RSHP-NJ-2022121301

核技术利用建设项目

海安市人民医院扩建核医学科项目

环境影响报告表

海安市人民医院

2023 年 **7** 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

海安市人民医院扩建核医学科项目

环境影响报告表

建设单位名称：海安市人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：海安市中坝中路 17 号



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 ..... - 5 -
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 ..... - 18 -
表 9 项目工程分析与源项 ..... - 23 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 30 -
表 11 环境影响分析 ..... - 40 -
表 12 辐射安全管理 ..... - 53 -
表 13 结论与建议 ..... - 58 -
表 14 审批 ..... - 64 -

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">海安市人民医院扩建核医学科项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">海安市人民医院
（统一社会信用代码：123206214679817702）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>[redacted]</td><td>[redacted]</td><td>[redacted]</td><td>[redacted]</td><td colspan="3">[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">海安市中坝中路 17 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">海安市中坝中路 17 号海安市人民医院医技楼 2 楼</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>800</td><td>项目环保总投资（万元）</td><td>400</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>50%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☐改建 ☑ 扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="5">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐Ⅰ类（医疗使用） ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☐乙 ☑ 丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述：

一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来

海安市人民医院始建于 1950 年，现已发展成为技术力量雄厚、设备先进、功能齐全、管理一流、花园式的三级乙等综合性医院、国家级爱婴医院。

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，根据规划，医院拟在医技楼 2 楼扩建核医学科，配置 1 台单光子发射计算机断层成像术(Single-Photon Emission Computed Tomography，简称“SPECT”，型号未定，不属于射线装置）配合使用放

射性核素 ^{99m}Tc，用于开展核素显像诊断。

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，海安市人民医院扩建核医学科项目需进行环境影响评价。受海安市人民医院的委托，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）。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。我公司通过资料调研、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。本次扩建核医学科项目建设内容见表 1-1：

表 1-1 海安市人民医院扩建核医学科项目情况一览表

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}	核医学科	未使用	本次环评	/
年最大用量（Bq）				3.7×10^{12}			

二、项目选址情况

海安市人民医院位于海安市中坝中路 17 号，医院东侧、北侧为通扬运河，南侧为商铺，西侧为中坝中路。本项目地理位置示意见附图 1，海安市人民医院平面布置及扩建核医学科项目周围环境示意图见附图 2。

本次扩建核医学科项目位于院内医技楼 2 楼东南角，医技楼东侧隔院内道路为锅炉房（约 10m）、食堂（约 30m），南侧隔院内道路为外科楼（约 15m），西侧为院内操场（约 40m），北侧隔院内道路为门诊大楼（约 30m）、2 号楼（约 45m）。医技楼四周毗邻场所为院内道路或操场，院内食堂距离医技楼约为 30m，本项目选址不毗邻食堂等部门，且位于医技楼 2 楼的一端。

本次扩建核医学科项目拟建址东侧、南侧为室外，西侧为大厅、骨密度机房、北侧为走廊、临空，拟建址上方为仓库、办公室、档案室、卫生间等，下方为 CT 室及其配套房间、办公室。新建衰变间拟建址位于医技楼 1 楼东侧地面上，紧邻医技楼，其东侧为锅炉房，南、北侧均为室外，西侧为 CT 治疗室，上方无建筑，下方为土层，本项目选址不毗邻产科、儿科及人员密集区。拟建址原为医院普通诊室、治疗室、厕所等用途，新冠流行期间诊室、治疗室区域曾封闭做核酸检测用房使用，现已消毒解

控处于闲置状态。

本项目拟建址北侧现有乙级非密封放射性物质工作场所（^{131}I 使用场所，用于治疗甲状腺功能亢进），日最大操作量为 7.4×10^{8}Bq，日等效最大操作量为 7.4×10^{7}Bq。

本项目 50m 评价范围均位于院区内，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、病患以及公众等。

综上所述，本项目选址符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中关于“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。”以及“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。”的要求。

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，并可提高当地总体医疗卫生水平，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

海安市人民医院现持江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（见附件 4），证书编号：苏环辐证[00236]，许可种类和范围为“使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至：2027 年 10 月 30 日。医院现有核技术利用项目均已履行环保手续（见附件 3）。

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。

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	1.48×10^{10}	1.48×10^{7}	3.7×10^{12}	/	很简单操作	核医学科	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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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（mA）	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 8.33kg	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，α 表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	^{99m}Tc	/	约 5.21m^3	约 62.5m^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	在手套箱中操作，经手套箱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，臭氧在常温条件下约 50 分钟可自然分解为氧气
废活性炭	固体	^{99m}Tc	/	少量	少量	小于清洁解控水平	更换后暂存在废物间	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/m^3；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令第9号，2015年1月1日起实施； （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； （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； （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； （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； （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； （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； （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； （9）《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； （10）《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； （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； （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； （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； （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； （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； （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； （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； （20）《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； （21）《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； （22）《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； （23）《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； （24）《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； （25）《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.
技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （2）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）； （3）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （4）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （5）《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）； （6）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （7）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （8）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）； （9）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；

	（10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）。
其他	**附图：** （1）海安市人民医院扩建核医学科项目地理位置图； （2）海安市人民医院平面布置及扩建核医学科周围环境示意图； （3）海安市人民医院门诊医技楼 1 楼平面布局示意图； （4）海安市人民医院门诊医技楼 2 楼平面布局示意图； （5）海安市人民医院门诊医技楼 3 楼平面布局示意图； （6）扩建核医学科工作场所通风系统布置示意图； （7）扩建核医学科工作场所污水管网布置示意图； （8）本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图。 **附件：** （1）项目委托书； （2）放射性同位素及射线装置使用承诺书； （3）辐射安全许可证正、副本复印件； （4）医院原有核技术项目一览表； （5）本项目环境本底监测报告及监测单位资质。

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“非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径 50m 的范围”的要求，以及根据本项目的特点，本项目的评价范围确定为海安市人民医院扩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。

保护目标

本项目周围 50m 范围均位于医院院区范围内，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、院内病患者及项目周围其他公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

保护目标分类	保护目标名称	方位	最近距离	规模
辐射工作人员	核医学科	内部	毗邻	6 人
评价范围内公众	医技楼	东侧、南侧：室外 西侧：大厅、骨密度机房； 北侧：走廊、^{131}I 工作场所 下方：CT 室及其配套房间、办公室、走道 上方：仓库、办公室、档案室、卫生间、走道等	毗邻	约 30 人
		本项目拟建址所在楼	0～50m	流动人员，若干
	锅炉房、食堂	东侧	10～40m	流动人员，若干
	外科楼	南侧	15～50m	流动人员，若干
	门诊大楼、2 号楼	北侧	30～50m	流动人员，若干
	院内操场	西侧	40～50m	流动人员，若干
	院内道路	四周	0～50m	流动人员，若干

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	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； 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，lmSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，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～0.3mSv/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	＞4×10^{9}
乙	2×10^{7}～4×10^{9}
丙	豁免活度值以上～2×10^{7}

二、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：

4 总则

4.1 一般要求

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。

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。

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。

4.1.4 开展核医学活动的工作场所应实行分级管理。

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。

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

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

6.2 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 0.08Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

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）

三、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；

5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

a）使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；

b）保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；

c）在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；

d）在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下：

a）对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室(根据放射性核素防护特性分别设置)、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房；

b）对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房（使用非密封源治疗患者）或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房；

c）诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房；

d）对于综合性的核医学工作场所，部分功能用房和辅助用房可以共同利用；

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB 18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区（病房）的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的

辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。

5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/h；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。屏蔽计算中所涉及的常用放射性药物理化特性参见附录 H。PET 相关房间的辐射屏蔽计算方法和示例参见附录 I。自屏蔽回旋加速器机房的屏蔽计算方法由回旋加速器在所有工作条件下所产生中子的最大通量（取决于加速器的类型、能量、粒子类型以及使用的靶等）决定。

四、《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

五、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）的标准要求及本项目实际情况确定：

1）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；

2）辐射剂量率控制水平

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 处及顶部、下方 30cm 处、衰变间周围 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h；手套箱、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。

8、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

（均值±3s）*	50.4±21.0	47.1±36.9	89.2±42.0

注：*测量值已扣除宇宙射线响应值，评价时采用“均值±3s”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

海安市人民医院位于海安市中坝中路 17 号，医院东侧、北侧为通扬运河，南侧为商铺，西侧为中坝中路。

本次扩建核医学科项目位于院内医技楼 2 楼东南角，医技楼东侧为锅炉房、食堂，南侧隔院内道路为外科楼，西侧为院内操场，北侧隔院内道路为门诊大楼、2 号楼。

本项目拟建址东侧、南侧为室外，西侧为大厅、骨密度机房，北侧为走廊、临空，上方为仓库、办公室、档案室、卫生间等，下方为 CT 室及其配套房间、办公室。新建衰变间拟建址位于医技楼 1 楼东侧地面上，紧邻医技楼，其东侧为锅炉房，南、北侧均为室外，西侧为 CT 治疗室，上方无建筑，下方为土层。

本项目 50m 评价范围均位于院区内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标。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、病患以及公众等。本项目拟建址环境现状见图 8-1~图 8-6。



图 8-1 本项目拟建址东侧（室外）



图 8-2 本项目拟建址南侧（室外）



图 8-3 本项目拟建址西侧（走道）



图 8-4 本项目拟建址北侧（走道）



图 8-5 本项目拟建址上方（走道）



图 8-6 本项目拟建址下方（CT 室）

二、辐射环境现状调查

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《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（$E_{\beta max}$＞0.15MeV）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，于扩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与β表面污染水平。

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：多云

温度：10℃

湿度：80%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-126	能量响应：20keV～7MeV 测量范围：1nSv/h～99.9μSv/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-129	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（$E_{\beta max}$＞0.15MeV）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 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：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。β表面污染水平每个点位读取 6 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。

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 8-7。

表 8-2 扩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	扩建核医学科项目拟建址东侧（1 楼室外地面）	108
2	扩建核医学科项目拟建址南侧（1 楼室外地面）	115
3	扩建核医学科项目拟建址西侧（走道）	115
4	扩建核医学科项目拟建址北侧（走道）	119
5	扩建核医学科项目拟建址楼上（走道）	107
6	扩建核医学科项目拟建址下方（CT 室）	123
7	医技楼东侧院区食堂内	116

注：1、测量结果已扣除宇宙射线响应值；

2、本项目监测时，未考虑拟建址下方 CT 机的辐射剂量影响（检测时该 CT 机未开机）。

由表 8-2 监测结果可知，海安市人民医院扩建核医学科项目拟建址及其周围γ辐射剂量率在 107nGy/h～123nGy/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 扩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	扩建核医学科项目拟建址东侧（1 楼室外地面）	＜0.02
2	扩建核医学科项目拟建址南侧（1 楼室外地面）	＜0.02
3	扩建核医学科项目拟建址西侧（走道）	0.17
4	扩建核医学科项目拟建址北侧（走道）	＜0.02
5	扩建核医学科项目拟建址楼上（走道）	0.07
6	扩建核医学科项目拟建址下方（CT 室）	0.06
7	医技楼东侧院区食堂内	<0.02

注：监测设备探测下限为 $0.02Bq/cm^2$。

由表 8-3 监测结果可知，海安市人民医院扩建核医学科项目拟建址及其周围 β 表面污染水平位于$<0.02\sim0.17Bq/cm^2$之间。



图 8-7 扩建核医学科项目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

本次扩建核医学科项目拟建址位于医技楼 2 楼东南角，其东侧、南侧为室外，西侧为大厅、骨密度机房、北侧为走廊、临空，拟建址上方为仓库、办公室、档案室、卫生间等，下方为 CT 室及其配套房间、办公室。新建衰变间拟建址位于医技楼 1 楼东侧地面上，紧邻医技楼，其东侧为锅炉房，南、北侧均为室外，西侧为 CT 治疗室，上方无建筑，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：

（一）有相对独立、明确的监督区和控制区划分；

（二）工艺流程连续完整；

（三）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。

海安市人民医院本次扩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，海安市人民医院本次扩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 显像诊断。本次拟扩建辐射项目见表 9-1。

表 9-1 本次扩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

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 HJ 1188-2021 中表 A.2，医疗机构使用 ^{99m}Tc 粒子源相关活动视为“很简单的操作”；同时查阅 HJ 1188-2021 中表 A.1 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。

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。海安市人民医院 SPECT 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 核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子

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（液体）	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

表 9-4 SPECT 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（医疗机构使用）	日最大操作量（1.48×10^{10}）×0.01（低毒）/10（液态/很简单操作）=1.48×10^{7}
年最大用量（Bq）			3.7×10^{12}Bq

本项目拟建址北侧现有乙级非密封放射性物质工作场所（^{131}I 使用场所，用于治疗甲状腺功能亢进），日最大操作量为 7.4×10^{8}Bq，日等效最大操作量为 7.4×10^{7}Bq。该场所与本项目丙级场所皆为独立核医学场所。

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 1.48×10^{7}Bq，属于“豁免活度值以上~2×10^{7}”，确定本次扩建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（Single-Photon Emission Computed Tomography，简称 SPECT）即单光子发射计算机断层显像。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 SPECT 图像，为肿瘤的诊治提供多方位信息。γ 照相机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（ProjSPECTion）。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）。γ 照相机是二维探测器，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。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）。



图 9-1 常见的 SPECT 外观图

本项目 SPECT 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。

（二）工作流程及产污环节

海安市人民医院扩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储源室内，核医学科指定专人负责药物的接收和登记，并暂存到储源室的手套箱内，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。医护人员在铅手套箱内根据患者用药情况进行取药，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。每次注射过程按 1min 估算。

SPECT 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；

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，待药物代谢至靶器官，进入 SPECT 检查室，经医护人员摆位后，接受 SPECT 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。候诊时间按 40min，留观时间按 20min 估算。

SPECT 显像诊断工作流程及产污环节分析见图 9-2。

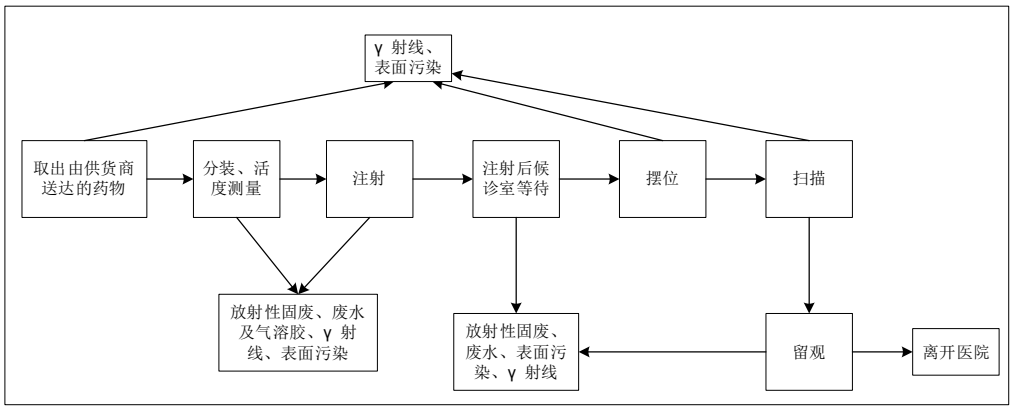


图 9-2 SPECT 显像诊断工作流程及产污环节分析示意图

因此，用 ^{99m}Tc 进行 SPECT 显像诊断主要环境影响为药物取药、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。

（三）核医学科人流、物流路径规划

1、辐射工作人员路径：

注射工作人员从走廊经医生通道、卫生通过间进入注射室，完成取药、注射操作后原路返回。

SPECT 操作人员由大厅进入操作室，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大厅，在大厅内接受宣讲和告知，之后向东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 扫描间内接受检查，检查结束后进入留观室内留观，留观结束从东侧患者通道、楼梯离开核医学科，到达医技楼 1 楼后离开医院。

3、放射性药物路径：

放射性药物供应商将所需活度药物装入铅罐内，由专用放射性药物运输车辆送达医院，通过电梯到医技楼 2 楼核医学科。

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，经核医学东侧楼梯间送出。

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。

本次扩建的工作场所布局及病人、医护人员流动路线见图 9-3。



图 9-3 本项目扩建的人流、物流路线示意图

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；注射室与检查室分开，核医学科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）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中关于核医学工作场所的要求。

污染源项描述

一、电离辐射

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]（μSv·m²/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）。

二、放射性废气

本项目使用的^{99m}Tc暂存在手套箱内，液体药物操作时可能产生少量的放射性气溶胶。

三、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。

四、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、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。

五、非放射性三废

（一）本项目废气为电离空气产生的O_3、NO_X等气体；

（二）本项目废水为工作人员产生少量的生活污水；

（三）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。

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

海安市人民医院扩建核医学科项目位于院内医技楼 2 楼东南角，拟建址东侧、南侧为室外，西侧为大厅、骨密度机房、北侧为走廊、临空，拟建址上方为仓库、办公室、档案室、卫生间等，下方为 CT 室及其配套房间、办公室。新建衰变间拟建址位于医技楼 1 楼东侧地面上，紧邻医技楼，其东侧为锅炉房，南、北侧均为室外，西侧为 CT 治疗室，上方无建筑，下方为土层，本项目选址不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，且位于医技楼 2 楼的一端，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的相关要求。

医院拟将注射室、废物间、SPECT 机房、抢救室、注射后候诊室、留观室、患者通道、污洗间、病人卫生间、储源室、衰变间、医生卫生间等划分为控制区（本项目拟建址西侧的骨密度机房不在本次评价范围内）；拟将医护人员通道、操作室、更衣室等划为监督区。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，本项目分区示意图见图 10-1、图 10-2。

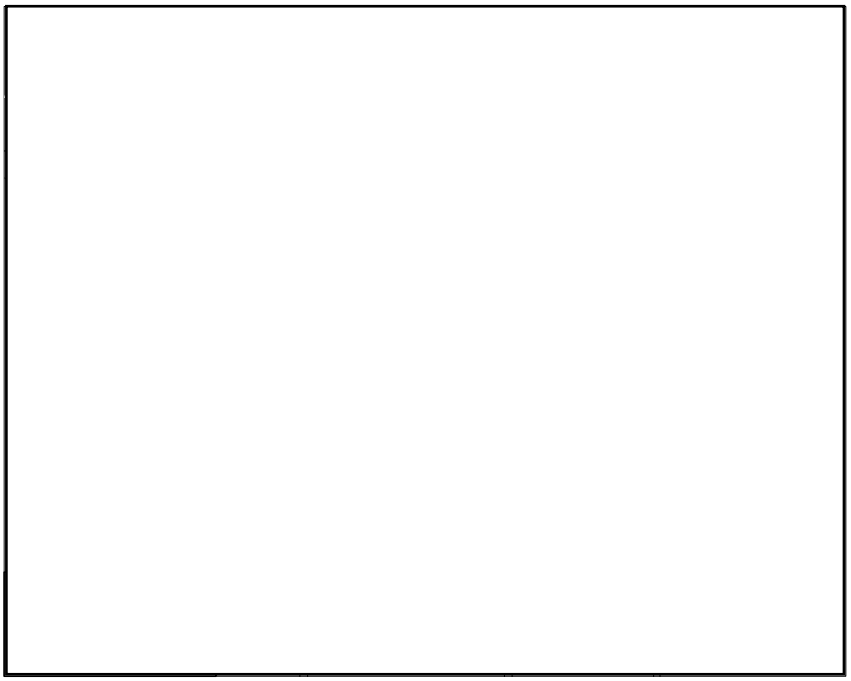


图 10-1 本项目核医学科场所（衰变池）分区示意图（医技楼 1 楼）



图 10-2 本项目核医学科场所分区示意图（医技楼 2 楼）

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，拟扩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。满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中关于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 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 10-3 所示。



a.电离辐射标志　　b.电离辐射警告标志

图 10-3 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、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。

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 10-1：

表 10-1 扩建核医学科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]

（二）辐射安全措施

1、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，在控制区入口处均拟设置有符合规范的电离辐射警告标志；

2、语音对讲、监控装置

医院拟在 SPECT 机房、控制室内设置双向语音对讲装置，且 SPECT 机房控制台处安装有观察窗，拟在注射后候诊室、留观室内设置双向语音对讲装置与视频监控，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。

3、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。

4、核医学科工作场所安全防护措施管理规定

医院拟将注射室、废物间、SPECT 机房、抢救室、注射后候诊室、留观室、患者通道、污洗间、病人卫生间、医生卫生间、储源室、衰变池房间等划分为控制区；拟将医护人员通道、操作室、更衣室等划为监督区。

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。

5、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、铅橡胶帽子（均不低于0.5mmPb当量）、铅防护眼镜、剂量报警仪、个人剂量计等。



图10-4 本项目工作场所辐射防护安全设施布设示意图

（三）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。

海安市人民医院配备1台辐射巡检仪、拟为本项目2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 10-2 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》（GBZ 120-2020）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	6 套铅橡胶围裙、铅橡胶衣、铅橡胶颈套、放射性污染防护服（0.5mmPb）、铅防护眼镜；2 套注射器铅防护套（8mmPb）、防护提盒。
		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、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。	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、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

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

核医学科储源室内的手套箱有独立排风管道，放射性药物的各项操作均在手套箱内进行，手套箱由专业厂商提供，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手套箱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 0.5m/s）”要求，医院购买的手套箱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、注射室、SPECT 扫描间、储源室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 6 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。

本项目核医学科产生的废气将通过排风管引至医技楼楼顶排放，排风口高于楼顶，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，建设单位应将医技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。

来自核医学科病人卫生间、污洗间的放射性废水，含有放射性核素，由独立下水管道（详见附图 7）统一集中到核医学科衰变池中（结构示意图见图 10-5），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。

海安市人民医院核医学科位于医技楼 2 楼，医技楼 1 楼设有衰变间，衰变间墙体采用 200mm 钢筋混凝土浇筑，墙体及地面采取防水措施；衰变间防护门处预留检修口，防护门及检修口采用 6mm 铅板防护；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 1m×1.5m×2m，建筑容积为 3m^3，运行有效容积为 2.8 m^3，衰变池系统总运行有效容积为 8.4m^3。

核医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，工作场所每的清洗废水约为 50L，则放射性废水排放量为 250L/d，本项目衰变池运行有效容积为 8.4m^3，可存放放射性废水约 33.6 天，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“所含核素半衰期小于 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。



图 10-5 衰变间的分区及衰变池结构示意图

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：

（一）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；

（二）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；

（三）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、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（不小于 5mm 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。

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：

（一）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

废物桶应避开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；

（二）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；

（三）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；

（四）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；

（五）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。

非放射性三废

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。

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。

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。

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医技楼 2 楼核医学科。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。

（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，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。

$$x = TVL \times \lg(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_P \times r^2})$$ 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（μSv·m^2/MBq·h）；

$\dot{H}_P$—屏蔽体外关注点剂量率（μSv/h）；

R—放射源到考察点的距离（m）。

由公式 11-1 推导可得：

$$\dot{H}_P = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{(-\frac{x}{TVL})}$$ 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

[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]

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。



图 11-1 本项目工作场所辐射水平预测计算参考点位示意图

表 11-2 核医学科工作场所辐射水平估算结果

[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]	[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]	[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]

由表 11-2 的理论估算结果可以看出，由于有 5mm 铅当量手套箱屏蔽，^{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；摆位过程中经过有 0.5mm 铅当量铅衣屏蔽，工作人员受到的辐射剂量较高；^{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 机房外的环境影响较小，注射室、SPECT 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。

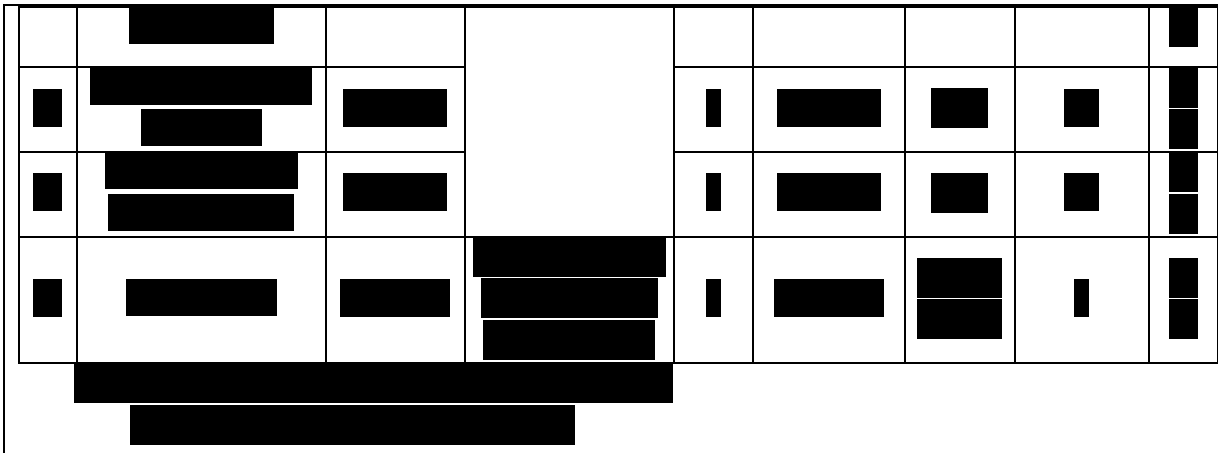
（二）保护目标的有效剂量估算

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 各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量







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。一般情况下，取药、注射过程约 1 分钟，摆位、取消摆位各约 1 分钟，扫描过程约 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 11-3 估算结果，取药、注射、扫描过程中工作人员受到的年有效剂量最大为 1.49mSv（1#参考点），摆位过程中受到的年有效剂量为 1.18mSv（35#参考点）。医院拟为核医学诊断项目安排 2 名护士（负责注射，轮岗）、4 名医师或技师（负责操作 SPECT、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剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求。

根据表 11-3 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 0.031mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）对公众剂量约束值要求（公众剂量约束值不超过 0.1mSv/a）。

二、放射性“三废”影响分析

（一）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。本项目核医学科储源室内设有 1 个防护铅当量为 5mmPb 的专用手套箱，本项目核素操作均在手套箱中进行，手套箱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于 0.5m/s，排放口高出医技楼屋顶），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。同时医院拟在手套箱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，保证工作场所内空气循环。

（二）放射性废水

来自核医学科病人卫生间、污洗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。

本项目日产生放射性废水约 0.25m^3，衰变池的总运行有效容积为 8.4m^3，即装满 3 个池子需要约 33.6d，且该场所仅使用放射性核素 ^{99m}Tc（$T_{1/2}$=6.02h＜24h），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，上覆混凝土等，衰变间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：

$$K=\frac{2A\Gamma_K}{Lr}tg^{-1}\frac{L}{2r} \qquad \text{公式 11-3}$$

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 m^2 Bq^{-1} 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 11-4。

表 11-4 核医学科放射性废水管道外剂量估算结果

[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]

[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]

[redacted]

由表 11-4 可知，裸露的放射性废水专用管道外采用 3mm 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 11-5。

表 11-5 核医学科衰变池辐射水平估算结果

[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]

[redacted]

由表 11-5 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。

（三）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，废物

库内拟设置 2 个铅废物桶（防护厚度应不低于 5mmPb）。

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 1m^3。本项目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手套箱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 5mmPb，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/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 0.01m^3，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 4.15m^2，核医学产生的放射性固废暂存在废物库中的废物桶内，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

一、主要事故风险分析

本项目主要事故风险有：

（一）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。

（二）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。

（三）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。

（四）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。

（五）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。

二、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：

（一）迅速安排受照人员接受医学检查和救治。

（二）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。

（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。

（五）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。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。

（六）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。

（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《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。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。

海安市人民医院已成立辐射防护管理领导小组，由院长做小组组长，组员覆盖各辐射科室，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次扩建核医学科项目修订相关文件，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。医院拟为本项目配备6名辐射工作人员，为医院原有辐射工作人员。辐射安全管理人员与辐射工作人员须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，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应参加“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。

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，如《岗位职责》《核医学科安全管理制度》《核医学科仪器管理、操作、保养和维修制度》《放射性核素的订购、领取、保管、使用制度》《核医学科试剂管理制度》《核医学科标本管理制度》《核医学科室质控工作制度》《核医学科医疗废物管理制度》《核医学科核素污染监测制度》《核医学科资料管理制度》《核医学科工作人员管理制度》《核医学科员工健康管理制度》《个人剂量监测管理制度》《核医学科意外事件处理与报告制度》《核医学

科（同位素意外事件）应急预案》及设备的《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，拟根据本次扩建核医学科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）在非密封开放性工作场所严禁吸烟、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、设备维修制度：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度：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。

七、监测方案：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，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。重点是：

（一）配备1台辐射巡检仪，用于辐射工作场所定期自行检测；

（二）为扩建核医学科项目工作场所配备1台表面沾污仪；

（三）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；

（四）对发生放射性药物泼洒的事故处理进行全程监测；

（五）委托有资质监测单位对本单位的放射性同位素的安全和防护状况进行年度检测。

八、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，海安市人民医院已配备1台辐射巡检仪、并拟为本项目配备1台表面沾污仪及2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：

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	不少于1次/月

	备的表面	
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。

海安市人民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。

海安市人民医院已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），医院预防保健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预防保健科。

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。

海安市人民医院已经制定了《核医学科（同位素意外事件）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、实践正当性

医院拟在医技楼 2 楼扩建核医学科，配置 1 台 SPECT（型号未定）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，并可提高当地总体医疗卫生水平，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

海安市人民医院位于海安市中坝中路 17 号，医院东侧、北侧为通扬运河，南侧为商铺，西侧为中坝中路。

本次扩建核医学科项目位于院内医技楼 2 楼，医技楼东侧为锅炉房、食堂，南侧隔院内道路为外科楼，西侧为院内操场，北侧隔院内道路为门诊大楼、2 号楼。

本次扩建核医学科项目拟建址东侧、南侧为室外，西侧为大厅、骨密度机房、北侧为走廊、临空，拟建址上方为仓库、办公室、档案室、卫生间等，下方为 CT 室及其配套房间、办公室。新建衰变间拟建址位于医技楼 1 楼东侧地面上，紧邻医技楼，其东侧为锅炉房，南、北侧均为室外，西侧为 CT 治疗室，上方无建筑，下方为土层。拟建址原为医院普通诊室、治疗室、厕所等用途，新冠流行期间诊室、治疗室区域曾封闭做核酸检测用房使用，现已消毒解控处于闲置状态。

本项目 50m 评价范围均位于院区范围内，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。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

海安市人民医院扩建核医学科项目拟建址及其周围环境 γ 辐射剂量率在107nGy/h～123nGy/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表面污染水平位于<0.02~0.17Bq/cm^{2}之间。

四、环境影响评价

根据理论估算结果，海安市人民医院扩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：

辐射防护影响预测：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 处及顶部、下方 30cm 处、衰变间周围 30cm 处；手套箱、注射窗外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）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（职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a，公众剂量约束值不超过 0.1mSv/a）。

五、三废的处理处置

放射性三废

废水：来自核医学科病人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（运行总有效容积为 8.4m^3）中，暂存 30 天后直接解控排放。

废气：本项目核素操作均在储源室内的手套箱中进行，手套箱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。

非放射性三废：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。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。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。

六、辐射安全措施评价

海安市人民医院扩建核医学科项目工作场所墙体采用一定铅当量的防护材料、顶部采用混凝土进行防护，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《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中的要求。

七、辐射安全管理评价

海安市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。并拟根据本次扩建项目修改完善相关规章制度，并加以落实执行。

医院需为本项目配备的 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。医院已配备 1 台辐射巡检仪、并拟为本项目配备 1 台表面沾污仪及 2 台个人剂量报警仪。此外，医院应根据相关标准要求，为核医学科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，海安市人民医院扩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

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、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防护材料、顶部采用混凝土进行防护，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剂量约束值要求。	336
	安全措施：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）的相关要求。	
人员配备	本项目拟配备 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	已配备辐射巡检仪 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）的相关要求。	8
	拟配备个人剂量报警仪 2 台。		
	拟配备表面沾污仪 1 台。		
	防护用品：核医学科配备铅手套箱，放射性核素操作人员配备铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅橡胶围裙、铅帽、放射性污染防护服等个人防护用品，配备应急及去污用品。		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、	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。	/

	内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。		
总计	/	/	400

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：   公 章 经办人　　年　　月　　日
审批意见   公 章 经办人　　年　　月　　日