

编号：RSHP-SC-202011090001

核技术利用建设项目  
泸州市中医医院  
新增医用射线装置及III类放射源使用项目  
环境影响报告表  
(公示本)

泸州市中医医院  
2021年01月  
生态环境部监制



核技术利用建设项目

泸州市中医医院

新增医用射线装置及III类放射源使用项目

环境影响报告表

建设单位名称：泸州市中医医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省泸州市江阳区江阳南路 11 号

邮政编码：646000

联系人：闻\*

电子邮箱：\*[@qq.com](mailto:)

联系电话：\*

## 《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1.项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过30个字（两个英文字段作一个汉字）；

2.建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点；

3.行业类别——按国标填写；

4.总投资——指项目投资总额；

5.主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、医院、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等；

6.结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结构，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议；

7.预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填；

8.审批意见——由负责审批该项目的生态环境行政主管部门批复。

# 目 录

编号：RSHP-SC-202011090001 .....	- 1 -
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.....	- 13 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	- 14 -
表 6 评价依据.....	- 15 -
表 7 保护目标与评价标准.....	- 17 -
表 8 环境质量和辐射现状.....	- 28 -
表 9 项目工程分析与源项.....	- 31 -
表 10 辐射安全与防护.....	- 42 -
表 11 环境影响分析.....	- 64 -
表 12 辐射安全管理.....	- 104 -
表 13 结论与建议.....	- 111 -
表 14 审批.....	119



**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		泸州市中医医院新增医用射线装置及III类放射源使用项目			
建设单位		泸州市中医医院			
法人代表	郑海三	联系人	闻*	联系电话	*
注册地址		泸州市江阳区大山坪			
项目建设地点		泸州市中医医院城南院区 (泸州市南部新城纳溪片区蓝安大道与工业路交叉口西北侧)			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	*	项目环保总投资 (万元)	*	投资比例(环保 投资/总投资)	3.49%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m <sup>2</sup> )	/
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封 放射性 物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线 装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p><b>项目概述</b></p> <p><b>一、建设单位简介</b></p> <p>泸州市中医医院(企业统一社会信用代码:125104004509929082)现址位于泸州市江阳南路11号。该医院于1959年1月成立,2012年顺利通过“国家三级甲等中医医院”评审,是一所集医疗、教学、科研、康复、预防、保健、文化“六位一体”的综合型中医医院。该医院同时是国家重点中医医院建设单位、四川大学华西医院远程会诊与远程教学定点医院、成都中医药大学教学基地、泸州市中医与中西医结合类别</p>				

执业医师实践技能考试基地、泸州市中医类别全科医师培训基地，是泸州市“120”一级急救站，市医保、各商业保险、新农合定点医院、泸州市道路交通事故救治中心。目前，医院现有职工近 1000 人，拥有中高级专业技术人员 200 余人，医学硕士研究生 20 余人，国家级学术继承指导老师 1 名，四川省学术继承指导老师 3 名，各类名中医 8 名；医院现有国家级重点中医专科 3 个（骨伤科、肺病科、重症医学科）、省级重点中医专科 4 个（心脑血管病科、针灸科、糖尿病科、脑血管病科）、市级重点中医专科 2 个（结石病科、脾胃病科）。

## 二、任务由来及编制目的

目前医院布局比较分散，医疗业务用房十分紧张、配套设施不够完善，不能完全满足医院业务的需求。结合上层规划及医院自身发展需要，2013 年，泸州市中医医院决定在泸州市新区的城南组团新建“泸州市中医医院城南医院建设项目”，建设泸州市中医医院城南院区。待城南院区建成后，医院原址作为分院保留。

为了满足医疗需求及医院的发展，提高医疗服务质量，满足患者的治疗需求，医院拟在城南院区地下室负三层放疗科内新建 1 座医用电子直线加速器机房，并配备 1 台医用电子直线加速器，属 II 类射线装置；拟在城南院区地下室负三层放疗科内新建 1 座后装治疗机机房，并配备 1 台  $^{192}\text{Ir}$  后装治疗机，内含  $^{192}\text{Ir}$  放射源一枚，属 III 类放射源；拟在城南院区门诊医技综合楼负一层影像科内新建 1 座数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”）机房并配备 1 台 DSA，属 II 类射线装置；拟在城南院区门诊医技综合楼负一层影像科内新建 1 座数字胃肠机机房并配备 1 台数字胃肠机，拟配备的数字胃肠机具有介入功能，且医院拟将其用于经内镜逆行性胰胆管造影术（以下简称“ERCP”）使用，介入手术医生需在术中操作射线装置（床旁操作），医护人员受到的辐射影响相对较大，根据《关于发布〈射线装置分类〉办法的公告》（2017 年 12 月 5 日起施行），将其使用类别归为 II 类射线装置并纳入本次环评；拟在城南院区住院楼四层手术部 15 号手术室内新增使用 1 台 DSA，属 II 类射线装置。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《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防护条例》等相关法律法规要求，建设方须对该



项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“**使用 II 类、III 类放射源的；生产、使用 II 类射线装置的**”应编制环境影响报告表。并根据四川省生态环境厅《关于调整建设项目环境影响评价文件分级审批权限的公告》（2019 年第 2 号文），本项目应报四川省生态环境厅审查批准。并在取得环评批复后及时申领辐射安全许可证增项。

为此，泸州市中医医院委托南京瑞森辐射技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合四川瑞迪森检测技术有限公司现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了《泸州市中医医院新增医用射线装置及 III 类放射源使用项目环境影响报告表》。

### 三、项目概况

**项目名称：**泸州市中医医院新增医用射线装置及 III 类放射源使用项目

**建设单位：**泸州市中医医院

**项目性质：**新建

**建设地点：**泸州市中医医院城南院区（四川省泸州市南部新城纳溪片区蓝安大道与工业路交叉口西北侧）

#### 1、建设内容与规模

本项目建设地点位于泸州市南部新城纳溪片区蓝安大道与工业路交叉口西北侧泸州市中医医院城南院区内。医院本次拟在城南院区开展以下核技术利用项目：

##### （1）医用电子直线加速器项目

拟在城南院区住院楼（正在建设，地上 19 层，地下 3 层建筑）地下室负三层放疗科内新建 1 座医用电子直线加速器机房，并配备 1 台医用电子直线加速器；本次拟新增的医用电子直线加速器型号待定，其主要参数为：X 射线最大能量为 10MV，10MV 时 1 米处输出剂量率最大为 600cGy/min，电子线最大能量为 20MeV，电子线等中心 1 米处剂量率最大为 1000cGy/min，属 II 类射线装置。

医用电子直线加速器机房室内面积约为 69.28m<sup>2</sup>（不含迷道），机房净空尺寸为长 8.50m×宽 8.15m×高 4.10m；其四周墙体、迷道及屋顶均为混凝土结构；其主射方向

朝向南侧、北侧、屋顶及地面；迷道位于机房南侧，为 9.95m 长直迷道。

机房东侧墙体为 1.70m 厚混凝土；南侧迷道内墙主屏蔽为 1.85m~2.50m（宽 4.20m）厚混凝土，相连次屏蔽为 1.70m 厚混凝土，迷道外墙为 1.70m 厚混凝土；西侧墙体为 1.70m 厚混凝土；北侧墙体主屏蔽部分为 3.00m 厚混凝土（宽 4.20m），相连次屏蔽部分为 2.20m 厚混凝土；屋顶主屏蔽部分为 3.00m 厚混凝土（宽 4.20m），相连次屏蔽部分为 1.70m 厚混凝土；防护门为 16mm 铅当量+140mm 含硼聚乙烯电动钢板夹芯平移防护门。

## （2）后装治疗机项目

拟在城南院区住院楼地下室负三层放疗科内新建 1 座后装治疗机机房，并配备 1 台  $^{192}\text{Ir}$  后装治疗机；拟新增的  $^{192}\text{Ir}$  后装治疗机型号待定，内含  $^{192}\text{Ir}$  放射源一枚，出厂活度为  $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属 III 类放射源；

本项目新建的后装治疗机机房室内面积约为  $40.54\text{m}^2$ （不含迷道），机房净空尺寸为长 7.05m×宽 5.75m×高 5.40m；其四周墙体、迷道及屋顶均为混凝土结构；迷道位于机房北侧，为 7.75m 长直迷道。

机房东、南、西侧墙体均为 70cm 厚混凝土；北侧为 7.75m 的长直迷道，迷道内墙为 70cm 厚混凝土，迷道外墙为 70cm 厚混凝土；屋顶为 170cm 厚混凝土。防护门为 8mm 铅当量电动钢板夹芯平移防护门。

本项目医用电子直线加速器机及后装治疗机配套使用的模拟 CT 定位机已于 2020 年 12 月完成了建设项目环境影响备案登记工作，备案号为 202051050300000295，详见附件 2。

## （3）介入治疗项目

①医院拟在城南院区门诊医技综合楼（正在建设，地上 4 层，地下 2 层建筑）负一层影像科内新建 1 座 DSA 机房并配备 1 台 DSA；拟新增的 DSA 型号待定，其主要参数为：最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置，其常用主射方向朝向上，用于介入诊断治疗。

本项目影像科 DSA 机房室内有效使用面积为  $39.75\text{m}^2$ ，机房净空尺寸为长 7.5m×宽 5.3m×高 4.5m。DSA 机房四周墙体均为 240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥；楼顶为 250mm 混凝土楼板+0.7mmPb 硫酸钡水泥；地面为 250mm 混凝土楼板+1mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 5 扇，分别为控制室至 DSA

机房内防辐射门（M1）、病人进入 DSA 机房防辐射门（M2）、DSA 机房至设备间防辐射门（M3）、DSA 机房至清洁间防辐射门（M4），DSA 机房至刷手间防辐射门（M5），均为 3mm 铅当量铅防护门。

②医院拟在城南院区门诊医技综合楼负一层影像科内新建 1 座数字胃肠机机房并配备 1 台数字胃肠机；拟新增的数字胃肠机型号待定，其主要参数为：最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置，其常用主射方向朝向上，用于 ERCP 介入诊断治疗。

本项目数字胃肠机机房室内有效使用面积为 29.44m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 6.4m×宽 4.5m×高 4.5m。数字胃肠机机房四周墙体均为 240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥；楼顶为 300mm 混凝土楼板；地面为 250mm 混凝土楼板+1mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 3 扇，分别为控制室至数字胃肠机机房内防辐射门（M1）、病人进入数字胃肠机机房防辐射门（M2）、数字胃肠机机房至卫生间防辐射门（M3），均为 3mm 铅当量铅防护门。

③拟在城南院区住院楼四层手术部内 15 号手术室内新增使用 1 台 DSA。拟新增的 DSA 型号待定，其主要参数为：最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置，其常用主射方向朝向上，用于介入诊断治疗。

本项目 15 号手术室室内有效使用面积为 64.05m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 10.5m×宽 6.1m×高 4.5m。15 号手术室四周墙体均为轻钢龙骨+4mmPb 铅板；楼顶为 120mm 混凝土楼板+2.5mmPb 硫酸钡水泥；地面为 120mm 混凝土楼板+2.5mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 4mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 3 扇，分别为控制室至手术室内防辐射门（M1）、病人进入手术室防辐射门（M2）、手术室至清洁走廊防辐射门（M3），均为 4mm 铅当量铅防护门。

根据现场踏勘，本项目设备使用场所为主体建筑修建时预留，项目新增设备均未安装使用。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 新增医用射线装置及 III 类放射源使用项目情况一览表

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
1	<sup>192</sup> Ir	3.7×10 <sup>11</sup> ×1	III	使用	放射治疗	后装治疗机机房	后装治疗机内

表 1-1 新增医用射线装置及III类放射源使用项目情况一览表（续表）

射线装置								
序号	射线装置名称	类别	数量	型号	管电压 kV	管电流 mA	用途	工作场所
1	医用电子直线加速器	II	1 台	未定	X 射线: 10MV 电子线最大能量: 20MeV		放射治疗	医用电子直线加速器机房
2	DSA	II	1 台	未定	≤125	≤1000	介入治疗	DSA 机房
3	数字胃肠机	II	1 台	未定	≤150	≤1000		数字胃肠机机房
4	DSA	II	1 台	未定	≤125	≤1000		15 号手术室

## 2、项目组成内容及环境问题

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 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	医用电子直线加速器项目	拟新增使用 1 台医用电子直线加速器（型号待定），其主要参数为：X 射线最大能量为 10MV，10MV 时 1 米处输出剂量率最大为 600cGy/min，电子线最大能量为 20MeV，电子线等中心 1 米处剂量率最大为 1000cGy/min，属 II 类射线装置。新建医用直线加速器机房室内面积约为 69.28m <sup>2</sup> （不含迷路），其机房东侧墙体为 1.70m 厚混凝土；南侧迷道内墙主屏蔽为 1.85m~2.50m（宽 4.20m）厚混凝土，相连次屏蔽为 1.70m 厚混凝土，迷道外墙为 1.70m 厚混凝土；西侧墙体为 1.70m 厚混凝土；北侧墙体主屏蔽部分为 3.00m 厚混凝土（宽 4.20m），相连次屏蔽部分为 2.20m 厚混凝土；屋顶主屏蔽部分为 3.00m 厚混凝土（宽 4.20m），相连次屏蔽部分为 1.70m 厚混凝土；防护门为 16mm 铅当量+140mm 含硼聚乙烯电动钢板夹芯平移防护门。	施工扬尘、施工噪声、施工废水、建筑垃圾等	X 射线、臭氧、噪声、生活污水、医疗废水、生活垃圾、医疗废物
	后装治疗机项目	拟新增 1 台 <sup>192</sup> Ir 后装治疗机（型号待定），内含 <sup>192</sup> Ir 放射源一枚，出厂活度为 3.7×10 <sup>11</sup> Bq，属 III 类放射源。 机房东、南、西墙体为 70cm 厚混凝土；北侧为 7.75m 的长直迷路，迷路内墙为 70cm 厚混凝土，迷路外墙为 70cm 厚混凝土；屋顶为 170cm 厚混凝土。防护门为 8mm 铅当量电动钢板夹芯平移防护门。		γ 射线、臭氧、噪声、生活污水、医疗废水、生活垃圾、医疗废物、放射性固废
	介入治疗	拟新增 1 台 DSA（型号待定），主要参数为：最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置。 DSA 机房四周墙体均为 240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥；楼顶为 250mm 混凝土楼板+0.7mmPb 硫酸钡水泥；楼底为 250mm 混凝土楼板+1mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 5 扇，均为 3mm 铅当量铅防护门。 拟新增 1 台数字胃肠机（型号待定），主要参数为：最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置。 数字胃肠机机房四周墙体均为 240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥；楼顶为 300mm 混凝土楼板；楼底为 250mm 混凝土楼板+1mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 3 扇，均为 3mm 铅当量铅防护门。		X 射线、臭氧、噪声、生活污水、医疗废水、生活垃圾、医疗废物

表 1-2 项目组成内容及主要环境问题（续表）

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	介入治疗	<p>拟新增 1 台 DSA（型号待定），主要参数为：最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置。</p> <p>15 号手术室四周墙体均为轻钢龙骨+4mmPb 铅板；楼顶为 120mm 混凝土楼板+2.5mmPb 硫酸钡水泥；楼底为 120mm 混凝土楼板+2.5mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 4mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 3 扇，均为 4mm 铅当量铅防护门。</p>	<p>施工扬尘、施工噪声、施工废水、建筑垃圾渣等</p>	<p>X 射线、臭氧、噪声、生活污水、医疗废水、生活垃圾、医疗废物</p>
辅助工程	控制室、更衣间、设备间等		\	\
环保设施	依托医院污水处理站、生活垃圾暂存间、医疗废物暂存间等。		\	\
公用工程	依托医院给水、供电、通风等配套设施。		\	\
办公生活设施	医生办公室		\	生活垃圾、生活污水

### 3、项目依托设施

①依托办公设施：医生办公室依托城南院区新建的医生办公室。

②依托环保设施：本项目产生的生活污水、医疗废水和生活垃圾依托城南院区新建的污水处理设施和生活垃圾收集设施处理。本项目产生的医疗废物，医院拟委托有资质单位进行统一收集、清运和处理。

医院拟建污水处理站一座，其设计处理能力为 1000m<sup>3</sup>/d，采用“预处理+一级强化+消毒”处理。医院废水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网，最终进入纳溪区麻柳沱污水处理厂处理后排入长江。医院污水处理站设计处理能力能够满足本项目生活污水及医疗废水产生量和排放量的排放需求。

院区内设有生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由有资质单位定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，医院已委托有资质单位进行统一收集、清运和处理。

### 4、主要原辅材料及能耗

本项目所用 DSA 及数字胃肠机均采用数字成像，不使用显、定影液和胶片，因此本项目不产生废显、定影液和废胶片。项目用电依托既有供电设施，用电引自市政供电网。本项目能耗及原辅材料的使用情况见表 1-3。

表 1-3 主要能耗及原辅材料的使用情况表

类别	名称	年耗量	来源	用途
能源	电	20000 度/a	城市电网	设备用电
水	生活用水	1000m <sup>3</sup> /a	城市生活用水管网	生活用水
药品	造影剂	约 260L/a	外购	造影使用

本项目使用的造影剂为碘佛醇注射液（本品主要成份为碘佛醇，液态），规格为 100ml/瓶，平均每台介入手术使用 2 瓶，年使用量约为 260L，由医院统一采购、储存，使用后的废包装物按医疗废物处置。

### 5、工作制度及人员配置

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，每天工作 8 小时。从事辐射工作的年工作时间与本项目射线装置实际年出束时间一致。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 30 人，均为医院新增辐射工作人员，本项目辐射工作人员均定岗定责，配备至本项目后，不从事其它辐射工作。医院本次新聘

的辐射工作人员详情见表 1-4。

表 1-4 泸州市中医医院新增医用射线装置及Ⅲ类放射源使用项目辐射工作人员配置情况一览表

项目类型		本次建设项目
放射治疗	医用电子直线加速器项目（8人）	拟配备中级以上放疗医师 2 名
		拟配备病理人员 1 名、医学影像学专业技术人员 1 名
		拟配备本科学历的物理师 1 名
		拟配备放射技师 2 名，维修工程师 1 名
	后装治疗机项目（4人）	放疗医师 2 名
		物理师 1 名
维修工程师 1 名		
介入治疗	影像科 DSA（6人）	6 名辐射工作人员
	数字胃肠机（6人）	6 名辐射工作人员
	住院楼 DSA（6人）	6 名辐射工作人员

上述各辐射工作场所及各组辐射工作人员互不交叉。后期随着工作量的变动，医院也计划持续引进技术熟练的医生、技师及护士，医院应做好辐射工作人员管理工作。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目 30 名辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。辐射安全培训合格证书到期的人员仍需通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’进行再学习考核。

#### 四、项目周边保护目标以及场址选址情况

##### 1、项目选址

医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，本项目辐射工作场所拟建于泸州市南部新城纳溪片区蓝安大道与工业路交叉口西北侧泸州市中医医院城南院区（项目地理位置见附图 1）院内的住院楼地下室负三层、门诊医技综合负一层及住院楼四层（医院平面布局示意图见附图 2）。

本项目所在地下室、门诊医技综合楼及住院楼为泸州中医医院城南院区的建设内容，《泸州市中医医院城南医院建设项目》已取得四川省生态环境厅（原四川省环境



保护厅)批复(川环审批〔2015〕216号,详见附件3),医院整体项目选址合理性已在相关环评报告中进行了论述,本项目仅为其中部分建设内容,不新增用地,且新建辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施,产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员及公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求,从辐射安全防护角度分析,本项目选址是合理的。

## 2、项目平面布局合理性分析

医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响,本项目医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房拟建于地下室负三层放疗科,DSA机房及数字胃肠机机房拟建设于门诊医技综合楼负一层影像科,15号手术室拟建于住院楼四层手术部,避开了人流量较大的门诊区域,减少了对公众的不必要照射。

由各辐射工作场所平面布局可知,与射线装置及放射源相关的辅助用房紧密布置于射线装置及放射源机房周围,整体布局紧凑,既便于医疗工作,又利于辐射防护。各用房之间采用墙体分隔,墙体、防护门窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应,能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

综上分析,本项目平面布局既满足放射诊断工作要求,又有利于辐射防护。评价认为,本项目平面和空间布局合理。

## 3、保护目标

泸州市中医医院城南院区用地属于医疗卫生用地,从周边外环境关系可知,医院周边规划为居民住宅和市政道路,周边无自然保护区等生态环境保护目标,无大的环境制约因素。

## 五、项目单位核技术应用现状

泸州市中医医院现持有四川省环境保护厅(现四川省生态环境厅)颁发的《辐射安全许可证》,其证书编号为川环辐证〔00551〕,许可种类和范围为:使用II、III类射线装置;有效期至2022年11月01日。辐射安全许可证正副本见详见附件4,泸州市中医医院现有核技术应用情况详见表4。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	<sup>192</sup> Ir	3.7×10 <sup>11</sup> ×1 枚	III	使用	放射治疗	后装治疗机房	后装治疗机房内储源装置	本次环评
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器	II	1 台	待定	电子	X 射线最大能量：10MV 1m 处常用最高剂量率 600cGy/min 电子线最大能量为 20MeV，最高剂量率： 1000cGy /min		放射治疗	医用电子直线加速器机房	本次环评
/	/	/	/	/	/	/		/	/	/

(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	DSA	II	1	待定	125	1000	介入治疗	门诊医技综合楼负一层 DSA 机房	本次环评
2	DSA	II	1	待定	125	1000	介入治疗	住院楼四层 15 号手术室	本次环评
3	数字胃肠机	II	1	待定	125	1000	ERCp 治疗	门诊医技综合楼负一层数字胃肠机机房	本次环评

4	模拟 CT	III	1	待定	125	1000	放射诊断	地下室负三层放疗科 模拟 CT 机房	已做备案 登记
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过动力排风装置排入外环境，臭氧常温下自动分解为氧气，对环境影响较小
退役放射源	固体	<sup>192</sup> Ir	/	/	/	/	存放于后治疗机内	厂家回收
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日发布施行；2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日起施行；2019年修正，国务院令第709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，（2019年修正本），2019年8月22日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部第16号公布，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;办法的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告2017年第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《放射源分类办法》，国家环保总局公告2005年第62号，2015年12月23日起施行；</p> <p>(11) 《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施；</p> <p>(12) 《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》原国家环保总局，环发[2006]145号；</p> <p>(13) 《关于调整建设项目环境影响评价文件分级审批权限的公告》，四川省生态环境厅，2019年第2号文；</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>(15) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会，第29号令，2020年1月1日起施行；</p> <p>(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，2019年部令第9号，2019年11月1日起施行；</p>
------	--

	<p>(17) 《关于发布&lt;建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法&gt;配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(18) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用；</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(3) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)；</p> <p>(4) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)；</p> <p>(5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分一般原则》(GBZ/T201.1-2007)；</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分一般原则：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线放射源治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)；</p> <p>(8) 《后装γ源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017)；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(10) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(11) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)；</p> <p>(12) 《核辐射环境质量评价的一般规定》(GB11215-1989)；</p> <p>(13) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)；</p> <p>(14) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(15) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T 244-2017)。</p>
其他	<p>(1) 环保部辐射安全与防护监督检查技术程序；</p> <p>(2) 工程设计图纸及相关技术资料；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987)；</p> <p>(4) 四川省生态环境厅关于印发《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；</p> <p>(5) 辐射安全许可证正副本。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

评价范围							
<p>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）的要求，以及根据本项目的特点，本项目的评价范围确定为各核技术利用项目装置机房建筑实体为边界，半径 50m 范围内区域，评价范围详见附图 3。</p>							
保护目标							
<p>本项目医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房、DSA 机房及数字胃肠机房周围 50m 范围均位于医院院区内；15 号手术室（DSA）50m 评价范围除东侧部分位于医院围墙外，其余方向均位于医院院区内。</p> <p>根据本项目确定的评价范围，本项目环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外其他公众，详见表 7-1。</p>							
表 7-1 本项目评价范围内敏感保护目标情况一览表							
保护目标		方位	与机房最近距离	规模	照射类型	剂量约束值 (mSv/a)	
医用电子直线加速器机房	院内	职业人员	机房南侧控制室及辅助机房内	紧邻	约 8 人	职业	5
		公众	机房东侧走廊	约 8.7m	约 10 人	公众	0.1
			机房西侧（邻近土层）	/	/	/	/
			机房北侧（邻近土层）				
			机房上方（邻近土层）				
			机房下方（邻近土层）				
			机房上方空调机房（地表）	约 8.7m	约 4 人	公众	0.1
			机房东侧住院楼	紧邻	约 2000 人		
			机房南侧门诊医技综合楼	约 44m	约 200 人		
			机房北侧全科医师培训基地	约 45m	约 200 人		
后装治疗机机房	院内	职业人员	机房北侧控制室及辅助机房内	紧邻	约 4 人	职业	5
		公众	机房东侧光化学治疗机房	约 1.8m	约 2 人	公众	0.1
			机房南侧（邻近土层）	/	/	/	/
			机房西侧（邻近土层）				
			机房上方（邻近土层）				
			机房下方（邻近土层）				
			上方库房部分区域（地表）	约 8.7m	约 4 人	公众	0.1
机房东侧住院楼	紧邻	约 2000 人					

			机房南侧门诊医技综合楼	约 27m	约 200 人		
DSA 机房	院内	职业 人员	机房内医生护士	0.3 m	约 4 人	职业	5
			南侧控制室	紧邻			
		公众	东侧西药库	紧邻	约 10 人	公众	0.1
			南侧办公室、库房等	约 4.4 m	约 10 人		
			西侧室内走廊	约 8.3 m	约 10 人		
			北侧登记室、候诊区	约 2 m	约 10 人		
			上方 B 超检查室	紧邻	约 3 人		
			下方地下停车场	紧邻	约 10 人		
西侧康复楼	约 39 m	约 200 人					
数字 胃肠 机机 房	院内	职业 人员	机房内医生护士	0.3	约 4 人	职业	5
			东侧控制室	紧邻			
		公众	东侧电梯等候区	约 10m	约 10 人	公众	0.1
			南侧西药库	紧邻	约 10 人		
			西侧废物暂存间及清洁间	约 2.7m	约 2 人		
			北侧发件室、登记室等	约 3.0m	约 5 人		
			上方心电检查室	紧邻	约 3 人		
			下方地下停车场	紧邻	约 10 人		
15 号 手术 室	院内	职业 人员	机房内医生护士	0.3	约 4 人	职业	5
			东侧控制室	紧邻			
		公众	东侧 16 号手术室	约 4.0m	约 4 人	公众	0.1
			南侧清洁走廊	紧邻	约 2 人		
			西侧 14 号手术室	紧邻	约 4 人		
			北侧洁净走廊	紧邻	约 4 人		
			上方净化机房	紧邻	约 2 人		
			下方值班室	紧邻	约 4 人		
			南侧门诊医技综合楼	约 22m	约 200 人		
			院外	东侧院外空地	约 38m		

## 评价标准

### 一、本项目执行环境保护标准

参照泸州市生态环境局《关于泸州市中医医院新建 2 台数字减影血管造影机(DSA)、医用电子直线加速器、经内镜逆行胰胆管造影机(ERCP)和后装治疗机等项目环境影响评价执行环境标准的函》(泸市环建函〔2019〕110 号,见附件 5),本项目执行标准如下:



## 1、环境质量标准

- (1) 大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。
- (2) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。
- (3) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。

## 2、污染物排放标准

- (1) 废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。
- (2) 污水：执行《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）预处理标准。
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；运营期执行《社会生活环境噪声排放标准》（GB22337-2008）2类标准。
- (4) 辐射：执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）。
- (5) 固体废物按国家有关规定进行收集和处置。

## 二、相关标准内容

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

#### 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： 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
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。

#### 辐射工作场所的分区

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。

**控制区：**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。

**监督区：**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。

### 2、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）：

#### 2.1 引自“第6款治疗室防护和安全操作要求”，如下：

## 6.1 治疗室的防护要求

6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB18871 的要求，保障职业场所和周围环境安全。

6.1.2 有用线束直接投照的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T 201.1 的要求。

6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线能量超过 10MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m<sup>2</sup>。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。

6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的照射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

### 3、《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）：

#### 3.1 治疗机房墙和入口门外的周围剂量当量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外的周围剂量当量率应同时满足下列 3.1.1 和 3.1.2 的参考控制水平。

3.1.1 距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处和邻近治疗机房的居留因子较大（ $T>1/4$ ）的人员驻留区域见式（1）。

$$\dot{H}_c \leq H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots (1)$$

式（1）中：

$\dot{H}_c$  ---周围剂量当量率参考控制水平， $\mu$ Sv/h；

$H_c$  ---周剂量控制水平（ $\mu$ Sv/周），其值如下：

放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu$ Sv/周

放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu$ Sv/周

$U$  ---治疗装置向关注点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放射治疗机房外非控制区驻留的居留因子；

$t$ ---治疗装置周最大累积照射的小时数，h/周。

3.1.2 距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处：

$$\dot{H}_c \leq 2.5 \mu\text{Sv/h} \quad (\text{人员全居留场所, } T > 1/2)$$

$$\dot{H}_c \leq 10 \mu\text{Sv/h} \quad (\text{人员部分和偶然居留场所, } T \leq 1/2)$$

**4、《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/T201.2-2011)：**

引自“4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平”如下：

治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的剂量率参考控制水平：

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，可以依照附录 A，由以下周剂量参考控制水平 ( $H_c$ ) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

1) 放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

2) 放射治疗机房外非控制区的工作人员： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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

1) 人员居留因子  $T \geq 1/2$  的场所： $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

2) 人员居留因子  $T < 1/2$  的场所： $\leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

c) 由上述 a) 中的导出剂量率参考控制水平和 b) 中的最高剂量率参考控制水平，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求：

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制：

a) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

b) 除 4.2.2 中 a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的剂量 (率) 的总和，应按 4.2.2 中的 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制；

2) 穿出治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射,以相当于机房外非控制区人员周剂量率控制指标的年剂量  $250\mu\text{Sv}$  加以控制;

3) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶,考虑上述 1) 和 2) 之后,机房顶外表面  $30\text{cm}$  处的剂量率参考控制水平可按  $100\mu\text{Sv/h}$  加以控制(可在相应处设置辐射告示牌)。

### 5、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分: $\gamma$ 射线放射源治疗机房》(GBZ/T201.3-2014):

#### 4.1.1 治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率(以下简称剂量率)应不大于下述 a)、b) 和 c) 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,可以依照附录 A,由一周剂量参考控制水平  $H_c$  ( $\mu\text{Sv/周}$ ) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ):

放射治疗机房外控制区的工作人员:  $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ;

放射治疗机房外非控制区的人员:  $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

b) 按照关注点人员居留因子 ( $T$ ) 的不同,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  $T \geq 1/2$  的场所:  $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ;

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

c) 由上述 a) 中的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  和 b) 中的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$ , 选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平  $H_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

#### 4.1.2 治疗机房顶的剂量控制要求

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制:

a) 在治疗机房正上方有建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自放射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗机房顶外表面  $30\text{cm}$  处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处,可以根据机房外周剂量参考控制水平  $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$  和最高剂量率  $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ , 按照 4.1.1 求得关注点的剂量率参考控制水

平 $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

b) 除 4.1.2 中 a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿透机房墙壁辐射在相应处的剂量率的总和, 应按 4.1.2 中的 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制;

2) 穿透治疗机房屋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;

3) 对无人员停留并只有借助工具才能进入的机房顶, 考虑上述 1) 和 2) 之后, 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 (可在相应处设置辐射告示牌)。

#### **6、《后装 $\gamma$ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017):**

引自“5 治疗室的防护要求”如下:

5.1 治疗室应与准备室、控制室分开设置。治疗室内有效使用面积应不小于  $20\text{m}^2$ , 应将治疗室设置为控制区, 在控制区进出口设立醒目的符合 GB18871 规定的辐射警告标志, 严格控制非相关人员进入控制区; 将控制区周围的区域和场所设置为监督区, 应定期对这些区域进行监督和评价。

5.2 治疗室应设置机械通风装置, 其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次。

5.3 治疗室入口应采用迷路形式, 安装防护门并设置门-机联锁, 开门状态不能出源照射, 出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。治疗室外防护门上方要有工作状态显示。治疗室内适当位置应设置急停开关, 按下急停开关应能使放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。

5.4 治疗室防护门应设置手动开门装置。

5.5 在控制室与治疗室之间应设监视与对讲设施, 如设置观察窗, 其屏蔽效果应与同侧的屏蔽墙相同。

5.6 设备控制台的设置应能使操作者在任何时候都能全面观察到通向治疗室的通道情况。

5.7 应配备辐射监测设备或便携式测量设备, 并具有报警功能。

5.8 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则，治疗室屏蔽体外30cm处因透射辐射所致的周围剂量当量率应不超过  $2.5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

5.9 在治疗室迷道出、入口处设置固定式辐射剂量监测仪并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。

5.10 治疗室内应配有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备。

5.11 治疗室内合适的地方应张贴应急指示。

## 7、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

### 7.1 引自“第6款 X射线设备机房防护设施的技术要求”，如下：

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、新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 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

机房类型	机房内最小有效使用面积, m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度, m
单管头 X 射线机（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

### 6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

6.2.2 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。

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

6.2.4 距 X 射线设备表面 100 cm 处的周围剂量当量率不大于  $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$  且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100 cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

6.2.5 车载机房应有固定屏蔽，除顶部和底部外，屏蔽应满足表 3 中屏蔽防护铅当量厚度要求。

### 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于

2.5  $\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5  $\mu\text{Sv/h}$ ；

#### 6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

#### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.2 车载式诊断 X 射线设备机房个人防护用品和辅助防护设施配置要求按照其安装的设备类型参照表 4 执行。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

6.5.6 对于移动式 X 射线设备使用频繁的场所（如：重症监护、危重病人救治、骨科复位等场所），应配备足够数量的移动铅防护屏风。

表 4 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
介入放射操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘/床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注：“—”表示不要求。

## 8、《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；

引自：第 4.1.2 款 县级及县级以上或 20 张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表 2 的规定。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准，排入终端已建有正常运行城镇二级污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。

## 9、剂量约束

（1）职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。本项目评价标准按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行，即 5mSv/a；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为 125mSv。

（2）公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。本项目评价标准按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

综上，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，制定本项目管理剂量约束值，见表 7-2。

表 7-2 本项目辐射环境影响评价标准

分类	基本标准限值（GB18871-2002）（mSv/a）	剂量约束值/评价标准(mSv/a)
职业照射	20（有效剂量）	5（有效剂量）
	四肢（手和足）、皮肤	125（当量剂量）



公众照射	1（有效剂量）	0.1（有效剂量）
<p data-bbox="300 241 555 275"><b>10、剂量控制水平</b></p> <p data-bbox="236 304 1422 589">加速器机房及后装治疗机房边界周围剂量率控制水平参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）及《后装 <math>\gamma</math> 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）等相关标准要求，加速器机房及后装治疗机房屏蔽体外 30cm 处剂量率目标控制值为 2.5<math>\mu</math>Sv/h，加速器机房顶外表面 30cm 处剂量率目标控制值为 100<math>\mu</math>Sv/h。</p> <p data-bbox="236 618 1422 775">放射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，本项目 DSA 机房、数字胃肠机机房、15 号手术室屏蔽体外 30cm 有人员活动处剂量控制水平为 2.5<math>\mu</math>Sv/h。</p>		

**表 8 环境质量和辐射现状**

## 环境质量和辐射现状

### 一、项目位置、布局和周边环境

#### 1、泸州市中医医院城南院区外环境关系

泸州市中医医院城南院区位于泸州市南部新城纳溪片区蓝安大道与工业路交叉口西北侧。医院东侧院界外为一处待建空地，东侧约 132m 处为蓝安大道，南侧院界外紧邻工业路，西侧院界外为科兴路；北侧院界外为创业路。从周边外环境关系可知，医院周边是以居民住宅和市政道路为主，周边无自然保护区、风景名胜区等特殊环境保护目标，无大的环境制约因素。医院周围环境示意图见附图 2。

#### 2、门诊医技综合楼外环境关系

本项目门诊医技综合楼（正在建设，地上 4 层，地下 3 层）位于院内东南侧，其东侧为院内道路，南侧外为医院太极广场，西南侧 80m 处为医院入口，西侧为康复楼，北侧为住院楼。门诊医技综合楼外环境关系见附图 2。

#### 3、住院楼外环境关系

本项目住院楼（正在建设，地上 19 层，地下 3 层）位于医院中部，其东侧为院内道路，南侧为门诊医技综合楼，西侧为院内停车场，北侧为后勤综合楼。住院楼外环境关系见附图 2。

#### 4、辐射工作场所外环境关系

##### ①医用电子直线加速器项目

本项目医用电子直线加速器机房位于城南院区住院楼地下室负三层放疗科内，其东侧为空调机房、前室、消防梯及合用前室，南侧为控制室和辅助机房，西侧为土层，北侧为土层，上方为土层，下方为土层。本项目医用电子直线加速器机房周围环境示意图见附图 3。

##### ②后装治疗机项目

本项目后装治疗机机房位于城南院区住院楼地下室负三层放疗科内，其东侧依次为室内走廊、光化学治疗机房，南侧为土层，西侧为土层，北侧为辅助机房及控制室，上方为土层，下方为土层。本项目后装治疗机机房周围环境示意图见附图 3。

##### ③DSA 项目

本项目 DSA 机房位于门诊医技综合楼负一层影像科，其东侧为设备间及西药库，

南侧为控制室及医生通道，西侧为空置机房，北侧为登记室废物暂存间及清洁间，上方为 B 超检查室，下方为地下停车场。本项目 DSA 机房周围环境示意图见附图 4。

#### ④ERCPC 项目

本项目数字胃肠机机房位于门诊医技综合楼负一层影像科，其东侧为控制室及卫生间，南侧为西药库，西侧为 DSA 设备间，北侧为室内走廊，上方为心电检查室，下方为地下停车场。本项目数字胃肠机机房周围环境示意图见附图 4。

#### ⑤15 号手术室 DSA 项目

本项目 15 号手术室位于住院楼四层手术部，其东侧为控制室及设备间，南侧为污物通道，西侧为 14 号手术室，北侧为室内走廊，上方为净化机房，下方为值班室。本项目 15 号手术室周围环境示意图见附图 5。

本项目拟建址周边环境现状见图 8-1~图 8-6。

略

## 二、辐射环境现状调查

本项目主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

### （一）监测项目和监测方法

#### 1、本项目所在地辐射环境现状监测

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川瑞迪森检测技术有限公司（计量认证号：172312050082）于 2020 年 12 月 15 日按照规范要求对新增医用射线装置及 III 类放射源使用项目现场及周边环境进行了  $\gamma$  辐射剂量率的布点监测。其监测项目、分析方法及来源见表 8-1（检测报告见附件 6）。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源	探测限	备注
X- $\gamma$ 辐射剂量率	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-1993	10nSv/h	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备		
	仪器名称	仪器编号	检定情况

X-γ 辐射剂量率	FH40G+FHZ672E-10 型 X-γ 辐射剂量当量 率仪	SCRDS-004	检定单位：中国测试技术研究院 检定有效期：2020.11.09-2021.11.08
-----------	--	-----------	---

## 2、质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，监测期间在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

数据处理与复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核，最后由授权签字人审定签发。

## 3、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考四川省生态环境厅《2019年四川省生态环境状况公报》中四川省γ辐射空气吸收剂量率范围。

表 8-3 四川省空气吸收剂量率

地点	γ 辐射空气吸收剂量率范围 (nGy/h)
四川省电离辐射环境监测自动站	76.8~163

## 4、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家标准方法实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理，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。

具体监测结果如下：

略

由表 8-4~8-9 中监测结果可知，本项目拟建址周边环境的空气吸收剂量率与四川省生态环境厅《2019年四川省生态环境状况公报》中四川省γ辐射空气吸收剂量率范围（76.8~163）nGy/h 基本一致。综上所述，本项目区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

**表 9 项目工程分析与源项**

## **工程设备与工艺分析**

### **一、施工期工艺分析**

#### **(一) 土建装修施工阶段**

本项目医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房、DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室主体工程依托地下室、门诊医技综合楼、住院楼建筑同时修建，施工期环境影响已在泸州市中医医院城南医院建设项目中进行了环境影响评价，该项目已取得四川省生态环境厅关于该项目的批复（川环审批〔2015〕216 号）。

在施工期，只要严格落实上述环评报告及批复中提出的各项环保措施，并加强管理，项目建设过程中产生的废水、废气、固体废物及噪声的排放均能满足相关环保要求。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ201.1-2007）中相关要求，本项目加速器机房及后装治疗机机房在施工期严格按照施工规范进行施工，机房的混凝土浇筑一次整体浇筑并有充分的震捣，以防出现裂缝和过大的气孔。

在后期的室内装修及其他辐射防护设施安装过程中，在治疗机房内、外墙上的电器部件（如配电箱、激光定位灯等）的部位，应与同侧墙具有同等的屏蔽；迷道的防护门结构应考虑门因自身重量而发生形变、频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题，防护门应尽可能减小缝隙泄露辐射，通常防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍，墙体与铅防护门应有足够的搭接宽度，应预留防护门下沉沟槽。

#### **(二) 设备安装调试阶段**

本项目医用电子直线加速器、后装治疗机、DSA 及数字胃肠机装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置和放射源运输、安装、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，在运输设备和机房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，并在使用因子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；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

## 二、运营期工艺分析

### (一) 医用电子直线加速器项目

#### 1、工作原理

放疗是癌症三大治疗手段之一。是用各种不同能量的射线照射肿瘤，以抑制和杀灭癌细胞的一种治疗方法。放疗可单独使用，也可与手术、化疗等配合，作为综合治疗的一部分，以提高癌症的治愈率。放疗的基本目的是努力提高放疗的治疗增益比，即最大限度地将放射线的剂量集中到病变（靶区）内，而使周围的正常组织和器官少受或免受不必要的照射。

医用电子直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，医用电子直线加速器是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用，从而获得更高的能量。这时电子的速度增加不大，主要是质量不断变大。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属靶，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 线治疗。医用电子直线加速器系统示意图见图 9-1。

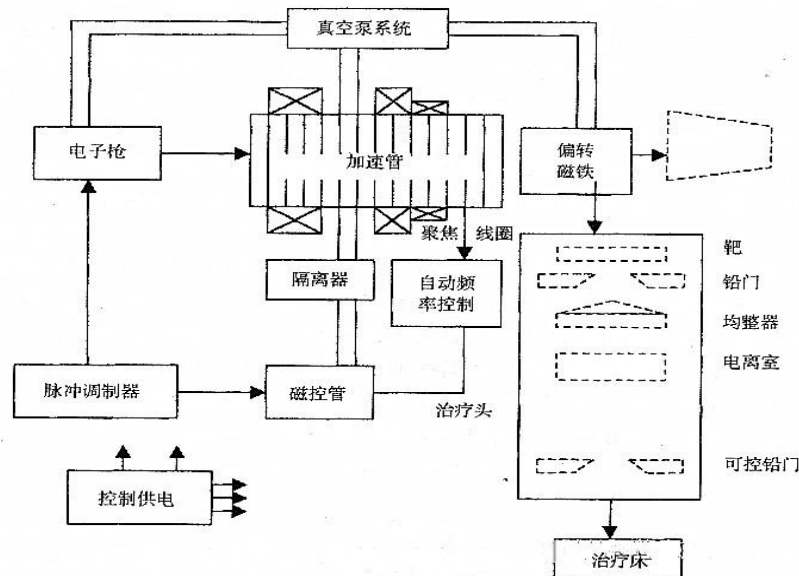


图9-1 医用电子直线加速器系统示意图

#### 2、设备组成

泸州中医医院拟于城南院区地下室负三层医用电子直线加速器机房内配置1台医用电子直线加速器（X射线最大能量：10MV），用于肿瘤的放射治疗。

医用电子直线加速器至少要包括，一个加速场所（加速管），一个大功率微波源和波导系统，控制系统，射线均整和防护系统。医用电子直线加速器按照微波传输的特点分为行波和驻波两类，其基本结构和系统包括电子枪、微波功率源（磁控管或者速调管）、波导管（隔离器、RF（射频微波源）监测器、移相器、RF吸收负载、RF窗

等)、DC直流电源(射频发生器、脉冲调制器、电子枪发射延时电路等)、真空系统(真空泵)、伺服系统(聚焦线圈、对中线圈)、偏转系统(偏转室、偏转磁铁)、剂量监测系统、均整系统、射野形成系统等,分别安装于治疗头、固定机架、旋转机架、治疗床、控制台等处。医用电子直线加速器系统结构示意图见图9-2。

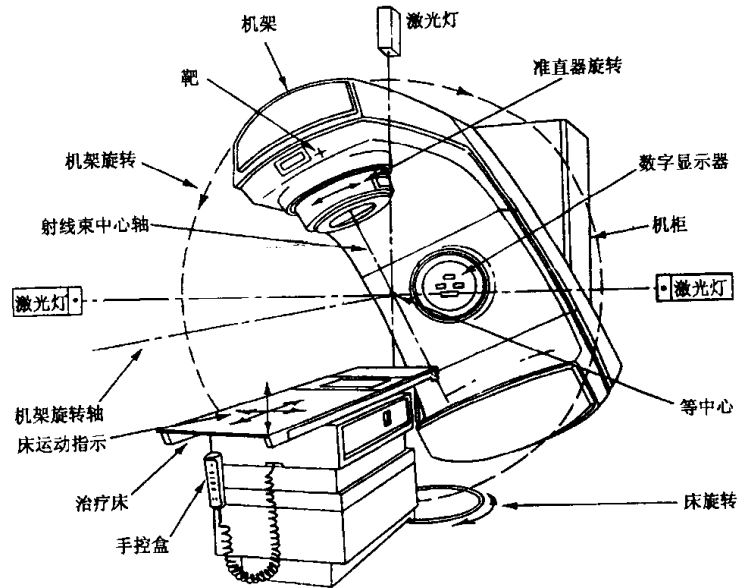


图9-2 医用电子直线加速器基本结构示意图

本项目拟购置的医用电子直线加速器主要技术参数见表9-1。

表9-1 本项目医用电子直线加速器技术参数情况一览表

型号	未定
位置	城南院区地下室负三层放疗科医用电子直线加速器机房
主要技术指标	最大X射线能量(MV): 10 最大电子线能量(MeV): 20
射线最大出射角	28°(等中心点每侧14°)
源轴距SAD	1m
等中心点至机房地坪的高度	1.3m
距靶1m处X辐射剂量率	当X射线能量为10MV时, 最大输出剂量率为 600cGy·m <sup>2</sup> /min
最大照射野大小	40cm×40cm
机架旋转	360°
用途	放射治疗

### 3、工艺流程

医用电子直线加速器治疗流程为:病人进行放射治疗的确诊并向患者告知可能受到辐射危害→职业人员佩戴个人剂量计,携带个人剂量报警仪→模拟定位、进行体表标记→制定治疗计划、确定照射位置和剂量→病人进入加速器机房→关闭防护门并开

启安全联锁→加速器出束治疗、实施治疗→治疗完毕。本项目所使用的直线加速器治疗流程及产污环节位置见图9-3。

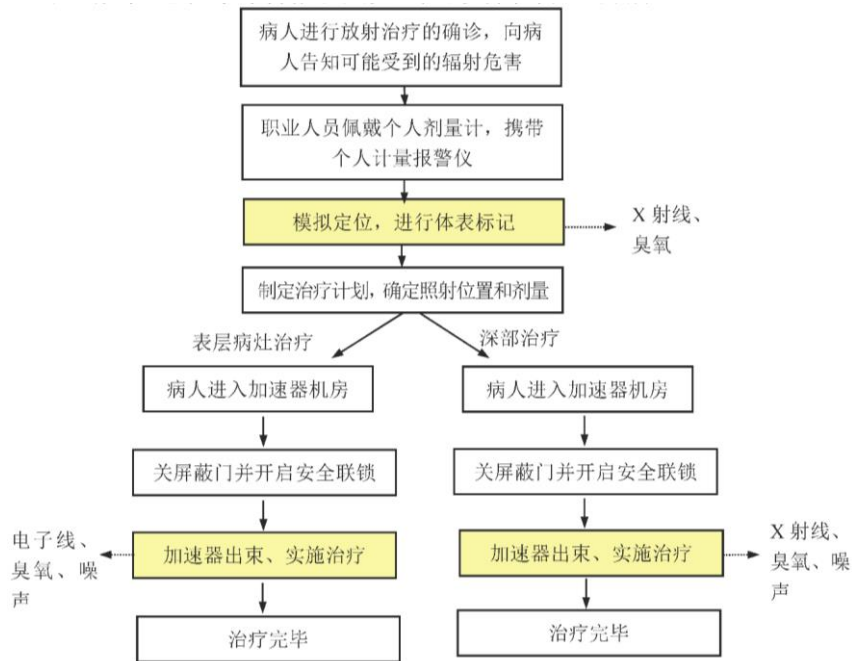


图9-3 本项目医用电子直线加速器治疗流程及产污环节示意图

#### 4、污染因子

本项目医用电子直线加速器提供 X 射线治疗，因此治疗时主要污染因子为 X 射线，X 射线随机器的开关而产生和消失；此外，X 射线与空气中的氧气发生作用会产生少量臭氧。

当医用电子直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物质库仑场的影响，贯穿深度有限。医用电子直线加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于X射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在医用电子直线加速器电子束治疗时间时，电子线对周围环境辐射影响小于X射线治疗。

本项目拟配备的医用电子直线加速器，X 射线能量 $\leq 10\text{MV}$ ，电子线能量 $\leq 20\text{MeV}$ 。依据《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/T201.2-2011）规定（§4.3.2.5），当加速器 X 射线 $\leq 10\text{MV}$  时，中子的影响可忽略，对外环境的影响主要考虑韧致辐射发射的 X 射线。因此，本项目医用电子直线加速器开机期间，产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。



## (二) 后装治疗机项目

### 1、工作原理

后装治疗机是采用后装技术（后装技术就是先在病人身上正确放置好施源器，然后在安全防护条件下用遥控方法自控制室将后装治疗机贮源室内的放射源通过管道送到病人身上的施源器内，其好处是放置施源器有充分的时间，并可用透视或摄片校正位置，从而保证了放射源的正确位置），使 $\gamma$ 放射源在人体自然腔、管道或组织间驻留而达到预定的剂量及其分布的一种放射治疗手段。可用于宫体、宫颈、直肠、食道、口腔、鼻咽等腔内肿瘤的后装治疗，也可用于皮肤浅表面肿瘤的后装治疗。

### 2、设备组成

后装治疗机由施源器、贮源系统、源传输系统以及控制系统组成。施源器是个直径为毫米级的管状物，管内可装球形的真源和假源，并有气动通道。后装治疗机治疗时则由传输管道连接贮源器，将源输送到预置于病员体内的施源器，按治疗计划由电脑自动控制进行照射治疗，照射完毕即自动将放射源收回到贮源器内。

本项目拟购置的后装治疗机主要技术参数见表9-2。

表9-2 本项目后装治疗机技术参数情况一览表

型号	未定
位置	城南院区地下室负三层放疗科后装治疗机机房
放射源种类	$^{192}\text{Ir}$
放射源出厂活度	$3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ (10Ci)
放射源数量	1枚
衰变方式	$\beta^-$ 衰变
半衰期	74d
$\gamma$ 射线能量均值	0.37MeV
空气比释动能率常数	$0.111\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$
换源频率	2~3 次/a
用途	放射治疗

### 3、操作流程及产污环节

后装治疗机治疗流程为：

①病人经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者与放疗科预约登记，以确定模拟定位和治疗时间。

②预约病人首先通过 CT、超声等设备上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定治疗中心。定位操作过程类似于 X 射线影像诊断，工作人员隔室操作。

③确定肿瘤位置和形状后，物理人员根据医生给出的治疗剂量，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治疗计划制定后，肿瘤病人在技术人员协助下，依据计划在治疗床上进行连接施源器，该过程在治疗机房内完成。

⑤安装施源器后，技术人员进入操作室，确定所有安全措施到位后，启动治疗机进行照射。

⑥照射完毕后，放射源返回后装治疗机贮源装置，技术人员协助病人离开机房，为下次照射做准备。

本项目后装治疗机贮源装置安装在机房内，驱动装置安装在控制室内，在对病人进行治疗时由辐射工作人员在控制室隔室遥控操作进行。

本项目后装治疗机治疗流程及产污环节见图 9-4。

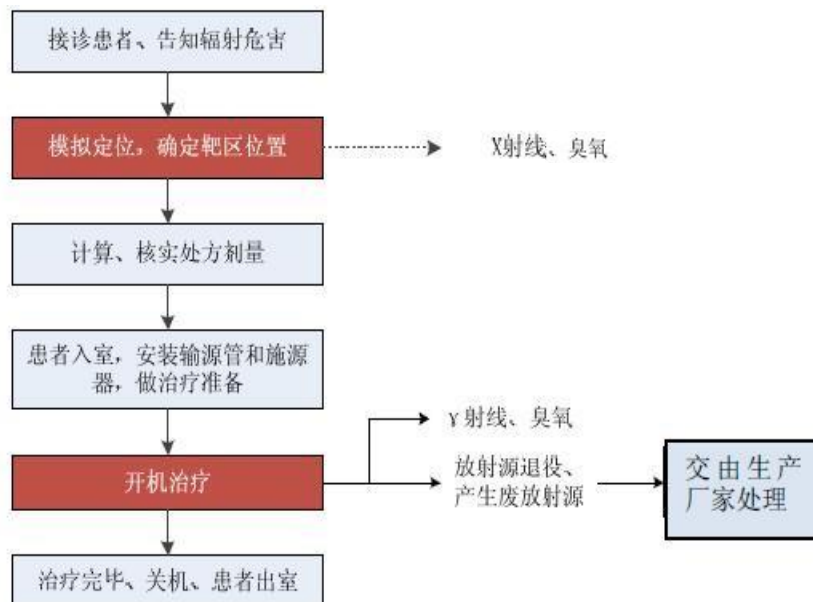


图 9-4 本项目后装治疗机治疗流程及产污环节示意图

#### 4、污染因子

本项目后装治疗机提供  $\gamma$  射线治疗，因此治疗时主要污染因子为  $\gamma$  射线；此外， $\gamma$  射线与空气中的氧气发生作用会产生少量臭氧。随着核素的自然衰变， $^{192}\text{Ir}$  放射源的活度不断降低，当  $^{192}\text{Ir}$  放射源使用到一定年限后，会产生退役的  $^{192}\text{Ir}$  放射源，退役  $^{192}\text{Ir}$  放射源委托原厂家回收处理。

#### （三）DSA 项目

数字减影血管造影（Digital Subtraction Angiography, DSA）是 20 世纪 80 年代继 CT 之后出现的一项医学影像学新技术，是电子计算机图像处理技术与传统 X 线血管

造影技术相结合的一种新的检查方法。可以满足心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入检查与治疗。介入诊断与治疗是指医生在 DSA 图像的引导下，通过皮穿刺途径或通过人体原有孔道将导管或器械插入病变部位或注射造影剂，进行诊断和治疗。

### **1、工作原理**

DSA 是影像增强器技术、电视技术和计算机科学技术相结合的产物，是应用最多的数字化 X 射线透视设备。DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台和多幅照相机组成。

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全。通过数字减影血管造影系统处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

### **2、设备组成**

DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台和多幅照相机组成。

### **3、操作流程**

DSA 在进行曝光时分为检查和介入治疗两种情况，对应的治疗流程及产污图见图 9-5:

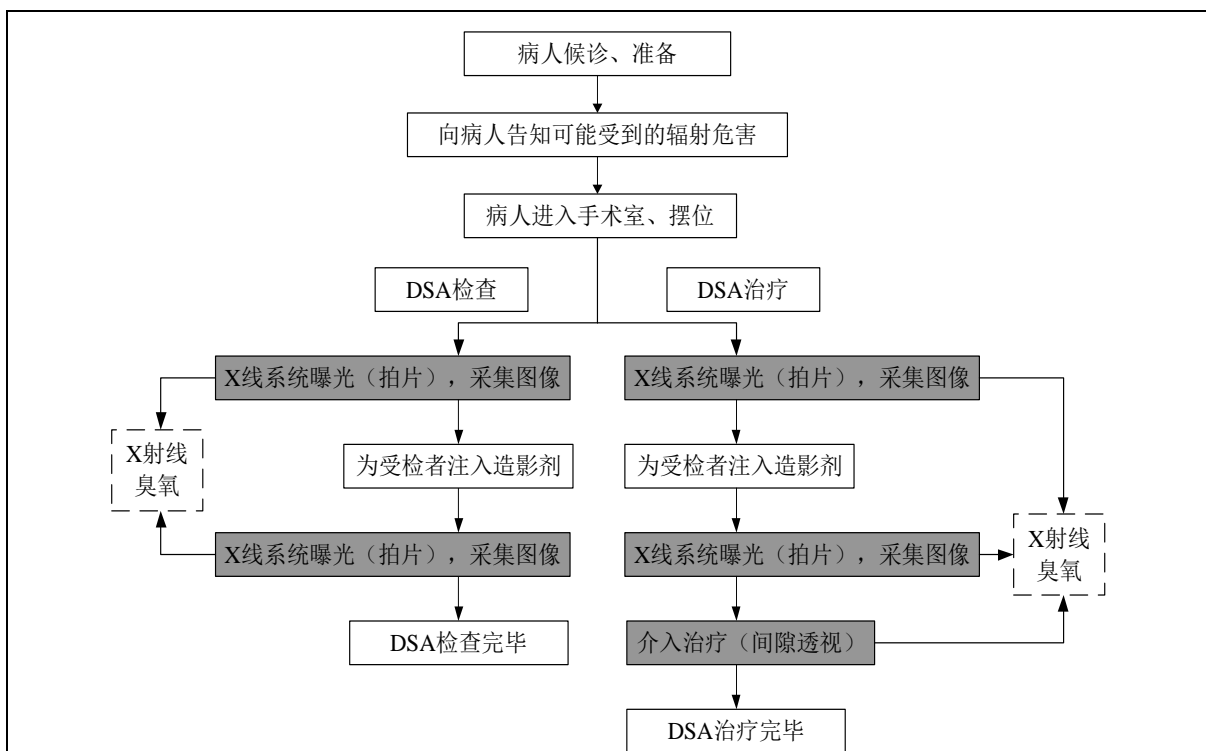


图 9-5 DSA 检查与治疗流程及产污环节示意图

#### ① DSA 检查

DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入控制室，关好防护门。医师、操作人员通过控制室的电子计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

#### ② DSA 治疗

医师采取近台同室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.3~1.2m 处。介入治疗中，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视，通过显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。DSA 机房内配备个人防护用品（如铅衣、铅围裙、铅围脖、铅眼镜等），同时手术床旁设有床下铅帘和悬吊铅屏风。

### 4、产污环节

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。注入的造影剂不含放射性。设备运行过程中产生的污染物主要为 X 射线、臭氧、机房内通排风系统运行所产生的噪声，以及手术过程中产生的

医疗废物。

#### (四) ERCP 项目

##### 1、工作原理

X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。

ERCP 是指将十二指肠镜插至十二指肠，找到十二指肠乳头，由活检管道内插入造影导管至乳头开口部，注入造影剂后进行 X 线摄片，以显示胰胆管的技术。

##### 2、设备组成

带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图象处理系统、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机。

##### 3、操作流程

①接诊病人后，向病人告知可能受到的辐射危害；

②病人准备完毕进入机房摆位、固定，然后进入机房内对病人进行局部消毒处理和局部防护处理；

③医生进行插镜（十二指肠镜经口依次通过食管、胃、进入十二指肠降段，找到十二指肠乳头）、插管（将导管插入乳头），配合透视注入造影剂；

④完成造影剂注入后，医生退出机房，通过控制室操作台对病人进行拍片，得到病人病灶部位清晰影像资料；

⑤根据拍片结果，医生再次进入机房内配合内镜对病人病灶部位进行相应治疗。

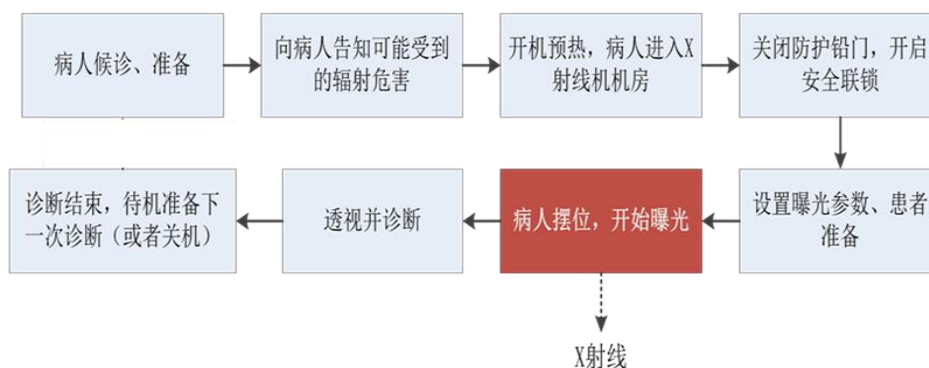


图 9-6 ERCP 操作流程及产污环节示意图

#### 4、产污环节

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。注入的造影剂不含放射性。在 ERCP 检查中，X 射线系统在拍片、透视时产生 X 射线和臭氧，手术室通风系统机组运行所产生的噪声，以及手术过程中产生的医疗废物。

#### 污染源项描述

##### 一、施工期污染源

###### 1、废水

施工期少量废水主要来自以下几个方面：

- ①施工场地废水；
- ②施工人员生活污水。

###### 2、扬尘

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是墙体装修扬尘；二是来自建筑材料包括水泥、沙子等搬运扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

###### 3、固体废物

施工期产生的固体废弃物主要包括施工人员的生活垃圾及废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾，由于工程规模小，产生量较少。

###### 4、噪声

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

##### 二、运营期污染源描述

###### 1、电离辐射

医用电子直线加速器、DSA 及数字胃肠机在开机出束状态下产生 X 射线，主要辐射污染途径为外照射，设备未开机状态不产生 X 射线。

后装治疗机主要辐射为  $\gamma$  射线。

###### 2、废气

在设备开机出束过程中，手术室内的空气在电离辐射作用下产生臭氧及氮氧化物等有害气体。

###### 3、固体废物

后装治疗机使用的放射源  $^{192}\text{Ir}$  随着核素的自然衰变， $^{192}\text{Ir}$  放射源的活度不断降

低，当  $^{192}\text{Ir}$  放射源使用到一定年限后，会产生退役的  $^{192}\text{Ir}$  放射源，退役  $^{192}\text{Ir}$  放射源由原厂家回收处理。

本项目介入手术时会产生的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂及废造影剂瓶等医疗废物；辐射工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾。

#### 4、废水

本项目共有 30 名辐射工作人员，工作中会产生生活污水及医疗废水。

本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。

#### 5、噪声

本项目噪声主要来源于各机房通排风系统，各机房通排风系统均采用低噪设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

**表 10 辐射安全与防护**

## **项目安全措施**

### **一、辐射工作场所两区划分**

#### **1、工作场所布局合理性**

医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，本项目医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房拟建于地下室负三层放疗科，DSA 机房及数字胃肠机机房拟建设于门诊医技综合楼负一层影像科，15 号手术室拟建于住院楼四层手术部。

由各辐射工作场所平面布局可知，与射线装置及放射源相关的辅助用房紧密布置于射线装置及放射源机房周围，整体布局紧凑，既便于医疗工作，又利于辐射防护。各用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

**综上所述，本项目平面布局既满足放射诊断工作要求，又有利于辐射防护。评价认为，本项目平面和空间布局合理。**

### **(二) 两区划分**

#### **1、分区原则**

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）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区—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。

监督区—未被确定为控制区，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的区域。

#### **2、控制区与监督区的划分**

##### **(1) 区域划分**

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分，见表 10-1 和图 10-1~图 10-3。



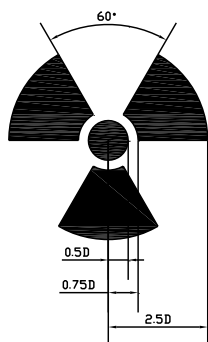
表 10-1 项目控制区和监督区的划分情况

辐射工作场所	控制区	监督区
医用电子直线加速器	医用电子直线加速器机房	控制室、辅助机房
后装治疗机	后装治疗机房	控制室、辅助机房
DSA	DSA 机房	控制室、刷手间、设备间
数字胃肠机	数字胃肠机机房	控制室、设备间、卫生间
DSA	15 号手术室	控制室、设备机房
备注	控制区内禁止除治疗病人及职业工作人员外的无关人员进入,职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留,以减少不必要的照射。手术医生和护士进入手术室必须穿戴个人防护用品,以降低辐照剂量。	监督区范围内应限制无关人员进入。

(2) 关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目单位应做到：

1) 控制区的防护手段与安全措施：

①在病人至机房内防护门外、控制室至机房防护门外及其他醒目的位置设置“当心电离辐射”警告标志。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 F 要求，如图 10-4 所示。



a. 电离辐射标志



b. 当心电离辐射警告标志

图 10-4 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制人员进、出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

2) 监督区的防护手段与安全措施：

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

## 二、辐射安全及防护措施

本项目射线装置主要污染源项为 X 射线和，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 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

### (一) 屏蔽防护

本项目各工作场所屏蔽设计见表 10-2 及表 10-3。

表 10-2 本项目医用电子直线加速器机房防护屏蔽设计一览表

类别	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）	主屏蔽宽度	
医用直线 加速器机 房	东墙	次屏蔽	170cm 砼	/	
	南墙	迷路内墙	主屏蔽	185cm~250cm 砼	420cm
			次屏蔽	170cm 砼	/
		迷路外墙		170cm 砼	/
	西墙	次屏蔽		170cm 砼	
	北墙	主屏蔽		300cm 砼	420cm
		次屏蔽		220cm 砼	/
	屋顶	主屏蔽		300cm 砼	420cm
次屏蔽		170cm 砼	/		
	防护门		16mm 厚铅当量+140mm 含硼聚乙烯（1 扇）		

表 10-3 本项目各辐射工作场所防护屏蔽设计一览表

场所	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）
后装治疗 机 机房	东墙		70cm 砼
	南墙		70cm 砼
	西墙		70cm 砼
	北墙	迷路内墙	70cm 砼
		迷路外墙	70cm 砼
	屋顶		170cm 砼
	防护门		8mmPb 铅防护门（1 扇）
DSA 机房	东墙		240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥
	南墙		240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥
	西墙		240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥
	北墙		240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥
	楼顶		250mm 混凝土+0.7mmPb 硫酸钡水泥
	楼底		250mm 混凝土+1mmPb 硫酸钡水泥
	观察窗		3mmPb 铅玻璃（1 扇）
	防护门		3mmPb 铅防护门（5 扇）
数字胃肠 机机房	东墙		240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥
	南墙		240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥
	西墙		240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥
	北墙		240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥
	楼顶		300mm 混凝土

	楼底	250mm 混凝土+1mmPb 硫酸钡水泥
	观察窗	3mmPb 铅玻璃（1 扇）
	防护门	3mmPb 铅防护门（3 扇）
15 号手术室	东墙	轻钢龙骨+4mmPb 铅板
	南墙	轻钢龙骨+4mmPb 铅板
	西墙	轻钢龙骨+4mmPb 铅板
	北墙	轻钢龙骨+4mmPb 铅板
	楼顶	120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡水泥
	楼底	120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡水泥
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（1 扇）
	防护门	4mmPb 铅防护门（3 扇）

## （二）辐射安全措施

### 1、医用电子直线加速器项目

本项目医用电子直线加速器主要辐射为 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 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

①医用电子直线加速器只有在通电开机时才有电子束、X 射线等产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出束，其它方向的大部分射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

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情况。

③条件显示联锁：医用电子直线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，在医用电子直线加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

⑤有剂量分布监测装置与照射终止系统联锁，当剂量超过预选值或当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑥有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑦有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

⑧治疗床旁、医用电子直线加速器机上安装紧急止动按钮。

## **(2) 屏蔽防护**

本项目医用电子直线加速器机房由相应资质单位进行设计和施工，其主射方向朝向南侧、北侧、屋顶及地面。本项目医用电子直线加速器机房内预留电缆线布设采用“U”型管道，通风管道采用“S”型穿墙方式，不会破坏墙体的屏蔽效果，本项目通风管道及电缆沟设计图见图 10-5。

略

图 10-5 本项目通风管道及电缆沟设计图

## **(3) 源项控制**

本项目医用电子直线加速器购置于正规厂家，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过国家规定的限值。

## **(4) 距离防护**

本项目治疗区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将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。

## **(5) 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疗之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，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射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

## **(6) 安全装置**

①操作人员隔室操作：本项目医用电子直线加速器控制室与机房之间以墙体隔开，机房内拟安装视频监控系统、对讲装置，控制室能通过视频监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲装置与机房内患者联系。

②门机联锁装置：医用电子直线加速器与屏蔽门之间拟设联锁装置。屏蔽门未关好，医用电子直线加速器不能出束；医用电子直线加速器工作期间如将防护门打开，照射立即自动停止。

③紧急止动装置和紧急开门按钮：除了医用电子直线加速器治疗床、医用电子直线加速器主机上以及控制台上自带的紧急止动按钮外，机房内墙非主射线位置上、迷道门出口处均设置有紧急止动按钮，以使误入人员按动紧急止动按钮就能使加速器停机；迷

道出口处设置了紧急开门按钮。

④工作状态显示及警示标识：医用电子直线加速器机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。医用电子直线加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。医用电子直线加速器机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

⑤在医用电子直线加速器机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷道内墙上（靠近防护门），只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑥时间防护：通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

⑦个人防护：医用电子直线加速器机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

⑧医用电子直线加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对医用电子直线加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

略

图 10-6 本项目医用电子直线加速器机房辐射安全设施布置示意图

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

### （7）分区防护

机房严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入机房内的控制区，以免受到不必要的照射。

## 2、后装治疗机项目

本项目后装治疗机主要辐射为 $\gamma$ 射线，对 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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 $^{192}\text{Ir}$ 后装治疗机贮源装置设置了铅屏蔽体，铅屏蔽体外为特制的防护钢壳，不易损坏。机器本身设有如下安全保护措施：

A、内置检测器验证源每次进出的完整性：采用固定治疗方式驱动装置、步进治疗方式驱动装置，在控制源辫的运动中，同时备有闭环检测的轴编码器监控工作电机的运动状态，另设置通道检测光电编码器、出源检测光电开关、源辫到位碰撞开关，通过后

装治疗控制程序的控制，保证源每次进出的完整性。

B、导管未被正确连接时，放射源不能送出：在正式治疗前，系统通过通道检测光电编码器、施源器导管接头检测光电开关，检查各放射源导管的连接情况，未按治疗参数文件要求连接施源器导管时，放射源不能送出。

### **(2) 屏蔽防护**

本项目后装治疗机机房由相应资质单位进行设计和施工，其机房内预留电缆线布设采用“U”型管道，通风管道采用“S”型穿墙方式，不会破坏墙体的屏蔽效果。

### **(3) 源项控制**

本项目后装治疗机购置于正规厂家，储源装置本身设置了屏蔽层，储源装置周围剂量不会超过国家规定的限值。

### **(4) 距离防护**

本项目治疗区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将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。

### **(5) 时间防护**

在满足诊断要求的前提下，在每次使用放射源进行诊疗之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，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射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

### **(6) 安全装置**

①操作人员隔室操作：本项目后装治疗机控制室与机房之间以墙体隔开，机房内拟安装视频监控系统、对讲装置，控制室能通过视频监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲装置与机房内患者联系。

②门机联锁装置：后装治疗机与屏蔽门之间拟设联锁装置，开门状态下不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。同时防护门拟设置手动开门装置。

③紧急制动装置和紧急开门按钮：除了后装治疗机治疗床、后装治疗机主机上以及控制台上自带的紧急制动按钮外，机房内墙壁内侧、迷道门出口处均设置有紧急制动按钮，以使误入人员按动紧急制动按钮，后装治疗机会执行紧急收源程序；迷道出口处设置了紧急开门按钮。

④工作状态显示及警示标识：后装治疗机机房防护门外顶部拟设置工作状态指示

灯。后装治疗机处于出源照射状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当后装治疗机处于非出源照射状态，指示灯为绿色。后装治疗机机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

⑤在后装治疗机机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷道内墙上，只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑥时间防护：通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

⑦个人防护：后装治疗机机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

⑧后装治疗机将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对后装治疗机进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

⑨<sup>192</sup>Ir 放射源由生产厂家负责放射源运输、换装，放射源更换前保存在后装治疗机贮源罐中，医院不再设置放射源暂存柜或其他放射源暂存设施。

⑩医院承诺将退役 <sup>192</sup>Ir 放射源委托原厂家回收处理。

略

图 10-7 本项目后装治疗机机房辐射安全设施布置示意图

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

### （7）分区防护

机房严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入机房内的控制区，以免受到不必要的照射。

## 3、DSA、数字胃肠机项目

### （1）设备固有安全性

本项目 DSA 及数字胃肠机购置于正规厂家，满足国家质检要求，装置泄露辐射不会超过国家规定的限值。

此外设备自身采取以下安全防护措施：

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 射线管头或影响增强器的窗口处放置铜过滤板，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场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，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时并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结。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：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

6、配备辅助防护设施：项目拟购 DSA 及数字胃肠机配有悬吊铅帘和床下铅帘（两者的防护铅当量均不低于 0.5mm 铅当量），在设备运行中可加强对医护人员的辐射防护。

7、正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设施无误时，才能由“启动”键启动照射；同时床体上设置有“紧急停机开关”按钮，一旦发现异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

## （2）辐射屏蔽措施

本项目 DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室屏蔽设计见表 10-4。

表 10-4 DSA 机房防护屏蔽设计一览表

辐射工作场所	参数	设计厚度	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）屏蔽要求	备注
DSA	四侧墙体	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	有用线束方向铅当量不小于 2mmPb；非有用线束方向铅当量不小于 2mmPb。	满足
	楼顶	250mm 混凝土+0.7mmPb 硫酸钡水泥		
	楼底	250mm 混凝土+1mmPb 硫酸钡水泥		
	观察窗	3mm 铅当量（1 扇）		
	防护门	3mm 铅当量（5 扇）		
	机房面积	机房最小有效使用面积 39.75m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长 5.3m	机房最小有效使用面积 20m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长 3.5m	
数字胃肠机房	四侧墙体	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	有用线束方向铅当量不小于 2mmPb；非有用线束方向铅当量不小于 2mmPb。	满足
	楼顶	300mm 混凝土		
	楼底	250mm 混凝土+1mmPb 硫酸钡水泥		
	观察窗	3mmPb 铅玻璃（1 扇）		
	防护门	3mmPb 铅防护门（3 扇）		
	机房面积	机房最小有效使用面积 29.44m <sup>2</sup> ，机房	机房最小有效使用面	

		内最小单边长 4.5m	积 20m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长 3.5m	
15 号 手术室	四侧墙体	轻钢龙骨+4mmPb 铅板	有用线束方向铅当量不小于 2mmPb；非有用线束方向铅当量不小于 2mmPb。	满足
	楼顶	120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡水泥		
	楼底	120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡水泥		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（1 扇）		
	防护门	4mmPb 铅防护门（3 扇）		
	机房面积	机房最小有效使用面积 64.05m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长 6.1m	机房最小有效使用面积 20m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长 3.5m	

### （3）安全装置

#### ①门灯联锁：

各机房病人出入防护门顶部应设工作状态指示灯，并与防护门联锁。防护门关闭时，工作状态指示灯亮，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯熄灭。

#### ②急停按钮：

在手术床旁及控制室内设急停按钮（按钮与 X 射线系统连接）。在射线装置出束过程中，一旦发现紧急情况，按下急停开关可停止 X 射线系统出束。

③警告标识：在病人至 DSA 机房内防护门外、控制室至 DSA 机房防护门外、刷手间至 DSA 机房防护门外、DSA 机房至设备间防护门外及清洁间至 DSA 机房防护门外醒目的位置设置“当心电离辐射警告”标志；在病人至数字胃肠机房内防护门外、控制室至数字胃肠机房防护门外及数字胃肠机房至卫生间防护门外醒目的位置设置“当心电离辐射警告”标志；在病人至 15 号手术室内防护门外、控制室至 15 号手术室防护门外及清洁通道至 15 号手术室防护门外醒目的位置设置“当心电离辐射警告”标志。

④辐射监测设备：医院拟配备 1 台便携式 X -  $\gamma$  剂量监测仪，用于场所的剂量水平监测。

⑤医院应每月对射线装置、安全联锁装置、机电设备等辐射防护设施设备进行检查，发现问题应及时维护、更换。

### （4）人员的安全防护

人员主要指本项目辐射工作人员、患者和本次评价范围内的公众。

#### 1) 辐射工作人员的安全防护

为减少辐射工作人员的照射剂量，采取的主要方法有源项控制、屏蔽防护、时间防护和距离防护，多种防护联合运用、合理调节：

### ①源项控制

在满足治疗要求的前提下，针对不同病人制定最优化的治疗方案，选择能达到治疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化，并通过设备的可调限束装置进行参数设置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射，避免不必要的照射。

### ②屏蔽防护

从事介入治疗的医生、护士拟配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品，除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应至少为 0.5mm 防护铅当量，介入防护手套铅当量应不小于 0.025 mmPb。

### ③时间防护

在满足治疗要求的前提下，在每次使用射线装置进行治疗之前，根据治疗要求和患者实际情况制定最优化的治疗方案，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，减少工作人员的受照时间，也避免患者受到额外剂量的照射。另外，对从事介入治疗手术的医生和护士应采取分组制，以避免某一工作人员因长时间操作所致剂量超标。

### ④个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）“5.3 佩戴 5.3.2”中要求“对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计”和“5.3 佩戴 5.3.3”中“对于 5.3.2 所述工作的情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部”剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）”。

本项目辐射工作人员均应配备有个人剂量计（每名介入治疗医生需配备 2 套个人剂量计），并要求在上班期间必须佩戴。医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

### 2) 患者和陪检者的安全防护

医院应为患者配有防护围裙或方巾等防护用品（其防护铅当量应不低于 0.5mm），用于患者非照射部位的防护。为陪检者至少配备铅衣，以避免受检者受到不必要的照射。此外，在不影响治疗效果的前提下，保持患者与射线装置靶源尽可能远的距离。

### 3、DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室周边公众的安全防护

周边公众主要依托放射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和楼板等实体屏蔽设施屏蔽

射线。同时，放射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在 DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室门外设置工作状态指示灯，张贴醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员进入控制区，以增加公众与射线源之间的距离，避免受到不必要的照射。

#### 4、与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中人员安全防护的要求，本项目针对介入操作采取的人员安全防护措施的符合性分析见表 10-5。

表 10-5 项目采取的介入操作人员安全防护措施符合性

设备名称	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目拟采取措施
DSA、数字胃肠机	辐射工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子
		辅助防护设施	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	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏
	患者和陪检者	个人防护用品	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	铅三角巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子

由表 10-5 可知，医院拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

### 三、射线装置工作场所安防措施

为确保本项目射线装置及放射源的使用和储存安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-6。

表 10-6 辐射工作场所安防措施一览表

项目	措施类别	对应措施
新增医用射线装置及Ⅲ类放射源使用项目	防盗和防破坏	①各辐射工作场所机房及附属设施纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划入重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②工作场所根据需要设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗窃事件，并立即向公安机关报案； ④各辐射工作场所机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	①本项目所使用的射线装置及放射源购置于正规厂家，出厂时其杂散辐射和泄漏辐射不会超过国家规定的限值； ②本项目机房均已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，射线装置及放射源在使用过程产生的泄露辐射较少，只要按照设计和环评要求进行落实，对周围环境影响较小。

#### 四、辐射安全防护设施对照分析

为防止发生辐射事故，根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》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》(川环办发[2016]1400号)中对医用II类射线装置及III类放射源辐射防护安全装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表 10-5。

表 10-5 本项目辐射安全防护设施汇总对照分析表

项目	规定的措施	落实情况	应增加的措施	
医用电子 直线加速 器	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	新建	/
		铅防护门	已设计	/
	控制台及安全 全连锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台的具备紧急停机按钮	设备自带	/
		电视监控与对讲系统	设备自带	/
		条件显示连锁、控制超剂量的连锁装置、时间控制连锁	设备自带	/
		门机连锁、门灯连锁等安全连锁	/	需配备
	警示装置	入口处电离辐射警示标志	/	需配备
		入口处加速器工作状态显示	/	需配备
		机房内准备出束音响提示	设备自带	/
		控制台上蜂鸣器	设备自带	/
	紧急设施	紧急开门装置	/	需配备
		监控、对讲装置	/	需配备
		机房内紧急停机按钮	/	需配备
	监测	机房内固定式剂量报警仪	/	需配备
		个人剂量报警仪	/	需配备
		个人剂量计	/	需配备
		便携式 X 射线辐射监测仪	/	需配备
	其他	机房门防夹装置	/	需配备
		通风系统	已设计	/
火灾报警仪		已设计	/	
灭火器材		已设计	/	
后装治疗 机	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	新建	/
		铅防护门	已设计	/
	装置安全设 施	防止非工作人员操作的锁定开关		设备自带
		施源器与源连锁		设备自带

		管道遇堵自动回源		设备自带	
		仿真源模拟运行		设备自带	
		主机外表电离辐射警示标志		需配备	
		控制台显示放射源位置		设备自带	
		控制台紧急停止照射按钮		设备自带	
		停电或意外中断照射时自动回源装置		设备自带	
		手动回源措施		设备自带	
	场所安全设施	治疗室固定式辐射水平监测仪		需配备	
		出源联锁		设备自带	
		放射源返回储源器的应急开关		设备自带	
		电视监控与对讲系统		需配备	
		入口处电离辐射警示标志		需配备	
		入口处源工作状态显示		需配备	
		停电或意外中断照射时声光报警		需配备	
	监测	个人剂量报警仪		需配备	
		个人剂量计		需配备	
		便携式 X 射线辐射监测仪		需配备	
	其他	通风设施	已设计	/	
		火灾报警仪	已设计	/	
	DSA、数字胃肠机	场所设施	机房墙体、屋顶、门窗等实体防护措施	已设计	已有
			通风设施	/	需配备
紧急停机开关			设备自带	设备自带	
门灯连锁			/	需配备	
对讲系统			/	需配备	
入口处电离辐射警告标志			/	需配备	
入口处机器工作状态显示			/	需配备	
监测设备		便携式辐射监测仪	/	需配备	
		个人剂量计	/	需配备	
		个人剂量报警仪	/	需配备	
个人防护		医护人员个人防护	/	需配备	
		患者防护	/	需配备	
		灭火器材	/	需配备	

## 五、环保设施及投资分析

本项目环保投资主要用于辐射防护屏蔽工程建设、场所和人员的安全防护措施建设等。项目总投资\*万元，环保投资\*万元，占总投资的\*%。本项目环保投资估算见表 10-6。

表 10-6 项目辐射安全防护与环保设施（措施）投资一览表

场所	辐射安全防护设施		数量	投资金额 (万元)
医用电子直线加速器机房	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	新建 1 间	纳入基建
		铅防护门	1 扇	*
	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	/
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台的具备紧急停机按钮	设备自带	/
		条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	设备自带	/
		门机联锁、门灯联锁	各 1 套	
	警示装置	入口处电离辐射警示标志	若干	
		入口处加速器工作状态指示灯	1 套	
		机房内准备出束音响提示	设备自带	/
		控制台上蜂鸣器	设备自带	/
	紧急设施	紧急开门装置	2 套	
		电视监控、对讲装置	各 1 套	
		机房内紧急停机按钮	6 套	
	监测	机房内固定式剂量报警仪	1 台	
		个人剂量报警仪	1 台	
		个人剂量计	每人 1 套	
		便携式 X 射线辐射监测仪	1 台	
	其他	机房门防夹装置	1 套	
		通风系统	1 套	
	后装治疗机机房	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	新建 1 间
铅防护门			1 扇	
装置安全设施		防止非工作人员操作的锁定开关	1 套	
		施源器与源联锁	设备自带	
		管道遇堵自动回源	设备自带	
		仿真源模拟运行	设备自带	
		主机外表电离辐射警示标志	设备自带	
		控制台显示放射源位置	设备自带	
		控制台紧急停止照射按钮	设备自带	

		停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带	
		手动回源措施	设备自带	
	场所安全设施	出源联锁	设备自带	
		放射源返回储源器的应急开关	2套	
		电视监控与对讲系统	各1套	
		入口处电离辐射警示标志	若干	
		入口处源工作状态显示	1套	
		停电或意外中断照射时声光报警	1套	
		监测	治疗室固定式辐射水平监测仪	1台
	个人剂量报警仪		1台	
	个人剂量计		每人1套	
	便携式X射线辐射监测仪		1台	
	其他	通风设施	1套	
	DSA 机房	实体防护	四周墙体+屋顶屏蔽	新建1间
铅防护门			5扇	
铅玻璃观察窗			1扇	
DSA配有铅防护吊屏、手术床下设铅帘（防护铅当量不低于0.25mm）			设备自带	
安全装置		门灯联锁	1套	
		紧急停机开关（床旁及控制室内）	设备自带	
		病员出入防护门外顶部设工作状态指示灯	1套	
警示措施		在病人至DSA机房内防护门外、控制室至DSA机房防护门外及污物通道至DSA机房防护门外的醒目位置设置“当心电离辐射警告”标志	若干	
监测		便携式X-γ剂量监测仪	1台	
		个人剂量报警仪	2台	
个人防护用品		介入手术医生和护士配铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品	共6套	
		患者配备铅三角巾等个人防护用品	至少1套	
		个人剂量计	每人1套，介入手术医生和护士每人2套	
通风系统		通排风系统	1套	
数字胃肠机	实体防护	四周墙体+屋顶屏蔽	新建1间	
		铅防护门	3扇	



房		铅玻璃观察窗	1 扇	
		设备配有铅防护吊屏、手术床下设铅帘 (防护铅当量不低于 0.25mm)	设备自带	
	安全 装置	门灯联锁	1 套	
		紧急停机开关 (床旁及控制室内)	设备自带	
		病员出入防护门外顶部设工作状态指示灯	1 套	
	警示措施	在病人至 DSA 机房内防护门外、控制室至 DSA 机房防护门外及污物通道至 DSA 机 房防护门外的醒目位置设置“当心电离辐 射警告”标志	若干	
	监测	便携式 X-γ 剂量监测仪	1 台	
		个人剂量报警仪	2 台	
	个人防护 用品	介入手术医生和护士配铅橡胶围裙、铅橡 胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个 人防护用品	共 6 套	
		患者配备铅三角巾等个人防护用品	至少 1 套	
介入手术医生和护士、放射技师每人配备 个人剂量计		每人 1 套, 介入手术医 生和护士每 人 2 套		
通风系统	通排风系统	1 套		
15 号 手术室	实体防护	四周墙体+屋顶屏蔽	新建 1 间	
		铅防护门	3 扇	
		铅玻璃观察窗	1 扇	
		DSA 配有铅防护吊屏、手术床下设铅帘 (防护铅当量不低于 0.25mm)	设备自带	
	安全 装置	门灯联锁	1 套	
		紧急停机开关 (床旁及控制室内)	设备自带	
		病员出入防护门外顶部设工作状态指示灯	1 套	
	警示措施	在病人至 DSA 机房内防护门外、控制室至 DSA 机房防护门外及污物通道至 DSA 机 房防护门外的醒目位置设置“当心电离辐 射警告”标志	若干	
	监测	便携式 X-γ 剂量监测仪	1 台	
		个人剂量报警仪	2 台	
	个人防护 用品	介入手术医生和护士配铅橡胶围裙、铅橡 胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个 人防护用品	共 6 套	
		患者配备铅三角巾等个人防护用品	至少 1 套	
		介入手术医生和护士、放射技师每人配备	每人 1 套,	

		个人剂量计	介入手术医生和护士每人2套	
	通风系统	通排风系统	1套	
其他环保投资（人员培训、应急物资等）			预留	
合计			/	*

今后在实践中，医院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。

## 三废的治理

### 一、施工期

#### 1、施工扬尘

本项目施工期短，拟采取扬尘治理措施包括：①安排人员在干燥天气洒水降尘；②及时清运施工场地建筑废渣，避免二次起尘；③对施工车辆进出口路面进行清扫。

#### 2、废水

施工期间产生废水主要为施工人员生活污水，产生量约 0.4m<sup>3</sup>/d。施工人员生活污水利用医院内既有污水处理设施处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理标准后进行排放。

#### 3、施工噪声

项目施工期拟采取降噪措施如下：①合理安排施工时间，夜间禁止施工；②选用低噪施工设备；③运输车辆必须限速、严禁鸣笛。

#### 4、固体废物

施工期产生的固体废物主要包括房屋装修过程产生的废建渣、废建材，施工人员产生的生活垃圾及设备安装后产生的废包装材料，产生量约 2t。由施工单位安排车辆运至政府部门指定地点堆放处置。

#### 5、电离辐射

设备出束调试时必须确保各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在进出口门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

### 二、营运期

#### （一）医用电子直线加速器项目

#### 1、废水治理

本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废

水。本项目工作人员产生生活污水依托医院已有污水处理站处理。

## 2、废气治理

为了减少废气对人员产生的影响，医用电子直线加速器机房设置独立的通排风系统，根据设计院提供的设计方案，本项目医用电子直线加速器机房容积约为 558.53m<sup>3</sup>，为满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“治疗室通风换气次数不应小于 4 次/h”的要求，机房内配备的通风系统设计风量应不小于 2234.13m<sup>3</sup>/h，本项目机房内通风系统设计排风量为 2500m<sup>3</sup>/h，满足相关要求。

该医用电子直线加速器机房采用机械进排风，进风管道从加速器机房迷道入口防护门上方穿过进入加速器机房，进风管道采用“S”型管道，进风口位于机房西侧顶部共 2 处，排风口位于机房东侧距离地面 40cm 处。排风管道沿迷道上方穿过迷道入口防护门上方引出，同样采用“S”型管道，最终接入加速器机房所在建筑原排风系统排出。本项目加速器机房进排风管道位置见图 10-8。

略

图 10-8 医用电子直线加速器机房进风口与排风口位置示意图

## 3、噪声

本项目噪声主要来源于机房内通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声对周围环境影响较小。

## 4、固体废物处理措施

本项目医用电子直线加速器工作过程不产生固体废物。院区内设置一处生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由有资质单位定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，交由有资质单位进行统一收集、清运和处理。

## 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”。本项目使用的医用电子直线加速器在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理。

### （二）后装治疗机项目

#### 1、废水治理

本项目工作人员产生生活污水依托医院已有污水处理站处理。

## 2、废气治理

为了减少废气对人员产生的影响，后装治疗机机房设置独立的通排风系统，根据设计院提供的设计方案，本项目后装治疗机机房容积约为 313.21m<sup>3</sup>，为满足《后装 $\gamma$ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）中“治疗室应设置机械通风装置，其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次”的要求，机房内配备的通风系统设计风量应不小于 1252.85m<sup>3</sup>/h，本项目机房内通风系统设计风量为 1300m<sup>3</sup>/h，满足相关要求。

该后装治疗机机房采用机械进排风，进风管道从后装治疗机机房迷道入口防护门上方穿过进入加速器机房，进风管道采用“S”型管道，进风口位于机房北侧顶部共 2 处，排风口位于机房西南侧距离地面 40cm 处。排风管道沿迷道上方穿过迷道入口防护门上方引出，同样采用“S”型管道，最终接入后装治疗机机房所在建筑原排风系统排出。本项目后装治疗机机房进排风管道位置见图 10-9。

略

图 10-9 后装治疗机机房进风口与排风口位置示意图

## 3、噪声

本项目噪声主要来源于机房内通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声对周围环境影响较小。

## 4、固体废物处理措施

随着核素的自然衰变，<sup>192</sup>Ir 放射源的活度不断降低，当 <sup>192</sup>Ir 放射源使用到一定年限后，会产生退役的 <sup>192</sup>Ir 放射源，退役 <sup>192</sup>Ir 放射源由原厂家回收处理。

院区内设置一处生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由有资质单位定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，交由有资质单位进行统一收集、清运和处理。

### （三）DSA 及数字胃肠机项目

#### 1、废气治理

DSA 及数字胃肠机在开机出束期间，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O<sub>3</sub>)。

本项目介入治疗机房设有独立的通排风系统，其通风量约 200m<sup>3</sup>/h，内通风口设置在机房中部顶板约 3.0m 处，室内气体由通排风系统统一抽排至所在建筑楼顶排放。

产生的臭氧通过换气系统排入环境大气后，经自然分解扩散，对环境产生影响较小。从保护患者、医护人员的健康安全角度考虑，本项目辐射场所能保持较好的通风，其通风系统进、排风口位置的设置合理。

## 2、医疗废物

介入手术时产生的医用器具、药棉、纱布、废造影剂及废造影剂瓶等医用废物，产生量约为 30kg/月（DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室）。介入手术产生的医疗废物采用专门的收集容器暂存，由专人每天到科室收集到院内医疗废物暂存点，按照医疗废物执行转移联单制度，定期由有资质的医疗废物处置单位统一收集处置。

本项目工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，集中暂存于院区内生活垃圾暂存间，由有资质单位定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

## 3、废水

医院拟建污水处理站一座，生活污水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》GB18466—2005）中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网进入城市污水处理厂处理。医院污水处理站设计处理能力能够满足本项目生活污水及医疗废水产生量和排放量的排放需求。

## 4、噪声

项目噪声源为各机房通排风系统，该系统采用低噪声设备，其噪声值低于 60dB(A)，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

## 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”。本项目使用的 DSA 及数字胃肠机在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理等去功能化措施并按相应要求执行报废程序。

**表 11 环境影响分析**

## **建设阶段对环境的影响**

### **一、施工阶段**

项目施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水产生。

本项目主要的施工将在门诊医技综合楼、住院楼及地下室内完成，主要为增加各墙体的屏蔽能力及装饰装修等。因此，该项目施工工艺简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院既有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

#### **1、大气污染防治措施**

①施工场地扬尘可用洒水和清扫措施予以抑止；

②在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；

③加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

#### **2、噪声防治措施**

①门窗、预制构件、大部分钢筋的成品、半成品在工厂完成，减少施工场地内加工机械产生的噪声；

②不得随意扔、丢，减少金属件的碰击声。电钻等噪声设备使用时间尽量避开中午 12:00~14:00 和晚上 10:00 以后；

③加强现场运输车辆出入的管理，车辆进入现场禁止鸣笛；

④施工单位通过文明施工、加强有效管理，材料堆放必须轻拿轻放；

⑤施工单位在现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉电话后及时与当地环保部门联系，以便及时处理各种环境纠纷。

#### **3、固废防治措施**

①装饰工程施工产生的废弃物料和生活垃圾等由市政环卫统一清运；

②在工程竣工以后，施工单位应同时拆除各种临时施工设施，做到“工完、料尽、场地清”。建设单位应负责督促施工单位的固体废物处置清理工作。

#### 4、水污染防治措施

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依医院现有生活污水处理设施处理。

##### (5) 调试阶段辐射影响分析

本项目涉及的射线装置及放射源的安装调试阶段，会产生 X 射线及  $\gamma$  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。

本项目射线装置及放射源运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置及放射源运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房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，并在机房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；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置及放射源的安装和调试均在机机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

## 运行阶段对环境的影响

### 辐射环境影响分析

#### 一、医用电子直线加速器项目

根据建设单位和设备供货单位提供的资料，医院新增 1 台医用电子直线加速器的主要参数为 X 射线最大能量 10MV，医用电子直线加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率为 600cGy/min，机头周围的泄漏辐射与最大吸收剂量的比值不超过 0.1%。

设备出束射线角度： $\pm 14^\circ$ 。医用电子直线加速器有用束射野范围最大为 40cm×40cm。设备满负荷运行时间为 1000h/a。

#### 1、医用电子直线加速器机房屏蔽设计分析

医用电子直线加速器机房屏蔽措施见下表：

表 11-1 医用电子直线加速器机房屏蔽措施一览表

类别	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）	主屏蔽宽度	
医用电子 直线加速 器机房	东墙	次屏蔽	170cm 砼	/	
	南墙	迷路内墙	主屏蔽	185cm~250 cm 砼	420cm
			次屏蔽	170cm 砼	/
		迷路外墙		170cm 砼	/
	西墙	次屏蔽	170cm 砼		
	北墙	主屏蔽	300cm 砼	420cm	
		次屏蔽	220cm 砼	/	
	屋顶	主屏蔽	300cm 砼	420cm	
		次屏蔽	170cm 砼	/	
防护门			16mm 铅当量+140mm 含硼聚乙烯		

医用电子直线加速器机房平面布局图见附图 3，医用电子直线加速器机房设计结构及预测点位分布示意图详见图 11-1（预测点取墙体或者防护门外 0.3m 处）。

#### 2、机房面积符合性分析

医用电子直线加速器机房的可使用面积约为 69.28m<sup>2</sup>（不含迷路），能够满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中“6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m<sup>2</sup>”的规定要求。



略

图 11-1 医用电子直线加速器估算点位示意图

### 3、医用电子直线加速器机房屏蔽体厚度校核

#### (1) 有用线束主屏蔽区宽度核算

使用《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）的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan\theta + 0.3] \dots\dots \text{公式 11-1}$$

式中， $Y_p$ ——机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

$SAD$ ——源轴距，m；

$\theta$ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线）；

$a$ ——等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

根据图 11-1，将各参数代入公式 1 得出本项目的主屏蔽宽度核算结果并评价如下表：

表 11-2 主屏蔽区域宽度设计评价表

参数	取值		
	南墙主屏蔽	北墙主屏蔽	屋顶主屏蔽
$a$ (m)	4.88	4.88	4.10
$SAD$ (m)	1	1	1
$\theta$ (°)	14	14	14
计算宽度 $Y_p$ (m)	3.53	3.53	3.14
设计宽度 (m)	4.20	4.20	4.20
评价	满足	满足	满足

#### (2) 医用电子直线加速器机房屏蔽体厚度校核

##### ①主屏蔽区厚度校核

利用 GBZ/201.2-2011 的相关公式对主屏蔽区、迷道外墙、迷道内墙进行厚度核算。屏蔽所需要的屏蔽透射因子  $B$  按下式进行计算。

$$B = \frac{\dot{H}_C}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \dots\dots \text{公式 11-2}$$

$$X_e = TVL \cdot \text{Log} B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots \text{公式 11-3}$$

$$X = X_e \cdot \cos\theta \dots\dots \text{公式 11-4}$$

式中： $B$ ——屏蔽透射因子；

$\dot{H}_c$ ——剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为  $3.6\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

$R$ ——靶点至参考点的距离，m，本项目参考点为相应屏蔽体外 30cm；

$f$ ——对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，0.1%。

$X$ ——设计屏蔽厚度，cm；

$\theta$ ——斜射角。

$TVL_1$  (cm) 和  $TVL$  (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明  $TVL_1$  时， $TVL_1=TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。小结：经过对机房主屏蔽体宽度校核，主屏蔽区、侧屏蔽墙、和迷道外墙厚度校核，与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度校核显示，本项目四周墙体厚度、迷道厚度和顶部厚度均满足要求。

### (3) 医用电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

#### ①主屏蔽屏蔽效果预测（a 点、b 点和 l 点）

射线路径（射线类型）： $O_2\rightarrow a$ （主射线）， $O_1\rightarrow b$ （主射线）， $O_3\rightarrow l$ （主射线）。使用 GBZ/T201.2-2011 的相关公式计算有用线束主屏蔽核算，在给定的屏蔽物质厚度  $X$  (cm) 时，首先计算有效厚度  $X_e$  (cm)，估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$ ，再计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TV L_1)/TVL} \quad \dots\dots\text{公式 11-6}$$

式中， $TVL_1$  (cm) 和  $TVL$  (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明  $TVL_1$  时， $TVL_1=TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。

本项目中，a 点、b 点、l 点相应厚度主屏蔽的  $B$  值核算见表 11-8。

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \cdot f \cdot B/R^2 \quad \dots\dots\text{公式 11-7}$$

式中， $\dot{H}_0$ ——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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为  $3.6\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

$R$ ——靶点至参考点的距离，m，本项目参考点为相应屏蔽体外 30cm；

$f$ ——对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，0.1%。

将各参数代入模式计算，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )，

辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-8。

表 11-8 主屏蔽区外参考点辐射剂量率计算参数和计算结果

②侧屏蔽墙屏蔽效果预测 (*e* 点、*f* 点)

射线路径 (射线类型):  $O \rightarrow e$  (泄漏射线),  $O \rightarrow f$  (泄漏射线)。

泄漏辐射: 估算方法类似主屏蔽区。 $TVL_1$  和  $TVL$  为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为  $TVL_1=35\text{cm}$ ,  $TVL=31\text{cm}$ 。*e* 点、*f* 点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-9。

表 11-9 侧屏蔽泄漏射线辐射率计算参数和计算结果

③与主屏蔽区相连的次屏蔽区的屏蔽效果预测 (*c1* 点、*c2* 点、*d1* 点、*d2* 点及 *m1* 点、*m2* 点)

A: 射线路径 (射线类型):  $O_2 \rightarrow O \rightarrow c_1$  (散射射线),  $O_1 \rightarrow O \rightarrow d_1$  (散射射线),  $O_1 \rightarrow O \rightarrow d_2$  (散射射线),  $O_3 \rightarrow O \rightarrow m_1$  (散射射线),  $O_3 \rightarrow O \rightarrow m_2$  (散射射线)。

$O \rightarrow c_1$  (泄漏射线),  $O \rightarrow d_1$  (泄漏射线),  $O \rightarrow d_2$  (泄漏射线),  $O \rightarrow m_1$  (泄漏射线),  $O \rightarrow m_2$  (泄漏射线)。

对于位置 *c1* 点、*d1* 点、*d2* 点和 *m1* 点、*m2* 点, 考虑泄漏辐射和散射辐射的复合作用。

B: 泄漏辐射计算

泄漏辐射屏蔽, 估算方法类似主屏蔽区。 $f=0.001$  (泄漏辐射比率, 根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 要求, 对于 M 区域外泄漏辐射 (不包括中子), 吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%),  $TVL_1$  和  $TVL$  保守取附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为  $TVL_1=35\text{cm}$ ,  $TVL=31\text{cm}$ 。

C: 散射辐射屏蔽计算

在给定的屏蔽物质厚度  $X$  (cm) 时, 首先计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度  $X_e$  (cm), 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B_s$  (其中患者散射辐射在混凝土中的什值层, 查表 B.4 知, 对于 10MV 射线, 当散射角  $30^\circ$  时, 患者散射辐射在混凝土中什值层为 28cm), 再按照公式 8 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots \dots \text{公式 11-8}$$

式中:

$\dot{H}_0$ : 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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为  $3.6\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

$\alpha_{ph}$ ：患者  $400\text{cm}^2$  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  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子。查 GBZ/T 201.2-2011 表 B.2。本项目按 10MV 取值，取  $3.18\times 10^{-3}$ 。

$F$ ：治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ，本项目为  $40\text{cm}\times 40\text{cm}=1600\text{cm}^2$ 。

$R_s$ ：患者（位于等中心点）至关注点的距离，m。

叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_e$  相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-10。

表 11-10 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

#### ④ 迷道内墙屏蔽设计核算（g 点）

A：射线路径（射线类型）： $O_l\rightarrow g$ （泄漏射线）。

B：计算模式及参数选择：

g 点泄漏辐射剂量核算方法同 e 点。

$O_l$  至 g 点的距离  $R=8.46\text{m}$ ，取泄漏因子  $f=0.001$ ， $TVL_l$  和  $TVL$  为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，分别为  $TVL_l=35\text{cm}$ ， $TVL=31\text{cm}$ 。

C：预测计算结果

表 11-11 穿过迷路内墙在 g 点的泄露辐射剂量率估算值

#### ⑤ 穿过迷路内墙的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

射线路径（射线类型）： $O_2\rightarrow j\rightarrow g$ （散射射线）。

有用线束穿过迷路内墙，垂直射入屏蔽墙并散射至计算点的辐射剂量率按公式 9 计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \cdot \frac{(F/10^4)}{R^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \dots \dots \text{公式 11-9}$$

式中， $\dot{H}$ —计算点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$\dot{H}_0$ —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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为  $3.6\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

$F$ —治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ，本项目为  $40\text{cm}\times 40\text{cm}=1600\text{cm}^2$ ；

$R$ —散射体中心点（有用线束在屏蔽墙上的投影点）与计算点的距离，m；  
 $\alpha_w$ —散射因子，单位面积（1m<sup>2</sup>）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

$B_p$ —有用线束射入散射体（屏蔽墙）前的屏蔽透射因子。

表 11-12  $g$  处的穿过迷倒内墙散射辐射剂量率计算参数和计算结果

### ⑥机房入口防护门屏蔽核算

射线路径（射线类型）： $O_2 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g$ （散射射线）。

$g$  点处的散射辐射剂量率按照公式 6 计算， $g$  点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-11。

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot \left(\frac{F}{400}\right)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A_2}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \dots \dots \text{公式 11-10}$$

式中， $\dot{H}_0$ 、 $\alpha_{ph}$ 、 $F$  意义同前文；

$\alpha_2$ —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，本项目  $e$  处的入射角取 45°，散射角取 0°，具体取值见 GBZ/T201.2-2011 附录表 B.6，通常使用其 0.5MeV 栏内的值；

$A_2$ — $i$  处的散射面积，m<sup>2</sup>；

$R_1$ —等中心点到  $i$  之间的距离（由 CAD 图纸上读出），m；

$R_2$ — $i$  到  $g$  之间的距离（由 CAD 图纸上读出），m。

表 11-13  $g$  处的散射辐射剂量率计算参数和计算结果

入口门外的总辐射剂量率按公式 11-11 计算，入口门外辐射量率计算参数和计算结果见表 11-12。

$$\dot{H} = \dot{H}_{散} \cdot 10^{-\left(\frac{X}{TVL}\right)} + \dot{H}_{og} \dots \dots \text{公式 11-11}$$

式中  $\dot{H}_{散}$  是  $g$  处的散射辐射剂量率， $\dot{H}_{og}$  是  $g$  处的泄漏辐射剂量率；

$X$ —防护门铅屏蔽厚度，cm；

$TVL$ —辐射在铅中的什值层，cm，取 0.5cm

表 11-14 入口门外的总辐射剂量率计算参数和计算结果

### ⑦预测计算汇总及评价

综上所述，医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-13。

$$D_{Eff} = \dot{K}_\alpha \cdot t \cdot T \cdot U \dots \dots \text{公式 11-12}$$

上式中： $D_{Eff}$ —考察点人员有效剂量（Sv）；

$\dot{K}_\alpha$ —考察点的空气比释动能率（Gy/h）；

$t$ —考察点处受放射性核素影响的时间（h）；

$T$ —居留因子，全部居留  $T=1$ ，部分居留  $T=1/4$ ，偶尔居留  $T=1/16$ ；

$U$ —使用因子； 简化估算：1mGy 近似为 1mSv。

同时机房外各典型点瞬时辐射剂量率、使用因子、居留因子值代入公式 11-9，按加速器年出束时间 1000h 估算来核实典型点处的人员年有效剂量值。

本项目医用电子直线加速器机房位于负 3 层，保护目标剂量估算主要考虑医用电子直线加速器工作人员和周围公众的受照剂量。

考察点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算，计算结果见表 11-15。

表 11-15 医用电子直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

位置	考察点	居留因子 T	使用因子 U	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率估算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	结论	人员可达处年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	目标管理值 ( $\text{mSv/a}$ )	相邻场所名称	结论
南墙主屏蔽	<i>a</i>	1/4	1/4	2.5		满足	<0.001	5	辅助机房	满足
屋顶主屏蔽	<i>l</i>	1/4	1/4	2.5		满足	0.004 *	0.1	地表空调机房*	满足
南墙次屏蔽	<i>c<sub>2</sub></i>	1	1	2.5		满足	<0.002	5	控制室	满足
东墙泄漏辐射次屏蔽	<i>f</i>	1/4	1	2.5		满足	0.012	0.1	前室	满足
机房入口防护门	<i>g</i>	1/4	1	2.5		满足	0.037	0.1	通道	满足

注：1、机房南墙外侧部分区域为泥土层 (*c<sub>1</sub>* 点)，人员不可达；

2、机房西墙外侧为泥土层 (*e* 点)，人员不可达；

3、机房北墙外侧为泥土层 (*b* 点、*d<sub>1</sub>* 点、*d<sub>2</sub>* 点)，人员不可达；

4、机房屋顶上方为泥土层 (*l* 点、*m<sub>1</sub>* 点、*m<sub>2</sub>* 点)，人员不可达；

\*：机房屋顶上方地表为住院楼一层空调机房，距离机房顶部约 8.7m（泥土层），保守估计，未考虑土壤的屏蔽防护。



由表 11-15 结果可知，该医用电子直线加速器投入运行后，医用电子直线加速器治疗室工作人员年有效剂量不超过 0.003mSv，周围公众年有效剂量最高为 0.037mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（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）。

#### 4、保护目标的环境影响分析

本项目医用电子直线加速器机房周围 50m 范围均位于院内，其环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内公众。

由于本项目四周环境保护目标距机房墙体相对较远（远大于表面 0.3m），故本项目目敏感点处公众所受的辐射剂量将小于表 11-16 中的理论计算值。

表 11-16 本项目保护目标的影响分析

由表 11-16 可知，本项目医用电子直线加速器机房周边环境目标处的公众所受年最大剂量均低于 0.1mSv/a 的评价约束值。

#### 5、大气环境影响分析

本次新增的医用直线加速器提供两种治疗模式，即 X 射线模式和电子束模式，由于 X 射线模式下产生的臭氧影响较小，故本项目只估算在医用直线加速器在运行期间电子束模式情况下产生的臭氧浓度，参照《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）中假设辐照期间靶室有通风，臭氧无分解，且在靶室内均匀分布，臭氧浓度可由下式进行估算。

$$C_0 = 2.79 \times \frac{Id}{V} (1 - e^{-\frac{v}{V}t}) \dots\dots \text{公式 11-13}$$

式中： $C_0$ —臭氧浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$d$ —电子束在空气中所通过的距离， $\text{cm}$ ，本项目为 100 $\text{cm}$ ；

$I$ —电子束流强度， $\text{mA}$ ，本项目为 0.1 $\text{mA}$ ；

$t$ —辐照时间， $\text{s}$ ，本项目单次最长照射时间为 3 $\text{min}$ ；

$v$ —排气速率， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$V$ —医用直线加速器机房的容积， $\text{m}^3$ ，本项目为  $V=385\text{m}^3$ 。

表 11-17 臭氧的浓度计算参数及结果

参数	$I$ (mA)	$d$ (cm)	$V$ ( $\text{m}^3$ )	$t$ (s)	臭氧浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
本项目加速器机房	0.1	100	558.53	180	0.05

由表 11-17，单次照射完毕后，机房内臭氧浓度能满足《室内空气质量标准》

(GB/T18883-2002) 中臭氧浓度质量标准的要求 ( $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ )。

由于加速器开机治疗时通排风系统一直在运行，且每小时通风量为  $2500\text{m}^3/\text{h}$ 。所以在加速器运行过程中机房内臭氧浓度能够满足《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002) 中臭氧 1 小时均值  $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$  的标准要求。臭氧通过通风管道引至室外排放，经扩散后对机房周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准中 1 小时均值  $\leq 200\mu\text{g}/\text{m}^3$  的标准要求，对机房周围的大气环境影响较小。

#### 6、噪声的环境影响分析

运营期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为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于  $60\text{dB}(\text{A})$ ，通风机组拟通过橡胶垫进行减震降噪，降噪效果约  $10\sim 15\text{dB}(\text{A})$ ，再经医院场址内的距离衰减，噪声较小。

#### 7、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水和冷水机房水。处理措施：少量生活污水进入医院污水处理站进行处理，处理后的废水经市政污水管网排入城市污水处理厂；冷水机房水循环利用，不外排。

#### 8、固体废物影响分析

本项目运营期主要固体废物为辐射工作人员生活垃圾及办公垃圾，均由有资质单位统一清运。

#### 9、射线装置报废

本项目医用电子直线加速器报废时，必须进行去功能化（如拆解或者拆卸球管，将球管电线插头或接头剪断），确保装置无法再次通电使用，并将设备处理去向记录备案。

### 二、后装治疗机项目

本项目拟新增 1 台  $^{192}\text{Ir}$  后装治疗机，内含  $^{192}\text{Ir}$  放射源一枚，出厂活度为  $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属 III 类放射源。

后装治疗机为一铸钢容器，内填充金属钨和贫化铀以及铅作防护材料，源在容器内时，其泄漏辐射符合国家标准要求，根据《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017) 要求：“工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器表面  $5\text{cm}$  处的任何位置，因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于  $50\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；距离贮源器  $100\text{cm}$  处的球面上，任何一点因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于  $5\mu\text{Gy}/\text{h}$ ”，故当放射源处于贮存状态时，机体的漏射线经过屏蔽墙的屏蔽作用后，对机房外的人员几乎没有影

响，因此本次评价不考虑后装治疗机非工作状态下对机房外其他人员的影响。

### 1、后装治疗机机房屏蔽设计分析

后装治疗机机房屏蔽措施见下表：

表 11-18 后装治疗机机房屏蔽措施一览表

场所	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）
后装治疗 机 机房	东墙		70cm 砼
	南墙		70cm 砼
	西墙		70cm 砼
	北墙	迷路内墙	70cm 砼
		迷路外墙	70cm 砼
	屋顶		170cm 砼
	防护门		8mmPb 铅防护门（1 扇）

后装治疗机机房平面布局图见附图 3。本项目后装治疗机治疗时，假设放射源全部被输送至施源器，则辐射环境影响预测时保守将其视为点源来预测计算机房治疗室屏蔽防护能力。辐射屏蔽防护及估算点位示意图见图 11-2（预测点位取墙体或者防护门外 30cm 处）。

$^{192}\text{Ir}$  放射源虽有  $\beta$ 、 $\gamma$  两种辐射，但  $\beta$  射线在空气中的射程较短，经放射源的内包鞘和治疗机的相关设施屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故本次环评中重点分析  $^{192}\text{Ir}$  产生的  $\gamma$  射线的环境影响问题。

### 2、机房面积符合性分析

医用电子直线加速器机房的可使用面积约为  $40.54\text{m}^2$ （不含迷路），能够满足《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）中“5.1 治疗室内有效使用面积应不小于  $20\text{m}^2$ ”的规定要求。

略

图 11-2 后装治疗机估算点位示意图

### 3、后装治疗机机房屏蔽体厚度校核

#### (1) 后装治疗机房墙体辐射防护设计核算

依据《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/T 201.3-2014），屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下式进行计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \quad \dots\dots \text{公式 11-14}$$

式中： $\dot{H}_0$ —活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

f—对有用线束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率；

R—放射源至关注点的距离，单位为米（m）；

B—辐射屏蔽透射因子。

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad \dots\dots \text{公式 11-15}$$

式中：A—放射源的活度，单位为 MBq；

$K_\gamma$ —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，单位记为  $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ，查自（GBZ/T201.3-2014）附录 C，本项目  $^{192}\text{Ir}$  的空气比释动能率常数取  $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ；

$$X_e = TVL \cdot \text{Log}B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad \dots\dots \text{公式 11-16}$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad \dots\dots \text{公式 11-17}$$

式中： $X_e$ —有效屏蔽厚度（mm）；

X—屏蔽物厚度（mm）；

$TVL_1$ —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，单位为毫米（mm）；

$TVL$ —辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，单位为毫米（mm）。

$\theta$ —斜射角，即入射角与物质平面的法线的夹角；

由表 11-19 计算结果可知，本项目后装治疗机房墙体辐射防护设计厚度均满足要求。

#### (2) 关注点产生的剂量估算

##### ①后装治疗机房外关注点产生的剂量估算

依据《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/T 201.3-2014），相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率按下式进行计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \dots\dots \text{公式 11-18}$$

式中： $\dot{H}_0$ —活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ；

$f$ —对有用线束为 1；

$R$ —辐射源至关注点的距离，单位为米（m）；

$B$ —辐射屏蔽透射因子。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad \dots\dots \text{公式 11-19}$$

式中： $X_e$ —有效屏蔽厚度（mm）；

$TVL_1$ —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，单位为毫米（mm）；

$TVL$ —辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，单位为毫米（mm）。

$$X_e = X/\cos\theta = X \cdot \sec\theta \quad \dots\dots \text{公式 11-20}$$

式中： $X$ —屏蔽物厚度（mm）；

$\theta$ —斜射角，即入射角与物质平面的法线的夹角；

## ②机房入口防护门屏蔽核算

入口 g 处的散射辐射剂量采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： $\gamma$  射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）中公式计算：

$$H_s = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad \dots\dots \text{公式 11-21}$$

式中： $A$ —放射源的活度，单位为 MBq；本项目  $^{192}\text{Ir}$  放射源活度  $A$  为  $3.7 \times 10^5 \text{MBq}$ ；

$K_\gamma$ —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，此时， $K_\gamma$  的单位记为  $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

$S_w$ ：迷路内口墙的散射面积，其为辐射源和机房入口共同可视见的墙区面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ）；

$\alpha_w$ ：散射体的散射因子，本项目取  $3.39 \times 10^{-2}$ ；（取值参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： $\gamma$  射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）表 C.4。

$R_1$ ：辐射源至散射体中心点的距离，单位为米（m）；

$R_2$ ：散射体中心点至计算点的距离，单位为米（m）。

表 11-21 后装治疗机房入口 g 点处辐射剂量率计算结果

后装治疗机房迷道设有铅当量为 8mm 的防护门，保守取  $^{192}\text{Ir}$  产生的  $\gamma$  射线经过散射后至迷道入口 g 处的能量约为 0.2MeV，铅中的 TVL 值为 5.0mm。入口门外的总辐射剂量率按公式 11-21 计算，入口门外辐射量率计算参数和计算结果见表 11-22。

$$\dot{H} = \dot{H}_{\text{散}} \cdot 10^{-\left(\frac{X}{TVL}\right)} + \dot{H}_{og} \quad \dots\dots \text{公式 11-21}$$

式中  $H_{散}$  是  $g$  处的散射辐射剂量率,  $H_{泄}$  是  $g$  处的泄漏辐射剂量率;

$X$ —防护门铅屏蔽厚度, cm;

$TVL$ —辐射在铅中的什值层, cm, 取 0.5cm

表 11-22 入口门外的总辐射剂量率计算参数和计算结果

### ③预测计算汇总及评价

根据医院提供资料, 医院预计每年使用本项目后装治疗机治疗约 1500 例, 平均每位患者治疗时间约 6min, 年治疗照射时间约 150h/a。综上所述, 后装治疗机机房墙、顶、门外理论估算结果由公式 11-12 进行估算, 汇总结果见表 11-23。

表 11-23 后装治疗机机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

位置	考察点	居留因子 T	使用因子 U	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	剂量率估算值 (μSv/h)	结论	人员可达处年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	相邻场所名称	结论
东墙	<i>a</i>	1/4	1	2.5		满足	0.006	5	走廊	满足
北墙	<i>d</i>	1	1	2.5		满足	<0.001	0.1	控制室	满足
	<i>e</i>	1/4	1	2.5		满足	<0.001	5	设备机房	满足
屋顶	<i>l</i>	1/4	1	2.5		满足	<0.001	0.1	库房部分区域*	满足
机房入口防护门	<i>g</i>	1/4	1	2.5		满足	0.015	0.1	通道	满足

注：1、机房南墙外侧为泥土层（*b*点），人员不可达；

2、机房西墙外侧为泥土层（*c*点），人员不可达；

3、机房屋顶上方为泥土层（*l*点），人员不可达；

\*：机房屋顶上方地表为住院楼一层库房部分区域，距离机房顶部约 8.7m（泥土层），保守估计，未考虑土壤的屏蔽防护。



由表 11-23 结果可知，该后装治疗机投入运行后，后装治疗机治疗室工作人员年有效剂量不超过 0.007mSv，周围公众年有效剂量最高为 0.015mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（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）。

#### 4、保护目标的环境影响分析

本项目后装治疗机机房周围 50m 范围均位于院内，其环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内公众。

由于本项目四周环境保护目标距机房墙体相对较远（远大于表面 0.3m），故本项目敏感点处公众所受的辐射剂量将小于表 11-24 中的理论计算值。

表 11-24 本项目保护目标的影响分析

由表 11-24 可知，本项目后装治疗机机房周边环境目标处的公众所受年最大剂量均低于 0.1mSv/a 的评价约束值。

#### 5、大气环境影响分析

为了减少废气对人员产生的影响，后装治疗机机房设置独立的通排风系统，根据设计院提供的设计方案，本项目后装治疗机机房容积约为 313.21m<sup>3</sup>，为满足《后装 $\gamma$ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）中“治疗室应设置机械通风装置，其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次”的要求，机房内配备的通风系统设计风量应不小于 1252.85m<sup>3</sup>/h，本项目机房内通风系统设计风量为 1300m<sup>3</sup>/h，满足相关要求。

#### 6、噪声的环境影响分析

运营期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为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A)，通风机组拟通过橡胶垫进行减震降噪，降噪效果约 10~15 dB(A)，再经医院场址内的距离衰减，噪声较小。

#### 7、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。处理措施：少量生活污水进入医院污水处理站进行处理，处理后的废水经市政污水管网排入城市污水处理厂。

#### 8、固体废物影响分析

本项目运营期主要固体废物为辐射工作人员生活垃圾及办公垃圾，均由有资质单位统一清运。随着核素的自然衰变，<sup>192</sup>Ir 放射源的活度不断降低，当 <sup>192</sup>Ir 放射源使用

到一定年限后，会产生退役的  $^{192}\text{Ir}$  放射源，退役  $^{192}\text{Ir}$  放射源委托原厂家回收处理。

### 三、DSA 及 ERCP 项目

#### (一) 机房屏蔽体厚度合理性分析

本项目依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中 C.1.2 按以下方法计算不同屏蔽物质的铅当量，计算公示如下：

a) 对给定的铅厚度，依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值按式 (C.1) 计算辐射透射因子 B：

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：B—给定铅厚度的屏蔽投射因子；

X—铅厚度；

$\alpha$ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\beta$ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数。

b) 依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值和 a) 中的 B 值，使用式 (C.2) 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

B—给定铅厚度的屏蔽投射因子；

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

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

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

铅、混凝土、铁针对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  拟合值取值见表 C.2。

表 C.2 铅、混凝土、铁针对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压	铅			混凝土			砖		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125(主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346
125(散射)	2.233	7.888	0.7295	0.03510	0.06600	0.7832	/	/	/

150(主束)	1.757	5.177	0.3156	0.03243	0.08599	1.467	/	/	/
150(散射)	1.791	5.478	0.5678	0.0324	0.0775	1.566	/	/	/

换算铅当量时，DSA 管电压保守取最大电压 125kV，数字胃肠机管电压保守取最大电压 150kV，根据式 C.1、式 C.2 及《辐射防护手册》（第三分册）表 3.3 内容计算本项目不同屏蔽物质的铅当量，计算结果如下：

表 11-25 本项目 DSA 机房屏蔽防护铅当量计算结果

屏蔽防护设计	材料及厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	铅防护当量 (mm)
东墙	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	0.02870	0.06700	1.346	3.3
南墙	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	0.02870	0.06700	1.346	3.3
西墙	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	0.02870	0.06700	1.346	3.3
北墙	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	0.02870	0.06700	1.346	3.3
楼顶	250mm 混凝土+0.7mmPb 硫酸钡水泥	0.03502	0.07113	0.6974	4.2
楼底	250mm 混凝土+1mmPb 硫酸钡水泥	0.03510	0.06600	0.7832	5.0

注：1.换算铅当量时，DSA 机管电压保守取最大电压 125kV。

表 11-26 本项目数字胃肠机机房屏蔽防护铅当量计算结果

屏蔽防护设计	材料及厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	铅防护当量 (mm)
东墙	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	/	/	/	2.8
南墙	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	/	/	/	2.8
西墙	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	/	/	/	2.8
北墙	240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥	/	/	/	2.8
楼顶	300mm 混凝土	0.03243	0.08599	1.467	3.7
楼底	250mm 混凝土+1mmPb 硫酸钡水泥	0.0324	0.0775	1.566	4.6

注：1.换算铅当量时，数字胃肠机管电压保守取最大电压 150kV；

2.实心砖防护估算参照《辐射防护手册》（第三分册）进行估算。

表 11-27 本项目 15 号手术室屏蔽防护铅当量计算结果

屏蔽防护设计	材料及厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	铅防护当量 (mm)
东墙	轻钢龙骨+4mmPb 铅板	2.233	7.888	0.7295	4
南墙	轻钢龙骨+4mmPb 铅板	2.233	7.888	0.7295	4
西墙	轻钢龙骨+4mmPb 铅板	2.233	7.888	0.7295	4
北墙	轻钢龙骨+4mmPb 铅板	2.233	7.888	0.7295	4
楼顶	120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡水泥	0.03502	0.07113	0.6974	3.9
楼底	120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡水泥	0.03510	0.06600	0.7832	4.1

注：换算铅当量时，DSA 机管电压保守取最大电压 125kV。

本项目 DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室设计屏蔽情况与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 C 形臂 X 射线设备机房屏蔽防护要求对比见表 11-28。

表 11-28 X 射线设备机房使用面积、单边长度及屏蔽防护铅当量的要求

防护要求	GBZ130-2020 要求	本项目设计		备注
X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度				
设备类型	单管头 X 射线机	DSA、数字胃肠机		/
机房内最小有效使用面积（m <sup>2</sup> ）	不小于 20m <sup>2</sup>	DSA 机房内有效使用面积：39.75m <sup>2</sup> ； 数字胃肠机房内有效使用面积：29.44m <sup>2</sup> ； 15 号手术室内有效使用面积：64.05m <sup>2</sup> ；		满足
机房内最小单边长度（m）	不小于 3.5m	DSA 机房内最小单边长度：5.3m； 数字胃肠机房内最小单边长度：4.5m； 15 号手术室内最小单边长度：6.1m；		满足
不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求				
机房类型	C 形臂 X 射线设备机房	DSA、数字胃肠机		/
有用线束方向铅当量（mm）	不小于 2mm	DSA 机房	常用主射线向上，楼顶为 250mm 混凝土+0.7mmPb 硫酸钡水泥（约 4.2mmPb）	满足
		数字胃肠机房	常用主射线向上，楼顶为 300mm 混凝土（约 3.7mmPb）	
		15 号手术室	常用主射线向上，楼顶为 120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡水泥（约 3.9mmPb）	
非有用线束方向铅当量（mm）	不小于 2mm	DSA 机房	机房四周墙体均为 240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥（约 3.3mmPb）；楼底为 250mm 混凝土+1mmPb 硫酸钡水泥（约 5.0mmPb）；观察窗为 3mmPb 铅玻璃；防护门均为 3mmPb 铅防护门。	满足
		数字胃肠机房	机房四周墙体均为 240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥（约 2.8mmPb）；楼底为 250mm 混凝土+1mmPb 硫酸钡水泥（约 4.6mmPb）；观察窗为 3mmPb 铅玻璃；防护门均为 3mmPb 铅防护门。	满足
		15 号手术室	机房四周墙体均为轻钢龙骨+4mmPb 铅板（约 4mmPb）；楼底为 120mm 混凝土+2.5mmPb 硫酸钡水泥（约 4.1mmPb）；观察窗为 4mmPb 铅玻璃；防护门均为 4mmPb 铅防护门。	满足

备注：混凝土、实心砖对应铅当量厚度根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的附录 C 及《辐射防护手册》（第三分册）表 3.3。

由表 11-28 对比可知，本项目 DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，机房屏蔽设计合理。

## （二）项目正常运行阶段辐射环境影响分析

本项目拟购 DSA 及数字胃肠机尚未采购到位，故对 DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室周围辐射环境影响采用理论预测的方法进行影响分析。

### 1、运行工况

DSA 的 X 线系统在自动透视模式下间隙性运行，运行管电压低于额定电压的 20%~30%。本项目 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，但实际使用时，为防止球管烧毁并延长其使用寿命，管电压和功率通常预留 20%~30%的余量，即管电压控制在 100kV 以下。

数字胃肠机的 X 线系统在自动透视模式下间隙性运行，运行管电压低于额定电压的 20%~30%。本项目数字胃肠机最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，但实际使用时，为防止球管烧毁并延长其使用寿命，管电压和功率通常预留 20%~30%的余量，即管电压控制在 120kV 以下。

有用射线出束方向：

DSA 的 X 线系统在运行中，向 DSA 机房顶上（B 超检查室）及 15 号手术室顶上（净化机房）；数字胃肠机的 X 线系统在运行中，向数字胃肠机机房顶上（心电检查室）。

### 2、运行时间

对 DSA 的 X 射线系统的辐射影响进行预测时，主要考虑脉冲透视过程进行保守防护预测。根据医院提供资料，医院预计每年使用本项目单台 DSA 的 X 射线系统用于介入治疗每年约有 500 台次，以单台次手术最长出束时间约 15min（包含透视约 12min 和拍片约 3min 的时间）保守计算，则 DSA 系统的 X 线装置年出束时间约 125h/a（包含透视约 100h 和拍片约 25h 的时间）。

对数字胃肠机的 X 射线系统的辐射影响进行预测时，主要考虑脉冲透视过程进行保守防护预测。根据医院提供资料，医院预计每年使用本项目单台数字胃肠机的 X 射线系统用于介入治疗每年约有 300 台次，以单台次手术最长出束时间约 15min（包含透视约 12min 和拍片约 3min 的时间）保守计算，则数字胃肠机系统的 X 线装置年出束时间约 75h/a（包含透视约 60h 和拍片约 15h 的时间）。

### 3、操作方式

DSA 及数字胃肠机的 X 射线系统在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离。医师、操作人员通过电子计算机系统控制 DS 及数字胃肠机的 X 系

统曝光，采集造影部位图像。在拍片过程中，由于曝光时间较短且经机房各墙体屏蔽后，对机房外（包括机房楼上）的公众和工作人员基本没有影响。

②脉冲透视过程：为更清楚的了解病人情况，医生需进入手术室内进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师身着铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅眼镜及介入防护手套等在机房内对病人进行直接的手术操作。对本项目及数字胃肠机的辐射影响进行预测时，主要考虑脉冲透视过程进行保守防护预测。

#### 4、各机房外环境影响分析

①DSA 机房四周墙体均为 240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥；楼顶为 250mm 混凝土楼板+0.7mmPb 硫酸钡水泥；楼底为 250mm 混凝土楼板+1mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 5 扇，均为 3mm 铅当量铅防护门。

②数字胃肠机机房四周墙体均为 240mm 厚实心砖+1mmPb 硫酸钡水泥；楼顶为 300mm 混凝土楼板；楼底为 250mm 混凝土楼板+1mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 3 扇，均为 3mm 铅当量铅防护门。

③15 号手术室四周墙体均为轻钢龙骨+4mmPb 铅板；楼顶为 120mm 混凝土楼板+2.5mmPb 硫酸钡水泥；楼底为 120mm 混凝土楼板+2.5mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 4mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 3 扇，均为 4mm 铅当量铅防护门。

##### (1) 计算模式

###### ①主射束

主射束的屏蔽防护采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式如下：

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T / r^2 \dots\dots\dots \text{（公式 11-22）}$$

式中： $D_r$ —预测点处辐射空气吸收剂量，Gy/a；

$D_1$ —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，Gy/min；

$T$ —每年工作时间；

$\mu$ —利用因子；

$\eta$ —对防护区的占用因子；

$f$ —屏蔽材料对初级 X 射线束的减弱因子；

$r$ —预测点距 X 射线源的距离，m。

###### ②散射线

依据《辐射防护手册》第一分册，采用反照率法估算预测点的辐射空气吸收剂量率：

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot \alpha \cdot s \cdot f \cdot T / (d_0)^2 (d_s)^2 \dots\dots\dots \text{（公式 11-23）}$$

式中： $D_r$ —预测点的辐射空气吸收剂量，Gy/a；

$\alpha$ —受照物体对入射 X 射线的散射比， $\alpha=a/400$ ；

$a$ —相对于 400cm<sup>2</sup> 散射面积的受照物体对入射 X 射线的散射比，本项目保守取 0.0015（90°散射角）；

$s$ —散射面积，cm<sup>2</sup>，此处取 400cm<sup>2</sup>；

$d_0$ —源与受照体的距离，m，此处取  $d_0=1.0\text{m}$ ；

$d_s$ —受照体与预测点的距离；

$D_l$ —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，Gy/min；

$T$ —每年工作时间；

$\mu$ —利用因子；

$\eta$ —对防护区的占用因子；

$f$ —屏蔽材料对初级 X 射线束的减弱因子。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），有：

$$f = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots \dots \dots \text{（公式 11-24）}$$

其中： $X$ —屏蔽材料厚度；

$\alpha$ ， $\beta$ ， $\gamma$ —拟合参数，详见《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

附录 C。

### ③泄漏射线：

泄漏辐射比率为  $10^{-3}$ 。

#### （2）预测参数选取

##### ①DSA 机房预测点选取如下：

- 1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，西药库；
- 2#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，刷手间；
- 3#-南侧铅玻璃外 30cm 处，控制室；
- 4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室；
- 5#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，空置机房；
- 6#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，登记室；
- 7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，清洁间；
- 8#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间；
- 9#-楼下，地下停车场；

10#-楼上，B超检查室。

共布设 10 个预测点，预测点布设见图 11-3 所示。

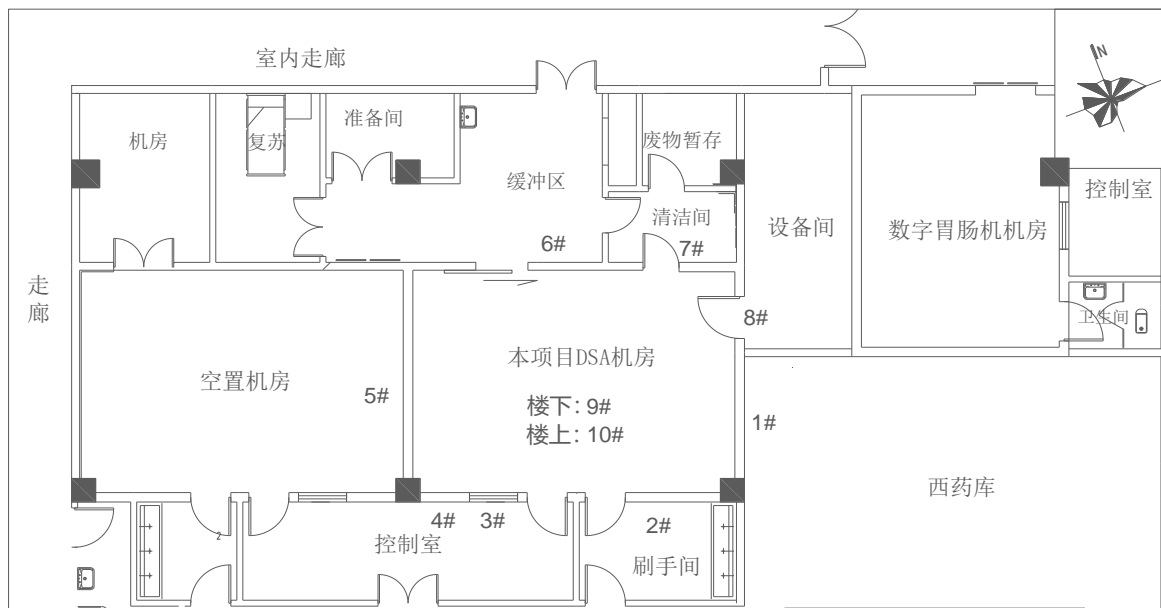


图 11-3 DSA 机房预测点布设示意图

②数字胃肠机机房预测点选取如下：

1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室；

2#东侧铅玻璃外 30cm 处，控制室；

3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，西药库；

4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，DSA 机房设备间；

5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊；

6#-楼下，地下停车场；

7#-楼上，心电检查室。

共布设 7 个预测点，预测点布设见图 11-4 所示。



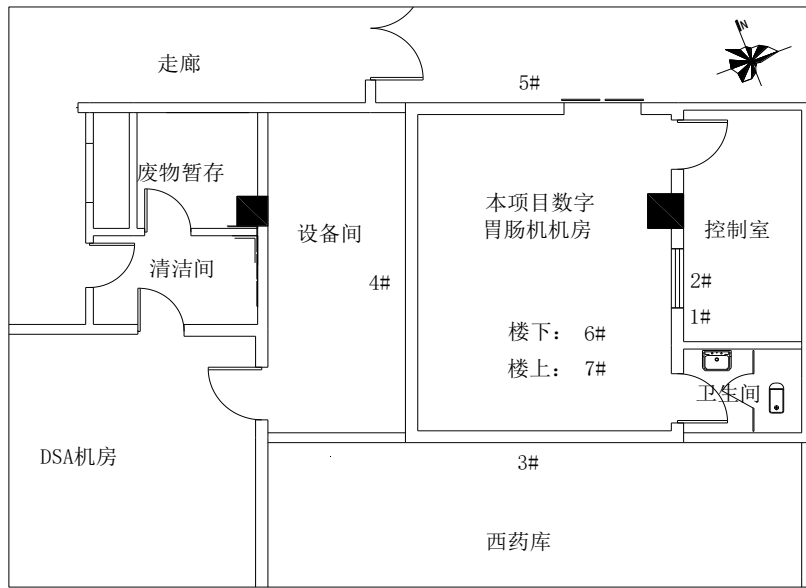


图 11-4 数字胃肠机机房预测点布设示意图

③15 号手术室预测点选取如下：

- 1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室；
- 2#东侧铅玻璃外 30cm 处，控制室；
- 3#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间；
- 4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，清洁走廊；
- 5#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，14 号手术室；
- 6#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，洁净走廊；
- 7#-楼下，值班室；
- 8#-楼上，净化机房。

共布设 8 个预测点，预测点布设见图 11-5 所示。

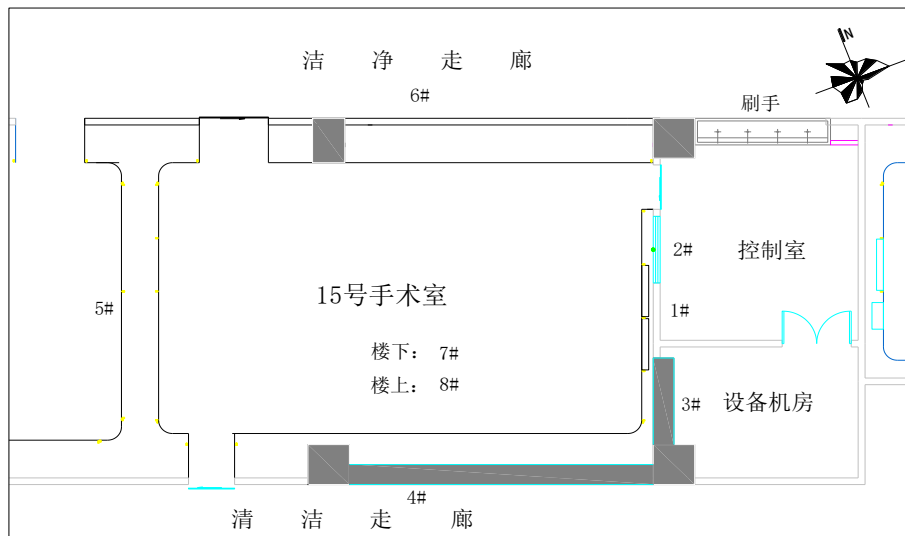


图 11-5 15 号手术室预测点布设示意图

本项目 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，但实际使用时，为防止球管烧毁并延长其使用寿命，管电压和功率通常预留 20%~30%的余量，即管电压控制在 100kV 以下；本项目数字胃肠机最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，但实际使用时，为防止球管烧毁并延长其使用寿命，管电压和功率通常预留 20%~30%的余量，即管电压控制在 125kV 以下。

根据医院提供信息，隔室拍片时 DSA 设备的最大运行工况约为 100kV/100mA；在透视时 DSA 设备的最大运行工况为 100kV/10mA；隔室拍片时数字胃肠机设备的最大运行工况约为 125kV/100mA；在透视时数字胃肠机设备的最大运行工况为 125kV/10mA。在进行介入手术时，X 线系统通常以透视照射模式运行，因此对 X 线系统的辐射影响进行预测时，主要考虑脉冲透视过程进行保守防护预测。

本次评价按照常用最大工况进行预测（DSA 最大管电压为 100kV；数字胃肠机为 125 kV），本项目 DSA 过滤板采用 3mmAl，根据《辐射防护手册》第一分册图 4.4c，查得  $V_{r0}=0.8R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，经换算后，透视时距靶 1m 处的剂量率为  $4.19 \times 10^3 mGy/h$ ，拍片时距靶 1m 处的剂量率为  $4.19 \times 10^4 mGy/h$ ；本项目数字胃肠机过滤板采用 3mmAl，根据图 4.4c，查得  $V_{r0}=1.2 R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，经换算后，透视时距靶 1m 处的剂量率为  $6.29 \times 10^3 mGy/h$ ，拍片时距靶 1m 处的剂量率为  $6.29 \times 10^4 mGy/h$ 。

根据公式 11-24 可计算铅、混凝土对 X 射线的减弱因子。各预测点的空间位置距离和屏蔽体厚度等相关预测参数见表 11-29~表 11-31。

### (3) 预测结果

根据上述给出的计算公式、预测参数和 DSA 及数字胃肠机的 X 射线系统累计出束照射时间，在不考虑床板、人体等吸收射线的情况下，保守计算 DSA 机房、数字胃肠机机房及 15 号手术室周围预测点剂量率估算结果，计算结果见表 11-32~表 11-34。

从表 11-32~表 11-34 中的预测结果可见：DSA 及数字胃肠机全年正常运行，经机房墙体、门屏蔽防护后，各放射工作场所边界周围剂量率控制水平满足相关标准；本项目 DSA 机房隔室操作辐射工作人员所受到的年有效剂量为  $4.45 \times 10^{-3} mSv/a$ （透视与拍片合计），周围公众所受到的年有效剂量为  $6.48 \times 10^{-4} mSv/a$ （透视与拍片合计）；本项目数字胃肠机机房隔室操作辐射工作人员所受到的年有效剂量为  $4.61 \times 10^{-2} mSv/a$ （透视与拍片合计），周围公众所受到的年有效剂量为  $6.15 \times 10^{-3} mSv/a$ （透视与拍片合计）；本项目 15 号手术室隔室操作辐射工作人员所受到的年有效剂量为  $4.52 \times 10^{-4} mSv/a$ （透视与拍片合

计），周围公众所受到的年有效剂量为  $5.25 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ （透视与拍片合计），均符合《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值，均低于本报告执行的照射剂量约束值。

由于 DSA 及数字胃肠机正常工作时，电压、电流较小，在确保防护设施正常使用的情况下，DSA 及数字胃肠机工作时对机房外其他医护人员和公众影响较小。

## 5、手术室内辐射工作人员年有效剂量的估算

### (1) 第一术者位、第二术者位

医生和护士在进行介入手术时将穿戴铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及介入防护手套等防护用品，进行介入手术治疗过程中有时会连续曝光，此时采用脉冲透视，第一手术操作位医生距离主射束距离约为 0.3m，第二手术操作位医生、护士距离主射束距离约为 1m。

本项目 DSA 及数字胃肠机对于手术室内医师和护士的影响采用模式计算进行评价分析。计算模式参考李士骏编著的《电离辐射剂量学》，介入手术对机房内的工作人员所造成的辐射剂量可按下式估算：

$$X = I \cdot t \cdot V_{r0} \cdot (r_0/r)^2 \cdot f \quad \dots\dots \text{（公式 11-25）}$$

$$D = 8.73 \times 10^{-3} \cdot X \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11-26）}$$

$$E = D \cdot W_R \cdot W_T \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11-27）}$$

上式中： $X$ —离射线装置  $r$  米处产生的照射量，R；

$D$ —离射线装置  $r$  m 处产生的空气吸收剂量，Gy；

$E$ —参考点的有效剂量，mSv；

$I$ —管电流（mA）；

$V_{r0}$ —在给定的管电压和射线过滤情况下，距射线装置  $r_0$  m（ $r_0=1$ m）处，由单位管电流（1mA）造成的照射量率， $\text{R} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

$f$ —防护材料对 X 射线的减弱因子，无量纲；

$t$ —介入性血管造影的累计出束时间；DSA 透视取 100h，拍片取 25h；数字胃肠机透视取 60h，拍片取 15h；

$W_R$ —辐射权重因数，X 射线为 1；

$W_T$ —组织权重因数，全身为 1。

手术医生在进行介入手术时需穿戴铅衣、铅帽、铅手套等防护用品（0.5mm 厚铅当量），同时手术医生使用铅屏风和铅帘进行防护（0.5mm 厚铅当量）对患者进行直接的

手术操作，设定这些防护用品的有效铅当量厚度为 1mmPb，查《辐射防护手册》（第一分册）图 10.5e，本项目保守取减弱因子  $f=0.001$ ；拍片时，医生、护士及技师经机房墙体屏蔽及距离防护进行隔室拍片。

由于医生不处于射线主射束方向，因此照射量率取主射束方向的 1% 进行计算，根据上述计算公式及 DSA 和数字胃肠机累计透视出束照射时间保守计算预测点的年有效剂量，估算结果列入表 11-35~表 11-37 中。

由上述计算结果可知，在确保铅衣、铅帽、铅手套等防护用品正常使用的情况下，本项目 DSA 及数字胃肠机全年正常运行，各工作场所的辐射工作人员所受年有效剂量均符合本报告执行的职业照射剂量约束值和《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值。

## （2）介入操作人员手部的皮肤吸收剂量估算

### 计算模式：

依据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017），估算 X 射线所致手部皮肤吸收剂量公式如下：

$$D_s = C_{ks}(k \cdot t) \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（公式 11-28）}$$

$$k = \frac{\dot{H}^*_{(10)}}{C_{KH}} \dots\dots\dots \text{（公式 11-29）}$$

式中： $D_s$ ——皮肤吸收剂量，mGy；

$k$ ——X 辐射场的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$t$ ——人员累积受照时间，h；

$C_{ks}$ ——空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数，Gy/ Gy；

$\dot{H}^*_{(10)}$ ——X 辐射场的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$C_{KH}$ ——空气比释动能到周围剂量当量的转换系数，Sv/ Gy。

根据医院提供的资料，床旁透视常用工况分别为 100kV/10mA 和 125/100kV/10mA。床旁透视时入射方式可近似地视为垂直入射，是 AP 入射方式。

医生操作时腕部距非主射束的距离取 0.3m，医生手术位腕部皮肤约 1/5 的时间处于受照位置，手术医生在进行介入手术时需穿戴介入防护铅手套（不小于 0.025mm 厚铅当量，查《辐射防护手册》（第一分册）图 10.5e，本项目保守取减弱因子  $f=0.1$ ）；根据式 11-4、11-5 可计算出，手术时腕部位置处的空气吸收剂量并换算为剂量当量。查《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）中的附录 A 表 A.9 可查得 X 辐射

场空气比释动能到周围剂量当量的转化系数  $C_{KH}=1.72\text{Sv/Gy}$ ，由式 11-8 计算出 DSA 辐射场的空气比释动能，数字胃肠机辐射场的空气比释动能；查表 A.4 可查出空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数  $C_{ks}=1.077\text{mGy/mGy}$ 。

拟由上述数据估算可得，则每名 DSA 手术医生手术位腕部皮肤受到最大有效剂量为  $58.37\text{mSv/a}$ ，每名 ERCP 手术医生手术位腕部皮肤受到最大有效剂量为  $52.48\text{mSv/a}$ ，均符合《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定四肢（手和足）或皮肤剂量限值（ $500\text{mSv/a}$ ）和本报告执行的四肢（手和足）或皮肤剂量约束值限值（ $125\text{mSv/a}$ ）。

医院应加强对介入手术人员个人剂量的监测与管理，若发现季度有效剂量监测数据超过  $1.25\text{mSv}$ ，应及时采取相应干预管理措施。医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，当个人累积剂量将超过年有效剂量  $5\text{mSv}$  时，应及时告知本人，并减少其辐射工作量或为其调整工作岗位，介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的悬挂式铅防护屏及床边铅帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

## 6、保护目标环境影响分析

本项目 DSA 机房、数字胃肠机房及 15 号手术室周围 50m 范围内，除 15 号手术室东侧 38m 处为院外空地外，其余方向均位于医院院区内。根据本项目确定的评价范围，本项目环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外其他公众。依据《辐射防护手册》第一分册，估算各环境敏感点方位的辐射空气吸收剂量率，预测结果见表 11-38。

从表 11-38 中的预测结果可见，在防护设施正常使用的情况下，本项目 DSA 全年正常运行，DSA 机房敏感点内辐射工作人员年剂量为  $4.660\text{mSv/a}$ ，院内公众受照剂量最大为  $3.33\times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ；数字胃肠机机房敏感点内辐射工作人员年剂量为  $4.226\text{mSv/a}$ ，院内公众受照剂量最大为  $4.04\times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ；15 号手术室敏感点内辐射工作人员年剂量为  $4.657\text{mSv/a}$ ，院内公众受照剂量最大为  $9.49\times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ，院外公众受照剂量最大为  $2.13\times 10^{-6}\text{mSv/a}$ 。

综上所述，在防护设施正常使用的情况下，本项目 DSA 及数字胃肠机全年正常运行，辐射工作人员及院内外公众所受年有效剂量均符合本报告执行的职业照射剂量约束值和《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值。

## 7、大气环境影响分析

本项目介入治疗机房设有独立的通排风系统，其通风量约 200m<sup>3</sup>/h，内通风口设置在机房中部顶板约 3.0m 处，室内气体由通排风系统统一抽排至所在建筑楼顶排放。

产生的臭氧通过换气系统排入环境大气后，经自然分解扩散，对环境产生影响较小。

## 8、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。处理措施：少量生活污水进入医院污水处理站进行处理，处理后的废水经市政污水管网排入城市污水处理厂。

## 9、声环境影响分析

本项目噪声源为机房通排风系统，该系统采用低噪声设备，其噪声值低于 60dB(A)，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

## 10、固体废物影响分析

本项目采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，因此不产生废显影液、废定影液和废胶片。本项目固体废物主要为介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂及废造影剂瓶等医用辅料。采用专门的容器收集后转移至医院已建的医疗废物暂存间暂存，医院已委托有资质单位定期进行统一收集、清运和处理。

## 11、射线装置报废

本项目 DSA 及数字胃肠机报废时，必须进行去功能化（如拆解或者拆卸球管，把球管电线插头或接头剪断），确保装置无法再次通电使用，并按相应要求执行报废程序，将设备处理去向记录备案。

## 12、介入治疗对医生和患者的辐射防护要求

介入治疗是一种解决临床疑难病的新方法，但介入治疗时 X 射线曝光量大，曝光时间长，距球管和散射体近，使介入治疗操作者受到大剂量的 X 射线照射。为了减少介入治疗时 X 射线对操作者和其他人员的影响，医院应做到以下要求：

（1）介入治疗医生护士自身的辐射防护要求

①加强教育和培训工作，提高辐射安全文化素养，全面掌握辐射防护法规与技术知识。

②结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施。

③在介入手术期间，必须穿戴个人防护用品，并佩戴个人剂量计。

④定期维护 DSA，制订和执行介入治疗的质量保证计划。

## (2) 患者的辐射防护要求

①采用带有剂量测量系统的设备或购置测量仪器，在操作中对辐射剂量进行实时监测；严格执行国家标准 GB18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平，保证患者的入射体表剂量率不超过 100mGy/min。

②选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施。

③采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散患者的皮肤剂量，避免单一皮肤区域接受全部剂量。

④将 X 线球管尽量远离患者，而将影像增强器尽量靠近患者。

⑤作好患者非投照部位的保护工作。

## 事故影响分析

### 一、事故分级

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 709 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-39。

表 11-39 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或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。

### 二、辐射事故识别

#### (一) 医用电子直线加速器项目

##### 1、可能发生的辐射事故

本项目医用电子直线加速器属于II类X射线装置，当设备运行时会产生X射线，关机时不会产生X射线，项目环境风险因子为X射线，根据其工作原理分析，考虑可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

①装置在运行时，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射。

②医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

③装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

## 2、事故工况估算

(1) 装置在运行时，人员误入或滞留机房内

①事故假设

医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

②剂量估算

假设考虑滞留人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头外 1m 远处的主射束方向，本项目加速器开机治疗时，距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 6Gy/min。若事故情况下人员在此处停留超过 0.05s，其所受剂量将超过 5mSv。机房内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，人员受照时间保守取 20s，则事故情况下人员在机房内受到的辐射剂量约为 2Sv。

假设考虑误入人员在加速器启动后立即进入迷道中，根据影响分析章节中的结果，迷道内的剂量率约为235.232 $\mu$ Sv/h。若事故情况下人员在迷道内停留超过1275.4min，其所受剂量将超过5mSv/a。迷道内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，人员受照时间远低于1275.4min，受照时间保守取20s，则事故情况下人员在迷道内受到的辐射剂量约为1.31 $\mu$ Sv，人员受到的影响较小。

③事故后果

在上述事故情景假设条件下，受X射线源误照人员年剂量可能超过GB18871-2002中的剂量限值及本项目确定的剂量管理约束值，属于较大辐射事故。

(2) 维修射线装置时，人员受意外照射

①事故假设

装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

②剂量估算



假设考虑维修人员进行检修时，触动加速器开关，造成维修人员在无屏蔽的情况下处于加速器主射束方向受到误照射，本项目加速器开机治疗时，距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 6Gy/min。本项目机房内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，则事故情况下人员在机房内距加速器不同距离处受到的辐射剂量见表 11-40。

③事故后果：在上述事故情景假设条件下，受X射线源误照人员年剂量可能超过 GB18871-2002中的剂量限值及本项目确定的剂量管理约束值，属于较大辐射事故。

### 3、事故工况辐射影响分析

根据X射线机的工作原理可知，当设备关机时不会产生X射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素。本项目医用电子直线加速器属于II类射线装置，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。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表11-41。

表 11-41 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
医用电子直线加速器	X 射线	超剂量照射	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。	较大辐射事故

根据分析，本项目医用电子直线加速器可能发生的事故为较大辐射事故。

## （二）后装治疗机项目

### 1、可能发生的辐射事故

本项目后装治疗机内放射源属于III类放射源，当设备运行时会产生γ射线，根据其工作原理分析，考虑可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

- ①由于管理不得位，发生放射源丢失、被盗事件。
- ②装置在运行时，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射。
- ③医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。
- ④装置在检修、维护、换源等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

### 2、事故工况估算

#### （1）放射源卡源事件

##### ①事故假设

本装置配备有 UPS 电源，在停电时，依靠 UPS 完成关闭放射源操作。当控制系统出现故障到地址自动关源系统失效时，出现卡源，可通过手动机械复位，手动机械复位时间约 3min。

②剂量估算

在假设事故情况下，手动处理卡源事故时所受的照射剂量为 23.25mSv。

③事故后果

在上述事故情景假设条件下，受射线源误照人员年剂量已超过约束值，属于一般辐射事故。

**3、事故工况辐射影响分析**

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表11-42。

表 11-42 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
后装治疗机 ( <sup>192</sup> Ir)	γ 射线	超剂量照射	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。	较大辐射事故
			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。	一般辐射事故

根据分析，本项目后装治疗机可能发生的事故为一般或较大辐射事故。

**(三) DSA 及数字胃肠机项目**

**1、可能发生的辐射事故**

本项目DSA属II类射线装置，在运行时会产生X射线，项目环境风险因子为X射线，根据其工作原理分析，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

- ①装置在运行时，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射。
- ②医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。
- ③装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。
- ④医务人员由于缺乏操作经验和防护知识，安全观念淡薄等，违反操作规程和有关规定，在从事介入手术期间未采取穿戴个人防护用品等必要的防护措施，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

**2、事故工况估算**

(1) 介入手术过程中，发生介入手术人员超剂量照射

①事故假设

1) 在介入手术操作中, DSA 控制系统失灵;

2) DSA 的 X 射线源处于“曝光”状态, 介入手术人员在距 X 射线管非主射束方向进行介入手术操作;

3) 假定该名手术人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

### ②剂量估算

假设考虑该名手术人员在无其它屏蔽的情况下处于 X 射线管非主射束方向 0.3m 或 1m 处, 介入手术操作时, DSA 以透视模式运行, 距离 1m 处的照射量率为  $0.8R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ 。本项目手术床旁及控制室内设置有“紧急停止”按钮, 只要按下此按钮就可以停机, 则事故工况下介入手术操作人员所受辐射剂量估算详见表 11-43。

### ③事故后果

在上述事故情景假设条件下, 受 X 射线源误照人员年剂量已超过约束值, 属于一般辐射事故。

## 2、维修射线装置时, 人员受意外照射

### ①事故情景假设

1) 设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时, 射线管正处于出束状态;

2) DSA 上的指示灯和声音装置均失效;

### ②剂量估算

假设考虑该名维护人员在无其它屏蔽的情况下处于 X 射线管主射束方向, 假设维修时, DSA 以透视或拍片模式运行, 距离 1m 处的照射量率为  $0.8R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ 。

本项目手术床旁及控制室内设置有“紧急停止”按钮, 只要按下此按钮就可以停机, 则事故情况下人员在机房内距 DSA 不同距离处受到的辐射剂量估算详见表 11-44。

### ③事故后果

在上述事故情景假设条件下, 受 X 射线源误照人员年剂量已超过约束值, 属于一般辐射事故。

## 3、事故工况辐射影响分析

根据 X 射线机的工作原理可知, 当设备关机时不会产生 X 射线, 不存在影响辐射环境质量事故, 只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。本项目数字减影血管造影机属于 II 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。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-45。

表 11-45 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
DSA、数字胃肠机	X 射线	超剂量照射	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故

根据分析，本项目DSA可能发生的事故为一般辐射事故。

#### （四）汇总

经分析，本项目可能发生的辐射事故的事故等级为较大及一般辐射事故。针对本项目可能发生的辐射事故，泸州市中医医院应按相关规定对已制定的辐射事故应急预案和安全规章制度进行补充完善并认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

### 三、事故防范措施

为了防止事故的发生，要求医院严格执行以下风险预防措施：

①制定医用电子直线加速器、后装治疗机、DSA及数字胃肠机操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射诊断操作时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

②每月检查门灯连锁装置，确保安全连锁装置正常运行；每月对医用电子直线加速器、后装治疗机、DSA及数字胃肠机的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

③定期对医用电子直线加速器、后装治疗机、DSA及数字胃肠机采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

④实施介入诊疗的质量保证。做好医生的个人防护，做好病人非投照部位的防护工作。

⑤加强控制区和监督区管理，在射线装置及放射源运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

⑥制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

### 四、其他环境风险分析

外购的造影剂均单独密封保存，储存造影剂的药品柜采用不锈钢药品柜，药品柜均拟上锁，钥匙由当班医生保管；进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车对药品进行运送；造影剂的贮存、运输过程均采取了防造影剂泄露的防范与对策措施。

在使用造影剂前由药剂师进行剂量核算后护士取药，医生用高压注射器按照血液流速注入病人血管内，在X射线的照射下达到血管造影的目的，最后由泌尿系统排除体外。造影剂不属于重金属和其他持久性有机物，不存在泄露风险。

未注射完的废造影剂、造影剂包装瓶及过期的造影剂等医疗废物采用专门的收集容器暂存，由专人每天到科室收集到院内医疗废物暂存点，按照医疗废物执行转移联单制度，定期由有资质单位统一收集处置。

## 五、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) 一旦发现有其他无关人员误入机房内，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的放射事件应急处理领导小组及上级领导报告。放射事件应急处理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

(2) 对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境主管部门、卫生等主管部门。

(3) 迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

(4) 事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。一旦发生辐射事故，医院应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

## 辐射安全与环境保护管理机构的设置

### 一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

泸州市中医医院已成立有辐射安全与环境保护管理领导小组（见附件 7），其中组长为郑海三，副组长为巫骏山及向能强，成员由彭华莎、刘明国及闻枫等担任。医院以文件形式明确了管理人员职责。

### 二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号），本项目新增辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习并参加考核，考核合格后方可上岗。辐射安全培训合格证书到期的人员仍需通过生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”进行再学习考核，医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。在此基础上，环评认为，本项目辐射工作人员的配置可满足要求的。

### 三、设备管理

本项目建成投运后，辐射安全管控措施包括：

定期对本项目机房屏蔽门及其墙体屏蔽效能、门灯联锁的有效性等进行检查，对辐射工作人员剂量进行档案管理，组织辐射工作人员辐射防护上岗培训，监督辐射工作人员执行相关操作规程等。

本项目射线装置报废时，必须进行去功能化（如拆解或者拆卸球管，将球管电线插头或接头剪断），确保装置无法再次通电使用，并按相应要求执行报废程序，将设备处理去向记录备案。

本项后装治疗机内含  $^{192}\text{Ir}$  放射源，随着核素的自然衰变， $^{192}\text{Ir}$  放射源的活度不断降低，当  $^{192}\text{Ir}$  放射源使用到一定年限后，会产生退役的  $^{192}\text{Ir}$  放射源，退役  $^{192}\text{Ir}$  放射源委托原厂家回收处理。

## 辐射安全管理规章制度

### 1、规章制度

根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》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）的要求，建设单位需制定的辐射安全管理规章制度见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求	备注
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定，需将本次新增设备纳入其中
2	辐射工作场所安全管理要求	已制定，需完善并悬挂于辐射工作场所墙上
3	辐射工作人员健康及个人剂量管理制度	已制定，需完善并明确介入工作人员个人剂量计佩戴位置
4	辐射工作设备操作规程	需制定，需新增并悬挂于辐射工作场所墙上
5	辐射工作人员岗位职责	已制定，需完善并悬挂于辐射工作场所墙上
6	监测仪表使用与校验管理制度	已制定，需完善
7	射线装置及放射源台账管理制度	已制定，需完善
8	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定，需完善
9	辐射安全防护设施维护维修制度	已制定，需完善
10	辐射工作人员培训制度	已制定，需完善
11	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定，监测方案需完善包含既有辐射工作场所及本项目新增场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案，参考本章辐射监测方案。
12	辐射事故预防措施及应急处理预案	已制定，预案中应完善“应急物资的准备和应急责任人员、各小组成员联系方式及生态环境主管部门名称、应急电话”等内容。 需完善并悬挂于辐射工作场所墙上。

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，医院应对其制定的一系列相关管理制度进行补充完善：

（1）对现有放射防护领导小组内容进行补充完善，由于本次项目为新增Ⅱ射线装置及Ⅲ类放射源，相应辐射工作人员也将增加，因此建议根据人事变动情况及时调整人员名单，明确人员职责。

（2）操作规程：医院应根据本项目特点，明确操作人员的权限以及操作时必须采取的防护措施，明确工作中的控制措施以及操作程序等；相关科室应制定本项目Ⅱ类射线装置及Ⅲ类放射源的放射诊断设备的操作规程及治疗过程中应急措施，明确操作人员的权限以及操作时必须采取的防护措施。

（3）岗位职责：明确辐射工作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（4）辐射防护和安全保卫制度：根据各科室的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是：定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换；

工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。环境辐射剂量监测仪必须保持良好工作状态。

(5) 设备检修维护制度：明确监控设备以及监测仪器在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，剂量报警仪和监测仪器必须保持良好工作状态。

(6) 台帐管理制度：医院应当建立射线装置与放射源台账，记载射线装置及放射源的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项。

(7) 人员培训计划：明确培训人员、培训周期、培训形式、培训内容、频次等，培训记录建立档案，做到有据可查。本项目建成后，要求组织所有新增的辐射工作人员参加“核技术利用辐射安全与防护培训平台”学习，经考核合格并取得辐射安全培训合格证书后才能上岗，辐射安全培训合格证书到期的人员仍需通过生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”进行再学习考核，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

## **2、需要上墙的规章制度**

按照《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）的要求，《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》等应悬挂于辐射工作场所，并且上墙制度的内容应字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

建设单位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律法规内容，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。

## **3、档案管理**

泸州市中医医院应建立完整的辐射安全档案。需要归档的材料应包括以下内容：

- (1) 生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。
- (2) 放射诊疗期间射线装置异常情况说明以及其它需要记录的有关情况。

环评要求：根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，档案资料应按以下八大类分类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查纪录”、“个人剂量档案”、“培训档案”和“辐射应急资料”。

## **4、年度辐射安全评估制度**

泸州市中医医院建立有年度辐射安全评估制度，并根据《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告格式》的要求，每年根据实际



工作情况编制自查评估报告并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

### 5、核技术利用辐射安全申报系统要求

根据生态环境部信息化管理要求，辐射工作单位办理辐射安全许可证审批环保手续时需在全国核技术利用辐射安全申报系统（以下简称“申报系统”）进行网上申报（申报系统网址：[rr.mee.gov.cn](http://rr.mee.gov.cn)）凡是不进行网上申报的，纸质材料一律不予受理。用户可在该申报系统中办理如下事项：

- （1）许可证相关申请：许可证申请（及重新申请）、延续、变更、注销；
- （2）放射源相关申请：转让、异地使用、进口、出口；
- （3）非密封放射性物质相关申请：转让、异地使用、进口、出口；
- （4）射线装置相关申请：转让、异地使用、进口、出口。

辐射工作单位网上申请提交成功后，应通过网上在线打印业务表单，并盖章确认，再按相关程序提交到生态环境部门办理。

## 辐射监测

本项目辐射防护监测包括个人剂量监测和工作场所监测：

### 一、个人剂量监测

辐射工作人员均配有个人剂量计，并要求在开展工作期间必须佩戴个人剂量计（每名介入治疗医生需配备 2 套个人剂量计）。

医院按每季度 1 次（一年 4 次）的频率组织辐射工作人员进行个人剂量检测（介入治疗医生佩戴的 2 套个人剂量计均需要进行个人剂量检测），并按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部 18 号令）的要求，建立辐射工作人员个人剂量档案，将监测结果记录到个人剂量档案中。

个人剂量监测工作应当由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

医院应建立个人剂量档案，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。医院应当将辐射工作人员的个人剂量档案终生保存；医院应于每季度将个人剂量计交由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，医院要及时进行干预，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，采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人剂量检测数值超过 5mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后上报《辐射安全许可证》发证

机关；当单年个人累积剂量检测数值超过 50mSv，应立即采取措施，开展调查处理并报告辐射安全许可证发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

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

## 二、工作场所监测

### 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上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

### 2、日常自我监测

定期自行监测（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自行监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1 次/月。

### 3、监测内容和要求

- (1) 监测内容：X- $\gamma$  空气吸收剂量率。
- (2) 监测范围：控制和监督区域及周围环境。
- (3) 监测布点方案：

表 12-2 工作场所监测计划建议

场所名称	监测项目	监测周期	监测点位
医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房、DSA机房、数字胃肠机机房及15号手术室	X- $\gamma$ 空气吸收剂量率	委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；自行开展辐射监测，频率为 1 次/月	机房四周、上方及下方、医生进出防护门，医患通道，污物通道等

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

(5) 监测范围：控制和监督区域及周围环境

(6) 监测质量保证：

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

②医院应安排专人负责自行监测任务；

③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；

④制定辐射环境监测管理制度。

辐射工作场所环境监测结果应记录，并存档备案，若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。从事自我监测的人员应具有辐射安全及环境监测的相关知识。

## 辐射事故应急

### 一、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，建设单位需完善辐射事故应急预案。

(1) 应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

(2) 应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

(3) 应急人员的培训；

(4) 环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

(5) 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；

(6) 发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级地方人民政府及其生态环境、公安、卫生计生等部门报告。

建设单位应按照《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。

### 二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，关闭进出口门，同时向医院主管领导报告。

(2) 建设单位根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

(3) 事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

### 三、其他

(1) 辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

(2) 在预案的实施中，医院应根据国家新发布的法律法规内容，结合医院实际情况及时对预案做补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

## 结论

### 一、项目概况

**项目名称：**泸州市中医医院新增医用射线装置及Ⅲ类放射源使用项目

**建设单位：**泸州市中医医院

**项目性质：**新建

**建设地点：**泸州市中医医院城南院区（四川省泸州市南部新城纳溪片区蓝安大道与工业路交叉口西北侧）

### 1、建设内容与规模

本项目建设地点位于泸州市南部新城纳溪片区蓝安大道与工业路交叉口西北侧泸州市中医医院城南院区内。医院本次拟在城南院区开展以下核技术利用项目：

#### （1）医用电子直线加速器项目

拟在城南院区住院楼（正在建设，地上 19 层，地下 3 层建筑）地下室负三层放疗科内新建 1 座医用电子直线加速器机房，并配备 1 台医用电子直线加速器；本次拟新增的医用电子直线加速器型号待定，其主要参数为：X 射线最大能量为 10MV，10MV 时 1 米处输出剂量率最大为 600cGy/min，电子线最大能量为 20MeV，电子线等中心 1 米处剂量率最大为 1000cGy/min，属Ⅱ类射线装置。

医用电子直线加速器机房室内面积约为 69.28m<sup>2</sup>（不含迷道），机房净空尺寸为长 8.50m×宽 8.15m×高 4.10m；其四周墙体、迷道及屋顶均为混凝土结构；其主射方向朝向南侧、北侧、屋顶及地面；迷道位于机房南侧，为 9.95m 长直迷道。

机房东侧墙体为 1.70m 厚混凝土；南侧迷道内墙主屏蔽为 1.85m~2.50m（宽 4.20m）厚混凝土，相连次屏蔽为 1.70m 厚混凝土，迷道外墙为 1.70m 厚混凝土；西侧墙体为 1.70m 厚混凝土；北侧墙体主屏蔽部分为 3.00m 厚混凝土（宽 4.20m），相连次屏蔽部分为 2.20m 厚混凝土；屋顶主屏蔽部分为 3.00m 厚混凝土（宽 4.20m），相连次屏蔽部分为 1.70m 厚混凝土；防护门为 16mm 铅当量+140mm 含硼聚乙烯电动钢板夹芯平移防护门。

#### （2）后装治疗机项目

拟在城南院区住院楼地下室负三层放疗科内新建 1 座后装治疗机机房，并配备 1 台 <sup>192</sup>Ir 后装治疗机；拟新增的 <sup>192</sup>Ir 后装治疗机型号待定，内含 <sup>192</sup>Ir 放射源一枚，出

厂活度为  $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，属 III 类放射源；

本项目新建的后装治疗机机房室内面积约为  $40.54 \text{m}^2$ （不含迷道），机房净空尺寸为长  $7.05 \text{m} \times$  宽  $5.75 \text{m} \times$  高  $5.40 \text{m}$ ；其四周墙体、迷道及屋顶均为混凝土结构；迷道位于机房北侧，为  $7.75 \text{m}$  长直迷道。

机房东、南、西侧墙体均为  $70 \text{cm}$  厚混凝土；北侧为  $7.75 \text{m}$  的长直迷道，迷道内墙为  $70 \text{cm}$  厚混凝土，迷道外墙为  $70 \text{cm}$  厚混凝土；屋顶为  $170 \text{cm}$  厚混凝土。防护门为  $8 \text{mm}$  铅当量电动钢板夹芯平移防护门。

本项目医用电子直线加速器机及后装治疗机配套使用的模拟 CT 定位机已于 2020 年 12 月完成了建设项目环境影响备案登记工作，备案号为 202051050300000295，详见附件 2。

### （3）介入治疗项目

①医院拟在城南院区门诊医技综合楼（正在建设，地上 4 层，地下 2 层建筑）负一层影像科内新建 1 座 DSA 机房并配备 1 台 DSA；拟新增的 DSA 型号待定，其主要参数为：最大管电压  $125 \text{kV}$ ，最大管电流  $1000 \text{mA}$ ，属 II 类射线装置，其常用主射方向朝向上，用于介入诊断治疗。

本项目影像科 DSA 机房室内有效使用面积为  $39.75 \text{m}^2$ ，机房净空尺寸为长  $7.5 \text{m} \times$  宽  $5.3 \text{m} \times$  高  $4.5 \text{m}$ 。DSA 机房四周墙体均为  $240 \text{mm}$  厚实心砖+ $1 \text{mmPb}$  硫酸钡水泥；楼顶为  $250 \text{mm}$  混凝土楼板+ $0.7 \text{mmPb}$  硫酸钡水泥；地面为  $250 \text{mm}$  混凝土楼板+ $1 \text{mmPb}$  硫酸钡水泥；观察窗采用  $3 \text{mm}$  铅当量的铅玻璃；防护门共 5 扇，分别为控制室至 DSA 机房内防辐射门（M1）、病人进入 DSA 机房防辐射门（M2）、DSA 机房至设备间防辐射门（M3）、DSA 机房至清洁间防辐射门（M4），DSA 机房至洗手间防辐射门（M5），均为  $3 \text{mm}$  铅当量铅防护门。

②医院拟在城南院区门诊医技综合楼负一层影像科内新建 1 座数字胃肠机机房并配备 1 台数字胃肠机；拟新增的数字胃肠机型号待定，其主要参数为：最大管电压  $150 \text{kV}$ ，最大管电流  $1000 \text{mA}$ ，属 II 类射线装置，其常用主射方向朝向上，用于 ERCP 介入诊断治疗。

本项目数字胃肠机机房室内有效使用面积为  $29.44 \text{m}^2$ ，机房净空尺寸为长  $6.4 \text{m} \times$  宽  $4.5 \text{m} \times$  高  $4.5 \text{m}$ 。数字胃肠机机房四周墙体均为  $240 \text{mm}$  厚实心砖+ $1 \text{mmPb}$  硫酸钡水泥；楼顶为  $300 \text{mm}$  混凝土楼板；地面为  $250 \text{mm}$  混凝土楼板+ $1 \text{mmPb}$  硫酸钡水泥；观察窗采用  $3 \text{mm}$  铅当量的铅玻璃；防护门共 3 扇，分别为控制室至数字胃肠机机房内

防辐射门（M1）、病人进入数字胃肠机机房防辐射门（M2）、数字胃肠机机房至卫生间防辐射门（M3），均为 3mm 铅当量铅防护门。

③拟在城南院区住院楼四层手术部内 15 号手术室内新增使用 1 台 DSA。拟新增的 DSA 型号待定，其主要参数为：最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置，其常用主射方向朝向上，用于介入诊断治疗。

本项目 15 号手术室室内有效使用面积为 64.05m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 10.5m×宽 6.1m×高 4.5m。15 号手术室四周墙体均为轻钢龙骨+4mmPb 铅板；楼顶为 120mm 混凝土楼板+2.5mmPb 硫酸钡水泥；地面为 120mm 混凝土楼板+2.5mmPb 硫酸钡水泥；观察窗采用 4mm 铅当量的铅玻璃；防护门共 3 扇，分别为控制室至手术室内防辐射门（M1）、病人进入手术室防辐射门（M2）、手术室至清洁走廊防辐射门（M3），均为 4mm 铅当量铅防护门。

根据现场踏勘，本项目设备使用场所为主体建筑修建时预留，项目新增设备均未安装使用。

## 二、产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中的“鼓励类”第三十七条“卫生健康”第 5 款“医疗卫生服务设施建设”，符合国家现行产业政策要求。

## 三、项目选址及平面布局合理性分析

医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，本项目辐射工作场所拟建于泸州市南部新城纳溪片区蓝安大道与工业路交叉口西北侧泸州市中医医院城南院区院内的住院楼地下室负三层、门诊医技综合负一层及住院楼四层。

本项目所在地下室、门诊医技综合楼及住院楼已取得四川省生态环境厅（原四川省环境保护厅）批复（川环审批〔2015〕216 号），医院整体项目选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其中部分建设内容，不新增用地，且新建辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员及公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，本项目医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房拟建于地下室负三层放疗科，DSA 机房及数字胃肠机机房拟建设于门诊医技综合楼负一层影像科，15 号手术室拟建于住院楼四层手术部。

由各辐射工作场所平面布局可知，与射线装置及放射源相关的辅助用房紧密布置于射线装置及放射源机房周围，整体布局紧凑，既便于医疗工作，又利于辐射防护。各用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

综上所述，本项目平面布局既满足放射诊断工作要求，又有利于辐射防护。评价认为，本项目平面和空间布局合理。

#### 四、区域环境质量现状

根据监测结果可知，本次监测测得本项目拟建址辐射环境 X- $\gamma$  周围剂量当量率与四川省生态环境厅《2019 年四川省生态环境状况公报》中四川省  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围（76.8~163）nGy/h 基本一致。综上所述，本项目区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

#### 五、环境影响评价分析结论

##### 1、正常工况下辐射环境影响评价结论

###### （1）辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

###### （2）非放环境影响分析结论

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。

医院拟建污水处理站一座，生活污水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》GB18466—2005）中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网，最终进入纳溪区麻柳沱污水处理厂处理后排入长江。医院污水处理站设计处理能力能够满足本项目生活污水及医疗废水产生量和排放量的排放需求。

射线装置开机出束期间产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧 (O<sub>3</sub>)。臭氧经通排风系统抽取后排放，由于治疗过程中每次曝光时间短，产生的臭氧量较少，且臭氧极不稳定，再经大气稀释自然扩散后，对周围大气环境影响轻微。

本项目噪声源为各机房通排风系统，该系统采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放



标准》（GB12348-2008）相关要求。

本项目固体废物主要为介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂及废造影剂瓶等医用辅料。采用专门的容器收集后转移至医院已建的医疗废物暂存间暂存，医院已委托有资质单位定期进行统一收集、清运和处理。

本项后装治疗机内含  $^{192}\text{Ir}$  放射源，随着核素的自然衰变， $^{192}\text{Ir}$  放射源的活度不断降低，当  $^{192}\text{Ir}$  放射源使用到一定年限后，会产生退役的  $^{192}\text{Ir}$  放射源，退役  $^{192}\text{Ir}$  放射源委托原厂家回收处理。

## 2、事故工况下环境影响评价结论

经分析，本项目可能发生的辐射事故的事故等级为较大及一般辐射事故。针对本项目可能发生的辐射事故，泸州市中医医院应按相关规定对已制定的辐射事故应急预案和安全规章制度进行补充完善并认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

## 六、射线装置使用与安全管理的综合能力分析

泸州市中医医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在补充辐射安全规章制度并实时更新，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对本项目射线装置及放射源的使用和管理能力。

## 七、项目环境可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。

在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量管理约束值。评价认为，本项目从辐射防护以及环境保护角度分析是可行的。

## 八、项目竣工环境保护验收检查内容

本项目建成后，应严格按照环境保护部“关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告”（国环规环评〔2017〕4号）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

建设单位是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照相关文件规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施和辐射防护措施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

建设单位应在项目竣工后 3 个月内组织竣工环保验收，委托有资质单位进行现场监测，并编制竣工验收监测报告。验收监测应当在确保主体工程调试工况稳定、辐射防护措施安全到位的情况下进行，并如实记录监测时的实际工况。验收监测报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测报告结论，逐一检查是否存在不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。建设项目配套建设的环境保护设施和辐射防护措施经验收合格后，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。危险废物相关竣工环保验收参照四川省生态环境厅其他规范要求实施。

“全国建设项目竣工环境保护验收信息平台”已于 2017 年 12 月 1 日上线试运行，网址为 <http://114.251.10.205>。建设单位可以登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范，并在项目建成后，及时开展竣工环境保护验收工作。

## 建议和承诺

### 1、要求

(1) 项目在运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表提出的安全防护措施和相关管理要求。

(2) 定期对安全连锁系统和安全设施进行检查、维护，定期对机房防护门闭合处进行检查，防止产生缝隙，导致射线从缝隙泄漏。

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

(4) 医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度，泸州市中医医院目前共有辐射工作人员 362 名，362 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训并持证上岗。

### 2、建议

(1) 对病人开展诊疗时，严格操作规程，严格控制受照剂量。对临近敏感器官和组织进行屏蔽防护。

(2) 定期严格检查维修各类辐射安全设施，确保始终处于正常工作状态。

(3) 不断提高辐射工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。

(4) 根据国家及地方最新出台的法规和规章制度等，对辐射相关制度进行更新和完善。

(5) 项目建成后及时开展自行验收工作。

### 3、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

## “三同时”验收一览表

“三同时”验收一览表

项目		设施（措施）	验收要求
辐射安全管理机构		已建立辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式下发	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，辐射管理人员已取得辐射安全与防护培训证书，并在有效期内。
辐射安全与防护措施	屏蔽措施	各机房具体防护参数见表 10-1。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）	在各防护门进出口处及其他醒目位置张贴“当心电离辐射”警告标志 各机房均配备 1 套对讲装置，1 套监控系统等，各机房安全措施应根据表 10-6 进行落实。	设置后可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。同时本项目新聘工作人员需参加培训并考试合格后上岗。	本项目所有辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训并取得合格证书。
	个人剂量监测	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	本项目所有辐射工作人员上岗前佩戴个人剂量计后可满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求
	人员职业健康监护	辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。	本项目所有辐射工作人员需按时体检，两次体检的时间间隔不应超过两年
防护用品		辐射巡检仪 1 台。	/
		DSA 机房、数字胃肠机房及 15 号手术室机房内应配备相应的铅围裙、铅围脖、铅眼镜、铅帽等个人用品；患者应配备至少 1 套铅三角巾。	配备后可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
辐射安全管理	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、辐射事故应急预案等制度	根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	制订并完善后可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求

**表 14 审批**

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人 年 月 日

审批意见

公章

经办人 年 月 日