2024-F-051

核技术利用建设项目

南京市浦口医院 ^{131}I 核素治疗场所改造项目环境影响报告表

南京市浦口医院

2024 年 9 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

南京市浦口医院 ^{131}I 核素治疗场所改造项目环境影响报告表

建设单位名称：南京市浦口医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏省南京市浦口区南浦路 298 号

邮政编码：210031　　联系人：

电子邮箱：/　　联系电话：

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.....5
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.....20
表 9 项目工程分析与源项.....26
表 10 辐射安全与防护.....30
表 11 环境影响分析.....37
表 12 辐射安全管理.....44
表 13 结论与建议.....48
表 14 审批.....53
附图.....54
附件.....69

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">南京市浦口医院 ^{131}I 核素治疗场所改造项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">南京市浦口医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>闻浩</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="6">南京市浦口区浦园路 18 号、浦珠中路 204 号、南浦路 298 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">江苏省南京市浦口区南浦路 298 号</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>300</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>100</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">33.3%</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 colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="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 用放射性物质</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 colspan="2">其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述

1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1 建设单位基本情况

南京市浦口医院（以下简称医院）是由南京江北新区和南京医科大学合作共建的一所集医、教、研为一体的综合教学三级医院。医院拥有浦园院区、南苑院区和京新院区三个院区，分别位于南京市浦口区浦园路 18 号、浦珠中路 204 号、南浦路 298 号。医院京新院区占地面积 129.7 亩，开放床位 1000 张，分门诊楼、行政楼、科研楼、住院楼和感染楼五个部分。

1.2 项目建设规模及任务由来

南京市浦口医院核医学科位于京新院区高压氧舱东侧负一层，包括 PET/CT 显像诊断项目、SPECT/CT 显像诊断项目和 ^{131}I 核素治疗项目（甲癌）。核医学科已于 2018

年 5 月 31 日通过原江苏省环境保护厅的环评审批（苏环辐（表）审[2018]012 号，见附件 3），于 2022 年 05 月 18 日取得了辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[01397]”（见附件 4），核医学科目前仅开展 PET/CT 显像诊断项目，SPECT/CT 显像诊断场所和 ^{131}I 核素治疗（甲癌）场所均已建设尚未投入使用。

根据核医学科需求，医院计划对核医学科中的 ^{131}I 核素治疗场所进行改造，改造前和改造后布局分别见附图 3 和附图 4。并计划为本项目新配备 5 名辐射工作人员，均为医院新增人员。本项目具体改造内容如下：

（1）新增 ^{131}I 甲亢治疗：

根据原环评可知，^{131}I 用于甲癌治疗，日最高峰为 6 人，日最大操作量为 3.33×10^{10}Bq，日等效最大操作量为 3.33×10^{9}Bq，^{131}I 核素治疗场所内甲癌使用量与原环评使用量一致。新增甲亢治疗项目，甲亢日最高峰为 10 人，日最大操作量为 3.70×10^{9}Bq，日等效最大操作量为 3.70×10^{8}Bq，其使用情况见下表 1-1。

表 1-1 ^{131}I 核素治疗使用情况一览表

核素名称	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	场所名称	活动种类	环评情况	许可情况
^{131}I（甲亢）	3.70×10^{8}	1.78×10^{11}	高压氧舱东侧负一层核医学科	使用	本次环评	未许可

高压氧舱东侧负一层核医学科包括 PET/CT 显像诊断场所、SPECT/CT 显像诊断场所和 ^{131}I 核素治疗场所。根据原环评可知，PET/CT 显像诊断场所日等效最大操作量为 3.70×10^{6}Bq，SPECT/CT 显像诊断项目场所日等效最大操作量为 1.48×10^{7}Bq，^{131}I 甲癌治疗日等效最大操作量为 3.33×10^{9}Bq，本项目实施后 ^{131}I 甲亢治疗日等效最大操作量为 3.7×10^{8}Bq，叠加后核医学科的日等效最大操作量为 3.72×10^{9}Bq，仍为乙级非密封放射性物质工作场所。

（2）新建 ^{131}I 专用衰变池及配套设施：

①医院已根据原环评（苏环辐（表）审[2018]012 号的要求完成现有衰变池的建设。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，现有衰变池容积和设计要求不能满足核医学科放射性废液贮存要求。因此，医院计划将现有衰变池专用于贮存 SPECT/CT、PET/CT 显像诊断场所产生的废水，并计划在住院楼南侧绿化带内新建一个地埋式三级槽式废液衰变池（位置见附图 5），专用于贮存 ^{131}I 废水，3 个池子尺寸均为 3m（宽）×9m（长）×3.2m（高），单个有效容积为 $81m^3$，总有效容积为 $243m^3$。

②部分功能场所改造，医院 ^{131}I 核素治疗场所无固废间，不能满足医院储存放射性固体废物的需求。因此医院计划在服药吧台北侧新增一座固废间用于贮存 ^{131}I 核素治疗场所产生的放射性固体废物（位置见附图 4），面积约为 3.23m^2，体积约为 11.31m^3。

③通风管道改造，医院计划单独设置 ^{131}I 核素治疗场所的通风管道（设计见附图 6），SPECT/CT、PET/CT 显像诊断场所通风管道不调整，与原环评一致。

④排水管道改造，医院计划单独设置 ^{131}I 核素治疗场所的排水管道（设计见附图 7 和附图 8），将 ^{131}I 核素治疗场所产生的放射性废水统一排到新建衰变池中。

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》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的要求，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，包括 ^{131}I 核素治疗场所新增了暂存放射性固体废物的固废间，新增了一座 ^{131}I 专用衰变池，增加了甲亢治疗项目，属于项目重大变动，应编制核技术利用项目环境影响评价报告表。受南京市浦口医院委托，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

本项目位于南京市浦口医院京新院区，京新院区位于江苏省南京市浦口区南浦路 298 号，地理位置见附图 1。京新院区东侧为江苏省残联康复中心院内空地，南侧为引水河路，西侧为南浦路，北侧为柳洲东路。京新院区平面布局及周围环境见附图 2。

本项目 ^{131}I 核素治疗场所位于京新院区高压氧舱东侧负一层核医学科，其东侧和南侧为土层，西侧为 SPECT/CT 检查区、下沉庭院，北侧为放疗科，下方为土层，上方为院内道路和绿化带。高压氧舱东侧负一层的楼层平面布局见附图 3，本项目 ^{131}I 核素治疗场所布局见附图 4，楼上对应区域平面布局见附图 5。

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定“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 范围，乙、丙级取半径 50m 的范围”。因此，确定本项目评价范围为核医学科乙级工作场所取其半径 50m 的范围，如附图 2 所示。根据现场调查可知本项目保护目标主要为辐射工作人员、评价范围内医护人员、患者及患者家属、院内道路行人、东侧江苏省残联康复中心院内空地内人员

和北侧住院楼内的医护人员、患者及患者家属。

3 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊治能力。本项目通过新增甲亢治疗项目，使患者就诊更加全面、便利。本项目甲亢治疗的日等效最大操作量为 3.70×10^{8}Bq，核素增量较小，与原环评项目相比，几乎不增加额外三废排放。新建衰变池专用于贮存 ^{131}I 核素治疗场所产生的废水，使得核医学科废水按长短半衰期分开排放，满足《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 的要求。通过核医学科 ^{131}I 核素治疗部分功能场所改造，能够完善核医学科相应功能。因此，本项目的实践是必要的。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合辐射防护“实践的正当性”原则。

4 原有核技术利用项目许可情况

南京市浦口医院目前持有江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[01397]”，种类和范围为“使用V类放射源；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”，发证日期为 2022 年 05 月 18 日，有效期至 2027 年 03 月 10 日。许可内容包含 1 台医用直线加速器、4 台 DSA、24 台 III 类医用 X 射线装置、2 枚放射源、1 种非密封放射性物质等，医院辐射安全许可证正副本见附件 4。以上核技术利用项目均已履行了环保手续，其中核医学科的 PET/CT 显像诊断项目已完成竣工环境保护验收（见附件 7）。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{131}I	液态	使用	3.70×10^{9}	3.70×10^{8}	1.78×10^{11}	甲亢治疗	简单操作	京新院区高压氧舱东侧负一层住核医学科	核医学科分装柜内
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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（μA）/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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
^{131}I 核素治疗场所患者住院产生的废水及医护人员清洗废水	液态	^{131}I	/	/	约 220.8m^3	总 α＜1Bq/L 总 β<10Bq/L	由专用管道统一排入 ^{131}I 专用衰变池	暂存于 ^{131}I 专用衰变池内 180 天后排入医院污水处理系统
^{131}I 核素治疗场所产生一次性服药杯、擦拭纸等	固态		/	/	约 109.6kg	α＜0.08Bq/cm^2、β＜0.8Bq/cm^2	收集于各场所的放射性废物收集桶内，送至固废间暂存	暂存于固废间内不少于 180 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。
废活性炭	固态		/	/	约 25kg	α＜0.08Bq/cm^2、β＜0.8Bq/cm^2	拆卸下来的过滤吸附装置作为放射性固体废物处理，送至固废间暂存	暂存于固体废物间内不少于 180 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。
放射性药物操作时挥发的微量气溶胶	气态		/	/	微量	微量	不暂存	经分装仪管道及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放
固废中残留的放射性废液挥发的微量气溶胶	气态		/	/	微量	微量	不暂存	经固废间顶部排风口至屋顶排放口，由屋顶排放口的活性炭装置过滤后排放

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3,年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度用比活度(Bq/l，或 Bq/kg，或 Bq/m^3)，年排放总量分别用 Bq 和 kg。

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，2015 年 1 月 1 日施行 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 修正版），中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日修订，2018 年 12 月 29 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，2003 年 10 月 1 日起施行 （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正版），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 年修正版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日公布施行 （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，2021 年 1 月 1 日实施 （7）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行 （8）《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 （9）《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 日施行 （10）《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 （11）《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 （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》生态环境部部令第 9 号，2019 年 11 月 1 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 11 月 1 日起施行 （15）《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部

	公告 2019 年第 39 号，2019 年 11 月 1 日起施行 （16）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正版），江苏省第十三届人民代表大会常委会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行 （17）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 （18）《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 （19）《江苏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 （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 （21）《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
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-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） （5）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021） （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） （7）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010） （8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128- 2019） （9）《职业性内照射个人监测规范》（GBZ129-2016） （10）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020） （11）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20 号
其它	**与本项目相关附件** （1）委托书（附件 1） （2）非密封放射性核素使用承诺书（附件 2） （3）关于南京医科大学第四附属医院新建放射诊疗项目环境影响报告表的批

	复（附件 3） （4）辐射安全许可证（附件 4） （5）辐射环境现状检测报告（附件 5） （6）与本项目核医学科相关内容（附件 6） （7）PET/CT 显像诊断项目验收意见（附件 7）

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目核医学科场所为乙级非密封放射性物质工作场所，根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定“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 范围，乙、丙级取半径 50m 的范围”。因此，确定本项目评价范围为核医学科乙级工作场所取其半径 50m 的范围，包括核医学科、放疗科、高压氧舱、江苏省残联康复中心院内空地和住院楼等。具体评价范围示意图见附图 2。

环境保护目标

本项目位于江苏省南京市浦口区南浦路 298 号，不涉及自然保护区、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）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），本项目评价范围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（见附图 9）。本项目为医用核技术利用项目，不会降低管控区的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。

根据现场调查可知，本项目 50m 评价范围内无居民区、学校等敏感点。评价范围内未涉及《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号）》中划分的环境管控单元中的优先保护单元。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、评价范围内医护人员、患者及患者家属、院内道路行人、东侧江苏省残联康复中心院内空地的人员和北侧住院楼内的医护人员、患者及患者家属，保护目标情况一览表见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

项目位置	保护目标名称			方位	最近距离	规模	剂量限值（mSv/a）
^{131}I 核素治疗场所	辐射工作人员			工作场所内	紧邻	5 人	5
	院外公众	公众	江苏省残联康复中心院内空地	东侧	约 35m	不定	0.1
	院内公众	工作人员	高压氧舱	西侧	约 16m	2 人	
		医护人员	放疗科	北侧	约 1m	约 10 人	
		患者及患者家属				不定	

		医护人员	住院楼	北侧	约 45m	约 50 人	
		患者及患者家属				不定	
		行人	院内道路	南侧	约 15m	不定	
		行人	院内道路	上方	约 6m	不定	

评价标准

1《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

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。

11.4.3.2剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%～30%（即0.1mSv～0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

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。				

表 7-4 非密封源工作场所的分级

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

表 7-5 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

解控水平（Bq/g）	核素
1×10^2	^{131}I

注 1：上述解控水平推荐值原则上只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对产生小量放射性固体废物的医学应用或实验室。

注 2：严禁为申报清洁解控而采用人工稀释等方法来降低核素活度浓度。

注 3：本表数值取自 GB 18871-2002 附录 A；

8.5 放射性废物管理

8.5.1 注册者和许可证持有者应确保在现实可行的条件下，使其所负责实践和源所产生的放射性废物的活度与体积达到并保持最小。

8.5.2 注册者和许可证持有者应按照本标准和国家其他有关法规与标准的要求，对其所负责实践和源所产生的放射性废物实施良好的管理，进行分类收集、处理、整备、运输、贮存和处置，确保：

a）使放射性废物对工作人员与公众的健康及环境可能造成的危害降低到可以接受的水平；

b）使放射性废物对后代健康的预计影响不大于当前可以接受的水平；

c）不给后代增加不适当的负担。

8.5.3 注册者和许可证持有者进行放射性废物管理时，应充分考虑废物的产生与管理各步骤之间的相互关系，并应根据所产生废物中放射性核素的种类、含量、半衰期、浓度以及废物的体积和其他物理与化学性质的差别，对不同类型的放射性废物进行分类收集和分别处理，以利于废物管理的优化。

8.6 放射性物质向环境排放的控制

8.6.1 注册者和许可证持有者应保证，由其获准的实践和源向环境排放放射性物质时符合下列所有条件，并已获得审管部门的批准：

a）排放不超过审管部门认可的排放限值，包括排放总量限值和浓度限值；

b）有适当的流量和浓度监控设备，排放是受控的；

c）含放射性物质的废液是采用槽式排放的；

d）排放所致的公众照射符合本标准附录 B（标准的附录）所规定的剂量限制要求；

e）已按本标准的有关要求使排放的控制最优化。

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：

a）每月排放的总活度不超过 10ALImin（ALImin 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）

b）每一次排放的活度不超过 1ALImin，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

2《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）

5.3.1 辐射工作人员应熟练掌握安全与防护技能，取得相应资质。

5.3.2 辐射工作人员应根据实际需要配备适用、足够和符合标准的个人防护用具（器械、衣具），并掌握其性能和使用方法。个人防护用具应有备份，均应妥善保管，并应对其性能进行检验。

5.3.3 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施，做好个人防护工作。

5.3.4 在伴有外照射的工作场所，应做好个人外照射防护，包括 β 外照射防护。

5.3.5 在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。

3《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）

表 7-6 综合医疗机构和其他医疗机构水污染排放限值（日均值）

序号	控制项目	排放标准
22	总 α 放射性（Bq/L）	1
23	总 β 放射性（Bq/L）	10

4《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

4.2 辐射工作场所分级

应按照 GB18871 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 GB18871 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，监督区入口应设置标明监督区的标志。

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。

4.5 服药患者出院要求

4.5.1 为确保放射性核素治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，出院患者体内放射性核素活度应符合附录 B 的相关规定。

4.5.2 接受碘-131 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 以下或距离患者体表 1 米处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 方可出院。

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解隔离。

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

6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

6.1.2 设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。

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

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

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

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

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。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

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。

6.3.3 碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。

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 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 Bq/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。

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记

录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

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 10 Bq/L。

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

7.4 气态放射性废物的管理

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

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

5《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20 号

一、关于槽式衰变池中含碘-131 放射性废水排放

含碘-131 放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

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

（二）暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放。

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

医院应做好相关排放记录。

二、关于控制区剂量率

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021，以下称核医学标准）第 6.1.5 节规定，距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。本条规定的具体含义为：

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

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

周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

三、关于独立通风要求

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

6《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）

7 项目管理目标

（1）本项目辐射工作人员及公众的辐射剂量约束值：其中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）本项目工作场所周围剂量当量率控制值：在核医学工作场所各控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2），周围剂量当量率应小于2.5μSv/h；控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子＜1/2），周围剂量当量率应小于10μSv/h。控制区外周围剂量当量率应小于2.5μSv/h。

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。

（3）核医学科表面污染控制水平控制值：本项目表面污染为β放射性物质，核医学科控制区内的工作台、设备、墙壁、地面等表面污染控制水平不大于40Bq/cm^2，监督区的工作台、设备、墙壁、地面等表面污染控制水平不大于4Bq/cm^2，工作人员的工作服、手套、工作鞋等工作台、设备、墙壁、地面等表面污染控制水平不大于4Bq/cm^2，工作人员的手、皮肤、内衣、工作袜等工作台、设备、墙壁、地面等表面污染控制水平不大于0.4Bq/cm^2。

8 参考资料

（1）《辐射防护导论》，方杰主编；《辐射防护技术与管理》，张丹枫、赵兰才主编。

（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。

表 7-7 江苏省环境天然γ辐射水平（单位：nGy/h）

类别 \ 类型	原野γ辐射剂量率	道路γ辐射剂量率	室内γ辐射剂量率
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

注：1、测量值已扣除宇宙射线响应值；

2、现状评价时，以“均值±3s”作为参考值：原野为（50.4±21.0）nGy/h；道路为（47.1±36.9）nGy/h；室内为（89.2±42.0）nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1 项目地理位置和场所位置

南京市浦口医院京新院区位于江苏省南京市浦口区南浦路 298 号。其东侧为江苏省残联康复中心院内空地，南侧为引水河路，西侧为南浦路，北侧为柳洲东路，医院京新院区地理位置见附图 1，医院京新院区平面布局图见附图 2。

本项目 ^{131}I 核素治疗场所位于高压氧舱东侧负一层核医学科，其东侧和南侧为土层，西侧为 SPECT/CT 检查区、下沉庭院，北侧为放疗科，下方为土层，上方为院内道路和绿化带。本项目改造场所现状见图 8-1。



核医学科入口



病房区域



衰变池拟建设现场（绿化带）



^{131}I 核素治疗场所西侧（SPECT/CT 检查区）



^{131}I 核素治疗场所北侧（放射治疗科）



^{131}I 核素治疗场所上方（院内道路和绿化带）

图 8-1 南京市浦口医院京新院区改造场所现状图

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价的对象：本项目改造场所周围辐射环境

监测因子：γ 辐射空气吸收剂量率、β 表面污染

监测点位：在改造场所及周围进行布点，γ 辐射空气吸收剂量率布点 14 个，β 表面污染布点 16 个

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

监测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J2718，检定有效期：2023 年 05 月 08 日-2024 年 11 月 21 日）、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：2023 年 10 月 27 日-2024 年 10 月 26 日）

监测项目：γ 辐射空气吸收剂量率、β 表面污染

监测布点：在项目改造场所周围进行布点，具体点位见图 8-2、图 8-3

监测时间：2024 年 07 月 22 日、2024 年 08 月 01 日

监测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《表面污染测定第 1 部分:β 发射体（Eβmax＞0.15 MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）

数据记录及处理：γ 辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，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。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 表面污染水平监测每个点位读取 5 个数据，读取间隔不小于 20s，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

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，该公司已通过资质认定。

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）与《表面污染测定第 1 部分:β 发射体（Eβmax＞0.15 MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）有关布点原则进行布点。

监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）、《表面污染测定第 1 部分:β 发射体（$E_{\beta max}$＞0.15 MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）的要求，实施全过程质量控制。

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校准或检验，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

监测结果见表 8-1 和表 8-2，详细检测结果见附件 5。

表 8-1 本项目改造场所及周围环境 γ 辐射水平

测点号	点位描述		测量结果 (nGy/h)	备注
1	摄碘室	室内楼房	93.3	检测环境：2024 年 07 月 22 日：天气：晴、温度：34℃、湿度：59%RH 2024 年 08 月 01 日：天气：晴、温度：30.5℃、湿度：62.1%RH
2	留观室	室内楼房	93.3	
3	分装室	室内楼房	75.5	
4	病房 1	室内楼房	93.3	
5	病房 2	室内楼房	96.3	
6	病房 3	室内楼房	103	
7	病房 4	室内楼房	106	
8	病房 5	室内楼房	77.8	

9	病房 6	室内楼房	125	
10	病房 6 卫生间	室内楼房	116	
11	病房 6 北侧（放射治疗科）	室内楼房	82.2	
12	衰变池拟建场址	室外道路	62.6	
13	病房 6 上方（院内道路）	室外道路	70.0	
14	病房 1 上方（院内道路）	室外道路	67.8	

*表中结果扣除仪器宇宙响应值，宇宙响应值为 18.70nSv/h；已进行建筑物对宇宙射线的屏蔽修正，修正因子楼房取 0.8，道路取 1；
*8、11~14 号点位检测日期为 2024 年 08 月 01 日，其余点位检测日期为 2024 年 07 月 22 日。

表 8-2 β 表面污染检测结果

测点号	点位描述	测量结果 (Bq/cm²)	备注
1	服药吧台表面	＜MDL	检测环境：天气：晴、温度：34℃、湿度：59%RH
2	病房 1 地面	＜MDL	
3	病房 2 地面	＜MDL	
4	病房 3 地面	＜MDL	
5	病房 4 地面	＜MDL	
6	病房 5 地面	＜MDL	
7	病房 6 地面	＜MDL	
8	清洁物品保存间地面	＜MDL	
9	抢救室地面	＜MDL	
10	办公室地面	＜MDL	
11	分装室地面	＜MDL	
12	分装器控制室地面	＜MDL	
13	患者出口地面	＜MDL	
14	患者通道地面	＜MDL	

15	医护通道地面	＜MDL	
16	衰变池拟建址地面	＜MDL	
*MDL=0.015Bq/cm²。			

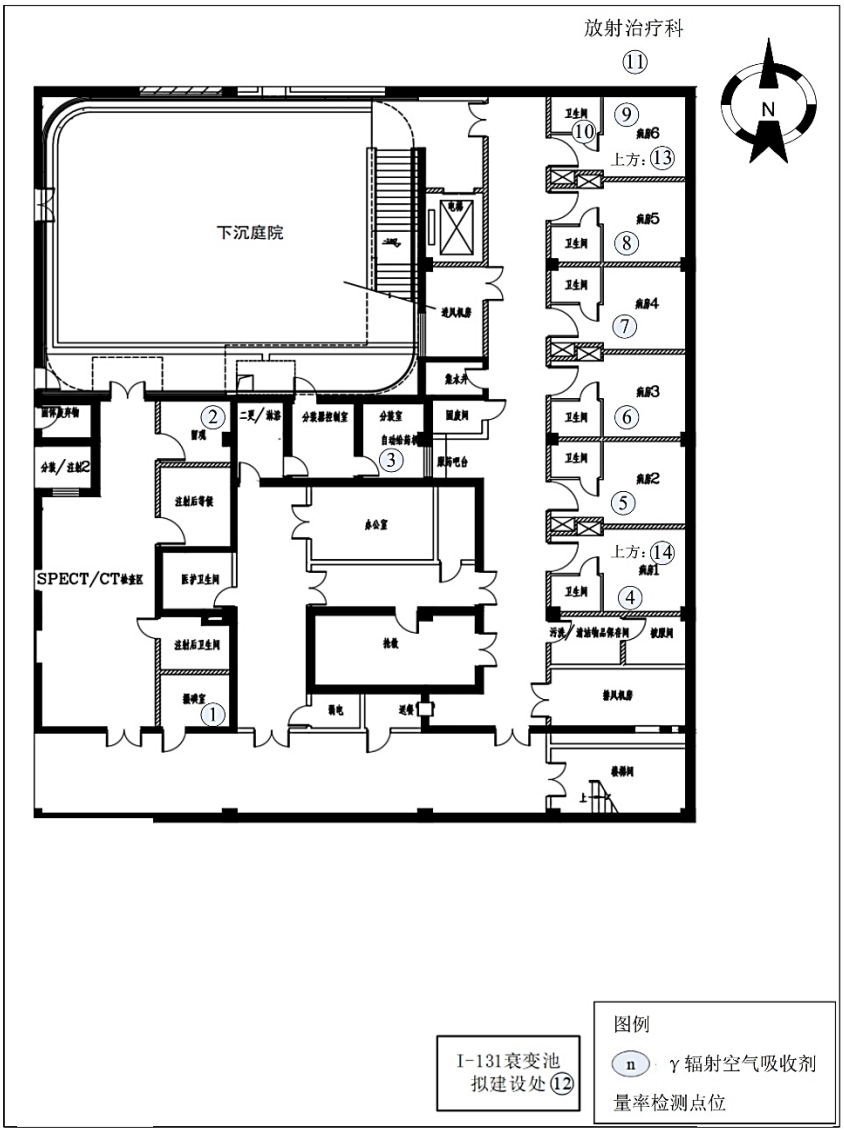

图 8-2　本项目改造场所及周围检测点位图（环境本底）

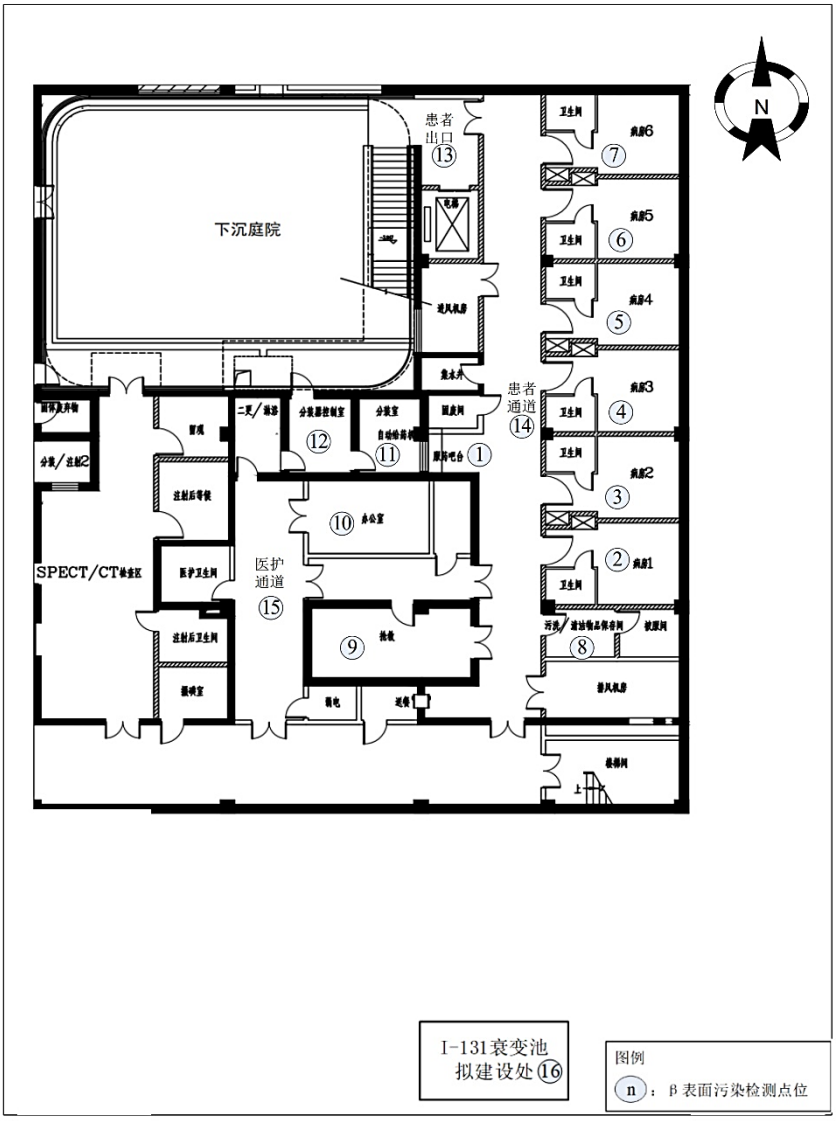

图 8-3　本项目改造场所及周围检测点位图（表面污染）

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目改造场所及周围环境室内γ辐射水平为（75.5~125）nGy/h，处于江苏省室内环境天然γ辐射水平统计涨落范围内；室外道路γ辐射水平为（62.6~70.0）nGy/h，处于江苏省道路环境天然γ辐射水平统计涨落范围内。环境β表面污染β放射性污染水平＜MDL。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1 核医学科工作场所分级

核医学科位于京新院区高压氧舱东侧负一层，包括 PET/CT 显像诊断项目、SPECT/CT 显像诊断项目和 ^{131}I 核素治疗项目（甲癌）；根据原环评可知，PET/CT 显像诊断场所日等效最大操作量为 $3.70\times10^{6}Bq$，SPECT/CT 显像诊断项目场所日等效最大操作量为 $1.48\times10^{7}Bq$，^{131}I 核素治疗场所日等效最大操作量为 $3.33\times10^{9}Bq$，核医学科的日等效最大操作量为 $3.35\times10^{9}Bq$，为乙级非密封放射性物质工作场所。

^{131}I 核素治疗场所内甲癌使用量与原环评使用量一致，新增甲亢治疗项目，甲亢使用量和日等效最大操作量分别见表 9-1 和表 9-2。

表 9-1 甲亢治疗日使用量及年使用量

^{131}I	日最大用量	10mCi/人×日门诊量 10 人=100mCi=$3.70\times10^{9}Bq$
	年总量	10mCi/人×日最高峰 10 人×4 次/月×12 月=4.8Ci=$1.78\times10^{11}Bq$

表 9-2 甲亢治疗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
^{131}I	液态/中毒	简单操作	日最大操作量 $3.70\times10^{9}Bq\times0.1$（中毒）/1（液态/简单操作）=$3.70\times10^{8}Bq$

将核医学科 PET/CT 显像诊断项目、SPECT/CT 显像诊断项目和 ^{131}I 核素治疗项目（甲癌）累加本项目后日等效最大操作量为 $3.72\times10^{9}Bq$，为**乙级**非密封放射性物质工作场所。

2 甲亢工作原理

甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的能力，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多，可高达血浆的几百倍，且在甲状腺内停留的时间较长，有效半衰期可达 7.6 天。在患者服用 ^{131}I 后，90%以上的 ^{131}I 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 ^{131}I 随代谢排出体外。^{131}I 衰变为氙-131（^{131}Xe）时放射出 β 射线，该射线能量低，在甲状腺内的平均射程仅有 0.5mm，一般不会造成甲状腺周围组织（例如甲状旁腺、喉返神经等）的辐射损伤。因此，^{131}I 治疗可使部分甲状腺组织受到 β 射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发炎症、萎缩、直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。^{131}I 核素特性见表 9-3。

表 9-3 放射性核素特性一览表

核素种类	半衰期	衰变模式和分支比	α/β 最大能量 MeV	光子能量（MeV）	周围剂量当量率常数（裸源）μSv·m²/MBq·h
^{131}I	8.02d	β^-（100%）	0.602	0.284,0.365, 0.637	0.0595

3 甲亢工作流程

医院根据 ^{131}I 患者预约情况，确定当天所使用的药物种类及剂量，向供货商订药，供货商将药物送至 ^{131}I 核素治疗场所分装柜内。本项目甲亢治疗为门诊治疗，甲癌、甲亢分时给药，周一（或者医院定时间）上午预约甲亢患者服药，患者的单次口服剂量不超过 10mCi，满足 HJ 1188-2021 中要求的放射治疗患者出院时体内放射性活度不大于 400MBq 的要求。本项目甲亢病人日收治量最大为 10 人，年收治量最大为 480 人，病人在服药后若无异常情况即可直接离开。

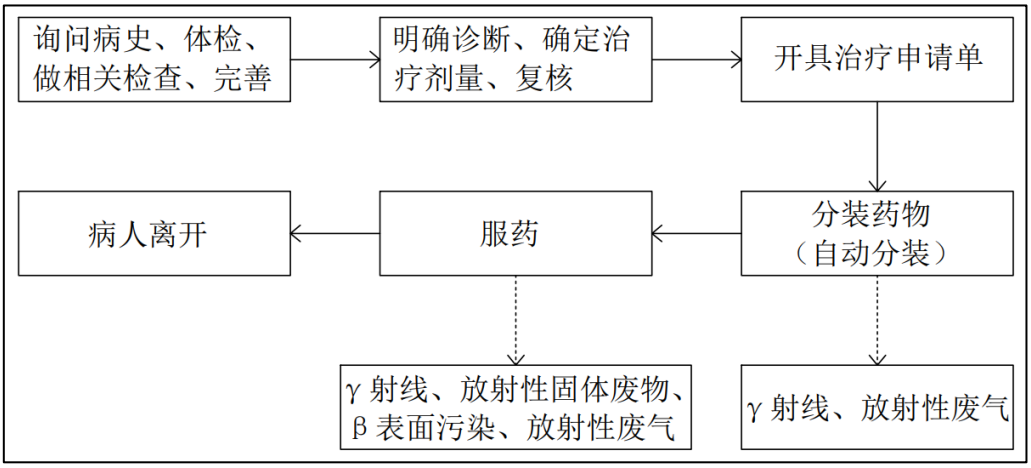

图 9-1 甲亢治疗流程及产污环节图

污染源项描述

1 放射性污染

核医学工作场所拟使用的放射性药物在分装、给药等过程中，以及给药后患者在住院过程中，由于核素的持续衰变产生的 γ 射线和（或）β 射线，将会造成医务人员及公众的外照射。

2 放射性废水

核医学科 ^{131}I 核素治疗场所产生放射性废水的主要来源是医务人员操作过程手部受到微量污染、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液以及病人冲洗排便用水。

甲亢为门诊治疗，病人在服药后无异常状况即可离开，无放射性废水产生。因此

^{131}I 核素治疗场所主要考虑甲癌患者住院过程中产生的废水。

（1）病人排泄废水

根据原环评可知，甲癌治疗日最大病人数量为 6 人，该部分病人需要进行住院，住院时间取 5 天；每月开展 4 次，年开展 12 个月，总计年开展 48 次（即年工作 48 周）。每人每天废水产生量以 150L 计，主要来源于淋浴、排泄废水、清洗废水，所以甲癌治疗期间产生的废水量最多为 4500L/周（150L×6 人×5d=4500L）。

（2）工作场所清洁废水

^{131}I 核素治疗场所医务人员每周的清洗用水量约为 100L，年工作 48 周，则年产生量为 4800L。

综上所述，核医学科 ^{131}I 核素治疗场所产生的放射废水量见表 9-4：

表 9-4 本项目放射性废水产生量

工作场所	核素名称	来源	废水量	年生产天数	年产生量（m^3）	
^{131}I 核素治疗场所	^{131}I	病人住院废水	4500L/周	48 周	216	220.8
		清洗废水	100L/周	48 周	4.8	

3 放射性固废

根据原环评可知，甲癌年产生的放射性固废约为 100kg，^{131}I 甲亢治疗使用过程中产生的放射性固废主要有：棉签、手套、一次性服药杯、擦拭纸等，每个人产生放射性固废最少约为 0.02kg，年最大门诊量为 480 人，则年产生放射性固废约为 9.6kg。另外排风口处更换的活性炭约为 25kg/年。放射性固体废物在患者出院后统一收集到 ^{131}I 核素治疗场所内固废间，^{131}I 核素治疗场所内年产生放射性固废约为 134.6kg，折算为体积不超过 4m^3，固废间体积约为 11.31m^3，能够满足其暂存容积要求。

表 9-5 放射性固废产生量

工作场所	核素名称	年产生量（kg）
^{131}I 核素治疗场所	^{131}I	棉签、手套、一次性服药杯、擦拭纸等：109.6kg
通风系统		废活性炭：25kg

4 放射性废气

核医学科 ^{131}I 核素治疗场所拟设置单独的通风系统，监督区拟设为正压通风，控制区域均拟设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。

本项目放射性药物分装等操作在分装柜内进行，分装柜内均拟设计独立的通风系

统，风速不小于 0.5m/s，通风系统设置活性炭过滤装置，能起到对放射性气溶胶的吸附作用，并定期拆卸更换作为放射性固体废物处置，排放口位于地面楼梯间顶部，四周为绿化带和院内道路，排放口距离地面约 4m。放射性气体不会对项目周围环境带来明显影响。放射性气体对放射工作人员的影响可以忽略。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 项目选址

^{131}I 核素治疗场所位于京新院区高压氧舱东侧负一层核医学科，其东侧和南侧为土层，西侧为 SPECT/CT 检查区、下沉庭院，北侧为放疗科，下方为土层，上方为院内道路和绿化带。本项目场所不邻接产科、儿科、食堂等部门，有单独出、入口，出口不设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域，选址合理。

2 工作场所分区

医院计划将 ^{131}I 核素治疗场所划分为控制区和监督区，并将增加的 ^{131}I 专用衰变池、固废间纳入控制区管理，严禁无关人员进入；将办公室、送餐室、患者出口电梯厅等纳入监督区管理，不需要采取专门防护手段和安全控制措施，无关人员不得随意进入该区域。^{131}I 核素治疗场所具体分区如附图 10 所示，^{131}I 核素治疗场所具体分区情况见表 10-1。

表 10-1 ^{131}I 核素治疗场所分区情况一览表

场所	控制区	监督区
^{131}I 核素治疗场所	固废间、分装室、分装器控制室、病房 1~6、污洗/清洁物品保存间、排风机房、进风机房、办公室、^{131}I 专用衰变池等。	卫生通过间、办公室、送餐室、患者出口电梯厅等。

综上所述，本项目工作场所控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

3 工作场所布局

^{131}I 核素治疗场所设有医护人员、患者、放射性药物和放射性固体废物的路线，其路线图见附图 11。

医护人员路线：如附图 11 绿色箭头所示，医护人员通过门 D1 进入核医学科 ^{131}I 核素治疗场所。通过门 D2 进入到卫生通过间、门 D3 进入到分装器控制室操作自动分装仪进行药物分装和给药。

患者路线：甲癌患者路线如附图 11 红色实线箭头所示，通过门 D6 进入到病房区域，然后到服药吧台服用 ^{131}I 药物，服药后通过门 D7~D13 入住病房，在治疗结束后，通过门 D14 上楼梯或乘坐电梯离开。甲亢患者路线如附图 11 红色虚线箭头所示，通过门 D6 至服药吧台服药后通过门 D14 直接上楼梯或乘坐电梯离开。甲癌与甲亢治疗

采用分时治疗的方案，具体如下：甲癌、甲亢分时给药，周一（或者医院定时间）上午预约甲亢患者服药。甲癌患者下午（此时甲亢患者已服药离开）服药后入住各甲癌病房。

放射性药物运输路线：如附图 11 蓝色箭头所示，药物由药物公司提供，药物运输车停到地面停车场，然后公司人员将装有药物的铅罐运进高压氧舱东侧负一层核医学科下沉庭院内，通过门 D16 将放射性药物放至分装室分装柜内，药物通过服药吧台输送给患者服用。

放射性固体废物运输路线：如附图 11 紫色箭头所示，分装室、病房等房间产生的放射性固体废物首先暂时放置在本房间的放射性废物收集桶内，然后统一收集放置到固废间。病房患者住院使用的被服在患者出院后统一收集到被服间（被服暂存）。

医院在 ^{131}I 核素治疗场所控制区拟设置辐射屏蔽和安全防护设施，入口已设置明显的符合 HJ1188-2021 要求的电离辐射警告标志，控制区以及各监督区均仅限辐射工作人员才能进入，公众禁止入内。各组成部分功能区明确，既能有效联系，又互不干扰。^{131}I 核素治疗场所的医护、患者通道均有专用、独立的通道，同时甲癌与甲亢分时治疗，避免了交叉辐射污染。本项目工作场所布局能够满足《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 和《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 的要求。

2 工作场所分级

本次新增甲亢治疗项目，甲癌治疗项目与原环评一致，由表 9-2 可知，本项目工作场所日等效最大操作量为 3.72×10^{9}Bq。因此本项目工作场所为**乙级**非密封放射性物质工作场所。

3 辐射防护屏蔽设计

本次改造不涉及 SPECT/CT、PET/CT 场所，原甲癌场所屏蔽防护与原环评一致，本次改造仅新增固废间、^{131}I 专用衰变池，本项目 ^{131}I 核素治疗场所屏蔽见表 10-3，^{131}I 专用衰变池的平面布局图见附图 12。

表 10-3 ^{131}I 核素治疗场所辐射防护屏蔽设计参数

场所/设施	改造前	改造后
分装室、分装器控制室、抢救室	四侧墙体：35cm 混凝土 顶部：20cm 混凝土 底部：12cm 混凝土 防护门：8mm 铅板	四侧墙体：35cm 混凝土 顶部：20cm 混凝土 底部：12cm 混凝土 防护门：8mm 铅板
办公室	东、北墙：35cm 混凝土	东、北墙：35cm 混凝土

		西、南墙：20cm 水泥砖 顶部：20cm 混凝土 底部：12cm 混凝土	西、南墙：20cm 水泥砖 顶部：20cm 混凝土 底部：12cm 混凝土
甲癌治疗病房（病房 1~病房 5）、被服间		东墙：40cm 混凝土+土层 南西北墙：20cm 水泥砖 顶部：20cm 混凝土 底部：12cm 混凝土 防护门：8mm 铅板	东墙：40cm 混凝土+土层 南西北墙：20cm 水泥砖 顶部：20cm 混凝土 底部：12cm 混凝土 防护门：8mm 铅板
病房 6		东墙：40cm 混凝土+土层 南西墙：20cm 水泥砖 北墙：150cm 混凝土 顶部：20cm 混凝土 底部：12cm 混凝土 防护门：8mm 铅板	东墙：40cm 混凝土+土层 南西墙：20cm 水泥砖 北墙：150cm 混凝土 顶部：20cm 混凝土 底部：12cm 混凝土 防护门：8mm 铅板
^{131}I 专用衰变池	1#储水池	/	东、北墙：40cm 混凝土＋土层 南墙：30cm 混凝土 西墙：30cm 混凝土（部分西墙+5mm 铅板） 顶部：30cm 混凝土+5mm 铅板 盖板：30mm 铁板+18mm 铅板 底部：混凝土＋土层
	2#储水池		东墙：40cm 混凝土＋土层 南、北墙：30cm 混凝土 西墙：30cm 混凝土+5mm 铅板 顶部：30cm 混凝土+5mm 铅板 盖板：30mm 铁板+18mm 铅板 底部：混凝土＋土层
	3#储水池		东、南墙：40cm 混凝土＋土层 西墙：30cm 混凝土+5mm 铅板 北墙：30cm 混凝土 顶部：30cm 混凝土+5mm 铅板 盖板：30mm 铁板+18mm 铅板 底部：混凝土＋土层
放射性废水管道		/	本项目工作场所的放射性废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，使用 3mm 铅皮包裹。
注：①混凝土密度为 2.35g/cm^3，铅密度为 11.3g/cm^3，实心砖密度为 1.65g/cm^3；②本项目分装柜为 40mm 铅板。			

4 辐射安全和防护措施设计

医院已为本项目工作场所设置一系列辐射安全和防护措施：

（1）医院已在核医学科 ^{131}I 核素治疗场所的控制区出入口、控制区内各房间门口设置电离辐射警告标志。

（2）医院已在 ^{131}I 核素治疗场所控制区病患入口及病患出口处设置带门禁系统的

单向门，防止患者随意走动。医院应加强对控制区带药患者的管理，并防止无关人员入内。同时医务人员应告知检查完成后病人离开路线，防止其对其他公众造成不必要照射。

医院计划根据原环评要求和《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 的要求为本项目设置辐射安全和防护措施：

（1）医院拟在 ^{131}I 核素治疗场所的分装柜、放射性废物收集桶表面、固废间、^{131}I 专用衰变池等醒目位置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）医院拟在 ^{131}I 核素治疗场所的控制区内安装监控及对讲设备，在办公室内设置监控显示屏，通过监控及对讲设备对控制区内服药后患者进行有序管理。同时，除了使用监控及对讲设备对患者进行逐个叫号服药外，医院计划在地面设置指示箭头以及指示牌指示患者进行有序服药，通过加强管理、分时治疗等方式减少患者的直接交叉辐射影响。

（3）^{131}I 核素治疗场所中放射性药物的操作应在分装柜内进行，工作人员应于分装室控制室内进行远程自动分装。放射性药物操作时均应在衬有吸水纸的托盘内进行，药物在使用前有铅盒和铅套屏蔽，注射药物时工作人员穿戴个人防护用品，并尽可能缩短操作时间。

（4）^{131}I 核素治疗场所内不得安排与放射性无关的工作。在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟，不得进行无关工作及存放无关物件。工作人员操作后离开工作室前洗手和进行表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携带出控制区。

（5）使用操作应在指定的工作台或搪瓷盘内进行，操作人员需配戴个人防护用品，应避免皮肤直接接触放射性物质。

（6）非密封工作场所门窗及内部结构应尽量简单，墙面、地面采用易去污的材料，并平整光滑；地面与墙面交接应做成圆角，且应有一定的坡度朝向地漏（如设地漏）。

（7）患者出院时医护人员应在门 D6 外使用 X-γ 剂量率仪检测患者，在距离患者体表 1 米处的周围剂量当量率小于 25μSv/h 后方可离开出院。

本项目拟设置的辐射安全和防护措施能够符合《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 和《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 的要求。

三废的治理

1 放射性废水处理措施

医院已根据原环评（苏环辐（表）审[2018]012 号的要求完成现有衰变池的建设，并计划将现有衰变池专用于贮存 SPECT/CT、PET/CT 显像诊断场所产生的废水。医院计划在住院楼南侧绿化带内新建一个地埋式三级槽式废液衰变池，专用于贮存 ^{131}I 放射性废水，3 个池子尺寸均为 3m（宽）×9m（长）×3.2m（高），单个有效容积为 81m^3，总有效容积为 243m^3。3 个池子四周墙体均采用混凝土浇筑，部分墙体加设 5mm 铅板，顶部均为 30cm 厚混凝土+5mm 铅板，盖板采用 30mm 铁板+18mm 铅板，底部均为混凝土＋土层，衰变池辐射防护屏蔽设计参数见表 10-3。

^{131}I 核素治疗场所中甲亢治疗不产生放射性废水，甲癌治疗产生的放射性废水排入 ^{131}I 专用衰变池内。本项目衰变池设计见附图 12，衰变池构造、容积及工作流程见表 10-4：

表 10-4 衰变池构造、容积及工艺流程

名称	基本信息
^{131}I 专用衰变池	衰变池容积：包括 3 个储水池、1 个沉砂池和 1 个设备间，3 个储水池尺寸均为 3m（宽）×9m（长）×3.2m（高），单个有效容积为 81m^3，总有效容积为 243m^3。 结构设计及工作流程： （1）衰变池的 3 个池子四周墙体均采用混凝土浇筑，部分墙体加设 5mm 铅板，顶部均为 30cm 厚混凝土+5mm 铅板，盖板采用 30mm 铁板+18mm 铅板，底部均为混凝土＋土层。 （2）在 3 个储水池内均设置 1 个压力液位计和 1 个极限液位传感器，当液位未到达极限液位液位时进行污水收集，当液位到达极限液位时，停止收集污水，通过压力液位计实时查看储水池体内放射性废水液位，当水位异常时进行亮灯报警，提示维护人员液位超限有故障发生。 （3）衰变池工作原理：①三个储水池交替使用，放射性污水首先进入一号池，此时，另两个储水池进水口和三个储水池的出水口全部处于关闭状态。②当第一个储水池液面达到设定液位时，关闭一号池进水阀，第二个池的进水阀门开启，污水进入二号池。③当二号池液面达到设定液位时，关闭二号池进水阀，开启三号池进水阀，当三号池水液面达到设定液位时，一号池排水阀开，排水泵工作。当液位传感器感知到一号池液位排空后，关闭三号池进水阀，同时打开一号池进水阀；当一号池第二次感知到液位达到设定液位时，二号池排水阀开启，同时排水泵工作;当感知到液体已排空后，二号池排水阀关闭，一号池进水阀关闭，二号池进水阀打开；如此循环，确保了每次排放的储水池内废液都是贮存时间最长的。④此系统终端控制器为一组彩色触摸屏，一般情况下所有动作均自动执行，但如需反控可进入手动界面控制全部执行器的动作；同时，此人机终端可反应本系统一切内容，如故障、报警及排放记录等，以备上级部门不时之监测检查。 （4）在衰变池出水管道上设置废液取样测量系统，将废水抽取至该系统内，方便取样测量。

根据表 9-4 可知，核医学科 ^{131}I 核素治疗场所产生的废水量约为 220.8m^3/年，则

月产生的废水量约为 18.4m^3，^{131}I 专用衰变池处理系统单个有效容积为 81m^3，当其中一个储水池内废水储满开始至其它两个储水池储满时间约为 264 天（162/18.4×30≈264d），本项目 ^{131}I 专用衰变池的设计能够满足核医学科 ^{131}I 核素治疗场所放射性废水暂存 180 天的衰变要求。放射性废水暂存于 ^{131}I 专用衰变池内 180 天后方可排入医院污水处理系统，未满 180 天但监测结果表明 ^{131}I 活度浓度已降至不高于 10Bq/L 水平，也可直接排入污水处理系统。

综上所述，医院核医学科采取的放射性废水处置措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

2 放射性固体废物处理措施

医院拟在甲癌病房、服药吧台等场所设置 3mmPb 放射性废物收集桶，用于收集放射性物质操作过程中各场所产生的放射性固体废物。本项目放射性固体废物本身沾染的放射性核素活度浓度很低，经过 3mmPb 的放射性废物收集桶屏蔽后，放射性废物收集桶表面 30cm 处的辐射剂量率能够满足标准要求。医院拟在核医学科 ^{131}I 核素治疗场所内新增 1 间固废间，面积约为 3.23m^2，体积约为 11.31m^3。

由表 9-5 可知，放射性固体废物在患者出院后统一收集到 ^{131}I 核素治疗场所内固废间，^{131}I 核素治疗场所内年产生放射性固废约为 134.6kg，折算为体积不超过 4m^3，固废间体积约为 11.31m^3，能够满足其暂存容积要求。放射性固体废物暂存超过 180 天经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平后，方可对其进行清洁解控并作为医疗废物处理。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），医院拟对放射性废物的管理措施主要有：

（1）各场所设置的放射性废物收集桶均拟采用 3mm 铅当量的铅屏蔽，并拟在收集桶外明显位置设置电离辐射警示标志。收集桶的放置于房间角落，避开工作人员工作和经常走动的区域。

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

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

（4）固废间拟设通风设施，出入口设置电离辐射警告标志。

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

3 放射性废气处理措施

^{131}I 核素治疗场所拟设置单独的通风系统，监督区拟设为正压通风，控制区域拟设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。

本项目放射性药物在分装柜内操作，分装柜拟设计独立的排风系统，风速不小于0.5m/s，外排口由专用管道延伸至屋顶，排风口高于本建筑的屋顶，设有活性炭吸附箱对放射性气溶胶进行吸附，定期更换的废活性炭作为放射性固体废物处理。本项目通风系统的排风管道平面布局见附图 6。本项目产生的放射性废气排放满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目属于改建项目，项目建设施工时对环境会产生如下影响：

（1）大气：建设施工过程中，运输车辆排放的废气，汽车运输过程的扬尘，都会给周围环境空气带来污染。污染大气的主要因子是扬尘。对整个施工期而言，施工产生的扬尘主要集中新衰变池建设阶段。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）固体废物：项目施工期间产生的废弃物主要是施工生活垃圾、施工建筑垃圾。施工人员产生的生活垃圾不要和建筑垃圾混放，定时清运到当地的垃圾处理站集中处理。建筑垃圾集中堆存，及时清运至指定场所堆存。

（3）废水：包括各种施工机械设备运转的冷却及洗涤用水，施工现场清洗废水，含有大量的泥砂、油污。施工队伍的生活活动会产生生活污水。对上述废水采取以下措施：a.尽量减少物料流失、散落和溢流现象，减少废水产生量；b.水泥、黄砂、石灰类的建筑材料需集中堆放，及时清扫施工运输过程中抛洒的上述建筑材料。

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局部区域，对周围环境影响较小。

设备调试阶段对环境影响

在设备安装调试时，会产生少量的 γ 射线和臭氧、氮氧化物等气体，由于设备调试、检测时间较短，由厂家工程师进行，在调试时均按院方的各项辐射安全管理制度进行操作，故对环境影响较小，也应注意避免人员受到不必要的照射。

运行阶段对环境的影响

1 辐射防护效果预测与评价

本项目仅新增固废间和 ^{131}I 专用衰变池，分装室、甲癌病房等房间的屏蔽防护均未改变。甲癌、甲亢分时给药，周一（或者医院定时间）上午预约甲亢患者服药，甲癌患者下午（此时甲亢患者已服药离开）服药后入住各甲癌病房，因此主要分析 ^{131}I 患者服药及住院过程中对辐射工作人员和周围公众的辐射环境影响，辐射工作人员在分装器控制室内进行远程分装操作，六间病房尺寸基本一致，因此在进行预测时，选取甲癌病房周围参考点以及分装室周围参考点进行预测，预测关注点位见图 11-1。

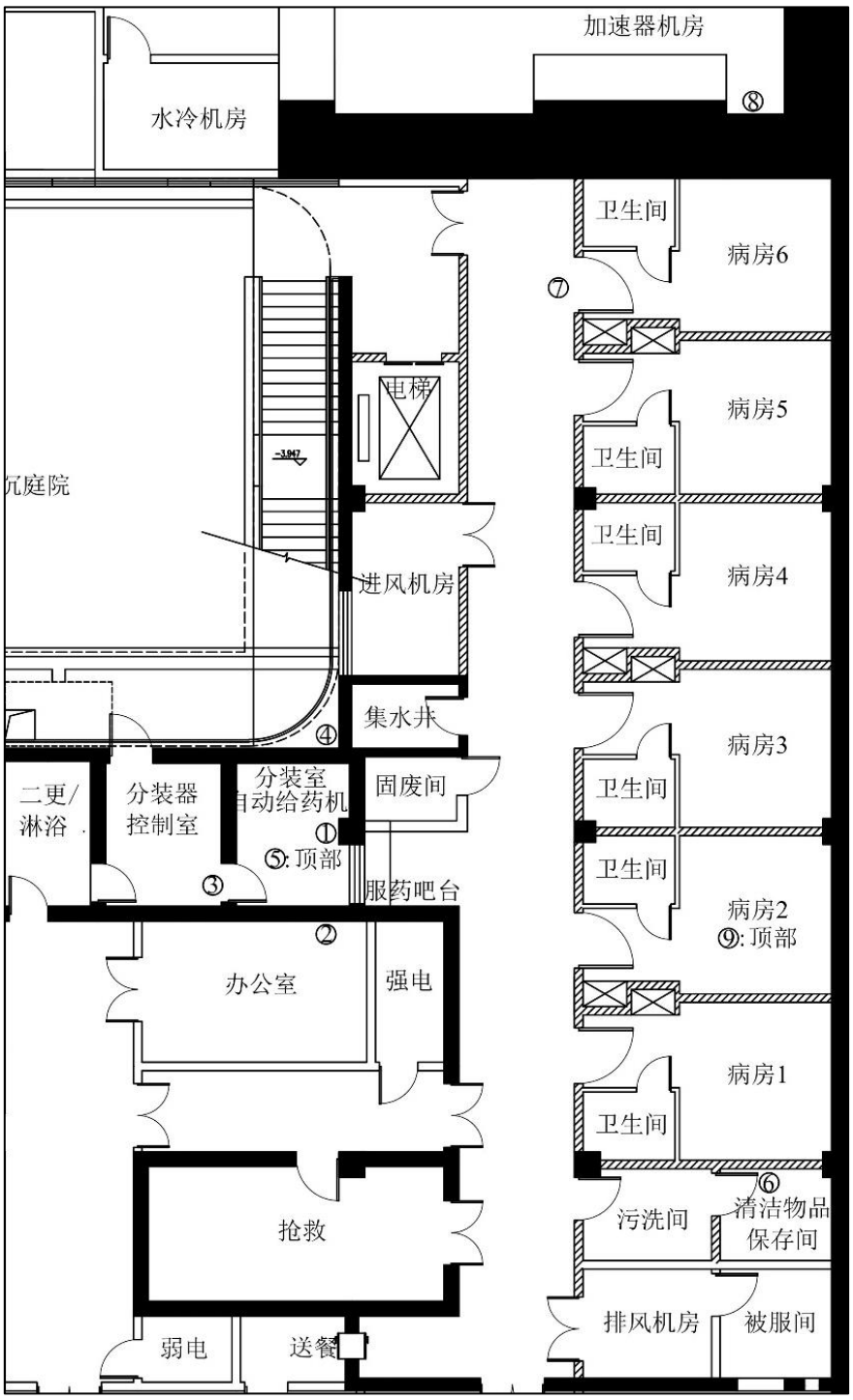

图 11-1 预测关注点位图

由图 11-1 可知，在本项目运行期间，点位①、③、⑥、⑦为控制区内分装仪、防护门、墙壁外表面 30cm 相对辐射源位置最近点，点位②、④、⑤、⑧、⑨为控制区外辐射工作人员/公众相对辐射源位置最近点。

估算分装柜外辐射水平时保守取单名患者用药活度平均为 5.55E+09Bq，每次最多 6 名甲癌患者，则分装柜内总活度为 3.33E+10Bq；估算分装室外、病房外辐射水平时保

守取单名患者用药活度为 5.55E+09Bq。根据公式（11-2）可估算出参考点处的辐射水平，预测结果见表 11-1。

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：

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

由公式（11-1）可推断得出：

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

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，单位为兆贝可（MBq）；

Γ_k －距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为 μSv·m^2/MBq·h，通过查《核医学放射防护要求》表 H.1，^{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）。

表 11-1 ^{131}I 核素治疗场所参考点辐射水平估算结果

参考点		A	x	TVL	r①	结果	居留因子	剂量率限值	评价
		MBq		mm	m	μSv/h		μSv/h	
1（控制区）	分装柜表面 30cm（分装室）	33300	40mmPb	铅：11	0.75	8.14E-01	1	2.5	符合
2（监督区）	分装室南侧墙体外 30cm（办公室）	5550	35cm 混凝土	混凝土：170	1.15	2.18E+00	1	2.5	符合
3（控制区）	分装室西侧防护门外 30cm（分装器控制室）		8mmPb	铅：11	3.13	6.32E+00	1/5	10	符合
4（监督区）	分装室北侧墙体外 30cm（下沉庭院）		35cm 混凝土	混凝土：170	2.55	4.44E-01	1/40	2.5	符合
5（监督区）	分装室顶部 30cm（院内道路）		20cm 混凝土	混凝土：170	5.80	6.54E-01	1/40	2.5	符合
6（控制区）	病房 1 南侧墙体外 30cm（清洁物品保存间）		20cm 水泥砖	混凝土：170	2.30	4.16E+00	1/20	10	符合

7（控制区）	病房 6 西侧防护门外 30cm（走廊）		8mmPb	铅：11	4.23	3.46E+00	1/20	10	符合
8（控制区）	病房 6 北侧墙体外 30cm（加速器机房）		150cm 混凝土	混凝土：170	3.60	3.83E-08	1/2	2.5	符合
9（监督区）	病房 2 顶部 30cm（院内道路）		20cm 混凝土	混凝土：170	5.80	6.54E-01	1/40	2.5	符合

注：①参考点 1：r=0.75m（药物距离分装柜外表面约 0.45m，参考点距离分装柜外表面 0.3m）
参考点 2：r=1.15m（取药品距离墙外表面 0.5m，屏蔽墙厚 0.35m，参考点距离墙外 0.3m）
参考点 3：r=3.13m（取药品距离防护门约 2.83m，参考点距防护门外 0.3m）
参考点 4：r=2.55m（取药品距离墙约 1.90m，屏蔽墙厚 0.35m，参考点距离墙外 0.3m）
参考点 5：r=5.80m（取药品距离顶部地面高约 5.50m，参考点距离地面 0.3m）
参考点 6：r=2.30m（取病人距离墙约 1.8m，屏蔽墙厚 0.2m，参考点距离墙外 0.3m）
参考点 7：r=4.23m（取病人距离防护门约 3.93m，参考点距离门外 0.3m）
参考点 8：r=3.60m（取病人距离墙约 1.8m，屏蔽墙厚 1.5m，参考点距离墙外 0.3m）
参考点 9：r=5.80m（取病人距离顶部地面高约 5.5m，参考点距离地面 0.3m）

根据表 11-1，控制区内人员可到达屏蔽体外表面 30cm 处剂量当量率最大为 6.32μSv/h；控制区外人员可到达屏蔽体外表面 30cm 处剂量当量率最大为 2.18μSv/h，本项目相关工作场所屏蔽能够满足《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 辐射工作人员和公众剂量估算

本项目甲亢治疗为门诊治疗，工作人员使用自动分装仪进行远程分装，辐射工作人员无需亲自分装，患者的单次口服剂量不超过 3.7×10^8Bq，满足 HJ 1188-2021 中要求的放射治疗患者出院时体内放射性活度不大于 400MBq 的要求，患者在服药后若无异常情况即可直接离开，因此甲亢治疗过程中对周围工作人员及公众的辐射影响很小。由原环评可知，甲癌治疗过程中工作人员的年有效剂量最大为 0.0512mSv，公众的年有效剂量最大为 0.0926mSv，其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）的剂量限值要求。

因此，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和本项目管理目标（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）的剂量限值要求。

3 衰变池环境影响分析

本项目新增 ^{131}I 专用衰变池，需要对 ^{131}I 专用衰变池和放射性废水管道进行环境影响分析。

根据衰变池设计可知，衰变池为地埋式，3 个池子东侧均为土层，西侧为设备间，1#储水池北侧和 3#储水池南侧均为土层，2#储水池位于 1#储水池和 3#储水池之间。因此选取 2#储水池西侧、正上方和盖板上方进行理论计算。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，根据公式（11-2）计算参考点处的辐射水平，计算结果见表 11-2。

表 11-2 衰变池外辐射水平估算结果

序号	参考点位置	源强（Bq）	屏蔽材料及厚度	屏蔽距离（m）	总透射比	参考点辐射水平（μSv/h）
1	2#储水池西墙 30cm 外	3.95E+10	300mm 混凝土+5mm 铅板	5.10	6.04E-03	5.45E-01
2	2#储水池正上方 30cm 外	3.95E+10	300mm 混凝土+5mm 铅板	2.70	6.04E-03	1.95E+00
3	2#储水池盖板上方 30cm 外	3.95E+10	30mm 铁板+18mm 铅板	2.85	7.97E-03	2.31E+00

注：①根据 ICRP94 号出版物的相关内容，^{131}I 在患者尿中排放情况：即第一天 55%，第二天 22%，第三天 6%，接受甲癌治疗患者的排泄物的放射性活度占服用 ^{131}I 总活度的 83%。^{131}I 核素治疗项目患者排泄物内核素活度排泄比率保守按 83%进行计算，每周最多 6 人，单名甲癌患者服药活度平均取 5.55×10^{9}Bq，则接受甲癌治疗患者的排泄物的放射性活度为 2.76×10^{10}Bq（5.55×10^{9}Bq×6 人×83%≈2.76×10^{10}Bq）。衰变池中一个池子存满后开始计时至其它两个池子存满时间约为 264 天，医院患者一周一批，共 38 个批次。池子内核素总活度保守按 38 个批次病人排泄物的衰变后 ^{131}I 放射性总活度为 3.95×10^{10}Bq。

②屏蔽距离说明，将 2#储水池槽体中心视作点源：

参考点 1：r=5.10m，点源至西墙 4.5m，屏蔽墙厚 0.3m，参考点距离墙外 0.3m；

参考点 2：r=2.70m，点源至地面高 2.4m，参考点距离地面上方 0.3m；

参考点 3：r=2.85m，点源至盖板高 2.5m，盖板厚约 0.05m，参考点距离盖板上方 0.3m。

③透射比可通过屏蔽材料的什值层和厚度计算得到，什值层：混凝土约为 170mm，铅约为 11mm，铁约为 64.9mm。

由表 11-2 可知，衰变池外周围辐射剂量率最大为 2.31E+00μSv/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。

4 放射性废水管道外环境影响分析

本项目核医学科拟为 ^{131}I 核素治疗场所新建一座衰变池，甲癌治疗产生的 ^{131}I 放射性废水排入新增衰变池中，PET/CT、SPECT/CT 工作中产生的放射性废水排入现有衰变池。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，核医学科 ^{131}I 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，并使用 3mm 铅皮包裹。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 6m；

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 核医学科放射性废水排放管道外辐射水平估算结果

核素	源强（Bq）	线源长度(m)	屏蔽材料及厚度	η	Γ_K ($Sv\cdot m^2\cdot Bq^{-1}\cdot s^{-1}$)	参考点至线源的距离（m）	参考点辐射水平（μSv/h）
^{131}I	5.55E+08	6	3mmPb	0.534	1.60E-17	2	0.202
注：^{131}I 核素治疗患者，排泄物内核素活度排泄比率保守按 10%进行计算，单名患者服药活度保守取 5.55×10^9Bq，则单次排放 ^{131}I 的活度为 5.55×10^8Bq。							

由表 11-3 可知，在本次预测条件下，本项目核医学科放射性废水管道外周围辐射剂量率约为 0.202μSv/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。

事故影响分析

1 潜在事故分析

1.1 核医学科潜在事故分析

本项目核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所，在放射性同位素的使用过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触非密封源的人员造成超剂量照射。主要事故风险为：

（1）操作人员违反操作规程或误操作导致操作台面、地面或仪器设备受到表面沾污；

（2）服药纸杯被意外碰翻，导致放射性药物漏洒；

（3）放射性药物被盗、丢失等；

（4）用药后病人脱离控制区，导致公众遭受较大外照射；

（5）患者服药期间呕吐物沾染地面等，造成其他患者或工作人员外照射影响或表面沾污形成内照射。

核医学事故工况产生的污染物及污染途径为γ外照射及表面沾污，还可能因吸入

或食入造成内照射。

2 辐射事故处置方法及预防措施

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。南京市浦口医院在以下几个方面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）建立辐射安全管理机构，制定完善的管理规章制度，在实际工作过程中严格执行。

（2）加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识。

（3）定期检查各辐射工作场所的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

（4）密切观察患者服药期间是否有呕吐情况，如发生呕吐物沾染地板等情况，应安排工作人员及时对其进行冲洗。

（5）发生辐射事故立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入。

（6）对可能受到大剂量照射的人员，应及时送医院检查和治疗。

（7）依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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，明确建立应急机构和人员职责分工、辐射事故分类与应急响应的措施，并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。发生辐射事故时，应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，同时向卫健委报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫健委调查事故原因，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。

根据上述要求南京市浦口医院目前已成立专门的职业安全防护与健康管理领导小组，负责医院的辐射安全管理工作。医院计划为本项目新配备 5 名辐射工作人员，均为医院新增人员。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》的要求，计划安排其通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习辐射安全和防护专业知识，在其通过考核方能开展本项目工作。

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II类、III类射线装置和III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。

南京市浦口医院已制定一系列辐射安全管理规章制度，包括辐射工作人员健康管理制度、辐射工作人员安全培训制度、辐射安全防护和安全保卫制度、放射性药物操作事故登记和报告制度、放射性药品管理制度、放射性废物的处理制度、核医学科质量保证方案、辐射环境监测方案、辐射安全应急预案、^{131}I 核素治疗场所管理制度等。现对各项制度提出相应的建议如下：

操作规程：针对本项目建立操作规程。重点是明确辐射工作人员的资质条件要求、放射性药物的自动分装及给药流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确放射性药物自动分装和给药操作步骤以及操作过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确辐射工作人员、台帐管理人员、操作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关工作人员明确自己所在岗位具体责任。

辐射安全防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况建立辐射安全防护和安全保卫制度。重点是：①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；②辐射工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

放射性同位素使用登记制度：建立放射性同位素台帐，重点是对使用情况进行登记和跟踪记录，由专人负责登记、形成台帐、每月核对，确保帐物相符。

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：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境部门。为了确保辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：①配备表面污沾污仪，用于核医学科每天工作完成后分别对工作场所进行表污监测；配备辐射巡测仪，定期对各个辐射工作 X-γ 剂量当量率进行巡测；②辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案；③委托有资质监测单位对本项目辐射工作场所的安全和防护状况进行年度检测，每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

放射性同位素台账管理制度：针对本项目所有放射性同位素建立台帐和使用登记制度，规范放射性核素台帐和核素使用登记记录，对使用的放射性核素的使用情况进行登记和跟踪记录。

放射性废物管理制度：针对本项目产生的放射性固废和放射性废水，明确收集流程及登记信息，建立放射性废物及废液分类收集、登记管理制度，根据放射性固废及放射性废水的登记制度，规范放射性固废及放射性废水的解控程序，对满足解控要求的放射性固废及放射性废水进行解控并登记。

^{131}I 核素治疗场所管理制度：本项目 ^{131}I 核素治疗场所中甲亢和甲癌采用分时给药治疗的方案，周一（或者医院定时间）上午预约甲亢患者服药，服药后无异常情况可直接离开。甲癌患者下午（此时甲亢患者已服药离开）服药后入住各甲癌病房。工作人员通过监控、对讲装置及门禁授权等实时指导患者服药、入住病房以及出院离开，以防患者随意走动。每周甲癌患者出院后，及时清理工作场所废物收集桶内的放射性固废、更换床褥等，为下周的甲亢甲癌治疗做准备。

综上所述，医院在落实上述制度后，能够确保本项目满足国家相关的管理及技术层面要求。

辐射监测

1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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、表面污染仪、辐射巡测仪等仪器；用于对辐射工作场所周围的辐射水平进行巡测。

南京市浦口医院计划为本项目配备一台辐射巡测仪、一台表面沾污仪和两台个人剂量报警仪，定期对辐射场所及周围辐射污染水平进行监测，并对监测结果进行记录。

2 监测方案

医院应定期委托有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，每年 1~2 次；医院应定期对辐射场所及周围辐射污染水平进行监测，并对监测结果进行记录。

本项目计划新配备辐射工作人员，医院计划委托有资质单位为新配备辐射工作人员开展个人剂量监测（不少于 1 次/季度），并建立个人剂量档案；医院计划安排新配备人员在上岗前进行职业健康体检，体检合格后方可从事本项目工作。项目开展后辐射工作人员定期进行职业健康体检（1 次/2 年），并建立职业健康档案。

医院为本项目辐射工作场所制定的监测计划一览表见表 12-1。

表 12-1 ^{131}I 核素治疗场所监测计划一览表

监测对象	监测项目	监测点位	监测周期	监测方式
^{131}I 核素治疗场所	α、β 表面沾污	放射性核素操作台面、设备表面、分装柜表面、墙壁、地面、辐射工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	每次工作结束/出现放射性物质污染时	自主监测 α、β 表面沾污仪
			1~2 次/年	委托有资质单位监测
	X-γ 辐射剂量率	控制区防护墙外、控制区房间顶棚区域、防护门缝隙和中央、操作位、分装柜表面等	不超过 3 个月/次	自主监测 便携式辐射剂量率仪
			1~2 次/年	委托有资质单位监测

落实以上措施后，医院改造 ^{131}I 核素治疗场所等核技术利用的管理措施能够满足辐射安全的要求。本项目西南侧的医护卫生间因临近隔壁 SPECT/CT 显像诊断项目的注射后候诊室，建议在后续验收监测与日程监测计划中关注该点位。

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，南京市浦口医院计划在改造完成后针对本项目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。

发生辐射事故时，医院应立即启动本单位的事故应急方案，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，同时向卫健委报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫健委调查事故原因，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

本项目位于南京市浦口医院京新院区，京新院区位于江苏省南京市浦口区南浦路298 号。京新院区东侧为江苏省残联康复中心院内空地，南侧为引水河路，西侧为南浦路，北侧为柳洲东路。本项目 ^{131}I 核素治疗场所位于高压氧舱东侧负一层核医学科，其东侧和南侧为土层，西侧为 SPECT/CT 检查区、下沉庭院，北侧为放疗科，下方为土层，上方为院内道路。根据现场调查可知，本项目周围 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。

1.2 项目分区及布局

本项目核医学科 ^{131}I 核素治疗场所控制区和监督区划分明显，设计有患者进出路线、医务人员进出路线，可有效避免带有放射性的患者对其它人员造成不必要照射，本项目布局合理。

1.3 辐射安全措施

医院已为本项目工作场所设置一系列辐射安全和防护措施：（1）医院已在核医学科 ^{131}I 核素治疗场所的控制区出入口、控制区内各房间门口设置电离辐射警告标志；（2）已在控制区病患出入口处设置带门禁系统的单向门，防止患者随意走动。医院拟为本项目设置以下辐射安全和防护措施：（1）拟在分装柜、废物桶表面、固废间、^{131}I 专用衰变池等醒目位置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）在 ^{131}I 核素治疗场所的控制区内安装监控及对讲设备；（3）在地面设置指示箭头以及指示牌指示患者进行有序服药，通过加强管理、分时治疗等方式减少患者的直接交叉辐射影响；（4）^{131}I 核素治疗场所内不安排与放射性无关的工作；（5）^{131}I 核素治疗场所放射性药物的操作均在分装柜内进行；（6）在控制区和监督区内不进食、饮水、吸烟，也不进行与工作无关事项及存放无关物件；（7）使用操作拟在指定的工作台或搪瓷盘内进行，操作人员需配戴个人防护用品，避免皮肤直接接触放射性物质。

1.4 辐射安全管理

医院已成立专门的职业安全防护与健康管理领导小组，负责医院的辐射安全管理工作，并根据相关法律条例制定完善辐射安全管理制度。

医院计划为本项目新配备辐射工作人员，并安排其参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核，考核合格方可上岗。

医院计划按要求为本项目配备相应的监测仪器，主要包括辐射巡测仪、表面沾污仪，用于对场所内日常运行时辐射场所周围的辐射水平进行监测；医院还应定期（不少于 1 次/年）请有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，并委托资质的单位对本项目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。

2 环境影响分析结论

根据理论预测可知，本项目屏蔽设计能够满足辐射防护要求。在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和本项目管理目标（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）的剂量限值要求。

3 三废处理

医院拟将现有衰变池专用于贮存 SPECT/CT、PET/CT 场所产生的放射性废水，其单个池子有效容积为 27m^3，其中一个池子储满后开始计时至其它两个池子储满时间约为 108 天（54m^3/15m^3/月×30≈108 天），能够满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”的要求。拟将本项目新建衰变池专用于贮存 ^{131}I 核素治疗场所产生的放射性废水，其单个储水池有效容积为 81m^3，当其中一个储水池内废水储满开始至其它两个储水池储满时间约为 264 天（162m^3/18.4m^3×30≈264 天），因此 ^{131}I 专用衰变池的设计能够满足核医学科 ^{131}I 核素治疗场所放射性废水暂存 180 天的衰变要求。放射性废水暂存于 ^{131}I 专用衰变池内 180 天后方可排入医院污水处理系统，未满 180 天但监测结果表明 ^{131}I 活度浓度已降至不高于 10Bq/L 水平，也可直接排入污水处理系统。

放射性固体废物在患者出院后统一收集到 ^{131}I 核素治疗场所内固废间，^{131}I 核素治疗场所内年产生放射性固废约为 134.6kg，折算为体积不超过 4m^3，固废间体积约为 11.31m^3，能够满足其暂存容积要求。放射性固体废物暂存超过 180 天经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平后，方可对其进行清洁解控并作为医疗废物处理。

^{131}I 核素治疗场所拟设置单独的通风系统，监督区拟设为正压通风，控制区域均拟设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。本项目放射性

药物在分装柜内操作，分装柜均拟设计独立的排风系统，风速不小于0.5m/s。排放口由专用管道延伸至地面楼梯间屋顶，四周为绿化带和院内道路，排放口距离地面约4m，设有活性炭吸附箱对放射性气溶胶进行吸附，定期更换的废活性炭作为放射性固体废物处理。

4 可行性分析结论

综上所述，南京市浦口医院 ^{131}I 核素治疗场所改造项目在落实本报告提出的各项辐射安全措施和管理措施后，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。

建议与承诺

（1）所有设备资料、放射性同位素台账和监测资料等妥善保管，存档备案。

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

（3）各项辐射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。

（4）项目建成后，应根据有关规定及时办理竣工环保验收手续。

附表：本项目“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资（万元）
辐射安全管理机构	**以文件形式明确管理职责：** 医院已成立专门的职业安全防护与健康管理领导小组，负责医院的辐射安全管理工作。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求	/
辐射安全和防护措施	**屏蔽措施：** 核医学科按照“表 10-3 核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计参数”和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）进行施工。	核医学科屏蔽措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）标准中辐射剂量率限值的要求。	10
	安全措施（警示标志、工作指示灯等）： 医院已为本项目工作场所设置一系列辐射安全和防护措施：（1）医院已在核医学科 ^{131}I 核素治疗场所的控制区出入口、控制区内各房间门口设置电离辐射警告标志；（2）已在控制区病患出入口处设置带门禁系统的单向门，防止患者随意走动。医院拟为本项目设置以下辐射安全和防护措施：（1）拟在分装柜、废物桶表面、固废间、^{131}I 专用衰变池等醒目位置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）在 ^{131}I 核素治疗场所的控制区内安装监控及对讲设备；（3）在地面设置指示箭头以及指示牌指示患者进行有序服药，通过加强管理、分时治疗等方式减少患者的直接交叉辐射影响；（4）^{131}I 核素治疗场所内不安排与放射性无关的工作；（5）^{131}I 核素治疗场所放射性药物的操作均在分装柜内进行；（6）在控制区和监督区内不进食、饮水、吸烟，也不进行与工作无关事项及存放无关物件；（7）使用操作均拟在指定的工作台或搪瓷盘内进行，操作人员需配戴个人防护用品，避免皮肤直接接触放射性物质。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）。	8
	三废处理措施： 医院拟将现有衰变池专用于贮存 SPECT/CT、PET/CT 场所产生的放射性废水，根据理论估算，一个池子储满后开始计时至其它两个池子储满时间约为 108 天，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”的要求。拟将本项目新建衰变池专用于贮存 ^{131}I 核素治疗场所产生的放射性废水，根据理论估算一个储水池内废水储满开始至其它两个储水池储满时间约为 264 天，能够满足核医学科 ^{131}I 核素治疗场所放射性废水暂存 180 天的衰变要求。 放射性固体废物在患者出院后统一收集到 ^{131}I 核素	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）标准中相关要求。	380

	治疗场所内固废间，^{131}I 核素治疗场所内年产生放射性固废约为 134.6kg，折算为体积不超过 4m^3，固废间体积约为 11.31m^3，能够满足其暂存容积要求。 ^{131}I 核素治疗场所拟设置单独的通风系统，监督区拟设为正压通风，控制区域均拟设为微负压通风，以保证工作场所内的空气由低活区向高活区流动。本项目放射性药物在分装柜内操作，分装柜均拟设计独立的排风系统，风速不小于 0.5m/s，排放口由专用管道延伸至地面楼梯间屋顶，四周为绿化带好院内道路，排放口距离地面约 4m，设有活性炭吸附箱对放射性气溶胶进行吸附，定期更换的废活性炭作为放射性固体废物处理。		
人员配备	**辐射防护与安全培训和考核：** 本项目工作人员为新配备辐射工作人员，医院计划安排新配备辐射工作人员参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核，考核合格方可上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法规条例中相关标准要求	定期投入
	个人剂量监测： 本项目工作人员为新配备辐射工作人员，医院计划安排新配备人员开展个人剂量监测（不少于 1 次/季度），并建立个人剂量档案。	每个季度送检一次	定期投入
	人员职业健康监护： 医院计划安排新配备人员在其上岗前进行职业健康体检，体检合格后方可从事本项目工作。项目开展后辐射工作人员定期进行职业健康体检（1 次/2 年），并建立职业健康档案。	2 年体检一次	定期投入
监测仪器和防护用品	医院拟为本项目配备相应的监测仪器，主要包括辐射巡测仪、表面沾污仪，定期对辐射场所及周围辐射污染水平进行监测，并对监测结果进行记录。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求以及审管部门关于监测仪器配备的要求	2
辐射安全管理制度	南京市浦口医院已制定一系列辐射安全管理规章制度，包括辐射工作人员健康管理制度、辐射工作人员安全培训制度、辐射安全防护和安全保卫制度、放射性药物操作事故登记和报告制度、放射性药品管理制度、放射性废物的处理制度、核医学科质量保证方案、辐射环境监测方案、辐射安全应急预案、^{131}I 核素治疗场所管理制度等。	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》等法规条例中相关要求	/

以上措施必须在项目试运行前落实。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见   经办人签字　　公章 年　月　日
审批意见：   经办人签字　　公章 年　月　日