

核技术利用建设项目

德阳市人民医院城北第五代医院

核技术利用建设项目

环境影响报告表

(公示稿)



生态环境部监制

核技术利用建设项目

德阳市人民医院城北第五代医院

核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：德阳市人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

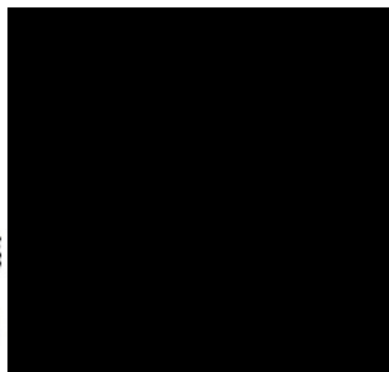
通讯地址：德阳市泰山北路173号

邮政编码：618099

电子邮箱：/

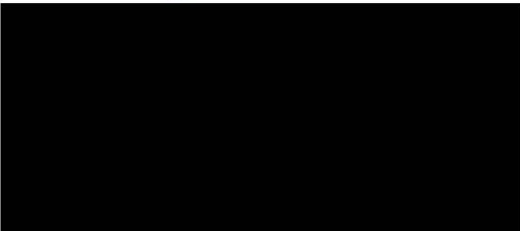
联系

联系



打印编号: 1709013100000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	705122		
建设项目名称	德阳市人民医院城北第五代医院核技术利用建设项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	德阳市人民医院		
统一社会信用代码	12510500451134681A		
法定代表人 (签章)			
主要负责人 (签字)			
直接负责的主管人员 (签字)			
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	浙江君安检测技术有限公司		
统一社会信用代码	913301065930539754		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
莫圣浩	202305035330000000014	BH064685	莫圣浩
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
高洁	表1、表2、表3、表4、表5	BH1047390	高洁
金沙	表6、表7、表8、表9、表10	BH053676	金沙
潘立成	表11、表12、表13	BH1038966	潘立成

环评项目负责人职业资格证书（复印件）

14



姓名：莫圣浩

证件号码：330682199310135037

性别：男

出生年月：1993年10月

批准日期：2023年05月28日

管理号：20230503533000000014





环境评价工程师
Environmental Impact Assessment Engineer

本书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师职业资格。



中华人民共和国人力资源和社会保障部



中华人民共和国生态环境部

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源.....	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置.....	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据.....	14
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	22
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	38
表 11 环境影响分析.....	61
表 12 辐射安全管理	78
表 13 结论与建议	84
表 14 审批.....	89

表 1 项目基本情况

建设项目名称		德阳市人民医院城北第五代医院核技术利用建设项目			
建设单位		德阳市人民医院			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		德阳市泰山北路 173 号、德阳市泰山南路二段 868 号、德阳市庐山南路三段 35 号、德阳市旌阳区双东镇龙凤村 8 组(德阳市看守所二监区)、广汉市三水镇九一街北段(三水镇卫生院住院部)、德阳市泰山北路四段 606 号			
项目建设地点		德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角			
立项审批部门		德阳市发展和改革委员会		批准文号	德市发改行审[2019]8 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			占地面积(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 建设单位情况简介 德阳市人民医院(以下简称医院)始建于 1942 年,位于德阳市,是一所综合性三甲医院。医院下设六个院区,分别位于德阳市泰山北路 173 号(院本部)、德阳市泰山南路二段 868 号(旌南分院)、德阳市庐山南路三段 35 号(六医院骨科中心)、德阳市旌阳区双东镇龙凤村 8 组(德阳市看守所二监区)、广汉市三水镇九一街北段(三水镇卫生院住院部)、德阳市泰山北路四段 606 号(妇儿院区)。医院现核定床位为 1300 张,牙椅 16 张,设有预防保健科、全科医疗科、内科、外科、妇产科、妇女保健科、儿科、儿童保健科、眼科、耳鼻咽喉科、口腔科、皮肤科、医疗美容科、精神科、传染科、结核病科、肿瘤科、急诊医学科、康复医学科、麻醉科、疼痛科、重症医学科、医学检验科、病理				

科、医学影像科、中医科等诊疗科目（详见附件 1：《事业单位法人证书》）。

1.1.2 项目由来

为了改善德阳市人民医院的诊疗条件，提高医疗服务水平，满足德阳市人民医院的发展，同时为配合德阳市城市总体规划、旌东新区规划的实施，修建相关的配套设施等，德阳市人民医院于 2014 年 4 月启动了“德阳市人民医院城北第五代医院城北院区”、“德阳市妇女儿童专科医院”的实施。

2019 年 3 月 20 日经德阳市发展和改革委员会批复，拟在德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角建设德阳市人民医院城北第五代医院（以下简称为：医院），医院占地面积为 202.9 亩，拟建急诊急救中心（急诊综合部）、综合门诊医技大平台中心、疾病诊疗住院中心（头颈中心住院部、腹部中心住院部、胸部中心住院部、肿瘤中心住院部）、配套办公和综合库房等行政后勤保障用房、停车库和污水处理垃圾暂存等辅助用房，总建筑面积 280000 m²，编制床位 1400 张，日门诊/急诊人数 7000 人次，总投资 200000 万元。（详见附件 2：《关于德阳市人民医院城北第五代医院建设项目可行性（代项目建议书）的批复》德市发改行审[2019]8 号）

德阳市人民医院已委托西藏国策环保科技股份有限公司编制了《德阳市人民医院城北第五代医院建设项目环境影响报告书》，并已于 2020 年 2 月 28 日取得德阳市生态环境局的批复。（详见附件 3：德阳市人民医院城北第五代医院建设项目《环境影响报告书》的批复）

拟设的德阳市人民医院城北第五代医院综合门诊医技大平台中心地下共两层，地上共三层。综合门诊医技大平台中心东侧与疾病诊疗住院中心相连，自北向南分别为头颈中心住院部、腹部中心住院部、胸部中心住院部和肿瘤中心住院部，疾病诊疗住院中心地上共七层。综合门诊医技大平台中心北侧与急诊急救中心（急诊综合部）相连，该建筑地上共六层。

医院拟在综合门诊医技大平台中心（以下简称为：综合楼）负二层东南侧设置放疗科，拟设置三间直线加速器机房、一间后装机房，新增三台 10MV 直线加速器，属Ⅱ类射线装置；新增一台铀源（装源活度 10Ci）后装机，属Ⅲ类放射源。

医院拟在综合楼三层西北侧设置手术中心，拟设置一间复合手术室（DSA+MRI）、四间介入手术室（DSA，其中四台为单球管 DSA，一台为双球管 DSA）和一间中型 C 臂

机房，新增五台 DSA（150kV，1250mA）和一台中型 C 臂机（125kV，1000mA），均属 II 类射线装置。DSA 和中型 C 臂机设备主要用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 或中型 C 臂机开展介入手术 800 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

本项目拟设 55 名辐射工作人员，加速器机房拟设置 20 人，DSA 及中型 C 臂机房拟设置 35 人。本项目拟配备辐射工作人员部分从医院外部招聘，部分从医院内部调配，辐射工作人员均不存在兼职其他辐射工作场所岗位情况。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 7 号，2019 年修改）：辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—制备 PET 用放射性药物的；使用 III 类放射源的；使用 II 类射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所”，故应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，德阳市人民医院委托浙江君安检测技术有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（项目委托书见附件 3）。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：德阳市人民医院城北第五代医院核技术利用建设项目
- （2）建设单位：德阳市人民医院
- （3）建设性质：新建
- （4）建设地点：德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角

1.2.2 项目建设内容及规模

本项目建设地点位于德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角德阳市人民医院城北第五代医院，医院拟在综合楼负二层东南侧设置放疗科，在综合楼三层西北侧设置手术中心（拟设置复合手术室、介入手术室和中型 C 臂机房）。

1.2.2.1 放疗科建设内容和建设规模

医院放疗科拟设在综合楼负二层东南侧，拟新建三间直线加速器机房和一间后装机房。其中三间直线加速器机房（有效使用面积：66.5 m²）南墙、北墙和顶棚主屏蔽区为3000mm混凝土、次屏蔽区为1700mm混凝土，东墙为1700mm混凝土，机房西侧设“L”型迷道，迷道内墙为1400mm混凝土，迷道外墙为1500mm混凝土，防护门为15mm铅板+100mm含硼聚乙烯板，另新建控制室、更衣室、水冷机房等配套房间，新增三台10MV医用电子直线加速器。后装机房（有效使用面积：28.1 m²）东墙和西墙为1000mm混凝土，南墙为1400mm混凝土，顶棚为600mm混凝土，机房北侧设直迷道，迷道内墙为1000mm混凝土，迷道外墙为1700mm~3000mm混凝土，防护门为10mm铅板，另新建控制室等配套房间，新增一台铱源（装源活度10Ci）后装机。

1.2.2.2 手术中心建设内容和建设规模

医院手术中心拟设在综合楼三层西北侧，拟新建一间复合手术室（DSA）、四间介入手术室（DSA）、一间中型C臂机房及其控制室等配套房间。其中复合手术室为24号手术室（有效使用面积为63.9 m²），拟设置为DSA+MRI复合手术室；四间介入手术室分别为23号手术室（有效使用面积均为60.9 m²）、25号手术室（有效使用面积为67.8 m²）、26号手术室和27号手术室（有效使用面积均为51.8 m²，设置一台双球管DSA设备）；中型C臂机房为21号手术室（有效使用面积为40.9 m²）。23号/24号手术室的南侧和北侧墙体、25号手术室的南侧/西侧和北侧墙体、26号/27号手术室的四周墙体均为200mm实心红砖+3mmPb辐射防护板，其余手术室墙体均为钢龙骨支撑3mmPb辐射防护板，顶棚和地坪均为200mm混凝土+20mm硫酸钡涂料，防护门和观察窗均为4mm铅当量；21号手术室（中型C臂机房）四周墙体均为钢龙骨支撑3mmPb辐射防护板，顶棚和地坪均为150mm混凝土+20mm硫酸钡涂料，防护门和观察窗均为3mm铅当量。

拟新增五台DSA（150kV，1250mA）和一台中型C臂机（125kV，1000mA），均属Ⅱ类射线装置。DSA和中型C臂机设备主要用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台DSA或中型C臂机开展介入手术800台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为30秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为10分钟。

项目总投资5000万元，其中环保投资370万元，约占总投资的7.4%。本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表1-1。

表 1-1 项目组成及主要的环境问题表

名称	场所	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	放疗科	医院放疗科拟设在综合楼负二层东南侧，拟新建三间直线加速器机房及其控制室、更衣室、水冷机房等配套房间，新增三台 10MV 医用电子直线加速器。拟新建一间后装机房及其控制室等配套房间，新增一台铯源（装源活度 10Ci）后装机。	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、电子线、 γ 射线、废靶、臭氧、氮氧化物
	手术中心	医院手术中心拟设在综合楼三层西北侧，拟新建一间复合手术室（DSA+MRI）、四间介入手术室（DSA）和一间中型 C 臂机房及其控制室等配套房间，拟新增五台 DSA（150kV，1250mA）和一台中型 C 臂机（125kV，1000mA）用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。		X 射线、臭氧、氮氧化物
辅助工程		配套建设候诊区、诊室和护士站等设施		/
环保设施		◆废气： 放疗科 本项目直线加速器治疗室和后装治疗室设计采用强制排风系统，机房分别设置进风管道和排风管道，管道拟从防护门上方穿墙沿迷路进入机房（拟采用“S”型穿墙方式，并采用铅板对通风管道进行包裹屏蔽），机房内气体最终从放疗科西南侧排风机房的风井排出。加速器机房拟设计排风量不小于 2000m³/h，三间加速器机房中容积最大的约 329m³，通风换气次数不小于 6 次/h；后装机房拟设计排风量不小于 540m³/h，后装机房容积约 133m³，通风换气次数不小于 4 次/h。 手术中心 本项目每间介入手术室、复合手术室及中型 C 臂机房内均设置独立的通排风系统，新风口和排风口均拟设置于装饰吊顶上，机房内废气经排风管道从风井统一排出室外。 ◆噪声：选取低噪声设备；利用建筑隔声；设置减振、软管连接等降噪措施。	噪声、施工废水、扬尘、固体废物	噪声
公用工程		依托医院的配电、供电、通讯系统及污水处理系统等。		

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 1-2。

表 1-2 本项目主要原辅材料及耗能情况

类别	名称	年用量	来源	用途
能源	电（kW）	10000度	市政电网	—
水	自来水	1000m ³	市政供水管网	—

1.2.4 本项目涉及的放射源

本项目涉及放射源的情况详见表 1-3，放射源特性见表 1-4。

表 1-3 本项目涉及放射源基本情况表

核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	工作场所	备注
¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ Bq / 3.7×10 ¹¹ Bq×1 枚	III类	使用	放疗科后装机房	拟购

表 1-4 本项目涉及放射源特性表

技术指标	参数
辐射源种类	铱-192（ ¹⁹² Ir）
拟最大装源活度	370GBq（10Ci）
放射源衰变方式（分支比%）	β^- （95.13%）、EC（4.87%）
主要辐射类型	γ 射线

射线能量均值	0.468MeV
半衰期	74.0d
空气比释动能率常数	0.111 μ Sv/h/MBq

1.2.5 本项目涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况详见表 1-5 和表 1-6。

表 1-5 本项目医用射线装置基本情况表

序号	射线装置	型号	主要参数	类别	拟安装场所	备注
1	医用直线加速器	待定	X 射线：10MV 电子线：0-22MeV	II 类	放疗科 1 号、2 号、3 号加速器机房	3 台，拟购
2	数字减影血管造影装置（DSA）	待定	150kV，1250mA	II 类	手术中心 23 号、24 号、25 号、26 号和 27 号手术室	5 台，拟购
3	中型 C 臂机	待定	125kV，1000mA	II 类	手术中心 21 号手术室	1 台，拟购

表 1-6 拟购医用直线加速器主要技术参数一览表

设备技术指标	参数
射线模式	X 射线、电子线
能量分档	X 射线：最高能量为 10MV
	电子线：最高能量为 22MeV
等中心剂量率	X 射线最大剂量率：2400cGy/min（FFF 模式）
	电子线最大剂量率：1000cGy/min
机头泄漏率	小于等中心处吸收剂量的 0.1%
照射野	NTD=100cm 时，最大照射野为 40cm×40cm
等中心高度	1300mm
射线束总张角度	半对角 14° 锥形线束
其他	配套 CBCT 图像引导系统 CBCT 参数：150kV，1500mA

1.2.6 工作制度和劳动定员

工作制度：本项目辐射工作人员每天工作 8 小时，每周工作 5 天，每年工作 50 周。

劳动定员：本项目放疗科拟配备辐射工作人员 19 名（医师 6 名，技师 10 名，物理师 3 名）；本项目手术中心拟配备辐射工作人员 35 名（医师 15 名，技师 10 名，护士 10 名），所有拟配备辐射工作人员部分从医院外部招聘，部分从医院内部调配，辐射工作人员均不存在兼职其他辐射工作场所岗位情况。

1.3 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)》（国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行），本项目属鼓励类中第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目和第十三项“医药”中的第 4 条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工

智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，其建设符合国家现行产业政策。

1.4 项目规划符合性分析

本项目位于德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角，隶属于德阳市旌东新区起步区，旌东新区规划建设目标为“以商务核心区和宜居新城为主题，依托高铁北站、行政中心和职教基地，建设居住以及服务功能协调发展的北部新城”

根据德阳市旌东新区起步区控制性详细规划—土地利用规划图，本项目拟建地的用地性质为“医院用地”，本项目均依托医院主体工程征地红线内建设，不新增用地，项目符合德阳市总体规划。

1.5 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、病人治疗中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中射线装置的使用不当可能会造成如下辐射影响问题：

- （1）给辐射工作人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响；
- （2）射线装置的不正当性操作会造成较大和一般的辐射事故。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对射线装置的使用、其所在的辐射工作场所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。因此，在正确操作和严格管理的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给辐射工作人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

1.6 项目选址、外环境关系、布局合理性分析

1.6.1 项目选址合理性分析

本项目位于德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角，德阳市人民医院城北第五代医院综合楼内，医院东面紧邻泰山路，隔泰山路为散居小型商铺、农户；东南侧 67m 为

中石化加油站；南侧紧邻规划的金马堰、钱塘江路，农户；西侧 79m 为当地农户集中居住区，再远为农田；北侧紧邻妇女儿童专科医院。医院地理位置图见附图 1，周边环境现状见附图 2，医院总平面布置图见附图 3。

本项目用地为医疗用地。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。

1.6.2 周边环境关系

（1）本项目四至关系

德阳市人民医院城北第五代医院位于德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角，医院东侧紧邻泰山路，隔泰山路为散居小型商铺、农户；东南侧 67m 为中石化加油站；项目南侧紧邻规划的金马堰、钱塘江路，农户；项目西侧 79m 为当地农户集中居住区，再远为农田；本项目北侧紧邻在建的妇女儿童专科医院。医院地理位置图见附图 1。

本项目放疗科位于医院综合楼负二层东南侧，手术中心位于医院综合楼三层西北侧，项目东侧 80m 范围内为医院内部道路、绿化及泰山路；项目南侧 150m 范围内为医院内部道路、污水处理站、液氧站、景观绿化、室外停车场；项目西侧 80m 范围内为医院内部道路、景观广场及绿化带；项目北侧为 140m 范围内为医院急诊综合部、院内道路和 32 支渠（河道）。项目周围环境关系见附图 2，医院总平面布置图见附图 3。

（2）本项目布局合理性分析

本项目放疗科设置于医院综合楼负二层东南侧，手术中心设置于综合楼三层西北侧。

本项目辐射工作场所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。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。

1.7 现有核技术利用项目许可情况

（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[00236]，允许使用种类和范围为：使用 V 类放射源；使用 II、III 射线装置；使用非密封性放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所；有效期至 2025 年 12 月 06 日，见附件 3）。

（2）医院辐射安全许可证已登记的放射性同位素、射线装置和放射源情况见表 1-11，

表 1-12 和 1-13。该医院现有核技术利用项目均已履行环评审批手续，相关项目均已完成环保“三同时”验收，环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现环境遗留问题。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 1-11 辐射安全许可证已登记的放射性同位素一览表

序号	场所名称	场所等级	使用核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大使用量 (Bq)
1	核医学科	乙级	^{125}I (粒子源)	3.7×10^7	9.32×10^{10}
2			^{18}F	4.28×10^4	1.07×10^9
3			^{125}I	3.1×10^6	7.78×10^7
4			$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.85×10^8	4.44×10^{12}
5			^{89}Sr	1.4×10^6	3.6×10^9
6			^{131}I	2.22×10^8	1.11×10^{11}

表 1-12 辐射安全许可证已登记的射线装置一览表

序号	装置名称	场所名称	类别	设备参数
1	医用血管造影 X 射线系统	2 号 DSA 机房	II 类	125kV,1000mA
2	数字平板减影血管造影系统	1 号 DSA 机房	II 类	125kV,1250mA
3	医用诊断 X 射线系统	第三照片室	III 类	150kV,800mA
4	直接数字化 X 射线成像系统	第一照片室	III 类	150kV,650mA
5	X 射线诊断系统 (急诊 DR)	急诊 DR 室	III 类	150kV,650mA
6	医用 X 射线影像装置 (旌南 DR)	旌南 DR 照片室	III 类	150kV,560mA
7	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	旌南 CT 室 (一)	III 类	130kV,345mA
8	口腔 X 射线机 (牙片机)	口腔科牙片室	III 类	60kV,7mA
9	双能 X 射线骨密度仪	骨密度检测室	III 类	76kV,3mA
10	X 射线计算机体层摄影设备 (超高档 CT)	CT 室 (五)	III 类	150kV,2600mA
11	医用诊断 X 射线机 (数字胃肠机)	数字胃肠造影室	III 类	150kV,800mA
12	口腔 X 射线数字化体层摄影设备	CBCT 照片室	III 类	90kV,16mA
13	放射治疗模拟定位机	模拟定位室	III 类	125kV,500mA
14	计算机断层扫描系统 (64 层螺旋 CT)	CT 室 (二)	III 类	140kV,500mA
15	单光子发射计算机断层系统 (SPECT)	SPECT 检查室	III 类	140kV,2.5mA
16	全数字化乳腺 X 线成像系统 (乳腺 DR)	乳腺照片室	III 类	40kV,100mA
17	移动式 C 型臂 X 射线系统	六医院手术室 5 间	III 类	110kV,21mA
18	移动式 G 型臂 X 射线成像系统	六医院手术室 6 间	III 类	110kV,15mA
19	移动式 X 射线影像系统	六医院手术室 7 间	III 类	110kV,20mA
20	移动式 C 型臂 X 射线	六医院手术室 4 间	III 类	110kV,23mA
21	直线加速器 (2)	直线加速器②机房	II 类	10MV
22	X 射线骨密度仪	骨密度室	III 类	60kV,0.333mA
23	数字化移动式摄影 X 射线机	外科大楼 ICU (1)	III 类	150kV,400mA
24	X 射线计算机体层摄影设备 (急诊 CT)	急诊 CT 室	III 类	140kV,677mA
25	X 射线计算机体层摄影设备 (旌南 CT)	旌南分院 CT 室 (二)	III 类	140kV,515mA
26	X 射线计算机体层摄影设备 (外科 CT)	CT 室 (一)	III 类	140kV,825mA
27	移动式数字化医用 X 射线摄像系统	3 楼儿科 ICU	III 类	150kV,400mA
28	数字减影血管造影装置	复合手术室	II 类	125kV,1000mA
29	X 射线计算机体层摄影设备	方舱 CT 室	III 类	140kV,420mA

30	医用直线加速器	直线加速器①机房	II类	6MV
31	X射线计算机体层摄影设备	模拟定位CT机房	III类	140kV,800mA

表 1-13 辐射安全许可证已登记的放射源一览表

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类
1	Sr-90（Y-90）	V类	7.4×10^8	使用

1.9 现有核技术利用管理情况

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

（1）辐射安全与环境保护管理机构

建设单位已成立了辐射安全与防护管理委员会（详见附件 8：相关规章制度），明确了相关工作内容和职责，能够满足现有核技术利用项目运行过程中辐射防护管理和监督的需要。

（2）辐射安全管理相关规章制度

医院在现有核技术利用项目运行中已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相应要求，制定了<辐射安全管理制度>、<放射突发性事件医学应急预案>、<放射防护操作使用制度>、<受检者防护制度>、<德阳市人民医院关于成立放射防护管理领导小组的通知>等规章制度（详见附件 8）。同时，各科室根据项目开展特点，制定了相应的操作规程、岗位职责、管理制度等，并落实执行。

上述制度基本满足目前核技术利用项目开展的需要，实践过程中若发现与工作实践不符或采取的防护技术有变化的情况出现，医院会立即组织相关人员进行修订，以保持制度的适用性和规范性，最大限度保护环境和人员免受辐射影响。

（3）辐射工作人员培训情况

医院现有辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训合格证书，医院已安排所有培训证书过期的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）的相关要求，仅从事III类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。因此，医院应自行组织安排仅从事III类射线装置并现未持有辐射安全与防护

培训证的辐射工作人员进行医院内部的考核。

（4）开展辐射监测工作的情况

①个人剂量监测：建设单位现有辐射工作人员均已委托进行个人剂量监测（附件 10），本项目拟涉及的辐射工作人员在项目运行后均拟继续进行个人剂量监测，DSA 介入手术相关医护人员拟按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中相关要求佩戴双剂量计。

②工作场所和环境辐射水平监测：医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

（5）辐射事故应急处理及演练执行情况

医院在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好，运行过程中未曾发生辐射事故，若发生辐射事故时应立即启动辐射事故应急预案。医院每年开展一次辐射事故应急演练但并对演习内容进行记录和保存。

（6）年度评估报告情况

医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年对本单位射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年 1 月 31 日前向管理部门提交上一年度评估报告。

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	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ Bq /3.7×10 ¹¹ Bq×1枚	Ⅲ类	使用	放射治疗	放疗科后装机房	安装在后装机屏蔽体内，治疗时才出源	拟购
	以下空白							

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大用量 (Bq)	日等效操作量(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
		以下空白									

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	装置名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	Ⅱ类	3	待定	电子	X 射线：10MV 电子线：0-22MeV	X 射线等中心 1m 处最大 24Gy/min；	放射治疗	放疗科 1 号、2 号、3 号加速器机房	拟购
	以下空白									

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊和治疗、分析等用途

序号	装置名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	数字减影血	Ⅱ类	4	待定	150	1250	介入手术	手术中心 23 号、24 号、25	拟购

	管造影装置 (DSA, 单 球管)							号和 26 号手术室	
2	数字减影血 管造影装置 (DSA, 双 球管)	II类	1	待定	正位球管: 150 侧位球管: 150	正位球管: 1250 侧位球管: 1250	介入手术	27 号手术室	拟购
3	中型 C 臂机	II类	1	待定	125	1000	介入手术	手术中心 21 号手术室 (中型 C 臂机房)	拟购
	以下空白								

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

序 号	名 称	类 别	数 量	型 号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度(n/s)	用 途	工作场所	氚靶情况			备 注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
	以下空白												

表 5 废弃物 (重点是放射性废弃物)

名 称	状 态	核素名称	月排放 量	年排放 总量	排放口 浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	—	少量	少量	—	不暂存	通过排风系统排入外环境, 臭氧常 温约 50 分钟下可自行分解为氧气。
废 ^{192}Ir 放射性源、加速器废 靶件	固态	^{192}Ir	—	—	—	不暂存	厂家回收
以下空白							

注: 1、常见废弃物排放浓度, 对于液态单位为 mg/L, 固体为 mg/m³, 气态为 mg/m³; 年排放总量用 kg;

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量, 单位分别为 Bq/L (kg、m³) 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》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委 员会第十一次会议通过;2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订),2015 年 1 月 1 日施行; (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日通过,自 2003 年 9 月 1 日起施行;2016 年 7 月 2 日第一次修正;2018 年 12 月 29 日第二 次修正); (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六号),2003 年 10 月 1 日施行; (4)《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院 令第 253 号发布施行;2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令 修订,自 2017 年 10 月 1 日起施行); (5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,(2005 年 9 月 14 日经国务 院令第 449 号公布,2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修改,2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修改); (6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日,国家 环境保护总局令第 31 号公布,2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改,2019 年 8 月 22 日经生态 环境部令第 7 号修改,2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改); (7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(中华人民共和国环境保 护部令第 18 号),自 2011 年 5 月 1 日起施行; (8)《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委 员会公告 2017 年第 66 号),自 2017 年 12 月 5 日起施行; (9)《关于发布<放射源分类办法>的公告》(国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号),自 2005 年 12 月 23 日起施行; (10)《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》(公告 2019 年第 57 号); (11)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号);
------------------	---

	(12)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(生态环境部令第16号),自2021年1月1日起施行; (13)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》,中华人民共和国环境保护部办公厅,环办辐射函[2016]430号,2016年3月7日发布; (14)《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),自2018年1月1日施行; (15)《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》(国家环保总局,环发[2006]145号); (16)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第9号),2019年11月1日施行; (17)《产业结构调整指导目录(2024年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号),2024年2月1日起施行; (18)《关于贯彻落实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》(川环办函[2019]507号); (19)《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》(环境保护部国环规环评[2017]4号); (20)《四川省辐射污染防治条例》,(四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号),2016年6月1日实施; (21)《四川省人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》(川府发〔2020〕9号),2020年6月28日; (22)《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》(川环函〔2016〕1400号)。
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》(HJ10.1-2016); (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》(HJ61-2021); (4)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); (5)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021); (6)《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);

	(7)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZT 201.2-2011)； (8)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)； (9)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)； (10)《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)； (11)《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)； (12)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (13)《后装γ源近距离治疗质量控制检测规范》(WS 262-2017)。
其他	(1)环境影响评价委托书； (2)德阳市人民医院提供的其它相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，本辐射环境评价范围取本项目辐射工作场所实体边界外 50m 范围，评价范围详见附图 2：本项目周边概况图。

7.2 保护目标

根据附图 2 可知，本项目实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑、绿化道路及停车位，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。

本项目主要环境影响因素为电离辐射。环境保护目标主要是工作人员和周边公众。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析。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信息

环境保护目标类型		位置描述	距靶源最近距离 (m)	估计人数	年有效剂量管理约束值
放疗科	辐射工作人员	西侧控制室	3.15~10.26	8	5mSv
	公众	西侧患者通道、水冷机房、插植室等	7.5	50	0.1mSv
		北侧核素制备场所、水冷机房	8.0	20	
		上方库房、空调机房、水泵房、电气机房、垃圾存放转运区	7.6	20	
手术中心 23号、24号、25号手术室	辐射工作人员	手术室内	0.5	2	5mSv
	公众	南侧控制室	3.5	1	0.1mSv
		南侧准备室	3.5	2	
		东侧、西侧：其他手术室（其中25号手术西侧为污物走廊）	3.5	5	
		北侧设备机房、污物走廊	3.5	5	
		上方净化机房	4.0	5	
		下方检验大厅、卫生间、污洗打包间	4.0	100	
手术中心 26号、27号手术室	辐射工作人员	手术室内	0.5	2	5mSv
	公众	控制室	3.5	1	0.1mSv
		南侧污物走廊	3.5	5	
		东侧、西侧：仪器室、准备室、污物走廊	3.5	10	
		北侧洁净走廊	3.5	5	
		上方屋顶绿化	4.0	10	
		下方实验室	4.0	30	
手术中心 21号	辐射工作人员	手术室内	0.5	2	5mSv
	公众	东侧准备室	3.5	1	0.1mSv
		南侧污物通道	3.5	5	

手术室(中型C臂机房)		西侧19号手术室准备室	3.5	2	
		北侧洁净走廊	3.5	5	
		上方净化机房	4.0	5	
		下方检验大厅	4.0	100	

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限制

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

表 7-2 剂量限制的相关内容

对象	具体内容
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的照射水平进行控制, 使之不超过下述限值: ①由审管部门决定的连续5 年的年平均有效剂量, 20mSv; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv; ③眼晶体的年当量剂量, 150mSv; ④四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②特殊情况下, 如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。
剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%(即0.1mSv/a~0.3mSv/a)的范围之内。	

(2) 参考《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中关于剂量约束值的规定:

- a) 一般情况下, 从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。
- b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

本项目辐射工作人员年有效剂量按上述表 7-2 中规定的照射剂量限制的 1/4 执行, 即辐射工作人员剂量约束值不超过 5mSv; 公众剂量约束值按照上述表 7-2 中标准的 1/10 执行, 即不超过 0.1 mSv。辐射工作人员眼晶体的年当量剂量约束值取 15mSv; 辐射工作人员四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量约束值取 50mSv。

7.3.2 辐射管理分区

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

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

7.3.3 放射治疗机房辐射屏蔽要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)：

(1) 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

(2) 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

(3) 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

(4) 剂量控制应符合以下要求：

A) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 a) 和 b) 所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（ $\dot{H}_c$ ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,\max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

B) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控

制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶, 机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制 (可在相应位置处设置辐射告示牌)。

7.3.4 DSA 机房、中型 C 臂机房安全措施和辐射屏蔽要求

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020):

(1) 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房, 机房应满足使用设备的布局要求; 对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房, 其最小有效使用面积, 最小单边长度应符合表 7-3 要求。

表 7-3 DSA 机房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
双管头或多管头 X 射线设备 ^a	30	4.5
单管头 X 射线设备 ^b (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5
a: 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。 b: 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个球管各安装在 1 个房间内。		

(2) X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求

①不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不低于表 7-4 的规定。

表 7-4 DSA 设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

②医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

③机房的门和窗关闭时应满足表 7-4 的要求。

(3) 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求:

①具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$; 测量时, X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

②具有短时、高剂量率曝光的摄影程序 (如 DR、CR、屏片摄影) 机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$, 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估, 应不大于 0.25mSv 。

(4) 工作场所防护用品及防护设施配置要求

根据工作内容现场应配备不少于 4 种基本种类要求的工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施, 其数量应满足开展工作需要, 对陪检者应至少配备铅防护衣; 除

介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb；应为儿童的 X 射线检查配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb。详细情况见表 7-5。

表 7-5 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查 类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放 学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶 颈套、铅防护眼镜、 介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护 帘、床侧防护帘/床侧 防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围 裙（方形）或方巾、 铅橡胶颈套 选：铅橡 帽子	——
注1：“——”表示不要求。 注2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

7.3.5 环境质量及污染物排放的执行标准

（1）环境质量控制标准

①地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准；

②臭氧需满足室外臭氧《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级浓度限值中 1 小时均值 $\leq 0.2\text{mg/m}^3$ ，同时满足室内臭氧《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)中 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg/m}^3$ 。

③声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 2 类标准。

（2）污染物排放标准

①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；

②废气执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297—1996)中的二级标准；

③施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本建设项目地址位于德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角德阳市人民医院城北第五代医院内，医院基础建设已基本建成。医院东面紧邻泰山路，隔泰山路为散居小型商铺、农户；东南侧 67m 为中石化加油站；南侧紧邻规划的金马堰、钱塘江路，农户；西侧 79m 为当地农户集中居住区，再远为农田；北侧紧邻妇女儿童专科医院。

本项目放疗科位于医院综合楼负二层东南侧，手术中心位于医院综合楼三层西北侧，项目东侧 80m 范围内为医院内部道路、绿化及泰山路；项目南侧 150m 范围内为医院内部道路、污水处理站、液氧站、景观绿化、室外停车场；项目西侧 80m 范围内为医院内部道路、景观广场及绿化带；项目北侧为 140m 范围内为医院急诊综合部、院内道路和 32 支渠（河道）。项目周边概况见附图 2。

8.2 辐射环境现状

为了解本项目辐射工作场所周围辐射环境现状水平，浙江君安检测技术有限公司于 2025 年 4 月 5 日对工作场所周围环境 γ 射线剂量率进行了监测。

8.2.1 环境现状评价对象

拟建项目辐射工作场所区域周边环境。

8.2.2 监测项目

γ 射线剂量率。

8.2.3 监测点位

根据现场踏勘、本项目工作场所平面布置情况及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的相关要求，本次选择在建设地周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况，环境现状监测点位图见图 8-1，监测点位布设合理。

图 8-1 拟建辐射工作场所周围环境现状监测点位示意图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

（1）监测单位：浙江君安检测技术有限公司

（2）监测日期：2025 年 4 月 5 日

- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境现状
- (7) 天气环境条件：温度 25℃，相对湿度 55%，晴
- (8) 监测仪器

表 8-1 监测仪器一览表

监测项目	监测仪器信息		
	仪器名称	仪器编号	仪器参数及检定情况
γ 射线剂量率	X、 γ 辐射剂量当量率仪	JAYQ-56	仪器型号：AT1123 型 检定/校准单位：华东国家计量测试中心 证书编号：2024H21-20-5224664001、 2024H21-20-5224664002 检定/校准日期：2024 年 04 月 26 日

8.3.2 质量保证

本次监测单位为浙江君安检测技术有限公司，该单位具有浙江省质量技术监督局颁发的资质认定证书（证书号：161118341686），并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- (3) 监测仪器按规定定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- (4) 监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，确保监测数据的准确性和可比性；
- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好；
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- (7) 监测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的 γ 射线剂量率监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建辐射工作场所区域周围环境 γ 射线剂量率监测结果

监测点号	监测点位	监测结果（nGy/h）		备注
		平均值	标准差	

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目主体工程土建施工环境影响已包含在批复的《德阳市人民医院城北第五代医院建设项目环境影响报告书》中进行了分析评价，本次评价不涉及。本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。各机房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，混凝土浇筑墙体要连续施工，同时要防止噪声扰民。

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。装修时应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，墙与墙之间须紧密贴合，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，注射给药窗和观察窗等与墙体至少重叠 5cm，且采用硫酸钡涂料灌缝，避免各屏蔽体之间有漏缝产生，防止辐射泄漏。

本项目装修施工期较短，施工量较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可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。

本项目所有设备的安装、调试，均由设备厂家专业人员进行，建设方和医院方不得自行搬迁、安装及调试设备。在射线装置安装过程中，会产生少量包装废弃物；在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、 γ 射线、臭氧和少量包装废弃物。医院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，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房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设备区域，防止辐射事故发生。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 放疗科项目

9.2.1.1 直线加速器项目

(1) 设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，主要由三大部分组成，既电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。

电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电 离室、光阑、附件接口、限光筒等。

医用直线加速器内部结构框图见图 9-1，直线加速器有电子束和 X 射线两种治疗模式，X 射线治疗和电子治疗子系统结构见图 9-2，典型医用直线加速器外观结构见图 9-3，实景图见图 9-4。

图 9-1 医用电子直线加速器内部结构图

图 9-2 X 射线治疗与电子治疗系统结构图

图 9-3 典型医用直线加速器外观结构图

图 9-4 典型医用直线加速器实景图

(2) 工作原理

医用直线加速器主要是根据被加速的电子轰击高原子序数的金属靶而产生高能 X 射线的原理，利用加速器产生的不同能量的电子束和 X 射线，根据人体正常组织和肿瘤组织对射线照射的反应不同，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗，属 II 类射线装置。

电子线束治疗工作原理：电子发射源发射的电子，进入真空加速管被加速，然后经磁偏转装置，使电子束转向，一般转 90° 或 270° ，再经过一个电子扩散箔，使电子均匀射出，形成电子线束。通过散射箔扩大射束的直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后通过输出窗射出达到患者病灶实现治疗的目的，即初始电子束直接引出并经散射、均整后用于患者的治疗。

X 线束治疗工作原理：对 X 射线而言，除电子那部分构造外，还有一个金属靶和 X 射线准直装置，经过磁偏转转向的高速电子束，射向高原子序数的金属靶，当电子同金属靶的原子核相撞时，速度减慢并损失部分能量，电子损失的能量转换为 X 射线，X 射线经过一个平板滤片，二次准直射出达到患者病灶进行治疗。

本项目加速器还配备有 CBCT（Conebeam CT），即锥形束 CT，其工作原理是根据人体不同组织对 X 射线的吸收与透过率的不同，应用灵敏度极高的仪器对人体进行检测，然后检测所获取的数据输入电子计算机，电子计算机对数据进行处理后，就可摄下人体被检查部位的断面或立体的图像，发现体内任何部位的细小变化。CBCT 可在医用

电子直线加速器治疗前以治疗体位同步进行 CT 扫描，进行实时在线配准，在治疗前纠正摆位、器官运动、肿瘤体积变化等带来的误差，实现精准放疗，在确保疗效的基础上，可大幅减轻放疗副作用，最大限度避免放疗损伤。

(3) 工作负荷

正式投入使用后，预计本项目每台加速器治疗 30 人次/天，均保守考虑为适行调强放射治疗，每周 5 天，每年工作约 250 天，平均每人治疗 7 野次，每人次平均治疗剂量为 2Gy，每人次出束治疗时间最多为 2min（不含摆位时间），则加速器有用线束日出束时间 1h，周出束时间 5h，年总出束时间约为 250h，其中 X 射线束与电子束治疗出束时间的比例约为 20:1。

(4) 工作流程及产污环节

直线加速器在进行放射治疗时，患者在射线机房内，医务操作人员位于射线机房外隔室操作。治疗时，射线机房可为医务人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入射线机房。

本项目直线加速器涉及电子线浅表治疗模式和 X 射线治疗模式，在出束期间会产生电子束、X 射线。此外，X 射线与空气中的氧气相互作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体；另有更换的废靶件产生。

直线加速器治疗项目的操作流程如下，其工作流程及产污环节见图 9-5：

- 1) 根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；
- 2) 预约病人先在 CT 模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定治疗中心，工作人员隔室操作；
- 3) 确定肿瘤位置和形状后，物理人员根据医师给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成；
- 4) 医护人员和患者进入直线加速器机房，医护人员进行指导摆位，随后医务人员撤出直线加速器机房，确认机房内除了受诊患者无其他人员。
- 5) 启动加速器，锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）进行图像引导系统拍摄放疗体位下的照射部位数字影像，与放疗计划系统进行对比，并校正放疗体位，出束治疗。
- 6) 治疗结束，医务人员关闭加速器，并进入机房指导协助患者离开。

图 9-5 医用直线加速器放疗流程及产污环节示意图

9.2.1.2 后装治疗项目

(1) 设备组成

本项目使用的后装机为计算机控制的遥控后装系统，主要包括：

1) 施源主机：主要由分度头，储源罐，送丝组件和升降结构组成。分度头可连接多个输源管、施源器，储源罐内只装一个放射源，通过分度头的引导控制，放射源可依次通过相应管道达到治疗区，按计划实施治疗。

2) 放射源：主要产生治疗所需射线或粒子。

3) 控制系统：后装机的控制系统采用计算机与可编程逻辑控制器或计算机与单片机之间的串行通讯，遵循自由通讯协议。控制系统主要包括电机驱动系统、制动器和离合器。

4) 监视系统：主要包括摄像头和监视器，主要用于监视治疗室后装机工作状态和治疗室患者的情况。

5) 附属安全设备：实时监测治疗室内的放射性活度，从而提示工作人员放射源的运行或存储状态。

6) 施源器：后装机的施源器是插入人体的部分，临床需求及放射源特性的不同，施源器类别不同，可根据肿瘤治疗的实际需要选择合适的施源器。

典型后装机和施源器外形图如图 9-6 所示。

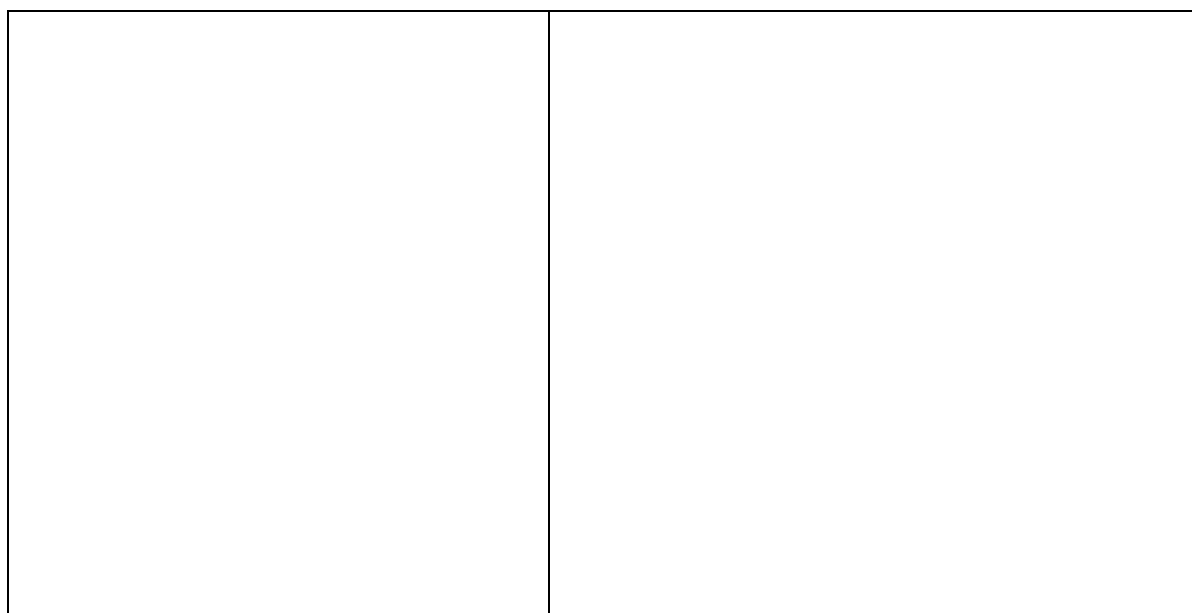


图 9-6 典型后装机和施源器外形图

(2) 工作原理

后装治疗就是先将空载的源容器插入组织内或放置于体腔内，当源容器的位置被证实为最合适以后，再把放射源通过遥控操作输入容器中进行照射治疗，后装治疗属于近

距离治疗方式。

通过治疗计划系统确定治疗方案，将施源器插入肿瘤照射位置。确认施源器位置正确后，控制系统发出指令，驱动机构将储源库中的放射源送至照射位置，放射源发出的 γ 射线使病灶产生生化反应，杀死肿瘤细胞，达到治疗的效果。治疗完毕后，计算机系统发出收源指令，放射源驱动装置将放射源自动收回贮源器。

(3) 工作负荷

正式投入使用后，后装机房预计治疗人数为 30 人次/天，每周工作 5 天，每位患者治疗照射时间保守按 10min 计算，总的周治疗出束时间约为 25h，则年工作时间为 1250h。

(4) 工作流程及产污环节

本项目后装治疗机使用 1 枚 ^{192}Ir 放射源，新源的活度大约 370GBq(10Ci)，其直径 $<1.0\text{mm}$ ，长度 $<4.6\text{mm}$ ，用激光焊接于弹性驱动线缆上，从分度盘至最远的位置为 1500mm。治疗过程施源方式为遥控，通过视频系统可清晰观察后装机及放射源的情况，系统配有后装机放射源位置模拟尺、放射源位置检查尺和 GAFCHROMIC 胶片条，后装机放射源位置模拟尺用于测量施源器内部长度和在透视片中显示驻留位置；放射源位置检查尺专用于测量和验证放射源的位置（末端位置）。放射源验证系统用于测量后装机放射源的强度。

治疗前先由放疗技师根据患者病患情况放置施源器，然后由工作人员将病人送入后装治疗室内，接上与源相连的导管，然后借助后装治疗机将源送到需要照射的部位，放射源的输送由工作人员在控制室遥控操作。先驱动假源探路，正常后缩回假源，再驱动真源按计划执行治疗，放射源步进到位精度为 mm 级。

治疗结束后，通过遥控控制源返回贮源器内，系统装有联锁装置，在治疗室的门未关闭或按下紧急按钮时，源不会送出或将已送出的源撤回，确认源安全返回贮源器内，方可通过操作台控制打开迷路防护门，辐射工作人员将病人送出治疗室。

后装机治疗一般工作流程及产污环节见图 9-7。

图 9-7 后装机近距离治疗工作流程及产污环节示意图

(5) 换源操作

根据放射源出厂活度，后装治疗机使用的 ^{192}Ir 放射源半衰期为 74 天，使用达到 1.5 个半衰期时需更换，后装机每年需要更新放射源 3 次。废源由设备厂家按照合同约定负责调换、运输、处置，医院负责日常安全使用及管理。 ^{192}Ir 后装机换源时需制定周密的计划，并且报相关部门备案。

换源流程具体如下：换源工作人员先行将专用的贮源器（专用贮源器的屏蔽能力与后装机未出源时的屏蔽能力基本一致）与后装机用输源管连接，然后退出机房，关闭防护门，通过电脑控制其出源，源进入专用的贮源器后，待回收；然后换源工作人员将含有新源的专用贮源器上一根长约 1m 的钢丝连接到后装机（钢丝的另一端即为新源），然后退出机房，关闭防护门，通过电脑控制将钢丝连同新源一起进入后装机，完成一次换源工作，废源由放射源供货单位负责回收，不在医院后装机房内暂存。

9.2.1.3 放疗科放射治疗机房人流物流路径规划

（1）人流

1）患者路径

患者从放疗科西侧电梯或直接由负二层地下车库进入负二层放疗科，在等候室内候诊，根据叫号进入对应的加速器机房或后装机房进行治疗，治疗结束后原路返回。

2）医护人员路径

医护人员从放疗科西侧办公区域经医护人员通道向东进入加速器机房或后装机房的控制室，完成工作后原路返回。

（2）物流

本项目三间加速器机房和一间后装机房运营后产生医疗废物及辐射工作人员和患者的少量生活垃圾，在一天的工作结束后，由清洁人员统一收集，医疗废物通过放疗科南侧的污梯运至医院的医疗废物暂存间内，定期委托有资质单位外运处置，生活垃圾运至医院的垃圾收集点，交由环卫部门进行统一清运。

本项目放疗科放射治疗机房人流物流路径规划详见图 10-1。

9.2.2 手术中心项目

（1）设备组成

数字减影血管造影装置（DSA）及中型 C 臂机是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 及中型 C 臂机射线装置主要由 X 射线发生系统、C 型支架、接收器、图像显示器、导管床、操作台等系统组成。X 射线发生系统位于接收器正对方向；操作台集合控制系统和设备状态显示等功能，位于操作室内；机房内控制装置一般为脚闸控制，通过设备电缆引出、位于地面。其整体外观图如图 9-1 所示。

图 9-8 DSA 及中型 C 臂机射线装置整体外观示意图

本项目拟设 DSA 中有一台为双球管设备，配有一个落地 C 臂和 1 个悬吊 C 臂，落地 C 臂和悬吊 C 臂上分别设置有一套球管和平板探测器，其中落地 C 臂上的称为正位球管，悬吊 C 臂上的称为侧位球管，根据实际工作的需要，工作人员可以控制单球管出束或者是两个球管同时出束，两个球管同时出束时，射线照射方向夹角一般为 90° ，不会向同一个方向照射。

图 9-9 双球管 DSA 射线装置整体外观示意图

(2) 工作原理

X 射线诊断装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管和两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-10。

图 9-10 典型 X 射线管结构图

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

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

(3) 介入治疗

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管（约 1.5-2 毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、

恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

心血管介入：

动脉导管未闭（PDF）是主动脉和肺动脉之间的一种先天性异常通道，多位于主动脉峡部和左肺动脉根部之间，约占先心病的 20%左右，采用封堵术进行治疗。术前准备：完善各项术前检查，如心电图、胸片、超声心动图及相关化验监测，必要时配血备用，准备好必要的抢救要求并签署知情同意书。诊断性心导管术：局麻或全麻下穿刺股静脉，静脉推注肝素 100U/kg，行右心导管监测。穿刺股动脉行降主动脉造影，通常选择左侧位，测量 PDA 直径，了解其形体和位置。计算肺循环血流量、肺循环阻力等，合并肺动脉高压者判断其病变程度及行政，必要时行急性血管反应试验及堵闭试验。封堵操作：Amplatzer 主动脉导管封堵器及国产类似形状封堵器：将所选封堵器安装于输送钢缆顶端，透视下沿输送鞘管将其送至降主动脉。待封堵器盘面完全张开后，将输送鞘管及输送钢缆一起回撤至 PDF 主动脉侧。然后固定输送钢丝，仅回撤输送鞘管至 PDA 肺动脉侧，使封堵器腰部固定于 PDA 内。5-10min 后重复主动脉弓降部造影。若证实封堵位置合适、形状满意，无或仅有微量残余分流，且听诊无心脏杂音时，可操纵旋转柄将封堵器释放。

外周血管介入：

外周血管造影术是一种介入检查方法，即将显影剂注入血管内，利用 X 光无法穿透显影剂的特点来诊断血管病变。它可以清楚显示血管本身的形态改变，如狭窄、梗塞、畸形、扩张、痉挛和出血等，对诊断下肢血管的病变具有特殊的意义。从足背浅静脉针推造影剂，造影时病人取 30° 斜立位，检查侧肢体必须完全处于不负重的松弛状态。造影时在踝部扎一止血带，以阻断浅静脉回流迫使造影剂进入深静脉系统，有利于显示深静脉。同时可阻断或减少浅静脉的充盈，从而减少深、浅静脉间的重叠。

神经内科介入：

神经内科的脑血管狭窄手术是指医生利用 DSA 或中型 C 臂机透视功能，通过股动脉穿刺，导管放置于狭窄部位，根据狭窄血管不同可预先于狭窄动脉处的远端置入脑保护伞，然后将球囊放置狭窄部位扩张，之后支架植入狭窄动脉内，支撑狭窄部位，使血流畅通，改善脑组织供血。

（4）工作负荷

根据建设单位提供资料，本项目 5 台 DSA 额定管电压均为 150kV，额定管电流均为 1250mA；1 台中型 C 臂机额定管电压为 125kV，额定管电流均为 1000mA。主要用于进行心脏外科、心脏内科、血管外科、神经外科等多科室手术，用于手术期间提供患者的透视和点片图像，每个科室使用的介入手术室不固定，每台 DSA 或中型 C 臂机每年开展介入手术最多 800 台，摄影工作状态下，平均每台手术出束时间为 30s；透视工作状态下，平均每台手术出束时间为 10min。

医院拟配置 15 名执业医师 10 名护士和 10 名技师，共 35 名辐射工作人员参与本项目 DSA 或中型 C 臂机诊疗工作。护士在手术过程中护士承担记录手术情况、传递医疗器械及辅助医生手术的工作，既有同室操作又有隔室操作，同室时间按透视模式总时间的 1/3 考虑；技师只需负责隔室操作设备，本项目劳动定员情况及工作制度计划见表 9-1。

表 9-1 本项目 DSA 和中型 C 臂机手术劳动定员及工作制度计划表

工作场所	岗 位	人 员 数 量（人）	出束 模 式	操作 方 式	平均每台手 术曝光时间 （min）	单人最大手术 台数（台）	年受照 时间（h）	工作制度
手术中心 21 号、23 号、24 号、 25 号、26 号和 27 号 手术室	医 师	15	透视	同室	10	400（其中操作 双球管 DSA 进 行手术不超过 80 台）	66.6	8h/d、 5d/week
			摄影	隔室	0.5		3.4	
	护 士	10	透视	同室	1/3×10	500（其中操作 双球管 DSA 进 行手术不超过 100 台）	27.8	
			透视	隔室	2/3×10		59.7	
			摄影	隔室	0.5			
	技 师	10	透视	隔室	10	500（其中操作 双球管 DSA 进 行手术不超过 100 台）	87.5	
			摄影		0.5			

注：护士的同室时间按透视模式总时间的 1/3 考虑。

（5）工作流程及产污环节

1）操作流程

①病人候诊、准备、检查由主管医生写介入诊疗申请单；医生检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症完善术前检查和预约诊疗时间；

②向病人告知可能受到的辐射危害：医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等；

③设置参数，病人进入机房、摆位：根据不同手术及检查方案，设置 DSA 或中型 C 臂机系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导病人进入机房并进行摆位；

④根据不同的治疗方案，医生及护士密切配合，完成介入手术或检查，分为两种情

况：

第一种情况，摄影模式，医生采取隔室操作的方式（即操作医生在控制室内对病人进行曝光），医生、护士通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流，技师隔室在控制室操作设备。

第二种情况，透视模式，医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，此时医生和护士位于铅屏/铅帘后身着铅服在曝光室内对病人进行直接的同室手术操作，技师隔室在控制室操作设备。

⑤治疗完毕关机：医生应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片；对单纯接受介入造影检查的病人。诊断报告由病人家属取回交病房病历保管。

2) 产污环节分析

DSA 及中型 C 臂机的 X 射线诊断机曝光时，主要污染因子为 X 射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA 及中型 C 臂机拍片流程及产污环节如图 9-11 所示。

图 9-11 DSA 及中型 C 臂机操作流程及产污环节示意图

综上所述，DSA 及中型 C 臂机在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

DSA 及中型 C 臂机手术工作中可能产生的医疗废物，如针头、纱布、注射器等属于固体废物，具有直接或者间接感染性、毒性以及其他危害性，应收集后按要求集中处置。

（6）人流物流路径规划

1) 患者路径

患者根据预约时间，由病房进入手术室区域，护师和护工带领病人在换车前室换床后，依次通过洁净走廊、准备室进行相应手术室。手术结束后，患者由护士和护工将协作送回到住院病房。

2) 医护路径

医护人员：每日手术前医护人员由医护电梯进入手术中心医护门厅，技师由换鞋室进入更衣室，更衣完成后由患者/医护通道进入各自控制室，进行机器的预热；医师、护师由换鞋室进入更衣室，更衣完成后由患者/医护通道进入准备室、在准备室内佩戴防护用品，穿戴完成后进入手术室。手术结束后，护师和护工将协作送病人回到住院病

房，医师、技师原路返回离开。

3) 污物路径

每台手术结束后，所有的医疗废物将由护师经污物通道送至手术中心西侧的污物打包间，一天的手术结束后，打包间内的医疗废物由清洁人员通过手术中心西侧的污梯运送至医疗废物暂存间内暂存，定期委托有资质单位外运处置。

本项目手术中心 DSA 及中型 C 臂机房人流物流路径规划详见图 10-8。

9.3 污染源项分析

9.3.1 施工期污染源分析

(1) 施工阶段

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。

(2) 设备安装、调试阶段

本项目射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧和少量包装废弃物。

图 9-12 施工期施工工序及产污位置图（虚线框不属于本次评价内容）

9.3.2 运行期污染源分析

9.3.2.1 直线加速器项目

本项目拟安装使用的直线加速器最大电子线能量 22MeV，最大 X 射线能量 10MV，无需考虑中子辐射、中子俘获 γ 射线及感生放射性影响。

(1) 正常工况

1) X 射线

直线加速器运行期间高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线，X 射线随机器的开、关而产生和消失。

2) 电子线

直线加速器处于电子束模式下使用初始电子线进行浅层治疗时，会产生电子线，电子线最高能量为 22MeV，高能电子线随机器的开关而产生和消失。

3) 臭氧和氮氧化物

加速器在运行过程中，空气在辐射照射下，会发生辐照分解现象，主要产物为臭氧及微量氮氧化物，通过排风系统排入大气环境中。

4) 废靶件

直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，根据

《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)对废靶等组件进行 γ 辐射空气吸收剂量率监测,若满足《放射性废物分类》豁免与解控要求,可按固体废物处理;若监测异常,应由具有放射性废物收贮资质的单位收贮,不会在医院存储。

综上,开机期间,医用电子直线加速器主要污染因子为X射线、电子线,另有少量臭氧、微量氮氧化物;更换金属靶件时,会有废靶件产生。

(2) 事故工况

1) 安全联锁失效,人员可能在防护门未关闭时误入机房,如果这时运行加速器,则可能造成误照射事故。

2) 除受治疗患者以外,机房中仍有其他人员未撤离时,操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行加速器,则会造成机房中人员误照射。

9.3.2.2 后装治疗项目

本项目的后装机拟使用的辐射源为微型单颗 ^{192}Ir 放射源,主要辐射危害因素是放射源的初始辐射及其杂散辐射。该项目在正常工况和非正常工况下的污染源项分别如下:

(1) 正常工况

1) 使用后装治疗机时主要的环境影响来自放射源,由于放射源是密封源,因此在正常情况下,主要的影响因子是在进行放射治疗时,放射源发射的 γ 射线,对周围环境影响途径为外照射。

2) 由于放射性衰变,随着放射性活度的降低,密封源在一定时间以后将无法继续满足放射治疗要求,需要更换新的放射源,而旧的放射源依然具有一定的放射性强度,存在对环境保护和人类健康的不利影响的可能性,因此对于废旧放射源需要妥善处理。

3) 后装机在运行过程中,空气在辐射照射下,会发生辐照分解现象,主要产物为臭氧及微量氮氧化物,通过排风系统排入大气环境中。

(2) 事故工况

1) 治疗过程中发生卡源事故,处理过程中对人员造成意外照射。

2) 外力撞击导致放射源脱源,使工作人员或公众受到外照射。

3) 放射源丢失或被盗,屏蔽罐被打开,对局部环境产生污染,并可能使部分公众受到照射。

9.3.2.3 DSA 和中型 C 臂机项目

X线装置在辐射场中产生的射线通常分为二类:一类为有用线束(又称初级辐射),

是直接由 X 射线管出射口发出，经限束装置准直能使受检部位成像的辐射线束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到受检者身体或诊断床等其他物体时产生的散射线和球管源组件防护套泄漏发出的漏射线。

有用线束能量相对较高，剂量较大，而散射线和漏射线的辐射剂量相对较小。X 射线装置在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

（1）正常工况

1）采取隔室操作，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，射线装置机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

2）进行介入手术治疗时，机房内进行手术操作的医生和医护人员会受到一定程度的 X 射线外照射。

3）X 射线装置开机运行时，机房内会有微量臭氧、氮氧化物等有害气体产生。

本项目 DSA 和中型 C 臂机运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术机打印，不使用胶片摄影，不会产生废显（定）影液、废胶片和报废感光原料。

（2）事故工况

1）射线装置安装调试阶段，可能由于设备参数设置不当、误操作、设备尚未具备正常运行的条件，或者人员未进行恰当的防护造成在场辐射工作人员受到过量照射。

2）射线装置投入运行后，由于设备故障、操作不当、辐射工作人员没有穿戴防护用品等情况下，医生在同室操作时可能受到超剂量的 X 射线照射。

3）门灯联锁装置和闭门装置出现故障，在屏蔽门没有关闭的情况下出束，或射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，对门外人员及误入人员造成误照射。

4）机房内无关人员未全部撤出机房，操作室人员操作失误启动射线装置，造成人员误照射。

5）检查或维修状态下，设备维修人员违反操作规程或误操作，造成人员误照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 放疗科项目设施安全与防护分析

10.1.1 工作场所布局分析及分区情况

(1) 工作场所布局分析

本项目放疗科位于综合楼负二层东南侧，放疗科东侧和南侧为地下土层，西侧为预留核医学科动物实验场所、地下车库，北侧为预留核医学科核素制备场所，上方为库房、空调机房、水泵房、电气机房、垃圾存放转运区域，下方为地下土层。

1) 直线加速器机房平面布局

本项目三间加速器机房平面布局如图 10-1 所示，1 号加速器机房、2 号加速器机房和 3 号加速器机房自北向南依次排列，机房上方均为库房、空调机房、水泵房、电气机房和地下土层，东侧和下方均为地下土层，西侧均为控制室、相应辅助用房和过道。1 号加速器机房北侧为地下土层、水冷机房、楼梯间，南侧为 2 号加速器机房；3 号加速器机房北侧为 2 号加速器机房，南侧为后装机房和过道。三间加速器机房内均设置“L 型”迷道，均设置于机房的西侧。三间加速器机房有用线束方向均拟朝向北墙、南墙、地坪和顶棚。

2) 后装机房的平面布局

本项目后装机房平面布局如图 10-1 所示：后装机房东侧和南侧均为地下土层，西侧为控制室、过道，北侧为 3 号加速器机房，上方为地下土层和排风机房，下方为地下土层，机房北侧拟设置直迷道。

根据平面布置，本项目放疗科直线加速器机房和后装机房位置独立，且布局较为紧凑，便于病人就诊，周围没有其他科室，人流量少。对照《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见表 10-1。

表 10-1 平面布局与《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 对照分析一览表

序号	标准要求	设计落实情况	评价
1	放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目放疗科的主要放射治疗设施—3台直线加速器和1台后装治疗机集中布置于综合楼负二层东南侧，下方无房间，同时控制室、辅助机房以及其他配套功能房间相邻布置，同时设计和建造。邻近房间无易燃、易爆及易腐蚀等危化暂存间。	符合要求
2	放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监	本项目放疗工作场所将实行两区管理，其中加速器机房、后装机房及迷道划分为控制区，邻近的控制室、辅助机房等划为监督区，两区划分具体见图10-1。	符合要求

	督区。		
3	治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	本项目放疗工作场所主射方向和非主射方向均设置有满足屏蔽要求的混凝土屏蔽层，且根据辐射环境影响分析其屏蔽层厚度满足辐射防护要求。	符合要求
4	治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	治疗设备控制室已与治疗机房进行了分开独立设置，且配套房间均围绕治疗机房进行布置。	符合要求
5	应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	①医用电子直线加速器有用线束范围为南北360°，控制室位于西侧，已避开被有用线束直接照射，机房楼上为库房、空调机房、水泵房、电气机房、垃圾存放转运区域，人员居留因子较小，楼下无房间。 ②后装机有用线束范围为周向，西侧控制室距设备较远，且采用足够厚度的墙体屏蔽，其余邻近房间无其他居留因子较大的用室。	符合要求
6	X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目加速器机房和后装机房均设置有满足屏蔽要求的迷路。	符合要求

综上所述，本项目放疗科放疗机房平面布置满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）要求，其平面布置合理。

（2）工作场所分区

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的相关要求，并结合该院实际情况以及该项目的特点，拟将本项目放疗科辐射工作场所划分为控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

本项目加速器机房及后装机房控制区和监督区划分如下：

控制区：后装机房和加速器机房内部区域（包含迷路）；

监督区：各机房紧邻的辅助工作用房（控制室、准备间、水冷机房）、过道等。

本项目加速器机房及后装机房控制区和监督区的划分如图 10-1 所示，本项目放疗科辐射工作场所监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，满足辐射防护管理和职业照射控制要求，符合 GB18871-2002 和 HJ 1198-2021 的规定。

图标：  控制区  监督区  患者路径  工作人员路径  污物路径

图 10-1 本项目加速器机房及后装机房平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

10.1.2 辐射安全及防护措施

(1) 机房辐射防护屏蔽设计

该项目加速器机房和后装机房四侧墙体、顶棚拟采用标准混凝土（ $\rho = 2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）浇注而成，机房防护门拟内衬铅板和含硼聚乙烯。机房设计参数详如表 10-2：

表 10-2 本项目加速器机房及后装机房设计空间几何尺寸及墙体厚度表

屏蔽体	三间加速器机房	后装机房
东墙	1700mm	1000mm
南墙	主墙：3000mm 副墙：1700mm	1400mm
西墙	见迷道	1000mm
北墙	主墙：3000mm 副墙：1700mm	见迷道
顶棚	主墙：3000mm 副墙：1700mm	600mm
迷道内墙	1400mm	1000mm
迷道外墙	1500mm	$\geq 1700\text{mm}$
防护门	15mm 铅板+100mm 含硼聚乙烯	10mm 铅板
主墙宽度	南墙、北墙和顶棚：5200mm	/
治疗室南北尺寸	主屏蔽墙之间 7500mm	5300mm
治疗室东西尺寸	8860mm	5300mm
迷道长度	1 号、3 号加速器机房：9450mm 2 号加速器机房：8800mm	5300mm
迷道宽度	2200mm	1700mm
迷道内入口宽度	2200mm	1800mm
迷道外入口宽度	1600mm	1400mm
高度	4600mm（装饰高度 3300mm）	5350mm（装饰高度 3300mm）
机房容积	1 号、3 号加速器机房：约 329m^3 2 号加速器机房：约 316m^3	约 133m^3

注：上表中砼为：标准混凝土，密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，施工过程中混凝土应连续浇筑。

(2) 电缆穿墙设计

本项目加速器机房和后装机房与控制室之间的电缆采取“U”型地沟形式在防护墙体下方穿过，如图 10-2 所示。加速器机房和后装机房与控制室之间的剂量测试管道采用水平斜埋的方式穿过墙体，如图 10-3 所示。机房采取管线布设方案符合相关要求。

图 10-2 电缆“U”型穿墙示意图

图 10-3 剂量测试管道穿墙示意图

(3) 通风设计

直线加速器和后装机运行过程中，周边空气中会产生一定的臭氧和氮氧化物，本项目直线加速器治疗室和后装治疗室设计采用强制排风系统，机房分别设置进风管道和排风管道，管道拟从防护门上方穿墙沿迷路进入机房（拟采用“S”型穿墙方式，并采用铅板对通风管道进行包裹屏蔽）；治疗机房进风管道拟接至空调室内机，通过空调出风口送入新风。其中1号和2号加速器机房新风口拟设于机房治疗室中部偏北侧区域天花板上，排风口拟设于治疗室南侧靠地坪位置（距离地面约300mm）；3号加速器机房新风口拟设于机房治疗室中部偏南侧区域天花板上，排风口拟设于治疗室北侧靠地坪位置（距离地面约300mm）；后装机房新风口拟设于机房治疗室中部偏东侧区域天花板上，排风口拟设于治疗室西侧靠地坪位置（距离地面约300mm）。各机房治疗室新风口和排风口对角设置，上进风，下排风，排风管再沿墙体内壁向上接近顶板处，从防护门上方通往室外，排风口未设置在有门、窗或人口流动较大的过道等位置，机房内气体最终从放疗科西南侧排风机房的风井排出。

本项目加速器机房拟设计排风量不小于 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，三间加速器机房中容积最大的约 329m^3 ，通风换气次数不小于6次/h；后装机房拟设计排风量不小于 $540\text{m}^3/\text{h}$ ，后装机房容积约 133m^3 ，通风换气次数不小于4次/h。加速器机房和后装机房的新风口、排风口及排风量的设置符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h”与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。”的要求。

图 10-4 加速器机房及后装机房通风管道布置图

图 10-5 加速器机房及后装机房新风/排风管穿墙方式示意图

10.1.3 设备固有防护措施

(1) 直线加速器

1) 加速器只有在开机状态时才有 X 射线或电子线产生，通过多叶准直器定向出来，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽，断电停机即停止出束。

2) 控制台上显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置, 操作人员可随时了解设备运行状况。

3) 条件显示联锁: 加速器具有联锁装置, 只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定, 并当治疗室与控制台等均满足预选条件后, 照射才能进行。

4) 控制台上设有蜂鸣器, 在加速器工作时发出声音以提醒人员防止误入。

5) 时间控制联锁: 当预选照射时间选定时, 定时器能独立地使照射停止。

6) 加速器设置有密码, 操作密码只有具体操作人员掌握, 只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改。

7) 剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁, 当剂量分布偏差超过预选值时, 可自动终止辐照。

8) 急停按钮: 医用直线加速器设备操作台和床体上均自带 1 个急停按钮。急停开关应为红色按钮, 并带有中文标识, 易于辨认。当发现异常后, 按下操作盒上此开关, 机器将自动切断加速器主电源。

9) 钥匙开关: 加速器控制台上设电源钥匙开关, 只有当加速器一切都处于安全状态, 并且要是就位后, 加速器才能启动工作, 一旦钥匙被取走, 加速器将无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

从加速器固有安全性能可以看出, 加速器在防止事故发生方面, 设有相应措施。只要操作人员按照加速器说明书要求严格执行, 就能够减少 X 射线、电子线对人员的辐射危害和降低辐射事故的发生率。

本项目直线加速器安全联锁逻辑示意图参见图 10-6。

图10-6 本项目直线加速器安全联锁逻辑示意图

(2) 后装机

1) 设备购置于正规厂家, 满足质检要求。设备外屏蔽体采用铸铁制造, 头盔采用不锈钢制造, 不易损坏, 放射源经设备本身的外屏蔽体、源体、开关体、屏蔽门等的屏蔽后, 关闭机器时对环境基本不产生影响。

2) 设备控制系统能准确地控制照射条件, 有放射源启动、传输、驻留及返回工作贮源器的源位显示与治疗日期、通道、照射总时间及倒计时时间的显示。

3) 系统电源开关: 操作台上设有一个钥匙开关用于控制设备控制系统的供电, 没有钥匙时只能给电脑及监视对讲系统供电而无法给设备控制系统加电。

4) 启动按钮: 只有完成治疗准备后(已正确输入治疗计划, 屏蔽门已关闭等), 才启动按钮开始治疗, 如果未完成治疗准备, 不能启动治疗按钮。

5) 紧急回源装置: 在任何紧急情况下(如供电系统中断) 放射源可自动返回到贮源位(贮、照联锁、断电联锁), 主机本身有贮电电源, 计算机有 UPS 系统。

6) 施源器与放射源联锁: 设备自带安全联锁, 施源器未插入机头的卡盘内, 不能出源; 施源器未锁紧, 不能出源; 若出现卡源, 将触发紧急回源装置。

7) 密码设置: 后装机设置有密码, 操作密码只有具体操作人员掌握, 只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。

8) 急停按钮: 后装机及控制台表面自带 1 个急停按钮。急停开关应为红色按钮, 并带有中文标识, 易于辨认。当要终止放射源照射时, 按紧急回源开关即可使放射源返回储源器。

9) 钥匙开关: 后装机控制台上设电源钥匙开关, 只有当后装机一切都处于安全状态, 并且要是就位后, 后装机才能启动工作, 一旦钥匙被取走, 加速器将无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

10) 仿真源模拟运行系统: 后装机自带仿真源模拟运行系统, 后装机治疗前, 采用模拟源验证输源通道是否通畅。

从设备固有安全性能可以看出, 后装机在防止事故发生方面设有相应措施, 操作人员按照说明书要求严格执行, 能够减少 γ 射线对人员的辐射危害和降低辐射事故发生的概率。

10.1.4 其他防护措施

(1) 直线加速器

1) 固定式剂量报警装置: 加速器机房内迷路口处设置固定式剂量报警装置, 仪表指示装在控制室内。对监测点进行实时剂量率监测和报警。实时剂量率、累积剂量监测值同时显示在主机面板上, 实时剂量率、累积剂量的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。仪器有声光报警, 以警示现场工作人员, 确保工作人员安全。

2) 视频监视系统、对讲系统: 单个加速器机房的治疗室和控制室之间安装有监视器 7 个、对讲装置 1 套, 控制室内能通过视频监视治疗室内患者的治疗情况, 并通过对讲系统与

室内人员联系，以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。视频监控数量和位置能实时、全方位观察治疗室及迷道内状况，可以保障治疗室内及迷道不留视频监控死角，因此视频监控布局数量及位置可行。

3) 急停开关：单个直线加速器机房的治疗室和控制室设置 8 个急停开关（主机架、治疗床及控制台各 1 个、东墙 1 个、南墙 1 个、西墙 1 个、北墙 1 个、迷道内墙 1 个），急停开关为红色按钮式开关，高度约 1.2m，易于辨认，人员可以在事故情况下按下急停开关，按下后不能自动复位，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动。急停开关设置满足应急需求，布置位置和数量合理可行。

4) 设置门机安全联锁，机房门关闭后，装置才能启动，防护门上方设有工作状态指示灯，能显示加速器工作状态，装置启动时工作状态指示灯亮起。防护门为电动移门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。防护门设红外防挤压装置，防止人员被夹伤。另外防护门设紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门。

5) 加速器机房入口处设置电离辐射警告标识和中文警示说明。

6) 每个辐射工作人员均配备 1 枚 TLD 个人剂量剂量计；另本项目每间加速器机房拟配备 2 台个人剂量报警仪；

7) 每间加速器机房配备 1 套固定式剂量报警仪；

8) 放疗科配备 1 台便携式 X- γ 剂量率监测仪；

9) 操作室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等；

10) 受检者出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

(2) 后装机

1) 后装机房治疗室与控制室分开设置，治疗室满足设备空间使用要求。

2) 后装机房入口采用迷路设计，设置门源联锁和工作状态指示灯，能显示源的工作状态。治疗室内应设置放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

3) 后装机治疗室内安装视频监控与对讲系统，能完全观察和联系治疗室。工作人员在控制室内便可清晰的观察到患者的治疗情况，如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况，可及时采取紧急措施。治疗室与控制室须设置对讲装置，便

于医护人员与患者进行双向交流。

4) 后装机治疗室和控制室共设置 7 个急停开关, 分别安装在后装机设备表面、控制台、迷道内墙上、东、南、西、北侧墙上。急停开关为红色按钮式开关, 并带有中文标示, 易于辨认, 按下后不能自动复位。在紧急情况下, 便于机房和控制室内人员及时终止照射。

5) 后装机机房内配备应急储源器和长柄镊子; 防护门设红外防挤压装置, 防止人员被夹伤。防护门设紧急开门装置, 紧急状况下, 能从机房内开门。

6) 后装机机房迷道入口处设置 1 个固定式剂量率监测报警装置; 仪表指示装在控制室内。对监测点进行实时剂量率监测和报警。实时剂量率、累积剂量监测值同时显示在主机面板上, 实时剂量率、累积剂量的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。仪器有声光报警, 以警示现场工作人员, 确保工作人员安全。

7) 设置门源联锁, 防护门上方设置工作状态指示灯, 能显示源的工作状态; 防护门设置电离警告标识, 门口外 1m 处设置黄色警戒线, 禁止无关人员靠近。

8) 防护门为电动移门, 防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射, 防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。

9) 后装治疗机使用的 ^{192}Ir 放射源安装在铅、钨防护材质的机头贮源器内, 源容器外表面张贴电离辐射警告标识和中文警示说明。

10) 每个辐射工作人员均配备 1 枚 TLD 个人剂量剂量计, 本项目后装机房拟配备 2 台个人剂量报警仪。

11) 配备 1 台便携式 X- γ 剂量率监测仪 (放疗科共用 1 台), 配备 1 套固定式剂量报警仪;

12) 操作室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等;

13) 受检者出入口门外应设置黄色警戒线, 告诫无关人员请勿靠近。

14) 后装机安全操作要求

①治疗师根据临床检查结果, 制订治疗计划, 由患者所患疾病的性质、部位和大小来确定照射剂量和照射时间。

②治疗室内安装剂量监测设备、剂量报警设备, 能够在控制室随时监控剂量监测值和超剂量报警情况。

③操作人员必须遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，在防护门未关闭时，放射源不能出来。迷道内设置紧急停机、开门按钮。安装手动应急开门装置，以备停电时使用。

④新购放射源必须有生产厂家提供的说明书及检验证书。说明书载明了放射源编号、核素名称、化学符号、等效活度、表面污染与泄漏检测日期和生产单位名称等。放射源使用前必须有法定计量机构认可的参考点空气比释动能率，其总不确定度不大于±5%。

⑤设备安装后使用前，必须要求设备供货商提供满足标准要求的设备表面剂量监测报告。

⑥加强放射工作人员的培训，并佩戴个人剂量计，进出治疗室佩带报警仪，做好放射源的监控与防盗。

⑦倒源、换源由专业技术人员进行，并加强其过程中的保卫。换源时必须遵循放射防护的操作章程，在有关剂量监护下操作，经过充分准备，周密部署。更换下来的废旧放射源由放射源生产厂家负责回收，并签订废旧放射源返回合同，在废旧放射源交回活动完成之日起20日内，应向所在地省级生态环境主管部门备案。对于放射源、废旧放射源做好监控、防盗措施。

⑧治疗室机房内不得堆放与诊疗无关的杂物。

本项目放疗科加速器机房和后装机房辐射安全设施布置，见图10-7：

图10-7 放疗科工作场所安全设施示意图

10.1.5放疗科辐射安全与防护措施符合性分析

本项目加速器机房和后装机房辐射安全设施和防护措施与《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）对照分析见表10-3。

表 10-3 加速器机房和后装机房辐射安全设施和防护措施标准对照分析表

序号	标准要求	该项目采取的计划	评价
1	放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。（GBZ 121-2020 6.2.1 节）	本项目加速器机房有效使用面积均为66.45m ² （不含迷道），后装机房有效使用面积为28.09m ² （不含迷道），能够满足放射治疗设备的临床应用需要。	符合要求
2	放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进	本项目加速器机房和后装机房均拟设置强制排风系统，进风	符合

		风口与排风口位置应对角设置,以确保室内空气充分交换;通风换气次数应不小于4次/h。(GBZ 121-2020 6.2.2节)	口设在机房上部,排风口设在机房下部,进风口与排风口位置对角设置,经计算四间机房设计通风能力均大于4次/h。	要求
3		放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施,治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置,防护门应有防挤压功能。(GBZ 121-2020 6.4.2节) 放射治疗设备控制台上应设置急停开关,除移动加速器机房外,放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。(GBZ 121-2020 6.4.4节)	本项目加速器机房和后装机房均拟设置门机联锁设施,拟在机房迷道内安装了防护门开启开关,防护门设置防夹装置。拟在机房四周墙体、迷道墙上及控制室墙上、控制台上安装急停开关(设置中文标识,相关区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发)。	符合要求
		放射治疗相关的辐射工作场所,应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施: a)放射治疗室应设置门-机/源联锁装置,防护门未完全关闭时不能出束/出源照射,出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施; b)放射治疗室应设置室内紧急开门装置,防护门应设置防夹伤功能; c)应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁设置急停按钮;急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发; f)安全联锁系统一旦被触发后,须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动;安装调试及维修情况下,任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证,工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。(HJ 1198-2021 6.2.3节)	本项目拟配置直线加速器和后装机均自带安全联锁系统,后装机配备有UPS电源能够确保在电网突然停电的情况下正常回源,并配有手动回源装置,确保自动回源失灵的情况下将放射源撤回贮源器。 本项目拟设的安全联锁系统一旦被触发后,须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动;安装调试及维修情况下,任何联锁旁路需通过单位辐射安全管理机构的批准与见证,工作完成后将及时进行联锁恢复及功能测试。	
4		医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志: a)放射治疗工作场所的入口处,设有电离辐射警告标志; b)放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置,设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。(GBZ 121-2020 6.4.3节)	本项目拟将放射治疗工作场所划分为监督区和控制区,进行分区管理,拟在放射治疗工作场所的入口及加速器机房和后装机房防护门上、后装机贮源器外表张贴电离辐射警告标志,拟在机房防护门外1m处地面上张贴有警示线,拟在机房防护门门楣处设置工作状态指示灯。	符合要求
5		放射治疗工作场所,应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等: a)放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志,贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明; b)放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯;(HJ 1198-2021 6.2.1节)		
		控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置;还应设置对讲交流系统,以便操作者和患者之间进行双向交流。(GBZ 121-2020 6.4.6节)	本项目拟在加速器机房和后装机房制室内设置视频装置,可清晰观察在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况。拟设置对讲交流系统,操作者和患者之间可进行双向	符合要求
		控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置,并设置双向交流对		

	讲系统。（HJ 1198-2021 6.2.1节）	交流。	
6	含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。（HJ 1198-2021 6.2.2节）	本项目拟在加速器机房和后装机房内配置固定式个人剂量报警仪，并将显示单元设置在控制室内。	符合要求
7	后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。（HJ 1198-2021 6.2.4节）	本项目拟在后装治疗室内配备应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。	符合要求

为保证辐射安全，防止发生辐射事故，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《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）中的相关检查内容，将本项目放疗科在设计阶段采取的辐射安全设施进行对照分析，具体情况见表 10-4。

表 10-4 本项目放疗科辐射安全防护设施汇总对照分析表

医用电子直线加速器机房			
序号	项目	规定的措施	落实情况
1	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带
3		电视监控与对讲系统	拟配置
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	拟配置
5		治疗室内准备出束音响提示	拟配置
6	警示装置	入口电离辐射警示标识	拟配置
7		入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	拟配置
8	照射室紧急设备	紧急开门按钮	拟配置
9		治疗室及迷道内有紧急停机按钮	拟配置
10		治疗床有紧急停机按钮	设备自带
11	监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪（超剂量联锁）	拟配置
12		个人剂量报警仪	拟配置
13		个人剂量计	拟配置
14		便携式 X-γ 辐射监测仪	拟配置
后装机房			
序号	项目	规定的措施	落实情况
1	装置安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
2		施源器与源联锁	设备自带
3		管道遇堵自动回源	设备自带
4		仿真源模拟运行	设备自带
5		主机外表电离辐射警告标志	设备自带
6		控制台显示放射源位置	已设计有
7		控制台紧急停止照射按钮	已设计有
8		停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带
9		手动回源措施	设备自带
10	场所安全设施	治疗室固定式辐射水平监测仪	已设计有
11		治疗室有迷道	已设计有
12		治疗室门与出源联锁	已设计有
13		放射源返回储源器的应急开关	拟配置
14		治疗室电视监控对讲装置	已设计有

15		入口处电离辐射警告标志	拟配置
16		入口处源工作状态显示	拟配置
17		停电或意外中断照射时声光报警	已设计有
18		通风设施	已设计有
19		火灾报警仪	拟配置
20		个人剂量报警仪	拟配置
21		个人剂量计	拟配置
22	应急	后装源应急暂存容器、长柄镊子	拟配置

10.2 手术中心 DSA 和中型 C 臂机项目设施安全与防护分析

10.3.1 工作场所布局分析及分区情况

(1) 工作场所布局分析

本项目手术中心位于综合楼三层西北侧，属于限制区，无关人员禁止入内。拟设置一间复合手术室（DSA）、四间介入手术室（DSA）和一间中型 C 臂机房，相关手术室设置情况详见表 10-5、表 10-6。

表 10-5 综合楼三层西北侧手术中心拟设辐射手术室情况一览表①

机房	21 号手术室（中型 C 臂机房）	23 号手术室（介入手术）	24 号手术室（介入手术）
机房上方布局	净化机房	净化机房	净化机房
机房下方布局	检验大厅	检验大厅、卫生间	检验大厅
机房东面布局	准备室	22 号手术室（CT）	23 号手术室（DSA）
机房南面布局	污物通道	控制室、准备室	控制室、准备室
机房西面布局	污物通道	24 号手术室（介入手术）	预留磁共振机房
机房北面布局	洁净通道	机房、污物通道	机房、污物通道
防护门	东墙北侧和南墙西侧分别设一扇平移门	北墙东侧设一扇平开门；南墙东侧设一扇平移门	北墙中部设一扇平开门；南墙东侧和东墙中部分别设一扇平移门
观察窗	无	南墙中部	南墙中部
控制位	手术室东侧	手术室南侧	手术室南侧

表 10-6 综合楼三层西北侧手术中心拟设辐射手术室情况一览表②

机房	25 号手术室（复合手术）	26 号手术室（介入手术）	27 号手术室（介入手术）
机房上方布局	净化机房	屋顶绿化	屋顶绿化
机房下方布局	污洗打包间、HIV 确诊室	结核实验室、真菌实验室	标本制备、扩增室、产物分析室
机房东面布局	预留磁共振机房	仪器室	准备室、操作间
机房南面布局	控制室、准备室	污物走廊	污物走廊
机房西面布局	污物走廊	准备室、操作间	污物走廊
机房北面布局	石膏间、设备间、污物通道	洁净走廊	洁净走廊
防护门	北墙东侧设一扇平开门；南墙东侧设一扇平移门	南墙西侧和西墙南侧分别设一扇平开门；西墙北侧设一扇平移门	南墙西侧和东墙南侧分别设一扇平开门；东墙北侧设一扇平移门
观察窗	南墙中部	西墙南侧	东墙南侧
控制位	手术室南侧	手术室西侧	手术室东侧

本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房布局与《放射诊断放射防护要求》

（GBZ130-2020）对照分析见表 10-7。

表 10-7 本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房布局与标准对照分析

项目	GBZ 130-2020 要求	设置情况	评价
机房布置情况	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求	本项目拟设置的 DSA 及中型 C 臂机设备均设有单独的机房，机房最小使用面积及最小单边长度均满足设备的布局要求	满足
	X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房均位于综合楼三层西北侧，相邻区域均没有产科、儿科等敏感科室，采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（楼上门诊、过道，楼下停车场）及周围场所的人员防护与安全	满足
	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	本项目新增 DSA 及中型 C 臂机设备有用线束不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	满足
受检者候诊区	受检者不应在机房内候诊	本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房的受检者均不在机房内候诊	满足
机房面积	单管头 X 射线设备：最小有效使用面积不小于 20m ² ，最小单边长度不小于 3.5m	21 号手术室（中型 C 臂机房）：7.3m×5.6m=40.9m ² 23 号手术室（介入手术）：8.7m×7m=60.9m ² 24 号手术室（介入手术）：9m×7.1m=63.9m ² 25 号手术室（复合手术）：9.55m×7.1m=67.8m ² 26 号手术室（介入手术）：7.3m×7.1m=51.8m ²	满足
	双管头 X 射线设备：最小有效使用面积不小于 30m ² ，最小单边长度不小于 4.5m	27 号手术室（介入手术，双球管 DSA）：7.3m×7.1m=51.8m ²	满足

经对照分析可知，本项目拟建介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房的设置满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）平面布局的要求，介入手术室、复合手术室和 ERCP 机房采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且充分考虑了相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理，平面布局图详见图 10-8。

图标：  控制区  监督区  患者路径  工作人员路径  污物路径

图 10-8 本项目手术中心介入手术室、复合手术室平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

(2) 工作场所分区

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的相关要求,并结合医院实际情况以及该项目的特点,拟将本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房辐射工作场所划分为控制区和监督区,在项目运营期间采取分区管理措施。

本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房控制区和监督区划分如下:

控制区:介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房内部区域;

监督区:与介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房紧邻的辅助工作用房(控制室、准备间、设备机房)、过道、相邻诊室等。

本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房控制区和监督区的划分如图 10-8 所示,本项目手术中心 DSA 和中型 C 臂机辐射工作场所监督区、控制区划分明确、独立,设置合理,满足辐射防护管理和职业照射控制要求,符合 GB18871-2002 的规定。

10.3.2 辐射安全及防护措施

本项目 DSA 及中型 C 臂机射线装置的主要辐射为 X 射线,对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对 DSA 及中型 C 臂机射线装置产生的 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

(1) 设备固有安全性

本项目使用的 DSA 及中型 C 臂机射线装置,拟购买于正规厂家,根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020),设备具备以下安全防护措施:

①采用栅控技术:在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压,抵消曝光脉冲的启辉与余辉,起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术:在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的过滤板,以多消除软 X 射线以及减少二次散射,优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

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

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

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

⑥急停开关装置：介入手术床旁设置急停开关（各开关串联并与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

（2）本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房辐射屏蔽设计

本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房防护设计方案详见表 10-8。

表 10-8 本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房防护设计方案一览表

场所	屏蔽体	拟采取的屏蔽防护材料及厚度
23 号手术室（介入手术） 24 号手术室（介入手术）	南、北侧墙体	200mm 实心红砖+3mmPb 辐射防护板
	东、西侧墙体	钢龙骨支撑 3mmPb 辐射防护板
	顶棚	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料
	地坪	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料
	防护门	内衬 4mm 铅板
	观察窗	20mm 铅玻璃（1mmPb/5mm）
25 号手术室（复合手术）	南、西、北侧墙体	200mm 实心红砖+3mmPb 辐射防护板
	东侧墙体	钢龙骨支撑 3mmPb 辐射防护板
	顶棚	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料
	地坪	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料
	防护门	内衬 4mm 铅板
	观察窗	20mm 铅玻璃（1mmPb/5mm）
26 号手术室（介入手术） 27 号手术室（介入手术）	四周墙体	200mm 实心红砖+3mmPb 辐射防护板
	顶棚	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料
	地坪	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料
	防护门	内衬 4mm 铅板
	观察窗	20mm 铅玻璃（1mmPb/5mm）
21 号手术室（中型 C 臂机房）	四周墙体	钢龙骨支撑 3mmPb 辐射防护板
	顶棚	150mm 砼+20mm 硫酸钡涂料
	地坪	150mm 砼+20mm 硫酸钡涂料
	防护门	内衬 3mm 铅板

注：表中砼为标准混凝土，密度为 2.35g/cm³；铅的密度为 11.3g/cm³，实心红砖的密度为 1.99g/cm³；硫酸钡涂料的密度不小于 2.79g/cm³。

根据医院采购意向，本项目 DSA 射线装置管电压不超过 150kV，中型 C 臂机射线装置管电压不超过 125kV。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1.2 可计算不同管电压下不同材料厚度等同的铅当量。

根据本项目 DSA 和中型 C 臂机设备的特性，工作场所顶棚主要考虑设备主射线的影响，其余区域主要考虑设备散射线和泄漏射线的影响，本项目 DSA 和中型 C 臂机设备在实际使用中不会使用到最大管电压（分别为 150kV 和 125kV），但保守估计，在折合屏蔽体铅当量时，仍分别按照 150kV 和 125kV 下辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。

表 10-9 铅、砖、混凝土对射线装置管电压的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压（kV）	铅			混凝土		
	α	β	γ	α	β	γ

150（主束）	1.757	5.177	0.3156	0.03243	0.08599	1.467
150（散射）	1.791	5.478	0.5678	0.03240	0.07750	1.566
125（主束）	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974
125（散射）	2.233	7.888	0.7295	0.03510	0.06600	0.7832

本项目混凝土的密度为 2.35g/cm^3 ，铅的密度为 11.3g/cm^3 ，实心红砖的密度为 1.99g/cm^3 。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1.2，可计算得出 150kV 主束辐射下：200mm 混凝土等效铅当量约为 2.2mmPb；150kV 散射辐射下：200mm 混凝土等效铅当量约为 2.7mmPb；125kV 主束辐射下：150mm 混凝土等效铅当量约为 1.9mmPb；125kV 散射辐射下：150mm 混凝土等效铅当量约为 2.0mmPb。

本项目拟使用的硫酸钡防护涂料密度不低于 2.79g/cm^3 ，参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）P105，管电压为 150kV 时，17mm 硫酸钡涂料（钡水泥）为 1mmPb，38mm 硫酸钡涂料为 2mmPb，利用插值法可计算得 20mm 硫酸钡涂料等效铅当量约为 1.1mmPb；管电压为 120kV 时，9.5mm 硫酸钡涂料（钡水泥）为 1mmPb，19mm 硫酸钡涂料为 2mmPb。经与设备厂商确认，中型 C 臂机设备运行时最大管电压不超过 120kV，因此，本报告按保守考虑，中型 C 臂机房中 20mm 硫酸钡涂料约为 2mmPb。

本项目拟使用的实心红砖密度为 1.99g/cm^3 ，参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）P105，管电压为 150kV 时，110mm 红砖为 1mmPb，200mm 红砖为 2mmPb。

本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房各屏蔽防护材料折算后的等效屏蔽铅当量，具体结果见表 10-10。

表 10-10 本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房屏蔽材料的铅当量折算结果

场所	屏蔽体	拟采取的屏蔽防护材料及厚度	等效铅当量（mmPb）	GBZ130-2020 标准要求	评价
23 号手术室 （介入手术）	南、北侧墙体	200mm 实心红砖+3mmPb 辐射防护板	5.0	有用线束为 2mm 铅当量，非有用线束方向为 2mm 铅当量	符合
	东、西侧墙体	钢龙骨支撑 3mmPb 辐射防护板	3.0		符合
	顶棚	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	3.3		符合
24 号手术室 （介入手术）	地坪	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	3.8		符合
	防护门	内衬 4mm 铅板	4.0		符合
	观察窗	20mm 铅玻璃（1mmPb/5mm）	4.0		符合
25 号手术室 （复合手术）	南、西、北侧墙体	200mm 实心红砖+3mmPb 辐射防护板	5.0	有用线束为 2mm 铅当量，非有用线束方向为 2mm 铅当量	符合
	东侧墙体	钢龙骨支撑 3mmPb 辐射防护板	3.0		符合
	顶棚	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	3.3		符合
	地坪	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	3.8		符合
	防护门	内衬 4mm 铅板	4.0		符合
	观察窗	20mm 铅玻璃（1mmPb/5mm）	4.0		符合
26 号手术室 （介入手术）	四周墙体	200mm 实心红砖+3mmPb 辐射防护板	5.0	有用线束为 2mm 铅当量，非有用线束方向为 2mm 铅当量	符合
	顶棚	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	3.3		符合
	地坪	200mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	3.8		符合
27 号手术室	防护门	内衬 4mm 铅板	4.0		符合

(介入手术)	观察窗	20mm 铅玻璃（1mmpb/5mm）	4.0	铅当量	符合
21 号手术室 （中型 C 臂 机房）	四周墙体	钢龙骨支撑 3mmPb 辐射防护板	3.0	有用线束为 2mm 铅当量， 非有用线束 方向为 2mm 铅当量	符合
	顶棚	150mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	3.9		符合
	地坪	150mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	4.0		符合
	防护门	内衬 3mm 铅板	3.0		符合
	观察窗	15mm 铅玻璃（1mmpb/5mm）	3.0		符合
注：表中砼为标准混凝土，密度为 2.35g/cm³；铅的密度为 11.3g/cm³，实心红砖的密度为 1.99g/cm³；硫酸钡涂料的密度不小于 2.79g/cm³。					

表 10-11 本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况		标准要求		评价
	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m ²)	
21 号手术室 (中型 C 臂机房)	5.3	38.7	3.5	20	符合
23 号手术室 (介入手术)	7.0	60.9	3.5	20	符合
24 号手术室 (介入手术)	7.1	63.9	3.5	20	符合
25 号手术室 (复合手术)	7.1	67.8	3.5	20	符合
26 号手术室 (介入手术)	7.1	51.8	3.5	20	符合
27 号手术室 (介入手术, 双球管 DSA)	7.1	51.8	4.5	30	符合

通过表 10-10、表 10-11 可知, 本项目的介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房面积、最小单边长度均大于标准要求, 其四面墙体、地坪、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施, 充分考虑了邻室 (含楼上及楼下) 及周围场所的人员防护与安全, 且屏蔽厚度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, 本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中的相关防护设施的技术要求。

(3) 距离防护

机房将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理, 且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入, 以免受到不必要的照射。

(4) 时间防护

在满足诊断要求的前提下, 在每次使用射线装置进行诊断之前, 根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案, 选择合理可行尽量低的射线照射参数, 以及尽量短的曝光时间, 减少工作人员和相关公众的受照时间, 也避免病人受到额外剂量的照射。

(5) 其他辐射安全防护措施

①机房门外设电离辐射警告标志, 机房门上方设有醒目工作状态指示灯, 灯箱上应设“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 在监督区、控制区墙体合适位置张贴监督区、控

制区警示标识；患者防护门为推拉门，设有防夹装置和门机连锁，且防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联；工作人员防护门为平开门，设有自动闭门装置和门机连锁，且防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联。

②控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

③机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线，警告无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

④本项目所有辐射工作人员必须配备个人剂量计：在机房内的辐射工作人员应采用双剂量计检测方法（分别佩戴于铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置、铅橡胶围裙内躯干上）；机房内分别设置视频对讲装置 1 套，监视器位于控制台。在控制台上、介入手术床旁设置急停开关（各按钮串联并与 X 射线系统连接），一旦出现异常，按动任一个急停开关，均可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

⑤机房设置独立的通排风系统，能保持机房内良好的通风。

⑥电缆线通过电缆沟穿出机房，以斜 45° 路径穿过机房墙体到达控制室，电缆沟表面铺设 2mm 铅板进行防护补偿，从而不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。

⑦机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。

⑧机房候诊区设置辐射防护注意事项告知栏。

⑨介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房应配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需求按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行配制。

表 10-12 本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	GBZ130-2020 要求		本项目拟配置情况		评价
		个人防护用品	辅助防护用品	个人防护用品	辅助防护用品	
21 号、23 号、24 号、25 号、26 号和 27 号手术室	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各4套/手术室，防护铅当量不低于0.025mmPb的介入防护手套4套/手术室	防护铅当量为0.5mmPb的铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘各1件/手术室	符合
	患者和受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——	防护铅当量为0.5mmPb的方巾1套/手术室，防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各1套/手术室	——	符合

10.3.3 辐射安全与防护措施符合性分析

为保证辐射安全，防止发生辐射事故，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用

监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《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）中的相关检查内容，将本项目手术中心介入手术室、复合手术室及中型 C 臂机房在设计阶段采取的辐射安全设施进行对照分析，具体情况见表 10-13。

表 10-13 DSA 和中型 C 臂机辐射安全防护设施汇总对照分析表

序号	项目	规定的措施	落实情况
1	场地设施	铅防护吊屏、床下铅帘	厂家配置
2		铅衣、铅围裙、铅眼镜等个人防护用品	拟配置
3		患者局部防护	拟配置
4		观察窗屏蔽	已设计有（其中中型 C 臂机房未设计观察窗）
5		机房防护门窗	已设计有（其中中型 C 臂机房未设计观察窗）
6		通风设施	已设计有
7		入口处电离辐射警告标志	拟配置
8		入口处工作状态显示	已设计有
9		治疗室内准备出束音响提示	拟配置
10	监测设备	个人剂量计	拟配置
11		便携式 X-γ 辐射监测仪	拟配置

综上所述，本次环评涉及的辐射设备、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。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，本项目拟建的各辐射工作场所及其拟采取辐射安全防护措施是合理可行的。

10.4 三废分析

10.4.1 施工期三废治理

（1）废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，但影响仅局限在施工现场附近区域。拟采取湿法作业控制排放扬尘，通过洒水增湿可以在很大程度上减少粉尘飞扬现象，加强管理。

（2）噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。

(3) 废水

施工期废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，不外排。生活污水产量较小，拟依托医院临时污水处理设施进行处理。

(4) 固体废物

施工中固体废物主要为装修过程产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。装修垃圾能回收利用的继续利用，不能的送建筑垃圾厂堆放。施工人员生活垃圾由场内垃圾桶手机，日产日清，交由市政环卫部门统一手机清运。

10.4.2 运营期三废治理

10.4.2.1 废气处理措施

医院拟在放疗科及手术中心设置通、排风系统，本项目每间加速器机房拟设计排风量不小于 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，三间加速器机房中容积最大的约 329m^3 ，通风换气次数不小于 6 次/h；后装机房拟设计排风量不小于 $540\text{m}^3/\text{h}$ ，后装机房容积约 133m^3 ，通风换气次数不小于 4 次/h。机房内产生的臭氧及氮氧化物经排风管道从放疗科西南侧排风机房的风井，最终引至综合楼一层南侧排放。

加速器机房和后装机房的新风口、排风口及排风量的设置符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h”与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。”的要求。

本项目介入手术室、复合手术室及中型 C 臂机房，新风口和排风口均拟设置于装饰吊顶上，机房内废气经排风管道从风井统一排出室外，机房拟设的通排风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。

直线加速器、后装机、DSA 及中型 C 臂机运行过程中产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，放疗科及手术中心运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

10.4.2.2 废水处理措施

本项目直线加速器机房、后装机房、介入手术室、复合手术室及中型 C 臂机房运行后，

无放射性废水产生，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水、医疗废水。

根据已经获得批复的《德阳市人民医院城北第五代医院建设项目环境影响报告书》：医疗废水、生活污水经管道收集后进入新建污水处理站，经污水处理站处理后出水水质达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中预处理标准及《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)表1中B级标准，经市政污水管道进入德阳市柳沙堰城市生活污水处理厂处理后，达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB51/2311-2016)表1标准后排入绵远河。

10.4.2.3 固体废物处理措施

10.4.2.3.1 放射性废物

放疗科加速器金属靶件更换时会有废靶产生，废靶属于放射性废物，委托有资质的单位进行回收处置。后装机使用的铯-137放射源属于III类放射源，退役放射源由厂家专业技术人员定期更换，该放射源直接由生产厂家回收。

10.4.2.3.2 非放射性废物

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。工作人员产生的少量办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理。

10.4.2.4 噪声治理措施

区域通排风风机（位于本栋楼屋顶）工作时将产生一定的噪声，放疗科和手术中心的风机噪声源强最大不超过75dB（A），拟采取购买低噪声风机，隔声降噪措施。

10.4.2.5 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”。报废后需确保射线装置不能正常通电，防止二次使用造成人员误照射。

10.5 环保措施及其投资估算

本项目总投资约5000万元，其中环保投资约370万元，占总投资的7.4%。本项目的环保设施及投资情况见表10-14。

表 10-14 本项目环保预算一览表

项目	环保措施	数量	投资 (万元)	备注
----	------	----	------------	----

医用 电子 直线 加速器	辐射屏蔽措施	1号、2号和3号医用电子直线加速器屏蔽机房	3间	/	纳入主体工程范围
		防护门	3扇	60.0	/
	安全装置	门-机联锁装置	3套	3.0	
		工作状态指示灯（门-灯联锁）	3套	1.5	
		视频监控系统	3套	3.0	
		语音播报及对讲装置	3套	1.5	
		紧急开门装置	3套	3.0	
		急停开关	3套	1.5	
		固定式剂量报警装置	3套	6.0	
		监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	3套	0.6	
	个人防护用品	个人剂量计	12人	1.2	
		个人剂量报警仪	6台	6.0	
	废气	通排风系统	3套	/	纳入主体工程范围
后装 机	辐射屏蔽措施	后装机屏蔽机房	1间	/	纳入主体工程范围
		防护门	1扇	10.0	/
	安全装置	门-回源联锁装置	1套	1.0	
		工作状态指示灯（门-灯联锁）	1套	0.5	
		视频监控系统	1套	1.0	
		语音播报及对讲装置	1套	0.5	
		紧急开门装置	1套	1.0	
		紧急回源装置	1套	0.5	
		固定式剂量报警装置	1套	2.0	
		监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1套	0.2	
	个人防护用品	个人剂量计	4人	0.4	/
		个人剂量报警仪	2台	1.0	
	废气	通排风系统	1套	/	纳入主体工程范围
DSA、 中型 C臂 机	辐射屏蔽措施	屏蔽机房（墙体、地坪、顶棚、门、窗屏蔽）	6间	180.0	/
	安全装置	工作状态指示灯（门-灯联锁）	6间×1套	10.0	
		急停开关	6间×1套	3.0	
		语音播报及对讲装置	6间×1套	3.0	
		监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	6间×1套	1.2	
		闭门装置、防夹装置	6间×1套	3.0	
	个人防护用品	个人剂量计	35人	3.5	
		辐射工作人员铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等（0.5mm铅当量）	6间×3套	18.0	
		患者防护铅围裙等（0.5mm铅当量）	6间×1套	3.0	
	废气	通排风系统	6间×1套	/	纳入主体工程范围

监测仪器	X-γ 辐射剂量率监测仪	2 台	4.4	/
其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/	10.0	
	规章制度上墙	/	5.0	
	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练、放射源长柄镊子、放射源备用铅罐等）	/	20.5	
合计			370	/

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目主体工程施工环境影响已包含在批复的《德阳市人民医院城北第五代医院建设项目环境影响报告书》中，本次评价不涉及。

本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

11.1.1 装修施工的环境影响分析

(1) 大气环境影响分析

装修过程中采用“环保型”油漆及涂料，产生的废气污染物主要是扬尘，装修过程中采取湿法作业、加强通风或室内空气净化措施，可尽量降低粉尘对周围环境的影响。

(2) 水环境影响分析

装修过程中施工人员会排放一定量的生活污水，可依托医院污水处理站处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生不良影响。

(3) 声环境影响分析

装修过程会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟采取尽量选择低噪音设备、避免夜间施工、注意对施工设备的维修、保养以使各种施工机械保持良好的运行状态等措施，可大大降低本项目噪声对周围的影响。

(4) 固体废物影响分析

装修过程固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。产生的废弃物如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送当地指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾依托医院生活垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理。

此外，在符合建筑设计和辐射防护要求的前提下，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的重叠量，避免各屏蔽体之间有漏缝产生。

本项目装修施工期很短，施工量较小，在建设方的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可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。

11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧和少量包装废弃物。院方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，在机房门

外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房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设备区域，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。设备安装完成后，医院方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。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 医用电子直线加速器工作场所辐射水平分析

本项目放疗科位于综合楼负二层东南侧，设置有三间加速器机房，三间加速器机房拟安装的设备主要参数一致，最大X射线能量均为10MV，最大等中心点剂量率24Gy/min，均带有CBCT功能（参数：150kV，1500mA）；三间加速器机房拟设置的屏蔽防护措施一致，机房尺寸基本一致，故计算时仅论证机房尺寸略小且周边场所人员居留因子较大的2号加速器机房，2号加速器机房屏蔽防护措施满足要求时，1号和3号加速器机房屏蔽防护措施亦满足要求。

（1）关注点选取

本项目加速器机房设置于综合楼负二层，顶盖上方为库房、空调机房、水泵房、电气机房，主防护墙是北墙、南墙和顶盖。根据机房所在部位及其结构特点，可选取以下屏蔽防护剂量估算关注点，各关注点分布如图11-1和11-2所示。

- A点：西侧防护墙外30cm，水冷机房；
- B点：西侧防护墙外30cm，控制室；
- C点：加速器机房防护门外30cm，走廊；
- D点：北侧主防护墙和副防护墙连接处外30cm，1号加速器机房；
- E点：北侧主防护墙外30cm，1号加速器机房；
- F点：顶盖主防护墙外30cm，库房；
- G点：顶盖主防护墙和副防护墙连接处外30cm，过道。

图 11-1 2号加速器机房关注点平面布局图

图 11-2 2号加速器机房关注点剖面布局图

（2）屏蔽墙体计算方法

计算方法选用 GBZ/T 201.2-2011 中放射治疗机房屏蔽估算方法，参照 IAEA

Safety report Series No.47 及 NCRP 151 报告中放射治疗机房屏蔽墙及防护门的一般核算方法。根据瞬时剂量率控制水平要求，按十分之一值层厚度法（TVL）估算符合剂量率目标要求的主、副屏蔽体厚度。

（a）有用线束和泄漏辐射的屏蔽估算

计算公式如下：

$$X = \left\{ TVL \left[\log \left(\frac{\dot{H}_o \cdot f}{\dot{H}_c \cdot R^2} \right) \right] + TVL_l - TVL \right\} \cos \theta \quad (\text{式 11-1})$$

式中：X—符合剂量率目标要求的主(副)墙屏蔽厚度，cm；

TVL_l —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，cm；

TVL —辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，当未指明 TVL_l 时， $TVL_l = TVL$ ；

X 射线在普通混凝土（密度为 2.35g/cm^3 ）中的什值层如表 11-1 所示：

表 11-1 X 射线在混凝土中的什值层明细表

直线加速器 X 射线能量	10MV	
	TVL_l	TVL
有用线束在混凝土中的什值层	41cm	37cm
泄漏辐射在混凝土中的什值层	35cm	31cm
患者散射辐射（散射角 30° ）在混凝土中的什值层	28cm	

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

$\dot{H}_o$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶(以下简称靶)1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ (以 $\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ 为单位的值乘以 6×10^7)（本项目加速器最大输出剂量率 24Gy/min ， $\dot{H}_o = 1.44\times 10^9$ ）；

f —对有用束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率，通常取 10^{-3} ；

$\dot{H}_c$ —对关注点处要求的瞬时剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —辐射源（靶点）至关注点的距离，m。

（b）患者一次散射辐射的屏蔽估算

$$X = TVL \left[\log \left(\frac{\dot{H}_o \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{\dot{H}_c \cdot R_s^2} \right) \right] \cos \theta \quad (\text{式 11-2})$$

式中： R_s —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子，10MV X 射线取 3.18×10^{-3} ；

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 （本项目加速器 $F=40\text{cm}\times 40\text{cm}$ ）。

（3）参数的选取及屏蔽墙体计算结果

（a）放射治疗工作负荷

正式投入使用后，预计每台加速器工作 30 人次/天，均保守考虑为适行调强放射治疗，每周 5 天，每年工作约 250 天，治疗时平均每人出束时间 2min，则加速器有用线束日出束时间 1h，周出束时间 5h，年总出束时间约为 250h。

（b）关注点的剂量率参考控制水平

加速器机房辐射屏蔽的剂量参考控制水平应同时满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》GBZ/T 201.2-2011 和《放射治疗放射防护要求》GBZ 121-2020 的要求。

①有用线束在关注点的剂量率参考控制水平：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

式中： $\dot{H}_{c,d}$ —周剂量当量率参考控制水平；

H_c —周剂量控制水平($\mu\text{Sv}/\text{周}$)，放射治疗机房外控制区工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

U —治疗装置向关注位置的方向照射的使用因子；

T —人员在放射治疗机房外控制区和非控制区驻留的居留因子；

本项目居留因子参照《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）附录 A 中表 A.1 进行选取，详见表 11-2。

表 11-2 不同场所的居留因子

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

t —治疗装置周最大累积照射小时数。

②泄漏辐射在关注点的周围剂量参考控制水平：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot N \cdot T)$$

式中：N—调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常取 N=5。

当计算与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽区时， H_c 以 $0.5 H_c$ 代替。

计算出的周剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 应与 $\dot{H}_{c,max}$ 相比较，取较小值作为关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 。 $\dot{H}_{c,max}$ 的值在人员居留 $T \geq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；在人员居留 $T < 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ，与主屏蔽直接相连的次屏蔽区 $\dot{H}_{c,max}$ 取原值一半。

③同时还需考虑医院内部管理要求：放射治疗机房防护门、墙体及顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率（ H_p ）应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-3 即为各关注点参考剂量率控制水平计算。

表 11-3 加速器机房关注点参考剂量率控制水平

关注点	线束	T	H_c μSv/周	$\dot{H}_{c,d}$ μSv/h	$\dot{H}_{c,max}$ μSv/h	H_p μSv/h	$\dot{H}_c$ μSv/h
A 点	泄漏	1/20	5	≤4	≤10	≤2.5	≤2.5
B 点	泄漏	1	100	≤4	≤2.5	≤2.5	≤2.5
C 点	泄漏	1/8	5	≤1.6	≤10	≤2.5	≤1.6
D 点	泄漏	1/4	2.5	≤0.4	-	≤2.5	≤0.4
	散射	1/4	-	-	≤5		
E 点	主束	1/4	5	≤16	≤10	≤2.5	≤2.5
F 点	主束	1/20	5	≤80	≤10	≤2.5	≤2.5
G 点	泄漏	1/4	2.5	≤0.4	-	≤2.5	≤0.4
	散射	1/4	-	-	≤5		

(c) 屏蔽防护计算

略

由表 11-5 所列计算结果可知：该项目所涉及加速器机房各辐射防护设施拟采取的屏蔽厚度均大于理论计算值，符合标准要求。

(5) 主墙宽度计算

主屏蔽墙体的宽度计算公式：

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan \theta + 0.3] \quad (\text{式 11-8})$$

式中： V_p —机房有用射线束主屏蔽区的宽度，m；

θ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线），即射线最大出射角的一半，本项目加速器最大张角 $\theta = 14^\circ$ ；

SAD—源轴距，m（对于医用加速器 SAD=1m）；

a—等中心至“墙”的距离，m；

当主屏蔽墙区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽相连接的次屏蔽（或顶）的内表面；当主屏蔽墙区向机房外凸时，“墙”指与主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

该项目加速器机房需考虑北墙、南墙、顶棚主防护区。

表 11-6 主屏蔽墙体的宽度计算一览表

机房名称	屏蔽体	距离 a (m)	计算宽度 (m)	设计宽度	评价
1 号加速器机房	北侧主屏蔽墙	5.05	3.62	5.20	符合
	南侧主屏蔽墙	6.10	4.14	5.20	符合
	顶棚主屏蔽墙	5.00	3.60	5.20	符合
2 号加速器机房	北侧主屏蔽墙	6.10	4.14	5.20	符合
	南侧主屏蔽墙	6.10	4.14	5.20	符合
	顶棚主屏蔽墙	5.00	3.60	5.20	符合
3 号加速器机房	北侧主屏蔽墙	6.10	4.14	5.20	符合
	南侧主屏蔽墙	5.05	3.62	5.20	符合
	顶棚主屏蔽墙	5.00	3.60	5.20	符合

由表 11-6 所列计算结果可知：该项目加速器机房主屏蔽墙宽度设计值均不小于理论计算值，满足标准要求。

（6）工作人员及公众个人剂量估算

略

根据上述计算结果，该项目正常运行时，本项目加速器机房外职业人员和公众所接受的外照射年累计剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”要求，也低于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）提出的工作人员 5mSv 和公众 0.1mSv 年剂量约束值。从预测计算结果可知，医用电子直线加速器运行期间，对周围工作人员和公众的辐射影响较小，满足评价标准的要求。由于剂量率与距离的平方成反比，因此加速器机房边界外 50m 范围的其他公众人员年有效剂量也可以满足公众剂量约束值不大于 0.1mSv/a 的要求。

（7）CBCT 模块辐射水平分析

医用电子直线加速器配备的 CBCT 模块用于放射治疗前对患者肿瘤位置进行验证，在考虑防护时，应考虑对 CBCT 产生 X 射线的屏蔽。

根据医院提供的资料，本项目医用电子直线加速器 CBCT 模块参数为 150kV/1500mA，产生的 X 射线能量远远低于医用电子直线加速器的射线能量，故本项目加速器机房设计厚度和结构材质完全能满足对 CBCT 的屏蔽要求。

（8）电子线辐射水平分析

医用电子直线加速器在运行过程中产生的电离辐射为：电子、X 射线。本项目拟设置的三台医用电子直线加速器采用电子束进行治疗时最大电子线能量均为 22MeV，由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质中的射程，就可以将其完全吸收。

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计算公式如下：

$$d = \frac{1}{2\rho} \cdot E_{MAX} \dots\dots\dots \text{（式 11-10）}$$

式中：

d —β 射线在介质中射程（cm）；

ρ —介质的密度（g/cm³）；标准混凝土密度为 2.35g/cm³；

E_{MAX} —β 射线的最大能量（MeV）。

根据上式计算，本项目医用电子直线加速器产生的最大能量电子线在混凝土中射程为 4.68cm，加速器机房墙体最小屏蔽厚度为 140cm，所以本项目加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，因此在运行过程中电子线对周围辐射环境影响较小。本次评价主要考虑 X 射线的辐射环境影响。

11.2.2 后装机工作场所辐射水平分析

本项目治疗时假设放射源全部被传送至施源器，则辐射环境影响预测时保守将其视为点源来预测计算，本评价主要考虑放射源发射的 γ 射线（即初级辐射）对后装机房外关注点（在治疗室外、距机房外表面30cm处，选择人员受照剂量当量可能最大的位置作为关注点）的照射，采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）中推荐的公式进行辐射预测估算。

（1）后装机基本参数

本项目拟在综合楼负二层东南侧新建1间后装机房，拟设¹⁹²Ir后装机技术参数如表

11-8所示。

表11-8 后装机技术参数

核素	活度 (Bq)	γ 射线能量均值	空气比释动能率常数 K_γ 度	等中心点距地面高	每周治疗人数	每人每次照射时间	年工作时间
^{192}Ir	3.7×10^{11}	0.37MeV	$0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$	0.8m			

(2) 关注点选取

由于医院尚未确定后装机在机房中的具体摆放位置，一般情况下，后装机治疗过程中，设备会放置在相对远离迷路口的区域，综合考虑病人的体位，本评价按后装机在机房内对外环境影响最大的位置进行预测估算，即图11-3中矩形框线区域，该区域边界线位置即为对外环境影响最大的位置。根据本项目后装机机房周围环境状况分析，机房东侧墙体和南侧墙体为土层，故在机房外设置3个关注点，分布图见图11-3及图11-4，关注点描述如下：

A 点：西侧防护墙外 30cm，控制室；

B 点：后装机房防护门外 30cm，走廊；

C 点：顶盖防护墙外 30cm，地下土层、排风机房。

图 11-3 后装机房关注点平面布局图

图 11-4 后装机房关注点剖面布局图

(3) 屏蔽墙体计算方法

参考 GBZ/T 201.3-2014《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ 射线源放射治疗机房》中使用的计算方法进行后装机房屏蔽墙、顶棚和防护门的辐射屏蔽计算。

后装机房屏蔽墙和顶棚的屏蔽厚度估算

计算公式如下：

$$X = \left\{ TVL \left[\log \left(\frac{A \cdot K_\gamma \cdot f}{\dot{H}_c \cdot R^2} \right) \right] + TVL_1 - TVL \right\} \cos \theta \quad (\text{式 11-11})$$

式中：X—符合剂量率目标要求的墙屏蔽厚度，cm；

TVL—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度， ^{192}Ir 核素在混凝土中的 TVL=15.2cm；

TVL₁—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度， ^{192}Ir 核素在混凝土中的 TVL₁=15.2cm；

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

A —放射源活度，MBq；

K_{γ} —放射源的空气比释动能率常数，在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似， $\mu\text{Sv}/\text{h}/\text{MBq}$ ； ^{192}Ir 的空气比释动能率常数为 $0.111 \mu\text{Sv}/\text{h}/\text{MBq}$ 。

f —对有用束为 1；

$\dot{H}_c$ —对关注点处要求的瞬时剂量率控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

R —放射源至关注点的距离，m。

(4) 参数的选取及计算结果

(a) 放射治疗工作负荷

正式投入使用后，后装机房预计治疗人数为 30 人次/天，每周工作 5 天，每位患者治疗照射时间保守按 10min 计算，总的周治疗出束时间约为 25h。

(b) 关注点的剂量率参考控制水平

略

由表 11-10 和表 11-11 所列计算结果可知：本项目后装机房各辐射防护设施拟采取的屏蔽厚度均大于理论计算值，后装机房各屏蔽体外 30cm 处附加剂量率均低于标准剂量控制水平，符合标准要求。

(6) 工作人员及公众个人剂量估算

(a) 后装机房外个人有效剂量估算

略

根据上述计算结果，该项目正常运行时，后装机房外职业人员和公众所接受的外照射年累计剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于“剂量限值”要求，也低于《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 提出的工作人员 5mSv 和公众 0.1mSv 年剂量约束值。从预测计算结果可知，后装机运行期间，对周围工作人员和公众的辐射影响较小，满足评价标准的要求。由于剂量率与距离的平方成反比，因此后装机房边界外 50m 范围的其他公众人员年有效剂量也可以满足公众剂量约束

值不大于 0.1mSv/a 的要求。

11.2.3 DSA 和中型 C 臂机工作场所辐射水平分析

医院手术中心拟设在综合楼三层西北侧，拟新建一间复合手术室（25 号手术室）、四间介入手术室（23 号、24 号、26 号和 27 号手术室）、一间中型 C 臂机房（21 号手术室）。其中 27 号手术室（介入手术室）内拟设置一台双球管 DSA（正位球管的有用线束方向为顶面，侧位球管的有用线束方向为北面，两个球管可同时出束），其余介入手术室及复合手术室均拟设置一台单球管 DSA（有用线束方向为顶面），中型 C 臂机房拟设置一台单球管中型 C 臂机（有用线束方向为顶面）。

（1）关注点选取

为预测本项目 DSA 和中型 C 臂机安装好后，因装置的正常运行对机房外的辐射工作人员及公众的辐射影响，本报告采用模式预测的方法估算 DSA 和中型 C 臂机正常工作时机房外的周围剂量剂量率水平。关注点选取在距离机房墙、观察窗、防护门外 0.3m 处、顶棚上方(楼上)距顶棚地面 100cm 处，机房地面下方(楼下)距楼下地面 170cm 处。

（2）运行工况及参数选择

DSA 和中型 C 臂机设备在手术中分透视和摄影两种模式。摄影（拍片）模式是指 X 射线系统曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。透视模式是指在透视条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次评价分别对摄影、透视两种工况下机房周围的辐射水平进行了预测。

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此 DSA 和中型 C 臂机屏蔽估算时可不考虑主束照射。本项目 DSA 和中型 C 臂机工作场所各关注点均按泄漏辐射和散射辐射进行屏蔽计算，其中双球管 DSA 工作场所保守按两个球管同时出束进行屏蔽计算。

根据 DSA 和中型 C 臂机设备的工作原理，在正常工况时，设备参数无法同时达到最大管电压和最大管电流，正常工况时，不同手术类型和不同患者身体状况都会影响管电压和管电流的参数，实际使用时管电压通常在 90kV 以下，透视管电流通常为十几毫安，

摄影时功率较大，管电流通常为几百毫安。根据目前一些医院的实际值统计，摄影模式下，普遍情况下 DSA 和中型 C 臂机设备的管电压和管电流为 60~100kV/300~500mA；透视模式下管电压和管电流为 60~90kV/5~15mA，本环评拟进行保守估算，采用摄影工况下的设备参数：管电压 100kV，管电流 500mA；透视工况下的设备参数：管电压 90kV，管电流 15mA。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等总滤过不小于 2.5mmAl，本项目购置正规生产厂家生产的设备，滤过参数满足标准要求，本次计算总滤过取 2.5mmAl 保守读数，采用摄影工况下的设备参数：管电压 100kV，管电流 500mA；透视工况下的设备参数管电压 90kV，管电流 15mA。根据《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1（见图 11-5）可得到不同总滤过情况下不同电压下距靶 1m 处的空气比释动能，根据（式 11-14）计算可得到射线装置距靶 1m 处的最大剂量率，见表 11-13。

图 11-5 距 X 射线源 1m 处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \quad (\text{式 11-14})$$

式中： $\dot{K}$ —离靶（m）处由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率，mGy/min

I —管电流（mA）；

δ_x —管电流为 1mA，距靶 1m 处的发射率常数，mGy/(mA·min)；

r_0 —取 1m；

r —源至关注点的距离，m。

表 11-13 DSA 不同管电压下距靶 1m 处最大剂量率一览表

设备	运行模式	滤过材料及厚度（mm）	离靶 1m 处空气中的空气比释动能（mGy/mA·s）	运行管电压（kV）	运行管电流（mA）	距靶 1m 处的最大剂量率（μGy/h）
DSA、中型 C 臂机	摄影	Al, 2.5	0.09	100	500	1.62E+08
	透视	Al, 2.5	0.075	90	15	4.05E+06

为更清楚的了解病人情况，医生需进入 DSA 和中型 C 臂机房内进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视；工作人员摄影模式下采取隔室操作。该手术操作过程共需 1 名医师和 1 名护士，此时第一手术操作位医师位于 0.5mm 铅当量的铅帘后身着 0.5mm 铅当量的铅服，戴铅围脖、铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作，距离主射线束距离为 0.5m；第二手术位的医师身着 0.5mm 铅当量铅服、戴铅眼镜、铅围脖（双球管 DSA 设备第二手术位也拟配置 0.5mm 铅当量的铅帘），距离主射线束最近

距离为 1m。

DSA 和中型 C 型臂机手术侧床下有 0.5mm 铅当量的铅帘，将球管完全遮挡，因此 DSA 或中型 C 型臂机球管的泄漏射线和散射射线先经过 0.5mm 铅帘屏蔽后才照射到手术人员，因此第一手术位医生实际上有 1.5mm 铅防护，第二手术位医生实际上有 1mm 铅防护（若为双球管 DSA 设备，第二手术位医生实际上有 1.5mm 铅防护）。

（3）屏蔽计算方法及结果

略

由上表计算结果可知，按照辐射屏蔽设计方案，本项目正常运行时介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房摄影模式下机房外 0.3m 处的周围剂量当量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序，机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h”的要求。

（4）工作人员及公众个人剂量估算

（a）工作人员年有效剂量

略

综上所述，本项目拟建的四间介入手术室、一间复合手术室和一间中型 C 臂机房辐射工作人员手部皮肤的年当量剂量和辐射工作人员眼晶体的年当量剂量，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求和本项目提出的辐射工作人员眼晶体的年当量剂量约束值 15mSv；辐射工作人员四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值 50 mSv 的要求；辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的平均年有效剂量限值和本项目提出的剂量约束值的要求。

11.2.5 “三废”影响分析

（1）臭氧

本项目 10MV 医用电子直线加速器在出束（出源）期间会产生 X 射线，机房内的空气在这类射线电离辐射作用下产生少量氮氧化物和臭氧等有害气体。相比之下臭氧的产

额高，臭氧危害性较氮氧化物大，氮氧化物的影响可忽略。因此，本次评价废气影响主要分析臭氧的环境影响。

参考《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志 VoL014, 2, P101, 1994）给出的关于扩展射线束所致臭氧产额的估算方法，对加速器的有用线束为扩展束，其泄漏辐射看为 4π 方向均匀分布的点源，臭氧产额计算公式如下：

$$P=2.43D_0(1-\cos \theta)RG$$

式中：P—臭氧产生的辐射化学产额，mg/h；

D_0 —距靶 1m 处的比释动能率， $Gy \cdot m^2/min$ ；

θ —射线束的半张角；本项目医用电子直线加速器张角最大为

R—射线束中心轴上源点至辐射室内壁的距离 R，m，本项目取南北方向的距离 4.35m；

G—空气每吸收 100MeV 辐射能量产生的臭氧分子数；本项目医用电子直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，则 G 取

假设在治疗期间臭氧无分解，臭氧在治疗室内均匀分布，则室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$Q=\frac{P}{V}T_v$$

$$T_v=\frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a}$$

式中：Q—室内臭氧浓度， mg/m^3 ；

P—臭氧产额，mg/h；

T_v —臭氧有效清除时间，h；

V—机房空间体积， m^3 ；

t_v —每次换气时间，h；

t_a —臭氧分解时间，0.83h。

根据以上公式计算得，加速器机房室内臭氧浓度约 $0.0021mg/m^3$ ，低于《工作场所有害因素职业接触限制第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中臭氧 $\leq 0.3mg/m^3$

的标准限制，同时也低于《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，对进入加速器机房内的工作人员影响轻微。

本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

（2）废水

医用电子直线加速器靶头冷却水封闭循环使用不外排。因此，项目营运期间外排废水主要为医护人员产生的生活污水。DSA 运行时不产生废水，仅存在患者和医护人员的产生的生活污水。

生活污水依托院区的污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。本项目无新增工作人员，不产生新增生活污水量。

（3）噪声

本项目主要噪声源为所用风机、加速器辅助机房水泵和空调产生的噪声，所有设备选用低噪声设备，噪声源强不大于 $65\text{dB}(\text{A})$ ，风机经距离衰减与墙体隔声后，厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求，对项目区域的声环境影响很小。

（4）固体废物

本项目运营期间固体废物主要为医护人员日常办公产生的生活垃圾。DSA 机房内手术过程中，产生纱布等医用固体废物，经统一收集后经有资质的单位回收处理。

医护人员产生的生活垃圾定点收集，每日由保洁人员收集至医院垃圾收集点，定期由当地环卫部门清运。本项目无新增工作人员，不产生新增生活垃圾量。

11.3 事故影响分析

（1）事故风险评价目的

本项目事故风险评价目的是分析、预测射线装置在使用过程中存在的潜在危险和有害因素，可能产生的突发性事件或事故（一般不包括人为破坏及自然灾害），引起电离辐射泄漏，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以防止辐射事故发生，尽量降低辐射事故后果的负面影响。

（2）风险识别

本项目涉及 II 类射线装置，运营期间存在的风险和潜在的危害及事故隐患如下：

表 11-18 项目环境风险和潜在危害及事故隐患

设备名称	类型	风险因子	可能发生的辐射事故
6MV 医用电子直线加速器、医用血管造影 X 射线 (DSA)	II 类射线装置	X 射线	① 由于安全联锁系统失效，在防护门未关闭的情况即进行照射操作，对误入人员或防护门周围活动人员造成不必要的照射。 ② 工作人员或病人家属还未全部撤离机房，操作间人员启动设备，造成机房滞留人员的误照射。 ③ 在机房内对设备进行检修及维护等工作时，检修、维护人员误操作，造成人员误照射。

(3) 风险事故情形下的辐射影响分析

略

(4) 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，详见表 11-21。

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 11-21 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	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	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	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	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，见表 11-22。

表 11-22 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

由前述事故工况下的辐射影响估算结果对照表 11-19 和表 20 可见，本项目事故可能引发的辐射事故等级分级情况见下表。

表 11-23 本项目事故等级

装置名称	主要环境风险因子	危害因素	危害结果	事故等级
医用直线加速器、后装机	X 射线、 γ 射线	超剂量照射	较大辐射事故	事故导致 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	事故导致人员受到超过年剂量限制的照射。
DSA、中型 C 臂机	X 射线	超剂量照射	一般辐射事故	事故导致人员受到超过年剂量限制的照射。

根据表 11-19 和表 11-20 的计算结果，本项目医用直线加速器和后装机可能发生的辐射可能发生的辐射事故为**较大辐射事故**，DSA 和中型 C 臂机可能发生的辐射可能发生的辐射事故为**一般辐射事故**。

11.4 事故应急措施

针对前述可能发生的辐射事故，德阳市人民医院已依据可能发生的辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围制定了辐射事故应急预案和事故应急响应程序，并将辐射事故应急预案悬挂于辐射工作场所适当醒目位置。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号）规定，发生一般辐射事故，重大辐射事故时，医院立即启动医院内部的事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内向四川省生态环境厅值班电话（028-80589003）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向广安市卫健委（0826-2392878）报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

此外，针对**医用电子直线加速器和后装机**可能发生的辐射事故，拟采取以下事故应对措施：

① 机房内及迷道内均设有紧急停止开关，并用中文进行标识，且迷道口处的急停开关兼具紧急开门功能；误入人员或滞留人员按下急停开关即可切断电源，停止照射。

② 机房内设有无死角的视频监控系统，视频监控显示系统在控制室内，控制室人员可通过视频监控系统随时了解机房内的情况；若发现机房的误入人员或滞留人员，可立

即按下加速器控制台上的急停开关，立即切断设备电源，停止照射。

③ 机房内设有固定式剂量报警仪，加速器辐射工作人员配有个人剂量报警仪，在出入机房期间随身佩戴，若机房内辐射剂量水平超过设定阈值，即可及时报警提醒。

④ 设备维修时，医院安排专人进行现场监督，若发现异常情况立即启动应急响应程序。

⑤ 医院委托专业的人员进行检修和维护，维修人员在检修期间应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪等个人防护用品，若机房内辐射剂量水平超过设定阈值，即可及时报警提醒。

本项目涉及的DSA和中型C臂机属于Ⅱ类射线装置，为中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严重的放射损伤，但由于DSA和中型C臂机的特殊性，事故时使受照人员受大剂量照射甚至导致死亡的几率很小。DSA和中型C臂机开机时，医生与病人同处一室，且距X射线机的管头组装体约1m左右，距病人很近，主要事故是因曝光时间较长，防护条件欠佳对医生和病人引起的超剂量照射，其级别最高为一般辐射事故。

为了防止事故的发生，应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；

②实施介入诊疗的质量保证；

③定期开展设备质量控制检测；

④做好工作人员的个人防护；

⑤做好受检患者非投照部位的防护工作；

⑥按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，应即时上报市级以上生态环境部门，广安市生态环境局电话0826-2228567。

医院拟委托专业的人员进行检修和维护，维修人员在检修期间应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪等个人防护用品，若机房内辐射剂量水平超过设定阈值，即可及时报警提醒。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

建设单位成立了辐射安全与防护管理委员会，成员组成如下：

领导小组下设办公室，由后勤保障科负责医院放射防护工作日常管理工作。

辐射安全与防护管理领导委员会职责包括：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负责辐射工作人员个人剂量和健康管理，并组织开展对辐射工作场所进行年度监测和年度评估报告的编制工作；④组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习，并落实辐射工作人员上岗培训计划；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组织医院开展辐射事故应急演练及辐射事故应急处置及调查公众。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 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”。

12.2.2 主要规章制度

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，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，医院已制定了一系列辐射安全规章制度，辐射安全管理规章制度落实情况见表 12-1。

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	放射质量管理制度	已制定	/
2		放射科工作制度	已制定	/
3		放射科防护规章制度	已制定	/
4		放射防护操作制度	已制定	/
5		放射安全管理制度	已制定	/
6		辐射工作场所安全管理要求	已制定	/
7		基本技术规范、操作常规	已制定	/
8	场所设施	设备影像定期检测制度	已制定	根据本项目进行相应的调整
9		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	/
10	监测	辐射工作场所监测方案	已制定	根据本项目进行相应的调整
11	人员	特殊人群X线检查告知及同意签字制度	已制定	/
12		受检者防护制度	已制定	/
13		辐射工作人员岗位职责	已制定	/
14		医学影像资料（数据）保存、使用及专人管理制度	已制定	/
15	应急	放射性突发事件医学应急预案	已制定	/
16		辐射事故应急相应程序	已制定	根据本项目进行相应的调整
17	三废	辐射“三废”管理规定	拟制定	根据本项目进行相应的调整
18	大纲	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	/

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。

目前建设单位已制定的规章制度包括：〈辐射安全与防护管理办法〉、〈工作岗位职责〉、〈辐射工作场所安全管理要求〉、〈辐射安全和防护设施维护维修制度〉、〈德阳市人民医院关于成立放射防护管理领导小组的通知〉、〈放射性突发事件医学应急预案〉等管理制度，各项规章制度内容较全面，操作性强，可满足本项目运行的需要。

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。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》提出，使用Ⅱ类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射监测仪等仪器。

建设单位拟为本项目所有的辐射工作人员配备足够的个人剂量计，用于监控其接受的有效剂量；项目运行后医院应定期对机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

12.3.2 监测计划

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和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，建设单位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。

(1) 个人剂量监测

建设单位辐射环境监测工作由医院辐射安全与防护管理委员会统一领导，各辐射工作业务科室负责组织具体实施。

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应每三个月送有资质部门检测一次，并建立个人剂量档案终生保存。

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》的重要组成部分一并提交给发证机关。

③辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。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每年医务部负责联系有放射防护监测资质的机构对医院有射线装置及放射源的科室进行一次环境辐射影响安全防护监测。出具评估报告并存档。

②每年医务部负责联系有资质部门对全院有射线装置及放射源的科室进行安全防护及性能测试，出具评估报告并存档。

③对新增加射线设备做到先环评再建设，手续齐全后再使用。

④内部监测：由医院环保辐射专职监测人员每三月对全院有辐射装置及有放射源的科室进行一次安全监测并记录存档。

⑤应急监测：应急情况下，为查明放射性污染情况和辐射水平，可进行不定期的内部或外部监测。

(3) 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。

(4) 辐射监测的内容和要求

①监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

②监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-2）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 本项目监测布点方案表

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
------	------	------	------

医用直线加速器、后装机	X- γ 空气吸收剂量率	委托有资质的单位进行监测，频率为1次/年；验收监测1次；自行开展辐射监测。	墙体四周外侧、操作人员操作位、防护门外、迷道内墙外、机房正上方辅助机房、机房外敏感点等
DSA	X- γ 空气吸收剂量率	委托有资质的单位进行监测，频率为1次/年；验收监测1次；自行开展辐射监测。	墙体四周外侧、操作人员操作位、防护门外、机房正上方诊室、机房正下方地下车库、机房外敏感点等

③监测范围：控制区和监督区域及周围环境

④监测质量保证

a) 落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/校核；

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

c) 完善辐射工作场所环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。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。

(5) 辐射监测的可行性

环评认为，医院可以根据上述内容完善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。

12.4 年度评估报告情况

医院应按照规定的格式编写《辐射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。

12.5 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》等有关放射防护法律、法规的规定，结合医院实际情况，医院已制定了《德阳市人民医院放射事故应急处置预案》等应

急管理制度和措施。并成立了放射事故应急处置组，应急处置组成员包含相关职能部门的负责人及辐射相关临床医技科室负责人，制度明确了应急处置组的主要职责。预案内容主要包括：

- （1）目的；
- （2）组织架构及职责；
- （3）放射工作管理制度；
- （4）应急处置程序；
- （5）保障措施。

具体相应程序如下：

（1）放射性突发事件发生后，当事人应当立即通知同现场所有的工作人员转移至安全区域；

（2）及时上报医疗救护小组并报行政主管部门，对可能造成环境污染事故的，必须配合。

（3）组织封闭现场，消除可能导致辐射污染突发事件扩大的隐患；

（4）放射性突发事件应急工作组召集专业人员，根据具体情况迅速指定事故处理方案；

（5）事故处理必须在有经验的工作人员和放射卫生防护人员的参与下进行；

（6）未取得防护检测人员的允许不得进入事故区域；

（7）负责组织抢救、转运伤员；

（8）组织灾害消除后重建和环境保护；

（9）组织进行总体善后处理。事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

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，对原有辐射事故应急预案予以补充、完善，增加应急设备、应急演练计划等内容。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

- (1) 项目名称：德阳市人民医院城北第五代医院核技术利用建设项目
- (2) 建设单位：德阳市人民医院
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设地点：德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角
- (5) 建设内容：

医院拟在综合门诊医技大平台中心（以下简称为：综合楼）负二层东南侧设置放疗科，拟设置三间直线加速器机房、一间后装机房，新增三台 10MV 直线加速器，属 II 类射线装置；新增一台铯源（装源活度 10Ci）后装机，属 III 类放射源。

医院拟在综合楼三层西北侧设置手术中心，拟设置一间复合手术室（DSA+MRI）、四间介入手术室（DSA，其中四台为单球管 DSA，一台为双球管 DSA）和一间中型 C 臂机房，新增五台 DSA（150kV，1250mA）和一台中型 C 臂机（125kV，1000mA），均属 II 类射线装置。DSA 和中型 C 臂机设备主要用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 或中型 C 臂机开展介入手术 800 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

项目总投资 5000 万元，其中环保投资 370 万元，约占总投资的 7.4%。

13.1.2 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）》（2021 年 12 月 27 日修订），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”项目和第十三项“医药”第 5 条“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设”项目，属于国家鼓励类产业；，符合国家产业政策。

本项目按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补

其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

13.1.3 选址的合理性结论

德阳市人民医院城北第五代医院位于德阳市泰山北路与钱塘江路交汇处西北角，医院东侧紧邻泰山路，隔泰山路为散居小型商铺、农户；东南侧 67m 为中石化加油站；项目南侧紧邻规划的金马堰、钱塘江路，农户；项目西侧 79m 为当地农户集中居住区，再远为农田；本项目北侧紧邻在建的妇女儿童专科医院。医院地理位置图见附图 1。

本项目放疗科位于医院综合楼负二层东南侧，手术中心位于医院综合楼三层西北侧，项目东侧 80m 范围内为医院内部道路、绿化及泰山路；项目南侧 150m 范围内为医院内部道路、污水处理站、液氧站、景观绿化、室外停车场；项目西侧 80m 范围内为医院内部道路、景观广场及绿化带；项目北侧为 140m 范围内为医院急诊综合部、院内道路和 32 支渠（河道）。项目周围环境关系见附图 2，医院总平面布置图见附图 3。

本项目用地为医疗用地。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。

13.1.4 辐射环境质量现状分析

本项目拟建辐射工作场所区域周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 62~71nGy/h，低于中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境电离辐射水平（61.8~151.8nGy/h），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

本项目所有机房屏蔽体外表面 30cm 处的剂量率预测值，满足国家标准的有关规定。

本项目辐射工作人员、周围公众及敏感点成员年受照射有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标志》（GB18871-2002）和《放射治疗辐射防护安全与防护要求》（HJ 1198-2021）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

（2）水环境影响分析

本项目辐射工作场所不产生放射性废水，废水主要为医疗废水和生活废水。利用医院内的水资源供给系统，废水经医院的污水处理站（院内污水处理站位于放疗中心北侧）

处理后由市政管网排入污水处理厂处理，不会对当地水质产生明显影响。生活污水依托院内污水处理站处理达标后排放，对周围水环境影响是可以接受的。

(3) 固废影响分析

本项目辐射工作场所不会产生放射性固体废物。本项目主要在介入手术预计产生少量废造影剂容量瓶、废棉签、废药棉、废纱布、废手套等医疗废物。产生的医疗废物先集中收集在污物处理室，后转运至医院垃圾收集站，定期委托有资质的单位统一外运后专门处理。其他生活垃圾集中收集在垃圾收集站后经分拣后由环卫统一清运。

综上所述，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

(4) 废气影响分析

本项目射线装置束期间产生的臭氧和氮氧化物产生量较低，经机房通排风系统收集排放，排放浓度可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，对区域大气环境影响轻微。

(5) 声环境影响分析

本项目采用低噪声设备，本项目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。

(6) 事故风险防范

建设单位应按规定完善各项规章制度和事故防范措施，及时修订辐射事故应急预案并严格贯彻执行，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以避免发生辐射事故。

13.1.6 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，拟制定辐射事故、应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对一一落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备本项目辐射安全管理的综合能力。

13.1.7 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。

13.2 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，保证混凝土密度满足要求，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；防护门、窗安装时注意搭接处的防护，防护门与墙、窗与墙、墙体之间搭接处重叠宽度应不小于空隙的 10 倍。

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）严格执行本项目在医疗工作过程中对控制区和监督区管理措施，控制人流管理措施，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）医院各辐射工作场所室内环境空气质量应达到《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）的相关要求。

（3）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。

（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）定期进行辐射工作场所的检查及监测，如发现监测结果超过管理限制，应及时查找原因、排除事故隐患影响，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

（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，医院应及时到四川省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》（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。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规定进行项目竣工环保验收。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检查一览表见表 13-1。

略

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	