物的辐射剂量率核算值

点位	参考点位置	参考点距离 (m)	防护铅当量	透射比	厂家提供设备焦点 1m 处辐射剂量 $\dot{H}_{\text{图}}$ ($\mu\text{Gy/h}$)	厂家剂量选取点距焦点距离 $R_{\text{图}}$ (m)	剂量率估算值 H ($\mu\text{Sv/h}$)	^{99m}Tc 致参考点辐射水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	^{99m}Tc 致参考点辐射水平与 CT 叠加致参考点辐射水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	控制目标值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足
35	SPECT/CT 室东墙外 30cm 处 (患者过道)	4.4	6.8mmPb	4.85E-08	2.51	1	1.03E-06	4.58E-07	1.49E-06	2.5	满足
36	SPECT/CT 室防护大门外 30cm 处 (患者过道)	4.7	8mmPb	4.31E-09	2.51	1	8.03E-08	1.27E-08	9.30E-08	2.5	满足
37	SPECT/CT 室南墙外 30cm 处 (预留 PET/CT 室)	3.6	6.8mmPb	4.85E-08	1.32	1	8.10E-07	6.84E-07	1.49E-06	2.5	满足
38	SPECT/CT 室防护小门外 30cm 处 (操作室)	5.0	8mmPb	4.31E-09	0.42	1	1.19E-08	1.12E-08	2.31E-08	2.5	满足
39	SPECT/CT 室观察窗外 30cm 处 (操作位)	4.5	8mmPb	4.31E-09	0.42	1	1.47E-08	1.38E-08	2.85E-08	2.5	满足
40	SPECT/CT 室西墙外 30cm 处 (操作室)	4.5	6.8mmPb	4.85E-08	0.42	1	1.65E-07	4.38E-07	6.03E-07	2.5	满足

41	SPECT/CT 室 北墙外 30cm 处 (工作人员 通道)	3.9	6.8mmPb	4.85E-08	1.32	1	6.90E-07	5.83E-07	1.27E-06	2.5	满足
42	SPECT/CT 室 楼上	4.9	7.2mmPb	2.16E-08	1.32	1	1.95E-07	1.29E-07	3.24E-07	2.5	满足

表 11-6 SPECT/CT 机房 CT 出束叠加 ^{99m}Tc 放射性核素药物致公众及辐射工作人员年有效剂量估算

点位	参考点位置	CT 致参考点辐 射水平(μ Sv/h)	参考点处受 CT 影响的时间	居留 因子	CT 致参考点人员 有效剂量 (mSv/a)	^{99m} Tc 致参考点人员 有效剂量 (mSv/a)	叠加有效剂量 (mSv/a)	关注对象	位置
35	SPECT/CT 室东墙 外 30cm 处	1.03E-06	检查 20s×20 次 ×250 天	1/16	1.79E-09	4.77E-08	4.95E-08	公众 (患者)	患者过道
36	SPECT/CT 室防护 大门外 30cm 处	8.03E-08	检查 20s×20 次 ×250 天	1/16	1.39E-10	1.32E-09	1.46E-09	公众 (患者)	患者过道
37	SPECT/CT 室南墙 外 30cm 处	8.10E-07	检查 20s×20 次 ×250 天	1/16	1.41E-09	7.12E-08	7.26E-08	公众	预留 PET/CT 室
38	SPECT/CT 室防护 小门外 30cm 处	1.19E-08	检查 20s×20 次 ×250 天	1	3.30E-10	1.87E-08	1.90E-08	工作人员	操作室
39	SPECT/CT 室观察 窗外 30cm 处	1.47E-08	检查 20s×20 次 ×250 天	1	4.07E-10	2.31E-08	2.35E-08	工作人员	操作位
40	SPECT/CT 室西墙 外 30cm 处	1.65E-07	检查 20s×20 次 ×250 天	1	4.58E-09	7.29E-07	7.34E-07	工作人员	操作室
41	SPECT/CT 室北墙 外 30cm 处	6.90E-07	检查 20s×20 次 ×250 天	1/16	1.20E-09	6.07E-08	6.19E-08	工作人员	工作人员 通道
42	SPECT/CT 室 楼上	1.95E-07	检查 20s×20 次 ×250 天	1/4	1.35E-09	5.37E-08	5.51E-08	公众	输液室

表 11-5 计算结果表明，SPECT/CT 以 CT 模式在常用最大运行工况（140kV/100mAs）下，叠加 ^{99m}Tc 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均小于 $0.01\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中的要求。

本项目 SPECT/CT 以 CT 模式运行的时间较短，平均每名患者约 20s，由表 11-6 计算可知，本项目 SPECT/CT 在 CT 模式下，周围人员的年受照剂量最大不超过 0.001mSv ，叠加放射性药物对周围人员的辐射影响，本项目辐射工作人员与周围公众年有效剂量最大仍不会超过 0.001mSv ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）对职业人员、公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求（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 ）。

二、放射性“三废”影响分析

1、含放射性核素气溶胶

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。本项目核医学科分装室内设有 2 个防护铅当量为 20mmPb 的专用通风橱，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（通风速率不少于 0.5m/s ，排放口高出门诊医技楼屋顶 3 米），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。同时医院拟在停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），并贮存在废物库中 30 天后作为医疗废物处置。整个核医学科工作场所均拟设置排风系统及新风系统，保证工作场所内空气循环。

2、放射性废水

来自核医学科注射后候诊室、留观室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核医学科衰变池中，暂存超过 30 天后流入医院污水处理系统作为医疗废水处理。

根据医院制定的衰变池排水计划，待第三个衰变池装满时，才排放第一个衰变池的废水。项目日产生放射性废水约 0.3m^3 ，两个衰变池的有效容积为 20m^3 ，即装满两个池子需要约 67d，且该场所仅使用放射性核素 ^{99m}Tc ($T_{1/2}=6.02\text{h}<24\text{h}$)，则两个池

子装满时已经经过了 67d，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 24h 的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”的标准要求。

放射性废水通过专用下水管道集中到衰变池中，下水管道大部分均埋在核医学地面以下，上覆混凝土和瓷砖等，衰变室内少部分外露管道采用 3mm 铅皮包裹进行辐射防护，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：

$$\dot{K} = \frac{2A\Gamma_K}{Lr} \text{tg}^{-1} \frac{L}{2r} \quad \text{公式 11-6}$$

式中： \dot{K} —比释动能率， $\text{Sv}\cdot\text{s}^{-1}$ ；

A —总活度， Bq ；

Γ_K —距源 1m 处的周围剂量当量率常数， $\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ；

L —线源长度， m ；

r —线源到考察点的距离， m 。

核医学放射性废水管道外剂量估算结果见表 11-7。

表 11-7 核医学科放射性废水管道外剂量估算结果

参数	取值
单次排放 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素活度 ^①	7.5mCi
	$2.78 \times 10^8 \text{Bq}$
周围剂量当量率常数 ($\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{Bq}\cdot\text{h}$)	0.0303×10^{-12}
线源到参考点的距离 r (m) ^②	1
L : 线源长度 (m)	0.5
屏蔽材料及厚度 (mm)	3mm 铅+300mm 混凝土 (衰变间墙壁)
透射比	1.87×10^{-6}
参考点处辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	<0.01
周围公众受照时间 (s)	1s/次 × (20 次/天+20 次/天) × 250 天
周围公众受照剂量 (mSv/a)	<0.01

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 $25\text{mCi}\times 30\%=7.5\text{mCi/次}$ 。

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。

由表 11-7 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。

本项目计算衰变池对外环境的辐射影响时，参照公式 11-2，将衰变池内放射性废水按照点源进行计算，其参考点处辐射水平计算结果见表 11-8。

表 11-8 核医学科衰变池辐射水平估算结果

参考点位置	源强*	与源的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	参考点辐射水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	控制目标值 ($\mu\text{Sv/h}$)
衰变间东墙外 30cm	150mCi	4.7	300 混凝土	1.87E-03	1.43E-02	2.5
衰变间南墙外 30cm	150mCi	2.7	300 混凝土	1.87E-03	4.32E-02	2.5
衰变间西墙外 30cm	150mCi	3.1	300 混凝土	1.87E-03	3.28E-02	2.5
衰变间北墙外 30cm	150mCi	2.6	300 混凝土	1.87E-03	4.66E-02	2.5
衰变间检修口	150mCi	5.5	8mmPb+3mm 钢板	1.00E-08	5.56E-08	2.5
衰变间楼上	150mCi	3.6	420mm 混凝土 +6mmPb	1.52E-10	1.97E-09	2.5

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 $25\text{mCi}\times 30\%=7.5\text{mCi/次}$ ，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 11-8 可知，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。

3、放射性固体废物

^{99m}Tc 放射性核素操作过程中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。核医学科注射室、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。

核医学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 0.40kg/d，保守估算月产生量不会超过 1m³。本项目放射性废物库内拟设置 5 个 200L 的铅废物桶，满足本项目放射性固废暂存需求。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和通风橱通风管道内更换下来的废活性炭集中到废物库中的铅桶（防护厚度不低 10mmPb，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h）中暂存。废活性炭每年更换一次，每次更换下来的废活性炭保守估计约 0.01m³，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，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

本项目废物库面积约为 10m²，总容积约为 35m³，能够满足放射性固体废物暂存 30 天的要求。

事故状态下影响分析

1、主要事故风险分析

本项目主要事故风险有：

（1）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。

（2）SPECT/CT 机房门机联锁失效，防护门打开时设备仍能曝光，导致开机时防护门外工作人员或公众受到误照射。

（3）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。

（4）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。

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

（6）放射性废水专用管道长期使用老化破裂，或衰变池渗漏，造成核医学科地下土壤或地面受到放射性污染。

（7）含放射性核素药物的容器破裂导致药物泄露，对工作场所造成污染。

2、辐射事故处置方法及预防措施

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

（1）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。

(2) 迅速安排受照人员接受医学检查和救治。

(3) 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；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。

(4) 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。

(5) 药物注射前，告之患者注意事项，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。

(6) 医院应加强辐射安全管理，在项目运行前应制定相关操作规程和辐射安全管理制度，并在实际工作中不断对其完善；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，减少药物泼洒等事故的发生。公司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。

(7) 制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性核素的安全。

(8) 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。公司应根据《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，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

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。

盐城市大丰人民医院已成立辐射防护管理领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作。医院拟为本项目配备 6 名辐射工作人员（包括 2 名护士和 4 名医师或技师）。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名，参加“核医学”类辐射安全与防护相关知识的学习并考核，考核合格后方可上岗。

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，使用放射源和射线装置的单位要“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”。盐城市大丰人民医院已建立辐射安全管理规章制度，医院应根据本次新建核医学科项目的特点及以下内容进一步完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，将本项目纳入全院的辐射安全管理当中，加强辐射安全管理。

1) 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：

①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；

②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；

③从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

④在非密封开放性工作场所严禁吸烟、进食；

⑤放射性“三废”的处理需严格按照操作规程执行。

2) 岗位职责：明确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。

3) 辐射防护和安全保卫制度：根据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：

①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，确保辐射安全连锁装置、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；

②工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护；

③放射性药物注射后患者应严格限制在控制区内。

4) 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（急停按钮、闭门装置、警示标志、工作状态指示灯等）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

5) 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。

6) 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。辐射工作人员应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。

7) 监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报环境保护行政主管部门。为了确保非密封放射性物质工作场所的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点

是：

①配备 1 台环境辐射巡测仪，用于辐射工作场所定期自行检测；

②为新建核医学科项目工作场所配备 1 台表面沾污仪；

③放射工作人员进行个人剂量监测并建立个人剂量档案。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、卫生健康行政部门调查处理；

④对发生放射性药物泼洒的事故处理进行全程监测；

⑤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。

8) 放射性废弃物管理制度：建立健全放射性废弃物管理规章制度，建立放射性固体废物监测、出入库台账记录，放射性废水监测、排放记录，并指定专人负责。

辐射监测

根据辐射管理要求，盐城市大丰人民医院拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪、1 台表面沾污仪及 6 台个人剂量报警仪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：

1) 委托有资质的单位定期对项目及周围环境 X- γ 辐射剂量率进行监测，周期：1~2 次/年；

2) 辐射工作人员开展个人剂量监测，建立个人剂量档案；

3) 定期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。

医院须根据上述监测计划，明确本次新增核医学项目的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。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，使用放射源和射线装置的单位，应当对本单位的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 日前将上一年度的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。

盐城市大丰人民医院目前已对现有的辐射工作人员进行职业健康体检、个人剂量监测并建立职业健康档案和个人剂量监测档案，已委托有资质监测单位对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度检测，并在每年 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。

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：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急的具体人员和联系电话；
- 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辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- ⑤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，立即启动事故应急预案，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，造成或者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。

盐城市大丰人民医院已制定了辐射事故应急预案，并定期组织辐射事故应急演练。截止本次环评，医院未发生过辐射事故，未执行过辐射事故应急预案（演练除外）。医院应根据本次新增核医学项目的特点，进一步完善辐射事故应急预案，将核医学科可能发生的辐射事故纳入全院的辐射事故应急响应行动中。

表 13 结论与建议

结论

一、实践正当性

盐城市大丰人民医院于院内门急诊医技楼负一层北部中间位置新建核医学科，拟建成丙级非密封放射性物质工作场所，配置 1 台 SPECT/CT（型号为：NM/CT 860，最大管电压 140kV，最大管电流 200mA，属 III 类射线装置），配合使用放射性核素 ^{99m}Tc 用于开展核素显像诊断。

本项目的运行，可为病人提供放射诊断服务，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。

对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修正），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。

二、选址合理性

盐城市大丰人民医院位于江苏省盐城市大丰区幸福东大街 139 号，医院东侧为裕丰路及盐城市大丰区妇幼保健院，南侧为幸福东大街及无名河流，西侧为万丰路及丰裕二匡河，北侧为飞达东路。本次新建核医学科项目位于院内门急诊医技楼负一层北部中间位置，门急诊医技楼东侧、南侧为院内道路及绿化，西侧为停车场，北侧为院内道路及绿化，隔院内道路为住院部。

本次新建核医学科项目拟建址东侧为放疗科，南侧为地下停车场，西侧为药库，北侧为土层，拟建址上方为门急诊输液室、楼外地面等，下方为土层。

本项目 50m 评价范围均位于院区范围内，其东侧、南侧、西侧均为门急诊医技楼，北侧至住院部（最近处约 28m），评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标（详见附图 2）。项目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、50m 评价范围内其他医务人员、病患以及其他公众等。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江

苏省内优先保护单元。

本项目核医学工作场所划分了控制区及监督区，控制区和监督区内病人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，控制区内设置有注射后病人专用厕所，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，布局合理。

三、辐射环境现状评价

盐城市大丰人民医院新建核医学科项目拟建址及其周围环境 γ 辐射剂量率在 71~83nGy/h 之间，处于江苏省环境天然 γ 辐射剂量本底水平涨落范围内，属于江苏省环境天然 γ 辐射剂量本底水平；项目拟建址及其周围环境 β 表面污染水平均小于 0.02Bq/cm²。

四、环境影响评价

根据理论估算结果，盐城市大丰人民医院新建核医学科项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《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（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）。

五、三废的处理处置

废水：来自核医学科注射室及注射后候诊室、留观室专用卫生间等高活区的放射性废水，由独立下水管道统一集中到核医学科的衰变池（有效总容积为 30m³）中，暂存 30 天后直接解控排放。

废气：本项目核素操作均在注射室内的通风橱中进行，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，排放口拟高于本建筑屋顶），通风管道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。

固废：核医学科项目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，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。符合辐射环境保护管理要求。

六、辐射安全措施评价

盐城市大丰人民医院新建核医学科项目工作场所墙体采用实心砖+防辐射涂料、顶部采用混凝土+铅板作为防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行防护；工作场所控制区出入口拟设置“当心电离辐射”警告标志，并设置门禁

系统，符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的要求。

七、辐射安全管理评价

盐城市大丰人民医院已设立辐射安全与环境保护管理机构，制定有操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫、设备检修维护、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等辐射安全管理制度。

医院需为本项目新增的 6 名辐射工作人员配置个人剂量计，且定期送有资质部门监测，建立个人剂量档案；定期进行辐射工作人员健康体检，建立个人职业健康监护档案。医院拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪、1 台表面沾污仪及 6 台个人剂量报警仪。此外，医院应根据 GBZ 130-2020 的要求，为辐射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，盐城市大丰人民医院新建核医学科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

1、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。

2、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。

3、医院在取得本项目环评批复，且具备辐射安全许可证申请条件后，应及时申请辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）第十二条“除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。”的规定时限要求开展竣工环境保护验收工作。

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	预计投资 (万元)
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实心砖+硫酸钡、顶部采用混凝土+铅板作为防护，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。	426
	安全措施（急停按钮、闭门装置、警示标志、工作状态指示灯等）：核医学科控制区入口处、放射性废物桶表面设置电离辐射警告标志，控制区出入口处均设置门禁系统。	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。	
人员配备	本项目新增6名辐射工作人员，辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训学习，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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。	6
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检，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，并建立放射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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。	8
	配备个人剂量报警仪6台。		
	配备表面沾污仪1台。		
	防护用品：核医学科配备铅通风橱，放射性核素操作人员配备铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽等个人防护用品。		50
辐射安全管理制度	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、放射性同位素使用登记制度、辐射事故应急措施	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。	/

	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。		
放射性三废处理措施	废水：在衰变池中暂存 30 天以上直接解控排放。	满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学放射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	10
	废气：使用独立通风管道引至门急诊医技楼 4 层楼顶，经活性炭过滤后排放。		
	固废：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，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。		
总计	/	/	500

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