核技术利用建设项目

中南大学湘雅二医院核医学科楼
核技术利用改建项目

环境影响报告表

（送审稿）

中 南 大 学 湘 雅 二 医 院

2025 年 8 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

中南大学湘雅二医院核医学科楼核技术利用改建项目

环境影响报告表

建设单位名称：中南大学湘雅二医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：吕奔

通讯地址：湖南省长沙市芙蓉区人民路 139 号

邮政编码：410011　　**联系人：**马***

电子邮箱：/　　**联系电话：**151***

打印编号：1754443560000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	926u19
建设项目名称	中南大学湘雅二医院核医学科楼核技术利用改建项目
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	中南大学湘雅二医院
统一社会信用代码	12100000444885559 2
法定代表人（签章）	吕奔
主要负责人（签字）	马晓伟
直接负责的主管人员（签字）	马晓伟
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	核工业二三0研究所
统一社会信用代码	12100000444885313 0
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
易忠辉	2022050354300000001 0	BH042594	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
易忠辉	全本	BH042594	

目 录

附 件

附件 1　委托书
附件 2　现有辐射安全许可证
附件 3　核医学科现有环评手续
附件 4　关于调整辐射防护管理委员会的通知
附件 5　辐射事故应急预案
附件 6　放射防护与辐射安全管理相关制度
附件 7　核医学科辐射安全管理制度及操作规程
附件 8　本项目辐射工作人员辐射培训证书
附件 9　职业健康体检报告（节选）
附件 10　个人剂量检测结果（节选）
附件 11　核医学科放射废水定期检测报告（节选）
附件 12　建设项目相关资料
附件 13　环境现状辐射水平监测报告

附 图

附图 1　核医学科楼及肿瘤中心 1 楼平面布局图
附图 2　核医学科楼及肿瘤中心 2 楼平面布局图
附图 3　核医学科楼及肿瘤中心 3 楼平面布局图
附图 4　核医学科楼及肿瘤中心 4 楼平面布局图
附图 5　核医学科楼及肿瘤中心 5 楼平面布局图
附图 6　肿瘤中心 6 楼平面布局图
附图 7　肿瘤中心屋顶平面布局图
附图 8　核医学科楼核医学工作场所新风设计图
附图 9　核医学工作场所 排风设计图
附图 10　核医学工作场所 屋面排风设计图
附图 11　核医学科楼核医学工作场所排水设计图
附图 12　核医学科拟建放射性衰变池设计图
附图 13　核医学科现有放射性衰变池布局图
附图 14　核医学科放射性衰变池位置图
附图 15　核医学工作场所 1 楼辐射安全防护措施设计图
附图 16　核医学工作场所 3、4 楼辐射安全防护措施设计图

表 1 项目基本概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">中南大学湘雅二医院核医学科楼核技术利用改建项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">中南大学湘雅二医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>吕奔</td><td>联系人</td><td>马****</td><td>联系电话</td><td>151***</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">湖南省长沙市芙蓉区人民路 139 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">中南大学湘雅二医院核医学科楼一层、三层、四层</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="2">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>***</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>***</td><td>环保投资比例</td><td>33.3%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☑改建 ☐扩建 ☐其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">本项目应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">☐I 类 ☐II 类 ☐III 类 ☐IV 类 ☐V 类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐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="4">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐II 类 ☐III 类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">☐II 类 ☐III 类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☐II 类 ☑III 类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

项目概述

（一）建设单位概况

中南大学湘雅二医院（以下简称“医院”）位于湖南省长沙市，始建于1958年，是中南大学的附属医院和国家卫生健康委预算管理医院，目前已发展为一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复于一体的三级甲等综合医院。

医院占地面积290余亩，业务用房面积50万平方米，编制床位3630张，拥有42个临床科室、9个医技科室、1个国家地方联合实验室64个、省部级科研平台。截至2024年12月，医院在职职工5270余人，其中副高及以上专家970余人，国家级高层次人才39人，国家杰出医师2人，国家卫生健康委有突出贡献中青年专家7人，享受国务院特殊津贴专

家56人，国际学术机构任职39人次，国际学术期刊任职53人次。拥有PET-CT、医用质子回旋加速器、医用直线加速器、双源CT、3.0T核磁共振仪等。

（二）项目由来

为提升医院核医学诊疗水平，为患者提供更加舒适的诊疗环境，中南大学湘雅二医院拟对核医学科楼进行整体改造提升，核医学科楼内现有一处乙级辐射工作场所，位于核医学科4楼（即“核医学科4F SPECT机房”，以下简称“原SPECT工作场所”），该工作场所已许可使用非密封放射物质^{131}I、^{89}Sr、^{125}I(粒子源)、^{153}Sm、^{125}I、^{99m}Tc和1台SPECT设备，其他楼层均不涉及使用放射性同位素和射线装置。医院本次拟将核医学科楼一层原放射科磁共振检查用室改造为SPECT显像工作场所，规划建设1间SPECT-CT机房及相关辅助用房，新增使用1台SPECT-CT（III类射线装置），拟使用非密封放射性物质^{99m}Tc、^{203}Pb开展显像诊断，为一处新增乙级非密封放射性工作场所；将三层原核医学科门诊办公用室改造为核素敷贴治疗工作场所和办公用室，规划建设1间敷贴治疗室及相关辅助用房，拟使用非密封放射性物质^{32}P开展敷贴治疗，为一处新增乙级非密封放射性工作场所；将四层原SPECT工作场所改造为核素治疗工作场所，规划建设2间核素治疗病房及相关辅助用房，拟新增使用非密封放射性物质^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、^{212}Pb开展核素治疗，并相应调整已许可使用非密封放射物质^{131}I、^{89}Sr、^{125}I(粒子源)的操作量，工作场所其他已许可使用的非密封放射物质^{153}Sm、^{125}I、^{99m}Tc和1台JETStream for SKYlight AZ型SPECT拟申请注销，工作场所等级不变，仍为一处乙级非密封放射性工作场所。同时，医院拟重新规划建设各工作场所通风系统和给排水系统，新建1座放射性衰变池系统用于收集处置三层核素敷贴治疗工作场所和四层核素治疗工作场所产生的放射性废水，现有老放射性衰变池系统拟利旧，用于收集处置一层SPECT显像工作场所产生的放射性废水。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《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》以及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》等相关法律法规要求，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——使用III类射线装置、建设乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。

因此，受中南大学湘雅二医院委托（委托书见附件1），核工业二三0研究所开展环

境影响评价工作。我所接受委托后，组织技术人员对项目现场进行了踏勘和调查，并收集和分析了相关资料，在完成辐射环境现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）编制完成了本报告表。

（三）项目建设规模

1、项目名称：中南大学湘雅二医院核医学科楼核技术利用改建项目

2、建设单位：中南大学湘雅二医院

3、建设地点：中南大学湘雅二医院核医学科楼一层、三层、四层

4、项目性质：改建

5、项目投资：项目总投资 ***元，其中环保投资 ***元，占总投资 33.3%。

6、建设内容：拟对核医学科楼进行改造，在一层、三层、四层各建设一处乙级非密封放射性工作场所，涉及使用非密封放射性物质^{99m}Tc、^{203}Pb、^{32}P、^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、^{212}Pb、^{131}I、^{89}Sr、^{125}I(粒子源)和1台SPECT-CT（III类射线装置），并注销四层工作场所已许可使用的非密封放射物质^{153}Sm、^{125}I、^{99m}Tc和1台JETStream for SKYlight AZ型SPECT（非射线装置）。同时，医院拟重新规划建设各工作场所通风系统和给排水系统，新建1座放射性衰变池系统用于收集处置三层、四层工作场所产生的放射性废水，现有老放射性衰变池系统拟利旧，用于收集处置一层工作场所产生的放射性废水。

本项目核医学科楼各工作场所射线装置及非密封放射性物质使用情况如下：

（1）SPECT显像工作场所：位于核医学楼一层，规划建设1间SPECT-CT机房和相关辅助用房（如分装、给药、候检、留观等用室），拟配置1台SPECT-CT机（III类射线装置），并新增使用非密封放射性物质^{99m}Tc、^{203}Pb开展显像诊断，为一处新增的乙级非密封放射性工作场所。

（2）核素敷贴治疗工作场所：位于核医学楼三层西北侧，规划建设1间敷贴治疗室及相关辅助用房（如储源、分装制膜等用室），拟新增使用非密封放射性物质^{32}P开展敷贴治疗，为一处新增的乙级非密封放射性工作场所。

（3）核素治疗工作场所：位于核医学楼四层北侧，规划建设2间核素治疗病房及相关辅助用房（如储源、分装等用室），拟新增使用非密封放射性物质^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、

^{212}Pb开展核素治疗，并相应调整已许可使用非密封放射物质^{131}I、^{89}Sr、^{125}I(粒子源)的操作量，工作场所其他已许可使用的非密封放射物质^{153}Sm、^{125}I、^{99m}Tc和1台JETStream for SKYlight AZ型SPECT拟申请注销，该场所仍为一处乙级非密封放射性工作场所。

本项目运行后，各工作场所射线装置及非密封放射性物质使用情况分别见表 1-1、表 1-2：

表 1-1 本项目射线装置/设备一览表

序号	工作场所	设备名称	型号	类别	数量	额定参数	说明
1	核医学科楼一层 SPECT 显像工作场所 SPECT-CT 机房	SPECT-CT	待定	III	1 台	150kV、1000mA	本次新增
2	核医学科四层 SPECT 机房	SPECT	JETStream for SKYlight AZ	/	1 台	/	拟注销
注：核医学科四层 SPECT 机房内 JETStream for SKYlight AZ 型 SPECT-CT 应经检测满足清洁解控要求后方可移出工作场所，并按要求去功能化后申请报废。							

表 1-2 本项目非密封放射性物质使用情况一览表

工作场所		核素	理化状态	用途	最大工作负荷	操作方式修正因子	实际日最大操作量（Bq）	年最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）		活动类别
SPECT 显像工作场所(核医学科楼一层)		^{99m}Tc	液态，低毒 半衰期 6.02h	显像	20mCi/人次，35 人次/d，5 次/周，50 周/a，8750 人次/a	很简单的操作	2.59E+10	6.48E+12	2.59E+7	1.06E+8	使用
				肺通气显像	20mCi/人次，1 人次/d，2 次/周，50 周/a，100 人次/a	特别危险的操作	7.40E+08	7.40E+10	7.40E+7		使用
		^{203}Pb	液态，低毒 半衰期 51.87h	显像	4mCi/人次，4 人次/d，1 次/月，48 人次/a	简单操作	5.92E+08	7.10E+9	5.92E+6		使用
核素敷贴治疗工作场(核医学科楼三层)		^{32}P	液态，中毒 半衰期 14.26d	敷贴治疗	最大购药 100mCi/次（1mCi/人次，20 人次/d，5d/月），1 次/月，12 次/a	简单操作	3.70E+09	4.44E+10	3.70E+08		使用
核素治疗工作场(核医学科楼四层)	本次新增	^{177}Lu	液态，中毒 半衰期 6.73d	治疗	200mCi/人次，2 人次/d，1 次/周，50 周/a，100 人次/a	简单操作	1.48E+10	7.40E+11	1.48E+9	2.91E+9	使用
		^{90}Y	液态，中毒 半衰期 2.67d	治疗	30mCi/人次，2 人次/d，1 次/周，20 周/a，40 人次/a	简单操作	2.22E+09	4.44E+10	2.22E+8		使用
		^{225}Ac	液态，极毒 半衰期 9.92d	治疗	0.5mCi/人次，4 人次/d，1 次/月，48 人次/a	简单操作	7.40E+07	8.88E+08	7.40E+8		使用
		^{212}Pb	液态，中毒 半衰期 10.64h	治疗	4mCi/人次，4 人次/d，1 次/月，48 人次/a	简单操作	5.92E+08	7.10E+09	5.92E+7		使用
	本次调整后的操作量	^{131}I	液态，中毒 半衰期 8.02d	甲亢治疗、甲测	甲亢：10mCi/人次，10 人次/d，1 次/周，50 周/a，500 人次/a 甲测：0.01mCi/人次，10 人次/d，1 次/周，50 周/a，500 人次/a	简单操作	3.70E+09	1.85E+11	3.70E+8		使用
		^{89}Sr	液态，中毒 半衰期 50.53d	治疗	4mCi/人次，2 人次/d，1 次/月，24 人次/a	简单操作	2.96E+08	3.55E+09	2.96E+7		使用
		^{125}I(粒子源)	固态，中毒 半衰期 59.4d	植入治疗	100mCi/人次，2 人次/d，1 次/周，50 周/a，100 人次/a	很简单的操作	7.40E+09	3.70E+11	7.40E+6		使用
	本	^{99m}Tc	液态，低毒	/	/	/	4.44E+10	1.77E+11	4.44E+07		使用

	次注销		半衰期 6.02h							
		^{153}Sm	液态，中毒 半衰期 46.5h	/	/	/	1.11E+09	1.11E+11	1.11E+08	使用
		^{125}I	液态，中毒 半衰期 59.4d	/	/	/	2.96E+09	1.11E+10	2.96E+08	使用

注：
（1）根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号），放射性药品生产、使用场所有相对独立、明确的分区划分和辐射防护措施，工艺流程连续完整的，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算，本次评价将核医学科楼一层、三层、四层工作场所分别作为一个单独场所进行日等效操作量核算；
（2）根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号），医疗机构使用 ^{99m}Tc、^{125}I 粒子源相关活动视为“很简单的操作”；使用 ^{99m}Tc 开展肺通气显像时，涉及将液态 ^{99m}Tc 雾化吸入给药，参照《辐射防护手册第三分册 辐射安全》表 5.5，应按“特别危险的操作”考虑
（3）本项目拟使用的 P-32 药物拟按月一次购买，单次最大购药 100mCi（1mCi/人次，20 人次/d，5d/月），每批药拟于购药后当周使用，每天最大开展 20 人次敷贴给药，单批次购置药物最长使用 5 天，本次评价以 P-32 单次最大购药作为日最大操作量核算；
（4）本项目拟使用的 ^{203}Pb、^{32}P、^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、^{212}Pb、^{131}I、^{89}Sr 药液仅进行暂存、分装、转移、给药等操作，参照《辐射防护手册第三分册 辐射安全》表 5.5，应按“简单操作”考虑；
（5）1mCi=3.70E+7Bq，日最大操作量=每人次患者最大给药量×日患者人数，年最大操作量=每人次患者最大给药量×年患者人数；根据 GB18871-2002 附录 C，日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子÷操作方式修正因子，极毒、中毒、低毒的毒性组别修正因子分别为 10、0.1、0.01，对于液态放射源，特别危险的操作、简单操作、很简单的操作的操作方式修正因子分别为 0.1、1、10。

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号），放射性药品生产、使用场所有相对独立、明确的分区划分和辐射防护措施，工艺流程连续完整的，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算，因此本项目核医学科楼一层SPECT显像工作场所、三层核素敷贴治疗工作场所、四层核素治疗工作场所应分别作为一个单独场所进行日等效操作量核算。

根据上表可知，项目投入运行后，核医学科楼一层 SPECT 显像工作场所日等效最大操作量为 1.06E+8Bq、三层核素敷贴治疗工作场所日等效最大操作量为 3.70E+8Bq、四层核素治疗工作场所日等效最大操作量为 2.91E+9Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），均为乙级非密封放射性工作场所。

7、辐射工作人员配置：本项目核医学科拟配置 12 名辐射工作人员，均为医院核医学科现有辐射工作人员。本项目辐射工作人员配置情况见表 1-3。

表 1-3 本项目辐射工作人员配置情况一览表

序号	姓名	性别	岗位	辐射安全与防护考核证书编号	年度个人剂量 mSv	职业健康体检结论
1	***	男	副主任医师	***	0.569	可继续原放射工作（2024 年）
2	***	男	主治医师	***	0.119	可继续原放射工作（2024 年）
3	***	男	主管技师	***	0.633	可继续原放射工作（2024 年）
4	***	女	主管技师	***	0.123	可继续原放射工作（2023 年）
5	***	男	主治医师	***	0.102	可继续原放射工作（2024 年）
6	***	男	主治医师	***	0.707	可继续原放射工作（2024 年）
7	***	男	主管技师	***	0.874	可继续原放射工作（2023 年）
8	***	女	护师	***	0.860	可继续原放射工作（2024 年）
9	***	女	护理	***	1.318	可继续原放射工作（2024 年）
10	***	女	技术员	***	0.666	可继续原放射工作（2023 年）
11	***	女	技术员	***	0.723	可从事放射工作（2023 年）
12	***	女	技师	***	0.573	可从事放射工作（2023 年）

注：本项目辐射工作人员放射工作适任性意见取自 2023 年 12 月、2024 年 12 月职业健康检查和 2024 年 1 月、205 年 1 月职业健康检查复查报告，见附件 9；本项目辐射工作人员 2025 年第 2 季度个人剂量已送检，检测报告暂未出具，上表所列为 2024 年 3 月至 2025 年 3 月的年度个人剂量检测结果统计值，个人剂量检测报告见附件 10。

（四）周边环境概况

中南大学湘雅二医院位于湖南省长沙市芙蓉区人民路 139 号，医院南侧紧邻人民路，东侧为维一星城国际、东广济桥小区等商住区及韶山路，北侧为中南大学湘雅附二院文艺村和长沙市育才学校，西侧为育华小学以及二院家属院等，医院地理位置见图 1-1。

中南大学湘雅二医院由南向北依次为新门诊大楼、精卫楼（急诊中心）、外科楼、内科楼、肿瘤中心、第二门诊楼、综合楼、科教楼、药学部、老干病室、老年病科、五官科楼等，医院平面布局见图 1-2。

本项目位于核医学科楼，该楼由南侧磁共振楼和北侧核医学科楼联建而成，当前磁共振检查用室已迁至他处，故现将该楼合称为“核医学科楼”，核医学科楼东侧紧邻肿瘤中心，南侧为院内道路和花园，西侧为院内道路和内科楼，北侧为院内道路和老干病室。

核医学楼内部一层拟改造为本项目 SPECT 显像工作场所；二层仍为肿瘤科办公用室，与东侧肿瘤中心连通；三层北侧拟改造为本项目核素敷贴治疗工作场所和核医学办公区，南侧仍为肿瘤科病区，与东侧肿瘤中心连通；四层拟改造为本项目核素治疗工作

场所，南侧仍为肿瘤科病区，与东侧肿瘤中心连通；四层顶部为可上人屋面。本项目核医学科各楼层改造后平面布局分别见附图 1~附图 5。

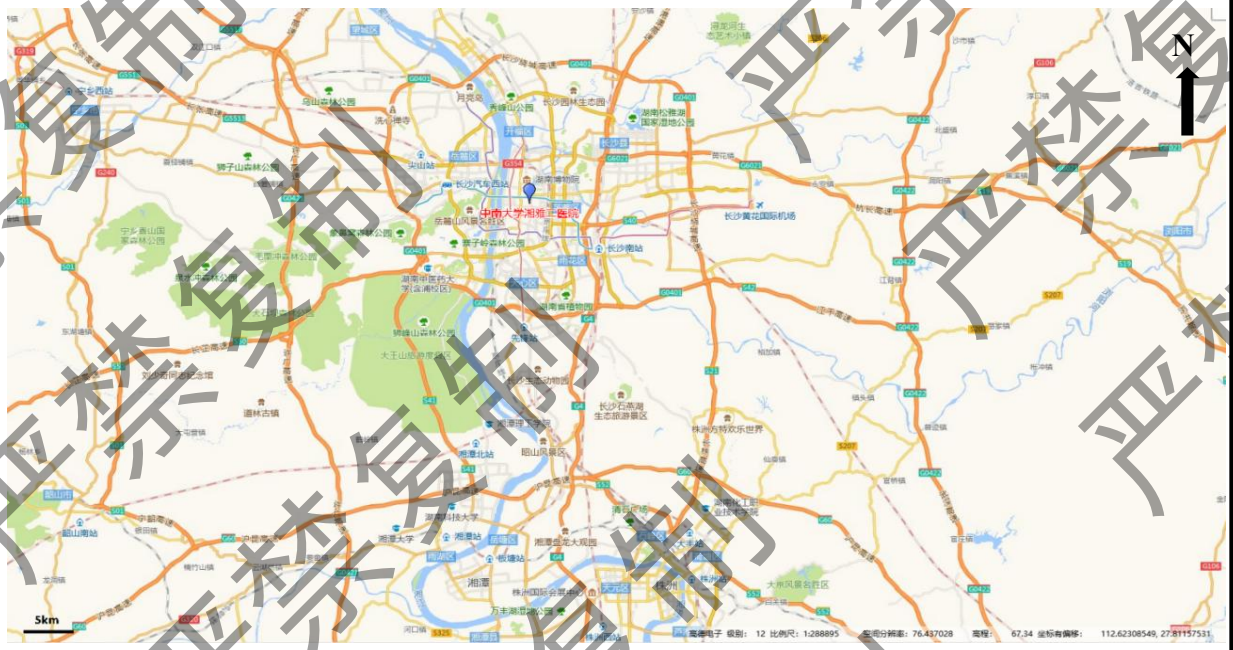


图 1-1 医院地理位置图

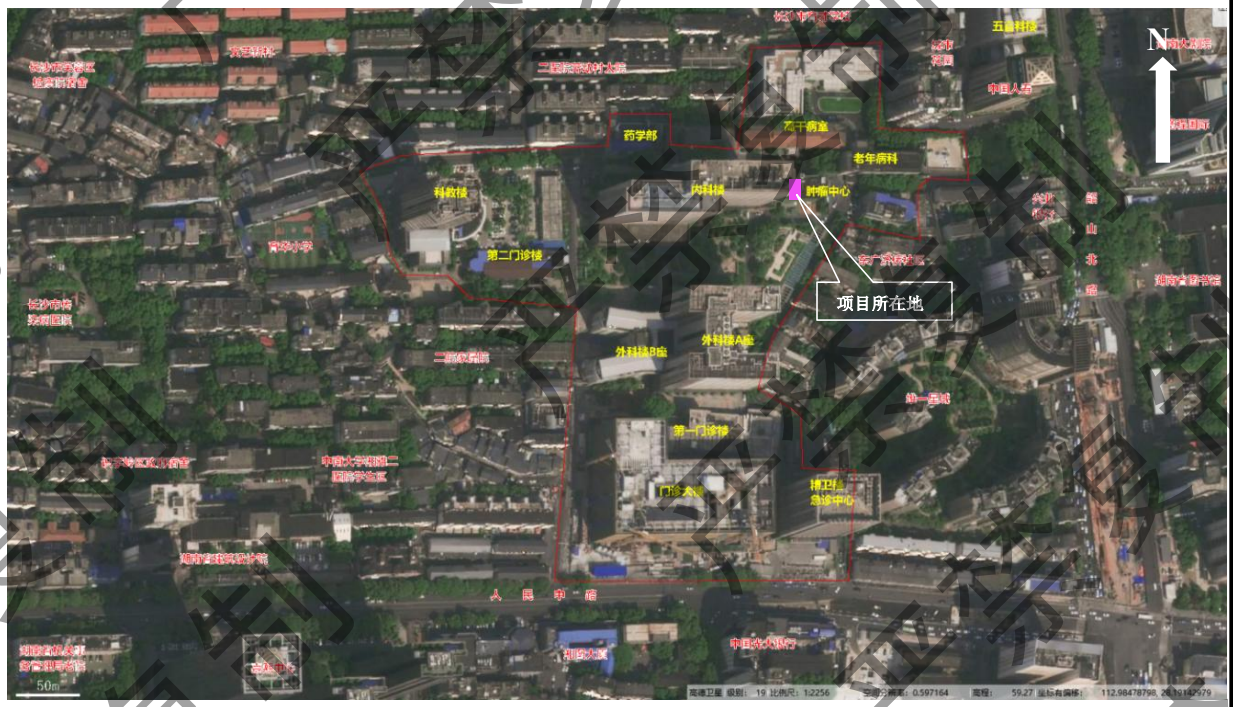


图 1-2 医院平面布局图

（五）现有核技术利用项目基本情况

1、医院现有核技术利用项目情况

中南大学湘雅二医院已于 2025 年 6 月 16 日重新申领了辐射安全许可证（证书编号

为：湘环辐证[00126]，有效期至 2029 年 5 月 14 日，详见附件 2），许可种类和范围包括：使用 III、V 类放射源，使用 II、III 类射线装置，生产、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。医院射线装置、放射源、非密封放射性物质许可情况见下表：

表 1-4 医院已许可射线装置一览表

序号	名称	型号	类别	所在位置	环评情况	验收情况
1	质子回旋加速器	ECLIPSE HP	II	内科楼-1F 回旋加速器机房	湘环评辐表[2011]67 号	环评辐验表[2015]42 号
2	PET-CT	Biograph mCT	III	内科楼 1FPET-CT 中心		
3	PET-CT	uMI780	III	内科楼 1FPET-CT 中心	湘环评辐表[2022]60 号	2023 年验收
4	方舱 CT	Optima CT680 Expert	III	方舱 CT	备案号：202143010200000174	
5	SPECT	JETStream for SKYlight AZ	/	核医学科楼 4F	**湘环评辐表[2007]187 号（属补办环评）**	
6	CT	SOMATOM go.Fit	III	健康管理中心 1FCT 室	备案号：202443010200000024	
7	DR	AXIOM Aristos vx Plus	III	健康管理中心 1FDR 室	湘环评辐表[2017]28 号	2021 年验收
8	骨密度	DiscoveryWi	III	健康管理中心 1F 骨密度室	已环评	环评辐验表[2015]42 号
9	CT	Revolution ACE	III	健康管理中心 2FCT 室	备案号：202143010200000088	
10	DR	Brivo XR575	III	健康管理中心 2FDR 室		
11	双能 X 线骨密度仪	Horizon-W	III	健康管理中心 2F 骨密度室	备案号：202543010200000070	
12	CT	SOMATOM Force	III	老年医学综合楼医技楼一层 CT 机房	备案号：202243010200000023	
13	DR	XR646	III	老年医学综合楼医技楼一层 DR 机房		
14	骨密度仪	prodigypro	III	老年医学综合楼医技楼一层骨密度仪机房		
15	ERCP	Cios Alpha	II	门急诊医技楼 8F1 号 ERCP 室	湘环评辐表[2023]6 号	2025 年验收
16	ERCP	Cios Flow	II	门急诊医技楼 8F2 号 ERCP 室		
17	ERCP	BV Libra	II	门急诊医技楼 8F3 号 ERCP 室	已环评	
18	胃肠机	SONIALVISION Safive II	III	门急诊医技楼负二层放射科 DR10	备案号：202443010200000024	
19	乳腺 DR	Selenia Dimension	III	门急诊医技楼负二层放射科 DR12		
20	DR	DRX-Compass FS	III	门急诊医技楼负二层放射科 DR4		

21	DR	DRX-Evolution	III	门急诊医技楼负二层放射科 DR5		
22	DR	DRX-Compass A	III	门急诊医技楼负二层放射科 DR6		
23	DR	Definium 6000	III	门急诊医技楼负二层放射科 DR7		
24	DR	Axiom Aristos VX Plus	III	门急诊医技楼负二层放射科 DR8		
25	胃肠机	Uni-Vision	III	门急诊医技楼负二层放射科 DR9		
26	骨密度	Lunar iDXA	III	门急诊医技楼负二层放射科骨密度室 1		
27	CT	uCT780	III	门急诊医技楼负一层放射科 CT6		
28	CT	Optima CT680 Expert	III	门急诊医技楼负一层放射科 CT7		
29	CT	Revolution CT	III	门急诊医技楼一层急诊 CT		
30	DR	DRX-Compass A	III	门急诊医技楼一层急诊 DR		
31	骨密度	DiscoveryWi	III	门急诊医技楼负二层放射科骨密度室 2	备案号：202543010200000070	
32	骨密度	DiscoveryWi	III	门急诊医技楼负二层放射科骨密度室 3		
33	DSA	Artis Q ceiling	II	门急诊医技楼一层急诊 DSA	湘环评辐表[2023]6 号	2025 年验收
34	CT	Definition Flash	III	内科楼 1FCT1 室	已环评	环评辐验表[2015]42 号
35	CT	Perspective	III	内科楼 1FCT3 室	已环评	
36	移动 DR	POLYMOBIL Plus	III	内科楼 1F	已环评	
37	移动 DR	POLYMOBIL Plus	III	内科楼 1F	已环评	
38	移动 DR	POLYMOBIL Plus	III	内科楼 1F	已环评	
39	移动 DR	POLYMOBIL Plus	III	内科楼 1F	已环评	
40	移动 DR	CARESTREAM DRX-Revolution	III	内科楼 1F	备案号：202143010200000088	
41	移动 DR	CARESTREAM DRX-Revolution	III	内科楼 1F		
42	CT	uCT780	III	内科楼 1 楼 CT2 室		
43	DSA	Heary speed 10C	II	内科楼 2FDSA 二室	已环评	环评辐验表[2015]42 号
44	DSA	Aritis Zee（III）Ceiling	II	内科楼 2FDSA 三室	已环评	
45	DSA	Aritis Zee floor	II	内科楼 2FDSA 四室	已环评	
46	DSA	Aritis Zee III Ceiling	II	内科楼 2FDSA 五室	湘环评辐表[2021]16 号	2021 年验收
47	DSA	Bransist Alexa	II	内科楼 2FDSA 一室	已环评	环评辐验表[2015]42 号

48	移动 X 光机	MOBILETT XP Digital	III	外科楼 A 座 5F	湘环评辐表[2017]28 号	未验收，设备故障
49	小 C 臂	Cios Spin	III	外科楼 A 座 手术室 3F	备案号：202443010200000033	
50	小 C 臂	PXL118F/A	III	外科楼 A 座 手术室 3F		
51	小 C 臂	ARCADIS Orbic	III	外科楼 A 座 手术室 3F	湘环评辐表[2017]28 号	2021 年验收
52	小 C 臂	Cios Spin Hybrid	III	外科楼 A 座 手术室 3F	备案号：202543010200000064	
53	小 C 臂	OEC 9900 Elite	III	外科楼 A 座 手术室 3F	湘环评辐表[2017]28 号	2021 年验收
54	CT	Froce	III	外科楼 B 座 1F 5 号机房		
55	DSA	Innova IGS 530	II	外科楼 B 座 1F 二间		
56	DSA	Innova IGS 530	II	外科楼 B 座 1F 三间		
57	DSA	Innova 3100	II	外科楼 B 座 1F 一间	已环评	
58	CT	go.now	III	外科楼 B 座介入手术室	备案号：202143010200000088	
59	小 C 臂	Cios Spin	III	外科楼 B 座 手术室 8F	备案号：202443010200000033	
60	小 C 臂	ARCADIS Orbic	III	外科楼 B 座 手术室 8F	已环评	2021 年验收
61	X 射线血液辐照仪	X-RAD3000	III	外科楼二楼 输血科	备案号：202243010200000091	
62	DR	DRX-Ascend	III	五官科楼 1FDR 室	备案号：201943010200000155	
63	口腔 CT	i-CAT17-19	III	口腔科：五官科楼 4F		
64	全景机	Planmeca pro Max	III	口腔科：五官科楼 4F		
65	小牙片	Planmeca pro	III	口腔科：五官科楼 4F		
66	小 C 臂	Brivo OEC 785	III	五官科楼：28F 手术室	备案号：202143010200000088	
67	DSA	Innova IGS 5	II	外科楼 A 座三层介入手术室 04	湘环评辐表[2021]16 号	2023 年验收
68	DSA	Discovery IGS 7 OR	II	外科楼 A 座三层介入手术室 03		
69	模拟定位机	Simulix-Evolutio	III	肿瘤楼-1F 模拟定位机机房	湘环评辐表[2017]28 号	未验收，设备故障
70	直线加速器	clinac 23EX	II	肿瘤楼-1F 直线加速器二室	湘环评表[2007]187 号（属补办环评）	环评辐验表[2015]42 号
71	直线加速器	TRILOGY	II	肿瘤楼-1F 直线加速器一室		
72	模拟定位机	Discovery CT590RT	III	肿瘤楼 1F 模拟定位 CT 机机房	湘环评辐表[2017]28 号	2021 年验收

表 1-5 医院已许可放射源一览表

序号	核素	类别	活度（Bq/枚）/枚数	活动种类	工作场所	环评情况	验收情况
1	Ir-192	III类	3.7E+11（Bq/枚）/2 枚	使用	后装治疗机房	湘环评表[2007]187 号	2021 年验收
2	Ge-68	V 类	4.625E+7（Bq/枚）/2 枚	使用	PET-CT 中心一层核素诊疗场所	已环评	环评辐验表[2015]42 号
3	Ge-68	V 类	9.25E+7（Bq/枚）/1 枚	使用		已环评	
4	Ge-68	V 类	7.4E+7（Bq/枚）/1 枚	使用		湘环评辐表[2022]60 号	2023 年验收

表 1-6 医院已许可非密封放射性物质一览表

序号	核素	日等效最大操作量（Bq）	工作场所	工作场所等级	活动类型	环评情况	验收情况
1	Ge-68	1.85E+7	PET-CT 中心负一层回旋制药工作场所	乙级	使用	湘环评辐表[2011]67 号、2024 年安全分析	环评辐验表[2015]42 号
2	Cu-64	7.4E+7			使用		
3	Zr-89	9.25E+7			使用		
4	Ga-68	1.48E+8			使用		
5	F-18	1.48E+9			生产/使用		
6	C-11	7.4E+8			生产/使用		
7	N-13	3.7E+8			生产/使用		
8	O-15	3.7E+8			生产/使用		
9	Zr-89	9.25E+7	PET-CT 中心一层核素诊疗场所	乙级	使用	2024 年安全分析	2023 年验收
10	Ga-68	1.48E+8			使用	湘环评辐表[2022]60 号	
11	Cu-64	7.4E+7			使用		
12	Ra-223	1.11E+8			使用		
13	F-18	7.4E+7			使用		
14	N-13	1.48E+8			使用		
15	O-15	1.48E+8			使用		
16	C-11	1.48E+8			使用		
17	Tc-99m	3.7E+5			使用	湘环评辐表[2022]4 号	
18	Y-90	6.0E+07			使用		
19	Sr-89	3.7E＋6	核医学科 4F SPECT 机房	乙级	使用	**湘环评表[2007]187 号（属补办环评）、2022 年安全分析**	
20	I-125(粒子源)	1.11E+7			使用		
21	Sm-153	1.11E＋8			使用		
22	I-131	8.80E＋08			使用		
23	I-125	2.96E+8			使用		
24	Tc-99m	4.44E+7			使用		
25	C-14	8.80E+6	核医学与内分泌实验室	丙级	使用	湘环评辐表[2011]67 号	/
26	H-3	8.80E+6			使用		
27	P-32	8.80E+6			使用		
28	S-35	1.11E+7			使用		
29	Tc-99m	3.7E+5	外科楼 A 座手术室 1F	乙级	使用	湘环评辐表[2022]4 号	2023 年验收
30	Y-90	5.0E+7			使用		

2、本项目核医学科楼核技术利用项目情况

（1）核技术项目开展情况

本项目核医学科楼现有核医学工作场所一处，位于核医学科楼四楼（即“核医学科 4F SPECT 机房”，以下简称“原 SPECT 工作场所”），该工作场所已许可使用 1 台 JETStream for SKYlight AZ 型 SPECT 设备以及 ^{89}Sr、^{125}I(粒子源)、^{153}Sm、^{131}I、^{125}I、^{99m}Tc

等 6 种非密封放射性核素，为一处乙级非密封放射性工作场所。其他楼层均不涉及使用放射性同位素和射线装置。

核医学科楼四楼原 SPECT 工作场所已于 2007 年补办环评手续，并于 2007 年 11 月 30 日取得环评批复（批文号：湘环评表[2007]187 号，见附件 3）。2022 年 5 月，因工作负荷增加，该核医学工作场所申请增加 ^{99m}Tc 的操作量，并依据《关于<建设项目环境影响评价分类管理名录>中免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目有关说明的函》（环办函[2015]1758 号）要求编制了辐射安全分析报告（见附件 3），并于 2022 年 9 月重新申领了辐射安全许可证。

根据医院提供的资料，除 ^{153}Sm 迄今未开展外，^{89}Sr、^{125}I(粒子源)、^{131}I、^{99m}Tc 等核素均在使用。根据医院 2024 年放射性药物使用台账，^{99m}Tc 显像诊断项目开展 7200 人次、^{131}I 甲亢和甲测合计开展 686 余人次、^{89}Sr 治疗开展 4 人次、^{125}I(粒子源)植入治疗开展 14 人次。

（2）放射性三废处置情况

放射性固废：分装室内设有铅废物收集桶，储源室内设有放射性废物衰变箱，场所每日收集的废物拟于当天工作结束后送至衰变箱贮存衰变，经过衰变满足清洁解控水平经检测合格后按普通医疗废物处置。

放射性废气：工作场所内设有独立的通风系统，废气经专用排风管直通屋顶排放口，经吸附过滤后排放。

放射性废水：核医学科工作场所内设有患者专用卫生间，位于三楼与四楼间楼梯转角处，产生的废水均通过重力流入核医学科楼北侧楼梯间下层三级推流式衰变池中，该衰变池单个池子池体内容积为 5.897m³ =1.85m×1.25m×2.55m（长×宽×高），废液溢流液位高最小为 2.4m，故单个池体有效容积 5.55m³ =1.85m×1.25m×2.4m（长×宽×高），三级推流式衰变池总有效容积 16.65m³ =5.55m³ ×3，废水经衰变池处置后推流至集水坑中，再泵送至医院污水处理站进行处理后最终排入市政污水管网，医院已委托有资质单位按每季度一次，每年 4 次的频次取样检测，检测结果均无异常（见附件 11）。

3、医院辐射安全管理现状

中南大学湘雅二医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同

位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

①医院对现有放射性同位素及射线装置使用严格按照生态环境部门下达的要求，制定了辐射事故应急预案、各射线装置操作规章制度、辐射防护和安全管理制度、设备检修维护制度、放射性同位素管理制度、辐射监测方案等，并严格按照规章制度执行。

②为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了放射安全防护管理委员会，明确辐射防护责任，并加强了对放射性工作场所的监督和管理，定期开展了内部监督检查、辐射应急演练等活动。

③医院（含源）射线装置使用场所按要求设置有电离辐射警示牌、报警装置、工作指示灯和门-灯联锁装置，各机房通风良好。各机房屏蔽防护措施满足要求；设置铅玻璃观察窗或监控系统，能清楚地观察到机房内情况；每个机房周围外照射辐射水平符合相关标准规定的要求。核医学辐射工作场所设置醒目的警示标志、路面指引标识，配备了相应的辐射防护用品，产生的放射性废物均可得到有效处置，采取的屏蔽防护措施满足要求，场所周围外照射辐射水平符合相关标准规定的要求。

④医院每年均委托有资质的单位对现有射线装置设备性能和工作场所空气比释动能率进行了监测，监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准规定的要求。

⑤医院核医学科工作场所进行了放射性表面污染和周围剂量当量率监测，监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准规定的要求。

⑥医院已委托有资质单位于每次排放前对核医学科衰变池排放废水进行了取样检测，检测结果符合相关标准规定的要求。

4、防护措施落实情况

医院在开展核技术项目过程中，基本落实了环评及批复的要求，制定了相关管理制度，采取了必要的防护措施，医院现有辐射防护措施主要有以下几点：

（1）（含源）射线装置

1）屏蔽防护：各机房屏蔽防护措施满足要求，各机房周围外照射辐射水平符合相

关标准规定的要求。

2）警示标志：防护门上方有工作状态指示灯，防护门上粘贴有电离辐射警示标志等警示标识。

3）机房内通风：各机房均按要求设有通风装置，通风良好。

（2）非密封放射性物质工作场所情况回顾

1）医院现有核医学工作场所用房布局基本合理，避免与其它科室交叉；

2）辐射工作场所设置醒目的警示标志，病人、医护人员通道用箭头标识进出方向；

3）医院采取了相应的辐射屏蔽措施，操作放射性同位素的人员配备了相应的辐射防护用品，各核医学用房均具有一定的屏蔽效果；

4）控制区和监督区地面和工作台面均铺设易清洗的材料，有利于表面污染的控制；

5）放射性废水排放至三级衰变池，经存放达到排放标准后排入医院污水处理系统，核医学科放射性废气通过专用管道引至楼顶排放，放射性固体废物采用先收集在各自相关工作场所的专用污物桶（铅桶）内，再将污物桶内的固体废弃物分期存放到放射性固体废物间内，集中贮存达到清洁解控水平后再处理；

6）放射性药品有专用存放场所，安排了专人负责放射性样品的领取、存取与登记，在贮源室内，实行双人双锁管理，对核素的使用情况均有相应的登记；

7）加强了对注射后病人的管理，醒目位置张贴“病人须知”。

（3）辐射安全管理制度及辐射工作人员管理

1）医院对现有射线装置严格按照各生态环境部门下达的要求，成立了辐射防护安全管理小组；制定了相应的操作规章制度、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素管理制度等；

2）医院每年均委托有资质的单位对现有射线装置及核医学科工作场所进行了空气比释动能率监测，监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的要求；

3）根据医院“全国核技术利用辐射安全申报系统”中相关信息，医院现有辐射工作人员 328 人，均已按要求完成自主培训或取得辐射安全与防护考核合格成绩单，定期开展了个人剂量检测和职业健康体检，建立了辐射工作人员管理档案。

（4）最近一期监督检查存在的问题及整改情况

根据医院“全国核技术利用辐射安全申报系统”中 2024 年 4 月的监督检查通知，医院辐射安全防护管理仍存在的部分问题，医院已对相关监督检查意见进行了整改并提交了有关整改落实情况，具体如下：

1）2023 年度个人剂量异常情况未向生态环境部门报备。

整改情况：医院每季度针对超剂量放射工作人员均进行了个案调查，并要求本人填写超剂量人员调查表，签字后交医务部存档备查。收到意见反馈后，医院再次向全院放射工作人员强调妥善保管个人剂量计的重要性，并立即与省厅相关部门沟通，强调目前已理顺流程，对于超剂量人员，定期向省生态环境执法局汇报，本季度超剂量人员已完成备案。

2）法人变更未及时办理辐射安全许可证变更；医院新大楼部分射线装置已启用，新门诊大楼所有射线装置均未办理辐射安全许可证；

整改情况：已完成法人变更和辐射安全许可证重新申领。

3）1、回旋加速器机房长期贮存放射性废物（制药废靶），未进行处置；2、回旋加速器质控间设置放射性废物贮存桶，但未做辐射安全防护；3、回旋加速器机房设置监控，但未连接操作间；回旋加速器机房无应急照明设施；4、直线加速器机房进门开关设置不合理，存在非辐射工作人员误入隐患。5、医院核医学科衰变池未设置辐射安全警示标志；6、后装机废旧放射源贮存室未执行双人双锁制度。

整改情况：1、医院已在加速器室内设置防护桶外收集废靶，并在桶外加铅砖进行防护。同时，联系有资质单位开展成分检测，待检测完成后将送储至湖南省城市废物库；2、质控间放射性废物贮存桶已自带防护屏蔽，且外部检测均未超标，目前已将废物贮存桶转移至固体废物室；3、已在回旋加速器室加装摄像头并连接操作间，经核实，机房现有顶灯中含有应急照明灯，根据整改意见，在机房内加装了应急照明设施；4、已将直线加速器机房开关挪至操作室，由医师进行操作，防止公众误触；5、已在核医学科衰变池入口张贴当心电离辐射标识；6、后装机废旧放射源置于带铅罐防护的保险柜中，已改为由技师持保险柜钥匙，物理师持保险柜密码，双方同时操作方可打开保险柜，严格落实废旧放射源双人双锁管理。

（六）实践正当性分析

本项目的建设对保障健康、拯救生命有着十分重要的作用。项目运营以后，将为病人提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

（七）选址可行性分析

本项目各核医学工作场所位于独立建筑内，项目场址辐射环境质量现状良好，各核医学工作场所不邻接产科、儿科、食堂等部门，设有单独出、入口，临近区域无敏感区域及人群稠密区域，有利于辐射防护控制，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离”。同时，本项目营运期产生的电离辐射、废水、废气、固体废物等均可得到有效治理，做到达标排放，对环境影响小，从环境保护角度分析，项目选址可行。

（八）产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“鼓励类”中“六、核能”中的“4. 核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”。本项目属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

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	贮存方式和地点
1	^{99m}Tc	液态，低毒 半衰期 6.02h	使用	2.59E+10	2.59E+07	6.48E+12	显像诊断	很简单的操作	SPECT 显像工作场所(核医学科楼一层)	分装柜暂存
				7.40E+08	7.40E+07	7.40E+10	肺通气显像	特别危险的操作		
2	^{203}Pb	液态，低毒 半衰期 51.87h	使用	5.92E+08	5.92E+06	7.10E+09	显像诊断	简单操作		
3	^{32}P	液态，中毒 半衰期 14.26d	使用	3.70E+09	3.70E+08	4.44E+10	核素治疗	简单操作	核素敷贴治疗工作场(核医学科楼三层)	储源室贮存
4	^{177}Lu	液态，中毒 半衰期 6.73d	使用	1.48E+10	1.48E+09	7.40E+11	核素治疗	简单操作	核素治疗工作场(核医学科楼四层)	分装柜暂存
5	^{90}Y	液态，中毒 半衰期 2.67d	使用	2.22E+09	2.22E+08	4.44E+10	核素治疗	简单操作		
6	^{225}Ac	液态，极毒 半衰期 9.92d	使用	7.40E+07	7.40E+08	8.88E+08	核素治疗	简单操作		
7	^{212}Pb	液态，中毒 半衰期 10.64h	使用	5.92E+08	5.92E+07	7.10E+09	核素治疗	简单操作		
8	^{131}I	液态，中毒 半衰期 8.02d	使用	3.70E+09	3.70E+08	1.85E+11	核素治疗	简单操作		
9	^{89}Sr	液态，中毒 半衰期 50.53d	使用	2.96E+08	2.96E+07	3.55E+09	核素治疗	简单操作		
10	^{125}I(粒子源)	固态，中毒 半衰期 59.4d	使用	7.40E+09	7.40E+06	3.70E+11	植入治疗	很简单的操作		

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	SPECT-CT	III	1	待定	150	1000	显像诊断	核医学科楼一层 SPECT-CT 机房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性固体废物	固态	^{99m}Tc、^{203}Pb、^{32}P、^{177}Lu、^{90}Y、^{131}I、^{225}Ac、^{212}Pb、^{89}Sr	/	/	/	表面剂量率≤0.1mSv/h α＜0.08Bq/cm^2 β＜0.8Bq/cm^2	分类收集后转移至固废间专用衰变箱/桶内存放衰变	含 ^{99m}Tc 放射性固体废物拟暂存衰变不少于 30 天，含 ^{131}I 放射性固体废物拟暂存衰变不少于 180 天，其余放射性核素固体废物拟暂存衰变不少于所含核素十倍半衰期以上时间，经检测达到清洁解控水平后，作为医疗废物处理
放射性污染被服放射性	固态	^{177}Lu、^{90}Y	/	/	/		分类收集后转移至固废间暂存	拟存放至少 1 倍核素半衰期后，再进行洗消后利用
通风系统废旧活性炭	固态	^{99m}Tc、^{131}I 等	/	/	/		收集后转移至固废间专用衰变箱内存放衰变	存放达到清洁解控水平后，作为非放射性固废处理
废 ^{125}I 粒子源	固态	^{125}I	/	/	/	/	原储源容器收集后暂存储源室	退回给供药厂家及时回收
放射性废水	液态	^{99m}Tc、^{203}Pb	/	^{99m}Tc：1.58E+5Bq ^{203}Pb：2.25E+4Bq	^{99m}Tc：1.90E+6Bq ^{203}Pb：2.70E+5Bq	^{99m}Tc：1.68E+01Bq/L ^{203}Pb：2.40E+00Bq/L	排放至核医学科楼现有老三级推流式衰变池存放衰变处置	经处置后排放至医院污水管网，经医院污水处理站进一步处理，最终排入市政污水管网
		^{177}Lu、^{90}Y、^{32}P	/	^{177}Lu：6.47E+2Bq ^{90}Y：微量 ^{32}P：1.48E+4Bq	每年最多排放 2 次：^{177}Lu：1.29E+3Bq ^{90}Y：微量 ^{32}P：2.96E+4Bq	总β≤10Bq/L（^{177}Lu：0.13Bq/L ^{90}Y：微量 ^{32}P：2.91Bq/L）	排放至新建 3 级槽式衰变池存放衰变处置	存放时间达到所含核素 10 倍最长半衰期（即 68 天）以上时间，经检测满足放射性废水排放要求后，排至医院污水处理站，最终排至市政污水管网
放射性废气	气态	^{99m}Tc、^{177}Lu 等	微量	微量	微量	微量	/	通过各工作场所排风系统引至项目所在楼楼顶排风口，经活性炭吸附单元处置后排至室外环境

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

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

表 6 评价依据

法规文件	1.《中华人民共和国环境保护法》，2014 年修订，2015 年 1 月 1 日实施； 2.《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年修订，2018 年 12 月 29 日实施； 3.《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日实施； 4.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日修订并施行； 5.《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号发布，2017 年修订，2017 年 10 月 1 日起施行； 6.《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起实施； 7.《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），环境保护部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行； 8.《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订并施行； 9.《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年施行； 10.《放射工作人员职业健康管理办法》，卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行； 11.《关于发布<放射性废物分类>的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号； 12.《关于发布射线装置分类办法的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号）； 13.《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日； 14.《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》，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日； 15.《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）； 16.《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令第 7 号，2024 年 2 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》，2019 年 12 月 23 日生态环境部公告 2019 年第 57 号公告，2020 年 1 月 1 日起施行； 18.《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，2021 年 3 月 12 日生态环境部公告 2021 年第 9 号公告，2021 年 3 月 15 日起实施。
技术标准	1.《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； 2.《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； 3.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 4.《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）； 5.《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； 6.《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 7.《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； 8.《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； 9.《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）； 10.《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； 11.《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 12.《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 13.《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 14.《表面污染测定 第 1 部分：β发射体（$E_{\beta max}$>0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）； 15.《医用电气设备 第一部分：安全通用要求 三、并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB 9706.103-2020）； 16.《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）。

其他	1. 项目委托书； 2. 李德平 潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》、《辐射防护手册第三分册 辐射安全》，原子能出版社，1987 年； 3. 《中国环境天然放射性水平》（《中国环境天然放射性水平》编辑委员会，中国原子能出版社，2015 年 7 月）； 4. 方杰主编《辐射防护导论》，原子能出版社，1988 年； 5. 潘自强主编，《辐射安全手册》，科学出版社，2011 年； 6. 霍雷 等编著《辐射剂量与防护》，电子工业出版社，2015 年； 7. 《^{177}Lu-Dotatate 治疗的放射防护评估》（中国辐射卫生，2021 年 12 月第 30 卷第 6 期）； 8. 建设方提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

一、评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中的相关规定，“以项目实体边界为中心，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围，对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大。”

本项目各核医学工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所，评价范围取各核医学工作场所实体边界外 50m 范围，见图 7-1~图 7-4。

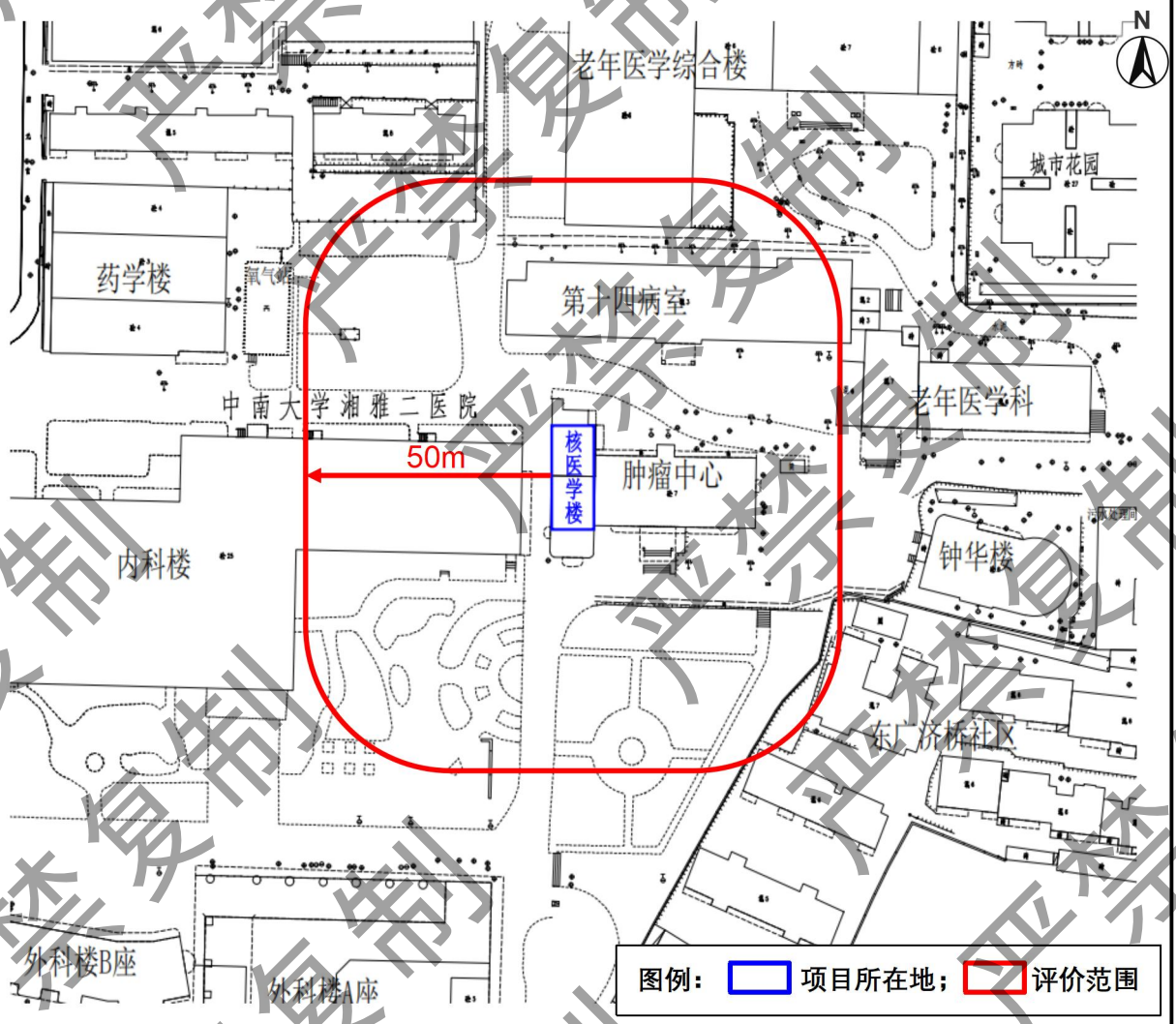


图 7-1 本项目评价范围示意图（核医学科楼外）

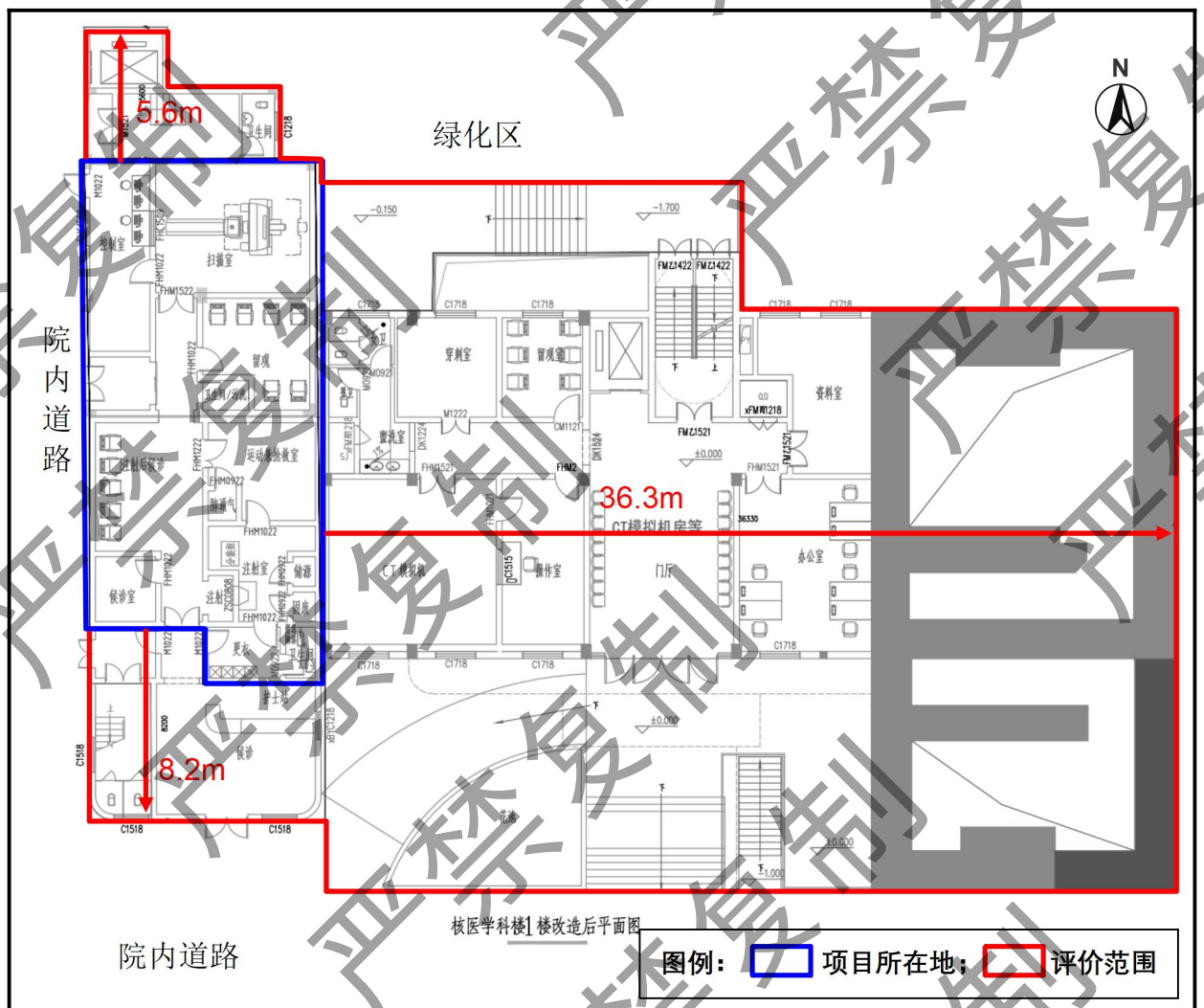


图 7-2 本项目评价范围示意图（核医学科楼一层）

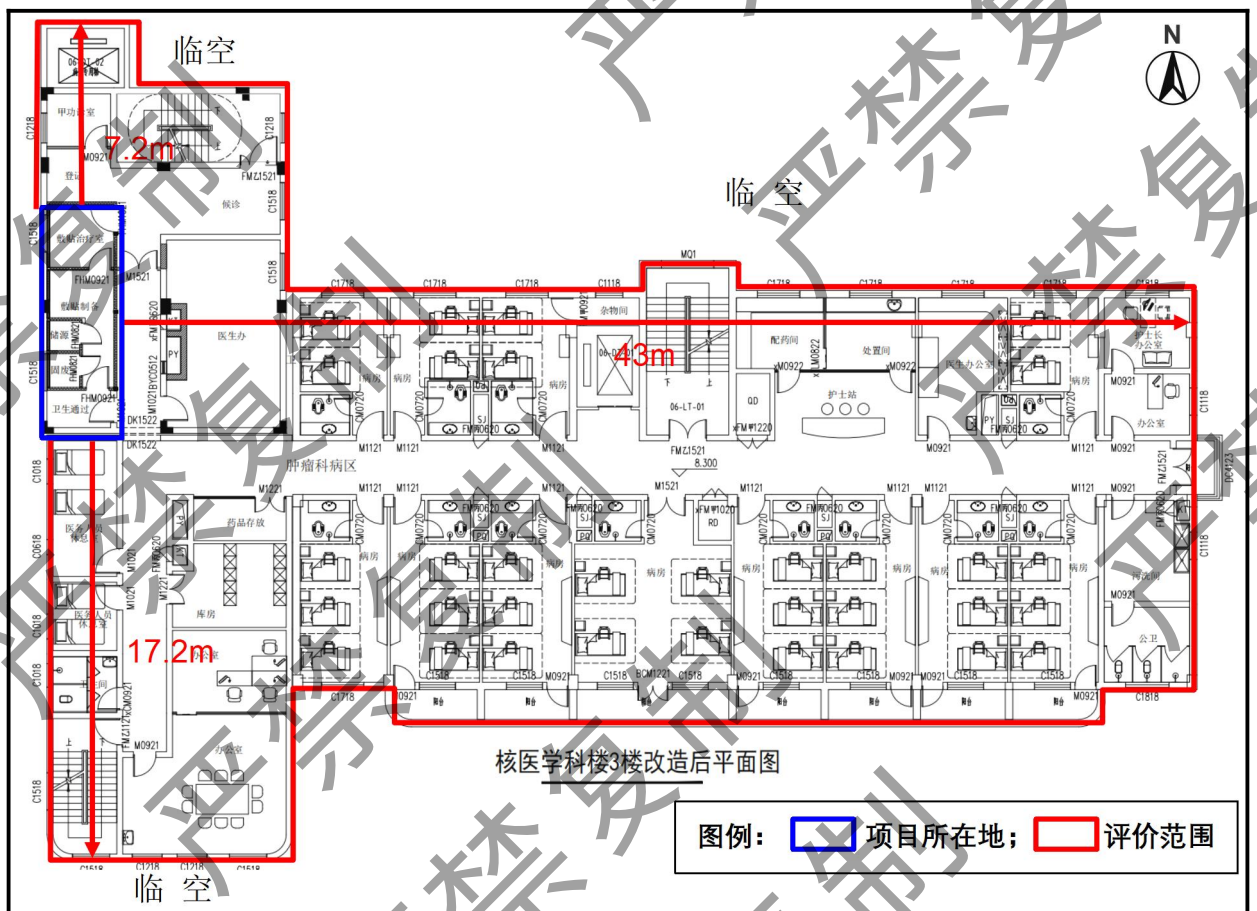


图 7-3 本项目评价范围示意图（核医学科楼三层）

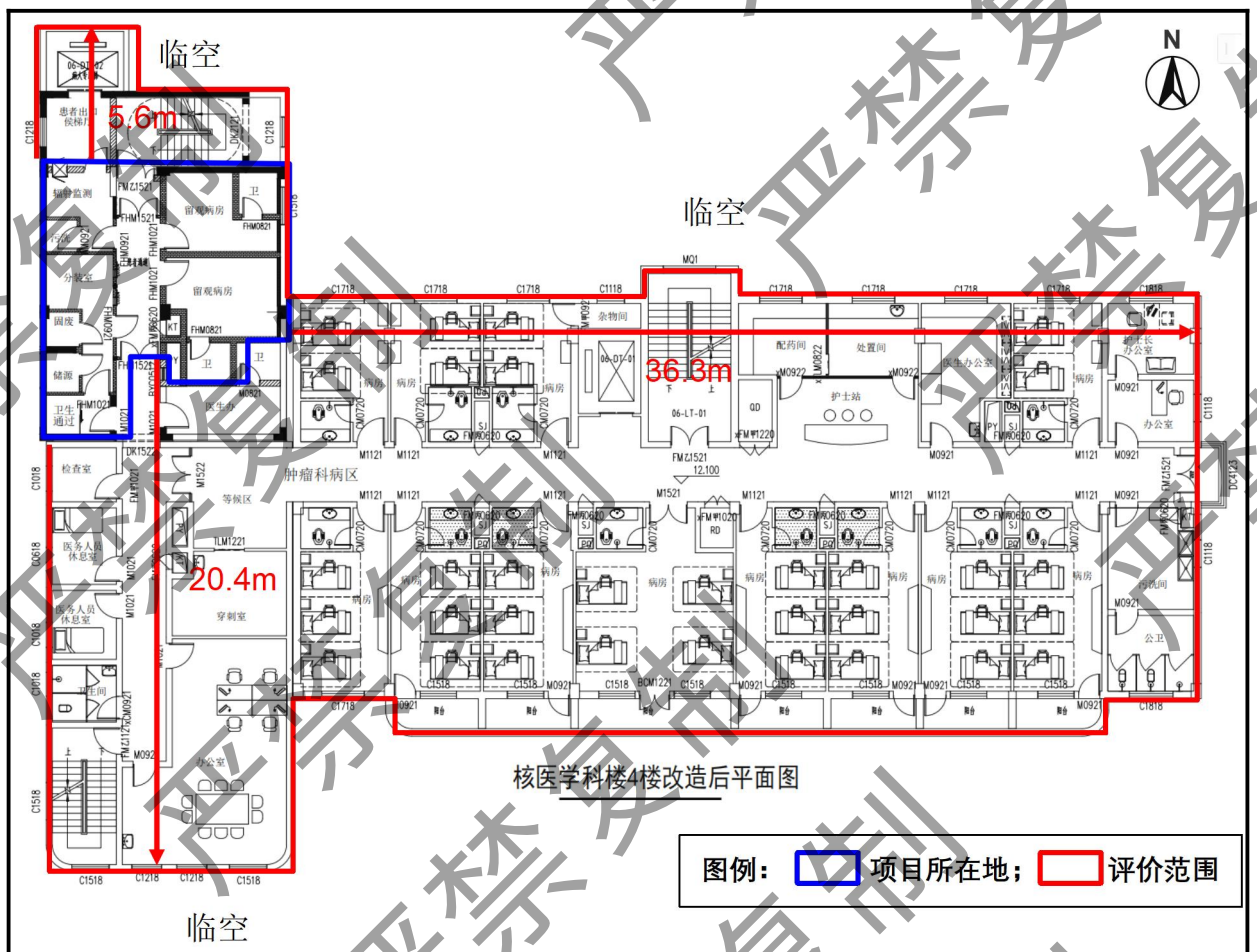


图 7-4 本项目评价范围示意图（核医学科楼四层）

二、保护目标

根据本项目特点，本项目环境保护目标为辐射工作场所的职业工作人员（辐射工作人员）和工作场所评价范围内的其他公众人群（其他非辐射工作人员，受检者、陪护人员以及周边公众等流动人员等），本项目环境保护目标见下表：

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

工作场所	相对方位	相对距离	相对高差	环境情况	对象类别	敏感人数
SPECT显像工作场所(核医学科楼一层)	内部	/	/	卫生通过（更衣、卫生间）、注射室、控制室、肺通气等	辐射工作人员	12 人
	东	0-36.3m	/	肿瘤中心 CT 模拟机房区用室（CT 模拟机房、操作室、男卫、女卫、穿刺室、留观室、门厅、办公室、资料室等）加速器机房上空	公众	工作人员约 20 人+流动人员
		36.3-50m		院内道路		
	南	0-8.2m	/	核医学科候诊厅、楼梯间	公众	流动人员
		8.2-50m		院内道路、绿化花园		
	西	0-50m	/	院内道路、内科楼	公众	工作人员约 200 人+流动人员
	北	0-5.6m	/	核医学科楼梯间、电梯	公众	工作人员约 50 人+流动人员
		5.6-50m		院内道路、绿化、第十四病室		
	上	紧邻	+4.5m	肿瘤中心办公用室（示教、办公、诊室等）	公众	工作人员约 10 人
	下	紧邻	/	地下土层	/	/
核素敷贴治疗工作场所(核医学科楼三层)	内部	/	/	卫生通过、敷贴制备室、敷贴治疗室等	辐射工作人员	12 人
	东	0-43m	/	患者走道、核医学科走道、医生办、肿瘤科病区	公众	流动人员
		43-50m	-8.3m	院内道路		
	南	0-17.2m	/	肿瘤科病区	公众	工作人员约 20 人+流动人员
		17.2-50m	-8.3m	院内道路、绿化花园		
	西	0-50m	-8.3m	院内道路、内科楼	公众	工作人员约 200 人+流动人员
	北	0-7.2m	/	核医学科登记候诊区、甲功检测室、楼梯间、电梯	公众	工作人员约 50 人+流动人员
		7.2-50m	-8.3m	院内道路、绿化、第十四病室		
	上	紧邻	+3.8m	核素治疗工作场所用室	辐射工作人员	12 人

	下	紧邻	-3.8m	肿瘤科办公用室（示教、办公、诊室等）	公众	工作人员约10人
核素治疗工作场所(核医学科楼四层)	内部	/	/	卫生通过、分装室等	辐射工作人员	12人
	东	0-36.3m	/	肿瘤科病区	公众	工作人员约20人+流动人员
		36.3-50m	-12.1m	院内道路		
	南	0-20.4m	/	肿瘤科病区、医生办	公众	工作人员约20人+流动人员
		20.4-50m	-12.1m	院内道路、绿化花园		
	西	0-50m	-12.1m	院内道路、内科楼	公众	工作人员约200人+流动人员
	北	0-5.6m	/	核医学科楼梯间、电梯	公众	工作人员约50人+流动人员
		5.6-50m	-12.1m	院内道路、绿化、第十四病室		
	上	紧邻	+4.0m	可上人屋面	公众	流动人员
	下	紧邻	-3.8m	核素敷贴治疗工作场所用室	辐射工作人员	12人
注：上表中所指相对高差为分别以本项目核医学科、介入科工作场所为±0基础面时环境保护目标与工作场所之间垂直高度差，±0基础面上方记为“+”、±0基础面下方记为“-”。						

三、评价标准

（一）剂量限值与剂量约束值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求，具体如下：

表7-2 个人剂量限值及剂量约束值

序号	标准名称	标准内容	本项目剂量约束值
1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)	B1.1 职业照射 B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： a)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； b）任何一年中的有效剂量，50mSv； d）四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。	辐射工作人员：5mSv/a； 公众：0.1mSv/a
		B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值： a）年有效剂量，1mSv； b）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；	
2	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188—2021）	4.4 剂量限值与剂量约束值 4.4.1 剂量限值 核医学工作人员职业照射剂量限值应符合GB18871附录B中B1.1的相关规定，核医	

		学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。 4.4.2 剂量约束值 4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a； 4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。	

（二）辐射工作场所分区

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准要求，辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制，具体如下：

表 7-3 辐射工作场所分区

序号	标准名称	标准内容
1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	6.4.1 控制区 6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射范围。 6.4.1.4 注册者和许可证持有者应： a）采用实体边界划定控制区；采用实体边界不现实时也可以采用其他适当的手段； c）在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F（标准的附录）规定的电离辐射警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。 d）制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序。 e）运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。 f）按需要在控制区的入口处提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜； g）按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜； h）定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。
		6.4.2 监督区 6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定位控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对照职业照射条件进行监督和评价。 6.4.2.2 注册者和许可证持有者应： a）采用适当的手段划出监督区的边界； b）在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌； c）定期审查该区的条件，以确定是否有需要采取防护措施和作出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。
2	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188—2021）	4.3 辐射工作场所分区 4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

		4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。 4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。 4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。
3	《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）	5.1 工作场所平面布局和分区 5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB 18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

（三）非密封源工作场所的分级

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 标准要求，非密封源工作场所的分级标准详见下表：

表 7-4 非密封源工作场所分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	＞4×10^9
乙	2×10^7~4×10^9
丙	豁免活度值以上~2×10^7
注：日等效最大操作量=（实际日操作量×毒性修正因子）/操作方式修正因子	

（四）工作场所放射性表面污染控制水平

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2 中的相关标准，本项目工作场所的放射性表面污染控制水平见下表：

表 7-5 工作场所放射性表面污染控制水平（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（高污染子区除外）	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	0.4	0.4	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4

（五）工作场所周围剂量率控制水平

本项目核医学工作场所执行《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准要求；射线装置机房执行《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

标准要求，具体见下表：

表 7-6 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

序号	标准名称	标准内容	本项目辐射剂量率控制水平
1	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188—2021）	6.1 屏蔽要求 6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。 6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。	核医学工作场所： （1）控制区外屏蔽体外 30cm 处：<2.5μSv/h （2）控制区内屏蔽体外 30cm 处：①居留因子≥1/2，<2.5μSv/h、②居留因子<1/2，<10μSv/h （3）合成和分装的箱体、通风柜外 30cm 处<2.5μSv/h （4）合成和分装的箱体、通风柜外非正对人员操作位 5cm 处：<25μSv/h
2	《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）	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 30 cm 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。	
3	《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）	5.3 工作场所的防护水平要求 5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/h；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，	

		以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。	
4	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平 6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求： b）CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；	射线装置机房外：≤2.5μSv/h

（六）核医学工作场所放射防护要求

执行《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准要求，具体见下表：

表 7-7 核医学工作场所放射防护要求

序号	标准名称	标准内容
1	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188—2021）	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。 6.2.6 粒籽源植入场所应配备辐射监测仪器，手术结束后应对手术床及周边区域进行辐射水平监测， 以排除粒籽源在手术植入过程中遗漏或丢失。 6.2.7 敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室，治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中，医务 人员应采取有效的个人防护措施，对病人的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面，不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥的贮源箱内。
2	《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）	11 粒籽源植入放射防护要求 11.1 一般要求 11.1.1 应配备粒籽源剂量测量仪器（如井型电离室），测量仪器应定期校准。并配备探测光子能量下限低于 27 keV 的辐射防护监测仪。

11.1.2 应配备 CT 机、X 射线机、B 超等影像设备以及粒籽植入治疗的放射治疗计划系统。
11.1.3 应具备对放射性废物处置的设施和技术方案。
11.1.4 建立植入患者登记制度和档案。
11.1.5 制定粒籽植入治疗质量保证方案。
11.1.6 植入治疗室应为工作人员配备个人防护用品（见附录 K），数量应满足工作需求。
11.1.7 植入治疗室与贮存室应分开。
11.1.8 手术结束后应对手术区域使用剂量率仪进行检测，以排除粒籽源在手术植入过程中遗漏的可能。拿出手术室的辅料等均应进行检测，防止粒籽源粘连带出手术室。
11.2 粒籽源贮存
11.2.1 待用的粒籽源应装入屏蔽容器内,并存放在专用房间。
11.2.2 应建立粒籽源出入库登记制度，详细记录日期时间、入库活度/数量、送货人、接收人、出库活度/数量、去往场所、出库经手人、接收人等。
11.2.3 应定期检查粒籽源实际库存数量及贮存场所，对库存中的粒籽源应标明其用途。
11.2.4 应建立显示每个贮存器的标签，在标签上标明取出的粒籽源数量。
11.2.5 消毒室（供应室）应注意检查是否有遗漏。
11.2.6 废弃或泄漏的粒籽源应放置在专用铅罐内，退回厂家。
11.3 工作人员的放射防护要求
11.3.1 操作人员应在铅当量不低于 0.5 mmPb 的屏风后分装粒籽源，屏风上应有铅玻璃观察窗，铅玻璃铅当量不低于 0.5 mmPb。
11.3.2 工作人员防护用品配备见附录 K，操作前要穿戴好防护用品。防护衣厚度不应小于 0.25 mmPb 铅当量。对性腺敏感器官，可考虑穿含 0.5 mmPb 铅当量防护的三角裤或三角巾。
11.3.3 粒籽源分装操作室台面和地面应无渗漏易于清洗，分装应采取防污染措施。分装过程中使用长柄镊子，轻拿轻放，避免损伤或刺破粒籽源，不应直接用手拿取粒籽源。
11.3.4 在实施粒籽源手术治疗前，应制定详细可行的实施计划，并准备好所需治疗设备，如定位模板、植入枪等，尽可能缩短操作时间。
11.3.5 拿取掉落的粒籽源应使用长柄器具（如镊子），尽可能增加粒籽源与操作人员之间的距离。在整个工作期间，应快速完成必要的操作程序，所有无关人员尽可能远离放射源。
11.3.6 如粒籽源破损引起泄漏而发生污染，应封闭工作场所，将源密封在屏蔽容器中，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所去污和人员应急处理。
11.5 住院患者管理要求
11.5.1 植入粒籽源术后的患者，当有人接近时应当在植入部位对应的体表进行适当的辐射屏蔽。
11.5.2 植入粒籽源患者宜使用临时专用病房并将其划为临时控制区。如无专用病房，病人床边 1.5 m 处应划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不应入内，患者也不应随便离开。医护人员查房，家属成员如需长时间陪护应与 患者保持 1 m 以上的距离。
11.5.3 接受植入粒籽源治疗的前列腺患者和胃肠道患者应使用专用便器或专用浴室和厕所。肺部或气管植入粒籽源患者，在住院期间应戴口罩，以避免粒籽源咳出丢失在周围环境中，如发现粒籽源咳出，

应报告主管医生并采取相应的应急措施。前列腺植入粒籽源的患者为防止随尿液排出，在植入后两周内，应使用容器接尿液。如果发现植入的粒籽源流失到患者的膀胱或尿道,应用膀胱内镜收回粒籽源并放入铅罐中贮存。

11.5.4 当患者或家庭成员发现患者体外的粒籽源时，不应用手拿，应当用勺子或镊子夹取粒籽源，放在预先准备好的铅容器内（主管医师事先给予指导）。该容器返还给主管医师。

11.5.5 临时控制区内，任何物品在搬离病房之前应进行监测，被污染物品按放射性废物处理。

11.5.6 植入粒籽源出院患者应建立登记制度并给患者提供一张信息卡，信息卡内容应包括：患者姓名、住址、电话、年龄、有效个人证件号码、植入部位、医院及电话、植入粒籽源个数、植入时间、出院粒籽源数量、检查日期等。

11.7 粒籽源活度检测要求

11.7.1 对植入治疗的粒籽源，植入前应至少抽取 10%（至少不能少于 3 颗）或全部（植入数≤5 颗）进行源活度的质量控制检测。医院使用当前活度值与实际测量活度值相对偏差不超过 5%。

12 放射性核素敷贴治疗放射防护要求

12.1 放射性核素敷贴治疗器的放射防护要求

12.1.6 自制敷贴器的处方剂量应根据病变性质和病变部位确定，根据处方剂量和面积大小确定所用放射性核素活度。

12.1.7 眼科用敷贴器可根据病变需要做成不同形状（如圆形、船形、半圆形）或开有上述不同形状的窗的防护套来适应治疗不同角膜、结膜病变的需要。

12.2 自制 ^{32}P 敷贴器的特殊防护要求

12.2.1 ^{32}P 敷贴器的制作单位应配备活度计及β污染检查仪，并具有制作 ^{32}P 敷贴器的专用工具。

12.2.2^{32}P 敷贴器的制作间，其墙壁、地面及工作台面应铺易去除污染的铺料。

12.2.3^{32}P 敷贴器制作时应在通风橱内操作，制作者应戴乳胶手套。

12.2.4 自制 ^{32}P 敷贴器应保证不直接接触患者皮肤。

12.2.5 实施治疗时，应由医护人员操作，在不接触患者或受检者皮肤的一面用不小于 3 mm 厚的橡皮覆盖屏蔽。

12.2.6 自制的 ^{32}P 敷贴器，应对其数量、活度、使用情况等进行登记。

12.3 敷贴器贮源箱的放射防护要求

12.3.1 贮源箱的外表面应标有放射性核素名称、最大容许装载放射性活度和牢固、醒目的电离辐射标志。

12.3.2 贮源箱的屏蔽层结构应分内外两层。内层为铅或有机玻璃等低原子序数材料，其厚度应大于β辐射在相应材料中的最大射程。外层为适当厚度的铅、铸铁等重金属材料，并具有防火、防盗的性能。

12.3.3 距离贮源箱表面 5 cm 和 100 cm 处因泄漏辐射所致的周围剂量当量率分别不应超过 10 μSv/h 和 1 μSv/h。

12.4 敷贴治疗设施的放射防护要求

12.4.1 敷贴治疗应设置专用治疗室，该治疗室应与诊断室、登记值班室和候诊室分开设置。治疗室内使用面积应满足治疗要求。

12.4.2 治疗室内高 1.5 m 以下的墙面应有易去污的保护涂层。地面，尤其在治疗患者位置，应铺有可更换的质地较软又容易去污染的铺料。

12.4.3 治疗室内患者座位之间应保持 1.2 m 的距离或设置适当材料与厚度的防护屏蔽。

		12.4.4 治疗室内应制定敷贴治疗操作规程及卫生管理制度，并配有β污染检查仪等检测仪器。 12.5 敷贴治疗中的放射防护要求 12.5.1 实施敷贴治疗前，应详细登记治疗日期、使用敷贴源的编号、辐射类型、活度、照射部位与面积，并发给具有患者姓名、性别、年龄、住址、诊断和照射次数等项目的治疗卡。 12.5.2 每次治疗前，先收回患者的治疗卡，再给予实施敷贴治疗。治疗完毕，先如数收回敷贴器再发给治疗卡。由工作人员收回敷贴器放回贮源箱内保存。 12.5.3 实施敷贴治疗时不应将敷贴源带出治疗室外。 12.5.4 实施治疗时，应用不小于 3mm 厚的橡皮泥或橡胶板等屏蔽周围的正常组织。对颜面部位的病变，屏蔽其周围正常皮肤；对其他部位的病变，则在病变周围露出正常皮肤不大于 0.5cm。并在周围已屏蔽的皮肤上覆盖一张玻璃纸或塑料薄膜后，将敷贴器紧密贴在病变部位。 12.5.5 敷贴治疗时，照射时间长的可用胶布等固定，请患者或陪同人员协助按压敷贴器，照射时间短的可由治疗人员亲自按压固定敷贴器，有条件者可利用特制装置进行远距离操作。 12.5.6 敷贴器应定期进行衰变校正，以调整照射时间。每次治疗时应有专人使用能报警的计时器控制照射时间。治疗过程中应密切观察治疗反应和病变治疗情况，及时调整照射剂量，防止产生并发症。 12.5.7 敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，如戴有机玻璃眼镜或面罩和尽量使用远距离操作工具。 12.5.8 敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面。不应将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥处。

（七）X 射线设备机房防护要求

执行《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准要求，具体见下表：

表 7-8 X 射线设备机房防护要求

<table>
<tr><th>序号</th><th>标准名称</th><th>标准内容</th></tr>
<tr><td>1</td><td>《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）</td><td>6.1 X 射线设备机房布局
6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。
6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。
6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；
6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（标准的表）的规定。
表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求（节选）
<table>
<tr><th>设备类型</th><th>机房内最小有效使用面积 d（m²）</th><th>机房内最小单边长度 e（m）</th></tr>
<tr><td>CT 机（不含头颅移动 CT）</td><td>30</td><td>4.5</td></tr>
<tr><td colspan="3">d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。
e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。</td></tr>
</table>
6.2 X 射线设备机房屏蔽</td></tr>
</table>

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3（标准的表）的规定。

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求（节选）

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
CT 机房（不含头颅移动 CT）	2.5	

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态 指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

（八）个人防护用品和应急去污用品

本项目执行《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准要求，具体见下表：

表 7-9 个人防护用品和应急去污用品

序号	标准名称	标准内容
1	《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）	K.1 个人防护用品 个人防护用品见表 K.1。 表 K.1 个人防护用品（节选） K.2 应急及去污用品 主要包括下列物品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂和硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。

场所类型	工作人员		患者和受检者
	必备	选备	
普通核医学和 SPECT 场所	铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	-
正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所	放射性污染防护服	-	-
敷贴治疗	宜使用远距离操作工具	有机玻璃眼镜或面罩	不小于 3mm 厚的橡皮泥或橡胶板等
注：“-”表示不需要，宜使用非铅防护用品。			

（九）患者出院要求

执行《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准要求，具体如下：

表 7-10 患者出院时体内放射性核素活度的要求

序号	标准名称	标准内容	本项目患者出院时体内放射性活度要求
1	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188—2021）	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。	^{131}I：≤400MBq ^{89}Sr：≤200MBq ^{90}Y：≤2500MBq 其余核素：距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率≤25μSv/h
2	《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）	7.2 患者出院的管理要求 7.2.1 接受 ^{131}I 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 方可出院，以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。对接受其他放射性药物治疗的患者仅当患者体内放射性活度低于附录 L 中 L.2 要求时才能出院。	

（十）放射性废物的管理

执行《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准要求，具体见下表：

表 7-11 放射性废物的管理

序号	标准名称	标准内容	
1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	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 10ALI_{min}（ALI_{min} 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 B.1.3.4 和 B.1.3.5 条的规定获得）； b)每一次排放的活度不超过 1ALI_{min}，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。	
2	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188—2021）	固体放射性废物管理	**7.2.1 固体放射性废物收集** 7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。 7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。 7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。 **7.2.2 固体放射性废物贮存** 7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可

			的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。 7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。 7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。 7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。 **7.2.3 固体放射性废物处理** 7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；b）所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；c）含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。 7.2.3.3 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。
		液态放射性废物管理	**7.3.1 放射性废液收集** 7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。 7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。 7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液积聚，便于检测和维修 **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：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 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总α不大于 1Bq/L、总β不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。 7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。 7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素

			名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。
		气态放射性废物管理	**6.3 密闭和通风要求** 6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。 6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。 6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。 **7.4 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，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。
3	《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）		5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1（标准的表）要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。 8 医用放射性废物的放射防护管理要求 8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。 8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。 8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。 8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。 8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。 8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。 8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。 8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。 8.9 储存场所应具有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。 8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目拟排放的放射性废液中涉及核素的 ALI_{min} 值和 GB 18871 附录 A 表 A1 中放射性活度浓度见下表：

表 7-12 放射性废水排放导出限值

核素	E_j（Sv/Bq）	ALI_{min}（Bq）	$10ALI_{min}$（Bq）	GB 18871 附录 A 豁免活度浓度	
				Bq/g	Bq/L
^{99m}Tc	2.2E-11	2.27E+08	2.27E+09	1.00E+02	1.00E+05
^{203}Pb	2.4E-10	2.08E+07	2.08E+08	1.00E+02	1.00E+05
^{32}P	3.2E-09	1.56E+06	1.56E+07	1.00E+03	1.00E+06
^{90}Y	2.7E-09	1.85E+06	1.85E+07	1.00E+03	1.00E+06
^{177}Lu	1.1E-09	4.55E+06	4.55E+07	1.00E+03	1.00E+06
注：上表 ALI_{min} 计算时，职业人员年剂量限值取 5mSv；对于放射性废液，按 1kg/L 密度近似换算。					

表 8 环境质量和辐射现状

（一）辐射现状监测方案

为了解本项目周围的辐射环境水平，核工业二三 0 研究所工作人员于 2025 年 6 月 15 日对项目场址周围的环境辐射水平进行了监测。

监测因子：环境γ辐射剂量率、放射性表面污染。

监测日期：2025 年 6 月 15 日。

监测地点：湖南省长沙市芙蓉区人民路 139 号中南大学湘雅二医院核医学科楼

监测点位：监测点位布置见图 8-1~图 8-2。

监测依据：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《表面污染测定 第 1 部分：β发射体（$E_{\beta max}$>0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）。

监测仪器：监测仪器信息见表 8-1：

表 8-1 辐射监测仪器相关信息一览表

仪器名称	X、γ辐射空气比释动能率仪	α、β表面污染测量仪
仪器型号	主机：FH40G，探头：FHZ672E-10	CoMo-170
生产厂家	Thermo	NUVIA
出厂编号	主机：41040 探头：11609	9597
检定单位	湖南省电离辐射计量站	湖南省电离辐射计量站
检定有效期限	2024.11.15~2025.11.14	2024.11.6~2025.11.5
证书编号	hnjln2024436-1264	hnjln2024407-1185
量程	主机：10nSv/h~ 1Sv/h； 探头：1nSv/h~ 100μSv/h	α：0-2500cps；β：0-20000cps
能量响应	主机：30keV~4.4MeV；探头：40keV~4.4MeV	/

质量保证措施：①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。③每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。⑤监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

（二）辐射现状监测结果

项目所在场址环境γ辐射剂量率，放射性表面污染监测结果分别见表 8-2、表 8-3。

表 8-2 环境γ辐射剂量率监测结果一览表

点位代号	监测点位描述	监测结果（nGy/h）		备注
		测量值	标准差	
γ1	核医学科楼南侧（道路）	68.2	1.22	道路
γ2	核医学科楼西侧（道路）	76.5	2.70	道路
γ3	核医学科楼北侧（道路）	77.0	2.06	道路
γ4	核医学科楼东侧（绿化）	69.0	0.55	道路
γ5	核医学科楼东侧（肿瘤中心走道）	126	1.87	楼房
γ6	核医学科楼一层原办公室	70.0	0.93	楼房
γ7	核医学科楼一层原操作间	81.3	1.03	楼房
γ8	核医学科楼一层原磁体室 1	71.3	1.00	楼房
γ9	核医学科楼一层原大厅	82.8	3.13	楼房
γ10	核医学科楼一层原空调和主机室	82.0	2.03	楼房
γ11	核医学科楼一层原候诊厅	78.3	1.53	楼房
γ12	核医学科楼一层原磁体室 2	75.3	1.87	楼房
γ13	核医学科楼一层原控制室	81.2	1.99	楼房
γ14	核医学科楼一层北侧楼梯间	83.3	2.65	楼房
γ15	核医学科楼二层示教室（会议室）	91.0	1.19	楼房
γ16	核医学科楼二层办公室	90.0	2.23	楼房
γ17	核医学科楼二层医生办	80.9	1.86	楼房
γ18	核医学科楼二层更衣	78.0	1.66	楼房
γ19	核医学科楼二层腹部影像室	80.8	1.24	楼房
γ20	核医学科楼二层卫生间	78.6	1.91	楼房
γ21	核医学科楼二层腹部影像室	82.9	1.99	楼房
γ22	核医学科楼二层乳腺影像室	90.4	1.50	楼房
γ23	核医学科楼三层候诊厅	103	1.78	楼房
γ24	核医学科楼三层办公室	117	1.33	楼房
γ25	核医学科楼三层候诊室	108	5.05	楼房
γ26	核医学科楼三层治疗室	98.3	3.48	楼房
γ27	核医学科楼三层示教室	97.6	2.23	楼房
γ28	核医学科楼三层肿瘤科病区走道	69.2	0.90	楼房
γ29	核医学科楼四层室外挂梯	84.4	2.70	楼房
γ30	核医学科楼四层甲测室	86.9	1.50	楼房
γ31	核医学科楼四层注射候检区	87.5	0.74	楼房
γ32	核医学科楼四层核医学科走道	104	1.13	楼房
γ33	核医学科楼四层 SPECT 显像室	79.3	2.07	楼房
γ34	核医学科楼四层控制室	89.5	1.74	楼房
γ35	核医学科楼四层分装室	229	2.95	楼房
γ36	核医学科楼四层储源室	190	2.39	楼房
γ37	核医学科楼四层肿瘤科病区走道	76.9	1.69	楼房
γ38	核医学科楼五层屋面	75.2	1.33	楼房

注：1、本次测量时，仪器探头距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、以上监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值，监测结果 $D_\gamma=k_1*（k_2*R_\gamma/1.2-k_3*D_c）$，检定系数 k_1=1.01，检验源效率因子 k_2=1，k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，R_γ为仪器测量读数值均值，宇宙射线的响应值 D_c 经修正后为 13.87nGy/h；

3、本次测量时，核医学科楼四层核医学工作场所未开展核素诊疗工作。

表 8-3 放射性表面污染监测结果

点位代号	监测点位描述	监测结果（Bq/cm²）		放射性表面污染控制水平（Bq/cm²）
		α放射性表面污染	β放射性表面污染	
1#	核医学科楼一层原办公室 1 地面	<0.003	0.121	4.0
2#	核医学科楼一层原操作间地面	<0.003	0.067	
3#	核医学科楼一层原操作间墙面	<0.003	0.059	
4#	核医学科楼一层原磁体室 1 地面	<0.003	0.028	
5#	核医学科楼一层原磁体室 1 墙面	<0.003	0.011	
6#	核医学科楼一层登记室地面	<0.003	0.016	
7#	核医学科楼一层登记墙面	<0.003	0.047	
8#	核医学科楼一层原大厅地面	<0.003	0.018	
9#	核医学科楼一层大厅墙面	<0.003	0.013	
10#	核医学科楼一层原空调和主机室地面	<0.003	0.010	
11#	核医学科楼一层原空调和主机室墙面	<0.003	0.128	
12#	核医学科楼一层原候诊厅地面	<0.003	0.133	
13#	核医学科楼一层原候诊厅墙面	<0.003	0.100	
14#	核医学科楼一层原磁体室 2 地面	<0.003	0.137	
15#	核医学科楼一层原磁体室 2 墙面	<0.003	0.047	
16#	核医学科楼一层原控制室地面	<0.003	0.090	
17#	核医学科楼一层原控制室墙面	<0.003	0.010	
18#	核医学科楼一层北侧楼梯间地面	<0.003	0.065	
19#	核医学科楼三层候诊厅地面	<0.003	0.095	
20#	核医学科楼三层候诊厅墙面	<0.003	0.052	
21#	核医学科楼三层办公室地面	<0.003	0.070	
22#	核医学科楼三层办公室墙面	<0.003	0.237	
23#	核医学科楼三层候诊室地面	<0.003	0.276	
24#	核医学科楼三层候诊室墙面	<0.003	0.281	
25#	核医学科楼三层候诊室椅面	<0.003	0.085	
26#	核医学科楼三层示教室地面	<0.003	0.206	
27#	核医学科楼三层示教室墙面	<0.003	0.276	
28#	核医学科楼三层示教室椅面	<0.003	0.098	
29#	核医学科楼三层治疗室地面	<0.003	0.211	
30#	核医学科楼三层治疗室墙面	<0.003	0.162	
31#	核医学科楼三层治疗室台面	<0.003	0.013	
32#	核医学科楼四层挂梯地面	<0.003	0.180	
33#	核医学科楼四层甲测室地面	<0.003	0.182	40
34#	核医学科楼四层甲测室墙面	<0.003	0.229	
35#	核医学科楼四层甲测室台面	<0.003	0.327	
36#	核医学科楼四层注射候检区地面	<0.003	0.394	
37#	核医学科楼四层注射候检区墙面	<0.003	0.124	
38#	核医学科楼四层注射候检区椅面	<0.003	0.402	
39#	核医学科楼四层注射候检区注射窗表面	<0.003	0.348	
40#	核医学科楼四层核医学科走道地面	<0.003	0.393	
41#	核医学科楼四层核医学科走道墙面	<0.003	0.344	
42#	核医学科楼四层核医学科走道体重仪表面	<0.003	0.123	
43#	核医学科楼四层 SPECT 显像室地面	<0.003	0.183	

44#	核医学科楼四层 SPECT 显像室墙面	<0.003	0.162	
45#	核医学科楼四层 SPECT 显像室设备表面	<0.003	0.039	
46#	核医学科楼四层控制室地面	<0.003	0.013	4.0
47#	核医学科楼四层控制室墙面	<0.003	0.049	
48#	核医学科楼四层控制室台面	<0.003	0.041	
49#	核医学科楼四层分装室地面	<0.003	1.106	40
50#	核医学科楼四层分装室墙面	<0.003	0.362	
51#	核医学科楼四层分装室注射窗表面	<0.003	0.216	
52#	核医学科楼四层分装室台面	<0.003	0.456	
53#	核医学科楼四层摄碘工作台面	<0.003	0.882	
54#	核医学科楼四层锝分装柜表面	<0.003	0.648	
55#	核医学科楼四层碘分装柜表面	<0.003	0.383	
56#	核医学科楼四层储源室地面	<0.003	0.535	
57#	核医学科楼四层储源室墙面	<0.003	0.038	
58#	核医学科楼四层储源室柜面	<0.003	0.730	

注：1、以上监测结果未扣除环境本底；

2、表面污染测量仪α探测下限：0.003Bq/cm^2，若校准结果小于探测下限，则记录为＜0.003；表面污染仪β探测下限：0.008Bq/cm^2，若校准结果小于探测下限，则记录为＜0.008；

3、本次测量时，核医学科楼四层核医学工作场所未开展核素诊疗工作。

（三）辐射现状评价

根据《中国环境天然放射性水平》（《中国环境天然放射性水平》编辑委员会，中国原子能出版社，2015 年 7 月）中湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究结果可知，长沙市γ辐射剂量率数据见表 8-4。

表 8-4 湖南省长沙市原野、道路、建筑物室内γ辐射剂量率（单位：nGy/h）

监测项目	原野	道路	室内
γ辐射剂量率平均值	70.2±16.1	65.9±18.3	106.2±20.7
范围	32.9-117.3	34.6-103.6	60.4-154.1

根据表 8-2 中的监测结果，项目所在场址周围环境γ辐射剂量率在 68.2-77.0nGy/h（道路），项目所在核医学科楼一层~三层非辐射工作场所环境γ辐射剂量率在 69.2-126nGy/h 范围内，四层除分装室、储源室外的其他区域环境γ辐射剂量率在 75.2-1042nGy/h 范围内，对比表 8-4 可知，本项目所在场址的辐射水平与长沙市天然本底辐射水平相当（道路：34.6-103.6nGy/h，室内：60.4-154.1nGy/h），无异常。核医学科楼四层分装室、储源室内因有剩余 ^{131}I 药液和放射性固废，场所内γ辐射剂量率在 0.2μGy/h 左右，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中周围剂量率控制水平要求。

根据 GB18871-2002 附录 B 表 B11（本报告表 7-5），本项目工作场所控制区内工作台、设备、墙壁、地面等α、β放射性表面污染控制水平均为 40Bq/cm^2，监督区内工作

台、设备、墙壁、地面等α、β放射性表面污染控制水平均为 4Bq/cm²。

根据表 8-3 中的测量结果，项目所在场址的α放射性表面污染均为未检出，β放射性表面污染在 0.010~1.106Bq/cm² 范围内，均低于 GB18871-2002 中相应放射性表面污染控制水平。

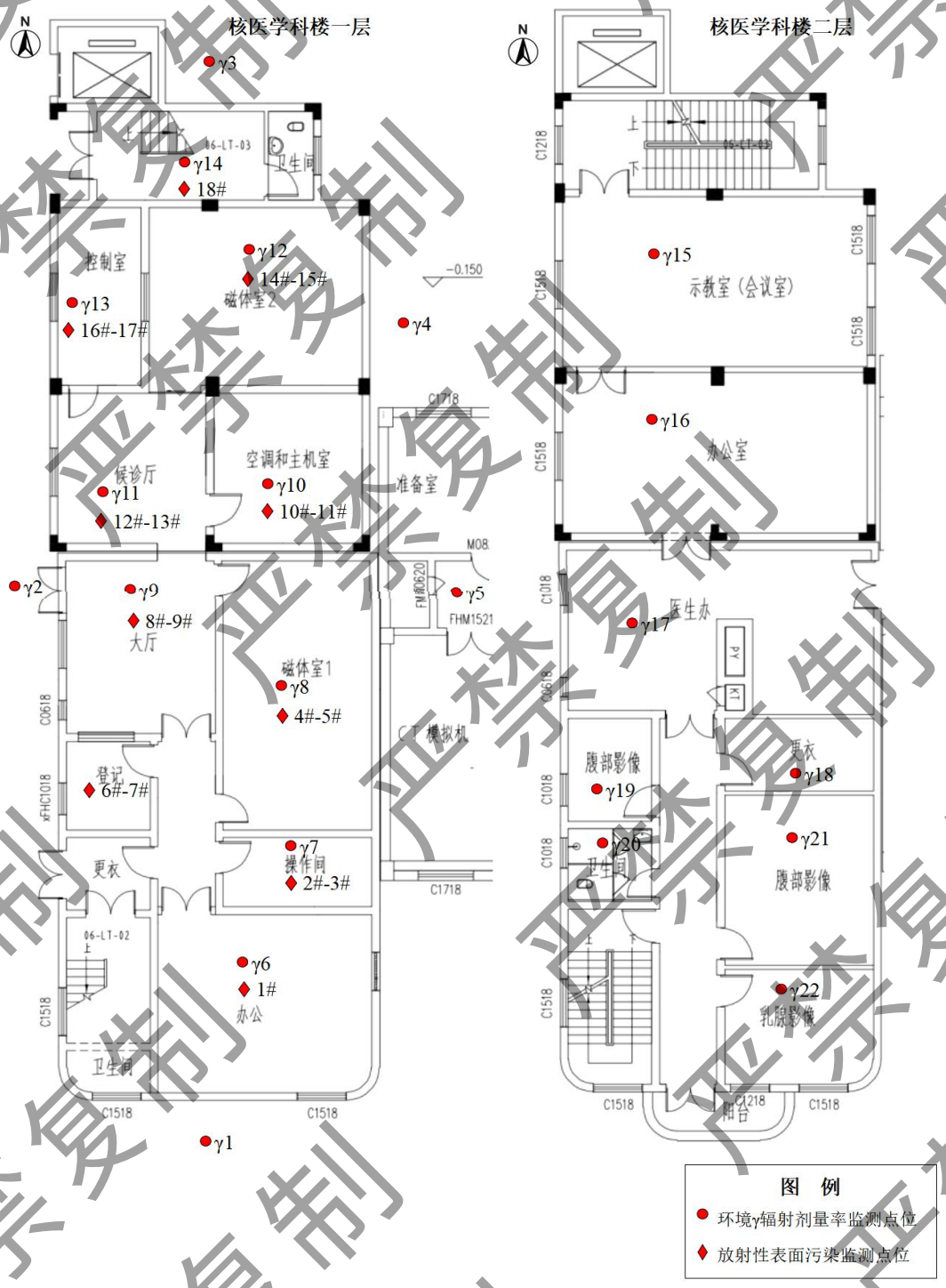


图 8-1 核医学科楼一层、二层监测点

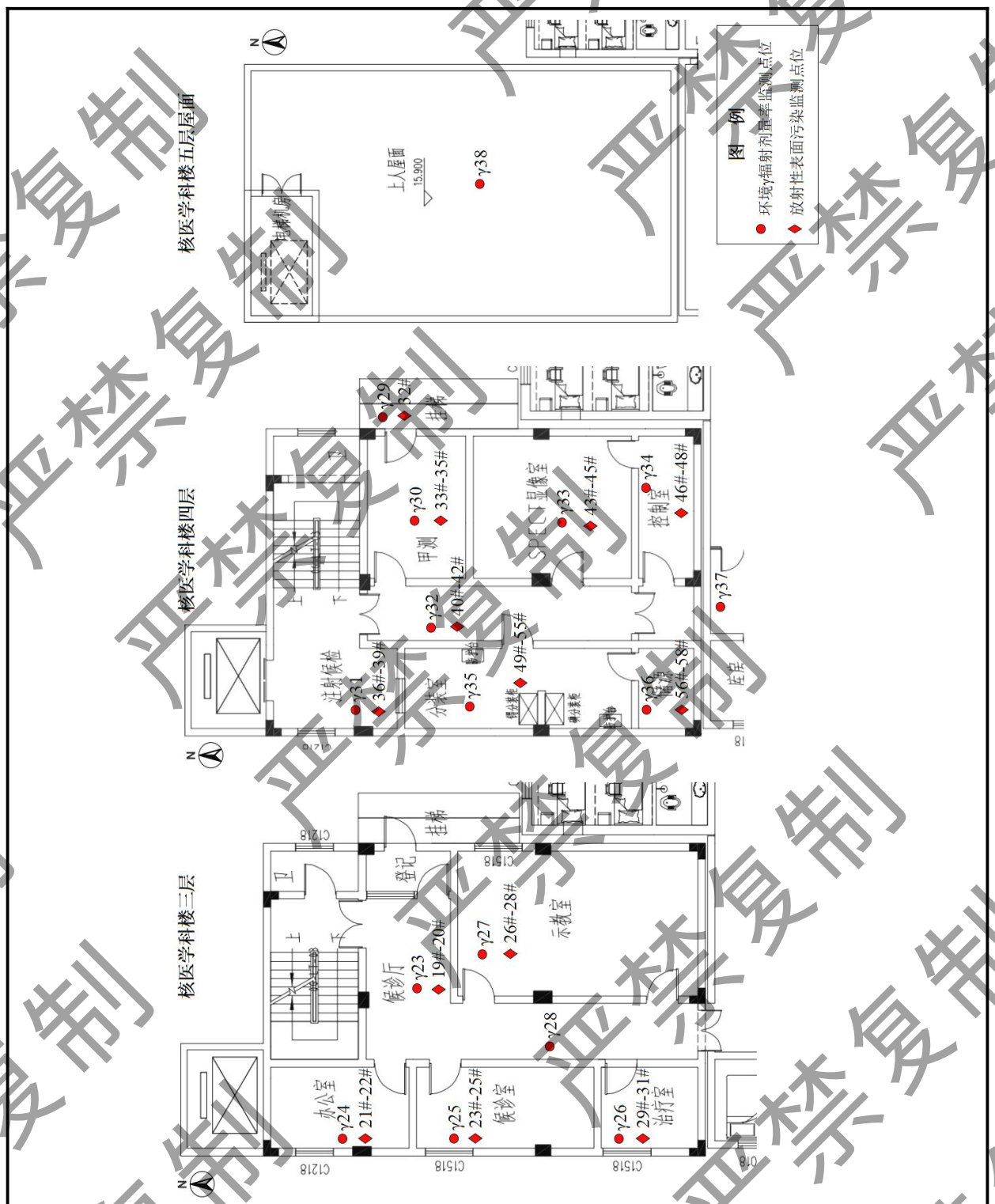


图 8-2 核医学科楼三层、四层和五层屋面监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

一、工程设备和工艺分析

9.1. 项目工程概况

根据医院提供的资料，本项目拟对核医学科楼一层、三层、四层进行整体改造提升，拆除场所内现有门、窗、部分墙体和室内装饰，并根据各核医学工作场所布局规划，封堵部分门洞、窗洞，局部新建墙体，本项目具体门、窗、墙体拆改见图9-1和图9-2。

本项目改造后，核医学科楼一层原放射科磁共振检查用室作为本项目SPECT显像工作场所、三层原核医学科门诊用室作为本项目核素敷贴治疗工作场所和核医学科办公用室、四层原SPECT工作场所将作为本项目核素治疗工作场所。同时，医院拟重新规划建设各工作场所通风系统和给排水系统，拟在核医学科楼东北侧绿化用地上新建1座三级槽式放射性衰变池系统用于收集处置三层核素敷贴治疗工作场所和四层核素治疗工作场所产生的放射性废水，位于核医学科楼北侧楼梯间下层的老三级推流式衰变池利旧，拟用于收集处置一层SPECT显像工作场所产生的放射性废水。

根据前文表 8-2、表 8-3 现场监测结果可知，因四层原 SPECT 工作场所仍在运营，受使用核素以及场所内暂存放射性废物等影响，工作场所内辐射水平高于环境本底水平。为保证原有工作场所拆改过程的工作人员及周围环境的辐射安全，四层原 SPECT 工作场所改建前应停止运营，自行或委托有资质单位开展辐射源项调查，确认场所内各放射源项均得到妥善处置，工作场所内所有墙面、地面、各设备设施表面以及拟拆除的相关管道表面的放射性表面污染水平均低于清洁解控要求，且场所内辐射剂量率处于当地辐射环境本底水平后方可开展相关改造工作，相关记录妥善保存。

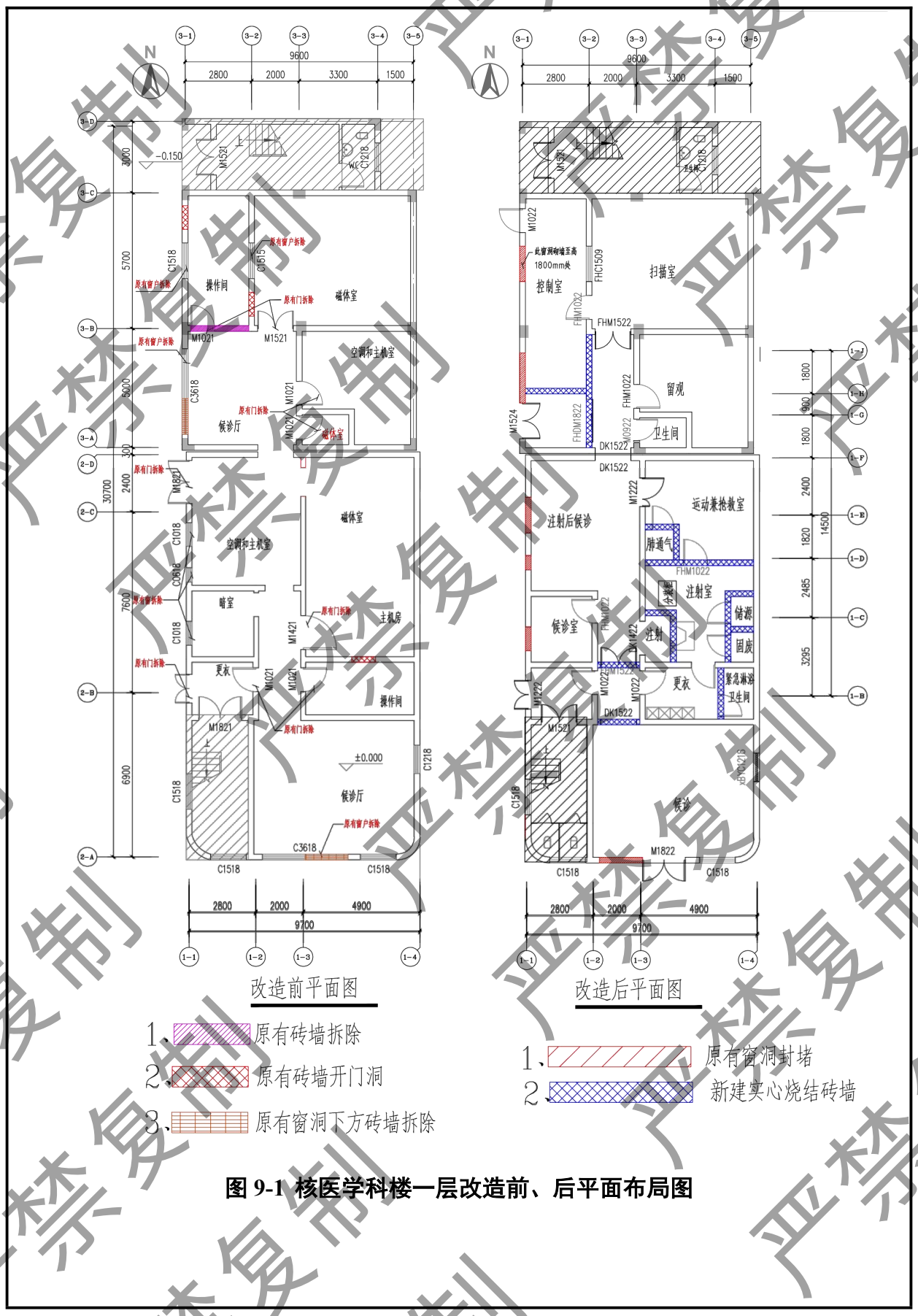


图 9-1 核医学科楼一层改造前、后平面布局图

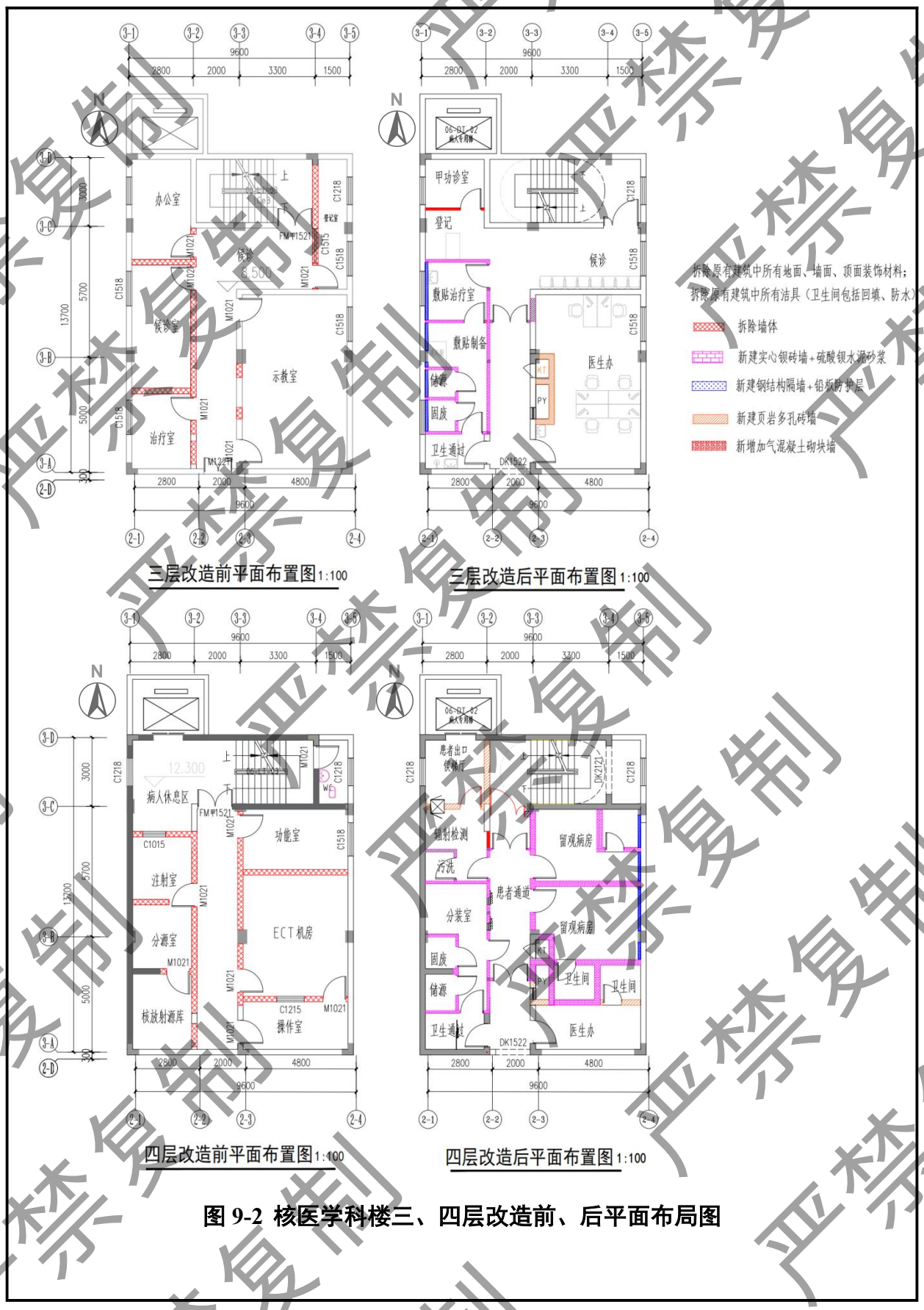


图 9-2 核医学科楼三、四层改造前、后平面布局图

9.2. 项目工程及污染源项分析——SPECT 显像工作场所

核医学楼一层SPECT显像工作场所内拟规划建设1间SPECT-CT机房和相关辅助用房（如分装、给药、候检、留观等用室），配置1台SPECT-CT机（III类射线装置），并新增使用非密封放射性物质^{99m}Tc、^{203}Pb开展显像诊断。

表 9-1 本项目 SPECT 显像工作场所使用的核素特性

核素名称	理化状态	半衰期	毒性分组	衰变类型	β射线最大能量 MeV	光子最大能量 MeV
^{99m}Tc	液态	6.02h	低毒	IT（同质异能跃迁）	/	0.140
^{203}Pb	液态	51.87h	低毒	EC（电子俘获）	/	0.279

注：以上数据取自《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社，2011 年）中表 2.3 和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 H 表 H.1。

9.2.1. SPECT-CT 显像诊断工作原理与流程

9.2.1.1. 核素特性及工作原理

^{99m}Tc 为 ^{99}Tc 的同质异能素，IT%≈100%，半衰期为 6.02 小时。发生同质异能跃迁（IT 跃迁）时释放γ射线，能量约为 140keV，其子体为核素 ^{99}Tc，^{99}Tc 的半衰期为 2.14×10^5 年，可发生β-衰变转化成稳定核素 ^{99}Ru(钌)。本项目核医学科使用 ^{99m}Tc 标记药物，受检者注射 ^{99m}Tc 标记药物后，^{99m}Tc 会在特定的器官或组织富集并发射γ射线，利用 SPECT-CT 来探测这种核素发射的γ射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，还可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。^{99m}Tc 临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、肾动态显像等。

^{203}Pb 通过电子俘获衰变释放 279 keV γ射线及 72 keV 特征 X 射线，适用于 SPECT 成像。^{203}Pb 和 ^{212}Pb 同为铅的同位素，其化学性质以及在生物体内的代谢行为相同，因此在目前可实际生产用于α粒子靶向治疗的核素中，^{203}Pb/^{212}Pb 是唯一可用的元素相同的放射性核素诊疗对，即将 ^{203}Pb 作为 ^{212}Pb 理想的显像替核素，以研究 ^{212}Pb 治疗配体的药代动力学以及评估 ^{212}Pb 放射性标记药物的生物分布和靶向性。

9.2.1.2. SPECT-CT 设备组成及工作原理

SPECT 的全称是单光子发射计算机断层扫描仪（Single-Photo Emission Computed Tomography），其进行诊断的基本原理是：当单光子核素标记药物在特定的器官或组织聚集时，核素衰变发射出γ射线可穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能

准直器对γ射线进行准直，通过闪烁体将γ射线能力转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。

SPECT-CT（单光子发射计算机断层-X 线计算机断层扫描仪）是指高端 SPECT 和多排螺旋 CT 结合成一体化的设备，由探测器（探头）、CT 部分、患者检查床和图像采集处理工作站四部分组成，不仅提供 SPECT 功能信息，而且提供诊断 CT 的解剖信息，能够将功能代谢和解剖结构结合显示成像。

SPECT 本身不发射任何辐射，常用 ^{99m}Tc 为标记药物，利用 SPECT 来探测这种放射性核素发射的γ射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，还可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。叠加 CT 扫描出的解剖结构图像，较早诊断骨骼、心脏和肿瘤等多种临床疾病优势明显。

9.2.1.3. 肺通气显像工作原理及设备组成

肺通气显像是指受检者通过吸入方式将放射性 ^{99m}Tc 气体或气溶胶（以下简称“^{99m}Tc 气体）经呼吸道吸入双肺，使其沉积在终末细支气管和肺泡内，通过 SPECT/CT 对受检者体外的γ射线进行探测，以显示双肺各部位的放射性分布及动态变化影像来判断气道通畅情况及病变状态，以达到肺栓塞等肺部疾病诊断目的。

^{99m}Tc 气体实际为一种细微碳包裹 ^{99m}Tc 的纳米颗粒悬浮物，粒径为 2~20nm，由锝气体发生器制备所得。锝气体发生器主要由发生器主机、推车、舟型石墨坩埚、加压通气附件、患者吸入装置等组成，其制备工艺如下：将一定活度的 ^{99m}Tc 溶液加入舟型石墨坩埚并放置在锝气体发生器内，仪器在高纯度的氩气环境下通电加热至 2500℃-3000℃左右将加入的 ^{99m}Tc 溶液蒸发，3~15s 后即可生成的 ^{99m}Tc 标记纯碳微粒的超细分散体，患者可通过专用吸入装置管道吸入 ^{99m}Tc 气体。

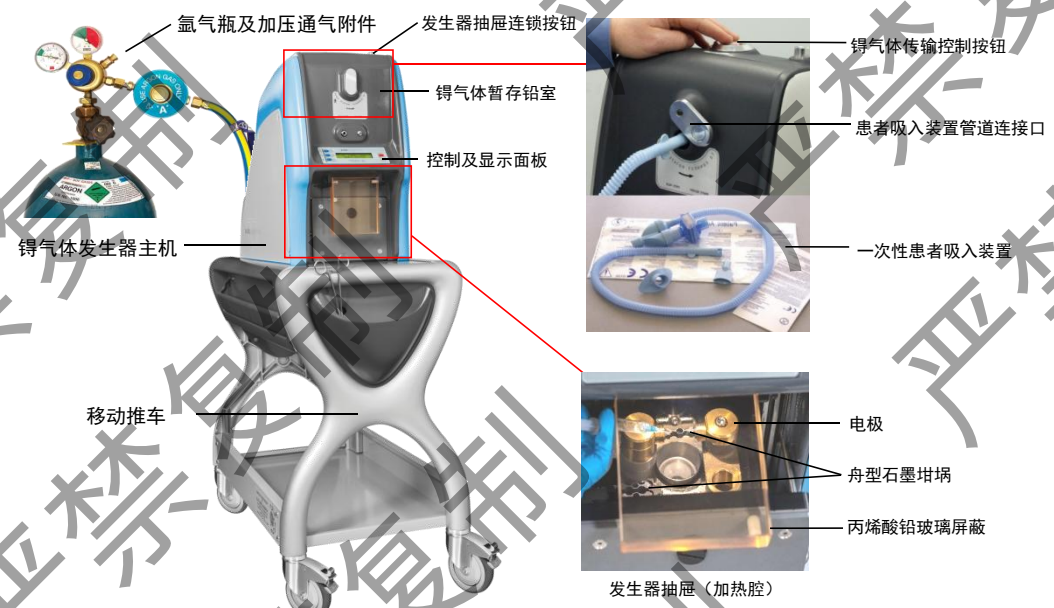


图 9-3 锝气体发生器结构示意图

9.2.1.4. SPECT-CT 显像诊断工作流程

本项目核医学科拟采取预约制，主要使用 ^{99m}Tc、^{203}Pb 开展显像诊断，每天最大 35 人次患者（当开展肺通气显像和 ^{203}Pb 显像时，^{99m}Tc 显像患者人数相应减少），年工作 250 天（5 天/周，50 周/年）。^{99m}Tc 和 ^{203}Pb 均由供药单位分装成单个患者所需针剂后按时送至分装柜内备用，无需进一步分装，采用静脉注射给药，工作流程如下：

（1）预约登记：接收患者预约，按患者人数安排就诊时段。安排就诊时段前，医生会与患者核实其后续诊疗计划，开具 SPECT 诊断单并告知患者诊断过程存在的辐射危害，并确保患者服药后可留在核医学科内部候检、留观。医院根据患者预约情况订购药物。

（2）药物接收和抽检：根据患者预约情况订购药物，供药单位按约定时间将药物送达核医学科，并暂存于分装柜内。工作人员抽取 10%开展放射性活度检验，并仔细核对药物信息（如包装、名称、规格、批号、厂家等），确认无误后签收。

（3）给药前准备：在进行药物注射前，患者需前往登记、完成体查，并在指定区域候诊。

（4）注射给药：在注射窗口取出装有 ^{99m}Tc、^{203}Pb 药物的针剂，在注射窗屏蔽下通过静脉注射给药，每人次给药时间不超过 0.5min。给药结束后将废注射器装入专用铅废物收集容器内，于每日工作结束转入废物间存放衰变。

（5）候检：给药后，患者根据指示前往对应注射后候诊区等候约 2h，待药物代谢至一定程度。

（6）扫描：根据现场呼叫，前往扫描室进行扫描检查，技术人员指导患者进行摆位（约 10%患者需技术人员进入机房指导摆位），摆位完成后离开机房进入控制室，检查一般用时约 10min。

（7）扫描完成后，患者进入留观室观察 15min 左右，若扫描图像无误，则可由患者专用出口离开。

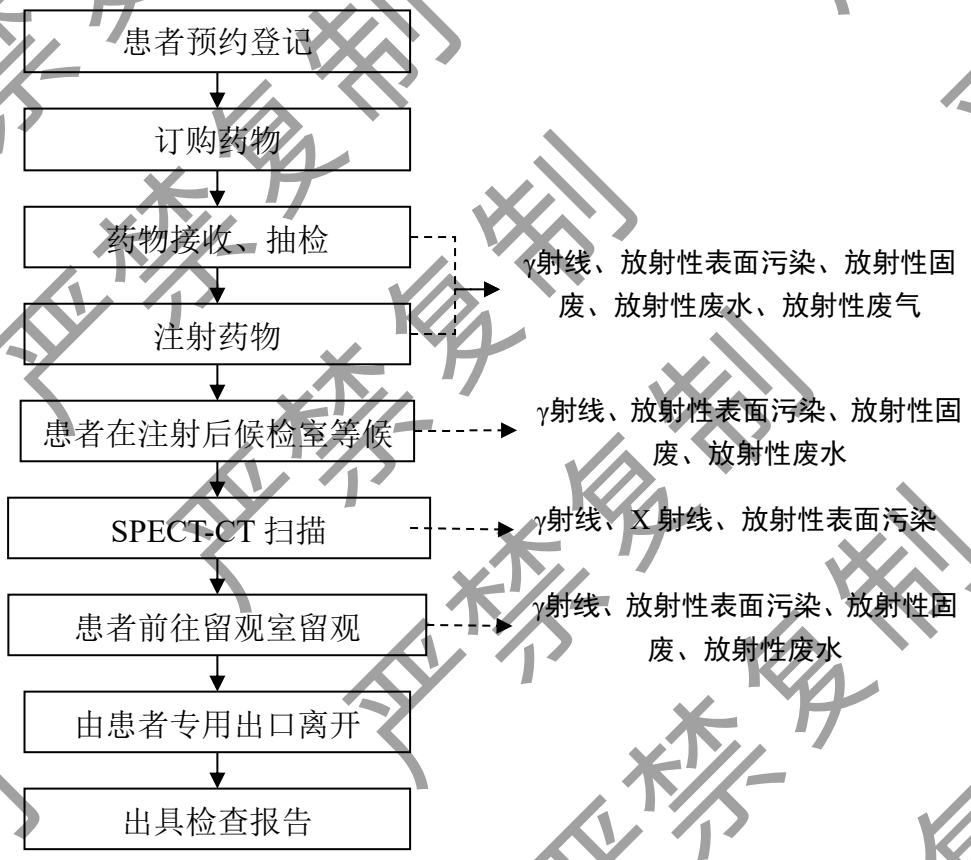


图 9-4　显像诊断流程及产污环节

1.1.1.1 锝气体显像诊断原理及工作流程

本项目核医学科拟采取预约制，^{99m}Tc 肺通气显像所用针剂由供药单位根据需求分装成针剂后按时送至分装柜内备用，工作流程如下：

（1）患者适应性评估及预约登记：根据患者病情进行综合评估是否开具 SPECT-CT 肺通气显像检查单，告知患者可能的辐射危害及注意事项，根据患者预约情况订购钼锝发生器及患者扫描计划；

（2）患者就诊登记及准备：患者按照预约时间前往 SPECT 影像区进行登记，再次告知患者可能对辐射危害及注意事项，叫号后前往肺通气室进行准备，工作人员按要求正确连接一次性吸入装置使之处于工作状态，并指导患者用嘴咬住口管，用鼻夹夹住鼻子，通过吸入装置进行正常呼吸训练；

（3）^{99m}Tc 气体制备及给药：将 ^{99m}Tc 溶液通过注射器加入锝气体发生器石墨坩埚内，通电加热产生 ^{99m}Tc 气体后，患者通过吸入装置连接管及口罩吸入 3~5 次锝气体，给药后患者进行漱口并佩戴口罩以防锝气体呼出污染周围环境。

（4）SPECT-CT 扫描：患者根据语音呼叫进入相应机房，技术人员在控制室内进行语音指导摆位，扫描时长约 15min/人次；

（5）扫描后留观：扫描完成后，患者进入留观室等候，待医务人员确认扫描图像无误后可患者专用出口离开。

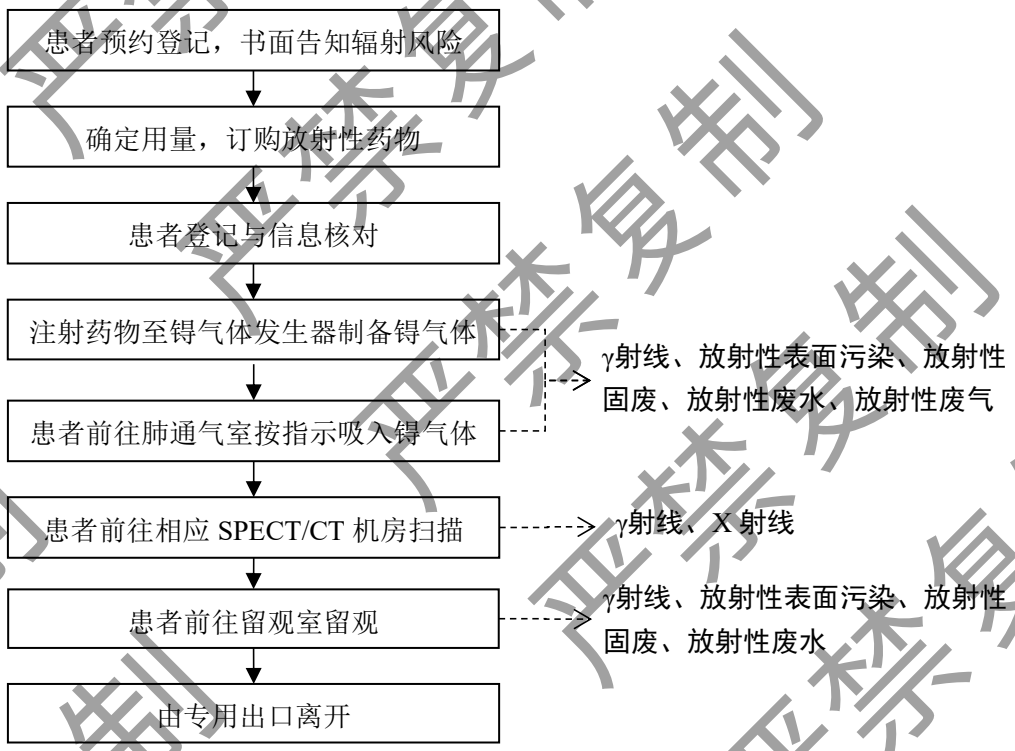


图 9-5 锝肺通气显像工作流程及产污节点示意图

9.2.1.5. 污染源项分析

核医学科工作人员在操作药物过程中以及接触用药患者时均会受到核素衰变发出的γ射线外照射影响，在使用 SPECT-CT 时，装置出束过程会产生 X 射线。此外，在注

射药物患者候诊、留观等过程中，还会产生含 ^{99m}Tc、^{203}Pb 的固体废物和废水，^{99m}Tc 气体制备、给药以及其他操作放射性药液过程中可能因气体泄漏或核素挥发产生少量放射性废气。如若发生核素洒落等意外事故，还可能污染工作场所造成放射性表面沾污。

9.3. 项目工程及污染源项分析——核素敷贴治疗工作场所

核医学楼三层核素敷贴治疗工作场所拟规划建设1间敷贴治疗室及相关辅助用房（如储源、分装制膜等用室），新增使用非密封放射性物质^{32}P开展敷贴治疗。

表 9-2 核素敷贴治疗工作场所使用的核素特性

核素名称	理化状态	半衰期	毒性分组	衰变类型	β射线最大能量 MeV	光子最大能量 MeV
^{32}P	液态	14.26d	中毒	β^-	1.71	/
注：以上数据取自《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 H 表 H.1。						

9.3.1. 核素敷贴治疗工作原理与流程

9.3.1.1. 核素特性及工作原理

^{32}P 半衰期 14.26 天，衰变方式为纯β^-衰变（β%=100），衰变时放出的β射线最大能量为 1.709MeV，平均能量为 0.695MeV，释放的β射线在生物组织内射程短，组织穿透射程为 3-4mm，在组织中最大射程 8mm。^{32}P 敷贴治疗主要是利用核素放射β射线，使局部病灶产生辐射生物效应而达到治疗目的，使用前依据患者病变的形状、大小制成的敷贴器，将放射性核素 ^{32}P 均匀地吸附在滤纸上制成的，让敷贴器充分贴近病变皮肤，利用 ^{32}P 发出的β射线对病变组织进行辐射照射，从而对皮肤毛细血管瘤、血管痣、瘢痕疙瘩、慢性湿疹、牛皮癣及局限型神经性皮炎等起到治疗作用。这种敷贴器有利于克服常规敷贴放射源固定形状的局限性，达到完全覆盖病变组织使之真正得到靶向照射，使病变组织得到最大照射效应，并有效控制周围正常组织的吸收剂量而减少损伤。

9.1.1.1. 敷贴治疗工作流程

（1）预约登记：接收患者预约，告知患者存在的辐射危害，安排就诊时段。医院根据患者预约情况订购药物。

（2）敷贴器制备：敷贴器治疗一般采用优质滤纸作为 ^{32}P 溶液的支持物，根据病变形状制成相应大小的敷贴器（纸片），按照患者年龄、瘢痕的面积、部位和质地计算一次的敷贴剂量及敷贴的时间。敷贴器制作拟在通风橱内进行，先将 ^{32}P 用适量蒸馏水或生理盐水稀释配制成一定放射性活性的液体，用加样器将稀释好的 ^{32}P 溶液滴加在制作

好的滤纸上，用红外线灯烤干或晾干滤纸，并用塑料膜将其密封待用。

（3）患者登记与信息核对：实施敷贴治疗前，工作人员核对患者信息：收回并核对患者治疗卡，详细登记治疗日期、敷贴治疗计划以及患者个人信息等。每次治疗前，先患者的治疗卡，再给予实施敷贴治疗。治疗完毕，。由工作人员收回敷贴器放回贮源箱内保存。

（4）实施敷贴治疗：医护人员拟采取佩戴有机玻璃眼镜和使用远距离操作工具等有效的个人防护措施，用胶布或绷带将塑封的 P-32 敷贴器紧密贴在病变处，将敷贴器持续地放在患者病灶部位，一次或分次完成疗程总剂量，若需要分次敷贴达到治疗剂量，则期间敷贴器暂存在敷贴制备间储源柜内，患者不得将敷贴器带出。使用 ^{32}P 敷贴器时，需用防护材料（如橡皮或塑料等）将患者病灶周围正常皮肤覆盖，避免受到不必要的照射。

（5）敷贴治疗完毕后，工作人员如数回收敷贴器，并将患者治疗卡返回给患者，废旧敷贴器拟作为放射性固体废物处置。

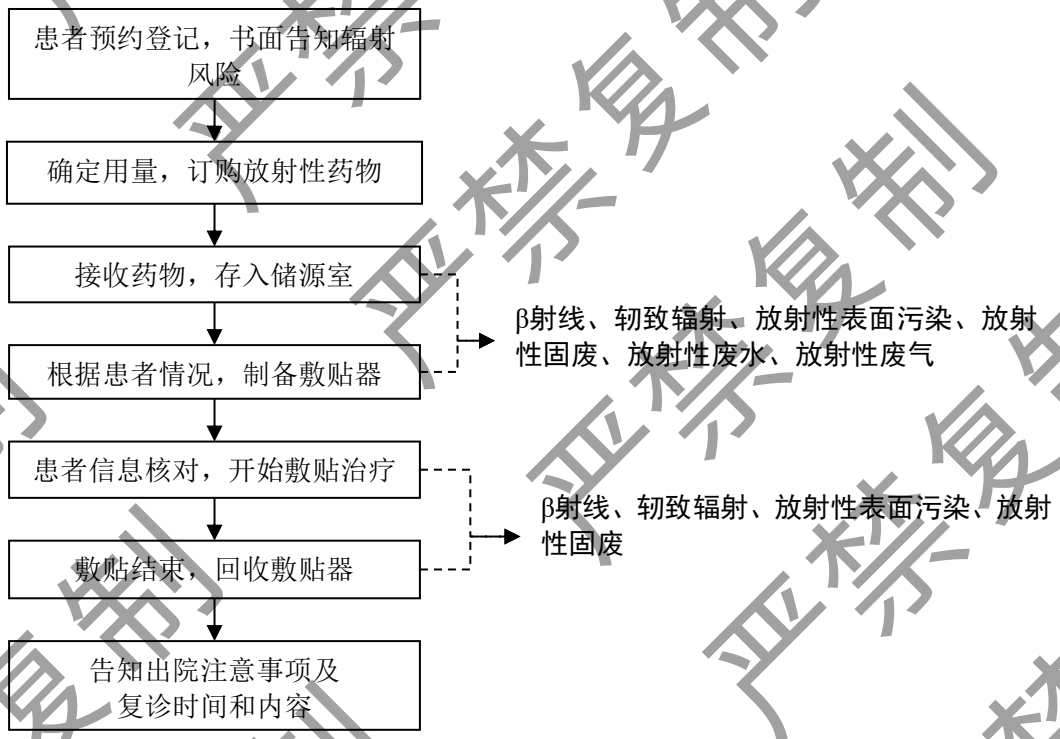


图 9-6 P-32 敷贴治疗流程及产污环节图

9.1.1.2. 污染源项分析

^{32}P 为纯β衰变，其主要的污染源为在操作核素及敷贴器过程中β射线、韧致辐射等，

制膜期间以及在使用期满后会产生废旧敷贴器、一次性防护用品等放射性固废物，制膜时核素药液挥发产生的少量放射性废气。如若发生核素洒落等意外事故，还可能污染工作场所造成放射性表面沾污。

9.4. 项目工程及污染源项分析——核素治疗工作场所

核医学楼四层核素治疗工作场所拟规划建设2间核素治疗病房（即“留观病房”，均为单人间）及相关辅助用房（如储源、分装等用室），拟使用非密封放射性物质^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、^{212}Pb、^{131}I、^{89}Sr、^{125}I（粒子源）开展核素治疗。

表 9-3 核素治疗工作场所使用的核素特性

核素名称	理化状态	半衰期	毒性分组	衰变类型	α/β射线最大能量 MeV	光子最大能量 MeV
^{177}Lu	液态	6.73d	中毒			
^{90}Y	液态	2.67d	中毒			
^{225}Ac	液态	10.0d	极毒			
^{212}Pb	液态	10.64h	中毒			
^{131}I	液态	8.02d	中毒			
^{89}Sr	液态	50.53d	中毒			
^{125}I（粒子源）	固态	59.4d	中毒			

注：以上数据取自《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社，2011 年）中表 2.5、表 2.6、表 2.7 和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 H 表 H.1。

9.4.1. ^{177}Lu、^{90}Y 治疗工作原理及工作流程

9.4.1.1. 核素特性及工作原理

^{177}Lu 属于镧系金属类，物理半衰期为 6.73 天，衰变方式为β衰变（β%=100），能发射 3 种能量β射线，其中β射线最大能量为 497keV，同时，^{177}Lu 可发射 2 个特征的γ射线（208keV 和 113keV），其中分支比最大的为 10.36%，能量为 208keV。^{177}Lu 标记的药物目前主要分为单克隆抗体、适配体和小分子抑制剂，常用于前列腺癌、神经内分泌肿瘤等原发肿瘤及其转移灶的治疗，其主要的治疗机理为 ^{177}Lu 标记药物可以识别位于癌细胞表面与之结合的靶向受体，从而可以将 ^{177}Lu 靶向递送至恶性细胞，利用 ^{177}Lu 衰变释放的β射线产生的电离辐射生物学效应，从而使肿瘤细胞受到损伤和破坏，达到治疗目的。

^{90}Y（钇）是纯β^-衰变核素，半衰期为 64.2h，β^-衰变最大射线能量为 2.284 MeV，平

均能量为 0.935MeV，在人体组织中的最大射程为 12mm，是一种较为理想的放射治疗用核素在组织中的平均射程为 12mm，适用于治疗较大的肿瘤。^{90}Y 标记的单克隆抗体具有较好的体外稳定性及高放射性比活度，利用单克隆抗体与靶细胞特异性结合，可将 ^{90}Y 带至病灶部位，利用其衰变释放的β射线产生的电离辐射生物学效应可使肿瘤细胞受到损伤和破坏，达到治疗目的，常用于卵巢癌、神经胶质瘤、结肠癌以及淋巴瘤等肿瘤的特异性放射免疫治疗研究。

9.4.1.2. 工作流程

本项目核医学科拟采取预约制，每批次最多开展 2 人次 ^{177}Lu 或 ^{90}Y 治疗，^{177}Lu、^{90}Y 治疗患者年最大人数分别为 100 人次和 40 人次。^{177}Lu 和 ^{90}Y 均由供药单位按时送至分装柜内备用，给药前需由核医学科工作人员进行手动分装，^{90}Y 采用静脉注射给药、^{177}Lu 采用床旁静脉输液或注射给药，^{177}Lu 通常需要进行多个周期的治疗，所需周期、治疗间隔时间取决于患者的反应、毒性和肿瘤负荷等。^{177}Lu、^{90}Y 患者人数较少，拟错时开展。

本项目 ^{177}Lu、^{90}Y 治疗工作流程如下：

（1）患者适应性评估及预约登记：根据患者病情进行综合评估是否开具治疗单，告知患者可能对辐射危害及注意事项，根据患者预约情况制定放射性药物采购计划；

（2）根据患者预约情况订购药物，供药单位按约定时间将药物送达核素治疗工作场所，并暂存于分装柜内；

（3）患者入院登记及准备：患者按照预约时间前往核医学科三层进行登记，^{177}Lu 患者给药前，需在患者手臂建立静脉留置针通路，并按要求给予常规药物做好给药前准备；

（4）药物分装：医务人员在分装柜内完成药物活度测定、分装等准备操作；

（5）患者注射药物：药物准备完成后，呼叫患者前往核素治疗工作场所注射窗注射给药，注射时间不超过 1min。对于需要床旁输液给药的 ^{177}Lu 患者，工作人员将药物送至病房，连接药物输注管道，采用静脉输液方式通过留置针通路给药，输液时间一般不超过 30min；

（6）患者留观：注射药物后患者在核素病房进行留观，留观期间工作人员通过视

频监控及语音通话系统密切观察患者情况，如出现不良反应立刻采取应急措施；

（7）留观：^{90}Y 患者最长留观 6h 后即可由患者专用出口离开，^{177}Lu 患者拟留观 6h~1d 后，如无异常情况，且经检测满足出院要求后方可由患者专用出口离开。

图 9-7 ^{177}Lu、^{90}Y 治疗流程及产污环节图

9.4.1.3. 产污分析

^{177}Lu 和 ^{90}Y 均为β衰变核素，工作人员操作放射性药物以及服药后患者体内核素衰变放出的β射线及其轫致辐射、γ射线产生的外照射危害。在放射性药物给药过程和患者留观、住院过程中产生的放射性废物，操作放射性药液过程中可能因挥发产生少量放射性废气。此外，如发生放射性药物意外撒漏，还会造成场所放射性污染。

9.4.2. ^{131}I 治疗工作原理及工作流程

9.4.2.1. 核素特性及工作原理

^{131}I 作为元素碘的一种同位素，与碘具有相似的生化特性，^{131}I 主要发生β衰变，半衰期为 8.02 天，β衰变放出的β射线最大能量为 0.606MeV，还能释放出多条γ射线，其中分支比最大的为 81%，能量为 364.5keV。

甲状腺功能测定：碘是甲状腺合成甲状腺激素的原料之一，放射性的 ^{131}I 也能被摄

取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取的量和速度与甲状腺功能密切相关。将 ^{131}I 引入受检者体内，利用体外探测仪器测定甲状腺部位放射性计数随时间的变化，可以了解 ^{131}I 被甲状腺摄取的情况，从而判断甲状腺的功能。甲状腺功能测定的 ^{131}I 服药量为 1.11E+05~3.7E+05 Bq（3~10 μCi）。

^{131}I 治疗甲亢原理：甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。^{131}I 在甲状腺内停留的时间较长，在甲亢患者甲状腺内的有效半衰期约 3～5 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 衰变时主要发射β粒子，且射程短，仅约 2～3mm，对周围正常组织一般无影响。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、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。由于甲亢患者最大服药量活度为 10mCi（370MBq）低于 400MBq。因此，甲亢患者服药后直接离开。

9.4.2.2. 工作负荷及工作流程

本项目核医学科拟采取预约制，^{131}I 甲亢患者和甲状腺功能测定患者人数均不超过 10 人次/天，年工作 50 天（1 天/周，50 周/年），^{131}I 患者人数较少，拟将甲亢患者和甲状腺功能测定患者安排在同一天给药，并与 ^{177}Lu 和 ^{90}Y 治疗项目错时开展。^{131}I 均由供药单位依据当天甲亢患者和甲状腺功能测定患者所需总剂量，将当天所需所有 ^{131}I 药物装在一支试剂瓶内，并按时送至分装柜内备用，给药前需工作人员进一步稀释分装，采用口服方式给药。工作流程如下：

（1）患者停用含碘丰富的食物和药物以及其他影响甲状腺吸碘功能的物质（如海产品、碘制剂、甲状腺激素、抗甲状腺药物等）2~4 周。

（2）医院根据患者预约情况向供药方定药，当天给药前，供药方将所有 ^{131}I 药物装在一支试剂瓶内，放于用铅屏蔽容器送至核素治疗工作场所分装柜内，工作人员核对药物信息无误后并签收。

（3）给药前，工作人员前往分装室，依据患者处方剂量手动分装药物，将装有药物的口杯置于垫有吸水纸的托盘内，通过服药窗传递至患者侧，通过语音监控指导患者前往服药窗取药服用。

（4）患者服药后如无异常，由患者通道离开。

（5）甲测患者需分别于 2 小时、24 小时后回核医学科楼三层甲测室测摄碘率，每次检查 30s。

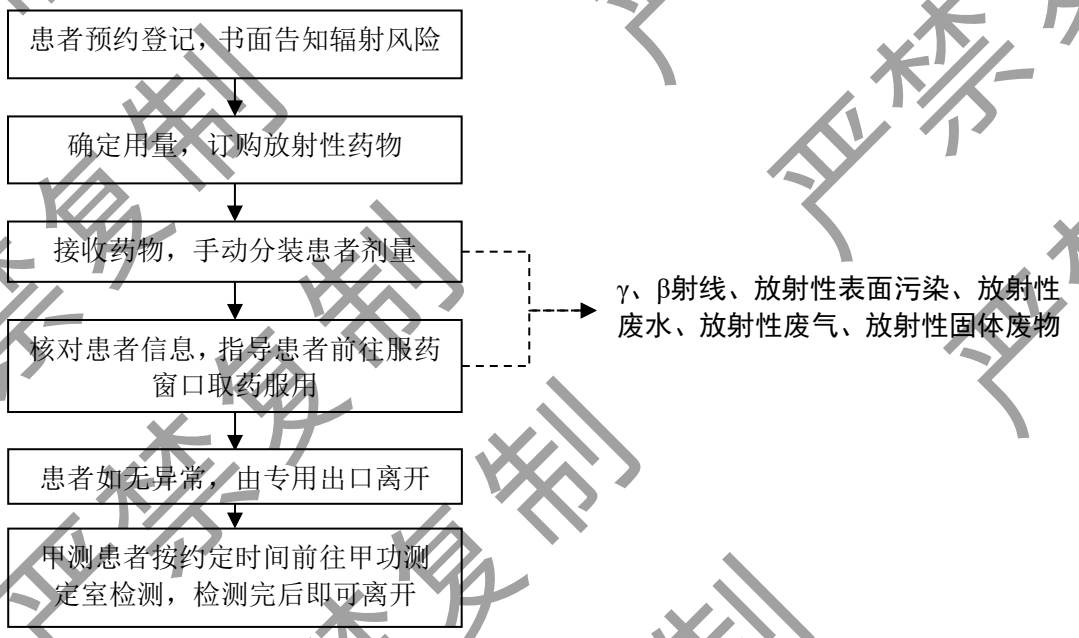


图 9-8 ^{131}I 甲测、甲亢治疗工作流程及产污节点图

9.4.2.3. 产污分析

^{131}I 衰变过程主要释放γ射线和β射线，工作人员在操作药物过程中会受到核素衰变发出的β射线、γ射线的照射影响。此外，在药物分装、给药时还会产生放射性药物包装、吸水垫、服药口杯等放射性固体废物和少量含放射性清洗废水。^{131}I 药物易挥发产生放射性气溶胶，通过专用管道引至楼顶，经活性炭过滤装置吸附过滤后排放，对环境影响较小。如发生放射性药物意外撒漏，还会造成场所放射性污染。

9.4.3. ^{125}I 粒子植入治疗工作原理及工作流程

9.4.3.1. 核素特性及工作原理

放射性粒籽植入治疗是组织间插植治疗方法之一，是放射性核素内照射治疗的一种方法。它将一定规格的多个封装了的放射源通过植入器经植入针直接植入到肿瘤组织中，通过放射源发出持续低能量X、γ射线，使肿瘤组织受到最大程度毁灭性杀伤，而正常组织不损伤或轻微损伤，以达到治疗目的的一种治疗方法。放射性粒籽植入治疗的原理是通过放射性粒籽发射出的X、γ射线破坏肿瘤细胞核的DNA双链，使其失去繁殖能

力，粒籽永久性植入肿瘤组织内，持续发射低能γ射线，持续作用于肿瘤细胞，经过足够剂量和足够半衰期，能使靶区肿瘤细胞全部失去繁殖能力，从而达到较彻底的治疗效果。该方法有创伤小、靶区剂量高、对周围正常组织损伤小等特点。

本项目使用^{125}I放射粒籽源开展治疗的植入治疗，该粒子源是由吸附^{125}I的银棒以及钛合金外壳组成，外形总长4.5mm，呈圆柱形，直径为0.8mm，单颗粒籽源活度从0.3mCi至0.8mCi不等，粒籽源及常见植入器结构如下图所示：

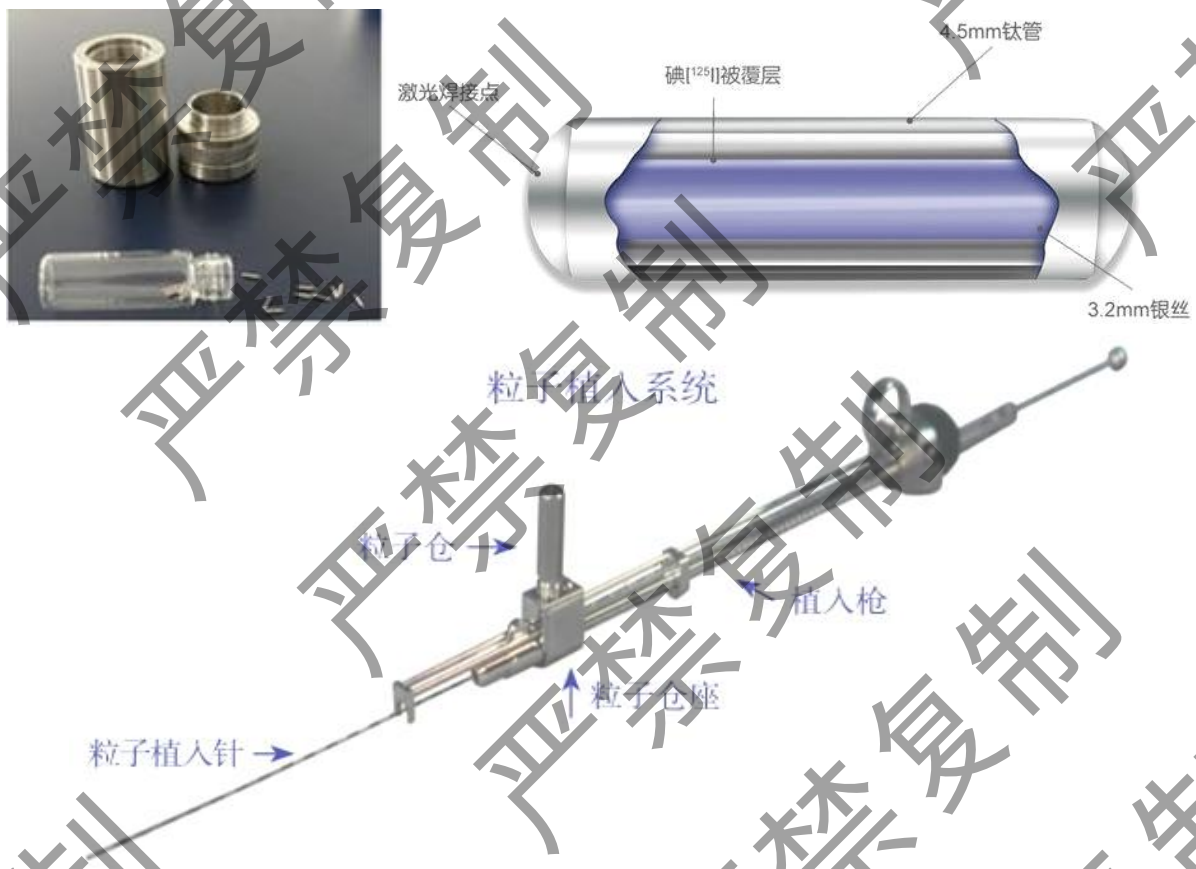


图 9-9 ^{125}I 粒籽源及笔式植入器结构示意图

^{125}I半衰期59.4天，主要通过电子俘获衰变伴随发射出能量范围为27.2keV至35.5keV的特征X射线及γ射线，以及其衰变发出射线与银棒作用产生能量为22.2keV和25.2keV的荧光X射线。^{125}I的加权平均光子能量为28.37keV，组织穿透力为1.7cm。由于^{125}I的X射线能量低，在源体内辐射自吸收大，实际射出源体的光子数小于装源发射光子数的四分之一。因此，作为源的出厂指标，以源外观活度（又称等效活度）给出，它是实际射出源表面的粒籽的剂量，与同位素无自吸收的裸源剂量相同。本报告中放射源活度均指源外观活度。

9.4.3.2. 工作负荷及工作流程

本项目^{125}I粒籽植入治疗预计最大工作量最多2例/d，100例/年，每例患者单次最多植入^{125}I粒籽数不超过100mCi。具体工作流程如下：

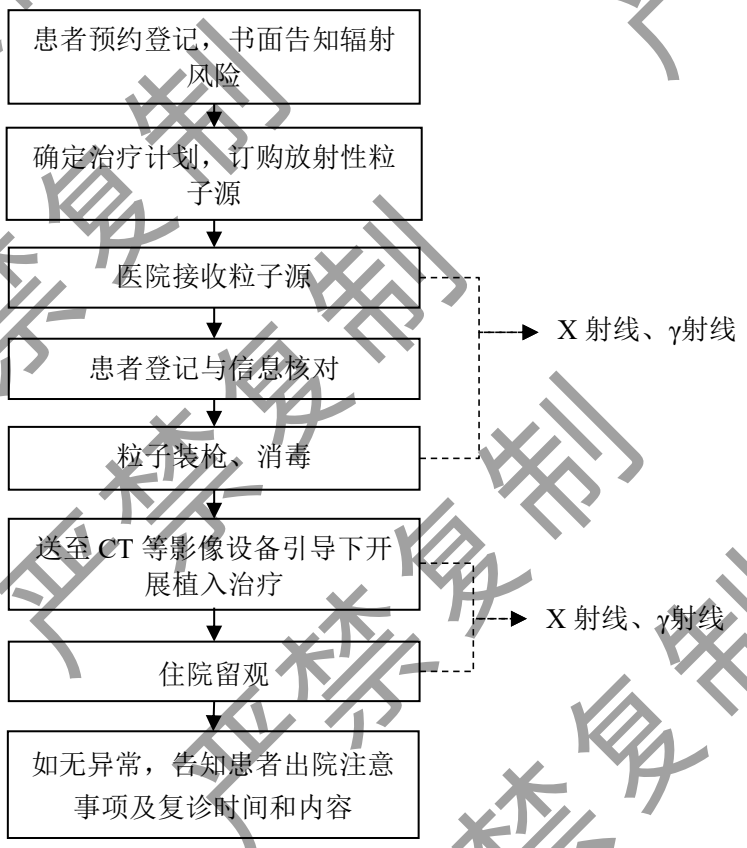


图 9-10 ^{125}I 粒子植入治疗流程及产污环节图

（1）患者预约：医师根据患者影像学资料制订放射性粒子治疗计划，确定需要订购的粒子源数量、规格活度；

（2）订购粒子源：供药商根据订单要求将^{125}I粒籽源等送至本项目核素治疗工作场所储源间，工作人员对购买的粒籽进行核实并登记，粒籽暂存于储源间的保险柜内；

（3）粒子装枪、消毒：手术前，工作人员将粒子源铅罐取出，核对粒籽数量，抽检粒籽活度和检查粒籽源是否破损，相关质控操作均在通风柜中操作。并对相关植入系统设备、手术用具进行消毒；

（4）植入治疗：核医学工作人员按约定时间将粒子植入系统送至医学影像科室，通过CT等医学影像设备扫描观察影像，评估验证^{125}I粒籽源植入情况，并重复该过程，直至完成手术；

（5）核医学科工作人员仔细对手术场地、术中废弃物和所有工作人员进行X、γ探测，确定有无污染或^{125}I粒籽遗漏；

（6）患者住院观察：在患者相应植入部位遮盖铅防护衣或铅橡胶方巾等进行屏蔽，并将患者送至指定专用病房进行住院观察，无异常后即可出院。

9.4.3.3. 产污分析

本项目核医学科仅开展^{125}I粒子植入治疗前的粒子分装、消毒以及废物处置等相关工作，其主要考虑^{125}I经电子俘获衰变伴随发射出能量范围为27.2keV及35.5keV的特征X射线和γ射线，以及^{125}I衰变发出射线银棒作用产生能量为22.2keV和25.2keV的荧光X射线。此外，本项目^{125}I粒子植入治疗需CT等影像引导下进行，设备出束期间会产生X射线。综上，本项目主要的辐射危害为X、γ射线外照射。

9.4.4.其他治疗工作原理及工作流程

9.4.4.1. 核素特性及工作原理

^{89}Sr（锶）是纯β$^-$衰变核素，半衰期50.53d，最大β射线能量为1.460MeV，在组织中最大射程为8mm。锶在元素周期表中与钙同族，其在人体内的代谢与钙类似，是一种亲骨剂。经静脉注射趋骨性放射性药物^{89}Sr可很快积聚于骨组织中，而原发性骨肿瘤和转移灶对^{89}Sr的浓集量较正常骨组织高，保留时间也较长。通过高度选择性聚集在病变部位的放射性核素^{89}Sr所发射出的射程很短的β粒子，可对病变进行集中照射，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，其有效射程很短，因而邻近正常组织和全身辐射吸收剂量很低，从而达到止痛和破坏肿瘤的目的。^{89}Sr主要用于前列腺癌、乳腺癌等晚期恶性肿瘤继发骨转移所致骨痛的缓解，是转移癌性骨痛止痛的一种疗法。

^{225}Ac（锕）及其子体 ^{213}Bi（铋）是人工放射性衰变系镎系衰变核素，^{225}Ac 的半衰期为 10.0d，发生α衰变，通过 4 次α衰变和 2 次β衰变至稳定核素 ^{209}Bi，^{225}Ac 进行多次α衰变，衰变发射的α粒子能量为 5.8~7.1MeV，产生的α粒子总能量为 27.5MeV，具有很高的细胞毒性，是有望用于靶向α治疗（TAT）的放射性核素之一。

^{212}Pb（铅）是钍系核素，其半衰期为 10.64h，经过β$^-$衰变为 ^{212}Bi（$T_{1/2}$=60.54min），36%的 ^{212}Bi 释放能量为 6.05MeV 的α粒子衰变为 ^{208}Tl、64%的 ^{212}Bi 经过β$^-$衰变至 ^{212}Po，

^{212}Po 为α核素，其α粒子的能量为 8.78MeV。^{212}Po 与 ^{208}Tl 最终衰变为稳定核素 ^{208}Pb。^{212}Pb 衰变链中，^{212}Bi 子体 ^{212}Po 衰变过程中产生的高能α粒子具有非常高的细胞毒性，但 ^{212}Bi 衰变会放出 2.6MeV 的γ射线，增加了辐射防护负担。因此，通常是将 ^{212}Pb 作为体内α核素发生器使用，可以有效降低治疗所需剂量，且 ^{212}Pb 半衰期相对较长，有利于放射性药物的生产、配制和给药。

9.4.4.2. 工作负荷及工作流程

本项目核医学科拟采取预约制，^{89}Sr 患者人数均不超过 2 人次/次、^{225}Ac 患者和 ^{212}Pb 患者人数均不超过 4 人次/次，年最多开展 12 批次（1 次/月，12 月/年），拟与 ^{177}Lu、^{90}Y、^{131}I 治疗项目错时开展。^{89}Sr 由供药单位分装成单个患者所需针剂后按时送至分装柜内备用，无需进一步分装，^{225}Ac 和 ^{212}Pb 均由供药单位依据当天患者所需总剂量分装成瓶，并按时送至分装柜内备用，给药前需工作人员进一步分装，均采用静脉注射给药。工作流程如下：

（1）患者适应性评估及预约登记：根据患者病情进行综合评估是否开具治疗单，告知患者可能对辐射危害及注意事项，根据患者预约情况制定放射性药物采购计划；

（2）根据患者预约情况订购药物，治疗当天给药前由供药单位送达并暂存于分装柜内备用；

（3）患者登记：患者按照预约时间前往核医学科三层进行登记，并在候诊区等候；

（4）药物分装：医务人员在分装柜内完成药物活度测定、分装等准备操作；

（5）患者注射药物：患者根据现场呼叫前往核素治疗工作场所注射窗，医务人员手持注射器，在注射室铅屏蔽窗的屏蔽下，采用静脉注射方式给药，注射时间不超过 1min/人次；

（6）离开：给药后，如无异常情况，由患者专用出口离开。

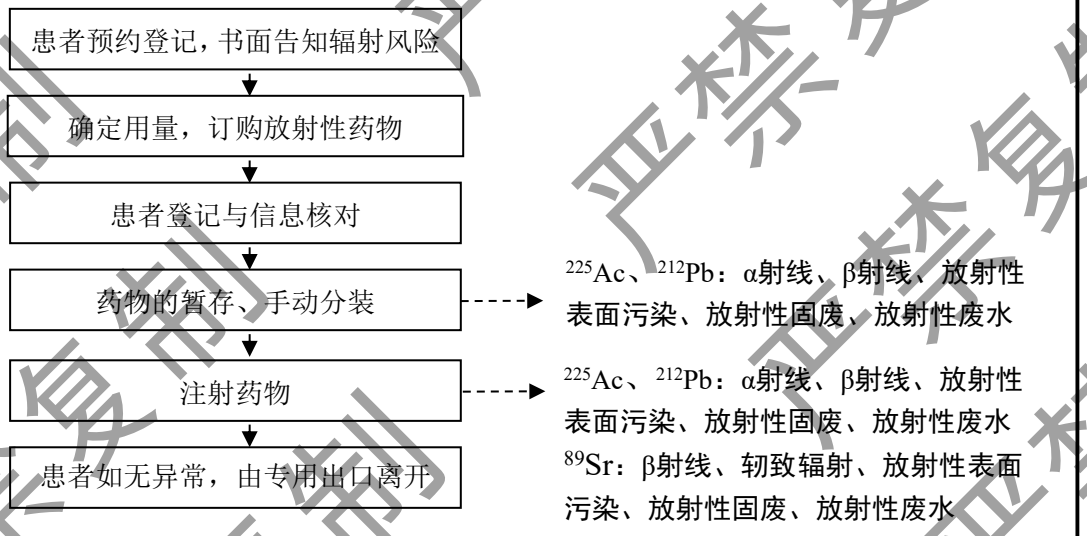


图 9-11 ^{89}Sr、^{225}Ac、^{212}Pb 治疗流程及产污环节图

9.4.4.3. 产污分析

工作人员在操作药物过程中以及接触用药患者时均会受到核素及其子体核素衰变发出的α射线、β射线、γ射线的照射影响。此外，在药物分装、给药时还会产生放射性药物包装、棉签、注射器等放射性固体废物和少量含放射性清洗废水。^{89}Sr、^{225}Ac、^{212}Pb 的溶液具有较低的蒸气压，正常条件下不易挥发。如若发生核素洒落等意外事故，还会造成场所放射性污染。

9.4.5. 人流、物流组织

本项目核医学科人流、物流组织见图 9-12~图 9-14，具体如下：

（1）辐射工作人员路线（蓝色路线）

①SPECT 显像工作场所辐射工作人员：

1）控制室工作人员：工作人员由院内到经核医学科楼一层控制室西侧门进入控制室内，控制室东侧设有防护门，以便工作人员进出扫描室，工作结束后原路返回。

2）注射分装辐射工作人员：工作人员由核医学科楼一层南侧候诊大厅进入，依次经候诊、更衣后进入注射室开展工作，注射室北侧设有防护门通往运动兼抢救室、肺通气室，以便开展紧急抢救或肺通气术给药前准备工作，工作结束后经检测满足表面污染控制水平后原路返回，如体表存在污染，拟进入卫生间进行紧急冲淋去污。

②核素敷贴治疗工作场所辐射工作人员：工作人员由核医学科楼东南侧楼梯间上至三层，依次经肿瘤科病区走道、卫生通过进入敷贴制备间，给药时通过敷贴制备间北侧

进入敷贴治疗室给药，工作结束后经检测满足表面污染控制水平后原路返回，如体表存在污染，拟进行紧急冲淋去污。

③核素治疗工作场所注射分装辐射工作人员：工作人员由核医学科楼东南侧楼梯间上至四层，依次经肿瘤科病区走道、卫生通过进入分装室，分装室东侧设有防护门，以便工作人员前往病房开展床旁给药或紧急抢救，工作结束后经检测满足表面污染控制水平后原路返回，如体表存在污染，拟进行紧急冲淋去污。^{131}I 自动分装给药控制系统拟设置在医生办，拟通过语音及监控远程指导患者服药，给药结束后原路离开。

（2）患者就诊流向

①SPECT 显像工作场所患者：

1）^{99m}Tc、^{203}Pb 显像患者（红色路线）：^{99m}Tc 显像患者和 ^{203}Pb 显像患者路线一致，患者由核医学科楼一层南侧候诊大厅门进入 SPECT 显像工作场所候诊区登记候诊，根据现场叫号由走道北侧防护门前往注射区接收注射给药，给药后沿患者走道前往对应候诊室或注射后候诊区等候，根据现场叫号前往扫描室开展 SPECT-CT 扫描，扫描结束后前往留观室留观，留观结束后由走道西侧患者出口离开核医学科。

2）^{99m}Tc 肺通气患者（红色路线）：患者由核医学科楼一层南侧候诊大厅门进入 SPECT 显像工作场所候诊区登记候诊，根据现场叫号由走道北侧防护门经运动兼抢救室前往肺通气室吸入给药，给药后前往扫描室开展 SPECT-CT 扫描，扫描结束后前往留观室留观，留观结束后由走道西侧患者出口离开核医学科。

②核素敷贴治疗工作场所 ^{32}P 患者（紫色虚线路线）：患者由核医学楼北侧楼梯至三层候诊区登记候诊，根据现场叫号进入敷贴治疗室开展治疗，治疗结束后如无异常即原路离开。

③核素治疗工作场所患者：

1）^{131}I 患者（紫色路线）：患者由核医学楼北侧楼梯至三层候诊区登记候诊，根据现场叫号通过楼梯前往四楼核素治疗工作场所，沿患者通道至服药窗口取药服用，如无异常即可经辐射监测室、患者出口候梯厅由北侧病人专用梯离开。其中甲功患者服药后还需按约定时间医学楼北侧楼梯前往三层甲功诊室进行检测，检测结束后原路离开。

2）^{177}Lu、^{90}Y 患者（红色虚线路线）：患者由核医学楼北侧楼梯至三层候诊区登记

候诊，根据现场叫号通过楼梯前往四楼核素治疗工作场所，沿患者通道至注射窗口注射给药后前往留观病房留观，出院前患者前往辐射监测室进行监测，如满足患者体外剂量率满足出院要求，即可经辐射监测室、患者出口候梯厅由北侧病人专用梯离开。

3）^{89}Sr、^{225}Ac、^{212}Pb 患者（紫色路线）：患者由核医学楼北侧楼梯至三层候诊区登记候诊，根据现场叫号通过楼梯前往四楼核素治疗工作场所，沿患者通道至注射窗口注射给药，如无异常即可经辐射监测室、患者出口候梯厅由北侧病人专用梯离开。

（3）放射性同位素流向及管理

本项目各核医学工作场所均设计有单独的储源室，储源室拟设置监控系统和门禁系统，并实行双人双锁管理。工作人员应根据医院放射性核素的管理制度，做好核素的领取、使用登记工作。给药前，工作人员应核对患者及给药信息，经确认无误后，方可进行给药。本项目核医学科采取预约制，拟根据患者预约情况订购放射性药物，由供药单位负责于给药前将放射性药物送至核医学科楼西侧，一层 SPECT 显像工作场所所需的 ^{99m}Tc、^{203}Pb 药物拟依次通过患者出口、走道、运动兼抢救室、注射室送至分装柜内暂存备用；三层核素敷贴治疗工作场所所需的 ^{32}P 药物由核医学楼北侧楼梯送至三层，依次经候诊、敷贴治疗室、敷贴制备室送至储源室贮存，使用时由储源室取出转移至敷贴制备室通风橱内分装使用；四层核素治疗工作场所所需的 ^{177}Lu、^{90}Y、^{89}Sr、^{225}Ac、^{212}Pb、^{131}I、^{125}I（粒子源）药物由核医学楼北侧楼梯送至四层，依次经患者通道送至分装室内，其中 ^{131}I 药物拟放入 ^{131}I 自动分装柜中备用，^{125}I（粒子源）拟送至储源室贮存，其余核素则放入另一分装柜中备用。^{125}I（粒子源）使用前由储源室取出转移至分装室分装柜内分装，装入专用防护容器内，并通过患者出口专用梯送至指定场所开展植入。

（4）放射性废物流向及管理

①放射性固体废物：本项目各核医学工作场所均设计有单独的固废间，并拟在工作场所内分装给药区域、给药后患者候诊或留观等区域设置专用污物桶用于收集放射性固体废物，收集的废物拟于当日工作结束后转移至各场所固废间的废物衰变容器内暂存衰变。本项目拟分别开展不同核素诊疗，产生的放射性固体废物拟分类收集处置，其中含 ^{99m}Tc 的放射性固体废物拟暂存不少于 30d，含 ^{131}I 的放射性固体废物拟暂存不少于 180d，其余放射性固体废物拟暂存不少于所含核素 10 倍半衰期以上时间，且经监测满足清洁

解控要求后按一般医疗废物处置。留观病房内被服经监测存在放射性污染的，拟于患者出院后，统一收集至固废间暂存不少于所含核素 1 倍半衰期以上时间后，经洗消后再利用。

②放射性废水：

1）SPECT 显像工作场所：本项目核医学科楼现有一处放射性衰变池处理系统（以下简称“老衰变池”），位于核医学科楼北侧地下层，医院拟将 SPECT 显像工作场所控制区内卫生间、污洗池、洗手盆、地漏等的污水管均由专用管道沿引至该老衰变池内进行处置，处置后废水经检测满足放射性废水排放要求后排入医院污水管网，汇入医院污水处理站进行处理后，废水最终排入市政污水管网。

2）核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所：本项目拟在核医学科楼东北侧绿化用地上新建一座放射性衰变池处理系统（以下简称“新衰变池”），医院拟将核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所控制区内卫生间、污洗池、洗手盆、地漏等的污水管均由专用管道沿引至该老衰变池内进行处置，处置后废水经检测满足放射性废水排放要求后排入医院污水管网，汇入医院污水处理站进行处理后，废水最终排入市政污水管网。

如发生核素洒落等污染放射性工作场所，拟采用擦拭法去污或封存后自然衰变，去污过程如产生废水拟用吸水纸/毛巾收集并作为放射性固废收集后转移至固废间内暂存，经存放衰变满足清洁解控水平后作为医疗废物处置；本项目核医学科采取预约制，按患者用量购药，正常情况下无药物剩余，如发生患者未及时就诊等特殊情况，剩余的 ^{125}I（粒子源）拟置于原药物运输铅罐内及时交由供药单位回收处置，其他剩余放射性药物拟存于原药物铅罐内贮存衰变，拟存放自然衰变达到清洁解控水平后，按医疗废物处理。

③放射性废气：本项目各核医学工作场所拟设置独立排风系统，工作场所控制区内保持负压，场所内废气均由排风系统引至项目所在楼楼顶排放口排放。医院拟在排气口前端安装活性炭过滤装置和高效过滤装置，废气经过滤后排放，对项目周围环境影响很小。医院拟定期开展通风系统活性炭过滤装置性能检查，根据实际情况及时更换活性炭，根据运行经验，一般 2~3 年更换一次，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物分别转入核医学科固废间暂存衰变，经监测满足清洁解控要求后按一般废物处置。

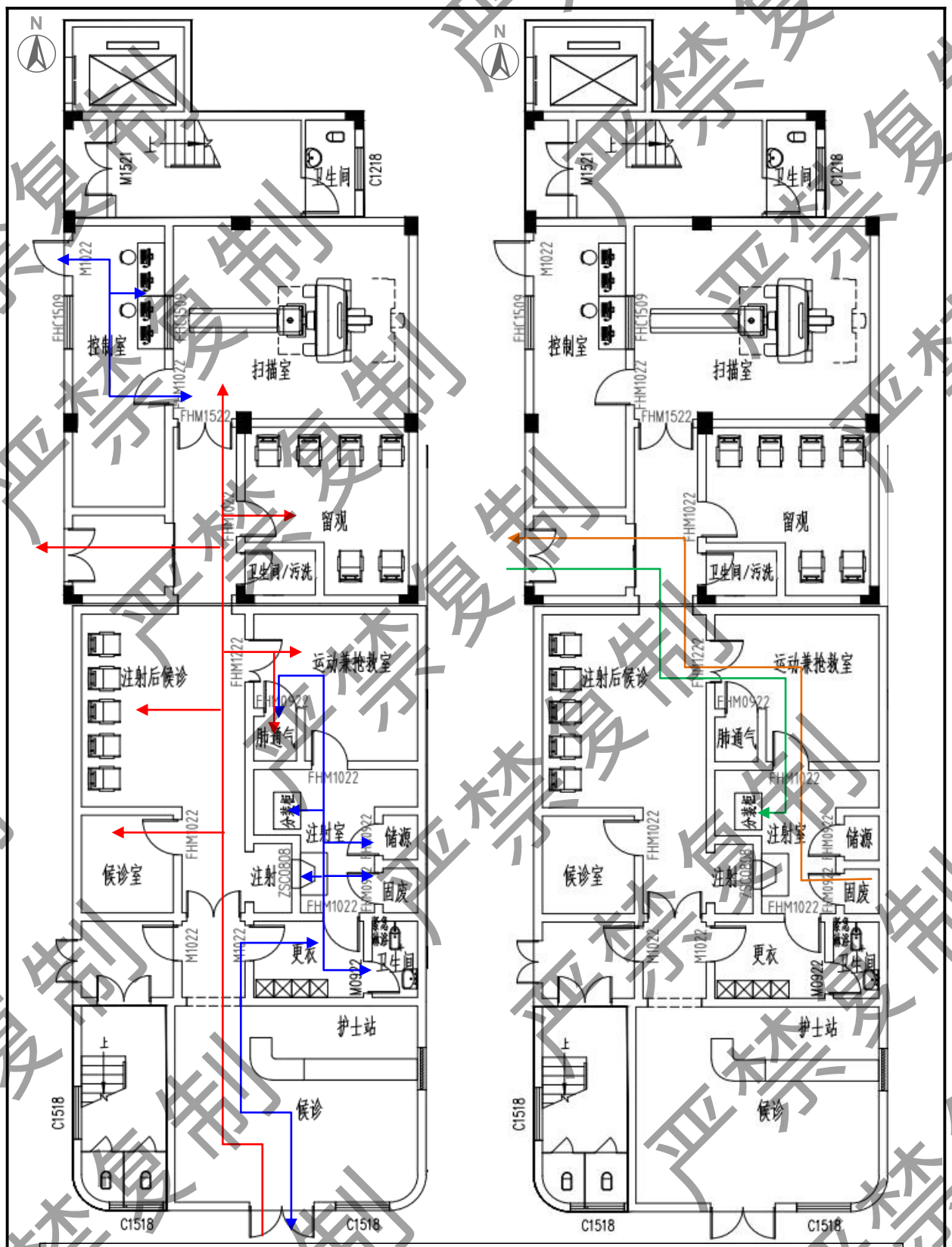


图 例

工作人员路线；^{99m}Tc、^{203}Pb 患者路线；放射性药物路线；放射性废物路线

图 9-12 本项目 SPECT 显像工作场所人流、物流组织示意图

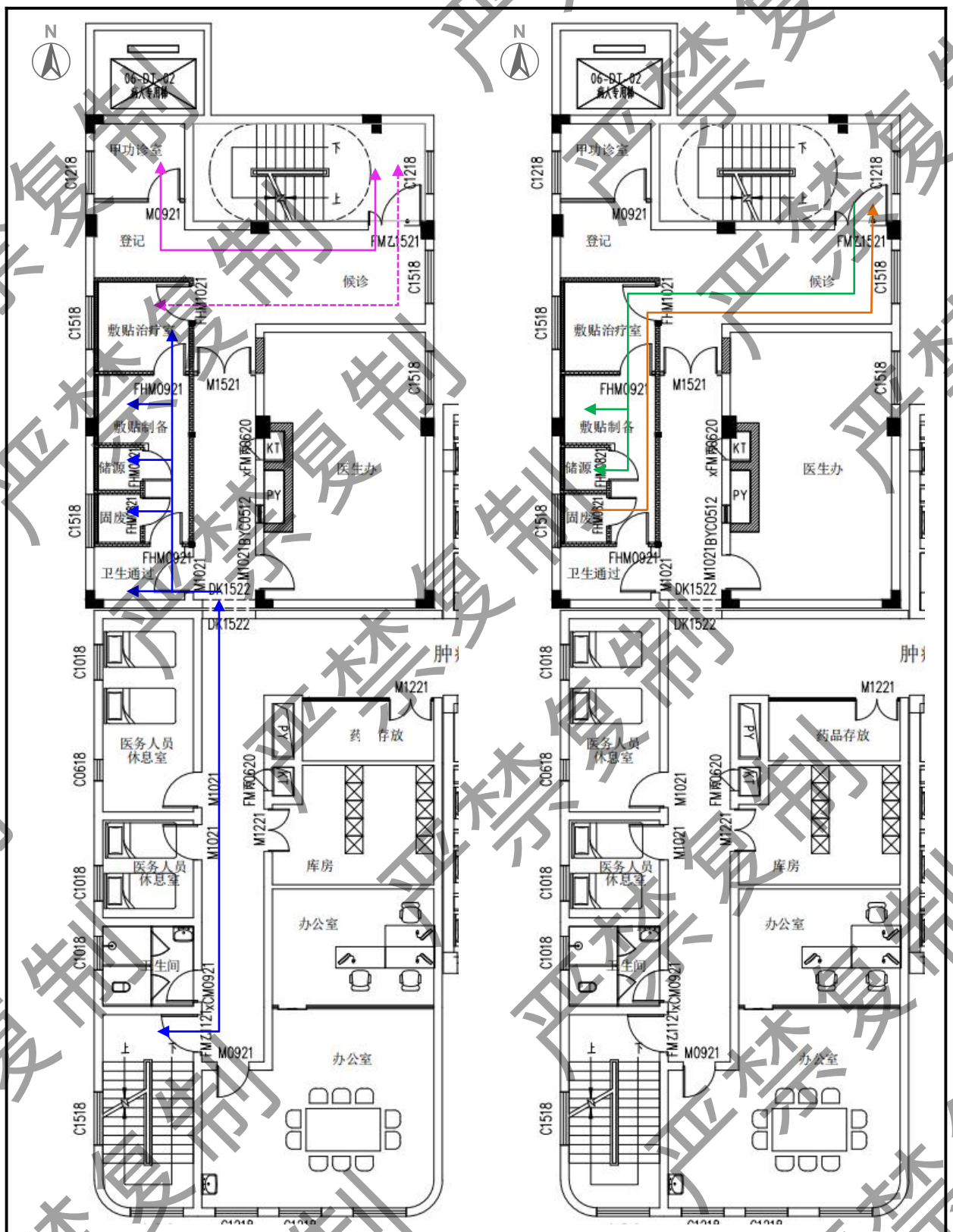


图 例

→工作人员路线；→^{32}P 患者路线；→^{131}I 患者路线 →放射性药物路线；-->放射性废物路线

图 9-13 本项目核素敷贴治疗工作场所人流、物流组织示意图

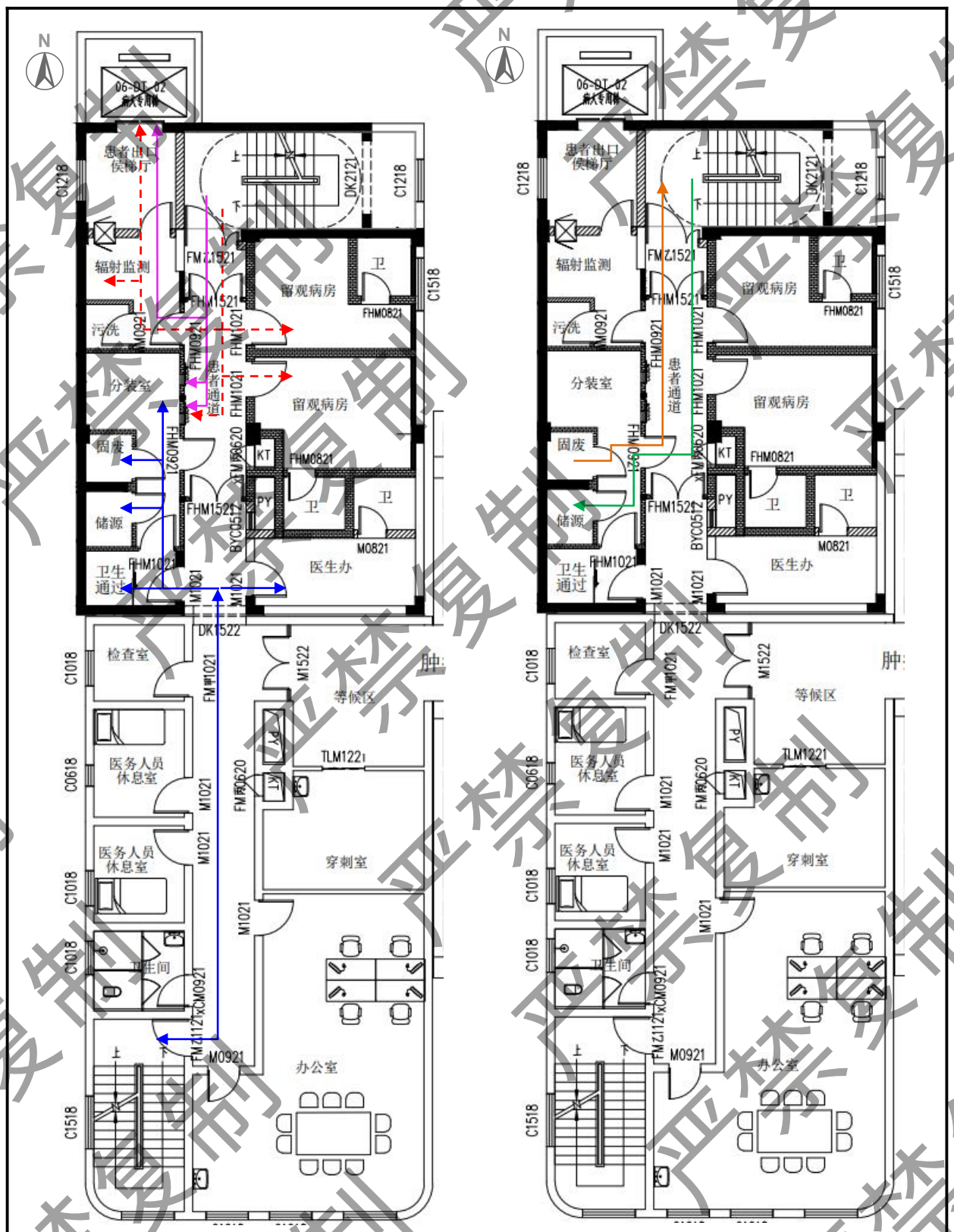


图 例

→工作人员路线；- - ▸^{177}Lu、^{90}Y 患者路线；→ 其他患者路线；→放射性药物路线；- - →放射性废物路线

图 9-14 本项目核素治疗工作场所人流、物流组织示意图

二、污染源项描述

1. 运行期间正常工况下污染源分析

本项目正常运行期间的主要污染源项为：射线装置 SPECT-CT 出束期间产生的 X 射线，使用非密封放射性物质开展核素诊疗过程产生的α射线、β射线、γ射线、韧致辐射、放射性表面污染、放射性固体废物、放射性废水、放射性废气等。此外，射线与空气相互作用时产生的少量的有害气体。

（1）X 射线：本项目在使用 SPECT-CT 开展扫描时，设备出束期间会产生 X 射线。

（2）γ射线：本项目使用的 ^{99m}Tc、^{203}Pb、^{177}Lu、^{131}I 核素在衰变过程中会发出γ射线，造成外照射危害。

（3）α射线：本项目使用的 ^{225}Ac 核素在衰变过程中会发出α射线，α粒子穿透性弱，极易屏蔽，因此采取佩戴医用手套、口罩等常规的防护措施即可保护操作人员的外照射辐射安全。

（4）β射线和韧致辐射：本项目使用的 ^{32}P、^{90}Y、^{177}Lu、^{212}Pb、^{131}I、^{89}Sr 核素在衰变过程中会发出β射线，β射线易与物质相互作用发生韧致辐射，造成外照射危害。

（5）放射性衰变子体：^{225}Ac、^{212}Pb 分别为镎系和钍系衰变链中核素，两者分别通过多次α和β衰变最终生成稳定核素 ^{209}Bi 和 ^{208}Pb，根据放射性衰变规律，核素可在较短

2.246MeV 高能β射线和 2.614MeV 高能γ射线。因此，对于 ^{225}Ac、^{212}Pb 核素，应考虑其子体核素衰变伴随释放的β射线和γ射线造成的外照射危害。

（6）放射性表面污染：在操作非密封放射性物质过程中，因人员操作不慎或给药后患者发生呕吐等情况，均会不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染。

（7）放射性固体废物：本项目放射性固体废物主要为给药时产生的一次性注射器/口杯/吸入装置、污染棉签、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）等，给药后患者候检、留观时产生的放射性污染废物以及通风系统定期维护时更换的废旧活性炭。本项目各核医学工作场所内可能废物产生废物的区域拟设置铅污物桶收集废物，每日工作结束后再转移至固废间的放射性衰变桶内存放衰变，经检测满足清洁解控水平后再作为普通医疗废物进行处置。留观病房内产生的放射性污染被服拟在患者出院后收集至固废间，拟至少存放衰变一倍核素半衰期后再进行洗消和再利用；开展 ^{125}I 粒子植入治疗项目时，如有粒子剩余拟采用镊子收集至原储源铅罐内，由厂家及时回收。参照同类型核医学工作场所运行经验，对于采取注射或口服给药且无需住院留观的患者，每人次产生的放射性固体废物量不超过 100g/人次，对于需要住院观察的患者，每人次产生的放射性固体废物量不超过 200g/（人次·天）。

1）SPECT 显像工作场所：

①^{99m}Tc 显像诊断：主要来自使用 ^{99m}Tc 给药时产生的一次性注射器或吸入装置、污染棉签、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）以及患者候检、留观时产生的放射性污染废物等。^{99m}Tc 显像诊断患者合计最大不超过 36 人次/d，8850 人次/a，即含 ^{99m}Tc 放射性固体废物产生量最大为 3.6kg/d、885kg/a。

②^{203}Pb 显像诊断：主要来自注射给药时产生的一次性注射器、污染棉签、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）以及患者候检、留观时产生的放射性污染废物等。^{203}Pb 显像诊断患者合计最大不超过 4 人次/d，48 人次/a，即含 ^{203}Pb 放射性固体废物产生量最大为 0.4kg/d、4.8kg/a。

2）核素敷贴治疗工作场所：主要来自 ^{32}P 敷贴器制备及治疗时产生的一次性废敷贴器、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）等。^{32}P 患者最大不超过 20 人次/d，1200 人次/a，即含 ^{32}P 放射性固体废物产生量最大为 2kg/d、120kg/a。

3）核素治疗工作场所：

①^{177}Lu、^{90}Y 治疗项目：主要来自给药时产生的含 ^{177}Lu 一次性注射器或输注系统、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）、吸水垫材等，以及患者留观过程中产生的放射性污染被服和其他废物。^{177}Lu 患者最大不超过 2 人次/d，100 人次

/a，即含 ^{177}Lu 放射性固体废物产生量最大为 0.4kg/d、20kg/a。

②^{131}I 治疗项目：主要来自给药时产生的一次口杯、污染棉签、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）等。^{131}I 患者合计最大不超过 20 人次/d，1000 人次/a，即含 ^{131}I 放射性固体废物产生量最大为 2kg/d、100kg/a。

③^{90}Y、^{225}Ac、^{212}Pb、^{89}Sr 治疗项目：主要来自给药时产生的一次性注射器/废敷贴器、污染棉签、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）等。^{90}Y 患者最大不超过 2 人次/d，40 人次/a、^{225}Ac 和 ^{212}Pb 患者最大均不超过 4 人次/d，48 人次/a、^{89}Sr 患者最大不超过 2 人次/d，24 人次/a，即含 ^{90}Y 放射性固体废物产生量最大为 0.2kg/d、4kg/a，含 ^{225}Ac 和 ^{212}Pb 放射性固体废物产生量最大均为 0.4kg/d、4.8kg/a，含 ^{89}Sr 放射性固体废物产生量最大为 0.2kg/d、2.4kg/a。

4）其他放射性废物：本项目各核医学工作场所通风系统拟安装活性炭，医院应定期检查通风系统活性炭过滤装置的性能，根据实际情况及时更换活性炭。根据医院运行经验，一般 2~3 年更换一次，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物进行处理，更换的活性炭重量拟依据实际情况确定，约 5kg/次。此外，本项目各核医学工作场所如发生放射性药物撒漏等造成工作场所放射性表面污染，拟依据污染程度及核素特性等采取擦拭去污或封闭衰变，去污过程产生药棉、吸水纸、毛巾、一次性防护用品等均作为放射性废物处置。

（8）放射性废水：本项目放射性废液主要来自给药后 ^{99m}Tc、^{203}Pb、^{177}Lu、^{90}Y 患者在控制区内候检、留观、住院期间的排泄和冲洗废水，以及控制区工作场所清洁、工作人员清洗等废水。本项目 ^{32}P 采取体外敷贴给药，^{131}I、^{225}Ac、^{212}Pb、^{89}Sr 患者给药后即走，故不考虑 ^{32}P、^{131}I、^{225}Ac、^{212}Pb、^{89}Sr 给药后患者产生废水情形，主要分析因撒漏造成场所沾污后随工作场所清洁废水排入衰变池情形，核素撒漏造成的污染区域一般较小，拟按操作规程，先使用药棉、吸水纸等吸取撒漏药液，擦拭污染表面直至满足放射性表面污染控制水平后方可清洁，清洗废水的放射性活度水平一般较低，作为放射性废水排入衰变池。根据建设单位提供的资料，本项目各核医学工作场所拟设置节水型航空马桶、洁具，单次用水量为 4L，对于 ^{99m}Tc、^{203}Pb、^{90}Y 等仅在核医学工作场所短时间驻留的患者，其废水产生量取 8L/人次（即驻留期间如厕 2 次，每次用水 4L）；在对

于 ^{177}Lu 患者最长住院 1 天，医院拟限制其淋浴，故仅考虑如厕洗手废水，废水产生量取 20L/人次（即住院期间如厕 5 次，每次用水 4L）；根据《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019），医务人员用水量最大为 60~80L/班，废水产生量按用水量 100%计，即本项目医务人员废水生产量最大为 80L/班·人（含场所清洁废水）。

综上，本项目各核医学工作场所放射性废水产生情况如下：

表 9-4 本项目各核医学工作场所放射性废水产生情况

工作场所	废水来源	废水日产生量（m³）		年工作天数	年废水产生量（m³）	处置设施
SPECT 显像工作场所	^{99m}Tc 患者用水	8L/人次，36 人次/d	0.48	250	112.384	老衰变池（三级推流式），总有效容积 16.65m³
	^{203}Pb 患者用水	8L/人次，4 人次/d		12		
	工作场所、工作人员清洁用水	80L/人次，2 人次/d		250		
核素敷贴治疗工作场所	工作场所、工作人员清洁用水	80L/人次，2 人次/d	0.16	60	9.6	拟新建衰变池（三级槽式），总有效容积 15.3m³
核素治疗工作场所	^{177}Lu 患者用水	20L/人次，2 人次/d	0.216	50	10.32	
	^{90}Y 患者用水	8L/人次，2 人次/d		20		
	工作场所、工作人员清洁用水	80L/人次，2 人次/d		50		

（9）废气：本项目各核医学工作场所开展放射性药液分装、给药过程中，可能因药液挥发产生少量放射性废气，除开展 ^{99m}Tc 肺通气和 ^{131}I 给药外，本项目各核医学工作场所使用其余放射性药液具有较低的蒸汽压，正常条件下不易挥发。此外，射线与空气相互作用时产生的少量的有害气体。本项目各核医学工作场所拟设置通风系统，并安装活性炭吸附装置，工作场所废气经过滤后排出，对场所内人员及周围环境影响较小。

2. 非正常运行状态下污染途径分析

1）由于管理不善，导致放射性药物被盗、丢失。

2）操作核素过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏，造成台面、地面辐射污染及造成额外附加照射。

3）辐射工作人员未按要求穿戴或穿戴不合格的个人防护用品和使用辅助防护设施，而受到额外附加照射剂量。

4）人员在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。

5）检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

6）在药物分装施药过程发生意外或辐射工作人员操作失误将导致患者施药剂量不准确或射线装置控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到计划外照射，如任何诊断用药物的施用量远大于处方值，或多次重复照射，或大大超过设定的指导水平；任何设备故障、事故、错误或意外事件，使患者受到诊疗计划不一致的照射，或受到其他非正常发生的潜在照射。

表 10 辐射安全与防护

一、辐射安全与防护

10.1. 核医学科

10.1.1. 工作场所选址及平面布局

本项目各核医学工作场所均集中设置在单独的一栋核医学科楼建筑内，核医学科楼东侧紧邻肿瘤中心，为肿瘤科相关用房，其余三侧紧邻院内道路，不毗邻产科、儿科、食堂等部门，临近区域无敏感区域及人群稠密区域。本项目核医学工作场所拟分别设置在核医学科楼一层、三层、四层，各工作场所拟设置实体屏蔽，并设有单独的人员、物流通道，场所分区明确，相关功能用房设置满足工作需求，各工作场所选址及布局规划合理，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

10.1.2. 放射工作场所分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的规定，医院拟将辐射工作场所分为控制区和监督区，便于辐射防护管理和职业照射控制。本项目工作场所的分区如下：

表 10-1 本项目核医学科辐射工作场所分区一览表

场所名称	控制区	监督区
SPECT 显像工作场所(核医学科楼一层)	卫生通过（更衣、卫生间）、储源、固废、注射室、候诊室、注射后候诊、卫生间/污洗、肺通气、运动兼抢救室、留观、扫描室、放射性衰变池	控制室及控制区周围相邻区域（护士站等、楼梯间等）
核素敷贴治疗工作场(核医学科楼三层)	卫生通过、储源、固废、敷贴制备室、敷贴治疗室、放射性衰变池	控制区周围相邻区域（走道、登记候诊区等）
核素治疗工作场(核医学科楼四层)	卫生通过、储源、固废、分装室、污洗、辐射检测、患者通道、留观病房（2 间，含卫生间）、放射性衰变池	控制区周围相邻区域（患者出口电梯厅、楼梯间、医生办等）

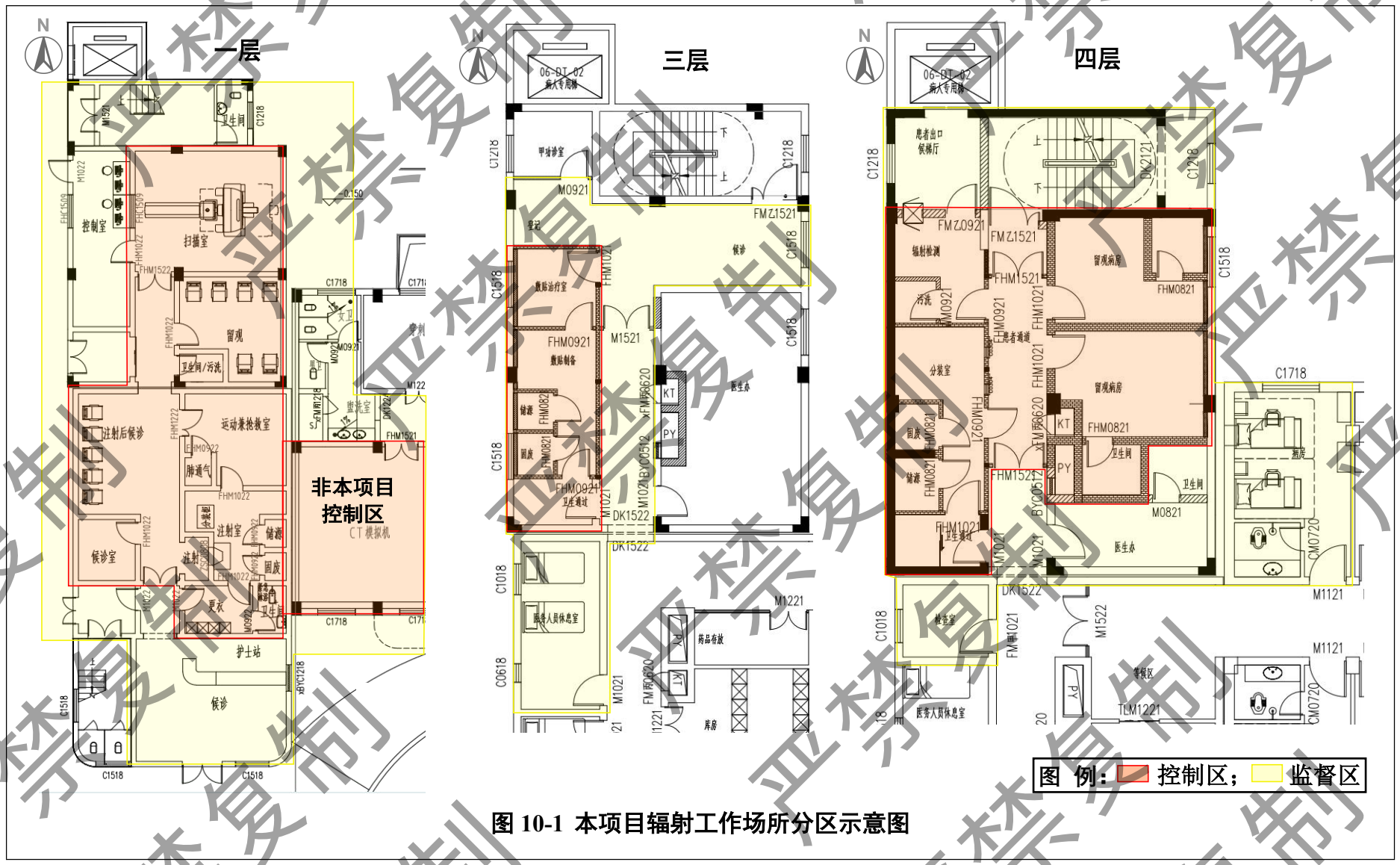


图 10-1 本项目辐射工作场所分区示意图

10.1.3. 非密封放射性物质辐射工作场所分级

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号），放射性药品生产、使用场所有相对独立、明确的分区划分和辐射防护措施，工艺流程连续完整的，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算，本次评价将核医学科楼一层、三层、四层工作场所分别作为一个单独场所进行日等效操作量核算。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 中非密封放射源工作场所分级要求，本项目各核医学工作场所分级见下表：

表 10-2 本项目各核医学工作场所的分级

工作场所	核素	理化状态	核素毒性因子	操作方式修正因子	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）		工作场所等级
SPECT 显像工作场所(核医学科楼一层)	^{99m}Tc	液态	0.01	10	2.59E+10	2.59E+7	1.06E+8	乙级
				0.1	7.40E+08	7.40E+7		
	^{203}Pb	液态	0.01	1	5.92E+08	5.92E+6		
核素敷贴治疗工作场(核医学科楼三层)	^{32}P	液态	0.1	1	3.70E+09	3.70E+08		乙级
核素治疗工作场(核医学科楼四层)	^{177}Lu	液态	0.1	1	1.48E+10	1.48E+9	2.91E+9	乙级
	^{90}Y	液态	0.1	1	2.22E+09	2.22E+8		
	^{225}Ac	液态	10	1	7.40E+07	7.40E+8		
	^{212}Pb	液态	0.1	1	5.92E+08	5.92E+7		
	^{131}I	液态	0.1	1	3.70E+09	3.70E+8		
	^{89}Sr	液态	0.1	1	2.96E+08	2.96E+7		
	^{125}I(粒子源)	固态	0.1	100	7.40E+09	7.40E+6		

根据上表可知，本项目投入运行后，核医学科楼一层 SPECT 显像工作场所日等效最大操作量为 1.06E+8Bq、三层核素敷贴治疗工作场所日等效最大操作量为 3.70E+8Bq、四层核素治疗工作场所日等效最大操作量为 2.91E+9Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），均为乙级非密封放射性工作场所。

10.1.4. 辐射防护设计

本项目各核医学工作场所辐射屏蔽设计如下：

表 10-3 本项目核医学科工作场所辐射屏蔽设计相关参数

功能用房名称	屏蔽设计				
	四周墙体	地板	顶板	门	窗
SPECT 显像工作场所(核医学科楼一层)					
储源	240mm 砖+2mmPb 硫酸	/（无地下室）	200mm 砼	3mmPb	/

	钡涂料		+2mmPb 硫酸钡板		
固废	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
注射室	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	30mmPb 注射窗
候诊室	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
注射后候诊	西墙：240mm 砖+6mmPb 硫酸钡涂料 北墙：480mm 砖+6mmPb 硫酸钡涂料 其他：240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb，2 扇（患者出、入口）	/
肺通气	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
运动兼抢救室	东墙：240mm 砖+6mmPb 硫酸钡涂料 北墙：480mm 砖 其他：240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
留观	东墙：240mm 砖+6mmPb 硫酸钡涂料 南墙：480mm 砖 西墙：240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料 北墙：240mm 砖+3mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
扫描室	240mm 砖+3mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+3mmPb 硫酸钡板	3mmPb，2 扇	3mmPb
核素敷贴治疗工作场(核医学科楼三层)					
卫生通过	北墙：120mm 实心砖+20mm 硫酸钡砂浆 其他：240mm 砖	100mm 砼	100mm 砼	/	/
储源	西墙：240mm 砖+3mmPb 其他：120mm 实心砖+20mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+20mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+2mmPb 防护板	3mmPb	/
固废				3mmPb	/
敷贴制备				5mmPb，2 扇（至卫生通过、敷贴治疗室）	/
敷贴治疗室				3mmPb	/
核素治疗工作场所(核医学科楼四层)					
卫生通过	北墙：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆 其他：240mm 砼	100mm 砼	100mm 砼	/	/
储源	西、北墙：240mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	8mmPb	/

固废	西、南墙：240mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	8mmPb	/
分装室	西墙：240mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	10mmPb，2 扇（至卫生通过、患者通道）	50mmPb 服药窗、50mmPb 注射窗
留观病房（含卫生间）	东墙：240mm 砖+10mmPb 铅板 其他：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	12mmPb	/
留观病房	东墙：240mm 砖+10mmPb 铅板 其他：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	12mmPb	/
患者通道	东侧：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	12mmPb，2 扇（南北两侧出入口）	
污洗	西墙：240mm 砼 南墙：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 砖	100mm 砼	100mm 砼	/	/
辐射检测	西墙：240mm 砼 南墙：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 砖	100mm 砼	100mm 砼	12mmPb，2 扇（出入口）	10mmPb 传递窗
注：除特别说明，本项目屏蔽体采用的实心砖密度不小于 1.65g/cm³，混凝土（砼）密度不小于 2.35g/cm³，硫酸钡密度不小于 3.2g/cm³，铅密度不小于 11.3g/cm³。					

10.1.5. 辐射安全与防护措施

（1）分区管理：本项目拟根据 GB18871-2002 的规定将各核医学工作场所划分控制区和监督区，实行分区管理，对于控制区和监督区拟采取实体屏蔽分隔，并在控制区和监督区入口张贴分区标识。

（2）警示标识和指示标识：拟在各核医学工作场所控制区内功能用房出入口醒目位置设置符合国家标准要求的电离辐射警示标识以及“禁止入内”、“禁止停留”等警示标识，以警示无关人员不要在此区域停留。此外，拟在控制区各功能用房出入口设置标明房间功能的标牌，在工作场所内张贴患者、医护人员和放射性物质运输等指示路线标识。

（3）门禁控制系统：拟在各核医学工作场所患者出、入口防护门设置门禁系统（带可视对讲功能），实现“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线设计，以便控制给

药后患者流向，并防止无关人员入内；拟在工作人员出入口、控制室、核素操作间、给药间、储源间、辐射废物暂存间等工作人员通道设置单向门禁，采用刷卡（或密码或人脸识别）进门、出门按钮出门方式，拟根据工作人员岗位给予对应区域进出权限，以限制无关人员入内。各患者出、入口、工作人员入口以及储源、固废间等防护门拟设置磁力锁和应急备用电源，以确保防护门打开后及时关闭以及临时停电情况下门禁系统的正常运行。

（4）监控系统：拟在各核医学工作场所控制区内设置无死角 24 小时监控系统（卫生间区域除外），各区域拟分别设置单独的监控主机（带存储及监视设备），SPECT 显像工作场所的监控主机拟设置在控制室，核素敷贴治疗工作场所的监控主机拟设置在登记处，核素治疗工作场所的监控主机拟设置在医生办内，同时各核医学工作场所视频监控拟接入医院安防统一管理。

（5）对讲系统：拟在各核医学工作场所控制区内患者驻留区（如患者走道、候诊室、注射后候诊区、留观室、扫描室、敷贴治疗室、留观病房、辐射检测室等）设置呼叫装置，拟在注射窗口、^{131}I 给药窗口、肺通气室等处设置双向对讲装置，以便医护人员通过对讲系统有序安排患者接收给药、候检、扫描和留观，并保持良好沟通。

（6）辐射工作人员防护措施：本项目拟为辐射工作人员配置个人防护用品、个人剂量计及辐射监测设备（详见表 10-4），可基本满足本项目辐射工作需求。拟在各核医学工作场所出入控制区区域设置卫生通过间，卫生通过间内规划有防护用品放置与穿戴、放射性污染监测以及紧急冲淋等空间。

（7）放射性核素管理：本项目各核医学工作场所内均规划有独立的放射性核素暂存间（即“储源室”），并安装防盗门、24h 闭路监视系统等，放射性核素存取实行双人双锁管理，确保符合安保要求，无关人员不得入内；放射性核素储存容器应具有相应辐射屏蔽能力，并定期开展辐射监测；放射性核素放置应合理有序、易于取放，建立完善放射性核素保管、领用和登记制度，相应的存、取、使用记录要详细、清晰。

（8）放射性废物管理：本项目各核医学工作场所内均规划有独立的放射性废物暂存间（即“固废间”），并拟在注射室、分装室、候诊室、注射后候诊室、留观病房等可能产生放射性废物的场所设置放射性废物收集桶。放射性废物收集桶应具有相应辐射

屏蔽能力并粘贴有电离辐射标志，使用时，放射性废物收集桶应放置在避开工作人员作业和经常走动的地方，桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。本项目放射性固体废物拟实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账，拟于当天工作结束后将收集的放射性废物转移至固废间衰变桶内分类存放衰变，衰变后经检测合格再按要求进行处置。

（9）射线装置机房：拟在射线装置机房（即“扫描室”）控制室侧墙体上设置视野良好铅玻璃观察窗，并在机房内安装摄像头及对讲装置，监控显示屏拟设置在控制台，以便控制室工作人员观察受检者状态及防护门开闭情况，并与患者保持有效沟通；拟在机房各防护门上粘贴电离辐射警告标志，拟在机房防护大门门框上方安装醒目工作状态指示灯箱，灯箱上拟设“射线有害，灯亮勿入”警示语，工作状态指示灯与防护门间拟设置联锁装置；扫描室控制室防护门拟采用平开门，拟安装自动闭门装置；扫描室患者防护门拟采用电动平移门，拟在电动防护门门框上设置红外防夹装置，门框间有遮挡物时无法正常关闭防护门，以防防护门夹伤人员；拟在控制室设置急停按钮，急停按钮拟设置在人员易触及处，以便发生意外时可及时停止出束；机房内拟设置动力排风系统，接入工作场所放射性废气排风系统内。

（10）辐射监测系统：本项目拟在各核医学工作场所患者出口处以及工作人员操作区（如分装室、注射室、控制室等）设置辐射监测探头，用于开展工作场所辐射水平监测。各场所辐射监测系统总控拟单独设置，SPECT 显像工作场所的辐射监测主机拟设置在护士站，核素敷贴治疗工作场所和核素治疗工作场所的辐射监测主机拟设置在各区医生办内。

（11）放射性衰变池系统：本项目各核医学工作场所拟采用节水型用水器具，各核医学科工作场所拟设置独立的放射性废水排水系统，以分别收集各场所产生的放射性废水。其中 SPECT 显像工作场所放射性废水依托现有老衰变池系统处置，核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所放射性废水则拟新建一座放射性衰变池系统处置。

1）现有老衰变池系统：本项目核医学科楼北侧楼梯间下方现有一座三级推流式衰变池，该衰变池单个池体有效容积 5.55m³=1.25m（长）×1.85m（宽）×2.4m（高），衰

变池总有效容积为 16.65m³，池体池壁采用 250mm 厚 C35 钢筋混凝土，池体顶壁设有检修口（兼取样口），各相邻池体间设有溢流管，当废液达到溢流液位后通过管道流至下级衰变池底部，以此类推，当最后一级衰变池达到溢流液位后，废液经管道溢流至集水井，与其他经化粪池沉淀后的非放射性废液汇合，一同泵送至医院污水处理站做进一步处理，最终排入市政污水管网。现有老衰变池系统位于 SPECT 显像工作场所北侧下层，工作场所内产生的废液拟由废水产点下水管道经重力流至下层放射性衰变池系统，排水管道拟设置在地面下方，不裸露在外，管道坡度不小于 0.007，管道拟设置专用标记，以便维修检测。

2）新建放射性衰变池系统：本项目拟在核医学科楼东侧绿化区新建一座由 1 个沉淀池+3 个衰变池组成的三级槽式放射性衰变池系统，沉淀池有效容积为 2.7m³=1.5m（长）×1.5m（宽）×1.2m（高）、单个衰变池有效容积为 5.1m³=2m（长）×1.5m（宽）×1.7m（高），衰变池总有效容积为 15.3m³（不含沉淀池），池体拟采用一体式不锈钢成品池，由厂家根据现场情况定制好后直接运至现场装配，沉淀池内拟配置排污泵（一用一备），当水量达到设定液位后，控制器自动控制第一个衰变池进水管上的电磁阀打开，沉淀池内废水抽入衰变池内，衰变池内拟设置液位监测探头，废水达到设定液位后将停止进水，同时开启第二个衰变池进水阀，3 个衰变池轮替使用，废水满足排放要求后，开启衰变池出水阀，由排污泵（一用一备）将废水泵送至集水井后再泵送至医院污水管网内，排水管道处设有取样装置（带便捷取样龙头），便于定期取样检测。该拟建衰变池低于核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所，工作场所内产生的废液拟由废水产点下水管道经重力流至衰变池内，排水管道拟沿下层顶板下方、吊顶上方布设，最终沿核医学科楼东北侧外墙设置排污立管接至衰变池，裸露在外的管道拟使用铅皮包裹进行防护屏蔽，管道坡度不小于 0.007，管道拟设置专用标记，以便维修检测。

（12）通风设计：本项目各核医学工作场所拟分别新增设置空调新风和排风系统，各场所通风设计如下：

1）SPECT 显像工作场所：拟设置一套独立的新风系统，新风量 2550m³ /h。核医学工作场所控制区内拟设置 3 套排风系统，其中分装柜拟单独设置一条独立通风管道，排风量 1300m³ /h；注射区、注射室、储源、固废等区域设置一条排风管道，排风量 500m

^{3}/h；患者候诊、运动负荷兼抢救、留观、扫描室等区域设置一条排风管道，排风量 2000m^3/h），其他非放射工作场所拟单独设置排风管道或采取自然通风。控制区放射性排风系统拟通过控制排风量形成压力差以控制气流流向，各房间排风口均安装止回阀，以防止废气倒流，对工作场所造成交叉污染。三条排风管拟由留观室东墙穿出，注射区等排风管和候诊区等排风管分别由肿瘤中心卫生间、穿刺室北墙穿出，拟沿肿瘤中心北侧外墙设置立管引至肿瘤中心六层屋顶排放口，排放口高出屋面 3m，排放口前端拟安装活性炭过滤装置。

2）核素敷贴治疗工作场所：拟设置一套独立的新风系统，新风量 1000m^3/h。核医学工作场所控制区内拟设置 1 套放射性排风系统（排风量 1000m^3/h）和 1 条独立的分装柜排风管（排风量 150m^3/h），其他非放射工作场所拟单独设置排风管道或采取自然通风。控制区放射性排风系统拟通过控制排风量形成压力差以控制气流流向，各房间排风口均安装止回阀，以防止废气倒流，对工作场所造成交叉污染。两条排风管拟由分装室西墙穿出，沿外墙设置立管经核医学科楼五层屋面引至肿瘤中心六层屋顶排放口，排放口高出屋面 3m，排放口前端拟安装活性炭过滤装置。

3）核素治疗工作场所：拟设置一套独立的新风系统，新风量 1500m^3/h。核医学工作场所控制区内拟设置 1 套放射性排风系统（排风量 2500m^3/h）和 1 条独立的分装柜排风管（排风量 3000m^3/h），其他非放射工作场所拟单独设置排风管道或采取自然通风。控制区放射性排风系统拟通过控制排风量形成压力差以控制气流流向，各房间排风口均安装止回阀，以防止废气倒流，对工作场所造成交叉污染。两条排风管拟由分装室西墙穿出，沿外墙设置立管经核医学科楼五层屋面引至肿瘤中心六层屋顶排放口，排放口高出屋面 3m，排放口前端拟安装活性炭过滤装置。

4）医院拟根据实际情况及时更换活性炭，更换下来的废活性炭按照放射性固体废物进行处理。排风系统应采用了专用的放射性排风管道，排风管道拟沿吊顶上方布设后经排风理光引至楼顶屋面排放口，穿墙管道处和裸露在外的管道拟使用铅皮包裹进行防护屏蔽，并使用硫酸钡水泥砂浆将洞口边缘密封严实。

（13）制度上墙：拟在患者等候区设置相应放射防护注意事项告知栏；拟在控制室、注射室、分装室等放射性核素及射线装置操作区域内张贴相应的辐射安全管理规章制

度、操作规程和辐射事故应急预案等。

（14）盥洗与去污：本项目工作场所控制区内卫生间便器拟采用脚踏式或感应式冲洗阀，洗手盆拟采用感应式龙头等手部非接触开关控制。

（15）清洁卫生要求：本项目各核医学工作场所控制区内各卫生通过间、各卫生间、污洗间等用水区域拟采用防滑地砖地面，墙面拟采用瓷砖饰面，瓷砖接缝拟做美缝并刷涂防水层；工作场所控制区其余各功能用房拟采用 PVC 地面，墙面外层拟采用易清洗、防水的医疗洁净板和无机涂料饰面，地面 PVC 卷材与墙壁的连接采用 PVC 踢脚线，并采用圆弧设计，以保证连接处无缝隙。各核医学工作场所控制区内拟分别配置一套专用的清洁工具，不与其他区域洁具混用。

综上，本项目各核医学工作场所拟采取的辐射安全与防护措施可满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）以及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求。

10.1.6. 核医学科安全操作及辐射防护管理要求

（1）使用、操作放射性同位素的人员应经过专业学习并持证上岗，具备相应的技能与防护知识。

（2）核素的开封、分装等操作须在分装柜内进行，工作人员需按要求穿戴好个人防护用品并正确佩戴个人剂量计，不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作。操作液体放射性物质应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料。

（3）核素诊疗过程产生的放射性废物均应妥善收集、处置，放射性固体废物处置前应使用辐射监测仪监测，确定其表面辐射水平满足清洁解控要求后方可作为一般医疗废物进行处置。

（4）在控制区内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物件。

（5）辐射工作人员离开控制区时应开展工作场所工作台、设备、地面及人员体表等表面污染监测，如其污染水平超过 GB18871-2002 中规定限值，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。

（6）严格划定好控制区和监督区，明确工作人员、患者和放射物品流线，实施诊疗前，做好患者宣教工作和辐射危害告知，明确诊疗期间辐射防护要求，禁止人员随处走动、禁止患者给药后私自离开核医学工作场所。

（7）实施诊疗前，工作人员需仔细核对人员身份信息及治疗处方信息，确认无误后方可实施给药或开展扫描。

10.1.7. 辐射防护用品及检测仪器

本项目各核医学工作场所辐射防护用品及检测仪器配置计划见下表：

表 10-4 本项目辐射防护用品及检测仪器配置计划一览表

类别		本项目拟配置数量		
		SPECT 显像工作场所	核素敷贴治疗工作场所	核素治疗工作场所
防护用品	0.5mmPb 铅衣	2 件	2 件	2 件
	0.5mmPb 铅围裙	2 件	2 件	2 件
	0.5mmPb 铅围脖	2 件	2 件	2 件
	放射性污染防护服	若干	若干	若干
	远距离操作工具			
	有机玻璃眼镜或面罩	/	2 件	/
	橡皮泥或橡胶板（≥3mm）	/	若干	/
检测设备	个人剂量计	1 个/人（外委检测）		
	个人剂量报警仪	2 台	1 台	1 台
	表面污染监测仪	1 台	1 台	1 台
	X-γ剂量率测量仪	1 台（核医学科共用）		
其他辅助防护设施	5mmPb 分装柜	1 台	/	/
	50mmPb 分装柜/通风橱	/	1 台	1 台
	50mmPb 自动分装柜	/	/	1 台
	废物收集桶	5 个	1 个	3 个
	放射性废物衰变桶/箱	3 个	2 个	4 个
	储源保险柜	1 个	1 个	1 个

二、三废的治理

（1）放射性废水治理措施：根据源项分析可知，本项目放射性废水主要来自给药后患者在控制区内候检、留观期间的排泄和冲洗废水，以及控制区工作场所、工作人员清洁废水，其中 SPECT 显像工作场所产生的放射性废水产生量最大为 112.384m^3/a，即约 9.37m^3 /月，拟排入老衰变池进行处置；核素敷贴治疗工作场所和核素治疗工作场所产生的放射性废水产生量最大为 19.92m^3/a，即 1.66m^3 /月，拟新建衰变池用于收集处置该部分废液。

1）SPECT 显像工作场所放射性废水：本项目核医学科楼北侧楼梯间下方现有一座三级推流式衰变池，该衰变池单个池体有效容积 5.55m³，衰变池总有效容积为 16.65m³。本项目 SPECT 显像工作场所内产生的含 ^{99m}Tc、^{203}Pb 放射性废水拟由场所（如候诊区卫生间、卫生通过间等）内卫生间、洗手盆、污洗池和地漏等下水管道引至该衰变池内处置，废水依次经老衰变池处置后溢流至集水井后泵送至医院污水处理站做进一步处理，最终排入市政污水管网。

2）核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所放射性废水：本项目拟在核医学科楼东侧绿化区新建一座由 1 个沉淀池+3 个衰变池组成的三级槽式放射性衰变池系统，单个沉淀池有效容积为 2.7m³、单个衰变池有效容积为 5.1m³，衰变池总有效容积为 15.3m³（不含沉淀池）。本项目核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所内产生的含 ^{90}Y、^{177}Lu、^{32}P 等放射性废水拟由场所（如留观病房、卫生通过间、污洗间等）内卫生间、洗手盆、污洗池和地漏等下水管道引至放射性衰变池系统，贮存衰变不少于所含核素 10 倍最长半衰期（^{177}Lu 的 10 倍半衰期，即 67.3 天），排放前拟委托有资质单位进行取样检测，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）标准要求，拟排放的放射性废液的总β应不大于 10Bq/L，监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。

根据后文表 11 的第 11.2.7.1 节分析结果可知，本项目核医学科楼现有老衰变池和拟建的放射性废水处置设施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中有关放射性废水处置要求。

（2）放射性废气治理措施：此外，射线与空气相互作用时产生的少量的有害气体。本项目各核医学工作场所拟设置通风系统，并安装活性炭吸附装置，工作场所废气经过滤后排出，对场所内人员及周围环境影响较小。

本项目各核医学工作场所拟分别设置空调新风和排风系统。SPECT 显像工作场所控制区内拟设置 3 套排风系统，其中分装柜拟单独设置一条独立通风管道，排风量 1300m³/h，注射区、注射室、储源、固废等区域设置一条排风管道，排风量 500m³/h，患者候诊、运动负荷兼抢救、留观、扫描室等区域设置一条排风管道，排风量 2000m³/h）；核素敷贴治疗工作场所控制区内拟设置 1 套放射性排风系统（排风量 1000m³/h）和 1

条独立的分装柜排风管（排风量 150m³/h）；核素治疗工作场所控制区内拟设置 1 套放射性排风系统（排风量 2500m³/h）和 1 条独立的分装柜排风管（排风量 3000m³/h）；其他非放射工作场所拟单独设置排风管道或采取自然通风。排风系统拟通过控制排风量形成压力差以控制气流流向，各房间排风口均安装止回阀，以防止废气倒流，对工作场所造成交叉污染。SPECT 显像工作场所排风管拟由留观室东墙穿出，拟沿肿瘤中心北侧外墙设置立管引至肿瘤中心六层屋顶排放口，核素敷贴治疗工作场所和核素治疗工作场所排风管拟由分装室西墙穿出，沿外墙设置立管经核医学科楼五层屋面引至肿瘤中心六层屋顶排放口，排放口高出屋面 3m，排放口前端拟安装活性炭过滤装置。本项目各核医学工作场所内废气经过滤后排放，对项目周围环境影响很小。

（3）放射性固废治理措施：根据源项分析可知，本项目放射性固体废物主要为给药时产生的一次性注射器/口杯/吸入装置、污染棉签、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）等，给药后患者候检、留观时产生的放射性污染废物以及通风系统定期维护时更换的废旧活性炭。

本项目各核医学工作场所内拟设置固废间，并拟在可能废物产生废物的区域拟设置铅污物桶收集废物，每日工作结束后再转移至固废间的放射性衰变桶内存放衰变，含 ^{99m}Tc 放射性固体废物拟暂存衰变不少于 30 天，含 ^{131}I 放射性固体废物拟暂存衰变不少于 180 天，其余放射性核素固体废物拟暂存衰变不少于所含核素十倍半衰期以上时间，经检测满足清洁解控水平后再作为普通医疗废物进行处置，通风系统废滤芯解控后按危废处置。留观病房内产生的放射性污染被服拟在患者出院后收集至固废间，拟至少存放衰变一倍核素半衰期后再进行洗消和再利用；开展 ^{125}I 粒子植入治疗项目时，如有粒子剩余拟采用镊子收集至原储源铅罐内，由厂家及时回收。

用来收集放射性固体废弃物的专用污物桶、衰变箱须贴上电离辐射标志，并与普通医疗废物分开收储，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及封存时间。此外，医院剩余的药物也应该统一存放于专用容器中，放置在放射性固体废物间存放达到清洁解控水平，经检测符合相关规定后，当作医疗废物处理。

1）设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

2）供收集废物的污物桶具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶内放置专用塑

料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

3）每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。废物包装体外表面的污染控制水平：$\alpha<0.08Bq/cm^2$；$\beta<0.8Bq/cm^2$。

4）放射性废物间出入处设电离辐射警告标志。废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

5）本项目产生的放射性固体废物收集后，置于专用衰变箱内暂存，待暂存时间满足 HJ1188-2021 中相关处置要求后，放射性固废按照医疗废物的管理要求进行处置，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，并做好相关的记录台账。

表 11 环境影响分析

一、建设阶段对环境的影响

根据前文工程分析介绍，本项目拟对核医学科楼现有场所墙体、门窗和室内装饰进行拆除后改建。施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物及设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。

1、扬尘、废气等防治措施

主要为项目原场所拆除、核医学工作场所建设、装修过程中机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘以及装修材料中释放的有机废气。本项目辐射工作场所均位于核医学科楼内，施工期间扬尘对外界环境影响较小，施工单位在施工过程中应加强施工现场管理，进行适当的加湿处理。在装修施工中，通过选用合格的、通过国家质量检验的低污染建材，可有效减少有机废气的产生，所产生的少量有机废气经大气扩散后，对当地大气环境质量无明显影响。

2、废水防治措施

施工期间产生的废水主要为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的排水系统，进入市政污水管网。

3、噪声防治措施

施工期噪声主要来自电钻、电锯等。通过选取噪声低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

4、固体废物防治措施

施工期固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。

5、设备安装及调试过程可能产生的放射性污染及防治措施

本项目设备的安装和调试均在机房内完成，由厂家专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，并应保证各屏蔽体屏蔽到位，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近，人员离开时必须保证防护门关闭并派人看守。

本项目施工期对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

二、运行阶段对环境的影响

11.1 评价原则

（1）基本原则：对于符合正当化的放射工作实践，以防护最优化为原则，使各类人员的受照当量剂量不仅低于规定的限值，而且控制到可以合理做到的尽可能低的辐射水平。这一考虑包括正常运行、维修、退役以及应急状态，也包括了具有一定概率导致重大照射的潜在照射情况。

（2）剂量约束值：辐射工作人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a。

（3）关注点选取原则：根据 HJ1188-2021 和 GBZ120-2020，取工作场所各屏蔽体（墙体、顶板、地板、门、窗等）及辐射屏蔽容器（储源柜等）外表面 30cm 等人员可达位置，分装柜/通风橱等柜体外表面 5cm 和 30cm 处，以及其他人员可能受照剂量大的位置。

11.2 核医学科辐射防护评价

根据前文污染源项分析可知，本项目核正常运行期间的主要污染源项为：射线装置 SPECT-CT 出束期间产生的 X 射线，使用非密封放射性物质开展核素诊疗过程产生的α射线、β射线及其轫致辐射、γ射线等。其中α射线、β射线射程较短，易被放射性药液/放射源本身、盛放放射性核素的玻璃器皿/外部金属包壳屏蔽吸收，且放射性核素仅在控制区特定区域使用，不可随意带出控制区，因此α射线、β射线造成外照射危害的影响是很小的。因此，在进行辐射环境影响分析时，本项目 SPECT 显像工作场所主要考虑 ^{99m}Tc、^{203}Pb 核素衰变释放的γ射线和的 SPECT-CT 出束时产生的 X 射线的外照射；核素敷贴治疗工作场所主要考虑 ^{32}P 核素衰变释放的高能β射线所致轫致辐射的外照射；核素治疗工作场所则应分别考虑 ^{177}Lu、^{131}I 以及 ^{212}Pb 子体 ^{208}Tl 衰变释放的γ射线的外照射以及 ^{90}Y、^{89}Sr、^{225}Ac 及其子体、^{212}Pb 及其子体衰变释放的高能β射线所致轫致辐射的外照射。

11.2.1 关注点选取

根据 HJ1188-2021 和 GBZ120-2020，取工作场所各屏蔽体（墙体、顶板、地板、门、窗等）及辐射屏蔽容器（储源柜等）外表面 30cm 等人员可达位置，分装柜/通风橱等柜体外表面 5cm 和 30cm 处，以及其他人员可能受照剂量大的位置。由于辐射源尺寸相对较小，按点源考虑，辐射源距分装柜等内壁取 30cm、距地面取 1m，各功能用房内如明

确患者驻留区域的（如座位、病床），以区域边界作为辐射源点最大可移动处，未明确患者驻留区域的取房间中心点作为的辐射源点，屏蔽体外 30cm 处距离 r=辐射源点至屏蔽体内表面最短距离+屏蔽体厚度+0.3m。

11.2.2 轫致辐射的辐射防护评价

11.2.2.1 计算公式

①无辐射屏蔽时，轫致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式

轫致辐射影响评价公式参考《辐射剂量与防护》（霍雷、刘剑利、马永和）中式（7.13）：

$$H_0=4.59\times10^{-8}AZ(E_b/r)^2\cdot(\mu_{en}/\rho)_a \quad \text{……（式 11.2- 1）}$$

式中：

H_0—— 屏蔽层中β粒子产生的轫致辐射在 r(m)处空气中的吸收剂量率，μGy/h；

E_b—— 轫致辐射平均能量，MeV，约为入射β射线的平均能量（或最大能量的 1/3）；

r—— 距离辐射点的距离，m；

$(\mu_{en}/\rho)_a$—— 是平均能量为 E_b 的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数，m^2/kg，由《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社，2011 年）中表 3.3 采用线性内插法求得；

A—— 放射源活度，Bq；

Z—— 屏蔽材料的有效原子序数，参考《辐射剂量与防护》（霍雷、刘剑利、马永和）表 7-3 取值。

②有辐射屏蔽时，关注点处轫致辐射吸收剂量率计算公式：

$$H=4.59\times10^{-8}AZ(E_b/r)^2\cdot(\mu_{en}/\rho)_a\times2^{-dp/HVL}=H_0\times2^{-dp/HVL} \quad \text{…（式 11.2- 2）}$$

式中：

H_0—— 无辐射屏蔽时，在距源 r 米处的空气吸收剂量率，μGy/h；

H—— 屏蔽减弱后，在距源 r 米处的辐射剂量率，μSv/h，光子辐射权重因子取 1；

dp—— 屏蔽层厚度，cm；

HVL—— 半值层厚度，mm，根据 $HVL=\ln2\times\rho/(\mu/\rho)$计算，$\rho$为屏蔽材料密度，$(\mu/\rho)$为屏蔽材料质量衰减系数，查《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社，2011 年）中表 3.2~表 3.3 得；

表 11-1 本项目核素轫致辐射的 *HVL* 值

核素	E_b (MeV)	μ/ρ（cm^2/g）		HVL（mm）			
		铅 (11.3g/cm³)	砼 (2.35g/cm³)	铅 (11.3g/cm³)	砼 (2.35g/cm³)	砖 (1.65g/cm³)	硫酸钡 (3.2g/cm³)
^{32}P	0.695	1.077E-1	7.757E-2	5.7	28.0	54.2	27.9
^{90}Y	[illegible]						
^{89}Sr	[illegible]						
^{225}Ac 及其子体	[illegible]						
^{212}Pb 及其子体	[illegible]						

注：*E_b 取核素衰变释放的β射线最大能量的 1/3；砖、硫酸钡的 HVL 值由砼的 HVL 采用密度近似换算求得。

11.2.2.2 β射线轫致辐射屏蔽计算结果

β射线被放射源本身以及源周围的其他物质阻止时会产生轫致辐射，根据式 11.2-1 计算，^{32}P、^{90}Y、^{89}Sr、^{225}Ac 及其子体、^{212}Pb 及其子体衰变释放 β 射线所致轫致辐射在空气中的吸收剂量率计算如下：

表 11-2 无屏蔽时轫致辐射所致的辐射剂量率

核素	单次最大操作活度（Bq）	E_b（MeV）	Z	$(\mu_{en}/\rho)_a$（m^2/kg）	1m 处辐射剂量率 H_0（μGy/h）
[illegible]					
^{32}P	[illegible]				
[illegible]					
^{90}Y	[illegible]				
^{89}Sr	[illegible]				
^{225}Ac 及其子体	[illegible]				
^{212}Pb 及其子体	[illegible]				

注：给药前，考虑轫致辐射由盛放的药液的容器发出，^{177}Lu 采用普通玻璃 Z 取 10.6，^{90}Y 采用有机玻璃 Z 取 6.3。给药后，考虑轫致辐射由人体组织发出，肌肉 Z 取 6.25。

根据上表可知，即使不考虑任何辐射屏蔽时，^{89}Sr、^{225}Ac 及其子体、^{212}Pb 及其子体核素β射线轫致辐射所致 1m 处辐射剂量率均远低于 2.5μGy/h，故核素治疗工作场所应重点考虑对 ^{90}Y 核素轫致辐射的辐射屏蔽、核素敷贴治疗工作场所考虑对 ^{32}P 核素轫致辐射的辐射屏蔽。

根据式11.2-2，考虑屏蔽后韧致辐射所致各关注点空气吸收剂量率如下：

表 11-3 屏蔽后韧致辐射所致各关注点的辐射剂量率

关注点		计算参数				计算结果	辐射剂量率控制水平 H（μSv/h）
		H_0（μGy/h）	r（m）	dp（mm）	HVL（mm）	H（μSv/h）	
核素敷贴治疗工作场所							
敷贴制备室（^{32}P）	储源铅罐外 5cm 处					553.14	/
	储源铅罐外 30cm 处					15.36	/
	分装--手部					254.00	/
	分装柜外 5cm 处					0.04	25
	分装柜外 30cm 处					0.01	2.5
	西墙外 30cm 处					0.07	2.5
	东墙外 30cm 处					0.05	2.5
	南墙外 30cm 处					0.39	10
	北墙外 30cm 处					0.10	10
	南防护门外 30cm 处					0.08	2.5
	北防护门外 30cm 处					0.32	10
	顶板外 30cm 处					0.04	2.5
	地板外 30cm 处					0.12	2.5
敷贴治疗室（^{32}P）	给药--手部					2.50	/
	给药操作位					0.10	/
	西墙外 30cm 处					<0.001	2.5
	东墙外 30cm 处					0.001	2.5
	南墙外 30cm 处					0.001	2.5
	北墙外 30cm 处					0.001	2.5
	东侧防护门外 30cm 处					0.01	2.5
	南侧防护门外 30cm 处					0.01	2.5
	顶板外 30cm 处					<0.001	2.5
	地板外 30cm 处					0.001	2.5
核素治疗工作场所							

分装室(^{90}Y)	分装--手部				532.00	/
	分装柜外 5cm 处				0.11	25
	分装柜外 30cm 处				0.04	2.5
	注射--手部				532.00	/
	注射室操作位				0.07	/
	西墙外 30cm 处				0.002	2.5
	东墙外 30cm 处				1.04	10
	南墙外 30cm 处				0.01	2.5
	北墙外 30cm 处				0.04	10
	南防护门外 30cm 处				0.03	2.5
	顶板外 30cm 处				0.02	2.5
	地板外 30cm 处				0.07	2.5
北侧留观病房(^{90}Y)	东墙外 30cm 处				0.005	2.5
	南墙外 30cm 处				0.02	10
	西墙外 30cm 处				0.01	10
	北墙外 30cm 处				0.04	2.5
	防护门外 30cm 处				0.13	10
	顶板外 30cm 处				0.02	2.5
	地板外 30cm 处				0.07	2.5
南侧留观病房(^{90}Y)	东墙外 30cm 处				0.48	2.5
	南墙外 30cm 处				0.02	2.5
	西墙外 30cm 处				0.01	10
	北墙外 30cm 处				0.14	10
	防护门外 30cm 处				0.05	10
	顶板外 30cm 处				0.02	2.5
	地板外 30cm 处				0.07	2.5
患者通道(^{90}Y)	四周墙外 30cm 处				0.11	2.5

	防护门外 30cm 处				0.28	2.5
	顶板外 30cm 处				0.02	2.5
	地板外 30cm 处				0.07	2.5

注：核医学科楼三层层高（本层地面至上层地面，余同）3.8m、四层层高 4.0m，核医学患者走道内患者按距墙、门 1m 计算，余同。

由上表估算结果可知，本项目核素敷贴治疗工作场所开展 ^{32}P 敷贴治疗时，其韧致辐射所致工作场所各屏蔽体外 30cm 处和分装柜外 5cm、30cm 处剂量率最大为 1.04μSv/h，核素治疗工作场所开展 ^{90}Y 核素治疗时，其韧致辐射所致工作场所各屏蔽体外 30cm 处和分装柜外 5cm、30cm 处剂量率最大为 0.39μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中周围剂量率控制水平要求。

11.2.3 γ射线的辐射防护评价

11.2.3.1 计算公式

γ射线的辐射影响根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录I式（I.1）变形计算关注点剂量率：

$$H_p = A \times \Gamma \times r^{-2} \times 10^{-x/TVL} \qquad （式 11.2-3）$$

式中：

H_p—— 经屏蔽后，关注点处的剂量率，μSv/h；

A—— 放射源的预期最大放射性活度，MBq；

Γ ——剂量率常数，$\mu Sv \cdot m^2 \cdot h^{-1} \cdot MBq^{-1}$；

r—— 关注点距辐射源的距离，m；

x—— 屏蔽层厚度，mm；

TVL ——γ射线在相应屏蔽材料中的什值层厚度，mm。

11.2.3.2 计算参数

（1）剂量率常数（f），$\mu Sv \cdot m^2 \cdot h^{-1} \cdot MBq^{-1}$

表 11-4 放射性核素剂量率常数一览表

核素名称	单次最大操作活度（Bq）	剂量率常数（$\mu Sv \cdot m^2 \cdot h^{-1} \cdot MBq^{-1}$）		裸源所致 1m 处辐射剂量率 H_0（μSv/h）
		注射前（裸源）	注射后（患者体内）	
[illegible]				

根据上表可知，^{203}Pb、^{225}Ac 子体、^{212}Pb 子体的剂量率常数较大，但因其实际操作活度较低，核素衰变释放的γ射线所致周围环境辐射剂量率远低于各场所使用的其他核素（如 ^{99m}Tc、^{131}I），故 SPECT 显像工作场所应重点考虑对 ^{99m}Tc 核素γ射线的辐射屏蔽；考虑到 ^{177}Lu 核素治疗与 ^{131}I、^{225}Ac、^{212}Pb 等核素治疗流程存在不同，因此核素治疗工

11.2.3.3 场所辐射水平计算

根据上述公式及计算参数，估算本项目对周边环境辐射剂量率的影响，结果见下表：

表 11-7 γ射线所致工作场所辐射剂量率计算参数及结果一览表

关注点		计算参数					计算结果	辐射剂量率控制水平 *H*（μSv/h）
		A（MBq）	*f* μSv·m²/（MBq·h）	*r*（m）	*x*（mm）	*TVL*（mm）	*H*（μSv/h）	
SPECT 显像工作场所								
注射区（^{99m}Tc）	注射--手部			0.05			8968.80	/
	注射室操作位						<0.001	/
	东墙外 30cm 处						0.01	2.5
	南墙外 30cm 处						0.003	10
	北墙外 30cm 处						0.003	2.5
	入口防护门外 30cm 处						0.01	2.5
	顶板外 30cm 处						<0.001	2.5
注射室（^{99m}Tc）	抽检——手部						8968.80	/
	抽检——身体						<0.001	2.5
	储源铅罐外 5cm 处						1.61	/
	储源铅罐外 30cm 处						0.04	/
	分装柜外 5cm 处						0.03	25
	分装柜外 30cm 处						0.01	2.5
	东墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	南墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	西墙外 30cm 处						<0.001	10
	北墙外 30cm 处						<0.001	10
	南侧防护门外 30cm 处						<0.001	2.5
	北侧防护门外 30cm 处						<0.001	10
	顶板外 30cm 处						<0.001	2.5
候诊室	东墙外 30cm 处						0.003	10

(^{99m}Tc)	南墙外 30cm 处			1.920			0.003	2.5
	西墙外 30cm 处						0.003	2.5
	北墙外 30cm 处						0.003	10
	防护门外 30cm 处						0.01	10
	顶板外 30cm 处						<0.001	2.5
注射后候诊区(^{99m}Tc)	东墙外 30cm 处						0.01	10
	南墙外 30cm 处						0.05	10
	西墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	北墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	防护门外 30cm 处						0.01	10
	顶板外 30cm 处						0.002	2.5
肺通气室(^{99m}Tc)	给药--手部						8968.80	/
	给药操作位						89.69	/
	东、西墙外 30cm 处						0.01	10
	南、北墙外 30cm 处						0.01	2.5/10
	防护门外 30cm 处						0.02	10
	顶板外 30cm 处						<0.001	2.5
运动兼抢救室(^{99m}Tc)	东墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	南墙外 30cm 处						0.003	2.5
	西墙外 30cm 处						0.002	10
	北墙外 30cm 处						0.01	10
	南侧防护门外 30cm 处						0.01	2.5
	西侧防护门外 30cm 处						0.01	10
	顶板外 30cm 处						0.001	2.5
扫描室(^{99m}Tc)	东墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	南墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	西墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	北墙外 30cm 处						<0.001	2.5
	患者防护门外 30cm 处						0.001	2.5
	控制室防护门外 30cm 处						0.001	2.5
	观察窗外 30cm 处						0.001	2.5
	控制室操作位						0.001	2.5

	顶板外 30cm 处				<0.001	2.5
	摆位				4.84	/
留观室 (^{99m}Tc)	东墙外 30cm 处				<0.001	2.5
	南墙外 30cm 处				0.004	10
	西墙外 30cm 处				0.03	10
	北墙外 30cm 处				0.002	10
	防护门外 30cm 处				0.03	10
	顶板外 30cm 处				0.001	2.5
分装室 (^{131}I)	自动分装柜外 5cm 处				0.04	25
	自动分装柜外 30cm 处				0.01	2.5
	西墙外 30cm 处				<0.001	2.5
	东墙外 30cm 处				0.002	10
	南墙外 30cm 处				<0.001	2.5
	北墙外 30cm 处				<0.001	10
	防护门外 30cm 处				<0.001	2.5
	顶板外 30cm 处				<0.001	2.5
	地板外 30cm 处				<0.001	2.5
给药/注射区 (^{131}I)	东墙外 30cm 处				0.32	10
	南墙外 30cm 处				0.28	2.5
	北墙外 30cm 处				0.58	2.5
	南侧防护门外 30cm 处				0.13	2.5
	北侧防护门外 30cm 处				0.26	2.5
	顶板外 30cm 处				0.28	2.5
	地板外 30cm 处				1.60	2.5
分装室 (^{177}Lu)	分装--手部				1.42E+04	/
	分装柜外 5cm 处				<0.001	25
	分装柜外 30cm 处				<0.001	2.5
	注射--手部				1.42E+04	/
	注射室操作位				<0.001	/

	西墙外 30cm 处							0.03	2.5
	东墙外 30cm 处							3.67	10
	南墙外 30cm 处							0.12	2.5
	北墙外 30cm 处							0.38	10
	南防护门外 30cm 处							0.02	2.5
	顶板外 30cm 处							0.16	2.5
	地板外 30cm 处							1.04	2.5
给药/注射区(^{177}Lu)	东墙外 30cm 处							0.09	10
	南墙外 30cm 处							0.28	2.5
	北墙外 30cm 处							0.14	2.5
	南侧防护门外 30cm 处							0.02	2.5
	北侧防护门外 30cm 处							0.01	2.5
	顶板外 30cm 处							0.16	2.5
	地板外 30cm 处							1.04	2.5
北侧留观病房(^{177}Lu)	东墙外 30cm 处							0.001	2.5
	南墙外 30cm 处							0.13	10
	西墙外 30cm 处							0.10	10
	北墙外 30cm 处							0.63	2.5
	防护门外 30cm 处							0.04	10
	顶板外 30cm 处							0.16	2.5
	地板外 30cm 处							1.04	2.5
南侧留观病房(^{177}Lu)	东墙外 30cm 处							0.004	2.5
	南墙外 30cm 处							0.13	2.5
	西墙外 30cm 处							0.04	10
	北墙外 30cm 处							1.04	10
	防护门外 30cm 处							0.01	10
	顶板外 30cm 处							0.16	2.5
	地板外 30cm 处							1.04	2.5
患者通道(^{177}Lu)	四周墙外 30cm 处							1.17	2.5
	防护门外 30cm 处							0.08	2.5
	顶板外 30cm 处							0.16	2.5
	地板外 30cm 处							1.04	2.5

注：核医学科楼一层层高（本层地面至上层地面，余同）4.5m、四层层高 4.0m，核医学患者走道内患者按距墙、门 1m 计算，余同。

根据估算结果可知，本项目 SPECT 显像工作场所开展 ^{99m}Tc 等显像诊断、核素治疗工作场所开展 ^{131}I、^{177}Lu 等核素治疗项目时，工作场所屏蔽体外 30cm 处和分装柜外 5cm 和 30cm 处剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准中相应周围剂量率控制水平要求。

11.2.4 射线装置机房的环境辐射防护评价

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 CT 机要求评价本项目 SPECT 显像工作场所扫描室防护设计，具体如下：

表 11-8 扫描室放射防护与 GBZ130-2020 的对照表

防护技术要求	扫描室设计参数	标准要求	评价
最小有效使用面积	5.175m×6.45m≈33.38m^2	30m^2	满足
最小单边长度	5.175	4.5m	满足
四周墙体	240mm 砖+3mmPb 硫酸钡涂料（等效于 5.09mmPb）	2.5mmPb	满足
顶板	200mm 砼+3mmPb 硫酸钡板（等效于 5.17mmPb）		满足
防护门	3mmPb，2 扇		满足
观察窗	3mmPb		满足

注：1、本项扫描室下层无地下室，为地下土层；2、表中换算等效铅当量时保守按照 150kV 有用线束来考虑，砼、砖铅当量分别根据 GBZ 130-2020 附录 C 和《辐射防护手册 第三分册》表 3.3 计算得出；3、实心砖密度不小于 1.65g/cm^3，砼密度不小于 2.35g/cm^3，铅密度不小于 11.3g/cm^3。

根据上表可知，本项目 SPECT 显像工作场所扫描室的使用面积及单边长度、机房屏蔽防护厚度以及放射防护设施均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相应要求。

根据《医用电气设备 第一部分：安全通用要求 三、并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB 9706.103-2020）12.4 规定“X 射线管组件和 X 射线源组件在加载状态下的泄漏辐射，当其在相当于基准加载条件下以标称 X 射线管电压运行时，距焦点 1m 处，1h 内在任一 100cm^2 区域（主要线性尺寸不大于 20cm）的空气比释动能不应超过 1.0mGy。专用标准可对不同 X 射线设备的泄漏辐射规定不同的限值”，本项目泄漏辐射在距靶点 1m 处的空气比释动能率保守取值为 1000μGy/h。根据式 11.2-1，本项目 ECT

机房外辐射剂量率计算结果如下：

表 11-9 扫描室屏蔽墙体外辐射剂量率计算参数及结果

机房名称	关注点	计算参数							H (μSv/h)
		H_L (μGy/h)	X (mmPb)	R（m）	α	β	γ	B	
扫描室	东墙外 30cm 处								<0.001
	南墙外 30cm 处								<0.001
	西墙外 30cm 处								<0.001
	北墙外 30cm 处								<0.001
	患者防护门外 30cm 处								0.008
	控制室防护门外 30cm 处								0.007
	观察窗外 30cm 处								0.007
	控制室操作位								0.005
	顶板外 30cm 处								<0.001

注：SPECT-CT 管电压为 150kV，α、β、γ分别按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 表 C.2 中的 150kV（主束）取值。

根据上表可知，本项目 SPECT 显像工作场所扫描室外因 SPECT-CT 设备 X 射线所致辐射剂量率最大为 0.008μSv/h，远小于 2.5μSv/h，满足根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中有关剂量率限值要求。

11.2.5 人员受照剂量

本项目职业工作人员主要考虑其在核素分装/给药操作位、射线装置机房控制室操作位等区域时受到的职业外照射。本项目辐射工作场所设有实体屏蔽，且控制区内严禁无关人员入内，故公众人群主要考虑其在辐射工作场所外相邻区域驻留时受到的外照射。

11.2.5.1 剂量估算公式

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

$$H_d = H \times t \times T \times 10^{-3} \qquad \text{（式 11.2- 4）}$$

式中：

H_d —— X、γ射线外照射人均有效剂量当量，mSv/a；

H —— 关注点处剂量率，μSv/h；

t —— X、γ 射线照射时间，h/a；

T —— 居留因子，参考 HJ1198-2021 附录 A。

11.2.5.2 计算参数

（1）受照时间

表 11-10 受照射时间一览表

工作环节		每次操作照射时长	年操作次数/照射天数	年照射时间（h/a）	
SPECT 显像工作场所（^{99m}Tc、^{203}Pb）					
注射室	^{99m}Tc、^{203}Pb 注射给药			73.32	
	^{99m}Tc、^{203}Pb 药物抽检			14.66	
肺通气室	^{99m}Tc 吸入给药			3.33	
候诊室				1500	
注射后候诊区				1500	
运动兼抢救室				1500	
扫描室	扫描			1483	1497.83
	扫描摆位			14.83	
留观室	患者留观			556.13	
敷贴制备室	药物接收、转移			0.20	30.20
	敷贴器制备			30	
敷贴治疗室	敷贴接收、发放			40	440
	敷贴治疗			400	
核素治疗工					
分装室	^{177}Lu 分装			16.67	
	^{90}Y 分装			6.67	
	^{89}Sr 分装			4	
	^{225}Ac 分装			4	
	^{212}Pb 分装			4	
给药区	^{177}Lu 给药			50	
	^{90}Y 注射给药			0.67	
	^{89}Sr 注射给药			0.40	
	^{225}Ac 注射给药			0.80	
	^{212}Pb 注射给药			0.80	
	^{131}I 口服给药			16.67	
留观病房	^{177}Lu 患者留观			1200	
	^{90}Y 患者留观			120	

（2）关注点位剂量率

根据关注点处估算的剂量率取值，见表 11-3、表 11-7、表 11-9。

11.2.5.3 计算结果

考虑核素切致辐射、γ射线和射线装置 X 射线外照射叠加辐射影响，本项目各核医学工作场所辐射工作人员和周围公众年附加有效剂量估算结果见下表：

表 11-11 辐射工作人员年附加有效剂量估算结果一览表

关注点位		计算参数					计算结果	剂量约束值
		关注点位辐射剂量率 H(μSv/h)			照射时间 t(h/a)*	T	H_d(mSv/a)	(mSv/a)
		韧致辐射	γ射线	X 射线				
手部	^{99m}Tc、^{203}Pb 注射给药						409.52	500
	^{99m}Tc、^{203}Pb 药物抽检							
	^{99m}Tc 吸入给药							
身体	^{99m}Tc、^{203}Pb 注射给药						0.15	5
	^{99m}Tc、^{203}Pb 药物抽检							
	^{99m}Tc 吸入给药							
	扫描						0.08	
	扫描摆位							
手部	药物接收、转移						3.92	500
	敷贴器制备							
	敷贴接收、发放							
身体	药物接收、转移						0.004	5
	敷贴器制备							
	敷贴接收、发放							
手部	^{177}Lu 分装						487.56	500
	^{225}Ac 分装							
	^{212}Pb 分装							
	^{90}Y 分装							
	^{89}Sr 分装							
	^{177}Lu 给药							
	^{225}Ac 注射给药							
	^{212}Pb 注射给药							
	^{90}Y 注射给药							
	^{89}Sr 注射给药							
身体	^{177}Lu 分装						0.01	5
	^{225}Ac 分装							
	^{212}Pb 分装							
	^{90}Y 分装							
	^{89}Sr 分装							
	^{177}Lu 给药							
	^{225}Ac 注射给药							
	^{212}Pb 注射给药							
	^{90}Y 注射给药							

	^{89}Sr 注射给药						
	^{131}I 口服给药						

注：*本项目各核医学工 [illegible] 给药工作，故照射时间取年照射时间的 1/2。

根据上表可知，本项目各核医学工作场所辐射工作人员手部职业照射的附加剂量最大值为 487.56*m*Sv/a，身体职业照射的附加剂量最大值为 0.15*m*Sv/a，低于年剂量约束值 5*m*Sv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员剂量限值的要求。

表 11-12 公众年附加有效剂量估算结果一览表

关注点位	计算参数					H_d (*m*Sv/a)	剂量约束值 (*m*Sv/a)
	关注点位辐射剂量率 H(μSv/h)		照射时间 t(h/a)		T		
	韧致辐射	γ射线	韧致辐射	γ射线			
SPECT 显像工作场所							
患者入口防护门外（候诊厅）	/	0.01	73.32		1/8	<0.001	0.1
注射室东侧墙外（模拟 CT 机房）	/	<0.001			1/2	<0.001	
注射室顶部（肿瘤科诊室）	/	<0.001			1	<0.001	
候诊室南墙外（楼梯间）	/	0.003	1500		1/20	<0.001	
候诊室西墙外（院内道路）	/	0.003			1/20	<0.001	
候诊室顶部（肿瘤科诊室）	/	<0.001			1	<0.001	
注射后候诊区西墙外（院内道路）	/	<0.001			1/20	<0.001	
注射后候诊区顶部（肿瘤科办公区）	/	0.002			1	0.003	
运动兼抢救室东墙外（走道、模拟 CT 机房）	/	<0.001			1/2	<0.001	
运动兼抢救室顶部（肿瘤科办公区）	/	0.001			1	0.002	
留观室东墙外（卫生间）	/	<0.001	556.13		1/20	<0.001	
留观室顶部（肿瘤科办公区）	/	0.001			1	<0.001	
扫描室东墙外（绿化）	/	<0.001	1497.83		1/40	<0.001	
扫描室北墙外（楼梯间）	/	<0.001			1/20	<0.001	
扫描室顶部（肿瘤科办公区）	/	<0.001			1	<0.001	
核素敷贴治疗工作场所							
敷贴制备室东墙外（走道）	0.05	/	30.20		1/5	<0.001	0.1
敷贴制备室底部（肿瘤科办公区）	0.03*	/			1	0.001	
敷贴治疗室东墙外（走道）	0.001	/	440		1/5	<0.001	
敷贴治疗室北墙外（登记区）	0.001	/			1	<0.001	

敷贴治疗室底部（肿瘤科办公区）	<0.001*	/			1	<0.001	
核素治疗工作场所							
分装室顶部（屋面）	0.02	0.16	104.68		1/20	0.001	0.1
留观病房北墙外（楼梯间）	0.04	0.63	120	400	1/20	0.013	
留观病房东墙外（肿瘤科病房）	0.48	0.004			1	0.059	
留观病房北墙外（医生办）	0.02	0.13			1	0.054	
留观病房顶部（屋面）	0.02	0.16			1/20	0.003	
留观病房底部（医生办）	0.01*	0.22*			1	0.089	

注：1、留观病房相邻办公区域人员每天拟工作 8h，年开展 50 批次 ^{177}Lu 治疗，每批次最长留观 1d，故其受照时间应为 400h/a=8h/d*50d/a；2、各场所底部实际人员可达处剂量率按距楼下地面 1.7m 处计算；3、扫描室内射线装置所致机房外公众可达处剂量率低于 0.001μSv/h，其对外照射贡献较小，故上表估算时未叠加其辐射影响。

根据上表可知，本项目各核医学工作场所周边公众可能受到的年附加剂量最大值为 0.089*m*Sv/a，低于年剂量约束值为 0.1*m*Sv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众成员剂量限值（1*m*Sv/a）的要求。

11.2.6 核素治疗患者出院管理

为确保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限值，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中相关要求：^{131}I、^{89}Sr、^{90}Y 患者出院时体内放射性活度分别要求不大于 400MBq、200MBq 和 2500MBq，其余核素参照执行距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h。

根据前文可知，本项目单个 ^{131}I、^{89}Sr、^{90}Y 患者最大给药量分别为 370MBq、148MBq 和 1110MBq，均低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中放射治疗患者出院时体内放射性活度的要求。因此，^{131}I、^{89}Sr、^{90}Y 患者给药后如无异常或特殊护理要求，即可离开核医学科，不需要强制留观。

本项目 ^{32}P 患者采取体外敷贴，医院拟于敷贴结束后回收敷贴器，故患者体内不存在放射性，治疗结束后即可离开。对于 ^{225}Ac、^{212}Pb 患者，根据表 11-2 和表 11-4 可知，其裸源所致 1m 处的周围剂量当量率已小于 25μSv/h，满足距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 要求。因此，^{1225}Ac、^{212}Pb 患者给药后如无异常或特殊护理要求，即可离开核医学科。

本项目 ^{177}Lu 患者的最大给药量为 200mCi（7400MBq），根据《^{177}Lu-Dotatate 治

疗的放射防护评估》（中国辐射卫生，2021 年 12 月第 30 卷第 6 期）中相关研究成果，给药量为 7400MBq 的 ^{177}Lu 患者给药后 6h 时，距患者 1m 处剂量率为 11.91μSv/h，满足距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 要求。因此，^{177}Lu 患者给药后进行 6 小时的医学留观即可满足出院要求。

为了将患者对其他人的影响减至最低，建议医院告知患者以下出院后注意事项：①一周内不要搭乘必须与邻座共坐两小时以上的交通工具（包括飞机）；②一周内不与伴侣共枕；③一周内避免与小孩或孕妇亲密接触；④一周内尽量不要在人员集中地逗留，每次与他人的近距离接触应不超过一小时，如果接触时间延长，建议与其他人保持 2m 以上的距离。

11.2.7 放射性废物产生及排放情况

11.2.7.1 放射性废水

根据源项分析可知，本项目放射性废水主要来自给药后患者在控制区内候检、留观期间的排泄和冲洗废水，以及控制区工作场所、工作人员清洁废水，其中 SPECT 显像工作场所产生的放射性废水产生量最大为 112.384m^3/a，即约 9.37m^3 /月，拟排入老衰变池进行处置；核素敷贴治疗工作场所和核素治疗工作场所产生的放射性废水产生量最大为 19.92m^3/a，即 1.66m^3 /月，拟新建衰变池用于收集处置该部分废液。对于 ^{99m}Tc、^{203}Pb 显像诊断患者，^{99m}Tc、^{203}Pb 核素进入废液的量按不超过单次核素最大操作量的 10%进行估算，对于需留观住院的 ^{90}Y、^{177}Lu 患者，核素进入废液的量均按不超过单次核素最大操作量的 58%（参照《^{177}Lu-Dotatate 治疗的放射防护评估》（中国辐射卫生，2021 年 12 月第 30 卷第 6 期））进行估算。^{32}P 主要考虑场所存在污染时随清洁废液排入衰变池内，场所存在污染时拟先采用擦拭法去污至解控水平后方可清洁，故按不超过单次核素最大操作量的 1%进行估算。^{225}Ac、^{212}Pb、^{131}I、^{89}Sr 患者给药后即可离开，正常工况下核素不排入衰变池。

1）SPECT 显像工作场所放射性废水处置

本项目核医学科楼现有老衰变池为一座三级推流式衰变池，单个池体有效容积 5.55m^3，衰变池总有效容积为 16.65m^3。本项目 SPECT 显像工作场所内产生的含 ^{99m}Tc、^{203}Pb 放射性废水拟由场所（如候诊区卫生间、卫生通过间等）内卫生间、洗手盆、污洗

池和地漏等下水管道引至放射性衰变池系统，废水依次经老衰变池处置后溢流至集水井后泵送至医院污水处理站做进一步处理，最终排入市政污水管网。

根据计算，老衰变池单个池子可容纳约 5.55m³÷9.37m³/月×30d/月≈18d 的废水，根据推流式放射性衰变池工作原理，考虑废液在单个池体内的稀释扩散，以第一级衰变池储满时池体内平均活度浓度作为排入下一级衰变池的初始活度，以此类推，最终将第三级衰变池储满时池体内平均活度浓度作为排出活度浓度，具体计算如下：

表 11-13 放射性废水排放浓度估算一览表

略

根据计算结果可知，本项目 SPECT 显像工作场所内产生的放射性废水经处置后，单次排放废液中 ^{99m}Tc、^{203}Pb 活度浓度分别为可满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中："最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求"，即 SPECT 显像工作场所放射性废水依托现有老衰变池处置方案可行。

2）核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所放射性废水处置

本项目拟在核医学科楼东侧绿化区新建一座由 1 个沉淀池+3 个衰变池组成的三级槽式放射性衰变池系统，单个沉淀池有效容积为 2.7m³=1.5m（长）×1.5m（宽）×1.2m（高）、单个衰变池有效容积为 5.1m³=2m（长）×1.5m（宽）×1.7m（高），衰变池总有效容积为 15.3m³（不含沉淀池）。本项目核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所内产生的含 ^{90}Y、^{177}Lu、^{32}P 等放射性废水拟由场所（如留观病房、卫生通过间、污洗间等）内卫生间、洗手盆、污洗池和地漏等下水管道引至放射性衰变池系统，废水依次经

沉淀池、衰变池贮存衰变一定时间后再排入医院污水处理站做进一步处理，最终排入市政污水管网。

根据估算，单个衰变池收集罐可容纳约 5.1m³÷1.66m³/月×30d/月≈92d 的废水，根据槽式放射性衰变池工作原理，该部分放射性废水至少可存放衰变 92d×2=184d（未考虑进水时间和沉淀池暂存时间），大于所含核素 10 倍最长半衰期（^{177}Lu 的 10 倍半衰期为 67.3d、^{90}Y 的 10 倍半衰期为 26.7 天、^{32}P 的 10 倍半衰期为 142.6 天），建设单位拟根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）标准要求，排放前拟委托有资质单位进行取样检测，当拟排放的放射性废液的总β应不大于 10Bq/L，且监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。

表 11-14 放射性废水排放浓度估算一览表

略

根据计算结果可知，本项目核素敷贴治疗工作场所、核素治疗工作场所放射性废水经处置后可满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中排放的放射性废液的总β应不大于 10Bq/L 的排放限值要求，相关放射性废液处置设施可行。

11.2.7.2 放射性固体废物

（4）根据源项分析可知，本项目放射性固体废物主要为给药时产生的一次性注射器/口杯/吸入装置、污染棉签、放射性药品包装、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）等，给药后患者候检、留观时产生的放射性污染废物以及通风系统定期维护时更换的废旧活性炭。

本项目各核医学工作场所内拟设置固废间，并拟在可能废物产生废物的区域拟设置铅污物桶收集废物，每日工作结束后再转移至固废间的放射性衰变桶内存放衰变，含 ^{99m}Tc 放射性固体废物拟暂存衰变不少于 30 天，含 ^{131}I 放射性固体废物拟暂存衰变不少于 180 天，其余放射性核素固体废物拟暂存衰变不少于所含核素十倍半衰期以上时间，经检测满足清洁解控水平后再作为普通医疗废物进行处置，通风系统废滤芯解控后按危废处置。留观病房内产生的放射性污染被服拟在患者出院后收集至固废间，拟至少存放衰变一倍核素半衰期后再进行洗消和再利用；开展 ^{125}I 粒子植入治疗项目时，如有粒子剩余拟采用镊子收集至原储源铅罐内，由厂家及时回收。

11.2.7.3 放射性废气

根据源项分析可知，本项目各核医学工作场所开展放射性药液分装、给药过程中，可能因药液挥发产生少量放射性废气，除开展 ^{99m}Tc 肺通气和 ^{131}I 给药外，本项目各核医学工作场所使用其余放射性药液具有较低的蒸汽压，正常条件下不易挥发。此外，此外，射线与空气相互作用时产生的少量的有害气体。

本项目各核医学工作场所拟分别设置空调新风和排风系统。SPECT 显像工作场所控制区内拟设置 3 套排风系统，其中分装柜拟单独设置一条独立通风管道，排风量 1300m^3/h，注射区、注射室、储源、固废等区域设置一条排风管道，排风量 500m^3/h，患者候诊、运动负荷兼抢救、留观、扫描室等区域设置一条排风管道，排风量 2000m^3/h）；核素敷贴治疗工作场所控制区内拟设置 1 套放射性排风系统（排风量 1000m^3/h）和 1 条独立的分装柜排风管（排风量 150m^3/h）；核素治疗工作场所控制区内拟设置 1 套放射性排风系统（排风量 2500m^3/h）和 1 条独立的分装柜排风管（排风量 3000m^3/h）；其他非放射工作场所拟单独设置排风管道或采取自然通风。排风系统拟通过控制排风量形成压力差以控制气流流向，各房间排风口均安装止回阀，以防止废气倒流，对工作场

所造成交叉污染。SPECT 显像工作场所排风管拟由留观室东墙穿出，拟沿肿瘤中心北侧外墙设置立管引至肿瘤中心六层屋顶排放口，核素敷贴治疗工作场所和核素治疗工作场所排风管拟由分装室西墙穿出，沿外墙设置立管经核医学科楼五层屋面引至肿瘤中心六层屋顶排放口，排放口高出屋面 3m，排放口前端拟安装活性炭过滤装置。本项目各核医学工作场所内废气经过滤后排放，对项目周围环境影响很小。

医院应定期检查通风系统活性炭过滤装置的性能，根据实际情况及时更换活性炭，一般 2~3 年更换一次，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物进行处理。

11.2.8 核医学科事故影响分析

（一）可能发生的辐射事故

（1）由于管理不善，导致放射性药物被盗、丢失。

（2）操作核素过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏，造成台面、地面辐射污染及造成额外附加照射。

（3）辐射工作人员未按要求穿戴或穿戴不合格的个人防护用品和使用辅助防护设施，而受到额外附加照射剂量。

（4）人员在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。

（5）检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

（6）在药物分装施药过程发生意外或辐射工作人员操作失误将导致患者施药剂量不准确或 SPECT-CT 控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到计划外照射，如任何诊断用药物的施用量远大于处方值，或多次重复照射，或大大超过设定的指导水平；任何设备故障、事故、错误或意外事件，使患者受到诊疗计划不一致的照射，或受到其他非正常发生的潜在照射。

（二）事故预防措施

（1）制定并落实放射性同位素管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。应设置防盗门、防盗窗及报警装置等设施，做好防盗工作。

（2）制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作

规范操作，配备必要的防护用品，减少药物操作和运输过程中洒漏事故发生。

（3）加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确了解需配备的防护用品及存放位置。

（4）加强对有药患者的管理，在不影响诊疗的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对出院的有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公共场所去活动，并避免与家人近距离密切接触。工作场所设置监控，进出口设置控制门，防止无关人员进入。

（5）放射性固体废物衰变箱外应标注内含核素种类、封存时间。医院应加强放射性废水和固废排放处理管理，按照本环评要求的衰变时间停留衰变，处理前进行监测，达到解控水平后方可进行进一步处理。

（6）做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

表 12 辐射安全管理

12.1. 辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全领导小组

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当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。

医院于 2024 年 12 月 13 日调整了辐射防护管理委员会。辐射防护管理委员会由吕奔任主任委员，龙海、颜苗任副主任委员，周薇任秘书，吴斯杰等 24 名委员组成。辐射防护管理委员会挂靠医务部，主要职责包括制定与医院辐射防护管理有关的制度及工作计划；督导医院辐射防护管理各项制度的执行和措施的落实；组织医院辐射防护管理事故的认定，危害评估和处置方案的制定；协调与医院辐射防护管理相关科室部门的工作；制定医院辐射防护管理工作规范、操作技术指南及规范性技术文件并定期进行评价和更新；提供医院辐射防护管理相关技术和政策咨询。

医院现有辐射防护管理委员会负责全院的辐射安全与环境保护工作，配置的工作人员有一定的管理能力。本项目开展后，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

2、辐射工作人员的配置

本项目拟配置 12 名辐射工作人员，均为医院现有辐射工作人员，已取得有效期内的核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩报告单。医院已委托有资质单位定期开展辐射工作人员职业健康检查和个人剂量监测，结果无异常。

12.2. 辐射安全管理规章制度

建立、健全和严格执行辐射安全管理的规章制度是防止潜在照射发生的重要措施。为保障射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，中南大学湘雅二医院制定了相关辐射安全管理规章制度，为保证辐射工作人员和周围公众人员的健康，中南大学湘雅二医院必须严格按照国家法律法规执行，并加强对核技术利用项目的日常管理：

（1）根据中南大学湘雅二医院的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是

对核技术利用装置的安全防护和维修要落实到个人；在执行各项制度时，要明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。目前医院已制定的制度包括：《辐射事故处置应急预案》、《放射防护管理制度》、《放射性同位素与射线装置放射防护管理办法》、《辐射监测计划》、《放射设备维修、维护制度》、《人员培训计划》、《放射工作人员防护工作制度》、《核医学科工作制度》、《放射性核素的订购、领取、保管、使用制度》、《核医学科放射性废物管理制度》、《核医学放射性污染与事故应急处理预案》、《注射室管理制度与放射性药物操作规范》、《SPECT-CT 操作规程》、《核医学患者管理规定》等。

（2）明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，避免事故发生。

（3）加强对辐射工作场所的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业，安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（4）为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，中南大学湘雅二医院应培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，中南大学湘雅二医院应对本项目的辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

（5）中南大学湘雅二医院应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实。应根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。

12.3. 辐射监测

为了及时掌握项目周围的辐射水平，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871－2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求，应建立必要的监测计划，包括设备运行期及个人剂量监测计划，要建立监测资料档案。本项目辐射监测内容如下：

（1）工作场所和周围环境监测

监测项目：X-γ空气吸收剂量率、放射性表面污染、放射性废水

监测频次：X-γ空气吸收剂量率每年委托有资质的单位监测一次，平时每季度自主监测一次。核医学工作场所在购进药物前后、核素操作前后均做表面污染监测，放射性废物处置前进行表面污染和X-γ辐射空气吸收剂量率监测。对于槽式衰变池，放射性废水每次排放前均拟委托有资质的单位检测；对于推流式衰变池，拟每年委托资质单位开展1次检测。应急状况随时监测。

监测点位：①X-γ空气吸收剂量率：核医学科工作场所屏蔽体外30cm处、射线装置机房屏蔽体外30cm处以及人员经常驻留的位置；②放射性表面污染：核医学工作场所工作人员体表、工作台表面、场所地面、墙面、门、相关容器表面；③放射性废水：各核医学工作场所衰变池排放口。

（2）个人监测

对辐射工作人员开展个人剂量监测，委托具有相应资质的放射防护技术服务机构承担，常规个人剂量监测的周期应综合考虑工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素，监测周期最长不得超过90天，医院需配合委托单位及时收发个人剂量卡。个人剂量监测档案包括辐射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。

12.4. 辐射工作人员管理

（1）辐射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；项目运行后还应当组织辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，应当对其进行离岗前的职业健康检查。

（2）放射工作单位对职业健康检查中发现不宜继续从事放射工作的人员，应当及时调离放射工作岗位，并妥善安置；对需要复查和医学随访观察的辐射工作人员，应当及时予以安排。

（3）对参加应急处理或者受到事故照射的辐射工作人员，医院应当及时组织健康检查或者医疗救治，按照国家有关标准进行医学随访观察。

（4）辐射工作人员进入放射工作场所，应正确佩戴个人剂量计。

（5）辐射工作人员应在“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（http://fushe.mee.gov.cn/）”参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，考核合格后方可上岗。同时，取得培训合格证的人员，医院应每5年组织一次复训。

（6）加强对放射性工作人员个人剂量档案、个人健康档案的保管，要求终身保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。医院还应关注工作人员每一次的累积剂量监测结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，同时应建立并终生保存个人剂量监测档案，以备辐射工作人员查看和管理部门检查。辐射工作人员有权查阅、复印本人的职业健康监护档案。放射工作单位应当如实、无偿提供。

12.5. 辐射事故应急

为建立健全辐射事故应急机制，及时处置突发辐射事故，提高应急处置能力，最大程度地减少辐射事故及其可能造成的人员伤害和财产损失，医院已制定了《辐射事故应急预案》：

（1）医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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》等法规的有关规定，开展辐射事故预防与应急处置。

（2）医院对其辐射活动中辐射事故的应急准备与响应负首要责任，必须遵照国家和地方政府有关规定，依据所操作的射线装置以及潜在事故的特性和可能后果，考虑制定辐射事故应急计划或应急程序，并按规定报当地政府有关部门审查批准或备案。

（3）发生辐射事故时，医院将立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）医院将切实执行并落实辐射安全管理规章制度，加强实体保卫，切实有效地防止辐射事故（件）的发生。主要履行以下职责：

① 全面负责本单位辐射环境和人员安全的管理；

② 负责编制和修订本单位辐射突发环境事件应急预案；

③ 加强辐射应急队伍建设，购置必要的辐射应急装备器材；

④ 负责本单位辐射工作场所和环境的应急监测；

⑤ 负责本单位辐射突发环境事件的紧急处置和信息报告；

⑥ 对可能造成超剂量照射的人员送到指定医院进行救治；

⑦ 负责本单位辐射突发环境事件恢复重建工作，并承担相应的处置经费；

⑧ 积极配合行政主管部门的调查处理和定性定级工作；

⑨ 负责组织本单位辐射突发环境事件相关应急知识和应急预案的培训，在环境保护行政主管部门的指导下或自行组织演练。

（5）各类事故报警和联系方式

一般报告程序为：发现者报告给医院辐射事故应急工作小组成员，由其向市公安局、市生态环境局，并同时向省生态环境厅报告，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下：

生态环境热线：12345

湖南省卫生健康委员会：12320

公安局：110

医院应急电话：0731-********

12.6. 环境保护投资及环境保护竣工验收

12.6.1 环境保护投资

本项目总投资****元，环保投资***元，为项目投资额的 33.3%，本项目环保投资见下表：

表 12-1 环保投资一览表

类别	污染源/污染物	环保措施	环保投资（万元）
屏蔽结构建设	-	防辐射屏蔽结构建设，防护门窗等防护装修	***
三废处置	放射性废气处置设施	拟配套建设通风系统及放射性废气处置装置、定期维护更新	***
	放射性废水处置设施	放射性废水衰变池、放射性废水定期检测	***
	放射性固体废物处置设施	废物收集/储存容器和固废间、废物最终处置	***
环境辐射监测	X-γ辐射剂量率、放射性表面污染	拟定期委托进行工作场所防护性能及周围辐射环境监测	***
防护用品及辐射监测	-	拟按报告表 10-4 配置	***

设备			
人员配置及管理	职业外照射	定期组织工作人员进行职业健康体检及个人剂量检测、辐射安全防护培训及考核	***
辐射安全防护	-	配置电离辐射警示标识、门禁系统、监控系统、门机联锁、工作状态指示灯等辐射安全防护设施	***
		制定/修订辐射安全相关制度、应急演练、定期组织培训等	***
环保投资合计（万元）			***

12.6.2 环境保护竣工验收

表 12-2 环境保护竣工验收一览表

序号	验收内容	验收要求		依据
1	环保文件	本项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具验收监测报告应齐全。		生态环境部公告2018 年第 9 号
2	环境管理制度、应急措施	成立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度、事故应急预案及相应的操作规程，有关制度上墙，且具有可操作性。		国家环境保护总局令第 31 号
3	人员要求	①本项目辐射工作人员应按要求配备到位，且须具备相应的岗位技能； ②医院应每季度对工作人员进行个人剂量监测，新增辐射工作人员应进行上岗前职业健康体检，在岗期间按照每 2 年进行 1 次放射人员健康体检，体检合格方可上岗，相关资料存档管理； ③辐射工作人员应参加辐射安全知识培训与考核，考核合格后上岗，对于已取得辐射安全培训证书的应按要求参加复训。		国家环境保护总局令第 31 号、生态环境部公告2018 年第 9 号
4	机房面积及尺寸	SPECT 显像工作场所扫描室有效面积不小于 30m^2，且单边长度不小于 4.5m。		GB18871-2002 GBZ130-2020
5	辐射屏蔽设计及安全防护措施	①辐射屏蔽设计：按环评报告表中表 10-3 的要求落实到位； ②辐射警示标识：辐射工作场所设置电离辐射警告标识及中文说明； ③安全设备及系统：控制区出入口设置门禁，控制区出入口门外张贴电离辐射警告标志；射线装置机房设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，工作状态指示灯能与机房门有效关联以及急停按钮等；储源间安装防盗门、闭路监视系统、防闯入报警系统等。 ④通风系统：工作场所设有通风系统，保持良好的通风； ⑤指引标识：地面设有人流、物流等指引标识； ⑥监测记录档案管理：应有完整的放射性药品存取领用记录、放射性废物处置记录、放射性污染监测记录等。 ⑦防护用品及检测仪器：按环评报告表中表 10-4 要求落实到位。		GB18871-2002 GBZ130-2020 GBZ120-2020 HJ1188-2021
6	放射性三废处理设施	废气	核医学工作场所设有独立的通风系统，可保持工作场所负压，各区域排风管最终引至项目所在楼楼顶排放，排放口前端设置活性炭过滤装	GB18871-2002 GBZ130-2020 GBZ120-2020

			置。射线装置机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	HJ1188-2021
		废水	设有专用放射性废水衰变池，产生的放射性废水均需经贮存衰变满足 HJ1188-2021 中的要求后排至医院污水处理站做进一步处置，最终排入市政污水管网。	GB18871-2002 GBZ120-2020 HJ1188-2021
		固体废物	核医学科内设有专用废物间，核医学科产生的放射性固体废物收集后，置于专用衰变箱内，经贮存衰变满足 HJ1188-2021 中的要求，且经检测达到清洁解控水平后作为一般医疗废物处置。	GB18871-2002 GBZ120-2020 HJ1188-2021
7	辐射监测	环境监测	①制定环境辐射监测计划，包括自行监测和委托监测，至少每年开展 1 次，有资质单位出具的年度评估报告； ②配备相应的自检设备，防护检查仪器及人员，定时进行自检。 ③辐射检测应建立完整档案。	国务院第 449 号令
		个人剂量监测	每名辐射工作人员配置个人剂量计，委托有资质的单位监测，监测周期不超过 90 天，并建立辐射工作人员个人剂量档案，长期进行信息跟踪、监控。配备一定数量的个人剂量报警仪。	GBZ128-2019
8	电离辐射	剂量限值	辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众成员年有效剂量约束值不超过 0.1mSv。	GB18871-2002 HJ1188-2021
		屏蔽体外剂量率	核医学科工作场所屏蔽体外 30cm 处、分装柜外 5cm 和 30cm 处的周围剂量当量率满足 HJ1188-2021 和 GBZ120-2020 中剂量限值要求；射线装置机房四周屏蔽体（墙体、门、窗等）外表面 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 处，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率满足 GBZ130-2020 中剂量限值要求。	GB18871-2002 GBZ130-2020 GBZ120-2020 HJ1188-2021

表 13 结论与建议

13.1. 辐射安全与防护综合结论

13.1.1. 项目概况

根据医院发展需要，医院拟对核医学科楼进行整体改造提升，将核医学科楼一层改造为SPECT显像工作场所，拟新增使用1台SPECT-CT（III类射线装置），使用非密封放射性物质^{99m}Tc、^{203}Pb开展显像诊断，为一处乙级非密封放射性工作场所；将核医学科楼三层改造为核素敷贴治疗工作场所，拟使用非密封放射性物质^{32}P开展敷贴治疗，为一处乙级非密封放射性工作场所；将四层原SPECT工作场所改造为核素治疗工作场所，拟新增使用非密封放射性物质^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、^{212}Pb开展核素治疗，并相应调整已许可使用非密封放射物质^{131}I、^{89}Sr、^{125}I(粒子源)的操作量，工作场所其他已许可使用的非密封放射物质^{153}Sm、^{125}I、^{99m}Tc和1台JETStream for SKYlight AZ型SPECT拟申请注销，工作场所等级不变，仍为一处乙级非密封放射性工作场所。

13.1.2. 实践正当性分析

本项目的建设对保障健康、拯救生命有着十分重要的作用。项目运营以后，将为病人提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.1.3. 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“鼓励类”中“六、核能”中的“4．核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”。本项目属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.4. 选址可行性分析

本项目各核医学工作场所位于独立建筑内，项目场址辐射环境质量现状良好，各核医学工作场所不邻接产科、儿科、食堂等部门，设有单独出、入口，临近区域无敏感区域及人群稠密区域，有利于辐射防护控制，满足《核医学辐射防护与安全要求》

（HJ1188-2021）中“5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离”。同时，本项目营运期产生的电离辐射、废水、废气、固体废物等均可得到有效治理，做到达标排放，对环境影响小，从环境保护角度分析，项目选址可行。

13.1.5. 布局合理性分析

本项目在充分发挥核技术利用改扩建项目诊疗疾病优势的前提下，充分考虑工作人员及病人的辐射防护工作及诊疗流程优化需要，按控制区、监督区要求进行了设计布置，从功能分区来看，本项目办公区域、核素显像诊断场所、核素治疗场所等划分明确，各区域均设有相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物通道，患者出口远离门诊大厅、收费处等人群稠密区域，能较好地满足辐射工作场所布局要求。从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

13.1.6. 环境影响分析结论

13.1.6.1. 射线装置机房放射防护设计分析

本项目各射线装置机房的使用面积、最小单边长度及屏蔽设计厚度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中标准要求。

13.1.6.2. 辐射屏蔽设计分析

根据估算结果，本项目各核医学工作场所各屏蔽墙体、防护门的屏蔽厚度设计满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020））及《核医学辐射安全与防护要求》（HJ 1188-2021）中相应剂量率限值要求。

13.1.6.3. 剂量估算

通过核算，从事本项目的辐射工作人员和公众成员的年附加有效剂量均满足医院职业人员及公众受照剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）等相关标准的要求。

13.1.6.4. 放射性三废治理

根据分析，本项目核医学工作场所产生的放射性废气、放射性固体废物、放射性废水均可得到有效处置，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020））、《核医学辐射安全与防护要求》（HJ 1188-2021）中有关要求。

13.1.7. 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全管理机构，制定了相关的辐射安全制度、辐射事故应急处理预案、安全操作规程等相应的制度和规程，基本能满足日常工作要求。本项目建成运行后，医院应按报告表中提出的要求增加个人防护用品以满足辐射工作需要。应对所有辐射工作人员进行个人剂量监测、职业健康体检和防护知识培训，并建立相应的档案。医院应严格执行各项规章制度执行，辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排健康体检。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

13.1.8. 总结论

中南大学湘雅二医院在切实按照本次环评提出的相关要求进行建设，并贯彻落实本次环评提出的各项辐射防护和污染防护措施后，项目运行时对周围环境产生的辐射影响较小，符合环境保护的要求。该项目的辐射防护安全措施可行、规章制度基本健全、项目对环境的辐射影响是可接受的，从环境保护的角度来看，本环评认为该项目建设是可行的。

13.2. 建议和要求

(1) 核医学科楼四层核医学科工作场所改造前应开展场所辐射水平监测，确认场所内各放射源项均得到妥善处置，工作场所内所有墙面、地面、各设备设施表面以及拆除的相关管道表面的放射性表面污染水平均低于清洁解控要求，且场所内辐射剂量率处于当地辐射环境本底水平，相关记录妥善保存。

(2) 各核医学工作场所应做好放射性废物产生及处理记录，详细记录放射性废物产生、处理时间、性质等，避免放射性废物污染环境，并采取双签联单制度，按要求定期开展放射性衰变池排风口废水检测，检测结果妥善保存。

(3) 医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定工作场所和周围环境监测、防护性能监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计

划，确保周围环境的辐射安全和职工健康。加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查。

(4) 医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。医院应根据实际情况修改完善各项辐射安全管理制度和操作规程，及时修订应急预案，要求具有可操作性，并认真落实，严格按照各项规章制度、操作规程执行。

(5) 应配备必要的防护用品，加强对辐射工作人员的辐射防护。医院应加强管理，确保各防护用品能正常使用，并要求辐射工作人员应按照《职业性外照射个人监测规范》的要求正确佩戴剂量计。

(6) 医院应组织辐射工作人员到有资质的机构进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，定期开展个人剂量监测，具备相应条件后，方可从事放射工作。建立辐射工作人员个人剂量档案、职业健康监护档案，并终生保存。辐射工作人员调动工作单位时，个人剂量、健康监护档案应随其转给调入单位。

(7) 明确专门的部门对医院的辐射工作人员统一管理，及时组织新上岗或考核证书已过期的辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，考核合格后方可从事放射工作。

(8) 环评取得批复、项目建成且场所达到要求后，及时向相关部门重新申请办理《辐射安全许可证》。项目投入使用后，医院应按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》完成环保竣工验收工作。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见： 公　章 经办人　　年　月　日
审批意见： 公　章 经办人　　年　月　日

附件 1 委托书

委 托 书

核工业二三 0 研究所：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等有关法律法规的规定，现委托贵所承担“中南大学湘雅二医院核医学科楼核技术利用改建项目”的辐射环境影响评价工作。

特此委托！

中南大学湘雅二医院

2025 年 5 月 8 日

附件 2 现有辐射安全许可证

辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单 位 名 称：中南大学湘雅二医院

统一社会信用代码：12100000444885559 2

地　　址：湖南省长沙市芙蓉区人民中路139号

法定代表人：吕奔

证 书 编 号：湘环辐证[00126]

种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、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（具体范围详见副本）。

有 效 期 至：2029年05月14日

[redacted]

发证机关：[redacted]

发证日期：[redacted]

中华人民共和国生态环境部监制

附件 3 核医学科现有环评手续

略

附件 4 关于调整辐射防护管理委员会的通知

关于调整中南大学湘雅二医院辐射防护管理委员会的通知

各部门、科室：

为贯彻落实《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射工作人员职业健康管理办法》、《放射诊疗管理规定》等文件精神，进一步加强医院辐射防护管理，经医院研究，决定对辐射防护管理委员会进行调整，调整后的人员名单及工作职责如下：

一、组成人员

主 任 委 员：昌 希

副主任委员：龙 海 颜 苗

委 员：吴斯杰 滕朝宁 刘朝阳 周继祥

童德军 李文群 刘立明 刘启明

李　霞　刘德良　李　芬　李全明

毛新展　王　冰　冯云枝　戴茹萍

张湘瑜　刘先领　刘　军　马晓伟

盛志峰　刘　威　王亚平　王惠平

秘　　书：周　薇

一、医院辐射防护管理委员会挂靠医务部。工作委员会组成人员如有变动，由成员科室相应岗位职责人员自行递补，报医务部备案，不再另行发文。

二、工作职责

制定与医院辐射防护管理有关的制度及工作计划；督导医院辐射防护管理各项制度的执行和措施的落实；组织医院辐射防护管理事故的认定，危害评估和处置方案的制定；协调与医院辐射防护管理相关科室部门的工作；制定医院辐射防护管理工作规范、操作技术指南及规范性技术文件并定期进行评价和更新；提供医院辐射防护管理相关技术和政策咨询。

附件 5 辐射事故应急预案

中南大学湘雅二医院
辐射事故处置应急预案

为加强我院辐射安全管理，有效预防和规范各类辐射事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，减轻事故造成的危害，保护公众和工作人员的安全，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院 449 号令)、《核事故与辐射事故应急响应方案》、《突发公共卫生事件应急条例》等文件精神，制定本方案。

一、应急机构和职责分工

辐射事故应急办公室设医务部，负责应急演练，组织协调事故的处理、善后工作。

安全保卫部负责现场保护及维护安全秩序，物资供应中心负责抢救物质的准备，后勤保障部负责辐射测量仪器及设备调试，药学部负责抢救药品的调配，放射科等辐射装置使用科室负责现场的处置及有关技术工作，检验科负责应急化验工作，血液内科、消化内科、神经内科等临床科室负责应急抢救处置治疗工作。

二、应急人员组成

1、领导小组

组　长：院　长　党委书记

成　员：全体院领导

2、工作小组

组　长：主管医疗副院长

副组长：医务部主任

成　员：护理部　门诊部　医院感染控制中心　物资供应中心

后勤保障部　安全保卫部　各放射诊疗科室主任

三、预警

医务部（电话：85294161）及医院总值班（电话：85294300）担任预警工作，需迅速了解突发事件的原始情况和发展动态，主要职责为：

1、了解事故发生科室、地点、人数、主要临床表现等；

2、应即上报环保、公安、卫生行政主管部门，汇报事件基本情况；

3、向应急领导小组汇报

4、通知应急工作小组与专家小组，前往现场指导诊治

四、应急装备及物资准备

1、辐射测量仪器及便携式个人剂量报警仪

2、放射防护用品：

（1）防护铅衣；（2）防护靴、防护手套等；（3）防护屏；

3、应急药品：

（1）放射损伤防治药：雌三醇，尼尔雌醇，盐酸胱胺，抗故利，炔雌醇，“523”片剂等；

（2）放射性核素阻吸收药：碘化钾片，普鲁士蓝，DTPA-Ca，DTPA-Zn，酰丙胺膦等；

（3）吸附或沉淀药：活性炭，磷酸铝凝胶，硫酸钡，氢氧化铝等；

（4）其他药品：盐酸阿朴吗啡，吐根，双醋酸酚酊等。

4、其他应急设备及物资：

（1）除污染洗消器械；（2）担架；（3）救护车；（4）去污箱；

五、事故分级

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

1、特别重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。

2、重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。

3、较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。

4、一般辐射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

放射事故根据事故性质分责任事故、技术事故、其他事故。(责任事故指违反有关规定，因人为因素造成的放射事故，技术事故指因设备质量或故障造成的放射事故，其他事故指除责任事故和技术事故的放射事故)。

六、辐射事故应急程序

实行逐级报告制度。发生或发现放射事故，医务部立即向卫生行政部门、公安机关、环境保护部门报告，并通知应急工作人员前往现场，于 24 小时内填写《放射事故报告卡》。

辐射事故应急电话

湖南省生态环境厅：85698110

长沙市生态环境局：12345

发生人体受超剂量照射事故时，应当迅速安排受照人员接受检射查或者在指定的医疗机构救治，同时对危险源采取应急安全处理措施。

1、放射源被盗事故应急程序

保护现场→报告湖南省生态环境厅→配合湖南省生态环境厅、公安部门进行调查、侦破→事故处理完及时书写事故总结报告。

2、放射源在运输过程中的事故应急程序

封锁现场→报告湖南省生态环境厅、公安部门→及时展开监测→迅速确定污染范围及程度→事故处理完及时写出事故总结报告。

3、放射源泄漏污染事故的应急程序

撤离人员→封锁现场→报告湖南省生态环境厅→切断污染环节→迅速开展检测→确定污染范围及程度→事故处理完及时写出事故

总结报告。

例：放射源泄漏污染事故应急程序

发生放射源的放射性污染事故时，根据事故类型和后果的严重程度采取下述措施来减少事故的危害：

(1)立即撤离有关人员，封锁现场拨打环保部门放射性事故举报电话，并向湖南省公安部门报案；切断一切可能扩大污染范围的环节，迅速开展检测，严防对食物、畜禽及水源的污染。

(2)对可能受到放射性核素污染或者放射性损伤的人员，立即采取隔离或应急救援措施，并在环保部门指导下，采取有效的个人安全防护措施。

(3)迅速确定放射性同位素种类、活度、污染范围和污染程度，以方便环保部门对事故进行处理。

(4)在污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

(5)发生或发现放射性事故后，在两小时内向湖南省生态环境厅部门报告。在发生事故后24小时内填写《放射事故报告卡》，送至湖南省环境保护厅行政主管部门。

七、放射事故调查程序

事故责任科室协助有关部门或机构做好事故调查工作，协助卫生行政部门有关人员携带仪器设备到达事故现场，核实事故情况，估算受照剂量，判定事故类型级别，提出救治措施及救治方案，迅速进行立案调查；保卫部门协助事故现场的侦察、收集证据、现场保护和立案调查，并采取有效措施控制事故的扩大。

八、其他

1、应急措施应预先制定，有明确的责任分工，应急措施的实施应有专人专职或兼职防护人员负责，平时要有训练。

2、放射性操作区应展示简明的应急措施指南，并指定该区域的防护负责人。

3、工作区应备有急救药品和设备，现场急救应根据污染和危险情况而定。

4、在采取应急措施使场所污染程度达到要求后，可宣布结束应急状态。

5、事故处理完毕后及时总结报告，杜绝事故的再次发生。

中南大学湘雅二医院

2024 年 12 月 1 日

附件 6 放射防护与辐射安全管理相关制度

放射防护管理制度

1、开展放射诊疗工作应具备国家相应法律、法规和标准规定的放射诊疗场所和配套设施。

2、相关放射诊疗场所和配套设施应开展辐射环境影响评价、职业病危害评价等相应工作，办理相关许可审批手续。

3、医院成立辐射防护管理机构，并配备质量控制和安全防护专（兼）职管理人员，明确相关职责。

4、建立、健全相关规章制度，相关科室和工作人员应严格遵守和执行相关制度。

5、相关科室和工作人员必须严格执行各项操作规程，定期检查各种设备及其防护设施的性能，及时发现和处理事故隐患，严禁在设备异常情况下开展放射诊疗工作。

6、切实加强射线装置（放射源）的管理，建立设备台账，实行专人负责，专人保管。

7、新安装、维修和更换关键组件的放射诊疗设备，必须经有资质的技术服务机构进行设备技术性能检测，确认合格后方可使用。

8、放射诊疗工作场所必须设置电离辐射警示标识和必要的安全防护联锁装置、工作状态指示灯等，定期进行自查，做好自查记录，发现问题及时处理，确保保持其正常运行。

9、定期对工作场所和环境进行辐射水平监测，对监测时发现的问题和不足要及时整改，确保辐射安全。

10、放射诊疗工作人员必须按要求具备相应设备操作、诊断资质。

11、放射工作人员在上岗前必须经过放射防护知识培训，并经过考核合格后，方能上岗。放射工作人员上岗前应进行职业健康检查；从事放射工作后，应定期体检，如有不适应者应采取必要的防治措施。从事

放射工作的人员应佩带好个人剂量监测仪，对其个人剂量定期进行监测，并建立个人剂量和健康档案。

12、对患者施行检查前，应仔细校对方案，准确对位，并使用防护用品保护非照射部位。在开机前，应关闭门窗，无关人员不得进入（停留）机房，确因患者病情需要陪护人员的，应对陪护人员进行必要的防护。

13、严格事故报告制度，一旦发生辐射事故，立即向环保、卫生和公安部门报告，并积极协助调查处理。

辐射监测计划

为加强对辐射源管理与放射工作人员健康管理，控制辐射源的照射，规范放射工作防护管理，保障相关员工健康和环境安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，结合我院实际，特制定了本方案。

一、个人剂量监测

1. 单位辐射环境监测工作由辐射安全与防护管理领导小组组织实施，负责联系有相关资质的机构对我院所有从事辐射工作的人员进行个人剂量监测。

2. 个人剂量监测期内，监测周期不超过三个月，期满后各部门统一收齐，由管理领导小组组织送检与发放新的个人剂量计，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128）和《辐射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第55号）要求建立有个人剂量档案。

3. 个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终身保存，允许辐射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。

4. 监测结果一般每季度由管理领导小组向各有关部门通报一次，当次剂量监测结果如有异常，应当立即核实和调查，通知具体放射工作人员及部门分管领导，由当事人签字确认原因，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

二、放射性工作人员健康管理制度

1. 管理领导小组负责组织放射工作人员进行职业健康检查，并建立健康档案。未经体检和体检不合格者，不得从事放射性工作。

2. 辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

3. 辐射工作单位应当组织辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查。

4. 辐射工作人员脱离辐射工作岗位时，辐射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

5. 辐射工作人员的保健津贴按照国家有关规定执行。

三、工作场所辐射水平监测

1. 我院辐射安全防护管理领导小组负责建立辐射环境自行监测记录或报告档案，并妥善保存，接受环境保护行政主管部门的监督检查。监测记录或报告应记载监测数据、测量条件、测量方法和仪器、测量时间和测量人员等信息；同时，委托有资质的单位对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，监测频次不少于每年一次。

2. 依照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，我院将对本单位辐射工作场所开展自行监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责。自行监测仪器要按规定经计量部门检定合格，检定频率为1次/年。

3. 工作场所的自行监测频次不低于1次/季度，监测点满足相关标准要求。

4. 如果场所辐射水平监测结果异常，应立即停止辐射活动，及时

查找原因，采取有效措施，及时消除辐射安全隐患，隐患未消除前不得继续开展辐射工作。

四、环境辐射水平监测

我单位每年委托有资质的单位对辐射工作场所环境辐射水平进行监测，监测频次不少于每年一次，监测数据记录存档。

中南大学湘雅二医院

2023年2月23日

放射设备维修、维护制度

放射设备为价格昂贵、高精尖大型设备，是进行医疗检查和稳定影像质量的基本条件，为此，设备的安全管理尤显重要。

一、确保机房环境条件（温度、湿度）达标，符合机器要求，清洁防尘措施落实。

二、严格遵守机器操作规程，使用中遇有异常应立即切断电源，切忌“带病工作”，并立即向机修人员申报。

三、机修人员遇有机器故障申报应立即进行维修，待确认故障排除后，方可交付使用，并对维修情况作书面记录。

四、机修人员全面负责本科机器设备的管理，定期检查机器接地的可靠性，以防电击。

五、凡新安装或经大修后的机器设备应按确定的技术参数标准进行验收，合格后方可使用。在使用中的机器应定时作性能的状态检测。

六、设备开机后应检查是否正常，先预热球管后才能开始工作。

七、设备定期维护（每三个月进行一次）

1.设备机械性能维护：各机械限位装置有效性检查、各种运动运转检查、操作完整性检查。

2.设备电气性能维护：各种应急开关有效性检查、曝光参数（kV、mA、mAs）检查。

八、日常维护（每日进行）

每日开机后先检查机器是否正常：有无提示错误等，如有必须先排除。

中南大学湘雅二医院

2023年2月20日

人员培训计划

为加强和规范辐射安全培训工作，提高从业人员辐射安全素质，防范辐射事故，减轻辐射职业危害。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，制定本培训管理制度。

1、根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）和《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）、《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年，第 9 号）的相关要求，仅从事 III 类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员由我院自行组织考核合格后方可上岗操作；其他从事 II 类射线装置、放射治疗、核医学的放射性工作人员均应参加生态环境部辐射安全与防护培训平台（http://fushe.mee.gov.cn）组织的培训并参加考核，并取得成绩合格报告单后方可上岗操作。

2、医院从事 II 类射线装置的放射性工作人员每 5 年再参加生态环境部辐射安全与防护培训平台组织的培训及考核，不参加再培训的人员或培训不合格人员的辐射安全培训成绩合格报告单自动失效；仅从事 III 类射线装置的放射性工作人员每 5 年由我院再培训和考核。

3、应将每次培训（复训）的情况及时记录在辐射工作人员档案中。培训档案应包括每次的培训内容、时间、成绩。

4、不定期参加各级生态环境部门举办的辐射安全与防护知识及新技术讲座。

5、辐射工作人员应自觉学习，了解和掌握设备的一些常见故障现象，并掌握其排除方法，以便在特殊情况下能自行排除故障，消除隐患。

6、新设备投入使用前应请设备厂商工程师对技术人员进行系统培训，内容应包括设备结构、工作原理、操作技术、注意事项、保养要求和故障表现及简单故障的排除。

7、做好防盗、防火和辐射安全管理的相关培训。

中南大学湘雅二医院

2023 年 2 月 20 日

附件 7 核医学科辐射安全管理制度及操作规程

核医学科工作制度

1、各岗位工作人员应按时到岗，严格做好个人防护，严禁在工作场所内进食、抽烟。

2、注射工作人员严格按照辐射防护要求、无菌操作的原则对诊疗药品进行质检、分装、注射，并做好药物存取、领用登记记录。

3、ECT操作室工作人员应按照ECT标准操作程序提前做好开机准备工作，做到能按时检查病员。检查患者时，当班操作者不能离开机房，需密切注意设备的运行情况和受检者的状况，遇有情况应立即酌情处理并做好做好记录。

4、核医学科门诊工作人员每天应合理安排诊疗病人的诊疗顺序，保证合理安排检查病人。

5、严禁服药后患者在核医学高活性走道内驻留、休息或候检，以免工作人员与其近距离接触。

6、各岗位工作人员应保持工作区间整洁，室内无人时，工作人员应随手关门，严禁无关人员入内。

7、工作人员离开核医学工作场所时均应进行表面污染检测，如发生污染，应按照核医学放射性清污操作规程进行处置，直至达标后方可离开。

8、严格遵守放射性操作条例，严防污染，一旦发生污染应立即报告和处理。

放射性核素的订购、领取、保管、使用制度

1.国家规定订购和使用放射性核素实行许可证制度。应根据工作实际需要，在规定允许使用量范围内，制定年度订购计划。

2．放射性核素与放射免疫分析试剂盒应有专人领取和保管，到货后迅速取回，及时登记，妥善保存，防止丢失或变性。

3．使用时，将放射性核素移入专用铅罐内，盖上铅盖，贴妥标签，注明放射性核素种类、放射性浓度及日期，出厂说明书妥善保存，以备查对。

4.标记及注射放射性药物时应严格核对，防止发生差错。应定期质控检查，如需要可随时检测。

5．放射性核素到货后，应及时通知患者检查或治疗，减少浪费。

6．放射性核素空容器应固定地点集中存放和按规定退回生产厂家。

放射工作人员防护工作制度

1．从事放射工作的人员应具备必要的防护知识，严格遵守操作规程，并采取适当的防护措施。

2．要经常检查防护物的防护效能，各种放射源只准在国家规定允许剂量的条件下使用，避免工作人员接受超量照射。

3．放射专业工作人员在任何情况下都不允许暴露于原发射线束中，在不影响诊断质量的情况下，尽量缩短照射时间，设备允许时尽可能采取遥控和远距离操作。

4．从事放射工作的人员，应定期进行健康检查，建立健康监护档案，白细胞4×10^{9}/L 以下或血小板7×10^{9}/L 以下者，暂时脱离接触放射线，并给予治疗。恢复正常后再上岗工作，不能恢复者应及时调换工作。

5．从事放射工作的人员，应定期接受个人剂量监测，建立个人剂量档案。对个人剂量监测有异常的，需进行调查核实，确保个人剂量监测的准确性。

6．放射工作人员的健康监护档案和人剂量档案的保管时限：终生保存。

7．长期从事放射线工作人员，根据国家有关规定和实际情况，给予相应的保健待遇。

核医学科放射性废物管理制度

1.放射性废物管理由核医学科科主任负责。由专门的管理员负责具体实施。

2、管理员将具体实施情况向科室主任汇报，并登记在册。

3、放射性工作场所控制区内应备有放射性废物容器。容器上应有放射性标志。放射性废物按长半衰期和短半衰期分别收集。并予以适当屏蔽。

4、放射性固废的管理：

1）固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶，含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

2）装满废物的塑料袋（每袋废物重量不超过 20kg）应密封后及时转送至放射性废物存放处进行衰变，直至清洁解控后作为医疗废物处理，具体解控条件应满足 HJ1188 第 7.2.3 条款要求。

3）不能解控的放射性固体废物应该按照放射性物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。

5、放射性废液的管理：

1）核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。

2）对注射或服用放射性药物患者应有专用的集污系统，对其排泄物统一收集和管理，在衰变池储存至可解控排放。排放前需监测废液放射性水平。具体储存要求和排收标准应清足 HJ1188 第 7.3.3 条款要求。

3）定期采样监测废液放射性水平，建立废液衰变池监测数据档案。

6、气载放射性废物的管理：

经高效过滤后，排入大气。应定期更换活性炭或者滤膜，并作为固体放射性废物处理。

核医学放射性污染与事故应急处理预案

一、放射性意外事件范围：

工作人员完成放射性操作后，应用剂量监测仪检测操作人员身体（双手、衣服）、操作台面及地面等工作场所，检查有无放射性污染。同时，在药物合成、分装、注射及候诊留观过程中都会产生少量废气、废水、废固体等“三废”物质，这些放射性废物均须按放射性核素废物处理规范处理；按国家有关规定，出现以下事件均应视为放射性药品意外事件：

（1）诊断放射性药物实际用量偏离处方剂量 50%以上的；

（2）人员误照或误用放射性药物的；

（3）放射性同位素丢失、被盗、和污染的；

（4）设备故障或人为失误引起的其它放射事件。

二、放射性意外事故应急处理与报告程序：

1、一旦发生放射性药品意外污染后，应立即作如下处理：

（1）停止操作并封锁现场；

（2）立即用醒目物品圈划出被污染的范围；

（3）绝对禁止使用水冲洗或拖把拖污染区，以免扩大污染范围：

（4）如操作台面或地面被液体放射性污染时，用吸水纸将其吸干，再用有关的清洗剂擦洗，应尽量不扩大其污染范围。然后用辐射监测设备测定放射性辐射剂量，若剂量过大，可在上面覆盖铅砖防护，如果仍不能达标，应该关闭该场所。

（5）如衣服被污染时，可放置 10 个半衰期后，用水浸泡洗涤，然后用肥皂浸洗，再用水漂洗数次。

（6）如果是放射性药物溅落到皮肤表面，立即用浴皂洗涤；

（7）如果放射性药物溅落到眼睛里，立即用流水冲洗、不要用手擦眼睛；

（8）如果放射性药物进入消化道，应立即催吐及洗胃，摄入 5 分钟内催吐和洗胃可排出 80%，若摄入 1 小时才进行，仅能排出 15%～20%，此外可用吸附剂或沉淀剂使核素难于吸收；

（9）如果放射性药物被呼吸道吸入，及早清理鼻腔及鼻咽部，鼓励排出呼吸道的分泌物。

（10）对放射性意外事件中受照射人员和相关人员应及时给予检查或治疗，并进行定期体检，确保人身安全。同时在第一时间将事件产生的地点、原因、影响和采取的补救措施报告科

室主任，科室主任根据事件的性质和影响按相关规定报告医院和国家有关部门。事件当事人在24小时内写出事件书面报告，科室主任签署处理意见后存档。

2、对于加速器生产时出现的放射性意外事故，应第一时间停止制备，维持空调系统通风良好，并将人员撤离至安全范围，等10个半衰期后方可进入现场实施作业；

3、对于合成、分装过程中出现的放射性意外事故，工作人员应保持冷静的头脑，维持空调系统通风良好，防止放射性气溶胶的形成，同时迅速撤离现场，并关好防护门，等10个半衰期后方可进入现场实施作业。

4、对于调剂运输过程中出现的放射性意外事故，运输人员应迅速撤离安全区域，并设立警示告诉周围人群不得接近，同时向科室主任、当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门汇报，等辐射降到安全范围内时方可清理现场；

5、对于放射性同位素被盗或丢失的情况，应立即汇报至科室主任，同时也需立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门汇报。

6、在发生放射性事件2小时内填好《放射事故报告卡》，并详细记录全过程。

应急报告电话：

医院总机：85295888

生态环境热线：12345

湖南省卫生健康委员会：12320

公安局：110

注射室管理制度与放射性药物操作规范

1、注射室工作人员必须持有护士上岗证，并经过放射性药物使用培训合格后，方可上岗；

2、进修护士必须经过专门培训合格后，方可给患者注射放射性药物，未取得上岗证的护士必须在注射室工作人员的现场指导下进行操作，不得独自进行放射性药物注射；工作人员必须穿戴整洁。

3、保持注射室内整洁、舒适，定时通风、消毒；各类物品按无菌或清洁分类摆放整齐；非本室工作人员未经允许不得擅自进入注射室；接待病人时工作人员自我介绍，要礼貌用语，要尊重病人隐私。

4、护士要根据轻、重、缓、急的原则及诊断需要原则合理、有序地安排病人检查，减少等候时间，尽可能满足病人需求，提高服务质量。

5、接待病人时仔细阅读《检查信息记录单》，详细了解患者的基本信息与体重、身高及血糖水平、检查目的与部位、应用何种显像剂等；根据公斤体重计算药物剂量，实际抽取药物剂量偏差不大于 15%；严格执行“三查七对”，注射操作前需再次核对病人的姓名、年龄、空腹时间、血糖情况，严格核对患者的信息与注射的放射性药物的种类及剂量是否相符，对于育龄女性病人，再次确认没有怀孕。严防差错事故发生。

6、严格执行无菌技术操作规范，戴无菌手套，同时还需戴好口罩与帽子；严格遵守国家有关辐射防护的规章制度，佩戴辐射剂量报警仪、穿戴个人防护用品（如穿戴铅衣，外罩隔离衣，戴铅眼镜与铅围脖）；

7、严格依照放射性防护原则，认真、熟练、准确地完成放射性药物抽取、注射、注射前后的活度检测与放射性废弃物处理：

（1）严格执行防护原则，注射器外一定要有防护针套，在入端式注射台注射；对走动不方便的病人，也必须使用 L 屏防护车内进行注射。

（2）注射部位一般取无病变侧的上肢，注射药物时务必采用头皮针穿刺静脉，必须确保无外漏的情况下才能推注放射性药物，或使用三通管或留置针建立静脉通道，确保放射性药物注射入静脉，不外漏；然后再用生理盐水将针管内的残留药物完全推入患者体内。

（3）注射前测量放射性药物的剂量与活度，注射完毕后对针管等注射用具进行测量，得出满针与空针放射性药物的剂量与活度计数并予以记录。并签字确认，同时标注注射部位。

（4）注射完后及时清理现场，将放射性垃圾丢入具防护功能的垃圾桶内。确保台面整洁，

无放射性污染。发现污染及时按规范处理。

（5）需要动态采集的病例，根据医师要求，及时抽取适当的放射性药物剂量，在规定时间内完成静脉注射，其他要求同上。

8、注射完后嘱患者到指定注射后候诊室休息，并给患者介绍注射后休息及检查中的注意事项；注射完成后如实填写好《检查信息记录单》相应内容，并及时转交操作室技术员或通知技术员查看网上相关病人的注射信息。

9、如按医嘱须进行 CT 增强扫描时，必须使用非离子型对比剂，通过留置针进行对比剂注射，并给患者说明对比剂可能引起的过敏反应，同时做好抢救准备。一旦发生过敏反应立即按相应急救预案执行；

10、注射后密切注意患者情况，发现问题立即报告医师，及时处理，并做好记录：一旦发现病情变化及时向医师汇报并配合医师进行处理，对需要紧急抢救的危重病人按相应急救预案处理。

11、各种急救用品、器材及药品必须定量、定点，定位摆放，定期检查补充，及时更换过期急救药品、消毒物品及注射室使用的各种物品；必须保持注射室内整洁卫生，每天整理清洁台面，进行紫外线消毒。

12、对外送放射性药物，负责放射性药物接管、复核剂量与签收。

13、及时动态了解放射性药物的剩余量，并及时与药化人员或订药人员、预约登记处工作人员沟通，以便合理生产药物或合理订药，最大限度减少药物的浪费。

14、每日完成工作后，整理台面，仔细检查门、窗、水、电是否关好。

15、注射室内禁止吸烟、大声喧哗及闲聊，严禁在注射室内进食及饮水。

SPECT-CT 操作规程

一、开机流程

1、开启主机电源前，确认机房环境温度符合设备要求（建议 18-25℃），检查电源柜（PDU）主开关是否处于通电状态。

2、依次启动空气压缩机及 PDU。

3、登录系统后，确保机架初始化过程无异常提示。

4、预热：设备需提前预热，确保探测器性能稳定。

二、操作流程：患者申请 → 适应证评估 → 预约登记 → 患者准备 → 药物注射 → 等待 → 图像采集 → 处理分析 → 报告审核 → 结果反馈，具体如下：

1、患者评估：

(1) 临床医师根据患者病情开具检查申请单，明确检查目的，核医学科医师审核适应证，排除禁忌症（如妊娠、哺乳期妇女需特殊处理）。

(2) 患者告知与准备：签署知情同意书，告知检查目的、辐射风险及注意事项。

2、患者预约登记与准备：

(1) 在登记界面录入患者信息（ID、姓名、检查部位），确认检查项目与申请单一致。

(2) 指导患者去除金属物品（如首饰、钥匙）。

(3) 对特殊人群（如儿童、孕妇）需额外评估辐射防护措施，必要时调整检查方案。

3、注射流程：

(1) 剂量计算：根据患者体重、检查类型调整注射剂量

(2) 核对患者信息及药物标签，确认无误。

(3) 使用屏蔽注射器在专用注射室内注射，避免污染。

(4) 注射后记录时间、剂量及注射部位。

4、患者注射后等待

(1) 骨扫描：患者前往专用等候休息室等候，注射后 2～4 小时进行显像（等待药物在骨骼分布）。

(2) 心肌灌注显象：分静息与负荷两阶段，间隔时间依检查方案调整。

(3) 肾功能显像：动态采集，给药后立即开始。

5、图像采集：

(1) 患者摆位：根据检查部位调整患者体位（如骨扫描取仰卧位，心肌显像取左前斜位），必要时使用固定带减少移动，确保图像质量。

(2) 关闭铅门后启动采集程序，实时监控探测器信号及患者状态。

(3) 调整扫描参数（如 KV、mAs、层厚）至预设范围，优化图像分辨率与辐射剂量平衡。

6、图像处理与存储：

(1) 重建与后处理：选择预设重建算法，根据检查部位调整窗宽、窗位。

(2) 对融合图像（SPECT/CT）进行三维渲染，标记代谢活跃区域与解剖结构对应关系。

(3) 结合临床病史给出诊断意见。

7、记录保存：

(1) 放射性药物使用记录（批号、活度、时间）。

(2) 患者检查记录及影像数据存档。

(3) 放射性废物产生、处置记录。

8、系统维护与关机。

三、辐射安全与废物处理

1、患者防护

(1) 检查后嘱患者多饮水加速药物排泄。

(2) 24 小时内避免与孕妇、儿童密切接触、避免长时间居留人员密集区域。

2、工作人员防护

(1) 操作人员需佩戴个人剂量计，注射时、床旁操作时还应穿戴铅围裙等个人防护用品。

(2) 操作人员离开放射性工作场所时应监测表面污染水平，如存在污染应立即采取去污措施。

(3) 遵循 ALARA 原则（合理可行尽量低剂量）。

3、废物处理

(1) 放射性废弃物（如注射器、药瓶）存放于专用铅容器，衰变至豁免水平后按医疗废物处理。

(2) 若发生药物泄漏或污染，立即隔离区域，穿戴防护装备及时去污并监测表面污染水平。

四、日常维护与质量控制

1、每日清洁探测器表面及检查床，使用无尘布擦拭机架内部。

2、安全关机，关闭系统后，关闭主机电源及 PDU 主开关。

3、确认机架完全停止运行后切断 UPS 电源，填写设备运行日志。

4、设备质控：

(1) 每日均匀性检测，每月分辨率校准。

(2) 定期维护 SPECT/CT 系统（如 CT 剂量验证）

五、安全注意事项

1、若采集过程中出现设备异常，立即按下“紧急控制”按钮中断检查。

2、备齐急救药品（如肾上腺素、地塞米松）及设备（除颤仪、氧气），注射后密切观察患者情况，出现不良反应应立即停药并给予正确的医学处理。

3、操作人员需佩戴个人剂量计，床旁操作时还应穿戴铅围裙、铅围脖等个人防护用品。

4、严禁非授权人员操作设备。

核医学患者管理规定

1、患者在给药前应充分告知其可能的辐射危害、相关注意事项及注射后候诊/留观病房的管理规定。

2、患者在给药后应根据要求前往指定注射后候诊室/留观病房，不可在走道内随意走动或长时间驻留。原则上，应根据就近原则安排注射后候诊室/留观病房。

3、原则上给药后家属不陪同，如有特殊情况需安排家属陪同，医务人员应告知陪同人员可能的辐射危害、相关注意事项及注射后候诊的管理规定。

4、患者扫描前，应去除身上的金属物品和饰品（如手机、钥匙、项链、玉佩、硬币、皮带、发夹等，女性受检者要解下文胸等），更换衣服。

5、医务人员可通过通话装置指导患者摆位，如有特殊情况需医务人员入内进行现场指导摆位，医务人员应按要求穿戴个人防护用品，并尽可能缩短摆位时间。

6、患者检查结束后应根据要求前往指定留观室安静休息等候，核素治疗患者出院前应根据要求前往指定区域开展出院前辐射剂量监测，待工作人员通知后方可离开。

7、医务人员应通过视频监控密切关注患者个人情况或射线装置运行情况，如接到急救传呼或观察到异常情况，应立即进行处理。

中南大学湘雅二医院

附件 8 本项目辐射工作人员辐射培训证书

略

附件 9 职业健康体检报告（节选）

报告编号	SFJ2024-032
总页数	共131页

湖南山水
HUNAN SHANSHUI

中南大学湘雅二医院

放射性健康检查总结报告

长沙山水健康体检中心
2024 年 12 月 27 日

职业健康检查总结报告

报告编号：SFJ2024-032 第 4 页共 131 页

受检单位：中南大学湘雅二医院			地址：湖南省长沙市芙蓉区人民中路 139 号		
组织机构代码：12100000444885559 2			邮编：410011		
法人：吕奔	联系人：李文群		电话：85294065		
职工总人数	5287	医技人数	374	接触放射人数	160
女职工人数	3951	女医技人数	135	接触放射女医技人数	53
体检类别	离岗时+上岗前+在岗期间	涉及的有害因素	密封放射源产生的电离辐射，X 射线装置（含 CT 机）产生的电离辐射，非密封放射性物质，加速器产生的电离辐射		
体检开始日期：2024 年 2 月 5 日			体检完成日期：2024 年 12 月 27 日		
备注：血常规+肝肾功能+甲状腺功能=由长沙山水健康体检中心实验室完成，心电图+彩超+DR 胸片=由中南大学湘雅二医院完成					
体检地点：中南大学湘雅二医院+长沙山水健康体检中心					

一．依据规范和标准：

1. 《中华人民共和国职业病防治法》（2018 年 12 月 29 日实施，主席令 24 号）
2. 《职业健康检查管理办法》（国家卫生健康委员会令第 2 号，2019 年 2 月 28 日）
3. 《职业健康检查质量控制规范（试行）》（中疾控公卫发〔2019〕45 号）
4. 《职业病报告技术规范》（中疾控公卫发〔2019〕118 号）
5. 《放射工作人员健康管理办法》（卫生部令第 55 号，2007 年）
6. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019.3.2）
7. GBZ188-2014《职业健康监护技术规范》；
8. GBZ98-2020《放射工作人员健康要求及监护规范》；
9. GBZ95-2014《职业性放射性白内障的诊断》；
10. GBZ101-2020《放射性甲状腺疾病诊断标准》；
11. GBZ105-2017《外照射慢性放射病诊断标准》；

报告编号	SFJ(F)2024-032-1
总页数	共12页

湖南山水
HUNAN SHANSHUI

职业健康检查复查报告

报 告 编 号：SFJ(F)2024-032-1

项　　目：职业健康检查异常人员汇总

委 托 单 位：中南大学湘雅二医院

长沙山[redacted]中心

202[redacted]日

长沙山水健康体检中心职业性健康检查复查报告书

报告编号：SFJ(F)2024-032-1　　第 3 页共 12 页

受检单位：中南大学湘雅二医院			地址：湖南省长沙市芙蓉区人民中路 139 号		
组织机构代码：121000004448855592			邮编：410011		
法人：吕奔	联系人：李文群		电话：85294065		
应复查人数	38	实际复查人数	21	总体复查率%	55.3
应复查男性人数	21	实际复查男性	12	复查率%	57.1
应复查女性人数	18	实际复查女性	9	复查率%	50.0
体检类别	上岗前+在岗期间	涉及的有害因素	密封放射源产生的电离辐射，X 射线装置（含 CT 机）产生的电离辐射，非密封放射性物质、加速器产生的电离辐射		
复查项目	血常规+彩超+甲状腺功能				
体检开始日期：2025 年 1 月 16 日			体检完成日期：2025 年 1 月 18 日		

一、依据规范和标准：

1.《中华人民共和国职业病防治法》（2018 年 12 月 29 日实施，主席令 24 号）

2.《职业健康检查管理办法》（国家卫生健康委员会令第 2 号，2019 年 2 月 28 日）

3.《职业健康检查质量控制规范（试行）》（中疾控公卫发（2019）45 号）

4.《职业病报告技术规范》（中疾控公卫发（2019）118 号）

5.《放射工作人员健康管理办法》（卫生部令第 55 号，2007 年）

6.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019.3.2）

7. GBZ188-2014《职业健康监护技术规范》；

8. GBZ98-2020《放射工作人员健康要求及监护规范》；

9. GBZ95-2014《职业性放射性白内障的诊断》；

10. GBZ101-2020《放射性甲状腺疾病诊断标准》；

11. GBZ105-2017《外照射慢性放射病诊断标准》；

4	01240923 0582	220104197511281312	非密封放射性物质	刘国锋	男	48	医生	24年2月	在岗期间	核医学/PET影像中心	体检结果：非密封放射性物质作业检查目前未见异常 建议：可继续原放射工作。	体检结果：(1)右肺结节（LU-RADS 2类）；肺炎? (2)冠状动脉粥样硬化性心脏病 (3)高血压 (4)高尿酸血症? (5)高低密度脂蛋白胆固醇血症 (6)肝血管瘤? (7)右肾结石 (8)鼻中隔偏曲 (9)脂肪肝 (10)窦性心动过缓 (11)血清总胆红素、直接胆红素稍偏高 (12)超重
7	01250116 0642	4301021978032935 14	非密封放射性物质	麦科	男	46	医生	14年2月	在岗期间	核医学/PET影像中心	体检结果：非密封放射性物质作业检查目前未见异常 建议：可继续原放射工作。 每六个月定期复查甲状腺彩超和甲状腺功能。	体检结果： 所做其他体检结果未见明显异常
11	01240923 0633	4301251975082000 21	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射,非密封放射性物质	罗静娟	女	49	医生	16年3月	在岗期间	核医学/PET影像中心	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常、 非密封放射性物质作业检查目前未见异常 建议：可继续原放射工作。	体检结果：(1)桥本氏甲状腺炎，亚临床甲状腺机能减退症 (2)双肺结节，LU-RADS2类 (3)高脂血症 (4)外痔 (5)牙结石，智齿，冠修复 (6)双眼屈光不正
20	01240923 0761	4301021966091135 11	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射,非密封放射性物质	石磊	男	58	放射技师	11年3月	在岗期间	核医学/PET影像中心	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常、 非密封放射性物质作业检查目前未见异常 建议：可继续原放射工作。每六个月定期复查甲状腺彩超和甲状腺功能。	体检结果：(1)甲状腺囊肿（双侧叶，TI-RADS:2类），甲状腺结节（左侧叶，TI-RADS:3类） (2)双肺结节，LU-RADS 2类 (3)冠状动脉粥样硬化性心脏病 (4)高血压? (5)肝囊肿，脂肪肝 (6)胆囊息肉 (7)前列腺增生 (8)慢性咽炎 (9)牙缺失，牙龈萎缩，牙龈炎 (10)超重 (11)球蛋白稍偏低 (12)双眼屈光不正，青光眼？老视
36	01240924 0603	4328281976112262 30	非密封放射性物质	叶千春	男	47	医生	21年2月	在岗期间	核医学/PET影像中心	体检结果：非密封放射性物质作业检查目前未见异常 建议：可继续原放射工作。每年定期复查胸部X线检查（HRCT）。	体检结果：(1)慢性肺炎?支气管扩张；双肺结节（LU-RADS 3S类） (2)甲状腺囊肿（左侧叶，TI-RADS:2类） (3)慢性咽炎 (4)窦性心动过缓 (5)双眼屈光不正 (6)丙氨酸氨基转移酶稍偏低
67	01240924 0989	4306241992030281 80	非密封放射性物质	程静	女	32	护士	0年8月	在岗期间	核医学/PET影像中心	体检结果：非密封放射性物质作业检查目前未见异常 建议：可继续原放射工作。	体检结果：(1)双乳腺囊肿（BI-RADS:2类） (2)双眼屈光不正 (3)淋巴细胞增多
94	01240925 0575	1504251982041736 15	X射线装置（含CT机）产生的电离辐射,非密封放射性物质	马晓伟	男	42	医生	17年2月	在岗期间	核医学/PET影像中心	体检结果：X射线装置（含CT机）产生的电离辐射作业检查目前未见异常、 非密封放射性物质作业检查目前未见异常 建议：可继续原放射工作。每年定期复查胸部X线检查（HRCT）。	体检结果：(1)右肺结节（大者LU-RADS 3S类） (2)甲状腺滤泡囊肿（双侧叶，TI-RADS 2类） (3)低高密度脂蛋白胆固醇血症 (4)鼻中隔偏曲 (5)右耳耵聍栓塞 (6)牙缺失 (7)超重 (8)胃蛋白酶原(PG)检测阳性 (9)幽门螺杆菌呼气试验：阳性 (10)乙肝两对半(2、4、5项阳性)

中南大学湘雅二医院

职业健康检查总结报告

Occupational health examination summary report

报告编号：YFJ-2023-003

湖南省职业病防治院

Hunan prevention and treatment institute for occupational disease

2023 年 12 月 31 日

放射工作人员职业健康检查总结报告

受检单位：中南大学湘雅二医院	地址：长沙市人民中路 139 号
统一社会信用代码：12100000444885559 2	邮编：410011
联系人：赵红	电话：0731-85294161
放射线种类：X 射线	体检类别：上岗前、在岗期间、离岗时
体检开始日期：2023 年 4 月 14 日	体检完成日期：2023 年 12 月 31 日
体检地点：湖南省职业病防治院	

一、检查主要依据：

1.《中华人民共和国职业病防治法》（2001.10.27 颁布，主席令第 60 号；2018.12.29 修正，主席令第 24 号）

2.《职业健康检查管理办法》（2015.5.1 实施，国家卫计委令第 5 号，2019.2.28 修订，国家卫健委令第 2 号）

3.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005.12.1）

4.《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号，2007.11.1）

5.《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）

6.《放射性白内障诊断标准》（GBZ95-2014）

7.《职业性放射性肿瘤判断规范》（GBZ97-2017）

8.《职业性放射性甲状腺疾病诊断》（GBZ101-2020）

9.《职业性放射性皮肤疾病诊断》（GBZ106-2020）

10.《职业性放射性性腺疾病诊断》（GBZ107-2015）

11.《职业性放射性疾病诊断总则》（GBZ112-2017）

中南大学湘雅二医院

职业健康检查（复查）总结报告

Occupational health examination summary report

报告编号：YFJ-2023-091

湖南省职业病防治院

Hunan prevention and treatment institute for occupational disease

2024 年 1 月 30 日

放射工作人员职业健康检查总结报告

受检单位：中南大学湘雅二医院	地址：长沙市人民中路 139 号
统一社会信用代码：12100000448855592	邮编：410011
联系人：赵红	电话：0731-85294161
放射线种类：X 射线	体检类别：上岗前、在岗期间、离岗时
体检开始日期：2023 年 2 月 3 日	体检完成日期：2024 年 1 月 30 日
体检地点：中南大学湘雅二医院	

一、检查主要依据：

1.《中华人民共和国职业病防治法》（2001.10.27 颁布，主席令第 60 号；2018.12.29 修正，主席令第 24 号）

2.《职业健康检查管理办法》（2015.5.1 实施，国家卫计委令第 5 号，2019.2.28 修订，国家卫健委令第 2 号）

3.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005.12.1）

4.《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号，2007.11.1）

5.《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）

6.《放射性白内障诊断标准》（GBZ95-2014）

7.《职业性放射性肿瘤判断规范》（GBZ97-2017）

8.《职业性放射性甲状腺疾病诊断》（GBZ101-2020）

9.《职业性放射性皮肤疾病诊断》（GBZ106-2020）

10.《职业性放射性性腺疾病诊断》（GBZ107-2015）

11.《职业性放射性疾病诊断总则》（GBZ112-2017）

序号	体检编号	姓名	工种	性别	年龄（岁）	工龄（年）	部门	体检类型	医学结论及建议	放射工作适任性意见
43	2312120183	刘仁华	技师	女	45	24	核医学科	在岗期间	体检结果：2023.5.7 中南大学湘雅二医院胸部CT结果示：双肺多发结节，LU-RADS2 类 建议：可继续原放射工作。	可继续原放射工作。
44	2312120182	瞿敬欣	技师	女	33	5	核医学科	在岗期间	体检结果：2023.11.22 中南大学湘雅二医院血常规结果示：白细胞计数正常 建议：可继续原放射工作。	可继续原放射工作。

序号	体检编号	姓名	工种	性别	年龄（岁）	工龄（年）	部门	体检类型	医学结论及建议	放射工作适任性意见
59	2310210034	王湘茜	技术员	女	25	/	核医学科/PET影像中心	上岗前	体检结果：非特异性T波改变 建议：如无症状，一般不做处理。	可从事放射工作。

序号	体检编号	姓名	工种	性别	年龄（岁）	工龄（年）	部门	体检类型	医学结论及建议	放射工作适任性意见
							科	期间	建议：1.建议到专业机构进行精确验光或矫正。2.复查肝功能，如仍增高，请到消化内科咨询或诊治。3.见于各种肝损害、肝衰竭、肝脏疾病等，也可出现在饭后，一般会在饭后一段时间内恢复正常。复查肝功能，必要时消化内科进一步咨询或诊治。	
90	2310210066	谢可怀	技师	女	25	/	核医学科	上岗前	体检结果：1.左眼屈光不正 2.双赤道少量散在细点混及线条状混浊，右眼下方稍明显 建议：1.建议到专业机构进行精确验光或矫正。2.定期复查眼晶体，必要时眼科进一步诊治。	可从事放射工作。

序号	体检编号	姓名	工种	性别	年龄（岁）	工龄（年）	部门	体检类型	医学结论及建议	放射工作适任性意见
									6.甲状腺专科或内分泌科进一步咨询诊治。7.建议定期复查，必要时内科进一步诊治。	
53	2310210028	夏林欢	技师	男	32	10	核医学科	在岗期间	体检结果：1.双眼未达到正常矫正视力 2.左肾小结石 建议：1.建议到眼科咨询或诊治。2.建议定期复查肾脏B超及尿液分析，如有异常，请及时到泌尿外科咨询或诊治。	可继续原放射工作。

附件 10 个人剂量检测结果（节选）

检 测 报 告

报告编号：WKFG-2025050008

委托单位：中南大学湘雅二医院

受检单位：中南大学湘雅二医院

检测性质：委托检测

检测项目：个人剂量当量

浙江[redacted]限责任公司

[redacted]二日

样品受理编号	2024120324000～464、475～484、486～508、522		
检测项目	个人剂量当量	检测方法	实验室检测
检测/评价依据	GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》		
检测室名称	个人剂量监测室	检测类别/目的	委托/常规
检测仪器名称/型号/编号	热释光剂量测量装置/BR-2000/20250211		
探 测 器	热释光剂量计(TLD)-片状（圆片）-LiF(Mg,Cu,P)		
监测周期	2025.01.01～2025.03.31		

一、检测结果

样品编号	姓名	性别	职业类别	剂量计起始佩带日期	佩带天数 d	个人剂量当量 Hp(10) (mSv)
2024120324001	贺干	男	2C	2025.01.01	90	0.097
2024120324002	彭莉红	女	2A	2025.01.01	90	0.087
2024120324003	李木文	男	2C	2025.01.01	90	0.076
2024120324004	苏小华	男	2C	2025.01.01	90	0.041
2024120324005	刘宁	女	2C	2025.01.01	90	0.049
2024120324006	王竹	女	2C	2025.01.01	90	0.093
2024120324007	楚丹	女	2A	2025.01.01	90	0.129
2024120324008	何超	男	2E	2025.01.01	90	0.084
2024120324009						
2024120324010	刘春	男	2E	2025.01.01	90	0.117
2024120324011						
2024120324012	吕芳	女	2E	2025.01.01	90	0.130
2024120324013						

续上表：

样品编号	姓名	性别	职业类别	剂量计起始佩带日期	佩带天数 d	个人剂量当量 Hp(10) (mSv)
2024120324182	何枫	男	2C	2025.01.01	90	0.988
2024120324183	曾小慧	男	2C	2025.01.01	90	0.074
2024120324184	袁小苑	男	2C	2025.01.01	90	0.117
2024120324185	邹瑶	女	2C	2025.01.01	90	0.136
2024120324186	陈立伟	女	2C	2025.01.01	90	0.145
2024120324187	王伟樊	男	2C	2025.01.01	90	0.127
2024120324188	罗政	男	2C	2025.01.01	90	0.068
2024120324189	马晓伟	男	2C	2025.01.01	90	0.159
2024120324190	刘国锋	男	2C	2025.01.01	90	0.062
2024120324191	支科	男	2C	2025.01.01	90	0.059
2024120324192	叶千春	男	2C	2025.01.01	90	0.247
2024120324193	房智慧	女	2C	2025.01.01	90	0.185
2024120324194	向甜	女	2C	2025.01.01	90	0.086
2024120324195	潘佑明	男	2C	2025.01.01	90	<MDL
2024120324196	石磊	男	2C	2025.01.01	90	0.163
2024120324197	刘仁华	女	2C	2025.01.01	90	0.063
2024120324198	夏林欢	男	2C	2025.01.01	90	0.274
2024120324199	胡崇玲	女	2C	2025.01.01	90	0.647
2024120324203						
2024120324200	瞿敬欣	女	2C	2025.01.01	90	0.126
2024120324201	罗静娟	女	2C	2025.01.01	90	0.236
2024120324475						
2024120324202	程静	女	2C	2025.01.01	90	0.140
2024120324204	赵璟	女	2C	2025.01.01	90	0.154

续上表：

样品编号	姓名	性别	职业类别	剂量计起始佩带日期	佩带天数 d	个人剂量当量 Hp(10) (mSv)
2024120324205	王懿睿	女	2C	2025.01.01	90	0.095
2024120324206	王湘茜	女	2C	2025.01.01	90	0.203
2024120324207	龙宇	女	2C	2025.01.01	90	0.033
2024120324208	谢可忻	女	2C	2025.01.01	90	0.053
2024120324209	周廉博	男	2C	2025.01.01	90	0.239
2024120324210	唐文龙	男	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324211	程志强	男	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324212	李磊	男	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324213	李亚伟	男	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324214	王孝宾	男	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324215	陈维华	男	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324216	胡放明	男	2A	2025.01.01	90	0.046
2024120324217	游恩瑛	女	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324218	钟智敏	男	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324219	龙慧	女	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324220	贺盼	女	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324221	赵衍寒	男	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324222	段智兰	女	2A	2025.01.01	90	<MDL
2024120324223	滕智	男	2A	2025.01.01	90	0.018
2024120324224	黄思雨	女	2A	2025.01.01	90	0.258
2024120324225	李浩	男	2A	2025.01.01	90	0.059
2024120324226	聂鑫	男	2B	2025.01.01	90	0.093
2024120324227	李洁玉	女	2B	2025.01.01	90	0.049
2024120324228	张慧	女	2A	2025.01.01	90	<MDL

中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L18390

Member of Clover TG

职业外照射个人监测

检 测 报 告

报告编号：RPDM2024-12142-1

样品名称： Ⅰ 胸章剂量计

单位名称： 中南大学湘雅二医院

检测类型： 委托检测

报告日期： 2025 年 01 月 22 日

天津瑞丹[redacted]有限责任公司

天津滨海高新区塘沽海[redacted]路199号东3-6号楼 300459

Tel：022-6[redacted] 022-65153978

Email：grjl[redacted]tp://www.tjrad.cn

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv)			剂量结果(mSv)		
						$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
05002	肖立志 230402197306110034	男 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.04	0.050	0.050	0.040
05003	吴永港 413024196606190417	男 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.03	0.050	0.050	0.030
05004	李海英 430102197512163525	女 2C	胸章		P	0.03	0.03	0.01	0.030	0.030	0.010
05005	李红 430105198107053027	女 2C	胸章		P	0.01	0.01	0.01	0.010	0.010	0.010
05006	谭延林 430521198210140972	男 2C	胸章		P	0.11	0.11	0.10	0.110	0.110	0.100
05007	何枫 430503198709151512	男 2C	胸章		P B	0.46	0.58	0.73	0.460	0.580	0.730
05008	曾小慧 360731198603167610	男 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.05	0.050	0.050	0.050
05009	袁小航 654201198909090019	男 2C	胸章		P	0.10	0.10	0.09	0.100	0.100	0.090
05010	郭瑞 430105199003267420	女 2C	胸章		P	0.11	0.11	0.10	0.110	0.110	0.100
05011	陈立伟 430921198106200041	女 2C	胸章		P	0.11	0.11	0.09	0.110	0.110	0.090
05012	王伟梁 432522199110286432	男 2C	胸章		P	0.11	0.11	0.10	0.110	0.110	0.100
05013	罗政 430902198809298795	男 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.03	0.050	0.050	0.030
05014	向甜 430626198812248046	女 2C	胸章		P	0.13	0.13	0.12	0.130	0.130	0.120
05016	程静 430624199203028180	女 2C	胸章		P	0.13	0.13	0.12	0.130	0.130	0.120
05019	龙亨 430623199612104862	女 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
05020	周廉博 152529199509170017	男 2C	胸章		P	0.22	0.22	0.20	0.220	0.220	0.200

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv)			剂量结果(mSv)		
						$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
05021	王慈睿 432522199212286425	女 2C	胸章		P	0.04	0.04	0.03	0.040	0.040	0.030
05022	马晓伟 150425198204173615	男 2C	胸章		P	0.17	0.17	0.17	0.170	0.170	0.170
05023	夏林欢 430122199182066735	男 2C	胸章		P	0.22	0.22	0.24	0.220	0.220	0.240
06001	蒋曙华 430111196912240966	女 2C	铅衣内 铅衣外		P P	0.26 0.22	0.26 0.22	0.26 0.21	0.240		
06004	潘佑明 430102196709223515	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
06005	刘仁华 430322197802091423	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
06006	刘国锋 220104197511281312	男 2C	胸章		P	0.01	0.01	0.02	0.010	0.010	0.020
06007	支科 430102197803293514	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
06008	叶千春 432828197611226230	男 2C	胸章		P	0.18	0.18	0.18	0.180	0.180	0.180
06010	石磊 430102196609113511	男 2C	胸章		P	0.13	0.13	0.12	0.130	0.130	0.120
06011	罗静娟 430425197508200021	女 2C	铅衣内 铅衣外		P P	0.07 0.88	0.07 0.88	0.06 0.90	0.147		
06014	房智慧 232325198607191224	女 2C	胸章		P	0.15	0.15	0.15	0.150	0.150	0.150
06015	胡素玲 430723198102250107	女 2C	铅衣内 铅衣外		P B P B	0.64 0.84	1.59 1.06	2.88 1.29	0.622		
06017	瞿敬欣 430122199004187840	女 2C	胸章		P	0.17	0.17	0.16	0.170	0.170	0.160
06021	谢可忻 430104199808034628	女 2C	胸章		P	0.03	0.03	0.02	0.030	0.030	0.020
06022	赵璟 430522199304120041	女 2C	胸章		P B	0.21	3.43	7.30	0.210	3.430	7.300

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv)			剂量结果(mSv)		
						$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
06023	王湘茜 432522199805087405	女 2C	胸章		P	0.19	0.19	0.18	0.190	0.190	0.180
07001	唐文龙 431122198812140019	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07002	程志强 431102199511043011	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07003	李磊 430102198004233 51X	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07005	李亚伟 132228198212172811	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07006	王孝宾 431021198302130011	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07007	陈维华 210402197706140516	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
08001	聂鑫 510102196911016130	男 2B	胸章		P	0.05	0.05	0.04	0.050	0.050	0.040
08002	李洁玉 432524199212301448	女 2B	胸章		P	0.02	0.02	0.02	0.020	0.020	0.020
09001	欧鹏 430482198510070010	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
09002	刘政 431023198411115438	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
09003	崔宇龙 520103198210170810	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
09004	李辉 430105197511053016	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
09005	刘镭 432502197809050015	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
09006	周海洋 430105197511063011	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
09007	杨林 341202198604101515	男 2A	胸章		P	0.01	0.01	<MDL	0.010	0.010	0.005

中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L18390

Member of Clover TG

职业外照射个人监测

检 测 报 告

报告编号：RPDM2024-11771

样品名称： Ⅰ 胸章剂量计

单位名称： 中南大学湘雅二医院

检测类型： 委托检测

报告日期： 2024 年 10 月 31 日

天津瑞丹[redacted]责任公司

天津滨海高新区塘沽海[redacted]9号东3-6号楼 300459

Tel：022-65153975 Fax：022-65153978

Email：grjlservice@tjrad.cn http://www.tjrad.cn

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv) $H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	剂量结果(mSv) $H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
05001	王云华 430105196212153012	男 2C	胸章		P B	0.92	1.11	1.35	0.920	1.110	1.350
05002	肖立志 230402197306110034	男 2C	胸章		P	0.08	0.08	0.07	0.080	0.080	0.070
05003	吴永港 413024196606190417	男 2C	胸章		P	0.09	0.09	0.09	0.090	0.090	0.090
05004	李海英 430102197512163525	女 2C	胸章		P	0.10	0.10	0.10	0.100	0.100	0.100
05005	李红 430105198107053027	女 2C	胸章		P	0.07	0.07	0.06	0.070	0.070	0.060
05006	谭延林 430521198210140972	男 2C	胸章		P	0.15	0.15	0.14	0.150	0.150	0.140
05007	何枫 430503198709151512	男 2C	胸章		P	0.41	0.41	0.39	0.410	0.410	0.390
05008	曾小慧 360731198603167610	男 2C	胸章		P	0.09	0.09	0.07	0.090	0.090	0.070
05009	袁小航 654201198809090019	男 2C	胸章		P	0.11	0.11	0.11	0.110	0.110	0.110
05010	邹瑶 430105199003267420	女 2C	胸章		P	0.14	0.14	0.14	0.140	0.140	0.140
05011	陈立伟 430921198106200041	女 2C	胸章		P	0.09	0.09	0.09	0.090	0.090	0.090
05012	王伟梁 432522199110286432	男 2C	胸章		P	0.11	0.11	0.09	0.110	0.110	0.090
05013	罗政 430902198809298795	男 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.04	0.050	0.050	0.040
05014	向甜 430826198811248046	女 2C	胸章		P	0.10	0.10	0.09	0.100	0.100	0.090
05016	程静 430624199203028180	女 2C	胸章		P	0.28	0.28	0.27	0.280	0.280	0.270
05018	王湘茜 432522199805087405	女 2C	胸章		P	0.19	0.19	0.17	0.190	0.190	0.170

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv)			剂量结果(mSv)		
						$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
05019	龙宇 430623199612104862	女 2C	胸章		P	0.01	0.01	0.01	0.010	0.010	0.010
05020	周鹿博 152529199509170017	男 2C	胸章		P	0.43	0.43	0.42	0.430	0.430	0.420
05021	王懿睿 432522199212286425	女 2C	胸章		P	0.13	0.13	0.13	0.130	0.130	0.130
06001	蒋曙华 430111196912240966	女 2C	铅衣内 铅衣外		P P	0.23 0.18	0.23 0.18	0.22 0.18	0.211		
06004	潘佑明 430102196709223515	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
06005	刘仁华 430322197802091423	男 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.04	0.050	0.050	0.040
06006	刘国锋 220104197511281312	男 2C	胸章		P	0.02	0.02	0.01	0.020	0.020	0.010
06007	支科 430102197803293514	男 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.06	0.050	0.050	0.060
06008	叶千春 432828197611226230	男 2C	胸章		P	0.19	0.19	0.18	0.190	0.190	0.180
06010	石磊 430102196609113511	男 2C	胸章		P	0.16	0.16	0.13	0.160	0.160	0.130
06011	罗静娟 430425197508200021	女 2C	铅衣内 铅衣外		P P	0.69 0.84	0.69 0.84	0.67 0.80	0.664		
06013	夏林欢 430122199182066735	男 2C	胸章		P	0.11	0.11	0.09	0.110	0.110	0.090
06014	房智慧 232325198607191224	女 2C	胸章		P	0.18	0.18	0.17	0.180	0.180	0.170
06015	胡崇玲 430723198102250107	女 2C	铅衣内 铅衣外		P P B	0.45 1.01	0.45 1.59	0.45 2.27	0.479		
06017	瞿敬欣 430122199004187840	女 2C	胸章		P	0.22	0.22	0.22	0.220	0.220	0.220
06018	马晓伟 150425198204173615	男 2C	胸章		P	0.44	0.14	0.14	0.140	0.140	0.140

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv)			剂量结果(mSv)		
						$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
06021	谢可忻 430104199808034628	女 2C	胸章		P	0.02	0.02	0.02	0.020	0.020	0.020
06022	赵璟 430522199304120041	女 2C	胸章		P	0.11	0.11	0.10	0.110	0.110	0.100
07001	唐文龙 431122198812140019	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07002	程志强 431102199511043011	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07003	李磊 430102198004233 1X	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07005	李亚伟 132228198212172811	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07006	王孝宾 431021198302140011	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07007	陈维华 210402197706130516	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
08001	段鑫 510102196911016130	男 2B	胸章		P	0.10	0.10	0.10	0.100	0.100	0.100
08002	李洁玉 432524199212301448	女 2B	胸章		P	0.04	0.04	0.04	0.040	0.040	0.040
09001	欧鹏 430482198510070010	男 2A	胸章		P	0.02	0.02	0.02	0.020	0.020	0.020
09002	刘政 431023198411115438	男 2A	胸章		P	0.03	0.03	0.03	0.030	0.030	0.030
09003	崔宇龙 520103198210170810	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
09004	李辉 430105197511053016	男 2A	胸章		P	0.06	0.06	0.05	0.060	0.060	0.050
09005	刘镭 432502197809050015	男 2A	胸章		P	0.03	0.03	0.03	0.030	0.030	0.030
09006	周海洋 430105197511063011	男 2A	胸章		P	0.01	0.01	0.01	0.010	0.010	0.010

中国认可
检测
TESTING
CNAS L18390

Member of Clover TG

职业外照射个人监测

检 测 报 告

报告编号：RPDM2024-08211-1

样品名称： Ⅰ 胸章剂量计

单位名称： 中南大学湘雅二医院

检测类型： 委托检测

报告日期： 2024 年 07 月 23 日

天津瑞丹辐射检[redacted]责任公司

天津滨海高新区塘沽海洋科技园[redacted]3-6 号楼 300459

Tel：022-65153975 [redacted]：022-65153978

Email：grjlservice@tjrad.cn http://www.tjrad.cn

[redacted]

天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

个人剂量检测报告

报告编号：第 RPDM2024-08211-1 号

用户编号：4100C99　用户名称：中南大学湘雅二医院

联 系 人：周薇　单位地址：湖南省长沙市芙蓉区人民中路139号

邮政编码：　电话：0731-85294161　剂量计类型：Ⅰ

监测周期：20240401-20240630　本次回收个数：534　过程号：P079243

收回日期：2024-07-18　测量日期：2024-07-19　报告日期：2024-07-23

检测仪器：OSLR250/全自动光释光读出器　检测方法：OSL　仪器编号：109

检测依据：GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》　检测项目：外照射个人剂量

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv)			剂量结果(mSv)		
						$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
00000	对照 4100C9900000000				P	0.31	0.31	0.31			
00001	彭和红 430722197906053669	女 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
00002	李木文 430903198710136 91X	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
00003	苏小华 430224199304175516	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
00004	刘宁 430103199207233027	女 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
00005	黄干 433101197001170819	男 2C	胸章		P	0.01	0.01	<MDL	0.010	0.010	0.005
00006	王竹 430682199210083624	女 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
00007	楚丹 430221198301275948	女 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
01001	何超 431002198210290035	男 2E	铅衣内 铅衣外		P P	<MDL 0.01	<MDL 0.01	<MDL <MDL	0.005		
01003	刘春 432524198303232519	男 2E	铅衣内 铅衣外		P P	0.05 <MDL	0.05 <MDL	0.04 <MDL	0.043		

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv)			剂量结果(mSv)		
						$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
05009	袁小航 654201198909090019	男 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.04	0.050	0.050	0.040
05010	翌瑶 430105199003267420	女 2C	胸章		P	0.05	0.05	0.05	0.050	0.050	0.050
05011	陈立伟 430921198106200041	女 2C	胸章		P	0.10	0.10	0.10	0.100	0.100	0.100
05012	王伟梁 432522199110286432	男 2C	胸章		P	0.04	0.04	0.01	0.040	0.040	0.010
05013	罗政 430902198809298795	男 2C	胸章		P	0.07	0.07	0.06	0.070	0.070	0.060
05014	向甜 430626198811248046	女 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
05016	程静 430624199203028180	女 2C	胸章		P	0.31	0.31	0.31	0.310	0.310	0.310
05018	王湘茜 432522199805087405	女 2C	胸章		P	0.14	0.14	0.14	0.140	0.140	0.140
05019	龙宇 430623199612104862	女 2C	胸章		P	0.01	0.01	<MDL	0.010	0.010	0.005
05020	周廉博 152529199509170017	男 2C	胸章		P	0.09	0.09	0.09	0.090	0.090	0.090
06001	蒋曙华 430111196912240966	女 2C	铅衣内 铅衣外		P P	0.05 0.11	0.05 0.11	0.04 0.11	0.053		
06004	潘佑明 430102196709223515	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
06005	刘仁华 430322197802091423	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
06006	刘国锋 220104197511281312	男 2C	胸章		P B	0.01	0.27	0.61	0.010	0.270	0.610
06007	支科 430102197803293514	男 2C	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
06008	叶千春 432828197611226230	男 2C	胸章		P	0.09	0.09	0.09	0.090	0.090	0.090

个人编号	姓名 身份（证）号	性别 职业类别	佩戴方式	注释	辐射品质	剂量计测量值(mSv)			剂量结果(mSv)		
						$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$ 或 E	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$
06010	石磊 430102196609113511	男 2C	胸章		P B	0.18	0.18	0.74	0.180	0.180	0.740
06011	罗静娟 430425197508200021	女 2C	铅衣内 铅衣外		P P	0.25 0.61	0.25 0.61	0.24 0.58	0.271		
06013	夏林欢 430122199182066735	男 2C	胸章		P	0.27	0.27	0.26	0.270	0.270	0.260
06014	房智慧 232325198607191224	女 2C	胸章		P	0.04	0.04	0.02	0.040	0.040	0.020
06015	胡崇玲 430723198102250107	女 2C	铅衣内 铅衣外		P P	0.25 0.56	0.25 0.56	0.23 0.56	0.266		
06017	瞿敬欣 430122199004187840	女 2C	胸章		P	0.15	0.15	0.14	0.150	0.150	0.140
06018	马晓伟 150425198204173615	男 2C	胸章		P	0.10	0.10	0.10	0.100	0.100	0.100
06021	谢可忻 430104199808034628	女 2C	胸章		P	0.02	0.02	0.01	0.020	0.020	0.010
06022	赵玥 430522199304120041	女 2C	胸章		P	0.02	0.02	<MDL	0.020	0.020	0.005
07001	唐文龙 431122198812140019	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07002	程志强 431102199511043011	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07003	李磊 430102198042335 1X	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07005	李亚伟 132228198212172811	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07006	王孝宾 431021198302130011	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
07007	陈维华 210402197706130516	男 2A	胸章		P	<MDL	<MDL	<MDL	0.005	0.005	0.005
08001	聂鑫 510102196911016130	男 2B	胸章		P	0.01	0.01	0.01	0.010	0.010	0.010

附件 11 核医学科放射废水定期检测报告（节选）

科博检测

221812050370

检 测 报 告

（TEST REPORT）

科博检字（2025）第 W413 号

项目名称：（Name of project） 中南大学湘雅二医院日常监测项目（第一季度）

委托方：（Client） 中南大学湘雅二医院

报告日期：（Date of preparation） 2025 年 3 月 26 日

湖南[redacted]公司

Hunan K[redacted]ogy Co., Ltd

报告编制说明

1、 本报告无本公司检测专用章、计量认证章、骑缝章无效。

2、 报告内容需填写齐全，无审核签发者签字无效。

3、 报告需填写清楚，涂改无效。

4、 委托方如对检测报告有异议，收到本检测报告之日起十五日内向我公司提出，逾期不予受理。

5、 由委托单位自行采集的样品，仅对送检样品分析数据负责，不对样品来源负责。无法复现的样品，不受理申诉。

6、未经本公司同意，不得复制本报告。经同意复制的必须全文复制并加盖本公司公章，否则无效。

7、 未经本公司书面批准，本报告及数据不得用作商品广告等其他用途。

湖南科博检测技术有限公司

地址：湖南省长沙市雨花区国际企业中心北区 12 栋 403 号(410007)

电话：0731-85113888

网址：www.hunanjiance.com

1 项目基本情况

监测地点	长沙市芙蓉区		
监测单位	湖南科博检测技术有限公司		
委托方	中南大学湘雅二医院		
联系方式	文瑜 18229770605	等级	无
样品名称	废水、无组织废气	规格型号	无
样品原标识	无	其它信息	无
采样人员	皮颖琪、朱致华	采样时间	2025 年 3 月 12 日-3 月 14 日
分析人员	舒欢、廖广等	检测日期	2025 年 3 月 14 日-3 月 24 日
样品数量	106 份	检测条件信息	符合检测要求
样品性状	废水：内科楼西北侧排口 1：微黄、无气味、无浮油、肿瘤中心东北侧排口 2：黄色、微臭、无浮油。		
分包情况	否		
测量不确定度	无		
偏离信息	无		
非标准方法使用情况	无		
备注	1.其他：检测结果低于方法检出限的，其结果用所使用方法的检出限值，并加标志位“L”表示；无方法检出限的项目其结果用“未检出”或“ND”表示； 2.免责说明：若客户要求添加，则需说明； 3.本次项目锅炉房（精卫楼）、锅炉房（内科楼）排放口对应锅炉在本次采样期间没有进行使用，不进行采样工作。		

2 项目监测内容

样品类型	检测点位	点位数	检测因子	监测频次
废水	内科楼西北侧排口 1、肿瘤中心东北侧排口 2	2	总α放射性、总β放射性	3 次/天*1 天

样品类型	检测点位	点位数	检测因子	监测频次
	瘤中心东北侧排口 2		性	
无组织废气	花园污水处理站上风向○1、下风向○2、下风向○3；十四病区污水处理站上风向○1、下风向○2、下风向○3	6	臭气浓度	4 次/天*1 天
			硫化氢、甲烷、氯气、氨气	3 次/天*1 天
采样依据	废水：《污水监测技术规范》HJ91.1-2019； 无组织废气：《大气污染物 无组织排放监测技术导则》HJ/T55-2000、《恶臭污染环境监测技术规范》HJ905-2017。			

3 分析方法及使用仪器

类别	检测因子	参数标准名称及代号	仪器编号	检测仪器及型号	检出限/检出范围
废水	总β放射性	《水质 总β放射性的测定 厚源法》HJ899-2017	KBYQ/HJ-119	FYFS-400X 低本底α/β测量仪	1.5×10^{-2}Bq/L
	总α放射性	《水质 总α放射性的测定 厚源法》HJ898-2017	KBYQ/HJ-119	FYFS-400X 低本底α/β测量仪	4.3×10^{-2}Bq/L
无组织废气	臭气浓度	《环境空气和废气 三点比较式臭袋法》HJ 1262-2022	/	/	10（无量纲）
	硫化氢	《空气和废气监测分析方法》（第四版增补版）	KBYQ/HJ-143	722S 可见分光光度计	0.001mg/m³
	氨	《环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法》HJ533-2009	KBYQ/HJ-143	722S 可见分光光度计	0.01mg/m³

质量控制方法	样品原标识/样品编号	检测项目	评价方式及范围				测量结果		评价结论
			①标准值及不确定度 ②相对偏差 ③加标回收率 ④检出限		⑤合格浓度范围 ⑥明码样品值/留样原值 ⑦未加标样品值及加标量 ⑧人员/方法/仪器比对				
现场空白 1	W2503 14-413-	硫化氢	④	0.07μg/10ml	④	0.07μg	0.009	μg	√
运输空白	W2503 14-413-	总烃	④	0.06mg/m³	④	<0.06mg/m³	0.0249	mg/m³	√
质控样合格率：100%			处理措施：无						

注：评价结论合格为“√”，不合格为“×”

5 检测结果

5.1 废水

检测结果见表 5-1。

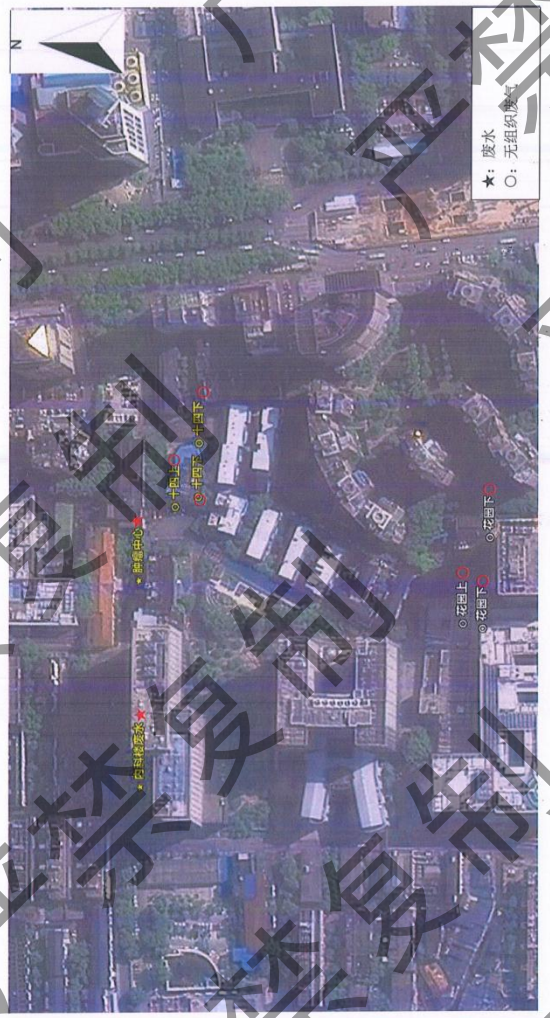
表 5-1 废水检测结果

采样时间	采样点位	检测因子	检测结果			标准限值	单位
			I	II	III		
3 月 12 日	内科楼西北侧排口 1	总α放射性	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	1	Bq/L
		总β放射性	0.304	0.368	0.319	10	Bq/L
	肿瘤中心东北侧排口 2	总α放射性	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	1	Bq/L
		总β放射性	0.344	0.296	0.365	10	Bq/L
参考标准	《医疗机构水污染物排放标准》GB18466-2005 表 2 中的预处理标准						

5.2 无组织废气

检测期间气象参数见表 5-2，无组织废气检测结果见表 5-3、5-4。

附图 1：采样点位图



科博检测

MA 221812050376

检 测 报 告

（TEST REPORT）

科博检字（2024）第 W717 号

项目名称：（Name of project） 中南大学湘雅二医院日常监测项目（第四季度）

委托方：（Client） 中南大学湘雅二医院

报告日期：（Date of preparation） 2024 年 11 月 18 日

湖南科博[redacted]司

Hunan Kebo T[redacted] Co., Ltd

质量控制方法	样品原标识/样品编号	检测项目	评价方式及范围		测量结果	评价结论
			①标准值及不确定度 ②相对偏差 ③加标回收率 ④检出限	⑤合格浓度范围 ⑥明码样品值/留样原值 ⑦未加标样品值及加标量 ⑧人员/方法/仪器比对		

注：评价结论合格为“√”，不合格为“×”

5 检测结果

5.1 废水

检测结果见表 5-1。

表 5-1 废水检测结果

采样时间	采样点位	检测因子	检测结果			标准限值	单位
			I	II	III		
10 月 31 日	内科楼西北侧排口 1	总α放射性	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	1	Bq/L
		总β放射性	0.065	0.086	0.077	10	Bq/L
	肿瘤中心东北侧排口 2	总α放射性	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	1	Bq/L
		总β放射性	0.055	0.069	0.067	10	Bq/L
参考标准	《医疗机构水污染物排放标准》GB18466-2005 表 2 中的预处理标准						

5.2 无组织废气

检测期间气象参数见表 5-2，无组织废气检测结果见表 5-3、5-4。

表 5-2 检测期间气象参数

采样时间	天气状况	气温(℃)	气压(KPa)	风速(m/s)	风向	相对湿度(%)
10 月 31 日	晴	22.2-25.18	101.12-101.41	2.3-2.6	北	57-62

科博检测

CMA 221812050370

检 测 报 告

（TEST REPORT）

科博检字（2024）第 W704 号

[redacted]

项目名称：（Name of project） 中南大学湘雅二医院日常监测项目（第三季度）

委托方：（Client） 中南大学湘雅二医院

报告日期：（Date of preparation） 2024 年 8 月 27 日

[redacted]

湖南[redacted]有限公司

Hunan Ke[redacted]ology Co., Ltd

地址：湖南省长沙市雨花区国际企业中心北区 12 栋 403 号

质量控制方法	样品原标识/样品编号	检测项目	评价方式及范围		测量结果	评价结论
			①标准值及不确定度 ②相对偏差 ③加标回收率 ④检出限	⑤合格浓度范围 ⑥明码样品值/留样原值 ⑦未加标样品值及加标量 ⑧人员/方法/仪器比对		
质控样合格率：100%			处理措施：无			

注：评价结论合格为“√”，不合格为“×”

5 检测结果

5.1 废水

检测结果见表 5-1。

表 5-1 废水检测结果

采样时间	采样点位	检测因子	检测结果 I	检测结果 II	检测结果 III	标准限值	单位
8 月 13 日	内科楼西北侧排口 1	总α放射性	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	1	Bq/L
		总β放射性	0.150	0.220	0.172	10	Bq/L
	肿瘤中心东北侧排口 2	总α放射性	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	1	Bq/L
		总β放射性	0.137	0.106	0.122	10	Bq/L
参考标准	《医疗机构水污染物排放标准》GB18466-2005 表 2 中的预处理标准						

5.2 无组织废气

检测期间气象参数见表 5-2，无组织废气检测结果见表 5-3、5-4。

表 5-2 检测期间气象参数

采样时间	天气状况	气温(℃)	气压(KPa)	风速(m/s)	风向	相对湿度(%)
8 月 14 日	晴	28-32	99.9-100.1	2.1-2.3	西南	63

科博检测

221812060370

检 测 报 告

（TEST REPORT）

科博检字（2024）第 W290 号

项目名称：（Name of project） 中南大学湘雅二医院日常监测项目（第二季度）

委托单位：（Client） 中南大学湘雅二医院

报告日期：（Date of preparation） 2024 年 5 月 9 日

湖南科博[redacted]公司

Hunan Kebo [redacted]y Co., Ltd

地址：湖南省长沙市雨花区国际企业中心北区 12 栋 403 号

表 4-1 废水检测结果

采样时间	采样点位	检测因子	检测结果			标准限值	单位
			I	II	III		
4 月 21 日	内科楼西北侧排口 1	总α放射性	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	1	Bq/L
		总β放射性	0.173	0.211	0.205	10	Bq/L
	肿瘤中心东北侧排口 2	总α放射性	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	4.3×10^{-2}L	1	Bq/L
		总β放射性	0.202	0.200	0.242	10	Bq/L
参考标准	《医疗机构水污染物排放标准》GB18466-2005 表 2 中的预处理标准						

4.2 无组织废气

检测期间气象参数见表 4-2，无组织废气检测结果见表 4-3、4-4。

表 4-2 检测期间气象参数

采样时间	天气状况	气温(℃)	气压(KPa)	风速(m/s)	风向	相对湿度(%)
4 月 21 日	阴	20.1-21.1	101.0-102.0	1.8-2.4	东	79

表 4-3 无组织废气检测结果

采样时间	采样点位		检测因子	检测结果				参考标准	单位
				I	II	III	IV		
4 月 21 日	十四病区污水处理站	上风向 O1	硫化氢	0.002	0.002	0.003	0.003	0.03	mg/m³
			甲烷	0.000237	0.000235	0.000238	0.000230	1	%
			氨气	0.08	0.10	0.09	0.07	1.0	mg/m³
			氯气	0.05	0.05	0.04	0.06	0.1	mg/m³
		下风向 O2	硫化氢	0.007	0.008	0.007	0.007	0.03	mg/m³
			甲烷	0.000472	0.000475	0.000471	0.000409	1	%
			氨气	0.33	0.35	0.34	0.33	1.0	mg/m³

附件 12 建设项目相关资料

项目建设内容

一、项目建设内容

本项目拟对核医学科楼进行改造，在一层、三层、四层各建设一处乙级非密封放射性工作场所，涉及使用非密封放射性物质 ^{99m}Tc、^{203}Pb、^{32}P、^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、^{212}Pb、^{131}I、^{89}Sr、^{125}I(粒子源)和 1 台 SPECT-CT（III 类射线装置），并注销四层工作场所已许可使用的非密封放射物质 ^{153}Sm、^{125}I、^{99m}Tc 和 1 台 JETStream for SKYlight AZ 型 SPECT（非射线装置）。

表 1本项目射线装置/设备一览表

序号	工作场所	设备名称	型号	类别	数量	额定参数	说明
1	核医学科楼一层 SPECT 显像工作场所扫描室	SPECT-CT	待定	III	1 台	150kV、1000mA	本次新增
2	核医学科四层 SPECT 机房	SPECT	JETStream for SKYlight AZ	/	1 台	/	拟注销，拟去功能化后申请报废

表 2本项目非密封放射性物质使用情况一览表

工作场所		核素	理化状态	用途	最大工作负荷	活动类别
SPECT 显像工作场所(核医学科楼一层)		^{99m}Tc	液态，低毒 半衰期 6.02h	显像	20mCi/人次，35 人次/d，5 次/周，50 周/a，8750 人次/a	使用
				肺通气显像	20mCi/人次，1 人次/d，2 次/周，50 周/a，100 人次/a	使用
		^{203}Pb	液态，低毒 半衰期 51.87h	显像	4mCi/人次，4 人次/d，1 次/月，48 人次/a	使用
核素敷贴治疗工作场(核医学科楼三层)		^{32}P	液态，中毒 半衰期 14.26d	敷贴治疗	最大购药 100mCi/次（1mCi/人次，20 人次/d，5d/月），1 次/月，12 次/a	使用
核素治疗工作场(核医学科楼四层)	本次新增	^{177}Lu	液态，中毒 半衰期 6.73d	治疗	200mCi/人次，2 人次/d，1 次/周，50 周/a，100 人次/a	使用
		^{90}Y	液态，中毒 半衰期 2.67d	治疗	30mCi/人次，2 人次/d，1 次/周，20 周/a，40 人次/a	使用
		^{225}Ac	液态，极毒 半衰期 9.92d	治疗	0.5mCi/人次，4 人次/d，1 次/月，48 人次/a	使用
		^{212}Pb	液态，中毒 半衰期 10.64h	治疗	4mCi/人次，4 人次/d，1 次/月，48 人次/a	使用
	本次调整操作量	^{131}I	液态，中毒 半衰期 8.02d	甲亢治疗、甲测	甲亢：10mCi/人次，10 人次/d，1 次/周，50 周/a，500 人次/a 甲测：0.01mCi/人次，10 人次/d，1 次/周，50 周/a，500 人次/a	使用
		^{89}Sr	液态，中毒	治疗	4mCi/人次，2 人次/d，1 次/月，24 人	使用

			半衰期 50.53d		次/a	
		^{125}I(粒子源)	固态，中毒 半衰期 59.4d	植入治疗	100mCi/人次，2 人次/d，1 次/周，50 周/a，100 人次/a	使用
	本次注销	^{99m}Tc	液态，低毒 半衰期 6.02h	/	/	使用
		^{153}Sm	液态，中毒 半衰期 46.5h	/	/	使用
		^{125}I	液态，中毒 半衰期 59.4d	/	/	使用

二、人员配置

本项目核医学科拟配置 12 名辐射工作人员，均为医院现有核医学科辐射工作人员。

表 3本项目辐射工作人员配置情况一览表

序号	姓名	性别	岗位	辐射安全与防护考核证书编号	年度个人剂量 mSv	职业健康体检结论
1	马晓伟	男	副主任医师	FS20HN0300001	0.569	可继续原放射工作（2024 年）
2	支科	男	主治医师	FS23HN0300010	0.119	可继续原放射工作（2024 年）
3	吾磊	男	主管技师	FS24HN0300030	0.633	可继续原放射工作（2024 年）
4	刘仁华	女	主管技师	FS23HN0300015	0.123	可继续原放射工作（2023 年）
5	刘国锋	男	主治医师	FS23HN0300114	0.102	可继续原放射工作（2024 年）
6	叶千春	男	主治医师	FS23HN0300003	0.707	可继续原放射工作（2024 年）
7	夏林欢	男	主管技师	FS23HN0300009	0.874	可继续原放射工作（2023 年）
8	程静	女	护师	FS23HN0300002	0.860	可继续原放射工作（2024 年）
9	罗静娟	女	护理	FS23HN0300136	1.318	可继续原放射工作（2024 年）
10	瞿敬欣	女	技术员	FS23HN0300004	0.666	可继续原放射工作（2023 年）
11	王湘茜	女	技术员	FS22HN0300077	0.723	可从事放射工作（2023 年）
12	谢可忻	女	技师	FS23HN0300122	0.573	可从事放射工作（2023 年）

注：本项目辐射工作人员放射工作适任性意见取自 2023 年 12 月、2024 年 12 月职业健康检查和 2024 年 1 月、205 年 1 月职业健康检查复查报告，见附件 9；本项目辐射工作人员 2025 年第 2 季度个人剂量已送检，检测报告暂未出具，上表所列为 2024 年 3 月至 2025 年 3 月的年度个人剂量检测结果统计值，个人剂量检测报告见附件 10。上表所列人员中“马晓伟”的辐射安全与防护考核证书已过期，已报名参加 2025 年 8 月的辐射安全与防护考核，通过考核后方可继续从事放射性工作。

三、屏蔽设计方案

表 4本项目各核医学科工作场所辐射屏蔽设计相关参数

功能用房名称	屏蔽设计				
	四周墙体	地板	顶板	门	窗
SPECT 显像工作场所(核医学科楼一层)					
储源	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料	/（无地下室）	200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
固废	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
注射室	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	30mmPb 注射窗

候诊室	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
注射后候诊	西墙：240mm 砖+6mmPb 硫酸钡涂料 北墙：480mm 砖+6mmPb 硫酸钡涂料 其他：240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb，2 扇（患者出、入口）	/
肺通气	240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
运动兼抢救室	东墙：240mm 砖+6mmPb 硫酸钡涂料 北墙：480mm 砖 其他：240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
留观	东墙：240mm 砖+6mmPb 硫酸钡涂料 南墙：480mm 砖 西墙：240mm 砖+2mmPb 硫酸钡涂料 北墙：240mm 砖+3mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+2mmPb 硫酸钡板	3mmPb	/
扫描室	240mm 砖+3mmPb 硫酸钡涂料		200mm 砼+3mmPb 硫酸钡板	3mmPb，2 扇	3mmPb
核素敷贴治疗工作场(核医学科楼三层)					
卫生通过	北墙：120mm 实心砖+20mm 硫酸钡砂浆 其他：240mm 砖	100mm 砼	100mm 砼	/	/
储源	西墙：240mm 砖+3mmPb 其他：120mm 实心砖+20mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+20mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+2mmPb 防护板	3mmPb	/
固废				3mmPb	/
敷贴制备				5mmPb，2 扇（至卫生通过、敷贴治疗室）	/
敷贴治疗室				3mmPb	/
核素治疗工作场所(核医学科楼四层)					
卫生通过	北墙：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆 其他：240mm 砼	100mm 砼	100mm 砼	/	/
储源	西、北墙：240mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	8mmPb	/
固废	西、南墙：240mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	8mmPb	/
分装室	西墙：240mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 实心砖	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	10mmPb，2 扇（至卫生通过、患者通道）	50mmPb 服药窗、50mmPb 注

	+30mm 硫酸钡砂浆				射窗
留观病房（含卫生间）	东墙：240mm 砖+10mmPb 铅板 其他：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	12mmPb	/
留观病房	东墙：240mm 砖+10mmPb 铅板 其他：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	12mmPb	/
患者通道	东侧：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+30mm 硫酸钡砂浆	100mm 砼+3mmPb 防护板	12mmPb，2 扇（南北两侧出入口）	
污洗	西墙：240mm 砼 南墙：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 砖	100mm 砼	100mm 砼	/	/
辐射检测	西墙：240mm 砼 南墙：120mm 实心砖+30mm 硫酸钡砂浆 其他：120mm 砖	100mm 砼	100mm 砼	12mmPb，2 扇（出入口）	10mmPb 传递窗
注：除特别说明，本项目屏蔽体采用的实心砖密度不小于 1.65g/cm³，混凝土（砼）密度不小于 2.35g/cm³，硫酸钡密度不小于 3.2g/cm³，铅密度不小于 11.3g/cm³。					

四、辐射防护用品配置

表 5本项目辐射防护用品及检测仪器配置计划一览表

类别		本项目拟配置数量		
		SPECT 显像工作场所	核素敷贴治疗工作场所	核素治疗工作场所
防护用品	0.5mmPb 铅衣	2 件	2 件	2 件
	0.5mmPb 铅围裙	2 件	2 件	2 件
	0.5mmPb 铅围脖	2 件	2 件	2 件
	放射性污染防护服	若干	若干	若干
	远距离操作工具			
	有机玻璃眼镜或面罩	/	2 件	/
	橡皮泥或橡胶板（≥3mm）	/	若干	/
检测设备	个人剂量计	1 个/人（外委检测）		
	个人剂量报警仪	2 台	1 台	1 台
	表面污染监测仪	1 台	1 台	1 台
	X-γ剂量率测量仪	1 台（核医学科共用）		
	固定式辐射监测系统	1 套	1 套	1 套
其他辅助防护设施	5mmPb 分装柜	1 台	/	/
	50mmPb 分装柜/通风橱	/	1 台	1 台
	50mmPb 自动分装柜	/	/	1 台
	废物收集桶	5 个	1 个	3 个
	放射性废物衰变桶/箱	3 个	2 个	4 个
	储源保险柜	1 个	1 个	1 个

五、其他需要说明的事项

为减少放射性废水产生，本项目各核医学工作场所拟设置节水型航空马桶、洁具，单次用水量为 4L，对于 ^{99m}Tc、^{203}Pb、^{90}Y 等仅在核医学工作场所短时间驻留的患者，其废水产生量取 8L/人次（即驻留期间如厕 2 次，每次用水 4L）；在对于 ^{177}Lu 患者最长住院 1 天，医院拟限制其淋浴，故仅考虑如厕洗手废水，废水产生量取 20L/人次（即住院期间如厕 5 次，每次用水 4L）。项目排水、放射性废水处置及其他辐射防护设计方案详见设计图纸。

中南大学湘雅二医院

附件 13 环境现状辐射水平监测报告

核工业二三0研究所

监测报告

[核环监]2506-017

项目名称：中南大学湘雅二医院核医学科楼核技术利用改建项目辐射环境本底监测

委托单位：中南大学湘雅二医院

监测单位：[redacted]

签发日期：2025年08月19日

报告编制：曾倩　审核人：张攸　签发人：曹西红

核工业二三0研究所

监测报告

[核环监]2506-017

项目名称	中南大学湘雅二医院核医学科楼核技术利用改建项目辐射环境本底监测		
委托单位	中南大学湘雅二医院		
委托单位地址	湖南省长沙市芙蓉区人民中路139号		
联系人	马晓伟	联系电话	15114199770
监测项目	环境γ辐射剂量率；α、β放射性表面污染	监测方式	现场监测
监测地点	中南大学湘雅二医院核医学科楼		
监测环境条件	2025年6月15日；天气：多云；环境温度：25-33℃；相对湿度：54%		
监测依据	1、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 2、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 3、《表面污染测定 第1部分：β发射体（$E_{\beta max}$>0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）。		
监测仪器	仪器名称	X、γ辐射空气比释动能率仪	α、β表面污染测量仪
	仪器型号	主机：FH40G 探头：FHZ672E-10	CoMo-170
	制造单位	Thermo	NUVIA
	出厂编号	主机：41040；探头：11609	9597
	能量响应范围	主机：30keV-4.4MeV； 探头：40keV-4.4MeV	/
	量程	主机：10nSv/h-1Sv/h； 探头：1nSv/h-100μSv/h	α：0-2500cps； β：0-20000cps
	检定机构	湖南省电离辐射计量站	湖南省电离辐射计量站
	检定证书编号	hnjln2024436-1264	hnjln2024407-1185
	检定有效期	2024.11.15~2025.11.14	2024.11.6~2025.11.5
备注	本报告仅对本次监测数据负责。		

监 测 报 告

[核环监]2506-017

附表监测结果

表 1 环境γ辐射剂量率监测结果

点位代号	监测点位描述	监测结果（nGy/h）		备注
		测量值	标准差	
γ1	核医学科楼南侧（道路）	68.2	1.22	道路
γ2	核医学科楼西侧（道路）	76.5	2.70	道路
γ3	核医学科楼北侧（道路）	77.0	2.06	道路
γ4	核医学科楼东侧（绿化）	69.0	0.55	道路
γ5	核医学科楼东侧（肿瘤中心走道）	126	4.87	楼房
γ6	核医学科楼一层原办公室	70.0	0.93	楼房
γ7	核医学科楼一层原操作间	81.3	1.03	楼房
γ8	核医学科楼一层原磁体室 1	71.3	1.00	楼房
γ9	核医学科楼一层原大厅	82.8	3.13	楼房
γ10	核医学科楼一层原空调和主机室	82.0	2.03	楼房
γ11	核医学科楼一层原候诊厅	78.3	1.53	楼房
γ12	核医学科楼一层原磁体室 2	75.3	1.87	楼房
γ13	核医学科楼一层原控制室	81.2	1.99	楼房
γ14	核医学科楼一层北侧楼梯间	83.3	2.65	楼房
γ15	核医学科楼二层示教室（会议室）	91.0	1.19	楼房
γ16	核医学科楼二层办公室	90.0	2.23	楼房
γ17	核医学科楼二层医生办	80.9	1.86	楼房
γ18	核医学科楼二层更衣	78.0	1.66	楼房
γ19	核医学科楼二层腹部影像室	80.8	1.24	楼房
γ20	核医学科楼二层卫生间	78.6	1.91	楼房
γ21	核医学科楼二层腹部影像室	82.9	1.99	楼房
γ22	核医学科楼二层乳腺影像室	90.4	1.50	楼房
γ23	核医学科楼三层候诊厅	103	1.78	楼房
γ24	核医学科楼三层办公室	117	1.33	楼房
γ25	核医学科楼三层候诊室	108	5.05	楼房
γ26	核医学科楼三层治疗室	98.3	3.48	楼房
γ27	核医学科楼三层示教室	97.6	2.23	楼房
γ28	核医学科楼三层肿瘤科病区走道	69.2	0.90	楼房
γ29	核医学科楼四层室外挂梯	84.4	2.70	楼房
γ30	核医学科楼四层甲测室	86.9	1.50	楼房
γ31	核医学科楼四层注射候检区	87.5	0.74	楼房
γ32	核医学科楼四层核医学科走道	104	1.13	楼房

监 测 报 告

[核环监]2506-017

续表 1 环境γ辐射剂量率监测结果

点位代号	监测点位描述	监测结果（nGy/h）		备注
		测量值	标准差	
γ33	核医学科楼四层 SPECT 显像室	79.3	2.07	楼房
γ34	核医学科楼四层控制室	89.5	1.74	楼房
γ35	核医学科楼四层分装室	229	2.95	楼房
γ36	核医学科楼四层储源室	190	2.39	楼房
γ37	核医学科楼四层肿瘤科病区走道	76.9	1.69	楼房
γ38	核医学科楼五层屋面	75.2	1.33	楼房

注：1、本次测量时，仪器探头距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、以上监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值，监测结果 $D_\gamma=k_1*(k_2*R_\gamma/1.2-k_3*D_c)$，检定系数 k_1=1.01，检验源效率因子 k_2=1，k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，R_γ为仪器测量读数值均值，宇宙射线的响应值 D_c 经修正后为 13.87nGy/h；

3、本次测量时，核医学科楼四层核医学工作场所未开展核素诊疗工作。

（本页以下空白）

表 2α、β放射性表面污染监测结果

点位代号	监测点位描述	监测结果（Bq/cm²）	
		α放射性表面污染	β放射性表面污染
1#	核医学科楼一层原办公室 1 地面	<0.003	0.121
2#	核医学科楼一层原操作间地面	<0.003	0.067
3#	核医学科楼一层原操作间墙面	<0.003	0.059
4#	核医学科楼一层原磁体室 1 地面	<0.003	0.028
5#	核医学科楼一层原磁体室 1 墙面	<0.003	0.011
6#	核医学科楼一层登记室地面	<0.003	0.016
7#	核医学科楼一层登记墙面	<0.003	0.047
8#	核医学科楼一层原大厅地面	<0.003	0.018
9#	核医学科楼一层大厅墙面	<0.003	0.013
10#	核医学科楼一层原空调和主机室地面	<0.003	0.010
11#	核医学科楼一层原空调和主机室墙面	<0.003	0.128
12#	核医学科楼一层原候诊厅地面	<0.003	0.133
13#	核医学科楼一层原候诊厅墙面	<0.003	0.100
14#	核医学科楼一层原磁体室 2 地面	<0.003	0.137
15#	核医学科楼一层原磁体室 2 墙面	<0.003	0.047
16#	核医学科楼一层原控制室地面	<0.003	0.090
17#	核医学科楼一层原控制室墙面	<0.003	0.010
18#	核医学科楼一层北侧楼梯间地面	<0.003	0.065
19#	核医学科楼三层候诊厅地面	<0.003	0.095
20#	核医学科楼三层候诊厅墙面	<0.003	0.052
21#	核医学科楼三层办公室地面	<0.003	0.070
22#	核医学科楼三层办公室墙面	<0.003	0.237
23#	核医学科楼三层候诊室地面	<0.003	0.276
24#	核医学科楼三层候诊室墙面	<0.003	0.281
25#	核医学科楼三层候诊室椅面	<0.003	0.085
26#	核医学科楼三层示教室地面	<0.003	0.206
27#	核医学科楼三层示教室墙面	<0.003	0.276
28#	核医学科楼三层示教室椅面	<0.003	0.098
29#	核医学科楼三层治疗室地面	<0.003	0.211
30#	核医学科楼三层治疗室墙面	<0.003	0.162
31#	核医学科楼三层治疗室台面	<0.003	0.013
32#	核医学科楼四层挂梯地面	<0.003	0.180

续表 2α、β放射性表面污染监测结果

点位代号	监测点位描述	监测结果（Bq/cm²）	
		α放射性表面污染	β放射性表面污染
33#	核医学科楼四层甲测室地面	<0.003	0.182
34#	核医学科楼四层甲测室墙面	<0.003	0.229
35#	核医学科楼四层甲测室台面	<0.003	0.327
36#	核医学科楼四层注射候检区地面	<0.003	0.394
37#	核医学科楼四层注射候检区墙面	<0.003	0.124
38#	核医学科楼四层注射候检区椅面	<0.003	0.402
39#	核医学科楼四层注射候检区注射窗表面	<0.003	0.348
40#	核医学科楼四层核医学科走道地面	<0.003	0.393
41#	核医学科楼四层核医学科走道墙面	<0.003	0.344
42#	核医学科楼四层核医学科走道体重仪表面	<0.003	0.123
43#	核医学科楼四层 SPECT 显像室地面	<0.003	0.183
44#	核医学科楼四层 SPECT 显像室墙面	<0.003	0.162
45#	核医学科楼四层 SPECT 显像室设备表面	<0.003	0.039
46#	核医学科楼四层控制室地面	<0.003	0.013
47#	核医学科楼四层控制室墙面	<0.003	0.049
48#	核医学科楼四层控制室台面	<0.003	0.041
49#	核医学科楼四层分装室地面	<0.003	1.106
50#	核医学科楼四层分装室墙面	<0.003	0.362
51#	核医学科楼四层分装室注射窗表面	<0.003	0.216
52#	核医学科楼四层分装室台面	<0.003	0.456
53#	核医学科楼四层摄碘工作台面	<0.003	0.882
54#	核医学科楼四层锝分装柜表面	<0.003	0.653
55#	核医学科楼四层碘分装柜表面	<0.003	0.381
56#	核医学科楼四层储源室地面	<0.003	0.540
57#	核医学科楼四层储源室墙面	<0.003	0.026
58#	核医学科楼四层储源室柜面	<0.003	0.736

注：1、以上监测结果未扣除环境本底；

2、表面污染测量仪α探测下限：0.003Bq/cm²，若校准结果小于探测下限，则记录为<0.003；表面污染仪β探测下限：0.008Bq/cm²，若校准结果小于探测下限，则记录为<0.008；

3、本次测量时，核医学科楼四层核医学工作场所未开展核素诊疗工作。

（本页以下空白）

附图监测点位示意图

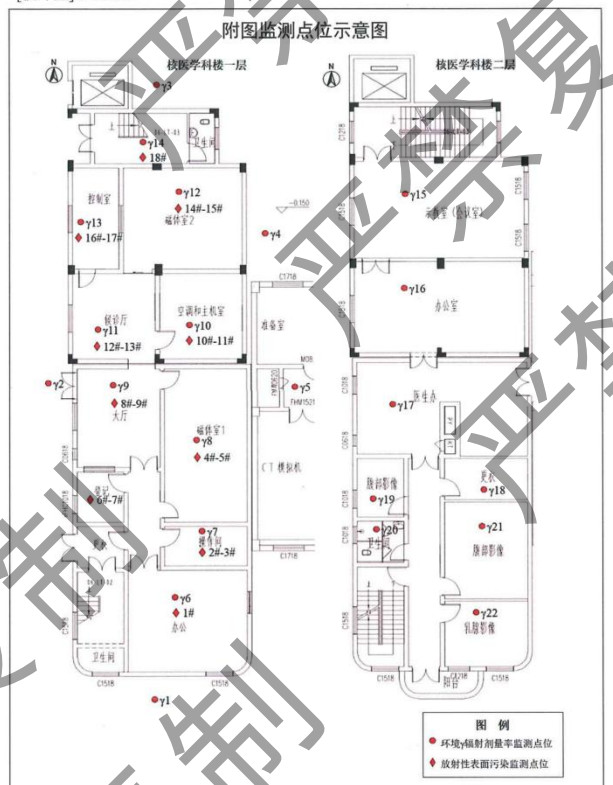
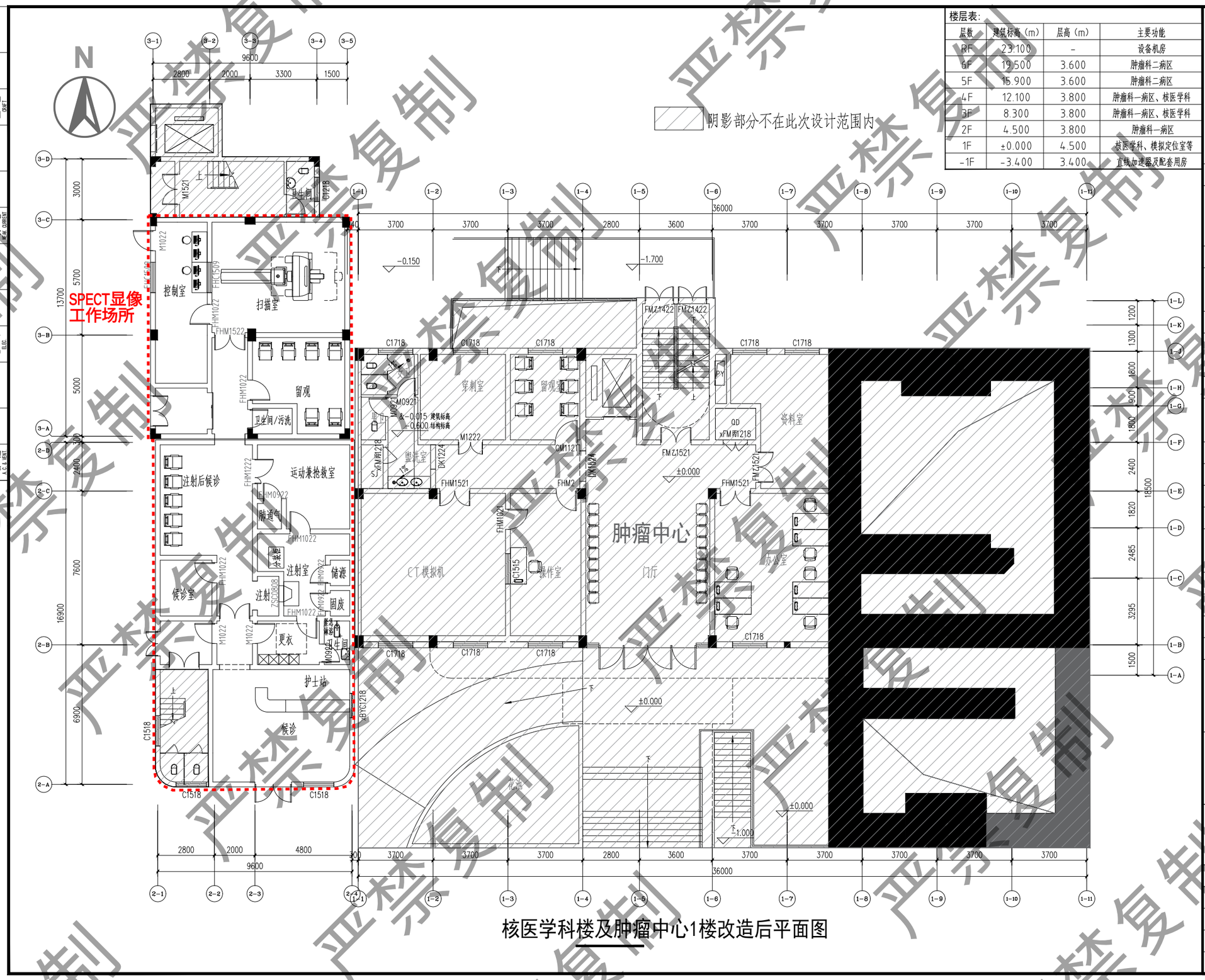


图 1 核医学科楼一层、二层监测点位示意图

核 工 业 二 三 0 研 究 所
监 测 报 告
[核环监]2506-017

图 2 核医学科楼三层、四层和五层屋面监测点位示意图

（报告结束）



核医学科楼及肿瘤中心1楼改造后平面图

楼层表:			
层数	建筑标高（m）	层高（m）	主要功能
RF	23.100	-	设备机房
6F	19.500	3.600	肿瘤科二病区
5F	15.900	3.600	肿瘤科二病区
4F	12.100	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
3F	8.300	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
2F	4.500	3.800	肿瘤科一病区
1F	±0.000	4.500	核医学科、模拟定位室等
-1F	-3.400	3.400	直线加速器及配套用房

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT：中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME：中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目全过程工程咨询

子项名称 SUB-ITEM：肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹	
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙	
专业负责人 SPE. DESIGNER	李龙 罗菊	
设计 DESIGNER	周杰	
制图 DRAWER	周杰	
校对 CHECKED	郭立伟 李龙	
审核 EXAMINED	张辉	
审定 APPROVED	周树瑞	
注册人 REGISTRANT	孙畅	

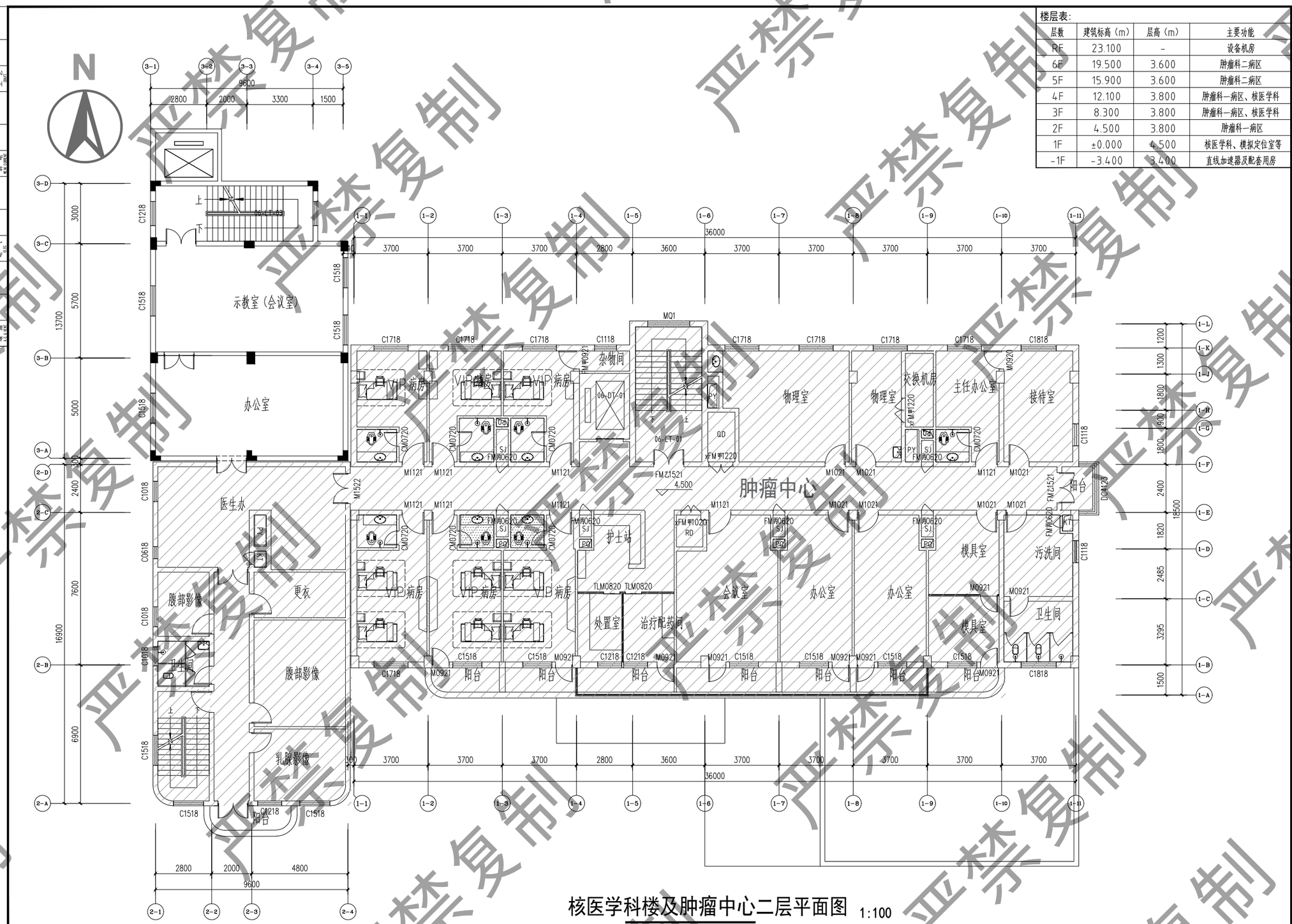
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE：最新平面图

工程代号 PRO. NO.	2025-AQ013-06
图别 D. S.	防辐射-建施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	016
日期 DATE	2025.07

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图1 核医学科楼及肿瘤中心1楼平面布局图



核医学科楼及肿瘤中心二层平面图 1:100

楼层表:

层数	建筑标高（m）	层高（m）	主要功能
RF	23.100	-	设备机房
6F	19.500	3.600	肿瘤科二病区
5F	15.900	3.600	肿瘤科二病区
4F	12.100	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
3F	8.300	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
2F	4.500	3.800	肿瘤科一病区
1F	±0.000	4.500	核医学科、模拟定位室等
-1F	-3.400	3.400	直线加速器及配套用房

湖南省建筑设计院有限公司
HUNAN PROVINCIAL HOUSE INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目

子项名称 SUB-ITEM
肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	李 刚 朱 莹
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	杨 晓 李 龙
专业负责人 SPE. DESIGNER	汤荣辉
设 计 DESIGNER	周 杰
制 图 DRAWER	周 杰
校 对 CHECKED	郭文峰 汤荣辉
审 核 EXAMINED	张 辉
审 定 APPROVED	周树瑞
注册人 REGISTRANT	杨 晓

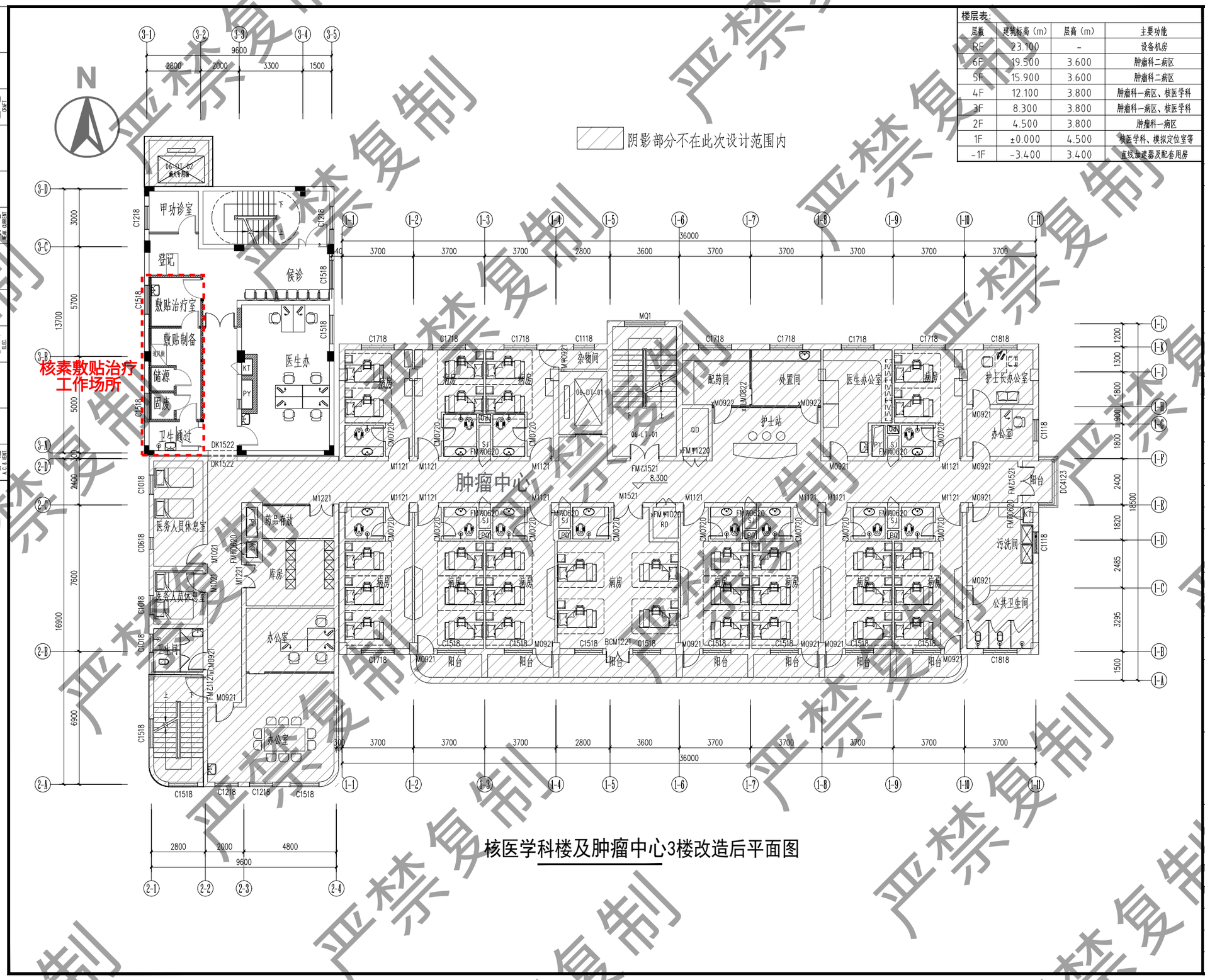
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE
二层改造平面图

工程代号 PROJ. NO.	2024-A0019-06
图 别 D. S.	建初
版 次 VER. No.	1.0
图 号 D. NO.	06-P-03a
日 期 DATE	2024.11

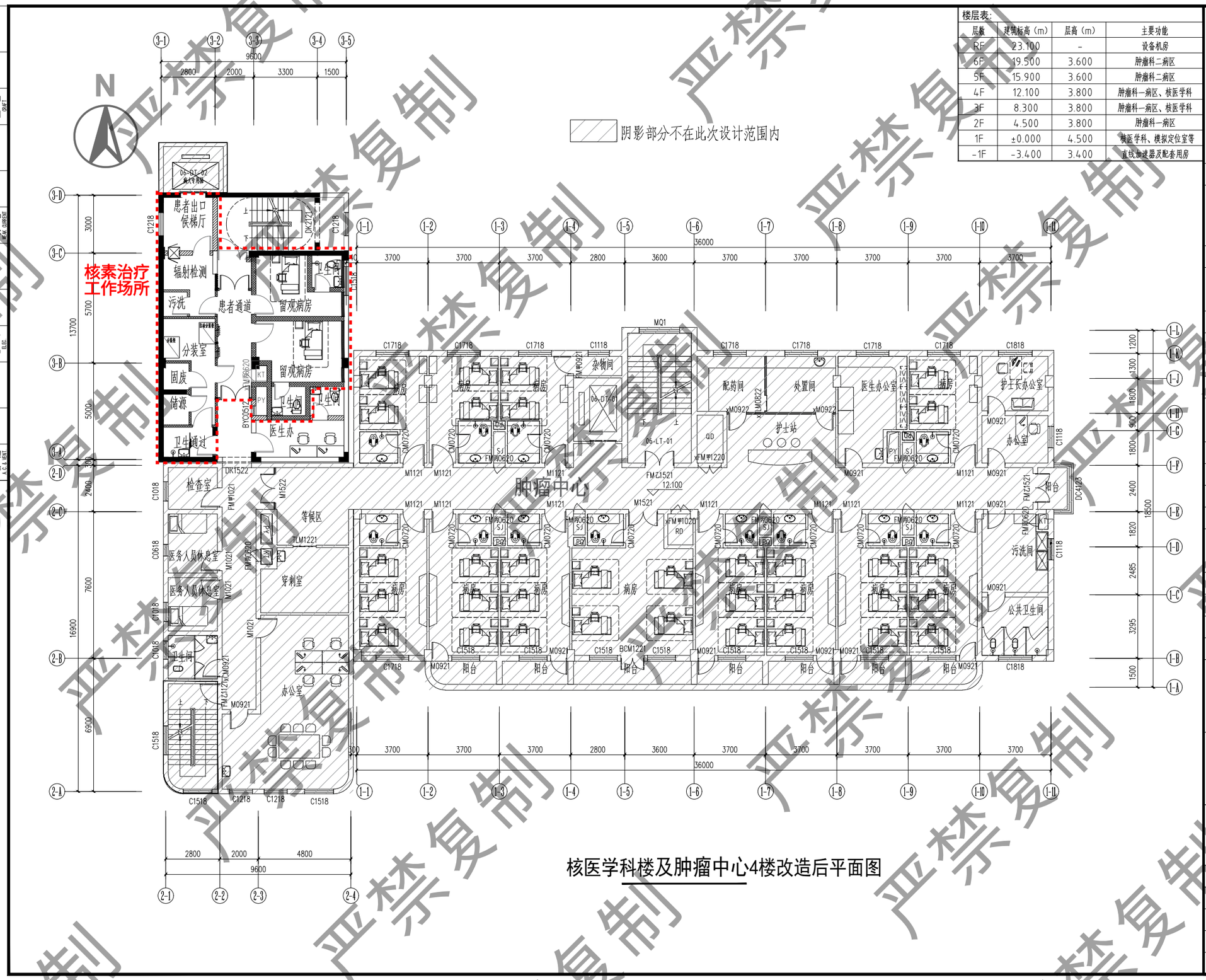
本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图2 核医学科楼及肿瘤中心2楼平面布局图



核医学科楼及肿瘤中心3楼改造后平面图

附图3 核医学科楼及肿瘤中心3楼平面布局图



楼层表:

层数	建筑标高（m）	层高（m）	主要功能
RF	23.100	-	设备机房
6F	19.500	3.600	肿瘤科二病区
5F	15.900	3.600	肿瘤科二病区
4F	12.100	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
3F	8.300	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
2F	4.500	3.800	肿瘤科一病区
1F	±0.000	4.500	核医学科、模拟定位室等
-1F	-3.400	3.400	直线加速器及配套用房

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT: 中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME: 中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目全过程工程咨询

子项名称 SUB-ITEM: 肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙
专业负责人 SPE. DESIGNER	李龙 罗菊
设计 DESIGNER	周杰
制图 DRAWER	周杰
校对 CHECKED	郭立伟 李龙
审核 EXAMINED	张辉
审定 APPROVED	周树瑞
注册人 REGISTRANT	孙畅

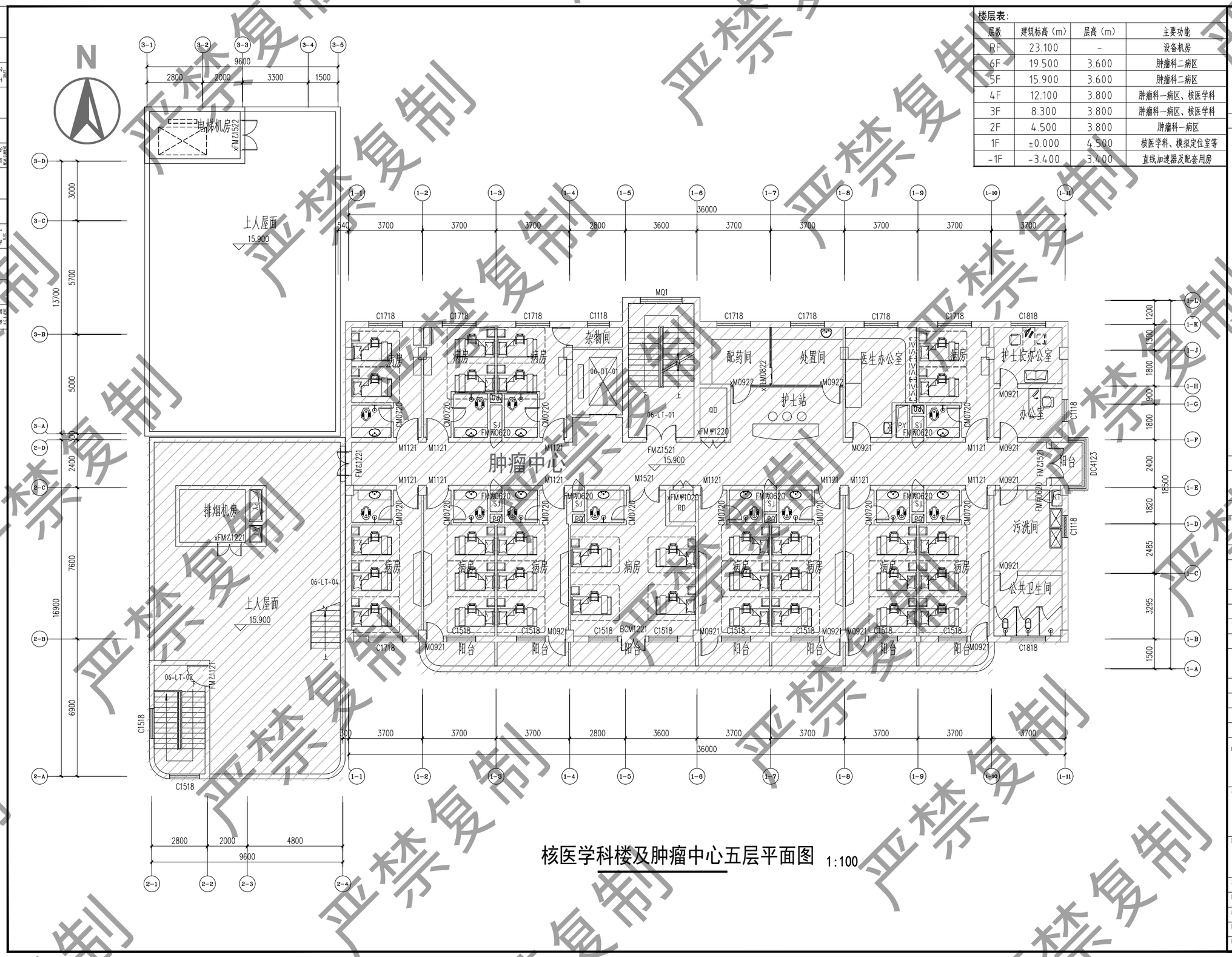
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE: 四层平面布置图

工程代号 PRO. NO.	2025-AQ013-06
图别 D. S.	防辐射-建施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	4F-FS-02
日期 DATE	2025.07

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图4 核医学科楼及肿瘤中心4楼平面布局图



楼层表:

层数	建筑标高（m）	层高（m）	主要功能
RF	23.100	-	设备机房
6F	19.500	3.600	肿瘤科二病区
5F	15.900	3.600	肿瘤科二病区
4F	12.100	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
3F	8.300	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
2F	4.500	3.800	肿瘤科一病区
1F	±0.000	4.500	核医学科、模拟定位室等
-1F	-3.400	3.400	直线加速器及配套用房

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN PROVINCIAL HOUSE INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅三医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅三医院病房改造建设及能力提升项目

子项名称 SUB-ITEM
肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	李 渤 朱 莹
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	杨 晓 李 龙
专业负责人 SPE. DESIGNER	汤荣辉
设 计 DESIGNER	周 杰
制 图 DRAWER	周 杰
校 对 CHECKED	郭立辉 汤荣辉
审 核 EXAMINED	张 辉
审 定 APPROVED	周树瑞
注册人 REGISTRANT	杨 晓

出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE
五层改造平面图

工程代号 PRO. NO.	2024-A0019-06
图 别 D. S.	建初
版 次 VER. No.	1.0
图 号 D. NO.	06-P-06a
日 期 DATE	2024.11

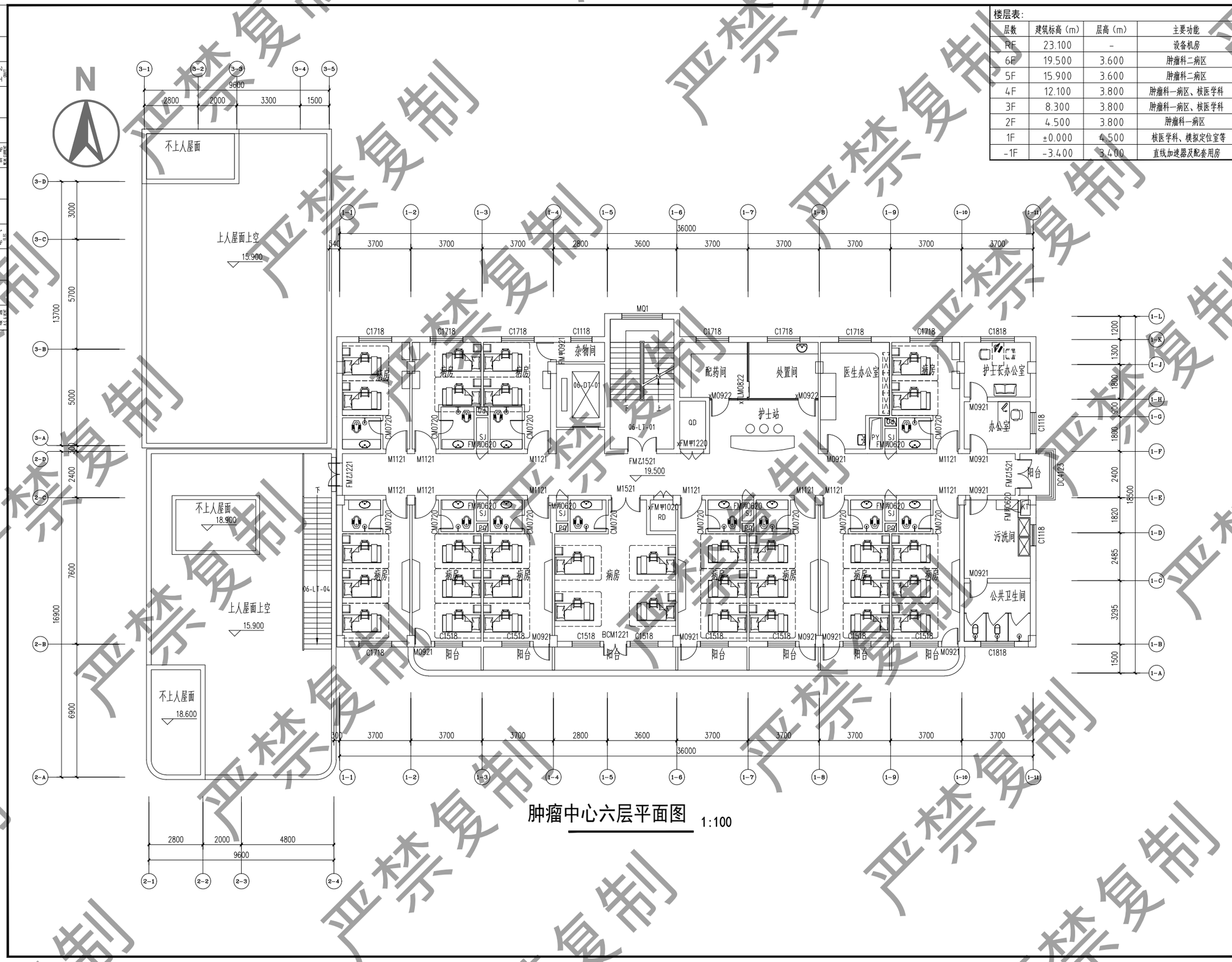
本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

核医学科楼及肿瘤中心五层平面图 1:100

附图5 核医学科楼及肿瘤中心5楼平面布局图

楼层表：

层数	建筑标高（m）	层高（m）	主要功能
RF	23.100	-	设备机房
6F	19.500	3.600	肿瘤科二病区
5F	15.900	3.600	肿瘤科二病区
4F	12.100	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
3F	8.300	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
2F	4.500	3.800	肿瘤科一病区
1F	±0.000	4.500	核医学科、模拟定位室等
-1F	-3.400	3.400	直线加速器及配套用房



肿瘤中心六层平面图 1:100

附图6 肿瘤中心6楼平面布局图

湖南省建筑设计院有限公司
HUNAN PROVINCIAL HOUSE DESIGN GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅三医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅三医院病房改造建设及能力提升项目

子项名称 SUB-ITEM
肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

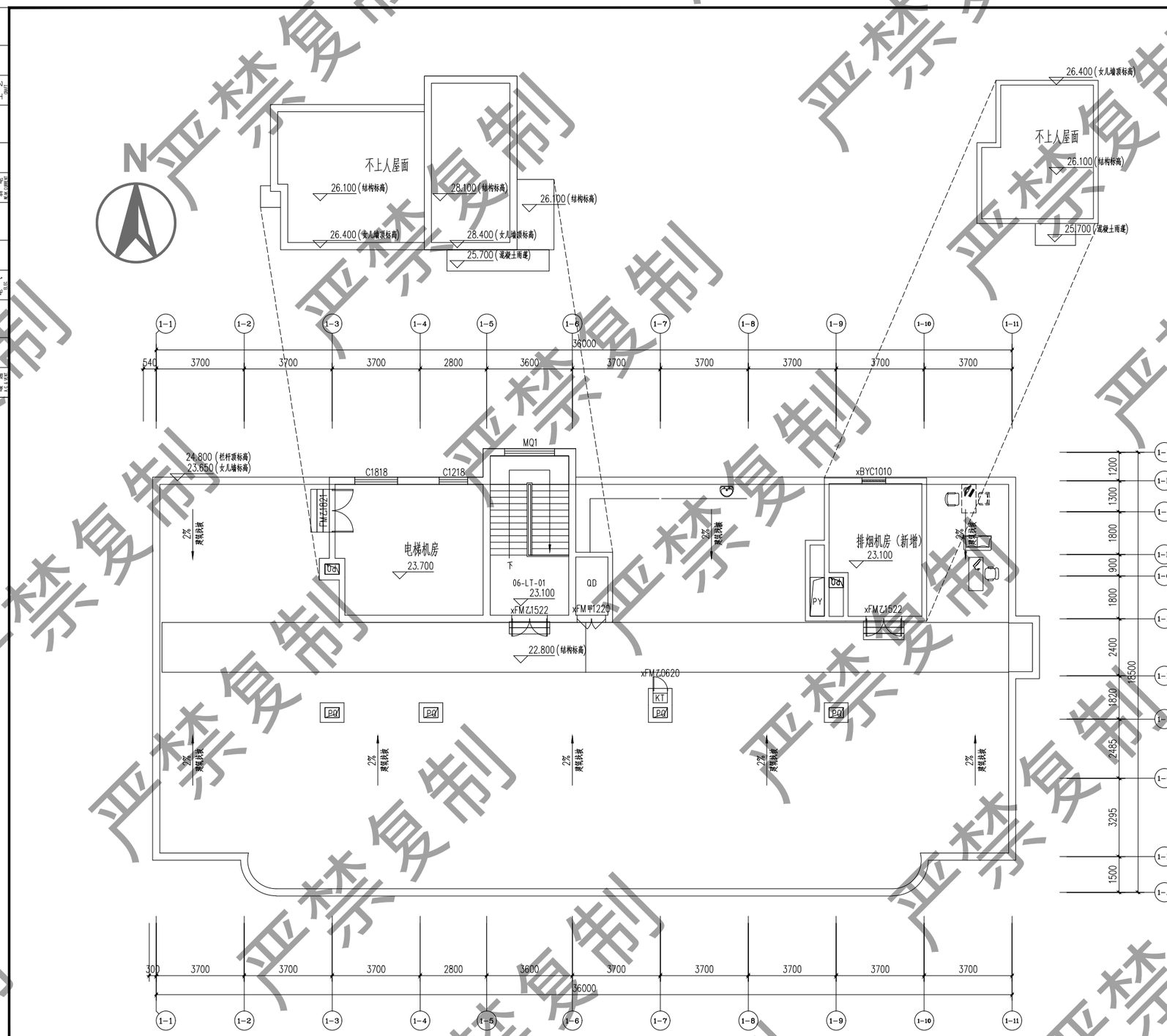
项目经理 PROJECT MANAGER	李 渤	
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	杨 晓	
	李 龙	
专业负责人 SPE. DESIGNER	汤荣辉	
设 计 DESIGNER	周 杰	
制 图 DRAWER	周 杰	
校 对 CHECKED	郭立伟	
	汤荣辉	
审 核 EXAMINED	张 辉	
审 定 APPROVED	周树瑞	
注 册 人 REGISTRANT	杨 晓	

出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE
六层改造平面图

工程代号 PROJ. NO.	2024-A0019-06
图 别 D. S.	建初
版 次 VER. No.	1.0
图 号 D. NO.	06-P-07a
日 期 DATE	2024.11

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效



肿瘤中心屋顶平面图 1:100

楼层表:

层数	建筑标高(m)	层高(m)	主要功能
RF	23.100	-	设备机房
6F	19.500	3.600	肿瘤科二病区
5F	15.900	3.600	肿瘤科二病区
4F	12.100	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
3F	8.300	3.800	肿瘤科一病区、核医学科
2F	4.500	3.800	肿瘤科一病区
1F	±0.000	4.500	核医学科、模拟定位室等
-1F	-3.400	3.400	直线加速器及配套用房

湖南省建筑设计院有限公司
HUNAN PROVINCIAL HOUSE INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅三医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅三医院病房改造建设及能力提升项目

子项名称 SUB-ITEM
肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	李 渤 朱 莹
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	杨 晓 李 龙
专业负责人 SPE. DESIGNER	汤荣辉
设 计 DESIGNER	周 杰
制 图 DRAWER	周 杰
校 对 CHECKED	郭文辉 汤荣辉
审 核 EXAMINED	张 辉
审 定 APPROVED	周树瑞
注册人 REGISTRANT	杨 晓

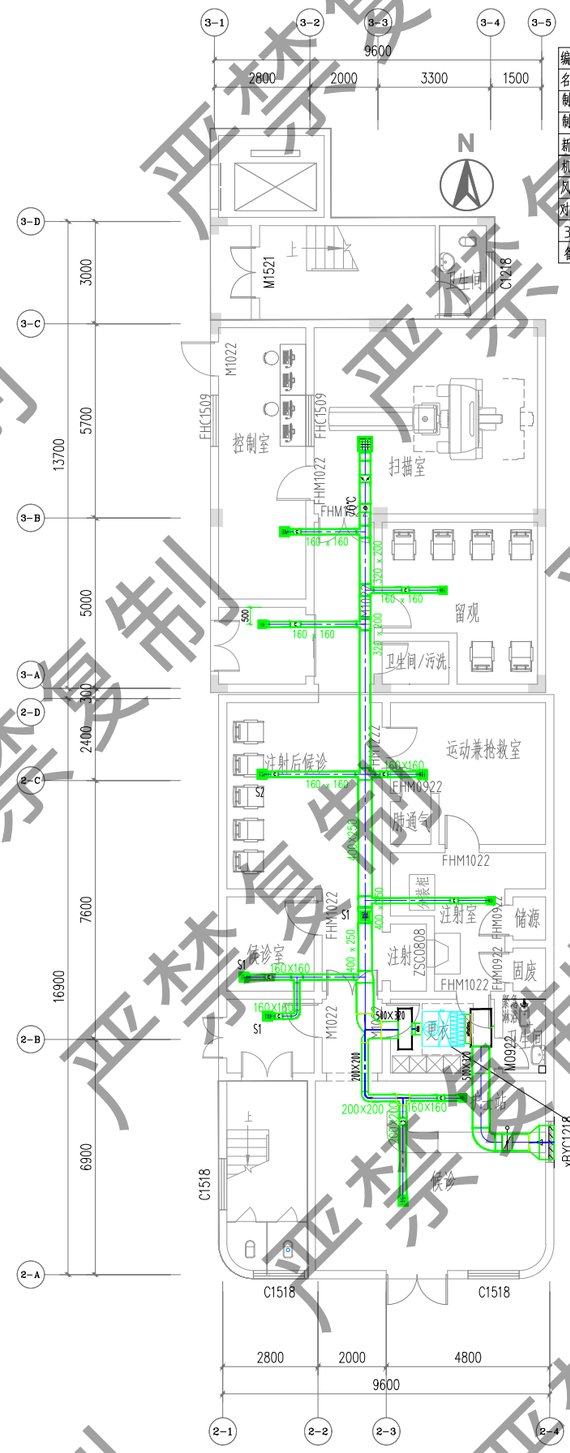
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE
屋顶改造平面图

工程代号 PRO. NO.	2024-A0019-06
图 别 D. S.	建初
版 次 VER. No.	1.0
图 号 D. NO.	06-P-08a
日 期 DATE	2024.11

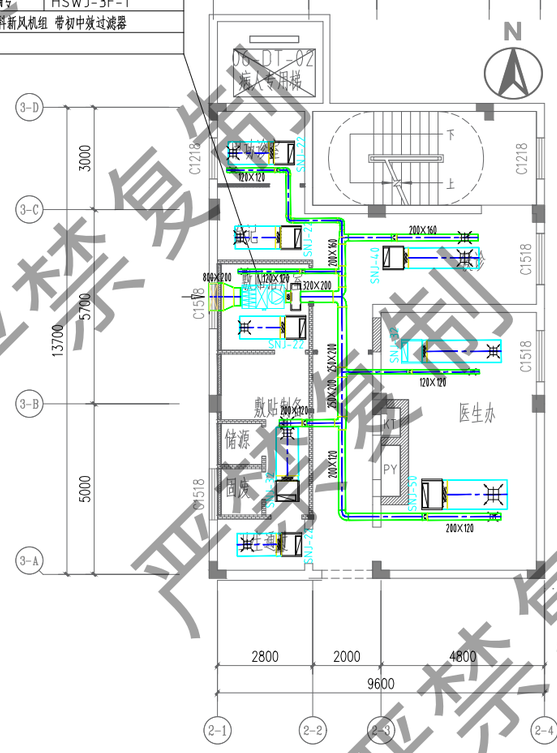
本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图7 肿瘤中心屋顶平面布局图



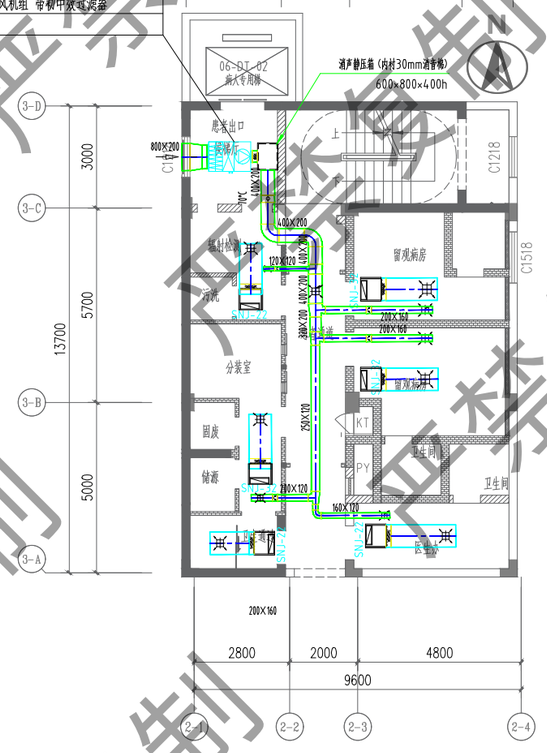
一层核医学新风管道平面图 1:100

编号	ZPKX-1F-01
名称	直膨式新风处理机组室内机
制冷量(kW)	26.8
制热量(kW)	28
新风量(m3/h)	2550
机外静压(Pa)	250
风机功率(kW)	0.375 (380V)
对应室外机编号	HSWJ-1F-3
1层核医学科新风机组 带初中效过滤器	
备注	



三层核医学空调新风平面图 1:100

编号	ZPKX-3F-01
名称	直膨式新风处理机组室内机
制冷量(kW)	14
制热量(kW)	10
新风量(m3/h)	1000
机外静压(Pa)	350
风机功率(kW)	0.2 (380V)
对应室外机编号	HSWJ-3F-1
3层核医学科新风机组 带初中效过滤器	
备注	



四层核医学空调新风平面图 1:100

编号	ZPKX-4F-01
名称	直膨式新风处理机组室内机
制冷量(kW)	14
制热量(kW)	10
新风量(m3/h)	1500
机外静压(Pa)	200
风机功率(kW)	0.2 (380V)
对应室外机编号	HSWJ-4F-1
4层核医学科新风机组 带初中效过滤器	
备注	

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT: 中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME: 中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目全过程工程咨询

子项名称 SUB-ITEM: 肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙
专业负责人 SPE. DESIGNER	胡蓉 刘小春
设计 DESIGNER	左淳莹
审图 DRAWER	左淳莹
校对 CHECKED	伍吉富
审核 EXAMINED	胡蓉
审定 APPROVED	丁学贵
注册人 REGISTRANT	胡蓉

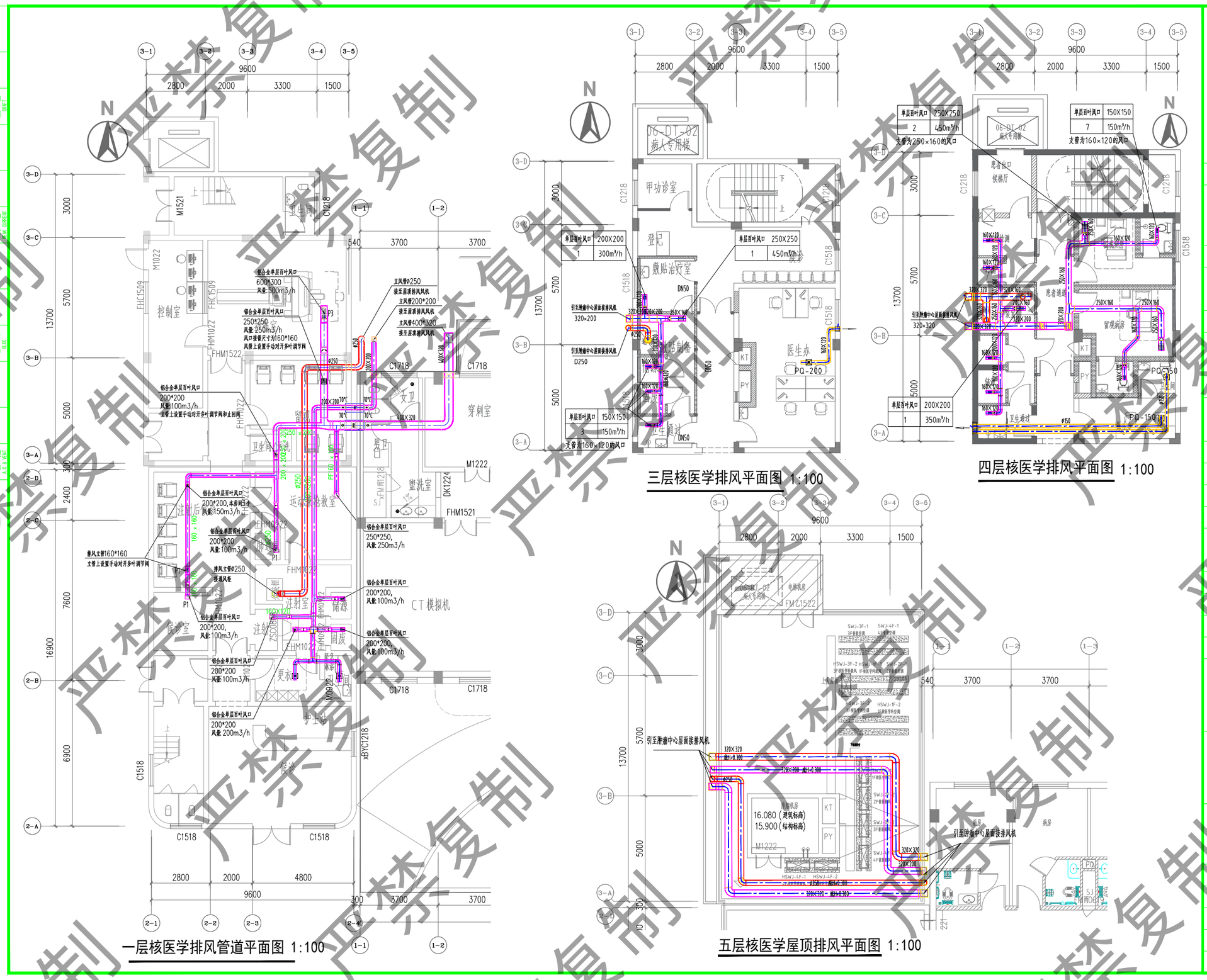
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE: 核医学空调新风平面图

工程代号 PROJ. NO.	2025-AQ013-06
图别 D. S.	防辐射-设施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	防辐射-设施-012
日期 DATE	2025.7

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图8 核医学科楼核医学工作场所新风设计图



附图9 核医学工作场所排风设计图

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目全过程工程咨询

子项名称 SUB-ITEM
肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹	
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙	
专业负责人 SPE. DESIGNER	胡茜 刘小燕	
设计 DESIGNER	左淳莹	
制图 DRAWER	左淳莹	
校对 CHECKED	伍吉富	
审核 EXAMINED	胡蔷	
审定 APPROVED	丁学贵	
注册人 REGISTRANT	胡蔷	

出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE
核医学排风平面图

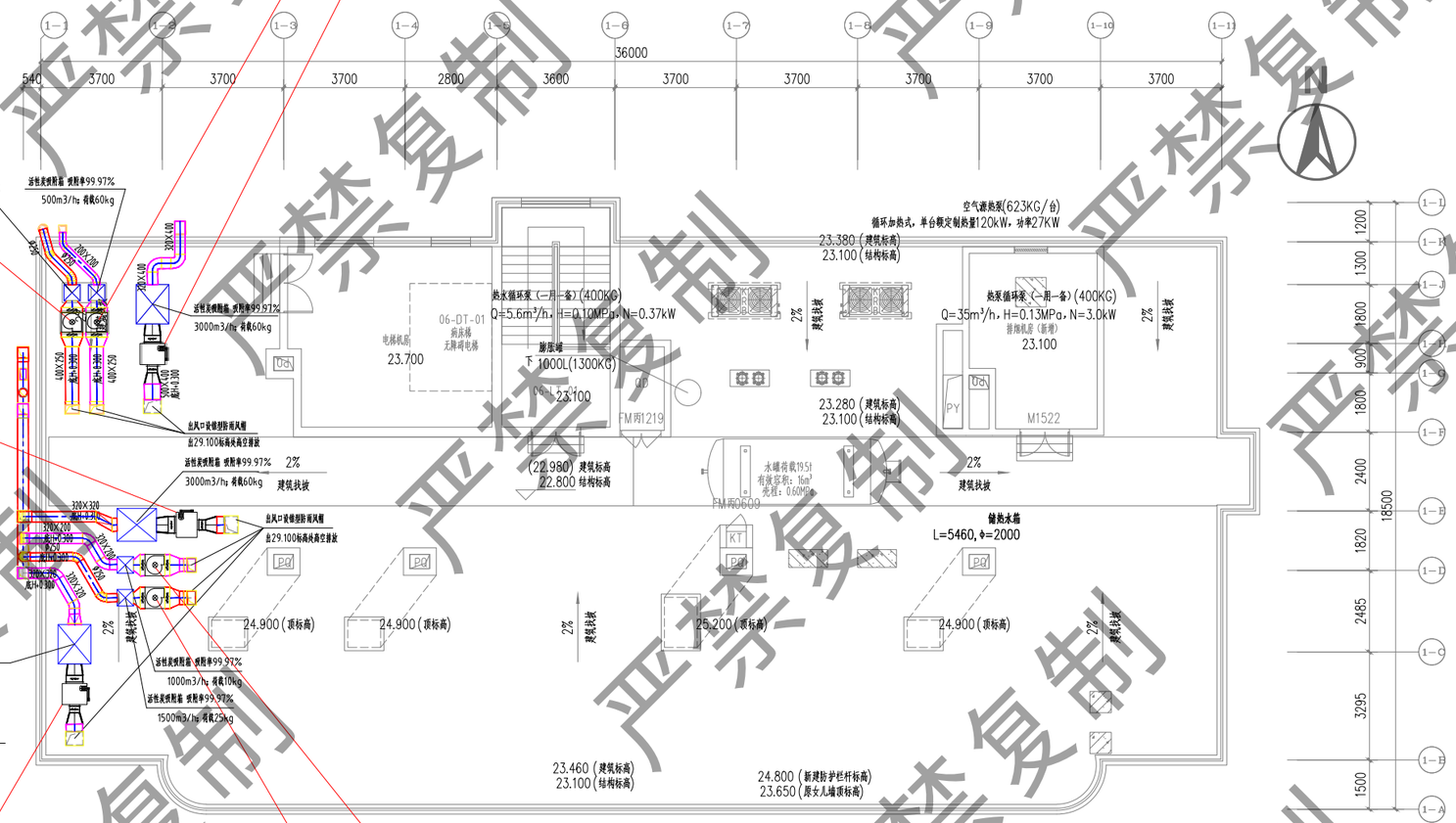
工程代号 PROJ. NO.	2025-A0013-06
图别 D. S.	防辐射-设施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	防辐射-设施-010
日期 DATE	2025.7

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

编号	PF-RF-3
名称	高压管道离心风机（室外型）
风量(m^3/h)	1300
全压(Pa)	600
功率(kW)	1.1 (380V)
1层核医学科分装柜排风	
落地安装 设弹簧减振器	设置防雨罩

编号	PF-RF-1
名称	高压管道离心风机（室外型）
风量(m^3/h)	800
全压(Pa)	600
功率(kW)	0.75 (380V)
1层核医学科高活性区排风	
落地安装 设弹簧减振器	设置防雨罩

编号	PF-RF-2
名称	通风离心柜式风机（室外型）
风量(m^3/h)	2000
全压(Pa)	700
功率(kW)	1.5 (380V)
1层核医学科中低活性区排风	
落地安装 设弹簧减振器	设置防雨罩



编号	PF-5F-3
名称	通风离心柜式风机（室外型）
风量(m^3/h)	3000
全压(Pa)	700
功率(kW)	1.5 (380V)
4层通风柜排风机	
落地安装 设弹簧减振器	设置防雨罩

编号	PF-5F-4
名称	通风离心柜式风机（室外型）
风量(m^3/h)	2500
全压(Pa)	700
功率(kW)	1.5 (380V)
4层核医学科排风	
落地安装 设弹簧减振器	设置防雨罩

编号	PF-5F-1
名称	高压管道离心风机（室外型）
风量(m^3/h)	1500
全压(Pa)	700
功率(kW)	1.1 (380V)
3层通风柜排风	
落地安装 设弹簧减振器	设置防雨罩

编号	PF-5F-2
名称	高压管道离心风机（室外型）
风量(m^3/h)	1200
全压(Pa)	700
功率(kW)	1.1 (380V)
3层核医学科排风	
落地安装 设弹簧减振器	设置防雨罩

肿瘤中心屋顶核医学排风平面图 1:100

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目全过程工程咨询

子项名称 SUB-ITEM
肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙
专业负责人 SPE. DESIGNER	邓茜 刘小燕
设计 DESIGNER	左淳莹
制图 DRAWER	左淳莹
校对 CHECKED	伍吉富
审核 EXAMINED	胡蔷
审定 APPROVED	丁学贵
注册人 REGISTRANT	胡蔷

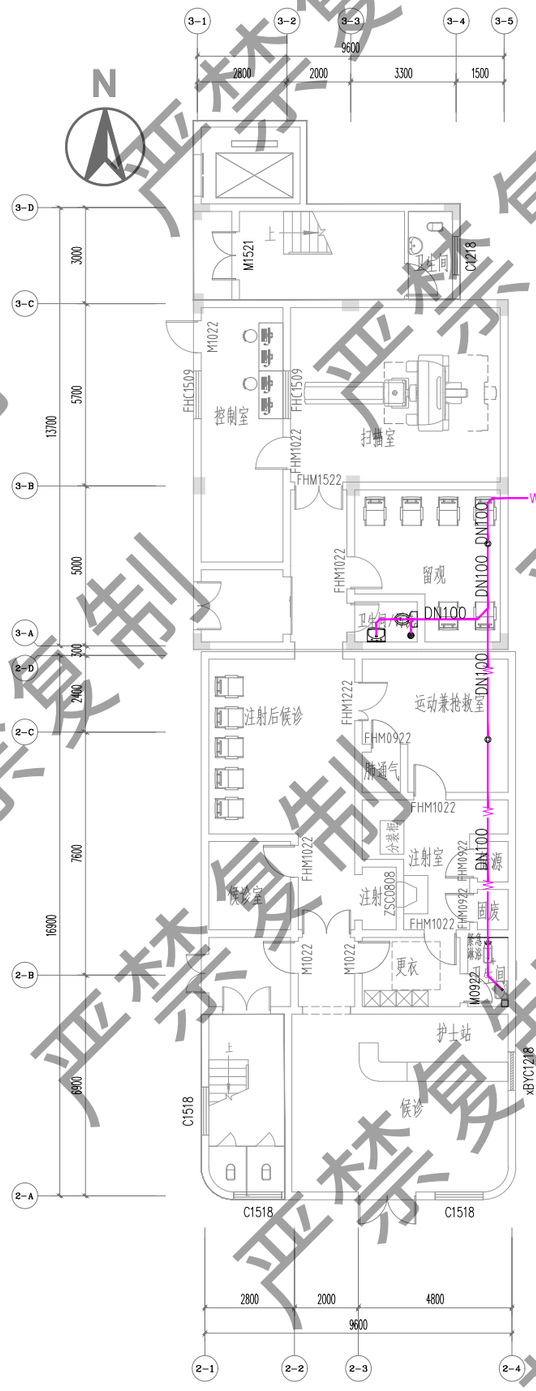
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE
核医学屋面排风平面图

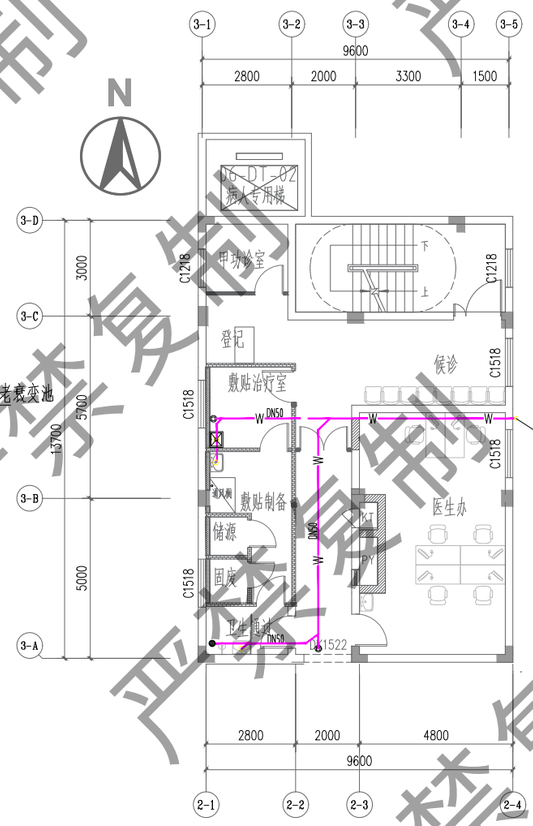
工程代号 PROJ. NO.	2025-AQ013-06
图别 D. S.	防辐射-设施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	防辐射-设施-010
日期 DATE	2025.7

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

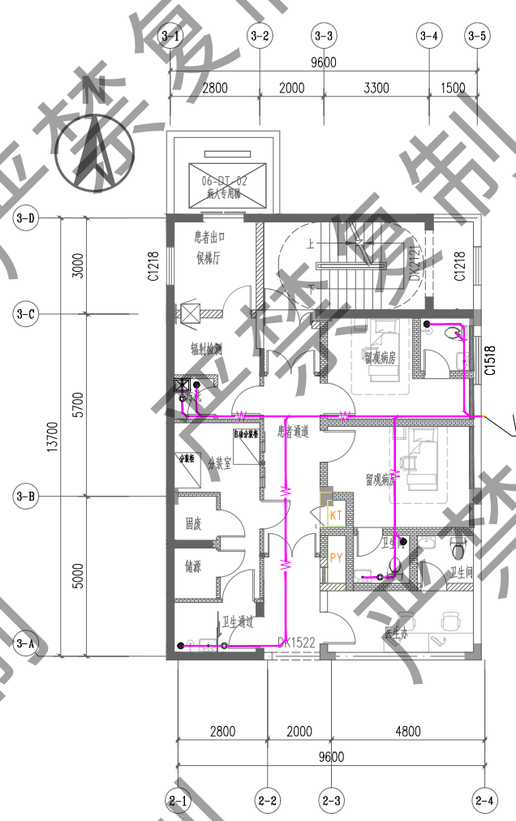
附图10 核医学工作场所屋面排风设计图



一层排水平面图 1:100



三层排水平面图 1:100



四层排水平面图 1:100

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目全过程工程咨询

子项名称 SUB-ITEM
肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨 晓 朱 莹	
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙 畅 李 龙	
专业负责人 SPE. DESIGNER	周明	
设 计 DESIGNER	李通通	
审 图 DRAWER	李通通	
校 对 CHECKED	单鲁成	
审 核 EXAMINED	赵阳	
审 定 APPROVED	卢力立	

注册人 REGISTRANT

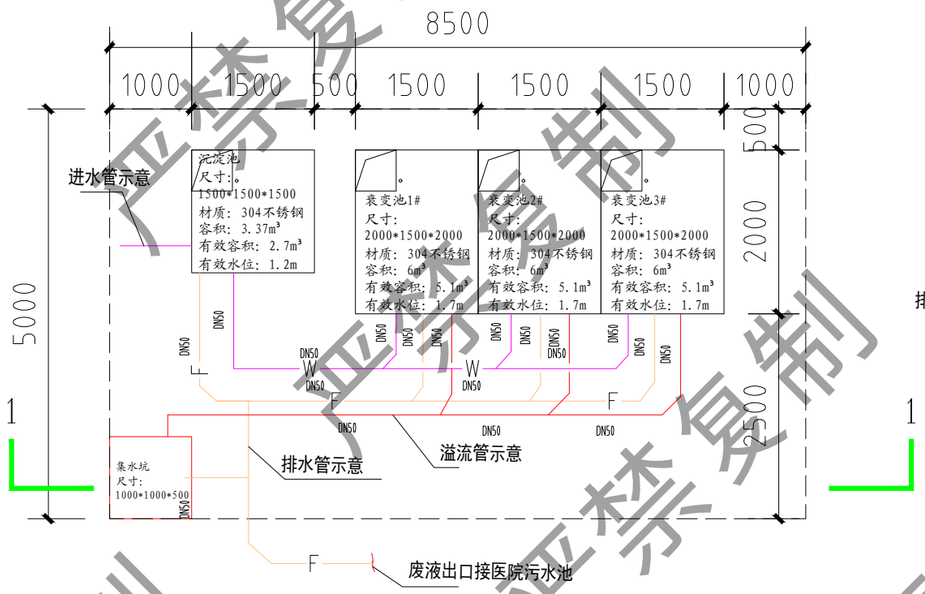
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE
核医学科排水示意图

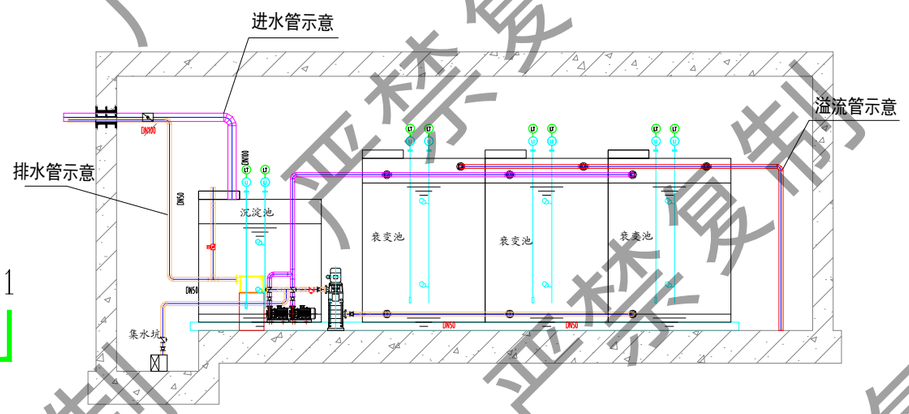
工程代号 PROJ. NO.	2024-AQ019-06
图 别 D. S.	防辐射-水施
版 次 VER. No.	1.0
图 号 D. NO.	SS-03
日 期 DATE	2025.07

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

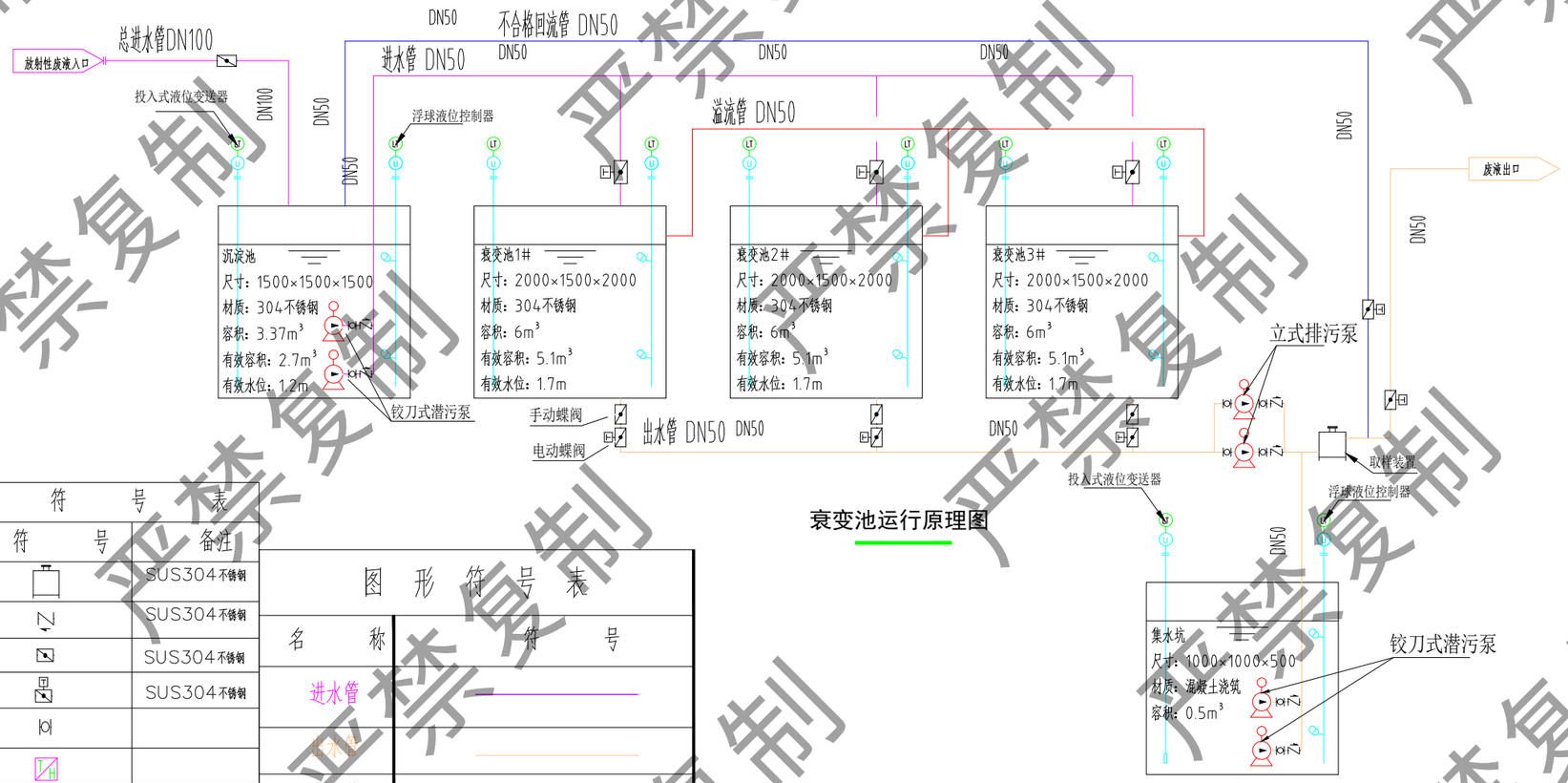
附图11 核医学科楼核医学工作场所排水设计图



放射性衰变池平面布置图 1:50



1-1剖面图 1:50



衰变池运行原理图

图形符号表

名称	符号	备注
取样装置		SUS304不锈钢
止回阀		SUS304不锈钢
手动阀		SUS304不锈钢
电动阀		SUS304不锈钢
可曲挠橡胶软接头		
温湿度传感器		
排污泵		

图形符号表

名称	符号
进水管	
排水管	
溢流管	

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT：中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME：中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目全过程工程咨询

子项名称 SUB-ITEM：肿瘤中心及核医学科楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹	
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙	
专业负责人 SPE. DESIGNER	周阳	
设计 DESIGNER	李通迪	
制图 DRAWER	李通迪	
校对 CHECKED	单鲁威	
审核 EXAMINED	赵阳	
审定 APPROVED	卢力立	

注册人 REGISTRANT

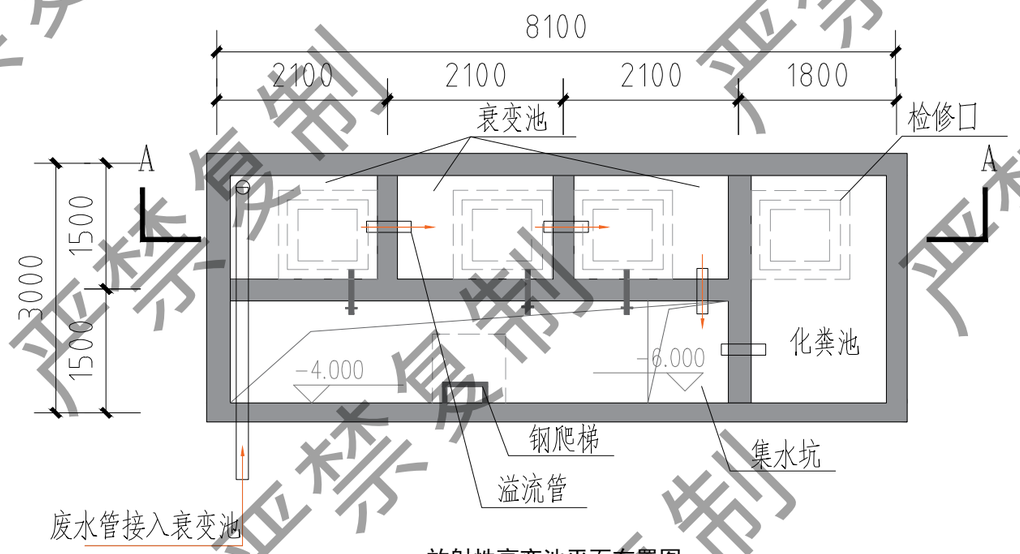
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE：衰变池排水管道大样图

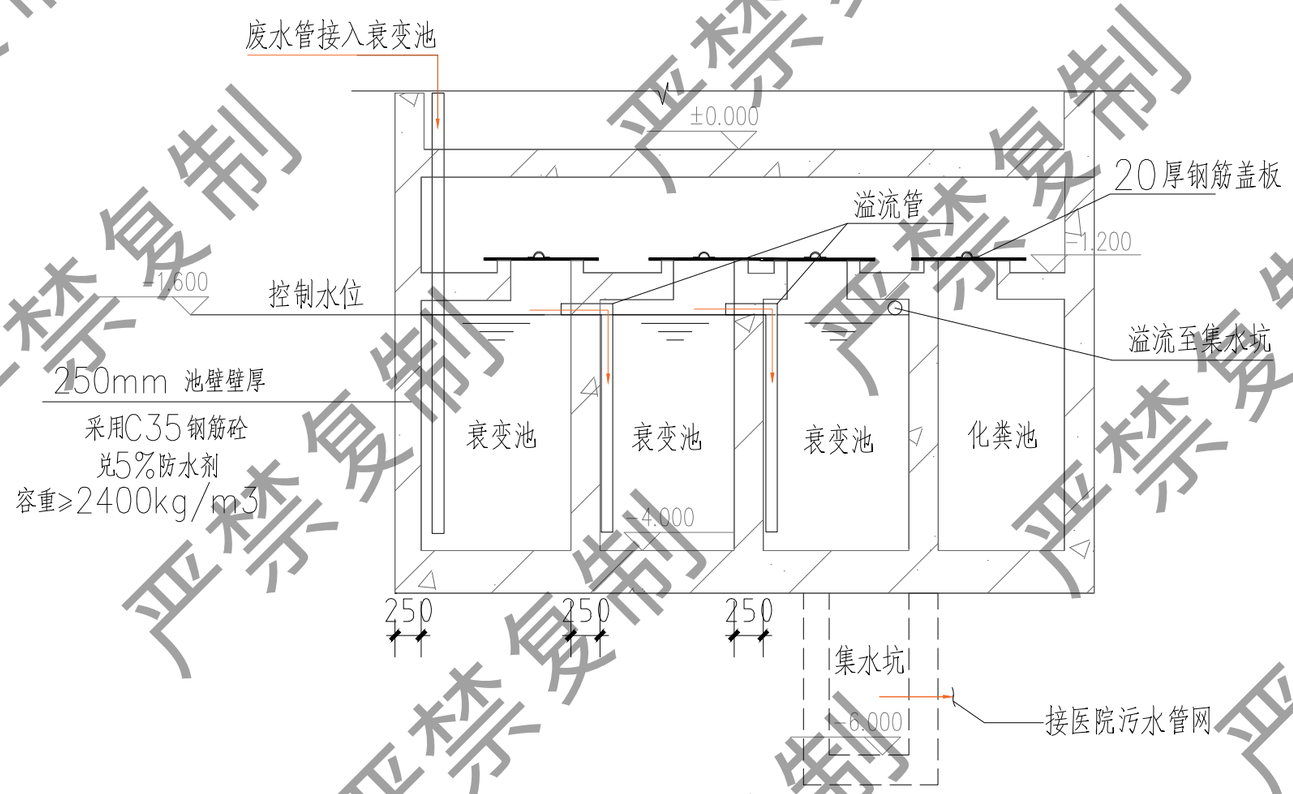
工程代号 PROJ. NO.	2024-AQ019-06
图别 D. S.	防辐射-水施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	SS-04
日期 DATE	2025.07

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图12 核医学科拟建放射性衰变池设计图



放射性衰变池平面布置图



A-A剖面图

湖南省电子工程设计院有限公司

建设单位 CLIENT

中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME

核医共振扩建楼

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER		
设计总负责人 CHIEF DESIGNER		
专业负责人 SPE. DESIGNER		
设计 DESIGNER		
制图 DRAWER		
校对 CHECKED		
审核 EXAMINED		
审定 APPROVED		

注册人 REGISTRANT

出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE: 老衰变池平面布局图

工程代号 PROJ. NO.

图别 D. S.: 建筑-02

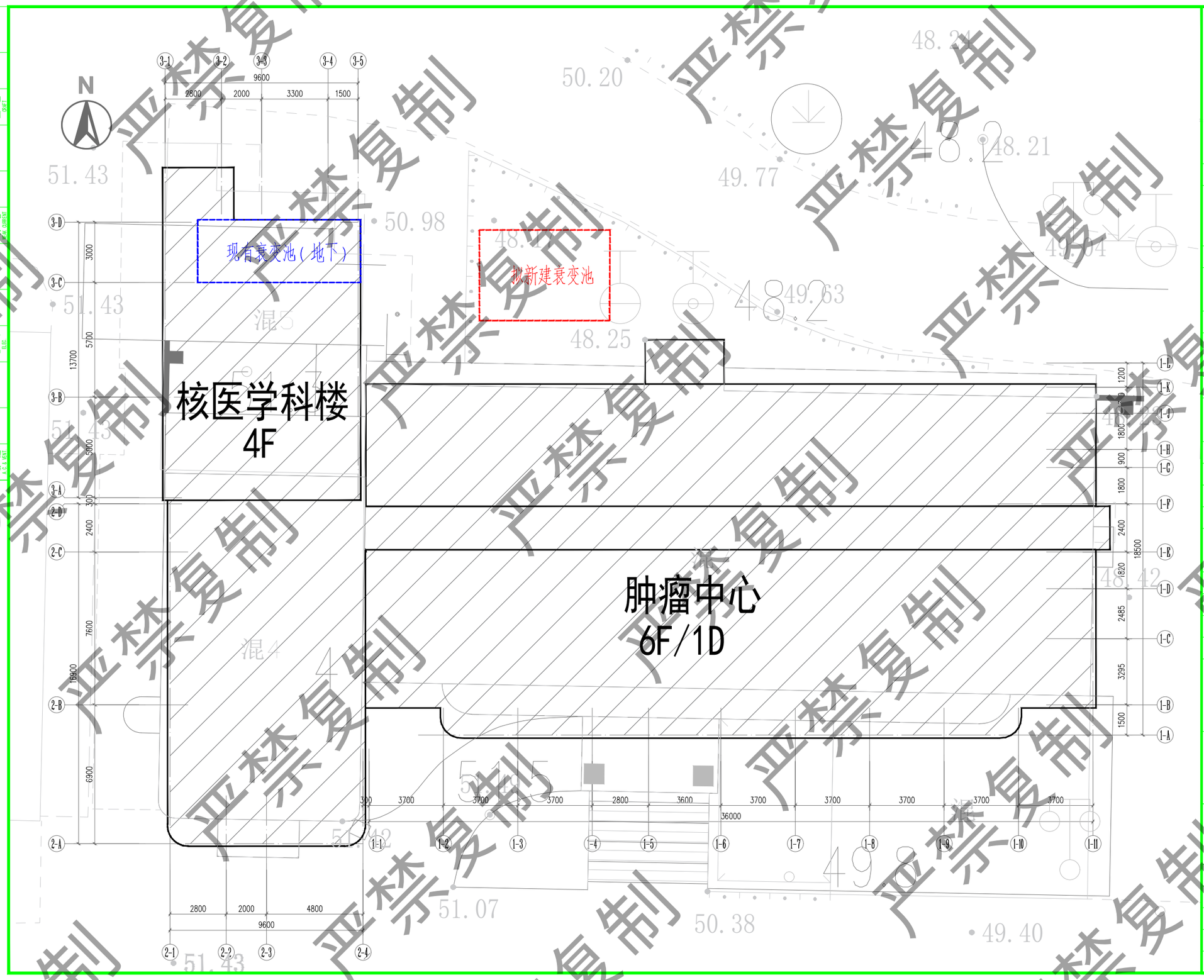
版次 VER. No.

图号 D. NO.

日期 DATE: 2028.09

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图13 核医学科现有放射性衰变池布局图

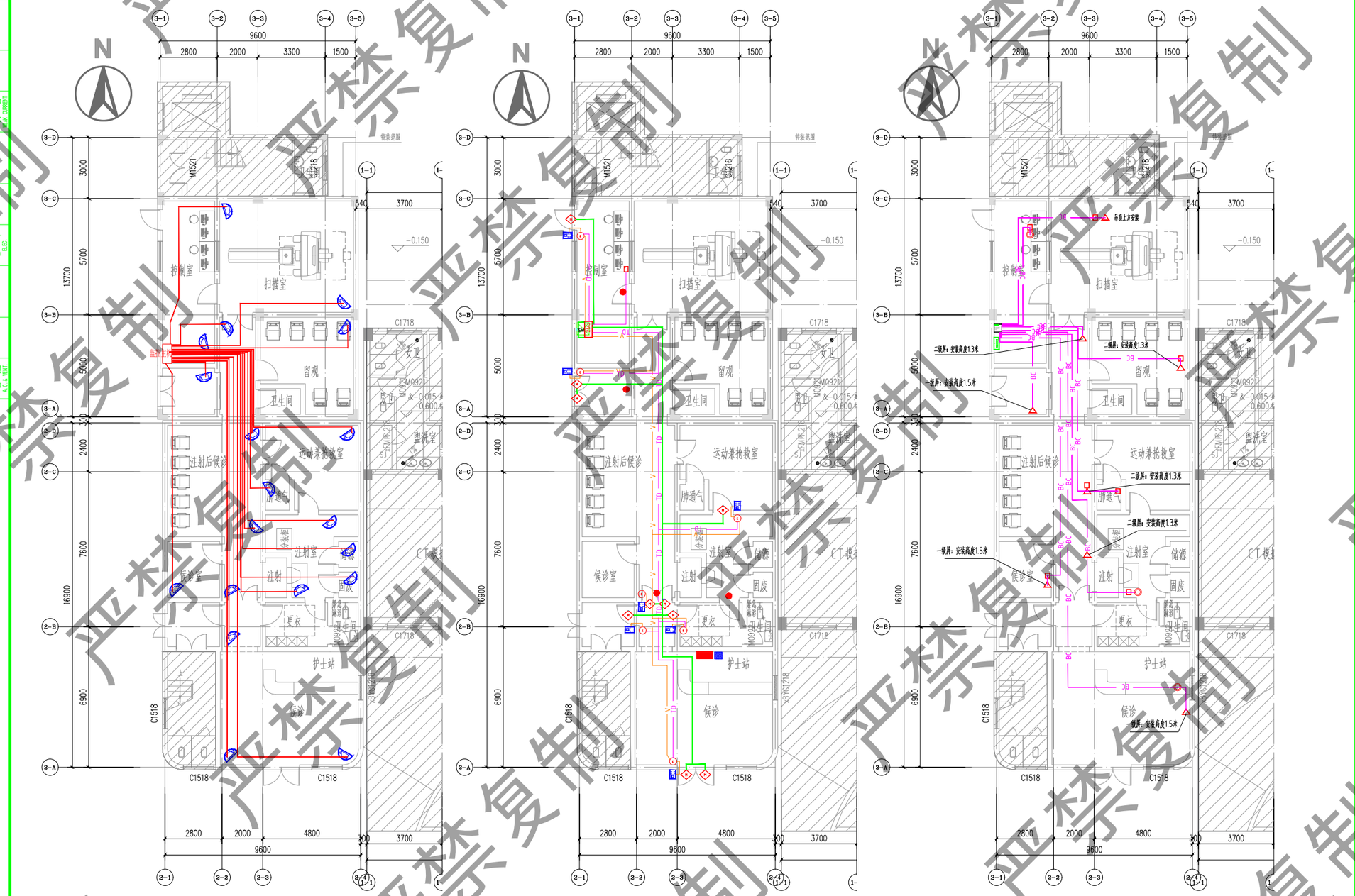


设计证书甲级编号 FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE:	A143000700
建设单位 CLIENT	中南大学湘雅二医院
工程名称 PROJ. NAME	中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目全过程工程咨询
子项名称 SUB-ITEM	肿瘤中心及核医学科楼
设计签字 SIGNATURE	
项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙
专业负责人 SPE. DESIGNER	周阳
设计 DESIGNER	李通通
制图 DRAWER	李通通
校对 CHECKED	单鲁成
审核 EXAMINED	赵阳
审定 APPROVED	卢力立
注册人 REGISTRANT	
出图盖章 STAMP	
图纸名称 DRAWING TITLE	衰变池位置示意图
工程代号 PROJ. NO.	2024-A0019-06
图别 D. S.	防辐射-水施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	SS-03
日期 DATE	2025.07

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图14 核医学科放射性衰变池位置图

序号	图例	名称	规格	序号	图例	名称	规格
1		摄像头		7		门禁控制器、电源	禁控制器
2		对讲		8		交换机	24口POE交换机
3		显示+声音		9		开门按钮	
4		磁力锁	结合门安装	10		辐射监测系统	
5		7英寸LCD显示屏触摸(门禁呼叫主机)	屏幕分辨率1024×600，采用200万宽动态摄像头	11		监测主机	
6		10寸全数字室内机	屏幕分辨率1024×600，室内机与单元门口机、室内机与中心管理机之间可双向对讲	12		固定式辐射监测仪	



阴影部分不在此次设计范围内

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目

子项名称 SUB-ITEM
防辐射工程

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹	
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙	
专业负责人 SPE DESIGNER	何鑫	
设计 DESIGNER	钟劲	
制图 DRAWER	钟劲	
校对 CHECKED	田波涛	
审核 EXAMINED	何鑫	
审定 APPROVED	罗德俊	

注册人 REGISTRANT

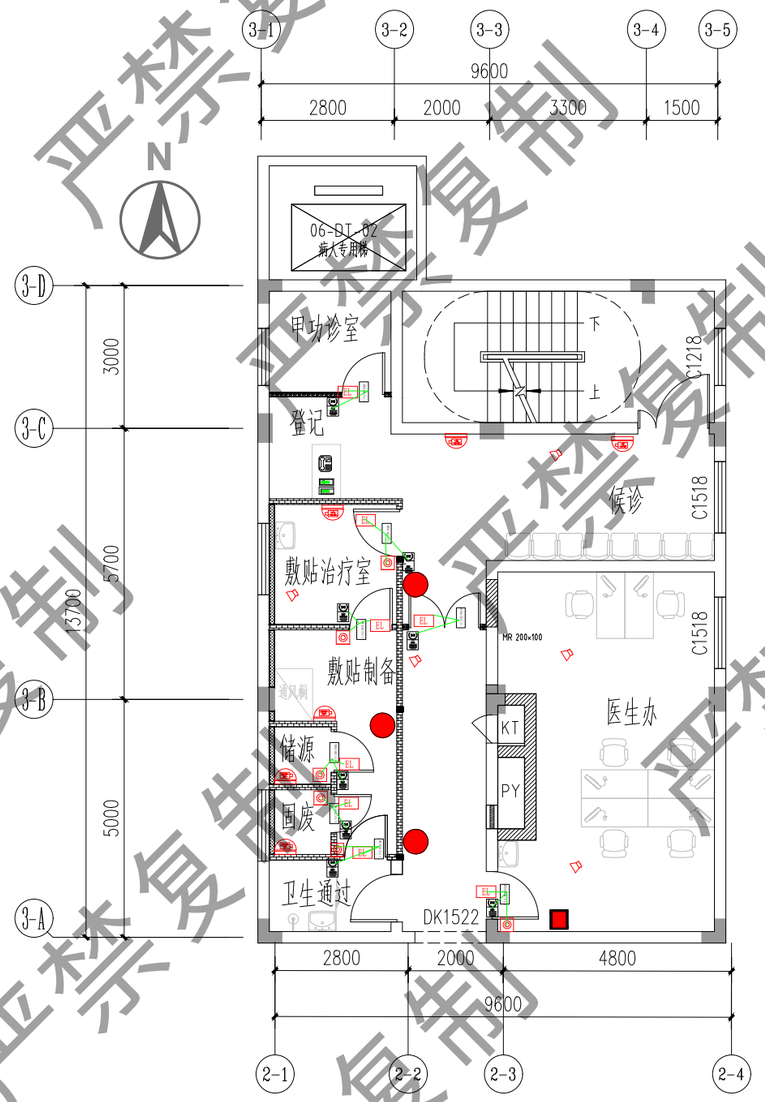
出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE

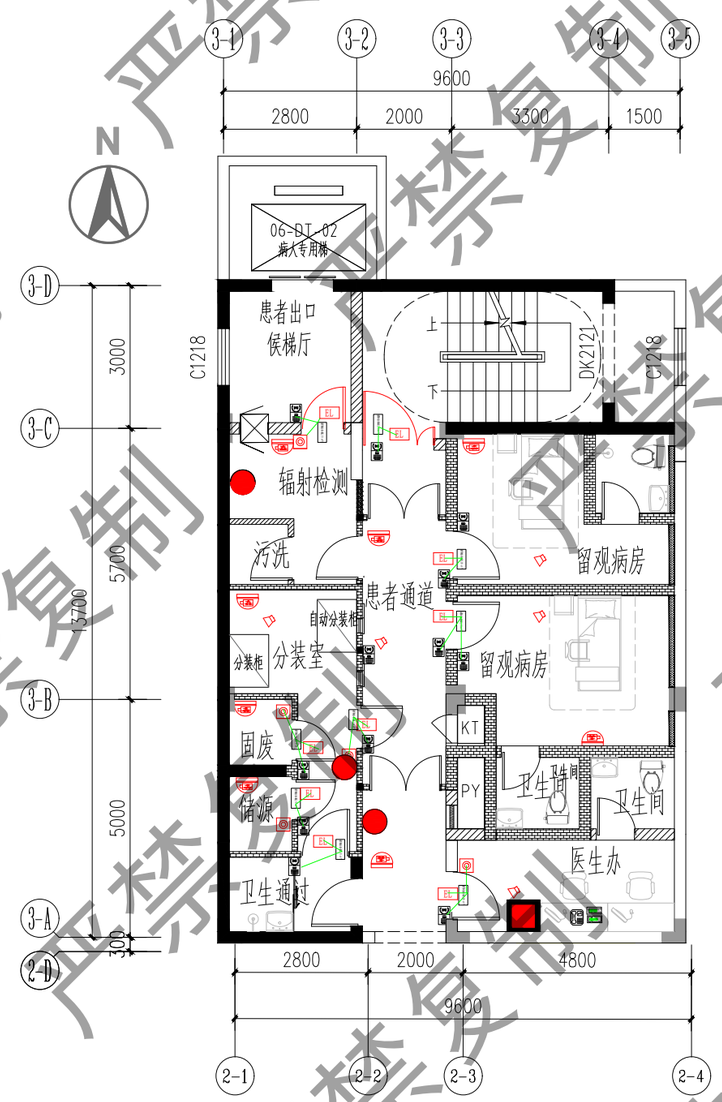
工程代号 PROJ. NO.	2025-AQ013
图别 D. S.	智能施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	005
日期 DATE	2025.07

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图15 核医学工作场所1楼辐射安全防护措施设计图



三层弱电施工平面图 1:100



四层弱电施工平面图 1:100

图例	名称	单位	数量	图例	名称	单位	数量
	彩色半球一体化摄像机	台	5		开门按钮	台	6
	X Y辐射监测报警仪探头			EL	单门磁力锁	台	6
	辐射监测报警仪主机			NVR	硬盘录像机（含硬盘）	台	1
	吸顶喇叭	台	5		液晶监视器	台	1
	可视对讲门口机	台	6		带UPS门禁专用电源	台	6
	可视对讲室内机	台	1				

给排水 WATER S.&D. | 工艺 PROC.
结构 STRUCT. | 暖通 HVAC
建筑 ARCH. | 电气 ELEC.
总图 SITE PLAN | 景观 LANDSCAPE

湖南省建筑设计院集团股份有限公司
HUNAN ARCHITECTURAL DESIGN INSTITUTE GROUP CO.,LTD.

设计证书甲级编号 A143000700
FIRST CLASS SERIAL NUMBER OF DESIGN CERTIFICATE: A143000700

建设单位 CLIENT
中南大学湘雅二医院

工程名称 PROJ. NAME
中南大学湘雅二医院病房改造建设及能力提升项目

子项名称 SUB-ITEM
06肿瘤中心及核医学科楼防辐射工程

设计签字 SIGNATURE

项目经理 PROJECT MANAGER	杨晓 朱莹
设计总负责人 CHIEF DESIGNER	孙畅 李龙
专业负责人 SPE. DESIGNER	何鑫 程丹
设计 DESIGNER	钟劲
制图 DRAWER	钟劲
校对 CHECKED	田波涛
审核 EXAMINED	何鑫
审定 APPROVED	罗德俊

注册人 REGISTRANT

出图盖章 STAMP

图纸名称 DRAWING TITLE

工程代号 PROJ. NO.	2025-AQ013
图别 D. S.	智能施
版次 VER. No.	1.0
图号 D. NO.	007
日期 DATE	2025.07

本图需加盖本司出图签章，否则一律无效

附图16 核医学工作场所3、4楼辐射安全防护措施设计图