

编号：ZFHK-FB20220085

核技术利用建设项目

达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）

核医学科改扩建项目

环境影响报告表

(公示版)

达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）

2020年11月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）

核医学科改扩建项目

环境影响报告表

建设单位名称：达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）

建设单位法人：

通讯地址：四川省达州市通川区塔石路 186 号

邮政编码：635000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	14
表 3 非密封放射性物质	14
表 4 射线装置	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	15
表 6 评价依据	17
表 7 保护目标与评价标准	19
表 8 环境质量和辐射现状	22
表 9 项目工程分析与源项	30
表 10 辐射安全与防护	38
表 11 环境影响分析.....	56
表 12 辐射安全管理	72
表 13 结论与建议	81
表 14 审批	86

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目周边环境关系图

附图 3 核医学科工作场所平面布置、两区划分及路径规划图

附图 4 本项目核医学科通风管线与废水管线图

附图 5 住院综合楼负 2 层部分平面布置图

附图 6 住院综合楼 1 层部分平面布置图

附件

附件 1 委托书

附件 2 民办非企业单位登记证书

附件 3 环评批复

附件 4 辐射安全许可证

附件 5 执行标准确认函

附件 6 辐射本底监测报告

附件 7 辐射工作人员资料

附件 8 关于核医学科核素诊疗用药情况的说明

附表

建设项目环评审批基础信息

表 1 项目基本情况

建设项目名称		达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）核医学科改扩建项目				
建设单位		达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院） （统一社会信用代码：52511702MJR189948P）				
法人代表		联系人		联系电话		
注册地址		四川省达州市通川区塔石路 186 号				
项目建设地点		达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院住院综合楼				
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		☐ 新建 ☒ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			建筑面积(m ²)	/
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☐ II 类 ☒ III 类			
	其他	/				

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位情况

达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）（统一社会信用代码：52511702MJR189948P，以下简称“医院或建设单位”），始建于 1998 年，位于达州市通川区塔石路 186 号，是通川区唯一一所民营非营利县级综合医院。

医院拟将院区迁往达州市通川区石桥路 111 号，2014 年 8 月 12 进行了迁建项目的备案，备案号：川投资备[51170014081201]0021 号（见附件 2），医院的《通川区红十字医院迁建项目环境影响报告书》于 2014 年 10 月 27 日取得原四川省环境保护厅的环评批复（川环审批[2014]562 号），环评批复见附件 3。

医院新院区位于达州市通川区石桥路 111 号（莲花湖片区 III E2-2 地块及 III E2-3 地

块(部分)),占地约 45 亩。主要建设内容为新建裙楼式医疗楼(总建筑面积 67753.22m²),包括门诊楼、急诊医技楼、住院楼等建筑,并配套建设锅炉房、医疗固废暂存间、生活垃圾暂存间、污水处理站、食堂等公辅设施。建设单位搬迁完成后,拟规划床位 573 张,设计年门诊 62 万人次(约 1700 人/d),本项目建成后原院区不再保留。

目前,医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》(川环辐证[00243]),许可的种类和范围:使用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。

1.1.2 项目由来

迁建项目的非辐射环评,建设单位于 2014 年委托西南交通大学编制完成了《达州市通川区红十字医院迁建项目环境影响报告书》,2014 年 10 月 27 日取得原四川省环境保护厅的环评批复(川环审批[2014]562 号),环评批复见附件 3。迁建项目的辐射环评,建设单位于 2018 年委托四川省中栋环保科技有限公司编制完成了《元达联合医院核技术应用项目环境影响报告表》,2019 年 1 月 10 日取得四川省生态环境厅的环评批复(川环审批[2019]9 号)。

原批复核医学科位于新院区门急诊医技楼 1 层西南角,辐射工作场所占地面积约 1145m²,设有甲扫室、肾图室、注射室、专用病房、储源室、放射废物间等,配套建设有更衣室、淋浴室、洗涤室、库房等功能房间。原批复核医学科仅操作使用放射性同位素 ¹³¹I 用于甲亢治疗、甲吸、肾图及甲癌治疗,日等效最大操作量为 2.59×10^9 Bq,年最大用量为 1.29×10^{12} Bq,属于乙级非密封放射性物质工作场所。原批复核医学科工作场所为核医学科迁建项目,环评批复后未修建成未使用。

为进一步提高医院医疗服务水平,拓展核医学科影像检查等业务,更好地满足人民群众的医疗服务需求,本项目拟对原批复核医学科工作场所进行改扩建,工作场所由急诊医技楼 1 层西南角改为住院综合楼负 1 层西南角,调整原批复核医学科工作场所布局,拟启用原预留机房(SPECT/CT 机房及控制室,SPECT/CT 机房未环评),新增 1 间注射室、1 间注射后等候室等配套房间,新增使用放射性同位素 ^{99m}Tc 用于显像诊断,新增使用放射性同位素 ⁸⁹Sr 用于骨癌治疗,改扩建后核医学科工作场所日等效最大操作量为 2.65×10^9 Bq,仍属于乙级非密封放射性物质工作场所,本项目将改建前后项目内容作为一个整体进行环境影响评价。本项目改建前后平面布局图见图 1-1 与图 1-2,改建前后非密封放射性物质使用变化情况见表 1-1。

原核医学科环评批复后未建成未使用,根据现场踏勘,医院新院区正在建设中,

门诊综合楼、行政综合楼、急诊综合楼、本项目所在的住院综合楼主体框架已建成，其他建筑和公用工程正在建设中。原核医学科预留机房及控制室 37cm 实心砖墙已建成，未进行装饰及防护建设情况，4 间甲癌病房 24 cm 实心砖墙已建成，未进行装饰及防护建设情况，除此之外未发现其余建设情况。

改扩建前核医学科工作场所平面布置图见图 1-1。

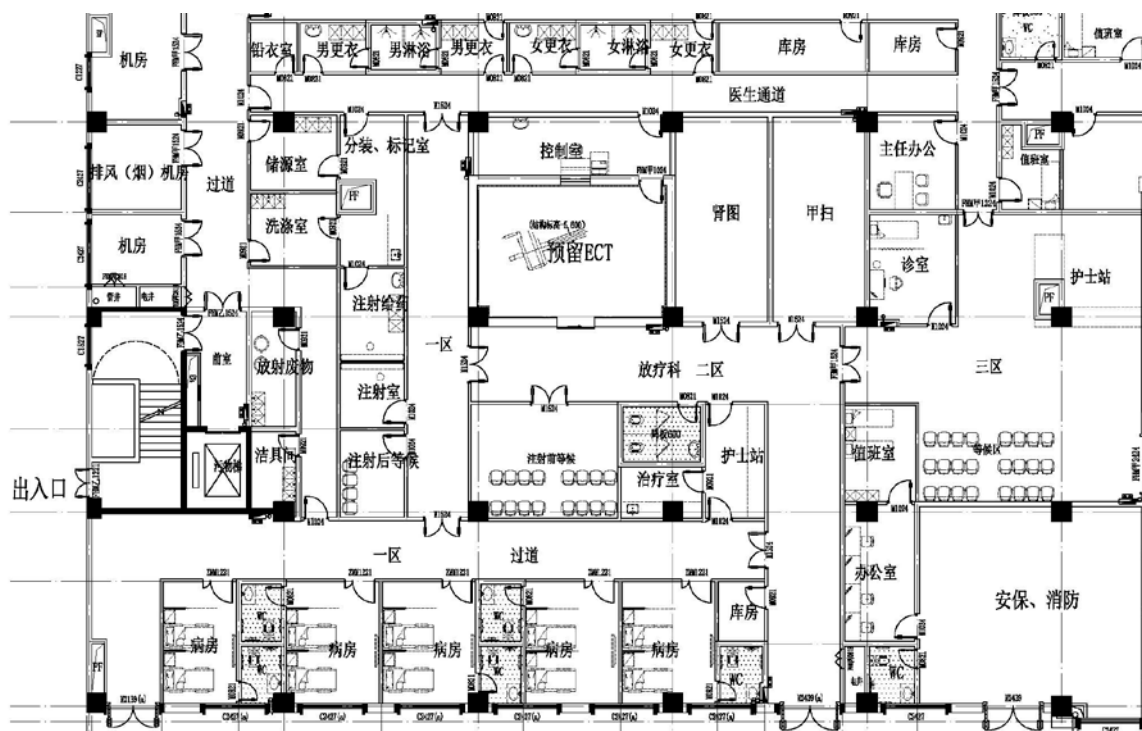


图 1-1 原批复核医学科工作场所平面布置图

本项目拟将原批复核医学科西侧的洗涤间、储源室、废物间、分装室、注射给药室的面积与位置进行了调整；拟将原批复核医学科注射前等候区、注射后等候区、治疗室、护士站改为注射室、服碘室、抢救室及专用厕所、污被间、甲亢服药后留观室及专用厕所、注射后等候室及专用厕所、留观室；拟将原核医学科北侧甲扫室改建为甲吸室和设备室；拟将原批复核医学科南侧 1 间甲癌病房和库房改建为治疗室、送餐室、卫生通过间、淋浴室和护士值班室，其余 4 间双人间甲癌病房面积与防护保持不变；拟将原批复核医学科东侧等候区、办公室、值班室改建为等候区、诊室和护士站。

本项目拟启用原预留机房（SPECT/CT 机房及控制室），新增 1 间注射室、1 间注射后等候室等配套房间。SPECT/CT 机房拟新增 1 台 SPECT/CT，型号待定，其最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属Ⅲ类射线装置。

改扩建后核医学科工作场所平面布置图见图 1-2。

封放射性物质工作场所”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向四川省生态环境厅重新申领辐射安全许可证。

医院委托中辐环境科技有限公司对本项目进行辐射环境影响评价。评价单位在现场踏勘和收集有关资料的基础上，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）等规定要求编制了本环评报告表，供环保审批部门审查。

1.2 项目概况

1.2.1 项目名称、性质、建设地点

（1）项目名称：达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）核医学科改扩建项目

（2）建设单位：达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）

（3）建设性质：改扩建

（4）建设地点：达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院新院区住院综合楼，本项目所在住院综合楼及新院区的环境影响评价工作于 2014 年 9 月委托西南交通大学编制完成了《达州市通川区红十字医院迁建项目环境影响报告书》，并由四川省原环境保护厅对迁建项目进行了批复（川环审批〔2014〕562 号）。

1.2.2 项目建设内容与建设规模

医院拟对达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院门急诊医技楼 1 层西南角原批复核医学科工作场进行改扩建，核医学科新址位于达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院住院综合楼（已建，地下 2 层、地上 14 层）负 1 层西南角。拟用原批复核医学科预留房间新增 1 间 SPECT/CT 机房及控制室，新增 1 间注射后等候室与 1 间留观室等配套房间，调整原批复核医学科工作场所布局。改扩建后核医学科新增使用放射性同位素 ^{99m}Tc 用于显像诊断， ^{99m}Tc 年最大使用量为 $4.63 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^7\text{Bq}$ ；新增使用放射性同位素 ^{89}Sr 用于骨癌治疗， ^{89}Sr 年最大用量为 $9.25 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $3.70 \times 10^8\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^7\text{Bq}$ ；使用放射性同位素 ^{131}I 用于甲亢治疗、甲吸、肾图及甲癌治疗，日等效最大操作量为 $2.59 \times 10^9\text{Bq}$ ，年最大用量为 $2.41 \times 10^{12}\text{Bq}$ 。改扩建后核医学科工作场所日等效最大操作量为 $2.65 \times 10^9\text{Bq}$ ，仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目拟将原批复核医学科西侧的洗涤间（面积为 5m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖

墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 2mm 铅当量)、储源室（静脉用药储源室面积为 9m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为防盗门；甲癌储源室面积为 5m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为防盗门）、废物间（放射性废物暂存间面积为 5m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 2mm 铅当量；甲癌废物暂存间面积为 5m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 2mm 铅当量）、分装室（面积为 20m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量，通风橱为 20mm 铅当量）、注射给药室（面积为 13m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量，注射窗口为 4mm 铅当量）的面积与位置进行了调整；

本项目拟将原批复核医学科注射前等候区、注射后等候区、治疗室、护士站改为注射室（面积为 8m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量）、服碘室（面积为 8m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量）、抢救室及专用厕所（面积为 13m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量，铅屏风为 8mm 铅当量）、污被间（面积为 5m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量）、甲亢服药后留观室及专用厕所（面积为 18m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量）、注射后等候室及专用厕所（面积为 14m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量）；

本项目拟将原批复核医学科北侧甲扫室改建为甲吸室（面积为 10m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量）和 SPECT 抢救室（面积为 16m^2 ，四周墙体为 24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量）；拟将原批复核医学科南侧 1 间甲癌病房和库房改建为治疗室（面积为 8m^2 ，四周墙体为 37cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门为 3mm 铅当量）、送餐室、

卫生通过间、淋浴室和护士值班室，其余 4 间双人间甲癌病房（面积均为 18m^2 ，四周墙体为 37cm 实心砖墙+5cm 硫酸钡涂料，楼板为 30cm 混凝土，防护门为 5mm 铅当量）位置保持不变；拟将核医学科东侧等候区、办公室、值班室改建为等候区、诊室和护士站。

本项目利用原批复核医学科预留房间拟新增 1 间 SPECT/CT 机房（面积为 40m^2 ，四周墙体为 37cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料，楼板为 12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料，防护门与观察窗均为 4mm 铅当量）及控制室（面积为 18m^2 ）。扩建的 SPECT/CT 机房拟新增 1 台 SPECT/CT，型号待定，其最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属 III 类射线装置。

项目总投资 1500 万元，其中环保投资 57 万元，约占总投资的 3.8%。

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	拟用原批复核医学科预留房间新增 1 间 SPECT/CT 机房及控制室，新增 1 间注射后等候室与 1 间留观室等配套房间，调整原批复核医学科工作场所布局。改扩建后核医学科新增使用放射性同位素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用于显像诊断，$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 年最大使用量为 $4.63 \times 10^{12}\text{Bq}$，日实际最大操作量为 $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^7\text{Bq}$；新增使用放射性同位素 ^{89}Sr 用于骨癌治疗，^{89}Sr 年最大用量为 $9.25 \times 10^{10}\text{Bq}$，日实际最大操作量为 $3.70 \times 10^8\text{Bq}$，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^7\text{Bq}$；使用放射性同位素 ^{131}I 用于甲亢治疗、甲吸、肾图及甲癌治疗，日等效最大操作量为 $2.59 \times 10^9\text{Bq}$，年最大用量为 $2.41 \times 10^{12}\text{Bq}$。改扩建后核医学科工作场所日等效最大操作量为 $2.65 \times 10^9\text{Bq}$，仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。 本项目拟将原批复核医学科西侧的洗涤间、储源室、废物间、分装室、注射给药室的面积与位置进行了调整； 本项目拟将原批复核医学科注射前等候区、注射后等候区、治疗室、护士站改为注射室）、服碘室、抢救室及专用厕所、污被间、甲亢服药后留观室及专用厕所、注射后等候室及专用厕所、留观室； 本项目拟将原批复核医学科北侧甲扫室改建为甲吸室和抢救室；拟将原批复核医学科南侧 1 间甲癌病房和库房改建为治疗室、送餐室、卫生通过间、淋浴室和护士值班室，其余 4 间双人间甲癌病房位置保持不变；拟将核医学科东侧等候区、办公室、值班室改建为等候区、诊室和护士站。 本项目利用原核医学科预留房间拟新增 1 间	噪声、施工废水、扬尘、固体废物、射线装置安装调试阶段产生 X 射线等	X 射线、γ 射线、放射性废气、放射性废水、放射性固废、β 表面污染

		SPECT/CT 机房及控制室。扩建的 SPECT/CT 机房拟新增 1 台 SPECT/CT，型号待定，其最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属Ⅲ类射线装置。 项目总投资 1500 万元，其中环保投资 57 万元，约占总投资的 3.8%。		
辅助工程	配套建设控制室、等候区、诊室和护士站等设施。			
环保设施	◆收集放射性废物铅桶：储源铅箱 2 套、废物衰变桶 14 个、废物铅衰变箱 2 个； ◆废气处理设施：本项目核医学科拟设计单独的通风系统，排风井位于核医学科的西侧。本项目拟设三条通风管道，分装室通风柜与服碘室采用独立的通风管道，排风量不小于 4000m ³ /h，排风管道包 2mmPb 铅板，主通风管道通往住院综合楼西侧的排风井，在排风口处安装活性炭过滤器用于吸附空气中的核素，并安装一台轴流风机抽气，将处理后的废气引至住院综合楼楼顶（排气口距地面高度约 45m）排放，排气筒拟设置取样孔、 采样平台，便于日常的环境监测。 ◆放射性废水：本项目产生的放射性废水排入核医学科西侧衰变池，衰变达标后进入院内污水处理站进行预处理，之后通过市政污水管网进入达州市城市污水处理厂处理达标后排入州河。 ◆本项目产生的放射性废物暂存于源库，经衰变 10 个半衰期以上后达到清洁解控水平，作为医疗废物处理。 普通废水处理依托新院区污水处理站处理后排入市政管网；医疗废物、办公、生活垃圾等均依托新院区收集系统进行处理。		γ 射线、放射性废气、放射性废水、放射性固废、β 表面沾污	
公用工程	配电、供电和通讯系统等依托住院综合楼现有设施		生活垃圾，生活废水	
办公生活设施	主任办公室、诊室等		生活垃圾，生活废水	

1.2.3 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表 1-3 本项目主要原辅材料及耗能情况

类别	名称	使用量	来源	用途
主要原辅材料	^{99m} Tc	年用量为 4.63×10 ¹² Bq	外购	显像标记
	⁸⁹ Sr	年用量为 9.25×10 ¹⁰ Bq	外购	骨癌治疗
	¹³¹ I	年用量为 3.70×10 ⁸ Bq	外购	肾图
	¹³¹ I	年用量为 2.59×10 ⁸ Bq	外购	甲吸
	¹³¹ I	年用量为 1.85×10 ¹¹ Bq	外购	甲亢治疗
	¹³¹ I	年用量为 1.67×10 ¹² Bq	外购	甲癌治疗
能源	电(kW)	11000 度	市政电网	-
水	自来水	1100m ³ /a	市政供水管网	-

1.2.4 本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-4。

表 1-4 本项目射线装置清单

序号	装置名称	型号	设备参数	管理类别	使用场所	备注
1	SPECT/CT	待定	150kV/1000mA	III 类	SPECT/CT 机房	拟购

1.2.5 本项目医用核素及使用一览表

本项目使用医用核素及其特性见表 1-5 和表 1-6。

表 1-5 本项目涉及核素特性

核素	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要 α 、 β 辐射能量 (keV) 与绝对强度 (%)	主要 γ 、X 射线能量 (keV) 与绝对强度 (%)
^{99m}Tc	6.02h	IT(100)	-	141
^{89}Sr	50.55d	β^- (100)	1495.1 (99.99036)	0.909 (0.00956)
^{131}I	8.04d	β^- (100)	247.9 (2.1) 333.8 (7.27) 606.3 (89.9)	284.305 (6.14) 364.489 (81.7) 636.989 (7.17)

表 1-6 本项目使用核素诊疗用药情况

使用核素	物理状态	日最大诊断人数	年最大诊断人数	单人次最大使用量	给药方式	诊断治疗项目
^{99m}Tc	液体	20 人	5000 人	$9.25 \times 10^8 \text{Bq}$	静脉注射	显像标记
^{89}Sr	液体	2 人	500 人	$1.85 \times 10^8 \text{Bq}$	静脉注射	骨癌治疗
^{131}I	液体	10 人	700 人	$3.70 \times 10^5 \text{Bq}$	口服	甲吸
		10 人	500 人	$3.70 \times 10^8 \text{Bq}$		甲亢
		4 人	300 人	$5.55 \times 10^9 \text{Bq}$		甲癌
^{131}I (邻碘马尿酸钠)	液体	10 人	1000 人	$3.70 \times 10^5 \text{Bq}$	静脉注射	肾图检查

1.2.6 本项目使用核素及工作场所分级

根据医院提供的资料,改扩建后核医学科新增使用放射性同位素 ^{99m}Tc 用于显像诊断, ^{99m}Tc 年最大使用量为 $4.63 \times 10^{12} \text{Bq}$, 日实际最大操作量为 $1.85 \times 10^{10} \text{Bq}$, 日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^7 \text{Bq}$; 新增使用放射性同位素 ^{89}Sr 用于骨癌治疗, ^{89}Sr 年最大用量为 $9.25 \times 10^{10} \text{Bq}$, 日实际最大操作量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$, 日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^7 \text{Bq}$; 使用放射性同位素 ^{131}I 用于甲亢治疗、甲吸、肾图及甲癌治疗, 日等效最大操作量为 $2.59 \times 10^9 \text{Bq}$, 年最大用量为 $2.41 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法(日等效最大操作量计算公式为: 日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子/操作方式修正因子), 经计

算本项目日等效最大操作量 $2.65 \times 10^9 \text{Bq}$ ，计划日等效最大操作量属于 $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ 的范围，故本项目核医学科属于乙级非密封放射性物质工作场所。计算表见表 1-7。

表 1-7 工作场所分级计算表

工作场所	核素名称	计划最大日操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	计划日等效最大操作量 (Bq)	分级
核医学科	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.85×10^{10}	0.01	10 (简单操作)	1.85×10^7	乙级
	^{89}Sr	3.70×10^8	0.1	1 (简单操作)	3.70×10^7	
	^{131}I	2.59×10^{10}	0.1	1 (简单操作)	2.59×10^9	
合计					2.65×10^9	

注：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）的有关规定，医疗机构使用 ^{131}I 核素、 ^{89}Sr 核素相关活动视为“简单操作”，使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素相关活动为“很简单操作”。

1.2.7 工作人员配置情况

工作制度：年工作日 250d，每天工作 8h。

人员配置：原批复核医学科工作场所原配置辐射工作人员 7 人，其中储源室、注射给药室、肾图室、甲扫室各 1 名、甲癌病房医师 2 名、护士 1 名。本项目改扩建后拟新增辐射工作人员 4 人（全部由医院内部调配），其中分装标记室增加医生 1 名，SPECT 控制室新增核医学医师 1 名，SPECT 机房新增核医学技师 2 名（轮班上岗），共 11 人。

1.3 本项目产业政策符合性与实践正当性分析

本项目为核辐射技术利用医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合国家产业政策。本项目在采取了相应的辐射防护措施后，所产生的辐射危害可得到有效控制，本项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

1.4 本项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析

1.4.1 项目选址合理性分析

本项目位于达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院住院综合楼，地理位置见附图 1。本项目所在住院综合楼及新院建设的环评与选址合理性在《通川区红十字会医院迁建项目环境影响报告书》（环评批复：川环审批〔2014〕562 号，见附件 5）中进行了论述，本项目为医疗用地。医院周围为居民商住区，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。本项目评价范围内无自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保

护区等生态敏感点，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

1.4.2 周边环境关系

（1）本项目所在楼四至关系

医院新院区东侧为石桥路，隔路为中梁首府小区，南侧为山丘，西侧为规划道路，隔路为沟壑，北侧为学府街，隔路为中迪西苑小区。医院地理位置图见附图 1。本项目位于医院新院区住院综合楼负 1 层，项目东侧 39m 为急诊医技楼，南侧 16m 为山丘，西侧 5m 为衰变池，西侧 12m 为规划道路和沟壑，西北侧 42m 为二期发展用地，北侧 18m 为中庭花园，北侧 90m 为科研后勤楼，东北侧 98m 为行政综合楼，东北侧 52m 为门诊楼。项目周围环境关系见附图 2。

（2）本项目工作场所四至关系

本项目位于医院新院区住院综合楼负 1 层，本项目核医学科工作场所东侧为候诊区与护士站，南侧为过道，西侧为过道与电梯，北侧为医生通道，楼上为不上人屋面和消毒中心，楼下为病理库房与模拟定位机房。

（3）本项目布局合理性分析

本项目位于医院新院区住院综合楼负 1 层西南侧，本项目辐射工作场所医护通道、患者通道、药物通道出入口均设置独立门禁，无关人员不能直接进入。整个工作场所相对独立且封闭，接诊等候、核素诊断治疗、扫描检查、工作人员办公区域划分明确，相对隔离，可以尽量避免公众和医护人员不必要的照射，平面布置较为合理；

本项目设有专用的候诊区域和就诊通道，病人通道、工作人员通道互不交叉，减少了病人与医生的交叉影响；本项目放射性废物存储间（源库）设置在辐射工作场所西侧靠近出口处，放射性废物能以最短距离被送出本项目区域，避免了对其他人员的二次照射，降低了医生及公众受照射的可能性，其设置合理；

综上所述，本项目辐射工作场所位置相对封闭且独立，各组成部分功能分区明确，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，其总平面布置是合理的。

1.5 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

（1）目前，医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00243]），许可的种类和范围：使用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。发证日期：2019 年 9 月 4 日，有效期至 2024 年 9 月 3 日。

(2) 医院现有核技术利用项目的环评、许可和验收等情况见表 1-8，表 1-9。该医院现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现有环境遗留问题。同时，经建设单位证实，医院开展放射性诊疗多年，目前未发生过辐射安全事故。

表 1-8 辐射安全许可证已登记的放射性同位素

序号	核素	日等效操作量(Bq)	活动种类	工作场所	环评审批情况	环保验收情况
1	^{131}I	1.85E+9	使用	急诊医技楼负 1 层核医学科	川环审批[2019]9 号	已验收
2	^{125}I	9.25E+4	使用	迁建后不再保留		

表 1-9 辐射安全许可证已登记的射线装置

序号	装置名称	类别	活动种类	工作场所	环评审批情况	环保验收情况
1	医用 CT 机	III	使用	质控部底楼 CT 室	备案号：201751050200000196	
2	数字化 X 射线摄影装置	III	使用	DR 检查室	备案号：201751050200000196	
3	小 C 臂机	III	使用	手术室	备案号：201751050200000196	
4	移动 DR 机	III	使用	体检车	备案号：201751050200000196	

(4) 医院现共有辐射工作人员 33 人，均配备了个人剂量计，最近一年的个人剂量检测结果表明，医院辐射工作人员个人剂量计监测结果在 0.25~1.40mSv 之间，满足职业人员年剂量 5mSv 的约束限值。

环评要求：医院应强化管理、加强辐射工作人员的培训学习，个人剂量计应严格按照规定正确佩戴。

(5) 医院辐射工作人员于 2018 年与 2019 年全部进行了职业健康检查，检查结论均为“可继续原放射工作”或“可从事放射工作”。

(6) 医院辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训班学习，并取得了《辐射安全培训合格证》。

环评要求：根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《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）精神，医院应尽快组织新增辐射工作人员与原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

(7) 医院每年定期委托有资质的单位对本部院区辐射工作场所和设备性能进行年度监测，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射源和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射源和射线装置台账、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。医院已制定有《辐射事故应急预案》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经医院核实，自辐射活动开展以来，本部院区未发生过辐射事故。

1.5 环境影响评价报告信息公开

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，方便公众和其他组织机构获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公众参与公开力度，依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》的规定，结合四川省生态环境厅要求，建设单位在向环境保护主管部门提交建设项目环境影响报告表前，应依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息。

根据以上要求，2020 年 11 月 14 日建设单位在医院网站上对该项目进行了公示。公示网址为：。公示网站截图如下：



公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

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	储存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	储存方式与地点
1	^{99m} Tc	液态低毒 半衰期为6.02h	使用	1.85×10 ¹⁰	1.85×10 ⁷	4.63×10 ¹²	显像诊断	很简单操作	住院综合楼负1层核医学科工作场所	专业供应商送到储源室暂存
2	⁸⁹ Sr	液态中毒 半衰期为50.55d	使用	3.70×10 ⁸	3.70×10 ⁷	9.25×10 ¹⁰	骨癌治疗	简单操作	住院综合楼负1层核医学科工作场所	专业供应商送到储源室暂存
3	¹³¹ I	液态中毒 半衰期为8.04d	使用	3.70×10 ⁶	3.70×10 ⁵	2.59×10 ⁸	甲吸	简单操作	住院综合楼负1层核医学科工作场所	专业供应商送到储源室暂存
4	¹³¹ I	液态中毒 半衰期为8.04d	使用	3.70×10 ⁹	3.70×10 ⁸	1.85×10 ¹¹	甲亢治疗	简单操作	住院综合楼负1层核医学科工作场所	专业供应商送到储源室暂存
5	¹³¹ I	液态中毒 半衰期为8.04d	使用	2.22×10 ¹⁰	2.22×10 ⁹	1.67×10 ¹²	甲癌治疗	简单操作	住院综合楼负1层核医学科工作场所	专业供应商送到储源室暂存
6	¹³¹ I	液态中毒 半衰期为8.04d	使用	3.70×10 ⁶	3.70×10 ⁵	3.70×10 ⁸	肾图检查	简单操作	住院综合楼负1层核医学科工作场所	专业供应商送到储源室暂存

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	SPECT/CT	III	1	待定	150	1000	医用诊断	住院综合楼负1层 核医学科工作场所	新增

(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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			储存方式 与地点
										活度 (Bq)	储存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废水	液态	^{99m}Tc 、 ^{131}I	/	/	/	$<10\text{Bq/L}$	住院综合楼西侧楼设置 3 个并联的衰变池，每个衰变池的有效容积为 72m^3 。	衰变后的放射性废水低于 GB18871-2002 中规定的放射性废水排放导出限值和 GB18466-2005 规定的总 β 限值后经提升泵送至院内污水处理站进一步处理。
放射性固废：一次性注射器、手套、空药瓶、病人呕吐物、擦拭纸与废活性炭等	固态	^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I	/	/	$^{99m}\text{Tc}<250\text{kg}$ $^{89}\text{Sr}<25\text{kg}$ $^{131}\text{I}<1375\text{kg}$	$^{99m}\text{Tc}<1\times 10^2\text{Bq/g}$ $^{89}\text{Sr}<1\times 10^3\text{Bq/g}$ $^{131}\text{I}<1\times 10^2\text{Bq/g}$	设置铅衰变桶与铅衰变箱，置于废物库暂存	经衰变 10 个半衰期以上后达到清洁解控水平，作为医疗废物处理。
放射性废气	气态	^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I	/	/	/	/	本项目核医学科拟设计排风量不小于 $4000\text{m}^3/\text{h}$ 的通风系统，分装室通风柜和服碘室设置独立的排风管道，排风量不小于 $4000\text{m}^3/\text{h}$ 。	本项目产生的废气由排风井排至住院综合楼顶经高效过滤器+活性炭吸附二级处理设施处理后排放，活性炭二级处理设施对放射性废气吸附效率不低于 99.9%。

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1)《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2014 年), 自 2015 年 1 月 1 日起施行; (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 24 号, 2018 年), 自 2018 年 12 月 29 日起施行; (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年), 自 2003 年 10 月 1 日起实施; (4)《建设项目环境保护管理条例》(中华人民共和国国务院令第 682 号, 2017 年), 自 2017 年 10 月 1 日起施行; (5)《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令第 44 号, 2017 年), 自 2017 年 9 月 1 日起施行; (6)《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, 2018 年), 自 2018 年 4 月 28 日起施行; (7)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日); (8)《放射性废物安全管理条例》(国务院令第 612 号, 2012 年), 自 2012 年 3 月 1 日起施行; (9)《关于发布《放射性废物分类》的公告》(环境保护部 工业和信息化部 国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号, 2017 年), 2018 年 1 月 1 日起施行; (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); (11)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 中华人民共和国环境保护部令第 18 号 (于 2011 年 3 月 24 日环境保护部 2011 年第一次部务会议审议通过, 自 2011 年 5 月 1 日起施行); (12)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环保总局第 31 号令; 根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正; 根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正); (13)《关于发布《射线装置分类》的公告》(环境保护部 国家卫生计生委公
------	---

	告 2017 年第 66 号，2017 年），自 2017 年 12 月 5 日起施行； （14）《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），自 2006 年 9 月 26 日起施行； （15）《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过），自 2016 年 6 月 1 日起施行。
技 术 标 准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）； （4）《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）； （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （6）《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）； （7）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （8）《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ180-2006）； （9）《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； （10）《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； （11）《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）； （12）《操作非密封源的辐射防护规定》（GBZ11930-2010）； （13）《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WST 613-2018）。
其 他	（1）《辐射防护手册》（第一分册），李德平、潘自强主编； （2）《辐射防护技术与管理（电离辐射防护技术与管理）》，张丹枫、赵兰才； （3）《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]） （4）建设单位提供的其它与本项目有关的技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目涉及使用乙级非密封放射性物质工作场所和使用 III 类射线装置，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）的规定，结合本项目特点，确定本项目评价范围为：辐射工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内，具体范围见附图 2。

7.2 环境保护目标

本项目环境保护目标为本项目评价范围内的辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员以及四周公众。具体详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

场所名称	保护目标/区域	人数	距离本项目工作场所实体边界最近距离（m）	保护对象	年有效剂量管理约束值
核医学科	本项目辐射工作人员	11 人	-	职业人员	5mSv
	核医学科东侧候诊区及住院综合楼楼内公众	流动	0	公众人员	0.1mSv
	核医学科东侧急诊医技楼内公众	50 人	39	公众人员	0.1mSv
	核医学科南侧过道公众	流动	0	公众人员	0.1mSv
	核医学科南侧山丘公众	流动	16	公众人员	0.1mSv
	核医学科西侧规划道路及沟壑公众	流动	12	公众人员	0.1mSv
	核医学科北侧医生通道及住院综合楼内公众	50 人	0	公众人员	0.1mSv
	核医学科北侧中庭花园公众	流动	18	公众人员	0.1mSv
	核医学科西北侧二期发展用地公众	流动	42	公众人员	0.1mSv
	核医学科消毒中心和不上人屋面	流动	0	公众人员	0.1mSv
	核医学科下层病理库房与模拟定位机房	流动	0	公众人员	0.1mSv
	核医学科 50m 范围内周围道路行人	流动	0	公众人员	0.1mSv

7.3 评价标准

本项目执行标准如下：

7.3.1 环境质量标准

（1）地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。

（2）声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

(3) 大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

7.3.2 污染物排放标准

(1) 废水：医疗废水执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中预处理标准，即衰变池排放口总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 。

(2) 噪声：施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中标准限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。

(3) 废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的表 2 二级标准；放射性废气执行《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WST 613-2018）公众成员吸入放射性废气年摄入量限值。

(4) 固体废物：执行《一般工业固体废物储存、处置场污染物控制标准》（GB18599-2001）及其修改单相关标准；如有危险废物产生，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关标准。

7.3.3 电离辐射标准

辐射标准执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的工作人员接受年剂量不超过20 mSv，公众接受的年剂量不超过1mSv。

项目单位根据该标准规定，制定本项目管理剂量约束值，见表7-2。核医学科工作场所 β 放射性表面污染控制水平见表7-3。

表7-2 本项目辐射环境影响评价标准 mSv/a

分类	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 基本限值标准	剂量约束值/评价标准
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

表7-3 核医学科工作场所 β 放射性表面污染控制水平 Bq/cm²

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4

7.3.4 剂量控制水平

SPECT/CT 机房边界周围剂量率控制水平参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）有关规定，本项目 SPECT/CT 机房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 $\mu\text{Sv/h}$ 。CT 机房有效使用面积及最

小单边长应满足下表要求。

表7-4 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 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机	30	4.5

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

医院新院区东侧为石桥路，隔路为中梁首府小区，南侧为山丘，西侧为规划道路，隔路为沟壑，北侧为学府街，隔路为中迪西苑小区。医院地理位置图见附图 1。本项目位于医院新院区住院综合楼负 1 层，项目东侧 39m 为急诊医技楼，南侧 16m 为山丘，西侧 5m 为衰变池，西侧 12m 为规划道路和沟壑，西北侧 42m 为二期发展用地，北侧 18m 为中庭花园，北侧 90m 为科研后勤楼，东北侧 98m 为行政综合楼，东北侧 52m 为门诊楼。项目周围环境关系见附图 2。

8.2 环境质量和辐射现状

为了解本项目评价范围内的辐射环境质量现状，受中辐环境科技有限公司的委托，浙江建安检测研究院有限公司监测人员于 2020 年 09 月 16 日对本项目拟改扩建场址进行了空气吸收剂量率和 β 表面污染环境监测，监测报告（监测报告编号：GABG HJ20380126）见附件 6。

8.2.1 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

（1）环境现状评价对象

本项目辐射工作场所周围环境贯穿辐射水平。

（2）监测因子

空气吸收剂量率、 β 表面污染

（3）监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）有关布点原则进行布点，分别布置在本项目工作场所及四周。

8.2.2 监测方案和结果、质量保证措施

（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：2020 年 09 月 16 日

③监测方式：现场监测

④监测依据：GB/T 14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》

HJ/T61-2001《环境监测技术规范》

GB/T 14056.1-2008《表面污染测定 第 1 部分： β 发射体（ $E_{\beta\max} >$

0.15MeV) 和 α 发射体》

⑤监测频次：依据 GB/T14583-93 标准予以确定

⑥监测工况：辐射环境本底

⑦天气环境条件：温度：23℃；相对湿度：67%。

⑧监测设备：监测设备见表 8-1 和表 8-2。

表 8-1 X- γ 剂量率监测仪器相关信息

仪器型号	FH 40G-L10+ FHZ 672E-10 X、 γ 射线巡测仪
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
仪器编号	05035404
能量范围	45KeV~3MeV($\pm 30\%$)
量程 (校准)	0.001~1000 μ Gy/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院
校准证书	2020H21-10-2370076005
校准日期	2020 年 03 月 17 日

表 8-2 β 表面污染监测仪器相关信息

仪器型号	CoMo 170 型 α 、 β 表面污染仪
生产厂家	S.E.A
仪器编号	05034173
探测器灵敏窗面积	20cm ² ~200cm ²
检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书	2020H21-20-2709958001
检定有效期	2020 年 09 月 04 日~2021 年 09 月 03 日

(2) 质量保证措施

①结合现场实际情况及监测点的可到达性，在拟建项目场地内及四周墙体外、评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对密集区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

②监测方法采用国家有关部门颁发的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗；

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每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

(3) 监测结果

本项目空气吸收剂量率和 β 表面污染监测结果详见表 8-3 和表 8-4，监测点位详见图 8-1 与图 8-2，监测照片见图 8-3。

表 8-3 本项目空气吸收剂量率监测结果一览表

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nSv/h)	
		平均值	标准差
1#	核医学科洗涤间	134	1.72
2#	核医学科废物间	138	2.15
3#	核医学科储源室（静脉用药）	132	3.67
4#	核医学科储源室（口服用药）	150	4.00
5#	核医学科废弃物暂存	148	3.03
6#	核医学科分装室	141	2.87
7#	核医学科注射给药室	139	4.15
8#	核医学科注射室	139	1.60
9#	核医学科服碘室	140	1.72
10#	核医学科污被间	146	3.03
11#	核医学科抢救室（甲癌）	136	1.41
12#	核医学科废物间（甲癌废物）	143	2.06
13#	核医学科清洁被服间	144	1.41
14#	核医学科 SPECT/CT 机房	142	5.44
15#	核医学科 SPECT/CT 机房清洁中心(楼上)	125	2.42
16#	核医学科 SPECT/CT 机房病理库（楼下）	148	3.85
17#	核医学科 SPECT/CT 机房控制室	177	3.07
18#	核医学科医生通道	140	3.77
19#	核医学科肾图室	155	2.14
20#	核医学科甲吸室	156	4.17
21#	核医学科门诊抢救室	161	4.41
22#	核医学科主任办公室	151	3.31

23#	核医学科诊室	153	1.41
24#	核医学科甲亢服药后留观室	139	4.58
25#	核医学科 SPECT 注射后等候室	134	3.66
26#	核医学科 SPECT 留观室	133	2.71
27#	核医学科留观室东侧诊室	136	1.47
28#	核医学科甲癌病房 1	159	3.14
29#	核医学科甲癌病房 2	156	2.48
30#	核医学科甲癌病房 3	152	2.71
31#	核医学科甲癌病房 4	154	2.06
32#	核医学科甲癌患者通道	166	3.01
33#	核医学科室外过道（甲癌病房南侧）	137	1.85
34#	核医学科甲癌送餐间	167	3.10
35#	核医学科甲癌卫生通过间	150	4.35
36#	核医学科护士值班室	168	2.33
37#	核医学科治疗室	134	2.42
38#	核医学科护士值班室东侧过道	138	1.79
39#	核医学科周边西侧衰变池	133	3.31
40#	核医学科周边住院楼前坡地	130	3.98
41#	核医学科周边急诊医技楼一层走廊	140	1.85
42#	核医学科周边门诊楼 1 楼大厅	102	2.47
43#	核医学科周边北侧中庭花园	102	2.70
44#	核医学科周边东北侧行政综合楼 1 楼走廊	120	1.02
45#	核医学科周边北侧科研后勤楼在建平台	114	2.40
46#	核医学科周边西北侧二期发展用地	112	3.95

注：1、测量时探头距离地面约 1m；2、所有测量值均未扣除宇宙射线，每个监测点测量 5 个数据取平均；3、测量值经校准因子修正。

表 8-4 本项目 β 表面污染监测结果一览表

监测点编号	监测点位置	监测结果（Bq/cm ² ）
1#	核医学科洗涤间	<0.27
2#	核医学科废物间	<0.27

3#	核医学科储源室（静脉用药）	<0.27
4#	核医学科储源室（口服用药）	<0.27
5#	核医学科废弃物暂存	<0.27
6#	核医学科分装室	<0.27
7#	核医学科注射给药室	<0.27
8#	核医学科注射室	<0.27
9#	核医学科服碘室	<0.27
10#	核医学科污被间	<0.27
11#	核医学科抢救室（甲癌）	<0.27
12#	核医学科废物间（甲癌废物）	<0.27
13#	核医学科清洁被服间	<0.27
14#	核医学科 SPECT/CT 机房	<0.27
15#	核医学科 SPECT/CT 机房清洁中心（楼上）	<0.27
16#	核医学科 SPECT/CT 机房病理库（楼下）	<0.27
17#	核医学科 SPECT/CT 机房控制室	<0.27
18#	核医学科医生通道	<0.27
19#	核医学科肾图室	<0.27
20#	核医学科甲吸室	<0.27
21#	核医学科门诊抢救室	<0.27
22#	核医学科主任办公室	<0.27
23#	核医学科诊室	<0.27
24#	核医学科甲亢服药后留观室	<0.27
25#	核医学科 SPECT 注射后等候室	<0.27
26#	核医学科 SPECT 留观室	<0.27
27#	核医学科留观室东侧诊室	<0.27
28#	核医学科甲癌病房 1	<0.27
29#	核医学科甲癌病房 2	<0.27
30#	核医学科甲癌病房 3	<0.27
31#	核医学科甲癌病房 4	<0.27
32#	核医学科甲癌患者通道	<0.27

33#	核医学科室外过道（甲癌病房南侧）	<0.27
34#	核医学科甲癌送餐间	<0.27
35#	核医学科甲癌卫生通过间	<0.27
36#	核医学科护士值班室	<0.27
37#	核医学科治疗室	<0.27
38#	核医学科护士值班室东侧过道	<0.27
39#	核医学科周边西侧衰变池	<0.27
40#	核医学科周边住院楼前坡地	<0.27
41#	核医学科周边急诊医技楼一层走廊	<0.27
42#	核医学科周边门诊楼 1 楼大厅	<0.27
43#	核医学科周边北侧中庭花园	<0.27
44#	核医学科周边东北侧行政综合楼 1 楼走廊	<0.27
45#	核医学科周边北侧科研后勤楼在建平台	<0.27
46#	核医学科周边西北侧二期发展用地	<0.27

注：1、上述检测结果均已扣除本底；

2、CoMo 170 型 α 、 β 表面污染仪/05034173 的探测下限为 0.27Bq/cm^2 。

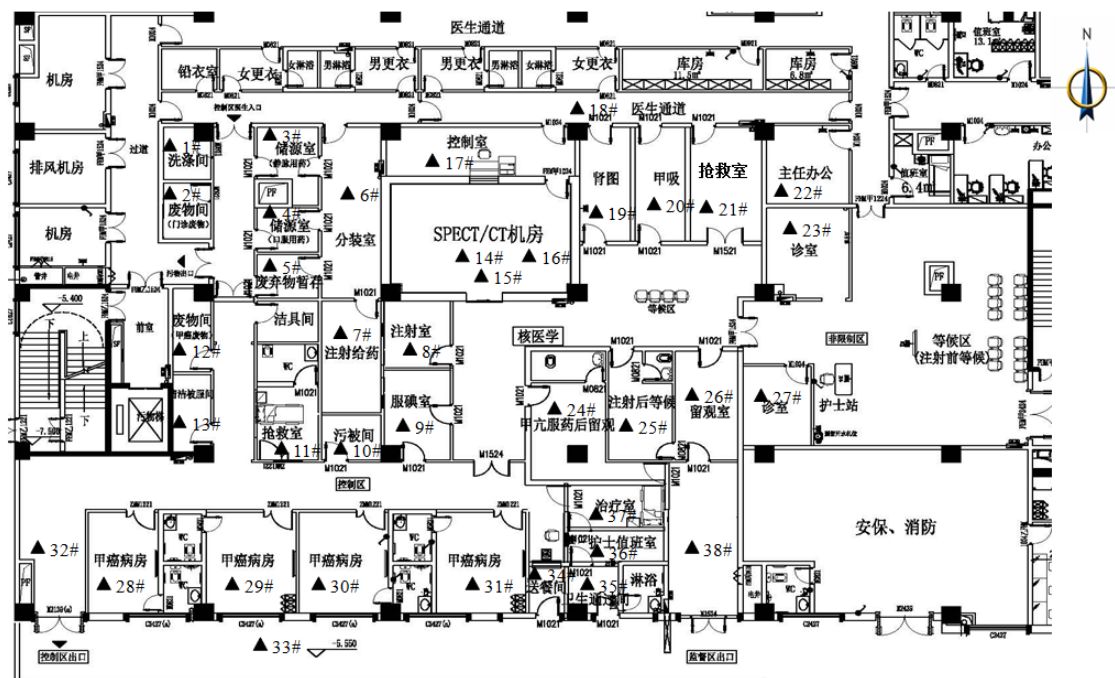


图 8-1 核医学科工作场所本底监测点位

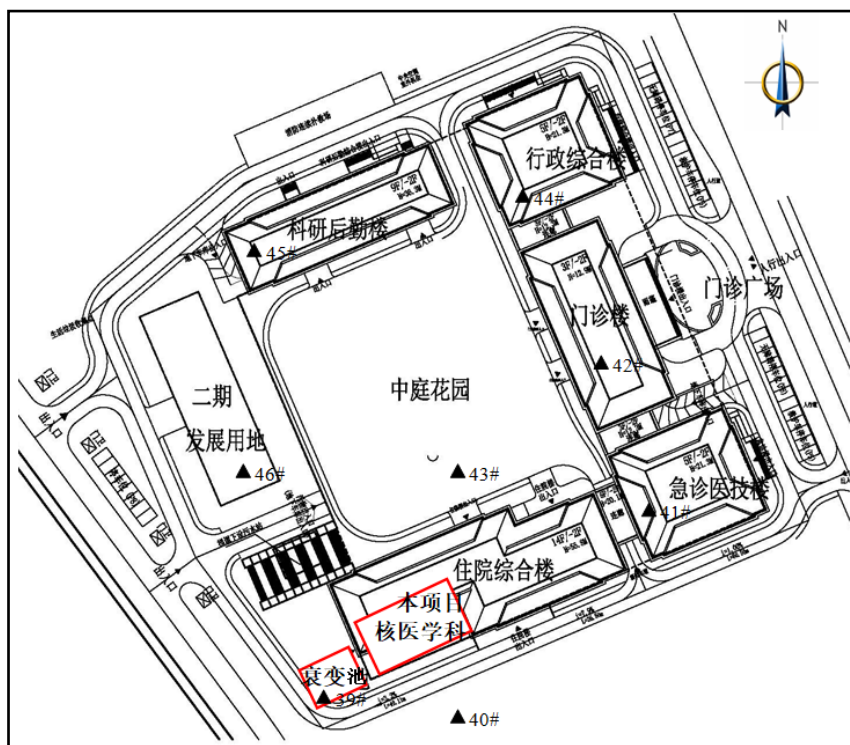


图 8-2 本项目核医学科周围环境本底监测点位



图 8-3 本项目核医学科周围环境本底监测照片

8.3 环境现状调查结果的评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

根据现场监测报告，本项目所在区域 β 表面污染水平低于检测限，X- γ 空气吸收剂量率为 102nGy/h~177nGy/h，与生态环境部《2019 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站监测数据 81.5nGy/h~179.1nGy/h 基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程与源项分析

9.1工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期工艺分析

医院拟对新院区住院综合楼负 1 层原批复核医学科工作场所（原核医学科工作场所未修建成未使用）进行改扩建，拟新增 1 间 SPECT/CT 机房及控制室，1 间注射后等候室与 1 间留观室等配套房间，调整原批复核医学科布局。本项目施工期工艺流程及产污环节见图 9-1，施工期产生的污染物主要包括：

（1）扬尘

施工过程中产生的扬尘和涂料废气，为无组织排放。

（2）噪声

施工期噪声主要包括施工过程中使用的小型施工设备产生的噪声。

（3）废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和生活污水，施工废水仅为建筑物料拌合过程可能产生的废水，通过进入物料而自然蒸发耗散，生活污水依托医院已有设施收集处理。

（4）固体废物

主要是包装废弃物（如废木料、废纸张、废塑料薄膜等）以及施工人员产生的生活垃圾，可依托市政垃圾收运系统收集处理。

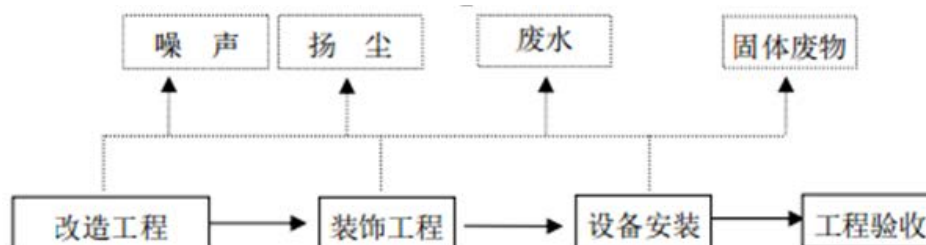


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

9.1.2 设备安装调试期的工艺分析

在设备到达之前，本项目应完全建成并由医院和设备厂家工程师共同验收，当完全满足设备安装调试的要求后，方可进行 SPECT/CT 射线装置的到位与安装工作。本项目 SPECT/CT 射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在扫描间防护门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在扫描间入口等关键处设置醒目

的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置。

本项目 SPECT/CT 射线装置安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

9.1.3 设备运行期的工艺分析

本项目使用核素诊疗用药情况：

SPECT-CT： ^{99m}Tc ，检查 20 人次/天，5000 人次/年，每人使用的核素最大活度为 $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ (25mCi)； ^{89}Sr ：治疗 2 人次/天，500 人次/年，每人使用的核素最大活度为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ (5mCi)。

^{131}I 治疗：肾图检查最大 10 人次/天，1000 人次/年，单个病人单次用量 $3.70 \times 10^5 \text{Bq}$ (5 μCi)；甲吸检查最大 10 人次/天，700 人次/年，单个病人单次用量 $3.70 \times 10^5 \text{Bq}$ (5 μCi)；甲亢治疗病人最大 10 人次/天，500 人次/年，单次用量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ (10mCi)；甲癌治疗 6 人次/周，单日最多 4 人入院治疗，300 人次/年，单人用量最大为 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ (150mCi)。

9.1.3.1 SPECT/CT

(1) SPECT/CT 设备组成

单光子发射计算机断层仪（SPECT）由探头及电子学线路、可左断层显像的机架、病人检查床、计算机采集和处理工作站组成。常见的 SPECT-CT 设备外观见图 9-2。



图 9-2 SPECT/CT 设备外观图

(2) SPECT/CT 工作原理

SPECT 即单光子发射型计算机断层显像（Single Photon emission computed

tomography, 简称 SPECT)。SPECT 显像, 其原理是利用引入人体内的放射性核素发出的 γ 射线经碘化钠晶体产生闪光, 闪烁光子再与光电倍增管的光阴极发生相互作用, 产生光电效应。光电效应产生的光电子经光电倍增管的打拿极倍增放大后在光阳极形成电脉冲, 其经过放大器成形, 再经过位置计算电路形成 X、Y 位置信号。各个光电倍增管输出信号之和为能量信号 Z。X、Y 信号经处理后加入显示器偏转极, Z 信号加入启挥极, 从而在荧光屏上形成闪烁影像。利用滤波反投影方法, 借助计算机处理系统可以从一系列投影影像重建横向断层影像, 由横向断层影像的三维信息再经影像重建组合获得矢状、冠状断层或任意斜位方向的断层影像。SPECT/CT 是单光子发射型计算机断层显像仪和 CT 一体化组合的影像诊断设备, 将功能代谢与解剖结构完美结合显示成像, 是目前临床核医学最广泛应用的医学影像诊断设备。

本项目拟配置的 SPECT/CT, 型号尚未确定, 仅确定其中使用的 CT 最大管电压不超过 150kV, 最大管电流不超过 1000mA, SPECT 显像诊断采用 ^{99m}Tc 标记, 由专业供应商提供药物成品, 当天配送当天用完。

(3) 工艺流程

核医学科 SPECT-CT 诊断工艺流程及产污环节图如图 9-3 所示。

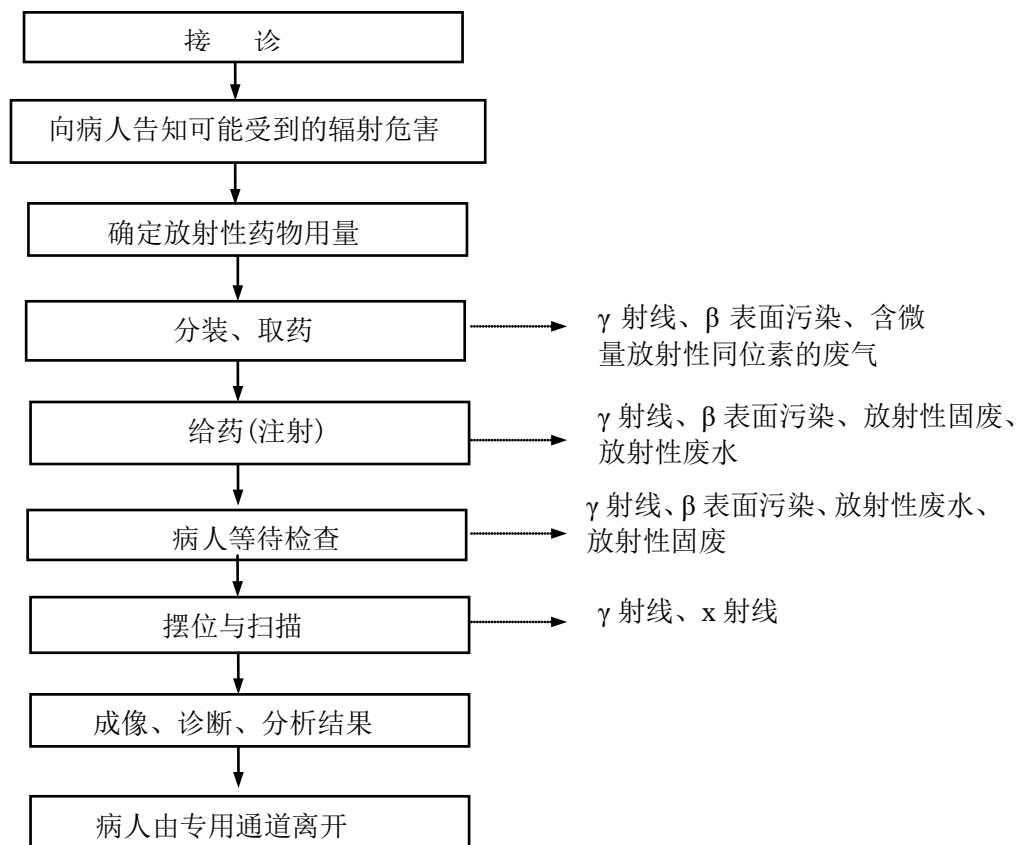


图 9-3 核医学科 SPECT/CT 诊断工艺流程及产污环节图

SPECT/CT 主要工作流程如下：

①接收患者，并告知患者诊断过程存在辐射危害，碘扫人员直接进入注射后候诊室等待；

②医生根据病情确定使用核素剂量；

③病人通过注射将放射性药物摄入。在药品摄入过程中存在 γ 射线污染，同时会产生放射性废水、固废(注射器、棉球、一次性手套等)；

④病人摄入药品后通过仪器进行器官显像和诊断。在此过程中病人带有 γ 射线；

⑤病人由专用出口离开。

因此，SPECT/CT 诊断污染因子是： γ 射线、X 射线、 β 表面污染、放射性废水、放射性固废、放射性废气。

9.1.3.2 ^{89}Sr 核素治疗

(1) ^{89}Sr 核素治疗的工作原理

^{89}Sr 主要应用于主要用于骨转移瘤的治疗。通过高度选择性聚集在病变部位的放射性核素或其标记物所发射出的射程很短的 β 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。

医生对患者进行检查，根据病情，在本院医疗条件允许范围内确定注射剂量，与患者预约，根据患者数量订购 ^{89}Sr 注射药物， ^{89}Sr 核素治疗患者与 SPECT/CT 诊疗患者共用注射台与通道，在 SPECT/CT 注射室（患者在注射室外）对患者进行注射治疗，患者在原地短暂观察（约 10min）后，如无异常情况，患者可离开医院。

(2) ^{89}Sr 核素治疗的工艺流程

^{89}Sr 核素治疗的工艺流程及产污环节图如图 9-4 所示。

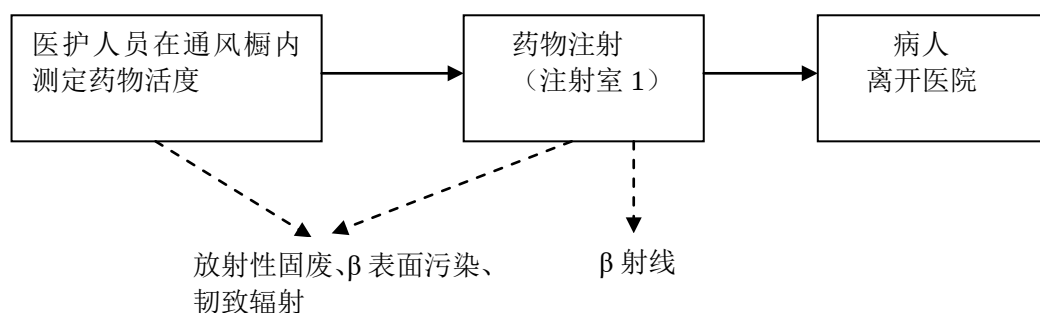


图 9-4 ^{89}Sr 核素治疗工艺流程及产污环节

因此， ^{89}Sr 核素治疗的污染因子主要为 β 射线、 β 表面污染、放射性固体废物。

9.1.3.3 ^{131}I 核素治疗

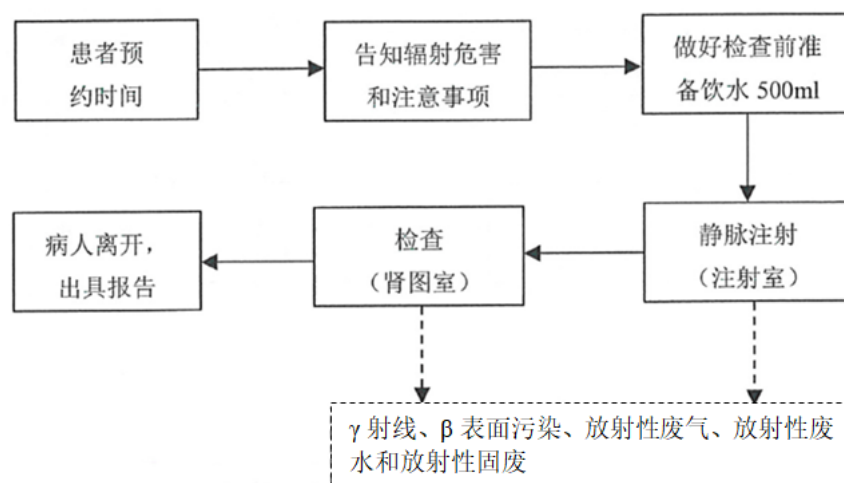
(1) 肾图检查

① 工作原理

肾图治疗是利用邻碘马尿酸（OIH）与体内的马尿酸具有相同的物理化学特性，静脉注入 ^{131}I -OIH 后，96% 以上很快被肾脏所摄取、清除，且其中约有 80% 被肾小管（近曲小管）上皮细胞吸收（其余经肾小球滤过），并分泌到肾小管腔内，而后随尿液经肾盏、肾盂、输尿管流入膀胱排出体外。在检查过程中，根据不同体型确定探测器的对位中心点，取上肢外展位，经肘静脉快速注射药物，用肾图仪的两个探头对准两侧肾脏，在体外分别探测两侧肾脏的放射性计数，即可得到 ^{131}I -OIH 在双肾的时间-放射性曲线，即 ^{131}I -OIH 肾图。 ^{131}I -OIH 肾图主要反映肾小管的分泌功能和上尿路通畅情况。

② 检查流程

肾图检查流程如图 9-5 所示。



由图 9-5 可知，肾图检查会产生 γ 射线、β 表面污染、放射性废气、放射性废水和放射性固废。

(2) 甲状腺吸 ^{131}I 功能测定

① 工作原理

甲状腺吸 ^{131}I 功能试验是了解甲状腺碘代谢的常用方法。甲状腺具有摄取和浓聚碘的能力，碘参与甲状腺激素合成、分泌的全过程。在空腹条件下，口服放射性 ^{131}I 后，经胃肠吸收并随血流进入甲状腺，并迅速被甲状腺滤泡上皮细胞摄取，其摄取量与速度与甲状腺的功能密切相关。因此，利用甲状腺功能测定仪获得不同时间的甲状腺摄碘率，以此来评价甲状腺的功能状态。

②测定流程

甲状腺吸 ^{131}I 功能测定流程如图 9-6 所示。

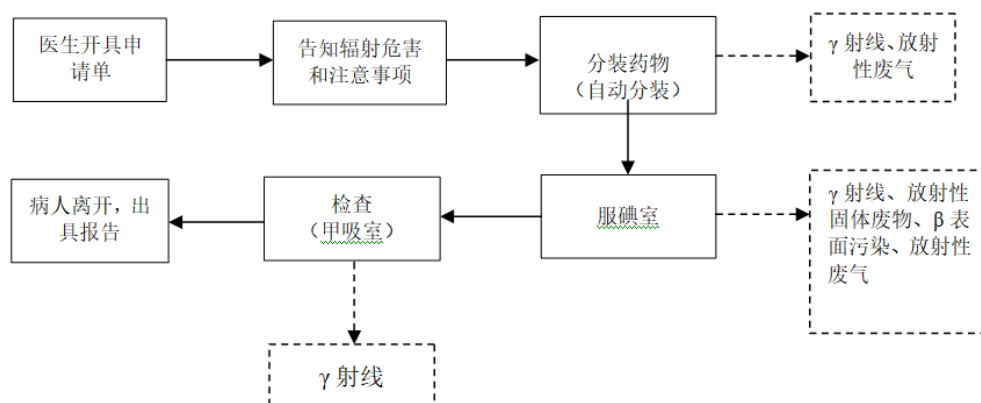


图 9-6 甲状腺吸 ^{131}I 功能测定流程及产污环节图

由图 9-6 可知, 甲状腺吸 ^{131}I 功能测定会产生 γ 射线、 β 表面污染、放射性废气和放射性固废。

(3) 甲亢治疗

①工作原理

甲亢治疗是利用甲状腺具有强大的聚碘功能, 口服一定量的 ^{131}I 后, 可被甲状腺组织大量摄取。 ^{131}I 衰变时发射出的射程很短的 β 射线和能量跃迁时发出的 γ 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, 而邻近的正常组织的吸收剂量很低, 从而达到治疗目的。

②治疗流程

甲亢治疗流程如图 9-7 所示。

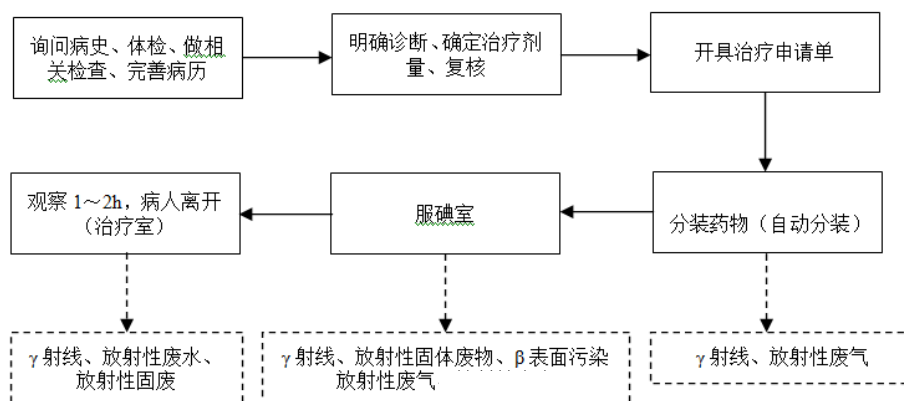


图 9-7 甲亢治疗流程及产污环节图

由图 9-7 可知, 甲亢治疗过程会产生 γ 射线、 β 表面污染、放射性废气和放射性固

废。

(4) 甲癌治疗

①工作原理

利用特异性抗体作为载体，与能释放 β 射线或 γ 射线的放射性核素结合，借助抗体的靶向作用，与肿瘤组织特异性结合，使肿瘤组织区域浓聚大量的放射性核素，并滞留一定时间，放射性核素在衰变过程中发射出 β 射线或 γ 射线，通过射线的辐射作用破坏或干扰肿瘤细胞的结构和功能，起到抑制、杀伤或杀死肿瘤细胞的作用。

②治疗流程

甲癌患者需在甲癌病房住院（7 天为 1 批次），按规定时间全身扫描复查，以观察甲癌残留灶及转移灶的摄碘情况。甲癌治疗治疗流程及产污环节如图 9-8 所示。

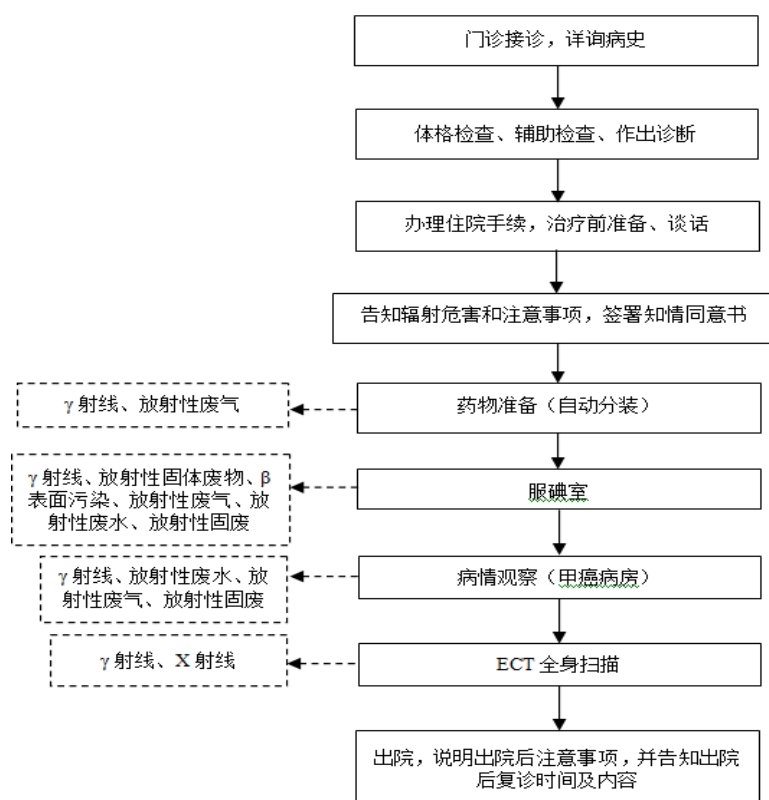


图 9-8 甲癌治疗流程及产污环节图

由图 9-22 可知，甲癌治疗过程中会产生 γ 射线、 β 表面污染、放射性废气、放射性废水和放射性固废。

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设期

(1) 放射性污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，设备调试阶段不涉及放射性同位素使用，仅 CT 调试时会产生 X 射线。

(2) 非放射性污染源项

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

9.2.2 运行期

(1) 放射性污染源项

①X 射线和 γ 射线

SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线；核医学科在取药、分装、注射或服药、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线。

② β 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素的操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

③放射性废气

放射性药品产生的微量放射性气体。本项目使用的放射性核素 ^{99m}Tc 与 ^{89}Sr 均无开放液面，产生的放射性废气非常少。本项目使用的 ^{131}I 以碘化钠液体形式存在，有一定的挥发性。

④放射性废水

含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

⑤放射性固体废物

放射性同位素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物、废活性炭等。

(2) 非放射性污染源项

本项目废气为电离辐射产生的 O_3 、 NO_x 等废气；本项目废水为工作人员产生少量的生活污水；本项目的固体废物，主要为工作人员产生的办公垃圾；本项目噪声主要设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目辐射安全防护设施

10.1.1 工作场所平面布局

医院拟对达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院住院综合楼负 1 层原批复核医学科工作场所进行改扩建，拟用原批复核医学科预留房间新增 1 间 SPECT/CT 机房及控制室，新增 1 间注射后等候室与 1 间留观室等配套房间，调整原批复核医学科工作场所布局。改扩建后核医学科新增使用放射性同位素 ^{99m}Tc 用于显像诊断，新增使用放射性同位素 ^{89}Sr 用于骨癌治疗，使用放射性同位素 ^{131}I 用于甲亢治疗、甲吸、肾图及甲癌治疗，改扩建后核医学科工作场所日等效最大操作量为 $2.65 \times 10^9 \text{Bq}$ ，仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目工作场所（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1 本项目工作场所周边布局一览表

辐射场所	方位	周边房间及场所
核医学科 工作场所	东	候诊区、护士站、诊室与主任办公室
	南	过道
	西	过道与电梯
	北	医生通道
	楼上	不上人屋面和消毒中心
	楼下	病理库房与模拟定位机房

本项目辐射工作场所入口位于核医学科工作场所东侧，出口位于核医学科工作场所南侧，西侧为衰变池，北侧为医生通道，医生通道设置独立门禁出入口，非工作人员引导不能直接进入。整个工作场所位于负 1 层西南侧相对独立且封闭，除本项目医护人员及病人外，无关人员不得入内，平面布置较为合理；

本项目设有专用的候诊区域和就诊通道，病人通道、工作人员通道互不交叉，减少了病人与医生的交叉影响；本项目放射性废物存储间（源库）设置在辐射工作场所西侧靠近出口处，放射性废物能以最短距离被送出本项目区域，避免了对其他人员的二次照射，降低了医生及公众受照射的可能性，其设置合理；

综上所述，本项目辐射工作场所位置相对封闭且独立，各组成部分功能分区明确，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，其总平面布置是合理的。

10.1.2 工作场所分区原则和区域划分情况

(1) 分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范和管理工作，项目应当按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4 条要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

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的指示。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（包括门锁和联锁装置）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，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。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。

(2) 本项目控制区和监督区划分

本项目拟将洗涤间、储源室、废物间、分装室、注射给药室、注射室、服碘室、抢救室及专用厕所、污被间、甲亢服药后留观室及专用厕所、SPECT/CT机房、注射后等候室及专用厕所、留观室、甲吸室、SPECT抢救室、双人间甲癌病房、患者通道作为辐射防护控制区；将治疗室、送餐室、卫生通过间、淋浴室、护士值班室、控制室作为辐射防护监督区。两区划分图见附图 3。

在核医学科工作场所醒目位置安装辐射指示灯，规范张贴电离辐射警告标志及中文警示说明，防护门外设置明显的警戒线。本项目辐射分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分情况

场所	控制区	监督区
核医学科工作场所	洗涤间、储源室、废物间、分装室、注射给药室、注射室、服碘室、抢救室及专用厕所、污被间、甲亢服药后留观室及专用厕所、SPECT/CT 机房、注射后等候室及专用厕所、留观室、甲吸室、SPECT 抢救室、双人间甲癌病房、患者通道	治疗室、送餐室、卫生通过间、淋浴室、护士值班室、控制室

(3) 环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，医院应做到：

①控制区防护手段与安全措施

A、控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；

B、制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

C、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（包括门锁）限制进出控制区；

D、在淋浴/更衣室与分药室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

E、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

A、以黄线警示监督区的边界；在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

B、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。

10.1.3 人流和物流路径规划分析

为了加强辐射安全管理，在核医学科工作场所各出入口处设置专用单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。结合项目的工作流程及工作场所布局设计，医院拟规划出工作场所患者及相关工作人员的流动路线，具体①药物路线、②患者路线和③工作人员路线。

(1) 药物路线

医院使用的放射性药物均为外购成品药物，工作人员每天早上上班前避开候诊病人，提前到达核医学科，在摄像头监控下核对放射性药物信息量，与供药公司办理交接手续并存档，将药物暂存在通风橱内。

外购的放射性药物运输路线：供药公司人员→进入分装室通风橱。药时段通常为上班前（确保无诊疗患者），送药路径见附图 3。

②患者路线

SPECT 诊断患者行走路线：由核医学科东侧大厅患者专用入口→沿患者通道向西

行走进入注射窗口接受注射→注射完成后沿患者通道向东到达注射后候诊室候诊→候诊完成后进入 SPECT 机房扫描→扫描完成后沿患者通道向东进入留观室→最终从核医学科南侧出口处离开核医学科。

甲亢患者行走路线：由核医学科东侧大厅患者专用入口→沿患者通道向西行走进入服碘室→口服药物后沿患者通道向东到达甲亢服药后观察室→最终从核医学科南侧出口处离开核医学科。

甲癌患者行走路线：由核医学科东侧大厅患者专用入口→沿患者通道向西行走进入服碘室→口服药物后沿患者通道向南进入甲癌病房→出院前进入 SPECT/CT 机房甲扫描检查→最终从核医学科南侧出口处离开核医学科。

患者路线见附图 3。

③工作人员路线

核素操作工作人员路线：由核医学科东侧大厅工作人员专用入口→沿医生通道向西行走到达储源室、分装室、注射给药室→工作完成后原路返回离开。

控制室工作人员行走路线：由核医学科东侧大厅工作人员专用入口→沿医生通道向西行走到达控制室、SPECT/CT 机房→工作完成后原路返回离开。

甲癌工作人员路径规划：从核医学科南侧工作人员专用入口→经过卫生通过间进入值班室、治疗室→原路返回。

工作人员路线见附图 3。

小结：由上述核医学人员及药物运输路线可知，本次核医学科项目患者人员路线基本能够保证沿工作程序的相关功能房间单向流动，且能够满足医务人员及患者均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，人员路线规划合理。同时医院严格规定药物运输时间，确保放射性药物运输时运输路线无人员通过，避免工作人员受到不必要的外照射。通过该措施后，本次核医学科项目能满足人员路线与放射性药物运输路线不交叉。

10.1.4 辐射安全与防护措施

(1) 分级与分类

根据医院提供的资料，改扩建后核医学科新增使用放射性同位素 ^{99m}Tc 用于显像诊断， ^{99m}Tc 年最大使用量为 $4.63 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^7\text{Bq}$ ；新增使用放射性同位素 ^{89}Sr 用于骨癌治疗， ^{89}Sr 年最大用量为 $9.25 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $3.70 \times 10^8\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times$

10^7Bq ；使用放射性同位素 ^{131}I 用于甲亢治疗、甲吸、肾图及甲癌治疗，日等效最大操作量为 $2.59 \times 10^9\text{Bq}$ ，年最大用量为 $2.41 \times 10^{12}\text{Bq}$ 。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法（日等效最大操作量计算公式为：日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子/操作方式修正因子），经计算本项目日等效最大操作量 $2.65 \times 10^9\text{Bq}$ ，计划日等效最大操作量属于 $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ 的范围，故本项目核医学科属于乙级非密封放射性物质工作场所。计算表见表 10-3。

表 10-3 工作场所分级计算表

工作场所	核素名称	计划最大日操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	计划日等效最大操作量 (Bq)	分级
核医学科	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.85×10^{10}	0.01	10（简单操作）	1.85×10^7	乙级
	^{89}Sr	3.70×10^8	0.1	1（简单操作）	3.70×10^7	
	^{131}I	2.59×10^{10}	0.1	1（简单操作）	2.59×10^9	
合计					2.65×10^9	

注：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）的有关规定，医疗机构使用 ^{131}I 核素、 ^{89}Sr 核素相关活动视为“简单操作”，使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素相关活动为“很简单操作”。

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 10-4 和表 10-5。

表 10-4 临床核医学工作场所分级

分级	权重活度, MBq
I	>50000
II	$50 \sim 50000$
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。

表 10-5 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 10-4～10-5，本项目各个核素权重活度计算结果见表 10-6。

表 10-6 权重活度结算结果

¹³¹ I 治疗区							
工作场所	核素	毒性权重因子	操作性修正因子	日操作最大活度 (MBq)	放射性核素加权活度 (MBq)	总加权活度 (MBq)	防护分级
¹³¹ I 储源室	¹³¹ I	100	100	2.59×10^4	2.59×10^4	2.59×10^4	II 类
¹³¹ I 注射给药室、服碘室	¹³¹ I	100	1	2.59×10^4	2.59×10^6	2.59×10^6	I 类
抢救室	¹³¹ I	100	1	5.55×10^3	5.55×10^5	5.55×10^5	I 类
甲癌病房	¹³¹ I	100	1	1.11×10^4	1.11×10^6	1.11×10^6	I 类
核素诊断治疗区							
工作场所	核素	毒性权重因子	操作性修正因子	日操作最大活度 (MBq)	放射性核素加权活度 (MBq)	总加权活度 (MBq)	场所分类
SPECT 储源室	^{99m} Tc	1	100	1.85×10^4	1.85×10^2	2.22×10^2	II 类
	⁸⁹ Sr	100	100	3.7×10^3	3.7×10^1		
SPECT 分装室、注射室	^{99m} Tc	1	1	1.85×10^4	1.85×10^4	2.22×10^4	II 类
	⁸⁹ Sr	100	1	3.7×10^3	3.7×10^5		
运动负荷室	^{99m} Tc	1	1	9.25×10^2	9.25×10^2	9.25×10^2	II 类
SPECT 休息室、机房、留观室	^{99m} Tc	1	10	9.25×10^2	9.25×10^1	9.25×10^1	II 类

根据表 10-6 计算结果,可以得出不同级别工作场所室内防护要求,见表 10-7。

表 10-7 核医学科工作场所的室内表面及装备结构要求

场所分类	地面	表面	通风橱	室内通风	管道*	清洗及去污设备
I 类	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要 (风速不小于 1m/s)	应设抽风机	特殊要求	需要
II 类	易清洗且不易渗透	易清洗	需要 (风速不小于 1m/s)	有较好通风	一般要求	需要

注: ①*代表下水道宜短,下水流管道应有标记以便维修检测。

②¹³¹I 注射给药室、服碘室、抢救室、甲癌病房需达到 I 级场所防护要求,¹³¹I 储源室、SPECT 储源室、SPECT 分装室、SPECT 注射室、运动负荷室、SPECT 休息室、SPECT 机房、SPECT 留观室需达到 II 级场所防护要求。

(2) 核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计参数表见表 10-8。

表 10-8 本项目核医学科工作场所屏蔽设计参数

名称	屏蔽体	主要屏蔽材料及厚度
洗涤间	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	2mm 铅板
储源室（2 个）	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	防盗门
废物间（2 个）	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	2mm 铅板
分装室	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
	通风橱	20mm 铅当量
注射给药室	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
	注射窗	4mmPb 当量铅玻璃
	给药窗口	20mmPb 当量铅玻璃
注射室	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
服碘室	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料
	防护门	2mm 铅板
甲癌抢救室及专用厕所	四面墙体	37cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
	铅屏风	8mm 铅板
污被间	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
甲亢服药后留观室及专用厕所	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
注射后等候室及专用厕所	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
SPECT/CT 机房	四面墙体	37cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	4mm 铅板
	观察窗	4mmPb 铅玻璃
甲吸室	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料

	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
SPECT 抢救室	四面墙体	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料
	楼板	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
甲癌病房	四面墙体	37cm 实心砖墙+5cm 硫酸钡涂料
	楼板	30cm 混凝土
	防护门	5mm 铅板
	南侧窗	20mm 铅当量铅玻璃
注：①钢筋混凝土密度不低于 2.35g/cm^3 ，硫酸钡防护板密度不低于 2.79g/cm^3 ，实心砖密度不低于 1.65g/cm^3 。		

(3) 辐射安全措施

①警告设施

医院拟在核医学科诊断治疗工作场所控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在 SPECT/CT 机房受检者防护门与工作人员防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

②紧急止动装置

在 SPECT/CT 控制台上、机房内、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮即可令 SPECT/CT 停止运行。

③操作警示装置

SPECT/CT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

④视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、工作场所进出/口情况；SPECT/CT 机房和控制室以及服碘室和给药室之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置于受检者联系。

⑤门禁系统

拟在核医学科工作场所受检者各出入口、医护通道等处设置专用单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。

(4) 放射性药物储存过程的防护措施

本项目购买的放射性药物量一般是根据每日接诊病人量进行订购，不存在大量贮存的情况，放射性药物在进入医院前已采用 37mm 铅罐进行屏蔽，其表面辐射剂量率水

平满足《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019), 放射性药物由供应商通过药物通道直接送入分装室通风橱内, 若出现药物剩余情况, 则转入核医学科相应源库内贮存, 现核医学科源库内已设置双人双锁, 并且设置有视频监控系统, 源库门外张贴有电离辐射警示标识。

建设单位必须配备专(兼)职人员负责放射性药物的管理并建立健全放射性物质的保管、领用、注销登记和定期检查制度。要求设置专门的台账(如交收账、库存帐、消耗账), 加强对放射性物质的管理, 严防丢失。放置放射性物质的容器, 必须容易开启和关闭, 容器外必须有明显的标签(注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起止时间、存放负责人等)。放射性药物要设有专门可靠的防火防盗等安全设施的贮存场所, 且不得将放射性药物与易燃易爆及其他危险物品放在一起。

(5) 放射性药品操作过程防护措施

本项目辐射工作人员在进行放射性药物分装操作前首先做好个人防护, 包括穿铅衣, 戴铅眼睛、铅手套、口罩、工作帽等, 均具备 0.5mmPb 当量。分药室内设置带屏蔽效果的通风橱, 防护厚度为 50mm 铅当量, 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。医生通过自动分装装置在通风柜内进行分装操作, 分药时铅罐放置在垫有容易吸附溅洒液体滤纸的瓷盘内进行, 以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。通风橱底部设有 10mmPb 废物铅桶, 用于暂时收集放射性废物。

病人给药时, 医生将分装后的放射性药物转入注射窗口或给药窗口, 病人与医生之间设置 4mm 铅当量注射窗或 20mm 铅当量给药窗。服碘室内设置一个放射性废物收集桶(10mm 铅当量), 用于收集废弃的一次性的口杯和擦拭纸等。

(6) 对服药病人防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性, 患者要与陪护人员实行隔离, 陪护人员不允许在候诊室内驻留, 医院需要划定专门的陪护人员等候区并尽量远离非密封放射性物质工作场所, 同时要求患者在注射后在注射后候诊室静候, 禁止随意走动, 呕吐物和排泄物要排入注射后候诊室内专用厕所, 最终排入衰变池, 厕所内均拟设置节水座便器和淋浴装置, 且病房的病床之间拟采用铅屏风隔开。患者扫描结束后, 需在留观室留观, 留观室设置告诫告知牌, 告知病人留观期间不得随意“串门”, 留观无恙后方可由单向门禁离开, 并要求病人避免乘坐大众交通工具回家, 不要靠近孕妇及婴幼儿等公众。

甲癌病房工作区内涉及的洗手台 / 盆均拟采用感应或脚踏式水龙头, 均设置病人专

用厕所，厕所内均拟设置节水座便器和淋浴装置，且 1 间病房的 2 张病床之间拟采用铅屏风隔开，病房和病人走廊均拟设置视频监控装置，护士台与治疗室、注射室、病房、病人走廊均拟设置语音对讲系统。

针对甲癌病人住院期间有探视者进入病房的情况，需经管理人员同意并登记，探视前需提前告知辐射可能带来的危害性，探视期间严格控制探视时间及与服药患者之间的距离，并采取必要的辐射屏蔽措施，穿着铅服并设置 8mm 隔离铅屏风等。

(7) 表面沾污控制措施

为保证非密封源工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的标准，环评提出以下管理措施和要求：

- ①放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；
- ②操作放射性药物时，须在有负压的通风橱内进行，防止放射性物质撒漏；
- ③放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品。

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

(8) 防护设备与防护用品

本项目核医学科工作场所拟设置或已有的防护设备与防护用品设置情况详见表 10-9。

表 10-9 本项目核医学科工作场所防护设备及防护用品设置情况表

序号	种类名称	设置场所	数量	规格
1	通风橱	分装室	1 个	20mmPb
2	废物铅衰变桶	注射后候诊室、注射室、服碘室、废物库、抢救室、甲癌病房	14 个	10L, 10mmPb
3	废物铅衰变箱	甲癌废物间	1 个	440L, 10mmPb
4	废物铅衰变箱	门诊废物间	1 个	50L, 10mmPb
5	注射器防护套	注射间	若干	4mmPb
6	自动分装装置	注射间通风橱内	1 个	40mmPb
7	移动铅屏风	SPECT/CT 机房、注射后候诊室、抢救室	2 件	3mmPb
8	移动铅屏风	甲癌抢救室、甲癌病房	5 件	8mmPb
9	注射窗口	注射给药室	1 个	4mmPb

10	自动分碘仪	注射给药室	1 个	/
11	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	SPECT 控制室	2 套	0.5mmPb
12	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	铅衣室、卫生通过间	4 套	0.5mmPb
13	一次性工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等	铅衣室、卫生通过间	按需购买	/
14	表面污染监测仪	铅衣室、卫生通过间	2 台	/
15	X、 γ 剂量率检测仪	铅衣室或卫生通过间	1 台	/
16	个人剂量报警仪	人员随身携带	4 台	/
17	个人剂量计	人员随身携带	11 支	/

10.2 辐射安全防护措施的可行性

结合《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》和《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）中的相关检查内容，将本项目在设计阶段拟采取的上述防护措施汇总列入表 10-10。

表 10-10 本项目核医学科工作场所设计阶段拟采取的安全防护措施汇总表

一、SPECT/CT 检查场所			
项目	检查内容	设计内容	符合情况
场所设施	隔室操作	已设计	符合
	观察窗防护	已设计	符合
	门防护	已设计	符合
	候诊位设置	已设置	符合
	辅助防护用品	拟配备	符合
	通风设施	拟设置，SPECT/CT 机房设置机械排风系统，抽排至楼顶经高效过滤器+活性炭吸附二级处理设施过滤后排放	符合
	入口处电离辐射警告标志	拟设置	符合
	入口处工作状态显示	拟设置	符合
其它	个人剂量计	拟配置	符合
二、非密封放射性物质			
场所设施	分区管理	拟执行	符合
	场所门外电离辐射警示标志	已设计	符合
	通风设施	拟设置，核医学科工作场所设置机械排风系统，抽排至楼顶经高效过滤器+活性炭吸附二级处理设施过滤后排放	符合

	注射用屏蔽设施	已设计	符合
	病人专用卫生间	已设计	符合
	患者进出口单向门禁	已设计	符合
	人员出口配备污染监测仪	拟设置	符合
	工作场所禁止串门的标志	拟设置	符合
其它	门外电离辐射警示标志	拟设置	符合
	储源场所防火、防水、防盗、防丢失、防破坏措施	设置源库	/
	通风橱	拟设置独立的排风系统，通风橱风道连接机械排风系统，抽排至楼顶经高效过滤器+活性炭吸附二级处理设施过滤后排放	符合
三、其它			
监测设备	便携式辐射剂量仪（污染、辐射水平等）	拟配置 β 表面沾污仪 2 台，便携式 X- γ 辐射监测仪 1 台	符合
	个人剂量计	拟配置 11 支	符合
	个人剂量报警仪	拟配置 4 台	
	放射性活度计	拟配置 2 支	
放射性废液和放射性废物	放射性下水及标识（衰变池）	已设计	符合
	放射性废物暂存间，防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄露措施	拟设置	符合
	放射性固体废物收集容器、标识、标签	拟配备	符合
防护器材	个人防护用品	拟配备	符合
	放射性表面去污用品和试剂	拟配备	符合
	灭火器材	拟配备	符合

从表 10-9 可见，本项目核医学科工作场所涉及的辐射设备、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。根据“表 11”中的预测结果，本项目在正常运行工况下，产生的辐射经按设计方案建设的屏蔽实体以及个人防护用品屏蔽后，所致工作人员的职业照射剂量和公众照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本次评价标准的要求，说明各辐射工作场所拟用的屏蔽材料和防护厚度是满足屏蔽防护要求的。综上所述，按设计方案建设的各辐射工作场所，其拟采用的防护措施能够有效屏蔽各自辐射源产生的射线，符合相关标准要求。环评认为，本项目核医学科工作场所拟采取的辐射安全防护

措施是合理可行的。

10.3 辐射工作场所安全保卫措施

为确保本项目所使用的乙级非密封放射性物质工作场所和III类射线装置的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-11。

表 10-11 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
本项目核医学科工作场所	防火	本项目工作场所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)，本项目工作场所禁止储存易燃、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	本项目工作场所距离地表水体距离较远，不受地表水体影响，同时本项目工作场所地面均做了较好的防渗设计，项目区域不受地下水影响。
	防盗、防抢、放破坏	①整个非密封放射性物质工作场所进行封闭管理，并设有门禁系统，非相关人员不能直接进入本项目工作区域内。 ②源库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。 ③整个非密封放射性物质工作场所设置严密的监控系统，实行 24h 实施监控，并纳入保安人员重点巡查范围；
	防泄漏	①放射性药物进入医院前已采用 37mm 铅罐进行屏蔽，由供应商通过药物通道直接送入分装室通风橱内，若出现药物剩余情况，则转入核医学科相应源库内贮存。 ②源库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；建设单位拟自行配备便携式 γ 辐射监测仪及 β 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。

10.4 放射性“三废”的治理

本项目运行期产生的主要放射性三废为核医学工作场所使用非密封性同位素过程中产生的含放射性固废、放射性废水和放射性废气，医院拟采取以下“三废”治理措施。

10.4.1 放射性废气

本项目核医学科拟设计单独的通风系统，排风井位于核医学科的西侧。本项目拟设三条通风管道，1号通风管道连接储源室、洗涤间、注射室、SPECT/CT机房、患者通道、注射后候诊室、甲亢服药后留观室等房间，设计使用总排风量为4000m³/h的排风机；2号通风管道连接甲癌废物间、污被间、抢救室、患者通道、甲癌病房等房间，设计使用总排风量为4000m³/h的排风机；3号通风管道连接分装室通风柜与服碘室，设计使用总排风量为4000m³/h的排风机。排风管道包2mmPb铅板，管道布设如附图5所示。

本项目产生的废气由排风井排至住院综合楼顶经高效过滤器+活性炭吸附二级处理设施处理后排放，活性炭二级处理设施对放射性废气吸附效率不低于99.9%。排放口高于住院综合楼顶，距离地面约45m，且不朝向周周高层建筑及周围环境保护目标，排气口拟设置取样、采样平台，便于日常的环境监测。

本项目活性炭过滤器主要是用于去除放射性废气，一次装量约5kg，过滤器内部呈Z字型的排布，保证密封性，吸附效率可至少达到 99.9%。

环评要求：各排风管道必须密封良好，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；建设单位应将住院综合楼顶划为管控区域，并进行封闭管理，禁止设置长期居留的功能用房，日常运行中除设备维护、检修、取样等特殊情况，不得在楼顶长时间居留。

10.4.2 放射性废水

(1) 放射性废水来源

本项目产生的放射废水主要包括：甲癌病人住院期间产生的放射性废水，患者候诊过程中冲洗排便用水和工作人员的冲洗废水。本项目产生的放射性废水均排放至衰变池，衰变池拟建于住院综合楼西侧。

(2) 放射性废水处理设施

本项目产生的放射性废水均排放至住院综合楼西侧衰变池，共设 3 个并联的相同体积的放射性废液衰变池（长 6m×宽×3m×高 5m），每个衰变池有效容积约 72m³。池体采用C30 抗渗混凝土浇筑，四周池壁厚度为 250mm，底板厚度为 300mm，顶板厚度为 200mm。

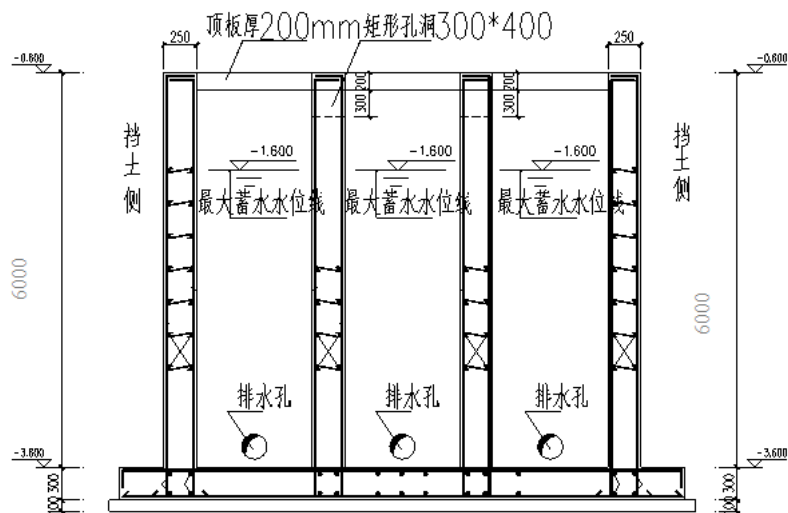


图 10-1 放射性废水衰变池设计图

(2) 衰变池容量可行性分析

参考《综合医院建筑设计规范》(GB51039-2014)，结合节水措施等实际设计情况，本项目核医学科废水产生量见表 10-12。

表 10-12 本项目核医学科废水产生量

项 目	数量	单位排水量	备 注
非住院病人	50 人/天	5L/天·人	¹³¹ I 甲亢治疗病人(10 人)、 ¹³¹ I 甲吸病人(10 人)、 ¹³¹ I 肾图检查病人(10 人)、 ^{99m} Tc 显像检查病人(20 人)
甲癌住院病人	6 人/天	100L/天·人	专用厕所采用节水马桶，实行水费收费制度。
清洗废水、工作人员淋浴废水	/	0.1m ³ /d	/
合计	/	0.95m ³	/

每个衰变池有效容积约 72m³，3 个衰变池并联，每天产生废水 0.95m³，偏保守的角度，放射性废水待放满第一个衰变池起才计算衰变时间，直到放满其余衰变池，则 ^{99m}Tc、¹³¹I 等废水衰变的总时间约为 $2 \times 72\text{m}^3 / 0.95\text{m}^3 = 152$ 天。考虑衰变池容积可以满足放射性废水在衰变池停留 10 个半衰期的要求，放射性核素 ^{99m}Tc、¹³¹I 中半衰期最长为 ¹³¹I，其半衰期为 8.04 天。放射性废水在衰变池停留的半衰期个数为 $152 / 8.04 = 18.85 > 10$ 个，所以衰变池容量满足放射性废水在衰变池停留 10 个半衰期的要求。

放射性废水衰变池拟设废水取样口和检修口，排放前应对放射性废水进行取样监测，监测结果符合排放标准后方可排放。建设单位应根据监测数据，结合废水在衰变池中的储存周期（152 天），制定 152 天一次的排水计划，按照计划定期将废水排放至新院区污水处理站进一步处理达标后纳入市政管网。每次排放应做好排放时间、监测数据、

排放量等应详细记录，设置专门的废水排放台账，台账应有专人管理，存档保存。

10.3.3 放射性固废

本项目核医学科工作场所产生的放射性废物主要为：注射过程产生的一次性注射器、手套、空药瓶；服药过程中病人产生的含 ^{131}I 的一次性口杯、擦拭纸巾；病人呕吐物、擦拭纸与废活性炭等。医院拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门分类收集，SPECT检查产生的废物按序封闭暂存于门诊废物间，甲癌住院病人与甲亢病人产生的废物按序封闭暂存于甲癌废物间，让放射性物质自行衰变，待10个以上半衰期后衰变至符合清洁解控水平后，按照医疗废物交由资质单位进行处置。

对于放射性废物的管理，参照《医用放射性固废的卫生防护管理》（GBZ133-2009）和《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-89）提出如下管理措施：

（1）建立放射性废物收集、暂存、转运台账，明确放射性废物的来源、去向及监测结果，确保放射性固废不乱丢、不乱弃；

（2）放射性废物封存时需贮存容器外表面醒目处需张贴电离辐射警告标志，并注明固废的废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等信息；

（3）放射性固废贮存容器密封暂存过程中其表面1m处剂量率应小于 0.1mSv/h ， β 表面沾污小于 4Bq/cm^2 ；

（4）暂存的放射性废物须衰变 10 个半衰期并经监测达到解控水平后（废物包表面 1m 处 γ 剂量当量率接近本底水平， β 表面沾污小于 0.08Bq/m^3 ，比活度： $^{99\text{m}}\text{Tc} < 1 \times 10^2 \text{Bq/g}$ 、 $^{89}\text{Sr} < 1 \times 10^3 \text{Bq/g}$ 、 $^{131}\text{I} < 1 \times 10^2 \text{Bq/g}$ ）。

根据医院提供的资料，患者诊断过程放射性固废产生量约 0.05kg/人 。放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 半衰期为 6.02h ，每天诊断20人次，则每天产生固废量约 1kg ，10个半衰期产生固废量小于 3kg ，新增4个10L铅废物铅桶（给药注射室1个，注射后候诊室1个，留观室1个，废物间1个）可满足条件。放射性核素 ^{89}Sr 半衰期为 50.55d ，每天诊断2人次，则每天产生固废量约 0.1kg ，10个半衰期产生固废量小于 51kg ，新增1个10L铅废物铅桶（给药注射室1个）和1个50L铅废物衰变箱可满足条件。

放射性核素 ^{131}I 半衰期为 8.04d ，（甲亢、甲吸、肾图）每天诊断30人次，则每天产生固废量约 1.5kg ，10个半衰期产生固废量约 120kg ，新增4个10L铅废物铅桶（分装室1个，废物间3个）可满足条件。甲癌病人住院期间放射性固废产生量约 0.5kg/人 ，每天8人住院，则每天产生固废量 4kg ，10个半衰期产生固废量约 320kg ，新增9个10L铅废物

铅桶（给药注射室1个，甲亢服药后留观室1个，甲吸室1个，肾图室1个，抢救室1个，甲癌病房各1个）和1个440L铅废物衰变箱可满足条件。

10.4 非放射性污染防治措施

（1）生活污水和办公垃圾处理措施

本项目工作人员工作中会产生少量的生活污水和办公垃圾，候诊病人候诊过程中产生少量的生活污水和生活垃圾，依托新院区污水处理系统和生活垃圾收集系统进行处理。

（2）废气处理措施

本项目使用的III类射线装置在工作状态时，会使空气电离产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排出，臭氧50分钟后自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响满足相关标准要求。

（3）噪声治理措施

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统均为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，考虑到噪声的远距离衰减作用，无需采用专门的降噪措施，对周围环境影响可以忽略不计。

（4）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”。环评要求：本项目使用的 SPECT/CT 射线装置在进行报废处理时，将射线装置高压射线管进行拆卸并去功能化，同时将射线装置主机的电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

10.5 环保投资估算

项目环保投资估算见表 10-13。

表 10-13 环保设施及投资估算一览表

项目		环保措施（设施）	数量	金额（万元）
核素诊断治疗场所	辐射屏蔽措施	防护墙体、铅防护门、观察窗	/	计入建设费用
	防护设备	储源铅箱	2 套	5.0
		给药窗口	1 套	2.0
		注射窗口	1 套	2.0
		通风橱	1 个	4.0
		注射器防护套	若干	1.0
		废物衰变桶	14 个	5.0
		废物铅衰变箱	2 个	10.0
		铅屏风	7 件	10.0

		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	若干	2.0
	监测仪器及 警示装置	表面污染监测仪	2 台	2.0
		X、 γ 剂量率检测仪	1 台	1.0
		个人剂量报警仪	4 台	2.0
		个人剂量计	1 个/人	利旧
		电离辐射警告标志、监督区、控制区标识	若干	2.0
		对讲和视频监控系统	3 套	5.0
	废水	废水处理设施及相应管道		2.0
	废气	净化通风排风系统		2.0
共计				57

今后在实践中，建设单位应根据国家发布的法规内容，结合自身实际情况对环保设施做相应补充，使之更能满足实际需要和法规要求。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目位于达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院新院区住院综合楼负 2 层，本项目所在住院综合楼及新院区的环境影响评价工作于 2014 年 9 月委托西南交通大学编制完成了《达州市通川区红十字医院迁建项目环境影响报告书》，并由四川省原环境保护厅对迁建项目进行了批复（川环审批〔2014〕562 号）。本环评评价内容为医院拟开展的所有核技术利用项目运行期对环境的辐射影响，本项目涉及的放射源、非密封性放射性物质及射线装置使用的辐射工作场所建设施工过程主要为非辐射类影响，项目建设阶段主要的污染因子有：噪声、废水、固体废弃物和扬尘，其影响已在《达州市通川区红十字医院迁建项目环境影响报告书》中进行了详细的分析，因此，本项目不对施工期的环境影响进行具体分析。

11.2 设备安装调试期间的环境影响分析

本环评要求设备的安装、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，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在扫描间门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时扫描间必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入核医学科工作场所，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在扫描间内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.3 运行阶段辐射环境影响分析

（1）核医学科工作场所 β 表面污染

为了分析了解本项目建成投入运行后 β 表面污染情况，本次评价选用浙江金华广福肿瘤医院现有核医学科工作场所 β 表面污染监测结果进行分析。本项目与浙江金华广福肿瘤医院的基本情况比较如表 11-1 所示。

表 11-1 核医学科类比可行性分析

类比内容		浙江金华广福肿瘤医院	本项目
放射性同位素用量	^{99m}Tc	日等效操作量为 $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$	日等效操作量为 $1.85 \times 10^7 \text{Bq}$
	^{131}I	日等效操作量为 $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$	日等效操作量为 $2.59 \times 10^9 \text{Bq}$
	/	^{18}F 日等效操作量为 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$	^{89}Sr 日等效操作量为 $3.70 \times 10^7 \text{Bq}$
分装注射室(淋洗分装)	防护门	3.0mm铅当量	3.0mm铅当量
	四面墙体	24cm实心砖+2mm铅当量防护涂料	240mm实心砖+2cm硫酸钡涂料

	顶部	25cm混凝土。	12cm砷+5cm硫酸钡涂料
--	----	----------	----------------

从表中可以看出，浙江金华广福肿瘤医院核医学科与本项目采取的屏蔽措施与类比项目相当（β 表面污染与屏蔽措施无关），浙江金华广福肿瘤医院核医学放射性同位素^{99m}Tc、¹³¹I 与 ¹⁸F 的日等效操作量与本项目 ^{99m}Tc、¹³¹I 与 ⁸⁹Sr 的日等效操作量相当。因此，可采用省肿瘤医院核医学科的监测结果作为本次评价 β 表面污染的类比对象。监测点位如图 11-1 所示，监测结果如表 11-2 所示。

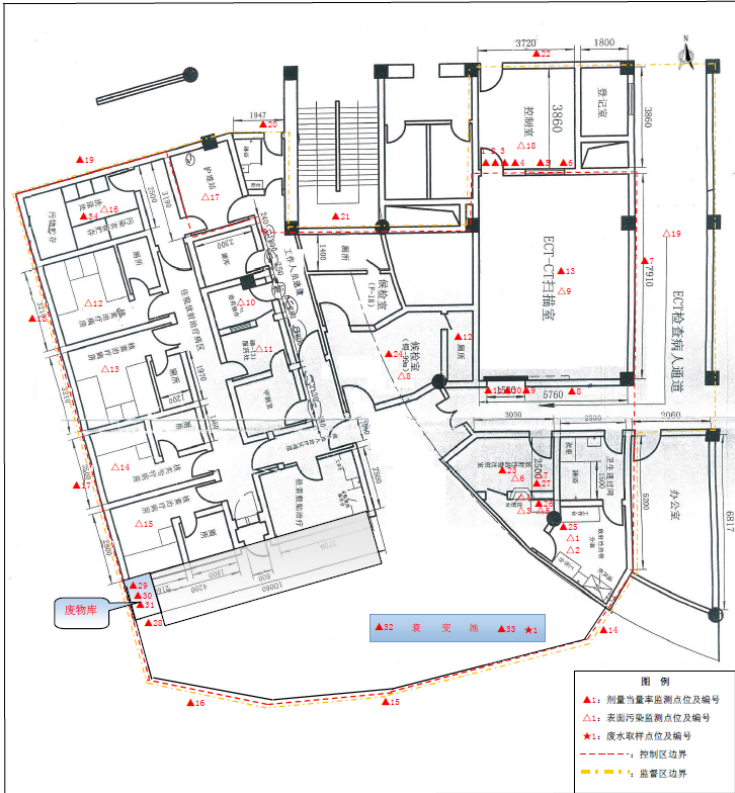


图 11-1 类比对象核医学科工作场所 β 表面污染监测点位示意图

表 11-2 类比对象核医学科工作场所 β 表面污染监测结果

监测场所	点位	点位描述	β 表面污染 (Bq/cm ²)
控制区	1	^{99m} Tc 淋洗分装柜表面	未检出
	2	^{99m} Tc 淋洗分装室地面	未检出
	3	注射室地面	未检出
	4	注射窗台面	未检出
	5	医生注射室废物桶表面	未检出
	6	病人注射位地面	未检出
	7	病人注射位废物桶表面	未检出
	8	^{99m} Tc 给药后候诊室地面	未检出
	9	SPECT-CT 机房地面	未检出
	10	¹³¹ I 给药室地面	未检出
	11	¹³¹ I 服药室地面	未检出

	12	4 号核素治疗病房地面	未检出
	13	3 号核素治疗病房地面	未检出
	14	2 号核素治疗病房地面	未检出
	15	1 号核素治疗病房地面	未检出
	16	污物间地面	未检出
监督区	17	护理站地面	未检出
	18	SPECT-CT 机房控制室地面	未检出
	19	检查病人通道地面	未检出

从表 11-2 中可以看出，放射性药物分装柜表面、废物桶表面、注射窗台面及地面等 β 表面污染均未检出，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中所规定的限制要求，影响在可接受范围内。

（2）工作场所辐射水平分析

①放射性核素产生的 γ 射线外照射

辐射工作人员在放射性药物操作区进行相关放射性药物的分装和给病人注射放射性核素，这个过程主要是放射性核素产生的 γ 射线引起的辐射照射。当病人注射或口服了放射性药物之后，病人又成为一个活动的辐射体，其所在的工作场所则要考虑来自病人身体的射线辐射。

将注射或服药后的患者视为“点状辐射源”，参考《放射防护实用手册》（赵兰才、张丹枫），放射性工作场所的 γ 射线屏蔽计算公式计算经屏蔽材料屏蔽后，评价关注点的 γ 辐射剂量率。根据式 11-1 计算辐射剂量率 H_r 。

$$H_r = A \cdot K_\gamma \cdot R^{-2} \cdot 10^{-(X/TVL)} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

H_r —— γ 辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

A ——放射性药物的活度，MBq；

K_γ ——周围剂量当量率常数， $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

R ——距放射源的距离，m。

X ——屏蔽层的厚度，mm；

TVL ——半值层，mm。

本项目项目使用的放射性核素中， ^{89}Sr 为纯 β 衰变， β 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。因此本项目主要分析放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{131}I 核素对周围的环境影响。

表 11-3 使用放射性药物工作场所辐射屏蔽计算参数

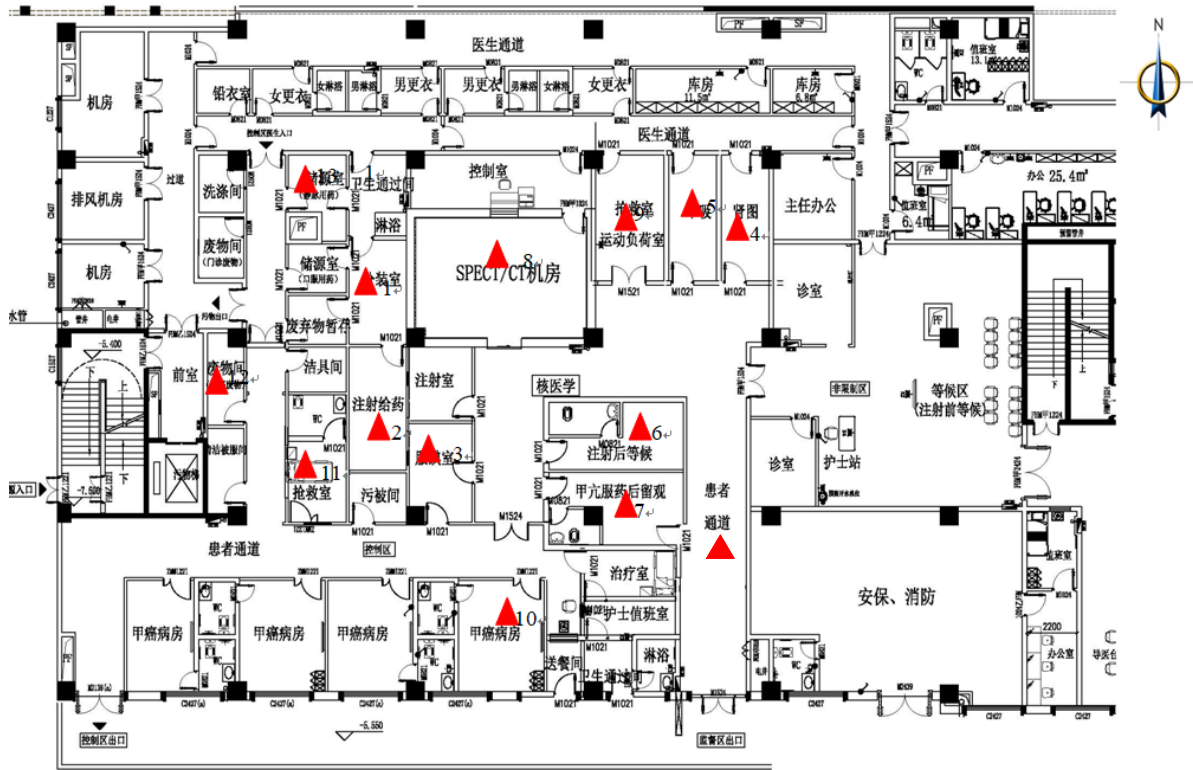
核素	周围剂量当量率常数 Γ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$)	HVL (mm)		
		铅 ($11.3\text{g}/\text{cm}^3$)	混凝土 ($2.35\text{g}/\text{cm}^3$)	实心砖 ($1.65\text{g}/\text{cm}^3$)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.0207	0.8	33	47
^{131}I	0.0583	3.0	55	78

备注：① $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 周围剂量当量率常数来源于临床核医学患者防护要求（WS553-2017）。
②表中 HVL 取值参考《辐射防护手册第三分册》（潘自强主编）中的图 2.16 几种常用屏蔽材料对宽束 γ 射线的半值层和十分之一值层厚度，其中实心砖的 HVL 是根据混凝土的密度折算得出。

根据医院诊疗流程可知，SPECT 诊断患者注射药物后 15 分钟即可进行扫描，SPECT/CT 每 15 分钟扫描一个病人，SPECT 休息室最多 2 人同时休息，SPECT 留观室最多 2 人同时留观，留观时间为 15 分钟，保守计算，不考虑病人在候诊过程的药物衰减。

甲亢患者服药后即可离开核医学科，甲癌患者每天最多 4 人住院，在服碘室内服药后，医护人员的指导下进入双人隔离病房住院治疗，甲癌患者一般住院 5-7 天。

本项目关注点情况见图 11-2。



根据式 11-1，核医学科工作场所辐射剂量率计算结果见表 11-4。

表 11-4 核医学科工作场所辐射剂量率计算结果

SPECT 诊断				
位置		距离(m)	屏蔽厚度	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
通风橱 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) (源强: 18500MBq)	分装位	0.3	20mmPb+20mmPb	0.30*
通风橱 (^{89}Sr) (源强: 370MBq)			/	
注射给药室 (源强: 925MBq)	注射位	0.5	4mmPb+4mmPb	0.07
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.01
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.02
SPECT/CT 机房 (源强: 925MBq)	控制室操作位	3.3	4mmPb 铅玻璃	0.05
	摆位	0.5	0.5mmPb 铅衣	49.66
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.01
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm混凝土+2cm硫酸钡涂料	0.02
注射后候诊室 (源强: 1850MBq)	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.02
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm混凝土+2cm硫酸钡涂料	0.03
SPECT 抢救室 (源强: 925MBq)	抢救位	0.5	0.5mmPb 铅衣+3mmPb 铅屏风	3.69
	墙外 30cm 处	1.9	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料	0.03
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.01
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.02
肾图检查				
位置		距离(m)	屏蔽厚度	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
注射室 (源强: 0.37MBq)	注射位	0.5	4mmPb+4mmPb	1.36×10^{-2}
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	1.30×10^{-4}
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm混凝土+2cm硫酸钡涂料	1.70×10^{-4}
肾图检查室 (源强: 0.37MBq)	墙外 30cm 处	1.3	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料	9.52×10^{-4}
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	1.30×10^{-4}
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	1.70×10^{-4}
甲功测试				
服碘室 (源强: 0.37MBq)	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料	6.50×10^{-5}
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm混凝土+5cm硫酸钡涂料	8.49×10^{-5}
甲吸室 (源强: 0.37MBq)	墙外 30cm 处	3.3	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料	1.48×10^{-4}
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	1.30×10^{-4}
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	1.70×10^{-4}
甲亢治疗				
服碘室 (源强: 370MBq)	墙外 30cm 处	1.3	20mm 铅玻璃	0.13
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料	0.06
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料	0.08
甲亢服药后留观室	墙外 30cm 处	2.3	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料	0.07

(源强: 370MBq)	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.13
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.17
患者通道 (源强: 370MBq)	墙外 30cm 处	1.3	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料	0.95
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.13
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm混凝土+2cm硫酸钡涂料	0.17
甲癌治疗				
位置		距离(m)	屏蔽厚度	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
服碘室 (源强: 5550MBq)	墙外 30cm 处	1.3	20mm 铅玻璃	1.89
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料	0.97
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料	1.27
甲癌病房 (源强 11100MBq)	墙外 30cm 处	2.3	37cm 实心砖墙+5cm 硫酸钡涂料	1.44
	治疗、值班室	4.3	37cm 实心砖墙+5cm 硫酸钡涂料	0.41
	墙外 30cm 处	2.3	20mm 铅当量铅玻璃	1.20
	楼上 30cm 处	4.8	30cm 混凝土	0.64
	楼下 2.4m 处	4.2	30cm 混凝土	0.84
甲癌废物间 (小于 0.1mSv/h)	墙外 30cm 处	1.3	24cm 实心砖墙+2cm 硫酸钡涂料 +10mmPb	0.26
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料 +10mmPb	0.06
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料 +10mmPb	0.08
甲癌储源室 (源强: 25900MBq)	楼上 30cm 处	4.8	20mmPb+12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.09
	楼下 2.4m 处	4.2	20mmPb+12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.12
甲癌抢救室 (源强: 5550MBq)	抢救位	0.5	0.5mmPb 铅衣+8mmPb 铅屏风	182
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料	0.97
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm 混凝土+5cm 硫酸钡涂料	1.27
甲扫				
SPECT/CT 机房 (源强: 400MBq)	控制室操作位	3.3	4mmPb 铅玻璃	0.85
	摆位	0.5	0.5mmPb 铅衣	83.10
	楼上 30cm 处	4.8	12cm 混凝土+2cm 硫酸钡涂料	0.14
	楼下 2.4m 处	4.2	12cm混凝土+2cm硫酸钡涂料	0.18
注: *代表数据叠加了表 11-5 ⁸⁹ Sr 核素产生韧致辐射剂量率				

由上表估算结果可知,核医学科工作场所控制区实体屏蔽体外关注点剂量率均小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$, 能够满足标准要求。

②CT 机的 X 射线外照射

对于 SPECT/CT 机房, 还需考虑 SPECT/CT 运行时产生的 X 射线的辐射屏蔽。拟建 SPECT/CT 机房四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗的建设均采取了辐射屏蔽, 充分

考虑邻室（含楼上下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度满足核素屏蔽要求，均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本评价项目的各机房的防护设施的技术要求满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中的相关防护设施的技术要求。因此可进一步得知本次评价的射线装置在正常运行时可满足“周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

③ ^{89}Sr 治疗过程中 β 射线的辐射影响分析

^{89}Sr 为纯 β 衰变，在衰变过程中仅产生 β 射线。根据《放射防护实用手册》（主编：赵兰才、张丹枫）， β 射线在空气中的射程按公式（11-2）计算。

$$d = \frac{1}{2\rho} \cdot E_{\text{MAX}} \quad (11-2)$$

式中：

d —— β 射线在介质中的射程，cm；

ρ ——介质的密度，空气密度为 $1.29 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ ；铅密度为 11.34g/cm^3 ；铅玻璃密度为 4.6g/cm^3 ；

E_{MAX} —— β 射线的最大能量，MeV。

经计算可知，放射性核素 ^{89}Sr 产生的 β 射线在空气中的射程很短，为 578cm，而本项目核医学科非密封放射性物质工作场所设置了足够的空间，且有墙体和铅门进行屏蔽，同时 β 射线在铅中的射程最大为 0.07cm，医护人员在操作过程中穿戴 0.5mm 铅当量的防护服，且有铅玻璃进行屏蔽，故放射性核素和 ^{89}Sr 产生的 β 射线对周围环境影响很小。

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：

$$X = 1.71 \times 10^{-4} A Z (E/r)^2 f \quad (11-3)$$

式中：

X ——距离韧致辐射源 r 米处的空气比释动能率，Gy/h；

A ——放射源活度，Ci；

Z ——电子屏蔽材料的有效原子序数， ^{89}Sr 核素治疗取 82；

E —— β 射线的最大能量，MeV；

r ——参考点与韧致辐射源的距离，m；

f ——转换系数 $8.73 \times 10^{-3} \text{Gy/R}$ 。

^{89}Sr 核素产生的韧致辐射剂量率情况详见 11-5。

表 11-5 ^{89}Sr 核素产生韧致辐射剂量率

核素	源活度	屏蔽物质原子序数	β 射线最大能力 (MeV)	距离 (m)	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
^{89}Sr	10mCi	82	1.491	0.3	0.30

由估算结果可知，距屏蔽层 0.5m 处韧致辐射剂量率为 $0.30 \mu\text{Gy/h}$ 。

(3) 工作人员及公众个人剂量估算

① 工作负荷及计算参数

(a) SPECT 诊断

工作负荷及计算参数：SPECT 诊断显影药物的活度监测、质控等可在 20mmPb 通风橱中进行，分装时辐射剂量率取通风橱外表面 5cm 处的值，该操作时间按照单份 1 分钟计。护士注射药物是在 4mmPb 当量的屏蔽窗口进行，每次注射用时约 30 秒，身体与注射器的直线距离约 0.5m。受检者在摆位技师的辅助下（直线距离约 0.5m）进行扫描检查，摆位时间约 60 秒，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。扫描时间按 20min/人次计算。

(b) 甲癌治疗、甲亢治疗项目

工作负荷及计算参数：甲吸与肾图检查项目由于用药量很小，其对工作人员或公众的环境影响可忽略。本项目 ^{131}I 药品采用碘自动分装仪自动分装。碘自动分装仪安装在注射给药室内，药物在注射给药室内自动分装。在药物分装和病人服药过程中，辐射工作人员全程待在注射给药室北侧的分装室，使用计算机程序操作碘自动分装仪进行分装、通过监控系统以及服药室和药品暂存间之间的观察窗观察、指挥患者服药，不近距离接触药品。医护人员指导患者服药的过程中受到短暂的外照射影响。

(c) 甲扫项目

受检者在摆位技师的辅助下（直线距离约 0.5m）进行扫描检查，摆位时间约 60 秒，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。扫描时间按 20min/人次计算。

② 辐射工作人员受照剂量估算

个人有效剂量估算公式如下：

$$H_r = H \times t \times T \times 10^3 \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

Hr—辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

H—辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；t—一年工作时间，h；

T—居留因子，保守按照 1 考虑。

表 11-6 辐射工作人员个人年有效剂量估算

操作	工作负荷		辐射剂量率 H (μSv/h)	年有效剂量 (mSv/a)	
	秒/次	次/年			
SPECT 诊断项目					
SPECT 分装	60	5000	0.30	2.5×10 ⁻²	2 名注射师轮岗，1.40×10 ⁻² /人
SPECT 注射	30	5000	0.07	2.92×10 ⁻³	
SPECT 摆位	60	5000	49.66	2.07	2 名核医学技师轮岗，1.34/人
甲扫摆位	60	300	83.10	0.416	
SPECT/CT 扫描	1200	5000	0.05	0.083	
甲扫	1200	300	0.85	0.085	
抢救	一次抢救按 0.5 小时，一年最多抢救 10 次		3.69	0.02	
甲癌、甲亢治疗项目					
甲癌指导服药	60	400	1.89	0.01	1 名医生，0.01/人
甲亢指导服药	60	700	0.13	1.52×10 ⁻³	
抢救	一次抢救按 0.5 小时，一年最多抢救 10 次		182	0.91	1 名医生，0.84/人
治疗室	日工作 8 小时，一年工作 250 天		0.41	0.82	
护士值班	日工作 8 小时，一年工作 250 天		0.41	0.82	1 名护士，0.82/人
核医学科下层模拟定位机房					
控制室	日工作 8 小时，一年工作 250 天		甲癌病房楼下 2.4m 处剂量率 0.84		3.08
	叠加剂量 1.40mSv(近一年的个人剂量检测结果表明，医院辐射工作人员个人剂量计监测结果在 0.25~1.40mSv 之间，取最大值 1.40mSv)				

由表 11-6 可知，核医学科核工作场所辐射工作人员的年有效剂量均能满足本评价项目提出的剂量管理限值 5mSv/a。

(3) 公众受照剂量估算

核医学科东侧候诊区、住院综合楼楼内公众及东侧急诊医技楼内公众取患者通道墙体外 30cm 处剂量率进行估算，居留因子取 1；南侧过道及山丘公众取甲癌病房墙体外

30cm处剂量率进行估算，居留因子取1/40；西侧过道、规划道路及沟壑公众取甲癌废物间墙体外30cm处剂量率进行估算，居留因子分别取1/16与1/40；北侧医生通道、中庭花园、西北侧二期发展用地等公众取抢救室、运动负荷室墙体外30cm处剂量率进行估算，居留因子取1/16。

核医学科上方消毒中心库房、护士办公室公众取服碘室楼上30cm处剂量率进行估算，居留因子取1，核医学科下层病理库房公众取服碘室楼下2.4m处剂量率进行估算，居留因子取1。本项目核医学科周围公众年有效剂量估算结果详见表11-7。

表11-7 本项目核医学科所致公众人员年有效剂量

公众	关注点剂量率($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	居留因子	距离(m)	受照时间(h)	年有效剂量(mSv)
东侧候诊区、住院综合楼内公众	0.95	1	紧邻	41.7h①	0.04
东侧急诊医技楼内公众	0.95/39 ²	1	39	41.7h①	0.025
南侧过道公众	1.44	1/40	紧邻	2000h	0.07
南侧山丘公众	1.44/16 ²	1/40	16	2000h	2.81×10^{-4}
西侧过道公众	0.26	1/16	紧邻	2000h	0.03
西侧规划道路及沟壑公众	0.26/12 ²	1/40	12	2000h	9.02×10^{-5}
北侧医生通道公众	0.03	1/16	紧邻	2000h	3.75×10^{-3}
北侧中庭花园公众	0.03/18 ²	1/16	18	2000h	1.16×10^{-5}
北侧西北侧二期发展用地公众	0.03/42 ²	1/16	42	2000h	2.13×10^{-6}
上方消毒中心库房、护士办公室公众	0.06	1	紧邻	25h②	0.02
	0.97			15h③	
下层病理库房公众	0.08	1	紧邻	25h②	0.02
	1.27			15h③	

注：①：甲亢病人（其他病人剂量率可忽略）每人次走过通道时间为1min，每天最多10人次（其他病人患者通道墙外30cm处剂量率很小，可忽略），全年41.7h；
 ②：甲亢病人每次服碘时间3min，全年500人，则全年25h；
 ③：甲癌病人每次服碘时间3min，全年300人，则全年15h；

由此可见，本评价项目正常运行时，对周围环境中的工作人员和公众的辐射影响均能满足相关标准要求。

由以上估算结果及分析可知，本项目工作人员和公众成员所受到的额外辐射照射，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本评价提出的 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值。

11.4 “三废”影响分析

11.4.1 放射性废气影响分析

本项目核医学科拟设计单独的通风系统，排风井位于核医学科的西侧。本项目拟设三条通风管道，分装室通风柜和服碘室设置独立的排风管道，排风量不小于 4000m³/h。本项目使用的放射性核素 ^{99m}Tc、⁸⁹Sr 和 ¹³¹I 产生放射性废气的环节在于分装环节，本项目使用的放射性核素 ^{99m}Tc、⁸⁹Sr 放射性废气的产生量保守按照操作核素总活度的 1‰考虑，放射性核素 ¹³¹I 放射性废气的产生量保守按照操作核素总活度的 1%考虑。

本项目 ^{99m}Tc 日最大操作量为 1.85×10¹⁰Bq，每天分装操作时间约 1h，活性炭二级处理设施吸附效率不低于 99.9%，本项目排风机风量为 4000m³/h，则本项目放射性废气排放浓度为 4.63Bq/m³。

本项目 ⁸⁹Sr 日最大操作量为 3.7×10⁸Bq，每天分装时间约 10min，活性炭二级处理设施吸附效率不低于 99.9%，本项目引风机风量为 4000m³/h，则本项目放射性废气排放浓度为 0.56Bq/m³。

本项目 ¹³¹I 日最大操作量为 2.59×10¹⁰Bq，每天分装操作时间约 2h，活性炭二级处理设施吸附效率不低于 99.9%，本项目引风机风量为 4000m³/h，则本项目放射性废气排放浓度为 32.38Bq/m³。

本项目产生的废气由排风井排至住院综合楼顶经高效过滤器+活性炭吸附二级处理设施处理后排放，活性炭二级处理设施对放射性废气吸附效率不低于 99%。排放口高于住院综合楼顶，距离地面约 45m，假设成年人呼吸量为 1.2m³/h，放射性废气的排放计算结果见表 11-8 和表 11-9。

表 11-8 各场所排气口核素所致公众年吸入量预测结果

操作场所	核素名称	排气口气溶胶浓度 (Bq/m ³)	最大落地浓度 (Bq/m ³)	公众年呼吸量 (m ³)	公众年吸入量 (Bq)
SPECT 分装室	^{99m} Tc	4.63	0.38	300	114
SPECT 分装室	⁸⁹ Sr	0.56	0.045	50	2.25
服碘室	¹³¹ I	32.38	2.64	600	1584

由表可知，各场所排气口核素所致公众年吸入量小于《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS T613-2018）规定的公众成员吸入放射性气溶胶年摄入量限值。

表 11-9 各场所排气口核素所致公众受照预测结果

操作场所	核素名称	公众年吸入量 Bq	外照射剂量转换因子 (Sv/Bq)	受照总剂量 (mSv/a)
SPECT 分装室	^{99m} Tc	114	1.9×10 ⁻¹¹	2.17×10 ⁻⁶
SPECT 分装室	⁸⁹ Sr	2.25	6.1×10 ⁻⁹	1.37×10 ⁻⁵
服碘室	¹³¹ I	1584	7.4×10 ⁻⁹	1.17×10 ⁻²

合计	1.17×10^{-2}
备注：外照射剂量转换因子根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》表 B7 得到	

由表可知，各场所排气口核素所致公众年受照射剂量远低于对公众照射剂量约束值 0.1mSv/a。因此本项目产生的放射性废气对周围环境影响较小。

活性炭过滤装置的过滤使用寿命一般为 8~12 个月，医院需每半年对过滤效率进行校核，如果有必要需每半年进行一次更换，以防止过滤装置失效，造成放射性污染事故。

11.4.2 放射性废水影响分析

根据 10.4.2 分析，本项目每天产生放射性废水 0.95m^3 ，每个衰变池有效容积约 72m^3 ，3 个衰变池并联，废水先排入新建衰变池，注满 1 衰变池需 76 天，放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 中半衰期最长为 ^{131}I ，其半衰期为 8.04 天。放射性废水在衰变池停留 152 天后，放射性废水在衰变池衰变完全可以满足放射性废水在衰变池贮存 10 个半衰期以上的要求，经衰变池后废水中总 β 浓度远低于 GB18871-2002 中规定的放射性废水排放限值（总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ），经监测达标后排入新院区污水处理站，达标处理后排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

本项目衰变池排放时池内相应核素情况详见表 11-10 和表 11-11。

表 11-10 第 1 个衰变池中 ^{131}I 的相关参数估算一览表

批次	排入衰变池核素量 (Bq)	核素半衰期	存放天数	剩余核素活度 (Bq)	排入废水中核素活度 (Bq)		活度浓度 (Bq/L)	ALI _{min} (Bq)
					每次	每月		
第 1 批	3.7×10^{10}	8.04d	221d	197	1.68×10^5	6.62×10^4	2.33	9.1×10^5
第 2 批	3.7×10^{10}	8.04d	215d	331				
第 3 批	3.7×10^{10}	8.04d	208d	605				
第 4 批	3.7×10^{10}	8.04d	201d	1107				
第 5 批	3.7×10^{10}	8.04d	194d	2023				
第 6 批	3.7×10^{10}	8.04d	187d	3699				
第 7 批	3.7×10^{10}	8.04d	180d	6763				
第 8 批	3.7×10^{10}	8.04d	173d	12365				
第 9 批	3.7×10^{10}	8.04d	166d	22606				
第 10 批	3.7×10^{10}	8.04d	159d	42330				
第 11 批	3.7×10^{10}	8.04d	152d	75560				
注：根据流程可知 1 个衰变池装了 17 个批次（76 天）甲癌与甲亢患者排泄废水，甲癌患者保守按核素使用量的 90% 排入衰变池（数据引自《Release of patients after therapy with unsealed radionuclides》ICRP Publication 94），甲亢患者按核素使用量的 20% 排入衰变池。								

表 11-11 第 1 个衰变池中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等核素的相关参数估算一览表

核素名称	排入衰变池核素量 (Bq)	核素半衰期	存放天数	剩余核素活度 (Bq)	排入废水中核素活度 (Bq) *		活度浓度 (Bq/L)	ALI _{min} (Bq)
					每次	每月		

^{99m}Tc	2.81×10^{11}	6.02h	152d	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	6.9×10^8
注：根据流程可知 1 个衰变池装了 76 天的门诊患者排泄废水， ^{99m}Tc 核素检查的患者需要候诊、扫描等操作，在给药后候诊区停留时间较长且需要上厕所，保守按核素使用量的 20% 排入衰变池考虑； ^{89}Sr 治疗人数很少且治疗结束直接离开核医学科，故不考虑其排入衰变池。								
由上表可知经衰变池衰变后每次排出的各核素总活度小于 ALI_{min}，每月排出的放射性废水总活度不超过 $10ALI_{min}$，符合国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871-2002 低放废液向环境排放每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$，每次排放的活度不超过 1 ALI_{min} 的要求；总 β 浓度远低于 GB18871-2002 中规定的放射性废水排放限值（总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$），上述估算方法是按偏保守原则进行的，实际活度比估算值要低得多。拟建的衰变池满足核医学工作需求。 11.4.3 放射性固废影响分析 根据 10.4.3 分析，每天产生放射性核素 ^{99m}Tc 固废量约 1kg，10 个半衰期产生固废量小于 3kg，新增 4 个 10L 铅废物铅桶（给药注射室 1 个，注射后候诊室 1 个，留观室 1 个，废物间 1 个）可满足条件。每天产生放射性核素 ^{89}Sr 固废量约 0.1kg，10 个半衰期产生固废量小于 51kg，新增 1 个 10L 铅废物铅桶（给药注射室 1 个）和 1 个 50L 铅废物衰变箱可满足条件。 甲亢病人每天产生放射性核素 ^{131}I 固废量约 1.5kg，10 个半衰期产生固废量约 120kg，新增 4 个 10L 铅废物铅桶（分装室 1 个，废物间 3 个）可满足条件。甲癌病人住每天产生放射性核素 ^{131}I 固废量约 0.5kg/人，每天 8 人住院，则每天产生固废量 4kg，10 个半衰期产生固废量约 320kg，新增 9 个 10L 铅废物铅桶（给药注射室 1 个，甲亢服药后留观室 1 个，甲吸室 1 个，肾图室 1 个，抢救室 1 个，甲癌病房各 1 个）和 1 个 440L 铅废物衰变箱可满足条件。 11.4.4 非放射性污染物环境影响分析 （1）SPECT/CT 系统 CT 扫描产生的臭氧 CT 机能量小，扫描时间短，运行过程产生的臭氧量少。经排风系统排入大气环境稀释后，对工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中臭氧浓度影响甚微。 （2）水环境影响分析 本项目运行期间产生的生活污水经新院区污水处理站预处理达标后，经市政污水管网进入区域污水处理厂处理，对项目所在地水环境影响较小。 （3）声环境影响分析 本项目采用低噪声设备，通排风设备运行过程中产生的噪声经房间隔声、距离衰减								

措施后，对项目区域的声环境影响很小。

(4) 固体废弃物影响分析

本项目运行期间产生的办公垃圾经分类收集后，纳入现有的处理系统，由当地环卫部门及时处理，不直接排入环境，对当地环境影响程度较小。

11.5 环境影响风险分析

11.5.1 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

11.5.2 事故等级分析

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)，辐射事故从重到轻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。本项目的可能发生的环境风险因子、潜在危害和事故等级如表11-12所示。

根据国家环保总局2006年145号《辐射事故分级》规定，“一般辐射事故：是指IV类、V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人员受到超过年剂量限值的照射。”假若本项目发生此种事故，事故等级应为一般辐射事故。“较大辐射事故是指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。”假若本项目发生此种事故，事故等级应为较大辐射事故。

表11-12 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

名称	环境风险因子	潜在危害	事故等级
核医学科 工作场所	γ 射线	活性区域、CT 机失控导致人员受超年剂量限值的照射。	一般辐射事故
	X 射线		

11.5.3 可能产生的辐射事故

主要考虑电离辐射损伤和药物失控对环境的影响。

(1) SPECT/CT 属于 III 类医用射线装置，为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成辐射损伤，事故等级属一般辐射事故。III 类医用射线装置主要事故是

由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。

(2) 由于工作人员操作不熟练或违反放射操作规程或误操作等其他原因造成的工作是放射性药物撒漏，造成意外照射和辐射污染。

(3) 由于未锁好核医学科工作场所进出口的大门，或取用药物后未及时锁好防护门，或通风橱等药物保管工作不到位致使放射药物丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

11.5.4 事故情况下环境影响分析

(1) 射线装置事故情况下环境影响分析

SPECT/CT 属于 III 类射线装置，其 X 射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。事故情况下，X 射线直接照射到人员身上，保守考虑，误入人员或病人在距离射线头 1m 处被误照射，根据《医用 X 射线治疗卫生防护标准》(GBZ131-2017)，在治疗状态下，当 X 射线管额定电压 $\leq 150\text{kV}$ 时，距 X 射线管焦点 1m 处的 X 射线源组件泄露辐射不超过 1mGy/h 。人员误入受照射时间按检查 1 个患者的扫描时间 (15min) 计算，则机房内误入人员所受的 X 射线辐射剂量率最大为 0.18mSv/次 ，为一般辐射事故。

(2) 放射性药物事故情况下环境影响分析

在操作放射性药物的过程中，因容器破碎、药物泼洒等，有可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染；放射性药物丢失或被盗，造成放射性事故；若处置不当，会对人员和环境造成危害；放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

(1) 事故情景假设

本项目使用核素主要为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 两种放射性核素，事故情况假设以上两种放射性核素试剂瓶发生丢失或药物泼洒，发生事故时放射性核素的活度为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($1.85 \times 10^9 \text{Bq}$)、 ^{131}I ($2.59 \times 10^{10} \text{Bq}$)。假设事故持续过程中按点源考虑，受照人员不考虑任何屏蔽措施，事故持续最长时间为 2h。

(2) 计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 0.1m 范围内，不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表 11-13。

表 11-13 放射性核素丢失事故下不同持续时间不同距离处个人有效剂量分布

核素	各事故持续时间段 γ 射线所致辐射有效剂量分布 (mSv)				
	0~10min	0~30min	0~60min	0~90min	0~120min
^{99m}Tc	0.05	0.15	0.31	0.45	0.62
^{131}I	25	75	151	226	302

(3) 事故后果

在上述事故情景假设条件下,携带放射性核素人员或近距离公众在事故持续时间内已受到超过年剂量限值。考虑的整个事故持续周期 2h 内,急性放射病发病率均在 1% 之下,事故持续周期内可造成人员超剂量照射而导致一般辐射事故。由于计算过程未考虑放射性核素衰变的因素,计算结果偏保守。

11.5.5 核医学科辐射事故防范措施

(1) 对所有操作场所进行严格的分区管理,设置控制区和监督区,控制区禁止无关人员进入,设置门禁系统、警示灯,悬挂电离辐射警示标识。

(2) 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。

(3) 建立放射性药物及发生器的安全管理制度,加强放射性药物安全管理,落实放射性物质安保措施,以防止放射性药物丢失。

(4) 加强放射性废物的管理,对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明,并做好相应的记录。放射性废水和固体废物经足够长的时间衰变后,方可排放或按照普通医疗垃圾处理,并做好监测记录。

(5) 对工作人员进行岗前培训合格后上岗,工作人员须熟练掌握放射性药物操作技能和熟悉辐射防护基本知识,能正确处置意外情况。

(6) 对放射性废物制定放射性三废的处理制度,设置放射性废物兼职管理员,对放射性废物单独收集,按照国家规定处理。

综上,本项目采取以上事故防范措施后,可减少或避免放射性事故的发生率,从而保证项目的正常运营,也保障了工作人员和公众的健康与安全。

11.6 事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定,医院已制定了辐射事故应急预案,应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练,及时进行整改,同时应配置必要的应急装备、器材以及应急资

金。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施,并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下,本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

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

建设单位现有院区已成立了医用诊断 X 线机放射防护领导小组（详见附件），由领导分管。由于该领导小组成立时间较早，部分成员已发生了变动，本项目建成后辐射工作活动范围也将发生了较大变化，评价要求建设单位在本项目建成前重新成立辐射安全与防护领导小组，明确各成员联系方式和职责。

12.2 辐射工作岗位人员配置和能力分析

建设单位现有 33 名辐射工作人员，本项目拟新增辐射工作人员 11 人（全部由医院内部调配），医院已为本项目辐射工作人员均配备了个人剂量计，个人剂量计每 3 个月到相关部门检测一次，并建立了个人剂量档案；医院已组织本项目辐射工作人员进行上岗前职业健康检查，符合要求的方可上岗，在日后项目运行过程中安排辐射工作人员进行在岗期间职业健康检查，两次体检时间间隔不得超过 2 年，辐射工作离岗时，应进行离岗职业健康检查；根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《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）精神，医院应尽快组织新增辐射工作人员与原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

12.3 辐射安全管理规章制度

12.3.1 档案管理分类

医院应对相关资料进行分类归档放置，包括以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”。

12.3.2 主要规章制度

建设单位本院区已制订了《放射事件应急预案》、《放射性同位素保管制度》、《放射科工作制度》、《放射科人员管理制度》、《CT 机房管理制度》、《放射安全防护管理制度》、《核医学室放射性核素操作规章制度》、《放射防护及放射性废物处理制度》等辐射管理制度，由于制订时间较早，且本项目建成后所从事的辐射工作活动范围也发生了较大的变化，评价认为对这些制度应当重新制订或者修订完善。

根据《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）

要求，辐射安全管理规章制度落实情况见下表。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制订	需补充完善，并将本项目内容纳入管理规定中
2		辐射工作场所安全管理规定	已制订	
3		辐射工作设备操作规程	已制订	
4		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制订	
5		质量保证大纲和质量控制检测计划	/	需制订
6	监测	辐射工作场所监测方案	/	需制订
7		监测仪表使用与校验管理制度	/	需制订
8	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	/	需制订
9		辐射工作人员个人剂量管理制度	/	需制订
10		辐射工作人员岗位职责	已制订	需补充完善，并将本项目内容纳入管理规定中
11	应急	辐射事故/事件应急预案	已制订	

根据四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布的新的相关法规内容，结合医院实际情况及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

12.4 辐射监测

12.4.1 监测仪器和防护设备

本项目核医学科工作场所属乙级非密封源工作场所，SPECT/CT属Ⅲ类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应至少配置1台辐射巡测仪和1台表面沾污仪，每个辐射工作人员均应配备个人剂量计。

12.4.2 监测计划

（1）个人剂量监测

个人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 1 次/季（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。

环评要求：

①如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时需进行干预,并进行剂量异常原因调查,最终形成正式调查报告,并本人签字。年剂量超过 5mSv 的管理限制时,暂停该辐射工作人员继续从事放射性作业,并进行剂量异常原因调查,最终形成正式调查报告,并本人签字,并上报当地环境保护主管部门。单年剂量超过 20mSv 标准时,构成辐射事故,按事故应急预案处理,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》,由辐射事故应急处理领导小组上报当地环境保护主管部门及省级环境保护主管部门。同时上报公安部门,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。医院须建立个人剂量档案,辐射工作人员调离辐射工作岗位,个人剂量档案要终生保存。

②个人剂量检测报告(连续四个季度)应当连同年度评估报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容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、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案终生保存。

(2) 辐射工作场所及周围环境监测

①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;年度检测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

②日常自我监测

定期自行开展辐射监测(也可委托有资质的单位进行自行监测),制定各工作场所的定期监测制度,监测数据应存档备案,监测周期如表 12-2。

③监测内容和要求

A、监测内容: X- γ 空气吸收剂量率; β 表面污染水平; 气载放射性核素浓度。

B、监测布点及数据管理: 监测布点应参考环评提出的监测计划(表 12-2)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,建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 辐射工作场所监测计划建议

项目	监测内容	监测点位	监测周期	
			自行监测	委托监测
	空气吸收剂量率	辐射工作场所内: SPECT机房内医生摆位处、分装室、注	1次/4周	1次/年

核医学科工作场所		射给药室、注射室、服碘室、注射后候诊室、甲亢服药后观察室、留观室、甲癌病房、抢救室、污物桶表面等房间。 辐射工作场所外： 控制室、观察窗铅玻璃处、防护门处、四面墙体等处。		
	β表面放射性污染	工作台、注射窗、分装室通风橱	1次/2周	1次/年
		工作服、手套、工作鞋、手、皮肤、设备表面、注射后候诊区、留观室、甲癌病房、墙壁、地面、缓冲间等可能污染的位置		
	气载放射性核素浓度	放射性废气排放口	1次/2周	1次/年

C、监测范围：控制区和监督区域及周围环境

D、监测质量保证

a、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本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；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

b、采用的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；

c、制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位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。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

(3) 放射性废水首次排放前监测

放射性废水在衰变池内放置 10 个半衰期后，在排放前应进行监测，确保首次出水中放射性总活度不超过《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)规定的限值(总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$)。医院应根据监测数据，结合废水在衰变池中的储存周期，制定排水计划，按照计划定期将废水排放至污水处理站进一步处理达标后纳入市政管网。每次排放应做好废水排放台账，并记录存档。

(4) 放射性废物处理前监测

放射性废物在放射性废物暂存间放置 10 个半衰期后，可作为医疗废物委托有资质的单位进行处置，并做好台账。

(5) 验收监测

本次评价项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）对配套建设的环境保护设施进行验收，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，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成 5 个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、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成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（6）辐射监测的可行性

环评认为，医院可以根据本表 12.4 的内容编制辐射工作场所和环境辐射水平监测方案与监测仪表使用与校验管理制度。制订的监测方案，应能够及时反映屏蔽设施的防护效能和放射废物排放达标情况。按监测方案开展的辐射监测符合《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）等相关规定要求。

12.5 年度评估报告情况

医院应按照《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）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院应于每年 1 月 31 日前登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）申报上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和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。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条的规定，医院成立了辐射事故应急处理领导小组，其负责组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。

建设单位本院区已编制了《放射事件应急处理预案》，评价认为不能满足本项目建成后的要求，应将本项目内容纳入管理规定中。此外，还需补充完善以下内容：

- （1）应急人员的培训。
- （2）增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。
- （3）增加辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。

环评要求：项目单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）第六章第四十三条规定，结合本项目实际情况，对原有《放射事件应急处理预案》予以补充、完善。

12.7 本项目射线装置使用能力综合评价

根据《四川省环境保护厅关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号），建设单位需具备的辐射安全管理基本要求对比分析如下表：

表 12-3 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	《四川省环境保护厅关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号）	实际情况	环评要求
1	（一）许可证有效性 1. 核技术利用单位应持有有效的《辐射安全许可证》，所从事的活动须与许可的种类和范围一致。 2. 新（改、扩）建核技术利用项目应及时开展环评和执行“三同时”制度。 3. 放射源与射线装置、工作场所以及单位法人与地址等变更后应在《辐射安全许可证》上及时变更。	医院持有有效的《辐射安全许可证》，所从事的活动须与许可的种类和范围一致。	本次环评后，医院应及时重新申领辐射安全许可证。
2	（二）机构和人员 1. 核技术利用单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员，落实了部门和人员全面负责辐射安全管理的具体工作。 2. 辐射工作人员（包括管理和操作人员）应参加与其从事活动等级相适应的辐射安全与防护培训并考核合格持证上岗，严禁无证人员从事辐射工作活动。培训合格证书的有效期为4年，有效期届满应参加复训。	机构已设置；医院现有辐射工作人员已参加有资质机构举办的辐射安全与防护培训和考核。	评价要求建设单位在本项目建成前重新成立辐射安全与防护领导小组。
3	（三）放射性同位素和射线装置的台账 1. 应建立动态的台账，放射性同位素与射线装置应做到帐物相符，并及时更新。 台账的内容应该包括：放射性同位素名称、初始活度、放射源编码、购买时间、收贮时间；射线装置型号、管电压、管电流、购买时间、报废时间；放射性同位素与射线装置使用或保管的部门、责任人员、目前的状况（使用、检修、闲置、暂存、收贮或销售）；放射性同位素与射线装置转让单位名称及《辐射安全许可证》持证情况、有效日期等内容。 2. 放射性同位素的转让（购买）、销售、收贮以及跨省转移等活动，必须在四川省人民政府政务服务中心环保窗口办理备案手续。 野外（室外）跨市（州）使用放射性同位素和Ⅱ类以上射线装置的活动，应到使用地市（州）环保局办理备案手续。	已有射线装置及放射性同位素台账	/
4	（四）管理制度和档案资料 核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。 1. 档案分类 辐射安全档案资料可分以下十大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、	1、拟建立并执行完善的档案分类制度。 2、将按要求建立完善的规章制度。 3、将严格执行	根据本项目特点，及时修订和完善相关规章制度。

	“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“野外探伤一事一档”和“废物处置记录”。 2. 需建立的主要规章制度 1) 辐射安全与环境保护管理机构文件 2) 辐射安全管理规定（综合性文件） 3) 辐射工作设备操作规程 4) 辐射安全和防护设施维护维修制度 5) 辐射工作人员岗位职责 6) 放射源与射线装置台账管理制度 7) 辐射工作场所和环境辐射水平监测方案 8) 监测仪表使用与校验管理制度 9) 辐射工作人员培训制度（或培训计划） 10) 辐射工作人员个人剂量管理制度 11) 辐射事故应急预案 12) 质量保证大纲和质量控制检测计划（使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位） 3. 需上墙的规章制度 1) 《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。 2) 上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm。	规章制度上墙。	
5	（五）辐射安全与防护措施 1. 通过查阅年度监测报告和核技术利用单位自我监测结果，核实辐射工作场所辐射屏蔽防护措施的有效性。 2. 辐射工作场所应设置醒目的电离辐射警示标志，出入口应具有工作状态显示、声音、光电等警示措施。 3. 辐射工作场所应合理分区，并设置相应适时有效的安全连锁、视频监控和报警装置。	已设计完善的辐射安全与防护措施。	定期检查辐射安全措施，以确保辐射安全系统运行良好。
6	（六）“三废”处理 1. 核技术利用单位应对其在辐射作业活动中产生的放射性废气实施相应处理后达标排放。 2. 辐射工作产生的含短寿命放射性核素的废水，应采取衰变池或衰变桶等方式存放。放射性废水须经有资质单位监测，确认达标后方可排放。放射性废水衰变及排放设施应设置相应的放射性警示标识。 3. 放射性固体废物贮存场所（设施）应具备“六防”（防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄露）措施。短寿命半衰期医用放射性废物在专用贮存容器内分类贮存并有放射性标识和放射性核素名称、批号、物理形态、出厂活度及存放日期等相关信息。 4. 妥善处置放射性废物。对废弃不用三个月以上的放射源，应按有关规定退回原生产厂家或送四川省城市放射性废物库贮存。短半衰期医用放射性废物存放衰变经监测合格后作为医疗废物处置。 5. 废显（定）影液（危险废物）暂存场所应防渗漏、防雨水和防倾倒等措施，存放容器上应有危废标识和危废类别、存放时间、责任人及处置单位等相关信息。危险废物应送交有相应资质的单位处置并有危险废物转移联单。 6. 射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源或拆除加高压零部件），确保装置无法再次通电使用。	医院拟设置完善的“三废”处理系统。	严格按照要求处理“三废”，并定期检查。

7	(七) 监测设备和防护用品 核技术利用单位应配备与其从事活动相适应的辐射剂量监测仪、个人剂量仪、个人剂量报警仪以及防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜、移动铅屏风等）。核技术利用单位自行配备的辐射监测仪器应每年进行比对或刻度。	拟配备监测设备和防护用品	/
8	(八) 监测和年度评估 1. 日常自我监测 1) 按照环评文件要求制定监测方案，开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测，并记录备查。 2) 短寿命放射性医疗固体废物经存放 10 个半衰期后，应监测后方可作为一般医疗垃圾进行处置。 3) 核技术利用单位也可以委托有资质的单位定期开展场所的日常辐射监测。 2. 委托监测 1) 核技术利用单位应于每季度将个人剂量片送交有资质的检测部门进行检测。对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认。 2) 每年委托有资质的机构对辐射作业场所及周围环境至少进行 1 次辐射监测。该辐射监测报告应作为《安全和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) 放射性废水排放前应委托有资质的单位开展监测。 3. 安全和防护状况年度评估报告 核技术利用单位应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。	需完善相关监测制度	需制订辐射监测计划，严格进行日常自我监测及委托监测工作，及时上报安全和防护状况年度评估报告。
9	(九) 辐射事故应急管理 1. 辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府环境保护主管部门备案，并及时予以修订。 辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。 2. 辐射事故应急应纳入本单位安全生产事故应急管理体系，定期组织演练。 3. 核技术利用单位应做好与从事活动相匹配的辐射事故应急物资（装备）的准备，如使用放射源应急处理工具（如长柄夹具等）、放射源应急屏蔽材料或容器、灭火器材等。	已制定辐射事故应急预案。	运行过程中应及时修订和完善辐射事故应急预案。
10	(十) 辐射信息网络 1. 核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 http://rr.mee.gov.cn/)中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。 2. 野外（室外）使用 I 类、II 类、III 类放射源，应当建立放射源在线监控系统。	/	医院将及时在“全国核技术利用辐射安全申报系统”实施申报工作
综上所述，通过完善环评要求的各项措施后，评价认为项目建设单位从事辐射活动的技术能力符合相关法律法规的要求。			

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）核医学科改扩建项目

建设单位：达州元达联合医院（达州市通川区红十字医院）

建设性质：改扩建

建设地点：达州市通川区石桥路111号达州元达联合医院新院区住院综合楼

建设内容：医院拟对达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院住院综合楼负 1 层原批复核医学科工作场所进行改扩建，拟用原批复核医学科预留房间新增 1 间 SPECT/CT 机房及控制室，新增 1 间注射后等候室与 1 间留观室等配套房间，调整原批复核医学科工作场所布局。改扩建后核医学科新增使用放射性同位素 ^{99m}Tc 用于显像诊断， ^{99m}Tc 年最大使用量为 $4.63 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^7\text{Bq}$ ；新增使用放射性同位素 ^{89}Sr 用于骨癌治疗， ^{89}Sr 年最大用量为 $9.25 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，日实际最大操作量为 $3.70 \times 10^8\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^7\text{Bq}$ ；使用放射性同位素 ^{131}I 用于甲亢治疗、甲吸、肾图及甲癌治疗，日等效最大操作量为 $2.59 \times 10^9\text{Bq}$ ，年最大用量为 $2.41 \times 10^{12}\text{Bq}$ 。改扩建后核医学科工作场所日等效最大操作量为 $2.65 \times 10^9\text{Bq}$ ，仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目拟将原批复核医学科西侧的洗涤间、储源室、废物间、分装室、注射给药室的面积与位置进行了调整；本项目拟将原批复核医学科注射前等候区、注射后等候区、治疗室、护士站改为注射室、服碘室、抢救室及专用厕所、污被间、甲亢服药后留观室及专用厕所、注射后等候室及专用厕所、留观室；本项目拟将原批复核医学科北侧甲扫室改建为甲吸室和抢救室；拟将原批复核医学科南侧 1 间甲癌病房和库房改建为治疗室、送餐室、卫生通过间、淋浴室和护士值班室，其余 4 间双人间甲癌病房位置保持不变；拟将核医学科东侧等候区、办公室、值班室改建为等候区、诊室和护士站。

本项目利用原核医学科预留房间拟新增 1 间 SPECT/CT 机房及控制室。扩建的 SPECT/CT 机房拟新增 1 台 SPECT/CT，型号待定，其最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属 III 类射线装置。

13.1.2 产业政策符合性与实践正当性

本项目为核辐射技术利用医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录

（2019 年本）》，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合国家产业政策。本项目在采取了相应的辐射防护措施后，所产生的辐射危害可得到有效控制，本项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

13.1.3 选址合理性分析

本项目位于达州市通川区石桥路 111 号达州元达联合医院住院综合楼，地理位置见附图 1。本项目所在住院综合楼及新院建设的环评与选址合理性在《通川区红十字会医院迁建项目环境影响报告书》（环评批复：川环审批[2014]562 号，见附件 5）中进行了论述，本项目为医疗用地。医院周围为居民商住区，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。本项目评价范围内无自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等生态敏感点，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

本项目按功能及放射性操作水平划分为控制区和监督区，实施分区管理，分别设计有患者进出路线、工作人员进出路线与放射性药物路线，可有效避免带有放射性病人对其他人员造成不必要照射，符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于临床核医学工作场所对于布局的要求，核医学科工作场所布局基本合理。

13.1.4 辐射环境质量现状

根据现场监测报告，本项目所在区域 β 表面污染水平低于检测限，X- γ 空气吸收剂量率为 102nGy/h~177nGy/h，与生态环境部《2019 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站监测数据 81.5nGy/h~179.1nGy/h 基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

13.1.5 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，本项目工作人员和公众成员所受到的额外辐射照射，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本评价提出的 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值。

放射性废水在 3 个并联衰变池停留 10 个半衰期后，按照排水计划定期排入污水处理站处理，对周围水环境影响轻微。

放射性固废采用专门的固废收集桶收集后，暂存于废物间衰变 10 个半衰期后按照普通医疗废物由当地有资质单位定期处置，不会对周围环境产生影响。

本项目产生的废气由排风井排至住院综合楼顶经高效过滤器+活性炭吸附二级处理设施处理后排放，活性炭二级处理设施对放射性废气吸附效率不低于99.9%。排放口高于住院综合楼顶，距离地面约45m，且不朝向周周高层建筑及周围环境保护目标，排气口拟设置取样、采样平台，便于日常的环境监测。经过定量分析，公众年吸入量均小于《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS T613-2018）规定的公众成员吸入放射性废气年摄入量限值。

（2）非辐射环境影响分析

本项目生活污水依托新院区污水处理系统处理达标后排放，对周围水环境影响是可以接受的。

本项目运行期间产生的办公垃圾经分类收集后，纳入现有的处理系统，由当地环卫部门及时处理，不直接排入环境，对当地环境影响程度较小。

CT 机能量小，扫描时间短，运行过程产生的臭氧量少。经排风系统排入大气环境稀释后，对工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中臭氧浓度影响甚微。

本项目采用低噪声设备，通排风设备运行过程中产生的噪声经房间隔声、距离衰减措施后，对项目区域的声环境影响很小。

13.1.6 辐射防护措施有效性结论

本项目核医学科工作场所建筑均设计了满足防护要求的屏蔽体厚度，对 X 射线或 γ 射线起到了有效地屏蔽，辐射工作人员工作时穿戴铅衣、铅围脖，佩戴防护眼镜等辐射防护用品。将注射室和注射后候诊室等房间设为控制区并设置相应的警示标志，限制无关人员进入。在控制区周围有人员活动的区域内，职业人员和公众所受的照射均低于环评要求的剂量约束值。

13.1.7 事故风险与防范

医院将按本报告提出的要求完善辐射事故应急预案和制订辐射管理制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.8 环保设施与保护目标

医院须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。

13.1.9 辐射安全管理的综合能力

建设单位现有院区已成立了医用诊断 X 线机放射防护领导小组，环评要求本项目

建成后辐射工作活动范围也将发生了较大变化，评价要求建设单位在本项目建成前重新成立辐射安全与防护领导小组，明确各成员联系方式和职责。

医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射管理制度，以适应当前环保的管理要求；本项目建成后辐射工作人员须进行上岗培训，并进行职业健康监护和个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

13.2 项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，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，评价认为，本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.3 建议与承诺

13.3.1 工作场所建设

墙体施工时应请专门的施工单位进行施工，保证砖块缝隙间水泥砂浆密实饱满，并确保墙面防护涂料涂抹均匀，保证防护厚度符合要求；使用的屏蔽防护材料应向专业厂家购置。

13.3.2 人员培训

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《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）精神，医院应尽快组织新增辐射工作人员与原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

13.3.3 管理制度

（1）本项目竣工环境保护验收之前，确保拟制定或需完善的管理制度完成；原有制度应结合本项目实际情况予以补充、完善。

（2）严格执行本项目放射性核素送入、存储和使用过程的管理措施，控制人流、物流通道，落实分区管理措施。

13.3.4 其它建议和要求

（1）医院应进一步加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（2）加强对辐射工作人员个人剂量的管理，若发现季度监测数据超过 1.25mSv，应及时进行调查、查找原因，并采取相应的干预管理措施；定期将辐射监测设备送至有检

定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性；个人防护用品使用达到五年期限时，应及时更新。

(4) 医用射线装置报废前，医院应采取去功能化措施妥善处理，确保报废装置无法再次通电使用。

(5) 医院应告知甲亢患者服药后与甲癌患者出院后，应避免出入公共场所，并控制与家庭成员及公众的接触距离。

(6) 医院应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(7) 本项目环评审批后，医院应及时到四川生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统(网址 <http://rr.mee.gov.cn/>)”中实施申报登记。

(8) 根据《建设项目环境保护管理条例》，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。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规范进行项目竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 项目环报竣工验收检查一览表

项目		设施	备注
核医学科 工作场所	辐射屏蔽 措施及安全 装置	SPECT/CT 机房及配套房间，甲癌病房及配套房间等工作用房（含铅防护门、观察窗、专用厕所）	新增
		储源铅箱 2 套、废物衰变桶 14 个、废物铅衰变箱 2 个	新增
		通风橱 1 台、自动分碘仪 1 台	新增
		对讲和视频监控系统 3 套	新增
		电离辐射警示标志和工作状态指示灯若干	新增
		铅屏风 7 件	新增
		表面污染监测仪 2 台	新增
		X、 γ 剂量率检测仪 1 台	新增
		个人剂量计 11 支	利旧
		个人剂量报警仪 4 台	新增
	个人防护 用品	个人防护用品（如铅防护服、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等）若干	新增
		一次性工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等	按需购买

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日

