

编号：ZFHK-FB23220050

核技术利用建设项目

巴音郭楞蒙古自治州人民医院

核技术利用建设项目

环境影响报告表

(送审稿)

巴音郭楞蒙古自治州人民医院

2023年11月

生态环境部监制

# 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	17
表 3 非密封放射性物质.....	17
表 4 射线装置.....	18
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	19
表 6 评价依据.....	20
表 7 保护目标与评价标准.....	23
表 8 环境质量和辐射现状.....	39
表 9 项目工程分析与源项.....	50
表 10 辐射安全与防护.....	74
表 11 环境影响分析.....	98
表 12 辐射安全管理.....	140
表 13 结论与建议.....	147
表 14 审批.....	151

## 附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 老院区 DSA 项目周边环境关系图
- 附图 3 医院老院区总平面布置示意图
- 附图 4 老院区 2#楼一层改建前平面图
- 附图 5-1 老院区 2#楼一层改建后平面图（DSA 机房及配套功能用房平面图）
- 附图 5-2 老院区 DSA 机房剖面示意图
- 附图 6 老院区 2#楼负一层平面图（DSA 机房正下方）
- 附图 7 老院区 2#楼二层平面图（DSA 机房正上方）
- 附图 8 南市区新院周边环境关系图
- 附图 9 南市区新院总平面图
- 附图 10 南市区新院急救诊疗中心一层总平面图
- 附图 11 南市区新院急救诊疗中心二层总平面图
- 附图 12 南市区新院急救诊疗中心负一层总平面图
- 附图 13 核医学科平面图
- 附图 14 核医学科人员物流路径示意图
- 附图 15 核医学科“两区”划分示意图
- 附图 16 核医学衰变池设计图
- 附图 17 核医学科排水管线走向示意图
- 附图 18 核医学科排风管线布置图
- 附图 19 核医学科屋面风管布置图
- 附图 20 介入中心平面图
- 附图 21 介入中心人流物流路径图
- 附图 22 介入中心“两区”划分示意图
- 附图 23 巴州环境管控单元分类图
- 附图 24 现场照片

## 附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 事业单位法人证书
- 附件 3 辐射安全许可证

- 附件 4 巴音郭楞蒙古自治州人民医院新院区环评批复
- 附件 5 医院辐射安全与环境保护管理机构成立文件
- 附件 6 辐射事故应急处理预案
- 附件 7 辐射环境现状监测报告
- 附件 8 老院区现有 2 台 DSA 设备年度检测报告

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		巴音郭楞蒙古自治州人民医院核技术利用建设项目			
建设单位		巴音郭楞蒙古自治州人民医院			
法人代表	史松	联系人	荣思源	联系电话	13399616989
注册地址		新疆巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市人民东路 41 号			
项目建设地点		巴音郭楞蒙古自治州人民医院老院区 2#楼一层 DSA 机房和南市新院区急救诊疗中心一层核医学科和介入中心			
立项审批部门		/	批准文号		/
建设项目总投资（万元）	8000	项目环保投资（万元）	400	投资比例（环保投资/总投资）	5%
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 <sup>2</sup> ）	/
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 checked="" 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 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		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
其他	/				
<p><b>1.1 项目概述</b></p> <p><b>1.1.1 建设单位概况</b></p> <p>巴音郭楞蒙古自治州人民医院（以下称“建设单位”或“巴州人民医院”）位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市人民东路 41 号，医院前身是 1937 年苏联援建的新疆省立第八医院，正式成立于 1954 年。经过近七十年年的发展建设，已成为国家三级甲等医院，全国百佳医院（全疆仅三家），巴州地区紧急救援中心，国际紧急救援定点医院，巴州地区传染病救治定点机构。</p> <p>医院拥有在职职工 2068 人，其中在编 1150 人，聘用 918 人，另有离退休 356 人，高级职称专业技术人员 215 人，中级职称 377 人，硕士研究生 70 人，大学本科 714 人。编制床位 1400 张，日均在院患者数 1341 人，编制科室 80 个。</p>					

医院拥有 1.5T 核磁共振机、64 排螺旋 CT、大 C 型臂、DR、CR 数字放射摄影成像系统、罗氏全自动生化免疫电发光检验系统、直线加速器、远程医疗会诊系统等万元以上医疗设备仪器 1034 件套。医院始终坚持“以患者为中心”的服务宗旨，始终坚持“仁、和、精、诚”的核心价值，大力弘扬“团结奉献、内涵强院、科学发展、追求卓越”的医院精神，始终坚持倡导“医者仁心，尊重生命，服务人民，奉献社会”的职业理念，先后被评为全国百佳医院、全国卫生系统先进集体、自治区十佳医院、自治区文明单位、创先争优先进基层党组织、自治区卫生系统纠风工作先进集体、自治区“AAA”级诚信单位等诸多荣誉称号。

医院现持有新疆维吾尔自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为：新环辐证[00242]（见附件 3）；发证日期：2023 年 06 月 19 日，有效期至 2027 年 11 月 10 日；许可的种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。

随着医疗服务对象的扩大以及人民群众对医疗服务质量要求的提高，巴音郭楞蒙古自治州人民医院现有医疗用房和医疗设施已远远不能满足需求，严重制约了医院的发展。因此，医院选址在库尔勒市安康路以东、北京路以南、复兴大道以西和若羌路以北的区域内建设巴音郭楞蒙古自治州人民医院南市区新院。南市区新院建设完成效果图见下图。



图 1.1-1 南市区新院建设完成效果图

医院委托巴州鑫浩诚环保科技有限公司编制了《巴州人民医院南市区新院建设项目（一期）》环境影响报告书，巴州生态环境局以巴环评价函〔2020〕280号进行了批复，见附件4。

根据规划，巴音郭楞蒙古自治州人民医院南市区新院计划分两期建设，先进行一期，一期建设内容主要包括急救诊疗中心及3栋住院楼和地下建筑设施等，一期占地326亩，二期建设作为中远期项目，建设规模视医院的发展情况确定。目前，南市区新院建设项目（一期）主体工程基本建设完毕，尚未投入使用。

### 1.1.2 任务由来

为了提高医院医疗、科研、教学能力，进一步满足患者的就诊需求，更好地服务人民群众，巴音郭楞蒙古自治州人民医院拟在老院区2#楼一层原康复科改建1间数字减影血管造影机（以下简称“DSA”）机房及其配套功能用房，并新增1台DSA，属II类射线装置，用于影像诊断和介入治疗。拟在南市区新院急救诊疗中心（共5层，地下1层，地上4层）一层南部建设核医学科，新增1处乙级非密封性物质工作场，本次评价将核医学科分成：核素诊疗区（PET显像区、SPECT显像区）和核素治疗区两部分进行分析。主要内容包括：①核素治疗区使用 $^{131}\text{I}$ 进行甲状腺癌（以下简称“甲癌”）、甲状腺功能亢进症（以下简称“甲亢”）治疗和甲状腺碘吸收率测定（以下简称“甲测”）；②核素诊疗区拟购置1台PET/CT（属III类射线装置，型号待定，最大管电压140kV、最大管电流1000mA）并使用 $^{18}\text{F}$ 进行放射性药物显像诊断；购置1台SPECT/CT（属III类射线装置，型号待定，最大管电压140kV、最大管电流1000mA）并使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 进行放射性药物显像诊断；使用核素 $^{89}\text{Sr}$ 进行骨转移癌治疗；使用 $^{90}\text{Sr}$ （V类放射源）敷贴器开展敷贴治疗。拟在南市区新院急救诊疗中心一层北部建设介入中心，新建5间DSA机房及配套功能用房，并购置5台DSA用于影像诊断和介入治疗。由于本次拟使用的PET/CT型号未定，其校准时拟使用校准源也尚未确定，医院后期应根据国家有关法律法规履行校准源的环保手续。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置；乙级非密封放射性物质工作场

所”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。为此，巴音郭楞蒙古自治州人民医院委托中辐环境科技有限公司开展“巴音郭楞蒙古自治州人民医院核技术利用建设项目（以下简称‘本项目’）”的环境影响评价工作（见附件1）。

在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集和辐射现状的委托监测等工作，并结合项目特点，按照《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）等规定编制了本环评报告表，供生态环境审批部门审查。

### 1.1.3 目的和任务

（1）对新增使用的辐射活动进行辐射环境影响分析，从而评价职业人员及公众人员在该射线装置使用过程中可能受到辐射照射及照射的程度；

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

（3）满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

### 1.1.4 项目建设内容和规模

本次环评为巴音郭楞蒙古自治州人民医院所含核技术利用项目的环境影响评价，针对核技术利用项目建设的地点和核技术利用活动的类型进行分析。

#### （1）老院区 DSA 项目

拟在老院区 2#楼原康复科区域改建成 1 间 DSA 机房及其配套功能用房。2#楼为地上 6 层，地下 1 层建筑，2#楼顶棚及地面均为混凝土，相关改建区域墙体拆除后重新规划房间布局，改建前 2#楼一层平面布局图见附图 4，改建后 DSA 机房及其配套功能用房平面布局见附图 5。

DSA 机房四周墙体采用 240mm 实心砖+40mm 厚硫酸钡防护涂料，地面采用 200mm 混凝土+20mm 厚硫酸钡防护涂料，顶棚采用 120mm 混凝土+2mm 铅板作为屏蔽材料，观察窗为 3.0mmPb 铅玻璃，防护门（共 3 套）均为 3.0mmPb，改建区域总面积约 470m<sup>2</sup>，层高 4.2m，目前机房改建工作处于装修阶段，现场照片见附图 24。新增 1 台 DSA 射线装置的最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，为 II 类射线装置。改建内容为建设 1 间 DSA 机房（机房有效使用面积约 47.5m<sup>2</sup>）、1 间控制室（有效使用面积约 19.5m<sup>2</sup>）、1 间设备间（有效使用面积约 7.2m<sup>2</sup>）以及配套用房，包括 1 间器材库、1 间无菌辅料室、1 间一次性低值间、1 间一次性高值间、1 间更衣室、1

间淋浴间、1间洁具间、1间资料室、1间外库房及换鞋处、污物通道等。DSA详细参数详见表 1.1-1。

老院区新增 DSA 装置主要技术参数见表 1.1-1。

**表 1.1-1 老院区新增 DSA 装置主要技术参数**

设备名称	型号	类别	数量	用途	最大管电压、最大管电流	安装位置
DSA	Artis Zee Ceiling	II类	1台	影像诊断和介入治疗	125kV, 1000mA	老院区 2#楼一层

(2) 南市区新院核医学科

核医学科位于南市区新院急救诊疗中心一层南部。根据本项目核医学布局和分区情况、诊疗流程、辐射防护措施的特点和核素用量，本项目核医学科为一处乙级非密封性物质工作场所，本次评价将核医学科分成：核素诊疗区（PET 显像区、SPECT 显像区）和核素治疗区两部分进行分析。

主要建设内容包括：核素治疗区使用  $^{131}\text{I}$  进行甲癌、甲亢治疗和甲测；核素诊疗区拟购置 1 台 PET/CT 并使用  $^{18}\text{F}$  进行放射性药物显像诊断；购置 1 台 SPECT/CT 并使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  和  $^{131}\text{I}$  进行放射性药物显像诊断；使用核素  $^{89}\text{Sr}$  进行骨转移癌治疗；使用  $^{90}\text{Sr}$ （V 类放射源）敷贴器开展敷贴治疗。

**表 1.1-2 本项目核医学科使用核素诊疗用药情况**

使用核素	物理状态	日最大诊疗量	年最大诊疗量	单次最大使用量	给药方式	诊断治疗项目
$^{131}\text{I}$ 甲测	液态	10 人	2500 人	$1.85 \times 10^5 \text{Bq}$ ( $5\mu\text{Ci}$ )	口服	甲功测定
$^{131}\text{I}$ 甲亢	液态	10 人	2500 人	$3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ ( $10\text{mCi}$ )	口服	甲亢治疗
$^{131}\text{I}$ 甲癌	液态	7 人（每周一住院）	350 人	$7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ( $200\text{mCi}$ )	口服	甲癌治疗
$^{131}\text{I}$ 甲显像	液态	5 人	2500 人	$1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ( $5\text{mCi}$ )	口服	甲状腺显像
$^{18}\text{F}$	液态	20 人	5000 人	$3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ ( $10\text{mCi}$ )	静脉注射	PET 显像标记
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态	30 人	7500 人	$9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ ( $25\text{mCi}$ )	静脉注射	SPECT 显像标记
$^{89}\text{Sr}$	液态	2 人	120 人	$1.48 \times 10^8 \text{Bq}$ ( $4\text{mCi}$ )	静脉注射	骨转移癌治疗

注：核医学科患者采用预约制，由医院严格控制日最大诊疗人数。

**表 1.1-3 本项目核医学科使用放射源情况**

使用放射源	物理状态	日最大诊断量	年最大诊断量	放射源最大活度	治疗方式	治疗项目
$^{90}\text{Sr}$	固态	20 人	5000 人	$1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ( $5\text{mCi}$ )	敷贴	敷贴治疗

注：核医学科患者采用预约制，由医院严格控制日最大诊疗人数。

表 1.1-4 本项目核医学科使用射线装置情况

设备名称	型号	类别	数量	用途	最大管电压、最大管电流	安装位置
SPECT/CT	待定	III类	1台	显像诊断	140kV, 1000mA	南市区新院急救诊疗中心一层核医学科 SPECT/CT 机房
PET/CT	待定	III类	1台	显像诊断	140kV, 1000mA	南市区新院急救诊疗中心一层核医学科 PET/CT 机房

本项目核医学科工作场所包含候诊大厅、采血登记和化验室、骨密度室、敷贴治疗室、核素治疗区（备餐间、甲功室、核素治疗病房（7间，均单人间）、卫生通过间 1、分装室 1（放废暂存间 1、储源室 1）、甲亢治疗室兼抢救室、污染被服库、核素诊疗区（卫生通过间 2）、分装室 2（放废暂存间 2、储源室 2、质控室）、运动负荷室、PET 注射后休息室 1 和 2、PET/CT 机房、PET/CT 储源室、SPECT 注射后休息室、SPECT/CT 机房、控制室、留观室、抢救室、SPECT 注射后专用卫生间（卫 12）等。同时配套建设医生办公室、预约问诊室、设备机房、会议室、护士监控室、值班室等辅助用房。

核医学科配套建设的衰变池系统位于核医学科工作场所南侧绿化带下方（为地埋式），衰变池系统分为长半衰期核素衰变池和短半衰期核素衰变池 2 套衰变池，长半衰期核素衰变池由 1 个 113.85m<sup>3</sup> 沉淀池和 3 个有效容积均为 111.37m<sup>3</sup> 的衰变池组成，用来接收核素治疗区产生的含碘放射性废水，3 个衰变池并联设置；短半衰期核素衰变池由 1 个 26.88m<sup>3</sup> 沉淀池和 3 个有效容积均为 25.2m<sup>3</sup> 的衰变池组成，用来接收核素诊疗区产生的短半衰期核素废水，3 个衰变池并联设置。

核医学科使用的非密封放射性物质理化性质、日等效最大操作量、年最大用量、使用场所及贮存方式与地点等详细内容详见“表 3 非密封放射性物质”，核医学科工作场所等级的计算情况详见表 10.1-2。核医学科使用的放射源的核素名称、活度、类别、用途、使用场所及贮存方式和地点等内容见“表 2 放射源”。

本项目核医学科建设内容及规模一览表见表 1.1-5

表 1.1-5 核医学科建设内容及规模一览表

所在建筑	工作场所名称		诊疗项目	辐射源项 (射线装置/非密封放射性物质)	工作场所等级	位置示意图
急救诊疗中心	核医学	核素治疗区	甲癌治疗	使用非密封放射性物质 <sup>131</sup> I	乙级	附图 10
			甲亢治疗			
			甲测			

一层	科	核素诊疗区	PET/CT 显像	使用 1 台 PET/CT		
				使用非密封放射性物质 $^{18}\text{F}$ 显像诊断		
			SPECT/CT 显像	使用 1 台 SPECT/CT		
				使用非密封放射性物质 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 $^{131}\text{I}$ 显像诊断		
		骨转移癌治疗	使用非密封放射性物质 $^{89}\text{Sr}$ 治疗			
		敷贴治疗		使用 V 类放射源 $^{90}\text{Sr}$		

(3) 南市区新院介入中心

介入中心位于南市区新院急救诊疗中心一层北部（层高 5.6m），新建 5 间 DSA 机房及配套功能用房(1 号~5 号 DSA 机房)，并购置 5 台 DSA 用于影像诊断和介入治疗，5 间机房一字型东西并列布置。DSA 最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，均属于 II 类射线装置。

表 1.1-6 南市区新院介入中心新增 DSA 装置主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	用途	最大管电压、最大管电流	安装位置
DSA	待定	II 类	5 台	影像诊断和介入治疗	125kV, 1000mA	南市区新院急救诊疗中心一层介入中心

1 号 DSA 机房有效使用面积 44.49m<sup>2</sup>，最小单边长度 5.88m，配套 1 间术前准备间兼控制室（有效使用面积 27.33m<sup>2</sup>，DSA1 机房无配套设备间）；2 号机房有效使用面积 38.5m<sup>2</sup>，最小单边长度 5.81m，配套 1 间术前准备间兼控制室（有效使用面积 27.33m<sup>2</sup>）和设备间（有效使用面积 13.22m<sup>2</sup>）；3 号 DSA 机房有效使用面积 41.9m<sup>2</sup>，最小单边长度 5.75m，配套 1 间术前准备间兼控制室（有效使用面积 27.33m<sup>2</sup>）和设备间（有效使用面积 9.13m<sup>2</sup>）；4 号 DSA 机房有效使用面积 42.12m<sup>2</sup>，最小单边长度 5.78m，配套 1 间术前准备间兼控制室（有效使用面积 27.33m<sup>2</sup>）和设备间（有效使用面积 7.78m<sup>2</sup>）；5 号 DSA 机房有效使用面积 42.47m<sup>2</sup>，最小单边长度 5.75m，配套 1 间术前准备间兼控制室（有效使用面积 26.11m<sup>2</sup>）和设备间（有效使用面积 6.92m<sup>2</sup>）。5 间 DSA 机房共用一条洁净通道和一条污物通道。5 间 DSA 机房四周墙体均为 4mmPb 铅木复合板，顶部为 200mm 厚混凝土+4mmPb 铅板，地面为 220mm 厚混凝土+40mm 厚硫酸钡防护涂料，防护门均为 4mmPb 铅防护门，观察窗为 4mmPb 铅玻璃。

综上，巴音郭楞蒙古自治州人民医院本次核技术利用项目评价内容共包含：

核医学科：使用 1 个乙级非密封放射性物质工作场所，使用核素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、

<sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr；使用 1 枚 <sup>90</sup>SrV 类放射源；使用 2 台 III 类射线装置。

DSA 项目：使用 6 台 II 类射线装置。

本项目建设情况汇总表如表 1.1-7 示。

表 1.1-7 项目建设情况汇总表

项目名称	建设内容							备注
放射源	放射源名称	类别	活动种类	单枚源活度	数量	用途	工作场所名称	备注
	<sup>90</sup> Sr	V类	使用	1.85×10 <sup>8</sup> Bq	1 枚	敷贴治疗	南市区新院急救诊疗中心一层核医学科	新购
非密封放射性物质	放射性核素名称	活动种类	计划日最大操作量 (Bq) /日等效最大操作量 (Bq)		用途	等级	工作场所名称	备注
	<sup>131</sup> I	使用	3.33×10 <sup>10</sup> /3.33×10 <sup>9</sup>		甲癌治疗	日等效最大操作量为 3.85×10 <sup>9</sup> Bq, 属于乙级场所	南市区新院急救诊疗中心一层核医学科	新增
	<sup>131</sup> I	使用	3.7×10 <sup>9</sup> /3.7×10 <sup>8</sup>		甲亢治疗			
	<sup>131</sup> I	使用	9.25×10 <sup>8</sup> /9.25×10 <sup>7</sup>		甲状腺显像			
	<sup>131</sup> I	使用	1.85×10 <sup>6</sup> /1.85×10 <sup>5</sup>		甲状腺吸碘率测定			
	<sup>18</sup> F (使用)	使用	7.4×10 <sup>9</sup> /7.4×10 <sup>6</sup>		显像诊断			
	<sup>18</sup> F (备药)	贮存	1.48×10 <sup>10</sup> /1.48×10 <sup>6</sup>		备药			
	<sup>99m</sup> Tc	使用	2.78×10 <sup>10</sup> /2.78×10 <sup>7</sup>		显像诊断			
	<sup>89</sup> Sr	使用	2.96×10 <sup>8</sup> /2.96×10 <sup>7</sup>		骨转移癌治疗			
射线装置	装置名称	使用的射线装置类别	数量	参数				
				最大管电压/最大管电流				
	PET/CT	III 类	1 台	最大管电压:140kV/最大管电流:1000mA		显像诊断	南市区新院急救诊疗中心一层核医学科	新增
	SPECT/CT	III 类	1 台	最大管电压:140kV/最大管电流:1000mA		显像诊断	南市区新院急救诊疗中心一层核医学科	新增
	DSA	II 类	1 台	最大管电压:125kV/最大管电流:1000mA		影像诊断和介入治疗	老院区 2#楼 1 层 DSA 机房	新增
DSA	II 类	5 台	最大管电压:125kV/最大管电流:1000mA		影像诊断和介入治疗	南市区新院急救诊疗中心一层介入中心	新增	

注：①核医学科甲癌治疗单人 <sup>131</sup>I 用量范围为 30-200mCi 即 1.11×10<sup>9</sup>Bq-7.4×10<sup>9</sup>Bq，本报告计算采用单人最大剂量 200mCi 进行剂量估算，但甲癌治疗 <sup>131</sup>I 单日最大操作量不超过 900mCi 即 3.33×10<sup>10</sup>Bq，即控制同一批住院治疗患者中使用治疗最大剂量的人数；甲癌治疗每批次最多安排 7 人次，一般住院 2~4 天；

②核素 <sup>18</sup>F 的半衰期较短，计算时考虑用药量和备药量，按照日用药量的 2 倍备药，即日最大操作量=单人最大用药量\*日最大门诊量\*(1+2)；年最大操作量=日最大操作量\*年工作时间；

③核素 <sup>89</sup>Sr 的门诊量为 2 人次/天，每月安排一周患者集中急诊，一周开展 5 天，日最大操作量为单人最大用药量\*日最大门诊量=1.48×10<sup>8</sup>Bq\*2=2.96×10<sup>8</sup>Bq；

④非密封工作场所日等效最大操作量在 2×10<sup>7</sup>Bq~4×10<sup>9</sup>Bq 为乙级非密封工作场所。

### 1.1.5 项目工作负荷及人员配置

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数约为 250 天，实行 8 小时工作制。

人员配置：本项目人员配置情况见下表。

表 1.1-8 本项目人员配备情况

项目类型	人员配备
老院区 DSA	拟配置辐射工作人员 4 人，均为医院现有介入工作人员内部调配，包括介入医师 2 人，护士 1 人，技师 1 人
南市区新院核医学科	拟配置辐射工作人员 15 人，均为新增辐射工作人员，核医学医生 6 人，护士 6 人，核医学影像技师 3 人
南市区新院介入中心	拟配置辐射工作人员 20 人，均为新增辐射工作人员，包括介入医师 10 人，护士 5 人，技师 5 人

注：本项目辐射工作人员相对固定，不存在从事其他辐射类工作的情况。

表 1.1-9 老院区拟调配辐射工作人员情况

姓名	核技术利用辐射安全与防护考核编号	考核时间	有效期	考核成绩
赵建奇	FS21XJ0100441	2021 年 7 月	2021 年 7 月 06 日至 2026 年 7 月 06	合格
李浩	FS21XJ0100393	2021 年 6 月	2021 年 7 月 01 日至 2026 年 7 月 01	
宋子婉	FS21XJ0100384	2021 年 6 月	2021 年 7 月 01 日至 2026 年 7 月 01	
王宏阳	FS21XJ0100760	2021 年 7 月	2021 年 7 月 20 日至 2026 年 7 月 20	

## 1.2 项目选址及周边环境保护目标

### 1.2.1 老院区 DSA 项目的位置和外环境关系

#### (1) 老院区地理位置

巴音郭楞蒙古自治州人民医院位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市人民东路 41 号，地理坐标北纬 N：41° 45' 38.67"，东经 E：86° 08' 59.56"，医院东北侧为住宅区（坤源依水清苑小区和天使家园小区）、东南侧为在水一方高层住宅楼和恒永大厦、南侧为华夏城市广场、西南侧为巴州发改委和富士特大厦、西北侧为人民东路，隔路为巴州教育局和巴州美术馆。地理位置见附图 1，DSA 项目周边环境关系图见附图 2。

#### (2) 老院区 DSA 项目周边环境关系

老院区 DSA 项目位于 2#楼一层，2#楼（地上 6 层，地下 1 层）位于医院中部，该楼东南和西南为 3 号楼、西北为 1 号楼，东北为医院内部道路和停车场，DSA 机房距离 3 号楼东南侧约 30m，西南侧约 24m，西北侧 1 号楼约 46m，老院区总平面布置示意图见附图 3。DSA 机房距离东北侧坤源依水清苑小区约 95m、天使家园小区约 130m，距离东南侧水一方高层住宅楼约 170m、恒永大厦约 180m，距离南侧华夏城市

广场约 95m、距离西南侧巴州发改委约 55m 和富士特大厦约 100m，距离西北侧人民东路约 120m，巴州教育局约 160m 和巴州美术馆约 180m。

### (3) 老院区 DSA 项目工作场所周边关系

老院区 DSA 机房东侧为控制室和污物通道、南侧为 2#楼室外、西侧为设备间和资料室、北侧为洁净通道，上方为 ICU 病房、下方为解剖室、停尸间和冷冻机房。老院区 DSA 项目工作场所平面布置图见附图 5。

老院区 DSA 项目机房屏蔽墙外 50m 范围内主要为医院内部建筑和内部道路，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。其 50m 评价范围示意图见附图 2。

## 1.2.2 南市区新院核技术利用项目的位置和外环境关系

### (1) 南市区新院地理位置

巴音郭楞蒙古自治州人民医院南市区新院位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市南市区北京路以南，复兴大道以西，若羌路以北，安康路以东，地理坐标北纬 N：41° 43' 11.16"，东经 E：86° 06' 55.66"，院区东侧为城郊式颐养社区、南侧为三医研发中心，西侧为新疆医科大高职院校库尔勒校区，北侧为巴州奶牛场。地理位置见附图 1，新院周边环境关系图见附图 8。

### (2) 南市区新院项目周边环境关系

南市区新院拟建急救诊疗中心（共 5 层，地下 1 层、地上 4 层，高度 21.7m）位于院区中部，该楼北侧和东侧为医院出入口、南侧为院内绿地和停车位、西侧为宿舍楼，食堂、实验楼和二期预留地，南市区新院总平面图见附图 9。

核医学科位于南市区新院急救诊疗中心一层南部，核医学科辐射工作场所距离院区东侧城郊式颐养社区 180m、南侧三医研发中心 200m，西侧新疆医科大高职院校库尔勒校区 320m，北侧巴州奶牛场 350m。

介入中心位于南市区新院急救诊疗中心一层北部，介入中心 DSA 机房距离院区东侧城郊式颐养社区 180m、南侧三医研发中心 150m，西侧新疆医科大高职院校库尔勒校区 320m，北侧巴州奶牛场 190m。

### (3) 南市区新院项目工作场所周边关系

核医学科东侧为医疗主街、南侧为室外（核医学科出入口），北侧为传染病房，西侧为 1#庭院，上方为检验科，楼下为车库，核医学科平面布置见附图 13。介入中心东侧为医疗主街、南侧放射科、西侧为 2#庭院、北侧为急诊科、上方为内镜中

心、下方为车库。介入中心平面布置图见附图 20。

南市区新院核医学科和介入中心辐射工作场所外 50m 范围内主要为医院内部建筑和内部道路，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。其 50m 评价范围示意图见附图 8。

### 1.2.3 相关规划及选址合理性分析

老院区 DSA 项目位于巴州人民医院老院区院内，项目用地为医疗卫生用地，符合库尔勒市土地利用总体规划要求。南市区新院大环评《巴州人民医院南市区新院建设项目（一期）》已取得巴州生态环境局批复，南市区新院核医学科和介入中心项目用地符合库尔勒市土地利用总体规划要求。本项目核医学科位于急救诊疗中心的一层南端，远离医院产科、儿科、食堂及人员密集区，与非放射性工作场所有明确的隔离，并设置有单独的人员和物流通道，核医学科辐射工作场所排风口位于急救诊疗中心楼顶，本项目核医学的选址满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中关于核医学科选址的有关要求。

本项目老院区拟建 DSA 机房实体边界外 50m 评价范围和南市区新院核医学科和介入中心辐射工作场所边界外 50m 评价范围均为医院内部建筑和内部道路，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。

根据下文环境影响预测分析结果，本项目运营过程产生的电离辐射，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施后，对周围环境造成的辐射影响是可以接受的，因此本项目的选址是合理的。

## 1.3 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域内的运用。对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），核医学科的建设属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第一类“鼓励类”第六项“核能”中第 6 款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”；DSA 装置建设属于第一类“鼓励类”第十三项“医药”第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备等”，均属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

## 1.4 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术利用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该

项目的实践是必要的。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

### 1.5 “三线一单”原则符合性分析

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评[2021]108号），实施“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）生态环境分区管控制度，是新时代贯彻落实习近平生态文明思想、深入打好污染防治攻坚战、加强生态环境源头防控的重要举措。

根据《巴音郭楞蒙古自治州“三线一单”生态环境分区管控方案》，自治州划定125个环境管控单元，分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三个管控类别，实施分类管控。其中，优先保护类单元37个，主要包括生态保护红线区和生态保护红线区以外的饮用水水源保护区、水源涵养区、防风固沙区、土地沙化防控区、水土流失防控区等一般生态空间管控区；重点管控单元79个，主要包括城镇建成区、工业园区和开发强度大、污染物排放强度高的工业聚集区等；一般管控单元9个，主要包括优先保护单元和重点管控单元之外的其他区域。本项目位于“巴音郭楞蒙古自治州重点管控单元”，环境管控单元分类图见附图23。

#### （1）生态保护红线

生态保护红线是生态空间范围内具有特殊重要生态功能必须实行强制性严格保护的区域。项目所在地属于“巴音郭楞蒙古自治州重点管控单元”，不涉及巴音郭楞蒙古自治州生态保护红线。

#### （2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建辐射工作场所及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围， $\beta$ 表面污染水平亦未见异常。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，不会突破当地环境质量底线。

#### （3）资源利用上线

资源是环境的载体，资源利用上线是各地区能源、水、土地等资源消耗不得突破的“天花板”。本项目不新增使用土地，水、电等公共资源由当地专门部门供应，项目施工、运营期所用资源相对较少，用电、用水量不会超过区域用电、用水负荷，不会改变所在区域各类资源利用格局，符合资源利用上线要求。

#### (4) 环境准入负面清单

本项目属于“巴音郭楞蒙古自治州重点管控单元”，为医院核技术利用建设项目，满足管控措施，不在环境功能区负面清单内，符合环境准入负面清单的要求。

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单的要求，本项目的建设符合“三线一单”要求。

### 1.6 原有核技术利用项目许可情况

医院现持有新疆维吾尔自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为：新环辐证[00242]（见附件3）；发证日期：2023年06月19日，有效期至2027年11月10日；许可的种类和范围为：使用II类、III类射线装置。

根据医院提供资料，医院原有射线装置均已履行环保手续，医院原有射线装置情况见表1.6-1。

表 1.6-1 医院原有射线装置一览表

序号	名称	数量	类别	型号	工作场所	环评手续	验收手续
1	移动 DR	1	III类	M40-1A	体检中心负一层	备案号： 202365280100000035	/
2	车载 DR	1	III□	EX50- DRR	体检车	备案号： 202265280100000067	/
3	骨密度仪	1	III类	MEDIX DR	体检中心负一层骨 密度室	新环核函[2013]95号	新环函 (2014) 294号
4	小 C 臂	1	III类	Ziehm800 0	2#楼 4 层手术室： 手术室 2 室	备 案 号 ： 202365280100000035	/
5	移动 DR	1	III类	M-38	体检中心负一层移 动使用	备 案 号 ： 202365280100000034	/
6	移动 DR	1	III类	UDR 370i	体检中心负一层移 动使用	备 案 号 ： 202265280100000067	/
7	移动 DR	1	III类	UDR 370i	体检中心负一层移 动使用		/
8	移动 DR	1	III类	M40-1A	体检中心负一层移 动使用		/
9	DR	1	III类	NOVA- FA-C	体检中心负一层： 1 室	新环核函[2013]95号	/
10	DR	□1	III类	新东方 1000FB	体检中心负一层： 2 室	备 案 号 ： 202365280100000034	/
11	DR	1	III类	YISO	体检中心负一层： 3 室	新环核函[2013]95号	新环函 (2014) 294号
12	DR	1	III类	Digital DiagnosT H	体检中心负一层： 5 室		

13	数字胃肠机	1	Ⅲ类	Essenta	体检中心负一层： 6室		
14	乳腺钼靶机	1	Ⅲ类	Nuance	体检中心负一层： 7室	巴环自函（2016）62号	/
15	DR	1	Ⅲ类	Digital Diagnost H	骨科中心医技楼 1层： DR1室	已注销,手续办理中	
16	DR	□1	Ⅲ类	UDR 780i	骨科中心医技楼 1层： DR2室		
17	骨密度仪	1	Ⅲ类	OSTEOCORE	骨科中心医技楼 1层□骨密度 1室		
18	骨密度仪	1	Ⅲ类	EXA-PRESTO	骨科中心医技楼 1层： 骨密度 2室		
19	128层螺旋CT	1	Ⅲ类	SOMTOM Definition AS	骨科中心医技楼 1层： CT机房		
20	双源CT	1	Ⅲ类	SOMTOM FORCE	医技楼负 1□	备案号： 202265280100000067	/
21	64排CT	1	Ⅲ类	Light speed	3#楼 1层□1室	新环核函（2013）95号	
22	16排CT	1	Ⅲ类	Brightspeed Eliteselect	3#楼 1层：2室	备案号： 202265280100000067	/
23	方舱□CT	1	Ⅲ类	雷神	5#楼西侧		/
24	曲面断层全景X光机	1	Ⅲ类	OC200D	1#楼 5层全景机房	巴环自函（2016）62号	/
25	牙片机	1	Ⅲ类	YKY-G	1#楼 5层：牙片机房	新环核函（2013）95号	新环函（2014）294号
26	CBCT	1	Ⅲ类	OP300-1	1#楼 5层：CBCT机房	备案号： 202265280100000067	/
27	模拟定位机	1	Ⅲ类	SL-ID	3#楼负 1层：□拟定位机房	2004年安装	新环函（2014）294号
28	医用直线加速器	1	Ⅱ类	XHA600E	3#楼负 1层：直线加速器机房		
29	数字血管造影机	1	Ⅱ类	□irts Q	2#楼 2层：介入 2室		
30	数字血管造影机	1	Ⅱ类	Airts Zee	2#楼 2层：介入 1室	新环核函（2013）95号	
31	CT	1	Ⅲ类	Uct528	医技楼负 1层：4室	备案号： 202365280100000034	/
32	小□臂	1	Ⅲ类	18C-F23105	2#楼 4层手术室：3室		/
33	小C臂	1	Ⅲ类	18F/a22197	2#楼 4层手术室：4室		/

34	移动 DR	1	Ⅲ类	MobiEye700	体检中心负一层移动使用		/
35	移动 DR	□1	Ⅲ类	MobiEye700	体检中心负一层移动使用		/

### 1.7 原有核技术利用项目运行情况、辐射防护和监测情况

医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级生态环境部门监督和引导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

医院辐射工作场所设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯，各机房通风良好，屏蔽防护措施满足要求；各机房设置铅玻璃观察窗，能清楚观察到机房内情况；控制室和机房之间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；各机房周围辐射水平符合相关标准的要求。由现场调查情况可知，医院已采取相应的辐射防护措施，医院辐射防护措施以及管理制度满足目前辐射防护要求。

另外，医院为受检者配备了相应的放射防护用品，如铅橡胶围裙、铅橡胶颈套等。医院现有射线装置已委托有资质的单位进行年度监测，并编制监测报告，现有射线装置未对辐射工作场所周围环境造成放射性影响，机房外剂量当量率满足标准要求。

医院已从事放射诊断多年，目前未发生过辐射安全事故，不存在辐射环境污染及环境遗留问题。

### 1.8 医院现有辐射安全管理情况

#### (1) 辐射安全防护管理机构

根据相关法律、法规的要求，医院已成立辐射安全与环境保护领导小组，设有符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，且明确了相关成员的职责。

#### (2) 辐射工作制度

医院制定了一系列的辐射工作管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还制定有《巴音郭楞蒙古自治州人民医院放射辐射事故应急处理预案》。医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有管理制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射防护管理的要求。

### （3）辐射安全与防护考核情况

医院现有辐射工作人员共 177 人，均持有辐射安全培训合格证书或在生态环境部平台培训后经考核合格取得合格成绩单，合格证书和成绩单均在有效期内。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《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）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），医院从事使用II类射线装置、放射源及非密封放射性物质操作的辐射工作人员应在国家核技术利用辐射安全与防护平台参加考核并合格。从事III类射线装置的辐射工作人员可由医院自行组织辐射安全与防护考核，并取得合格成绩，并建立成绩档案。

### （4）个人剂量监测及职业健康检查情况

医院现有 177 名辐射工作人员均配备了个人剂量计，委托有资质的单位每三个月一次进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据医院提供连续四个监测周期的辐射工作人员个人剂量监测报告，现有辐射工作人员年度的个人剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。

医院已组织现有辐射工作人员进行了职业健康检查，体检结果表明，现有辐射工作人员可继续原辐射工作。

### （5）年度评估制度

医院有执行年度评估制度，编制有《辐射安全与防护状况年度评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

## 表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	<sup>90</sup> Sr	1.85×10 <sup>8</sup> /1.85×10 <sup>8</sup> ×1 枚	V类	使用	敷贴治疗	南市区新院急救诊疗中心一层核医学科	置于专用源屏蔽箱中, 存放在敷贴室保险柜内	/
以下空白								

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	<sup>131</sup> I	液态, 中毒, 半衰期 8.02d	使用	3.33×10 <sup>10</sup>	3.33×10 <sup>9</sup>	8.33×10 <sup>12</sup>	甲癌治疗	简单操作	南市区新院急救诊疗中心一层核医学科	外购, 按需购买, 治疗区储源室暂存。
2	<sup>131</sup> I	液态, 中毒, 半衰期 8.02d	使用	3.7×10 <sup>9</sup>	3.7×10 <sup>8</sup>	9.25×10 <sup>11</sup>	甲亢治疗	简单操作		
3	<sup>131</sup> I	液态, 中毒, 半衰期 8.02d	使用	1.85×10 <sup>5</sup>	1.85×10 <sup>4</sup>	4.63×10 <sup>8</sup>	甲功测定	简单操作		
4	<sup>131</sup> I	液态, 中毒, 半衰期 8.02d	使用	9.25×10 <sup>8</sup>	9.25×10 <sup>7</sup>	2.31×10 <sup>11</sup>	甲状腺显像检查	简单操作		
5	<sup>99m</sup> Tc	液态, 低毒, 半衰期 6.02h	使用	2.78×10 <sup>10</sup>	2.78×10 <sup>7</sup>	6.94×10 <sup>12</sup>	SPECT/CT 显像检查	很简单操作		外购, 按需购买, 显像区储源室贮存。
6	<sup>18</sup> F <sup>①</sup>	液态, 低毒, 半衰 109.8min	使用	2.22×10 <sup>10</sup>	8.88×10 <sup>6</sup>	5.55×10 <sup>12</sup>	PET/CT 显像检查	很简单操作		
7	<sup>89</sup> Sr	液态, 中毒, 半衰期 50.53d	使用	2.96×10 <sup>8</sup>	2.96×10 <sup>7</sup>	1.78×10 <sup>10</sup>	骨转移癌治疗	简单操作		
以下空白										

注: ①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)。

②核素 <sup>18</sup>F 的用量包含使用量和备药量。

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	装置名称	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	DSA	II类	1	待定	125	1000	影像诊断与介入治疗	老院区 2#楼 1 层	新增
2	DSA	II类	5	待定	125	1000	影像诊断与介入治疗	南市区新院急救诊疗中心 一层介入中心	新增
3	PET/CT	III	1	待定	140	1000	显像诊断	南市区新院急救诊疗中心 一层核医学科	新增
4	SPECT/CT	III	1	待定	140	1000	显像诊断	南市区新院急救诊疗中心 一层核医学科	新增
以下空白									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称		状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
核医学科放射性废水		液态	$^{131}\text{I}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	/	/	总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、 总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 、 $^{131}\text{I}$ 放射性活度 浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$	本项目设置 2 个衰变池组，核素诊疗区和核素治疗区产生的放射性废水均排入相应的衰变池。	满足暂存时间要求及规定的限值后，排入医院污水处理站做进一步消毒处理
核医学科放射性固废	沾染放射性核素的一次性注射器、一次性水杯、棉签、滤纸等	固态	$^{131}\text{I}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$	/	/	/	$\alpha$ 表面污染 $\leq 0.08\text{Bq/m}^3$ $\beta$ 表面污染 $\leq 0.8\text{Bq/m}^3$	核医学科区域设置有铅废物桶，放射性废物间设置有铅衰变柜。	满足暂存时间要求且经监测达清洁解控水平后，按医疗废物处理
	废活性炭								
核医学科放射性废气		气态	$^{131}\text{I}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	/	/	/	/	专用排风管道送至屋顶，由活性炭过滤后排放
旧放射源		固态	$^{90}\text{Sr}$	/	/	/	/	不暂存	送新疆城市放射性废物库处置

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

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）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》(1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过;2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订),中华人民共和国主席令第9号,2015年1月1日施行修订版;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过,自2003年9月1日起施行;2016年7月2日第一次修订;2018年12月29日第二次修订),中华人民共和国主席令第48号,2018年12月29日施行修订版;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003年6月28日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过),中华人民共和国主席令第六号,2003年10月1日施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998年11月29日中华人民共和国国务院令 第253号发布施行;2017年7月16日中华人民共和国国务院令 第682号令修订),自2017年10月1日起施行修订版;</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,(2005年9月14日经中华人民共和国国务院令 第449号公布,2014年7月29日经中华人民共和国国务院令 第653号修订,2019年3月2日经中华人民共和国国务院令 第709号修订),自2019年3月2日起施行修订版;</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 第31号公布,2008年12月6日经环境保护部令 第3号修正,2017年12月20日经环境保护部令 第47号修正,2019年7月11日经生态环境部令 第7号修改,2020年12月25日经生态环境部令 第20号修改),2021年1月4日施行修改版;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011年4月18日环境保护部令 第18号),自2011年5月1日起施行;</p> <p>(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017年第66号),自2017年12月5日起施行;</p> <p>(9) 《关于发布〈放射源分类办法〉的公告》(国家环境保护总局公告</p>
------------------	--

	<p>2005年第62号),自2005年12月23日起施行;</p> <p>(10)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(中华人民共和国生态环境部令第16号),自2021年1月1日起施行;</p> <p>(11)《产业结构调整指导目录(2019年本)》(2019年10月30日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号公布,自2020年1月1日起施行;2021年12月30日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第49号修改),自2021年12月30日起施行修改版;</p> <p>(12)《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),自2020年1月1日起施行;</p> <p>(13)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告2021年第9号),自2021年3月15日起施行;</p> <p>(14)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》,生态环境部令第9号,自2019年11月1日起施行;</p> <p>(15)《关于发布&lt;建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法&gt;配套文件的公告》,生态环境部公告2019年第38号,自2019年11月1日起施行;</p> <p>(16)《关于启用环境影响评价信用平台的公告》,生态环境部公告2019年第39号,2019年10月25日印发;</p> <p>(17)《新疆维吾尔自治区建设项目环境影响评价文件分级审批目录(2023年本)》(新环环评发〔2023〕91号),自2023年9月7日起施行;</p> <p>(18)《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》(政府令第192号,2015年);</p> <p>(19)《新疆维吾尔自治区环境保护条例》新疆维吾尔自治区第十三届人民代表大会常务委员会公告第11号2018年9月21日修订并施行;</p> <p>(20)《新疆维吾尔自治区辐射事故应急预案》,新政办发〔2016〕175号。</p>
<p><b>技 术 标</b></p>	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ2.1-2016);</p> <p>(2)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p>

准	<p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(4) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(8) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(9) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(10) 《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 《放射防护实用手册》（济南出版社，主编赵兰才、张丹枫）；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》（第三分册），李德平、潘自强主编；</p> <p>(4) 《2021 年全国辐射环境质量报告》；</p> <p>(5) 《新疆维吾尔自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究报告》；</p> <p>(6) 巴音郭楞蒙古自治州人民医院提供的其他资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据本项目的特点，参考《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响报告文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定“乙级非密封放射性物质工作场所项目的评价范围取半径 50m 的范围，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”。结合本项目特点，确定评价范围为核技术利用工作场所周围 50m 的区域（不同工作场所区域重合时取最大范围），具体评价范围见附图 2 和附图 8。

### 7.2 保护目标

根据项目周边环境关系情况可见，本项目老院区拟建 DSA 机房实体边界外 50m 评价范围和南市区新院核医学科和介入中心辐射工作场所边界外 50m 评价范围均为医院内部建筑和内部道路，人员分布主要为本项目工作场所内辐射工作人员、医院内其他医患人员及评价范围内道路经过的人员；评价范围内无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，不涉及巴音郭楞蒙古自治州生态保护红线。

本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员、医院内其他医患人员及评价范围内道路经过的公众人员。具体见表 7.2-1。

表7.2-1 本项目环境保护目标一览表

项目	环境保护目标	方位	与屏蔽体边界的最近距离（m）		规模	人员类别
			水平	垂直		
老院区 DSA	控制室辐射工作人员	东南侧 □	紧邻	0	1 人	职业
	机房内辐射工作人员	内部	内部	0	3 人	职业
	DSA 工作区域其他工作人员 (外库房、资料室、器材库、 洁净通道、污物通道等)	周边	紧邻	0	约 10 人次/天	公众
	楼梯间公众	东北侧 □	12	0	约 50 人次/天	公众
	正下方解剖室、冷冻机房等公 众	正下方	0	-4.2	约 2-3 人次/天	公众
	正上方□CU 医护、病患及家 人等公众	正上方	0	4.2	约 20 人次/天	公众
	2#楼一层 DSA 工作区域外公 众	西北侧	0	20	约 30 人次□天	公众
	2#楼 2 层及以上公众	楼上	0	4.2	约 100 人次/天	公众
	2#楼负一层除机房正下方外其	楼下	0	-4.2	约 20 人次/天	公众

	他区域公众					
	2#楼临近区域公众	四周	0	0	约 200 人次/天	公众
	3#楼紧邻区域公众	西南	20	0	约 300 人次/天	公众
	1#楼邻近区域公众	西北	4□	0	约 300 人次/天	公众
	院内 50m 范围内其他公众	院内建筑及道路	50 米内	0	约 500 人次/天	公众
急救诊疗中心核医学科	核医学科辐射工作人员	/	内部	0	15 人	职业
	核医学科区域非辐射□工作人员 (采□登记、化验□诊室等)	东侧	5	0	5 人	公众
	核医学科等候区公众	南侧	紧邻	0	约 50 人次/天	公众
	医疗主街区域公众	东侧	5	□	约 500 人次/天	公众
	传染科公众	北侧	10	0	约□00 人次/天	公众
	放射科公众	北侧	30	0	约 200 人次/天	公众
	行□办公、健康管理、挂号收费处公众	东侧	20	□	约 500 人次/天	公众
	急救诊疗中心一层其他公众	周边	50 米内	0	约 500 人次/天	公众
	正下方车库公众	正下方	0	□5.6	约 500 人次/天	公众
	正上方检验科□公众	正上方	0	5.6	约 300 人次/天	公众
	急救诊疗中心负一层除正下方□公众以外其他公众	楼下	0	-5.6	约 300 人次/天	公众
	急救诊疗中心二层除正上方公众以外其他公众	楼上	0	-5.6	约 500 人次/天	公众
	急救诊疗中心三层及以上公众	楼上	0	10□1	约 500 人次/天	公众
	核医学科 50m 范围内其他公众	院内建筑及道路	50 米内	0	约 500 人次/天	公众
急救诊疗中心介入中心 DSA 机房 (5 间)	控制室辐射工作人员	南侧	0□	0	5 人	职业
	机房内辐射工作人员	内部	0	0	15 人	职业
	介入中心其他工作人员 (值班室、护士站、药品间、办公室、洁净走廊等)	紧邻	5	0	约 20 人次/天	公众
	放射科□公众	南侧	10	0	约 200 人次/天	公众
	急诊科公众	北侧	10	0	约 200 人次/天	公众
	医疗主街公众	东侧	5	0	约 500 人次/天	公众
	门诊药房、特需门诊、120 调度中心等□	东南侧	20	0	约 500 人次/天	公众
	急救诊疗中心一层其他公众	周边	50 米内	0	约 500 人次/天	公众
	正下□方车库公众	正下方	0	5□6	约 500 人□/□	公众
	正上方内镜中心公众	正上方	0	5.6	约 50 人次/天	公众
	急救诊疗中心负一层除正下方公众以外其他公众	楼下	0	5□6	约 500 人次/天	公众
	急救诊疗中心二层除正上方□公众以外其他公众	楼上	0	5.6	约 500 人次/天	公众
	急救诊疗中心三层及□上公众	楼上	0	10.1	约 500 人次/天	公众
	50m 范围内其他公众	院内建筑及道路	50 米内	0	约 500 人次/天	公众

### 7.3 评价标准

### 7.3.1 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

表 7.3-1 剂量限制的相关内容

相关条款	具体内容
B1.1 职业照射	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； c) 眼晶体的年当量剂量不超过 150mSv； d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群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

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：一般情况下，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。

综上所述，本项目取不超过 5mSv/a 作为职业照射的剂量约束值，不超过 0.1mSv/a 作为公众照射的剂量约束值。其中从事同室介入手术的职业人员四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 125mSv/a、眼晶体年当量剂量不超过 20mSv/a 作为职业工作人员相应年当量剂量约束的参考值。

### 7.3.2 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### 6.4.1 控制区

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

#### 6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

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。

### 7.3.3 核医学科工作场所分级、分类

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C，应按表 7.3-2 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7.3-2 非密封源工作场所的分级

级别	具体内容
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。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）附录 A，核医学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 7.3-3 和表 7.3-4。

表 7.3-3 核医学常用放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	常用核素名称	毒性组别修正因子
高毒	$^{90}\text{Sr}$	1
中毒	$^{22}\text{Na}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{153}\text{Sm}$	0.1
低毒	$^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{11}\text{CO}$ 、 $^{11}\text{CO}_2$ 、 $^{14}\text{CO}$ 、 $^{14}\text{CO}_2$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{51}\text{Cr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111\text{m}}\text{In}$ 、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{127}\text{Xe}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{201}\text{Tl}$	0.01

表 7.3-4 核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子

活动类型	核素及状态	操作方式界定	操作方式修正因子
发生器淋洗	母体（液态）	贮存	100
	子体（液态）	简单操作	1
医疗机构使用	$^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （液态）	很简单操作	10
	$^{125}\text{I}$ 籽源（固态）	很简单操作	100
放射性药品生产	分装、标记（液体）	简单操作	1
	分装、标记（固体）	简单操作	10
核素治疗	$^{131}\text{I}$ （液态）	简单操作	1

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对核医学工作场所具体分类，核医

学工作场所属于非密封源工作场所，依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，将工作场所分为I、II、III三类（见表 7.3-5）。

**表 7.3-5 核医学工作场所分类**

分类	操作最大量放射性核素的加权活度（MBq）
I	>5000
II	50—50000
III	<0

注：<sup>1)</sup> 本表和 7.3-6、表 7.3-7 均依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物；  
<sup>2)</sup> 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

供计算操作最大量放射性核素的加权活度用的核医学常用放射性核素毒性权重因子和不同操作性质的修正因子分别见表 7.3-6 和表 7.3-7。

**表 7.3-6 核医学常用放射性核素的毒性权重因子**

类别	放射性核素	核素的毒性因子
A	<sup>75</sup> Se、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I、 <sup>32</sup> P、 <sup>90</sup> Y、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>153</sup> Sm	100
B	<sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>15</sup> O、 <sup>18</sup> F、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>111</sup> In、 <sup>123</sup> I、 <sup>201</sup> Tl、 <sup>111m</sup> In	1
C	<sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C、 <sup>81m</sup> Kr、 <sup>127</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe	0.01

**表 7.3-7 不同操作性质的修正因子**

操作方式和地区	操作性质修正因子
贮存	100
废物处理 闪烁法计数和显像 候诊区及诊断病床区	10
配药、分装及施给药 简单放射性药物制备 治疗病床区	1
复杂放射性药物制备	0.1

工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 7.3-8。

**表 7.3-8 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□	需要	需要	不需要
地□	与墙壁接缝□缝□	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
手套箱	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 <sup>a</sup>	普通管道	普□管□
盥洗与去污	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup>

\*注：<sup>a</sup> 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。

<sup>b</sup>洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

### 7.3.4 表面污染控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表 7.3-9 的控制水平。

表 7.3-9 工作场所放射性表面污控制水平（单位：Bq/cm<sup>2</sup>）

表面类型		α 放射性物质（Bq/cm <sup>2</sup> ）		β 放射性物质（Bq/cm <sup>2</sup> ）
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4	4
工作服、手套、工作鞋	控区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-1</sup>
<sup>1)</sup> 该区内的高污染子区除外				

### 7.3.5 核医学科工作场所辐射剂量率控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和生态环境部辐射源安全监管司关于《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）：

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。即①控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2），周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。②控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子<1/2），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

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

### 7.3.6 核医学辐射安全与防护要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

#### 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。

6.3.3 碘-131治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。

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。

### 7.3.7 核医学科平面布局要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

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。

### 7.3.8 核医学放射性废物的管理

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

#### 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。

#### （1）液态放射性废物

根据《电离辐射与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

8.6.2 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过  $10ALImin$ （ $ALImin$  是相应于职业照射的食入和吸入  $ALI$  值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）；

b) 每一次排放的活度不超过  $1ALImin$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水

进行冲洗。

由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量限值：

$$ALI=I_{j,L} =DL/e_j$$

式中：DL——相应的有效剂量的年剂量限值；

$e_j$ ——放射性核素 j 的年摄入量限值所致的待积有效剂量的相应值。

**根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：**

### 7.3.3 放射性废液排放

#### 7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

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

b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总  $\alpha$  不大于 1Bq/L、总  $\beta$  不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

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。

**根据生态环境部辐射源安全监管司关于《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）中关于槽式衰变池中含碘-131 放射性废水排放的回复：**

含碘-131 放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

（一）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 8.6.2 条规定，经监管部门确认单次排入普通下水道的废水中碘-131 活度不超过 1ALImin（9E+5 贝可），每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10ALImin（9E+6 贝可）。

（二）暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放。

（三）暂存不满 180 天但监测结果表明碘-131 活度浓度已降至不高于 10 贝可/升水平，也可直接排放。

医院应做好相关排放记录。

## (2) 固体放射性废物

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

### 4.2.5 解控

4.2.5.1 已知或已获准实践中的源（包括物质、材料和物品），如果符合审管部门规定的清洁解控水平，则经审管部门认可，可以不在遵循本标准的要求，即可以将其解控。

4.2.5.2 除非审管部门另有规定，否则清洁解控水平的确定应考虑本标准附录 A（标准的附录）所规定的豁免准则，并且所定出的清洁解控水平不应高于本标准附录 A（标准的附录）中规定的或审管部门根据该附录规定的准则所建立的豁免水平。

表 7.3-10 本项目放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度（摘自附录 A 中表 A1）

核素	活度浓度/（Bq/g）	活度/Bq
$^{18}\text{F}$	1E+01	1E+06
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1E+02	1E+07
$^{131}\text{I}$	1E+02	1E+06
$^{89}\text{Sr}$	1E+03	1E+06

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

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

- a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；
- b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；
- c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

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  $\beta$  和  $\gamma$  发射体以及低毒性  $\alpha$  发射体应小于  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他  $\alpha$  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。

### (3) 放射性废气

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

#### 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。

#### 7.3.9 患者出院的管理要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

接受  $^{131}\text{I}$  治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于  $25\mu\text{Sv/h}$  方可出院，以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。

#### 7.3.10 居留因子的选取

参考《放射治疗辐射安全与要求》（HJ1198-2021）附录 A 中不同场所的居留因子，见表 7.3-11。

表 7.3-11 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的患者检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室门; 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、患者滞留区域、屋顶、门岗室; 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯。

7.3.11 根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

#### 6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

##### 6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 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）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

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

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下表的规定。

**表 7.3-12 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度**

设备类型	机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup> m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
<sup>a</sup> 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。 <sup>b</sup> 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。 <sup>d</sup> 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。 <sup>e</sup> 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

## 6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 7.3-13 的规定。

**表 7.3-13 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
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7.3-17 的要求。

## 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

b) CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于  $0.25\text{mSv}$ ；

#### 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。

#### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7.3-14 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

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

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

**表 7.3-14 个人防护用品好辅助防护设施配置要求**

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
放射诊断学用 X 射线设备隔室透视、摄影 <sup>a</sup>	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	可调节防护窗口的立位防护屏； 选配：固定特殊受检者

				体位的各种设备
放射诊断学用X射线设备同室透视、摄影 <sup>a</sup>	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜	移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	可调节防护窗口的立位防护屏； 选配：固定特殊受检者体位的各种设备
CT体层扫描（隔室）	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
注1：“—”表示不做要求。 注2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				
<sup>a</sup> 工作人员、受检者的个人防护用品和辅助防护设施任选其一即可。 <sup>b</sup> 床旁摄影时的移动铅防护屏风主要用于保护周围病床不易移动的受检者。				

### 7.3.12 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

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

5.2.3 对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献 $\leq 10\%$ 时，一般可只监测Hp(10)；弱贯穿辐射的剂量贡献 $> 10\%$ 时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量Hp(10)和Hp(0.07)。

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

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

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

### 7.3.13 本项目限值要求汇总

表 7.3-15 DSA 项目限值要求汇总

工作	人员年受照剂	医生皮肤年剂	医生眼晶体年	机房要求	控制区外 30cm
----	--------	--------	--------	------	-----------

场所	量	量当量	剂量当量	DSA	处
各射线装置机房	辐射工作人员不大于 5mSv/a; 公众人员不大于 0.1mSv/a	不大于 125□mSv/a	不大于 20mSv/a	最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 3.5m	周围剂量当量率 不大于 2.5μSv/h
				机房屏蔽防护铅当量不小于 2.0mmPb	
				设置动力通风装置	
标准依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)			《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)	

表 7.3-16 核医学科限值要求汇总

工作场所	人员年受照剂量	机房要求	控制区屏蔽体外	工作场所的放射性表面污染			放射性废水	放射性废气			放射性固废（经监测达到清洁解控水平后，按免管废物处理）	
				位置	控制区	监督区		核素	工作场所浓度限值	排放口浓度限值	活度浓度	活度
核医学科	辐射工作人员职业照射剂量约束值不大于 5mSv/a； 公众照射剂量约束值不大于 0.1mSva	SPECT/CT 机房和 PET/CT 机房最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> ，最小单边长度不小于 4.5m	①控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2），周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。②控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子<1/2），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 10μSv/h。放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等屏蔽结构外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。	工作台、设备、墙壁、地面	β 放射性物质不大于 4×10 <sup>4</sup> Bq/cm <sup>2</sup>	β 放射性物质不大于 4Bq/cm <sup>2</sup>	放射性废水最高允许排放浓度 总 α 不大于 1.0Bq/L， 总 β 不大于 10Bq/L； <sup>131</sup> I 放射性活度浓度 ≤10Bq/L	<sup>99m</sup> Tc	/	/	1E+02Bq/g	1E+07Bq
								<sup>18</sup> F	/	/	1E+01Bq/g	1E+06Bq
								<sup>131</sup> I	/	/	1E+02Bq/g	1E+06Bq
				手、皮肤、内衣、工作袜	β 放射性物质不大于 4×10 <sup>-1</sup> Bq/cm <sup>2</sup>			<sup>89</sup> Sr	/	/	1E+03Bq/g	1E+06Bq
标准依据	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）			《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）				

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所位置

老院区 DSA 项目位于巴州人民医院老院区 2#楼一层，地理坐标北纬 N：41° 45' 38.67"，东经 E：86° 08' 59.56"。2#楼位于医院中部，该楼北侧为医院内部道路和停车场、南侧和东侧为 3 号楼、西侧为 1 号楼。老院区 DSA 机房东侧为控制室和污物通道、南侧为 2#楼室外、西侧为设备间和资料室、北侧为洁净通道，上方为病房、下方为解剖室、停尸间和冷冻机房。老院区总平面布置示意图见附图 3，DSA 项目工作场所平面布置图见附图 5。

南市区新院核医学科和介入中心位于巴州人民医院南市区新院南市区新院急救诊疗中心一层，地理坐标北纬 N：41° 43' 11.16"，东经 E：86° 06' 55.66"。急救诊疗中心（共 5 层，地下 1 层、地上 4 层，高度 21.7m）位于院区中部，该楼北侧和东侧为医院出入口、南侧为院内绿地和停车位、西侧为宿舍楼，食堂、实验楼和二期预留地。核医学科位于南市区新院急救诊疗中心一层南部，核医学科东侧为医疗主街、南侧为室外（核医学科出入口），北侧为传染病房，西侧为 1#庭院，上方为检验科，楼下为车库。介入中心位于南市区新院急救诊疗中心一层北部，介入中心东侧为医疗主街、南侧放射科、西侧为 2#庭院、北侧为急诊科、上方为内镜中心、下方为车库。南市区新院总平面图见附图 9，核医学科平面布置见附图 13，介入中心平面布置图见附图 20。

### 8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

#### 8.2.1 监测目的

掌握拟建工作场所的辐射环境本底水平，为本项目运行后对环境产生的辐射影响提供基础数据。

#### 8.2.2 辐射现状评价对象

老院区 DSA 机房及周边环境、南市区新院核医学科辐射工作场所和介入中心机房及周围环境

#### 8.2.3 监测因子

$\gamma$  辐射剂量率和  $\beta$  表面污染。

#### 8.2.4 监测点位

根据项目的平面布置和周围环境情况布设监测点。具体监测点位布置见图 8.2-1-8.2-5。

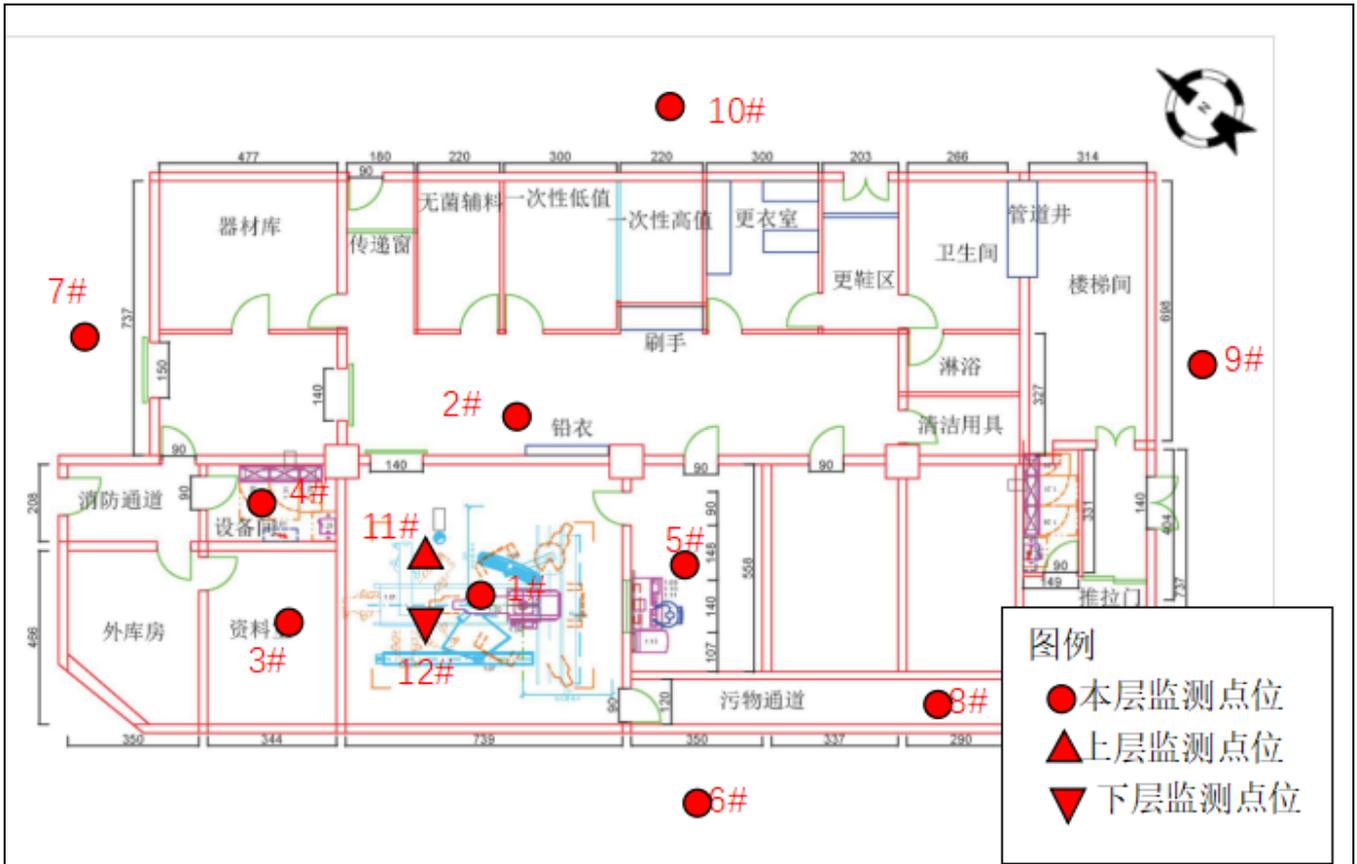


图 8.2-1 老院区 2# 一楼 DSA 拟改建区域监测点位图



图 8.2-2 老院区 DSA 机房外监测点位图

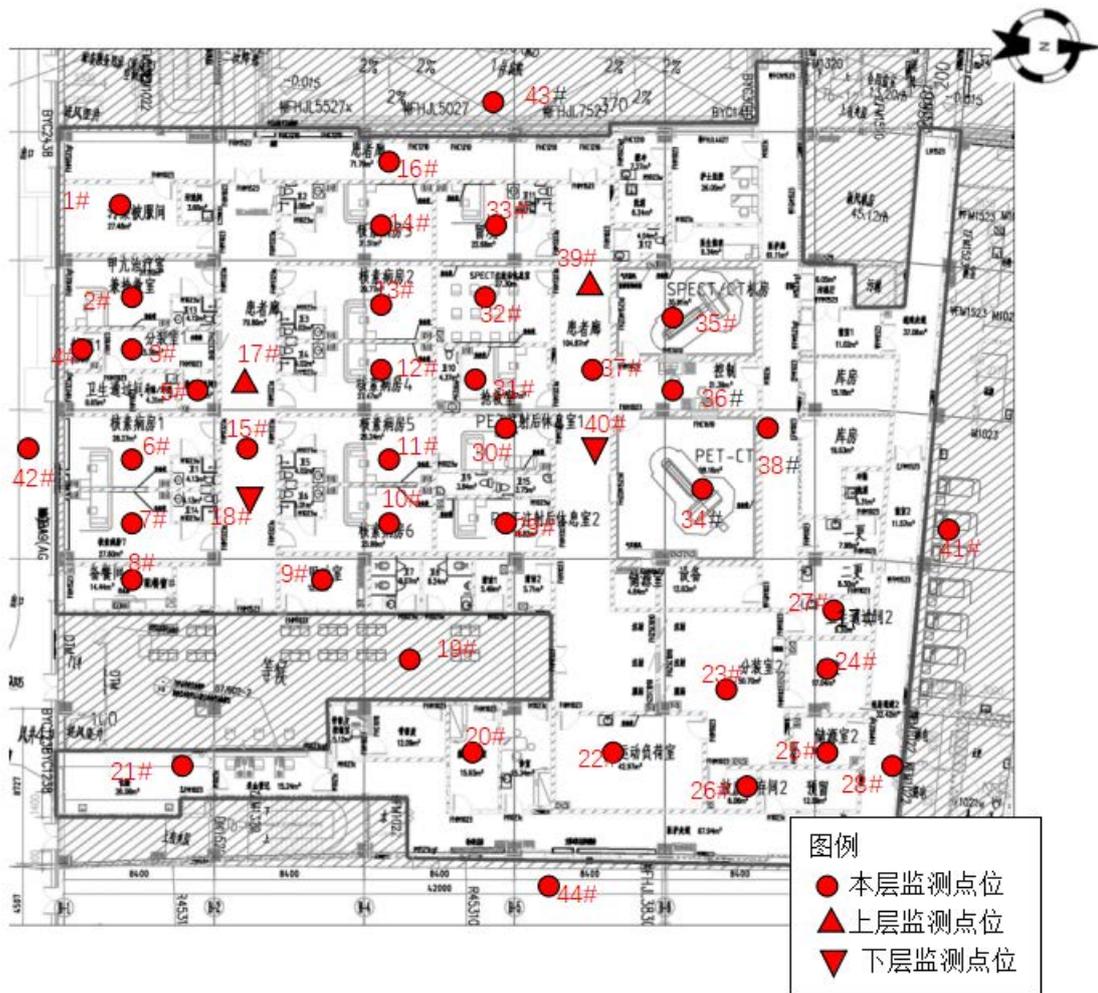


图 8.2-3 急救诊疗中心一层拟建核医学科区域监测点位图

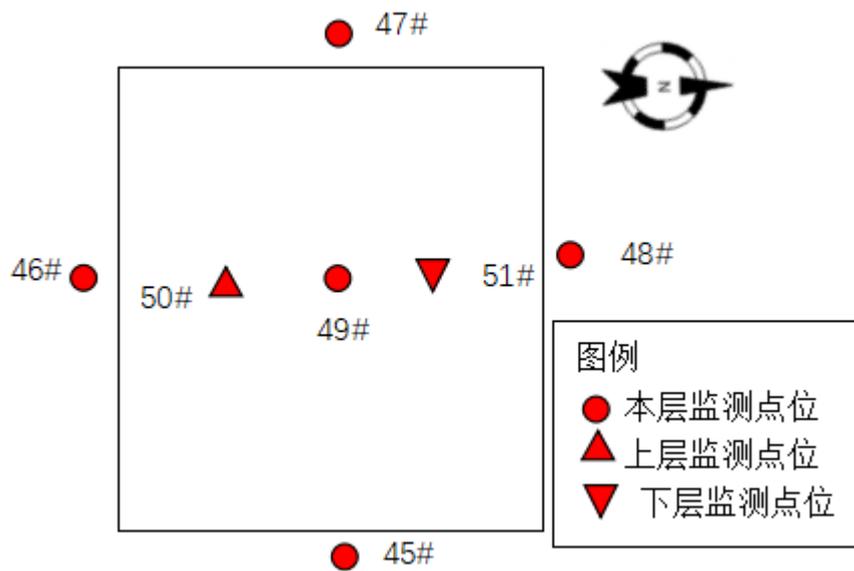


图 8.2-4 急救诊疗中心一层拟建介入中心监测点位图

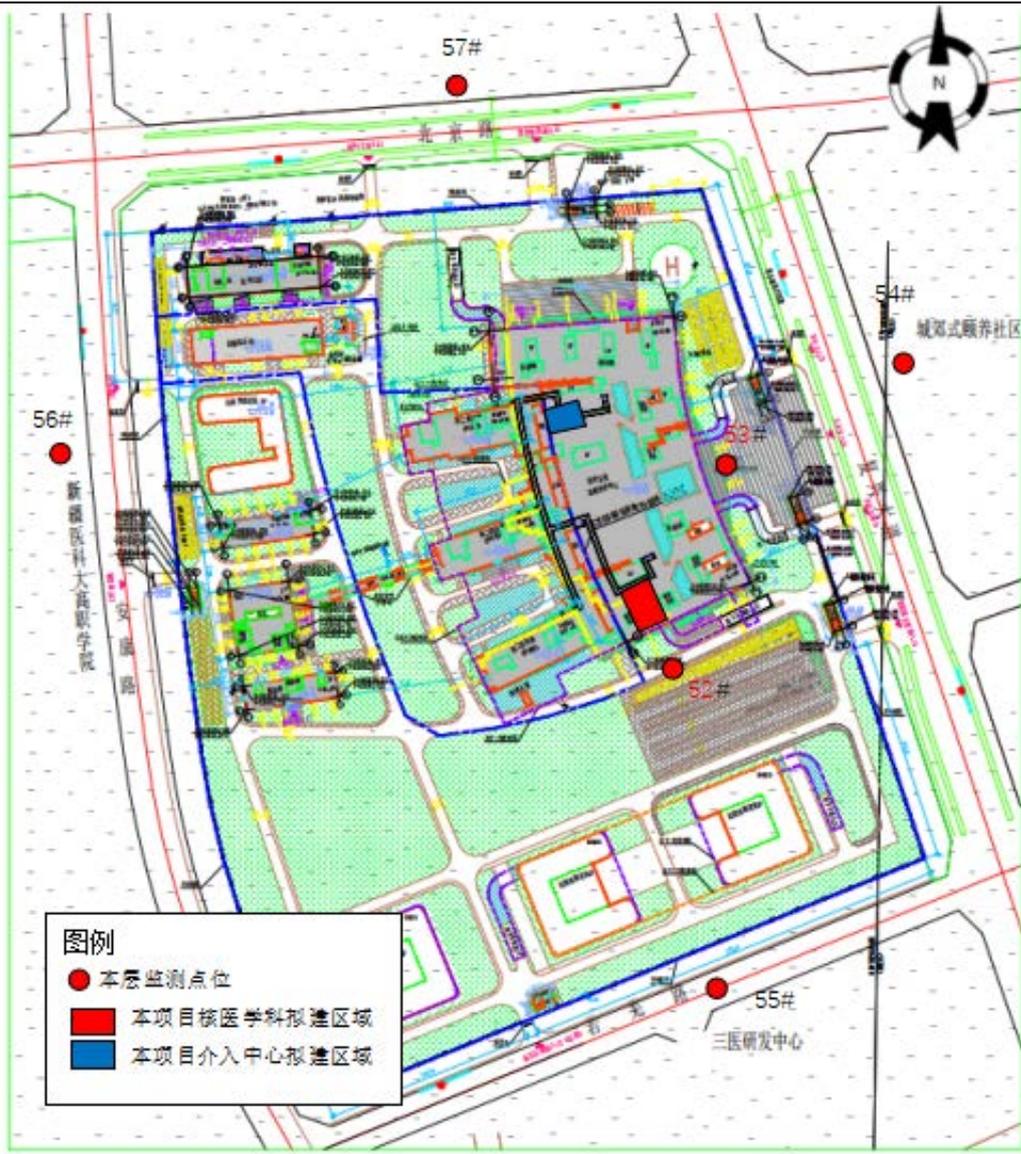


图 8.2-5 南市区新院监测点位图

## 8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

### 8.3.1 监测方案

(1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

(2) 监测日期：2023年8月17日

(3) 监测方式：现场监测

(4) 监测依据：

《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

《表面污染测定第1部分： $\beta$ 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 $\alpha$ 发射体》（GB/T14056.1-2008）

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

(5) 监测频次：即时检测（仪器读数稳定后，取读10个数据）

(6) 监测工况：辐射环境背景监测

(7) 监测天气环境条件：天气：晴；温度：25.5℃，湿度：39.2%RH

(8) 监测设备

表 8.3-1 监测设备参数表 1

仪器名称	便携式 X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	aut□□ess
仪器编号	05038417
能量范围	38keV-7MeV
量 程	模拟量程：10nSv/h-100 $\mu$ Sv/h；数字量程：1nSv/h-99.9 $\mu$ Sv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书	2023H21-2□-4708006001
检定有效期	2023年07月24日~2024年07月23日

表 8.3-2 监测设备参数表 2

仪器名称	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪
------	--------------------------

仪器型号	CoMo170
生产厂家	S.E.A.
仪器编号	05034889
探测器灵敏窗面□	170cm <sup>2</sup>
探测器本底	α:0.1CPS; β:15~25CPS
检定单位	上海市计量测试技术研究院, 华东国家计量测试中心
检定证书	2023H21-20-4416146001
检定有效期	2023年02月20日□2024年02月19日

### 8.3.2 质量保证措施

(1) 本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司, 具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证, 并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告, 保证了监测工作的合法性和有效性;

(2) 采用国家有关部门颁布的监测标准方法, 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(3) 监测仪器每年定期经计量部门检定, 检定合格后方可使用。

(4) 监测实行全过程的质量控制, 严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行, 监测人员经培训、考核合格后上岗。

(5) 监测报告严格实行三级审核制度, 经校核、审核, 最后由授权签字人批准。

### 8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8.3-3-8.3-5。

表 8.3-3 老院区 DSA 项目辐射环境现状监测布点及结果一览表

监测点编号	测量位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1#	拟建 DSA 机房内部	64±2	室内
2#	拟建 DSA 机房洁净通道	62±1	室内
3#	拟建资料室	82±2	室内
4#	拟□设备间	87±1	室内
5#	拟建控制室	□9±2	室内
6#	拟建 DSA 机房东北 (2#楼室外)	108±2	室外
7#	拟建 DSA 区域东南 (2#楼一楼大厅)	84±2	室内

8#	拟建污物通道	71±2	室内
9#	拟建 DSA 区域西北 (2#楼室外)	98±2	室外
10#	拟建 DSA 区域西南 (2#楼一楼过道)	82±2	室内
11#	2 号楼东北	75±2	室外
12#	2 号楼东南	92±2	室外
13#	2 号楼西南	62±3	室外
14#	2 号楼西北	73±3	室外
15#	2 号楼东北□道路	72±2	室外
16#	拟建 DSA 机房楼上	89±2	室内
17#	拟建 DSA 机房楼下	85±2	室内

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正；

3、环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子  $k_1$ ×仪器检验源效率因子  $k_2$ ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子  $k_3$ ×测量点宇宙射线响应值  $D_c$ ，校准因子  $k_1$  为 1.04，仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准，效率因子  $k_2$  取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， $k_3$  楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 33nGy/h。

表 8.3-4 南市区新院核医学科和介入中心辐射环境现状监测布点及结果一览表

监测点编号	测量位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1#	污染被服间	63±2	室内
2#	甲亢治疗室兼抢救室	66±2	室内
3#	分装室 1	□□±2	室内
4#	储源室 1	62±2	室内
5#	放废暂存间 1	66±2	室内
6#	核素病房 1	69±2	室内
7#	核素病房 7	64±2	室内
8#	备餐间	69±2	室内
9#	甲功室	66±2	室内
10#	核素病房 6	□4±2	室内
11#	核素病房 5	65±2	室内
12#	核素病房 4	63±2	室内
13#	核素病房 3	64±1	室内
14#	核素病房 2	67±1	室内

15#	甲癌患者走廊	73±2	室内
16#	总患者廊	77±2	室内
17#	治疗区楼上	97±2	室内
18#	治疗区楼下	82±1	室内
19#	核医学等候区大厅	8□□3	室内
20#	敷贴治疗室	73±1	室内
21#	抽血化验区	71±2	室内
22#	运动负荷室	76±2	室内
23#	分装 2	72±2	室内
24#	质控室	78±2	室内
25#	储源室 2	66±2	室内
26#	放废暂存间 2	6□±2	室内
27#	卫生通过间	73±2	室内
28#	过道	81±2	室内
29#	PET/CT 注射后休息室 1	63±2	室内
30#	PET/CT 注射后休息室 2	63±2	室内
31#	抢救室	71±2	室内
32#	SPECT 注射后休息室	66±2	室内
33#	留观室	62±2	室内
34#	PET/CT 机房	68±□	室内
35#	SPECT/CT 机房	75±2	室内
36#	控制室	81±1	室内
37#	诊断患者通道	77±2	室内
38#	医护通道	72±2	室内
39#	诊断区楼上	85±2	室内
40#	诊断区楼下	80±2	室内
41#	拟建核医学□区域北侧	91±3	室内
42#	拟建核医学科区域南侧	77±1	室外
43#	拟建核医学科区域西侧	85±2	室内

44#	拟建核医学科区域东侧	73±2	室内
45#	拟建介入中心东侧	88±2	室内
46#	拟建介入中心南侧	84±2	室内
47#	拟建介入中心西侧	86±3	室内
48#	拟建介入中心北侧	□□±2	室内
49#	拟建介入中心中心	92±2	室内
50#	拟建介入中心楼上	101±2	室内
51#	拟建介入中心楼下	83±2	室内
52#	核医学科南侧绿化	58±2	室外
53#	急救诊疗中心楼前	62±2	室外
54#	南院区东侧□市颐养社区	73±2	室外
55#	南院区南侧三医研发□心	66±2	室外
56#	南院区西侧新疆医科大高职院校	61±2	室外
57#	南院区北侧北京路	63±2	室外

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正；

3、环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子  $k_1$ ×仪器检验源效率因子  $k_2$ ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子  $k_3$ ×测量点宇宙射线响应值  $D_c$ ，校准因子  $k_1$  为 1.08，仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准，效率因子  $k_2$  取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， $k_3$  楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 33nGy/h。

表 8.3-4 南市区新院核医学科  $\beta$  表面污染监测布点及结果一览表

监测点编号	测量位置	检测结果 (Bq/cm <sup>2</sup> )
1#	污染被服间	<0.09
2#	甲亢治疗室兼抢救室	<0.□9
3#	分装室 1	<0.09
4#	储源室 1	<0.09
5#	放废暂存间 1	<0.09
6#	核素病房 1	<0.09
7#	核素病房 7	<0.09
8#	备餐间	<0.09
9#	甲功室	<0.09
10#	核素病房 6	<0.09
11#	核素病房 5	<0.09

12#	核素病房 4	<0.09
13#	核素病房 3	<0.09
14#	核素病房 2	<0.09
15#	甲癌患者走廊	<0.09
16#	总患者廊	<0.09
19#	核医学等候区大厅	<0.09
20#	敷贴治疗室	<0.09
21#	抽血化验区	<0.09
22#	运动负荷室	<0.09
23#	分装 2	<0.09
24#	质控室	<0.09
25#	储源室 2	<0.09
26#	放废暂存间 2	<0.09
27#	卫生通过间	<0.09
28#	过道	<0.09
29#	PET/CT 注射后休息室 1	<0.09
30#	PET/CT 注射后休息室 2	<0.09
31#	抢救室	<0.09
32#	SPECT 注射后休息室	<0.09
33#	留观室	<0.09
34#	PET/CT 机房	<0.09
35#	SPECT/CT 机房	<0.09
36#	控制室	<0.09
37#	诊断患者通道	<0.09
38#	医护通道	<0.09

注：1、上述检测结果均已扣除本底；

2、CoMo170 型  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染仪/05034889 的  $\beta$  表面污染探测下限为 0.09Bq/cm<sup>2</sup>。

#### 8.4 环境现状调查结果的评价

由上述监测结果可知，本项目拟建辐射工作场所及周围各监测点位的  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 59nGy/h~108nGy/h。根据《2021 年全国辐射环境质量报告》表 3.1.1-1 可知，新疆的

$\gamma$  辐射剂量率年均值范围是 74.4nGy/h~117.7nGy/h。根据《新疆维吾尔自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，新疆巴州道路陆地  $\gamma$  辐射剂量率范围 30.2nGy/h~117nGy/h，室内陆地  $\gamma$  辐射剂量率范围 47.2nGy/h~165nGy/h，因此可见本项目所在区域的  $\gamma$  辐射水平低于当地本底水平。由表 8.3-5 监测结果可知，拟建核医学科场地  $\beta$  表面污染水平未见异常。

**表 9 项目工程分析与源项**

## **9.1 工程设备和工艺分析**

### **9.1.1 核医学科**

#### **9.1.1.1 本项目核医学科场所介绍**

本项目核医学科拟使用  $^{18}\text{F}$  开展 PET/CT 显像诊断；拟使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  和  $^{131}\text{I}$  开展 SPECT/CT 显像诊断；拟使用  $^{131}\text{I}$  开展甲癌治疗、甲亢治疗、甲功测定；拟使用  $^{89}\text{Sr}$  开展骨转移癌治疗；拟使用  $^{90}\text{Sr}$  放射源敷贴器开展敷贴治疗。

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号），满足以下特点的放射性药品生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：

- 1.有相对独立、明确的监督区和控制区划分；
- 2.工艺流程连续完整；
- 3.有相对独立的辐射防护措施。

本项目核医学科位于南市区新院急救诊疗中心一层南部，按照不同的诊疗流程和功能布局，整个核医学非密封放射性物质工作场所可分为：核素诊疗区（PET 显像项目、SPECT 显像项目和骨转移癌治疗项目）、核素治疗区（甲癌治疗项目、甲亢治疗项目和甲功测定）和敷贴治疗。

核素诊疗区和核素治疗区工艺流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施的要求，但考虑到两个区域的控制区、监督区不能独立划分，因此将核素诊断区和核素治疗区作为一个非密封放射性物质工作场所进行日等效操作量核算。

#### **9.1.1.2 PET 诊断项目**

##### **（1）PET 设备组成及工作原理**

PET（Positron Emission Tomography，正电子发射断层扫描）的工作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因子显像，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。

PET 扫描系统主要由扫描仪、显像、电子柜、操作工作站、分析工作站和影像硬

拷贝等组成。PET 扫描仪的外形为一个柱状的支架，扫描视野位于支架的中央，由探测器、射线屏蔽装置等组成。

近年来，为减少诊断时间、获得更清晰的图像和更多有价值的影像信息，发展了融合应用高档多排 CT 技术进行精确定位的 PET/CT，使两种成像技术优势互补，使用同一个检查床和同一个图像处理工作站，PET 图像提供功能和代谢等分子信息，CT 提供精细的解剖和病理信息，通过融合技术，一次诊断即可获得疾病的病理生理变化和形态学改变，明显提高诊断的准确性。

### (2) 工作流程

本项目计划安装 1 台 PET/CT 开展 PET 诊断项目，使用  $^{18}\text{F}$  进行显像诊断，每年工作 250 天，每周工作 5 天，计划每日最多诊断 20 人，接受显像诊断的每名患者最大用药量为  $3.7\times 10^8\text{Bq}$ ，药物根据每日患者用药量外购成品药物，在核医学科内人工分装、注射，计划每日送药两次。

表 9.1-1 PET 诊断项目诊疗规划

诊疗项目	诊断核素	患者数量	核素用量	给药放射	来源
PET 显像诊断	$^{18}\text{F}$	20 人/天	$3.70\times 10^8\text{Bq/人}$	静脉注射	外购药物，人工分装

**订药：**工作人员根据患者预约情况、临床诊断所需  $^{18}\text{F}$  使用量，提前一天向放射性药物供应单位订购，在约定时间由药物供应单位负责按照核素种类运送至核医学科，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接、登记手续后，暂存在诊断区储源室。

**分装注射：**注射前由护士在分装室 2 内的  $^{18}\text{F}$  手套箱内进行人工分装。注射时护士手持带铅屏蔽套的注射器，在铅屏蔽窗的屏蔽下为患者注射。

**诊断：**注射后的患者进入相应 PET 给药后候诊室静躺休息，待药物充分代谢后，通过语音呼叫，进入相应机房，经医生进行语音提示摆位，必要时进入机房指导，随后离开机房进入控制廊，隔室操作对患者进行 PET/CT 扫描诊断。扫描完成后，患者离开机房，根据医生指导，按需在检查后留观室留观，无碍后由专用出口离开。

### (3) 产污环节

工作人员注射完毕后的一次性注射器、棉签，放入专用放射性废物铅桶内。患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入衰变池内衰变。工作场所内放射性废气通过独立专用排风管收集、吸附处理后由屋顶排放。

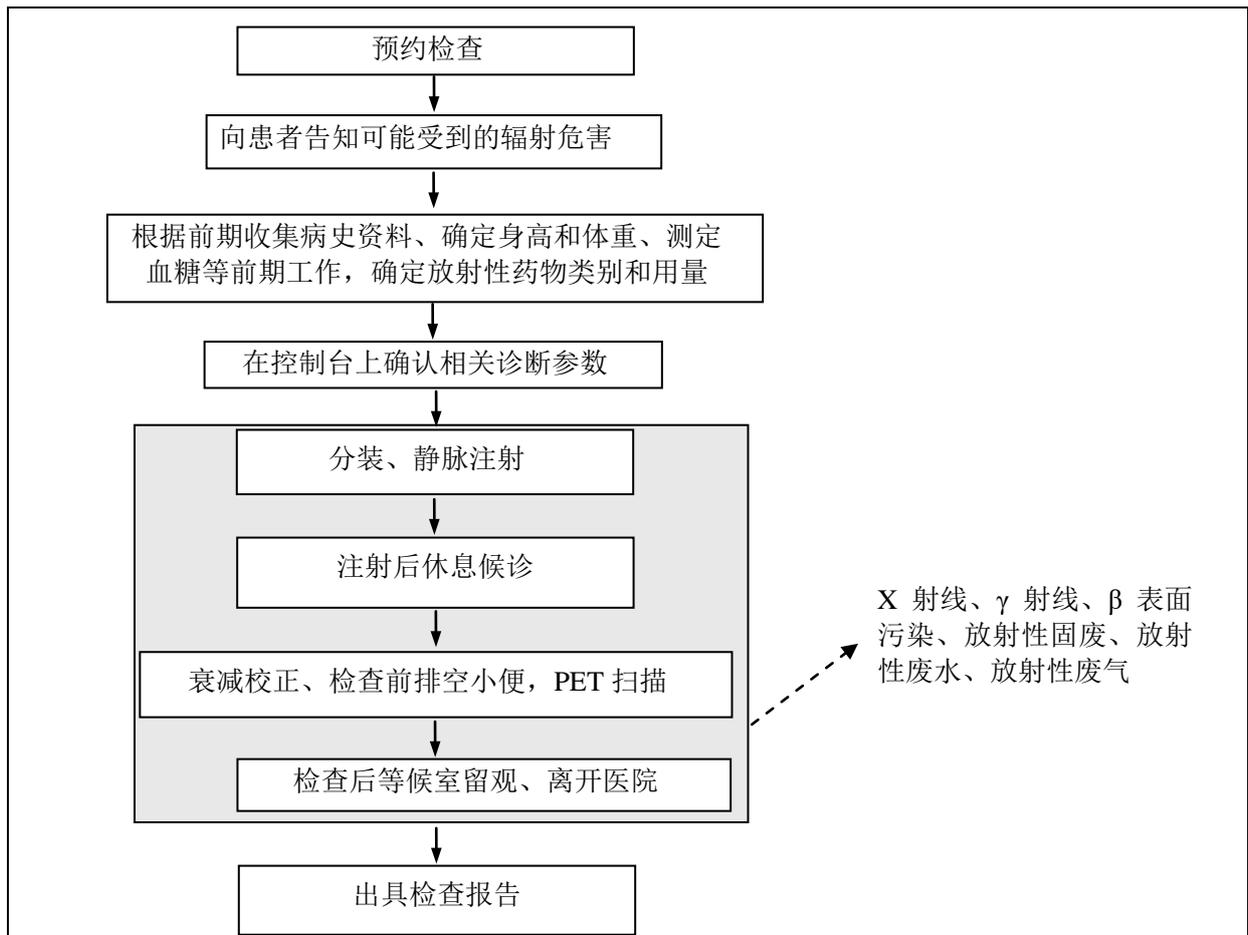


图 9.1-1 PET 诊断工艺流程及产污环节分析示意图

### 9.1.1.3 SPECT 诊断项目

#### (1) SPECT 设备组成及工作原理

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography, 单光子发射型计算机断层显像) 是一种利用放射性核素的检查方法, 其使用  $^{99m}\text{Tc}$  进行诊断的基本原理是: 受检者注射  $^{99m}\text{Tc}$  药物,  $^{99m}\text{Tc}$  在特定的器官或组织发射出能量 140keV 的光子 ( $\gamma$  射线), 穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能准直器对  $\gamma$  射线进行准直, 通过闪烁体将  $\gamma$  射线能力转换为光信号, 再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大, 得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小, 再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是: 除了显示脏器形态结构外, 更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。

SPECT/CT 主要由三部分组成, 即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。SPECT/CT 自身带有一个 CT 球管, 在 SPECT 核素扫描的基础上, 可以同时获得 CT

解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

## (2) 工作流程

SPECT 诊断项目使用 1 台 SPECT/CT 设备，使用放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 。正式开展后，每周工作 5 天，年工作 250 天， $^{99m}\text{Tc}$  显像日最大接诊量为 30 人，每名患者最大给药量为  $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ ； $^{131}\text{I}$  显像日最大接诊量为 5 人，每名患者最大给药量为  $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ 。本项目  $^{99m}\text{Tc}$  由工作人员提前一天向放射性药物供应单位订购，在约定时间由药物供应单位负责按照患者用量把分装好的核素  $^{99m}\text{Tc}$  以 1 个货包的形式运送至核医学科，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接、登记手续后，暂存在诊断区储源室。 $^{131}\text{I}$  与核素治疗区  $^{131}\text{I}$  用药一起以一个货包形式送达，通过碘自动分装仪自动分装。

表 9.1-2 SPECT 诊断项目诊疗规划

诊疗项目	诊断核素	患者数量	核素用量	给药放射	来源
SPECT 显像诊断	$^{99m}\text{Tc}$	30 人/天	$3.70 \times 10^8 \text{Bq/人}$	静脉注射	外购药物，人工分装
	$^{131}\text{I}$	5 人/天	$1.85 \times 10^8 \text{Bq/人}$	口服	外购药物，自动分装

**订药：**工作人员根据患者预约情况、每名患者临床诊断所需  $^{99m}\text{Tc}$  和  $^{131}\text{I}$  使用量，提前一天确认患者和用药量信息、确认放射性药物总量，并向供应商订药。

**注射/给药：**工作人员将标记好的  $^{99m}\text{Tc}$  在 SPECT 注射室铅屏蔽窗的屏蔽下为患者注射。核素  $^{131}\text{I}$  在治疗区给药室口服药物。

### 诊断：

$^{99m}\text{Tc}$  显像：静态显像患者注射放射性药物后根据工作人员指导，在 SPECT 给药后候诊室内休息一段时间后扫描，动态显像患者注射放射性药物后直接在机房进行扫描。

$^{131}\text{I}$  显像： $^{131}\text{I}$  显像单人最大用药量为  $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，服药后由专用出口直接离开医院，根据医生指导一般 24 小时后回来进行扫描，进行  $^{131}\text{I}$  显像诊断患者不需要在核医学科内等候和留观。

患者进入 SPECT/CT 机房，经医生进行语音提示摆位，必要时进入机房指导患者摆位后，离开 SPECT/CT 机房进入控制室，隔室操作 SPECT/CT 对患者实施扫描诊断。诊断结束后，患者从核素诊断区出口处离开核医学科工作场所。 $^{99m}\text{Tc}$  显像和  $^{131}\text{I}$  显像诊断错时开展，避免交叉影响。SPECT 诊断项目的工作流程与产污环节详见图

9.1-2。

### (3) 产污环节

工作人员注射完毕后的一次性注射器、棉签，放入专用放射性废物铅桶内。患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入衰变池内衰变。工作场所内放射性废气通过独立专用排风管收集、吸附处理后由屋顶排放。

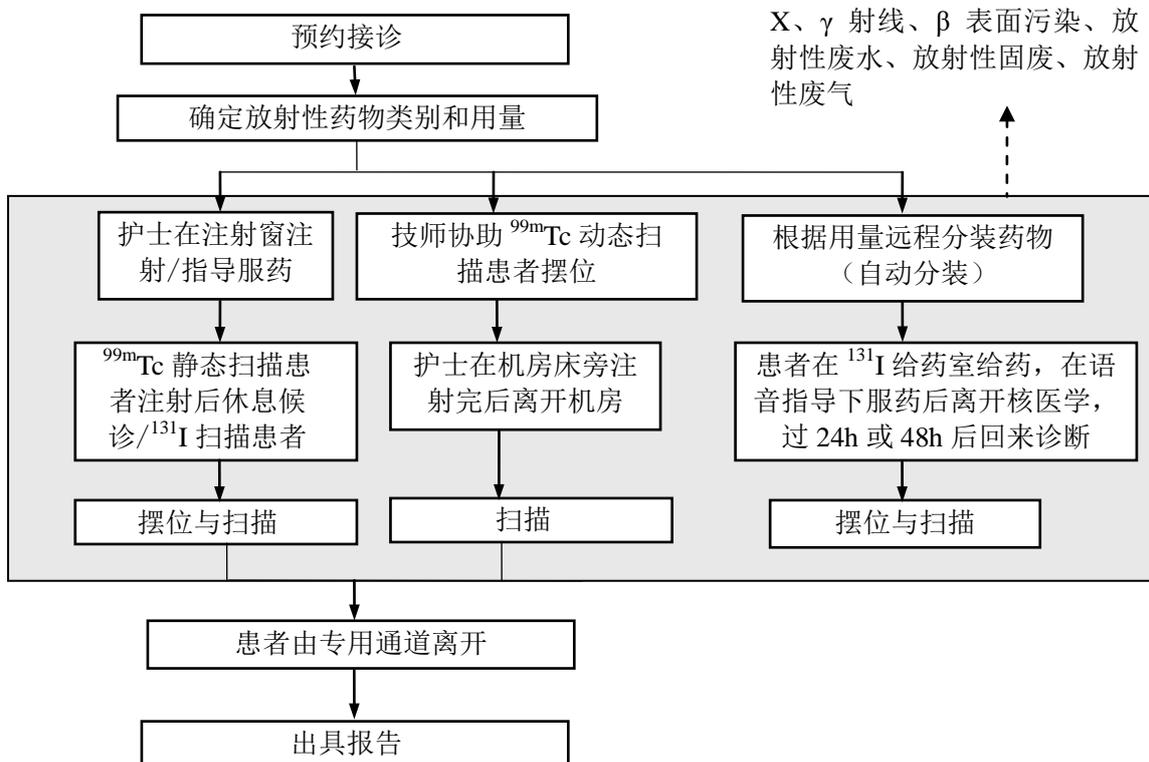


图 9.1-2 SPECT 诊断工作流程及产污环节分析示意图

#### 9.1.1.4 PET/CT 和 SPECT/CT 配套 CT

##### (1) 工作原理

X射线诊断装置主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生X射线。X射线管基本结构如下图所示。

CT是计算机断层X射线摄影术（Computed Tomography）的简称，它使用了精确准直的X射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据。它根据人体不同组织对X线的吸

收与透过率的不同，应用灵敏度极高的仪器对人体进行测量，然后将测量所获取的数据输入电子计算机，电子计算机对数据进行处理后，就可摄下人体被检查部位的断面或立体的图像，发现体内任何部位的细小病变。

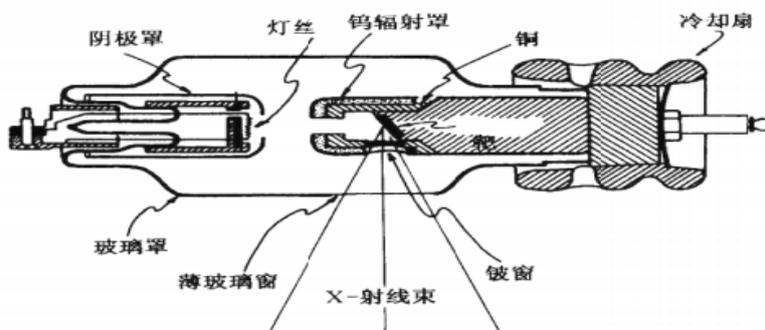


图 9.1-3 X 射线管基本结构图

(2) 工作流程及产污环节分析

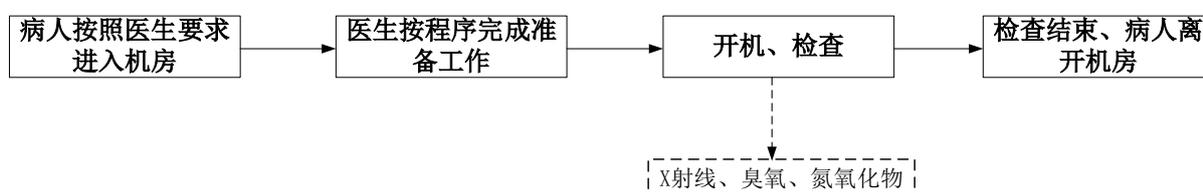


图 9.1-4 X 射线诊断装置工作流程及产污环节分析

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，CT 装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。另外，X 射线会与空气发生电离作用，会产生少量臭氧和氮氧化物。

### 9.1.1.5 核素 $^{131}\text{I}$ 治疗项目（含甲功测定）

#### (1) 工作原理

##### ①甲癌、甲亢治疗项目

放射性核素  $^{131}\text{I}$  可以高度选择性聚集在分化型甲状腺癌及转移灶， $^{131}\text{I}$  衰变时发射出射程很短的  $\beta$  射线和能量跃迁时发出的  $\gamma$  射线，从而对病变组织进行内照射治疗，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，而邻近的正常组织吸收剂量很低，从而达到治疗目的。

##### ②甲功测定项目

碘是甲状腺合成甲状腺激素的原料之一，放射性的  $^{131}\text{I}$  也能被摄取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取量和速度与甲状腺功能密切相关。将  $^{131}\text{I}$  引入受检者体内，

利用体外探测仪器测定甲状腺部位放射性计数的变化，可以了解  $^{131}\text{I}$  被甲状腺摄取的情况，从而判断甲状腺的功能。

## (2) 工作流程

使用核素  $^{131}\text{I}$  进行治疗，甲癌治疗单人最大给药量  $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$  (200mCi)，甲亢治疗 (单人最大给药量  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ )；甲功测定单人最大给药量为  $1.85 \times 10^5 \text{Bq}$ 。甲癌治疗  $^{131}\text{I}$  单日最大操作量不超过 900mCi 即  $3.33 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，即控制同一批住院治疗患者中使用治疗最大剂量的人数。

本项目核素治疗区共设置有 7 间单人核素病房，规划单日甲癌最大治疗人数 7 人，每周一安排服药；每天开展甲亢治疗，单日最大诊疗人数 10 人，每周开展五天；每天开展甲功测定，单日最大诊疗人数 10 人，每周开展五天。

表 9.1-3  $^{131}\text{I}$  治疗项目规划

诊疗项目	诊断核素	患者数量	核素用量	给药放射	来源
甲癌治疗	$^{131}\text{I}$	7 人/周	$7.4 \times 10^9 \text{Bq/人}$	口服	外购药物，自动分装
甲亢治疗	$^{131}\text{I}$	10 人/天	$3.7 \times 10^8 \text{Bq/人}$	口服	外购药物，自动分装
甲测	$^{131}\text{I}$	10 人/天	$1.85 \times 10^5 \text{Bq/人}$	口服	外购药物，自动分装

**订药：**工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数，提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位在用药当天送达药品，经确认无误完成相关交接、登记手续后，将药物暂存于治疗区储源室内。

### 指导服药：

接受  $^{131}\text{I}$  诊疗的患者进入治疗区患者通道，医护人员在监控室内通过电脑控制系统操作碘自动分装仪自动分装药物，语音指导患者在服药窗服药。

医院拟分时段管控患者的就诊时间，当天先完成甲亢患者和甲状腺显像服药患者服药，等患者离开核医学科后再进行甲癌治疗患者接诊治疗，甲癌治疗的患者住院期间除就餐时间取餐外均在病房休息，不在患者通道居留，可避免甲癌治疗患者和甲亢患者及甲状腺显像服药患者相互接触。甲功测定不在核素治疗区内部，不会与用药后的甲亢患者和甲癌患者接触。

### 服药后治疗/诊断：

甲癌患者在服药室内服药后，根据医护人员语音指导和治疗区路线指示标志进入核素病房住院治疗，甲癌患者一般住院 2~4 天。甲亢患者服药后离开核医学科。甲状

腺显像服药患者服药后离开核医学科，24h 或 48h 后根据预约安排去显像区进行显像诊断。甲功测定患者服药后原路离开核医学科，2h、4h 和 24h 后返回核医学科的甲测室进行检查。

**出院：**在甲癌治疗区出口门禁内一侧墙体上设置固定式辐射剂量率监测仪，住院患者住院时间到期根据医生安排，通过监测体内放射性活度确认满足低于 400MBq 要求（辐射剂量率监测仪监测患者体表 1m 处的周围剂量当量率低于 25 $\mu$ Sv/h）后，方可离开甲癌治疗区出院。住院患者从治疗区出口离开核医学科，甲亢患者和甲状腺显像患者服药后从专用出口（甲亢治疗室西侧）直接离开核医学科。

碘 131 治疗项目工作流程及产污环节见图 9.1-3。

### (3) 产污环节

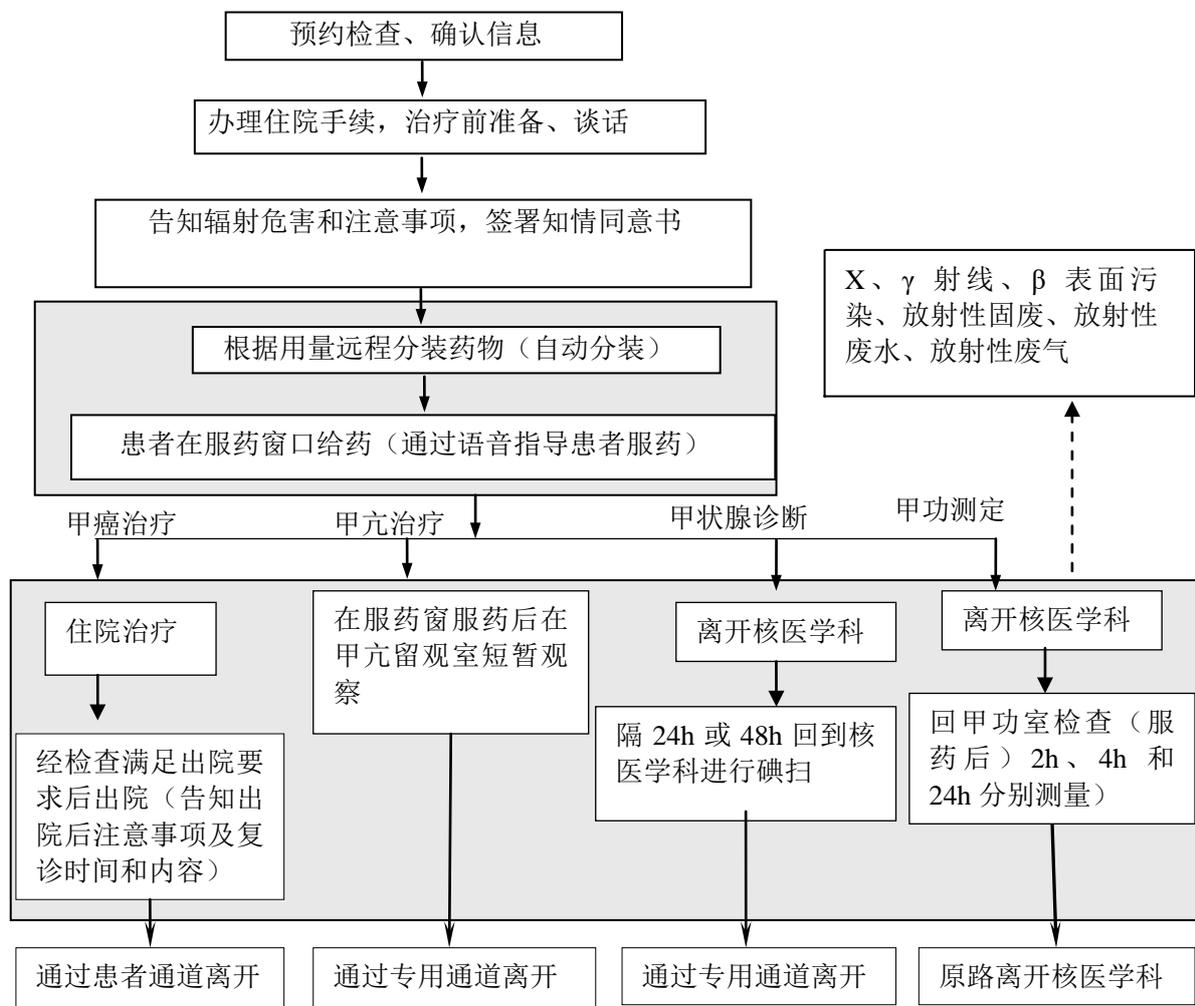


图 9.1-5 碘 131 治疗项目工作流程及产污环节分析示意图

患者服药后一次性水杯以及住院期间使用的一次性用品均按规定以放射性废物丢

入指定的放射性废物衰变桶中，随后登记转移至废物暂存间暂存衰变；住院期间的排泄物等放射性废物通过独立卫生间单独收集至衰变池衰变达标后排入医院污水处理站进行下一步的消毒处理；工作场所内放射性废气通过独立专用排风管收集、吸附处理后由屋顶排放。

#### 9.1.1.6 骨转移癌治疗 ( $^{89}\text{Sr}$ )

##### (1) 工作原理

本项目骨转移癌治疗使用的核素为  $^{89}\text{Sr}$ ，骨转移癌治疗的工作原理为，静脉注射趋骨性放射性药物，通过高度选择性聚集在病变部位的放射性核素所发射出的射程很短的  $\beta$  粒子，对病变进行集中照射，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，其有效射程很短，因而邻近正常组织和全身辐射吸收剂量很低，从而达到止痛和破坏肿瘤的目的。

$^{89}\text{Sr}$  是纯  $\beta$  射线体，不伴  $\gamma$  射线，其发射的  $\beta$  射线能量较高，对病变组织进行集中照射，在骨组织内的射程约为 3mm，在病灶骨中的浓聚能保持很长时间。在转移灶的摄取高于正常骨 2-25 倍，这样，对病灶骨就有足够的照射剂量，而对病灶骨以外、周围的正常组织照射很少，不致引起不可逆的骨髓损伤。

##### (2) 工作流程

骨转移癌治疗患者较少，医院规划每月安排 1 周的时间开展骨癌治疗，每周工作 5 天，每日  $^{89}\text{Sr}$  治疗人数为 2 人。 $^{89}\text{Sr}$  一般用药量最多为 4mCi/人。

**订药：**本项目  $^{89}\text{Sr}$  为单支成品药物形式的外购药物，核医学科工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约人数，提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位将按人份将药物分装好单独屏蔽包装，在约定的时间送达，经确认无误完成相关交接、登记手续后，将药物放于治疗区储源室内暂存。

**指导服药：**开展骨转移癌治疗时，工作人员将储源室的单支成品药物取出，接受  $^{89}\text{Sr}$  治疗的患者到达注射窗口，医护人员隔室对患者进行注射，患者注射后即可离开核医学科。

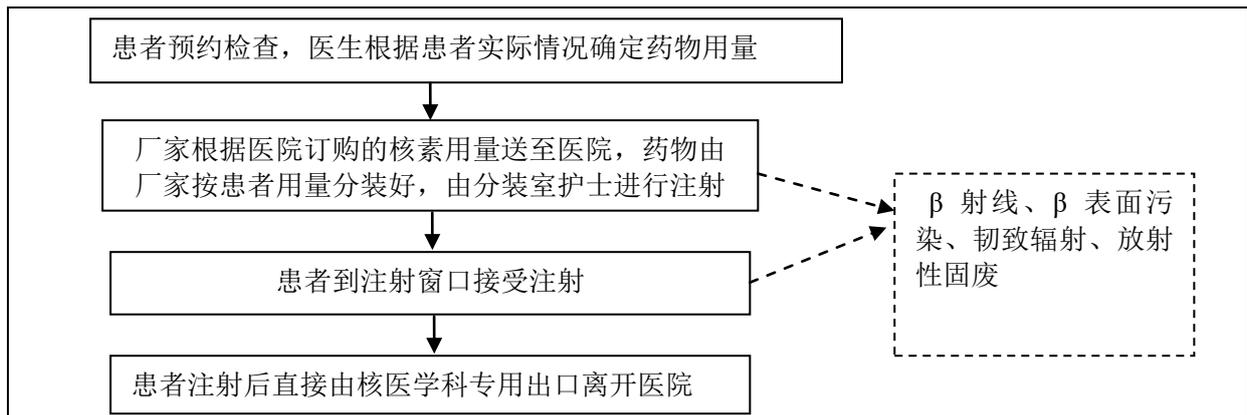


图 9.1-6 骨转移癌治疗工艺流程及产污环节

### 9.1.1.7 敷贴治疗项目

#### (1) 工作原理

当患者患有血管瘤、痣、疤痕疙瘩、酒渣鼻、毛细血管扩张、神经性皮炎、局限性慢性湿疹、局限性皮肤瘙痒和某些皮肤癌等症时，通过  $^{90}\text{Sr}$  放射源敷贴照射，让敷贴器充分接近病变皮肤，通过核素在衰变过程中释放的纯  $\beta$  射线，作用于增生组织细胞，可以降低细胞分裂速度，延长核分裂周期，闭塞毛细血管及止痒和镇痛等作用而达到诊疗目的。本项目使用的  $^{90}\text{Sr}$  敷贴源为外购成品密封源，属于使用 V 类放射源。

#### (2) 工作流程

本项目拟使用  $^{90}\text{Sr}$  敷贴源开展敷贴治疗项目，计划每年工作 250 天，每周工作 5 天，每日最多治疗 20 人， $^{90}\text{Sr}$  敷贴源最大初始活度为  $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

**治疗前准备：**治疗前，医生先根据敷贴治疗的适应症和禁忌症，对具有正当理由的患者开据敷贴治疗申请单，医务人员会提前了解患者瘤、痣、疤痕疙瘩等需要治疗部位的形状和情况，进而确定敷贴治疗方案，根据患者预约情况安排治疗，为避免患者之间的相互影响，在敷贴治疗时，禁止其他人员进入敷贴治疗室。

**敷贴治疗：**患者在敷贴治疗室接受治疗，医生根据患者病变的大小，厚薄及部位的不同，确定每次照射时间； $^{90}\text{Sr}$  敷贴源为专业厂家生产的固定源，一般有圆形和方形，操作是由医生首先用橡皮圈在疤痕疙瘩附近固定遮盖，凸出疤痕位置，然后按下敷贴器。治疗过程均由专业医生操作，一般治疗时间为 1~6 分钟。治疗后，患者本身不带有辐射源，因此为避免接受不必要的照射，按照原路返回离开核医学科。当天治疗完成不使用后，医生将敷贴器放回专用贮源箱，放入保险柜中并上锁。

医用  $^{90}\text{Sr}$  敷贴源一般由核仪器厂家生产，使用一定时间后的废敷贴源将送新疆城市放射性废物库处置。

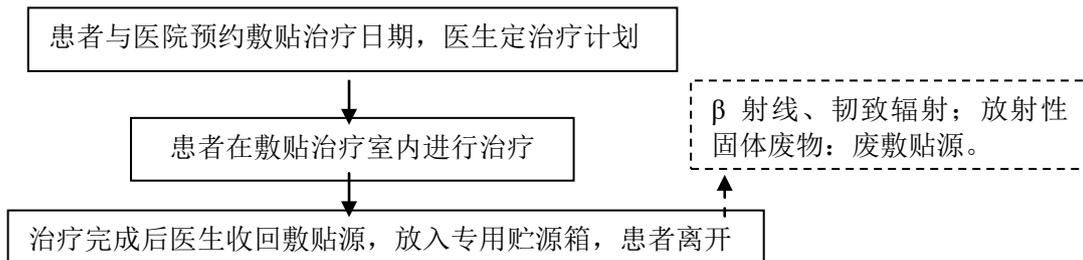


图 9.1-7 敷贴治疗工艺流程及产污环节

### 9.1.1.8 核医学污染源项描述

#### (1) 非密封放射性核素

本项目拟使用非密封放射性物质的有关参数见下表。

表 9.1-4 非密封放射性物质的相关放射性属性

核素名称	状态	半衰期	毒性级别	衰变方式	主要射线和能量 (MeV)	活度种类及用途
$^{18}\text{F}$	液态	109.8min	低毒	E.C.、 $\beta^+$	$\gamma$ 0.511	使用，显像诊断
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态	6.02h	低毒	I.T.	$\gamma$ 0.140	使用，显像诊断
$^{131}\text{I}$	液态	8.02d	中毒	$\beta^-$	$\gamma$ 0.284, 0.365, 0.637	使用，治疗和显像诊断
$^{89}\text{Sr}$	液态	50.5d	中毒	$\beta^-$	$\beta$ 1.49 (99.9%)	使用，骨转移癌治疗

注：衰变方式栏中 E.C.表示轨道电子俘获；I.T.表示同质异能跃迁。

#### (2) 射线装置

PET/CT 和 SPECT/CT 均属于III类医用射线装置。

表 9.1-5 射线装置的配置情况

射线装置名称	数量 (台)	类别	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	活度种类
PET/CT	1	III	140	1000	使用，显像诊断
SPECT/CT	1	III	140	100	使用，显像诊断

#### (3) 放射源

本项目核医学科拟使用 1 枚  $^{90}\text{Sr}$  敷贴源开展敷贴治疗，放射源的主要相关参数见表 9.1-6。

表 9.1-6 密封源的相关核素属性

放射源	活度及数量 (Bq)	分类	主要射线和能量/MeV	半衰期	用途
$^{90}\text{Sr}$	$1.85 \times 10^8 \times 1$ 枚	V类	$\beta$ , 0.546	29.1a	使用，敷贴治疗

### 9.1.1.9 核医学科工作人员配备和操作时间

根据医院提供的资料，核素诊断项目正式开展后，每年工作 250 天，每周工作 5 天。核医学运行过程中各工序涉及辐射工作人员情况以及工作负荷见下表。

表 9.1-7 各工序涉及辐射工作人员情况以及操作时间一览表

工作场所	工序	操作内容	操作时间	人口数量
<b>SPECT、PET 诊断和骨转移癌治疗项目</b>				
分装室 2	分装	$^{18}\text{F}$ 药品分装	60s/次	3 人轮岗
	注射	给患者注射 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 $^{89}\text{Sr}$	30s/次	
PET/CT 机房	摆位	指导患者躺□正确的位置	30s/次	6 人轮岗
PET/CT 机房控制室	扫描	技师在控制室操作设备进行扫描	15min/次	
SPECT/CT 机房	摆位	指导患者躺至正确的位置	30s/次	
SPECT/CT 机房控制室	扫描	技师在控制室操作设备进行扫描	15min/次	
<b><math>^{131}\text{I}</math> 治疗项目（含甲功测定）</b>				
给药操作室	指导	操作碘自动分装仪分装药物 $^{131}\text{I}$	60s/次（隔室远程）	2 人
分装室 1	指导	隔室指导患者在给药/注射室服药	30s/次	
核素病房	查房	查房、了解患者状况（一般通过视频及对讲进行查房，必要时才进入病房查房）	每人次查房时间 15min，每周 2 次	3 人
<b>敷贴治疗项目</b>				
敷贴治疗室	治疗	使用 $^{90}\text{Sr}$ 敷贴源对患者进行敷贴治疗	6min/次	1 人

#### 9.1.1.10 核医学科非密封放射性物质使用量汇总说明

本项目核医学科使用的核素包括  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{89}\text{Sr}$ ，药物来源均为外购。核素  $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  可不考虑药物衰变量。核素使用量如下：

##### ①核素 $^{18}\text{F}$ 显像

PET 使用放射性核素  $^{18}\text{F}$  进行显像检查，预计日门诊量不超过 20 人，年门诊量最大为 5000 人（每周 5 日，每年 50 周），单人最大用药量为  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi）。

##### ②核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像

SPECT 使用放射性核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  进行显像检查，预计日门诊量不超过 30 人，年门诊量最大为 7500 人（每周 5 日，每年 50 周），单人最大用药量为  $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ （25mCi）。

##### ③甲癌治疗

甲癌治疗使用放射性核素  $^{131}\text{I}$ ，预计日门诊量不超过 7 人，单人最大用药量为

7.4×10<sup>9</sup>Bq (200mCi)，甲癌治疗<sup>131</sup>I 单日最大操作量不超过 3.33E+10Bq 即 900mCi。

④甲亢治疗

甲亢治疗使用放射性核素<sup>131</sup>I，预计日门诊量不超过 10 人，每年门诊量最大为 2500 人，单人最大用药量为 3.7×10<sup>8</sup>Bq (10mCi)。

⑤甲测

甲测使用放射性核素<sup>131</sup>I，预计日门诊量不超过 5 人，每年门诊量最大为 1250 人，单人最大用药量为 1.85×10<sup>5</sup>Bq (5μCi)。

⑥甲状腺显像

SPECT 使用放射性核素<sup>131</sup>I 进行显像检查，预计日门诊量不超过 5 人，年门诊量最大为 2500 人（每周 5 日，每年 50 周），单人最大用药量为 1.85×10<sup>8</sup>Bq (5mCi)。

⑦骨转移癌治疗

骨转移癌治疗使用外购的放射性核素<sup>89</sup>Sr 进行治疗，预计每周开展 5 天，每月开展 1 周，2 人次/天，单人最大用药量为 1.48×10<sup>8</sup>Bq (4mCi)。

由于核医学工作场所涉及到正电子药物<sup>18</sup>F 的分装、注射，且正电子药物半衰期短，因此核医学科工作场所核素<sup>18</sup>F 的日实际最大操作量需考虑到药物衰减量。医院计划从乌鲁木齐原子高科医药有限公司购药，供应商距本项目所在地库尔勒有一定距离（高速路在建，车程约 2h），考虑到放射性药物自身的衰变，拟采取增加放射性药物出厂活度的方式确保活度满足使用要求，即要考虑放射性药物的使用量和备用量，本项目拟暂定一天送 2 次药（上、下午各 1 次），按照日用药量的 2 倍进行备药。<sup>18</sup>F 的备药量按照日最大用药量的 2 倍考虑，备药量的活动种类为使用，操作方式为贮存，<sup>18</sup>F 诊疗预计日门诊量不超过 20 人，年门诊量最大为 5000 人（每周 5 日，年 50 周），单人最大用药量为 3.7×10<sup>8</sup>Bq (10mCi)，日最大用药量为 7.4×10<sup>9</sup>Bq (200mCi)，日实际最大总操作量=日最大用药量+日备药量=2.22×10<sup>11</sup>Bq (600mCi)。

本项目核医学科放射性核素使用种类及使用量见表 9.1-8。

表 9.1-8 核医学科放射性核素使用种类及使用量一览表

工作场所	核素	单人平均用药量 (Bq/人次)	日最大门诊量	日最大操作量 (Bq)	年最大使用量 (Bq)
核医学科	<sup>131</sup> I (甲癌)	7.4×10 <sup>9</sup> (200mCi)	7 人次/天	3.33×10 <sup>10</sup> (900mCi)	8.33×10 <sup>12</sup>
	<sup>131</sup> I (甲亢)	3.7×10 <sup>8</sup> (10mCi)	10 人次/天	3.7×10 <sup>9</sup> (100mCi)	9.25×10 <sup>11</sup>

$^{131}\text{I}$ (甲测)	$1.85 \times 10^5$ (5 $\mu\text{Ci}$ )	10 人次/天	$1.85 \times 10^6$ (50 $\mu\text{Ci}$ )	$4.63 \times 10^8$
$^{131}\text{I}$ (甲状腺显像)	$1.85 \times 10^8$ (5mCi)	5 人次/天	$9.25 \times 10^8$ (25mCi)	$2.31 \times 10^{11}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$9.25 \times 10^8$ (25mCi)	30 人次/天	$2.78 \times 10^{10}$ (750mCi)	$6.94 \times 10^{12}$
$^{18}\text{F}$ (使用)	$3.7 \times 10^8$ (10mCi)	20 人次/天	$7.4 \times 10^9$ (200mCi)	$1.85 \times 10^{12}$
$^{18}\text{F}$ (备药)	/	/	$1.48 \times 10^{10}$ (400mCi)	$3.7 \times 10^{12}$
$^{89}\text{Sr}$ (骨转移癌)	$1.48 \times 10^8$ (4mCi)	2 人次/天	$2.96 \times 10^8$ (8mCi)	$1.78 \times 10^{10}$

## 9.1.2 DSA 装置

### 9.1.2.1 DSA 设备组成及工作方式

DSA 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 射线装置主要由影像接收器、X 线管头、显示器、导管床、介入床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成，其整体外观示意图如图 9.1-8 所示。

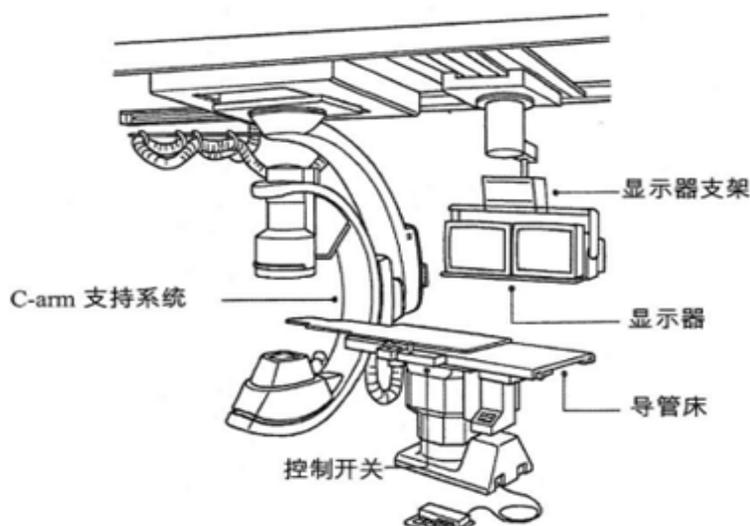


图 9.1-8 DSA 射线装置外观示意图

### 9.1.2.2 DSA 射线装置工作原理

DSA 产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构如图 9.1-9 所示。

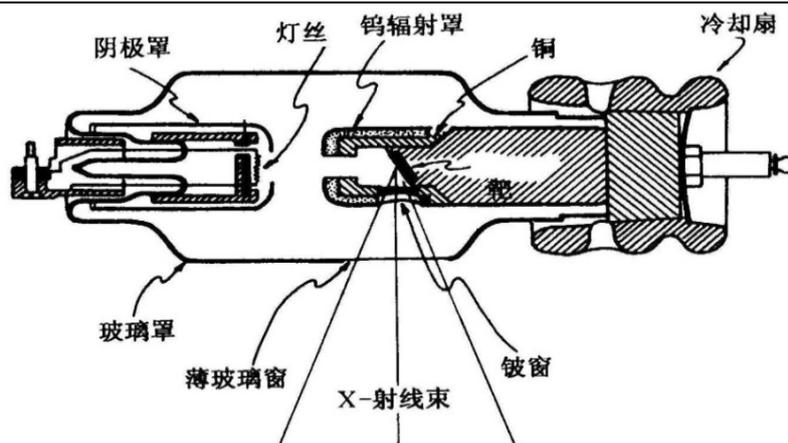


图 9.1-9 典型 X 射线管结构图

虽然不同用途的 X 射线机因诊疗目的不同有较大的差别，但其基本结构都是由产生 X 射线的 X 射线管、供给 X 射线管灯丝电压和管电压的高压发生器、控制 X 射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置组成。

DSA 成像的基本原理是将患者受检部位注入造影剂之前和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，矩阵化后形成由小方格中的像素组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

### 9.1.2.3 DSA 操作流程

医生接诊患者后根据其病情确定诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。技师开启 DSA 设备，在控制室内首次减影初步确定病灶部位。然后手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房。技师在控制室内再次减影，确定病灶部位后，手术医生再次穿戴好防护用品进入机房进行介入治疗直到治疗结束，关机。DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，减影模式。操作人员采取隔室操作的方式，通过控制 DSA 的 X 线系统进行曝光，采集减影部位图像。具体方式是将患者麻醉后摆位于检查床上，操作人员调整 X 线球管、患者、影像接收器三者之间的距离，然后进入控制室，关闭防护门。操作人员通过控制室的电子计算机控制 DSA 的 X 线系统曝光，进而采集减影部

位图像。

第二种情况，透视模式。操作人员采取近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的手术部位进行连续脉冲透视。具体方式是将患者麻醉后摆位于检查床上，操作人员位于非主射束方向的手术床旁，并穿戴好防护用品。介入手术中，操作人员根据需要，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发出 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。

#### 9.1.2.4 DSA 污染因子及产污环节

本项目拟配置的 DSA 为 II 类射线装置，曝光时主要污染因子为 X 射线，非曝光状态下不产生 X 射线；注射的造影剂不含有放射性，DSA 射线装置采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。另外，DSA 曝光时空气被电离会产生少量臭氧和氮氧化物。DSA 操作流程及产污环节如图 9.1-8 所示。

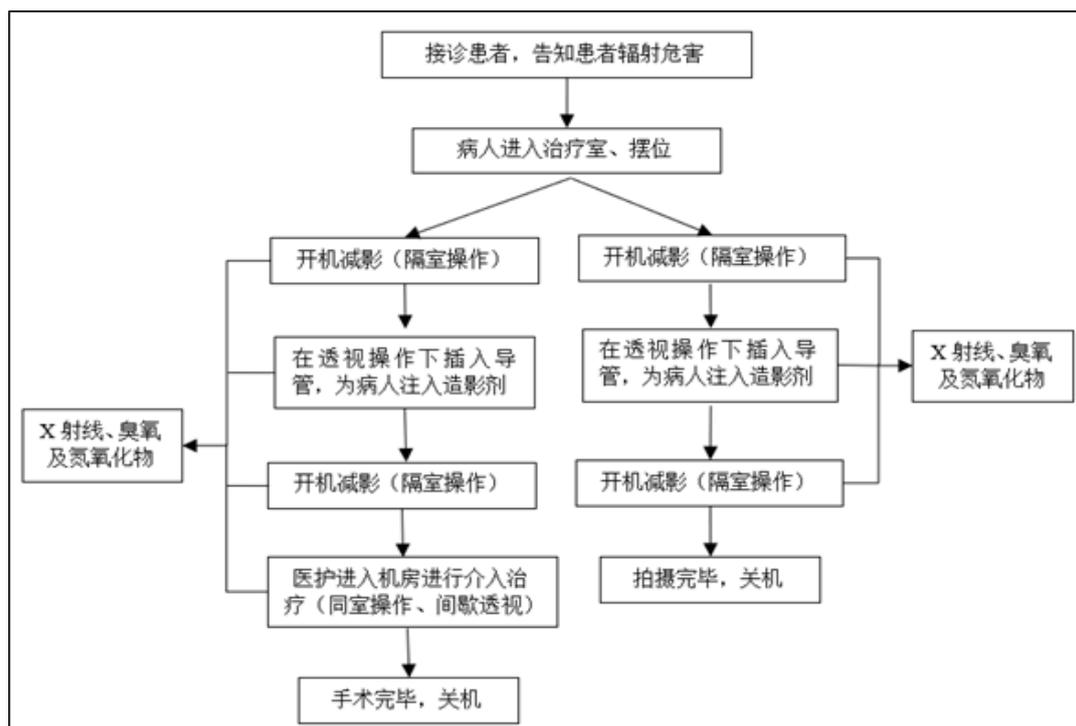


图 9.1-8 DSA 操作流程及产污环节示意图

#### 9.1.2.5 工作负荷

本项目 DSA 包括透视和减影两种模式，根据医院提供的资料，本项目每间 DSA 机房每年最大手术台数为 300 台。因每台手术患者和手术要求不同，1 台手术中 DSA 的减影时间和透视时间也不大相同。本项目按照 1 台手术常规出束时间考虑，1 台手术减影曝光时间取 1min，透视时间取 20min，则每台 DSA 减影过程年总曝光时间均为 5h，透视

过程年总曝光时间均为100h。

每台 DSA 手术拟配备 2 名手术医生，1 名护士，每台 DSA 固定配置 1 名技师。本次评价保守按手术医生单人承担最大手术台数为 150 台考虑，护士和技师单人承担最大手术台数为 300 台考虑。辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。本项目 DSA 最大工作负荷统计见下表。

表 9.1-9 本项目拟建 DSA 最大工作负荷

射线装置	工作状态	平均手术最长出束时间 (min)	全年开展手术量 (台)	设备年总出束时间 (h)	单个手术医生年最大受照时间 (h)	单个护士/技师年最大受照时间 (h)	总出束时间 (h)
DSA	减影	1	300	5	2.5	5	105
	透视	20		100	50	100	

### 9.1.3 路径规划

#### 9.1.3.1 核医学科路径规划

##### ①PET、SPECT 显像诊断区路线规划

**显像区核素操作工作人员行走路线：**由北侧医护廊进入核医学科，沿医护廊经一更→二更进入→经过卫生通过间 2→进入显像诊断区分装室 2 进行药物分装→药物分装完成后在注射窗口给患者注射→工作完成后通过卫生通过间，监测确认无表面污染后（如监测有污染则进行去污至监测达标后）原路返回。

**PET 和 SPECT 设备操作人员（技师）行走路线：**由北侧医护廊进入核医学科，沿医护廊右拐直接进入控制室（PET/CT 和 SPECT/CT 共用 1 间控制室）→控制室与机房之间设有屏蔽门，必要时，技师进入机房，指导、协助患者摆位→在控制室进行扫描操作，扫描完成后原路返回。

**<sup>18</sup>F 和 <sup>99m</sup>Tc 显像检查患者行走路线：**根据预约时间由核医学科入口进入候诊区→在护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示，经显像区入口（单向门）进入核素显像诊断区域患者通道。接受 <sup>18</sup>F 和 <sup>99m</sup>Tc 显像检查的患者，分别前往相应的注射窗口进行注射，注射后分别前往相应注射后等候室休息、候诊，候诊完成后，根据语音呼叫系统提示进入相应的机房进行扫描检查，在完成扫描检查后根据工作人员语音指导及路线指示进入留观室留观，最终由患者专用出口离开。

**<sup>131</sup>I 显像检查患者显像行走路线：**患者已提前 24h 或 48h 服药后，根据预约时间由核医学科入口进入候诊区→在护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统

提示，经显像区入口（单向门）进入核素显像诊断区域患者通道→进入 SPECT/CT 机房→扫描后直接由患者专用出口离开核医学科。**<sup>131</sup>I 显像检查患者服药行走路线**见下文②。

**<sup>89</sup>Sr 骨转移癌治疗的患者通道：**接受 <sup>89</sup>Sr 骨转移癌治疗患者根据预约时间由核医学科入口进入候诊区→在护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示，经诊断区入口进入核素显像诊断区域患者通道，在窗口处进行注射，注射后即可直接由患者出口离开核医学科。

## ②核素治疗区路线规划

**<sup>131</sup>I 核素操作工作人员行走路线：**由核医学科南侧核素治疗区核素操作工作人员入口进入卫生通过间 1→经过卫生通过间进入分装室 1→从储源室 1 拿出药物放置于分装室的碘自动手套箱中→进行药物自动分装的电脑系统操作→远程指导患者服药→工作完成后经由卫生通过间进行去污、表污检测达标后离开控制区。甲测患者药物经自动分装和稀释置于铅罐中，有工作人员通过分装室转移至甲功测定室。<sup>131</sup>I 核素分装远程操作工作人员办公室位于核医学西北部医护廊入口处。

**甲癌治疗患者路线：**接受 <sup>131</sup>I 治疗的甲癌患者在确认适宜进行服碘治疗后，按照预约时间来到医院，由核医学科患者入口进入等候区候诊，在护士站接受住院院宣教，知晓住院期间及出院后注意事项后，根据叫号和地面箭头指示，经治疗区入口进入患者通道，在服药窗服药后，入住指定床位。住院完成后，根据医生安排经检测满足出院要求后从专用单向出口离开。

**甲亢治疗患者行走路线：**患者按照预约时间来到医院，由核医学科患者入口进入等候区候诊，在护士站核对患者信息、用药量等，经治疗区入口进入患者通道，在服药窗服药后，然后进入甲亢留观兼抢救室短暂留观，经甲亢患者专用出口离开核医学科。

**甲测患者行走路线：**甲测患者服药量微小，需间隔不同时间后返回甲测室进行检查诊断，为避免受到更大的辐射影响，甲功测定室设置在等候区，患者由核医学科等候区进入甲功测定室服药后原路离开，按要求间隔足够的时间后返回检测，药物由工作人员上班前准备好放置在铅罐中转移至甲功测定室。

**甲状腺显像患者服药行走路线：**患者按照预约时间来到医院，由核医学科患者入口进入等候区候诊，在护士站核对患者信息、用药量等，经治疗区入口进入患者通道，在服药窗服药后，然后经甲亢患者专用出口离开核医学科。

本项目核医学核素诊疗区和核素治疗区共用一出口，工作人员可以根据患者预约情况，合理安排甲癌、甲亢治疗和甲状腺显像患者和核素诊疗区患者离开医院的时间，使患者分开、错时离开核医学科，不会出现甲癌治疗患者与其他患者同时出现的情况。

### ③敷贴治疗患者路线

患者按照预约时间来到医院，由核医学科等候区候诊，根据医生叫好直接进入敷贴治疗室进行治疗，治疗结束后直接离开。

### ④药物运输路线

**放射性核素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的运输：**由核医学科东侧运药通道 2 进入核医学科→进入储源室 2→药物交接完成后原路返回离开核医学科。

**放射性核素  $^{131}\text{I}$  的运输：**由核医学科南侧核素治疗区核素操作工作人员入口进入卫生通过间 1→经过卫生通过间进入储源室 1，由工作人员连同铅罐放入储源室 1 暂存，交接完成后原路返回离开核医学科。

### ⑤污物路径

放射性同位素操作过程中产生的固体废弃物，在各产生点（如分装、注射室、服碘室）就近设置放射性废物收集桶，每天工作结束后由各活性区域分类收集至相应区域的放废暂存间（治疗区和显像区各设置 1 间放废暂存间），做好记录、标记后放置于废物衰变箱进行静置衰变，满足暂存要求且经监测满足标准要求后，转入医院医疗废物暂存间作为医疗废物进行处置。

### ⑥核医学科患者进、出口设置

本项目核医学科位于一层，患者总入口位于东南侧，出口位于西南侧，出口为绿化和道路，没有人员聚集和敏感区域，患者可直接离开核医学科所在建筑，可就近离开医院，避免了患者进入其他诊疗区与人员的交叉污染，因此本项目核医学科患者进、出口设置合理。

根据上述核医学科人员、物流路径规划分析可知，本项目核医学科核素治疗区和核素显像诊断区分别规划了相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径，且医护务人员和患者具有独立的出入口和通道；患者路线能够保证沿核医学工作程序的相关功能房间单向流动，注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉；放射性药物和废物运输设置专用路线，通过采取时间、空间交通管控措施，确保放射性药物运输时运输路线无人员通过，可实现放射性药物与人员路线不交叉，放射

性药物和放射性废物运送通道尽可能短捷。综上所述，本项目核医学科的人员、物流路径规划基本满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于人员路径的要求。核医学科的人员和物流路线规划示意图见图 14。

建议医院在项目运行阶段加强对核素治疗患者和显像检查患者住院、检查前的注意事项、流动秩序的宣贯和教育，在辐射工作场所地面和墙壁等区域张贴设置醒目的患者单向流动指引，确保核医学内服药后患者的单向有序流动。

### 9.1.3.2 老院区 DSA 项目路径规划

医生路线：医护入口→更鞋处→更衣室→洁净区走廊→控制室→DSA机房，手术结束后原路返回；

技师路线：医护入口→更鞋处→更衣室→洁净区走廊→控制室；

患者路线：大厅→换床处→洁净区走廊→DSA机房，手术结束后原路离开。

污物路线：手术结束后专人从 DSA 机房将手术污物从污物通道运出→由专人运至医院医疗废物暂存间。

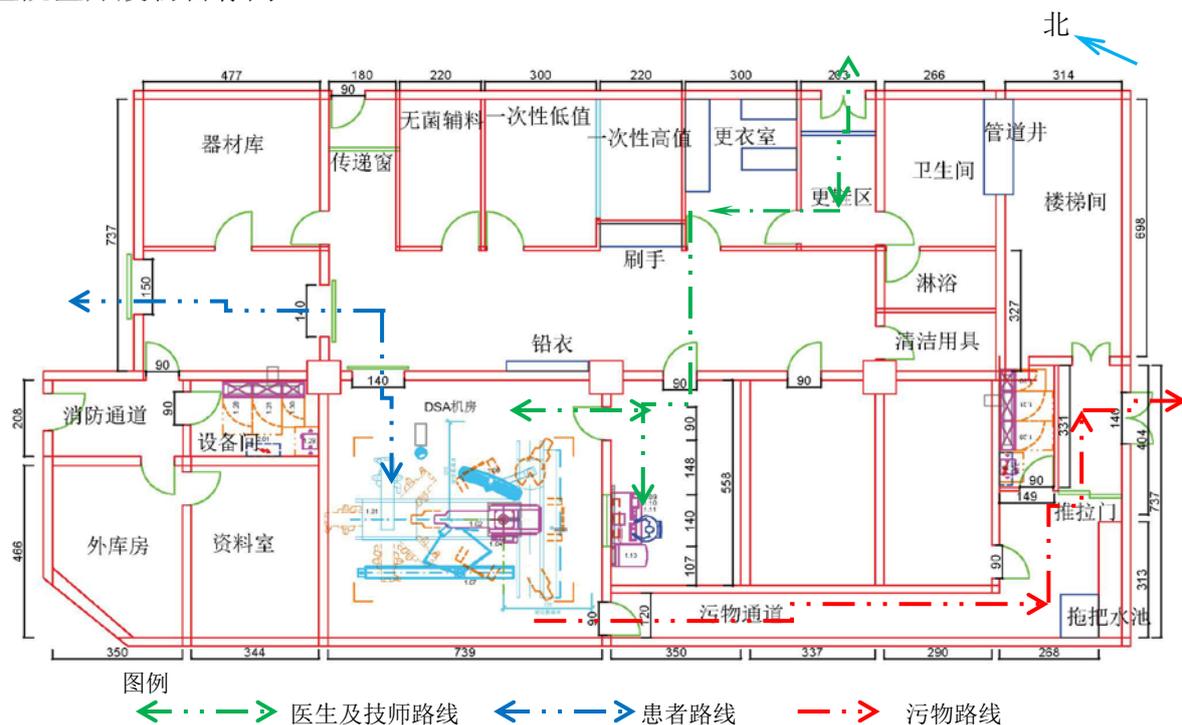


图 9.1-9 老院区 DSA 项目人员物流走向示意图

### 9.1.3.3 介入中心 DSA 项目路径规划

医生路线：介入中心西侧医护入口→换鞋处→更衣室→洁净走廊→各机房术前准备区→DSA机房，手术结束后原路返回；

技师路线：介入中心西侧医护入口→换鞋处→更衣室→洁净走廊→各机房术前准

备区（兼控制室）；

患者路线：介入中心南侧患者入口→换车间→护士站→洁净走廊→各机房术前准备区（兼控制室）→DSA机房，手术结束后原路离开。

污物路线：手术结束后专人从各DSA机房北侧污物通道门将手术污物从机房运出→介入中心污物暂存间→由专人运至医院医疗废物暂存间。

介入中心 DSA 项目人员物流走向示意图见附图 21。

## 9.2 污染源项分析

### 9.2.1 核医学科

#### 9.2.1.1 正常工况

由上文核医学工作流程分析可知，射线外照射将伴随核素在核医学诊疗项目整个开展过程中，包括供药、分装、注射（服药）等过程。受诊患者注射（服药）放射性药物后，本身短时间内也成为“辐射体”，随着患者的移动，将对周围环境造成辐射影响，排泄物也成为放射性污染物。在诊疗过程产生的固体废物也可能受放射性污染而成为放射性固体废物。核医学项目主要污染因素和辐射影响如下：

##### （1） $\gamma$ 射线

①本项目使用的核素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  在发生衰变时会伴随产生  $\gamma$  射线，在进行药物交接、分装、注射（服药）等操作时，在周围停留的操作人员和患者可能受到核素释放出的  $\gamma$  射线外照射影响。

②患者注射/口服放射性药物后，本身短时间内是一个辐射体（源），对周围的环境可能造成外照射影响。

③进行 SPECT/CT 和 PET/CT 扫描时，受检患者身体中的放射性核素产生的  $\gamma$  射线将对操作人员造成外照射影响。经过机房的屏蔽，射线可能仍有一定的泄漏，环境影响途径为外照射。

##### （2） $\beta$ 射线和韧致辐射

敷贴治疗使用的核素  $^{90}\text{Sr}$  敷贴源和骨转移癌治疗使用的核素  $^{89}\text{Sr}$  对环境产生污染的因子主要为  $\beta$  射线， $\beta$  射线穿透力很弱，在组织内穿透距离很短，不会对环境产生明显影响。 $\beta$  射线在与物质作用会产生韧致辐射。

##### （3） $\beta$ 表面污染

放射性药物在分装、注射等活动过程中，不可避免地会引起工作台、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成  $\beta$  表面污染。

#### (4) 放射性固体废物

主要是放射性药物操作使用过程中沾染放射性药物的固体废物（包括一次性注射器、棉签、滤纸、手套、一次性水杯等）、核医学科废气处理系统定期更换的废活性炭和废放射源。

#### (5) 放射性废水

患者注射放射性药物后产生的排泄物及冲洗水等含有放射性核素的废水，核医学科工作人员完成放射性药物操作后清洗去污的废水以及核医学科工作场所清洗及应急洗消产生的可能含放射性物质的废水。

#### (6) 放射性废气

放射性药物的在分装操作过程中会发生微量挥发。放射性废气将设置专用排风管道汇集后经活性炭过滤处理，高于屋顶排放。

表 9.2-1 核医学科污染因子汇总表

核素名称或射线装置	产生的污染因子
$^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$	$\gamma$ 射线
	$\beta$ 表面污染
	放射性废水
	放射性废气
	放射性固体废弃物
$^{89}\text{Sr}$	放射性固体废物、 $\beta$ 射线和韧致辐射
PET/CT、SPECT/CT	X 射线
$^{90}\text{Sr}$	$\beta$ 射线和韧致辐射、废旧放射源

注：对外环境影响分析详见 11.2.1 核医学科环境影响分析。

#### 9.2.1.2 非正常工况

- (1) 由于管理不善，放射性药物或放射源被盗、丢失。
- (2) 在转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成台面、地面辐射污染。
- (3) 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。
- (4) 放射性固废未达到解控水平或排放标准即进行处理。

### 9.2.2 DSA

#### 9.2.2.1 DSA 正常工况污染源项分析

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 DSA 射线装置非曝光状态下不产生 X 射线，只有在开机并处于曝光状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，污染因子主要为 X 射线。由于 X 射线贯穿能力强，将对工作人员、公众及周围环境造成一定的辐射污染，DSA 工作时会产生以下几种 X 射线辐射：

①有用线束

通过控制 DSA 的 X 线系统，使用减影模式采集造影部位图像或对患者手术部位进行间歇式透视。

②泄漏辐射

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》，正常工况下，泄漏辐射最大剂量率为 1mGy/h。

③散射辐射

当有用线束照射检查床上的患者时，会产生散布于各个方向的次级散射辐射，散射辐射能量和剂量率远低于有用线束。散射辐射剂量率大小取决于初级射线能量、散射面积和散射角度等。

综上所述，本项目拟配置的 DSA 技术参数见表 9.2-2。

表9.2-2 本项目拟配置的DSA技术参数

射线装置		老院区 DSA	介入中心 DSA1-5
工作场所		老院区 2#楼 1 层 DSA 机房	南市区新院急救诊疗中心一层介入中心 DSA1-5 号机房
技术参数		最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA	
过滤材料		不小于 2.5mmAl	
最大照射野		100cm <sup>2</sup>	
常用最大运行工况	减影	常用最大管电压 100kV，常用最大管电流 500mA 此工况下距靶点 1m 处的空气比释动能率为 1.62×10 <sup>8</sup> μGy/h	
	透视	常用最大管电压 90kV，常用最大管电流 15mA 此工况下距靶点 1m 处的空气比释动能率为 4.05×10 <sup>6</sup> μGy/h	
泄漏辐射源强		离靶点 1m 处的泄漏辐射□空气中的比释动能率不超过 1mGy/h	

9.2.2.2 DSA 非正常工况污染源项分析

本项目使用 DSA 射线装置主要可能发生的辐射事故有以下几种：

(1) DSA 装置在出束状态下运行时，由于门-灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

(2) 工作人员或患者家属还未全部撤离机房，控制室人员启动 DSA 装置，造成滞留人员的误照射；

(3) DSA 装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

(4) DSA 装置在出束状态下运行时，没有关闭防护门对人员造成的误照射。  
事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 南市区新院核医学科

##### 10.1.1.1 核医学科辐射工作场所布局合理性分析

本项目核医学科位于南市区新院急救诊疗中心一层南部，主要开展 PET、SPECT 显像诊断项目、甲癌、甲亢治疗、甲测及敷贴治疗项目，整体来看，核医学科场所是一个相对独立的场所，与周围相邻工作场所均有实体墙隔离，避免了与相邻区域人员的交叉污染；核医学科位于一层，患者总入口位于东南侧，出口位于西南侧，出口为绿化和道路，没有人员聚集和敏感区域，患者可直接离开核医学科所在建筑，可就近离开医院；核医学科东侧为医疗主街、南侧为室外（核医学科出入口），北侧为传染病房，西侧为 1#庭院，上方为检验科，楼下为车库。

核医学科建设内容包含候诊大厅、采血登记和化验室、骨密度室、敷贴治疗室、核素治疗区（备餐间、甲功室、核素治疗病房（7 间，均单人间）、）卫生通过间 1、分装室 1（放废暂存间 1、储源室 1）、甲亢治疗室兼抢救室、污染被服库、核素诊疗区（卫生通过间 2）、分装室 2（放废暂存间 2、储源室 2、质控室）、运动负荷室、PET 注射后休息室 1 和 2、PET/CT 机房、PET/CT 储源室、SPECT 注射后休息室、SPECT/CT 机房、控制室、留观室、抢救室、SPECT 注射后专用卫生间（卫 12）等。同时配套建设医生办公室、预约问诊室、设备机房、会议室、护士监控室、值班室等辅助用房。核医学科配套建设的衰变池系统位于核医学科工作场所南侧绿化带下（为地埋式）。核医学科平面布局见附图 13。核医学科人员和物流路线规划示意图见附图 14。

本项目核医学科辐射工作场所相对集中设置，储源、分装、注射等高活性功能房间集中布置，防止了交叉污染；核素诊断区设置有专门的注射后候诊室、留观室等房间，并通过单向门禁和受控门禁限制注射后患者的活动空间；核医学辐射工作场所设置单向门禁、受控门，进入核医学科控制区前进行指导和提醒，通过语音叫号、路线指引、警告标识和视频监控等措施，能够有效控制无关人员随意进入核医学控制区和患者注射后随意流动，避免公众、工作人员受到不必要的外照射；控制区入口设置有卫生通过间，设有冲洗设施和表面污染监测设备；规划了相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径，且医护务人员和患者具有独立的出入口和通道；

核医学科位于一层，患者总入口位于东南侧，出口位于西南侧，出口为绿化和道路，没有人员聚集和敏感区域，患者可直接离开核医学科所在建筑，可就近离开医院，避免了患者进入其他诊疗区与人员的交叉污染，因此本项目核医学科患者进、出口设置合理。

综上所述，本项目核医学布局基本满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于布局的要求。

#### 10.1.1.2 核医学科非密封放射性物质工作场所分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和门-灯联锁装置）限制进出控制区，并定期控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或是更改该区的边界。

**监督区：**未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌；并定期检查该区工作状况，确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

根据上述原则及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）辐射工作场所分区的相关要求，将本项目敷贴治疗室、甲功室、核素治疗病房（7间，均单人间）、分装室1（放废暂存间1、储源室1）、甲亢治疗室兼抢救室、污染被服库、分装室2（放废暂存间2、储源室2）、质控室、运动负荷室、PET注射后休息室1和2、PET/CT机房、PET/CT储源室、SPECT注射后休息室、SPECT/CT机房、留观室、抢救室、SPECT注射后专用卫生间（卫12）、患者通道及衰变池等划分为控制区，控制区入口设置规范的电离辐射警告标志，严格限制人员进出控制区；控制区相邻的通道、备餐间、一更和二更、卫生通过间1和2、控制室、PET/CT设备间、诊室、洁具间、卫7和卫8、清洁1、等候区、护士监控室、医生值班室、医护洗消间、缓冲室及辐射工作场所楼上楼下正对区域划分为监督区，监督区入口设置标明监督区的标志，并定

期监测其辐射剂量率水平。核医学科“两区”划分示意图见附图 15。

**表 10.1-1 核医学科分区表**

工作场所	控制区	监督区
核医学科	敷贴治疗室、甲功室、核素治疗病房（7 间，均单人间）、分装室 1（放废暂存间 1、储源室 1）、甲亢治疗室兼抢救室、污染被服库、分装室 2（放废暂存间 2、储源室 2）、质控室、运动负荷室、PET 注射后休息室 1 和 2、PET/CT 机房、PET/CT 储源室、SPECT 注射后休息室、SPECT/CT 机房、留观室、抢救室、SPECT 注射后专用卫生间（卫 12）、患者通道及衰变池	控制区相邻的通道、备餐间、一更和二更、卫生通过间 1 和 2、控制室、PET/CT 设备间、诊室、洁具间、卫 7 和卫 8、清洁 1、等候区、护士监控室、医生值班室、医护洗消间、缓冲室及辐射工作场所楼上楼下正对区域等

**关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：**

（1）控制区防护手段与安全措施

- ①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；
- ②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障限制进出控制区；
- ④在卫生通过间备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；
- ⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

（2）监督区防护手段与安全措施

- ①以黄线警示监督区的边界；
- ②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- ③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

### 10.1.1.3 核医学科工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）医疗机构使用  $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （液体）视为“很简单操作”，核素治疗使用  $^{131}\text{I}$  视为“简单操作”， $^{18}\text{F}$ （备药）视为“贮存”。经过毒性组别及核素的操作方式双重修正后，根据《电离辐射防护与辐

射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于非密封放射性物质工作场所分级的相关规定，本项目核医学科非密封放射性物质工作场所分级详见表 10.1-2。

表 10.1-2 核医学科非密封放射性物质工作场所分级

工作场所	核素	日最大操作量 (Bq)	毒性组别及修正因子	操作方式及操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	场所等级
核医学科	<sup>131</sup> I (甲癌)	3.33×10 <sup>10</sup>	中毒, 0.1	简单操作, 1	3.33×10 <sup>9</sup>	3.85×10 <sup>9</sup> 乙级
	<sup>131</sup> I (甲亢)	3.7×10 <sup>9</sup>	中毒, 0.1	简单操作, 1	3.7×10 <sup>8</sup>	
	<sup>131</sup> I (甲测)	1.85×10 <sup>5</sup>	中毒, 0.1	简单操作, 1	1.85×10 <sup>4</sup>	
	<sup>131</sup> I (甲显像)	9.25×10 <sup>8</sup>	中毒, 0.1	简单操作, 1	9.25×10 <sup>7</sup>	
	<sup>99m</sup> Tc	2.78×10 <sup>10</sup>	低毒, 0.01	很简单操作, 10	2.78×10 <sup>7</sup>	
	<sup>18</sup> F (使用)	7.4×10 <sup>9</sup>	低毒, 0.01	很简单操作, 10	7.4×10 <sup>6</sup>	
	<sup>18</sup> F (备药)	1.48×10 <sup>10</sup>	低毒, 0.01	贮存, 100	1.48×10 <sup>6</sup>	
<sup>89</sup> Sr	2.96×10 <sup>8</sup>	中毒, 0.1	简单操作, 1	2.96×10 <sup>7</sup>		

根据表 10.1-2 计算结果可知，本项目核医学科辐射工作场所日等效最大操作量为 3.85×10<sup>9</sup>Bq，依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C，为乙级非密封放射性物质工作场所（2×10<sup>7</sup>Bq~4×10<sup>9</sup>Bq）。

#### 10.1.1.4 核医学科工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 G 核医学的工作场所分类，根据日操作最大量放射性核素的加权活度将场所分为三级，见表 10.1-3。

表 10.1-3 核医学工作场所分类一览表

分类	日操作最大量放射性核素发的加权活度, MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

注：加权活度=（计划的日最大操作活度×核素毒性权重因子）/操作性质修正因子

本项目放射性核素毒性权重因子和操作性质修正因子见表 10.1-4 和 10.1-5。

表 10.1-4 核医学科常用放射性核素毒性权重因子

类别	放射性核素	权重系数
A	<sup>75</sup> Se、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I、 <sup>23</sup> P、 <sup>90</sup> Y、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>153</sup> Sm	100
B	<sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>13</sup> O、 <sup>18</sup> F、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>68</sup> Ga、 <sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> 、 <sup>111</sup> In、 <sup>113</sup> In <sup>m</sup> 、 <sup>123</sup> I、 <sup>201</sup> Tl	1
C	<sup>14</sup> C、 <sup>3</sup> H、 <sup>81</sup> Kr <sup>m</sup> 、 <sup>127</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe	0.01

表 10.1-5 不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	修正系数
贮存	100
废物处理；闪烁法计数和显像；候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药；简单放射性药物制备；治疗病床区	1
复杂放射性药物配置	0.1

按照表 10.1-4 和 10.1-5，本项目核医学科核素权重活度计算结果见表 1.1-6。

表 10.1-6 本项目核医学科非密封放射性物质（核素）加权活度计算结果

工作场所	核素	毒性权重因子	操作性质修正因子	日操作最大活度 (Bq)	放射性核素加权活度 (Bq)	总加权活度	场所分类
储源室 1 ( <sup>131</sup> I)	<sup>131</sup> I(甲癌)	100	100	3.33×10 <sup>10</sup>	3.33×10 <sup>10</sup>	3.79×10 <sup>10</sup>	II类
	<sup>131</sup> I(甲亢)	100	100	3.7×10 <sup>9</sup>	3.7×10 <sup>9</sup>		
	<sup>131</sup> I(甲测)	100	100	1.85×10 <sup>5</sup>	1.85×10 <sup>5</sup>		
	<sup>131</sup> I(甲显像)	100	100	9.25×10 <sup>8</sup>	9.25×10 <sup>8</sup>		
放废暂存间 1 ( <sup>131</sup> I)	<sup>131</sup> I(甲癌)	100	10	3.33×10 <sup>10</sup>	3.33×10 <sup>11</sup>	3.79×10 <sup>11</sup>	I类
	<sup>131</sup> I(甲亢)	100	10	3.7×10 <sup>9</sup>	3.7×10 <sup>10</sup>		
	<sup>131</sup> I(甲测)	100	10	1.85×10 <sup>5</sup>	1.85×10 <sup>6</sup>		
	<sup>131</sup> I(甲显像)	100	10	9.25×10 <sup>8</sup>	9.25×10 <sup>9</sup>		
分装室 1 ( <sup>131</sup> I)	<sup>131</sup> I(甲癌)	100	1	3.33×10 <sup>10</sup>	3.33×10 <sup>12</sup>	3.79×10 <sup>12</sup>	I类
	<sup>131</sup> I(甲亢)	100	1	3.7×10 <sup>9</sup>	3.7×10 <sup>11</sup>		
	<sup>131</sup> I(甲测)	100	1	1.85×10 <sup>5</sup>	1.85×10 <sup>7</sup>		
	<sup>131</sup> I(甲显像)	100	1	9.25×10 <sup>8</sup>	9.25×10 <sup>10</sup>		
核素病房 1、7、甲亢治疗室兼抢救室	<sup>131</sup> I(甲癌)	100	1	3.33×10 <sup>10</sup>	3.33×10 <sup>12</sup>	3.33×10 <sup>12</sup>	I类
污染被服间	<sup>131</sup> I(甲癌)	100	10	3.33×10 <sup>10</sup>	3.33×10 <sup>11</sup>	3.33×10 <sup>11</sup>	I类
甲功室	<sup>131</sup> I(甲测)	100	10	1.85×10 <sup>5</sup>	1.85×10 <sup>6</sup>	1.85×10 <sup>6</sup>	III类
储源室 2	<sup>99m</sup> Tc	1	100	2.78×10 <sup>10</sup>	2.78×10 <sup>8</sup>	7.96×10 <sup>8</sup>	II类
	<sup>18</sup> F(使用)	1	100	7.4×10 <sup>9</sup>	7.4×10 <sup>7</sup>		
	<sup>18</sup> F(备药)	1	100	1.48×10 <sup>10</sup>	1.48×10 <sup>8</sup>		
	<sup>89</sup> Sr	100	100	2.96×10 <sup>8</sup>	2.96×10 <sup>8</sup>		
放废暂存间 2	<sup>99m</sup> Tc	1	10	2.78×10 <sup>10</sup>	2.78×10 <sup>9</sup>	7.96×10 <sup>9</sup>	II类
	<sup>18</sup> F(使用)	1	10	7.4×10 <sup>9</sup>	7.4×10 <sup>8</sup>		
	<sup>18</sup> F(备药)	1	10	1.48×10 <sup>10</sup>	1.48×10 <sup>9</sup>		
	<sup>89</sup> Sr	100	10	2.96×10 <sup>8</sup>	2.96×10 <sup>9</sup>		
分装室 2 ( <sup>18</sup> F、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>89</sup> Sr)	<sup>99m</sup> Tc	1	1	2.78×10 <sup>10</sup>	2.78×10 <sup>10</sup>	7.96×10 <sup>10</sup>	I类
	<sup>18</sup> F(使用)	1	1	7.4×10 <sup>9</sup>	7.4×10 <sup>9</sup>		
	<sup>18</sup> F(备药)	1	1	1.48×10 <sup>10</sup>	1.48×10 <sup>10</sup>		
	<sup>89</sup> Sr	100	1	2.96×10 <sup>8</sup>	2.96×10 <sup>10</sup>		
运动负荷室	<sup>99m</sup> Tc	1	1	9.25×10 <sup>9</sup>	9.25×10 <sup>9</sup>	9.25×10 <sup>9</sup>	II类
SPECT 注射后休息室	<sup>99m</sup> Tc	1	10	9.25×10 <sup>9</sup>	9.25×10 <sup>8</sup>	9.25×10 <sup>8</sup>	II类
PET 注射后休息室 1 和 2	<sup>18</sup> F	1	10	3.7×10 <sup>9</sup>	3.7×10 <sup>8</sup>	3.7×10 <sup>8</sup>	II类

SPECT/CT 机房	<sup>99m</sup> Tc	1	10	9.25×10 <sup>9</sup>	9.25×10 <sup>8</sup>	9.25×10 <sup>8</sup>	II类
PET/CT 机房	<sup>18</sup> F	1	10	3.7×10 <sup>9</sup>	3.7×10 <sup>8</sup>	3.7×10 <sup>8</sup>	II类
留观室□抢救室	<sup>99m</sup> Tc	1	10	9.25×10 <sup>9</sup>	9.25×10 <sup>8</sup>	1.98×10 <sup>10</sup>	II类
	<sup>18</sup> F	1	10	3.7×10 <sup>9</sup>	3.7×10 <sup>8</sup>		

通过上表计算分析，分装室 1、放废暂存间 1、核素病房 1-7、甲亢治疗室兼抢救室和污染被服间为I类场所，储源室 1、放废暂存间 2、分装室 2、储源室 2 运动负荷室、SPECT 注射后休息室、PET 注射后休息室 1 和 2、SPECT/CT 机房、PET/CT 机房、留观室、抢救室为II类场所。

### 10.1-7 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接触无缝隙	与墙壁接触无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
手套箱	需要	需要	不必须
通风	特殊的强通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 <sup>a</sup>	普通管道	普通管道
盥洗及去污	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup>

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

医院应按表 10.1-7 的要求，I类和II类辐射工作区均需应设置结构屏蔽，地面与墙壁接触应采用无缝隙设计；工作台表面采用易清洗的材料，如不锈钢；均应设置手套箱；配备洗手盆和去污设备。另外I类辐射工作区应设置特殊的强通风装置；含放射性废液的排水管道应为特殊管道，且在满足需要的情况下，尽量缩短管道长度，并做有标记。II类辐射工作区应保证良好的通风；含放射性废液的排水管道可采用能满足工作需要的普通管道。

#### 10.1.1.5 辐射防护屏蔽设计

核医学辐射工作场所采用的辐射防护屏蔽设计方案如表 10.1-8 所示。

表 10.1-8 本项目核医学科辐射工作场所屏蔽情况一览表

场所名称		屏蔽体	屏蔽材料及厚度
检查	敷贴治疗室	四周墙体	24cm 实心灰砂砖
		顶棚	20cm 混凝土+1mmPb
		地面	20cm 混凝土
		防护门	内衬 2mm 铅板
核素治疗区	分装室 1	墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	24cm 混凝土

		地面	30cm 混凝土+7cm 硫酸钡水泥
		防护门	入口门 10mm 铅板；其余门 6mm 铅板
		手套箱	60mmPb
	储源室 1	南墙	37cm 实心灰砂砖
		其余三面墙	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	24cm 混凝土
		地面	24cm 混凝土+3cm 硫酸钡水泥
		防护门	内衬 6mm 铅板
	放废暂存 1	墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	24cm 混凝土
		地面	24cm 混凝土+3cm 硫酸钡水泥
		防护门	内衬 6mm 铅板
	核素病房 2-6	南墙	37cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥
		其他三面墙体	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥
		顶棚	24cm 混凝土+12mm 铅板
		地面	24cm 混凝土+12cm 硫酸钡水泥
		防护门	内衬 8mm 铅板
	核素病房 1、7	南墙	37cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥
		其余墙	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥
		北墙	24cm 实心灰砂砖
		顶棚	24cm 混凝土+12mm 铅板
地面		24cm 混凝土+12cm 硫酸钡水泥	
防护门		内衬 8mm 铅板	
甲亢治疗室兼抢救室	南墙	37cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥	
	其余三面墙体	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥	
	顶棚	24cm 混凝土+12mm 铅板	
	地面	24cm 混凝土+12cm 硫酸钡水泥	
	防护门	南防护门 12mmPb,北防护 6mmPb	
污染被服间	南墙	37cm 实心灰砂砖	
	东墙（隔壁甲亢治疗）	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥	
	西墙、北墙	24cm 实心灰砂砖	
	顶棚	24cm 混凝土	
	地面	24cm 混凝土+3cm 硫酸钡水□	
	防护门	内衬 2mm 铅板	
污洗间	墙体	24cm 实心灰砂砖	
	顶棚	24cm 混凝土	
	地面	24cm 混凝土+3cm 硫酸钡水泥	
	防护门	内衬 2mm 铅板	
甲功室	墙体	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥	
	顶棚	240mm 混凝土	
	地面	300mm 混凝土	
	防护门	内衬 2mm 铅板	
甲癌患者通道	墙体	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥	
	顶棚	24cm 混凝土+7mm 铅板	
	地面	30cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥	
	出、入防护门	入防护门 15mm 铅板，出防护门 6mm 铅	
备餐间	西墙	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥	
	北墙	24cm 实心灰砂砖+6cm 硫酸钡水泥	

核素显 像区	分装 2	传递窗	内衬 40mm 铅板
		墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土
		地面	20cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥
		防护门 (5 扇)	与储源室 2、放废暂存间 2 隔墙门: 6mm 铅板; 其余防护门: 10mm 铅板
		通风柜	PET: 60mmPb; SPECT: 20mmPb
	质控室	注射窗	PET: 50mmPb; SPECT: 5mmPb*
		墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土
		地面	20cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥
	储源室 2	防护门	内衬 6mm 铅板
		四周墙体	24m 实心灰砂□+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土
		地面	20cm 混凝土
	放废暂存间 2	防护门 (2 扇)	6mm 铅板
		四周墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土
		地面	20cm 混凝土+4cm 硫酸钡水泥
	运动负荷室	防护门	内衬 6mm 铅板
		墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土
		地面	20cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥
	SPECT 注射后 休息室	防护门 (2 扇)	6mm 铅门
		南墙 (临核素病房 3)	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥
		其余墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板
	卫生间 12 (SPECT 卫生间)	地面	20cm 混凝土+4cm 硫酸钡水泥
		防护门	内衬 6mm 铅板
		东墙 (联机房)	37cm 实心灰砂砖+2cm 硫酸钡水泥
		其他三面墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板
	SPECT/CT 机 房	地面	20cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥
		防护门 (2 扇)	内衬 6mm 铅板
		观察窗	6mmPb 铅玻璃
		顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板
		四周墙体	37cm 实心灰砂砖+2cm 硫酸钡水泥
	PET/CT 注射后 休息室 1	地面	20cm 混凝土+4cm 硫酸钡水泥
		防护门	内衬 10mm 铅板
		顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板
		其余三面墙	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
PET/CT 注射后 休息室 2	南墙 (临病房 6)	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥	
	东、西、北墙	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥	
	顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板	

		地面	20cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥
		防护门	内衬 10mm 铅板
	PET/CT 机房	四周墙体	37cm 实心灰砂砖+2cm 硫酸钡水泥；
		顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板
		地面	20cm 混凝土+4cm 硫酸钡水泥
		防护门（3 扇）	与储源室隔门：6mm 铅板；其余 10mm 铅板
		观察窗	10mmPb 铅玻璃
	PET/CT 机房储源室	西墙	37cm 实心灰砂砖+2cm 硫酸钡水泥
		其余墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板
		地面	20cm 混凝土+4cm 硫酸钡水泥
		防护门	内衬 6mm 铅板
	抢救室	南墙（临核素病房 4）	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥
		其余三面墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板
		地面	20cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥
		防护门	内衬 10mm 铅板
	留观室	南墙（临核素病房 2）	24cm 实心灰砂砖+8cm 硫酸钡水泥
		其余三面墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥
		顶棚	20cm 混凝土+4mm 铅板
地面		20cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥	
防护门		内衬 10mm 铅板	
洁具间	西、北墙	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥	
	其余墙体	24cm 实心灰砂砖	
	顶棚	20cm 混凝土	
	地面	20cm 混凝土	
诊断患者通道（机房墙体除外）	四周墙体	24cm 实心灰砂砖+4cm 硫酸钡水泥	
	顶棚	20cm 混凝土	
	地面	20cm 混凝土+8cm 硫酸钡水泥	
	出、入防护门	内衬 10mm 铅板	

### 10.1.1.6 辐射防护设备与防护用品

表 10.1-9 本项目拟配置的防护用品一览表

序□	种类名称	设置场□	数量	铅当量 (mmPb)
<b>核素诊断区</b>				
1	转运铅罐	诊断区储源室	3 个	30
2	PET 手套箱	分装注射室	1 个	60
3	SPECT 手套箱	分装注射室	1 个	20
4	PET 注射窗	分装注射室	1 个	50
□	SPECT 注射窗	分装注射室	1 个	6
6	注射器防护套	分装注射室	至少 6 个	8
7	脚踏式废物衰变桶	分装室	5 个	10
8	立式注射防护车	分装室 2	1 个	40

9	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	分装室 2、控制室	各 1 套	0.5
10	废物衰变箱	放废间 2	3 个	6
11	去污工具组	洁具间	2 套	/
12	铅屏风	PET/CT 注射后休息室 1 和 2、留观室、抢救室	至少 4 个	6
		SPECT 注射后候诊室	至少 2 个	2
13	长柄操作工具	分装室 2	若干	/
14	一次性专用口罩、手套、帽子	分装室 2	若干	/
15□	吸水滤纸、纱布	分装室 2	若干	/
16	去污工具组	卫生通过间 2	1 套	/
<b>核素治疗区</b>				
1	碘自动分装仪	分装室 1	1 个	/
2	手套箱	分装室 1	1 个	60
3	转运铅罐	储源室 1	2 个	50
4	服药窗	分装室□	1 扇	50
5	铅屏风	核素病房内	7 个	10
6	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	分装室 1	1 套	0.5
7	脚踏式废物衰变桶	分装室 1、核素病房、甲功室	各 1 个，备用 1 个，共 10 个	10
8	废物衰变箱	放废暂存间 1、污染被服间	3 个	10
9	去污工具组	污洗间	2 套	/
<b>敷贴治疗室</b>				
1	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、橡胶手套	敷贴治疗室	至少各 1 件	0.5
2	贮源箱	敷贴治疗室	1	供源厂家配备满足标准要求的贮源箱
3	有机玻璃眼镜、面罩	敷贴治疗室	各 1 件	/
4	长柄镊子、橡皮泥、橡胶板等	敷贴治疗室	各 1 件	/

本项目个人防护用品数量和防护铅当量均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求，可以满足医院拟开展核技术利用项目运行的要求。除此以外，通过制度规范辐射工作人员的操作，包括放射性核素的管理、使用，放射性污染物的处理和患者的活动限制等。

#### 10.1.1.7 辐射安全与防护措施

表 10.1-10 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）符合性分析

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）		本项目情况	是否符合要求
选址	核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。	本项目核医学科位于南市区新院急救诊疗中心一层南部，与医院其他功能区域有物理隔离，并且核医学设置有单独的人员和物流通道。	符合
	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。	本项目核医学距离产科、儿科、食堂等部门及人员密集区较远，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	符合
	核医学工作场所排风口的的位置尽可能远离周边高层建筑。	本项目核医学排放口位于急救诊疗中心屋面，排放口设置高于所在建筑屋顶。	符合
布局	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。	本项目核医学科住院治疗和门诊诊断分开布置，同一工作场所内辐射工作场所相对集中设置，储源、分装、注射等高活性功能房间集中布置。	符合
	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。	本项目核医学科设立有独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。医护务人员和患者具有独立的出入口和通道。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。	符合
	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。	本项目核医学科通过单向门禁和受控门禁限制注射后患者的活动空间。控制区入口设置有卫生通过间，设有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。	符合
辐射安全与防护措施	放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。	本项目核医学科治疗区和诊断区分别设置了储源室，用于储存放射性物质，储源室采取了屏蔽措施，放射性物质在各自相应的屏蔽贮存容器中置于储源室内。安排专人管理，建立放射性物质台账，及时登记，确保账物相符。定期对储源室进行辐射水平监测并记录，储源室设置门锁及警告标志、警示语句，无关人员不会进入储源室。	符合

	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缝，易于清洗、去污。	核医学科涉及放射性核素操作设备的表面、工作台台面等拟采用□医疗专用防渗塑胶板等饰面，确保表面平整光滑，室内地面铺设防渗塑胶地板、在墙面施工至至少离地50cm，能够保证地面与墙壁衔接处无缝，易于清洗、去污。	符合
	操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。	本项目核医学科场所级别为乙级，诊断区核素的分装和取药在手套箱中进行，治疗区药物采用自动分装或购买按人份分装好的药物，自动分装设备外置具有通风和防护功能的手套箱，并为药物操作人员配备防护用品。诊断区放射性药物注射器配备注射器防护套、注射防护车等，治疗区药物直接分装至患者服药位口服；给药后患者候诊室内设置有足够屏蔽厚度的铅屏风，以减少多人候诊是对其他患者的照射；核素治疗病房为单人病房，病房本身采取了符合要求的屏蔽措施，医护人员主要采用视频和语音查房，床位旁设置铅屏风，以减少对医护人员的照射。	符合
	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。	操作放射性药物的控制区出口设有卫生通过间，设有洗涤去污设施和表面污染检测仪器，药物操作人员和物品离开控制区前进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，将进行清洗去污直至表面污染水平满足控制标准要求。	符合
	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。	本项目核医学科配备拟采购配备药物转运铅罐、铅屏蔽箱等贮存和转运容器，表面张贴规范的电离辐射标志，在转运时采取药箱盛装等固定措施，防止药物翻倒和跌落。	符合
	扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。	核医学科 PET/CT、SPECT/CT扫描机房门框上方均设置工作状态指示灯，灯箱处设置警示语句，指示灯与防护门联锁。	符合
	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	本项目核医学科通风进行了专门的设计，通过管线设计及压差控制，能够保证工作场所的气流自清洁区向监督区再向控	符合

染。	制区的方向流动，并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。	
碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。	治疗区碘-131 治疗病房设有单独的通风系统，病房未设置窗户，使用过程中均为封闭状态，控制新风和排风风量保持治疗区域内的负压，最终废气经单独排风管排至屋顶经活性炭过滤处理后有组织排放。	符合
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。通风橱应有足够的通风能力。碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。	本项目核医学科放射性物质分装、取药操作均在手套箱中进行，手套箱均设置了独立的排风系统，保证柜内负压，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出，并在手套箱顶壁安装活性炭过滤装置。本项目核医学科手套箱排风系统均保证风速设计不小于0.5m/s；排气口均高于所在建筑屋顶，排放口邻近无高层建筑。	符合
敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室，治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，对患者的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面，不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥的贮源箱内。	核医学科设置了专门的敷贴治疗室，开展 <sup>90</sup> Sr 敷贴源治疗，治疗过程中医务人员佩戴有机玻璃眼镜或面罩、乳胶手套及尽量采用长柄工具操作等防护措施，对患者采用不小于3mm 的橡皮泥或橡胶板等屏蔽周围正常组织。本项目敷贴治疗由专业医务人员操作，不会将敷贴源带出治疗室，敷贴器的使用和存放均由医务人员按规程操作。	符合

根据上述对照分析结果可知，本项目核医学工作场所采取的辐射安全与防护措施基本符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求。

### 10.1.2 DSA 项目

#### 10.1.2.1 DSA 工作场所布局合理性分析

本项目医院拟在老院区 2#楼一层原康复科区域改建成 1 间 DSA 机房并安装使用 1 台 DSA；拟在南市区新院急救诊疗中心一层北部介入中心新建 5 间 DSA 机房，分别安装使用 1 台 DSA。各机房相邻区域布局情况见表 10.1-11，工作场所布局见附图 20。

表 10.1-11 DSA 项目机房周边场所布局一览表

辐射场所	东侧	南侧	西侧	北侧	上一层	下一层
------	----	----	----	----	-----	-----

老院区 2#楼一层 DSA 机房		控制室	2#楼室外	资料室和设备间	洁净通道	ICU 病房	解剖室、停尸间和冷冻机房
南市区新院急救诊疗中心一层北部介入中心	1 号 DSA 机房	2 号 DSA 机房	术前准备区兼控制室	4#庭院和楼梯间	净化机房	内镜中心检查室	地下车库
	2 号 DSA 手术室	3 号 DSA 机房	术前准备区兼控制室	1 号 DSA 机房	设备间和污物通道	内镜中心检查室	地下车库
	3 号 DSA 手术室	4 号 DSA 机房	术前准备区兼控制室	2 号 DSA 机房	设备间和污物通道	内镜中心检查室	地下车库
	4 号 DSA 机房	5 号 DSA 机房	术前准备区兼控制室	3 号 DSA 机房	设备间和污物通道	内镜中心检查室	地下车库
	5 号 DSA 机房	过道	术前准备区兼控制室	4 号 DSA 机房	设备间和污物通道	内镜中心检查室	地下车库

DSA 项目机房布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对照分析见表 10.1-12。

表 10.1-12 机房布局与标准对照分析

项目	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	设置情况			是否满足要求
机房布局	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	介入手术项目设备均设有单独的机房，机房满足设备的布局要求			满足
	X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	DSA 机房拟设置于老院区 2#楼一层和南市区新院急救诊疗中心一层北部介入中心，均采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全			满足
	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	本项目 DSA 有用线束垂直向上，有用线束没有直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位			满足
机房尺寸	最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> ，最小单边长不小于 3.5m	机房	最小有效使用面积（m <sup>2</sup> ）	最小单边长（m）	满足
		老院区 DSA 机房	47.5	6.78	
		1 号 DSA 机房	44.49	5.88	
		2 号 DSA 手术室	38.5	5.81	
		3 号 DSA 手术室	41.9	5.75	
		4 号 DSA 机房	42.12	5.78	
		5 号 DSA 机房	42.47	5.75	

经对照分析可知，6 间 DSA 机房的设置满足《放射诊断放射防护要求》

(GBZ130-2020) 平面布局的要求, 采取了防辐射的屏蔽措施, 能够满足放射诊疗需求, 并且保证相邻场所的防护安全, 因此, 本项目工作场所布局合理。

#### 10.1.2.2 工作场所分区情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 等相关标准对控制区和监督区的定义, 结合项目辐射工作场所布局和屏蔽防护情况, 将 6 间 DSA 机房内部区域划为控制区; 将老院区 DSA 机房四周相邻的控制室、资料室、设备间、污物通道、洁净通道、机房南侧墙外 30cm 区域及楼上楼下正上方区域划为监督区; 将南区新院急救诊疗中心一层北部介入中心 1~5 号 DSA 机房四周相邻的术前准备区兼控制室、设备间、污物通道、5 号机房东侧过道、1 号机房西侧墙外 30cm 区域及楼上楼下正上方区域划为监督区。

控制区通过实体屏蔽措施、警告标志等进行控制管理, 在射线装置使用时, 除介入治疗的医护人员和患者外, 禁止其他人员进入; 监督区通过监督区的标牌或地面划警示线的方式提醒人员尽量避开该区域, 并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查, 如果发现异常应立即查找原因、进行整改, 整改完成后方可继续使用射线装置。

DSA 项目辐射工作场所分区情况见附图 5 和附图 22。

#### 10.1.2.3 辐射防护屏蔽设计

依据辐射防护设计单位提供的 DSA 机房防护设计方案, 将机房各屏蔽体的主要技术参数列表分析, 并根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中对 X 射线机房屏蔽措施、防护措施, 对本评价项目设置情况进行对照分析, 结果见表 11.3-3。

参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 附录 C 的 C.1.2 中式 (C.1) 及式 (C.2) 进行等效铅当量厚度的计算。

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 } 10.1-1)$$

式中:

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子;

$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X——铅厚度。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln\left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}\right) \quad (\text{式 } 10.1-2)$$

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

$\alpha$ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子。

本项目拟配置的 DSA 的额定管电压均为 125kV，查《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 表 C.2，查得铅和混凝土对管电压为 125kV（主束）和 125kV（散射）X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见表 10.1-13。

表10.1-13 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中相关拟合参数

管电压	铅			混凝土			实心砖		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125kV (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.0□113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346
125kV (散射)	2.233	7.888	0□7295	0.03510	0.06600	0.7832	—	—	—

根据表 10.1-13，式 10.1-1 和式 10.1-2，不同厚度的屏蔽材料的屏蔽透射因子和等效铅当量计算结果见表 10.1-14。

表10.1-14 不同厚度屏蔽材料的屏蔽透射因子和等效铅当量计算结果

序号	屏蔽材料	管电压	射线类型	屏蔽材料厚□	屏蔽透射因子	等效铅当量	
1	混凝土	125kV	主束	120mm	$3.21 \times 10^{-3}$	1.4mmPb	
	混凝土			200mm	$1.84 \times 10^{-4}$	2.6mmPb	
	混凝土		散射	120mm	$3.96 \times 10^{-3}$	1.3mmPb	
	混凝土			220mm	$1.15 \times 10^{-4}$	2.8mmPb	
2	实心砖墙		散射	240mm	$4.17 \times 10^{-4}$	2.2mmPb	
3	硫酸钡防护涂 料		/	/	20mm	/	1.1mmPb <sup>①</sup>
					40mm	/	2.2mmPb <sup>①</sup>

注：①由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中未提供硫酸钡防护涂料在 125kV 下的拟合参数，无法进行等效铅当量厚度的计算，故参考《辐射防护手册》（第三分册）表 3.4，硫酸钡防护涂料密度不低于  $2.79\text{g/cm}^3$ ，150kV 下 17mm 硫酸钡防护涂料折算为 1mmPb，故 20mm 硫酸钡防护涂料折算为 1.1mmPb，40mm 硫酸钡防护涂料折算为 2.2mmPb。

表 10.1-15 本项目各 DSA 机房拟采取屏蔽措施分析

机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	总铅当量	标准要求	是否符合要求
老院区 DSA 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.2mmPb) +40mm 厚硫酸钡防护涂料 (2.2mmPb)	4.4mmPb	2mmPb	符合
	地板	200mm 混凝土 (2.8mmPb) +20mm 厚硫酸钡防护涂料 (1.1mmPb)	3.9mmPb	2mmPb	符合
	顶棚	120mm 混凝土 (1.4mmPb) +2mmPb	3.4mmPb	2mmPb	符合
	防护门	内衬 3mmPb 铅板	3mmPb	2mmPb	符合
	观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb	2mmPb	符合
南市区新院介 入中心 1~5 号 DSA 机房	四周墙体	4mm 铅当量铅木复合板	4mmPb	2mmPb	符合
	地板	220mm 混凝土 (2.8mmPb) +40mm 厚硫酸钡防护涂料 (2.2mmPb)	5mmPb	2mmPb	符合□
	顶棚	200mm 混凝土 (2.6mmPb) +4mmPb 铅板	6.6mmPb	2mmPb	符合
	防护门	内衬 4mmPb 铅板	4mmPb	2mmPb	符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2mmPb	符合

注：①实心砖墙密度不小于  $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 、混凝土密度不小于  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，防护涂料为硫酸钡水泥，保证硫酸钡与水泥的比例不小于 4:1，密度不小于  $2.79\text{g}/\text{cm}^3$ 。②铅当量厚度折算参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.4、表 C.5 和《辐射防护手册》（第三分册）表 3.4。

根据上表可知，本项目各 DSA 机房采取的屏蔽防护措施能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。上述机房屏蔽措施，顶棚及地板防护涂料可在上一层地面和本层地面进行施工，能够有效保证防护涂料的厚度及施工质量，防止防护涂料脱落、裂缝等现象。老院区 DSA 机房采用砖墙+涂料的形式，南市区新院介入中心 DSA 机房（1~5 号）采用轻钢龙骨+铅木复合板的形式，经建设单位和设计单位确认因为四层手术中心净化要求较高，有较多管道穿过，整体采用龙骨隔墙，所以采用轻钢龙骨+铅板的隔墙形式，采用铅木复合板材料，通过木质材料固定铅板防止变形，对于管线穿墙、墙体接缝等位置采取与所在墙体同等厚度的铅板进行屏蔽补偿；考虑相邻机房可能对周围造成叠加影响及进一步减轻辐射影响，屏蔽厚度进行了一定的加厚。本项目 DSA 机房辐射防护屏蔽设计方案基本是合理的。

#### 10.1.2.4 DSA 辐射安全及防护措施

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的

启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的过滤板，以消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold, LIH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，减少不必要的照射。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒。

⑥本项目拟购置 DSA 设备透视脚踏开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和减影功能的控制键。

⑦急停开关装置：DSA 手术床旁设置急停开关（各开关串联并与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

#### **10.1.2.5 管线穿墙补偿措施**

本项目 DSA 机房所有电缆均拟采用斜开式穿墙，通过地面下沉电缆沟穿出机房，电缆沟表面拟铺设 3mm 不锈钢板，墙孔拟用硫酸钡防护涂料封堵。本项目 DSA 机房通排风系统风管穿墙处均拟包裹 3mm 铅皮，作为风管穿墙的辐射屏蔽补偿。

#### **10.1.2.6 其它防护措施**

①机房操作室上张贴相应的岗位规章制度、操作规程。上墙制度包括《安全保卫制度》、《射线装置工作人员岗位职责》、《血管造影机（DSA）操作规程》和《放射事故应急处理预案》，制度应字体醒目，尺寸应不小于 400mm×600mm。

②按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目 DSA 机房内应配置 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及不低于 0.025mmPb 的介入防护手套各 2 套，介入手术工作人员应穿戴防护用品，采用铅帘进行必要的遮挡。

③各机房门外均应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。使用射线装置时，禁止无关人员进入监督区和控制区。防护门外醒目位置设置明显的电离辐射警告标志，电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求。

④技师配备 1 支个人剂量计。建议手术医生和护士配备 2 支个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计。其中铅衣内外双个人剂量计分别佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置及铅围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反。

⑤DSA 机房设通排风系统，进风口位于机房吊顶处，排风口位于机房距地 30cm，上进风下出风，对角设置。机房通风次数不低于 4 次/h，保证机房内有良好的通风。

⑥门灯连锁：机房防护门上方设置醒目工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。防护门设有自动闭门装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

⑦对讲装置：在机房内设置对讲装置，控制室的工作人员可以通过对讲机与机房内的手术人员联系。

⑧DSA 设备配备可升降的含铅悬挂防护屏，床侧配套防护铅帘，以减少对手术医生的受照剂量。

本项目拟配备的个人防护用品和辅助防护设施与标准对照情况见表 10.1-16。

**表10.1-16 本项目DSA机房拟配备的个人防护用品与标准对照表**

工作场所	人员类型	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
6 间 DSA 机房	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	每间 DSA 机房配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各 4 套	每间 DSA 机房配备铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件	符合
	受□者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—	每间 DSA 机房配备方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（含儿童、成人尺寸）各 1 套	—	符合

注：除介入防护手套为 0.025mmPb，其余个人防护用品和辅助防护设施的铅当量均不低于 0.5mmPb。

由表 10.1-16 可知，本项目 DSA 机房拟配置的个人防护用品和辅助防护设施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中表 4 的要求。

本项目拟建各 DSA 机房其他辐射防护措施符合性分析见表 10.1-17。

**表10.1-17 本项目拟建DSA机房其他辐射防护措施分析**

项目	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 标准要求	本项目设计方案	是否符合
机房通风	机房应设置动力排风装置, 并保持良好的通风。	机房设计了通排风系统, 保证通风状况良好。	符合
机房内布局	机房内布局要合理, 应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置; 不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	DSA 机房设计避免有用线束直接照射管线口; DSA 设备出束方向由下往上, 不直接照射门、窗; 机房内未设置与诊断工作无关的设施, 保持机房内整洁、不堆放杂物。	符合
警示系统	机房门外应有电离辐射标志、辐射防护注意□项、醒目的工作状态指示灯, 灯箱处应设警示语句。	医院拟在 DSA 机房外墙上张贴辐射防护注意事项, 机房门外设置电离辐射标志, 在机房门上方设置工作状态指示灯、灯箱设置警示语句。	符合
安全联锁装置	机房门应有闭门装置, 且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。	DSA 机房受检者防护门设门灯联锁装置, 保证工作状态指示灯与防护门实现联锁功能。	符合
候诊区	不应在机房内候诊。	DSA 候诊区未设置在 DSA 机房内。	符合

### 10.1.2.7 辐射工作场所安防措施

为确保本项目辐射工作场所的安全, 本项目各 DSA 机房拟采取的安全保卫措施见表 10.1-18。

表10.1-18 本项目各DSA机房拟采取的安全保卫措施

工作场所	措施类别	对应措施
6 间 DSA 机房	防盗、防抢和防破坏	①本项目 6 间 DSA 机房均将纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围, 加强巡视管理以防遭到破坏; ②各 DSA 机房安装监控系统实行 24h 实时监控; ③各 DSA 射线装置将安排有专人进行管理和维护, 并进行台账录, 一旦发生盗抢事件, 立即关闭设备和防护门, 并立即向公安机关报案; ④射线装置机房和邻近房间不存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	①本项目使用的 DSA 设备拟购置于正规厂家, 设置有不同的联锁装置确保运行过程中不出现辐射泄漏; ②本项目射线装置工作场所按照有关规范要求进行了辐射防护设计, 按照设计和环评要求进行落实, 机房不会发生泄漏辐射的情况。

## 10.2 “三废”治理措施

### 10.2.1 核医学“三废”治理措施

#### 10.2.1.1 放射性废水

本项目核医学工作场所产生的放射性废水主要为患者注射放射性药物后产生的排泄物及冲洗水等含有放射性核素的废水, 核医学科工作人员完成放射性药物操作后清洗去污的废水以及核医学科工作场所清洗及应急洗消产生的可能含放射性物质的废水。核医学科诊断区放射性废液主要含有  $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , 治疗区放射性废液主要含有  $^{131}\text{I}$ , 针对所含核素半衰期的不同, 设计有 2 套衰变池。

### (1) 衰变池选址合理性

本项目衰变池设置于核医学科南侧绿化带下，衰变池四侧及下方均为土层，上方为绿化，衰变池系统为电气自动化控制，上方设置电离辐射警告标志，提醒过往人员勿长时间停留；衰变池与一层的核医学科位置较近，尽可能缩减了放射废水管道敷设长度，减少了维修检修的辐射风险，从辐射防护角度考虑选址基本合理可行。

### (2) 衰变池设计

本项目共设置 2 套衰变池，均为槽式衰变池。诊断区用衰变池由 3 格并联池体（ $3 \times 25.2\text{m}^3 = 75.6\text{m}^3$ ）以及 1 个沉淀池（ $26.88\text{m}^3$ ）组成；治疗区衰变池为 3 格并联池体（ $3 \times 111.37\text{m}^3 = 334.11\text{m}^3$ ）以及 1 个沉淀池（ $113.85\text{m}^3$ ）组成。衰变池体为混凝土池体，内表面进行专业的耐酸碱腐蚀和防渗处理，确保池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑。池体外壁厚为 300mm 混凝土，池体顶棚为 300mm 混凝土和 6mm 铅盖板屏蔽体。同时通过可视化控制系统、摄像头、液位计（具有液位报警功能）监视衰变池水位情况，确保衰变池系统安全运行。衰变池设置了监测取样口和在线监测系统，可进行取样监测，也能自动记录衰变时间并监测活度，确保池内废液达标排放。衰变池设置液位感应器，可防止废液溢出以及防止超压；集水池和衰变池设置带有较刀的潜水泵（一用一备），可将固体物质搅碎为可以流通的流体物质，防止堵塞进出水口和污泥硬化淤积的问题。

废水处理流程为废水重力自流至沉淀池，废水管道控制阀门同时设置电磁阀和手动阀门，一般情况采用电磁阀自动控制，同时设置手动阀门，放射性废水通过泵进入衰变池配套的沉淀池，通过沉淀池设置的斜管自流进入 1#衰变池，当 1#衰变池废水到达设定水位后，关闭 1#电动阀并开启 2#衰变池电动阀，废水经 2#电动阀流入 2#衰变池，当 2#衰变池废水到达设定水位后，关闭 2#电动阀并开启 3#衰变池电动阀；当 3#衰变池内废水到达设定水位时，检测 1#衰变池是否已排空，如果没有则报警。如果 1#衰变池为空槽则关闭 3#电动阀并开启 1#衰变池电动阀，以此类推。通过水泵抽取 1#衰变池的放射性废水至取样池进行检测，达到排放标准后，排至医院污水处理站进一步处理后排至市政管网。衰变池的设计见图附图 16。

### (3) 废水管线设计

核医学辐射工作场所的放射性废水普通收集管道在地板垫层内或室外土层内敷设，放射性废水重力流至衰变池配套的沉淀池，然后由泵提至衰变池内。核医学科废水管线设计走向图见附图 17。

综上所述，本项目放射性废液的收集和贮存基本能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求。

#### **10.2.1.2 放射性废气**

本项目核医学科进行了整体的新风和排风系统设计，根据建筑排风竖井位置和核医学平面布局，结合核医学科高低活性区域情况，设置单独排风管线，通风系统设计风量保证各功能房间为负压状态，并在各功能房间设置止回阀防止放射性废气倒吸，核医学科废气最终通过所在急救诊疗中心楼顶部屋面经高效活性炭过滤净化装置处理后排放。

核医学辐射工作场所共设置有 2 套独立的排风管线，1#为核素治疗区手套箱单独排风，2#为核素诊断区手套箱单独排风，3#为核素治疗区甲癌治疗病房区域单独排风，4#为核素诊断区机房、注射后候诊室等活性区排风。核医学科通风管线走向设计见附图 18。

因此，本项目核医学科放射性废气处理方案满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于气态放射性废物管理的要求。在进一步深化设计过程，应落实具体的活性炭过滤净化装置生产厂家，明确净化装置的过滤效率、过滤器的更换周期，在运行过程中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。

#### **10.2.1.3 放射性固体废物**

本项目核医学科的工作场所设置 2 间放射性废物暂存间和 1 间污染被服库，用于暂存项目开展过程中产生的放射性废物，核素诊断区的废物间与核素治疗区分开设置，废物间的分配使用情况如下：

（1）核素治疗区（ $^{131}\text{I}$ ）产生的放射性废物设置放废暂存间 1，在病房、分装室 1 等可能产生废物的位置设置脚踏式废物衰变桶，定期收集至放废暂存间衰变。放废暂存间 1 拟设置 7 个不小于 100L 的铅废物桶（不小于 15mmPb），每个月固定时间对废物桶进行标记、封装、记录，放射性固体废物储存时间超过 180 天，经监测满足标准要求可清洁解控按医疗废物处理。

（2）核素诊断（PET 和 SPECT 诊断）设置间放废暂存间 2，在分装室、给药候诊室等其它必要区域设置脚踏式废物衰变桶，用于核素操作过程中固体废物的暂存，整个核素诊断区的放射性废物集中暂存至放废暂存间 2 封存衰变。放废暂存间 2 拟设置 4 个不小于 100L 的铅废物桶（不小于 20mmPb），每个月固定时间对废物桶进行标

记、封装、记录，按单双月轮换使用，放射性固体废物储存时间超过 30 天，经监测满足标准要求可清洁解控按医疗废物处理。

(3) 住院患者产生的受污染的被服设置 1 间污染被服间，污染被服间内设置 3 个铅箱用于患者用过的床上用品就近集中储存，根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)，正常换洗的被服经集中暂存超过 1 个半衰期(按 9 天考虑)后可进行清洗；特殊情况出现严重污染的被服将压缩封存后按固体废物暂存 180 天后进行处理。

废物间设有动力排风系统，采取了适当屏蔽措施，防护门设置门锁，以防止丢失；防护门上设置电离辐射警告标志，并根据消防要求设置防火措施。废物室内不存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

核素治疗区和核素治疗区分别设置专用废物衰变桶，废物桶外设置电离辐射标志，废物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物。对于废注射器、碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，预先装入硬纸盒或其他包装材料中进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。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废物室，不同类别废物应分开存放，废物衰变箱表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物要超过 30 天；核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间要超过核素最长半衰期的 10 倍；含有核素  $^{131}\text{I}$  的放射性固体废物暂存时间要超过 180 天；经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，方可对废物清洁解控作为医疗废物处理。

本项目敷贴治疗用的  $^{90}\text{Sr}$  属于密封放射源，放射源报废后拟送新疆城市放射性废物库处置。新疆城市放射性废物库承担着新疆辖区内核技术利用过程中产生的放射性废弃物(源)的收贮、暂存任务，本项目产生的废  $^{90}\text{Sr}$  放射源送交新疆城市放射性废物库处置是可行的。

核医学工作场所废气排放口及手套箱更换下来的废活性炭过滤器按放射性固体废物处理。更换下的废活性炭将存放于衰变桶中，标注活性炭存放日期、存放量等，满足清洁解控水平后作为一般医疗废物处理。

综上所述，本项目放射性固体废物收集和贮存措施满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的相关要求，并且具有较强的可操作性。

### **10.2.2 DSA 项目“三废”治理措施**

本项目 DSA 在使用过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生，产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，拟在所有机房内设置机械排风装置，送风口与排风口形成对角，使机房内气流形成较好的对流，可保证机房内良好的通风效果，机房内空气质量可满足《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）的要求。

### **10.2.3 生活垃圾和生活废水治理措施**

本项目核医学科位于南市区新院，其运行期医护人员和患者的生活废水和生活垃圾的处置依托南市区新院相应设施，其环境影响见《巴州人民医院南市区新院建设项目（一期）》环境影响报告文件相关章节，本报告不再做相关的评价分析。

老院区 DSA 项目不新增辐射工作人员，医护人员和患者的生活废水和生活垃圾的处置均依托老院区现有处理设施。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

#### 11.1.1 施工期环境影响分析

巴州人民医院南市区新院项目施工期的环境影响见《巴州人民医院南市区新院建设项目（一期）》环境影响报告文件相关章节，本报告不再做相关的环境影响评价。

老院区 DSA 项目在改建施工期主要为墙体的拆除、墙面的新砌和墙面的装修，施工期主要的环境影响有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。施工扬尘主要为墙体拆除时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘，项目位于 2#楼内，采取洒水等措施，可以减少扬尘的扩散。施工噪声主要来自于墙体拆除、墙面装修及现场处理等，采取合理安排施工时间，禁止在夜间（22：00-6：00）作业，选择低噪声、低振动施工设备和工艺等措施减少施工噪声影响。施工期废水主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水，生活污水依托医院的废水处理系统处理。固体废物主要为墙体拆除、墙体新砌和装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至合法的弃渣场处置，生活垃圾交环卫部门统一收运处置。本项目工程量小，施工范围在医院住院楼内，施工期短，施工期产生的影响随着施工的开始而消失，环境影响很小。

#### 11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，医院应加强辐射防护管理，并在此过程中保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，禁止无关人员进入机房所在区域，以防止发生辐射事故。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

安装调试过程中产生的包装物，可综合利用的则交由废品收购站收集；剩余物统一收集后交由环卫部门统一拉运和处置。

### 11.2 营运期环境影响分析

#### 11.2.1 核医学科运行期辐射环境影响分析

本项目核医学科包括核素诊断区（包括显像诊断、骨转移癌）、核素治疗区（甲癌、甲亢、甲测）和敷贴治疗，诊断区和治疗区主要考虑使用相关核素产生的  $\gamma$  射线外照射，敷贴治疗室主要是辐射源使用时  $\beta$  射线的影响，并且尽量避免产生韧致辐射

影响。此外，治疗区还应考虑内照射的影响，诊断区还需考虑 CT 机的 X 射线外照射。运行阶段工作场所辐射水平分析分别按照上述三个场所进行单独计算，核医学科关注点见图 11.2-1。

### 11.2.1.1 核素诊断区和核素治疗区辐射环境影响分析

#### (1) $\gamma$ 射线剂量率预测分析

##### ① 计算公示和依据

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），关注点处经屏蔽后的瞬时剂量率按照下式进行计算：

$$H=10^{-X/TVL}\cdot A\cdot\Gamma/R^2 \quad (\text{式 11.2.1-1})$$

式中：

$H$ ——屏蔽体外关注点  $\gamma$  辐射剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ；

$X$ ——屏蔽厚度，单位为  $\text{mm}$ ；

$A$ ——单个患者或受检者所用放射源的最大活度，单位为  $\text{MBq}$ ；

$\Gamma$ ——距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ；

$R$ ——参考点与放射源间的距离， $\text{m}$ 。

$$H_{r1}=H_{r0}\cdot 2^{-t/T} \quad (\text{式 11.2.1-2})$$

式中：

$H_{r0}$ ——衰变前核素的量；

$H_{r1}$ ——衰变后核素的量；

$t$ ——经历衰变的时间( $\text{min}$ )；

$T$ ——核素的半衰期( $\text{min}$ )。

根据《辐射防护导论》P88 可知，将  $\gamma$  射线减弱一定程度所需物质厚度  $d$  与物质的密度  $\rho$  成反比，关系见式 11.2.1-3，本项目拟使用的硫酸钡涂料密度取不小于  $2.79\text{g}/\text{cm}^3$ ，混凝土密度取  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 。利用式 11.2.1-3，预测时硫酸钡涂料厚度折合为混凝土进行计算。

$$d_1/d_2=\rho_2/\rho_1 \quad (\text{式 11.2.1-3})$$

##### ② 关注点的选取

计算 PET 注射后休息室、SPECT 注射后休息室等设有床位/座位的功能用房时，取床位/座位中点作为源点；计算 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房外关注点时，选取设

备靶点作为源点；计算其他功能用房外关注点时，取房间中点作为源点。关注点设置在屏蔽体外 30cm 处，关注点示意图 11.2-1。

③计算参数保守估算，SPECT 注射后休息室按同时 5 人次  $^{99m}\text{Tc}$  患者候诊；PET 注射后休息室按同时 1 人次  $^{18}\text{F}$  患者候诊、留观室按 1 人次  $^{18}\text{F}$  患者和 1 人次  $^{99m}\text{Tc}$  患者同时留观；

时间衰变：PET 患者用药后约 50min 后才进行扫描，因此 PET/CT 机房考虑 50min 的药物衰变，衰变因子为  $250/109.8=0.73$ ；留观室考虑 65min 的药物衰变，衰变因子为  $250/109.8=0.66$ ；碘扫患者服药后 24h 后才诊断，考虑 24h 的药物衰变，衰变因子为  $224/(8.02 \times 24)=0.92$ ；SPECT 患者用药后约 40min 扫描，SPECT/CT 机房考虑 40min 的药物衰变，衰变因子为  $240/361=0.93$ ；留观室考虑 55min 的药物衰变，衰变因子为  $255/361=0.90$ 。

参考 AAPM Task Group 108，注射了正电子放射性药物的患者平均体吸收因子为 0.36，透射因子为 0.64，PET 注射后休息室、PET/CT 机房、留观室考虑患者吸收因子。

被服间保守按每名患者最大给药量 1%转移至被服中，根据《核医学科放射防护要求》（GBZ120-2020），“患者使用过的被服应先进行存放衰变，衰变至少一个半衰期再进行清洗。”因此污染被服间内源强按照储存 2 批次被服计算，则污染被服间铅桶内源强为  $^{131}\text{I}=(333/20/8.02+333/28/8.02)=500\text{MBq}$ 。

放废暂存间源强保守按日患者最大服药量 1%转移至废物衰变桶中考虑。PET 诊断项目使用  $^{18}\text{F}$  进行计算和分析；SPECT 诊断项目使用  $^{99m}\text{Tc}$  和  $^{131}\text{I}$  核素，SPECT 机房按两种核素分别进行计算和分析。

辐射屏蔽计算参数见表 11.2-1。

表 11.2-1 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	$^{18}\text{F}$	$^{99m}\text{Tc}$	$^{131}\text{I}$
铅什值层厚度 TVL	16.6mm	1mm	11mm
混凝土什值层厚度 TVL ( $\rho=2.35\text{t/m}^3$ )	176mm	110mm	170mm
实心灰沙砖什值层厚度 TVL ( $\rho=1.93\text{t/m}^3$ ) <sup>①</sup>	215mm	134mm	207mm
患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 $\Gamma$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ )	0.092	0.0207	0.0583
周围剂量当量率常数(裸源) $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	0.143	0.0303	0.0595

注：①实心灰沙砖的密度来自医院提供灰砂砖墙密度检测报告，实心灰沙砖什值层厚度根据式 11.2-3 计算得来。其他各核素 TVL 和  $\Gamma$  来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。



辐射为 0.052 $\mu$ Gy/mAs（垂直）和 0.051 $\mu$ Gy/mAs（水平），CT 扫描不超过 300mA，故 1m 处的杂散辐射剂量率最高约 56.16mGy/h。其他型号设备的 CT 散射辐射水平基本均处于相同水平。

本项目 PET/CT 机房四周墙体、顶棚、地板、观察窗和防护门的屏蔽设计厚度不低于 3.5mmPb，根据《辐射防护手册》（第一分册）中图 10.5g，可知对 X 射线减弱因子不大于  $2 \times 10^{-5}$ ，关注点按照距 X 射线管最近距离 3m 估算，保守按减弱因子为  $2 \times 10^{-5}$ ，估算得机房外 CT 运行所致的 X 射线附加剂量率为  $1.25 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ；SPECT/CT 机房四周墙体、顶棚、地板和观察窗的设计屏蔽厚度不低于 3.5mmPb，可知对 X 射线减弱因子不大于  $2 \times 10^{-5}$ ，估算得机房外 CT 运行所致的 X 射线附加剂量率为  $1.25 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ；

根据前文估算相应位置  $\gamma$  射线所致剂量率，估算最终 PET/CT 和 SPECT/CT 机房外关注点的最大剂量率叠加预测结果见下表。

表 11.2-3 PET/CT 和 SPECT/CT 机房外关注点的最大剂量率叠加预测结果

关注点	有效屏蔽厚度 mmPb	减弱因子	$\gamma$ 射线最大剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	X 射线剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	叠加剂量率 $\mu\text{Sv/h}$
PET/CT 机房					
观察窗/防护门外 30cm	10	$2 \times 10^{-5}$	$1.96 \times 10^{-1}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$3.21 \times 10^{-1}$
墙外 30cm	3.5	$2 \times 10^{-5}$	$9.45 \times 10^{-3}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$1.34 \times 10^{-1}$
楼上 30cm	5.5	$2 \times 10^{-5}$	$1.22 \times 10^{-2}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$1.37 \times 10^{-1}$
楼下距地面 1.7m	3.5	$2 \times 10^{-5}$	$2.35 \times 10^{-2}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$1.27 \times 10^{-1}$
SPECT/CT 机房					
观察窗/防护门外 30cm	6	$2 \times 10^{-5}$	$2.18 \times 10^{-1}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$3.43 \times 10^{-1}$
墙外 30cm	3.5	$2 \times 10^{-5}$	$5.71 \times 10^{-3}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$1.31 \times 10^{-1}$
楼上 30cm	5.5	$2 \times 10^{-5}$	$9.12 \times 10^{-3}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$1.34 \times 10^{-1}$
楼下距地面 1.7m	3.5	$2 \times 10^{-5}$	$3.12 \times 10^{-2}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$1.56 \times 10^{-1}$

根据上述预测结果可见，PET/CT 和 SPECT/CT 机房防护门、观察窗、墙壁外 30cm 处叠加剂量率均小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求。摆位时设备不开机，故 X 射线对摆位人员无影响。

#### 11.2.1.2 骨转移癌治疗项目环境影响分析

本项目核医学科拟使用  $^{89}\text{Sr}$  开展骨转移癌治疗，每名骨转移癌治疗患者  $^{89}\text{Sr}$  给药量为放射性核素给药量为 148MBq，患者注射药物后即可离开，不需要留观和住院。 $^{89}\text{Sr}$  为纯  $\beta$  衰变， $\beta$  射线穿透能力很弱，在组织内部辐射距离很短，不会对周围环境产

生明显影响，核医学科普通应用只要戴上手套和眼罩（或面罩），用镊子或其它夹具操作，手不接触 β 源，就能达到防护要求。但 β 射线在与物质作用会产生韧致辐射，韧致辐射所致 X 射线辐射剂量率估算采用下式计算：

$$H_r = 4.58 \times 10^{-14} \times A \cdot Z_e \cdot \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \cdot q \cdot \eta \quad (\text{式 11.2.1-4})$$

式中：

$H_r$ ——距离屏蔽层源  $r$  米处的辐射剂量率，Gy/h；

$A$  ——放射源活度，Bq；

$Z_e$ ——屏蔽材料的有效原子序数，取普通玻璃的有效原子序数 10.6；

$E_b$ ——入射 β 粒子的最大能量的 1/3，即  $E_b = E_{max}/3$ ，MeV；

$r$ ——参考点与屏蔽层的距离，m；

$\mu_{en}/\rho$ ——平均能量为  $E_b$  的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数， $m^2/kg$ ；

$q$ ——参考点所在区域相应的居留因子；

$\eta$ ——透射比，本项目 20mmPb 取 0.05。

$^{89}\text{Sr}$  使用过程中产生的韧致辐射剂量率情况见表 11.2-4。

表 11.2-4 核素韧致辐射剂量率

核素	源活度 A (Bq)	屏蔽物质原子序数 $Z_e$	$E_b$ (MeV)	距离 $r$ (m)	$\mu_{en}/\rho$ ( $m^2/kg$ )	$q$	$\eta$	辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
$^{89}\text{Sr}$	$1.85 \times 10^8$	10.6	0.496	0.3	$2.966 \times 10^{-3}$	1	0.05	0.04

由估算结果可知，距屏蔽层 0.3m 处韧致辐射剂量率为  $0.04\mu\text{Gy/h}$ 。

骨转移癌治疗项目的日最大治疗人数为 2 人，年工作时间为 60 天，注射时间为 30s/次。以工作人员距放射性药物距离为 0.3m 进行估算，可得工作人员年有效剂量为  $0.04 \times 2 \times 60 \times 30 \div 3600 = 0.04\mu\text{Sv}$ ，满足本评价项目提出的辐射工作人员年有效剂量约束值的要求。

关注点与放射源距离越大，辐射剂量率越小，由此可知公众人员的年有效剂量将小于  $0.03\mu\text{Sv}$ ，满足公众年有效剂量约束值的要求。

#### 11.2.1.4 敷贴治疗项目环境影响分析

根据源项分析内容，敷贴治疗项目主要考虑  $^{90}\text{Sr}$  敷贴治疗时的韧致辐射影响，核医学科设置了专门的敷贴治疗室，由正规厂家购买敷贴源，配置  $^{90}\text{Sr}$  专用贮源容器，采取内层低原子序数材料的铝和外层重金属材料的铅两层屏蔽设计，距离容器表面

5cm 和 100cm 处的韧致辐射的空气吸收剂量率分别控制在 10 $\mu$ Gy/h 和 1 $\mu$ Gy/h 以下，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的要求。<sup>90</sup>Sr 敷贴器最大活度 1.85 $\times$ 10<sup>8</sup>Bq，根据式 11.2-3 计算无屏蔽状态下 <sup>90</sup>Sr 裸源 0.5m 处韧致辐射的辐射剂量率见表 11.2-5。

表 11.2-5 距裸源不同距离处韧致辐射产生的辐射剂量率

核素	源活度 A (Bq)	屏蔽物质原子序数 $Z_e$	$E_b$ (MeV)	距离 r (m)	$\mu_{en}/\rho$ ( $m^2/kg$ )	$q$	$\eta$	辐射剂量率 ( $\mu$ Gy/h)
<sup>90</sup> Sr	1.85 $\times$ 10 <sup>8</sup>	13	0.76	0.5	2.882 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	1	1	2.79

在此项治疗项目中，工作人员承担的工作主要是打开储源箱，取出放射源为患者治疗，治疗时将敷贴源敷贴在定好的部位开始辐照，敷贴源配有防护屏和手柄，工作人员不会直接接触敷贴源。工作人员受到的照射主要为在伺服患者治疗过程中所受到的照射。从偏安全角度考虑，按每位工作人员每年治疗的患者量为 500 人次，伺服患者治疗及取放敷贴源平均每次需 6 分钟计算；根据以上参数及人员剂量估算公式可以计算出工作人员因为 <sup>90</sup>Sr 敷贴源使用而接受的年有效剂量约为 0.14mSv，低于职业人员年剂量管理约束值（5mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。根据计算结果可知，使用 <sup>90</sup>Sr 密封源会产生韧致辐射，当医护人员在给患者进行治疗时会受到一定量的照射，因此不能忽视对韧致辐射的防护，敷贴治疗中，工作人员应采取有效的个人防护措施，如戴有机玻璃眼镜或面罩和尽量使用远距离操作工具，并且在满足工作需求的情况下增加身体与敷贴源的距离和减少操作时间。

### 11.2.1.5 工作人员及公众个人剂量估算

#### (1) 工作人员受照剂量估算

##### ①PET 诊断：

根据药物的使用方式和医务人员行走路径，医务人员一般不会长时间接触正电子药物诊断患者，但在分装药物、注射药物、扫描时必要的近距离协助摆位、在控制室操作设备扫描等过程，辐射工作人员会受到放射性药物的外照射影响，因此职业外照射估算分析按照上述四个方面估算 <sup>18</sup>F 对工作人员的辐射影响。

工作时间及计算参数：PET/CT 诊断项目分装给药采用人工分装注射，手动分装按照单份 1min 计。每次注射用时约 0.5min；患者休息 50min 后进入 PET/CT 机房扫描，一般情况工作人员可进行视频和语音隔室指导摆位，按 1/10 患者需要近距离协助

摆位、每次摆位时间 0.5min 考虑，摆位人员接触受检者的整个过程中均穿戴 0.5mmPb 个人防护用具，技师摆位完成后到控制室操作设备并且观察机房内患者情况，每名患者扫描时间 15min。

②SPECT 诊断：<sup>99m</sup>Tc 药物为订购按人份分装好的成品药物，包装在单支带屏蔽的注射器内，医护人员无分装工序；<sup>131</sup>I 药物采用自动分装，由治疗区工作人员远程指导服药，给药过程不考虑医护受照情况。注射 <sup>99m</sup>Tc 扫描药物、部分患者近距离协助摆位、控制室医务人员操作设备时，辐射工作人员会受到药物的辐射影响，因此职业外照射估算分析按照上述三个方面计算工作人员的辐射影响。

工作时间及计算参数：（i）护士为每个患者注射药物用时约 0.5min；（ii）一般情况工作人员可进行视频和语音隔室指导摆位，考虑按 1/10 的患者需要协助摆位（受检者在距摆位技师的直线距离约 1m），每次摆位时间按 0.5min 考虑，整个过程中均穿戴 0.5mmPb 铅衣；（iii）技师摆位完成后到控制室操作设备并且观察机房内患者情况，每名患者扫描时间 15min。

③核素治疗：甲癌治疗所用的 <sup>131</sup>I 药物采用碘自动分装仪进行分装，分装时医务人员在分装操作间进行远程遥控操作，通过视频、语音监控指导服药，不受额外的辐射影响。

根据对各辐射工作场所关注点的剂量估算结果，结合本项目工作人员配备及工作负荷介绍，按照下式对本项目辐射工作人员及公众的年受照剂量进行估算。

$$H=H_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 11.2.1-5})$$

式中：

$H_r$ —辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

$H$ —辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$t$ —年工作时间，h；

$T$ —居留因子，职业人员取 1。

表 11.2-6 辐射工作人员个人年外照射剂量估算

操作	工作时间		辐射剂量率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 $H$ (mSv/a)		
	min/次	次/年		各岗位年剂量	合计	单人年有效剂量
<sup>18</sup> F 分装	1	5000	3.89E-01	5.40E-04	6.25E-04 (3人轮岗)	2.08E-04
<sup>18</sup> F 注射	0.5	5000	1.21E-01	8.40E-05		
<sup>99m</sup> Tc 注射	0.5	7500	2.13E-12	2.22E-15		
<sup>89</sup> Sr 注射	0.5	120	3.0E-02	5.00E-07		

PET 摆位	0.5	500	1.48E+01	1.03E-03	8.28E-03 (6人轮岗)	1.38E-03
PET 扫描	15	5000	1.96E-01	4.08E-03		
SPECT 摆位 <sup>99m</sup> Tc	0.5	750	5.63E+00	5.86E-04		
SPECT 摆位 <sup>131</sup> I	0.5	250	8.94E+00	3.10E-04		
SPECT 扫描 <sup>99m</sup> Tc	15	7500	1.37E-06	4.28E-08		
SPECT 扫描 <sup>131</sup> I	15	2500	2.18E-01	2.27E-03		
敷贴治疗	6	500	2.79	2.33E-03	1.4E-01	1.4E-01

## (2) 公众受照剂量估算

根据核医学辐射工作场所周围环境情况及控制区外人员居留情况，控制区外公众可到达区域为核医学科楼上、楼下以及核医学科东测医疗大街。计算公众年有效剂量时，依据核医学科不同功能区域操作核素时间/患者停留不同，将核医学科分为 5 个区块进行计算，根据前文对核医学科工作场所辐射的预测结果，每个区块均取公众可到达的功能用房墙外、楼上、楼下辐射剂量率最大值作为代表进行计算。计算公式见式 11.2-4，计算结果见表 11.2-7。

表 11.2-7 公众个人年有效剂量估算

关注点		辐射剂量率 H ( $\mu$ Sv/h)	年受照时间 (h)	居留因子 <sup>①</sup>	年有效剂量 (mSv/a)
治疗区操作场所 (分装 1、储源室 1、放废暂存间 1)	楼上 (7-1# 检验科)	3.43E-03	2000	1	6.86E-03
	楼下 (7-2# 地下车库)	4.64E-03	2000	1/16	5.80E-04
	南墙外 (9# 室外过道)	1.05E-03	2000	1/16	1.31E-04
核素病房区域 (7 间核素病房, 1 间 甲亢留观兼抢救 室、污染被附间)	楼上 (24-1# 检验科)	4.32E-02	2000	1	8.64E-02
	楼下 (24-1# 检验科)	1.69E-01	2000	1/16	2.11E-02
	南墙外 (21# 室外过道)	9.73E-02	2000	1/16	1.22E-02
核素诊断区操作区 域 (分装室 2、储 源室 2、放废暂存 间 2、运动负荷 室)	楼上 (45-1 检验科)	7.20E-03	2000	1	1.44E-02
	楼下 (39-2 地下车库)	8.24E-02	2000	1/16	1.03E-02
	南墙外 (40# 诊室)	3.53E-03	2000	1	7.06E-03
	北墙外 (44# 送药通道)	5.97E-01	2000	1/16	7.46E-02
诊断区注射后休息 区域 (PET 注射后 休息室、SPECT 注	楼上 (72-1# 检验科)	1.92E-02	2000	1	3.84E-02

射后休息室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、留观室)	楼下 (72-2#地 下车库)	2.38E-02	2000	1/16	2.98E-03
甲癌通道东防护门外 (32#)		2.08	0.1 <sup>②</sup>	1/5	4.16E-02
诊断区患者通道东防护门外 (73#)		1.56	2.43 <sup>③</sup>	1/5	7.58E-04
备注: ①居留因子选取参照《放射治疗放射防护要求》(HJ1198-2021)的要求。 ②年受照时间按核医学科经由此处的取餐甲癌患者 350 人, 每人停留 1min 计。 ③年受照时间按核医学科经由此处的 PET、SPECT 诊断患者总和 17500 人, 每人停留 0.5min 计算。					

根据估算结果可知, 核医学项目投入使用后, 公众年有效剂量最大值为 8.64E-02mSv, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 公众照射剂量限值及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 公众照射剂量约束值不大于 0.1mSv/a 的要求。

### 11.2.1.6 放射性废物影响分析

#### (1) 液态放射性废物

本项目核医学科使用核素是  $^{18}\text{F}^{99\text{mTc}}$ 、 $^{131}\text{I}$  和  $^{89}\text{Sr}$ , 其中  $^{89}\text{Sr}$  患者、 $^{131}\text{I}$  显像诊断患者和甲亢治疗患者注射或服药后直接离开核医学科, 不需要在核医学科候诊以及留观, 正常工作流程上不会有放射性废液产生。 $^{89}\text{Sr}$  骨转移癌治疗只有在事故工况下放射性药物意外洒落才可能会产生放射性废液, 发生该事故时, 工作人员应即使穿戴防污染用品和一次性手套, 用吸水垫快速吸收洒落液体, 再用毛巾从污染区边缘向中心擦拭, 将沾有  $^{89}\text{Sr}$  液体的吸水垫和毛巾放入专用废液桶中暂存, 不排入衰变池中。另外使用的  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{mTc}}$ 、 $^{131}\text{I}$  核素产生的放射性废水均排入衰变池进行衰变。

#### ①放射性废水产生量

本项目核医学所有项目产生的放射性废水均统一收集至核医学科南侧设置的衰变池, 共设置 2 套三小池并联的衰变池, 诊断显像使用的核素  $^{18}\text{F}$  和  $^{99\text{mTc}}$  排入核素诊断区衰变池, 总有效容积为  $3 \times 25.2 = 75.6\text{m}^3$ ; 核素治疗区使用的核素  $^{131}\text{I}$  排入核素治疗区衰变池, 总有效容积均为  $3 \times 111.37 = 334.11\text{m}^3$ ; 废水排入衰变池进行衰变处置, 经检测满足排放要求后排入医院污水处理站做进一步消毒处理。

(a) PET 和 SPECT 显像诊断患者按每人每次用水定额取 6L, 候诊期间用水保守按 4 次/人考虑, 每周共诊断患者 250 人, 则患者废水产生量为  $6\text{m}^3$ /周; (b) 甲癌住院患者按每人每次每天用水定额取 220L, 每名患者住院 4 天, 每周 7 名患者; 甲亢患者每天 10 人, 每人每次用水定额取 6L, 保守按均需留观。每人排水 1 次, 患者废水产生量为

6.46m<sup>3</sup>/周；（c）辐射工作人员去污清洗用水按 15L/（人·班）考虑，诊断区每天 1 班，每班共 6 人，则诊断区每周去污清洗产生废水 0.45m<sup>3</sup>/周；核素治疗区每天 1 班，每班 3 人，则核素治疗区每周去污清洗产生废水 0.045m<sup>3</sup>/week；（d）核医学工作场所清洁用水按 0.1L/（m<sup>2</sup>·次）考虑，核医学场所整个辐射工作场所区域总面积约 220m<sup>2</sup>，每周清洗 1 次，则每周产生核素治疗区清洗废水 0.02m<sup>3</sup>/week；核素诊断区涉及核素使用区域总面积约 270m<sup>2</sup>，每周清洗 5 次，则每周诊断区产生清洗废水 0.14m<sup>3</sup>/week；（e）核素诊断区和核素治疗区的不可预见用水按各自总水量的 10% 计，则诊断区不可预计废水量为（6+0.45+0.14）\*0.1=0.66m<sup>3</sup>/周；甲癌治疗区不可预计废水量为（6.46+0.045+0.02）\*0.1=0.65m<sup>3</sup>/周。则核素诊断区每周废水总产生量为=6+0.45+0.14+0.66=7.2m<sup>3</sup>/周，核素治疗区每周废水产生量为 6.46+0.045+0.02+0.65=7.18m<sup>3</sup>/周。

### ②衰变池的衰变时间

核素诊断区衰变池单个池子有效容积为 25.2m<sup>3</sup>，诊断区平均每周废水产生量为 7.2m<sup>3</sup>/周，注满 1 个池子需要 25.2/7.2≈3.5 周，衰变池为 3 池并联，衰变时间保守按注满 2 格衰变池所需时间计，为 49 天。核素治疗区衰变池单个池子有效容积为 111.37m<sup>3</sup>，平均每周废水产生量为 7.18m<sup>3</sup>/周，注满 1 个池子需要 111.37/7.18≈15.5 周，衰变池为 3 级并联，衰变时间保守按注满 2 格衰变池所需时间计，为 217 天。

### ③放射性废液排放

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于放射性废液排放的管理要求，诊断区放射性废液在设计的短半衰期槽式衰变池中暂存时间为 49 天，废液超过 30 天，可直接解控排放；核素治疗区放射性废液在设计的长半衰期槽式衰变池中暂存时间为 217 天，满足含 <sup>131</sup>I 核素废水暂存超过 180 天的要求。因此本项目核素治疗场所衰变池组内放射性废液暂存超过 180 天后可直接解控排入医院污水处理系统。

根据《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005），医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后，再排入医院污水处理站，医院污水处理站进一步处理后纳入污水管网排放。放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

本项目放射性废液管道和两套衰变池系统均为埋地式，衰变池四侧墙体和顶棚采

取混凝土屏蔽防护设计，因此放射性废液收集管道和衰变池对周围辐射环境影响很小。

## (2) 放射性固体废物

①放射性固体废物产生量：PET 与 SPECT 显像诊断每年共诊断 13000 人次，甲亢每年治疗 2500 人次，甲功测定每年共诊断 2500 人次，骨转移癌每年治疗共 120 人次。放射性固废产生量以 0.02kg/人次计；则以上诊疗项目产生的放射性固废约为 362.4kg/年。

住院患者产生的放射性固体废物主要是甲癌患者住院期间产生的医疗废物，参考《第一次全国污染源普查—城镇生活源产排污系数手册》中第四分册进行核算。本项目甲癌治疗共设 7 张病床，平均按每周一批 7 名患者住院 4 天，50 周/年，医疗废物核算系数取 0.42kg/床·天，则核素住院治疗放射性固废产生量为 588kg/年。

核医学科放射性固体废物产生量估算为 950.4kg/年。

## ②固体放射性废物处理

含有核素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  的放射性固体废物暂存时间要超过 30 天；含有核素  $^{89}\text{Sr}$  的放射性固体废物暂存时间要超过核素最长半衰期的 10 倍；含有核素  $^{131}\text{I}$  的放射性固体废物暂存时间要超过 180 天；经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，方可对废物清洁解控作为医疗废物处理。

放射性固体废物的存储和处理安排专人负责，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。

另外，核素诊断项目使用的校准源和敷贴治疗使用的敷贴源属于密封放射源，报废后送新疆城市放射性废物库处置，建设单位应做好废源处置的申报和记录。

核医学科废气排放口更换下的废活性炭也属于放射性固体废物，更换下的活性炭将存放于衰变桶中，标注活性炭存放日期、存放量等，满足清洁解控水平后作为一般医疗废物处理。

经分析，上述措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于固体放射性废物处理的管理要求，项目运行期放射性废物按要求进行收集、暂存和处理后不会对环境造成影响。

## (3) 放射性废气

在操作放射性药物过程中会产生少量放射性废气，本项目  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  操作设置有

手套箱，<sup>131</sup>I 药物采用自动分装仪，安装在手套箱内，设有独立的通风系统，通风速度不小于 0.5m/s，通风管道与其他区域的通风管道分离，直接通向屋顶，废气排放口位于急救诊疗中心屋面（见附图 19），排放口设置高于所在建筑屋顶，并设有活性炭过滤装置，因此本项目核医学科排风设计满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于通风的要求。

#### 11.2.1.7 核医学科辐射监测一般要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），建设单位应对核医学工作场所、周围环境及工作人员个人剂量进行监测，并执行以下一般要求：

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

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

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

#### 11.2.2 DSA 运行期辐射环境影响分析

##### 11.2.2.1 DSA 机房外辐射剂量率估算

本项目新增 6 台 DSA 装置，其中 1 台位于医院老院区 2#楼一层由原康复科改建 DSA 机房，另外 5 台位于南市区新院急救诊疗中心一层北部 1-5 号 DSA 机房。本报告拟对 DSA 机房周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法进行影响分析。

DSA 在介入手术中分透视和摄影两种模式。摄影（拍片）模式是指 X 射线系统曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。透视模式是指在透视条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次评价分别对摄影、透视两种工况下机房周围的辐射水平进行了预测。在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被患者、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此屏蔽估算时可不考虑主束照射。因此，本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

根据设备的工作原理，设备在正常工况时，设备参数是无法达到最大管电压和最大管电流的，正常工况时，不同手术类型和不同患者身体状况都会影响管电压和管电

流的参数，实际使用时 DSA 管电压通常在 90kV 以下，透视管电流通常为十几毫安，摄影功率较大，管电流通常为几百毫安。根据目前一些医院的实际值统计，摄影模式下，普遍情况下 DSA 设备的管电压和管电流为 60~100kV/300~500mA；透视模式下管电压和管电流为 60~90kV/5~15mA，本环评 DSA 设备采用实际运行期最大工况进行估算：即摄影工况下的设备参数：管电压 100kV，管电流 500mA；透视工况下的设备参数：管电压 90kV，管电流 15mA。

根据设备最大管电压参数，读图《辐射防护手册》第三分册 P58 图 3.1（见图 11.2-3），根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等效总滤过不小于 2.5mmAl，本项目购置正规生产厂家生产的设备，滤过参数满足标准要求，本次计算总过滤取 2.5 毫米铝保守读数，可以得到离靶 1 米处的发射率。按照 DSA 的运行工况，计算得到射线装置距靶 1m 处的最大剂量率，则 DSA 运行工况及计算参数取值见表 11.2-8。

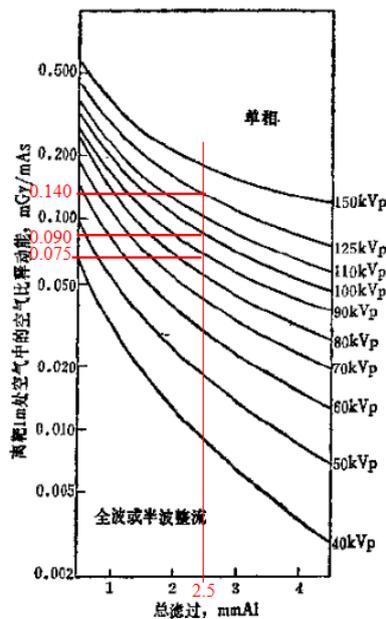


图 11.2-3 在各种线束过滤和钨反射靶情况下恒点位 X 线发生器在离靶 1 米处的发射率

表 11.2-8 DSA 运行工况及计算参数一览表

设备	离靶 1 米处的空气比释动能 (mGy/mAs)	运行模式	运行管电压 (kV)	运行管电流 (mA)	距靶 1m 处的最大剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
DSA	0.075	透视	90	15	4.05E+06
	0.140	摄影	100	500	1.62E+08

本项目新增 6 台 DSA 设备参数相同，但老院区 DSA 机房屏蔽设计方案与老院区南市区新院不同（南市区新院 5 间 DSA 机房屏蔽设计方案相同），因南市区新院 2 号

蔽) 中公式 (10.8)、(10.9)、(10.10) 等公式演化而来。

①患者体表散射屏蔽估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11.2.2-1})$$

式中:

$H_s$ ----预测点处的散射剂量率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$H_0$ ----距靶 1m 处初级 X 射线束造成的空气比释动能率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$\alpha$ ----患者对 X 射线的散射比; 根据《辐射防护手册》(第一分册) 表 10.1 查表取 0.0013;

$s$ ----散射面积,  $\text{cm}^2$ , 取  $100\text{cm}^2$ ;

$d_0$ ----源与患者的距离, m, 取 0.8m;

$d_s$ ----患者与预测点的距离, m;

$B$ ----屏蔽透射因子, 按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 附录C中公式和参数计算, 公式计算同式10.2-2。其中:  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 为铅对90kV管电压下X射线辐射衰减有关的三个拟合参数, 具体见表11.2-9。

表 11.2-9 不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压 (kv)	材质	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
90	铅	3.067	18.83	0.7726
100 (主束)	铅	2.5	15.28	0.7557
100 (散射)	铅	2.507	15.33	0.9124

注: ①拟合参数均取自于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)。

散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11.2-10 和表 11.2-11。

表 11.2-10 100kV 减影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

场所	关注点位	屏蔽措施	折合总铅当量 (mmPb)	B
老院区 DSA	1#第一术者位 (身体铅衣内)	0.5mmPb 辅助防护设施 (铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘) +0.5mmPb 铅橡胶围裙	1	1.05E-02
	1#第一术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 辅助防护设施 (铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘)	0.5	4.72E-02
	1#第一术者位 (手部)	0.025mmPb 介入防护手套+0.5mmPb 铅防护帘	0.525	4.33E-02
	1#第一术者位 (眼晶体)	0.5mmPb 辅助防护设施 (铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘)	1	1.05E-02

	2#第二术者位（身体铅衣外）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	0.9	2.52E-02	4.09E+01
	3#观察窗外 30cm 处（控制室操作位）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	3.79	3.69E-07	3.38E-05
	4#南墙外 30cm 处	4.05E+06	0.0013	100	0.8	3.63	3.69E-07	3.69E-05
	5#人员防护门外 30cm 处（术前准备区）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	3.92	3.69E-07	3.16E-05
	6#污物防护门外 30cm 处（污物通道）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	3.66	3.69E-07	3.63E-05
	7#北墙外 30cm 处（设备间）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	3.45	3.69E-07	4.08E-05
	8#南墙外 30cm 处（3号 DSA 机房）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	3.80	3.69E-07	3.36E-05
	9#西墙外 30cm 处（1号 DSA 机房）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	3.84	3.69E-07	3.30E-05
	10#楼上离地 100cm 处（内镜中心诊室）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	5.6	1.27E-10	5.33E-09
	11#楼下离地 170cm 处（车库）	4.05E+06	0.0013	100	0.8	5.3	1.72E-08	8.05E-07

注：由于南市区新院介入中心会出现 5 台 DSA 同时工作，导致 2 号机房点位 3#、4#、5#、6#、8#、9#、10#、11#出现散射辐射叠加的情况，本次计算已进行叠加。

### ②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式 11.2.2-2 进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \quad (\text{式 11.2.2-2})$$

式中：

$H_L$ —预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$H_0$ —距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ，本项目取  $1\text{mGy/h}$ ；

$d$ —靶点距关注点的距离，m；

$B$ —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算同式 10.2-1。

泄漏辐射各预测点在 100kV 减影工况下的屏蔽透射因子计算结果见表 11.2-17，在 90kV 透视工况下的屏蔽透射因子计算结果和表 11.2-15 相同，故不再列表说明。

表 11.2-13 100kV 减影工况下漏射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

结合区域辐射环境背景水平，可以得出本项目 DSA 射线装置在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外、楼上、楼下及防护门外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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 2.5μSv/h；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h”的相关要求。同理可知，南市区新院介入中心其他 4 间 DSA 机房屏蔽防护也满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

### 11.2.2.2 工作人员及公众个人剂量估算

关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff} = D_r \times t \times T \times U \quad (\text{式 11.2.2-3})$$

式中：

$D_{Eff}$ ——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

$D_r$ ——辐射剂量率，Sv/h；

$t$ ——年工作时间，h；

$U$ ——使用因子，U取1。

$T$ ——居留因子，本项目居留因子取值参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198—2021）附录A，具体数值见表7.3-11。

根据前文，每台 DSA 减影过程年总曝光时间均为 5h，透视过程年总曝光时间均为 100h。在 DSA 透视过程中，每个手术医生身体年受照的总时间不大于 50h，每个护士和技师身体年受照的总时间不大于 100h。根据式 11.2.2-3 与表 11.2-15，本项目理论预测环境影响分析下保护目标的年有效剂量估算结果详见下表。

表 11.2-16 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	工作模式	关注点位置描述	辐射剂量率	年工作时间	居留因子	年有效剂量	涉及人员类型
			μGy/h	h	/	mSv	
老院区 DSA 机房	减影	3#观察窗外 30cm 处（控制室操作位）	3.74E-01	5	1	1.87E-03	职业人员
		4#医护人员防护门外 30cm 处	2.43E-01	5	1/5	2.43E-04	公众
		5#患者防护门外 30cm 处（洁净走廊）	2.38E-01	5	1/5	2.38E-04	公众
		6#北墙外 30cm 处	3.87E-03	5	1/5	3.87E-06	公众

透视	9#西墙外 30cm 处（1 号 DSA 机房）	1.86E-02	5	1/2	4.65E-05	公众
	10#楼上离地 100cm 处（内镜中心诊室）	1.29E-05	5	1	6.45E-08	公众
	11#楼下离地 170cm 处（车库）	7.95E-04	5	1/16	2.48E-07	公众
	1#第一术者位（铅衣内）	3.78E+01	50	1	1.89	职业人员
	1#第一术者位（铅衣外）	2.33E+02	50	1	11.7	职业人员
	2#第二术者位（身体铅衣内）	1.17E+01	100	1	1.17	职业人员
	2#第二术者位（身体铅衣外）	7.20E+01	100	1	7.20	职业人员
	3#观察窗外 30cm 处（控制室操作位）	5.95E-05	100	1	5.95E-06	职业人员
	4#南墙外 30cm 处	6.49E-05	100	1	6.49E-06	公众
	5#人员防护门外 30cm 处（术前准备区）	5.56E-05	100	1	5.56E-06	公众
	6#污物防护门外 30cm 处（污物通道）	6.39E-05	100	1/16	3.99E-07	公众
	7#北墙外 30cm 处（设备间）	7.18E-05	100	1/16	4.49E-07	公众
	8#南墙外 30cm 处（3 号 DSA 机房）	5.92E-05	100	1/2	2.96E-06	公众
	9#西墙外 30cm 处（1 号 DSA 机房）	5.80E-05	100	1/2	2.90E-06	公众
	10#楼上离地 100cm 处（内镜中心诊室）	9.38E-09	100	1	9.38E-10	公众
11#楼下离地 170cm 处（车库）	1.42E-06	100	1/16	8.88E-09	公众	

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，采用公式 11.2.2-4 进行估算。

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (\text{式 } 11.2.2-4)$$

式中：

$E$ ——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

$\alpha$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84。本项目为辐射工作人员配备铅橡胶颈套，故取 0.79；

$\beta$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100。本项目为辐射工作人员配备铅橡胶颈套，故取 0.051；

$H_u$ ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位：mSv；

$H_o$ ——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位：

mSv。

根据上表，DSA 机房的第一术者位（铅衣内）的年有效剂量均为 1.89mSv，第一术者位（铅衣外）的年有效剂量均为 11.7mSv，第二术者位（铅衣内）的年有效剂量均为 1.17mSv，第二术者位（铅衣外）的年有效剂量均为 7.20mSv。经计算，则本项目 DSA 机房第一手术位（身体）的受照的有效剂量为 2.09mSv/a，第二术者位（身体）的受照的有效剂量为 1.29mSv/a。

对各预测点位在减影和透视模式的年有效剂量估算结果进行叠加计算，计算结果详见表11.2-17。

表11.2-17 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	关注点位置描述	年有效剂量 mSv	人员类型
老院区 DSA 机房	1#第一术者位	2.09	职业人员
	2#第二术者位	1.29	职业人员
	3#观察窗外 30cm 处（控制室操作位）	2.07E-03	职业人员
	4#医护人员防护门外 30cm 处	2.70E-04	公众
	5#患者防护门外 30cm 处（洁净走廊）	2.64E-04	公众
	6#北墙外 30cm 处	4.03E-06	公众
	7#西墙外 30cm 处（设备间）	1.53E-06	公众
	8#西墙外 30cm 处（资料室）	3.04E-05	公众
	9#南墙外 30cm 处（室外过道）	1.27E-06	公众
	10#污物防护门外 30cm 处（污物通道）	9.78E-05	公众
	11#楼上离地 100cm 处（ICU 病房）	4.97E-04	公众
	12#楼下离地 170cm 处（解剖室）	2.77E-04	公众
2 号 DSA 机房	1#第一术者位	2.09	职业人员
	2#第二术者位	1.29	职业人员
	3#观察窗外 30cm 处（控制室操作位）	1.01E-04	职业人员
	4#南墙外 30cm 处	1.10E-04	公众
	5#人员防护门外 30cm 处（术前准备区）	9.46E-05	公众
	6#污物防护门外 30cm 处（污物通道）	6.81E-06	公众
	7#北墙外 30cm 处（设备间）	7.64E-06	职业人员

8#南墙外 30cm 处（3 号 DSA 机房）	5.02E-05	公众
9#西墙外 30cm 处（1 号 DSA 机房）	4.94E-05	公众
10#楼上离地 100cm 处（内镜中心诊室）	6.54E-08	公众
11#楼下离地 170cm 处（车库）	2.57E-07	公众

由上述计算可知：本项目 DSA 射线装置在正常运行时，机房内职业人员年受照最大有效剂量为 2.09mSv，DSA 机房控制室内职业人员受照的最大有效剂量为 2.07E-03mSv，因此本项目职业人员所受的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于职业照射的“剂量限值”要求，同时满足本报告提出的剂量约束值：辐射工作人员有效剂量约束值不超过 5mSv/a。

对于介入手术，由于其实际工作中 DSA 透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求，正确佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确的测定其受照剂量的大小。医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

DSA 机房周围公众人员年受照最大有效剂量为 4.97E-04mSv，根据 X 射线衰减特性，X 射线剂量率与距离的平方成反比，因此随着距离的增加，剂量率水平会更低，周边 50m 范围内公众所受年有效剂量更小，公众所受的年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于公众受照的“剂量限值”要求，同时满足本报告提出的剂量约束值：公众有效剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

### 11.2.2.3 老院区 DSA 与现有核技术利用项目叠加剂量估算

老院区 DSA 项目位于 2#楼一层，医院现有两台 DSA 位于 2#楼二层东北角，与老院区 DSA 项目直线距离约 20m，本项目 50m 评价范围内的公众即受到现有两台 DSA 装置的辐射影响又受到本项目的辐射影响，因此考虑两部分对其叠加影响。

根据医院提供的射线装置年度检测报告（报告编号：DHBG-FJ2023465，见附件 8）可知，在机房现有屏蔽防护和检测条件下，两机房地面下方（楼下）距楼下地面

170cm处剂量率（扣除本底值后）分别为0.03 $\mu$ Sv/h和0.02 $\mu$ Sv/h，防护墙体外30cm处最大剂量率（扣除本底值后）分别为0.06 $\mu$ Sv/h和0.03 $\mu$ Sv/h。根据建设单位所提供资料，两台DSA年均出束时间约105h，居留因子保守取1，则现有两台DSA机房楼下公众人员年有效剂量约为5.25 $\times 10^{-4}$ mSv（已考虑现有两间DSA机房计算值做叠加值）；机房防护墙体外公众人员年有效剂量约为9.45 $\times 10^{-4}$ mSv（同上为叠加值）。分别叠加表11.2-17中6#关注点年有效剂量可得4.03 $\times 10^{-6}$ mSv+5.25 $\times 10^{-4}$ mSv=5.29 $\times 10^{-4}$ mSv；叠加表11.2-17中11#关注点年有效剂量可得2.77 $\times 10^{-4}$ mSv+9.45 $\times 10^{-4}$ mSv=1.22 $\times 10^{-3}$ mSv。因此可知，老院区DSA项目叠加现有核技术利用项目对公众成员受到年有效剂量也低于公众管理目标值0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

#### 11.2.2.4 医生手部年当量剂量估算

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）中的公式估算DSA机房手术医生皮肤年当量剂量：

$$D_s = C_{ks} \times \dot{k} \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 } 11.2.2-5)$$

$$H = D_s \cdot W_R \quad (\text{式 } 11.2.2-6)$$

式中：

$D_s$ —皮肤吸收剂量，mGy；

$C_{ks}$ —空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数（Gy/Gy）；

$\dot{k}$ —空气比释动能率， $\mu$ Gy/h；

$t$ —人员累积年受照时间，h；

$H$ ：关注点的当量剂量，mSv；

$W_R$ ：辐射权重因子，X射线取1。

由表 11.2-19 可知，DSA 机房内手术医生在透视工况下手部所受的最大空气比释动能率为 329 $\mu$ Gy/h，本项目 DSA 可近似视为垂直入射，而且是 AP 入射方式，从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.4 和表 A.5，取空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数  $C_{ks}=1.156$ mGy/mGy（由于表中无 90kV 对应系数，故取 80kV 和 100kV 中对应的较大系数），人员累积年受照时间为 50h，根据式 11.2.2-5 和 11.2.2-6 可以求得医生手术位腕部皮肤年当量剂量最大为 19.0mSv，满足本次评价提出的不超过 125mSv 的手部剂量约束值。

### 11.2.2.5 医生眼晶体年当量剂量估算

根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），有辐射场空气比释动能率信息时，眼晶状体吸收剂量用下式进行估算：

$$D_L = C_{KL} (k \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11.2.2-7})$$

$$H = D_L \cdot W_R \quad (\text{式 11.2.2-8})$$

式中：

$D_S$ ：眼晶状体吸收剂量，mGy；

$C_{KS}$ ：一空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数，mGy/mGy，根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）表 A.4，保守取 0.07MeV~0.15MeV 中最大值 1.55；

$k$ ：X、 $\gamma$  辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）；

$t$ ：人员累积受照时间，h；

$H$ ：预测点的当量剂量，mSv；

$W_R$ ：辐射权重因数，X 射线取 1。

由表 11.2-19 可知，DSA 机房内手术医生在透视工况下眼晶体所受的最大空气比释动能率为 26.2 $\mu\text{Gy/h}$ ，人员累积年受照时间为 50h，根据式 11.2.2-7 和 11.2.2-8 可以求得医生手术位眼晶体年当量剂量最大为 2.03mSv，满足本次评价提出的不超过 20mSv/a 的眼晶体剂量约束值。

综上所述，本项目辐射工作人员及公众人员的年有效剂量符合《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”要求，也满足本项目提出的工作人员 5mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的年有效剂量约束值。手术医生手部皮肤年当量剂量满足 125mSv/a 的年当量剂量约束值要求。手术医生眼晶体年当量剂量也满足 20mSv/a 的年当量剂量约束值要求。

上述估算仅是理论推算，实际应用时，工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量计检测结果为准。

## 11.3 辐射事故分析和防范措施

### 11.3.1 核医学科

#### 11.3.1.1 核医学科可能的辐射事故

(1) 放射性药物分装过程中发生意外或放射工作人员操作失误将导致受检者施药剂量不准确。

(2) 在转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏，造成台面、地面辐射污染。

(3) 放射性药物保管不当，发生遗失或被盜。

(4) 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

#### **11.3.1.2 核医学科辐射事故防范措施**

(1) 定期开展安全装置与设施检查，保证门机联锁装置有效。制定并落实操作规范，工作人员定期培训。

(2) 做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

(3) 制定并落实核医学科辐射防护制度，设专人负责，做好核素与放射源的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。应设置防盗门、防盗窗及报警装置等设施，做好防盗工作。

(4) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，配备必要的防护用品，减少药物操作和运输过程中洒漏事故发生。

(5) 加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确配备的防护用品（铅衣、铅手套、铅围裙、铅颈套、铅眼镜等）及存放位置。

(6) 做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

(7) 加强对有药患者的管理，在不影响诊断的情况下，合理安排其服药量，并对出院的有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公共场所去活动，并避免与家人近距离密切接触。

(8) 放射性固体废物衰变箱外应标注内含核素种类、封存时间。医院应加强放射性废水和固废排放处理管理，按照本环评要求的衰变时间停留衰变，处理前进行监测，达到解控水平后方可进行进一步处理。

#### **11.3.1.3 核医学科辐射事故应急措施**

(1) 一旦发生放射源或核素药物丢失或被盜，事故发生者应立即报告医院辐射事故应急指挥领导小组，保护现场。领导小组立即启动本单位辐射事故应急预案，疏散现场无关人员，设置警戒区及警示标志；向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告单》；协助公安、生态环境和卫

生主管部门对丢失放射源（或显像剂）进行侦查和追缴，力争在最短时间内将放射性物品找回。

（2）配备去污清洁用品，发生核素泄漏应控制人员进入。选择合理的去污方法，防止交叉污染。去污时佩戴有效的个人防护用品。一般核素药物为液态，若发生撒漏，可用滤纸擦拭清除，擦拭后的滤纸作为放射性固体废物。然后用温水仔细清洗。

发生放射性物质泄漏时，医院核医学科应采取的应急处置措施如下：

①防止再泄漏，将剩余溶液转移到别的安全容器中，迅速用干的脱脂棉或其他吸水材料将洒出的放射性溶液吸干，控制污染的扩散。若少量放射性物质洒漏，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。用药棉或纸巾擦抹时，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果  $\beta$  表面污染控制区大于  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区大于  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区  $\beta$  表面污染小于控制值为止。若大量放射性物质洒漏，医院应立即封锁相关场所，并向上级有关部门报告，等待专业人员前来处理。事故处理结束后，使用表面污染检测仪对洒漏放射性液态的区域进行表面污染监测，符合国家相关标准后，结束应急状态。事后及时总结经验教训，形成纸质报告并存档。

②做好警示标识，及时隔离现场并限制人员进入，立即报告医院及核医学科的辐射安全相关负责人，同时要求未受到污染的辐射工作人员及患者等立即离开。辐射工作人员可锁上核医学科各出入口的大门以防无关人员误入。

③对于受表面沾染的辐射工作人员，不要随意走动或触摸其他物品，可自行对表面污染作简单去污处理，并将可能受污染的工作服等脱下另行放置，如果怀疑摄入过量放射性物质时，要及时进行医学观察，用药物促排、治疗或做其他处理。去污过程中若有不幸受伤，应立即洗净并进行外科处理，防止放射性物质由伤口进入体内。

④联络当地生态环境主管部门及卫生、公安等相关部门报告事故情况，并接受生态环境主管部门的辐射安全专业人员对该辐射事故应急处置工作的监管和指导。

（3）事故处理后应收集资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

#### **11.3.1.4 核医学科应急预案的启动**

(1) 一旦发生辐射事故，立即启动辐射事故处理应急预案。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急相应救助措施。

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

(3) 各应急救助物资应准备充分、调配及时。

(4) 发生事故后应在 2 小时内上报生态环境部门及卫生、公安等相关部门，减少和控制事故的危害影响，并配合、接受监督部门的处理。

#### **11.3.2 DSA**

##### **11.3.2.1 辐射事故情况**

本项目 DSA 属 II 类射线装置，在运行时会产生 X 射线。根据 X 射线管工作原理，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

(1) DSA 装置在出束状态下运行时，由于门-灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

(2) 工作人员或患者家属还未全部撤离机房，控制室人员启动 DSA 装置，造成滞留人员的误照射；

(3) DSA 装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

(4) DSA 装置在出束状态下运行时，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

##### **11.3.2.2 事故预防措施**

(1) 为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的 DSA 射线装置；

②做好工作人员的个人防护；

③设备的维修由设备厂家专业人员进行，医院不得自行操作。维修人员进行操作时应做好个人防护工作并佩戴剂量报警装置。

(2) 对于上述可能发生的各种事故，医院除配齐、完善硬件外，也应注意制定、补充和完善相关制度，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立辐射安全管理领导小组，组织管理企业的辐射安全工作。

②建立射线装置操作规程和安全规章制度，认真贯彻实施，并定期检查考核。

③制定辐射事故应急处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与应对措施，可减少放射性事故的发生几率，从而保障项目正常运营和工作人员、公众的健康与安全。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 12.1.1 机构设置

根据《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许可管理办法》相关要求，使用放射性同位素、射线装置的单位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。

巴音郭楞蒙古自治州人民医院已成立了辐射安全与环境保护领导小组（见附件6），并有1名本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。领导小组的主要职责是：指导和督导医院辐射安全管理工作，防治放射性污染，保护环境，保障人体健康，促进射线装置的开发和利用；建立健全辐射安全与防护管理制度，保证辐射安全和防护符合相关规定、规范和标准的要求。

该领导小组明确了人员组成，相关科室涵盖了射线装置管理与使用等相关部门，并明确其职责，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足环保管理工作的要求。

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

##### （1）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查间隔不超过2年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位前，辐射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

医院应安排本项目新增辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗前职业健康检查，每一年或两年委托有相关资质的单位对辐射工作人员进行职业健康检查，并建立职业健康档案。

##### （2）辐射工作人员考核情况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第三章——人员安全和防护，使用Ⅱ类射线装置、放射源及非密封放射性物质操作的单位，其辐射工作人员均须参加国家核技术利用辐射安全和防护培训平台考核，考核不合格的，不得上岗。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据生态环境部《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》（2019年，第57号）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第2021年第9号），医院应及时组织本项目辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核，并按时接受再培训。

### （3）个人剂量检测

本项目新增辐射工作人员均拟配备个人剂量计，并按期（一般为1个月，最长不超过3个月）委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料应按年度进行整理、规范保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

### 12.1.3 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用射线装置的单位，应当对本单位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。年度评估报告应当包括：射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

医院已按要求进行了辐射安全与防护状况评估，编制了《辐射安全和防护状况年度评估报告》，并上报至发证机关。本项目运行后，医院拟将本项目纳入现有评估体系。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

### 12.2.1 原有辐射防护工作管理制度情况

根据《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许可管理办法》等法律法规要求，使用射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

根据医院提供的资料显示，医院已成立了辐射安全与环境保护领导小组，并制定了一系列的辐射工作管理制度。医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现

有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

### **12.2.2 本项目应补充的辐射防护工作管理制度**

医院应根据本项目的情况，尽快为本项目新建的核医学和 DSA 装置建立健全和落实相应的规章制度和操作规程，并加强对辐射工作人员的安全防护培训和意识教育。

## **12.3 辐射监测**

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，项目建设单位需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

### **12.3.1 工作场所监测**

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年。年度监测报告应作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

日常自行监测：本项目拟配备 4 台 X- $\gamma$  辐射剂量率巡检仪（核医学科 2 台、老院区 DSA 机房 1 台、南市区新院介入中心 1 台），核医学科配置 2 台表面污染监测仪。

本项目工作场所监测计划见表 12.3-1。

### **12.3.2 个人剂量监测**

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为一般为一个月，最长不超三个月。其中介入手术医护人员拟配置双剂量计，铅橡胶围裙内外双个人剂量计分别佩戴在铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置及铅橡胶围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反。

(1) 医院应每季度将个人剂量计送往有资质的单位进行检测。如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时，医院需进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并经当事人签字。年剂量超过 5mSv 的管理限值时，医院应暂停该辐射工作人员继续从事放射工作，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，经当事人签字，并上报当地生态环境主管部门。年剂量超过 20mSv 标准时，构成辐射事故，医院立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由放射诊断安全与防护管理领导小组上报当地生态环境主管部门。检测报告及

有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同辐射工作场所年度监测报告一起作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等信息，个人剂量档案需终生保存。

### 12.3.3 监测内容和要求

(1) 监测内容：周围剂量当量率和表面放射性污染等。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12.3-1）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，并建立监测数据台账以便核查。

表 12.3-1 工作场所监测计划建议表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频度	监测设备	监测范围
核医学科	年度监测	周围剂量当量率	1次/年	X-γ辐射剂量率巡检仪	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。
	自主监测		1次/月		
	验收监测		竣工验收		
	年度监测	表面放射性污染	1次/年	表面污染仪	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。
	自主监测		每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）		
	验收监测		竣工验收		
	放射性废水监测	总α、总β，碘-131活度浓度	每次排放前	可委托有资质单位监测	衰变池采样口
	放射性固废监测	周围剂量当量率、α表面污染和β表面污染	每次处置前	可委托有资质单位监测	放射性废物暂存容器
	废气	应用核素排放浓度	1次/年	可委托有资质单位监测	废气排放口
	自主监测		1次/季度		
验收监测		竣工验收			

DSA机房	年度监测	周围剂量当量率	1次/年	X-γ辐射剂量率巡检仪	距墙体、门、窗表面30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面170cm；门缝、控制室操作位、管线洞口及周围需要关注的监督区
	自主监测		1次/季度		
	验收监测		竣工验收		
本项目所有辐射场所	个人剂量监测	个人剂量当量	1次/每3个月	个人剂量计	所有辐射工作人员。

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。医院应做好监测数据的审核，并制定相应的报送程序，监测数据及报送情况应存档备查。

## 12.4 竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单

位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过 12 个月。

## **12.5 辐射事故应急**

### **12.5.1 应急预案的要求**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对巴音郭楞蒙古自治州人民医院放射事故应急处理预案内容的要求，巴音郭楞蒙古自治州人民医院放射事故应急处理预案应当包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故的调查、报告和处理程序。

### **12.5.2 医院现有应急预案存在的问题与不足**

为了应对辐射事故和突发事件，医院已按要求制定了《巴音郭楞蒙古自治州人民医院放射辐射事故应急处理预案》，并成立了放射辐射事故应急管理领导小组，全面负责医院辐射安全与防护的工作。

（1）医院既有的放射辐射事故应急处理预案包括了下列内容：①总则；②事故分级；③应急组织机构及职责；④概况及预警信息；⑤应急相应；⑥应急终止及后期处理；⑦应急能力维持；⑧应急联系方式；⑨附件。

（2）根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：应急预案中还应补充以下内容：

- ①应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ②应急演练。

医院应当根据以上要求，完善事故应急预案相关内容，在今后实施过程中，医院应根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际情况及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

## **12.6 从事辐射活动能力评价**

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，使用放射性

同位素、射线装置单位应具备相应的条件，本项目建设单位从事辐射活动能力评价详见表 12.6-1。

**表 12.6-1 本项目建设单位从事辐射活动能力评价**

应具备条件	落实情况
(一) 使用I类放射源，使用II类射线装置的，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	已成立辐射安全与环境保护领导小组，并设有符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。
(二) 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	医院拟安排本项目新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全和防护培训平台考核。
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	本项目拟建核医学有足够的防护屏蔽措施，并设置有放射性药物储源室。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施	医院已制定相应的操作规程，放射性同位素与射线装置使用场所均设置实体屏蔽措施，相应机房设有急停开关、监视和对讲系统，设有工作警示灯及电离辐射警告标志。本项目将按要求执行。
(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	医院拟根据相关要求及工作实际需要配备铅衣、铅帽等防护用品。本项目核医学科和 DSA 项目均拟配置 X-γ 辐射剂量率巡检仪；核医学科配置 2 台表面污染监测仪。本项目每名辐射工作人员应配置 1 枚个人剂量计（其中 DSA 医生和护士人员配备 2 枚）。
(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已制订比较健全的操作规程，辐射防护和安全保卫制度、人员培训、监测等制度，本项目将及时修订和完善。
(七) 有完善的辐射事故应急措施	已制订，需完善
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	本项目拟设置放射性废气、废液和固体废物的处置措施，可保证达标排放。

综上所述，巴音郭楞蒙古自治州人民医院在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

本项目拟在医院老院区 2#楼一层原康复科改建 1 间 DSA 机房及其配套功能用房；拟在南市区新院急救诊疗中心一层南部建设核医学科，建设 1 处乙级非密封性物质工作场，急救诊疗中心一层北部介入中心新建 5 间 DSA 机房及配套功能用房。

经与医院核实，本项目核医学科建设 1 处乙级非密封性物质工作场，并拟购置 1 台 PET/CT 并使用  $^{18}\text{F}$  进行放射性药物显像诊断；购置 1 台 SPECT/CT 并使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  和  $^{131}\text{I}$  进行放射性药物显像诊断；使用核素  $^{131}\text{I}$  进行甲癌、甲亢治疗和甲测；使用核素  $^{89}\text{Sr}$  进行骨转移癌治疗；使用  $^{90}\text{Sr}$ （V 类放射源）敷贴器开展敷贴治疗；老院区和新院介入中心共拟配备 6 台 DSA，型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，均属于 II 类射线装置。

#### 13.1.2 辐射安全与防护分析结论

##### （1）辐射安全防护措施结论

本项目核医学科相关辐射工作场所的墙体、地板、顶棚、防护门及观察窗的辐射屏蔽设计能够满足相关核素的辐射防护要求，且其周围剂量当量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求。

本项目 6 间 DSA 机房四周、顶部、观察窗及防护门屏蔽厚度及个人防护用品的配置均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

各机房防护门上方均拟设置工作状态指示灯、电离辐射警示标识和文字说明，且拟设置门灯/机连锁。设备及操作室控制台处各设计有急停按钮；室内将安装监控和对讲系统。机房内拟配置可升降的含铅挡板或悬挂防护屏和铅衣、铅围脖等个人防护用品，辐射工作人员均配备个人剂量计。

医院在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少了不必要的照射，根据理论计算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施符合辐射防护要求。

##### （2）辐射安全管理结论

医院已按要求成立了辐射安全与环境保护领导小组，负责辐射安全与环境保护管理工作。医院应根据实际情况及本报告要求，补充和完善相关辐射安全管理制度，以

适应当前环保的管理要求。

本项目拟新增辐射工作人员 39 人，并拟安排新增辐射工作人员在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核，医院应组织辐射工作人员定期复训。

医院拟对新增辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每两年委托有相关资质的单位进行职业健康检查，并建立职业健康档案。

医院拟为新增辐射工作人员配备个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

综上所述，本项目辐射安全管理措施符合相关管理要求。

### 13.1.3 环境影响分析结论

#### （1）主要辐射污染因子分析

本项目核医学产生的主要污染因子是  $\gamma$  射线、 $\beta$  射线、 $\beta$  表面污染、放射性废水和放射性固废、放射性废气等；DSA 装置、SPECT/CT 和 PET/CT 主要污染因子均是 X 射线。

#### （2）辐射环境影响分析

经预测分析，本项目核医学科场所屏蔽设计能满足相应核素的辐射防护要求，6 间 DSA 机房相应屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率均能够满足相应标准要求。在正常工况下，本项目辐射工作人员所受外照射年有效剂量符合《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”要求，也低于本次评价提出的年剂量约束值；本项目公众所受外照射年有效剂量符合《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，也低于本次评价提出的年剂量约束值。

#### （3）“三废”环境影响分析

核医学放射性废水在衰变池停留衰变后，经监测满足相关要求后排入医院污水处理系统，对周围水环境影响很小。核医学放射性固废采用专门的铅桶分类收集后，暂存时间满足要要求且经检测合格后按照医疗废物处理，对周围环境影响较小。核医学科产生的废气经由专用排风管道排至楼顶，在所在建筑屋顶排放，排风管内保持负压，安装防回流装置，设活性炭高效过滤器，对周围环境影响较小。

DSA 装置工作时产生的臭氧经排风系统通风后，满足评价标准要求，对周围大气环境影响较小。

#### 13.1.4 可行性分析结论

##### (1) 产业政策符合性分析结论

本项目属于核技术在医学领域内的运用。对照《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订），核医学科的建设属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》中第一类“鼓励类”第六项“核能”中第6款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”；DSA装置建设属于第一类“鼓励类”第十三项“医药”第5款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备等”，均属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

##### (2) 实践正当性分析结论

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术利用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

##### (3) 选址合理性分析结论

老院区 DSA 项目位于巴州人民医院老院区院内，项目用地为医疗卫生用地，符合库尔勒市土地利用总体规划要求。南市区新院大环评《巴州人民医院南市区新院建设项目（一期）》已取得巴州生态环境局批复，南市区新院核医学科和介入中心项目用地符合库尔勒市土地利用总体规划要求。本项目评价范围内无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。根据下文环境影响预测分析结果，本项目运营过程产生的电离辐射，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施后，对周围环境造成的辐射影响是可以接受的，因此本项目的选址是合理的。

##### (4) “三线一单”符合性结论

本项目位于“巴音郭楞蒙古自治州重点管控单元”，项目建设符合《巴音郭楞蒙古自治州“三线一单”生态环境分区管控方案》的要求。

##### (5) 项目可行性结论

综上所述，本项目的建设符合产业政策、实践正当性和“三线一单”的管控要求，选址合理合法；在落实本报告提出的各项辐射管理、辐射防护措施后，其运行

时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从环境保护和辐射安全角度分析，该项目的建设是可行的。

## 13.2 建议和承诺

### 13.2.1 建议

医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

### 13.2.2 承诺

(1) 医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 医院承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

(3) 医院承诺加强辐射工作人员的管理，监督辐射工作人员防护用品的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的考核、个人剂量监测、职业健康检查，并按要求建立和保管辐射工作人员档案。

(4) 医院承诺制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照辐射事故应急预案处理和上报辐射事故，并及时将应急预案向生态环境主管部门备案。

(5) 医院承诺严格执行辐射工作场所监测计划，发现问题及时整改。

(6) 医院承诺本项目环评审批后，及时重新申领辐射安全许可证，并组织自主验收。

(7) 本项目 DSA 需要报废处理时，建设单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境主管部门核销。

## 表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章  
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章  
年 月 日