2024-F-015

核技术利用建设项目

南通市第一人民医院核医学科改造项目

环境影响报告表

（公示版）

南通市第一人民医院

2024 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南通市第一人民医院核医学科改造项目

环境影响报告表

建设单位名称：南通市第一人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：南通市崇川区胜利路 666 号

邮政编码：/　　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 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 19
表 9 项目工程分析与源项 24
表 10 辐射安全与防护 29
表 11 环境影响分析 38
表 12 辐射安全管理 47
表 13 结论与建议 50
附表：本项目“三同时”措施一览表 54
表 14 审批 57

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">南通市第一人民医院核医学科改造项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">南通市第一人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>卢红建</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">江苏省南通市崇川区胜利路 666 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">南通市崇川区胜利路 666 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>275</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>275</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">100%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☐新建 ☑ 改建 ☐扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="10">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>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

南通市第一人民医院原位于江苏省南通市崇川区孩儿巷北路 6 号，目前已搬迁新址位于南通市崇川区胜利路 666 号。南通市第一人民医院是一所集医疗、教学、科研及健康管理于一体的国家三级甲等综合性医院，也是原卫生部国际紧急救援中心网络医院。医院为江苏省博士后创新实践基地，国家级住院医师规范化培训基地、国家级临床药师培训基地、国家药物临床试验基地、国家执业医师资格考试实践技能考试基地、国家级急救教育示范基地和心肺复苏教研基地、中国灾害卫生应急救援南通培训基地。

1.2 项目建设规模及任务由来

南通市第一人民医院核医学科位于门诊大楼地下二层，包括 SPECT/CT、PET/CT 显像诊断项目，核素治疗项目。其中 SPECT/CT 使用 ^{99m}Tc 核素，PET/CT 使用 ^{18}F 核素，核素治疗使用 ^{89}Sr、^{188}Re、^{177}Lu 和 ^{131}I（甲癌和甲亢治疗）。核医学科于 2020 年 7 月通过江苏省生态环境厅的环评审批（苏环辐（表）审[2020]30 号，见附件 3）；于 2023 年 6 月取得了辐射安全许可（见附件 4），许可的核素包括 ^{18}F、^{99m}Tc、^{89}Sr、^{188}Re、^{177}Lu 和 ^{131}I（甲亢治疗），许可使用量与原环评一致。

由于衰变池容积不够及 ^{131}I（甲癌治疗）部分功能场所需优化。因此，医院计划对核医学科中 ^{131}I 核素治疗场所进行改造，改造前布局和改造后布局分别见附图 3 和附图 4，改造内容主要包括：

（1）新增衰变池：^{131}I 核素治疗场所原设有 7 间甲癌病房（即观察室 1~观察室 7），每次最多使用 6 间，每批次最多同时治疗 6 名甲癌病人。根据原环评报告，医院在衰变池间内建设一个埋地三级推流式衰变池，每级池子容积为 40m^3，总容积为 120m^3。为了便于衰变池后续维护、取样等，医院将衰变池调整为地上三级钢槽式；考虑衰变池间高度，原有衰变池间面积不够。因此医院将观察室 7 和原衰变池间合并为现有衰变池间，并在现有衰变池内已配备一个地上三级式钢槽式衰变池，每级槽体容积为 27m^3，总容积为 81m^3。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，现有衰变池不能满足核医学科放射性废液贮存要求。因此，医院将现有衰变池专用于贮存 SPECT/CT、PET/CT 场所产生的废水；拟在核医学科北侧停车场内新建一座衰变池间，并安装一个五级衰变池专用于贮存甲癌治疗产生的放射性废水。

（2）核医学科南侧部分功能场所改造：①将观察室 1 东侧的更衣室改造为服碘室，并将其西侧防护门拆除后，在门洞处安装一座分装柜，自动分装仪内置于一体式自动分装柜中，工作人员通过远程控制自动分装仪进行药物分装，并将分装好的药物自动推送至服药窗口；②将原卫生通过间隔成两个功能房间，即东侧为摄碘室，西侧为准备间；③将原服碘室及其东侧相邻的更衣室改造为卫生通过间。将原病人通道改造为值班室；④将观察室 1 南侧设备间、护士站改造为配餐室、取餐室、值班室和储藏室。核医学科南侧部分功能场所改造前后布局对比图见图 1-1。

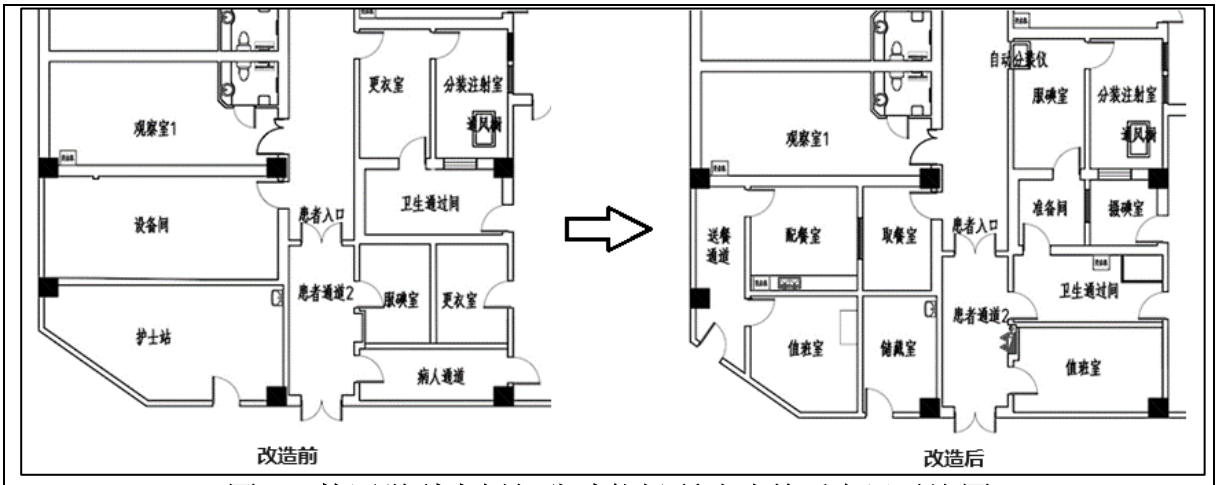


图 1-1 核医学科南侧部分功能场所改造前后布局对比图

根据原环评可知，甲癌日最高峰为 6 人，单人使用最大量为 5.55×10^{9}Bq，日等效最大操作量为 3.33×10^{9}Bq。改造后甲癌使用量与原环评使用量一致；因此核医学改造后日等效最大操作量与原环评一致，即日等效最大操作量为 3.881×10^{9}Bq，为乙级非密封放射性物质工作场所。

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、法规和部门规章的要求，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，其中 ^{131}I 核素治疗场所用于放射性药物暂存、分装和给药的服碘室调整了位置，放射性药物使用场所发生了变更，并新增了一座衰变池，属于项目重大变动。为此南通市第一人民医院委托江苏玖清玖蓝环保科技有限公司编制核技术利用项目环境影响评价报告表。受南通市第一人民医院委托，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

南通市第一人民医院位于南通市崇川区胜利路 666 号，其东侧为胜利路，南侧为崇川路，西侧为通富北路，北侧为世纪大道。医院地理位置见附图 1，医院平面布局见附图 2。

核医学科位于门诊大楼地下二层，其东侧为放疗中心、停车场等，南侧及西侧为停车场，北侧为设备间、停车场，上方为门诊大楼设备机房、停车场，下方为土层。核医学科及其楼上对应区域平面布局见附图 6、附图 7。

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。根据现场调查分析及附图 2 可知，本项目周围 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员、门诊大楼内医护人员、患者及患者家属和停车场内的行人。

3 实践正当性分析

核医学科现有衰变池专用于贮存 SPECT/CT、PET/CT 场所产生的废水，本项目通过新增衰变池专用于贮甲癌治疗所产生的废水，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。通过核医学科南侧部分功能场所改造并新增 ^{131}I 自动分装仪，可以优化核医学科分区与布局，降低工作人员受到的辐射剂量。本改造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

南通市第一人民医院目前持有江苏省生态环境厅核发的辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[00009]”，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 2023 年 6 月 8 日，有效期至 2026 年 4 月 25 日。医院辐射安全许可证正副本见附件 4，核医学项目非密封放射性物质许可情况见表 1-1。

表 1-1 核医学项目非密封放射性物质许可情况一览表

序号	场所等级	核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	许可情况	环保验收情况
1	乙级	^{99m}Tc	5.55×10^{7}	1.3875×10^{13}	已许可	未验收
2	乙级	^{89}Sr	2.96×10^{6}	7.4×10^{10}	已许可	未验收
3	乙级	^{188}Re	3.70×10^{7}	9.25×10^{11}	已许可	未验收
4	乙级	^{177}Lu	7.40×10^{7}	1.85×10^{12}	已许可	未验收
5	乙级	^{18}F	1.11×10^{7}	3.7×10^{12}	已许可	未验收
6	乙级	^{131}I（甲亢）	3.70×10^{8}	9.25×10^{11}	已许可	未验收
7	乙级	^{131}I（甲癌）	3.33×10^{9}	1.665×10^{12}	未许可	未验收

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/中毒	使用	3.33×10^{10}	3.33×10^{9}	1.665×10^{12}	甲癌治疗	简单操作	门诊大楼地下二层核医学科	暂存于服碘室自动分装仪

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（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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
分装仪内进行药物分装时挥发的微量 ^{131}I 气溶胶	气态	^{131}I	/	微量	微量	不暂存	经分装仪管道内及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放
服碘后的住院病人的排泄废物及住院病房清洗用水	液态		/	约 185m^3	总 β＜10Bq/L	由专用管道统一排入新衰变池	暂存于新衰变池内 180 天，监测结果经审管部门认可后，可排入医院污水处理系统
一次性手套和病人口服药物塑料杯、滤纸等	固态		/	约 24kg	α＜0.08Bq/cm^2、β＜0.8 Bq/cm^2	首先分类收集在具有铅屏蔽的放射性废物桶中，后送固废间贮存衰变	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 0.08 Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8 Bq/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		/		α＜0.08Bq/cm^2、β＜0.8 Bq/cm^2	暂存于固废间贮存衰变	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 0.08 Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8 Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

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）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20 号 （19）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号 （20）《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 （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
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）
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）核技术利用搬迁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）关于调整放射防护和辐射安全工作领导小组人员的通知（附件 5） （6）辐射环境现状检测报告（附件 6） （7）现有衰变池屏蔽防护参数（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、地下二层停车场及门诊大楼。具体评价范围示意图见附图 2。

环境保护目标

本项目位于南通市崇川区胜利路 666 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，本项目周围 50m 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本项目辐射工作人员、门诊大楼内医护人员、患者及患者家属和停车场内的行人，保护目标详见表 7-1。

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		方位	最近距离	规模	人员性质
辐射工作人员		工作场所内	紧邻	13 人	辐射工作人员
医护人员 患者及患者家属	门诊大楼	东侧、北侧、楼上	约 5m	医护人员约 100 人 患者及患者家属人员流动人员	公众
设备机房维护人员	门诊大楼	楼上	约 5m	2 人	
地下停车场内行人		南侧、西侧、北侧、楼上	约 5m	流动人员	

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/cm^2）

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《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。

4《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）

5《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，辐射函〔2023〕20 号

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 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）核医学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。

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。

7 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。

表 7-6 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

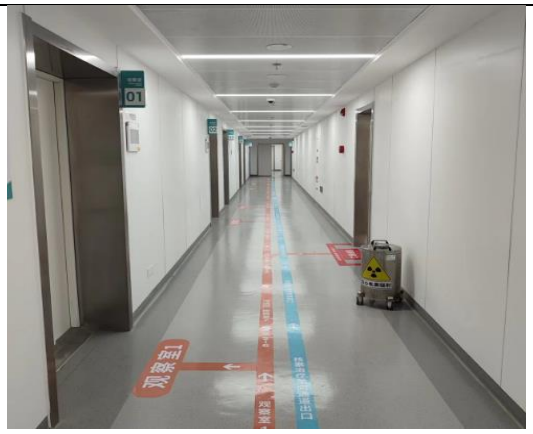
1 项目地理和场所位置

南通市第一人民医院位于南通市崇川区胜利路 666 号，其东侧为胜利路，南侧为崇川路，西侧为通富北路，北侧为世纪大道。医院地理位置见附图 1，医院平面布局见附图 2。

本项目位于门诊大楼地下二层核医学科内。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，本项目场址现状见图 8-1。



核医学科门口现状


本项目 ^{131}I 核素治疗场所现状



新建衰变池间拟建址处现状



服碘室现状

图 8-1 本项目场址现状图

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：本项目场址周围辐射环境

监测因子：γ 辐射空气吸收剂量率、β 表面污染

监测点位：在本项目场址及周围进行布点，γ 辐射空气吸收剂量率布点 11 个，β 表面污染布点 11 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：J0317，检定有效期：2023 年 10 月 17 日-2024 年 10 月 16 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：在本项目场址周围进行布点，具体点位见图 8-2、图 8-3

监测时间：2023 年 11 月 16 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（$E_{\beta max}$＞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（$E_{\beta max}$＞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、表 8-2，详细检测结果见附件 6。

表 8-1 本项目周围环境γ辐射空气吸收剂量率

测点号	点位描述	测量结果 (nGy/h)
1	新衰变池间拟建址处	75.7
2	新衰变池间拟建址东侧（停车场）	76.3
3	新衰变池间拟建址南侧（停车场）	76.6
4	新衰变池间拟建址西侧（停车场）	76.1
5	新衰变池间拟建址北侧（停车场）	76.0
6	新衰变池间拟建址楼上（停车场）	76.2
7	服碘室	80.6
8	观察室 1	77.3
9	过道	76.6
10	核医学科入口处	76.2
11	核医学科楼上（设备机房）	76.4
*表中结果扣除仪器宇宙响应值。		

表 8-2 本项目β表面污染检测结果

测点号	点位描述	测量结果 (Bq/cm²)
1	新衰变池间拟建址处	0.02
2	新衰变池间拟建址处东侧（停车场）	＜MDL
3	新衰变池间拟建址处南侧（停车场）	＜MDL
4	新衰变池间拟建址处西侧（停车场）	＜MDL
5	新衰变池间拟建址处北侧（停车场）	＜MDL
6	新衰变池间拟建址楼上（停车场）	＜MDL
7	服碘室	＜MDL
8	观察室 1	＜MDL
9	过道	＜MDL
10	核医学科入口处	＜MDL
11	核医学科楼上（设备机房）	＜MDL
*MDL=0.017Bq/cm²。		

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目场址及周围的环境 γ 辐射水平为（75.7~80.6）

nGy/h，处于江苏省环境天然γ辐射水平统计涨落范围内；本项目场址及周围β表面污染最大为 0.02Bq/cm²。

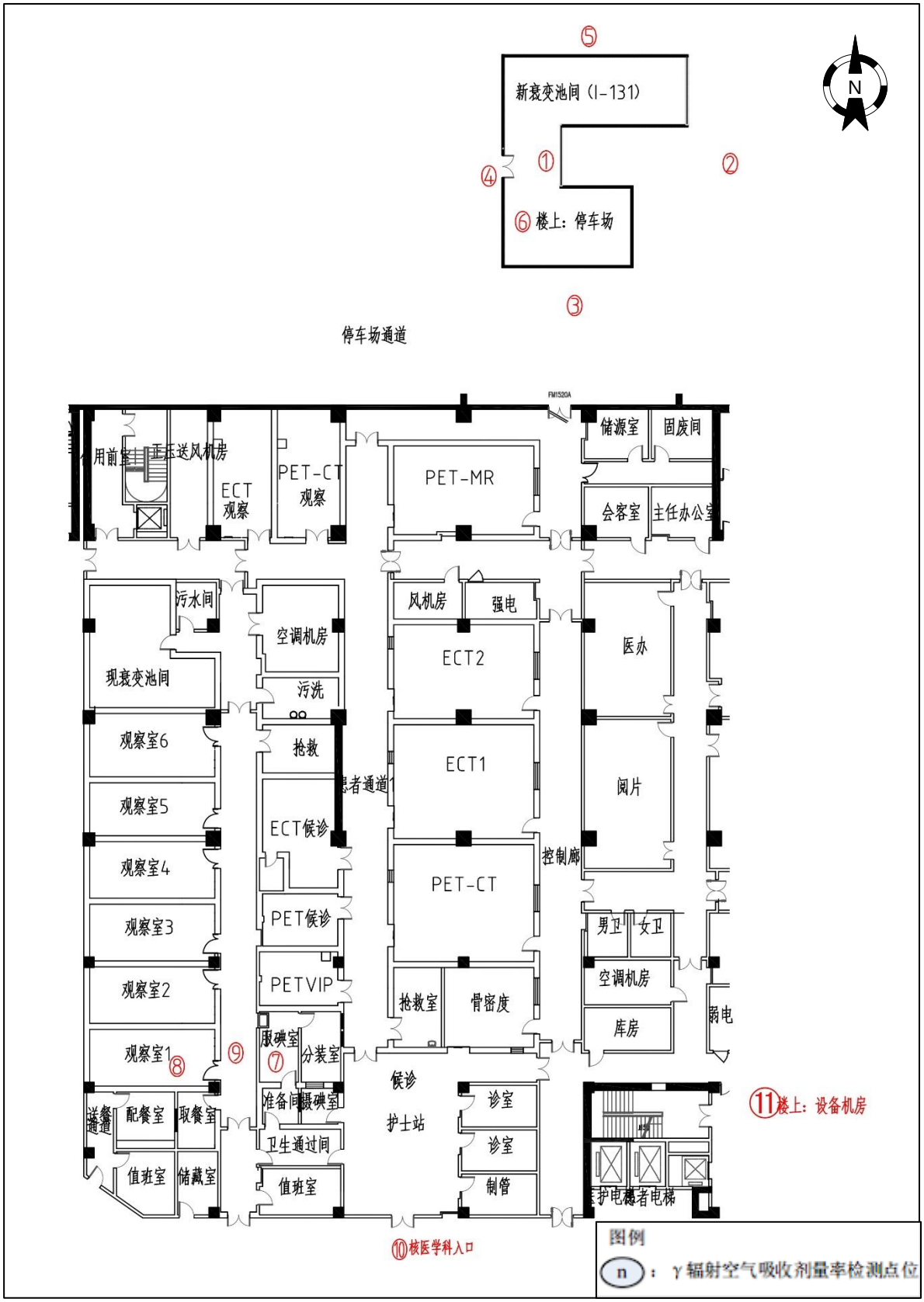


图 8-2 本项目周围环境γ辐射空气吸收剂量率检测点位图

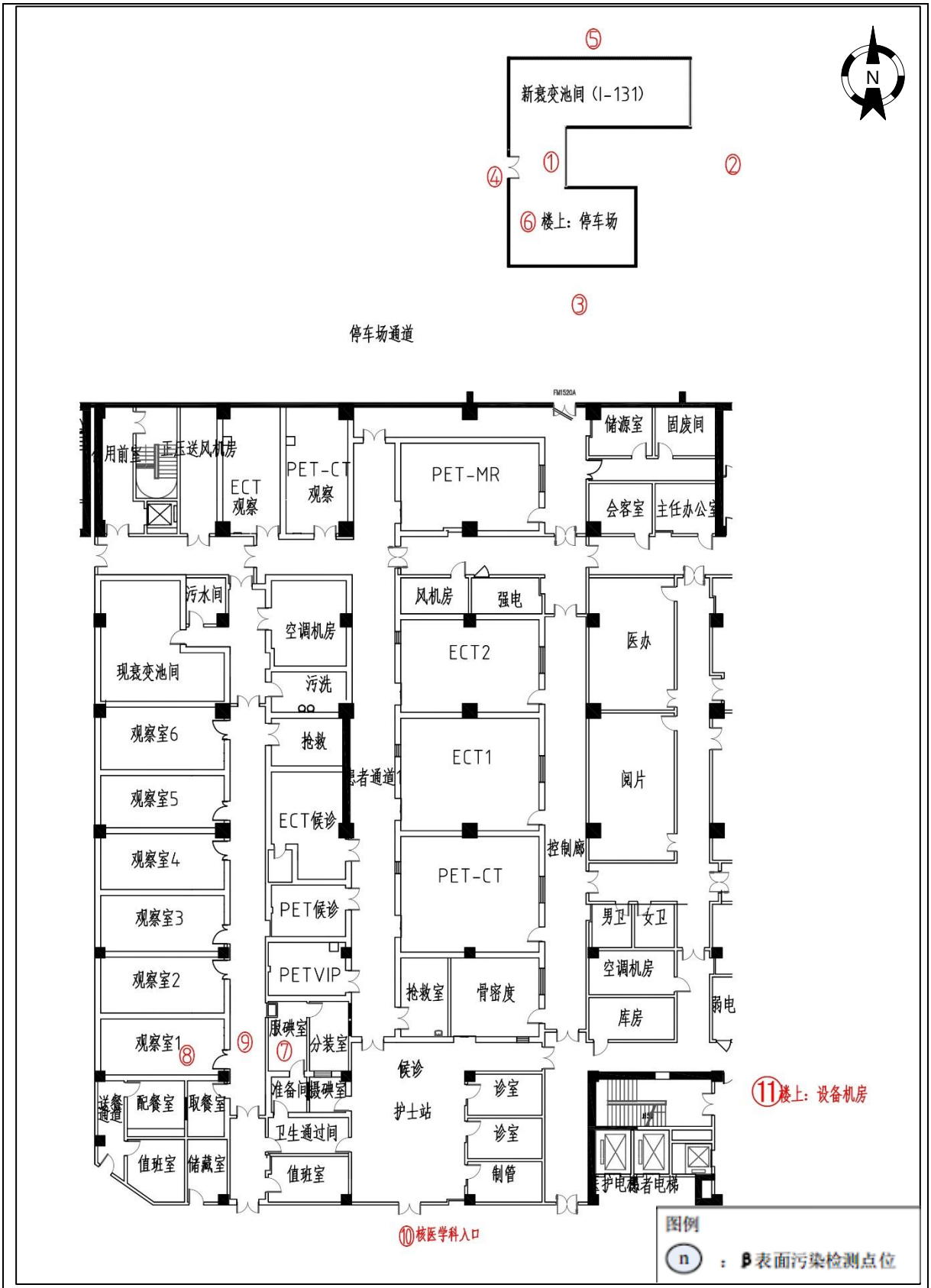


图 8-3 本项目 β 表面污染检测点位图

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

核医学科已许可 ^{18}F、^{99m}Tc、^{89}Sr、^{188}Re、^{177}Lu 和 ^{131}I（甲亢）使用量与原环评使用量一致。根据原环评可知，甲癌日最高峰为 6 人，单人使用最大量为 $5.55\times10^{9}Bq$，日等效最大操作量为 $3.33\times10^{9}Bq$。改造后甲癌使用量与原环评使用量一致；因此核医学改造后日等效最大操作量与原环评一致，即日等效最大操作量为 $3.881\times10^{9}Bq$，为乙级非密封放射性物质工作场所。核医学科使用放射性核素见表 9-1。

表 9-1 使用的放射性核素日等效最大操作量

核素	日等效最大操作量	用途	许可情况
^{89}Sr	$2.96\times10^{6}Bq$	核素治疗	已许可
^{188}Re	$3.70\times10^{7}Bq$	核素治疗	已许可
^{177}Lu	$7.40\times10^{7}Bq$	核素治疗	已许可
^{18}F	$1.11\times10^{7}Bq$	核素诊断	已许可
^{99m}Tc	$5.55\times10^{7}Bq$	核素诊断	已许可
^{131}I	$3.70\times10^{8}Bq$	甲亢治疗	已许可
^{131}I	$3.33\times10^{9}Bq$	甲癌治疗	未许可
总计	$3.881\times10^{9}Bq$		

2 工作原理

（1）甲亢治疗工作原理、工作流程及产污环节：

①甲亢治疗工作原理：

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。

②工作流程及产污环节：

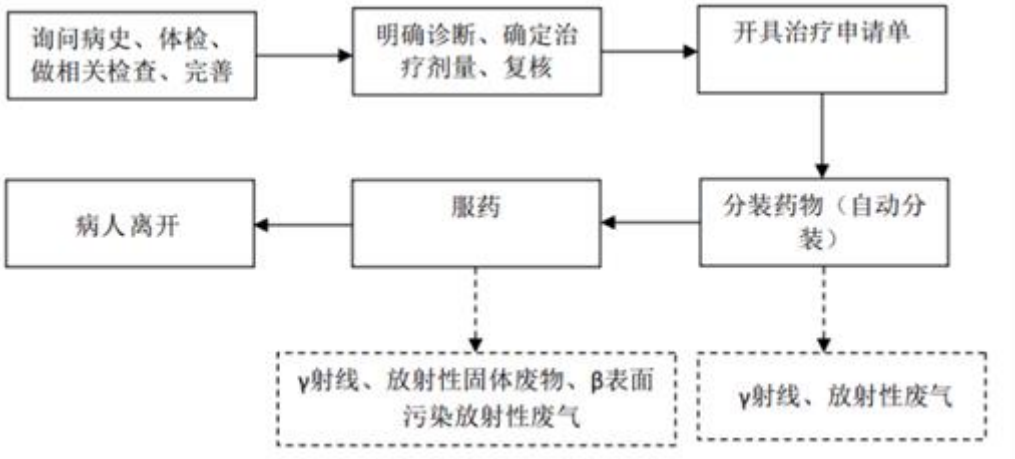


图 9-1 甲亢治疗流程及产污环节图

（2）甲癌治疗工作原理、工作流程及产污环节：

①甲癌治疗工作原理：

放射性核素 ^{131}I 可以高度选择性聚集在分化型甲状腺癌及转移灶，^{131}I 衰变时发射出射程很短的 β 射线和能量跃迁时发出的 γ 射线，从而对病变组织进行内照射治疗，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的。肿瘤细胞增值快，摄入 ^{131}I 多，因此 ^{131}I 放射性在杀灭肿瘤细胞的同时对正常细胞损伤作用小，从而达到治疗目的。

②工作流程及产污环节：

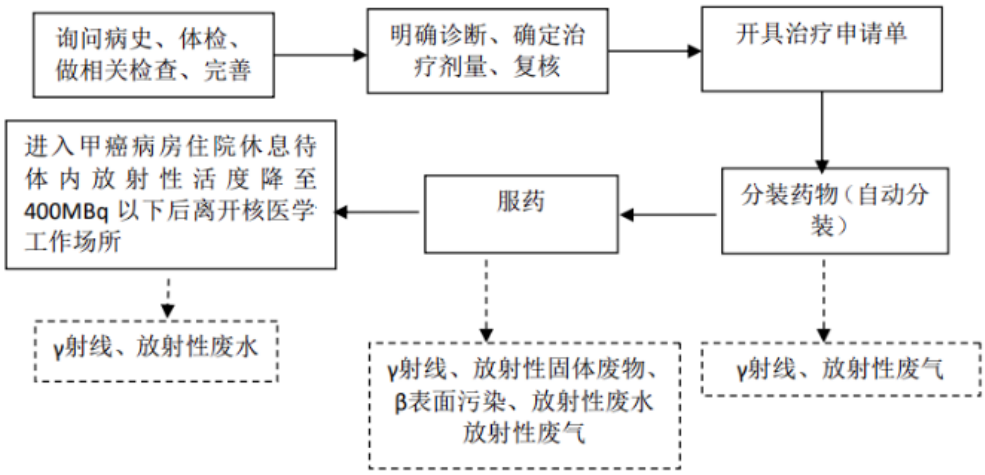


图 9-2 甲癌治疗流程及产污环节图

^{131}I 核素特性见表 9-2。

表 9-2 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（89%） γ（11%）	0.602	0.284，0.365，0.637	0.0595

3 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，供货商将药物送至核医学科服碘室的自动分装仪内。医务人员远程操控自动分装仪对药物进行分装，后推送至服药窗口供患者服药。甲亢患者服药后直接离开核医学科，甲癌患者在服药窗口服药后进入甲癌病房住院，住院治疗期间活动仅限于甲癌病房、卫生间及患者走廊。甲癌患者日常配餐由医院统一配餐，将配餐放置于取餐窗口，再通过语音广播通知患者取餐及返回病房就餐。

本项目 ^{131}I 药液购自有资质的专业供货商并由其运输至服碘室。到货时为装入铅套内的整罐药液，需要由医护人员按病人所需活度进行分装。为进一步减少 ^{131}I 对医护人员的辐射影响，医院拟采用放射性药物自动分装仪进行分装，工作流程如下：

（1）将 ^{131}I 原液转运铅罐放置在自动分装仪内；

（2）打开防护罐盖，将抽药针头与稀释针头一并插入原液瓶内；

（3）按控制屏原液抽取键，将原液抽取稀释至活度计检测井内的分配瓶内；

（4）控制系统自动计算分配液活度及体积，矫正比活度参数，进入分配界面；

（5）输入患者信息，确认后自动进行药液抽取至服药口杯。

（6）取药口信息屏显示患者信息及服药量，通过监控对讲系统指导患者服药、指导患者将口杯弃入服药窗口处的废物防护桶内，确认服药完毕后进入下一患者服药过程。

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

医院已在现有衰变池间内配备一个衰变池，其由 3 个 27m³ 的槽体组成，总容积为 81 m³。现有衰变池专用于贮存 SPECT/CT、PET/CT 场所产生的废水。根据原环

评报告，SPECT/CT 年最多就诊人数 15000 人、PET/CT 年最多就诊人数 7500 人，人均用水 8L 计，辐射工作人员的洗涤废水以及清洗废水每日 120L 计，年工作 250 天，则年产生放射性废水为 210m^3，则月产生放射性废水为 17.5m^3。则其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 93 天(54m^3/17.5 m^3/月×30≈93 天）。核医学核素显像中半衰期最长的核素为 ^{99m}Tc 的 6.02h， 能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

本项目 ^{131}I 核素治疗场所中甲亢治疗不产生放射性废水，甲癌治疗年病人数量最多为 300 人，住院时间一般为 3~5 天，平均取住院 4 天；每人每天废水产生量以 150L 计，主要来源于淋浴、排泄废水，故年产生放射性废水量为 180m^3。^{131}I 核素治疗场所每周清洗一次，每次清洗废水最多为 100L，年工作 50 周，则年产生放射性废水量为 5m^3。综上所示，^{131}I 核素治疗场所年产生放射性废水量为 185 m^3，月产生放射性废水量为 15.42 m^3。甲癌治疗产生的放射性废水排入新建衰变池内。

新衰变池处理系统设有五级衰变池，总容积为 157.5m^3。第一个池子存满后开始计时至其它四个池子存满时间约为 245 天(126m^3/15.42$m^{3/}$月×30≈245 天），满足暂存时间超过 180 天的要求。衰变池留有取样口，排放前进行取样监测，监测结果达标后排入医院污水处理系统。因此新衰变池的设计能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

3 放射性固废

本项目未增加核素使用量，产生的放射性固废与原环评一致。根据原环评报告可知，核医学工作场所产生的放射性固体废物主要有一次性注射器、手套、擦拭废纸、一次性药杯等沾有微量放射性核素的废物和通风系统中含放射性核素的废活性炭。其中 ^{131}I 核素治疗固体废物和废活性炭年产生量约为 24kg。PET/CT、SPECT/CT 和其他核素治疗所产生的固体废物及废活性炭等，年产生量约为 324kg。放射性固体废物和甲癌患者住院使用的被服在患者出院后统一收集到固废间，固废间容积约为 45 m^3。核医学科固废间能够满足放射性固体废物存放要求。

4 放射性废气

医院已在分装室内配备两个通风橱，其中 ^{18}F 使用一个通风橱，^{89}Sr 成品针剂、^{99m}Tc 成品针剂、^{177}Lu 成品针剂、^{188}Re 成品针使用一个通风橱。通风橱有足够的风速，通风橱外排气口位于本建筑屋顶。医院拟在改造后的服碘室内配置一台自动分装仪，该自动分装仪内置于一体式分装柜中。分装柜为密闭结构，分装柜顶部设有

活性炭单向排风管道，放射性废气经活性炭过滤后，汇入主排风管道中，排风管道有足够的风速，主排风管道的外排气口位于本建筑屋顶。放射性气溶胶经外排气口排放并大气扩散后，对医护人员及周围公众的影响很小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 项目工作场所布局合理性分析

核医学科位于门诊大楼地下二层，其东侧为放疗中心、停车场等，南侧及西侧为停车场，北侧为设备间、新衰变池间、停车场，上方为门诊大楼设备机房、停车场，下方为土层。

医院已将核医学科划分为控制区和监督区，并计划将增加的衰变池、取餐室纳入控制区管理，将值班室、配餐室、患者通道 2、送餐通道纳入监督区管理。核医学科工作场所具体分区如附图 8 所示，分区情况见表 10-1。

表 10-1 核医学科工作场所分区情况一览表

场所	控制区	监督区
门诊及核素显像机房	ECT 候诊室、2 间 ECT 机房、ECT 观察室、2 间 PET 候诊室、PET/CT 机房、PET/CT 观察室、分装注射室、抢救室、患者通道 1、PET/MR 机房、风机房、强电间、储源室	护士站、控制廊、候诊区
^{131}I 核素治疗场所	观察室 1-6、患者通道 3、准备间、卫生通过间、服碘室、抢救室、污洗间、现衰变池间、新衰变池间、固废间、空调机房、取餐室、摄碘室	患者通道 2、配餐室、送餐通道、值班室、储藏室

2 ^{131}I 核素治疗场所布局

根据核医学改造情况可知，不涉及 SPECT/CT、PET/CT 场所，主要涉及到 ^{131}I 核素治疗场所改造。因此主要对改造后的 ^{131}I 治疗场所布局进行分析。^{131}I 设有医/患通道路线、放射性药物和废物路线，附图 5 所示。

患者路线：甲癌患者路线如附图 5 红色箭头所示，通过门 D1、D2 进入到 ^{131}I 核素治疗场所，然后到服药窗口服用 ^{131}I 药物，服药后通过门 D3-D8 入住甲癌病房，在治疗结束后，通过门 D9 离开；甲亢患者路线如附图 5 蓝色箭头所示，通过门 D1、D2 进入到 ^{131}I 核素治疗场所，然后到服药窗口服用 ^{131}I 药物后通过门 D9、D10 离开。

医护人员路线：如附图 5 黄色箭头所示，医护人员在候诊区经门 D12 进入到卫生通过间，通过门 D13 进入准备间，在准备间的控制台对 ^{131}I 药物进行远程分装操作。

放射性药物运输路线：如附图 5 紫色箭头所示，药物由药物公司提供，药物运输车停到靠近核医学科的停车场，然后公司人员携带装有药物的铅罐经门 D1 进入患者通道 2，再经卫生通过间门 D16 、门 D13 和准备间门 D14 进入服碘室，最后将药物

放至服碘室自动分装仪内。

放射性废物运输路线：如附图 5 绿色箭头所示，服碘室、观察室 1-观察室 6 房间产生的放射性废物首先暂时放置在各房间的放射性废物桶内，然后统一收集打包放置到固废间。甲癌病房患者住院使用的被服在患者出院后统一收集到固废间。

综上所述，医院在核医学科控制区已设置辐射屏蔽和安全防护设施，入口已设置电离辐射警告标志，控制区以及各监督区均仅限辐射工作人员才能进入，公众不允许进入。本项目控制区和监督区划分明显，各组成部分功能区明确，既能有效联系，又互不干扰，场所布局及分区能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射工作场所分区要求。核医学科工作场所的人流、患者通道均有专用、独立的通道，避免了交叉辐射污染，可以满足辐射防护要求。

3 工作场所分级和分类

本项目不涉及核素增加，与原环评一致。核医学科场所日等效最大操作量为 3.881×10^{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。

4 辐射防护屏蔽设计

核医学改造不涉及 SPECT/CT、PET/CT 场所，及甲癌病房仅涉及观察室 7 调整为衰变池间，比原环评衰变池间尺寸增大，但屏蔽防护与原环评一致；因此 SPECT/CT、PET/CT 场所、现衰变池间沿用原环评结论，能够满足要求。本项目主要涉及甲癌场所，如观察室、服碘室、衰变池间屏蔽防护，屏蔽见表 10-3。新衰变池间的平面布局图见图 10-1，自动分装仪柜体结构图见图 10-2。

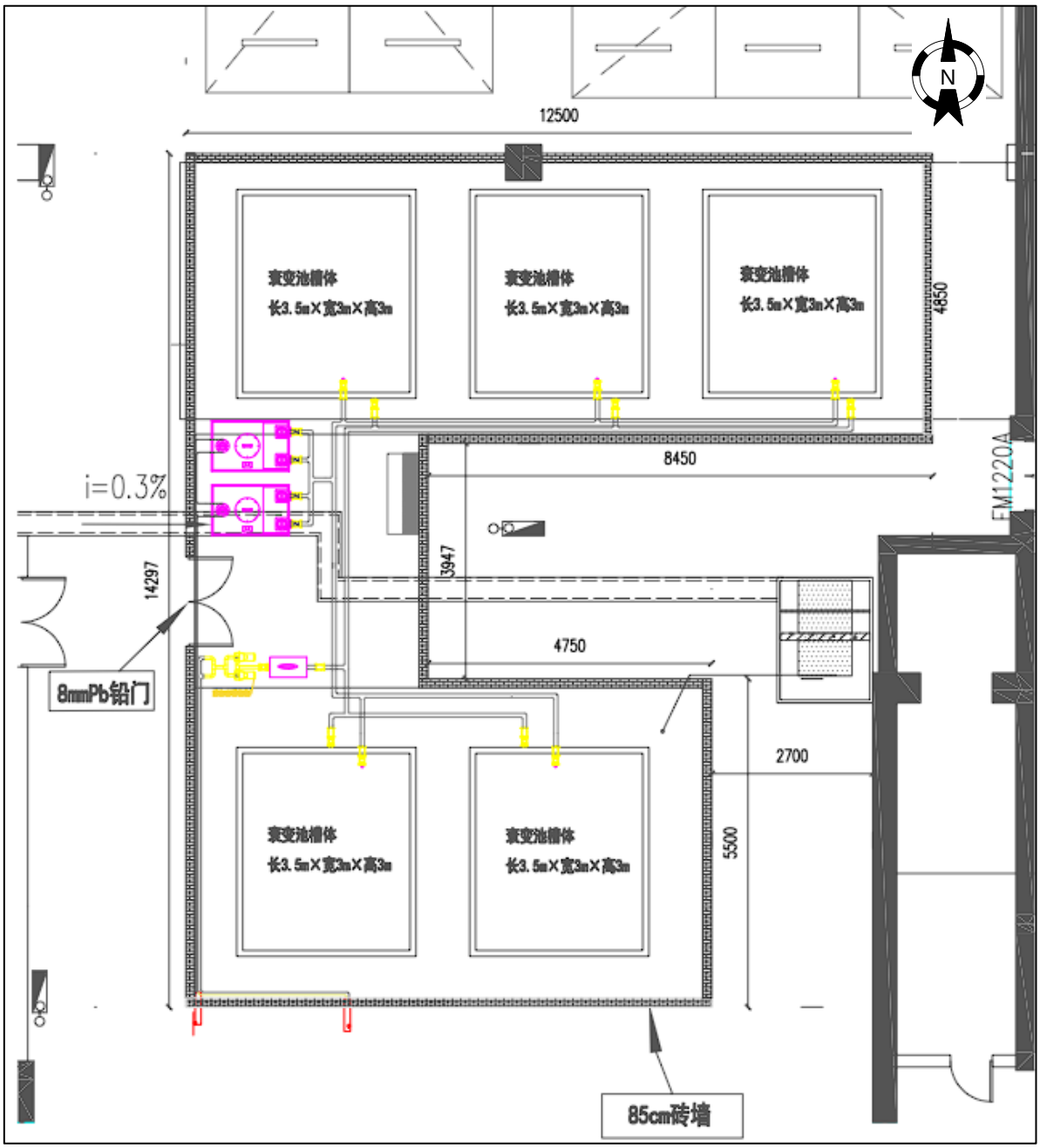


图 10-1 新衰变池间的平面布局图

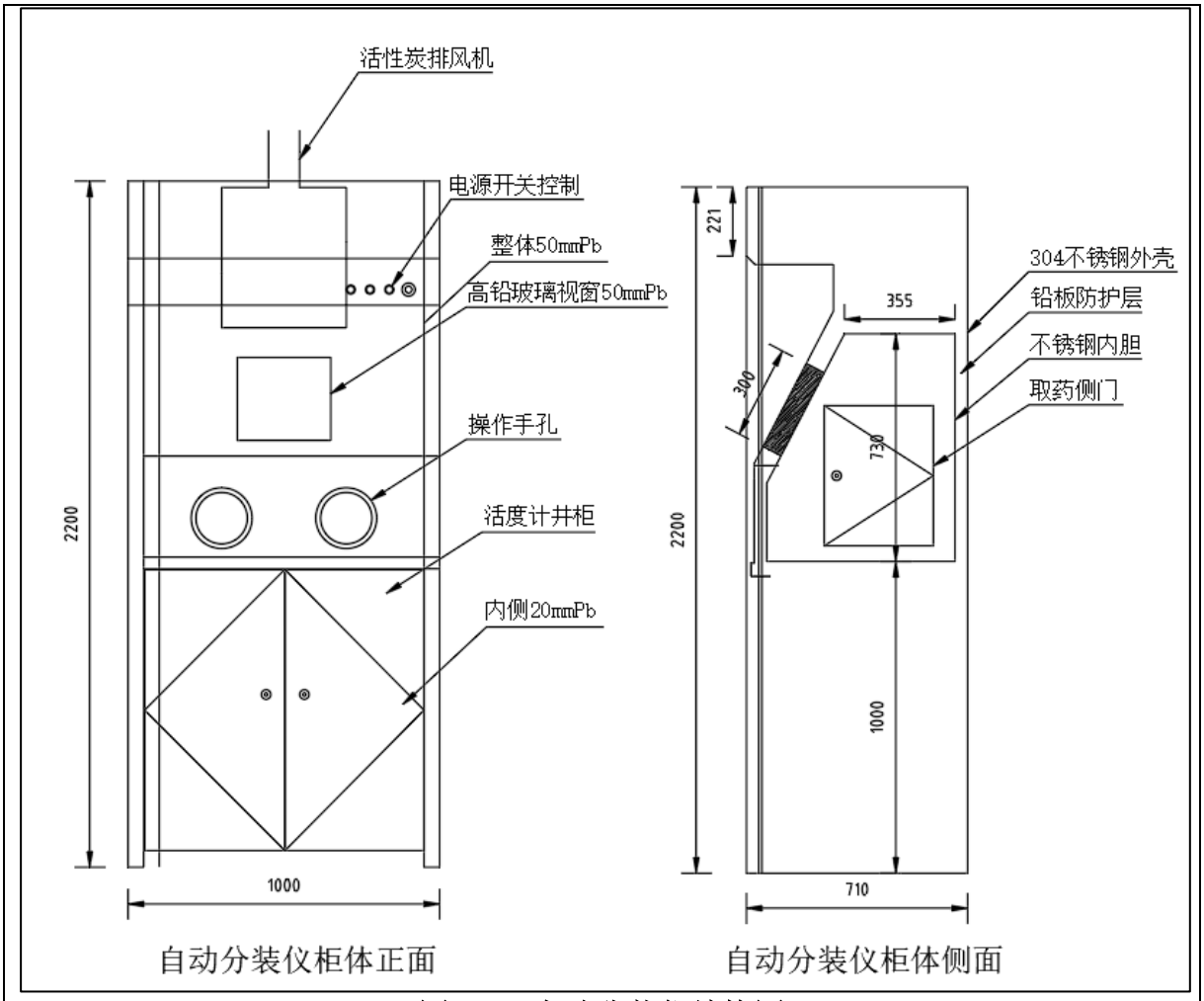


图 10-2 自动分装仪结构图

表 10-3 甲癌场所放射防护屏蔽参数

场所/设施	改造前	改造后
服碘室	四周墙体 30cm 混凝土+5mm 铅板； 顶部 30cm 混凝土+5mm 铅板； 西侧 8mmPb 防护门； 南侧 8mmPb 防护门	四周墙体 30cm 混凝土+5mm 铅板； 顶部 30cm 混凝土+5mm 铅板； 西侧防护门拆除； 南侧 8mmPb 防护门
自动分装仪	无	服碘室西侧防护门拆除处配备自动分装仪 自动分装柜体整体 50mmPb； 自动分装柜体正面观察窗 50mmPb
新衰变池间和管道	无	四周墙体 85cm 实心砖；顶棚 6mmPb 防护门 8mmPb、污水管路 8mmPb 衰变池槽体采用不锈钢
甲癌病房(观察室 1~观察室 6)	四周墙体 30cm 混凝土+5mm 铅板； 顶部 30cm 混凝土+5mm 铅板； 8mmPb 防护门 各观察室内配置一扇 5mmPb 移动铅屏风，放置于靠近防护门一侧，进行屏蔽防护	
注 1：实心砖墙密度为 1.65g/cm^3，铅密度为 11.35g/cm^3，混凝土密度为 2.35g/cm^3。 注 2：新衰变池以四周墙体、顶棚和防护门作为屏蔽防护，除设备厂家维护人员对衰变池进行维护外，其它人员一般不能进入衰变池间。		

5 辐射安全和防护措施设计

（1）辐射安全措施

①医院拟在服碘室服药窗口墙面、服碘室自动分装仪、服药窗口旁的放射性废物桶表面等醒目位置均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医院拟在服碘室自动分装仪安装双向对讲设备，通过对讲设备对患者进行逐个叫号服药，并指示患者将服药后的纸杯等丢入附近放射性废物桶内。

③医院拟在新衰变池间防护门处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。

④衰变池间防护门设有专人专锁，除设备厂家维护人员对衰变池进行维护外，其它人员一般不能进入衰变池间。

⑤固废间入口门张贴有离辐射警告标志。

（2）工作人员防护措施

①核医学科工作场所内不得安排与放射性无关的工作。

②服碘室内放射性药物的操作均应在分装仪内进行。

③在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物件。辐射工作人员操作后离开工作室前洗手和作表面污染监测，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出控制区。

④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。

（3）患者防护措施

①患者根据预约按时来院，在服碘室喝药窗口服用药物，甲亢患者服药后直接由专门出口离开。甲癌患者服药后到指定观察室住院治疗， 不可随意走动，期间的呕吐物和排泄物要排入患者专用厕所。住院结束后由工作人员为其测量体内放射性核素活度进行检测，低于 400MBq 时方可出院。甲癌患者通道入口防护门和出口防护门均带有门禁系统，避免无关人员进入控制区。

②服药前告知患者及家属辐射可能带来的危害，服药患者要与家属隔离，陪护人员不允许进入病房内。

（4）公众防护措施

患者出院时，工作人员为患者提供与他人接触的辐射防护书面指导，告知患者尽量避免和亲友共处，减少患者亲友受照量。

（5）内照射防护措施

操作非密封型放射性药物时，液体洒落、挥发泄漏造成地面、工作台面、操作人员衣服、手套和空气等污染，污染的表面一方面成为外照射的辐射源，一方面通过皮肤渗透、呼吸、进食使放射性物质进入体内形成内照射。

由于 ^{131}I 药物具有挥发性，为降低内照射对工作场所内辐射工作人员的影响，本项目 ^{131}I 放置于服碘室自动分装仪中进行分装。甲癌病房和核素治疗场所各功能区均设有通风设施，可以降低工作场所空气中的放射性物质浓度。严格规范甲癌治疗工作人员的工作和生活习惯，禁止在核医学科场所饮食、饮水、化妆等；辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，尽量避免放射性药物撒漏。严格遵守个人卫生制度和安全操作规程，穿戴个人防护用品，如工作服、手套、口罩、帽子、防护眼镜等，防止 ^{131}I 核素沾染手和体表。

（6）防护设备和防护用品，见表 10-4。

表 10-4 防护设备和防护用品一览表

种类名称	设置场所	规格	数量
通风橱 1	分装注射室	50mmPb	1 台
通风橱 2		10mmPb	1 台
分装仪	服碘室	50mmPb	1 台
铅桶	服碘室	5mmPb	1 个
	分装注射室		1 个
	观察室 1~观察室 6		1 个/观察室
	服碘窗口		1 个
铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	服碘室	0.5mmPb	1 套
一次性防水手套、气溶胶防护口 罩、安全眼镜、防水工作服、小刷子、胶鞋、去污剂等去污用品	卫生通过间	/	1 套
移动铅防护屏风	观察室 1~观察室 6	5mmPb	1 件/观察室
防护仪器设备			
电离室巡测仪		1 台	
表面污染检测仪		1 台	
个人剂量报警仪		2 台	

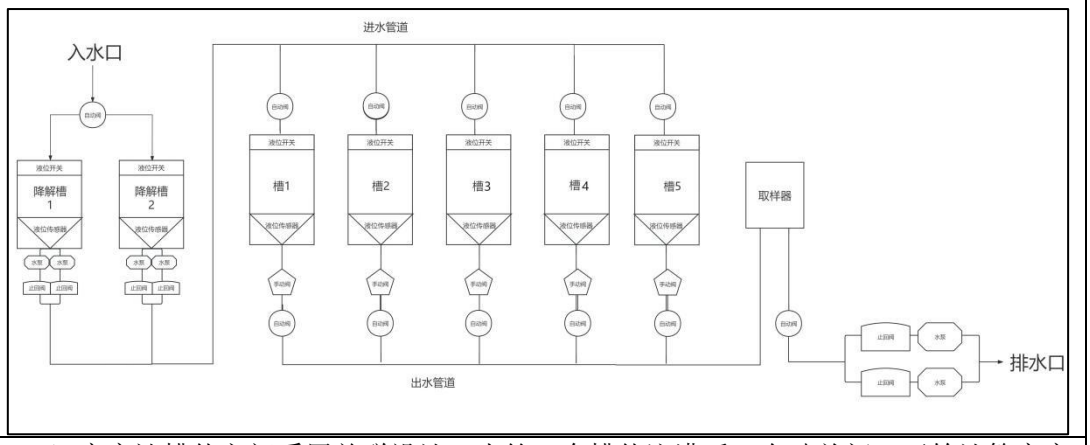
三废的治理

1 放射性废水处理措施

医院已在现有衰变池间内配备一个衰变池，其由 3 个 27m^3 的槽体组成，总容积为 81 m^3。现有衰变池专用于贮存 SPECT/CT、PET/CT 场所产生的废水。根据原环评报告，SPECT/CT 年最多就诊人数 15000 人、PET/CT 年最多就诊人数 7500 人，人均用水 8L 计，辐射工作人员的洗涤废水以及清洗废水每日 120L 计，年工作 250 天，则年产生放射性废水为 210m^3，则月产生放射性废水为 17.5m^3。则其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 93 天(54m^3/17.5 m^3/月×30≈93 天)。核医学核素显像中半衰期最长的核素为 ^{99m}Tc 的 6.02h， 能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

^{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新建衰变池内。衰变池构造、容积及工作流程见表 10-5：

表 10-5 衰变池构造、容积及工艺流程

名称	基本信息
新衰变池	构造：四周和顶部均采用不锈钢制作。 容积：衰变池由 5 个不锈钢槽体组成，采用 304 不锈钢拼接，每个槽体容积为 31.5m^3（长 3.5m×宽 3m×高 3m）。 工艺流程： 
处理单元说明	（1）衰变池槽体之间采用并联设计，当第一个槽体注满后，自动关闭（开始计算衰变期），开启第二个槽体，当第二个槽体注满后，自动关闭，开启第三个槽体，依此类推，在第五个槽体未注满前第一个槽体达到 180 天排放标准开始排放，当第五个槽体注满后，自动关闭，开启第一个槽体，依次循环；整体运行由废液排放检测系统进行监控管理。 （2）程控式 PLC 控制，液晶触摸屏可显示各槽体液位高度、电动阀和管道泵状态，实

	现对设备的所有工况监视及控制。 （3）多样化传感器，可使系统实现精确到“位”执行单元的故障报警，方便判断故障，减少不必要的损失及照射。 （4）末端 IP45 级防水及带自屏蔽的自动取样监测单元，可远程控制取样或每次排放自动取样测量，系统自动保存测量值；当浓度高于设定则报警提示。每次排放废液均自动替换上次腔体内液体并保留到下次排放；当刻度后的探头监测到排放不达标会自动报警以便认为确定是否排放或再次留存一段时间。如长时间无人确认，此时探头默认连续开启，当废液一旦监测达标即马上排出。如当衰变池内部废液到达极限液位还未达标，系统自动触发报警并通过网络下发高级提示（如无网络功能时会自动排出）。 （5）同现有短半衰期衰变池系统联动，对核医学科所有放射性废液收集、衰变、排放做到综合管理。对放射性废液的处理全方面管理。 （6）配置区域报警功能，包括环境辐射剂量监测报警、重点区域漏水报警。 （7）可自动保存排放剂量、取样记录、异常记录、操作记录等，可非常方便的调取、查看。 （8）采用上送下排原则，可切换自动/手动排放模式，同时配置人工取样口，方便生态环境部门取样分析。 （9）具有远程协助功能，可通过互联网实现远程监控等功能。 （10）收集放射性废水的管道采用耐腐蚀的特种管道，考虑有生活粪便污水一并排出，在衰变池前设置沉降池，用以沉淀消化固形物，可进行酸化，促进排入衰变池。沉降池设置 2 座，一用一备，过了半衰期再进行清掏、维护。

本项目 ^{131}I 核素治疗场所中甲亢治疗不产生放射性废水，甲癌治疗年病人数量最多为 300 人，住院时间一般为 3~5 天，平均取住院 4 天；每人每天废水产生量以 150L 计，主要来源于淋浴、排泄废水，故年产生放射性废水量为 $180m^3$。^{131}I 核素治疗场所每周清洗一次，每次清洗废水最多为 100L，年工作 50 周，则年产生放射性废水量为 $5m^3$。综上所示，^{131}I 核素治疗场所年产生放射性废水量为 185 m^3，月产生放射性废水量为 15.42 m^3。甲癌治疗产生的放射性废水排入新建衰变池内。

新衰变池处理系统设有五级衰变池，总容积为 $157.5m^3$。第一个池子存满后开始计时至其它四个池子存满时间约为 245 天($126m^3/15.42m^3$/月×30≈245 天)，满足暂存时间超过 180 天的要求。衰变池留有取样口，排放前进行取样监测，监测结果经审管部门认可后排入医院污水处理系统。因此新衰变池的设计能够满足 ^{131}I 核素治疗场所放射性废水暂存 180 天的衰变要求。

综上所述，核医学科医院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

本项目未增加核素使用量，产生的放射性固废与原环评一致。根据原环评报告可知，核医学工作场所产生的放射性固体废物主要有一次性注射器、手套、擦拭废纸、一次性药杯等沾有微量放射性核素的废物和通风系统中含放射性核素的废活性炭。其中 ^{131}I 核素治疗固体废物和废活性炭年产生量约为 24kg。PET/CT、SPECT/CT 和其他核素治疗所产生的固体废物及废活性炭等，年产生量约为 324kg。放射性固体废物和甲癌患者住院使用的被服在患者出院后统一收集到固废间，固废间容积约为 45 m^3。核医学科固废间能够满足放射性固体废物存放要求。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），医院对放射性废物的管理措施主要有：

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

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

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

（4）固废间入口门张贴有离辐射警告标志。

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

3 放射性废气处理措施

医院已在分装室内配备两个通风橱，其中 ^{18}F 使用一个通风橱，^{89}Sr 成品针剂、^{99m}Tc 成品针剂、^{177}Lu 成品针剂、^{188}Re 成品针使用一个通风橱。通风橱有足够的风速，通风橱外排气口位于本建筑屋顶。

医院拟在改造后的服碘室内配置一台自动分装仪，该自动分装仪内置于一体式分装柜中。分装柜为密闭结构，分装柜顶部设有活性炭单向排风管道，放射性废气经活性炭过滤后，汇入主排风管道中，排风管道有足够的风速，主排风管道的外排气口位于本建筑屋顶。放射性气溶胶经外排气口排放并大气扩散后，对医护人员及周围公众的影响很小。

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）噪声：项目施工期噪声主要来源于施工机械噪声和运输车辆噪声。在施工过程中，由于各种施工机械设备的运转和运输车辆的运行，不可避免地将产生噪声污染。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）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：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。

（4）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。

运行阶段对环境的影响

1 辐射防护效果预测与评价

医院核医学科 PET/CT、SPECT 机房及周围场所屏蔽防护未改变，与原环评一致，仅对 ^{131}I 核素治疗场所进行了改造。因此针对 ^{131}I 核素治疗场所进行辐射防护效果预测。

医院拟根据患者情况提前向供货商订购 ^{131}I 放射性药物，供货商将当天订购的 ^{131}I 药物送至服碘室内。根据《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188-2021 的要求，接受 ^{131}I 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400 MBq 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。本项目甲亢治疗为门诊治疗，患者的单次口服剂量不超过 3.7×10^{8}Bq，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。甲癌治疗时单名患者药物用量一般约为 5.55×10^{9}Bq，因此必须对甲癌治疗患者进行住院治疗，并在住院结束后对其体内放射性核素活度进行检测，低于 400MBq 时方可出院，可以满足《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188-2021 的要求。本项目主要分析 ^{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。辐射工作人员在服碘室南侧准备间内进行远程分装操作，6 间观察室屏蔽参数一致，其中观察室 5 尺寸最小。因此选取观察室 5、服碘室南侧准备间的远程分装操作位和服碘室楼上参考点进行预测。选取参考点分布图见图 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剂量率：

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

由公式（11-1）可推断得出：

$$\dot{H}_p = \frac{A\times\Gamma\times10^{-x/TVL}}{r^2} \qquad \text{……（11-2）}$$

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；铅取 11mm，混凝土取 170mm

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；^{18}F 的Γ_k=0.143；^{99m}Tc 的Γ_k=0.0303

$\dot{H}_p$－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 核素治疗场所周围参考点辐射水平估算结果

参考点		A (MBq)	X	TVL（mm）	r（m）①	结果（μSv/h）
1 (控制区)	服碘室南侧墙体外 30cm (分装操作位)	33300	50mmPb +30cm 混凝土 +5mmPb	混凝土：170 铅：11	4.7	1.54E-05
2 (控制区)	分装仪表面 30cm		50mmPb	铅：11	0.75	1.00E-01
3 (监督区)	服碘室顶部 30cm		30cm 混凝土 +5mmPb +50mmPb	混凝土：170 铅：11	3.6	2.63E-05
4 (控制区)	观察室 5 东侧墙体外 30cm	5550	30cm 混凝土 +5mmPb	混凝土：170 铅：11	4.7	9.02E-02
5 (控制区)	观察室 5 南侧墙体外 30cm		30cm 混凝土 +5mmPb	混凝土：170 铅：11	2.3	3.77E-01
6 (监督区)	观察室 5 西侧墙体外 30cm		30cm 混凝土 +5mmPb	混凝土：170 铅：11	4.7	9.02E-02
7 (控制区)	观察室 5 北侧墙体外 30cm		30cm 混凝土 +5mmPb	混凝土：170 铅：11	2.3	3.77E-01
8 (控制区)	观察室 5 东侧防护门外 30cm		8mmPb (东侧防护门) +5mmPb (移动铅屏风)	铅：11	4.7	9.84E-01
9 (监督区)	观察室 5 顶部 30cm		30cm 混凝土 +5mmPb	混凝土：170 铅：11	3.6	1.54E-01

注：①参考点 1：r=4.7m（药物距离南墙约 4.1m，南墙厚 0.3m，参考点距离南墙外 0.3m）

参考点 2：r=0.75m（药物距离分装柜体外约 0.45m，参考点距离柜体约 0.3m）

参考点 3：r=3.6m（药物距离顶棚 3m，顶棚厚约 0.3m，参考点距离顶棚外 0.3m）

参考点 4、8：r=4.7m（取病人距离东墙 4.1m、防护门约 4.1m，东墙厚 0.3m，参考点距离东墙外 0.3m）

参考点 5、7：r=2.3m（取病人距离南墙、北墙 1.7m，南墙、北墙厚 0.3m，参考点距离南墙、北墙外 0.3m）

参考点 6：r=4.7m（取病人距离西墙 4.1m，西墙厚 0.3m，参考点距离西墙外 0.3m）

参考点 9：r=3.6m（病人距离屋顶约 3m，顶棚厚约 0.3m，离顶棚外 0.3m）

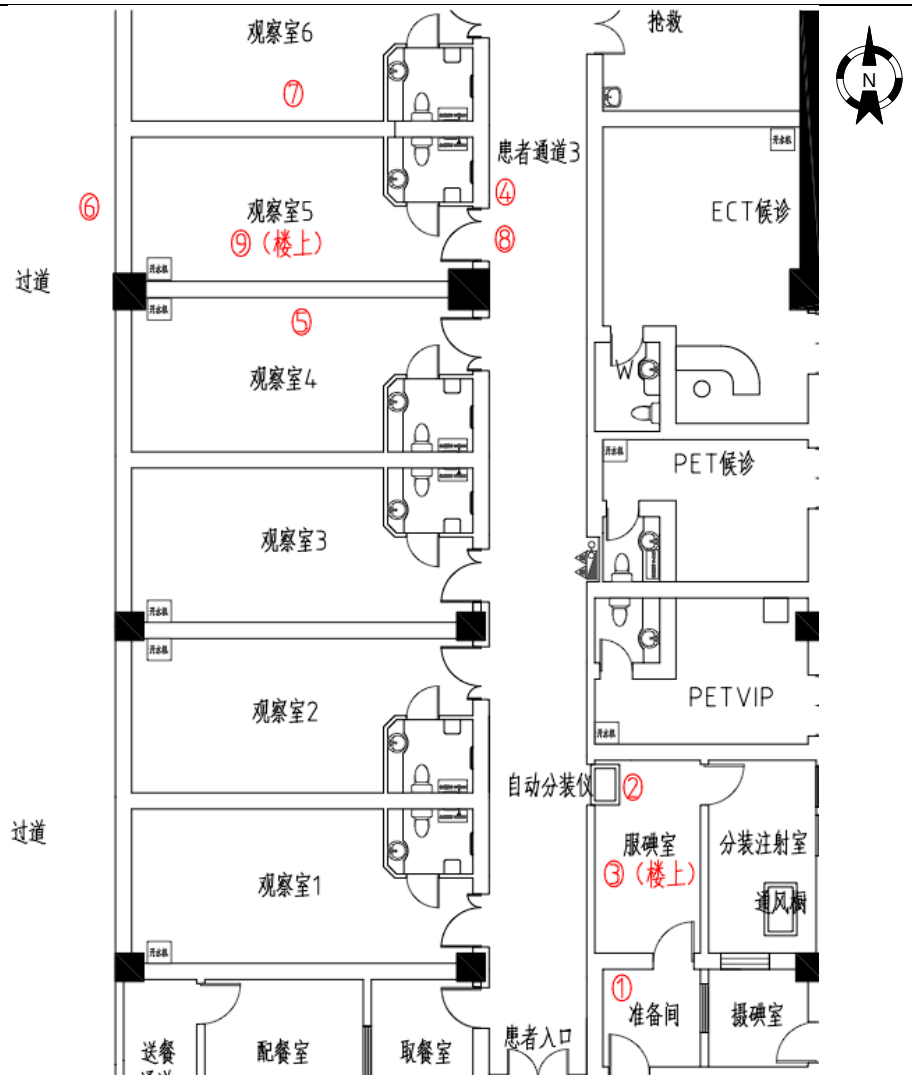


图 11-1 选取参考点分布图

根据理论估算结果可知，在甲癌治疗项目开展过程中分装操作位剂量当量率为最大为 1.54E-05μSv/h；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 9.84E-01μSv/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 1.54E-01μSv/h。综上所述，^{131}I 核素治疗场所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 ^{131}I 药物采用自动分装仪进行分装，工作人员在服碘室南侧准备间内进行远程分装操作。由表 11-1 可知，工作人员操作位周围剂量当量率理论预测值为 2.63E-05μSv/h，因本项目未增加核素使用量，根据原环评报告工作人员年工作时间取 50h（年工作 50 周，每周工作 1h），可估算工作人员所受年剂量为 1.31E-06mSv。

医院开展 ^{131}I 甲癌治疗项目时，患者住院 3~5 天，平均取住院 4 天。根据公式

（11-3）可估算服药时至住院第 4 天观察室 5 顶部 30cm 处剂量率，项目年运行 50 周 250 天。根据公式（11-4）可估算得到其周围保护目标年剂量，见表 11-2。

$$H_t=H_0\cdot e^{-0.693t/Teff} \quad \text{……（11-3）}$$

上式中：H_t－参考点处经过 t 时间后剂量率，μSv/h；

H_0－参考点处剂量率，μSv/h；

t－经过时间，h；

Teff－^{131}I 有效半衰期，h，查《分化型甲状腺癌患者的 ^{131}I 有效半衰期》，本项目取 14.6h。

$$H_e = \dot{H}_{e,d}\cdot t\cdot U\cdot T \quad \text{……（11-4）}$$

上式中：H_e －年剂量，mSv/a；

$\dot{H}_{e,d}$参考点处剂量率，μSv/h；

U－使用因子；

T－人员在相应关注点驻留的居留因子；

t－照射时间，单位为 h/a。

表 11-2 ^{131}I 核素治疗场所周围保护目标所受年剂量值

参考点		辐射剂量率（μSv/h）					年剂量（mSv）
		服药时(第 0 天)	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	
公众	观察室 5 顶部 30cm（设备机房）	0.15	0.05	0.02	0.005	0.002	0.01
注：顶部为设备机房，除维护外一般无人停留，维护人员工作每天 8h，年工作 250 天，设备机房内居留因子取 1/20，年居留时间为 100h。							

3 核医学科辐射工作人员及公众年有效剂量汇总

本项目辐射工作人员承担 ^{131}I 核素治疗项目、^{89}Sr、^{188}Re、^{177}Lu 核素治疗项目和 PET/CT、SPECT/CT 核素诊断项目和的工作。核医学科 ^{131}I 核素治疗场所采用自动分装仪进行分装，根据理论预测结果可知，工作人员所受年剂量为 1.31E-06mSv，可忽略不计。根据原环评报告，^{89}Sr、^{188}Re、^{177}Lu 核素治疗项目运行时，辐射工作人员在进行注射时，通过铅通风橱、铅眼镜、铅衣等防护用品进行防护，^{89}Sr、^{188}Re、^{177}Lu 核素对辐射工作人员影响较小。根据原环评报告，PET/CT、SPECT/CT 核素诊断项目运行时，辐射工作人员所受的最大年有效剂量不超过 1.999mSv。以上项目运行

时，辐射工作人员受到的年有效剂量累加为 1.999mSv，辐射工作人员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）的剂量限值要求。

根据表 11-2 可知，公众的年有效剂量最大为 0.01mSv，其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（公众年有效剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

综上所述，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。

4 衰变池环境影响分析

（1）现有衰变池

核医学科核素诊断场所产生的废水将排入现有衰变池中，为便于衰变池后续维护、取样等，医院将衰变池由埋地式调整为地上三级钢槽式，并将观察室 7 和原衰变池间合并为现有衰变池间。现有衰变池以四周墙体、顶棚和防护门作为屏蔽防护，除设备厂家维护人员对衰变池进行维护外，其它人员一般不能进入衰变池间。根据医院提供的现有衰变池屏蔽防护资料（见附件 7），计算现有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 11-3。

表 11-3 核医学科现有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	现有衰变池间东墙 30cm 外	^{18}F	2.36×10^{9}	400mm 混凝土 +6mmPb	2.7	9.48E-07	4.39E-05	4.41E-05
		^{99m}Tc	1.49×10^{10}			3.52E-09	2.18E-07	
2	现有衰变池间顶部 30cm 外	^{18}F	2.36×10^{9}	300mm 混凝土 +5mmPb	3.1	4.53E-06	1.59E-04	1.60E-04
		^{99m}Tc	1.49×10^{10}			1.68E-08	7.88E-07	
3	现有衰变池间防护门 30cm 外	^{18}F	2.36×10^{9}	10mmPb	4.5	9.25E-05	1.54E-03	1.55E-03
		^{99m}Tc	1.49×10^{10}			3.43E-07	7.64E-06	

注：①PET/CT 日门诊量最大为 30 人，共 2 间候诊室，每间候诊室内 3 人同时候诊，每次候诊时间约为 30min。取每人平均上一次厕所，排泄物内核素活度排泄比率保守按 30%进行计算，可预测在当日最后 6 人候诊时衰变池内核素活度最大，则 ^{18}F 核素活度约为 2.36×10^{9}Bq；

②SPECT/CT 日门诊量最大为 60 人，共 1 间候诊室，候诊室内最多 12 人同时候诊，每次候诊时间约为 30min。取每人平均上一次厕所，排泄物内核素活度排泄比率保守按 30%进行计算，可

预测在当日最后 12 人候诊时衰变池内核素活度最大，则 ^{99m}Tc 核素活度约为 1.49×10^{10}Bq；

③本项目总透射比为水透射比、铅透射比和混凝土透射比的乘积，其中水的什值层按照《辐射防护手册第三分册》表 2.12 插值法估算得到，水的透射比为 7.50E-04（含 ^{18}F），水的透射比为 2.78E-06（含 ^{99m}Tc），铅的透射比为 3.51E-01（5mm 时）、2.85E-01（6mm 时）、1.23E-01（10mm 时），混凝土的透射比为 1.72E-02（300mm 时）、4.44E-03（400mm 时）。

④屏蔽距离说明，将槽体中心视作点源：

参考点 1：r=2.7m，点源至东墙外 2.4m，参考点距离东墙外 0.3m；

参考点 2：r=3.1 m，点源至地下二层顶棚 2.5m，地下二层顶棚厚 0.3m，参考点距离地下二层顶棚上方 0.3m；

参考点 3：r=4.5m，点源至防护门 4.2m，参考点距离防护门外 0.3m

由表可知，现有衰变池间外周围辐射剂量率最大为 1.55E-03μSv/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）新衰变池

本项目 ^{131}I 核素治疗场所产生的废水将排入新衰变池中，新衰变池以四周墙体、顶棚和防护门作为屏蔽防护，除设备厂家维护人员对衰变池进行维护外，其它人员一般不能进入衰变池间。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 11-3。

表 11-3 核医学科新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	新衰变池间西墙 30cm 外	6.09×10^{11}	850mm 实心砖	2.7	7.71E-08	3.83E-04
2	新衰变池间顶部 30cm 外	6.09×10^{11}	6mmPb +30cm 混凝土	3.1	1.31E-06	4.95E-03
3	新衰变池间防护门 30cm 外	6.09×10^{11}	8mmPb	5.0	5.03E-05	7.28E-02

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。衰变池中一个池子存满后开始计时至其它四个池子存满时间约为 245 天，池子内核素总活度保守按 35 个批次病人排泄物的衰变后 ^{131}I 放射性总活度为 6.09×10^{11}Bq；

②本项目总透射比为水透射比、实心砖透射比、铅透射比和混凝土透射比的乘积，其中水的什值层按照《辐射防护手册第三分册》表 2.12 插值法估算得到，水的透射比为 2.68E-04，实心砖的透射比为 2.87E-04，铅的透射比为 2.85E-01（6mm 时）、1.87E-01（8mm 时），混凝土的透射比为 1.72E-02。

③屏蔽距离说明，将西南侧衰变池槽体中心视作点源：

参考点 1：r=2.7m，点源至西墙外 2.4m，参考点距离西墙外 0.3m；

参考点 2：r=3.1 m，点源至地下二层顶棚 2.5m，地下二层顶棚厚 0.3m，参考点距离地下二层顶棚上方 0.3m；

参考点 3：r=5.0m，点源至西侧防护门 4.7m，参考点距离西侧防护门外 0.3m

由表可知，新衰变池间外周围辐射剂量率最大为 7.28E-02μSv/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。

5 放射性废水管道外环境影响分析

^{131}I 核素治疗场所产生的放射性废水排入新衰变池，排水管道采用顶板下敷设，先用方管套住管路，后在方管外使用 8mm 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）即公式（11-5），其参考点处的辐射水平计算结果见表 11-4。

$$\dot{K} = \frac{2A\Gamma_K}{Lr} tg^{-1}\frac{L}{2r} \quad \text{.....（11-5）}$$

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 11-4 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	5.55×10^8	6	8mmPb	0.187	1.6×10^{-17}	2	0.07
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，则单次排放 ^{131}I 的活度为 5.55×10^8Bq。							

由表 11-4 可知，在本次预测条件下，本项目核医学科新衰变池的放射性废水管道外周围辐射剂量率约为 0.07μSv/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）患者住院期间呕吐物沾染地面等处，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。南通市第一人民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）密切观察甲癌住院患者是否有呕吐情况，通过对讲装置、书面告知等方式指导患者在观察室内厕所呕吐。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，同时向卫生健康部门报告。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。

根据上述要求南通市第一人民医院目前已成立放射防护和辐射安全工作领导小组（见附件 5），负责医院的辐射安全管理工作。本项目为核医学科现有工作人员，其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。医院应根据《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，工作人员辐射安全培训证书到期前，应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。

南通市第一人民医院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：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、放射性药物的分装、给药流程及实验过程中应采取的具体防护措施、放射性同位素实验操作的具体防护措施，重点是明确放射性药物分装、给药操作步骤以及实验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。

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况建立辐射防护和安全保卫制度。重点是：①定期检查相关的辐射安全检测仪器，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：将 ^{131}I 核素纳入现有放射性同位素台帐，重点是对其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。监测结果定期上报环境保护行政主管部门。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。

放射性同位素和射线装置台账管理制度：针对本项目所有放射性同位素、射线装置等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。

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

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。

南通市第一人民医院已为本项目配备 1 台表面沾污仪、1 台环境辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。

医院应定期请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。

本项目辐射工作人员为现有人员，医院已委托有资质单位为辐射工作人员开展个人剂量监测，并建立个人剂量档案；医院已安排辐射工作人员进行职业健康体检，体检结果合格，并建立了职业健康档案。

落实以上措施后，本项目管理措施能够满足辐射安全的要求。

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，南通市第一人民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修订事故应急方案，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，同时向卫生健康部门报告。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

南通市第一人民医院位于南通市崇川区胜利路 666 号，其东侧为胜利路，南侧为崇川路，西侧为通富北路，北侧为世纪大道。核医学科位于门诊大楼地下二层核医学科内。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

核医学科工作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，布局合理。

1.3 辐射安全措施

（1）辐射安全措施

①医院拟在服碘室服药窗口墙面、服碘室自动分装仪、服药窗口旁的放射性废物桶表面等醒目位置均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医院拟在服碘室自动分装仪安装双向对讲设备，通过对讲设备对患者进行逐个叫号服药，并指示患者将服药后的纸杯等丢入附近放射性废物桶内。

③医院拟在新衰变池间防护门处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。

④衰变池间防护门设有专人专锁，除设备厂家维护人员对衰变池进行维护外，其它人员一般不能进入衰变池间。

⑤固废间入口门张贴有离辐射警告标志。

（2）工作人员防护措施

①核医学科工作场所内不得安排与放射性无关的工作。

②服碘室内放射性药物的操作均应在分装仪内进行。

③在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物件。辐射工作人员操作后离开工作室前洗手和作表面污染监测，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出控制区。

④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。

（3）患者防护措施

①患者根据预约按时来院，在服碘室喝药窗口服用药物，甲亢患者服药后直接由专门出口离开。甲癌患者服药后到指定观察室住院治疗， 不可随意走动，期间的呕吐物和排泄物要排入患者专用厕所。住院结束后由工作人员为其测量体内放射性核素活度进行检测，低于 400MBq 时方可出院。甲癌患者通道入口防护门和出口防护门均带有门禁系统，避免无关人员进入控制区。

②服药前告知患者及家属辐射可能带来的危害，服药患者要与家属隔离，陪护人员不允许进入病房内。

（4）公众防护措施

患者出院时，工作人员为患者提供与他人接触的辐射防护书面指导，告知患者尽量避免和亲友共处，减少患者亲友受照量。

（5）内照射防护措施

操作非密封型放射性药物时，液体洒落、挥发泄漏造成地面、工作台面、操作人员衣服、手套和空气等污染，污染的表面一方面成为外照射的辐射源，一方面通过皮肤渗透、呼吸、进食使放射性物质进入体内形成内照射。

由于 ^{131}I 药物具有挥发性，为降低内照射对工作场所内辐射工作人员的影响，本项目 ^{131}I 放置于服碘室自动分装仪中进行分装。甲癌病房和核素治疗场所各功能区均设有通风设施，可以降低工作场所空气中的放射性物质浓度。严格规范甲癌治疗工作人员的工作和生活习惯，禁止在核医学科场所饮食、饮水、化妆等；辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，尽量避免放射性药物撒漏。严格遵守个人卫生制度和安全操作规程，穿戴个人防护用品，如工作服、手套、口罩、帽子、防护眼镜等，防止 ^{131}I 核素沾染手和体表。

1.4 辐射安全管理

医院已成立放射防护和辐射安全工作领导小组，负责医院的辐射安全管理工作，并根据相关法律条例制定辐射安全管理制度。

医院核医学科现有工作人员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。医院已委托资质的单位对本项目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。

南通市第一人民医院已为本项目配备 1 台表面沾污仪、1 台环境辐射巡测仪和 2

台个人剂量报警仪。用于对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周围的环境辐射水平进行监测。

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

3.1 放射性废水

核医学科核素显像诊断场所产生的废水量约为 210m^3/年，则月产生的废水量约为 17.5m^3，现衰变池槽体单个容积为 27m^3，当其中一个衰变池内废水储满开始至其它两个衰变池储满时间约为 93 天(54m^3/17.5 m^3/月×30≈93 天），核医学核素显像中半衰期最长的核素为 ^{99m}Tc 的 6.02h，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

核医学科 ^{131}I 核素治疗场所产生的废水量约为 185m^3/年，则月产生的废水量约为 15.42m^3，新衰变池槽体单个容积为 31.5m^3，当其中一个衰变池内废水储满开始至其它四个衰变池储满时间约为 245 天(126m^3/15.42$m^{3/}$月×30≈245 天），能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

3.2 放射性固废

核医学科设有固废间，容积约为 45m^3，能够满足放射性固体废物贮存的要求。

3.3 放射性废气

医院已在分装室内配备两个通风橱，其中 ^{18}F 使用一个通风橱，^{89}Sr 成品针剂、^{99m}Tc 成品针剂、^{177}Lu 成品针剂、^{188}Re 成品针使用一个通风橱。通风橱有足够的风速，通风橱外排气口位于本建筑屋顶。

医院拟在改造后的服碘室内配置一台自动分装仪，该自动分装仪内置于一体式分装柜中。分装柜为密闭结构，分装柜顶部设有活性炭单向排风管道，放射性废气经活性炭过滤后，汇入主排风管道中，排风管道有足够的风速，主排风管道的外排气口位于本建筑屋顶。放射性气溶胶经外排气口排放并大气扩散后，对医护人员及周围公众的影响很小。

4 可行性分析结论

综上所述，南通市第一人民医院核医学科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）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。

（2）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。

（3）医院应定期进行事故应急演练，并保存应急演练资料。

（4）建议本项目配备的表面污染监测仪器应置于控制区的出口处，工作人员和患者及其所携物品从控制区离开均应进行表面污染水平监测，若出现表面污染水平超出控制限值（$4\times10^{-1}Bq/cm^2$），应采取相应的去污处理直至低于限值。

（5）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：** 南通市第一人民医院目前已成立放射防护和辐射安全工作领导小组，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：** （1）核医学科按照“表 10-3 核医学科工作场所辐射防护屏蔽参数”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。	/
	（1）辐射安全措施 ①医院拟在服碘室服药窗口墙面、服碘室自动分装仪、服药窗口旁的放射性废物桶表面等醒目位置均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医院拟在服碘室自动分装仪安装双向对讲设备，通过对讲设备对患者进行逐个叫号服药，并指示患者将服药后的纸杯等丢入附近放射性废物桶内。 ③医院拟在新衰变池间防护门处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。 ④衰变池间防护门设有专人专锁，除设备厂家维护人员对衰变池进行维护外，其它人员一般不能进入衰变池间。 ⑤固废间入口门张贴有离辐射警告标志。 （2）工作人员防护措施 ①核医学科工作场所内不得安排与放射性无关的工作。 ②服碘室内放射性药物的操作均应在分装仪内进行。 ③在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物件。辐射工作人员操作后离开工作室前洗手和作表面污染监测，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出控制区。 ④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。 （3）患者防护措施 ①患者根据预约按时来院，在服碘室喝药窗口服用药物，甲亢患者服药后直接由专门出口离开。甲癌患者服药后到指定观察室住院治疗， 不可随意走动，期间的呕吐物和排泄物要排入患者专用厕所。住院结束后由工作人员为其测量体内放射性核素活度进行检测，低于400MBq时方可出院。甲癌患者通道入口防护门和出口防护门均带有门禁系统，避免无关人员进入控制区。	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。	/

	②服药前告知患者及家属辐射可能带来的危害，服药患者要与家属隔离，陪护人员不允许进入病房内。 （4）公众防护措施 患者出院时，工作人员为患者提供与他人接触的辐射防护书面指导，告知患者尽量避免和亲友共处，减少患者亲友受照量。 （5）内照射防护措施 操作非密封型放射性药物时，液体洒落、挥发泄漏造成地面、工作台面、操作人员衣服、手套和空气等污染，污染的表面一方面成为外照射的辐射源，一方面通过皮肤渗透、呼吸、进食使放射性物质进入体内形成内照射。 由于 ^{131}I 药物具有挥发性，为降低内照射对工作场所内辐射工作人员的影响，本项目 ^{131}I 放置于服碘室自动分装仪中进行分装。甲癌病房和核素治疗场所各功能区均设有通风设施，可以降低工作场所空气中的放射性物质浓度。严格规范甲癌治疗工作人员的工作和生活习惯，禁止在核医学科场所饮食、饮水、化妆等；辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，尽量避免放射性药物撒漏。严格遵守个人卫生制度和安全操作规程，穿戴个人防护用品，如工作服、手套、口罩、帽子、防护眼镜等，防止 ^{131}I 核素沾染手和体表。		
	三废处理措施： 核医学科核素显像诊断场所产生的废水量约为 210m^3/年，则月产生的废水量约为 17.5m^3，现衰变池槽体单个容积为 27m^3，当其中一个衰变池内废水储满开始至其它两个衰变池储满时间约为 93 天(54m^3/17.5 m^3/月×30≈93 天），核医学核素显像中半衰期最长的核素为 ^{99m}Tc 的 6.02h，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。 核医学科 ^{131}I 核素治疗场所产生的废水量约为 185m^3/年，则月产生的废水量约为 15.42m^3，新衰变池槽体单个容积为 31.5m^3，当其中一个衰变池内废水储满开始至其它四个衰变池储满时间约为 245 天(126m^3/15.42m^3/月×30≈245 天），能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。 核医学科设有固废间，容积约为 45m^3，能够满足放射性固体废物贮存的要求。 医院已在分装室内配备两个通风橱，其中 ^{18}F 使用一个通风橱，^{89}Sr 成品针剂、^{99m}Tc 成品针剂、^{177}Lu 成品针剂、^{188}Re 成品针使用一个通风橱。通风橱有足够的风速，通风橱外排气口位于本建筑屋顶。 医院拟在改造后的服碘室内配置一台自动分装仪，该自动分装仪内置于一体式分装柜中。分装柜为密闭结构，分装柜顶部设有活性炭单向排风管道，放射性废气经活性炭过滤后，汇入主排风管道中，排风管道有足够的风速，主排风管道的外排气口位于本建筑屋顶。放射性气溶胶经外排气口排放并大气扩散后，对医护人员及周围公众的影响很小。	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。	275

人员配备	**辐射防护与安全培训和考核：** 医院核医学科现有工作人员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。医院应根据《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，工作人员辐射安全培训证书到期前，应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。	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： 本项目辐射工作人员为现有人员，医院已委托有资质单位为辐射工作人员开展个人剂量监测，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： 医院已安排辐射工作人员进行职业健康体检，体检结果合格，并建立了职业健康档案。	2 年体检一次	定期投入
监测仪器和防护用品	南通市第一人民医院已为本项目配备 1 台表面沾污仪、1 台环境辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。用于对所内日常运行时辐射场所周围的辐射水平进行监测。	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	/
辐射安全管理制度	南通市第一人民医院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。	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

审批意见：   <