

核技术利用建设项目

医用电子直线加速器、数字减影血管造 影机（DSA）改扩建项目

环境影响报告表

（公示本）

**广元市第一人民医院
二〇二〇年五月**

生态环境部监制

核技术利用建设项目

医用电子直线加速器、数字减影血管
造影机（DSA）改扩建项目

建设单位名称：广元市第一人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：***

通讯地址：广元市利州区苴国路 490 号

邮政编码：***

联系人：***

电子邮箱：***

联系电话：***

目 录

表 1: 项目基本情况.....	1
表 2: 放射源.....	19
表 3: 非密封放射性物质.....	19
表 4: 射线装置.....	20
表 5: 废弃物（重点是放射性废弃物）	22
表 6: 评价依据.....	23
表 7: 保护目标与评价标准.....	25
表 8: 环境质量和辐射现状.....	30
表 9: 项目工程分析与源项.....	33
表 10: 辐射安全与防护.....	43
表 11: 环境影响分析.....	61
表 12: 辐射安全管理.....	92
表 13: 结论与建议.....	98
表 14: 审批.....	104

表 1：项目基本情况

建设项目名称		医用电子直线加速器、数字减影血管造影机（DSA）改扩建项目			
建设单位		广元市第一人民医院			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		广元市利州区苴国路 490 号			
项目建设地点		广元市利州区苴国路 490 号，广元市第一人民医院内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	***	项目环保投资（万元）	***	投资比例（环保投资/总投资）	***
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	229
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/	/		

项目概述

一、建设单位简介及项目由来

1、建设单位简介

广元市第一人民医院位于广元市利州区苴国路 490 号，广元市第一人民医院（原 072 医院、广元市 410 医院）始建于 1966 年，原系三线建设时期由南京军区总医院等一大批全国知名医疗专家组建的国家部委直属医院。历经 50 余年发展，现已建设成为川陕甘结合部规模大、设备先进、分科齐全、功能完善、医疗技术实力雄厚、融医教研为一体的现代化国家三级甲等综合医院及广元市医教研中心医院占地面积 150 余亩，业务用房 10 万余平方米，开放床位 1500 张。现有在职职工 1300 余人。医院设置有心胸血管、小儿外科、骨科、神经外科、泌尿烧伤整形美容外科、普外、妇科产科、耳鼻喉科眼科、口腔科、重症医学科、麻醉科、肿瘤血液科、消化内科、神经内科、全科医学科、内分泌科、老年科、呼吸

内科、肾脏风湿免疫科、康复医学、疼痛科、儿科、中医科、感染科、皮肤科、急诊科等。

目前, 广元市第一人民医院已取得原四川省环境保护厅核发的《辐射安全许可证》(川环辐证[00212]), 允许使用种类和范围为: 使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源; 使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置; 使用非密封放射性物质, 丙级非密封放射性物质工作场所。

2、项目由来

(1) 项目情况简介

为适应发展, 为更好的满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求, 广元市第一人民医院拟对医用电子直线加速器、数字减影血管造影机(DSA)进行改扩建, 具体内容如下:

1、对本院放疗中心闲置加速器治疗室2进行改造(机房自建成之日起, 一直闲置), 拟在改造后的加速器治疗室2机房内新增使用1台10MV医用电子直线加速器, 等中心最大剂量率为6Gy/min, 为Ⅱ类射线装置(原环评批复6MeV医用电子直线加速器不再建设)。

2、对本介入中心手术间1进行改建, 更新替换现有AXION Artis u型X射线血管造影机(额定功率150kV/760mA), 更新替换后DSA机(额定功率125kV/1000mA)能量密度更大, 可以缩短治疗时间, 提高诊治效率, 为Ⅱ类射线装置(现有AXION Artis u型X射线血管造影机淘汰报废, 报废前, 采取去功能化的措施, 如拆除电源或拆除加高压零部件, 确保装置无法再次通电使用)

3、将内科住院大楼一层原打气房办公室和营养科办公室区域改建为复合手术室, 新增1台DSA机(额定功率125kV/1000mA), 为Ⅱ类射线装置。

(2) 原有环境验收情况

2009年4月9日广元市第一人民医院取得四川省环保局“关于广元市第一人民医院核技术利用灾后重建项目环境影响报告表的批复”(川环审批[2009]190号), 批复同意广元市第一人民医院建设医用电子直线加速器2间, 建筑面积均为90m²。机房内分别安装15MeV医用电子直线加速器和6MeV医用电子直线加速器各一台。取得批复后医院于2009年完成了2座医用电子直线加速器治疗室的建设, 分别为加速器治疗室1和加速器治疗室2。其中在加速器治疗室1内安装完成15MeV医用电子直线加速器(10MV), 并于2013年9月25日通过了四川省环保厅的验收(川环核验(2013)48号)。加速器治疗室2因业务需求原因, 自建成之日起一直闲置, 未安装设备。

2016年9月22日广元市第一人民医院取得四川省环保局“四川省环境保护厅关于广元市第一人民医院医用射线装置改扩建项目环境影响报告表的批复”(川环审批[2016]241), 批

复同意关于广元市第一人民医院在介入中心手术间 1 和手术间 2 分别安装使用 1 台 AXION Artis u 和 1 台 Innova IGS530 型 X 射线血管造影机。现两台设备均已安装完成并投入使用，并于 2013 年 9 月 25 日通过了四川省环保厅的验收（川环核验（2013）48 号）。

3、编制目的

按照《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》、《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）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第 18 号）规定和要求，使用数字减影血管造影机（DSA）和 10MV 直线加速器需进行环境影响评价。根据国家《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号）和《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》（生态环境部令第 1 号）191 条规定，本项目利用 10MV 直线加速器及 DSA 机进行诊疗（使用 II 类射线装置）应编制环境影响报告表。因此，医院委托四川省中栎环保科技有限公司编制该项目环境影响报告表（委托书见附件 1）。

四川省中栎环保科技有限公司接受委托后进行了现场踏勘，实地调查了解项目所在地环境条件，在项目区域环境质量现状监测的基础上，按相应标准对项目可能造成的环境影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

本报告编制完成后，建设单位广元市第一人民医院在当地公众易于接触的网站“大话利州阳光问政”对该项目进行了全文公示，公示后未收到任何单位和个人有关项目情况的反馈意见。公示网址和截屏如下：<http://bbs.dzsm.com/thread-2425844-1-1.html>。

大話利州寻求年度长期战略合作伙伴

0839-3221258



发布主题 回复

返回列表

查看: 0 回复: 0



0 0 0
主题 帖子 积分

初级弟子

积分 0

广元市第一人民医院核技术利用项目环评公示

发表于 20-2-11 20:57

楼主 电梯直达

关于电子直线加速器、数字减影血管造影机（DSA）改扩建项目的公示

为适应发展，为更好的满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，广元市第一人民医院拟将本院放疗中心闲置加速器治疗室2进行改造（闲置），拟在改造后的加速器治疗室2机房内新增使用1台10MV 医用电子直线加速器。将本院介入治疗中心手术间1现有AXION Artisuno型X射线血管造影机（额定功率150kV/760mA）进行更新替换，更新替换后DSA机（额定功率125kV/1000mA）能量密度更大，可以缩短治疗时间，提高诊治效率，为II类射线装置。并将内科住院大楼一层原高压氧舱办公室和营养科办公室区域改建为复合手术室，安装1台DSA机（额定功率125kV/1000mA），为II类射线装置。本项目需要编制环境影响评价报告表，根据相关法律法规的要求，建设单位在向生态环境保护主管部门提交环境影响评价报告书（表），应依法全本公开建设项目环境影响评价报告书（表）全本信息。因此本单位现将广元市第一人民医院《医用电子直线加速器、数字减影血管造影机（DSA）技改项目》全本进行公示，以接受公众监督。

建设单位：广元市第一人民医院
建设地点：广元市利州区直国路490号，广元市第一人民医院内
联系人：李老师
联系电话：0839-3306193
邮箱：505551248@qq.com
环评单位：四川普中环保科技有限公司
联系人：王老師
联系电话：17369037370
邮箱：45782512@qq.com
广元市第一人民医院环评.rar (1.09 MB, 下载次数: 0)

二、本项目建设内容

1、项目名称、性质、建设地点

项目名称：医用电子直线加速器、数字减影血管造影机（DSA）改扩建项目

建设性质：改扩建

建设地点：广元市利州区直国路 490 号广元市第一人民医院内

2、工程建设内容和规模

本项目建设内容包括：

1、医院拟在海油外科大楼（放射科）放疗中心负一楼，对闲置加速器治疗室 2 进行改造，安装 1 台 10MV 医用电子直线加速器（II 类射线装置，型号（Elekta Synergy）。2、在本院内科楼一楼介入中心手术间 1 更新改造安装 1 台 DSA 机（II 类射线装置，型号 UNIQ FD20）。3、将内科住院大楼一层原打气房办公室和营养科办公室区域改建为复合手术室，安装 1 台 DSA 机（II 类射线装置，型号 UNIQ FD20）具体建设内容及规模如下所述：

（1）医用电子直线加速器

医院拟在海油外科大楼（放射科）放疗中心负一楼，对闲置加速器治疗室 2 进行改造，安装 1 台 10MV 医用电子直线加速器，属于II 类射线装置。医用电子直线加速器治疗时 X 射线最大能量为 10MV，1m 处剂量率为 6Gy/min；电子束最大能量为 15MeV，1m 处剂量率为

6Gy/min；年曝光时间约 250h。

机房建筑面积 90m²，净空面积 78m²。改造后的建筑面积 90m²，净空面积 76m²。其北侧预留有控制室、水冷机房。机房四面墙体、迷道、顶部和底部均为钢筋混凝土，主射方向朝向北侧、南侧和顶部为主屏蔽墙。由于加速器治疗室 2 经核算墙体屏蔽不足，因此需对机房部分屏蔽墙体进行增厚改造。

改造前屏蔽体厚度：加速器治疗室 2 为地下负一层结构，机房高 4 m，各侧墙体及屋顶都为 2.35t/m³ 的钢筋混凝土。主射北墙屏蔽墙厚 2.4m、宽 3.3m，次屏蔽墙厚为 1.3m；主射南墙屏蔽墙厚 2.4m、宽 3.3m，次屏蔽墙厚为 1.3m；西墙屏蔽墙厚 1.25m；东墙设置长直迷道，迷道内墙厚 0.7m~1.25m，迷道外墙厚 1.25m~0.7m；屋顶主屏蔽厚度 2.4m、宽 3.3m，次屏蔽墙厚为 1.3m；防护门 12mm 铅板 + 60mm5%聚硼乙烯。

改造后屏蔽体厚度：本项目加速器治疗室 2 改造后机房为地下负一层结构不变，机房高 4 m，各侧墙体及屋顶都为 2.35t/m³ 的钢筋混凝土。主射北墙屏蔽墙厚 2.7m（加厚外侧 30cm）、宽 3.3m，次屏蔽墙厚为 1.6m（内侧加厚 30cm）；主射南墙屏蔽墙厚 2.7m（外侧加厚 30cm）、宽 3.3m，次屏蔽墙厚为 1.6m（外侧加厚 30cm）；西墙屏蔽墙厚 1.45m（内侧加厚 20cm）；东墙设置长直迷道，迷道内墙厚 0.7m~1.25m，迷道外墙厚 1.25m~0.7m；屋顶主屏蔽顶板厚度 2.4m+70mm 铅板（增加 70mm 铅板），宽 3.3m，次屏蔽顶板厚度 1.3m；防护门 12mm 铅板 + 60mm5%聚硼乙烯。

表 1-1 加速器机房 2 改造前后变化情况对比表

项目		改造前	改造后	变化情况
设施场所		放疗中心加速器治疗室 2	放疗中心加速器治疗室 2	不变
安装辐射设施		6MeV 医用电子直线加速器 (取得批复实际未安装)	10MeV 医用电子直线加速器 (拟新增)	变化
净空面积		78m ²	76m ²	减小
屏蔽体厚度	北墙	主屏蔽墙厚：屏蔽墙厚 2.4m、宽 3.3m 混凝土	主屏蔽墙厚 2.7m、宽 3.3m, (混凝土)	外侧加厚 30cm
		次屏蔽墙厚：1.3m 混凝土	次屏蔽墙厚为 1.6m 混凝土	内侧加厚 30cm
	南墙	主屏蔽墙厚：屏蔽墙厚 2.4m、宽 3.3m 混凝土	主屏蔽墙厚：2.7m、宽 3.3m 混凝土	外侧加厚 30cm
		次屏蔽墙厚：1.3m 混凝土	次屏蔽墙厚：1.6m 混凝土	外侧加厚 30cm
	西墙	屏蔽墙厚：1.25m 混凝土	屏蔽墙厚：1.45m 混凝土	内侧加厚 20cm
	东墙	迷道内墙厚： 0.7m~1.25m,	迷道内墙厚 0.7m~1.25m, 迷道外墙厚 1.25m~0.7m 混凝土	不变
		迷道外墙厚：1.25m~0.7m 混凝土	迷道外墙厚：1.25m~0.7m 混凝土	不变
	屋顶	主屏蔽厚：2.4m、宽 3.3m 混凝土	屋顶主屏蔽顶板厚度 2.4m 混凝土+70mm 铅板, 宽 3.3m	加厚 70mm 铅板
		次屏蔽墙厚：1.3m 混凝土	次屏蔽墙厚：1.3m 混凝土	不变
防护门	12mm 铅板+60mm5%聚硼乙烯	12mm 铅板+60mm5%聚硼乙烯	不变	

(2) 介入中心手术间 1 更新

在本院介入中心手术间 1 更新改造安装 1 台 DSA 机, 属于 II 类射线装置。DSA (125kV/1000mA), 年工作时间 250 天, 年最大曝光时间 500 小时。

改造前屏蔽体厚度: 现介入中心手术间 1 位于内科大楼一楼介入中心一层, 机房建筑面积 42m², 净空面积 36m²。净空面积四周墙体均选用 24cm 页岩实心砖墙, 屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板, 病人进出门和控制室防护门均采用 2mm 铅当量屏蔽门, 控制室、观察窗安装 2mm 铅当量铅玻璃。机房内安装一台 AXION Artisur 型 X 射线血管造影机 (150kV/760mA)。

改造后屏蔽体厚度: 改造后介入中心手术间 1 位置不变, 机房建筑面积扩大至 60m², 净空面积 51m²。四周墙体均选用 37cm 页岩实心砖墙 (增厚 13cm), 屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板 (增加 2mm 铅板), 病人进出门和控制室防护门均采用 3mm 铅当量屏蔽门, 控制室观察窗安装 3mm 铅当量铅玻璃 (增厚 1mm 铅当量)。淘汰现有 AXION Artisur 型 X 射线血管造影机 (150kV/760mA), 新增 1 台医用血管造影 X 射线系统 ((125kV/1000mA; 型号 UNIQ FD20)。

表 1-2 介入中心手术间 1 改造前后变化情况对比表

项目		改造前	改造后	变化情况
设施场所		介入中心手术间 1	介入中心手术间 1	不变
安装辐射设施		AXION Artisur 型 X 射线血管造影机 (150kV/760mA)	UNIQ FD20 型 X 射线血管造影机 (125kV/1000mA)	变化
净空面积		36m ²	51m ²	增大
屏蔽体厚度	四周墙体	24cm 页岩实心砖墙	37cm 页岩实心砖墙	加厚 13cm
	屋顶	12cm 厚的混凝土	12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板	加厚 2mm 铅板
	防护门	2mm 铅当量屏蔽门	3mm 铅当量屏蔽门	加厚 1mm 铅当量
	观察窗	2mm 铅当量铅玻璃	3mm 铅当量铅玻璃	加厚 1mm 铅当量

(3) 复合手术室新增 DSA

将内科住院大楼一层原打气房办公室和营养科办公室区域改建为复合手术室, 安装 1 台医用血管造影 X 射线系统 (125kV/1000mA, 型号 UNIQ FD20), 年工作时间 250 天, 年最大曝光时间 500 小时。改建后复合手术室面积 88m², 净空面积 80m²。南北侧墙体均选用 37cm 页岩实心砖墙, 东西墙体选用钢结构龙骨架加 3mm 铅板, 屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板 (增加 2mm 铅板), 病人进出门和控制室防护门均采用 3mm 铅当量屏蔽门, 控制室、观察窗安装 3mm 铅当量铅玻璃。新增 1 台医用血管造影 X 射线系统 (125kV/1000mA; 型号 UNIQ FD20)。

本项目所涉及的医用射线装置采用数字成像,无废显、定影液及废胶片产生。项目建设前后对比表见表 1-3。

(4) 项目组成及主要环境问题

具体项目组成及主要的环境问题见表 1-3。

表 1-3 项目组成及主要的环境问题表

名称	科室	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
					施工期	营运期
主体工程	放疗中心	加速器治疗室 2	设备、数量	10MV 医用电子直线加速器 1 台	施工噪声、扬尘、固体废弃物、生活污水	X射线、电子线、臭氧、噪声、医疗固体废物
			设备型号	Elekta Synergy		
			管理类别	II 类		
			使用场所	加速器治疗室		
			年曝光时间	250h		
			机房尺寸	10m (长) × 9m (宽) 净空高 4m, 净空面积约 76m ²		
			1m 剂量率	X 射线和电子线均为 6Gy/min		
			屏蔽体结构 (墙体、迷道和顶部均为混凝土)	①改造后机房为地下负一层, 结构不变, 各侧墙体及屋顶都为 2.35t/m ³ 的钢筋混凝土。主射朝向南侧、北侧和顶部主墙。②主射北墙屏蔽墙厚 2.7m (加厚外侧 30cm)、宽 3.3m, 次屏蔽墙厚为 1.6m (内侧加厚 30cm); 主射南墙屏蔽墙厚 2.7m (外侧加厚 30cm)、宽 3.3m, 次屏蔽墙厚为 1.6m (外侧加厚 30cm); 西墙屏蔽墙厚 1.45m (内侧加厚 20cm); 东墙设置长直迷道, 迷道内墙厚 0.7m~1.25m, 迷道外墙厚 1.25m~0.7m; 屋顶主屏蔽顶板厚度 2.4m+70mm 铅板 (增加 70mm 铅板), 宽 3.3m, 次屏蔽顶板厚度 1.3m; ③防护门 12mm 铅板 + 60mm5%聚硼乙烯。		
	介入中心	手术间 1	设备、数量	医用血管造影 X 射线系统 1 台 (125kV/1000mA)	施工噪声、扬尘、固体废弃物、生活污水	X射线、臭氧、噪声、医疗固体废物
			设备型号	UNIQ FD20		
			管理类别	II 类		
			使用场所	介入中心手术间 1		
			年曝光时间	500h		
			机房尺寸	净空面积 51m ²		

			淘汰设备	淘汰现有 AXION Artis u 型 X 射线血管造影机 (150kV/760mA)		
			屏蔽体结构	①改造后介入中心手术室1位置不变, 机房净空面积扩大至 51m ² (增加 15m ²)。②南北侧墙体均选用 37cm 页岩实心砖墙, 东西侧墙体均选用 37CM 页岩实心砖墙, 屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板 (增加 2mm 铅板) ③病人进出门和控制室防护门均采用 3mm 铅当量屏蔽门, 控制室、观察窗安装 3mm 铅当量铅玻璃。		
	复合手术室	复合手术室	设备、数量	医用血管造影 X 射线系统 1 台 (125kV/1000mA)	施工噪声、扬尘、固体废弃物、生活污水	X射线、臭氧、噪声、医疗固体废物
			设备型号	UNIQ FD20		
			管理类别	II 类		
			使用场所	复合手术室		
			年曝光时间	500h		
			机房尺寸	净空面积 60m ²		
			屏蔽体结构	①改建后复合手术室净空面积 80m ² 。②南北墙体均选用 37cm 页岩实心砖墙, 东西墙体选用钢结构龙骨架加 3mm 铅板, 屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板 (增加 2mm 铅板)。③病人进出门和控制室防护门均采用 3mm 铅当量屏蔽门, 控制室、观察窗安装 3mm 铅当量铅玻璃。		
辅助工程	医用电子直线加速器	控制室、水冷机房、电器辅助用房			施工噪声、扬尘、固体废弃物、生活污水	生活废水, 生活垃圾
	介入中心 DSA	控制室、设备间、缓冲间、导管室、铅衣室			施工噪声、扬尘、固体废弃物、生活污水	
	复合手术室 DSA	控制室、设备间、缓冲间、导管室、铅衣室			施工噪声、扬尘、固体废弃物、生活污水	
公用工程	依托医院现有配电、供电和通讯系统等				利旧	/
办公生活设施	诊断室、留观室、医生办公室等。				利旧	生活废水, 生活垃圾

仓储及其他	其他用房	利旧	生活废水, 生活垃圾
-------	------	----	------------

4、本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目所采购医用射线装置均为自动化数字成像设备，故不使用显定影液及胶片。主要原辅材料及能耗情况见表 1-4。

表 1-4 主要原辅材料及能耗情况表

类 别	名 称	年耗量	来 源	用途
能源	电	1000kW·h	市政电网	机房用电
水	生活用水	900m ³ /a	市政管网	生活用水

5、本项目设备装置及使用情况一览表

本项目主要设备配制及技术参数见表 1-5。

表 1-5 主要设备配置及主要技术参数表

设备名称	型号	数量	设备参数	管理类别	使用场所	曝光方向	年出束时间(h)	单次照射最长 时间	备注
医用血管造影 X 射线系统	UNIQ FD20	1 台	125kV、1000mA	II 类	介入中心手术间 1	由上向下	500 拍片 50 透视 450	10min	更新
医用血管造影 X 射线系统	UNIQ FD20	1 台	125kV、1000mA	II 类	复合手术室	由上向下	500 拍片 50 透视 450	10min	新增
医用电子直线加速器	Elekta Synergy	1 台	最大 X 射线能量 10MV、最大电子束能量 15MeV	II 类	海油外科大楼负一楼放疗中心加速器治疗室	/	250	1.5min	新增

6、劳动定员及工作制度

本项目共配置辐射工作人员 50 人，均从医院现有辐射工作人员中调配，本项目建成后，所有辐射工作人员不再从事原辐射相关工作，且本项目各科室定岗定责，不存在剂量叠加情况。各科室具体人员配置情况见表 1-6。今后，医院可根据开展项目的实际情况做适当调整。

工作制度：实行 8 小时工作制，年工作时间 300 天。

表 1-6 本项目辐射工作人员配置情况表

设备名单	人数	备注
介入治疗室手术间 IDSA	16 人	医生 12 人，护士 3 人，技师 1 人

复合手术室 DSA	16 人	医生 12 人, 护士 3 人, 技师 1 人
医用电子直线加速器	18 人	/

本次新增辐射工作人员应参加辐射安全与防护培训并考核合格持证上岗, 严禁无证人员从事辐射工作活动, 严格落实《辐射工作人员培训制度》。培训合格证书的有效期为 4 年, 有效期届满应参加复训。

三、本项目产业政策符合性分析

本项目将核和辐射技术用于医学领域, 属高新技术。根据《产业结构调整指导目录》(2019 年本) 相关规定, 本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”, 符合国家产业发展政策。

四、本项目外环境及总图布置合理性分析

1、项目选址合理性分析

(1) 本项目外环境关系

1) 医院外部环境

广元市第一人民医院位于四川省广元市利州区苴国路, 医院东面紧邻东苑路, 东面为恒星城小区 (22m); 南面紧邻绵谷路、南面为宏福世家小区 (35m); 东南面为龙和锦尚小区 (53m), 西面紧邻河阳路、西面为兴和苑小区 (40m)、西南面为馨怡苑小区 (45m); 北面紧邻苴国路、北面为金福苑小区 (40m)、西北面为大东英才学校 (57m)。医院周围主要以商住区为主的城居环境, 本项目建设不新增用地, 医院的外环境关系见下图。

2) 辐射场所周边环境关系

①放疗中心周边环境

本项目放疗中心加速器治疗室 2 位于医院拟在海油外科大楼放疗中心负一层, 海油外科大楼位于医院南部。海油外科大楼北侧为内科住院大楼 (距大楼边界 26m, 距离加速器治疗室实体屏蔽 55m), 西面为兴和苑小区 (距大楼边界 40m, 距离加速器治疗室实体屏蔽 56m), 东面为恒星城小区 (距大楼边界 22m, 距离加速器治疗室实体屏蔽 86m), 南面为宏福世家小区 (距大楼边界 35m, 距离加速器治疗室实体屏蔽 53m), 西南面为馨怡苑小区 (距大楼边界 45m, 距离加速器治疗室实体屏蔽 73m), 东南面为龙和锦尚小区 (距大楼边界 53m, 距离加速器治疗室实体屏蔽 105m)。

②介入中心周边环境

本项目介入中心手术间 1 位于医院内已建的内科住院大楼一层, 内科住院大楼位于医院中部。内科住院大楼北侧为医院门诊大楼 (距大楼边界 25m, 距手术间 1 实体屏蔽 27m),

东北侧为医院健康管理中心（距大楼边界 8m，距手术间 1 实体屏蔽 47m）、西北侧为西辅楼（距大楼边界 6m，距手术间 1 实体屏蔽 31m），南侧为海油外科大楼（距大楼边界 26m，距手术间 1 实体屏蔽 55m），东侧院外最近为恒星城小区（距大楼边界 37m，距手术间 1 实体屏蔽 80m），西侧院外最近为兴和苑小区（距大楼边界 37m，距手术间 1 实体屏蔽 64m），北侧院外最近为金福苑小区（距大楼边界 156m，距手术间 1 实体屏蔽 156m），其余院外敏感目标，距离均大于 156m。

③复合手术室周边环境

本项目复合手术室位于医院内已建的内科住院大楼一层，内科住院大楼位于医院中部。内科住院大楼北侧为医院门诊大楼（距大楼边界 25m，距复合手术室实体屏蔽 27m），东北侧为医院健康管理中心（距大楼边界 8m，距复合手术室实体屏蔽 33m）、西北侧为西辅楼（距大楼边界 6m，距复合手术室实体屏蔽 43m），南侧为海油外科大楼（距大楼边界 26m，距复合手术室实体屏蔽 53m），东侧院外最近为恒星城小区（距大楼边界 37m，距手术间 1 实体屏蔽 67m），北侧院外最近为金福苑小区（距大楼边界 156m，距复合手术室实体屏蔽 156m），西侧院外最近为兴和苑小区（距大楼边界 37m，距复合手术室实体屏蔽 75m），其余院外敏感目标，距离均大于 156m。

本项目新增辐射工作场所位于已建的医院院内，不新增占地。医院周边以居民住宅、城市绿地、商业设施为主，周边无自然保护区、保护文物、风景名胜区等特殊环境保护目标。项目选址无大的环境制约因素。



图 1-1 广元市第一人民医院外环境关系

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》(HJ 10.1-2016) 中的要求, 本项目辐射评价范围取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围以内的区域, 下表据此梳理了离本项目边界 100m 范围内的公众。

表 1-7 本项目周围距离本项目边界较近的公众

辐射源	辐射源位置	目标	位置	方位	最近直线距离(M)	人数	是否在项目评价范围内
放疗中心	海油外科大楼负一层	放疗中心周围流动人员	放疗中心内就诊公众及地下停车场	核医学科内及同层周围	0.3	流动人群	是
			海油外科大楼1楼至6楼	正上方	6.06		是
			一层地面花园	正上方	6.06		是
			内科住院大楼	北	55		否
			兴和苑小区	西	56	约 800 人	否
			恒星城小区	东	86	约 800 人	否
			宏福世家小区	南	53	约 1200 人	否
			馨怡苑小区	西南	73	约 700 人	否
介入治疗中心	内科住院大楼一层	介入治疗中心周围流动人员	介入中心	介入中心内及同层周围	0.3	流动人群	是
			内科住院大楼2层至9层	介入治疗中心楼上	3.9		是
			医院门诊大楼	北	27		是
			健康管理中心	东北	47		是
			西辅楼	西北	31		是
			海油外科大楼	南	55		否
			兴和苑小区	西	64	约 800 人	否
			恒星城小区	东	80	约 800 人	否
复合手术室	内科住院大楼一层	复合手术室周围流动人员	复合手术室	复合手术室内及同层周围	0.3	流动人群	是
			内科住院大楼2层至9层	复合手术室楼上	3.9		是
			医院门诊大楼	北	27		是
			健康管理中心	东北	33		是
			西辅楼	西北	43		否
			海油外科大楼	南	55		否
			恒星城小区	东	67	约 800 人	否

			兴和苑小区	西	75	约 800 人	否
--	--	--	-------	---	----	---------	---

由表 1-7 可知，本项目直线加速器治疗室及其配套用房工作场所设置于地下一层，介入中心手术间 1、复合手术室设置于内科大楼一层辐射治疗集中区域，均避开了人流量较大的区域，避开了集中居民区，避免造成公众不必要的照射；选址又尽可能地靠近了门诊区域、急诊区域、重症患者监护区域（CCU 中心），便利了放射诊治的需要。

本项目所在辐射场所已取得原四川省环境保护局“川环审批[2019]190 号”、四川省环境保护厅“川环审批[2016]241 号”文批复，选址合理性已在《广元市第一人民核技术利用灾后重建项目环境影响报告表》、《广元市第一人民医院医用射线装置改扩建项目环境影响报告表》中进行了论述，本项目在现有已建大楼了进行，不新增用地，且拟建设的各个辐射工作场所，均按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，电离辐射对工作人员和公众的照射剂量低于《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）的限值要求和本报告提出的剂量约束值。

本项目的建设不占用医院消防通道，可实现本项目与院区其他功能单元的相容。

本项目选址位于广元市第一人民医院院内，不新增占地，医院用地为医疗用地，符合广元市总体规划。本项目与周边环境相容，选址符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于选址的要求，符合《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和防护管理办法》等法规的要求。因此本项目选址合理。

本项目地理位置图见附图 1，医院总平布置及外环境关系图见附图 2。

2、与周边环境相容性分析

项目利用医院内现有完善的水资源供给系统，生活污水和医疗废水经医院内配套建设的污水处理站处理后由市政管网排入污水处理厂处理，不会对当地水质产生明显影响；本项目产噪设备不多，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容。

3、总平面布局合理性分析

①加速器治疗室 2 平面布置

本项目医用电子直线加速器机房所在海油外科大楼负一楼加速器治疗室 2。治疗室 2 东侧为地下停车场、北侧为控制室、电器辅助用房和水冷机房、南侧为地下停车场，西侧为现有加速器治疗室 1（安装有 10MV 电子直线加速器一台）和 Ir¹⁹² 后装治疗室。加速器治疗室 2 为专设的辐射治疗场所，位置相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素；治疗室设置了病人通道和医生通道，候诊病人从病人通道进

入机房，医生从医生通道进入操作室和机房，设置独立。

医院按照规定将本项目放疗科直线加速器所涉及的辐射工作场所分为控制区和监督区管理。加速器治疗室 2 所在楼层平面布置图见附图 3，两区划分见本报告附图 3-1。两区分区合理，符合辐射防护要求。

②介入中心手术间 1 平面布置

本项目涉及介入中心手术间 1DSA 机位于内科大楼一楼介入中心手术间 1。手术间 1 机房东面为设备间、南面为控制室和医生走廊、西侧为配套用房（洗手间、淋浴间、更衣室）、北面为患者通道、楼上为病房；DSA 机房位置相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素；DSA 机房设置了病人通道和医生通道，候诊病人从病人通道进入机房，医生从医生通道进入操作室和机房，设置独立；DSA 曝光方向由上向下，医生办公室位于射线侧向。

医院按照规定将本项目介入中心所涉及的辐射工作场所分为控制区和监督区管理。介入中心手术间 1 所在楼层平面布置图见附图 4，两区划分见本报告附图 4-1。两区分区合理，符合辐射防护要求。

③复合手术室平面布置

本项目复合手术室位于内科大楼一楼。复合手术室西侧为介入中心和复合手术室公共通道，南侧为天井，东侧为设备间、操作间、换衣间、库房，北侧为打气房等，楼上为病房。复合手术室位于介入中心东面，是集中设置的辐射治疗区域，相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素；复合手术室设置了病人通道和医生通道，候诊病人从病人通道进入机房，医生从医生通道进入操作室和机房，设置独立；DSA 曝光方向由上向下，医生办公室位于射线侧向。

医院按照规定将本项目复合手术室所涉及的辐射工作场所分为控制区和监督区管理。复合手术室所在楼层平面布置图见附图 4，两区划分见本报告附图 4-2。两区分区合理，符合辐射防护要求。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度地避开了人流量较大的门诊区或其它人员集中活互相干扰，且最大限度地避开了人流量较大的门诊区或其它人员集中活动区域，并同时兼顾了病员就诊的方便性，所以总平面布置是合理的。

五、实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，

提高对疾病（特别是恶性肿瘤）的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、病人治疗中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断和治疗过程中射线装置、非密封放射性物质的应用可能会造成如下放射性环境问题：

- (1) 给周围环境造成一定的辐射影响。
- (2) 给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。
- (3) 射线装置的使用及管理的失误会造成严重的辐射安全事故。

该医院在放射诊断和治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

六、原有核技术利用情况

1、辐射安全许可证的许可种类和范围

目前，广元市第一人民医院已取得原四川省环境保护厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00212]），允许使用种类和范围为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。医院现有的射线装置、放射源和开放性工作场所均已登记在《辐射安全许可证》副本上。具体许可项目见表 1-8。

表 1-8 医院目前涉及射线装置汇总表

序号	装置名称	规格型号	类别	数量	工作场所	环评审批情况	验情况	备注
1	数字化医用 X 射线摄影系统	VX3733-SYS	Ⅲ		放射科 摄片室	通过	合格	
2	医用诊断 X 线机	XG510A	Ⅲ		放射科透视室	通过	合格	
3	模拟定位机	SL-IC	Ⅲ		模拟定位室	通过	合格	
4	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	PXD-2000	Ⅲ	1 台	放射科	通过	合格	
5	移动式形臂 X 射线机	BRIVO OEC 715	Ⅲ	1 台	手术室	通过	合格	
6	医用电子直线加速器	PRIMUS M	Ⅱ	1 台	加速器治疗室 1	通过	合格	
7	数字乳腺 X 射线系统	SN-DR3	Ⅲ	1 台	乳腺钼靶检查室	通过	合格	
8	X 射线血管造影机	AXIOMA RTISU	Ⅱ	1 台	放射科介入室	通过	合格	

9	医用血管造影 X 射线机	INN VAIGS53 0530	II	1 台	放射科 介入室	通过	合格
10	口腔 X 射线机	KODAK 8000	II	1 台	口腔科 牙片室	通过	合格
11	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATO M SPIRIT	III	1 台	放射科 CT 室	通过	合格
12	X 射线计算机断层摄影设备	INGENUI TYCT	III	1 台	放射科 CT 室	通过	合格

2、辐射安全管理现状

(1) 辐射防护管理机构

为了加强对辐射安全和防护管理工作，医院于 2010 年 1 月成立了医院放射防护与辐射安全管理组，2015 年 8 月对管理组成员进行了调整出具《广元市第一人民医院关于调整放射防护与辐射安全管理组的通知》（院发[2015]66 号）。办公室下设于设备管理科，负责日常工作，何龙泉办公室主任，李晓华任专职管理员。管理组明确了具体职责及工作制度。医院成立辐射防护管理机构文件见附件 6。

(2) 辐射安全管理制度建立和执行情况

根据《环保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）制度要求，建设单位目前制定的规章制度落实对照情况见表 1-9。

表 1-9 管理制度汇总对照表

序号	检查项目	落实情况	整改要求
1	辐射安全和防护管理规定 (综合性文件)	已制定《放射科辐射安全防护制度》、《介入室放射防护管理制度》、《放疗科放射防护管理制度》等规定	较完善，无需整改
2	放射性药物管理规定 (购买、领用、保管和盘存)	已制定《放射性药品的使用管理制度》	较完善，无需整改
3	辐射工作场所安全 保卫制度	已制定《辐射工作场所安全保卫制度》	较完善，无需整改
4	场所分区管理规定（含人 流、物流路线图）	已制定	较完善，无需整改
5	非密封放射性物质操作规 程（分操作核素或诊治类别 进行制定）	暂未制定	需补充完善《I-131 操作规 程》
6	去污操作规程	暂未制定	需补充完善《放射性污染去 污操作规程》

7	射线装置操作规程	已制定《CT 机操作规程》、《DR 操作规程》、《500mA 医用 X 光机操作规程》、《数字乳腺 X 射线系统操作规程》、《移动 DR 操作规程》、《X 射线血管造影机操作规程》、《医用血管造影 X 射线机操作规程》、《X 线电子计算机断层扫描装置操作规程》、《放射治疗模拟机 (SL-IC) 操作规程》、《医用直线加速器管理规定及操作规程》	较完善，无需整改
8	辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定《放射诊疗设备管理及维修制度》	较完善，无需整改
9	患者管理规定	暂未制定	需分补充完善制定《患者管理规定》
10	监测方案	已制定《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》	较完善，无需整改
11	监测仪表使用与校验管理制度	已制定《监测仪表使用与校验管理制度》	较完善，无需整改
12	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定《放射/辐射工作人员培训制度》	较完善，无需整改
13	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定《广元市第一人民医院个人剂量管理制度》	较完善，无需整改
14	辐射事故/事件应急预案	已制定《广元市第一人民医院放射/辐射事故应急预案》	较完善，无需整改
15	放射性“三废”管理规定	已制定《放射性废物处理制度》	较完善，无需整改
16	放射性治疗保证大纲及质量控制计划	已制定《放射治疗质量保证大纲和质量控制计划》	较完善，无需整改

评价要求：①医院应根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400 号）要求，对相关管理制度进行补充和完善；②《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，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

（3）辐射安全与防护培训

广元市第一人民医院现有 142 名辐射工作人员，全部取得了辐射安全与防护培训合格证书。

评价要求：医院应安排全部辐射工作人员积极参加环保主管部门组织的辐射安全与防护培训，确保持证上岗。另外，辐射安全与防护培训合格证书有效期为 4 年，医院应组织现已取得证书的辐射工作人员及时参加复训。

（4）年度评估报告

医院已向广元市生态环境局提交了“2019 年度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”，对医院 2019 年度的辐射场所的安全和防护状况

以及辐射管理情况进行了说明。

(5) 开展辐射监测情况

1) 个人剂量监测

医院辐射工作人员佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2002) 和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 18 号) 要求建立个人剂量档案。医院有专人负责个人剂量检测管理工作。发现个人剂量检测结果异常时，及时调查原因，并将有关情况及时报告医院辐射防护领导小组。医院提供了最近连续四个季度（2019 年第一~第四季度）的个人剂量监测报告，监测单位为天津瑞丹辐射检测有限公司。根据医院提供的个人剂量监测报告，检测结果表明：

放射性工作人员国凤高一季度个人年剂量 11.12mSv，高于 1.25mSv，经调查为误将剂量牌放入 CT 操作间检查室，属于未正确佩戴个人剂量计造成超标。“国凤高职业性外照射个人监测超记录水平核查登记表”见附件。

放射性工作人员除国凤高外，其余人员个人年剂量均低于 5.0mSv，季度个人剂量均低于 1.25mSv。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中对辐射工作人员要求的剂量限值；

医院 2019 年四个季度的个人剂量统计表见附件。

环评要求：加强对辐射工作人员的管理和正确佩戴、使用个人剂量计的宣传，防止出现个人剂量异常情况。

医院需进一步完善个人剂量档案管理，要有专人发放并回收，且有专门的位置存放，做到人员剂量档案一人一档并具有可追溯性。此外，医院还应保证每名辐射工作人员定期进行职业健康体检，若检查结果异常，应及时分析原因。个人剂量档案和个人健康档案应由医院终身保存。

2) 工作场所辐射水平监测

2019 年医院已委托广元天平环境检测有限公司对现用的射线装置场所进行了年度监测，监测结果表明资中广元市第一人民医院辐射屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 有关规定，监测报见附件。

(6) 是否发生辐射安全事故

根据调查，医院自取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故。

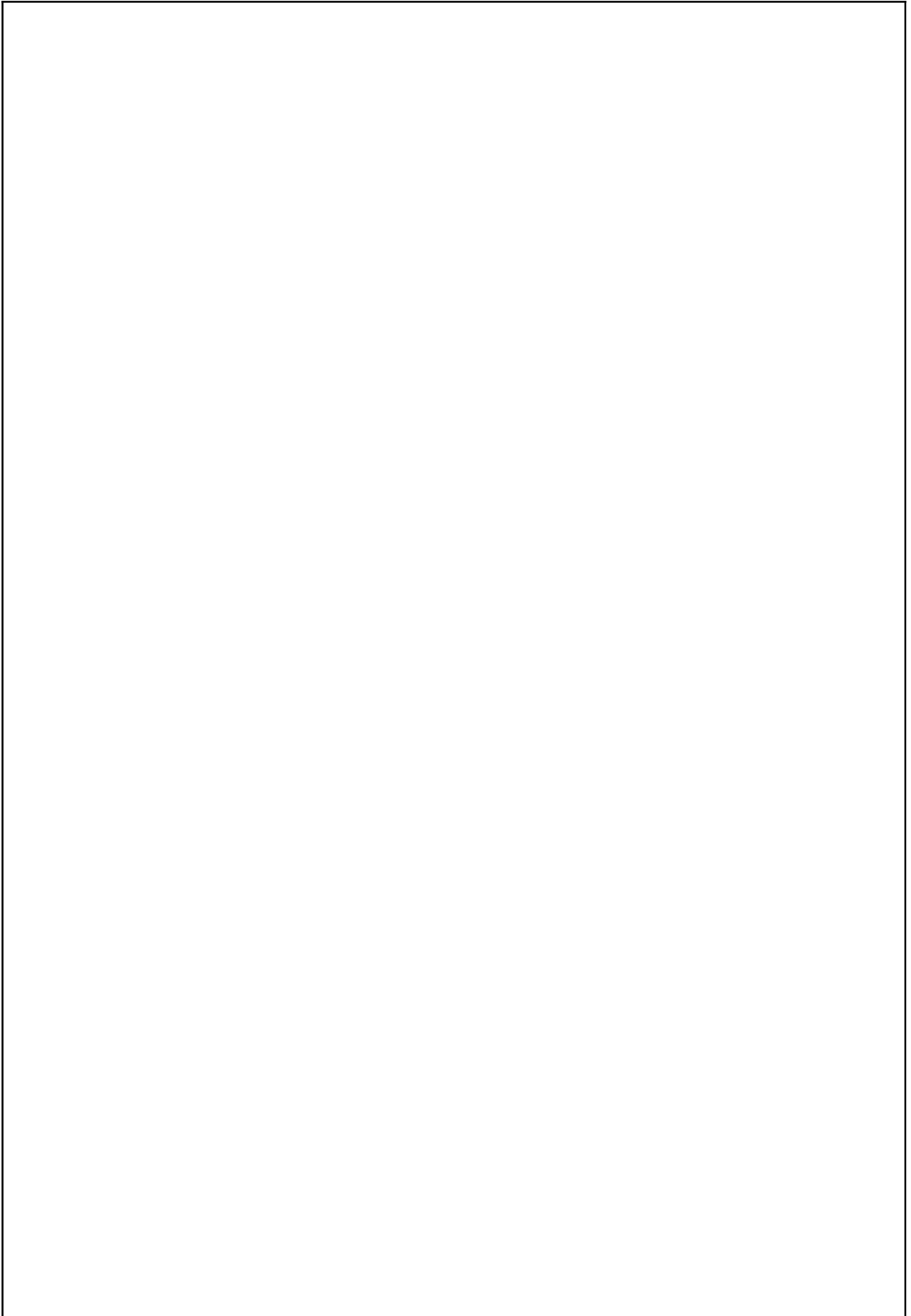


表 2：放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式 与地点	备注
1	IR-192	3.7E+11	Ⅲ 类	使用	诊断治疗	后装治疗室	密封储存	登记 上证 在用
2	IR-192	3.7E+11	Ⅲ 类	使用	诊断治疗	后装治疗室	密封储存	
3	SR-90	7.4E+8	Ⅴ 类	使用	诊断治疗	医院内核医学科	密封储存	

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

表 3：非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大 操作量 (Bq)	日等效最大 操作量 (Bq)	年最大 用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	场所等级	贮存方式与地点
1	I-131	—	使用	——	1.85E+7	3.7E+10	诊疗	——	活性室	丙级	登记上证在用

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

表 4：射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	数字化医用 X 射线摄影系统	III 类	1	VX3733- SYS	150KV	800mA	诊断	放射科摄片室	
2	医用诊断 X 线机	III 类	1	XG510A	125KV	500mA	诊断	放射科透视室	
3	模拟定位机	III 类	1	SL-IC	125KV	500mA	诊断	模拟定位室	
4	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	III 类	1	PXD-2000	125KV	400mA	诊断	放射科	
5	移动式 C 形臂 X 射线机	III 类	1	Brivo OEC 715	110KV	20mA	诊断	手术室	
6	医用电子直线加速器	I 类	1	PRIMUS M			使用	加速器治疗室 1	
7	数字乳腺 X 射线系统	III 类	1	SN-DR3	40KV	140mA	诊断	乳腺钼靶检查室	
8	医用血管造影 X 射线机	I 类	1	InnovaI GS53053 0	125kV	1000mA	诊断治疗	放射科介入室	
9	口腔 X 射线机	III 类	1	Kodak 8000c	90KV	15mA	诊断	口腔科牙片室	
10	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	III 类	1	SOMATOM Spirit	130KV	200mA	使用	放射科 CT 室	
11	X 射线计算机断层摄影设备	III 类	1	Ingenui tyCT	140kV	665mA	诊断	放射科 CT 室	

12	X 射线血管造影机	Ⅱ类	1	AXIOMAr tisu	150KV	760mA	使用	介入中心 手术间 1	登记上证 本次拟淘汰
15	医用血管造影 X 射线系统	Ⅱ类	1	UNIQ FD20	125KV	1000mA	使用	介入中心 手术间 1	本次更新
16	医用血管造影 X 射线系统	Ⅱ类	1	UNIQ FD20	125KV	1000mA	使用	复合手术室	本次新增
17	医用电子直线加速器	Ⅱ类	1	Elekta Synergy			使用	加速器治疗室 2	本次新增

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (mA)	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	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	通过排风系统导至屋顶高于屋面排放
感生放射性废气	——	——	——	——	——	——	——	——
感生放射性固废	——	——	——	——	——	——	——	——

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/m³；年排放总量用kg。

2、含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg 或Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6：评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月 1 日实施； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2005 年 12 月 1 日实施； (6) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国生态环境部部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日起实行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2017 年修订，环保部第 31 号令； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号； (10) 《射线装置分类办法》（国家环境保护总局 2017 年第 66 号）； (11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发【2006】145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日； (12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发【2012】77 号，环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日； (13) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发【2015】162 号。
技术标准	(一) 技术导则 (1) 《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目·环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)； (二) 相关标准 (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (2) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)； (3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)； (4) 《职业照射个人监测规范外照射监测》(GB5294-2001)；

	(5) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)； (6) 《电离辐射所致皮肤剂量估算办法》(GBZ/T244-2017) (7) 《医用 X 射线治疗卫生防护标准》(GBZ131-2002) (8) 《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)； (9) 《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)； (10) 《电子直线加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)； (11) 《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012)；
其他	(1) 环评委托书； (2) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》； (3) 《关于印发的〈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)； (4) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987)。 (5) 广元市第一人民医院提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

表 7：保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目医用射线装置的特点和应用内容，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2006) 要求，参照《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 对射线装置应用的辐射监测技术要求，确定辐射环境影响评价的范围：以 DSA 机房和加速器治疗室为边界，半径 50m 内区域作为评价范围。

保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围停留的公众，具体如下表所示。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此在进行预测时选取离辐射工作场所50m评价范围内的保护目标进行分析。同时考虑到对院外保护目标的公众影响，，同时选取辐射场所外50-100m有代表性的环境保护目标进行分析。

表 7-1 主要环境保护目标

保护目标		保护类别	位置	方向	距离辐射源最近直线距离 (m)	人数	管理限值 (mSv/a)
放疗中心	医用电子直线加速器医护人员	职业	加速器治疗室 2 配套控制室 (包括水冷机房、电气辅助用房)	北侧	7.05	16	5
	医用电子直线加速器治疗室 2 周围流动人员	公众	海油外科大楼主楼负一层	北侧	12.25	流动人群	0.1
			海油外科大楼地下停车场	南侧	7.05	流动人群	0.1
			海油外科大楼 1 层放疗中心诊室	正上方	6.06	流动人群	0.1
			治疗室楼顶一层花园	正上方	6.06	流动人群	0.1
			海油外科大楼地下停车场	东侧	8.3	流动人群	0.1
			医用电子直线加速器治疗室 1 电器辅助用房	西北	9.35	流动人群	0.1

			医用电子直线加速器治疗室 1 控制室	西北	12.32	流动人群	0.1
			I ¹⁹² 后装治疗室控制室	西	17.23	流动人群	0.1
介入中心	DSA 医护人员	职业	手术间 1 内医生	/	0.3	≤16	5
		职业	手术间 1 内护士	/	1	≤16	5
		职业	控制室的医护人员	北侧	2.42	≤16	5
	手术间 1 周围流动人员	公众	谈话间、医生通道	南侧	2.42	流动人群	0.1
			西侧附属用房（洗手间、淋浴间、更衣室）	西侧	3.17	≤32	0.1
			病患通道的患者及陪护人员	北侧	4.22	≤30	0.1
			介入中心大厅的流通人员	东侧	7.43	流动人群	0.1
			内科大楼 2 层病房	正上方	3.9	流动人群	0.1
			医院门诊大楼	北	27	流动	0.1
			健康管理中心	东北	47	人群	0.1
			西辅楼	西北	31	流动人群	0.1
复合手术室	DSA 医护人员	职业	复合手术室内医生	/	0.3	≤16	5
		职业	复合手术室内护士	/	1	≤16	5
		职业	控制室的医护人员	东侧	3.15	≤16	5
	复合手术室周围流动人员	公众	附属用房（库房、更衣室、谈话间等）	东侧	4.2	流动人群	0.1
			废物通道	东侧	3.15	流动人群	0.1
			内科大楼外北侧过道	北侧	7.68	流动人群	0.1
			天井	南侧	6.12	流动人群	0.1
			内科大楼 2 层病房	正上方	3.9	流动人群	0.1
			内科大楼人员通道	西侧	4.2	流动人群	0.1
			打气房	东侧	4.2	流动人群	0.1
			医院门诊大楼	北	27	流动人群	0.1
			健康管理中心	东北	33	流动人群	0.1
				西辅楼	西北	43	流动人群

表 7-2 本项目评价范围外 50m~100m 外环境一览表

辐射源	辐射源位置	位置	方位	人数	直线距离(M)	照射类型	剂量约束值 (mSv/年)	备注
放疗中心	海油外科大楼负一层	兴和苑小区	西	约 800 人	56.33	公众照射	0.1	院外
		恒星城小区	东	约 800 人	86.21	公众照射	0.1	
		宏福世家小区	南	约 1200 人	53.35	公众照射	0.1	
		馨怡苑小区	西南	约 700 人	73.25	公众照射	0.1	

评价标准

根据《广元市生态环境局关于医用电子直线加速器、数字减影血管造影机（DSA）改扩建项目环境影响评价执行标准的函》（广环标函〔2020〕1号）本项目环境影响评价执行环境标准具体为：

一、辐射环境管理限值

1、剂量约束值

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4.3.3.1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，眼晶体的年当量剂量不超过150mSv。项目要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量值的1/4执行，即5mSv/a；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量为125mSv。

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。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有限剂量值的1/10执行，即0.1mSv/a。

2、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

参照《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）有关规定，本项目医用射线装置使用场所在距离机房屏蔽体外表面30cm外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于2.5μSv/h。

二、其他环境执行标准

1、环境质量标准

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

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

声环境质量：执行国家《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准；

2、污染物排放标准

废水：废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005），进入污水处理厂执行预处理标准；

废气：废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；运营期噪声

执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类功能区标准。

固废：执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 以及《关于发布<一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准> (GB18599-2001) 等 3 项国家污染物控制标准修改单的公告》中的相关要求。

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

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、监测方法及仪器

受四川省中栎环保科技有限公司的委托，四川同佳检测有限公司于 2019 年 3 月 18 日对广元市第一人民医院医用电子直线加速器、数字减影血管造影机（DSA）改扩建项目项目进行了环评监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

项目	监测方法	方法来源	检出限	备注
X-γ辐射剂量率	《辐射环境监测技术规范》	HJ/T61-2001	0.01μSv/h	/
	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-93		

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					使用环境		
	名称及编号	技术指标			校准情况			
X-γ辐射 剂量率	名称:加压电离室 巡测仪 型号:451P-DE-SI 编号:TJHJ2016-14	①能量范围: 20KeV~2MeV				校准单位:中国 测试技术研究院 校准字号: 201810001621 201810005458 有效期至: 2019 年 10 月 15 日	天气:晴 温度: 15°C 湿度: 57%	
		②测量范围: (0.01-500)μSv/h						
		③校准因子:						
		K	X 射线 (kV)		γ射线 (μSv/h)			
			0.76	N-60	1.05			≤ 9.9
			0.84	N-80				
			0.99	N-100	0.96			≤ 89.2
			1.07	N-120	0.99			≤ 235
		1.08	N-150					

二、质量保证

本项目环境现状监测单位四川同佳检测有限公司，通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。

四川同佳检测有限公司质量管理体系：

(1) 检测机构资质认证

从事监测的单位四川同佳检测有限公司通过了四川省市场监督管理局的计量认证（计

量认证号：162312050547)。

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

(3) 记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。

三、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；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

具体监测结果如下所述：

表 8-3 放疗中心加速器治疗室 2 及其周围 X-γ辐射剂量率监测结果表 单位：μSv/h

点位	测量位置	监测结果	标准差(S)	备注
1	拟建加速器机房防护门	0.10	0.029	见监测布点图
2	拟建加速器机房控制室	0.10	0.018	
3	加速器治疗室 1 内墙面	0.08	0.042	
4	拟建加速器机房南侧墙面	0.05	0.016	
5	拟建加速器机房东侧墙面	0.06	0.028	
6	一楼排气扇处草坪距地面 1m	0.08	0.025	

注：以上监测数据均未扣除仪器宇宙射线响应值。

表 8-4 复合手术室及其周围 X-γ辐射剂量率监测结果表 单位：μSv/h

点位	测量位置	监测结果	标准差(S)	备注
1	拟建 DSA 室西侧墙面	0.13	0.019	见监测布点图
2	拟建 DSA 室北侧墙面	0.13	0.019	
3	拟建 DSA 室南侧楼梯处墙面	0.08	0.039	
4	拟建 DSA 室东侧设备间墙面	0.09	0.029	
5	二楼供应室距地面 1m	0.07	0.015	

注：以上监测数据均未扣除仪器宇宙射线响应值。

表 8-5 介入中心手术间 1 及其周围 X- γ 辐射剂量率监测结果表 单位: $\mu\text{Sv/h}$

点位	测量位置	监测结果	标准差(S)	备注
12	控制室内墙面	0.11	0.013	见监测布点图 2
13	值班室内墙面	0.12	0.017	
14	设备间内墙面	0.09	0.008	
15	东侧墙面	0.11	0.010	
16	二楼办公室距地面 1m	0.12	0.018	

注: 以上监测数据均未扣除仪器宇宙射线响应值。

本项目拟建场所为室内, 由监测报告得知, 项目所在区域的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值为 $0.008\sim 0.042\mu\text{Sv/h}$ 。在普通生活环境状态下, 辐射环境权重因子按 1 进行考虑, 则 γ 辐射剂量率背景值为 $0.008\sim 0.042\mu\text{Gy/h}$, 与《2018 年全国辐射环境质量报告》中广元市附近区域监测数据 γ 辐射空气吸收剂量率 ($0.0655\sim 0.1818$) $\mu\text{Gy/h}$ 无显著差异, 属正常环境本底水平。

综上, 可得出以下结论, 本项目所在地辐射环境处于本底状态。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期主要污染分析

1、土建、装修施工的污染分析

本项目直线加速器治疗室、介入中心手术间1和复合手术室是在原有建筑内进行改造和装修。因此，项目施工期主要是对已有建筑物、院内部进行改造和装饰施工、设备安装，最后进行竣工验收。其工艺流程及产物环节：

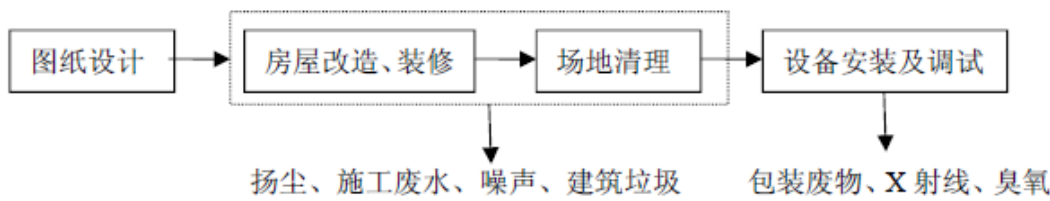


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

(1) 扬尘

由于本项目施工期工程量较小，在主体墙体粉刷后，设备安装及管线敷设过程中几乎不产生扬尘。

(2) 噪声

由于主体工程施工期间已预留有管线沟槽，仅设备安装过程中会产生一定噪声，但由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。

(3) 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可经医院的污水处理站处理。

(4) 废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时喷涂等工序产生的废气和装修材料中释放的废气，影响装修人员的身体健康，该废气的排放属无组织排放。因此在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气一至二个月后才能投入使用。因施工量小，装修周期较短，施工期对环境的影响较小。

(5) 固体废物

施工过程中固体废物主要为主体工程产生的建筑弃渣、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾，施工垃圾由施工单位集中收集到指定地点进行处理，

生活垃圾依托市政垃圾收运系统收集处理，因施工量较小，施工周期较短，对周围环境的影响较小。

2、设备安装调试期间的污染分析

本项目医用电子直线加速器、DSA 等射线装置的安装调试阶段，会产生X射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目医用电子直线加速器、DSA等射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、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，在运输设备和治疗室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，并在治疗室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治疗室上锁并派人看守。

二、运营期主要污染分析

1、医用电子直线加速器

(1) 设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由行波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生韧致辐射，即大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的X线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。典型的电子直线加速器的结构见下图 9-2。

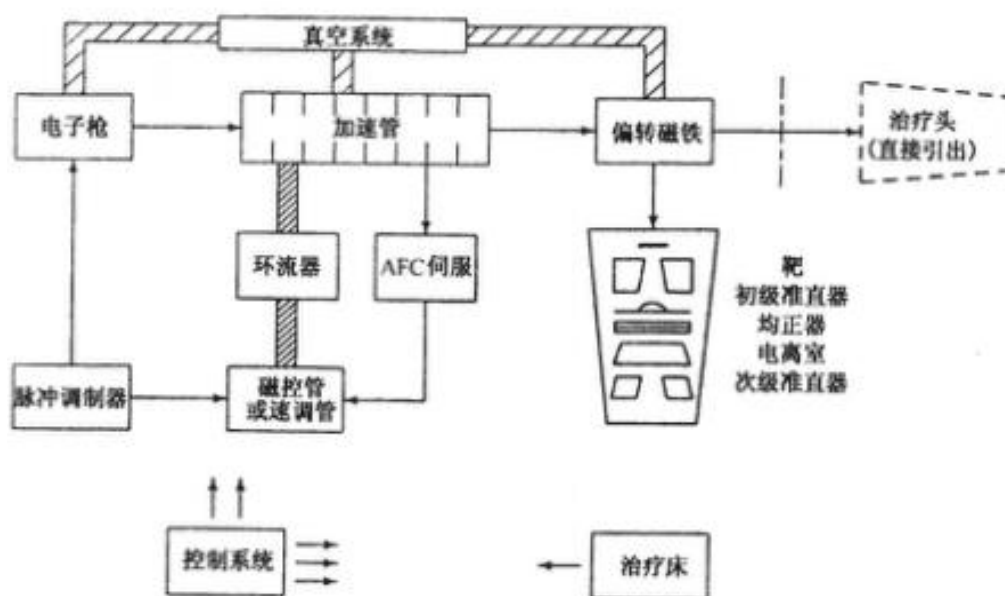


图 9-2 直线加速器内部结构图

(2) 工作原理

医用电子直线加速器属治疗类射线装置，主要用于皮肤癌、鼻咽癌、宫颈癌和某些脑肿瘤癌治疗，其治疗机理是根据肿瘤的不同情况采用 CT 进行定位，利用X射线束（深部治疗）或电子线（表层病灶治疗）进行照射，使细胞分裂和代谢遭到破坏，杀死或者抑制细胞的繁殖生长，从而达到治疗的目的。物理师对肿瘤病人治疗计划设计时严格按照相关标准，为病人的正常组织和医务人员的受照剂量进行计算-复核-模拟检测-实施中监测，健康监护等，并做好照射记录。根据病灶位置与性质及目的不同，给予的照射总剂量有所不同；治疗方法不同，给予的每日剂量亦不同。医用电子直线加速器结构简单，造价低，不使用放射源，所以成为目前医院放射治疗的主要手段。本次医院新增1台10MV医用电子直线加速器，电子能量最大为15MeV，属于II类射线装置。其主要参数如下所示：

射线类型：X 射线，电子线

电子线最大X射线能量：10MV

最大电子线能量：15MeV

最大照射野：X射线 $40 \times 40 \text{cm}^2$ ，电子线 $40 \times 40 \text{cm}^2$

主射线最大出束角度： 28°

正常治疗距离：100cm

加速器年最大出束时间：400小时。

等中心1米处额定输出剂量率：6Gy/min。

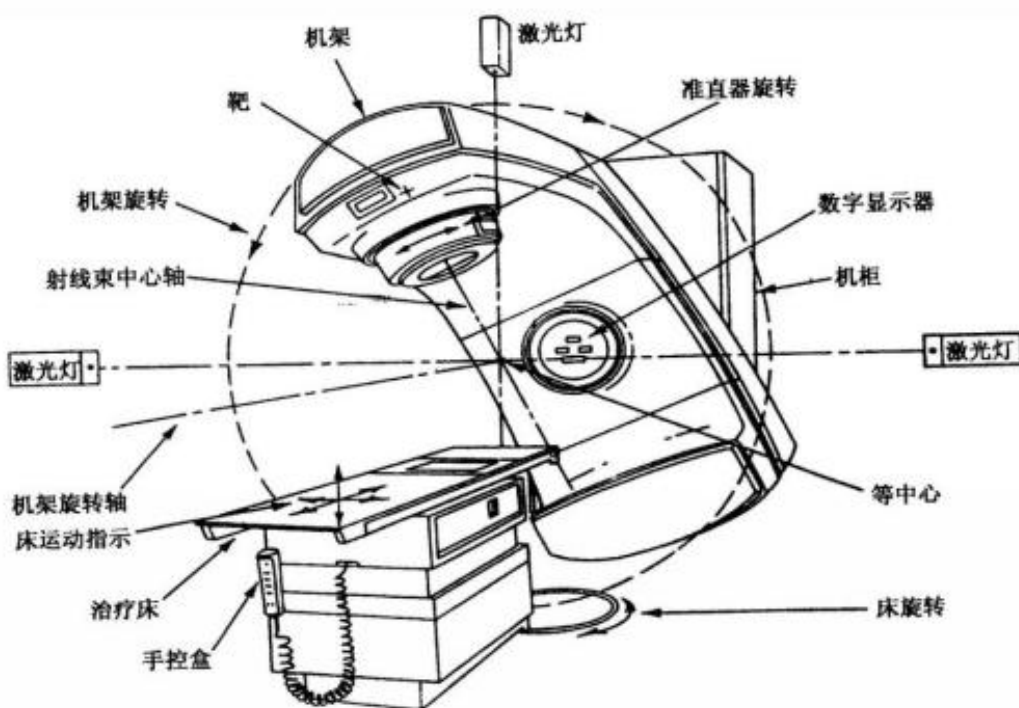
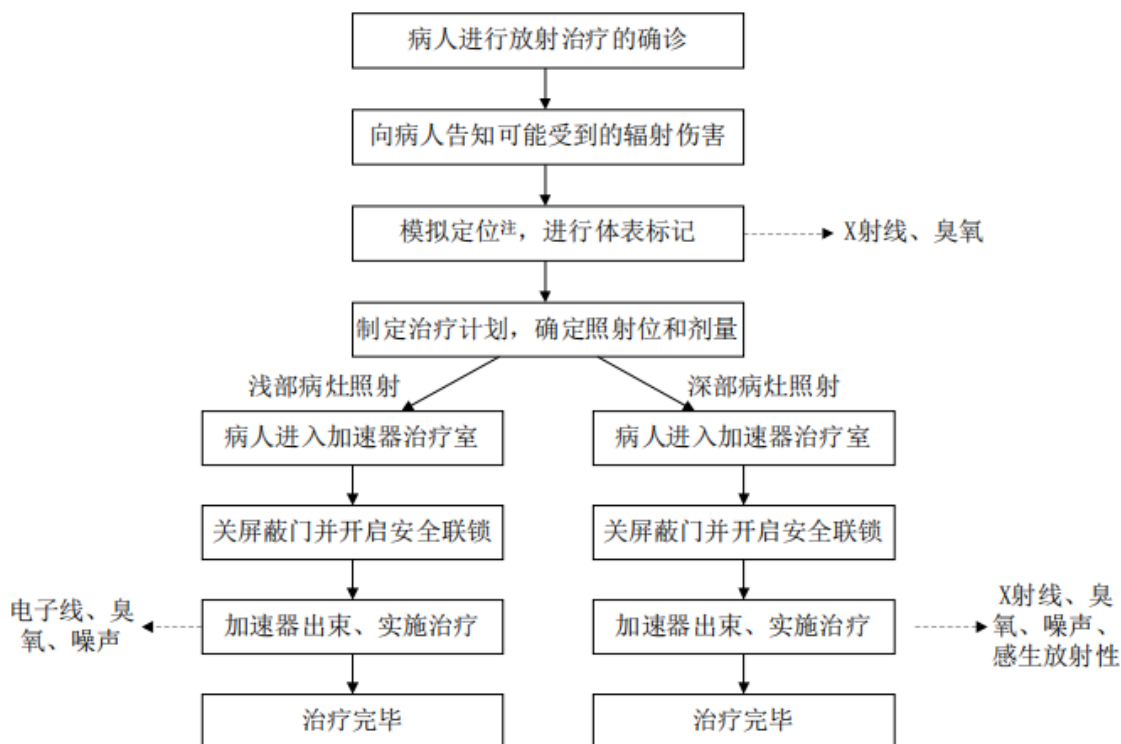


图 9-3 医用电子直线加速器机构示意图

电子线束治疗工作原理：电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电离室、光阑、附件接口、限光筒。电子枪产生的电子束，经初级准直器（此时已经移开 X 线靶）形成均匀稳定的电子束，通过散射箔扩大射束的直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后通过输出窗射出达到患者病灶实现治疗目的，即：初始电子束直接引出并经散射→均整后用于患者的治疗。

(3) 项目流程及产污染环节

直线加速器治疗流程为：病人进行放射治疗的确诊→向患者告知可能受到辐射危害→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→病人进入加速器治疗室→关闭屏蔽门并开启安全联锁→加速器出束治疗、实施治疗（一般电子加速器有两种治疗模式，一种是电子治疗模式，一般用于浅表部位病灶照射；一种是X射线治疗模式，用于深部病灶照射）→治疗完毕。本项目所使用的直线加速器治疗流程及产污位置见图 9-4。



注：模拟定位室为预留机房，由建设单位另行进行登记表备案。

图 9-4 医用电子直线加速器机构示意图

通过分析可知，10MV 直线加速器在开机使用过程可能有 X 射线、电子线、臭氧、噪声产生，具体污染物产生种类如下：

X 射线：深部治疗时，直线加速器以X射线档运行时，产生X射线；

电子线：浅层病灶治疗时，直线加速器以电子线档运行时，产生电子线； 臭氧：直线加速器治疗室中的空气电离产生微量臭氧；

噪声：直线加速器工作时，加速器、风机和水泵产生噪声。

2、DSA

(1) 工作原理

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；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过 DSA 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 主要组成部分：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

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

①操作方式

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

A、第一种情况，操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗观察机房内病人情况，通过对讲系统与病人交流。

B、第二种情况，医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅屏风后身着铅服、铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。本项目 DSA 主射方向朝向地面。

②本项目 DSA 服务范围

根据院方提供资料，本项目 DSA 进行介入治疗所涉及科室主要为神经内外科、血管外科、心内科及放射科，主要用于手术期间提供患者的透视和点片图像。

(4) 产污环节

本项目分别在介入中心手术间 1 和复合手术室使用 2 台 DSA，属于 II 类射线装置。产污环节为：在注入造影剂之前拍片产生的 X 射线和臭氧，注入造影剂之后产生的 X 射线和臭氧，介入治疗过程中间歇透视产生的 X 射线和臭氧。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。血管造影机诊治流程及产污环节如图 9-5 所示：

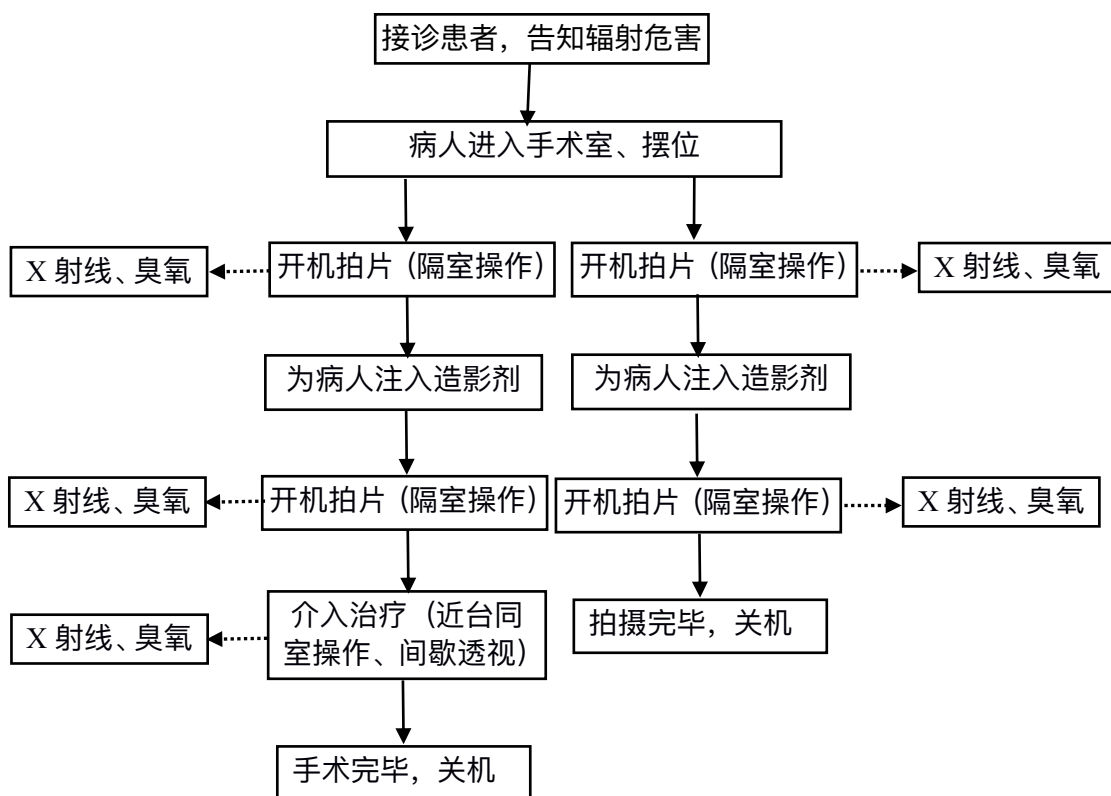


图 9-5 DSA 数字减影介入治疗流程及产污环节示意图

污染源项描述

一、建设期污染源项描述

本项目10MV直线加速器机房及、介入中心手术间1和复合手术室均为在已建场所对现有结构进行局部改造、装修及设备安装，还需进行设备安装、管线敷设、防护门及其他环境防护设施的安裝，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物，工艺流程及污染物产生环节见下图：

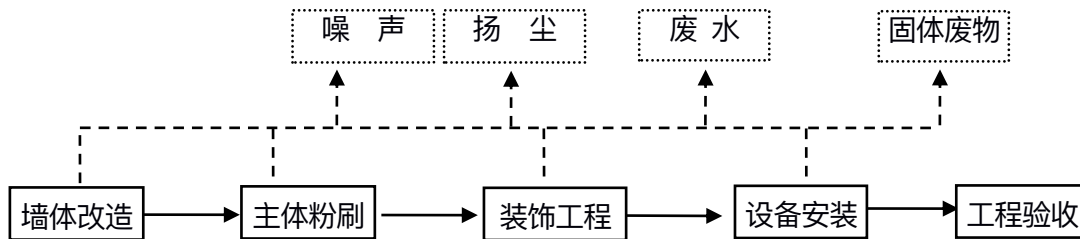


图 9-6 施工期工艺流程及污染物产生环节图

二、土建、装饰施工的环境影响分析

本项目施工建设，施工期较短，施工期严格按照施工图纸施工，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。

(1) 在建设施工过程中应加强施工管理，对施工时间、时段，施工进度，施工原材料购进时间作精心安排、系统规划，对医院周围的住宅小区和可能受影响和破坏的对象加以保护；

(2) 项目施工设备的选择应考虑选择低噪音设备，并在施工中防止机械噪声的超标，避免在夜间进行施工；

(3) 施工中产生的废弃物（如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等）应妥善保管、及时回收处理；对不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送成都市指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾集中收集并交由环卫部门统一处理。

(4) 建设施工中采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响；

(5) 保持施工场地清洁卫生；

(6) 在符合建筑设计和辐射防护要求的前提下，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，避免各屏蔽体之间有漏缝产生，装修施工应尽量节约材料，并优先采用环境友好型、资源节约型材料和涂料。本项目施工期较短，施工量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，就可以使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

二、运营期污染源项描述

1、直线加速器污染源分析

(1) 电离辐射

本项目医用电子直线加速器加速粒子为电子，当电子束经高能加速后与靶物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线），本项目医用电子直线加速器可以提供 X 线和电子线，其中使用最大 X 射线能量为 10MV，最大电子线能量为 15MeV。电子和 X 射线是随机器的开关而产生和消失的。根据《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》（GBZT201.2-2011），10MV 以上直线加速器需要考虑光中子和感生放射性，由于本项目加速器使用的 X 射线能量最大为 10MV，因此本项目电离辐射防护不需考虑光中子和感生放射性防护。

(2) 废气

医用电子直线加速器运行期间现场空气中产生少量臭氧和氮氧化物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，同时国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。空气在强辐射照射下，会使氧分子重新组合而产生臭氧，臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸。

(3) 废水

本项目医用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。医护人员及病员产生少量的生活污水。废水处理措施：通过排污管道收集进入医院生活污水生化处理系统，预处理达标后外排市政污水管网后进入污水处理厂处理。

2、DSA污染源分析

(1) 电离辐射

X 射线装置机开机工作时，通过高压发生器和X光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的X射线，本项目 DSA 产生的最大 X 射线能量均为 125kV，不开机状态不产生辐射。

(2) 废气

DSA 曝光过程中，空气在强辐射照射下，会使氧分子重新组合而产生臭氧，臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸。

(3) 固体废物

项目运行后，固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾和介入手术时产生的

医疗废弃物，如医疗包装物、容器和药棉、纱布、手套等。生活垃圾每天由保洁人员收集至垃圾收集点，然后由环卫部门定期清运；医疗废弃物由有资质的单位统一回收处理。

(4) 废水

DSA 运行过程中项目产生废水主要为地面清洁和手术医护人员产生的清洗废水、医护人员及病员的生活污水，废水处理措施：通过排污管道收集进入医院医疗废水生化处理系统达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 预处理标准后外排市政污水管网后进入污水处理厂处理。

表 10：辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作区域管理

1、两区划分

(1) 分区依据和原则

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

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，辐射工作区与非辐射工作区隔开。手术过程中，控制区内禁止外来人员进入，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。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

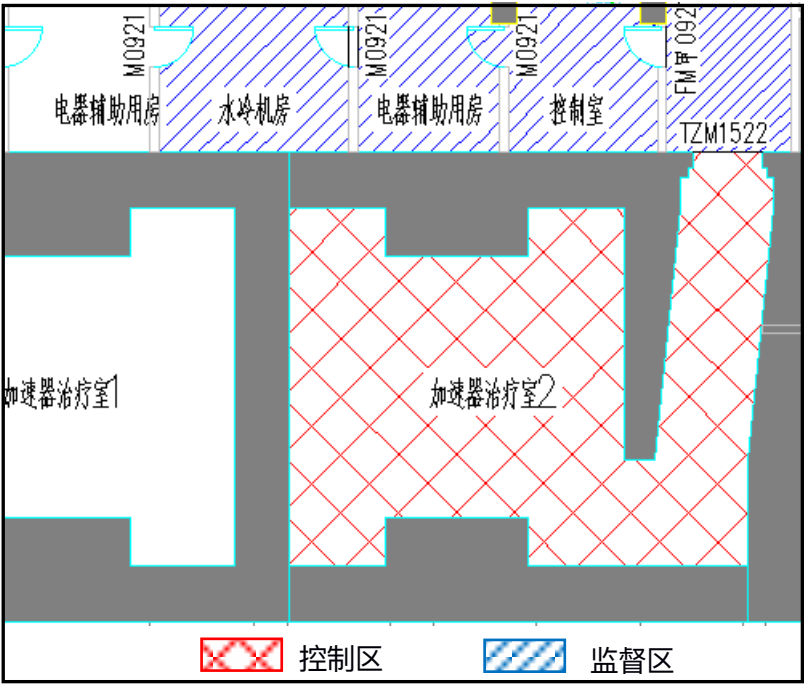


图 10-1 放疗中心直线加速器治疗室 2 两区划分示意图

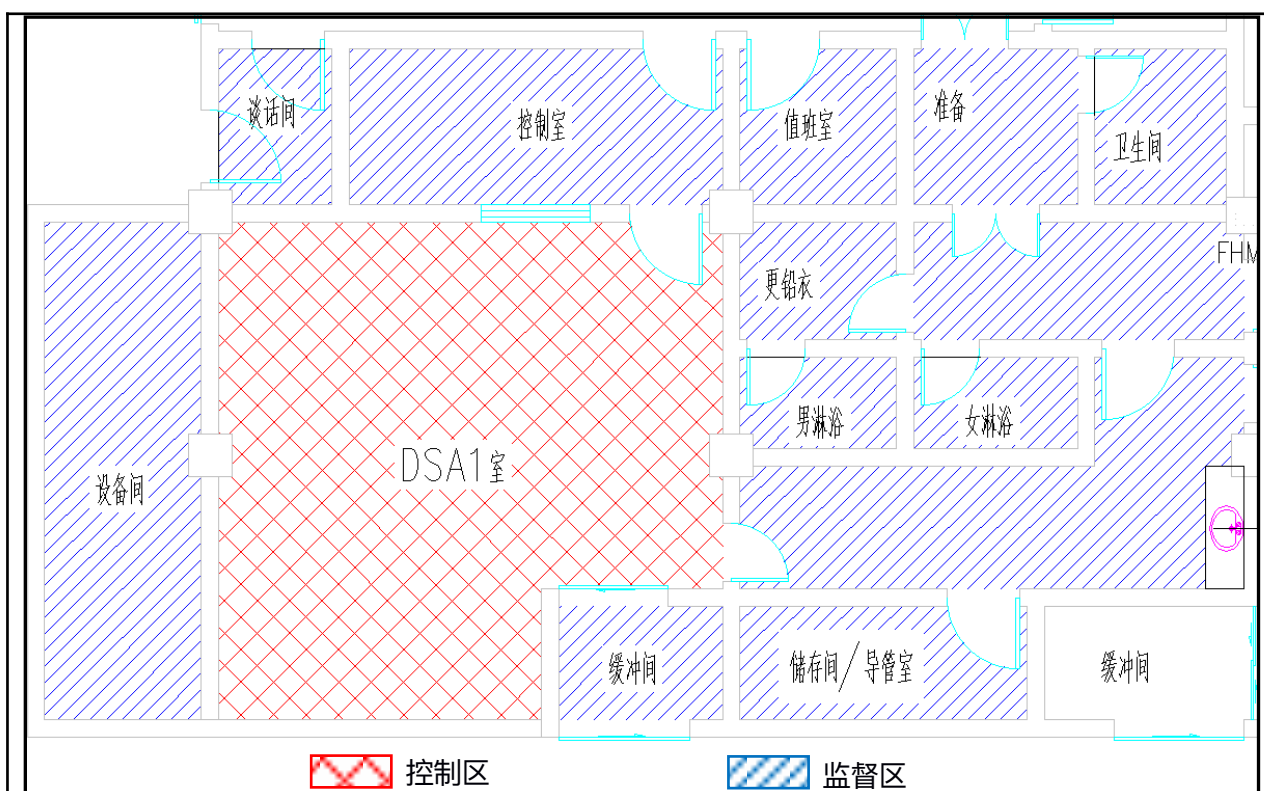


图 10-2 介入中心手术间 1 两区划分示意图

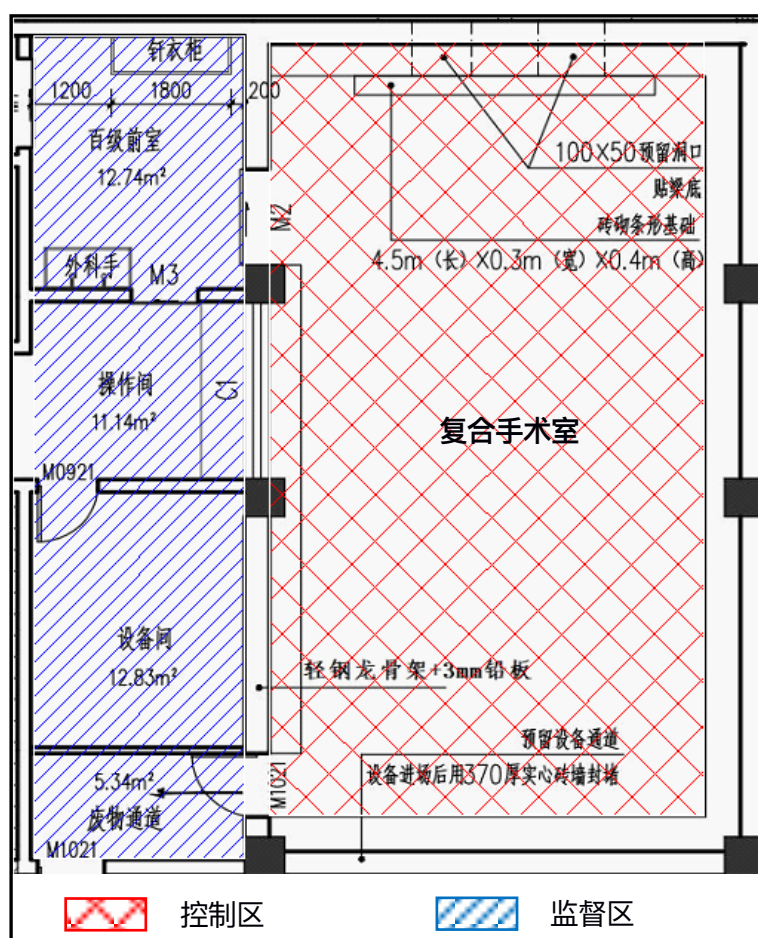


图 10-3 复合手术室两区划分示意图

(2) 控制区和监督区的划分

本项目控制区及监督区的划分情况见表 10-1。

表 10-1 本项目“两区”划分一览表

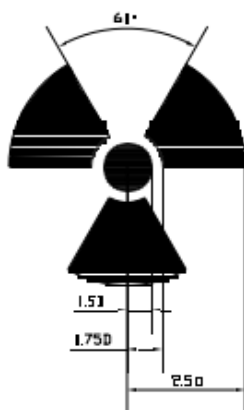
工作场所		控制区	监督区	备注
内科住院大楼一层	介入中心	手术间 1	操作室、设备间及西侧附属用房（含更衣室、准备室、淋浴间、准备室、值班室）、缓冲间、谈话间	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量减小在控制区内居留时间，以减少不必要的照射。监督区范围内应尽量限制无关人员进入。另外本次环评要求：新建衰变池所在位置应进行隔离，防止无关人员进入，并张贴电离辐射警示标志。
内科住院大楼一层	复合手术室	复合手术室	百级前室、操作室、设备及废物通道	
海油外科大楼负一层	放疗中心	直线加速器治疗室 2	直线加速器治疗室 2 配套的控制室、电器辅助用房、水冷机房、病员通道门前	

(3) 控制区与监督区的防护手段与安全措施

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目建设单位应做到：

1) 控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-4）；



a. 电离辐射的标志



b. 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管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门禁）限制进出控制区；

④在更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或

该区的边界。

2) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

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

二、辐射安全与防护

1、放疗中心直线加速器治疗室的辐射安全与防护

(1) 设备固有安全性

①控制台上要有辐射类型、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。

②条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、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。

③控制台上配置有独立于其它任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

④有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

⑤有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

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。

(2) 工作场所实体防护情况

1) 主体结构屏蔽设计

本项目加速器治疗室 2 改造后机房为地下一层结构不变,净空尺寸为:长 7.6m×宽 6.1m×高 4m, 各侧墙体及屋顶都为 2.35t/m³的钢筋混凝土。主射北墙屏蔽墙厚 2.7m (外侧加厚 30cm)、宽 3.3m, 次屏蔽墙厚为 1.6m (内侧加厚 30cm); 主射南墙屏蔽墙厚 2.7m (外侧加厚 20cm)、宽 3.3m, 次屏蔽墙厚为 1.6m (外侧加厚 30cm); 西墙屏蔽墙厚 1.45m (内侧加厚 20cm); 东墙设置长直迷道, 迷道内墙厚 0.7m~1.25m, 迷道外墙厚 1.25m~0.7m; 屋顶主屏蔽顶板厚度 2.4m+70mm 铅板 (增加 70mm 铅板), 宽 3.3m, 次屏蔽顶板厚度 1.3m; 防护门 12mm 铅板+60mm5%聚硼乙烯, 治疗室下方无地下层。

对机房使用面积按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011) 进行校

核, 结果表明机房实际使用面积约 76m², 大于 GBZ 126-2011 要求的机房实际使用面积为 45m²。机房墙体、迷道和顶部均采用混凝土作为防护, 防护门为 12mm 铅板 + 60mm5%聚硼乙烯单扇电动推拉门。对照《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), 本项目 10MV 直线加速器机房墙体屏蔽满足《GBZ/T201.2-2011》的相关要求, 具体如表 10-2 所示:

表 10-2 直线加速器机房的实体防护设施表

场所	机房面积	墙体		防护门	顶部
		结构及厚度		结构及厚度	结构及厚度
10MV 直线加速器机房	76m ²	北侧	主屏蔽墙 2700mm 混凝土 宽 3300mm 次屏蔽墙 1600mm 混凝土	12mm 铅板 + 60mm5%聚硼 乙烯单扇电 动推拉门	主屏蔽区：2400mm 混 凝土+70mm 铅板 ， 宽 3300mm 次屏蔽区：1300mm
		南侧	主屏蔽墙 2700mm 混凝土 宽 3300mm 次屏蔽墙 1600mm 混凝土		
		西侧	1450mm 厚混凝土		
		东侧迷道	迷道内墙厚 0.7m~1.25m, 迷道外墙厚 1.25m~0.7m		
相关要求	≥45m ²	主屏蔽区：≥2000mm 混凝土 次屏蔽区：≥1100mm 混凝土			

环评要求: 为减少接缝处射线的泄漏, 要求防护门两侧铅板搭接宽度大于门缝宽度 10 倍以上, 门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。

2) 穿墙屏蔽设计

本项目加速器治疗室控制电缆均布设于电缆沟内, 电缆沟采取 U 型穿墙; 加速器机房设有通排风系统, 采用机械换气。进风口为两个, 分别位于南侧主屏蔽墙两侧离地 3.0m 高处; 排风口为两个, 分别位于北侧主屏蔽墙两侧距地面约 0.3m 高处。通风口由直径 400×250mm 的镀锌铁皮管道沿墙体连接至东侧防护门正上方的通风井, 以“Z”型路径穿墙。抽出的臭氧再由 400×250mm 的镀锌铁皮管道连接至海油外科大楼屋顶上方向北侧排放, 管道高度约 20m。通风频率共计 12 次/小时, 排风量约 3740m³/h。进、排风口设计符合辐射防护要求, 排风量及频率满足相关设计规范要求。通排风系统示意图见附图。综上, 电缆沟和通排风系统的布设方式不影响屏蔽墙体的屏蔽效果。环评要求, 穿过射线装置治疗室屏蔽墙的各种管道和电缆线的穿墙口不要正对工作人员经常停留的地点。各进出口应重点防护, 防止射线泄露。建设单位应将以上穿墙通道处纳入自主及委托监测计划, 掌握穿墙通道处的辐射屏蔽效果。

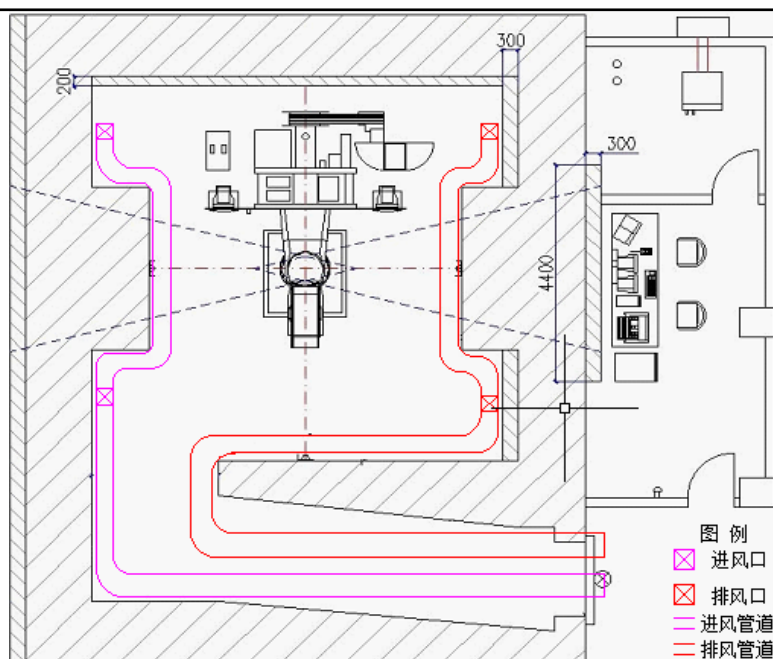


图 10-5 本项目加速器治疗室风管穿墙示意图（平面）

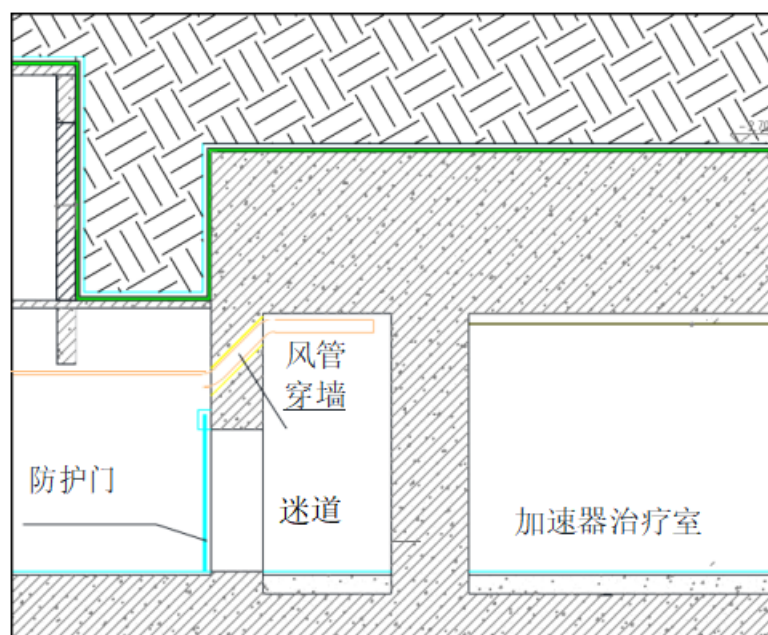


图 10-6 本项目加速器治疗室风管穿墙示意图（剖面）

(3) 距离防护、时间防护、个人防护

1) 距离防护（隔室操作）

操作人员采取隔室操作方式，控制室与治疗室之间以墙体隔开，可通过视频图像观察直线加速器治疗室内病人情况。同时，加速器工作区划定控制区和监督区，控制区入口处设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯，工作状态下禁止任何人员进入辐射区域。

2) 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。尽量减少人员与治

疗室的近距离接触时间。

3) 个人防护

辐射工作人员防护：辐射工作人员均应当佩戴个人剂量计。本项目放疗中心直线加速器配备 18 名辐射工作人员，均为医院现有辐射工作人员，医院应在本项目直线加速器治疗室中配备一定数量的个人防护用品。

患者防护：治疗前对放疗计划剂量进行核对，每次照射时体位都须一致。使用恰当的个人防护用品（如铅衣、铅围裙、三角巾等）屏蔽肿瘤周围的健康组织。

(4) 电子线防护

本项目 10MV 医用电子直线加速器在按电子模式工作时,最大电子线能量为 15MeV, 根据《辐射防护导论》，能量为 E (MeV) 的单能电子束, 在低 Z 物质中的射程 (单位为 $g \cdot cm^{-2}$) 约为能量 (单位为 MeV) 的 0.6 倍。本项目以电子档工作时最大电子线能量为 15MeV, 射程为 $15 \times 0.6 = 9.0 g/cm^2$, 可以估算出 15MeV 的电子在密度为 $2.35 g \cdot cm^{-3}$ 的混凝土中的深度约为 3.8cm, 而本项目屏蔽体厚度最小的亦为 125cm 混凝土, 对电子线能产生完全屏蔽, 可不再作特殊防护要求, 不再考虑对电子模式产生的 X 射线的屏蔽。

(5) 环评要求的其它辐射防护装置及措施

①门机、门灯、门剂量连锁装置：加速器屏蔽门应该与加速器出束连锁，屏蔽门未关好，射线管不能出束，工作期间屏蔽门不能打开。加速器屏蔽门应与工作状态显示连锁，屏蔽门未关好，工作状态显示不工作，工作状态显示灯为红色及闪烁时，门不能被打开。加速器治疗室内设置固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），加速器屏蔽门应与固定式剂量报警仪连锁，剂量超标，门不能被打开。

②操作台控制：控制室操作台应设置防止非工作人员操作的锁定开关。

③紧急止动装置：除了加速器固有紧急止动按钮外（设置于治疗床附近），加速器治疗室内墙适当位置上（避开主射束区域内）应安装紧急止动装置开关（各治疗室设置 4 个，分别位于治疗室内南侧侧屏蔽墙、治疗室内迷道内墙南侧、治疗室内东侧两侧次屏蔽墙），以便治疗室内的人员按动紧急止动按钮就能令加速器停止出束。控制室操作台上应有紧急止动装置，以便治疗室外人员按动紧急止动按钮停止出束。治疗室迷道出口处门内应设置紧急开门按钮，并设置中文标示。

④电视监视、对讲装置：加速器治疗室和控制室之间拟安装电视监控、控制室能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况，在加速器治疗室安装对讲装置，可通过对讲机与治疗室内患者联系沟通。

⑤工作状态显示：加速器防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。射线装置处于出束状态时，指示灯为红色，且处于闪烁状态，并启动声音报警装置，以警示人员注意安全；当射线装置处于非出束状态，指示灯为绿色。每套声光警示包含显示禁止入内的灯箱。

⑥警告标志和警示装置：加速器治疗室屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。电离辐射警告标志如图 10-4 所示。

环评要求，治疗室的各项安全措施必须定期检查，并做好记录。

2、DSA 治疗室的辐射防护措施

(1) 设备固有安全性

本项目配备的 DSA 已采取如下技术措施：

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

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

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

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

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备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：DSA 配备床下铅帘和悬吊铅帘、铅屏风（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）等辅助防护用品与设施，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

(2) 工作场所实体防护情况

1) 主体结构屏蔽设计

介入中心手术间 1 改造后位置不变，机房面积扩大至 60m²，净空面积 51m²，四周墙体均选用 37cm 页岩实心砖墙（增厚 13cm），屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板（增加 2mm 铅板），病人进出门和控制室防护门均采用 3mm 铅当量屏蔽门（增厚 1mm 铅当量）、控制室观察窗安装 3mm 铅当量铅玻璃（增厚 1mm 铅当量）。

复合手术室由内科住院大楼一层原打气房办公室和营养科办公室区域改建, 改建后复合手术室面积 88m², 净空面积 80m²。南北侧墙体均选用 37cm 页岩实心砖墙, 东西侧墙体均选用钢结构龙骨架加 3mm 铅板, 屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板 (增加 2mm 铅板), 病人进出门和控制室防护门均采用 3mm 铅当量屏蔽门, 控制室、观察窗安装 3mm 铅当量铅玻璃。

本项目介入中心手术间1治疗室, 有效使用面积分别为60m², 净空面积51m², 最小单边长度为5m, 复合手术室88m², 净空面积80m², 最小单边长度为7.2m。满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 表2中单管头X射线机最小有限使用面积20m²和最小单边长度3.5m要求。

根据《医用X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013), X 射线设备设备间使用面积、单边长度及屏蔽防护当量厚度应满足表11-3所列要求。

本项目 DSA 治疗室的设计屏蔽状况见表 10-3。

表 10-3 DSA 机房设计屏蔽状况

序号	机房	治疗室大小	最小单边长度	墙体	屋顶	防护门	观察窗
1	介入中心 手术间1治疗室	51m ²	5m	37cm 页岩实心 砖墙 (约 3mm 铅当量)	12cm 厚的混 凝土顶板 +2mm 铅板 (约 2.5mm 铅当量)	2 道 3mm 铅当量防 护铅门	3mm 铅 当量铅 玻璃
2	复合手术 室	80m ²	7.2m	南北侧: 37cm 页岩实心砖墙 (约 3mm 铅当 量) 东西侧: 钢结构龙骨架 加 3mm 铅当量 铅板	12cm 厚的混 凝土顶板 +2mm 铅板 (约 2.5mm 铅当量)	2 道 3mm 铅当量防 护铅门	3mm 铅 当量铅 玻璃
3	医用X射线 诊断放射 防护的要 求	最小有 效使用 面积 20m ²	最小单 边长度 3.5m	有用线束 2mm 铅当量; 非有用线束 2mm 铅当量			
4	是否满足 要求	满足要求					

由表 11-3 可知, 本项目介入中心手术间 1 治疗室和复合手术室 2 间 DSA 治疗室的屏蔽防护满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 的要求, 屏蔽设计合理。

2) 穿墙及防护门安装设计要求

DSA 治疗室内控制电缆和通风口采用 U 型穿墙, 同时在电缆和通风口出入口处采用

与治疗室设计相同铅当量的铅橡胶进行补偿防护。为减少接缝处射线的泄漏，要求防护门两侧铅板搭接宽度大于门缝宽度 10 倍以上，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。

(3) 介入手术过程中的屏蔽防护

在介入诊疗中，手术医生必须认真做好自身的防护工作。具体要求是：

- ①进一步提高安全文化素养，全面掌握辐射防护法规与技术知识；
- ②结合诊疗项目实际，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施；
- ③介入手术中，佩带好个人防护用品；
- ④必须开展介入诊疗手术医生的个人剂量监测；
- ⑤发现问题及时整改。

同时，医院在实施介入治疗时还须采取以下防护措施：

①熟悉机器性能和介入操作技术，尽量减少照射和采集时间。特别避免未操作时仍踩脚闸；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。尽量减少人员与设备间的近距离接触时间。

②操作人员采取隔室操作方式，控制室与设备间之间以墙体隔开，通过观察窗观察病人情况，通过对讲机与病人交流。

- ③缩小照射野：在不影响操作的前提下尽量缩小照射野；
- ④缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；
- ⑤充分利用各种防护器材：

介入手术中治疗室内操作者穿铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅手套（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）；

使用床下铅帘及悬吊铅帘（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）。

- ⑥在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。

同时，在介入诊疗中必须做好患者的防护工作。

①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。

- ②将 X 线球管尽量远离患者，而将影像增强器尽量靠近患者。
- ③作好患者非投照部位的保护工作。
- ④定期维护介入设备；制定和执行介入诊疗中的质量保证计划。

(4) 源项控制

该射线装置购置于正规厂家，泄漏辐射不会超过《医用 X 射线治疗放射防护要求》(GBZ131-2017) 规定的限值。且X射线装置装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

(5) 距离防护与时间防护

各区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在设备间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箱。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

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) 环评要求的其它辐射防护装置及措施

1) 操作台控制

控制室操作台应设置防止非工作人员操作的锁定开关。

2) 紧急止动装置

控制台上、介入手术床旁设置紧急止动按钮（两个紧急止动装置，各装置按钮分别与 X 射线系统连接）。DSA 系统的 X 射线系统出束过程中，一旦现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 射线系统出束。

3) 视频监视、对讲装置

DSA 设备间和操作室之间拟安装电视监控，控制室能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况。

在 DSA 设备间与操作室之间拟安装对讲装置，操作室的工作人员通过对讲机与 DSA 设备间内的手术人员联系。

4) 工作状态显示

治疗室防护门（病员门、医生门）外顶部拟设置工作状态指示灯箱。射线装置处于出束状态时，指示灯箱为红色，且处于闪烁状态，并启动声音报警装置，以警示人员注意安全；当射线装置处于非出束状态，指示灯箱为绿色。

5) 警告标志

DSA 设备间的防护门外的醒目位置，设置明显的电离辐射警告标志。

三、 辐射工作场所安全保卫措施

为确保本项目所使用的Ⅱ类射线装置和乙级非密封放射性物质工作场所的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-4。

表 10-4 射线装置工作场所安防措施一览表

工作场	措施类别	对应措施
射线装置	防盗和防破坏	①本项目 DSA 机房及医用电子直线加速器机房及附属设施纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ③本项目 DSA 机房及直线加速器机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。 ④本项目 DSA 机房及直线加速器机房内配置了火灾报警系统及灭火器等。
	防泄漏	①本项目所使用的射线装置购置于正规厂家，泄漏辐射不会超过《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）规定的约束值； ②本项目 DSA 机房及直线加速器机房均已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房是不存在辐射泄漏的情况。

四、辐射安全措施与川环函[2016]1400 号的对照

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）中对本项目辐射防护安全装置的要求，本次评价根据建设单位拟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 辐射安全防护设施对照表

1、放疗中心直线加速器治疗室（直线加速器）				
序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	要求新增措施
1	场所设施	具备迷道	已建设	利旧
2		门机连锁系统 1 套	拟设置	本次新增
3		门灯连锁系统 1 套	拟设置	本次新增
4		门剂量连锁系统 1 套	拟设置	本次新增
5		紧急止动装置 1 套（每套：各治疗室内四周墙体及各控制台各设置一个紧急停机按钮及相应的中文标识）	拟设置	本次新增
6		各治疗室迷道出口处门内应设置紧急开门按钮并有中文标识	拟设置	本次新增
7		各治疗室防护门外应设置固定的电离辐射警告标志	拟设置	本次新增
8		各治疗室防护门外应设置出束声光警示一套，每套声光警示包含显示禁止入内的灯箱	拟设置	本次新增

9		隔室操作	已设计	本次新增
10		防护门 1 套	拟设置	本次新增
11		治疗室内及迷道 监控摄像头及对讲装置	拟设置	本次新增
12		固定式辐射剂量报警仪各 1 台	拟设置	本次新增
13	监测 设备	个人剂量计 36 个 (1 人 2 个)	拟设置	本次新增
14		个人剂量报警仪 1 个	拟设置	本次新增
15		便携式 X-γ监测仪 1 台	拟设置	本次新增
16	防护 用品	铅衣、铅围裙、三角巾等	拟设置	本次新增
17	应急 物资	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	拟设置	本次新增
2、介入中心手术间 1 (DSA)				
序号	项目	规定的措施和制度	落实 情况	备注
1		床体旁的铅防护吊屏和床下铅帘一套	已设计	设备自带
2		3m 铅当量观察窗 1 扇	拟设置	本次新增
3		3m 铅当量治疗室防护门 1 个	拟设置	本次新增
4	场 设施	铅屏风 1 个	拟设置	本次新增
5		紧急止动装置 1 套 (每套: 操作台及床体上各一个)	拟设置	本次新增
6		视频监控及对讲系统	拟设置	本次新增
7		各治疗室防护门外应设置固定的电离辐射警告标志	拟设置	本次新增
8		各治疗室防护门外应设置出束声光警示一套	拟设置	本次新增
9	监测 设备	便携式 X-γ辐射监测仪 1 台	拟设置	本次新增
10		个人剂量计 32 个 (1 人 2 个)	拟设置	本次新增
11		腕部个人剂量计 32 个 (每名医生 2 个)	拟设置	本次新增
12	防护 用品	铅衣、铅围脖、铅眼、铅橡胶布等	拟设置	本次新增
13	应 急 物资	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材等	拟设置	本次新增
3、复合手术室 (DSA)				
序号	项目	规定的措施和制度	落实情 况	备注
1		床体旁的铅防护吊屏和床下铅帘一套	已设计	设备自带
2		铅观察窗 1 扇	拟设置	本次新增
3	场所 设施	治疗室防护门 1 个	拟设置	本次新增
4		铅屏风 1 个	拟设置	本次新增
5		紧急止动装置 1 套 (每套: 操作台及床体上各一个)	拟设置	本次新增

6		视频监控及对讲系统	拟设置	本次新增
7		各治疗室防护门外应设置固定的电离辐射警告标志	拟设置	本次新增
8		各治疗室防护门外应设置出束声光警示一套	拟设置	本次新增
9	监测设备	便携式 X-γ辐射监测仪 1 台	拟设置	本次新增
10		个人剂量计 32 个 (1 人 2 个)	拟设置	本次新增
11		腕部个人剂量计 32 个 (每名医生 2 个)	拟设置	本次新增
12	防护用品	铅衣、铅围脖、铅眼、铅橡胶布等	拟设置	本次新增
13	应急物资	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	拟设置	本次新增

五、环保设施及投资分析

本项目总投资***万元，其中环保投资***万元，占总投资约***。具体环保设施及投资见表 10-6。

表 10-6 环保设施及投资一览表

1、放疗中心直线加速器治疗室（直线加速器）				
项目	设施（措施）	数量	金额（万元）	备注
场所辐射屏蔽设施	医用电子直线加速器屏蔽机房改造（治疗室）	1 间	***	本次改造
	医用电子直线加速器治疗室防护铅门（防护层由 12mm 铅+60mm5%硼聚乙烯制成）	1 扇	***	/
通风设施	空调通排风系统	/	***	纳入主体工程范围
监测设备	固定式剂量报警仪	1 台	***	/
	个人剂量计	18 人×2 个	***	/
	个人剂量报警仪	9 个	***	/
	便携式 X-γ监测仪	1 台	***	/
安全及应急装置	门机连锁系统	1 套	***	/
	门灯连锁系统	1 套	***	/
	门剂量连锁系统	1 套	***	/
	紧急制动装置（治疗室内四周墙体及各控制台各设置一个紧急停机按钮及相应的中文标识）	1 套	***	/
	各治疗室迷道出口处门内设置紧急开门按钮并有中文标识	1 套	***	/
	固定的电离辐射警告标志	1 套	***	/
	治疗室防护门外应设置出束声光警示一套，每套声光警示包含显示禁止入内的灯箱	1 套	***	/
	治疗室内及迷道处监控摄像头及对讲装置	1 套	***	/

	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	若干	***	/
个人防护	患者用铅衣、铅围裙、三角巾等	1 套	***	/
分区管理	场所控制区、监督区划分标识	/	***	/
制度	规章制度上墙	/	***	/
小计			***	
2、介入中心手术间 1 (DSA)				
项目	设施 (措施)	数量	***	备注
场所 辐射 屏蔽 设施	屏蔽机房 (DSA 治疗室)	1 间	***	本次改造
	DSA 治疗室防护铅门 (铅当量 3mm)	1 扇	***	/
	铅玻璃观察窗 (铅当量 3mm)	1 扇	***	/
监测 设备	便携式 X-γ辐射监测仪 1 台	1 台	***	/
	个人剂量计	16 人×2 个	***	/
	腕部个人剂量计	15 人×2 个	***	/
防护 用品	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾 (0.5mm 铅当量) 等	/	***	/
	床体旁的铅防护吊屏和床下铅帘一套	/	***	机器配置
通风 设施	空调通排风系统	/	***	纳入主体工程范围
安全及 应急 装置	紧急制动装置 (操作台及床体上各一个)	1 套	***	/
	视频监控及对讲系统	1 套	***	/
	固定的电离辐射警告标志	1 套	***	/
	防护门外设置出束声光警示	1 套	***	/
	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	若干	***	/
分区 管理	场所控制区、监督区划分标识	/	***	/
制度	规章制度上墙	/	***	/
小计			***	
3、复合手术室 (DSA)				
项目	设施 (措施)	数量	金额 (万元)	备注
场所 辐射 屏蔽 设施	屏蔽机房 (DSA 治疗室)	1 间	***	本次改造
	DSA 治疗室防护铅门 (铅当量 3mm)	1 扇	***	/
	铅玻璃观察窗 (铅当量 3mm)	1 扇	***	/
监 测	便携式 X-γ辐射监测仪 1 台	1 台	***	/
	个人剂量计	16 人×2 个	***	/

设备	腕部个人剂量计	15×2 个	***	/
防护用品	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾 (0.5mm 铅当量) 等	/	***	/
	床体旁的铅防护吊屏和床下铅帘一套	/	/	机器配置
通风设施	空调通排风系统	/	/	纳入主体工程范围
安全及应急装置	紧急制动装置 (操作台及床体上各一个)	1 套	***	/
	视频监控及对讲系统	1 套	***	/
	固定的电离辐射警告标志	1 套	***	/
	防护门外设置出束声光警示	1 套	***	/
	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	若干	***	/
分区管理	场所控制区、监督区划分标识	/	***	/
制度	规章制度上墙	/	***	/
小计			***	
4、综合管理				
项目	设施 (措施)	数量	金额 (万元)	备注
人员培训	辐射工作人员上岗培训及再培训	/	***	/
监测	射线装置年度监测费	/	***	
小计		/	***	/
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、施工期三废治理

本项目施工期将会产生一定的废气、废水、固废废物。

废气：施工期会产生一定扬尘，施工现场通过及时清扫、定期洒水；装修期间喷涂等工序产生的废气和装修材料中释放的废气通过通风换气进行处理。

废水：施工废水经沉淀后回收循环使用，施工人员的生活污水利用医院污水处理设施处理。

固体废物：主体施工和装修过程中产生的施工固废由施工单位送至指定地点；生活垃圾收集后由当地环卫部门清运处理。

二、运营期三废治理

1、废水

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，通过排污管道收集进入医院的污水处理站，污水处理工艺选用“一级强化处理+二氧化氯消毒”工艺处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》GB18466-2005 中表 2 预处理标准后排入市政污水管网进入广元市污水处理厂处理，处理达标后排入南河。本项目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。

2、废气

加速器机房设有通排风系统，采用机械换气。进风口为两个，分别位于南侧主屏蔽墙两侧离地 3.0m 高处；排风口为两个，分别位于北侧主屏蔽墙两侧距地面约 0.3m 高处。通风口由直径 400×250mm 的镀锌铁皮管道沿墙体连接至东侧防护门正上方的通风井，以“Z”型路径穿墙。抽出的臭氧再由 400×250mm 的镀锌铁皮管道连接至海油外科大楼屋顶上方向北侧排放，管道高度约 20m。通风频率共计 12 次/小时，排风量约 3740m³/h。进、排风口设计符合辐射防护要求，排风量及频率满足相关设计规范要求。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准 (0.20mg/m³) 要求。

DSA 在曝光过程中臭氧产生量很小，经通排风系统处理后，通过通排风管道引至楼顶排放。经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 的二级标准 (0.2mg/m³) 要求。

3、固体废物

① 本项目直线加速器和 DSA 均采用数字成像，不打印胶片，因此不会废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 1kg 的医疗废物，每年固体废物产生量约为 300kg。这些医疗废物采用专门的收集容器收集后与医院医疗废物统一处理，由广元市医疗废物处置中心收运并对其进行安全、清洁、无害化处置。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、土建、装饰施工的环境影响分析

本次评价的直线加速器机房、DSA机房均在现有构筑物基础上进行调整、改造。在调整、改造过程中，需要重装和新建部分墙体，会产生一定扬尘、噪声、固体废物、装修中产生的废气以及施工人员的生活垃圾和生活污水。在改造期间将会进行少许新砌墙体工程，会产生一定的噪声、扬尘、固体废弃物和废水，在施工期应重点做好以下工作：

扬尘的防治措施：项目通过施工现场封闭施工和采取洒水等措施来进行控制；

废水防治措施：项目生活污水经医院污水处理设施处理，施工废水沉淀后循环使用；

废气防治措施：项目施工现场封闭施工，施工现场及时清理，通风换气等措施；

噪声防治措施：选用低噪声设备，合理安排施工时间；

固废防治措施：施工垃圾由施工单位集中收集到指定地点进行处理，生活垃圾依托环卫部门统一清运。

机房施工质量的要求：(1) 在建设过程中严格按照施工规范进行施工，在直线加速器机房和 DSA 配套工程新建墙体过程中，墙与墙之间须紧密贴合，防止射线泄露；使用符合要求的水泥，铅门与墙体重叠部分不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍；(2) 穿过检查室墙体的各种管道、电缆不得影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，不得正对工作人员经常停留的地点。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目医用电子直线加速器、DSA等射线装置的安装调试阶段，会产生X射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目直线加速器、DSA等射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、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，在运输设备和治疗室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，并在治疗室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车辆和治疗室上锁并派人看守。

由于各设备的安装和调试均在治疗室内进行，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

一、医用电子直线加速器辐射环境影响分析

1、医用电子直线加速器屏蔽厚度合理性分析

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011) 的要求, 在本项目医用电子直线加速器治疗室外设定关注点。从保守角度出发, 在加速器治疗室设计的尺寸厚度基础上, 假定加速器最大工况运行并针对关注点最不利情况对机房进行辐射屏蔽核算。本项目加速器治疗室的关注点设定及主要照射路径见图 11-1。由于本项目加速器机房下方没有其他楼层, 地面的防护不予考虑。

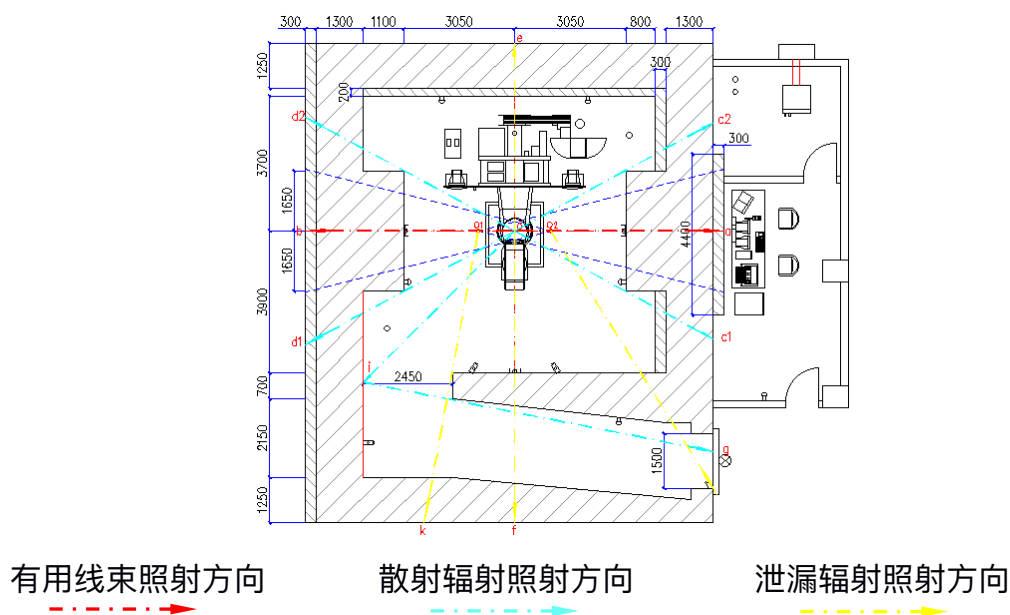
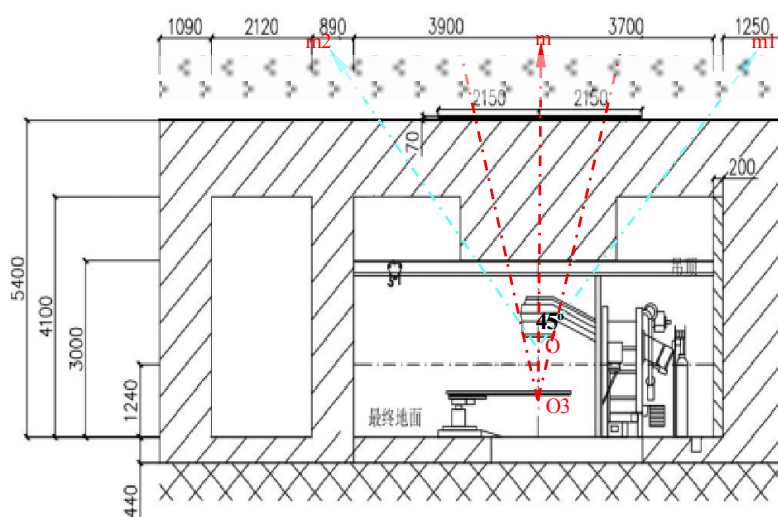


图 11-1 治疗室关注点及主要照射路径示意图 (水平方向)



有用线束照射方向 散射辐射照射方向 60cm覆土层

图 11-2 治疗室关注点及主要照射路径示意图（垂直方向）

(1) 剂量率参考控制水平（He）

参考 GBZ/T201.2-2011，治疗室外各关注点的剂量率参考控制水平 H_e 由以下方法确定：

①使用放射治疗年工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ ；

$$\text{对于主射线束: } H_{e,d} = \frac{H_a}{t \times U \times T} \quad (\text{式11-1})$$

$$\text{对于漏射射线: } H_{e,d} = \frac{H_a}{t \times N \times T} \quad (\text{式11-2})$$

式中：

$H_{e,d}$ —导出剂量率参考控制水平；

H_a —年剂量参考控制水平；职业人员取 5.0mSv/a，公众取 0.1mSv/a；

U —主射线束向关注位置的方向照射的使用因子；根据医院计划的治疗情况，射线投向地面的比例约占 40%，主射方向南北两面墙体各占 25%，屋顶占 10%；

T —经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员经过的地方取 1/16；

N —调强放射治疗因子，取 5；

t —年治疗照射时间，根据医院提供资料，直线加速器预计放射治疗工作量为 40 人次/天，每周工作 5 天，年平均工作 50 周，每次照射时间 1.5min（不含摆位时间），直线加速器年照射时间 250h。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$ ：

人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所， $H_{e,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所， $H_{e,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ；

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（ H_e ）。由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表11-1。

表 11-1 治疗室外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点位	居留因子	类型	屏蔽区	剂量率参考控制水平 (H_e) $\mu\text{Sv/h}$			主要考虑的辐射束	射线 路径
				$H_{e,d}$	$H_{e,max}$	H_e		

a (控制室)	1	职业	有用线束主屏蔽墙	80	10	10	有用线束	O→a
c1 (控制室)	1	职业	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	4	2.5	2.5	散射辐射	O1→O→a1
							漏射辐射	O→a1
c2 (控制室配套水冷机房)	1/4	职业	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	16	10	10	散射辐射	O1→O→a2
							漏射辐射	O→a2
b (地下停车场)	1/16	公众	有用线束主屏蔽墙	25.6	10	10	有用线束	O→b
d1 (地下停车场)	1/16	公众	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	1.28	10	1.28	散射辐射	O2→O→d1
							漏射辐射	O→d1
d2 (地下停车场)	1/16	公众	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	1.28	10	1.28	散射辐射	O2→O→d2
							漏射辐射	O→d2
e(现有加速器治疗室1)	1/4	公众	侧屏蔽墙	0.32	10	0.32	漏射辐射	O→e
g (防护门入口)	1/16	公众	有用线束不向迷道照射时的迷道入口	0.32	10	1.28	散射辐射	O2→O→i→g
							漏射辐射	O→g
f(地下停车场)	1/16	公众	侧屏蔽墙	1.28	10	1.28	漏射辐射	O→f
k (地下停车场)	1/16	公众	有用线束不向迷道照射时的迷道外墙	1.28	10	1.28	漏射辐射	O→k
m (一层花园、一层诊疗室)	1/4	公众	有用线束主屏蔽墙	16	2.5	2.5	有用线束	O3→O→J
m1 (一层诊疗室)	1/4	公众	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	0.32	2.5	0.32	散射辐射	O3→O→m1
							泄漏辐射	O→m1
m2 (一层花园)	1/4	公众	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区	0.32	2.5	0.32	散射辐射	O3→O→m2
							泄漏辐射	O→m2

(2) 加速器机房主屏蔽区宽度校核

本项目设计的 10MV 直线加速器治疗室, 主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置, 加

速器主射线的最大出束角度为 28° ，有用线束主屏蔽区示意图见图 11-3，主屏蔽宽度计算结果见表11-2。

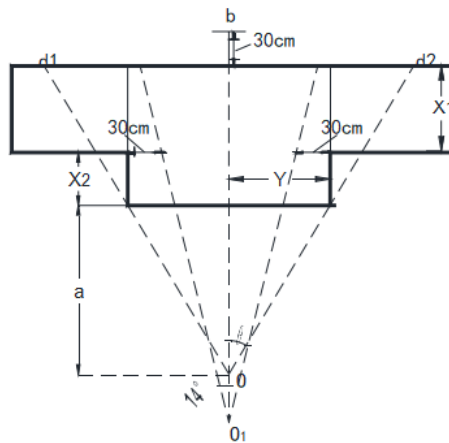


图 11-3 主射屏蔽范围计算示意局部图

墙体主屏蔽范围半宽度按下式进行计算：

主屏蔽区内凸： $Y = (100 + a + X_2) \tan 14^{\circ} + 30$ (式 11-3)

主屏蔽区外凸： $Y = (100 + a + X_1 + X_2) \tan 14^{\circ} + 30$ (式 11-4)

表 11-2 加速器治疗室主屏蔽宽度计算表

治疗室主屏蔽范围	计算值	主屏蔽范围设计值(m)	结论
北侧屏蔽墙体	3.17	3.3	满足要求
南侧屏蔽墙体	3.02	3.3	满足要求
屋顶	2.52	3.3	满足要求

环评要求：设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的摆位方式进行安装，杜绝安装后主射方向超出主屏蔽范围的情况出现。

(3) 主屏蔽区、侧屏蔽墙和迷道内墙、外墙核算

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

$$B = \frac{H_e}{H_0} \times \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots \text{(式 11-5)}$$

$$X_e = TVL \times \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots \text{(式 11-6)}$$

$$X = X_e \bullet \cos \theta \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

He—剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f —有用束为1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率；

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL_1 (cm) 和TVL (cm) —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；

X_e —有效屏蔽厚度；

X—墙体屏蔽厚度。

表 11-3 主屏蔽墙厚度核算表

参数	主屏蔽区 (墙体 a 点)	主屏蔽区 (墙体 b 点)	主屏蔽区 (屋顶 m 点)
剂量率参考控制水平 He($\mu\text{Sv/h}$)	10	10	2.5
R (m)	7.05	7.05	6.06
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8
f	1	1	1
透射因子 B	2.07×10^{-6}	2.07×10^{-6}	3.83×10^{-7}
TVL1 (cm)	41	41	41
TVL (cm)	37	37	37
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	215	215	242
斜射角 θ	0	0	0
屏蔽厚度 X_1 (cm)	215	215	242
设计屏蔽厚度 (cm)	270	270	273 (240cm 混凝土 +70mm 铅板折算)
是否满足要求	满足要求	满足要求	满足要求
TVL1 和 TVL 查 GBZ/201.2-2011 中表 B.1			

表 11-4 侧屏蔽墙屏蔽厚度核算表

参数	侧屏蔽墙 (墙体 e 点)	侧屏蔽墙 (墙体 f 点)	迷道内墙 (g 点)	迷道外墙 (k 点)
----	------------------	------------------	---------------	---------------

剂量率参考 控制水平 H_e ($\mu\text{Sv/h}$)	0.32	1.28	0.32	1.28
R (m)	5.45	8.3	8.0	9.5
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8
f	0.001	0.001	0.001	0.001
透射因子 B	3.96×10^{-5}	3.67×10^{-4}	5.1×10^{-4}	4.81×10^{-4}
TVL_l (cm)	35	35	35	35
TVL (cm)	31	31	31	31
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	141	111	131	107
斜射角 θ	0	0	48° (按 30°计算)	10° (按 0°计算)
屏蔽厚度 X_l (cm)	141	111	114	107
设计屏蔽厚度 (cm)	145	195 (迷道内墙 70+迷路外墙 125)	迷道内墙 125	迷道外墙 125
是否满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求

注：① TVL_l 和 TVL 查 GBZ/201.2-2011 中表 B.1；②根据 GBZ/201.2-2011，对于“迷道内墙泄露辐射所需屏蔽厚度”核算时，剂量率参考控制水平应小于 $H_{e,d}$ 的 1/4。

(4) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011，对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式11-6、11-7进行计算，散射辐射的透射因子屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下式进行计算。

$$B = \frac{H_e \times R^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F / 400)} \dots\dots\dots \text{(式11-8)}$$

式中：

α_{ph} ——患者400cm²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400cm²面积上的散射因子；

F ——治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²。

表 11-5 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

参数	次屏蔽区 (墙体d1)	次屏蔽区 (墙体d2 点)	次屏蔽区 (墙体 c1 点)	次屏蔽区 (墙体 c2 点)	次屏蔽区 (屋顶 m1、m2 点)
----	----------------	------------------	-------------------	-------------------	----------------------

剂量率参考控制水平 H_e ($\mu\text{Sv/h}$)	0.64	0.64	2	8	0.16
R (m)	7.61	7.61	7.28	7.28	7.69
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8
f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
透射因子 B	1.54×10^{-4}	1.54×10^{-4}	4.42×10^{-4}	1.77×10^{-3}	4.90×10^{-5}
TVL1 (cm)	35	35	35	35	35
TVL (cm)	31	31	31	31	31
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	123	123	109	90	141
斜射角 θ	28°	28°	28°	28°	43° (按 30° 计算)
屏蔽厚度 X_1 (cm)	109	109	97	80	123
根据 GBZ/201.2-2011, 对于“与主屏蔽区相连的次屏蔽区泄露辐射所需屏蔽厚度”核算时, 剂量率参考控制水平取 $H_{e,d}$ 的一半					

表 11-6 与主屏蔽区相连的次屏蔽区散射辐射屏蔽厚度核算表

参数	次屏蔽区 (墙本d1 点)	次屏蔽区 (墙本d2 点)	次屏蔽区 (墙体 c1 点)	次屏蔽区 (墙体 c2 点)	次屏蔽区 (屋顶 m1、m2 点)
剂量率参考控制水 平 H_e ($\mu\text{Sv/h}$)	5	5	1.25	5	5
R (m)	6.87	6.87	6.53	6.53	6.93
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8
α_{ph}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}
F (cm^2)	1600	1600	1600	1600	1600
透射因子 B	7.73×10^{-5}	7.73×10^{-5}	1.75×10^{-5}	6.98×10^{-5}	8.37×10^{-5}
TVL (cm)	28	28	28	28	28
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	116	116	134	117	115
斜射角 θ	28°	28°	28°	28°	43° (按 30° 计算)
屏蔽厚度 X_1 (cm)	103	103	119	104	100
根据 GBZ/201.2-2011, 对于“与主屏蔽区相连的次屏蔽区散射辐射所需屏蔽厚度”核算时, 剂量率参考控制水平取 $H_{e,max}$ 的一半					

与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算汇总情况见下表:

表 11-7 与主屏蔽区相连的次屏蔽区散射辐射屏蔽厚度核算表

厚度	次屏蔽区 (墙本d1)	次屏蔽区 (墙体 d2 点)	次屏蔽区 (墙体 c1 点)	次屏蔽区 (墙体 c2 点)	次屏蔽区 (屋顶 m1、m2 点)
漏射辐射屏蔽所需厚度 (cm)	109	109	97	80	123
散射辐射屏蔽所需厚度 (cm)	103	103	119	104	100
屏蔽厚度 (cm)	109	109	119	104	123
设计屏蔽厚度 (cm)	160	160	160	160	130
是否满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求

(5) 治疗室防护门屏蔽厚度核算

根据 (GBZ/T201.2-2011) 4.3.2.5.2, 治疗室入口关注点处 g 的散射辐射剂量率 H_g 主要由两个路径项“ $O_2 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g$ ”、“ $O \rightarrow g$ ”产生的辐射剂量率组成。

有用线束不向迷道照射, 自加速器靶点向 O_2 向患者 O 位置照射至迷道 i 点的散射角 θ 近似为 45° , i 处墙向 g 处的二次散射的散射角小于 10° , 通常按 0° 对待, i 处的墙的散射面积为自位置 g 及等中心位置 O 共同可视的区域, 包括治疗室吊装顶上方区域。

迷道入口处 g 点的辐射剂量率有下式计算:

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \times (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \dots\dots\dots \text{(式 11-9)}$$

式中:

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m (关注点方向) 处的剂量比例, 又称 400cm^2 面积上的散射因子, 取 45° 散射角的值 1.35×10^{-3} ;

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

α_2 —砷墙入射的患者散射辐射的散射因子, 通常取 i 处的入射角为 45° , 散射角为 0° , α_2 值见表 B.6, 查得混凝土墙 45° 入射、 0° 散射、 1m^2 的散射因子, 通常取 0.5MV 栏内的值 $\alpha_2 = 2.2 \times 10^{-3}$ 。

A—g 处的散射面积, 经计算本项目为 11.4m^2 ;

R_1 —O—i 之间的距离, $R_1 = 5.9\text{m}$;

R_2 —i—g 之间的距离, $R_2 = 9.8\text{m}$

H_0 —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, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

表 11-8 迷路入口处散射辐射剂量率计算取值及结果

H_g ($\mu\text{Sv/h}$)	α_{ph}	$F(\text{cm}^2)$	R_1 (m)	α_2	A (m^2)	R_2 (m)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)
97.22	1.35×10^{-3}	1600	5.9	2.2×10^{-2}	11.4	9.8	2.40×10^8

经计算，迷路入口g关注点处的散射辐射剂量率为97.22 $\mu\text{Sv/h}$ 。

所需的铅屏蔽透射因子B计算公式如下：

$$B = \frac{H_c - H_{og}}{H_g} \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

式中， H_{og} 为 O_2 位置穿过迷路内墙的泄露辐射在g处的剂量率，其值按下

$$H_{og} = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-11)}$$

经计算，迷路内墙的屏蔽透射因子为0.0242， O_2 位置穿过迷路内墙的泄露辐射在g处的剂量率 H_{og} 为0.15 $\mu\text{Sv/h}$ ，按式11-10计算迷路入口所需铅屏蔽透射因子0.019。

迷路入口处I的散射能量约为0.2MeV，铅中的TVL值为0.5cm，相应 $B=0.019$ 的铅厚度=铅有效屏蔽厚度 $X=\text{TVL}\cdot\log B^{-1}=8.08\text{mm}$ 。

由以上理论计算可知，治疗室入口铅防护门屏蔽所需厚度为8.08mm，治疗室防护铅门实际设计为12mm铅板+60mm5%聚硼乙烯，大于12mm铅当量，故满足屏蔽要求。

小结：经过对机房主屏蔽体宽度校核，主屏蔽区、侧屏蔽墙、迷道内墙和外墙厚度校核，与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度校核和防护门铅厚度校核显示，本项目四周墙体厚度、迷道厚度、顶部厚度和防护门厚度均满足要求。综合分析，本项目10MV医用电子直线加速器治疗室的设计参数能满足屏蔽防护要求。

2、医用电子直线加速器辐射环境影响分析

(1) 电子辐射环境影响分析

由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质中的射程，就可以将其完全吸收。电子在介质中的射程可根据式 11-7 近似计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{MAX} \dots\dots\dots \text{(式11-12)}$$

表 11-9 电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
能量 (MeV)	15

混凝土密度(g/cm ³)	2.35
混凝土中的射程 (cm)	3.8

根据表 11-8, 本项目电子加速器电子在混凝土中射程为3.8cm, 加速器治疗室墙体最小屏蔽厚度为125cm, 所以本项目加速器治疗室设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线, 因此在运行过程中电子线对周围辐射环境影响较小。

(2) X 射线环境影响分析

根据GBZ/T201.2-2011, X射线治疗时, 各预测点人员可能受到的最大剂量可根据以下公式进行计算:

$$X_e = X / \cos \theta \quad \text{..... (式11-13)}$$

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_0) / TVL} \quad \text{..... (式11-14)}$$

主射线束和泄露辐射剂量估算:

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B \quad \text{..... (式11-15)}$$

患者一次散射辐射剂量估算:

$$H = \frac{H_0 \bullet \alpha_{ph} \bullet (F / 400)}{R^2} \bullet B \quad \text{..... (式11-16)}$$

机房迷道入口处散射辐射剂量估算:

$$H = \frac{\alpha_{ph} \bullet (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} H_0 \quad \text{..... (式11-17)}$$

已知防护门的铅屏蔽厚度X (cm) 时, 防护门外辐射剂量率:

$$H = H_g \bullet 10^{-(X/TVL)} + H_{og} \quad \text{..... (式11-18)}$$

式中各符号含义同前。

由此估算的主射线束和泄露辐射对各关注点产生的剂量见表11-10, 由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表11-11, 机房迷道入口处由散射辐射产生的剂量见表11-12。

表 11-10-1 主射线束和泄漏射线对关注点的剂量估算值

计算参数	主屏蔽区 (墙体 a 点)	主屏蔽区 (墙体 b 点)	主屏蔽区 (屋顶 m 点)	侧屏蔽墙 (墙体 e 点)	侧屏蔽墙 (墙体 f 点)	迷道内墙 (g 点)	迷道外墙 (k 点)
------	------------------	------------------	---------------------	------------------	------------------	---------------	---------------

屏蔽厚度 X (cm)	270	270	273	145	195	125	125
斜射角 θ	0	0	0	0	0	30°	0
有效屏蔽厚度 Xe (cm)	270	270	273	145	195	144	125
TVL1 (cm)	41	41	41	35	35	35	35
TVL (cm)	37	37	37	31	31	31	31
透射因子 B	6.47×10^{-8}	6.47×10^{-8}	5.37×10^{-8}	1.55×10^{-4}	6.90×10^{-7}	3.05×10^{-5}	1.25×10^{-4}
H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8
f	1	1	1	0.001	0.001	0.001	0.001
R (m)	7.05	7.05	6.06	5.45	8.3	8.0	9.5
剂量当量 H($\mu\text{Sv/h}$)	3.13×10^{-1}	3.13×10^{-1}	3.51×10^{-1}	2.29×10^{-1}	2.41×10^{-3}	1.15×10^{-1}	3.33×10^{-1}

表 11-10-2 主射线束和泄漏射线对关注点的剂量估算值

计算参数	次屏蔽区 (墙本d1 点)	次屏蔽区 (墙本d2 点)	次屏蔽区 (墙体 c1 点)	次屏蔽区 (墙体 c2 点)	次屏蔽区 (屋顶 m1、m2 点)
屏蔽厚度 X (cm)	160	160	160	160	130
斜射角 θ	28°	28°	28°	28°	30°
有效屏蔽厚度 Xe (cm)	181	181	181	181	150
TVL1 (cm)	35	35	35	35	35
TVL (cm)	31	31	31	31	31
透射因子 B	1.95×10^{-6}	1.95×10^{-6}	1.95×10^{-6}	1.95×10^{-6}	1.95×10^{-5}
H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8
f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
R (m)	7.61	7.61	7.28	7.28	7.69
剂量当量 H($\mu\text{Sv/h}$)	8.08×10^{-3}	8.08×10^{-3}	8.84×10^{-3}	8.84×10^{-3}	7.92×10^{-2}

表 11-11 患者一次散射对关注点的剂量估算值

计算参数	次屏蔽区 (墙本d1 点)	次屏蔽区 (墙本d2 点)	次屏蔽区 (墙体 c1 点)	次屏蔽区 (墙体 c2 点)	次屏蔽区 (屋顶 m1、m2 点)
屏蔽厚度 X (cm)	160	160	160	160	130
斜射角 θ	28°	28°	28°	28°	30°

有效屏蔽厚度 Xe (cm)	181	181	181	181	150
TVL (cm)	28	28	28	28	28
透射因子 B	3.43×10^{-7}	3.43×10^{-7}	3.43×10^{-7}	3.43×10^{-7}	4.39×10^{-6}
H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8	2.40×10^8
f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
R (m)	6.87	6.87	6.53	6.53	6.93
剂量当量 $H(\mu\text{Sv/h})$	2.23×10^{-2}	2.23×10^{-2}	2.46×10^{-2}	2.46×10^{-2}	2.80×10^{-1}

表 11-12 加速器机房迷道入口处由散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	治疗室迷道入口处 (关注点 g 处)
治疗室入口处的散射辐射剂量率 HC ($\mu\text{Sv/h}$)	97.22
治疗室入口处的漏射辐射剂量率 HC ($\mu\text{Sv/h}$)	0.115
屏蔽厚度 X (mm)	12mm 铅板+60mm5%聚硼乙烯
关注点辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	0.502
类型	公众

(3) 年附加有效剂量

由式 11-24 估算各关注点的年附加有效剂量：

$$E = H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \quad (\text{式 11-19})$$

式中：H—关注点的剂量当量 ($\mu\text{Sv/h}$)；

E—关注点的附加有效剂量 (mSv/a)； h—工作负荷 (h/a)；

q—居留因子，经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员经过的地方取 1/16；

W_T —组织权重因数，全身为 1。

由此估算的加速器治疗室周围各关注点的年附加有效剂量见表 11-13。

表 11-13 加速器机房周围各关注点的年附加有效剂量估算表

关注点位	主要考虑的辐射束	射线路径	居留因子	工作负荷	剂量当量预测结果	附加有效剂量预测结果 mSv/a	类型
------	----------	------	------	------	----------	---------------------	----

a (控制室)	有用线束	O→a	1	250h	3.13×10^{-1}	7.84×10^{-2}	职业
c1 (控制室)	散射辐射	O1→O→a1	1	250h	2.46×10^{-2}	8.36×10^{-3}	职业
	漏射辐射	O→a1			8.84×10^{-3}		
c2 (控制室配套水冷机房)	散射辐射	O1→O→a2	1/4	250h	2.46×10^{-2}	2.09×10^{-3}	职业
	漏射辐射	O→a2			8.84×10^{-3}		
b (地下停车场)	有用线束	O→b	1/16	250h	3.13×10^{-1}	4.90×10^{-3}	公众
d1 (地下停车场)	散射辐射	O2→O→d1	1/16	250h	2.23×10^{-2}	4.75×10^{-4}	公众
	漏射辐射	O→d1			8.08×10^{-3}		
d2 (地下停车场)	散射辐射	O2→O→d2	1/16	250h	2.23×10^{-2}	4.75×10^{-4}	公众
	漏射辐射	O→d2			8.08×10^{-3}		
e(现有加速器治疗室1)	漏射辐射	O→e	1/4	250h	2.29×10^{-1}	3.58×10^{-3}	公众
f(地下停车场)	漏射辐射	O→f	1/16	250h	2.41×10^{-3}	3.77×10^{-5}	公众
g (防护门入口)	散射辐射	O2→O→i→g	1/16	250h	5.02×10^{-1}	9.65×10^{-3}	公众
	漏射辐射	O→g	1/16	250h	1.15×10^{-1}		
k (地下停车场)	漏射辐射	O→k	1/16	250h	3.33×10^{-1}	5.21×10^{-3}	公众
m (一层花园、一层诊疗室)	有用线束	O3→O→J	1/4	250h	3.51×10^{-1}	2.20×10^{-2}	公众
m1 (一层诊疗室)	散射辐射	O3→O→m1	1/4	250h	2.80×10^{-1}	2.25×10^{-2}	公众
	泄漏辐射	O→m1			7.92×10^{-2}		
m2 (一层花园)	散射辐射	O3→O→m2	1/4	250h	2.80×10^{-1}	2.25×10^{-2}	公众
	泄漏辐射	O→m2			7.92×10^{-2}		

根据表11-13, 本项目医用电子直线加速器机房运行后, 辐射工作人员受到的附加有

效剂量最大为 $1.96 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足职业人员有效剂量不超过 5mSv/a 的管理限值要求；加速器机房外公众受到的附加有效剂量最大为 $2.25 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足公众有效剂量不超过 0.1mSv/a 的管理限值要求。

本项目直线加速器治疗室工作人员为医院原有工作人员，调派到本项目专职于本项目的工作任务，所有辐射工作人员不再从事原辐射相关工作，且本项目各科室无工作交叉，因此，本项目辐射工作人员不存在剂量叠加的情形。本项目加速器治疗室楼顶除正常设计的混凝土屏蔽外，尚有60cm回填土层屏蔽体，本次计算未考虑加速器治疗室楼顶60cm回填土层的屏蔽因素，是偏安全的。

二、介入中心手术间 1、复合手术室 DSA 辐射环境影响分析

1、治疗室屏蔽厚度合理性分析

本项目介入中心手术间1治疗室，有效使用面积分别为 36m^2 ，最小单边长度为5m，复合手术室 80m^2 ，最小单边长度为7.2m。满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）表2中单管头X射线机最小有限使用面积 20m^2 和最小单边长度3.5m要求。

根据《医用X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013），X 射线设备设备间使用面积、单边长度及屏蔽防护当量厚度应满足表11-14所列要求。

表 11-14 治疗室使用面积、单边长度及屏蔽防护当量厚度要求

设备类型	类型	最小有效使用面积 (m^2)	最小单边长度 (m)	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)
单管头X射线机	介入中心手术间1治疗室	20	3.5	3	2
单管头X射线机	复合手术室	20	3.5	3	2

本项目 DSA 治疗室的设计屏蔽状况见表 11-15。

表 11-15 DSA 机房设计屏蔽状况

序号	机房	治疗室大小	最小单边长度	墙体	屋顶及地板	防护门	观察窗
1	介入中心手术间1治疗室	51m^2	5m	37cm 页岩实心砖墙	12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板	2 道 3mm 铅当量防护铅门	3mm 铅当量铅玻璃

2	复合手术室	80m ²	7.2m	南北侧： 37cm 页岩 实心砖墙， 东西侧： 钢结构龙骨 架加 3mm 铅当量铅板	屋顶采用 12cm 厚的混 凝土顶板 +2mm 铅板	2 道 3mm 铅 当量防护铅 门	3mm 铅 当量铅玻 璃
---	-------	------------------	------	--	-------------------------------------	-------------------------	--------------------

由表 11-13 对比表 11-14 可知，本项目 2 间 DSA 治疗室的屏蔽防护满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 的要求，屏蔽设计合理。

2、DSA 的辐射环境影响分析

本项目介入中心手术间 1 治疗室、复合手术室涉及各 1 台 DSA，单台 DSA 的年工作量最大为 3000 人次/年，单次手术累计出束时间约为 10min。拍片时 DSA 的常用管电压为 70kV，常用管电流为 200~500mA；透视时 DSA 的常用最大管电压为 80kV，最大管电流为 10mA；DSA 主要用于透视和拍片。

根据原环境保护部和国家卫生计生委联合发布公告 2017 年第 66 号《射线装置分类办法》，DSA 属于 II 类射线装置，工作时不产生放射性废气、废水和固体废物。本机为数字成像设备，不使用显、定影液，其主要危害因素为射线装置工作时产生的 X 射线，出束方向由下向上。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：操作人员采取隔室操作的方式，医生通过操作间铅玻璃观察窗机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中，医生位于操作间内，经机房各屏蔽体屏蔽后，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 DSA 机房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、戴铅眼镜等在机房内对病人进行直接的手术操作。

本环评采用预测方法分析本项目 DSA 系统在正常运行期间对辐射工作人员及公众的辐射影响。

(1) 对手术室外环境的影响

本项目介入中心手术间 1 治疗室改造后机房面积扩大至 36m²，四周墙体均选用 37cm 页岩实心砖墙（增厚 13cm），屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板（增加 2mm 铅板），病人进出门和控制室防护门均采用 3mm 铅当量屏蔽门，控制室（增厚 1mm 铅当量）、

观察窗安装 3mm 铅当量铅玻璃（增厚 1mm 铅当量）。

本项目复合手术室改建后面积 80m²,南北侧墙体均选用 37cm 页岩实心砖墙，东西侧墙体均选用钢结构龙骨架加 3mm 铅当量铅板，屋顶采用 12cm 厚的混凝土顶板+2mm 铅板（增加 2mm 铅板），病人进出门和控制室防护门均采用 3mm 铅当量屏蔽门，控制室、观察窗安装 3mm 铅当量铅玻璃。

①计算模式

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：

$$D_r = D_l \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T / r^2 \dots\dots\dots \text{(式 11-20)}$$

式中：D_r—预测点处辐射空气吸收剂量，Gy/a；

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，介入中心手术间 130000min（包括透视和拍片）；

复合手术室 30000min（包括透视和拍片）；

μ—利用因子；

η—对防护区的占用因子，各监测点位的占用因子均取 1；

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预测结果分析

保守考虑，DSA 的常用电压 50~70kV，常用电流为 200~500mA，距靶 1m 处的剂量率为 5.4 mGy/min（X 射线过滤材料 2.0mmAl）。查《辐射防护手册》（第一分册）图 10.5e、图 10.5a 可得铅、混凝土对 X 射线的减弱因子。

介入中心手术间 1 治疗室和复合手术室的屏蔽厚度根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的有关要求，医用射线装置使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率不大于 2.5μSv/h 和辐射工作人员年剂量约束值为 5.0mSv，公众的年剂量约束值为 0.1mSv 的规定，预测点年剂量预测见表 11-16。

表 11-16 DSA 检查间外预测点年有效剂量预测

位置	预测点	与射线源距离 (m)	设计屏蔽材料与厚度 (mm)	减弱因子 (f)	占用因子 (μ)	照射类型	年有效剂量 (mSv)	管理限值 (mSv)	校核结果
介入中	控制室 (南)	2.42	铅玻璃窗	4.0×10 ⁻⁶	1	职业	1.11×10 ⁻¹	5	满

心 手术间 1 机房			3mm 铅当量			照射			足
	谈话间、医 生通道 (南)	2.42	37cm 实心砖 墙 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	2.77×10^{-2}	0.1	满 足
	附属用房 (洗手间、 淋浴间、更 衣室) (西)	3.17	37cm 实心砖 墙 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	1.62×10^{-2}	0.1	满 足
	病患通道 (北)	4.22	37cm 实心砖 墙 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	9.10×10^{-3}	0.1	满 足
	介入中心 大厅 (东)	7.43	3mm 铅当量 屏蔽门	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	2.94×10^{-3}	0.1	满 足
	内科大楼 2 层病房 (正 上方)	3.9	12cm 厚的混 凝土顶板 +2mm 铅板 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	1.07×10^{-2}	0.1	满 足
	医院门诊大 楼 (北)	27	37cm 实心砖 墙 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	2.23×10^{-4}	0.1	满 足
	健康管理中 心 (东北)	47	37cm 实心砖 墙 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	7.34×10^{-5}	0.1	满 足
	西辅楼 (西北)	31	37cm 实心砖 墙 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	1.69×10^{-4}	0.1	满 足
复合手 术室	控制室 (东)	3.15	铅玻璃窗 3mm 铅当量	4.0×10^{-6}	1	职业 照射	6.54×10^{-2}	5	满 足
	附 属 用 房 (库房、更 衣室、谈话 间等) (东)	4.2	钢结构龙骨架 加 3mm 铅当 量铅板	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	9.19×10^{-3}	0.1	满 足
	废物通道 (东)	3.15	钢结构龙骨架 加 3mm 铅当 量铅板	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	1.64×10^{-2}	0.1	满 足
	内科大楼外 北侧过道 (北)	7.68	37cm 实心砖 墙 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	2.75×10^{-3}	0.1	满 足
	天井 (南)	6.12	37cm 实心砖 墙 (约 3mm 铅 当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	4.33×10^{-3}	0.1	满 足
	内科大楼 2 层病房 (正	3.9	12cm 厚的混 凝土顶板	4.0×10^{-6}	1/4	公众 照射	1.07×10^{-2}	0.1	满 足

	上方)		+2mm 铅板 (约 3mm 铅当量)						
	内科大楼人员通道 (西)	4.2	钢结构龙骨架加 3mm 铅当量铅板	4.0×10^{-6}	1/4	公众照射	9.19×10^{-3}	0.1	满足
	打气房 (东)	4.2	钢结构龙骨架加 3mm 铅当量铅板	4.0×10^{-6}	1/4	公众照射	9.19×10^{-3}	0.1	满足
	医院门诊大楼 (北)	27	37cm 实心砖墙 (约 3mm 铅当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众照射	2.23×10^{-4}	0.1	满足
	健康管理中心 (东北)	33	37cm 实心砖墙 (约 3mm 铅当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众照射	1.49×10^{-4}	0.1	满足
	西辅楼 (西北)	43	37cm 实心砖墙 (约 3mm 铅当量)	4.0×10^{-6}	1/4	公众照射	8.77×10^{-5}	0.1	满足

从表 11-15 可以看出, 预测点年有效剂量预测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中辐射工作人员年剂量约束值为 5.0mSv, 公众的年剂量约束值为 0.1mSv 的规定。

(2) 对手术室内医生及护士的影响

本项目介入中心手术间 1 机房拟配备 16 名工作人员, 其中医生 12 名, 技师 1 名, 护士 3 名, 技师 1 人。手术时分为 3 组, 每组 4 名医生 1 名护士。

复合手术室 DSA 拟配备 16 名工作人员, 其中医生 12 名, 护士 3 名, 技师 1 名, 手术时分为 3 组, 每组 4 名医生 1 名护士。

在使用 DSA 进行介入手术时, 有 3 名医生和 1 名护士在手术室内对患者进行手术, 1 名技师在控制室进行操作。医生和护士在进行介入手术时将穿戴铅衣等防护用品。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, 医生距主射束的最远距离约 0.3m, 护士的距离约 1m。

本项目 DSA 对于手术室内医生和技师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:

$$X = I \cdot t \cdot V_{ro} \cdot \left(\frac{r_o}{r} \right)^2 \cdot f \dots\dots\dots (式 11-21)$$

$$D = 8.73 \times 10^{-3} \times X \quad \text{----- (式 11-22)}$$

$$E = D \bullet W_R \bullet W_T \quad \text{----- (式 11-23)}$$

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，mGy；

E—参考点的有效剂量，mSv；

I—管电流（mA）或平均电子束流（ μA ）；透视取 10mA，拍片取 500mA；

V_{r0} —在给定的管电压和射线过滤情况下，距射线装置 $r_0\text{m}$ （ $r_0 = 1\text{m}$ ）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，介入中心手术间 1：30000min（透视 27000min，拍片 3000min）；复合手术室 DSA：30000min（透视 27000min，拍片 3000min）；

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。

本项目 DSA 过滤板采用 2mmAl，据此查得 $v_{r0} = 0.8 \text{R} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。第一手术操作位（医生位）在手术室内操作时身穿铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜（0.5mm 厚铅当量），同时手术医生使用铅屏和铅帘进行防护（0.5mm 厚铅当量），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，1mmPb 对 X 射线的减弱因子 $f = 0.001$ 。第二手术操作位（护士位）身着铅衣，防护能力相当于 0.5mm 铅当量，减弱因子为 $f = 0.01$ 。由于不处于射线主射束方向，仅位于 X 射线漏射束方向，因此照射量率取主射束方向的 1‰进行计算。

将上述参数带入上式（2）和（3），根据以上配置情况，计算可得手术医生、护士的年有效剂量，见表 11-17、11-18。

表 11-17 本项目介入中心手术间 1 单组职业受照人员的最大年有效剂量

职业受照射人员	拍片最大年有效剂量	透视最大年有效剂量	合计
手术医生	$1.11 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$	2.10mSv/a	2.22mSv/a
护士	$1.11 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$	$6.29 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$	$1.18 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$

表 11-18 本项目复合手术室单组职业受照人员的最大年有效剂量

职业受照射人员	拍片最大年有效剂量	透视最大年有效剂量	合计
手术医生	$6.54 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$	2.10mSv/a	2.17mSv/a
护士	$6.54 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$	$6.29 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$	$7.17 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$

由以上结果可知：手术医生、护士的年有效剂量均低于职业人员 5mSv/a 的年剂量约束值。本项目 DSA 工作人员专职从事 DSA 辐射治疗项目，不参与医院其他射线装置应用项目，因此本项目辐射工作人员不存在剂量叠加影响。

环评建议：所有手术过程中机房内的医护人员均应按辐射工作人员进行管理，手术时医护人员须将个人剂量计佩戴于铅衣内，个人剂量计定期送有资质的单位检测并建立个人剂量档案，在手术室内操作时须穿铅衣、戴铅手套、铅眼镜、铅围脖等防护用品。对病人病灶进行照射时，应将病人病灶以外的部位用铅橡胶布进行遮盖或穿着铅服，以避免病人受到不必要的照射。

(3) 医生腕部皮肤受照剂量

治疗时，医生通常站立于介入治疗病床侧面，面对病患，受到散射射束照射的几何条件为前后入射（AP，即垂直于人体长轴/Z 轴，从人体正面的入射），本项目采用理论预测分析介入手术医生所受到的皮肤剂量。

预测模式：计算模式采用《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017），X 射线所致皮肤损伤的辐射剂量可按式估算：

$$D = b \cdot f_x \cdot X \quad \text{（式 11-24）}$$

式中：D—皮肤吸收剂量，Gy；

b—反散射系数；

f_x —由空气比释动能到吸收剂量的转换系数；

X—照射量，C/kg。

预测参数：根据 WS/T188-1999 中附录 C 表 C1，用于介入治疗和复合手术的多功能 X 机属于第 I 类工作场所，手部平均照射量率为 $X=1.04\mu\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}/\text{h}$ 。医生每年最大累计曝光时间为均 500h。

根据 WS/T188-1999 中附录 B 查表 B4 和表 B2 得 $b=1.33$ ， $f_x=35.9\text{Gy}/\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

计算结果：计算得医生的皮肤吸收剂量为 24.83mGy。根据《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T144-2002）表 B1，对于 80kV 的 X 射线， $1\text{Gy}=1.61\text{Sv}$ 。将上述参数代入公式，计算得到在床旁手术时，医生皮肤受到的最大年当量剂量为 40mSv/a，低于《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（500mSv/a）和本报告执行的剂量约束值（125mSv/a）。

(4) 预测计算结果分析

根据预测计算，介入中心手术间 1 和复合手术室年有效剂量统计见表 11-19。

表 11-19 DSA 预测计算结果一览表

位置	受照射人员类型		预测计算
介入中心手术间 1	辐射工作人员	手术医生	手术医师的年有效剂量最大为 2.22mSv/a
		控制室医护人员	1.11×10^{-1} mSv/a
		护士	1.18×10^{-1} mSv/a
	公众	其他医护人员、病人	6.83×10^{-2} mSv/a
复合手术室	辐射工作人员	手术医生	手术医师的年有效剂量最大为 2.17mSv/a
		控制室医护人员	6.54×10^{-2} mSv/a
		护士	7.17×10^{-2} mSv/a
	公众	其他医护人员、病人	1.64×10^{-2} mSv/a

由表 11-26 可看出，介入中心手术间 1：手术医生每年有效剂量最大为 2.22mSv/a，控制室医护人员受照射剂量最大为 1.11×10^{-1} mSv/a，护士受照射剂量最大为 1.18×10^{-1} mSv/a，公众受照射剂量最大为 6.83×10^{-2} mSv/a；复合手术室：手术医生每年有效剂量最大为 2.17mSv/a，控制室医护人员受照射剂量最大为 6.54×10^{-2} mSv/a，护士受照射剂量最大为 7.17×10^{-2} mSv/a，公众受照射剂量最大为 1.64×10^{-2} mSv/a；均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 剂量限值，且均低于职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a 的管理约束值。

(4) 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，本评价提出以下几点要求：

介入治疗医生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和技术知识；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，并佩戴个人剂量报警仪；④定期维护 DSA 系统设备，制定和执行介入治疗的质量保证计划。

患者的辐射防护要求：①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作好患者非照射部位的保护工作。

三、保护目标环境影响分析

射线装置产生的 X 射线随着距离的增加呈现衰减趋势,根据主射束的屏蔽防护公式,本次评价以每个方向上距辐射工作场所较近的职业人员或公众作为主要保护目标进行了年剂量估算,同一方向上更远处的保护目标比近处保护目标所受年剂量更低。

本项目加速器治疗室 2 内的 10MV 医用电子直线加速器保护目标还受西侧西侧的加速器治疗室 1 内的 10MV 医用电子直线加速器和 I^{192} 后装治疗室影响,故将考虑上述设备对保护目标共同影响。广元市第一人民医院于 2018 年和 2019 年均进行了年度辐射环境现状监测,其中 2019 年年度监测针对加速器治疗室 1 和 I^{192} 后装治疗室仅对工作人员操作位、控制室外墙和防护门外及警戒线进行了监测,而 2018 年年度监测除对操作位、控制室外墙和防护门外及警戒线进行监测外,还对南侧外墙(地下停车场)和屋顶进行了监测,因此 2018 年年度监测能全面、准确的反应加速器治疗室 1 和 I^{192} 后装治疗室对本项目环境保护目标的共同影响,同时从 2018 年至今速器治疗室 1 和 I^{192} 后装治疗室设备设施及操作工况均为发生变化,因此本项目加速器治疗室 1 和 I^{192} 后装治疗室的影响数据引用“广元市第一人民医院 2018 年度辐射环境现状监测报告”,监测时速器治疗室 1 内 10MV 医用电子直线加速器和 I^{192} 后装治疗室均正常运行。10MV 医用电子直线加速器出束时间约 500h, I^{192} 出束时间约 500h。

本项目介入中心手术间 1 和复合手术室保护目标相互受到影响,介入中心手术间 1 邻近保护目标均位于复合手术室西侧,且最近为介入中心介入中心大厅,距离 $\geq 7m$,因此复合手术室对手术间 1 邻近保护目标的影响保守按照 7m 距离的辐射影响叠加,复合手术室邻近保护目标均位于介入中心手术间 1 东侧,且最近为内科大楼人员通道,距离 $\geq 7m$ 。因此复合手术室对手术间 1 邻近保护目标的影响保守按照 7m 距离的辐射影响叠加。距离较远的共同保护目标医院门诊大楼(北)、健康管理中心(东北)、西辅楼(西北),按照实际距离衰减后叠加。此外手术间 1 和复合手术室保护目标同时还受到现有手术间 2 辐射环境影响,因此本项目手术间 2 影响数据引用“广元市第一人民医院 2019 年度辐射环境现状监测报告”中监测最大值最大值为叠加值,分析对环境保护目标的影响。手术间 2DSA 出束时间约 500h。

具体结果见表 11-27。

表 11-27 评价范围内环境保护目标所受年剂量值

位置	照射类型	与射线束最近距离 (m)	本项目贡献值 mSv/年	加速器治疗室 1 贡献值 mSv/年	I ¹⁹² 后装治疗室贡献值 mSv/年	所受年有效剂量评价价值 mSv/年
加速器治疗室 2 配套控制室	职业照射	7.05	7.84×10^{-2}	8.5×10^{-2}	4.0×10^{-2}	2.04×10^{-1}
海油外科大楼负一层	公众	12.25	6.47×10^{-3}	2.0×10^{-2}	1.75×10^{-2}	4.40×10^{-2}
海油外科大楼地下停车场 (南侧)	公众照射	7.05	4.90×10^{-3}	3.44×10^{-3}	2.82×10^{-3}	1.12×10^{-2}
海油外科大楼一层放疗中心诊室	公众照射	6.06	2.25×10^{-2}	1.5×10^{-2}	1.38×10^{-2}	5.13×10^{-2}
治疗室楼顶一层花园	公众照射	6.06	2.25×10^{-2}	1.5×10^{-2}	1.38×10^{-2}	5.13×10^{-2}
海油外科大楼地下停车场 (东侧)	公众照射	8.3	5.21×10^{-3}	3.44×10^{-3}	2.82×10^{-3}	1.15×10^{-2}
医用直线加速器治疗室 1 电器辅助用房	公众照射	9.35	4.86×10^{-3}	2.13×10^{-2}	1.00×10^{-2}	3.62×10^{-2}
医用直线加速器治疗室 1 控制室	公众照射	12.32	2.80×10^{-3}	1.50×10^{-2}	1.00×10^{-2}	2.78×10^{-2}
I ¹⁹² 后装治疗室控制室	公众照射	17.23	1.43×10^{-3}	1.75×10^{-2}	1.00×10^{-2}	2.90×10^{-2}
介入中心手术间 1DSA						
预测点	照射类型	与射线源距离 (m)	手术间 1 贡献值 mSv/年	复合手术室贡献值 mSv/年	手术间 2 贡献值 mSv/年	所受年有效剂量评价价值 mSv/年
控制室 (南)	职业照射	2.42	1.11×10^{-1}	1.33×10^{-2}	7.25×10^{-2}	1.97×10^{-1}
谈话间、医生通道 (南)	公众照射	2.42	2.77×10^{-2}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	4.93×10^{-2}

附属用房（洗手间、淋浴间、更衣室）（西）	公众照射	3.17	1.62×10^{-2}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	3.78×10^{-2}
病患通道（北）	公众照射	4.22	9.10×10^{-3}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	3.07×10^{-2}
介入中心大厅（东）	公众照射	7.43	2.94×10^{-3}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	2.45×10^{-2}
内科大楼2层病房（正上方）	公众照射	3.9	1.07×10^{-2}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	3.23×10^{-2}
医院门诊大楼（北）	公众照射	27	2.23×10^{-4}	2.23×10^{-4}	1.82×10^{-2}	1.87×10^{-2}
健康管理中心（东北）	公众照射	47	7.34×10^{-5}	1.49×10^{-4}	1.82×10^{-2}	1.85×10^{-2}
西辅楼（西北）	公众照射	31	1.69×10^{-4}	8.77×10^{-5}	1.82×10^{-2}	1.85×10^{-2}
复合手术室 DSA						
预测点	照射类型	与射线源距离 (m)	复合手术室贡献值 mSv/年	手术间 1 贡献值 mSv/年	手术间 2 贡献值 mSv/年	所受年有效剂量评价价值 mSv/年
控制室（东）	职业照射	3.15	6.54×10^{-2}	1.33×10^{-2}	7.25×10^{-2}	1.52×10^{-1}
附属用房（库房、更衣室、谈话间等）（东）	公众照射	4.2	9.19×10^{-3}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	3.07×10^{-2}
废物通道（东）	公众照射	3.15	1.64×10^{-2}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	3.80×10^{-2}
内科大楼外北侧过道（北）	公众照射	7.68	2.75×10^{-3}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	2.43×10^{-2}
天井（南）	公众照射	6.12	4.33×10^{-3}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	2.59×10^{-2}
内科大楼2层病房（正上方）	公众照射	3.9	1.07×10^{-2}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	3.23×10^{-2}
内科大楼人员通道（西）	公众照射	4.2	9.19×10^{-3}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	3.07×10^{-2}
打气房（东）	公众照射	4.2	9.19×10^{-3}	3.31×10^{-3}	1.82×10^{-2}	3.07×10^{-2}

从上表可知，职业人员所受照射的年剂量最大值为和公众所受照射的年剂量最大值，分别小于职业年有效剂量管理限值 5.0mSv 和公众年有效剂量管理限值 0.1mSv 的年剂量约束值。

表 11-28 本项目对保护目标的影响分析（院外 50-100m）

位置	保护目标	与射线束最近距离 (m)	照射类型	辐射源	年剂量 (mSv/a)
兴和苑小区	公众人员	56	公众照射	直线加速器	4.95×10^{-3}
恒星城小区	公众人员	86	公众照射	直线加速器	2.10×10^{-3}
宏福世家小区	公众人员	53	公众照射	直线加速器	5.53×10^{-3}
馨怡苑小区	公众人员	73	公众照射	直线加速器	1.18×10^{-4}

由表 11-11 可知，医院外部保护目标均为公众，所受最大剂量为 $8.69 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，低于 0.1mSv/a 的评价约束值。

四、射线装置报废

本项目拟淘汰报废介入中心手术间 1 内现有的 1 台 DSA，射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源或拆除加高压零部件），确保装置无法再次通电使用。同时，本项目新增的射线装置在报废前，也应采取去功能化的措施（如拆除电源或拆除加高压零部件），确保装置无法再次通电使用。

五、大气环境影响分析

本项目介入中心手术间 1、复合手术室和加速器治疗室 2 X 射线电离而产生的臭氧，其产率和浓度可用以下公式分别计算：

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_o \cdot R \cdot g \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-25)}$$

式中：

Q_o —臭氧产率 mg/h ；

G —射束在距离源点 1m 处的剂量率 $\text{Gy.m}^2/\text{h}$ ，本项目 10MV 直线加速器取 360 ，DSA 取 300 ；

S_o —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2 ，取（最大射野 $40 \times 40 \text{cm}^2$ ） 0.16m^2 ；

R —射束径迹长度 m ，取 1m ；

g —空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O_3 的分子数，本项目取 10 。

经计算，直线加速器室臭氧产率为 3.74mg/h ，介入中心手术间 1 和复合手术室臭氧产率为 3.12mg/h 。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \cdot T_v / V \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-26)}$$

式中：

C —室内臭氧浓度， mg/m^3 ；

Q_o —臭氧产额mg/h；

T_v —臭气有效清除时间，h；

V —治疗室空间体积，加速器治疗室311m³；介入中心手术间1199m³；复合手术室312m³。

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots \text{(式11-27)}$$

t_v —每次换气时间，加速器治疗室0.07h；介入中心手术间10.25h；复合手术室0.25h

t_a —臭氧分解时间，取值为0.83h。

加速器机房每小时换气 12 次，每次换气时间均为 4min，则加速器机房内臭氧浓度为 $7.76 \times 10^{-4} \text{mg/m}^3$ 。加速器机房设有通排风系统，采用机械换气。进风口为两个，分别位于南侧主屏蔽墙两侧离地 3.0m 高处；排风口为两个，分别位于北侧主屏蔽墙两侧距地面约 0.3m 高处。。通风口由直径 400×250mm 的镀锌铁皮管道沿墙体连接至东侧防护门正上方的通风井，以“Z”型路径穿墙。抽出的臭氧再由 400×250mm 的镀锌铁皮管道连接至肿瘤大楼屋顶上方向北侧排放，管道高度约 20m。通风频率共计 12 次/小时，排风量约 3740m³/h。进、排风口设计符合辐射防护要求，排风量及频率满足相关设计规范要求。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）的要求。

介入中心手术间1和复合手术室机房设置有通排风系统，每小时换气4次，每次换气时间均为5min，则介入中心手术间1内臭气平衡浓度为 $3.02 \times 10^{-3} \text{mg/m}^3$ ，复合手术室内臭气平衡浓度为 $1.93 \times 10^{-3} \text{mg/m}^3$ 。本项目手术间1和复合手术室机房正上方设置有通排风系统，通排风管底安装高度为3.5m，经DSA机房通排风系统至医院大楼楼顶外排放。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（0.2mg/m³）的要求。

六、固体废弃物影响分析

①本项目直线加速器和DSA采用自动化数字成像不产生废显定影液及废胶片。

②手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容积集中回收后，转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由当地医疗废物处理机构定期统一回收处理。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中回收并

交由环卫部门统一处理。

本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

七、声环境影响分析

本项目射线装置工作场所使用的设备均为低噪设备，运行时基本无噪声产生或噪声很小；射线装置工作场所的通排风设备运行时产生噪声，但噪声值较小，对厂界噪声的贡献较小，因此对项目所在区域声环境影响较小。

八、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水冷机房废水。
处理措施：生活污水进入医院现有医疗污水处理站，该污水处理站与医院同时设计、同时施工、同时投入使用，容量满足要求，经污水处理站处理后的废水经市政污水管网排入城市污水处理厂；水冷机房废水循环利用，不外排。

事故影响分析

一、事故风险识别

1、直线加速器

直线加速器不运行时不存在放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当加速器运行期间才会产生 X 射线、电子束等危害因素，而且最大可能的事故主要有三种：

- ①医用直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房；
- ②检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员发生急性重度放射病、局部器官残疾；
- ③当门机连锁失效时，人员在迷道口停留受到意外照射；
- ④在医用直线加速器运行过程中通风系统出现故障，加速器仍然运行，导致臭氧累积使机房内浓度增高。

2、DSA

根据污染源分析，本项目 DSA 射线装置主要环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，射线装置只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。本项目直线加速器及 DSA 射线装置可能发生的辐射事故如下：

- ①辐射工作人员或公众还未全部撤出治疗室，外面人员启动射线装置，造成有关人员被误照，引发辐射事故。
- ②安全联锁装置发生故障，射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成有关人员被误照射，引发辐射事故。
- ③射线装置检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。

二、源项分析及事故等级分析

直线加速器会产生 X 射线、电子线以及臭氧，臭氧经通风设施换气、稀释，对大气环境基本无影响，电子线经机房屏蔽体的材料和厚度屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故医用直线加速器可能发生的风险事故中，其风险因子主要为 X 射线。按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-29 中。

表 11-29 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

项目	风险因子	潜在危害	事故等级
直线加速器	X 射线	医用直线加速器失控导致 9 人以下（含 9 人）局部器官残疾。	较大辐射事故
		医用直线加速器失控导致人员受超年剂量限值的照射。	一般辐射事故
DSA		X 射线装置失控导致人员受超年剂量限值的照射	一般辐射事故

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表 11-30）：

表 11-30 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

三、最大可信事故后果计算

本次评价以 10MV 直线加速器治疗过程中，其它无关人员误入或滞留机房内为例进行事故后果计算。

1、直线加速器

(1) 事故情景假设

①在对病人进行治疗时，10MV 直线加速器主射束 1m 处剂量率为最大值 6Gy/min，假设考虑安全连锁失效，有人员误入机房，人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束 1m 处的散射方向，X 射线散射束的空气比释动能率取主射束方向的 1%，每次误入照射时间为 30 秒。

②当门机连锁失效时，人员在迷道口停留受到泄露辐射，照射时间为 30 秒，迷道口的剂量当量率根据 GBZ/T 201.2-2011 第 4.3.2.5.1b) 为 0.625μSv/h。

③在维修人员进行检修时，假设触动直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的直射方向，10MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值6Gy/min，每次误入照射时间为10秒。

(2) 后果计算与分析

①通过计算，在以上假设事故情景下，误入人员受到的辐射剂量为 30mSv/次 (0.03Sv/次)，超过人员年剂量限值 (20mSv)，结合表 11-29，为一般辐射事故。

②当门机连锁失效时，人员在迷道口停留受到泄露辐射30秒，所受剂量为0.019mSv，低于本次确定的0.1mSv，当受照时间超过160秒时才构成一般辐射事故。

③通过计算，在以上假设事故情景下，维修人员受到的辐射剂量为1000mSv/次 (1Sv/次)，超过人员年剂量限值 (20mSv)，结合表11-29、11-30，为较大辐射事故。

2、DSA

(1) 事故情景假设

1) 介入手术过程中，发生介入手术人员超剂量照射

①在介入手术操作中，DSA 控制系统失灵；

②DSA 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假定该名手术人员在此停留时间为 6min，为穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）。

2) 维修射线装置时，人员受意外照射

①设备维护人员在维护 DSA X 线机射线管或测量探测器时，突然发现射线管正处于出束状态，便立即离开中断电源；

②假若维护时，DSA 以透视模式运行，距靶 1m 处的辐射剂量率为 5.4mGy/min；

③DSA 上的指示灯和声音装置均失效；

④维护人员位于 X 射线主射束方向，距靶 1m 的地方，停留时间 2min，无任何屏蔽措施。

(2) 剂量估算

根据上述条件，计算得出维护人员受照剂量为 10.8mGy/人·次。

(3) 事故后果

在上述事故情景假设条件下，被 DSA X 射线源误照人员已受到超过年剂量限值的照

射，参照表 11-29、11-30，属于一般辐射事故。

四、事故防范措施

1、直线加速器事故防范措施

本项目 10MV 直线加速器机房设置有迷道，当有人员误入或滞留时，人员可立即按动墙上紧急停机按钮，并且躲进迷道，按动迷道防护门入口处的紧急开门按钮，逃出机房。本项目直线加速器治疗床上、控制台上也有机器自带的紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮；同时，直线加速器机房设计有门机安全联锁，机房门关闭后机器才能启动，治疗过程中机房门不能从外部开启，可有效防止人员误入。

医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

- ①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。
- ②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。
- ③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。
- ④制定医院重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。
- ⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当直线加速器导致较大辐射事故时，应即时上报四川省生态环境厅。

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。

2、DSA 事故防范措施

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

(1) 为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；

②实施介入诊疗的质量保证；

③做好医生的个人防护；

④做好病人非投照部位的防护工作；

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当 DSA 导致较大辐射事故时，应即时上报四川省生态环境厅。

(2) 对于上述可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立全院安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定全院重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，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。

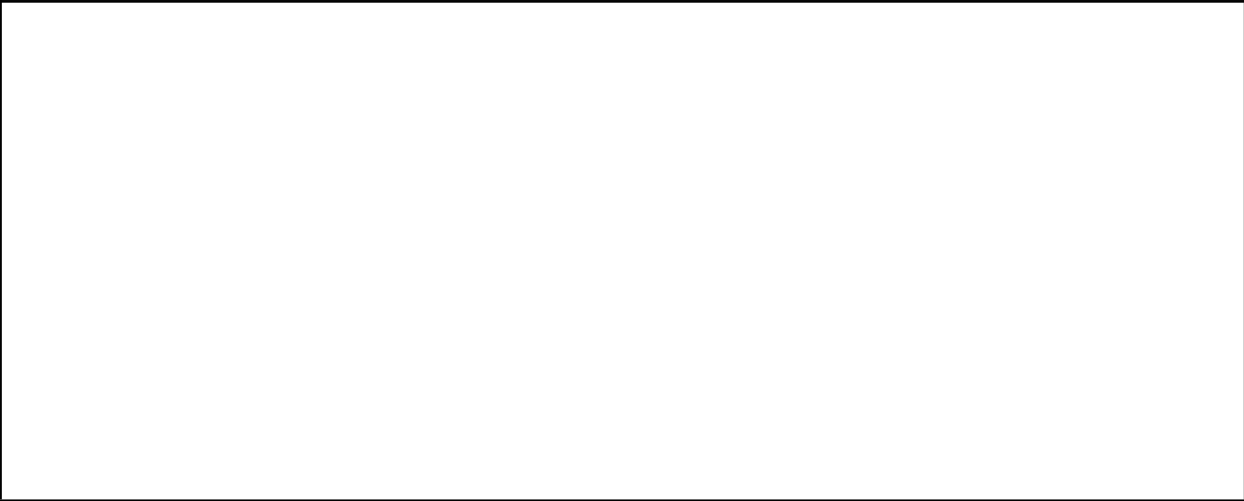


表 12：辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

医院已成立辐射防护管理领导小组，并根据实际情况及时做出了调整——广元市第一人民医院关于调整医院放射防护和辐射安全管理组的通知(院发[2015]66号)，主任为刘峰，组员为各科室主任。文件中已规定辐射防护管理领导小组的职责：①制定医院放射防护管理办法和放射事故应急处理预案；②开展放射工作人员个人剂量监测工作；③建立放射人员职业健康监护档案；④组织进行放射诊疗设备性能和放射场所放射防护检测；⑤负责日常监督管理工作。

医院应进一步完善细化辐射安全与环境保护管理机构的职能，补充小组成员联系方式，还需在文件中对辐射防护管理领导小组增加以下职责：①对医院的核技术利用项目安全防护情况进行年度评估；②组织有关人员学习、实施辐射防护法规；③组织辐射防护知识的宣传，并对有关人员进行防护知识教育；④会同上级有关部门按有关法规调查处理辐射事故，并对有关人员提出处理意见。

二、辐射工作人员配置

1、辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

医院既有辐射工作人员147人，均参加了辐射安全防护培训，并经考核合格（附件7）。本项目共配置辐射工作人员50名，均为现有人员调配，医院可根据设备数量，承担诊疗、科研任务，开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。新增人员医院应组织参加辐射安全防护培训，未参加培训者或考核不合格者，不得上岗；对培训时间超过4年的辐

射工作人员，进行再培训。

2、个人剂量检测

医院定期对已有辐射工作人员个人剂量进行了检测。2019 年一~四季度放射性工作人员除国凤高外，其余人员个人年剂量均低于 5.0mSv，季度个人剂量均低于 1.25mSv。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中对辐射工作人员要求的剂量限值；放射性工作人员国凤高一季度个人年剂量 11.12mSv，高于 1.25mSv，经调查为吴将剂量牌放入 CT 操作间检查室，属于未正确佩戴个人剂量计造成超标。环评要求：加强对辐射工作人员的管理和正确佩戴、使用个人剂量计的宣传，防止出现个人剂量异常情况。医院需进一步完善个人剂量档案管理，要有专人发放并回收，且有专门的位置存放，做到人员剂量档案一人一档并具有可追溯性。此外，医院还应保证每名辐射工作人员定期进行职业健康体检，若检查结果异常，应及时分析原因。个人剂量档案和个人健康档案应由医院终身保存。

3、质量控制检测设备

本项目配备有质量控制检测设备，并制定了相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，由专职负责辐射安全与环境保护管理工作和质量保证与质量控制检测工作。

辐射安全档案资料管理和规章制度

一、档案管理分类

医院对相关资料进行了分类归档放置，包括以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”，存放在医技科办公室。

环评要求：建设单位应按《四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知》内要求，落实辐射安全档案资料归档工作。

二、已建立主要规章制度

按照国务院第 449 号令中关于应用射线装置单位使用条件的规定，结合国家环保部第 18 号令、31 号令和环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求，将其与医院防护管理制度现状列于表 12-1 中进行对照分析。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

项目	规定的制度	落实情况	应增加的措施
----	-------	------	--------

场所 设施	辐射安全管理规定	已有	/
	辐射工作场所安全管理要求	已有	本次新建辐射工作场所需上墙该制度
	射线装置操作规程	已有	本次新建辐射工作场所需上墙该制度
	辐射安全和防护设施维护维修制度	已有	/
	场所分区管理规定（含人流、物流 路线图）	已有	将本项目射线装置纳入管理规定中
	X 射线诊断中受检者防护规定	已有	/
	辐射工作场所和环境辐射水平监测 方案	已有	将本项目辐射工作场所纳入该方案中
监测	监测仪表使用与校验管理制度	已有	/
	辐射工人员培训管理制度	已有	/
人员	辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	/
	辐射工作人员岗位职责制度	已有	本次新建辐射工作场所需上墙该制度
应急	辐射事故应急预案	已有	将本次新增辐射工作场所纳入该预案， 其中《辐射事故应急响应程序》本次新 建辐射工作场所需上墙该程序
其他	质量保证大纲和质量控制检测计划	已有	/
	放射源与射线装置台账管理制度	已有	/

环评要求：医院应将《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置操作规程》和《辐射事故应急响应程序》悬挂于本次新增的辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

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

辐射监测

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

一、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；

年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

二、个人监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量片，监测周期为 1 次/季。

(1) 当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016)，就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 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。医院应当将个人剂量档案保存终身。

三、辐射工作场所及周围环境辐射监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1 次/月。

四、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
加速器治疗室 2	X- γ 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	墙体四周外侧、操作位、防护门外、迷道内墙外、水冷机房、正上方肿瘤介入控制室和技师室
介入中心手术间 1			CT 室墙体四周外侧、防护门、观察窗、操作位
复合手术室			CT 室墙体四周外侧、防护门、观察窗、操作位

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

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

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

c、制定辐射环境监测管理制度。

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

五、年度监测报告情况

医院已于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院已应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

一、保护部令第 18 号规定预案内容

中华人民共和国环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位应急方案，做好应急准备”。应急方案的内容应包括：

(1) 应急机构和职责分工；

(2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

(3) 辐射事故分级与应急响应措施；

(4) 辐射事故调查、报告和处理程序；

(5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

二、医院现有辐射事故应急预案内容

项目单位的“辐射事故应急救援预案”内容包括：

- (1) 应急组织体系及职能与职责；
- (2) 应急救援条件保障；
- (3) 事故分级响应和应急程序；
- (4) 事故应急措施；
- (5) 应急响应终结事项及事项备案
- (6) 应急措施的预演练及事故防范意识的教育和锻炼

三、预案的可行性分析

环评认为，项目单位结合项目实际情况，按照保护部令第18号规定的预案内容，应在现有预案内容的基础上，补充应急成员的联系电话、补充辐射事故调查和处理程序、完善事故报告程序、补充辐射事故信息公开、公众宣传方案。修改后的预案应满足本项目在运行期间可能发生辐射事故的应急需要，且要具有针对性和可操作性，在此基础上，本项目的辐射事故应急预案是可行的。

四、事故应急措施

(1) 事故预防

为防止项目在运行期间、检修维护期间发生辐射事故，项目单位应做好下列事故防范工作：

①单位领导对辐射安全防护应有足够重视。辐射工作人员应加强安全意识和岗位责任心，并严格按射线装置的操作规程执行操作。

②在操作射线装置时要始终注意安全。辐射工作人员必须对该设备有足够的了解，能够识别任何可能导致危险的故障。如果发生故障或发现存在安全问题，在授权人员修复故障之前，不得使用该设备。

③为保证持续安全的操作，应按相关要求对设备进行定期维护。

④做好辐射工作人员和患者的防护工作。

⑤射线装置的钥匙由指定医师控制。

⑥加强环境保护科普宣传教育工作，普及辐射防护预防常识，增强公众的防范意识和相关心里准备，提高公众的防范能力。

(2) 应急措施

一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由医院辐射事故应急小组上报当地环境保护主管部门及省级环境保护主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 13：结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：医用电子直线加速器、数字减影血管造影机（DSA）改扩建项目

建设性质：改扩建

建设单位：广元市第一人民医院

建设地点：广元市第一人民医院院内

本次评价内容：1、医院拟在海油外科大楼放疗中心负一楼，对闲置加速器治疗室 2 进行改造（机房自建成之日起，一直闲置），安装 1 台 10MV 医用电子直线加速器（II 类射线装置，型号 Elekta Synergy）。2、在本院介入中心 DSA 手术间 1 更新改造安装 1 台 DSA 机（II 类射线装置，型号 UNIQ FD20）。3、将内科住院大楼一层原打气房办公室和营养科办公室区域改建为复合手术室，安装 1 台 DSA 机（II 类射线装置，型号 UNIQ FD20）

二、本项目产业政策符合性分析

本项目将核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应

用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目选址位于广元市第一人民医院院内，不新增占地，医院用地为医疗用地，符合眉山市总体规划。本项目与周边环境相容，选址符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于选址的要求，符合《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和防护管理办法》等法规的要求。因此本项目选址合理。

四、项目所在地区环境质量现状

本项目拟建场所为室内，由监测报告得知，项目所在区域的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值为 0.008~0.042 μ Sv/h。在普通生活环境状态下，辐射环境权重因子按 1 进行考虑，则 γ 辐射剂量率背景值为 0.008~0.042 μ Gy/h，与《2018 年全国辐射环境质量报告》中广元市附近区域监测数据 X- γ 辐射空气吸收剂量率 (0.0655~0.1818) μ Gy/h 无显著差异，属正常环境本底水平。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期

本项目施工期较短，通过采取相应的防治措施，对周围环境影响较小。

2、营运期

(1) 辐射环境影响分析

经模式预测，在正常工况下，对辐射工作人员造成的年附加有效剂量低于本次评价 5mSv/a 的职业人员年剂量管理限值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价 0.1mSv/a 的公众人员年剂量管理限值。

(2) 大气的环境影响分析

DSA 机房工作时产生的废气经排风系统通风后，机房内的废气浓度低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中规定的二级标准限值要求，同时不会对周围大气环境造成明显影响。

(3) 废水的环境影响分析

生活污水依托医院现有设施处理，最后达标排入市政污水管网，对周围水环境影响

较小。

(4) 固体废弃物的环境影响分析

项目采用先进的数字显影技术, 在诊断及治疗过程中不使用显影液、定影液和胶片, 不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

(5) 噪声环境影响分析

机房通排风系统工作时将产生一定的噪声, 其噪声值不会超过 60dB(A), 噪声较小, 经墙体衰减后对周围声环境影响较小。

六、环保设施与保护目标

按照环评报告落实后, 医院环保设施配置较全, 总体效能良好, 可使保护目标所受年剂量低于本次确定的剂量约束值。

七、事故风险与防范

医院按要求制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度, 并认真贯彻实施, 可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

医院按照环评要求完善相关内容后, 对本项目辐射设备和场所而言, 其具备辐射安全管理的综合能力。

九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前, 建设单位广元市第一人民医院在医院网站上进行了公示, 截至报告送审前, 未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

十、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则, 采取切实可行的环保措施, 落实本报告提出的各项污染防治措施, 本评价认为从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十一、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

一、加速器治疗室 2		
项目	设施 (措施)	数量
场所辐射	医用电子直线加速器屏蔽机房 (治疗室)	1 间

屏蔽设施	医用电子直线加速器治疗室防护铅门（防护层由12mm 铅+60mm5%硼聚乙烯制成）	1 扇
通风设施	空调通排风系统	1 套
监测设备	固定式剂量报警仪	1 台
	个人剂量计	36 个
	个人剂量报警仪	9 个
	便携式 X-γ监测仪	1 台
安全及应急装置	门机连锁系统	1 套
	门灯连锁系统	1 套
	门剂量连锁系统	1 套
	紧急制动装置（治疗室内四周墙体及各控制台各设置一个紧急停机按钮及相应的中文标识）	1 套
	各治疗室迷道出口处门内设置紧急开门按钮并有中文标识	1 套
	固定的电离辐射警告标志	1 套
	治疗室防护门外应设置出束声光警示一套，每套声光警示包含显示禁止入内的灯箱	1 套
	治疗室内及迷道处监控摄像头及对讲装置	1 套
个人防护	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	1 套
	患者用铅衣、铅围裙、三角巾等	1 套
二、介入中心手术间 1		
项目	设施（措施）	数量
场所辐射屏蔽设施	屏蔽机房（DSA 治疗室）	1 间
	DSA 治疗室防护铅门（铅当量 3mm）	1 扇
	铅玻璃观察窗（铅当量 3mm）	1 扇
监测设备	便携式 X-γ辐射监测仪 1 台	1 台
	个人剂量计	32 个
	腕部个人剂量计	30 个
防护用品	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等	1 套
	床体旁的铅防护吊屏和床下铅帘一套	1 套
通风设施	空调通排风系统	1 套
	紧急制动装置（操作台及床体上各一个）	1 套
	视频监控及对讲系统	1 套

安全及应急装置	固定的电离辐射警告标志	1 套
	防护门外设置出束声光警示	1 套
	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	若干
三、复合手术室		
项目	设施（措施）	数量
场所辐射屏蔽设施	屏蔽机房（DSA 治疗室）	1 间
	DSA 治疗室防护铅门（铅当量 3mm）	1 扇
	铅玻璃观察窗（铅当量 3mm）	1 扇
监测设备	便携式 X-γ辐射监测仪 1 台	1 台
	个人剂量计	32 个
	腕部个人剂量计	30 个
防护用品	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等	1 套
	床体旁的铅防护吊屏和床下铅帘一套	1 套
通风设施	空调通排风系统	1 套
安全及应急装置	紧急制动装置（操作台及床体上各一个）	1 套
	视频监控及对讲系统	1 套
	固定的电离辐射警告标志	1 套
	防护门外设置出束声光警示	1 套
	警戒、公告用品、救护用品、通讯工具、灭火器材若干	若干
相关制度	医院辐射防护安全责任制度、辐射安全操作规章制度、辐射工作人员管理规章制度、医院剂量监测规章制度、辐射安全装置定期检查与维护规章制度、辐射事故处理、应急处置规章制度、定期剂量检测和剂量仪的校准制度、辐射工作人员培训计划、辐射工作设备操作规程、辐射工作人员岗位职责、辐射工作场所和环境辐射水平监测方案、质量保证大纲和质量控制检测计划	《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。
建议和承诺		
1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。 2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训与考核，培训超过 4 年的，应组织复训。		

3、定期向当地环保部门报送个人剂量信息。

4、每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年1月31日前将评估结果报送省环境保护厅和当地环境保护部门，安全和防护状况年度评估报告要按照《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》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）。

5、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

6、医院须重视控制区和监督区的管理。

7、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

8、医院在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>），对相关信息进行修改。

9、本次环评仅涉及射线装置及其工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

10、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

（1）建设单位可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（<http://www.mee.gov.cn/>）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收（调查）报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地环境保护主管部门报送相关信息，并

接受监督检查。