

临沂市中心医院核医学工作场所应用项目 竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：临沂市中心医院

编制单位：山东博瑞达环保科技有限公司

二〇二六年二月

建设单位法人代表： 田相同

编制单位法人代表： 陈波

项目负责人：

填 表 人：

报告审核：

建设单位：临沂市中心医院

电话：0539-2250512

邮编：276000

地址：山东省临沂市沂水县城健康路
17号

编制单位：山东博瑞达环保科技有限公司

电话：（0531）88686860

邮编：250101

地址：山东省济南市天辰路2177号
联合财富广场1号楼17层

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 项目建设概况	5
表 3 辐射安全与防护设施/措施	28
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	48
表 5 验收监测质量保证及质量控制	55
表 6 验收监测内容	59
表 7 验收监测	70
表 8 验收监测结论	90
附件 1: 委托书	94
附件 2: 环评批复	95
附件 3: 辐射安全与防护考核情况	100
附件 4: 辐射安全许可证	101
附件 5: 辐射工作安全责任书	108
附件 6: 辐射安全防护管理领导小组	110
附件 7: 辐射安全事故应急预案	114
附件 8: 应急演练	120
附件 9: 一人一档示例	124
附件 10: 部分相关规章制度	125
附件 11: 年度评估报告	134
附件 12: 监测报告	140

表 1 项目基本情况

建设项目名称		临沂市中心医院核医学工作场所应用项目			
建设单位名称		临沂市中心医院			
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建			
建设地点		山东省临沂市沂水县城健康路 17 号，临沂市中心医院科研医技综合楼地下一层			
源项		放射源		/	
		非密封放射性物质		^{99m} Tc	
				¹⁸ F	
				⁸⁹ Sr	
				³² P	
				¹³¹ I	
		射线装置		/	
建设项目环评批复时间	2023 年 11 月 15 日	开工建设时间	2023 年 11 月		
取得辐射安全许可证时间	2025 年 10 月 27 日	项目投入运行时间	2025 年 12 月		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025 年 12 月	验收现场监测时间	2025 年 12 月 4 日-12 月 8 日、2026 年 1 月 14 日		
环评报告表审批部门	临沂市行政审批服务局	环评报告表编制单位	山东清朗环保咨询有限公司		
投资总概算（万元）	3600	辐射安全与防护设施投资总概算（万元）	1400	比例	38.9%
实际总概算（万元）	2374	辐射安全与防护设施实际总概算（万元）	438.9	比例	18.5%
验收依据	<p>一、建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度</p> <p>1、《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>2、《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主</p>				

	<p>席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>3、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，中华人民共和国主席令第 43 号，2020 年 4 月 29 日第二次修订；</p> <p>4、《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行；</p> <p>5、《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日第二次修订；</p> <p>6、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修改；</p> <p>7、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>8、《建设项目环境影响后评价管理办法（试行）》，部令第 37 号，2016 年 1 月 1 日施行；</p> <p>9、《关于发布<放射性废物分类>的公告》环境保护部公告第 65 号，2017 年 ；</p> <p>10、《山东省环境保护条例》（2017 年修订），山东省人民代表大会常务委员会公告第 41 号，2018 年 1 月 1 日施行；</p> <p>11、《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第 37 号，2014 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>12、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）。</p> <p>二、建设项目竣工环境保护验收技术规范</p> <p>《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326—2023）。</p> <p>三、建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定</p> <p>（1）《临沂市中心医院核医学工作场所应用项目环境影响报告</p>
--	--

	<p>表》，2023年10月；</p> <p>(2)《临沂市行政审批服务局关于临沂市中心医院核医学工作场所应用项目环境影响报告表的批复》（临审服投资许字〔2023〕22029号），2023年11月15日。</p> <p>四、其他相关文件</p> <p>(1)临沂市中心医院核医学工作场所应用项目竣工环境保护验收监测委托书；</p> <p>(2)医院辐射安全许可证、辐射安全管理规章制度等支持性资料。</p>																				
<p>验收执行标准</p>	<p>本项目验收执行标准与环评文件、批复要求执行标准一致，如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； 2、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 3、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 4、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； 5、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； 6、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 7、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 8、《山东省医疗机构污染物排放控制标准》（DB37/596-2020）； 9、《表面污染测定 第一部分：β发射体（$E_{\beta\max}>0.15\text{Mev}$）和$\alpha$发射体》（GB/T14056.1-2008）。 <p>结合以上标准，本项目环境γ辐射空气吸收剂量率执行标准限值见下表：</p> <table border="1" data-bbox="459 1711 1402 2040"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>/</th> <th>环评标准</th> <th>验收标准</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>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处周围剂量当量率</td> <td>2.5$\mu\text{Sv/h}$</td> <td>2.5$\mu\text{Sv/h}$</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>核医学工作场所人员偶尔居留的区域周围剂量当量率</td> <td>10$\mu\text{Sv/h}$</td> <td>10$\mu\text{Sv/h}$</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>职业人员的年管理剂量约束值</td> <td>5mSv/a</td> <td>5mSv/a</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>公众人员的年管理剂量约束</td> <td>0.1mSv/a</td> <td>0.1mSv/a</td> </tr> </tbody> </table>	序号	/	环评标准	验收标准	1	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处周围剂量当量率	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	2	核医学工作场所人员偶尔居留的区域周围剂量当量率	10 $\mu\text{Sv/h}$	10 $\mu\text{Sv/h}$	3	职业人员的年管理剂量约束值	5mSv/a	5mSv/a	4	公众人员的年管理剂量约束	0.1mSv/a	0.1mSv/a
序号	/	环评标准	验收标准																		
1	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处周围剂量当量率	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	2.5 $\mu\text{Sv/h}$																		
2	核医学工作场所人员偶尔居留的区域周围剂量当量率	10 $\mu\text{Sv/h}$	10 $\mu\text{Sv/h}$																		
3	职业人员的年管理剂量约束值	5mSv/a	5mSv/a																		
4	公众人员的年管理剂量约束	0.1mSv/a	0.1mSv/a																		

	值																		
	工作场所的放射性表面污染控制水平 (Bq/cm²)																		
	表面类型	β放射性物质																	
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	4																	
	监督区																		
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹																	
注：1) 该区内的高污染子区除外。																			
	水污染物排放浓度限值																		
污染物排放监控 位置	污染物	一级标准	二级标准																
放射性衰变池出 口	总β (Bq/L)	10	10																
其他参考 文件	<p>1、《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站, 1989年)。</p> <p>根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查, 临沂地区环境天然γ空气吸收剂量率见下表:</p> <p style="text-align: center;">临沂地区环境天然γ空气吸收剂量率(×10⁻⁸Gy/h)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">监测内容</th> <th style="text-align: center;">范围</th> <th style="text-align: center;">平均值</th> <th style="text-align: center;">标准差</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">原野</td> <td style="text-align: center;">1.97~12.27</td> <td style="text-align: center;">5.17</td> <td style="text-align: center;">1.39</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">道路</td> <td style="text-align: center;">1.03~13.06</td> <td style="text-align: center;">4.92</td> <td style="text-align: center;">1.90</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">室内</td> <td style="text-align: center;">2.96~19.17</td> <td style="text-align: center;">7.60</td> <td style="text-align: center;">2.77</td> </tr> </tbody> </table> <p>注：表中数据摘自 1989 年《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站 1989 年。</p>			监测内容	范围	平均值	标准差	原野	1.97~12.27	5.17	1.39	道路	1.03~13.06	4.92	1.90	室内	2.96~19.17	7.60	2.77
监测内容	范围	平均值	标准差																
原野	1.97~12.27	5.17	1.39																
道路	1.03~13.06	4.92	1.90																
室内	2.96~19.17	7.60	2.77																

表 2 项目建设概况

2.1 项目建设内容

2.1.1 建设单位情况

临沂市中心医院始建于 1945 年 2 月，又称临沂市沂水中心医院，由华东野战军随军医院发展而来，是临沂市在中国共产党领导下建立最早的公益性医院。作为临沂市北部集医疗、急救、科研、教学、康复于一体的综合性三级甲等医院，辐射半径 100 公里，服务人口近千万人，是政府确立的沂蒙山区域医疗中心，山东第一医科大学附属临沂医院，临沂市老年康复医院。医院占地面积 118 亩，建筑面积 21.9 万 m²，编制床位 2000 张，开放床位 2200 张，有临床专业 45 个，临床科室 78 个。医院现有职工 3144 人，高级职称 593 人。2022 年医院门急诊 119 万人次，出院 11 万人次，手术 7.2 万台次。

《临沂市中心医院核医学工作场所应用项目环境影响报告表》于 2023 年 11 月 15 日取得临沂市行政审批服务局批复，批复文号为临审服投资许字〔2023〕22029 号。

临沂市中心医院现持有山东省生态环境厅于 2025 年 10 月 27 日颁发的辐射安全许可证，证书编号为：鲁环辐证〔13013〕，种类和范围为：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至：2026 年 06 月 29 日。

本项目各工作场所动工时间分别为 2023 年 11 月，防护装置及防护设施、设备调试运行时间为 2025 年 12 月。

2.1.2 建设内容和规模

本项目核医学工作场所日等效最大操作量为 $3.564 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。项目建设内容包括：①使用锝-99m (^{99m}Tc) 进行 SPECT-CT 放射诊断（直接购买分装包装好的针剂）；②使用氟-18 (¹⁸F) 进行 PET-CT 放射诊断；③使用锶-89 (⁸⁹Sr) 进行骨转移癌的疼痛治疗；④使用磷-32 (³²P) 进行血液系统疾病的治疗；⑤使用碘-131 (¹³¹I) 进行甲功测定、甲亢治疗、甲癌治疗。本项目 1 台 SPECT-CT 和 1 台 PET-CT 属于 III 类射线装置；PET 装置的日常维护需使用 IV 类或 V 类放射源，医院已于建设项目环境影响登记表备案系统（山东省）对其进行备案，对于 SPECT-CT、PET-CT 在 CT 使用过程中机房需采取的安全设施包含在本次验收范围。本项目环评中未包含 ¹²⁵I 粒子源的评价，因此 ¹²⁵I 粒子源不在本次验收范围内。

2.1.3 项目总平面图布置、建设地点和周围环境敏感目标

临沂市中心医院核医学工作场所应用项目位于山东省临沂市沂水县城健康路17号，临沂市中心医院科研医技综合楼地下一层。医院地理位置图见图2-1；平面布置图见图2-2；周围环境影像图见图2-3；核医学科平面布置图见图2-4。

本项目平面布局与原环评对比变化情况：SPECT-CT机房1室与SPECT-CT机房2室位置互换，其他与原环评中平面布置一致。

验收范围内共存在5处环境保护目标，与环评阶段保持一致，本次验收项目50m范围内环境保护目标情况见表2-1。

表 2-1 主要环境保护目标一览表

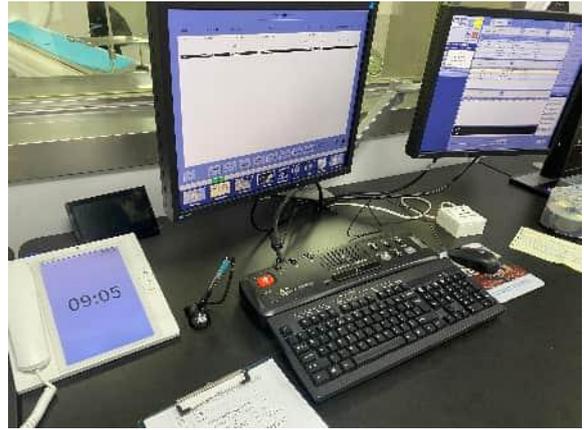
类别	具体保护目标	规模	方位及距离	敏感目标规模特征	备注
职业人员	核医学工作场所辐射工作人员	12人	场所内、四周毗邻	/	环评时期计划16人；验收时，医院对人员进行调整，实际12人。
公众成员	院内配电机房内人员	约2人	上方地面北侧约8m处	地上2F	同环评
	院内综合楼内人员	约300人	南侧约8m处	地上6F	同环评
	院内华康楼内人员	约1000人	西侧约8m处	地下1F，地上22F	同环评
	院内D病房楼内人员	约500人	西南侧约17m处	地上5F	同环评
	院外家属楼内人员	约80人	东侧约40m处	三栋24户，地上4F	同环评
	非本项目医院医护人员、非本项目就诊患者、陪护人员，被动与接受诊断的患者近距离接触的公众及其他公众成员	流动人员	四周0~50m范围内及与核医学患者接触人员	/	同环评

本项目现场勘探情况照片见表2-2。

表 2-2 本项目现场勘探情况照片表



控制台、观察窗



急停按钮、对讲装置



注射窗口



放射性废物桶



污物桶



分区标识

	
<p>铅衣等防护用品</p>	<p>固定式剂量监测仪</p>
	
<p>PET-CT 设备</p>	<p>监测设备</p>
<p>PET-CT 诊断区现场照片</p>	
	
<p>分区标识</p>	<p>患者通道指示标</p>

	
<p>铅衣等防护用品</p>	<p>控制台、观察窗、急停按钮、对讲装置</p>
	
<p>SPECT-CT 设备</p>	<p>放射性废物桶</p>
	
<p>储源间</p>	<p>注射后候诊室铅屏风</p>
	
<p>制度上墙</p>	<p>防护门、指示灯及警告标识</p>



室顶排风口



1#处理系统（地下）

SPECT-CT 诊断区现场照片



病房区门禁、警告标识



污物桶



自动分装仪



病房内铅屏风



污物桶



通道指示标



卫生通过间



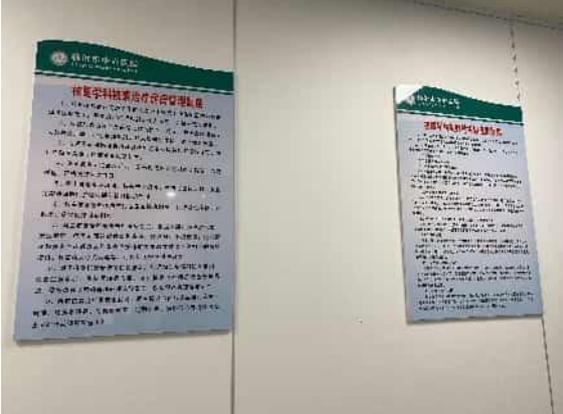
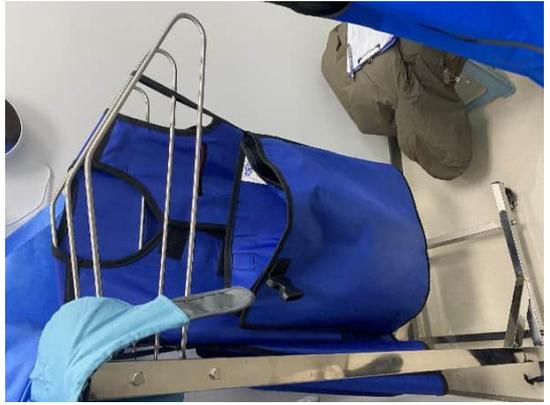
分区标识



分装质控室



放射性废物桶

	
<p>制度上墙</p>	<p>2#处理系统（地下）</p>
	
<p>固定式剂量监测仪</p>	<p>铅衣等防护用品</p>
	
<p>室顶排风口</p>	<p>监测设备</p>
<p>¹³¹I 治疗区现场照片</p>	

		
<p>院内华康楼</p>	<p>院内综合楼</p>	
		
<p>院内病房楼 D</p>	<p>院内配电机房</p>	
	<p>/</p>	
<p>院外家属楼</p>	<p>/</p>	
<p>核医学工作场所周围环境敏感目标</p>		
<p>2.1.4 环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容情况说明 临沂市中心医院核医学工作场所应用项目环境影响报告表及批复建设内容与现场验收情况对比见表 2-3。</p>		
<p>表 2-3 环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容情况对比表</p>		
<p>类别</p>	<p>环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容</p>	<p>实际建设内容</p>

<p>临沂市中心医院核医学工作场所应用项目</p>	<p>临沂市中心医院位于山东省临沂市沂水县城健康路 17 号，拟于院内东北角建设一栋科研医技综合楼，地下一层为核医学科。科研医技综合楼建设完成后，门诊楼现有核医学科将整合至科研医技综合楼地下一层新建核医学场所，新增 PET-CT 设备，使用氟-18 (F) 进行放射诊断；根据医院诊疗需求，重新核定 ^{99m}Tc、⁸⁹Sr、³²P、¹³¹I 核素的操作量及年最大用量。整合后新的核医学工作场所将开展：①使用锝-99m (^{99m}Tc) 进行 SPECT-CT 放射诊断（直接购买分装包装好的针剂）；②使用氟-18 (¹⁸F) 进行 PET-CT 放射诊断；③使用锶-89 (⁸⁹Sr) 进行骨转移癌的疼痛治疗；④使用磷-32 (³²P) 进行血液系统疾病的治疗；⑤使用碘-131 (¹³¹I) 进行甲功测定、甲亢治疗、甲癌治疗。本项目 2 台 SPECT-CT 和 2 台 PET-CT。属于 III 类射线装置，PET 装置的日常维护需使用 IV 类或 V 类放射源，医院拟确定好相关参数后将以上设施单独进行环评，对于 SPECT-CT/PET-CT 在 CT 使用过程中机房需采取的安全设施包含在本次评价范围。</p>	<p>临沂市中心医院位于山东省临沂市沂水县城健康路 17 号，科研医技综合楼地下一层新建核医学场所，新增 PET-CT 设备，使用氟-18 (¹⁸F) 进行放射诊断；根据医院诊疗需求，重新核定 ^{99m}Tc、⁸⁹Sr、³²P、¹³¹I 核素的操作量及年最大用量。整合后新的核医学工作场所将开展：①使用锝-99m (^{99m}Tc) 进行 SPECT-CT 放射诊断（直接购买分装包装好的针剂）；②使用氟-18 (¹⁸F) 进行 PET-CT 放射诊断；③使用锶-89 (⁸⁹Sr) 进行骨转移癌的疼痛治疗；④使用磷-32 (³²P) 进行血液系统疾病的治疗；⑤使用碘-131 (¹³¹I) 进行甲功测定、甲亢治疗、甲癌治疗。本项目 1 台 SPECT-CT 和 1 台 PET-CT。属于 III 类射线装置，PET 装置的日常维护需使用 IV 类或 V 类放射源，医院已于建设项目环境影响登记表备案系统（山东省）对其进行备案，对于 SPECT-CT/PET-CT 在 CT 使用过程中机房需采取的安全设施包含在本次评价范围。</p>
---------------------------	--	--

2.2 源项情况

本次验收涉及非密封放射性物质和射线装置，验收规模与环评规模对比一览表见表 2-4。

表 2-4 本次验收涉及非密封放射性物质与环评规模对比一览表

验收规模								环评规模								备注
核素名称	物理状态	日等效最大操作量 (Bq)	年操作时间 (h)	年操作量 (Bq)	毒性因子	操作方式	暂存方式	核素名称	物理状态	日等效最大操作量 (Bq)	年操作时间 (h)	年操作量 (Bq)	毒性因子	操作方式	暂存方式	与环评规模相比, 验收规模未发生变化。
¹⁸ F	液态、低毒组	1.11×10 ⁷	2716.66	2.775×10 ¹²	γ射线	很简单操作	核医学科 PET/CT 诊断场所 (¹⁸ F) 分装质控室手套箱内铅罐中	¹⁸ F	液态、低毒组	1.11×10 ⁷	2716.66	2.775×10 ¹²	γ射线	很简单操作	核医学科 PET/CT 诊断场所 (¹⁸ F) 分装质控室手套箱内铅罐中	
^{99m} Tc	液态、低毒组	3.7×10 ⁷	3613.19	9.25×10 ¹²	β射线、γ射线	很简单操作	核医学科 SPECT/CT 诊疗场所	^{99m} Tc	液态、低毒组	3.7×10 ⁷	3613.19	9.25×10 ¹²	β射线、γ射线	很简单操作	核医学科 SPECT/CT 诊疗场所	
⁸⁹ Sr	液体、中毒组	1.85×10 ⁸	2.777	9.25×10 ¹⁰	β射线	简单操作	(^{99m} Tc、 ⁸⁹ Sr、 ³² P) 储源间储源柜内(分装好的铅箱包装针剂)	⁸⁹ Sr	液体、中毒组	1.85×10 ⁸	2.777	9.25×10 ¹⁰	β射线	简单操作	(^{99m} Tc、 ⁸⁹ Sr、 ³² P) 储源间储源柜内(分装好的铅箱包装针剂)	
³² P	液体、中毒组	2.96×10 ⁸	1.067	3.552×10 ¹⁰	β射线	简单操作		³² P	液体、中毒组	2.96×10 ⁸	1.067	3.552×10 ¹⁰	β射线	简单操作		
¹³¹ I	液体、中毒组	3.7×10 ⁵ (甲功测定)	108.611	2.184×10 ¹²	β射线、γ射线	简单操作	核医学科 ¹³¹ I 诊疗场所分装质控室手套箱内铅罐中	¹³¹ I	液体、中毒组	3.7×10 ⁵ (甲功测定)	108.611	2.184×10 ¹²	β射线、γ射线	简单操作	核医学科 ¹³¹ I 诊疗场所分装质控室手套箱内铅罐中	
		3.7×10 ⁸ (甲亢)								3.7×10 ⁸ (甲亢)						
		2.664×10 ⁹ (甲癌)								2.664×10 ⁹ (甲癌)						

注：本项目 1 台 SPECT-CT 和 1 台 PET-CT 属于 III 类射线装置，PET 装置的日常维护需使用 IV 类或 V 类放射源，对于 SPECT-CT/PET-CT 在 CT 使用过程中机房需采取的安全设施包含在本次验收范围。

2.3 工程设备与工艺分析

1、设备组成、基本原理和工作流程

(1) 设备组成

本次验收内容：①使用锝-99m (^{99m}Tc) 进行 SPECT-CT 放射诊断（直接购买分装包装好的针剂）；②使用氟-18 (^{18}F) 进行 PET-CT 放射诊断；③使用锶-89 (^{89}Sr) 进行骨转移癌的疼痛治疗；④使用磷-32 (^{32}P) 进行血液系统疾病的治疗；⑤使用碘-131 (^{131}I) 进行甲功测定、甲亢治疗、甲癌治疗。本项目 1 台 SPECT-CT 和 1 台 PET-CT 属于 III 类射线装置；PET 装置的日常维护需使用 IV 类或 V 类放射源，医院已于建设项目环境影响登记表备案系统（山东省）对其进行备案，对于 SPECT-CT/PET-CT 在 CT 使用过程中机房需采取的安全设施包含在本次验收范围。

(2) 核素使用流程

① ^{99m}Tc

本项目使用的 ^{99m}Tc 采取外购的方式，由供源单位将分装包装好的针剂（铅箱包装）送至核医学科 SPECT/CT 诊疗场所（ ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P ）的储源间储源柜内储存。开展工作前，工作人员将针剂药物由储源间转移至分装质控室 ^{99m}Tc 专用手套箱内，在 ^{99m}Tc 专用手套箱内依次取出针剂，然后于注射室注射窗口处对患者进行注射，注射后患者根据疾病类型于注射后候诊室休息一定时间，经 SPECT-CT 扫描后，少数患者进入留观抢救室留观一段时间，大多数患者无异常后经患者走廊北侧出口门禁系统直接离开。

② ^{18}F

本项目 ^{18}F 药物装于铅罐中，由供源单位于治疗当天送至核医学科 PET/CT 诊断场所（ ^{18}F ）的分装质控室 ^{18}F 专用手套箱内储存。开展工作时，工作人员在 ^{18}F 专用手套箱内根据患者用量进行分装，然后于注射间 ^{18}F 注射窗口处对患者进行注射，注射后患者根据疾病类型于注射后候诊室休息一定时间，经 PET-CT 扫描后，少数患者进入留观抢救室留观一段时间，大多数患者无异常后经患者走廊东侧出口门禁系统直接离开。

③ ^{89}Sr 、 ^{32}P

本项目 ^{89}Sr 、 ^{32}P 由供货方直接将分装包装好的针剂（铅箱包装）送至核医学科 SPECT/CT 诊疗场所（ ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P ）的储源间储源柜内储存。开展治疗时，职业人员将药物转移至分装质控室手套箱内，注射时于注射室注射窗口处对患者进行注射，注射后患者无异常可直接由患者走廊北侧出口门禁系统离开。

④ ^{131}I

本项目 ^{131}I 药物装于铅罐中，由供源单位于治疗当天送至本项目核医学科 ^{131}I 诊疗场所的分装质控室手套箱内贮存。开展治疗时，职业人员将铅罐转移至手套箱内小型碘全自动分装仪内，于控制室内操作计算机设定样品的分配活度、体积及计划使用时间，系统自动完成放射性原液的稀释、定量分配、在线活度测量和样品体积配比的工作，职业人员远程操作碘全自动分装仪将药物分装到预先放置的一次性杯子，通过对讲系统指导患者在服碘室服药台处口服，患者通过服碘室服药台处窗口取药。甲亢患者从甲癌病房入口通过缓冲走廊进入服碘室，在服碘室服药后原路返回，进入甲亢室诊疗检查后离开；甲亢患者从甲癌病房入口通过缓冲走廊进入服碘室，在服碘室服药后通过甲亢患者走廊进入甲亢留观室留观一定时间，无异常后经甲癌病房出口缓冲区西门离开；甲癌患者从甲癌病房入口通过缓冲走廊进入服碘室，在服碘室服药后通过缓冲走廊、患者走廊进入甲癌病房 1~3 住院，患者出院当天还需要进行 SPECT-CT ^{131}I -DWS 检查，由核医学科 SPECT/CT 诊疗场所工作人员合理安排分流患者（与其他病人错时），甲癌患者由甲癌病房入口出去，至 SPECT-CT 扫描诊断区域进行扫描，扫描后原路返回至甲癌病房，符合出院要求后，最终由甲癌病房出口门禁系统离开。

根据医院门诊安排，本项目 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 患者诊疗时间尽量错开，避免相互影响。医院根据患者预约情况订购药物， ^{131}I 和 ^{18}F 药物盛放在铅罐中， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 药物针剂盛装在铅箱中，药物由供源单位送至医院核医学工作场所，由专人在各诊疗场所内接收、签字、入库，分别储存在储源间储源柜内或分装质控室手套箱内。放射性核素使用完毕后，盛药铅罐/铅箱由供源单位回收。

（3）使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 进行 SPECT-CT 扫描诊断

①SPECT-CT 诊断原理

SPECT 的全称是单光子发射计算机断层扫描仪

（Single-PhotoEmissionComputedTomography），其使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 进行诊断的基本原理是：受检者注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 在特定的器官或组织发射出能量为 140keV 的光子（ γ 射线），穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能准直器对 γ 射线进行准直，通过闪烁体将 γ 射线能力转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态

显像等。

SPECT 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。准直器是由单孔或多孔的铅或铅合金构成，其作用是让一定视野范围内的一定角度方向上的 γ 射线通过准直器进入晶体，起到空间定位选择器的作用。晶体的作用是将 γ 射线转化为荧光光子，大多数 SPECT 采用碘化钠晶体，荧光光子的数目、能量、输出的光脉冲幅度等与入射的 γ 射线能量成正比。光导是装在晶体和光电倍增管之间的薄层有机玻璃片或光学玻璃片，其作用是把荧光光子有效的传送到光电倍增管的光阴极上；光导有多种形状，侧面涂有涂剂；光导收集荧光的能力和正确的传递到光电倍增管的能力影响着 SPECT 的空间分辨率、线性、均匀性等指标。光电倍增管的作用是将微弱的荧光信号转换并放大为电信号，其放大倍数可达 $10^6 \sim 10^9$ ，主要由光阴极、多级倍增极、电子收集极组成。

本项目 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。

②使用 ^{99m}Tc 进行 SPECT-CT 扫描流程

患者预约—注射前准备工作（收集病史、测量身高体重）—患者接受静脉注射—一般患者等候约 0.5~2h（骨扫描患者约 2~4h）—SPECT-CT 扫描（约 20min）—少数患者留观后离开/大多数患者直接离开。 ^{99m}Tc 诊断流程简图见下图。

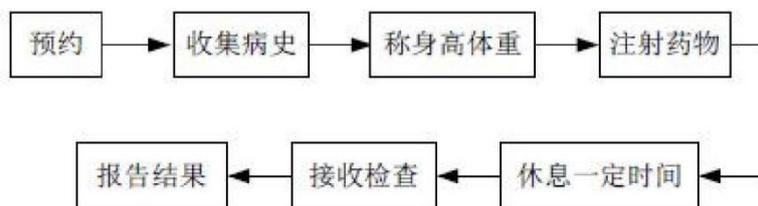


图 2-1 ^{99m}Tc (SPECT-CT) 诊断流程简图

(4) 使用 ^{18}F 进行 PET-CT 扫描诊断

①诊断原理

PET 其全称是正电子发射型计算机断层扫描显像仪 (positron emission tomography, 简称 PET)，是反映病变的基因、分子、代谢及功能状态的显像设备。它是利用正电子核素标记葡萄糖等人体代谢物作为显像剂，通过病灶对显像剂的摄取来反映其代谢变化，从而为临床提供疾病的生物代谢信息。CT 是常用的断层显像技术，可以清楚地获得病变的解剖结构信息，但仅靠结构特点难以作出准确的判

断。PET-CT 是将 PET 与 CT 整合在一台仪器上，组成一个完整的显像系统，被称作 PET-CT 系统。病人在检查时经过快速的全身扫描，可以同时获得 CT 解剖图像，以及 PET 功能代谢图像，两种图像优势互补，从而可对疾病作出全面、准确的判断。

PET 使用正电子示踪剂（如 ^{18}F ），核素释放的正电子在组织内移行的距离很短，依据能量的不同一般在 10—1cm 到 10—2cm 的范围内。核素衰变过程中正电子从原子核内放出后很快与自由电子碰撞湮灭，转化成一对方向相反的 γ 光子。在光子飞行方向上设置一对探测器，几乎可同时接收到这两个光子，通过环绕 360° 排列的多组配对探头，得到探头对连线上的一维信息，将信号向中心点反投射并加以适当的数学处理，便可形成断层示踪剂分布图像。当由正电子放射性核素所标记的示踪剂（显像剂）注入血流后，到达全身，聚集在特定的器官或某一部位，凡代谢率高的组织或病变在 PET 上呈明确的高代谢亮信号，凡代谢率低的组织或病变在 PET 上呈低代谢暗信号。

②使用 ^{18}F 进行 PET-CT 扫描流程

预约—注射前准备工作（收集病史、测量身高体重、测血糖）--活度测定与分装—患者接受静脉注射—患者等候（约 50~60min）—PET-CT 扫描（约 20min）—少数患者留观后离开/大多数患者直接离开。 ^{18}F 诊断流程简图见下图。

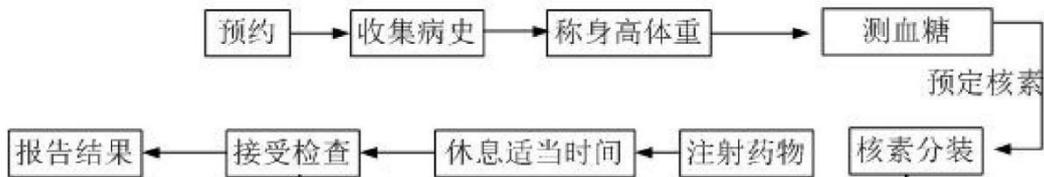


图 2-2 ^{18}F (PET-CT) 诊断流程简图

(5) 使用 ^{89}Sr 治疗转移性骨肿瘤

① ^{89}Sr 治疗原理

^{89}Sr 注射液为转移癌性骨痛的治疗剂。 ^{89}Sr 是钙族元素，为一种亲骨性放射性核素，进入体内后同钙一样参加骨矿物质的代谢过程，是目前临床治疗骨肿瘤应用较多的一种放射性药物。静脉给药后，恶性肿瘤骨转移病灶内的摄取率大于正常骨组织的 2~25 倍，并滞留在癌灶中，发射平均能量为 1.463MeV 的 β 射线，半衰期为 50.5 天，其辐射效应杀伤癌细胞，缩小病灶，达到缓解疼痛、杀伤肿瘤细胞和提高生活质量的目的。

② ^{89}Sr 治疗流程

医生对患者进行检查，根据病情确定注射剂量，与患者预约，根据患者用药量订购 ^{89}Sr 注射药物，患者注射药物后短暂观察如无异常情况，即可离开。

(6) 使用 ^{32}P 治疗血液系统疾病

① ^{32}P 治疗原理

磷 (P) 是人体细胞代谢不可缺少的元素, 生长越快的组织需要磷越多。放射性核素 ^{32}P 与 P 有相同的生物化学特性, 进入人体后主要聚集在生长迅速和代谢旺盛的组织内, 如骨髓、淋巴结、肝和脾等, 并参与 RNA 和 DNA 的合成。真性红细胞增多症 (polycythemia vera), 原发性血小板增多症 (essential thrombocythemia) 等都是骨髓增生性疾病 (myeloproliferative disorders), 在这些疾病的发生和发展过程中对磷的需求量增大, 若给病人以 ^{32}P , 则会迅速被过度增生的造血组织大量摄取, 异常增生的幼稚红细胞和巨核细胞较正常细胞分裂得快, 摄取的 ^{32}P 就更多。由于 ^{32}P 发射 β 射线, 其电离辐射的生物效应能使过度增生的血细胞中的 RNA 和 DNA 发生变化, 从而抑制了血细胞的异常增生, 达到治疗目的。

② ^{32}P 治疗流程

医生对患者进行检查, 根据病情确定注射剂量, 与患者预约, 根据患者用药量订购 ^{32}P 注射药物, 患者注射药物后短暂观察如无异常情况, 即可离开。

(7) 使用 ^{131}I 治疗

① ^{131}I 治疗原理

a、甲功测定

甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的能力, 功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多, 可高达血浆的几百倍, 且在甲状腺内停留的时间较长, 有效半衰期可达 3.5~4.5 天。在患者服用 ^{131}I 后, 90% 以上的 ^{131}I 都会聚集到患者的甲状腺, 其余的 ^{131}I 随代谢排出体外, 在体外用探测器在颈部测量甲状腺对 ^{131}I 的摄取速度和摄取量, 即摄碘率。利用不同时间段患者摄碘率的变化曲线来判断患者甲状腺功能是否正常, 为甲状腺疾病的诊断和放射性碘治疗提供了可靠的数据。

b、甲亢治疗

^{131}I 衰变为 ^{131}Xe 时放射出 95% 的 β 射线, 该射线能量低, 在甲状腺内的平均射程仅有 0.5mm, 一般不会造成甲状腺周围组织例如甲状旁腺、喉返神经等的辐射损伤。 ^{131}I 治疗可使部分甲状腺组织受到 β 射线的集中照射, 使部分甲状腺细胞引发炎症、萎缩、直至功能丧失, 从而减少甲状腺激素的分泌, 使亢进的异常功能恢复正常, 达到甲亢治疗的目的。

c、甲癌治疗

由于 ^{131}I 可以高度选择性聚集在分化型甲状腺癌及转移灶，且 ^{131}I 衰变时发射出射程很短的 β 射线和能量跃迁时发出 γ 射线，通过高剂量 ^{131}I 对病变组织进行内照射治疗，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或者破坏病变组织的目的，取得类似部分切除甲状腺的效果，从而达到甲癌治疗的目的。

② ^{131}I 治疗流程

甲亢患者和甲癌患者治疗前大多数需先进行甲功测定，由职业人员利用碘全自动分装仪远程将药物分装，监督指导患者服药，甲功测定患者在服药后 2、4、24h 测定甲状腺部位及速率，计算甲状腺摄取 ^{131}I 率，绘制 ^{131}I 率曲线，并注明各时间点的摄碘率；职业人员根据患者测定情况，计算不同患者服用 ^{131}I 的剂量；服药前找患者家属谈话，告知其病情、注意事项，治疗前签字；职业人员远程指导甲亢患者服药，甲亢患者服药后进行一定时间观察后（一般为 10min）如无异常情况，患者即可离开医院。甲癌患者进行服碘治疗时，工作人员利用碘全自动分装仪远程对药物进行分装，监督指导甲癌患者在服碘室服药，患者服药后进入甲癌病房住院（住院 4 天），出院当天依托 SPECT-CT 进行扫描复查，以观察甲癌残留灶及转移灶的摄碘情况。

^{131}I 核素诊疗流程简图见下图。

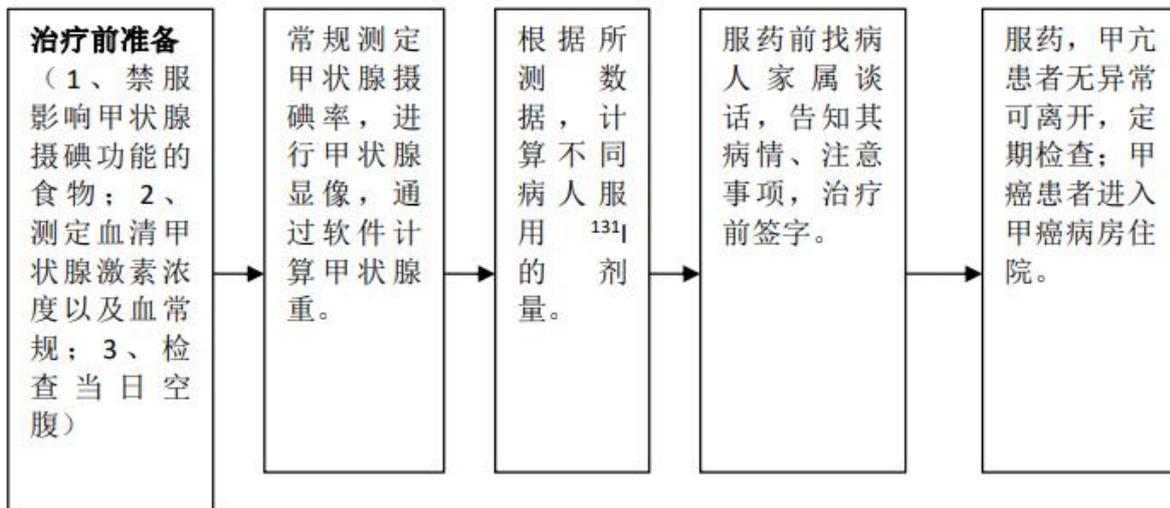


图 2-3 ^{131}I 核素诊疗流程简图

2、人员配备及工作时间

本项目核医学科工作人员共 12 人。经与医院沟通核实，取药、注射过程由护士负责，患者摆位、扫描过程由技师负责，药物分装、转移铅罐、打开铅罐、指导服药、甲

癌查房等过程由医生负责。

各核素使用过程中每项最长操作时间见表 2-5。

表 2-5 核素各操作项最长操作时间汇总表 (h/a)

核素名称	操作项					
	分装	转移	取药	注射	摆位	扫描
^{99m} Tc	/	2.08	27.78	83.33	166.67	3333.33
¹⁸ F	8.33	/	20.83	62.5	125	2500
⁸⁹ Sr	/	/	0.694	2.083	/	/
³² P	/	/	0.267	0.8	/	/
¹³¹ I	/	3.333 (转移铅罐)	0.278 (打开铅罐)	5 (甲癌查房)	5	100

3、污染源分析及评价因子

(1) γ 射线、 β 射线及韧致辐射

①核素 ^{99m}Tc、¹³¹I 在 IT 跃迁时释放 γ 射线和 β 射线。 β 射线穿透能力较弱，外照射的影响相对较小； γ 射线穿透能力很强，对周围环境会造成一定的辐射影响，本项目主要考虑核素 ^{99m}Tc、¹³¹I 的 γ 射线影响。

②核素 ¹⁸F 衰变过程中发射（产生）正电子，正电子与原子核周围的轨道电子（负电子）发生结合，同时释放两个能量相等方向相反的 γ 光子（0.511MeV），即 γ 射线。 γ 射线穿透能力较强，可能会对周围环境会造成一定的辐射影响。

③核素 ⁸⁹Sr、³²P 衰变发射纯 β 射线， β 射线穿透能力较弱，在组织内辐射距离较短，不会对环境产生明显影响，但 β 射线被放射源本身以及源周围的其他物质阻止时产生韧致辐射，韧致辐射会对周围环境产生辐射污染，本项目主要考虑核素 ⁸⁹Sr、³²P 的韧致辐射影响。

患者用药后，体内的放射性核素产生的 γ 射线在一定时间内会对周围环境或者人员会造成一定的辐射影响。

(2) β 表面污染

工作人员在操作核素 ^{99m}Tc、¹⁸F、⁸⁹Sr、³²P、¹³¹I 时，可能引起工作台、地面等放射性沾污，造成 β 表面污染。

(3) X 射线。

本项目 SPECT-CT 和 PET-CT 装置开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

(4) 放射性废气

本项目核医学工作场所使用的 ^{99m}Tc、¹⁸F、⁸⁹Sr、³²P 操作过程比较简单，不经过加

热、振荡等步骤，挥发量极少，为安全起见，分装质控室内设置了手套箱，放射性药物的分装过程都在负压手套箱内操作。离子型的 ^{131}I 放射性药物易氧化析出单质碘，碘在常温下易挥发，正常使用过程中有放射性气体产生， ^{131}I 诊疗场所的分装质控室设置了手套箱，小型碘全自动分装仪置于手套箱内，医护人员远程操控分装、指导患者口服，不直接进行药物操作。同时核医学工作场所和手套箱内均设有通风系统，并加装高效活性炭过滤装置， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 及 ^{18}F 诊疗场所内3套独立通风系统的废气，经吸附过滤后由科研医技综合楼楼顶（5F）东北角排放，总排口高出其建筑屋脊3m，废气出口方向朝北。 ^{131}I 诊疗场所内2套独立通风系统的废气，经吸附过滤后由风管引至西侧华康楼楼顶（22F，院区最高建筑）排放，总排口高出其建筑屋脊3m，废气出口方向朝北。

（5）放射性废水

本项目核医学工作场所放射性废水产生环节主要为患者注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 和口服 ^{131}I 放射性药物后，所产生的排泄物（包括呕吐物）以及冲洗水，内含有放射性核素，具有放射性；另外，日常清洗去污或事故情况下清洗均可产生放射性废水。 ^{89}Sr 、 ^{32}P 患者注射后无异常即离开场所，整个治疗流程较短，不在场所内候诊检查，就诊过程中产生的放射性废水可基本忽略不计。

（6）放射性固体废物

本项目产生的放射性固废可分为三个方面：①被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭表面污染的抹布和病人使用的一次性杯子等；②沉淀池和衰变池底部的沉渣；③定期更换的废活性炭。

（7）剩余放射性药物

本项目一般情况下，医院按照诊断计划订购和使用放射性药物，不存在剩余放射性药物。特殊情况如患者未按照预约及时就诊时，可能剩余放射性药物。

综上，本次验收的主要污染因素为 γ 射线、X射线、表面污染、放射性废水、放射性固体废物、放射性废气。

临沂市地图

山东省标准地图

设区市·基本要素版



审图号: 鲁SG (2025) 084号

山东省自然资源厅监制 山东省地图院编制

图 2-4 医院地理位置图

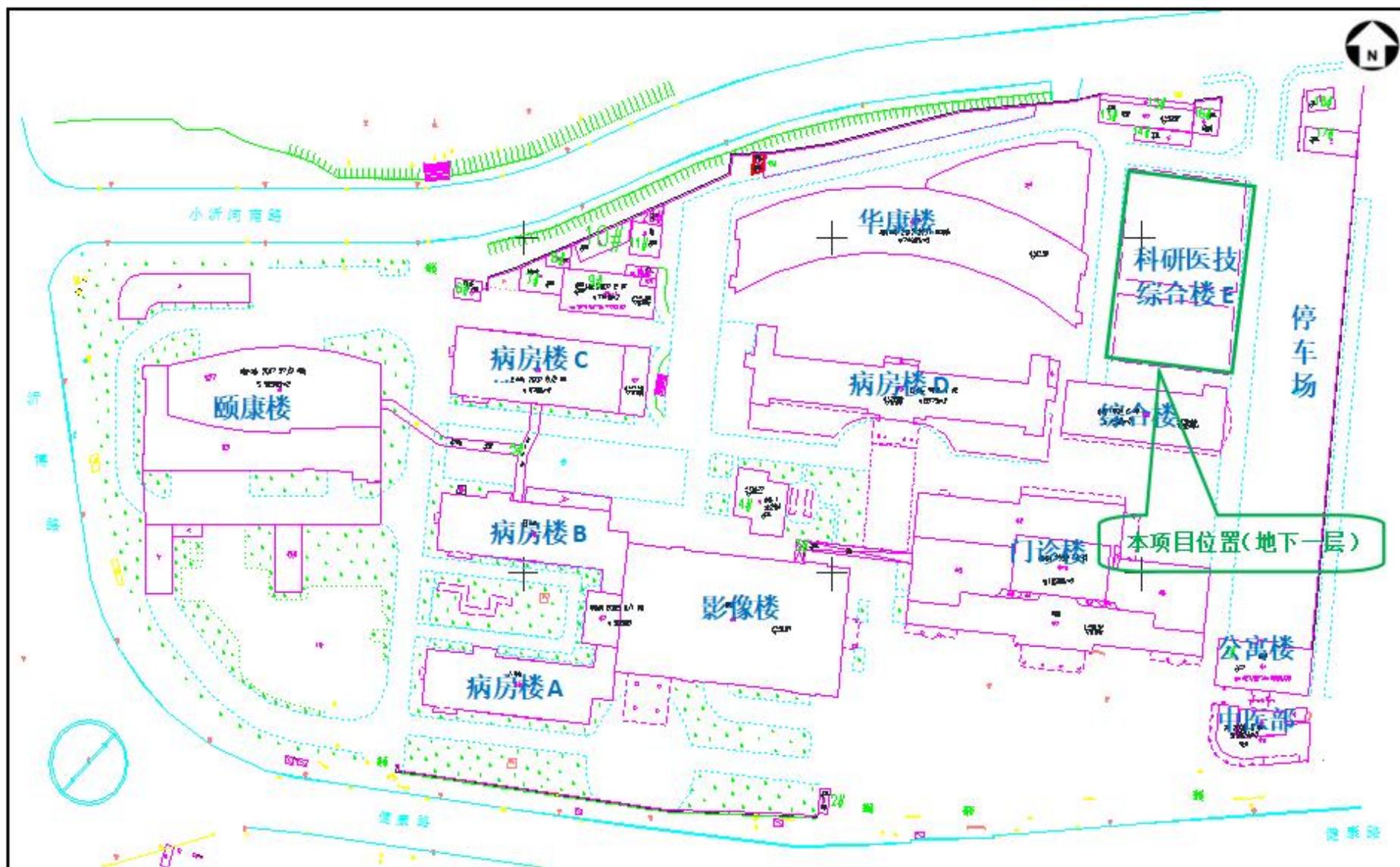


图 2-5 医院平面布置图



图 2-6 项目周围环境影像图 (比例尺 1:1800)

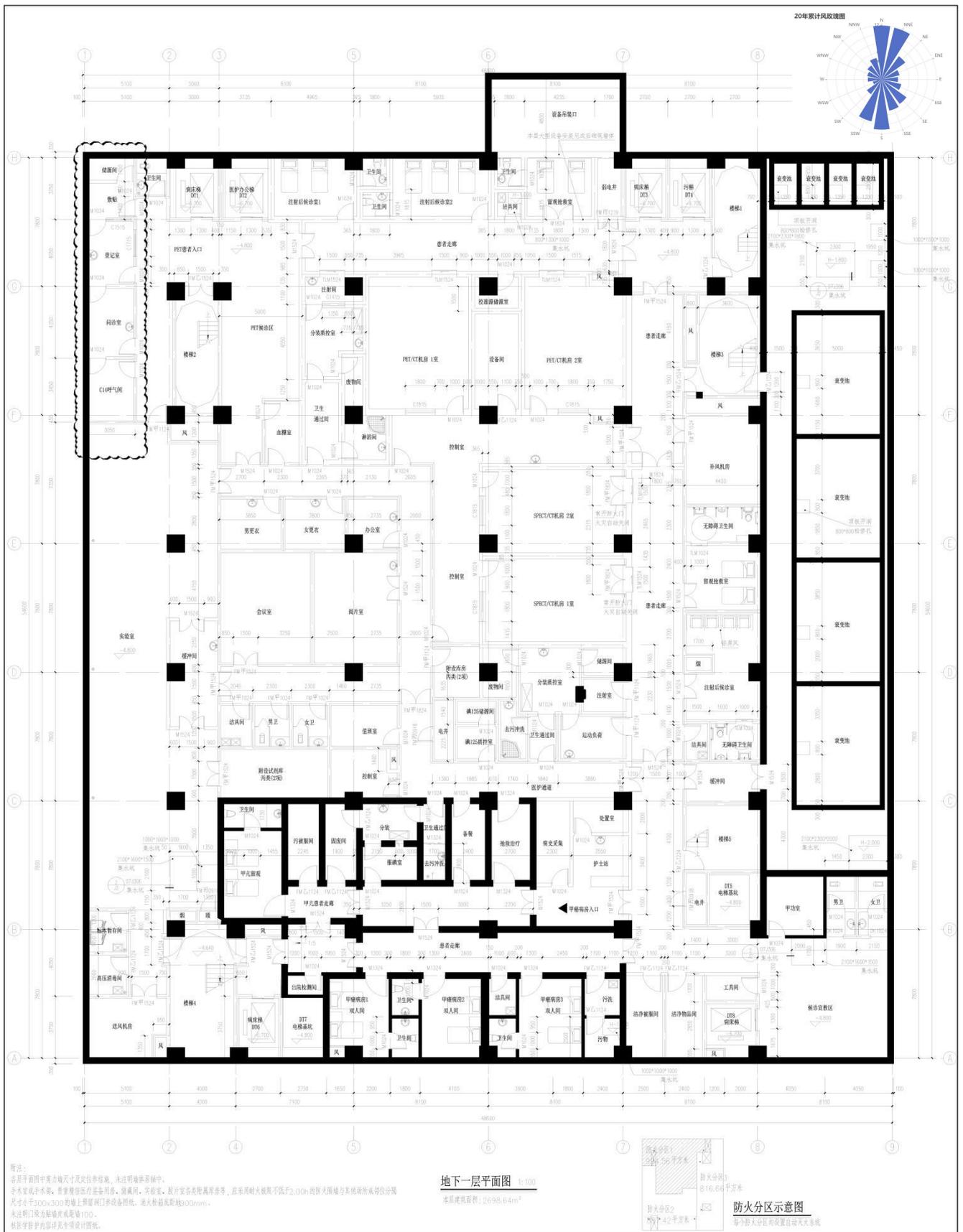


图 2-7 核医学科平面布置图

表 3 辐射安全与防护设施/措施

一、辐射安全与防护设施建设情况

1、工作场所布局和分区管理

(1) 场所布局

本项目核医学工作场所位于临沂市中心医院科研医技综合楼地下一层，衰变池在核医学工作场所东侧。

北部 PET/CT 诊断区 (^{18}F) 主要有分装质控室、注射间、卫生通过间、淋浴间、废物间、PET/CT 机房 1 室、PET/CT 机房 2 室、设备间、控制室、校准源储源室、注射后候诊室 1 (含卫生间)、注射后候诊室 2 (含卫生间)、留观抢救室 (含卫生间)、洁具间、注射前 PET 候诊区、登记室、问诊室、血糖室等。

中部 SPECT/CT 诊断区 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P) 主要有储源间、分装质控室、注射室、卫生通过间、去污冲洗间、运动负荷室、SPECT/CT 机房 1 室、SPECT/CT 机房 2 室、控制室、注射后候诊室 (含卫生间)、留观抢救室 (含卫生间)、洁具间、废物间、注射前候诊统一在地下一层东南角候诊宣教区 (与 ^{131}I 诊疗场所共用)。中部西侧有男更衣室、女更衣室、办公室、会议室、阅片室、库房、值班室、男卫、女卫、洁具间等，为核医学科共用。

南部 ^{131}I 诊疗区要有分装质控室、卫生通过间、去污冲洗间、服碘室、甲亢留观室 (含卫生间)、甲癌病房 1 (双人间，含卫生间)、甲癌病房 2 (双人间，含卫生间)、甲癌病房 3 (双人间，含卫生间)、洁具间、污洗间、污物间、污被服间、固废间、备餐间、抢救治疗室、出院检测间等。病房区域外有病史采集、处置室、护士站、洁净被服间、洁净物品间、工具间、甲功室、候诊宣教区等。

场所平面布局与环评基本一致，布局合理。核医学科平面布置图见图 2-7。

本项目场所周围环境详见表 3-1。

表 3-1 周围环境一览表

名称	方向	场所名称	距离
科研医技综合楼地下一层核医学工作场所	北侧	土层 (地下)	相邻
		院内道路 (地上)	0~8m
		配电机房 (地上 2F)	8~20m
		小沂河南路及绿化带	20~50m
	东侧	土层 (地下)	相邻
		院内道路及地上停车场	0~40m
		家属楼 (共涉及三栋 24 户, 地上 4F)	40~50m
	南侧	土层 (地下)	相邻

		院内道路（地上）	0~8m
		综合楼（地上 6F）	8~25m
		地上停车场	25~50m
	西侧	土层（地下）	0~8m
		华康楼（地下 1F）	8~50m
		院内道路（地上）	0~8m
		华康楼（地上 22F）	8~50m
		D 病房楼（地上 5F）	17~50m（西南侧）
	上方	腔镜中心	相邻
	下方	土层	相邻

(2) 分区管理

本项目将工作场所各房间划分为“控制区”和“监督区”两区管理。医院对本项目进行分区管理。

控制区包括：北部 PET/CT 诊断场所（18F）主要有分装质控室、注射间、废物间、PET/CT 机房 1 室、PET/CT 机房 2 室、校准源储源室、注射后候诊室 1（含卫生间）、注射后候诊室 2（含卫生间）、留观抢救室（含卫生间）、洁具间等。中部 SPECT/CT 诊疗场所（^{99m}Tc、⁸⁹Sr、³²P）主要有储源间、分装质控室、注射室、废物间、运动负荷室、SPECT/CT 机房 1 室、SPECT/CT 机房 2 室、注射后候诊室（含卫生间）、留观抢救室（含卫生间）、洁具间、内部患者走廊等。南部 ¹³¹I 诊疗场所主要有分装质控室、服碘室、甲亢留观室（含卫生间）、甲癌病房 1（双人间，含卫生间）、甲癌病房 2（双人间，含卫生间）、甲癌病房 3（双人间，含卫生间）、洁具间、污洗间、污物间、污被服间、固废间、备餐间、抢救治疗室、出院检测间、内部患者走廊等。同时将核医学工作场所东北侧地下 1#放射性废水处理系统、东侧地下 2#放射性废水处理系统及其周围通道的封闭区域划为控制区，在各出入口均设置门禁系统。

监督区包括：北部 PET/CT 诊断场所（18F）的卫生通过间、淋浴间、设备间、控制室、注射前 PET 候诊区、PET 患者入口处、东侧患者走廊、PET 患者出口处等区域。中部 SPECT/CT 诊疗场所（^{99m}Tc、⁸⁹Sr、³²P）的卫生通过间、去污冲洗间、医护通道、患者入口处、补风机房、患者出口处、控制室、库房等区域。南部 ¹³¹I 诊疗场所的卫生通过间、去污冲洗间、病房区域外的病史采集、甲癌病房入口处、洁净被服间、控制室、医护通道、试剂库、甲癌病房出口处、甲功室及候诊宣教区的男卫女卫等。

以上控制区和监督区划分布局合理。核医学科分区管理图见图 3-1。

(3) 动线分析

核医学工作场所为患者通道和医护通道的双通道。

1) 患者通道

①^{99m}Tc (SPECT-CT) 诊断患者由东南侧电梯或者楼梯 5 进入，在护士站登记后前往候诊宣教区（共用）候诊，在语音对讲系统中听到通知后，沿患者通道从患者入口的单向门禁系统进入，在注射室接受注射，进入 SPECT-CT 注射后候诊室等待，听到叫号后进入 SPECT/CT 机房 1 室或 2 室进行扫描检查，检查结束后遵医嘱进入留观抢救室留观，无异常后经北侧患者出口单向门禁系统离开（经楼梯 3 至地面室外）。其中进行负荷心肌灌注显像检查的患者需先进入运动负荷室进行运动，然后再接受注射，注射后进入 SPECT/CT 机房 1 室或 2 室进行扫描检查。

②¹⁸F (PET-CT) 诊断患者由东北侧电梯或者楼梯 2 进入，在登记室登记后前往 PET 候诊区候诊，在语音对讲系统中听到通知后，从 PET 患者入口的单向门禁系统进入，在注射间接受注射，进入注射后候诊室 1 或 2 等待，听到叫号后进入 PET/CT 机房 1 室或 2 室进行扫描检查，检查结束后遵医嘱进入留观抢救室留观，无异常后经东侧 PET 患者出口单向门禁离开（经楼梯 1 至地面室外）。

③⁸⁹Sr、³²P 治疗患者由东南侧电梯或者楼梯 5 进入，在护士站登记后前往候诊宣教区（共用）候诊，在语音对讲系统中听到通知后，沿患者通道从患者入口的单向门禁系统进入，在注射室接受注射，无异常后经北侧患者出口单向门禁系统离开（经楼梯 3 至地面室外）。

④¹³¹I 甲功测定患者在场所外诊室接受诊断后，由东南侧电梯或者楼梯 5 进入，在护士站登记后前往候诊宣教区（共用）候诊，在语音对讲系统中听到通知后，从甲癌病房入口通过缓冲走廊进入服碘室，在服碘室服药后原路返回，进入甲功室诊疗检查后离开；甲亢患者从甲癌病房入口通过缓冲走廊进入服碘室，在服碘室服药后通过甲亢患者走廊进入甲亢留观室留观一定时间，无异常后经甲癌病房出口缓冲区西门离开；甲癌患者从甲癌病房入口通过缓冲走廊进入服碘室，在服碘室服药后通过缓冲走廊、患者走廊进入甲癌病房 1~3 住院，患者出院当天还需要进行 SPECT-CT¹³¹I-DWS 检查，由核医学科 SPECT/CT 诊疗场所工作人员合理安排分流患者（与其他病人错时），甲癌患者由甲癌病房入口出去，至 SPECT-CT 扫描诊断区域进行扫描，扫描后原路返回至甲癌病房，符合出院要求后，最终由甲癌病房出口门禁系统离开（经楼梯 4 至地面室外）。

医院对有关患者作为流动源加强管理，诊疗前做好导向指导，做好醒目的人员走向标识。相关出入口门设有门禁。患者均经楼梯离开核医学工作场所至地面室外，地面室

外为医院道路，可直接沿道路离开医院，途径处无公众密集区域。

2) 医护通道

①负责设备操作的医护人员于核医学工作场所东北侧入口经医护通道进入各自的控制室，在控制室内进行设备操作或进入 SPECT/CT 机房 1 室、2 室/PET/CT 机房 1 室、2 室指导患者摆位； ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 核素操作人员于核医学工作场所东北侧入口进入，在更衣室更换工作服后，由医护通道进入各自的场所内部，其中 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 核素操作医护人员向西向南经医护通道，由 SPECT/CT 诊疗场所的卫生通过间、分装质控室进入储源间，将药物转移至分装质控室手套箱内，在手套箱内进行药物操作，在注射室注射窗口处给患者注射等； ^{18}F 核素操作医护人员直接在更衣室北侧经 PET/CT 诊断场所的卫生通过间进入分装质控室进行药物操作，在注射间注射窗口处给患者注射等。上述医护人员工作结束后沿原路径返回更衣室更换干净衣服，离开核医学工作场所。

② ^{131}I 核素操作人员于核医学工作场所东北侧入口进入场所内部，向西向南经医护通道，由南部 ^{131}I 诊疗场所的卫生通过间进入分装质控室内，将分装质控室手套箱内的铅罐转移至手套箱内小型碘全自动分装仪内，之后经卫生通过间返回至北侧相邻的控制室，于控制室内通过监控对讲系统与患者进行沟通，指导患者在服碘室服药，工作结束后由原路返回更衣室更换干净衣服，离开核医学工作场所；另外，送餐人员将甲癌患者餐食送至备餐间，配备送餐机器人，由送餐机器人送至甲癌病房区入口，备餐间安装对讲及视频设备，医护人员通过对讲装置通知患者至入口处取餐。

3) 药物路线

本项目放射性药物由专业公司负责运输， ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{131}I 药物运输人员从核医学工作场所东北侧患者出口病床梯逆向进入场所内部，其中 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 药物运输人员向南经过 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 患者出口门禁、患者走廊、运动负荷室、分装质控室，送入储源间储源柜内贮存； ^{131}I 药物运输人员向南经过 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 患者出口门禁、患者走廊、 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 患者入口门禁、医护通道、卫生通过间，送入分装质控室手套箱内贮存； ^{18}F 药物运输人员向西经过 ^{18}F 患者出口门禁、患者走廊、注射间，送入分装质控室手套箱内贮存。

4) 放射性废物路线

本项目 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 诊疗区， ^{18}F 诊断区以及 ^{131}I 诊疗区产生的放射性废物收集后置于各自的固废间衰变箱中衰变，经检测确保表面剂量率满足所处环境本底水平、 β

表面污染低于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后按医疗废物处理（参照《核医学辐射防护与安全要求》

（HJ1188-2021）中“第 7.2.3.1 款， 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。”及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中“第 8.11 款废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。”，按照两者较严格的标准），经核医学科东北侧出口污梯运出，交由具有相应危险废物处置资质的单位进行规范处置。工作场所人流物流具体路线见图 3-1。

综上所述，本项目符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）5.2.1 中“核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉感染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间”、5.2.2“核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷”的要求。

2、屏蔽设施建设情况

本次验收各房间防护屏蔽参数见表 3-2~表 3-4。屏蔽设施与环评一致。

表 3-2 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （SPECT-CT）、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 诊疗场所主要房间尺寸及屏蔽防护设施一览表

序号	项目	尺寸 m	四周墙体	室顶	防护门	窗
1	储源间	2.55×1.66×4.55	东墙、北墙为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	西门 3mmPb	-
			西墙、南墙为 240mm 实心砖			
2	分装质控室	3.89×3.56×4.55	北墙为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	东门、西门、南门（2 个）均为 3mmPb	东侧一体化注射窗 3mmPb
			东墙、西墙、南墙为 240mm 实心砖			
3	注射室	2.55×1.99×4.55	东墙为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	东门 3mmPb	西侧一体化注射窗 3mmPb
			西墙、南墙、北墙为 240mm 实心砖			
4	废物间	3.0×2.0×4.55	北墙为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	东门 3mmPb	-
			东墙、西墙、南墙为 240mm 实心砖			
5	运动负荷室	3.95×2.61×4.55	东墙为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	东门 3mmPb	-
			西墙、南墙、北墙为 240mm 实心砖			
6	卫生通过间	2.61×1.6×4.55	四周墙体为 240mm 实心砖	250mm 混凝土	北门 3mmPb	-
7	去污冲洗间	3.5×1.52×4.55 (不规则)	四周墙体为 240mm 实心砖	250mm 混凝土	-	-

8	SPECT/CT 机房 1 室	8.46×5.03×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	东门、西门均为 3mmPb	西侧观察窗 3mmPb
9	SPECT/CT 机房 2 室	8.46×5.03×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	东门、西门均为 3mmPb	西侧观察窗 3mmPb
10	注射后候诊室 (含卫生间)	6.5×4.45×4.55 (2.95×2.2×4.55)	东墙为 400mm 混凝土	250mm 混凝土	西门 3mmPb	-
			北墙为 370mm 实心砖 西墙、南墙为 200mm 实心砖			
11	留观抢救室 (含卫生间)	6.2×4.45×4.55	东墙为 400mm 混凝土	250mm 混凝土	西门 3mmPb	-
			西墙、南墙、北墙为 200mm 实心砖			
12	洁具间	2.2×1.3×4.55	四周墙体为 200mm 实心砖	250mm 混凝土	-	-
13	患者走廊	17.58×3.05×4.55	入口门禁处墙体为 200mm 实心砖	250mm 混凝土	南门 (入口门禁)、北门 (出口门禁) 均为 2mmPb	-
			东墙北段墙体为 200mm 实心砖			
			出口门禁处墙体为 370mm 实心砖			

表 3-3 本次验收 ¹⁸F (PET-CT) 诊断场所主要房间尺寸及屏蔽防护设施一览表

序号	项目	尺寸 m	四周墙体	室顶	防护门	窗
1	注射间	2.36×1.46×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	北门 9mmPb	南侧一体化注射窗为 50mmPb
2	分装质控室	3.45×2.63×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	北门 20mmPb、南门 9mmPb	北侧一体化注射窗为 50mmPb
3	废物间	2.97×1.1×4.55	南墙为 1100mm 混凝土	250mm 混凝土	西门 9mmPb	-
			东墙、西墙、北墙为 200mm 实心砖			
4	卫生通过间	4.7×2.0×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	北门 9mmPb	-
	淋浴间	2.73×2.12×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	-	-
5	注射后候诊室 1	4.96×3.51×4.55	北墙为 400mm 混凝土	250mm 混凝土	南门 4mmPb	-
			东墙、西墙、南墙为 370mm 实心砖			
6	注射后候诊室 2	5.93×3.51×4.55	北墙为 400mm 混凝土	250mm 混凝土 +70mm 硫酸钡砂	南门 4mmPb	-
			东墙、西墙、南墙为 370mm 实心砖			
7	PET/CT 机房 1 室	7.98×6.0×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	北门 5mmPb、南门 8mmPb	南侧观察窗 12mmPb
8	PET/CT 机房 2 室	7.98×6.1×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	北门 5mmPb、南门 8mmPb	南侧观察窗 12mmPb
9	留观抢救室	3.86×3.54×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	南门 7mmPb	-

			砖	凝土		
10	校准源储源室	2.63×1.86×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	北门 5mmPb	-
11	洁具间	1.44×1.43×4.55	四周墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	-	-
12	患者走廊	18.85×2.95×4.55	入口门禁处墙体为 370mm 实心砖	250mm 混凝土	西门（入口门禁）15mmPb、东门（出口门禁）15mmPb	-
			出口门禁处墙体为 370mm 实心砖			

表 3-4 本次验收 ¹³¹I 诊疗场所主要房间尺寸及屏蔽防护设施一览表

序号	项目	尺寸 m	四周墙体	室顶	防护门	备注
1	分装质控室	3.25×2.2×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	东门 8mmPb、西门 8mmPb、南门 9mmPb	服碘窗口 40mmPb
2	服碘室	3.25×2.0×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	南门 9mmPb、北门 20mmPb	-
3	固废间	4.6×1.85×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	东门 8mmPb、南门 5mmPb	-
4	污被服间	4.6×1.85×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	南门 6mmPb	-
5	卫生通过间	2.4×1.3×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	西门 8mmPb	-
6	去污冲洗间	2.2×1.3×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	-	-
7	备餐间	4.6×2.0×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	南门 9mmPb、北门 9mmPb	-
8	抢救治疗室	4.6×2.3×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	南门 8mmPb、北门 20mmPb	-
9	甲癌病房 1（双人间，含卫生间）	4.75×3.55×4.55	东墙为 200mm 混凝土 +40mm 硫酸钡砂	350mm 混凝土 +50mm 硫酸钡砂	北门 10mmPb	-
			西墙、南墙、北墙为 400mm 混凝土			
10	甲癌病房 2（双人间，含卫生间）	4.75×3.55×4.55	东墙为 500mm 混凝土	350mm 混凝土	北门 10mmPb	-
			西墙为 200mm 混凝土			
			南墙、北墙为 400mm 混凝土			
11	甲癌病房 3（双人间，含卫生间）	4.75×3.75×4.55	东墙、西墙为 200mm 混凝土 +60mm 硫酸钡砂	350mm 混凝土	北门 10mmPb	-
			南墙、北墙为 400mm 混凝土			
12	甲亢留观室	6.9×3.45×4.55	四周墙体为 400mm 混凝土	350mm 混凝土	东门 6mmPb	-

注：1.采用红砖的密度为 1.65g/cm³，混凝土的密度为 2.35g/cm³，硫酸钡砂密度≥3.8g/cm³；

2.本项目核医学工作场所位于地下一层，下方为土层。

3、辐射安全防护措施

工作场所辐射安全防护措施与环评一致。

(1) 防护器材配备

1) $^{99m}\text{Tc}/^{89}\text{Sr}/^{32}\text{P}$ 手套箱、 ^{18}F 手套箱、 ^{131}I 手套箱： $^{99m}\text{Tc}/^{89}\text{Sr}/^{32}\text{P}$ 、 ^{18}F 、 ^{131}I 诊疗场所分装质控室内分别放置 1 个手套箱，以上三个手套箱分别用于 $^{99m}\text{Tc}/^{89}\text{Sr}/^{32}\text{P}$ 、 ^{18}F 、 ^{131}I 质控及分装；三个手套箱均为不锈钢外壳，正面为铅玻璃+铅钢复合板防护，其他防护面以铅钢复合板作为防护，正面防护能力为 40mmPb ($^{99m}\text{Tc}/^{89}\text{Sr}/^{32}\text{P}$)、60mmPb (^{18}F)、40mmPb (^{131}I)；手套箱内均配有照明和机械排风装置（风速不低于 0.5m/s），顶部设置活性炭高效过滤装置（视项目开展频率由厂家定期进行更换，去除效率可达 80%以上）；三个手套箱顶部分别与专用排风管道相连接，最终经风井引至楼顶排放。排风管内保持负压，安装防回流装置。医院购置碘自动分装仪，置于核医学科 ^{131}I 诊疗场所服碘室内。正常情况下，使用分装仪自动进行药物活度测定和分装，工作人员在控制室远控操作，监督指导患者服药。

2) 个人防护用品：医院在核医学工作场所为工作人员配备了防护用品，包括 5 套防护用品（铅橡胶围衣、铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽、铅玻璃眼镜，0.5mmPb），在场所配备放射性污染防护服，医院已为每位工作人员配备个人剂量计，其中医生和护士（负责药物分装与注射等）采用双剂量计监测方法，配备 2 支个人剂量计（由合作的个人剂量检测机构配发，每季度检测 1 次）。

3) 医院核医学场所配备活度计 6 台、表面污染检测仪 2 台、辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 4 部。

4) 其他防护用具：在 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 诊疗场所注射后候诊室（含卫生间）设置 6 樘铅屏风，在留观抢救室（含卫生间）设置 1 樘铅屏风，防护能力均为 5mmPb；在 ^{18}F 诊断场所注射后候诊室 1（含卫生间）设置 1 樘铅屏风，在注射后候诊室 2（含卫生间）设置 2 樘铅屏风，在留观抢救室（含卫生间）设置 1 樘铅屏风，防护能力均为 10mmPb；在 ^{131}I 诊疗场所的甲亢留观室（含卫生间）设置 1 樘铅屏风，防护能力为 5mmPb；在甲癌病房 1~3（双人间，含卫生间）分别设置 1 樘铅屏风，防护能力均为 10mmPb。

5) 应急及去污用品：配备应急及去污用品主要包括：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标

签、不透水的塑料布、一次性镊子等。配备洗眼器，洗手盆为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

(2) 辐射防护安全措施

本项目 SPECT/CT 机房 1 室、SPECT/CT 机房 2 室、PET/CT 机房 1 室、PET/CT 机房 2 室的控制台及扫描床内设有紧急停机按钮，各扫描机房的患者进出防护门均为电动推拉式，设有防夹装置、工作状态指示灯和电离辐射警告标志，且工作状态指示灯和防护门能够有效联动，同时设有曝光时关闭机房门的管理措施；医护进出防护门均为平开门，设有自动闭门装置和电离辐射警告标志；核医学工作场所出入口等处均设有电离辐射警告标志；核医学场所内设有明确的患者或受检者导向标识或导向提示；SPECT/CT 机房 1 室、SPECT/CT 机房 2 室、PET/CT 机房 1 室、PET/CT 机房 2 室与控制室之间均设有观察窗和双向对讲装置；各机房控制室与注射后候诊室、留观抢救室等，护士站与各甲癌病房、甲亢留观室之间设有监控设备和对讲装置。

(3) 药物贮存措施

^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{131}I 药物在运输过程分别放置于供源单位提供的专门屏蔽容器内（为减轻 ^{89}Sr 、 ^{32}P 韧致辐射影响，采用含聚乙烯内层等防护的专门屏蔽容器），由供源单位送至指定场所贮存。如因故剩余放射性药物， ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 暂存于 SPECT/CT 诊疗场所储源间储源柜内， ^{18}F 随铅罐暂存于 PET/CT 诊断场所分装质控室手套箱内， ^{131}I 随铅罐暂存于 ^{131}I 诊疗场所分装质控室手套箱内，及时由供源单位回收。

本项目储源间或分装质控室均设置双人双锁、监控等防盗措施，并与省放射源在线监控系统联接。在储源间门上张贴了电离辐射警告标志；在贮存期间分装质控室及储源间禁止无关人员进入，定期进行放射防护监测，建立放射性同位素台帐，贮存、领取、使用、归还放射性药物时，均进行登记、检查，做到账物相符，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质和活度等，对各设施定期巡检。

4、放射性三废的处理

(1) 放射性废气治理

本次验收放射性废气产生环节主要为放射性药物的分装、取药、口服、注射等工序。对于各工序产生的放射性废气。

核医学工作场所内设置 5 套独立通风系统，1 套用于 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 诊疗场所分装质控室手套箱内废气的通风（1#排风管道）；1 套用于 ^{18}F 诊断场所分装质控室手套箱

内废气的通风（2#排风管道）；1套用于 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 诊疗场所内主要房间废气的通风，包括储源间、各分装质控室、注射室、运动负荷室、扫描机房、注射后候诊室、留观抢救室、患者走廊、废物间、洁具间等（3#排风管道）；1套用于 ^{131}I 分装质控室手套箱内废气的通风（4#排风管道）；1套用于 ^{131}I 治疗区域内主要房间废气的通风，包括分装质控室、卫生通过间、去污冲洗间、服碘室、甲亢留观室（含卫生间）、甲癌病房1~3（双人间，含卫生间）、洁具间、污洗间、污物间、污被服间、固废间、备餐间、抢救治疗室、出院检测间、患者走廊等（5#排风管道）。

上述5套通风系统均采用专用管道和风机，排风管内保持负压，安装防回流装置，1#、2#、4#排风管道在手套箱顶部及新建科研医技综合楼楼顶排口均分别设置活性炭高效过滤装置（视项目开展频率由厂家定期进行更换，去除效率可达80%以上），3#、5#排风管道在新建科研医技综合楼楼顶分别设置活性炭高效过滤装置（视项目开展频率由厂家定期进行更换，去除效率可达80%以上），上述废气中 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 及 ^{18}F 诊疗场所内3套独立通风系统的废气，经过滤后由科研医技综合楼楼顶（5F）东北角排放，总排口高出其建筑屋脊3m。 ^{131}I 诊疗场所内2套独立通风系统的废气，经过滤后由风管引至西侧华康楼楼顶（22F，院区最高建筑）排放，总排口高出其建筑屋脊3m。各排风口处设防雨帽、防虫网。楼顶均无人员停留。

本项目核医学工作场所的控制区均采用微负压通风，监督区均采用正压通风，使气流由清洁区向控制区流动。气流总体为非放射性区气压>监督区气压>控制区气压，使气体由非放射性区域流向监督区，再流向控制区。排风管道设反风阀，防止排风反流。

以上符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）6.3.4“放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置”和5.1.3“核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑”的要求。

核医学工作场所通风示意图见图3-2。

（2）放射性废水

医院2套放射性废水处理系统，分别位于核医学工作场所东北侧及东侧，东北侧1套放射性废水处理系统（1#处理系统：1个沉淀池、3个衰变池，并联结构）用于处理 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 诊断过程中产生的放射性废水，东侧1套放射性废水处理系统（2#处理系统：

1个沉淀池、3个衰变池，并联结构）用于处理 ^{131}I 诊疗过程中产生的放射性废水。

①1#放射性废水处理系统（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 诊疗场所）

本项目核医学科 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 诊疗场所的注射后候诊室、留观抢救室设置患者专用卫生间，于分装质控室、去污冲洗间或淋浴间、注射间、洁具间、运动负荷室等设置地漏，上述区域产生的放射性废水经地下专用管道一并汇集至核医学工作场所东北侧集水坑后提升至1#处理系统进行衰变，专用管道为含铅机制铸铁管结构，与地面距离较近部分采用10mmPb铅板防护。

1#处理系统由1个沉淀池和3个衰变池组成，自西向东依次为沉淀池、1#衰变池、2#衰变池、3#衰变池，3个衰变池内部整体尺寸均为 $2.8\text{m}\times 1.35\text{m}\times 3.4\text{m}$ ，单池有效水深2.6m，单池有效容积为 9.8m^3 ，总有效容积为 29.4m^3 （ 9.8×3 ），3个衰变池为并联运行。

②2#放射性废水处理系统（ ^{131}I 诊疗场所）

本项目核医学科 ^{131}I 诊疗场所的甲癌病房1~3（双人间，含卫生间）、甲亢留观室设置患者专用卫生间，于分装质控室、去污冲洗间、抢救治疗室、洁具间、污洗间等设置地漏，上述区域产生的放射性废水经地下专用管道一并汇集至核医学工作场所东南侧集水坑后提升至地下2#处理系统进行衰变，专用管道为含铅机制铸铁管结构，与地面距离较近部分采用20mmPb铅板防护。

2#处理系统由1个沉淀池、3个衰变池组成，自南向北依次为沉淀池、1#衰变池、2#衰变池、3#衰变池，各衰变池内部尺寸均为 $7.2\text{m}\times 5.0\text{m}\times 3.4\text{m}$ ，单池有效水深2.6m，单池有效容积为 93.6m^3 ，总有效容积为 280.8m^3 （ 93.6×3 ），3个衰变池为并联运行。

放射性废水在衰变池停留衰变满足30天（含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{18}F ）或180天（含 ^{131}I ）后，放射性废液总排放口总 β 不大于 10Bq/L ，监测结果经审管部门认可后排入医院污水处理站进行处理。

本项目衰变池为槽式衰变池，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）7.3.1.1“核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器”的要求。核医学工作场所放射性废水输送管道路径示意图见图3-3。

（3）放射性废物

本项目产生的放射性固废可分为以下几个方面：

（1）剩余放射性药物，医院根据患者预约量订购当天的药物（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{131}I ），一般无剩余，因患者未及时就诊产生的剩余的放射性药物，随铅罐或铅箱放置

于相应储源间储源柜或分装质控室手套箱内暂存，及时由供源单位回收。

(2) 被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭表面污染的抹布和病人使用的一次性杯子等。医院已在核医学工作场所各诊疗室等房间放置污物桶，每天将各诊区收集的放射性废物转移至专用放射性废物衰变箱内。

本项目所用放射性废物衰变箱具有屏蔽结构和电离辐射标志，衰变箱表面注明了废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息。在衰变箱内放置有专用塑料袋直接收纳废物，对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。本项目衰变箱内的放射性废物经设定周期存放后可达到解控水平，按医疗废物处理，随医院其他医疗废物一并交由具有相应危险废物处置资质的单位进行规范处置。医院建立了废物存储和处理台账。

(3) 放射性废水沉淀池和衰变池底部的沉渣，本项目各沉淀池和衰变池底部均设有切割式污水泵，排放废水时，沉渣经各池内切割式污水泵粉碎为小颗粒后，随废水一并排放，池内沉渣难于排出时，进行酸化预处理后再排入医院污水处理站。

(4) 定期更换的废活性炭，核医学各场所独立通风系统设置有活性炭高效过滤装置，定期更换，更换的废活性炭按放射性固体废物处理。医院于 ^{131}I 诊疗场所固废间内放置2个废活性炭专用衰变箱，活性炭高效过滤装置需定期更换活性炭，每次更换下来的废活性炭置于固废间废活性炭专用衰变箱中暂存衰变，核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{18}F 挥发量极少，活性炭中吸附的废气主要是 ^{131}I ，暂存衰变满足180天后，经检测确保表面剂量率满足所处环境本底水平、 β 表面污染低于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按医疗废物交于具有相应危险废物处置资质的单位进行规范处置。

以上符合《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 7.2.1.1“固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶”和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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 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：a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍；c) 含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天”的要求以及《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中“第8.11款废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。”要求。

本项目核医学工作场所三废处置设施见下表。

表 3-5 本项目核医学工作场所三废处置设施一览表

场所	分装质控室手套箱内废气	场所内主要房间废气	放射性废水	放射性固体废物			
				剩余放射性药物	患者诊疗产生的放射性固体废物	废活性炭	
^{99m} Tc、 ⁸⁹ Sr、 ³² P 诊疗场所	1#排风管道,排风口位于科研医技综合楼楼顶(5F)东北部,设置有活性炭高效过滤装置	3#排风管道,排风口位于科研医技综合楼楼顶(5F)东北部,设置有活性炭高效过滤装置	1#处理系统:1个沉淀池、3个衰变池,并联结构,总有效容积为29.4m ³ (9.8×3)	1个铅箱(10m mPb)	随铅罐或铅箱放置于相应储源间储源柜或分装质控室手套箱内暂存,及时由供源单位回收	^{99m} Tc 专用污物桶(分装质控室、注射室污物桶屏蔽厚度为15mm 铅当量,其余房间污物桶屏蔽厚度为10mm 铅当量)	医院于 ¹³¹ I 诊疗场所固废间内放置2个废活性炭专用衰变箱(屏蔽厚度为15mm 铅当量,容积不低于100L)
						^{99m} Tc 专用衰变箱(4个,屏蔽厚度为15mm 铅当量,废物间)	
						⁸⁹ Sr 专用污物桶(屏蔽厚度为2mm 铅当量,分装质控室、注射室等房间内)	
⁸⁹ Sr 专用衰变箱(2个,屏蔽厚度为2mm 铅当量,废物间)							
³² P 专用污物桶(屏蔽厚度为2mm 铅当量,分装质控室、注射室等房间内)							
³² P 专用衰变箱(2个,屏蔽厚度为2mm 铅当量,废物间)							
¹⁸ F 诊断场所	2#排风管道,排风口位于新建科研医技综合楼楼顶(5F)东北部,设置有活性炭高效过滤装置			1个铅罐(60m mPb)		污物桶(分装质控室、注射室污物桶屏蔽厚度为15mm 铅当量,其余房间污物桶屏蔽厚度为10mm 铅当量)	
						衰变箱(3个,屏蔽厚度为15mm 铅当量,废物间)	
¹³¹ I 诊疗场所	4#排风管道,排风口位	5#排风管道,排风口位	2#处理系统:1个沉淀池、3个	1个铅罐(40m		污物桶(屏蔽厚度为10mm 铅当量,各房间内)	

	于华康楼 (22F) 楼顶东北部, 设置有活性炭高效过滤装置	于华康楼 (22F) 楼顶东北部, 设置有活性炭高效过滤装置	衰变池, 并联结构), 总有效容积为 280.8m ³ (93.6×3)	mPb)		衰变箱 (共 4 个, 屏蔽厚度为 15mm 铅当量, 固废间)	
--	--------------------------------	--------------------------------	---	------	--	----------------------------------	--

二、辐射安全管理情况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部第 3 号令)及生态环境主管部门的要求,核技术利用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此对该医院的辐射环境管理和安全防护措施进行了检查。

1、组织机构

临沂市中心医院签订了《辐射工作安全责任书》,法人代表为辐射工作安全责任人,设置专职机构放射防护办公室并指定专人负责放射性同位素与射线装置的安全和防护工作,指定专人负责放射性同位素的保管工作。

2、安全管理制度

该医院制定了辐射安全防护管理制度。所制定的制度包括:

《辐射防护与安全保卫制度》、《射线装置检修维护管理规定》、《核医学科放射性同位素登记管理制度》、《射线装置与放射性同位素台帐管理制度》等工作制度及辐射安全管理制度。

3、操作规程

制定了《核医学科操作规程》。

4、应急程序

编制并修订了《辐射安全事故应急预案》,并于 2025 年 6 月 20 日组织开展了核医学科钷-90、锶-90 敷贴器放射源丢失应急演练。

5、年度评估

医院按时开展本单位辐射安全和防护状况的年度评估,《临沂市中心医院 2024 年放射性同位素与射线装置安全和防护评估报告》已按要求通过申报系统上传提交。

6、监测方案

医院制定了《临沂市中心医院辐射监测方案》。

7、环保措施的落实情况

(1) 从事放射性工作人员的教育培训

制定了《辐射工作人员辐射安全与防护培训计划》。本项目辐射工作人员均已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习，参加核技术利用辐射安全与防护考核并取得合格成绩报告单，均在有效期内。

(2) 个人剂量

本项目辐射工作人员均配备了个人剂量计（其中负责药物分装与注射等人员均采用双剂量计监测方法），并由山东省医学科学院放射医学研究所负责对个人剂量定期进行监测并出具监测报告，已建立1人1档。

(3) 警告标志

医院核医学工作场所各房间防护门、衰变箱等位置均设有明显的“当心电离辐射”警告标志；SPECT-CT、PET-CT 机房防护门上方均设置工作状态指示灯，工作正常。

(4) 安全防护情况

根据环评报告和现场查验，各辐射工作场所屏蔽情况与要求一致，已按要求配置急停开关、门机连锁、监控对讲及电离辐射警告标志等防护装置与措施。

(5) 辐射防护用品

医院核医学场所配备活度计 6 台、表面污染检测仪 2 台、辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 4 部。要求医院开展辐射环境监测，并向生态环境部门上报监测数据。

(6) 对全国核技术利用辐射安全申报系统单位信息进行及时维护。

三、环境影响报告表批复与现场验收情况对比

本项目环境影响报告表批复与现场验收情况对比表见表 3-6。

表 3-6 环境影响报告表及批复与验收情况的对比

环境影响报告表及批复意见（综述）		验收时落实情况	备注
严格 执行 辐射 安全 管理 制	1.落实辐射安全管理责任制。医院法人代表为辐射安全工作第一责任人，设立辐射安全与防护管理领导机构，指定1名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。	1.已落实辐射安全管理责任制。医院法人代表为辐射安全工作第一责任人，设立了辐射安全防护管理领导小组，指定了曹淑任为辐射安全防护专职负责人，专职负责辐射安全管理相关工作。	已落实
	2.制定并落实岗位职责、操作规程、射线装置及放射源使用登记制度、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、培训计划和监测计划等，建立辐射安全管理档案。	2、医院已制定并落实了《辐射防护与安全保卫制度》、《射线装置检修维护管理规定》、《核医学科放射性同位素登记管理制度》、《射线装置与放射性同位素台帐管理制度》、《辐射工作人员辐射安全与防护培训计划》、《临沂市	已落实

度		中心医院辐射监测方案》等，并建立了辐射安全管理档案。	
加强辐射工作人员及患者的安全和防护工作	1.制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全培训和再培训，经考核合格后持证上岗；考核不合格的，不得从事辐射工作。	1.医院已制定培训计划，组织了辐射工作人员参加辐射安全培训和再培训。核医学工作场所共 12 名辐射工作人员，均已经考核合格后持证上岗。	已落实
	2.建立辐射工作人员个人剂量档案，做到 1 人 1 档。辐射工作人员应佩戴个人剂量计，每 3 个月进行 1 次个人剂量监测。负责核医学放射药物操作等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围脖外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计；采用双剂量计监测方法（在铅围脖内躯干上再佩戴另一个剂量计），且须在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。	2.建立了辐射工作人员个人剂量档案，1 人 1 档。辐射工作人员佩戴了个人剂量计，并每 3 个月进行 1 次个人剂量监测。负责核医学放射药物操作等全身受照不均匀的工作情况，在铅围脖外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计；采用双剂量计监测方法（在铅围脖内躯干上再佩戴另一个剂量计），且已在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计。已安排曹淑任负责个人剂量监测管理，要求建发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。	已落实
	3.职业工作人员及陪护人员应穿戴铅衣、铅帽、铅眼镜等个人防护用品，并在铅防护屏后工作，确保辐射工作人员所受照射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的标准限值。	经现场核实，职业工作人员及陪护人员已按要求穿戴铅衣、铅帽、铅眼镜等个人防护用品，并在铅防护屏后工作，经监测，辐射工作人员所受照射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的标准限值。	已落实
	4.从事放射治疗或诊断时，应对患者采取有效辐射安全与防护措施，严格控制受照剂量。	4.从事放射治疗或诊断时，已对患者采取有效辐射安全与防护措施，严格控制受照剂量。	已落实
做好辐射工作场所的安全和防护工作	1.医院辐射工作场所醒目位置上应设置电离辐射警告标志，标志应符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。	经现场核实，医院辐射工作场所醒目位置上已设置电离辐射警告标志，标志符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。	已落实
	2.射线装置机房应采取有效屏蔽措施，确保距机房屏蔽体外 0.3m 处剂量率目标控制值应小于 2.5 μ Sv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量率当量率应小于 10 μ Sv/h；对核医学工作场所进行分区管理，划分控制区和监督区，落实核医学工作场所实体屏蔽防护措施，确保核医学工作场所外考察点 γ 辐射剂量率低于剂量率目标控制值。	经现场核实，医院的射线装置机房已采取有效屏蔽措施，经监测，距机房屏蔽体外 0.3m 处剂量率目标控制值小于 2.5 μ Sv/h，屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量率当量率小于 10 μ Sv/h；医院已对核医学工作场所进行分区管理，划分了控制区和监督区，并进行了标示，落实了核医学工作场所实体屏蔽防护措施。经监测，核医学工作场所外考察点 γ 辐射剂量率低于剂量率目标控制值。	已落实
	3.落实放射性同位素入库、库存、出库登记制度，建立使用台账，定期盘存。储源间设置双人双锁、实时监控等防盗措施，在贮存期间储源间和分装质控室禁止无关人员进入，对放射性药物登记建档，记录用量平衡记录等台账，对各设施定期巡检。	经现场核实，医院已落实放射性同位素入库、库存、出库登记制度，建立使用台账，定期盘存。储源间设置了双人双锁、实时监控等防盗措施，在贮存期间储源间和分装质控室禁止无关人员进入，对放射性药物登记建档，记录用量平衡记录等台账，对各设施定期巡检。	已落实

<p>4.设置通风系统，通风系统设置活性炭过滤装置并定期更换。^{99m}Tc、⁸⁹Sr、³²P 及 ¹⁸F 诊疗场所内须设置 3 套独立通风系统的废气，经过滤后由科研医技综合楼楼顶东北角排放；¹³¹I 诊疗场所内须设置 2 套独立通风系统的废气，经过滤后由风管引至西侧华康楼楼顶排放，各排风口处须设防雨帽、防虫网。</p>	<p>经现场核实，核医学工作场所内设置 5 套独立通风系统，通风系统设置活性炭过滤装置并定期更换。验收期间还未产生废活性炭。^{99m}Tc、⁸⁹Sr、³²P 及 ¹⁸F 诊疗场所内设置了 3 套独立通风系统的废气，经过滤后由科研医技综合楼楼顶东北角排放；¹³¹I 诊疗场所内设置了 2 套独立通风系统的废气，经过滤后由风管引至西侧华康楼楼顶排放，各排风口处设了防雨帽、防虫网。</p>	<p>已落实</p>
<p>5.采取有效措施控制放射性核素进入废水，减少放射性废水的产生。放射性废水须经专门的废水收集系统排放至专门的衰变池内（含 ^{99m}Tc 和 ¹⁸F 废水暂存时间应超过 30 天，含 ¹³¹I 废水暂存时间应超过 180 天），经监测满足清洁解控水平后方可排入污水处理系统，确保向环境排放的放射性核素满足排放限值的要求。</p>	<p>医院建设 2 套放射性废水处理系统，放射性废水经专门的废水收集系统排放至专门的衰变池内（含 ^{99m}Tc 和 ¹⁸F 废水暂存时间超过 30 天，含 ¹³¹I 废水暂存时间超过 180 天），医院在衰变池废水总排口设置了在线监测系统，经监测满足清洁解控水平后排入污水处理系统，确保向环境排放的放射性核素满足排放限值的要求。</p>	<p>已落实</p>
<p>6.建立放射性废物衰变箱专用储存间，放射性固体废物应收集到符合规范的放射性废物衰变箱内，达到清洁解控水平后按照一般医疗废物处置；废水收集系统沉淀池和衰变池内的沉渣，达到解控水平后排放；放射性废气处理系统产生的废活性炭，放置于衰变箱内暂存衰变，达到清洁解控水平后按照一般医疗废物处置。与销售单位签订回收协议，由其回收未用完的放射性同位素及包装容器。</p>	<p>经现场核实，医院建立了放射性废物衰变箱专用储存间，放射性固体废物收集到符合规范的放射性废物衰变箱内，达到清洁解控水平后按照一般医疗废物处置；废水收集系统沉淀池和衰变池内的沉渣，达到解控水平后排放；放射性废气处理系统产生的废活性炭，放置于衰变箱内暂存衰变，达到清洁解控水平后按照一般医疗废物处置。与销售单位签订回收协议，由其回收未用完的放射性同位素及包装容器。验收期间，未产生未用完的同位素。</p>	<p>已落实</p>
<p>7.做好射线装置、安全与防护设施的维护、维修，确保门-机联锁装置、工作状态指示灯和急停按钮等辐射安全与防护设施安全有效，并建立维修、维护档案。</p>	<p>经现场核实，医院已按要求对射线装置、安全与防护设施的维护、维修，确保门-机联锁装置、工作状态指示灯和急停按钮等辐射安全与防护设施安全有效，并建立维修、维护档案。</p>	<p>已落实</p>
<p>8.制定并严格执行辐射环境监测计划。医院现有核医学科已配备 1 台表面污染检测仪、1 台辐射监测仪，场所已配备个人剂量报警仪 2 台、活度计 1 台。待新场所建设完成后进行整体搬迁，现有检测设备继续使用，拟新增活度计 1 台（¹³¹I 碘自动分装仪可进行活度测定，不单独配备活度计）、表面污染检测仪 2 台、辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 4 部，开展辐射环境监测，并向生态环境部门上报监测数据。</p>	<p>医院制定了并严格执行《临沂市中心医院辐射监测方案》。经核实，医院核医学场所配备活度计 6 台、表面污染检测仪 2 台、辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 4 部。要求医院开展辐射环境监测，并向生态环境部门上报监测数据。</p>	<p>已落实</p>

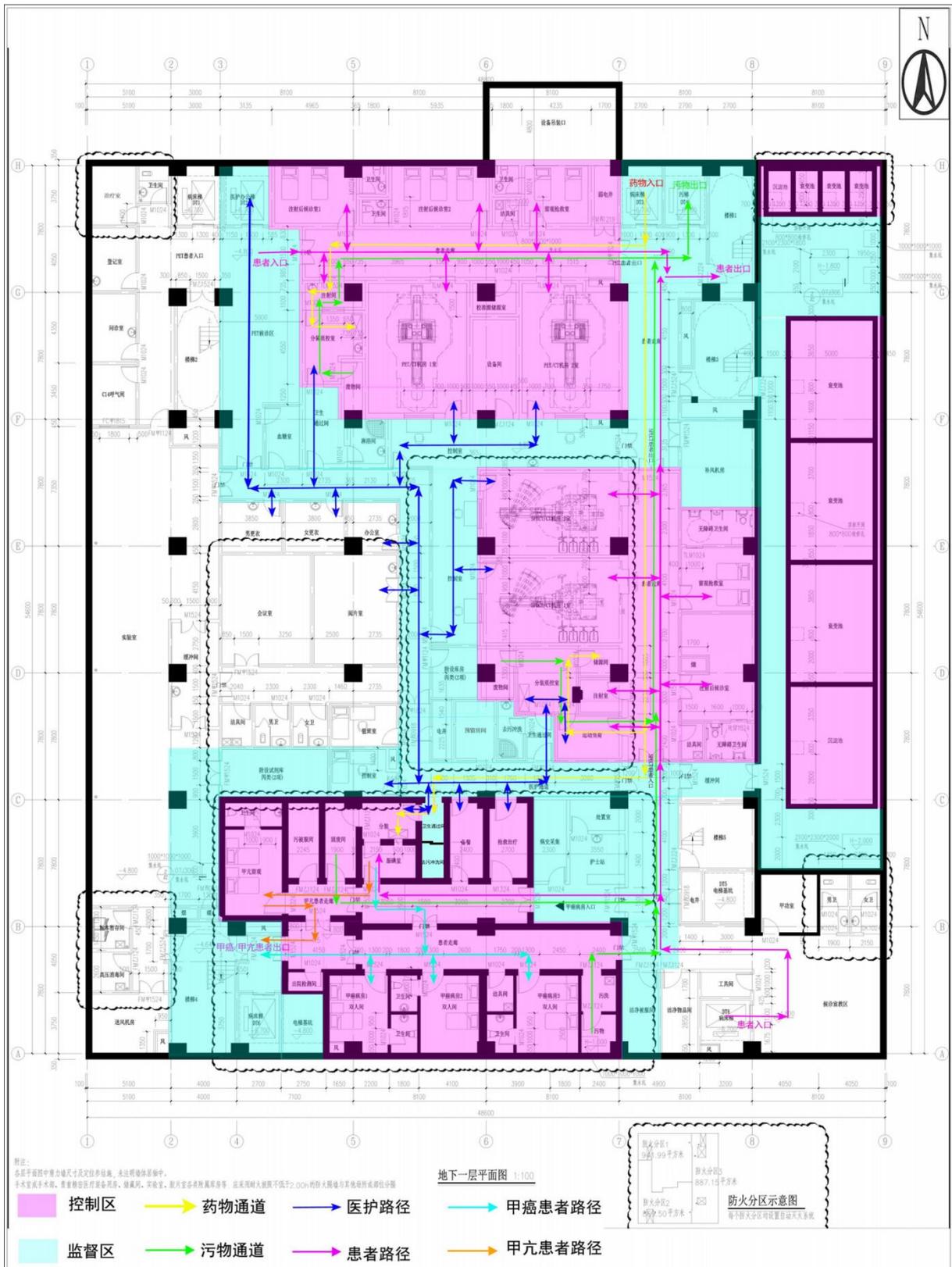


图 3-1 核医学科验收区域分区管理及人流物流情况图

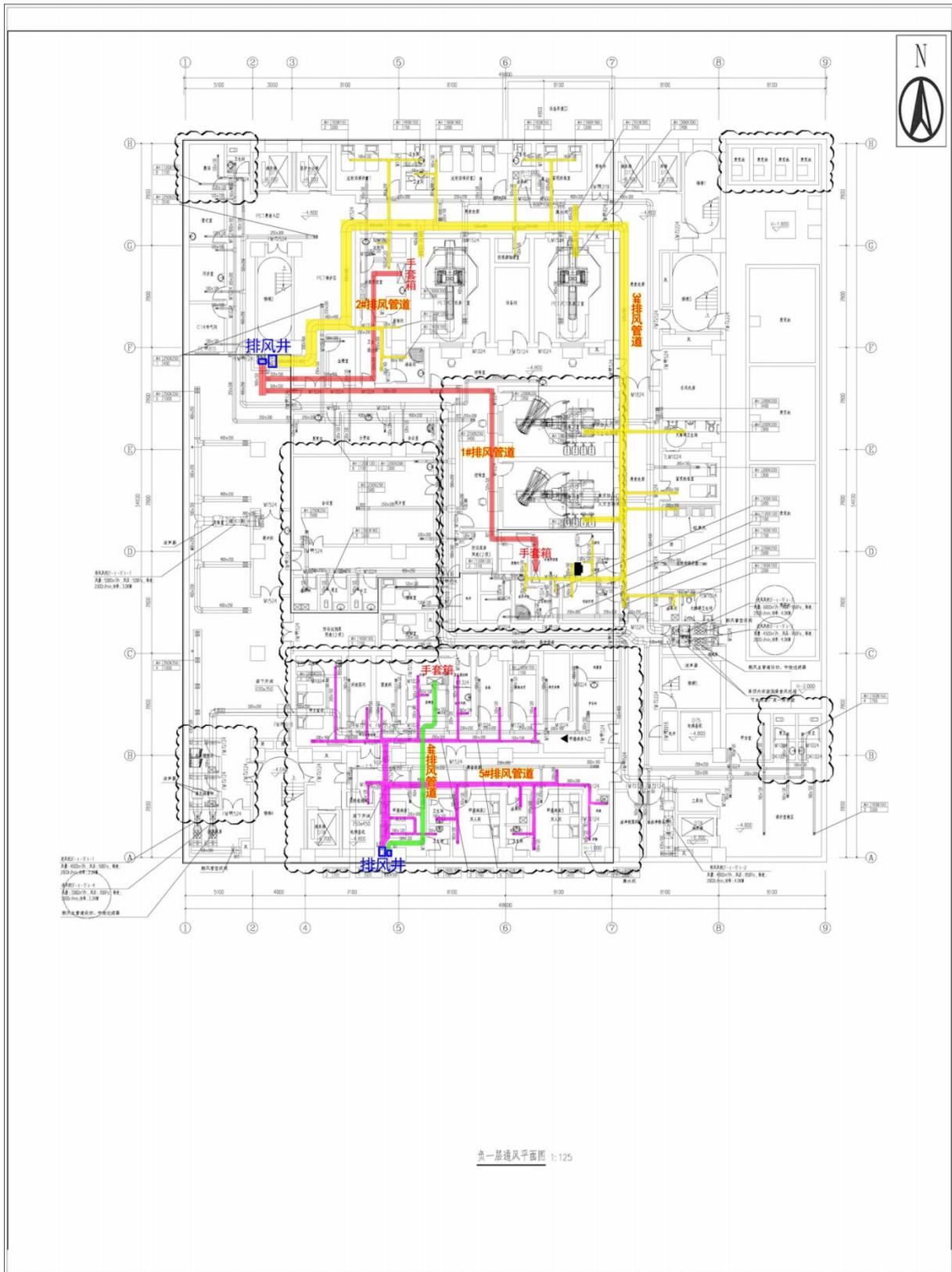
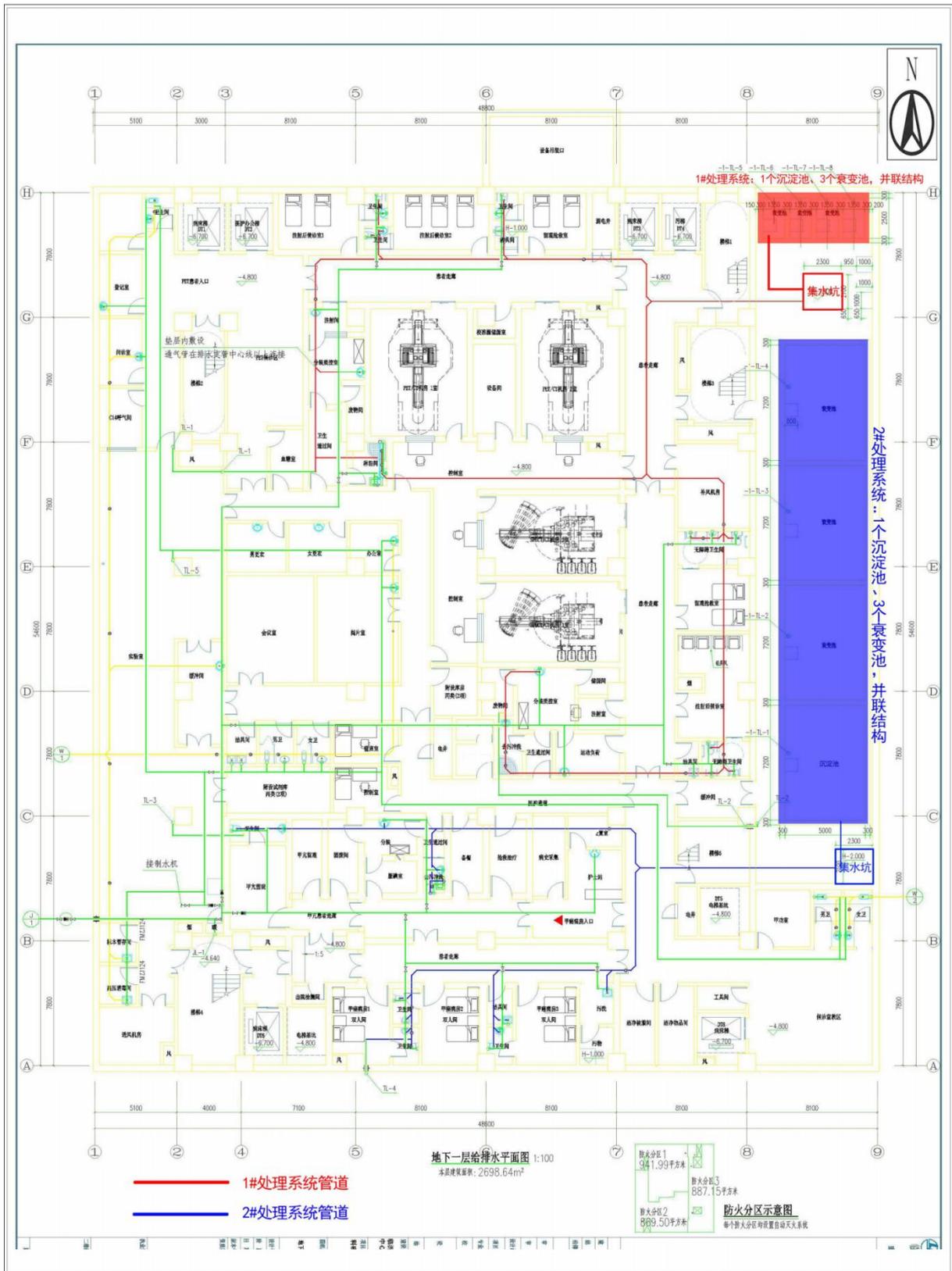


图 3-2 核医学科验收区域通风示意图



3-3 核医学工作场所放射性废水输送管道路径示意图

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

一、环境影响报告表结论

1、项目概况

临沂市中心医院始建于 1945 年 2 月，又称临沂市沂水中心医院，由华东野战军随军

医院发展而来，是临沂市在中国共产党领导下建立最早的公益性医院。作为临沂市北部集医疗、急救、科研、教学、康复于一体的综合性三级甲等医院，辐射半径 100 公里，服务人口近千万人，是政府确立的沂蒙山区域医疗中心，山东第一医科大学附属临沂医院，临沂市老年康复医院。医院现持有山东省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，鲁环辐证[13013]，许可种类和范围：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。证书有效期至 2026 年 6 月 29 日。

医院拟于华康楼东侧球场处建设一栋科研医技综合楼，地下一层设为核医学科，科研医技综合楼建设完成后，门诊楼现有核医学科将整合至科研医技综合楼地下一层新建核医学场所，新增 PET-CT 设备，使用氟-18 (^{18}F) 进行放射诊断；根据医院诊疗需求，重新核定 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{131}I 核素的操作量及年最大用量。原场所将办理退役手续（目前在用，待搬迁时进行退役环评）。整合后新的核医学工作场所将开展：①使用锝-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 进行 SPECT-CT 放射诊断（直接购买分装包装好的针剂）；②使用氟-18 (^{18}F) 进行 PET-CT 放射诊断；③使用锶-89 (^{89}Sr) 进行骨转移癌的疼痛治疗；④使用磷-32 (^{32}P) 进行血液系统疾病的治疗；⑤使用碘-131 (^{131}I) 进行甲功测定、甲亢治疗、甲癌治疗。核医学工作场所日等效最大操作量为 $3.564 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所（乙级： $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

本项目核医学工作场所 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{131}I) 用于放射诊疗，有利于提高医院的放射诊疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，其运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，符合实践的正当性。

2、选址合理性

本项目核医学工作场所位于新建科研医技综合楼地下一层，其下方为土层，属于建筑物地下底层的一端；各场所与周围区域以实体墙体或者常闭防火门进行物理隔离，不邻接儿科、产科、餐厅等场所；项目患者经东北侧及西南侧楼梯直接到达室外，

出口处非门诊大厅、收费处等人群稠密区域；核医学工作场所内具备良好的通风系统， ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 及 ^{18}F 诊疗场所内 3 套独立通风系统的废气，经过滤后由科研医技综合楼楼顶（5F）东北角排放，总排口高出其建筑屋脊 3m，废气出口方向朝北。 ^{131}I 诊疗场所内 2 套独立通风系统的废气，经过滤后由风管引至西侧华康楼楼顶（22F，院区最高建筑）排放，总排口高出其建筑屋脊 3m，废气出口方向朝北，尽可能有效避免放射性废气对周围环境影响。各排风口处设防雨帽、防虫网，距离周围环境保护目标较远，楼顶均无人员停留，对周围影响较小。

本项目核医学工作场所相对独立，人员相对流动较少，减少了公众受照射的概率。经分析，本项目核医学工作场所周围辐射水平均可满足国家相关要求，经有效的防护和治理措施，项目运行过程中对周围环境及保护目标的辐射影响较小，因此，本项目选址基本合理可行。

3、现状监测

经现状监测，本项目拟建区域上方及周围环境 γ 空气吸收剂量率为 $(7.1\sim 8.1)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，处于临沂地区环境天然辐射水平范围内[道路 $(1.03\sim 13.06)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$]

核医学工作场所拟建区域下风向区域土壤总 β 放射性检测结果为 722Bq/kg ，即 $7.22\times 10^2\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，参照《南水北调东线山东段沿线土壤的放射性水平》（邓大平、许家昂等，中国辐射卫生 2006 年 12 月第 15 卷第 4 期）中南水北调山东段沿线土壤中的总 β 放射性水平范围为 $(5.10\sim 8.58)\times 10^2\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，本项目土壤中总 β 放射性基本处于正常水平。

4、核医学项目环境影响评价结论

（1）布局。本项目核医学工作场所控制区设计集中； ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 及 ^{18}F 诊疗场所医护通道与患者通道不交叉，用药前患者和用药后患者不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道尽可能短捷，通道设计基本合理，功能房间设置齐全。 ^{131}I 诊疗场所医护通道与用药后患者通道不交叉，用药前患者和用药后患者不交叉；放射性药物和放射性废物运送通道尽可能短捷，通道设计基本合理，功能房间设置齐全。该核医学工作场所设计基本合理。

（2）分区。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的有关规定，该核医学工作场所划分为“控制区”和“监督区”两区管理。

（3）项目屏蔽设计及防护措施。本项目核医学工作场所四周墙体、室顶、防护

门、观察窗均采用有效的屏蔽。拟按 GBZ120-2020 要求为职业人员购置所需的个人防护用品，以满足日常使用要求。拟配备必需的应急及去污用品。拟为职业人员配备个人剂量计，其中医生和护士（负责药物分装与注射等）采用双剂量计监测方法，配备 2 支个人剂量计；技师拟配备 1 支个人剂量计（委托个人剂量检测后由检测单位配发）。医院现有核医学科已配备 1 台表面污染检测仪、1 台辐射监测仪，场所已配备个人剂量报警仪 2 台、活度计 1 台。待新场所建设完成后进行整体搬迁，现有检测设备继续使用，拟新增活度计 1 台（ ^{131}I 碘自动分装仪可进行活度测定，不单独配备活度计）、表面污染检测仪 2 台、辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 4 部，均为新核医学科专用。核医学工作场所出入口等处设计有电离辐射警告标志，设计有明确的患者或受检者导向标识或导向提示，配备所需的监控设备和对讲装置，储源室拟设置双人双锁、监控等防盗措施。拟为患者配备防护铅屏风。

(4) 辐射水平。经估算，在现有设计条件下，核医学工作场所各关注点剂量率能满足相应的剂量率控制目标。

(5) 放射性废水。放射性废水在衰变池停留衰变满足 30 天（含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{18}F ）或 180 天（含 ^{131}I ）后，排入医院污水处理站作进一步处理。

(6) 放射性固体废物。如因故剩余放射性药物， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 暂存于 SPECT/CT 诊疗场所储源间储源柜内， ^{18}F 随铅罐暂存于 PET/CT 诊断场所分装质控室手套箱内， ^{131}I 随铅罐暂存于 ^{131}I 诊疗场所分装质控室手套箱内，及时由供源单位回收。患者诊疗产生的被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭表面污染的抹布和病人使用的一次性杯子等，放在衰变箱停留衰变满足时间后，经检测确保表面剂量率满足所处环境本底水平、 β 表面污染低于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按医疗废物交于具有相应危险废物处置资质的单位进行规范处置。衰变池沉渣满足解控水平后，经搅拌后随水流排出，难以排出的，经酸化预处理后，再随废水排入医院污水处理站。放射性废气处理系统定期更换的废活性炭置于衰变箱中暂存满足时间后，经检测确保表面剂量率满足所处环境本底水平、 β 表面污染低于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按医疗废物交于具有相应危险废物处置资质的单位进行规范处置。

(7) 放射性废气。本项目核医学工作场所共设计 5 套通风系统， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 及 ^{18}F 诊疗场所内 3 套独立通风系统的废气，经过滤后由科研医技综合楼楼顶（5F）东北角排放，总排口高出其建筑屋脊 3m。 ^{131}I 诊疗场所内 2 套独立通风系统的废气，

经过滤后由风管引至西侧华康楼楼顶（22F，院区最高建筑）排放，总排口高出其建筑屋脊 3m，出风口朝北。各排风口处设防雨帽、防虫网。楼顶均无人员停留。医院委托设备厂家定期检查维护活性炭高效过滤装置，确保过滤效率满足设计要求。同时医院应加强管理，医护人员应熟练操作规程，减少核素撒漏等事故工况。

（8）人员剂量。核医学工作场所运行过程中，本项目医生人均手部年当量剂量最大值为 27.944mSv/a、身体人均年有效剂量最大值为 1.145mSv/a；护士手部年当量剂量最大值为 5.387mSv/a、身体年有效剂量最大值为 2.398mSv/a；技师手部年当量剂量最大值为 1.983mSv/a、身体年有效剂量最大值为 1.983mSv/a；慰问者年有效剂量最大为 4.40mSv/a；公众成员年有效剂量最大为 0.092mSv/a，保护目标处公众成员年有效剂量均低于 0.092mSv/a；分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员四肢 500mSv/a、工作人员身体 20mSv/a、慰问者 5mSv/a、公众成员 1mSv/a 的剂量限值，也分别低于本评价提出的工作人员手部 125mSv/a、工作人员身体 5mSv/a、慰问者 5mSv/a、公众成员 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值。

6、辐射安全管理结论

临沂市中心医院已成立了辐射安全防护管理领导小组，签订了辐射工作安全责任书，并配备了辐射安全管理人员，负责辐射安全与环境保护工作。在本次环评项目实施前，还应制定并完善详细的乙级核医学工作场所项目开展所需规章制度，以满足核技术应用项目的辐射安全管理的要求。

医院目前有核医学科，现有 11 名辐射工作人员，拟新编配 5 名辐射工作人员，则新核医学科共 16 名辐射工作人员，分别为 5 名医生、5 名技师、6 名护士，计划由 5 名医生和 6 名护士负责核素操作，5 名技师负责摆位和扫描。待本项目运行后，医院应视项目开展情况增配相应的职业人员，上岗前应根据工作安排组织其在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行相应培训并考核合格后上岗。职业人员每人均应配置个人剂量计（其中负责药物分装与注射等人员均采用双剂量计监测方法），定期对个人剂量进行检测。医院现有核医学科已配备 1 台表面污染检测仪、1 台辐射监测仪，待新场所建设完成后进行整体搬迁，现有检测设备继续使用，拟新增表面污染检测仪 2 台、辐射监测仪 1 台，为核医学工作场所专用，用于开展自行监测和应急监测。在制定的辐射事故风险防范措施和相应的事故应急预案条件下，通过进一步完善安全措施，其环境风险是可控的。

综上所述，临沂市中心医院核医学工作场所应用项目，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件的前提下，该项目对辐射工作人员和公众成员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平。

二、审批部门审批决定

一、临沂市中心医院位于山东省临沂市沂水县城健康路 17 号，拟于院内东北角建设一栋科研医技综合楼，地下一层为核医学科。科研医技综合楼建设完成后，门诊楼现有核医学科将整合至科研医技综合楼地下一层新建核医学场所，新增 PET-CT 设备，使用氟-18 (^{18}F) 进行放射诊断；根据医院诊疗需求，重新核定 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{131}I 核素的操作量及年最大用量。整合后新的核医学工作场所将开展：①使用锝-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 进行 SPECT-CT 放射诊断（直接购买分装包装好的针剂）；②使用氟-18 (^{18}F) 进行 PET-CT 放射诊断；③使用锶-89 (^{89}Sr) 进行骨转移癌的疼痛治疗；④使用磷-32 (^{32}P) 进行血液系统疾病的治疗；⑤使用碘-131 (^{131}I) 进行甲功测定、甲亢治疗、甲癌治疗。本项目 2 台 SPECT-CT 和 2 台 PET-CT。属于 III 类射线装置，PET 装置的日常维护需使用 IV 类或 V 类放射源，医院拟确定好相关参数后将以上设施单独进行环评，对于 SPECT-CT/PET-CT 在 CT 使用过程中机房需采取的安全设施包含在本次评价范围。项目总投资 3600 万元，其中环保投资 1400 万元。

本项目为新建项目，从环境保护的角度，我局同意该项目报告中提出的规模、地点和环境保护对策。

二、该项目应严格按照环境影响报告表和以下要求，落实和完善辐射安全与防护措施，从事辐射工作。

（一）严格执行辐射安全管理制度

1. 落实辐射安全管理责任制。医院法人代表为辐射安全工作第一责任人，设立辐射安全与防护管理领导机构，指定 1 名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。

2. 制定并落实岗位职责、操作规程、射线装置及放射源使用登记制度、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、培训计划和监测计划等，建立辐射安全管理档案。

（二）加强辐射工作人员及患者的安全和防护工作

1.制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全培训和再培训，经考核合格后持证上岗；考核不合格的，不得从事辐射工作。

2.建立辐射工作人员个人剂量档案，做到1人1档。辐射工作人员应佩戴个人剂量计，每3个月进行1次个人剂量监测。负责核医学放射药物操作等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围脖外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计；采用双剂量计监测方法（在铅围脖内躯干上再佩戴另一个剂量计），且须在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。

3.职业工作人员及陪护人员应穿戴铅衣、铅帽、铅眼镜等个人防护用品，并在铅防护屏后工作，确保辐射工作人员所受照射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的标准限值。

4.从事放射治疗或诊断时，应对患者采取有效辐射安全与防护措施，严格控制受照剂量。

（三）做好辐射工作场所的安全和防护工作

1.医院辐射工作场所醒目位置上应设置电离辐射警告标志，标志应符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

2.射线装置机房应采取有效屏蔽措施，确保距机房屏蔽体外0.3m处剂量率目标控制值应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量率当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ ；对核医学工作场所进行分区管理，划分控制区和监督区，落实核医学工作场所实体屏蔽防护措施，确保核医学工作场所外考察点 γ 辐射剂量率低于剂量率目标控制值。

3.落实放射性同位素入库、库存、出库登记制度，建立使用台账，定期盘存。储源间设置双人双锁、实时监控等防盗措施，在贮存期间储源间和分装质控室禁止无关人员进入，对放射性药物登记建档，记录用量平衡记录等台账，对各设施定期巡检。

4.设置通风系统，通风系统设置活性炭过滤装置并定期更换。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 及 ^{18}F 诊疗场所内须设置3套独立通风系统的废气，经过滤后由科研医技综合楼楼顶东北角排放； ^{131}I 诊疗场所内须设置2套独立通风系统的废气，经过滤后由风管引至西侧华康楼楼顶排放，各排风口处须设防雨帽、防虫网。

5.采取有效措施控制放射性核素进入废水，减少放射性废水的产生。放射性废水

须经专门的废水收集系统排放至专门的衰变池内(含 ^{99m}Tc 和 ^{18}F 废水暂存时间应超过 30 天, 含 ^{131}I 废水暂存时间应超过 180 天), 经监测满足清洁解控水平后方可排入污水处理系统, 确保向环境排放的放射性核素满足排放限值的要求。

6.建立放射性废物衰变箱专用储存间, 放射性固体废物应收集到符合规范的放射性废物衰变箱内, 达到清洁解控水平后按照一般医疗废物处置; 废水收集系统沉淀池和衰变池内的沉渣, 达到解控水平后排放; 放射性废气处理系统产生的废活性炭, 放置于衰变箱内暂存衰变, 达到清洁解控水平后按照一般医疗废物处置。与销售单位签订回收协议, 由其回收未用完的放射性同位素及包装容器。

7.做好射线装置、安全与防护设施的维护、维修, 确保门-机联锁装置、工作状态指示灯和急停按钮等辐射安全与防护设施安全有效, 并建立维修、维护档案。

8.制定并严格执行辐射环境监测计划。医院现有核医学科已配备 1 台表面污染检测仪、1 台辐射监测仪, 场所已配备个人剂量报警仪 2 台、活度计 1 台。待新场所建设完成后进行整体搬迁, 现有检测设备继续使用, 拟新增活度计 1 台(^{131}I 碘自动分装仪可进行活度测定, 不单独配备活度计)、表面污染检测仪 2 台、辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 4 部, 开展辐射环境监测, 并向生态环境部门上报监测数据。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

为掌握该医院各工作场所正常运行情况下周围的辐射环境水平，为环境管理污染源控制、环境规划等提供科学依据，本次验收监测在严格执行国家相关要求及监测规范规定的前提下，通过对该医院核医学工作场所周围进行了现场监测和检查，根据现场条件和相关监测标准、规范的要求合理布点。

5.1 监测单位

本次验收由山东省市场监督管理局颁发 CMA 资质的，具备检测资质的山东鲁环检测科技有限公司（通过了检验检测机构资质认定及山东省生态环境监测机构资质认定，证书编号为 211512341945）进行检测。

5.2 监测方法

X-γ辐射空气吸收剂量率：现场布点监测，首先应进行巡测，以发现可能出现的高辐射水平区域，在巡测的基础上对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。每个监测点读取 10 个测量值为一组，计算其平均值，扣除宇宙射线响应值后为最终测量结果。

β表面污染：现场布点监测，每个监测点读取 5 个测量值为一组，计算其平均值作为最终测量结果。

5.3 监测分析仪器

本次使用环境监测 X-γ辐射空气吸收剂量率仪、α、β表面污染测量仪、低本底αβ测量仪，具体参数见下表 5-1。

表 5-1-1 X-γ辐射空气吸收剂量率仪监测仪器参数一览表

仪器名称	环境监测 X-γ辐射空气吸收剂量率仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
编号	031576+11309
检定单位	山东省计量科学研究院
检定证书编号	Y16-20250527
检定有效期	2026 年 3 月 16 日
量程范围	10nSv/h~1Sv/h
能量响应	33KeV~3MeV，变化的限值为±15%
剂量率指示的固有误差	不大于 5.0%
使用环境温度	(-30~+55℃) 温度依赖性 <20%

表 5-1-2 表面污染监测仪器参数一览表

仪器名称	α、β表面污染测量仪
仪器型号	CoMo170
出厂编号	4270
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLhd2025-02823
检定有效期	2026 年 8 月 4 日
探测器尺寸	170cm ²

探测器类型	ZnS 涂层、薄膜塑料闪烁体探测器
表 5-1-3 低本底$\alpha\beta$测量仪参数一览表	
仪器名称	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
仪器型号	WIN-8A
出厂编号	180701
检定有效期	2026 年 06 月 26 日
检定单位	山东省计量科学研究院
检定证书编号	Y15-20240168
$\alpha\beta$ 交叉性能	3%的 α 进入 β 道, 0.5%的 β 进入 α 道
效率稳定性	仪器连续通电 8 小时, 探测器效率变化小于 10%

5.4 监测技术规范

1. 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
2. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
3. 《表面污染测定 第一部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{Mev}$ ）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）
4. 《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）

5.5 土壤放射性测量的质控措施

①样品采集与制备质控

代表性采样：按照梅花形采样法进行，在 10m×10m 范围内布设 5 个采样点，分别取样再混合。

预处理规范：样品需在 105±5℃烘干至恒重，防止水分影响活度计算。研磨后过筛（通常 100 目），确保颗粒均匀，减少自吸收误差。

②仪器校准与验证

探测器效率校准：使用标准 β 源校准仪器效率，校准源活度需覆盖待测样品活度范围。

校准频率：首次使用前、维修后、定期。

本底测量：每日测量前需检测仪器本底，本底计数率应稳定。使用铅屏蔽室降低环境 γ 本底。

③测量过程质控

平行样品：每批次样品至少设置 2 个平行样，相对偏差应≤20%。

空白样：使用与样品相同材质的空白容器测量，扣除容器本底贡献。

自吸收校正：对不同厚度的样品进行自吸收实验，或采用标准土壤样品建立校正曲线。

④标准物质与溯源

有证标准物质（CRM）：使用国家或国际认可的标准土壤验证方法准确性。标准物质测量结果应在证书给定不确定度范围内。

控制图监控：长期监测标准物质的测量值，建立控制图，发现异常时排查仪器或操作问题。

⑤数据记录与报告

原始记录：记录样品重量、测量时间、计数率、本底值、仪器参数等。保存校准证书和标准物质证书复印件。

不确定度评估：需报告扩展不确定度（通常包含计数统计误差、效率校准误差、自吸收修正误差等）。

⑥人员与环境要求

人员培训：操作人员需通过放射性检测培训，熟悉标准操作流程（SOP）。

环境控制：实验室应避免交叉污染，测量区域远离其他放射源。

⑦异常情况处理

数据超限：若样品活度超出仪器线性范围，需稀释或减少样品量重新测量。

仪器故障：立即停用并标识可疑数据，检修后重新校准验证。

⑧取样位置

根据《临沂国家基本气象站探测环境保护专项规划》并结合临沂市气象站近 20 年气象资料，当地以东北风向为主。因此取样点位位于核医学工作场所上风向和下风向，检测结果可代表本次核医学工作场所上风向和下风向的土壤总β放射性水平。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），去除表层植被后使用土铲取表层土。

临沂市近 20 年风向频率玫瑰图见下图。

20年累计风玫瑰图

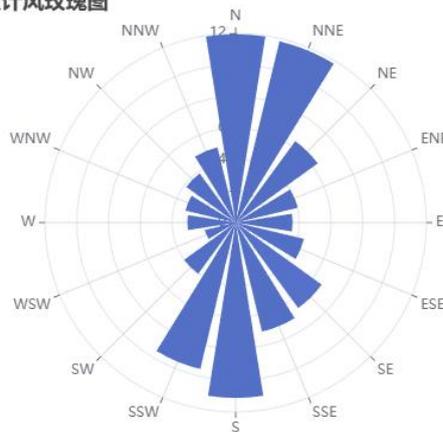


图 5-1 临沂市近 20 年风向频率玫瑰图（2004 年~2023 年）

5.6 其他保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的数量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人审定。

表 6 验收监测内容

为掌握本项目正常运行情况下周围的辐射环境水平，本次验收由山东鲁环检测科技有限公司对本次验收的相关场所及周围环境进行了现场监测。

6.1 监测项目

X-γ辐射空气吸收剂量率、β表面污染、废水总β放射性、土壤总β放射性。

6.2 监测仪器

使用环境监测 X-γ辐射空气吸收剂量率仪、α、β表面污染测量仪、低本底αβ测量仪。

6.3 监测分析方法

由两名检测人员共同进行现场监测，依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的要求和方法，现场布点监测。

X-γ辐射空气吸收剂量率：现场布点监测，首先应进行巡测，以发现可能出现的高辐射水平区域，在巡测的基础上对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。每个监测点读取 10 个测量值为一组，计算其平均值，扣除宇宙射线响应值后为最终测量结果。

β表面污染：现场布点监测，每个监测点读取 5 个测量值为一组，计算其平均值作为最终测量结果。

废水总放射性：在衰变池出口取水样，3 次/天，分析后取平均值作为最终监测结果。

土壤总放射性：监测季节主导风向为东北风，在主导风向上风向和下风向各取 1 个土壤表层样，1 次/天。

表 6-1 监测分析方法一览表

分析方法名称	标准号	方法检出限
环境γ辐射剂量率测量技术规范	HJ 1157-2021	/
表面污染测定 第 1 部分:β发射体 (Eβmax>0.15MeV) 和α发射体	GB/T 14056.1-2008	/
水质 总β放射性的测定 厚源法	HJ 899-2017	1.5×10 ⁻² Bq/L

6.4 监测布点

本次验收监测对医院 PET-CT 诊断区、SPECT-CT 诊断区、¹³¹I 治疗区 X-γ辐射空气吸收剂量率、β表面污染进行了监测，对两套放射性废水处理系统总排口的废水总β放射性进行了监测，对核医学工作场所上风向和下风向的土壤总β放射性进行了监测。

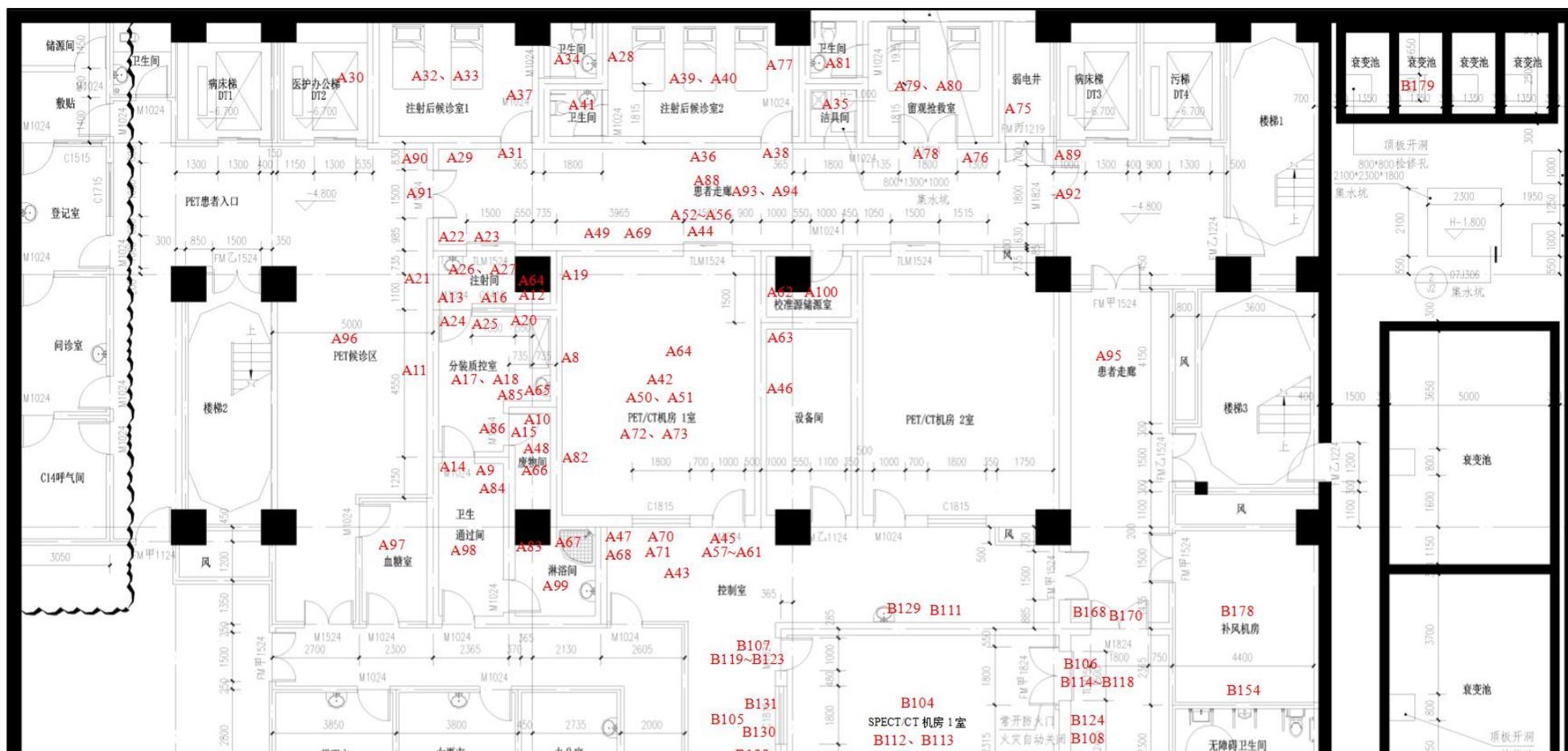


图 6-1 核医学工作场所监测布点图 1

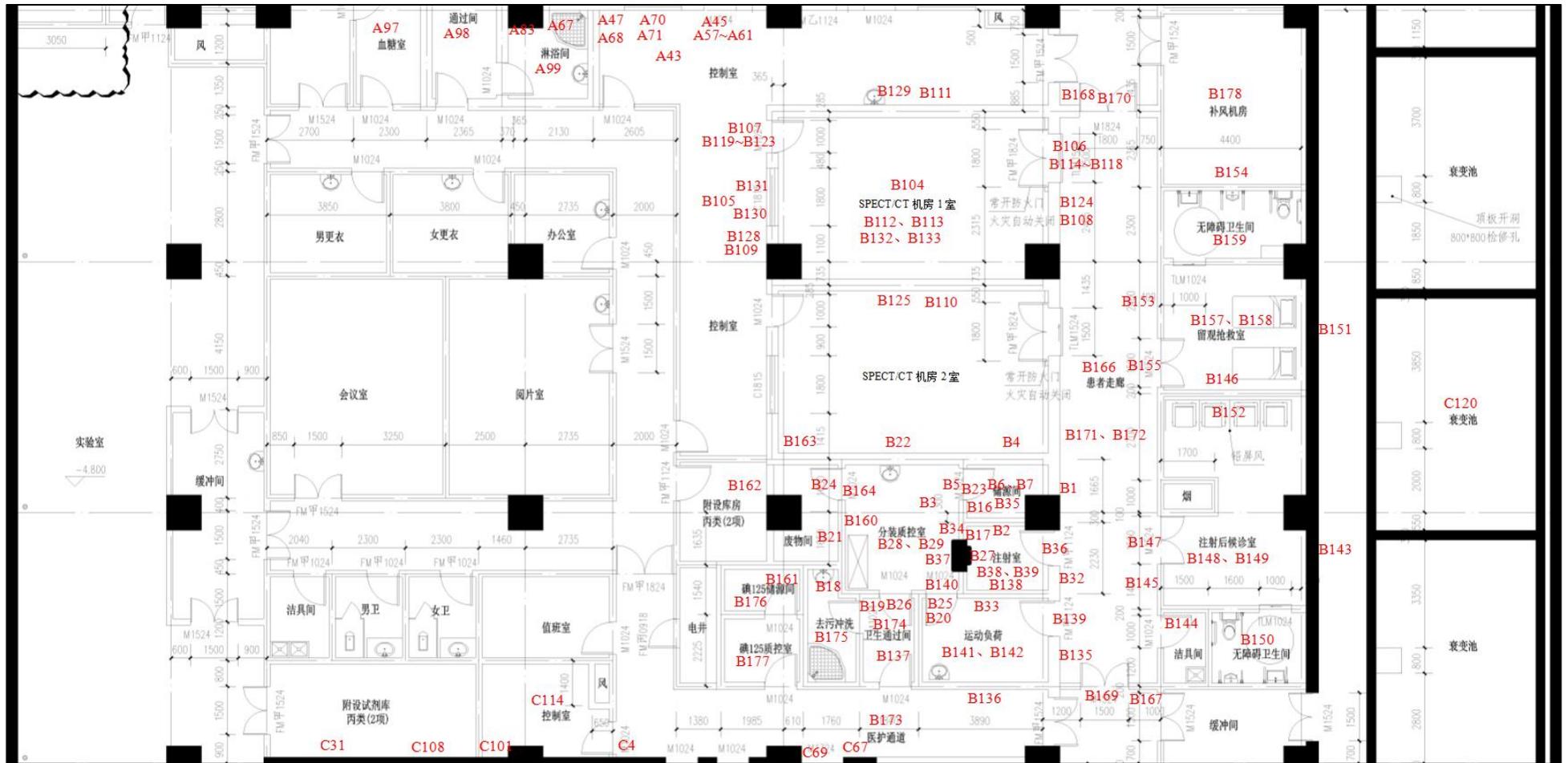


图 6-2 核医学工作场所监测布点图 2



图 6-3 核医学工作场所监测布点图 3



图 6-4 核医学工作场所监测布点图 4

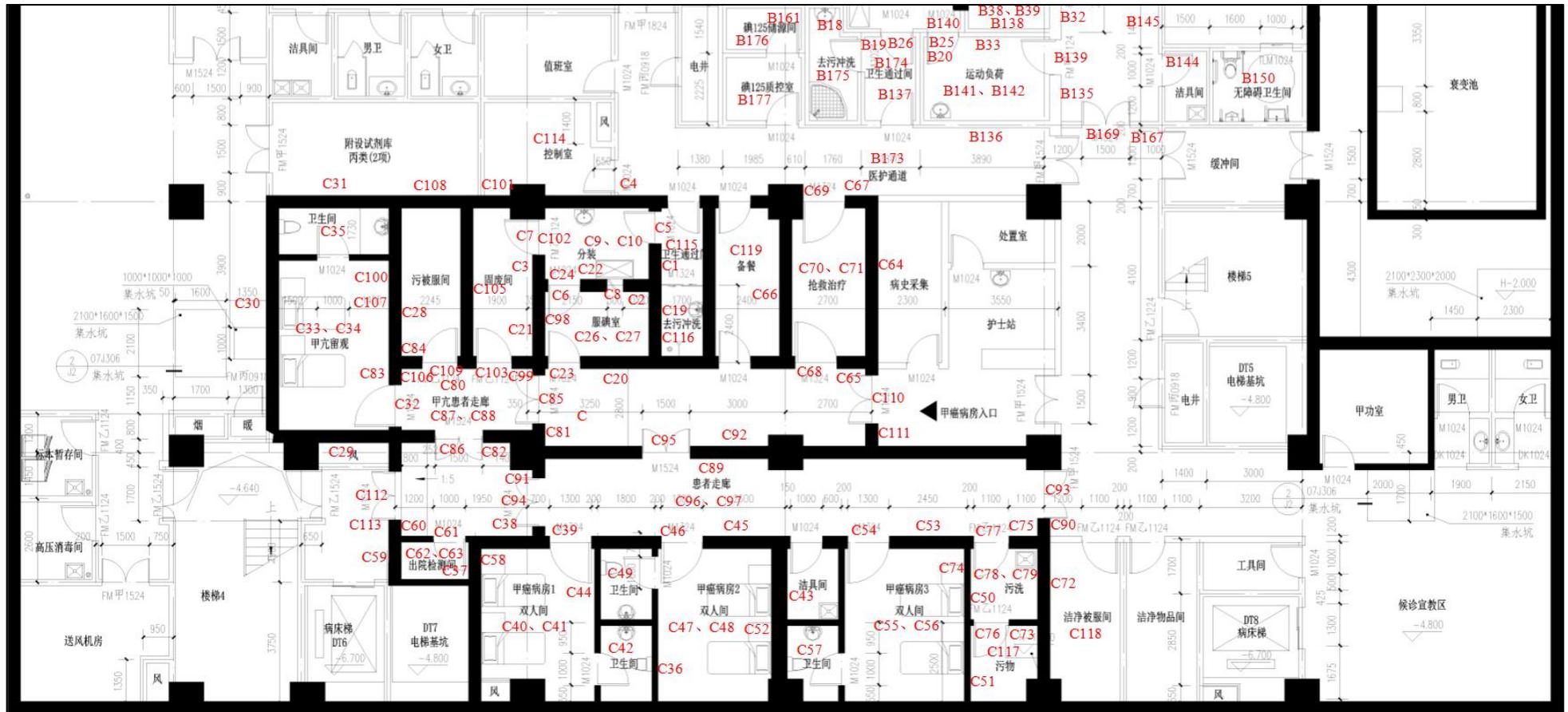


图 6-5 核医学工作场所监测布点图 5



图 6-6 核医学工作场所监测布点图 6

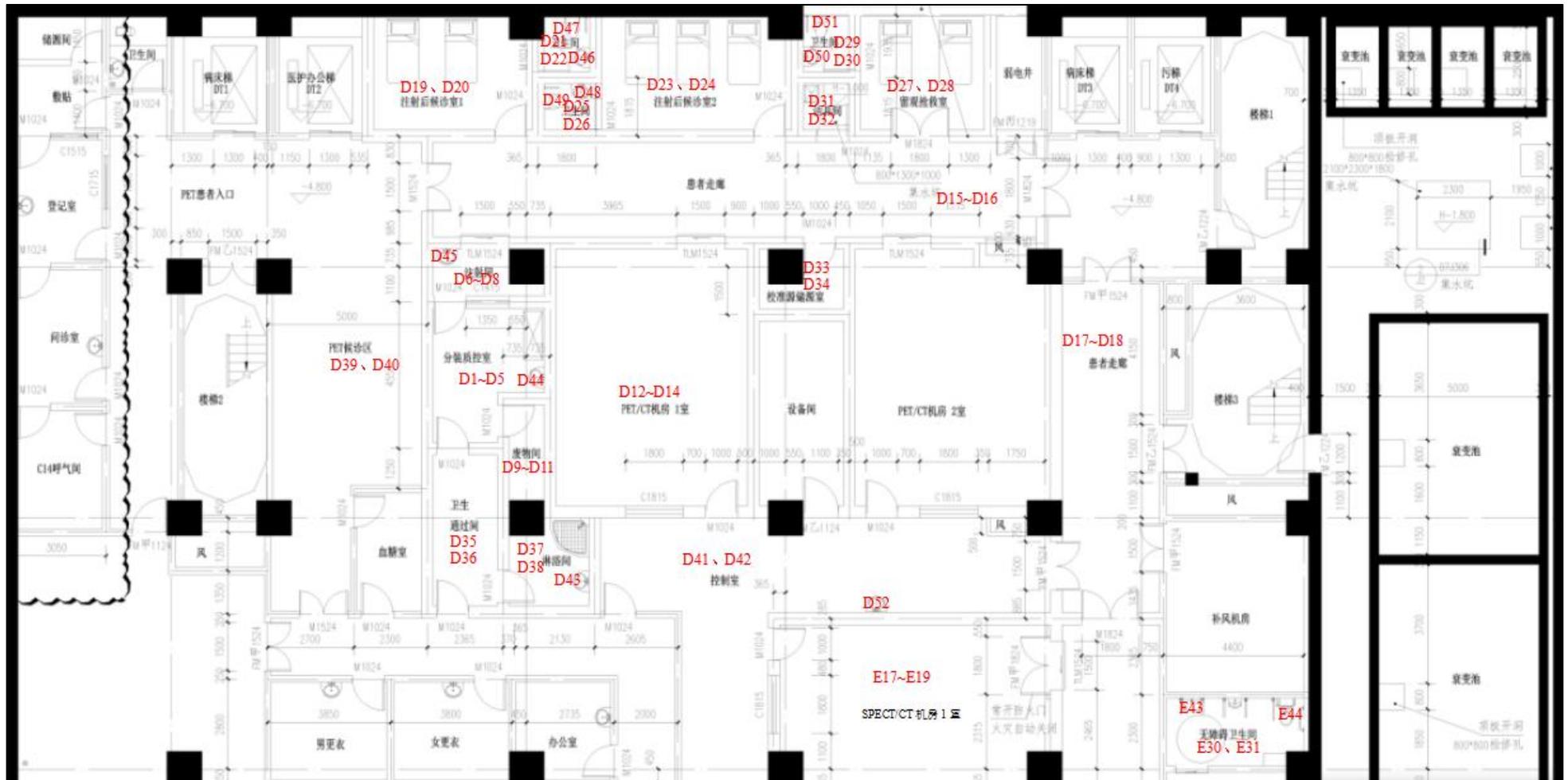


图 6-7 核医学工作场所监测布点图 7

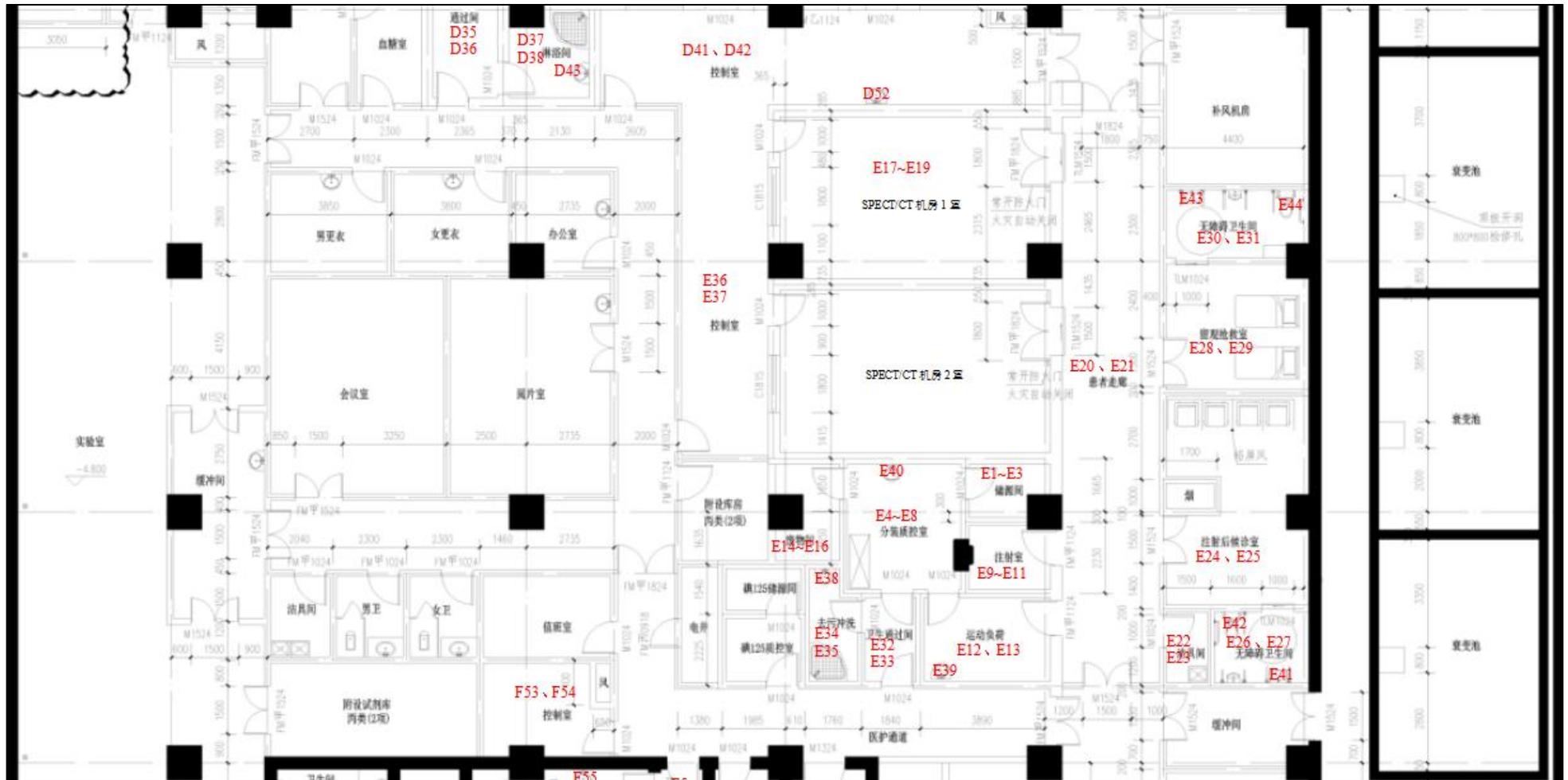


图 6-8 核医学工作场所监测布点图 8



图 6-9 核医学工作场所监测布点图 9



图 6-10 核医学工作场所监测布点图 10

表 7 验收监测

7.1 验收监测期间运行工况

监测期间为平时使用时的典型工况。本次验收监测工况具体见监测结果表 7-1~7-3。

2025 年 12 月 04 日天气：晴 温度：-2.1~3.4℃ 湿度：26.1~35.7%

2025 年 12 月 05 日天气：晴 温度：-1.4~5.2℃ 湿度：25.1~40.3%

2025 年 12 月 06 日天气：晴 温度：2.2~10.5℃ 湿度：22.3~35.2%

2025 年 12 月 07 日天气：晴 温度：1.4~5.1℃ 湿度：19.9~30.4%

2025 年 12 月 08 日天气：晴 温度：3.3~6.1℃ 湿度：22.8~31.6%

2026 年 01 月 14 日天气：多云 温度：8.2~9.8℃ 湿度：48.5~48.8%

7.2 验收监测结果

本次验收竣工环境保护验收监测结果，见表 7-1~7-9。

环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值（16.8nSv/h）。

表 7-1PET-CT 诊断区环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	点位描述	检测状态	检测结果 (nSv/h)	标准差 (nSv/h)
A1	手套箱表面 30cm 处	¹⁸ F 在手套箱内 分装过程中，药 物活度 25.56mCi	107	1.9
A2	手套箱铅玻璃观察窗外 30cm 处		95.4	0.7
A3	手套箱手孔外 30cm 处		109	1.7
A4	分装时工作人员手部(μ Sv/h)		162	1.4
A5	分装时工作人员身体(μ Sv/h)		2.79	0.02
A6	取药/注射时工作人员手部(μ Sv/h)	取药/注射过程 中，药物活度 7.51mCi	59.4	0.2
A7	取药/注射时工作人员身体(μ Sv/h)		25.4	0.2
A8	分装质控室东墙外 30cm 处		118	1.3
A9	分装质控室南墙偏西外 30cm 处（卫生通 过间）		150	1.6
A10	分装质控室南偏东墙外 30cm 处（废物间）		143	1.9
A11	分装质控室西墙外 30cm 处		139	3.2
A12	分装质控室北墙外 30cm 处		154	1.4
A13	分装质控室北侧防护门外 30cm 处		119	2.2
A14	分装质控室南侧防护门外 30cm 处		108	1.6
A15	分装质控室东侧防护门外 30cm 处		111	1.7
A16	分装质控室北墙注射窗口外 30cm 处		129	1.4
A17	分装质控室室顶上方距地 30cm 处		96.9	0.3
A18	分装质控室室顶上方距地 100cm 处		89.7	0.3
A19	注射间东墙外 30cm 处		122	1.3
A20	注射间南墙外 30cm 处		132	1.5
A21	注射间西墙外 30cm 处	148	1.4	
A22	注射间北墙外 30cm 处	130	1.5	
A23	注射间北侧防护门外 30cm 处	170	2.0	
A24	注射间南侧防护门外 30cm 处	182	1.8	
A25	注射间南侧注射窗口外 30cm 处	186	1.2	

A26	注射间室顶上方距地 30cm 处	病人 1 人，药物 剂量 7.13mCi	93.9	0.4	
A27	注射间室顶上方距地 100cm 处		88.9	0.2	
A28	注射后候诊室 1 东墙外 30cm 处		138	1.0	
A29	注射后候诊室 1 南墙外 30cm 处		146	1.6	
A30	注射后候诊室 1 西墙外 30cm 处		109	1.6	
A31	注射后候诊室 1 室南侧防护门外 30cm 处		291	2.5	
A32	注射后候诊室 1 室顶上方距地 30cm 处		104	0.5	
A33	注射后候诊室 1 室顶上方距地 100cm 处		99.2	0.3	
A34	注射后候诊室 1 卫生间		170	1.8	
A35	注射后候诊室 2 东墙外 30cm 处 (洁具间)		157	1.2	
A36	注射后候诊室 2 南墙外 30cm 处		143	1.2	
A37	注射后候诊室 2 西墙外 30cm 处		143	1.8	
A38	注射后候诊室 2 室南侧防护门外 30cm 处		297	1.6	
A39	注射后候诊室 2 室顶上方距地 30cm 处		93.4	0.3	
A40	注射后候诊室 2 室顶上方距地 100cm 处		88.6	0.2	
A41	注射后候诊室 2 室卫生间		165	1.1	
A42	PET-CT 机房 1 室内		非工作状态	108	1.3
A43	PET-CT 机房 1 室控制室内			118	1.2
A44	PET-CT 机房 1 室北侧防护门外 30cm 处			98.6	0.6
A45	PET-CT 机房 1 室南侧防护门外 30cm 处			100	0.9
A46	PET-CT 机房 1 室东墙外 30cm 处			139	1.3
A47	PET-CT 机房 1 室南墙外 30cm 处	131		1.9	
A48	PET-CT 机房 1 室西墙外 30cm 处	140		1.2	
A49	PET-CT 机房 1 室北墙外 30cm 处	124		1.2	
A50	PET-CT 机房 1 室室顶上方距地 30cm 处	91.8		0.2	
A51	PET-CT 机房 1 室室顶上方距地 100cm 处	87.3		0.3	
A52	PET-CT 机房 1 室北侧防护门上门缝	144		1.5	
A53	PET-CT 机房 1 室北侧防护门左门缝	161		1.1	
A54	PET-CT 机房 1 室北侧防护门下门缝	144		1.4	
A55	PET-CT 机房 1 室北侧防护门右门缝	160		1.2	
A56	PET-CT 机房 1 室北侧防护门中间位置	135		1.2	
A57	PET-CT 机房 1 室南侧防护门上门缝	145		1.9	
A58	PET-CT 机房 1 室南侧防护门左门缝	156		1.8	
A59	PET-CT 机房 1 室南侧防护门下门缝	146		1.4	
A60	PET-CT 机房 1 室南侧防护门右门缝	156	1.6		
A61	PET-CT 机房 1 室南侧防护门中间位置	137	1.1		
A62	PET-CT 机房 1 室东墙偏北外 30cm 处 (校准源储源室)	工作电压 120kV , 工作电流 220mA; 注射药 物为 ¹⁸ F 时, 注射 药物剂量 7.51mCi: (已注 射约 50min)	168	1.4	
A63	PET-CT 机房 1 室东墙偏南外 30cm 处 (设备间)		168	1.7	
A64	PET-CT 机房 1 室西墙偏北外 30cm 处 (注射间)		144	1.5	
A65	PET-CT 机房 1 室西墙中部外 30cm 处 (分装质控室)		169	1.3	
A66	PET-CT 机房 1 室西墙偏南外 30cm 处 (废物间)		148	1.4	
A67	PET-CT 机房 1 室南墙偏西外 30cm 处 (淋浴间)		165	1.2	
A68	PET-CT 机房 1 室南墙偏东外 30cm 处 (控		142	1.8	

制室)				
A69	PET-CT 机房 1 室北墙外 30cm 处	病人 1 人、注射药物的剂量 6.94mCi	137	0.9
A70	PET-CT 机房 1 室南侧观察窗外 30cm 处		144	2.1
A71	PET-CT 机房 1 室操作位		131	1.5
A72	PET-CT 机房 1 室室顶上方距地 30cm 处		96.7	0.3
A73	PET-CT 机房 1 室室顶上方距地 100cm 处		90.3	0.5
A75	留观抢救室东墙外 30cm 处 (弱电井)		141	1.0
A76	留观抢救室南墙外 30cm 处		149	1.4
A77	留观抢救室西墙外 30cm 处		132	1.7
A78	留观抢救室南侧防护门外 30cm 处		180	1.3
A79	留观抢救室室顶上方距地 30cm 处		104	0.3
A80	留观抢救室室顶上方距地 100cm 处	99.1	0.3	
A81	留观抢救室卫生间	157	1.8	
A82	废物间东墙外 30cm 处	116	1.4	
A83	废物间南墙外 30cm 处	162	1.2	
A84	废物间西墙外 30cm 处	166	1.7	
A85	废物间北墙外 30cm 处	154	1.8	
A86	废物间西侧防护门外 30cm 处	105	1.1	
A87	衰变箱表面 30cm 处	115	1.5	
A88	PET-CT 机房北侧患者走廊	127	0.8	
A89	PET-CT 机房北侧患者走廊东墙外 30cm 处	132	1.7	
A90	PET-CT 机房北侧患者走廊西墙外 30cm 处	140	1.2	
A91	PET-CT 机房北侧患者走廊西防护门(入口门禁)外 30cm 处	94.1	0.4	
A92	PET-CT 机房北侧患者走廊东防护门(出口门禁)外 30cm 处	97.3	0.9	
A93	PET-CT 机房北侧患者走廊室顶上方距地 30cm 处	94.4	0.2	
A94	PET-CT 机房北侧患者走廊室顶上方距地 100cm 处	91.2	0.2	
A95	PET-CT 机房 2 室东侧患者走廊	128	1.2	
A96	PET 候诊区	128	1.0	
A97	血糖室	148	1.1	
A98	卫生通过间	137	0.9	
A99	淋浴间	160	0.9	
A100	校准源储源室	153	1.0	

表 7-2SPECT-CT 诊断区环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	点位描述	检测状态	检测结果 (nSv/h)	标准差 (nSv/h)
B1	储源间东墙外 30cm 处	/	135	1.1
B2	储源间南墙外 30cm 处		155	1.6
B3	储源间西墙外 30cm 处		135	1.7
B4	储源间北墙外 30cm 处		132	1.9
B5	储源室西侧防护门外 30cm 处		130	1.3
B6	储源室室顶上方距地 30cm 处		93.2	0.2
B7	储源室室顶上方距地 100cm 处		89.6	0.2
B8	99mTc 储源柜表面 30cm 处	药物活度 156.34mCi	163	1.2
B9	手提铅箱时工作人员手部	手提铅箱时, ^{99m} Tc	165	1.2

B10	手提铅箱时工作人员身体	转移至分装质控 156.34mCi	161	1.5
B11	取药时工作人员手部	分装质控室取药过 程中, 药物活度 23.61mCi	170	1.6
B12	取药时工作人员身体		148	1.4
B13	手套箱表面 30cm 处		133	1.3
B14	手套箱铅玻璃观察窗外 30cm 处		133	1.6
B15	手套箱手孔外 30cm 处		128	1.1
B16	分装质控室东墙偏北外 30cm 处 (储源 间)		158	1.7
B17	分装质控室东墙偏南外 30cm 处 (注射 室)		150	1.6
B18	分装质控室南墙偏西外 30cm 处 (去污 冲洗间)		145	1.4
B19	分装质控室南墙中部外 30cm 处 (卫生 通过间)		152	1.1
B20	分装质控室南偏东墙外 30cm 处 (运动 负荷室)		160	1.1
B21	分装质控室西墙外 30cm 处		140	2.0
B22	分装质控室北墙外 30cm 处		134	1.2
B23	分装质控室东防护门外 30cm 处		154	1.6
B24	分装质控室西防护门外 30cm 处		155	2.7
B25	分装质控室南侧偏东防护门外 30cm 处		155	1.9
B26	分装质控室南侧偏西防护门外 30cm 处		143	2.0
B27	分装质控室东墙注射窗口外 30cm 处		143	2.8
B28	分装质控室室顶上方距地 30cm 处		95.0	0.4
B29	分装质控室室顶上方距地 100cm 处		88.8	0.5
B30	注射时工作人员手部(μ Sv/h)		注射过程中, 药物 活度 23.61mCi	42.0
B31	注射时工作人员身体	724		3.0
B32	注射室东墙外 30cm 处	151		1.2
B33	注射室南墙外 30cm 处	166		1.9
B34	注射室西墙外 30cm 处	151		1.4
B35	注射室北墙外 30cm 处	154		1.9
B36	注射室东侧防护门外 30cm 处	183		2.8
B37	注射室西墙注射窗口外 30cm 处	150		1.3
B38	注射室室顶上方距地 30cm 处	94.2		0.5
B39	注射室室顶上方距地 100cm 处	89.7		0.4
B40	⁸⁹ Sr 储源柜表面 30cm 处	药物活度 22.87mCi	163	1.6
B41	手提铅箱时工作人员手部	手提铅箱时, ⁸⁹ Sr 转移至分装质控室 过程中, 药物活度 22.87mCi	162	1.1
B42	手提铅箱时工作人员身体		163	1.4
B43	取药时工作人员手部(μ Sv/h)	分装质控室取药过 程中, ⁸⁹ Sr 药物活 度 7.67mCi	1.21	0.02
B44	取药时工作人员身体		224	1.5
B45	手套箱表面 30cm 处		134	1.4
B46	手套箱铅玻璃观察窗外 30cm 处		137	2.0
B47	手套箱手孔外 30cm 处		134	1.1
B48	分装质控室东墙偏北外 30cm 处 (储源 间)		154	1.3
B49	分装质控室东墙偏南外 30cm 处 (注射		152	4.1

	室)				
B50	分装质控室南墙偏西外 30cm 处		144	1.0	
B51	分装质控室南墙中部外 30cm 处		151	1.2	
B52	分装质控室南偏东墙外 30cm 处		157	2.1	
B53	分装质控室西墙外 30cm 处		136	0.9	
B54	分装质控室北墙外 30cm 处		130	1.3	
B55	分装质控室东防护门外 30cm 处		152	1.2	
B56	分装质控室西防护门外 30cm 处		150	1.0	
B57	分装质控室南偏东防护门外 30cm 处		151	1.6	
B58	分装质控室南偏西防护门外 30cm 处		141	1.2	
B59	分装质控室东墙注射窗口外 30cm 处		140	1.4	
B60	分装质控室室顶上方距地 30cm 处		94.6	0.4	
B61	分装质控室室顶上方距地 100cm 处		88.3	0.2	
B62	注射时工作人员手部(μ Sv/h)		1.79	0.02	
B63	注射时工作人员身体		295	1.5	
B64	注射室东墙外 30cm 处	注射过程中, ^{89}Sr 药物活度 8.22mCi	147	1.5	
B65	注射室南墙外 30cm 处		158	2.1	
B66	注射室西墙外 30cm 处		149	1.5	
B67	注射室北墙外 30cm 处		152	1.9	
B68	注射室东侧防护门外 30cm 处		181	1.8	
B69	注射室西墙注射窗口外 30cm 处		149	1.3	
B70	注射室室顶上方距地 30cm 处		95.4	0.6	
B71	注射室室顶上方距地 100cm 处		89.3	0.3	
B72	^{32}P 储源柜表面 30cm 处		药物活度 24.39mCi	166	4.0
B73	手提铅箱时工作人员手部		手提铅箱时, ^{32}P 转移至分装质控室 过程中, 药物活度 24.39mCi	165	1.2
B74	手提铅箱时工作人员身体	162		1.7	
B75	取药时工作人员手部(μ Sv/h)	分装质控室取药过 程中, ^{32}P 药物活度 7.84mCi	1.30	0.01	
B76	取药时工作人员身体		250	2.0	
B77	手套箱表面 30cm 处		134	1.3	
B78	手套箱铅玻璃观察窗外 30cm 处		136	1.6	
B79	手套箱手孔外 30cm 处		130	2.0	
B80	分装质控室东墙偏北外 30cm 处 (储源 间)		155	1.9	
B81	分装质控室东墙偏南外 30cm 处 (注射 室)		150	1.5	
B82	分装质控室南墙偏西外 30cm 处		145	1.6	
B83	分装质控室南墙中部外 30cm 处		152	1.2	
B84	分装质控室南偏东墙外 30cm 处		161	1.3	
B85	分装质控室西墙外 30cm 处		139	1.7	
B86	分装质控室北墙外 30cm 处		133	1.3	
B87	分装质控室东防护门外 30cm 处		154	2.0	
B88	分装质控室西防护门外 30cm 处		156	2.3	
B89	分装质控室南侧偏东防护门外 30cm 处		152	1.5	
B90	分装质控室南侧偏西防护门外 30cm 处		144	2.0	
B91	分装质控室东墙注射窗口外 30cm 处		143	2.0	
B92	分装质控室室顶上方距地 30cm 处		94.9	0.5	

B93	分装质控室室顶上方距地 100cm 处		88.9	0.3
B94	注射时工作人员手部(μ Sv/h)	注射过程中, ^{32}P 药物活度 7.84mCi	1.93	0.02
B95	注射时工作人员身体		318	2.6
B96	注射室东墙外 30cm 处		152	2.8
B97	注射室南墙外 30cm 处		164	1.4
B98	注射室西墙外 30cm 处		150	1.8
B99	注射室北墙外 30cm 处		153	1.8
B100	注射室东防护门外 30cm 处		181	1.9
B101	注射室西墙注射窗口外 30cm 处		150	0.9
B102	注射室室顶上方距地 30cm 处		94.8	0.5
B103	注射室室顶上方距地 100cm 处		88.9	0.3
B104	SPECT-CT 机房 1 室内		115	1.2
B105	SPECT-CT 机房 1 室控制室内		115	1.4
B106	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门外 30cm 处		115	1.6
B107	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门外 30cm 处	103	0.5	
B108	SPECT-CT 机房 1 室东墙外 30cm 处	120	1.1	
B109	SPECT-CT 机房 1 室西墙外 30cm 处	110	1.9	
B110	SPECT-CT 机房 1 室南墙外 30cm 处	128	1.2	
B111	SPECT-CT 机房 1 室北墙外 30cm 处	124	2.3	
B112	SPECT-CT 机房 1 室室顶上方距地 30cm 处	92.0	0.4	
B113	SPECT-CT 机房 1 室室顶上方距地 100cm 处	86.3	0.3	
B114	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门上门缝	非工作状态	141	1.0
B115	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门左门缝		151	1.3
B116	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门下门缝		141	0.7
B117	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门右门缝		139	1.3
B118	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门中间位置		134	1.1
B119	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门上门缝		137	2.1
B120	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门左门缝		148	1.4
B121	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门下门缝		138	1.5
B122	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门右门缝		148	1.4
B123	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门中间位置		132	2.1
B124	SPECT-CT 机房 1 室东墙外 30cm 处		145	1.6
B125	SPECT-CT 机房 1 室南墙外 30cm 处		144	2.0
B128	SPECT-CT 机房 1 室西墙外 30cm 处		134	1.2
B129	SPECT-CT 机房 1 室北墙外 30cm 处		146	2.5
B130	SPECT-CT 机房 1 室西墙观察窗外 30cm 处		129	1.5
B131	SPECT-CT 机房 1 室操作位		125	1.2
B132	SPECT-CT 机房 1 室室顶上方距地 30cm 处		95.9	0.4
B133	SPECT-CT 机房 1 室室顶上方距地 100cm 处		91.2	0.4
B134	摆位时工作人员身体 (离病人 1m 处)		202	1.8

B135	运动负荷室东墙外 30cm 处	房间内病人 1 人， 药物剂量 21.72mCi	130	38.3
B136	运动负荷室南墙外 30cm 处		146	1.6
B137	运动负荷室西墙外 30cm 处		148	1.6
B138	运动负荷室北墙外 30cm 处		148	1.4
B139	运动负荷室东侧防护门外 30cm 处		153	1.1
B140	运动负荷室北侧防护门外 30cm 处		153	1.2
B141	运动负荷室室顶上方距地 30cm 处		92.1	0.4
B142	运动负荷室室顶上方距地 100cm 处		86.4	0.3
B143	注射后候诊室东墙外 30cm 处	房间内病人 1 人、 注射药物剂量 23.61mCi	141	1.5
B144	注射后候诊室南墙外 30cm 处（洁具间）		147	1.6
B145	注射后候诊室西墙外 30cm 处		143	2.1
B146	注射后候诊室北墙外 30cm 处		145	1.3
B147	注射后候诊室西侧防护门外 30cm 处		161	1.4
B148	注射后候诊室室顶上方距地 30cm 处		96.3	0.5
B149	注射后候诊室室顶上方距地 100cm 处		90.5	0.5
B150	注射后候诊室无障碍卫生间	178	1.8	
B151	留观抢救室东墙外 30cm 处	房间内病人 1 人、注射药物的剂 量 20.97mCi	142	1.5
B152	留观抢救室南墙外 30cm 处		142	1.5
B153	留观抢救室西墙外 30cm 处		145	1.6
B154	留观抢救室北墙外 30cm 处		141	1.7
B155	留观抢救室西侧防护门外 30cm 处		169	2.1
B157	留观抢救室室顶上方距地 30cm 处		95.0	0.4
B158	留观抢救室室顶上方距地 100cm 处		89.6	0.7
B159	留观抢救室无障碍卫生间		171	2.4
B160	废物间东墙外 30cm 处		137	1.2
B161	废物间南墙外 30cm 处	149	2.6	
B162	废物间西墙外 30cm 处（附设库房）	146	1.2	
B163	废物间北墙外 30cm 处	133	1.3	
B164	废物间东防护门外 30cm 处	141	1.9	
B165	衰变箱表面 30cm 处	146	1.4	
B166	患者走廊	139	1.5	
B167	患者走廊入口门禁南墙外 30cm 处	144	1.9	
B168	患者走廊出口门禁北墙外 30cm 处	141	1.7	
B169	患者走廊南防护门（入口门禁）外 30cm 处	149	1.6	
B170	患者走廊北防护门（出口门禁）外 30cm 处	152	1.3	
B171	患者走廊室顶上方距地 30cm 处	98.1	0.7	
B172	患者走廊室顶上方距地 100cm 处	95.5	0.2	
B173	医护通道	132	1.7	
B174	卫生通过间	143	1.9	
B175	去污冲洗间	156	1.9	
B176	碘 125 储源间	155	1.5	
B177	碘 125 质控室	149	2.4	
B178	补风机房	140	1.2	
B179	1#处理系统衰变池上方	120	1.7	

表 7-3 ¹³¹I 治疗区环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	点位描述	检测状态	检测结果 (nSv/h)	标准差 (nSv/h)
C1	分装质控室东墙外 30cm 处	/	125	1.4
C2	分装质控室南墙外 30cm 处		117	1.5
C3	分装质控室西墙外 30cm 处		146	1.9
C4	分装质控室北墙外 30cm 处		127	1.2
C5	分装质控室东防护门外 30cm 处		118	1.1
C6	分装质控室南防护门外 30cm 处		112	1.5
C7	分装质控室西防护门外 30cm 处		115	1.2
C8	分装质控室南墙服碘窗口外 30cm 处		109	2.1
C9	分装质控室室顶上方距地 30cm 处		95.9	0.3
C10	分装质控室室顶上方距地 100cm 处		91.0	0.3
C11	手套箱表面 30cm 处	手提铅罐时, ¹³¹ I 转移至分装仪过 程中, 药物活度 364.56mCi	104	0.9
C12	手套箱铅玻璃观察窗外 30cm 处		104	0.9
C13	手套箱手孔外 30cm 处		108	1.7
C14	手提铅罐时工作人员手部(μ Sv/h)		7.73	0.05
C15	手提铅罐时工作人员身体		493	2.2
C16	打开铅罐时工作人员手部(μ Sv/h)	打开铅罐的瞬间	218	1.9
C17	打开铅罐时工作人员身体(μ Sv/h)		3.32	0.03
C18	分装仪表面 30cm 处(μ Sv/h)	¹³¹ I 装入分装仪后	1.67	0.02
C19	服碘室东墙外 30cm 处	病人服药时, 房间 内病人 1 人数, 药 物活度 120mCi	125	1.3
C20	服碘室南墙外 30cm 处		114	1.2
C21	服碘室西墙外 30cm 处		153	1.8
C22	服碘室北墙外 30cm 处		117	1.3
C23	服碘室南防护门外 30cm 处		175	1.5
C24	服碘室北防护门外 30cm 处		177	1.3
C26	服碘室室顶上方距地 30cm 处		94.8	0.3
C27	服碘室室顶上方距地 100cm 处		89.3	0.3
C28	甲亢留观室东墙外 30cm 处	病房内病人 1 人、 服用药物的剂量 7mCi	128	0.9
C29	甲亢留观室南墙外 30cm 处		118	1.6
C30	甲亢留观室西墙外 30cm 处		115	1.2
C31	甲亢留观室北墙外 30cm 处(附设试剂 库)		126	1.3
C32	甲亢留观室东防护门外 30cm 处		160	1.1
C33	甲亢留观室室顶上方距地 30cm 处		94.4	0.3
C34	甲亢留观室室顶上方距地 100cm 处		89.6	0.3
C35	甲亢留观室卫生间		149	1.4
C36	甲癌病房 1 东墙外 30cm 处	病房内病人 1 人、 服用药物的剂量 120mCi	127	1.5
C37	甲癌病房 1 西墙外 30cm 处		128	1.5
C38	甲癌病房 1 北墙外 30cm 处		131	1.6
C39	甲癌病房 1 北防护门外 30cm 处		158	1.8
C40	甲癌病房 1 室顶上方距地 30cm 处		96.3	0.4
C41	甲癌病房 1 室顶上方距地 100cm 处		89.2	0.4
C42	甲癌病房 1 卫生间		131	2.1
C43	甲癌病房 2 东墙外 30cm 处(洁具间)		130	2.0
C44	甲癌病房 2 西墙外 30cm 处		127	2.6
C45	甲癌病房 2 北墙外 30cm 处		129	1.5
C46	甲癌病房 2 北防护门外 30cm 处		156	1.8
C47	甲癌病房 2 室顶上方距地 30cm 处	95.8	0.6	

C48	甲癌病房 2 室顶上方距地 100cm 处		90.9	0.6
C49	甲癌病房 2 卫生间		154	1.6
C50	甲癌病房 3 东墙偏北外 30cm 处 (污洗间)		133	1.6
C51	甲癌病房 3 东墙偏南外 30cm 处 (污物间)		133	2.1
C52	甲癌病房 3 西墙外 30cm 处		132	1.7
C53	甲癌病房 3 北墙外 30cm 处		130	1.6
C54	甲癌病房 3 北防护门外 30cm 处		156	1.9
C55	甲癌病房 3 室顶上方距地 30cm 处		96.3	1.0
C56	甲癌病房 3 室顶上方距地 100cm 处		92.0	0.4
C57	甲癌病房 3 卫生间		136	1.3
C58	出院检测间东墙外 30cm 处	房间内病人 1 人, 记录药物剂量 120mCi	119	1.5
C59	出院检测间西墙外 30cm 处		125	2.5
C60	出院检测间北墙外 30cm 处		121	1.2
C61	出院检测间北防护门外 30cm 处		133	1.6
C62	出院检测间室顶上方距地 30cm 处		95.5	0.4
C63	出院检测间室顶上方距地 100cm 处		89.4	0.3
C64	抢救治疗室东墙外 30cm 处	房间内病人 1 人, 药物剂量 130mCi	129	1.4
C65	抢救治疗室南墙外 30cm 处		129	1.2
C66	抢救治疗室西墙外 30cm 处		128	1.1
C67	抢救治疗室北墙外 30cm 处		127	1.3
C68	抢救治疗室南防护门外 30cm 处		153	1.2
C69	抢救治疗室北防护门外 30cm 处		152	1.5
C70	抢救治疗室室顶上方距地 30cm 处		96.6	0.4
C71	抢救治疗室室顶上方距地 100cm 处	91.2	0.4	
C72	污洗间东墙外 30cm 处	/	127	1.4
C73	污洗间南墙外 30cm 处	/	126	0.7
C74	污洗间西墙外 30cm 处	/	122	1.6
C75	污洗间北墙外 30cm 处	/	130	1.5
C76	污洗间南防护门外 30cm 处	/	114	0.9
C77	污洗间北防护门外 30cm 处	/	115	1.5
C78	污洗间室顶上方距地 30cm 处	/	99.2	0.5
C79	污洗间室顶上方距地 100cm 处	/	93.4	0.3
C80	甲亢患者走廊内	/	112	1.5
C81	甲亢患者走廊东墙外 30cm 处	/	135	2.2
C82	甲亢患者走廊南墙外 30cm 处	/	120	3.9
C83	甲亢患者走廊西墙外 30cm 处	/	130	1.8
C84	甲亢患者走廊北墙外 30cm 处	/	128	1.5
C85	甲亢患者走廊东防护门外 30cm 处	/	149	1.4
C86	甲亢患者走廊南防护门外 30cm 处	/	136	2.8
C87	甲亢患者走廊室顶上方距地 30cm 处	/	97.8	0.4
C88	甲亢患者走廊室顶上方距地 100cm 处	/	91.5	0.6
C89	甲癌病房区患者走廊内	/	123	2.5
C90	甲癌病房区患者走廊东墙外 30cm 处	/	132	1.9
C91	甲癌病房区患者走廊西墙外 30cm 处	/	119	1.8
C92	甲癌病房区患者走廊北墙外 30cm 处	/	129	1.5
C93	甲癌病房区患者走廊东防护门外 30cm 处	/	132	1.8

C94	甲癌病房区患者走廊西防护门外 30cm 处	/	132	1.8
C95	甲癌病房区患者走廊北防护门外 30cm 处	/	144	1.3
C96	甲癌病房区患者走廊室顶上方距地 30cm 处	/	96.3	0.6
C97	甲癌病房区患者走廊室顶上方距地 100cm 处	/	90.1	0.5
C98	固废间东墙外 30cm 处	/	131	2.0
C99	固废间南墙外 30cm 处	/	118	1.7
C100	固废间西墙外 30cm 处	/	129	1.7
C101	固废间北墙外 30cm 处	/	130	1.3
C102	固废间东防护门外 30cm 处	/	119	1.9
C103	固废间南防护门外 30cm 处	/	112	1.4
C104	固废间衰变箱表面 30cm 处	/	137	2.1
C105	污被服间东墙外 30cm 处	/	128	1.7
C106	污被服间南墙外 30cm 处	/	127	1.3
C107	污被服间西墙外 30cm 处	/	128	1.2
C108	污被服间北墙外 30cm 处	/	129	1.4
C109	污被服间南防护门外 30cm 处	/	115	1.0
C110	甲癌病房入口防护门外 30cm 处	/	150	1.5
C111	甲癌病房入口墙体外 30cm 处	/	129	1.4
C112	患者出口防护门外 30cm 处	/	114	1.1
C113	患者出口西墙外 30cm 处	/	131	1.8
C114	控制室	/	133	1.3
C115	卫生通过间	/	127	1.7
C116	去污冲洗间	/	128	1.3
C117	污物间	/	120	1.8
C118	洁净被服间	/	114	1.6
C119	备餐室	/	121	1.5
C120	2#处理系统衰变池上方	/	129	1.3
C121	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门上门缝	设备工作电压 140kV, 工作电流 2.5mA; 注射药物为 ¹³¹ I 时, 注射药物剂量 120mCi: (已注射 3 天)	150	1.0
C122	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门左门缝		142	1.8
C123	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门下门缝		138	0.8
C124	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门右门缝		139	1.0
C125	SPECT-CT 机房 1 室东侧防护门中间位置		134	1.8
C126	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门上门缝		145	1.2
C127	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门左门缝		137	1.0
C128	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门下门缝		140	1.0
C129	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门右门缝		138	1.6
C130	SPECT-CT 机房 1 室西侧防护门中间位置		135	1.3
C131	SPECT-CT 机房 1 室东墙外 30cm 处		130	1.0
C132	SPECT-CT 机房 1 室南墙外 30cm 处		144	1.7
C133	SPECT-CT 机房 1 室西墙外 30cm 处		134	1.6
C134	SPECT-CT 机房 1 室北墙外 30cm 处		142	1.6
C135	SPECT-CT 机房 1 室西墙观察窗外 30cm 处		137	1.4

C136	SPECT-CT 机房 1 室操作位		129	1.2
C137	SPECT-CT 机房 1 室室顶上方距地 30cm 处		96.5	0.3
C138	SPECT-CT 机房 1 室室顶上方距地 100cm 处		94.2	0.4
C139	摆位时工作人员身体		253	3.3

表 7-4 敏感目标环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	点位描述	检测结果 (nSv/h)	标准差 (nSv/h)
M1	南侧约 8m 处院内综合楼	93.8	0.4
M2	西侧约 8m 处院内华康楼	90.5	1.2
M3	西南侧约 17m 处院内 D 病房楼	95.9	0.4
M4	东侧约 40m 处院外家属楼	81.3	0.4
M5	北侧约 8m 处院内配电机房	85.0	0.6

表 7-5 PET-CT 诊断区 β 表面污染水平监测结果

点位编号	点位描述	β 表面污染 (Bq/cm ²)
D1	分装质控室地面	0.12
D2	分装质控室墙面	0.08
D3	手套箱表面	0.00
D4	手套箱手孔表面	ND
D5	手套箱铅玻璃观察窗表面	0.23
D6	注射间地面	0.05
D7	注射间墙面	0.00
D8	注射窗口表面	0.31
D9	废物间地面	0.12
D10	废物间墙面	0.07
D11	衰变箱表面	0.07
D12	PET-CT 机房 1 室地面	ND
D13	PET-CT 机房 1 室墙面	ND
D14	PET-CT 设备表面	0.03
D15	PET-CT 机房 2 北侧患者走廊地面	0.15
D16	PET-CT 机房 2 北侧患者走廊墙面	0.07
D17	PET-CT 机房 2 东侧患者走廊地面	0.16
D18	PET-CT 机房 2 东侧患者走廊墙面	0.07
D19	注射后候诊室 1 地面	0.18
D20	注射后候诊室 1 墙面	0.09
D21	注射后候诊室 1 卫生间地面	0.21
D22	注射后候诊室 1 卫生间墙面	0.15
D23	注射后候诊室 2 地面	0.19
D24	注射后候诊室 2 墙面	0.08
D25	注射后候诊室 2 卫生间地面	0.21
D26	注射后候诊室 2 卫生间墙面	0.14
D27	留观抢救室地面	0.16
D28	留观抢救室地面	0.05
D29	留观抢救室卫生间地面	0.13
D30	留观抢救室卫生间墙面	0.16
D31	洁具间地面	0.05

D32	洁具间墙面	0.07
D33	校准源储源室地面	0.12
D34	校准源储源室地面	0.06
D35	卫生通过间地面	0.12
D36	卫生通过间墙面	0.10
D37	淋浴间地面	0.18
D38	淋浴间墙面	0.14
D39	PET 候诊区地面	0.18
D40	PET 候诊区墙面	0.06
D41	控制室地面	0.15
D42	控制室墙面	0.07
D43	淋浴间洗手池表面	ND
D45	注射间洗手池表面	0.05
D46	注射后候诊室 1 卫生间洗手池表面	0.52
D47	注射后候诊室 1 卫生间马桶表面	2.74
D48	注射后候诊室 2 卫生间洗手池表面	0.27
D49	注射后候诊室 2 卫生间马桶表面	4.03
D50	留观抢救室卫生间洗手池表面	0.01
D51	留观抢救室卫生间马桶表面	ND
D52	控制室洗手池表面	ND
D53	污物桶表面	ND

注：以上点位 α 表面污染检测结果为未检出。

表 7-6SPECT-CT 诊断区 β 表面污染水平监测结果

点位编号	点位描述	β 表面污染 (Bq/cm ²)
E1	储源间地面	0.18
E2	储源间墙面	0.09
E3	储源柜表面	0.06
E4	分装质控室地面	0.18
E5	分装质控室墙面	0.08
E6	手套箱表面	ND
E7	手套箱手孔表面	ND
E8	手套箱铅玻璃观察窗表面	0.12
E9	注射室地面	0.04
E10	注射室墙面	0.03
E11	注射窗口表面	0.21
E12	运动负荷室地面	0.20
E13	运动负荷室墙面	0.12
E14	废物间地面	0.18
E15	废物间墙面	0.08
E16	衰变箱表面	0.08
E17	SPECT-CT 机房 1 室地面	ND
E18	SPECT-CT 机房 1 室墙面	ND
E19	SPECT-CT 设备表面	0.01
E20	患者走廊地面	0.16
E21	患者走廊墙面	0.05
E22	洁具间地面	0.06
E23	洁具间墙面	0.07
E24	注射后候诊室地面	0.19

E25	注射后候诊室墙面	0.06
E26	注射后候诊室无障碍卫生间地面	0.03
E27	注射后候诊室无障碍卫生间墙面	0.04
E28	留观抢救室地面	0.19
E29	留观抢救室地面	0.05
E30	留观抢救室卫生间地面	0.05
E31	留观抢救室卫生间墙面	0.06
E32	卫生通过间地面	0.18
E33	卫生通过间墙面	0.09
E34	去污冲洗间地面	0.18
E35	去污冲洗间墙面	0.16
E36	控制室地面	0.15
E37	控制室墙面	0.04
E38	去污冲洗间洗手池表面	ND
E39	运动负荷室洗手池表面	ND
E40	分装质控室洗手池表面	0.04
E41	注射后候诊室卫生间洗手池表面	0.04
E42	注射后候诊室卫生间马桶表面	4.03
E43	留观抢救室卫生间洗手池表面	ND
E44	留观抢救室卫生间马桶表面	0.20
E45	污物桶表面	ND

注：以上点位 α 表面污染检测结果为未检出。

表 7-7¹³¹I 治疗区 β 表面污染水平监测结果

点位编号	点位描述	β 表面污染 (Bq/cm ²)
F1	抢救治疗室地面	0.16
F2	抢救治疗室墙面	0.03
F3	备餐室地面	0.17
F4	备餐室墙面	0.05
F5	卫生通过间地面	0.18
F6	卫生通过间墙面	0.15
F7	去污冲洗间地面	0.21
F8	去污冲洗间墙面	0.15
F9	分装质控室地面	0.27
F10	分装质控室墙面	0.10
F11	手套箱表面	ND
F12	手套箱手孔表面	0.06
F13	手套箱铅玻璃观察窗表面	0.37
F14	分装仪表面	0.34
F15	服碘室地面	0.21
F16	服碘室墙面	0.12
F17	服碘窗口表面	0.37
F18	固废间地面	0.21
F19	固废间墙面	0.08
F20	衰变箱表面	0.08
F21	污被服间地面	0.16
F22	污被服间墙面	0.09
F23	甲亢留观室地面	0.19
F24	甲亢留观室墙面	0.06

F25	甲亢留观室卫生间地面	0.20
F26	甲亢留观室卫生间墙面	0.09
F27	甲亢患者走廊地面	0.19
F28	甲亢患者走廊墙面	0.02
F29	入口走廊地面	0.17
F30	入口走廊墙面	0.02
F31	出口走廊地面	0.17
F32	出口走廊墙面	ND
F33	甲癌病房区患者走廊地面	0.19
F34	甲癌病房区患者走廊墙面	ND
F35	甲癌病房 1 地面	0.17
F36	甲癌病房 1 墙面	0.03
F37	甲癌病房 1 卫生间地面	0.19
F38	甲癌病房 1 卫生间墙面	0.10
F39	甲癌病房 2 地面	0.16
F40	甲癌病房 2 墙面	0.04
F41	甲癌病房 2 卫生间地面	0.12
F42	甲癌病房 2 卫生间墙面	0.14
F43	甲癌病房 3 地面	0.16
F44	甲癌病房 3 墙面	0.02
F45	甲癌病房 3 卫生间地面	0.21
F46	甲癌病房 3 卫生间墙面	0.12
F47	洁具间地面	0.08
F48	洁具间墙面	0.09
F49	污洗间地面	0.06
F50	污洗间墙面	0.07
F51	污物间地面	0.00
F52	污物间墙面	0.07
F53	控制室地面	0.17
F54	控制室墙面	0.07
F54-1	去污冲洗间洗手池表面	0.01
F55	分装质控室洗手池表面	0.61
F56	护士站洗手池表面	ND
F57	甲亢留观室卫生间洗手池表面	0.95
F58	甲亢留观室卫生间马桶表面	8.55
F59	甲癌病房 1 卫生间洗手池表面	2.64
F60	甲癌病房 1 卫生间马桶表面	7.74
F61	甲癌病房 2 卫生间洗手池表面	3.14
F62	甲癌病房 2 卫生间马桶表面	10.78
F63	甲癌病房 3 卫生间马桶表面	0.94
F64	甲癌病房 3 卫生间马桶表面	8.45
F65	污物桶表面	0.32

注：以上点位 α 表面污染检测结果为未检出。

表 7-8 核医学工作场所废水总放射性监测结果

点位编号	点位描述	样品编号	总 β 放射性 (Bq/L)
S1	1#处理系统衰变池总排口	W03LY2510001	1.68
		W03LY2510002	1.40
		W03LY2510003	1.55

S2	2#处理系统衰变池总排口	W03LY2510004	0.373
		W03LY2510005	0.310
		W03LY2510006	0.443

表 7-9 核医学工作场所土壤放射性监测结果

测点编号	点位描述	总β放射性检测结果 (Bq/kg)
T1	核医学工作场所附近绿化带 (表层样)	428
D1	核医学工作场所附近土壤	541

注：本次评价借用本医院门诊楼核医学场所退役项目验收监测报告（报告编号：鲁环辐检（2025）第 S1201 号）中土壤检测点位 D1。

监测结果分析：

由表 7-1、7-2 和 7-4 可知，非工作状态下，核医学科 PET-CT 诊断区环境γ辐射空气吸收剂量率为（87.3~166）nSv/h、SPECT-CT 诊断区环境γ辐射空气吸收剂量率为（86.3~128）nSv/h、周边敏感目标环境γ辐射空气吸收剂量率为（81.3~95.9）nSv/h，均处于临沂市环境天然辐射水平的正常波动范围内。工作状态下，核医学科 PET-CT 诊断区环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 297nSv/h、SPECT-CT 诊断区环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 183nSv/h，低于环评批复、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h 的要求。

由表 7-3 可知，¹³¹I 治疗区环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 177nSv/h，低于环评批复、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h 的要求。

由表 7-5~7-7 可知，核医学科验收区域控制区表面污染监测结果最大值为 10.78Bq/cm²，监督区表面污染监测结果最大值为 0.18Bq/cm²，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的放射性表面污染控制水平要求。

由表 7-8 可知，两套处理系统衰变池废水排放口总β放射性最大为 1.68Bq/L，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《山东省医疗机构污染物排放控制标准》（DB37/596-2020）中放射性废液总β不大于 10Bq/L 的限值要求。

由表 7-9 可知，土壤放射性总β放射性为（428~541）Bq/kg，参照《南水北调东线山东段沿线土壤的放射性水平》（邓太平、许家昂等，中国辐射卫生 2006 年 12 月第 15 卷第 4 期）中南水北调山东段沿线土壤中的总β放射性水平范围为（5.10~8.58）×10²Bq·kg⁻¹，本项目土壤中总β放射性基本处于正常水平。

7.3 职业人员与公众成员受照剂量

1.居留因子

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)选取,见下表 7-10。

表 7-10 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		停留位置	备注
	典型值	范围		
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区域	/
部分居留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室	/
偶然居留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯	/

2.照射时间

各核素使用过程中每项最长操作时间见表 7-11。

表 7-11 核素各操作项最长操作时间汇总表 (h/a)

核素名称	操作项					
	分装	转移	取药	注射	摆位	扫描
^{99m} Tc	/	2.08	27.78	83.33	166.67	3333.33
¹⁸ F	8.33	/	20.83	62.5	125	2500
⁸⁹ Sr	/	/	0.694	2.083	/	/
³² P	/	/	0.267	0.8	/	/
¹³¹ I	/	3.333 (转移铅罐)	0.278 (打开铅罐)	10 (甲癌查房)	5	100

3.职业人员个人累积剂量监测结果

本项目核医学科工作人员共 12 人,医生、护士及技师各 4 人。目前暂无仅从事该项目的个人剂量检测报告,根据本次检测结果和环评预测结果进行估算工作人员个人累积剂量。经与医院沟通核实,取药、注射过程由护士负责,患者摆位、扫描过程由技师负责,药物分装、转移铅罐、打开铅罐、指导服药、甲癌查房等过程由医生负责。

工作人员年有效剂量计算见表 7-12、7-16。

表 7-12 使用 ¹⁸F 过程中工作人员辐射年有效剂量

操作项	部位	剂量率 (μSv/h)	居留因子	停留人员	时间 (h/a)	最大年有效剂量 (mSv/a)
分装	手部	162	/	医生	8.33	1.3495
	身体	2.79			8.33	0.0232
取药	手部	59.4		护士	20.83	1.2373

注射	身体	25.4	1	技师	20.83	0.5291
	手部	59.4			62.5	3.7125
	身体	25.4			62.5	1.5875
摆位	手部	59.4			125	7.4250
	身体	25.4			125	3.1750
扫描	手部	0.131			2500	0.3275
	身体	0.131	2500	0.3275		

注：检测时，技师未进入机房摆位，本次摆位技师的手部和身体剂量率采用取药/注射的剂量率。

表 7-13 使用 ^{99m}Tc 过程中工作人员辐射年有效剂量

操作项	部位	剂量率 (μSv/h)	居留因子	停留人员	时间 (h/a)	最大年有效剂量 (mSv/a)
转移	手部	0.165	/	医生	2.08	0.0003
	身体	0.161			2.08	0.0003
取药	手部	0.170		护士	27.78	0.0047
	身体	0.148			27.78	0.0041
注射	手部	42.0		83.33	83.33	3.4999
	身体	0.724			83.33	0.0603
摆位	手部	0.202	技师	166.67	0.0337	
	身体	0.202		166.67	0.0337	
扫描	手部	0.125	1	3333.3	0.4167	
	身体	0.125		3333.3	0.4167	

表 7-14 使用 ⁸⁹Sr 过程中工作人员辐射年有效剂量

操作项	部位	剂量率 (μSv/h)	居留因子	停留人员	时间 (h/a)	最大年有效剂量 (mSv/a)
取药	手部	1.21	/	护士	0.694	0.0008
	身体	0.224			0.694	0.0002
注射	手部	1.79		2.083	0.0037	
	身体	0.295		2.083	0.0006	

表 7-15 使用 ³²P 过程中工作人员辐射年有效剂量

操作项	部位	剂量率 (μSv/h)	居留因子	停留人员	时间 (h/a)	最大年有效剂量 (mSv/a)
取药	手部	1.3	/	护士	0.267	0.0003
	身体	0.25			0.267	0.0001
注射	手部	1.93		1.067	0.0021	
	身体	0.318		1.067	0.0003	

表 7-16 使用 ¹³¹I 过程中工作人员辐射年有效剂量

操作项	部位	剂量率 (μSv/h)	居留因子	停留人员	时间 (h/a)	最大年有效剂量 (mSv/a)
转移铅罐	手部	7.73	/	医生	3.333	0.0258
	身体	0.493			3.333	0.0016
打开铅罐	手部	218			0.278	0.0606
	身体	3.32			0.278	0.0009
甲癌查房	手部	681.59		10	6.8159	
	身体	681.59		10	6.8159	
摆位	手部	0.253	技师	5	0.0013	
	身体	0.253		5	0.0013	

扫描	手部	0.129	1		100	0.0129
	身体	0.129			100	0.0129

注：检测时，医生未进入甲癌病房进行查房，本次甲癌查房医生的手部和身体剂量率采用环评预测的剂量率。

由以上表格计算可知，本次验收涉及的 12 名职业工业人员中人均手部年当量剂量最大值为 2.11mSv/a、人均身体年有效剂量最大值为 1.71mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员四肢 500mSv/a、身体部位 20mSv/a 的剂量限值，也低于环评和本次验收提出的 5.0mSv/a 的管理约束限值。

表 7-17 辐射工作人员个人累积剂量统计表

个人剂量计累积剂量范围	个人剂量计人数
管理约束值（5mSv/a）以内	12 人
管理约束值（5mSv/a）~标准限值（20mSv/a）	0 人
大于标准限值（20mSv/a）	0 人

4.公众成员受照剂量

本次验收区域公众人员可达位置的受照剂量见表 7-18。

表 7-18 公众成员剂量核算

方位	剂量率(nSv/h)	居留因子	受照时间 (h)	扣除背景受照剂量后⑤年有效剂量 (mSv/a)			
地下一层核医学工作场所	PET-CT 诊断区患者走廊东侧出口门禁外	97.3	走廊	1/5	250×8=2000	0.0044	
	PET-CT 诊断区所患者走廊东墙外	132				0.0183	
	PET/CT 机房 2 室东墙外	128				0.0167	
	SPECT/CT 诊断区患者走廊北侧出口门禁外	152				0.0263	
	SPECT/CT 诊断区患者走廊北墙外	141				0.0219	
	东侧（补风机房）	SPECT/CT 诊断区患者走廊东墙北段墙外	140	偶然居留	1/20	250×8=2000	0.0591
		SPECT/CT 诊断区留观抢救室卫生间北墙外	141				0.0602
	东侧（缓冲间，通往衰变池，有门禁）	SPECT/CT 诊断区注射后候诊室卫生间南墙外	147	偶然居留	1/20	250×8=2000	0.0061
	东侧（患者入口走廊）	SPECT/CT 诊断区患者走廊南侧入口门禁外	149	走廊	1/5	250×8=2000	0.0251
		SPECT/CT 诊疗场所患者走廊南墙外	144				0.0231
甲癌病房入口墙体外		129	0.0171				
甲癌病房入口防护门外		150	0.0255				
	甲癌病房区患者走廊北墙	129				0.0171	

	外					
	甲癌病房区患者走廊东墙外	132				0.0183
	甲癌病房区患者走廊东防护门外	132				0.0183
东侧（病史采集室）	甲癌病房区抢救治疗室东墙外	129	部分居留	1/2	2×50×3=300①	0.0064
东侧（洁净被服间）	甲癌病房区污洗间东墙外	127	偶然居留典型值	1/16	250×8=2000	0.0051
西侧（楼梯、电梯口）	甲癌病房区患者出口门禁外	132	偶然居留	1/40	250×8=2000	0.0023
西侧（预留实验室区域）	甲允留观室西墙外	115	全居留	1	50×8=400②	0.0115
西侧（PET候诊区）	分装质控室西墙外	139	偶然居留（无人护理）	1/20	250×8=2000	0.0053
	注射间西墙外	148				0.0062
	PET-CT 诊断区患者走廊西墙外	140				0.0054
	PET-CT 诊断区患者走廊西侧入口门禁外	94.1				0.0008
	注射后候诊室 1 南墙外	146				0.0060
西侧（医护办公梯）	注射后候诊室 1 西墙外	109	偶然居留	1/40	250×8=2000	0.0011
上方（肠镜治疗室）	PET/CT 分装质控室、注射间室顶外（仅分装、注射过程）	96.9	全居留	1	250×3=750③	0.0080
	PET/CT 机房 1 室室顶外	96.7	全居留	1	250×8=2000	0.0208
上方（患者通道）	PET/CT 机房 1 室和 2 室室顶外	96.7	部分居留	1/5	250×8=2000	0.0042
上方（过道、男更衣值班室、男卫）	PET/CT 注射后候诊室 1 室顶外	104	部分居留	1/5	250×8=2000	0.0071
上方（女更衣值班室、女卫）	PET/CT 注射后候诊室 2 室顶外	104	部分居留	1/5	250×8=2000	0.0071
上方（主任办公室）		104	全居留	1	250×8=2000	0.0354
上方（示教室）	PET/CT 留观抢救室室顶外	104	部分居留典型值	1/4	250×8=2000	0.0089
上方（耗材库、资料室）	PET/CT 机房 2 室室顶外	96.7	偶然居留	1/20	250×8=2000	0.0010
上方（医护通道）	PET/CT 患者走廊室顶外	94.4	部分居留	1/5	250×8=2000	0.0032
上方（小肠诊疗室、ERCP 诊疗室）	SPECT/CT 分装质控室、注射室、运动负荷室室顶外	95.0	全居留	1	250×8=2000	0.0174
上方（排风机房）	SPECT/CT 注射后候诊室室顶外	96.3	偶然居留典型值	1/16	250×8=2000	0.0013
上方（洗消间）	SPECT/CT 注射后候诊室室顶外	96.3	偶然居留典型值	1/16	250×8=2000	0.0013
上方（镜库）	SPECT/CT 留观抢救室室顶外	95.0	偶然居留典型值	1/16	250×8=2000	0.0011

上方（胃镜检查室）	SPECT/CT 机房 1 室室顶外	95.9	全居留	1	250×8=2000	0.0192
上方（综合手术室）	SPECT/CT 机房 2 室、患者走廊室顶外		全居留	1	250×8=2000	0.0192
上方（医护通道）			部分居留	1/5	250×8=2000	0.0038
上方（候诊预约大厅，有咨询台）	甲亢留观室室顶外	94.4	全居留	1	50×8=400②	0.0032
上方（VIP 诊室）	甲癌病房 1 室顶外	96.3	全居留	1	250×8=2000	0.0200
上方（配电室）	甲癌病房 2~3、污洗间室顶外	99.2	偶然居留典型值	1/16	250×8=2000	0.0016
上方（走廊）	患者走廊室顶外	96.3	部分居留	1/5	250×8=2000	0.0040
上方（家属等候区、卫生间）	分装质控室、服碘室室顶外	95.9	偶然居留典型值	1/16	2×50×4=400④	0.0002
上方（VIP 诊室）	抢救治疗室室顶外	96.6	全居留	1	2×50×3=300①	0.0031
①抢救治疗室：每周使用 2 天，每天使用时间 3h，则 2×50×3=300h； ②甲亢留观室：每周使用 1 天，每天使用时间 8h，则 50×8=400h； ③PET/CT 分装质控室、注射间：仅分装、注射过程，每周使用 5 天，每天使用时间 3h，则 5×50×3=750h； ④ ¹³¹ I 分装质控室、服碘室：仅分装、服碘过程，每周使用 2 天，每天使用时间 4h，则 2×50×4=400h； ⑤以关机状态下 PET-CT 机房和 SPECT-CT 机房室顶上方最小检测结果（86.3nSv/h）作为背景受照剂量。						

由本报告评价内容可知，各场所外剂量率均满足标准要求，考虑墙体、土层、距离等防护作用，不再考虑互相之间对公众成员的叠加影响。根据表 7-18 可知，地下一层核医学工作场所周围公众成员年有效剂量最大为 0.0602mSv/a。保护目标均位于核医学工作场所外，考虑墙体、土层、距离等防护作用，本项目地下一层核医学工作场所周围 50m 评价范围内 5 处保护目标处公众成员年有效剂量均低于 0.092mSv/a。

综上所述，本项目公众人员受照年有效剂量最大值为 0.0602mSv/a，该年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定公众人员的剂量限值 1mSv/a，也均低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中公众照射剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求。

表 8 验收监测结论

按照国家有关环境保护的法律法规，该项目进行了环境影响评价，履行了建设项目环境影响审批手续，项目配套建设环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

8.1 项目概况

临沂市中心医院核医学工作场所应用项目位于山东省临沂市沂水县城健康路17号，临沂市中心医院科研医技综合楼地下一层。本项目核医学工作场所日等效最大操作量为 $3.564 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本次验收内容：①使用锝-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) 进行 SPECT-CT 放射诊断（直接购买分装包装好的针剂）；②使用氟-18 (^{18}F) 进行 PET-CT 放射诊断；③使用锶-89 (^{89}Sr) 进行骨转移癌的疼痛治疗；④使用磷-32 (^{32}P) 进行血液系统疾病的治疗；⑤使用碘-131 (^{131}I) 进行甲功测定、甲亢治疗、甲癌治疗。本项目 1 台 SPECT-CT 和 1 台 PET-CT 属于 III 类射线装置；PET 装置的日常维护需使用 IV 类或 V 类放射源，医院已于建设项目环境影响登记表备案系统（山东省）对其进行备案，对于 SPECT-CT/PET-CT 在 CT 使用过程中机房需采取的安全设施包含在本次验收范围。

8.2 现场监测结果

验收监测期间，非工作状态下，核医学科 PET-CT 诊断区环境 γ 辐射空气吸收剂量率为(87.3~166)nSv/h、SPECT-CT 诊断区环境 γ 辐射空气吸收剂量率为(86.3~128)nSv/h、周边敏感目标环境 γ 辐射空气吸收剂量率为(81.3~95.9)nSv/h，均处于临沂市环境天然辐射水平的正常波动范围内。工作状态下，核医学科 PET-CT 诊断区环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 297nSv/h、SPECT-CT 诊断区环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 183nSv/h，低于环评批复、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

验收监测期间， ^{131}I 治疗区环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果最大值为 177nSv/h，低于环评批复、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

验收监测期间，核医学科验收区域控制区表面污染监测结果最大值为 10.78Bq/cm²，监督区表面污染监测结果最大值为 0.18Bq/cm²，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的放射性表面污染控制水平要求。

验收监测期间，两套处理系统衰变池废水排放口总 β 放射性最大为 1.68Bq/L，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《山东省医疗机构污染物排放控制标准》（DB37/596-2020）中放射性废液总 β 不大于 10Bq/L 的限值要求。

验收监测期间，土壤放射性总 β 放射性为（428~541）Bq/kg，参照《南水北调东线山东段沿线土壤的放射性水平》（邓大平、许家昂等，中国辐射卫生 2006 年 12 月第 15 卷第 4 期）中南水北调山东段沿线土壤中的总 β 放射性水平范围为（5.10~8.58） $\times 10^2$ Bq \cdot kg $^{-1}$ ，本项目土壤中总 β 放射性基本处于正常水平。

8.3 职业人员与公众受照剂量结果

1. 职业人员受照剂量结果

根据本次验收监测结果估算，本次验收涉及的 12 名职业工业人员中人均手部年当量剂量最大值为 2.11mSv/a、人均身体年有效剂量最大值为 1.71mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员四肢 500mSv/a、身体部位 20mSv/a 的剂量限值，也低于环评和本次验收提出的 5.0mSv/a 的管理约束限值。

2. 公众受照剂量结果

根据本次验收监测结果估算，本项目公众人员受照年有效剂量最大值为 0.0602mSv/a，该年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定公众人员的剂量限值 1mSv/a，也均低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中公众照射剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求。

8.4 现场检查结果

根据本次验收现场检查，本项目核医学工作场所辐射安全与防护设施已按照环境影响报告表及其审批部门审批决定落实。核医学工作场所布局、分区管理及动线合理、各防护屏蔽措施及设施（电离辐射警告标志、对讲和视频监控、通风、放射性废水收集排放、放射性固废收集贮存）的配置均能正常工作且有效，能够满足辐射安全防护的要求。

8.5 环境管理

1、组织机构

临沂市中心医院签订了《辐射工作安全责任书》，法人代表为辐射工作安全责任人，设置专职机构放射防护办公室并指定专人负责放射性同位素与射线装置的安全和防护工作，指定专人负责放射性同位素的保管工作。

2、安全管理制度

该医院制定了辐射安全防护管理制度。所制定的制度包括：

《辐射防护与安全保卫制度》、《射线装置检修维护管理规定》、《核医学科放射性同位素登记管理制度》、《射线装置与放射性同位素台帐管理制度》等工作制度及辐射安全管理制度。

3、操作规程

制定了《核医学科操作规程》。

4、应急程序

编制并修订了《辐射安全事故应急预案》，并于 2025 年 6 月 20 日组织开展了核医学科钷-90、锶-90 敷贴器放射源丢失应急演练。

5、年度评估

医院按时开展本单位辐射安全和防护状况的年度评估，《临沂市中心医院 2024 年放射性同位素与射线装置安全和防护评估报告》已按要求通过申报系统上传提交。

6、监测方案

医院制定了《临沂市中心医院辐射监测方案》。

7、环保措施的落实情况

(1) 从事放射性工作人员的教育培训

制定了《辐射工作人员辐射安全与防护培训计划》。本项目辐射工作人员均已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习，参加核技术利用辐射安全与防护考核并取得合格成绩报告单，均在有效期内。

(2) 个人剂量

本项目辐射工作人员均配备了个人剂量计（其中负责药物分装与注射等人员均采用双剂量计监测方法），并由山东省医学科学院放射医学研究所负责对个人剂量定期进行监测并出具监测报告，已建立 1 人 1 档。

(3) 警告标志

医院核医学工作场所各房间防护门、衰变箱等位置均设有明显的“当心电离辐射”警告标志；SPECT-CT、PET-CT 机房防护门上方均设置工作状态指示灯，工作正常。

(4) 安全防护情况

根据环评报告和现场查验，各辐射工作场所屏蔽情况与要求一致，已按要求配置急停开关、门机连锁、监控对讲及电离辐射警告标志等防护装置与措施。

(5) 辐射防护用品

医院核医学场所配备活度计 6 台、表面污染检测仪 2 台、辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 4 部。要求医院开展辐射环境监测，并向生态环境部门上报监测数据。

(6) 对全国核技术利用辐射安全申报系统单位信息进行及时维护。

综上所述，临沂市中心医院核医学工作场所应用项目基本落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，辐射安全与防护措施有效，辐射安全管理制度齐全，编制了辐射事故应急预案并进行了应急演练，验收监测结果满足要求，本项目对辐射工作人员和公众成员是安全的，具备建设项目竣工环境保护验收条件。

8.6 要求与建议

结合工作实际，不断完善辐射安全管理制度，定期做好辐射工作人员再培训，加强辐射事故应急演练。