

报告编号: LBHJ-2025-DLYS021

广东省第二人民医院核技术利用扩建项目
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位:

广东省第二人民医院

编制单位:

广州乐邦环境科技有限公司

2025 年 11 月

建设单位法人代表：



编制单位法人代表： 

项目负责人： 

填表人： 

建设单位（盖章）

广东省第二人民医院

建设单位联系人：李科斌

电话：

传真： /

邮编：510317

地址：广州市海珠区新港中路466号大院

编制单位（盖章）

广州乐邦环境科技有限公司

编制单位联系人：田丰

电话：13802515341

传真： /

邮编：511436

地址：广州市番禺区新造镇和平路1号19号仓101

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 项目建设情况	4
表 3 辐射安全与防护设施/措施	17
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	46
表 5 验收监测质量保证及质量控制	47
表 6 验收监测内容	48
表 7 验收监测	62
表 8 验收监测结论	75
附件 1 环评批复	77
附件 2 辐射安全许可证	80
附件 3 周围剂量当量率检测报告	102
附件 4 X- γ 周围剂量当量率和 β 表面污染检测报告	107
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表	132

表1 项目基本情况

建设项目名称		广东省第二人民医院核技术利用扩建项目			
建设单位名称		广东省第二人民医院			
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建			
建设地点		广州市海珠区新港中路 466 号大院			
源项		放射源		无	
		非密封放射性物质		3 个乙级非密封放射性物质工作场所 1 个丙级非密封放射性物质工作场所	
		射线装置		1 台Ⅱ类射线装置 1 台Ⅲ类射线装置	
建设项目 环评批复时间		2022 年 7 月 19 日	开工建设时间		2023 年 10 月
取得辐射安全 许可证时间		2025 年 2 月 24 日	项目投入运行时间		2026 年 1 月 1 日
辐射安全与防护设施 投入运行时间		2025 年 6 月	验收现场监测时间		2025 年 06 月 19 日
环评报告表 审批部门		广东省生态 环境厅	环评报告表 编制单位		广州乐邦环境科技 有限公司
辐射安全与防护设施 设计单位		药物制备场所：中晔工程建设集团有限公司 动物实验场所：中晔工程建设集团有限公司 核医学科场所：利用原有场所和设施，不涉及新设施设计 核素治疗场所：广东省机电建筑设计研究院有限公司			
辐射安全与防护设施 施工单位		药物制备场所：青岛青盾医疗科技有限公司 动物实验场所：青岛青盾医疗科技有限公司 核医学科场所：利用原有场所和设施，不涉及新设施设计 核素治疗场所：广东荣耀建设股份有限公司			
投资总概算		6000 万元	辐射安全与防护设施 投资总概算		450 万元 比例 7.50 %
实际总概算		5845 万元	辐射安全与防护设施 实际总概算		525 万元 比例 8.98 %
验收 依据	(1) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（主席令第六号，2003 年 10 月 1 日施行） (2) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行） (3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 18 号，2011 年 5 月 1 日施行）				

	(4) 《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 16 日施行) (5) 《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, 2017 年 11 月 20 日施行) (6) 《核技术利用建设项目重大变动清单(试行)》(环办辐射函(2025) 313 号) (7) 《关于发布射线装置分类的公告》(环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年 第 66 号, 2017 年 12 月 5 日施行) (8) GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(2003 年 4 月 1 日实施) (9) HJ1326-2023《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(2024 年 2 月 1 日实施) (10) HJ1188-2021《核医学辐射防护与安全要求》(2021-11-01 实施) (11) GBZ120-2020《核医学放射防护要求》(2021-05-01 实施) (12) GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》(2020 年 10 月 1 日实施) (13) HJ61-2021《辐射环境监测技术规范》(2021 年 5 月 1 日实施) (14) HJ1157-2021《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(2021 年 5 月 1 日实施) (15) GB8999-2021《电离辐射监测质量保证通用要求》(2021 年 8 月 1 日实施) (16) DB4426-2001《水污染物排放限值》(2002 年 1 月 1 日实施) (17) 《广东省第二人民医院核医学科扩建项目环境影响报告表》(编号: LBHJ-2022-HJSHP006) (18) 《广东省生态环境厅关于广东省第二人民医院核医学科扩建项目环境影响报告表的批复》(粤环审[2022]173 号)
--	---

	(19) 《广东省第二人民医院核技术利用项目辐射安全分析报告》(2024 年)														
验收执行标准	(1) 人员的年有效剂量 根据环评报告、环评批复、辐射安全分析报告和相关法律法规，本次验收取辐射工作人员职业照射的剂量约束值为 5 mSv/a，公众照射的剂量约束值为 0.1 mSv/a。														
	(2) 周围剂量当量率 根据环评报告、辐射安全分析报告和相关法律法规，本次验收取：1、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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$，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 $10 \mu\text{Sv/h}$。2、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 $25 \mu\text{Sv/h}$。3、控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子$\geq 1/2$），周围剂量当量率应$< 2.5 \mu\text{Sv/h}$。4、控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子$< 1/2$），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应$< 10 \mu\text{Sv/h}$。5、在控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂量当量率$< 2.5 \mu\text{Sv/h}$。														
	(3) 表面污染水平 根据环评报告、辐射安全分析报告和相关法律法规，本次验收的 β 表面污染控制水平为：														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">表 面 类 型</th><th>β放射性物质 (Bq/cm²)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">工作台、设备、墙壁、地面</td><td>控制区¹⁾</td><td>4×10</td></tr> <tr> <td>监督区</td><td>4</td></tr> <tr> <td>工作服、手套、工作鞋</td><td>控制区 监督区</td><td>4</td></tr> <tr> <td colspan="2">手皮肤、内衣、工作袜</td><td>4×10^{-1}</td></tr> </tbody> </table>		表 面 类 型		β 放射性物质 (Bq/cm ²)	工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10	监督区	4	工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4	手皮肤、内衣、工作袜	
表 面 类 型		β 放射性物质 (Bq/cm ²)													
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10													
	监督区	4													
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4													
手皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}													

1) 该区内的高污染子区除外。

表 2 项目建设情况

2.1.项目建设内容

建设单位情况：广东省第二人民医院位于广东省广州市海珠区新港中路 466 号大院，始建于 1947 年，建筑面积 15 万平方米，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健于一体的三级甲等综合医院，医院设置了 86 个业务科室 55 个专业，编制床位 1730 张，是广东省高水平医院建设单位。

项目建设内容和规模：本次验收项目为核技术利用扩建项目，项目建设内容和规模为：

(1) 在建设单位 3 号楼负二层的药物制备场所，建设了 1 间回旋加速器机房及配套功能用房，在该机房内使用了 1 台回旋加速器（属 II 类射线装置）用于制备非密封放射性核素 ^{18}F 、 ^{11}C 和 ^{13}N ，以上核素均为自用。该药物制备场所属乙级非密封放射性物质工作场所。

(2) 在建设单位 3 号楼负二层的核医学科场所，新增使用了非密封放射性核素 ^{11}C 、 ^{13}N 和 ^{64}Cu 开展 PET 显像诊断， ^{11}C 和 ^{13}N 核素的来源为自备， ^{64}Cu 核素的来源为外购。同时，将原许可使用的非密封放射性核素 ^{18}F 的来源由外购转为自备。核医学科场所原为乙级非密封放射性物质工作场所，本次扩建后，核医学科场所仍为乙级非密封放射性物质工作场所。

核医学科场所原许可使用的 ^{18}F 核素，已完成了竣工环保验收。本次核医学科的非密封放射性核素 ^{18}F ，只将核素的来源方式由外购转为了自备， ^{18}F 核素的使用规模、使用流程等均保持不变。

(3) 在建设单位 3 号楼负二层的动物实验场所，建设了 1 间小动物 PET 机房，在该机房内使用了 1 台小动物 PET/CT（属 III 类射线装置），使用非密封放射性核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 和 ^{68}Ga （前 3 种核素的来源为自备，后 2 种核素的来源为外购）开展正电子核素显像诊断。该动物实验场所属丙级非密封放射性物质工作场所。

(4) 在建设单位 3 号楼负一层的核素治疗场所，建设了 5 间甲癌治疗病房及配套功能用房，使用了非密封放射性核素 ^{131}I 开展甲癌治疗；建设了 1 间敷贴制作室和 1 间敷贴治疗室，使用了非密封放射性核素 ^{32}P 开展敷贴治疗。该核素治疗场所属乙级非密封放射性物质

工作场所。

项目总平面布置和建设地点：本次验收项目的地址位于广东省广州市海珠区新港中路466号大院的广东省第二人民医院。项目地理位置的规划情况与实际情况一致，项目地理位置图见图 2-1。

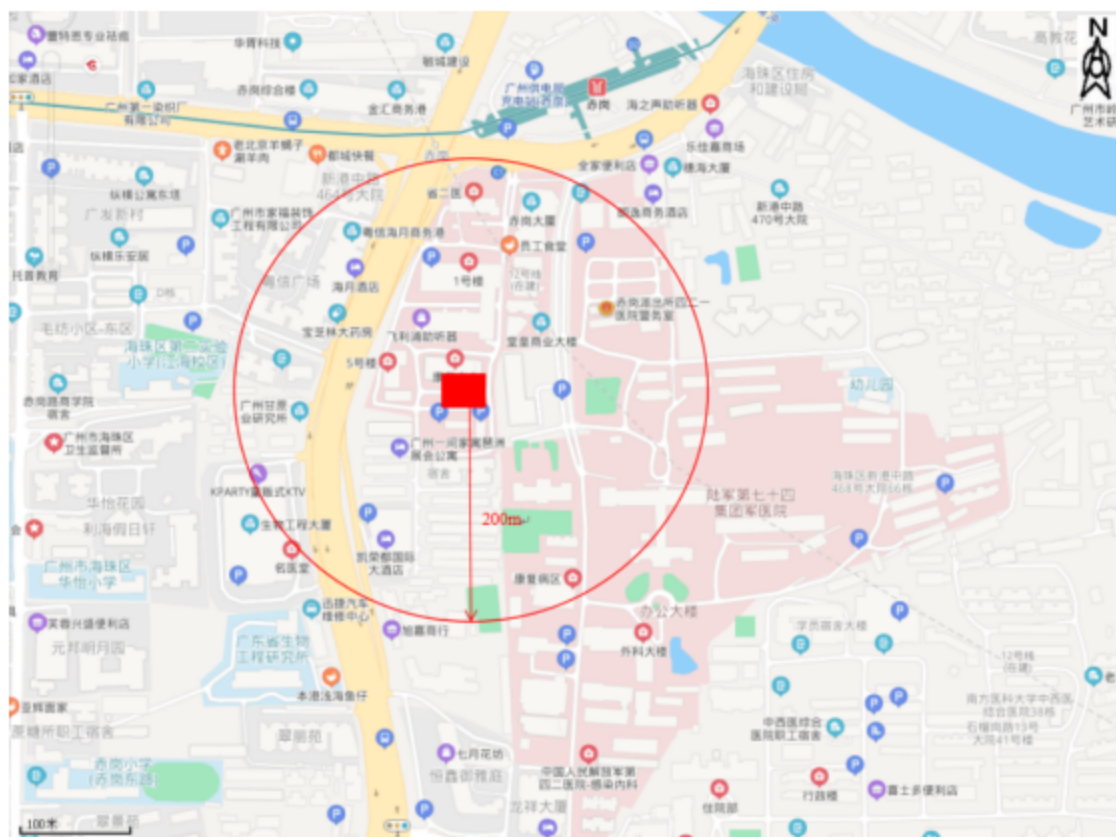


图 2-1 项目地理位置图

建设单位 3 号楼和 9 号楼的地下层（负一层、负二层）是相连为一个整体的，为方便管理，建设单位将 3 号楼和 9 号楼的负一层统称为 3 号楼负一层，将 3 号楼和 9 号楼的负二层统称为 3 号楼负二层。

本项目的药物制备场所、核医学科场所和动物实验场所，位于 3 号楼负二层。本项目的核素治疗场所位于 3 号楼负一层。

本项目的药物制备场所、核医学科场所、动物实验场所和核素治疗场所的周边环境与环评阶段的规划一致，3 号楼负二层平面布局图见图 2-2，3 号楼负一层平面布局图见图 2-3。

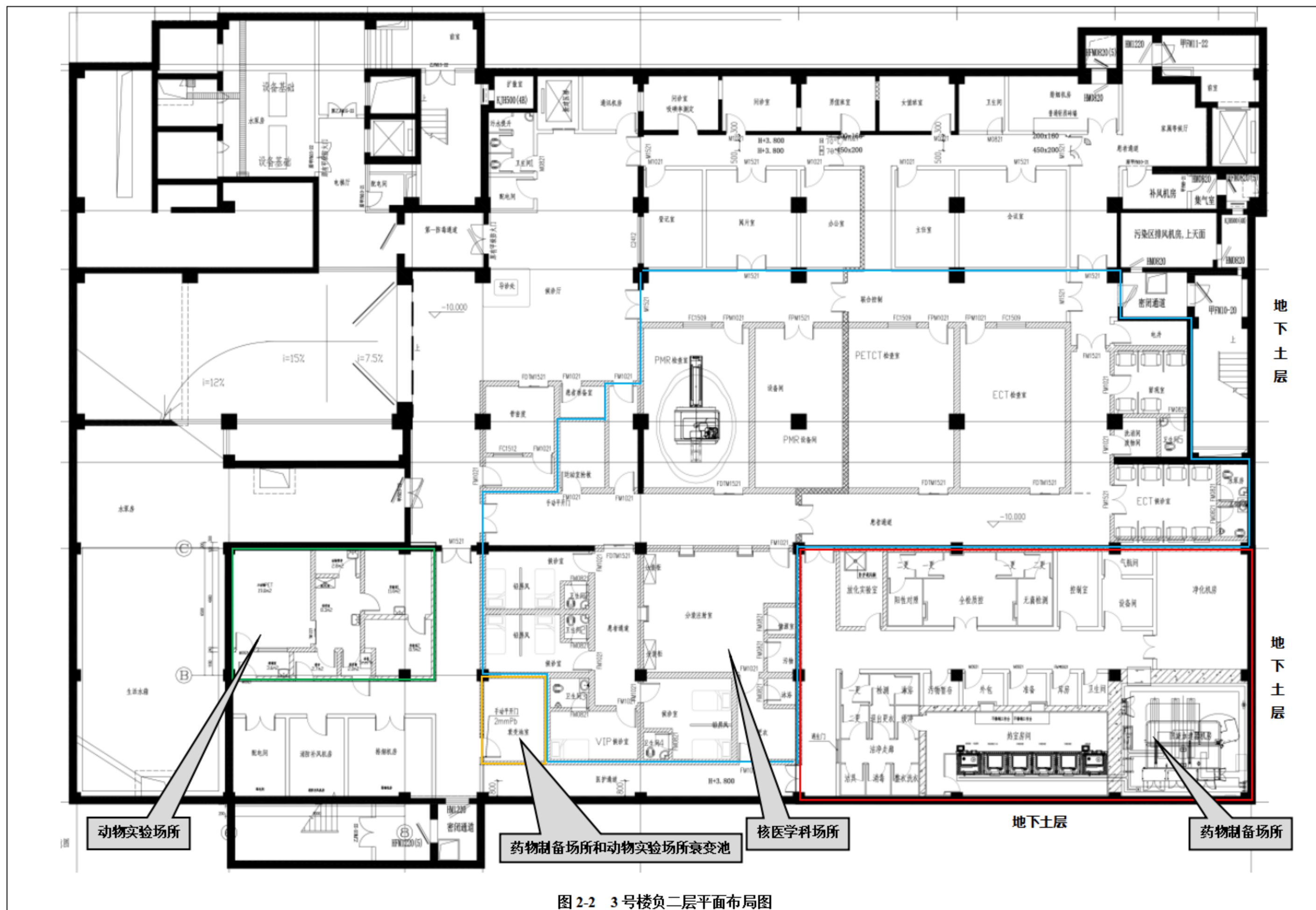


图 2-2 3号楼负二层平面布局图

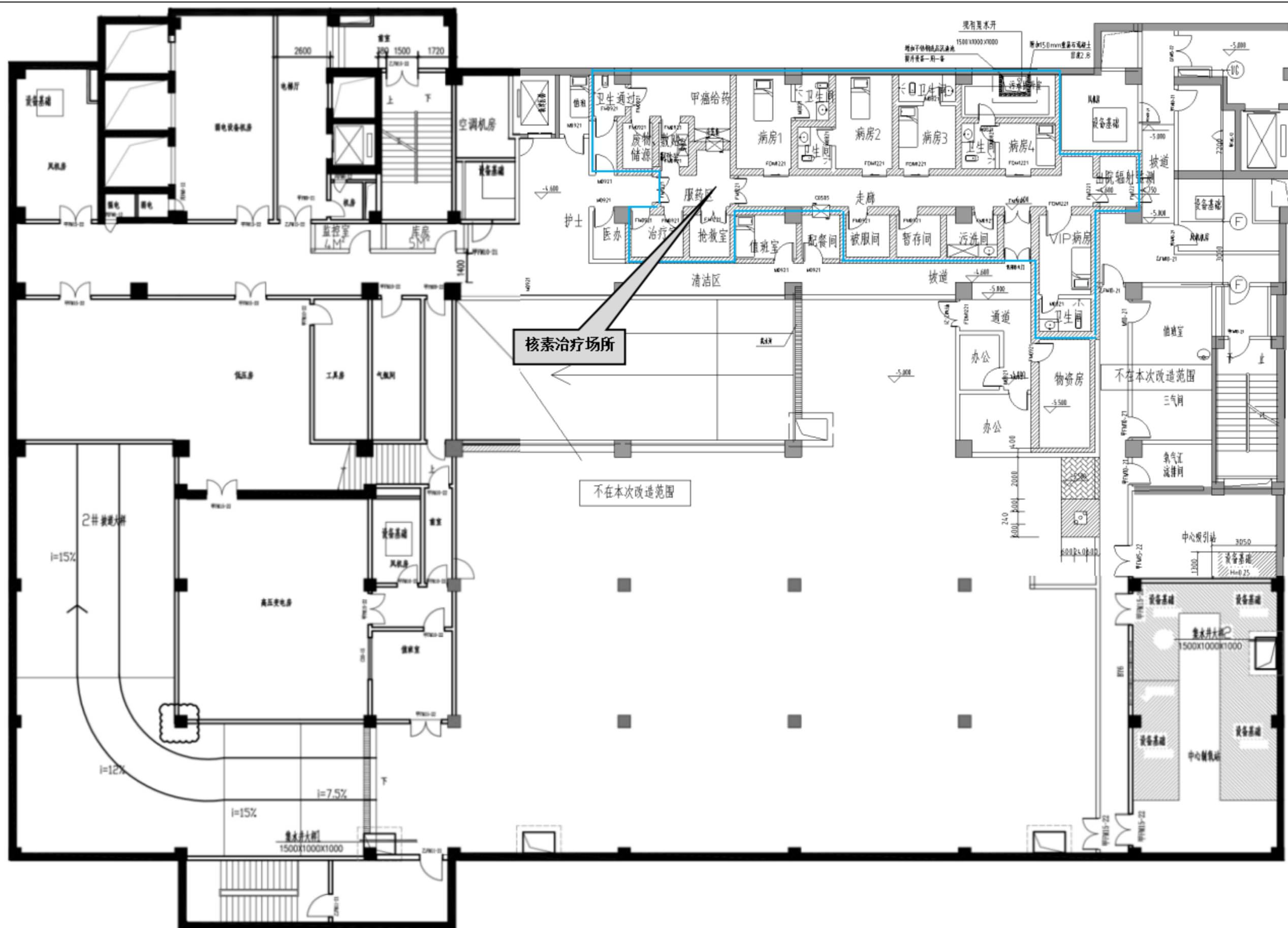


图 2-3 3 号楼负一层平面布局图

项目周围环境敏感目标分布情况：根据本项目的评价范围（评价范围为射线装置及非密封放射性物质工作场所（实体屏蔽物）的边界外 50m 的范围），确定本项目的周围环境敏感目标为项目周围环境 50m 范围内活动的辐射工作人员和公众（非辐射工作人员）。周围环境敏感目标分布情况见表 2-1。

表 2-1 周围环境敏感目标分布情况

序号	保护目标	与评价项目相对位置	影响人群（人数）
药物制备场所、动物实验场所			
1	准备间、外包间、库房、更衣缓冲区域、控制室、放化实验室等。	辐射工作场所北侧、西侧紧邻	辐射工作人员（约 2 人）
2	负二楼内人员（核医学科候诊区、医生办公区等）	辐射工作场所四周 50 米内	公众（约 80 人）
3	高压设备间、中心制氧站设备基础	辐射工作场楼上	公众（偶然居留）
4	5 号楼	小动物实验 PET 机房西面约 29~50 米内	公众（约 50 人）
5	医院宿舍住宅区	小动物实验 PET 机房西南面约 35~50 米内	公众（约 60 人）
6	医学工程部	药物制备区西南面约 32~50 米内	公众（约 30 人）
7	军区医院食堂（一楼）	药物制备区东北面约 40~50 米内	公众（约 30 人）
8	8 号楼	药物制备区东北面约 48~50 米内	公众（约 50 人）
9	院内室外公众场所	辐射工作场所四周 50 米内	公众（偶然居留）
核素治疗场所			
1	给药室、敷贴制作室、废物储源室等	辐射工作场所内西北面	辐射工作人员（约 3 人）
2	医务人员办公室、值班室、配餐间等	辐射工作场所西侧、南侧紧邻	公众（约 3 人）
3	核医学科问诊室、主任办公室	辐射工作场楼下	公众（约 7 人）
4	康复科及消防控制中心	辐射工作场所楼上	公众（约 30 人）
5	5 号楼	辐射工作场所西面约 35~50 米内	公众（约 50 人）
6	2 号楼	辐射工作场所北面约 30~50 米内	公众（约 60 人）
7	8 号楼	辐射工作场所东北面约 26~50 米内	公众（约 50 人）
8	军区医院食堂（一楼）	辐射工作场所东面约 24~50 米内	公众（约 30 人）
9	院内室内外公众场所	辐射工作场所四周 50 米内	公众（偶然居留）
核医学科场所			
1	控制室	辐射工作场所北面紧邻	辐射工作人员（约 3 人）
2	核医学科医生办公区	辐射工作场所北面	公众（约 7 人）
3	负二楼内人员（候诊厅等）	辐射工作场所四周 50 米内	公众（约 80 人）

4	停车场	辐射工作场楼上	公众（偶然居留）
5	2号楼	辐射工作场所北面约43~50米内	公众（约50人）
6	5号楼	辐射工作场所西面约28~50米内	公众（约50人）
7	医院宿舍住宅区	辐射工作场所西南面约40~50米内	公众（约60人）
8	医学工程部	辐射工作场所南面约22~50米内	公众（约30人）
9	军区医院食堂（一楼）	辐射工作场所东北面约37~50米内	公众（约30人）
10	8号楼	辐射工作场所东北面约30~50米内	公众（约50人）
11	院内室外公众场所	辐射工作场所四周50米内	公众（偶然居留）

环境影响报告表及其审批部门审批决定的建设内容：建设单位于2022年委托广州乐邦环保科技有限公司编制了《广东省第二人民医院核医学科扩建项目环境影响报告表》（编号：LBHJ-2022-HJSH006），该项目于2022年7月获得了广东省生态环境厅的环评批复，批文号：粤环审[2022]173号（见附件1）。上述环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容为：

（一）在院区3号楼和9号楼负二层东南角扩建一个核素制备区。建设1间回旋加速器机房及配套功能用房，在该机房内新增安装使用1台自屏蔽式回旋加速器（最大能量12 MeV，最大束流强度为100 μ A，属Ⅱ类射线装置）用于制备放射性核素氟-18、碳-11和氮-13，以上核素均为自用。该核素制备区属乙级非密封放射性物质工作场所。

（二）将院区3号楼和9号楼负一层地下停车场北侧区域改建为核素治疗区。建设5间甲癌治疗病房及配套功能用房，使用放射性核素碘-131开展甲癌治疗；建设1间敷贴制作室和1间敷贴治疗室，使用放射性核素磷-32开展敷贴治疗。该核素治疗区属乙级非密封放射性物质工作场所。

（三）将院区3号楼和9号楼负二层西南侧空置房间改建为小动物实验场所，建设1间小动物PET/CT机房，在该机房内新增安装使用1台小动物PET/CT机（属Ⅲ类射线装置），使用放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、铜-64和镓-68（前3种核素为自备，后2种为外购）开展正电子核素显像诊断。该小动物实验场所属丙级非密封放射性物质工作场所。

（四）在院区3号楼和9号楼负二层核医学科核素诊疗工作场所内新增使用核素碳-11、氮-13和铜-64（碳-11和氮-13为自备铜-64为外购）开展PET显像诊断，原许可的核素氟-18由外购转为自备，其他原许可的核素继续使用。扩建后核医学科核素诊疗工作场所仍为乙级非

密封放射性物质工作场所。

辐射安全分析报告备案的建设内容：在场地建设过程中，建设单位与施工设计单位、设备供应商等经过现场实际勘察后，对部分场所的布局、设备放置方向进行了优化调整，并对核素治疗场所的放射性核素用量进行调整；同时，优化调整了场所内的排风管网、污水管网等。本次调整后不改变原有场所等级。针对上述调整，建设单位于 2024 年委托广州乐邦环境科技有限公司编制了《广东省第二人民医院核技术利用项目辐射安全分析报告》，并于 2024 年完成了备案。具体调整内容如下：

- ①药物制备场所：调整了回旋加速器靶点位置、回旋加速器机房防护门屏蔽厚度、场所放射性排水管道及排风管道走向。
- ②核素治疗场所：场所平面布局及辐射防护屏蔽厚度进行了优化调整，同时调整了场所放射性排水管道及排风管道走向、核素种类及药物使用量。
- ③动物实验场所：优化调整了场所平面布局，相应调整场所内放射性排水管道及排风管道走向。
- ④核素诊疗工作场所：不进行调整，与环评一致

建设单位严格按照环评报告、环评批复及辐射安全分析报告的要求进行了项目建设，本次针对 2022 年的环评进行整体验收，环评报告、环评批复及辐射安全分析报告的建设内容与实际建设内容一致（见表 2-2）。

表 2-2 环评报告、环评批复及辐射安全分析报告的建设内容与实际建设内容一览表

序号	环评报告、环评批复及辐射安全分析报告的建设内容	实际建设内容	结论
1	在院区 3 号楼和 9 号楼负二层东南角扩建一个核素制备区。建设 1 间回旋加速器机房及配套功能用房，在该机房内新增安装使用 1 台自屏蔽式回旋加速器（最大能量 12 MeV，最大束流强度为 100 μ A，属 II 类射线装置）用于制备放射性核素氟-18、碳-11 和氮-13，以上核素均为自用。该核素制备区属乙级非密封放射性物质工作场所。	在 3 号楼负二层的东南角建设了药物制备场所，建设了 1 间回旋加速器机房及配套功能用房，在该机房内使用了 1 台自屏蔽式回旋加速器（最大能量 12 MeV，最大束流强度为 100 μ A，属 II 类射线装置）用于制备非密封放射性核素 ^{18}F 、 ^{11}C 和 ^{13}N ，以上核素均为自用。该药物制备场所属乙级非密封放射性物质工作场所。	一致
2	将院区 3 号楼和 9 号楼负一层地下停车场北侧区域改建为核素治疗区。建设 5 间甲	在 3 号楼负一层的北侧建设了核素治疗场所，建设了 5 间甲癌治疗病房及配套功能	一致

	癌治疗病房及配套功能用房，使用放射性核素碘-131开展甲癌治疗；建设1间敷贴制作室和1间敷贴治疗室，使用放射性核素磷-32开展敷贴治疗。该核素治疗区属乙级非密封放射性物质工作场所。	用房，使用了非密封放射性核素 ¹³¹ I开展甲癌治疗；建设了1间敷贴制作室和1间敷贴治疗室，使用了非密封放射性核素 ³² P开展敷贴治疗。该核素治疗场所属乙级非密封放射性物质工作场所。	
3	将院区3号楼和9号楼负二层西南侧空置房间改建为小动物实验场所，建设1间小动物PET/CT机房，在该机房内新增安装使用1台小动物PET/CT机（属Ⅲ类射线装置），使用放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、铜-64和镓-68（前3种核素为自备，后2种为外购）开展正电子核素显像诊断。该小动物实验场所属丙级非密封放射性物质工作场所。	在3号楼负二层的西南侧建设了动物实验场所，建设了1间小动物PET/CT机房，在该机房内使用了1台小动物PET/CT（属Ⅲ类射线装置），使用非密封放射性核素 ¹⁸ F、 ¹¹ C、 ¹³ N、 ⁶⁴ Cu和 ⁶⁸ Ga（前3种核素的来源为自备，后2种核素的来源为外购）开展正电子核素显像诊断。该动物实验场所属丙级非密封放射性物质工作场所。	一致
4	在院区3号楼和9号楼负二层核医学科核素诊疗工作场所内新增使用核素碳-11、氮-13和铜-64（碳-11和氮-13为自备铜-64为外购）开展PET显像诊断，原许可的核素氟-18由外购转为自备。其他原许可的核素继续使用。扩建后核医学科核素诊疗工作场所仍为乙级非密封放射性物质工作场所。	在3号楼负二层的现有核医学科场所，新增使用了非密封放射性核素 ¹¹ C、 ¹³ N和 ⁶⁴ Cu开展PET显像诊断， ¹¹ C和 ¹³ N核素的来源为自备， ⁶⁴ Cu核素的来源为外购。同时，将原许可使用的非密封放射性核素 ¹⁸ F的来源由外购转为自备。核医学科场所原为乙级非密封放射性物质工作场所，本次扩建后，核医学科场所仍为乙级非密封放射性物质工作场所。	一致

注：建设单位3号楼和9号楼的地下层（负一层、负二层）是相连为一个整体的，为方便管理，建设单位将3号楼和9号楼的负一层统称为3号楼负一层，将3号楼和9号楼的负二层统称为3号楼负二层。

2.2. 源项情况

本次验收项目为3个乙级非密封放射性物质工作场所，1个丙级非密封放射性物质工作场所，1台Ⅱ类射线装置和1台Ⅲ类射线装置。

本次验收的1台Ⅱ类射线装置和1台Ⅲ类射线装置的规划情况与实际使用情况均一致。本次验收Ⅱ类和Ⅲ类射线装置的源项情况见表2-3和2-4。

动物实验场所的⁶⁴Cu核素，规划的日最大操作量为 $3.80 \times 10^7 \text{Bq}$ ，规划的日等效最大操作量为 $3.80 \times 10^7 \text{Bq}$ ，实际使用的日最大操作量为 $3.70 \times 10^7 \text{Bq}$ ，实际使用的日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^7 \text{Bq}$ ，日最大操作量和日等效最大操作量均降低。核素治疗场所的¹³¹I核素，规划的年最大用量为 $6.95 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，实际使用的年最大用量为 $6.85 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，实际使用的年最大用量降低。其余非密封放射性物质的规划情况与实际使用情况均一致。本次验收非密封放射性物质的源项情况见表2-5。

表 2-3 本次验收 II 类射线装置的源项情况

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大 能量	最大束流强度	使用位置
1	回旋加速器	II类	1 台	HM-12SPC	负氢离子	12MeV	100 μ A	3 号楼负二层 回旋加速器机房

注：所有参数均与环评规划一致

表 2-4 本次验收 III 类射线装置的源项情况

序号	名称	类别	数量	型号	射线 种类	最大 管电压	最大 管电流	使用位置
1	Super Nova® Micro PET/CT	III类	1 台	SNPC-303	X 射线	80kV	0.7mA	3 号楼负二层 小动物 PET/CT 机房

注：所有参数均与环评规划一致

表 2-5 本次验收非密封放射性物质的源项情况

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素名称	理化性质	活动种类	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)
1	药物制备场所	乙级	^{18}F	液态	生产	3.70×10^{10}	3.70×10^8	9.25×10^{12}
			^{11}C	液态	生产	8.51×10^{10}	8.51×10^8	2.13×10^{13}
			^{13}N	液态	生产	9.29×10^9	9.29×10^7	2.32×10^{12}
2	核医学科场所	乙级	^{11}C	液态	使用	3.23×10^{10}	3.23×10^7	8.08×10^{12}
			^{13}N	液态	使用	4.38×10^9	4.38×10^6	1.10×10^{12}
			^{64}Cu	液态	使用	9.51×10^8	9.51×10^5	2.38×10^{11}
3	动物实验场所	丙级	^{18}F	液态	使用	1.18×10^8	1.18×10^5	2.95×10^{10}
			^{11}C	液态	使用	1.81×10^9	1.81×10^6	4.53×10^{11}
			^{13}N	液态	使用	2.07×10^9	2.07×10^6	5.18×10^{11}
			^{64}Cu	液态	使用	3.70×10^7	3.70×10^4	9.50×10^9
			^{68}Ga	液态	使用	5.13×10^7	5.13×10^4	1.28×10^{10}
4	核素治疗场所	乙级	^{131}I	液态	使用	2.78×10^{10}	2.78×10^9	6.85×10^{12}
			^{32}P	液态	使用	3.70×10^7	3.70×10^6	3.70×10^9

注：动物实验场所的 ^{64}Cu 核素，规划的日最大操作量为 $3.80 \times 10^7 \text{Bq}$ ，规划的日等效最大操作量为 $3.80 \times 10^7 \text{Bq}$ ，实际使用的日最大操作量和日等效最大操作量均降低。核素治疗场所的 ^{131}I 核素，规划的年最大用量为 $6.95 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，实际使用的年最大用量降低。

本项目投入使用后，回旋加速器每天运行（出束）时间最多为 3h。热室房间内的药物合成在合成热室中全自动进行合成，整个合成过程无需人工干预，每天的药物合成时间最多 3h。药物合成后，全自动转移至分装热室内的铅罐，每天药物自动分装的时间最多 10min。放化实验室每天工作最多 1h。本项目的质控在全检质控室内进行，质控过程中的核素用量属于豁免量级。分装后的药物，由辐射工作人员转移至核医学科场所和动物实验场所，由于转移路径较短，药物运送时间每天最多 15min。药物制备场所全年开展天数为 250 天。

本项目投入使用后，动物实验场所中辐射工作人员每天分装药物的时间累计最多 15min，每天给小动物施药的累计时间最多 30min，每天给小动物扫描的累计时间最多 4h。动物实验场所的实验室 1 和实验室 2，拟开展动物相关的不涉及放射性的实验。动物实验场所全年开展天数为 250 天。

本项目投入使用后，核医学科场所在本次核素增加后，现有 PET 放射诊断的流程不变。建设单位预计每次分装操作的时间约 1min，注射操作时间约 0.5min，PET/CT 扫描操作的时间约 10min，患者摆位时间约 1min。核医学科场所全年开展天数为 250 天。

本项目投入使用后，核素治疗场所的 ^{131}I 药物采用自动分装柜进行药物分装，工作人员在甲癌给药室，通过视频、语音系统指导患者在隔壁的服药室服药，每天自动分装和指导服药累计时间约 10min。核素治疗场所的 ^{32}P 敷贴器制作、给患者施药和敷贴器回收，每天累计时间最多 2h。核素治疗场所全年开展天数为 250 天。

2.3. 工程设备与工艺分析

2.3.1. 药物制备场所

回旋加速器的设备组成：

回旋加速器主要由磁场系统、射频系统、真空系统、离子源系统、束流提取系统、靶系统等组成。

磁场系统：提供带电粒子进行圆周运动所需的磁场；

射频系统：提供加速带电粒子所需的高频振荡电场；

真空系统：提供真空环境，降低束流的丢失；

离子源系统：提供用于加速的负离子；

束流提取系统：将加速的带电负离子从真空箱中引出，该系统的基础是剥离膜。被加速的负离子通过膜时被脱去 2 个电子而转变成阳离子，并调整引出的束流进入选定的核素生产靶；

靶系统：完成特定核反应而产生正电子核素的装置，一般包括靶体、准直器、靶膜、管路阀门等。

工作流程：

(1) 添加靶材料

进行放射性核素制备前，需添加靶材料，本项目回旋加速器的靶材料包括气态靶和液态靶。辐射工作人员在回旋加速器机房外，进行靶材料的添加。靶材料的添加不需要进入加速器机房。

(2) 加速器运行

添加靶材料后，控制室的辐射工作人员操作加速器，进行出束轰击靶材料，靶材料被轰击后经核反应获得放射性核素。本项目制备核素的靶材料及核反应见表 2-6。

表 2-6 本项目制备核素的靶材料及核反应

核素名称	靶物理形态	核反应
^{18}F	液态靶	$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$
^{11}C	气态靶	$^{14}\text{N}(\text{p}, \alpha)^{11}\text{C}$
^{13}N	液态靶	$^{16}\text{O}(\text{p}, \alpha)^{13}\text{N}$

(3) 放射性核素合成、分装

加速器制备的放射性核素，自动转移至放化实验室中的合成柜中。放射性药物的合成和分装均在计算机控制的自动化合成柜中完成。合成柜由处理系统、合成模块及合成附件组成，被置于屏蔽热室中。

上述放射性药物的合成与分装的全部操作，均在合成分装柜中全自动完成，辐射工作人员均采用远程操控。药物化学合成后，需取样质检，一般取样约 $10\mu\text{Ci}$ ，因此，质检活动属于豁免级别。

(4) 制备后药物运送

辐射工作人员需在自动操作结束后，将装有放射性药品的铅防护罐的上盖拧紧，从热室

产品出口取出铅罐，在外包间完成生产批次、日期、活度等台账信息记录，之后用小推车将铅罐运至核素诊疗工作场所和动物实验场所。

2.3.2. 核素诊疗工作场所

本次核素诊疗工作场所的验收项目包括：新增使用核素 ^{11}C 、 ^{13}N 和 ^{64}Cu 开展 PET 显像诊断（ ^{11}C 和 ^{13}N 的来源为自备， ^{64}Cu 的来源为外购），原许可使用的核素 ^{18}F 由外购转为自备。

核素诊疗工作场所的工作流程：

①准备药物：建设单位根据患者预约情况，提前做好药物准备的规划。 ^{64}Cu 由供药单位在约定时间将放射性药物送至核素诊疗工作场所；其余放射性药物由建设单位自行制备，在约定时间将放射性药物送至核素诊疗工作场所。

②分装注射：建设单位将自行对放射性核素进行分装。分装后，辐射工作人员通过注射窗对患者实施放射性药物注射。

③患者候诊：患者在注射完放射性药物后，前往候诊室内休息等候。

④扫描诊断：待药物充分代谢后，患者进入 PET-CT 室进行扫描。如遇到特殊患者需要协助摆位时，辐射工作人员将进入机房辅助患者摆位，摆位结束后，辐射工作人员离开机房，在控制廊对患者实施扫描诊断。

⑤留观及离开：扫描完成后，需要留观的患者在留观室留观后离开核医学场所，无需留观患者直接离开核医学场所。

2.3.3. 动物实验场所

动物实验工作流程：

①准备药物：建设单位根据动物实验计划，提前做好药物准备的规划。 ^{18}F 、 ^{11}C 和 ^{13}N 由建设单位自行制备，在约定时间将放射性药物送至动物实验场所； ^{64}Cu 和 ^{68}Ga 由供药单位在约定时间将放射性药物送至动物实验场所。

②药物注射及扫描：建设单位将自行对放射性核素进行分装。进行动物实验室时，动物麻醉处理和药物注射均在科研室内进行。辐射工作人员在将动物施以麻醉后，使用 L 型注射台对动物进行放射性药物静脉注射。

③动物处理：实验结束后辐射工作人员进入 PET-CT 机房将动物尸体收集装袋，贴上标签，注明开展实验者姓名、所用核素、总活度和时间等信息，然后置于-20° 冰箱内暂存 30 天，待其活度浓度满足清洁解控水平后，移交动物试验中心以普通医疗动物尸体进行无害化处理。

2.3.4. 核素治疗场所

核素治疗场所的验收项目主要包括甲癌治疗项目和敷贴治疗项目。

甲癌治疗项目工作流程：

订药：工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位在用药当天送达药品，经确认无误完成相关交接、登记手续后，将甲癌的药物暂存于核素治疗场所分装室内。

指导服药：甲癌患者进入服药室，辐射工作人员在给药操作室内通过电脑控制系统操作碘自动分装仪自动分装药物，隔室通过视频监控，语音指导患者在隔壁服药室服药。

住院治疗：甲癌患者在服药室内服药后，在医护人员的指导下进入单人病房住院治疗。本项目核素治疗场所共设置 5 间单人病房。

出院：在甲癌病房区出口门禁内侧，设置固定式辐射剂量率监测仪，甲癌患者住院期满经医生同意后，通过监测患者体表 1m 处的周围剂量当量率，当患者体表 1m 处的周围剂量当量率低于 25 μ Sv/h 后，方可离开核素治疗场所。甲癌患者从核素治疗场所出口，经核医学科专用电梯离开。

敷贴治疗项目工作流程：

敷贴器制作：敷贴器在通风橱内进行制作，将高级滤纸剪成与病变大小一致的形状，将 ^{32}P 溶液均匀涂在滤纸上，用红外线灯烤干或晾干，之后放入塑料薄膜袋中密封备用。

敷贴治疗：先对患者病变部位做清洁处理，然后将敷贴器对齐病变部位贴紧并固定，进行敷贴治疗。敷贴治疗后去除敷贴器，并将敷贴器进行回收处理。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1. 药物制备场所

3.1.1. 药物制备场所的布局 and 分区

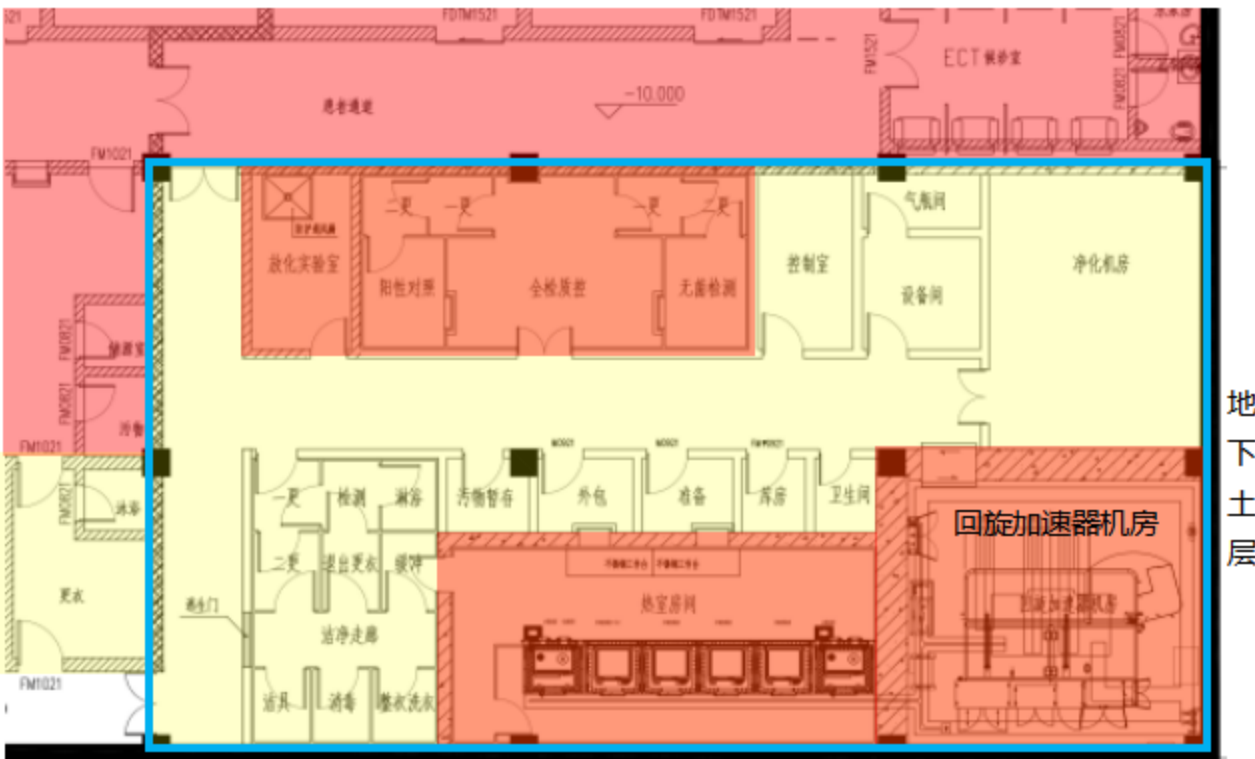
药物制备场所主要设置有回旋加速器机房、控制室、热室房间、全检质控室、放化实验室、更衣室、准备间、设备间、外包间及相关配备场所。

建设单位将药物制备场所划分为控制区和监督区，进行分区管理。

控制区包括：回旋加速器机房、热室房间、全检质控室、放化实验室等区域划分为控制区。通过墙体、防护门等实体屏蔽和电离辐射警告标志等进行控制管理。在回旋加速器出束时，禁止任何人员进入回旋加速器机房。

监督区包括：控制室、更衣室、准备间、设备间、外包间及相关配备场所划分为监督区。建设单位在监督区入口处设立了监督区的地面警示线，建设单位将定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常将立即进行整改。

建设单位的药物制备场所的布局 and 分区的规划情况与实际使用情况一致。



注：蓝色线条为药物制备场所的范围

图 3-1 药物制备场所的布局 and 分区（红色为控制区，黄色为监督区）

3.1.2. 药物制备场所的屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

本次验收的药物制备场所的回旋加速器机房、热室房间、全检质控室，均进行了屏蔽设施建设，药物制备场所的屏蔽设施建设情况见表 3-1。本次验收药物制备场所的热室房间中，一共设置了 4 个合成热室和 2 个分装热室，合成分装热室均进行了辐射屏蔽，热室房间内的合成热室和分装热室的屏蔽参数见表 3-2。

建设单位药物制备场所的屏蔽设施的实际建设情况，均不低于规划情况。建设单位根据实际工作需求，调整了合成热室和分装热室的数量：合成热室的规划数量为 3 个，实际数量为 4 个；分装热室的规划数量为 4 个，实际数量为 2 个。合成热室和分装热室的实际屏蔽参数，均不低于规划的屏蔽参数，可以满足验收要求。

表 3-1 药物制备场所的屏蔽设施建设情况

场所名称	屏蔽设施建设情况		规划情况
回旋加速器 机房	北、西面墙体	700mm 混凝土墙体	与规划一致
	南、东面墙体	400mm 混凝土墙体，墙外为土层	与规划一致
	顶棚	700mm 混凝土顶棚	与规划一致
	防护门	15mmPb+200mmPE（聚乙烯）+35mmPb	与规划一致
热室房间	北、西面墙体	300mm 混凝土墙体	与规划一致
	南面墙体	400mm 混凝土墙体，墙外为土层	与规划一致
	东面墙体	700mm 混凝土墙体	与规划一致
	顶棚	300mm 混凝土顶棚	与规划一致
	传递窗	传递窗：5mmPb	与规划一致
	防护门	防护门：8mmPb （防护门规划为 5mmPb）	增厚
全检质控室	北面墙体	300mm 混凝土	与规划一致
	东、南、西面墙体	240mm 实心砖墙 （实心砖墙规划厚度为 200mm）	增厚
	顶棚	300mm 混凝土顶棚	环评报告及辐射 安全分析报告 中，未提及此部 分的设计方案
	防护门	普通门	
放化实验室	北面墙体	300mm 混凝土	
	东、南、西面墙体	240mm 实心砖墙	
	顶棚	300mm 混凝土顶棚	
	防护门	防护门：8mmPb	

注：混凝土密度 $\geq 2.35 \text{ T/m}^3$ ，实心砖密度 $\geq 1.65 \text{ T/m}^3$

表 3-2 热室房间内的合成分装热室的屏蔽参数

序号	热室名称	数量	屏蔽厚度（正面/侧面）	规划情况
1	合成热室	4 个 (规划数量为 3 个)	正面 75mmPb，侧面 60mmPb	屏蔽厚度与规划一致
			顶面 60mmPb	
			底面 75mmPb	
4	分装热室	2 个 (规划数量为 4 个)	顶面 50mmPb	环评报告及辐射安全 分析报告中，未提及 此部分的设计方案
			底面 60mmPb	
			正面 60mmPb，侧面 50mmPb	屏蔽厚度与规划一致

回旋加速器机房所有连接机房内外的管道，均按照辐射安全设计方案进行了施工，通过下沉地面穿越屏蔽墙或多次折返的设计，增加泄漏射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。传药沟位于地面下 250mm，尺寸为 50mm (w) × 70mm

(h)，上方使用宽约 50mmPb 厚盖板进行覆盖。加速器机房控制线缆均通过地下电缆沟走线，从加速器的地坑出线后到达屏蔽墙体内侧，在出口处采用“U”型路径设计，下沉后穿越屏蔽墙到达机房外，同时，对电缆沟出入口使用 50mmPb 厚盖板进行覆盖。通风管道在加速器机房顶部走管，从机房门上方墙体穿过屏蔽墙，穿墙处洞口外用 300mm 混凝土做屏蔽补偿，形成“Z”型路径。回旋加速器机房的传药沟剖面图和风管穿墙剖面图见图 3-2。回旋加速器机房所有连接机房内外的管道的实际建设情况与规划情况一致。

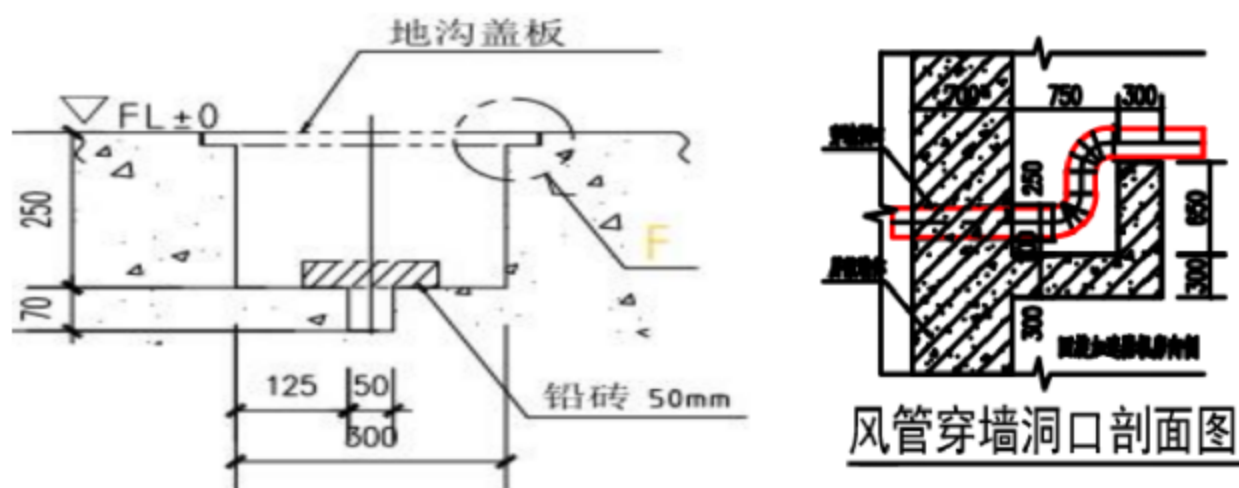


图 3-2 回旋加速器机房的传药沟剖面图和风管穿墙剖面图

根据“表 7 验收监测”中内容可知，本次验收项目在正常运行时，周围剂量当量率和人员的年有效剂量，均可以满足本次验收提出的要求，因此，本项目药物制备场所的屏蔽设施的屏蔽效能可以满足验收要求。

药物制备场所还有以下辐射安全措施：

(1) 钥匙控制和操作许可的规划情况为：回旋加速器控制系统具有钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器的控制系统。回旋加速器控制电脑系统具有登录密码，只有使用者输入正确密码后，才能登陆电脑，操作加速器软件。

实际情况为：回旋加速器没有设置钥匙开关。加速器的控制软件设置有登陆页面，所有进行加速器操作的人员均将设置不同的登录名和密码。在进行加速器操作前，操作人员需先进行登陆，只有密码输入正确，操作人员方可登陆系统。加速器对不同的用户开放不同的权限等级，当操作人员下达没有使用权限的加速器指令时，加速器将不会执行相应的指令。上述控制软件权限等级的安全措施效果，不低于规划的安全措施效果。

(2) 加速器安全联锁的规划情况为：回旋加速器有安全联锁装置，所有安全联锁条件均满足后，才能进行出束。回旋加速器机房设置有门机联锁装置及延时开门措施。

实际情况为：回旋加速器有安全联锁装置，所有安全联锁条件均满足后，才能进行出束。同时，回旋加速器机房设置有门机联锁装置。回旋加速器的安全联锁装置和门机联锁装置的实际情况与规划情况一致。

本项目的回旋加速器机房，没有设置延时开门措施。正常情况下，人员无需进入机房进行操作，不存在需要打开防护门的情况；特殊情况下，如人员滞留在机房时，需尽快打开防护门让滞留人员离开机房。因此，本项目无需设置延时开门措施。

(3) 加速器工作状态指示灯：加速器防护门外设置有工作状态指示灯。加速器工作状态指示灯的实际情况与规划情况一致。

(4) 固定式辐射监测设备：加速器机房的防护门内外，均设置固定式辐射监测探头，在控制室内有辐射剂量率实时显示面板。当机房外的剂量率测量结果超过设置阈值时，将

立即进行声光报警。固定式辐射监测设备的实际情况与规划情况一致。

(5) 加速器急停按钮：在加速器机房防护门内、控制台操作位上均设有急停按钮。紧急情况下，按下任一急停按钮，回旋加速器将立即停止出束。急停按钮被按下后，需手动操作进行复位。加速器急停按钮的实际情况与规划情况一致。

(6) 加速器清场措施的规划情况为：加速器开机运行前，辐射工作人员进入机房巡视，确认机房内无人员滞留后关闭机房防护门，然后通过操作台的监控器再次确认机房内无人员滞。

实际情况为：加速器开机运行前，辐射工作人员通过控制室的视频监控系统确认机房内无人员滞留后，开始操作加速器进行出束操作。实际工作中，辐射工作人员通过视频监控系统，即可确保机房内无人员滞留，辐射工作人员无需在出束前进入机房进行巡视，并且，由于回旋加速器机房内的感生放射性影响，辐射工作人员进入机房巡视存在很大的超剂量照射风险。因此，加速器开机前的实际操作步骤优于规划情况。

(7) 电离辐射警告标志：加速器机房大门和药物制备场所的入口处，均张贴有醒目的电离辐射警告标志。电离辐射警告标志的实际情况与规划情况一致。

(8) 视频监控装置：药物制备场所内设置有视频监控装置，视频显示面板位于加速器控制室。加速器控制室的辐射工作人员可以实时查看药物制备场所的情况。视频监控装置的实际情况与规划情况一致。

(9) 对讲装置：药物制备场所的控制室和热室设置有对讲装置，辐射工作人员可以方便及时的进行沟通。对讲装置的实际情况与规划情况一致。

3.1.3. 药物制备场所的防护用品配备情况

建设单位为药物制备场所配备了铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽等防护用品，药物制备场所的防护用品配备情况见表 3-3。

加速器靶废物铅防护箱位于回旋加速器机房内部，正常情况下回旋加速器机房不会有人员进入，加速器靶废物铅防护箱内的放射性固体废物，经加速器靶废物铅防护箱和回旋加速器机房的屏蔽后，对机房外人员的影响基本可以忽略不计，因此现有的加速器靶废物

铅防护箱的铅当量由规划的 50mmPb 降低到 20mmPb，可以满足验收要求。

由于药物制备场所无需将放射性药物分装至注射器并转运，因此没有配备注射器转运防护箱。由于药物制备场所没有固态源，且剩余的放射性药物拟在合成分装热室中进行暂存衰变，因此没有配备储源保险柜。

药物制备场所的铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽、药物转运铅罐、铅废物桶和分装柜的实际配备情况，不低于规划的配备情况。

表 3-3 药物制备场所的防护用品配备情况

名称	数量	铅当量	备注
铅衣	2	0.5mmPb	与规划一致
铅眼镜	2	0.5mmPb	与规划一致
铅围脖	2	0.5mmPb	与规划一致
铅帽	2	0.5mmPb	与规划一致
药物转运铅罐	2	40mmPb	与规划一致
铅废物桶	2	20mmPb	与规划一致
加速器靶废物铅防护箱	1	20mmPb (规划为 50mmPb)	减薄
分装柜	1	正面 60mmPb, 其余面 50mmPb (规划为 10 mmPb)	增厚
注射器转运防护箱	0 (规划为 4)	/	没有配备
储源保险柜	0 (规划为 1)	/	

注：由于药物制备场所无需将放射性药物分装至注射器并转运，因此没有配备注射器转运防护箱。由于药物制备场所没有固态源，且剩余的放射性药物拟在合成分装热室中进行暂存，因此没有配备储源保险柜。



药物制备场所回旋加速器



药物制备场所加速器靶废物铅防护箱



药物制备场所防护门



药物制备场所合成热室和分装热室



药物制备场所铅衣等防护用品



药物制备场所视频监控图像

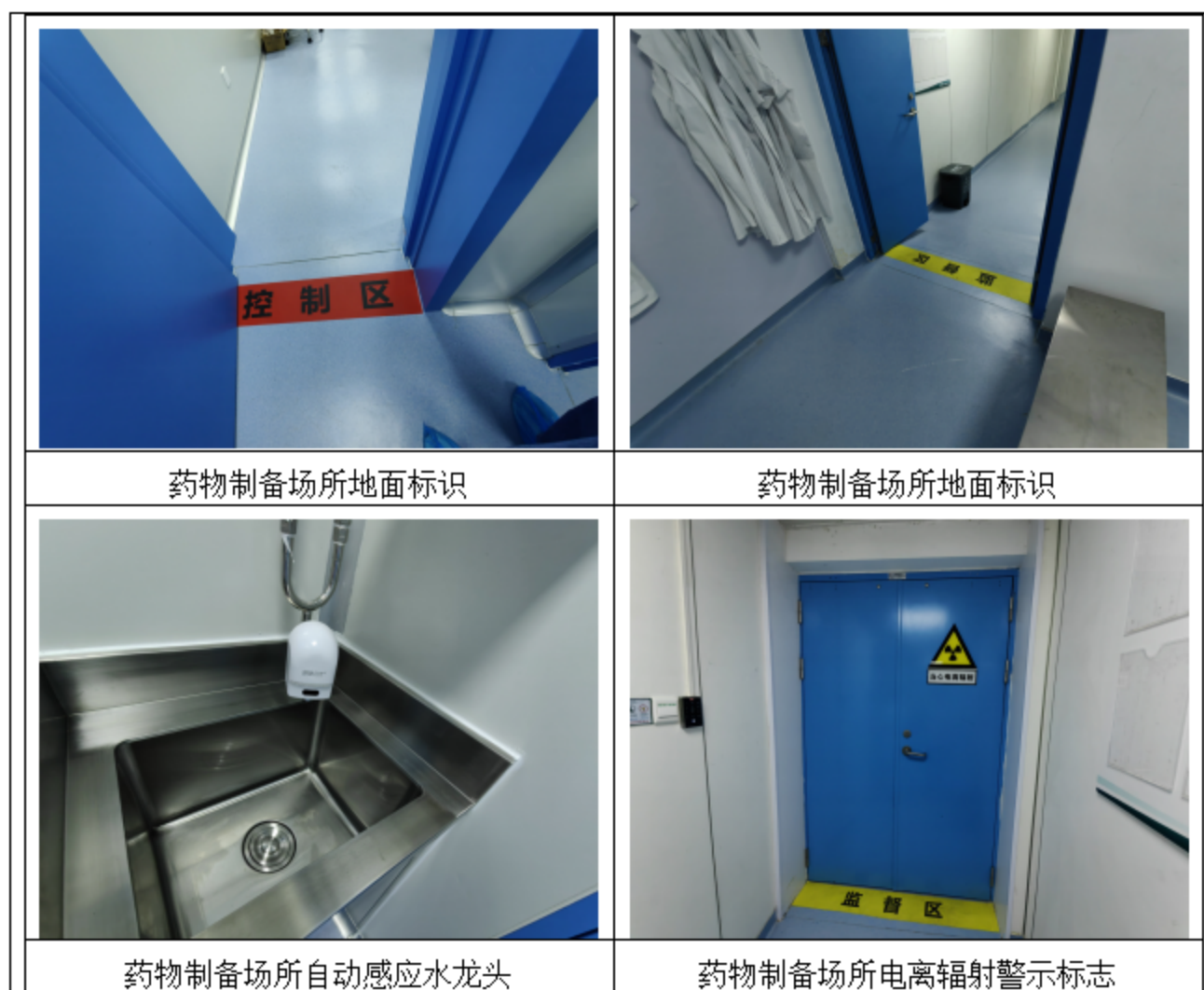


图 3-3 药物制备场所的实物图

3.2. 核医学科场所

建设单位的核医学科场所已经建设完成并于 2022 年通过了竣工环保验收。本次只新增使用了非密封放射性核素 ^{11}C 、 ^{13}N 和 ^{64}Cu 开展 PET 显像诊断，同时，非密封放射性核素 ^{18}F 的来源方式由外购转为了自备。

由于本次不改变核医学科场所的布局、分区、屏蔽设施情况、防护用品配备情况等，因此不对上述内容进行重复验收。

根据“表 7 验收监测”中内容可知，本次新增核素及变更 ^{18}F 的来源后，周围剂量当量率和人员的年有效剂量，均可以满足本次验收提出的要求，因此，本项目核医学科场所的屏蔽设施的屏蔽效能可以满足验收要求。

3.3. 动物实验场所

3.3.1. 动物实验场所的布局 and 分区

动物实验场所主要设置有小动物 PET 机房、控制室、动物暂存间、科研室、实验室 1、实验室 2、废弃物间、缓冲间等。

建设单位将动物实验场所划分为控制区和监督区，进行分区管理。

控制区包括：小动物 PET 机房、动物暂存间、科研室、实验室 1、实验室 2、废弃物间等区域划分为控制区。通过墙体、防护门等实体屏蔽和电离辐射警告标志等进行控制管理。在小动物 PET/CT 出束时，禁止任何人员进入小动物 PET 机房。

监督区包括：控制室、缓冲间、动物实验场所部分区域外 30cm 范围划分为监督区。建设单位在监督区入口处设立了表明监督区的地面警示线，建设单位将定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常将立即进行整改。

建设单位的动物实验场所的布局 and 分区的规划情况与实际使用情况一致。

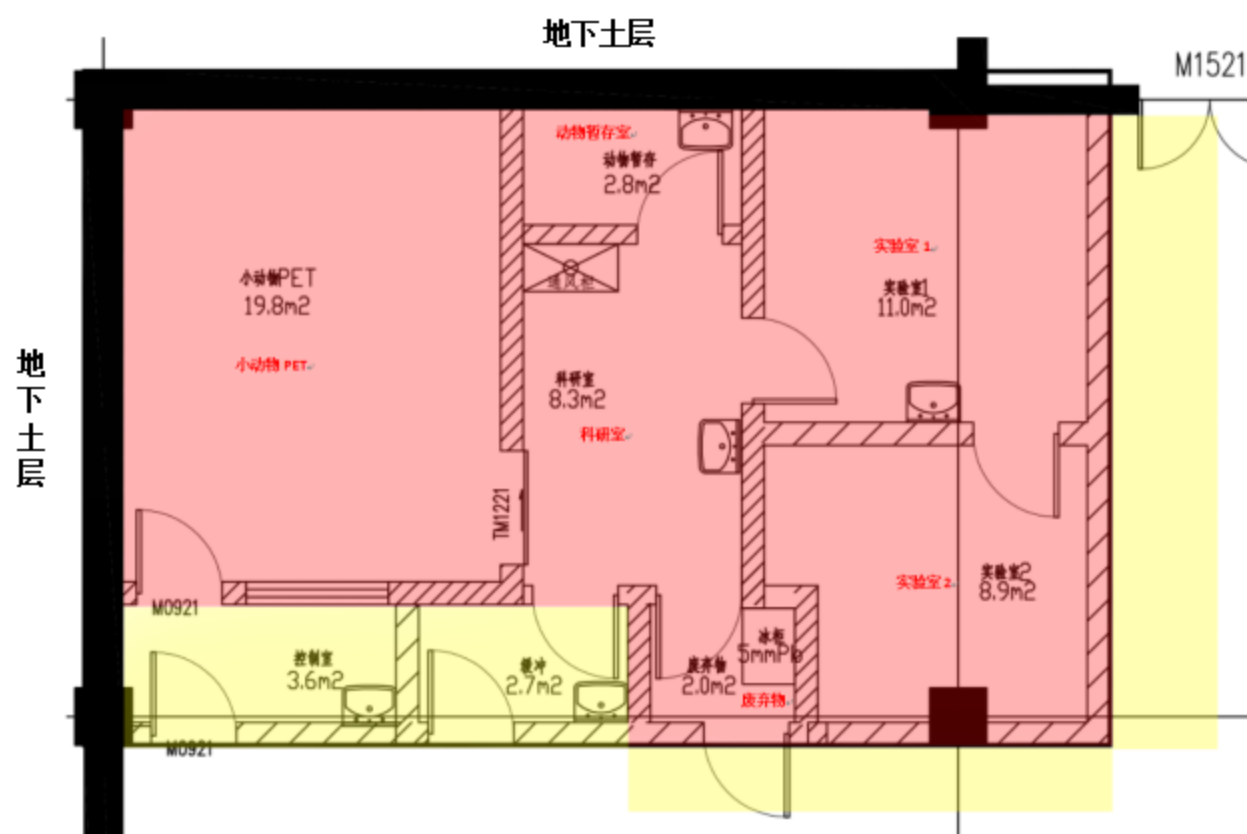


图 3-4 动物实验场所的布局 and 分区（红色为控制区，黄色为监督区）

3.3.2. 动物实验场所的屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

本次验收的动物实验场所的小动物 PET 机房和科研所，均进行了屏蔽设施建设，动物实验场所的屏蔽设施建设情况见表 3-4。建设单位动物实验场所的屏蔽设施的实际情况，均不低于规划情况。

表 3-4 动物实验场所的屏蔽设施建设情况

场所名称	屏蔽设施建设情况		备注
小动物 PET 机房	墙体	西侧、北侧：400mm 混凝土 东侧、南侧：240mm 实心砖墙	与规划一致
	顶棚	300mm 混凝土	与规划一致
	防护门	3mmPb (规划为 2mmPb，实际情况为 3mmPb)	增厚
	观察窗	3mmPb 铅玻璃观察窗	与规划一致
科研室	墙体	240mm 实心砖墙	与规划一致
	顶棚	300mm 混凝土	与规划一致
	防护门	防护门：3mmPb	与规划一致
动物暂存间	墙体	北侧：400mm 混凝土 东侧、南侧、西侧：240mm 实心砖墙	环评报告及辐射安全分析报告中，未提及此部分的设计方案
	顶棚	300mm 混凝土	
	防护门	防护门：3mmPb	
实验室 1	墙体	北侧：400mm 混凝土 东侧、南侧、西侧：240mm 实心砖墙	
	顶棚	300mm 混凝土	
	防护门	防护门：3mmPb	
实验室 2	墙体	240mm 实心砖墙	
	顶棚	300mm 混凝土	
	防护门	防护门：3mmPb	

注：混凝土密度 $\geq 2.35 \text{ T/m}^3$ ，实心砖密度 $\geq 1.65 \text{ T/m}^3$

根据“表 7 验收监测”中内容可知，本次验收项目在正常运行时，周围剂量当量率和人员的年有效剂量，均可以满足本次验收提出的要求，因此，本项目动物实验场所的屏蔽设施的屏蔽效能可以满足验收要求。

动物实验场所还有以下辐射安全措施：

- (1) 动物实验场所设置有门禁系统，无关人员无法进入动物实验场所。
- (2) 电离辐射警告标志：动物实验场所的入口张贴有醒目的电离辐射警告标志。

动物实验场所的辐射安全措施的实际情况与规划情况一致。

3.3.3. 动物实验场所的防护用品配备情况

建设单位为动物实验场所配备了铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽等防护用品，动物实验场所的防护用品配备情况见表 3-5。动物实验场所的防护用品实际配备情况，不低于规划情况。

表 3-5 动物实验场所的防护用品配备情况

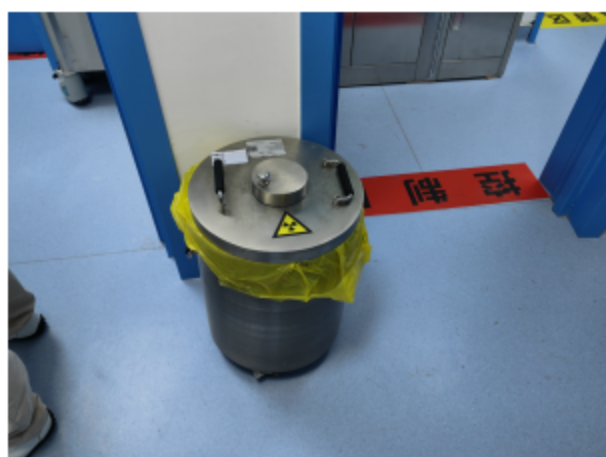
名称	数量	铅当量	备注
铅衣	2	0.5mmPb	与规划一致
铅眼镜	2	0.5mmPb	与规划一致
铅围脖	2	0.5mmPb	与规划一致
铅帽	2	0.5mmPb	与规划一致
铅废物桶	3	20mmPb (规划为 10mmPb)	增厚
分装柜	1	35mmPb	新增
注射台	1	20mmPb	新增
动物尸体暂存冰柜	1	8mmPb	新增



动物实验场所分装柜



动物实验场所注射台



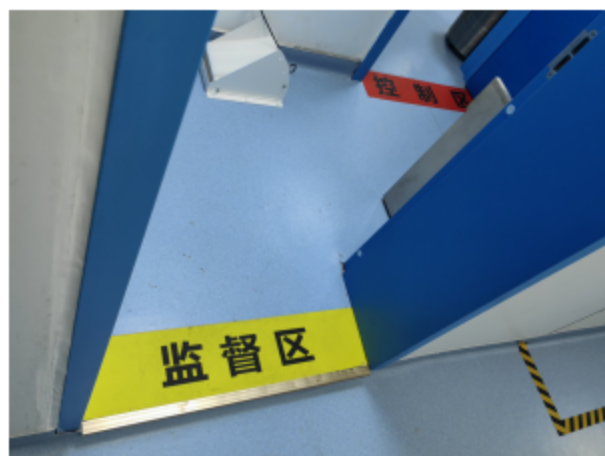
动物实验场所铅废物桶



动物实验场所动物尸体暂存冰柜



动物实验场所防护用品



动物实验场所地面标识



图 3-5 动物实验场所的实物图

3.4. 核素治疗场所

3.4.1. 核素治疗场所的布局 and 分区

核素治疗场所主要设置有敷贴制作室、治疗室、甲癌给药室、抢救室、甲癌病房、被服间、暂存间、出院辐射监测区等相关配套场所。

建设单位将核素治疗场所划分为控制区和监督区，进行分区管理。

控制区包括：敷贴制作室、治疗室、甲癌给药室、抢救室、病房、被服间、暂存间、出院辐射监测区等区域划分为控制区。通过墙体、防护门等实体屏蔽和电离辐射警告标志等进行控制管理。

监督区包括：卫生通过间、值班室、配餐室、医办室、风机房、核素治疗场所部分区域外 30cm 范围划分为监督区。建设单位在监督区入口处设立了表明监督区的地面警示

线，建设单位将定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常将立即进行整改。

建设单位的核素治疗场所的布局和分区的规划情况与实际使用情况均一致。

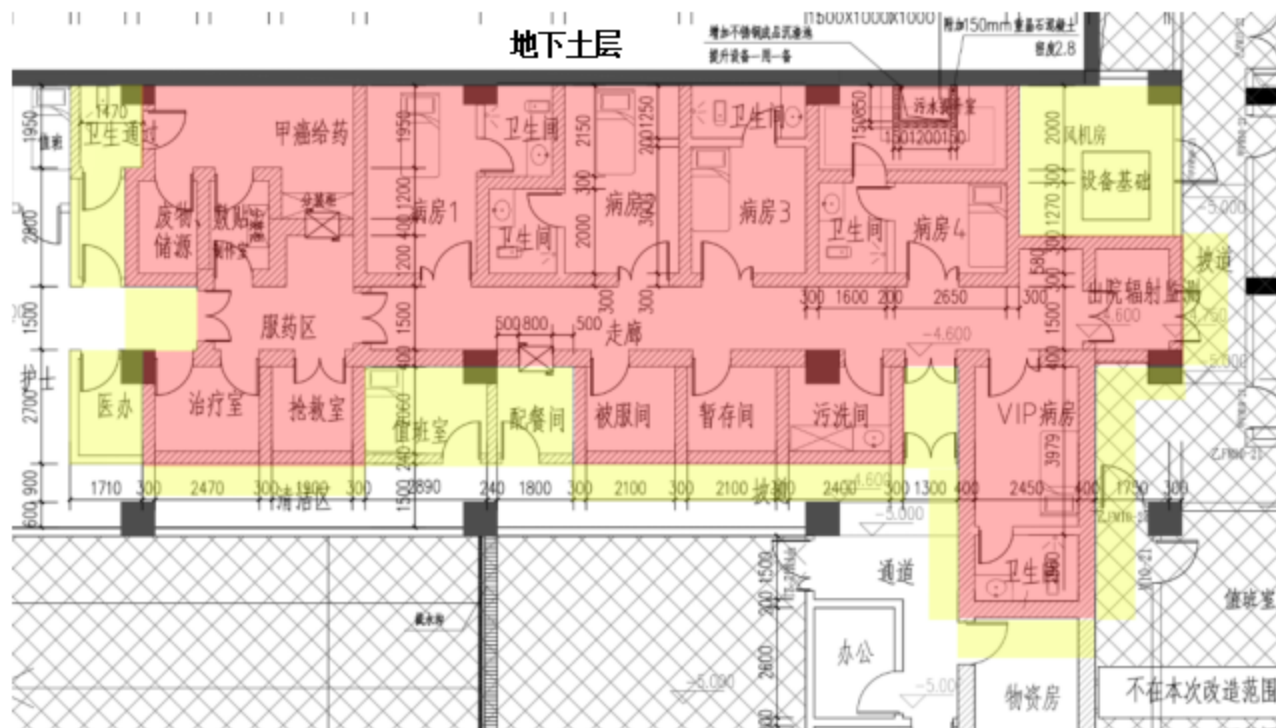


图 3-6 核素治疗场所的布局和分区（红色为控制区，黄色为监督区）

3.4.2. 核素治疗场所的屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

本次验收的核素治疗场所的各功能用房，均进行了屏蔽设施建设，核素治疗场所的屏蔽设施建设情况见表 3-6。建设单位核素治疗场所的屏蔽设施的实际建设情况，不低于规划情况。

表 3-6 核素治疗场所的屏蔽设施建设情况

场所名称	屏蔽设施建设情况		结论
敷贴制作室	墙体	240mm实心砖墙+8mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	北门：10mmPb，南门：12mmPb	与规划一致
治疗室	东面墙体	240mm实心砖墙+13mmPb防护涂料	与规划一致
	其余面墙体	240mm实心砖墙+5mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致

	地面	450mm混凝土+2mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	8mmPb	与规划一致
甲癌 给药室	墙体	东面：240mm实心砖+11mmPb防护涂料 分装柜面：360mm实心砖+10mmPb防护涂料 北面：350mm混凝土 其余 120mm实心砖墙+8mmPb防护涂料+120mm实心砖墙	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	防护门：10mmPb	与规划一致
废物 储源室	墙体	东面：240mm实心砖墙+8mmPb防护涂料 北面：360mm实心砖墙+4mmPb防护涂料 南面、西面：240mm实心砖墙+5mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	防护门：10mmPb	与规划一致
服药区	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	场所入口：17mmPb，病房入口：12mmPb	与规划一致
抢救室	墙体	北面：360mm实心砖+9mmPb防护涂料 (北面规划为360mm实心砖墙+8mmPb防护涂料)	增厚
		其余：240mm实心砖+13mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+2mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	15mmPb	与规划一致
病房 1~3	墙体	病房 1~3 的北面：350mm混凝土 病房1的西面：240mm实心砖+11mmPb防护涂料 其余面：240mm实心砖+10mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	病房 1 和病房 2 为 10mmPb，病房 3 为 12.5mmPb	与规划一致
病房 4	墙体	北、南面：240mm实心砖+15mmPb防护涂料 西、东面：240mm实心砖+10mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	
	地面	450mm混凝土+4mmPb防护涂料	

	防护门	15mmPb	
VIP病房	墙体	360mm实心砖墙+6mmPb防护涂料 (规划为360mm实心砖墙+5mmPb防护涂料)	增厚
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+4mmPb防护涂料	
	防护门	11 mmPb	
走廊	墙体	与值班室、配餐间同墙处：360mm实心砖+8mmPb防护涂料 与暂存、被服、污洗间、VIP病房同墙处：360mm实心砖墙+4mmPb防护涂料 与病房 1-3 同墙处：240mm实心砖墙+10mmPb防护涂料 其余：240mm实心砖墙+12mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门 传递窗	防护门：12mmPb 传递窗：25mmPb	与规划一致
出院辐射 检测区	墙体	西面：240mm实心砖+12mmPb防护涂料 其余：240mm实心砖+4mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+2mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	防护门：10mmPb	与规划一致
污洗/被 服暂存 间	墙体	北面：360mm实心砖+4mmPb防护涂料 其余：240mm实心砖+5mmPb防护涂料	与规划一致
	顶棚	310mm混凝土+4mmPb防护涂料	与规划一致
	地面	450mm混凝土+2mmPb防护涂料	与规划一致
	防护门	防护门：6mmPb	与规划一致

注：混凝土密度 $\geq 2.35 \text{ T/m}^3$ ，实心砖密度 $\geq 1.65 \text{ T/m}^3$

根据“表 7 验收监测”中内容可知，本次验收项目在正常运行时，周围剂量当量率和人员的年有效剂量，均可以满足本次验收提出的要求，因此，本项目核素治疗场所的屏蔽设施的屏蔽效能可以满足验收要求。

核素治疗场所还有以下辐射安全措施：

- (1) 核素治疗场所设置有门禁系统，无关人员无法进入核素治疗场所。
- (2) 核素治疗场所的入口张贴有醒目的电离辐射警告标志。
- (3) 甲癌给药室内安装有自动分装柜，辐射工作人员在给药室内通过视频监控系统指导服药区内的患者服药。通过视频监控系统，辐射工作人员能够清楚观察服药全过程。
- (4) 甲癌病房均为单人间，病房中配备对讲、视频监控等。
- (5) 核素治疗场所设置有专用的污洗间，配备专用的保洁用品。
- (6) 核素治疗场所内出院辐射监测处设置有辐射监测仪器，便于患者开展出院检测，给药室内设置有辐射检测仪器，便于辐射工作人员开展日常监测工作。

核素治疗场所的辐射安全措施的实际情况与规划情况一致。

3.4.3. 核素治疗场所的防护用品配备情况

建设单位为核素治疗场所配备了铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽、有机玻璃眼镜、长柄镊子等防护用品，核素治疗场所的防护用品配备情况见表 3-7。

表 3-7 核素治疗场所的防护用品配备情况

名称	数量	铅当量	结论
铅衣	3	0.5mmPb	与规划一致
铅围脖	3	0.5mmPb	与规划一致
铅帽	3	0.5mmPb	与规划一致
自动分装柜	1	40mmPb	与规划一致
铅废物桶 铅废物箱	铅废物桶：7 铅废物箱：2 (规划数量为 14 个铅废物桶，无铅废物箱)	10mmPb	铅废物桶数量减少 新增铅废物箱
铅眼镜	2	0.5mmPb	新增
有机玻璃眼镜	3	/	
长柄镊子	2	/	
有机玻璃桶	1	有机玻璃厚度：10mm	
有机玻璃通风橱	1	有机玻璃厚度：10mm	

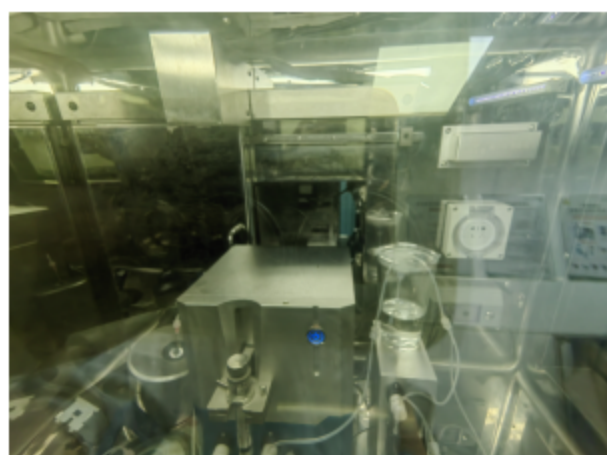
核素治疗场所原规划有 14 个铅废物桶，没有规划配备铅废物箱。实际配备防护用品时，建设单位配备了 2 个铅废物箱和 7 个铅废物桶。由于铅废物箱的有效容积较大，1 个铅废物箱的有效容积超过了 4 个铅废物桶的有效容积，因此 2 个铅废物箱的有效容积至少为 8 个铅废物桶，核素治疗场所现有铅废物桶和铅废物箱的配备情况可以满足日常使用，可以满足验收条件。核素治疗场所的铅废物桶和铅废物箱实物图见图 3-7。核素治疗场所的其它防护用品实际配备情况，不低于规划情况。



图 3-7 核素治疗场所的铅废物桶和铅废物箱实物图



核素治疗场所自动分装柜



核素治疗场所自动分装柜



核素治疗场所自动分装柜给药药窗



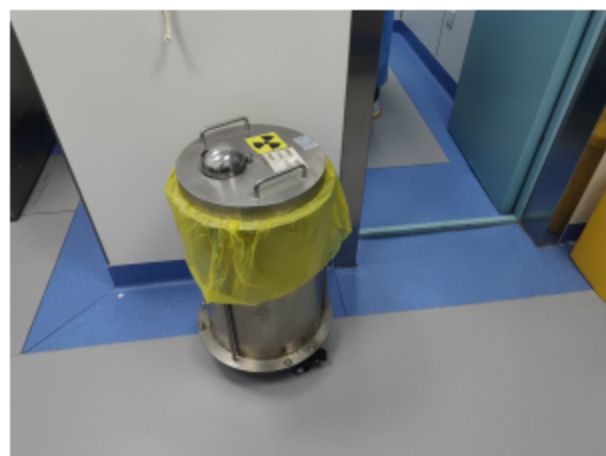
核素治疗场所有机玻璃通风橱



核素治疗场所甲癌病房



核素治疗场所铅衣等防护用品



核素治疗场所铅废物桶



核素治疗场所规章制度



核素治疗场所视频监控图像



核素治疗场所电离辐射警示标志

图 3-8 核素治疗场所的实物图

3.5. 放射性三废处理设施的建设和处理能力

3.5.1. 放射性废液

(1) 药物制备场所和动物实验场所的放射性废液

药物制备场所及动物实验场所正常开展过程中的放射性废液，主要为辐射工作人员的清洁用水，放射性废液的产生量较小，且污染核素均为正电子衰变核素，半衰期较短，因此，药物制备场所和动物实验场所共用 1 套衰变池。

药物制备场所和动物实验场所产生的放射性废液，均将排入衰变池中，药物制备场所和动物实验场所的放射性废液管网图见图 3-9。

药物制备场所和动物实验场所共用 1 套衰变池，衰变池位于 3 号楼负二层的水泵房内西面墙体旁，总计设置了 2 个衰变池体，2 个衰变池体轮流使用。衰变池为不锈钢箱体，可以防水防渗，每个衰变池体上方均设置有检修采样口。衰变池的每个衰变池体的有效容积均为 4.5m^3 ，每个衰变池体外有 15mmPb 的防护。同时，衰变池所在的水泵房的四周墙体为 200mm 实心砖，上方为 300mm 混凝土，下方为地下土层。水泵房设置有门禁系统，可以防止人员误入。

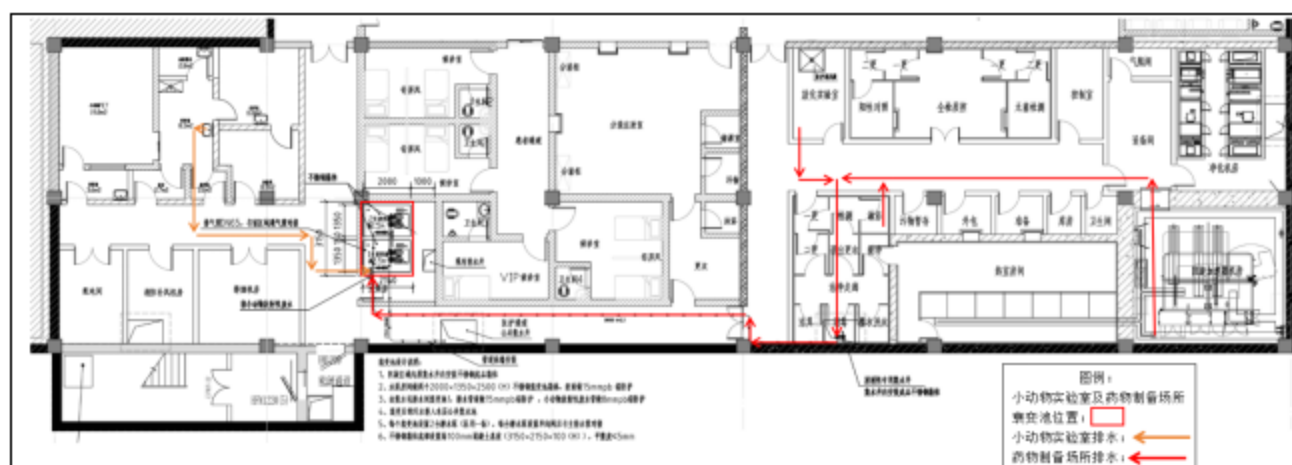


图 3-9 药物制备场所和动物实验场所的放射性废液管网图

药物制备场所和动物实验场所产生的放射性废液主要为场所的清洁用水，建设单位预计药物制备场所每天产生放射性废液最多 20L，动物实验场所每天产生放射性废液最多 20L，每天产生放射性废液最多 40L。由此可知，放射性废液可在衰变池中暂存至少 113 天。

药物制备场所和动物实验场所的放射性废液的处理方式与环评阶段的规划一致。

(2) 核医学科场所的放射性废液

核医学科场所已配备有专用衰变池，衰变池包含 3 个并联使用的池体，每个池体有效容积为 5m^3 ，三个池体总的有效容积为 15m^3 。现有核医学科衰变池已通过了竣工环保验收，本次核医学科场所进行核素增项，增项后不改变现有场所的放射性废液处理方式，本次不再对核医学科衰变池的排水管网和衰变池体等进行重复验收。

本次核素增项后，使用 ^{13}N 核素的患者在施药后直接进行扫描，扫描后直接离开核医学科场所，不会在场所内产生放射性废液。其余患者数量每天最多 73 人，按照每人产生 10L 的放射性废液，则患者每天产生废液 0.73m^3 。取核医学科场所内每天产生的洗消应急用水为 0.05m^3 ，则核医学科每天产生的放射性废水为 0.78m^3 。由此可知，单个池体最快经 6.4 天就会排满；放射性废液可在衰变池中可暂存至少 12.8 天。

根据环评报告中内容，本次核素增项后排入衰变池的主要放射性核素为 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{11}C 、 ^{64}Cu 。保守预测取 7 天的所有核素均排入衰变池，理论计算可知，经 12.8 天后，池体内的放射性活度 $< 1\text{Bq/L}$ ，可以满足相关标准要求。

(3) 核素治疗场所的放射性废液

核素治疗场所产生的放射性废液，均将排入衰变池中，核素治疗场所的放射性废液管网图见图 3-9 图 3-10。

核素治疗场所独立使用 1 套衰变池，衰变池位于 3 号楼外的东侧，衰变池的前端为 2 个沉渣池（一备一用），后端为 3 个衰变池体（并联轮流使用），3 个衰变池体的有效容积均为 54m^3 ，总有效容积约为 162m^3 。衰变池使用时，首先向第一个衰变池体排入废水，当衰变池体内水位到达最大有效水位时，第一个衰变池体的注水电磁阀关闭，同时开启第二个衰变池体的注水电磁阀，以此类推，3 个衰变池体循环注水。通过这种方式，在衰变池体注满封闭开始，直到这个衰变池体要排空，共历时注满另外 2 个衰变池体的时间，从而保证放射性废水能够在衰变池中充分的停留衰变。每个衰变池体设置采样井，便于采样检测。核素治疗场所衰变池位置示意图见图 3-11，核素治疗场所衰变池平面图见图 3-12，核素治疗场所衰变池剖面图见图 3-13。

衰变池内的沉渣池和每个衰变池体均设置有自动搅匀排污泵。沉渣池内的搅匀泵作用为搅匀打碎前期排入的粪便等物质，使放射性废水更易排入衰变池，降低管道堵塞的可能性；衰变池体内停留衰变一段时间后排放时，衰变池内的自动搅匀泵对可能再次沉渣的物质进行再次搅匀，防止排水管道堵塞。

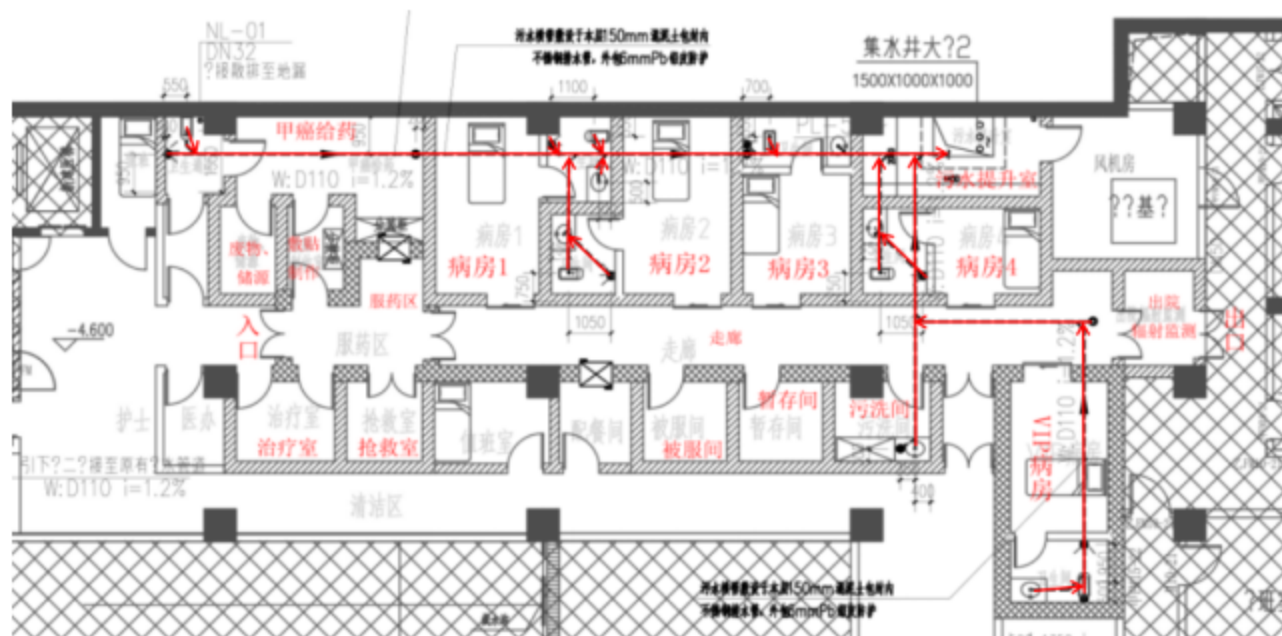


图 3-10 核素治疗场所的放射性废液管网图

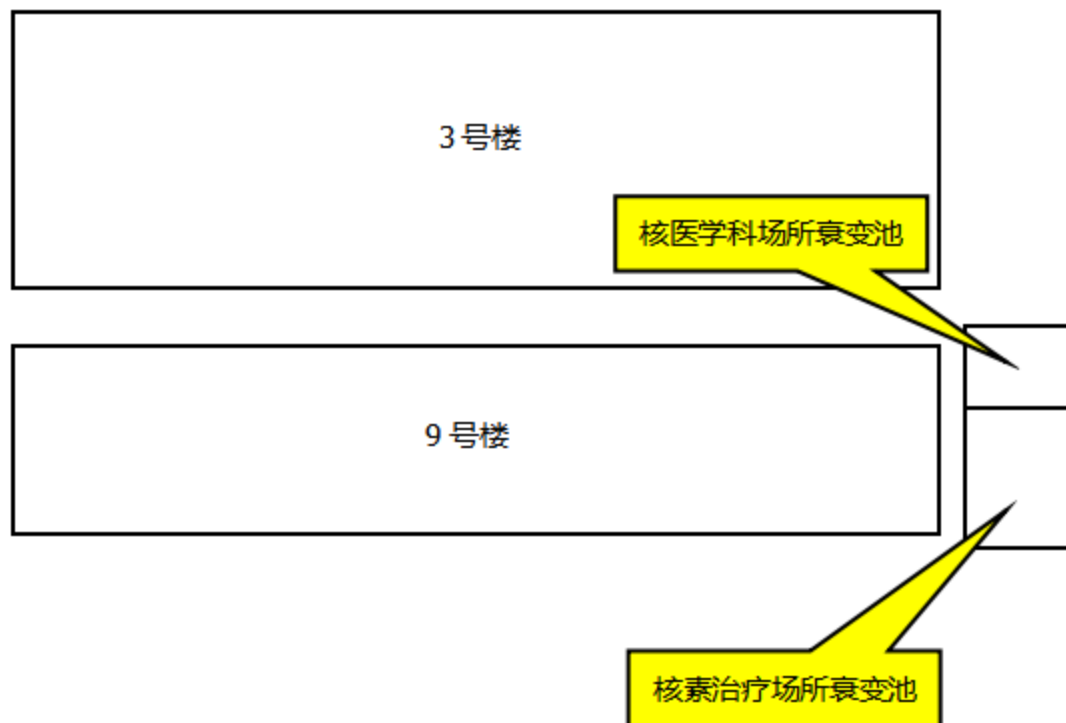


图 3-11 核素治疗场所衰变池位置示意图

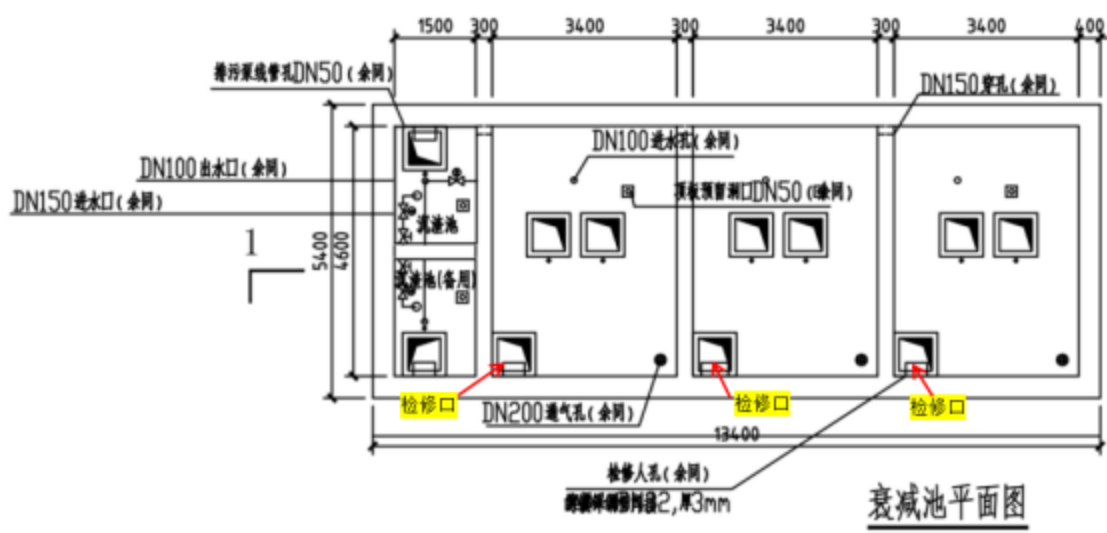


图 3-12 核素治疗场所衰变池平面图

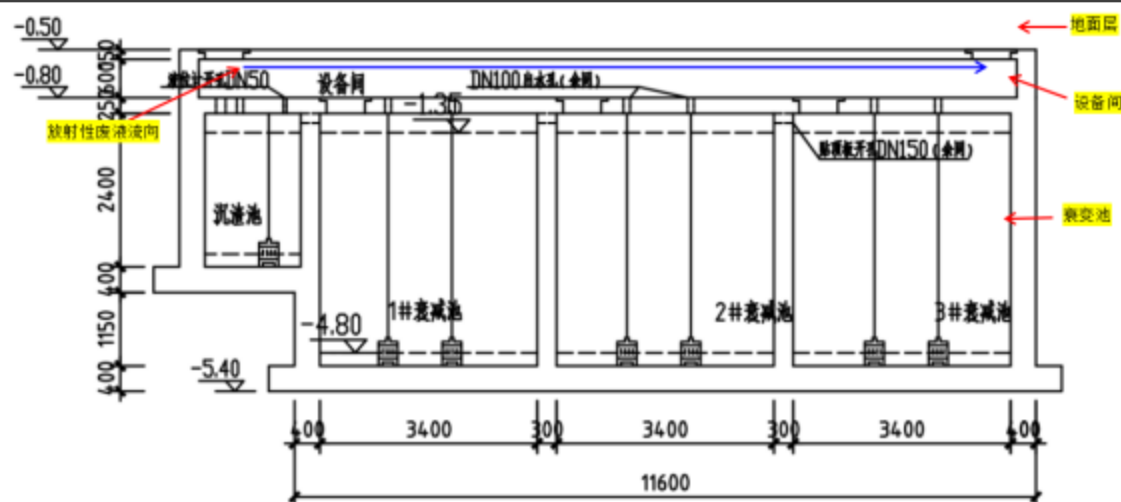


图 3-13 核素治疗场所衰变池剖面图

建设单位预计，核素治疗场所患者每人每天用水量为 200L，每周最多收治 5 名患者，每名患者住院时间 4 天，则每周废水产生量为 4m^3 ，甲癌治疗服药每周只有 1 天送药至给药室，场所内清洗每周去污清洗 1 次，该场所工作人员进出给药室产生的清洁废水及场所每周的清洗废水约为 $0.15\text{m}^3/\text{周}$ 。因此，核素治疗场所每周共产生废水约 4.15m^3 。由此可知，放射性废液可在衰变池中暂存至少 26 周，即：放射性废液可在衰变池中暂存至少 182 天。

核素治疗场所的放射性废液的处理方式与环评阶段的规划一致。

3.5.2. 放射性废气

(1) 药物制备场所和动物实验场所的放射性废气

药物制备场所设置有独立的排风管道：回旋加速器机房设置有 1 条独立的排风管道，热室房间的合成热室和分装热室设置有 1 条独立的通风管道，热室房间设置 1 条独立排风管道，放化实验室分装柜设置有 1 条独立的排风管道，阳性对照室设置有 1 条独立的排风管道，其余场所设置有 1 条独立的排风管道。通风管均设置有止回阀。放射性废气统一汇集至西南面楼梯旁的通风井处，通过管道引至 3 号楼天面的排放口，经活性炭过滤后高于本建筑物屋脊排放。药物制备场所的排风走向见图 3-14。

药物制备场所的合成热室和分装热室有单独的放射性废气收集装置，可先收集产生的放射性废气，储存到专有的废气系统内，经 24 小时衰变后再排放。

动物实验场所内设置 2 条独立的排风管道：分装柜设置有 1 条独立的排风管道，药

物制备场所设置有 1 条独立的排风管道。通风管均设置有止回阀。放射性废气统一汇集至西南面楼梯旁的通风井处，通过管道引至 3 号楼天面的排放口，经活性炭过滤后高于本建筑物屋脊排放。动物实验场所的排风走向见图 3-14。药物制备场所和动物实验场所的放射性废气处理方式与环评阶段的规划一致。

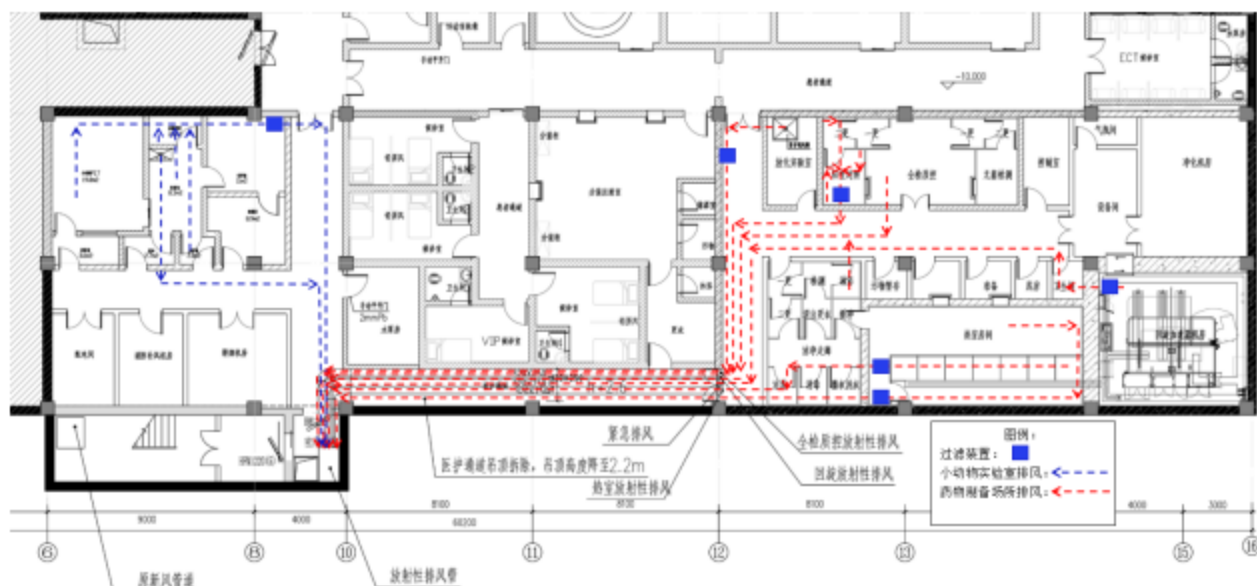


图 3-14 药物制备场所和动物实验场所的排风走向

(2) 核医学科场所的放射性废气

核医学科场所已安装有独立的排风管道，分装柜使用 1 条排风管道（分装柜顶部设置有过滤装置），其他低活度区辅助房间集中使用 1 条排风管道，气流由低活度向高活度，而后统一排向西北面楼梯旁，管道向上走至二楼，而后穿出 3 号楼墙外，在 3 号楼外墙沿墙面建设了通风管道垂直向上到达 3 号楼天面排放口进行排放，高于本建筑物屋脊，高于周边楼层。现有核医学科的放射性废气的处理设施已通过了竣工环保验收，本次核医学科场所进行核素增项，增项后不改变现有场所的放射性废气处理方式，本次不再对核医学科放射性废气的处理设施进行重复验收。

(3) 核素治疗场所的放射性废气

核素治疗场所设置有独立的排风管道：自动分装柜和有机玻璃通风橱有 1 条独立的排风管道，甲癌病房和甲癌给药室等场所有 1 条独立的通风管道，卫生通过间、治疗室、抢救室、被服间、暂存间等有 1 条独立排风管道。通风管均设置有止回阀。放射性废气统一汇集至西北面楼梯旁的通风井处，通过管道引至 3 号楼天面的排放口，经活性

炭过滤后高于本建筑物屋脊排放。核素治疗场所的排风走向见图 3-15。核素治疗场所的放射性废气处理方式与环评阶段的规划一致。

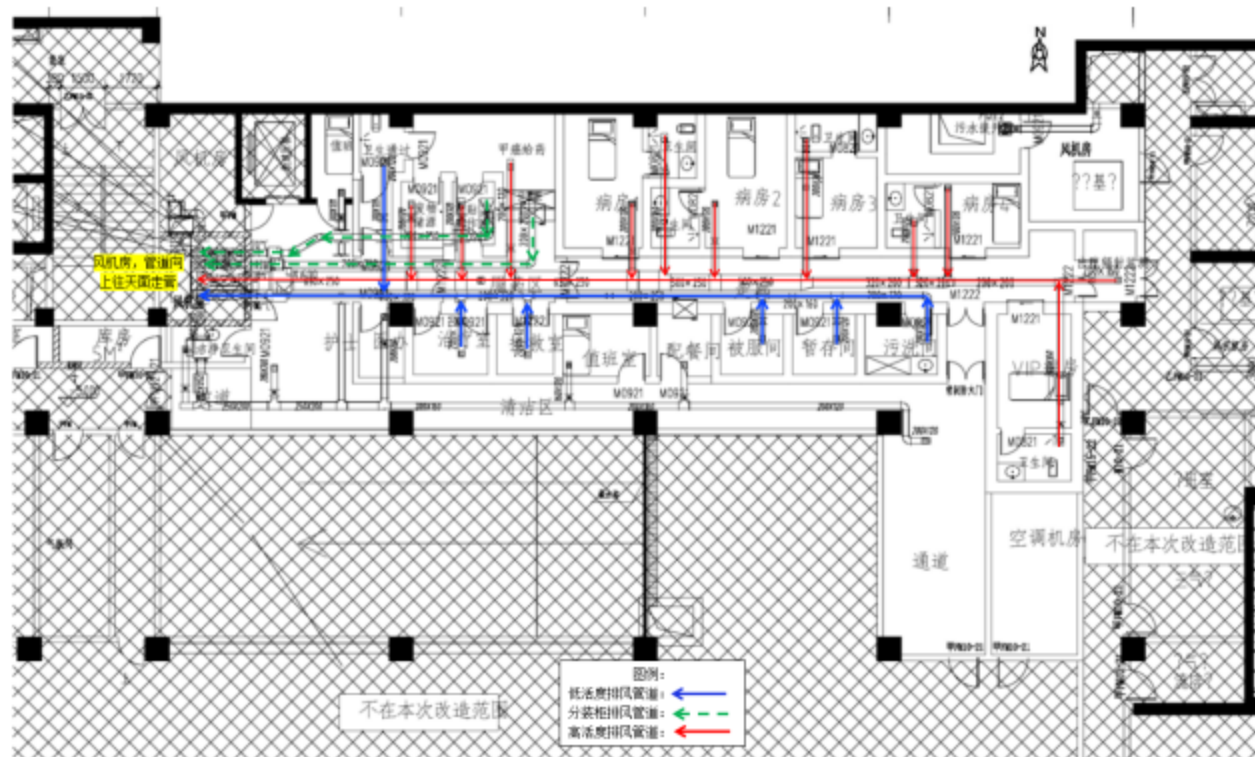


图 3-15 核素治疗场所的排风走向

3.5.3. 放射性固体废物

(1) 药物制备场所的放射性固体废物

回旋加速器生产正电子放射性药物过程中产生的放射性固体废物，包括回旋加速器废靶膜、废靶片、加速器活化部件等，均收集于加速器机房内的长半衰期专用铅废物桶内，待收集一定量后送有资质单位处理。

合成分装正电子放射性药物过程中更换的药物传输管道、纯化柱、阀门、过滤器等放射性固体废物；药物生产过程中产生的棉球、抹布、口罩、滤纸、无菌过滤器及其它放射性沾污废物；排风系统更换下来的高效活性炭等，均收集后转入药物制备场所的污物暂存间，暂存 30 天后经检测满足清洁解控水平后解控处理。药物制备场所的放射性固体废物处理方式与环评阶段的规划一致。

(2) 动物实验场所的放射性固体废物

动物实验场所产生的放射性固体废物主要有动物尸体、使用后的注射器、一次性手套、吸水纸、口罩和可能受放射性污染的物品等，排风系统更换下来的高效活性炭等。

动物实验场所的放射性固体废物均收集后转入动物实验场所的废弃物间，暂存 30 天后经检测满足清洁解控水平后解控处理。动物实验场所的放射性固体废物处理方式与环评阶段的规划一致。

（3）核医学科场所的放射性固体废物

核医学科场所现有的放射性固体废物在暂存 30 天后，经检测满足清洁解控水平后解控处理。本次增加核素后，放射性固体废物的处理方式不变。核医学科场所的放射性固体废物处理方式与环评阶段的规划一致。

（4）核素治疗场所的放射性固体废物

核素治疗场所的放射性固体废物主要有使用后的口服杯、一次性手套、吸水纸、口罩、放射性污染的物品等；病人出院后统一收集的各房间内废物铅桶中的放射性固体废弃物等；废旧的敷贴器等；排风系统更换下来的高效活性炭等。核素治疗场所的放射性固体废物均收集后转入核素治疗场所的暂存间， ^{131}I 固体废物的暂存时间为 180 天， ^{32}P 固体废物的暂存时间为 143 天。暂存期满后经检测满足清洁解控水平后解控处理。核素治疗场所的放射性固体废物处理方式与环评阶段的规划一致。

3.6.辐射安全管理情况

（1）辐射安全与环境管理机构

医院已经成立了辐射防护管理委员会，并明确了辐射防护管理委员会的成名名单和主要职责。医院已经本次验收项目纳入辐射防护管理委员会进行管理。辐射防护管理委员会的成名名单如下，辐射安全与环境管理机构的实际情况与环评阶段的规划一致。

负责人：马晓芬

成 员：孙嘉增、李清、蔡伟、肖承江、江桂华、颜剑豪、林冠文、张辉、周天贵、李政、洪文松、林周胜、贺京军

（2）规章制度

医院已经制定了各项规章制度，包括《核医学科安全管理制度》、《核医学科辐射事件（故）应急预案》、《核医学科卫生防护制度》、《临床核医学科放射卫生防护规

范》、《放射性药品采购，登记，使用，核对，保管制度》、《放射性废物收集及处理制度》、《放射性药品不良反应的紧急处理及报告制度》、《核医学科表面污染监测制度》、《医疗设备应急预案》等。医院已经规章制度张贴在控制室的墙面上。规章制度的实际情况与环评阶段的规划一致。



图 3-16 规章制度上墙实物图

(3) 辐射工作人员培训

本次验收项目配备的辐射工作人员，均已按要求参加并通过了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核。辐射工作人员培训的实际情况与环评阶段的规划一致。

表 3-8 辐射工作人员的考核成绩报告单编号

科室	姓名	成绩报告单编号
药物制备场所	薄少伟	FS23GD0300149
	李素娟	FS25GD0300008
	刘洪谭	FS25GD0300226
核医学科场所	马晓芬	FS21GD0300123
	张杰	FS22GD0300026
	刘梦晨	FS22GD0300123
	余粉艳	FS23GD0300366
	洪如娟	FS23GD0300474
	王岁岁	FS23GD0300152
动物实验场所	胡炜斌	FS24GD0300088
	李静雯	FS24GD0300117
核素治疗场所	张馨蕾	FS24GD0300162
	黄媛	FS23GD0300476

	丁荣广	FS22GD0300129
	李科斌	FS21GD0300114

(4) 辐射工作人员个人剂量监测

本次验收项目的辐射工作人员，均配备了个人剂量计，个人剂量计每季度送往广东省职业病防治院进行检测。医院已建立了辐射工作人员的个人剂量管理档案并终身保存，由专人负责。辐射工作人员个人剂量监测的实际情况与环评阶段的规划一致。

(5) 自行监测设备

药物制备场所、动物实验场所、核医学科场所、核素治疗场所，均配备有手足表面污染监测仪，区域辐射监测系统 etc 自行监测设备。自行监测设备的实际配备情况与环评阶段的规划一致。



图 3-17 自行监测设备实物图

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1.环境影响报告表和辐射安全分析报告中的辐射安全与防护设施/措施的落实情况

本次验收项目已按照规划进行了施工建设，工作场所布局的实际情况与规划情况一致。

本次验收项目的辐射工作场所已分为控制区和监督区，进行了分区管理。本次验收项目的分区管理情况与规划情况一致。

本次验收项目已进行了辐射防护施工，落实了辐射防护要求，配备了辐射防护用品。根据“表 7 验收监测”中内容可知，本次验收项目在正常运行时，周围剂量当量率和人员的年有效剂量，均可以满足本次验收提出的要求，辐射防护屏蔽设施的屏蔽效能可以满足验收要求。

4.2.其他在验收中需要考核的内容

通过验收监测，并根据监测结果进一步估算，辐射工作人员的年有效剂量低于 5mSv ，公众的年有效剂量低于 0.1mSv 。

本次验收项目的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。医院已按规定的程序申请并取得了辐射安全许可证，本次验收项目于 2025 年 2 月 24 日通过了辐射安全许可证的批准。医院于 2025 年 6 月 10 日和 2025 年 8 月 18 日，进行了辐射安全许可证的重新申领，医院最新的辐射安全许可证见附件 2。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

5.1.实施质量保证和控制措施方案。

①监测前制定了详细的监测方案及实施细则；

②合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；

③监测工作在温度为-10~40℃，相对湿度<95%（35℃）的条件下开展；

④监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格，且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在频率、量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；

⑤监测人员均参加过相关的电离辐射监测培训，均持证上岗；

⑥每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

⑦现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行，按照科学方法处理异常数据和监测数据；

⑧建立完整的文件资料。仪器校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑨监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

⑩监测过程处于受控状态。

表 6 验收监测内容

6.1.监测项目

项目单位：广东省第二人民医院

项目地址：广州市海珠区新港中路 466 号大院

检测因子：X- γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率、 β 表面污染

检测对象：药物制备场所、核医学科场所、动物实验场所、核素治疗场所、周边场所。

表 6-1 各场所的检测因子一览表

检测对象	检测因子
药物制备场所	X- γ 周围剂量当量率、中子周围剂量当量率、 β 表面污染
核医学科场所	X- γ 周围剂量当量率、 β 表面污染
动物实验场所	X- γ 周围剂量当量率、 β 表面污染
核素治疗场所	X- γ 周围剂量当量率、 β 表面污染
周边场所	X- γ 周围剂量当量率

6.2.监测点位

根据检测方法依据中的布点原则，验收监测在典型工况下进行测量，测量时先进行巡测确定剂量率水平相对较高的位置再记录最大值；布点考虑辐射源释放等因素，重点关注人员长时间驻留以及防护薄弱位置。

6.2.1.药物制备场所监测点位

结合现场实际情况，药物制备场所的检测布点见表 6-2~表 6-4，布点图见图 6-1~图 6-4。

表 6-2 药物制备场所 X- γ 周围剂量当量率的检测布点

序号	检测点位位置	序号	检测点位位置
A1	回旋加速器机房防护门中部外 30cm 处	B10	热室房间北侧 30cm 处准备间传递窗
A2	回旋加速器机房防护门左门缝外 30cm 处	B11	热室房间北侧 30cm 处准备间
A3	回旋加速器机房防护门上门缝外 30cm 处	B12	热室房间北侧 30cm 处外包间传递窗

A4	回旋加速器机房防护门右门缝外 30cm 处	B13	热室房间北侧 30cm 处外包间
A5	回旋加速器机房防护门下门缝外 30cm 处	B14	热室房间北侧 30cm 处污物暂存间
A6	回旋加速器机房北侧 30cm 处净化机房	B15	热室房间西侧 30cm 处缓冲间
A7	回旋加速器机房西侧 30cm 处卫生间	B16	热室房间西侧 30cm 处洁净走廊
A8	回旋加速器机房西侧 30cm 处热室房间	B17	热室房间西侧 30cm 处洗衣间
A9	回旋加速器机房西侧 30cm 处热室房间	B18	热室房间楼上 30cm 处
A10	回旋加速器机房楼上 30cm 处	B19	分装柜正面 30cm 处
A11	回旋加速器机房西北侧控制室	B20	分装柜上方 30cm 处
B1	分装柜 1 正面 30cm 处	B21	分装柜左侧面 30cm 处
B2	合成柜 1 正面 30cm 处	B22	分装柜右侧面 30cm 处
B3	合成柜 2 正面 30cm 处	B23	放化实验室西侧 30cm 处走廊
B4	合成柜 3 正面 30cm 处	B24	放化实验室南侧 30cm 处走廊
B5	合成柜 4 正面 30cm 处	B25	放化实验室南侧 30cm 处防护门
B6	分装柜 2 正面 30cm 处	B26	放化实验室东侧 30cm 处阳性对照室
B7	热室房间内工作台旁操作位	B27	放化实验室北侧 30cm 处通道
B8	热室房间北侧 30cm 处卫生间	B28	放化实验室楼上 30cm 处
B9	热室房间北侧 30cm 处库房	/	转运铅罐外 1m 处

表 6-3 药物制备场所中子周围剂量当量率的检测布点

序号	检测点位位置	序号	检测点位位置
A1	防护门左侧 30cm	A8	北墙右侧 30cm
A2	防护门中间 30cm	A9	西墙 1 30cm (卫生间)
A3	防护门右侧 30cm	A10	西墙 2 30cm (热室房间)
A4	防护门下缝 30cm	A11	西墙 3 30cm (热室房间)
A5	防护门上缝 30cm	A12	正上方离地 1m (中心储氧站)
A6	北墙左侧 30cm (净化空调机房)	A13	控制室
A7	北墙中间 30cm	/	/

表 6-4 药物制备场所β表面污染的检测布点

序号	测量位置	
G1	热室房间	地面
		工作台面
		合成分装柜表面
G2	准备间	地面
		传递窗表面
G3	外包间	地面
		传递窗表面
G4	放化实验室	地面
		工作台面
		分装柜表面
G5	全检质控室	地面
		工作台面
G6	药物制备场所出入口	地面
		换鞋凳表面
/	辐射工作人员手表面	

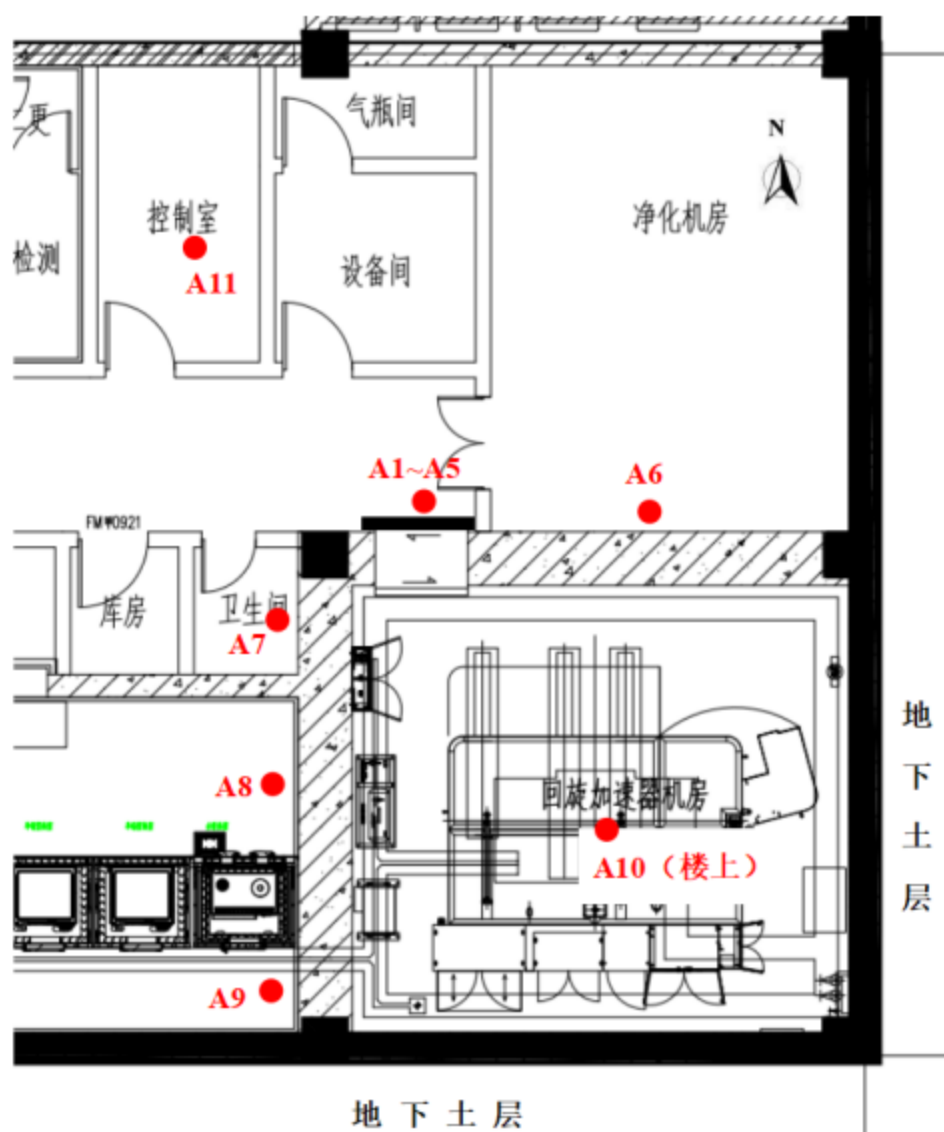


图 6-1 药物制备场所加速器机房的 X-γ 周围剂量当量率检测布点图

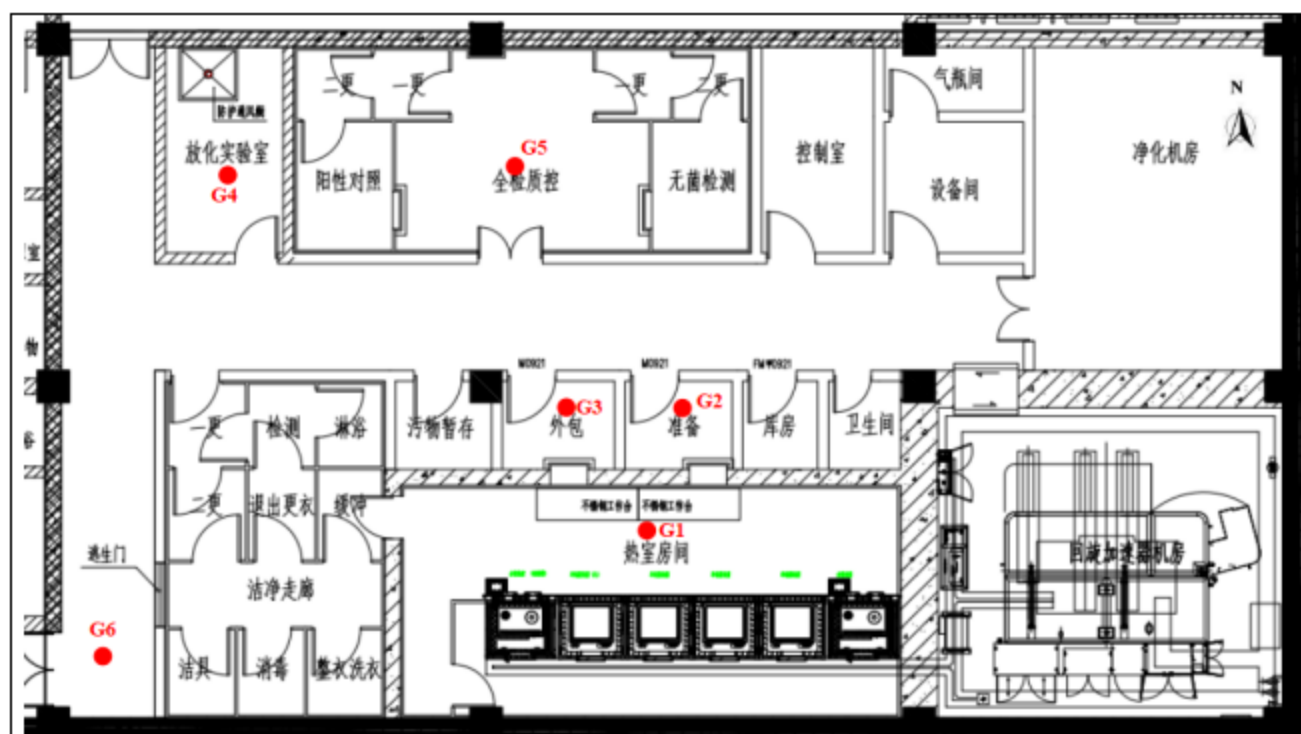


图 6-4 药物制备场所β表面污染检测布点图

6.2.2.核医学科场所监测点位

结合现场实际情况，核医学科场所的检测布点见表 6-5~表 6-6，布点图见图 6-5~图 6-6。

表 6-5 核医学科场所 X-γ周围剂量当量率的检测布点

序号	检测点位位置	序号	检测点位位置
C1	分装柜正面 30cm 处	C16	候诊室北侧 30cm 处走廊
C1	分装柜侧面 30cm 处	C17	候诊室楼上 30cm 处
C1	分装柜上方 30cm 处	C18	PETCT 检查室南侧 30cm 处走廊
C2	分装注射室北侧 30cm 处走廊	C19	PETCT 检查室南侧 30cm 处走廊
C3	储源室东侧 30cm 处走廊	C20	PETCT 检查室西侧 30cm 处设备间
C4	分装注射室东侧 30cm 处走廊	C21	PETCT 检查室东侧 30cm 处 ECT 检查室
C5	分装注射室楼上 30cm 处	C22	PETCT 检查室北侧 30cm 处控制室
C6	注射窗外 30cm 处	C23	PETCT 检查室北侧 30cm 处控制室
C7	候诊室东侧 30cm 处更衣室	C24	PETCT 检查室北侧 30cm 处控制室
C8	候诊室南侧 30cm 处走廊	C25	PETCT 检查室楼上 30cm 处
C9	候诊室楼上 30cm 处	C26	留观室西侧 30cm 处走廊
C10	VIP 候诊室南侧 30cm 处走廊	C27	留观室西侧 30cm 处走廊
C11	VIP 候诊室西侧 30cm 处衰变池室	C28	留观室南侧 30cm 处废物间
C12	VIP 候诊室楼上 30cm 处	C29	留观室北侧 30cm 处电井
C13	候诊室西侧 30cm 处走廊	C30	留观室东侧 30cm 处楼梯
C14	候诊室楼上 30cm 处	C31	留观室楼上 30cm 处
C15	候诊室西侧 30cm 处走廊	/	/

表 6-6 核医学科场所 β 表面污染的检测布点

序号	测量位置	
H1	分装注射室	地面
		分装柜表面
		工作台面
		注射窗表面
H2	候诊室	地面
		床面
		马桶
		洗手池
H3	VIP 候诊室	地面
		床面
		马桶
		洗手池
H4	候诊室	地面
		床面
		马桶
		洗手池
H5	候诊室	地面
		床面
		马桶
		洗手池
H6	控制室	地面
		工作台面
H7	PETCT 检查室	地面
		诊断床表面
H8	留观室	地面
		座位表面
		马桶
		洗手池
H9	患者出口	地面
/	辐射工作人员手表面	

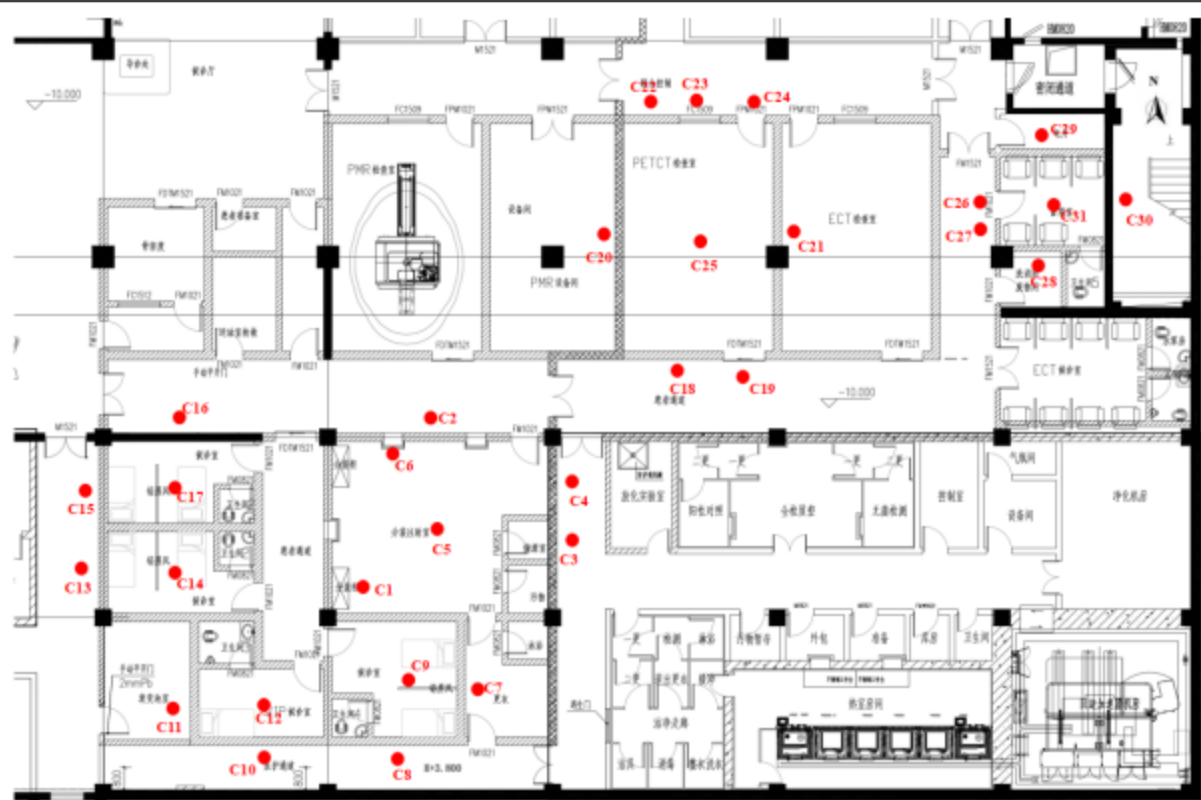


图 6-5 核医学科场所的 X- γ 周围剂量当量率检测布点图



图 6-6 核医学科场所 β 表面污染检测布点图

6.2.3.动物实验场所监测点位

结合现场实际情况，动物实验场所的检测布点见表 6-7~表 6-8，布点图见图 6-7~图 6-8。

表 6-7 动物实验场所 X- γ 周围剂量当量率的检测布点

序号	检测点位位置	序号	检测点位位置
D1	分装柜正面 30cm 处	D13	小动物 PET 室北侧 30cm 处设备房
D2	分装柜上方 30cm 处	D14	小动物 PET 室西侧 30cm 处设备房
D3	分装柜右侧面 30cm 处	D15	小动物 PET 室楼上 30cm 处
D4	注射台正面 30cm 处	D16	实验室 1 北侧 30cm 处设备房
D5	科研室南侧 30cm 处缓冲间	D17	实验室 1 北侧 30cm 处通道
D6	废弃物间南侧 30cm 处走廊	D18	实验室 1 东侧 30cm 处通道
D7	科研室楼上 30cm 处	D19	实验室 1 楼上 30cm 处
D8	小动物 PET 室南侧 30cm 处控制室	D20	实验室 2 东侧 30cm 处通道
D9	小动物 PET 室南侧 30cm 处控制室	D21	实验室 2 南侧 30cm 处通道
D10	小动物 PET 室南侧 30cm 处缓冲间	D22	实验室 2 南侧 30cm 处通道
D11	小动物 PET 室东侧 30cm 处科研室	D23	实验室 2 楼上 30cm 处
D12	小动物 PET 室东侧 30cm 处科研室	/	/

表 6-8 动物实验场所 β 表面污染的检测布点

序号	测量位置	
I1	科研室	地面
		分装柜表面
		工作台面
		L 型注射防护屏表面
I2	小动物 PET 室	地面
		小动物 PET 设备表面
I3	控制室	地面
		工作台面
I4	实验室 1	地面
		工作台面
I5	实验室 2	地面
		工作台面
/	辐射工作人员手表面	

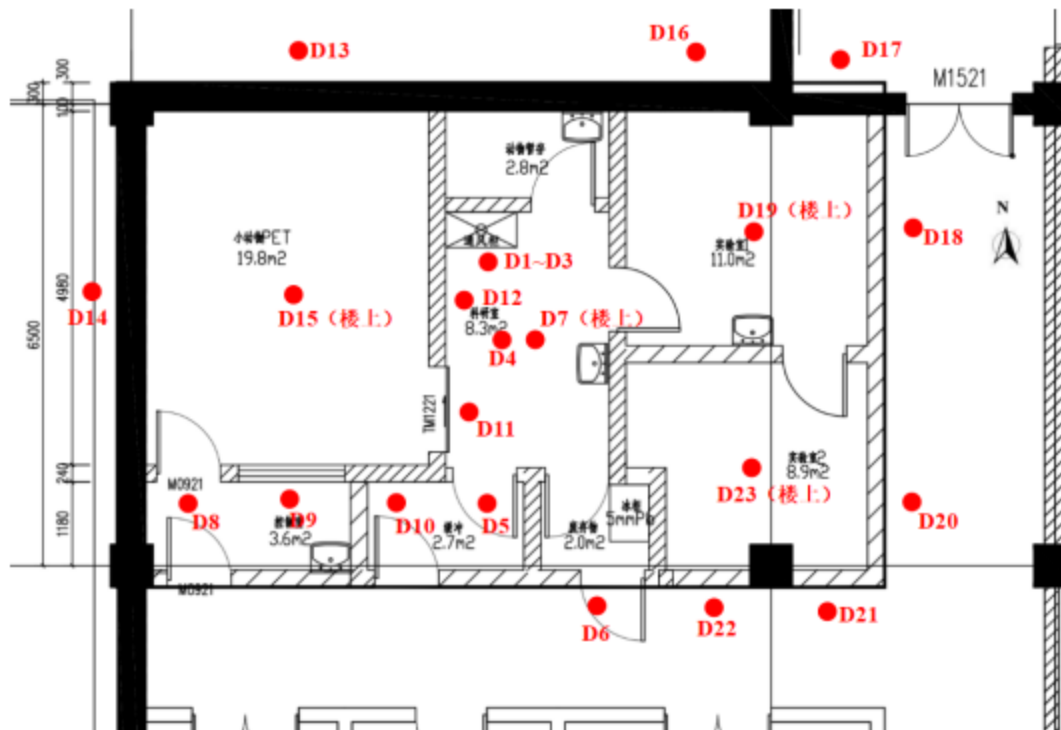


图 6-7 动物实验场所 X-γ 周围剂量当量率检测布点图

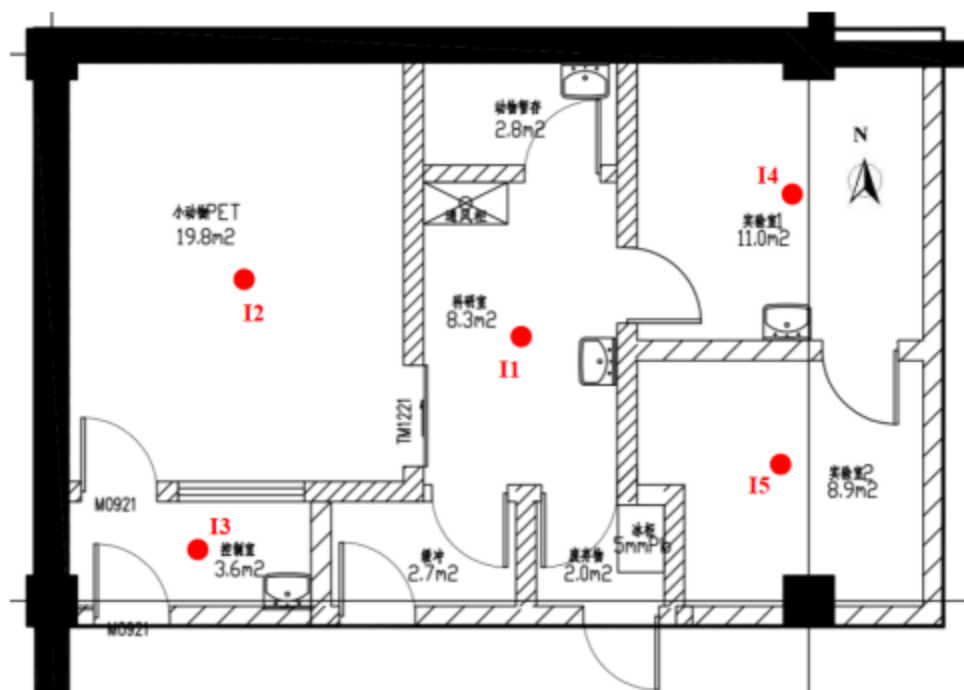


图 6-8 动物实验场所 β 表面污染检测布点图

6.2.4.核素治疗场所监测点位

结合现场实际情况，核素治疗场所的检测布点见表 6-9~表 6-10，布点图见图 6-9~图 6-10。

表 6-9 核素治疗场所 X- γ 周围剂量当量率的检测布点

序号	检测点位位置	序号	检测点位位置
E1	甲癌给药室西侧 30cm 处卫生通过间	E26	出院辐射监测区北侧 30cm 处风机房
E2	废物储源室西侧 30cm 处通道	E27	病房 4 东侧 30cm 处风机房
E3	废物储源室南侧 30cm 处通道	E28	污水提升间东侧 30cm 处风机房
E4	服药区西侧 30cm 处通道	E29	甲癌给药室分装柜正面 30cm 处
E5	治疗室北侧 30cm 处通道	E29	甲癌给药室分装柜右侧面 30cm 处
E6	治疗室西侧 30cm 处医生办公室	E30	敷贴制作室有机玻璃通风橱正面 30cm 处
E7	治疗室南侧 30cm 处走廊	E30	敷贴制作室有机玻璃通风橱上方 30cm 处
E8	抢救室南侧 30cm 处走廊	E31	废物储源室楼上 30cm 处
E9	抢救室东侧 30cm 处值班室	E31	废物储源室楼下 170cm 处
E10	核素治疗场所走廊南侧 30cm 处值班室	E32	敷贴制作室楼上 30cm 处
E11	核素治疗场所走廊南侧 30cm 处配餐室	E32	敷贴制作室楼下 170cm 处
E12	被服间西侧 30cm 处配餐室	E33	甲癌给药室楼上 30cm 处
E13	被服间南侧 30cm 处走廊	E33	甲癌给药室楼下 170cm 处
E14	暂存间南侧 30cm 处走廊	E34	治疗室楼上 30cm 处
E15	污洗间南侧 30cm 处走廊	E34	治疗室楼下 170cm 处
E16	污洗间东侧 30cm 处通道	E35	病房 1 楼上 30cm 处
E17	核素治疗场所走廊南侧 30cm 处通道	E35	病房 1 楼下 170cm 处
E18	VIP 病房西侧 30cm 处通道	E36	病房 2 楼上 30cm 处
E19	VIP 病房西侧 30cm 处走廊	E36	病房 2 楼下 170cm 处
E20	VIP 病房卫生间西侧 30cm 处走廊	E37	病房 3 楼上 30cm 处
E21	VIP 病房卫生间南侧 30cm 处物资房	E37	病房 3 楼下 170cm 处
E22	VIP 病房卫生间东侧 30cm 处走廊	E38	病房 4 楼上 30cm 处
E23	VIP 病房东侧 30cm 处走廊	E38	病房 4 楼下 170cm 处
E24	出院辐射监测区南侧 30cm 处走廊	E39	VIP 病房楼上 30cm 处
E25	出院辐射监测区东侧 30cm 处走廊	E39	VIP 病房楼下 170cm 处

表 6-10 核素治疗场所 β 表面污染的检测布点

序号	测量位置	
J1	甲癌给药室	地面
		分装柜表面
		工作台面
J2	敷贴制作室	地面
		通风橱表面
		工作台面
J3	治疗室	地面
		座位表面
J4	服药区	地面
		放置药物的台面
J5	病房 1	地面
		床面
		马桶
		洗手池

	J6	走廊	地面
			配餐间传递窗表面
	J7	病房 2	地面
			床面
			马桶
			洗手池
	J8	病房 3	地面
			床面
			马桶
			洗手池
	J9	病房 4	地面
			床面
			马桶
			洗手池
	J10	VIP 病房	地面
			床面
			马桶
			洗手池
	J11	出院监测区	地面
	/	辐射工作人员手表面	

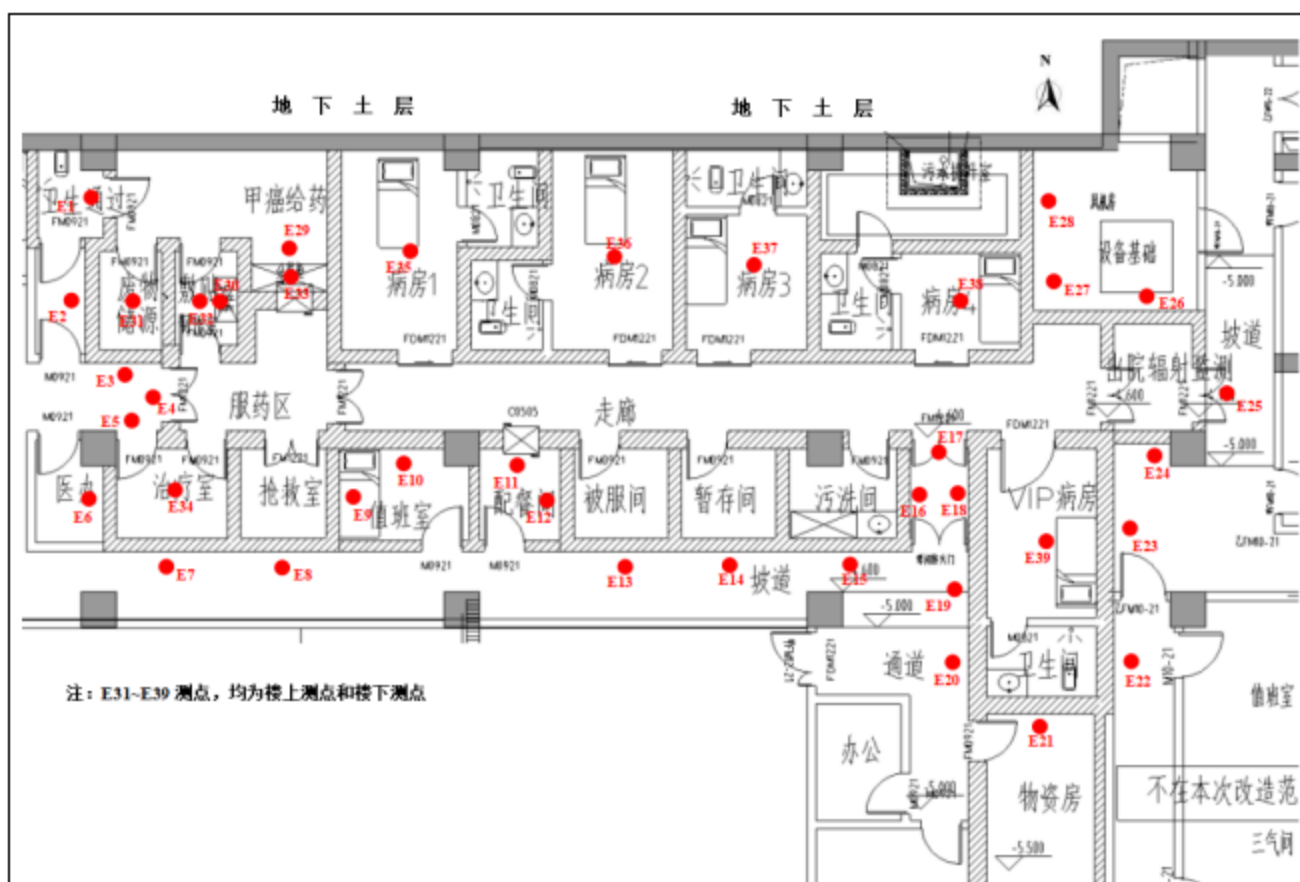


图 6-9 核素治疗场所 X-γ 周围剂量当量率检测布点图

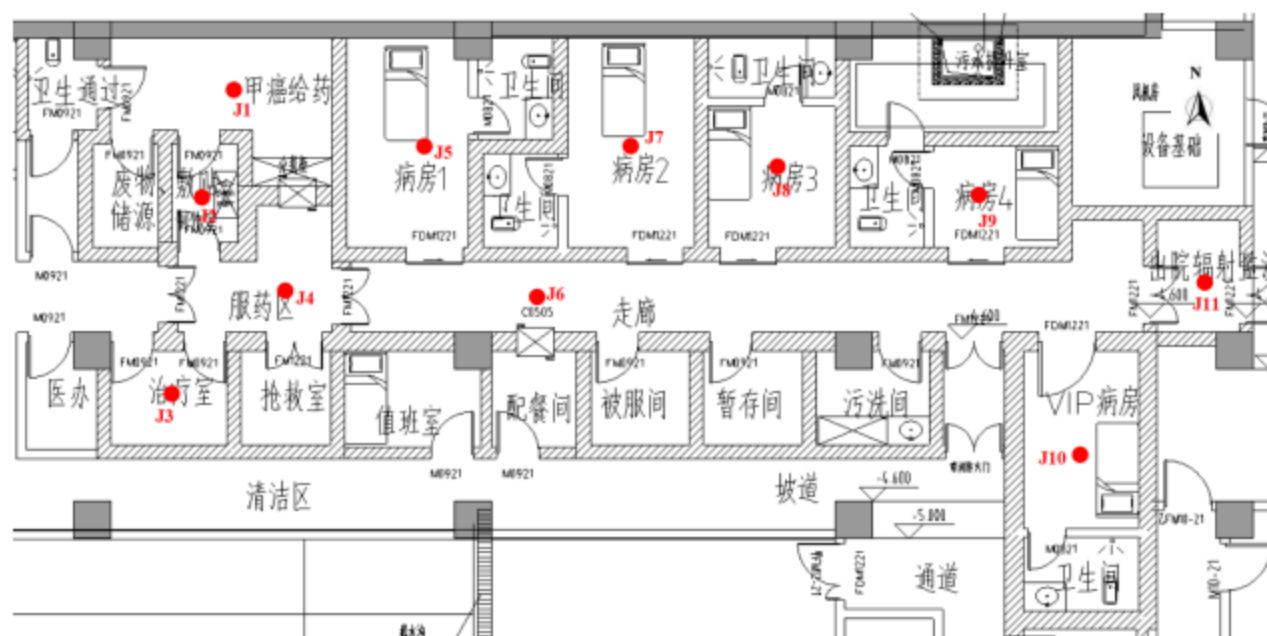


图 6-10 核素治疗场所 β 表面污染检测布点图

6.2.5. 周边场所监测点位

结合现场实际情况，周边场所的检测布点见表 6-11，布点图见图 6-11。

表 6-11 周边场所 X-γ 周围剂量当量率的检测布点

序号	检测点位位置	序号	检测点位位置
F1	3 号楼首层大厅	F6	3 号楼东侧空地
F2	5 号楼首层走廊	F7	9 号楼南侧空地
F3	3 号楼北侧空地	F8	9 号楼西南侧空地
F4	2 号楼首层走廊	F9	3 号楼东侧空地
F5	8 号楼首层走廊	/	/



图 6-11 周边场所的 X-γ 周围剂量当量率检测布点图

6.3.监测仪器

本项目的验收检测采用的仪器有 X-γ 辐射剂量率仪、中子周围剂量当量仪和 α、β 表面污染仪，检测仪器相关信息见表 6-12~表 6-14。

表 6-12 X-γ 周围剂量当量率检测仪器相关信息

仪器名称	X-γ 辐射剂量率仪	仪器型号	AT1123
生产厂家	ATOMTEX	仪器编号	54928
探头量程	50 nSv/h~10 Sv/h	能量范围	25 keV~3 MeV
检定单位	深圳市计量质量检测研究院		
证书编号	JL2508095051		
检定日期	2025 年 06 月 03 日	有效期	1 年

表 6-13 中子周围剂量当量率检测仪器相关信息

仪器名称	中子周围剂量当量仪	仪器型号	BH3105E
------	-----------	------	---------

生产厂家	中核控制系统工程有限公司		
测量范围	0.1 μ Sv/h~100.0 mSv/h		
检定单位	中国计量科学研究院		
证书编号	DLjs2025-00084		
检定日期	2025 年 01 月 08 日	有效期	1 年

表 6-14 β 表面污染检测仪器相关信息

仪器名称	α 、 β 表面污染仪	仪器型号	CoMo-170
生产厂家	NUVIA	仪器编号	12271
测量范围	α : 0~999999cps; β : 0~999999cps		
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	2025H21-20-5873950001		
检定日期	2025 年 05 月 07 日	有效期	1 年

6.4.监测分析方法

本次验收的检测方法和评价依据有《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）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

表 7 验收监测

7.1.验收监测期间的运行工况

在确保主体工程工况稳定、辐射安全与防护设施建成并运行正常的情况下，本项目进行了验收监测，选取了典型工况并进行了如实记录。

本次验收的药物制备场所和动物实验场所的核素，以及核医学科新增的核素，均为正电子核素。由于正电子核素的 γ 射线能量均为 0.511MeV，因此，上述场所在验收时均选取具有代表性的 ^{18}F 核素进行验收检测。

7.2 验收监测结果**7.2.1.药物制备场所的验收监测结果**

药物制备场所的验收监测结果见表 7-1~表 7-3。药物制备场所的 X- γ 周围剂量当量率的最大值为 $1.65 \mu\text{Sv/h}$ ，中子周围剂量当量率均低于仪器检出限（检出限为 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ ）， β 表面污染均未检出（检出限为 0.06Bq/cm^2 ）。转运铅罐外 1m 处的剂量率为 $19.2 \mu\text{Sv/h}$ 。检测结果均可以满足本次验收要求。

表 7-1 药物制备场所 X- γ 周围剂量当量率检测结果

测点 编号	测量位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		检测工况
		平均值	标准差	
A1	回旋加速器机房防护门中部外 30cm处	1.41	/	回旋加速器出束工况 粒子能量：12MeV 束流：60 μA
A2	回旋加速器机房防护门左门缝外 30cm处	1.65	/	
A3	回旋加速器机房防护门上门缝外 30cm处	1.01	/	
A4	回旋加速器机房防护门右门缝外 30cm处	1.08	/	
A5	回旋加速器机房防护门下门缝外 30cm处	1.43	/	
A6	回旋加速器机房北侧 30cm处净化机房	1.23	/	
A7	回旋加速器机房西侧 30cm处卫生间	0.32	0.01	
A8	回旋加速器机房西侧 30cm处热室房间	0.46	0.01	
A9	回旋加速器机房西侧 30cm处热室房间	0.33	0.01	
A10	回旋加速器机房楼上 30cm处	0.31	0.01	
A11	回旋加速器机房西北侧控制室	0.20	0.01	
B1	分装柜 1 正面 30cm处	0.46	0.01	柜内约 37GBq的 ^{18}F
B2	合成柜 1 正面 30cm处	0.29	0.01	柜内约 37GBq的 ^{18}F
B3	合成柜 2 正面 30cm处	0.35	0.01	柜内约 37GBq的 ^{18}F
B4	合成柜 3 正面 30cm处	0.26	0.01	柜内约 37GBq的 ^{18}F

B5	合成柜 4 正面 30cm处	0.28	0.01	柜内约 37GBq的 ^{18}F
B6	分装柜 2 正面 30cm处	0.40	0.01	柜内约 37GBq的 ^{18}F
B7	热室房间内工作台旁操作位	0.27	0.01	分装柜 1 内 约 37GBq的 ^{18}F
B8	热室房间北侧 30cm处卫生间	0.20	0.01	
B9	热室房间北侧 30cm处库房	0.21	0.01	
B10	热室房间北侧 30cm处准备间传递窗	0.20	0.01	
B11	热室房间北侧 30cm处准备间	0.21	0.01	
B12	热室房间北侧 30cm处外包间传递窗	0.19	0.01	分装柜 2 内 约 37GBq的 ^{18}F
B13	热室房间北侧 30cm处外包间	0.20	0.01	
B14	热室房间北侧 30cm处污物暂存间	0.22	0.01	
B15	热室房间西侧 30cm处缓冲间	0.21	0.01	
B16	热室房间西侧 30cm处洁净走廊	0.20	0.01	
B17	热室房间西侧 30cm处洗衣间	0.20	0.01	
B18	热室房间楼上 30cm处	0.22	0.01	
B19	分装柜正面 30cm处	0.19	0.01	分装柜内 约 20MBq的 ^{18}F
B20	分装柜上方 30cm处	0.20	0.01	
B21	分装柜左侧面 30cm处	0.20	0.01	
B22	分装柜右侧面 30cm处	0.19	0.01	
B23	放化实验室西侧 30cm处走廊	0.21	0.01	放化实验室内放置 约 20MBq的 ^{18}F
B24	放化实验室南侧 30cm处走廊	0.20	0.01	
B25	放化实验室南侧 30cm处防护门	0.19	0.01	
B26	放化实验室东侧 30cm处阳性对照室	0.21	0.01	
B27	放化实验室北侧 30cm处通道	0.22	0.01	
B28	放化实验室楼上 30cm处	0.21	0.01	
/	转运铅罐外 1m处	19.2	/	铅罐内约 10GBq的 ^{18}F

注：①测量值均没有扣除仪器对宇宙射线的响应值。②根据 HJ 1157-2021，当剂量率大于本底水平 3 倍以上时，在仪器读数稳定的情况下记录 1 个稳定读数；其余测点均测量 10 个读数。

表 7-2 药物制备场所中子周围剂量当量率检测结果

编号	测点位置	中子周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
A1	防护门左侧 30cm	<MDC
A2	防护门中间 30cm	<MDC
A3	防护门右侧 30cm	<MDC
A4	防护门下缝 30cm	<MDC
A5	防护门上缝 30cm	<MDC
A6	北墙左侧 30cm (净化空调机房)	<MDC
A7	北墙中间 30cm	<MDC
A8	北墙右侧 30cm	<MDC
A9	西墙 1 30cm (卫生间)	<MDC
A10	西墙 2 30cm (热室房间)	<MDC
A11	西墙 3 30cm (热室房间)	<MDC

A12	正上方离地 1m (中心储氧站)	<MDC
A13	控制室	<MDC

注：1、现场检测时仪器探头均指向机房并在周围 30 cm 处巡测，在剂量率最高处定点检测，每个检测点位分别读取 10 个中子周围剂量当量率数据；2、当中子周围剂量当量率测量值低于仪器检出限时，检测结果使用<MDC表示测量结果；3、点位 A12检测高度为机房上方离地面 100 cm；4、距离仅供参考。

表 7-3 药物制备场所β表面污染检测结果

测点编号	测量位置	检测结果 (Bq/cm ²)
G1	热室房间	地面
		未检出
		工作台面
G2	准备间	合成分装柜表面
		未检出
		传递窗表面
G3	外包间	未检出
		地面
		传递窗表面
G4	放化实验室	未检出
		地面
		工作台面
G5	全检质控室	分装柜表面
		未检出
		地面
G6	药物制备场所出入口	未检出
		工作台面
		未检出
/	辐射工作人员手表面	地面
		未检出
		换鞋凳表面

注：采用直接测量法进行检测，仪器检出限： $L_D(\beta) = 0.06 \text{ Bq/cm}^2$ 。

7.2.2.核医学科场所的验收监测结果

核医学科场所的验收监测结果见表 7-4~表 7-5。核医学科场所的 X-γ 周围剂量当量率的最大值为 $1.58 \mu\text{Sv/h}$ ，β 表面污染均未检出（检出限为 0.06 Bq/cm^2 ）。检测结果均可以满足本次验收要求。

表 7-4 核医学科场所 X-γ 周围剂量当量率检测结果

测点编号	测量位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		检测工况
		平均值	标准差	
C1	分装柜正面 30cm处	0.21	0.01	约 10GBq 的 ^{18}F 的置于铅罐内，铅罐置于分装柜内
C1	分装柜侧面 30cm处	0.23	0.01	
C1	分装柜上方 30cm处	0.22	0.01	
C2	分装注射室北侧 30cm处走廊	0.25	0.01	分装注射室内放置约 37MBq 的 ^{18}F
C3	储源室东侧 30cm处走廊	0.21	0.01	
C4	分装注射室东侧 30cm处走廊	0.19	0.01	
C5	分装注射室楼上 30cm处	0.20	0.01	
C6	注射窗外 30cm处	1.58	/	注射窗外放置约 37MBq 的 ^{18}F
C7	候诊室东侧 30cm处更衣室	0.22	0.01	候诊室内放置

C8	候诊室南侧 30cm处走廊	0.21	0.01	约 70MBq的 ^{18}F
C9	候诊室楼上 30cm处	0.20	0.01	
C10	VIP候诊室南侧 30cm处走廊	0.23	0.01	VIP候诊室内放置 约 37MBq的 ^{18}F
C11	VIP候诊室西侧 30cm处衰变池室	0.22	0.01	
C12	VIP候诊室楼上 30cm处	0.19	0.01	
C13	候诊室西侧 30cm处走廊	0.20	0.01	候诊室内放置 约 70MBq的 ^{18}F
C14	候诊室楼上 30cm处	0.20	0.01	
C15	候诊室西侧 30cm处走廊	0.25	0.01	候诊室内放置 约 70MBq的 ^{18}F
C16	候诊室北侧 30cm处走廊	0.22	0.01	
C17	候诊室楼上 30cm处	0.20	0.01	
C18	PETCT检查室南侧 30cm处走廊	0.22	0.01	PETCT检查室内放置 约 37MBq的 ^{18}F PET/CT出束扫描
C19	PETCT检查室南侧 30cm处走廊	0.21	0.01	
C20	PETCT检查室西侧 30cm处设备间	0.25	0.01	
C21	PETCT检查室东侧 30cm处ECT检查室	0.21	0.01	
C22	PETCT检查室北侧 30cm处控制室	0.20	0.01	
C23	PETCT检查室北侧 30cm处控制室	0.19	0.01	
C24	PETCT检查室北侧 30cm处控制室	0.19	0.01	
C25	PETCT检查室楼上 30cm处	0.20	0.01	
C26	留观室西侧 30cm处走廊	0.21	0.01	留观室内放置 约 37MBq的 ^{18}F
C27	留观室西侧 30cm处走廊	0.20	0.01	
C28	留观室南侧 30cm处废物间	0.19	0.01	
C29	留观室北侧 30cm处电井	0.20	0.01	
C30	留观室东侧 30cm处楼梯	0.21	0.01	
C31	留观室楼上 30cm处	0.20	0.01	

注：①测量值均没有扣除仪器对宇宙射线的响应值。②根据 HJ 1157-2021，当剂量率大于本底水平 3 倍以上时，在仪器读数稳定的情况下记录 1 个稳定读数；其余测点均测量 10 个读数。

表 7-5 核医学科场所 β 表面污染检测结果

测点 编号	测量位置		检测结果 (Bq/cm^2)
H1	分装注射室	地面	未检出
		分装柜表面	未检出
		工作台面	未检出
		注射窗表面	未检出
H2	候诊室	地面	未检出
		床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
H3	VIP候诊室	地面	未检出

		床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
		地面	未检出
H4	候诊室	床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
		地面	未检出
H5	候诊室	床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
		地面	未检出
H6	控制室	地面	未检出
		工作台面	未检出
H7	PETCT检查室	地面	未检出
		诊断床表面	未检出
H8	留观室	地面	未检出
		座位表面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
H9	患者出口	地面	未检出
/	辐射工作人员手表面		未检出

注：采用直接测量法进行检测，仪器检出限： $L_D(\beta) = 0.06 \text{ Bq/cm}^2$ 。

7.2.3.动物实验场所的验收监测结果

动物实验场所的验收监测结果见表 7-6~表 7-7。动物实验场所的 X-γ 周围剂量当量率的最大值为 $1.83 \mu\text{Sv/h}$ ，β 表面污染均未检出（检出限为 0.06 Bq/cm^2 ）。检测结果均可以满足本次验收要求。

表 7-6 动物实验场所 X-γ 周围剂量当量率检测结果

测点 编号	测量位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		检测工况
		平均值	标准差	
D1	分装柜正面 30cm 处	0.36	0.01	分装柜内放置 约 100MBq 的 ^{18}F
D2	分装柜上方 30cm 处	0.28	0.01	
D3	分装柜右侧面 30cm 处	0.33	0.01	
D4	注射台正面 30cm 处	1.83	/	注射台放置 约 20MBq 的 ^{18}F
D5	科研室南侧 30cm 处缓冲间	0.21	0.01	科研室内放置 约 20MBq 的 ^{18}F
D6	废弃物间南侧 30cm 处走廊	0.22	0.01	
D7	科研室楼上 30cm 处	0.23	0.01	

D8	小动物PET室南侧 30cm处控制室	0.24	0.01	小动物PET室内放置约 20MBq的 ^{18}F 小动物PET/CT自动扫描模式出束
D9	小动物PET室南侧 30cm处控制室	0.21	0.01	
D10	小动物PET室南侧 30cm处缓冲间	0.22	0.01	
D11	小动物PET室东侧 30cm处科研室	0.24	0.01	
D12	小动物PET室东侧 30cm处科研室	0.21	0.01	
D13	小动物PET室北侧 30cm处设备房	0.20	0.01	
D14	小动物PET室西侧 30cm处设备房	0.23	0.01	
D15	小动物PET室楼上 30cm处	0.21	0.01	实验室 1 内放置约 20MBq的 ^{18}F
D16	实验室 1 北侧 30cm处设备房	0.20	0.01	
D17	实验室 1 北侧 30cm处通道	0.20	0.01	
D18	实验室 1 东侧 30cm处通道	0.21	0.01	
D19	实验室 1 楼上 30cm处	0.21	0.01	实验室 2 内放置约 20MBq的 ^{18}F
D20	实验室 2 东侧 30cm处通道	0.20	0.01	
D21	实验室 2 南侧 30cm处通道	0.21	0.01	
D22	实验室 2 南侧 30cm处通道	0.20	0.01	
D23	实验室 2 楼上 30cm处	0.22	0.01	

注：①测量值均没有扣除仪器对宇宙射线的响应值。②根据 HJ 1157-2021，当剂量率大于本底水平 3 倍以上时，在仪器读数稳定的情况下记录 1 个稳定读数；其余测点均测量 10 个读数。

表 7-7 动物实验场所 β 表面污染检测结果

测点编号	测量位置		检测结果 (Bq/cm^2)
I1	科研室	地面	未检出
		分装柜表面	未检出
		工作台面	未检出
		L型注射防护屏表面	未检出
I2	小动物PET室	地面	未检出
		小动物PET设备表面	未检出
I3	控制室	地面	未检出
		工作台面	未检出
I4	实验室 1	地面	未检出
		工作台面	未检出
I5	实验室 2	地面	未检出
		工作台面	未检出
/	辐射工作人员手表面		未检出

注：采用直接测量法进行检测，仪器检出限： $L_D(\beta) = 0.06 \text{ Bq}/\text{cm}^2$ 。

7.2.4.核素治疗场所的验收监测结果

核素治疗场所的验收监测结果见表 7-8 表 7-9。核素治疗场所的 X- γ 周围剂量当量率的

最大值为 $2.15 \mu\text{Sv/h}$ ， β 表面污染均未检出（检出限为 0.06 Bq/cm^2 ）。检测结果均可以满足本次验收要求。

表 7-8 核素治疗场所 X- γ 周围剂量当量率检测结果

测点 编号	测量位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		检测工况
		平均值	标准差	
E1	甲癌给药室西侧 30cm 处卫生通过间	0.22	0.01	分装柜内放置 约 27.5GBq 的 ^{131}I
E2	废物储源室西侧 30cm 处通道	0.21	0.01	
E3	废物储源室南侧 30cm 处通道	0.22	0.01	
E4	服药区西侧 30cm 处通道	0.20	0.01	患者服药处放置 约 5.5GBq 的 ^{131}I
E5	治疗室北侧 30cm 处通道	0.19	0.01	治疗室内放置 约 15MBq 的 ^{32}P
E6	治疗室西侧 30cm 处医生办公室	0.20	0.01	
E7	治疗室南侧 30cm 处走廊	0.18	0.01	
E8	抢救室南侧 30cm 处走廊	0.18	0.01	病房 1 内放置 约 5.5GBq 的 ^{131}I
E9	抢救室东侧 30cm 处值班室	0.19	0.01	
E10	核素治疗场所走廊南侧 30cm 处值班室	0.18	0.01	
E11	核素治疗场所走廊南侧 30cm 处配餐室	0.19	0.01	病房 2 内放置 约 5.5GBq 的 ^{131}I
E12	被服间西侧 30cm 处配餐室	0.19	0.01	
E13	被服间南侧 30cm 处走廊	0.20	0.01	
E14	暂存间南侧 30cm 处走廊	0.21	0.01	VIP 病房内放置 约 5.5GBq 的 ^{131}I
E15	污洗间南侧 30cm 处走廊	0.20	0.01	
E16	污洗间东侧 30cm 处通道	0.19	0.01	
E17	核素治疗场所走廊南侧 30cm 处通道	0.20	0.01	
E18	VIP 病房西侧 30cm 处通道	0.20	0.01	
E19	VIP 病房西侧 30cm 处走廊	0.21	0.01	
E20	VIP 病房卫生间西侧 30cm 处走廊	0.20	0.01	
E21	VIP 病房卫生间南侧 30cm 处物资房	0.19	0.01	
E22	VIP 病房卫生间东侧 30cm 处走廊	0.19	0.01	
E23	VIP 病房东侧 30cm 处走廊	0.20	0.01	
E24	出院辐射监测区南侧 30cm 处走廊	0.21	0.01	出院辐射监测区放置 约 400MBq 的 ^{131}I
E25	出院辐射监测区东侧 30cm 处走廊	0.20	0.01	
E26	出院辐射监测区北侧 30cm 处风机房	0.22	0.01	
E27	病房 4 东侧 30cm 处风机房	0.20	0.01	病房 4 内放置 约 5.5GBq 的 ^{131}I
E28	污水提升间东侧 30cm 处风机房	0.20	0.01	
E29	甲癌给药室分装柜正面 30cm 处	1.85	/	约 27.5GBq 的 ^{131}I 置于铅罐 内，铅罐置于分装柜内
E29	甲癌给药室分装柜右侧面 30cm 处	2.15	/	
E30	敷贴制作室有机玻璃通风橱正面 30cm 处	0.35	0.01	通风橱内放置 约 30MBq 的 ^{32}P
E30	敷贴制作室有机玻璃通风橱上方 30cm 处	0.32	0.01	
E31	废物储源室楼上 30cm 处	0.20	0.01	敷贴制作室内放置

E31	废物储源室楼下 170cm处	0.21	0.01	约 30MBq的 ^{32}P
E32	敷贴制作室楼上 30cm处	0.21	0.01	
E32	敷贴制作室楼下 170cm处	0.20	0.01	
E33	甲癌给药室楼上 30cm处	0.21	0.01	患者服药处放置 约 5.5GBq的 ^{131}I
E33	甲癌给药室楼下 170cm处	0.21	0.01	
E34	治疗室楼上 30cm处	0.20	0.01	治疗室内放置 约 15MBq的 ^{32}P
E34	治疗室楼下 170cm处	0.21	0.01	
E35	病房 1 楼上 30cm处	0.21	0.01	病房 1 内放置 约 5.5GBq的 ^{131}I
E35	病房 1 楼下 170cm处	0.19	0.01	
E36	病房 2 楼上 30cm处	0.20	0.01	病房 2 内放置 约 5.5GBq的 ^{131}I
E36	病房 2 楼下 170cm处	0.20	0.01	
E37	病房 3 楼上 30cm处	0.21	0.01	病房 3 内放置 约 5.5GBq的 ^{131}I
E37	病房 3 楼下 170cm处	0.21	0.01	
E38	病房 4 楼上 30cm处	0.20	0.01	病房 4 内放置 约 5.5GBq的 ^{131}I
E38	病房 4 楼下 170cm处	0.21	0.01	
E39	VIP病房楼上 30cm处	0.20	0.01	VIP病房内放置 约 5.5GBq的 ^{131}I
E39	VIP病房楼下 170cm处	0.20	0.01	

注：①测量值均没有扣除仪器对宇宙射线的响应值。②根据 HJ 1157-2021，当剂量率大于本底水平 3 倍以上时，在仪器读数稳定的情况下记录 1 个稳定读数；其余测点均测量 10 个读数。

表 7-9 核素治疗场所 β 表面污染检测结果

测点 编号	测量位置		检测结果 (Bq/cm ²)
J1	甲癌给药室	地面	未检出
		分装柜表面	未检出
		工作台面	未检出
J2	敷贴制作室	地面	未检出
		通风橱表面	未检出
		工作台面	未检出
J3	治疗室	地面	未检出
		座位表面	未检出
J4	服药区	地面	未检出
		放置药物的台面	未检出
J5	病房 1	地面	未检出
		床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
J6	走廊	地面	未检出
		配餐间传递窗表面	未检出

J7	病房 2	地面	未检出
		床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
J8	病房 3	地面	未检出
		床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
J9	病房 4	地面	未检出
		床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
J10	VIP病房	地面	未检出
		床面	未检出
		马桶	未检出
		洗手池	未检出
J11	出院监测区	地面	未检出
/	辐射工作人员手表面		未检出

注：采用直接测量法进行检测，仪器检出限： $L_D(\beta) = 0.06 \text{ Bq/cm}^2$ 。

7.2.5. 周边场所的验收监测结果

周边场所的验收监测结果见表 7-10。周边场所的 X- γ 周围剂量当量率的最大值为 $0.21 \mu\text{Sv/h}$ 。检测结果均可以满足本次验收要求。

表 7-10 周边场所 X- γ 周围剂量当量率检测结果

测点编号	测量位置	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		检测工况
		平均值	标准差	
F1	3 号楼首层大厅	0.18	0.01	药物制备场所、动物实验场所、核医学科场所和核素治疗场所均正常开展相关工作
F2	5 号楼首层走廊	0.20	0.01	
F3	3 号楼北侧空地	0.18	0.01	
F4	2 号楼首层走廊	0.20	0.01	
F5	8 号楼首层走廊	0.18	0.01	
F6	3 号楼东侧空地	0.20	0.01	
F7	9 号楼南侧空地	0.19	0.01	
F8	9 号楼西南侧空地	0.21	0.01	
F9	3 号楼东侧空地	0.19	0.01	
F1	3 号楼首层大厅	0.18	0.01	

注：①测量值均没有扣除仪器对宇宙射线的响应值。②根据 HJ 1157-2021，当剂量率大于本底水平 3 倍以上时，在仪器读数稳定的情况下记录 1 个稳定读数；其余测点均测量 10 个读数。

7.3.辐射工作人员年有效剂量

根据《辐射防护导论》，辐射工作人员和公众的年有效剂量为：辐射剂量率 $\times$ 年受照时间 $\times$ 居留因子。

根据本项目环评阶段做的本底调查，本次验收项目所在位置及其周边场所的环境本底为 $0.18\sim 0.22\mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），保守估算，取环境本底为 $0.18\mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底）。

7.3.1.药物制备场所辐射工作人员年有效剂量

加速器运行时，控制室的剂量率为 $0.20\mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.02\mu\text{Sv/h}$ 。回旋加速器每天运行（出束）时间最多为 3h，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员年有效剂量为 0.02mSv 。

热室房间内的工作位的剂量率为 $0.27\mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.09\mu\text{Sv/h}$ 。热室房间内每天的药物合成时间最多 3h，每天药物自动分装的时间最多 10min，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员年有效剂量为 0.07mSv 。

放化实验室分装柜外的剂量率为 $0.20\mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.02\mu\text{Sv/h}$ 。放化实验室每天工作最多 1h，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员年有效剂量为 0.01mSv 。

转运铅罐外 1m 处的剂量率为 $19.2\mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $19.0\mu\text{Sv/h}$ 。药物运送时间每天最多 15min，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员年有效剂量为 1.19mSv 。

综上所述，药物制备场所的辐射工作人员年有效剂量合计为 1.29mSv 。经多人分担工作负荷后，药物制备场所的辐射工作人员年有效剂量将低于 1.29mSv ，可以满足本次验收要求。

7.3.2.核医学科场所辐射工作人员年有效剂量

核医学科场所已投入使用，本次只新增核素。核医学科原有 PET 放射诊断患者每天最多 30 人。本次新增核素后，PET 放射诊断患者人数增加至 46 人。本次新增核素后，核医学科现有 PET 放射诊断的工艺流程、工作方式等均保持不变，工作量变为了原来的 1.53 倍。

根据医院近四期的个人剂量检测报告，核医学科辐射工作人员单一季度内的有效剂量最大为 0.33mSv，保守取该值进行计算，则现有辐射工作人员的年有效剂量最大为 1.32mSv。按照 1.53 倍的工作负荷计算，则本次新增核素后，辐射工作人员的年有效剂量最大为 2.02mSv，可以满足本次验收要求。

7.3.3.动物实验场所辐射工作人员年有效剂量

分装柜正面 30cm 处的剂量率为 $0.36 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.18 \mu\text{Sv/h}$ 。动物实验场所中辐射工作人员每天分装药物的时间累计最多 15min，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员的年有效剂量为 0.01mSv。

注射台正面 30cm 处的剂量率为 $1.83 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $1.65 \mu\text{Sv/h}$ 。动物实验场所中辐射工作人员每天给小动物施药的累计时间最多 30min，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员的年有效剂量为 0.21mSv。

控制室的剂量率最大为 $0.24 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.06 \mu\text{Sv/h}$ 。动物实验场所中辐射工作人员每天给小动物扫描的累计时间最多 4h，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员的年有效剂量为 0.06mSv。

综上所述，动物实验场所的辐射工作人员的年有效剂量合计为 0.28mSv。经多人分担工作负荷后，动物实验场所的辐射工作人员的年有效剂量将低于 0.28mSv，可以满足本次验收要求。

7.3.4.核素治疗场所辐射工作人员年有效剂量

分装柜正面 30cm 处的剂量率为 $1.85 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $1.67 \mu\text{Sv/h}$ 。每天自动分装和指导服药累计时间约 10min，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员的年有效剂量为 0.70mSv。

有机玻璃通风橱正面 30cm 处的剂量率为 $0.35 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.17 \mu\text{Sv/h}$ 。敷贴器制作、给患者施药和敷贴器回收，每天累计时间最多 2h，年开展天数为 250 天，取居留因子为 1，则辐射工作人员的年有效剂量为 0.09mSv。

综上所述，核素治疗场所的辐射工作人员的年有效剂量合计为 0.79mSv。经多人分担工作负荷后，动物实验场所的辐射工作人员的年有效剂量将低于 0.79mSv，可以满足本次验收

要求。

7.4.公众年有效剂量

7.4.1. 3号楼负二层的公众年有效剂量

3号楼负二层的公众，主要为患者家属，以及负二层北侧的登记室、办公室、值班室等场所的公众。公众需考虑本层辐射工作场所和负一层辐射工作场所的叠加影响。

患者家属：患者家属在负二层停留时间较短，保守取年停留时间为 10h，取居留因子为 1。①本层辐射工作场所在公众可达区域的剂量率最大为 $0.25 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.07 \mu\text{Sv/h}$ ，则患者家属的年有效剂量 $< 0.005\text{mSv}$ 。②由于核素治疗场所楼下的剂量率最大为 $0.21 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.03 \mu\text{Sv/h}$ ，则患者家属的年有效剂量 $< 0.005\text{mSv}$ 。③因此，负二层的患者家属的年有效剂量 $< 0.01\text{mSv}$ ，可以满足本次验收要求。

北侧登记室、办公室、值班室等场所的公众：登记室、办公室、值班室等场所的公众，取每天停留 8 小时，全年按照 250 天计算，取居留因子为 1。①核医学科场所北侧的剂量率最大为 $0.20 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.02 \mu\text{Sv/h}$ ，则公众的年有效剂量为 0.04mSv 。②由于核素治疗场所楼下的剂量率最大为 $0.21 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.03 \mu\text{Sv/h}$ ，则公众的年有效剂量为 0.06mSv 。③因此，公众的年有效剂量为 0.10mSv ，可以满足本次验收要求。

7.4.2. 3号楼负一层的公众年有效剂量

3号楼负一层的公众，主要为患者家属，以及负一层中部的办公室、值班室等场所的公众。公众需考虑本层辐射工作场所和负二层辐射工作场所的叠加影响。

患者家属：患者家属在负一层停留时间较短，保守取年停留时间为 10h，取居留因子为 1。①本层辐射工作场所在公众可达区域的剂量率最大为 $0.21 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.03 \mu\text{Sv/h}$ ，则患者家属的年有效剂量 $< 0.005\text{mSv}$ 。②由于核医学科场所楼上的剂量率最大为 $0.20 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.02 \mu\text{Sv/h}$ ，则患者家属的年有效剂量 $< 0.005\text{mSv}$ 。③因此，负二层的患者家属的年有效剂量 $< 0.01\text{mSv}$ ，可以满足本次验收要求。

中部的办公室、值班室等场所的公众：登记室、办公室、值班室等场所的公众，取每天

停留 8 小时，全年按照 250 天计算，取居留因子为 1。①本层辐射工作场所在公众可达区域的剂量率最大为 $0.21 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.03 \mu\text{Sv/h}$ ，则患者家属的年有效剂量为 0.06mSv 。②由于核医学科场所楼上的剂量率最大为 $0.20 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.02 \mu\text{Sv/h}$ ，则患者家属的年有效剂量为 0.04mSv 。③因此，负二层的患者家属的年有效剂量为 0.10mSv ，可以满足本次验收要求。

7.4.2. 其余场所的公众年有效剂量

其余场所的公众取每天停留 8 小时，全年按照 250 天计算，取居留因子为 1。其余场所的公众主要考虑来自负一层辐射工作场所的影响。由于负一层上方和周边环境的剂量率最大为 $0.21 \mu\text{Sv/h}$ （未扣除环境本底），扣除环境本底后的剂量率为 $0.03 \mu\text{Sv/h}$ ，则其余场所的公众的年有效剂量最大为 0.06mSv ，可以满足本次验收要求。

表 8 验收监测结论

8.1.验收内容

(1) 在 3 号楼负二层的药物制备场所，建设了 1 间回旋加速器机房及配套功能用房，在该机房内使用了 1 台回旋加速器（属 II 类射线装置）用于制备非密封放射性核素 ^{18}F 、 ^{11}C 和 ^{13}N ，以上核素均为自用。该药物制备场所属乙级非密封放射性物质工作场所。

(2) 在建设单位 3 号楼负二层的核医学科场所，新增使用了非密封放射性核素 ^{11}C 、 ^{13}N 和 ^{64}Cu 开展 PET 显像诊断， ^{11}C 和 ^{13}N 核素的来源为自备， ^{64}Cu 核素的来源为外购。同时，将原许可使用的非密封放射性核素 ^{18}F 的来源由外购转为自备。核医学科场所为乙级非密封放射性物质工作场所。

(3) 在建设单位 3 号楼负二层的动物实验场所，建设了 1 间小动物 PET 机房，在该机房内使用了 1 台小动物 PET/CT（属 III 类射线装置），使用非密封放射性核素 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 和 ^{68}Ga （前 3 种核素的来源为自备，后 2 种核素的来源为外购）开展正电子核素显像诊断。该动物实验场所属丙级非密封放射性物质工作场所。

(4) 在建设单位 3 号楼负一层的核素治疗场所，建设了 5 间甲癌治疗病房及配套功能用房，使用了非密封放射性核素 ^{131}I 开展甲癌治疗；建设了 1 间敷贴制作室和 1 间敷贴治疗室，使用了非密封放射性核素 ^{32}P 开展敷贴治疗。该核素治疗场所属乙级非密封放射性物质工作场所。

8.2.监测结果

本次验收项目正常运行情况下，监测结果可以满足环境影响报告表及其审批部门审批决定。

8.3.辐射安全与防护设施

本项目的各项辐射安全与防护设施均进行了落实，各项辐射安全与防护设施均达到了环评阶段的设计要求。本项目的辐射安全与防护设施已落实了环境影响报告表及其审批部门审批决定。

8.4.项目运行期间的辐射影响

本项目在正常运行时，均可以满足本次验收提出的：辐射工作人员职业照射的剂量约束值为 5 mSv/a ，公众照射的剂量约束值为 0.1 mSv/a 。项目运行期间对辐射工作人员和公

众的辐射影响均满足验收执行标准。

8.5.结论

广东省第二人民医院核技术利用扩建项目落实了工程设计、环境影响报告表及其审批部门审批决定对本项目的环境保护要求，可以通过竣工环保验收。

本项目投入使用后，放射性三废的处理，需严格执行相关标准要求进行处理。