2025-F-099

核技术利用建设项目

南京临床核医学中心
衰变池改造项目
环境影响报告表

南京临床核医学中心（盖章）

2025 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南京临床核医学中心
衰变池改造项目
环境影响报告表

建设单位名称：南京临床核医学中心

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：南京市长乐路 68 号

邮政编码：210006　　联 系 人：

电子邮箱：　　联系电话：

目录

表 1　项目基本概况 ..... - 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 ..... - 15 -
表 9　项目工程分析与源项 ..... - 20 -
表 10　辐射安全与防护 ..... - 24 -
表 11　环境影响分析 ..... - 27 -
表 12　辐射安全管理 ..... - 33 -
表 13　结论与建议 ..... - 37 -
表 14　审批 ..... - 42 -

附图 1 南京临床核医学中心地理位置图 ..... - 43 -
附图 2 南京临床核医学中心平面布局及周围环境图 ..... - 44 -
附图 3 南京临床核医学中心 5#楼一层平面布局图 ..... - 45 -
附图 4 南京临床核医学中心 5#楼东侧推流式衰变池设计示意图 ..... - 46 -
附图 5-1 南京临床核医学中心 5#楼南侧衰变池改造前（推流式）设计示意图 ..... - 47 -
附图 5-2 南京临床核医学中心 5#楼南侧衰变池改造后（槽式）设计示意图 ..... - 48 -
附图 6 本项目与江苏省生态环境分区管控单元相对位置关系图 ..... - 49 -

附件 1 项目委托书 ..... - 50 -
附件 2 衰变池改造情况说明 ..... - 51 -
附件 3 辐射安全许可证复印件 ..... - 52 -
附件 4 现有核技术利用项目环评批复及竣工环保验收意见复印件 ..... - 61 -
附件 5 辐射环境现状检测报告复印件 ..... - 72 -
附件 6 辐射工作人员培训情况一览表 ..... - 83 -

表 1　项目基本概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">南京临床核医学中心衰变池改造项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">南京临床核医学中心</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表姓名</td><td colspan="2">马俊</td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8">南京市长乐路 68 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">南京市长乐路 68 号 5#楼东侧及南侧</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td></td><td colspan="2">项目环保总投资（万元）</td><td></td><td colspan="2">投资比例（环保投资/总投资）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="5">□新建 ☑改建 □扩建 □其他</td><td colspan="2">占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="8">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="7">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="7">□I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="7">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="7">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="7">☑乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="7">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="7">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="7">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="8">/</td></tr>
</table>

1 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来

1.1 建设单位基本情况

南京临床核医学中心（暨南京市第一医院临床核医学中心，以下简称“中心”）成立于 1991 年，是具有独立法人地位，技术与特色突出，体内外核医学均衡发展的临床医学中心。中心下设：核医学部、实验诊断部和技术推广服务部。其中涉及辐射工作的核医学部位于南京市长乐路 68 号南京市第一医院内，使用医院 5#楼整栋。核医学部目前开展肿瘤原发灶和转移灶的核素显像、心肌缺血灌注显像、肺栓塞通气与灌注显像、甲亢和甲癌放射性核素治疗等疾病诊疗。

1.2 项目规模及任务由来

南京临床核医学中心使用南京市第一医院 5#楼整栋（共 3 层），许可的核技术应用项目主要涉及放射性同位素的应用，包括 2 台 SPECT/CT（使用 ^{99m}Tc），1 台 PET/CT 和 1 台 PET/MR（使用 ^{18}F、^{68}Ga），1 台小动物 Micro PET/CT（使用 ^{18}F、^{68}Ga、^{64}Cu、^{82}Rb 等正电子核素开展的小动物实验），1 台骨密度仪射线装置；1 枚 ^{90}Sr-^{90}Y 敷贴治疗源；^{89}Sr、^{32}P 和 ^{153}Sm 治疗骨转移癌，^{125}I 粒子植入、^{131}I 甲癌甲亢治疗，使用 ^{90}Y、^{188}Re、^{177}Lu、^{123}I、^{213}Bi、^{225}Ac、^{211}At、^{212}Pb、^{161}Tb 等开展放射性同位素实验，使用 ^{223}Ra 治疗前列腺癌，配备 ^{68}Ge（^{68}Ga）发生器淋洗制备 ^{68}Ga。南京临床核医学中心目前场所日等效最大操作量为 3.76×10^{9}Bq，为乙级非密封放射性物质工作场所。中心 5#楼 1 层目前为 PET/CT、SPECT/CT、PET/MR 场所及放射性药物实验区，2 层为 ^{131}I 甲癌甲亢治疗场所，3 层西部为小动物实验区。

南京临床核医学中心目前于 5#楼共设有 3 个衰变池及 1 个化粪池，①5#楼北侧设有一个供 PET/MR 专用的埋地三级衰变池，容积约为 1.5m^3，仅 PET/MR 注射后候诊区卫生间下水接入该衰变池。②5#楼西侧设有一个供 PET/CT 和 Micro PET/CT 专用的埋地三级衰变池，容积约 2m^3，一楼 PET/CT 注射后候诊区的三间卫生间下水及 FDG 注射室洗手池下水、三楼小动物实验区水池下水接入该衰变池。③5#楼东侧设有一个埋地三级推流式化粪池，容积约为 20m^3，二楼甲癌治疗场所放射性废水先接入该化粪池处理后再接入南侧埋地三级推流式衰变池（容积约为 45m^3），同时一楼 SPECT/CT 场所放射性废水也接入该衰变池。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，5#楼南侧现有衰变池不能满足南京临床核医学中心核医学科放射性废液贮存要求，因此，南京临床核医学中心结合实际使用情况，拟做以下改造：（1）拟将 5#楼东侧原有推流式化粪池改成推流式衰变池，仅一楼 SPECT/CT 场所放射性废水接入该衰变池。（2）拟将 5#楼南侧衰变池改造成半地下式四级槽式衰变池，每级槽体容积为 31.25m^3，总容积为 125m^3，仅二楼甲癌治疗场所放射性废水接入该衰变池。

本项目拟改造的 2 座衰变池排放的放射性核素使用情况见表 1-1。

表 1-1 拟改造的 2 座衰变池涉及放射性核素使用情况一览表

序号	核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	使用场所	排入衰变池
1	^{99m}Tc	1.67E+07	2.66E+12	一楼 SPECT/CT 机房	5#楼东侧推流式衰变池

2	^{131}I	2.22E+09	2.22E+12	二楼服碘室及甲癌病房	5#楼南侧槽式衰变池

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《建设项目环境影响评价分类管理名录》《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》等法律法规的规定，本项目涉及使用乙级非密封放射性物质工作场所局部改造，其中改造了 1 座衰变池，新增 1 座衰变池，应当编制环境影响报告表。受南京临床核医学中心委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

南京临床核医学中心位于南京市长乐路 68 号南京市第一医院 5#楼，中心地理位置图见附图 1。中心东侧为院内道路、信府河路、商用房（未时酒店、土丁青年酒店等）及秦淮河，南侧为院内道路及医疗综合楼，西侧为院内道路、外科楼及住院综合楼，北侧为后勤综合楼、供应室、行政楼及内科楼。本项目拟改造衰变池位于 5#楼东侧及南侧。中心平面布局及周围环境图见附图 2。

本项目南京临床核医学中心拟改造衰变池周围 50m 范围内除东侧涉及信府河路、商用房（未时酒店、土丁青年酒店等）及秦淮河，其余场所均在南京市第一医院内，无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及衰变池周围评价范围内公众。

3 原有核技术利用项目情况

南京临床核医学中心已取得江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（苏环辐证[00116]），有效期至 2026 年 3 月 1 日（见附件 3）。许可种类和范围：使用V类放射源；使用III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。中心现有核技术应用项目均已履行环保手续，环评批复及竣工环保验收意见复印件见附件 4。中心现有核技术应用项目见表 1-2。

表 1-2 现有核技术应用项目基本情况一览表

放射源

射线装置
非密封放射性物质

4 实践正当性分析

本项目拟改造的衰变池分别用于贮存一楼 SPECT/CT 场所放射性废水、二楼甲癌治疗场所放射性废水，在衰变池完成改造后，南京临床核医学中心能满足《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 中对核医学科放射性废水贮存衰变的要求。衰变池在采取各种屏蔽措施和管理措施后，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设能提升南京临床核医学中心放射性废水的贮存能力，确保放射性废水合规排放，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4　射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（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
一楼 SPECT/CT 场所放射性废水	液态	^{99m}Tc	/	2.96m^3	35.54m^3	总β<10Bq/L	流入 5#楼东侧三级推流式衰变池	暂存 30 天后达到排放标准，可排入南京市第一医院污水处理系统
二楼甲癌治疗场所放射性废水	液态	^{131}I	/	11.5m^3	138m^3	总β＜10Bq/L	流入 5#楼南侧四级槽式衰变池	暂存 180 天后或者不满 180 天但对废水进行监测，监测结果表明 ^{131}I 活度浓度不高于 10Bq/L 后，可排入南京市第一医院污水处理系统
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（2014 年修订版），国家主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日施行 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第 24 号公布实施，2018 年 12 月 29 日修订，2018 年 12 月 29 日起施行 （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日起施行 （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行 （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修订，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行 （6）《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，自 2021 年 1 月 1 日起施行 （7）《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、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行 （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行 （9）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 （10）《放射性废物安全管理条例》国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行 （11）《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 （12）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行 （13）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行 （14）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 （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11月1日起施行 （16）《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告2019年第38号，2019年11月1日起施行 （17）《关于印发〈核技术利用建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》，生态环境部办公厅，环办辐射函〔2025〕313号，2025年8月29日 （18）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，国家核安全局，辐射函〔2023〕20号，2023年9月11日 （19）《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修订版），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第2号，2018年5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 （21）《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 （22）《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 （23）《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11月9日
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016） （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） （6）《表面污染测定 第1部分：β发射体（$E_{\beta max}$ 0.15MeV）和α发射体》（GB/T14056.1-2008） （7）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021） （8）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

其它	**与本项目相关附件：** （1）项目委托书（附件 1） （2）衰变池改造情况说明（附件 2） （3）辐射安全许可证复印件（附件 3） （4）原有核技术利用项目环评批复及竣工验收意见复印件（附件 4） （5）辐射环境现状检测报告复印件（附件 5） （6）辐射工作人员培训情况一览表（附件 6）

表 7　保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围”相关规定，本项目保守按照乙级非密封放射性工作场所评价范围，确定评价范围取 5#楼东侧改造衰变池边界及南侧改造衰变间边界外 50m 范围内的区域。

保护目标

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）及《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），本项目拟建址位于夫子庙－秦淮风光带风景名胜区，院区南侧约 550m 为秦淮河（南京市区）洪水调蓄区。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），本项目空间布局约束方面，利用原有建筑改造，不新增建筑面积；污染物排放管控方面，为原有配套设施改造，不新增污染物排放种类和数量；环境风险防控方面，不改变原有污染物排放方式，未新增风险源，满足环境风险防控要求；资源利用效率要求方面，本项目利用现有条件挖潜改造，在不增加环境负担的情况下，提升医院诊疗水平，符合资源利用效率提升的要求。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环境分区管控单元相对位置关系图见附图 6。

本项目 5#楼东侧及南侧改造衰变池周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目保护目标主要为辐射工作人员及衰变池周围 50m 范围内其他公众。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

保护目标名称	保护目标位置	方位	最近距离	规模	环境保护要求
辐射工作人员	5#楼内	西侧、北侧	约 1m	29 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众	5#楼内	西侧、北侧	约 1m	约 100 人	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
	院内道路	东侧	紧邻	流动人员	
	信府河路		约 2m	流动人员	
	商用房（未时酒店、土丁青年酒店等）		约 14m	约 30 人	

	秦淮河上船只		约 33m	流动人员	
	院内道路	南侧	紧邻	流动人员	
	医疗综合楼		约 20m	约 300 人	
	院内道路	西侧	紧邻	流动人员	
	外科楼		约 34m	约 300 人	
	住院综合楼		约 46m	约 200 人	
	院内道路	北侧	紧邻	流动人员	
	后勤综合楼		约 4m	约 100 人	
	供应室		约 19m	约 50 人	
	行政楼		约 40m	约 100 人	

评价标准

1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

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

表7-3 表面污染控制水平（单位 Bq/cm²）

表面类型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 1)	4	4×10	**4×10**
	监督区	4×10^{-1}	4	**4**
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	**4**
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}	**4×10^{-1}**
1）该区内的高污染子区除外。				

2 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

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。

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。

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

7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。

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。

3 项目管理目标：

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）等评价标准要求，确定本项目管理目标为：

辐射剂量率限值：

（1）距衰变池外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。

（2）曝露于地面的放射性废水管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

剂量约束值：

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。

β放射性物质表面污染控制水平：

工作台、设备、墙壁、地面控制区：$4\times10Bq/cm^2$

工作台、设备、墙壁、地面监督区：$4Bq/cm^2$

工作服、手套、工作鞋控制区、监督区：$4Bq/cm^2$

手、皮肤、内衣、工作袜：$4\times10^{-1}Bq/cm^2$

放射性废物管理：

排入 5#楼东侧推流式衰变池的含 ^{99m}Tc 核素放射性废液暂存 30 天后达到排放标准，可排入污水处理系统。

排入 5#楼南侧槽式衰变池的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素暂存超过 180 天），或者不满 180 天但对废水进行监测，监测结果表明 ^{131}I 活度浓度不高于 10Bq/L 后，可直接进行排放。

4 环境天然γ辐射水平参考值

参考《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。

表 7-4 江苏省环境天然γ辐射水平（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

注： [1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时，参考测值范围进行评价。

表 8　环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

南京临床核医学中心位于南京市长乐路 68 号南京市第一医院 5#楼，中心地理位置图见附图 1。中心东侧为院内道路、信府河路、商用房（未时酒店、土丁青年酒店等）及秦淮河，南侧为院内道路及医疗综合楼，西侧为院内道路、外科楼及住院综合楼，北侧为后勤综合楼、供应室、行政楼及内科楼。本项目拟改造衰变池位于 5#楼东侧及南侧。中心平面布局及周围环境图见附图 2。

本项目南京临床核医学中心拟改造衰变池周围 50m 范围内除东侧涉及信府河路、商用房（未时酒店、土丁青年酒店等）及秦淮河，其余场所均在南京市第一医院内，无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及衰变池周围评价范围内公众。

本项目 2 座衰变池拟建址周围环境现状见图 8-1。



5#楼东侧衰变池拟建址东侧（信府河路）



5#楼东侧衰变池拟建址南侧（院内道路）



5#楼东侧衰变池拟建址西侧（5#楼）



5#楼东侧衰变池拟建址北侧（院内道路）



5#楼东侧衰变池拟建址处



5#楼南侧衰变池拟建址东侧（信府河路）



5#楼南侧衰变池拟建址南侧（院内道路）



5#楼南侧衰变池拟建址西侧（院内道路）



5#楼南侧衰变池拟建址北侧（5#楼）



5#楼南侧衰变池拟建址处

图 8-1 本项目衰变池拟建址及周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、检测因子和检测点位

评价对象：2 座衰变池拟建址及周围辐射环境

监测因子：γ辐射空气吸收剂量率、β表面污染

监测点位：在 2 座衰变池拟建址周围布置监测点位，γ辐射空气吸收剂量率共布 15 个检测点位，β表面污染水平共布 2 个检测点位

3 检测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 检测方案

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测仪器：FH40G 型多功能辐射测量仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，检定有效期：2025.7.3~2026.7.2，检测范围：1nSv/h～100μSv/h，能量响应：48keV～4.4MeV）

Como170 高灵敏α/β/γ便携式沾污检测仪（设备编号：J0417，检定有效期：2024.10.31~2025.10.30）

检测时间：2025 年 8 月 11 日

环境条件：天气：阴　温度：25.8°C　湿度：70.5%RH

检测项目：γ辐射空气吸收剂量率和β表面污染水平

检测布点：在 2 座衰变池拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测方法：《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/T14056.1-2008）

数据记录及处理：辐射空气吸收剂量率每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目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）中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。β表面污染水平每个点位读取 5 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

3.2 质量保证措施

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

检测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《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

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员均经过考核并持有检测上岗证，所有检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过核查，检测报告实行三级审核。

3.3 检测结果

检测结果见表 8-1 及表 8-2，详细检测结果见附件 5。5#楼东侧衰变池拟建址为原化粪池，5#楼南侧衰变池拟建址为原衰变池，检测时原化粪池及原衰变池均正常使用。

表 8-1 本项目 2 座衰变池拟建址及周围环境辐射水平检测结果

序号	检测点位描述	检测结果（nGy/h）	备注
1	5#楼东侧衰变池拟建址处	676	道路
2	5#楼东侧衰变池拟建址东侧	179	道路
3	5#楼东侧衰变池拟建址南侧	408	道路
4	5#楼东侧衰变池拟建址西侧	351	道路
5	5#楼东侧衰变池拟建址北侧	246	道路
6	5#楼南侧衰变池拟建址处	94.9	道路
7	5#楼南侧衰变池拟建址东侧	73.5	道路
8	5#楼南侧衰变池拟建址南侧	72.7	道路
9	5#楼南侧衰变池拟建址西侧	71.9	道路
10	5#楼南侧衰变池拟建址北侧	68.8	道路
11	5#楼东侧衰变池拟建址东侧（商用房未时酒店外）	50.7	道路
12	5#楼南侧衰变池拟建址东南侧（商用房土丁青年酒店外）	52.6	道路
13	5#楼南侧衰变池拟建址西南侧（医疗综合楼外）	50.6	道路
14	5#楼东侧衰变池拟建址西侧（住院综合楼外）	52.4	道路
15	5#楼东侧衰变池拟建址西北侧（行政楼外）	51.8	道路

注：上表数据已扣仪器宇响值。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子道路取 1。

表 8-2 本项目 2 座衰变池拟建址及周围β表面污染检测水平

序号	监测点位描述	测量结果（Bq/cm^2）
1	5#楼东侧衰变池拟建址处地面	0.16
2	5#楼南侧衰变池拟建址处地面	＜MDL

注：表中β表面污染 MDL=2.2×10^{-2}Bq/cm^2。

4 环境现状调查结果评价

本项目 1~10 号检测点位为已许可非密封放射性物质工作场所在用的化粪池及衰变池处，从现场检测结果可知，5#楼东侧衰变池（原化粪池）拟建址及四周的辐射剂量率为（179～676）nGy/h，5#楼南侧衰变池（原衰变池）拟建址及四周的辐射剂量率为（68.8～94.9）nGy/h，能够满足标准中各控制区墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h 的剂量限值要求。其β表面污染水平在（<MDL~0.16）Bq/cm^{2}之间，能够满足 GB18871-2002 中“监督区的工作台、设备、墙壁、地面β表面污染控制水平不大于 4Bq/cm^2”的要求。

11~15 号检测点位为评价范围内临近建筑处，从现场检测结果可知，11~15 号点位扣除仪器宇宙射线响应值后的室外道路γ辐射水平为（50.6~52.6）nGy/h，根据《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），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室外道路γ辐射水平为（18.1～102.3）nGy/h，本项目 2 个衰变池拟建址周围室外道路监测点位γ辐射水平处于江苏省环境天然γ辐射水平室外道路辐射水平测值范围内，属于正常辐射水平。

图 8-2 本项目 2 座衰变池拟建址及周围环境γ辐射空气吸收剂量率及β表面污染监测点位示意图

表 9　项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 衰变池改造方案

（1）本项目基本情况

本次改造涉及场所主要为 5#楼东侧化粪池及南侧衰变池。涉及核素分别为 ^{99m}Tc、^{131}I。

（2）改造流程

改造准备阶段：南京临床核医学中心停止一楼 SPECT/CT 及二楼甲癌病人接收，停止约 180 天后或者不满 180 天但对 5#楼东侧化粪池及南侧衰变池中废水进行监测，监测结果表明 ^{131}I 活度浓度不高于 10Bq/L 后，再进行下一步改造。

改造实施阶段：①将 5#楼东侧化粪池废水排空，对管道进行改造，将一楼 SPECT/CT 场所放射性废水管道接入该衰变池；②将 5#楼南侧衰变池废水排空，对池体进行拆除，并在原址新建半地下式四级钢槽衰变池，将二楼甲癌治疗场所放射性废水管道接入该衰变池。

改造验收阶段：委托有资质机构实施竣工环保验收。

改造方案流程图见图 9-1。

图 9-1　改造方案流程图

2 设备清单

本项目 5#楼东侧拟改造衰变池为原有化粪池利旧，仅涉及管道改造，衰变池池体无变动。

本项目 5#楼南侧拟改造衰变池为拆除原有埋地式衰变池并新建半地下式衰变池及其衰变间。其涉及设备见表 9-1。

表 9-1 本项目 5#楼南侧拟新建衰变池设备清单

3 放射性核素特性

本项目改造衰变池涉及的非密封放射性物质为 ^{99m}Tc、^{131}I，核素特性见表 9-2。

表 9-2 本项目衰变池涉及核素特性一览表

4 原有工艺不足和改进情况分析

南京临床核医学中心目前许可使用Ⅴ类放射源；使用Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。目前于 5#楼东侧设有一个埋地三级推流式化粪池，容积约为 20m^3，二楼甲癌治疗场所放射性废水先接入该化粪池处理后再接入南侧埋地三级推流式衰变池（容积约为 45m^3），同时一楼 SPECT/CT 场所放射性废水也接入该衰变池。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，5#楼南侧现有衰变池不能满足南京临床核医学中心核医学科放射性废液贮存要求，因此，南京临床核医学中心结合实际使用情况拟对其进行改造：将 5#楼东侧原有推流式化粪池改成推流式衰变池，仅一楼 SPECT/CT 场所放射性废水接入该衰变池；将 5#楼南侧衰变池改造成半地下式四级槽式衰变池，仅二楼甲癌治疗场所放射性废水接入该衰变池。改造后两个衰变池内放射性废水处理能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《关于核医学

标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）中有关放射性废水处理的要求。

污染源项描述

1 放射性污染

本项目拟改造的化粪池及衰变池中废水拟暂存 180 天后或者不满 180 天但对废水进行监测，监测结果表明 ^{131}I 活度浓度不高于 10Bq/L 后，再进行衰变池改造，因此改造期间不涉及放射性污染。

本项目衰变池完成改造后主要涉及以下放射性污染：

β、γ射线：在含 ^{99m}Tc 或 ^{131}I 核素放射性废水排放至衰变池过程中，放射性核素会对局部环境（管道、衰变池周围）产生β射线及γ射线外照射。

放射性废水：

（1）本项目改造后 5#楼东侧为三级推流式衰变池，接入一楼 SPECT/CT 场所放射性废水。

SPECT/CT 日最大注射人数 18 人计，人均用水 8L 计，年最多就诊人数 2880 人，则年产生放射性废水为 23.04m^3，SPECT/CT 场所每天清洗废水约为 50L，年工作 50 周，则年产生放射性清洗废水量为约 12.5m^3。因此 SPECT/CT 场所年产生放射性废水量约为 35.54m^3，则月产生放射性废水约为 2.96m^3。

（2）本项目改造后 5#楼南侧为半地下式四级钢槽衰变池，接入二楼甲癌治疗场所放射性废水。

本项目 ^{131}I 甲癌病人收治量为 3 人/日，每周选定 2 天分批预约病人在服药室服药，两批次时为 6 人/周，年病人数量最多为 300 人，住院时间一般为 3~4 天，保守取住院 4 天；采用节水器具同时控制床位用水水量，每人每天废水产生量以 110L 计，主要来源于淋浴、排泄废水，故年产生放射性废水量为 132m^3。^{131}I 甲癌治疗场所每周清洗一次，每次清洗废水最多为 120L，年工作 50 周，则年产生放射性废水量为 6m^3。综上所述，^{131}I 甲癌治疗场所年产生放射性废水量约为 138m^3，月产生放射性废水量约为 11.5m^3。

表 10　辐射安全与防护

项目安全措施

1 工作场所布局与分区

1.1 项目工作场所布局合理性分析

南京临床核医学中心位于南京市长乐路 68 号南京市第一医院 5#楼，中心东侧为院内道路、信府河路、商用房及秦淮河，南侧为院内道路及医疗综合楼，西侧为院内道路、外科楼及住院综合楼，北侧为后勤综合楼、供应室、行政楼及内科楼。本项目拟改造衰变池位于 5#楼东侧及南侧。本项目未改变南京临床核医学中心核医学科布局，根据原环评报告，核医学科各组成部分功能区明确，既能有机联系，又互不干扰，改造衰变池后位置不变，且能有效优化南京临床核医学中心放射性废水贮存衰变能力，从辐射防护的角度而言，项目平面布局合理。

1.2 辐射安全与防护分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求：应把放射性工作场所分为控制区、监督区以便于辐射防护管理和职业照射控制；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，对控制区运用行政管理程序（如工作许可证制度）和联锁装置限制进入；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。

本项目拟将改造后的东侧衰变池及南侧衰变间均纳入控制区管理，平面布局及分区示意图见附图 3。本项目工作场所分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

2 辐射屏蔽设计

本项目衰变池改造前后的屏蔽防护设计见表 10-1，设计图纸见附图 4、附图 5。

表 10-1 非密封放射性物质工作场所辐射防护屏蔽设计参数

3 辐射安全措施设计

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准中关于非密封工作场所的辐射安全措施，本项目衰变池拟采取的辐射安全和防护措施如下：

（1）拟在东侧衰变池顶部设置电离辐射警告标志，拟在南侧衰变间防护门及四周墙体外设置电离辐射警告标志，用于提醒无关人员不要靠近和逗留。

（2）南侧衰变间防护门设有专人专锁，除设备厂家维护人员及辐射工作人员对衰变池进行维护、巡查外，其他人员不能进入衰变间。

（3）东侧衰变池四周及南侧衰变间四周拟设置警戒围栏，防止无关人员靠近。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废治理

（1）SPECT/CT 日最大注射人数 18 人计，人均用水 8L 计，年最多就诊人数 2880 人，则年产生放射性废水为 23.04m^3，SPECT/CT 场所每天清洗废水约为 50L，年工作 50 周，则年产生放射性废水量约为 12.5m^3。SPECT/CT 场所年产生放射性废水量为 35.54m^3，则月产生放射性废水约为 2.96m^3。

本项目改造后 5#楼东侧为三级推流式衰变池，有效容积为 20m^3，接入一楼 SPECT/CT 场所放射性废水，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中核医学诊断场所可设置推流式放射性废液衰变池的要求，能满足排入其中的放射性废水（^{99m}Tc）存放 30 天的要求。东侧推流式衰变池内废水最终排入南京市第一医院污水处理系统。

（2）本项目 ^{131}I 甲癌治疗年病人数量最多为 300 人，住院时间一般为 3~4 天，取住院 4 天；采用节水器具同时控制床位用水水量，每人每天废水产生量以 110L 计，主要来源于淋浴、排泄废水，故年产生放射性废水量为 132m^3。^{131}I 核素治疗场所每周清洗一次，每次清洗废水约为 120L，年工作 50 周，则年产生放射性废水量为 6m^3。综上所述，^{131}I 核素治疗场所年产生放射性废水量为 138m^3，月产生放射性废水量约为 11.5m^3。

本项目改造后5#楼南侧为半地下式四级槽式衰变池，含4个池体，每个池体的有效容积为31.25m^3，接入二楼甲癌治疗场所放射性废水。

该衰变池采用并联工作方式，放射性废水接出后首先进入1#衰变池，此时，2#、3#和4#衰变池进水口和四个衰变池的出水口全部处于关闭状态。当1#衰变池液面达到设定液位时，关闭1#池的进水阀，2#池的进水阀门开启，放射性废水进入2#池。当2#池液面达到设定液位时，关闭2#池的进水阀，开启3#池进水阀，放射性废水进入3#池。当3#池水液面达到设定液位时，关闭3#池的进水阀，开启4#池进水阀。当4#池水液面达到设定液位时，打开1#池排水阀，此时1#池废水排出。当液位传感器感知到1#池液位排空后，关闭4#池进水阀，同时打开1#池进水阀，如此循环，确保每次排放的衰变池内废液都是贮存时间最长的。

本项目其中一个池子存满后开始计时至其它三个池子存满时间约为244天（93.75m^3/11.5m^3/月×30天≈244天），能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中放射性废水“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^{131}I核素的暂存超过180天）”的暂存衰变要求。衰变池废水暂存180天后或者不满180天但对废水进行监测，监测结果表明^{131}I活度浓度不高于10Bq/L后，可排入南京市第一医院污水处理系统。

在采取以上措施后，本项目放射性废水处理满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）中有关放射性废水处理的要求。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

南京临床核医学中心拟在原有衰变池及化粪池的基础上对其进行改造，拟对5#楼东侧化粪池及南侧衰变池中废水暂存180天后或者不满180天但对废水进行监测，监测结果表明^{131}I活度浓度不高于10Bq/L后，再进行下一步改造，在改造时将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，在建设施工时对环境会产生如下影响：

（1）大气：本项目在施工期需进行的拆除、改造等作业，将在施工区域产生地面扬尘，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：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.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；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（2）噪声：施工机械在运行中将产生一定程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

（3）固体废物：整个施工过程产生少量以建筑装修垃圾为主的固体废弃物，应委托有资质单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。

（4）废水：施工期间，有一定量含有泥浆的建筑装修废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，由于量较少，建议在采取简单的沉淀处理后排入已有的排污管道。

南京临床核医学中心拟在本项目施工阶段采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

1 衰变池环境影响分析

采取《核医学放射防护要求》中的计算模式计算各参考点空气比释动能率：

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

由公式（11-1）可推断得出：

$$\dot{H}_p = \frac{A \times \Gamma \times 10^{-x/TVL}}{r^2} \qquad \text{……（11-2）}$$

上式中：X－屏蔽厚度，单位为毫米（mm）；

TVL－γ射线的十分之一值层厚度，单位为毫米（mm），见《核医学放

射防护要求》表 I.1；

A－单个患者或受检者所用放射源的最大活度，单位为兆贝克（MBq）；

Γ_k－距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为 μSv·m²/MBq·h，通过查《核医学放射防护要求》表 H.1，^{99m}Tc 的Γ_k=0.0303，^{131}I 的Γ_k=0.0595；

$\dot{H}_p$－屏蔽体外关注点剂量率控制值，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

r－参考点与放射源间的距离，单位为米（m）。

（1）5#楼东侧推流式衰变池

表 11-1 5#楼东侧推流式衰变池外辐射水平估算结果

由上表可知，5#楼东侧衰变池外周围辐射剂量率最大为 8.09E-05μSv/h，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中剂量当量率限值的要求。

（2）5#楼南侧槽式衰变池

本项目 ^{131}I 甲癌治疗场所产生的废水将排入南侧槽式衰变池中，衰变池以四周衰变间墙体、顶棚和防护门作为屏蔽防护，除设备厂家维护人员及辐射工作人员，其他人员一般不能进入衰变间。计算新建衰变池对外环境的辐射影响时，参照公式（11-2），从保守角度考虑，将衰变池内放射性废水的源强按照点源进行计算，其参考点处的辐射水平计算结果见表 11-2。

表 11-2 5#楼南侧槽式衰变池外辐射水平估算结果

由上表可知，本项目 5#楼南侧衰变间外周围辐射剂量率最大为 2.27E-01μSv/h，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中剂量当量率限值的要求。

2 放射性废水管道外环境影响分析

本项目涉及两个衰变池，其中 SPECT 场所放射性废水排入 5#楼东侧衰变池，甲癌治疗产生的放射性废水排入 5#楼南侧衰变池。排水管道采用地面板下敷设、顶板下敷设和降板区覆土内敷设，南京临床核医学中心药物使用过程中产生的废水、患者在等候和住院所产生废水中所含放射性药物量很少，并分别使用 2mm 铅皮和 8mm 铅皮包裹管道。本项目计算放射性废水管道对外环境的辐射影响时，参照辐射防护导论 P78 公式（c）及公式（11-3），其参考点处的辐射水平计算结果见表 11-3。

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

式中：$\dot{K}$—周围剂量当量率，$Sv \cdot s^{-1}$；

L—线源长度，m，本项目取 5m；

r—参考点至线源的垂直距离，m，本项目取 2m；

A—线源活度，Bq；

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

表 11-3 放射性废水排放管道外辐射水平估算结果

由表 11-3 可知，在本次预测条件下，本项目放射性废水管道外周围辐射剂量率约为 5.64E-01μSv/h，能够确保其外表面 30cm 处的剂量当量率小于 2.5μSv/h，排水管道屏蔽防护能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中剂量当量率限值的要求。

3 辐射工作人员和公众剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X-γ射线产生的外照射人均年剂量当量计算公式如下。

$$H_{E.r} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad \ldots\ldots（11\text{-}4）$$

式中：$H_{E\cdot r}$—外照射年有效剂量，mSv；

D_r—吸收剂量率，μSv/h；

t—照射时间，h；

T—居留因子。

本项目 2 座衰变池运行后，仅设备维护时，辐射工作人员进入衰变间内，故辐射工作人员居留因子保守取 1，辐射工作人员距衰变池罐体最近距离取 0.5m，计算得到辐射工作人员接触最大辐射剂量率约为 1.66E+01μSv/h，维修时间保守取 2h。本项目 2 座衰变池四周设有围栏，防止无关人员靠近和逗留，四周紧邻公众主要为院内道路及信府河路上行人，故四周紧邻公众居留因子取 1/16，2 座衰变池东侧商用房居留因子取 1，5#楼内其他工作人员及南京市第一医院内工作人员居留因子取 1，公众工作时间保守按每日工作 8h，年工作 250 天考虑，取 2000h。

表 11-4 辐射工作人员及公众年受照有效剂量结果评价

由表 11-4 可知，本项目衰变池改造后所致辐射工作人员年有效剂量约为 3.32E-02mSv，所致周围公众年有效剂量约为 7.23E-02mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值中职业人员和公众人员的要求：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。

4 三废治理评价

本项目改造后 5#楼东侧为三级推流式衰变池，有效容积为 20m^3，接入一楼 SPECT/CT 场所放射性废水，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中核医学诊断场所可设置推流式放射性废液衰变池的要求，能满足排入其中的放射性废水（^{99m}Tc）存放 30 天的要求。

本项目改造后 5#楼南侧为半地下式四级槽式衰变池，含 4 个池体，每个池体的有效容积为 31.25m^3，接入二楼甲癌治疗场所放射性废水。其中一个池子存满后开始计时至其它三个池子存满时间约为 244 天（93.75m^3/11.5m^3/月×30 天≈244 天），能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中放射性废水“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 ^{131}I 核素的暂存超过 180 天）”的暂存衰变要求。衰变池废水暂存 180 天后或者不满 180 天但对废水进行监测，监测结果表明 ^{131}I 活度浓度不高于 10Bq/L 后，可排入污水处理系统。

在采取以上措施后，本项目放射性废水处理满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）中有关放射性废水处理的要求。

事故影响分析

1 潜在事故分析

本项目为衰变池改造，其存在的事故工况主要有：

（1）放射性废水未经足够的时间衰变即进行擅自处理，可能对环境或人体造成一定的危害。

（2）放射性废水排放管道泄漏，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

2 辐射事故预防措施

辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度等进行防范。中心拟采取一系列的预防措施，尽可能减小或控制事故的危害和影响。

（1）放射性废水暂存时间达到要求或经检测满足要求后排放。

（2）定期检查放射性废水排放管道，确保管道处于正常工作状态。

3 辐射事故处置方法

在发生放射性废物处置或管理不当造成污染时，建设单位拟采取的应急处理措施如下：

立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间；现场经监测满足解控要求后再解除警戒。

发生辐射事故时，立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，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，同时向卫生健康部门报告。事故发生后中心应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

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》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，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必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

南京临床核医学中心已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。中心现有 29 名辐射工作人员（见附件 6），其中 1 名辐射工作人员为辐射防护负责人，均已参加并通过了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训。辐射工作人员及辐射防护负责人持有的原辐射安全培训合格证书到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。

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》中的有关要求，使用放射性同位素的单位、使用III类射线装置和V类放射源的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。

南京临床核医学中心已制定一系列辐射安全管理规章制度，包括辐射防护和安全保卫制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、使用登记制度、辐射工作人员培训计划、监测方案及事故应急制度等。现对各项制度提出相应的建议如下：

操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、放射性废物处置的具体流程及应采取的具体防护措施，重点是放射性废水排放过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确管理人员、台帐管理人员、调试人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据放射性废水排放的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是放射性废水排放时的辐射安全管理。

设备检修维护制度：明确辐射监测设备维修计划、在日常运行过程中维护保养以

及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。定期检查相关的辐射安全检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保个人剂量报警仪、表面沾污仪保持良好工作状态。

人员培训计划：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。

监测方案：完善辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。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部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

台账管理制度：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。

事故应急预案：针对本项目放射性废水排放过程中可能产生的辐射事故制定辐射事故应急预案或应急措施，该预案或措施中要明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。当发生辐射事故时，中心应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在 1 小时内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时，还应同时报告当地卫生健康部门。

辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、表面污染检测仪等仪器；用于对辐射工作场所周围的辐射水平进行巡测。

南京临床核医学中心已配备 1 台环境辐射剂量巡测仪、3 台表面沾污检测仪及 6 台个人剂量报警仪，满足场所关于监测仪器的要求。

南京临床核医学中心现有核技术利用项目已委托南京瑞森辐射技术有限公司开展年度环保检测（报告编号：瑞森（综）字（2024）第 0856 号、瑞森（综）字（2024）第 1045 号、瑞森（综）字（2024）第 1087 号、瑞森（综）字（2024）第 1097 号），由检测结果可知，南京临床核医学中心辐射工作场所周围剂量当量率及放射性表面污染检测均能满足相关标准的要求。中心现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累

积剂量，并每三个月送江苏省疾病预防控制中心及福建锡福技术服务有限公司进行个人剂量监测，根据中心2024年~2025年4个季度辐射工作人员个人剂量监测报告可知（（放卫）20241294、（放卫）20241415、（放卫）20251068、SVJL25AW501），辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常。

南京临床核医学中心已于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

本项目运行后，中心拟定期请有检测资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射污染水平进行监测；拟定期对辐射场所及周围辐射污染水平进行自主监测，并对监测结果进行记录；辐射工作人员均佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（1个月/次，最长不超过3个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案；同时中心定期安排辐射工作人员进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立职业健康档案。中心还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

辐射监测方案见表12-1。

表12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点
东侧衰变池及南侧衰变间	β表面沾污、周围剂量当量率	竣工验收监测，委托有资质单位进行	1次	β表面沾污：衰变池/衰变间表面 周围剂量当量率：衰变池/衰变间表面及周围
		场所年度监测，委托有资质单位进行	1次/年	
		自主监测	出现放射性物质污染时；废水排放时	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质单位进行	1次/3个月	/

落实以上措施后，中心安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，南京临床核医学中心已针对可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）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；

（3）辐射事故分级与应急响应措施；

（4）辐射事故调查、报告和处理程序；

（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

南京临床核医学中心已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，在预案中明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施，并定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，中心拟立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，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，同时向卫生健康部门报告。事故发生后中心应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13　结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

南京临床核医学中心位于南京市长乐路 68 号南京市第一医院 5#楼。中心东侧为院内道路、信府河路、商用房（未时酒店、土丁青年酒店等）及秦淮河，南侧为院内道路及医疗综合楼，西侧为院内道路、外科楼及住院综合楼，北侧为后勤综合楼、供应室、行政楼及内科楼。本项目拟改造衰变池位于 5#楼东侧及南侧。

本项目南京临床核医学中心拟改造衰变池周围 50m 范围内除东侧涉及信府河路、商用房（未时酒店、土丁青年酒店等）及秦淮河，其余场所均在南京市第一医院内，无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及衰变池周围评价范围内公众。

1.2 项目分区及布局

本项目拟将改造后的 2 座衰变池均纳入控制区管理。本项目工作场所分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

1.3 辐射安全措施

本项目拟在东侧衰变池顶部设置电离辐射警告标志，拟在南侧衰变池防护门及四周墙体外设置电离辐射警告标志，用于提醒无关人员不要靠近和逗留。南侧衰变池防护门设有专人专锁，除设备厂家维护人员及辐射工作人员进行维护、巡查进入，其他人员不能进入衰变间内。东侧衰变池四周及南侧衰变间四周拟设置警戒围栏，防止无关人员靠近。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

1.4 辐射安全管理

南京临床核医学中心已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。中心拟根据相关法律条例及本报告提出的要求完善辐射安全管理制度。中心现有 29 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员为辐射防护负责人，辐射工作人员均已通过辐射安全与防护考核。辐射工作人员及辐射防护负责人持有的原辐射安全培训合格证书到期后应当再次参加并通过生态环境部培训平台上的线上考

核方可上岗。

南京临床核医学中心已配备 1 台环境辐射巡测仪、3 台表面沾污检测仪及 6 台个人剂量报警仪，用于对项目日常运行时辐射场所周围的辐射水平进行监测；中心拟定期（不少于 1 次/年）请有检测资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并委托有资质的单位对所有辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立完整的个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

根据理论预测结果，本项目 2 个拟改造衰变池墙外 30cm 处辐射剂量率的辐射剂量率以及放射性废水管道外均能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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，曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h”的标准要求。

2.2 保护目标剂量

本项目投入运行后周围辐射工作人员和公众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有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

2.3 三废处理处置

本项目改造后 5#楼东侧为三级推流式衰变池，有效容积为 20m^3，接入一楼 SPECT/CT 场所放射性废水，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中核医学诊断场所可设置推流式放射性废液衰变池的要求，能满足排入其中的放射性废水（^{99m}Tc）存放 30 天的要求。

本项目改造后 5#楼南侧为半地下式四级槽式衰变池，含 4 个池体，每个池体的有效容积为 31.25m^3，接入二楼甲癌治疗场所放射性废水。其中一个池子存满后开始计时至其它三个池子存满时间约为 244 天（93.75m^3/11.5m^3/月×30 天≈244 天），能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中放射性废水“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 ^{131}I 核素的暂存超过 180

天）”的暂存衰变要求。衰变池废水暂存 180 天后或者不满 180 天但对废水进行监测，监测结果表明 ^{131}I 活度浓度不高于 10Bq/L 后，可排入污水处理系统。

在采取以上措施后，本项目放射性废水处理满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）中有关放射性废水处理的要求。

3 可行性分析结论

综上所述，南京临床核医学中心衰变池改造项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备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，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1）该项目运行后，应严格遵循操作规程，杜绝麻痹大意思想，确保放射性废水合规排放，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）各项环保设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。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资(万元)
辐射安全管理机构	已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全和防护措施	本项目衰变池详细屏蔽设计见表 10-1 **辐射安全措施：** （1）拟在东侧衰变池顶部设置电离辐射警告标志，拟在南侧衰变池防护门及四周墙体外设置电离辐射警告标志，用于提醒无关人员不要靠近和逗留。 （2）南侧衰变池防护门设有专人专锁，除设备厂家维护人员及辐射工作人员对衰变池进行维护、巡查外，其他人员不能进入衰变间。 （3）东侧衰变池四周及南侧衰变间四周拟设置警戒围栏，防止无关人员靠近。	满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中控制区墙体外30cm 处辐射剂量率限值的要求	
人员配备	中心已配备 29 名辐射工作人员（包含 1 名辐射防护负责人），均已通过生态环境部培训平台上的线上考核，辐射工作人员及辐射防护负责人持有的原辐射安全培训合格证书到期后应当再次参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗 拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，送检周期为 3 个月，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案 拟定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，体检周期为 2 年，并建立职业健康监护档案	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求	定期投入
监测仪器和防护用品	已配备 1 台环境辐射巡测仪、3 台表面沾污检测仪以及 6 台个人剂量报警仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	/
辐射安全管理制度	中心已根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、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、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，健全操作规程、岗位	/

	度，中心还拟根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性	职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。	

以上措施必须在项目运行前落实。

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