核技术利用建设项目

龙岩市第一医院莲南院区（东区）

PET/CT 放射诊断项目

生态环境影响报告表

（公示稿）

龙岩市第一医院

二〇二六年十一月

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">龙岩市第一医院莲南院区（东区）PET/CT 放射诊断项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">龙岩市第一医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>方*</td><td colspan="2">联系人</td><td>温*葳</td><td>联系电话</td><td>189****9791</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">福建省龙岩市新罗区九一北路 105 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">福建省龙岩市新罗区曹溪街道莲庄南路 1 号
龙岩市第一医院莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层核医学科</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>**</td><td colspan="2">项目环保投资（万元）</td><td>**</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>**%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>325</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="6">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="6">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">☑乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="6">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">□II类 ☑III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

1.1 建设单位情况

龙岩市第一医院始建于 1919 年，原名爱华医院，是一家集医疗、教学、科研于一体的大型综合三级甲等医院、福建省 4 个省级区域医疗中心建设单位之一，也是福建医科大学非行政隶属附属医院。医院由总院、分院两院区组成，其中分院又叫莲南院区，由东区和西区两部分组成，为福建省省级区域医疗中心重点建设项目。医院莲南院区（东区）位于龙岩市新罗区曹溪街道莲庄南路 1 号，总用地面积 17043m^2，总建筑面积 100533m^2，按三级综合医院、708 张住院床位标准建设，设置有门急诊、病房、手术室及医技科室等，于 2020 年建成并投入使用。

龙岩市第一医院坚持“救人为本，运营为道”的办院理念，大力倡导“精医厚德，

诚信仁爱”的医院精神，先后荣获全国文明单位、全国卫生计生系统先进集体、全国改善医疗服务示范医院、全省卫生计生系统先进集体等荣誉。医院先后获批原国家卫生和计划生育委员会脑卒中筛查与防治基地（高级脑卒中中心）、中国胸痛中心、中国房颤中心、中华中医药学会闽粤赣边蛇伤救治基地，13 个国家级住院医师规范化培训基地及 12 个省级住院医师规范化培训基地、2 个省级护理专科培训基地、省新生儿救护分中心、省儿童救治分中心、龙岩市人工辅助生殖中心等国家级和省市级医教研基地。

1.2 建设内容与项目由来

1.2.1 建设内容

为进一步提高龙岩地区医疗卫生服务水平，满足当地医疗需求，医院拟将莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层现有部分建筑空间改建为核医学科 PET/CT 放射诊断区域。该区域现状主要为抽血处及相关配套用房、等候大厅、出入院服务中心等，本项目将拆除原有墙体并建设为 PET/CT 机房及配套核素诊断用房。

在PET/CT机房使用1台PET/CT，最大管电压140kV，最大管电流420mA，属于III类射线装置；在核医学科PET/CT放射诊断区域使用^{18}F和^{68}Ga进行显像诊断，单个患者最大给药活度均为10mCi（370MBq），其中^{18}F日最大诊疗人数为24人，^{68}Ga日最大诊疗人数为6人，合计日最大诊疗人数为30人。考虑放射性药物分批配送及等待使用过程中的物理衰变，并计入^{18}F-FDG质控模体校准用量后，本项目PET/CT放射诊断区域日等效最大操作量约为4.66×10^{7}Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目PET/CT设备不配置密封放射性校准源，PET系统采用^{18}F-FDG质控模体进行定期校准，单次校准使用活度约10mCi，频次约1次/季度。

本项目拟使用射线装置情况见表 1-1，非密封放射性物质情况见表 1-2。

表 1-1　本项目拟使用射线装置情况

序号	设备名称	数量（台）	型号	设备参数	类别	用途	设备安装位置
1	PET/CT	1	PrimeMI 020	最大管电压：140kV 最大管电流：420mA	III类	放射诊断	医疗综合楼南楼一层 PET/CT 机房

表 1-2　本项目拟使用非密封放射性物质一览表

场所名称	核素名称	用途	单个病人最大用量（mCi）	每日最大病人数（人）	实际日最大操作量（Bq）	毒性分组及修正因子	操作方式及修正因子	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）
PET/CT 放射诊断区域	^{18}F	显像诊断（5 天/周，50 周）	10	24	1.49×10^{10}	低毒，0.01	很简单操作，10	1.49×10^{7}	3.63×10^{12}
	^{68}Ga	显像诊断（5 天/周，50 周）	10	6	3.17×10^{9}	低毒，0.01	简单操作，1	3.17×10^{7}	7.93×10^{11}
合计	/	/	/	**30**	/	/	/	**4.66×10^{7}**	/

注：
①本项目 PET/CT 放射诊断区域拟使用 ^{18}F 和 ^{68}Ga 开展 PET/CT 显像诊断，放射性药物均采用外购方式。^{18}F 单个患者最大给药活度为 10mCi，日最大诊疗人数为 24 人；^{68}Ga 单个患者最大给药活度为 10mCi，日最大诊疗人数为 6 人，合计日最大诊疗人数为 30 人。
②本项目放射性药物每日共配送 3 批，其中 ^{68}Ga 配送 1 批，供应 6 名患者使用；^{18}F 分 2 批配送，每批供应 12 名患者使用。根据医院提供的最大工作负荷安排，各患者注射时间间隔约 13min。考虑核素在等待使用过程中的物理衰变，根据各批次患者实际注射时间及核素半衰期反推各批次配送初始活度。经计算，^{68}Ga 日最大初始活度约为**mCi，即**Bq；^{18}F 每批最大初始活度约为**mCi，两批合计约**mCi，即**Bq。
③本项目 PET/CT 设备不配置密封放射性校准源，PET 系统采用 ^{18}F-FDG 质控模体定期进行校准，单次使用活度约 10mCi，频次约 1 次/季度。
④项目年工作 250d，并计入每年 4 次 PET 系统校准用 ^{18}F-FDG，则 ^{18}F 年最大用量约为**Bq，^{68}Ga 年最大用量约为**Bq。

1.2.2 项目由来

根据《关于发布〈射线装置分类办法〉的公告》（生态环境部、国家卫生健康委公告 2026 年第 44 号）可知，PET/CT 属于III类射线装置。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，本项目核医学科 PET/CT 放射诊断区域日等效最大操作量为 4.66×10^{7}Bq，为乙级非密封放射性物质工作场所。

根据《中华人民共和国生态环境法典》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订本）（国务院令第 653 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定，生态环境部令第 20 号）、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版，生态环境部令第 16 号）等国家环境管理相关法律法规的规定，龙岩市第一医院莲南院区（东区）PET/CT 放射诊断项目应进行生态环境影响评价并编制生态环境影响报告表。

龙岩市第一医院于 2026 年 9 月正式委托江西省地质局实验测试大队进行本项目生态

环境影响评价。江西省地质局实验测试大队受委托后，立即组织人员进行现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了本项目的生态环境影响报告表。

1.3 项目地理位置及周边环境

（1）项目位置

龙岩市第一医院莲南院区（东区）位于龙岩市新罗区曹溪街道莲庄南路 1 号，中心坐标为：东经 117°2′20.76″，北纬 25°4′7.49″，地理位置图见图 1-1。本项目拟建 PET/CT 机房及其配套核素诊断场所位于莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层。医疗综合楼为椭圆形建筑，医疗综合楼东侧、西侧为绿化带、院内道路；南侧为院内道路；北侧为绿化带、院内道路、行政楼。拟建核医学科 PET/CT 放射诊断区域东侧为过道；南侧、西侧为院内道路；北侧为过道、等候大厅。拟建核医学科控制区楼上为处置室、过道、空调机房、备用间、物品间、会议室、医生办公室和产前诊断实验室；楼下为土层。

本项目 PET/CT 放射诊断区域及四周相邻工作场所周围环境见下表 1-3。

表 1-3　PET/CT 放射诊断区域及四周相邻工作场所周围环境

名称	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
医疗综合楼	绿化带、院内道路	院内道路	绿化带、院内道路	绿化带、院内道路、行政楼	/	/
核医学科 PET/CT 放射诊断区域	过道	院内道路	院内道路	过道、等候大厅	处置室、过道、空调机房、备用间、物品间、会议室、医生办公室、产前诊断实验室	土层

本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员，以及西门保安亭、停车场和项目所在医疗综合楼 50m 范围内的非本项目工作人员、患者及家属等公众成员。

（2）选址合理性分析

本项目核医学科 PET/CT 放射诊断区域位置独立，充分考虑了周围场所的安全，未毗邻产科、儿科、食堂等部门，与周边非放射性工作场所不交叉，尽可能做到了相对独立布置和集中设置，有单独出、入口，出口未设置在门诊大厅、收费处等人群密集区域。本项目控制区产生的放射性废气经排风管道引至医疗综合楼屋顶以上 3m 处排放，排放口周边 50m 范围内不存在高于该排放口的建筑物。本项目核医学科 PET/CT 放射诊断区域选址符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

1.4 可行性分析

（1）产业政策相符性分析

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》的规定，本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“4、……新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备……”以及“三十七、卫生健康”中的“1、……医疗卫生服务设施建设……”项目，因此龙岩市第一医院莲南院区（东区）PET/CT 放射诊断项目符合国家产业政策要求。

（2）实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践是正当的。

目前，核医学科已在我国各大医院广泛推广，技术已十分成熟，在医疗保障领域起了十分重要的作用。此外射线装置的应用在放射诊断方面有其他技术无法替代的特点。龙岩市第一医院核医学科项目的配置，提高了医院整体医疗水平，为当地病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益。

本项目整体布局较为合理，各工作场所均按相关要求进行了设计，防护措施满足标准要求。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”原则。

1.5 评价目的

（1）对本项目核技术利用场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

（2）通过生态环境影响评价，预测本项目对其周围生态环境影响程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求和减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

（4）提出生态环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目生态环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

（一）许可情况

医院已取得了辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证[00133]，许可的种类和范围为：

使用III、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2030年1月1日。

（二）环保手续履行情况

龙岩市第一医院共计许可使用9枚放射源，设有3处非密封放射性物质工作场所，许可使用射线装置39台。医院已许可密封源见表1-4，医院已许可非密封放射性物质见表1-5，医院已许可射线装置相关情况见表1-6。

表1-4　医院已许可密封源一览表

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	批准的放射性工作场所	类别	环评情况	验收情况
1	Sr-90（Y-90)	1.2E+9×1枚	10号楼二层	V	2004年环评审批意见	2019年8月25日已自主验收
2	Na-22	3.7E+5×6枚	10号楼一层	V	闽环辐评〔2017〕34号	
3	Na-22	3.7E+6×1枚		V		
4	Ir-192	3.7E+11×1枚	7号楼一层	III	2005年环评审批意见	

表1-5　医院已许可非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	等级	使用场所	环评情况	验收情况
1	I-131	9.44E+9	9.44E+8	乙级	10号楼二层	闽环辐评〔2018〕26号	2019年8月25日已自主验收
2	Sr-89	7.4E+8	7.4E+7			闽环辐评〔2018〕26号	
3	I-125（粒子源）	8.88E+9	8.88E+6	丙级	10号楼一层	闽环辐评〔2018〕26号	
4	F-18	3.70E+9	3.70E+6			闽环辐评〔2017〕34号	
5	Tc-99m	2.22E+10	2.22E+8	乙级	3号楼一层	2008年环评审批意见	

表1-6　医院已许可射线装置一览表

序号	设备名称	型号	类别	数量	环评情况	验收情况	使用场所
1	PET-CT	Ingenuity TF	III	1台	闽环辐评〔2017〕34号	2019年8月25日已自主验收	10号楼一层
2	DR	Multix Fusion	III	1台		/	体检楼3层
3	DSA	Allura Xper FD20	II	1台		2019年8月25日已	1号楼8层

4	DSA	Allura Xper FD20	II	1 台		自主验收	
5	DR	Ysio	III	1 台		/	1 号楼负一层
6	DR	DigitalDiagnostik	III	1 台	备案号：20233508020000097	/	
7	DR	Multix Select	III	1 台	闽环辐评〔2017〕34 号	/	
8	CT	Revolution	III	1 台	闽环辐评〔2018〕26 号	/	
9	多层 CT	Brilliance iCT	III	1 台	闽环辐评〔2017〕34 号	/	
10	牙片机	FOCUS	III	1 台	备案号：20193508020000294	/	1 号楼六层
11	口腔全景/头颅 X 射线机	OC200D	III	1 台	闽环辐评〔2017〕34 号	/	
12	口腔 CT	HiRE3D-plus	III	1 台	备案号：20233508020000097	/	
13	移动 DR	MUX-200D	III	1 台		/	1 号楼十一层
14	数字胃肠机	深圳蓝影 7700D	III	1 台	备案号：20243508020000072	/	2 号楼一层
15	DR	Multix Fusion Max	III	1 台	备案号：20203508020000276	/	
16	DR	Multix Fusion Max	III	1 台		/	
17	CT	西门子 SOMATOM Force	III	1 台	已环评	/	
18	骨密度仪	Discovery	III	1 台	闽环辐评〔2018〕26 号	/	3 号楼一层
19	SPECT-CT	DiscoveryNM/CT 670	III	1 台		2019 年 8 月 25 日已自主验收	
20	C 臂透视机	BV-Libra	III	2 台	备案号：20233508020000097	/	5 号楼三层
21	CT	Discovery CT750HD	III	2 台	已环评	/	5 号楼一层
22	C 臂透视机	BV-Vectra	III	1 台	备案号：20233508020000097	/	6 号楼五层
23	移动 DR	MUX-200D	III	1 台		/	6 号楼一层
24	DSA	飞利浦（Azurion 5 M	II	1 台	闽环辐评〔2023〕14 号	2024 年 1 月 6 日已	

		20）				自主验收	
25	DSA	Allura Xper FD20	II	1 台	闽环辐评〔2014〕2 号	2019 年 8 月 25 日已自主验收	
26	直线加速器	Precise Linac	II	1 台	2005 年环评审批意见	2019 年 8 月 25 日已自主验收	7 号楼一层
27	医用电子直线加速器	Synergy VMAT/Mona Co5.0	II	1 台	闽环辐评〔2017〕34 号		
28	模拟定位机	SL-IC	III	1 台	备案号：20183508020000065	/	
29	口腔牙片机	FOCUS	III	1 台	备案号：20193508020000294	/	分院综合楼二楼
30	口腔牙片机	OC200D	III	1 台	备案号：20233508020000097	/	
31	C 臂透视机	PLX116A1	III	1 台	备案号：20193508020000294	/	分院综合楼三楼
32	CT	IQon Spectral CT	III	1 台	备案号：20203508020000276	/	分院综合楼一楼
33	DSA	Uniq Clarity FD20	II	1 台	闽环辐评〔2020〕13 号	2022 年 1 月 21 日已自主验收	
34	数字透视 X 线机	CombiDiagnost R90	III	1 台	备案号：20193508020000294	/	
35	床边 DR	MUX-200D	III	1 台		/	
36	DR	Digital Diagnostics	III	1 台		/	
37	钼靶乳腺机	uMammo 890i	III	1 台	备案号：20233508020000100	/	五号楼二层

医院上述放射性同位素与射线装置均已履行了环评手续，取得了环评批复或生态环境影响登记表备案回执。医院在用的III类放射源，II类射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所均履行了竣工环境保护验收手续。按照现行法律规章，对编制生态环境影响登记表的建设项目没有作出竣工环保验收要求，即不需要对编制生态环境影响登记表的建设项目开展竣工环保验收。综上，医院在用的核技术利用项目环保手续齐全。

（三）辐射安全管理情况

龙岩市第一医院现有辐射工作场所的辐射防护设施运行工作良好，在辐射安全和防

护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

（1）医院已成立放射（辐射）防护管理工作领导小组，全面负责医院辐射安全及应急管理工作。医院已制订《^{18}F-FDG PET-CT 操作规程和质量保证》《核医学科各岗位职责》《放射诊疗防护安全管理制度》《医疗设备维修制度》《放射工作人员放射防护培训制度》《放射防护用品使用制度》《表面污染自主监测制度》《个人剂量监测管理制度》等规章制度，并要求工作人员严格按规章制度要求执行。

（2）医院每年委托有资质的单位对医院辐射工作场所进行监测，监测结果表明，各辐射工作场所周围剂量当量率及非密封放射性物质工作场所表面污染水平均符合相关标准要求。

（3）医院辐射工作场所设置有电离辐射警告标志和工作状态指示灯等。

（4）医院于每年 1 月 31 日前提交上一年年度评估报告，2025 年年度评估报告已上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”进行备案。

（5）医院辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况：

①辐射工作人员培训：医院现有辐射工作人员均已参加国家核技术利用辐射安全与防护知识培训或医院内部自主培训，并取得辐射安全与防护考核合格证书，合格证书在有效期内。

②医院所有工作人员均配有个人剂量计，接受剂量监测，建立个人剂量监测档案并存档，根据医院2025年第三季度至2026年第二季度年度个人剂量监测结果可知，医院辐射工作人员年有效剂量均低于5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准要求。

③医院辐射工作人员均已参加职业健康体检，建立健康体检档案，结果显示均可从事放射工作。

1.7 与“生态环境分区管控”相符性分析

（1）生态保护红线

本项目用地位于龙岩市新罗区曹溪街道莲庄南路 1 号，项目用地不在国家级和省级禁止开发区域内（国家公园、自然保护区、森林公园的生态保育区和核心景观区、风景名胜区的核心景区、地质公园的地质遗迹保护区、世界自然遗产的核心区和缓冲区、湿地公园的湿地保育区和恢复重建区、饮用水水源地的一级保护区、水产种质资源保护区的核心区等），不涉及生态保护红线。

（2）环境质量底线

根据现场监测，本项目拟建 PET/CT 放射诊断区域及周围环境的辐射水平未见明显

异常。根据辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境及公众健康的辐射影响处于可接受水平。本项目运行过程中将产生少量含 ^{18}F、^{68}Ga 放射性废水、放射性固体废物及放射性气溶胶，其中放射性废水经专用管道收集后进入衰变池系统暂存衰变，满足排放要求后排入医院污水处理系统；放射性固体废物分类收集后暂存于固废间，达到清洁解控要求后按医疗废物处理；放射性废气经排风系统收集、过滤后，通过独立排风管道引至医疗综合楼高于屋顶 3m 排放。核医学科运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物经排风系统由排风管道引至医疗综合楼高于屋顶 3m 排放。综上，本项目在落实各项污染防治及辐射防护措施后，符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目运营过程中会消耗一定量的水、电资源，主要来自工作人员的日常工作用水和设施用电，但项目规模小，资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。

（4）生态环境准入清单

根据福建省生态环境分区管控综合查询报告，本项目所在位置属于新罗区东宫下—马坑矿区（ZH35080220005），为重点管控单元。本项目生态环境准入要求符合性分析表见表 1-7。

表 1-7　本项目生态环境准入要求符合性分析表

环境管控单元名称及代码	单元类型	生态环境准入要求		本项目情况	符合性
新罗区东宫下—马坑矿区（ZH35080220005）	重点管控单元	空间布局约束	1.限制开采区内禁止新设露天开采小型以下金属矿采矿权。2.矿山开采需符合《福建省矿产资源总体规划》《福建省打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》《龙岩市打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》等文件要求。	本项目为核医学科PET/CT放射诊断项目，不属于矿山开采及金属矿采选项目，不涉及新设露天开采小型以下金属矿采矿权，亦不涉及上述文件中限制或禁止的矿产资源开发活动。因此，本项目建设与该管控单元空间布局约束要求不冲突。	符合
		污染物排放管控	1. 现有重金属采选企业要完善废水治理设施，选矿废水回用率达到清洁生产国内先进水平。2.新建、改建、扩建规模化畜禽养殖场（小区）要实施雨污分流、粪便污水资源化利用。现有规模化畜禽养殖场（小区）要根据污染防治需要，配套建设粪便污水贮存、处理、利用设施。3.推广低毒、低残留农药使用补助试点经验，开展农作物病虫害绿色防控和统防统治。敏感区域和大中型灌区，应利用现有沟、塘、窖等，配置水生植物群落、格栅和透水坝，建设生态沟渠、污水净化塘、地表径流集蓄池等设施，净化农田排水及地表径流。	本项目为核医学科PET/CT放射诊断项目，不属于重金属矿采选企业，不涉及水污染防治设施提标改造、畜禽养殖污染防治、农药使用以及土壤污染重点监管企业等相关管控内容。项目运行过程中产生的放射性废水、放射性固体废物等按照核医学相关辐射安全与防护要求分类收集、暂存和处置，其他医疗废水、生活污水等依托医院现有污染防治设施处理。因此，本项目符合该管控单元污染物排放管控要求。	符合

		环境风险防控	1.制定环境风险应急预案，成立应急组织机构，配备必要的应急设施和应急物资，定期开展环境风险应急演练。2.建设涉及有毒有害物质的生产装置、储罐和管道，或者建设污水处理池、应急池、固体废物处置设施等存在土壤污染风险的设施，应当按照国家有关标准和规范的要求，设计、建设和安装有关防腐蚀、防泄漏设施和泄漏监测装置，防止有毒有害物质污染土壤和地下水。3.单元内现有化学原料和化学制品制造业、有色金属冶炼和压延加工业等具有潜在土壤污染环境风险的企业等具有潜在土壤污染环境风险的企业退役后，应开展土壤环境状况评估，经评估认为污染地块可能损害人体健康和环境，应当进行修复的，由造成污染的单位和个人负责被污染土壤的修复。4.矿山企业应当对尾矿库、排土场等依法开展风险管控与修复。有重点环境监管尾矿库的企业应当开展土壤污染环境风险检测并定期评估，建立风险管控制度，完善污染治理设施，储备应急物资。	本项目为核医学科PET/CT放射诊断项目，不涉及有毒有害物质生产装置、储罐和输送管道，不属于化学原料和化学制品制造业、有色金属冶炼和压延加工业、矿山企业及土壤污染重点监管单位，不涉及尾矿库、排土场等环境风险设施。项目拟按照核技术利用项目相关要求建立辐射事故应急预案及辐射安全管理制度，配备必要的辐射监测及应急设施设备，落实放射性物质安全管理和事故防范措施。因此，本项目与该管控单元环境风险防控要求不冲突。	符合
		资源开发效率要求	禁止使用、销售高污染燃料，禁止新建、扩建高污染燃料的设备，已建成使用高污染燃料的各类设备应拆除或改用管道天然气、液化石油气、电、生物质成型燃料等清洁能源。	本项目为核医学科PET/CT放射诊断项目，不涉及高污染燃料使用，不涉及新建、扩建高污染燃料燃用设备，也不涉及工业炉窑燃料替代等相关内容。项目运营过程中主要使用电能等清洁能源。因此，本项目符合该管控单元资源开发效率要求。	符合

1.8 与“三区三线”国土空间管控相符性分析

本项目选址位于城镇开发边界内的医院现有院区内部，属于城镇空间，不涉及生态保护红线、永久基本农田占用或穿越，符合“三区三线”国土空间管控要求。

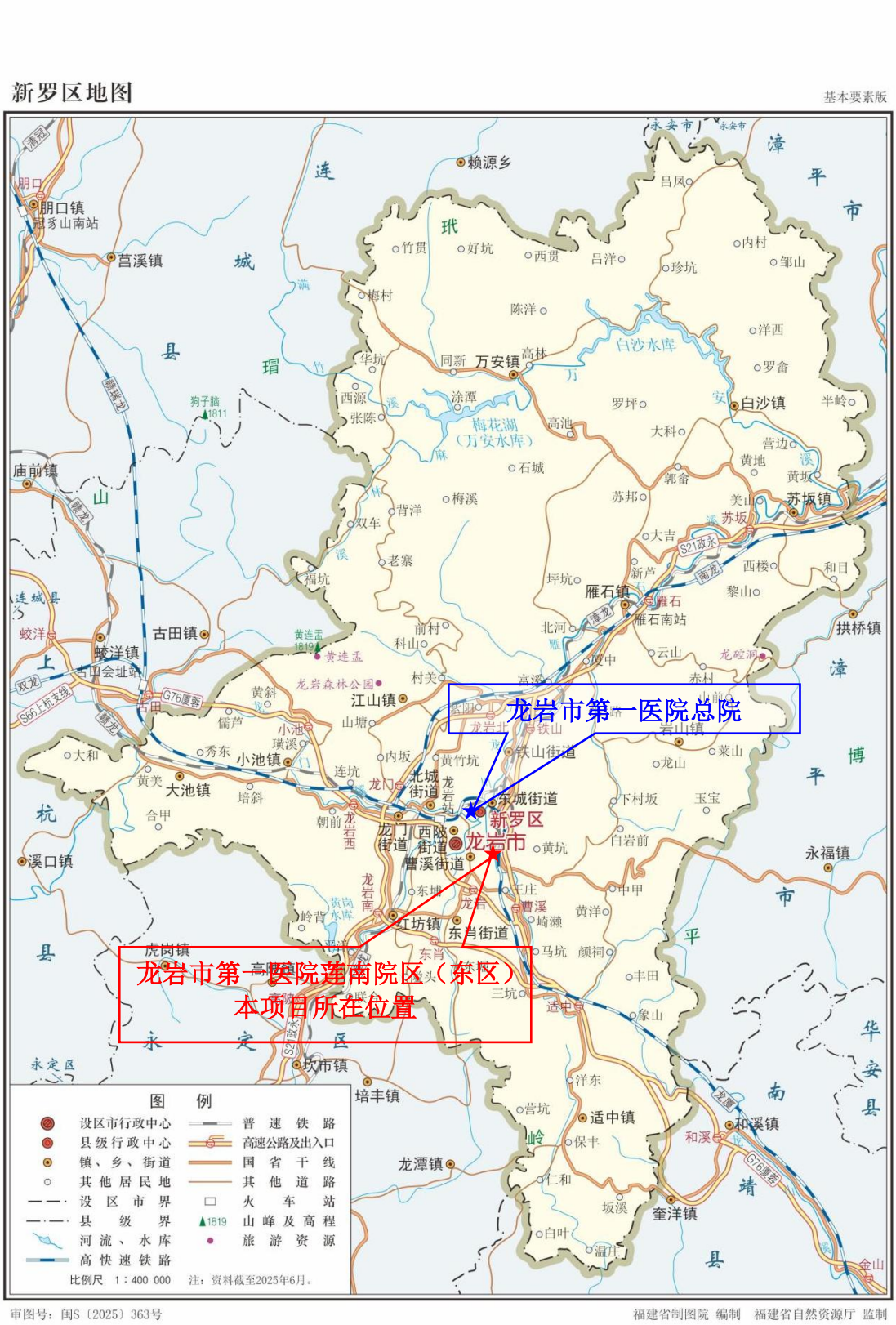

新罗区地图
基本要素版
龙岩市第一医院总院
龙岩市第一医院莲南院区（东区）
本项目所在位置
新罗区
龙岩市
图 例
设区市行政中心
县级行政中心
镇、乡、街道
其他居民地
设区市界
县级界
河流、水库
高快速铁路
普速铁路
高速公路及出入口
国省干线
其他道路
火车站
山峰及高程
旅游资源
比例尺 1：400 000
注：资料截至2025年6月。
审图号：闽S〔2025〕363号
福建省制图院 编制 福建省自然资源厅 监制

图 1-1　项目地理位置图

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{18}F	液态，半衰期109.8min，低毒	使用	1.49×10^{10}	1.49×10^{7}	3.63×10^{12}	显像诊断、设备校准	很简单操作	莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层 PET/CT 放射诊断区域	莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层 PET/CT 放射诊断区域分装注射室手套箱内
2	^{68}Ga	液态，半衰期67.7min，低毒	使用	3.17×10^{9}	3.17×10^{7}	7.93×10^{11}	显像诊断	简单操作	莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层 PET/CT 放射诊断区域	莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层 PET/CT 放射诊断区域分装注射室手套箱内
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	PET/CT	Ⅲ类	1	PrimeMI 020	140	420	显像诊断	莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层 PET/CT 机房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性固体废物（包含一次性注射器、毛巾、护理垫、棉签、手套、药棉、纱布、吸水纸等放射性废弃物以及更换的活性炭等过滤装置）	固态	^{18}F、^{68}Ga	少量	/	/	清洁解控水平	分类收集后暂存于固废间的废物铅罐内	暂存超过 30 天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β表面污染小于 0.8Bq/cm^2，可按普通医疗废物处理。
放射性废气	气态	^{18}F、^{68}Ga	/	/	/	微量	不暂存	经工作场所排风系统收集、过滤后，通过独立排风管道引至医疗综合楼高于屋顶 3m 排放。
臭氧、氮氧化物	气态	/	少量	/	/	微量	不暂存	通过排风系统收集后，经排风管道引至医疗综合楼高于屋顶 3m 排放。
放射性废液	液态	^{18}F、^{68}Ga	少量	/	约 100m^3	/	经多功能废液降解装置预处理后进入 3 组子衰变池暂存衰变，单池有效容积约 8m^3，总有效容积约 24m^3	经衰变池暂存超过 30 天后解控排放，排入医院污水处理系统。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法律法规文件	（1）《中华人民共和国生态环境法典》（2026年3月12日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，自2026年8月15日起施行）； （2）《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号）； （3）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号，2019年修订）； （4）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护部第3号令，2021年修正版）； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第18号）； （6）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令 第16号）； （7）《关于发布〈射线装置分类办法〉的公告》（生态环境部、国家卫生健康委公告2026年第44号）； （8）《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局 公告2017年 第65号）； （9）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部 公告 2021年 第9号，2021年3月15日起实施）； （10）《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）； （11）《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日印发）； （12）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月1日第6次委务会议审议通过，自2024年2月1日起施行）； （13）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（国家核安全局 辐射函〔2023〕20号）； （14）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环境保护部办公厅，环办辐射函〔2016〕430号）； （15）福建省环保厅关于印发《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲（试行）》的通知（闽环保辐射〔2013〕10号）； （16）《福建省生态环境保护条例》（2026年7月24日福建省第十四届人民代表大

	会常务委员会第二十三次会议修正）； （17）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行）； （18）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019第57号，2020年1月1日起实施）；
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； （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）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （5）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （6）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）； （7）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （8）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）； （9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （10）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）； （11）《表面污染测定第 1 部分：β发射体（$E_{\beta max}$＞0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）。
其他	（1）委托书； （2）《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版）； （3）《辐射防护手册》（李德平、潘自强主编，1991-01）； （4）建设单位提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”。本项目为使用III类射线装置，使用乙级非密封放射性物质工作场所，考虑到项目的实际情况，本项目评价范围为 PET/CT 放射诊断区域实体屏蔽外边界向外 50m 的范围。

7.2 保护目标

由医院总平面布置及现场调查可知，本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员，以及西门保安亭、停车场和项目所在医疗综合楼 50m 范围内的非本项目工作人员、患者及家属等公众成员。本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象			相对方位	距离	规模	剂量约束值
PET/CT 放射诊断区域	职业人员	控制廊	本项目工作场所内	**	*人	5mSv/a
		分装注射室	本项目工作场所内	**	*人	
	公众人员	等候大厅	北侧	**	*人	0.1mSv/a
		院内道路	西侧、南侧	**	*人	
		过道	东侧	**	*人	
		处置室、过道、空调机房、备用间、物品间、会议室、医生办公室、产前诊断实验室	楼上	**	*人	
		医疗综合楼内其他区域	四周	**	*人	
		停车场	西侧	**	*人	
		西门保安亭	西北侧	**	*人	

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

①剂量限制和潜在照射危险限制

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.l 剂量限值

B1.1.1.l 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a）由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a）年有效剂量，1mSv；

②表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服，以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录）B11 所规定的限制要求。

B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表 7-2 所列。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		β放射性物质（Bq/cm²）
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 1)	**
	监督区	**
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	**
手、皮肤、内衣、工作袜		**
1）该区内的高污染子区除外。		

③非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

C1 应按表 7-3 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-3　非密封源工作场所的分级

级　　别	日等效最大操作量/Bq
甲	**
乙	**
丙	**

C2 放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与核素毒性组别修正因子的乘积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子见表 7-4、表 7-5。

表 7-4　放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
中毒	**
低毒	**

表 7-5　操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较低的固体	液体，溶液，悬浮液	表面有污染的固体	气体，蒸汽，粉末，压力很高的液体、固体
源的贮存	**	**	**	**
很简单的操作	**	**	**	**
简单操作	**	**	**	**

（2）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

5.1 选址

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2 布局

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同

一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

6.1 屏蔽要求

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 μSv/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 μSv /h。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、暴露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

7.2 固体放射性废物管理

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08 Bq/cm^2、β表面污染小于 0.8 Bq/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；

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对β和γ发射体以及低毒性α发射体应小于 4Bq/cm^2、其他α发射体应小于 0.4Bq/cm^2。

7.3 液态放射性废物管理

7.3.1 放射性废液收集

7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

7.3.2 放射性废液贮存

7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

7.4 气态放射性废物管理

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

（3）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求； 每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（表 7-6）的规定。

表 7-6 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 [d] m^2	机房内最小单边长度 [e] m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。 e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4～表 C.7（表 7-7）。

表 7-7 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（表 7-7）的要求。

6.4 X 射线设备工作场所防护

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

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

8 X 射线设备机房防护检测要求

8.1 X 射线设备机房防护设施和机房周围辐射剂量检测应满足下列要求：

b） X 射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括：四面墙体、地板、顶棚、机房门、操作室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位等，点位选取应具有代表性。

8.2 X 射线设备机房放射防护安全设施应进行竣工验收，在使用过程中，应进行定期检查和检测，定期检测的周期为一年。

8.3 在正常使用中，医疗机构应每日对门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置进行检查，对其余防护设施应进行定期检查。

7.4 本次核技术利用项目相关限值要求汇总

根据上述相关标准取其中相对较严格的控制水平或限值作为本项目限值。本项目核医学辐射工作场所相关限值要求汇总详见表 7-9。

表 7-9 本项目核医学辐射工作场所限值要求汇总

项目	本项目控制要求	标准依据
人员年受照剂量	职业人员剂量限值：连续 5 年年平均有效剂量 20mSv，任何一年不超过 50mSv；公众年有效剂量限值 1mSv。本项目剂量约束值：职业人员≤5mSv/a，公众≤0.1mSv/a。	GB 18871-2002、HJ 1188-2021
辐射剂量率控制水平	控制区内房间防护门、观察窗、墙壁外表面 30cm 处＜2.5μSv/h；人员偶尔居留设备间等区域＜10μSv/h；手套箱、注射窗人员操作位外 30cm＜2.5μSv/h，非正对操作位＜25μSv/h；固体废物收集桶及人员可接近废液设施外 30cm＜2.5μSv/h。	HJ 1188-2021
工作场所放射性表面污染	工作台、设备、墙壁、地面：控制区β≤40Bq/cm²，监督区β≤4Bq/cm²；工作服、手套、工作鞋β≤4Bq/cm²；手、皮肤、内衣等β≤0.4Bq/cm²。	GB 18871-2002
放射性废液	含 ^{18}F、^{68}Ga 的放射性废液暂存超过 30d 后，可直接解控排放。	HJ 1188-2021
放射性废气	工作场所设置独立排风系统，合理组织气流，保持放射性工作区域相对负压；手套箱设置独立排风及过滤装置，排风经独立管道引至建筑屋顶排放。	
放射性固废	含 ^{18}F、^{68}Ga 的放射性固体废物暂存超过 30d 后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β表面污染水平＜0.8Bq/cm²后，可作为医疗废物处理。	

表 8 环境质量与辐射现状

8.1 监测计划

1.项目地理和场所位置

本项目拟建核医学科 PET/CT 放射诊断区域位于龙岩市新罗区曹溪街道莲庄南路 1 号医院莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层，项目地理位置见图 1-1。为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，医院委托江西省地质局实验测试大队于 2026 年 9 月 9 日对项目所在地进行了辐射环境现状监测。

2.监测内容与点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）并结合本项目的实际情况进行监测布点，本次监测针对拟建辐射工作场所及周边环境γ辐射剂量率、β表面污染开展布设。各区域均按规范要求完成点位布设。

3.监测仪器与规范

电离辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 监测仪器与监测规范表

便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪	**仪器型号**	FH40G 探头：FHZ672 E-10，F119
	生产厂家	Thermo
	监测规范	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
	监测单位	江西省地质局实验测试大队
	监测时间	2026 年 9 月 9 日
	检定单位	中国计量科学研究院
	检定证书编号	****
	检定日期	2026 年 6 月 9 日
	量程范围	****
	能量响应范围	****
α、β表面污染仪	**仪器型号**	LB 124SC,F136
	生产厂家	NUVIA
	监测规范	《表面污染测定 第 1 部分：β发射体（$E_{\beta max}$＞0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）
	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）
	检定证书编号	****
	检定日期	2026 年 1 月 19 日
	监测日期	2026 年 9 月 9 日
	监测单位	江西省地质局实验测试大队

4.质量保证措施

a 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，同时满足标准要求。

b 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。

c 监测仪器每年定期经计量部门检定/校准，检定/校准合格后方可使用。

d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人审定。

8.2 辐射环境质量现状监测结果

江西省地质局实验测试大队于2026年9月9日对评价项目场址及周边区域的辐射环境现状进行监测，监测结果见表8-2～表8-3。

表8-2 拟建工作场所及周边关注点环境γ辐射剂量率监测结果

序号	测点位置	环境γ辐射剂量（nGy/h）	标准差	备注
		平均值		
1	拟建注射后观察室	**	**	室内监测点位
2	拟建抢救室	**	**	
3	拟建留观室	**	**	
4	拟建洁具间	**	**	
5	拟建患者走道	**	**	
6	拟建分装注射室	**	**	
7	拟建PET/CT机房	**	**	
8	拟建控制廊	**	**	
9	拟建PET/CT设备间	**	**	
10	拟建医护走道	**	**	
11	等候大厅	**	**	
12	备用间	**	**	
13	备用间	**	**	
14	物品间	**	**	
15	会议室	**	**	
16	医生办公室	**	**	
17	过道	**	**	
18	空调机房	**	**	
19	过道	**	**	
20	处置室	**	**	
21	产前诊断实验室	**	**	

22	拟建衰变池	**	**	室外监测点位
23	拟建核医学科南侧院内道路（石砖）	**	**	
24	拟建核医学科西侧绿化带	**	**	
25	拟建核医学科西侧院内道路（石砖）	**	**	
26	拟建核医学科西侧院内道路（水泥路）	**	**	
27	医疗综合楼南侧院内道路（水泥路）	**	**	
28	医疗综合楼东侧院内道路（水泥路）	**	**	
29	医疗综合楼北侧院内道路（水泥路）	**	**	
30	西门保安亭门口	**	**	
31	停车场	**	**	
32	莲庄南路	**	**	

注：①以上数据均已扣除宇宙射线的贡献；②现场监测所有点位探头均朝下，离地 1m。

本项目表 8-2 所列监测数据已根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）第 5.5 条扣除仪器对宇宙射线的响应值，环境γ辐射剂量率测量结果按下式计算：

$$\dot{D}_{\gamma} = k_1 \times k_2 \times R_{\gamma} - k_3 \times \dot{D}_c$$

式中：$\dot{D}_{\gamma}$ －测点处环境γ辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k_1 －仪器检定/校准因子；

k_2 －仪器检验源效率因子；

R_{γ} －仪器测量读数均值；

k_3 －建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子；

$\dot{D}_c$ －测点处宇宙射线响应值。

根据表 8-2 可知，本项目拟建场所及周边室内环境的γ辐射剂量率在**～**nGy/h 之间，周边外环境γ辐射剂量率在**～**nGy/h 之间，处于龙岩市室内辐射环境本底范围值内，但高于龙岩市室外辐射环境本底范围值，主要原因是医院室外部分区域铺设的花岗岩石砖天然放射性水平高于原生耕作土壤，会对环境γ辐射剂量率形成贡献，造成测值偏高；但均处于福建省室内、室外辐射环境本底范围值内（注：龙岩市室内辐射环境本底范围值**～**nGy/h，室外辐射环境本底范围值**～**nGy/h；福建省室内辐射环境本底范围值**～**nGy/h，原野及道路辐射环境本底范围值**～**nGy/h。

表8-3　拟建核医学科工作场所表面污染监测数据

序号	监测位置		β表面污染（Bq/cm²）
			测量结果
1	拟建注射后观察室	**	**
		**	**
2	拟建抢救室	**	**
		**	**
3	拟建留观室	**	**
		**	**
4	拟建洁具间	**	**
		**	**
5	拟建 PET/CT 机房	**	**
		**	**
6	拟建分装注射室	**	**
		**	**
7	拟建患者走道	**	**
		**	**
8	拟建衰变池	**	**

注：MDC为探测下限，β表面污染探测下限值为 Bq/cm²，探头距离被检物体**mm.**

根据表 8-3 可知，拟建核医学科工作场所β表面污染水平均未检出。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

PET 是正电子发射计算机断层成像的英文 Positron Emission Tomography 缩写，是反映病变基因、分子、代谢及功能状态的显像设备，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，从而进行临床提供疾病的生物代谢信息诊断。PET 扫描系统主要由扫描仪（scanner）、显像（imaging table）、电子橱（electronics cabinet）、操作工作站（operator sworkstation，OWS）、分析工作站（analysis workstation，AWS）和影像硬拷贝等组成。PET 扫描仪的外形为一个柱状的支架（gantry），扫描视野位于支架的中央，由探测器、射线屏蔽装置等组成。

PET/CT 由正电子发射断层成像（PET）和 X 射线断层成像扫描（CT）组成，使用同一个检查床和 PET 图像与 CT 图像融合对位工作站，同时具有 PET 与 CT 功能，同时利用 PET 和 CT 进行临床疾病的诊断。

9.1.2 工作原理

本项目 PET 显像使用的正电子放射性核素为 ^{18}F 和 ^{68}Ga，分别通过相应放射性药物开展 PET 显像诊断。放射性药物进入人体后，核素发生正电子衰变，产生的正电子在组织中运动极短距离后与电子发生湮没反应，产生两个能量均为 511keV、方向近似相反的γ光子。PET 探测器对符合条件的湮没光子进行符合探测，并经光电转换、信号放大、脉冲甄别及数据处理后，由计算机系统重建获得人体组织或器官的断层及全身功能影像。PET/CT 系统进一步将 PET 功能代谢或分子影像与 CT 解剖影像进行融合，为疾病诊断提供功能和解剖信息。

PET/CT 是将 PET 和 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（integrated PET/CT system），病人在检查时经过快速的全身扫描，可以获得 CT 解剖图像和 PET 功能代谢图像，两种图像优势互补，使医生在了解生物代谢信息的同时获得精准的解剖定位，从而对疾病做出全面、准确的判断。

（1）工作流程及产污环节

本次项目使用放射性核素 ^{18}F 和 ^{68}Ga 进行 PET/CT 显像检查。本项目 ^{18}F 和 ^{68}Ga 药物为外购，医护人员需在手套箱中手动进行药物分装。

①根据需要，接受显像检查的人员先进行预约登记，确定用药量，由核素供应商在约定的时间负责运送至核医学科，医院安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关

交接手续后暂存在 PET/CT 放射诊断区域分装注射室手套箱内。由医护人员在手套箱中手动进行药物分装，分装时间为**min/人；本项目放射性药物每日共配送 3 批，其中 ^{68}Ga 配送 1 批，^{18}F 分 2 批配送，每批次放射性药物接收、核对及交接时间约为**min。

②受检者按约定时间在给药前候诊区准备和等候，待叫号后进入分装注射室接受药物注射；

③核医学科药物注射医务人员佩戴个人剂量计、穿戴好个人防护用品后，手持带钨合金屏蔽套的注射器，在分装注射室注射窗口铅注射屏的屏蔽下为患者注射，药物注射时间约**s/人次；

④注射了放射性药物的受检者进入注射后观察室，一般注射 ^{18}F 或 ^{68}Ga 放射性药物后等待约**min；

⑤注射了放射性药物的受检者根据工作人员叫号，从注射后观察室经患者通道进入 PET/CT 机房检查，PET/CT 机房工作人员协助受检病人摆好位后进入控制廊进行隔室操作，摆位时间约 1min/人次，PET/CT 显像时间**min/人次，CT 扫描时间约**min/人次；

⑥检查完成后，受检者进入留观室，在留观室留观约**min，经主管医师确认图像质量满意后，受检者方可从专用通道离开核医学科区域。

（2）人员配备情况、工作负荷以及核素使用情况

本项目 PET/CT 放射诊断区域拟配备辐射工作人员 8 人，年工作 250d，主要负责放射性药物接收、分装、注射，以及患者摆位、设备操作和 PET/CT 显像扫描等工作。

本项目 PET/CT 放射诊断区域使用 ^{18}F 和 ^{68}Ga 开展 PET/CT 显像诊断，两种放射性药物均采用外购方式。由于 ^{18}F 和 ^{68}Ga 半衰期较短，放射性药物在等待使用过程中存在物理衰变，因此实际日最大操作量根据患者注射时间及核素衰变情况反推配送初始活度确定。本项目 ^{18}F 和 ^{68}Ga 放射性药物每日共配送 3 批，其中 ^{68}Ga 配送 1 批，^{18}F 分 2 批配送，每批 ^{18}F 供应 12 名患者使用。^{18}F 每日最大诊疗患者 24 人，^{68}Ga 每日最大诊疗患者 6 人，单人最大给药活度均为**MBq（**mCi），患者注射时间间隔约**min。经计算，^{18}F 每批最大临床使用初始活度约为**mCi，两批合计约**mCi，即**Bq；^{68}Ga 日最大初始活度约为**mCi，即**Bq。

本项目 PET/CT 设备不配置密封放射性校准源，PET 系统采用 ^{18}F-FDG 质控模体进行定期校准，单次使用活度约**mCi，频次约 1 次/季度。质控前，由工作人员根据质控要求准备约**MBq（**mCi）^{18}F-FDG，并将其注入专用质控模体内；随后将装有 ^{18}F-FDG

的质控模体放置于 PET/CT 检查床指定位置，工作人员完成模体摆放、位置调整及设备参数设置后离开机房，在控制室内启动质控扫描。质控扫描结束后，工作人员进入机房取出质控模体，并按核医学科放射性废物管理要求进行后续处置。

本项目质控单次使用 ^{18}F-FDG 活度约**MBq，按每季度 1 次、每年 4 次考虑。校准日 ^{18}F 最大实际操作量约为**mCi，即**Bq。PET/CT 放射诊断区域年工作时间**天，每日最大就诊患者**人。PET/CT 放射诊断区域药物使用情况详见表 9-1。

表 9-1　PET/CT 放射诊断区域药物使用情况

场所名称	核素名称	用途	单个病人最大用量（mCi）	每日最大病人数（人）	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	备注
医疗综合楼南楼一层核医学科 PET/CT 放射诊断区域	^{18}F	显像诊断、设备校准	**	**	**	**	**	**
	^{68}Ga	显像诊断	**	**	**	**	**	**

本项目 PET/CT 显像最大诊疗人数为**人/d，其中 ^{18}F 显像患者最大**人/d、^{68}Ga 显像患者最大**人/d，按年工作**d 计，最大诊疗量约**人次/a。放射性药物每日接收 3 次，其中 ^{68}Ga 配送 1 批、^{18}F 配送 2 批，每次接收时间约**min 合计约**h/d；药物分装时间约**min/人，合计约**h/d；药物注射时间约**s/人，合计约**h/d；患者摆位时间约**min/人，合计约**h/d。患者 PET/CT 全身扫描时间约**min/人，合计约**h/d，其中 CT 扫描时间约**min/人，合计约**h/d。

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期的污染源项

本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，主要对本项目辐射工作场所及配套用房建设、装修以及设备安装，以满足各工作场所的辐射屏蔽防护要求。本项目产生的环境影响主要是施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等。

（1）废气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，由散装水泥和建筑材料运输等施工活动产生。本项目的工程量小，产生的扬尘量很小。

（2）噪声

本项目产生噪声影响的主要是施工机械、运输及现场处理等。噪声值一般在 65~80dB

（A）之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

（3）废水

施工期用水主要为车辆和机械设备清洗废水。其次，施工期会产生少量施工人员生活污水。

（4）固体废弃物

本项目工程量较小，项目施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、少量建筑垃圾及施工废物料。

9.2.2 运行期的污染源项

9.2.2.1 PET/CT 的 CT 功能

CT 为采用 X 射线进行扫描成像的设备，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，其主要放射性污染因子为 X 射线对公众及辐射工作人员的外照射，运行期均没有放射性废气、废水和固体废弃物产生。

（一）正常工况

在采取隔室操作的情况下，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，X 射线机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

空气在强辐射照射下，会发生辐照分解现象，其主要产物为臭氧（O_3）及氮氧化物。本项目 PET/CT 机 X 射线能量较低，与空气相互作用会产生微量的臭氧（O_3）及氮氧化物，经 PET/CT 机房排风系统由排风管道引至医疗综合楼高于屋顶 3m 排放。

（二）事故工况

①PET/CT 机发生 X 射线无法停束故障，人员入内，受到误照射。

②工作人员在防护门关闭前尚未撤离机房，PET/CT 机运行出束可能产生误照射。

③安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 PET/CT 机房内而受到误照射。

9.2.2.2 非密封放射性核素

本项目使用核素的半衰期、衰变方式等情况见表 9-2。

表 9-2 本项目非密封放射性核素的相关属性

核素名称	毒性分组	半衰期	主要衰变类型	主要射线及能量（keV）	周围剂量当量率常数（裸源）μSv·m²/MBq·h
^{18}F	**	**	**	**	**
^{68}Ga	**	**	**	**	**

（一）正常工况

本项目各非密封放射性物质使用过程中产生的主要放射性污染物和污染途径如下：

①外照射

放射性药物经由静脉注射等方式进入患者体内，分布到特定器官并释放β射线、γ射线。因此，核素诊断项目的污染因素主要是产生β射线、γ射线及韧致辐射。

②表面污染

工作人员在操作非密封放射性物质时，有可能会引起工作台、地面等放射性玷污，造成β放射性表面污染。

③放射性固体废物

主要为放射性药物操作过程中被核素污染的注射器、延长管、输入装置、毛巾、护理垫、棉签、安瓿、手套、药棉、纱布、吸水纸等，工作场所通风系统更换的活性炭等过滤装置、剩余放射性药物。

④放射性废水

放射性废水主要来自注射 ^{18}F、^{68}Ga 放射性药物后患者在专用卫生间产生的排泄废水，以及淋浴间辐射工作人员受污染后的清洗废水、洁具间场所清洁废水、事故应急情况下产生的场所清洗废水等。控制区内相关排水均通过专用下水管道收集并排入放射性废水衰变处理系统。

⑤放射性废气

本项目使用的核素药物不易挥发。

（二）事故工况

该评价项目使用的非密封放射性物质主要发生的放射性污染事故工况有：

①辐射安全管理缺失或辐射安全措施失效情况下，放射性药品丢失或被盗，造成辐射事故。

②工作人员违反操作规程或辐射安全措施失效情况下，发生放射性药品意外泄漏，造成辐射事故。

③核医学科放射性废液收集管路破裂、衰变池体破裂导致放射性废液少量泄漏或者大量溢出而对周边环境造成辐射事故。操作放射性药物时发生容器破碎，药物泼洒等意外事件，有可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染。药物洒漏可能形成少量含 ^{18}F、^{68}Ga 的放射性气溶胶，污染清除将产生少量的放射性固体废物。此外，给药患者呕吐或者排泄及放射性废物处置或管理不当，也可能导致环境的放射性污染。放射性废液泄漏，可能导致管道、池体及周边环境受到放射性污染。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目核医学科 PET/CT 放射诊断区域位于医院莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层。拟建核医学科 PET/CT 放射诊断区域东侧为过道；南侧、西侧为院内道路；北侧为等候大厅；该区域建筑层高为 6m，顶板采用 120mm 厚混凝土楼板，室内净高约为 5.88m；区域楼下为土层。PET/CT 放射诊断区域楼上为医疗综合楼南楼二层，主要布置有处置室、过道、空调机房、备用间、物品间、会议室、医生办公室和产前诊断实验室等用房。

PET/CT 放射诊断区域内按照 PET 诊断流程设置分装注射室、注射后观察室（卫生间）、PET/CT 机房、留观室、洁具间、抢救室、控制廊、PET/CT 设备间、固废间、一更、淋浴间等功能用房，配套设置患者走道、医护走道，并在区域外围设置接待问诊室、医生办、污物暂存间等辅助用房。

本项目放射性药物的接收、暂存、分装及注射等操作均集中设置于核医学科相应功能用房内。给药后受检者进入注射后观察室候诊，达到规定等待时间后经患者通道进入 PET/CT 机房进行显像检查，检查结束后进入留观室短暂留观，随后经患者专用通道离开。工作人员、给药前受检者及给药后受检者的活动区域相对独立，放射性药物及放射性废物运输路线结合场所功能布局设置，可减少不同人员流线之间的交叉，并降低给药后受检者对其他人员造成不必要照射的可能性。

此外，本项目拟在 PET/CT 放射诊断区域西南侧设置 1 套放射性废水衰变处理系统，用于收集和处理 PET/CT 放射诊断区域产生的放射性废水。该系统主要由 1 套多功能废液降解装置和 3 组子衰变池组成，每座衰变池几何容积约**m^3，按**%计取有效容积，单座衰变池有效容积约**m^3，3 组子衰变池总有效容积约**m^3。衰变池采用半地下式布置，池体下部埋设于地下，上部高出地面约**m。PET/CT 放射诊断区域至放射性废水衰变处理系统之间的室外放射性废水管道采用地下敷设方式，埋深约**m，管道外包覆**mm 厚铅层进行辐射屏蔽。3 组子衰变池集中设置于衰变池区域内，该区域采用现浇钢筋混凝土防护结构，防护墙厚度为**mm，四周内墙及顶板内侧增设**mm 铅板进行辐射屏蔽。多功能废液降解装置主要用于放射性废水的前端收集、缓冲及预处理，其容积不计入衰变池有效衰变容积。放射性废水经预处理后，通过自动控制系统在各衰变池之间进行切换，使各衰变池轮换承担废液收集、暂存衰变和排放功能。

10.1.2 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）相关要求，本项目辐射工作场所实行分区管理，把工作场所分为控制区、监督区，避免人员误闯入或误照射。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相关定义，控制区内注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。监督区为注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。辐射工作场所详细分区情况见表 10-1。

表 10-1　本项目工作场所具体分区情况一览表

区域	控制区	监督区
PET/CT 放射诊断区域	PET/CT 机房、分装注射室、固废间、注射后观察室（卫生间）、抢救室、留观室、洁具间、患者走道、淋浴间、衰变池上方	控制廊、PET/CT 设备间、备用间、一更、墙外 30cm（过道、院内道路、医护走道）

本项目非密封放射性物质工作场所控制区设置墙体、防护门、观察窗等辐射屏蔽设施，入口设置明显的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，病人入口、出口设置单向门禁。监督区入口设置标明监督区的标志，电离辐射警告标志按照 GB18871-2002 规定要求设置。衰变池四周设置围栏，张贴电离辐射警告标志。

综上所述，本项目放射性工作场所监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的相关要求。

10.1.3 本项目工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号）可知，本项目非密封放射性物质工作场所使用的放射性核素的毒性组别修正因子、操作方式修正因子、日实际操作量和日等效操作量见表 10-2。

表 10-2　本项目非密封放射性物质工作场所情况一览表

操作场所	核素名称	日最大操作量（Bq）	毒性组别修正因子	操作方式	操作方式修正因子	日等效最大操作量（Bq）	场所等级
PET/CT 放射诊断区域	^{18}F（使用）	1.49×10^{10}	低毒，0.01	很简单操作	10	1.49×10^{7}	乙级
	^{68}Ga（使用）	3.17×10^{9}	低毒，0.01	简单操作	1	3.17×10^{7}	
合计	/	/	/	/	/	4.66×10^{7}	

由表 10-2 可知，本项目 PET/CT 放射诊断区域属于乙级非密封放射性物质工作场所。

10.1.4 本项目工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）第5.2.2条的要求，应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理。本项目放射性核素的毒性权重因子见表10-3，不同操作性质的修正因子见表10-4，根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 G，本项目工作场所各核素的加权活度核算结果见表10-5。

表 10-3　本项目放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
B	^{18}F	**
B	^{68}Ga	**

表 10-4　不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	操作性质修正因子
贮存	**
废物处理 闪烁法计数和显像 候诊区	**
配药、分装以及施给药	**

表 10-5　本项目工作场所各核素最大加权活度核算结果

区域	场所	核素	操作性质	日操作最大活度（Bq）	毒性权重因子	操作性质修正因子	总加权活度（MBq）	场所分类
PET/CT 放射诊断区域	分装注射室	^{18}F	**	**	**	**	**	**
		^{68}Ga	**	**	**	**	**	
	注射后观察室（含卫生间）	^{18}F	**	**	**	**	**	**
	PET/CT 机房	^{18}F	**	**	**	**	**	**
	留观室	^{18}F	**	**	**	**	**	**
	抢救室	^{18}F	**	**	**	**	**	**

注：本项目 ^{18}F和 ^{68}Ga单个患者最大给药活度均为 370MBq。分装注射室按各核素日最大实际操作量进行场所分类核算，其中 ^{18}F按考虑PET系统质控校准后的日最大实际操作量取值，^{68}Ga按日最大配送初始活度取值；注射后观察室、PET/CT机房、留观室按每日最大诊疗人数累计核算。抢救室按单名患者最大给药活度进行应急处置核算。由于 ^{18}F与 ^{68}Ga单个患者最大给药活度相同，且 ^{18}F患者数量较多、对应场所内总活度更大，因此上述场所以 ^{18}F作为代表性核素进行分类核算，合计 30 名患者。

根据上述核算结果，本项目分装注射室、注射后观察室、PET/CT机房及留观室最大加权活度处于 50～50000MBq范围内，属于II类核医学工作场所；抢救室最大加权活度小于 50MBq，属于III类核医学工作场所。根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）第 5.2.2 条及附录G的规定，本项目相关核医学工作场所按上述分类进行管理。本项目核医学科工作场所室内表面及结构的防护要求见表 10-6。

表 10-6　本项目核医学科工作场所室内表面及结构的防护要求

种类	分类		
	II类场所要求	III类场所要求	本项目设计
结构屏蔽	需要	不需要	各功能用房根据辐射防护要求设置相应屏蔽结构
地面	与墙壁接缝无缝隙	易清洗	控制区采用 PVC 地板，地面与墙壁衔接处采用抹角设计，接缝严密
表面	易清洗	易清洗	墙面及工作台面采用易清洗、易去污材料
分装防护设施	需要	不必须	分装注射室设置具有屏蔽和通风功能的手套箱
通风	良好通风	一般自然通风	核医学工作场所设置机械排风系统
管道	普通管道	普通管道	放射性废水采用专用管道收集后排入衰变池系统
盥洗与去污	洗手盆和去污设备	洗手盆	设置淋浴间及相应洗消设施

10.1.5 人员、物流路径

①辐射工作人员路线

PET/CT 机操作技师从医院外经南侧门进入医疗综合楼南楼，经过道进入控制廊，然

后通过控制廊防护门进入 PET/CT 机房内对患者进行摆位，摆位完成后返回控制廊。

分装/注射人员从医院外经南侧门进入医疗综合楼南楼，经过道进入一更，穿戴好防护用品后再进入分装注射室，在分装注射室手套箱内进行药物分装后，通过注射窗口给患者进行注射。工作结束后返回一更，在一更内用配备的便携式 X-γ辐射监测仪及表面污染监测仪进行监测，经监测无污染后离开核医学科。若有异常则进入淋浴间进行清洗，清洗后再做监测，直至无污染后才能离开核医学科。

②患者路线

患者从医院外经南侧门进入医疗综合楼南楼，经过道进入患者走道，随后到达注射地点进行药物注射，注射 ^{18}F 或 ^{68}Ga 放射性药物后的受检者进入注射后观察室等待扫描，待听到呼叫系统的检查通知后，再沿患者走道进入 PET/CT 机房接受扫描检查，检测完毕后从该机房出来进入留观室进行留观，观察无异常后再从西侧的患者出口防护门离开，防护门外为院内道路。

③放射性药物路线

本项目的放射性药物 ^{18}F 和 ^{68}Ga 为外购，按约定时间由供应商从南侧过道进入一更，随后送至分装注射室手套箱内。核医学科送药路径短捷，采取了管理措施在时间上确保将人流与物流分开，同时送药过程中药物储存在铅罐内并辅有防洒落措施。

④放射性固废路线

PET/CT 放射诊断区域产生的放射性固废通过铅废物桶就近收集，然后定期由工作人员转移至固废间内集中暂存衰变，待满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求的存放周期后并经检测符合标准要求后，通过分装注射室南侧防护门转移，经患者通道出控制区按普通医疗废物处理。

本项目 PET/CT 放射诊断区域分装注射室辐射工作人员路线在空间上无可避免地与放射性药物运输路线、放射性废物转移路线重合。本项目放射性药物每日分 3 批配送，由供应商按各批次约定时间送达，配送过程中采取错峰及现场管理措施，尽量避开患者和工作人员集中通行时段，并由专人负责接收，避免运输过程中与无关人员同时通行；放射性废物转移安排在非诊疗时段进行。通过上述管理措施，可减少人员路线与放射性药物、放射性废物运输路线同时使用的情况。

综上所述，本项目场所控制区设置单向出、入口，且设置门禁系统，防止病人注射后从入口离开控制区，在出、入口处设置醒目的电离辐射警告标志，禁止受诊病人以外

的其他无关人员进入，设置了工作人员退出工作场所时用于放射性污染检测的检测淋浴间。人员、物流通道采取错峰运输，防止了工作人员与患者的交叉流动，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，从辐射防护及环境保护方面考虑，该路径合理可行。

10.1.6 辐射防护设计

本项目核医学科辐射工作场所防护设计情况见表 10-7。

表 10-7　PET/CT 放射诊断区域各功能用房屏蔽设计方案一览表

机房名称	项目	屏蔽设计方案
PET/CT 机房	四周墙体	东墙为**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料，其余墙体为**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料
	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb
	观察窗	**mmPb
分装注射室	四周墙体	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料
	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb
	注射窗	**mmPb
固废间	四周墙体	南墙为**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料，其余墙体为**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料
	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb
注射后观察室	四周墙体	东墙为**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料，其余墙体为**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料
	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb
留观室	四周墙体	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料
	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb
洁具间	四周墙体	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料
	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb
	观察窗	**mmPb
患者走道	四周墙体	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料

	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb
抢救室	四周墙体	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料
	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb
接待问诊室	四周墙体	南墙为**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料，其余墙体为**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料
	室顶	**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料
	地板	建筑底板+土层（无地下室）
	防护门	**mmPb

注：混凝土密度不低于**g/cm^3，铅密度不低于**g/cm^3，实心砖密度不低于**g/cm^3，防护涂料密度不低于**g/cm^3。

10.1.7 工作场所拟配备辐射防护用品及辐射安全设施情况

（1）辐射防护用品

根据相关标准要求，放射诊疗过程中相关辐射工作人员应配备防护用品，以减少不必要的照射，本项目工作场所拟配备的辐射防护设备及用品详见表 10-8。

表 10-8　本项目辐射防护用品配备情况

名称	数量（个）	铅当量	用途	拟存放位置
手套箱	**	**mmPb	药物暂存及分装	分装注射室
注射窗	**	**mmPb	药物注射	
铅防护罐	**	**mmPb	送药过程防护	
注射器防护套（3mL）	**	**mmPb	药物传递	
注射器防护套（5mL）	**	**mmPb		
放射性铅废物桶（脚踩式）	**	**mmPb	放射性固废收集	分装注射室、固废间
铅防护屏风	**	**mmPb	患者摆位、注射后患者之间屏蔽防护	PET/CT 机房、注射后观察室
铅防护衣	**	**mmPb	工作人员防护	控制廊内设置专用防护用品柜
铅橡胶帽子	**	**mmPb		
铅橡胶颈套	**	**mmPb		
铅防护眼镜	**	**mmPb		
铅橡胶手套	**	**mmPb		
一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工	**	**mmPb		

作服、胶鞋等应急及去污防护用品				

（2）辐射安全设施

医院拟在 PET/CT 放射诊断区域相关区域张贴电离辐射警告标志，PET/CT 机房患者出入防护门外上方醒目位置拟设置工作状态指示灯，门上拟张贴电离辐射警告标志，机房与控制廊之间的墙体上设置观察窗，可以观察到患者的状态及防护门开闭情况。控制廊防护门为平开防护门，拟设置自动闭门装置，患者出入防护门为电动推拉防护门，拟设置防夹装置。设备及控制廊操作台拟安装紧急停机按钮，便于操作人员在发生紧急情况时切断系统电源。

场所内安装视频监控、对讲装置，能够随时监控场所内人员情况并实现对讲，以了解患者的有关信息，发现异常或可疑情况立即进行处理。场所内地面上设置明确的患者导向标识，用以规范场所内患者定向流动。

本项目拟在过道、控制廊各设置 1 个固定式剂量监测报警装置。患者通道入口门和患者出口门拟安装单向门禁系统来限制患者的活动范围，并设置有自动回门装置，其他控制区入口上锁，以防止无关人员误入。患者走道入口也设置有单向门禁，以防对非放射性区域造成污染。除此之外，工作人员通道入口处设置有密钥门禁系统，由医务人员负责，可有效防止无关人员进入该管控区域内。医院拟设置淋浴间及冲淋消洗装置，用于应急消洗。

（3）其他辐射防护措施

本项目拟配备 1 台便携式γ剂量率仪，1 台表面污染检测仪等，能满足工作的需要。

从控制区取出任何物品都将进行表面污染水平检测，严禁将超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的β表面污染控制水平的物品带出；控制区人流、物流通道采用分区设置，避免交叉辐射污染；非密封放射性物质操作时在手套箱或者密闭容器内进行；吸取液体的操作使用负压吸液器械，防止放射性液体溅出。本项目拟配置的防护设施和防护用品满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中的相关要求，也满足医院拟开展核技术利用项目运行的要求。

10.1.8 内照射防护措施

内照射防护的基本原则是：积极采取各种有效措施，切断放射性物质进入体内的各种途径，尽可能地减少或避免放射性核素进入体内的一切机会，以使进入体内的放射性物质不超过国家规定的放射性核素年摄入量限制，减少或防止体内受到内照射危害。为此，医院拟制定以下防护基本措施：

①围封隔离：对于工作场所，采取两区划分管理，严密而有效的围封隔离控制区，以限制可能被污染的体积和表面，防止放射性物质向周围环境扩散，防止由于人员或物体的移动而将污染带到相邻房间等措施。内照射以吸入途径可能性最大，故本项目工作场所拟设置通风系统，以降低空气中的放射性浓度。核医学科工作人员进行放射性药物分装等操作过程均在屏蔽且密封负压的手套箱内进行，基本不会有放射性物质的散布。辐射工作人员均不直接接触核素，放射性药物都处于良好的屏蔽状态。核医学科工作人员操作放射性药物需在带独立通风系统的手套箱中进行操作。

②保洁去污：操作者必须遵守安全操作规定，防止或减少污染的发生，保持工作场所内的清洁卫生，对受到污染的表面应及时去污。

③个人卫生防护：操作开放型放射性核素的人员，应根据工作性质正确穿戴相应的防护衣具如工作服、工作帽、靴鞋、手套和口罩，必要时可穿戴隔绝式或活性炭过滤面具或特殊防护口罩。限制暴露于污染环境中的时间。遵守个人卫生规定，不得在开放型放射工作场所或污染区进食或吸烟等。

10.1.9 核医学科拟采取的其他防护措施

①患者出入口设置门禁系统，入口防护门只进不出，出口防护门只出不进，实现病人单向流动。工作人员通道设置门禁系统，防止无关人员入内。

②在患者及工作人员出入口、各功能用房设置电离辐射警告标志。PET/CT 机房防护门上张贴电离辐射警告标志，防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，机房设置观察窗及对讲装置。PET/CT 机房的电缆管线，室内部分以地沟形式在地坪以下部位布设，在控制廊侧墙体下方位置以“U”字形从地坪下方穿越墙体，并在机房内、外穿墙电缆沟上方采用 8mm 铅当量的铅盖板进行覆盖。

③在核医学科工作场所控制区、监督区地面设置明确的受检者（患者）路径导向标识或导向提示，在各功能房张贴标识房间用途的门牌。

④在辐射工作场所工作人员出口设置表面污染监测仪及 X-γ辐射剂量率监测仪，辐射工作人员及物品从控制区出口离开时，对人体体表、衣物等进行监测，监测无异常后才能离开核医学科辐射工作场所。

⑤本项目洗消设备旁设置香皂、中性肥皂等一般清洗用品，同时也配备生理盐水、专用去污剂，配备软毛刷、毛巾、浴巾、纸巾、隔离布、隔离衣、隔离帽、手套、污染人员更换衣物、伤口处理工具等去污用品供工作人员去污使用。

发现人员被污染时，应尽可能现场就近处理，如在洗手池去污，再进行淋浴。尽快脱去污染的衣物和鞋，并转入污染物品袋；要尽早开始流动水冲洗去污。去污过程中，污染衣物的脱放、去污剂的选取、污染人员的管理等要避免放射性核素进入体内和避免放射性核素播散到他人处。去污产生的一般放射性废物置于废物桶内，污染的衣物等用品装入污染物品袋内，在污物暂存间内暂存，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，污染衣物等经足够时间衰变处理后，经检测无异常后，可清洗后重复使用。

本项目手套箱和工作台台面等拟采用不锈钢表面的一体产品，保证操作面平整光滑；控制区内地面铺设 PVC 材料地板，控制区内地面与墙壁衔接处采用抹角设计、无接缝，墙面采用木纹抗菌树脂板、陶瓷薄板，易于清洗、去污。

⑥拟在核医学科控制区内设置视频监控和语音通话系统，对控制区内的注射药物后受检者进行管控，避免注射药物后的受检者进入非放射性工作区或者随意走动。

10.1.10 其他

①医院应对外购的放射性药物供应商资质进行审核，确保放射性药物由符合国家相关要求的供应商提供。如辐射安全许可证、放射性物质运输资质等，供应商应取得销售非密封放射性物质的辐射安全许可证，本项目使用的核素在供应商的辐射安全许可范围内。

②表面污染监测

本项目核医学科辐射工作场所工作人员离开控制区出口时按以下方法进行表面污染监测，并将原始记录存档。

1）测量时，先测量仪器本底，证实仪器正常后再开始测量。探测器表面尽量靠近表面，但不要贴到表面，以免仪器被玷污。测量β表面污染时应不大于 1cm 为宜。

2）测量应先上后下，先前后背，人体直立，四肢和手指分开，在全面巡测的基础上，再重点监测暴露部位（手、脸等）。

3）控制好监测仪器探头移动速度，移动速度应与监测仪器读数响应时间相匹配。

4）实施测量的地点，应避开γ辐射场的干扰。

5）每次测量完成后应对污染仪器做本底测量，证实监测仪器未被污染。监测设备应定期（每年至少 1 次）送检。

③医院给所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送有资质单位监测，建立监测档案。

④医院制定相关规章制度，禁止工作人员在控制区和监督区进食、饮水、吸烟，工作人

员工作结束后离开辐射工作场所前洗消检测合格后方可离开。

⑤在核医学科各辐射工作场所地面设置受检者路径导向标识，在各功能房张贴标识房间用途的门牌。

10.1.11 辐射防护措施符合性分析

本项目核医学科工作场所辐射防护措施合理性分析采用《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）进行分析，辐射防护措施符合性分析见表 10-9。

表 10-9　核医学科工作场所辐射防护措施与标准符合性分析对照表

《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	本项目情况	是否符合要求
6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。	本项目工作场所均进行专业防辐射设计，屏蔽体外表面的周围剂量当量率水平满足标准要求，工作场所屏蔽计算结果详见表 11 章节。	符合
6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。		
6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。	本项目手套箱和工作台台面等拟采用不锈钢表面的一体产品，保证操作面平整光滑；室内地面铺设 PVC 材料地板，室内地面与墙壁衔接处采用抹角设计、无接缝，墙面采用木纹抗菌树脂板、陶瓷薄板，易于清洗、去污。	符合
6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。	本项目场所级别为乙级，场所配备手套箱等设备用于操作放射性核素。拟为药物操作人员配备铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等防护用品，并拟配备注射器防护套、注射防护车等防护用品，注射后观察室拟配备铅屏风，以减少对其他患者和医护人员的照射。	符合
6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。	本项目工作场所控制区出口拟配备有表面污染监测仪器，并设置有淋浴间、清洗去污设施。从控制区离开的人员和物品均将进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，将采取相应的去污措施。	符合

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。	本项目使用的^{18}F和^{68}Ga放射性药物均采用外购方式，放射性药物运抵后由专人进行接收、核对和登记，并暂存于分装注射室手套箱内。分装注射室及相关放射性药物操作区域设置电离辐射警告标志，并采取门禁等管理措施，防止无关人员进入。 医院制定放射性物质管理制度，安排专人管理并建立放射性药物使用台账，及时记录药物接收、活度、使用及剩余情况，确保账物相符。	符合
6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。	医院拟配备专用的药物转运铅罐、铅屏蔽箱等贮存、转运容器，表面张贴规范的电离辐射警告标志，在转运时采取药箱盛装等固定措施，防止药物翻倒和跌落。	符合
6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。	PET/CT 机房患者门框上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。	符合
6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	工作场所设置排风系统，工作场所的气流遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	符合
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。	本项目使用的^{18}F和^{68}Ga放射性药物均为外购成品，不涉及放射性药物合成。放射性药物分装操作在具有屏蔽和通风功能的手套箱内进行，手套箱设置独立排风支管，并与工作场所排风系统连接；排风经相应过滤装置处理后，由独立排风管道引至建筑屋顶排放。通过上述措施，可减少放射性气溶胶在工作场所内的扩散。	符合
《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	**本项目情况**	**是否符合要求**
6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	PET/CT 机房设置观察窗，设置的位置便于观察受检者状态及防护门开闭情况。	符合
6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	PET/CT 机房严禁堆放与设备诊断工作无关的杂物。	符合
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	PET/CT 机房拟设置动力通风装置，可以保持良好的通风。	符合
6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	PET/CT 机房防护门外拟配置电离辐射警告标志；患者防护门上方拟设有醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；在候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	符合

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	PET/CT 机房控制廊防护门为平开门，拟设置自动闭门装置。PET/CT 机房病人进出防护门为推拉式机房门，拟设曝光时关闭机房门的管理措施；机房上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联。PET/CT 机房电动推拉门拟设置防夹装置。	符合
6.4.9 CT 装置的安放应有利于操作者观察受检者。	PET/CT 机根据机房的布局来安放，在观察窗外有利于操作者观察受检者。	符合
CT机：机房内最小有效使用面积30m^2，机房内最小单边长度4.5m。	PET/CT 机房大小：**m×**m（**m^2）。	符合
CT机房：有用线束方向、非有用线束方向铅当量2.5mmPb。	PET/CT 机房： 四周墙体：**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料（约**mmPb 当量）；室顶**mm 混凝土+**mmPb 防护涂料（约**mm 铅当量）；防护门**mmPb；观察窗**mmPb。	符合

注：混凝土密度不低于**g/cm^3，铅密度不低于**g/cm^3，实心砖密度不低于**g/cm^3。根据密度转换，**mm 实心砖相当于**mm 混凝土。

根据上述对照分析结果可知，本项目核医学科工作场所拟采取的辐射安全与防护措施符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

10.2 三废的治理

（1）放射性固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要包括 ^{18}F、^{68}Ga 放射性药物接收、分装、注射及患者检查过程中产生的受放射性核素污染的一次性注射器、针头、延长管、棉签、药棉、纱布、吸水纸、手套、一次性防护用品及放射性药物包装物等。此外，PET/CT 采用 ^{18}F-FDG 质控模体进行定期校准，校准过程中产生的受污染手套、擦拭材料等固体废物一并作为含 ^{18}F 放射性固体废物进行管理。

医院拟在 PET/CT 放射诊断区域放射性药物操作、注射等可能产生放射性固体废物的场所设置具有屏蔽结构和电离辐射警告标志的专用放射性废物桶，废物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物。收集后的放射性固体废物根据所含核素种类、产生日期等进行分类包装和标识，及时转运至核医学科固废间内设置的专用铅衰变箱中暂存衰变。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）的相关规定，放射性固体废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射警告标志的专用废物桶内，每袋放射性固体废物重量不应超过 20kg。

对于注射器、针头、玻璃安瓿等含尖刺、棱角的放射性废物，应预先采取防刺穿包装措施后再装入专用废物袋，防止刺破包装造成污染扩散。装满后的废物袋应密封，并及时转运至固废间暂存。铅衰变箱外应标明废物所含核素名称、废物类别、入库日期等信息，不同类

别放射性固体废物应分类存放，并做好登记记录。

本项目使用的 ^{18}F 和 ^{68}Ga 半衰期均小于 24h。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021），所含核素半衰期小于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过 30d 后，经监测其辐射剂量率满足所处环境本底水平，且β表面污染水平小于**Bq/cm^2，可对废物实施清洁解控，并按照医疗废物相关要求进行后续处理。

本项目 PET/CT 设备不配置密封放射性校准源，因此不产生废旧密封放射源。PET/CT 设备校准所使用的 ^{18}F-FDG 属于本项目使用的非密封放射性物质，校准过程中产生的放射性固体废物按照含 ^{18}F 短寿命放射性固体废物统一收集、暂存和管理。

医院将明确专人负责放射性固体废物的分类收集、转运、暂存及解控管理。固废间入口处设置电离辐射警告标志，并采取通风、防火、防丢失及防止射线泄漏等措施，固废间内不得存放易燃、易爆及腐蚀性物品。医院应建立放射性固体废物管理台账，如实记录废物所含核素名称、重量、产生起始日期、责任人员、出库时间及监测结果等信息。

综上，本项目产生的放射性固体废物主要为 ^{18}F、^{68}Ga 等短半衰期正电子核素污染废物。经分类收集、规范包装、暂存衰变、监测及清洁解控后，可满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）的相关要求，在落实上述管理措施的情况下，对周围环境影响较小。

（2）放射性废液

①放射性废液收集及衰变处理设施

本项目拟在 PET/CT 放射诊断区域西南侧设置 1 套放射性废水处理系统，用于收集和处理核医学科 PET/CT 放射诊断区域运行过程中产生的放射性废液。放射性废液经专用排水管道收集后，首先进入多功能废液降解装置进行预处理，随后通过电动阀及自动控制系统进入衰变池暂存衰变。室外放射性废液排水管道采用地下敷设方式，埋深约**m，管道外包覆**mm 厚铅层进行辐射屏蔽。

本项目共设置 3 组子衰变池，单座衰变池池体尺寸约为**m×**m×**m，几何容积约**m^3。考虑运行安全余量，按池体几何容积的 80%计取有效容积，则单座衰变池有效容积约 8m^3，3 组子衰变池总有效容积约**m^3。前端多功能废液降解装置主要用于放射性废水的预处理及缓冲，其容积不计入衰变池有效衰变容积。

放射性废水经多功能废液降解装置预处理后，由自动控制系统根据各衰变池液位情况控制电动阀进行切换，使各衰变池轮换承担废液收集、封闭衰变和排放功能。当某一衰变池达到预设高液位后停止进水并转入封闭衰变状态，同时将进水切换至其他衰变池继续收集废水；已停止进水的衰变池内废液达到规定暂存时间后，经排水系统排出，排空后重新进入下一轮运行。通过各衰变池循环切换，实现放射性废液的连续收集、暂存衰变和排放。

本项目放射性废水经专用管道收集后进入放射性废水衰变处理系统。根据废水处理系统管线布置，衰变池区域内放射性废水管道采用梁下敷设方式，管道设置废液进口、排水出口及相应阀门，并设置积水坑及积水坑泵，用于异常情况下废液收集和排放控制。各衰变池设置液位监测及自动控制装置，通过电动阀实现废水在各衰变池之间的切换。管道及接口采取防渗漏措施，并便于日常检查和维护，在正常运行、管道及阀门完好的情况下，放射性废水均在封闭管道及衰变池内输送和暂存，不会进入周围土壤及地下水环境，对周围环境影响较小。

衰变池系统设置液位传感器、电动阀、控制柜、污水泵及废液取样测量设施等，实现废液收集、池体切换及排放过程的自动控制。池体及配套管道采取防腐、防渗漏措施，并设置必要的检修及防溢流措施，防止放射性废液泄漏对周围环境造成影响。

②放射性废液产生量及暂存时间分析

本项目 PET/CT 放射诊断区域使用的非密封放射性核素为 ^{18}F 和 ^{68}Ga，均用于 PET/CT 显像诊断。^{18}F 日最大诊疗人数为 24 人，^{68}Ga 日最大诊疗人数为 6 人，合计日最大诊疗人数为 30 人。

项目运行过程中产生的放射性废液主要包括患者注射放射性药物后的排泄废水，以及核医学工作场所清洗、人员去污等过程产生的废水。对于放射性药物操作过程中可能发生的少量药物洒漏，采用吸水材料进行吸收，受污染的吸水材料等按照放射性固体废物进行管理。

本项目 PET/CT 显像最大诊疗量约**人次/a，日最大诊疗人数为**人。按每名患者注射放射性药物后进入卫生间**次、每次冲洗废水量约**L 计，每位患者产生放射性废水约**L，则患者排泄产生的放射性废水量约为**m^3/天。工作人员去污、场所清洗等产生的废水按约**m^3/d 计，则本项目 PET/CT 放射诊断区域放射性废水日最大产生量约为**m^3/天。按年工作**d 计算，放射性废水年最大产生量约为**m^3/年。

本项目设置 3 组子衰变池，单池有效容积约**m^3。按照放射性废水最大产生量**m^3/d 计算，单座衰变池达到有效液位所需时间约为**个工作日。3 组子衰变池依次切换、轮换运行。当 1 号衰变池达到预设液位停止进水后，需待 2 号、3 号衰变池依次达到预设液位后，方进入 1 号池排放阶段。因此，对于 1 号池内最后进入的废液，其停止进水后的最短封闭衰变时间约为**个工作日；对于 1 号池内最早进入的废液，其在池内的总停留时间约为**个工作日。因此，本项目单批放射性废液在衰变池内的实际暂存时间约为**～**个工作日。

本项目使用的 ^{18}F 和 ^{68}Ga 半衰期均小于 24h。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021），对于槽式衰变池贮存方式，所含核素半衰期小于 24h 的放射性废液暂存时间超过 30d 后可直接解控排放。因此，本项目衰变池有效容积及轮换运行方式能够满足 ^{18}F、^{68}Ga

放射性废液暂存衰变要求。

医院应建立放射性废液管理制度和管理台账，明确专人负责放射性废液的收集、暂存及排放管理，并定期对多功能废液降解装置、衰变池、专用排水管道、电动阀、液位传感器、污水泵及自动控制系统等设施的运行状态进行检查和维护，确保放射性废液处理系统正常运行，防止发生渗漏、溢流等异常情况。管理台账应如实记录放射性废液所含核素名称、废液体积、产生起始日期、责任人员、排放时间及相关监测结果等信息。

综上所述，从辐射防护角度本项目放射性废液衰变池设计合理可行，本项目放射性废水经衰变池贮存衰变处理后能达标排放。

（3）放射性废气

本项目核医学科 PET/CT 放射诊断区域使用的非密封放射性核素为 ^{18}F 和 ^{68}Ga。在放射性药物分装、注射及放射性废物收集等操作过程中，可能产生少量含 ^{18}F 或 ^{68}Ga 的放射性气溶胶。本项目放射性药物分装操作在分装注射室手套箱内进行，手套箱设置局部机械排风装置，顶部排风口设置活性炭过滤装置，操作过程中产生的少量放射性气溶胶经手套箱内负压收集，并经活性炭过滤装置过滤后接入核医学科放射性废气排风系统，最终引至建筑屋顶排放，排风口高出屋面约 3m。^{18}F 和 ^{68}Ga 显像药物正常使用过程中挥发性较低，正常运行情况下放射性废气产生量较少。

根据本项目核医学科通风设计，PET/CT 放射诊断区域设置机械新风及机械排风系统，新风管道和排风管道分别独立布置。核医学科共设置 3 套独立机械排风系统，其中 2 套服务于控制区，1 套服务于监督区。控制区排风系统主要服务于分装注射室、注射后观察室及配套卫生间、PET/CT 机房、留观室、抢救室、固废间、洁具间及患者通道等区域，各区域废气经排风支管收集后汇入相应排风主管；监督区设置独立排风系统，与控制区排风系统分开设置。3 套排风系统相互独立，最终经排风管道引至医疗综合楼屋顶排放。通风系统按照气流由非放射区域向监督区、再向控制区流动的原则进行设计，通过合理设置送、排风量，使控制区相对于周围区域保持一定负压，减少放射性气溶胶向非放射性区域扩散的可能。各排风支管设置风量调节及防倒流措施，防止特殊工况下排风管道内气体倒流。

本项目放射性药物分装等操作在手套箱内进行，工作人员严格按照操作规程开展放射性药物分装、转移和注射等操作，可有效降低放射性药物操作过程中产生放射性气溶胶并扩散至工作场所的可能性。根据通风平面布置，新风由各功能用房相应送风口送入，废气由设置于各房间的排风口收集，使工作场所形成有组织的送、排风路径。核医学科各功能用房通过合理布置送风口和排风口，保证工作场所通风顺畅，减少通风死角和气流短路。

核医学科控制区各功能用房的排风经相应机械排风系统汇入独立排风管道，并引至医疗

综合楼高于屋顶 3m 排放。根据污染风险在排风系统内设置相应过滤装置，对可能产生的少量放射性气溶胶进行过滤后排放。建设单位应定期检查通风系统及过滤装置的运行状态和过滤有效性，发现过滤器失效或阻力异常时应及时更换，过滤器更换周期不应超过生产厂家推荐的使用期限。更换过滤器时应做好人员防护，防止放射性物质扩散和人员污染。

本项目核医学科运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物经核医学科机械排风系统收集后，与相关区域排风一并经独立排风管道引至医疗综合楼屋顶排放。核医学科放射性废气排风口设置于医疗综合楼屋顶，并高出屋面约 3m，排风口位置避开人员经常停留区域及新风进风口，与周边建筑物门窗、新风口等保持适当距离。经核实，医疗综合楼屋顶排风口周围 50m 范围内不存在高于该排风口的建筑物，排风口位置及高度有利于废气扩散，可有效避免排放废气再次进入建筑物。综上，本项目核医学科通风排风设计能够满足辐射防护要求，正常运行情况下产生的放射性废气对周围环境影响较小。

10.3 环保投资

本项目总投资为**万元，其中环保投资为**万元，占总投资的**%。环保投资情况见表 10-10。

表 10-10　环保投资情况一览表

类别	环保措施	环保投资金额（万元）	
辐射防护设计施工	PET/CT 机房及核医学科相关工作场所墙体、顶棚、地板辐射屏蔽施工，以及防护门、防护窗、硫酸钡防护材料等	**	合计：**
三废处置	核医学科通风排风设施、放射性废水处理设施、放射性固体废物处理设施。	**	
防护用品	手套箱、注射窗、铅防护罐、注射器防护套、铅废物桶、移动铅屏风、铅防护眼镜、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅围裙、铅橡胶手套等。	**	
监测设备	辐射剂量率监测仪、表面污染监测仪、固定式剂量监测报警装置等。	**	
辐射防护措施	工作场所电离辐射警告标志、工作状态指示灯等相关辐射安全设施。	**	
人员	8 名辐射工作人员职业健康检查、个人剂量监测及辐射安全与防护培训等。	**	

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

建设阶段主要对本项目医疗综合楼南楼一层核医学科 PET/CT 放射诊断区域及配套用房进行建设、改造、装修和设备安装，并配套设置防护门、防护窗、机械通风系统、放射性废水专用收集管道等辐射防护及污染防治设施；同时在 PET/CT 放射诊断区域西南侧设置 1 套放射性废水衰变处理系统。本项目施工期产生的环境影响主要为施工过程中产生的噪声、扬尘、施工废水及固体废物等。

11.1.1 施工噪声环境影响分析

本项目产生噪声影响的主要是施工机械、运输及现场处理等。噪声值一般在 65~80dB（A）之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，本项目将通过文明施工，合理安排施工时间，加快施工进度；选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施；施工场所采取消声减震等措施。

11.1.2 施工期扬尘影响分析

本项目在施工过程中会产生少量的扬尘，通过合理安排施工时间、封闭施工、洒水等相关措施，将对外环境扬尘影响降至最低。

11.1.3 施工期废水影响分析

本项目施工期废水主要为施工人员生活污水及少量施工设备、工具清洗废水。项目施工内容主要为室内装修、设备安装及配套设施施工，施工废水产生量较少。施工过程中应加强施工管理，避免施工废水随意排放，少量清洗废水经简单收集、沉淀后妥善处置，不直接排入外环境。项目施工期间施工人员约**人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水**L 计算，施工时间按**天计算，则施工期总用水量约为**t，污水排放量按用水量的**%计算，则生活污水总排放量约**t。施工人员生活污水依托医院现有卫生间及污水收集、处理设施，经医院现有污水处理系统处理后排放。

11.1.4 施工期固体废物影响分析

本项目工程量较小，项目施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、少量建筑垃圾及施工废物料。施工期间，施工人员按**人计算，生活垃圾量按**kg/人·d 计算，则施工期内产生生活垃圾约**kg（**kg/d）。生活垃圾分类收集至相应的垃圾箱，后交由环卫部门清运。本项目的装修及设备安装过程将产生少量建筑装修垃圾、包装纸箱、泡沫填充物和废胶桶

等。建筑装修垃圾由施工方统一交由有资质的渣土运输公司处置，包装纸箱等可回收利用的施工废物料应予以回收利用，废胶桶等由厂家回收，其他部分分类收集后交由环卫部门清运。

项目施工期环境影响只是一个短期效应，其影响将随着施工期停止而结束，施工过程中采取抑尘措施、合理安排施工秩序、施工时间等措施，尽量将环境影响降低到最小。因此，总体来说，本项目施工期对周围环境的影响较小。

本项目 PET/CT 设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院需及时回收包装材料及其他固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

综上所述，项目工程量较小，施工周期较短，通过合理安排施工时间和施工工序，采取洒水抑尘、及时清运施工固体废物、加强施工现场管理等措施，可有效降低施工活动对周围环境的影响。施工期环境影响具有暂时性，随着施工活动结束，相关环境影响亦随之消失。因此，在落实各项施工期环境保护措施的情况下，本项目施工期对周围环境及环境保护目标的影响处于可接受水平。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射防护措施分析

本次评价的 PET/CT 机为III类射线装置，从对 X 射线屏蔽的角度考虑，以《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求为准，对射线装置机房与标准进行对比分析，具体见表 10-9。通过以上对照分析可知，本次评价项目的 PET/CT 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，屏蔽机房四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗等的建设均采取了辐射屏蔽，充分考虑邻室（含楼上下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本评价的 PET/CT 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

11.2.2 运行时屏蔽体外辐射剂量率

由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）是以保证机房外的人员可能受照剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的要求为目的而进一步推算规定射线装置机房的屏蔽厚度要求，从机房防护及辐射安全分析可知本评价项目的射线机房设计符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对诊断 X 射线机房的防护设施的技术要求，可进一步得知本次评价的III类射线装置正常运行情况下，机房屏蔽体外 30cm 处的剂量率≤2.5μSv/h。

根据前述分析，本项目 PET/CT 机房在满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准要求的机房尺寸和屏蔽防护厚度情况下，机房外的周围剂量当量率最大为 2.5μSv/h。根据本项目 PET/CT 机房屏蔽厚度情况，均在满足标准情况下合理设计一定余量。

相关参数及机房屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-1。

表 11-1　本项目 PET/CT 机房屏蔽体外辐射剂量率估算参数取值一览表

序号	设备名称	最大管电压（kV）	H_0（μSv/h）	大于标准最小铅当量(mmPb)	α	β	γ	透射因子 B	H（μSv/h）
1	PET/CT	**	**	**	**	**	**	**	**

11.2.3 核医学科非密封放射性物质工作场所

11.2.3.1 辐射源活度等相关参数取值

本项目 PET/CT 放射诊断区域使用 ^{18}F 和 ^{68}Ga 开展显像诊断，单个患者最大给药活度均为**mCi（**MBq）。由表 11-2 可知，^{18}F 裸源及患者体内单位放射性活度所致周围剂量当量率常数均略大于 ^{68}Ga，且 ^{18}F 半衰期更长；两种核素用于屏蔽评价的主要光子能量均为**MeV。因此，对于患者注射、注射后观察、PET/CT 显像及留观等环节，采用 ^{18}F 作为代表性核素进行保守屏蔽计算，满足 ^{18}F 的屏蔽防护要求时，可同时满足本项目 ^{68}Ga 使用时的屏蔽防护要求。

本项目放射性药物每日共配送 3 批，其中 ^{68}Ga 配送 1 批，^{18}F 分 2 批配送。根据最大工作负荷及核素衰变反推结果，^{68}Ga 单批最大初始活度约为**mCi（**Bq）；^{18}F 每批最大临床使用初始活度约为**mCi（**Bq）。PET 系统采用^{18}F-FDG 质控模体进行校准时，按单次校准用量**mCi 并保守考虑与 ^{18}F 临床药物同批暂存，则校准日单批 ^{18}F 最大暂存活度约为**mCi（*Bq）。由于不同批次放射性药物分时配送，屏蔽评价按各批次最大在场活度分别考虑，不再按全天各批次活度累加作为同一时刻的暂存源项。

放射性药物分装及注射操作按单次最大给药活度**mCi（**MBq）进行计算。注射后观察室最大同时容纳 4 名受检者，患者注射时间间隔约**min。按最不利时刻考虑 4 名 ^{18}F 患者同时位于注射后观察室，其中 1 名患者刚完成注射，其余 3 名患者分别已衰变**min、**min 和**min，相应活度约为**MBq、**MBq、**MBq 和**MBq，总活度约为 1314.1MBq，因此注射后观察室按**MBq 进行屏蔽计算。

对于患者通道，考虑给药后患者可能在完成注射后即进入患者通道，按最不利工况取单名患者刚完成注射时的最大活度**MBq 作为屏蔽计算源项。受检者注射放射性药物后约**min 进入 PET/CT 机房进行显像检查，^{18}F 由**MBq 衰变**min 后的活度约为**MBq。PET/CT 机房屏蔽核算同时考虑临床显像及 PET 系统质控校准工况。临床显像时单名患者进入机房的 ^{18}F 活度约为**MBq；PET 系统质控校准单次使用 ^{18}F-FDG 最大活度约为**MBq.^{68}Ga 因半衰期较短且单位活度周围剂量当量率常数较小，其相同工况下的辐射影响低于 ^{18}F。PET/CT 全身显像时间约**min，患者检查结束后进入留观室，此时距注射约**min.^{18}F 由**MBq 衰变**min 后的活度约为**MBq，本项目留观室同一时段最多容纳 1 名患者，因此留观室屏蔽计算源项取**MBq。

参考《AAPM Task Group 108:PET and PET/CT Shielding Requirements》，^{18}F-FDG 显像诊断患者在给药后*h 内，约有给药活度的**%～**%经尿液排出。本评价保守取**%，并假设该部分放射性核素全部进入放射性废液收集系统。本项目 PET/CT 检查区域每日最多接诊 30 名患者，其中 ^{18}F 显像 24 人、^{68}Ga 显像 6 人。单人最大注射活度为**MBq，则每日最大给药活度为**MBq，每日进入衰变池的 ^{18}F、^{68}Ga 放射性活度约为**MBq。

计算时，注射放射性药物后的受检者按点源考虑，源点距地高度统一取 1m 各房间源点均取相应用房中心位置，并据此确定源点至各屏蔽体外关注点的距离。注射工作人员在**mmPb 药物注射窗后进行操作，患者摆位时工作人员穿戴**mmPb 铅衣。对于注射操作，计算时考虑实际使用的注射器防护套屏蔽作用；对于设置铅屏风等附加防护设施的场所，本次屏蔽计算不考虑其附加屏蔽作用，以保守评价辐射影响。

表 11-2 ^{18}F.^{68}Ga 核素相关参数一览表

核素	裸源周围剂量当量率常数 μSv·m²/(MBq·h)	患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处周围剂量当量率μSv·m²/（MBq·h）	TVL(mm)		
			铅	砖	混凝土
^{18}F	**	**	**	**	**
^{68}Ga	**	**	**	**	**

11.2.3.2 估算结果

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的附录 I 中公式 I.1 进行转换，关注点处周围剂量当量率计算公式见式（11-1）。

$$H=\frac{A\times\Gamma}{r^2}\times10^{-X/TVL} \quad \text{.....式（11-1）}$$

式中：H—关注点处的周围剂量当量率，μSv/h；

A—γ点源的活度，MBq；

r—周围剂量当量率常数，μSv·m²/（MBq·h）。

将式 11-1 代入相关参数进行计算，本项目 PET/CT 检查区辐射工作场所剂量率估算结果见表 11-3。

表 11-3　本项目 PET/CT 检查区辐射工作场所剂量率估算结果

核素名称及位置		屏蔽物质及厚度	源活度（MBq）	剂量率常数（μSv·m²/MBq·h）	距离(m)	屏蔽后剂量率（μSv/h）
手套箱（^{18}F贮存状态，柜体尺寸为长2.4m×宽0.8m×高0.9m）	正面 30cm	手套箱**mmPb+铅药罐**mmPb	**	**	**	**
	背面 5cm	手套箱**mmPb+铅药罐**mmPb			**	**
	左面 5cm				**	**
	右面 5cm				**	**
	上面 5cm				**	**
	下面 5cm				**	**
分装注射室（东西2.878m×南北4.04m/5.84m×高5.88m）	北墙外 30cm（一更）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料+**mmPb 注射器防护套	**	**	**	**
	北墙外 30cm（固废间）				**	**
	南墙外 30cm（患者走道）				**	**
	东墙外 30cm（接待问诊室）				**	**
	西墙外 30cm（PET/CT 机房）				**	**
	顶棚外 30cm（产前诊断实验室、处置室）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料+**mmPb 注射器防护套			**	**
	顶棚外距地 1m（产前诊断实验室、处置室）				**	**
	北侧防护门外 30cm（一更）	**mmPb+**mmPb注射器防护套			**	**
	北侧防护门外 30cm（固废间）	**mmPb+**mmPb注射器防护套			**	**
	南侧防护门外 30cm（患者走道）	**mmPb+**mmPb注射器防护套			**	**
	南侧注射窗外 30cm（患者走道）	**mmPb+**mmPb注射器防护套			**	**
注射后观察室（东西5.24m×南北4.732m×高5.88m）	北墙外 30cm（患者走道）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料	**	**	**	**
	南墙外 30cm（院内道路）				**	**
	东墙外 30cm（过道）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料			**	**

	西墙外 30cm（抢救室）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料			**	**
	顶棚外 30cm（过道、空调机房）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料			**	**
	顶棚外距地 1m（过道、空调机房）				**	**
	北侧防护门外 30cm（患者走道）	15mmPb			**	**
PET/CT 机房（东西 6.76m×南北 7.899m×高 5.88m，患者显像）	北墙外 30cm（控制廊、PET/CT 设备间）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料	**	**	**	**
	南墙外 30cm（患者走道）				**	**
	东墙外 30cm（固废间、分装注射室、备用间）				**	**
	西墙外 30cm（院内道路）				**	**
	顶棚外 30cm（医生办公室、会议室、物品间、过道）	**mm 厚混凝土+**mmPb 防护涂料			**	**
	顶棚外距地 1m（医生办公室、会议室、物品间、过道）				**	**
	北侧防护门外 30cm（控制廊）	**mmPb			**	**
	南侧防护门外 30cm（患者走道）	**mmPb			**	**
	北侧观察窗外 30cm（控制廊）	**mmPb			**	**
PET/CT 机房（东西 6.76m×南北 7.899m×高 5.88m，质控校准）	北墙外 30cm（控制廊、PET/CT 设备间）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料	**	**	**	**
	南墙外 30cm（患者走道）				**	**
	东墙外 30cm（固废间、分装注射室、备用间）				**	**
	西墙外 30cm（院内道路）				**	**

	顶棚外 30cm（医生办公室、会议室、物品间、过道）	**mm 厚混凝土+**mmPb 防护涂料			**	**
	顶棚外距地 1m（医生办公室、会议室、物品间、过道）				**	**
	北侧防护门外 30cm（控制廊）	**mmPb			**	**
	南侧防护门外 30cm（患者走道）	**mmPb			**	**
	北侧观察窗外 30cm（控制廊）	**mmPb			**	**
留观室（东西 1.94m×南北 2.802m×高 5.88m）	北墙外 30cm（患者走道）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料	**	**	**	**
	南墙外 30cm（院内道路）				**	**
	东墙外 30cm（洁具间、抢救室）				**	**
	西墙外 30cm（院内道路）				**	**
	顶棚外 30cm（备用间）	**mm 厚混凝土+**mmPb 防护涂料			**	**
	顶棚外距地 1m（备用间）				**	**
	北侧防护门外 30cm（患者走道）	**mmPb			**	**
抢救室（东西 1.86m/1.46m×南北 4.422m×高 5.88m）	北墙外 30cm（患者走道）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料	**	**	**	**
	南墙外 30cm（院内道路）				**	**
	东墙外 30cm（注射后观察室）				**	**
	西墙外 30cm（留观室）				**	**
	西墙外 30cm（洁具间）				**	**
	顶棚外 30cm（备用间、过道）	**mm 厚混凝土+**mmPb 防护涂料			**	**
	顶棚外距地 1m（备用间、过道）				**	**
	北侧防护门外 30cm（患者走道）	**mmPb			**	**

患者走道	东侧入口防护门外30cm	**mmPb	**	**	**	**
	西侧出口防护门外30cm	**mmPb			**	**
	北墙外 30cm（接待问诊室）	**mm 实心砖+**mmPb 防护涂料			**	**
	顶棚外 30cm	**mm 厚混凝土+**mmPb 防护涂料			**	**
	顶棚外距地 1m				**	**
衰变池	北侧墙外 30cm	**mm 铅板+**mm 厚混凝土	**	**	**	**
	南侧墙外 30cm	**mm 铅板+**mm 厚混凝土			**	**
	西侧墙外 30cm	**mm 铅板+**mm 厚混凝土			**	**
	东侧墙外 30cm	**mm 铅板+**mm 厚混凝土			**	**
	顶棚上方 30cm	**mm 铅板+**mm 厚混凝土			**	**
	防护井盖外 30cm	**mm 铅板+**mm 厚混凝土			**	**
^{18}F 铅药罐表面 30cm		**mmPb 铅罐+**mmPb 防护服	**	**	**	**
分装		手套箱 **mmPb+**mmPb 防护服	**	**	**	**
注射		注射窗 **mmPb+**mmPb 防护注射套+**mmPb 防护服	**	**	**	**
摆位		**mmPb 防护服	**	**	**	**
PET 校准放置 ^{18}F		**mmPb 防护服	**	**	**	**

注：各功能用房辐射源点按房间几何中心、距地面 1.0m 处考虑；墙体关注点距离按源点至墙体外表面 30cm 处的实际距离取值，防护门、观察窗等关注点按源点至其外表面 30cm 处的实际几何距离取值；顶棚关注点分别按顶棚外 30cm 及楼上距地面 1.0m 处计算。上述距离计算保守不计防护涂料厚度。

由表 11-3 可知，本项目非密封放射性物质工作场所控制区外人员可达处各计算点的周围剂量当量率均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中“控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h”的要求。

本项目手套箱外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率为**μSv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率最大值为**μSv/h，均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ

1188—2021）中“放射性药物手套箱、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h”的要求。

11.2.3.3 PET/CT 产生的 X 射线贡献辐射剂量率

结合表 11-1、11-3 计算结果，本项目 PET/CT 机房外各关注点辐射剂量率见表 11-4。

表11-4　PET/CT机房外各关注点辐射剂量率计算结果

机房	关注点	PET/CT机贡献辐射剂量率（μSv/h）	核素贡献辐射剂量率（μSv/h）	H(μSv/h)
PET/CT机房（患者显像）	北墙外 30cm（控制廊、PET/CT 设备间）	**	**	**
	南墙外 30cm（患者走道）	**	**	**
	东墙外 30cm（固废间、分装注射室、备用间）	**	**	**
	西墙外 30cm（院内道路）	**	**	**
	顶棚外 30cm（医生办公室、会议室、物品间、过道）	**	**	**
	北侧观察窗外 30cm（控制廊）	**	**	**
	北侧防护门外 30cm（控制廊）	**	**	**
	南侧防护门外 30cm（患者走道）	**	**	**
PET/CT机房（质控校准）	北墙外 30cm（控制廊、PET/CT 设备间）	**	**	**
	南墙外 30cm（患者走道）	**	**	**
	东墙外 30cm（固废间、分装注射室、备用间）	**	**	**
	西墙外 30cm（院内道路）	**	**	**
	顶棚外 30cm（医生办公室、会议室、物品间、过道）	**	**	**
	北侧观察窗外 30cm（控制廊）	**	**	**
	北侧防护门外 30cm（控制廊）	**	**	**
	南侧防护门外 30cm（患者走道）	**	**	**

根据表 11-4 可知，PET/CT 机房屏蔽体外 30cm 处各关注点辐射剂量率满足《核医学辐

射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h”和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“CT 机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的标准要求。

11.2.3.4 有效剂量估算

（1）外照射所致人员有效剂量

根据前述各关注点周围剂量当量率估算结果，结合本项目辐射工作人员及公众成员在相应关注点的年受照时间和居留情况，对人员年有效剂量进行估算。计算公式如下：

$$E = \dot{H} \times T \times t \times 10^{-3} \quad \text{.....（式 11-2）}$$

E——关注点的年有效剂量，单位 mSv/a；

$\dot{H}$——关注点的空气比释动能率（或周围剂量当量率），单位μSv/h；

T——人员在关注点的居留因子，根据关注点实际使用功能及人员停留情况取值；

t——人员在相应关注点的年受照时间，h/a；

10^{-3}——μSv 与 mSv 之间的单位换算系数。

本项目 PET 诊疗过程中，职业人员可能受到的外照射主要包括放射性药物接收、分装、注射过程中来自放射性药物的外照射，以及注射后患者摆位、扫描过程中来自患者体内放射性核素的外照射；此外还包括 PET/CT 设备 CT 扫描产生的 X 射线外照射和 PET 系统质控校准过程产生的外照射。

本项目 PET/CT 放射诊断区域拟配备辐射工作人员 8 人，年工作 250 天，主要负责放射性药物接收、分装、注射，以及设备操作、患者摆位和 PET/CT 显像扫描等工作。具体岗位及人员分工根据科室实际运行情况进行安排。

PET/CT 放射诊断区域工作人员及公众成员的年有效剂量估算结果表见表 11-5。PET 系统质控校准采用约 370MBq 的 ^{18}F-FDG 质控源。工作人员布置及撤收质控模体时，按距质控源约 1m 考虑，保守按全部 10min 均处于距质控源约 1m 的近源位置考虑，则接触时间为 6.67E-01h。

表 11-5　本项目工作人员及公众成员的年有效剂量估算结果表

成员	核素名称	操作类型	剂量率（μSv/h）	接触时间（h）	居留因子	年有效剂量（mSv）	
职业人	^{18}F	接收药物	**	**	**	**	**
		药物分装	**	**	**	**	
		注射	**	**	**	**	

员		摆位	**	**	**	**	**
		扫描检查	**	**	**	**	
		CT 扫描	**	**	**	**	
		质控校准	**	**	**	**	
公众人员	PET/CT 机房北侧 PET/CT 设备间		**	**	**	**	
	患者走道北侧接待问诊室		**	**	**	**	**
	注射后观察室东侧接待问诊室		**	**	**	**	
	患者走道西侧院内道路		**	**	**	**	
	患者走道东侧过道		**	**	**	**	
	注射后观察室南侧院内道路		**	**	**	**	
	PET/CT 机房上方医生办公室、会议室		**	**	**	**	
	患者走道上方物品间、过道		**	**	**	**	
	注射后观察室上方过道、空调机房		**	**	**	**	
	分装注射室上方处置室、产前诊断实验室		**	**	**	**	
	衰变池北侧草坪		**	**	**	**	
	衰变池南侧草坪		**	**	**	**	
	衰变池西侧草坪、停车场		**	**	**	**	
	衰变池东侧草坪、院内道路		**	**	**	**	
	衰变池上方草坪		**	**	**	**	

综上所述，根据表11-5职业人员年有效剂量估算结果，本项目核医学科正常运行时，药物接收、分装、注射人员最大附加年有效剂量为**mSv/a；摆位、扫描检查、质控校准人员最大附加年有效剂量为**mSv/a。注射操作与摆位扫描人员独立配置。

由于本项目8名辐射工作人员为医院现有核医学科人员，除从事本项目工作外仍需继续从事医院原有核医学科工作。由表11-6依托的8名辐射工作人员连续1年的有效剂量统计结果可知，最大年有效剂量为**mSv，保守按该名人员承担本项目剂量最高的摆位、扫描、质控校准进行叠加核算，叠加本次项目后年有效剂量为**mSv/a，仍符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002)的要求，也低于剂量约束值5mSv/a。

表11-6 本项目辐射工作人员连续1年的有效剂量（mSv)

姓名	2025年7—9月	2025年10—12月	2026年1—3月	2026年4—6月	合计
**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**
**	**	**	**	**	**

（2）内照射影响分析

本项目核医学科使用的非密封放射性物质主要为 ^{18}F 和 ^{68}Ga 正电子放射性核素，主要用于 PET/CT 显像诊断，具有半衰期较短的特点，^{18}F 半衰期约为 109.8min，^{68}Ga 半衰期约为 67.7min，正常工作状态下产生的内照射风险主要来源于放射性药物分装、注射过程中可能发生的药物洒漏，以及工作人员接触患者排泄物或受到放射性污染后经吸入、摄入等途径造成的内照射。

由于本项目使用核素均为正电子核素，不属于挥发性放射性核素，因此正常运行过程中不存在放射性核素挥发造成空气污染的影响。项目运行过程中，医院将通过规范放射性药物操作流程、加强工作场所管理及污染监测等措施，降低放射性核素进入人体造成内照射的风险。

内照射防护的基本原则是采取有效措施，切断放射性物质进入人体的途径，减少工作人员与放射性物质的接触机会，使工作人员受到的内照射剂量保持在合理可接受水平。

为降低工作人员内照射风险，医院拟采取以下防护措施：

①围封隔离措施

本项目核医学科工作场所按照功能划分实施分区管理，对放射性药物操作区域采取必要的围封措施，限制放射性物质污染范围，防止污染扩散。放射性药物分装操作在手套箱内进行，注射操作在分装注射室规定区域内进行，工作人员严格按照操作规程开展工作，避免放射性药物洒漏。

②保洁去污措施

工作人员应严格遵守放射性药物操作规程，保持工作场所清洁卫生。若发生放射性药物洒漏或工作台面、地面等区域受到污染，应及时采取去污措施，并利用表面污染监测仪对污染区域进行检测，确保污染水平满足相关标准要求。

③个人防护措施

工作人员进入核医学工作区域时，应正确穿戴个人防护用品，如工作服、一次性手套等。操作放射性药物时应尽量减少操作时间，保持与放射性物质的合理距离，避免直接接触污染物。工作人员不得在放射性工作场所内饮食、吸烟，严格执行个人卫生管理制度。

④污染监测措施

医院配置表面污染监测设备，定期对放射性药物操作区域、注射区域、PET/CT 放射诊断区域及相关工作场所进行表面污染监测。工作人员在开展监测工作时，应注意避免监测设备受到污染，并做好监测记录。

综上，本项目使用 ^{18}F 和 ^{68}Ga 正电子放射性核素，核素半衰期较短，且不存在挥发性放射性核素产生的空气污染影响。在采取上述内照射防护措施后，正常运行情况下工作人员因放射性核素摄入造成内照射的可能性较低，内照射影响较小。

根据前述外照射剂量估算结果，在按同一名辐射工作人员承担 ^{18}F 和 ^{68}Ga 相关操作的保守情形下，本项目辐射工作人员受到的年有效剂量最大约为**mSv/a，叠加连续 1 年的有效剂量统计结果最大值为**mSv/a，低于本项目辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a；公众成员各关注点年有效剂量最大值为**mSv/a，低于本项目公众成员剂量约束值 0.1mSv/a。因此，本项目正常运行情况下辐射工作人员及公众成员受到的附加辐射剂量均满足相关剂量约束要求。

11.2.3.5 β表面污染环境影响分析

β表面污染主要由放射性药物分装、注射过程中发生药物洒漏，以及患者注射放射性药物后体液排泄造成。本项目主要使用 ^{18}F 和 ^{68}Ga 正电子放射性核素，核素半衰期较短，正常运行情况下产生的β表面污染水平较低。

为防止放射性药物操作过程中造成工作场所表面污染，本项目在放射性药物分装、注射过程中采取规范操作流程，设置专用操作区域，并配备必要的防护用品。患者检查结束后，工作人员对 PET/CT 放射诊断区域、注射区域及相关工作场所开展表面污染监测，确保工作场所表面污染水平满足相关标准要求。

此外，项目配置便携式表面污染监测仪，工作人员定期对工作场所地面、操作台、设备表面等区域进行污染监测。监测人员在检测过程中注意避免监测仪探头受到污染，并在检测结束后对仪器表面污染水平进行检查。

通过采取上述污染防治措施，正常运行情况下，本项目放射性药物产生的β表面污染影

响较小。

11.2.3.6 放射性废物对周边环境影响分析

本项目非密封放射性物质工作场所产生的放射性废物主要为放射性废液、固体废物以及少量的挥发放射性气体。

（1）放射性固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要为 ^{18}F、^{68}Ga 放射性药物分装、注射及患者检查过程中产生的受污染一次性注射器、针头、延长管、棉签、药棉、纱布、吸水纸、手套、一次性防护用品及药物包装物等，以及排风系统更换的过滤材料。PET 系统采用 ^{18}F-FDG 质控模体进行校准过程中产生的少量受污染物品亦按放射性固体废物管理。

上述废物分类收集后暂存于核医学科固废间内的铅废物桶或铅衰变箱中，尖锐废物采取防刺伤措施后单独收集。医院建立放射性废物管理台账，对核素种类、产生时间、废物量及处理情况等进行记录。

本项目使用的 ^{18}F 和 ^{68}Ga 半衰期均小于 24h。放射性固体废物暂存超过 30d 后，经监测其辐射剂量率满足所处环境本底水平，且β表面污染小于 0.8Bq/cm^2，可进行清洁解控，并按医疗废物相关要求进行后续处理。

综上，本项目放射性固体废物经分类收集、暂存衰变及监测解控后，对周围环境影响较小。

（2）放射性废液

本项目放射性废液主要包括 ^{18}F、^{68}Ga 给药后患者产生的排泄废水，以及工作人员去污、工作场所清洗等产生的废水。放射性药物操作过程中发生的少量洒漏采用吸水材料处理，受污染材料作为放射性固体废物管理。

本项目 PET/CT 显像最大诊疗人数为 30 人/d，放射性废水日最大产生量约**m^3/d，按年工作**d 计算，年最大产生量约**m^3/a。放射性废水经专用管道进入放射性废水处理系统，系统设置 3 组子衰变池，单池有效容积约**m^3，总有效容积约**m^3。按最大废水产生量及三池轮换运行工况计算，放射性废液实际暂存时间约为 40～60 个工作日。

本项目使用的 ^{18}F 和 ^{68}Ga 半衰期均小于**h，放射性废液经衰变池暂存达到规定时间后，按相关要求排入医院污水处理系统。因此，本项目放射性废液处理措施能够满足短半衰期核素废液的暂存衰变要求，正常运行情况下对周围水环境影响较小。此外，本项目放射性废水管道采用地下埋设，室外区域位于地下**m，且采用**mm 的铅进行包裹，可有效屏蔽

废水管道中产生的γ射线，对周围环境和公众成员的辐射影响较小。

（3）放射性废气

本项目使用 ^{18}F 和 ^{68}Ga 开展 PET/CT 显像诊断。放射性药物在分装、注射及放射性废物收集过程中可能产生少量放射性气溶胶，由于所用显像药物在正常使用过程中挥发性较低，放射性废气产生量较少。

本项目核医学科共设置 3 套独立机械排风系统，其中 2 套服务于控制区，1 套服务于监督区，各排风系统相互独立。放射性药物分装在手套箱内进行，手套箱顶部设置活性炭过滤装置；控制区内可能产生的少量放射性气溶胶经相应排风支路收集、过滤后，通过控制区独立排风系统引至医疗综合楼屋顶排放。

本项目核医学科运行过程中产生的其他废气主要为 PET/CT 设备运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物，经 PET/CT 机房机械排风系统排出。核医学科排风口设置于医疗综合楼屋顶，高出屋面约 3m，排风口位置避开人员经常停留区域及新风进风口，且排风口周围 50m 范围内不存在高于该排风口的建筑物，有利于废气扩散。采取上述通风、收集及过滤措施后，可减少放射性气溶胶在工作场所内积聚及向非放射性区域扩散的可能，正常运行情况下产生的废气对周围环境影响较小。

11.2.4 辐射事故环境影响分析

11.2.4.1 PET/CT 机

PET/CT 装置应用项目可能发生的辐射事故及风险的发生主要是在管理上出问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查机房的性能，以及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用机房内。一旦发生辐射事故，处理的原则是：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划地进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应累积资料，及时总结报告。医院对辐射事故进行记录：包括事故发生

的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

11.2.4.2 非密封放射性物质辐射工作场所

本项目非密封放射性物质工作场所可能发生的辐射事故情形主要为以下几种：

①在操作放射性同位素的过程中，因容器破碎、药物泼洒等，有可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染。

②放射性药物丢失或被盗，造成放射性事故；放射性药物在转移过程中由于操作人员违反操作规定或误操作引起意外泄漏而造成放射性表面污染。

③因受到爆炸、火灾等各种自然或人为灾害的破坏，可能会导致放射性药物包容破损、放射性液体泄漏，若处置不当，会对人员和环境造成危害。

④放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

⑤放射性废物管理不善，放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害；放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短，即进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。放射性废气未按专用排风系统收集并经活性炭过滤后在建筑楼顶外排，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

⑥工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成附加照射剂量。

当发生放射性污染时，应当及时采取得当的应急措施，使放射性污染得到及时的控制。具体的处理方法如下。

（1）放射性污染控制

①确认引起放射性污染事故的发生及当事人。

②确定发生污染的核素名称、数量、剂量和放射性污染的具体位置、范围、放射性强度等和发生的时间。

③做好警示标识，及时隔离及限制污染现场，穿戴好铅衣等防护用品对污染部位采用肥皂等清洗剂反复清洗，至污染控制水平以下为止。

④评价去污处理效果：污染部位或污染物进行去污处理后应进行处理效果的评价，如用辐射监测仪进行表面污染放射性检测，同时用于去污处理的材料去污处理后应按放射性废物处置，以防放射性污染的扩大和二次污染的发生。被污染过的仪器和器械应暂停使用。

（2）放射性核素偷盗、丢失事故的处理

①确认放射性核素被偷盗、丢失事故的发生。

②查证放射性核素的核素名称、数量、活度，被偷盗、丢失的可能时间、地点和嫌疑人等。

③及时向生态环境、卫生健康部门报告，积极配合公安部门的调查。

④写出事故处理结果报告，查找事故发生的原因及可能的环节，评估事故影响。

（3）应急预案的启动

①一旦发生辐射事故，即时启动《辐射事故应急预案》。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急响应救助措施。

②发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行各项职责，各相关部门应积极协调配合，以便妥善处理所发生的辐射事故。

③各应急救助物资应准备充分、调配及时。

④发生事故后应及时上报生态环境、卫生健康行政和公安部门。

11.2.5 退役影响分析

本项目核医学科工作场所退役后受放射性污染的工艺设备，经去污处理后，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中表 B11 中所列设备类控制水平的五十分之一时，经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。对于无法达到污染控制水平的污染物，交由相关处理资质的单位处理。

退役过程中，擦拭、剥离、铲除等作业产生的受污染固体废物，经有相应资质机构测量达到豁免水平，经审管部门许可后，可作为一般废物进行处理，否则应作为放射性废物交由资质单位处理；退役过程中，产生的放射性液体废物，经检测达到清洁解控水平后，按要求经指定排放口排入市政污水管网。

本项目 PET/CT 达到设备使用年限时，产生的废旧 X 射线阴极管属于危险废物（国家废物危险名录 900-044-49），应委托有资质单位处置。拆除 X 射线管的设备在任何情况下均不会再产生 X 射线，医院可按照一般设备报废的相关规定进行处置。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，配套使用III类射线装置。龙岩市第一医院根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，已成立了以方*为主任，李*海为副主任，付*强、陈*红、罗*、林*斌、倪*雷、吴*昌、邹*、俞*伟、童*和、邱*生、汤*琅、邱*为成员组成的辐射安全管理委员会。

其主要职责内容包括：

负责制定并组织实施医院辐射安全与防护管理规章制度；定期组织对辐射工作场所、防护设施及相关安全设施进行检查；负责监督医院射线装置及放射性物质的安全使用和管理，组织开展辐射工作场所及射线装置的日常监测工作；制定并落实辐射事故预防措施和应急预案；负责辐射事故（事件）的应急处置、调查处理及信息上报等工作。

落实辐射安全管理责任制，明确辐射安全管理委员会各成员的职责和任务，加强分工协作，确保各项辐射安全管理措施落实到位。

负责监督辐射监测设备、报警仪器及个人防护用品等设施设备的配备、维护和使用，确保其处于正常工作状态。

发生辐射事故（事件）时，辐射安全管理委员会相关成员应按照辐射事故应急预案及时到达现场，组织开展应急处置、人员救治、现场监测及事故调查等工作。

做好辐射安全管理相关资料的收集、整理和归档工作，建立健全辐射安全管理档案；辐射事故（事件）处置结束后，应及时形成事故调查报告和工作总结，并按有关规定报送相关主管部门。

12.2 辐射安全管理

（一）规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、放射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

龙岩市第一医院已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关要求制定规章制度，医院已制定相关制度见表12-1。

表12-1　医院已制定的规章制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求成立的制度	医院已建立的管理制度	
	名称	内容
《操作规程》	《^{18}F-FDG PET-CT操作规程和质量保证》	主要规定辐射工作人员操作射线装置的详细流程，能减少辐射事故的发生。
《岗位职责》	《核医学科各岗位职责》	主要明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任。
《辐射防护制度》	《放射诊疗防护安全管理制度》	对医院辐射工作人员职责、工作程序和个人防护作出要求。
《安全保卫制度》		
《设备检修维护制度》	《医疗设备维修制度》	提出了对射线装置的定期检修和维护要求，防止因设备损坏造成辐射事故。
《人员培训制度》	《放射工作人员放射防护培训制度》	主要规定了辐射工作人员培训方式、证书有效期。
《台账管理制度》	《放射防护用品使用制度》	主要规定放射性核素从订购、领取、保管、给药使用直至注销、废物处置的全流程台账登记管理；对放射性药物到货活度、领用、患者给药剂量、残余药量、处置情况进行登记留存。
《监测方案》	《表面污染自主监测制度》	主要规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对监测结果存档保留。
	《个人剂量监测管理制度》	主要规定了辐射工作人员个人剂量监测的频率以及个人剂量计的佩戴要求。

龙岩市第一医院制定的规章制度符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。

（二）辐射工作人员拟配备人数

根据建设单位提供的资料，本项目拟配备 8 名辐射工作人员，均为依托医院原有辐射工作人员，主要包括核医学技师、影像医师、核医学医师、护士。详细的人员结构在后期项目运行期将根据实际需要再进行调整。

（三）辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用射线装置的单位，其辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

本项目依托的8名辐射工作人员均从事核医学科工作，均报名参加了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：http://fushe.mee.gov.cn）关于辐射安全与防护知识的学习，且考核合格。

（四）辐射工作人员职业健康体检

根据《中华人民共和国职业病防治法》第三十五条：对从事接触职业病危害的作业的

劳动者，用人单位应当按照国务院卫生行政部门的规定组织上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康检查，并将检查结果书面告知劳动者。

建设单位严格遵守相关法律法规要求，本项目拟从事放射工作的辐射工作人员均已按照相关要求进行上岗前职业健康检查，体检结果符合从事放射工作的职业健康要求，可从事相应放射工作。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测目的

开展辐射监测的目的主要是及早发现和获取可能发生污染与危害的征兆，确保项目安全运行；防止对环境产生有害的影响和对工作人员造成不必要的危害；为采取相应的安全措施提供必要的依据；同时监测数据为运行阶段的环境现状提供参考资料；与本底数据进行对照，分析项目运行后对辐射环境的影响。

12.3.2 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第二十九条要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

医院拟为所有辐射工作人员配备个人剂量计，开展个人剂量监测。监测工作委托有资质的放射防护技术服务机构承担。个人剂量常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。医院拟建立完善的辐射工作人员个人剂量档案，个人剂量监测档案包括辐射工作人员个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等内容。个人剂量监测档案终生保存。

12.3.3 工作场所及周围环境监测

为了解项目运行过程中的辐射安全，控制和评价辐射危害，使工作人员和公众所受照射尽可能低，项目计划配备相应的辐射监测设备，定期开展外照射监测、表面污染监测等，并定期对工作场所及周围环境进行辐射环境监测，建立监测档案。

①验收监测：项目建设完成后，委托有资质的单位进行竣工环境保护验收监测。

②年度监测：每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行环境监测。

③日常监测：项目运行期间，使用配备的辐射监测设备，对辐射工作场所定期进行环境监测。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《操作非密封

源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）以及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，本项目辐射环境监测计划见表12-2。

表12-2　辐射监测计划

监测对象			监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
PET/CT 机房		防护性能	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、观察窗、楼上、管线孔等	周围剂量当量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
				周围剂量当量率	每月 1 次	自行监测
		安全联锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检查
非密封放射性物质辐射工作场所	控制区	日常外照射监测	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、观察窗、楼上、管线孔等	周围剂量当量率	每月 1 次	自行监测
		场所表面污染监测	地面、墙面、操作台、设备表面等	β表面污染	每次工作结束后；撒漏时及时监测	自行监测
		工作人员体表监测	手、皮肤暴露部位、工作服等体表衣物	β表面污染	每次离开控制区前	自行监测
	监督区	日常外照射监测	人员活动位、区域墙边	周围剂量当量率	每月 1 次	自行监测
		场所表面污染监测	地面、常用接触面	β表面污染	每季度 1 次	自行监测
	全场所	年度监测	控制区、监督区全点位	周围剂量当量率、β表面污染	每年 1 次	委托有资质单位监测

本项目制定的辐射监测计划符合医院实际情况，包括定期委托监测、自行监测、自行检查以及辐射工作人员个人剂量监测，内容全面，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）等标准要求。

综上所述，医院辐射监测计划较为全面，能够涵盖本项目核医学科的各个环节，且监测频率较为合理，辐射监测计划整体可行。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》（闽环保辐射〔2013〕10号）要求，医院已编制《辐射事故应急预案》。

根据《辐射事故应急预案》，医院成立了辐射事故应急处置领导小组，组织、开展放射辐射事件的应急处理救援工作，领导小组成员名单如下：

主任：方*

副主任：李*海

成员：付*强、陈*红、罗*、林*斌、倪*雷、吴*昌、邹*、俞*伟、赖*斌、陈*贵、童*和、李*国、兰*迁、蓝*灵、李*颖、邱*、吴*超、赖*银、陈*风、王*盛、邱*生、汤*琅、李*、卓*英、邱*。

主要职责为：

（1）组长职责：全面负责医院辐射事故应急处理的统筹规划、组织指挥、整体调度工作，统筹调配全院应急人员、防护物资、设备器械等应急资源，决策应急处置重大事项，对接上级主管部门开展应急工作。

（2）副组长职责：协助组长开展应急指挥工作，负责事故信息收集、核查、汇总，第一时间向福建省生态环境厅、龙岩市生态环境局等生态环境主管部门上报事故情况，如发生放射源丢失、被盗或人员超剂量照射，还应向龙岩市公安局、龙岩市卫生健康委员会等部门上报事故情况，严格在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》；牵头做好受照射人员及家属的安抚沟通、心理疏导工作；统筹安排受损伤人员的医学检查、救治、住院治疗等医疗保障工作；监督现场应急处置流程落实，把控应急处置全过程安全。

（3）组员职责：负责本院辐射工作人员日常健康监测、职业防护管理及辐射事故现场封闭保护；全程协助上级主管部门开展事故调查、证据收集、资料整理、台账记录等工作；监督辐射设备运维人员日常操作及设备维保工作，规范设备安全管理；负责事故现场治安管控、秩序维护，严防现场物资丢失、被盗，杜绝次生辐射危害及安全事故发生，全力配合上级部门现场处置工作。

（4）应急救援人员职责：严格遵守应急工作纪律，服从应急小组统一调度、听从工作指令，坚守岗位、履职尽责，规范开展辐射防护、现场处置、人员救治、污染清理等工作，最大限度降低事故危害，快速恢复科室正常诊疗秩序，保障人员健康与医院安全稳定。

培训演习计划：

每年至少组织 1 次辐射事故综合应急演练或单项专项演练，演练前制定专项演练方案，明确演练场景、参与人员、流程步骤、考核标准；演练后及时复盘总结，填写《应急演练记录》，梳理不足、优化预案及处置流程，确保全员熟练掌握应急处置流程。

根据《突发事件应急预案管理办法》，医院应当建立应急预案定期评估制度，原则上每 3 年对辐射事故应急预案进行一次评估，并根据评估结果及时修订。当有关法律法规、规章和标准，应急组织机构及职责，辐射事故风险或者重要应急资源等发生重大变化，以及在实际应急处置和应急演练中发现问题需要作出重大调整时，应当及时修订应急预案。

12.5 建设项目竣工环境保护验收一览表

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3　竣工环境保护验收一览表

污染源或保护源	主要环保措施	验收标准
核医学科辐射防护措施	PET/CT 放射诊断区域和衰变池四周墙体、顶棚、门、窗的防护详见表 10-7。核医学科配置的防护用品和监测仪器见表 10-8。	1.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 2.《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021） 3.《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）
	PET/CT 机房控制廊防护门采用平开防护门，并设置自动闭门装置；患者出入防护门采用电动推拉防护门，并设置防夹装置。PET/CT 设备及控制廊操作台设置紧急停机按钮，发生紧急情况时可及时切断设备电源。	
	核医学科工作场所设置视频监控及对讲装置，可对场所内人员活动情况进行实时监控并进行语音对讲，发现异常情况及时处理。场所内地面设置明确的患者导向标识，规范患者在 PET/CT 放射诊断区域内的流动路线。	
	核医学科工作场所的室内表面及装备结构满足标准要求。	
放射性固体废物	本项目产生的放射性固体废物主要包括 ^{18}F 和 ^{68}Ga 放射性药物分装、注射及患者检查过程中产生的被污染的一次性注射器、针头、延长管、棉签、药棉、纱布、吸水纸、手套、一次性防护用品、药物包装物及排风系统更换的过滤材料等。PET 系统采用 ^{18}F-FDG 质控模体进行校准时产生的少量受污染擦拭物、手套等亦按放射性固体废物管理。 各类放射性固体废物分类收集后暂存于核医学科固废间内的铅衰变箱中。含 ^{18}F、^{68}Ga 等半衰期小于**h 核素的放射性固体废物暂存超过**天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β表面污染小于**Bq/cm^2 后，进行清洁解控并作为医疗废物处理。	
放射性废水	本项目 PET/CT 放射诊断区域设置放射性废水衰变处理系统，用于收集和处理诊疗过程中产生的含 ^{18}F、^{68}Ga 放射性废水。系统由多功能废液降解装置及 3 组子衰变池组成，放射性废水经收集、暂存衰变后，达到相应排放要求后排入医院污水处理系统。	
放射性废气	本项目核医学科 PET/CT 放射诊断区域设置机械新风及机械排风系统，各功能用房产生的少量含 ^{18}F、^{68}Ga 放射性气溶胶经排风系统收集、过滤后，通过独立排风管道引至医疗综合楼高于屋顶 3m 排放。排风系统过滤装置应定期检查、更换，更换后的过滤材料按照放射性固体废物进行收集、暂存和管理。	
辐射管理措施	制定相应的规章制度和事故应急预案，规章制度上墙。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
	所有辐射工作人员佩戴个人剂量计，并按时送检，建立完善的个人剂量档案；所有辐射工作人员间隔不超过两年应参加职业健康体检，并建立完善的职业健康档案。	
	医院辐射工作人员参加生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训和学习，并取得辐射安全与防护考核合格证书。应对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告（含监测报告）。	

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

龙岩市第一医院拟将莲南院区（东区）医疗综合楼南楼一层现有部分建筑空间改造为核医学科 PET/CT 放射诊断区域，设置 1 间 PET/CT 机房及配套核素诊断用房，用于开展 PET/CT 医学影像诊断等工作。项目拟配置 1 台 PET/CT，最大管电压 140kV、最大管电流 420mA，属于III类射线装置。

本项目 PET/CT 放射诊断区域拟使用 ^{18}F 和 ^{68}Ga 两种非密封放射性核素开展 PET/CT 显像诊断，放射性药物采用外购方式，单个患者最大给药活度均为 10mCi（370MBq），其中 ^{18}F 日最大诊疗人数为 24 人，^{68}Ga 日最大诊疗人数为 6 人，合计日最大诊疗人数为 30 人。经核算，本项目 PET/CT 放射诊断区域日等效最大操作量约为 4.66×10^{7}Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目 PET/CT 设备不配置密封放射性校准源，PET 系统采用 ^{18}F-FDG 质控模体进行定期校准，单次校准使用活度约 10mCi，频次约 1 次/季度。项目配套设置放射性药物分装注射、注射后观察、留观、放射性固体废物暂存及放射性废水衰变处理等相关设施。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）工作场所布局与分区

本建设项目 PET/CT 设置独立机房，对辐射工作场所进行分区管理，设立监督区和控制区，分区布局合理。核医学科整体布局能够保证工作程序沿着相关房间单向开展，场所设计满足放射性活度由高到低梯次布置，控制区内医护人员及病人均具有独立的出入口和通道，注射后病人有专用卫生间连接衰变池，辐射工作场所布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中关于临床核医学工作场所对于布局的要求，布局合理。

（2）辐射安全措施

本项目 PET/CT 设置于独立机房内，机房四周墙体、顶棚、防护门及观察窗等屏蔽设施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130—2020）相关要求，并设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯、观察窗、对讲装置及安全联锁等辐射安全设施。

本项目非密封放射性物质工作场所按照控制区和监督区进行分区管理，设置分装注射室、注射后观察室、PET/CT 机房、留观室、固废间等功能用房，并采取屏蔽防护、人员和物流分流、门禁管理、表面污染监测、放射性废物分类收集及通风排风等措施。放

射性药物分装、注射等操作配备相应屏蔽防护设施，工作场所布局及辐射防护措施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）等相关标准要求。

综上，本项目 PET/CT 及非密封放射性物质工作场所采取的辐射安全与防护措施总体合理可行，能够有效降低辐射工作人员和公众的受照风险。

13.1.3 环境影响评价结论

根据建设单位提供的屏蔽设计方案，本项目 PET/CT 机房的使用面积、辐射屏蔽厚度及相关防护措施均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对相应诊断 X 射线机房的防护设施的技术要求。核医学科辐射工作场所拟采取的辐射屏蔽措施符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关标准要求。根据理论计算结果，本项目投入使用后各辐射工作人员及公众人员年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员年有效剂量限值和公众人员年有效剂量限值的要求，同时也满足本项目提出的对职业人员剂量约束值≤5mSv/a 及公众年剂量约束≤0.1mSv/a 的要求。

13.1.4 辐射安全管理符合性分析

医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，制定相关的辐射安全管理制度和辐射工作流程。本项目辐射安全管理工作及辐射工作人员均依托医院现有管理体系和原有辐射工作人员。项目运行过程中，医院按照相关要求做好人员培训、考核及日常辐射安全管理工作。综上，在落实各项辐射安全管理制度和操作规程的情况下，本项目能够满足辐射安全管理要求。

13.1.5 可行性分析结论

①实践正当性分析

核医学科已在我国各大医院广泛推广，技术已十分成熟，在医疗保障领域起了十分重要的作用。此外，射线装置的应用在放射诊断等方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。龙岩市第一医院莲南院区（东区）PET/CT 放射诊断项目的配置，提高医院整体医疗水平，为当地病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益。

本项目整体布局较为合理，各工作场所均按相关要求进行了设计，防护措施满足标准要求。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”原则。

②产业政策符合性分析

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》的规定，本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“4、……新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备……”以及“三十七、卫生健康”中的“1、……医疗卫生服务设施建设……”项目，因此，龙岩市第一医院莲南院区（东区）PET/CT 放射诊断项目符合国家产业政策。

13.1.6 总结论

综上所述，龙岩市第一医院莲南院区（东区）PET/CT 放射诊断项目在落实本报告表提出的各项污染防治措施和安全管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，项目正常运行对周围生态环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从生态环境保护和辐射防护角度论证，该项目建设是可行的。

13.2 建议

（1）对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，建设单位应尽快落实，在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

（2）建设单位如需增加本报告表所涉及之外的放射性同位素、射线装置或对其使用功能进行调整，则应按要求向生态环境主管部门进行申报，并按污染控制目标采取相应的辐射防护措施。

（3）本项目环评批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续并按要求开展竣工环境保护验收工作。

（4）建设单位应加强辐射安全与防护管理，及时组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训并通过考核，做到全体辐射工作人员持证上岗；培训证书有效期届满，拟继续从事辐射相关工作的，按规定每五年接受再培训与考核。建设单位应建立健全个人剂量和职业健康档案，所有辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计并接受剂量监测。

表 14 审批

下一级生态环境主管部门预审意见：   经办人：　　盖　章 年　月　日
审批意见：   经办人：　　盖　章 年　月　日