

核技术利用建设项目

郑州大学第一附属医院南院区
核医学应用项目环境影响报告表
(送审版)

郑州大学第一附属医院

2022年10月

核技术利用建设项目

郑州大学第一附属医院南院区 核医学应用项目环境影响报告表

建设单位名称：郑州大学第一附属医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：河南省郑州市二七区建设东路 50 号

邮政编码：450000 联系人：邓玉凤

联系电话：159XXXX5245

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	35
表 3 非密封放射性物质.....	35
表 4 射线装置（重点是放射性废弃物）.....	36
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	37
表 6 评价依据.....	38
表 7 保护目标与评价标准.....	40
表 8 环境质量和辐射现状.....	56
表 9 项目工程分析与源项.....	63
表 10 辐射安全与防护.....	72
表 11 环境影响分析.....	95
表 12 辐射安全管理.....	122
表 13 结论与建议.....	133
表 14 审批.....	135
附件 1 委托书.....	错误！未定义书签。
附件 2 辐射安全许可证.....	错误！未定义书签。
附件 3 医院现有核技术应用项目环保手续.....	错误！未定义书签。
附件 4：领导小组文件.....	错误！未定义书签。
附件 5：规章制度及辐射事故应急预案.....	错误！未定义书签。
附件 6：辐射环境本底检测报告.....	错误！未定义书签。
附件 7：辐射防护方案.....	错误！未定义书签。
附件 8：建设单位设置的管理目标值.....	错误！未定义书签。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		郑州大学第一附属医院南院区核医学应用项目			
建设单位		郑州大学第一附属医院			
法人代表	王成增	联系人	邓玉凤	联系电话	159XXXX5245
注册地址		河南省郑州市二七区建设东路 50 号			
项目建设地点		郑州大学第一附属医院南院区（郑州市航空港区华夏大道与洞庭湖路交叉口）2 号楼负二层、负一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	20000	环保投资(万元)	2000	投资比例（环保投资/总投资）	10%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input checked="" type="checkbox"/> V类		
	非密封性放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
	射线装置	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙		
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
		/			
<p>1.1 建设单位简介</p> <p>郑州大学第一附属医院（以下简称“建设单位”）始建于 1928 年 9 月，建设单位是集医疗、教学、科研、预防、保健、康复为一体，具有较强救治能力、较高科研水平和国际交流能力的三级甲等医院。目前，建设单位有河医、郑东、惠济和南院区 4 个院区，实行四个院区差异化发展、同质化管理、标准化建设和规范化运行。其中，河医院区占地 237 亩，建筑面积 35 万 m²，编制床位 5000 张；郑东院区占地 345 亩，建筑面积 78 万 m²，编制床位 3000 张；惠济院区占地 100 亩，建筑面积 1.9 万 m²，编制床位 500 张；南院区占地 189 亩，规划建筑面积 40 万 m²，目前在用建筑面积 35 万 m²，病区 43 个，编制床位 2000 张。</p> <p>全院有在职职工 13910 人，其中卫生技术人员 12330 人，正高级职 646 人，</p>					

副高级职称 1308 人，中级职称 6484 人。截止 2020 年 12 月 31 日，全院共有放射工作人员 1411 人，其中放射科 362 人，放疗科 97 人，核医学科 113 人，放疗二 16 人，心内科 158 人，介入科 212 人，口腔科 4 人，SICU7 人，手术室 149 人，血管外科 43 人，超声碎石 3 人，尿动力中心 3 人，乳腺外科 31 人，肝胆外科 13 人，ERCP56 人，麻醉科 27 人，神外三区 21 人，急诊科 6 人，骨密度 3 人，疼痛科 13 人，肾脏科 8 人，感染科 6 人，血液净化 11 人，肾脏二科 3 人，妇科 11 人，急诊介入科 17 人，骨科 16 人，辐射管理人员 2 人。

1.2 项目由来

根据建设单位规划，为了进一步加强医疗力量，满足患者治疗需求，拟在南院区 2 号楼负二层区域建设核医学科，拟购非密封放射性物质、III 类射线装置进行核医学诊疗；拟在南院区 2 号楼负一楼放射科 8 号 CT 机房使用碘-125 粒籽开展粒籽植入治疗。具体内容如下：

①在 2 号楼负二层建设核医学科场所，拟购 2 台 PET-CT、1 台 SPECT-CT、1 台 PET-MR，拟使用放射性药物 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{68}Ga 开展核医学诊断工作，其中 PET-CT 及 SPECT-CT 均属于 III 类射线装置，场所日等效操作量为 $1.52 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所（场所设置有敷贴治疗间，敷贴治疗使用的放射源不在本次评价范围内，待确定放射源活度、种类后进行环境影像评价登记表备案）；

②在 2 号楼负一层放射科 8 号 CT 机房新增一处丙级非密封放射性物质工作场所，在该场所内使用碘-125 粒籽开展粒籽植入治疗。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，该项目应进行环境影响评价，依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），项目最高类别属于“五十五、核与辐射”——“172 核技术利用建设项目”——“乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。受建设单位的委托，郑州新知力科技有限公司承担了本项目的环评工作。接到委托后，我单位进行了现场调查、资料收集工作，在此基础上编制完成了本项目的环评报告表。

1.3 评价目的

(1) 对本项目拟建址周围进行辐射环境现状监测，掌握辐射环境现状水平。

(2) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(3) 满足国家和地方环保部门对建设项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

(4) 从辐射环境保护角度，论述本项目的可行性。

1.4 项目建设规模与具体内容

本项目建设内容详情如下：

(1) 建设单位拟在南院区 2 号楼负二层区域建设核医学科，拟购非密封放射性物质、III类射线装置进行核医学诊断，核医学科工作场所区域建设有 PET/MR 机房、PET/MR 设备间、PET/CT 机房、PET/CT 设备间、SPECT/CT 机房、SPECT/CT 设备间、各设备机房控制室、分装/质控室、储源室、放射性废物储存室、给药室、受注射室、心肌负荷运动间（兼抢救室）、SPECT 给药后候诊室、PET 给药后候诊室、注射后走廊、SPECT 留观室、PET 留观室、保洁间、更衣室、卫生通过间、医生办公室、值班室、敷贴治疗室、粒籽分装洗消间、护士站等区域。

(2) 建设单位拟在 2 号楼负一层放射科在用的 8 号 CT 机房内新增使用 ^{125}I 粒籽，借助 CT 引导开展 ^{125}I 粒籽植入，8 号 CT 已进行环境影像评价登记表备案（备案号：202241018400000006，见附件 4）。在使用 ^{125}I 粒籽时，2 号楼负一层放射科 8 号 CT 室将作为丙级非密封放射性物质工作场所进行管理。

1.4.1 医用射线装置使用情况

本项目涉及医用射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 射线装置参数一览表

装置名称	数量	型号	生产厂家	参数	用途	位置
SPECT-CT	1 台	未定	未定	最大管电压：140kV 最大管电流：800mA	显像检查	2 号楼负 二层核 医学科
PET-CT	2 台	未定	未定	最大管电压：140kV 最大管电流：800mA	显像检查	

64 排 CT (原有设备)	1 台	Incisive CT	飞利浦	最大管电压：140kV 最大管电流：667mA	碘-125 粒籽 植入	2 号楼负 一层放 射科 8 号 CT
-------------------	-----	----------------	-----	----------------------------	----------------	------------------------------

备注：PET/CT 使用的校准源，在项目运行前确定校准源类型、参数进行环境影响评价登记表备案，不在本次评价范围内。

1.4.2 核素使用情况

根据建设单位提供，本项目核素种类及用量见下表 1-2。

表 1-2 核素种类及用量一览表

核素	用途	日就诊 人数	年就诊 人数	每人 次最大 用量	日最大 操作量	年最大 操作量	用药 方式
^{99m}Tc	SPECT-CT 显像	50 人	12500 人	$7.4 \times 10^8 \text{Bq}$	$3.70 \times 10^{10} \text{Bq}$	$9.2 \times 10^{12} \text{Bq}$	静脉 注射
^{18}F	PET-MR/ PET-CT 显像	110 人	27500 人	$3.7 \times 10^8 \text{Bq}$	$6.11 \times 10^{10} \text{Bq}$	$1.53 \times 10^{13} \text{Bq}$	静脉 注射
^{68}Ga	PET-MR/ PET-CT 显像	10 人	2500 人	$3.7 \times 10^8 \text{Bq}$	$3.7 \times 10^9 \text{Bq}$	$9.25 \times 10^{11} \text{Bq}$	静脉 注射
^{68}Ge - ^{68}Ga	锗镓发生 器，制备 ^{68}Ga	单次锗镓发生器购买规格为 50mCi，年最大使用量为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ， 日最大操作量为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$					
^{125}I 粒籽	肿瘤治疗	5 人	1250 人	$2.96 \times 10^9 \text{Bq}$	$1.48 \times 10^{10} \text{Bq}$	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$	CT 下引 导植 入

备注：①每周工作 5 天，每年工作 50 周，年工作 250 天；②由于 ^{18}F 的半衰期较短需考虑其衰变量，按照每日送药两次，每次送药 825mCi，日最大操作量按照每日病人使用核素量 1.5 倍进行核算。③使用的放射性核素 ^{99m}Tc 外购不分装， ^{18}F 由河医院区回旋加速器生产送至南院区使用， ^{68}Ga 购买 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器淋洗产生。

1.4.3 工作场所分级

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C，非密封放射性物质工作场所的分级判据如表 1-3。

表 1-3 工作场所的分级判据

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

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 1-4 和表 1-5。

表 1-4 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 1-5 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

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）附录 A：①⁶⁸Ge-⁶⁸Ga 为母体，操作方式为贮存（液态），操作方式修正因子为 100；②⁶⁸Ga 为发生器淋洗产生，属于子体（液态）视为“简单操作”，操作方式修正因子为 1；③^{99m}Tc、

^{18}F 为液态视为“很简单的操作”，操作方式修正因子为 10；④ ^{125}I 粒籽为固态视为“很简单的操作”，操作方式修正因子为 100。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 D， ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{68}Ga 、 ^{68}Ge 为低毒， ^{125}I 粒籽为中毒。工作场所具体分级情况见表 1-6、表 1-7。

表 1-6 本项目 CT 机房粒子植入工作场所分级表

核素名称	实际日最大操作量/Bq	毒性分组	毒性组别修正因子	性状	操作方式	操作方式与状态修正因子	日等效最大操作量/Bq	工作场所等级
^{125}I 粒籽	1.48×10^{10}	中毒	0.1	固态	很简单的操作	100	1.48×10^7	丙级

表 1-7 本项目核医学科工作场所分级表

核素名称	实际日最大操作量/Bq	毒性分组	毒性组别修正因子	性状	操作方式	操作方式与状态修正因子	日等效最大操作量/Bq	工作场所等级
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.70×10^{10}	低毒	0.01	液态	很简单的操作	10	3.70×10^7	/
^{18}F	6.11×10^{10}	低毒	0.01	液态	很简单的操作	10	6.11×10^7	
^{68}Ga	3.7×10^9	低毒	0.01	液态	简单的操作	1	3.70×10^7	
^{68}Ge - ^{68}Ga	1.85×10^9	中毒	0.1	液态	贮存	100	1.85×10^6	
^{125}I 粒籽	1.48×10^{10}	中毒	0.1	固态	很简单的操作	100	1.48×10^7	
合并							1.52×10^8	乙级

1.4.4 工作场所分类

按照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的规定，依据计划操作最大量及放射性核素的加权活度，把工作场所分为I、II、III等三类。

本项目临床核医学工作场所具体分类见表 1-8。经计算，核医学各工作场所分类计算情况如表 1-9。

表 1-8 临床核医学工作场所具体分类

分 类	操作最大放射性核素的加权活度 (MBq)
I	>50000
II	50~50000
III	<50

备注：加权活度=计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子/操作性质修正因子。

表 1-9 建设项目工作场所分类

场所	工作用房	使用核素	实际日最大 操作量 (MBq)	操作性质 修正因子	毒性 权重 因子	加权活度 (MBq)	工作场 所分类
核医学科核 素诊断区域	分装室、给药室、受 注射室、SPECT 给药 后注射室、PET 给药 后注射室、留观室	^{99m} Tc	3.70×10 ⁴	1	1	3.70×10 ⁴	I
		¹⁸ F	6.11×10 ⁴	1	1	6.11×10 ⁴	
		⁶⁸ Ga	3.70×10 ³	1	1	3.70×10 ³	
	储源室	⁶⁸ Ge- ⁶⁸ Ga	1.85×10 ³	100	1	18.5	I
		¹⁸ F	6.11×10 ⁴	1	1	6.11×10 ⁴	
		⁶⁸ Ga	3.70×10 ³	1	1	3.70×10 ³	
	SPECT-CT 机房	^{99m} Tc	3.70×10 ⁴	1	1	3.70×10 ⁴	II
	PET-CT 机房、 PET-MR 机房	¹⁸ F	6.11×10 ⁴	1	1	6.11×10 ⁴	II
		⁶⁸ Ga	3.70×10 ³	1	1	3.70×10 ³	
2 号楼负一 楼放射科	CT 机房	¹²⁵ I 粒籽	1.48×10 ⁴	1	100	1.48×10 ⁶	I

注：考虑多种核素交叉使用，均按照 I 类场所进行评价。

由上表确定本项目核医学科属于 I 类工作场所。对照《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中“不同核医学科工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求”，建议建设单位按照表 1-10 中 I 类工作场所的室内表面及装备结构要求进行装修。

表 1-10 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

工作场所分级	结构屏蔽	地面	表面	分装柜	通风	管道	盥洗与去污
I	需要	与墙壁接缝 无缝隙	易清洗	需要	特殊的强制通风（风速不小于 0.5m/s）	特殊的管道 ^a	洗手盆和去污设备

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

1.5 项目周围环境概况及选址合理性分析

建设单位南院区位于郑州市航空港区华夏大道与洞庭湖路交叉口，院区东侧毗邻华夏大道，南邻洞庭湖路，西侧为凌腾街，北侧为空地。建设项目位于南院区 2 号楼负一层、负二层。2 号楼位于院区南侧，2 号楼（门诊医技楼）为地下二层、地上五层建筑。2 号楼东侧为 1 号楼（急诊及儿童住院部），西侧为 5 号楼（行政办公楼）、6 号楼（行政办公楼、体检中心）及院区绿化，南侧为院区空地，北侧为院内道路。

核医学科场所位于 2 号楼负二层西侧区域，场所东侧为放射治疗部，场所西侧、南侧均为停车场，场所北侧为土层，场所上方为消毒供应中心。核医学科工作场所患者入口在工作场所南侧宣教室，出口在北侧，一层出口外为空地，进出人员不经过儿科、食堂、大厅等人口密集区域，选址合理。

放射科 8 号 CT 机房位于 2 号楼负一层东北侧，CT 机房东侧为医护走廊、南侧为患者走廊、西侧为设备间、北侧为控制廊、上方为诊室、下方为放射治疗部走廊。

建设项目周围无高大建筑物以及常住居民，可以满足相关法规、标准和建筑卫生学要求。建设单位地理位置图见图 1-1，平面布局图见图 1-2，周围环境概况图见图 1-3，核医学场所平面布局图见图 1-4，放射科 8 号 CT 机房平面布局图见图 1-5，2 号楼负一层平面布局图见附图 1，2 号楼负二层平面布局图见附图 2。



图 1-1 建设单位南院区地理位置图



图 1-2 建设单位南院区平面布局图



图 1-3 建设单位周围环境概况图



图 1-4 核医学科场所平面布局图

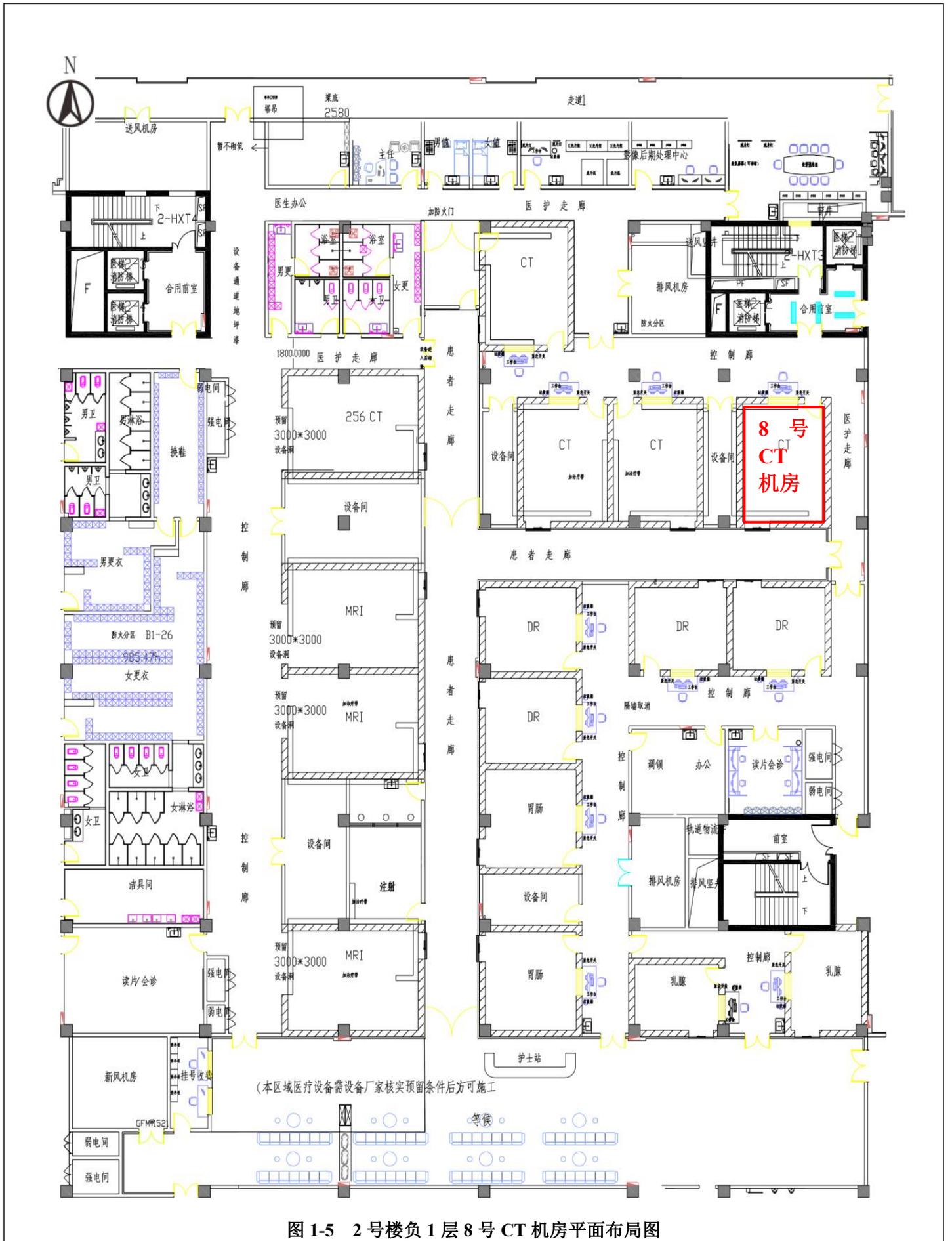


图 1-5 2号楼负1层8号CT机房平面布局图

1.6 原有核技术利用项目许可情况

建设单位现持有河南省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，有效期至 2023 年 11 月 11 日，证书编号为豫环辐证【10379】，种类和范围：使用Ⅲ类、V类放射源；使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。现有核技术应用项目环保手续履行情况见下表 1-11~表 1-13。

表 1-11 建设单位现有放射源使用情况一览表

序号	核素	类别	用途	场所	环评	验收
1	铯/钇-90	V	敷贴器	河医院区	豫环辐表 2010 (21)号	豫环辐验 2014(1)号
2	铯/钇-90	V	敷贴器	河医院区	豫环辐表 2010 (21)号	豫环辐验 2014(1)号
3	钴-57	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20204101000300000230	
4	钴-57	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20204101000300000230	
5	钷-153	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20194101000300001057	
6	锆-68	V	刻度/校准源	河医院区	豫环辐表 2010 (21)号	豫环辐验 2014(1)号
7	锆-68	V	刻度/校准源	河医院区	豫环辐表 2010 (21)号	豫环辐验 2014(1)号
8	锆-68	V	刻度/校准源	河医院区	豫环辐表 2010 (21)号	豫环辐验 2014(1)号
9	锆-68	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20194101000300001057	
10	锆-68	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20194101000300001057	
11	锆-68	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20214101000300000003	
12	锆-68	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20214101000300000003	

13	锆-68	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20214101000300000003	
14	锆-68	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20214101000300000003	
15	锆-68	V	刻度/校准源	郑东新区院区	备案表 20214101000300000003	
16	铯-192	III	后装治疗机	河医院区	豫环辐表 【2014】23号	2020年自主验收
17	铯-192	III	后装治疗机	郑东新区院区	豫环辐表 2015 (87)号	2020年自主验收

表 1-12 建设单位现有非密封放射性物质使用情况一览表

工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (贝可)	活动种类	环评	验收
河医院区 10 号楼 1 楼及负一楼	乙级	铊-201	3.7E+6	使用	豫环辐表 2010 (21) 号	豫环辐验 2014 (1) 号
		铟-99m	1.48E+8	使用		
		铟-89	9.25E+6	使用		
		钷-153	3.7E+7	使用		
		磷-32	7.4E+6	使用		
		碘-131	1.85E+7	使用		
		碘-125	2.12E+5	使用		
		氟-18	2.96E+8	使用		
		碳-11	7.4E+6	使用		
		氮-13	3.7E+6	使用		
		氧-15	3.7E+6	使用		
		镓-68	3.7E+7	使用	2020 年辐射安全分析报告新增核素并调整部分核素用量	
		铜-64	7.4E+6	使用		

		镭-223	1.11E+7	使用		
河医院区 10 号楼 2 楼核素治疗病房	乙级	碘-131	3.5E+9	使用	豫环辐表 2010 (21) 号	豫环辐验 2014 (1) 号
		镭-177	7.4E+7	使用	2020 年辐射安全分析报告新增核素	
		镭-223	1.11E+7	使用		
郑东院区地下一层医疗区	乙级	铊-201	3.7E+6	使用	豫环辐表 2015 (87) 号 2020 年辐射安全分析报告调整部分核素用量, 2022 年自主验收	
		铟-99m	1.332E+8	使用		
		铟-89	7.4E+6	使用		
		钷-153	3.7E+7	使用		
		磷-32	3.7E+6	使用		
		碳-11	7.46E+6	使用		
		氧-15	3.7E+6	使用		
		氮-13	3.7E+6	使用		
		氟-18	2.96E+8	使用		
		碘-131	1.48E+8	使用		
		镓-68	3.7E+7	使用	2020 年辐射安全分析报告新增核素	
		铜-64	7.4E+6	使用		
		镭-223	1.11E+7	使用		
				钷-90	6.0E+7	使用
郑东院区 6 号楼 2 楼核素治疗病房	乙级	碘-131	1.85E+8	使用	豫环辐表 2015 (87) 号 豫环审【2020】2 号 2022 年自主验收	
		碘-131	3.33E+9	使用		
		镭-177	3.7E+8	使用		

		碘-125(粒子源)	1.48E+7	使用		
		镭-223	1.11E+7	使用	2020年辐射安全分析报告新增核素	
郑东院区3号楼1楼1号介入手术室	乙级	钷-90	5.0E+7	使用	郑环审【2022】22号	核素暂未投入使用
		钷-99m	3.0E+5	使用		

表 1-13 建设单位现有射线装置使用情况一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	工作场所	环评手续	验收手续
1	术中放疗系统	INTRABEAMP RS500	II类	河医院区：2号楼3楼61室	郑环审【2021】54号	2020年自主验收
2	DSA	Artis-zeego	II类	河医院区6号楼1楼2号	豫环辐表2010(21)号	豫环辐验2014(1)号
3	DSA	Bransistsafirevc17	II类	河医院区6号楼2楼3号	豫环辐表2010(21)号	豫环辐验2014(1)号
4	DSA	Artis-zeego	II类	河医院区6号楼2楼4号	豫环辐表2010(21)号	豫环辐验2014(1)号
5	CT	Revolution ES	III类	河医院区：门诊负1层8号(CT)	备案表 202241010300000003	
6	CT	IQon spectral CT	III类	河医院区：门诊负1层7号(CT)	备案表 202241010300000003	
7	CT	Revolution Apex	III类	河医院区：门诊负1层6号(CT)	备案表 202241010300000003	

8	CT	Incisive CT	Ⅲ类	河医院区：门诊负1层10号（CT）	备案表 202241010300000003	
9	CT	SOMATOM X.Cite	Ⅲ类	河医院区：门诊负1层3号（CT）	备案表 202241010300000003	
10	CT	CT6000	Ⅲ类	河医院区：门诊负1层9号（CT）	备案表 202241010300000003	
11	SPECT/CT	DiscoveryNM/CT670	Ⅲ类	河医院区10号楼1楼2号	豫环辐表 2010（21）号	豫环辐验 2014（1）号
12	SPECT/CT	SymbiaT16	Ⅲ类	河医院区10号楼1楼3号	豫环辐表 2010（21）号	豫环辐验 2014（1）号
13	PET/CT	BiographTruePoint64	Ⅲ类	河医院区10号楼1楼PET/CT室	豫环辐表 2010（21）号	豫环辐验 2014（1）号
14	CT模拟定位机	brilliance CT big bore	Ⅲ类	河医院区：门诊负1楼CT定位机房	备案表 202241010300000003	
15	直线加速器	Infinity	Ⅱ类	河医院区：门诊负2楼放疗科1号	豫环辐表 2014（23）号	2020年自主验收，2022辐射安全分析更新设备
16	回旋加速器	HM-20	Ⅱ类	河医院区：10号楼负1楼	豫环辐表 2010（21）号	豫环辐验 2014（1）号
17	直线加速器	Vitalbeam	Ⅱ类	河医院区：门诊负2楼放疗科3号	豫环辐表 2014（23）号	2020年自主验收，2022辐射安全分析更新设备
18	直线加速	Synergy	Ⅱ类	河医院区：门诊负2楼放疗	豫环辐表	2020年自主验

	器			科 2 号	2014 (23) 号	收, 2022 辐射安全分析更新设备
19	DSA	Innova3100-IQ	II类	河医院区 6 号楼 3 楼 5 号	豫环审 2017 (15) 号	2020 年自主验收
20	DSA	ALLuraXperFD 10	II类	河医院区 6 号楼 3 楼 6 号	豫环审 2017 (15) 号	2020 年自主验收
21	术中 DSA	XperHybridFD2 0	II类	河医院区: 1 号楼 3 楼手术 室 8 号	豫环审 2017 (15) 号	2020 年自主验收
22	DSA	Azurion 7M20 (单 C)	II类	河医院区: 6 号楼 1 楼 1 号	豫环辐表 2010 (21) 号	豫环辐验 2014 (1) 号, 20 22 辐射安全分析 更新设备
23	DSA	ALLuraXperFD 10	II类	河医院区 6 号楼 4 楼 8 号	豫环审 2017 (15) 号	2020 年自主验收
24	DSA	FD20-ceiling	II类	河医院区 2 号楼 3 楼手术室 62 室	豫环审 2017 (15) 号	2020 年自主验收
25	DSA	ALLuraXperFD 10	II类	河医院区 6 号楼 5 楼 9 号	豫环审 2017 (15) 号	2020 年自主验收
26	DSA	ALLuraXperFD 10	II类	河医院区 6 号楼 4 楼 7 号	豫环审 2017 (15) 号	2020 年自主验收
27	DSA	ZEECeiling	II类	河医院区 6 号楼 5 楼 10 号	豫环审 2017 (15) 号	2020 年自主验收
28	胃肠机	SONIALVISIO	III类	河医院区: 门诊负 1 层 19		备案表

		N SMIT		号(胃肠)	202241010300000003	
29	数字胃肠机	Sonialvisonsafire 17	III类	河医院区：2号楼负1楼5号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
30	DR	DRX-Compass X	III类	河医院区：门诊负1层18号(DR)	备案表 202241010300000003	
31	乳腺机	Senographe Pristina	III类	河医院区：门诊负1层16号(钼靶)	备案表 202241010300000003	
32	乳腺机	Selenia Dimensions	III类	河医院区：门诊负1层15号(钼靶)	备案表 202241010300000003	
33	DR	Digital Diagnost	III类	河医院区：门诊19楼17室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
34	DR	Discover XR65 6 HD	III类	河医院区：门诊负1层17号(DR)	备案表 202241010300000003	
35	骨密度仪	Lunar iDXA	III类	河医院区：门诊20楼体检科骨密度室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
36	DR	NOVOFA	III类	河医院区：2号楼负1楼4号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
37	DR	YSIO	III类	河医院区：2号楼负1楼3号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
38	安科锐 TOMO刀	TomoHD	II类	河医院区：门诊负2楼放疗科6号	豫环辐表2015(57)号	2020年自主验收，2022辐射安全分析更新设备

39	CT 模拟定位机	SOMATOMDefinitionAs20	III类	郑东院区：5号楼负2楼CT模拟定位机房	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
40	牙片机	KODAK 2100	III类	河医院区：门诊楼9楼口腔影像室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
41	口腔CT	KaWo 3D Exam	III类	河医院区：门诊楼9楼口腔影像室	备案表 202141010300000020	
42	全景机	KODAK 9000C	III类	河医院区：门诊楼9楼口腔影像室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
43	DSA	UNIQFD20/20	II类	郑东院区：3号楼1楼4号	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
44	CT	Brilliance iCT (Ict Elite FHD)	III类	郑东院区：门诊楼负1楼9号	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
45	CT	RevolutionCT	III类	郑东院区：门诊楼负1楼3号	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
46	CT	DiscoveryCT590 RT	III类	郑东院区：门诊楼负1楼6号	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
47	CT	SOMATOMForce	III类	郑东院区：门诊楼负1楼5号	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
48	移动式C形臂X射线机	Ziehm8000	III类	河医院区：2号楼手术室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
49	移动式C形臂X射线机	Ziehm8000	III类	河医院区：2号楼手术室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收

50	移动 C 臂	Ziehm8000	III类	河医院区：急诊楼 3 楼手术室	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
51	移动式 C 形臂 X 射线机	BV Endura	III类	河医院区：门诊楼 6 楼尿动力检查室	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
52	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm8000	III类	河医院区：2 号楼手术室	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
53	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm8000	III类	河医院区：2 号楼手术室	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
54	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm8000	III类	河医院区：2 号楼手术室	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
55	移动 DR	SM-50HF-B-D	III类	河医院区：1 号楼 4 楼外科 ICU	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
56	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm8000	III类	河医院区：2 号楼手术室	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
57	碎石机	Compact Delta II	III类	河医院区：门诊楼 6 楼碎石中心	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
58	移动 DR	DRX-Revolution	III类	河医院区：12 号楼急症室 1 楼	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收
59	骨密度仪	Discovery	III类	河医院区：门诊 20 楼体检科骨密度室	郑环辐备【2016】2 号	2020 年自主验收

60	移动 DR	uDR370i	III类	河医院区：6号楼6楼心内科 ICU	备案表 201741010300000111	
61	模拟定位机	Acuity	III类	郑东院区 5 号楼负 2 楼模拟定位机房	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
62	直线加速器	Edge	II类	郑东院区 5 号楼负 2 楼 2 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
63	直线加速器	VersaHD	II类	郑东院区 5 号楼负 2 楼 1 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
64	DSA	UNIQFD10	II类	郑东院区 3 号楼 1 楼 6 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
65	DSA	InnovaIGS530	II类	郑东院区 3 号楼 1 楼 8 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
66	DSA	ArtisQzeego	II类	郑东院区 3 号楼 1 楼 2 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
67	DSA	UNIQFD10	II类	郑东院区 3 号楼 1 楼 7 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
68	术中 DSA	ArtisQceiling	II类	郑东院区 4 号楼 5 楼 57 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
69	DSA	OptimaCL323i	II类	郑东院区 3 号楼 1 楼 1 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
70	DSA	UNIQFD10	II类	郑东院区 3 号楼 1 楼 5 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
71	术中 DSA	UNIQFD20	II类	郑东院区 4 号楼 5 楼 39 号	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收

72	DSA	DiscoveryIGS740	II类	郑东院区3号楼1楼3号	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
73	SPECT/CT	DiscoveryNM/CT670	III类	郑东院区地下一层医疗区:5号楼负1层核医学科2号	豫环辐表2015(87)号	2022年自主验收
74	SPECT/CT	SymbiaIntevo16	III类	郑东院区地下一层医疗区:5号楼负1层核医学科3号	豫环辐表2015(87)号	2022年自主验收
75	DR	SYNTHESIS+PaxScan4336W	III类	郑东院区:3号楼负1楼17室	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
76	移动DR	DRXR-1	III类	郑东院区:7号楼3楼新生儿NICU	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
77	移动DR	Mobile DaRT Evolution Mux-200D	III类	郑东院区:3号楼5楼综合ICU	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
78	移动DR	MobileDiagnostWdr	III类	郑东院区7号楼9楼呼吸ICU	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
79	移动DR	SM-50HF-B-D-C	III类	郑东院区:6号楼8楼心外二病区	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
80	乳腺钼靶	SeleniaDimensions	III类	郑东院区:3号楼负1楼11室	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
81	骨密度仪	DiscoveryA	III类	郑东院区:门诊楼5楼骨密度室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
82	DR	YsioMax	III类	郑东院区:3号楼负1楼19室	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收
83	DR	NOVAFA-C	III类	郑东院区:门诊楼9楼体检	豫环辐表2015	2020年自主验收

				科 37 室	(87) 号	
84	DR	DiscoveryXR65 6	III类	郑东院区：3 号楼负 1 楼 15 室	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
85	乳腺钼靶	SenographeEsse ntial	III类	郑东院区：3 号楼负 1 楼 10 室	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
86	数字胃肠	SONIALVISIO NG4	III类	郑东院区：3 号楼负 1 楼 20 室	豫环辐表 2015 (87) 号	2020 年自主验收
87	牙片机	CS2100	III类	郑东院区：门诊楼 7 楼口腔 影像 1 号	郑环辐备 【2016】2 号	2020 年自主验收
88	全景机	CS9000C	III类	郑东院区：门诊楼 7 楼口腔 影像 2 号	郑环辐备 【2016】2 号	2020 年自主验收
89	CT	SOMATOM Fo rce(New Force)	III类	河医院区：门诊负 1 层 5 号 (CT)	备案表 202241010300000003	
90	CT	SOMATOM go. Top	III类	河医院区：门诊负 1 层 2 号 (CT)	备案表 202241010300000003	
91	CT	IQon spectral C T	III类	河医院区：门诊负 1 层 1 号 (CT)	备案表 202241010300000003	
92	CT	Revolution Ape x	III类	河医院区：门诊负 1 层 4 号 (CT)	备案表 202241010300000003	
93	碎石机	Compact Delta II	III类	郑东院区：门诊楼 5 楼碎石 机房	郑环辐备 【2016】2 号	2020 年自主验收
94	移动式 C 形臂 X 射	Cios Alpha	III类	郑东院区：门诊楼 5 楼尿动 力中心	郑环辐备	2020 年自主验收

	线机				【2016】2号	
95	移动式C形臂X射线机	Ziehm8000	III类	郑东院区：门诊楼8楼3号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
96	移动式C形臂X射线机	ARCADIS orbic	III类	郑东院区：4号楼5楼37号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
97	移动式C形臂X射线机	ciosAIPha	III类	郑东院区：4号楼5楼36号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
98	PET-CT	Discovery	III类	郑东院区地下一层医疗区：核医学科	豫环辐表2015(87)号	2022年自主验收
99	直线加速器	Truebeam	II类	河医院区：门诊负2楼放疗科5号	豫环辐表2015(87)号	2020年自主验收，2022辐射安全分析更新设备
100	移动式C形臂X线机	Ziehm 8000	III类	郑东院区：4号楼5楼33号	备案表 20204101000300000715	
101	移动式C形臂X线机	Ziehm 8000	III类	郑东院区：4号楼5楼32号手术室	备案表 20204101000300000715	
102	移动式C形臂X线机	Ziehm 8000	III类	郑东院区：4号楼3楼8号手术室	备案表 20204101000300000715	
103	移动式C形臂X线机	Ziehm 8000	III类	郑东院区：4号楼5楼35号手术室	备案表 20204101000300000715	

104	口腔 CT	CS9300C	Ⅲ类	郑东院区：门诊 3 楼国际医学部全景室	备案表 20204101000300000715
105	牙片机	CS2100	Ⅲ类	郑东院区：门诊 3 楼国际医学部牙片室	备案表 20204101000300000715
106	骨密度仪	LUNAR Idxa	Ⅲ类	郑东院区：门诊 3 楼国际医学部骨密度室	备案表 20204101000300000715
107	口腔 CT	KAVO 3D Exam	Ⅲ类	郑东院区：门诊 7 楼口腔影像 3 号	备案表 202141010300000020
108	CT	SOMATOM Force	Ⅲ类	河医院区：12 号楼 1 楼急诊室	备案表 202141010300000020
109	口腔 CT	CS9300CSELECTION	Ⅲ类	大学路口腔门诊	备案表 202141010300000013
110	移动式 C 形臂 X 线机	Cios Alpha	Ⅲ类	河医院区：7 号楼 1 楼血管通路间	备案表 202141010300000020
111	CT	BLILLIANC.CT-64SLCE	Ⅲ类	惠济院区：放射科	备案表 202141010800000011
112	数字 X 线摄影	EXAVISTA	Ⅲ类	惠济院区：放射科	备案表 202141010800000011
113	移动 DR	MoboiEye700T	Ⅲ类	惠济院区：放射科	备案表 202141010800000011
114	移动 DR	MoboiEye700T	Ⅲ类	惠济院区：放射科	备案表

					202141010800000011	
115	全景机	KODAK9300C Select	III类	大学路口腔门诊	备案表 202141010300000013	
116	DR	TITAN200	III类	惠济院区：放射科	备案表 202141010800000011	
117	DSA	Azurion 7B20 (双C)	II类	河医院区：12号楼1楼介入 手术室	豫环审【2020】 2号	2022 辐射安全分 析更新设备
118	口腔 CT	KAVO 3D EX AM	III类	大学路口腔门诊	备案表 202141010300000013	
119	DSA	Artis zee floor	II类	惠济院区：介入科	豫环辐表【201 2】64号	已验收
120	CT	Revolution CT	III类	郑东院区：4号急诊楼1楼6 号	备案表 20214101000300000011	
121	CT	Discovery RT	III类	河医院区：门诊负1层11 号(CT)	备案表 202241010300000003	
122	移动 DR	100DJ	III类	河医院区：发热门诊	备案表 202241010300000051	
123	移动 DR	SM-50HF-B-D- C	III类	河医院区：2号楼负1层	备案表 202241010300000003	
124	移动 DR	SM-50HF-B-D- C	III类	河医院区：2号楼负1层	备案表 202241010300000003	
125	移动 DR	DRX-Revolution	III类	河医院区：2号楼负1层	备案表	

					202241010300000003
126	方舱 CT	NeuVizPrime	III类	惠济院区：方舱 CT 内	备案表 202241010800000008
127	方舱 CT	NeuVizPrime	III类	惠济院区：方舱 CT 内	备案表 2022410108000000061
128	车载 CT	Aquilion Lightning TSX-036A	III类	惠济院区：车载 CT 内	备案表 2022410108000000061
129	口腔 CT	CS 8100SC 3D Access	III类	大学路口腔门诊	备案表 2022410103000000052
130	牙片机	CS2100	III类	大学路口腔门诊	备案表 2022410103000000052
131	CT	NeuViz Glory	III类	郑东院区：门诊负 1 层 7 号	备案表 20224101000300000012
132	CT	ScintCareCT128	III类	郑东院区：门诊负 1 层 8 号	备案表 20224101000300000012
133	CT	NeuViz Epoch	III类	郑东院区：5 号楼负 1 层 2 号	备案表 20224101000300000012
134	CT	Aquilion ONE TSX-301	III类	郑东院区：5 号楼负 1 楼 3 号	备案表 20224101000300000050
135	移动 DR	MoboiEye700T	III类	郑东院区：放射科	备案表 20224101000300000012
136	数字胃肠	SONIALVISIO	III类	郑东院区：3 号楼负 1 楼 21	备案表

	机	N SMIT		室	20224101000300000012	
137	直线加速器	Infinity	II类	南院区：2号楼负二层直线加速器机房1	郑港辐环【2020】2号	2020年11月自主验收
138	DSA	INNOVA IGS530	II类	南院区：2号楼三楼手术室A9	郑港辐环【2019】6号	2019年12月自主验收
139	DSA	Azurion 7 M20	II类	南院区：2号楼三楼手术室A10	郑港辐环【2022】1号	正在验收
140	DSA	Artis ZeeIII Floor	II类	南院区：3号楼A栋负一层	郑港辐环【2019】001号	2019年12月自主验收
141	DSA	Azurion 7 M20	II类	南院区：2号楼一楼 DSA 室1	郑港辐环【2022】1号	正在验收
142	DSA	Azurion 7 M20	II类	南院区：2号楼一楼 DSA 室2	郑港辐环【2022】1号	正在验收
143	DSA	Azurion 7 B20	II类	南院区：2号楼一楼 DSA 室3	郑港辐环【2022】1号	正在验收
144	DSA	Azurion 7M12	II类	南院区：2号楼一楼 DSA 室4	郑港辐环【2022】1号	正在验收
145	DSA	Azurion 7M12	II类	南院区：2号楼一楼 DSA 室5	郑港辐环【2022】1号	正在验收
146	移动式C型臂X线机	SIREMOBIL Compact L	III类	南院区：2号楼三楼手术室A8	备案表 202241018400000061	
147	移动式C型臂X线机	Ziehm-8000	III类	南院区：2号楼三楼手术室A7	备案表 202241018400000006	

148	16 排 CT	InsitumCT 338	III类	南院区：11 号楼一楼	备案表 202241018400000061
149	64 排 CT	Aquilion TSX-101A	III类	南院区：1 号楼一楼 CT 机房	备案号：20194199000100000019
150	16 排 CT	Aquilion Lighting TSX-035A	III类	南院区：2 号楼负一层 6 号机房	备案表 202241018400000061
151	256 排 CT	Revolution Apex	III类	南院区：2 号楼负一层 1 号机房	备案表 202241018400000006
152	64 排双源 CT	IQon Spectral CT	III类	南院区：2 号楼负一层 2 号机房	备案表 202241018400000006
153	96 排双源 CT	SOMATOM Force	III类	南院区：2 号楼负一层 3 号机房	备案表 202241018400000006
154	64 排 CT	Incisive CT	III类	南院区：2 号楼负一层 8 号机房	备案表 202241018400000006
155	CT 模拟定位机	Discovery RT	III类	南院区：2 号楼负二层模拟定位 CT 室	备案表 202241018400000061
156	移动 DR	TMB300DR	III类	南院区：11 号楼一楼	备案表 202241018400000061
157	移动 DR	GM85	III类	南院区：1 号楼 一楼	备案表 202241018400000061
158	DR	XGEO-GF50	III类	南院区：6 号楼二楼体检中心	备案表 202241018400000061

159	DR	蓝韵 6600	III类	南院区：1号楼 一楼	备案表 202241018400000061	
160	数字胃肠机	WINSCOPE PL essart EX8	III类	南院区：2号楼负一层 15号 机房	备案表 202241018400000061	
161	胃肠机	SONIALVISIO N G4	III类	南院区：2号楼负一层 13号 机房	备案表 202241018400000006	
162	胃肠机	N90	III类	南院区：2号楼二楼腔镜中 心	备案表 202241018400000006	
163	乳腺钼靶	Selenia Dimensi ons	III类	南院区：2号楼负一层 17号 机房	备案表 202241018400000061	
164	口内 X 线机	CS2100	III类	南院区：2号楼四楼口腔科 门诊	备案表 202241018400000061	
165	牙科全景机	CS 8000C	III类	南院区：2号楼负一层 16号 机房	备案表 202241018400000061	
166	口腔 CBCT	CS9300C	III类	南院区：2号楼四楼口腔科 门诊	备案表 202241018400000006	
167	移动式骨密度仪	Metriscan	III类	南院区：6号楼二楼体检中 心	备案表 202241018400000021	
168	数字胃肠机	SONIALVISIO N G4	III类	河医院区：门诊负 1 层 20 号(胃肠)	备案表 202241010300000003	
169	直线加速器	瓦里安 Truebeam	II类	郑东院区：5号楼负 2 楼 3 号	豫环辐表 2015 (87)号	安装中

170	CT	SOMATOM Force	III类	郑东院区：5号楼负1楼1号	备案表 20224101000300000050	
171	CT	Spectral CT	III类	郑东院区：门诊楼负1楼CT室2号	备案表 20224101000300000050	
172	移动C臂	Cios Alpha	III类	河医院区：门诊8楼ERCP室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
173	术中CT	SOMATOM Definition AS64	III类	河医院区：2号楼手术室61室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
174	CT	Brilliance iCT	III类	河医院区：2号楼负1楼1号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
175	CT	Aquilion One T SX-301A	III类	河医院区：2号楼负1楼2号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
176	CT	Discovery CT	III类	河医院区：2号楼负1楼6号	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
177	移动DR	MUD-200	III类	河医院区：2号楼10楼	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
178	移动DR	Optima XR240	III类	河医院区：1号楼3楼新生儿ICU	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收
179	移动DR	MUD-200D	III类	河医院区：11号楼2楼呼吸ICU	备案表 202141010300000020	
180	移动式C形臂X射	Cios Alpha	III类	郑东院区：门诊楼7楼ERP室	郑环辐备【2016】2号	2020年自主验收

	线机				
181	车载 DR	韩国 EX5000	III类	郑东院区	备案表 202041010300001195

建设单位现有核技术利用项目均已按照相关法律法规进行了环境影响评价工作，环保手续齐全，运行正常。辐射工作人员已进行辐射安全与防护培训，个人剂量监测工作已委托河南省职业病防治研究院进行，辐射工作人员工作过程中均按规定佩戴有个人剂量计，按照标准要求定期进行检测，并建立有个人剂量档案。建设单位每年均委托有资质的检测机构对全院的放射源、射线装置、非密封放射性物质工作场所进行辐射检测，2021 年度评估报告已报送当地生态环境主管部门备案。

建设单位现有各核技术应用项目投入运行以来，未发生过辐射安全事故。

1.8 实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。本项目的建设对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目营运以后建设单位为病人提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高建设单位服务水平，吸引更多的就诊人员，在保障病人健康的同时也创造了更大的经济效益。

因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

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	使用场所名称	贮存方式与地点	备注
本项目不涉及								
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{99m} Tc	液态	使用	3.70E+10	3.70E+7	9.2E+12	SPECT-CT 显像	静脉注射	核医学科	储源室铅罐储藏/分装室通风橱
2	¹⁸ F	液态	使用	6.11E+10	6.11E+7	1.53E+12	PET-CTPET-CT	静脉注射	核医学科	
3	⁶⁸ Ga	液态	使用	3.70E+9	3.70E+7	9.25E+11	ET-MR 显像	静脉注射	核医学科	
4	⁶⁸ Ge- ⁶⁸ Ga	液态	贮存	1.85E+9	1.85E+6	1.85E+9	制备 ⁶⁸ Ga	贮存	核医学科	
5	¹²⁵ I 粒籽	固态	使用	1.48E+10	1.48E+7	3.70E+12	肿瘤治疗	CT 下引导植入	核医学科	储源室铅罐储藏

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》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置（重点是放射性废弃物）

（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	额定电流(mA)/剂量率(Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及										
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	用途	工作场所	备注
1	SPECT-CT	Ⅲ类	1 台	未定	140	800	显像检查	2 号楼负	/
2	PET-CT	Ⅲ类	2 台	未定	140	800	显像检查	二层核医学科	/
3	64 排 CT	Ⅲ类	1 台	Incisive CT	140	67	碘-125 粒籽植入	2 号楼负 一层放射科 8 号 CT	现有设备

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

注：1.放射性废弃物主要是指废旧放射源

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
核医学科工作人员清洗废水、受检者排泄废水、事故废水等	液态	^{99m} Tc、 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga	/	47.9m ³	575m ³	/	衰变池	衰变检测合格后排入医院污水处理系统
核医学科操作使用的注射器、棉签、纱布和通风系统更换的过滤器等	固态	^{99m} Tc、 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga	/	178.3kg	2140kg	/	固体废物暂存间内	存放超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² 按医疗废物处理
核医学科废气	气态	^{99m} Tc、 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga	/	/	/	/	经排风系统引至屋顶	通过排风口过滤后排入大气
射线装置机房内部臭氧、氮氧化物	气体	/	/	/	/	/	经排风系统引至屋顶	通过排风口直接排入大气

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，气态单位为 mg/Kg；气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度年排放总量分别用比活度（Bq/L,或 Bq/Kg, 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行，根据《国务院关于修改部分行政法规的决定》（2019 年 3 月 2 日，中华人民共和国国务院令 709 号）修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 31 号公布；2021 年 1 月 4 日发布的《生态环境部关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》）第四次修订；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令），2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部及国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日；</p> <p>(10) 《关于发布放射源分类的公告》，国家环保总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日；</p>
------	--

	<p>(11) 《河南省辐射污染防治条例》（2015年11月河南省第十二届人民代表大会常务委员会第十七次会议通过），2016年3月1日起施行；</p> <p>(12) 《关于明确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，2020年1月1日施行）。</p>
技 术 标 准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(7) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）。</p>
其 他	<p>(1) 郑州大学第一附属医院开展环境影响评价项目的《委托书》；</p> <p>(2) 建设单位提供图纸及屏蔽防护资料；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》；第一、三分册；原子能出版社；李德平、潘自强主编；</p> <p>(4) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(5) 本项目辐射环境检测报告。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1.评价范围

通过分析，本项目主要是电离辐射对周围环境的影响，依据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“7.核技术利用建设项目环境影响报告书的内容和格式，第一章，1.5 评价范围和保护目标”中要求：“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”，“8.核技术利用建设项目环境影响报告表的内容和格式”中无明确要求。本项目主要是电离辐射对周围环境的影响，考虑到该项目的实际情况，参考报告书的要求，确定评价范围为非密封放射性物质工作场所边界外半径 50m 的范围、各射线装置机房屏蔽墙体外 50m 范围，本项目评价范围均为医院内部区域。

表 7-1 核医学科周围 50m 范围内环境概况

位置	东侧 50m 范围	南侧 50m 范围	西侧 50m 范围	北侧 50m 范围	上方 50m 范围	下方 50m 范围
负二层 核医学 科	放射治疗部	停车场	停车场	土层	消毒供应 中心	土层
负一层 放射科 8号CT 机房	医护走廊	放射科	放射科	放射科	诊室	放射治疗 部、土层

7.2.保护目标

本项目的环境保护目标为：从事本项目放射诊疗工作的职业人员以及可能在本项目评价范围内停留的公众人员，主要保护目标情况见下表 7-2。

表 7-2 本项目主要环境保护目标一览表

工作场所	人员	居留位置及距离	人数	照射类型
负二层核医学科	SPECT-CT/PET-CT/ PET-MR 操作及摆位人员	各设备控制室内，摆位人员约 1.0m，操作位约 4.5m	约 4 人	职业照射
	核素分装、注射等操作人员	核医学工作场所内部分装室，分装注射最近距离约为 0.3m	约 4 人	职业照射
	核医学科监督区及周围活动的医务人员及患者家属	核医学场所上方消毒供应中心、东侧放射治疗部、西侧南侧停车场区域经过的公众	约 50 人	公众照射
负一层放射科 8 号 CT 机房	CT 操作及摆位人员	设备控制室内，摆位人员约 1.0m，操作位约 4.5m	约 2 人	职业照射
	丙级场所监督区及周围活动的医务人员及患者家属	CT 机房上方诊室、下方放射治疗部区域经过的公众	约 60 人	公众照射

7.3 评价标准

(1) 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)

(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》(HJ 10.1-2016)

(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

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。本次环评引用以下条款：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的**职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B 1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量，1mSv；
- b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量估计值不超过 1mSv，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；
- d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表 7-3 所列。

表 7-3 工作场所的表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹

1) 该区域内的高污染子区除外

(3) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

本次环评引用以下条款：

4 总则

4.1.3 规划、设计、建设核医学工作场所和开展核医学活动的过程中，遵循辐射防护最优化原则，使得核医学活动涉及的相关个人受照剂量的大小、受到照射的人数和受到照射的可能性保持在可合理达到的尽量低的水平。

4.1.4 开展核医学活动的工作场所应实行分级管理。

4.1.5 开展核医学活动的辐射工作场所应划分出控制区和监督区，合理布局

工作场所，规划好人流、物流、气流路径，妥善收集、暂存和处理核医学活动中产生的放射性废物。

4.1.6 医疗机构应对开展核医学活动的工作场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估，证明采取的辐射防护与安全措施的合理性。

4.1.7 开展核医学活动的医疗机构应制定恰当的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备和响应工作安排，有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

4.2 辐射工作场所分级

应按照 GB 18871 的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级 和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录 A。

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。

4.4 剂量限值与剂量约束值

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。

4.4.3 放射性表面污染控制水平

核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB18871 执行。

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。

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

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

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

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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

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有良好的通风，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。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。

7 放射性废物的管理

7.1 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。

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。

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。

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。

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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

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

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。

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。

7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为 3-5 级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB18871 附录 A 表 A1 的要求。

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

7.4 气态放射性废物的管理

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。

8 辐射监测

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 7-4 的内容。

表 7-4 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）

(4) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

5.2 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。

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 7-5，核医学工作场所分类的加权活度计算方法见附录 G。

表 7-5 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 ^b
注： ^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。			

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 7-7 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所尽好的通风条件，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。

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，下表 7-6），其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。当使用的 ⁹⁹Tcm 活度大于 800 MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5 mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作 ⁶⁸Ga、¹⁸F 等正电子放射性药物和 ¹³¹I 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。

表 7-6 个人防护用品配置要求

场所类型	工作人员		患者或受检者
	必备	选备	
普通核医学和 SPECT 场所	铅橡胶衣、铅橡胶围裙、放射性污染防护服、铅橡胶围脖	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	—
正电子放射性药物和 ¹³¹ I 的场所	放射性污染防护服	—	—

注：“—”表示不要求，宜使用非铅防护用品

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。

11 粒籽源植入放射防护要求

11.1 一般要求

11.1.1 应配备粒籽源剂量测量仪器（如井型电离室），测量仪器应定期校准。并配备探测光子能量下限低于 27 keV 的辐射防护监测仪。

11.1.2 应配备 CT 机、X 射线机、B 超等影像设备以及粒籽植入治疗的放射治疗计划系统。

11.1.3 应具备对放射性废物处置的设施和技术方案。

11.1.4 建立植入患者登记制度和档案。

11.1.5 制定粒籽植入治疗质量保证方案。

11.1.6 植入治疗室应为工作人员配备个人防护用品（见附录 K），数量应满足工作需求。

11.1.7 植入治疗室与贮存室应分开。

11.1.8 手术结束后应对手术区域使用剂量率仪进行检测，以排除粒籽源在手术植入过程中遗漏的可能。拿出手术室的辅料等均应进行检测，防止粒籽源粘连带出手术室。

11.2 粒籽源贮存

11.2.1 待用的粒籽源应装入屏蔽容器内，并存放在专用房间。

11.2.2 应建立粒籽源出入库登记制度，详细记录日期时间、入库活度/数量、送货人、接收人、出库活度/数量、去往场所、出库经手人、接收人等。

11.2.3 应定期检查粒籽源实际库存数量及贮存场所，对库存中的粒籽源应标明其用途。

11.2.4 应建立显示每个贮存器的标签，在标签上标明取出的粒籽源数量。

11.2.5 消毒室（供应室）应注意检查是否有遗漏。

11.2.6 废弃或泄漏的粒籽源应放置在专用铅罐内，退回厂家。

11.3 工作人员的放射防护要求

11.3.1 操作人员应在铅当量不低于 0.5mmPb 的屏风后分装粒籽源，屏风上应有铅玻璃观察窗，铅玻璃铅当量不低于 0.5mmPb。

11.3.2 工作人员防护用品配备见附录 K，操作前要穿戴好防护用品。防护衣厚度不应小于 0.25 mmPb 铅当量。对性腺敏感器官，可考虑穿含 0.5 mmPb 铅当量防护的三角裤或三角巾。

11.3.3 粒籽源分装操作室台面和地面应无渗漏易于清洗，分装应采取防污染措施。分装过程中使用长柄镊子，轻拿轻放，避免损伤或刺破粒籽源，不应直接用手拿取粒籽源。

11.3.4 在实施粒籽源手术治疗前，应制定详细可行的实施计划，并准备好所需治疗设备，如定位模板、植入枪等，尽可能缩短操作时间。

11.3.5 拿取掉落的粒籽源应使用长柄器具（如镊子），尽可能增加粒籽源与操作人员之间的距离。在整个工作期间，应快速完成必要的操作程序，所有无关人员尽可能远离放射源。

11.3.6 如粒籽源破损引起泄漏而发生污染，应封闭工作场所，将源密封在屏蔽容器中，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所去污和人员应急处理。

11.5 住院患者管理要求

11.5.1 植入粒籽源术后的患者，当有人接近时应当在植入部位对应的体表进行适当的辐射屏蔽。

11.5.2 植入粒籽源患者宜使用临时专用病房并将其划为临时控制区。如无专用病房，病人床边 1.5 m 处应划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不应入内，患者也不应随便离开。医护人员查房，家属成员如需长时间陪护应与患者保持 1 m 以上的距离。

11.5.3 接受植入粒籽源治疗的前列腺患者和胃肠道患者应使用专用便器或专用浴室和厕所。肺部或气管植入粒籽源患者，在住院期间应戴口罩，以避免粒籽源咳出丢失在周围环境中，如发现粒籽源咳出，应报告主管医生并采取相应的应急措施。

11.5.5 临时控制区内，任何物品在搬离病房之前应进行监测，被污染物品按

放射性废物处理。

12 放射性核素敷贴治疗放射防护要求

12.4 敷贴治疗设施的放射防护要求

12.4.1 敷贴治疗应设置专用治疗室，该治疗室应与诊断室、登记值班室和候诊室分开设置。治疗室内使用面积应满足治疗要求。

12.4.2 治疗室内高 1.5 m 以下的墙面应有易去污的保护涂层。地面，尤其在治疗患者位置，应铺有可更换的质地较软又容易去污染的铺料。

12.4.3 治疗室内患者座位之间应保持 1.2 m 的距离或设置适当材料与厚度的防护屏蔽。

12.4.4 治疗室内应制定敷贴治疗操作规程及卫生管理制度，并配有 β 污染检查仪等检测仪器。

(5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

本次环评引用以下条款：

6.1 X 射线设备机房布局

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。

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

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 7-7 的规定。

表 7-7 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机（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 7-8 的规定。

表 7-8 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	

6.3 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：

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 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

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。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）

本次环评引用以下条款：

5.3 剂量计的佩带

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩带在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩

带在背部中间。

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）。

(7) 建设单位设置的管理目标值

根据防护最优化原则，使各类人员的受照射剂量不仅低于国家标准规定的限值，且控制到合理达到的尽可能低的水平。建设单位综合自身因素，设置了以下剂量管理目标值、周围剂量当量率控制水平，具体内容如下表 7-9 所示。

表 7-9 评价标准

项目	评价标准		限值
核医学工作场所表面污染	《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）及建设单位设置的管理目标值	工作台、设备、墙壁、地面	控制区（该区内的高污染子区除外）：40Bq/cm ² 监督区：4Bq/cm ²
		工作服、手套、工作鞋	控制区：4Bq/cm ² 监督区：4Bq/cm ²
		手、皮肤、内衣、工作袜	0.4Bq/cm ²
核医学工作场所周围剂量当量率	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及建设单位设置的管理目标值	①距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 μSv/h，屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10 μSv/h。 ②通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 μSv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 μSv/h。	
人员剂量	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及建设单位设置的管理目标值		工作人员：年有效剂量管理目标值 5mSv/a；眼晶体年当量剂量管理目标值 20mSv/a；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量管理目标值 125mSv/a； 公众人员：0.1mSv/a。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 概况

为掌握项目辐射环境现状，评价单位于 2022 年 9 月 7 日、2022 年 9 月 28 日对本项目周围环境的 X- γ 辐射空气吸收剂量率和 β 表面污染进行了现场检测，并出具了检测报告。监测单位基本信息详见表 8-1，监测仪器参数和规范详见表 8-2。

表 8-1 监测单位基本信息

单位名称	郑州新知力科技有限公司
地址	郑州市金水区优胜北路 1 号芯互联大厦 12 层 1202 室
证书编号	171612050399
发证日期	2017 年 7 月 18 日
有效期至	2023 年 7 月 17 日
发证机关	河南省质量技术监督局

表 8-2 检测信息汇总表

检测 基 本 信 息	项目名称	郑州大学第一附属医院南院区核医学科拟建址辐射环境检测		
	委托单位	郑州大学第一附属医院		
	委托单位地址	郑州市大学路 43 号		
	受检单位	郑州大学第一附属医院		
	检测地址	航空港区华夏大道与洞庭湖路交叉口南院区：2 号楼		
	检测内容	辐射环境检测	检测参数	X- γ 辐射空气吸收剂量率； β 表面污染
	委托日期	2022 年 09 月 05 日	检测人员	滕胜威、鲁端阳、王镕基
	检测日期	2022 年 09 月 07 日、2022 年 09 月 28 日		
	检测环境条件	天气：晴、气温：28.5℃、相对湿度：43%（09 月 07 日） 天气：晴、气温：31.2℃、相对湿度：45%（09 月 28 日）		
检	仪器名称	环境监测用 X、 γ 射	便携式辐射检测仪	α 、 β 表面污染仪

测 仪 器 信 息		线辐射剂量率仪		
	仪器型号	FD-3013H	AT1123	CoMo 170
	仪器编号	XZL-FS-009	XZL-FS-004	XZL-FS-006
	量程范围	辐射剂量率： 0.01~200μGy/h	辐射剂量率： 50nSv/h-10Sv/h	\
	准确度	相对误差<±15%	相对误差<±15%	\
	检定单位	河南省计量科学研究 院	河南省计量科学研究 院	河南省计量科学研 究院
	检定有效期	2022年07月29日 -2023年07月28日	2022年01月26日- 2023年01月25日	2022年01月26日 -2023年01月25日
	检定证书 编号	1022BY0500666	1022BY0500023	1022BY0800005
检 测 依 据	1. 《辐射环境监测技术规范》 HJ 61-2021； 2. 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 HJ 1157-2021； 3. 《放射诊断放射防护要求》 GBZ130-2020； 4. 《表面污染测定 第1部分 β发射体（E _{βmax} > 0.15MeV）和α发射体》 GB/T 14056.1-2008。			

8.2 质量控制措施

- 1.检测及分析均严格按照国家检测技术规范要求执行；
- 2.检测分析方法采用国家颁布的标准分析方法；
- 3.检测仪器经计量部门检定合格并在有效期内；
- 4.检测仪器符合国家有关标准和技术要求，检测前后进行仪器状态检查并记录存档；
- 5.检测人员经培训合格并持证上岗，检测报告严格实行三级审核制度。

8.3 检测结果

8.3.1 核医学科（2号楼负二层）

（1）检测点位示意图

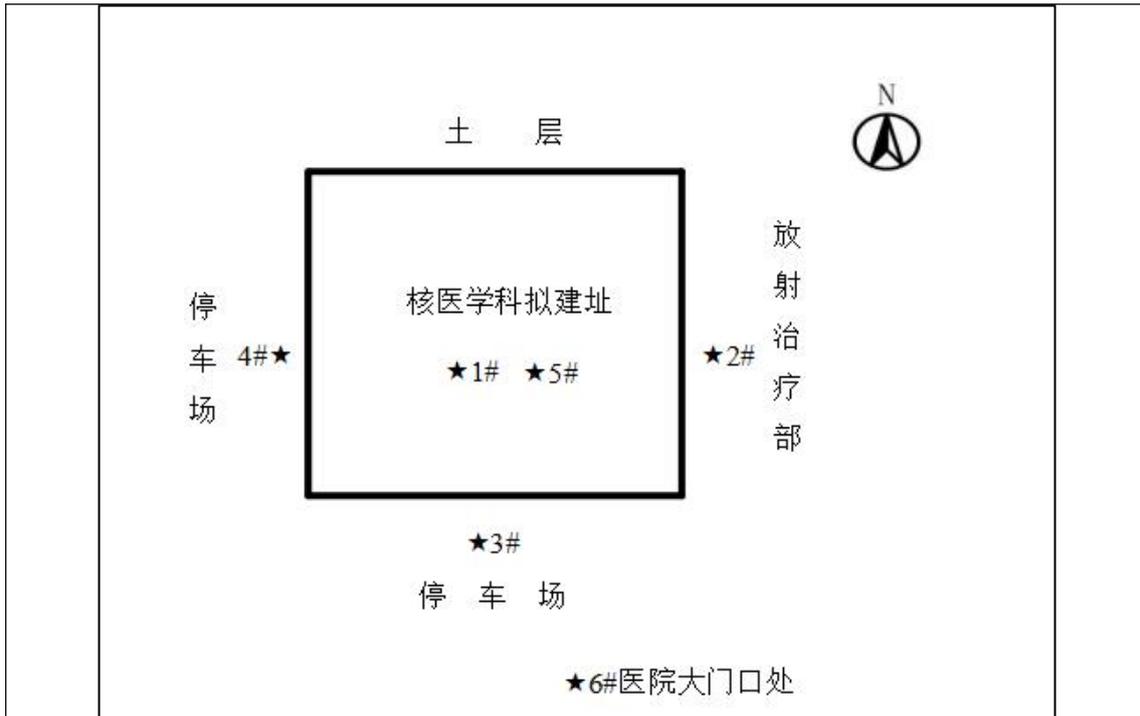


图 8-1 核医学科场所检测点位示意图

(2) 检测点位说明

①X- γ 辐射空气吸收剂量率检测点位设置为距所在楼层地板上方 100cm 高处；

② β 表面污染检测点位设置为受检物体表面 1cm 处。

(3) 检测结果

检测结果见表 8-3。

表 8-3 负二层核医学科监测结果

序号	点位编号	点位描述	X- γ 辐射空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	β 表面污染 (Bq/cm^2)
1	1#	核医学科拟建址中心处	0.09	未检出
2	2#	核医学科拟建址东侧	0.09	未检出
3	3#	核医学科拟建址南侧	0.08	未检出
4	4#	核医学科拟建址西侧	0.07	未检出
5	5#	核医学科拟建址上方消毒供应中心	0.09	未检出
6	6#	医院大门口	0.07	未检出

以下无数据

注：核医学工作场所拟建址地面为混凝土。

8.3.1 CT 机房（2 号楼负一层放射科 8 号 CT 机房）

(1) 检测点位示意图

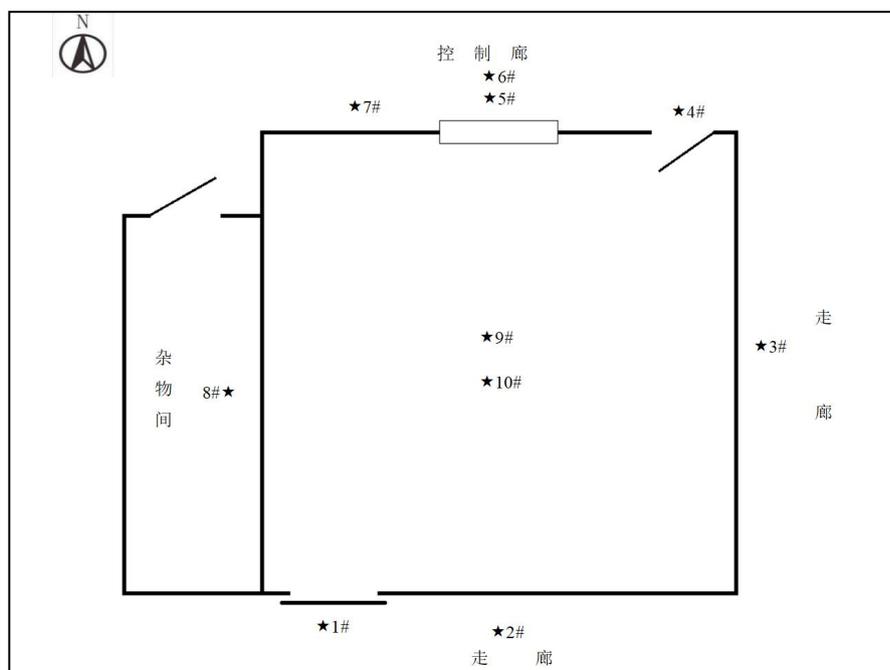


图 8-2 CT 机房 X- γ 辐射周围剂量当量率检测点位示意图

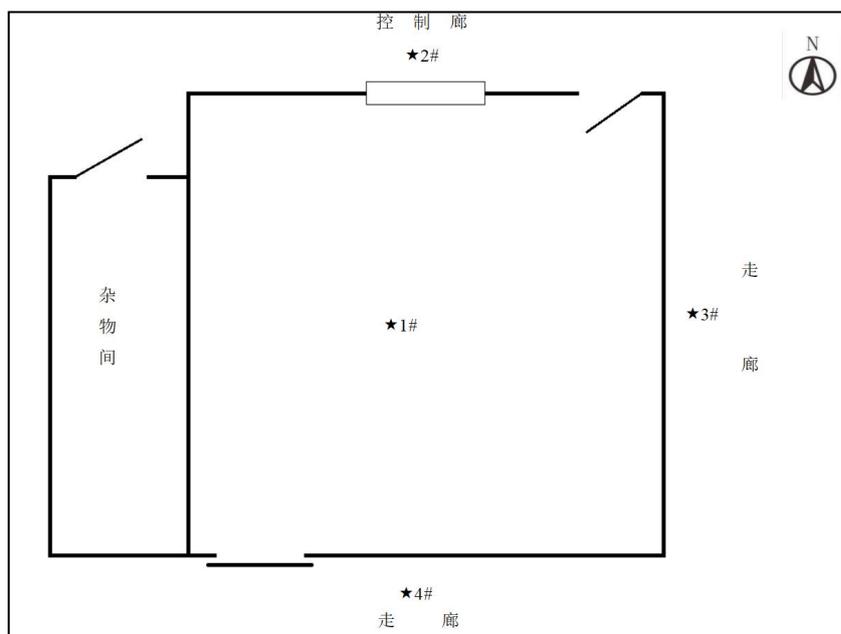


图 8-3 CT 机房 β 表面污染检测点位示意图

(2) 检测点位说明

①机房四周墙体外表面检测点位均设置为距地板高 100cm、墙体外表面 30cm 处；

②医生操作位（6#）设置为距地面高 100cm 处；

③机房位于 2 号楼负一楼，上方为诊室，检测点位（9#）设置为距地板 100cm 高处；下方为放射治疗部走廊，检测点位（10#）设置为距地板 170cm 高处；

④ β 表面污染检测点位设置为受检物体表面 1cm 处。

⑤检测时 CT 管电压 120kV，管电流时间积 288mAs，放置 CT 体模。

(3) 检测结果

检测结果见表 8-4、8-5。

表 8-4 负一层放射科 CT 机房 X- γ 辐射周围剂量当量率检测结果

序号	点位编号	点位描述	X- γ 辐射周围剂量当量率 (nSv/h)	
			开机	关机
1	1#-1	病人防护门左上侧门缝外表面 30cm 处	135	234
2	1#-2	病人防护门右上侧门缝外表面 30cm 处	132	121
3	1#-3	病人防护门中心外表面 30cm 处	129	117
4	1#-4	病人防护门左下侧门缝外表面 30cm 处	132	120
5	1#-5	病人防护门右下侧门缝外表面 30cm 处	133	120
6	2#-1	机房南墙西侧外表面 30cm 处	135	120
7	2#-2	机房南墙中心外表面 30cm 处	139	124
8	2#-3	机房南墙东侧外表面 30cm 处	140	123
9	3#-1	机房东墙南侧外表面 30cm 处	133	117
10	3#-2	机房东墙中心外表面 30cm 处	134	120
11	3#-3	机房东墙北侧外表面 30cm 处	134	117
12	4#-1	医生防护门左上侧门缝外表面 30cm 处	410	124
13	4#-2	医生防护门右上侧门缝外表面 30cm 处	408	123

14	4#-3	医生防护门中心外表面 30cm 处	457	123
15	4#-4	医生防护门左下侧门缝外表面 30cm 处	838	125
16	4#-5	医生防护门右下侧门缝外表面 30cm 处	598	124
17	5#-1	观察窗左上侧外表面 30cm 处	144	113
18	5#-2	观察窗右上侧外表面 30cm 处	148	124
19	5#-3	观察窗中心外表面 30cm 处	158	124
20	5#-4	观察窗左下侧外表面 30cm 处	202	125
21	5#-5	观察窗右下侧外表面 30cm 处	215	126
22	6#	医生操作位	177	129
23	7#-1	机房北墙西侧外表面 30cm 处	145	131
24	7#-2	机房北墙东侧外表面 30cm 处	140	127
25	8#-1	机房西墙北侧外表面 30cm 处	131	119
26	8#-2	机房西墙中心外表面 30cm 处	132	119
27	8#-3	机房西墙南侧外表面 30cm 处	129	117
28	9#	机房上房诊室	146	130
29	10#	机房下方放射治疗部走廊	143	126
以下无数据				

表 8-5 负一层放射科 CT 机房周围表面污染检测结果

序号	点位编号		点位描述	β 表面污染 (Bq/cm ²)
1	1#	1#-1	CT 检查床表面	未检出
2		1#-2	CT 设备表面	未检出
3		1#-3	CT 机房地面	未检出
4		1#-4	CT 机房墙体表面	未检出
5	2#	2#-1	控制廊工作台表面	未检出
6		2#-2	控制廊墙体表面	未检出
7		2#-3	控制廊地面	未检出

8	3#	机房东侧走廊墙体表面	未检出
9	4#	机房南侧走廊墙体表面	未检出
以下无数据			

监测结果显示：

(1) 郑州大学第一附属医院负二层核医学科周围环境的空气吸收剂量率范围为 0.07 μ Gy/h~0.09 μ Gy/h； β 表面污染未检出。与《2021 河南省生态环境状况公报》中公布的“ γ 辐射空气吸收剂量率年均值范围为 67.0~120.3nGy/h”对比，处于正常本底涨落范围内，无辐射异常点位。

(2) 经检测，CT 开机时，机房周围 X- γ 辐射周围剂量当量率范围为 129~838nSv/h，机房四周 X- γ 辐射周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中“CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求；CT 关机时，机房周围环境检测点位 X- γ 辐射周围剂量当量率范围为 117~234nSv/h，各检测点位 β 表面污染均未检出。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备及工艺分析

9.1.1 工作原理

(1) PET/MR

PET/MR, 即正电子发射计算机断层显像仪 PET 和核磁共振成像术 MRI 两强结合一体化组合成的大型功能代谢与分子影像诊断设备, 同时具有 PET 和 MRI 的检查功能, 达到最大意义上的优势互补。

PET 图像揭示了人体内部的分子代谢活动, 但是图像解剖结构不清楚, 而 MR 可清晰的显示人体组织的解剖结构, 当 PET 图像与 MR 图像进行融合后, 可以从根本上解决 PET 图像显示解剖结构不清楚的缺陷, 将检测部位的生化信息、功能信息和解剖结构信息同时显示在一张图像上对比诊断, 大大提升 PET 显像的临床应用效果。PET/MR 解决的主要临床问题是 PET/CT 的有害放射损伤和 PET/CT 诊断不具优势的地方, 并提供高质量的分子影像图像, 以及与组织分子结构、分子代谢和功能代谢相关的图像。

(2) PET/CT

PET/CT, 全称正电子发射断层与计算机断层诊断技术, 是在 PET 和 CT 的基础上发展起来的新设备, 充分结合了 PET 高灵敏度和 CT 高分辨率的优势。其原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂, 示踪人体内特定生物物质的生物活动, 采用多层、环形排列于发射体周围的探头, 由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子, 然后将获得的信息, 通过计算机处理, 以解剖影像的形式及其相应的生理参数, 显示靶器官或病变组织的状况, 藉此诊断疾病, 又称为生化显像或功能分子显像, 是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术; 同时结合应用高档多排 CT 技术进行精确定位, 可精确地提供靶器官的解剖和功能双重信息, 并能够独立完成多排螺旋 CT 的临床显像, 大大提高临床使用价值。

正电子发射是放射性核素衰变的方式之一。这类核素在自发的从不稳定状态向基态衰变过程中, 从核内释放出与普通电子一样但电荷相反的粒子, 即正电子。正电子是一种反物质, 从核内放出后很快与环境中自由电子碰撞湮灭, 转化为一对方向相反、能量 0.511MeV 的 γ 光子。如果在这对飞行方向上置一探测器, 便

可以几乎同时接受到两个光子，并可推定光子发源（即正电射）点在两探头间连线上。通过环绕 360°排列的多组配对探头，经探头对之间符合线路检验判定每只信号时耦性，排除其他来源射线的干扰，得到探头对连线上的一维信息，再用滤波反射方式，将信号按探头对的空间位置向中心点反投射，便可形成与探头组连线轴平行的断层面正电子反射示踪分布图像。这种探测方式一次只能反映一个层面的信息。实用中常用多层排列的探头对，配合层间符合线路，以利于探测并重建更多层面的图像。本项目 PET/MR 和 PET/CT，使用的核素为 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，核素特性见表 9-1。

表 9-1 核素性质一览表

核素	物理状态	挥发特性	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 MeV	光子能量 MeV	用途	来源
^{18}F	液态	不挥发	109.8min	β^+ 、EC	0.63 (+)	0.511	显像诊断	河医院区回旋加速器生产
^{68}Ga	液态	不挥发	68.3min	β^+ 、EC	1.9 (+)	0.511	显像诊断	^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器淋洗

(3) ^{68}Ga 制备工作流程

^{68}Ga 放射性药物由锗镓发生器淋洗产生，锗镓发生器的具体工作原理为： ^{68}Ge 离子吸附在 Al_2O_3 色层柱上，衰变后 ^{68}Ga 离子与 ^{68}Ge 离子电荷不同， ^{68}Ga 离子比较容易淋洗下来，使用时每隔数小时用 0.05~0.15mol/L 的 HCl 淋洗即可得到含有 ^{68}Ga 离子的淋洗液。淋洗液配置成相应的药物后，工作人员使用活度计根据需要量对 ^{68}Ga 药物进行标记，并在分装室手套箱中分装使用。其制备、注射和显像流程如下：

①将生理盐水瓶插入发生器的双针，一分钟后整体拔下外有防护罐的负压瓶，即制得淋洗液，制得的淋洗液贮存于外有防护罐的负压瓶之中。通常整个淋

洗过程约需两分钟。

②测量活度：测量活度在手套箱内进行，由负责注射的工作人员完成，手套箱内配置有用于活度测量的活度计，工作人员用注射器吸取少量淋洗液，测量其放射性活度，得出该瓶淋洗液的比活度，同时可测量淋洗液的纯度。

③标记：标记 ^{68}Ga 在手套箱内进行，工作人员同测量活度的人员为同一人，用于标记的冻干药盒在标记操作前经完整性检查后传递至手套箱内。用注射器将已测量好活度的淋洗液迅速转移至冻干药盒，并充分摇匀，稀释到预设体积。

④给药试验、测定：注射护士手持带铅套的注射器，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为病人注射，病人注射完药物后进入注射后候诊室内观察等待，等待结束后注射病人进入 PET/CT 机房或 PET/MRI 机房进行显像诊断，诊断结束后病人进入留观室休息一定时间后可直接离开。

(4) SPECT/CT

单光子发射计算机断层摄影（SPECT）基本原理是放射性核素的示踪作用：不同的显像剂在体内有其特殊的分布和代谢规律，能够选择性的聚集在特定脏器、组织或病变部位，使其与邻近组织之间的放射性分布形成一定程度浓度差，而显像剂中的放射性核素可发射出具有一定穿透力的 γ 射线，利用 SPECT 探头对这些光子进行探测和记录，通过计算机处理从而获得脏器、组织或者病变部位的形态、位置、大小以及脏器功能图像数据。

SPECT-CT 是将 SPECT 和 CT 结合成一体化的设备，主要部件均包括机架、环形探测器、符合电路、检查床及工作站等，探头前面加有准直器以保证成像质量。该设备不仅提供 SPECT 功能信息，而且提供诊断 CT 的解剖信息。

本项目 SPECT/CT 使用的核素为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，核素特性见表 9-2。

表 9-2 核素性质一览表

核素	物理状态	挥发特性	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 MeV	光子能量 MeV	用途	来源
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态	不挥发	6.02h	同质异能跃迁	/	0.140	显像诊断	外购不分装

(5) ^{125}I 粒籽源治疗肿瘤

^{125}I 粒籽源是一种微型放射源，它是用渗过 ^{125}I 的直径 0.5mm、长 3.0mm 银棒密封在直径 0.8mm、长 4.5mm、壁厚 0.05mm 的钛管中焊接而成的。持续发射能量仅为 27.5keV 的 X 射线和 35.5keV 的 γ 射线，半衰期为 59.6 天，在人体组织有效损伤距离为 1.7 厘米，在体内有效作用时间为 120 天。肿瘤细胞增殖周期为 G0-G1-S-G2-M，增殖周期中，G2、M 期少量的 γ 射线即能破坏肿瘤细胞核的 DNA,使肿瘤细胞失去繁殖能力而凋亡。

9.1.2 工作流程

(1) 2号楼负二层核医学影像诊断工作流程

①受检者预约和订药：

预约：受检者经医生确认需进行 SPECT/CT、PET/MR 或 PET/CT 诊断检查，开具预约单，受检者持预约单至核医学中心进行预约检查。

备药：根据与受检者预约情况提前准备放射性药物，其中 ^{18}F 由河医院区回旋加速器生产放入铅罐中，运至核医学分装室在通风橱内进行分装； ^{68}Ga 拟由设置于分装室的 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器淋洗、质控、分装后提供； $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 由有资质的供药单位分装后提供（本项目不分装）。

②分装、注射和候诊

分装、注射：分装人员在手套箱内按预约单上活度进行分装，并进行活度质控测量（每次时长约 15s），确认无误后放入铅防护套内，送至注射窗口（设置有 3 个注射窗口，其中注射窗口 1、2 注射 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，注射窗口 3 注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ），然后通过注射窗口对受检者进行静脉注射。每次只为 1 位受检者注射药物，先在门诊室内建立静脉注射通道，然后再进行静脉注射给药，每次注射时长约 10s。

候诊：受检者注射药物前，患者先进行体重的称量和血糖的测定，然后在候诊室休息，听到叫号后进入核医学中心在注射窗口进行药物注射，注射药物后的受检者进入注射后候诊室内候诊，一般候诊 15-20min。

③诊断检查流程

摆位：工作人员在控制室通过传呼通话系统告知在注射后候诊室内的受检者到机房内接受检查。由工作人员通过对讲装置指导受检者完成摆位，特殊情况时工作人员进入机房为受检者摆位，每次摆位时长约 30s，摆位时工作人员距离受检者 0.5m~1m，摆位完成后工作人员准备开始进入显像程序。

检查：待受检者摆位完成后，工作人员确认防护门已关闭，在控制室内通过操作自动显像检查程序，检查时间一般约 15~20min。此过程工作人员在控制室内操作。

留观：检查完毕后，若受检者需留观，受检者将在留观室留观约 15~20min，经医生确认图像质量满意后，受检者方可离开，根据病情需要，部分受检者可能需要进行延迟显像。

诊断：图像重建，出具报告，检查资料原始数据及图像储存。工作流程见图 9-1。

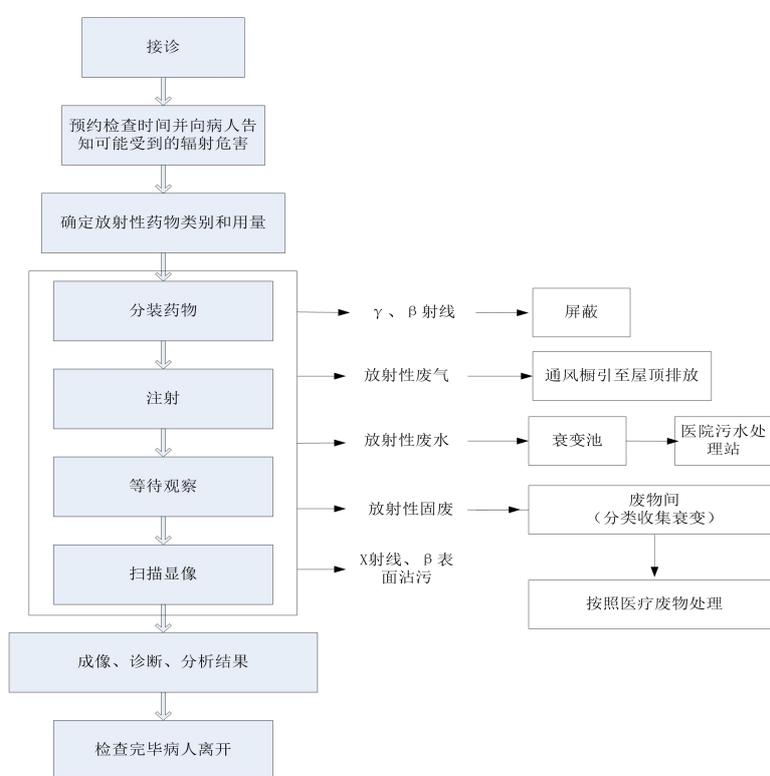


图 9-1 显像检查流程及产污环节示意图

(2) ^{125}I 粒籽源治疗肿瘤

本项目 ^{125}I 粒籽用于实体肿瘤经皮影像 (CT) 引导下植入，粒籽源由厂家直接购入，存放于 2 号楼负二层核医学科粒籽分装洗消间保险箱内，使用时由分装人员在粒子洗消间进行分装洗消，然后装进铅罐中送至 2 号楼负一楼 8 号 CT 机房，在 CT 影像引导下植入病灶部位。植入后需留院观察一段时间，建设单位拟安排粒籽植入病人在核医学科留观室进行留院观察。治疗流程包括确定植入剂量与植入路径、购入粒子、术前准备、手术植入，留院观察等。

操作流程及产污环节示意图如下：

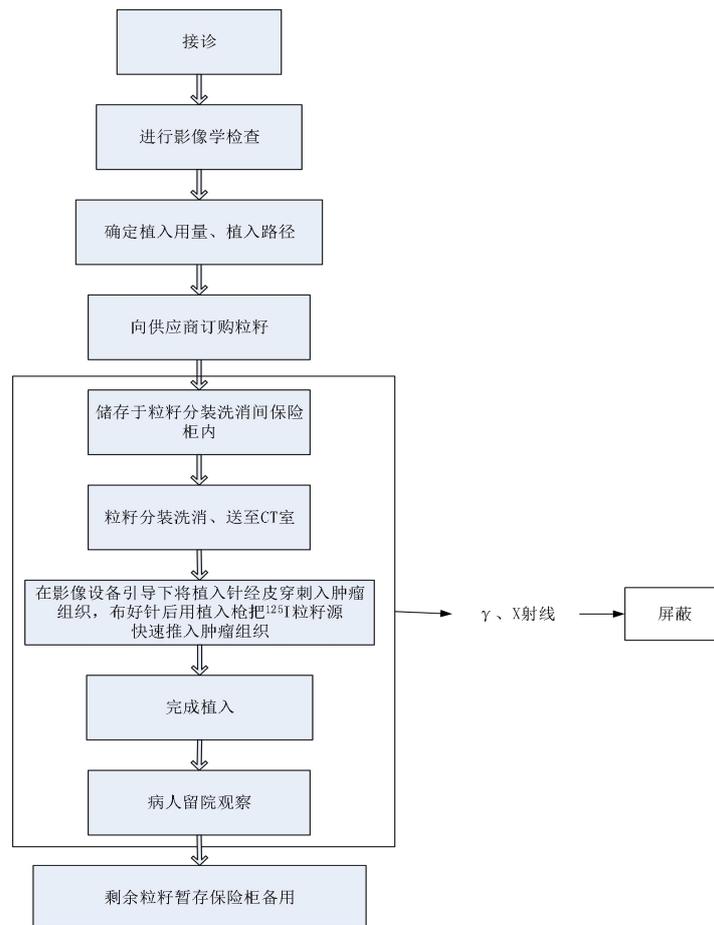


图 9-2 碘-125 粒籽植入治疗流程图

9.2 辐射源项

9.2.1 运行期正常工况污染源

(1) 放射性药物

本项目非密封放射性物质工作场所拟使用放射性药物开展核医学影像诊断，应用过程中产生的辐射主要来自放射性药物在衰变过程中产生的 γ 射线、 β 射线。 β 射线穿透力很弱，在组织内辐射距离很短，不会对环境产生明显影响。在放射性药物分装、给药等操作过程中，放射工作人员、受检者会受到来自放射性药物的内照射及外照射。这种内、外照射剂量的大小与放射性药物种类、活度、辐射源距离、停留时间、屏蔽防护以及进入人体途径有关。核医学诊断过程辐射源项分布详见表 9-3。

表 9-3 核医学诊断过程辐射源项分布情况

序号	工作场所（或操作过程）	主要辐射源项
1	药物接收过程 （分装室交接、手套箱暂存）	放射性药物（ γ 射线、 β 表面污染）
2	^{18}F 转运过程、 ^{68}Ga 淋洗过程、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射（从分装后到注射）	放射性药物（ γ 射线、 β 表面污染）
3	手套箱（药物分装和质控）	放射性药物（ γ 射线、 β 表面污染）
4	注射窗口（注射过程）	放射性药物、患者和废弃物（ γ 射线、 β 射线、 β 表面污染）
5	检前等候室（注射后受检者候诊）	受检者（ γ 射线）
6	PET/MR、PET/CT 机房、SPECT/CT （受检者接受检查）	受检者（ γ 射线）、CT（X 射线）
7	留观室（患者留观到离开）	受检者（ γ 射线）
8	受检者专用卫生间	受检者排泄物（ γ 射线）
9	核污室（有关废弃物处置）	注射用针头、针管和棉签等（ γ 射线）
10	^{125}I 粒籽植入	受检者（ γ 射线）

（2）放射性废物

①气体放射性废物：主要来源于在放射性药物的质控和分装等操作中，有些过程可能产生放射性气溶胶，但这些操作均在手套箱内完成，一般不会扩散至核医学工作场所，减少对放射工作人员的影响。

②液体放射性废物：主要来源于患者注射放射性药物后所产生的呕吐物和排泄物、剩余药液、洗消废水以及紧急排放。放射性废液将在衰变池衰变至少 30 天后排放。

③固态放射性废物：主要来源于放射性药物操作过程中污染的注射器、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸和破碎器皿等。废物收集暂存，暂存至少 30 天后进行处理。

(3) 显像设备

PET/CT 是由正电子发射计算机断层显像 (PET) 和电子计算机 X 射线断层扫描技术 (CT) 的有机结合体, SPECT/CT 是由单光子发射计算机断层成像术 (SPECT) 和电子计算机 X 射线断层扫描技术 (CT) 的有机结合体。在正常运行情况下, 工作人员和公众可能受照的辐射源为 PET/CT 及 SPECT/CT 的 CT 部分产生的 X 射线: 主要包括穿透 PET/CT、SPECT/CT 检查室屏蔽墙、防护门、观察窗, 对放射工作人员 (职业照射) 和周围公众 (公众照射) 产生外照射。

(4) 注射后的患者

注射放射性药物后的患者, 其身体就成为了辐射源。此外注射药物后患者的分泌物、呕吐物、排泄物等均具有放射性, 会对其周围的放射工作人员、相关公众及周围环境造成辐射危害。

9.2.2 事故工况下污染源

由于建设项目使用的放射性同位素药物为液体, 属开放型放射性物质, 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气溶胶, 污染清除将产生少量的放射性固体废物。

(1) 放射性液体

- ①使用液体放射性物质过程中操作不当, 发生意外泄漏, 造成二次污染;
- ②受检者注射放射性核素后, 发生呕吐或大小便失禁, 产生表面污染;
- ③放射性药物贮源器表面的污染。

(2) 其他异常情况

- ①注射后病人离开核医学科, 对医务人员、公众造成意外照射;
- ②放射性药物丢失、被盗和失控, 造成人员的误照事件;
- ④配药计算错误, 增加了病人药物的注射量, 甚至导致超剂量照射。

(3) CT 部分可能出现的异常情况

- ①对机器进行维修或调试过程中, 维修人员也可能收到不必要的照射;
- ②因机器故障等原因, 可能导致放射工作人员、患者或陪护人员受到超剂量的外照射。

以上核素污染等异常状况, 污染源项仍然为 X 射线、 γ 射线和 β 表面污染。

如核素污染不能及时去除，会扩大污染范围，增加对周围公众人员的额外照射；如误吸入或食入污染的物品也有可能造成内照射污染。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射防护措施

10.1.1 工作场所的布局

(1) 2 号楼负二层核医学科

建设项目项目核医学科位于南院区 2 号楼地下二层，拟设置 PET/MR 机房、PET/MR 设备间、PET/CT 机房、PET/CT 设备间、SPECT/CT 机房、SPECT/CT 设备间、各设备机房控制室、分装室、储源室、心肌负荷运动间（兼抢救室）、给药室 1/2、受注射室 1/2/3、SPECT 给药后候诊室、SPECT 留观室、PET 给药后候诊室 1/2/3/4、PET 留观室、注射后走廊、检后留观及其卫生间、放射性废物储存室、洁具间、更衣室、缓冲区、淋浴间、医生办公室、值班室、敷贴室、粒子分装洗消间、护士站等区域。

建设项目核医学科场所东侧为放射治疗部，场所西侧、南侧均为停车场，场所北侧为土层，场所上方为消毒供应中心，内部通道门均为长闭门，避免人员交叉，核医学科相对独立，建设项目工作场所布局较为合理。

(2) 2 号楼负一层 CT 机房

CT 机房位于 2 号楼负一层放射科 8 号机房，CT 机房为原有设备机房，设置有设备间、控制室等辅助功能房间，该区域原有平面布局不作变动，仅新增核素 ^{125}I 用于开展粒子植入治疗肿瘤。

10.1.2 工作场所的分区

根据《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB 18871-2002）中要求，为便于辐射防护管理和职业照射控制。医院拟将核医学工作场所划分控制区及监督区。其中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；不需要专门采取防护手段或安全措施，但需经常对职业照射条件进行监督与评价的区域确定为监督区。根据以上原则，工作场所具体分区情况下表 10-1。分区布局图见图 10-1、10-2。

表 10-1 各工作场所用房及分区情况一览表

工作场所及区域	分区	涉及房间及区域
核医学科 (乙级非密封性 工作场所)	控制区	PET/MR 机房、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、分装室、 储源室、心肌负荷运动间（兼抢救室）、给药室 1/2、受注射 室 1/2/3、SPECT 给药后候诊室、SPECT 留观室、PET 给 药后候诊室 1/2/3/4、PET 留观室、注射后走廊、SPECT 留 观室、PET 留观室、放射性废物储存室、洁具间、医生入口 缓冲通过间、敷贴治疗室、粒子洗消间。
	监督区	PET/MR 设备间、PET/CT 设备间、SPECT/CT 设备间、空 调机房、控制室、护士站、宣教室、门诊室、更衣室、医生 办公室、值班室、敷贴接诊室、护士站等区域。
丙级非密封性工 作场所	控制区	CT 机房
	监督区	设备间、控制廊、医护走廊

分区管理措施：控制区的入口拟设置电离辐射警示标志，设备机房外防护门上方设置工作状态指示灯，同时控制区入口和出口拟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，并在相应位置设置导向标识或提示。工作人员进出口处设计卫生通过间，设置表面污染检测仪，工作人员进出时均需进行污染检测。建设项目工作场所布局与分区较为合理，分区管理措施可以满足相关法规、标准和建筑卫生学要求。建设单位应按照相关标准规定设置警告标志、警戒线、门禁系统及导诊指示线等防护设施，以避免辐射污染，确保人员安全。分区示意图见图 10-1、图 10-2。

建设项目工作场所布局与分区较为合理，分区管理措施可以满足相关法规、标准和建筑卫生学要求。医院应按照相关标准规定设置警告标志、警戒线、门禁系统及导诊指示线等防护设施，以避免辐射污染，确保人员安全。

10.1.3 核医学科场所人员、核素流向

(1) 辐射工作人员流向

①SPECT/CT、PET/CT、PET/MR 操作人员由核医学科场所东北侧办公室进入控制室，经工作人员防护门至机房进行指导摆位，工作结束后原路返回；

②核素操作人员经核医学科场所西南侧由更衣值班室（更衣并穿戴防护用

品)经缓冲间、卫生通过间进入储源室、分装室,于分装室的通风橱内进行药物质控、分装等操作,再至给药室内注射窗口进行药物注射;工作结束后原路返回,至淋浴室冲洗后并在缓冲间表面污染监测合格后更衣离开核医学工作区。

③粒子分装洗消及敷贴治疗操作人员在场所敷贴治疗室及粒子分装洗消间进行操作,工作结束后原路返回。

④粒子植入工作人员通过2号楼负一楼东北侧放射科医护人员入口进入8号CT机房,更衣换鞋后进入工作区域,工作结束后原路返回。

(2) 患者流向

①敷贴治疗患者经过核医学场所南侧病人入口处进入,经核医学患者接待室进行预约治疗登记并进行等候,进入敷贴治疗室根据预约情况接受敷贴治疗。敷贴治疗结束后工作人员回收敷贴器,患者可直接离开。

②核医学显像检查:受检者根据预约经过核医学场所南侧病人入口处进入,来至候诊区进行等候,听到工作人员叫号后通过宣教室病患入口(场所入口处拟设置单向门禁和自动闭门装置,患者只进不出)前往受注射室1/2/3,并在窗口接受药物注射。受检者注射放射性药物后前往注射后休息室(根据注射核素种类分别进入PET给药后候诊室及SPECT给药后候诊室)进行候诊,随后根据工作人员叫号至设备机房进行扫描检查,检查结束后在留观室短暂留观(根据注射核素种类分别进入PET留观室及SPECT留观室),后经集水坑北侧病患出口步梯/电梯离开核医学。

③粒子植入患者通过2号楼负一楼放射科南侧患者入口进入8号CT机房,在CT室完成碘-125粒籽植入后原路返回。

(3) 放射性核素流向

①本项目所用放射性核素由送药单位根据建设单位的预订日期经核医学科场所北侧核素入口送入储源室及分装室。

②碘-125粒籽由供应商送至粒籽分装洗消间,工作人员接收后暂存于保险箱内。碘-125粒籽使用前由工作人员粒籽分装洗消间进行粒籽的分装洗消,并抽检活度,完成后将碘-125粒籽放入专用容器,经检测容器外侧剂量率符合标准要求(外表面5cm处的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$)后,由专人运送,经2号楼

负一楼医护通道送至 CT 室内，转运过程中有专人负责提醒路径上公众人员注意避让。

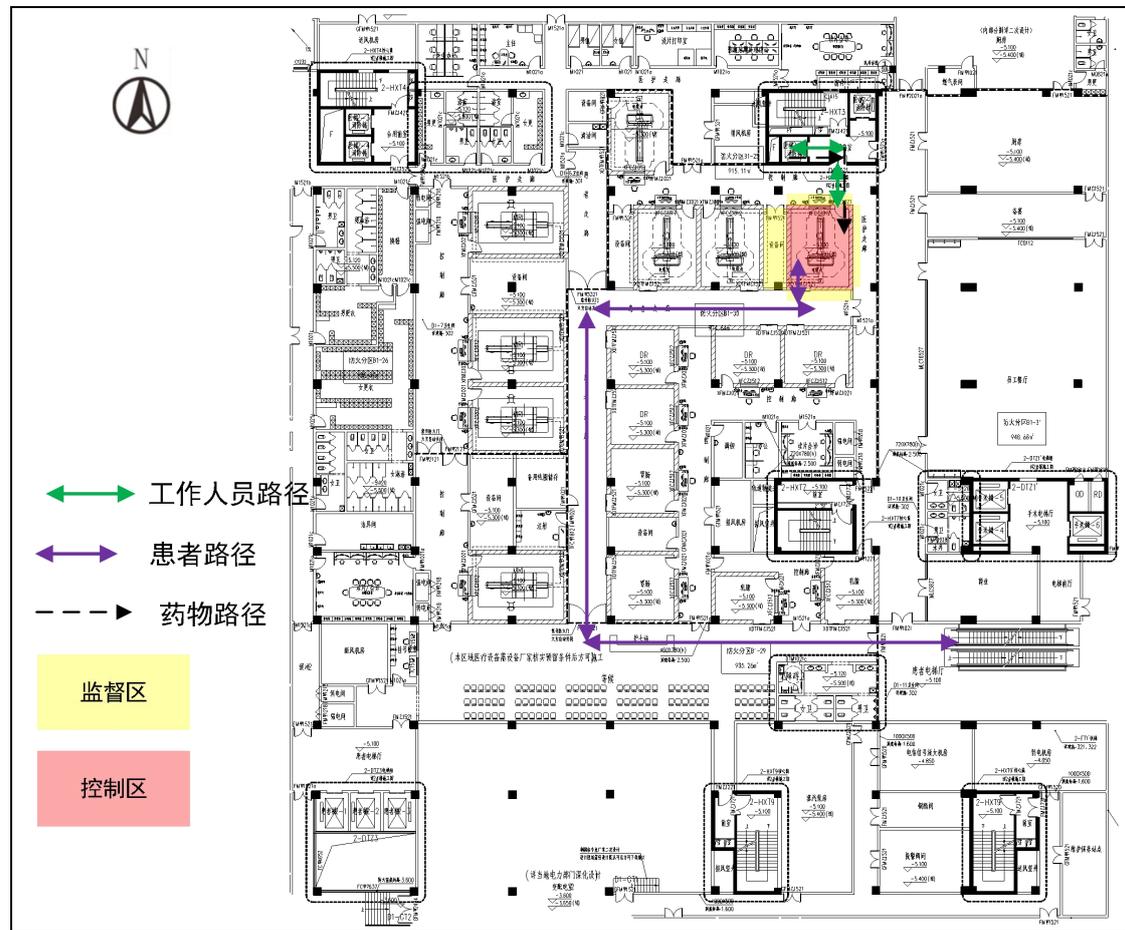


图 10-1 丙级非密封性工作场所布局、分区、流向图

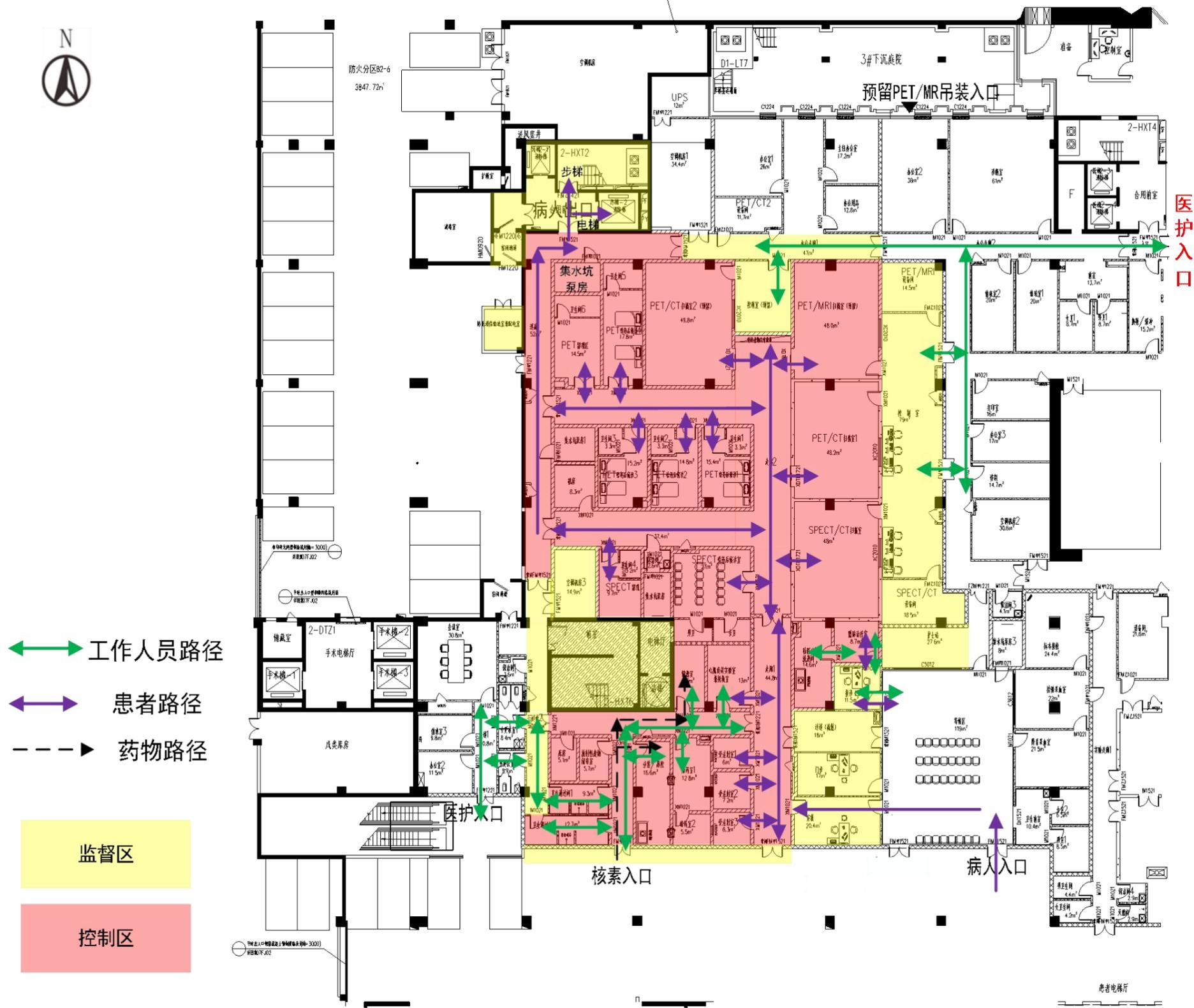


图 10-2 核医学科工作场所布局、分区、流向图

10.1.4 屏蔽防护设计

(1) 2 号楼负二层核医学科

建设项目核医学中心拟使用混凝土及实心黏土砖，各房间顶棚采用焊接钢骨架支撑后铺设混凝土，各防护门采用钢框架内置铅板，观察窗采用铅防护玻璃，项目所使用混凝土密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，砖密度 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 。各房间防护情况见表 10-2。

表 10-2 控制区主要用房拟采取屏蔽防护设施一览表

房间	屏蔽体	屏蔽材料
PET/CT1 机房、 SPECT/CT 机房	四周墙体	250mm 混凝土
	顶棚	300mm 混凝土
	地板	土层
	观察窗 1 个	4mmPb
	每个机房 1 个医生防护门	4mmPb
	每个机房 1 个受检者防护门	4mmPb
PET/CT2 机房	四周墙体	360mm 实心黏土砖
	顶棚	300mm 混凝土
	地板	土层
	观察窗 1 个	4mmPb
	医生防护门 1 个	4mmPb
	受检者防护门 1 个	4mmPb
PET/MR 机房	四周墙体	240mm 实心黏土砖

	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	观察窗 1 个	4mmPb
	医生防护门 1 个	4mmPb
	受检者防护门 1 个	4mmPb
PET 留观区	四周墙体	北墙、南墙为 240mm 实心黏土砖 东墙、西墙为 360mm 实心黏土砖
	顶棚	300mm 混凝土
	地板	土层
	防护门 1 个	15mmPb
SPECT 给药后 候诊室、SPECT 留观	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	每个房间 1 个防护门	4mmPb
PET 给药后候 诊 1/2/3	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	每个房间 1 个防护门	10mmPb

PET 给药后候 诊 4	四周墙体	北墙、南墙为 240mm 实心黏土砖 东墙、西墙为 360mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	防护门 1 个	8mmPb
分装室	手套箱	正面 110mmPb, 侧面 60mmPb
	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	防护门 1 个	4mmPb
储源室	四周墙体	西墙为 300mm 混凝土, 其余墙体 240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	防护门 1 个	4mmPb
给药室 1	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	防护门 1 个	8mmPb

	注射窗 1 个	50mmPb 牛头注射防护窗（铅玻璃 不小于 10mmPb）
给药室 2、受注射室 1/2	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	每个房间 1 个防护门	10mmPb
	每个房间 1 个注射窗	50mmPb 牛头注射防护窗（铅玻璃 不小于 10mmPb）
受注射室 3	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	防护门 1 个	4mmPb
	注射窗 1 个	50mmPb 牛头注射防护窗（铅玻璃 不小于 10mmPb）
敷贴治疗室、粒子洗消间	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	每个房间 1 个防护门	10mmPb
心肌负荷实验室	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土

抢救室	地板	土层
	防护门 1 个	4mmPb
放射性废物储存室	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	土层
	防护门 1 个	8mmPb
淋浴、缓冲间	四周墙体	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土
	地板	/
核医学入口	防护门 1 个	18mmPb
受检者注射走廊	东墙	240mm 实心黏土砖
	顶棚	180mm 混凝土

(2) 2 号楼负一层放射科 CT 机房

CT 机房为原有机房，建设项目机房屏蔽防护设施见表 10-3。

表 10-3 建设项目 CT 机房屏蔽设施一览表

机房名称	屏蔽体	屏蔽材料 ^①	等效铅当量 ^②	标准要求
64 排 CT (2 号楼负一层)	四周墙体	370mm 实心红砖+30mm 钡水泥	5.1mmPb	≥2.5mmPb
	顶棚	220mm 混凝土+30mm 钡水泥	4.5mmPb	
	地板	220mm 混凝土+30mm 钡水泥	4.5mmPb	
	防护门	4mm 防护门	4.0mmPb	
	观察窗	4mmPb 防护窗	4.0mmPb	

备注：①本项目建设使用实心红砖密度约为 1.65g/cm³；钡水泥密度约为 2.7g/cm³；混凝土密度约为 2.2g/cm³。

10.1.5 安全防护设施

(1) 警告设施

建设单位计划在本项目控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在各机房受检者防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联动，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。在非密封放射性物质工作场所门禁、分装室、注射室等工作场所均设置电离辐射警告标志，并在地面处设置患者路径标识。

(2) 紧急制动装置

在控制台上、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急制动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急制动按钮即可令设备停止运行。

(3) 操作警示装置

PET-CT、SPECT-CT、CT 扫描时，控制台指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

(4) 视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、核医学科工作场所进出/口情况；PET-CT、SPECT-CT、CT 扫描间和操作间之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与扫描间内受检者联系。

(5) 门禁系统

在受检者出、入口处设置单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。

(6) 淋浴、洗手

在缓冲室设置有洗手池和淋浴装置，供工作人员清洗去污。

(7) 放射性药品管理

拟安排专人负责放射性药品的订购、接收和管理，建立放射性药品的出入库登记制度，登记内容包括：生产单位、到货日期、核素种类、产品编号、理化性质、检测结果等，并有接收人签字。对放射性药品拟实行双人双锁管理，储源场所具备防火、防盗等安全防护措施，房间内不放置易燃、易爆及其他危险物品。

10.1.6 表面污染控制措施

为保证工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，建设单位拟设置如下管理措施和要求：

（1）涉及放射性药物操作的工作场所墙面（1米及以下）和地面拟采用PVC板，拐角使用弧线处理。工作台面要求平整、光滑、易于清洗。墙面与地面、墙面与顶棚、墙面连接转角处，以及工作台边沿拟采取弧形，以尽可能减少表面污染。

（2）除注射、给药外，其余涉及放射性药物的所有操作均在手套箱内进行，手套箱操作台面要求光滑、平整、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都必须在铺衬有吸水纸的瓷盘内进行。

（3）工作人员进入控制区须更换服装，穿戴工作衣、鞋套、口罩、帽子、乳胶手套及相应个人防护用品，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用品。操作放射性核素的工作人员，在离开前应吸收和进行表面污染检测，若污染水平超标，应采取去污措施。从控制区取出物品，也需进行表面污染检测。

（4）操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

10.1.7 防护用品及检测仪器配置

（1）2号楼负二层核医学科

建设单位拟为本项目核医学科相关工作人员配备了相关辅助防护设施和检测仪器，具体配备情况见表10-4、10-5、10-6。

表 10-4 本项目核医学科场所辅助防护设施情况一览表

屏蔽设施	数量	相关参数	备注
手套箱	1 个	正面 110mmPb，侧面 60mmPb	分装室
铅罐	2 个	50mmPb	分装室、储源室各 1 个
铅污物桶	5 个	10mmPb	PET 给药后候诊室 1/2/3/4、PET 留观室各 1 个

铅污物桶	2 个	5mmPb	SPECT 给药后候诊室、留观室各 1 个
注射器转运盒	2 个	10mmPb	分装室
注射窗口	3 个	50mmPb	注射药物用
注射器防护套	6 个	10mmPb	注射药物用
铅屏风	3 个	10mmPb	注射后候诊室用
放射性废物贮存箱	2 个	800mm×500mm×500mm, 10mmPb	给药室 1 使用
放射性废物贮存箱	2 个	800mm×300mm×500mm, 5mmPb	给药室 2 使用
一次性工作服、工作帽、一次性防水手套、口罩、滤纸、衬垫等			按需配置

表 10-5 本项目场所检测仪器配置情况一览表

序号	设备名称	规格及型号	数量	拟设置地点
1	个人剂量报警仪	未定	4 个	控制室
2	个人剂量计	/	分装注射人员配备铅衣内外 2 个剂量计、设备操作人员配备 1 个剂量计	工作时佩戴
3	辐射巡检仪	未定	1 台	缓冲间
4	表面污染检测仪	未定	2 台	缓冲间、敷贴治疗室各 1 个
5	固定式辐射检测仪	未定	2 台	受检者入口及出口各设置 1 台
6	放射性活度计	未定	1 个	分装注射室

表 10-6 本项目配置的个人防护用品

名称	规格	数量	备注
铅橡胶衣	0.5mmPb	4 件	供辐射工作人员使用
铅橡胶围裙	0.5mmPb	4 件	
铅橡胶围脖	0.5mmPb	4 件	
铅玻璃眼镜	0.5mmPb	4 件	

铅橡胶衣	0.5mmPb	4 件	供陪检者使用
------	---------	-----	--------

(2) 2 号楼负一楼 CT 室辐射防护用品及检测仪器

CT 室已配备了符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求的防护用品，根据碘-125 粒籽植入的工作特点需另新增配备部分防护用品及检测仪器，详见表 10-7。

表 10-7 CT 室辐射防护用品及检测仪器一览表

防护用品名称	相关参数	数量	备注
铅橡胶围裙、颈套等	0.5mmPb	4 套	现有
铅污物桶	10mmPb	1 个	拟新增
X、 γ 辐射检测仪	未定	1 台	拟新增
表面污染检测仪	未定	1 台	拟新增

因本项目 CT 还用于进行普通的放射诊断，建设单位应在每次粒籽植入前后清点粒籽数量，术后若有剩余粒籽源，则存放于储源室；废弃或泄漏的粒籽源拟放置在铅罐中内，退回厂家。每次粒籽植入工作结束对 CT 机房进行检测，防止粒籽源遗漏在 CT 机房。

10.1.8 应急及去污用品

建设单位拟配备拖把、抹布等清洁去污用品放在污洗间；拟配备一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防护工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（加入清洗洗涤剂 and 硫代硫酸钠）；拟配备小刷子、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、胶带、标签、不透水的塑料涂层、一次性镊子存放在卫生通过间，符合相关标准的要求。

10.1.9 射线装置机房面积及屏蔽防护

建设项目各射线装置机房最小有效使用面积及最小单边长度见表 10-8。

表 10-8 建设项目机房设计有效使用面积及最小单边长度一览表

机房名称	有效使用面积 (m ²)	单边长度 (m)	标准要求		评价
			最小有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	
PET/CT 机	47.84	东西长度 6.32, 南北长	30	4.5	符合

房 1		度 7.57			要求
PET/CT 机房 2	49.82	东西长度 6.47, 南北长度 7.70	30	4.5	符合要求
SPECT/CT 机房	47.62	东西长度 6.29, 南北长度 7.57	30	4.5	符合要求
64 排 CT 机房	30.1	东西长度 4.7, 南北长度 6.4	30	4.5	符合要求

建设项目各射线装置机房 X 射线屏蔽防护情况见表 10-9。

表 10-9 本项目机房屏蔽设计一览表

机房名称	屏蔽体	防护材料	等效铅当量	标准要求	评价
PET/CT 机房 1、SPECT/CT 机房	四周墙体	250mm 混凝土	3mmPb	2.5 mmPb	符合标准要求
	顶棚	300mm 混凝土	3.6mmPb		
	防护门	控制室防护门、机房防护门均为不锈钢框架内衬 4mm 铅板	4mmPb		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		
PET/CT 机房 2	四周墙体	360mm 实心砖	4mmPb		
	顶棚	300mm 混凝土	3.6mmPb		
	防护门	控制室防护门、机房防护门均为不锈钢框架内衬 4mm 铅板	4mmPb		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		
64 排 CT 机房	四周墙体	370mm 实心红砖 +30mm 钡水泥	5.1mmPb		
	顶棚	220mm 混凝土 +30mm 钡水泥	4.5mmPb		
	地板	220mm 混凝土 +30mm 钡水泥	4.5mmPb		
	防护门	4mm 防护门	4.0mmPb		
	观察窗	4mmPb 防护窗	4.0mmPb		

屏蔽设计符合性分析：

据上表可知，该项目采取的屏蔽设施符合《放射诊断放射防护要求》GBZ

130-2020 相关要求。

10.2 放射性三废治理

10.2.1 放射性固体废物

(1) 放射性固体废物产生量

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要为：受检者注射留观期间产生的放射性固体废物（注射器、棉棒、一次性卫生用品等）；通风系统更换失效的过滤器。

注射候诊、留观期间产生放射性污染固体废物按 50g/人次计算，年诊断 42500 人，年产生的放射性污染固体废物约 2125kg；每年更换 3 次通风系统更换失效的过滤器，产生的固体废物约 15kg，本项目核医学科产生的放射性固体废物约为 2140kg/年，8.56kg/天（年工作 250 天）。

(2) 放射性固体废物收集

本项目核医学科 SPECT 给药后候诊室、SPECT 留观室、PET 给药后候诊室、PET 留观室、走廊等区域内均设置有铅污物桶，用于收集诊疗过程中的放射性固体废物，铅污物桶外拟张贴电离辐射警示标志，内放置专用塑料袋进行废物收纳，收集满后密封转送至放射性废物储存室内。

本项目设有 2 个给药室、3 个注射窗口。给药室设置有放射性废物贮存箱，用于收集核医学护士在分装注射室产生的注射器、棉棒等放射性固体废物。贮存箱外拟张贴电离辐射警示标志，内放置专用塑料袋进行废物收纳，收集满后密封转送至废物间内。给药室 1 注射 ^{18}F 、 ^{68}Ga 核素，受检者每年最大约有 3 万人，每月最大约有 2500 人，每人每次在注射过程中产生的放射性固体废物约 10g，每月产生的放射性固体废物约 25kg，配置有 2 个放射性废物贮存箱交替使用，每个贮存箱 0.2m³，可贮存约 1 个月的固废量，收集满后密封转送至废物间内放置 30 天作为医疗固废处理。注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素的受检者每年最大约 1.25 万人，每月最大约 1042 人，每人每次在注射过程中产生的放射性固体废物约 10g，每月产生的放射性固体废物约 10.42kg，配置有 2 个放射性废物贮存箱交替使用，每个贮存箱 0.12m³，可贮存约 1 个月的固废量，收集满后密封转送至废物间内放置 30 天作为医疗固废处理。

(3) 放射性固体废物贮存

本项目核医学科南侧设置有放射性废物储存室，用来贮存放射性固体废物。诊疗过程中产生的放射性固废经收集后，按类别和日期分别存放于固废暂存间的铅污物桶内，等待放射性物质自行衰变。污物桶及贮存箱注明所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息。固废暂存间内安装有排风管道，入口处设置电离辐射警告标志，并采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏的措施。

（4）放射性固体废物处理

放射性固体废物存储和处理安排专人负责，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。暂存 30 天后经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的、可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

本项目放射性固体废物暂存时间满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求。

10.2.2 放射性废水

本项目核医学科放射性废液的主要来源是工作人员操作过程手部受到微量污染或清扫工作台面、地面的清洁工具清洗时可能带有微量放射性的废液以及患者冲洗排便用水。

（1）放射性废液产生量

①工作人员产生的清洗废水量

工作人员离开控制区时均进行去污清洗，清洗废水按照每人每天 5L 计，每天进入高活区工作人员约 7 名（护士/师 4 名、技师 3 名），则工作人员每天产生废水量约 0.035m^3 。

②工作场所清洗水

结束后工作人员均会对工作场所的操作台面、地面等进行清洗，保守估计工作场所每天产生的清洗水最多约为 0.02m^3 。

③患者排泄物冲洗水

本项目乙级非密封放射性物质工作场所预计最大接诊人数 170 人/d，废水主要为使用卫生间后的冲厕废水和洗手废水，根据《建筑给排水设计规范》（GB 50015—2019），门诊病人生活用水按照最大 15L 每次，按照 80%排水，每人每次每天产生废水 12L 估算，则每天产生最大废水量约为 2.04m^3 。

④事故清洗废水

本项目放射性药物为注射方式，药物倾洒可能性不大；若发生放射性药物倾洒事故，保守估计每次产生的去污清洗水最多约为 0.2m^3 （主要为工作人员、受检者清洗用水、场所清洗用水），而此类事件医院要求每年不超过 2 次，则药品倾洒事故清洗水的年最大产生量约为 0.4m^3 。

由上述分析可知，本项目核医学科投入运行后，放射性废水每天最大产生量约为 2.30m^3 （考虑 1 次事故清洗废水），每年废水最大产生量约为 575m^3 。

(2) 放射性废液收集及贮存

根据建设单位提供资料，在核医学科设置集水坑、1 个沉淀池、3 个衰变池（槽式衰变池），每个衰变池有效容积为约 38m^3 （ $6.5\text{m}\times 2.7\text{m}\times 2.2\text{m}$ ）。集水坑位于场所 SPECT-CT 注射后候诊室西侧，沉淀池及衰变池位于工作场所西北侧（楼外、地下 1m 深处），放射性废水每天产生废水量最大约为 2.3m^3 ，则该衰变池设计至少可贮存该区域运行 49.5 天的放射性废水。核医学科放射性废水通过管道（管道外使用 2mm 铅皮进行防护）汇集至集水坑，集水坑内设置两台切割式潜水泵（一用一备），将废水打入室外地下衰变池区域。在衰变池中暂存一段时间后经监测合格后（监测因子：总 β ，排放标准： 10Bq/L ）排放至医院污水管网。

(3) 衰变池设计信息如下：

①自动化控制系统，通过 PLC 和触摸屏设定工作参数和状态提醒机制，所有运行状态自行监控，可在无人值守状态下实现全自动稳定运行。

②运作原理：3 个衰变池依次收集放射性废水，第一个池收集废水时，其它几个池进水阀门均关闭，第一个池收集满时关闭进水阀门并打开第二个池的进水阀门，依次操作，当第 3 个衰变池收集将满时，第一个衰变池废水已经衰变了 49.5 天，可直接排放，储存时间及排放方式满足满足相关标准的要求。各阀门使用电脑远程控制操作，污水在衰变池中的时间被自动记录在电脑中。

③衰变池砌体做防水/防渗漏处理：采用 C30 抗渗混凝土（500mm 混凝土），抗渗等级 S8；②底板及外墙配筋为 $\Phi 18@150$ 双排双向，内墙配筋为 $\Phi 10@150$ 双排双向；③外防水采用 1.2mm 厚聚氨酯防水涂料二道，内防水采用 1.5mm 厚环氧树脂防水材料。

衰变池设计示意图详见图 10-3,核医学科放射性废水管道设计示意图详见图 10-4。

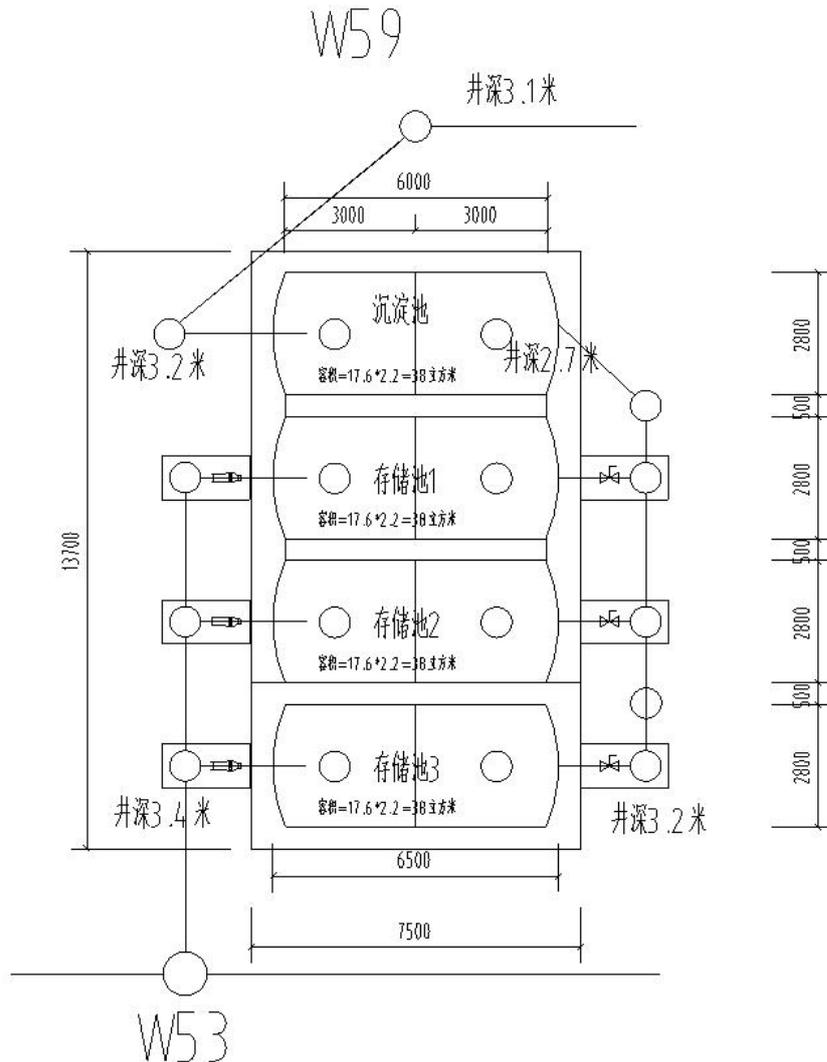


图 10-3 衰变池设计示意图

10.2.3 废气治理措施

本项目核医学科工作场所拟设置 4 套放射性废气收集系统,各废气收集支管相应节点拟设置调节阀门,防止放射性废气倒灌,废气排放之前拟设置活性炭等高效过滤物质进行过滤后排入大气中。活性炭一次装量约 5kg,于过滤器内部呈 Z 字型的排布,保证密封性。本项目所使用的活性炭过滤器为浸渍活性炭过滤器,该过滤器经过特殊的浸渍剂浸渍处理,吸附效率可至少达到 99%,更换的过滤器按照放射性固体废物收集处理。

具体情况如下:

(1) 分装室手套箱拟设置 1 套独立的放射性废气收集系统,放射性药物的分

装、质控等操作在手套箱内进行，设计通风速率不小于 0.5m/s，废气经收集后由管道连接至核医学科东北侧风井，沿污风井抽排至本建筑屋顶上方。

(2) 粒子洗消间分装室手套箱拟设置 1 套独立的放射性废气收集系统，放射性药物的分装、质控等操作在手套箱内进行，设计通风速率不小于 0.5m/s，废气经收集后由管道连接至核医学科东北侧风井，沿污风井抽排至本建筑屋顶上方。

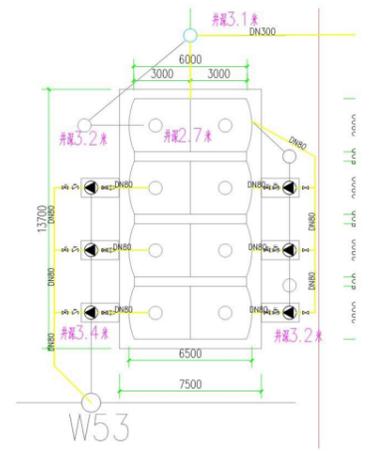
(3) 诊断区域（各设备机房、PET 候诊室、PET 留观室区域）拟设置 1 套独立的放射性废气收集系统，分别在 SPECT/CT 机房、PET/CT 机房、PET/MR 机房、PET 给药后候诊室、PET 留观室、集水坑房间 1 设置 1 个排风口，废气经收集后由管道连接至核医学科东北侧风井，沿污风井抽排至本建筑屋顶上方。

(4) 诊断区域（SPECT 留观室、SPECT 给药后候诊室、给药室、受注射室）拟设 1 套独立的放射性废气收集系统，分别在库房、放射性废物暂存间、分装/质控室、给药室 1/2，受注射室 1/2/3，储源室、心肌运动负荷间（抢救室）、SPECT 给药后候诊室、集水坑房间 2、SPECT 留观室、粒子洗消间、敷贴治疗室各设置 1 个排风口，废气经收集后管道连接至核医学科东南侧风井，沿污风井抽排至本建筑屋顶上方。

建设项目核医学科工作场所拟设置的放射性废气收集系统相对独立，气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，设置有防倒灌阀门以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。通风橱等密闭设备设计有单独的排风系统，核医学科场所各废气排放口均位于本建筑物屋顶上方，核医学科所在的 2 号楼门诊医技楼建筑物周围无其他高层建筑。各废气排放口排放方式可以满足标准要求。本报告建议放射性废气排气管道应做好屏蔽补偿，同时核医学科排风系统所使用的排风过滤器需定期更换，更换下来的过滤器应按放射性固体废物进行处理。核医学科放射性废气管道设计示意图详见图 10-5。



注：潜污泵后管道贴本层梁底设置，接室外相应排水管道；应根据现场实际情况进行调整。



室外表交池排水平面图 1:150

卫生洁具图例	
	墙式陶瓷洗手盆(柱式)
	不锈钢清洗池
	陶瓷清洗池
	漏液器
	实验台盆(含试剂架)
	卫生陶瓷洗手盆(台面式)
	墙式冲洗脚踏式小便器
	地压脚踏冲洗脚踏式小便器
	不锈钢清洗池(台面式)
	坐便器

管道附件图例	
	排水管道
	地漏
	清扫口

核医学科辐射废水排水平面图(二) 1:150

STAR
北京中核四达工程设计咨询有限公司
Beijing Nuclear Star
Engineering Design & Consultation Co., Ltd.
工程设计资质证书编号: A11105027

中核五院 核四院 中核辐射院 中核工程院 中核环境院
Donggong Building, #100 Beijing Road, Beijing 100000
Beijing, China. Phone: 010-85911111

本公司承接全国范围内工程勘察设计咨询业务, 承接项目多, 不在此列者另行约定, 合作, 互惠共赢。

签字区 SIGNATURE

修改记录 UPDATE	日期 DATE	修改内容
A	2022.03.17	PRE 首次设计
		修改日期 状态 修改说明
		文件编码 FILE ENCLOSURE

建设单位 CONSTRUCTOR
郑州大学第一附属医院

项目名称 PROJECT NAME
郑州大学第一附属医院南区核医学科装修工程

子项目名称 SUBITEM NAME

图纸名称 DRAWING TITLE
核医学科辐射废水排水平面图(二)

工号	姓名	签名	日期
版次	A1		
专业	给排水		比例 1:150
设计阶段	施工图		设计年份 2022

签字区 SIGNATURE COLUMN	姓名	签名	日期
总工程师			
项目经理			
设计人			
审核人			
专业负责人			
校核			
审核			
设计			

会签区 COOPERATION COLUMN	姓名	签名	日期
专业			
建筑			
结构			
给排水			
暖通			
电气			
通信			

图 10-4.2 放射性废水排放管道示意图

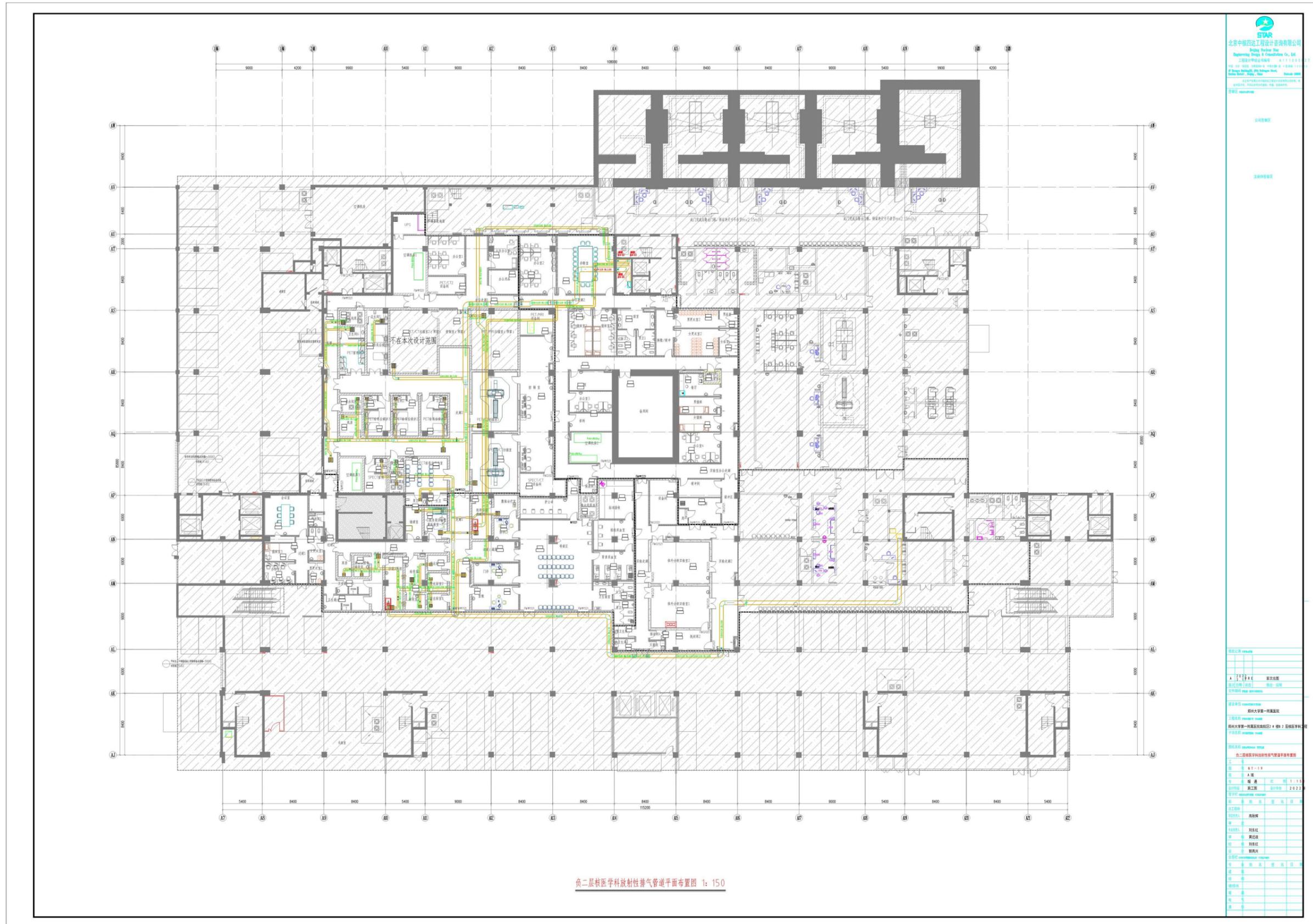


图 10-5 放射性废气排放管道示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设期环境影响分析

本项目在建设单位已有建筑内进行建设，不新增用地，施工期间可能产生的污染物主要为扬尘、废水、噪声和固废等。

(1) 大气环境影响分析

本项目施工期产生废气的作业主要为施工时产生的扬尘。本项目施工期间产生的扬尘量较小，通过建设施工中采取湿法作业，尽量降低粉尘对周围环境的影响，施工期产生的少量扬尘对项目周围大气环境影响较小。

本项目工程量较小，施工期大气污染物对项目所在环境空气质量影响较小，且些影响将会随施工期的结束而结束。

(2) 声环境影响分析

本项目施工期噪声源主要有施工机械和设备，由于本项目工程量小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用较小，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小。

施工期间，施工机械设备的噪声时起时停，针对施工期声环境影响，施工期噪声污染防治措施具体有：

①合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，晚上 10 点到早上 6 点禁止施工作业。

②优先选用低噪声设备，日常注意对施工机械、设备的维修、保养，使其保持良好的运行状态。

③对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。

经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，且施工期只在短时期对局部环境造成影响，待施工结束后这些影响也随着消失，施工期噪声对周围声环境不会造成明显影响。

(3) 水环境影响分析

本项目施工过程中，不产生施工废水；施工人员施工过程中产生的生活污水依托医院现有污水收集及处理系统处理后进入城市污水管网，不会对周围环境产生影响。

(4) 固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾，施工期生活垃圾产生量很小，依托医院现有环保设施，经医院垃圾桶收集后定期清运。建筑垃圾主要为碎瓷片、碎砖块、混凝土块等，均交由环卫部门清运。

本项目施工期的生活垃圾和建筑垃圾均有合适的处理方式，不会对周围环境产生影响。

综上所述，本项目施工期较短，施工量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保设施，对环境影响很小。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.2 运行期环境影响分析

根据项目工程分析及源项章节，本项目核医学科主要污染因子为放射性核素衰变过程中会产生的 β 射线及 γ 射线， β 射线在空气中的射程很短，且容易被砖墙、铅等屏蔽物质阻挡，本项目核医学科各工作场所均设置了足够的空间，且有墙体、铅门、铅玻璃进行屏蔽。同时工作人员在操作过程中穿戴有防护服，使用有注射器防护套等，所以本项目产生的 β 射线对周围辐射环境及人员影响是很小的。因此本项目主要针对 γ 射线进行辐射环境影响分析。

11.2.1 核医学科工作场所屏蔽防护设计评价

本项目核医学科工作场所涉及 SPECT/CT、PET/CT、PET/MR 显像检查。核医学科各区域及工作用房的辐射屏蔽计算，应考虑其可能涉及的核素种类、患者数量及药物用量等。 ^{99m}Tc 核素扫描以每人每次 740MBq 进行考虑， ^{18}F 核素扫描以每人每次 370MBq 进行考虑， ^{68}Ga 核素扫描以每人每次 370MBq 进行考虑。

综合考虑确保安全、人员居留及设备检查场地环境要求等因素，人员可到达等因素以及对诊断设备影响，设置关注点，本报告选择的关注点位置见图 11-1。确定关注点的距离，墙（或门）外关注点距屏蔽体外表面的距离为 30cm，距室顶地面（楼上）30cm。因建设项目大多数辐射源为活动的，考虑到辐射防护最优化，取受检者常居留位置（房间中心位置）作为辐射源位置，注射窗口辐射源取注射时源所在位置。将核素看成点源，采用瞬时剂量率计算方法来进行屏蔽计算，结果如表 11-1 所示。计算公式如下：

$$x = TVL \times \lg \left(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_p \times r^2} \right) \dots\dots\dots (11-1)$$

X—屏蔽厚度，单位为 mm；

TVL— γ 射线的十分之一值层厚度，单位为 mm；根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I， ^{18}F ：铅的 TVL 为 16.6mm，砖的 TVL 为 263mm，混凝土的 TVL 为 176mm； $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ：铅的 TVL 为 1mm，砖的 TVL 为 160mm，混凝土的 TVL 为 110mm； ^{68}Ga ：铅的 TVL 为 16.6mm，砖的 TVL 为 263mm，混凝土的 TVL 为 176mm。

A—单个患者所用放射源的最大活度，单位为 MBq；

Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ；根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 H，对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 取 0.0303；对 ^{18}F 取 0.143。 ^{68}Ga 取 0.134。

\dot{H}_p —屏蔽体外 30cm 关注点剂量率控制水平，单位为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

r—参考点与放射源间的距离，单位为 m。

由表 11-1 理论计算结果可知，核医学科控制区内各主要工作场所四周屏蔽墙体及顶棚、防护门、观察窗屏蔽体的设计厚度均大于理论计算值，能够使屏蔽体外剂量率满足标准要求。

表 11-1 核医学科相关工作场所屏蔽计算结果一览表

源所在区域及编号	关注点编号	关注点位置	辐射源强 (MBq)	关注点与辐射源距离 (m)	周围剂量当量率控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	理论计算材料厚度	设计方案中材料厚度	评价
A、受注射室 1 (^{18}F 、 ^{68}Ga 注射窗口)	A1	北墙外 30cm	受检者 1 名, 370MBq ^{18}F	1.62	2.5	238.43mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	A2	东墙外 30cm		2.80	2.5	113.43mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	A3	受检者防护门外表面 30cm		2.66	2.5	7.89mmPb	10mmPb 防护门	满足要求
	A4	南墙外 30cm		1.62	2.5	238.43mm 砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	A5	注射窗外表面 30cm		0.85	2.5	24.35mm 铅	50mmPb	满足要求
	A6	二层消毒供应中心地板上方 30cm		2.18	2.5	114.17mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高 (净尺寸)；2.76m×2.16m×3.0m，辐射源距离北墙 1.08m，距离西墙 0.5m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，病人注射室 1 及病人注射室 2 受检者一致，选取病人注射室 1 进行计算。								
	B1	北墙外 30cm		1.62	2.5	85.39mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	B2	东墙外 30cm		2.80	2.5	9.35mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求

B、受注射室 3 (^{99m} Tc 注射窗口)	B3	受检者防护门外表面 30cm	受检者 1 名, 740MBq ^{99m} Tc	2.66	2.5	0.103mmPb	4mmPb	满足要求
	B4	南墙外 30cm		1.62	2.5	85.39mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	B5	注射窗外表面 30cm		0.85	2.5	1.094mm 铅	50mmPb	满足要求
	B6	二层消毒供应中心地板上方 30cm		2.3	2.5	25.22mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）：2.76m×2.16m×3.0m，辐射源距离北墙 1.08m，距离西墙 0.5m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度。								
C、给药室 2 (^{99m} Tc 注射窗口)	C1	北墙外 30cm	受检者 1 名, 740MBq ^{99m} Tc	2.69	2.5	14.91mm 砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	C2	医生防护门外 30cm		2.81	2.5	0.055mm 铅	4mmPb	满足要求
	C3	西墙外 30cm		3.5	2.5	不需要屏蔽	240mm 实心黏土砖	满足要求
	C4	南墙外 30cm		2.69	2.5	14.91mm 砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	C5	注射窗外表面 30cm		0.85	2.5	1.094mm 铅	50mmPb	满足要求
	C6	二层消毒供应中心地板上方 30cm		2.3	2.5	25.22mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求

	长×宽×高（净尺寸）；3.46m×2.3m×3.0m，辐射源距离北墙 1.15m，距离东墙 0.5m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度							
D、给药室 1(¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga 注射窗口)	D1	北墙外 30cm	受检者 1 名， 370MBq ¹⁸ F	1.65	2.5	234.24mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	D2	北墙医生防护门外 30cm		2.88	2.5	6.75mmPb	8mmPb	满足要求
	D3	西墙外 30cm		2.34	2.5	154.43mm 砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	D4	南墙外 30cm		2.74	2.5	不需要屏蔽	240mm 实心黏土砖	满足要求
	D5	注射窗 2 外表面 30cm		0.85	2.5	24.35mm 铅	50mmPb	满足要求
	D6	注射窗 1 外表面 30cm		0.85	2.5	24.35mm 铅	50mmPb	满足要求
	D7	二层消毒供应中心 地板上方 30cm		2.18	2.5	114.17mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
	长×宽×高（净尺寸）；5.05m×2.3m×3.0m，设置有 2 个注射窗口，辐射源距离北墙最近距离 1.11m，距离东墙最近距离 0.5m，距离南墙最近距离 2.2m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度							
E 分装室	E1	手套箱正面分装工 作位	30525MBq ¹⁸ F	0.5	2.5	110mm 铅	110mmPb 手套箱	满足要求

	E2	手套箱侧面		0.5	25	47.2mm 铅	60mmPb 手套箱	满足要求
	E3	防护门外 30cm	受检者 1 名, 370MBq ¹⁸ F)	6.11	2.5	不需要屏蔽	注射器防护套 10mmPb+4mmPb 防护门	满足要求
	E4	北墙外 30cm		6.99	2.5	不需要屏蔽	注射器防护套 10mmPb+240mm 实心黏土砖	满足要求
	E5	西墙外 30cm		1.05	2.5	21.30mm 铅	注射器防护套 10mmPb+240mm 实心黏土砖（等效 25mmPb）	满足要求
	E6	南墙外 30cm		1.41	2.5	17.05mm 铅	注射器防护套 10mmPb+240mm 实心黏土砖（等效 25mmPb）	满足要求
	E7	东墙外 30cm		2.54	2.5	8.56mm 铅	注射器防护套 10mmPb+240mm 实心黏土砖	满足要求
	E8	二层消毒供应中心 地板上方 30cm		2.18	2.5	114.17mm 混凝土	注射器防护套 10mmPb+180mm	满足要求

							混凝土	
长×宽×高（净尺寸）；7.32m×2.51m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 6.45m，距离东墙最近距离 2.00m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，分装室分装 ^{18}F 、 ^{68}Ga ，本次核算按照核素分装较大量 ^{18}F 考虑，每次手套箱内最大分装 825mCi 药物。								
储源室	F1	北墙外 30cm	30525MBq ^{18}F	2.76	2.5	39.18mm 铅	50mmPb 铅罐 +240mm 实心黏土 砖	满足要求
	F2	东墙外 30cm		1.64	2.5	46.68mm 铅	50mmPb 铅罐 +240mm 实心黏土 砖	满足要求
	F3	防护门外 30cm		3.16	2.5	37.23mm 铅	50mmPb 铅罐	满足要求
	F4	西墙外 30cm		1.64	2.5	46.68mm 铅	50mmPb 铅罐 +240mm 实心黏土 砖	满足要求
	F5	二层消毒供应中心 地板上方 30cm		2.18	2.5	42.58mm 铅	50mmPb 铅罐 +180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）；4.44m×2.2m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 2.22m，距离东墙最近距离 1.1m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，核源室放置核素 ^{18}F ，本次核算按照核素使用较大量 ^{18}F 考虑。								
G、心肌负	G1	北墙外 30cm		2.76	2.5	11.35mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求

荷运动室	G2	东墙外 30cm	受检者 1 名, 740MBq ^{99m} Tc	2.15	2.5	46.06mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	G3	南墙外 30cm		2.76	2.5	11.35mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	G4	防护门外 30cm		2.36	2.5	0.21mmPb	4mmPb 防护门	满足要求
	G5	西墙外 30cm		2.15	2.5	46.06mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	G6	二层消毒供应中心 地板上方 30cm		2.18	2.5	30.34mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）；4.44m×3.22m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 2.22m，距离东墙最近距离 1.61m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ^{99m} Tc 受检者需要在心肌负荷运动间运动。								
H、 SPECT/CT 机房	H1	北墙外 30cm	受检者 1 名, 740MBq ^{99m} Tc	5.99	2.5	不需要屏蔽	250mm 混凝土	满足要求
	H2	医生防护门外 30cm		6.08	2.5	不需要屏蔽	4mmPb 防护门	满足要求
	H3	观察窗外 30cm		3.70	2.5	不需要屏蔽	4mmPb 观察窗	满足要求
	H4	东墙外 30cm		3.63	2.5	不需要屏蔽	250mm 混凝土	满足要求
	H5	南墙外 30cm		3.25	2.5	不需要屏蔽	250mm 混凝土	满足要求
	H6	西墙外 30cm		3.63	2.5	不需要屏蔽	250mm 混凝土	满足要求

	H7	受检者防护门外 30cm		4.00	2.5	不需要屏蔽	4mmPb 防护门	满足要求
	H8	二层消毒供应中心 地板上方 30cm		2.18	2.5	30.34mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）；8.16m×6.18m×3.0m，辐射源距离南墙最近距离 2.71m，距离东墙最近距离 3.09m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ^{99m} Tc 受检者需要在 SPECT/CT 机房扫描检查。								
J、 PET/CT1 机房	J1	北墙外 30cm	受检者 1 名， 370MBq ¹⁸ F	3.44	2.5	44.44mm 混凝土	250mm 混凝土	满足要求
	J2	医生防护门外 30cm		4.08	2.5	1.73mm 铅	4mmPb 防护门	满足要求
	J3	观察窗外 30cm		3.70	2.5	3.14mm 铅	4mmPb	满足要求
	J4	东墙外 30cm		3.63	2.5	36.22mm 混凝土	250mm 混凝土	满足要求
	J5	南墙外 30cm		5.8	2.5	不需要屏蔽	250mm 混凝土	满足要求
	J6	西墙外 30cm		3.63	2.5	36.22mm 混凝土	250mm 混凝土	满足要求
	J7	受检者防护门外 30cm		5.48	2.5	不需要屏蔽	4mmPb 防护门	满足要求
	J8	二层消毒供应中心		2.18	2.5	114.17mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求

		地板上方 30cm						
长×宽×高（净尺寸）；8.16m×6.18m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 2.90m，距离东墙最近距离 3.09m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga 受检者需要在 PET/CT 机房扫描检查，两种核素能量一致，选取 ¹⁸ F 进行计算。								
K、 PET/MR 机房	K1	北墙外 30cm	受检者 1 名， 370MBq ¹⁸ F	3.44	2.5	44.44mm 混凝土	240mm 混凝土	满足要求
	K2	医生防护门外 30cm		4.08	2.5	1.73mm 铅	4mmPb 防护门	满足要求
	K3	观察窗外 30cm		3.70	2.5	3.14mm 铅	4mmPb	满足要求
	K4	东墙外 30cm		3.63	2.5	36.22mm 混凝土	240mm 混凝土	满足要求
	K5	南墙外 30cm		5.8	2.5	不需要屏蔽-35.42	240mm 混凝土	满足要求
	K6	西墙外 30cm		3.63	2.5	36.22mm 混凝土	240mm 混凝土	满足要求
	K7	受检者防护门外 30cm		6.27	2.5	不需要屏蔽	4mmPb 防护门	满足要求
	K8	二层消毒供应中心 地板上方 30cm		2.18	2.5	114.17mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）；8.16m×6.18m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 2.90m，距离东墙最近距离 3.09m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga 受检者需要在 PET/CT 机房扫描检查，两种核素能量一致，选取 ¹⁸ F 进行计算。								

L、PET/CT 机房 2	L1	北墙外 30cm	受检者 1 名, 370MBq ¹⁸ F	3.44	2.5	66.40mm 砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	L2	医生防护门外 30cm		4.30	2.5	0.974mm 铅	4mmPb	满足要求
	L3	观察窗外 30cm		3.81	2.5	2.72mm 铅	4mmPb	满足要求
	L4	东墙外 30cm		3.81	2.5	43.07mm 砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	L5	南墙外 30cm		6.2	2.5	不需要屏蔽	240mm 实心黏土砖	满足要求
	L6	西墙外 30cm		3.81	2.5	43.07mm 砖	360mm 实心黏土砖	满足要求
	L7	受检者防护门外 30cm		5.41	2.5	不需要屏蔽	4mmPb	满足要求
	L8	二层消毒供应中心 地板上方 30cm		2.18	2.5	114.17mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）；8.56m×6.47m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 2.90m，距离东墙最近距离 3.27m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga 受检者需要在 PET/CT 机房扫描检查，两种核素能量一致，选取 ¹⁸ F 进行计算。								
M、PET 给 药后候诊 室 4	M1	北墙外 30cm	受检者 2 名, 740MBq ¹⁸ F	4.84	2.5	67.57mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	M2	东墙外 30cm		2.11	2.5	257.23mm 实心黏	360mm 实心黏土砖	满足要求

						土砖		
	M3	南墙外 30cm		4.84	2.5	67.57mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	M4	防护门外 30cm		4.30	2.5	5.97mmPb	8mmPb	满足要求
	M5	西墙外 30cm		2.11	2.5	257.23mm 实心黏土砖	360mm 实心黏土砖	满足要求
	M6	二层消毒供应中心地板上方 30cm		2.18	2.5	167.15mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
<p>长×宽×高（净尺寸）：8.6m×2.9m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 4.3m，距离东墙最近距离 1.45m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ¹⁸F、⁶⁸Ga 受检者在 PET 给药后候诊室候诊，两种核素能量一致，选取 ¹⁸F 进行计算，每次最多 2 名受检者</p>								
N、PET 留观室	N1	北墙外 30cm	受检者 3 名， 1110MBq ¹⁸ F	3.69	10	21.26mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	N2	东墙外 30cm		2.38	2.5	276.04mm 实心黏土砖	360mm 实心黏土砖	满足要求
	N3	南墙外 30cm		3.69	2.5	21.26mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	N4	防护门外 30cm		3.31	2.5	12.67mmPb	15mmPb	满足要求

	N5	西墙外 30cm		2.38	2.5	276.04mm 实心黏土砖	360mm 实心黏土砖	满足要求
	N6	二层消毒供应中心地板上方 30cm		2.18	2.5	198.14mmPb	300mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）；6.30m×3.43m×3.0m，每次最多留观受检者约 3 名（ ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga 均有），辐射源距离北墙最近距离 3.15m，距离东墙最近距离 1.72m，距离地板 1.3m，本次核算按照核素使用较大量 ¹⁸ F 考虑，计算时辐射源位于留观室中心位置，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度								
O、PET 给药后候诊室 2	O1	北墙外 30cm	受检者 2 名， 740MBq ¹⁸ F	3.34	2.5	152.31mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	O2	受检者防护门外 30cm		3.85	2.5	7.57mmPb	10mmPb 防护门	满足要求
	O3	东墙外 30cm		2.32	2.5	235.56mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	O4	南墙外 30cm		3.34	2.5	52.31mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	O5	西墙外 30cm		2.32	2.5	235.56mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	O6	二层消毒供应中心地板上方 30cm		2.18	2.5	167.15mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）；5.6m×3.57m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 2.8m，距离东墙最近距离 1.78m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ¹⁸ F 或 ⁶⁸ Ga 受检者需要在 PET1、PET2、PET3 等候区，每次最多有 2 名受检者，本次计算选取房间面积最								

	小的 PET2 室							
P、SPECT 留观室	P1	北墙外 30cm	受检者 1 名, 370MBq ¹⁸ F	2.89	2.5	106.20mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	P2	受检者防护门外 30cm		3.71	2.5	3.10mmPb	4mmPb	满足要求
	P3	东墙外 30cm		2.09	2.5	180.24mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	P4	南墙外 30cm		2.89	2.5	106.20mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	P5	西墙外 30cm		2.09	2.5	180.24mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	P6	二层消毒供应中心 地板上方 30cm		2.18	2.5	114.17mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
	长×宽×高（净尺寸）：4.7m×3.1m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 2.35m，距离东墙最近距离 1.55m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ¹⁸ F 或 ⁶⁸ Ga 受检者需要在 VIP4 等候区，每次最多有 1 名受检者。							
Q、 SPECT/CT 等候区	Q1	北墙外 30cm	受检者 3 名, 2220MBq ^{99m} Tc	2.89	2.5	81.29mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	Q2	受检者防护门外 30cm		3.12	2.5	0.442mmPb	12mmPb	满足要求
	Q3	东墙外 30cm		3.39	2.5	59.11mm 实心黏 土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求

	Q4	南墙外 30cm		2.89	2.5	81.29mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	Q5	西墙外 30cm		3.39	2.5	59.11mm 实心黏土砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	Q6	二层消毒供应中心地板上方 30cm		2.18	2.5	82.82mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
长×宽×高（净尺寸）；5.7m×4.7m×3.0m，辐射源距离北墙最近距离 2.35m，距离东墙最近距离 2.85m，距离地板 1.3m，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度，注射 ^{99m} Tc 受检者需要在 SPECT/CT 等候区，每次最多有 3 名受检者。								
R 受检者 注射走廊	R1	东墙外 30cm 处（核医学入口门诊）	受检者 1 名， 370MBq ¹⁸ F	2.12	2.5	176.98mm 砖	240mm 实心黏土砖	满足要求
	R2	核医学入口处防护门外 30cm（宣教室）		2.1	2.5	11.31mm 铅	18mmPb 防护门	满足要求
	R3	二层消毒供应中心地板上方 30cm		2.18	2.5	114.17mm 混凝土	180mm 混凝土	满足要求
每次分别注射 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga、 ^{99m} Tc 受检者 1 名，本次核算按照核素使用较大量 ¹⁸ F 考虑），距离地板 1.3m，计算时辐射源位于注射走廊中心区域，关注点与辐射源距离考虑了防护材料厚度								

(2) 设计方案评价

由表 11-1 理论计算结果可知，核医学科控制区内各主要工作场所四周屏蔽墙体及顶棚、观察窗、防护门屏蔽体的设计厚度均大于理论计算值，能够使屏蔽体外剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求。

11.2.2 丙级非密封放射性物质工作场所屏蔽防护设计评价

(1) CT 运行过程环境影响分析

CT 为建设单位原有设备，其所在机房的屏蔽防护效果以开机实际检测结果进行评价，检测信息详见本报告表 8-1，检测结果见表 8-4。CT 机房周围 X- γ 辐射周围剂量当量率范围为 129~838nSv/h，机房四周 X- γ 辐射周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

(2) 碘-125 籽粒植入过程环境影响分析

由于碘-125 籽粒所发射的 γ 射线能量很低，穿透力差（在人体组织内射程 17mm），且籽粒活度很小（单枚活度 0.8mCi，29.6MBq），在籽粒植入过程中其 γ 射线可被 CT 机房屏蔽体完全屏蔽，不会对周围环境产生影响。

11.2.3 核医学科人员剂量评价

(1) 核医学科辐射工作人员受照剂量估算

SPECT/CT、PET/CT 及 PET/MR 显像检查按照药物分装和质控、注射、摆位、显像检查 4 个过程进行分析。根据建设单位提供的资料，^{99m}Tc 显像检查预计最大工作量为每年 12500 人（次），¹⁸F 显像检查预计最大工作量为每年 27500 人（次），⁶⁸Ga 显像检查预计最大工作量为每年 2500 人（次），药物分装和质控时间约 30s/人（次），注射时间约为 10s/人（次），受检者摆位时间约为 30s/人（次），扫描操作时间 SPECT/CT 为 15min/人（次），PET/CT、PET/MR 为 20min/人（次）。

建设单位拟为本项目配置的注射器防护套铅当量厚度为 10mmPb，注射窗铅当量均为 50mmPb 牛头注射防护窗（铅玻璃不小于 10mmpb），各设备机房扫描间铅玻璃观察窗铅当量厚度均为 13mmPb，分装时工作人员佩戴 0.5mmPb 铅手套，摆位时工作人员身穿个人防护用品铅当量厚度拟不低于 0.5mmPb。

显像检查按照药物分装和质控、注射、摆位、显像检查 4 个过程进行分析，结合各放射性核素预期运行情况，可计算出项目运行过程中对辐射工作人员可能造成的年附加剂量，计算结果见表 11-2 所示。

(2) 核医学科公众人员受照剂量估算

根据本单元核医学科放射工作场所布局设计、工作流程以及放射防护管理制度分析，核医学科内部严格限制其他科室工作人员及非就诊者进入。对核医学科四周相关区域人员可能接受的年剂量进行估算时，仅考虑核医学科外部公众人员可到达区域，计算结果如表 11-4 所示。

表 11-3 核医学科辐射工作人员附加年有效剂量预测计算表

人员	身体部位	操作	单次操作最大活度 A (MBq)	源 1m 处的周围剂量当量率常数, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$	与源距离 R (m)	屏蔽层厚度 h(mm)	屏蔽材料什值层厚度 TVL (mm)	屏蔽体外剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年工作时间 (h/a)	年附加剂量 (mSv/a)	
分装注射人员 (共 4 人)	身体	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射	740	0.0303	0.5	10+50	1	8.97×10^{-59}	34.72	3.11×10^{-60}	1.67×10^{-2} (平均每人 4.2×10^{-3})
		^{18}F 分装	370	0.143	0.5	60	16.6	0.05	229.1	1.15×10^{-2}	
		^{18}F 注射	370	0.143	0.5	10+50	16.6	0.05	76.37	3.82×10^{-3}	
		^{68}Ga 分装	370	0.143	0.5	60	16.6	0.05	20.83	1.04×10^{-3}	
		^{68}Ga 注射	370	0.143	0.5	10+50	16.6	0.05	6.94	3.47×10^{-4}	
	眼睛	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射	740	0.0303	0.5	10+10	1	8.97×10^{-19}	34.72	3.11×10^{-20}	1.10 (平均每人 0.275)
		^{18}F 分装	370	0.143	0.5	60	16.6	0.05	229.1	1.15×10^{-2}	
		^{18}F 注射	370	0.143	0.5	10+10	16.6	13.21	76.37	1.00	
^{68}Ga 分装		370	0.143	0.5	60	16.6	0.05	20.83	1.04×10^{-3}		

		⁶⁸ Ga 注射	370	0.143	0.5	10+10	16.6	13.21	6.94	0.09	
	手部	^{99m} Tc 注射	740	0.0303	0.2	10	1	8.97×10 ⁻⁹	34.72	3.11×10 ⁻²⁰	335.98 (平均每人 84)
		¹⁸ F 分装	370	0.143	0.2	0.5	16.6	1234.12	229.1	282.75	
		¹⁸ F 注射	370	0.143	0.2	10	16.6	330.42	76.37	25.23	
		⁶⁸ Ga 分装	370	0.143	0.2	0.5	16.6	1234.12	20.83	25.71	
		⁶⁸ Ga 注射	370	0.143	0.2	10	16.6	330.42	6.94	2.29	
显像检 查人员 (共 4 人)	身体	^{99m} Tc 指导摆位	740	0.0303	1.0	0.5	1	7.09	104.17	0.74	16.98 (平均每人 4.25)
		^{99m} Tc 显像检查	740	0.0303	4.7	13	1	1.02×10 ⁻¹³	3125	3.19×10 ⁻¹³	
		¹⁸ F 指导摆位	370	0.143	1.0	0.5	16.6	49.36	229.1	11.31	
		¹⁸ F 显像检查	370	0.143	4.7	13	16.6	0.39	9166.7	3.58	
		⁶⁸ Ga 指导摆位	370	0.143	1.0	0.5	16.6	49.36	20.83	1.03	
		⁶⁸ Ga 显像检查	370	0.143	4.7	13	16.6	0.39	833.3	0.32	

表 11-4 核医学科周围公众人员附加年有效剂量预测计算表

工作场所	屏蔽体	屏蔽体外场所名称	源距参考点距离(m)	设计屏蔽方案	屏蔽后附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)
受注射室 3 (受检者 1 名, $740\text{MBq}^{99\text{mTc}}$)	南防护墙	地下二层车库	1.62	240mm 实心黏土砖	0.27	2000	1/16	0.033
	顶棚	消毒供应中心	2.3	180mm 混凝土	0.10	2000	1/16	0.013
给药室 2 (受检者 1 名, $740\text{MBq}^{99\text{mTc}}$)	南防护墙	地下二层车库	2.69	240mm 实心黏土砖	0.10	2000	1/16	0.013
	顶棚	消毒供应中心	2.3	180mm 混凝土	0.10	2000	1/16	0.013
PET/MR 机房 (受检者名, $370\text{MBq}^{18\text{F}}$)	东防护墙	设备间	3.63	240mm 混凝土	0.10	2000	1/16	0.013
	北防护墙	医生办公走廊	3.44	240mm 混凝土	0.12	2000	1/16	0.015
	顶棚	消毒供应中心	2.3	180mm 混凝土	0.10	2000	1/16	0.013

备注：核医学科年工作 250 天，工作时间 2000h；

建设单位拟为核医学科配备 18 名辐射工作人员。其中技师 4 名（设备操作、摆位），医师 10 名（阅片诊断），核素分装注射人员 4 名。则由表 11-3 计算结果及人员分工可知，该场所辐射工作人员人均可能接受的年剂量如下：

①药物分装及注射给药人员（4 名）平均每人所受年个人剂量

身体： $4.2 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$;

眼睛： 0.275mSv/a ;

手部： 84mSv/a 。

②检查及摆位人员（4 名）平均每人所受年个人剂量

身体： 4.25mSv/a ，SPECT-CT、PET-CT 机产生 X 射线的叠加剂量较小可忽略不计。

通过估算可知，本项目核医学科辐射工作人员可能接受的年剂量能够低于标准限值及医院管理目标值要求（身体 5mSv/a 、眼晶体 20mSv/a 、手部 150mSv/a ）。公众可能接受的年剂量最高约为 0.033mSv/a ，低于标准限值及建设单位管理目标值要求（ 0.1mSv/a ）。综上，核医学科辐射工作人员及周边环境中公众人员可能接受的最大年剂量能够满足标准要求，同时小于建设单位确定的管理目标值。

11.2.4 丙级非密封放射性物质工作场所人员剂量评价

(1) 2 号楼负一层放射科 8 号 CT 机房

CT 机房周围人员剂量选取居留因子大，辐射剂量率较高的点位进行估算，籽粒植入人员则要考虑碘-125 籽粒对其所造成的外照射剂量。

碘-125 籽粒单枚活度为 0.8mCi ，根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 H，可计算得出在无防护情况下，单枚碘-125 籽粒 1m 处周围剂量当量率为 $0.49 \mu\text{Sv/h}$ ，籽粒植入时，植入手术人员距离碘-125 籽粒 30cm，此处周围剂量当量率为 $5.44 \mu\text{Sv/h}$ ，每日最大植入 500 枚，每枚植入时间约 30s。该场所工作人员及周边公众个人剂量估算结果见表 11-5。

表 11-5 CT 机房人员附加年有效剂量估算结果一览表

受照射人员/受照环节		辐射剂量率	年受照时间	居留因子	年有效剂量
籽粒植入人员	籽粒植入	5.44 μ Sv/h	1042.67h	1	5.67mSv
CT 控制室工作人员	CT 开机	0.177 μ Sv/h	1042.67h	1	0.18mSv
公众 (CT 机房上方诊室)	CT 开机	0.146 μ Sv/h	1042.67h	1/4	0.038mSv

根据表 11-5 计算结果可知, 本项目在正常运行后, 在所有籽粒植入由 2 名工作人员完成的情况下, 碘-125 籽粒植入人员所受年有效剂量为 2.83mSv, 籽粒植入工作对 CT 控制室工作人员所造成的年有效剂量最大值为 0.18mSv, 公众人员所受年有效剂量最大值为 0.038mSv, 符合《核医学辐射防护与安全要求》(H J 1188-2021) 中“职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a, 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a”的要求。同时小于建设单位确定的管理目标值。

11.3 三废影响分析

11.3.1 废气

核医学科门诊工作场所使用核素均无挥发性, 但在使用操作过程中可能会产生微量放射性气溶胶, 核素分装时在手套箱中进行, 手套箱设置有独立的排风管道, 废气经收集后由管道连接至核医学科东北侧风井, 沿污风井抽排至本建筑屋顶上方; 经过滤后的废气不会对周围环境造成影响; 核医学科门诊工作场所其他区域设置单独的排风系统且均有过滤装置, 经过滤的废气不会对周围环境造成影响。

CT 运行过程中, X 射线与空气作用会产生臭氧和氮氧化物等。CT 机房设置有净化通风系统, CT 运行过程中产生的废气通过机房通风系统排入室外空气, 由于臭氧产生量小、容易分解为氧气, 不会对大气造成影响。

11.3.2 废水

本项目运行过程中产生的放射性废水经放射性废水衰变池衰变后排放，处理方式满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）要求，排放浓度满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）相关要求，不会对周围水环境产生影响。

11.3.3 固体废弃物

项目运行过程中产生的放射性固体废物经储存衰变后按照医疗废物进行处理，衰变时间满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）要求。医疗废物交有资质单位处理，项目产生的固体废弃物不会对周围环境产生明显影响。

11.4 事故影响分析

11.3.1 放射性可能发生的辐射事故

- （1）放射性核素洒落导致表面沾污；
- （2）放射性药品丢失；
- （3）因施药剂量不准确或人员误用放射性药物；
- （4）粒籽源意外掉落地面或遗漏在 CT 机房内，对人员造成外照射；粒籽源出现破损时，也会污染地面及周围环境。

11.3.2 事故处理措施

- （1）放射性核素洒落导致表面沾污
 - ①污染地面或桌面时，应用吸水纸将放射性液体以“沾”的方式吸干，严禁用“擦”的方式去除液体，因为“擦”将扩大污染区。
 - ②用红笔圈出污染区域，标明同位素名称，污染日期。
 - ③使用仪器探测放射性强度，如有较高放射性，应用屏蔽材料覆盖。
 - ④皮肤清除沾污应注意保护皮肤的完整性，否则能使皮肤的通透性增强，使放射性核素进入体内。用洗涤剂清洗，次数不宜多，然后用流动的水冲洗。
 - ⑤器具污染时，应用吸水纸将放射性污染“沾”干，用仪器测量。如放射性强度较高则需要屏蔽或隔离放置，待强度降低后再处理。
- （2）放射性药品丢失
 - ①立即报告科主任、保卫科、院领导，同时报告上级行政主管部门和公安机关。
 - ②密切配合保卫科、生态环境部门、卫生监督部门和公安机关迅速查找、侦

破，尽快追回丢失的放射性药品。

③调查分析事故原因，及时采取妥善措施，减少和控制事故的危害和影响。

(3) 因施药剂量不准确或人员误用放射性药物

①初步估计人员受照射剂量，对受照人员及可能受照人员尽快进行初期医学处理，必要时及早使用抗放射药物；初步判人员有无放射性核素体内污染，必要时及早采取阻断吸收和促排措施。

②急性放射性损伤病人应及早转至无菌病房进行监护，并请有关专家主持其治疗工作。

(4) 粒籽源意外掉落地面或遗漏在 CT 机房内，对人员造成外照射；粒籽源出现破损时，也会污染地面及周围环境。

每次工作结束后，对工作场所进行辐射防护监测，保证辐射水平符合有关规定或标准。出现异常及时报告处理。

11.3.3 事故预防措施

为了防止出现超剂量照射事故，本项目核医学科制定了一系列管理制度，以规范操作，防患于未然。

(1) 储源室应有专人保管，做好药物管理登记、帐目记录、定期核查等工作，严格交接手续。如有疑问应立即报告科主任和院领导进行清查。

(2) 定期对工作场所和放射性同位素储存场所、防护设施进行辐射防护监测，保证辐射水平符合有关规定或标准。出现异常及时报告处理。

(3) 控制区限制人员进入，放射性药物按防护规定管理和处理，种类、储量、用量不得外传。活性区非必须物品不得携入，室内物品未经安全测量不得携出。严固门窗，确保安全。

(4) 严格执行同位素安全操作规程。进行放射性操作必须穿戴实验服、口罩、工作帽和手套。取用挥发性核素，必须在手套箱内进行，传递时必须使用长柄钳。取用放射性药物严禁口吸，活性区禁止饮食、吸烟、存放食品餐具等。

11.3.4 应急预案

建设单位已制定有《郑州大学第一附属医院辐射事故应急预案》(见附件 5)，应急预案中明确有应急组织机构与职责，应急预案内容基本完善，规定有组织机

构及职能、预防事故措施及应急处理措施、应急处置流程、辐射事故的报告、应急响应电话等相关内容，明确了组织应急培训及演习、应急物资准备等内容，以提高医院对突发辐射事故的处理能力，最大程度地预防和减少突发辐射事故的损害，保护环境，保障工作人员和公众的生命安全。医院应按要求定期进行应急演练，并对演练有详细记录。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构

遵照国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，且至少有 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。

建设单位已成立辐射安全与环境保护管理委员会，负责医院的放射防护管理工作，并明确相关人员职责，委员会成员名单如下：

主任委员：苟建军

委员：王守俊、刘延锦、屈清荣、刘春阳、陈春安、程敬亮、韩新巍、张建祥、姜兵强、韩星敏、郭跃信、吴刚、岳松伟、张永高、程兵

管理委员会下设办公室，办公室设在医务处，办公室主任：王守俊，办公室副主任：张建祥，专职人员为姚永治。

委员会工作职责：

- (1) 负责修订医院辐射安全与防护制度，制订辐射安全与防护工作的计划。
- (2) 确定委员会办公室专职管理人员。
- (3) 组织对辐射安全控制效果进行评议。
- (4) 制订突发辐射事故应急预案及安全保卫制度，并定期督导演练。
- (5) 负责制订全院放射人员的健康管理制度。
- (6) 负责射线相关场所的依法依规建设，保障卫生及环保技术评价后的规范建设或及时整改。
- (7) 负责对院内辐射安全相关的未履行工作职责的部门进行追责与处罚。
- (8) 会同上级有关部门按有关规定调查和处理放射事故，并对有关责任人员提出处理意见。

建设单位成立的辐射安全与环境保护管理委员会成员组成涵盖了医院放射防护各相关职能部门，能够有效进行放射防护管理工作，保障放射工作人员及公众人员的健康安全。

12.2 辐射工作人员

建设单位郑东院区、河医院区均开展有核医学科，共有 69 名核医学工作人员，

均已取得辐射安全培训证书，辐射安全培训情况见表12-1。

表12-1 核医学科辐射工作人员培训情况一览表

序号	部门	姓名	培训时间	培训证号
1	核医学科门诊	韩星敏	2018.10	H1805106
2	核医学科门诊	刘保平	2018.10	H1805107
3	核医学科门诊	阮翹	2018.10	H1805108
4	核医学科门诊	谢新立	2018.10	H1805110
5	核医学科门诊	王瑞华	2019.03	ZZUC201903184
6	核医学科门诊	常伟	2018.10	H1805111
7	核医学科门诊	孙珂	2018.10	H1805112
8	核医学科门诊	张晶晶	2018.10	H1805114
9	核医学科门诊	石丽红	2018.10	H1805115
10	核医学科门诊	刘婷婷	2018.10	H1805116
11	核医学科门诊	杜彪	2018.10	H1805119
12	核医学科门诊	梅小莉	2018.10	H1805120
13	核医学科门诊	牛晓博	2018.10	H1805121
14	核医学科门诊	王瑞芳	2021.05	FS21HA0300013
15	核医学科门诊	晁芳芳	2021.07	FS21HA0300087
16	核医学科门诊	温鑫	2021.07	FS21HA0300101
17	核医学科门诊	高雪梅	2021.06	FS21HA0300061
18	核医学科门诊	刘娇	2018.10	H1805122
19	核医学科门诊	刘小婷	2018.10	H1805123
20	核医学科门诊	朱梅菊	2021.05	FS21HA0300032

21	核医学科门诊	程亚丽	2021.07	FS21HA0300090
22	核医学科门诊	张彦梅	2021.07	FS21HA0300091
23	核医学科门诊	焦建国	2018.10	H1805126
24	核医学科门诊	段文杰	2018.10	H1805127
25	核医学科门诊	杜晓光	2018.10	H1805128
26	核医学科门诊	吕栋	2018.10	H1805129
27	核医学科门诊	王旭	2018.10	H1805130
28	核医学科门诊	王卓	2021.10	FS21HA0300119
29	核医学科门诊	王兵元	2021.5	FS21HA0300030
30	核医学科门诊	武含露	2021.07	FS21HA0300105
31	核医学科门诊	李彦鹏	2018.10	H1805131
32	核医学科门诊	许莎莎	2018.10	H1805132
33	核医学科门诊	李龙吉	2020.09	FS20HA0300033
34	核医学科门诊	包崇男	2021.05	FS21HA0300017
35	核医学科门诊	贺淑巍	2018.10	H1805133
36	核医学科门诊	周帆	2018.10	H1805134
37	核医学科门诊	李远	2021.05	FS21HA0300027
38	核医学科门诊	杨建增	2021.05	FS21HA0300037
39	核医学科门诊	郭正武	2021.05	FS21HA0300031
40	核医学科门诊	姜世涛	2021.11	FS21HA0300166
41	核医学科门诊	康倩	2021.06	FS21HA0300048
42	核医学科门诊	曾湏湏	2021.06	FS21HA0300047

43	核医学科门诊	刘爱卿	2018.10	H1805136
44	核医学科门诊	王珂	2018.10	H1805138
45	核医学科门诊	陈彦芝	2021.06	FS21HA0300054
46	核医学科门诊	李夏	2021.06	FS21HA0300053
47	核医学科门诊	赵丽	2018.10	ZZUC201817131
48	核医学科门诊	秦乡音	2018.10	H1805139
49	核医学科门诊	李倩	2018.10	ZZUC201817132
50	核医学科门诊	张会娟	2019.04	ZZUC2019904151
51	核医学科门诊	陶芳	2021.07	FS21HA0300092
52	核医学科门诊	贾启英	2018.10	H1805135
53	核素治疗病房	陈伟娜	2018.10	H1805149
54	核素治疗病房	崔丽萍	2021.06	FS21HA0300059
55	核素治疗病房	刘阳	2018.10	H1805150
56	核素治疗病房	王艺静	2021.07	FS21HA0300093
57	核素治疗病房	尚慧	2021.06	FS21HA0300055
58	核素治疗病房	孔格格	2021.06	FS21HA0300049
59	核素治疗病房	叶焱杉	2021.06	FS21HA0300045
60	核素治疗病房	刘丹丹	2021.06	FS21HA0300044
61	核素治疗病房	朱琳	2021.06	FS21HA0300058
62	核素治疗病房	王一丹	2021.06	FS21HA0300057
63	核素治疗病房	吴艳艳	2021.06	FS21HA0300043
64	核素治疗病房	贾静	2018.10	H1805152

65	核素治疗病房	贺旖君	2018.10	H1805151
66	核素治疗病房	闫志华	2018.10	H1805113
67	核素治疗病房	李祥周	2018.10	H1805117
68	核素治疗病房	程兵	2018.10	H1805109
69	核素治疗病房	郑慧洋	2021.12	FS21HA0300189

建设单位在本项目运行后。拟根据实际情况新招聘辐射工作人员，目前均暂未招聘到位。拟为核医学科新配备 10 名辐射工作人员。其中技师 4 名（设备操作、摆位），核素分装注射人员 4 名，粒子植入辐射工作人员 2 名。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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）中相关要求，从事辐射防护负责人和辐射工作人员上岗前需辐射防护培训，经考核合格后方可上岗，并按时接受复训，不参加再培训的人员或者再培训考核不合格的人员，不得从事辐射工作。

在本项目开展前，医院应保证人员到位并组织新增人员参加辐射防护与安全培训，取得合格证书，确保持证上岗。同时，医院应为辐射工作人员配备个人内、外剂量卡，剂量卡工作期间正确佩戴使用，每三个月送检；对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检，合格者才能上岗；建立个人剂量档案和职业健康监护档案，职业健康检查的频率为每年 1 次。医院应为工作人员终生保存个人剂量监测档案和职业健康监护档案；在医院从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也将进行健康体检。

12.3 辐射安全管理规章制度

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《非密封放射性物质医学应用场所监督检查技术程序》（NNSA HQ-08-JD-IP-030）的相关要求，根据本次评价内容及设备类型，建设单位已制定相关规章制度详见下表 12-2。

表 12-2 辐射管理制度

序号	项目	检查项目	成文制度
1	A 综合	辐射安全管理规定	制定有《辐射安全管理规定》
2		放射性药物管理规定	制定有《放射性药品管理规定》
3	B 场所设施	场所分区管理规定	制定有《核医学工作场所分区管理规定》
4		操作规程	制定有《CT 操作规程》、《PET/CT 操作规程》、《SPECT/CT 操作规程》
5		辐射安全和防护设施维护维修制度	制定有《辐射安全和防护设施维护维修制度》
6		放射性药物（体内）治疗病房管理规定	本项目不涉及
7	C 监测	监测方案	制定有《辐射工作场所监测方案》
8		监测仪表使用管理制度	制定有《监测仪表使用管理制度》
9	D 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	制定有《辐射工作人员培训管理制度》
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	制定有《辐射工作人员个人剂量管理制度》
11	E 应急	辐射事故/事件应急预案	制定有《辐射事故应急处理预案》
12	F 三废	放射性“三废”管理规定	制定有《放射性废物管理制度》

建设单位基本能够满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。制定后的规章制度需张贴上墙，同时建设单位应在项目运行前补充设备操作规程，并根据具体实践过程中出现的问题对原有规章的不足之处进行即时修订，以更适应后期运行需求。

12.4 辐射监测

本项目应按照《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》(环境保护部 18 号部令，2011 年)的规定，制定完善的监测计划和监测方案，监测方案包

括个人剂量监测、工作场所监测及其记录档案等相关内容，对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。

12.4.1 个人剂量检测

医院严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，为辐射工作人员配备个人剂量报警仪，同时根据每年的工作人员的变化增加个人剂量报警仪，并进行个人剂量监测（1 次/季度）和职业健康体检（1 次/年），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。个人剂量档案应当终身保存。

12.4.2 辐射工作场所周围环境防护监测

（1）常规监测：医院应按要求配备足够的自主检测设备，如 X、 γ 射线辐射检测仪、表面污染检测仪、固定式场所剂量报警仪等等，对辐射工作场所进行常规监测，并建立环境安全档案。常规监测主要包括以下几方面：

①每次工作结束后对工作台表面污染进行监测；②每月对辐射工作场所周围 X- γ 辐射剂量率进行一次监测；③每月对放射性固废及放射性废液按照标准要求
进行监测。

（2）定期监测：医院应委托有资质的单位定期（每年 1 次）对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。监测数据每年年底向当地生态环境局上报备案。

（3）监测范围：工作场所屏蔽墙外，防护门及缝隙处，电缆及管道的出入口，候诊区、控制室，操作台等。

（4）监测项目：X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染、放射性废液总排放口总 β 。

（5）监测频度：医院常规监测每月一次、定期监测每年一次。

（6）监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

医院还应对辐射监测仪定期进行检定，保证其在检定有效期内使用，若仪器发生故障，立即进行维修。

12.5 辐射事故应急

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，使用

射线装置的单位应成立放射性事故应急组织机构，制定辐射事故应急方案，保证在出现可能的辐射事故时能够有效的、及时的采取处置行动。

医院目前制定有《辐射事故应急处理预案》，内容包含了应急组织及职责、应急程序等。规定了应急预案的启动、事故报告、现场控制、病人救治、现场保护及善后调查等方面内容。发生辐射事故时，该医院应当立即启动应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境部门、公安部门、卫生主管部门报告，提出整改方案加以落实。

12.6 辐射活动能力分析

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件。建设单位从事辐射活动能力详见下表 12-2。

表 12-2 建设单位从事辐射活动能力分析

应具备条件	建设单位情况
应当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。	建设单位成立辐射安全防护领导小组，且明确有职责。符合要求。
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。	建设单位拟安排辐射工作人员参加辐射安全培训，并定期复训。符合要求。
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的安全措施。	机房设计有警示灯和电离辐射警示标志，紧急停机开关，视频监控等。符合要求。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	建设单位拟配备辐射监测仪、表面污染检测仪、个人剂量报警仪。符合要求。
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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位已制定有相关制度，符合要求。
有完善的辐射事故应急措施	建设单位已制定有应急预案，明确了应急程序及其他相关应急措施。符合要求。

建设单位根据从事核技术应用项目的相关要求和管理需要，不断的完善并修改各种规章制度和章程，以满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关要求。在管理运行中严格按照管理要求进行管理施行后，其从事辐射活

动的技术能力将可以符合相应法律法规的要求。

12.7 三同时竣工验收一览表

根据《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等相关要求，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收合格后方可正式运行；环境保护验收设施的验收期限一般不超过 3 个月，需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。本项目三同时竣工验收一览表见表 12-3。

表 12-3 三同时竣工验收一览表

时段	污染因素	环保措施	验收内容	达到的标准
运营期	放射性废水	排入衰变池。衰变 30 天	放射性废水衰变池 3 个（每个有效容积 38m ³ ），沉淀池 1 个	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）：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
	放射性固废	存放于铅桶内、废物贮存箱内，放置 30 天作为医疗垃圾处理	（1）铅桶 7 个（SPECT 场所 2 个，5mmPb；PET 场所 5 个，10mmPb） （2）废物贮存箱 4 个（SPECT 场所 2 个，5mmPb；PET 场所 2 个，10mmPb）	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—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 天上可对废物清洁解控并作为医疗废物处理
	放射性废气	由专用管道引至楼顶排放，排放口设置活性炭吸附装置	拟设置 4 套放射性废气收集系统，各废气收集支管相应节点拟设置调节阀门，防止放射性废气倒灌，废气排放之前拟设置活性炭等高效过滤物质进行过滤后排入大气中。	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）： 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。②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

运营期				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。
	臭氧、氮氧化物	PET/CT、SPECT/CT、CT 机房	设置有动力排风装置	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）应设置有动力排风装置
	电离辐射	项目内容	①2 台 PET/CT：140kV/800mA ②1 台 SPECT/CT：140kV/800mA ③2 号楼负一层放射科 8 号 CT 机房建设丙级非密封放射性物质工作场所 1 处（使用核素 ^{125}I 粒子，日等效操作量 1.48×10^7 ） ④2 号楼负二层核医学科建设乙级非密封放射性物质工作场所 1 处（使用核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{125}I 粒子；贮存核素 ^{68}Ge - ^{68}Ga ，日等效操作量 1.52×10^8 ；）	设备数量、额定参数不大于本次环评，非密封放射性物质工作场所使用核素种类、日等效操作量不大于本次环评
	电离辐射	机房防护效果检测达标	PET/CT、SPECT/CT、CT 机房外部各门外、墙外、观察窗外辐射剂量率 核医学工作场所表面污染 核医学工作场所周围剂量当量率	《放射诊断放射防护要求》：屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关规定（工作台、设备、墙壁：监督区不大于 4Bq/cm^2 ，控制区不大于 40Bq/cm^2 ） 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）： ①距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区

			域，其周围剂量当量率应小于 $10 \mu\text{Sv/h}$ 。 ②通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。
		人员剂量约束值	工作人员：5mSv 公众人员 0.1mSv
	安全防护设施	PET/CT、SPECT/CT、CT 机房防护门上均粘贴电离辐射警告标志	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：机房门外应有电离辐射警告标志
		PET/CT、SPECT/CT、CT 机房病人门均设置工作状态指示灯且门灯联动	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：机房门外应有醒目的工作状态指示灯且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动
		场所布局与分区	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区要求：
	配备检测仪器	便携式辐射检测仪 1 台、表面污染检测仪 2 台、个人剂量报警仪 4 个、活度计 1 个、固定式辐射检测仪 2 台、每名工作人员均配备个人剂量计	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》：配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。
	人员持证情况	所有辐射工作人员均经过培训合格并持证上岗	《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》：从事辐射防护负责人和辐射工作人员上岗前需要辐射防护培训

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践的正当性

根据建设单位规划，为了进一步加强医疗力量，满足患者治疗需求，拟在南院区 2 号楼负二楼区域建设核医学科，拟购非密封放射性物质、III 类射线装置进行核医学诊疗；拟在南院区 2 号楼负一楼放射科 8 号 CT 机房使用碘-125 粒籽开展粒籽植入治疗。在考虑社会、经济和其它有关因素的前提下，项目在采取相应的防护措施和管理措施的同时，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害。满足本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.2 选址合理性分析

本项目核医学科场所位于 2 号楼负二层西侧区域，场所东侧为放射治疗部，场所西侧、南侧均为停车场，场所北侧为土层，场所上方为消毒供应中心。核医学科工作场所患者入口在工作场所南侧宣教室，出口在北侧，一层出口外为空地，出口未设置在儿科、食堂、大厅等人口密集区域，选址合理。

放射科 8 号 CT 机房位于 2 号楼负一层东北侧，CT 机房东侧为医护走廊、南侧为患者走廊、西侧为设备间、北侧为控制廊、上方为诊室、下方为放射治疗部走廊。

通过调查，项目选址周围活动人群主要为辐射职业人员、患者及其家属，周围人群较为单一，减少对其它非辐射职业人员和公众人员的影响。因此，评价认为项目选址合理可行。

13.1.3 环境影响分析结论

根据建设单位提供的防护设计资料核算，核医学科控制区内各主要工作场所四周屏蔽墙体及顶棚、观察窗、防护门屏蔽体的设计厚度均大于理论计算值，能够使屏蔽体外剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求。

项目运行后，辐射工作人员可能接受的年剂量能够低于标准限值及医院管理目标值要求（身体 5mSv/a、眼晶体 20mSv/a、手部 125mSv/a），公众可能接受的年剂量最高约为 0.068mSv/a，低于标准限值及医院管理目标值要求（0.1mSv/a）。

综上，辐射工作人员及周边环境中公众人员可能接受的最大年剂量能够满足标准要求，同时小于医院确定的管理目标值。

13.1.4 辐射安全管理综合能力结论

郑州大学第一附属医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的相关要求，成立了辐射安全管理机构，并结合现有科室的医疗操作规范，制定了相关的规章制度以及应急预案，医院有符合国家环境保护标准和安全防护要求的场所和设施，并制定辐射工作场所及工作人员管理、监测计划，落实相关法规标准和本报告提出的防护措施后具有使用本项目评价的核技术应用项目的综合能力。

13.1.5 总体结论

综上所述，郑州大学第一附属医院南院区核医学应用项目符合正当化原则，工作人员及公众受到的年有效剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。工作场所及各机房选址、平面布局、屏蔽设计合理，辐射防护措施全面，从辐射安全和环境保护的角度而言，该项目是可行的。

13.2 建议和要求

（1）认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，完善管理制度。定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患；

（2）辐射工作人员应配戴个人剂量计，并每三个月定期送检，建立个人剂量档案，定期安排辐射工作人员进行体检，建立健康档案，并形成制度。

（3）建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（4）定期进行辐射场所环境剂量率监测，建立监测档案，根据放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法（环保部第18号令）的要求，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01月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

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

