

核技术利用建设项目  
拟搬迁核医学科项目  
环境影响报告表  
(公示本)

达州市中心医院 (盖章)

二〇二〇年九月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目 拟搬迁核医学科项目 环境影响报告表

建设单位名称：达州市中心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省达州市南岳庙街 56 号

邮政编码：635000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

# 目 录

表 1 建设项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	16
表 3 非密封放射性物质.....	16
表 4 射线装置.....	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	20
表 6 评价依据.....	21
表 7 保护目标与评价标准.....	23
表 8 环境质量和辐射现状.....	26
表 9 项目工程分析和源项表.....	28
表 10 辐射安全与防护.....	35
表 11 环境影响分析.....	48
表 12 辐射安全与管理.....	61
表 13 结论与建议.....	65

附图：

- 附图一 达州市中心医院地理位置图；
- 附图二 达州市中心医院总平面布置图；
- 附图三 核医学科外环境关系图
- 附图四 核医学科平面布置图；
- 附图五 核医学科机房辐射防护图。
- 附图六 核医学科通排风示意图
- 附图七 核医学科楼上内分泌代谢科平面布置图

附件：

- 附件一 委托书；
- 附件二 辐射安全许可证；
- 附件三 辐射防护管理领导小组及辐射安全管理相关规章制度；
- 附件四 达州市中心医院辐射事故应急预案；
- 附件五 核医学科拟建场所现状监测报告

附表：

- 建设项目环评审批基础信息表。

表 1 建设项目基本情况

建设项目名称		拟搬迁核医学科项目			
建设单位		达州市中心医院			
法人代表	■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		达州市通川区南岳庙街 56 号			
项目建设地点		达州市中心医院东南角风湿免疫科（1F）			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	■	项目环保投资（万元）	■	投资比例（环保投资/总投资）	■
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" 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 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 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	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
其他					

## 项目概述

### 1.1 建设单位情况

达州市中心医院始建于 1921 年，是国家“三级甲等”综合医院、川东区域医疗中心、国际“爱婴医院”、四川省“十佳城市医院”、省级“文明单位”、达州市红十字医院，是集医疗、教学、科研、预防、保健为一体的川东北地区全国 150 强地市级大型综合性医院，担负着达州市 700 万和巴中、广安、万州、安康等毗邻地区 1000 多万人民的防病治病任务。医院是四川大学华西医院区域合作中心医院、成都中医药大学附属医院、川北医学院非直管附属医院、重庆医科大学和解放军陆军军医大学教学医院，同时承担川北医学院、成都中医药大学本科理论教学工作，也是西南医科大学、重庆三峡医药高等专科学校、达州职业技术学院等大专院校的教学实习基地。达州市中心医院有 3 个院区，一个院区位于达州市通川区南岳庙街 56 号，一个院区位于达州市通川区大东街 151 号，一个院区位于达州市通川区金龙大道 2 号。本项目所在院区位于南岳庙街 56 号。

全院占地面积 166 余亩，建筑面积 22.9 万平方米。医院总资产 18.27 亿元，开放病床

1745 张，在职职工 2454 人，技术人员 2322 人，设内科、外科、结核病科、肿瘤科、急诊医学科、康复医学科、重症医学科等 50 多个专业专科专病门诊，设有功能、影像、高压氧、血透、放疗、介入、检验、病理、核医学、输血科等 20 多个检查治疗科室和体检中心。

## 1.2 项目由来

医院现有核医学科位于医院南侧现核医学科 1 楼，由于医院建设总体规划，住院部改扩建二期项目第三住院大楼即将启动，将对目前核医学科进行改建改造并拟整体退役。为不影响住院部改造工程整体布局，保证医院持续为病患提供医疗服务，医院决定将院内东南侧 1 楼现停用的风湿免疫科改造为新的核医学科，将现核医学科搬迁至现停用的风湿免疫科处。涉及使用的非密封放射性物质包括：碘-131、锶-89、镅-99m、氟-18。新核医学科投入使用后，现有核医学科退役（退役环评由建设单位另行委托环评）。

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程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》、《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》等相关法律法规的要求，本项目应进行环境影响评价。本项目涉及使用“乙级非密封放射性物质工作场所”，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令 44 号）及《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》（生态环境部令第 1 号），本项目应编制环境影响报告表。因此，达州市中心医院委托成都同洲科技有限责任公司对本项目开展环境影响评价工作（见附件 1）。

接受委托后，评价单位随即组织专业人员开展资料收集、现场踏勘、资料整理分析、调研有关法规等工作，并与建设单位进行多方咨询交流，反复核实，在进行工程分析的基础上，结合工程的具体情况以及辐射危害特征，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）的要求，编制了本环境影响报告表。

## 1.3 环境影响信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。建设单位在 2020 年 7 月 31 日，在医院官方网站上及现场进行了第一次环评公示。公示照片如下图 1-1，公示期间建设单位和评价单位未收到任何反馈信息。

 <p>原风湿免疫科大楼门口</p>	 <p>原风湿免疫科大楼门口</p>
 <p>原风湿免疫科大楼门口</p>	 <p>医院职工住宿楼</p>
 <p>医院职工住宿楼</p>	 <p>医院职工住宿楼</p>

图 1-1 公示照片

## 1.4 项目概况

### 1.4.1 项目名称、性质、建设地点

项目名称：拟搬迁核医学科项目

建设单位：达州市中心医院

建设地点：达州市中心医院东南角原风湿免疫科（1F）

**建设性质：**改建

#### **1.4.2 项目投资**

本项目总投资 350 万元。

#### **1.4.3 项目建设内容与建设规模**

医院拟将东南角停用原风湿免疫科改建为新的核医学科，总建筑面积 760m<sup>2</sup>。核医学科场所建设内容包括活性室、注射室、药品储存室、碘-131 治疗室、留观室等辐射工作场所和门诊办公室、阅片室、放免室等配套场所，使用一台 SPECT/CT 机（利旧，已验收），位于新建核医学科 1 楼 SPECT/CT 机房，最大管电压 140kV，最大管电流 3mA，用于显像诊断，属于为 III 类射线装置。

废物暂存室、药品储存室（源库）和 SPECT/CT 机房墙体防护利用现有原风湿免疫科 20cm 实心红砖墙体，再加 5mmPb 铅板防护，共 6mmPb 当量（根据设计资料，现有原风湿免疫科 20cm 实心红砖墙体由于年代较久，以 1mmPb 当量计）；楼顶防护采用 12cm 混凝土+3mmPb 当量铅顶板防护（共 4mmPb 当量）。活性室、注射室、污洗间、注射后等候室、留观室、紧急冲淋装置室、碘-131 治疗室、运动抢救室、病患通道、公共卫生间、SPECT/CT 机房及其控制室、技师办公室墙体防护采用 20cm 实心红砖墙体+3mmPb 铅板防护，共 4mmPb 当量（其中注射后等候室、留观室、碘-131 治疗室、运动抢救室北侧墙壁采用 20cm 实心红砖墙体+5mmPb 铅板防护，共 6mmPb 当量）；楼顶防护采用 12cm 混凝土+2mmPb 铅板防护（共 3mmPb 当量）。铅板密度为 11.34g/cm<sup>3</sup>。

本项目本项目涉及使用非密封放射性物质包括：碘-131、锶-89、镅-99m、氟-18。各非密封放射性物质用量情况如下：碘-131 日等效操作量  $1.11 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大操作量  $1.332 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，从成都欣科医药有限公司及成都中核高通同位素股份有限公司购买；锶-89 日等效操作量  $2.96 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大操作量  $7.104 \times 10^9 \text{Bq}$ ，成都中核高通同位素股份有限公司购买；镅-99m 日等效操作量  $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大操作量  $1.11 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，从原子高科股份有限公司购买；氟-18 日等效操作量  $8.88 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大操作量  $8.88 \times 10^{10} \text{Bq}$ （将从北京原子高科股份有限公司购买，该公司将在南充建站供应核素）。整个核医学科属于乙级非密封放射性工作场所。

核医学科病人就诊量及非密封放射性物质使用情况见表 1-1。



表 1-1 核医学科就诊病人及非密封放射性物质用量情况表

序号	核素	用途	单个病人最大用量 mCi/人次	日最大病人量 (人)	年最大病人量(人)	日最大用量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	使用场所
1	碘-131	甲亢	15	20	240	$1.11 \times 10^{10}$	$1.332 \times 10^{11}$	碘-131 治疗室
		甲吸	0.005	15	300	$2.78 \times 10^6$	$5.55 \times 10^7$	放免室
2	锶-89	骨癌	4	2	48	$2.96 \times 10^8$	$7.104 \times 10^9$	注射室
3	钨-99m	显像	20	20	1500	$1.48 \times 10^{10}$	$1.11 \times 10^{12}$	活性室、注射室、SPECT/CT 机房
4	氟-18	显像	6	4	400	$8.88 \times 10^8$	$8.88 \times 10^{10}$	注射室、SPECT/CT 机房

备注:

①本项目碘-131 用于甲吸诊断的服药量非常小, 故达州中心医院将甲吸室不设置在控制区, 避免被其它核素及甲亢病人交叉辐射。

②本项目碘-131 用于甲吸诊断的用量很小, 且根据医院提供信息, 用于甲吸诊断的部分药量来源于甲亢病人治疗剩余药物, 故不计入本项目评价。

③据医院提供资料, 服用碘-131 的病人一般服药量为 7-8mCi/人, 根据病情个别病人最大服药量为 15mCi。

表 1-2 本项目非密封放射性物质用量与验收量对比

核素	年最大用量 (Bq)		备注
	本项目	验收	
碘-131	$1.332 \times 10^{11}$	$7.5 \times 10^{10}$	增加 $5.8 \times 10^{10}$
锶-89	$7.104 \times 10^9$	$7.4 \times 10^9$	基本一致
钨-99m	$1.11 \times 10^{12}$	$1.12 \times 10^{12}$	基本一致
氟-18	$8.88 \times 10^{10}$	$2.25 \times 10^{11}$	减少 $13.62 \times 10^{10}$

### (1) 工作场所分级

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

表 1-3 非密封放射性物质工作场所的分级

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

根据建设单位提供的核素日最大操作量及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录 C 确定的核素毒性因子、操作方式因子等 (见表 1-4, 表 1-5)

表 1-4 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10

高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 1-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体、溶液、悬浮 液	表面有污染 的固体	气体、蒸汽、粉末、压 力很高的液体、固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

根据下式可以计算日等效最大操作量：

$$\text{日等效用量} = \frac{\text{日操作量} \times \text{毒性修正因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \dots\dots\dots(\text{式 1-1})$$

放射性同位素日等效操作量修正因子及日等效操作量计算结果见表 1-6。

表 1-6 本项目非密封放射性物质日等效操作量及工作场所分级

工作场所	核医学科			
	碘-131	锶-89	钨-99m	氟-18
核素名称	碘-131	锶-89	钨-99m	氟-18
日最大操作量/Bq	$1.11 \times 10^{10}$	$2.96 \times 10^8$	$1.48 \times 10^{10}$	$8.88 \times 10^8$
毒性分组	中毒	中毒	低毒	低毒
毒性组别修正因子	0.1	0.1	0.01	0.01
性状	液态	液态	液态	液态
操作方式	简单操作	很简单操作	很简单操作	很简单操作
操作方式修正因子	1	10	10	10
日等效最大操作量/Bq	$1.11 \times 10^9$	$2.96 \times 10^6$	$1.48 \times 10^7$	$8.88 \times 10^5$
	$1.13 \times 10^9$			
工作场所（级别）	乙级			

根据表 1-5, 核医学科日等效最大操作量为  $1.13 \times 10^9 \text{Bq}$ , 确定核医学科场所等级为乙级。

#### 1.4.4 项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见表 1-7。

表 1-7 本项目组成及主要环境问题

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	营运期
主体工程	<p>位于医院东南角原停用风湿免疫科 1F，面积 760m<sup>2</sup>；建设活性室 14.7m<sup>2</sup>、注射室 8.5m<sup>2</sup>、药品储存室、注射后等候室 16.1m<sup>2</sup>、SPECT/CT 机房 31.4m<sup>2</sup> 等辐射工作场所。</p> <p>总建筑面积 760m<sup>2</sup>。废物暂存室、药品储存室和 SPECT/CT 机房墙体防护利用现有原风湿免疫科 20cm 实心红砖墙体，再加 5mmPb 铅板防护，共 6mmPb 当量（根据设计资料，现有原风湿免疫科 20cm 实心红砖墙体由于年代较久，以 1mmPb 当量计）；楼顶防护采用 12cm 混凝土+3mmPb 当量铅顶板防护（共 4mmPb 当量）。活性室、注射室、污洗间、注射后等候室、留观室、紧急冲淋装置室、碘-131 治疗室、运动抢救室、病患通道、公共卫生间、控制室、技师办公室墙体防护采用 20cm 实心红砖墙体+3mmPb 铅板防护，共 4mmPb 当量（其中注射后等候室、留观室、碘-131 治疗室、运动抢救室北侧墙壁采用 20cm 实心红砖墙体+5mmPb 铅板防护，共 6mmPb 当量）、楼顶防护采用 12cm 混凝土+2mmPb 铅板防护（共 3mmPb 当量）。铅板密度为 11.34g/cm<sup>3</sup>。</p>		施工扬尘、噪声、废水、固体废物、施工人员和生活垃圾和生活污水	β射线、γ射线、放射性废水、放射性固废、β表面沾污、X射线、臭氧
	门诊办公室 19m <sup>2</sup> ，病史采集问诊室 14m <sup>2</sup> ，放免室 20m <sup>2</sup> ，阅片室 18m <sup>2</sup> ，档案室 147m <sup>2</sup> 等辅助用房	生活污水、生活垃圾		
辅助工程	通风系统	独立排风系统，非密封放射性物质工作场所设计风量为 1200m <sup>3</sup> /h；活性室内设置有通风橱，通风橱风量 500m <sup>3</sup> /h，在半开的条件下风速不小于 1m/s。		噪声
公用工程	依托医院给排水系统、供电等配套设施。		/	/
办公生活设施	依托医院食堂、后勤等。		/	生活污水、办公垃圾
环保设施	<p><b>废水治理：</b>新建 1 个化粪池+3 格并联衰变池（总有效容积 60m<sup>3</sup>），化粪池 15m<sup>3</sup>，每格衰变池 15m<sup>3</sup></p> <p><b>固废处理：</b>1 间放射性废物暂存间，建筑面积 2.8m<sup>3</sup>。</p> <p><b>废气处理：</b>“两级”过滤净化系统：高效空气过滤器+活性炭</p>		/	放射性废水、放射性固废、放射性废气

#### 1.4.5、主要设备及技术参数

本项目涉及医用射线装置技术参数及非密封放射性物质参数如下表 1-8。

表 1-8 本项目涉及主要技术参数

医用射线装置技术参数						
设备名称	型号	类别	数量	额定电压/电流	使用场所	备注
SPECT/CT	Infinia_vc Hawkeye 4	III 类	1	140KV 3mA	核医学科 SPECT/CT 检查室	川环审批【2013】330 号
非密封放射性物质参数						

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要 $\beta$ 粒子能量/MeV	主要 $\gamma$ 射线能量/MeV	药品/装置名称	用途
碘-131	8.04d	$\beta^-$ (100%)	0.606	0.364	碘化钠口服溶液	甲吸诊断 甲亢治疗
锶-89	50.55d	$\beta^-$ (100%)	1.495	-	二氯化锶注射液	骨癌治疗
锝-99m	6.02h	IT (100%)	-	0.14051	高锝酸钠注射液	显像诊断
氟-18	109.8min	$B^+$ (97%) EC (3%)	0.64	0.511	氟-18 脱氧葡萄糖注射液	显像诊断

#### 1.4.6、工作制度及劳动定员

**工作制度：**核医学科实行 8 小时单班工作制，每周 5 天，年工作 250 天。

**劳动定员：**核医学科拟设置辐射工作人员 9 人，已有辐射工作人员 7 人，外聘 2 人。

表 1-9 本项目劳动定员

核素	操作人员	备注
碘-131	2 人	-
$^{18}F$ 、 $^{99m}Tc$ 、 $^{89}Sr$	3 人	其中 1 人操作 SPECE/CT，2 人负责分药、注射
/	2 人	2 人负责出报告等，不操作核素

根据医院资料，新聘用人员拟培养为能操作所有核素的辐射工作人员。

#### 1.5、产业政策符合性及实践正当性分析

本项目属于《产业结构调整指导名录（2019 年本）》中第六项核能中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

本项目所涉及的核医学科诊疗可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，病人在治疗过程中所受的痛苦较小。但是同时在诊断或治疗过程中放射性装置及非密封放射性物质的使用可能会对周围环境、医务人员及公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。所以建设单位在放射性诊断和治疗过程中，将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。正确使用和管理放射性装置及非密封放射性物质可将项目的辐射影响降至尽可能小。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

综上，本项目符合国家现行产业政策，实践具有正当性。

#### 1.6、项目选址及平面布置合理性分析

##### 1.6.1. 选址合理性分析

达州市中心医院位于达州市通川区南岳庙街 56 号。本项目不新增用地，拟建场址位于医院东南侧原风湿免疫科(1 栋 3 层楼建筑物的一楼)，该楼高 11m，一层为原风湿免疫科，二层为内分泌代谢科，三层为办公室及会议室。本项目东侧 3m 为医院东南侧围墙，围墙外为滨河路及州河；南侧 3m 处为停车场，25m 处为医院污水处理站及医院南门；西侧 7m 处为医院外科大楼，西北侧 16m 处为内科大楼；北侧 8m 处为停车场、东北侧 3m 处为 2 层楼高医院办公楼及 6m 处为 23F 医院家属楼一角，该家属楼临近新建核医学科办公室、库房一侧且 1 楼为医院库房。外环境关系见附图三。

本项目远离医院门诊楼等人流量较大的区域，选址相对独立，临近医院的东南门，方便核医学科病人就诊同时能减少与医院其他病人接触。医院外 50m 范围内不存在学校、集中居民小区等生态敏感目标和环境敏感目标。拟建设的各个辐射工作场所均按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

### 1.6.2 平面布置合理性分析

本项目位于原风湿免疫科 1 楼整层，从西到东依次为：诊疗前的医生门诊办公室、病史采集室、更衣室等非辐射区域；核医学诊疗场所：活性室、注射室、留观室、SPECT/CT 室、碘-131 治疗室等区域；东侧靠近医院 2F 办公楼及 23F 家属楼为医生办公区，设阅片室、主任办公室、库房及档案室等用房。

整个核医学科设置有独立门禁出入口，非工作人员引导不能直接进入。门诊医生通过西侧、北侧医护入口进入，并经过专用通道进入活性室、SPECT/CT 控制室等区域。

病人通过核医学科北侧候诊大厅进入， $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  病人在注射室注射完药物后， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  需要等待显像诊断的病人注射后分别在留观室，运动室等待，经显像诊断后经南侧病人出口离开； $^{89}\text{Sr}$  注射后直接通过病人通道经南侧病人出口离开。 $^{131}\text{I}$  病人在  $^{131}\text{I}$  治疗室服药后经南侧病人出口离开（需留观病人在留观室留观结束后离开）。病人通道设置单向门禁系统（只能进不能出），以实现整个区域的封闭及用药病人的单向流通。

放射性药品购买后，由有资质的单位专业人员运送至医院，药品经过南侧药物入口进入药品储存室，再由药品储存室转入活性室、I-131 治疗室，放射性药物不从核医学科内非辐射工作区流通，在控制区内流动范围较小，有效控制药物转移过程中因撒漏造成的表面污染范围。本项目核医学科病人、医护、药物通道平面图见图 1-2。

本项目核医学科一层相对封闭且独立，就诊病人与医生流通过程不交叉重叠，且人流

与物料能实现时间隔离，各单元功能分区明确，满足诊治工作要求，既能有机联系，又不相互干扰，从辐射安全的角度考虑，该核医学科平面布置是合理的。

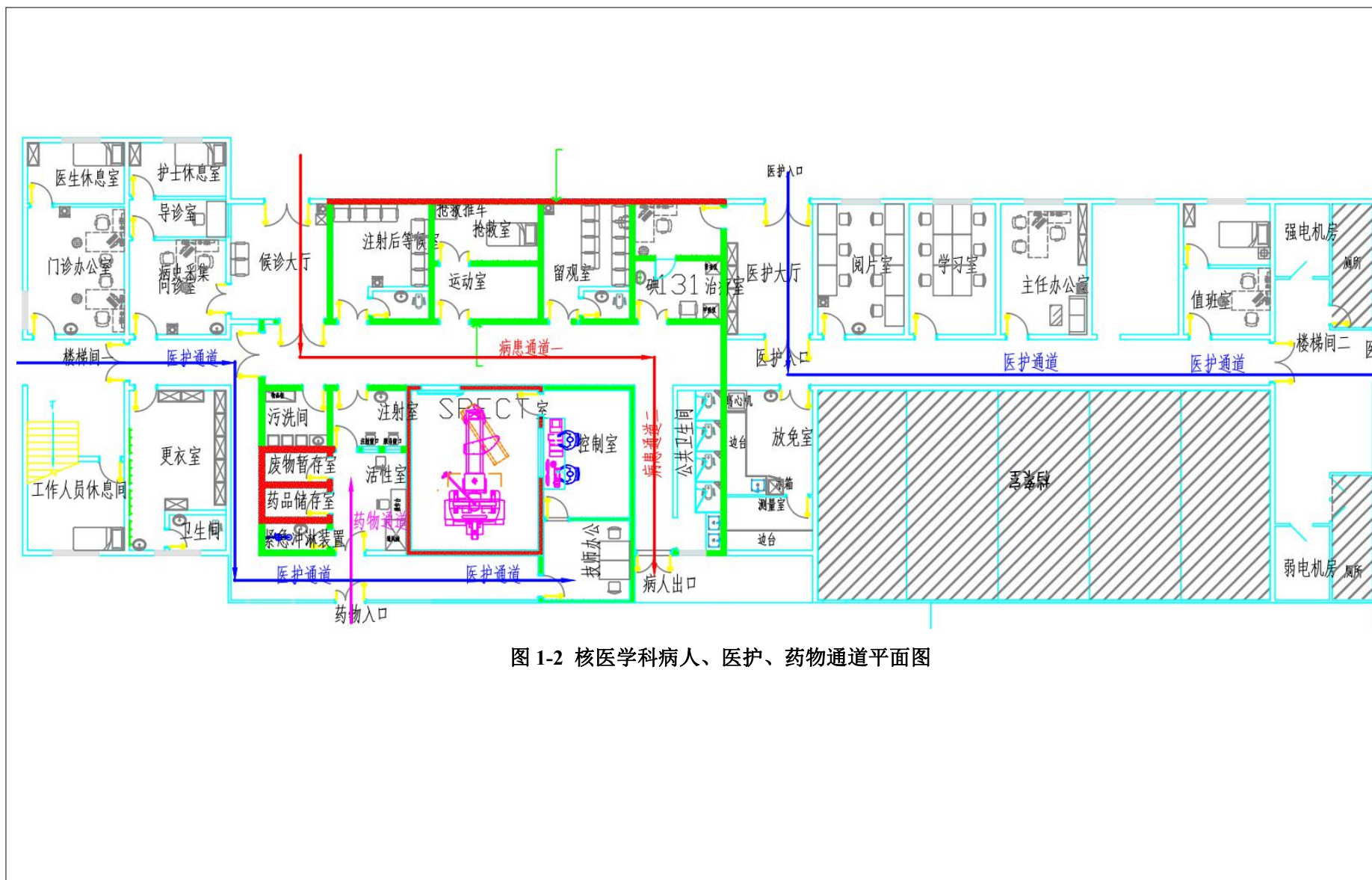


图 1-2 核医学科病人、医护、药物通道平面图

## 1.7 原有核技术利用情况

### 1.7.1 辐射安全许可证的许可种类和范围

医院现持有四川省环境保护厅（现生态环境厅）颁发的辐射安全许可证。证书编号为川环辐证【00250】，有效期至2023年5月17日，许可的种类和范围为使用I类、III类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。地址为南岳庙街56号/大东街151号。已获许可使用的射线装置如下表1-10。

表 1-10 辐射安全许可证已许可的项目-射线装置

序号	射线装置名称	型号	类别	数量	活动种类	使用场所
1	钨靶机	GIOTTOI MAGE3D	III类	1	使用	南岳庙街56号放射科机房5
2	数字减影血管造影仪	Angiostar plus	II类	1	停用	报废库房
3	螺旋CT	Somatom Emotion	III类	1	使用	南岳庙街56号CT机房1
4	移动X射线机	JZ06-1	III类	1	使用	南岳庙街56号手术室
5	医用CT机	Brilliance	III类	1	使用	大东街151号放射科CT机房1
6	移动式C臂机	BVlibra	III类	1	停用	南岳庙街56号百级手术间
7	移动式床旁X光机	PRACTIX PLUS33	III类	1	停用	南岳庙街56号放射科
8	医用诊断X射线 NAX-500RF	NAX500RF	III类	1	使用	大东街151号放射科机房1
9	乳腺钨靶X射线 机	MAMMOMA T Inspiration	III类	1	使用	大东街151号放射科乳腺机房
10	40层螺旋CT	Definition AS	III类	1	使用	大东街151号放射科CT机房2
11	口腔全景摄影机	OP100/OC100	III类	1	使用	大东街151号放射科机房3
12	数字化X射线摄影装置DR	GE Definium6000	III类	1	使用	大东街151号DR摄片室
13	牙片机	SMX-1	III类	1	使用	大东街151号牙片室
14	直线加速器	PRIMUS M	II类	1	使用	南岳庙街56号加速器机房
15	数字多用途碎石 诊断治疗机	HK.ESWL-V	III类	1	使用	南岳庙街56号碎石中心
16	数字化X射线摄影装置DR	GE Definium 6000	III类	1	使用	南岳庙街56号放射科机房2
17	128层螺旋CT	Definition AS	III类	1	使用	南岳庙街56号CT机房2
19	全身骨密度仪	prodigy primo	III类	1	使用	南岳庙街56号放射科机房6



20	SPECT/CT	Infinia_vc Hawkeye 4	Ⅲ类	1	使用	南岳庙街 56 号核医学科 SPECT/CT 室
21	医用 X 线机 LDRD	LDRD	Ⅲ类	1	停用	大东街 151 号医学健康 科 DR 检查室 1
22	骨密度测量仪	Metriscan	Ⅲ类	1	使用	大东街 151 号医学健康 科骨密度检查室
23	数字化 X 射线摄影 装置 DR	DigitalDiagno at	Ⅲ类	1	使用	大东街 151 号医学健康 科 DR 机房 2
24	数字减影血管造 影仪	Innova 3100-IQ	Ⅱ类	1	使用	南岳庙街 56 号介入手术 室 2
25	移动 X 光机	ARCADIS Orbic 3D	Ⅲ类	1	使用	南岳庙街 56 号手术室
26	移动 X 光机	PLX112C	Ⅲ类	1	使用	南岳庙街 56 号手术室
27	数字化 X 射线摄影 装置 DR	DigitalDiagno at	Ⅲ类	1	使用	南岳庙街 56 号放射科机 房 1
28	模拟定位机	HMD-I A	Ⅲ类	1	停用	南岳庙街 56 号模拟定位 机室
29	数字化医用 X 射 线摄影系统 (DR)	DigitalDiagno st65EN	Ⅲ类	1	使用	达州市通川区金龙大道 2 号放射科机房 1

### 1.7.2 近年来履行环评手续情况

达州市中心医院近年来履行的环评手续如下表 1-11。

表 1-11 近年建设项目环评及竣工环保验收履行情况

项目名称	报告类别	内容	环评及批复文号	验收批复文号
医院核技术应用建设项目环境影响评价报告表	报告表	肿瘤放疗科住院部肿瘤放疗室钴-60 远距离治疗机 1 台，装源活度为 $2.14 \times 10^{14}$ Bq，为 I 类放射源；GZP6 型微机控制式后装腔内治疗机 1 台；核医学科使用 $^{131}\text{I}$ ， $^{125}\text{I}$ 非密封放射源，乙级非密封源开放性工作场所；DSA 介入手术室新建 1 台 DSAII 类射线装置；模拟定位机、CT、DR 等 14 台 III 类射线装置	川环审批【2009】508 号	川环核验【2010】31 号
达州市中心医院核技术应用项目环境影响评价报登记表	登记表	将门诊大楼原置放于胃肠机房的口腔全景机搬至单独机房工作。	达市环函【2010】17 号	
医用直线加速器建设项目环境影响评价报告包	报告表	新建加速器 1 台，X 射线最大能量 15MV，电子射线最大能力 14MeV，属于 II 类射线装置	川环审批【2010】197 号	川环核验【2012】57 号

开放性工作场所改扩建建设项目环境影响报告表	报告表	将核医学科进行或扩建，新增甲亢治疗项目	川环审批【2011】129号	川环核验【2012】57号/川环核验【2016】28号
放射性同位素及射线装置使用建设项目环境影响报告表	报告表	对核医学科进行改扩建，新增1台SPECT/CT机III类射线装置，新增 <sup>125</sup> I粒子植入场所等，乙级非密封放射源工作场所	川环审批【2013】330号	川环核验【2016】28号
新增放射性核素及II类、III类射线装置项目环境影响报告表	报告表	使用I类、III类放射源；使用II类、III类射线装置；乙级非密封放射性物质工作场所，新增放射性 <sup>89</sup> Sr用于骨癌治疗；安装1台DSA，1台高频移动式手术X射线机，1台移动式C臂。	川环审批【2014】665号	川环核验【2016】28号
核技术利用	登记表	使用2台III类射线装置，分别为1台移动式C臂和高频移动式手术X射线机	备案号：201751170200000016	
介入治疗血管造影机1号机房项目环境影响报告表	报告表	购置1台荷兰飞利浦公司的DSA替换原有的1台德国西门子公司的DSA，并对原机房进行改造。	达市环核审【2019】5号	

### 1.7.3 辐射安全管理制度建立情况

#### (1) 辐射防护管理机构

医院成立了辐射（放射）安全管理委员会，全面负责辐射安全防护管理工作。医院达市医【2019】88号文件规定了辐射安全管理委员会组成人员及职责。

表 1-12 辐射安全管理委员会组成人员

主任	██████████
副主任	████████████████████
委员	████████████████████ ████████████████████

#### (2) 辐射安全管理制度建立情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，达州市中心医院已制定有一套相对完善的管理制度和操作规程，包括《辐射防护与安全管理制度》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急处置预案》等。其中《辐射防护与安全管理制度》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作

设备操作规程》和《放射事故应急处置流程》按要求在各放射工作场所实行制度上墙。

医院应在每年的1月31日前网络申报的辐射安全和防护状况自查评估报告中,应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。

### (3) 辐射工作人员培训情况

核医学科现有辐射工作人员7人,全部都取得了辐射安全与防护培训合格证书。其中黄东琼、杨晓容的合格证书已与2020年7月1日到期,医院将安排这2名工作人员参加培训并持证上岗。本次拟新增辐射工作人员2人,拟外聘医学院毕业生。

医院应安排所有辐射工作人员在上岗前在“全国统一的辐射工作人员上岗前考核平台”参加辐射安全与防护考核,考核合格持证上岗,且应当建立并保存辐射工作人员考核取证档案。

### (4) 个人剂量监测情况

达州市中心医院核医学科现有辐射工作人员7人,都参加了辐射安全与防护培训。均佩戴了个人剂量计。医院核医学科辐射工作人员近1年的个人剂量检测结果见下表1-13。

表 1-13 医院核医学科工作人员个人剂量检测统计表

序号	姓名	性别	个人剂量检测结果 (mSv)				年剂量
			2019年第二季度	2019年第三季度	2019年第四季度	2020年第一季度	
1	■	男	0.25	0.04	0.10	0.16	0.55
2	■	女	0.16	0.09	0.07	0.27	0.59
3	■	男	0.27	0.10	0.08	0.25	0.70
4	■	男	0.18	0.10	0.11	0.20	0.59
5	■	女	0.20	0.08	0.10	0.20	0.58
6	■	女	0.15	0.08	0.12	0.31	0.66
7	■	女	0.16	0.07	0.04	0.28	0.55

由上表可知,医院核医学科辐射工作人员年有效剂量在0.55~0.70mSv之间,满足职业人员年有效剂量5mSv的约束限值。

### (5) 辐射事故及应急响应情况

达州市中心医院制定了辐射应急预案,通过现场踏勘,目前医院各放射性工作场所的环保设施运行正常。同时,医院自持证以来,未发生辐射安全事故。

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>60</sup> Co	6.17*10 <sup>10</sup>	III	使用	放疗	后装机房	后装机房	川环辐审[2017]1012 号

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	备注
1	碘-131	液态	使用	1.11×10 <sup>10</sup>	1.11×10 <sup>9</sup>	1.332×10 <sup>11</sup>	甲亢	简单操作	碘-131 治疗室	铅罐/核医学科 药品储存室	川环核验 [2016]28 号
							甲吸		放免室		
2	锶-89	液态	使用	2.96×10 <sup>8</sup>	2.96×10 <sup>6</sup>	7.104×10 <sup>9</sup>	骨癌	很简单操作	活性室、注射室	铅罐/核医学科 药品储存室	川环核验 [2016]28 号
3	钨-99m	液态	使用	1.48×10 <sup>10</sup>	1.48×10 <sup>7</sup>	1.11×10 <sup>12</sup>	显像	很简单操作	活性室、注射室、 SPECT/CT 机房	铅罐/核医学科 药品储存室	川环核验 [2016]28 号
4	氟-18	液态	使用	8.88×10 <sup>8</sup>	8.88×10 <sup>5</sup>	8.88×10 <sup>10</sup>	显像	很简单操作	活性室、注射室、 SPECT/CT 机房	铅罐/核医学科 药品储存室	川环核验 [2016]28 号

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 4 射线装置

(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
1	直线加速器	II类	1	PRIMUS M	/	6	/	治疗	南岳庙街 56 号加速器机房	/

(二) 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 ( $\mu$ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场 所	氚靶情况	备注	序号	名称
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) X 射线机，包括医用诊断和治疗 (含 X 射线 CT 诊断)、分析仪器等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	钨靶机	III类	1	GIOTTOI MAGE3D	50	800	诊断	南岳庙街 56 号 放射科机房 5	
2	数字减影血管造影 仪	II类	1	Angiostar plus	125	500	诊断	报废库房	
3	螺旋 CT	III类	1	Somatom Emotion	140	500	诊断	南岳庙街 56 号 CT 机房 1	
4	移动 X 射线机	III类	1	JZ06-1	120	62	诊断	南岳庙街 56 号 手术室	
5	医用 CT 机	III类	1	Brilliance	140	500	诊断	大东街 151 号放 射科 CT 机房 1	

6	移动式 C 臂机	Ⅲ类	1	BVlibra	110	3	诊断	南岳庙街 56 号 百级手术间	停用
7	移动式床旁 X 光机	Ⅲ类	1	PRACTIX PLUS33	110	80	诊断	南岳庙街 56 号 放射科	停用
8	医用诊断 X 射线 NAX-500RF	Ⅲ类	1	NAX500RF	150	500	诊断	大东街 151 号放 射科机房 1	
9	乳腺钼靶 X 射线机	Ⅲ类	1	MAMMOMAT Inspiration	35	560	诊断	大东街 151 号放 射科乳腺机房	
10	40 层螺旋 CT	Ⅲ类	1	Definition AS	130	1000	诊断	大东街 151 号放 射科 CT 机房 2	
11	口腔全景摄影机	Ⅲ类	1	OP100/OC100	80	16	诊断	大东街 151 号放 射科机房 3	
12	数字化 X 射线摄影 装置 DR	Ⅲ类	1	GE Definium6000	140	1250	诊断	大东街 151 号 DR 摄片室	
13	牙片机	Ⅲ类	1	SMX-1	65	6	诊断	大东街 151 号牙 片室	
14	数字多用途碎石诊 断治疗机	Ⅲ类	1	HK.ESWL-V	100	10	诊断	南岳庙街 56 号 碎石中心	
15	数字化 X 射线摄影 装置 DR	Ⅲ类	1	GE Definium 6000	150	800	诊断	南岳庙街 56 号 放射科机房 2	
16	128 层螺旋 CT	Ⅲ类	1	Definition AS	140	400	诊断	南岳庙街 56 号 CT 机房 2	
17	全身骨密度仪	Ⅲ类	1	prodigy primo	100	10	诊断	南岳庙街 56 号 放射科机房 6	
19	SPECT/CT	Ⅲ类	1	Infinia_vc Hawkeye 4	140	3	诊断	南岳庙街 56 号 核医学科 SPECT/CT 室	
20	医用 X 线机 LDRD	Ⅲ类	1	LDRD	150	120	诊断	大东街 151 号医	停用

								学健康科 DR 检查室 1	
21	骨密度测量仪	Ⅲ类	1	Metriscan	60	10	诊断	大东街 151 号医学健康科骨密度检查室	
22	数字化 X 射线摄影装置 DR	Ⅲ类	1	DigitalDiagnoat	150	900	诊断	大东街 151 号医学健康科 DR 机房 2	
23	数字减影血管造影仪	Ⅱ类	1	Innova 3100-IQ	125	1000	诊断	南岳庙街 56 号介入手术室 2	
24	移动 X 光机	Ⅲ类	1	ARCADIS Orbic 3D	125	23	诊断	南岳庙街 56 号手术室	停用
25	移动 X 光机	Ⅲ类	1	PLX112C	120	100	诊断	南岳庙街 56 号手术室	
26	数字化 X 射线摄影装置 DR	Ⅲ类	1	DigitalDiagnoat	150	900	诊断	南岳庙街 56 号放射科机房 1	停用
27	模拟定位机	Ⅲ类	1	HMD-I A	150	630	诊断	南岳庙街 56 号模拟定位机室	
28	数字化医用 X 射线摄影系统 (DR)	Ⅲ类	1	DigitalDiagnost65EN	150	800	诊断	达州市通川区金龙大道 2 号放射科机房 1	

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向	备注
核医学科固废：一次性注射器、口杯、口罩、空药瓶等	固体	$^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$	0.575t/a	/	按不同核素分类收集，放于核医学科放射性固体废物存储间，并编号记录存储日期，衰变10个半衰期达到豁免标准后转入普通医疗废物暂存间	采用放置衰变法处置：放射性固废按核素分类收集并标明标签，放置于放射性废物存储间衰变十个半衰期达到豁免标准后按医疗废物处理。交由有资质的医疗废物单位处理。	/
核医学科放射性废水；病人排泄废水	液态	$^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$	92m <sup>3</sup> /a	总 $\beta < 10\text{Bq/L}$	放射性废水经过化粪池、衰变池暂存	放射性废水经衰变池收集停留 10 个半衰期监测达标后进入医院污水管道最终进入医院污水处理站处理。	/
核医学科排风口更换下的过滤器、废活性炭	固体	$^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$	85kg/a	/	放于核医学科放射性固体废物存储间，衰变10个半衰期达到豁免标准后转入普通医疗废物暂存间	放置于放射性废物存储间衰变十个半衰期达到豁免标准后按医疗废物处理。交由有资质的医疗废物单位处理。	/
放射性废气	气体	$^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$	/	/	/	经过滤器和活性炭吸附后在楼顶排放	/

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 日颁布，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日颁布，2018 年 12 月 29 日修订实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 6 月 28 日颁布，2003 年 10 月 1 日实施）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 8 月 31 日颁布，2019 年 3 月 2 日修订实施）；</p> <p>(5) 《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 18 号令公布实施）；</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，2017 年 12 月 12 日修正实施）；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2017 年 6 月 29 日环境保护部令第 44 号公布，2018 年 4 月 28 日修正实施）；</p> <p>(8) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号公告公布实施）；</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号）；</p> <p>(10) 《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）；</p> <p>(11) 《四川省辐射污染防治条例》（2016 年 3 月 29 日四川省十二届人大常委会第 63 号公告公布实施）。</p>
------	--

<p><b>技术标准</b></p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》 (HJ10.1-2016) ;</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) ;</p> <p>(3) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》 (GBZ/T180-2006) ;</p> <p>(4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》 (GBZ/T201.1-2007) ;</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) ;</p> <p>(6) 《临床核医学放射卫生防护标准》 (GBZ120-2006) ;</p> <p>(7) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》 (GBZ/T244-2017) ;</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) ;</p> <p>(9) 《临川核医学患者防护要求》 (WS533-2017) ;</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) ;</p> <p>(11) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》 (WS/T613-2018) 。</p>
<p><b>其他</b></p>	<p>(1) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲 (2016)》 (川环函〔2016〕1400号) ;</p> <p>(2) 《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》 (第三版) ;</p> <p>(3) 《关于加强辐射工作人员剂量管理的通知》 (川环办〔2010〕49号) ;</p> <p>(4) 本项目环评委托书;</p> <p>(5) 建设单位提供的项目有关设计资料等。</p>

**表 7 保护目标与评价标准****评价范围**

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的有关规定，对于 III 类射线装置和乙级非密封放射性物质工作场所，评价范围为各实体防护墙体边界外 50m 范围。

**保护目标**

本项目环境保护目标为乙级非密封放射性物质工作场所的辐射工作人员，以及距该场所实体屏蔽物为边界向外延伸 50m 范围内的公众（包括周边其他科室医务人员）。主要考虑电离辐射对辐射工作人员和在机房周围停留的公众的影响，使其受照剂量低于本报告提出的剂量约束值，确保核医学科运行时工作人员和公众的安全。

根据项目外环境关系和总平面布局，本项目具体环境保护目标见表 7-1。

**表 7-1 本项目环境保护目标**

类型	保护目标	位置	距离 m	人数	剂量约束值 (mSv/年)
职业照射	核医学科职业人员	活性室、注射室、SPECT/CT 机房、碘-131 注射室等	1	7	5
公众照射	流动人群	核医学科北侧停车场	8	/	0.1
	流动人群	东侧市政道路公众	3	/	
	流动人群	核医学科南侧停车场	3	/	
	外科大楼	核医学科西侧	7	30	
	内科大楼	核医学科西北侧	16	45	
	医院办公楼 2F	核医学科东北侧	3	15	
	医院家属楼 23F	核医学科东北侧	6	300	
	内分泌代谢科相关人员	楼上内分泌代谢科	3.5	20	

**评价标准**

本项目执行以下标准：

**一、环境质量标准**

1、环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；

- 2、地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准；  
3、声环境质量执行国家《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 2 类标准。

## 二、污染物排放标准

1、废气排放标准：废气执行《公众成员的放射性核素年摄入量限值》(WS/T613-2018)表 A.2；

2，废水排放标准：排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中限值；

控制项目	衰变池排放口排放标准	备注
总 $\beta$	10 Bq/L	日均值

3、噪声排放标准：施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011)中相关标准；运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 2 类标准。

4、辐射：执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的相关规定。

职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 B 剂量限值：应对任何工作人员的职业水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

根据辐射防护最优化的原则，结合本项目实际情况，本环评确定项目职业照射年有效剂量管理约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)职业照射剂量限值 20mSv 的四分之一执行，即 5mSv/a；对四肢（手和足）或皮肤的年管理约束值取年当量剂量 500mSv 的四分之一执行，即 125mSv/a。

公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 B 剂量限值：实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

根据辐射防护最优化的原则，结合本项目实际情况，本环评确定项目公众照射年有效剂量管理约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)公众照射剂量限值的十分之一执行，即 0.1mSv/a 作为剂量管理值。

### 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制值

参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等有关标准要求，本项目医用射线装置使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

### 放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		$\beta$ 放射性物质 ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

### 5、固废

一般固体废物执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）标准，危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）中相关要求。放射性固体废物根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），不超过 10kg/次的放射性废物达到以下豁免值后当普通医疗废物处理处置。

核素	豁免限值 (Bq)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1 \times 10^5$
$^{89}\text{Sr}$	$1 \times 10^6$
$^{18}\text{F}$	$1 \times 10^4$
$^{131}\text{I}$	$1 \times 10^5$

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

## 一、辐射环境监测

本次评价委托成都同洲科技有限责任公司于 2020 年 8 月对项目拟建场址进行了辐射环境质量现状监测（检测报告见附件）。辐射环境监测情况和结果如下：

## 1、监测项目

环境 X-γ辐射剂量率、β表面污染

## 2、监测使用仪器

使用的监测仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测仪器设备一览表

检测项目	检测设备			备注
	名称及编号	技术指标	校准情况	
X-γ辐射剂量率	FJ1200 型 环境级 X-γ 辐射测量仪 编号： SB01	① 能量响应： 40keV~3MeV ② 测量范围： 10nSv/h~200μSv/h③ 不确定度： $U_{rel}=7\% (k=2)$	校准单位：中国测试技术研究院 校准有效期： 2019-09-20 至 2020-09-19 校准证书号： 校准字第 201909005745 号	/
β 表面污染	FJ-1210 α、β表面污染测 量仪 编号：SB02	测量范围： 0.01Bq/cm <sup>2</sup> ~ 10 <sup>5</sup> Bq/cm <sup>2</sup>	校准单位：中国测试技术研究院 校准有效期：2019-09-17 至 2020-09-16 校准证书号：校准字第 201909004176 号	/

## 3、监测方法

项目监测方法及方法来源见表 8-2。

表 8-2 监测方法及来源

项目	监测方法及方法来源
环境 X-γ辐射剂量率	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）
	《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）
β表面污染水平	《表面污染测定 第 1 部分：β 发射体（Eβmax > 0.15MeV）和 α 发射体》GB/14056.1-2008
	《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）

## 二、监测结果

项目监测结果见表 8-3、8-4。

表 8-3 拟建场址区域环境 $\gamma$ 空气吸收剂量率监测结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )

监测点位	监测位置	监测值	标准差	备注
1#	拟建核医学科处	0.161	0.001	室内
2#	拟建核医学科北侧停车场处	0.135	0.001	室内
3#	拟建核医学科东侧医院外马路处	0.146	0.001	户外
4#	拟建核医学科南侧衰变池处	0.120	0.001	户外
5#	拟建核医学科西侧医院道路处	0.146	0.001	户外
6#	拟建核医学科北侧 23F 家属楼近核医学科处	0.141	0.001	户外
7#	拟建核医学科核辐射区域楼上内分泌科处	0.169	0.001	室内

表 8-4 拟建场址区域 $\beta$ 表面污染检测结果 ( $\text{Bq/cm}^2$ )

点位	检测点位	$\beta$ 表面污染水平	备注
1	拟建核医学科处	0.08	室内
2	拟建核医学科北侧停车场处	0.25	室外
3	拟建核医学科东侧医院外马路处	0.07	室外
4	拟建核医学科南侧衰变池处	0.11	室外
5	拟建核医学科西侧医院道路处	0.19	室外
6	拟建核医学科北侧 23F 家属楼近核医学科处	0.14	室外
7	拟建核医学科核辐射区域楼上内分泌科处	0.11	室内/1#点位上方

### 三、监测结果分析与评价

由表 8-3 分析可知：拟建场址及周边评价范围内区域的 X- $\gamma$ 辐射剂量率室外监测值为 0.120~0.169 $\mu\text{Sv/h}$ ，经 Sv 与 Gy 的转换因子按 1 换算，项目区域 X- $\gamma$ 辐射剂量率室外为 120~169nGy/h。该值与《2019 年四川省生态环境状况公报》全省 29 个电离辐射环境监测自动站测得的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率（小时均值）范围 76.8~163nGy/h 相比较，差异不明显。属正常环境本底水平。

由表 8-4 分析可知，拟建场址周围环境  $\beta$ 表面污染检测结果为 0.07~0.25 $\text{Bq/cm}^2$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表B11 给出的工作场所放射性表面污染控制水平（4 $\text{Bq/cm}^2$ ），属正常环境本底水平。

综上，可得出以下初步结论：本项目拟建场址及周边评价范围内区域的辐射环境处于环境本底水平。

表 9 项目工程分析和源项表

## 工程设备和工艺分析

## 一、施工期工艺分析

## 1、主体工程施工阶段工艺分析

本项目是将医院东南侧原风湿免疫科 1 楼改建为新的核医学科。施工期主要是对原风湿免疫科的改建及辐射工程屏蔽防护施工、装修及设备安装。污染物主要为施工作业时产生的噪声、少量废气，少量的施工废料。施工人员不包食宿，故仅产生的极少量生活污水及生活垃圾。

**施工废气：**主要为墙体改建施工产生的少量粉尘及使用的装修涂料产生的少量有机废气，为无组织排放。施工过程中应注意洒水抑尘，装修涂料应尽量使用环保涂料，加强室内通风换气。本项目施工期短，在采取以上措施情况下对大气环境影响小。

**施工噪声：**主要为电钻等产生的噪声，间歇性排放。施工期间应避免在夜间 22:00-06:00、中午 12:00-14:00 及周末使用高噪声设备。

**生活污水：**依托院内公共设施处理后排入市政管网。

**固体废物：**本项目建筑垃圾主要来自于墙体改建产生的废砖头等，产生量少，由施工方统一清运至指定建筑垃圾弃渣场。生活垃圾依托医院生活垃圾收集设施，统一收集后交由环卫部门定期清运。

## 2、设备安装调试阶段工艺分析

项目射线装置 SPECT/CT 在安装调试阶段会产生 X 射线。安装和调试均由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试期间，达州市中心医院应配合设备厂家专业人员加强安装调试现场的辐射安全管理，保证在此期间内放射工作场所设置的各类辐射安全防护措施正常运行。设备安装好后，应先启动安全联锁装置，并经确认系统正常后才可启动射线装置。在射线装置进行调试期间，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线装置开关钥匙应安排专人看管；安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

## 3、项目施工期工艺流程图

施工期工艺流程及产污位置图如图 9-1。



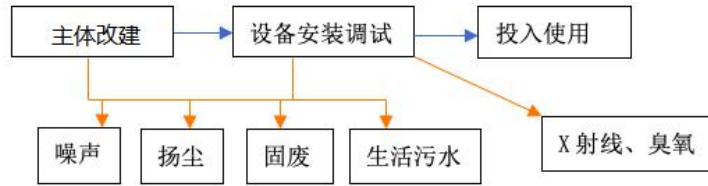


图9-1 施工期工艺流程图及产污位置图

## 二、营运期工艺分析

### 1、碘-131 核素药物诊疗

#### (1)工作原理

碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子（NIS）克服电化学梯度从血液循环中浓聚碘-131。碘-131 在甲状腺组织内的有效半衰期约为3.4~3.5d，碘-131 衰变发射的  $\beta$  射线在组织内平均射程为 1mm，所以  $\beta$  粒子携带的能量几乎全部释放在甲状腺组织内，对甲状腺周围的组织和器官影响较小。由于  $\beta$  射线在组织内有一定的射程，将产生“交叉火力”作用，使甲状腺组织不是均匀地接受辐射，腺体中心的组织接受来自四周的辐射，而表面的甲状腺组织则只接受来自甲状腺体内的辐射，甲状腺周围的组织不摄取碘-131，不会对甲状腺表面的组织形成空间的辐射。因此，甲状腺中心部分接受的辐射剂量大于腺体表面，如给与适当剂量的碘【 $^{131}\text{I}$ 】化钠，利用放射性“切除”部分甲状腺组织的同时保留一定量的甲状腺组织，使甲状腺功能恢复正常，达到治疗甲亢的目的。

#### (2) 操作流程

本项目购买碘 $^{131}\text{I}$ 化钠溶液，用于甲亢治疗，单个病人最大用量 15mCi/人·次，采用自动分装仪直接分药后供患者口服。甲亢治疗过程会产生  $\beta/\gamma$  射线、 $\beta$  表面污染、放射性废水和放射性固废。具体为分装、给药过程对工作人员产生外照射；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的服药杯、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物。

其治疗流程及产污环节如下图 9-2：

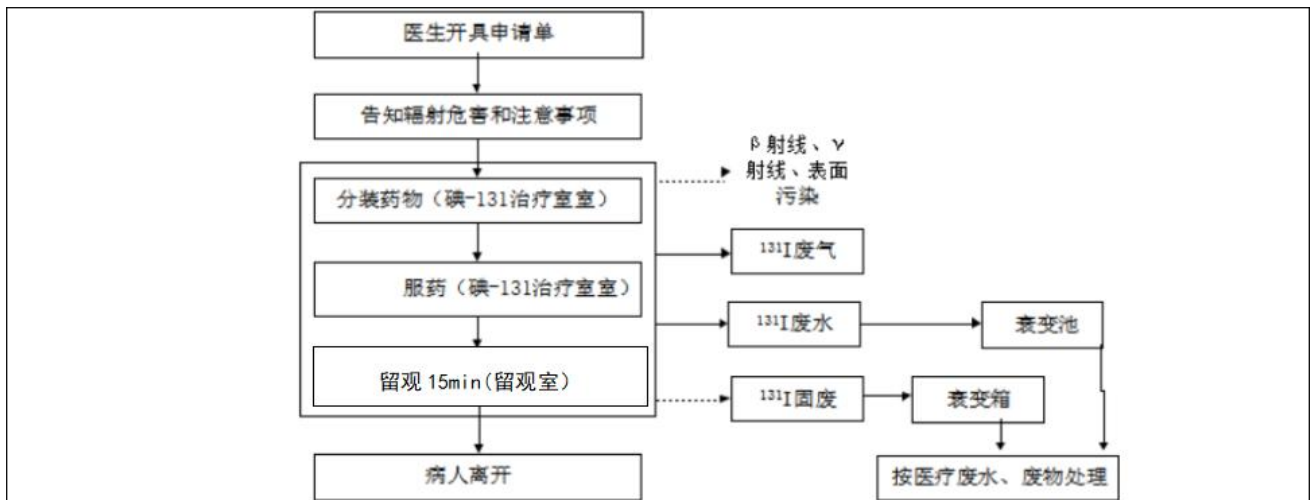


图 9-2 甲亢病人治疗流程及产污环节图

## 2、氟-18、锝-99m 显像诊断

### (1) SPECT/CT 显像工作原理

SPECT/CT 即单光子发射计算机断层成像术 (Single-Photon Emission Computed Tomography)，本项目 SPECT/CT 利用发射单光子的核素药物  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $\beta^+$ 衰变产生正电子的核素药物  $^{18}\text{F}$  进行检查。SPECT/CT 的基本结构分三部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系统。SPECT/CT 除显示肿瘤病灶外，尚可显示局部脏器功能的变化，如：化疗后左心功能、肾功能的改变等。本项目 SPECT/CT 使用  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  放射性核素，将放射性药物  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$  引入人体，经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异，通过计算机处理再成像。SPECT/CT 的基本成像原理是  $\gamma$  照相机探头的每个灵敏点探测沿一条投影线进来的  $\gamma$  光子，其测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。

### (2) 操作流程

本项目不涉及  $^{18}\text{F}$  药物制备，由医院直接向由资质单位购买。放射性药物  $^{18}\text{F}$  由有资质的单位专业人员送至达州市中心医院药品储存室，工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）从药品储存室转入活性室通风橱进行分装，然后给病人注射。放射性药物  $^{99m}\text{Tc}$  由医院购买的钼锝发生器淋洗而成，工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）将钼锝发生器装入通风橱内进行淋洗制备  $^{99m}\text{Tc}$ ，注射药物时，工作人员用注射器从通风橱吸取定量药物，用活度计测量其放射性活度后给病人进行注射。注射  $^{99m}\text{Tc}$  药物的病人注射完后在注射后候诊室内进行注射后观察，注射放射性药物  $^{18}\text{F}$  的病人注射后再运动室进行注射后观察，观察足够时间后注射病人进入 SPECT/CT 机房进行显像诊断，诊断结束后病人可直接离开。

其治疗流程及产污环节如下图 9-3、图 9-4：

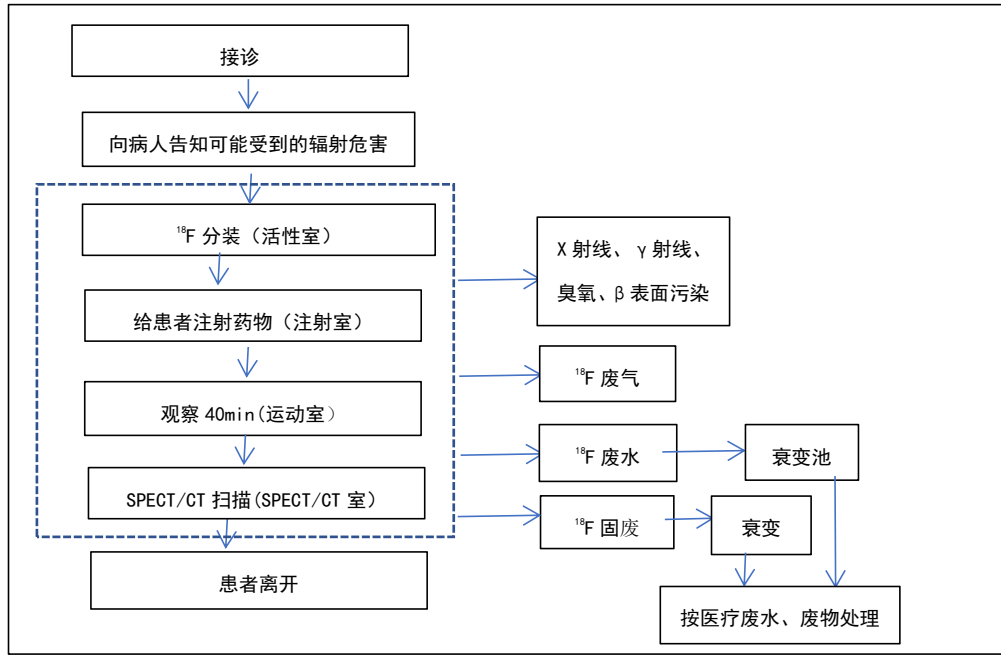


图 9-3 <sup>18</sup>F SPECT/CT 显像诊疗流程及产污环节图

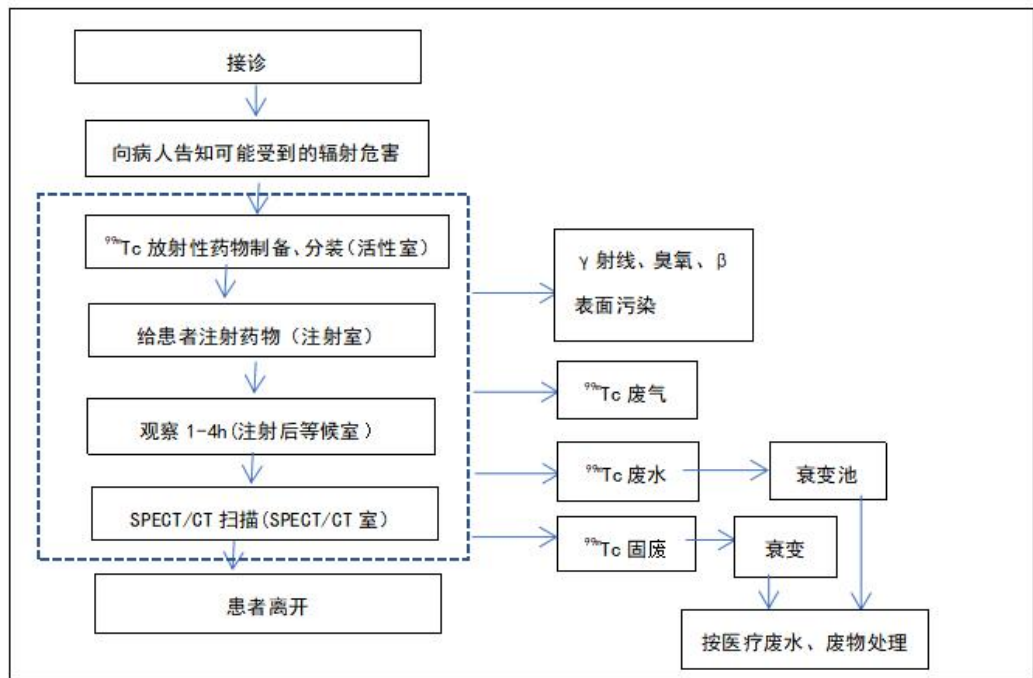


图 9-4 <sup>99m</sup>Tc SPECT/CT 显像诊疗流程及产污环节图

### 3. 锶-89 转移性骨肿瘤治疗

#### (1) 工作原理

放射性核素锶-89 放射性药物主要用于缓解前列腺癌、乳腺癌、肺癌、鼻咽癌、神经内分泌肿瘤等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢

活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，非密封放射性物质衰变过程中发射  $\beta$  射线，辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润；进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而治疗骨肿瘤。

(2) 操作流程

主要流程包括病人就诊、治疗方法介绍并告知可能受到的辐射危害、剂量确定、病人用药等。注射药物时，工作人员从通风橱分装药物进行注射。肿瘤转移治疗流程见图 9-5。

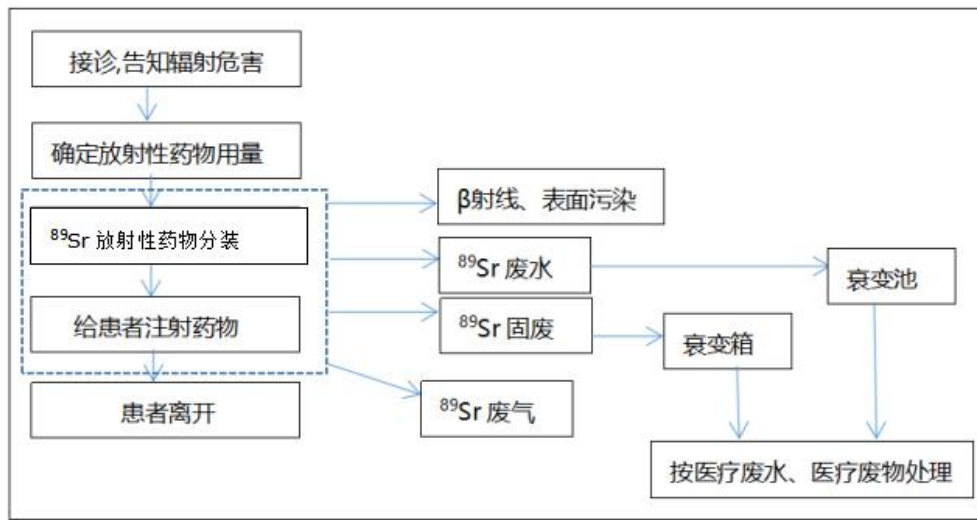


图 9-5  $^{89}\text{Sr}$  骨肿瘤病人治疗流程及产污环节图

污染源项描述

(一) 施工期工艺分析

施工过程以建筑施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有建筑渣土、粉尘、噪声和废水。主要会对周围声环境质量产生影响，但因施工期短，施工范围小，通过作业时间控制，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生较小的影响，该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。本次环评要求辐射屏蔽建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，使用的水泥标号要满足设计要求，禁止使用残砖，同时要防止噪声扰民。在安装调试阶段，主要环境影响为 X 射线和包装固体废物影响。

(二) 运营期污染源项描述

1、电离辐射

(1) 外照射：

本项目 SPECT/CT 扫描过程产生X、 $\gamma$  射线，SPECT/CT主要的辐射影响为服药病人的外照射引起，根据核医学科涉及使用的放射性核素，运行过程放射性核素可产生的电离辐射包括： $\beta$ 、 $\gamma$ 射线。各核素产生的射线特性见表 1-8（本项目涉及主要技术参数）。 $\beta$ 、 $\gamma$ 射线主要产生的环节为：操作放射性药物时（如分装、注射、显像等环节）、施有放射性药物的患者、固体放射性废物、用于操作放射性药物的容器，工作场所地面、操作器械上的表面、工作服和鞋袜的表面污染等引起的  $\gamma$ 、 $\beta$  外照射。但主要是来自放射性核素的分药、注射、显像及 SPECT/CT 扫描过程。

## （2）表面污染：

核医学工作人员操作放射性药物时，有可能出现溢出、滴洒等，均会造成工作台面、地面、设备表面和操作器械的放射性污染；这些表面污染如果不及时发现、处理，会对人员产生照射。

## 2、 废水

根据达州市中心医院提供的资料，现有医院核医学目前诊疗全为门诊病人，无住院病人。所以项目废水主要为病人在注射或者服药后候诊过程中产生的废水，主要来源于病人少量排泄废水、清洗废水。根据《建筑给排水设计规范》（GB50015-2010），门诊病人用水定额取（10L/次·人）。本项目核医学科放射性废水产生情况见表 9-1。

表9-1 核医学科放射性废水排放汇总表

核素名称	半衰期	产生来源	用水量 (L/d·人)	排放量(L/d·人)	人数/d	日产生量 (L/d)
$^{99m}\text{Tc}$	6.02h	排泄、清洗	10	8	20	160
$^{89}\text{Sr}$	50.55d	排泄、清洗	10	8	2	16
$^{18}\text{F}$	109.7min	排泄、清洗	10	8	4	32
$^{131}\text{I}$	8.04d	排泄、清洗	10	8	20	160
合计						368
注：废水排放系数取 0.8						

## 3、 固体废物

氟-18、锝-99m、锶-89采取注射的方式进行给药，产生的固废废物包括：一次性注射器、针头、手套、药瓶等；碘-131甲亢采取口服的方式进行给药，产生的固体废物包括：使用过的一次性口杯、擦拭纸巾和空药瓶等。产生量约50g/人·次。

本项目核医学科废气排风口设置有活性炭过滤器，建设单位将每半年进行校正和更换，产生量约 8.5kg/a。

本项目放射性固废产生情况见表 9-2。

表 9-2 核医学科放射性固废排放汇总表

核素名称	产生来源	产生量 (g/d·人)	日最大病人 人数 (人)	日产生量 (kg/d)
$^{99m}\text{Tc}$	一次性注射器、口罩、手套、 药瓶以及擦拭废物等	50	20	1
$^{89}\text{Sr}$	一次性注射器、口罩、手套、 药瓶以及擦拭废物等	50	2	0.1
$^{18}\text{F}$	一次性注射器、口罩、手套、 药瓶以及擦拭废物等	50	4	0.2
$^{131}\text{I}$	口杯、擦拭纸巾以及使用过 的空药瓶等	50	20	1
合计				2.3
/	废活性炭	8.5kg/a		

#### 4、 废气

本项目涉及使用氟-18、锶-89、碘-131、锝-99m，其中碘-131 属于碘化钠化合物，属于易挥发物质，且给药方式为服用，而其它核素均采用负压瓶进行密封储存，在分装过程中采取注射器进行抽取，并最终通过静脉注射进入病人体内，在整个过程中注射类药物放射性核素气溶胶挥发量极少。本次评价碘-131 挥发量按 0.1%核算，其它核素挥发量按 0.01%保守估算，经计算，各核素排放源强见表 9-3。

表9-3 核医学科放射性废气排放量汇总表

核素	日最大操作量(Bq)	排放系数	日最大排放量 (Bq)
$^{99m}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^{10}$	0.01%	$1.48 \times 10^6$
$^{89}\text{Sr}$	$2.96 \times 10^8$	0.01%	$2.96 \times 10^4$
$^{18}\text{F}$	$8.88 \times 10^8$	0.01%	$8.88 \times 10^4$
$^{131}\text{I}$	$1.11 \times 10^{10}$	0.1%	$1.11 \times 10^7$

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全设施

## 一、场所辐射防护“两区”管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在放射性工作场所内划出控制区和监督区。

**控制区：**该区域内需要或可能需要专门防护手段或安全措施，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射范围。控制区的进出口及其他适当位置应设置醒目的电离辐射警告标志。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限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

**监督区：**未被确定为控制区，正常情况下该区域通常不需要专门防护手段或安全措施，但需经常对职业照射条件进行监督和评价。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1 和图 10-1。

表 10-1 项目“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区
核医学科	活性室、注射室、注射后休息室、药品储存室、废源室、碘-131 治疗室、留观室、抢救室、活动室、SPECT/CT 室、污洗室、病人公共卫生间、病人通道	SPECT/CT 控制室、医护通道、技师办公室、医护大厅、候诊大厅、放免室
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，禁止无关人员进入，入口醒目位置醒目位置张贴电离辐射警示标识。职业工作人员在进行日常工作时候尽量减少在控制区内停留，以减少不必要的照射。	监督区内应限制无关人员进入。应在监督区边界的醒目位置张贴电离辐射警示标识，并以黄线警示监督区边。
新建化粪池、衰变池所在位置应进行隔离、锁闭，防止无关人员进入，并张贴电离辐射警示标志		







## 二、辐射防护屏蔽措施

### (一) 核医学科辐射防护措施

#### 1、防护要求

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）核医学的非密封放射性物质工作场所根据操作放射性核素的权重活度分为三级，见表 10-2。

表 10-2 临床核医学工作场所分级

分级	权重活度, MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

注：权重活度=（计划的日最大操作活度×核素毒性权重系数）/操作性质修正系数。

本项目放射性核素毒性权重系数和操作性质修正系数见表 10-3 和 10-4。

表 10-3 核医学常用放射性核素的毒性权重系数

类别	放射性核素	权重系数
A	$^{68}\text{Ge}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Mo}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{177}\text{Lu}$	100
B	$^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	1

表 10-4 不同操作性质的修正系数

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 10-3 和 10-4，本项目各个核素权重活度计算结果见表 10-5。

表 10-5 本项目使用核素权重活度计算结果

工作场所	核素	日最大操作量 (Bq)	操作性质修正系数	毒性权重系数	计算结果 (Bq)	合计结果 (MBq)	防护分级
活性室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^{10}$	1	1	$1.48 \times 10^{10}$	$4.53 \times 10^4$	II
	$^{89}\text{Sr}$	$2.96 \times 10^8$	1	100	$2.96 \times 10^{10}$		
	$^{18}\text{F}$	$8.88 \times 10^8$	1	1	$8.88 \times 10^8$		
碘-131 治疗室	$^{131}\text{I}$	$1.11 \times 10^{10}$	1	100	$1.11 \times 10^{12}$	$1.11 \times 10^6$	I
注射后等候室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^{10}$	10	1	$1.48 \times 10^9$	$1.48 \times 10^3$	II
SPECT/CT 室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^{10}$	10	1	$1.48 \times 10^9$	$1.57 \times 10^3$	II

	$^{18}\text{F}$	$8.88 \times 10^8$	10	1	$8.88 \times 10^7$		
运动抢救室	$^{18}\text{F}$	$8.88 \times 10^8$	10	1	$8.88 \times 10^7$	88.8	II
留观室	$^{131}\text{I}$	$1.11 \times 10^{10}$	10	100	$1.11 \times 10^{11}$	$1.14 \times 10^5$	I
	$^{89}\text{Sr}$	$2.96 \times 10^8$	10	100	$2.96 \times 10^9$		
药品储存室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^{10}$	100	1	$1.48 \times 10^8$	$4.44 \times 10^2$	II
	$^{131}\text{I}$	$2.96 \times 10^8$	100	100	$2.96 \times 10^8$		
注射室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1.48 \times 10^{10}$	1	1	$1.48 \times 10^{10}$	$4.53 \times 10^4$	II
	$^{89}\text{Sr}$	$2.96 \times 10^8$	1	100	$2.96 \times 10^{10}$		
	$^{18}\text{F}$	$8.88 \times 10^8$	1	1	$8.88 \times 10^8$		

据表 10-5 计算结果，可以得出不同级别工作场所室内防护要求，见表 10-6。

表 10-6 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

防护级别	工作场所	地面	表面	通风橱 <sup>①</sup>	室内通风	管道	清洁及去污设备
I	碘-131 治疗室、留观室	地板与墙缝无缝隙	易清洗	需要（风速不小于 1m/s）	应设抽风机	特殊要求	需要
II	活性室、注射后等候室、运动抢救室、SPECT/CT 室、药品储存室、注射室	易清洗且不易渗	易清洗	需要（风速不小于 1m/s）	有较好的的通风	一般要求	需要

综上所述，通过计算分析：核医学科碘-131 治疗室、留观室需达到 I 级场所防护要求；活性室、药品储存室、注射室、运动抢救室、放射性废物暂存间、注射后等候室、SPECT/CT 机房需达到 II 级场所防护要求。

## 2、防护措施

本项目非密封放射性物质工作场所采取的辐射防护与放射性污染防治措施主要包括以下方面：

### (1) 建筑物屏蔽设计

本项目辐射工作场所房间的屏蔽状况见表 10-7。

表 10-7 核医学科一层非密封放射性物质工作场所房间防护情况一览表

工作场所	工作台面	地面	墙体、屋顶和地板	通风	防护门	通风橱/观察窗
放射性废物暂存间、药品储存室	易清洗不锈钢台面	墙面与地面交接处做圆角处理，地面全面敷设容易去污并容易拆除	20cm 实心红砖墙体+5mmPb 铅板防护，共 6mmPb 当量；12cm 现浇混凝土原有楼板+3mmP	有	5mm 铅当量	-
SPECT/CT 室					5mm 铅当量	5mm 铅玻

		更换的材料,其边缘应高出地面15-25cm,且地面光滑,防水,防渗且易去污,受辐照后不易老化。	b 当量铅顶板防护共 4mmPb 当量;地板 12cm 现浇混凝土原有楼板。		
运动抢救室	-	易清洗不锈钢台面	20cm 实心红砖墙体+3mmPb 铅板防护,共 4mmPb 当量(其中注射后等候室、留观室、碘-131 治疗室、运动抢救室北侧墙壁采用 20cm 实心红砖墙体+5mmPb 铅板防护,共 6mmPb 当量);楼顶防护采用 12cm 现浇混凝土原有楼板+2mmPb 铅板防护(共 3mmPb 当量);地板 12cm 现浇混凝土原有楼板。		3mm 铅当量
留观室	-			3mm 铅当量	
碘-131 治疗室				3mm 铅当量	
活性室				5mm 铅当量	
注射室				5mm 铅当量	40mm 铅当量注射窗台; 8mm 铅当量服药窗
紧急冲淋装置				3mm 铅当量	
污洗间				3mm 铅当量	
注射后等候室	-			3mm 铅当量	-
控制室、技师办公室	-			3mm 铅当量	

根据表 10-7,核医学科辐射防护设计满足《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)防护要求。

### (2) 储存过程的防护措施

本项目订购的氟-18、锶-89、碘-131、镓-67 放射药物转入医院前表面辐射剂量率水平满足《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)。氟-18、锶-89、碘-131、镓-67 放射性药物转入医院后均暂存于药品储存室的双人双锁保险柜中,同时在放射性药物使用后仍转入药品储存室双人双锁保险柜中,药品储存室设置有红外监控摄像头,固定式剂量报警仪及红外报警装置,防止放射性物品被盗或破坏。

### (3) 放射性药品操作过程防护措施

①核医学科辐射工作人员在进行放射性药物镓-67 淋洗分装操作时首先做好个人防护,包括穿铅衣,戴铅眼睛、铅手套、口罩、工作帽等,由医生将放射性药物从药品储存室转入活性室通风橱内,通风橱设置有 20mm 铅当量防护层,通风橱设置排风口,从而保持分装设备内空气通畅,通风管引致屋顶。操作侧下方设两个活动式铅门,作为两个操作口,医生通过此操作口在通风柜内进行淋洗和分装操作。分药时铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行,以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。病人注射时,医生将分装后的放射性药物转入注射室内,病人与医生之间设置 40mm 厚铅

当量防护注射窗台。操作台下面需设置一个放射性废物收集桶（2mm 铅当量），用于收集废弃的一次性注射器、空药瓶等。

②在碘-131 治疗室内设置全自动核素分药仪进行碘-131 的分装操作。分药操作前医生先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼睛、铅手套、口罩、工作帽等，然后从药品储存室取出碘-131 装入全自动核素分药仪，该仪器自带内部屏蔽系统（具有 20mm 铅当量），医生只需在输入厂家标定的碘-131 放射性药物活度、标定时间等参数，设定稀释蒸馏水的体积，系统会自动完成定量分配、在线活度测量和体积配比等全部工作。最后医生在计算机上输入病人姓名，服用药物的量等参数，系统会自动按照输入的药量给病人分装药物，减少了医生分装过程直接接触时间，在整个分装和取药过程设置了严密的监控系统和报警系统，以防止误入或误操作导致药品撒漏和丢失。分药后由病人自行在碘-131 治疗室内取药服用，医生通过摄像设备和广播语音与病人交流。碘-131 治疗室内需设置一个放射性废物收集桶（2mm 铅当量），用于收集服药病人废弃的纸杯等。

③氟-18、锶-89 由医生将放射性药物从药品储存室转入活性室通风橱内分装吸取，然后将分装后的放射性药物转入注射室内通过注射窗台注射。

#### （4）对服药和注射后病人防护措施

本项目甲亢治疗病人碘-131 服药后在留观室满足碘-131 最低出院活度限值 400MBq 后可直接出院。<sup>18</sup>F，<sup>99</sup>Tc 病人注射后需在注射后等候室、运动室等待，进行显像诊断。<sup>89</sup>Sr 病人注射后可直接离开。甲亢病人与核医学科其他病人分开管理，禁止随意流动。病人与陪护人员及其他公众隔离管理，并使用病人专用厕所进行大小便，在观察结束后按指定线路离开核医学科。

#### （5）对病人进行外科手术和尸体处理措施

如经过放射性核素治疗的病人需进行外科手术需遵循如下原则：

①应尽可能推迟到患者体内放射性活度降低到可接受水平不需要放射防护时再作手术处理；

②进行手术的外科医生及护理人员应佩戴个人剂量计；

③对手术后的手术间应进行放射防护监测和去污，对敷料、覆盖物等其他物件也应进行放射防护监测，无法去污时应作放射性废物处理。

本项目核医学科，对治疗过程出现意外死亡病人的处理不得超过《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）相关标准要求。

#### （6）其他

①用药病人在入院前及出院前，医生需提前告知病人及家属辐射可能带来的危害性。

②医生及护士不得在核医学科控制区内进食、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物品。

**(二) 射线装置辐射防护措施**

本项目使用的SPECT/CT为III类射线装置。本项目SPECT/CT机房实体屏蔽防护设计与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中X射线设备机房屏蔽防护要求对照分析见表10-8。

**表10-8 与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中X射线机房屏蔽防护要求对照分析表**

防护要求		本项目设计	备注
X 射线设备机房 (照射室)使用面积及单边长度	设备类型	参照 GBZ130-2020 中 CT 机房	SPECT/CT 机房 /
	机房内最小有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	30	31.4m <sup>2</sup> 满足要求
	机房内最小单边长度 (m)	4.5	5m 满足要求
机房的屏蔽防护铅当量厚度要求	2.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 东、南、西、北面墙体为 6mm 厚铅当量防护；</li> <li>◆ 病员出入防护门具有 3mm 铅当量防护能力；</li> <li>◆ 机房与操作室间防护门具有 5mm 铅当量防护能力；</li> <li>◆ 观察窗具有 5mm 铅当量防护能力。</li> <li>◆ 地面：1.5mm 铅当量防护能力</li> <li>◆ 楼顶：3mm 铅当量防护能力</li> </ul>	<p>满足要求</p> <hr/> <p>满足要求</p>

由表10-8对比可知，本项目SPECT/CT机房屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，屏蔽设计合理。

**三、辐射工作场所安全保卫措施**

为确保本项目所使用的III类射线装置和乙级非密封放射性物质工作场所的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-9。

**表10-9 辐射工作场所安防措施一览表**

场所类别	措施类别	对应措施
非密封放射性物质工作场所	防火	核医学科安装有烟气报警装置和消防栓，且各个房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006），本项目核医学科区域禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。同时人员易接触的地方均

		配备干粉式灭火器。
	防水	整个核医学科地面均做了较好的防水设计，项目区域不受地下水影响。
	防盗、防抢和防破坏	<p>①整个核医学科进行封闭管理，并设有门禁系统，非相关人员不能直接进入核医学科内。</p> <p>②非密封放射性物质储存场所设置有保险柜并设置双人双锁，非密封放射性物质的转入、转出均由专人进行台账管理。</p> <p>③整个核医学科控制区设置严密的监控系统，实行 24h 实施监控，并将核医学科作为保安人员重点巡查范围；</p>
	防泄漏	<p>①本项目使用的各种放射性核素药品均来自于正规生产厂家，出厂时包装用铅罐（10mm 厚铅）密闭，铅罐表面剂量满足标准要求，且用完后的空铅罐经表面去污处理后放置于药品储存室内待厂家进行回收；</p> <p>②核医学科非密封放射性物质工作场所均采取有效的实体屏蔽措施，能够达到《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006) 中的 I、II 级工作场所的要求；</p> <p>③核医学科药品储存室设置固定式剂量报警仪，若出现放射性物质泄漏，将进行报警提示；建设单位还自行配备便携式 <math>\gamma</math> 辐射监测仪及 <math>\beta</math> 表面沾污仪，并进行定期或不定期场所监测，发现异常及时查明原因并进行处置</p> <p>④本项目所使用的射线装置购置于正规厂家，现有核医学科使用过程中未发生过辐射安全事故。</p> <p>⑤本项目射线装置工作场所均已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房是不存在辐射泄漏的情况，根据辐射影响分析，机房屏蔽体外 30cm 处剂量率能满足 2.5<math>\mu</math>Sv/h 标准要求。</p>

### 三废的治理

#### （一）废气治理措施

##### 1、放射性废气治理措施

本项目核医学科活性室内设置有通风橱，该通风橱风量 500m<sup>3</sup>/h，在半开的条件下风速不小于 1m/s，并保持通风橱内负压环境，保持由外向内的空气流通，经配套的专用排风管道排出。在通风橱风机出口处安装有“两级”过滤净化系统，“两级”过滤净化系统由高效空气过滤器（HEPA）和后置活性炭过滤器组成，总的过滤效率大于 99%，通过 1 个位于核医学科所在楼顶楼（标高 11m）排放口进行排放，排口不朝向周周高层建筑及周围环境保护目标，排气口需设置取样、采样平台，便于日常的环境监测。

医院每半年对过滤器的过滤效率进行校核，如果有必要需每半年进行一次更换，以防止过滤器失效，造成放射性污染事故，且更换下的过滤器需作为放射性固废进行管理和处理。为防止公众进入楼顶造成不必要的误照射，建设单位将楼顶封闭管理。

## 2、臭氧

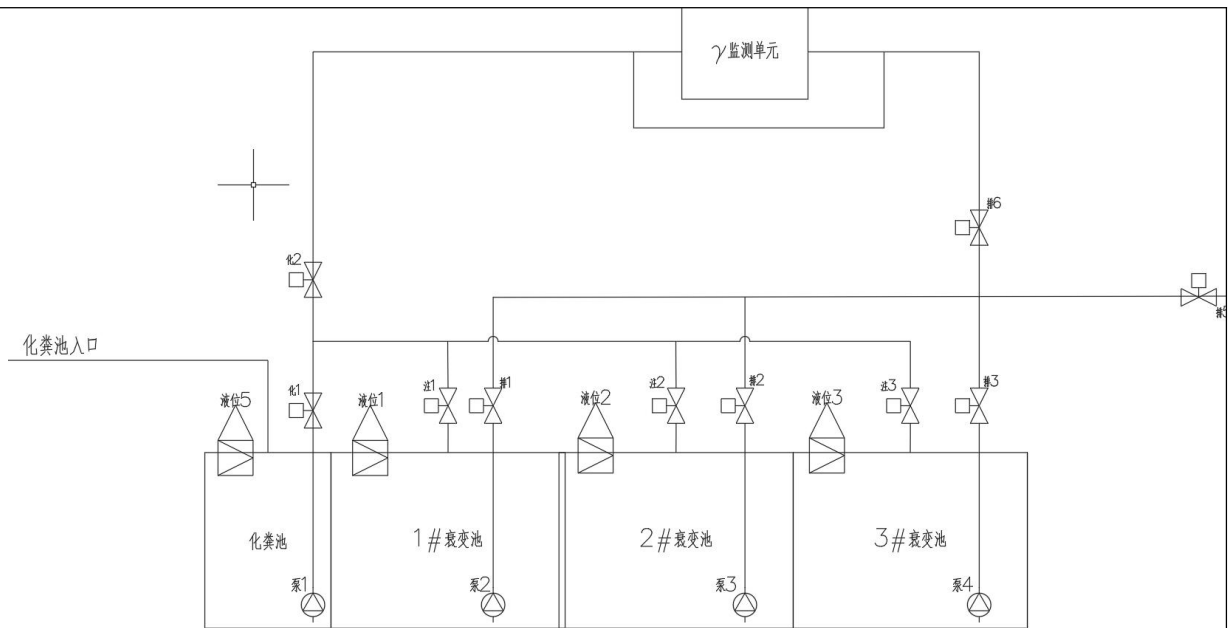
本项目 SPECT/CT 射线装置运行过程中会产生一定量臭氧，为确保受检者、医护人员的安全，SPECT/CT 检查室内通过采用机械通风的方式，及时将室内的臭氧排出室外，确保室内的臭氧浓度达到相应的标准要求。本项目产生的臭氧很少，通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准 ( $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ) 的要求。

### (二) 废水治理措施

本项目放射性废水主要来自于病人的排泄废水和清洗废水，本项目核医学科设置有独立的病人专用卫生间，且设置有独立的排水系统，排泄废水排入化粪池，然后进入衰变池，该衰变池位于核医学科一层东南侧，靠近医院污水处理站，避开人群集中活动区域，下水管道均位于地下。

根据污染源分析，核医学科单日最大放射性废水产生量约  $0.368\text{m}^3$ ，放射性废水核素组成包括：碘-131、钨-99m、锶-89、氟-18，其中半衰期最长的核素为锶-89 (50.4d)，但由于锶-89 就诊病人量极少，且放射性药物用量也较小，相应产生的废水量也较小，本次评价以废水产生量较大且半衰期时间相对较长的碘-131 (10 个半衰期 81 天) 核素来核算衰变池容积的有效性。经核算核医学科碘-131 的 10 个半衰期废水产生量为  $30\text{m}^3$ 。

建设单位拟修建化粪池和三个并联放射性废水衰变池，化粪池容积  $1\times 15\text{m}^3$ ，放射性废水衰变池容积  $3\times 15\text{m}^3$ 。化粪池、衰变池采用防渗混凝土添加剂，抗渗等级为 P8，内壁均匀涂抹不小于 20mm 厚聚合物水泥砂浆+20mm 厚铁屑砂浆。



注:

- 1、液位计优选超声液位计，4—20mA 信号输出，盲区应尽量小。
- 2、化\*、注\*、排\* 采用电动执行阀门，应考虑防腐。
- 3、管道直径应大于100mm。
- 4、泵\* 功率应大于3.5KW，宜采用三相三线制，三角形接法，以确保足够动力。
- 5、泵\* 选型应注意防腐性能。
- 5、建议短半衰期衰变池与此独立。
- 6、预留泵动力和阀动力布线管路（管路1），预留液位监测及伽马监测模块布线管路（管路2）
- 7、“管路1”与“管路2”独立。
- 8、泵\* 建议使用带切割粉碎功能。

图 10-2 废水处理图

每个池子进水口和出水口均有阀门控制，运行时当化粪池装满后注入 1#池体内关闭出水阀门和进水阀门进行封闭衰变，然后化粪池再次装满后将废水接着排入 2#池体，当 2#池废水装满时采取同样的操作方式进行封闭衰变然后将化粪池废水接着排入 3#池体内。3#池体装满后 1#池体废水满足 10 个半衰期，通过预留监测口进行取样监测，监测达标后通过抽水泵将废水排入医院污水管网最后通过医院污水处理站处理后达标排放市政污水管网。三个衰变池如此循环操作。本项目放射性废水衰变池设计容量大于  $^{131}\text{I}$  10 个半衰期废水排放量，根据现有核医学科运行情况，核医学科废水经 10 个半衰期衰变后能满足排放口废水总放射性达标（见年度监测报告），故本项目化粪池、衰变池设计合理。同时为保障化粪池、衰变池的长效可靠运行还需采取如下管理措施：

- ①衰变后的废水需监测达标（总  $\beta$  排放标准 10Bq/L）才能排入医院污水处理站，池内沉渣如难于排出，可进行酸化预处理再排入下水系统；
- ②医院需建立衰变池排放台账，记录每次排放时



间、排放量及监测结果情况并由专人负责管理记录；③化粪池、衰变池需设立明显的电离辐射警告标志，同时四周应设立围挡；

④为防止衰变池过满溢出，要求在每个衰变池设置液位计，随时监控衰变池内水位，到达预定位置时即可报警并提示手动关闭进水阀门或自动关闭进水阀门，使用废水进入另外的池体。⑤化粪池、衰变池设置防雨水顶棚，四周设置排水沟防治雨水灌入池体，同时化粪池、衰变池应作为重点防渗区进行管理，其防渗系数需 $\leq 10^{-10}$ cm/s。

### （三）固体废物

#### 1、放射性固体废物

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要是一次性口杯、注射器、针头和手套等医用器具以及封装药物的铅罐等，涉及的放射性核素包括：碘-131、锝-99m、锶-89、氟-18，项目放射性固废产生量见表 9-2。

本项目活性室、注射室、碘-131 治疗室、留观室、注射后等候室、抢救室内均设置有不锈钢放射性固废收集桶，用于分核素种类收集产生的核素放射性固废，到达一定量时转入放射性固废暂存间进行暂存衰变，定期更换下的活性炭过滤将一并作为放射性固废进行收集处理。

根据《医用放射性固废的卫生防护管理》（GBZ133-2009）针对放射性固废的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

#### （1）放射性固体废物收集

- ①放射性固废收集桶应避开工作人员和经常走动的区域；
- ②不锈钢放射性固废收集桶内应放置于专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转运至放射性固废暂存间进行衰变处置；
- ③对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其它包装材料中，然后在装入专用塑料袋内；
- ④每袋废物的表面剂量不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

#### （2）放射性固废临时贮存和最终处理

- ①建立放射性废物收集、暂存、转运、回收台账，确保放射性固废不乱丢、不乱弃；
- ②不同核素种类放射性固废进行分类收集，衰变 10 个半衰期后经测达标后，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理；
- ③放射性固废收集桶封存时应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放

日期等说明；

④废物包装体表面污染控制水平  $\beta < 0.4\text{Bq/cm}$ 。

## 2、一般固体废物

本项目产生的一般固体废物主要为门诊办公室、阅片室、主任办公室等产生的普通医疗废物及生活垃圾。普通医疗废物收集后进入医疗废物暂存间，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。生活垃圾收集后，由环卫部门定期清运。

### (四) 射线装置报废处理

**射线装置报废处理：**根据《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

本项目SPECT/CT在进行报废处理时，应将射线装置的高压射线管进行拆卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

## 环保设施及投资

本项目环保措施总投资约 █████ 万元，占项目总投资的 █████。项目具体环保投资情况见表 10-5。

表 10-10 项目辐射安全与防护和环保设施（措施）与投资一览表

项目	设施（措施）	数量	金额 (万元)	备注
场所辐射屏蔽措施	核医学科主体屏蔽	-	█	见表 1-6
	活性室、药品储存室、废源室（放射性固废暂存间）、注射室医护入口、SPECT/CT 机房设置 5mm 铅当量的防护铅门	6 个	█	
	紧急冲淋装置室、注射后等候室、污洗间、留观室、 <sup>131</sup> I 治疗室、病人出口，病患通道入口等设置 3mm 铅当量的防护铅门	11 个	█	
	注射室带屏蔽效果（40mm 铅当量）注射台	1 个	█	
	活性室带通风效果的通风橱（20mm 铅当量）	1 个	█	记入辐射屏蔽措施
	注射室与活性室之间 8mm 铅当量服药窗	1 个	█	
	SPECT/CT 机房带屏蔽效果（5mm 铅当量）的观察窗	1 个	█	
监测设备	$\beta$ 表面沾污仪	1 台	█	利旧
	X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪	1 台	█	利旧
	个人剂量计	9 人×2 个	█	新增 2 个
	个人剂量报警仪	9 个	█	新增 2 个
	放射性活度计	1 个	█	利旧
	药品储存室固定式剂量报警仪	1 个	█	利旧

个人防护	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等	9 套	■	利旧
	污染表面清洁剂	/	■	利旧
	3mm 铅当量防护屏风	1 个	■	利旧
	成人防护用品 1 套（每套包含 1 个铅围脖、1 个铅帽）、儿童防护用品 1 套（每套包含 1 个铅围脖、1 个铅帽）、铅防护方巾 2 套	2 套	■	利旧
放射性废水	化粪池 1×15m <sup>3</sup> +3 格并联池衰变池（容积 3×15m <sup>3</sup> ）	1 座	■	
	控制区独立下水系统及排水管道屏蔽措施	1 套	■	
放射性固废	注射室、分药室、注射后候诊室、留观室设置带屏蔽效果（2mm 铅当量）的不锈钢放射性固废收集桶	6 个	■	/
	放射性固废暂存间	1 间	■	纳入主体工程范围
放射性废气	独立排风及及两级过滤装置	1 套	■	记入辐射屏蔽措施
安全及应急装置	药品储存室保险柜（双人双锁）及备用铅罐（套）	6 个	■	利旧
	注射室、活性室、药品储存室、注射后候诊室、留观室、SPECT 扫描室、废源间、病人通道红外监控系统及报警系统、对讲系统；病人通道门禁系统	1 套	■	/
	电离辐射警告标志	若干	■	/
	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	若干	■	/
分区管理	场所控制区、监督区划分标识	/	■	/
制度	规章制度上墙、放射性药品及废物台账	/	■	/
人员培训	辐射工作人员上岗培训及再培训	/	■	/
监测	射线装置年度监测费	/	■	
合计			■	

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响****一、施工期的环境影响简要分析****1、主体工程施工阶段工艺分析**

本项目施工期主要是在原风湿免疫科内部进行改造和装饰、设备安装等，在施工期，只要严格落实报告中提出的各项环保措施，并加强管理，项目施工过程中产生的废水、废气、噪声及固体废物的排放均能满足相关环保要求。

对于 SPECT/CT 射线装置机房墙体与铅防护门应有足够的搭接宽度；穿过机房墙体的各种管道、电缆不得影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，不得正对工作人员经常停留的地点。

**2、设备安装调试阶段工艺分析**

本项目 SPECT/CT 射线装置利旧使用现有核医学科的设备，本项目投入使用前，将现有核医学科的 SPECT/CT 设备迁移至新建的核医学科 SPECT/CT 室内。设备搬迁及安装调试均有厂家安排的专业人员进行，调试阶段会产生 X 射线。

在设备安装调试期间，达州市中心医院应配合设备厂家专业人员加强安装调试现场的辐射安全管理，保证在此期间内各放射工作场所设置的各类辐射安全防护措施正常运行。设备安装好后，应先启动安全联锁装置，并经确认系统正常后才可启动射线装置。在射线装置进行调试期间，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

综上所述，只要工程施工期严格做到以上要求，就可以使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

**运行阶段对环境的影响****一、辐射环境影响分析****(一)  $\beta$ 射线辐射影响分析**

本项目涉及使用的氟-18、锶-89、碘-131 核素在衰变过程中会有  $\beta$  粒子，但由于氟-18 衰变产生的是正电子，迅速发生湮灭反应所以本次不考虑  $\beta$  射线影响。根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171）其中 $\beta$ 射线在屏蔽材料中的射程可根据下式计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\beta\max} \dots\dots\dots(\text{公式 11-1})$$

式中：d—最大射程，cm；

$\rho$ —防护材料的密度，g/cm<sup>3</sup>；空气密度取 1.29×10<sup>-3</sup>g/cm<sup>3</sup>，铅密度 11.34g/cm<sup>3</sup>； $E_{\beta\max}$ —电子最大能量，MeV；

经计算，本项目核素在空气及铅中的射程见表 11-1。

表11-1 <sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr 在空气及铅中射程距离

核 素	<sup>131</sup> I	<sup>89</sup> Sr
$\beta$ 射线能量(MeV)	0.606	1.495
空气密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.29×10 <sup>-3</sup>	1.29×10 <sup>-3</sup>
空气中的射程 (cm)	<b>235</b>	<b>580</b>
铅密度(g/cm <sup>3</sup> )	11.34	11.34
铅中射程 (cm)	<b>0.03</b>	<b>0.07</b>

本项目核医学科非密封放射性物质工作场所均设置了足够的空间，且有墙体和铅门进行屏蔽，同时在整个使用过程中职业人员还穿戴有 0.5mm 铅当量的防护铅服。根据上表计算结果，本项目 <sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr 产生的  $\beta$  射线对职业人员和公众辐射影响是很小的。

(二)  $\gamma$  射线辐射影响分析

1、预测模式

因预测点位与放射性核素操作位置间的距离比装药瓶的几何尺寸大 5 倍以上，故可视为点源。应用  $\gamma$  射线点源剂量率计算公式进行预测，计算公式如式11-2~11-4 所示。

$$X=(A*\Gamma/ r^2) *K \dots\dots\dots(\text{式 11-2})$$

$$D = 8.73 \times 10^{-3} X \dots\dots\dots(\text{式 11-3})$$

$$Hs=D \cdot W_R \cdot W_T \dots\dots\dots(\text{式 11-4})$$

式中： A —放射源的活度，Ci；

$\Gamma$ —放射性核素的常数，R·m<sup>2</sup>/h·Ci；

K—衰减系数

X—照射量率，单位 R/h；

r—参考点距离源的距离，m；

D—吸收剂量率，Gy/h；

Hs—有效剂量率，Sv/h；

WT—辐射权重，取 1；

WR—权重因子，取为 1。

职业人员操作过程中医生穿着有防护铅服，并在屏蔽体中进行操作，公众位于屏蔽房间外，本次评价还考虑屏蔽材料减弱因素。本次评价按半值层法进行减弱系数计算。

$$K = 0.5^{\frac{d}{HVL}} \dots\dots\dots(式11-5)$$

式中：HVL—半值层厚度 d—屏蔽厚度（cm）； K—衰减系数。

### 2、预测计算所依据参数

本项目各预测参数选取见表 11-2。

表 11-2 预测参数

核素	单个病人用药量 (mCi)	$\Gamma$ 常数 (R·m <sup>2</sup> /h·Ci)	$\gamma$ 射线能量 (MeV)	半值层厚度 mm	人员	操作方式	受照射时间 (min)	年接诊人次 (人)	年操作时间(h)
18F	6	0.57	0.511	5	职业	注射	1	400	6.7
						摆位	0.5		3.4
					公众	注射	1		6.7
						等候	40		266.7
99mTc	20	0.17	0.14	0.3	职业	分药	2	1500	50
						注射	1		25
						摆位	0.5		12.5
					公众	分药	2		50
						注射	1		25
						等候	180		450
						显像	15		375
131I	15	0.22	0.364	3	职业	分药	0.5	240	2
						服药	0.5		2
					公众	分药	0.5		2
						服药	0.5		2
						留观	15		60

注：①根据医院提供资料，<sup>99m</sup>Tc 最多同时 10 人等候。②病人直接在注射后休息区等待，不与医护人员接触，不考虑此间用药病人对职业人员的影响。③据医院提供资料，服用碘-131 的病人一般服药量为 7-8mCi/人，服药后可直接出院。根据病情个别病人最大服药量为 15mCi，一年病人量约 15 人，平均每人留观 4h 左右，满足出院标准后离院，本项目按照每人 15min 的时间保守估计。

### 3、预测结果

本项目从停留时间、屏蔽厚度、源强及距离来选择预测点位，预测点位为该方向可能最大剂量处。

(1) 氟-18 操作各关注点的  $\gamma$  辐射剂量率及年有效剂量预测

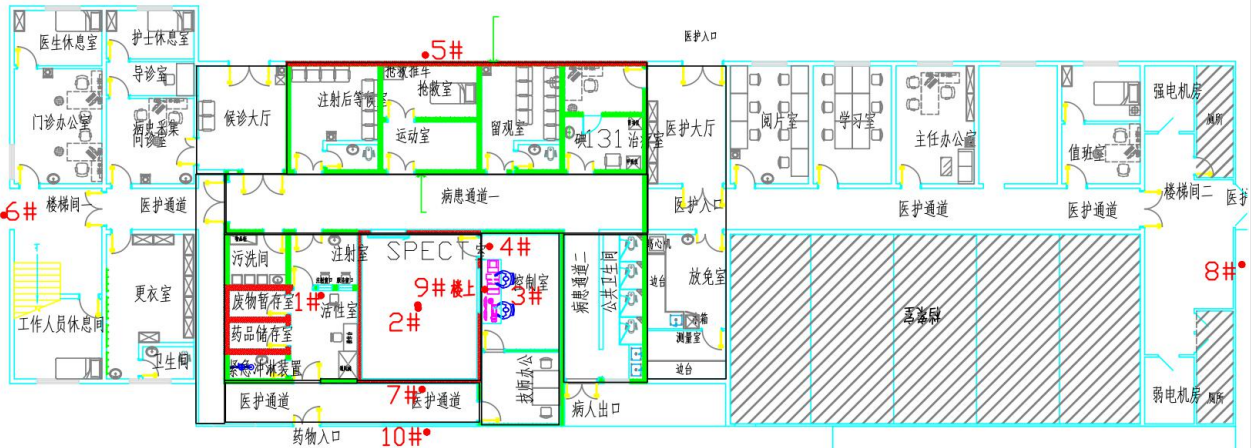


图 11-1  $^{18}\text{F}$  剂量率预测点位

表 11-3 氟-18 操作过程 $\gamma$  射线的影响

序号	人员	位置	距 $\gamma$ 源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽体外关注点 $\gamma$ 射线辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年操作时间 h	居留因子	年有效剂量率 ( $\text{mSv/a}$ )
1	护士 (职业)	注射位置	0.5	40mmPb+0.5mmPb	0.44	6.7	1	$2.92 \times 10^{-3}$
2	技师 (职业)	摆位 (SPPECT/CT)	1	0.5mm Pb+3mmPb	18.38	3.4	1	$6.25 \times 10^{-2}$
3		控制室玻璃窗外 30cm	3	5mmPb	1.66	133.4	1	0.22
4		控制室防护门外 30cm	3.9	5mmPb	0.98	133.4	1	0.13
10		SPECT/CT 机房南面墙外 30cm 处	3.5	6mmPb	1.06	133.4	1/2	0.07
5	公众	运动抢救室北侧墙外 30cm	2.9	6mmPb	1.55	266.7	1/16	0.025
6		控制区域西侧核医学科墙外 30cm 处	9.6	4mmPb	0.19	266.7	1/16	$3 \times 10^{-3}$
7		控制区域南侧核医学科墙外 30cm 处	5.2	4mmPb	0.63	133.4	1/16	$5.3 \times 10^{-3}$
8		控制区域东侧核医学科墙外 30cm 处	26	4mmPb	0.03	266.7	1/16	$4.2 \times 10^{-4}$
9		SPECT/CT 室楼上内分泌代谢科病房处	3.5	4mmPb	1.40	133.4	1	0.19

备注：5号点位病人在运动室等待检查，距核医学科北侧墙壁 2.4m+墙体 20cm+30cm。

根据上表，氟-18 操作时核医学科外 30cm 辐射剂量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h。

(3) 锝-99m 操作各关注点的  $\gamma$  辐射剂量率及年有效剂量预测

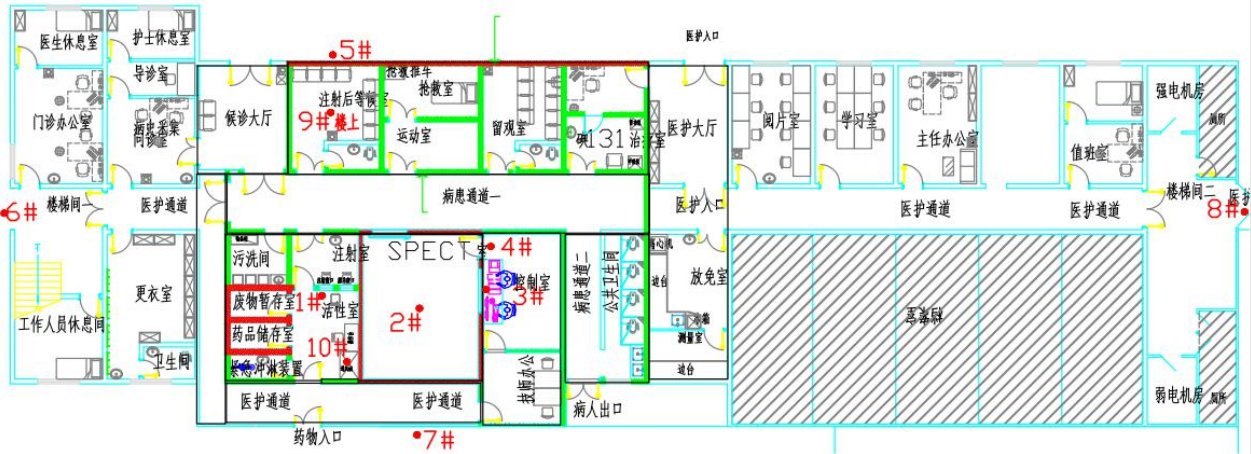


图 11-2 <sup>99m</sup>Tc 剂量率预测点位

表 11-4 <sup>99m</sup>Tc 操作过程 $\gamma$ 射线的影响

序号	人员	位置	距 $\gamma$ 源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽体外 30cm $\gamma$ 射线辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	年操作时间 h	居留因子	年有效剂量率 (mSv/a)
10	护士 (职业)	分药	0.3	20mmPb+0.5mmPb	$8.87 \times 10^{-19}$	50	1	$4.5 \times 10^{-20}$
1		注射	0.5	40mmPb+0.5mmPb	$2.73 \times 10^{-39}$	25	1	$6.82 \times 10^{-41}$
2	技师 (职业)	SPCECT/CT 摆位	1	0.5mm Pb+3mmPb	0.009	12.5	1	$1.2 \times 10^{-4}$
3		控制室玻璃窗外 30cm	3	5mmPb	$3.17 \times 10^{-5}$	375	1	$1.2 \times 10^{-5}$
4		控制室防护门外 30cm	3.9	5mmPb	$1.88 \times 10^{-5}$	375	1	$7 \times 10^{-6}$
5	公众	注射后等候室 北侧墙外 30cm	1	6mmPb	$2.9 \times 10^{-4}$	450	1/16	$8.0 \times 10^{-6}$
6		控制区域西侧核医学科墙外 30cm 处	9.6	4mmPb	$3.1 \times 10^{-4}$	450	1/16	$9 \times 10^{-6}$
7		控制区域南侧核医学科墙外 30cm 处	5.2	4mmPb	$1.1 \times 10^{-3}$	450	1/16	$3 \times 10^{-5}$
8		控制区域东侧核医学科墙外 30cm 处	26	4mmPb	$4.25 \times 10^{-5}$	450	1/16	$1.2 \times 10^{-6}$
9		注射后等候室楼上内分泌代谢科病房处	3.5	3mmPb	0.024	450	1	0.011



备注：①5号点位病人距墙 0.5m+墙体 20cm+30cm。②5-9号点位用 10人同时等候剂量核算。

根据上表，钨-99m 操作时核医学科外 30cm 辐射剂量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h。

(3)碘-131 操作各关注点的  $\gamma$  辐射剂量率及年有效剂量预测

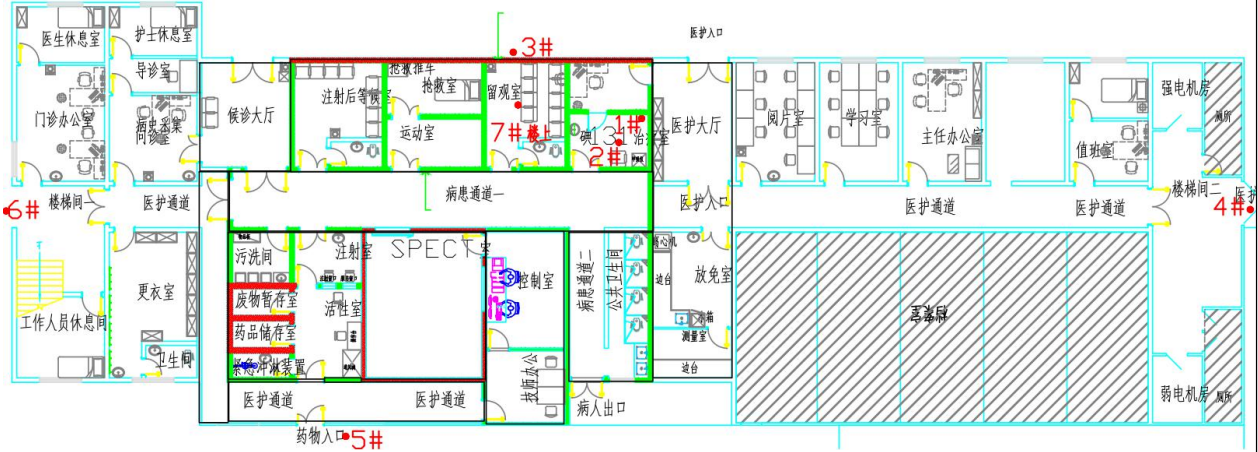


图 11-3 <sup>131</sup>I 剂量率预测点位

表 11-5 <sup>131</sup>I 操作过程 $\gamma$ 射线的影响

序号	人员	位置	距 $\gamma$ 源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽体外 30cm $\gamma$ 射线辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	年操作时间 h	居留因子	年有效剂量率 (mSv/a)
1	护士 (职业)	分药	1	20mmPb+0.5mmPb	0.26	2	1	5*10 <sup>-4</sup>
2		服药	2	3mmPb+0.5mmPb	3.21	2	1	6.5*10 <sup>-3</sup>
3	公众	碘-131 留观室北侧墙外 30cm	2	6mmPb	1.80	60	1/16	6.8*10 <sup>-3</sup>
4		控制区域西侧核医学科墙外 30cm 处	9.6	4mmPb	0.124	60	1/16	4.7*10 <sup>-4</sup>
5		控制区域南侧核医学科墙外 30cm 处	5.2	4mmPb	0.423	60	1/16	1.6*10 <sup>-3</sup>
6		控制区域东侧核医学科墙外 30cm 处	26	4mmPb	0.017	60	1/16	6.3*10 <sup>-5</sup>
7		留观室楼上内分泌代谢科病房处	3.5	3mmPb	1.18	60	1	0.07

备注：3号点位病人距墙 1.5m+墙体 20cm+30cm。医院应保证病人位置距墙体 1.5m 或者核医学北侧外扩 2m 作为控制区。

根据上表，碘-131 操作时核医学科外 30cm 辐射剂量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h。

综上，根据医院实际操作核素情况：碘-131 由 2 名医护人员操作，不兼职其它核素的

操作；其他核素的注射由 2 名护士操作；一名技师操作 SPECT/CT。假设碘-131 由 1 名人员操作，其他核素由 1 名人员操作，根据表 11-3~11-5，职业人员辐射量年有效剂量率为  $2.92 \times 10^{-3} \sim 0.23$  ( $6.25 \times 10^{-3} + 0.22 + 1.2 \times 10^{-4} + 1.2 \times 10^{-4}$ )mSv/a，最大值约 0.23mSv/a (SPECT/CT 技师)，未超出本次评价所采用的 5mSv/a 剂量约束值。根据医院提供资料，计划拟招聘 2 位人员能从事全部核素的操作，本项目以最极端不利情况预测：1 个人操作全部核素及 SPECT/CT，年有效剂量为 0.237mSv/a ( $2.92 \times 10^{-3} + 6.25 \times 10^{-3} + 0.22 + 1.2 \times 10^{-4} + 1.2 \times 10^{-4} + 5 \times 10^{-4} + 6.5 \times 10^{-3}$ )，未超出本次评价所采用的 5mSv/a 剂量约束值。公众年有效剂量率为  $1.2 \times 10^{-6} \sim 0.19$ mSv/a，最大值约 0.19mSv/a (SPECT/CT 机房楼上内分泌代谢科病房，居留因子以 1 核算)，满足公众照射年有效剂量限值 1mSv/a，**不满足**本环评要求的公众照射年有效剂量限值 0.1mSv/a。达州中心医院已决定将内分泌代谢科搬迁，核医学科 2 楼改为医院库房，居留因子保守以 1/2 核算，最大值约 0.095mSv/a，**满足**本环评要求的公众照射年有效剂量限值 0.1mSv/a。

### (三) $\beta$ 表面玷污辐射环境影响分析

任何表面上沾染放射性物质，均可能成为外照射源。在本项目工作场所中，通风橱内及其操作口、工作台面、附近地面、工作人员穿戴的鞋、手套和工作服袖口，清洁用的抹布和拖布、盛放放射性物质的容器及其承托物等，均是容易被污染的地方。

为了使本项目开放性工作场所的  $\beta$  表面污染水平达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 规定的要求，环评要求建设方要做到以下防护措施：

- A、使用、操作非密封放射性物质的人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；
- B、开瓶、转移、标记、分离纯化等易产生放射性物质逸出或飞散的操作，其操作须在通风柜内进行；
- C、操作液体放射性物质应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料；
- D、吸取液体的操作必须用合适的器具，严禁用口吸取；
- E、不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作；
- F、放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污。工作人员应进行淋浴；
- G、放射性药品用后应及时存放在专用保险柜内，需防盗、防水、防火，柜外应有电离辐射标志；

H、做好就诊病人的管理，特别是已服药和注射放射性药品的病人管理工作，严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随处走动；

I、如  $\beta$  表面污染水平超过 GB18871-2002 规定值，医院应暂停开展核医学活性区的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务；

医院工作中落实上述措施后，是能够确保工作人员不会受到高于表 7-2 给出的  $\beta$  表面污染控制水平的照射，不会造成外环境污染。

#### (四) 其他敏感目标的有效剂量率

本项目 50m 评价方位内保护目标的有效剂量率见表 11-6。

表 11-6 主要环境保护目标有效剂量率

保护目标	人数	核医学科墙外 30cm 剂量率 $\mu\text{Sv/h}$		距离辐射源最近 距离 m		保护目标辐射 剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	辐射剂量 叠加结果 $\mu\text{Sv/h}$	年剂量 $\text{mSv/a}$
		核素	剂量率	水平	垂直			
北侧停车场公众	流动人群	$^{18}\text{F}$	1.55	8	-	0.0242	0.0524	$1.5 \times 10^{-3}$
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.9 \times 10^{-4}$			$4.5 \times 10^{-6}$		
		$^{131}\text{I}$	1.8			0.0282		
东侧市政道路公众	流动人群	$^{18}\text{F}$	0.03	3	-	0.0034	0.0053	$1.5 \times 10^{-4}$
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$4.25 \times 10^{-5}$			\		
		$^{131}\text{I}$	0.017			0.0019		
南侧停车场公众	流动人群	$^{18}\text{F}$	0.63	3	-	0.07	0.117	$3.3 \times 10^{-3}$
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$1.1 \times 10^{-3}$			\		
		$^{131}\text{I}$	0.423			0.047		
西侧外科大楼	30	$^{18}\text{F}$	0.19	7	-	0.0039	0.0065	$2.9 \times 10^{-3}$
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$3.1 \times 10^{-4}$			\		
		$^{131}\text{I}$	0.124			0.0026		
西北侧内科大楼	45	$^{18}\text{F}$	1.55	16	-	0.0061	0.0132	$6 \times 10^{-3}$
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.9 \times 10^{-4}$			$1.2 \times 10^{-6}$		
		$^{131}\text{I}$	1.8			0.0071		
东北侧 22F 医院家属楼	300 人	$^{18}\text{F}$	1.55	13	3.2	0.0092	0.0199	$9.0 \times 10^{-3}$
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.9 \times 10^{-4}$			$1.7 \times 10^{-6}$		
		$^{131}\text{I}$	1.8			0.0107		
东北侧 2F 办公楼	15 人	$^{18}\text{F}$	1.55	7	-	0.0316	0.1786	0.081
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.9 \times 10^{-4}$			$5.9 \times 10^{-6}$		
		$^{131}\text{I}$	1.8	3.5		0.1470		

备注：保守按照最长时间 450 小时/年计算，家属楼、办公楼、内外科大楼居留因子为 1；流动人群居留因子为 1/16

根据上表，核医学科对周边评价范围内敏感目标年最大剂量率为  $0.081\text{mSv/a}$ ，出现在东北侧 2F 办公楼内。本项目对周围公众的辐射影响满足相应标准要求，不会对周边环境

敏感目标带来不利影响。

## 二、大气环境影响分析

### (一) 放射性废气影响分析

本项目放射性气溶胶核素组成包括：氟-18、锝-68、锶-89、碘-131，放射性废气排放时，排口设置有高效过滤器加活性炭过滤器，其过滤效率为99%，最终排放后，公众最大年摄入量见表 11-7。

表11-7 放射性核素公众最大年摄入量汇总表

核素	日最大排放量 (Bq)	核医学科排风量 (m <sup>3</sup> /h)	排放浓度 Bq/m <sup>3</sup>	年操作天数 (天)	年最大摄入量 (Bq)	年摄入量最小限制 (Bq)	备注
<sup>99m</sup> Tc	1.48×10 <sup>4</sup>	1200	1.54	250	462	7.6×10 <sup>6</sup>	满足
<sup>89</sup> Sr	2.96×10 <sup>2</sup>	1200	0.031	250	9.3	2.5×10 <sup>3</sup>	满足
<sup>18</sup> F	8.88×10 <sup>2</sup>	1200	0.093	250	27.9	2.3×10 <sup>6</sup>	满足
<sup>131</sup> I	1.11×10 <sup>5</sup>	1200	11.57	250	3471	1.3×10 <sup>4</sup>	满足

\*注：①年最大摄入量=公众呼吸量\*排放浓度\*年操作天数；②根据《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS/T613-2018）表 A.2 查得。

根据上表，本项目 4 种核素均满足公众年摄入量最小限制，产生的放射性废气对周围环境影响小。

### (二) 臭氧影响分析

本项目 SPECT/CT 臭氧产生量较小，通过管道引至屋顶排放经自然稀释后大气环境影响是很小的。

## 三、水环境影响分析

本项目放射性废水 10 个半衰期产生量为 30m<sup>3</sup>，该部分废水排入 1\*15m<sup>3</sup>化粪池+三级并联 3\*15m<sup>3</sup>的衰变池，放射性废水在衰变池停留 10 个半衰期后，经监测达标后排入医院污水处理站，达标处理后排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

## 四、固体废物影响分析

### (一) 放射性固体废物

本项目放射性固废产生量为 2.3kg/天，核素种类包含：氟-18、锝-99m、碘-131、锶-89，医院采用专门固废收集桶分类收集后，衰变 10 个半衰期并监测达标后转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理，不外排；更换下的活

性炭过滤器产生量为 8.5kg/a, 衰变 10 个半衰期并监测达标后作为普通固废处置; 废钨钨发生器和锆铯发生器及其包装由厂家定期回收, 对周围环境影响较小。

## (二) 非放射性固体废物

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料, 进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度, 应严格执行医疗垃圾转移联单制度, 由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。

## 五、辐射事故影响分析及应急措施

### (一) 事故等级判断依据

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 第 449 号) 第四十条: 根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素, 从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级, 详见表 11-8。

表 11-8 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果, 或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者 10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控, 或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲, 北京: 原子能出版社)急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系(表11-9)

表 11-9 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80

1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

## (二) 事故情况下的环境影响分析

### 1、风险识别

(1) 放射性药物丢失、被盗或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，从而形成环境介质的放射性污染；

(2) 在放射性药品的分装、注射等操作，会产生撒漏的可能性，这样就会使室内的设备、地面等受到放射性污染。

### 2、事故情况假设

①放射性核素分装过程中导致放射性药物试剂瓶或铅罐打翻或破碎，或放射性药物分装过程中造成放射性药物泄漏，本次以核素单日最大操作量计算，并考虑日操作量相对较大的氟-18、钼-99、锝-99m 和碘-131 核素；

②若发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③受照人员不考虑任何屏蔽措施；

④事故最长持续时间为 2h。

### 3、计算结果

根据式 11-2~11-3，分别计算距辐射源 0.1m、0.2m、0.5m、1.0m、2.0m、5.0m、10m、12.6m 处的剂量率。计算结果见 11-10。

表 11-10 放射性药物丢失和撒漏事故和下不同距离处剂量率分布表

距源距离 (m)	各事故持续时段的 $\gamma$ 射线剂量率 (mGy/h)		
	$^{18}\text{F}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$^{131}\text{I}$
0.1	11.95	59.36	57.62
0.2	2.99	14.84	14.40
0.5	0.48	2.37	2.30
1.0	0.12	0.59	0.58
2.0	0.03	0.15	0.14
5.0	$4.8 \times 10^{-3}$	0.02	0.03
10.0	$1.2 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$	$5.8 \times 10^{-3}$

12.6	$7.6 \times 10^{-4}$	$3.8 \times 10^{-3}$	$3.7 \times 10^{-3}$
------	----------------------	----------------------	----------------------

#### 4、事故后果

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：500m<sup>2</sup>（半径为 12.6m）范围的环境剂量率超过 0.1mSv/h，结合表 11-10 可知，本项目放射性药品在撒漏情况下构成一般辐射事故。

#### （三）辐射事故应急措施

发生辐射事故时，采取的应急处理措施如下：

（1）由于操作不慎，有少量的液态药物溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 $\beta$ 表面污染大于 4Bq/cm<sup>2</sup>，表明该污染区未达到标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于 4Bq/cm<sup>2</sup> 为止。

（2）因不慎造成放射性核素大面积污染了地面或台面时，应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。人体溅污放射性核素时，应先用吸水纸吸干体表，避免污染面积扩大，之后根据不同核素分别去污，最终去污标准需达到 0.4Bq/cm<sup>2</sup>。

（3）若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（环保、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

（4）放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒。如果出现人员误入射线装置机房或射线装置失控，应立即启动“紧急止动开关”关闭电源，并对受误照射人员进行医学诊断和观察。

#### （四）应急预案

建设单位制定了放射性事件（辐射事故）应急救援预案，实施分级响应程序，及时向达州市生态环境局(0818-2669052)、卫健委(电话 0818-2122319)、公安局(0818-2123310)，四川省生态环境厅（省厅值班电话：工作日白天 028-80589003；节假日及夜晚 80589100），环保应急投诉热线报告，必要时向 110 报警。

建设单位应在平时安排人员对应急预案进行培训与演练，开张公众教育，对邻近地区开展工作教育、培训和发布相关信息。



## 表 12 辐射安全与管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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II、III类射线装置和非密封放射性物质工作场所的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立了辐射（放射）安全管理委员会，全面负责辐射安全防护管理工作。医院以达市医【2019】88号文件规定了辐射安全管理委员会组成人员及职责。

表 12-1 辐射安全管理委员会组成人员

主任	██████
副主任	████████████████████
委员	████████████████████ ████████████████████

辐射安全管理领导小组职责包括：①负责医院辐射防护与环境保护工作的监督与检查，并经常检查各项相关规章制度、辐射防护措施及环境保护措施落实情况；②根据相关法律法规政策组织修订辐射事故应急预案及规章制度；③组织实施全员辐射、放射工作人员的职业健康检查、个人剂量监测及职业健康监护档案管理工作；④负责全院放疗设备、诊疗场所的监测与申报工作。⑤负责对医院所有辐射安全与防护设施、设备进行定期保养，做好保养记录，如有损坏及时协同相关部门进行处理。⑥负责辐射事故的应急处置指挥工作；⑦组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习。

### 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008年修改）（环境保护部第3号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）的相关管理要求，射线装置及非密封放射性物场所的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环办发[2016]1400号）的相关要求，将建设单位需要制定的列于表 12-2。

表12-2 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		落实情况
1	综合	辐射安全和防护管理规定（综合性文件）	已制定
2		放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）	已制定
3		辐射工作场所安全保卫制度	已制定
4	场所设施	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	已制定
5		非密封放射性物质操作规程（分操作核素或诊治类别进行制定）	已制定
6		去污操作规程	已制定
7		SPECT/CT 操作规程	已制定
8		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定
9		患者管理规定	已制定
10		放射性药物（体内）治疗病房管理规定	已制定
11		监测	监测方案
12	监测	监测仪表使用与校验管理制度	已制定
13	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定
14		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定
15	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定
16	三废	放射性“三废”管理规定	已制定
17	大纲	放射性治疗保证大纲及质量控制计划	已制定

建设单位已在医院辐射安全管理领导小组组织下及时定制上述各项规章制度，明确了科室人员责任，并严格落实。辐射安全管理领导小组需定期对辐射安全规章制度执行情况进行评议，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。同时各辐射工作场所职业人员操作室或医生办公室内需将所有制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“SPECT/CT 操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于600mm×400mm。

医院建立有年度辐射安全评估制度。已编制2019年《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，报告内容包括单位辐射安全许可证符合性检查及变更情况、年度放射性同位素与射线装置使用台帐及变更情况、辐射工作人员年剂量和事故应急预案进行自查与评估。年度评估报告的电子档还应上传到“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mep.gov.cn/>）

达州市中心医院：①应每年按时（每年1月31日前）向生态环境主管部门网站申报辐射

安全与防护状况年度自查评估报告；②年度自查评估若发现安全隐患的，应当立即整改；③辐射工作人员年度剂量监测报告和辐射工作场所辐射环境质量监测报告应作为评估报告的附件。

## 辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

### 1、个人剂量监测

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49号）做好个人剂量管理的工作。加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，并建立个人剂量档案终生保存。当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，并进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

### 2、辐射工作场所监测

（1）监测内容：射线装置工作场所监测因子为： $X-\gamma$  辐射剂量率，非密封放射性物质工作场所监测因子为： $X-\gamma$  辐射剂量率、 $\beta$  表面沾污及衰变池废水总  $\beta$ 。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

（3）监测频度：对于  $X-\gamma$  辐射剂量率和  $\beta$  表面沾污应自行配备监测设备每 1 个月监测 1 次，废水总  $\beta$  应在每次排放前委托有资质单位进行采样监测。另外建设单位需委托有监测资质的单位在项目正式投运前开展验收监测，并在投运后每年定期开展年度监测，并于每年 1 月 31 日前向四川省生态环境厅提交。

(4) 监测范围：射线装置工作场所主要监测屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上、楼下区域和穿线空洞外 X- $\gamma$  辐射剂量率。非密封放射性物质工作场所主要监测控制区人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等表面沾污，以及控制区内所有场所及控制区外邻近房间的 X- $\gamma$  辐射剂量率。

(5) 监测设备：X- $\gamma$  辐射剂量率仪、 $\beta$  表面沾污。

(6) 质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表12-3 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	非密封放射性物质工作场所	$\beta$ 表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	每月一次（记录监测数据存档）	$\beta$ 表面沾污仪
		X- $\gamma$ 射线空气吸收剂量率	控制区内所有场所、控制区外邻近房间	每月一次（记录监测数据存档）	X- $\gamma$ 辐射监测仪
委托监测	非密封放射性物质工作场所	$\beta$ 表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	(1) 竣工环保验收监测；(2) 编制辐射防护年度评估报告（每年）	表面沾污仪
		X- $\gamma$ 射线空气吸收剂量率	控制区、监督区		X- $\gamma$ 辐射监测仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计
		总 $\beta$	衰变池排放口	每次排放前	委托监测

## 表13 结论与建议

### 结论

#### 1、项目概况

项目名称：拟搬迁核医学科项目

建设单位：达州市中心医院

建设地点：达州市中心医院东南角原风湿免疫科（1F）

建设性质：改建

项目建设内容与建设规模：

医院拟将东南角停用原风湿免疫科改建为新的核医学科，总建筑面积 760m<sup>2</sup>。核医学科场所建设内容包括活性室、注射室、药品储存室、碘-131 等治疗室、留观室等辐射工作场所和门诊办公室、阅片室、放免室等配套场所，使用一台 SPECT/CT 机（利旧，已验收），位于新建核医学科 1 楼 SPECT/CT 机房，最大管电压 140kV，最大管电流 3mA，用于显像诊断，属于为 III 类射线装置。

废物暂存室、药品储存室（源库）和 SPECT/CT 机房墙体防护利用现有原风湿免疫科 20cm 实心红砖墙体，再加 5mmPb 铅板防护，共 6mmPb 当量（根据设计资料，现有原风湿免疫科 20cm 实心红砖墙体由于年代较久，以 1mmPb 当量计）；楼顶防护采用 12cm 混凝土+3mmPb 当量铅顶板防护（共 4mmPb 当量）。活性室、注射室、污洗间、注射后等候室、留观室、紧急冲淋装置室、碘-131 治疗室、运动抢救室、病患通道、公共卫生间、SPECT/CT 机房及其控制室、技师办公室墙体防护采用 20cm 实心红砖墙体+3mmPb 铅板防护，共 4mmPb 当量（其中注射后等候室、留观室、碘-131 治疗室、运动抢救室北侧墙壁采用 20cm 实心红砖墙体+5mmPb 铅板防护，共 6mmPb 当量）；楼顶防护采用 12cm 混凝土+2mmPb 铅板防护（共 3mmPb 当量）。铅板密度为 11.34g/cm<sup>3</sup>。

本项目本项目涉及使用非密封放射性物质包括：碘-131、锶-89、钨-99m、氟-18。各非密封放射性物质用量情况如下：碘-131 日等效操作量  $1.11 \times 10^9 \text{Bq}$ ，年最大操作量  $1.332 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，从成都欣科医药有限公司及成都中核高通同位素股份有限公司购买；锶-89 日等效操作量  $2.96 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大操作量  $7.104 \times 10^9 \text{Bq}$ ，成都中核高通同位素股份有限公司购买；钨-99m 日等效操作量  $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大操作量  $1.11 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，从原子高科股份有限公司购买；氟-18 日等效操作量  $8.88 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大操作量  $8.88 \times 10^{10} \text{Bq}$ （将从北京原子高科股份有限公司购买，

该公司将在南充建站供应核素)。整个核医学科属于乙级非密封放射性工作场所。

## 2、本项目产业政策符合性分析

本项目的建设属于《产业结构调整指导名录(2019年本)》中第六项核能中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目,属于国家鼓励类产业,符合国家现行产业政策。

## 3、本项目选址及平面布局合理性分析

本项目不新增用地,选址远离医院门诊楼等人流量较大的区域,相对独立,临近医院的东南门,方便核医学科病人就诊同时能减少与医院其他病人接触。医院外50m范围内不存在自然保护区、保护文物、风景名胜区、饮用水源保护区、学校、集中居民小区等生态敏感目标和环境敏感目标。拟建设的各个辐射工作场所均按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施,产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。本项目核医学科相对封闭且独立,就诊病人与医生流通过程不交叉重叠,病人通道设置单向门禁系统(只能进不能出),以实现整个区域的封闭及用药病人的单向流通,且人流与物料能实现时间隔离,各单元功能分区明确,满足诊治工作要求,既能有机联系,又不相互干扰。

从辐射安全防护的角度分析,本项目选址及平面布局是合理的。

## 4、工程所在地区环境质量现状

拟建场址及周边评价范围内区域的X- $\gamma$ 辐射剂量率为120~169nGy/h。该值与《2019年四川省生态环境状况公报》全省29个电离辐射环境监测自动站测得的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率(小时均值)范围76.8~163nGy/h相比较,差异不明显。故属正常环境本底水平。

拟建场址周围环境 $\beta$ 表面污染检测结果为0.07~0.25Bq/cm<sup>2</sup>,也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表B11给出的工作场所放射性表面污染控制水平(4Bq/cm<sup>2</sup>),属正常环境本底水平。

综上,本项目拟建场址及周边评价范围内区域的辐射环境处于环境本底水平。

## 5、环境影响评价结论

### (1) 辐射环境影响分析

经模式预测,在正常工况下,达州市中心医院落实本环评中的各项措施后,对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价5mSv的职业人员年剂量约束值;对公众造成的年附加有效剂量低于0.1mSv的公众人员年剂量约束值。

### (2) 大气环境影响分析

本项目射线装置在运行过程中产生的臭氧排放量少,经排风系统排出后对周围环境影响小;

非密封放射性物质工作场所产生的放射性废气经过滤排放后对周围辐射环境影响较小。

### (3) 水环境影响分析

本项目放射性废水先排入化粪池，再注入衰变池，放射性废水在衰变池停留 10 个半衰期后，经监测达标后排入医院污水处理站，达标处理后排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

### (4) 固体废物环境影响分析

本项目放射性固废采用专门固废收集桶分类收集后，衰变 10 个半衰期并监测达标后转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理，不外排；更换下的活性炭过滤器经暂存衰变 10 个半衰期并监测达标后作为普通固废处置；对周围环境影响较小。

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗废物管理制度，应严格执行医疗废物转移联单制度，由具备医疗废物回收处理资质的专业单位回收集中处理。

## 6、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的相关安全管理规章制度和辐射事故应急预案，在项目建成投运后，认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

## 7、环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

## 8、辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度和环保设施和措施要求下可满足防护实际需要。对拟建场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

## 9、项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目在达州市中心医院东南角原风湿免疫科（1F）进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

## 建议

(1) 在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

(2) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规, 不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养, 切实做好各项环保工作。

(3) 不断提高工作人员素质, 增强职工环保意识和安全意识, 做好辐射防护设施、设备的维护保养, 避免发生辐射事故。

### 承诺

- (1) 所有辐射工作人员尽快安排参加学习, 并持证上岗。
- (2) 加强对病人和核医学科住院病人活动区的辐射安全管理。
- (3) 项目应按照国家相关法律法规尽快进行验收。
- (4) 接受生态环境主管部门的监督检查。

### 项目竣工验收检查内容

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》(国务院 682 号令), 工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目投入运行后, 建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序, 自行对配套建设的环境保护设施进行验收, 编制验收报告, 并依法向社会公开验收报告。本项目竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 竣工环境保护验收一览表

项目	措施	数量	备注
辐射屏蔽措施	墙体屏蔽		见表 1-6
	活性室、药品储存室、废物暂存室、注射室医护入口、SPECT/CT 机房设置 5mm 铅当量的防护铅门	6 个	
	紧急冲淋装置室、注射后等候室、污洗间、留观室、 <sup>131</sup> I 治疗室、病人出口, 病患通道入口等设置 3mm 铅当量的防护铅门	11 个	
	活性室带通风效果的通风橱 (20mm 铅当量)	1 个	
	注射室与活性室之间 8mm 铅当量服药窗	1 个	
	SPECT/CT 机房带屏蔽效果 (5mm 铅当量) 的观察窗	1 个	
	注射室带屏蔽效果 (40mm 铅当量) 注射台	1 个	
个人防护用品	个人剂量报警仪	9 个	
	个人剂量计	18 个	
	3mm 铅当量防护屏风	1 个	
	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾 (0.5mm 铅当量) 等	9 套	
	成人防护用品 1 套 (每套包含 1 个铅围脖、1 个铅帽)、儿童防护用品 1 套 (每套包含 1 个铅围脖、1 个铅帽)、铅防护方巾 2 套	2 套	
	污染表面清洗剂	/	
放射性废水	独立下水系统及排水管道屏蔽措施	1 套	
	化粪池 1×15m <sup>3</sup> +3 格并联池衰变池 (容积	1 座	



	3×15m <sup>3</sup> )		
放射性固废	放射性固废收集桶	6 个	
	放射性固废暂存间	1 间	
放射性废气	独立排风及及两级过滤装置	1 套	
安全及应急装置	药品储存室保险柜（双人双锁）及备用铅罐（套）	6 个	
	注射室、活性室、药品储存室、注射后候诊室、留观室、SPECT 扫描室、废源间、病人通道红外监控系统及报警系统、对讲系统；病人通道门禁系统	1 套	
	电离辐射警告标志	若干	
	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	若干	
监测设备	X-γ 辐射剂量率监测仪	1 台	
	β 表面沾污仪	1 台	
分区管理	场所控制区、监督区划分标识	/	
台账管理	个人剂量档案		单季度个人剂量不得超过 1.25mSv 情况
	射线装置台账、非密封放射性物质台账		
人员培训	辐射工作人员上岗培训及再培训	/	
规章制度	辐射安全和防护管理规定、放射性药物管理规定、辐射工作场所安全保卫制度、场所分区管理规定、非密封放射性物质操作规程、去污操作规程、射线装置操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、患者管理规定、放射性药物（体内）治疗病房管理规定、监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射事故/事件应急预案、放射性“三废”管理规定、放射性治疗保证大纲及质量控制计划		“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需在各辐射工作场所内张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小 600mm×400mm

## 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人签字

单位盖章

年 月 日

年 月 日

审批意见：

签发人签字

单位盖章

年 月 日

年 月 日