核技术利用建设项目

沈阳市第六人民医院 PET-CT 应用项目

环境影响报告表

沈阳市第六人民医院

2023 年 9 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

沈阳市第六人民医院 PET-CT 应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：沈阳市第六人民医院

建设单位法人代表：谷野

通讯地址：辽宁省沈阳市和平区和平南大街 85 号

邮政编码：110006　　联系人：陈国强

电子邮箱：　　联系电话：18502460541

打印编号：1692667015000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	e5e1d6
建设项目名称	沈阳市第六人民医院PET-CT应用项目
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	沈阳市第六人民医院
统一社会信用代码	122101004105789807
法定代表人（签章）	谷野
主要负责人（签字）	陈国强
直接负责的主管人员（签字）	陈国强
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司
统一社会信用代码	91210105730794850F
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
曲建伟	07352143507210158	BH007900	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
曲建伟	表1-表13	BH007900	
裴琳	制图及附件	BH053914	

目 录

表 1　项目概况 1
表 2　放射源 8
表 3　非密封放射性物质 8
表 4　射线装置 9
表 5　废弃物（重点是放射性废弃物） 10
表 6　评价依据 11
表 7　保护目标与评价标准 13
表 8　环境质量和辐射现状 30
表 9　项目工程分析与源项 34
表 10　辐射安全与防护 44
表 11　环境影响评价 70
表 12　辐射安全管理 84
表 13　结论与建议 88
表 14　审批 91
附件一：委托书 92
附件二：医院项目环境影响评价批复 93
附件三：医疗废物处置协议 113
附件四：辐射安全许可证 116
附件五：辐射本底检测报告 121

表 1　项目概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">沈阳市第六人民医院 PET-CT 应用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">沈阳市第六人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>谷野</td><td>联系人</td><td>陈国强</td><td>联系电话</td><td colspan="2">18502460541</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">辽宁省沈阳市和平区和平南大街 85 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">辽宁省沈阳市和平区和平南大街 85 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>3900</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>304</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">7.8%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">■新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积</td><td colspan="2">254m^2</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□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="5">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>■使用</td><td colspan="5">□乙 ■丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>■使用</td><td colspan="5">□II类 ■III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6"></td></tr>
</table>

项目概述

1.1 建设单位情况

沈阳市第六人民医院为三级专科医院，暨辽宁省传染病医院，前身为满洲医科大学附属医院传染病院，始建于 1934 年，距今已有八十余年历史，是我国历史上建立最早的传染病院之一。医院占地面积 67507 平方米，建筑面积 87517 平方米。2020 年新建 4A 区（临时隔离病房）占地面积 2178 平方米，内设 50 间病房、100 张床位。医院在岗人数 1239 人，其中卫生技术人员 1060 人，副高级职称以上 208 人，硕士 169 人，博士 9 人。编制床位 1000 张。医院现设有重症医学科、肝病肿瘤内科、肝病肾脏内科、外科、介入科、中医肝病科、中西医结合肝病科、肝病干诊科、肝病免疫科、肝病关爱科、肝病消化内科、感染一科、感染二科、感染三科、综合内一科（呼吸科、肾脏内科）、综合内二科（神经内科）、综合内三科（内分泌科）、麻醉科、血液净化中心。设有消化门诊、外科诊室、介入科诊室、皮肤性病门诊、感染门诊、内科门诊、外科门诊、妇科门诊、中医康复门诊、慢病门诊、口腔科门诊。设有药剂科、检验科、理疗科、病理科、放射科、电诊科、营养科、导管室、输血科等多个医辅科室。拥有 1.5T 核磁、128 层 CT、移动 DR、GE 彩超、生化分析仪等大型检查设备，成为集医、教、研为一体的大型医院。

1.2 建设目的和任务由来

为满足患者诊疗的需求，拟在医院内 6#楼一层西南角新建 PET-CT 工作场所，新购入一套

PET-CT 医疗设备，用于患者放射诊断，拟使用 ^{18}F 用于 PET-CT 显像，使用 3 枚Ⅴ类 ^{68}Ge 校准源对仪器进行校准。

根据国家生态环境部、国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号《关于发布<射线装置分类>的公告》，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》（GB18871-2002），本项目新建 PET-CT 工作场所属于丙级非密封放射性物质工作场所。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定要求，本项目属“五十五 核与辐射-172 核技术利用建设项目-使用 II、III类射线装置、丙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。因此，沈阳市第六人民医院委托辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司对本项目进行环境影响评价，辐洁公司接受委托后，立即组织工程技术人员对建设地点及周围环境进行实地调查，并收集与项目有关的基础资料，根据国家、省市的有关环保法规和《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）规定，编制了《沈阳市第六人民医院 PET-CT 应用项目环境影响报告表》。

1.3 项目概况

（1）项目建设内容

PET-CT 工作场所：拟在医院内 6#楼一层新建 PET-CT 工作场所，新购入一套 PET-CT（III类射线装置，配置V类密封校准源 ^{68}Ge）医疗设备，用于患者放射诊断；拟使用 ^{18}F 用于 PET-CT 显像，使用的核素 ^{18}F 从有资质单位购买；PET-CT 使用 3 枚 ^{68}Ge 校准源进行校准（属于Ⅴ类源）。PET-CT 扫描间尺寸为 7.62m×5.73m=43.66m^2，四周墙体为 240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料；顶棚为 120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料；防护门、观察窗均为 16mmPb。

PET-CT 工作场所包括给药室、分装室、储源室、污物间、注射前等待室、注射后等待室、病人留观室等功能用房。并在 6#楼室外南侧地下配套建设二级并联槽式衰变池。每组衰变池容积为 15.28m^3，有效容积为 12.23m^3。

表 1-1 本项目新增射线装置汇总表

设备名称	类别	数量（台）	型号	最高管电压（kV）	最大管电流（mA）	位置	备注
PET-CT	III	1	—	140	800	PET 扫描间	新增

（2）工作负荷及人员配置情况

PET-CT 工作场所 PET-CT 每日检查患者预计为 20 人，全年工作 250 天。放射性核素 ^{18}F 注射活度约每人次 3.7×10^{8}Bq（10mCi）。医院拟配备辐射工作人员 4 人，其中医生 1 人，技师 1 人，护士 2 人，由医院放疗科调剂，调剂到 PET-CT 工作场所后不再从事放疗工作。需通过辐射安全与防护考试（核医学）合格证后持证上岗。放疗科目前有 22 名辐射工作人员，调剂后仍能保证放

疗科的正常工作。

表 1-2　　本项目拟使用放射性物质汇总表

核素	日最大操作量（Bq）	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量（Bq）	年最大操作量（Bq）
^{18}F（用药量）	7.4×10^{9}	0.01	10	7.4×10^{6}	1.85×10^{12}
^{18}F（4 倍备药量）	2.96×10^{10}	0.01	100	2.96×10^{6}	7.4×10^{12}
合计				1.036×10^{7}	9.25×10^{12}
注：考虑 ^{18}F 衰变，保守按医院每天仅送药 1 次，以日最大操作量的 4 倍进行备药量估算。					

1.4 建设项目环境及保护目标

（1）医院位置及周围环境

沈阳市第六人民医院位于辽宁省沈阳市和平区和平南大街 85 号，医院东侧为中兴街；南侧为砂阳路，隔路为南运河；西侧为和平南大街；北侧为南八马路。用地性质属于医院用地。医院地理位置图见图 1-1，该医院现势地形图见图 1-2。

（2）项目所在建筑情况及周围环境

6#楼北侧为绿化带，西侧隔院内道路为门急诊综合楼，东侧为食堂，南侧为院内道路。

本项目 PET-CT 工作场所位于院内 6#楼一层西南角，工作场所对应楼上为库房、档案室，地下为土层。东侧为楼梯间、配电间、工会库房、货梯；西侧、南侧为楼外空地；北侧为大厅。

辐射工作场所 50m 评价范围均为医院院内，评价范围内无自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区、居民区、学校等敏感目标。因此，主要环境保护目标为本项目的辐射工作人员（包括：护士、医生、技师），以及评价区域内其他医护工作人员和公众（6#楼、3#楼其他医护人员及公众和门急诊综合楼医护人员及公众）。各辐射工作场所四邻关系见下表。

表 1-3　　本项目拟建 PET-CT 工作场所四邻关系

名称	所处位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
PET-CT 工作场所	6#楼一层西南角	楼梯间、配电间、工会库房、货梯	楼外空地	楼外空地	大厅	库房、档案室	土层

1.5 可行性分析

1.5.1 选址合理性

本项目拟建 PET-CT 工作场所位于院区 6#楼一层西南角，设置单独的入口、出口，入口和出口均设置门禁系统，防止无关人员进入；设置单独的人流、物流通道；核医学工作场所不与产科、儿科、食堂等部门及人员密集区邻接。PET-CT 工作场所选址符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求。

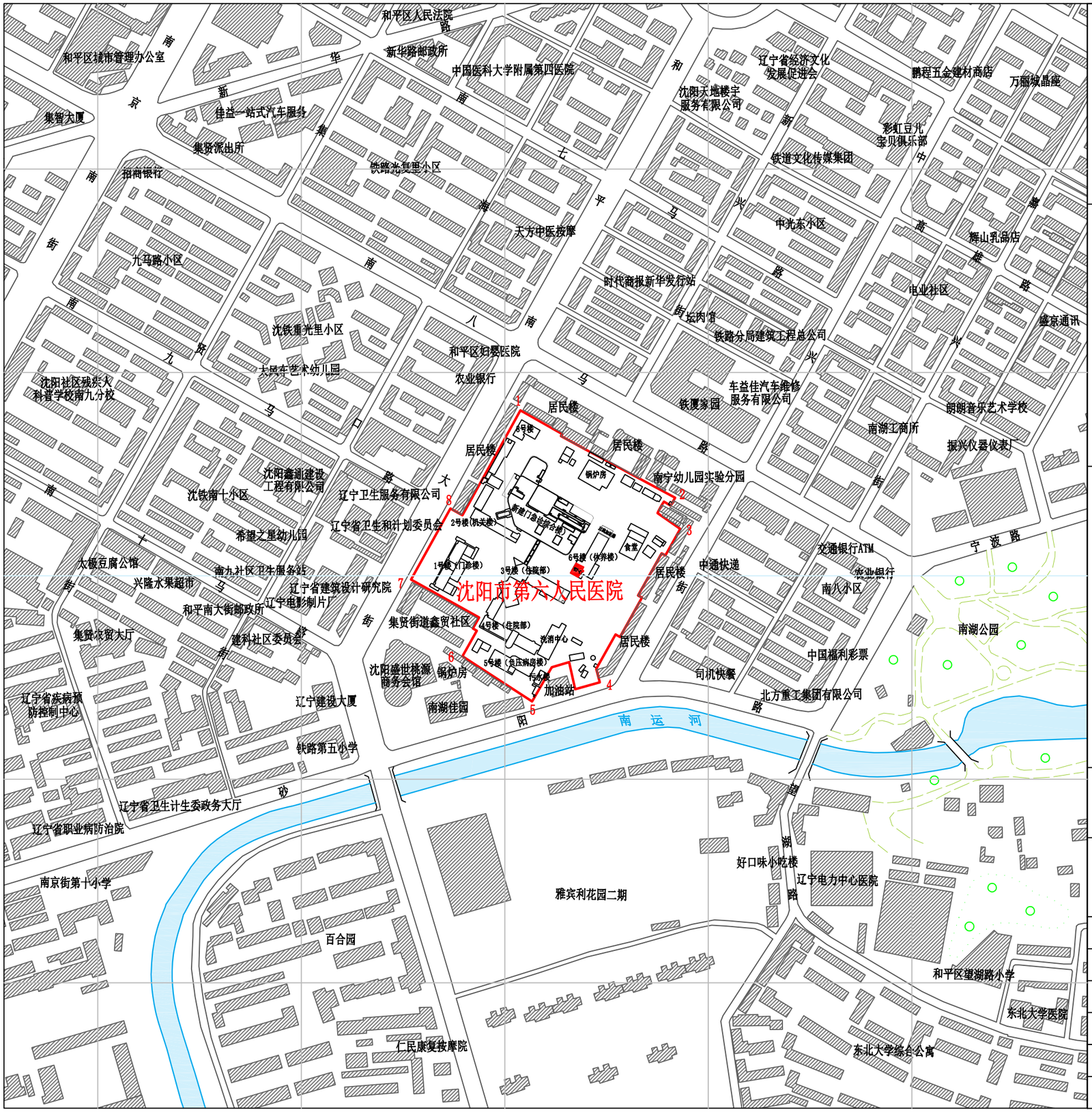
本项目辐射工作场所 50m 评价范围均为医院院内，评价范围无自然保护区、保护文物、风景

沈阳市地图



审图号：辽 S [2021] 277 号　　辽宁省自然资源厅监制　辽宁省地理空间成果应用中心编制　2021年7月

附图 1　本项目地理位置图



辽宁三维信息工程有限公司

LiaoNingsanweixinxigongchengyouxiangongsi

地址：沈阳市东陵区双园路32甲

邮编(Postcode)： 110163

传真(FAX)：

电话(TEL)： 86-024-31523957

E-mail: liaoningsanwei@163.com

说 明

Explain

N

1网格=250m

1954北京坐标系

厂区规划图由企业提供

厂区内部红色填充部分为放射源

1、	X:532652.55 Y:4626348.40	2、	X:532842.50 Y:4626241.05
3、	X:532848.91 Y:4626202.76	4、	X:532750.12 Y:4626014.35
5、	X:532666.82 Y:4625990.74	6、	X:532581.35 Y:4626046.21
7、	X:532518.12 Y:4626140.50	8、	X:532566.58 Y:4626227.85

委托单位

CLIENT

沈阳市第六人民医院

图 名

DRAWING TITLE

现势地形图

校 对 人 CHECKED BY	王 勇
专业负责人 DISCIPLINE RESPONSIBLE BY	王 勇
制 图 人 DRAWING BY	袁琳舒
图 号 NO.	SW-SY-FS02
比 例 SCALE	1网格=250m
日 期 DATE	2020.02.09

图1-2 本项目现势地形图

名胜区、水源保护区、居民区、学校等敏感目标，本项目选址可行。

1.5.2 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本，2021 年修订）第一类 鼓励类中“十三、医药 5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高等端外科设备，新型支架、假体高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，符合国家产业政策。

1.5.3 实践正当性

正电子发射扫描技术（PET）在肿瘤、心脏和脑部疾病的诊断和疗效评估中具有独特的优势，常用于多数肿瘤的诊断、分期和治疗评估并进行精确定位，特别适合确定肿瘤有无转移和复发。PET 是把标记有正电子核素（如 ^{18}F）的试剂注射到人体内，然后利用体外探测仪器（PET）探测这些正电子核素在人体全身脏器的分布情况，再结合 CT 的扫描图像，进行影像融合，可以观察病灶的病理生理变化及形态结构，从而显著提高疾病诊断的准确性以及治疗方案的合理性。

沈阳市第六人民医院是省、市两级以传染病学为重点和特色集医疗、科研、教学、预防于一体的三级专科医院。新增非密封放射性物质的使用，目的是满足医学诊断和治疗工作需要，提高医疗服务水平，满足患者就医需要。具有良好的社会效益和经济效益，其获得的利益远大于辐射效应可能造成的损害，符合辐射实践正当性原则的要求。同时具备了技术、人员和经费等条件。

医院在开展放射诊疗过程中，将严格按照国家法规高标准、高要求地落实辐射防护安全措施，建立严格的辐射安全管理规章制度。该设备的使用对职业人员、公众以及环境带来的不利影响，远低于其带来的社会利益和经济利益，故该核技术利用项目符合“实践的正当性”原则。

1.5.4 “三线一单”符合性分析

本项目所在院区位于沈阳市和平区，用地性质为医院用地。

根据《沈阳市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（沈政发〔2021〕10 号）以及沈阳市环境管控单元图，并通过沈阳市“三线一单”空间选址服务平台查询，本项目所在地的环境管控单元编码为“ZH21010220002”，管控单元名称为“重点管控区”。

本项目与管控单元要求对照情况见表 1-4。沈阳市环境管控单元分布图见图 1-3。

表 1-4 与生态环境准入清单编制要求

维度	准入要求	符合性分析
空间布局约束	（1）建设项目必须符合国家和辽宁省相关行业产业政策，符合国家《产业结构调整指导目录（2019 年本）》和《沈阳市建设项目环境准入限制政策目录（2021 年版）》相关要求，禁止淘汰类和限制类的项目准入； （2）不予批准城市建成区、地级市及以上城市规划区除热电联产以外的燃煤。	本项目不涉及

污染物排放管控	（1）建成区外的燃煤锅炉和工业炉窑实现达标排放，或实施废弃拆除。 （2）城市建成区内单台容量 100 吨及以上燃煤锅炉为重点，实行除尘器超低排放升级改造。	本项目不涉及
环境风险防控	/	/
资源利用效率	（1）将禁燃区内禁止燃用的燃料组合分为 I 类（一般）、II类（较严）和III类（严格），II类(较严)高污染燃料包括：除单台出力大于等于 20 蒸吨/小时锅炉以外燃用的煤炭及其制品；石油焦、油页岩、原油、重油、渣油、煤焦油。I类(一般)高污染燃料包括：单台出力小于 20 蒸吨/小时的。	本项目不涉及

综上所述，项目的建设符合“三线一单”管控要求。

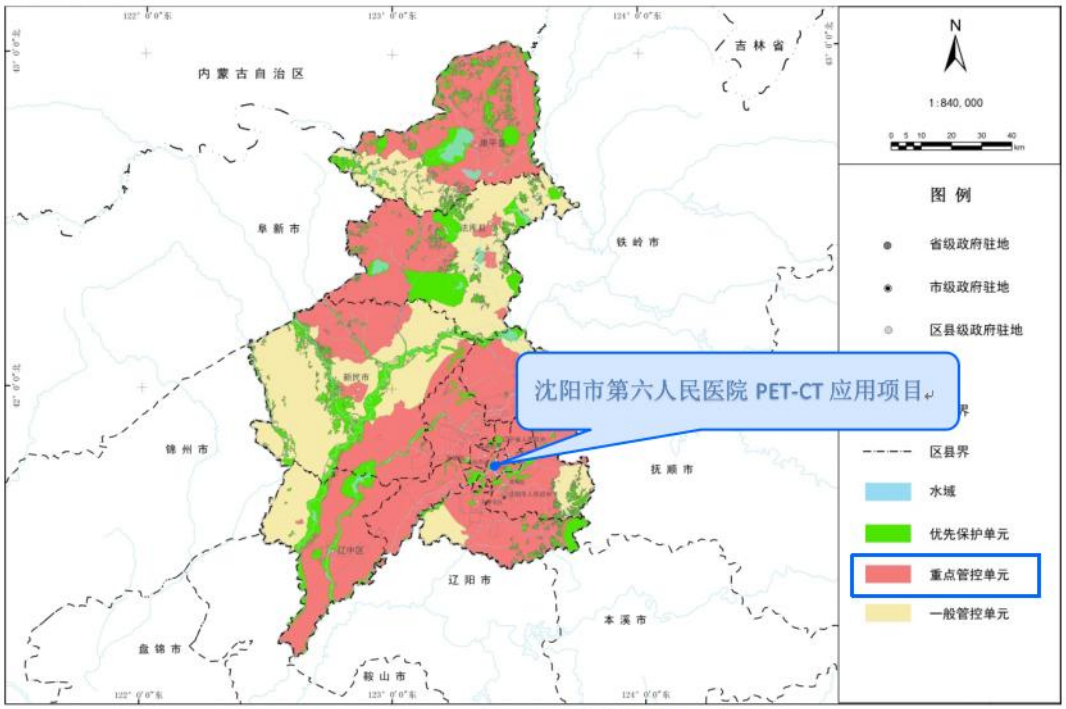


图 1-3 沈阳市环境管控单位分布图

1.6 环保审批和验收情况

1.6.1 建设项目

本项目依托建设项目环评情况：《应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目环境影响登记表》由源沈阳市环保局于 2009 年 12 月 9 日对其进行了批复，批复文号：沈环保审字〔2009〕510。项目于 2011 年 12 月 13 日通过原沈阳市环保局的验收审批，审批文号：沈环保验字〔2011〕153 号。批文及验收意见详见附件。

1.6.2 核技术项目

沈阳市第六人民医院核技术项目的环保执行情况及验收情况见表 1-5。项目环保批复详见附件。

表 1-5　　医院核技术项目环评手续履行情况汇总表

环评文件名称	审批部门	审批文号	验收情况
《沈阳市第六人民医院DSA利用项目辐射环境影响报告表》	辽宁省生态环境厅	辽环审表〔2018〕52号	自主验收2019.10.29-2019.11.26
《沈阳市第六人民医院DSA应用项目辐射环境影响报告表》	辽宁省生态环境厅	辽环审表〔2020〕44号	自主验收2021.11.29-2021.12.24
《沈阳市第六人民医院直线加速器应用项目辐射环境影响报告表》	辽宁省生态环境厅	辽环审表〔2021〕25号	自主验收2022.9.9-2022.10.12

1.6.3 辐射安全许可证情况

医院已按规定申领了《辐射安全许可证》（辽环辐证〔00270〕）。有效期至2028年5月10日，许可证见附件。活动种类为使用II、III类射线装置。辐射安全许可证见附件四，现有射线装置情况见表1-6。

表 1-6　　医院现有射线装置汇总表

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	现状	环评情况	验收情况
1	C臂	OEC-9900 ELite	III	3#楼外科介入室	良好	已备案	—
2	血管造影X射线机	IGS-530	II	3#楼1楼1号术间	良好	辽环审表〔2018〕52号	自主验收2019.10.29-2019.11.26
3	血管造影X射线机	IGS-540	II	2#楼1楼2号术间	良好	辽环审表〔2020〕44号	自主验收2021.11.29-2021.12.24
4	血管造影X射线机	IGS-540	II	2#楼1楼3号术间	良好	辽环审表〔2020〕44号	自主验收2021.11.29-2021.12.24
5	直线加速器	Synergy	II	加速器治疗室	良好	辽环审表〔2021〕25号	自主验收2022.9.9-2022.10.12
6	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	PP3-1	III	口腔门诊1楼	良好	已备案	—
7	牙科X射线机	移动式DTS-M	III	口腔门诊1楼	良好	已备案	—
8	C臂	OECEliteCFDx型	III	2#楼3楼	良好	已备案	—
9	CT512	NeuVizEpoch	III	2#楼1楼	良好	已备案	—
10	CT256	NeuVizGlory	III	3#楼1楼	良好	已备案	—
11	CT64	NeuViz64In	III	3#楼1楼	良好	已备案	—
12	DR	GEXR646	III	2#楼1楼	良好	已备案	—

13	移动式 X 射线机	BTDY1000 型	III	移动	良好	已备案	—
14	移动式 X 射线机	6000A	III	移动	良好	已备案	—
15	移动式 X 射线机	DRX-Revolution	III	移动	良好	已备案	—
16	移动式 X 射线机	6000A	III	移动	良好	已备案	—
17	CT 机	GEDiscoveryRT	III	放疗中心 CT 室	良好	已备案	—
18	CT 机	Neuviz128	III	3#楼 CT 室	良好	已备案	—
19	X 射线骨密度检测仪	PrddigyAdvance	III	3#楼 1 楼	良好	已备案	—
20	X 射线计算机体层摄影设备	NeuViz128	III	急诊楼 1 楼	良好	已备案	—
21	X 射线计算机体层摄影设备	NeuViz64In	III	5#楼 1 楼	良好	已备案	—

1.7 医院公用工程和环保工程

沈阳市第六人民医院按相关规定申办了排污许可证，发证日期为 2023 年 06 月 25 日，许可证编号为：12210100410578980700 1V，有效期至 2028 年 06 月 24 日。

供暖：医院供暖采用水源热泵，由沈阳绿建新能源科技发展有限公司提供。

废水：污水经医院污水处理站处理后达到排放标准，医院现污水处理站设计处理能力为 1500m^3/d，日排水量为 313.93m^3/d。废水排放总口的污水中，所有指标均能达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 1 传染病、结核病医疗机构水污染物排放限值标准，医院现有污水处理站处理效果可以稳定达标。处理后的污水经市政管网最终排入深水湾污水处理厂。医院内污水站环保设施委托沈阳天净环保科技有限公司进行维护，确保医院污水满足排放要求。

噪声：医院的噪声源主要有风机、水泵、冷却塔等，均采用隔声、降噪措施，确保各设备产生的噪声达标排放。

固废：医院产生的固体废弃物主要为医疗废物、污水处理站污泥及生活垃圾。医疗废物委托沈阳瀚洋环保实业有限公司处置。污水处理站产生污泥，待有资质单位回收处理。生活垃圾集中收集，日产日清，以免对环境造成不良影响。

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
1	Ge-68	9.25E+07 ×1	Ⅴ	使用	PET-CT 校准	PET-CT 机房	不使用时暂存于储源室铅罐内	
2	Ge-68	4.625+07 ×2	Ⅴ	使用	PET-CT 校准	PET-CT 机房		

注：密封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（用药量）	半衰期109.8min，液态，低毒	使用	7.4×10^{9}	7.4×10^{6}	1.85×10^{12}	PET-CT诊断	很简单的操作	PET-CT 工作场所	储源室
2	^{18}F（4 倍备药量）			2.96×10^{10}	2.96×10^{6}	7.4×10^{12}		贮存		
合计					1.036×10^{7}	9.25×10^{12}				

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

表 4　射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二)X 射线，包括工业探伤、医用诊断和治疗等用途

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	1 台	/	140	800	放射诊断	PET-CT 机房	新购
/	/								

(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)	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
放射性废水（PET-CT 工作场所患者的如厕废物、清洁用水）	液态	^{18}F	/	/	76.2m^3	/	衰变池	贮存满足 HJ1188-2021 的要求后，排入医院污水处理站处理，达标排入市政管网
放射性废气（PET-CT 工作场所废气）	气态	^{18}F	/	/	/	/	/	经活性炭过滤器过滤后，由专用排风管道引至楼顶排放
放射性固废（PET-CT 工作场所科沾有放射性核素的注射器、手套、棉签、放射性药品包装物等）	固态	^{18}F	/	/	100kg	/	暂存于污物间，并编号、记录存储日期等	衰变满足 HJ 1188-2021 的要求后作为医疗废物由有资质单位处置
PET-CT 工作场所更换下来的废过滤器	固态	^{18}F	/	/	20kg	/	暂存于污物间，并编号、记录存储日期等	衰变满足 HJ1188-2021 要求后作为医疗废物由有资质单位处置
Ge-68	固体密封							供源单位回收处理
/	/							

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

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起施行，2018 年修订）； （2）《中华人民共和国放射性污染防治法》（主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行）； （3）《中华人民共和国环境影响评价法》（主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日起实施）； （4）关于修改《建设项目环境保护管理条例》的决定（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令，2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第一次修订，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第 709 号）第二次修订）； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日经《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环境保护部令第 3 号）修改，2017 年 12 月 20 日经《环境保护部关于修改部分规章的决定》（环境保护部令第 47 号）修改， 2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令第 7 号）修改，2021 年 1 月 4 日《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）修改）； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施）； （8）关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部和国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日公布实施）； （9）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）； （10）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日实施）； （11）《关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部、工业和信息化、国家国防科技工业局 公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日实施）； （12）《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 环办辐射函〔2016〕 430 号，2016 年 3 月 7 日起实施）； （13）《辐射安全与防护监督检查技术程序》（生态环境部，2020 年 2 月）； （14）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年 第 57 号）；

	（15）《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）； （16）《辽宁省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（辽政发〔2021〕6 号）； （17）《国家发展改革委 商务部关于印发<市场准入负面清单（2022 年版）>的通知》（发改体改规〔2022〕397 号，自 2022 年 03 月 12 日起施行）； （18）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （4）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； （5）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； （6）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （7）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （8）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （9）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （10）《表面污染测定 第 1 部分 β发射体（Eβmax＞0.15MeV）和α发射体》（GB/T14056.1-2008）； （11）《医疗、工业、农业、研究和教学中产生的放射性废物管理》（核安全导则 HAD 401/16-2023）。
其他	（1）《中国环境天然放射性水平》（国家环保局 1995）； 沈阳地区室内的γ辐射剂量率平均值为（67.0～127.0）nGy/h。室外的γ辐射剂量率平均值为（19.4～136.9）nGy/h。 辽宁地区土壤总β比活度本底水平：（420～1260）Bq/kg。 （2）《辐射防护技术与管理 第一卷 电离辐射防护技术与管理》（张丹枫、赵兰才编著）。 （3）AAPM Task Group 108 报告。 （4）《环境影响评价项目委托书》（沈阳市第六人民医院）； （5）辐射工作安全责任书、辐射事故应急预案等制度； （4）医院提供的其他资料。

表 7　保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定“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”，确定本项目评价范围为拟建 PET-CT 工作场所实体屏蔽边界周围 50m 区域。

7.2 保护目标

沈阳市第六人民医院位于辽宁省沈阳市和平区和平南大街 85 号，医院东侧为中兴街；南侧为砂阳路，隔路为南运河；西侧为和平南大街；北侧为南八马路。用地性质属于医院用地。

6#楼北侧为绿化带，西侧隔院内道路为门急诊综合楼，东侧为食堂，南侧为院内道路。

拟建 PET-CT 工作场所位于 6#楼一层西南角，工作场所对应楼上为库房、档案室，地下为土层。东侧为楼梯间、配电间、工会库房、货梯；西侧、南侧为楼外空地；北侧为大厅。本项目 50m 评价范围内为医院院区内部，根据项目特点及周围毗邻关系，确定主要环境保护目标为本项目的辐射工作人员，以及评价区域内其他医护工作人员和公众。本项目保护目标见表 7-1。保护目标图见图 7-1。

表 7-1　　本项目环境保护目标一览表

功能单元	人群组		场所	方位	距离（m）	规模	剂量限值	剂量约束值
核医学科	职业人员	护士	分装室、给药室等	场所内	近距离操作	2 人	20mSv/a	5.0mSv/a
		技师	PET-CT 操作间、扫描间	场所内	近距离操作	1 人		
		医生	PET-CT 操作间、办公室等	场所内	近距离操作	1 人		
	公众	6#楼其他医护人员及公众	6#楼一层档案室、库房 CT 室、加速器室等楼上库房、档案室等	场所周围（北侧、东侧及正上方）	2	若干	1mSv/a	0.1mSv/a
		3#楼住院楼医护人员及公众	3#楼内	西北侧	10	若干		
		门急诊综合楼医护人员及公众	门急诊综合楼内	西南侧	15	若干		

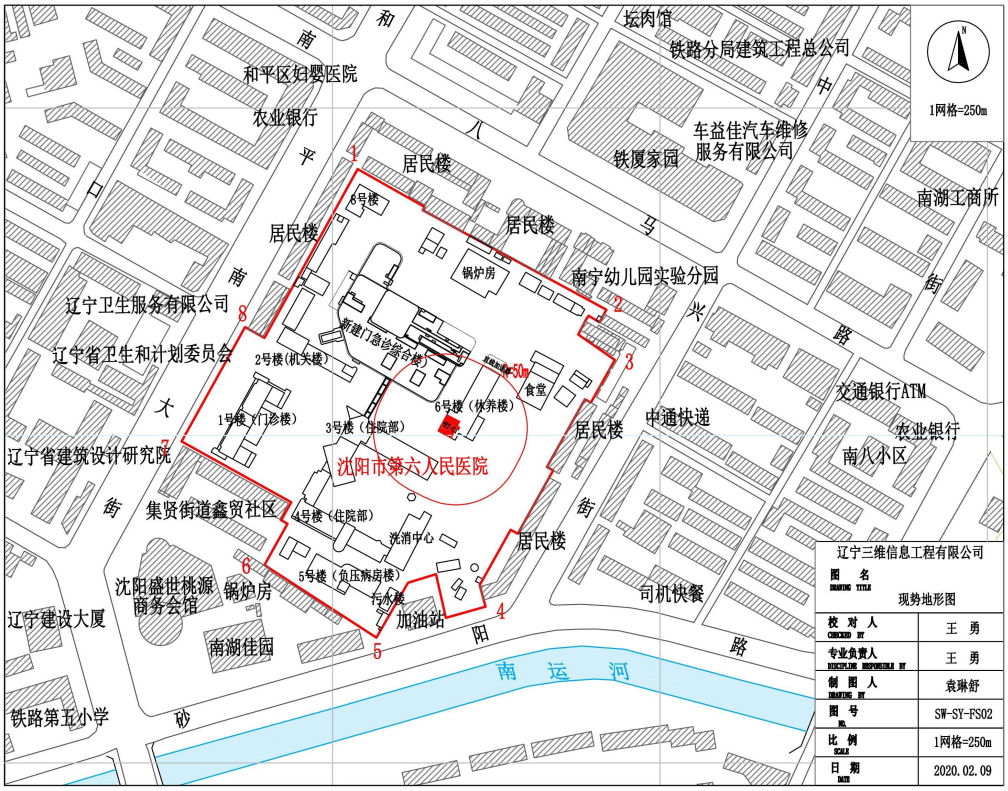


图7-1　本项目保护目标图

7.3 评价标准

7.3.1 辐射剂量限值及剂量约束值

（1）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第 B1.1.1.1 款，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；本项目取其四分之一即 5mSv 作为剂量约束值。

第 B1.2 款 公众照射：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；本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为剂量约束值。

（2）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定：

4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

7.3.2 辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

（1）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定：

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

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

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

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

（2）根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）规定：

5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控目标值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/h；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

7.3.3 辐射场所选址及布局要求

（1）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定：

5 选址和布局

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。

（2）根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）规定：

5.1 工作场所平面布局和分区

5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

a）使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；

b）保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；

c）在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；

d）在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下：

a）对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室(根据放射性核素防护特性分别设置)、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房；

b）对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房（使用非密封源治疗患者）或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房；

c）诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房；

5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区(病房)

的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。

7.3.4 辐射管理分区

（1）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，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。

（2）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定：

4.3 辐射工作场所分区

4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应

设置标明监督区的标志。

（3）根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）规定：

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

7.3.5 非密封源工作场所的分级

（1）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

C1 非密封源工作场所的分级

应按表 C1（下表 7-2）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 7-2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量，Bq
甲	$>4\times10^9$
乙	2×10^7～4×10^9
丙	**豁免活度值以上～2×10^7**

C2 放射性核素的日等效操作量的计算

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。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分别见表 C2（下表 7-3）和表 C3（下表 7-4）放射性核素的毒性分组见附录 D（标准的附录）。

表 7-3 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
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	**0.01**

表 7-4 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	1000	100	10	1
很简单的操作	100	**10**	1	0.1

简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

（2）根据《关于明确核技术利用项目辐射安全监管有关事项的通知》（环境保护部环办辐射函〔2016〕430号，2016年3月7日）规定：

生产、使用放射性药品的非密封放射性物质工作场所，在新颁发辐射安全许可证和批复环境影响评价文件时按以下原则处理：

（一）满足以下特点的放射性药品生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：

1.由相对独立、明确的监督区和控制区划分；

2.工艺流程连续完整；

3.有相对独立的辐射防护措施。

（二）常见的放射性药品生产、使用场所日等效操作量核算中操作因子的选取；

1.利用钼锝发生器淋洗 ^{99m}Tc 放射性药物时，^{99}Mo 的操作视为“贮存”；

2.放射性药品生产中，分装、标记等活动视为“简单操作”；

3.医疗机构使用 ^{18}F、^{99m}Tc、^{125}I 粒子源相关活动视为“很简单的操作”，使用 ^{131}I 核素相关活动视为“简单操作”。

7.3.6 放射性表面污染控制水平

（1）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

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 B11（下表 7-5）所列。

B2.2 工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11（下表 7-5）中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，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。

表 7-5 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/cm^2）
工作台设备、墙壁、地面	控制区 1)	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}

1）该区的高污染子区除外

7.3.7 放射性废水排放控制要求

（1）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定：

7.3 液态放射性废物的管理

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。

7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

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。

（2）根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）规定：

8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。

8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用

厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

7.3.8 放射性固体废物管理

（1）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定：

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.1 固体放射性废物收集

7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

7.2.2 固体放射性废物贮存

7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

（2）根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）规定：

8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。

8.9 储存场所应具有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

8.11 废物包装体外表面的污染控制水平：$\beta<0.4Bq/cm^2$。

7.3.9 放射性废气管理

（1）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定：

7.4 气态放射性废物的管理

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

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，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。

（2）根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）规定：

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物楼顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

7.3.10 噪声排放控制要求

本项目不涉及噪声排放控制要求。

7.3.11 辐射安全与防护措施

（1）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定：

6.2 场所安全措施要求

6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。 贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

6.3 密闭和通风要求

6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。

8 辐射监测

8.1 一般要求

8.1.1 开展核医学诊疗实践的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作，不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

8.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。

8.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

8.2 工作场所监测

8.2.1 应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。

8.2.2 核医学工作场所辐射监测点位、内容和频次应包括但不限于表 1（下表 7-6）的内容。

表 7-6 核医学工作场所辐射监测关注点位

监测内容	监测点位	监测频次
辐射水平	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面	不少于 1 次/月
表面放射性污染	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）

8.3 环境监测

开展核医学相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。

8.4 个人剂量监测

8.4.1 核医学工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。

8.4.3 个人剂量档案应按照要求妥善保存，监测数据异常时，及时进行调查。

（2）根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）规定：

5.2 放射防护措施要求

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为I、II、III三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面积装备结构的基本放射防护要求见表 1（下表 7-7）。

表 7-7 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道[a]	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆[b]和去污设备	洗手盆[b]和去污设备	洗手盆

[a]下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。
[b]洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。

5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

6 操作中的放射防护要求

6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备

6.1.1 个人防护用品及去污用品

开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录 K），其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

对操作 ^{68}Ga、^{18}F 等正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。

6.1.2 辅助用品

根据工作内容及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。

6.2 放射性药物操作的放射防护要求

6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。

6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。

6.2.3 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。

6.2.5 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。

6.2.6 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 2 规定值，应采取相应去污措施。

6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 2 规定的表面污染控制水平的

物品被带出控制区。

6.2.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。

6.2.10 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。

6.2.11 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。

6.2.12 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。

6.2.13 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。

6.2.14 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用 6.1.2 和附录 K 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。

6.2.15 核医学放射工作人员应按 GBZ128 的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续 5 年期间，年平均当量剂量不超过 20mSv，任何 1 年中的当量剂量不超过 50mSv；

K.1 个人防护用品

个人防护用品见表 K.1（下表 7-8）。

表7-8 个人防护用品

场所类型	工作人员		患者或受检者
	必备	选备	
正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所	放射性污染防护服	—	—

注：“—”表示不需要求，宜使用非铅防护用品。

K.2 应急及去污用品

主要包括下列物品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂和硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。

(3)根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定：

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

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、改建和改建项目和技术改造、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（下表 7-9）的规定。

表 7-9　　X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

机房类型	机房内最小有效使用面积（m^2）	机房内最小单边长度（m）
CT 机房（不含头颅移动 CT）	30	4.5

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（下表 7-10）的规定。

表 7-10　　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） CT 模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平：

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a）具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

b）CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；

6.4　X 射线设备工作场所防护

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

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（下表 7-9）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-11　　个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层扫描（隔室）	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

7.4 CT 设备操作的防护安全要求

7.4.1 CT 工作人员应根据临床的实际需要，正确选取并优化设备工作参数，在满足诊断需要的同时，尽可能减少受检者受照剂量。

7.4.2 对儿童进行 CT 检查时，应正确选取扫描参数，以减少受照剂量，使儿童的 CT 应用达到最优化。

7.3.12 放射工作人员健康要求

（1）根据《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）规定：

5.1 职业健康监护要求

5.1.1 以职业健康监护一般原则为基础，评价放射工作人员对于其预期工作的适任和持续适任的程度，为应急照射或事故照射的医学处理和放射性疾病诊断提供健康基础资料。

5.1.2 职业健康检查包括上岗前、在岗期间、离岗时、应急照射和事故照射后的健康检查。

5.1.3 放射工作人员上岗前，应进行上岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康要求的，方可参加相应的放射工作；放射工作单位不得安排未经上岗前职业健康检查或者不符合放射工作人员健康要求的人员从事放射工作。

5.1.4 放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定执行，一般为1a～2a，不得超过2a，必要时，可适当增加检查次数；在岗期间因需要而暂时到外单位从事放射工作，应按在岗期间接受职业健康检查。

5.1.5 放射工作人员无论何种原因脱离放射工作时，放射工作单位应及时安排其进行离岗时的职业健康检查，以评价其离岗时的健康状况；如果最后一次在岗期间职业健康检查在离岗前三个月内，可视为离岗时检查，但应按离岗时检查项目补充未检查项目；离岗三个月内换单位从事放射工作的，离岗检查可视为上岗前检查，在同一单位更换岗位，仍从事放射工作者按在岗期间职业健康检查处理，并记录在放射工作人员职业健康监护档案中；放射工作人员脱离放射工作2a以上（含2a）重新从事放射工作，按上岗前职业健康检查处理。

（2）根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019规定）：

4.3 监测周期或频次

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月。

5.2 剂量计

5.2.5 从事可能引起非均匀照射的操作时，在工作人员身体可能受到较大照射的部位宜佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

5.2.6 在预期外照射剂量有可能超过剂量限值的情况下（例如从事有可能发生临界事故的操作或应急操作时），工作人员除应佩戴常规监测个人剂量计外，还应佩戴报警式个人剂量计或事故剂量计。

5.2.7 剂量计应具有容易识别的标识和编码，其大小、形状、结构和重量合适，便于佩戴且不影响工作。

5.3 佩戴

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3 对于5.3.2所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计(如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

表 8　环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

8.1 项目位置和场所位置、周围环境

沈阳市第六人民医院位于辽宁省沈阳市和平区和平南大街 85 号，医院东侧为中兴街；南侧为砂阳路，隔路为南运河；西侧为和平南大街；北侧为南八马路。用地性质属于医院用地。

6#楼北侧为绿化带，西侧隔院内道路为门急诊综合楼，东侧为食堂，南侧为院内道路。

本项目 PET-CT 工作场所位于院内 6#楼一层西南角，工作场所对应楼上为库房、档案室，地下为土层。东侧为楼梯间、配电间、工会库房、货梯；西侧、南侧为楼外空地；北侧为大厅。

8.2 监测布点及监测方法

评价对象：PET-CT 工作场所；

监测因子：（1）室内、外环境γ外照射剂量率；

（2）土壤中总β比活度分析。

监测点位及监测方案：

辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司于 2023 年 8 月 22 日对医院 PET-CT 工作场所拟建位置及其周围环境的γ辐射剂量率辐射本底进行了监测。监测时天气晴，全天气温 19℃~28℃，相对湿度 67%。

本次监测分别以 PET-CT 工作场所拟建位置为中心，周围 50m 范围内人员可到达区域，设置 6 个监测点位。

在拟建 PET-CT 工作场所周围采取土样，委托核工业东北分析测试中心分别进行土壤的总β比活度分析。

本项目监测布点图见图 8-1。

8.3 质量保证措施

（1）依照环评导则、技术规范合理进行监测点位的布设。

（2）辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司经 CMA 认证，证书编号为 17061206A177，有效期至 2023 年 11 月 5 日，具备相应的检测资质和检测能力，检测范围见表 8-1。核工业东北分析测试中心经 CMA 认证，证书编号 180021181425，有效期至 2024 年 5 月 28 日。

（3）监测仪器经计量部门检定，有效期内方可使用，监测方法和仪器的检定情况见表 8-2。土壤和水体分析方法及依据见表 8-3。

（4）监测数据经三级审核方可生效。

表 8-1　批准辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司检验检测能力范围（电离辐射）

批准日期：2021 年 05 月 21 日　　有效期至：2023 年 11 月 05 日

证书编号：17061205A177　　地址：辽宁省沈阳市皇姑区崇山东路 34 号

第 1 页 共 1 页

序号	检测产品/类别	检测项目/参数		检测标准（方法）名称及编号（含年号）	限制范围	说明
		序号	名称			
1	电离辐射	原批准日期：2019 年 08 月 13 日				
		1	γ辐射剂量率	环境γ辐射剂量率测量技术规范 HJ 1157—2021	仅限生态环境检测	
（一）	电离辐射	原批准日期：2020 年 09 月 28 日				
		1	X 射线辐射剂量率	辐射环境监测技术规范 HJ 61-2021 5.3.3.2	仅限生态环境检测	

以下空白

监测仪器的参数与规范见表 8-2。

表 8-2　监测方法及仪器检定情况

γ辐射剂量率	仪器名称及型号	6150 AD5/H+6150 AD-b/H 型（出厂编号：142904+143445）
	能量相应	20keV～7MeV 相对响应之差＜±30%（相对 137Cs 参考γ辐射源）
	测量范围	1nSv/h-99.99μSv/h
	检定证书	仪器检定证书编号：DLj12022-20414 检定有效期：2022 年 9 月 26 日至 2023 年 9 月 25 日
	监测方法	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
监测单位 资质证书编号		证书编号：17061205A177 有效期至：2023 年 11 月 5 日 发证机关：辽宁省质量技术监督局

分析方法及依据见表 8-3。

表 8-3　环境样品分析方法及依据

	土壤
仪器名称	BH1216 α/β测量仪
检出限	5.0mBq/kg
分析方法	薄样法
检测依据	水中总β放射性测定蒸发法（EJ/T900-94）

8.4 监测结果

环境γ辐射剂量率测量结果按照 HJ1157-2021 中 5.5 公式（1）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，本项目取 0.92；

k_2——仪器检验源效率因子，本项目取 1；

R_{γ}——仪器测量读数值均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数为 1.20Sv/Gy），Gy/h；

k_3——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野道路取 1；

$\dot{D}_c$——测点处宇宙射线响应值(由于测点处海拔高度和经纬度与宇宙射线响应测量所在淡水水面不同，需要对仪器在测点处对宇宙射线的响应值进行修正，具体计算和修正方法参照 HJ61)，Gy/h；6150AD5/H + 6150AD-b/H 型环境监测 X-γ 辐射剂量率仪宇宙射线响应值为 35.3nSv/h。

PET-CT 工作场所工作场所拟建位置及其周围环境本底水平监测结果见表 8-4、表 8-5。

表 8-4　　本项目环境γ辐射剂量率辐射本底监测结果

编号	位　　置	环境γ辐射剂量率*(nGy/h)		
		室内	室外	标准差
1	PET-CT 工作场所拟建位置	71.6	—	±1.1
2	PET-CT 工作场所拟建位置	71.5	—	±0.9
3	6#楼内	74.1	—	±1.2
4	6#楼内	73.2	—	±1.6
5	外环境（6#楼南侧绿化带）	—	58.3	±1.8
6	外环境（院内道路）	—	59.7	±2.6
7	门急诊综合楼内	67.0	—	±1.1
8	3#楼内	66.1	—	±1.2
监测范围		71.5 ～74.1	58.3 ～59.7	—
沈阳地区环境辐射剂量率本底范围		67.0～127.0	19.4～136.9	—

*注：监测数据已扣除宇宙射线影响。

表 8-5　　总β比活度监测结果

编号	样品名称	总β比活度	限值
9	土壤	651Bq/kg	（420～1260）Bq/kg

由表 8-4 可知，本项目 PET-CT 工作场所拟建位置及其周围本底环境室内、外监测结果均在沈阳地区室内、外环境辐射剂量率本底范围内。

由表 8-5 可知，土壤总 β 比活度本底为 651Bq/kg，在辽宁地区土壤总 β 比活度本底（420Bq/kg～1260Bq/kg）水平之内。

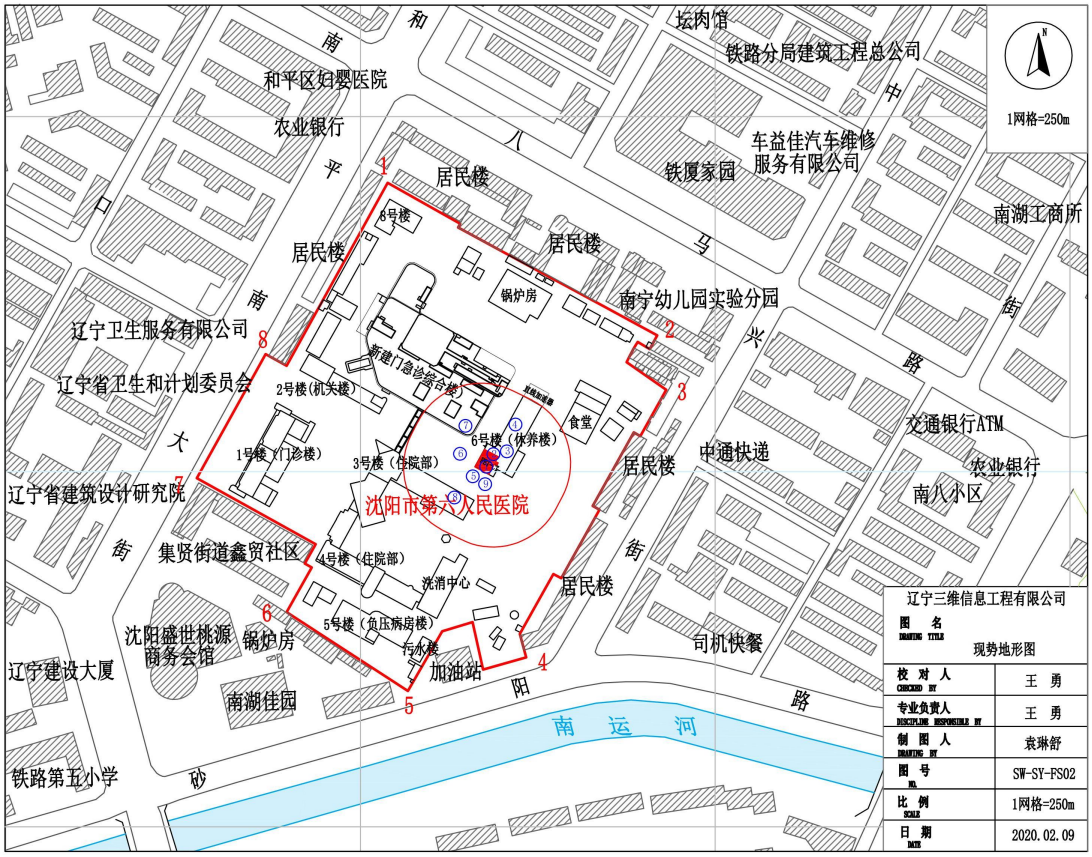


图8-1　本项目监测布点图

表 9　项目工程分析与源项

9.1 工程设备与工艺分析

9.1.1　PET-CT 装置组成及工作原理

本项目新建 PET-CT 工作场所位于院内 6#楼一层西南角。6#楼北侧为绿化带，西侧隔院内道路为门急诊综合楼，东侧为食堂，南侧为院内道路。新购入一套 PET-CT 医疗设备，拟使用 ^{18}F 用于 PET-CT 显像。

（1）设备组成

PET 是正电子发射计算机断层扫描成像（Positron Emission Tomography）的缩写，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，从而为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、显像、电子橱、操作工作站、分析工作站和影像硬拷贝等组成。PET 扫描仪的外形为一个柱状的支架，扫描视野位于支架的中央，由探测器、射线屏蔽装置等组成。

CT 是计算机断层 X 射线摄影术（Computed Tomography，CT）的缩写，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的断层平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

PET-CT 是将 PET 和 CT 组合而成的多模式成像系统，是目前全球最高端的医学影像设备，同时也是一种可以在分子水平成像的影像技术。

（2）工作原理

①PET 显像的基本工作原理

利用 ^{18}F 等超短半衰期核素显像剂，引入机体后定位于靶器官，这些核素在衰变过程中发射正电子，发射的正电子在组织中运行很短距离之后，即与周围组织中的负电子相互作用，发生湮灭辐射，发射出两个方向相反、能量相同（511keV）的光子。由于两个光子在体内的路径不同，到达两个探测器的时间也有一定差别，如果在规定的时间内，探头系统探测到两个互成 180 度的光子时，探测器便分别送出一个时间脉冲，脉冲处理器将脉冲变为方波，符合电路对其进行数据分类后，送入工作站进行图像重建，便得到人体各部位横断面、冠状断面和矢状断面的影像。

②CT 显像的基本工作原理

由 X 射线发生器输出的扇形 X 射线束对人体某断层连续扫描后，通过探测器采集与所

扫描断层结构相关的各体积元衰减系数的数据集合，然后按一定数学原理使计算机对这些数据进行逆运算，获得与所扫描断层结构逐一对应的参数值，最后又把所得参数值进行再次转换，重建为可以清晰显示的灰度影像。

③PET-CT 的基本工作原理

PET-CT 影像系统是 PET 和 CT 的同机融合。CT 显像原理是球管发射的 X 线穿过人体后，根据人体各个器官对射线的吸收与透过率不同，由计算机对透过人体的射线的衰减率进行重建来产生解剖学位置的断层图像，而 PET 系统可以产生代谢功能的临床图像，两种图像通过像融合联合诊断装置进行精确融合，两种技术优势互补，可以得到既能清楚显示器官的解剖结构，又能清楚显示该器官的生理、生化和代谢功能信息的融合图像，具有更高的诊断性能和临床应用价值。



图 9-1 典型 PET-CT 装置示意图

9.1.2 PET-CT 工艺流程及产污环节

本项目使用的放射性药物（^{18}F）为外购。建设单位在购入放射性核素 ^{18}F 时应审查供应商是否具备销售放射性核素的资格，是否取得辐射安全许可证，辐射安全许可证是否在有效期内，确保所购买的放射性核素具有合法来源。由于放射性药物（^{18}F）的半衰期较短，均是根据临床诊疗所需药物的使用量，向放射性核素供应商订购，并在放射性核素送达当天全部使用完，因此该 PET-CT 诊断过程中不会有放射性核素存放过夜。

PET-CT 检查工作流程按下列流程：患者预约登记→订药→质检→分装→患者注射→用药后候诊区候诊→摆位→图像采集→图像处理→读片、发报告。

订药：提前一天根据预约的检查人数及诊断项目，订购标记的放射性药物。

质检：药物运输至 PET-CT 工作场所的药物入口，由 PET-CT 工作场所人员接收，接收 ^{18}F 后立即核对放射性药物名称、规格和数量，检查包装和外观质量，进行登记后暂存于源

库。

分装：^{18}F 核素半衰期短，按诊断要求对 ^{18}F 在通风橱内测量活度后，将 ^{18}F 手动分装至注射器内，并运送至给药室。

注射：在给药室内，医护人员打开铅屏蔽盒，取出一次性注射器，给患者注射标记放射性药物，然后将废注射器装入铅屏蔽盒，作为放射性固体废物处理。

检查：病人在给药后病人候诊区等候 40～45min，待药物在身体内代谢达到相对平衡后，进行 PET-CT 扫描检查。

受检者在扫描检查后，在留观室观察等待 15～20min，听候接诊医生对图像进行初步评估，医生认为图像符合要求后，通知患者离开 PET-CT 场所。

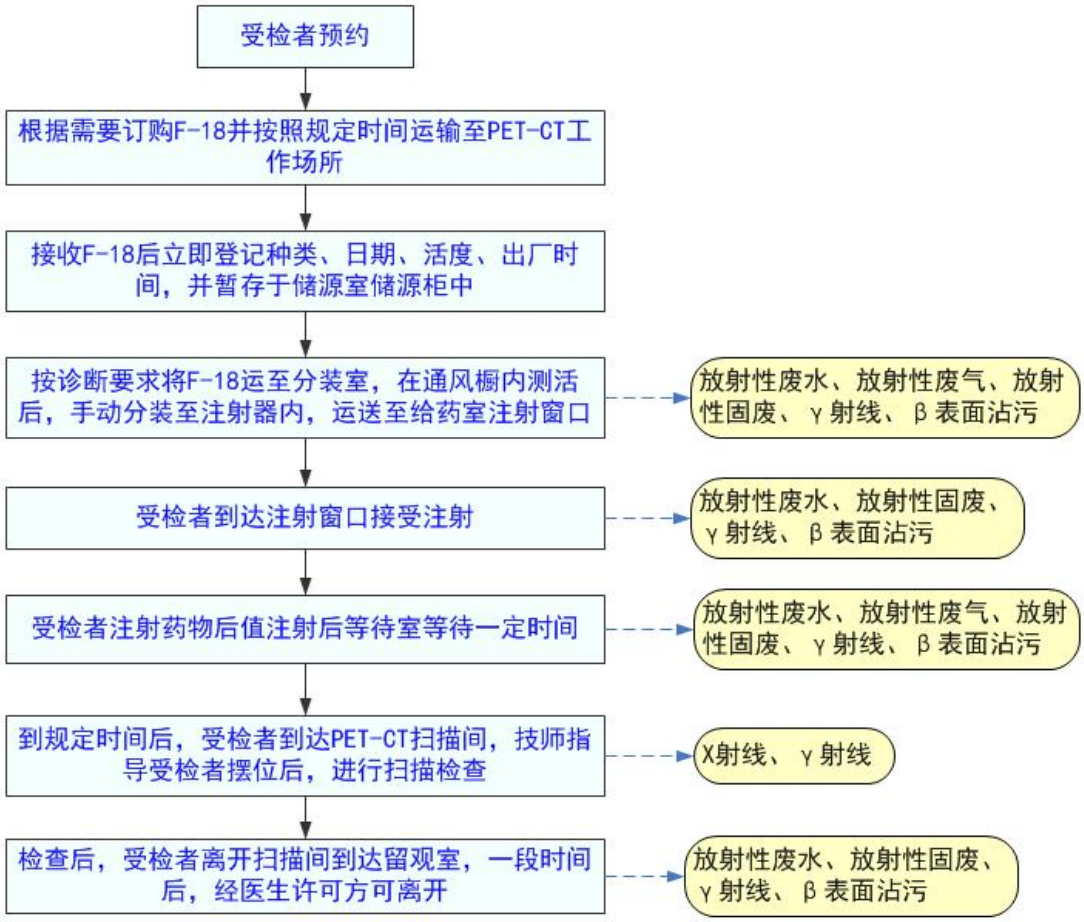


图 9-2 PET-CT 诊断流程及产污环节示意图

9.1.3 工作场所路径

PET-CT 工作场所工作人员及患者均具有独立的出入口和流动路线，送药时间、放射性固体废物收集时间与患者就诊时间错开，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，PET-CT 诊断的人流、物流路径合理。拟建 PET-CT 工作场所人流、物流走向见图 9-3。

工作人员路径规划：

（1）分装、给药工作人员路线

工作人员经医生入口进入 PET-CT 工作场所，经医生走廊进入更衣室通过间佩戴防护用品后到达储源室、分装室、给药室、污物间等场所开展分装、注射等工作，工作结束后在缓冲间监测、去污、更衣后，原路离开 PET-CT 工作场所。

（2）操作人员路线

操作人员经医生入口进入 PET-CT 工作场所，经医生走廊到达更衣室更衣，进入操作间工作，工作人员必要时需进入扫描间内指导患者摆位，工作结束后原路离开 PET-CT 工作场所。

（3）阅片医生路线

阅片医生经医生入口进入核医学科，经医生走廊到达更衣室更衣后到医生办公室工作，工作结束后原路离开 PET-CT 工作场所。

患者路径规划：患者均实行预约制，由患者入口进入患者区域到达登记室进行登记后，在注射前等待室等待，患者通过患者走廊到给药室窗口处注射放射性药物，注射后在注射后等待室等候一定时间后，经患者走廊到扫描间检查后通过患者走廊进入留观室留观，留观后如无异常情况，由患者出口离开核 PET-CT 工作场所。

放射性药物路径规划：外购的放射性药物（^{18}F）经医生走廊通过药物专用通道运送至储源室，在此处办理药物交接手续，核对放射性药物规格和数量，办理签收。药品交接完毕后，辐射工作人员将药物转移至储源室内保存、备用。送药时间在门诊开诊之前，与医护人员上班时间错开。

放射性固体废物路径规划：放射性药物分装、注射过程中将产生一定量的放射性固体废物，注射后等待室及病人留观室内的患者会产生一定量的放射性固体废物，在当天门诊结束后收集至储源室内贮存衰变。PET-CT 工作场所通风系统内更换下来的废活性炭过滤吸附材料等，直接收集至废物袋内，并送至储源室内贮存衰变。放射性固体废物在储源室内按要求贮存衰变 30 天后，经监测满足清洁解控要求后，由医护人员在门诊结束后运出 PET-CT 工作场所。

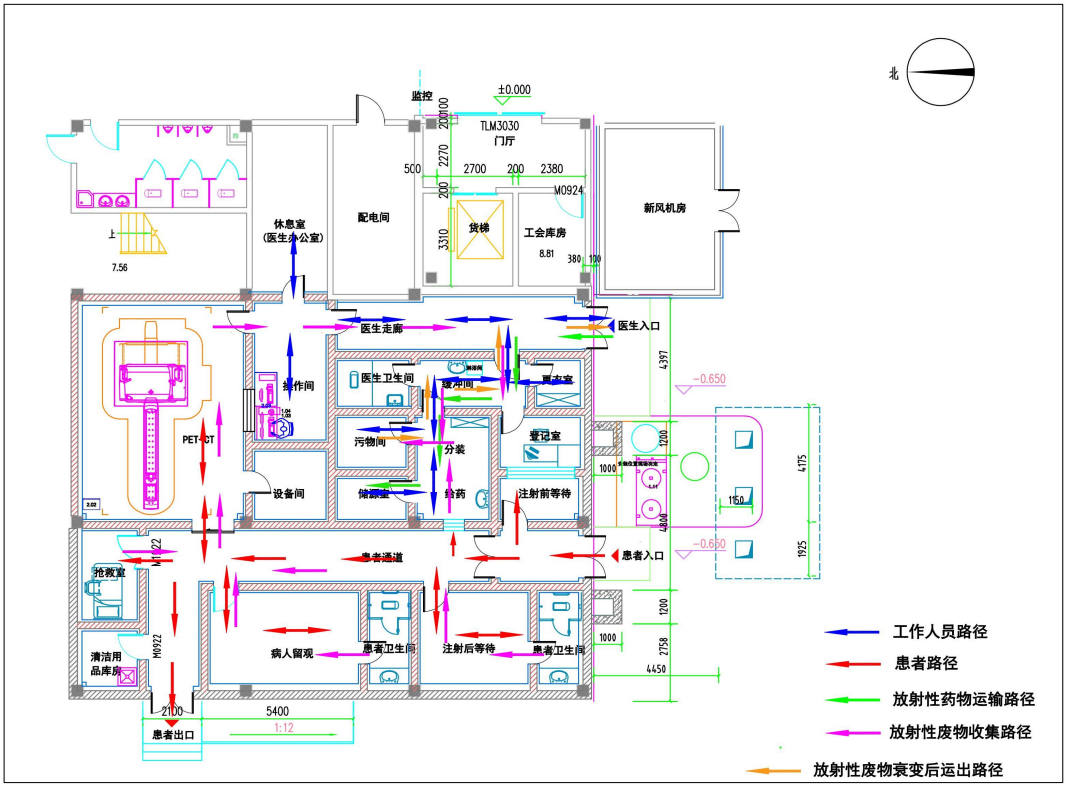


图9-3 本项目PET-CT工作场所分人流物流走向图

9.1.4 工作量及曝光时间

PET-CT 每日检查患者预计为 20 人，全年工作 250 天，则 PET-CT 每年共开展 5000 人次 ^{18}F 检查。其中药物分装、活度检测、给药分别为 30s/人，全年药品分装、活度检测、给药时间均为 41.7h；指导病人摆位一般采用广播，特殊情况需现场指导摆位时，平均摆位约 30s/人，按照 2500 名患者接受现场指导摆位，摆位人员年累计总时间为 20.8h；患者接受扫描时间为 25min/人，全年设备的累计扫描总时间 2083.3h。

表9-1 PET-CT工作场所人员工作负荷统计

核素名称	工作内容	诊疗人数（人次/年）	单次所需时间	放射工作人员接触时间	人员分配
^{18}F	简单分装、活度测定	5000	30s	41.7h/年	护士2人
	转运	5000	10s	13.9h/年	
	注射	5000	30s	41.7h/年	
	放射性药物接收	1次/d	2min	16.7h/年	
	放射性废物收集	1次/d	5min	16.7h/年	
	PET-CT辅助摆位	2500	30s	20.8h/年	技师1人
	PET-CT扫描	25min	5000	2083.3h/年	
	阅片	5000	—	—	医生1人

9.2 污染源项描述

9.2.1 源项分析

（1）^{18}F 核素分析

本项目 PET-CT 使用的显像放射性核素为 ^{18}F。^{18}F 主要用于代谢显像，利用放射性核素注入人体内产生的湮没辐射γ光子构成影像，其标记药物为 ^{18}F-FDG（^{18}F-脱氧葡萄糖）。^{18}F 核素性质见表 9-2。

表 9-2　　^{18}F 核素理化性质表

核素	半衰期	毒性分组	衰变类型及能量(MeV	周围剂量当量率常数（裸源）（μSv·m²/MBq·h）
^{18}F	109.8min	低毒	β+（0.635），γ(0.511)	0.143

（2）非密封放射源工作场所分级

①日等效最大操作量计算公式

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，可以计算出核素的日等效最大操作量。

日等效最大操作量的计算公式如下：

$$日等效操作量=\frac{实际日操作量\times核素毒性因子}{操作方式的修正因子}$$

②分级依据及计算参数

非密封源工作场所的分级依据见表 9-3，放射性核素毒性组别修正因子见表 9-4，操作方式与放射源状态修正因子见表 9-5。

表 9-3　　非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量，Bq
甲	$>4\times10^9$
乙	$2\times10^7\sim4\times10^9$
丙	**豁免活度值以上～2×10^7**

表 9-4　　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
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	**0.01**

表 9-5　　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	1000	100	10	1
很简单的操作	100	**10**	1	0.1

简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

本项目操作的放射性核素 ^{18}F 毒性组别为低毒，由表 9-7 可知，毒性组别修正因子为 0.01。

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号）中第二条规定相关内容：医疗机构使用 ^{18}F、^{99m}Tc、^{125}I 粒籽源相关活动视为“很简单的操作”。注射使用的 ^{18}F-FDG（^{18}F-脱氧葡萄糖）为液态，由表 9-5 可知，本项目 ^{18}F 的操作方式与放射源状态修正因子为 10。

同时，^{18}F 半衰期较短，计算时需考虑用药量和备药量，一般按照日用量的 4 倍量备药，备药量的操作方式按照贮存考虑，修正因子为 100。

③分级计算结果

根据本项目使用的 ^{18}F 核素的特性、操作方式、日最大操作量等，计算得出日等效最大操作量及工作场所分级判定，如表 9-6 所示。本项目 PET-CT 每天检查人数为 20 人，PET-CT 显像用量每人约 10mCi。

表 9-6　　医院拟建 PET-CT 工作场所使用放射性物质

核素	日最大操作量（Bq）	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量（Bq）	年最大操作量（Bq）
^{18}F（用药量）	7.4×10^{9}	0.01	10	7.4×10^{6}	1.85×10^{12}
^{18}F（4 倍备药量）	2.96×10^{10}	0.01	100	2.96×10^{6}	7.4×10^{12}
合计				1.04×10^{7}	9.25×10^{12}

注：考虑 ^{18}F 衰变，保守按医院每天仅送药 1 次，以日最大操作量的 4 倍进行备药量估算。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定非密封源工作场所的分级，放射性核素日等效最大操作量在豁免活度值以上～2×10^{7}Bq 之间为丙级非密封源工作场所，本项目日等效最大操作量为 1.04×10^{7}Bq，为丙级非密封源工作场所。

（3） PET-CT 设备参数情况

本项目核医学科拟新购入 1 台 PET-CT，设备情况见下表 9-7。

表 9-7　　本项目 PET-CT 工作场所新增射线装置汇总表

设备名称	类别	数量（台）	型号	最高管电压（kV）	最大管电流（mA）	位置	备注
PET-CT	III	1	/	140	800	PET 扫描间	新增

（4） 配备校准源情况

医院拟采购的PET-CT配备3枚^{68}Ge校准源，具体参数见下表9-8。

表 9-8　　本项目配备校准源情况表

序号	校准源名称	总活度(Bq)/活度(Bq) ×枚数	类别	用途	贮存方式与地点
1	Ge-68 模型源	9.25E+07×1	Ⅴ	PET-CT 校准	不使用时暂存于储源室铅罐内
2	Ge-68 棒源	4.625E+07×2	Ⅴ	PET-CT 校准	

9.2.2 污染源项描述

9.2.2.1 建设期

（1）大气：本项目在建设施工期需进行的混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘。

（2）噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。

（3）固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物。

（4）废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

（5）辐射类：本项目在建设期间，无辐射影响。建设期无放射性“三废”排放。

随着项目的建设竣工，施工期的环境影响可消除。

9.2.2.2 运营期

1、主要放射性污染物

本项目使用的核素 ^{18}F 在诊断过程中的放射性污染因素主要是γ射线、X 射线、β表面污染、放射性废水、放射性废气、放射性固体废物。

2、污染途径分析

（1）正常工况

①γ射线和 X 射线

^{18}F 在衰变过程中发射正电子，发射的正电子运行很短距离之后，即与周围环境中的负电子相互作用，发生湮灭辐射，发射出两个方向相反、能量相同（511keV）的光子，即γ射线，γ射线穿透能力较强，会对周围环境造成辐射影响，主要为：

a.含 ^{18}F 的放射性药物在转运、分装、注射过程中释放γ射线；

b.注射 ^{18}F 后的受检者在 PET-CT 检查整个过程中释放γ射线；

c.注射 ^{18}F 的受检者检查完离开医院后释放γ射线。

本项目 PET-CT 扫描诊断时，PET-CT 会产生 X 射线。

②β表面污染

a.工作人员在注射时使用的注射器等仪器对工作台面造成的污染；

b.注射 ^{18}F 后的受检者的排泄物对注射后等待室、患者卫生间、病人留观室及留观室内患者卫生间造成的污染。

③放射性废水

受检者注射放射性药物 ^{18}F 后产生的废水主要为冲洗排便、清洗废水，分装、注射等操作过程中产生的清洁废水主要为辐射工作人员洗手，清洗工作台、地面等沾染的废水，以及应急状态下的淋浴废水。

淋浴间应急状况下的淋浴废水为医护人员在操作放射性核素时，极少数沾染到药物后的紧急状况下进行冲洗产生的淋浴废水。

④放射性废气

本项目使用的 ^{18}F 放射性药物全部向专业公司购买。在通风橱内对 ^{18}F 进行活度检测、分装。^{18}F 放射性药物为液体溶液，不易挥发，且分装时间较短，故使用过程中产生的放射性气体十分微量。

⑤放射性固体废物

一般情况下，医院按照诊疗计划使用放射性核素，不存在剩余放射性核素。放射性固体废物主要为：含放射性 ^{18}F 药物操作过程中污染的废药瓶、一次性注射器、手套、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、及 PET-CT 工作场所排风系统更换下来的废活性炭过滤器等。

（2）非正常工况

①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。泼洒的药物挥发将产生少量放射性废气，污染清除将产生少量的放射性固体废物。

②放射性表面污染：在使用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。此外，给药患者呕吐或者排泄，也可能导致局部环境的放射性污染。

③放射性药物保管不当，发生遗失或被盗。在源库在贮存放射性物质，采用双人双锁和技防系统进行管理，执行使用登记管理制度，可有效防止放射源和同位素被盗和丢失事件的发生。放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

④PET-CT 诊断时，机房安全联锁失效，公众成员进入正在照射的机房产生误照射。

⑤工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

⑥放射性废水或放射性固体废物衰变时间不够，未达到解控水平或排放标准即进行处理。

⑦受检者被注射超剂量放射性药物。

⑧校准源丢失导致他人误照射。

3、放射性“三废”产生量

（1）放射性废水

根据医院提供资料可知，PET-CT 诊断每天 20 个患者。PET-CT 工作场所患者专用卫生间采用节能水箱，每个水箱储水量为 5L。按每个患者使用 2 次卫生间，则患者用水量 200L/d，医护人员日常清洁排放量为 100L/d，PET-CT 诊断每日产生放射性废水 300L。衰变池需处理的废水量见表 9-9。

表 9-9　　PET-CT 诊断每天就诊人数及排水量

种类	人数（人）	每天使用卫生间次数	排水量（L/天）
PET-CT 诊断	20	2 次/人	200
医护人员日常清洁	-	-	100
合计			300

应急状况的淋浴废水在极少数情况下产生，排水量按照 50L/次、每月 2 次计算，则每月产生量为 100L。

（2）放射性固体废物

由污染源项及工程分析可知，放射性固体废物主要包括一次性注射器、吸水纸、纱布、医生操作放射性药品使用过的一次性手套等物品。本项目拟建 PET-CT 工作场所每年预计共开展 5000 人次 ^{18}F 检查，根据医院提供资料，PET-CT 运行期间放射性固体废物产生量约为 0.02kg/人次，则产生放射性的固体废物约 100kg/a。

PET-CT 工作场所排风系统中设置活性炭过滤器，医院对其进行定期更换，更换下来的废过滤器产生约为 20kg/a。

（3）放射性废气

^{18}F 操作是一些很简单的湿法操作，在正常情况下产生微量的放射性废气。

4、非放射性“三废”产生量

PET-CT 工作场所的工作人员会产生少量生活废水和生活垃圾，均依托医院院区内现有环保工程处置。工作人员均由医院放疗科调剂，不涉及新增工作人员，无新增生活废水和生活垃圾。

表 10　辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局分析

10.1.1.1 工作场所相邻环境情况

本项目 PET-CT 工作场所位于院内 6#楼一层西南角，PET-CT 工作场所楼上对应位置为库房，地下为土层。6#楼北侧为绿化带，西侧隔院内道路为门急诊综合楼，东侧为食堂，南侧为院内道路。

辐射工作场所 50m 评价范围内主要为门急诊综合楼、北侧 3#楼、停车场，空地，食堂。辐射工作场所 50m 评价范围均为医院院内，评价范围内无自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区、居民区、学校等敏感目标。因此，主要环境保护目标为本项目的辐射工作人员，以及评价区域内其他医护工作人员和公众。辐射工作场所四邻关系见下表 10-1。

表 10-1　　本项目拟建 PET-CT 工作场所四邻关系

名称	所处位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
PET-CT 工作场所	6#楼一层西南角	楼梯间、配电间、工会库房、货梯	楼外空地	楼外空地	大厅	库房、档案室	土层

10.1.1.2 工作场所布局分析

①拟建 PET-CT 工作场所位于院内 6#楼一层西南角，设置单独的入口、出口，入口和出口均设置门禁系统，防止无关人员进入；设置单独的人员、物流通道；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。

②给药室、分装室、储源室、污物间、扫描间等集中布设，注射前等待室、注射后等待室、病人留观室按照诊断流程设置。

③PET-CT 工作场所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，送药时间、放射性固体废物收集时间与患者就诊时间错开。

④控制区出、入口设有缓冲间，缓冲间设置洗手设施，并配备表面污染测量仪器，避免将污染扩散到控制区外。

⑤衰变池位于 PET-CT 工作场所南侧，距离 PET-CT 工作场所较近，放射性废水排放管道很短，便于放射性废水的排放。

⑥PET-CT 工作场所与周围相邻工作场所设有实体墙隔离，PET-CT 工作场所出、入口设置醒目的电离辐射警告标志和相关警示文字，通过安全警示设施，防止无关人员进入辐射工作场所。

⑦通过设计合适的时间、空间交通模式和监控手段控制辐射源的活动，保证给药后患者或受检者与给药前患者或受检者、辐射工作人员不交叉，医患人员与放射性药物不交叉。

拟建 PET-CT 工作场所布局有助于实施工作程序，能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中对工作场所平面布局的要求。

10.1.2 工作场所区域划分

为加强放射性工作场所的管理，避免人员误闯或误照，便于职业照射控制，应对项目场所划定控制区和监督区，进行分区管理。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中控制区和监督区的定义如下：

控制区：该区域内需要或可能需要专门防护手段或安全措施，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范围。控制区的进出口及其他适当位置应设置醒目的电离辐射警告标志。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门的防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的指定区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌；并定期检查工作状况，确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中规定，核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描间、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过室以及与控制区相连的其他场所或区域。

拟建 PET-CT 工作场所的控制区和监督区划分见表 10-2、图 10-1、10-1-1、图 10-2。

表 10-2　　工作场所区域划分情况

分区	控制区	监督区
拟建 PET-CT 工作场所	PET-CT 扫描间、储源室、污物间、分装室、给药室、注射后等待室、衰变池、患者专用卫生间、病人留观室及患者走廊、抢救室、清洁用品库房。	与控制区相连的区域：包括患者注射前等待室、登记室、缓冲间、更衣室、操作间、设备间、医生走廊、医生卫生间。
管理要求	控制区内禁止外来无关人员进入，职业工作人员在进行日常工作时尽量不要在控制区内停留，以减小不必要的照射；控制区的进出口及其他适当位置设置醒目的电离辐射警告标志。	不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量。

由此可知，拟建 PET-CT 工作场所对控制区和监督区的划分能够满足相关标准要求。

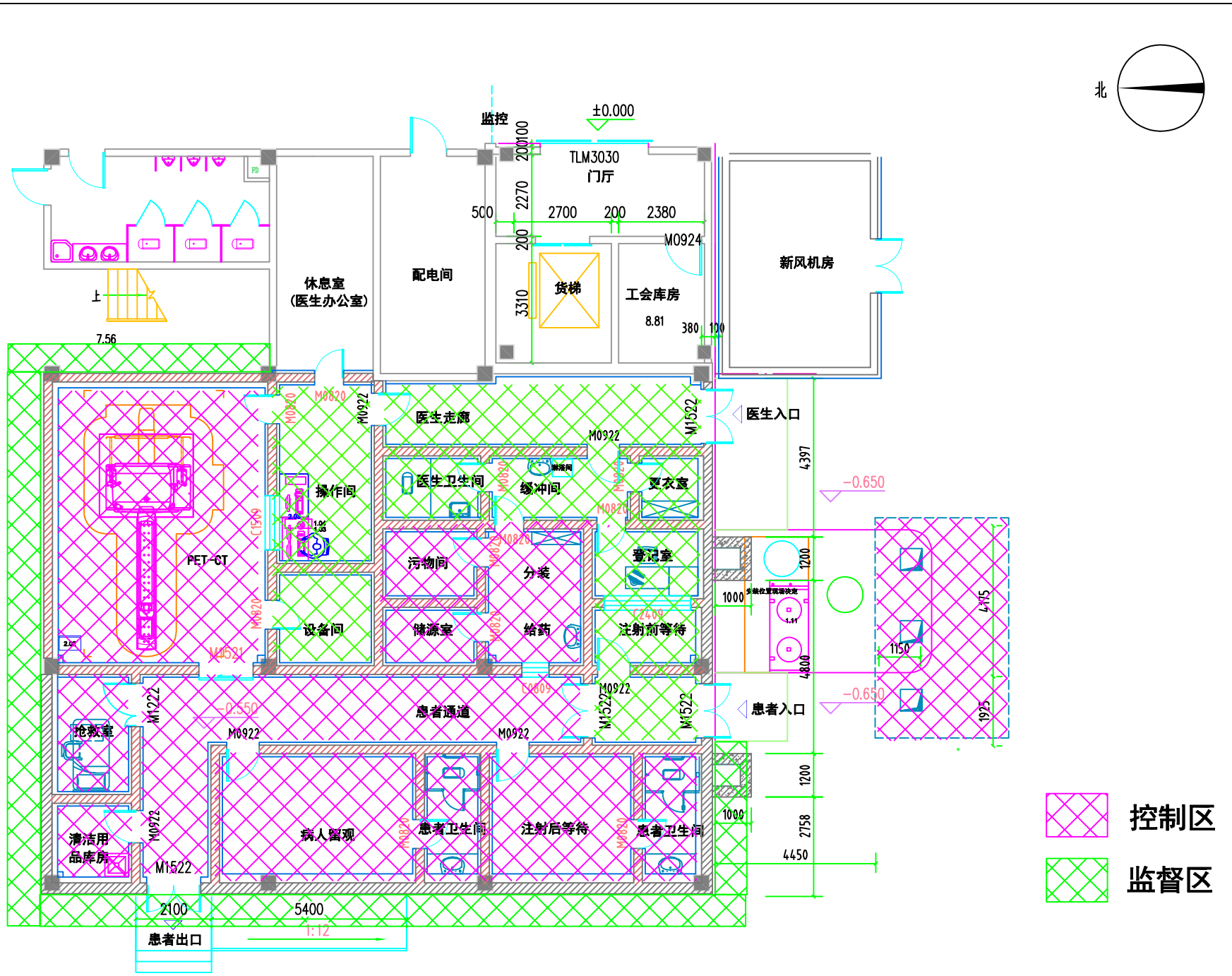
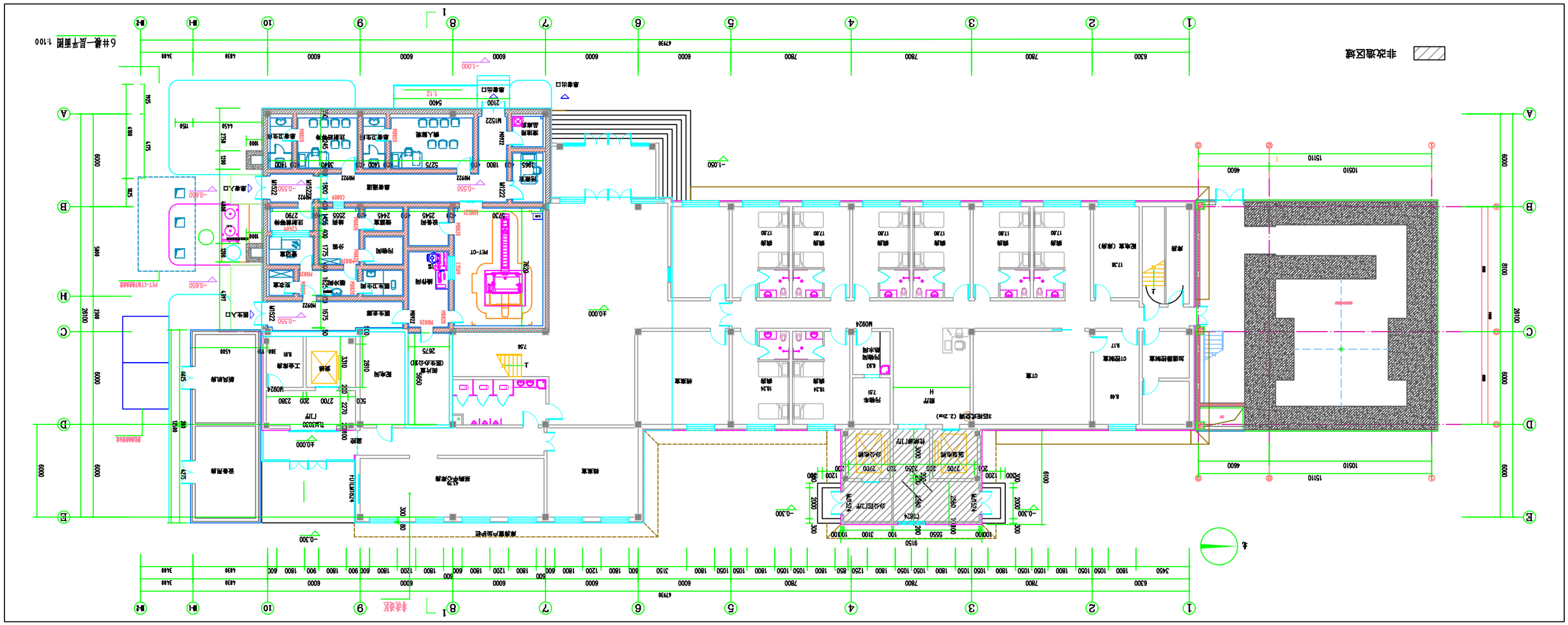


图10-1 本项目PET-CT工作场所分区图

图10-1-1　本项目PET-CT工作场所位置图



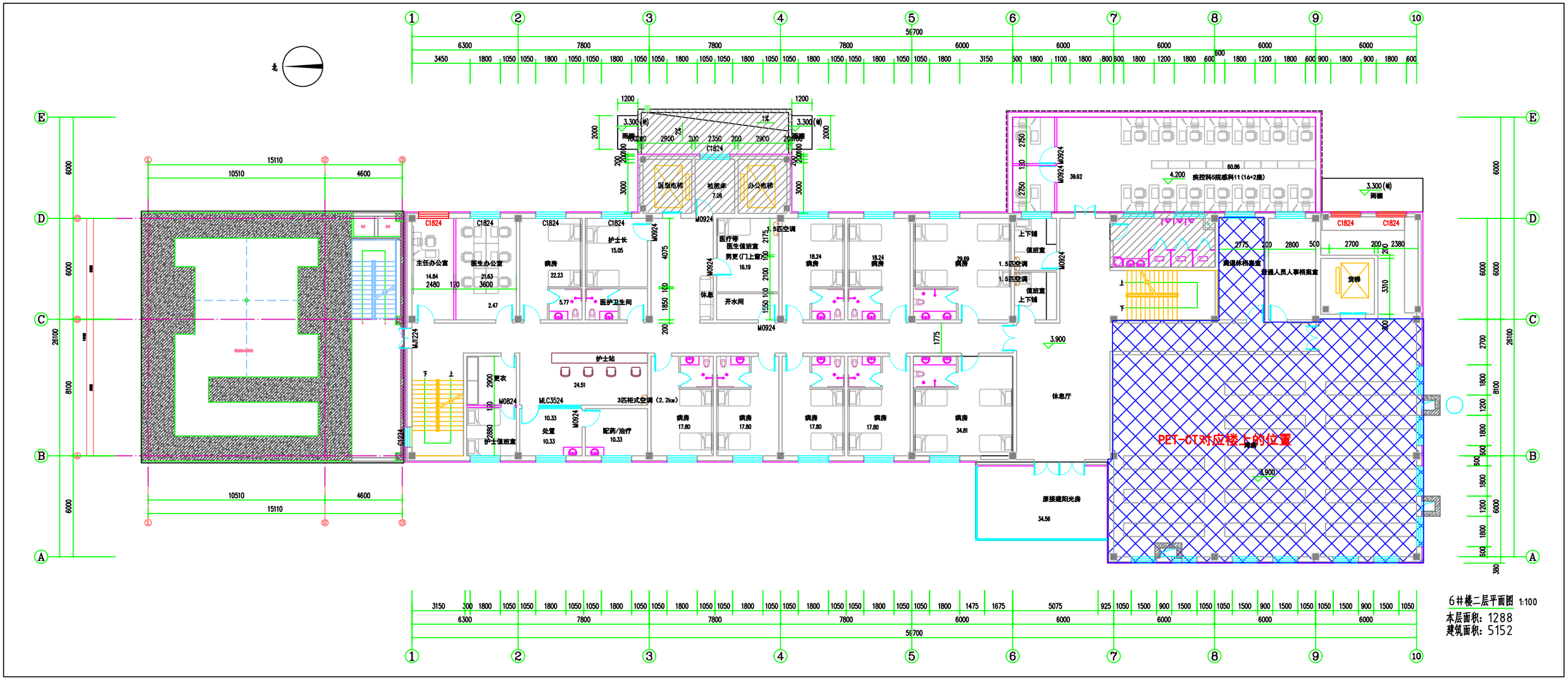


图10-2　本项目PET-CT工作场所对应楼上位置图

10.1.3 辐射防护设计

根据医院提供资料，本项目拟建各工作场所各房间辐射防护屏蔽设计情况见表 10-3。

表 10-3　　拟建 PET-CT 工作场所各房间辐射防护屏蔽设计情况表

房间	位置	防护材料及厚度
PET-CT 扫描间；	墙体	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料
	顶棚	120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料
	患者防护门（PET-CT 机房）	16mm 铅板，上、左、右搭接均为 100mm
	医护防护门	16mm 铅板
	铅玻璃观察窗	16mmPb 铅玻璃
储源室；污物间；医生卫生间；给药室；分装室；缓冲间；更衣室；登记室；	墙体	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料
	顶棚	120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料
	储源室防护门	16mm 铅板
	污物间防护门	16mm 铅板
	医生卫生间防护门	16mm 铅板
	分装室防护门（通向缓冲间、给药室）	16mm 铅板
	给药室防护门（通向分装室）	16mm 铅板
	缓冲间防护门（通向分装室、医生走廊）	16mm 铅板
	给药窗口	50mmPb 铅玻璃
	更衣室防护门	16mm 铅板
	登记室防护门	16mm 铅板
设备间；操作间；	墙体	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料
	顶棚	120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料
	操作间、设备间防护门	16mm 铅板
抢救室；清洁用品库；	墙体	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料
	顶棚	120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料
	抢救室、清洁用品库防护门	16mm 铅板
病人留观室；患者卫生间；注射后等待室；	南、北、东侧墙体	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料
	西侧墙体（病人留观室、患者卫生间、注射后等待室）；	240mm 实心砖+25mmPb 防护涂料
	顶棚	120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料
	病人留观室防护门	16mm 铅板
	注射后等待室防护门	16mm 铅板
	患者卫生间防护门	16mm 铅板
患者走廊 医生走廊	顶棚	120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料
	患者入口防护门	16mm 铅板
	患者出口防护门	16mm 铅板

注：实心砖密度 1.8g/cm^3，混凝土密度 2.35g/cm^3，铅板密度 11.34g/cm^3，防护涂料密度 4.0g/cm^3，铅玻璃密度 4.2g/cm^3。

10.1.4 辐射安全与防护措施

10.1.4.1 PET-CT 工作场所

（1）PET-CT 工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 G，本项目 PET-CT 工作场所的主要功能用房按照各自放射性核素 ^{18}F 的日实际操作最大活度以及各核素毒性权重因子、操作性质修正因子核算加权活度，以进行场所的分类核算，本项目 PET-CT 工作场所分类情况见表 10-4。

表10-4　　PET-CT工作场所分类一览表

场所	核素名称	日实际操作最大活度（MBq）	毒性权重因子	操作方式	操作性质修正因子	放射性核素加权活度（MBq）	标准范围（MBq）	分类
分装室	^{18}F	7.4×10^3	1	分装	1	7.4×10^3	50~50000	II
给药室	^{18}F	7.4×10^3	1	施给药	1	7.4×10^3	50~50000	II
储源室	^{18}F	2.96×10^4	1	贮存	100	2.96×10^2	50~50000	II
污物间	^{18}F	7.4×10^1	1	废物处理	10	7.4	<50	III
扫描间	^{18}F	4.72×10^3	1	诊断病床区	10	4.72×10^2	50~50000	II
抢救室	^{18}F	7.4×10^3	1	候诊区	10	7.4×10^2	50~50000	II
注射后等待室	^{18}F	7.4×10^4	1	候诊区	10	7.4×10^3	50~50000	II
留观室	^{18}F	4.18×10^3	1	候诊区	10	4.18×10^2	50~50000	II

注：1.*加权活度=（计划最大日操作量×核素的毒性权重因子）/操作性质修正因子；

2.源库按照日用量的4倍量备药考虑；

3.污物间按照受检者用量的1%考虑；

4.PET-CT每日检查患者预计为20人，注射后等待室、扫描间、留观室按每天20人次考虑，抢救室按每天2人次考虑。

5.扫描间考虑患者给药后候诊时间（45min）引起的衰减，留观室考虑患者给药后65min衰减等因素。患者注射370MBq的药物经过45min衰变后剩余活度约为236MBq/人次（$236\times20=4.72\times10^3$MBq）；经过65min衰变后剩余活度约为209MBq/人次（$209\times20=4.18\times10^3$MBq）。

由上表的计算结果显示，按照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中表 1 工作场所具体分类，本项目工作场所的功能房间中污物间核定为III类场所，其余用房均核定为II类场所。

本项目核医学工作场所根据分类要求，各房间装修设计情况与《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对比分析如下表所示。

表10-5　　PET-CT工作场所的室内表面积装备结构的基本放射防护落实情况

功能房间	分类	防护要求	本项目落实情况	是否符合要求
分装室、给药室、	II	结构屏蔽：需要； 地面：与墙壁接缝无缝隙；	结构屏蔽：建筑物屏蔽设计见表10-3；	是

储源室、扫描间、抢救室、注射后等待室留观室		表面：易清洗； 分装柜：需要； 通风：良好通风； 管道：普通管道； 盥洗与去污：洗手盆[b]和去污设备；	地面：地面铺设塑胶层，地面与墙壁接缝无缝隙； 表面：工作台面为易清洗台面； 分装柜：分装室、质控室内设置通风橱； 通风：设置独立的排风系统，整体保持负压。排风系统均采用动力排风，其内设置活性炭过滤器及止回装置。废气经过活性炭过滤器净化后，均由独立专用排风道引至高于场所楼顶排放； 管道：放射性废水设计独立排水系统，引至衰变池贮存，衰变池紧邻PET-CT工作场所，下水道很短，大水流管道设有标记以便维修检测； 盥洗与去污：洗手盆为感应式手部非接触开关控制，场所配备表面污染测量仪和去污设备；	
污物间	III	结构屏蔽：不需要； 地面：易清洗； 表面：易清洗； 分装柜：不必须； 通风：良好通风； 管道：普通管道； 盥洗与去污：洗手盆[b]；	结构屏蔽：建筑物屏蔽设计见表10-3； 地面：地面铺设塑胶层，地面与墙壁接缝无缝隙； 表面：不涉及； 分装柜：不涉及； 通风：设置独立的排风系统，整体保持负压。排风系统均采用动力排风，其内设置活性炭过滤器及止回装置。废气经过活性炭过滤器净化后，均由独立专用排风道引至高于场所楼顶排放； 管道：不涉及； 盥洗与去污：不涉及；	是

[b]洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

（2）根据工作岗位的特点，建立以法人代表为组长的辐射安全管理组织机构，负责制定落实各项规章制度和安全措施。同时建立应急响应预案，一旦发生突发事件能够及时采取应急措施。对各岗位的工作人员进行技术和法律知识培训合格后，持证上岗。规范各岗位操作程序，严格执行操作规程。对相关管理人员和操作人员定期进行职业健康检查，并建立个人剂量档案。

（3）PET-CT 扫描间、分装室、给药室等房间的整个建设过程由有资质的单位承担，施工过程中严格遵守辐射防护的要求。建筑的四壁、顶棚和地面的屏蔽厚度一定依照设计厚度完成，避免出现气泡和裂隙，影响对射线的屏蔽效果。所有通过墙体的孔洞、空调管道、线路桥架等均进行射线防护处理，铅当量与墙体防护铅当量相当，确保不影响和不减弱屏蔽体对射线的屏蔽效果。

（4）实行控制区和监督区分区管理。控制区的入口处设置规范的电离辐射警告标志及表明控制区的标志；在监督区入口处适当地点设立表明监督区的标志。工作场所内设置明确的患者或受检者导向标识或导向提示，方便患者或受检者就诊。患者随治随走，诊断结束工作人员及时引导患者离开，不在控制区内停留。

（5）门禁系统、联锁装置、电离辐射警告标志及工作状态指示灯

在控制区患者入口和出口设置单向门禁，工作人员出入口拟安装门禁系统，防止无关人员进入工作场所。扫描间、储源室、分装室、给药室、污物间等工作场所出入口设置电离辐射警告标志和相关警示文字，提醒人员注意辐射安全。扫描间患者防护门外安装“射线有害、灯亮勿入”的工作状态指示灯，并与射线装置联锁。防护门设置联锁装置，联锁装置在工作状态下防护门不可打开；防护门上方设置工作状态指示灯，指示设备运行状态，防止人员误入。

（6）视频监控系统和对讲装置

注射前等待室、注射后等待室、病人留观室、患者走廊、储源库等场所均设置视频监控系统，扫描间设观察窗，以便于工作人员观察高活区情况、观察和管理给药患者的活动；患者走廊、给药室、注射后等待室、病人留观室、扫描间设置对讲装置，便于工作人员与患者及时沟通。

储源库采取安保措施，安装防盗门、双人双锁、监控系统，以防源库内放射性药物丢失。

（7）通风橱台面和注射操作台面光滑易清洗易去污，操作处设置承接盘、衬垫等，注射后的用品置于专用收集罐，患者检查床面铺薄塑料布。

（8）辐射工作人员上岗前经过专业培训，并熟悉自己岗位的操作流程，并具备相应的技能与防护知识，严禁人员违规操作。控制区内禁止进食、饮水、吸烟、化妆，也不得进行无关工作及存放无关物品。

（9）工作人员进入辐射工作区，穿工作服，操作放射性药物时穿戴个人防护用品。操作放射性核素的工作人员，在离开控制区前需在缓冲间进行表面污染监测，去污满足要求后方可离开。从控制区取出物品应进行表面污染监测，以杜绝有污染的物品被带出控制区。

（10）外照射防护：注射窗为具有防护功能 50mmPb 的铅玻璃窗，可有效减少注射过程中工作人员受照剂量，给药室、分装室等均为实体屏蔽。在保证诊断效果的条件下，尽可能减少放射性同位素的使用量，以降低γ辐射水平，保证人员的受照剂量和周围环境的辐射水平处于可合理达到的尽量低水平。

（11）内照射防护：分装室配备具有防护功能 50mmPb 当量的通风橱，设备正面配有铅玻璃、观察窗及操作工作孔，在通风橱内放射性药物操作。通风橱设有专用的排风装置，风速不低于 0.5m/s，产生的废气经过活性炭过滤器净化后，由独立专用排风道引至高于场所楼

顶排放。拟建 PET-CT 工作场所含放射性核素场所设置独立的排风系统，整体保持负压。

通风橱性能：放射性药物分装室通风橱为负压设备，并带有微负压百级净化的功能，当负压风机进行排风工作时，防护室内为负压状态，负压风速大于 0.5m/s。

（12）贮存放射性物质时使用专门容器（铅罐或储源箱），取放容器中药物时，不应污染容器。放射性物质内部运输时采用药物转运防护罐，转运防护罐表面设置电离辐射标识，以警示辐射安全。

（13）妥善收集固体放射性废物：PET-CT 工作场所拟配备 3 个 20mm 铅当量的放射性废物桶，分别在分装室、给药室、缓冲间各放置 1 个；配备 3 个 5mm 铅当量的放射性废物桶，分别放置于抢救室、留观室患者卫生间、注射后等待室患者卫生间；污物间内放置 2 个 50mm 铅当量的放射性固体废物暂存容器。放射性固体废物放置在污物间的铅容器内储存衰变，放置至少 30 天后，经检测废物外包装的辐射剂量率和β表面污染水平合格后，可对废物解控作为一般医疗废物处置。做好放射性固体废物暂存、处置管理台账，清晰记录放射性废物的暂存、检测、排放等信息。

（14）放射性废水收集处置：拟建 PET-CT 工作场所产生的放射性废水将通过专用管道一并先汇入液体衰变室内的放射性废水衰变池；放射性废水放置至少 30 天后直接解控排放至医院医疗污水站进一步处理，最终进入市政污水收集管网，并详细进行运行管理记录。同时，衰变池安装在线监控装置。

（15）拟建 PET-CT 工作场所设置储源库，拟设置监控系统和防闯入等技防系统，拟安装有防盗门，符合公安标准要求。源库采用双人双锁管理制度，以防放射性物质丢失或被盗，定期进行放射防护监测，无关人员不得入内。贮存的放射性物质需及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。

（16）拟建 PET-CT 工作场所拟配置 2 台表面污染仪，1 台安装在缓冲间内，另 1 台表面沾污仪用于 PET-CT 工作场所表面沾污的测量。

（17）本项目拟配备辐射工作人员均需参加辐射安全培训，并通过考核后持证上岗。核医学放射药物分装与注射人员（护士）每人配备 4 支个人剂量计，其他辐射工作人员每人配备 2 支个人剂量计，定期送有资质单位检测，监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量档案。

拟建 PET-CT 工作场所辐射防护措施布置示意图见图 10-3。

表10-6　　PET-CT工作场所拟配置的防护设备/用品、个人防护用品、辐射检测仪器

类别	用品名称	数量	铅当量
防护设备/用品	PET 通风橱	1 个	50mm
	PET 注射台	1 个	50mm

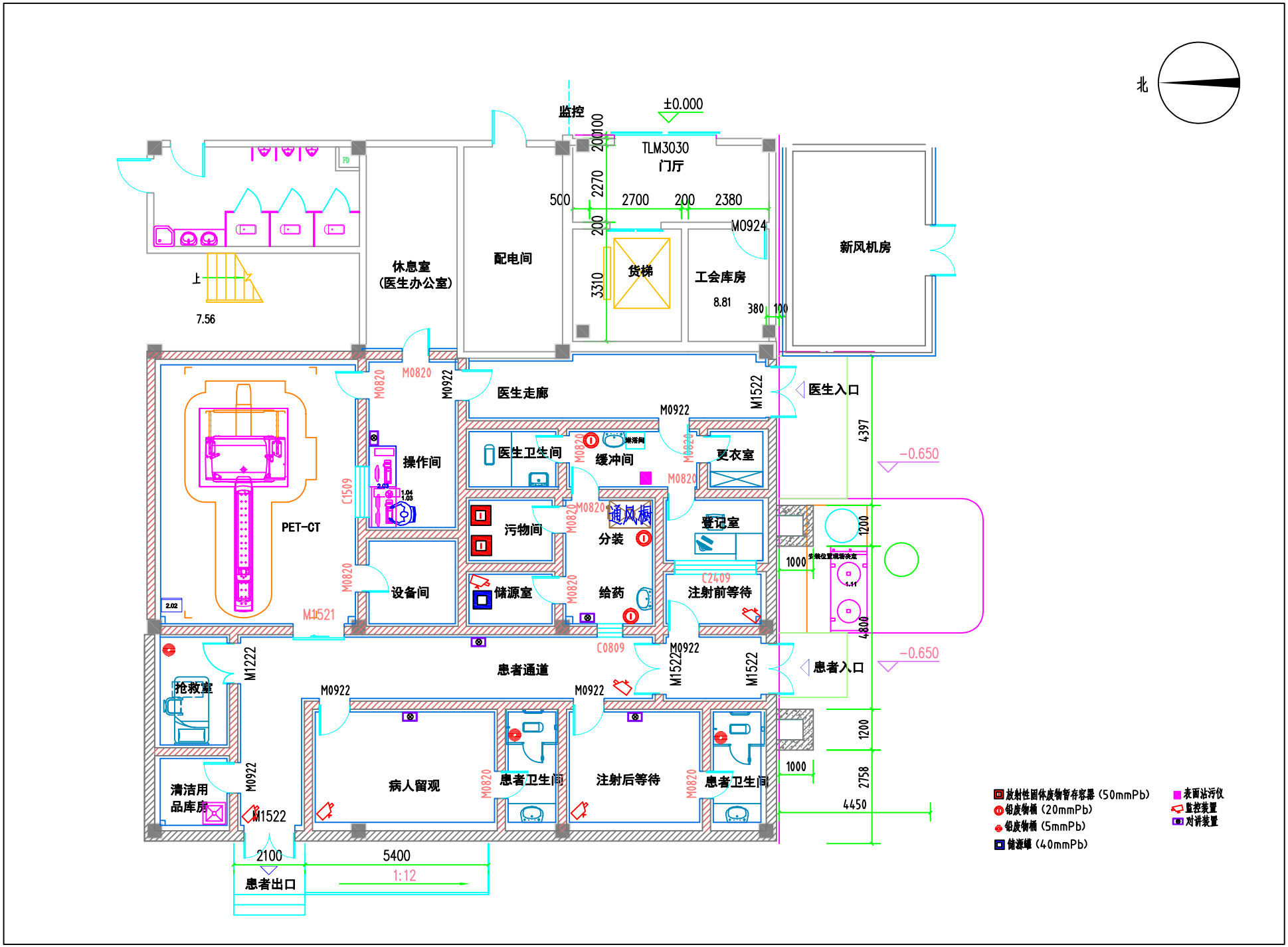


图10-3 拟建PET-CT工作场所辐射防护措施布置示意图

	储源保险柜	1 个	40mm
	药物转运防护盒	1 个	40mm
	放射性固体废物暂存容器	2 个	50mm
	放射性废物桶	3 个	20mm
	放射性废物桶	3 个	5mm
个人防护用品	放射性污染防护服	3 套	0.5mm
辐射监测仪器	X-γ辐射剂量率仪	1 台	/
	表面沾污仪	2 台	/
	个人剂量计 （护士 4 支/人，医生、技师 2 支/人）	12 支	/
	个人剂量报警仪	4 台	/

10.2 三废的治理

10.2.1 放射性“三废”

10.2.1.1 放射性废液

（1）放射性废水收集处置

拟建 PET-CT 工作场所分装室、医生卫生间洗手池废水，注射后等待室和留观室内专用卫生间的冲厕废水及应急状态下的淋浴废水将通过专用管道一并先汇入液体衰变室内的放射性废水衰变池；放射性废水放置至少 30 天后直接解控排放至医院医疗污水站进一步处理，最终进入市政污水收集管网。

（2）衰变池结构、控制和管理

本项目放射性废水衰变池设在 6#楼室外南侧地下，为槽式衰变池。该放射性废液处理为三个混凝土浇筑池体，由一个缓冲池和二组衰变池组成。其中，缓冲池的尺寸为 1500mm×3100mm×2900mm（高），两组衰变池尺寸均为 1700mm×3100mm×2900mm（高），每组衰变池容积为 15.28m^3，有效容积为 12.23m^3。每个衰减池各设 600mm×600mm 检查口一个，衰变池上顶面距地 900mm ，下底面距地面 4400mm。

每个池体结构牢固，放射性废水排放管道采用无缝管，大部分下水管道位于建筑体内，少部分裸露管道采用 6mm 厚铅皮包裹防护，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。衰变池由一套自动控制系统控制，交替使用。各池均设计有液位传感器，排水口处预留取样口，以便于对衰变后废水进行取样检测。放射性废水经专用管道进入缓冲池进行沉淀，沉淀后首先进入 1#衰变池，当 1#衰变池注满后，系统自动关闭 1#衰变池同时开启 2#衰变池，放射性废液进入 2#衰变池。当 2#衰变池废液注满后，系统自动关闭 2#衰变池同时开启 1#衰变池排水阀排空 1#衰变池，废液重新进入 1#衰变池，两组衰变池循环运作。衰变池工作系统图见图 10-4。

医院衰变池结构见图 10-5，废水走向图见图 10-6。

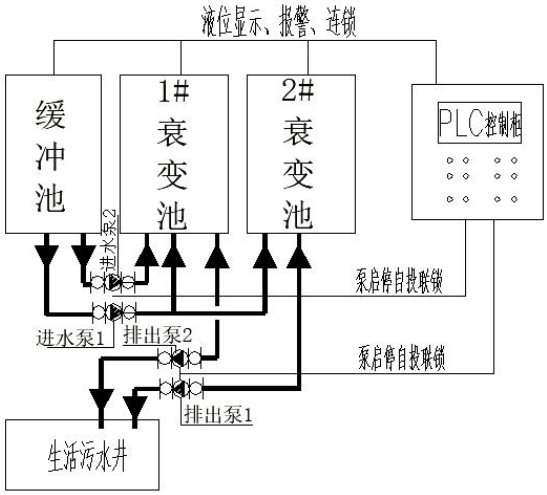


图 10-4 衰变池工作系统图

（3）放射性废液衰变池安全容积评价

PET-CT 使用的核素 ^{18}F 半衰期为 109.8min，根据 HJ1188-2021，所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超 30 天后可直接解控排放，因此本次需评价放射性废水在衰变池存放的时间是否能够满足 30 天的暂存要求。

根据医院提供资料可知，PET-CT 诊断每天 20 个患者。PET-CT 工作场所正常运行情况下放射性废水日产生量约 0.3m^3。应急状况的淋浴废水在极少数情况下产生，每月产生量 0.1m^3。存满每组衰变池需要 40.36 天（12.23m^3/（0.3m^3+0.1m^3/30 天）≈40.36 天）。通过反推可知，当 1#衰变池存满后，存满 2#衰变池需要 40.36 天，此时 1#衰变池中的废水已存放超过了 30 天，可排至院区排水管网。因此，医院 PET-CT 新建衰变池单个池体满足单独收集 30 天放射性废液的要求。

10.2.1.2 放射性固体废物

由污染源项及工程分析可知，放射性固体废弃物主要包括一次性注射器、吸水纸、纱布、医生操作放射性药品使用过的一次性手套等物品。本项目拟建 PET-CT 工作场所每年新增 100kg 沾污放射性的固体废物，主要采用放置衰变贮存。

PET-CT 工作场所拟配备 3 个 20mm 铅当量的放射性废物桶，分别在分装室、给药室、缓冲间各放置 1 个；配备 3 个 5mm 铅当量的放射性废物桶，分别放置于抢救室、留观室患者卫生间、注射后等待室患者卫生间；污物间内放置 2 个 50mm 铅当量的放射性固体废物暂存容器，尺寸为 400mm×400mm×400mm，每个放射性固体废物暂存容器容积为 0.064m^3，放射性固废（PET-CT 工作场所科沾有放射性核素的注射器、手套、棉签、放射性药品包装物等）年产生量为 100kg，PET-CT 工作场所更换下来的废过滤器年产生量为 20kg，平均每月产生放射性固废量为 10kg，约为 0.02—0.03m^3。由此可知，一个放射性固体废物暂存容

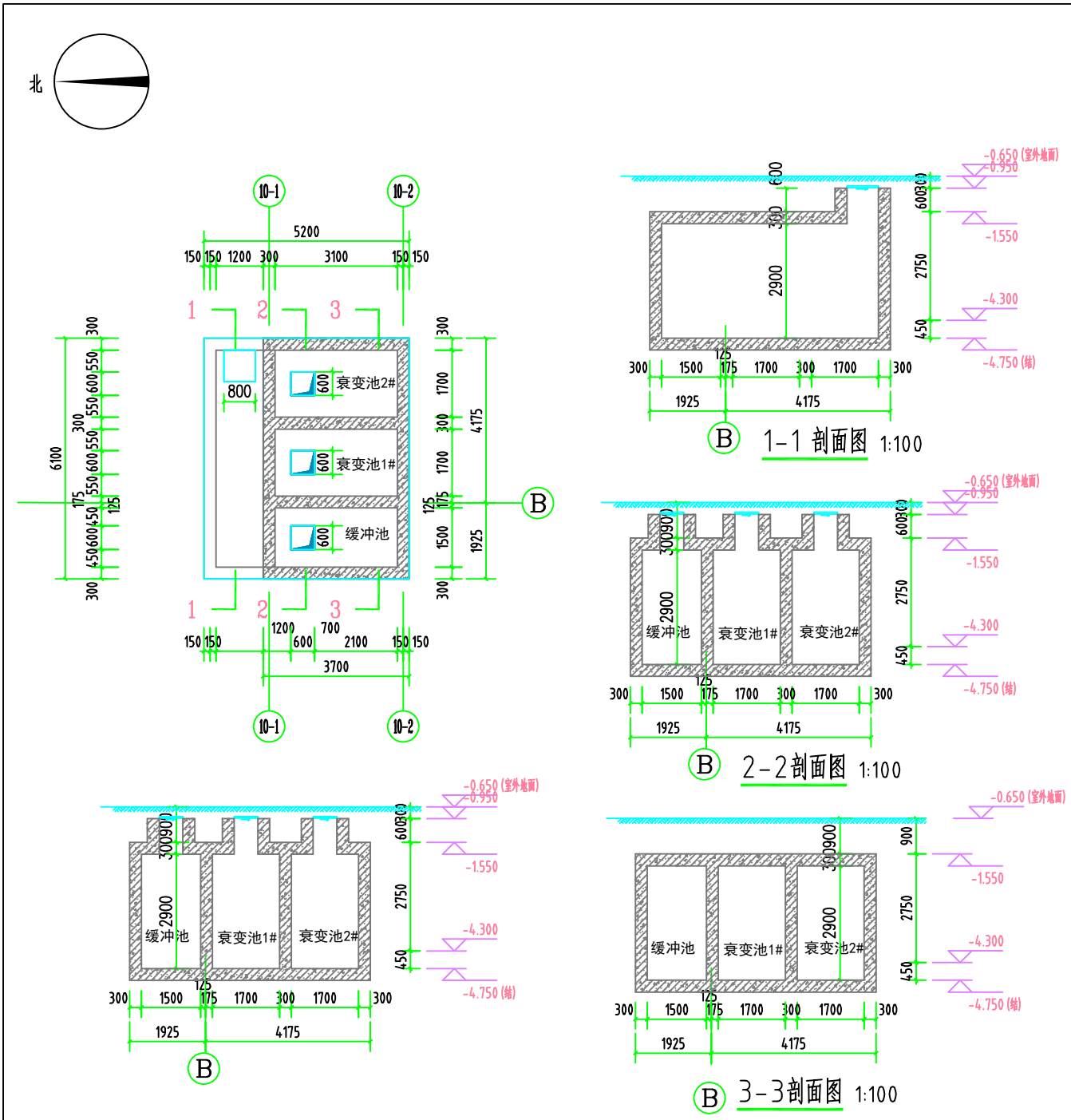
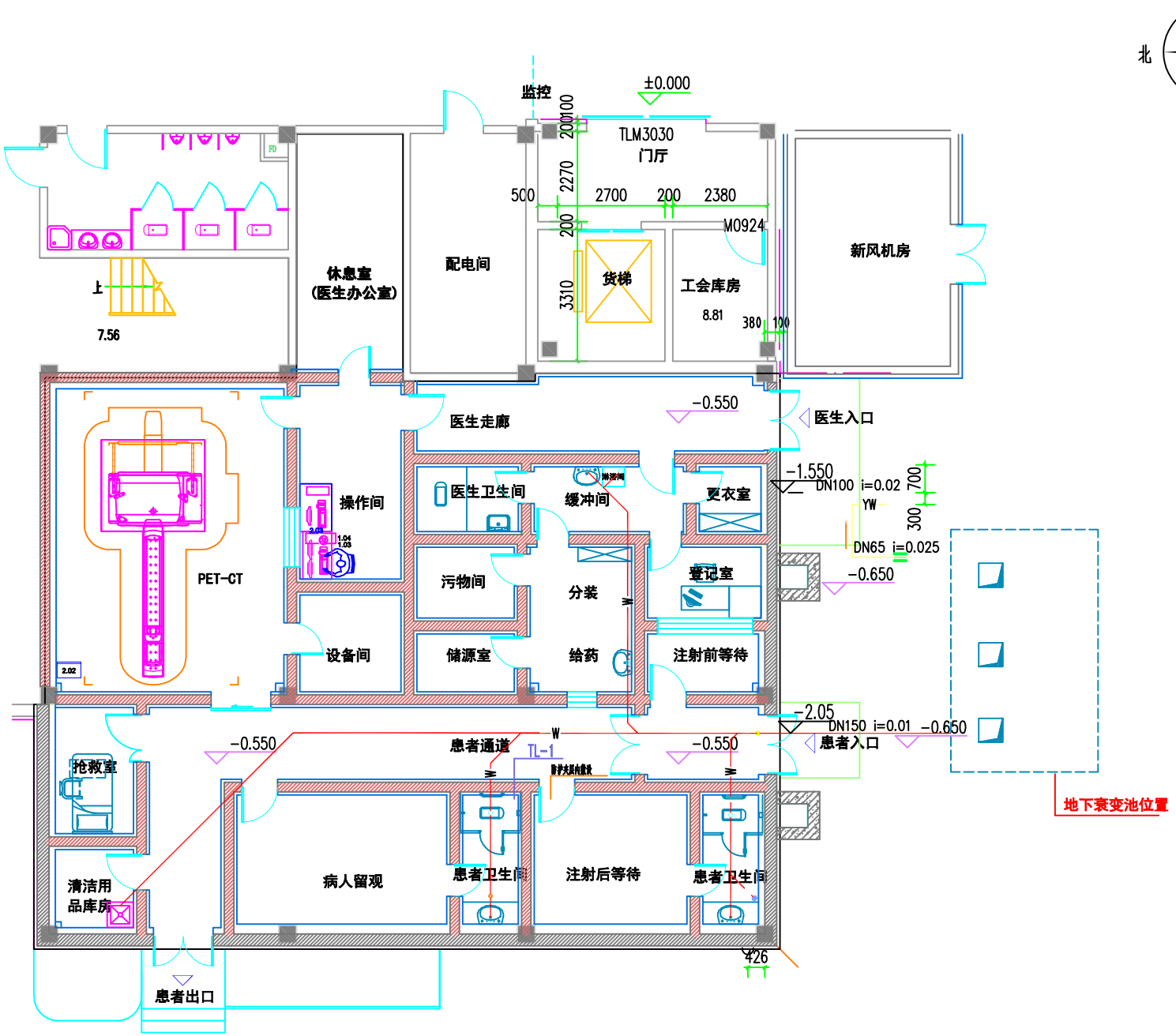


图10-5 本项目衰变池结构布置图



一层排水平面图 1:100

图10-6 本项目工作场所废水走向图

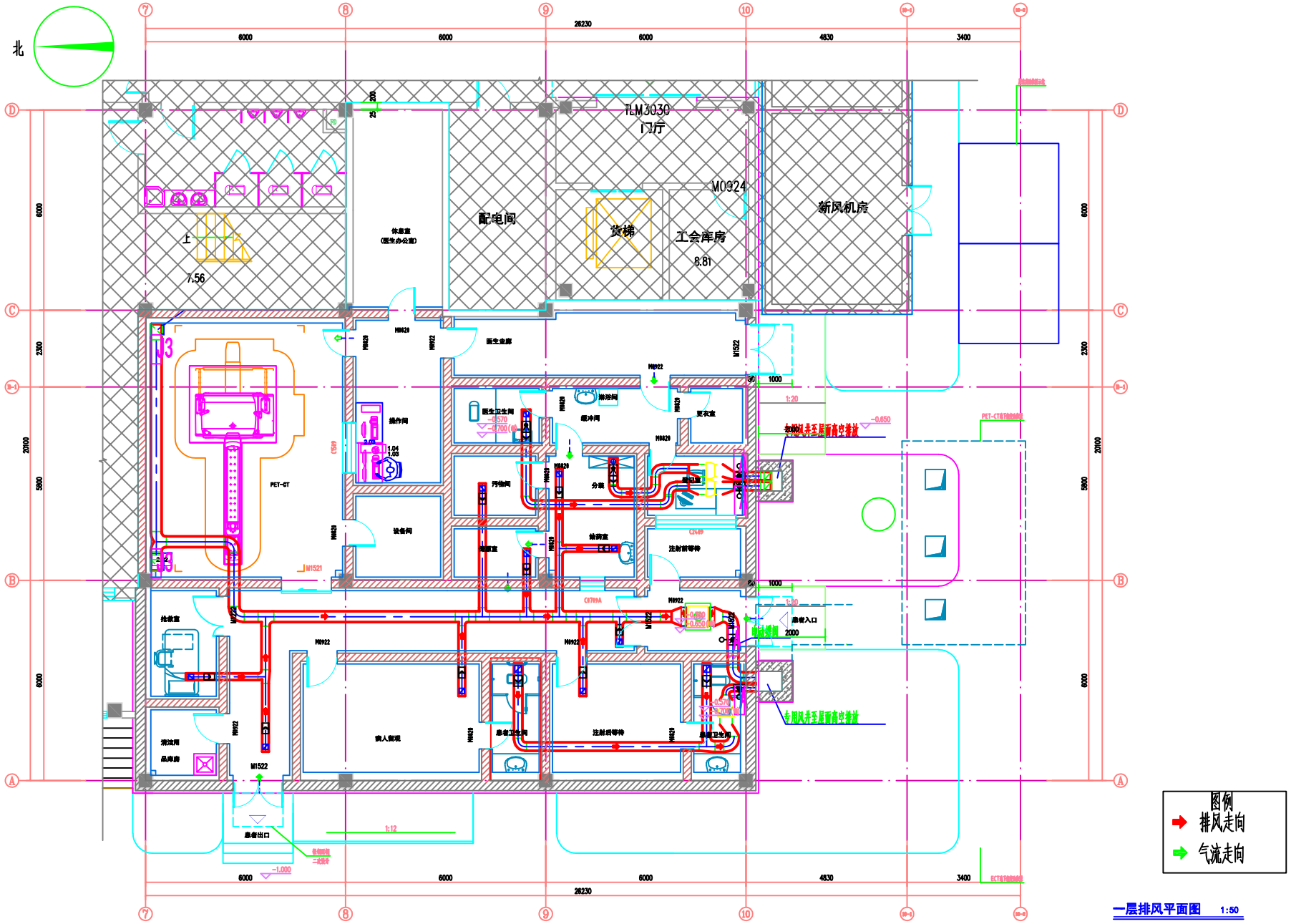


图10-7 本项目排风及气流走向图

器可以满足放射性固废存储 30 天的解控排放要求，本项目设置 2 个放射性固体废物暂存容器可以满足放射性废物贮存交替使用。

用来收集放射性固体废物的废物桶均贴电离辐射警告标志。废物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的塑料袋应密封、不破漏。放射性废物每袋重量不超过 20kg。每次收集时塑料袋表面应贴上标签，标明放射性废物的类型、种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。对于注射器和破碎器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋。再将打包的放射性固体废物放置在放废室的铅废物暂存容器内储存衰变。根据 HJ1188-2021，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，经检测废物外包装的辐射剂量率和β表面污染水平合格后，可直接解控处置。因此本项目放射性固废放置 30 天后，由辐射工作人员取出，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平和β表面污染水平小于 0.8Bq/cm^2，可对废物解控作为一般医疗废物处置，交由有资质的单位进行处理。做好放射性固体废物暂存、处置管理台账，清晰记录放射性废物的暂存、检测、排放等信息。

10.2.1.3 放射性废气

拟建 PET-CT 工作场所含放射性核素场所设置四套独立的排风系统，整体保持负压。排风系统均采用动力排风，其内设置活性炭过滤器及止回装置。废气经过活性炭过滤器净化后，均由独立专用排风道引至高于场所楼顶排放。PET-CT 工作场所排风及气流走向见图 10-7。

第一套排风系统控制的区域包含注射后候诊室卫生间、病人留观室卫生间。

第二套排风系统控制的区域包含抢救室、病人留观室、注射后等待室、分装室、给药室、储源室、污物间、扫描间、和患者走廊。

第三套排风系统控制分装室的手套箱。

第四套排风系统控制医生卫生间。

四套排风系统均设置活性炭过滤器及调节阀，负压通风，并保证风速不小于 0.5m/s。

^{18}F 操作是一些很简单的湿法操作，在正常情况下产生气溶胶和蒸汽很少，不会造成工作环境的空气污染。即使偶尔出现核素泼洒情况，废气经过排风系统过滤后排放至楼顶，经大气扩散后浓度会更低，对周围公众的剂量贡献很小。

10.3 相关标准相符性情况

本项目拟采取的辐射安全与防护措施与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）要求对比情况见表 10-7 至表 10-10 所示。

表 10-7　　项目辐射防护措施与标准要求 HJ1188-2021 对比情况表

HJ1188-2021标准要求	项目情况

辐射工作场所分区	4.3.1 应按照GB18871的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。	本项目PET-CT工作场所拟按照要求划分控制区和监督区，并按照相应要求进行管理。
	4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。	拟将核医学科按照要求划分为控制区和监督区，具体分区情况见表10-2。
	4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。	
	4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。	PET-CT工作场所控制区拟设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处拟设置标明监督区的标志。
选址和布局	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。	本项目PET-CT工作场所拟建设在本6#楼一层西南角，集中建设在建筑底层，该区域与其他区域有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。	6#楼一层西南角，PET-CT工作场所楼上对应的为库房，地下为土层。不与产科、儿科、食堂等部门及人员密集区毗邻，与其他区域有明确的分界隔离。
	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。	PET-CT工作场所排风口位于6#楼楼顶，尽量远离周围高层建筑。
	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。	PET-CT工作场所合理设计各功能区域的布局，控制区集中布置，有效防止交叉污染。放射性药物、放射性废物的存放范围小，给药后病人活动区域有限，不倒回。
	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。	PET-CT工作场所医护人员、患者、放射性药物和放射性废物路径相对独立。医护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，放射性药物和放射性废物运送通道短捷，且与患者就诊时间进行错时运输。
	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	PET-CT工作场所控制区出口、入口设置门禁装置，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动；医护人员

	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。	进入的控制区出入口设置了缓冲间，能清洁，并进行表面污染监测。控制区内为给药后患者设置专用卫生间。
场所安全措施要求	6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。	PET-CT工作场所的通风橱、注射台、注射窗、工作台台面等设置平整光滑，室内地面与墙壁衔接处无接缝，易于清洗、去污。
	6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。	PET-CT工作场所为丙级非密封工作场所，放射性药物操作在通风橱内进行；医院为辐射工作人员配备足够的防护用品，拟在各给药后患者等待区域设置铅屏风，以减少对其他患者和医护人员的照射。
	6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。	PET-CT工作场所拟配置2台表面沾污仪，从控制区离开的人员和物品均进行表面污染监测，合格后方可离开。
	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。	放射性药物暂存在储源室内，进入储源室、污物间的门拟设置防盗防护门，无关人员不能入内。拟建立放射性药物的暂存、使用等台账。
	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。	PET-CT工作场所拟配置药品存放铅罐、药品转运盒等，有一定的屏蔽能力；容器表面拟粘贴电离辐射标志。容器在运送时有适当的固定措施。
	6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。	PET-CT扫描间防护门上方拟设置工作状态指示灯。
密闭和通风要求	6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	PET-CT工作场所含放射性核素场所拟设置独立的排风系统，保持工作场所负压和压差，避免交叉污染影响，满足标准要求。
	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	PET-CT工作场所中^{18}F的分装在通风橱内进行操作，通风橱均设置单独的排风系统，能保持通风橱内为负压，废气通过排风管道内过滤器过滤后于高于建筑楼顶排放。

	过滤装置。	
	6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。	本项目通风橱均设有独立的排风系统，并能保证风速不小于0.5m/s；本项目废气管道引至6#楼楼顶排放，尽量远离周围高层建筑。
放射性废物的管理一般要求	7.1.1 应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。	本项目放射性固废的产生位置，包括分装室、给药室、抢救室、注射后等待室、留观室均设置放射废物桶，在当天门诊结束后收集至污物间内贮存衰变。PET-CT工作场所通风系统内更换下来的废活性炭过滤吸附材料等，直接收集至废物袋内，并送至污物间内贮存衰变。放射性固体废物在污物间内按要求贮存衰变30天后，经监测满足清洁解控要求后，由医护人员在门诊结束后运出核医学科工作场所。做好放射性固体废物暂存、处置管理台账，清晰记录放射性废物的暂存、检测、排放等信息。
	7.1.2 应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。	加强管理，严格区分放射性废物和非放射性废物，不混同处理，并控制和减少放射性废物的产生量。
	7.1.3 核医学实践中产生的短寿命放射性废物，应尽量利用贮存衰变的方法进行处理，待放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。不能解控的放射性废物，应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。	PET-CT工作场所中拟使用的核素^{18}F半衰期很短，使用贮存衰变的方法处理，待达到解控水平后作为一般医疗废物处理。
	7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。	医院拟建立放射性废物管理台账，做好记录存档备查。
固体放射性废物的管理	7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。	PET-CT工作场所拟配备3个20mm铅当量的放射性废物桶，分别在分装室、给药室、缓冲间各放置1个；配备3个5mm铅当量的放射性废物桶，分别放置于抢救室、留观室患者卫生间、注射后等待室患者卫生间；污物间内放置2个50mm铅当量的放射性固体废物暂存容器。废物桶内拟设置专用塑料袋，放射废物桶有一定的屏蔽能力，桶上粘贴电离辐射标志。
	7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。	PET-CT工作场所中放射性废物拟按要求对含尖刺及棱角的预先进行包装处理后再装入废物桶，防止刺破废物袋。
	7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过20kg。	PET-CT工作场所中放射废物打包时拟

	装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。	按要求每袋重量不超过20kg。放射性废物及时密封后转送至衰变室衰变处理。
	7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。	PET-CT工作场所运行产生一定量的放射性废物，利用贮存衰变方式处理放射性废物，运营后建设单位拟按照生态环境管理部门批准要求操作。
	7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。	PET-CT工作场所中设置污物间衰变放射性废物，污物间废气引至楼顶后经过滤器处理后排放。污物间门口拟设置电离辐射警告标志，防护门设置防盗装置，用房四周墙体为实心砖加防护涂料，门为防护门，能有效防火、防丢失、防漏射线。
	7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。	污物间内拟设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），容器表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。
	7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。	污物间内不存放易燃、易爆、腐蚀性物品。
	7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于0.08Bq/cm^2、β表面污染小于0.8 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；	PET-CT工作场所中产生的放射性废物所含核素^{18}F半衰期低于24小时，暂存时间最少为30天，暂存时间满足要求后，经监测合格后作为一般医疗废物处理。
	7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。	PET-CT工作场所固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立台账，详细记录相关信息。
液态放射性废物的管理	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。	本项目放射性废水衰变池设在6#楼室外南侧，为槽式衰变池。该衰变池为三个混凝土浇筑池体，由一个缓冲池和二组衰变池组成。放射性废水的收集包含缓冲间及给药室洗手盆、两个患者用卫生间的冲厕废水以及应急状态的淋浴废水。
	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。	PET-CT工作场所未使用完的放射性核素作为放射性废物衰变处置。

	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。	PET-CT工作场所拟在工作场所缓冲间、淋浴间、给药室配置洗消处理设备（含洗消液），拟在控制区内和缓冲间的洗手盆、清洗池、便池等拟选用脚踏式或自动感应式的开关，头、眼和面部拟采用向上冲淋的流动水。
	7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。	PET-CT工作场所放射性废水的收集管道拟按要求设计，尽量减少死区，避免放射性废液集聚，其下水道路径尽量短捷，管道位于同层降板区域内，有足够厚的垫层屏蔽，污水泵房后端的管网设置标记，便于检测和维修。
	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。	医院拟建衰变池为三个混凝土浇筑池体，由一个缓冲池和二组衰变池组成，有效容积满足放射废水的暂存时间要求，能保证废水处理后达标排放，同时也能满足事故应急清洗废水的贮存。衰变池采用混凝土结构，坚固、耐酸碱腐蚀，内部进行防渗处理，有无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。
	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；	PET-CT工作场所中产生的放射性废水所含核素^{18}F半衰期低于24小时，暂存时间最少为30天后排放。
	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。	本项目拟按要求设置专人管理放射性废水的处理，建立台账，记录相关信息。
气态放射性废物的管理	7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。	本项目PET-CT工作场所含放射性核素场所拟设置独立的排风系统，保持工作场所负压和压差，避免交叉污染影响，满足标准要求。
	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。	本项目拟按厂家推荐时间定期更换活性炭过滤器。更换下来的过滤器作为放射性废物衰变处理。

表 10-8　　项目辐射防护措施与标准要求 GBZ120-2020 对比情况表

GBZ120-2020标准要求		项目情况
工作场所	5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场	本项目PET-CT工作场所拟建设在6#楼

平面布局和分区	址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。	一层西南角，不邻接产科、儿科、食堂等部门，PET-CT工作场所病人有单独出、入口，未设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。
	5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则： a）使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小； b）保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰； c）在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射； d）在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。	PET-CT工作场所控制区边界及内部设置足够厚度的屏蔽体屏蔽，尽可能减少对外环境的照射水平；用药后病人与扫描机房有走廊和屏蔽体间隔，能降低对扫描设备的影像质量干扰；控制区的入口和出口设置门禁等安全措施，保证无关人员无法进入、病人不随意流动；用药后病人和医护人员不交叉，医护人员和公众免受不必要的照射；在控制区出口处设置卫生通过室，并进行污染检测。
	5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下： a）对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室（根据放射性核素防护特性分别设置）、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房； c）诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房；	本项目PET-CT工作场所为诊断工作场所，设置分装室、给药室、储源室、污物间、扫描间、操作间、抢救室、注射后等待室、留观室等功能用房，为给药后患者设置患者专用卫生间，医护人员办公区域设置医生办公室（阅片室）、设备间、医生卫生间、登记室、更衣室、缓冲间、医生走廊等。
	5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据GB18871的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。	本项目PET-CT工作场所按要求划分控制区和监督区，具体分区情况见表10-2。

	5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区（病房）的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。	PET-CT工作场所独立成一区，无关人员无法进入；该区域与其他区域有物理隔离和单独的人员、物流通道。
	5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。	PET-CT工作场所按要求规划医护人员、患者、药物、废物等路径，各路径通过空间布局和时间管控，能做到互不交叉。
	5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。	周围辐射装置与PET-CT工作场所的距离较远，不会对项目的设备成像产生影响；PET-CT工作场所内部通过走廊、屏蔽体间隔避免用药后病人对设备成像产生影响。
放射防护措施要求	5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。	按照要求进行了分级，并采取了相应防护措施，见表10-5和表10-6。
	5.2.2 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，把工作场所分为I、II、III三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表1，核医学工作场所分类的加权活度计算方法见附录G。	
	5.2.3 核医学工作场所的通风按表1要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	PET-CT工作场所含放射性核素场所的排风系统整体保持负压和压差，避免交叉污染影响，满足标准要求。^{18}F的操作均在通风橱内进行操作，通风橱设置单独的吸风口，并能保证风速不小于0.5m/s；本项目废气管道引至建筑楼顶排放，尽量远离周围高层建筑。

	5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。	拟建衰变池的设置符合按环境主管部门规定，暴露的污水管道拟做铅板进行防护。
	5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。	控制区的入口拟设置电离辐射警告标志。
	5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。	拟在PET-CT工作场所中相应位置明确的患者或受检者导向标识或导向提示。
	5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。	拟在抢救室、注射后等待室、留观室、患者走廊均配备监视设施和对讲装置，扫描间拟设置观察窗和对讲装置。
	5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。	拟配置储源罐、药品转运防护盒等放射性物质内部运输、储存、转运的容器，容器表面设置电离辐射标志。
	5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。	扫描间外患者防护门上方拟设置工作状态指示灯。
操作中的放射防护要求	6.1.1 个人防护用品及去污用品 开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录K），其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。 对操作^{68}Ga、^{18}F等正电子放射性药物和^{131}I的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。	拟为放射工作人员配备2套放射性污染防护服，并在PET-CT工作场所配备去污用品。
	6.1.2 辅助用品 根据工作内容及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。防护通风柜的典型屏蔽厚度参见附录I。	拟配备药品铅罐、药品转运盒、通风橱、放射废物桶等辅助用品，并具备足够的屏蔽能力；分装室设置1个防护为50mmPb的通风橱。
	6.2 放射性药物操作的放射防护要求 6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。	放射性药物在分装室内的通风橱、给药室内注射窗进行操作。药品使用前在源库内储存。
	6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。	拟使用注射器防护套屏蔽。
	6.2.3 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。	放射性药物操作前进行技能练习，做到熟练操作后再进行实际操作。操作时，正确使用个人防护用品。
	6.2.5 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化	拟制定管理制度，要求控制区内不进

	妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。	食、饮水、吸烟、化妆，不进行无关工作及存放无关物品。
	6.2.6 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表2规定值，应采取相应去污措施。	设置缓冲间，其内设置洗手池，配置表面污染监测设备。工作人员在经缓冲间离开时清洁后进行表面污染检测，合格后方可离开。
	6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表2规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。	拟制定管理制度，从控制区取出物品前进行表面污染检测，达标后方可带离。
	6.2.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。	放射性物质存储在储源室内，有一定的屏蔽能力。储源室与分装室和给药室等操作场所相邻，方便取用。
	6.2.10 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。	放射性物质贮存室独立设置，拟定期进行放射防护监测，无关人员不会入内。
	6.2.11 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。	贮存和运输放射性物质时拟使用专门容器，取放容器中内容物时，不污染容器。容器在运输时有适当的固定措施。
	6.2.12 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。	放射性药物在工作场所内全程登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。
	6.2.13 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。	放射性物质不再使用时，拟立即送回源库安全储存。
	6.2.14 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用6.1.2和附录K所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。	医院制定有应急预案，发生放射性物质溢出、散漏事故时，按要求进行处理。
	6.2.15 核医学放射工作人员应按GBZ128的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续5年期间，年平均当量剂量不超过20mSv，任何1年中的当量剂量不超过50mSv；操作大量气态和挥发性物质的工作人员，例如近距离操作^{131}I的工作人员，宜按照GBZ129的要求进行内照射个人监测。	PET-CT工作场所辐射工作人员拟按要求进行外照射个人监测。
医用放射性废物的放射防护管理要求	8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。核	PET-CT工作场所拟按要求分类收集放射性废物并分类打包，存放至污物间进行衰变。

	医学常用放射性核素的物理特性参见附录H。	
	8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。	拟设废物储存登记表，按要求记录并存档备案。
	8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。	衰变池布局合理，池底和池壁采用混凝土结构，耐酸碱腐蚀，并涂有防渗材料，能防渗和防漏。
	8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。	PET-CT工作场所的用药后病人活动区域，包括注射后等待室、留观室内设置有防护标志的专用厕所，专用厕所能将患者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池，能随时保持便池清洁。
	8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。	PET-CT工作场所拟配备3个20mm铅当量的放射性废物桶，分别在分装室、缓冲间、给药室各放置1个；配备3个5mm铅当量的放射性废物桶，分别放置于抢救室、留观室患者卫生间、注射后等待室患者卫生间；污物间内放置2个50mm铅当量的放射性固体废物暂存容器。
	8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。	放射废物桶内拟放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋密封，不破漏，及时转送废物间专用容器中。
	8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。	对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，拟先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。
	8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，质量不超过20kg。	每袋废物表面剂量率不超过0.1mSv/h，质量不超过20kg才进行处理。
	8.9 储存场所应具有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。	拟在污物间设置排风口，排风系统保持负压，收集废气引至楼顶；污物间门上拟设电离辐射警告标志。
	8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。	拟设置安全可靠的废物袋、放射废物桶及其他存放废物的容器，并在显著位置标废物类型、核素种类、存放日期等说明。
	8.11 废物包装体外表面的污染控制水平：β＜0.4Bq/cm^2。	经检测确保废物包装体外表面的污染控制水平：β＜0.4Bq/cm^{2}后再行处置。

表 10-9　　项目辐射防护措施与标准要求 GBZ130-2020 对比情况表

GBZ130-2020标准要求		项目情况
一般要求	5.1.1 X射线设备出线口上应安装线束系统（如限速器、光阑等）。	设备自带。本项目PET-CT机自带可调限束装置。
	5.1.2 X射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。	设备出厂时X射线管组件上有清晰的焦点位置。
	5.1.3 X射线管件组上应标明固有滤过，所有	设备出厂时X射线管组件上标注相应

	附加滤过片均应标明其材质和厚度。	内容。
	5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。	设备自带，透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。
CT设备防护性能的专用要求	5.4.1 在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所使用的CT运行条件。	CT操作系统中有专用界面填写和显示CT运行条件。
	5.4.2 对于任意一种CT扫描程序，都应在操作者控制台上显示剂量信息。	CT操作系统中有界面显示剂量信息。
	5.4.3 应设置急停按钮，以便在CT扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。	CT设备上设置急停按钮，按下后能及时停止设备出束。
X射线设备机房防护设施的技术要求	6.1.1 应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	已合理设置门窗和管线位置，设备自带影像增强器能较好的阻挡主射线。
	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。	PET-CT机房四周墙体和顶棚、地板均采用足够厚的屏蔽材料进行防护。
	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。	CT设备均有独立的机房，能满足使用设备的布局要求。
	6.1.5 除床旁摄影设备、便携式X射线设备和车载式诊断X射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的X射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表2的规定。	PET-CT机房有效使用面积和最小单边长度见表10-1，均满足标准要求。
	6.2.1 不同类型X设备（不含床旁摄影设备和便携式X射线设备）机房的屏蔽防护不低于表3的规定。	根据后文计算，本项目PET-CT机房的屏蔽防护均满足要求。
	6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：a）具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应不大于仪器响应时间； b）CT机、乳腺摄影、乳腺CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔CBCT和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h； c）具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于0.25mSv。	PET-CT及CT机房屏蔽体外周围剂量当量率不大于2.5μSv/h。
	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机房均设置有观察窗，能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	PET-CT机房内除必要的配套设施外，

	关的杂物。	将不堆放其他杂物。
	6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	PET-CT机房拟采取动力排风，能保证良好的通风。
	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。	PET-CT机房防护门拟设置电离辐射警告标志，患者出入防护门设置门灯联锁装置，灯箱上显示“射线有害、灯亮勿入”，病人候诊区拟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联动。	PET-CT扫描间的医护通道门为手动防护门，拟设自动闭门装置；PET-CT、机房外拟设置工作状态指示灯，工作状态指示灯与机房门联动。
	6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	PET-CT扫描间患者通道防护门为电动推拉门，拟设防夹装置。
	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。	受检者在候诊区候诊；检查过程中陪检者不滞留在机房内。
	6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。	CT机房参照普通CT的要求，采取了相应的辐射防护措施。
	6.4.9 CT装置的安放应利于操作者观察受检者。	PET-CT装置的安放能够利于操作者观察受检者。
	6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	PET-CT机房的防护门均远离了设备出束位置，处于散射辐射相对低的位置。
X射线设备操作的防护安全要求	7.4.1 CT工作人员应根据临床的实际需要，正确选取并优化设备工作参数，在满足诊断需要的同时，尽可能减少受检者受照剂量。	拟制定相应制度，按标准要求执行。
	7.4.2 对儿童进行CT检查时，应正确选取扫描参数，以减少受照剂量，使儿童的CT 应用达到最优化。	拟制定相应制度，按标准要求执行。
	7.4.3 CT工作人员应定期检查操作系统上所显示的剂量信息（如DLP、$CTDI_W$或$CTDI_{VOL}$），发现异常时应找出原因并加以纠正。	拟制定相应制度，按标准要求执行。
	7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。	拟根据工作内容制定相关文件，按照标准规定执行。

表 10-10　　项目辐射防护措施与标准要求 GBZ128-2019 对比情况表

GBZ128-2019标准要求		项目情况
剂量计监测周期或频次	4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期	医院拟为辐射工作人员配备个人剂量计，送至有资质单位进行检测，监测周期一般为一个月，最

	一般为1个月，最长不应超过 3个月。	长不超过三个月。
剂量计的佩戴	5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。	本项目操作放射性药物的工作人员铅防护衣内外各配置1枚个人剂量计。同时配置个人剂量报警仪，监控放射工作人员受到的个人剂量。
	5.3.3 对于5.3.2所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部计量计、指环剂量计等）。	

根据上表可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。

10.4 法规符合情况

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改， 2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令第 7 号）修改，2021 年 1 月 4 日《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）修改）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年）规定现对从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-9 和表 10-10。

10.4.1 对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 10-13 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改， 2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令第 7 号）修改，2021 年 1 月 4 日《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）修改）对使用射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 10-10　　项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

序号	应具备条件	本单位落实情况	是否符合要求
1	应当设有专职的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立辐射防护领导小组，并在该机构设有本科学历的专职管理人员。	符合

2	从事辐射工作的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。	本项目辐射工作人员均需通过辐射安全与防护考核后持证上岗。	落实后符合
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体防卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目配置 1 个 40mmPb 的储源保险柜。储源室采用 240mm 实心砖加 16mmPb 的防护涂料。	落实后符合
4	放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	PET-CT 机房安装联锁装置，防护门外设工作状态警示灯和当心电离辐警告标志等。	落实后符合
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	配备便携式辐射剂量仪、表面沾污仪、个人剂量计和个人剂量报警仪，准备铅衣等防护用品，满足实际工作的需求。	落实后符合
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟建立健全的规章制度、操作规程、岗位职责及辐射防护 和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。	落实后符合
7	有完善的辐射事故应急措施。	已制定完善的辐射事故应急预案。	符合
8	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	拟建 PET-CT 工作场所含放射性核素场所设置排风系统，整体保持负压。放射性废水排入衰变池，经存放至少 30 天后排入医院污水处理站。放射性固体废弃物分类收集在专用铅屏蔽箱内，标注核素名称及废弃日期，存放在污物间，放置 30 天后经实测后，与医院的其它废弃物一起分类处理。	落实后符合

10.4.2 对《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的满足情况

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年）对拟使用射线装置的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“环保部 18 号令”要求的对照检查如表 10-11 所示。

表 10-11　　项目执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	本项目辐射工作场所显著位置处张贴有电离辐射警告标识和中文警示；机房设置联锁装置，安装出束工作状态指示灯；工作场所设置控制区和监督区。	落实后符合

2	第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。	医院拟将 PET-CT 工作场所污物间用作放射性废物暂存。	落实后符合
3	第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	拟在本项目建成投运后，对辐射工作场所开展日常自行监测并保存监测记录，监测频次每月不少于一次；拟每年委托有资质单位对所有辐射工作场所和周围环境进行年度监测，并出具监测报告。	落实后符合
4	第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当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 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	承诺项目建成投运后，向生态环境主管部门申请辐射安全许可证，并按要求于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的年度评估报告。	落实后符合
5	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	本项目辐射工作人员均需通过辐射安全与防护考核后持证上岗。	落实后符合
6	第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。	所有从事辐射工作的人员均配备个人剂量计，定期送有资质单位检测，监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量档案。发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告生态环境管理部门。 拟设专人建立和管理个人剂量档案并终生保存。	落实后符合
7	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	医院拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计，定期委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测，并出具个人剂量监测报告，监测周期一般为一个月，最长不超过三个月。	落实后符合

10.4.3 对《关于报送辽宁省核技术利用单位与伴生放射性矿产资源开发利用单位安全生产风险隐患排查信息的通知》要求的满足情况

《关于报送辽宁省核技术利用单位与伴生放射性矿产资源开发利用单位安全生产风险隐患排查信息的通知》（辽环函〔2021〕164 号）对拟使用射线装置的单位提出了具体

条件，本项目具备的条件与“辽环函〔2021〕164 号”要求的对照检查如表 10-12 所示。

表 10-12　　项目执行《关于报送辽宁省核技术利用单位与伴生放射性矿产资源开发利用单位安全生产风险隐患排查信息的通知》要求对照表

序号	报送及时限要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	（三）核技术利用年度评估报告 核技术利用单位应于每年 1 月 31 日前对上一年度辐射安全工作进行总结，形成年度辐射安全和防护状况评估报告上报所在地市级生态环境部门，并上传至“国家核技术利用辐射安全申报系统”。各市生态环境部门汇总辖区内核技术利用单位年度评估报告情况，并于每年 2 月底前上报我厅。	委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行 1 次监测，对上一年度辐射安全工作进行总结，形成年度辐射安全和防护状况评估报告，于次年 1 月 31 日前上报沈阳市生态环境部门，并上传至“国家核技术利用辐射安全申报系统”。	落实后符合

以上分析可知，医院从事本项目辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

10.5 环保投资

根据辐射防护污染防治措施的要求，结合本项目的特点，统计关于核技术应用项目所需的环保投资，环保投资主要用于保护辐射工作人员及公众的防护具体见表 10-13。

表 10-13　　辐射项目环保投资主要内容

序号	投资内容	单位	单价（万元）	数量	金额（万元）
1	X-γ剂量率仪	台	1	1	1
2	表面沾污仪	台	1	2	2
3	防护工程（屏蔽墙体、防护门、观察窗、排风系统、通风橱等）	-	240	1	240
4	衰变池	套	48	1	48
5	衰变池在线监控装置	套	10	1	10
6	PET-CT 工作场所门禁、监控、对讲装置	套	3	1	3
总计					304
占投资额比例					7.8%

表 11 环境影响评价

11.1 建设阶段对环境的影响

（1）废气：本项目在建设施工期需进行的混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘。本项目拟建辐射工作场所位于门诊急诊医技综合楼内，因此施工期对大气环境的影响仅限在门诊急诊医技综合楼内施工现场附近区域。

（2）废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

（3）噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。将施工期的影响控制在医院局部区域，对周围环境影响较小。

（4）固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

（5）辐射污染：本项目在建设期间，无辐射影响，随着项目的建设竣工，施工期的环境影响可消除。建设期无放射性“三废”排放。

本项目在建设过程中，应严格按照设计的参数进行施工。项目在建设期间，无辐射影响，随着项目的建设竣工，施工期的环境影响可消除。建设期无放射性“三废”排放。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 PET-CT 区域运行对环境的影响

11.2.1.1 γ 射线对关注点剂量率的影响

（1） 计算公式

本项目拟建 PET-CT 工作场所使用放射性药物 ^{18}F 进行 PET-CT 诊断，根据表 9 污染源与污染途径分析，在进行药物交接、注射、观察病人和摆位等操作时，操作人员及注射区、注射后休息区和扫描机房周围停留的公众可能受到核素药物释放出的γ射线的影响。在此主要分析上述药物对人员的贯穿辐射影响。剂量估算中，将接受药物注射后的患者身体、装有放射性药物的注射器近似作为点源，依照剂量率和距离成平方反比衰减的关系，同时考虑墙壁和防护门、窗的衰减作用，估算分装室、给药室、扫描间及患者注射后等待区域等有代表性场所周围的辐射剂量率和对职业人员、公众的附加照射剂量，以及职业人员在患者摆位和药物注射等环节所受到的辐射照射剂量。

按照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 公式，推导出关注点辐射剂量率计算公式 11-1。

$$\dot{H}_R = \frac{K^{-1} \times A \times \Gamma}{R^2} \quad \text{……（公式 11-1）}$$

式中：$\dot{H}_R$——距离源 R 处剂量当量率，μSv/h；

K^{-1}——屏蔽减弱系数，无量纲；

A——核素（点源）活度，MBq；

Γ——距源 1m 处的周围剂量当量率常数，μSv·m²/MBq·h；

R——参考点距点源的距离，m。

$$K^{-1} = 10^{-\left(\frac{X}{TVL}\right)} \quad \text{……（公式 11-2）}$$

式中：K^{-1}——屏蔽减弱系数，无量纲；

X——屏蔽层厚度，mm；

TVL——屏蔽材料对放射源射线的什值层厚度，mm；铅、实心砖对 ^{18}F γ射线的衰减什值层分别为 16.6mm、263mm。

（2）参数选取

PET-CT 运行期间，放射性药物 ^{18}F 外购，放射性核素 ^{18}F 每次注射的活度约 3.7×10^8Bq（10mCi）；患者给药后在注射后等待室等待 40~50min 后进行 PET-CT 扫描，扫描时间 20~25min；扫描后进入留观室休息 10~15min。扫描时考虑患者给药后候诊时间（45min）引起的衰减，留观时考虑患者给药后 65min 衰减等因素。

表 11-1　　^{18}F 相关参数取值一览表

核素	患者人均用量（Bq）	衰变能量（KeV）	周围剂量当量率常数（μSv·m²/MBq·h）	半衰期	砖 TVL（mm）	铅 TVL（mm）
^{18}F	3.7×10^8	511	注射前 0.143；注射后 0.092	109.8min	263	16.6

根据《辐射防护技术与管理 第一卷 电离辐射防护技术与管理》（张丹枫、赵兰才编著）、AAPM Task Group 108 报告中相关内容计算，患者注射 370MBq 的药物经过 45min 衰变后剩余活度约为 236MBq，经过 65min 衰变后剩余活度约为 209MBq。

分装人员在分装室通风橱内分装，分装最大活度 3.7×10^9Bq（100mCi，每次 5 人次用药量，考虑 2 倍的衰减裕量），通风橱防护当量 50mmPb。注射窗口防护当量 50mmPb，医护人员放射性污染防护服的防护当量 0.5mmPb。污物间按日最大操作量的十分之一估算，^{18}F 为 7.4×10^8Bq，铅废物桶 20mmPb。源库内使用储源罐存放药品，存放药品最大活度为 2.96×10^{10}Bq（800mCi，每天 20 人次，考虑 4 倍的衰减裕量，偏安全考虑按 1Ci 进行核算），储源罐防护当量 40mmPb。

注射后抢救室停留 1 名受检者，注射后等待室最多停留 4 名受检者，留观室会同时有 2

人留观室内；给药室窗口处停留 1 位受检者。

（3）剂量率计算结果

在屏蔽计算时，关注点选取点源距墙体、观察窗和防护门外 30cm、楼上距地面 30cm。关注点见图 11-1～图 11-6。

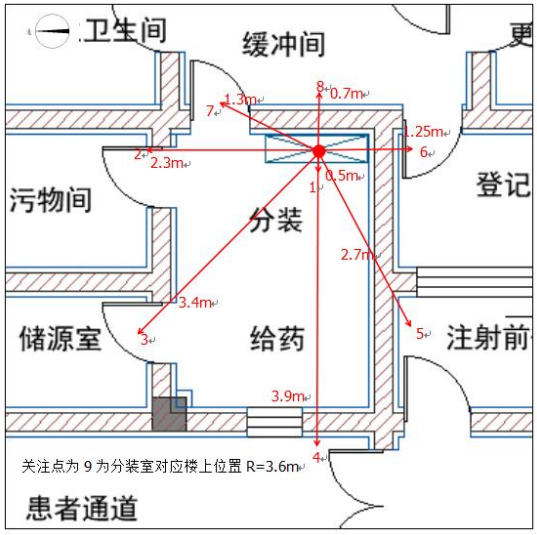


图11-1 分装室关注点

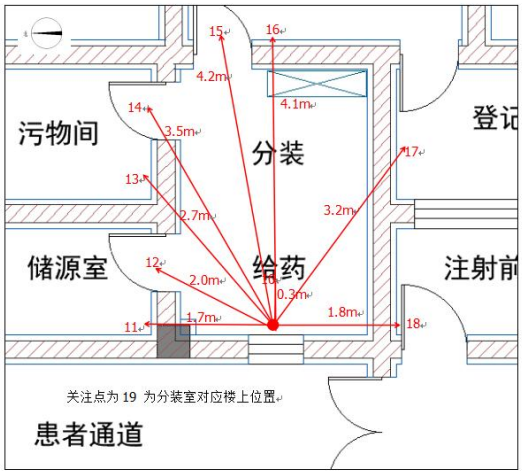


图11-2 给药室关注点

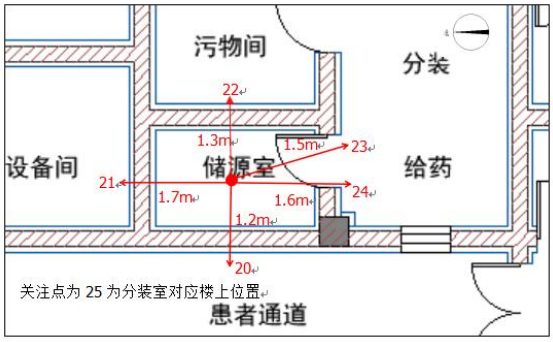


图11-3 储源室关注点

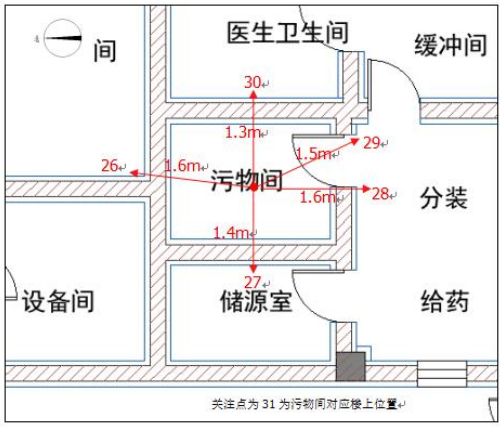


图11-4 污物间关注点

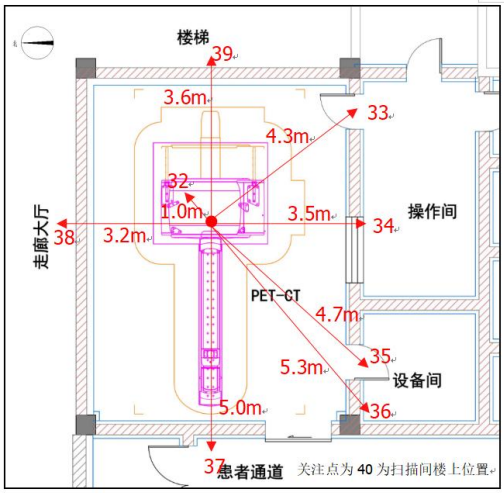


图11-5 扫描间关注点

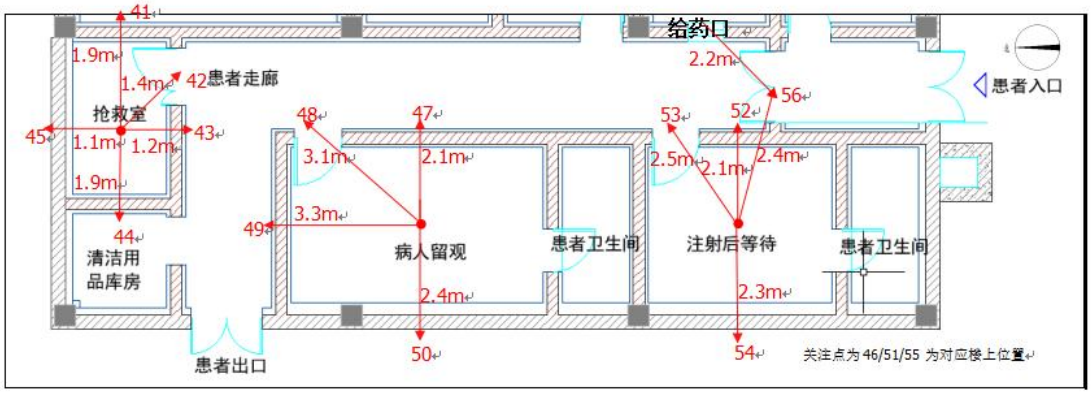


图11-6 抢救室、注射后等待室、病人留观室关注点

计算 PET-CT 工作场所室外剂量率，结果见表 11-2。

表 11-2　　医院拟建 PET-CT 工作场所使用剂量率估算

序号	工作场所及源项活度 A（MBq）	关注点	Γ（μSv·m²/MBq·h）	屏蔽措施等效防护当量	K^{-1}	R（m）	$\dot{H}_R$（μSv/h）
1	分装室：7400MBq	通风橱表面 30cm（医护人员分装位）	0.143	50mmPb 通风橱+0.5mmPb 防护服+20mmPb 注射器防护套	4.54E-04	0.4	1.92E+00
2		北侧防护门外（污物间）		16mm 铅板+50mmPb 通风橱	1.06E-04	2.3	2.11E-02
3		西北侧防护门外（储源室）		16mm 铅板+50mmPb 通风橱	1.06E-04	3.4	9.68E-03
4		西侧墙体外（患者走廊）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+50mmPb 通风橱	1.32E-05	3.9	9.18E-04
5		西南侧墙体外（注射前等待）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+50mmPb 通风橱	1.32E-05	2.7	1.92E-03
6		南侧墙体外（登记室）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+50mmPb 通风橱	1.32E-05	1.25	8.94E-03
7		东侧防护门外（缓冲间）		16mm 铅板+50mmPb 通风橱	1.06E-04	1.3	6.62E-02
8		东侧墙体外（缓冲间）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+50mmPb 通风橱	1.32E-05	0.7	2.85E-02
9		顶棚楼板外 30cm		120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料+50mmPb 通风橱	2.20E-05	3.6	1.80E-03

10	给药室：370MBq	医护人员注射位（医护人员）	0.143	50mmPb 注射窗+0.5mmPb 防护服+20mmPb 注射器防护套	4.54E-04	0.3	2.67E-01
11		西北侧墙体外（储源室）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	1.7	2.48E-01
12		西北侧防护门外（储源室）		16mm 铅板	1.09E-01	2.0	1.44E+00
13		东北侧墙体外（污物间）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	2.7	9.85E-02
14		东北侧防护门外（污物间）		16mm 铅板	1.09E-01	3.5	4.69E-01
15		东侧防护门外（缓冲间）		16mm 铅板	1.09E-01	4.2	3.26E-01
16		东侧墙体外（缓冲间）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	4.1	4.27E-02
17		东南侧墙外（登记室）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	3.2	7.01E-02
18		西南侧墙外（注射前等待室）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	1.8	2.22E-01
19		顶棚楼板外 30cm		120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料	2.27E-02	3.6	9.25E-02
20	储源室：37000MBq	西侧墙外（患者通道）	0.143	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+40mmPb 储源罐	5.28E-05	1.2	1.94E-01
21		北侧墙外（设备间）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+40mmPb 储源罐	5.28E-05	1.7	9.67E-02
22		东侧墙外（污物间）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+40mmPb 储源罐	5.28E-05	1.3	1.65E-01
23		南侧防护门外（给药室）		16mm 铅板+40mmPb 储源罐	4.23E-04	1.5	9.95E-01
24		南侧墙体外（给药室）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+40mmPb 储源罐	5.28E-05	1.6	1.09E-01
25		顶棚楼板外 30cm		120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料+40mmPb 储源罐	8.83E-05	3.6	3.60E-02

26	污物间：74MBq	北侧墙体外（操作间）	0.143	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+20mmPb 废物储存容器	8.47E-04	1.6	2.25E-03
27		西侧墙体外（储源室）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+20mmPb 废物储存容器	8.47E-04	1.4	2.94E-03
28		南侧墙体外（分装室）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+20mmPb 废物储存容器	8.47E-04	1.6	2.25E-03
29		南侧防护门外（分装室）		16mm 铅板+20mmPb 废物储存容器	6.78E-03	1.5	2.05E-02
30		东侧墙体外（医生卫生间）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+20mmPb 废物储存容器	8.47E-04	1.3	3.41E-03
31		顶棚楼板外 30cm		120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料+20mmPb 废物储存容器	1.41E-03	3.6	7.43E-04
32	PET-CT 扫描间：236MBq	床边 1m（摆位人员）	0.092	0.5mmPb 防护服	9.33E-01	1.0	2.03E+01
33		医护防护门外（操作间）		16mm 铅板	1.09E-01	4.3	1.28E-01
34		观察窗外（PET-CT 操作人员）		16mmPb 铅玻璃	1.09E-01	3.5	1.93E-01
35		西南侧防护门外（设备间）		16mm 铅板	1.09E-01	4.7	1.07E-01
36		西南侧墙外（设备间）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	5.3	1.05E-02
37		西侧墙体外（患者走廊）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	5.0	1.18E-02
38		北侧墙体外（走廊大厅）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	3.2	2.88E-02
39		东侧墙体外（楼梯）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	3.6	2.27E-02
40		顶棚楼板外 30cm		120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料	2.27E-02	3.6	3.80E-02
41	抢救室：370MBq	东侧墙外（扫描件）	0.092	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	1.9	1.28E-01

42		南侧墙外（患者走廊）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	1.4	3.21E-01	
43		南侧防护门外（患者走廊）		16mm 铅板	1.09E-01	1.2	1.89	
44		西侧墙外（清洁用品库）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	1.9	1.28E-01	
45		北侧墙体外（走廊大厅）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	1.1	3.82E-01	
46		顶棚楼板外 30cm		120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料	2.27E-02	3.6	5.95E-02	
47	病人留观室：209MBq×2	东侧墙外（患者走廊）	0.092	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	2.1	1.18E-01	
48		东侧防护门外（患者走廊）		16mm 铅板	1.09E-01	3.1	4.35E-01	
49		北侧墙外（患者走廊）		240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	3.3	4.79E-02	
50		西侧墙外（6#楼外）		240mm 实心砖+25mmPb 防护涂料	3.89E-03	2.4	2.60E-02	
51		顶棚楼板外 30cm		120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料	2.27E-02	3.6	6.73E-02	
52	注射后等待室：370MBq×4	东侧墙外（患者走廊）	0.092	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料	1.36E-02	2.1	4.19E-01	
53		东侧防护门外（患者走廊）		16mm 铅板	1.09E-01	2.5	2.37	
54		西侧墙外（6#楼外）		240mm 实心砖+25mmPb 防护涂料	3.89E-03	2.3	1.00E-01	
55		顶棚楼板外 30cm		120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料	2.27E-02	3.6	2.38E-01	
56	给药口 370MBq	西南侧患者入口门	0.143	16mm 铅板	1.09E-01	2.2	1.19E+00	1.22
	注射后等待室 370MBq×4	东南侧患者入口门	0.092	240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料+16mm 铅板	1.47E-03	2.4	3.49E-02	

注：1、本项目四周屏蔽墙体、防护门关注点位置分别取墙体、防护门外 0.3m 处；楼上关注点取顶棚楼板外 0.3m 处，本项目无楼下。

2、患者注射370MBq的药物经过45min衰变后剩余活度约为236MBq（扫描间），经过65min衰变后剩余活度约为209MBq（留观室）。

3、实心砖密度1.8g/cm^3，混凝土密度2.35g/cm^3，铅板密度11.34g/cm^3，防护涂料密度4.0g/cm^3，铅玻璃密度4.2g/cm^3。

4、参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中附录 I，表 I.1 铅（11.3g/cm^3）、混凝土（2.35g/cm^3）、砖（1.65g/cm^3）对 ^{18}F γ射线的衰减什值层分别为 16.6mm、176mm、263mm。
5、屏蔽措施防护当量：①通风橱 50mmPb；②防护服 0.5mmPb；③储源保险柜 40mmPb，放射性废物桶和放射性固体废物暂存容器为 20mmPb 和 50mmPb；④给药窗 50mmPb；⑤四周墙体为 240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料，顶棚为 120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料，防护门 16mm 铅板，铅玻璃为 16mmPb。

由上表可知，PET-CT 工作场所辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率最大值为 2.37μSv/h，通风橱表面 30cm 处的辐射剂量率最高为 1.92μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/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。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。”的要求。

3枚Ge-68为V类校准源，放射源的活度为9.25E+07Bq（1枚）和4.625+07Bq（2枚），3枚放射源存放在储源室内40mmPb的储源保险柜内，储源室防护墙为240mm实心砖+16mmPb防护涂料，且校准源自带防护壳，校准源对外界的辐射影响可以忽略不计。

表 11-3　职业照射对 PET-CT 工作场所剂量率叠加影响

序号	工作场所	运行场所	点位	$\dot{H}_R$（μSv/h）	叠加后剂量率（μSv/h）
1	操作间	PET-CT 扫描间	34	1.93E-01	1.95E-01
		污物间	26	2.25E-03	
2	分装室	储源室	23	9.95E-01	1.06
		污物间	29	2.05E-02	
		给药室	16	4.27E-02	
3	给药室	分装室	4	9.18E-04	1.12
		储源室	24	1.09E-01	
		污物间	28	2.25E-03	

由上表可知，外各关注点的叠加剂量率满足满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）限值要求。

11.2.1.2　PET-CT 中 CT 部分 X 射线对关注点剂量率的影响

（1）X 射线装置辐射防护屏蔽对比分析

本项目 PET-CT 属于为 III 类医用射线装置，PET-CT 扫描间的使用面积与最小单边长度与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求进行对比见下表 11-4，扫描间的屏蔽墙体的等效铅当量及其与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求的铅当量进行对比见表 11-5。

表 11-4　　PET-CT 扫描间最小面积评价

设备类型	机房实际面积	最小有效面积要求（m^2）	最小单边长度要求（m）	评价结果

PET-CT	7.62m×5.73m=43.66m^2	30	4.5	满足

表 11-5　　PET-CT 扫描间辐射防护评价

机房	射线装置	最大管电压（kV）	机房屏蔽体及其等效屏蔽铅当量（mm）	有用线束方向铅当量厚度要求（mm）	非有用线束方向铅当量厚度要求（mm）	评价结果
PET-CT 扫描间	CT	140	◆四周墙体：240mm 实心砖+16mmPb 防护涂料（对于 X 射线进行折算 16mmPb 防护涂料相当于 10.97mmPb），（等效为 12.56mmPb） ◆顶部：120mm 混凝土+16mmPb 防护涂料（对于 X 射线进行折算 16mmPb 防护涂料相当于 10.97mmPb）（等效为 12.61mmPb） ◆防护门：16mm ◆观察窗：16mmPb	2.5		满足

注：实心砖密度 1.8g/cm^3，混凝土密度 2.35g/cm^3，铅板密度 11.34g/cm^3，防护涂料密度 4.0g/cm^3，铅玻璃密度 4.2g/cm^3 偏安全考虑，PET-CT 扫描间四周墙体和顶棚屏蔽体防护根据《辐射防护手册（第三分册）》P64 表 3.5 中，密度为 1.8g/cm^3，2.35g/cm^3，11.3g/cm^3，3.2g/cm^3，屏蔽体在 150kV 工况下 X 射线的衰减什值层（分别对应 145mm，70mm，0.96mm，14mm）进行等效屏蔽铅当量核算，145mm 砖等效铅当量为 0.96mm，70mm 混凝土等效铅当量为 0.96mm，14mm 防护涂料等效铅当量为 0.96mm。

经对比分析，本项目拟建 PET-CT 扫描间屏蔽设计均大于 2.5mmPb，扫描间的有效使用面积、最小单边长度及屏蔽防护均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中介入 X 射线机机房的相关要求。

（2）X 射线对关注点剂量率理论计算

依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《SPECIFICATION AND ACCEPTANCE TESTING OF COMPUTED TOMOGRAPHY SCANNERS》AAPM REPORT NO.39 中给出的公式和参数计算。

$$H = \frac{H_0}{R^2} \cdot B \quad \text{……（公式 11-3）}$$

式中：H——关注点剂量率，μSv/h；

H_0——距焦点 1m 处剂量率，取 3.8×10^{-3}mGy/mA·min（根据 AAPM REPORT NO.39 表 1 中 GE CT9800B，140kV），本项目 PET-CT 装置额定电流为 800mA；

R——关注点至靶点距离，m；

B——透射因子，按照 GBZ130-2020 的表 C.2 计算，见公式 11-4。

$$B = \left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}}$$ ……（公式 11-4）

式中：B——透射因子；

X——铅屏蔽厚度，mm；

α、β、γ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数。

保守 PET 扫描间各方向均按主束考虑，依据 GBZ130-2020 的表 C.2，铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数见下表。

表 11-6　　铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压（kV）	α	β	γ
140（CT）	2.009	3.990	0.3420

在屏蔽计算时，取靶点距四周墙体、观察窗和防护门外 30cm 处、楼上距地面 30cm 处为关注点。

表11-7　　PET-CT扫描间外各关注点辐射剂量率计算结果

序号	关注点	屏蔽等效铅当量	透射因子 B	H_0（μSv/h）	R（m）	H（μSv/h）
33	医护防护门外 0.3m 处（操作间）	16mm 铅板	4.48E-16	1.90×10^5	4.7	3.85E-12
34	观察窗外 0.3m 处（PET-CT 操作人员）	16mmPb	4.48E-16		3.4	7.36E-12
35	西南侧防护门外 0.3m 处（设备间）	16mm 铅板	4.48E-16		4.4	4.40E-12
36	西南侧墙外 0.3m 处（设备间）	12.56mmPb	4.49E-13		4.6	4.03E-09
37	西侧墙体外 0.3m 处（患者走廊）	12.56mmPb	4.49E-13		4.2	4.84E-09
38	北侧墙体外 0.3m 处（走廊大厅）	12.56mmPb	4.49E-13		3.3	7.83E-09
39	东侧墙体外 0.3m 处（楼梯）	12.56mmPb	4.49E-13		4.2	4.84E-09
40	顶棚楼板外 0.3m	12.61mmPb	4.06E-13		3.6	5.95E-09

由上表可知，PET-CT 扫描间运行过程时，X 射线对扫描间外各关注点的剂量率满足《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不大于 2.5μSv/h 的限值要求。

PET-CT 扫描间周围环境受 X 射线和γ射线叠加影响，X 射线辐射对扫描间外各关注点的剂量率值远低于γ射线的影响。

11.2.1.3 辐射工作人员和公众剂量估算

$$H = Dr \times t \times T \times U \times 10^{-3} \quad \text{……（式 11-5）}$$

式中：H——年累计剂量，mSv；

Dr——参考点的辐射剂量率，μSv/h；

t——年受照时间，h；

T——居留因子，本项目取 1、1/16；

U——使用因子，放射性核素以点源考虑，取 1。

居留因子 T 参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A，不同场所的居留因子选取如表 11-8；

表 11-8　　停留因子的选取

场所	居留因子		停留位置
	典型值	范围	
全停留	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、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区；
部分停留	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；
偶然停留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗室房门； 1/20：公厕、自动收货区、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：仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸货区域、楼梯、无人看管的电梯；

本项目涉及的辐射工作人员主要为药品分装、注射人员、指导病人摆位扫描以及控制室内医生。PET-CT 最大接诊量共 5000 人次（患者 20 人/d，工作日 250d/a），在开展 ^{18}F 影像诊断时，药品在放射性药物在通风橱内进行操作，防护当量 50mmPb；注射窗防护当量为 50mmPb，穿戴放射性污染防护服（0.5mmPb）等防护用品。偏安全考虑，^{18}F 药物分装、活度检测、注射装工作由 1 个人完成，控制室操作人员和摆位人员由 1 人完成。药物分装 30s/人，注射时间为 30s/人。指导病人摆位一般采用广播，特殊情况需现场指导摆位时，技师穿戴放射性污染防护服（0.5mmPb）等防护用品，距病人约 1m，平均摆位约 30s/人。摆位受照剂量估算是按照 2500 名患者接受现场指导摆位。患者接受 PET-CT 扫描时间为 25min/人。计算结果见表 11-9。

表 11-9　　拟建 PET-CT 工作场所辐射工作人员及公众年剂量估算

关注人群			关注点	Dr（μSv/h）	受照时间（h/a）	居留因子	年附加累计剂量（mSv/a）		剂量约束值（mSv/a）
职业	护士	分装	分装室通风橱表面 30cm（医护人员分装位）	1.92	41.7	1	8.01×10^{-2}	9.12×10^{-2}	5

人员		注射	医护人员注射位置（医护人员）	2.67×10^{-1}	41.7	1	1.11×10^{-2}		
	技师	摆位	摆位点（摆位人员）	20.3	20.8	1	4.22×10^{-1}	8.47×10^{-1}	
		操作	观察窗外 0.3m 处（PET-CT 操作人员）	2.04×10^{-1}	2083.3	1	4.25×10^{-1}		
	医生		观察窗外 0.3m 处	2.04×10^{-1}	2083.3	1	4.25×10^{-1}		
公众			6#楼其他医护人员及公众	2.71×10^{-2}	2083.3	1/16	3.52×10^{-3}		0.1
			3#楼住院楼医护人员及公众	1.00×10^{-1}	1875	1/16	1.17×10^{-2}		
			门急诊综合楼医护人员及公众	2.60×10^{-2}	1250	1/16	2.03×10^{-3}		

注：1、距离 PET-CT 工作场所放射性核素场所最近的流动人员为 6#楼一层档案室、库房 CT 室、加速器室等公众，参考关注点 38（PET-CT 扫描间北侧墙体外）的剂量率，受照时间为 1875h（25min/人次×5000 人次=2083.3h），居留因子取 1/16；
2、3#楼住院楼医护人员及公众剂量率参考关注点 54（注射后等待室西侧墙外）的剂量率，受照时间为（45min/人次×5000 人次/2=1875h）h，居留因子取 1/16 进行计算。
3、门急诊综合楼医护人员及公众剂量率参考关注点 50（病人留观室西侧墙外）的剂量率，受照时间为（15min/人次×5000 人次=1250h）h，居留因子取 1/16 进行计算。

由表 11-8 剂量估算结果表明，本项目建成后辐射工作人员年累计剂量最大值为 8.47×10^{-1}mSv/a，PET-CT 工作场所外公众人员年剂量最大估算值约为 1.17×10^{-2}mSv/a，经过建筑屏蔽和距离衰减，PET-CT 工作场所 50m 范围内公众的附加累计剂量将远小于 1.17×10^{-2}mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中关于“剂量约束值”的要求，同时满足本项目职业人员年剂量约束值不大于 5mSv，公众年剂量约束值不大于 0.1mSv 的要求。

11.2.1.4 放射性“三废”的环境影响分析

根据工程分析，医院拟设置衰变池和污物间。PET-CT 工作场所运行产生的放射性废水收集后自然衰变 30 天后作为普通医疗废水处理；放射性废物收集后自然衰变 30 天后经检测合格作为医疗废物处理。

PET-CT 工作场所含放射性核素场所设置独立的排风系统，整体保持负压。通风橱设置独立排风管道，通风橱内排风口风速不小于 0.5m/s。排风管道末端均安装过滤器净化装置，气流由清洁区流向监督区再流向控制区，排风口高于建筑楼顶。该院放射性废物收集和处理方法基本合理，放射性废物处置得当，符合环保要求，项目运行期间三废对周围环境影响很小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险识别影响

本项目 PET-CT 工作场所主要使用 ^{18}F 作为显像药物和每批次的放化纯及核纯度检验，患者在医院的驻留时间短，在正常营运情况下对于公众和周围环境是安全的。但是，如果操作管理不善或发生异常情况时，可能对公众和环境造成辐射危害，可能出现的情况有：

①放射性药物意外泼洒、泄漏、丢失

由于工作人员操作不熟练或其他原因造成工作时放射性药物撒漏以及药物保管不善致使放射性药剂在给患者用药之前丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

②放射性废物管理不善。

放射性废水未经足够时间的暂存而超标排放，可能对环境或人体造成一定危害；放射性固体废物未经足够时间的暂存衰变，擅自处置，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

③屏蔽措施不当

如果对操作放射性核素的场所屏蔽措施不当，可能对环境造成污染和对人员造成不必要的照射。

④射线装置

PET-CT 射线装置，在防护门未关闭的情况下进行曝光操作，可能给周围人员造成辐照影响；

11.3.2 风险防范与事故应急措施

针对在拟建 PET-CT 工作场所运行过程可能出现的事故，应采取一系列预防措施，尽可能减小或控制事故的危害和影响：

①建立放射性药物使用管理制度，制定放射性药物操作技术规程和事故应急处理预案。辐射安全管理小组定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正，工作人员须熟练掌握放射性药物操作技能和辐射防护基本知识的培训，正确处置意外情况。

②安保措施：拟建 PET-CT 工作场所储源室拟安装防盗门，室内设置闭路监视系统，以满足生态环境和公安部门关于放射源和放射性物品存放的要求。

③屏蔽防护：药物使用场所、受检人员停留场所的墙体采用实心砖+防护涂料屏蔽，防护门采用铅板屏蔽，注射窗口采取 50mmPb 防护。观察窗采用铅玻璃防护，减少电离辐射对周围环境的辐射影响。

④表面污染控制措施：在通风橱内分装放射性药物，注射窗口处注射药物。一旦发生撒漏导致台面和地面污染的情况，及时采取擦拭方法去污，并用表面污染监测仪检测，直至表

面污染水平满足 GB18871-2002 要求。工作人员离开控制区，在缓冲间进行表面沾污检测，防止放射性污染扩散至控制区之外。

⑤放射性废物管理：设立专用的污物间，配置铅制废物桶。收集分装室、给药室等场所产生的放射性废物，标注日期，定期进行清洁解控处置。设置放射性废水衰变池，将放射性废水暂存处置，符合清洁解控要求排放。活性炭过滤器一年更换一次，暂存后清洁解控处置。

⑥发现意外事件与事故的当场人员应当立即向科负责人、上级各管理部门以及辐射安全管理小组负责人和专职人员报告，启动事故应急预案。辐射安全管理小组等相关人员立刻到达现场，保卫科负责保护现场，控制范围。发生该类事故后，应在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。如果可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康主管部门报告。

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的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。

根据上述要求，沈阳市第六人民医院已经成立以法定代表人为组长的辐射防护领导机构，另外，医院设立兼职或专职的辐射防护监督员，负责整个医院的辐射防护与安全工作，该工作人员具有高度的工作责任心，熟悉和掌握有关在线检测的基本知识和辐射防护的一系列法规。

PET-CT 工作场所共配备 4 人，由医院放疗科抽调，需通过辐射安全与防护考核后持证上岗。同时按照国家相关规定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，并为工作人员保存职业照射记录。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《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）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第 3 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）中的有关要求，使用放射性同位素、射线装置的单位应当建立有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案。

沈阳市第六人民医院目前已成立辐射安全与防护管理领导小组，制定了多项辐射安全管理制度，包括射线装置操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案等制度。

本项目实施后，沈阳市第六人民医院核技术利用的种类和范围将新增使用 PET-CT 装置、使用非密封放射性物质。医院将结合新项目的开展，在申领辐射安全许可证前，组织相关人员完善相关制度，如操作规程、监测方案、放射性废物管理制度、辐射突发环境事件应急预案等，确保全部辐射工作有章可循。同时，组织各科室人员进行学习，确保依照规定安全使用放射性同位素和射线装置。

12.3 辐射监测

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）、《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令 第 55 号）等文件的相关规定，本项目针对辐射环境、工作场所和个人辐射剂量进行监测。

12.3.1 环境监测

环评监测：本次评价对辐射工作场所及 50m 评价范围进行了γ辐射剂量率本底监测；对拟建核医学周围采取的土样进行了土壤的总β比活度分析。

12.3.2 工作场所监测

（1）定期监测：委托具有辐射环境监测资质的机构，对正常工况下辐射工作场所进行每年 1 次的年度评估，建立监测数据档案。年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，定期上报生态环境主管部门。

日常监测：项目实施后，辐射工作人员使用拟配备的监测仪器，对辐射工作场所进行监测。医院拟建立辐射环境自行监测记录，并妥善保存。监测方案如下：

①监测项目：X-γ辐射剂量率、表面沾污

②检测设备：X-γ辐射剂量率仪、表面沾污仪

③检测计划：每月不少于一次的对 PET-CT 工作场所控制区各屏蔽体外 30cm、楼上距地面 0.3m 辐射剂量率日常监测；PET-CT 工作场所每天工作结束后，对操作放射性核素的工作人员防护服表面、操作台面、废物袋表面等关键部位，人员易接触到的台面、墙面、地面及相关设备表面等进行表面沾污监测。日常监测数据记录存档。

（2）验收监测：

本项目取得环评批复后进行建设，并在取得辐射安全许可证后方可投入使用，具备运行条件后应立即组织进行环境保护竣工验收。依据《建设项目环境保护管理条例》中“三同时”制度和《建设项目竣工环境保护验收管理办法》规定，依据环境保护验收监测结果并通过现场检查等手段，考核该项目是否达到环境保护要求。

12.3.3 辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案

医院现有辐射工作人员 30 人，均持有辐射安全与防护考核合格证或通过医院自主考核上岗。医院为现有辐射工作人员配备个人剂量计，定期委托辽宁嘉汇职业卫生技术咨询服务有限公司承担个人剂量监测工作，监测周期不超过三个月，并出具个人剂量监测报告并建立个人剂量档案。从近期的检测报告看，均未见异常。今后，医院将按照生态环境部 2019 年第 57 号公告、2021 年第 9 号公告要求，定期组织辐射工作人员进行辐射安全与防护考核，考核通过后方可上岗。

医院已为现有辐射工作人员建立职业健康监护档案，定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，并根据体检结果对受检者从事放射工作提出适应性意见。医院于 2023 年 7 月委托沈阳市第九人民医院对辐射工作人员进行体检，根据该单位提供的职业健康检查结果通知书，对各放射工作人员职业健康检查表的结果及建议部分采取了相应的措施。

12.3.4 现有核技术利用项目辐射的开展情况

医院每年委托有资质的监测单位对医院核技术应用项目使用场所进行监测，并对监测报告记录存档。根据医院提供资料，2022 年对现有射线装置使用场所进行了监测，监测结果表明，在正常工况下，辐射场所外的辐射剂量率不超过 2.5μSv/h，符合相关防护要求。

12.4 辐射事故应急

（1）辐射事故应急处理预案的制定

医院按照国务院令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和环境保护主管部门的要求已制定《辐射事故应急预案》，预案包括如下内容：

①辐射突发事件应急处置领导小组及职责；

②预防与预警放射性事故发生的措施；

③应急处置工作程序；

④后期处置及保障措施；

⑤培训及演习、预案管理。

本单位应依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号文）的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。发生辐射事故时，医院应立即启动内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内向所在地生态环境主管部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康主管部门报告。事故发生后应积极配合生态环境主管部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

（2）辐射事故应急处理预案的执行情况

医院已严格按照《辐射事故应急预案》的内容，定期进行辐射事故演练，医院应继续定期组织辐射事故演习，以便在事故发生时能将辐射事故降低到最低限度。

12.5 项目环保验收内容建议

根据项目建设和运行情况，评价单位建议本项目竣工环保验收内容见表 12-1。

表12-1　　本项目竣工环保验收内容

序号	项目	内容	验收效果和环境预期目标
1	辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构或指派辐射管理专职人员	设立辐射防护领导小组
2	辐射安全防护措施	设置门机联锁、防护门上方设置工作状态指示灯、并张贴电离辐射警示标志等	PET-CT 工作场所控制区出入口处设置放射性警告标志和中文警示说明，机房外设置工作状态指示灯等。
3	人员配备	辐射安全与防护培训考核	辐射工作人员通过参加辐射安全与防护考核合格后上岗。
		个人剂量检测	辐射工作人员个人剂量计定期（监测周期一般为一个月，最长不超过三个月）进行检测，并建立个人剂量档案。
		人员职业健康体检	辐射工作人员定期进行体检，一般每两年一次，并建立职业健康档案。
4	防护用品	个人剂量计	配备有与工作人员数量匹配的个人剂量计。
		个人防护用品	为工作人员配备个人剂量报警仪、防护服等个人防护用品。
		辐射环境监测仪器	PET-CT 工作场所配备 1 台辐射剂量率仪、2 台表面沾污仪。
5	监测限值要求	个人剂量监测	工作人员和公众所受到的年附加剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值 20mSv/a、1mSv/a 和本次评价提出的剂量约束值 5mSv/a、0.1mSv/a 的要求。
6	辐射环境管理	健全辐射环境管理制度，并认真贯彻执行	建立相应辐射安全与防护管理制度：操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案、放射性废物管理制度、辐射突发环境事件应急预案等。

表 13　结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

沈阳市第六人民医院位于辽宁省沈阳市和平区和平南大街 85 号，医院东侧为中兴街；南侧为砂阳路，隔路为南运河；西侧为和平南大街；北侧为南八马路。用地性质属于医院用地。拟在院区 6#楼一层西南角新建 PET-CT 工作场所，新购入一套 PET-CT 医疗设备，用于患者放射诊断，拟使用 ^{18}F 用于 PET-CT 显像，使用的核素 ^{18}F 从有资质单位外购；PET-CT 使用 3 枚 Ge-68 密封放射源校准，为丙级非密封放射性物质工作场所。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

医院在设置辐射工作场所时已充分考虑了设备性能和运行特点、周围工作场所的防护与安全，对辐射工作场所选址和布局设计进行了综合考虑，辐射工作场所屏蔽设计符合《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求。

PET-CT 工作场所实行分区管理，在 PET-CT 工作场所出、入口、工作场所内相关位置安装门禁系统，限制无关人员出入；控制区各辐射工作场所采取放射性污染控制措施，如实体屏蔽措施、安装视频监控系统、对讲系统等装置、放射性警示标识和中文警示说明、工作状态指示灯、门锁装置、辐射剂量率仪、表面污染测量仪和防护用品等，能够保障医患人员和公众的辐射安全。

13.1.3 环境影响分析结论

（1）经过辐射环境本底调查，本项目拟建辐射工作场所及 50m 评价范围γ辐射剂量率监测范围为室内（71.5nGy/h～74.1nGy/h），室外（58.3nGy/h～59.7nGy/h）；室内、外监测结果均低于沈阳地区室内、外环境辐射剂量率本底范围。

（2）由分析结果可知，土壤总β比活度本底为 651Bq/kg，在辽宁地区土壤总β比活度本底（420Bq/kg～1260Bq/kg）水平之内。

（3）经剂量估算，本项目所致各类受照人群组年累计剂量均低于国家剂量限值，并且低于剂量约束值。

13.1.4 放射性“三废” 处置措施分析

（1）放射性废水

放射性废水衰变池设在 6#楼 PET-CT 工作场所南侧室外，为槽式衰变池。该放射性废液处理为三个混凝土浇筑池体，由一个缓冲池和二组衰变池组成。其中，缓冲池的尺寸为 1500mm×3100mm×2900mm（高），两组衰变池尺寸均为 1700mm×3100mm×2900mm（高），

每组衰变池容积为15.28m^3，有效容积为12.23m^3。能够满足单池关闭后存放30天产生的放射性废水的容积要求。废水贮存期满后排入医院污水处理站，对水环境影响较小。

（2）放射性废气

拟建PET-CT工作场所含放射性核素场所设置独立的排风系统，整体保持负压。排风装置各排风管道引至建筑楼顶排放，采用过滤装置净化处理。经净化处理后，PET-CT工作场所放射性废气对大气环境影响较小。

（3）放射性固体废物

PET-CT工作场所产生的放射性固体废物分类收集至污物间内衰变，达到《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求后作为一般医疗垃圾由有资质单位收集处理。

更换下来的过滤器应作为放射性固体废物进行收集，存放在污物间内，待贮存时间满足相关要求后，经监测合格，按医疗废物交有资质单位处置。

经上述措施处理后，本项目产生的放射性固体废物对周围环境影响很小。

13.1.5 可行性分析结论

（1）选址合理性分析

沈阳市第六人民医院位于辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号，医院东、西侧均为居民楼，北侧为居民楼和南宁幼儿园实验分园，南侧为集贤街道鑫贸社区和加油站。医院东侧为中兴街；南侧为砂阳路，隔路为南运河；西侧为和平南大街；北侧为南八马路。本项目拟建PET-CT工作场所位于院区6#楼一层西南角，本项目辐射工作场所50m评价范围均为医院院内，评价范围无自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区、居民区、学校等敏感目标，本项目选址可行。

（2）产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019年本，2021年修订）》（2021年修订）中第一类鼓励类项目，符合国家现行产业政策。

（3）实践正当性分析

本项目按照国家相关要求采取相应的辐射防护措施，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小，项目的开展为公众带来利益远大于其危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 “实践正当性”要求。

综上所述，沈阳市第六人民医院PET-CT应用项目，符合国家产业政策，项目位于辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号，用地性质属于医院用地。项目所在地周围环境辐射本底水平正常，经计算辐射工作场所的屏蔽设计能够满足辐射防护要求，项目投入运行后，职业人员与公众的年累计剂量远低于国家标准要求。沈阳市第六人民医院制定了完备的安

全措施和完善的管理制度，各项污染防治措施有效、可靠。因此，沈阳市第六人民医院PET-CT应用项目核技术应用从环保角度讲是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

（1）项目取得批复许可后，开始建设，建设完成后办理辐射安全许可证申领手续，然后进行设备调试并试运行。

（2）调试期间，发现问题，及时整治，完善管理制度，落实管理责任，进一步加强本单位的辐射安全的管理。项目竣工后，医院应组织开展竣工环境保护验收工作，并接受环保部门的监督检查。

13.2.2 承诺

（1）医院严格落实环保设施和主体工程“三同时”验收规定。

（2）定期对辐射工作场所严格检查和监测，确保各项指标均符合要求。

（3）定期进行人员剂量监测，并将监测资料报送当地环保部门。

（4）辐射工作人员必须通过辐射安全与防护考核后持证上岗。

表 14　审批

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

附件一：委托书

委　托　书

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》（国务院第253号令）的有关规定，**沈阳市第六人民医院**现委托辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司承担我院**PET-CT应用项目**建设项目环境影响评价。

特此委托

委托单位：**沈阳市第六人民医院**

2023年8月21日

附件二：医院项目环境影响评价批复

沈阳市环境保护局

沈环保审字[2009]510号

关于对沈阳市传染病院应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目环境影响登记表的批复

沈阳市第六人民医院：

你院报送的《应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目环境影响登记表》收悉，经研究，现对《应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目环境影响登记表》批复如下：

一、该项目位于沈阳市和平区和平南大街85号，沈阳市第六人民医院院内东侧，占地面积1025m²，建筑面积3000m²，新建1栋应急医疗救助人员生活隔离区综合楼，地上三层，内设休息室、会议室。项目供水、供电、供暖均依托院内原有设施。

二、项目在建设过程中和建成后应重点落实以下环保措施：

1、该项目应加强施工过程中的环境管理。在建设过程中要文明施工，原材料要有序堆放，现场周围要设置挡板和围布，对产生的扬尘和噪声要有防治措施，不能给周围环境带来影响，施工时间早6时一晚22时。

2、新建综合用房产生的废水经化粪池处理后排入院区污水处理站，处理后排入沈水湾污水处理厂。

扫描全能王 创建

3、医院区与生活隔离区用房，应设置控制界线和隔离走廊，并设有洗浴和消毒过程，严禁将病菌带入隔离区用房。

三、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工，同时投入使用的环保“三同时”制度。

四、项目竣工后按规定程序向我局申请环境保护设施竣工验收。验收合格后，项目方可正式使用。

五、请沈阳市环保局和平分局负责该项目施工期和建成后的环境保护监督检查工作。



二〇〇九年十二月九日

抄送：沈阳市环保局和平分局

扫描全能王 创建

沈阳市环境保护局

沈环保验字[2011]153号

关于沈阳市传染病院应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目竣工环境保护验收意见

沈阳市第六人民医院：

你单位报送的《沈阳市传染病院应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目竣工环境保护验收申请登记卡》收悉，根据《关于对沈阳市传染病院应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目环境影响登记表的批复》（沈环保审字[2009]510号），现对沈阳市传染病院应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目提出验收意见如下：

一、项目位于沈阳市和平区和平南大街85号，新建一栋地上三层应急医疗救助人员生活隔离区综合楼，建筑面积3010平方米，内设健身活动中心、培训室、客房等。经现场检查，认为该项目基本符合条件，同意对沈阳市传染病院应急医疗救助人员生活隔离区用房建设项目验收。

二、建设单位要加强环保设备的维护和管理，建立健全各项规章制度，定期对设施进行检查和维护，确保环保设备正常运行。

三、项目验收后的日常环境管理工作由沈阳市环保局和平分局负责。

二〇一一年十二月十三日

抄送：沈阳市环保局和平分局

经办人：李鹏

扫描全能王 创建

审批意见： **辽环审表[2018] 52 号**

沈阳市第六人民医院：

经我厅建设项目审查委员会 2018 年第 5 次会议审查，现就《沈阳市第六人民医院 DSA 利用项目辐射环境影响报告表》（以下简称报告表）批复如下：

一、报告表主要结论意见可信，环保对策措施可行，可以作为本项目建设和环境管理的依据。

二、沈阳市第六人民医院位于沈阳市和平区和平南大街 85 号。本项目内容为：在 3 号楼住院部南侧空地拟新建 DSA 扫描间，拟购一台 DSA 机用于患者放射诊断、治疗（Ⅱ类射线装置）。

三、本项目建设应重点做好以下工作：

1. 健全电离辐射防护制度，建立定期巡检制度、各相关岗位工作制度和事故应急预案。

2. DSA 扫描间防护结构和运行使用必须符合环评文件中提出的辐射防护要求。DSA 手术室四面墙体均采用 40 毫米防护涂料（4 毫米铅当量）进行防护；顶棚采用 120 毫米混凝土加 30 毫米防护涂料（4 毫米铅当量）进行防护；患者通道防护门、操作间防护门、污物通道防护门、无菌备品防护门均采用 4 毫米铅板进行防护；观察窗采用 4 毫米铅当量的铅玻璃进行防护。

3. DSA 扫描间患者进出门必须设置必要门锁装置，防止无关人员误入；防护门外显著位置安装规范的“当心电离辐射”警示标志牌及工作状态指示灯。

4. 配备必要的辐射环境监测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及防护用品，加强对上述设备和防护装置的检修、维护，确保工作现场的辐射安全。

四、你单位必须严格执行环境保护“三同时”制度，严格按照报告表及其批复要求进行运营，确保报告表中规定的各项污染防治措施得以实施。项目建成后依法开展竣工验收。

五、本项目必须取得辐射安全许可证并验收合格后方可投入正式使用。

六、请辽宁省核安全局和沈阳市环境保护局负责本项目的日常环境监督管理工作。

辽宁省环境保护厅

2018 年 9 月 21 日

沈阳市第六人民医院DSA利用项目
竣工环境保护验收意见

2019年9月20日，验收组针对《沈阳市第六人民医院DSA利用项目竣工环境保护验收报告》，并对照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，严格依照国家有关法律法规、建设项目竣工环境保护验收技术规范/指南、本项目环境影响评价报告表和审批部门审批决定等要求对DSA建设项目进行环境保护验收，经现场核查，对验收监测报告审核，提出意见如下：

一、工程建设基本情况

（1）建设地点、规模、主要建设内容

沈阳市第六人民医院DSA利用项目为新建项目，医院新购入1台DSA，DSA扫描间建于3号楼住院部南侧空地，隶属放射科室。DSA扫描间为单层建筑，楼下为土层，楼上无建筑。

（2）建设过程及环保审批情况

2018年5月，沈阳市第六人民医院委托辽宁辐洁环保技术咨询有限公司完成了沈阳市第六人民医院DSA利用项目的辐射环境影响评价工作。2018年9月21日，项目通过辽宁省环境保护厅环评审批（辽环审表[2018]52号）。现准备对医院现有DSA进行竣工环境保护验收。

2018年10月项目开始建设，2019年1月竣工。医院已按规定申领了《辐射安全许可证》（辽环辐证[00270]），有效期至2024年02月17日。

（3）项目投资情况

项目投资概算为1104.9万，环保投资为8.2万元，环保投资占比0.74%。实际投资1104.9万元，环保投资11万元，环保投资占比1%。

（4）验收范围

DSA手术室工作场所及周围环境50m范围内进行验收监测。验收源项与环评一致。

二、工程变动情况

项目实际建设与环评一致。无变更。

三、环境保护设施建设情况

建设项目主体防护、屏蔽门厚度及建筑材料比重均与环评一致。

污染防治措施落实情况：

（1）建设单位已严格按照环评报告及环评批复要求，制定了各项辐射防护制度并做到制度上墙；

（2）落实了各项污染防治措施，辐射工作人员按照要求配备了个人剂量笔、个人剂量报警仪；辐射工作场所配备了监测仪器；并设置有“当心电离辐射”警示标志牌及电磁门机联锁等装置。

四、环境保护设施防护效果

验收监测在DSA治疗室运行76%工况比进行验收监测，环境半径为50m范围。满足项目验收运行负荷。

验收监测布点原则、监测因子与环评一致。在验收工况下，DSA机房外30cm处X-γ剂量率监测数值开机、关机状态下监测数据基本一致；监测结果均为该地区环境本底值，满足环境影响报告及环评批复要求。

五、工程建设对环境的影响

根据验收监测结果，50m评价范围内剂量率均在当地背景值范围内，项目运行未对周围环境造成辐射影响。经对各类人群组剂量核算，项目运行对职业照射人员个人剂量满足限值要求，对公众人群组未产生附加剂量。

六、验收结论

按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》中所规定之要求，对该项目进行现场对照核查，本项目均满足验收要求，同意项目验收。

七、后续要求

（1）补充环评验收选址布局一致性的表述；

（2）补充施工单位竣工图纸；

（3）核实环保投资一览表及三同时表；

（4）完善应急预案和相关附件。

八、验收人员信息

参加验收的人员共9人，验收组及验收专家名单见附件。

李悦、李冬（建设单位）；王润龙（设计、施工单位）；柳明、魏虹佳（辽宁核源环境咨询服务有限公司、验收单位）；曾伯一（环评单位）；

专家组：张旭光、李冬梅、赵丽（专家）

验收结束后，按照规定的期限，将最终验收报告按照关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）公告要求，登陆验收信息平台进行公示、备案。

专家组（签字）：

2019年9月20日

审批意见： **辽环审表[2020]44号**

沈阳市第六人民医院：

经我厅建设项目审查委员会2020年第5次会议审查，现就《沈阳市第六人民医院 DSA 应用项目辐射环境影响报告表》（以下简称报告表）批复如下：

一、报告表主要结论意见可信，环保对策措施可行，可以作为本项目建设和环境管理的依据。

二、沈阳市第六人民医院位于沈阳市和平区和平南大街 85 号。本项目代码：2020-210102-84-03-081055。本项目内容为：拟于门急诊病房楼的一层东北侧新建3间DSA手术室，使用3台DSA装置（II类射线装置），开展介入治疗和影像检查。

三、本项目建设应重点做好以下工作：

1.健全电离辐射防护制度，建立定期巡检制度、各相关岗位工作制度和事故应急预案。

2.3间DSA手术室的建设和使用必须满足报告表及辐射防护相关法律法规要求。3间DSA手术室四面墙体均采用4毫米铅板进行防护；顶棚采用40毫米防护涂料进行防护；地面采用4毫米铅板进行防护；防护窗采用4毫米铅当量的铅玻璃进行防护；手术室防护门均采用4毫米铅板进行防护（防护涂料密度为3.6克/立方厘米，铅板密度为11.34克/立方厘米，铅玻璃观察窗密度为4.0克/立方厘米）。

3.DSA手术室患者进出门必须设置防误入电磁锁，防止无关人员误入；防护门外显著位置安装规范的“当心电离辐射”警示标志牌及工作状态指示灯，

做好辐射工作场所分区管理工作。

4. 配备必要的辐射环境监测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及防护用品，加强对上述设备和防护装置的检修、维护，确保工作现场的辐射安全。

四、你单位必须严格执行环境保护“三同时”制度，严格按照报告表及其批复要求进行运营，确保报告表中规定的各项污染防治措施得以实施。项目建成后依法开展竣工验收。

五、本项目必须取得辐射安全许可证并验收合格后方可投入正式使用。

六、请沈阳市生态环境局负责本项目的日常环境监督管理工作。

辽宁省生态环境厅

2020 年 6 月 28 日

沈阳市第六人民医院DSA应用项目

竣工环境保护验收意见

2021年11月18日，由于疫情原因，本次验收会议采用远程视频验收，验收过程通过现场实时录像，核准项目建设运行情况。

参加会议的代表听取了沈阳市第六人民医院的自查报告，辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司关于《沈阳市第六人民医院DSA应用项目竣工环境保护验收监测报告》（以下简称《验收监测报告》）的介绍，通过视频对验收项目进行了建设项目运行及安全实施落实情况的核准，对照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，依照国家有关法律法规、建设项目竣工环境保护验收技术规范/指南、本项目环境影响评价报告表和审批部门审批决定等要求，经充分讨论，形成验收组专家意见如下：

一、工程基本情况

环评内容包括：三间DSA机房，拟购建设三台DSA装置，均属于Ⅱ类射线装置。

1、建设地点、规模、主要建设内容

建设地点：辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号；

本次验收装置为两台DSA；管电压和管电流分别均为125kv和1000mA，属于Ⅱ类射线装置。

两间DSA扫描间长、宽、高均为8520mm×8220mm×3700mm（面积为70.03m^2）

四周防护墙体：四面墙体为240mm实心墙体，采用1.2mm不锈钢板

+4mmpb 进行防护。

顶棚：1.2mm 不锈钢板+40mm 硫酸钡水泥（防护材料的密度为 3.6g/cm^3）进行防护。

地面：地面防滑地砖+4mmpb 进行防护。

DSA 手术室的患者防护门、工作人员进出门：采用 4mm 铅板进行防护。

铅玻璃观察窗：采用 4mm 铅当量的铅玻璃进行防护。

2、建设过程及环保审批情况

2020 年 1 月，沈阳市第六人民医院委托辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司完成了沈阳市第六人民医院 DSA 应用项目的辐射环境影响评价工作。2020 年 6 月 28 日，项目通过辽宁省生态环境厅环评审批（辽环审表[2020]44 号）。

2020 年 7 月，该项目开工建设；2020 年 12 月该项目建设完成并调试、试运行。辐射安全许可证有效期至 2026 年 10 月，证书号辽环辐证[00270]。

3、投资情况

工程实际总投资 2200 万元，环保投资约 105 万元，占比率为 4.77%。

二、工程变动情况

环评阶段：新建 3 间 DSA 手术室，新购 3 台 DSA 射线装置；

验收阶段：新建 3 间 DSA 手术室，新购 2 台 DSA 射线装置，本次验收项目新建址、源项、主体防护等与环评中相关要求一致，无变更，项目属于阶段验收。

三、环境保护设施建设情况

1、机房主体建设施工单位承诺该机房屏蔽体防护材料比重及屏蔽体厚度按着环评要求一致，无变更。

2、核技术应用项目的运行未对周围环境产生影响，DSA治疗室外醒目处张贴规范的“当心电离辐射”警示标志和工作指示灯，当射线装置处于工作状态时，严禁与工作无关的人员在附近滞留。患者进出门按照要求设置了安全装置。

3、医院配备一台辐射环境检测仪，DSA手术医生每人四支个人剂量笔，其他医护人员每人两支剂量笔，个人剂量笔每季度送检，并建立个人剂量档案。同时每年对X-γ辐射监测仪进行检定。

4、工作人员均为持证上岗。

四、放射性“三废”排放

本项目不产生放射性废液、气体和固体废物。

医院对DSA手术室内空气受电离辐射产生的臭氧和氮氧化物等有害气体采取机械通风措施，可将手术室内的有害气体排出室外。

五、验收监测结果

该项目在验收80%以上工况比条件下，验收监测结果表明：DSA工作场所及周围X-γ辐射空气吸收剂量率监测结果开、关机结果基本一致，均在沈阳地区本底值范围内。

六、辐射环境影响

采用验收监测结果对两类人群组剂量估算结果表明，该项目在运行时所致职业照射人员人均年有效剂量均低于国家限值，项目运行对公众未产生附加剂量。

七、验收结论

沈阳市第六人民医院DSA应用项目在建设过程中，按照环评及环评批复要求进行建设，主体防护满足辐射防护要求。该医院成立了辐射安全管理领导小组，辐射工作人员均持证上岗。对职业照射人员进行剂量管理。

该院DSA应用项目在正常运行工况下，对周围环境没有产生辐射影响。该项目在完成后续要求后，建议通过竣工环境保护验收。

八、后续要求

1、核准验收监测的物理参数；

2、加强日常工作中个人剂量监测的管理；

3、核准剂量估算中手术人员的年有效工作时间；

4、完善相关放射防护制度。

九、验收人员

参加验收的有建设单位3人、设计单位1人、施工单位1人、环评单位1人、验收单位1人及三位专家，共10人。验收组及验收专家名单见附件。

专家组：王红军、徐韬、卢岩（专家）

验收结束后，按照规定的期限，将最终《验收报告》按照关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）公告要求，登陆验收信息平台进行公示、备案。

专家组：王红军 徐韬 卢岩

2021年11月18日

审批意见： **辽环审表[2021]25号**

沈阳市第六人民医院:

经我厅建设项目审查委员会2021年第4次会议审查，现就《沈阳市第六人民医院直线加速器应用项目辐射环境影响报告表》(以下简称“报告表”)批复如下:

一、报告表主要结论意见可信，环保对策措施可行，可以作为本项目建设和环境管理的依据。

二、沈阳市第六人民医院位于辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号。本项目代码2020-210102-84-03-081055，医院拟新购一台10MV直线加速器用于放射性治疗（Ⅱ类射线装置），1米处的剂量率最高为600cGy/min。

三、本项目建设应重点做好以下工作:

1.健全电离辐射防护制度，建立定期巡检制度、各相关岗位工作制度和事故应急预案。

2.直线加速器治疗室建设和使用必须满足报告表及辐射防护相关法律法规要求。直线加速器治疗室南、北主防护墙采用3200mm混凝土进行防护，次防护墙采用2000mm混凝土进行防护;迷道墙采用1500mm混凝土进行防护，西侧防护墙1500mm混凝土进行防护；东侧防护墙采用1500mm重晶石混凝土进行防护;顶棚主防护墙采用3200mm混凝土进行防护，次防护墙采用2000mm混凝土进行防护；防护门采用24mm铅板加100mm聚乙烯板进行防护进行防护。混凝土比重为2.35g/cm^3；铅板比重为11.34g/cm^3；重晶石混凝土比重为3.2g/cm^3；聚乙烯板比重为0.98g/cm^3。

3.直线加速器治疗室进出门必须安装门机联锁装置，防止无关人员误入；安装固定式辐射自动监测系统,以便随时对该放射性工作场所的剂量进行监测；防护门外显著位置安装规范的“当心电离辐射”警示标志牌及工作

状态指示灯。

4.配备必要的辐射环境监测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及防护用品，加强对上述设备和防护装置的检修、维护，确保工作现场的辐射安全。

四、你单位必须严格执行环境保护“三同时”制度，严格按照报告表及本批复要求进行建设和运营，确保报告表中规定的各项污染防治措施得以实施。项目建成后依法开展竣工验收。

五、本项目必须取得辐射安全许可证并验收合格后方可投入正式使用。

六、请沈阳市生态环境局负责本项目日常环境监督管理工作。

辽宁省生态环境厅

2021年6月24日

沈阳市第六人民医院直线加速器应用项目
竣工环境保护验收意见

2022年8月19日，由于疫情原因，本次项目竣工环境保护验收采用远程视频会议。通过现场实时录像，核准项目建设运行情况。

参加会议的代表听取了沈阳市第六人民医院的自查报告，吉林省龙桥辐射环境工程有限公司关于《沈阳市第六人民医院直线加速器应用项目竣工环境保护验收监测报告》（以下简称《验收监测报告》）的介绍，通过视频对验收项目进行了建设项目运行及安全设施落实情况，对照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，依照国家有关法律法规、建设项目竣工环境保护验收技术规范/指南、本项目《环境影响评价报告表》和审批部门审批决定等要求，经充分讨论，形成验收意见如下：

一、工程基本情况

环评内容包括：一台10MV医用直线加速器，属于II类射线装置。

（1）、建设地点、规模、主要建设内容

建设地点：辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号；加速器机房位于在6号楼北侧贴建二层建筑，加速器机房位于一层，建设地点与环评及批复一致。

本次验收装置为直线加速器，能量为10MV，1m处剂量率为600cGy/min；属于II类射线装置，与环评及批复源项一致。

直线加速器治疗室内部净尺寸6110mm×8250mm×3900mm，直线加速器治疗室各防护材料密度如下：混凝土2.35g/cm^3；铅板11.34g/cm^3；重晶石混凝土3.2g/cm^3；聚乙烯板0.98g/cm^3。北侧、南侧主防护墙均为3200mm混凝土，次防护墙2000mm混凝土；东侧副防护墙1500mm重晶石混凝土；西侧迷道墙1500mm

混凝土，次防护墙1500mm混凝土；防护门采用24mmpb+100mm聚乙烯板进行防护；门体于墙体的左右搭接均为300mm，上搭接为200mm，下搭接为100mm。主体防护屏蔽体厚度、屏蔽材料密度均与环评及批复一致。

（2）、建设过程及环保审批情况

2021年3月沈阳市第六人民医院委托吉林省龙桥辐射环境工程有限公司完成了《沈阳市第六人民医院直线加速器应用项目的辐射环境影响评价报告表》。2021年6月24日该项目通过辽宁省生态环境厅环评审批（辽环函[2021]025号）。

2021年7月，该项目开工建设；2022年2月该项目建成并申领辐射安全许可证，辐射安全许可证延续后有效期至2027年2月，证书号辽环辐证[00270]，2022年3月调试并试运行。

（3）、投资情况

工程实际总投资4600万元，环保投资约105万元，占比率为2.23%。

（4）验收范围

本次验收范围与环境评价及批复范围一致。

二、工程变动情况

本次验收项目新建址、源项、主体防护等与环评中相关要求一致。

三、环境保护设施建设情况

（1）、建设单位成立了辐射防护领导小组，制定了《辐射事故应急预案》及相关辐射防护管理制度；

（2）、该项目实施了联锁、剂量报警和急停开关等安全设施，验收时设备处于良好状态；直线加速器室防护门外设置有“当心电离辐射”警告标志和工作指示灯。直线加速器治疗室内设紧急停机按钮，每个机房6个，其

中东侧防护墙2个，迷路内1个，其他各墙1个，高度为距地1.2m。摄像监控及对讲1套。治疗室内设置固定式在线监测剂量仪1套。

（3）、治疗室内设置机械通风，每小时换气至少6次，通风管在地面下500mm处，成“U”字形穿墙后返到室外地面，室外排风口设在该建筑物顶上1.5m处。通风量达到3000m^3/h，每小时通风换气次数不小于6次，满足国家相关标准要求。

（4）、该项目放射性工作人员每人配备了两支个人剂量计、一支个人剂量报警仪和防护用品，个人剂量计每季度送有资质部门检测，建立放射性工作人员健康档案；科室配备一台X-γ辐射监测仪，定期对加速器周围环境进行辐射剂量监测，并建立监测数据档案。同时每年对X-γ辐射监测仪进行检定。治疗室内安装固定监测剂量率仪，确保辐射工作现场的辐射环境安全；

四、放射性“三废”排放

该项目不产生放射性“三废”。

五、验收监测结果

该项目在加速器100%工况比条件下验收监测，满足项目验收运行负荷。加速器工况下，环境验收监测范围为50m半径，与环评一致。对加速器机房屏蔽体外30cm处验收监测结果均为该地区本底值。

六、辐射环境影响

根据50m评价范围内验收监测结果和对加速器机房屏蔽体外30cm监测结果，对各类人群组进行剂量估算，结果表明：加速器运行所致辐射医护人员职业照射远低于剂量约束限值，加速器在治疗工况下对公众人群组未产生附加剂量。

七、验收结论

按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》中所规定之要求，通过视频对该项目进行核查，阅读审核《验收监测报告》，本项目满足验收要求，《验

收监测报告》按照后续要求修改、建设单位完成整改要求后，同意该项目验收。

八、后续要求

（1）补充说明委托监测情况及相关文件；

（2）按照HJ1157-2021中5.5要求补充完善验收监测数据的处理；

（3）根据实际情况核准项目运行所致剂量估算中的年受照时间；

（4）建议穿墙留孔进行防护，确保屏蔽体的完整性及防护效果的完好性。

（5）补充相关附件。

九、验收人员

参加验收的有建设单位6人、环评单位1人、验收监测单位2人及3位专家，验收组及验收专家名单见附件。

验收结束后，按照规定的期限，将最终《验收报告》按照关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）公告要求，登陆验收信息平台进行公示、备案。

（以下空白）

专家组（签字）：

2022年8月19日


全国建设项目竣工环境保护验收信息系统
企业自验
企业信息
站内信息[0条未读消息]
沈阳市第六人民医院 | 帮助
+ 添加项目
建设项目名称
建设地点
公开时间段
状态
操作
沈阳市第六人民医院直线加速器应用项目竣工环境保护验收
辽宁沈阳和平区
2022/09/09-2022/10/12
提交成功
查看详情 修改
沈阳市第六人民医院DSA应用项目
辽宁沈阳和平区
2021/11/29-2021/12/24
提交成功
查看详情 修改
沈阳市第六人民医院（辽宁省传染病医院）新建门急诊病房综合楼建设项目
辽宁沈阳和平区
2021/01/26-2021/02/26
提交成功
查看详情 修改
沈阳市第六人民医院DSA利用项目
辽宁沈阳和平区
2019/10/29-2019/11/26
提交成功
查看详情 修改
沈阳市第六人民医院1号楼、3号楼、4号楼建设项目
辽宁沈阳和平区
2019/04/24-2019/05/23
提交成功
查看详情 修改
共 1 页，5 个项目
1

附件三：医疗废物处置协议

合同编号：TH-23001

医疗废物处置协议

委托方（甲方）：铁岭市中心医院

受托方（乙方）：铁岭瀚洋固体废物处置有限公司

1

医疗废物处置协议

甲　方：铁岭市中心医院　　乙　方：铁岭瀚洋固体废物处置有限公司

联系人：洪程　　联系人：李博

地　址：银州区岭东街 18 号　　地　址：铁岭县横道河子镇上石碑山村

根据《中华人民共和国民法典》、《医疗废物管理条例》（国务院令第 380 号）、铁岭市物价局下发的铁价发[2016]39 号文件及其他有关法律、法规、规章的规定，订立本合同。

第一条 合同标的：

（一）本合同标的是指医疗废物的收集运输、无害化处置。

（二）本合同所称医疗废物是指甲方在医疗、预防、保健以及其他相关活动中产生的具有直接或间接感染性、毒性以及其他危害性的废物。

（三）处置费标准及付款方式：

1、对于有病床的医疗机构产生的医疗废物，按照每日每床收取处置费 2.4 元。

2、经双方协商一致同意，甲方缴纳处置费 1051200 元整（大写）壹佰零伍万壹仟贰佰元整。

3、付款方式：甲、乙双方在签订医疗废物处置协议后，甲方按季度将医疗废物处置费划入乙方指定银行账户，具体日期如下：1 月 10 日前支付（1-3）月份处置费 262800 元，4 月 10 日前支付（4-6）月份处置费 262800 元，7 月 10 日前支付（7-9）月份处置费 262800 元，10 月 10 日前支付（10-12）月份处置费 262800 元。乙方提供增值税发票后的 10 个工作日内付款，如甲方不能按时付款，10 个工作日后，乙方有权停止清运，由此产生的一切后果由甲方承担。

4、付款账户：企业名称：铁岭瀚洋固体废物处置有限公司，开户行：中国建设银行股份有限公司铁岭广裕支行，帐号：2105 0171 7503 0000 0265，行号：105 233 000 070。

5.本协议中的铁岭市中心医院包括：铁岭市中心医院岭东院区、新城院区、老干部门诊和惠民社区卫生服务中心。

第二条、双方责任：

（一）甲方责任：

1、及时收集本单位产生的医疗废物（包括感染性医疗废物，损伤性医疗废物，病理性医疗废物，药物性医疗废物），并按照类别分置于防渗漏、防锐器穿透的专用包装容器内。医疗废物专用包装物、容器，应有明显的警示标识和警示说明。收集的医疗废物应放置指定暂存间，

不得混入生活垃圾、死婴和废弃的麻醉、精神、放射性、毒性等药品，否则乙方有权拒绝清运。

2、负责在乙方运输车辆到达后协助办理医疗废物交接手续，签署危险废物（医疗废物）转移联单，在本单位内为乙方装卸运输医疗废物提供方便。

（二）乙方责任：

48小时内及时转运甲方产生的医疗废物，并真实、准确填写《医疗废物运送登记卡》，坚决防止医疗废物去向不明或来历不明，医疗废物使用专用车辆集中运输（专用、备用车辆及车辆司机信息附后），并送到工厂处置。乙方有权拒绝清运由甲方擅自收集的其他医疗机构的医疗废物。运输车辆要定期消毒，保持车辆整洁。运输人员必须做到文明服务，热情周到，坚守信誉。其他要求按照《医疗废物集中焚烧处置工程建设技术规范》执行。

第三条 违约责任：

（一）甲方应按照规定分类收集医疗废物，设置明显的标记，不得将生活垃圾或其他非医疗废物混装在医疗废物包装物内，否则需另行计算处置量和处置费用；

（二）甲方如不按照规定时间及时足额向乙方支付医疗废物处置费用，乙方有权解除合同。如果增加医疗废物处置量，甲方应及时向乙方提出。并按增加的医疗废物处置量，另外支付处置费。双方约定法院管辖为甲方所在签约地法院；

（三）因乙方运输不及时，产生的社会影响及周边环境的破坏、流行病等暴发，乙方根据相关主管鉴定部门的鉴定结果负相应的责任；发生不可抗力事件除外。

第四条 争议解决方式：在履行本合同中发生的争议，由双方协商解决；协商不成，可向铁岭市仲裁委员会申请仲裁。

第五条 本协议一式 五 份，甲方执 四 份，乙方执 一 份，有效期自 2023 年 1 月 1 日起至 2023 年 12 月 31 日止。

甲方（章）：铁岭市中心医院

法定代表人
或授权代理人：

签约时间：2022.12.30

乙方（章）：铁岭海洋固体废物处置有限公司

法定代表人
或授权代理人：

签约时间：2022.12.30

附件四：辐射安全许可证



辐射安全许可证

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

单位名称：沈阳市第六人民医院

地　　址：辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号

法定代表人：谷野

种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。

证书编号：辽环辐证[00270]

有效期至：2028 年 05 月 10 日

发证机关：辽宁省生态环境厅

发证日期：2023 年 05 月 11 日

中华人民共和国生态环境部制

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

单位名称	沈阳市第六人民医院			
地　　址	辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号			
法定代表人	谷野	电话	024-23260118	
证件类型	身份证	号码	210102196311243013	
涉源部门	名　称	地　址		负责人
	肿瘤介入综合科	辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号		王宁
	放射科	辽宁省沈阳市和平区和平南大街85号3号楼		杨军妍
种类和范围	使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。			
许可证条件				
证书编号	辽环辐证[00270]			
有效期至	2028 年 05 月 10 日			
发证日期	2023 年 05 月 11 日（发证机关章）			

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：辽环辐证[00270]

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来源／去向		审核人	审核日期
1	C臂	OEC-9900 Elite	III类	医用诊断X射线装置	医院院内3号楼外科介入室	来源	GE		
						去向	通用电气（中国）医疗集团	房维红	20181017
2	血管造影X射线机	IGS-630	II类	血管造影用X射线装置	1号术间:医院院内三号楼1楼	来源	通用电气（中国）医疗集团		
						去向			
3	血管造影X射线机	IGS540	II类	血管造影用X射线装置	2号术间:2号楼1楼	来源	通用电气（中国）医疗集团		
						去向			
4	血管造影X射线机	IGS520	II类	血管造影用X射线装置	3号术间:2号楼1楼	来源	通用电气（中国）医疗集团		
						去向	医科达有限公司		
5	医用直线加速器	Synergy	II类	粒子能量小于100兆电子伏的医用加速器	加速器治疗室	来源			
						去向	思瑞得斯		
6	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	PP3-1	III类	口腔（牙科）X射线装置	口腔门诊:口腔门诊1楼	来源			
						去向	浙江凯德		
7	牙科X射线机	移动式 DY3-M	III类	口腔（牙科）X射线装置	口腔门诊:口腔门诊1楼	来源			
						去向	GE		
8	C臂	OECEliteCFD x型	III类	医用诊断X射线装置	2号楼手术室:2号楼3楼	来源			
						去向			

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：辽环辐证[00270]

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来源／去向		审核人	审核日期
9	CT512	NeuVizEpoch	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	医院院内2号楼CT室:2号楼1楼	来源	东软		
						去向			
10	CT256	NeuVizGlory	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	医院院内3号楼CT室3:3号楼1楼	来源	东软		
						去向			
11	CT64	NeuViz64In	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	医院院内体检中心CT室:1号楼1楼	来源	东软		
						去向			
12	DR	GEXR646	III类	医用诊断X射线装置	医院院内2号楼DR室:2号楼1楼	来源	GE		
						去向			
13	移动式X射线机	BTDY1000型	III类	医用诊断X射线装置	移动:移动	来源	日腾		
						去向			
14	移动式X射线机	6000A	III类	医用诊断X射线装置	移动:移动	来源	蓝韵		
						去向			
15	移动式X射线机	DRX-Revolution	III类	医用诊断X射线装置	移动:移动	来源	锐钫		
						去向			
16	移动式X射线机	6000A	III类	医用诊断X射线装置	移动:移动	来源	蓝韵		
						去向			

台帐明细登记

（三）射线装置

证书编号：辽环辐证[00270]

序号	装置名称	规格型号	类别	用 途	场 所	来源／去向		审核人	审核日期
17	CT机	GE Discovery RT	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	放疗中心CT室	来源	GE		
						去向	沈阳东软		
18	CT机	Neuviz28	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	医院院内3号楼CT室1	来源	通用电气		
						去向	东软医疗		
19	X射线骨密度检测仪	Prodigy Advance	III类	医用诊断X射线装置	医院3号楼一楼骨密度室	来源			
						去向			
20	X射线计算机体层摄影设备	NeuViz 128	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	医院急诊楼一楼CT室	来源			
						去向			
21	X射线计算机体层摄影设备	NeuViz 64 In	III类	医用X射线计算机断层扫描（CT）装置	医院院内5号楼一楼发热门诊	来源			
						去向			
	以下空白					来源			
						去向			
						来源			
						去向			
						来源			
						去向			

附件五：辐射本底检测报告



检验检测机构
资质认定证书

证书编号：17061205A177

名称：辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司

地址：辽宁省沈阳市皇姑区崇山东路 34 号

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司承担。

许可使用标志

CMA

17061205A177

发证日期：2019 年 08 月 13 日

有效期至：2023 年 11 月 05 日

发证机关：辽宁省市场监督管理局

有效期届满三个月前，将资质认定复评审申请上报受理机关。

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

CMA
17061205A177

监 测 报 告

辽辐洁监【2023】141 号

项目名称：沈阳市第六人民医院 PET-CT 应用项目辐射环境本底监测

委托单位：沈阳市第六人民医院

监测类别：委托监测

编制日期：2023 年 8 月 22 日

辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司

（加盖检验检测专用章）

说　　明

1. 报告无本单位检测检验专用章、骑缝章及 CMA 章无效。
2. 报告内容需填写齐全，无审批签发者签字无效。
3. 未经本机构批准，不得复制（全文复制除外）报告或证书。复制报告未重新加盖本单位检测检验专用章无效，报告涂改无效。
4. 自送样品的委托监测，其监测结果仅对来样负责；对不可复现的监测项目，结果仅对采样（或监测）当时所代表的时间和空间负责。
5. 对监测报告如有异议，请于报告发出之日起十五日内（特殊样品除外）向监测单位提出，逾期不予受理。

单位名称：辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司

单位地址：沈阳市皇姑区崇山东路 34 号

传　　真：024-67983564

邮政编码：110032

质量监督电话：024-67983564

辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司

监 测 报 告

辽辐洁监【2023】141 号

项目名称	沈阳市第六人民医院 PET-CT 应用项目辐射环境本底监测		
监测内容	γ辐射剂量率		
委托单位名称	沈阳市第六人民医院		
委托单位地址	辽宁省沈阳市和平区和平南大街 85 号		
监测类别	委托监测	监测方式	现场监测
委托日期	2023 年 8 月 21 日	监测日期	2023 年 8 月 22 日
完成日期	2023 年 8 月 22 日		
监测依据	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）		
监测所使用的主要仪器设备名称、型号规格、编号及检定有效期	名称：X-γ辐射空气吸收剂量率仪 型号：6150 AD5/H+6150 AD-b/H 型（出厂编号：142904+143445） 监测范围：1nSv/h-99.99μSv/h 能量响应范围：20keV～7MeV 检定（校准）单位：中国计量科学研究院 检定（校准）证书编号：DLj12022-20414 有效期：2022 年 9 月 26 日至 2023 年 9 月 25 日		
说明	（1）监测环境条件：2023 年 8 月 22 日，晴，气温 19℃~28℃，相对湿度 67%，天气情况符合监测条件。 （2）测量地点：沈阳市第六人民医院拟建 PET-CT 位置（E123.402047°，N41.772097°）； （3）测量高度：仪器探头中心距地面高度 1m。 （4）监测数据读取间隔：仪器读数稳定后，通常以约 10s 的间隔读取 10 个数据。 （5）监测工况：对医院 PET-CT 工作场所拟建位置及其周围环境的γ剂量率辐射本底进行了监测，项目尚未建设，无设备运行。 （6）监测数据已扣除宇宙射线的贡献，已采用《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）及相应技术规范中的方法进行数据处理。		

辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司

监 测 报 告

辽辐洁监【2023】141号

表1　本项目PET-CT工作场所及周围环境监测结果

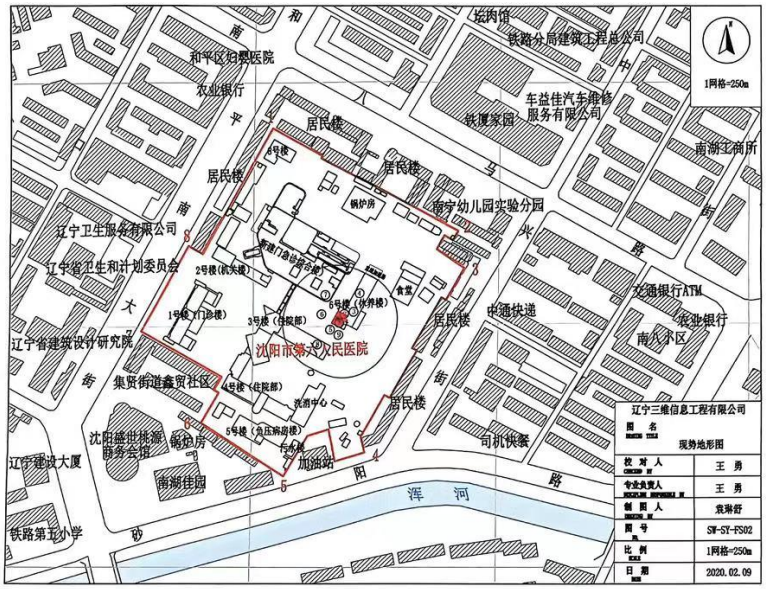
编号	位　置	γ剂量率*(nGy/h)		
		室内	室外	标准差
1	PET-CT工作场所拟建位置	71.6	—	±1.1
2	PET-CT工作场所拟建位置	71.5	—	±0.9
3	6#楼内	74.1	—	±1.2
4	6#楼内	73.2	—	±1.6
5	外环境（6#楼南侧绿化带）	—	58.3	±1.8
6	外环境（院内道路）	—	59.7	±2.6
7	门急诊综合楼内	67.0	—	±1.1
8	3#楼内	66.1	—	±1.2

（以下空白）

报告编制人 裴琳　审 核 人 [illegible]　签 发 人 郑东海

编 制 日 期 2023.8.22　审核日期 2023.8.22　签发日期 2023.8.27

附图 1


1网格=250m
和平区妇婴医院
农业银行
居民楼
铁厦家园
铁路分局建筑工程总公司
车益佳汽车维修服务有限公司
南湖土商所
辽宁卫生服务有限公司
辽宁省卫生和计划委员会
辽宁省建筑设计研究院
集贸街道鑫贸社区
沈阳盛世桃源
沈阳市第六人民医院
宿宁幼儿园实验分园
中通快递
光通银行ATM
南八小区
司机快餐
加油站
南湖佳园
辽宁建设大厦
铁路第五小学
浑河
辽宁三维信息工程有限公司
现势地形图
王勇
王勇
袁琳舒
SW-SY-FS02
1网格=250m
2020.02.09

检验检测机构
资质认定证书

编号：180021181425

名称：核工业东北分析测试中心

地址：辽宁省沈阳市沈北新区孝信街 12 号(110135)

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由 核工业二四 0 研究所 承担。

许可使用标志

CMA
180021181425

发证日期：2018 年 05 月 29 日

有效期至：2024 年 05 月 28 日

发证机关：

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

核工业东北分析测试中心

分析测试报告

报告编号：2023-1114

委托单位：辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司

样品名称：土壤

样品数量：1　个

检测项目：总 β

检测类别：委托检测

接收日期：2023-08-18

报告页数：3　页

中心主任（签章）：

报告签发人：　　职务：　　职称：

签发日期：2023 年 8 月 22 日

说　　明

1、结果报告无“分析测试中心公章”和“分析测试报告专用章”无效；

2、结果报告无“报告签发人”签字无效；

3、结果报告不能随意改动，未经审核批准而更改的报告无效；

4、分析测试报告仅对所委托的样品负责；

5、未经本中心书面批准，不得部分复制报告；

6、若对报告有异议，应于收到报告之日起15日之内向我中心提出；

7、检测余样、副样按收样时商定的事宜处理，一般情况下副样保存三个月；

8、结果报告副本和检测原始记录在本中心保存六年。

单位名称：核工业东北分析测试中心

单位地址：辽宁省沈阳市沈北新区孝信街12号

邮编：110135

业务电话：024—89759525，13019387686

投诉电话：13019387686，024-86276510

传真：024—89759560

E-mail: wangyux9@163.com

核工业东北分析测试中心

分 析 测 试 报 告

报告编号：2023-1114

样品名称：土壤　原样状态：固　样品包装：袋　样品数量：1

检测类别：委托检测　收样日期：2023-08-18　检测日期：2023-08-18～2023-08-22

检测项目或参数：总 β

检测依据：EJ/T900-1994

序号	样品编号	样品名称	总 β
			Bq/kg
1	1#	土壤	651

以下空白

打印：祁峰　　校核：