

树兰（杭州）医院
核技术利用改扩建项目
竣工环境保护验收监测报告表

杭卫环（2024年）验字第022号

建设单位：树兰（杭州）医院有限公司

编制单位：卫康环保科技（浙江）有限公司

二〇二四年七月

建设单位法人代表: (签字)

编制单位法人代表: (签字)

项目负责人: (建设单位)

填表人:

建设单位: 树兰(杭州)医院有限公司(盖章)

电话: 13805713993

传真: /

邮编: 310000

地址: 浙江省杭州市下城区东新路 848、836 号(临)

编制单位: 卫康环保科技(浙江)有限公司(盖章)

电话: 0571-86576138

传真: /

邮编: 310000

地址: 浙江省杭州市滨江区江陵路 88 号 5 幢 3 层

目录

表一 项目基本情况	1
表二 项目建设情况	16
2.1 工程建设内容	16
2.2 主要污染源	29
2.3 源项情况	31
2.4 工程设备与工艺分析	32
表三 辐射安全与防护设施/措施	46
3.1 工作场所布局分区和分区管理	46
3.2 屏蔽防护设施	46
3.3 辐射安全与防护措施	50
3.4 辐射安全管理措施	59
3.5 放射性三废处理设施	60
表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	71
4.1 环境影响评价制度执行情况	71
4.2 环境影响报告表批复的主要内容	76
4.3 环评批复落实情况	78
表五 验收监测质量保证和质量控制	80
5.1 监测单位	80
5.2 监测项目	80
5.3 监测技术规范	80
5.4 监测人员资格	80
5.5 监测分析过程中的质量保证和质量控制	81
表六 验收监测内容	82
6.1 监测因子及频次	82
6.2 监测布点	82
6.3 监测仪器	89
表七 验收监测结果	90
7.1 验收监测期间生产工况	90

7.2 验收监测结果	90
7.3 剂量监测和估算结果	102
表八 验收检测结论	106
8.1 安全防护、环境保护“三同时”制度执行情况	106
8.2 污染物排放监测结果	106
8.3 工程建设对环境的影响	106
8.4 辐射安全防护、环境保护管理	106
8.5 后续要求	107

表一 项目基本情况

建设项目名称	树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目				
建设单位名称	树兰（杭州）医院有限公司				
项目性质	改扩建				
建设地点	浙江省杭州市东新路 848 号、836 号（临）				
源项	放射源		/		
	非密封放射性物质		^{99m} Tc、 ⁹⁰ Y		
	射线装置		使用II类、III类		
建设项目环评批复时间	2022 年 11 月 15 日	开工建设时间	2022 年 11 月 20 日		
取得辐射安全许可证时间	2024 年 07 月 10 日	项目投入运行时间	2024 年 03 月 25 日		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2024 年 03 月 25 日	验收现场监测时间	2024 年 04 月 09 日，2024 年 05 月 21 日~05 月 22 日，2024 年于 06 月 14 日		
环评报告表审批部门	杭州市生态环境局拱墅分局	环评报告表编制单位	卫康环保科技（浙江）有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	卫康环保科技（浙江）有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	山东宏鑫宇射线防护工程有限公司		
投资总概算（万元）	780	辐射安全与防护设施投资总概算（万元）	98	比例	12.56%
实际总概算（万元）	668	辐射安全与防护设施实际总概算（万元）	95	比例	14.22%
验收依据	1、建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度				
	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989 年 12 月 26 日会议通过，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行；				
	(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日；				
	(3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；				
	(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 9 月 14 日国务院令 449 号公布，2005 年 12 月 1 日起施行，2014 年 7 月 29 日第一次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订；				
(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 修订）》，生态环境					

续表一 项目基本情况

验 收 依 据	<p>部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(7) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《放射性废物分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《浙江省建设项目环境保护管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日；</p> <p>(10) 《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日；</p> <p>(11) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》，国环规环评[2017]4 号，原环境保护部，2017 年 11 月 20 日；</p> <p>(12) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（原环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(13) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，原国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(14) 《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，环办辐射函〔2017〕609 号，原环境保护部办公厅，2017 年 4 月 21 日；</p> <p>(15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发；</p> <p>(16) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类>的公告》，生态环境部公告 2018 年第 9 号，2018 年 5 月 15 日。</p> <p>2、建设项目竣工环境保护验收技术规范</p> <p>(1) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(2) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(3) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p>
------------------	---

续表一 项目基本情况

<p>验 收 依 据</p>	<p>(5) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>(6) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；</p> <p>(7) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(8) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(10) 《表面污染测定 第 1 部分：发射体（$E_{\beta \max} > 0.15\text{MeV}$）和发射体》，GB/T14056.1-2008，2009 年 4 月 1 日；</p> <p>(11)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)；</p> <p>(12) 《水质 总 β 放射性的测定 厚测法》（HJ/T 899-2017）。</p> <p>3、建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定</p> <p>(1) 《树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目环境影响报告表》，卫康环 保科技（浙江）有限公司，2022 年 08 月；</p> <p>(2) 关于树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目环境影响报告表审批意 见，杭环拱评批〔2022〕23 号，杭州市生态环境局拱墅分局，2022 年 11 月 15 日。</p> <p>4、其他相关文件</p> <p>(1) 验收委托书；</p> <p>(2) 营业执照；</p> <p>(3) 辐射安全许可证；</p> <p>(4) 原有项目环评批复及验收意见；</p> <p>(5) 成立放射诊疗质量控制与安全管理小组的文件；</p> <p>(6) 各项规章制度（含放射安全事件应急预案）；</p> <p>(7) 工作人员基本情况；</p> <p>(8) 工作人员培训合格证；</p> <p>(9) 职业健康体检报告；</p> <p>(10) 个人剂量监测合同；</p> <p>(11) 2023 年度原有 PET/CT 场所检测报告；</p> <p>(12) 竣工验收监测报告。</p>
----------------------------	---

续表一 项目基本情况

<p>验收 执行 标准</p>	<p>1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中的源的安全。</p> <p>第 4.3.1.1 款，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的对于不具有正当性的实践及该实践中的源，不应予以批准。</p> <p>第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂 量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。</p> <p>第 4.3.3.1 款，对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低的水平；这种最优化能性均保持在可合理达到的尽量低的水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。</p> <p>第 6.4.1 款，控制区</p> <p>第 6.4.1.1 款，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的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。</p> <p>第 6.4.2 款，监督区</p> <p>第 6.4.2.1 款，注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区，这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。</p> <p>第 B2 款 表面污染控制水平</p>
-------------------------	--

续表一 项目基本情况

验收 执行 标准	第 B2.1 款，工作场所的表面污染控制水平如下表所列。				
	表 1 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm ²				
	表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
			极毒性	其他	
	工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
		监督区	4×10 ⁻¹	4	4
	工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
		监督区			
	手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
	1) 该区内的污染子区除外。				
①非密封源工作场所的分级					
非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。					
表 2 非密封源工作场所的分级					
级别		日等效最大操作量/Bq			
甲		>4×10 ⁹			
乙		2×10 ⁷ ~4×10 ⁹			
丙		豁免活度值以上<2×10 ⁷			
第 C1 款，应按表 2-2 将非密封源工作场所按日等效最大操作量的大小分级。					
②放射性物质向环境排放的控制					
第 8.6.2 款规定，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 倍排放流量的普通下水道，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 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；					
b) 每一次排放的活度不超过 1ALI _{min} ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。					
附录 A					
A2.2 表 A1 给出的豁免活度浓度和豁免浓度，是根据某些可能还不足以可无限制使用的照射情景和模式、参数推导得出的，仅可作为申报豁免的基础，考虑豁免时，审管部门应根据实际情况逐例审查，某些情况下，也可					

续表一 项目基本情况

验收 执行 标准	<p>以要求采用更为严格的豁免水平。应用表 A1 所给出的豁免水平时，还应注意以下：</p> <p>c) 如果存在一种以上的，仅当各种的活度或活度浓度与其相应的豁免活度或豁免活度浓度之比小于 1 时，才可能考虑给予豁免。</p> <p>2、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）</p> <p>本标准规定了医疗机构中核医学诊断、治疗、研究和放射性药物制备中有关人员以及工作场所的放射防护要求。</p> <p>本标准适用于医疗机构开展核医学诊断、治疗、研究和放射性药物制备中使用放射性物质时的防护。</p> <p>5 工作场所的放射防护要求</p> <p>5.2 放射防护措施要求</p> <p>5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。</p> <p>5.2.2 应依据计划操作最大量的加权活度对开放性工作场所进行分类管理，把工作场所分为I、II、III三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见下表。</p> <p style="text-align: center;">表 3 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">种类</th> <th colspan="3">分类</th> </tr> <tr> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>结构屏蔽</td> <td>需要</td> <td>需要</td> <td>不需要</td> </tr> <tr> <td>地面</td> <td>与墙壁接缝无缝隙</td> <td>与墙壁接缝无缝隙</td> <td>易清洗</td> </tr> <tr> <td>表面</td> <td>易清洗</td> <td>易清洗</td> <td>易清洗</td> </tr> <tr> <td>分装柜</td> <td>需要</td> <td>需要</td> <td>不必须</td> </tr> <tr> <td>通风</td> <td>特殊的强制通风</td> <td>良好通风</td> <td>一般自然通风</td> </tr> <tr> <td>管道</td> <td>特殊的管道^a</td> <td>普通管道</td> <td>普通管道</td> </tr> <tr> <td>盥洗与去污</td> <td>洗手盆与去污设备</td> <td>洗手盆与去污设备</td> <td>洗手盆^b</td> </tr> </tbody> </table> <p>a) 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。 b) 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。</p> <p>5.2.3 核医学工作场所的通风按表 3 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</p>	种类	分类			I	II	III	结构屏蔽	需要	需要	不需要	地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗	表面	易清洗	易清洗	易清洗	分装柜	需要	需要	不必须	通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风	管道	特殊的管道 ^a	普通管道	普通管道	盥洗与去污	洗手盆与去污设备	洗手盆与去污设备	洗手盆 ^b
	种类		分类																																	
		I	II	III																																
	结构屏蔽	需要	需要	不需要																																
	地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗																																
	表面	易清洗	易清洗	易清洗																																
	分装柜	需要	需要	不必须																																
	通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风																																
	管道	特殊的管道 ^a	普通管道	普通管道																																
	盥洗与去污	洗手盆与去污设备	洗手盆与去污设备	洗手盆 ^b																																

续表一 项目基本情况

验收 执行 标准	<p>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。</p> <p>5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。</p> <p>5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。</p> <p>5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或者受检者导向标识或者导向提示。</p> <p>5.2.8 给药后患者或者受检者候检室、扫描室应配备监视设施或者观察窗和对讲装置。</p> <p>5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。</p> <p>5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。</p> <p>5.3 工作场所的防护水平要求</p> <p>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。</p> <p>5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中浓度等内容。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 1。</p> <p>6 操作中的放射防护要求</p> <p>6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备</p> <p>6.1.1 个人防护用品及去污用品</p>
----------------	--

续表一 项目基本情况

验收 执行 标准	<p>开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品，其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。当使用的 ^{99m}Tc 活度大于 800MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5mmPb；对操作 ^{68}Ga、^{18}F 等正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。</p> <p>6.1.2 辅助用品</p> <p>根据工作内容及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。</p> <p>6.2 放射性药物操作的放射防护要求</p> <p>6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。</p> <p>6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。</p> <p>6.2.3 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。</p> <p>6.2.5 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。</p> <p>6.2.6 操作的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 1 规定值，应采取相应去污措施。</p> <p>6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 2 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。</p> <p>8 医用放射性废物的放射防护管理要求</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>
----------------	---

续表一 项目基本情况

<p>验收 执行 标准</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>8.11 废物包装体外表面的污染控制水平：$\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$</p> <p>3、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）</p> <p>7.1.2 应从源头控制，减少放射性废物的产生，防止污染扩散。</p> <p>7.1.3 应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。</p> <p>7.1.4 应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。</p> <p>7.2.1 不得将放射性废液排入普通下水道；不允许利用生活污水系统洗涤被放射性污染的物品。</p> <p>7.2.2 废液应妥善地收集在密闭的容器内。盛装废液的容器，除了其材质应不易吸附放射性物质外，还应采取适当措施保证在容器万一破损时其中的废液仍能收集处理。遇有强外照射时，废液收集地点应有外照射防护措施。</p> <p>7.2.4 使用少量或短寿命的单位，可设立采取衰变方法进行放射性废液处理处置系统，该系统应有足够的防渗漏能力。</p> <p>7.3.3 对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法，待放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。</p>
-------------------------	--

续表一 项目基本情况

<p>验收 执行 标准</p>	<p>4、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）</p> <p>本标准规定了医疗机构利用放射性药物开展临床核医学诊疗、实验研究以及放射性药物制备活动中的辐射防护与安全要求。</p> <p>4.3 辐射工作场所分区</p> <p>4.3.1 应按照 GB18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>4.4 剂量限值与剂量约束值</p> <p>4.4.1 剂量限值</p> <p>核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。</p> <p>4.4.2 剂量约束值</p> <p>4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；</p> <p>4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。</p> <p>4.4.3 放射性表面污染控制水平</p> <p>核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB18871 执行。</p> <p>4.5 服药患者出院要求</p> <p>4.5.1 为确保治疗患者出院后，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，出院患者体内活度应符合附录 B 的相关规定。</p> <p>6 工作场所的辐射安全与防护</p> <p>6.1 屏蔽要求</p>
-------------------------	--

续表一 项目基本情况

<p>验收 执行 标准</p>	<p>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。</p> <p>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 处的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。</p> <p>6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应的屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。</p> <p>6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。</p> <p>6.2 场所安全措施要求</p> <p>6.2.1 核医学工作场所的操作设备的表面、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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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，确保账务相符。</p> <p>6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备足够屏蔽的贮存、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。</p> <p>6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。</p> <p>6.3 密闭和通风要求</p>
-------------------------	--

续表一 项目基本情况

验收 执行 标准	<p>6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性的操作应在手套箱、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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。</p>												
	<p>表 4 操作不同活度的核素时防护通风柜（本项目为手套箱）的屏蔽厚度</p>												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>操作活度（MBq）</th> <th>操作活度（mCi）</th> <th>^{99m}Tc 屏蔽厚度（mm）</th> <th>¹⁸F 屏蔽厚度（mm）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11100</td> <td>400</td> <td>/</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>7400</td> <td>800</td> <td>2</td> <td>/</td> </tr> </tbody> </table>	操作活度（MBq）	操作活度（mCi）	^{99m} Tc 屏蔽厚度（mm）	¹⁸ F 屏蔽厚度（mm）	11100	400	/	48	7400	800	2	/
	操作活度（MBq）	操作活度（mCi）	^{99m} Tc 屏蔽厚度（mm）	¹⁸ F 屏蔽厚度（mm）									
	11100	400	/	48									
	7400	800	2	/									
	<p>7.2.3 固体放射性废物处理</p> <p>7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$、$\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：</p> <p>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；</p> <p>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；</p>												
	<p>5、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）</p> <p>本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。</p>												
	<p>6 X 射线设备机房防护设施的技术要求</p>												
	<p>6.1 X 射线设备机房布局</p>												

续表一 项目基本情况

验收 执行 标准	<p>6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房门、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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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 5 的规定。</p>		
	<p>表 5 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度</p>		
	机房类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
	CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
	双管头或多管头 X 射线设备 ^a （含 C 形臂）	30	4.5
	<p>a 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。 b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。 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。</p>		
	<p>6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁减影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 6 的规定。</p>		
	<p>表 6 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求</p>		
	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
	标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0	
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0	
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5		

续表一 项目基本情况

表 7 个人防护用品好辅助防护设施配置要求				
放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT体层扫描 (隔室)	—	—	铅橡胶性腺防护围裙 (方形)或方巾、 铅橡胶颈套 选配: 铅橡胶帽子	—
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配: 铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配: 移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙 (方形)或方巾、 铅橡胶颈套 选配: 铅橡胶帽子	—
注1: “—”表示不做要求。 注2: 各类个人防护用品和辅助防护设施, 指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品, 特别是非铅介入防护手套。				
验收执行标准	6、《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）			
	4.1 污水排放要求			
	综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值：			
	总 β：10Bq/L；总 α：1Bq/L。			
7、剂量约束值				
依据《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《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的规定，以及根据本项目特点并遵循辐射防护最优化原则，从事本项目辐射工作人员和公众的年剂量限值及剂量约束值详见表 4 和表 5。				
表 4 剂量限值的相关内容				
相关条款	具体内容			
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；			
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中 有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值： a) 年有效剂量，1mSv。			

续表一 项目基本情况

验收 执行 标准	表 5 剂量约束值			
	场所 名称	剂量约束值 (mSv/a)		取值依据
		职业照射	公众照 射	
	核医学	5.0	0.1	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 第4.4.2条款：“一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a”。
	⁹⁰ Y肝癌 治疗工 作场所 (DSA 机房)	5.0	0.1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 第 B1.1.1 条款关于剂量限值的规定及第 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内”，本次评价公众保守取相应剂量限值的 10%作为本项目剂量约束值管理目标。

表二 项目建设情况

2.1 工程建设内容

2.1.1 项目概述和项目由来

树兰（杭州）医院（第二名称树兰（杭州）医院有限公司，以下简称“医院”）始建于 2014 年 12 月 30 日，是一所集医学、教学、研究于一体的综合性三级甲等医院。医院位于浙江省杭州市东新路 848 号、836 号（临），全院有 1 号楼与 2 号楼，医院总床位 512 张，牙椅 6 张，并设置诊疗科目：全科医疗科、内科、重症医学科、医学检验科、核医学科、介入科等。

医院核医学科位于 2 号楼负 1 层，为乙级非密封放射性物质工作场所，主要使用放射性核素 ^{18}F 开展 PET/CT 显像诊断。该场所于 2018 年委托编制了《树兰(杭州)医院有限公司医用放射性同位素及射线装置应用项目（扩建）环境影响报告表》，并同年获得杭州市生态环境局批复，批复文号为杭环辐评批[2018]17 号，建成运行后于 2019 年 2 月进行了自主竣工环境保护验收。随着医院患者不断增加，为满足不同患者的诊疗需求，尤其是临床治疗需要和肝癌等患者治疗的需求，医院新增 SPECT/CT 显像诊断项目和 ^{90}Y 肝癌治疗项目，将核医学科东北侧的 1 间空调机房改造为 SPECT/CT 机房和控制室各 1 间，同时对核医学科原有注射室、注射后候诊室进行改建，并扩建现有衰变池，以开展 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{90}Y 肝癌治疗显像诊断，同时在注射室开展 ^{90}Y 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的测量、抽取等操作。由于现有核医学科场地限制，将 ^{18}F 显像患者人次控制在 10 人次/日，缩减 ^{18}F 日等效最大操作量。

DSA 场所于 2015 年委托编制了《DSA 等医用射线装置建设项目（新建）环境影响报告表》，同年获得批复，文号为杭环辐评批[2015]8 号，并于 2017 年 10 月 17 日完成自主竣工环境保护验收。为开展 ^{90}Y 治疗，医院将 1 号楼 1 号 DSA 机房进行改造作为 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所，医院依托该 DSA 设备完成 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{90}Y 的介入注射工作，DSA 机房开展 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{90}Y 的介入治疗时作为非密封放射性物质工作场所进行管理，日等效最大操作量为 $2.02 \times 10^7 \text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所。

2022 年 08 月，卫康环保科技（浙江）有限公司（其前身为“杭州卫康环保科技有限公司”，于 2023 年 03 月 15 日单位名称变更为“卫康环保科技（浙江）有限公司”，变更材料见附件 13）编制了《树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目环境影响报告表》；2022 年 11 月 15 日，杭州市生态环境局拱墅分局对此项目进行审批，

续表二 项目建设情况

批复文号为：杭环拱评批〔2022〕23号（见附件2）。

医院已于2024年07月10日重新申领《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[A3337]，有效期至2029年07月09日，种类和范围：使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所（见附件4）。

树兰（杭州）医院于2023年09月委托卫康环保科技（浙江）有限公司（以下简称“我司”）开展树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目竣工环境保护验收工作。接受委托后，我司在现场监测、检查和查阅相关资料的基础上，编制项目竣工环境保护验收监测报告表。

2.1.2 项目建设内容及规模

（1）本项目建设内容：树兰（杭州）医院开展SPECT/CT显像诊断项目和 ^{90}Y 肝癌治疗项目。核医学科位于医院2号楼负1层，新增1台SPECT/CT用于新增核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{90}Y 用于显像诊断并对工作场所进行改扩建，增加控制室、SPECT候诊室（含专用卫生间）、储源室、污物间、留观室、注射窗口等相应配套设施。改扩建后缩减 ^{18}F 日等效最大操作量（日等效最大操作 $3.70\times 10^6\text{Bq}$ ，年最大使用量 $1.85\times 10^{12}\text{Bq}$ ）；改扩建后2号楼负一层核医学科仍作为一个单独的工作场所，为乙级非密封放射性物质工作场所。

^{90}Y 肝癌治疗项目依托树兰医院现有1号楼1层DSA机房改建，将原污洗间作为卫生通过间，并加装1个储源柜、1个废物暂存柜与1个铅罐，用于药物临时存放、肝癌治疗过程产生的放射性固废的暂存衰变与应急事故废水的贮存。该机房由DSA机房、控制室、污洗间、准备间等组成，依托原DSA进行 ^{90}Y 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物介入注射的治疗工作，为乙级非密封放射性物质工作场所。

（2）本项目核医学科原有6名辐射工作人员（PET/CT工作场所），新增SPECT/CT显像诊断项目6名辐射工作人员， ^{90}Y 肝癌治疗项目依托现有1号楼1层DSA机房6名辐射工作人员。

放射性同位素、射线装置规模及数量环评阶段与验收阶段对比见表2-1~表2-2。由表2-1~表2-2可知，本次验收项目内容和规模符合环评审批要求。

表 2-1 环评阶段和验收阶段放射性同位素内容及规模对照表

工作场所	环评阶段						验收阶段				备注		备注
	序号	核素名称	用途	日最大使用量 (Bq)	日等效操作量 (Bq)	年最大使用量 (Bq)	用途	实际日最大操作量 (Bq)	实际日等效最大操作量 (Bq)	实际年最大使用量 (Bq)	形态	操作类型	
核医学科	1	¹⁸ F	PET/CT 显像	3.70×10 ⁹	3.70×10 ⁶	1.85×10 ¹²	PET/CT 显像	3.70×10 ⁹	3.70×10 ⁶	1.85×10 ¹²	液态	简单操作	2019年2月自主验收, 目前已缩减用量
	2	¹⁸ F	备药量	7.40×10 ⁹	7.40×10 ⁵ ①		备药量	7.40×10 ⁹	7.40×10 ⁵ ①		液态	贮存	
	3	¹²⁵ I 籽源	贮存、分装	2.37×10 ⁹	2.37×10 ⁶	4.74×10 ¹¹	贮存、分装	2.37×10 ⁹	2.37×10 ⁶	4.74×10 ¹¹	固态	简单操作	备案号: 20223301030000007
	4	^{99m} Tc	SPECT/C T 显像	9.25×10 ⁹	7.40×10 ⁶	3.70×10 ¹⁰	SPECT/C T 显像	9.25×10 ⁹	7.40×10 ⁶	3.70×10 ¹⁰	液态	简单操作	本次验收
	5	^{99m} Tc (肝癌)	活度测量、抽取	1.48×10 ⁸	1.48×10 ⁵	1.48×10 ¹⁰	活度测量、抽取	1.48×10 ⁸	1.48×10 ⁵	1.48×10 ¹⁰	液态	简单操作	本次验收
	6	⁹⁰ Y	活度测量、抽取	3.00×10 ⁹	3.00×10 ⁷	3.00×10 ¹¹	活度测量、抽取	3.00×10 ⁹	3.00×10 ⁷	3.00×10 ¹¹	液态	简单操作	本次验收
	合计			2.59×10 ¹⁰	4.44×10 ⁷	3.01×10 ¹²	合计	2.59×10 ¹⁰	4.44×10 ⁷	3.01×10 ¹²	/	/	/
⁹⁰ Y 治疗场所	7	^{99m} Tc	介入注射	1.48×10 ⁸	1.48×10 ⁵	1.48×10 ¹⁰	介入注射	1.48×10 ⁸	1.48×10 ⁵	1.48×10 ¹⁰	液态	简单操作	本次验收
	8	⁹⁰ Y	介入注射	2.02×10 ⁹	2.02×10 ⁷	2.00×10 ¹¹	介入注射	2.02×10 ⁹	2.02×10 ⁷	2.02×10 ¹¹	液态	简单操作	本次验收
	合计			2.15×10 ⁹	2.01×10 ⁷	5.00×10 ¹¹	合计	2.15×10 ⁹	2.01×10 ⁷	5.00×10 ¹¹	/	/	/

注: ①¹⁸F 每天送药两次, 考虑 2 倍备药量。

表 2-2 环评阶段和验收阶段射线装置内容及规模对照表

序号	环评阶段				竣工验收阶段					
	设备名称	型号	主要技术指标	工作场所	设备名称	型号	主要技术指标	工作场所	类别	是否一致
1	SPECT/CT	Symbia Intevo 16	130kV 345mA	2 号楼负 1 层核 医学科 SPECT/CT 机房	SPECT/CT	Symbia Intevo 16	130 kV 345mA	2 号楼负 1 层核医学 科 SPECT/CT 机房	III 类	一致
2	DSA	Allura Xper FD20	125kV 1250mA	1 号楼 1 层 1 号 DSA 机房	DSA	Allura Xper FD20	125kV 1250mA	1 号楼 1 层 1 号 DSA 机房	II 类	一致

续表二 项目建设情况

2.1.3 工程地理位置及周围环境

医院位于浙江省杭州市东新路 848 号、836 号（临），其东侧自北到南分别为殡仪馆、望景酒店和停车场；南侧为瑞莱克斯大酒店；西侧为东新路，隔路为上塘河；北侧为石桥河绿道。其具体地理位置图见图 2-1，本项目周围环境关系示意图见图 2-2。

本项目辐射工作场所位于医院 1 号楼 1 层与 2 号楼负一层，其中核医学科工作场所位于 2 号楼负一层，⁹⁰Y 治疗工作场所位于 1 号楼 1 层，衰变池位于 2 号楼负一层核医学科北侧过道旁。本项目工作场所周围辐射环境概况一览表下表。

表 2-3 2 号楼负一层核医学科工作场所周围辐射环境概况一览表

方位	名称	距工作场所最近距离（m）
东侧	过道等 2 号楼其他区域	紧邻
	内部停车场	43
	望景酒店	80
南侧	护士站及护士办公室、候诊区等 2 号楼其他区域	2
	瑞莱克斯大酒店	115
西侧	医护走廊、控制室等办公区	紧邻
	东新路	59
北侧	纵三路	20
	过道与患者出口	紧邻
上层	用户服务中心、办公室及 2 号楼其他区域	紧邻
无地下层	/	/

表 2-4 1 号楼 1 层 ⁹⁰Y 治疗工作场所周围辐射环境概况一览表

方位	名称	距工作场所最近距离（m）
东侧	殡仪馆服务点	41
	望景酒店	42
	卫生通过间、过道及 1 号楼其他区域	紧邻
西侧	东新路	62
	库房、办公室与值班室等 1 号楼其他区域	紧邻
北侧	石桥河绿道	76
	控制室	紧邻
南侧	纵三路	35
	诊室	紧邻
上层	二层诊室、治疗室及三层、四层区域	紧邻
下层	夹层放射科办公室	紧邻

根据本项目周边环境情况调查，本项目工作场所周围 50m 验收调查范围内主要为医院内部建筑、内部道路、停车场、殡仪馆服务点和望景酒店，无自然环保护区、饮用水水源保护区、居民区、学校、生态保护红线等环境敏感保护目标。

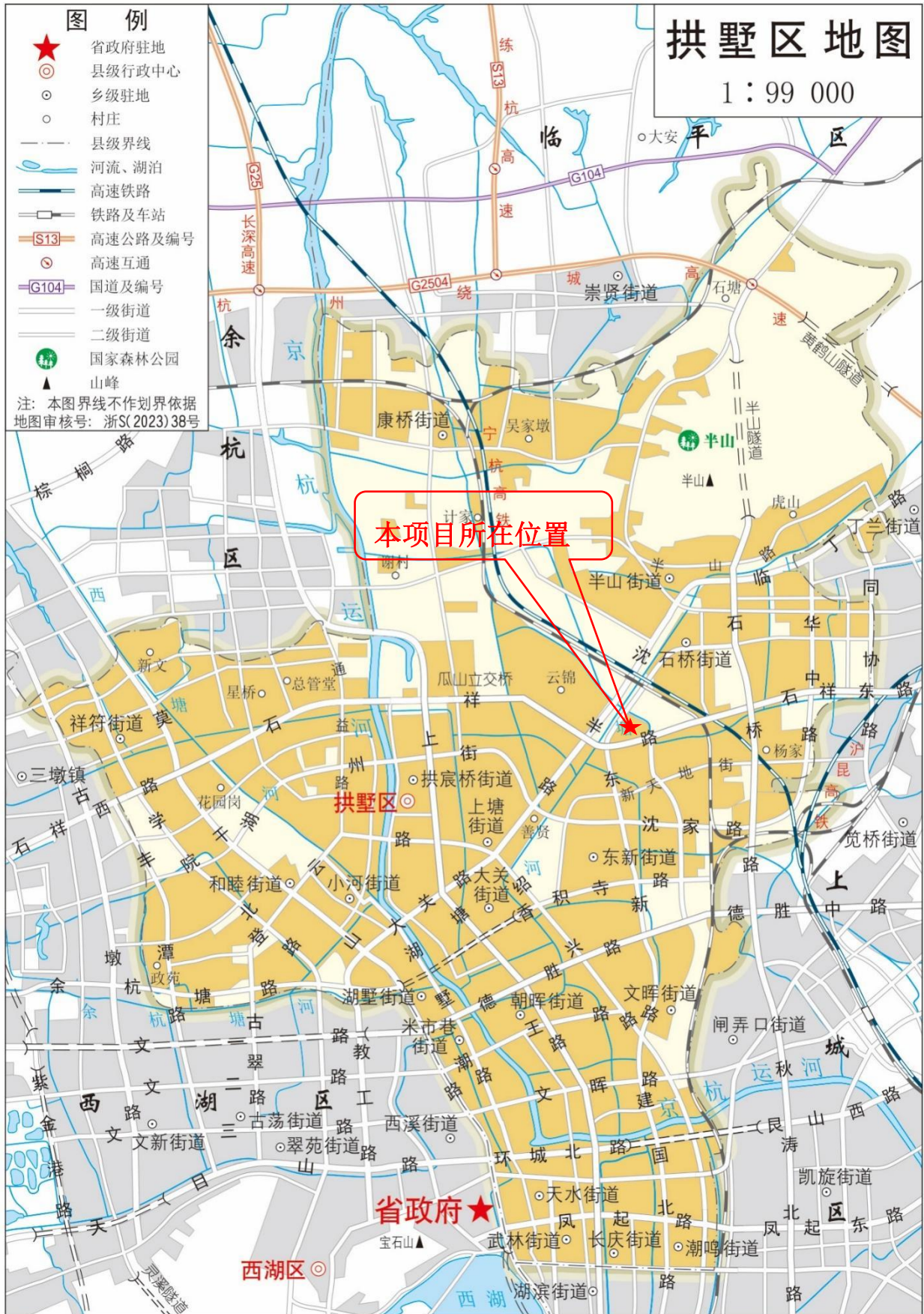


图 2-1 本项目地理位置示意图



图 2-2 医院周边环境概况及验收调查范围示意图

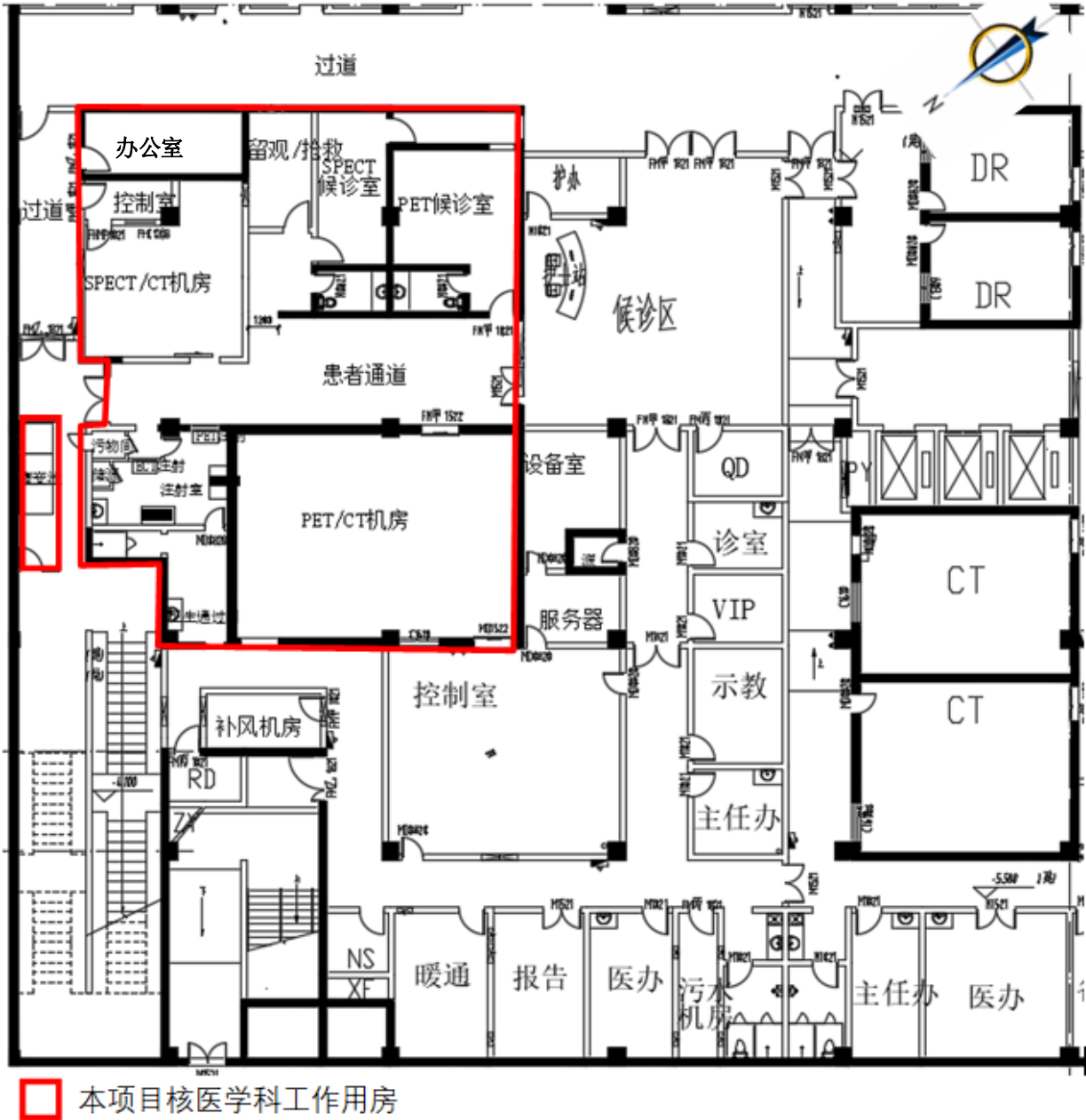


图 2-3 2号楼负一层平面布置图

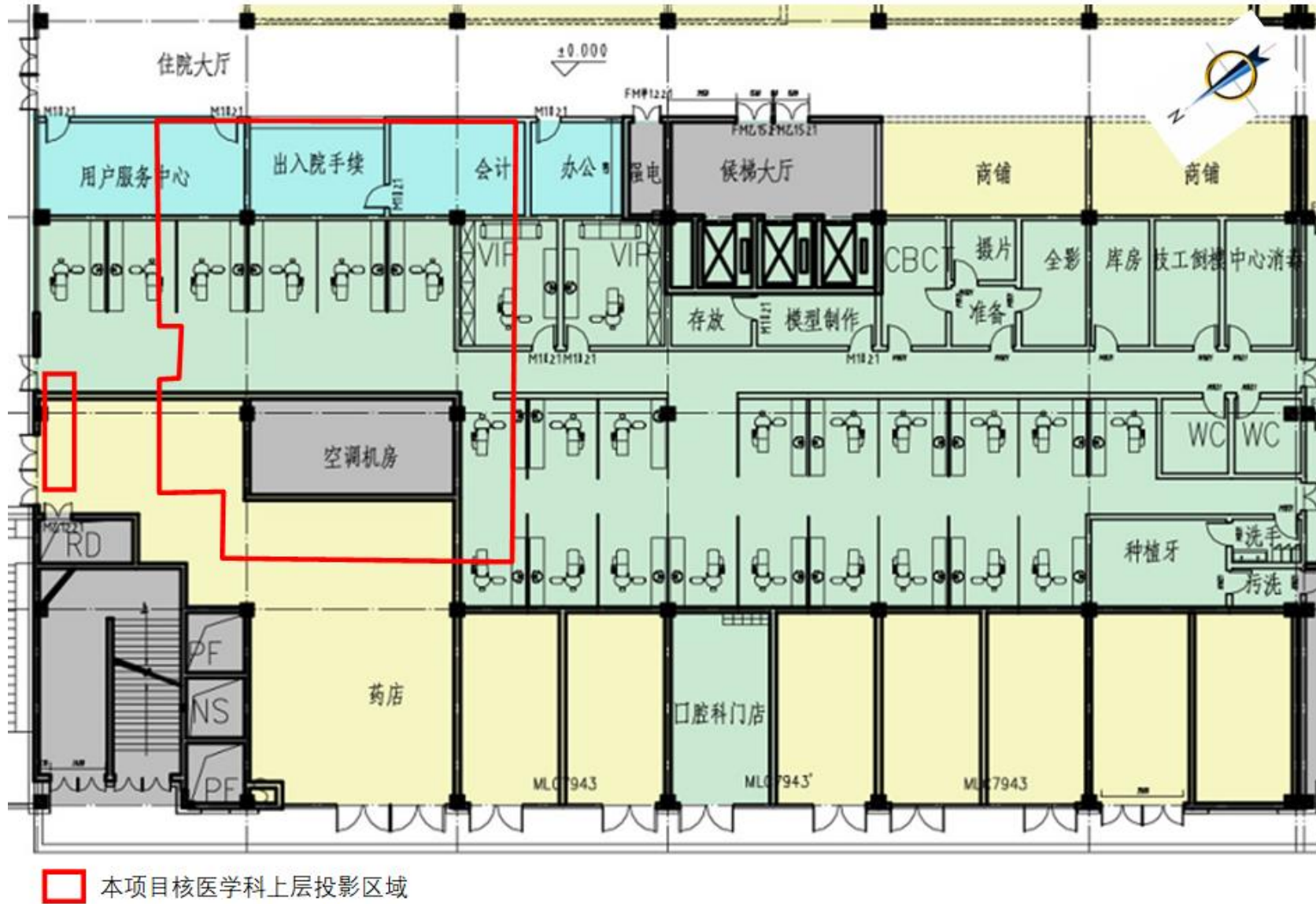


图 2-4 2 号楼 1 层部分平面布置图

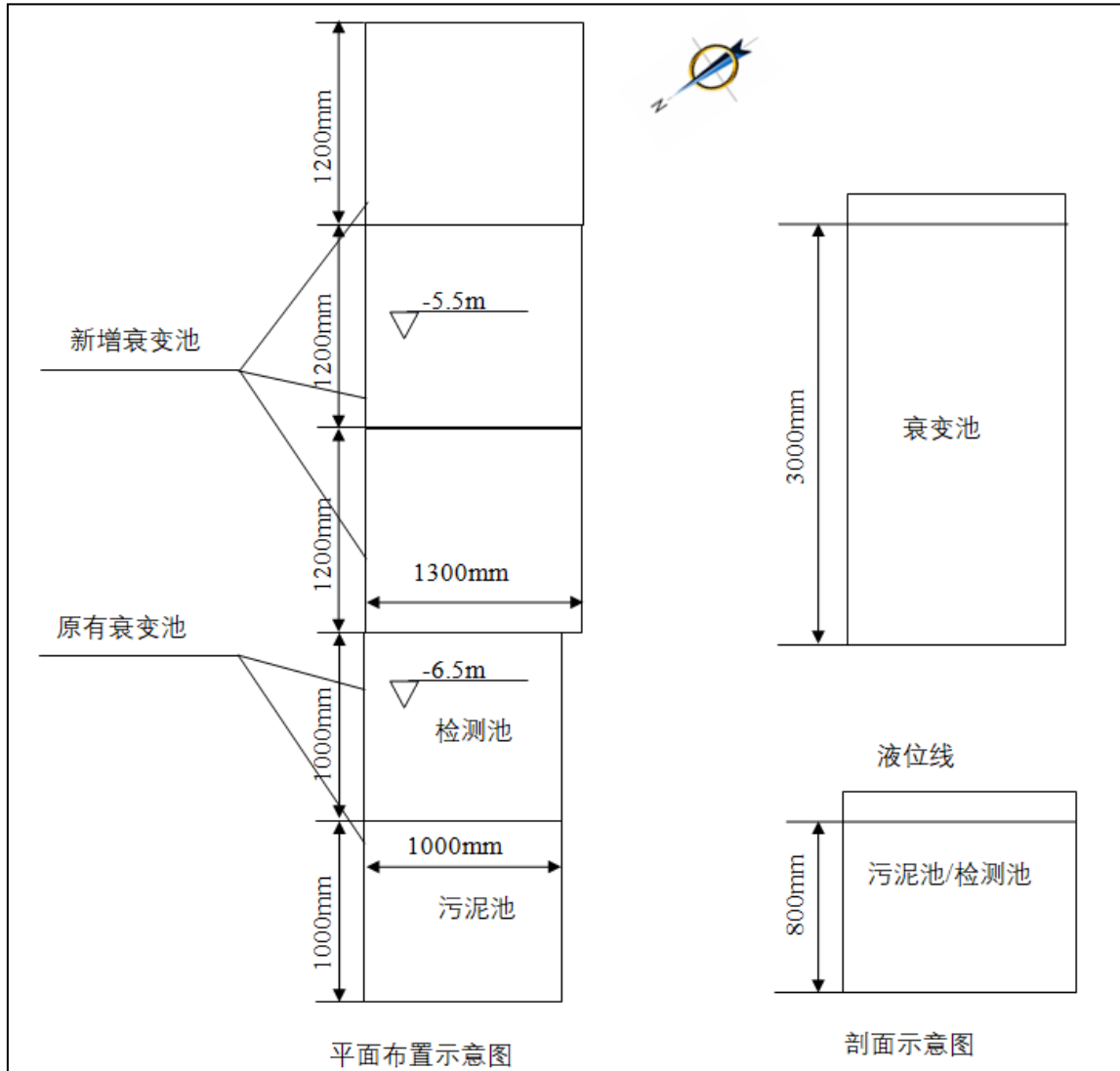


图 2-5 衰变池示意图

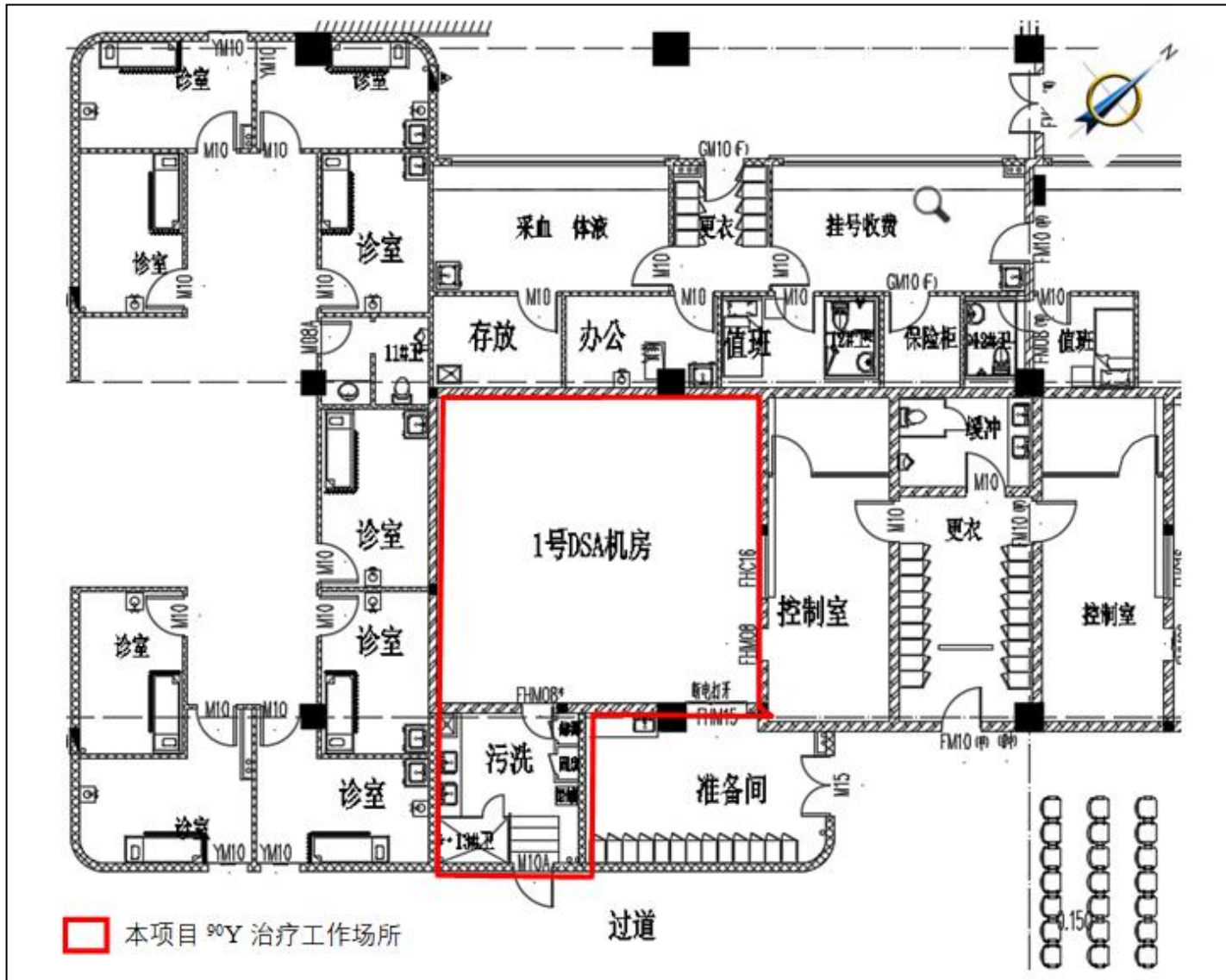


图 2-6 1 号楼 1 层部分平面布置图

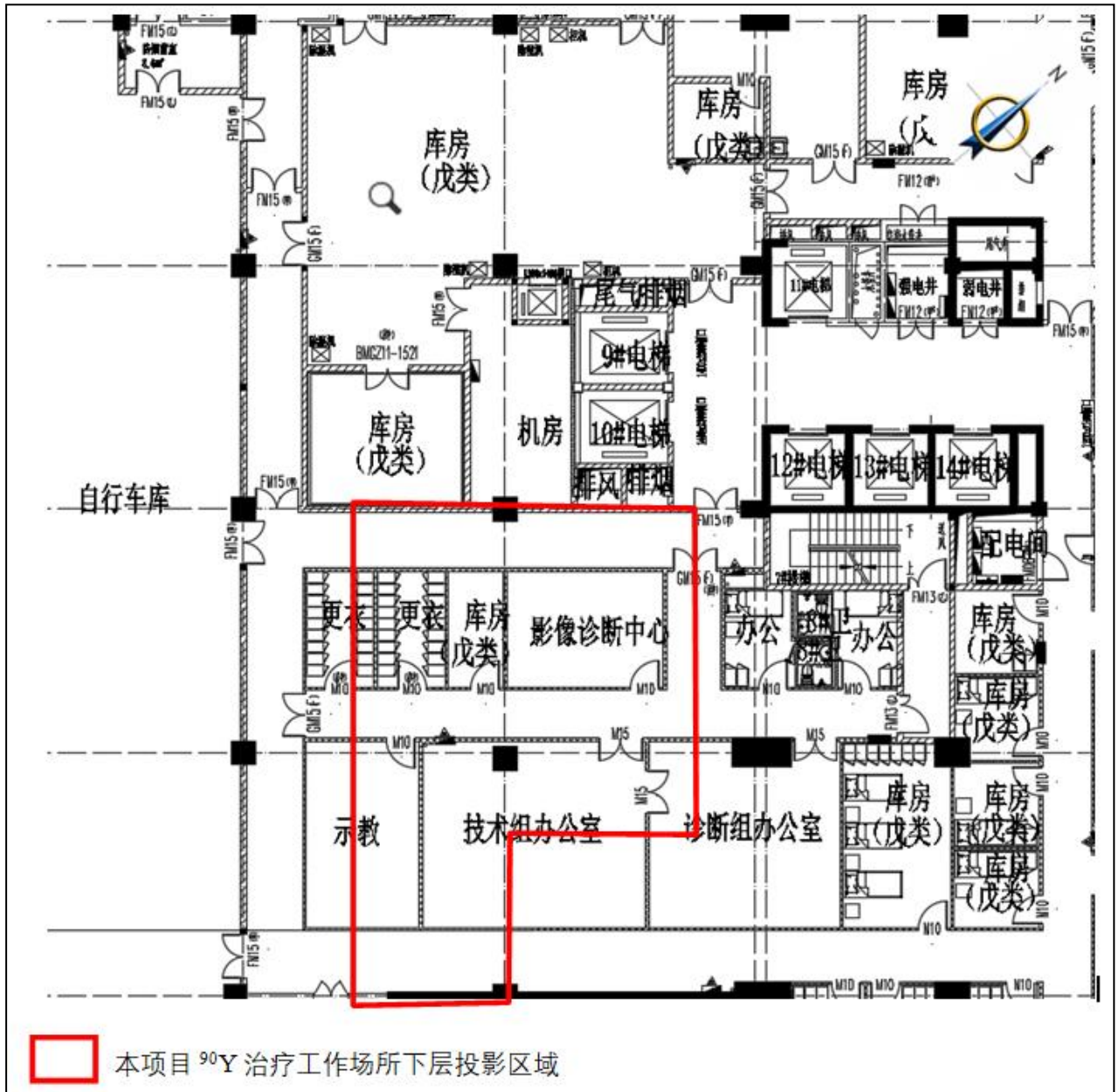


图 2-8 1 号楼夹层部分平面布置图

续表二 工程建设情况

2.1.4 项目变动情况

经现场调查、查阅资料，并与环评作对比，对照《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》（环办环评函〔2020〕688号），本项目无重大变动发生。

2.2 主要污染源

1、2 号楼负一层核医学科工作场所污染源项

（1）贯穿射线（X、 β 、 γ 射线）

本项目核医学科共涉及 2 种核素（ ^{99m}Tc 、 ^{90}Y ）。根据各核素衰变类型，产生的贯穿射线主要包括： β 射线、 γ 射线，会造成辐射工作人员和周围公众的外照射。同时，本项目核医学科的 SPECT/CT 开机状态下会产生 X 射线，X 射线会对周围环境造成一定影响。关机时，X 射线随之消失。

（2）放射性表面污染

工作人员在操作非密封放射性物质时，不可避免地会引起场所的工作台、地面等放射性沾污，造成放射性表面污染，主要为 β 放射性表面污染。

（3）放射性废气

液态放射性核素在核医学科的手套箱内进行操作时，空气中会挥发微量的放射性气溶胶；污染途径为放射性药物在手套箱中挥发散逸，若未被通风系统及时排出，则可能会被操作人员吸入造成体内的内照射影响。

本项目核医学科使用的放射性核素均不具备挥发性，使用过程介质均为液体，操作比较简单，不需要加热、振荡等步骤，其产生的放射性气溶胶量极少。

（4）放射性废水

本项目核医学科放射性废水主要来源于核素操作人员身体尤其手部可能受到微量核素污染的清洗废水及去污淋浴废水、门诊患者在注射后候诊和留观过程中产生的少量排泄废水和清洗废水、工作场所清洗废水及事故应急废水等，由专用污水管道收集后送至配套的衰变池暂存衰变。

（5）放射性固废

本项目核医学科按需订购所需的放射性药物，一般无剩余。如病人诊疗计划作出临时性改变，可能产生一定的剩余放射性药物，随铅罐贮存于储源室的保险柜中，贮存衰变 30 天后可作为医疗废物处置。

续表二 工程建设情况

（6）非放射性气体

本项目核医学科的 SPECT/CT 开机状态下产生的 X 射线与空气发生电离作用，产生少量的臭氧和氮氧化物，与放射性废气一并收集和处理。

因此，本项目核医学科的主要污染因子：贯穿射线（X、 β 、 γ 射线）、放射性废气、放射性废水、放射性固废及非放射性有害气体等。

2、 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所污染源项

1、贯穿射线（X、 β 、 γ 射线）

本项目 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所共涉及 2 种核素（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Y ），其中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 衰变发射出 γ 射线， ^{90}Y 为纯 β 核素，衰变发射出 β 射线，会造成辐射工作人员和周围公众的外照射。同时， β 射线还需考虑韧致辐射（X 射线）的影响。介入手术依托的 DSA 装置开机状态下会产生 X 射线，X 射线会对周围环境造成一定影响。关机时，X 射线随之消失。

（2）放射性表面污染

工作人员在操作非密封放射性物质时，不可避免地会引起场所的工作台、地面等放射性沾污，造成放射性表面污染，主要 β 放射性表面污染。

（3）放射性废气

本项目 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Y 均为非挥发性放射性核素，且不存在核素操作的开放性液面，基本无放射性废气产生。

（4）放射性废水

^{90}Y 肝癌治疗工作产生的放射性废水主要为患者住院期间产生的排泄废水（不作为放射性废水管理）和手术后人员受到污染产生应急去污废水。

（5）放射性固废

医院使用 ^{90}Y 树脂微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内管等； ^{90}Y 树脂微球抽取过程中产生的转移用的一次性手套、注射器、含剩余药物的西林瓶等放射性固体废物，注射 ^{90}Y 放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内导管、V 瓶及有机玻璃防护罐等放射性固体废物。

（6）非放射性有害气体

续表二 工程建设情况

本项目 ^{90}Y 治疗机房的 DSA 装置开机状态下产生的 X 射线与空气发生电离作用，会产生少量的臭氧和氮氧化物，属于非放射性有害气体，通过排风系统排出机房。

因此，本项目 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所的主要污染因子：贯穿射线（X、 β 、 γ 射线）、放射性废水、放射性固废及非放射性有害气体等。

2.3 源项情况

1、射线装置

本项目射线装置技术参数见下表。

表 2-5 本项目射线装置技术参数一览表

序号	装置名称	类别	数量	性能参数	额定辐射输出剂量率②	泄漏辐射剂量率①	工作场所
1	DSA	II 类	1 台	125kV 1250mA	(摄 影) $5.4 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; (透 视) $3.6 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$1 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$	1 号楼 1 层 8 号 DSA 机房
2	SPECT/CT	III 类	1 台	130kV 345mA	/	$1 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$	2 号楼负 1 层核医学科

注：①额定辐射输出剂量率根据《辐射防护导论》（方杰主编）P342 页附图 3 可知 X 射线发射率常数，可求出辐射输出剂量率。

②泄漏辐射剂量率根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》P23 页可得；

2、非密封放射性物质技术参数

本项目非密封放射性物质技术参数见下表。

表 2-6 本项目非密封放射性物质技术参数一览表

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态低毒 半衰期为 6.02h	使用	9.25×10^9	7.40×10^6	3.70×10^{10}	SPECT/CT 显像	很简单 操作	2 号楼负 1 层核医 学科	按需订购，贮存 于源库，核医学 科门诊使用。
				1.48×10^8	1.48×10^5	1.48×10^{10}	^{90}Y 肝癌 治疗（活 度测量和 抽取）	很简单 操作		
				1.48×10^8	1.48×10^5	1.48×10^{10}	肝癌治疗	很简单 操作	1 号楼 1 层 DSA 机房	

续表二 工程建设情况

续表 2-6 本项目非密封放射性物质技术参数一览表

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
2	⁹⁰ Y	液态中毒半衰期 64.0h	使用	3.00×10 ⁹	3.00×10 ⁷	3.00×10 ¹¹	⁹⁰ Y 肝癌治疗测活、抽取	很简单操作	2号楼负1层核医学科手套箱	按需订购，贮存于储源室。
				2.02×10 ⁹	2.02×10 ⁷	2.02×10 ¹¹	肝癌治疗	很简单操作	1号楼1号 DSA 机房	核医学科测活抽取后运送至 ⁹⁰ Y治疗场所的储源柜

注：1）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）。
 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），并对照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）附录 A 中表 A.2，医疗机构使用^{99m}Tc 相关活动视为“很简单操作”。
 3）根据生态环境部核与辐射安全中心编写的《钇-90 树脂微球使用过程辐射安全风险研究报告》，本项目⁹⁰Y 树脂微球介入治疗过程中，^{99m}Tc、⁹⁰Y 的活度测量、抽取与介入注射相关活动视为“很简单操作”。

2.4 工程设备与工艺分析

2.4.1 2 号楼负一层核医学

医院 2 号楼负 1 层现有核医学科主要业务用房为 1 间 PET/CT 和 1 间 SPECT/CT 及配套注射间、候诊室等。PET/CT 于 2019 年 2 月完成了竣工环境保护验收，本次验收时设备正常运行，本次验收仅考虑新增 SPECT/CT 辐射工作场所。

1、非密封放射性物质使用情况

本项目 2 号楼负一层核医学 SPECT/CT 工作场所使用的非密封放射性物质共 2 种，分别为核素^{99m}Tc、⁹⁰Y。其中：^{99m}Tc 用于 SPECT/CT 显像诊断；⁹⁰Y 肝癌治疗工作中^{99m}Tc、⁹⁰Y 的药物贮存、活度测量、抽取、SPECT/CT 扫描等步骤。

①药物来源和暂存

本项目放射性药物均根据医院科室每日计划用量提前订购于有资质的供药商，并由其运输到医院核医学科后，以铅罐包装的形式暂存于储源室的保险柜内，一般当日即用完，基本无剩余药物。储源室实行双人双锁管理，并建立了放射性核素管理台账。

⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所使用的原始放射性药物暂存依托于 2 号楼负一层核医学科储源室，1 号楼一层 1 号 DSA 工作场所污洗间的储源柜仅为经核医学科质控后的放射性药物临时暂存，废物暂存柜作为肝癌治疗手术过程中产生的放射性废物的衰变暂

续表二 工程建设情况

存，该场所的管理要求等同核医学科的储源室和固废间。

② 药物分装

核医学 SPECT/CT 辐射工作场所内， ^{99m}Tc 、 ^{90}Y 均为外购成品药物，均需采用人工进行测活和分装或抽取工作。

③ 药物摄取方式

本项目 ^{99m}Tc 患者均在 SPECT/CT 注射窗口采用人工静脉注射的方式摄取药物。

2、设备组成

SPECT/CT：主要由三部分组成，即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。SPECT/CT 自身带有一个 CT 球管，在 SPECT 核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

本项目核医学科 SPECT/CT 设备外观图详见下图。



图 2-9 SPECT/CT 设备外观图

3、设备工作原理

SPECT/CT：SPECT 即单光子发射型计算机断层显像（Single Photon emission computed tomography，简称 SPECT）。SPECT 显像，其原理是利用引入人体内的放射性核素发出的 γ 射线经碘化钠晶体产生闪光，闪烁光子再与光电倍增管的光阴极发生相互作用，产生光电效应。光电效应产生的光电子经光电倍增管的联极倍增大后在

续表二 工程建设情况

阳极形成电脉冲，其经过放大器成形，再经过位置计算电路形成 X、Y 位置信号。各个光电倍增管输出信号之和为能量信号 Z。X、Y 信号经处理后加入显示器偏转极，Z 信号加入启挥极，从而在荧光屏上形成闪烁影像。利用滤波反投影方法，借助计算机处理系统可以从一系列投影影像重建横向断层影像，由横向断层影像的三维信息再经影像重建组合获得矢状、冠状断层或任意斜位方向的断层影像。SPECT/CT 是单光子发射型计算机断层显示成像，是目前临床核医学最广泛应用的医学影像诊断设备。

4、工艺流程及产污环节

①SPECT/CT 显像具体工作流程

A、订药：根据预约的病人量向供药公司订购非密封放射性物质，并由供药公司运输到核医学科储源室暂存；

B、分装：本项目辐射工作人员（作好防护措施，穿铅衣、戴铅手套等）将装有放射性核素的铅罐放在手套箱内进行分装，并测量其分装活度，单次分装、活度测量时间约 1min。

C、注射：分装后将放射性药物转移到注射窗对病人进行药物注射，单次转移时间约 0.5min；注射时工作人员和病人采用隔离屏蔽操作，并在注射前告知病人辐射危害，单个病人单次注射时间约 1min，每位病人注射完药物后进入候诊室进行静息观察 30min；期间禁止人员陪护，病人不得离开候诊室；

D、显像诊断：观察时间结束后，病人进入 SPECT/CT 机房进行显像诊断，该过程医生需进入机房进行摆位，摆位时间约 1min，整个扫描过程持续约 15min（其中 CT 部分扫描约 1min）。

E、诊断结束病人留观约 10min，医护人员在患者通道出口处使用个人剂量报警仪进行监测，患者经过不报警后方可离开核医学科；

SPECT/CT 显像诊断流程见下图。

续表二 工程建设情况

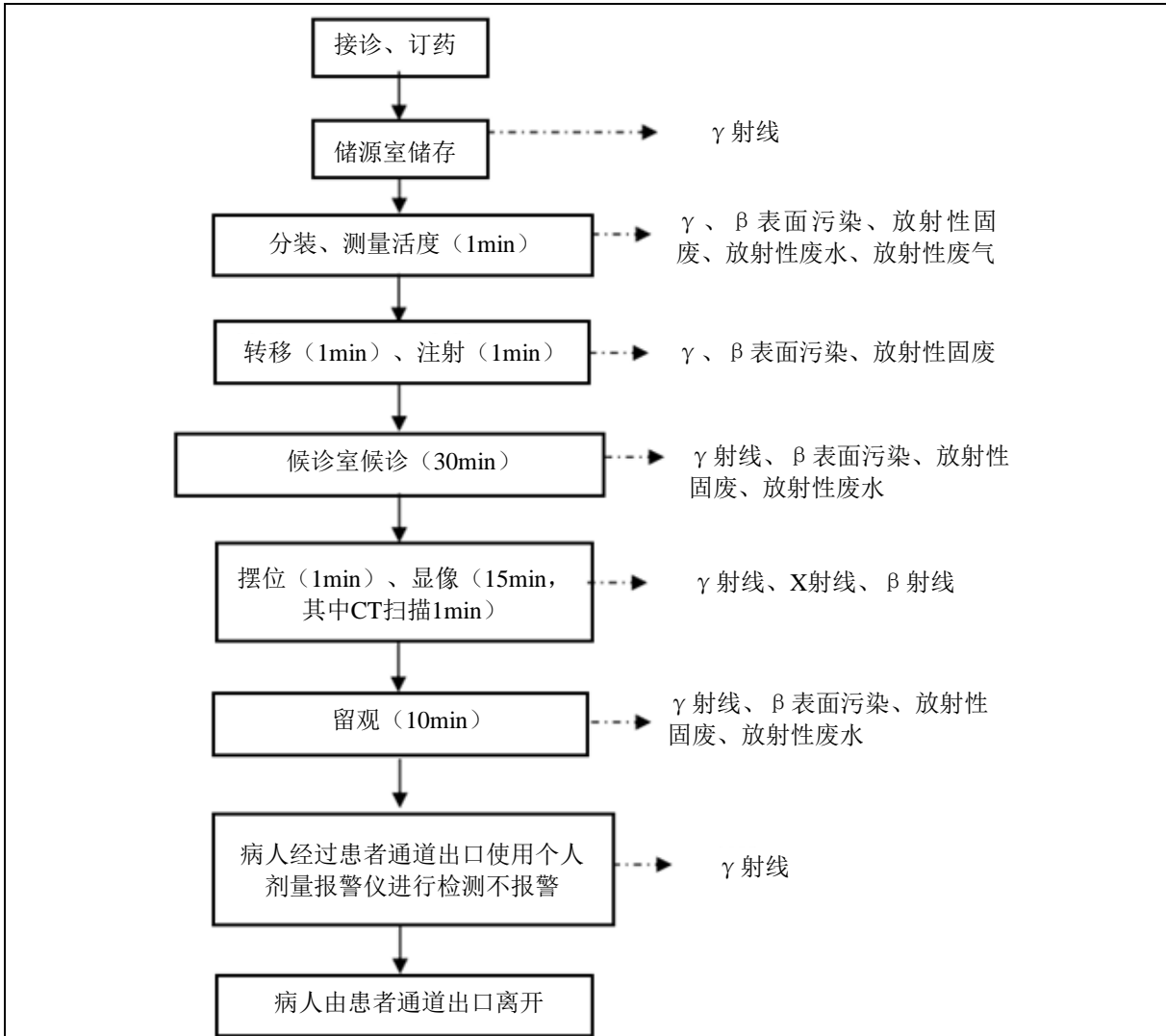


图 2-10 SPET/CT 显像诊断工艺流程及产污环节示意图

②^{99m}Tc、⁹⁰Y 活度测量、抽取与扫描流程

本项目⁹⁰Y肝癌治疗场所使用的^{99m}Tc、⁹⁰Y的活度测量、抽取和扫描均依托于2号楼负1层核医学工作场所（活度测量、抽取依托注射室的¹⁸F手套箱和扫描依托SPECT/CT机房），质控后的^{99m}Tc、⁹⁰Y放置于铅罐中，由⁹⁰Y辐射工作人员从2号楼负一层核医学工作场所的注射室将药物转运至1号楼一层⁹⁰Y肝癌治疗场所（1号DSA机房）的储源柜内备用；介入注射后的^{99m}Tc、⁹⁰Y患者从1号DSA机房来到2号楼负一层核医学工作场所的SPECT/CT机房扫描。

续表二 工程建设情况

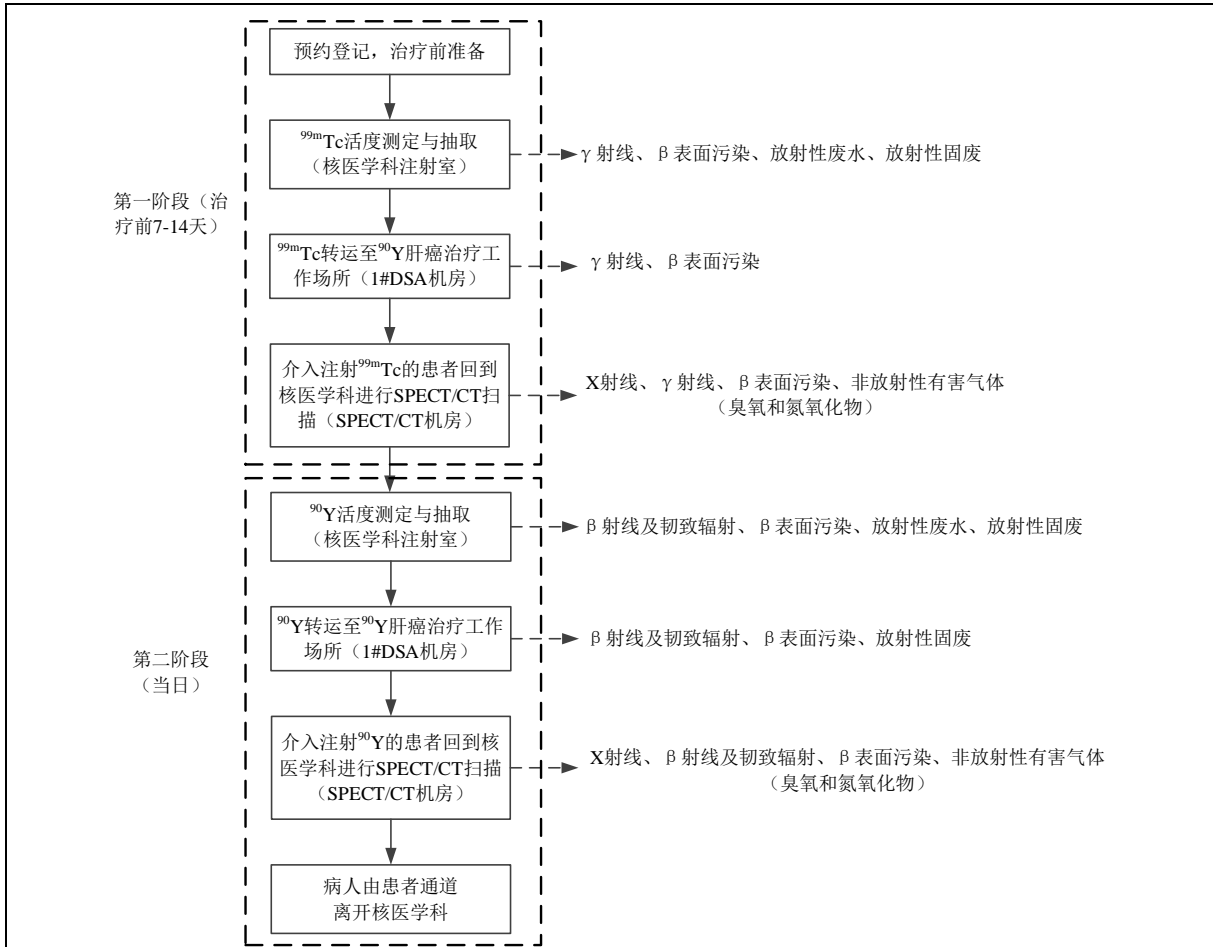


图 2-11 ^{99m}Tc 、 ^{90}Y 活度测量与扫描流程及产污环节示意图

5、人流、物流的路径

(1) 医护人员路径

①注射工作人员（护士）工作场所位于注射室，工作开始之前，工作人员由核医学科医生专用入口门、医护廊道从卫生通过间进入注射室取药准备注射，通过铅注射窗对病人进行隔室注射。工作结束后，工作人员仍需经卫生通过间，在卫生通过间用表面污染检测设备检测工作服、鞋帽、手套皮肤表面等是否存在污染，如不存在污染方可回到非控制区域场所，如发现存在污染，则需洗手或淋浴去污，再经检测不存在污染后回到非控制区域场所。卫生通过间内配置有表面污染监测设备，设置有感应式洗手池、淋浴设施。核医学科工作人员（护士）完成工作后均原路返回。

②SPECT/CT 设备操作人员与摆位工作人员（技师）工作场所位于控制室和扫描机房，由核医学科北侧过道进入控制室，SPECT/CT 操作全部在控制室内进行，摆位

续表二 工程建设情况

时需要通过机房与控制室的门进入机房进行摆位，摆位结束后，原路返回控制室内继续进行设备操作工作。

（2）受检者/患者路径

根据预约安排的时间，受检者/患者先登记，再核医学科问诊室问诊，然后在护士站咨询和注射前候诊区接受病史采集、宣教，根据叫号通过核医学科患者入口单向门禁（只进不出）进入核医学科；通过预约时间和叫号注射等管理手段，确保进入核医学科内注射病人完成注射进入候诊室候诊后，方可叫号下一位病人进入核医学科接受药物注射，可实现给药后患者/受检者与给药前患者/受检者不交叉。

①SPECT/CT（ ^{99m}Tc ）显像检查病人在注射室接受药物注射后，分别前往相应候诊室休息、候检，然后进入相应的机房接受检查，在完成扫描后需在留观室进行留观，观察无异常后由核医学科患者出口单向门禁（只出不进）离开。

② ^{90}Y 患者从核医学科出口进入SPECT/CT机房接受检查，在完成扫描后，部分不需要住院的患者可直接由核医学科患者出口离开，部分需要住院的患者直接入住 ^{90}Y 专用病房。

该路径上，受检者/患者出入口（患者廊道出入口）均设置为单向门禁，仅允许受检者/患者单向通行。注射后候诊室设有独立的卫生间，受检者可在专用卫生间内如厕，不随意走动。

（3）放射性药物路径

按照医院与送药单位的协定，放射性药物配送人员每天上班前进入核医学科，由患者出口进入将预定的放射性药物送至储源室内，并由专人进行交接，交接过程均在监控下进行。交接结束后，配送人员由原路离开核医学科。医院制定放射性药物管理制度，做好放射性药物的台账管理。

（4）污物路径

①放射性废气：核医学工作场所的通风系统与周围非放射性场所独立设置，遵循自低放射性区域向高放射性区域的流向设计。放射性废气经排风管道收集后，采用二级过滤系统吸附处理，处理后的尾气通过2号楼的屋顶高空排放，排气口高出建筑屋脊。

②放射性废水：患者在候诊期间如厕产生的含少量放射性核素的废水、工作人员

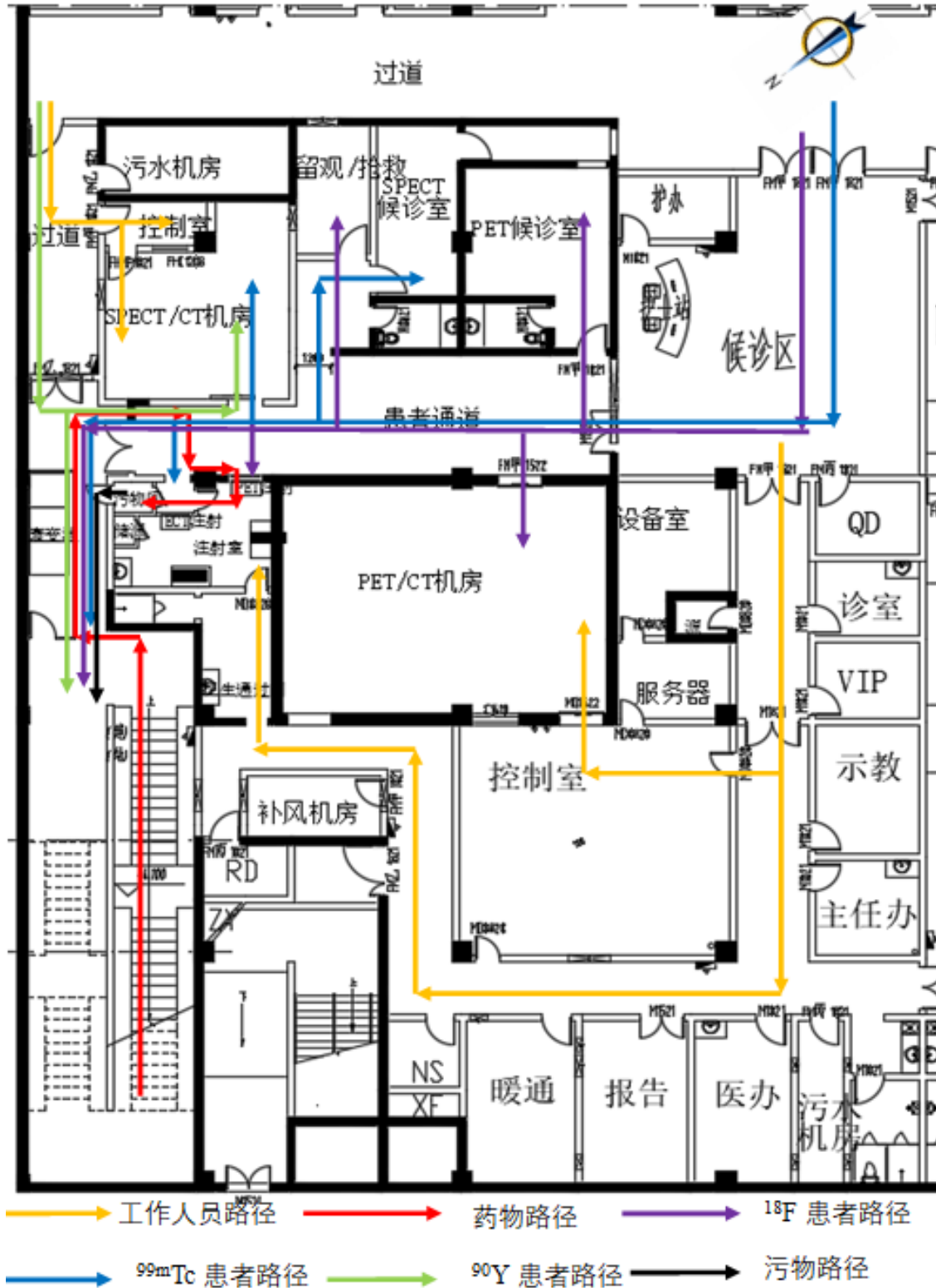


图 2-12 本项目核医学科物流、人流路径规划图

续表二 工程建设情况

清洗废水、工作场所清洗废水等均由专用污水管道收集至核医学科配套的衰变池贮存衰变，经贮存衰变不少于 30 天后，可直接解控排入医院污水处理站进一步处理，然后纳入市政污水管网。

③放射性固废：注射室、SPECT 候诊室等处各设若干脚踏式铅桶，放射性污物间设置若干铅衰变箱。放射性废物经分类收集后转至放射性固废间进行暂存，衰变至符合清洁解控水平后，选择在无病人时段，由污物间从病人通道运出核医学科，送医院医疗废物库集中收集后按照普通医疗废物处置，定期委托有资质的单位处理处置。

④非放射性有害气体：SPECT/CT 开机状态下产生的 X 射线与空气发生电离作用，产生的少量臭氧和氮氧化物等非放射性有害气体，同放射性气体一并收集和处置，最终通过 2 号楼的屋顶高空排放，对周围大气环境影响较小。

本项目核医学工作场所采用患者通道和医护通道的双通道设计，控制区相对集中，物流通道设计合理。通过预约时间和叫号注射等管理手段以及医患通道物理隔离等措施，确保进入核医学科内注射人员完成注射进入候诊室候诊后，方可叫号下一位进入核医学科接受药物注射，可实现给药后患者/受检者与给药前患者/受检者不交叉，给药后患者/受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。放射性物质运输通道设置合理，放射性“三废”收集路径和处理措施可行，基本满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中相关要求。因此，本项目核医学工作场所相关路线设计基本合理可行，具体人流、物流路径规划见 2-13。

2.4.2 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所

本项目 ⁹⁰Y 肝癌治疗涉及多个不同科室的业务用房，其中：^{99m}Tc、⁹⁰Y 核素的活度测量和抽取均在 2 号楼负一层核医学科注射室的手套箱内进行，纳入核医学科统一管理；介入注射在 1 号楼一层 1 号 DSA 机房内进行，涉及使用非密封放射性物质 ^{99m}Tc 和 ⁹⁰Y，日等效最大操作量为 $2.02 \times 10^7 \text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所。

1、非密封放射性物质使用情况

本项目 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所涉及的非密封放射性物质共 2 种，分别为 ^{99m}Tc 和 ⁹⁰Y，其中 ^{99m}Tc 主要用于模拟治疗，⁹⁰Y 用于肝癌治疗。

① 核素来源、暂存和分装

续表二 工程建设情况

本项目⁹⁰Y肝癌治疗工作场所涉及的^{99m}Tc、⁹⁰Y均根据医院患者预约情况提前订购于有资质的供应商，原始药物暂存依托于核医学科的储源室，不另设储源室。1号DSA机房污洗间设1个储源柜，仅作为已在核医学科质控后的放射性药物临时暂存，不涉及原始放射性药物的暂存。另设1个废物暂存柜，用于介入治疗过程产生的放射性固废贮存衰变。

②药物摄取方式

⁹⁰Y肝癌治疗主要是在DSA设备介入透视条件下通过动脉注射摄取药物。

2、设备组成

本项目⁹⁰Y肝癌治疗工作场所依托1号DSA机房现有设备，型号为Allura Xper FD20，最大管电压为125kV，最大管电流为1250mA。DSA射线装置主要由影像探测器、X线管头、显示器、导管床、介入床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成，本项目DSA设备外观图详见下图。



图 2-13 DSA 设备外观图

3、⁹⁰Y 树脂微球治疗原理

⁹⁰Y 树脂微球是一款针对肝脏恶性肿瘤的靶向放射治疗产品，由含有钇的生物相容性树脂微球组成，直径为 20-60 μm ，密度约为 1.6g/cm³，比重 1.6（血液 1.097）。该产品被广泛应用于肝癌的选择性体内放射治疗（SIRT）中，即在肝脏病灶处，通过靶向的大剂量高能量 β 辐射起到杀死癌症细胞的目的，同时不伤害健康肝脏组织。被广泛用于手术治疗不可切除的肝癌，包括结直肠癌肝脏转移癌症、原发性肝癌、胆管癌、神经内分泌细胞瘤、乳腺癌肝脏转移癌症等。

续表二 工程建设情况

4、⁹⁰Y 树脂微球治疗流程及产污环节

⁹⁰Y以介入式注射治疗形式进行。产品通过导管经由肝总动脉、右肝动脉或左肝动脉注射引导到肝脏肿瘤中，在输送到肝动脉后，微球被选择性地输送并停留在肿瘤的微血管中，发挥局部放射疗效。操作过程主要包括：^{99m}Tc-MAA（^{99m}Tc标记的亚锡聚合白蛋白）肝动脉内注射、核医学扫描（SPECT/CT）、⁹⁰Y树脂微球剂量准备、⁹⁰Y树脂微球肝内介入注射等环节，一般流程见图2-14。

单个病人在开展⁹⁰Y介入治疗过程分为两个阶段：

（1）第一阶段：^{99m}Tc放射性药物的前期检验

为保证⁹⁰Y树脂微球的治疗效果，第一阶段在治疗前7~14天内需对患者进行^{99m}Tc的放射性药物试验，在介入注射条件下注射^{99m}Tc-MAA以模拟⁹⁰Y树脂微球在体内的分布，确保患者病灶处能够将⁹⁰Y树脂微球有效栓塞，避免患者接受无效辐射照射。

每个患者使用^{99m}Tc-MAA的活度最大为1.48E+8Bq，工作人员使用DSA完成插管，确保管末端进入患者病灶附近，同时通过DSA引导将^{99m}Tc-MAA注入到患者病灶位置处。随后将患者转运至核医学科SPECT/CT检查，以评估患者肺部分流情况、正常组织和肿瘤组织接受剂量的比例。

具体流程：

①前一天住院并填妥血管造影通知书，通知禁食6~8小时，并将两侧腹股毛发剔除干净以预防感染。

②当日送检前注射动脉输注，排空尿液。

③送1号DSA手术室作血管造影、放置导管并栓塞胃肠侧枝血管，行腹部电脑断层确定导管位置，以导管形式注入^{99m}Tc-MAA进入肝脏。

④2小时内将患者转移至核医学科接受SPECT/CT扫描。扫描完成后，患者从专用患者通道离开核医学科。

（2）第二阶段：⁹⁰Y树脂微球的输注

①通知病人进行住院进行第二阶段的⁹⁰Y树脂微球的输注。⁹⁰Y树脂微球通常在手术当天送达医院。

②入院后按照血管摄影检查流程执行术前准备。

③治疗当天，在核医学科进行⁹⁰Y树脂微球药物活度测量和抽取。

续表二 工程建设情况

④将患者送 1 号 DSA 手术室作血管造影，由介入科医师经由股动脉置入肝动脉导管，透过导管注入 ^{90}Y 树脂微球，并依血管造影检查流程执行术后调理。

⑤ ^{90}Y 树脂微球介入注射完毕的 2 小时内，在核医学科使用 SPECT/CT 扫描 ^{90}Y 与机体组织相互作用产生的韧致辐射信号，再次确认肝脏中微球的留置区域。

⑥治疗结束后病人送至专用病房进行医学留观，留观 2-6 小时后出院。

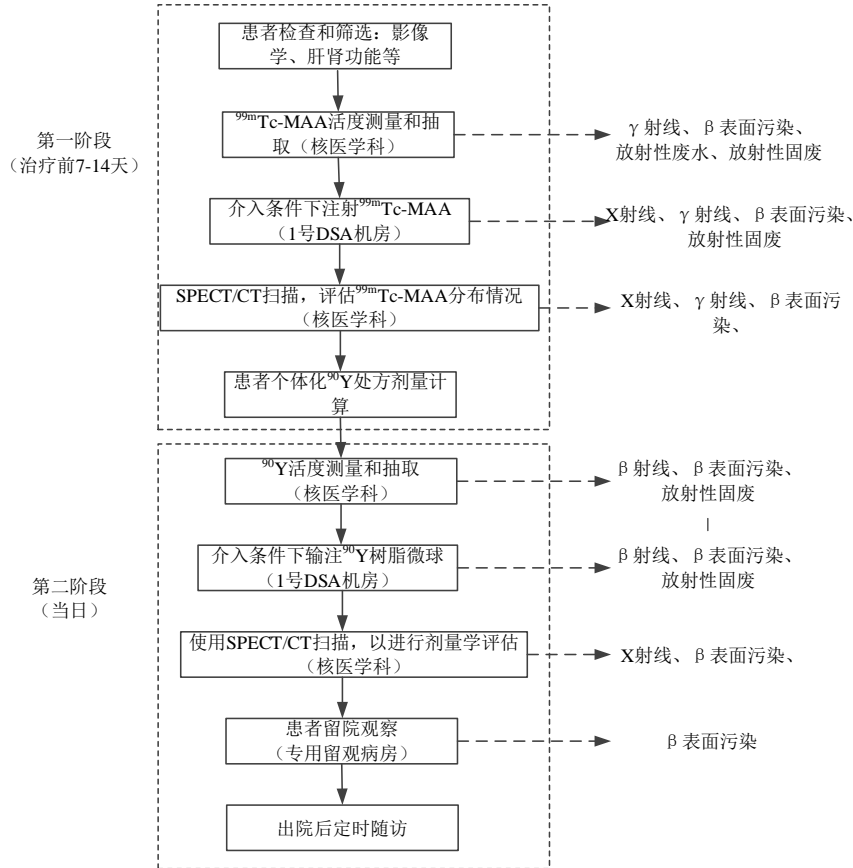


图 2-14 ^{90}Y 树脂微球治疗流程及产污环节示意图

(3) ^{90}Y 树脂微球总活度测量和抽取

经过1-2周后，满足治疗条件的患者进行 ^{90}Y 树脂微球治疗。根据患者情况确定需要的放射性药物活度，涉及 ^{90}Y 树脂操作过程包括放射性药物活度测量和抽取。

每剂 ^{90}Y 树脂微球在西林瓶中，总活度约为 $3.0\text{E}+9\text{Bq}$ ，容积约为 5mL 。一般每位患者仅需注射 $1.5\sim 2.0\text{GBq}$ 即可满足治疗需求，每位患者对应1瓶 ^{90}Y 树脂微球，剩余 ^{90}Y 树脂微球作为放射性固体废物进行处理。

测量时，先将无菌V瓶置于 16mm 有机玻璃V架上。工作人员手持内置 ^{90}Y 树脂微球西林瓶的防护罐（未打开）进行摇晃，持续时间大约 $30\text{s}/\text{例}$ 。摇匀后，迅速打开防护罐

续表二 工程建设情况

盖子，使用长柄镊子夹取含⁹⁰Y树脂微球的西林瓶放置在活度计测井内，测量⁹⁰Y树脂微球总活度进行记录。其次将带有16mm有机玻璃防护的注射器扎入西林瓶底部，快速抽压数次，使西林瓶中⁹⁰Y树脂微球混合均匀，抽取一定量的⁹⁰Y树脂微球注入V瓶，将剩余放射性药物放置在活度计测井中测量，直至抽取完成患者所需的合适的活度为止。注入结束后，拔出注射器并装好针管，将V瓶屏蔽罐的顶部塞盖好。

(4) ⁹⁰Y树脂微球的介入注射

①将测量完活度的含⁹⁰Y树脂微球的V瓶放置于注射防护盒内，连接输液管、三通旋阀、无菌水或5%右旋糖苷和造影剂等辅助材料。

②装配完成后，先手动压注射防护盒外B口注射器注入造影剂复查导管位置；其次使用B口完成另一注射器注入无菌水或5%右旋糖苷冲洗导管，避免导管中与⁹⁰Y树脂微球混合。

③通过D口脉冲注入无菌水使V瓶的微球回旋形成悬浮液，通过V瓶C口将⁹⁰Y树脂微球经连接病人体内的导管A口压入患者体内，直达病灶。

④将微球分小剂量多次注入，过程大概持续15分钟。最后，通过B口无菌水或5%右旋糖苷注入导管，避免微球滞留在导管内。完成后，将导管从病人体内取出，将注射器、导管等放置于放射性废物桶内。



图 2-15 ⁹⁰Y 树脂微球使用流程示意图

5、人流、物流路径

(1) 医护人员路径

介入医护人员更衣后先经污洗间进入 ⁹⁰Y 治疗机房，技师由北侧过道进入控制室。

续表二 工程建设情况

完成⁹⁰Y介入手术后需经⁹⁰Y治疗工作场所污洗间的监测设备检测表面污染合格，才能回到非放射工作场所。如存在手部污染的，必须及时在污洗间内的感应式洗手池清洗。本区域所有工作人员完成工作后均原路返回。

（2）患者路径

根据预约安排的手术时间（根据医院提供的资料，为了减少⁹⁰Y送药、⁹⁰Y病人流动过程中对公众造成的影响，⁹⁰Y手术安排在晚间最后1例手术），患者通过东侧过道和准备间进入⁹⁰Y治疗机房，手术完后通过东侧过道从北侧患者电梯，到达负一层，经负一层停车场过道从核医学科患者出口经患者通道进入SPECT/CT机房进行扫描检查，检查完成后从核医学科出口离开或返回专用病房，专用病房（71-73号病房）位于2号楼4楼C区。

（3）放射性药物路径

供药商按照约定时间将放射性药物送至2号楼负1层核医学科储源室内暂存，然后在注射室内的手套箱进行活度测定和抽取，后由⁹⁰Y肝癌治疗工作场所的辐射工作人员取药至⁹⁰Y治疗机房内手术。取药路径为工作人员通过2号楼地下1层核医学科过道、车库，经1号楼地下1层的楼梯，然后到达地上一层的⁹⁰Y治疗机房。考虑到实际手术时间有可能做出临时性的微调，⁹⁰Y治疗机房污洗间设有1个储源柜用于核医学科送过来的放射性药物临时暂存，双人双锁管理。

（4）污物路径

①放射性固废：⁹⁰Y治疗机房内设2个脚踏式铅桶，污洗间设1个废物暂存柜，手术结束后产生的放射性固废经分类收集后转废物暂存柜进行暂存，衰变至符合清洁解控水平后，选择在无病人时段，将废物运输至医院医疗废物库集中收集后按照普通医疗废物处置，定期委托有资质的单位处理处置。

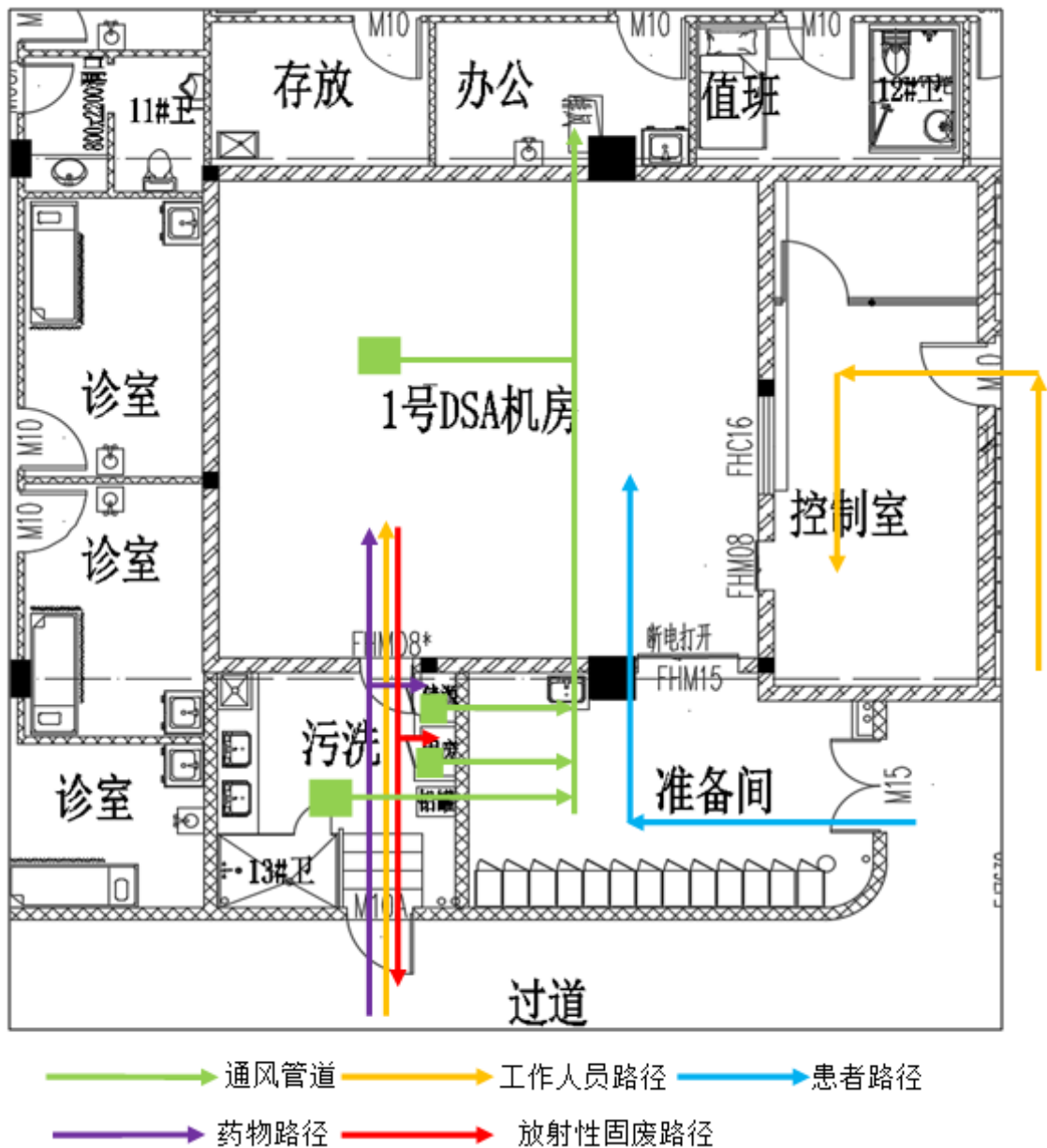
②放射性废水：⁹⁰Y肝癌治疗过程中产生的放射性废水主要为患者住院期间产生的排泄废水和手术后人员受到污染产生应急去污废水。根据《钇-90树脂微球使用过程辐射安全风险研究报告》，患者排泄废水放射性核素浓度低于豁免活度浓度为 $1.0E+6\text{Bq/L}$ 。故⁹⁰Y治疗患者产生的放射性废液按豁免处理。去污产生的应急废水应采用专用的容器收集贮存衰变。

③废气：⁹⁰Y治疗过程中DSA机房与污洗间的放射性废气与DSA开机过程中产生

续表二 工程建设情况

的少量臭氧和氮氧化物经排风管道收集后，采用二级过滤系统吸附处理，处理后的尾气通过1号楼的屋顶高空排放，排气口高出建筑屋脊。

本项目 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所控制区相对集中，放射性物质运输通道设置合理，放射性“三废”收集路径和处理措施可行，基本满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中相关要求。因此，本项目 ^{90}Y 肝癌工作场所相关路线设计基本合理可行，具体人流、物流路径规划见下图。



表三 辐射安全与防护设施/措施

3.1 工作场所布局分区和分区管理

本项目核医学工作场所位于2号楼负1层北侧，核医学科东侧为过道，南侧为护士站及护士办公室、候诊区等区域，西侧为补风机房、医生办公室、报告室、暖通机房等区域，北侧为过道，正上方为用户服务中心、办公室及2号楼其他区域。

本项目⁹⁰Y肝癌治疗工作场所位于1号楼1层1号DSA机房，机房东侧为污洗间和过道，南侧为诊室，西侧为办公室和库房，北侧为值班室和控制室，正上方为诊室和治疗室，正下方为夹层放射科办公室。

根据两区划分原则，结合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等标准规定，本项目将核医学工作场所和⁹⁰Y肝癌治疗工作场所分为“控制区”和“监督区”，便于辐射防护管理和职业照射控制，本项目辐射工作场所两区划分情况详见表 3-1，两区划分图见图 3-1 和图 3-2。

表 3-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

场所名称	控制区	监督区
2 号楼负 1 层核医学工作场所	注射室、储源室、污物间、卫生通过间、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、PET 候诊室、SPECT 候诊室、留观室（兼抢救室）、患者通道、及核医学科配套的衰变池。	PET/CT 机房控制室、设备室、服务器、给药前候诊区、护士站、护士办公室、SPECT/CT 控制室、办公室等辅助用房及楼上、楼下等周围环境需关注的敏感区域。
⁹⁰ Y 肝癌治疗工作场所	污洗间（储源、污物间）、DSA 机房及 ⁹⁰ Y 专用病房（临时控制区）	准备间、控制室、诊室、办公室等房间及楼上、楼下等周围环境需关注的敏感区域。

3.2 屏蔽防护设施

本项目辐射工作场所屏蔽防护设计参数详见表 3-2 和表 3-3。由表 3-2 和 3-3 可知，本项目辐射工作场所屏蔽防护情况符合环评文件及相关标准要求。

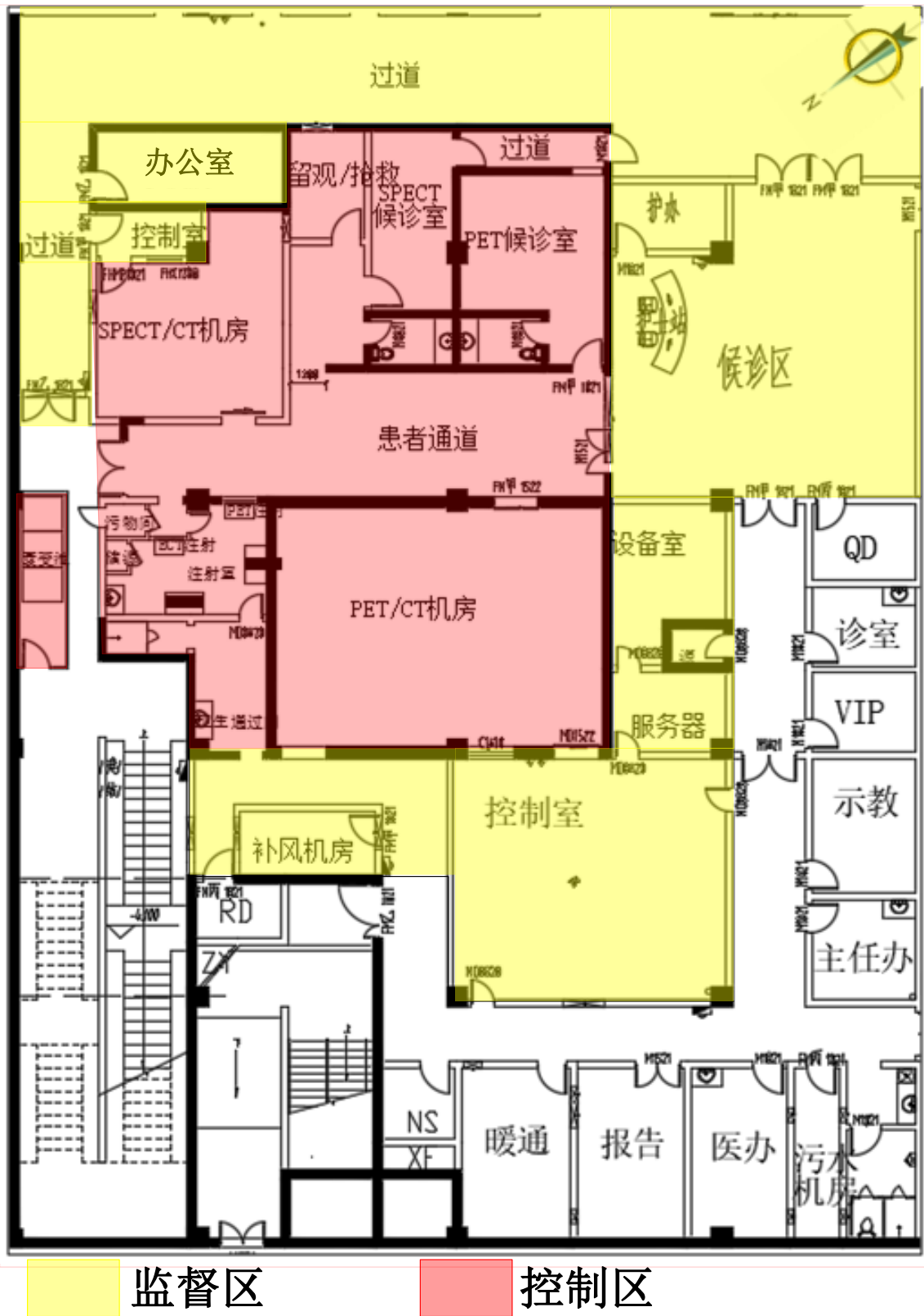
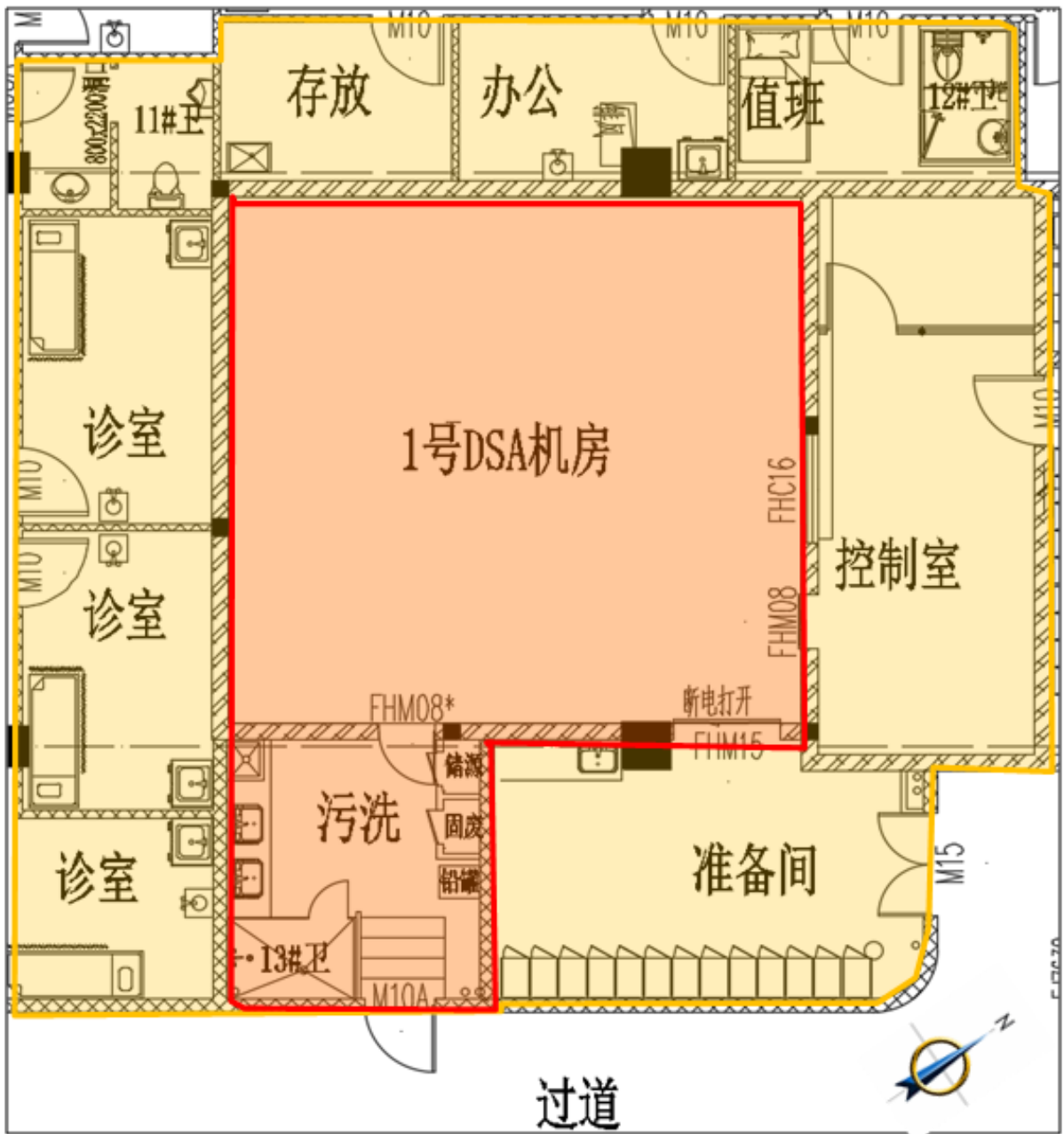


图 3-1 本项目核医学科两区划分图



控制区 监督区

图 3-2 本项目 ^{90}Y 治疗工作场所两区划分图

续表三 表三 辐射安全与防护设施/措施

表 3-2 本项目核医学工作场所屏蔽防护屏蔽设计及落实情况一览表

工作场所	屏蔽体	环评阶段	验收阶段
注射室	四侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板
	手套箱 (^{99m} Tc)	20mmPb 手套箱	20mmPb 手套箱
	手套箱 (¹⁸ F)	50mmPb 手套箱	50mmPb 手套箱
	注射窗 (^{99m} Tc)	5 mmPb 铅玻璃	5 mmPb 铅玻璃
	注射窗 (¹⁸ F)	50mmPb 铅玻璃	50mmPb 铅玻璃
污物间	北侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	东、西、南侧墙体	12cm 实心砖墙+ 4cm 硫酸钡防护涂料	12cm 实心砖墙+ 4cm 硫酸钡防护涂料
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 4mm 铅板	内衬 4mm 铅板
	铅衰变柜	40mmPb	40mmPb
储源室	北侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	东、西、南侧墙体	12cm 实心砖墙 +4cm 硫酸钡防护涂料	12cm 实心砖墙 +4cm 硫酸钡防护涂料
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 4mm 铅板	内衬 4mm 铅板
	保险柜	30 mmPb	30 mmPb
PET/CT 机房	东、南、北侧墙体	35cm 混凝土	35cm 混凝土
	西侧墙体	40cm 混凝土	40cm 混凝土
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 5.5mm 铅板	内衬 5.5mm 铅板
	观察窗	5.5mm 铅当量铅玻璃	5.5mm 铅当量铅玻璃
SPECT/CT 机房	西、南、部分东侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	北侧、部分东侧墙体	37cm 厚实心砖 +2cm 硫酸钡防护涂料	37cm 厚实心砖 +2cm 硫酸钡防护涂料
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板
	观察窗	5mmPb 铅玻璃	5mmPb 铅玻璃
PET 候诊室	四侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板
SPECT 候诊室	东、南、西侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	北侧墙体	37cm 厚实心砖 +2cm 硫酸钡防护涂料	37cm 厚实心砖 +2cm 硫酸钡防护涂料
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板

续表三 表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-2 本项目核医学工作场所屏蔽防护屏蔽设计及落实情况一览表

工作场所	屏蔽体	环评阶段	验收阶段
专用卫生间	四侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 5mm 铅板	内衬 5mm 铅板
留观室	东、北侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	西、南侧墙体	37cm 厚实心砖 +2cm 硫酸钡防护涂料	37cm 厚实心砖 +2cm 硫酸钡防护涂料
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板	内衬 10mm 铅板
患者通道	四侧墙体	25cm 混凝土	25cm 混凝土
	顶棚	27cm 混凝土	27cm 混凝土
	防护门	内衬 5.5mm 铅板	内衬 5.5mm 铅板

表 3-3 本项目 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所屏蔽防护屏蔽情况一览表

工作场所	屏蔽体	环评阶段	验收阶段
DSA 机房	四侧墙体	360mm 实心砖墙	360mm 实心砖墙
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mm 铅当量铅玻璃
	防护门	内衬 3mm 铅板	内衬 3mm 铅板
	顶棚	130mm 混凝土+2mm 铅板	130mm 混凝土+2mm 铅板
	地面	330mm 混凝土	330mm 混凝土
污洗间	四侧墙体	360mm 实心砖墙	360mm 实心砖墙
	顶棚	130mm 混凝土+2mm 铅板	130mm 混凝土+2mm 铅板
	地面	330mm 混凝土	330mm 混凝土
	防护门	内衬 3mm 铅板	内衬 3mm 铅板
	储源柜	4mm 铅板	4mm 铅板
	废物暂存柜	4mm 铅板	4mm 铅板

3.3 辐射安全与防护措施

本项目环评文件中辐射安全与防护措施落实情况见表 3-4 和表 3-5。由表 3-4 和表 3-5 可见，项目基本落实了环评文件中提出的要求。

表 3-4 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（核医学科工作场所）

环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>一、场所综合管理措施</p> <p>(1) 核医学科控制区的入口处和各功能房间的防护门外均已设置电离辐射警告标志，新增 SPECT/CT 机房防护门拟设置电离辐射警告标志，警示人员注意安全。</p> <p>(2) PET/CT 机房的受检者防护门采用电动推拉门，并已设置自动闭门装置和防夹装置，SPECT/CT 机房的受检者防护门拟采用电动推拉</p>	<p>已落实。</p> <p>(1) 核医学科控制区的入口处和 PET/CT 机房、候诊室、储源室、污物间、留观室、注射窗口等各功能房间的防护门外均已设置电离辐射警告标志。新增 SPECT/CT 机房及控制室、SPECT 候诊室（含专用卫生间）、储源室、污物间、留观室、注射窗口等各功能房间的防护门外均已设置电离辐射警告标志，警示人员注意安全。</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-4 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>门，并拟设置自动闭门装置和防夹装置，机房外门框上方设有醒目的工作状态指示灯，并与防护门有效联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。</p> <p>（3）SPECT/CT 机房在控制台上、机房内、治疗床上拟安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮，PET/CT 机房在控制台上、机房内、治疗床上已安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮；一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮即可令 PET/CT、SPECT/CT 停止运行。PET/CT、SPECT/CT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。</p> <p>（4）控制区内各功能房间及患者廊道已设置视频监控系统，SPECT/CT 机房拟设置视频监控系统，实现场所治安防控“全覆盖、无死角”，便于观察受检者的情况、核医学工作场所进出口情况。PET/CT 机房和控制室之间已安装观察窗和对讲装置，SPECT/CT 机房和控制室之间拟安装观察窗和对讲装置，便于工作人员通过对讲装置于机房内受检者联系。</p> <p>（5）区域控制区的入口和出口已设置单向门禁系统，并在相应位置设有明确的患者/受检者导向标识或导向提示。实行“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线，加强对控制区内带药患者的管理，并防止无关人员入内。告知检查完成后病人离开路线，防止其对其他公众造成不必要照射。</p> <p>（6）区域控制区入口处拟张贴人流、物流路线图，明确标出医生、患者等路径走向，做好场所分区管理工作。</p> <p>（7）注射室的出口已设置工作人员卫生通过间，内设洗手池、淋浴间等，并配有表面污染检测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染检测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。</p> <p>（8）核医学工作场所的上水拟配备洗消处理设备（包括洗消液），控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等均拟采用全自动感应式水龙头，受检者专用卫生间的便池拟采用感应</p>	<p>（2）PET/CT 机房前期已设置闭门装置和防夹装置，并于 2019 年 2 月完成了竣工环境保护验收，本次验收时正常运行。SPECT/CT 机房的受检者防护门均采用电动推拉门，设置自动闭门装置和防夹装置，SPECT/CT 机房防护门外上方设有显示“射线有害，灯亮勿入”的工作状态指示灯，并与防护门有效联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。</p> <p>（3）PET/CT 机房在控制台上、机房内、治疗床上前期已设置了紧急停机按钮，并于 2019 年 2 月完成了竣工环境保护验收，本次验收时正常运行。SPECT/CT 机房在控制台上、机房内、治疗床上均安装有紧急停机按钮，一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急停机按钮，即可令 SPECT/CT 停止运行。SPECT/CT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。</p> <p>（4）PET/CT 机房、候诊室、储源室、污物间、留观室、注射窗口等各功能房间及患者廊道前期已设置了视频监控系统，PET/CT 机房设置观察窗和对讲装置，并于 2019 年 2 月完成了自主验收，本次验收时正常运行。控制区内 SPECT/CT、SPECT 候诊室（含专用卫生间）、储源室、污物间、留观室、注射窗口等各功能房间及患者通道均已设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、SPECT/CT 工作场所进出口情况。SPECT/CT 机房与控制室之间均已安装观察窗和对讲装置，以便于工作人员通过对讲装置于机房内受检者联系。</p> <p>（5）核医学工作场所控制区的入口和出口已设置单向门禁系统，并在地面上设有明确的患者/受检者导向标识或导向提示。实行“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线，加强对控制区内带药患者的管理，并防止无关人员入内。告知检查完成后病人离开路线，防止其对其他公众造成不必要照射。</p> <p>（6）在核医学工作场所的控制区入口处，医院张贴了详细的人流和物流路线图，清晰的标明了医生和患者的路径走向，并对场所进行了细致的分区管理工作。</p> <p>（7）注射室的出口已设置工作人员卫生通过间，内设洗手池、淋浴间等，并配有表面污染检测仪</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-4 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>式节水座便马桶，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。</p> <p>（9）给药后候诊室和留观室均拟设为多人间，患者与患者之间拟设可移动铅屏风，避免患者之间辐射剂量交叉影响。</p> <p>（10）PET/CT 与 SPECT/CT 机房产生的臭氧和氮氧化物等非放射性气体，拟通过房间内的机械排风系统同非放射性 废气一并收集和处理，最终引至室外，可保证室内工作环境质量。</p>	<p>器，从控制区离开的人员和物品均严格进行表面污染检测，若表面污染水平超出控制标准，工作人员将采取相应的去污措施。</p> <p>（8）核医学工作场所的上水配备有洗消处理设备（包括洗消液），而且控制区内和卫生通过间的淋浴间、洗手盆、清洗池都使用了全自动的感应式水龙头，为了降低场所内的设备放射性污染，受检者专用卫生间的便池采用得是座便马桶。在清洗头部、眼部和面部时，均使用向上冲淋的流动水。</p> <p>（9）给药后候诊室和留观室均设为多人间，患者与患者之间设有可移动的铅屏风，可有效的避免患者之间辐射剂量交叉影响。</p> <p>（10）PET/CT 机房前期已设置有机机械排风系统，于 2019 年 2 月完成了竣工环境保护验收，本次验收时正常运行。SPECT/CT 机房产生的臭氧和氮氧化物等非放射性气体，通过房间内的机械排风系统同放射性废气一并收集和处理，最终通过 2 号楼的屋顶向高空排放，可保证室内工作环境质量。</p>
<p>二、放射性药物运输过程中的防护措施：</p> <p>本项目放射性核素均由有资质的放射性药品运输单位负责运输到医院核医学科内，放射性药品运输应满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求，确保运输安全。</p>	<p>已落实。</p> <p>公司所使用的放射性核素均由有资质的单位负责运输到厂区内。运输单位在进行放射性物料运输过程中满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求，确保运输安全。</p>
<p>三、放射性药物贮存过程中的防护措施</p> <p>（1）本项目核医学科使用的放射性药物均以符合国家相关标准要求的防护水平的铅罐包装，并暂存于储源室的保险柜内。放射性药物的放置均合理有序、易于存放，每次存取的放射性物质只限于需用的部分。</p> <p>（2）储源室应做好防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”工作，具体要求包括：a、设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网；b、设置 24 小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间为 30 天，并与科室的值班室联网；c、采用防盗门和保险柜；d、保险柜和防护门外均设置电离辐射警告标识，并实行双人双锁制度；e、配备若干干粉灭火器，库内严禁烟火。</p> <p>（3）已明确 2 名以上固定的辐射工作人员进行专人负责储源室内放射性药物的保管工作。</p>	<p>已落实。</p> <p>（1）本项目核医学科使用的放射性药物均使用 15mmPb 铅罐进行包装，暂存于储源室的保险柜内。放射性药物的放置均合理有序、易于存放，每次存取的放射性物质只限于需用的部分。</p> <p>（2）储源室已做好防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”工作，采取了的辐射安全措施包括：a、本项目储源库为储存非密封放射性物质，已设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网；b、设置了视频监控系统，并与科室的值班室联网。该系统 24 小时持续有效，且录像能保存 30 天；c、储源室采用防盗门和保险柜；d、保险柜和防护门外均设置电离辐射警告标识，并实行双人双锁制度；e、配备有干粉灭火器，储源室内明令禁止烟火。</p> <p>（3）已安排 2 名固定的辐射工作人员进行专人负责储源室内放射性药物的保管工作。</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-4 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>(4) 储源室内严禁贮存易燃、易爆、腐蚀性和其它危险物品。</p> <p>(5) 储源室已定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。</p> <p>(6) 储源室已设置机械通风设施，保证库内空气质量。</p> <p>(7) 医院已建立放射性核素的出入库登记制度，贮存、领取、使用和归还放射性药物时，应当及时进行登记、检查，做到账物相符。</p>	<p>(4) 医院严禁在储源室库内贮存易燃、易爆、腐蚀性和其它危险物品。</p> <p>(5) 辐射工作人员每月对放射性物料库进行放射防护监测。公司在控制区入口处设置了门禁，严格禁止无关人员进入。</p> <p>(6) 储源室已设置了机械通风装置，有效的保证库内空气质量处于良好的水平。</p> <p>(7) 医院建立了放射性核素的出入库登记制度，工作人员在进行放射性药物的贮存、领取、使用和归还时，都需及时进行登记、检查，做到账物相符。</p>
<p>四、放射性药物转移过程中的防护措施</p> <p>(1) 医院注射室和储源室相邻设置，缩短了放射性药物运输路径。</p> <p>(2) 医院拟配备有足够屏蔽的放射性药物转运容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时拟有适当的固定措施，便于放射性药物的运送。</p>	<p>已落实</p> <p>(1) 医院注射室和储源室相邻设置，缩短了放射性药物运输路径。</p> <p>(2) 医院配备有 30mmPb 的放射性药物转运盒，转运盒表面张贴有电离辐射标志，转运盒在运送时有适当的固定措施，便于放射性药物的运送。</p>
<p>五、放射性药物操作过程中的防护措施</p> <p>(1) 除注射给药外，其余涉及放射性药物的所有操作均在手套箱内进行，手套箱操作台面要求平整光滑、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都必须在铺衬有吸水纸的搪瓷盘内进行。手套箱底部拟设有脚踏式铅桶，用于暂时收集放射性废物。</p> <p>(2) 本项目核医学科核素操作人员进入控制区均穿戴好铅衣等个人防护用品，核素操作时有相应的防护措施。如 ^{18}F-药物转运时有 30mmPb 转运铅盒与 10mmPb 铅防护套的防护，注射时有 50mmPb 铅玻璃与 10mm 铅防护套的防护等防护措施。</p> <p>(3) 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如工作服、手套与工作鞋表面 β 放射性物质大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 或手部、皮肤、内衣与工作袜表面 β 放射性物质大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$，应采取相应去污措施。</p> <p>(4) 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝表面 β 放射性物质大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的物品被带出控制区。</p> <p>(5) 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，容器外有电离辐射警示标志，容器在运输时应有适当的固定措施。</p>	<p>已落实</p> <p>(1) 除给病人注射给药外，其余放射性药物的暂存、分装、使用等操作均在相应手套箱内进行，手套箱操作台面平整光滑、易于清洗去污。并且，放射性药物的暂存、分装、使用等操作均在铺衬有吸水纸的搪瓷盘内进行。手套箱底部设有脚踏式铅桶，用于暂时收集放射性废物使用。</p> <p>(2) 本项目核医学科操作放射性核素的工作人员，进入控制区进行核素操作时均穿戴好铅衣、铅帽等个人防护用品。如 ^{18}F 药物转运时有 30mmPb 转运铅盒与 10mmPb 铅防护套的防护，注射时有 50mmPb 铅玻璃与 10mm 铅防护套的防护等防护措施。</p> <p>(3) 本项目核医学科操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测操作，若工作服、手套与工作鞋表面 β 放射性物质大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 或手部、皮肤、内衣与工作袜表面 β 放射性物质大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$，则采取相应去污措施，比如使用去污剂等进行去污操作。</p> <p>(4) 从控制区取出物品时，辐射工作人员对其物品进行表面污染检测，以确保不会将表面 β 放射性物质大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的物品被带出控制区。</p> <p>(5) 贮存和运输放射性物质时，辐射工作人员使用容器外表面张贴有电离辐射警示标志的专门容</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-4 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>(6) 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。</p> <p>(7) 当发生放射性物质溢出、洒漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，合理选择使用移动铅屏风、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、屏蔽运输容器、放射性废物桶等辅助用品与一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、去污剂、小刷子、一次性毛巾或吸水纸、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带等应急去污用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。</p>	<p>器，容器在运输时应有适当的固定措施，比如在运输时使用的铅转移盒有 30mmPb 屏蔽措施。</p> <p>(6) 所有放射性物质不再使用时，辐射工作人员立即送回原地安全储存。</p> <p>(7) 医院制定有《放射事故应急预案》，当发生放射性物质溢出、洒漏事故时，辐射工作人员根据制定的放射事故处置应急预案，合理选择使用移动铅屏风、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、屏蔽运输容器、放射性废物桶等辅助用品与一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、去污剂、小刷子、一次性毛巾或吸水纸、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带等应急去污用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，辐射工作人员迅速进行去污操作并给予医学处理。</p>
<p>六、对服药和注射后患者的防护措施</p> <p>本项目核医学工作场所患者均不需要住院，给药扫描短暂观察后即可直接出院。实行患者与陪护人员及其他公众的隔离管理，隔离期间禁止患者随意流动，并使用患者专用厕所，在观察结束后按指定线路离开核医学科。</p>	<p>已落实</p> <p>经调查本项目核医学工作场所的患者在给药扫描短暂观察 30min 后即可直接出院，均不需要住院。核医学科采取了对患者、陪护人员和其他公众的隔离管理措施。在隔离期间，患者不能随意走动，并且隔离场所有患者专用厕所，同时，在观察结束后，患者需要按照指定的路线离开核医学科。</p>
<p>七、表面污染控制措施</p> <p>为保证非密封源工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的标准，本次评价提出以下管理措施和要求：</p> <p>(1) 放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；</p> <p>(2) 操作放射性药物时，须在有负压的手套箱内进行，防止放射性物质飞散；</p> <p>(3) 放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品；</p> <p>(4) 操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足 GB 18871-2002 中规定的标准值。</p>	<p>已落实</p> <p>为保证非密封源工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的标准，核医学工作场所采取了以下辐射安全措施：</p> <p>(1) 放射性药物设有良好的外包装，在送到医院后及时贮存在储源室内的保险柜中；</p> <p>(2) 核医学工作场所设有负压的手套箱，放射性药物的活度测量、抽取以及分装等操作，均在手套箱内进行；</p> <p>(3) 医院定期安排放射性药物操作人员进行专业的知识培训，提高放射性药物操作人员的技能和辐射防护知识。医院为每名放射性药物操作人员均配备了个人剂量计、个人剂量报警仪、铅衣等防护用品；</p> <p>(4) 操作台、地面采用了易于清污的自流平。辐射工作人员每次操作完成后，使用表面污染监测仪对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测。同时医院配备了放射性表面污染去污用品</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-4 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
/	和试剂进行去污，确保工作场所控制区和监督区表面污染控制水平满足《电离辐射防护源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的限值要求。
<p>八、内照射防护措施</p> <p>操作非密封放射性药物时，液体洒落、挥发泄漏造成地面、工作台面、操作人员衣服、手套和空气等污染，污染的表面一方面成为外照射的辐射源，一方面通过皮肤渗透、呼吸、进食使放射性物质进入体内形成内照射。为降低内照射对工作场所内辐射工作人员的影响，本次评价要求：</p> <p>（1）放射性药物暂存、分装、使用均在手套箱中进行，手套箱通风速率不低于 0.5m/s。废气末端处理设有二级过滤装置，可以有效降低工作场所空气中的放射性物质浓度。</p> <p>（2）严格规范辐射工作人员工作和生活习惯，禁止在核医学科场所饮食饮水、化妆等。</p> <p>（3）辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，尽量避免放射性药物撒漏，并经常用湿法清洁台面、地面及设备表面。</p> <p>（4）严格遵守个人卫生制度和操作规程，穿戴个人防护用品，如工作服、手套、口罩、帽子、防护眼镜等，防止放射性核素沾染手和体表。</p> <p>（5）工作人员在卫生通过间进行必要的表面污染监测和污染洗消后方可离开核医学科。</p>	<p>已落实</p> <p>在操作人员操作非密封放射性药物时，液体会洒落、挥发泄漏造成地面、工作台面、操作人员衣服、手套和空气等污染，污染的表面一方面成为外照射的辐射源，一方面会通过皮肤渗透、呼吸、进食使放射性物质进入体内形成内照射。为降低内照射对工作场所内辐射工作人员的影响，医院采取了以下辐射安全措施：</p> <p>（1）本项目放射性药物的分装均在手套箱中进行，手套箱设有专用的排风装置，通风速率不低于 0.5m/s。排风处理管道末端处理设有高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施，可以有效降低工作场所空气中的放射性物质浓度。</p> <p>（2）医院严格规范辐射工作人员工作和生活习惯，核医学工作场所内严格禁止进食、饮水、吸烟、化妆等。</p> <p>（3）医院安排辐射工作人员定期进行培训辐射防护相关知识。辐射工作人员严格按照操作规程进行作业，有效的避免了放射性物料的撒漏，并每天在工作结束后对清洁台面、地面及设备等的表面进行清洗。</p> <p>（4）辐射工作人员严格遵守个人卫生制度和操作规程，穿戴好个人防护用品，有效的防止了放射性核素沾染手和体表。</p> <p>（5）辐射工作人员在离开核医学科严格按照规章制度在卫生通过间进行表面污染监测和污染洗消后，表污监测达标后方可离开核医学科工作场所。</p>
<p>九、人员防护措施</p> <p>（1）辐射工作人员的防护</p> <p>在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。</p> <p>①屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的有害辐射；为核素操作人员配备铅防护手套、铅橡胶围裙等个人防护用品，注射器配备注射防护套。</p> <p>②时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减</p>	<p>已落实</p> <p>（1）辐射工作人员的防护</p> <p>在实际工作中，医院为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，主要采取以下屏蔽防护、时间防护和距离防护措施：</p> <p>①屏蔽防护：医院将非密闭性放射性药物放置在核医学科内的储源室内，场所防护水平为 30mmPb，可通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的有害辐射；同时为核素操作人员配备了铅衣、铅防护手套、铅橡胶围裙等个人防护用品，注射器配</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-4 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>少扫描时间，使照射时间最小化。</p> <p>③距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。④本项目核医学科所有辐射工作人员均应配备个人剂量计并定期送检，开展职业健康监护并建立个人职业健康监护档案。</p> <p>（2）受检者的防护为减少受检者的照射剂量，主要采取屏蔽防护、时间防护和距离防护措施。</p> <p>①屏蔽防护：PET/CT 机房内已为受检者配备个人防护用品，SPECT/CT 机房内拟为受检者配备个人防护用品，如铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等。候诊室设置移动铅屏风，减少患者之间的相互照射。</p> <p>②时间防护：在满足检查要求的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。核医学科改扩建后，以时间管理的方式错开受检病人，即规定在前一位病人注射后抵达注射后等候室后，后一位病人方可进入控制区域，使前后两名患者不存在路径交叉（主要是患者过道区域）。</p> <p>③距离防护：尽可能增加受检者与射线源的距离，减少受检者的受照剂量。</p> <p>（3）其他人员防护</p> <p>①屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。</p> <p>②时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。</p> <p>③距离防护：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。</p>	<p>备注射防护套等。</p> <p>②时间防护：医护人员在满足工作质量的前提下，尽量缩短给病人的扫描时间，使照射时间最小化。③距离防护：医护人员在不影响工作质量的前提下，尽可能与辐射源保持较大的距离，使距离最大化。④医院为本项目核医学科每名辐射工作人员均配备了个人剂量计并定期委托浙江省疾病预防控制中心每季度进行一次个人剂量监测，建立了个人剂量档案；同时本项目每名辐射工作均在杭州市职业病防治院进行了职业健康体检，并建立个人职业健康监护档案。</p> <p>（2）受检者的防护</p> <p>为减少患者的照射剂量，主要采取以下屏蔽防护、时间防护和距离防护措施：</p> <p>①屏蔽防护：PET/CT 机房内前期已为受检者配备了相应的个人防护用品，如铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等。SPECT/CT 机房内均已为受检者配备铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等个人防护用品。SPECT/CT 候诊室内设置有移动铅屏风，可有效的减少患者之间的相互照射。②时间防护：医护人员在保证满足检查要求的前提下，尽量减少患者的扫描时间，使照射时间最小化。同时，现阶段的核医学科，以时间管理的方式错开受检患者，即规定在前一位患者注射后抵达等候室后，后一位病人才可进入核医学控制区域，这样可使前后两名患者不存在路径交叉（主要是患者过道区域）。③距离防护：医护人员会在保证检查质量的前提下，尽可能扩大受检者与射线源的距离，尽可能的减少患者的受照剂量。</p> <p>（3）其他人员防护</p> <p>①屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他公众成员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护，SPECT/CT 机房防护门设置有内衬 5mm 铅板作为屏蔽措施，西、南、部分东侧墙体设置有 25cm 混凝土作为实体屏蔽等防护措施。②时间防护：核医学工作场所设置有明显的警示措施，以便提示其他公众成员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。③距离防护：核医学工作场所已按照求设置必要的防护、隔</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-4 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
/	离、警示措施，如按照求设置工作场所的实体屏蔽措施，将患者隔离在工作场所内不允许随意走动，张贴有电离辐射警示标志，以提醒公众成员增大与辐射场所之间的防护距离。

表 3-5 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所）

环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>一、放射性药物转移过程安全措施</p> <p>(1) 本项目 ⁹⁰Y 肝癌治疗所需的 ⁹⁰Y 和 ^{99m}Tc 药物依托于 2 号楼负 1 层核医学科的手套箱内活度测量和抽取后，取药后置于剂量瓶中，该剂量瓶通过一层 6mm 厚有机玻璃进行屏蔽防护，在该屏蔽之外，有另一有机玻璃转运筒（厚度约 18mm）和 15mmPb 防护铅罐进行进一步屏蔽和防护。^{99m}Tc 药物活度测量和抽取后置入西林瓶中，采用 4mmPb 防护铅罐进行屏蔽和防护。</p> <p>(2) 晚上 ⁹⁰Y 手术前，由辐射工作人员将该部分放射性药物从 2 号楼负 1 层核医学科送入 1 号楼 1 层的 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所的污洗间的储源柜后妥善储存备用，防止意外撒漏。</p>	<p>已落实。</p> <p>(1) 本项目 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所所需的 ⁹⁰Y 和 ^{99m}Tc 药物，于 2 号楼负 1 层核医学科的手套箱内进行活度测量和抽取后，取所需剂量的药物置于一层 6mm 厚有机玻璃进行屏蔽防护剂量瓶中，装在另一厚度约 18mm 有机玻璃转运筒和 15mmPb 防护铅罐进行进一步屏蔽和防护。^{99m}Tc 药物活度测量和抽取后置入西林瓶中，采用 4mmPb 防护铅罐进行屏蔽和防护。</p> <p>(2) 晚上做 ⁹⁰Y 手术前，辐射工作人员会从 2 号楼负 1 层核医学科取所需的放射性药物，送入 1 号楼 1 层的 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所的污洗间的储源柜后妥善储存备用，防止意外撒漏。</p>
<p>二、⁹⁰Y 树脂微球操作管理要求</p> <p>(1) ⁹⁰Y 树脂微球抽取、活度测量应按照辐射工作场所的级别在手套箱等密闭设备中进行操作，设备应有适当屏蔽。</p> <p>(2) ⁹⁰Y 树脂微球介入治疗过程中应用采取措施（比如用吸水纸等覆盖宜洒落药品的所有区域），避免药品洒落区域污染。在手术之前，建议辐射工作人员应在可能存在放射性污染的地面粘贴一次性铺巾，通常是手术台和放置 ⁹⁰Y 微球推车之间的地板。导管的接头下方需放置双层铺巾，以防止术中发生放射性污染。</p> <p>(3) 普通导管用于动脉造影，而 ⁹⁰Y 微导管是治疗性导管，一旦完成 ⁹⁰Y 微球注射，不可进行重复使用，以避免发生放射性污染。</p> <p>(4) 介入注射完 ⁹⁰Y 树脂微球后，应及时使用辐射监测仪监测，确定导管接口处无残余放射性后方可将微导管从普通导管中移出，经包裹处理后放入带屏蔽的固体放射性废物桶内。</p> <p>(5) ⁹⁰Y 树脂微球介入治疗场所应配备表面污染监测仪，每次手术结束后对手术床工作台面、工作椅、地面等区域进行表面污染监测，确保辐射工作场所的表面污染水平低于控制标准；如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。</p>	<p>已落实。</p> <p>(1) 本项目放射性物料的分装均在手套箱中进行，手套箱设有专用的排风装置，通风速率不低于 0.5m/s。排风处理管道末端处理设有高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施，可以有效降低工作场所空气中的放射性物质浓度。</p> <p>(2) ⁹⁰Y 树脂微球介入治疗过程中会用吸水纸等覆盖宜洒落药品的所有区域，避免药品洒落区域污染。在手术之前，辐射工作人员会在手术台和放置 ⁹⁰Y 微球推车之间的地面粘贴一次性铺巾，导管的接头下方会放置双层铺巾，以防止术中发生放射性污染。</p> <p>(3) 普通导管主要用于动脉造影检查，而 ⁹⁰Y 微导管则是用于治疗的，一旦 ⁹⁰Y 微球注射完成，就不能进行重复使用，以防止放射性污染的发生。</p> <p>(4) 介入注射完 ⁹⁰Y 树脂微球后，辐射工作人员使用辐射监测仪进行监测，确保导管接口处无残留放射性后，才能将微导管从普通导管中移出，经包裹处理后放入带屏蔽的固体放射性废物桶内。</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-5 环评文件辐射安全与防护措施要求及落实情况表（ ⁹⁰ Y 肝癌治疗场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>(6) 如 ⁹⁰Y 树脂微球洒落而发生污染，应封闭工作场所，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所去污和人员应急处理。</p>	<p>(5) 医院为 ⁹⁰Y 树脂微球介入治疗场所配备了表面污染监测仪，每次手术结束后辐射工作人员会对手术床工作台面、工作椅、地面等区域进行表面污染监测，确保辐射工作场所的表面污染水平低于控制标准，若监测到表面污染水平超出控制标准，辐射工作人员将采取相应的去污措施。</p> <p>(6) 如果遇到 ⁹⁰Y 树脂微球洒落而发生放射性污染，辐射工作人员将封闭工作场所，控制人员的走动，以防止放射性污染扩散，并进行场所去污和人员应急处理。</p>
<p>三、患者管理</p> <p>(1) 患者在接受树脂微球输注后，需要平躺 2-6 小时止血，并观察是否有术后不良反应，严格按照术后留观制度执行。</p> <p>(2) 接受 ⁹⁰Y 树脂微球放射性治疗后需要住院的病人，住院场所建议与常规住院病人分开。患者住院后，应在限定区域活动。</p> <p>(3) 医护人员宜通过视频及对讲进行查房等医疗活动，必须进入专用病房对患者进行救治时，应穿戴个人防护用品。</p> <p>(4) ⁹⁰Y 为纯 β 核素，由患者对监护人员造成的辐射危害是微小的，因为放射穿透力在很大程度上将限制在患者身体内。但仍应遵守以下预防措施：如果需要更换植入部位/伤口的敷料，护理人员应佩戴手套。将使用过的敷料和手套放在固体废弃物袋子中，统一收集处理。</p> <p>(5) 为了提示患者是有潜在放射性危害的，应当在床头放置一个写有放射性危害的标牌并且患者应当佩带一条具有电离辐射危害标志的身份腕带以示放射危险。</p> <p>(6) 本项目拟于 2 号楼 4 层 C 区设置 1 间 ⁹⁰Y 治疗专用病房（兼留观），属于叁人间，拟设物理隔断，避免患者之间剂量交叉，⁹⁰Y 病人回到专用病房时，专用病房划为临时控制区，禁止其他无关人员进入；该 ⁹⁰Y 病房周围及相邻楼层（含楼上和楼下）主要为标准病房，不涉及产科和儿科病房，在做好辐射安全管理的基础上，对周围公众影响较小。</p>	<p>已落实。</p> <p>(1) 对于接受了树脂微球输注的病人，他们需要在医院里平躺 2-6 小时以止血，并密切观察是否存在术后的不良反应，同时严格遵循术后留观的规定。</p> <p>(2) 医院为接受 ⁹⁰Y 树脂微球放射性治疗后需要住院的病人设置了 1 间 ⁹⁰Y 治疗专用病房（兼留观），该场所与常规住院病人分开。医院规定接受 ⁹⁰Y 治疗后的患者住院后，只能在限定区域内活动。</p> <p>(3) 医护人员通过视频及对讲进行查房等医疗活动，当医护人员必须进入专用病房对患者进行救治时，穿戴铅衣、铅围裙等个人防护用品才能进入。</p> <p>(4) 虽然 ⁹⁰Y 是一种纯 β 核素，放射穿透力在很大程度上限制在患者身体内，由患者对监护人员造成的辐射危害是相对较小。为防止不必要的照射，护理人员仍需遵守以下预防措施：如果需要更换植入部位/伤口的敷料，护理人员需要佩戴手套，并且将使用过的敷料和手套放在固体废弃物袋子中，统一进行收集处理，不能随意丢弃。</p> <p>(5) 医院为了提示患者是有潜在放射性危害的，当在患者床头放置了一个写有放射性危害的标牌，并且为患者佩带一条具有电离辐射危害标志的身份标识腕带，以告知公众成员改名患者存在放射性危险。</p> <p>(6) 本项目在 2 号楼 4 层 C 区设置了 1 间 ⁹⁰Y 治疗专用病房（兼留观），属于 3 人间，并且设有物理隔断，防止患者之间剂量交叉，⁹⁰Y 病人进入到专用病房时，专用病房被划为临时的控制区，禁止其他无关人员进入该区域内；本次验收检测结果显示，该 ⁹⁰Y 病房周围及相邻楼层（含楼上和楼下）周围剂量当量率在之间 0.17~0.43μSv/h 之间，在做好辐射安全管理的基础上，对周围公众影响相对较小。</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

3.4 辐射安全管理措施

本项目环评文件中辐射安全与防护措施落实情况见表 3-6。由表 3-6 可见，项目基本落实了环评文件中提出的要求。

表 3-6 环评文件辐射安全与防护措施落实情况

环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>一、辐射安全管理机构 应发文成立辐射安全与环境保护管理机构，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，并明确相关人员及职责内容。</p>	<p>已落实。 医院成立了汤灵玲为主任的放射诊疗质量控制与安全防护管理小组，负责辐射安全与防护监督管理工作，并明确了管理小组的成员和成员各自的职责内容。</p>
<p>二、辐射工作人员辐射安全培训、健康管理 与剂量监测 本项目对拟增加新的辐射工作人员，医院应做好以下管理： ①所有新增辐射工作人员应根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）的要求参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：http://fushe.mee.gov.cn/）学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。 ②所有新增辐射工作人员应配备个人剂量计，定期送检有资质单位（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），并建立个人剂量档案。 ③所有辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案。 ④所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件上的人员信息应统一。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第四十一条规定，职业健康监护档案应长期保存。</p>	<p>已落实。 医院对本项目的辐射工作人员，做好了以下几项管理： ①本项目核医学科 6 名辐射工作人员均在生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：http://fushe.mee.gov.cn/）学习相关知识，并且经过了考核取得了合格后，持证上岗；另外 ⁹⁰Y 肝癌治疗场所 6 名辐射工作人员均参加放射工作人员放射防护培训，并通过考核，取得合格证，持证上岗。 ②医院为本项目所有辐射工作人员配备了个人剂量计，定期委托浙江省疾病预防控制中心每季度进行一次个人剂量监测，建立了个人剂量档案。 ③本项目每名辐射工作均在杭州市职业病防治院进行了职业健康体检，并建立了本项目完整的职业健康档案。 ④所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件上的人员信息均统一。同时，医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条的规定要求，建立了个人剂量档案，并承诺保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第四十一条规定要求，医院承诺将辐射工作人员的职业健康监护档案长期保存。</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-6 环评文件辐射安全与防护措施落实情况	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>三、辐射安全管理制度</p> <p>根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关规定，使用放射性同位素和射线装置的单位要建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划。</p>	<p>已落实。</p> <p>医院制定了《PET/CT 操作规程》、《CT 操作规程》、《SPECT/CT 操作规程》、《DSA 机操作规程》、《⁹⁰Y 树脂微球治疗流程》、《设备检修维护制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射性同位素使用登记制度》、《人员培训计划》、《岗位职责》、《监测方案》、《辐射事故应急预案》、《质量保证制度》、《电离辐射危害告知》、《受检者防护与告知制度》、《质量保证大纲》、《质量控制检测计划》、《放射性废物处理管理制度》和《辐射安全防护和管理制度》等相关制度，各项规章制度已张贴上墙。</p>
<p>四、辐射监测仪器</p> <p>根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。</p>	<p>已落实。</p> <p>医院根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关规定，为本项目核医学科配置了 6 台个人剂量报警仪，2 台便携式 X-γ 辐射监测仪，1 台表面污染监测仪；</p> <p>为 ⁹⁰Y 肝癌治疗场所（1#DSA）配置了 4 台个人剂量报警仪，1 台便携式 X-γ 辐射监测仪，1 台表面污染监测仪。</p>
<p>五、工作场所辐射监测</p> <p>辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，医院需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。</p>	<p>已落实。</p> <p>医院已制定《监测制度》，并定期委托有资质的单位进行辐射工作场所监测，日常内部常规检测严格按照制定的规章制度执行；医院为本项目所有辐射工作人员配备了个人剂量计，定期委托浙江省疾病预防控制中心每季度进行一次个人剂量监测，建立了个人剂量档案。</p>

3.5 放射性三废处理设施

本项目环评文件中放射性三废处理设施落实情况见表 3-7 和表 3-8。由表 3-7 和表 3-8 可见，项目落实了环评文件中提出的要求。

表 3-7 环评文件辐射安全与防护措施落实情况（核医学科工作场所）

环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>一、放射性废气治理</p> <p>本项目核医学科南侧有 1 个放射性废气专用排风井，注射室手套箱单独使用总排风量为 1000m³/h 的排风机和排风管道，注射室、储源室、污物间、PET 注射后候诊室、SPECT 注射后候诊室、留观/抢救室、PET/CT 机房、</p>	<p>已落实。</p> <p>本项目核医学工作场所的通风系统与周围非放射性场所独立设置，遵循自低放射性区域向高放射性区域的流向设计。核医学科工作场所产生的放射性废气经核医学科南侧排风井 1 号楼排风口统一排放，排风口高于屋脊。注射室</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-7 环评文件辐射安全与防护措施落实情况（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>SPECT/CT 机房等房间使用总排风量为 3000m³/h 的排风机和排风管道，废气通过南侧排风井在 1 号楼顶的排风口排放，废气排风口均高于屋脊。各排风管内保持负压，拟安装防回流装置，同时在手套箱顶壁安装活性炭，再在排风口前配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。医院应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。</p>	<p>手套箱单独使用总排风量为 1000m³/h 的排风机和排风管道，注射室、储源室、污物间、PET 注射后候诊室、SPECT 注射后候诊室、留观/抢救室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房等房间使用总排风量为 3000m³/h 的排风机和排风管道，并且手套箱顶壁安装有活性炭，在排风口前配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施，同时，本项目使用的放射性核素均为非挥发性核素，含微量核素的放射性废气经手套箱顶壁与排风口的废气处理设施处理后，其对周围环境影响较小。医院按要求定期检查通风系统过滤净化器的有效性，对失效的过滤器及时进行更换，更换周期没有超过厂家推荐的使用时间，一般是 12-18 个月需要更换一次。更换下来失效的过滤器按放射性固体废物进行收集和处理。</p>
<p>二、放射性固体废物治理</p> <p>本项目核医学科放射性固废主要为一次性注射器、针头、手套、药棉、纱布、破损杯皿、擦拭污染地面的物品及废活性炭等。本项目核医学科产生的放射性固废约 180kg/年，废滤料及废活性炭约 50kg/a，废物暂存在污物间内，达到解控标准后按普通医疗废物处理，废放射源交由城市放射性废物库收贮。</p> <p>对于放射性废物的管理，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）提出如下管理措施：</p> <p>A、应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。</p> <p>B、应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。</p> <p>C、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。废物桶内拟放置专用塑料袋直接收纳废物。</p> <p>D、含尖刺及棱角的放射性废物，拟预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。</p> <p>E、放射性废物每袋重量不超过 20kg，放射性固体废物包装外表面剂量率不超过 0.1mSv/h，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。</p> <p>F、放射性废物贮存场所拟安装通风换气装置，入口处拟设置电离辐射警告标志，拟采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。</p>	<p>已落实。</p> <p>注射室、SPECT 候诊室等处各设若干脚踏式铅桶，放射性污物间设置若干铅衰变箱。放射性废物经分类收集后转至放射性固废间进行暂存，衰变至符合清洁解控水平后，选择在无病人时段，由污物间从病人通道运出核医学科，送医院医疗废物库集中收集后按照普通医疗废物处置，然后集中送交区域废物库进行最终处置。</p> <p>对于放射性废物的管理，医院根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）制定了如下管理制度：</p> <p>A、医疗工作人员根据核医学实践中产生的废物形态，以及其中放射性核素的种类、半衰期、活性水平和理化性质等因素，按照放射性废物分类的要求，对放射性废物进行分类收集和分别处理。</p> <p>B、在处理放射性废物和解控废物时，辐射工作人员遵循废物最小化的准则，避免将两者混合使用，并减少和控制放射性废物的产生。</p> <p>C、在核医学科的工作环境中，产生的固态放射性垃圾被储存在带有屏蔽机制和电离辐射标识的特定废物容器中（比如 10mmPb 放射性废液铅罐）。在废物桶里，有一个专门的塑料袋用于直接存放废物。</p> <p>D、对于含有尖锐刺和棱角的放射性废料，医疗工作人员先进行适当的包装，然后将其放入废物桶中，以防止废物袋被刺破。</p> <p>E、每袋放射性废物的重量不得超过 20kg，同时，包装外部表面剂量率也不得超过 0.1mSv/h。一旦废物的塑料袋被装满，辐射工作人员立即</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-7 环评文件辐射安全与防护措施落实情况（核医学科工作场所）	
环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>G、废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。</p> <p>H、本项目放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。</p> <p>I、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。</p> <p>J、放射性废物封存时需在贮存容器外表面醒目处需张贴电离辐射警告标志，并注明固废的废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等信息。</p>	<p>将其密封并转移到放射性废物的临时存储区进行储存。</p> <p>F、放射性废物贮存场所安装有通风换气装置，入口处设置有电离辐射警告标志，同时该场所实施了有效的防火、防丢失和防止射线泄漏等措施。</p> <p>G、废物暂存间内没有存放易燃、易爆、腐蚀性物品。</p> <p>H、本项目产生的放射性固体废物，暂存时间超出 30 天，并且经过监测其辐射剂量率符合所处环境的本底水平，且 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可将其废物进行清洁解控，并可将其作为医疗废物进行处理。</p> <p>I、对于固体放射性废物的存储和处理，医院已安排专门的人员来负责，并建立了一个详细的废物存储和处理台账，该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相关信息。</p> <p>J、在放射性废物的封存过程中，辐射工作人员在贮存容器的外部表面张贴电离辐射警告标志，并清晰的标明固废的废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等相关信息。</p>
<p>三、放射性废水治理</p> <p>核医学科工作场所产生的放射性废水拟排入北侧衰变池。衰变池需做好以下管理工作：</p> <p>a、放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废液暂存和处理台账，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、每次排放时间、排放量、监测结果等信息并建档备查。同时，建立详细的排水计划。</p> <p>b、衰变池需设立明显的电离辐射警示标志。</p> <p>c、衰变池的池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。衰变池四周设置排水沟防止雨水灌入池体，同时衰变池应作为重点防渗区进行管理，其防渗系数需$\leq 10^{-8}\text{cm}/\text{s}$。</p>	<p>已落实。</p> <p>患者在候诊期间如厕产生的含少量放射性核素的废水、工作人员清洗废水、工作场所清洗废水等均由专用污水管道收集至核医学科配套的衰变池贮存衰变，经贮存衰变不少于 30 天后，可直接解控排入医院污水处理站进一步处理，然后纳入市政污水管网。</p> <p>衰变池需做好以下管理工作：</p> <p>a、放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废液暂存和处理台账，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、每次排放时间、排放量、监测结果等信息并建档备查。同时，建立详细的排水计划。</p> <p>b、衰变池需设立明显的电离辐射警示标志。</p> <p>c、衰变池的池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。衰变池四周设置排水沟防止雨水灌入池体，同时衰变池应作为重点防渗区进行管理，其防渗系数需$\leq 10^{-8}\text{cm}/\text{s}$。</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

表 3-8 环评文件辐射安全与防护措施落实情况（⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所）

环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>一、放射性废气治理</p> <p>本项目 DSA 机房西侧有 1 个排风井，DSA 机房、污洗间等使用总排风量为 1500m³/h 的排风机和排风管道，废气通过南侧排风井在 1 号楼顶的排风口排放，废气排风口均高于屋脊。排风管内保持负压，拟安装防回流装置，在排风口前配置活性炭吸附装置。医院应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。</p>	<p>已落实。</p> <p>⁹⁰Y 治疗过程中，DSA 机房与污洗间的放射性废气与 DSA 开机过程中产生的少量臭氧和氮氧化物，经 DSA 机房西侧排风管道收集，采用二级过滤系统吸附处理，处理后的尾气通过 1 号楼的屋顶高空排放，排气口高出建筑屋脊。排风管内部维持着负压状态，并配备了防止回流的装置。同时，医院会定期对通风系统的过滤净化器进行效能检查，并在发现过滤器失效时及时进行替换，确保更换的周期不会超出制造商建议的使用期限，一般是 12-18 个月需要更换一次。被替换的过滤器是根据放射性固体垃圾来进行收集和处理的。</p>
<p>二、放射性固体废物治理</p> <p>本项目 ⁹⁰Y 治疗工作场所产生的放射性固废约 280kg/年，每年产生废活性炭约 40kg。固废暂存在污物间废物柜内，⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所的 1#DSA 机房内拟设置 2 个脚踏式铅桶（设计容积为 10L，防护水平为 10mmPb）；污物间拟设置 1 个铅衰变箱（设计容积为 0.1m³，防护水平为 20mmPb）。</p>	<p>已落实。</p> <p>⁹⁰Y 治疗机房内设有 2 个脚踏式铅桶，污洗间设有 1 个废物暂存柜，手术结束后产生的放射性固废，经分类收集后转废物暂存柜进行暂存，衰变至符合清洁解控水平后，选择在无病人时段，将废物运输至医院医疗废物库集中收集后按照普通医疗废物处置，然后集中送交区域废物库进行最终处置。</p>
<p>三、放射性废水治理</p> <p>本项目 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所产生的放射性废水拟采用 1 个放射性废液铅罐（设计容积为 0.2m³，防护水平为 10mmPb，设有密封盖）收集后暂存于污洗间贮存衰变，经检测达标后方可排入医院污水处理站进一步处理，然后纳入市政污水管网。</p> <p>为保障放射性废液铅罐的安全使用，医院应做好以下工作：</p> <p>a、放射性废液铅罐总出水口的废水需经过有监测资质的单位监测达标（总 β≤10Bq/L）并经过监管部门核准后方可排入医院污水处理站。</p> <p>b、放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废液暂存和处理台账，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、每次排放时间、排放量、监测结果等信息并建档备查。同时，建立排水计划。</p> <p>c、放射性废液铅罐的表面及铅罐存放的清洗间均应张贴电离辐射警示标志。</p>	<p>已落实。</p> <p>本项目 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所产生的放射性废水主要为患者住院期间产生的排泄废水（不作为放射性废水管理）和手术后人员受到污染产生应急去污废水，该工作场所所产生的放射性废水采用 1 个容积为 0.2m³，防护水平为 10mmPb，设有密封盖的放射性废液铅罐进行收集暂存于污洗间贮存衰变，验收期间 ⁹⁰Y 肝癌治疗中患者和辐射工作人员均未受到放射性污染，未产生应急去污废水。为保障放射性废液铅罐的安全使用，医院制定了以下工作内容：</p> <p>a、⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所验收期间未产生应急去污废水，因此铅罐未储存放射性废水。</p> <p>b、医院 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所放射性废液的临时存储和处理由专门的人员负责，并按要求建立了一个废液暂存和处理台账。该台账应详细记录放射性废液中的核素名称、体积、废液产生的起始日期、责任人、每次的排放时间、排放量、监测结果等信息，并将这些信息存档备查。与此同时，医院制定了一个排水方案。</p> <p>c、放射性废液铅罐的表面及铅罐存放的清洗间均张贴有电离辐射警示标志。</p>

续表三 辐射安全与防护设施/措施

图 3-1~图 3-42 为辐射工作场所防护和环保措施部分落实情况图。

辐射工作场所防护和环保措施落实情况图



图 3-1 患者通道入口处



图 3-2 患者通道地面导向标识



图 3-3 患者通道入口处监控探头



图 3-4 SPECT/CT 机房内通风装置



图 3-5 SPECT/CT 检查室患者出入防护门



图 3-6 SPECT/CT 检查室患者出入防护门警戒线

续表三 辐射安全与防护设施/措施



图 3-7 SPECT/CT 机

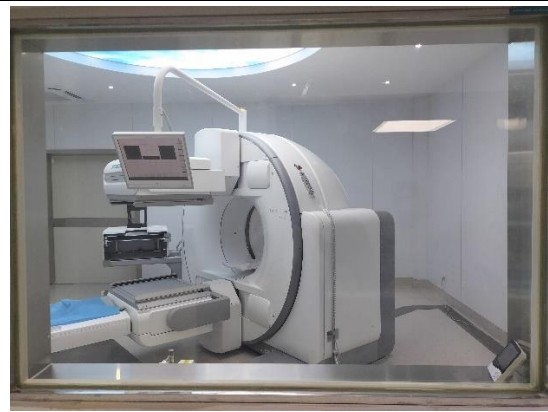


图 3-8 SPECT/CT 操作室内观察窗



图 3-9 SPECT/CT 操作室内控制台



图 3-10 SPECT/CT 机房医护人员出入口



图 3-11 储源库（含电离辐射警告标志）



图 3-12 观察室（含电离辐射警告标志）

续表三 辐射安全与防护设施/措施



图 3-13 候诊室（含可移动铅屏风）

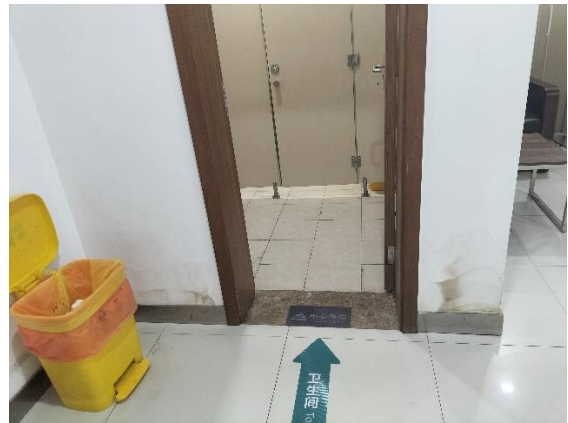


图 3-14 候诊室独立卫生间



图 3-15 候诊室内监控探头

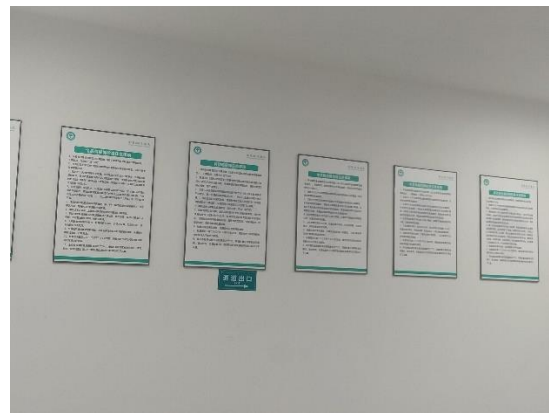


图 3-16 候诊室内制度上墙



图 4-17 分装器



图 3-18 手套箱

续表三 辐射安全与防护设施/措施



图 3-19 个人剂量报警仪



图 3-20 个人剂量报警仪



图 3-21 个人剂量计

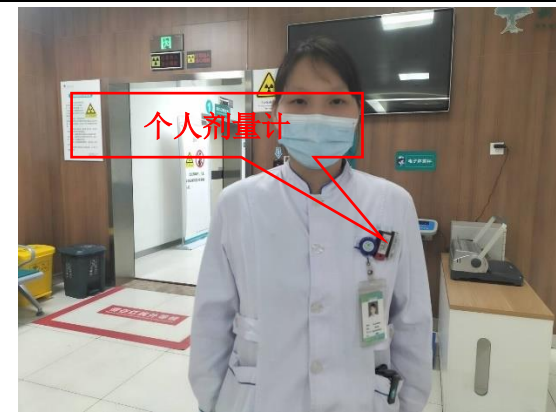


图 3-22 个人剂量计（佩戴）



图 3-23 便携式 X- γ 剂量率仪



图 3-24 转运盒

续表三 辐射安全与防护设施/措施

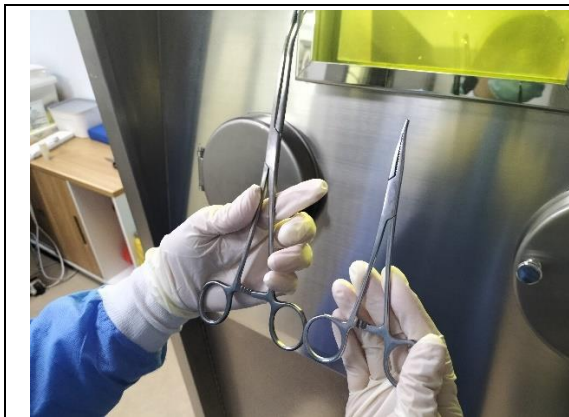


图 3-25 远物夹

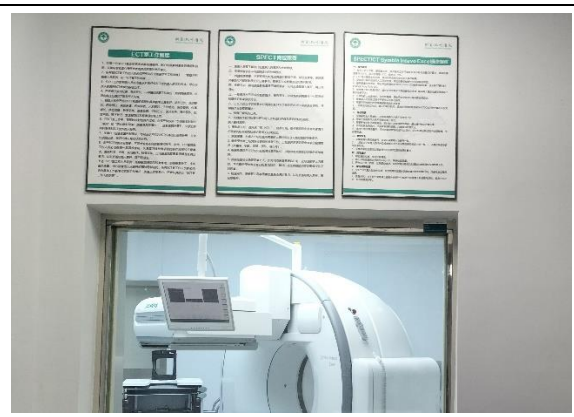


图 3-26 SPECT/CT 操作室内制度上墙

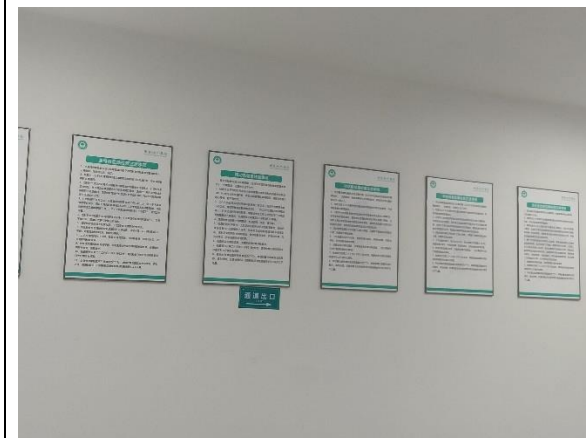


图 3-27 休息室内制度上墙



图 3-28 核医学科应急预案上墙



图 3-29 注射窗口



图 3-30 注射室内监控探头

续表三 辐射安全与防护设施/措施



图 3-31 储源库内红外报警装置



图 3-32 注射室内注射器、碘伏等医用品



图 3-33 污物间



图 3-34 污物间内（含铅垃圾桶）



图 3-35 DSA 门外警戒线



图 3-36 DSA 设备外观图

续表三 辐射安全与防护设施/措施

 <p>观察窗</p> <p>急停按钮</p>	 <p>对讲装置</p>
<p>图 3-37 DSA 机房控制室</p>	<p>图 3-38 DSA 机房控制室内对讲装置</p>
	
<p>图 3-39 床侧防护帘、床侧防护屏</p>	<p>图 3-40 个人防护用品</p>
	 <p>通风系统</p> <p>监控探头</p>
<p>图 3-41 制度上墙</p>	<p>图 3-42 DSA 机房内通风装置、监控探头</p>

表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响评价制度执行情况

本次验收项目环评文件《树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目环境影响报告表》由杭州卫康环保科技有限公司编制。该项目主要环评结论：

1、辐射安全与防护分析结论

（1）项目概况

树兰医院拟开展 SPECT/CT 显像诊断项目和 ^{90}Y 肝癌治疗项目，将核医学科现有空调机房改为 1 间 SPECT/CT 机房和 1 间控制室，同时对核医学科现有注射室、注射后候诊室进行改建，并扩建现有衰变池，以开展 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像诊断，同时在注射室开展 ^{90}Y 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的测量、抽取与肝癌治疗扫描等操作。核医学科改扩建后，核医学科日等效最大操作量为 $3.44 \times 10^7 \text{Bq}$ ，仍为乙级非密封放射性物质工作场所。为开展 ^{90}Y 治疗，树兰医院拟将 1 号楼 1 号 DSA 机房进行改造作为 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所，树兰医院依托现有 DSA 设备完成 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{90}Y 的介入注射工作，DSA 机房开展 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{90}Y 的介入治疗时作为非密封放射性物质工作场所进行管理，日等效最大操作量为 $2.02 \times 10^7 \text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所。

（2）项目位置

本项目辐射工作场所位于医院 1 号楼 1 层与 2 号楼负 1 层。2 号楼负 1 层核医学科东侧为内部停车场和望景公寓，分别距核医学科 43m 和 80m；南侧 115m 为瑞莱克斯大酒店，西侧 59m 为东新路，北侧为医院内部道路，上层为用户服务中心、办公室及 2 号楼其他区域，无地下层。 ^{90}Y 治疗场所所在的 1 号楼东侧为殡仪馆服务点与望景公寓，分别距 ^{90}Y 治疗场所 41m 和 80m；西侧 62m 为东新路，北侧 76m 为石桥河绿道，南侧为医院内部道路，上层为诊室、治疗室等区域，下层为地下车库。本项目周围环境关系示意图见图 2-2。

（3）项目所在地区环境质量现状

由监测结果可知，本项目核医学科工作场所 β 表面污染水平监测值为低于检测限 $\sim 0.19 \text{Bq/cm}^2$ ，满足 GB18871-2002 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平， ^{90}Y 治疗工作场所 β 表面污染水平监测值低于检测限，未见异常。各监测点位室内的 γ 辐射剂量率在 $(60 \sim 105) \text{nGy/h}$ 之间，室外的 γ 辐射剂量率在 $(78 \sim 81) \text{nGy/h}$ 之间；根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，杭州市室内 γ 辐射剂量率范围为

续表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

(56-443) nGy/h, 杭州市道路上 γ 辐射剂量率范围为(28-220) nGy/h, 可见本项目工作场所及周围的天然贯穿辐射水平处于正常本底水平。

(4) 辐射安全防护措施结论

医院拟改扩建的核医学科用房与 ^{90}Y 治疗工作场所的防护设计已考虑了其周边工作人员和公众的辐射安全, 项目拟采取的污染防治措施详见本报告表10章节。核医学科用房其室内表面及装备结构设计均满足《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)的相关要求; PET/CT机房、SPECT/CT机房、DSA机房的屏蔽防护设计方案能达到《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)等标准的要求。

(5) 辐射安全管理结论

①树兰医院已发文成立以主任委员汤灵玲为主任的放射安全管理委员会, 负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。医院应根据实际情况及本报告要求, 制定和完善相关辐射安全管理制度, 以适应当前环保的管理要求。

②医院拟组织新增辐射工作人员进行放射防护知识培训, 考核合格后方可上岗; 拟组织新增辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测。

树兰（杭州）医院有限公司在严格执行相关法律法规、标准规范等文件, 严格落实各项辐射管理制度、落实辐射管理措施或设施、完善辐射工作人员管理的前提下, 其从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

2、环境影响分析结论

(1) 主要污染因子

本项目核医学科与 ^{90}Y 治疗工作场所产生的主要污染因子是 β 射线、 γ 射线、X射线、韧致辐射、 β 放射性表面污染、放射性废水、放射性废气、放射性固废等, PET/CT、SPECT/CT与DSA射线装置产生的主要污染因子是X射线、臭氧、氮氧化物等。

(2) 辐射剂量率预测结论

本项目核医学科与 ^{90}Y 治疗工作场所运行过程中周围环境辐射剂量率预测值能够满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 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 $25\mu\text{Sv/h}$ ”与“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、

续表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(3) 有效剂量预测结论

本项目各工作场所所致辐射工作人员受照年有效剂量均满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；本项目各工作场所所致公众人员受照年有效剂量均满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。

(3) “三废”影响分析

①核医学科

A、放射性废气影响分析

本项目核医学科南侧有1个放射性废气专用排风井。废气管道风量、走向及排放口、废气排放浓度达标性分析详见表10.3.1.1“放射性废气”处理措施。本项目核医学科工作场所产生的放射性废气经核医学科南侧排风井经1号楼排风口统一排放，排风口高于屋脊。同时手套箱顶壁安装活性炭，在排风口前配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。医院应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

本项目使用的放射性核素均为非挥发性核素，本项目不进行定量分析，含微量核素的放射性废气经手套箱顶壁与排风口的废气处理设施处理后，其对周围环境影响较小。

B、放射性废水影响分析

本项目放射性废水来自核医学科，主要为含放射性核素 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的患者排泄物、工作人员清洗废水和工作场所清洁废水等，核素 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{T}$ 的半衰期均小于 24 小时。放射性废水每年产生量约 73m^3 ，每天最大量约 0.29m^3 。核医学科北侧设置衰变池组，由 3 个有效容积为 4.68m^3 的并联衰变池组成，可以满足 30 天内放射性废水排放量

续表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

($<8.7\text{m}^3$)的要求,衰变池容积设计合理。根据《核医学辐射防护与安全要求》(H1188-2021),所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液,在衰变池中暂存时间超过 30 天后,可直接解控排入医院污水处理站,最终纳入市政管网,对环境影响较小。

C、放射性固废影响分析

本项目核医学科产生的放射性固废约 180kg/年,每年产生废活性炭约 50kg。固废暂存在污物间内,根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的要求,放射性固体废物暂存时间超过 30 天后达到解控标准,经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平, α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的, β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的,可对废物清洁解控并作为医疗废物处理,废放射源交由城市放射性废物库收贮。

综上所述,本项目核医学科的放射性“三废”处理措施满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的要求。

D、核医学科非放射性污染物影响分析

本项目核医学科工作人员产生的非放射性废水依托医院污水处理系统处理后排入医院西侧市政污水管网;办公、生活垃圾收集后委托环卫部门清运处置;设备运行噪声与排风机工作噪声源强 $\leq 65\text{dB}(\text{A})$,通过建筑墙体的屏蔽与距离的衰减后,对周围环境的影响很小。

② ^{90}Y 治疗工作场所

A、放射性废气影响分析

本项目 DSA 机房西侧有 1 个排风井。废气管道风量、走向及排放口详见表 10.3.1.1“放射性废气”处理措施。本项目 ^{90}Y 治疗工作场所产生的放射性废气通过南侧排风井在 1 号楼顶的排风口排放,废气排风口均高于屋脊。排风管内保持负压,拟安装防回流装置,在排风口前配置活性炭吸附装置。医院应定期检查通风系统过滤净化器的有效性,及时更换失效的过滤器,更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

本项目使用的放射性核素均为非挥发性核素,本项目不进行定量分析,含微量核素的放射性废气经手套箱顶壁与排风口的废气处理设施处理后,其对周围环境影响较小。

B、放射性废水影响分析

续表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

本项目 ^{90}Y 患者接受治疗前，医护人员会提醒患者治疗前及时上厕所，不在手术期间上厕所，故不考虑该部分废液。本项目 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所产生的放射性废水拟采用 1 个放射性废液铅罐收集后暂存于污洗间贮存衰变，经检测达标后方可排入医院污水处理站进一步处理，然后纳入市政污水管网。

C、放射性固废影响分析

本项目 ^{90}Y 治疗工作场所产生的放射性固废约 280kg/年，每年产生废活性炭约 40kg。固废暂存在污物间废物柜内，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，放射性固体废物暂存时间超过 30 天或 10 个半衰期后达到解控标准，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，废放射源交由城市放射性废物库收贮。

综上所述，本项目核医学科的放射性“三废”处理措施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求。

D、非放射性污染物影响分析

本项目 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所的 DSA 装置运行期间产生的少量臭氧和氮氧化物，通过排风设施排出机房，由风管引至 1 号楼楼顶高空排放，影响较小。本项目 ^{90}Y 治疗工作场所工作人员产生的非放射性废水依托医院污水处理系统处理后排入医院西侧市政污水管网；办公、生活垃圾收集后委托环卫部门清运处置；设备运行噪声与排风机工作噪声源强 $\leq 65\text{dB}(\text{A})$ ，通过建筑墙体的屏蔽与距离的衰减后，对周围环境的影响很小。

3、可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

本项目属于核技术在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录(2019 年本)》及国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改<产业结构调整指导目录(2019 年本)>的决定》，本项目属于第六项核能中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

（2）实践正当性分析结论

本项目的目的在于开展放射诊疗工作、治病救人，实践过程中采取了可能的辐射

续表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

防护措施，在患者得到诊疗预期效果的同时，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

（3）选址合理性分析

本项目拟建地址位于医院现有院区内，不新增建筑面积和用地。本项目各辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑、内部道路与停车场，本项目不涉及生态保护红线范围。环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

（4）项目可行性

综上所述，树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目在落实本报告提出的各项辐射防护措施、污染防治措施和辐射环境管理要求后，具备从事相应辐射活动的技术能力，本项目核素、射线装置、放射源运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

4.2 环境影响报告表批复的主要内容

2022 年 11 月 15 日，杭州市生态环境局拱墅分局对此项目进行审批，审批文号为：杭环拱评批〔2022〕23 号，该项目主要环评批复内容：

一、根据《报告表》结论，同意你单位在浙江省杭州市东新路 848 号、836 号（临）树兰（杭州）医院按环评申报内容实施改扩建，具体建设内容和规模如下：

核医学科位于医院 2 号楼负 1 层，新增 1 台 SPECT/CT 用于新增核 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 显像诊断并对工作场所进行改扩建增加相应配套设施，不新增面积。改扩建后缩减 ^{18}F 日等效最大操作量（日等效最大操作 $3.70 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大使用量 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$ ）； ^{125}I 籽源的分装规模不变；改扩建后 2 号楼负一层核医学科仍作为一个单独的工作场所，为乙级非密封放射性物质工作场所，本次不涉及校准源。

^{90}Y 肝癌治疗项目依托树兰医院现有 1 号楼 1 层 DSA 机房改建，依托原 DSA 进行 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 药物介入注射的治疗工作，为乙级非密封放射性物质工作场所。

二、项目须严格遵守法律法规规章及技术规范标准等规定，落实相关污染防治措施和辐射环境管理要求，落实《报告表》提出的各项污染防治对策等，确保污染物达

续表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

排放。

三、应认真执行环保“三同时”制度，项目建成后，依照规定办理项目环境保护设施竣工验收，并重新申请辐射安全许可证，落实相关定期监测要求。禁止不按许可证从事相关使用活动。

四、加强放射性同位素和射线装置的安全管理，定期检查放射性同位素和射线装置的使用情况，严格按照有关规定使用放射性同位素和射线装置，防止辐射事故的发生。

五、每年对辐射安全工作进行评估，发现安全隐患的，应当立即整改，并建立相关档案。年度评估报告定期上报生态环境部门。

六、建设项目的性质、规模、地点或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，须重新报批建设项目环评文件。本《报告表》批准之日起超过五年，方开工建设的，其环境影响评价文件应当重新审核。

七、本次审批为辐射环评审批。根据《浙江省建设项目环境保护管理办法》等法律法规规章要求，该项目如涉及其他部门行政许可或确认的事项，请自行向相关部门申请办理。

续表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.3 环评批复落实情况

本项目环评批复文件中辐射安全与防护措施落实情况见表 4-1。由表 4-1 可见，项目基本落实了环评批复文件中提出的要求。

表 4-1 环评批复要求及落实情况

环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>根据《报告表》结论，同意你单位在浙江省杭州市东新路 848 号、836 号（临）树兰（杭州）医院按环评申报内容实施改扩建具体建设内容和规模如下： 核医学科位于医院 2 号楼负 1 层，新增 1 台 SPECT/CT 用于新增核 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 显像诊断并对工作场所进行改扩建增加相应配套设施，不新增面积。改扩建后缩减 ^{18}F 日等效最大操作量（日等效最大操作 $3.70 \times 10^6 \text{Bq}$，年最大使用量 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$）；$^{125}\text{I}$ 籽源的分装规模不变；改扩建后 2 号楼负一层核医学科仍作为一个单独的工作场所，为乙级非密封放射性物质工作场所，本次不涉及校准源。 ^{90}Y 肝癌治疗项目依托树兰医院现有 1 号楼 1 层 DSA 机房改建，依托原 DSA 进行 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 药物介入注射的治疗工作，为乙级非密封放射性物质工作场所。</p>	<p>已落实。 医院严格按照环评申报内容在浙江省杭州市东新路 848 号、836 号（临）树兰（杭州）医院内实施改扩建。核医学科位于医院 2 号楼负 1 层，新增 1 台 SPECT/CT 用于新增核 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 显像诊断并对工作场所进行改扩建增加控制室、注射室、注射后候诊室等相应的配套设施，不新增面积。改扩建后缩减 ^{18}F 日等效最大操作量（日等效最大操作 $3.70 \times 10^6 \text{Bq}$，年最大使用量 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$）；$^{125}\text{I}$ 籽源的分装规模不变；改扩建后 2 号楼负一层核医学科仍作为一个单独的工作场所，为乙级非密封放射性物质工作场所，本次不涉及校准源。 ^{90}Y 肝癌治疗项目依托树兰医院现有 1 号楼 1 层 DSA 机房改建后作为 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所，依托原 DSA 进行 ^{90}Y 和 ^{99m}Tc 药物介入注射的治疗工作，DSA 机房开展 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 的介入治疗时作为非密封放射性物质工作场所进行管理，日等效最大操作量为 $2.02 \times 10^7 \text{Bq}$，为乙级非密封放射性物质工作场所。</p>
<p>项目须严格遵守法律法规规章及技术规范标准等规定，落实相关污染防治措施和辐射环境管理要求，落实《报告表》提出的各项污染防治对策等，确保污染物达标排放。</p>	<p>已落实。 医院严格遵守法律法规规章及技术规范标准等规定，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《PET/CT 操作规程》、《CT 操作规程》、《SPECT/CT 操作规程》、《DSA 机操作规程》、《^{90}Y 树脂微球治疗流程》、《设备检修维护制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射性同位素使用登记制度》、《人员培训计划》、《岗位职责》、《监测方案》、《辐射事故应急预案》、《质量保证制度》、《电离辐射危害告知》、《受检者防护与告知制度》、《质量保证大纲》、《质量控制检测计划》、《放射性废物处理管理制度》和《辐射安全防护和管理制度》等相关制度。同时，落实了放射性“三废”污染防治措施，放射性“三废”收集与处理设施均单独设置，不与周围非放射性工作场所共用。放射性物质运输通道设置合理，放射性“三废”收集路径和处理措施可行，基本满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中相关要求，确保污染物达标排放。</p>

续表四 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

续表 4-1 环评批复要求及落实情况

环评文件要求	环评文件要求落实情况
<p>应认真执行环保“三同时”制度，项目建成后，依照规定办理项目环境保护设施竣工验收，并重新申请辐射安全许可证，落实相关定期监测要求。禁止不按许可证从事相关使用活动。</p>	<p>已落实。 医院已严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度，目前在按程序进行环境保护设施竣工验收。 医院于 2024 年 07 月 10 日重新申领《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[A3337]，有效期至 2029 年 07 月 09 日，种类和范围：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。</p>
<p>加强放射性同位素和射线装置的安全管理，定期检查放射性同位素和射线装置的使用情况，严格按照有关规定使用放射性同位素和射线装置，防止辐射事故的发生。</p>	<p>已落实。 医院制定《放射性同位素使用登记制度》和《辐射事故应急预案》，本项目辐射工作人员严格按照医院制度的有关规章制度进行使用放射性同位素和射线装置，防止辐射事故的发生。</p>
<p>每年对辐射安全工作进行评估，发现安全隐患的，应当立即整改，并建立相关档案。年度评估报告定期上报生态环境部门。</p>	<p>已落实。 医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，2023 年度原有场所检测报告见（附件），各辐射工作场所结果均满足相关标准要求。</p>
<p>建设项目的性质、规模、地点或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，须重新报批建设项目环评文件。本《报告表》批准之日起超过五年，方开工建设的，其环境影响评价文件应当重新审核。</p>	<p>已落实。 本项目性质、规模、地点和采取防治污染与环境影响报告表及批复文件基本一致，无重大变动。</p>

表五 验收监测质量保证和质量控制

5.1 监测单位

浙江亿达检测技术有限公司对树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目进行监测，并出具监测报告，检测检验机构资质认定证书编号：211112051235。

浙江安联检测技术服务有限公司对树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目中衰变池中的废水进行监测，并出具监测报告，检测检验机构资质认定证书编号：231120111483。

5.2 监测项目

- (1) SPECT/CT 工作场所：X- γ 辐射剂量率、表面污染；
- (2) DSA：周围剂量当量率、表面污染；
- (3) ^{90}Y 患者专用病房：周围剂量当量率、表面污染；
- (4) 流出物：废水中总 β 放射性活度浓度；
- (5) 辐射工作场所周围环境：X- γ 辐射剂量率。

5.3 监测技术规范

监测布点和测量方法选用目前国家和行业有关规范和标准。本次验收监测方法依据的规范、标准：

- (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》（HJ1157-2021）；
- (3) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；
- (4) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；
- (5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；
- (6) 《表面污染测定 第1部分： β 发射体（ $E_{\beta \text{ max}} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）；
- (7) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；
- (8) 《水质 总 β 放射性的测定 厚测法》（HJ/T 899-2017）。

5.4 监测人员资格

参加本次现场监测的人员，均经过监测技术培训，并经考核合格，持证上岗。监测报告审核人员均经授权。

续表五 验收监测质量保证和质量控制

5.5 监测分析过程中的质量保证和质量控制

验收监测单位浙江亿达检测技术有限公司和浙江安联检测技术服务有限公司均建立了质量管理体系，通过了浙江省计量认证。验收监测工作遵循本单位质量手册、程序文件、实施细则、操作规程。制定并组织实施年度监测质量保证和质量控制计划。辐射环境监测质量保证措施如下：

- (1) 验收监测单位取得 CMA 资质认证；
- (2) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (3) 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证上岗。
- (4) 检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (7) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校准、审核，最后由技术负责人审定。

表六 验收监测内容

6.1 监测因子及频次

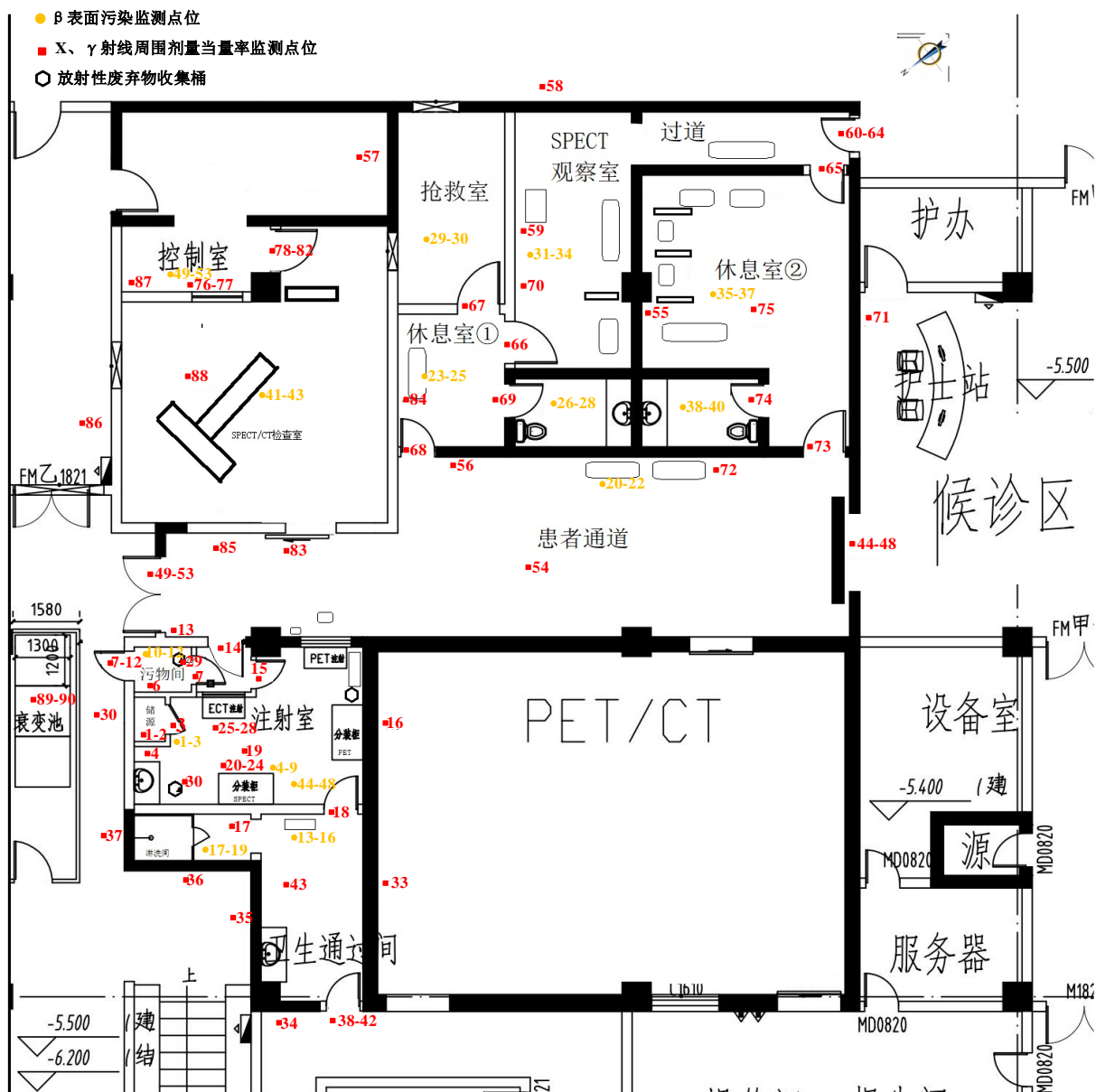
为掌握树兰（杭州）医院有限公司核医学工作场所和⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所周围环境辐射水平，浙江亿达检测技术有限公司验收检测人员于 2024 年 04 月 09 日对核医学科 SPECT/CT 工作场所周围环境辐射水平和表面污染进行了检测，于 2024 年 05 月 21 日~05 月 22 日对⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所、⁹⁰Y 患者专用病房周围环境辐射水平和表面污染进行了检测，浙江安联检测技术服务有限公司于 2024 年 06 月 14 日对放射性废水进行了采样监测。

根据本项目源项特点，确定本次验收监测因子及频次：

- (1) SPECT/CT 工作场所：X- γ 辐射剂量率、表面污染；监测频次：1 次。
- (2) DSA：周围剂量当量率、表面污染；监测频次：1 次。
- (3) ⁹⁰Y 患者专用病房：周围剂量当量率、表面污染；监测频次：1 次。
- (4) 流出物：废水中总 β 放射性活度浓度；监测频次：1 次。
- (5) 辐射工作场所周围环境：X- γ 辐射剂量率；监测频次：1 次。

6.2 监测布点

选择本项目主要的辐射工作场所进行辐射水平检测，主要包括储源室、注射室、污物间、卫生通过间、注射后等候室、SPECT/CT 机房、留观兼抢救室等地点进行了辐射水平检测。核医学科 SPECT/CT 工作场所及周围环境现场检测点布置图见图 6-1~图 6-2，⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所检测点布置图见图 6-2~图 6-4 和图 6-6，⁹⁰Y 患者专用病房工作场所及周围环境现场检测点布置图见图 6-5。





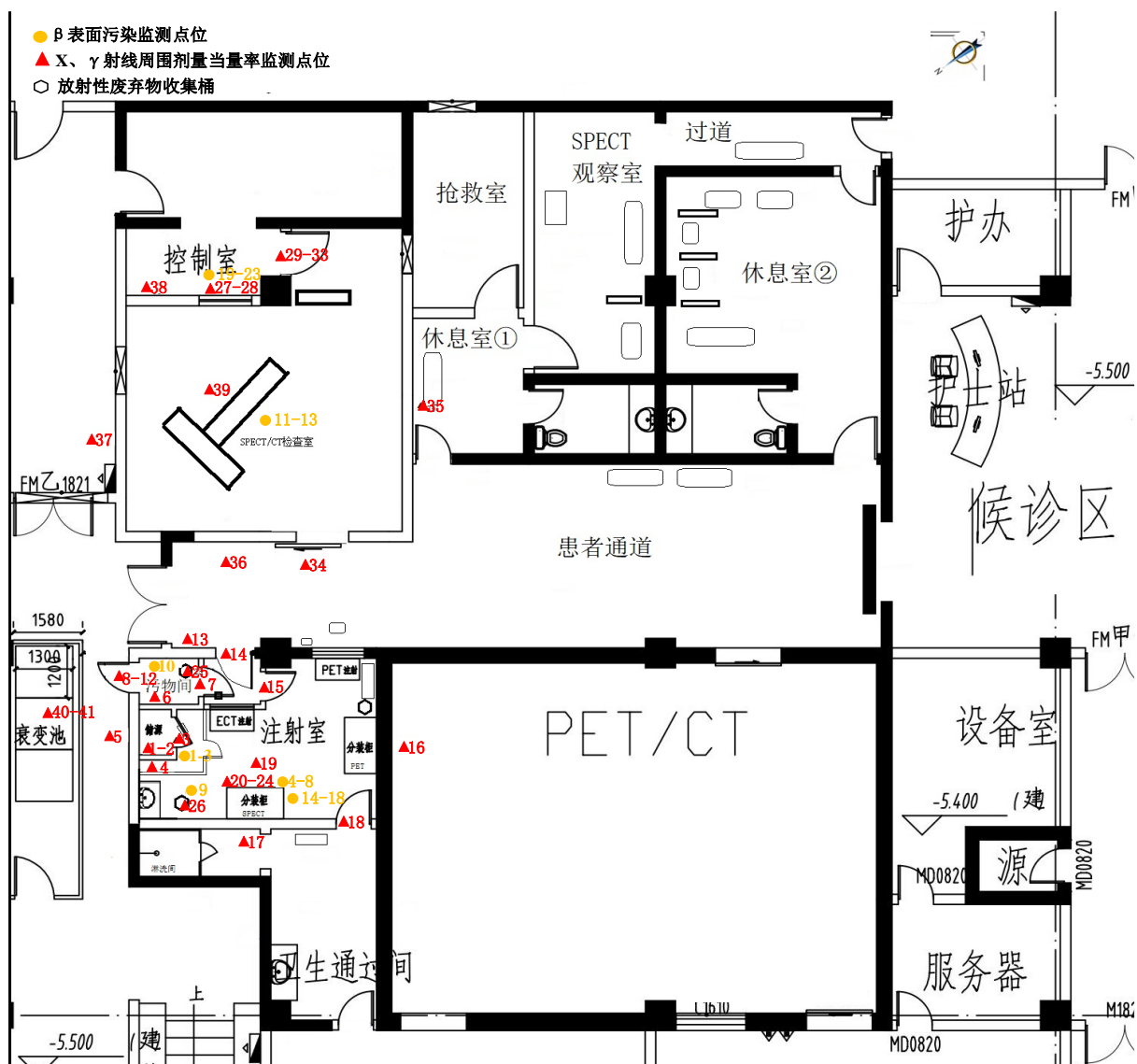


图 6-3 ^{90}Y 肝癌治疗工作中核医学科工作场所检测布点示意图

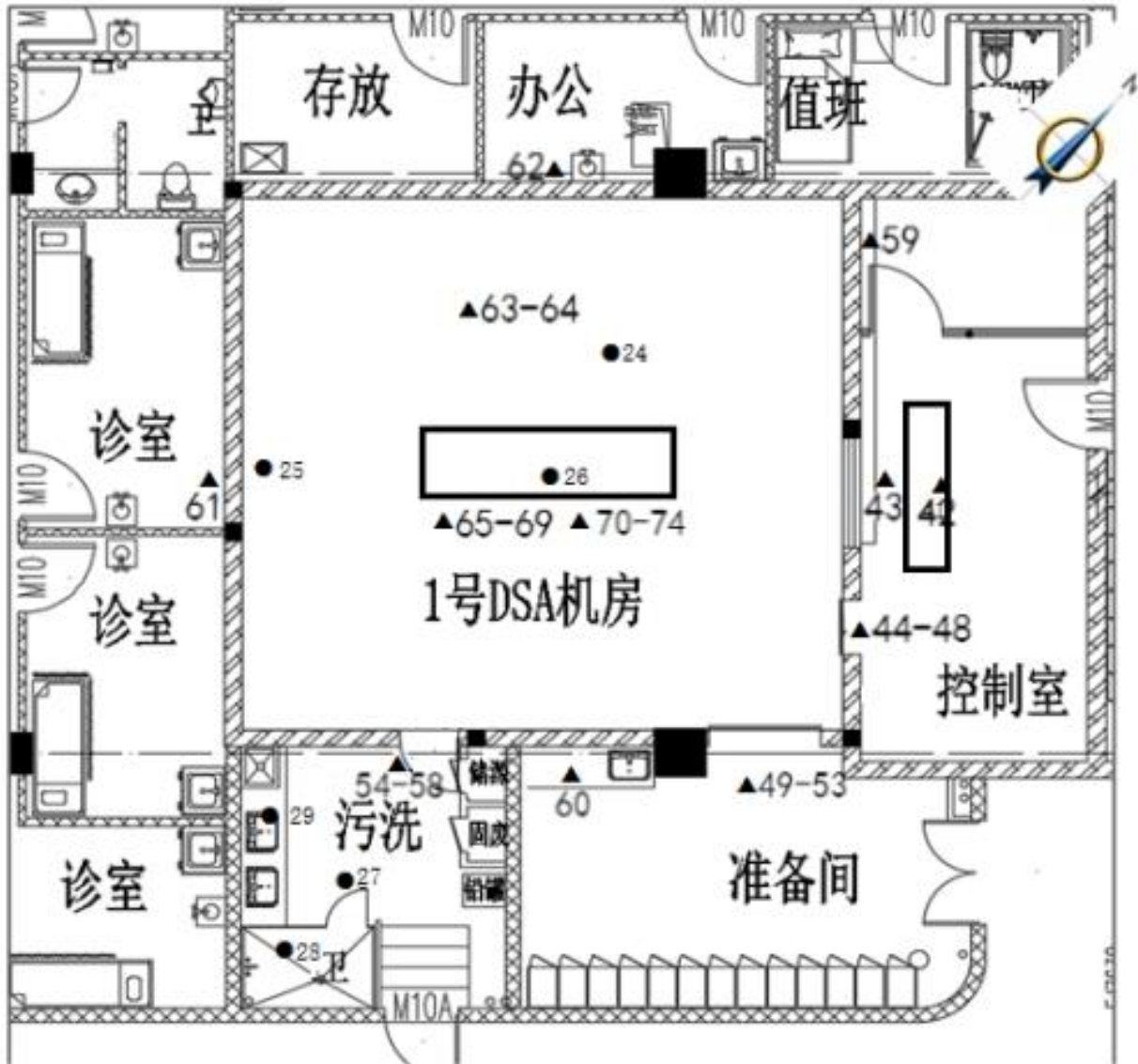


图 6-4 ^{90}Y 肝癌治疗工作中 DSA 机房检测布点图

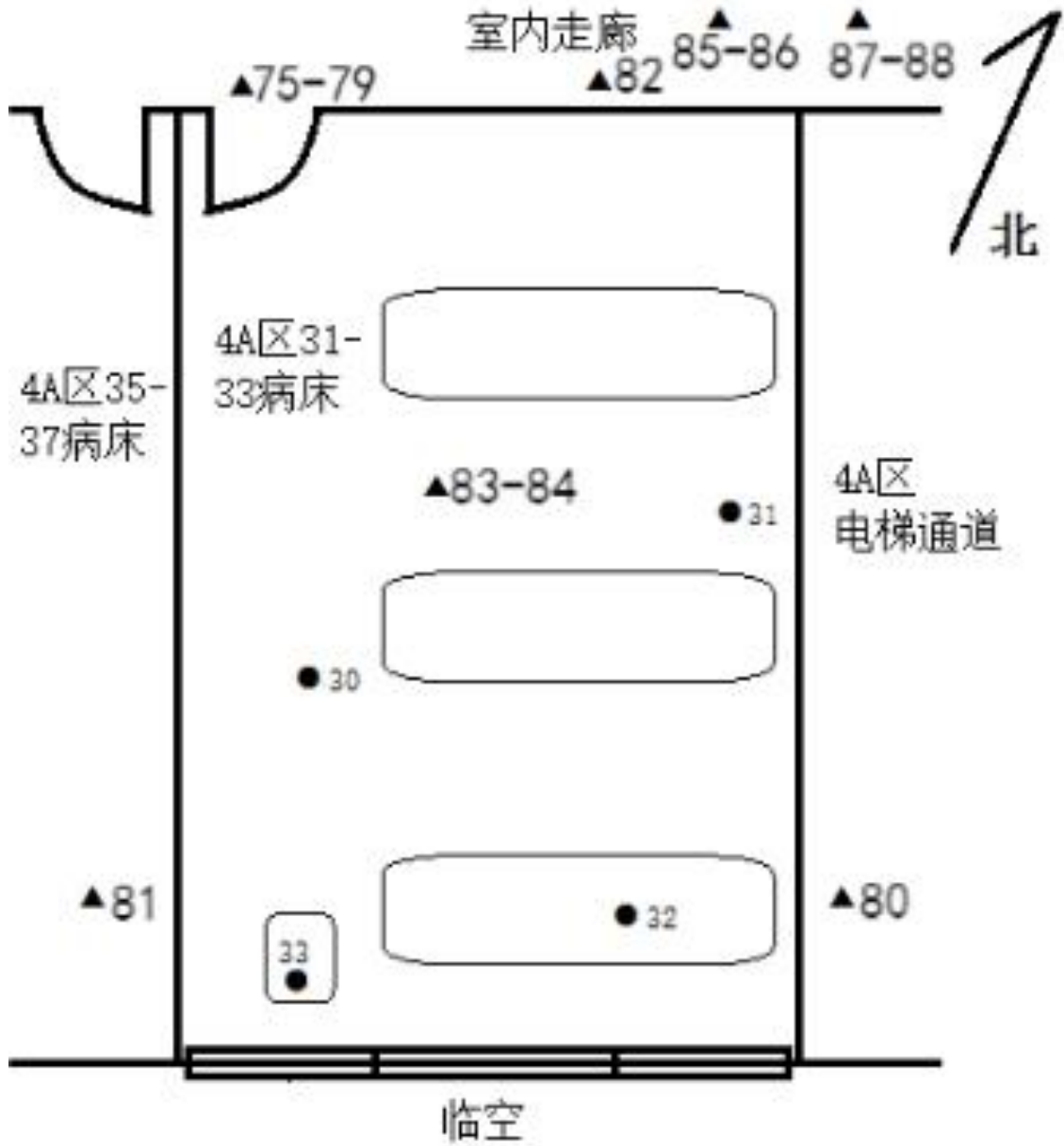


图 6-5 A 区 4A-31-33 病床 (⁹⁰Y 患者临时控制区) 检测布点图



图 6-6 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所所在 1 号楼周围辐射监测点位图

续表六 验收监测内容

6.3 监测仪器

监测仪器参数及检定情况见表 6-1~表 6-2。

表 6-1 监测仪器参数及检定情况

仪器名称	X、 γ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	451P-DE-SI
生产厂家	Fluke Biomedical
仪器编号	0000006177
能量范围	$\geq 20\text{KeV}$
量 程	0-50mSv/h
检定单位	中国测试技术研究院
检定证书	校准字第 202311004555 号、校准字第 202311002031 号
检定有效期	2023 年 11 月 27 日~2024 年 11 月 26 日、 2023 年 11 月 07 日~2024 年 11 月 08 日

表 6-2 监测仪器参数及检定情况

仪器名称	α - β 表面污染仪
仪器编号	CoMo 170
生产厂家	S.E.A.
仪器编号	05038424
探测器本底	α : 0.1CPS; β : 15~25CPS
探测器灵敏窗面积	170cm ²
检定单位	上海市计量测试技术研究院（华东国家计量测试中心）
证书编号	2023H21-20-4741654001
有效期	2023 年 08 月 04 日~2024 年 08 月 03 日

表 6-3 监测仪器参数及检定情况

仪器名称	（双通道）低本底 α/β 测量仪
仪器编号	2022-026
仪器型号	FYFS-400X
生产厂家	湖北方圆环保科技有限公司
单位面积平均本底计数率（计数 cm ⁻² ·min ⁻¹ ）	α : ≤ 0.003 ; β : ≤ 0.1
效率比	α : $\geq 85\%$; β : $\geq 58\%$
检定单位	湖北大秦维康检验测试认证有限公司
证书编号	IR202403136
有效期	2023 年 03 月 29 日~2025 年 03 月 28 日

表七 验收监测结果

7.1 验收监测期间生产工况

(1) 浙江亿达检测技术有限公司于 2024 年 04 月 09 日对核医学科 SPECT/CT 工作场所周围环境辐射水平和表面污染进行验收检测，验收监测储源室、污物间、注射室、患者通道、休息室、抢救室以及 SPECT 观察室等各场所周围剂量水平时，使用 22.1mCi 的 ^{99m}Tc 至于室内，验收监测 SPECT/CT 机房周围剂量水平时，使用 18.8mCi 的 ^{99m}Tc 药物置于诊断床上，且 CT 曝光条件：130kV，100mAs，8.74s，准直 10mm；

(2) 浙江亿达检测技术有限公司于 2024 年 05 月 21 日-2024 年 05 月 22 日对 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所周围环境辐射水平和表面污染进行验收检测，验收监测时，使用 $1.987 \times 10^9 \text{Bq}$ （53.7mCi）的 ^{90}Y 和 $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$ （4mCi）的 ^{99m}Tc 药物，核医学科 SPECT/CT 机房验收监测时 CT 曝光条件：130kV，100mAs，5.18s，准直 10mm，DSA 机房内透视模式下以 77kV，12.8mA，标准水模+1.5mm 铜板为模体的条件下进行曝光监测。

(3) 浙江安联检测技术服务有限公司于 2024 年 06 月 14 日对树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目中衰变池中的废水进行采样监测。

7.2 验收监测结果

1、核医学科工作场所监测结果。

(1) 核医学科 PET/CT 机房等不涉及改建，仅涉及将 ^{18}F 显像患者人次控制在 10 人次/日，缩减 ^{18}F 日等效最大操作量，PET/CT 工作场所于 2019 年 2 月完成了竣工环境保护验收，本次验收时设备正常运行。因此，本次验收阶段不再监测 PET/CT 工作场所周围剂量当量率。

(2) 核医学科 SPECT/CT 工作场所 X、 γ 射线周围剂量当量率检测结果见下表。

表 7-1 核医学科 SPECT/CT 工作场所 X、 γ 射线周围剂量当量率检测结果

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		备注
			给药时/设备运行时	未给药时/设备未运行时	
1■	储源室、污物间与注射室	^{99m}Tc 储源罐外表面 5cm	0.21	0.20	22.1mCi 的 ^{99m}Tc 药物处于储源罐中置于室内
2■		^{99m}Tc 储源罐外表面 100cm	0.23	0.18	
3■		储源室防护门外表面 30cm	0.19	0.22	
4■		储源室北墙外表面 30cm	0.24	0.21	
5■		储源室东墙外表面 30cm	0.22	0.19	
6■		储源室南墙外表面 30cm	0.23	0.21	

续表七 验收监测结果

续表 7-1 核医学科 SPECT/CT 工作场所 X、 γ 射线周围剂量当量率检测结果						
序号	场所名称	检测点位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		备注	
			给药时/设备运行时	未给药时/设备未运行时		
7■	储源室、污物间与注射室	污物间西端防护门外表面 30cm	0.23	0.19	放射性废物桶内含若干放射医疗废物，置于室内	
8■		污物间东端防护门外表面（北侧）30cm	0.21	0.21		
9■		污物间东端防护门外表面（中部）30cm	0.16	0.19		
10■		污物间东端防护门外表面（南侧）30cm	0.21	0.21		
11■		污物间东端防护门外表面（上端）30cm	0.22	0.16		
12■		污物间东端防护门外表面（下端）30cm	0.22	0.20		
13■		污物间南墙外表面 30cm	0.25	0.18	22.1mCi 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物置于室内	
14■		注射缓冲间南侧防护门外表面 30cm	0.22	0.16		
15■		注射缓冲间西侧防护门外表面 30cm	0.22	0.18		
16■		注射室西墙外表面 30cm	0.22	0.19		
17■		注射室北墙外表面 30cm	0.21	0.20		
18■		注射室北侧防护门外表面 30cm	1.82	0.18		
19■		一层地面上方 30cm	0.23	0.20		
20■		储源室、污物间与注射室	手套箱外表面 30cm 人员操作位	0.22	0.17	22.1mCi 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物置于手套箱内，关闭手洞
21■			手套箱观察窗表面	0.57	0.19	
22■			手套箱右手洞（关闭）	0.21	0.21	
23■			手套箱左手洞（关闭）	0.37	0.19	
24■			手套箱非正对人员操作位外表面 5cm	0.56	0.20	
25■			注射台外表面 30cm 人员操作位	0.22	0.19	22.1mCi 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物置于注射台，关闭手洞
26■	注射台观察窗外表面		0.18	0.17		
27■	注射台左手洞（关闭）		0.34	0.20		
28■	注射台右手洞（关闭）		0.33	0.22		
29■	污物间放射性废物桶外表面 30cm		0.21	0.20	内含若干放射医疗废物	
30■	污物间放射性废物桶外表面 5cm		0.22	0.20		
31■	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性废物桶外表面 30cm		0.22	0.19		
32■	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性废物桶外表面 5cm		0.21	0.21		
33■	卫生通过及淋洗间		卫生通过间西墙外表面 30cm	0.19	0.20	22.1mCi 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物置于注射室内
34■		卫生通过间北墙外表面 30cm	0.20	0.21		
35■		卫生通过间东墙外表面 30cm	0.19	0.19		
36■		淋洗间北墙外表面 30cm	0.20	0.21		
37■		淋洗间东墙外表面 30cm	0.22	0.20		
38■		北侧防护门外表面（西侧）30cm	0.20	0.19		
39■		北侧防护门外表面（中部）30cm	0.23	0.19		
40■		北侧防护门外表面（东侧）30cm	0.19	0.19		
41■		北侧防护门外表面（上端）30cm	0.16	0.22		
42■		北侧防护门外表面（下端）30cm	0.18	0.19		
43■		一层地面上方 30cm	0.20	0.17		

续表七 验收监测结果

续表 7-1 核医学科 SPECT/CT 工作场所 X、γ 射线周围剂量当量率检测结果					
序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (μSv/h)		备注
			给药时/设备运行时	未给药时/设备未运行时	
44■	患者通道	病人入口防护门外表面（北侧）30cm	0.20	0.19	22.1mCi 的 ^{99m} Tc 药物置于室内
45■		病人入口防护门外表面（中部）30cm	0.19	0.21	
46■		病人入口防护门外表面（南侧）30cm	0.19	0.17	
47■		病人入口防护门外表面（上端）30cm	0.21	0.22	
48■		病人入口防护门外表面（下端）30cm	0.20	0.21	
49■		病人出口防护门外表面（北侧）30cm	0.18	0.17	
50■		病人出口防护门外表面（中部）30cm	0.22	0.21	
51■		病人出口防护门外表面（南侧）30cm	0.22	0.20	
52■		病人出口防护门外表面（上端）30cm	0.19	0.21	
53■		病人出口防护门外表面（下端）30cm	0.18	0.20	
54■		一层地面上方 30cm	0.24	0.23	
55■	休息室①、抢救室、SPECT 观察室及过道	SPECT 观察室西墙外表面 30cm	0.18	0.20	22.1mCi 的 ^{99m} Tc 药物置于室内
56■		休息室①北墙外表面 30cm	0.19	0.18	
57■		抢救室东墙外表面 30cm	0.22	0.20	
58■		SPECT 观察室南墙外表面 30cm	0.21	0.18	
59■		抢救室西墙外表面 30cm	0.21	0.20	
60■		过道西侧防护门外表面（北侧）30cm	0.23	0.21	
61■		过道西侧防护门外表面（中部）30cm	0.20	0.19	
62■		过道西侧防护门外表面（南侧）30cm	0.18	0.21	
63■		过道西侧防护门外表面（上端）30cm	0.19	0.20	
64■		过道西侧防护门外表面（下端）30cm	0.21	0.23	
65■		过道北侧防护门外表面 30cm	0.18	0.17	
66■		SPECT 观察室东侧防护门外表面 30cm	0.18	0.20	
67■		抢救室防护门外表面 30cm	0.21	0.18	
68■		休息室①北侧防护门外表面 30cm	0.22	0.18	
69■		休息室①卫生间防护门外表面 30cm	2.4	0.17	
70■	一层地面上方 30cm	0.19	0.20		
71■	休息室②	西墙外表面 30cm	0.19	0.22	22.1mCi 的 ^{99m} Tc 药物置于室内
72■		北墙外表面 30cm	0.22	0.17	
73■		北侧防护门外表面 30cm	0.24	0.22	
74■		休息室②卫生间防护门外表面 30cm	2.4	0.18	
75■		一层地面上方 30cm	0.21	0.18	
76■	SPECT/CT 检查室	人员操作位	0.24	0.23	18.8mCi 的 ^{99m} Tc 药物置于诊断床上，且 CT 曝光条件：
77■		控制室观察窗外表面 30cm	0.20	0.22	
78■		工作人员防护门外表面（北侧）30cm	0.22	0.22	
79■		工作人员防护门外表面（中部）30cm	0.26	0.24	

续表七 验收监测结果

续表 7-1 核医学科 SPECT/CT 工作场所 X、γ 射线周围剂量当量率检测结果

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (μSv/h)		备注
			给药时/设备运行时	未给药时/设备未运行时	
80■	SPECT/CT 检查室	工作人员防护门外表面（南侧）30cm	0.23	0.28	130kV ， 100mAs ， 8.74s，准直 10mm；机房 长 5.99m、宽 5.09m、面积 30.5m ²
81■		工作人员防护门外表面（上端）30cm	0.22	0.21	
82■		工作人员防护门外表面（下端）30cm	0.22	0.22	
83■		受检者防护门外表面 30cm	0.24	0.24	
84■		西墙外表面 30cm	0.24	0.24	
85■		北墙外表面 30cm	0.27	0.23	
86■		东墙外表面 30cm	0.24	0.25	
87■		南墙外表面 30cm	0.28	0.20	
88■		一层地面上方 30cm	0.17	0.27	
89■	衰变池	原有衰变池外表面	0.25	0.23	/
90■		新增衰变池外表面	0.24	0.23	
91■	2 号楼东侧医院内部道路		0.22	0.19	
92■	2 号楼南侧医院内部其他建筑		0.24	0.20	
93■	2 号楼西侧医院内部道路		0.24	0.21	
94■	2 号楼北侧纵三路		0.23	0.19	

注：①以上检测结果均未扣除本底值，当地本底范围为 0.13-0.20μSv/h。

②检测点平面位置见图 6-1 和图 6-2；人员操作位检测点高度为 1m，防护墙外检测点高度为 1.3m；SPECT/CT 检查室线缆从地下穿过，管线洞口不穿过防护墙。

③核医学科位于 2 号楼负一层，正上方为院内商铺，正下方无建筑。

(3) 核医学科 SPECT/CT 工作场所 β 表面污染检测结果见下表。

表 7-2 核医学科 SPECT/CT 工作场所 β 表面污染检测结果：

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (Bq/cm ²)	控制水平 (Bq/cm ²)
1●	储源室与注射室	储源罐表面	< LLD	≤40
2●		储源室地面	< LLD	≤40
3●		储源室墙面	< LLD	≤40
4●		注射室地面	< LLD	≤40
5●		注射室墙面	< LLD	≤40
6●		工作桌表面	< LLD	≤40
7●		ECT 手套箱表面	< LLD	≤40
8●		洗手池表面	< LLD	≤40
9●		^{99m} Tc 放射性废物桶外表面	< LLD	≤40
10●	污物间	地面	< LLD	≤40
11●		墙面	< LLD	≤40

续表七 验收监测结果

续表 7-2 核医学科 SPECT/CT 工作场所 β 表面污染检测结果：

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (Bq/cm ²)	控制水平 (Bq/cm ²)
12●	污物间	放射性废物桶外表面	< LLD	≤40
13●	卫生通过及淋洗间	卫生通过间地面	< LLD	≤40
14●		卫生通过间墙面	< LLD	≤40
15●		工作桌表面	< LLD	≤40
16●		洗手池表面	< LLD	≤40
17●		淋洗间地面	< LLD	≤40
18●		淋洗间墙面	< LLD	≤40
19●		淋洗处表面	< LLD	≤40
20●	患者通道	地面	< LLD	≤40
21●		墙面	< LLD	≤40
22●		候诊椅表面	0.20	≤40
23●	休息室①	地面	< LLD	≤40
24●		墙面	< LLD	≤40
25●		候诊椅表面	< LLD	≤40
26●		卫生间地面	< LLD	≤40
27●		卫生间墙面	< LLD	≤40
28●		卫生间洗手池表面	< LLD	≤40
29●	抢救室	地面	< LLD	≤40
30●		墙面	< LLD	≤40
31●	SPECT 观察室及 过道	地面	< LLD	≤40
32●		墙面	< LLD	≤40
33●		桌子表面	< LLD	≤40
34●		候诊椅表面	< LLD	≤40
35●	休息室②	地面	< LLD	≤40
36●		墙面	< LLD	≤40
37●		候诊椅表面	< LLD	≤40
38●		卫生间地面	< LLD	≤40
39●		卫生间墙面	< LLD	≤40
40●		卫生间洗手池表面	< LLD	≤40
41●		SPECT/CT 检查室	地面	< LLD
42●	墙面		< LLD	≤40
43●	诊断床表面		< LLD	≤40
44●	配药人员	手表面	< LLD	≤0.4

续表七 验收监测结果

续表 7-2 核医学科 SPECT/CT 工作场所 β 表面污染检测结果：

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (Bq/cm ²)	控制水平 (Bq/cm ²)
45●	配药人员	皮肤暴露部分表面	< LLD	≤0.4
46●		工作服表面	< LLD	≤4
47●		手套表面	< LLD	≤4
48●		工作鞋表面	< LLD	≤4
49●	操作人员	手表面	< LLD	≤0.4
50●		皮肤暴露部分表面	< LLD	≤0.4
51●		工作服表面	< LLD	≤4
52●		手套表面	< LLD	≤4
53●		工作鞋表面	< LLD	≤4

注：上表所列检测值均未扣除本底值，该表污检测仪的 β 表面污染探测下限为 0.06Bq/cm²，记为 LLD；检测点位见图 6-1。

(4) 衰变池外排废水 β 放射性监测结果见下表。

表 7-3 外排废水总 β 放射性监测结果

检测项目	单位	检测结果
检测点位	/	衰变池排放口（001）
采样日期	/	2024 年 06 月 14 日~2024 年 06 月 20 日
采样时间	/	15:11
样品性状	/	无色澄清
总 β 放射性	Bq/L	0.222

2、⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所监测结果。

(1) ^{99m}Tc、⁹⁰Y 核素治疗使用场所 X、γ 射线周围剂量当量率检测结果见下表。

表 7-4 ^{99m}Tc、⁹⁰Y 核素治疗使用场所 X、γ 射线周围剂量当量率检测结果

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (μSv/h)		备注
			给药时/设备运行时	未给药时/设备未运行时	
1▲	储源室、污物间与注射室	储源罐外表面 5cm	17.9	0.20	1.987×10 ⁹ Bq (53.7mCi) 的 ⁹⁰ Y 和 1.48×10 ⁸ Bq (4mCi) 的 ^{99m} Tc 药物处于储源罐中置于室内
2▲		储源罐外表面 100cm	1.10	0.22	
3▲		储源室内防护门外表面 30cm	0.38	0.19	
4▲		储源室内夹墙北墙外表面 30cm	0.42	0.21	
5▲		储源室东墙外表面 30cm	0.28	0.23	
6▲		储源室南墙外表面 30cm	0.16	0.19	

续表七 验收监测结果

续表 7-4 ^{99m}Tc、⁹⁰Y 核素治疗使用场所 X、γ 射线周围剂量当量率检测结果

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (μSv/h)		备注
			给药时/设备运行时	未给药时/设备未运行时	
7▲	储源室、污物间与注射室	污物间西端防护门外表面 30cm	0.18	0.21	放射性废物桶内含若干放射医疗废物，置于室内
8▲		污物间东端防护门外表面（北侧）30cm	0.19	0.19	
9▲		污物间东端防护门外表面（中部）30cm	0.22	0.17	
10▲		污物间东端防护门外表面（南侧）30cm	0.21	0.20	
11▲		污物间东端防护门外表面（上端）30cm	0.19	0.19	
12▲		污物间东端防护门外表面（下端）30cm	0.18	0.18	
13▲		污物间南墙外表面 30cm	0.23	0.22	
14▲		注射缓冲间南侧防护门外表面 30cm	0.77	0.20	1.987×10 ⁹ Bq (53.7mCi) 的 ⁹⁰ Y 和 1.48×10 ⁸ Bq (4mCi) 的 ^{99m} Tc 药物置于注射室内
15▲		注射缓冲间西侧防护门外表面 30cm	0.19	0.21	
16▲		注射室西墙外表面 30cm	0.18	0.21	
17▲		注射室北墙外表面 30cm	0.41	0.21	
18▲		注射室北侧防护门外表面 30cm	0.83	0.19	
19▲		一层地面上方 30cm	0.20	0.22	
20▲		分装室	手套箱外表面 30cm 人员操作位	0.25	0.21
21▲	手套箱观察窗表面		0.27	0.19	
22▲	手套箱右手洞（关闭）		0.30	0.20	
23▲	手套箱左手洞（关闭）		0.40	0.21	
24▲	手套箱非正对人员操作位外表面 5cm		1.25	0.19	
25▲	污物间放射性废物桶外表面 30cm		0.22	0.21	内含若干放射医疗废物
26▲	^{99m} Tc 放射性废物桶外表面 30cm		0.22	0.20	
27▲	SPECT/CT 检查室	人员操作位	0.20	0.22	1.987×10 ⁹ Bq (53.7mCi) 的 ⁹⁰ Y 和 1.48×10 ⁸ Bq (4mCi) 的 ^{99m} Tc 药物置于诊断床上，且 CT 曝光条件：130kV，100mAs，5.18s，
28▲		控制室观察窗外表面 30cm	0.33	0.19	
29▲		工作人员防护门外表面（北侧）30cm	0.22	0.17	
30▲		工作人员防护门外表面（中部）30cm	0.21	0.22	
31▲		工作人员防护门外表面（南侧）30cm	0.21	0.25	
32▲		工作人员防护门外表面（上端）30cm	0.17	0.21	
33▲		工作人员防护门外表面（下端）30cm	0.20	0.19	
34▲		受检者防护门外表面 30cm	0.21	0.22	
35▲		西墙外表面 30cm	0.20	0.19	
36▲		北墙外表面 30cm	0.19	0.19	

续表七 验收监测结果

续表 7-4 ^{99m} Tc、 ⁹⁰ Y 核素治疗使用场所 X、γ 射线周围剂量当量率检测结果					
序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (μSv/h)		备注
			给药时/设备运行时	未给药时/设备未运行时	
37▲	SPECT/CT 检查室	东墙外表面 30cm	0.19	0.21	准直 10mm
38▲		南墙外表面 30cm	0.20	0.20	
39▲		一层地面上方 30cm	0.24	0.24	
40▲	衰变池	原有衰变池外表面	0.21	0.19	/
41▲		新增衰变池外表面	0.22	0.20	
42▲	1 号 DSA 机房	人员操作位	0.24	0.18	1.987×10 ⁹ Bq (53.7mCi) 的 ⁹⁰ Y 和 1.48×10 ⁸ Bq (4mCi) 的 ^{99m} Tc 药物置于诊断床上,并在透视模式下以 77kV, 12.8mA, 标准水模 +1.5mm 铜板为模体的条件曝光
43▲		控制室观察窗外表面 30cm	0.23	0.19	
44▲		工作人员防护门外表面 (北侧) 30cm	0.22	0.18	
45▲		工作人员防护门外表面 (中部) 30cm	0.18	0.19	
46▲		工作人员防护门外表面 (南侧) 30cm	0.20	0.19	
47▲		工作人员防护门外表面 (上端) 30cm	0.17	0.21	
48▲		工作人员防护门外表面 (下端) 30cm	0.18	0.22	
49▲		受检者防护门外表面 (西侧) 30cm	0.16	0.25	
50▲		受检者防护门外表面 (中部) 30cm	0.20	0.21	
51▲		受检者防护门外表面 (东侧) 30cm	0.19	0.23	
52▲		受检者防护门外表面 (上端) 30cm	0.18	0.21	
53▲		受检者防护门外表面 (下端) 30cm	0.22	0.23	
54▲		污洗防护门外表面 (西侧) 30cm	0.20	0.22	
55▲		污洗防护门外表面 (中部) 30cm	0.21	0.23	
56▲		污洗防护门外表面 (东侧) 30cm	0.22	0.19	
57▲		污洗防护门外表面 (上端) 30cm	0.24	0.16	
58▲		污洗防护门外表面 (下端) 30cm	0.23	0.19	
59▲		东侧防护墙外表面 30cm	0.22	0.21	
60▲		南侧防护墙外表面 30cm	0.20	0.19	
61▲		西侧防护墙外表面 30cm	0.20	0.24	
62▲		北侧防护墙外表面 30cm	0.20	0.19	
63▲		二层地面上方 30cm 处	0.24	0.22	
64▲		地下一层地面上方 170cm 处	0.21	0.20	
65▲		第一术者位距地面 155cm 处	13.2	0.17	
66▲		第一术者位距地面 125cm 处	14.4	0.21	
67▲		第一术者位距地面 105cm 处	16.2	0.19	
68▲		第一术者位距地面 80cm 处	9.8	0.20	
69▲		第一术者位距地面 20cm 处	8.9	0.17	
70▲		第二术者位距地面 155cm 处	116	0.19	

续表七 验收监测结果

续表 7-4 ^{99m}Tc、⁹⁰Y 核素治疗使用场所 X、γ 射线周围剂量当量率检测结果

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (μSv/h)		备注
			给药时/设备运行时	未给药时/设备未运行时	
71▲	1 号 DSA 机房	第二术者位距地面 125cm 处	150	0.19	/
72▲		第二术者位距地面 105cm 处	83	0.22	
73▲		第二术者位距地面 80cm 处	17.3	0.21	
74▲		第二术者位距地面 20cm 处	5.1	0.20	
75▲	A 区 4A-31-33 病床	病房防护门外表面（北侧）30cm	0.17	0.22	注 射 1.987×10 ⁹ Bq (53.7mCi) 的 ⁹⁰ Y 药物的病人 居于室内 33 床
76▲		病房防护门外表面（中部）30cm	0.19	0.20	
77▲		病房防护门外表面（南侧）30cm	0.22	0.20	
78▲		病房防护门外表面（上端）30cm	0.21	0.21	
79▲		病房防护门外表面（下端）30cm	0.23	0.21	
80▲		东侧防护墙外表面 30cm	0.43	0.21	
81▲		西侧防护墙外表面 30cm	0.26	0.19	
82▲		北侧防护墙外表面 30cm	0.20	0.21	
83▲		五层地面上方 30cm 处	0.22	0.20	
84▲		三层地面上方 170cm 处	0.20	0.21	
85▲	放射工作人员	距药物 100cm 处工作人员位	1.11	0.21	1.987×10 ⁹ Bq (53.7mCi) 的 ⁹⁰ Y 药物置于 于铅容器内
86▲		距药物 5cm 处工作人员位	18.6	0.19	
87▲		距药物 100cm 处工作人员位	0.20	0.19	1.48×10 ⁸ Bq (4mCi) 的 ^{99m} Tc 药物置于 于铅容器内
88▲		距药物 5cm 处工作人员位	0.23	0.22	
89▲	1 号楼东侧望景酒店		0.24	0.20	/
90▲	1 号楼南侧纵三路		0.23	0.19	
91▲	1 号楼西侧医院内部道路		0.25	0.21	
92▲	1 号楼北侧 1 号楼内部其余建筑		0.23	0.20	

注：①所有核素置于铅容器内转运。
 ②检测点平面位置见图 6-3~图 6-6；人员操作位检测点高度为 1m，防护墙外检测点高度为 1.3m；SPECT/CT 检查室线缆从地下穿过，管线洞口不穿过防护墙。
 ③核医学科位于 2 号楼负一层，正上方为院内商铺，正下方无建筑。
 ④1 号 DSA 机房位于 1 号楼一层，正上方为超声科，正下方为地下车库。
 ⑤A 区 4A-31-33 病房整体为 ⁹⁰Y 患者临时控制区，位于 2 号楼 A 区四层，正上方为 2-5A 病区，正下方为 2-3A 病区。

续表七 验收监测结果

(2) ^{99m}Tc 、 ^{90}Y 核素治疗使用场所 β 表面污染检测结果见下表。

表 7-5 ^{99m}Tc 、 ^{90}Y 核素治疗使用场所 β 表面污染检测结果见下表

序号	场所名称	检测点位置	检测结果 (Bq/cm ²)	控制水平 (Bq/cm ²)
1●	储源室与 注射室	储源罐表面	< LLD	≤40
2●		储源室地面	< LLD	≤40
3●		储源室墙面	< LLD	≤40
4●		注射室地面	< LLD	≤40
5●	储源室与 注射室	注射室墙面	< LLD	≤40
6●		工作桌表面	< LLD	≤40
7●		ECT 手套箱表面	< LLD	≤40
8●		洗手池表面	< LLD	≤40
9●		放射性废物桶外表面	< LLD	≤40
10●		污物间放射性废物桶外表面	< LLD	≤40
11●	SPECT/CT 检查室	地面	< LLD	≤40
12●		墙面	< LLD	≤40
13●		诊断床表面	< LLD	≤40
14●	配药人员	手表面	< LLD	≤0.4
15●		皮肤暴露部分表面	< LLD	≤0.4
16●		工作服表面	< LLD	≤4
17●		手套表面	< LLD	≤4
18●		工作鞋表面	< LLD	≤4
19●	操作人员	手表面	< LLD	≤0.4
20●		皮肤暴露部分表面	< LLD	≤0.4
21●		工作服表面	< LLD	≤4
22●		手套表面	< LLD	≤4
23●		工作鞋表面	< LLD	≤4
24●	1 号 DSA 机房	地面	< LLD	≤40
25●		墙面	< LLD	≤40
26●		诊断床表面	< LLD	≤40
27●	污洗间	地面	< LLD	≤40
28●		卫生间地面	< LLD	≤40
29●		污洗池表面	< LLD	≤40
30●	2 号楼 A 区 4A-31- 33 病床	地面	< LLD	≤40
31●		墙面	< LLD	≤40
32●		33 床表面	< LLD	≤40
33●		座椅表面	< LLD	≤40

注：①上表所列检测值均已扣除本底值，该设备的探测下限为 0.06Bq/cm²，记为 LLD。

① 检测点位见图 6-3~图 6-5。

续表七 验收监测结果

由表 7-1~表 7-5 可知：

1、核医学科 SPECT/CT 工作场所监测结果：

(1) 核医学科 SPECT/CT 机房及辅助用房（储源室、污物间、注射室、休息室、抢救室、SPECE 观察室、卫生通过间及淋洗间等）医护人员未进行工作时，各侧墙体及防护门外表面 30cm 处围剂量当量率在 0.16~0.28 μ Sv/h 之间；医护人员进行工作时，各侧墙体及防护门外表面 30cm 处围剂量当量率在 0.16~2.4 μ Sv/h 之间，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 μ Sv/h”的要求。

(2) 医护人员未进行药物分装时，手套箱各侧周围剂量当量率在 0.17~0.20 μ Sv/h 之间；医护人员在进行药物分装时，手套箱各侧周围剂量当量率在 0.22~0.57 μ Sv/h 之间。其中医护人员在进行药物分装时，手套箱外表面 30cm 人员操作位处周围剂量当量率为 0.22 μ Sv/h，手套箱非正对人员操作位外表面处周围剂量当量率为 0.56 μ Sv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“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 2.5 μ Sv/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 25 μ Sv/h。”的要求。

(3) 放射性废物桶外表面 30cm 处的周围剂量当量率在 0.21~0.22 μ Sv/h 之间，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。”的要求。

(4) 核医学科 SPECT/CT 工作场所各监测点位 β 表面污染检测结果 $<LLD \sim 0.20\text{Bq/cm}^2$ （LLD 为 β 表面污染探测下限为 0.06 Bq/cm^2 ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应控制水平（控制区 40 Bq/cm^2 、监督区 4 Bq/cm^2 ）。

综上所述，①核医学工作场所各监测点位辐射剂量率均符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相关标准的要求；②核医学工作场所各监测点位 β 表面污染水平均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于表面污染控制水平限值的要求。

续表七 验收监测结果

2、核医学科衰变池监测结果：

由表 7-3 核医学科衰变池外排废水的监测结果可知，核医学科衰变池外排水中的总 β 放射性 0.222Bq/L。监测结果表明，衰变池中外排废水总 β 放射性小于 GB18466-2005《医疗机构水污染物排放标准》规定的 10Bq/L 限值标准。

3、 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所监测结果。

(1) DSA 机房内设备未运行时，辐射工作人员操作位周围剂量当量率为 0.18 $\mu\text{Sv/h}$ ，机房周围剂量当量率在 0.16~0.24 $\mu\text{Sv/h}$ 之间；设备运行时，辐射工作人员操作位周围剂量当量率为 0.24 $\mu\text{Sv/h}$ ，机房周围剂量当量率在 0.16~0.25 $\mu\text{Sv/h}$ 之间。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(2) 核医学科涉及到 ^{90}Y 肝癌治疗中的辐射工作场所各功能房间（储源室、污物间、注射室与 SPECT/CT 机房）在医护人员未进行工作时，各侧墙体及防护门外表面 30cm 处周围剂量当量率在 0.17~0.25 $\mu\text{Sv/h}$ 之间；在医护人员进行工作时，各侧墙体及防护门外表面 30cm 处周围剂量当量率在 0.16~0.83 $\mu\text{Sv/h}$ 之间，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(3) ^{90}Y 肝癌治疗工作场所和核医学科工作场所各监测点位 β 表面污染检测结果 <LLD（LLD 为 β 表面污染探测下限为 0.06Bq/cm²）。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应控制水平（控制区 40Bq/cm²、监督区 4Bq/cm²）。

综上，① ^{90}Y 肝癌治疗工作场所（包括涉及到的核医学科工作场所）周围各监测点位周围剂量当量率均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关标准要求；② ^{90}Y 肝癌治疗工作场所（包括涉及到的核医学科工作场所）各监测点位 β 表面污染水平均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于表面污染控制水平限值的要求。

续表七 验收监测结果

7.3 剂量监测和估算结果

7.3.1 剂量估算公式

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3}$$

其中：H：受照点年有效剂量，mSv/a；

\dot{H} ：受照点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U：探伤设备向关注点方向照射的使用因子，本次评价均保守取 1；

t：年受照时间，h；

T：人员在相应关注点驻留的居留因子。

7.3.2 辐射工作人员附加剂量

1、核医学科辐射工作场所

根据医院提供的资料，单次手术由核医学科 6 名工作人员承担，其中注射核药由 2 名护士完成（1 名进行药物分装，1 名进行药物注射），摆位操作由 2 名技师完成，2 名医生进行诊断。本项目核医学科辐射工作场所辐射工作人员个人所受的附加年有效剂量详见表 7-6。

因此保守估计护士所受的附加年有效剂量为 $(1.29\text{E}-02) + (7.60\text{E}-04) + (1.73\text{E}-02) + (3.47\text{E}-02) + (7.60\text{E}-04) = 6.64\text{E}-02\text{mSv}$ ，保守估计技师所受的附加年有效剂量为 $(3.40\text{E}-04) + (2.00\text{E}-05) = 3.60\text{E}-04\text{mSv}$ ，保守估计医生所受的附加年有效剂量为 $(4.00\text{E}-02) + (2.00\text{E}-03) + (2.00\text{E}-03) = 4.40\text{E}-02\text{mSv}$

综上，该辐射工作场所正常生产工况条件下，辐射工作人员年有效剂量小于 5mSv 的个人剂量管理限值。

2、 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所

根据医院提供的资料， ^{90}Y 肝癌治疗工作场所共配置 6 名辐射工作人员，分 2 组，每组由 2 名手术医生和 1 名技师组成。本项目 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所辐射工作人员个人所受的附加年有效剂量详见表 7-7。

保守估计护士所受的附加年有效剂量为 $(1.70\text{E}-05) + (3.13\text{E}-02) + (1.70\text{E}-05) + (3.13\text{E}-02) = 6.26\text{E}-02\text{mSv}$ ，技师所受的附加年有效剂量为 $1.75\text{E}-03\text{mSv}$ ，保守估计医生所受的附加年有效剂量为 $1.87 + 1.87 = 3.74\text{mSv}$

综上，该辐射工作场所正常生产工况条件下，辐射工作人员年有效剂量小于 5mSv 的个人剂量管理限值。

表 7-6 核医学科辐射工作人员个人所受的附加有效剂量一览表

核素	关键操作	操作时间 (min)	年诊疗人数 (人)	年出束时 间 (h)	周围剂量当量率最大处及监测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	辐射工作人员个人所 受的附加年有效剂量 (mSv)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	诊断分装 (护士)	1	2000	34	21■ 手套箱观察窗表面 (0.57)	1	1.29E-02
	肝癌分装 (护士)	1	100	2	21■ 手套箱观察窗表面 (0.57)	1	7.60E-04
	注射前取药 (护士)	0.5	2000	17	18■ 注射室北侧防护门外表面 30cm 处(1.82)	1	1.73E-02
	注射 (护士)	1		34	18■ 注射室北侧防护门外表面 30cm 处(1.82)	1	3.47E-02
	患者扫描前摆位 (技师)	1		34	76■ SPET/CT 检查室内人员操作位 (0.24)	1	3.40E-04
	诊断扫描 (医生)	15		500	87■SPET/CT 检查室南墙外表面 30cm 处 (0.28)	1	4.00E-02
	肝癌扫描 (医生)	15	100	25	87■SPET/CT 检查室南墙外表面 30cm 处 (0.28)	1	2.00E-03
^{90}Y	分装 (护士)	1	100	2	21■ 手套箱观察窗表面 (0.57)	1	7.60E-04
	摆位 (技师)	1		2	76■ SPET/CT 检查室内人员操作位 (0.24)	1	2.00E-05
	扫描 (医生)	15		25	87■SPET/CT 检查室南墙外表面 30cm 处 (0.28)	1	2.00E-03

表 7-7 ⁹⁰Y 治疗工作场所关键操作位防护与操作时间一览表

人员	关键操作	操作时间 (min)	年诊疗人数 (人)	年出束时间 (h)	周围剂量当量率最大处及监测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	辐射工作人员个人所 受的附加年有效剂量 (mSv)
^{99m} Tc 手 术人员	^{99m} Tc 送药位（护士）	6	50/3	1.7	88▲ 放射工作人员距药物 5cm 处工作 人员位（0.23）	1	1.70E-05
	术者位（医生）	15	50	12.5	71▲ DSA 机房内第二术者位距地面 125cm 处（150）	1	1.87
⁹⁰ Y 手 术 人员	⁹⁰ Y 送药位（护士）	6	50/3	1.7	86▲ 放射工作人员距药物 5cm 处工作 人员位（18.6）	1	3.13E-02
	术者位（医生）	15	50	12.5	71▲ DSA 机房内第二术者位距地面 125cm 处（150）	1	1.87
控制室工 作人员	^{99m} Tc 送药位（护士）	6	50/3	1.7	88▲ 放射工作人员距药物 5cm 处工作 人员位（0.23）	1	1.70E-05
	⁹⁰ Y 送药位（护士）	6	50/3	1.7	86▲ 放射工作人员距药物 5cm 处工作 人员位（18.6）	1	3.13E-02
	操作位（技师）	15	50	12.5	28▲ SPECT/CT 检测室南侧控制室观察 窗外表面 30cm（0.33）	1	1.75E-03

注：本项目辐射工作人员分为 2 组手术人员进行治疗，每位医生每年最多治疗 50 名患者，最多 100 台手术，送药为每组 3 人轮换。

续表七 验收监测结果

2、⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所

根据医院提供的资料，⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所共配置 6 名辐射工作人员，分 2 组，每组由 2 名手术医生和 1 名技师组成。本项目 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所辐射工作人员个人所受的附加年有效剂量详见表 7-7。

保守估计护士所受的附加年有效剂量为 $(1.70E-05) + (3.13E-02) + (1.70E-05) + (3.13E-02) = 6.26E-02\text{mSv}$ ，技师所受的附加年有效剂量为 $1.75E-03\text{mSv}$ ，保守估计医生所受的附加年有效剂量为 $1.87+1.87=3.74\text{mSv}$

综上，该辐射工作场所正常生产工况条件下，辐射工作人员年有效剂量小于 5mSv 的个人剂量管理限值。

7.3.3 公众人员附加剂量

1、核医学科工作场所

核医学科工作场所运行时，公众人员不可进入控制区（注射室、储源室、污物间、卫生通过间、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、PET 候诊室、SPECT 候诊室、留观室（兼抢救室）、患者通道、及核医学科配套的衰变池），公众人员可达区域为监督区（PET/CT 机房控制室、设备室、服务器、给药前候诊区、护士站、护士办公室、SPECT/CT 控制室、办公室等辅助用房及楼上、楼下等周围环境需关注的敏感区域），由表 7-1 监测结果可知，给药时监督区内 SPECT/CT 检查室东墙外表面 30cm 处周围剂量当量率最大为 $0.24\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1/4，根据表 7-6 保守取公众人员受照时间为 500h。可估算公众人员个人所受的附加年有效剂量为 $1.25 \times 10^{-3}\text{mSv}$ ，低于公众 0.1mSv/a 个人剂量管理限值。

2、⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所

由表 7-7 可知，公众人员受照时间取 25h，由表 7-4 监测可知，⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所机房周围的辐射剂量水平结果可知，给药时 ⁹⁰Y 肝癌治疗工作场所内 ⁹⁰Y 患者临时控制区病房东侧防护墙外表面 30cm 处公众成员周围剂量当量率最大为 $0.43\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1/4。可估算公众人员个人所受的附加年有效剂量为 $1.38 \times 10^{-3}\text{mSv}$ 。DSA 机房正下方有技术办公室，居留因子取 1，由表 7-4 监测可知，DSA 机房正下方地面 170cm 处周围剂量当量率为 $0.21\mu\text{Sv/h}$ ，可估算公众人员个人所受的附加年有效剂量为 $2.50E-04\text{mSv}$ 。综上，可估算公众人员所受的附加年有效剂量满足 0.1mSv/a 个人剂量管理限值。

表八 验收检测结论

8.1 安全防护、环境保护“三同时”制度执行情况

树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目已落实环境影响评价制度，该项目环境影响报告表及其批复文件中要求的辐射防护和安全措施已落实。该项目建设，落实了防护与安全和环境保护“三同时”制度。

8.2 污染物排放监测结果

（1）核医学科 SPECT/CT 辐射工作场所各监测点位辐射剂量水平符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的标准要求。

（2）核医学科 SPECT/CT 辐射工作场所控制区和监督区各监测点位 β 表面污染水平符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于表面污染控制水平限值的要求。

（3）核医学科配套的衰变池中总 β 放射性小于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定限值（总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）。

（4） ^{90}Y 肝癌治疗工作场所（包括涉及到的核医学科工作场所）周围各监测点位周围剂量当量率均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关标准要求。

（5） ^{90}Y 肝癌治疗工作场所（包括涉及到的核医学科工作场所）各监测点位 β 表面污染水平符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于表面污染控制水平限值的要求。

8.3 工程建设对环境的影响

由验收监测结果估算，本项目所致的辐射工作人员和公众的年有效剂量满足分别满足环评批复的 5mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值要求。

8.4 辐射安全防护、环境保护管理

（1）医院使用的放射性同位素种类和规模，依照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，取得了《辐射安全许可证》；本项目新增的 1 台 SPECT/CT 射线装置，已依照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，于 2024 年 07 月 10 日重新申领取得《辐射安全许可证》。

续表八 验收检测结论

(2) 现场检查结果表明，医院辐射安全管理机构健全，辐射防护和安全生产管理制度、设备操作规程基本完善；制定了监测方案、人员培训计划、辐射事故应急预案；落实了本单位核医学科工作场所和 ^{90}Y 肝癌治疗工作场所（DSA 机房）的安全防护措施；辐射防护和环境保护相关档案资料齐备；医院辐射防护管理工作基本规范。

(3) 医院落实了辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康体检，建立了个人剂量档案和职业健康监护档案。

(4) 放射性物质运输通道设置合理，放射性“三废”收集路径和处理措施可行，基本满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中相关要求。

8.5 后续要求

(1) 加强辐射安全设施的日常检查和维护。

(2) 做好辐射工作人员的培训与复训工作，加强辐射工作人员的个人剂量管理和职业健康监护管理。

(3) 加强核医学科休息室内注射核药病人的管理。

(3) 每年定期委托有资质单位对探伤室周围环境进行监测，监测结果于每年的 1 月 31 日前同年度评估报告一起上报到当地生态环境部门。。

综上所述，树兰（杭州）医院核技术利用改扩建项目符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定，具备竣工验收条件。