

核技术利用建设项目

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机
及 DSA 核技术利用项目

环境影响报告表

陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司

二〇二二年四月



环境保护部监制

核技术利用建设项目

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机
及 DSA 核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司

建设单位法人代表：（签字或盖章）

通讯地址：陕西省西咸新区秦汉新城窑店街道办三池大道中段兰池

大厦 C 座

邮政编码：712000

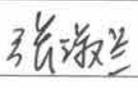
联系人：赵明

电子邮箱：

联系电话：18602960139



编制单位和编制人员情况表

项目编号	113jq2		
建设项目名称	西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及DSA核技术利用项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司		
统一社会信用代码	916111035556659118		
法定代表人（签章）	夏静		
主要负责人（签字）	赵明 		
直接负责的主管人员（签字）	赵明 		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	核工业二〇三研究所		
统一社会信用代码	12100000435630837Y		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
张淑兰	05356123505610126	BH009008	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘宸	环境影响报告表全文	BH012465	

中华人民共和国
事业单位法人证书

(副本)

统一社会信用代码 12100000435630837Y

名称 称核工业二〇三研究所

宗旨 和
开展核地质调查,促进国家建设, 地质学研究 固体矿产勘查 地质调查 地质危险
地质实验测试(岩矿测试) 区域地质调查 地球物理勘查 地质灾害治理工程勘察 地质灾害危险
矿产资源开发利用 地质灾害防治 地质工程勘察 地质灾害调查 地质灾害危险
性评价 建设项目环境影响评价 遥感应用开发服务 相关技术研究 相关技术开
发 仪器研制与会议接待服务 相关分析测试及工艺研究 相关检测 检测
航空摄影 地理信息系统工程建设 工程测量与不动产测绘 工程测量与不动产测
绘 相关地图编制 相关环保竣工验收服务 相关检验检测

住所 陕西省西咸新区沣东新城科源三路869号

法定代表人 王乐力

经费来源 上级补助、事业、经营收入

开办资金 ¥15000万元

举办单位 中国核工业集团有限公司

登记管理机关



有效期自 2019年09月20日 至 2024年09月20日



本证书由中华人民共和国人事部和环境保护总局批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试合格，取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



The People's Republic of China



State Environmental Protection Administration
The People's Republic of China

编号: 0001091
No. : 0001091



持证人签名:

Signature of the Bearer

管理号:
File No. :

0001091

姓名: 张兰
Full Name _____
性别: 女
Sex _____
出生年月: 1967.05
Date of Birth _____
专业类别: 环境影响评价工程师
Professional Type _____
批准日期: 2005.05.15
Approval Date _____

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2005年5月2日

Issued on





环境影响评价信用平台

当前位置: 首页 > 编制人员诚信档案

编制人员诚信档案

编制人员诚信档案

姓名: 从业单位名称: 信用编号:

职业资格情况: 职业资格证书管理号:

序号	姓名	从业单位名称	信用编号	职业资格证书管理号	近三年编制报告书数量 (经批准)	近三年编制报告表数量 (经批准)	当前状态	信用记录
1	张淑兰	核工业二〇三研究所	BH009008	05356123505610126	0	0	正常公开	<input type="button" value="详情"/>

首页 « 上一页 1 下一页 » 尾页 当前 1 / 20 条, 跳到第 1 页 跳转 共 1 条

集体户口登记卡

地址: 陕西省西咸新区沣东新城沣东大道4号

No: _____

姓名	张淑兰	户主或关系	非亲属
曾用名	张兰	性别	女
出生地	山西省太原市南城区	民族	汉族
籍贯	山西省	出生日期	1967年05月12日
本市(县)其他住址		宗教信仰	无宗教信仰
公民身份证号码	662501196705120649	身高	159
文化程度	大学毕业	婚姻状况	已婚
服务处所	核工业二〇三研究所	职业	干部
何时由何地迁来本市(县)	2018年03月29日因投资由陕西省咸阳市秦都区渭阳西路48号院内旧2号楼109号迁来本市(县)		
何时由何地迁来本址			

签发机关: _____

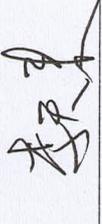
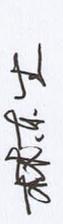
承办人: _____

登记日期: _____

2018 03 29
年 月 日

说明: 张淑兰曾用名为张兰, 因环评工程师资格证书现阶段无法变更姓名, 特此说明。

《西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用
项目环境影响报告表》技术评估会议专家名单

姓名	职称	单位	签名	联系方式
李天来	教授	陕西省疾病预防控制中心		15349254633
林东生	研究员	陕西新高科辐射 技术有限公司		18091091020
马源	高工	中圣环境科技发展有限公司		13630234669

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目 环境影响报告表技术评估专家组意见

受陕西省生态环境厅委托，陕西省环境调查评估中心于 2022 年 6 月 2 日在西安市主持召开了“西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目环境影响报告表”（以下简称“报告表”）技术评估会议。参加会议的有：陕西省生态环境厅、西咸新区生态环境局（秦汉）工作部、陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司（建设单位），陕西省人民医院，核工业二〇三研究所（环评单位）代表和特邀专家共 12 人，会议邀请 3 名专家组成专家组（名单附后）。

会前，部分与会代表对项目拟建地进行了现场踏勘，会议期间，与会代表和专家听取了建设单位关于该项目工作进展情况的介绍和评价单位关于该项目环境影响报告表内容的汇报，经过讨论和评议，形成报告表技术评估会专家组意见如下：

一、项目概况

为了改善西咸新区秦汉新城医疗设施条件，陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司拟建设西咸新区秦汉中心医院，主要建设一栋类米字型门诊住院楼（5F）和一栋行政宿舍楼（6F）。在门诊住院楼地下一层新建放疗科，新增 2 台 10MV 电子直线加速器（II类射线装置）和 1 台后装机（III类放射源）用于肿瘤治疗。在门诊住院楼一层、四层及五层新建急救中心、介入科及手术室，新增 5 台数字减影血管造影机（DSA，II类射线装置），用于医学介入诊疗。

该项目涉及使用的密封放射源及射线装置分别见表 1~表 3。

表 1 本项目使用的密封放射源

序号	核素	类别	总活度 (Bq) /活度×枚数	使用场所	备注
1	¹⁹² Ir	III类	3.7×10 ¹¹ Bq/3.7×10 ¹¹ Bq×1	放疗科	后装机用源

表 2 本项目新增电子直线加速器设备技术参数

射线装置名称	加速粒子	最大能量	等中心剂量率	SAD	数量	使用场所	类别
医用电子直线加速器	电子	X 射线：10MeV	2200cGy/min	1m	2 台	放射治疗科加速器治疗室	II类
		电子能量：18MeV	1000cGy/min				

表3 本项目新增 DSA 设备技术参数

射线装置名称	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	数量	使用场所	类别
DSA	125	1250	5 台	急救中心/介入科/手术室 DSA 机房	II类

该项目应用规模为：使用 1 枚 ^{192}Ir 放射源；使用 2 台 10MV 医用电子直线加速器（II类射线装置）、5 台 DSA（II类射线装置）。

该项目总投资 9000 万，环保投资 45 万，环保投资占总投资比例为 0.50%。

二、环境质量现状与环境保护目标

西咸新区秦汉中心医院项目拟建地及周边环境 γ 辐射剂量率监测值为 67.7~91.3nGy/h。与咸阳市 γ 辐射剂量率调查结果（数据来源：《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“咸阳市 γ 辐射剂量率调查结果（室内：87~123nGy/h，室外：48~68nGy/h）”相当，处于正常环境本底水平，辐射环境质量现状无异常，项目所在区域辐射环境质量现状良好。

西咸新区秦汉中心医院该项目主要环境保护目标为辐射工作人员及评价范围内公众使其所接受的年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和环评提出的剂量约束值要求。该项目环境保护目标见表 4。

表4 该项目环境保护目标一览表

工作场所	保护对象	类型	人员规模	相对位置关系		年有效剂量约束值
				方位	最近距离(m)	
直线加速器治疗室 1#、2#	控制室工作人员	职业人员	4 人	N	0.3	$\leq 2\text{mSv}$
	地下一层加速器治疗室屏蔽体外周边其他医务人员、患者及其家属	公众	约 80 人	门诊住院楼楼内	0.3~50 m 范围内	$\leq 0.1\text{mSv}$
	加速器治疗室正上方绿化区流动人员	公众	流动人员	楼上	1.0	$\leq 0.1\text{mSv}$
后装机治疗室	控制室工作人员	职业人员	2 人	N	0.3	$\leq 5\text{mSv}$
				摆位（不固定）	1.0*	
	地下一层后装机治疗室屏蔽体外周边其他医务人员、患者及其家属	公众	约 80 人	门诊住院楼楼内	0.3~50 m 范围内	$\leq 0.1\text{mSv}$
	后装机治疗室正上方绿化区流动人员	公众	流动人员	楼上	1.0	$\leq 0.1\text{mSv}$
介入科	DSA 手术医生、护士	职业人员	12 人（每	位于机房内	0.8	$\leq 5\text{mSv}$

(DSA 机房 1#、 2#、3#)			组 2 人)			
	DSA 控制室工作人员		约 4 人	W、两 DSA 机 房之间的控制 室	0.3	≤5mSv
	DSA 机房屏蔽体外周边 其他医务人员、患者及其 家属	公众	约 25 人	北侧医生办公 室、病房区	0.3	≤0.1mSv
			约 85 人	东侧病房区	0.3	
			约 30 人	南侧信息科及 预留用房	0.3	
			约 60 人	西侧病房区	0.3	
	门诊住院楼三层观察室、 护办、医办、值班室停留 人员		约 10 人	楼下	2.5	
门诊住院楼五层护士站、 休息室及换床室停留人 员		约 8 人	楼上	1.0		
手术 室	DSA 手术医生、护士	职业人员	4 人(每组 2 人)	位于机房内	0.8	
	DSA 控制室工作人员		约 2 人	S	0.3	
	DSA 机房屏蔽体外周边 其他医务人员、患者及其 家属	公众	约 25 人	北侧重症监护 病房	0.3	≤0.1mSv
		公众	约 30 人	东侧医生办公 室、手术室	0.3	
		公众	约 15 人	南侧手术室、医 生办公室	0.3	
		公众	约 3 人	西侧手术室	0.3	
	门诊住院楼四层信息机 房停留人员	公众	约 1 人	楼下	2.9	
门诊住院楼楼顶平台停 留人员	公众	约 1 人	楼上	1.0		
急救 中心	DSA 手术医生、护士	职业人员	4 人(每组 2 人)	位于机房内	0.8	≤5mSv
	DSA 控制室工作人员		约 2 人	N	0.3	
	DSA 机房屏蔽体外周边 其他医务人员、患者及其 家属	公众	约 10 人	北侧值班室、内 诊科室	0.3	≤0.1mSv
		公众	约 5 人	东侧检验科	0.3	
		公众	约 40 人	南侧外科诊室、 儿科值班室	0.3	
		公众	约 25 人	西侧医生办公 室、教室	0.3	
	门诊住院楼负一层制冷 机房停留人员	公众	约 1 人	楼下	4.6	
门诊住院楼二层内庭院 停留人员	公众	约 2 人	楼上	1.0		

备注：表中*表示距放射源或射线装置距离，其余距离为距射线装置、含源设备所在机房屏蔽体表面距离；

三、源项分析与污染因子

(一) 放射治疗科

1、直线加速器

该项目拟安装的2台10MV电子直线加速器曝光状态下会产生X射线与电子束，对机房及其周边环境产生影响。关机状态下，无X射线和电子产生。电子直线加速器在运行过程中会产生少量废金属靶。

2、后装机

该项目后装机使用的放射源为 ^{192}Ir 放射源，其贮源和治疗状态下均会产生平均能量为0.37MeV的 γ 射线，从而对后装机治疗室以及周边环境产生影响。后装机使用的 ^{192}Ir 放射源使用一段时间，需要定期进行更换，更换过程产生废 ^{192}Ir 放射源。

除此之外，后装机 ^{192}Ir 放射源衰变产生的 γ 射线和直线加速器产生的X射线均会与空气发生电离作用，产生少量臭氧、氮氧化物。

(三) 急救中心、介入科及手术室

该项目在急救中心、介入科及手术室设置有5台DSA设备，其在曝光状态下均会产生X射线，对机房及其周边环境产生影响。DSA曝光过程中产生的X射线与空气发生电离作用，产生少量臭氧、氮氧化物。

四、辐射安全措施

(一) 放射治疗科

1、辐射屏蔽设计

该项目放疗科后装机、加速器治疗室辐射屏蔽设计参数见表5。

表5 放疗科工作场所辐射屏蔽设计参数

工作场所	项目	具体设计参数	
电子直线 加速器治 疗室 1#	尺寸参数	长 9.0m×宽 8.1m×高 4.3m，面积 72.9m ² ，迷道转弯处宽 2.4m，迷道宽 2.5m	
	南墙	1800mm 厚混凝土	
	东墙	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 厚混凝土
		次屏蔽	1.85m、6.15m，1800mm 厚混凝土
	北墙	迷道内墙	1800mm 混凝土
		迷道外墙	1400mm 混凝土
	西墙	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 厚混凝土
		次屏蔽	1.85m、6.15m，1800mm 厚混凝土
屋顶	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 混凝土	

		次屏蔽	1800mm 混凝土
		地板	1800mm 混凝土
		防护门	18mmPb 防护门
电子直线 加速器治 疗室 2#	尺寸参数		长 9.0m×宽 8.1m×高 4.3m，面积 72.9m ² ，迷道转弯处宽 2.4m，迷道宽 2.5m
	南墙		1800mm 厚混凝土
	西墙	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 厚混凝土
		次屏蔽	1.85m、6.15m，1800mm 厚混凝土
	北墙	迷道内墙	1800mm 混凝土
		迷道外墙	1400mm 混凝土
	东墙	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 厚混凝土
		次屏蔽	1.85m、6.15m，1800mm 厚混凝土
	屋顶	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 混凝土
		次屏蔽	1800mm 混凝土
	地板		1800mm 混凝土
防护门		18mmPb 铅当量防护门	
后装机治 疗室	尺寸参数		长 6.0m×宽 4.6m×高 3.9m，面积 27.60m ²
	四侧墙体		后装机治疗室拟采用标准混凝土作为屏蔽防护材料，密度不小于 2.35g/cm ³ 。后装机治疗室东墙、南墙和北墙设计厚度为 800mm，西墙设计厚度为 1800mm（和加速器治疗室共用），迷路墙设计厚度为 600mm。
	防护门		防护门：10mm 铅当量
	上下层楼板		顶棚：800mm 混凝土；地坪：1800mm 混凝土

2、辐射安全设施

后装机治疗室拟采取的辐射安全设施：后装机房治疗室设置门-机联锁装置；患者出入防护门安装防挤压装置，防护门表面张贴电离辐射警告标志；防护门上方设置工作状态指示灯，且工作状态指示灯与后装机运行状态有效联动；治疗室靠近防护门处设置 1 个应急手动开关，用于应急状态下可以从室内开启防护门；在治疗室内以及控制台安装急停开关，用于紧急状态终止放射源的照射；在治疗室内设置视频监控系统、对讲系统以及剂量率监测报警装置、回源装置等设施；后装机房治疗室拟设置“上进下排”的机械通风装置，通风换气次数大于 4 次/h。

电子直线加速器治疗室拟采取的辐射安全设施：加速器治疗室治疗室设置门-机联锁装置；防护门安装防挤压装置，防护门表面张贴电离辐射警告标志；防护门上方设置工作状态指示灯，且工作状态指示灯与加速器运行状态有效联动；治疗室靠近防护门处设置应急手动开关，用于应急状态下可以从室内开启防护门；在治疗室内以及控制台分别安装急停开关，按下急停开关后加速器终止出束；在治疗室内设置视频监控系统、对讲系统以及固定式辐射剂量报警装置等设施；加速器治疗室治疗室拟设置“上进下排”的机械通风装置，通风换气次数至少为 4 次/h。

(二) 急救中心、介入科及手术室

1、辐射屏蔽设计

本项目在急救中心、介入科及手术室共建设 5 间 DSA 机房，其屏蔽参数见表 6。

表 6 介入科、急救中心、手术室 DSA 设备工作场所辐射屏蔽设计参数

场所	项目	具体设计参数
介入科 DSA1#、 2#、3#机房	尺寸参数	长 8.36m×宽 8.4m，面积 70.22m ²
	四侧墙体	四面墙体为 370mm 实心砖墙
	防护门窗	患者/工作人员/污物防护门：3mmPb 当量；观察窗：3mmPb 当量
	上下层楼板	150mm 混凝土+1mmPb 当量防护涂料
手术室 DSA 机房	尺寸参数	长 10.8m×宽 7.1m，面积 76.7m ²
	四侧墙体	四面墙体为 370mm 实心砖墙
	防护门窗	患者/工作人员/污物防护门：3mmPb 当量；观察窗：3mmPb 当量
	上下层楼板	150mm 混凝土+1mmPb 当量防护涂料
急救中心 DSA 机房	尺寸参数	长 12.48m×宽 9.65m
	四侧墙体	四面墙体为 3mm 铅板
	防护门窗	患者/工作人员/污物防护门：3mmPb 当量；观察窗：3mmPb 当量
	上下层楼板	150mm 混凝土+1mmPb 当量防护涂料

备注：根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C,对于 125kV 管电压状态下 X 射线主射线，370mm 实心砖墙、150mm 混凝土分别相当于 3.9mm 铅当量、1.9mm 铅当量。

2、辐射安全设施

DSA 机房采取的辐射安全设施为：患者出入门上方拟安装工作状态指示灯，指示灯与防护门有效联动；患者防护门、污物门、医护人员防护门外的醒目位置张贴电离辐射警告标志；平开门拟设置自动闭门装置，电动推拉门拟设置防夹装置；机房内应设置机械通风装置，排风管道连接至楼顶排出；设置观察窗及监控对讲装置，便于观察到受检者状态及防护门开闭情况；拟配备相应辐射防护用品，能够满足工作需要，拟配备铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施。

五、运行期环境影响分析

(一) 屏蔽能力分析

经理论计算，本项目直线加速器治疗室、后装机治疗室及各 DSA 射线装置机房屏蔽墙体、防护门实际屏蔽厚度均大于理论估算出的厚度。机房各屏蔽墙体与防护门表面 30cm 处辐射剂量率均小于各关注点对应的剂量率参考控制水平，其结果均能够满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)、《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 辐射剂量率限值要求。

（二）辐射环境影响分析

经估算，西咸新区秦汉中心医院放疗科电子直线加速器运行过程中所致辐射工作人员最大年附加剂量为 $4.31 \times 10^{-8} \text{mSv}$ ，所致公众最大年附加剂量为 $7.28 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ；后装机运行过程中所致辐射工作人员最大年附加剂量为 0.308mSv ，所致公众最大年附加剂量为 $1.87 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ；DSA 机房各工作场所在正常运行时，介入手术所致手术室内医护人员年最大附加有效剂量为 2.09mSv ，控制室内辐射工作人员受到的年最大附加有效剂量为 0.079mSv ，机房周围公众受到的年有效剂量最大值为 0.093mSv ，以上结果均满足职业人员 5mSv 、公众 0.1mSv 年剂量约束值限值要求（电子直线加速器辐射工作人员年剂量约束值限值为 2mSv ）。

（三）“三废”影响分析

本项目放疗科、介入科、急救中心和手术室各工作场所均不产生废液和放射性废气。对于项目运行时产生的臭氧和氮氧化物，经计算，各工作场所通风换气次数均满足相关要求，对环境的影响较小。

本项目放疗科后装机治疗室运行时产生的废旧放射源及加速器治疗室运行产生的废金属靶交放射源供应单位或有相关资质单位回收处置。

六、辐射安全管理

西咸新区秦汉中心医院应成立以医院主要领导为委员的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件明确机构成员组成，拟制定《放射防护管理委员会职责》、《放射工作人员岗位职责》等相关制度，明确管理机构以及放射工作人员职责。医院将按照“陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化”相关规定，制定辐射安全管理标准化文件。西咸新区秦汉中心医院应根据陕西省环境保护厅发布的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发[2018]29号）文件，不断细化、完善公司辐射安全管理标准化文件，明确医院决策层、辐射防护负责人、辐射工作人员职责，并落实相关管理要求。

七、专家组意见

（一）环评报告表需要修改完善的内容

1.校核放疗科平面布局；完善四层介入科 DSA 机房布局合理性分析内容；核对设备参数；完善 CT 定位机房相关评价内容；复核环保目标一览表；

2.根据放疗设备运行情况校核加速器、后装机工艺过程描述；完善辐射安全屏蔽措施有关内容；

3.完善应急预案、环境辐射监测计划及竣工验收清单。

专家会上的其它一些具体意见。

（二）项目在建设及运行中应注意的事项

1、定期对加速器、后装机以及 DSA 工作场所辐射防护设施和安全设施进行检查、维护，保证其安全性和可靠性。

2、进一步完善辐射安全防护监测制度并确保实施。按年度编制辐射安全评估报告，并报发证部门和当地生态环境主管部门。

3、结合本单位实际情况，完善应急预案，并进行适当的演练，确保在发生事故能及时启动应急预案并应急响应。

（三）总结论

报告表编制内容较全面，主要污染源及其环境影响分析明确，环境保护与辐射防护措施基本可行，评价结论总体可信。

综上所述，西咸新区秦汉中心医院加速器，后装机及 DSA 核技术利用项目，符合辐射防护实践正当性原则；项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到了尽可能合理低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致辐射工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值，符合剂量限值约束原则；该项目在严格落实设计以及环评提出的各项辐射防护措施情况下，从辐射环境保护角度分析，该项目建设可行。

专家组（签名）：

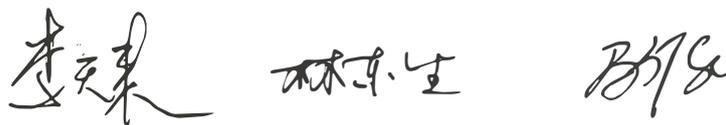
2022 年 6 月 2 日

**西咸新区秦汉中心医院
加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目
环境影响报告表修改说明**

陕西省环境调查评估中心于 2022 年 6 月 2 日主持召开了“西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目环境影响报告表”技术评估会议，根据技术评估会专家组意见，报告表修改内容如下：

序号	专家组意见	修改内容	修改页码
1	校核放疗科平面布局；完善四层介入科 DSA 机房布局合理性分析内容；核对设备参数；完善 CT 定位机房相关评价内容；复核环保目标一览表；	已对放疗科平面布局进行修改，并核对了各功能房间。	P ₈
		已对四层介入科 DSA 机房下方的医疗用房进行了功能化调整，确保了 DSA 机房布局合理性	P ₅₀
		CT 模拟定位机拟进行环境影响登记表备案，不再进行评价。	P ₄₂
		对表 7-1 环境保护目标一览表中人员相对位置关系、最近距离以及保护对象进行修改。	P ₂₀ ~P ₂₂
2	根据放疗设备运行情况校核加速器、后装机工艺过程描述；完善辐射安全屏蔽措施有关内容；	对电子直线加速器及后装机工作原理示意图，操作过程及产污环节图进行修改完善	P ₃₈ ~P ₄₂
3	完善应急预案、环境辐射监测计划及竣工验收清单；	对辐射事故应急进行了完善，分别对放疗科及各 DSA 机房出现事故的应急措施进行了详细说明。完善了环境辐射监测计划（见表 12-2）及竣工验收清单（见表 12-4）	P ₉₄ ~P ₁₀₈ 、 P ₁₁₁ 、 P ₁₁₂ 、P ₁₁₄
根据与会专家及代表的其它意见进行修改			

专家：



专家个人意见修改说明

根据林东生老师对《西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目环境影响报告表》提出的专家个人意见,环境影响报告表修改内容如下:

序号	专家个人意见	修改内容	修改页码
1	核实并完善建设项目平面布局图(核实放疗科模具室位置、CT 定位机上方、直加后装下方、急诊科上方等)并标注相应主要尺寸(机房尺寸和放疗科屏蔽尺寸等)。	已对放疗科平面布局进行修改,并核实了各功能房间(图 1-4~图 1-7);在平面布局图中对各治疗室及机房的尺寸进行了标注(图 10-8~图 10-11)。	P ₈ ~P ₁₀ 、 P ₅₂ ~P ₅₄
2	补充完善 CT 模拟定位机相关评价内容。	CT 模拟定位机拟进行环境影响登记表备案,不再进行评价。	P ₄₂
3	进一步完善放疗科关注点位及其相关计算内容。(放疗科下方、土层上方、共用墙主屏蔽宽度等)	在报告 11.2.1 章节对放疗科各关注点进行了核实,对墙体、防护门屏蔽厚度、共用主屏蔽墙宽度及外表面辐射剂量率进行了计算。	P ₆₅ ~P ₇₆
4	进一步完善辐射事故分析和相应对标剂量。	在报告 11.4 章节对放疗科及 DSA 机房的事故环境影响进行详细分析,完善事故应急处理措施;对事故情况下达到相关阈值的时间进行详细计算。	P ₁₀₁ ~P ₁₀₇
5	核实 CT 机和 DSA 机计算参数及其出处。	已核实 DSA 设备的取值参数。	P ₈₈
6	校核各年有效剂量计算表的计算结果。	已核实放疗科直线加速器、后装机及各 DSA 机房导致的人员年附加有效剂量估算结果。	P ₈₄ 、 P ₈₅ 、P ₉₄ ~P ₉₈
7	统一同一计算表中屏蔽厚度单位或标明对应材料。	已统一各计算表中屏蔽材料厚度的单位,对相应屏蔽材料已进行标明。	P ₇₂ P ₈₀ 、P ₈₁
8	完善后装机工作流程与事故应急处置。	在报告 9.1.2 章节已对后装机工作流程进行修改,在报告 11.4.1.2 章节已对事故应急处理措施进行完善	P ₄₁ 、P ₁₀₅

报告修改后专家签字:



环评报告技术评估专家意见首页

第 1 页，共 1 页

项目名称：西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术应用项目环境影响报告表

总结论：该项目符合国家有关法律法规和产业政策。该报告表编制较规范，内容较全面，对辐射污染因素分析基本清楚，提出的辐射污染防治措施及环境风险控制措施基本可行，评价结论可信。

报告是否通过： 是 (✓) 否 ()

存在问题及建议：

1. 修改表 7-1 本项目环境保护一览表 (P17)，由于有多台 DSA，建议对各个 DSA 编号，以便清晰的描述每台 DSA 的所在位置和保护目标。DSA 机房内工作人员距辐射源的距离表述不规范。

2. 修改图 9-1 的标题 (P32)，图 9-3 (P33) “患者放射治疗确诊”表述不规范。

3. 核实本项目共设置 3 台 DSA 设备 (P46)？四楼介入科 3 台 DSA 机房的楼下为产房，请补充辐射安全风险评估以及可行性分析 (P49)。

4. 核实表 11-3 加速器机房主屏蔽区核算结果 (P66)。

5. 表 10-4 (P50) 与表 11-11 (P77) 中 37cm 实心砖的等效铅当量不一致 (分别为 3.3mm 和 3.9mm)。应对实心砖的密度和施工要求提出具体建议，以确保达到防护要求。

6. 补充对 DSA 机房的设计的患者、医务人员、污物出入口辐射屏蔽设计要求。

7. 修改应急预案 (P110)，特别是后装机的事故工况，如放射源的脱落、卡源、破损污染等事故情况，提出针对性的应急措施。

8. 修改环保验收清单 (P112，表 12-4)，涉及放射治疗的加速器、后装机，放射工作人员进入工作现场必须携带个人剂量报警仪，按照本项目至少应有 3 台。

专家签字：



2022 年 06 月 02 日

专家个人意见修改说明

根据李天来老师对《西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目环境影响报告表》提出的专家个人意见,环境影响报告表修改内容如下:

序号	专家个人意见	修改内容	修改页码
1	修改表 7-1 本项目环境保护一览表 (P17), 由于有多台 DSA, 建议对各个 DSA 编号, 以便清晰的描述每台 DSA 的所在位置和保护目标。DSA 机房内工作人员距辐射源的距离表述不规范。	已对表 7-1 本项目环境保护目标一览表进行修改完善; 对介入科的 3 台 DSA 进行编号和分开描述; 修改完善 DSA 机房内医护人员对辐射源的距离描述。	P ₂₀ ~P ₂₂
2	修改图 9-1 的标题 (P32), 图 9-3 (P33) “患者放射治疗确诊”表述不规范。	对图 9-1 的标题进行了修改; 对图 9-3 中“患者放射治疗确诊”改成“患者进行放射治疗方案确定”。	P ₃₇ 、P ₃₈
3	核实本项目共设置 3 台 DSA 设备 (P46)? 四楼介入科 3 台 DSA 机房的楼下为产房, 请补充辐射安全风险评估以及可行性分析 (P49)。	已对报告 10.1.3 章节的 DSA 设备数量进行修改; 已对四层介入科 DSA 机房下方的医疗用房进行了功能化调整, 确保了 DSA 机房布局合理性	P ₄₇ 、P ₅₀
4	核实表 11-3 加速器机房主屏蔽区核算结果 (P66)。	已对表 11-3 中加速器治疗室主屏蔽墙设计宽度进行了重新核算。	P ₇₀
5	表 10-4 (P50) 与表 11-11 (P77) 中 37cm 实心砖的等效铅当量不一致 (分别为 3.3mm 和 3.9mm)。应对实心砖的密度和施工要求提出具体建议, 以确保达到防护要求。	对表 10-4 中 37cm 实心砖的等效铅当量进行了重新核算; 对实心砖的施工提出了相关要求, 要求保证施工质量。	P ₅₂ 、P ₁₁₈
6	补充对 DSA 机房的设计的患者、医务人员、污物出入门辐射屏蔽设计要求。	已对 DSA 机房的设计的患者、医务人员、污物出入门辐射屏蔽设计修改完善。	P ₅₂ 、P ₅₈
7	修改应急预案 (P110), 特别是后装机的事故工况, 如放射源的脱落、卡源、破损污染等事故情况, 提出针对性的应急措施。	在报告 11.4 章节对放疗科直线加速器、后装机及 DSA 机房的事故环境影响进行详细分析, 完善了相关事故应急处理措施;	P ₁₀₁ ~P ₁₀₇
8	修改环保验收清单 (P112, 表 12-4), 涉及放射治疗的加速器、后装机, 放射工作人员进入工作现场必须携带个人剂量报警仪, 按照本项目至少应有 3 台。	已对表 12-4 环境保护竣工验收清单进行了修改, 已要求医院为放疗科辐射工作人员至少配备 3 台个人剂量报警仪。	P ₁₁₄ ~P ₁₁₅

报告修改后专家签字:



环评报告技术评估专家意见首页

共 页

项目名称：西咸新区秦汉中心医院加速器后装机及 DSA 核技术利用项目环境影响报告表

总结论：报告表编制基本规范，工程内容论述清楚，源项分析全面，采取的辐射防护措施及安全管理措施可行，采取的预测参数选取基本正确，评价结论总体可信，但应修改完善以下内容：

报告是否通过： 是 () 否 ()

存在问题及建议：

1.核对平面布局及周围环境的图文描述对应关系；

2.环保目标表中“表中各机房方位为楼上的最近距离 1.6m 取自人员头部距地面的平均距离”完善依据；

3.本次评价的 CT 跟放疗的加速器、后装机什么关系，后装机明确说定位机不评价了；

4.根据报告表评价要求，完善 CT 机房通排风管道及电缆口穿墙方式；

5 加速器计算角度取 31°、31°、27°、34°完善取值依据；

6.加速器和后装机叠加影响，对设备运行造成的周围环境空气比释动能率进行了评价屋顶不超过 10 μ Gy/h,从报告整体性考虑，建议简单分析年有效剂量贡献值的叠加。

7.在 DSA 计算过程中，使用控制限值计算防护墙厚度，控制限值为 2.5 μ Gy/h，所有的墙的厚度都满足要求，但是在计算墙外剂量的时候部分计算限值超出了 2.5 μ Gy/h，存在逻辑缺陷应进一步完善说明；

8.校核介入手术医护人员年附加剂量估算“年总手术量为750例，介入手术所致医护人员年总剂量为 4.179mSv”“年总手术量为 500 例，介入手术所致医护人员年总剂量为

4.179mSv”进一步校核文字描述；

9 11.3.2 固体放射性废物环境影响分析中遗漏加速器废靶；

专家签字：

2022年 6 月 2. 日

备注：不够时可续页

专家个人意见修改说明

根据马源老师对《西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目环境影响报告表》提出的专家个人意见，环境影响报告表修改内容如下：

序号	专家个人意见	修改内容	修改页码
1	核对平面布局及周围环境的图文描述对应关系；	已对放疗科各治疗室及各 DSA 机房工作场所的平面布局及周边环境进行了核对。	P ₈ ~P ₁₀ 、 P ₄₈ ~P ₅₀
2	环保目标表中“表中各机房方位为楼上的最近距离 1.6m 取自人员头部距地面的平均距离”完善依据；	已将表 7-1 中备注 2 删除，根据专家意见，将表中楼上人员最近距离取 1m。	P ₂₀ ~P ₂₂
3	本次评价的 CT 跟放疗的加速器、后装机什么关系，后装机明确说定位机不评价了；	CT 模拟定位机拟进行环境影响登记表备案，不再进行评价。	P ₄₂
4	根据报告表评价要求，完善 CT 机房通排风管道及电缆口穿墙方式；		
5	加速器计算角度取 31°、31°、27°、34°完善取值依据；	根据图 11-1，11-2 中的距离标注，已对加速器计算角度进行重新核算修改。	P ₆₆ 、P ₇₄
6	加速器和后装机叠加影响，对设备运行造成的周围环境空气比释动能率进行了评价屋顶不超过 10μGy / h，从报告整体性考虑，建议简单分析年有效剂量贡献值的叠加。	已对直线加速器与后装机运行时产生的射线叠加剂量所致人员剂量进行了估算。	P ₈₅
7	在 DSA 计算过程中，使用控制限值计算防护墙厚度，控制限值为 2.5μGy / h，所有的墙的厚度都满足要求，但是在计算墙外剂量的时候部分计算限值超出了 2.5μGy / h，存在逻辑缺陷应进一步完善说明；	根据专家意见，对各 DSA 机房屏蔽体和防护门的屏蔽厚度对标《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 进行达标符合，不再进行计算防护墙厚度。	P ₈₈
8	校核介入手术医护人员年附加剂量估算“年总手术量为 750 例，介入手术所致医护人员年总剂量为 4.179mSv”“年总手术量为 500 例，介入手术所致医护人员年总剂量为 4.179mSv”进一步校核文字描述；	已对急救中心、介入科及手术室 DSA 机房的医护人员配备数量及各科室年最大手术量进行了核实，对各科室介入医护人员所致年有效剂量重新核算。	P ₉₄ ~P ₉₅
9	11.3.2 固体放射性废物环境影响分析中遗漏加速器废靶；	已对文章 11.3.2 固体放射性废物环境影响分析中进行了加速器废金属靶的环境影响分析。	P ₁₀₀

报告修改后专家签字：



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据	14
表 7 保护目标与评价标准	16
表 8 环境质量和辐射现状	33
表 9 项目工程分析与源项	36
表 10 辐射安全与防护	45
表 11 环境影响分析	64
表 12 辐射安全管理	108
表 13 结论与建议	116
表 14 审批	120

附件

附件一：委托书

附件二：市场主体环境信用承诺书

附件三：西咸新区秦汉中心医院核技术应用项目监测报告

附件四：公示截图

附件五：西咸新区秦汉中心医院建设项目环境影响报告书批复

附件六：建设项目环境影响报告表审批基础信息表

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目				
建设单位		陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司				
法人代表	夏静	联系人	赵明	联系电话	18602960139	
注册地址		陕西省西咸新区秦汉新城窑店街道办兰池大道中段兰池大厦 C 座 7 层				
项目建设地点		西咸新区秦汉新城天汉大道与泾渭大道十字西南角				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	9000	项目环保投资 (万元)	45	投资比例 (环保投资/总投资)	0.50%	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	5000	
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>1.1 核技术应用目的</p> <p>为了改善西咸新区秦汉新城医疗设施条件,陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司拟建设一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复为一体的综合性三级甲等医院(西咸新区秦汉中心医院),主要建设一栋米字型门诊住院楼(5F)和一朵行政宿舍楼(6F),其中门诊住院楼设置急诊部、门诊部、住院部、特色专科等。在门诊住院楼地下一层建设放疗科,新增 2 台 10MV 电子直线加速器(II类射线装置)和 1 台后装机(使用III类放射源)用于肿瘤治疗。在门诊住院楼一层、四层及五层建设急救中心、介入科及手术室,新增 5 台数字减影血管造影机(DSA, II类射线装置),用于医学介入诊断。其核技术应用目的:</p>					

(1) 密封放射源

¹⁹²Ir 放射源：该项目在后装治疗室机房内设置 1 台后装机，后装机拟配备 1 枚Ⅲ类 ¹⁹²Ir 密封放射源（初始装源活度为 3.7×10^{11} Bq），利用其衰变产生的 γ 射线（平均能量 0.37MeV）对病变组织进行近距离后装治疗。

(2) 射线装置

电子直线加速器：主要用于患者的全身各部位肿瘤的治疗，并根据肿瘤所在部位的深度来选用不同能量档的 X 射线、电子线进行医学治疗。

数字减影血管造影机：主要用于血管病变、血管狭窄的定位测量，为诊断及介入治疗提供立体图像。

1.2 单位简介

陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司，成立于2010年5月27日，经营范围包括：土地开发及整理，文化教育场馆的开发建设、高科技项目的研发与投资；城市基础设施项目的投资、建设；城市建设，国有资产经营管理，投资服务，房地产开发，建筑工程、市政工程的设计及施工，文化旅游投资及开发，教育投资，装潢装饰，园林绿化，建材销售，户外广告，房屋租赁，城市基础设施工程项目管理（投资仅限自有资产、金融性资产项目除外）。

1.3 项目由来

为改善秦汉新城医疗设施条件，提高医疗服务水平，西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司决定在西咸新区秦汉新城天汉大道与泾渭大道十字西南角筹建西咸新区秦汉中心医院。医院着力于建设一流环境、一流服务、一流设备、一流专家和技术团队，更好的服务于秦汉新城及其人群，为未来秦汉新城发展创造更好的医疗环境。西咸新区秦汉中心医院建成后预计日门诊量可达3000人次，医院拟配备职工1500人。2020年7月，西咸新区秦汉新城与陕西省人民医院达成了合作共建西咸新区秦汉中心医院的协议，由西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司负责医院建设，医院建成后交由陕西省人民医院进行运营管理。

2018年2月7日，西咸新区秦汉中心医院在陕西省西咸新区秦汉新城发展改革局进行备案，取得备案确认书（项目备案代码：2018-610404-83-03-003674）。2018年9月3日，西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司委托核工业二〇三研究所对该项目非放射性部分进行环境影响评价，编制了《西咸新区秦汉中心医院建

设项目环境影响报告书》，2018年11月25日，该项目取得陕西省西咸新区秦汉新城行政审批与政务服务局环评批复（批复文号：秦汉审服准〔2018〕130号）。

目前，医院门诊住院楼已完成主体工程建设，正在进行室内装修作业。本次拟在医院门诊住院楼内新增1台后装机（使用1枚¹⁹²Ir密封放射源）、7台II类射线装置（包含2台直线加速器和5台DSA），用于医学诊断和治疗。根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（国家生态环境部令第16号令）和《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（生态环境部令第20号令）相关规定，该项目应编制环境影响评价文件。为此，2021年9月，陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司正式委托我所（核工业二〇三研究所）对该项目进行环境影响评价工作。我所接受委托后，即组织专业技术人员对项目建设地及周围环境进行实地调查，并收集相关基础资料，根据国家、陕西省有关环保法规和《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），编制完成了该项目环境影响报告表。

1.4 编制目的

（1）对项目拟建地进行辐射环境现状监测，查明辐射环境质量现状。

（2）对医院含源装置或射线装置运行过程中产生的辐射环境影响进行理论估算，确定其对周边环境的影响范围和影响程度，分析医院拟采取辐射安全与防护措施的有效性，并提出合理的意见或建议。

（3）满足国家和地方生态环境主管部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.5 项目概述

1.5.1 项目简况

项目名称：西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目

建设地点：西咸新区秦汉新城天汉大道与泾渭大道十字西南

项目内容：使用 1 台后装机（拟配备 1 枚 ¹⁹²Ir 密封放射源）；使用 7 台II类射线装置（2 台 10MV 电子直线加速器、5 台 DSA）。

项目性质：新建

项目投资：9000 万人民币

1.5.2 交通地理位置

西咸新区秦汉中心医院位于西咸新区秦汉新城天汉大道与泾渭大道十字西南角，医院所在地地理位置优越，交通便利，医院距机场高速约1 km，距西安咸阳国际机场约10km，距地铁14号线约4 km。医院交通地理位置图见图1-1。



图 1-1 西咸新区秦汉中心医院交通地理位置图

1.5.3 医院周边环境情况

本项目加速器、后装机以及 DSA 射线装置主要安装于门诊住院楼地下一层、地面一层、四层及五层，加速器、后装机以及 DSA 射线装置所在机房屏蔽墙体外 50m 范围内无常住居民点，主要为医院内部医疗建筑物及院区道路。西咸新区秦汉中心医院周边四邻关系情况见图 1-2。由图可知，医院周边环境为：医院北临天汉大道、东临泾渭大道，南侧和西侧为空地。医院四邻关系照片见照片 1~照片 6。



图 1-2 西咸新区秦汉中心医院四邻关系图



照片 1 医院北侧天汉大道



照片 2 医院东侧泾渭大道



照片 3 医院南侧旅游规划地



照片 4 医院西侧空地



照片 5 西侧白庙中学



照片 6 医院门诊住院楼

1.5.4 医院总平面布置

西咸新区秦汉中心医院门诊住院楼平面布置情况见图 1-3。本次核技术利用项目位于医院门诊住院楼，评价涉及的科室为放疗科、急救中心、介入科和手术室。其中，放疗科位于门诊住院楼地下一层（安装 1 台后装机、2 台 10MV 加速器），放疗科各治疗室均位于门诊住院楼整体建筑的外凸区域，治疗室下方为土层无负二层，顶部为地面；急救中心位于门诊住院楼一层（安装 1 台 DSA），介入科位于门诊住院楼四层（安装 3 台 DSA），手术室位于门诊住院楼五层（安装 1 台 DSA）。

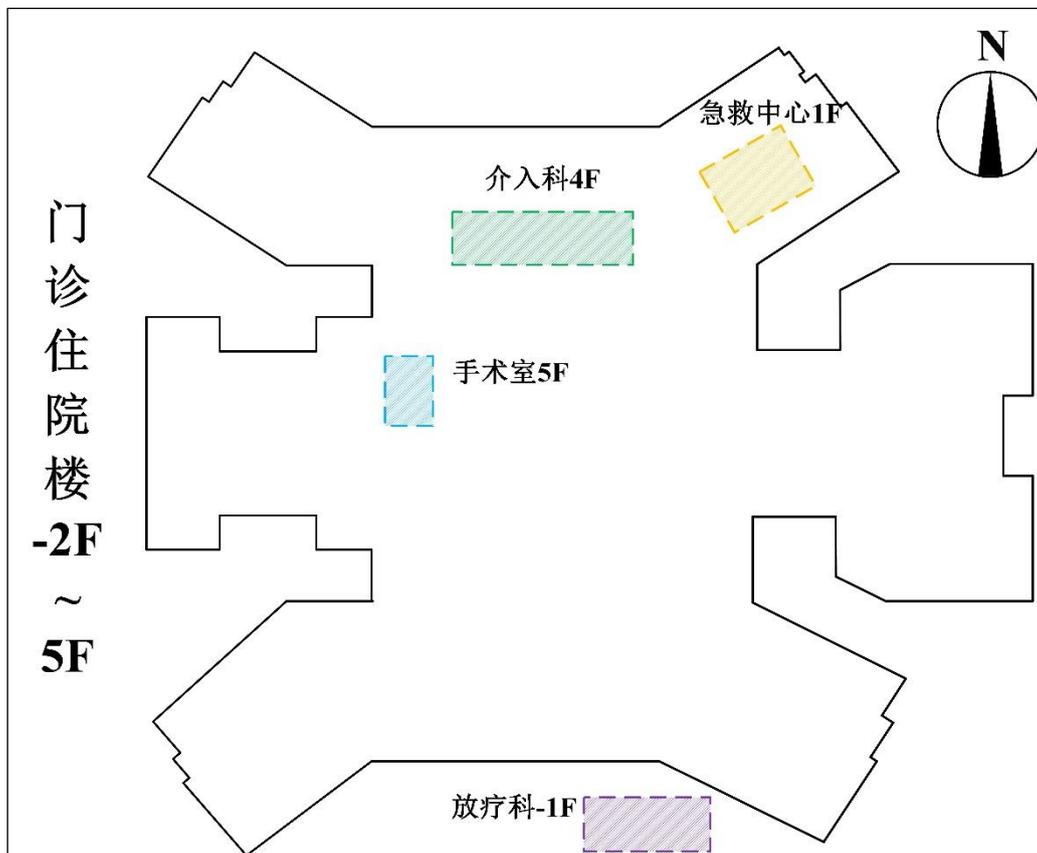


图 1-3 西咸新区秦汉中心医院门诊住院楼平面布局图

1.5.5 本次环评建设项目内容与规模

1.5.5.1 项目内容

本次西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目的建设内容为：①在门诊住院楼地下一层建设放疗科，新建 2 座加速器机房、1 座后装机机房，新增 2 台电子直线加速器（X 射线能量为 10MV、等中心处剂量率 2200cGy/min）、1 台后装机（采用 1 枚初始装源活度为 10Ci 的 ^{192}Ir 密封放射源）用于放射性肿瘤治疗。②在门诊住院楼一层建设急救中心，四层建设介入科，五层建设手术室，其中急救中心安装 1 台 DSA，介入科安装 3 台 DSA，手术室安装 1 台 DSA，开展医学介入诊疗。

（一）密封放射源

本项目新增 1 台后装机进行后装治疗，后装机拟配备 1 枚 ^{192}Ir 放射源；该放射源具体使用情况见表 1-1。

表 1-1 使用密封放射源参数

序号	核素	类别	总活度 (Bq) /活度×枚数	使用场所	备注
1	^{192}Ir	III类	$3.7\times 10^{11}\text{Bq}/3.7\times 10^{11}\text{Bq}\times 1$	放疗科后装机治疗室	后装机用源

（二）射线装置

西咸新区秦汉中心医院本项目新增 2 台电子直线加速器、5 台 DSA，其技术参数分别见表 1-2、表 1-3。

表 1-2 本项目电子直线加速器使用参数

射线装置名称	厂家型号	加速粒子	最大能量	等中心处剂量率	数量	使用场所	类别	备注
电子直线加速器	待定	电子	X 射线: 10MV	2200cGy/min	2 台	放疗科加速器治疗室	II类	
			电子线: 18MeV	1000cGy/min				

表 1-3 本项目新增 DSA 设备使用参数

射线装置名称	厂家型号	最大管电压	最大管电流	数量	使用场所	类别	备注
数字减影血管造影机	待定	125 kV	1250 mA	5 台	急救中心/介入科/手术室 DSA 机房内	II类	

1.5.6 项目平面布局

西咸新区秦汉中心医院门诊住院楼地下一层平面布局图（放疗科部分）见图 1-4，急救中心、介入科、手术室 DSA 机房部分平面布局分别见图 1-5~图 1-7。

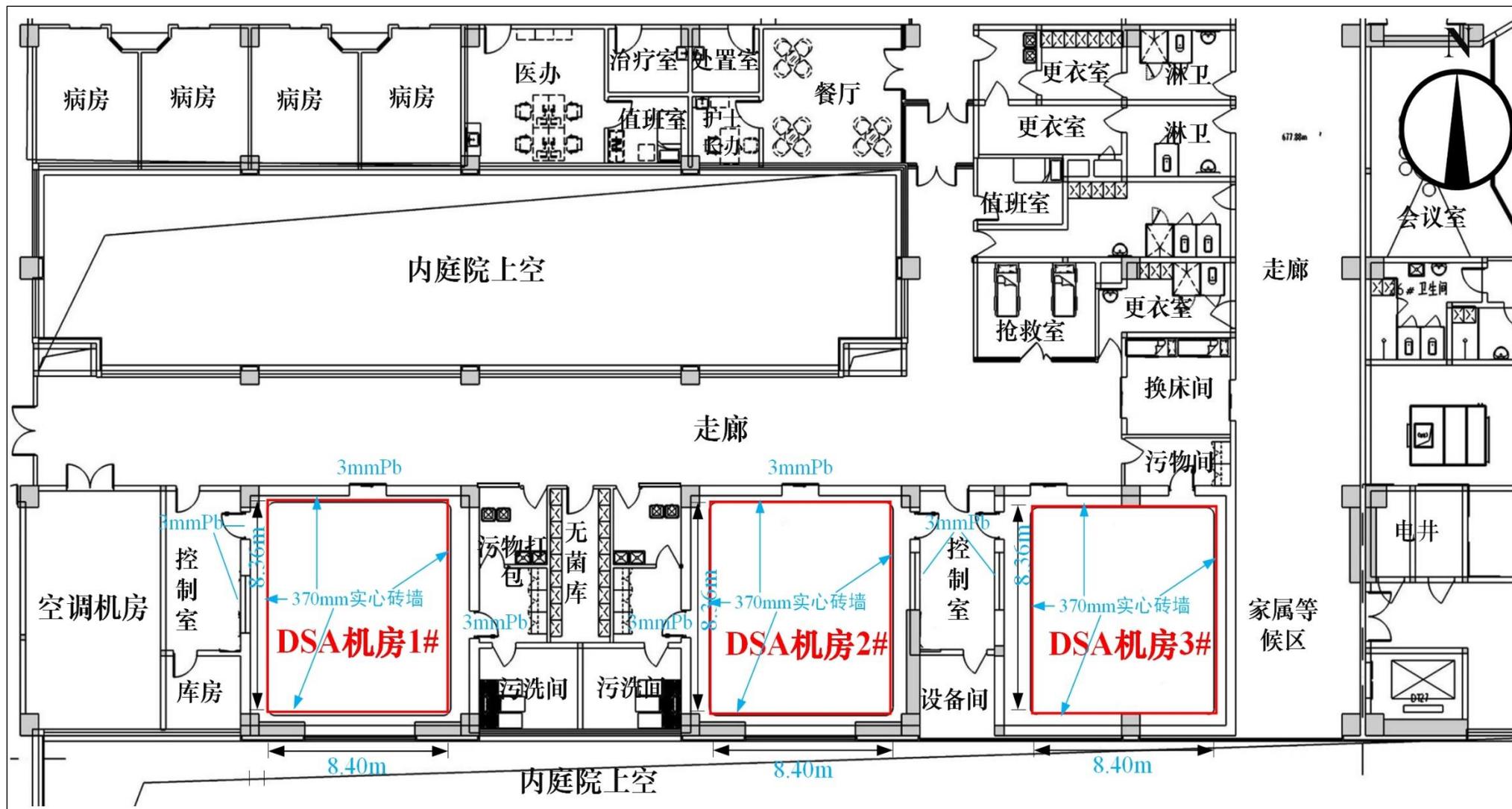


图 1-6 门诊住院楼四层介入科平面布局图

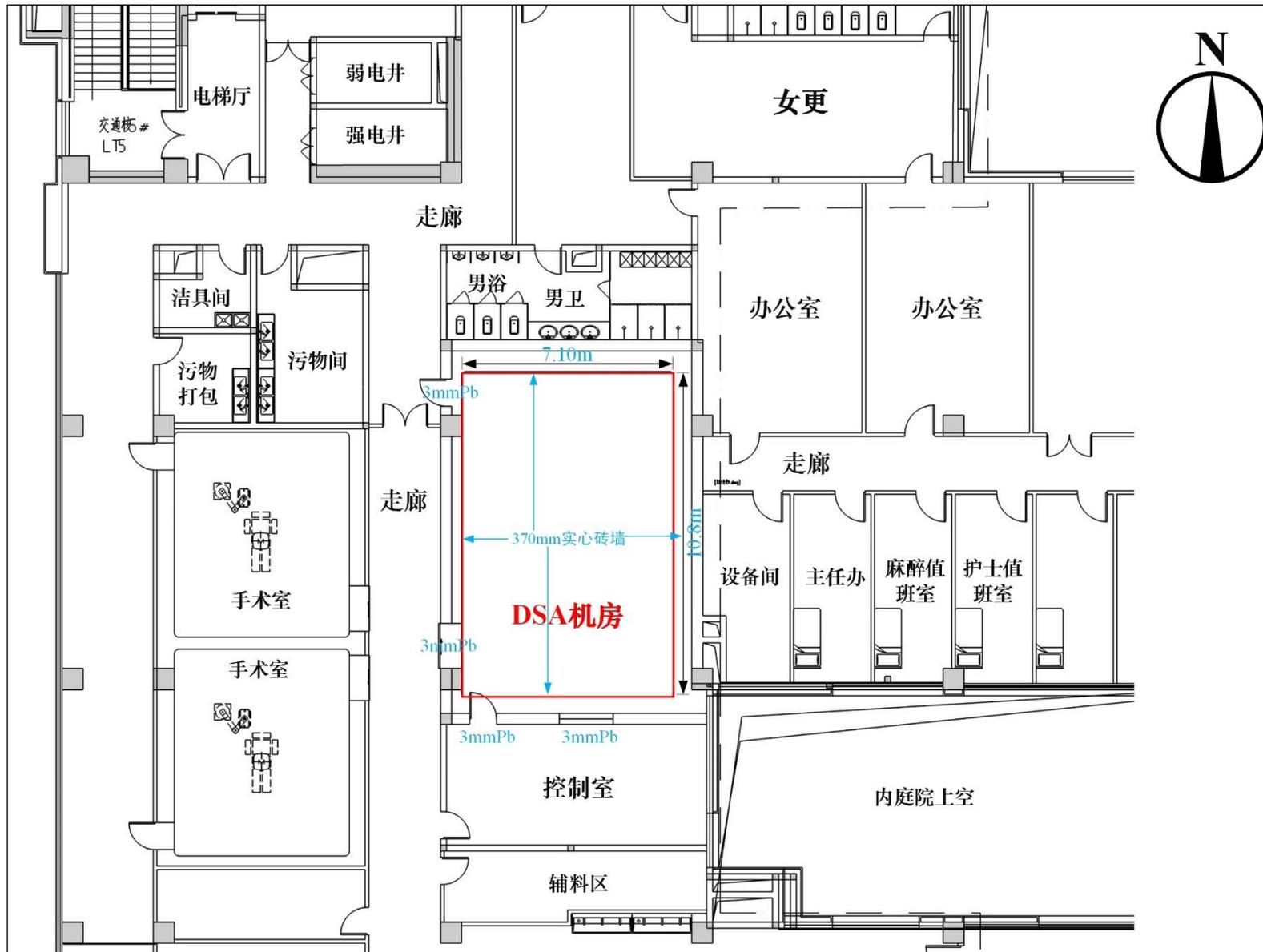


图 1-7 门诊住院楼五层手术室平面布局图

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ Bq/3.7×10 ¹¹ Bq×1	III类	使用	肿瘤治疗	放疗科后装机房治疗室	铅罐储存, 后装机机头内	后装用源

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。

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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点

表 4 射线装置

(1) 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	剂量率	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器	II	2	待定	电子	X 射线：10MV 电子线：18MeV	X 射线：2200cGy/min 电子线：1000cGy/min	医学治疗	放疗科电子直线加速器治疗室内	

(2) 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	数字减影血管造影机	II	1	待定	125	1250	介入诊断及辅助治疗	门诊住院楼一层急救中心 DSA 机房	
			3					门诊住院楼四层介入科 DSA 机房 1#~3#	
			1					门诊住院楼五层手术室 DSA 机房	

(3) 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	
	本项目不涉及中子发生器												

表 6 评价依据

法律法规	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订），2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（修订），国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(5) 《放射性核素与射线装置安全和防护条例》（修订），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号第 4 次修改，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(7) 关于发布《放射源分类办法》的公告，环境保护部 2005 年第 62 号公告，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>(8) 关于发布《射线装置分类》的公告，国家环保部、国家卫生和计划生育委员会总局 2017 年第 66 号公告，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(9) 关于发布《放射性废物分类》的公告，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局 2017 年第 65 号公告，2018 年 1 月 1 日；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理目录（2021 年版）》，生态环保部第 16 号令，2021 年 1 月 1 日；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，国家发展和改革委员会第 20 次委务会议修改，2021 年 12 月 27 日；</p> <p>(12) 《陕西省放射性污染防治条例》，陕西省第十三届人民代表大会常务委员会第十二次会议《关于修改〈陕西省产品质量监督管理条例〉等二十七部地方性法规的决定》第二次修正，2019 年 7 月 31 日；</p> <p>(13) 关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知，陕西省环境保护厅办公室陕环办发[2018]29 号文，2018 年 6 月 6 日；</p> <p>(14) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》环办辐射函〔2016〕430 号。</p>
------	---

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(2) 《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>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</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：电子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 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)；</p> <p>(8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)；</p> <p>(9) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(10) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)；</p> <p>(11) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；</p> <p>(12) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(13) 《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》(WS262-2017)</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目委托书；</p> <p>(2) 建设单位提供医院加速器、后装机及 DSA 机房设计图纸；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》，李德平、潘自强；</p> <p>(4) 《中国环境天然放射性水平》，中国原子能出版社；</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）要求，结合本项目使用的II类射线装置以及 ^{192}Ir 治疗（III类）放射源，确定本项目的评价范围为：后装机、电子直线加速器和数字减影血管造影机（DSA）射线装置所在机房实体屏蔽体外 50m 范围内区域。

该项目各评价范围图见图 7-1~图 7-4。

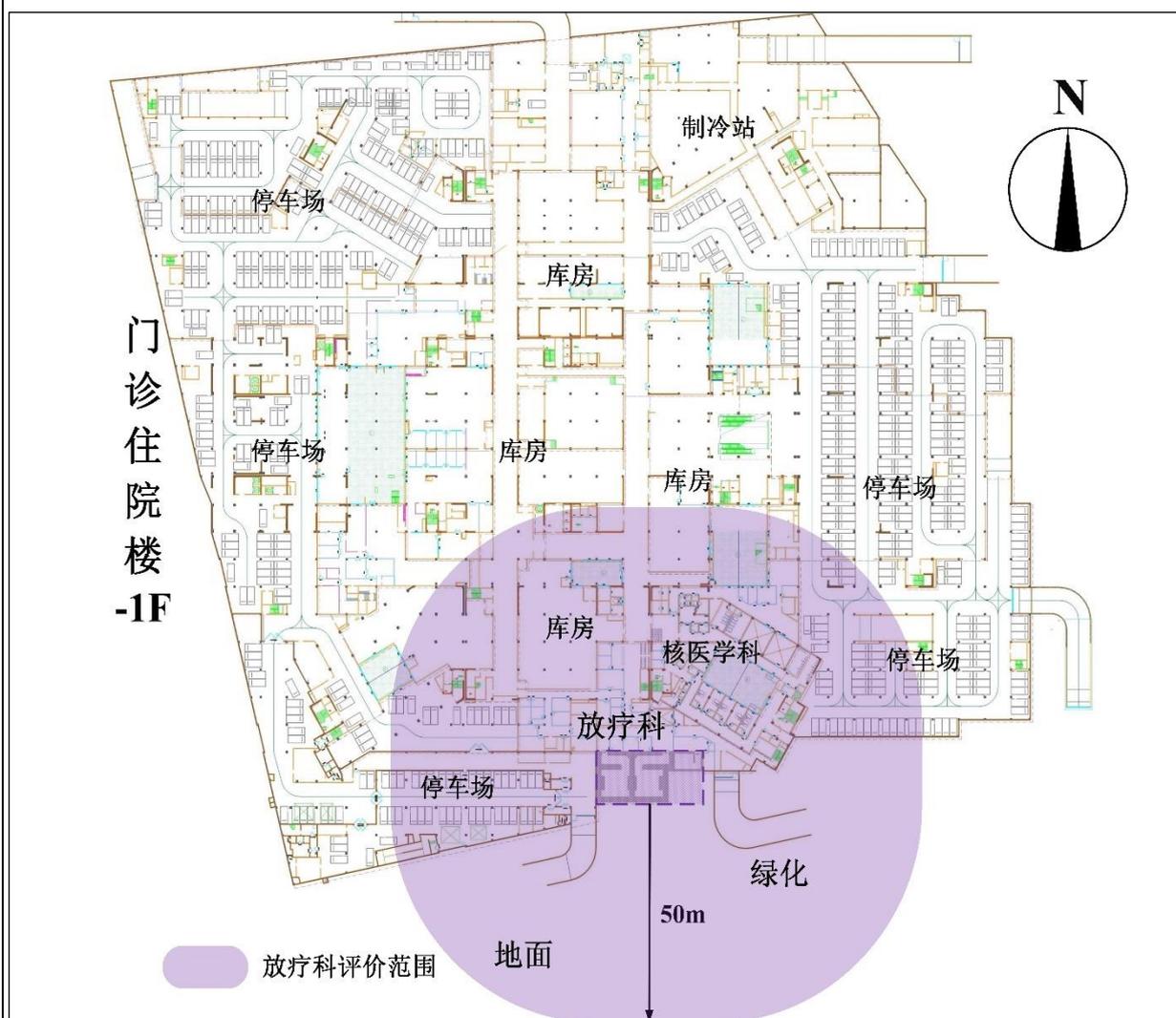


图 7-1 放疗科评价范围图

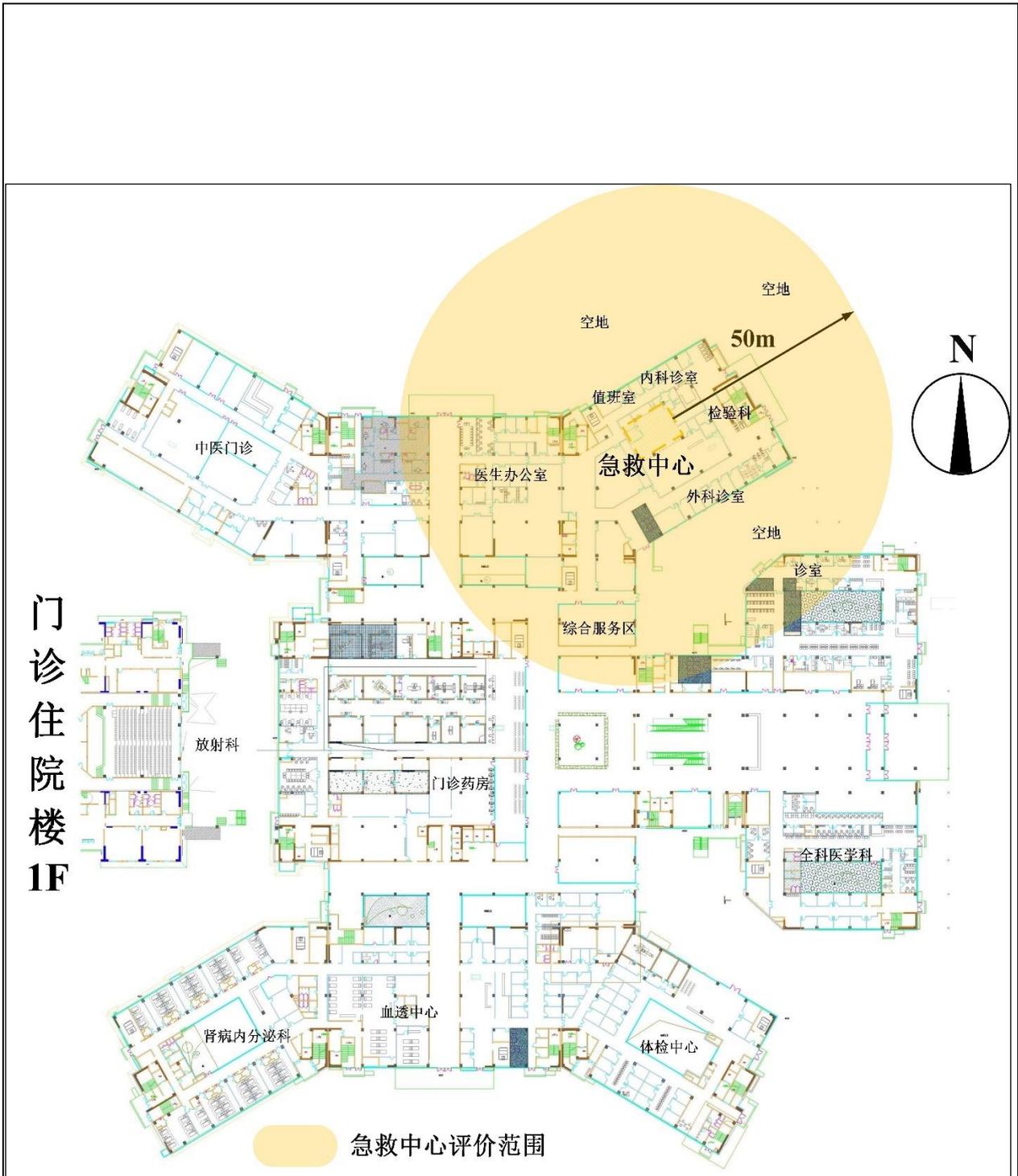


图 7-2 急救中心 DSA 机房评价范围图

7.2 环境保护目标

根据西咸新区秦汉中心医院本项目密封放射源及射线装置分布情况，本项目密封放射源位于门诊住院楼地下一层放疗科（后装机治疗室），射线装置主要位于门诊住院楼地下一层、地面一层、四层和五层，密封放射源及射线装置所在机房周围主要为其它医疗用房。本项目环境保护目标为机房周围从事医学诊疗的辐射工作人员、手术医护人员、机房外周边公众，使其所接受有效剂量满足《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次评价提出的剂量约束值。西咸新区秦汉中心医院本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 西咸新区秦汉中心医院本项目环境保护目标一览表

工作场所	保护对象	人员类型	人员规模	相对位置关系		年有效剂量约束值
				方位	最近距离(m)	
直线加速器治疗室 1#、2#	控制室工作人员	职业人员	4 人	N	0.3	≤2mSv
	地下一层加速器治疗室屏蔽体外周边其他医务人员、患者及其家属	公众	约 80 人	门诊住院楼楼内	0.3~50m 范围内	≤0.1mSv
	加速器治疗室正上方绿化区流动人员	公众	流动人员	楼上	1.0	≤0.1mSv
后装机治疗室	控制室工作人员	职业人员	2 人	N	0.3	≤5mSv
				摆位（不固定）	1.0*	
	地下一层后装机治疗室屏蔽体外周边其他医务人员、患者及其家属	公众	约 80 人	门诊住院楼楼内	0.3~50m 范围内	≤0.1mSv
	后装机治疗室正上方绿化区流动人员	公众	流动人员	楼上	1.0	≤0.1mSv
介入科 (DSA 机房 1#)	DSA 手术医生、护士	职业人员	12 人（每组 2 人）	位于机房内	0.8*	≤5mSv
	DSA 控制室工作人员		2 人	W	0.3	
	DSA 机房屏蔽体外周边其他医务人员、患者及其家属	公众	约 25 人	北侧医生办公室、病房区	0.3	≤0.1mSv
			约 75 人	东侧病房区	0.3	
			约 30 人	南侧信息科及预留用房	0.3	
			约 60 人	西侧病房区	0.3	
	门诊住院楼三层处置室、设备存放间停留人员		约 3 人	楼下	2.5	
门诊住院楼五层护士站停留人员		约 6 人	楼上	1.0		

续表 7-1 西咸新区秦汉中心医院本项目环境保护目标一览表

工作场所	保护对象	类型	人员规模	相对位置关系		年有效剂量约束值
				方位	最近距离(m)	
介入科 (DSA 机房 2#)	DSA 手术医生、护士	职业人员	12 人（每组 2 人）	位于机房内	0.8*	≤5mSv
	DSA 控制室工作人员		2 人	E	0.3	
	DSA 机房屏蔽体外周边其他医务人员、患者及其家属	公众	约 25 人	北侧医生办公室、病房区	0.3	≤0.1mSv
			约 80 人	东侧病房区	0.3	
			约 30 人	南侧信息科及预留用房	0.3	
			约 55 人	西侧病房区	0.3	
门诊住院楼三层 ICU 病房、护办停留人员	约 10 人	楼下	2.5			
门诊住院楼五层休息室停留人员	约 5 人	楼上	1.0			
介入科 (DSA 机房 3#)	DSA 手术医生、护士	职业人员	12 人（每组 2 人）	位于机房内	0.8*	≤5mSv
	DSA 控制室工作人员		2 人	W	0.3	
	DSA 机房屏蔽体外周边其他医务人员、患者及其家属	公众	约 25 人	北侧医生办公室、病房区	0.3	≤0.1mSv
			约 85 人	东侧病房区	0.3	
			约 30 人	南侧信息科及预留用房	0.3	
			约 50 人	西侧病房区	0.3	
门诊住院楼三层值班室、家属等候区停留人员	约 12 人	楼下	2.5			
门诊住院楼五层换床室停留人员	约 4 人	楼上	1.0			
手术室 DSA 机房	DSA 手术医生、护士	职业人员	4 人（每组 2 人）	位于机房内	0.8*	≤5mSv
	DSA 控制室工作人员		约 2 人	S	0.3	
	DSA 机房屏蔽体外周边其他医务人员、患者及其家属	公众	约 25 人	北侧重症监护病房	0.3	≤0.1mSv
		公众	约 30 人	东侧医生办公室、手术室	0.3	
		公众	约 15 人	南侧手术室、医生办公室	0.3	
		公众	约 3 人	西侧手术室	0.3	
门诊住院楼四层信息机房停留人员	公众	约 1 人	楼下	2.9		
门诊住院楼楼顶平台停留人员	公众	约 1 人	楼上	1.0		
急救中心	DSA 手术医生、护士	职业人员	4 人（每组 2 人）	位于机房内	0.8*	≤5mSv

续表 7-1 西咸新区秦汉中心医院本项目环境保护目标一览表

工作场所	保护对象	类型	人员规模	相对位置关系		年有效剂量约束值
				方位	最近距离(m)	
急救中心 DSA 机房	DSA 控制室工作人员	职业人员	约 2 人	N	0.3	≤5mSv
	DSA 机房屏蔽体外周边 其他医务人员、患者及其 家属	公众	约 10 人	北侧值班室、 内诊科室	0.3	≤0.1mSv
		公众	约 5 人	东侧检验科	0.3	
		公众	约 40 人	南侧外科诊室、 儿科值班室	0.3	
		公众	约 25 人	西侧医生办公室、 教室	0.3	
	门诊住院楼负一层制冷机 房停留人员	公众	约 1 人	楼下	4.6	
门诊住院楼二层内庭院停 留人员	公众	约 2 人	楼上	1.0		

备注：表中*表示距放射源或射线装置距离，其余距离为距射线装置、含源设备所在机房屏蔽体表面距离；

7.3 评价标准

一、剂量限值及剂量约束值

(1) 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 中规定：应对任何工作人员的**职业照射水平进行控制，由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）不超过 20mSv；实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过 1mSv。

(2) 剂量约束值

依据“辐射防护安全与最优化原则”及本项目的实际情况，为医院后续其他辐射设施和实践活动留有余地。本项目放疗科后装机、介入科、急救中心及手术室工作场所从事放射治疗或诊断的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

- ①一般情况下，从事放射治疗或诊断的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a；
- ②公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

根据表 11-10 与表 11-11 中对直线加速器治疗室所致职业人员及公众的年有效剂量计算结果，结合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对剂量约束值的相关要求，为保证人员受照剂量可保持在可合理达到的尽可能低的水平，本项目放

疗科直线加速器工作场所从事放射治疗或诊断的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

- ①从事直线加速器放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值取 2mSv/a；
- ②公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

二、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）

（1）布局要求

① 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

② 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

③ 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

④ 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

⑤ 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

⑥ X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

（2）空间、通风要求

① 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

② 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。

（3）安全装置和警示标志要求

① 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。

② 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。

③ 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；

b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

④ 急停开关

a) 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器治疗室外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

b) 放射源后装近距离治疗工作场所，应在控制台、后装机设备表面人员易触及位置以及治疗机房内墙面各设置一个急停开关。

⑤ 应急储存设施

γ 源后装治疗设施应配备应急储源器。

⑥ 视频监控、对讲交流系统

控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

(4) 放射治疗操作中的放射防护要求

① 后装放射治疗操作中，当自动回源装置功能失效时，应有手动回源的应急处理措施。

② 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，应保障安全联锁正常运行。

③ 工作人员进入涉放射源的放射治疗机房时应佩戴个人剂量报警仪。

④ 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。

不同场所的居留因子见表 7-7。

表 7-7 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员的办公室、治疗计划室、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的患者检查室 1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗机房房门外 30cm 处、相邻的(共用屏蔽墙)放射诊疗机房 1/20: 公厕、自动售货区、储存室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊区、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

三、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)

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

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：

- 1) 放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
- 2) 放射治疗机房外非控制区的人员： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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 $H_{c,\max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)：

- 1) 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $H_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；
- 2) 人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $H_{c,\max} \leq 10 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

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

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参考控制水平 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/$

周和最高剂量率 $H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；按照①求得关注点的剂量率参考控制水平加以控制。

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 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平加以控制；

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 i 和 ii 之后，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100 \mu\text{Sv}$ 加以控制(可在相应处设置辐射告示牌。

四、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 放射源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)

(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 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，由以下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 $H_c, d(\mu\text{Sv/h})$ ；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 $H_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$ ：人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

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

(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临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 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参考控制水平 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 和最

高剂量率 $H_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$, 按照上文中 (1) 求得关注点的剂量率参考控制水平 $H_c(\mu\text{Sv/h})$ 加以控制。

b) 除 a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 天空散射和侧散辐射对治疗机房外的地上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, 应按上文中 a) 确定关注点的剂量率参考控制水平 $H_c(\mu\text{Sv/h})$ 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照射, 以年剂量 $250 \mu\text{Sv/h}$ 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)。

五、《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

(1) 适用范围

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

(2) X 射线设备机房布局

① 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置, 应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

② X 射线设备机房(照射室)的设置应充分考虑邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全。

③ 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独机房, 机房应满足使用设备的布局要求。

④ 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、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房, 其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-8 的规定。

表 7-8 X 射线设备机房(照射室)使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d (m ²)	机房内最小单边长度 ^e (m ²)
双管头或多管头 X 射线设备 ^b (含 C 型臂)	30	4.5
单管头 X 射线设备 ^b (含 C 型臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5

^a 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。

^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。

^d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

^e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

(3) X 射线设备机房屏蔽

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 7-9 的规定。

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 7-9 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)
介入 X 射线设备机房	2	2

③ 机房的门和窗关闭时应满足表 7-7 的要求。

④ 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

(4) X 射线设备机房屏蔽

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。

(5) X 射线设备工作场所防护

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。

② 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

③ 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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。

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 电动推拉门宜设置防夹装置。

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。

⑧ 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

⑨ 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-10 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防护衣。防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb ；介入防护手套铅

当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。介入放射学机房防护设施应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

表 7-10 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		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
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏；选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注 1：“—”表示不做要求。

六、《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

由于臭氧目前未可执行的排放标准，参照执行《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）。即臭氧的职业接触限制得到，臭氧的最高容许浓度为 0.3mg/m³，NO_x 的时间加权平均容许浓度为 5mg/m³。

七、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

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

5 选址、布局与分区要求

5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器治疗室、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

6.1 屏蔽要求

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

6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。

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

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30 cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

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

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

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

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

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

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

b) 穿出机房顶辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 250 μSv 加以控制。

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

6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电

离辐射标志和中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：

a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内应设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；

f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

8.2.1 废旧放射源管理要求

废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方。确定无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的单位收贮，并承担相关费用。

8.2.2 其他固体废物管理要求

8.2.2.1 质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放入屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质单位收贮。

8.4 气态废物管理要求

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目拟建地辐射环境质量现状

目前，医院门诊住院楼已完成主体工程建设。2021 年 9 月 11 日，西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司委托核工业二〇三研究所分析测试中心对加速器、后装机以及 DSA 所在楼层进行 γ 辐射剂量率监测，即对医院门诊住院楼地下一层放疗科，一层急救中心、一层急救中心、四层介入科及五层手术室进行了 γ 辐射剂量率监测，监测内容如下：

(1) 监测方法

监测项目： γ 辐射剂量率

监测点位布点原则：对加速器机房所在门诊住院楼地下一层放疗科进行布点，对 DSA 机房所在门诊住院楼地下一层放疗科，一层急救中心、一层急救中心、四层介入科及五层手术室分别进行布点，得到项目未运行前室内环境本底数据；在医院室内空地布设 1 个监测点位，获取医院室外环境本底数据。

监测布点图：监测点位布设情况见图 8-1。

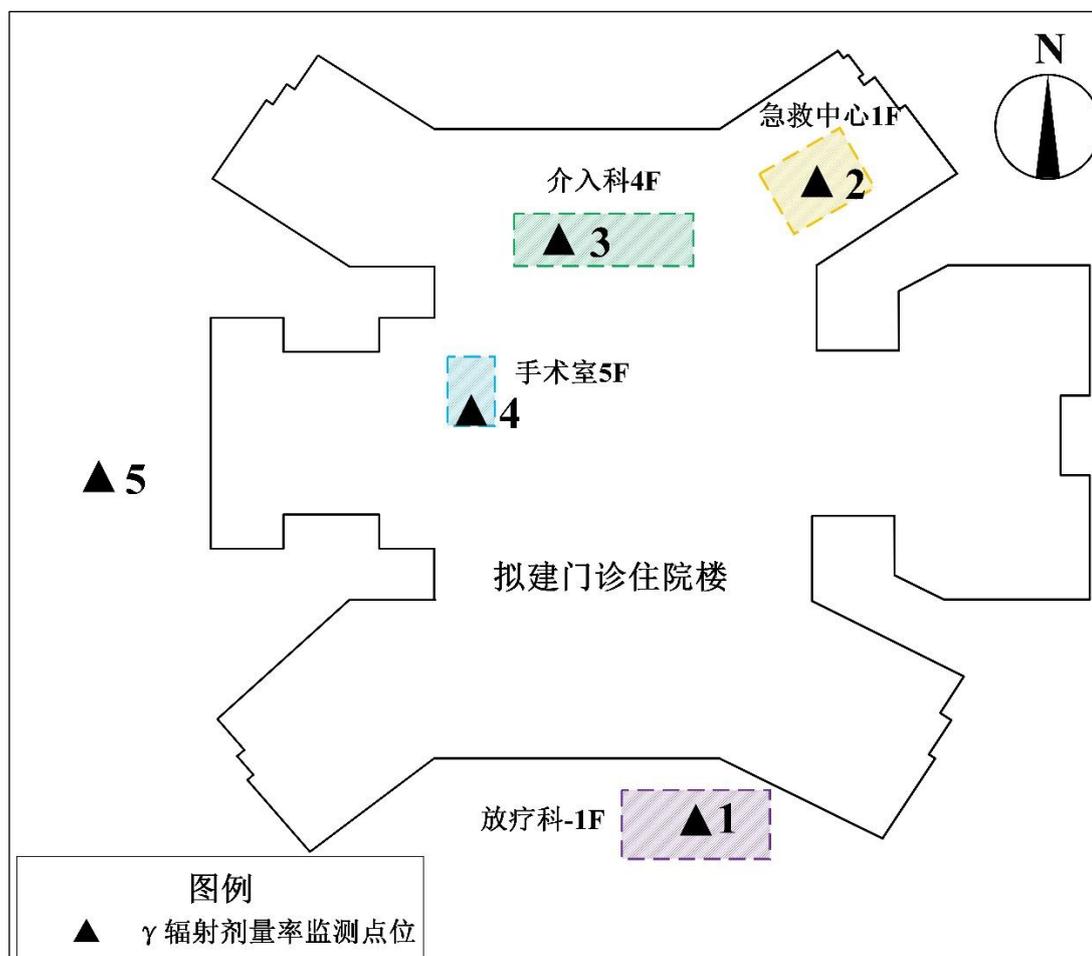


图 8-1 西咸新区秦汉中心医院门诊住院楼室内外 γ 辐射剂量率监测布点图

该项目使用的监测仪器基本参数见表 8-1。

表 8-1 使用的监测仪器参数一览表

项目	仪器名称及型号, 仪器编号	测量范围	校准单位	校准证书编号	校准有效期
γ 辐射剂量率	FH40G-X 主机 +FHZ672E-10 探头, FHP003-2018 (主机) +FHP004-2018(探头)	1nSv/h~ 100μSv/h	中国计量科学研究院	DLjl2021-13873	2021.05.19~ 2022.05.18

(2) 质量保证

①结合现场实际情况, 在项目拟建地周边布设监测点位, 充分考虑监测点位的代表性和可重复, 以保证监测结果的科学性和可比性;

②严格按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 进行监测;

③监测仪器每年定期送有资质计量部门检定校准, 检定合格后方可使用;

④监测人员持证上岗;

⑤监测报告经三级审核后签发, 保证监测结果的准确性。

(3) 监测结果

西咸新区秦汉中心医院项目拟建地及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2。

表 8-2 西咸新区秦汉中心医院门诊住院楼室内外 γ 辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (nGy/h)	备注
1	门诊住院楼地下一层放疗科	89.2	室内
2	门诊住院楼一层急救中心	90.5	室内
3	门诊住院楼四层介入科	91.3	室内
4	门诊住院楼五层手术室	88.4	室内
5	门诊住院楼室外空地	67.7	室外

说明: 1、表中结果已扣除仪器对宇宙辐射响应值, 此处宇宙射线响应值为 16.19nGy/h;

2、按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021), 使用 ¹³⁷Cs 作为检定/校准参考辐射源时, 换算系数为 1.20 Sv/Gy;

3、监测时, 仪器探头距离地面高度 1m;

4、本报告仅对本次监测点位及监测结果负责。

8.2 环境质量现状评价

由表 8-2 可知, 西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机、DSA 所在楼层室内 γ 辐射剂量率监测值为 88.4~91.3nGy/h, 室外 γ 辐射剂量率监测值为 67.7 nGy/h。监测结果表明:

本项目所在地室内外 γ 辐射剂量率监测值与咸阳市 γ 辐射剂量率调查结果（见表 8-3，数据来源：《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“咸阳市 γ 辐射剂量率调查结果（室内：87~123nGy/h，室外：48~68nGy/h）”相当，处于正常环境本底水平，辐射环境质量现状无异常，项目所在区域辐射环境质量现状良好。

表 8-3 咸阳市原野、道路及室内 γ 辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

项目	原野	道路	室内
范围	48.0~68.0	32.0~68.0	87.0~123.0
按点平均均值	60.0	51.0	104.0
标准差	5.0	11.0	8.0

表 9 项目工程分析与源项

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目大致可分为两部分
(1) 放疗科：配备 2 台电子直线加速器和 1 台后装机，电子直线加速器采用高能电子束与靶物质相互作用时产生的高能 X 射线或电子线进行治疗，后装机采用 ^{192}Ir 密封源衰变产生的 γ 射线进行肿瘤治疗；(2) 介入科、手术室及急救中心：共配备 5 台数字减影血管造影系统 (DSA)，进行介入诊断或辅助治疗。

9.1 放疗科

9.1.1 电子直线加速器

1、工作原理

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，属于 II 类射线装置，它的结构单元包括：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。

加速器 X 射线治疗原理为：电子枪产生的电子经微波加速器导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 射线，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到达患者病灶，实现治疗目的。

加速器电子束治疗原理为：电子从电子枪射出，进入微波加速器导管加速，经磁偏转装置转向（一般为 90° 或 270° ），电子扩散箔使电子均匀射出，形成电子线束。经散射箔扩大射束直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后由输出窗射出达到患者病灶实现治疗的目的，即初始电子束直接引出并经散射、均整后用于患者的治疗。

项目医用直线加速器靶材料为重金属钨，治疗状态电子线最大能量可达 18MeV，X 射线的能量可达 10MV，这两种射线与生物组织作用的机理是不同的。电子线贯穿能力弱，射程短，因此只适合治疗表浅部位的肿瘤。电子线靠电离效应来破坏生物组织，并在此过程中损失其能量，能量在 35~45MeV 以下的电子线有一个明确的射程，而电子线的大部分能量都损失在射程的末端，射程随能量延长，只要我们调节电子线的能量，使电子线射程恰好超过肿瘤的范围，就能对肿瘤灶有较大的破坏作用，而病灶后面的组织及表层组织则受到很少损害；X 射线能破坏生物组织细胞，并在此过程损失能量，X 射线有较强的穿透能力，但没有确定的射程，适合治疗人体深部肿瘤。

典型医用电子直线加速器内部结构见图 9-1，典型医用电子直线加速器见图 9-2。

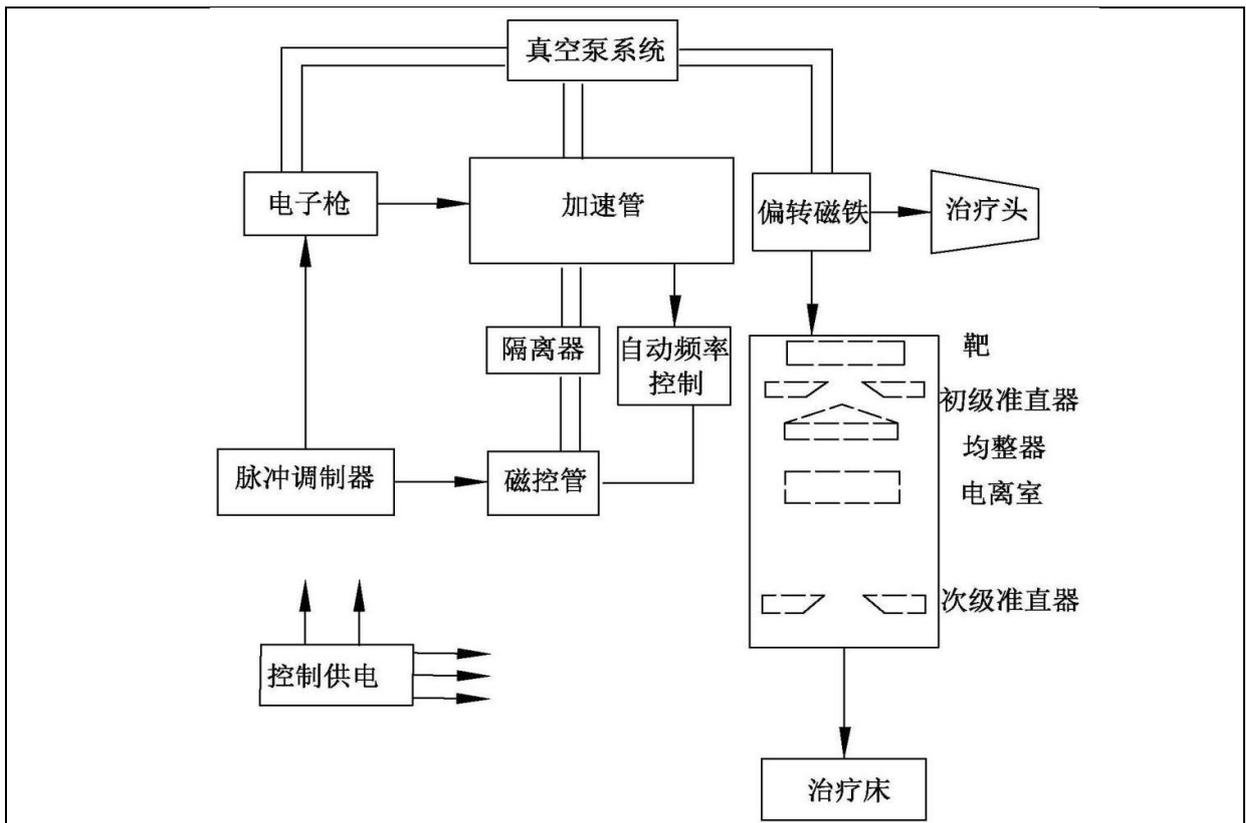


图 9-1 医用电子加速器工作原理示意图

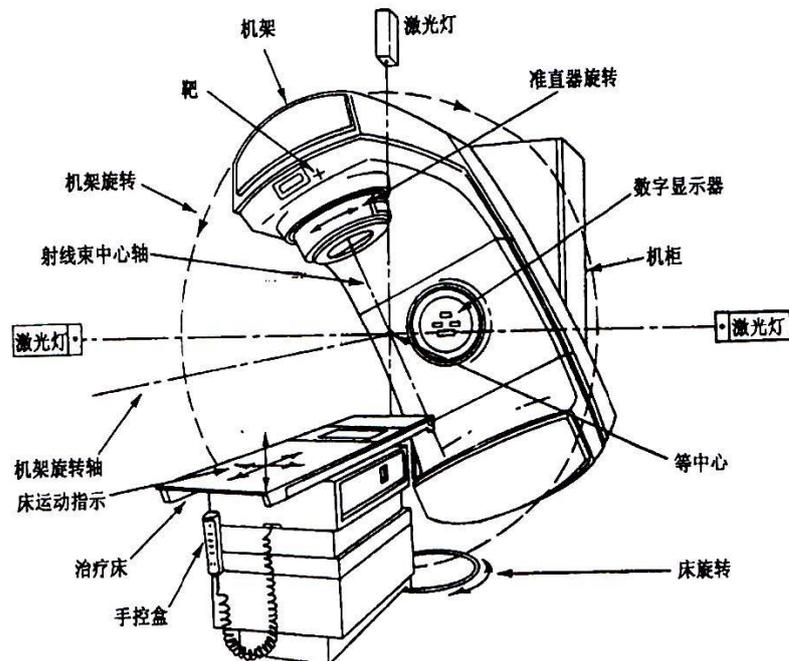


图 9-2 典型医用电子直线加速器示意图

2、电子加速器操作流程及产污环节图

- ①方案确定后首先向病人告知可能受到的辐射危害；
- ②模拟定位：使用模拟定位 CT 机等对病灶进行扫描，获得定位图像（模拟定位机属

于Ⅲ类射线装置，单独填写建设项目环境影响登记表进行备案，不在本次评价范围内）；

③制定治疗计划：制定合理的治疗计划，最大限度的满足靶区及危及器官的要求；

④固定患者体位：工作人员进入直线加速器机房治疗室对患者进行定位，调整照射角度及射野中心，确认机房内无其它无关人员滞留、防护门关闭；

⑤加速器出束，利用产生 X 射线或电子线对病灶进行治疗；

⑥治疗完毕，加速器停止出束，打开迷路处人员防护门，患者离开加速器机房治疗室。

电子直线加速器治疗流程及产污环节示意图见图 9-3。

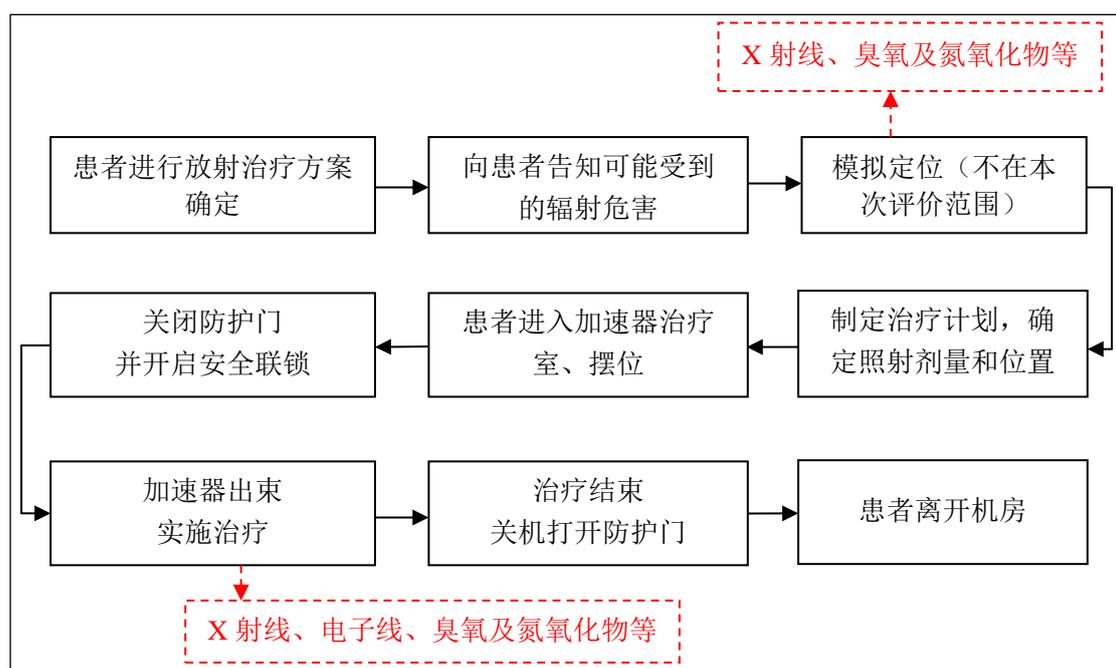


图 9-3 电子直线加速器治疗流程及产污环节示意图

3、污染物以及源项分析

一、正常工况

①X 射线

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线，X 射线具有较强的贯穿能力，如果没有采取足够的防护措施，将对工作人员和公众造成不必要的辐射影响，但这种 X 射线是随加速器的开、关而产生和消失，因此在 X 射线治疗状态下，X 射线是电子直线加速器主要污染物。

②电子线

加速器产生高能电子线，随机器的开、关而产生和消失，其能量及贯穿能力远弱于 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。

③中子

在等于或低于 10MV 模式下，加速器产生的中子辐射剂量非常小，在设计屏蔽和迷路通道时可忽略。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）相关规定，X 射线能量超过 10MV 的加速器，屏蔽设计时应考虑中子防护，本项目医用直线加速器 X 射线最高输出能量为 10MV，因此加速器治疗室屏蔽设计时可不必考虑中子辐射防护。因此本报告不将中子识别为 10MV 电子加速器运行过程中污染因子。

④有害气体

加速器在运行过程中，由于产生的 X 射线作用与空气发生电离作用，进而产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，当臭氧等浓度过大时，会对人的呼吸系统、眼睛和粘膜造成伤害。

⑤废靶

加速器运行一段时间（一般 7~10 年左右），会产生加速器废靶，废靶由厂家进行回收处置。

二、事故工况

① 在加速器机房治疗室防护门安全连锁系统故障或失效前提下，防护门未完全关闭的情况下开机进行 X 射线治疗，将导致 X 射线泄漏，对防护门外人员产生意外照射；

② 在加速器机房治疗室防护门安全连锁失效，加速器运行过程中无关人员闯入加速器机房治疗室，或者无关人员未退出加速器机房治疗室的情况下开机进行治疗，使得无关人员受到意外照射。

③ 工作人员或无关人员在治疗过程中滞留机房内，控制室工作人员未确认机房内无其它人员停留，就开机进行治疗，进而使得滞留机房内人员受到辐射照射。

9.1.2 后装机

1、工作原理

后装治疗机是用于后装技术的治疗装置。后装技术是先将空载的施源器放置于体腔内预先定好的位置，再通过遥控的传动方式将一个密封放射源从储源器传送到施源器后进行腔内治疗的技术。后装治疗具有治疗距离短，源周局部剂量高，周边剂量迅速跌落的特点，因而在提高肿瘤局部照射剂量的同时，可有效保护周边正常组织和重要器官。后装技术的应用使医护人员摆脱了以往进行近距治疗时手持放射源直接受照的危险，明

显降低了医务人员的受照剂量，提高了摆位和固定的精度，也缩短了照射时间，减轻了患者的痛苦。

后装机治疗工作原理及典型设备图见图 9-4。

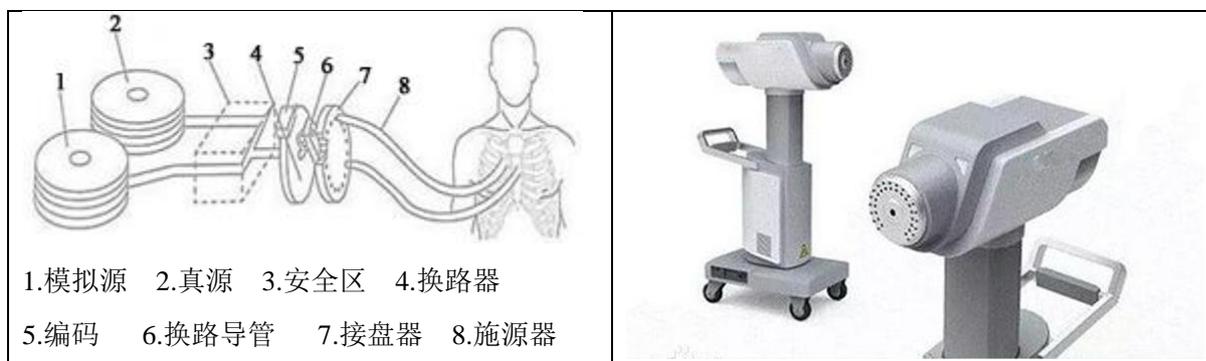


图 9-4 后装机治疗工作原理及典型设备图

2、后装机操作流程及产污环节图

后装机的大致操作流程为：定位—埋置施源器—固定位置—接管—模拟运行— ^{192}Ir 植入治疗。具体步骤如下：

①进行定位：先通过模拟定位机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位（模拟定位机属于III类射线装置，单独填写建设项目环境影响登记表进行备案，不在本次评价范围内）；

②制定治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小，确定照射剂量和照射时间；

③治疗计划制定后，患者在工作人员协助下，在准备室进行施源器插入；

④患者进入治疗室并固定体位，工作人员将储源器和施源器相连接，连接时工作人员一般距后装治疗机1m；

⑤确认除患者外无其他人员滞留后装机房治疗室内，工作人员离开机房，并关闭治疗室防护门。

⑥在控制室控制台通过计算机系统，先用假源进行试运行，验证无误后，再用真源将放射源从后装机机体通过输源管送达病灶进行治疗。

⑦治疗结束，源回到屏蔽体内。打开防护门，拆除输源管等设备，患者离开后装机房治疗室。

后装机近距离治疗流程及产污环节见图 9-5。

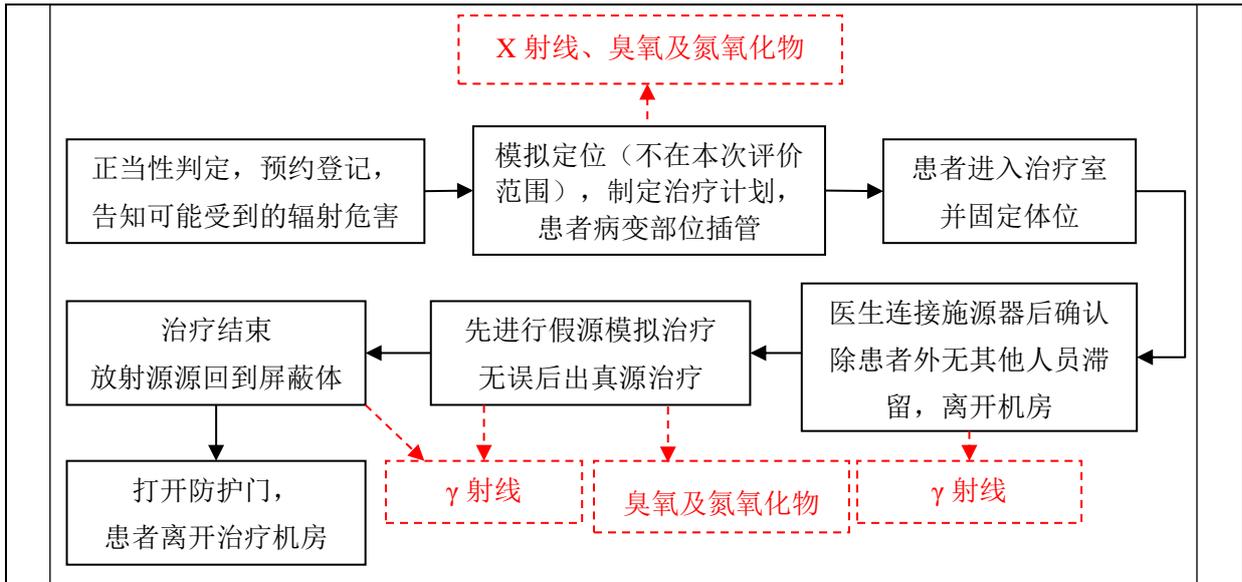


图 9-5 后装机近距离治疗流程及产污环节图

3、污染因子

一、正常工况

^{192}Ir 的半衰期为 74d，衰变方式为 β -衰变，衰变时放出最大能量为 0.672MeV 的 β 射线和 0.316MeV、0.468MeV 的 γ 射线。后装治疗机使用的 ^{192}Ir 放射源为点状米粒大小的微型单颗源，外有不锈钢包壳， β 射线被完全屏蔽，源活性物质不会泄漏，属密封放射源。因此在正常使用情况下，主要环境污染因子为：放射源衰变产生的 γ 射线、 γ 射线与空气发生电离作用产生的少量臭氧及 NO_x 、废放射源（ ^{192}Ir 放射源使用一段时间后，其放射性活度不能满足医学治疗要求，产生废放射源）。

① 放射源 γ 射线

后装机正常运行时的主要污染因子为能量流形式的 γ 射线。在正常治疗条件下，后装机 ^{192}Ir 放射源发出平均能量为 370keV 的 γ 射线，有小部分穿过机房屏蔽体（包括屏蔽墙、顶棚）及迷路防护门泄漏到工作场所及周围环境中，对周围的工作人员和公众产生 γ 外照射。

治疗前、治疗后装卸输源导管以及指导病人摆位过程中， ^{192}Ir 放射源处于贮源状态，贮源器以及后装机治疗室内主要受到仍有残留的 γ 射线，对放射性工作人员产生 γ 射线外照射影响。

② 臭氧和氮氧化物等有害气体

后装机在工作状态下，会使机房内的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物。本项目后装机治疗室拟安装通排风装置，通风换气次数为 4 次/h，通风后对机房内人员的影响

较小；臭氧在常温常压下稳定性较差，自行分解为氧气，排出机房后对周围环境影响小。

③ 废放射源

^{192}Ir 源活度一般衰变至 74GBq 后需要更换，换下的废旧放射源仍然具有一定的放射性，可能对周围环境产生电离辐射影响。本项目后装机放射源的安装、更换、运输和装卸等均由供源厂家负责，废旧放射源由放射源供应单位回收进行处置。

二、事故工况

①治疗过程中，出现防护门安全联锁失效、无关人员误入后装机房治疗室内的情况，或放射源阻丝、源位异常、卡源等，造成工作人员或公众的 γ 射线外照射。

②放射源丢失或被盗，对公众造成 γ 射线外照射。

9.2 介入科、急救中心及手术室

项目拟在医院门诊住院楼一层、四层及五层新建急救中心、介入科及手术室，新增 5 台数字减影血管造影机（DSA）用于介入手术。

1、工作原理

DSA（Digital Substraction Angiography，数字减影血管造影设备）因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机。DSA 设备主要由 X 射线发生系统、影像接收器和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统、防护屏及防护铅帘等构成。

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，得到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，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。在进行DSA手术时，医务人员将介入导管经皮下血管注入，通过DSA自带的X射线成像系统，将导管在血管内的影像显现出来。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。

典型 DSA 设备外观见图 9-6。

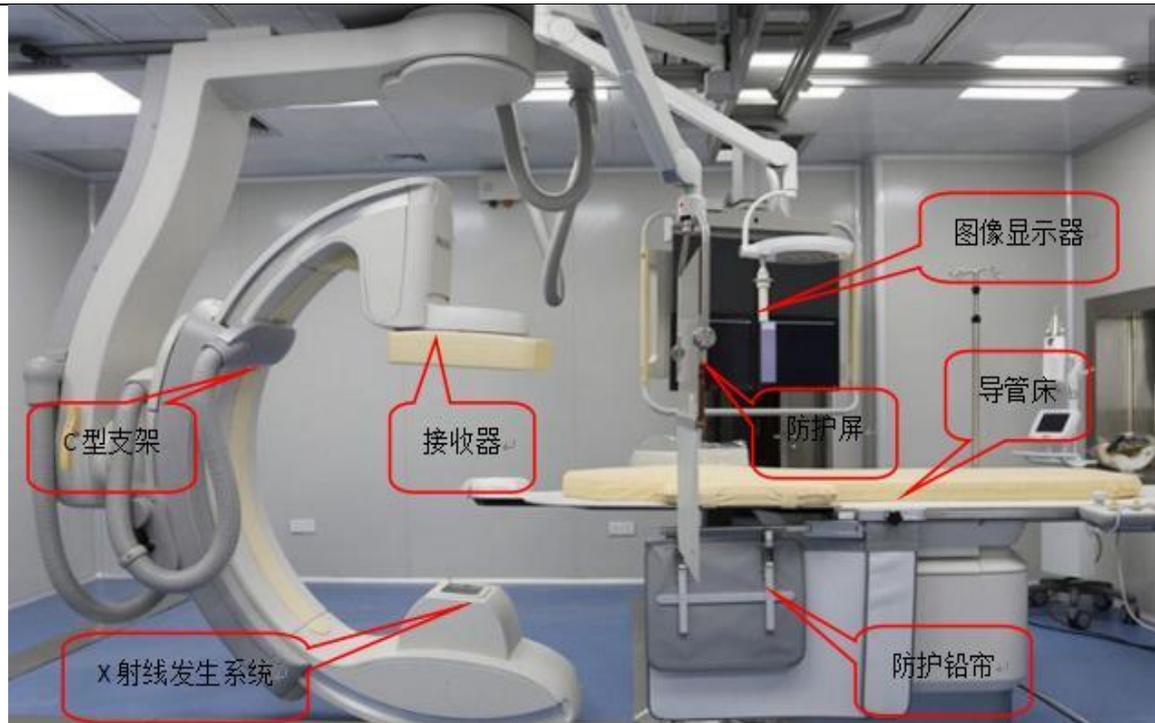


图 9-6 典型 DSA 设备外观图

2、操作流程及产污环节图

本项目 DSA 射线装置在进行曝光时分为诊断和介入治疗两种情况：

一、诊断

采用隔室操作方式，通过控制射线装置的 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，然后进入操作间，关好防护门。医生、操作人员通过控制室的电子计算机系统控制射线装置的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医生根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

二、介入治疗

采用近台同室操作方式。通过控制射线装置的 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，介入手术医生、护士位于手术床一旁，距射线装置的 X 线管 0.8~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙等），同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医生、护士佩戴防护用品，医生根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动射线装置的 X 线系统进行透视（射线装置的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的画面，完成介入操作。每台手术射线装置的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完后关机，病人离开介入手

术室。

本项目 DSA 射线装置操作流程及产污环节图见图 9-7。

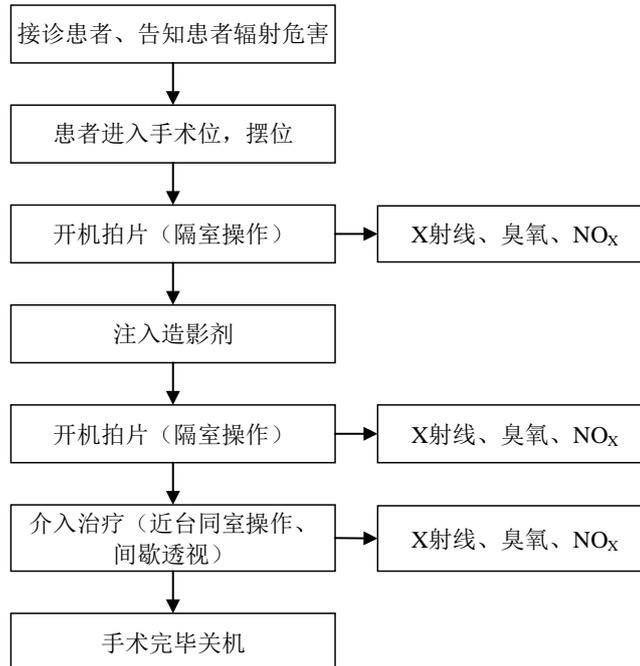


图 9-7 DSA 操作流程及产污环节图

3、污染因子

一、正常工况

DSA 开机时发出 X 射线，X 射线贯穿机房的屏蔽墙进入外环境，对控制室辐射工作人员及机房周围公众人员产生外照射影响；在介入手术过程中，对机房内操作的医护人员造成较高剂量的外照射。

此外，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，应在机房安装通风系统。

二、事故工况

①医护人员在防护门关闭后未撤离手术室，DSA 射线装置开始运行，对其造成额外误照射；

②闭门装置发生故障，人员误入正在运行的 DSA 机房内造成额外误照射；

③医护人员为患者摆位或进行其它术前准备工作时，控制室操作人员误开机出束，对机房内医护人员造成额外误照射；

④介入手术室医生、护士未穿戴防护用品进入手术室，或未配置合格的防护用品，使得医生、护士受到较高剂量的附加照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射工作场所布局

10.1.1 放疗科

放疗科工作场所位于西咸新区秦汉中心医院门诊住院楼地下一层南侧，主要包括 2 座电子直线加速器治疗室和 1 座后装机治疗室。电子直线加速器工作场所北侧为控制室、设备机房及走廊，东侧紧邻后装机治疗室，东南侧为土层，西侧为运输通道，治疗室迷路形状设计为 L 型迷路，位于治疗室的北侧，工作人员和患者由迷路进出治疗室；后装机工作场所北侧为控制室，东侧为妇科冲洗室，南侧为土层，西邻为加速器治疗室；治疗室迷路形状设计为直迷路，位于治疗室的东侧，工作人员和患者由迷路进出治疗室。放疗科区域楼下为土层，顶棚外为绿化区。

(一) 选址及平面布局合理性分析

电子直线加速器及后装机机房位于西咸新区秦汉中心医院门诊住院楼地下一层南侧。对照《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 相关要求，符合性分析见表 10-1。

表 10-1 后装机与直线加速器机房选址及平面布局合理性分析

标准要求	标准要求	本项目情况
《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 要求	放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置	设置于门诊住院楼地下一层南侧，位于建筑底部一端，后装机治疗室、加速器治疗室及控制室等同时设计建造，机房建设时已考虑配套的水冷机房、设备机房等辅助机房建设，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置
	治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外	后装机与加速器治疗室与控制室、设备机房等分开设置
	应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射	加速器有用线束向东西方向照射，避开机房控制室
	X射线管治疗设备的治疗机房可不设迷路；γ刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	后装机治疗室及加速器治疗室均设置迷路
	放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要	后装机治疗室面积为 27.6 m ² ，加速器治疗室面积为 72.9m ² ，均能够满足使用要求
《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)	放射治疗场所的选址应充分考虑对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内	本项目已考虑加速器、后装机辐射影响范围，设置在医院内地下一层，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内
	放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业区域	后装机治疗室及加速器治疗室设置于地下一层南侧，位于建筑底部一端，避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域

后装机及电子加速器机房选址、平面布局符合《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)要求。

(二) 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020),将加速器和后装机治疗室防护门以及屏蔽墙体以内区域划分为控制区,在各机房防护门的显著位置粘贴符合规定的电离辐射警告标志,并设立控制区标牌。

将加速器和后装机治疗室周围的控制室、设备机房、冲洗室、抢救室、北侧走廊及西侧运输通道、机房顶棚绿化区划为监督区,并设立标明监督区的标牌,并经常对其职业照射条件进行监督和评价。

加速器治疗室与后装机治疗室的分区示意图见图 10-1~图 10-2。

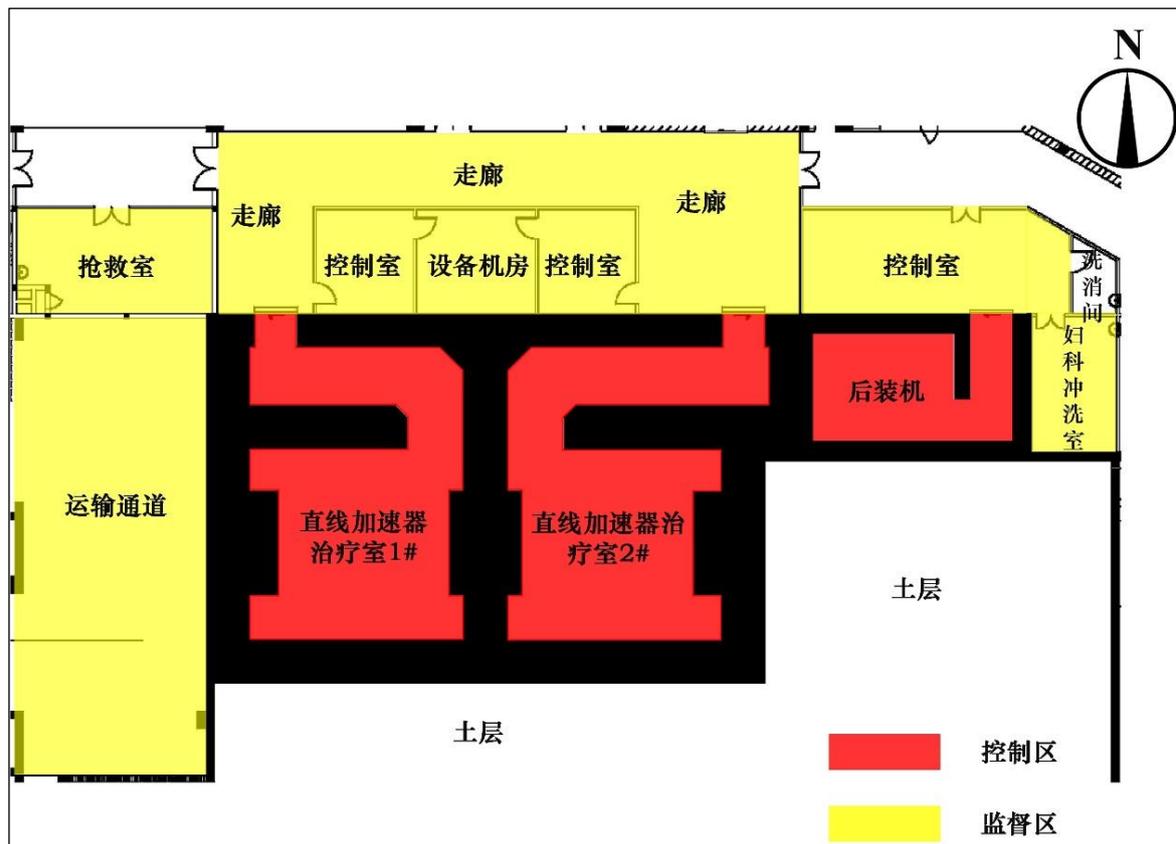


图 10-1 放疗科加速器、后装机治疗室工作场所划分示意图



图 10-2 放疗科加速器、后装机治疗室工作场所划分示意图（剖面图）

10.1.3 介入科、手术室及急救中心

（一）选址及平面布局

本项目共配备 5 台 DSA 设备，其中 2 台分别安装于急救中心、手术室 DSA 机房，3 台安装于介入科 1~3# DSA 机房。其中，介入科位于门诊住院楼四层，拟新建 3 间 DSA 机房，配套建设 2 间 DSA 机房控制室，2 间 DSA 机房共用 1 间控制室；对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关条款，该项目 DSA 机房符合性分析见表 10-2。

表 10-2 DSA 机房平面布局合理性分析

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	本项目情况
应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	一般情况下，DSA 设备向顶棚进行照射，控制室工作人员操作位于机房控制室，介入人员透视状态下在 DSA 设备旁操作，操作位避开了有用线束照射方向以及机房门、窗、管线口
X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	DSA 机房各面墙及观察窗、防护门的设计屏蔽能力严于 GBZ130-2020 标准规定的辐射防护屏蔽要求，对周围环境以及工作人员影响满足相关标准要求

续表 10-2 DSA 机房平面布局合理性分析

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	本项目情况
每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求	每台 DSA 设有单独机房，机房布局满足使用要求
单管头 X 射线机机房最小有效使用面积不小于 20m ² ，最小单边长度不小于 3.5m	本次拟建的 5 间 DSA 机房中面积最小的机房的有效使用面积为 70.56m ² ，最小单边长度为 7.1m，满足标准要求

综上，DSA 机房平面布局符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，布局较为合理。

（二）工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），将在急救中心、手术室及介入科的 DSA 机房防护门以及屏蔽墙体以内的区域划分为控制区，在各机房防护门显著位置粘贴符合规定的电离辐射警告标志，将 DSA 机房周边相邻区域以及楼上楼下相邻区域划为监督区。

急救中心、手术室及介入科 DSA 机房控制区与监督区划分示意图见图 10-3~图 10-7， DSA 机房工作场所的医护人员、患者与污物路径见图 10-3、10-4 与 10-6。

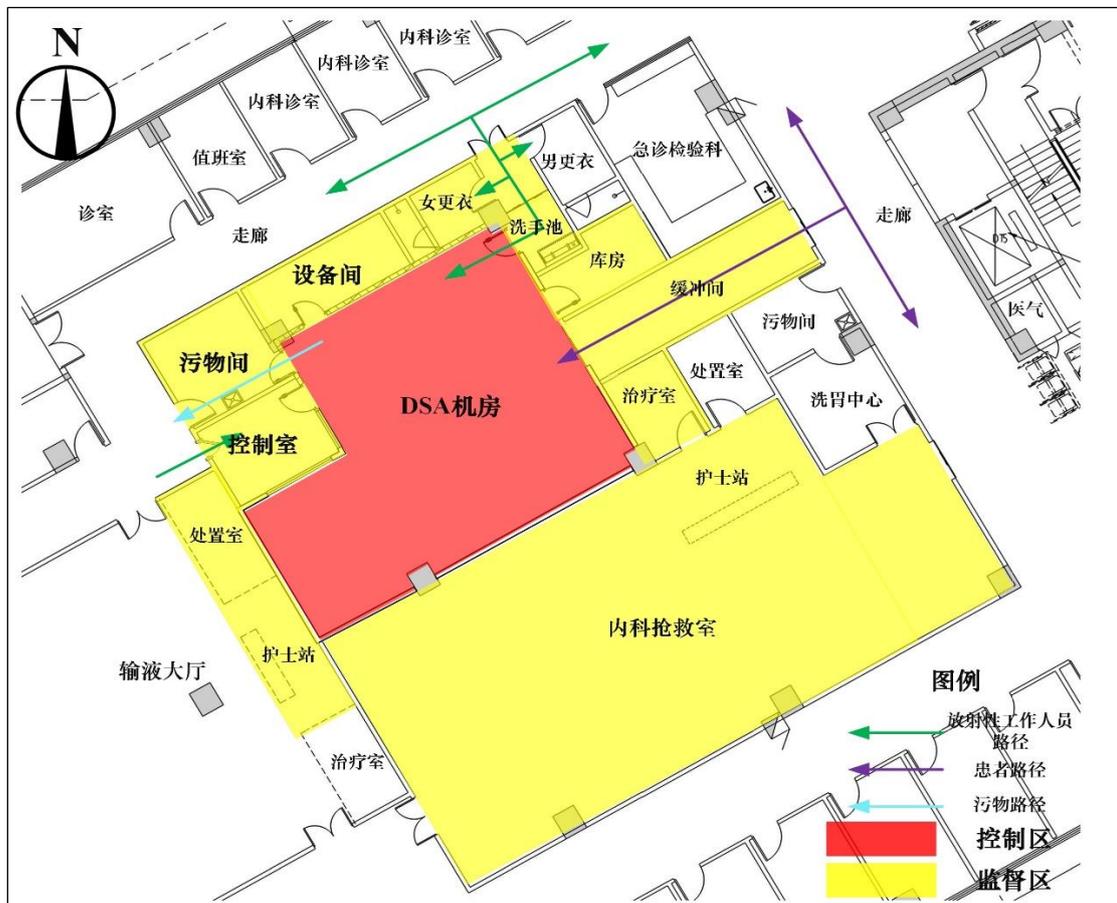


图 10-3 急救中心 DSA 机房工作场所划分示意图

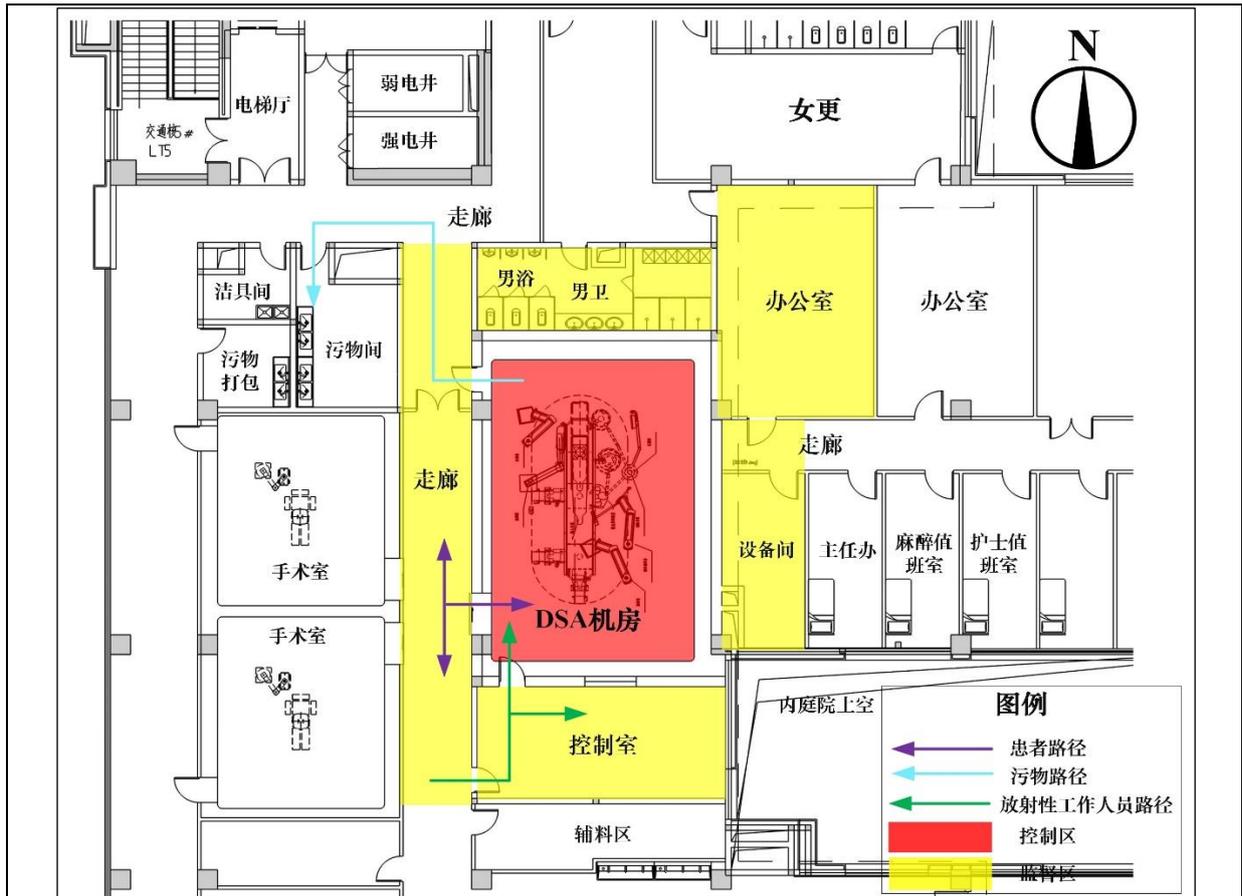


图 10-4 手术室 DSA 机房工作场所划分示意图

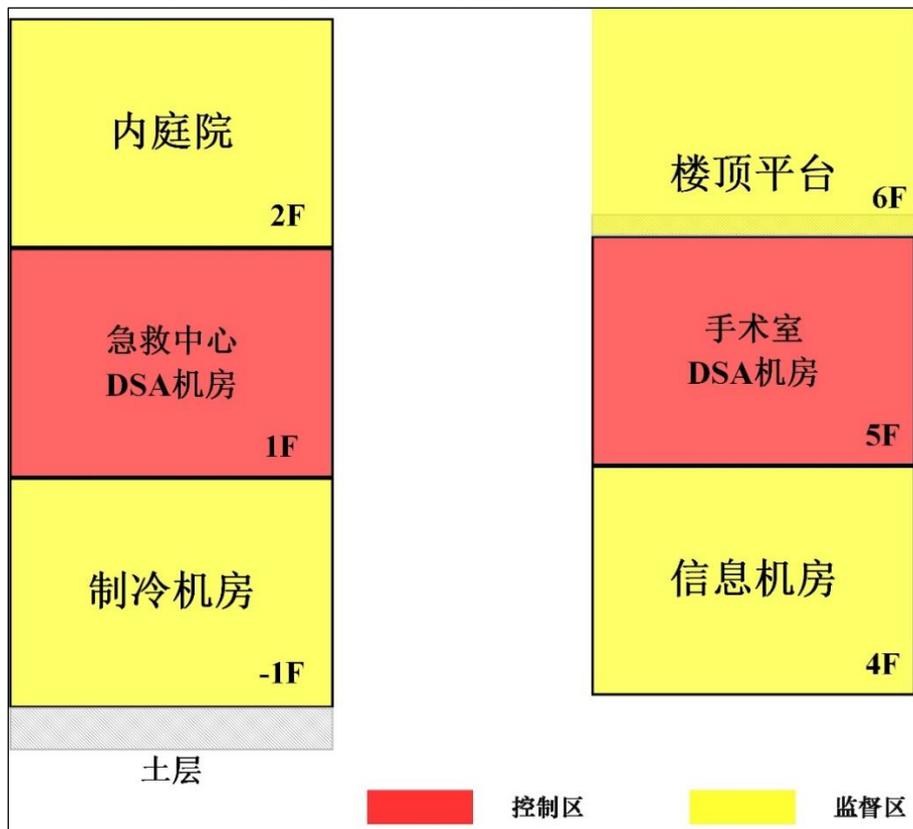


图 10-5 急救中心与手术室 DSA 机房工作场所划分示意图 (剖面)

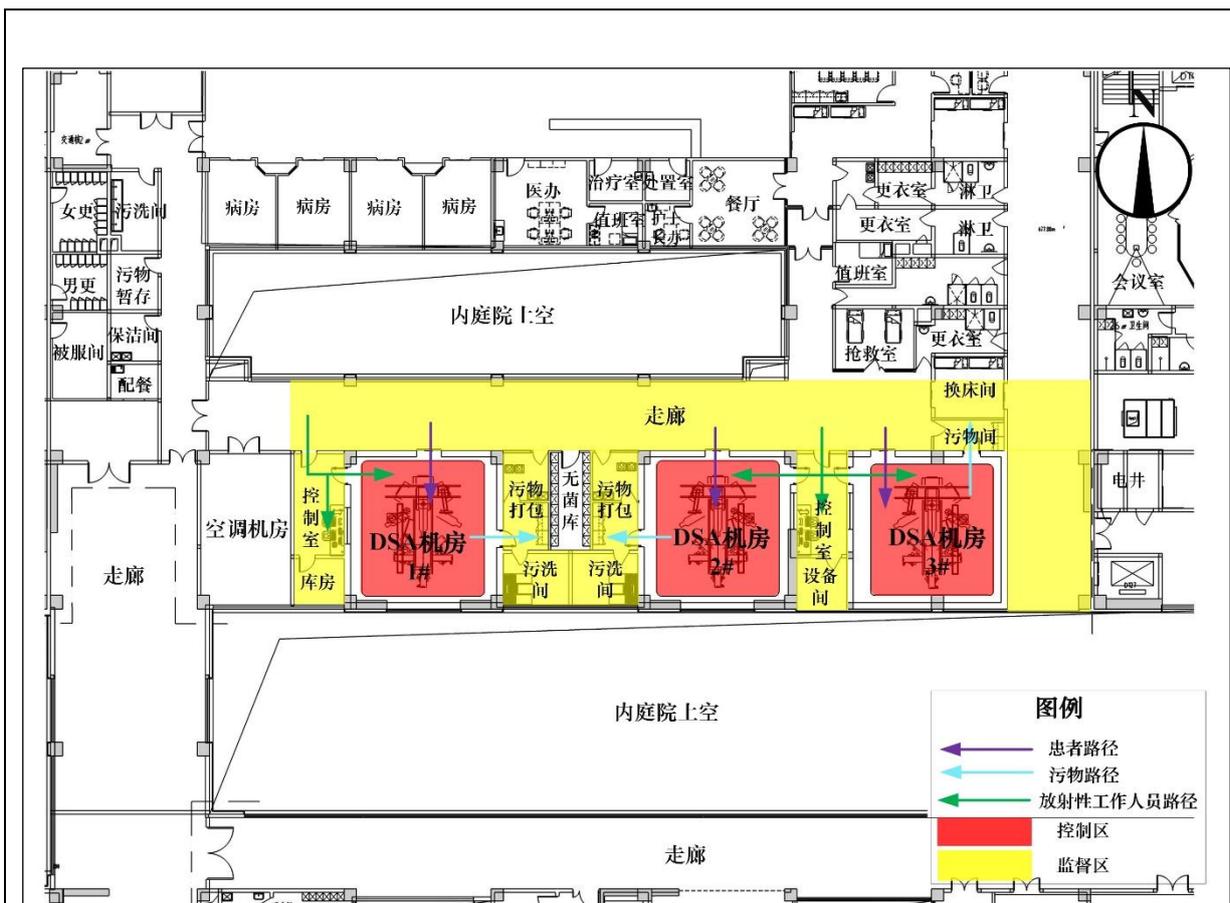


图 10-6 介入科 DSA 机房工作场所划分示意图



图 10-7 介入科 DSA 机房工作场所划分示意图（剖面）

10.2 辐射屏蔽设计

根据建设单位提供的资料，本项目各工作场所已进行相关屏蔽设计以减少对周边环境的辐射影响，放疗科（直线加速器治疗室与后装机治疗室）、急救中心（DSA 机房）、介入科（DSA 机房）和手术室（DSA 机房）等工作场所辐射屏蔽设计具体参数分别见表 10-3，表 10-4。放疗科工作场所的屏蔽设计示意图见图 10-8 与图 10-9，急救中心、介入科与手术室 DSA 机房的屏蔽设计示意图见图 1-5~图 1-7，图 10-10~图 10-11。

表 10-3 放疗科工作场所辐射屏蔽设计参数

工作场所	项目	具体设计参数	
电子直线加速器治疗室 1#	尺寸参数	长 9.0m×宽 8.1m×高 4.3m，面积 72.9m ² ，迷道转弯处宽 2.4m，迷道宽 2.5m	
	南墙	1800mm 混凝土	
	东墙	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 厚混凝土
		次屏蔽	1.85m、6.15m，1800mm 厚混凝土
	北墙	迷道内墙	1800mm 混凝土
		迷道外墙	1400mm 混凝土
	西墙	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 厚混凝土
		次屏蔽	1.85m、6.15m，1800mm 厚混凝土
	屋顶	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 混凝土
		次屏蔽	1800mm 混凝土
	地板	1800mm 混凝土	
防护门	18mmPb 防护门		
电子直线加速器治疗室 2#	尺寸参数	长 9.0m×宽 8.1m×高 4.3m，面积 72.9m ² ，迷道转弯处宽 2.4m，迷道宽 2.5m	
	南墙	1800mm 混凝土	
	西墙	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 厚混凝土
		次屏蔽	1.85m、6.15m，1800mm 厚混凝土
	北墙	迷道内墙	1800mm 混凝土
		迷道外墙	1400mm 混凝土
	东墙	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 厚混凝土
		次屏蔽	1.85m、6.15m，1800mm 厚混凝土
	屋顶	主屏蔽	长 4.4m，3000mm 混凝土
		次屏蔽	1800mm 混凝土
	地板	1800mm 混凝土	
防护门	18mmPb 防护门		
后装机治疗室	尺寸参数	长 6.0m×宽 4.6m×高 3.9m，面积 27.60m ²	
	四侧墙体	后装机治疗室拟采用标准混凝土作为屏蔽防护材料，密度不小于 2.35g/cm ³ 。后装机治疗室东墙、南墙和北墙设计厚度为 800mm，西墙设计厚度为 1800mm（和加速器治疗室共用），迷路墙设计厚度为 600mm。	

表 10-4 介入科、急救中心、手术室工作场所辐射屏蔽设计参数

场所	项目	具体设计参数
后装机治疗室	防护门	防护门：10mm 铅当量
	上下层楼板	顶棚：800mm 混凝土；地坪：1800mm 混凝土
介入科 DSA 机房 1#、2#、3#	尺寸参数	长 8.36m×宽 8.4m，面积 70.22m ²
	四侧墙体	四面墙体为 370mm 实心砖墙
	防护门窗	患者/工作人员/污物防护门：3mmPb 当量；观察窗：3mmPb 当量
	上下层楼板	150mm 混凝土+1mmPb 当量防护涂料
手术室 DSA 机房	尺寸参数	长 10.8m×宽 7.1m，面积 76.7m ²
	四侧墙体	四面墙体为 370mm 实心砖墙
	防护门窗	患者/工作人员/污物防护门：3mmPb 当量；观察窗：3mmPb 当量
	上下层楼板	150mm 混凝土+1mmPb 当量防护涂料
急救中心 DSA 机房	尺寸参数	长 12.48m×宽 9.65m
	四侧墙体	四面墙体为 3mm 铅板
	防护门窗	患者/工作人员/污物防护门：3mmPb 当量；观察窗：3mmPb 当量
	上下层楼板	150mm 混凝土+1mmPb 当量防护涂料

备注：根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C,对于125kV管电压状态下X射线主射线，370mm实心砖墙、150mm混凝土分别相当于3.9mm铅当量、1.9mm铅当量。

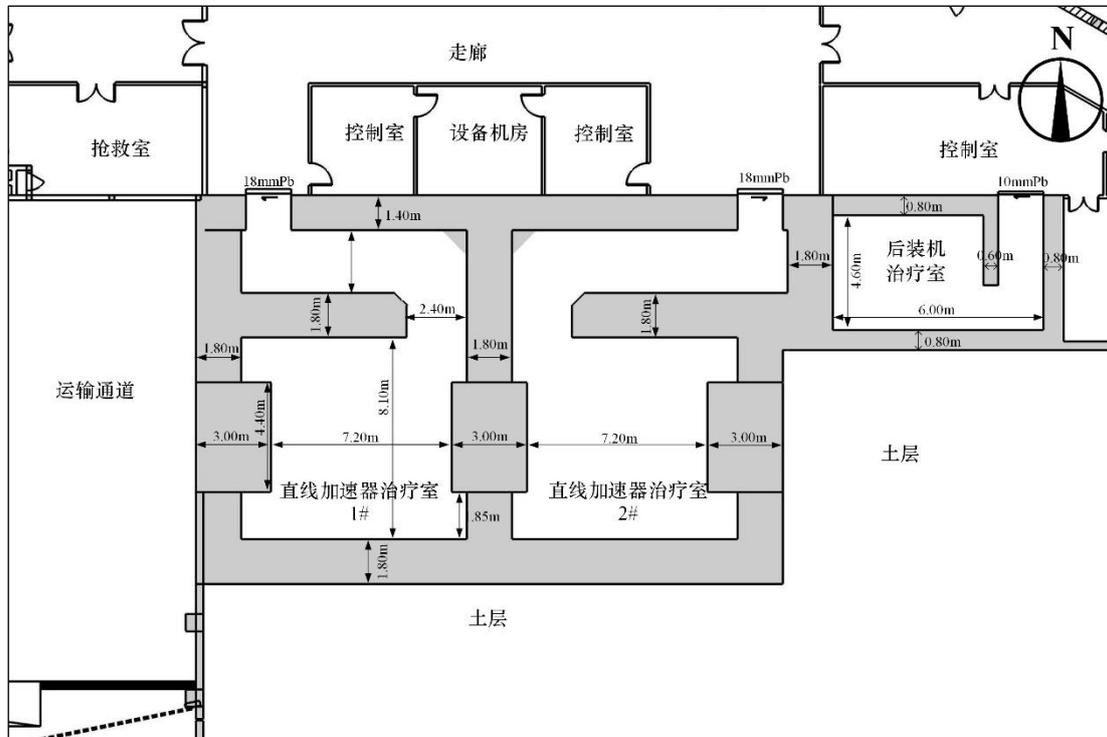


图 10-8 放疗科工作场所的屏蔽设计示意图

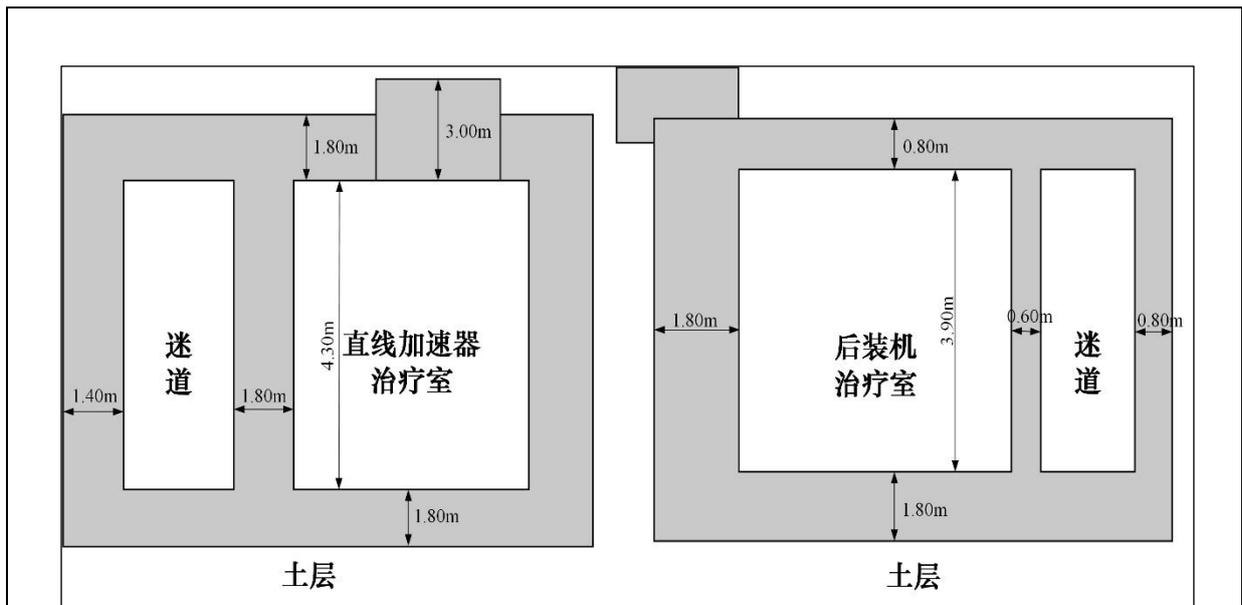


图 10-9 放疗科工作场所的屏蔽设计示意图（剖面）

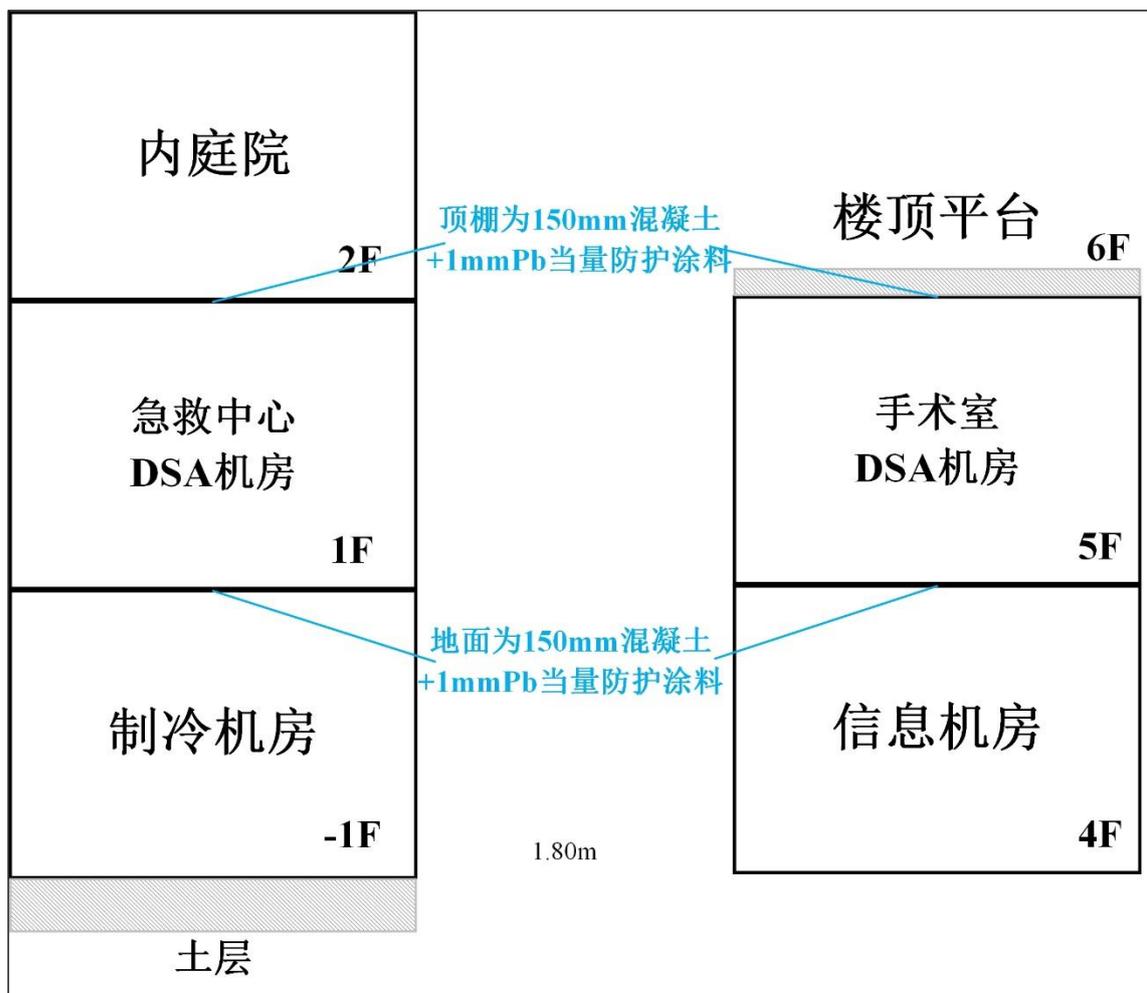


图 10-10 急救中心与手术室 DSA 机房的屏蔽设计示意图（剖面）

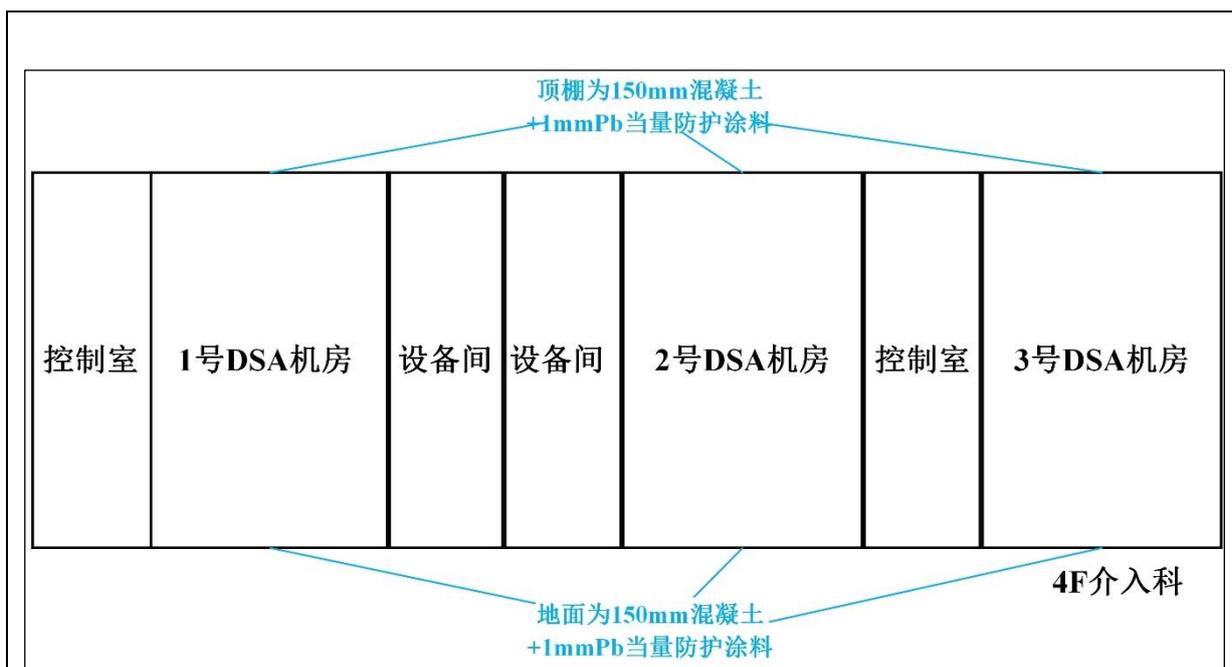


图 10-11 介入科 DSA 机房的屏蔽设计示意图（剖面）

10.4 辐射防护与安全措施

10.4.1 放疗科

10.4.1.1 直线加速器

(1) 通排风装置：加速器治疗室拟设置上进下排的机械通排风装置，送风口位于各机房顶部，排风口位于各机房下部，排放口距地 0.3m，送风口与排风口呈对角设置。送风、排风管道在机房防护门洞口上方呈“”型穿过屏蔽墙，设计通风量为 1100m³/h，机房容积约 250.7m³，每小时换气次数为 4 次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“通风要求”的规定。排风管道经风井通至楼顶排放。加速器治疗室通风设计见图 10-12。

(2) 门-机联锁装置：机房防护门设置门-机联锁装置，防护门打开时，加速器无法启动；只有防护门关闭时，加速器才可启动。

(3) 防护门：治疗室靠近防护门处设置 1 个应急手动开关，按动后可从室内打开防护门，做好相应保护防止人员随意打开；在治疗室靠近防护门处设置断电后手动打开防护门的装置；防护门安装光幕式红外防夹装置（防挤压装置），以防止防护门关闭过程中夹伤人员。

(4) 标志与指示灯：机房门上设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，灯箱上应有提示语句，工作状态指示灯应与加速器有效联动，当加速器启动时，工作指示灯亮，

提示人员不得进出治疗室；当加速器关闭时，工作指示灯熄灯，此时人员可以进出。

(5) 急停开关：在控制台、加速器设备表面、迷道内入口、四面墙体各设置 1 个急停开关，按下急停开关后加速器终止出束。

(6) 视频监控及对讲设施：在每间治疗室内和迷路转角处设置摄像监视系统，在治疗床附近安装对讲器，控制室安装显示器和对讲设备，以满足治疗过程中医护人员与患者的沟通需求。监控装置应对机房和迷道无死角监控。治疗室内应安装应急照明装置。

(7) 固定式剂量报警装置系统：在迷道入口处设置 1 处固定式辐射剂量报警装置，仪表指示仪装在控制室内。对监测点进行实时剂量率/累计剂量监测和报警。实时剂量率/累计剂量监测值同时显示在主机面板上，实时剂量率/累计剂量的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

(8) 控制台应配置带有时间显示的照射控制计时器，并独立于其他任何控制照射终止系统。控制台设置手动锁定装置并由专人管理。

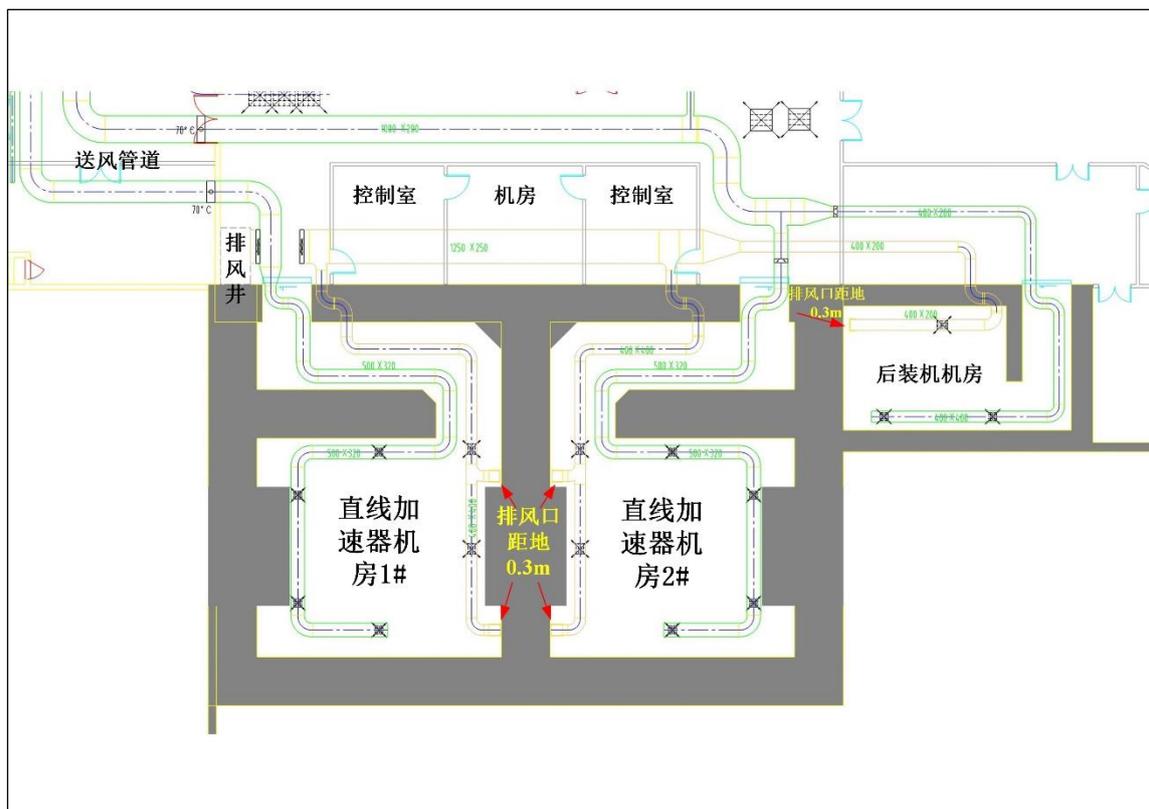


图 10-12 后装机治疗室、加速器治疗室通风设计图

加速器治疗室辐射防护安全设施安装位置示意图见图 10-13。

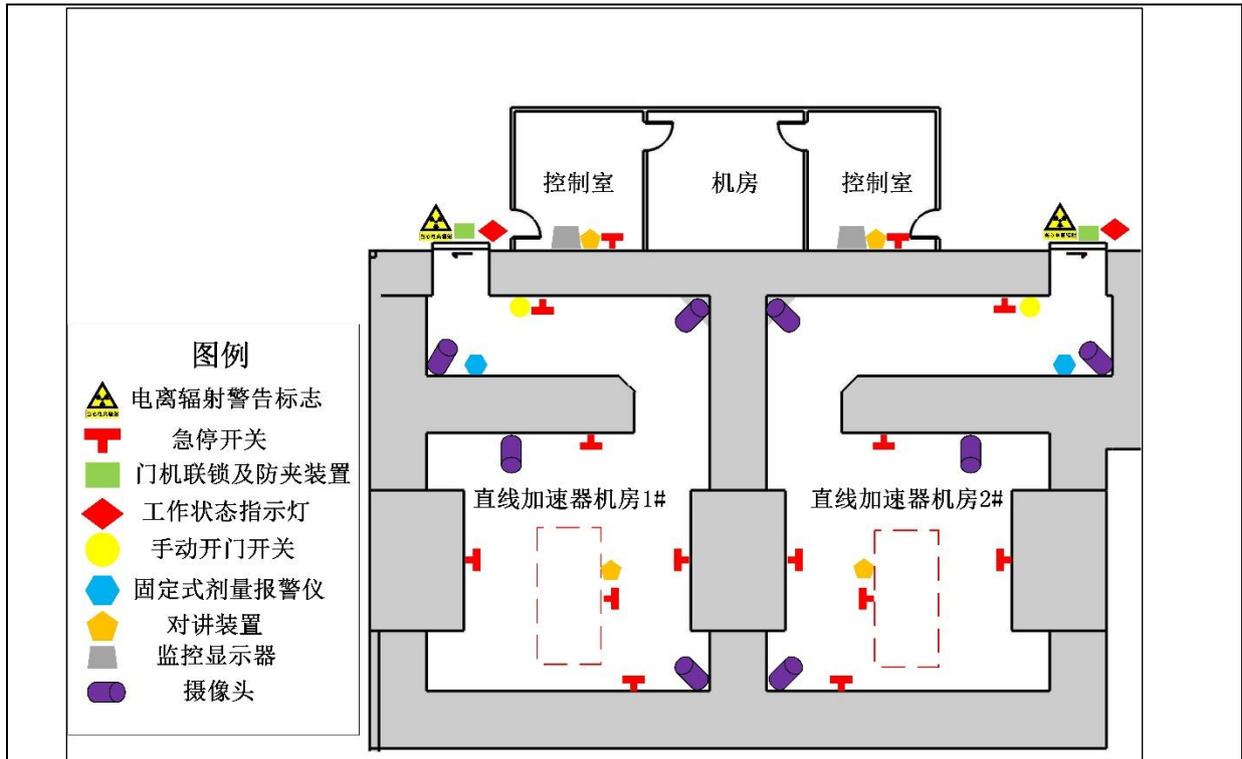


图 10-13 加速器治疗室防护安全措施及设施示意图

10.4.1.2 后装机

(1) 通风：后装机治疗室治疗室拟设置“上进下排”的机械通风装置，进风口设在机房治疗室东南角顶部，排风口设在治疗室西北角下部，距地面 0.3m 处，进风口与排风口对角设置。通风量不小于 500m³/h，机房体积为 107.64m³，通风换气次数大于 4 次/h。排风管道经风井直通楼顶排放。项目送排风设计满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“通风要求”的规定。后装机治疗室通风设计见图 10-12。

(2) 门-机联锁装置：后装机治疗室治疗室防护门设置门-机联锁装置，开门状态不能出源照射，出源照射状态下若开门则放射源自动回到后装机贮源位置。

(3) 防护门：后装机治疗室内靠近防护门处设置 1 个应急手动开关，在应急状态下可以从室内开启防护门，做好相应保护防止人员随意打开；防护门安装光幕式红外防夹装置（防挤压装置），以防止防护门关闭过程中夹伤人员。

(4) 标志与指示灯：治疗室门上设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，工作状态指示灯与后装机运行状态有效联动，治疗、贮源状态下有相应的提示。

(5) 急停开关：在控制台、后装机设备表面、迷道内入口、迷道外入口、迷道西墙、南墙各设置 1 个急停开关，按下急停开关后放射源能够自动回到后装治疗设备。

(6) 视频监控及对讲设施：在机房内和迷路转角处设置摄像监视系统，对治疗过程中患者状态、治疗床和迷路区域情况进行监控。在治疗床附近安装对讲器，控制室安装显示器和对讲设备，以满足治疗过程中医护人员与患者的沟通需求。

(7) 固定式剂量监测报警装置：在迷道入口、迷道转弯处分别安装 1 个固定式辐射剂量监测报警装置，同时能够在控制室内能够实时显示剂量率，当剂量率超过设置的阈值，设备可进行报警。

(8) 回源装置：治疗期间，发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源必须能自动返回工作贮源器，并发出声光报警信号。机房内配备应急储源器 1 个、长柄镊子 1 个，当发生卡源事故时，可手动将源回收至储源器。机房内张贴应急指示。

(9) 机房内和迷道各安装 1 个应急照明灯。配备至少 1 台个人剂量报警仪，放射性工作人员进入后装机治疗室时必须佩戴个人剂量报警仪。安装放射源在线监控系统，与生态环境主管部门联网。

(10) 制定后装机治疗室岗位职责、操作规程等并张贴上墙，建立放射源管理档案，记录放射源编号、活度、更换、安装等信息。

后装机治疗室辐射防护安全措施及设施示意图见图 10-14。

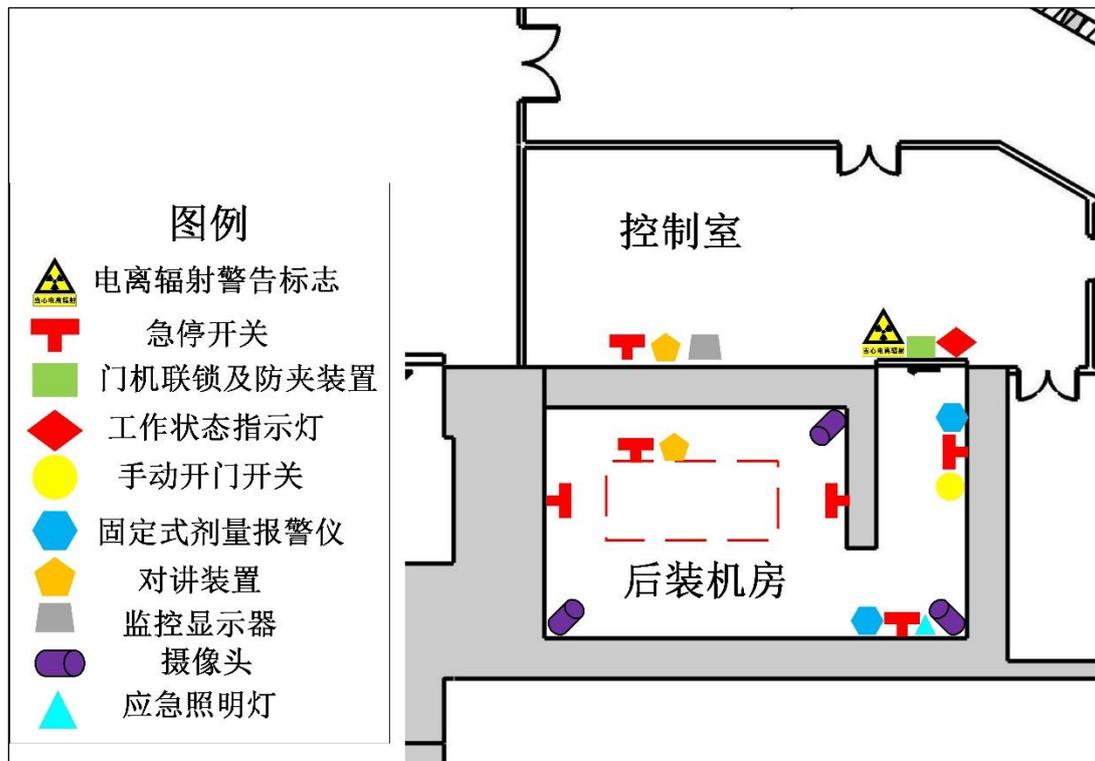


图 10-14 后装机治疗室治疗室防护安全措施及设施示意图

加速器 and 后装机治疗室的水管、电缆管道等应尽可能设计在地坪方向，如果要穿越

屏蔽墙，穿越口位置应尽可能避开加速器的主束方向，并且管线孔应采取“U”型，在地沟的入口或出口应有一定厚度的屏蔽盖板。根据建设单位提供的设计图纸，本项目电缆沟穿防护墙大样图如下图 10-15 所示：

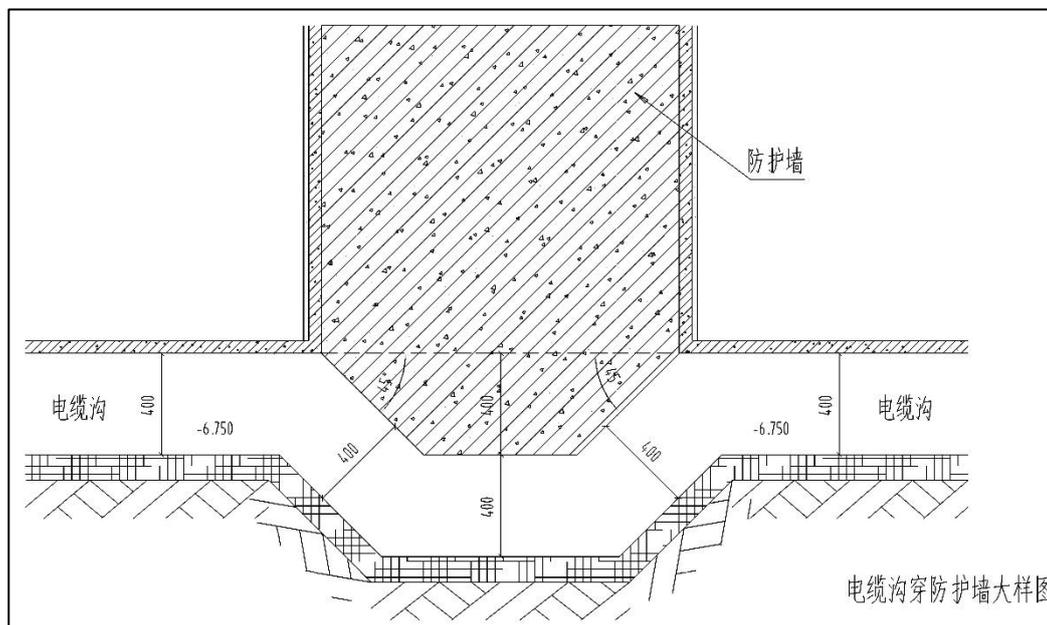


图 10-15 放疗科电缆沟设计图

医院拟安排 4 名工作人员从事电子加速器操作，安排 2 名工作人员从事后装机操作，辐射工作人员上岗前应进行辐射安全和防护教育，通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，持证上岗。

10.4.2 介入科、手术室及急救中心

本项目拟在医院门诊住院楼一楼急救中心设置 1 间 DSA 机房，在四楼介入科设置 3 间 DSA 机房，在五楼手术室设置 1 间 DSA 机房，拟采取的辐射安全设施如下：

(1) 门-灯联动装置：患者出入门上方安装“射线有害、灯亮勿入”工作状态指示灯，指示灯与 DSA 机房防护门有效联动，当防护门关闭时，工作指示灯亮，提示人员不得进出机房；当防护门打开时，工作指示灯熄灯，此时人员可以进出。

(2) 患者防护门、污物门、医护人员防护门外的醒目位置处张贴电离辐射警告标志；候诊区应设置放射防护告知栏，提醒患者及其他公众放射防护注意事项；

(3) 防护门：平开门应设置自动闭门装置、推拉门应设有曝光时关闭房门的措施，电动推拉门应设置光幕式红外防夹装置（防挤压装置）；

(4) 通风：机房内设置机械通风装置，排风管道连接至楼顶排出；拟建 DSA 机房各场所通排风口位置及管道布局图如图 10-16~图 10-18 所示。

(5) 设置观察窗及监控对讲装置，便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

(6) 辐射防护用品：每间 DSA 机房应配备满足工作人员数量的铅围裙、铅颈套、介入手套、铅眼镜；DSA 设备自带铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施。此外，应为受检者配备至少 1 套铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套，具体配备要求见表 10-5。

表 10-5 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查 类型	工作人员		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 学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、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 1：“—”表示不做要求。

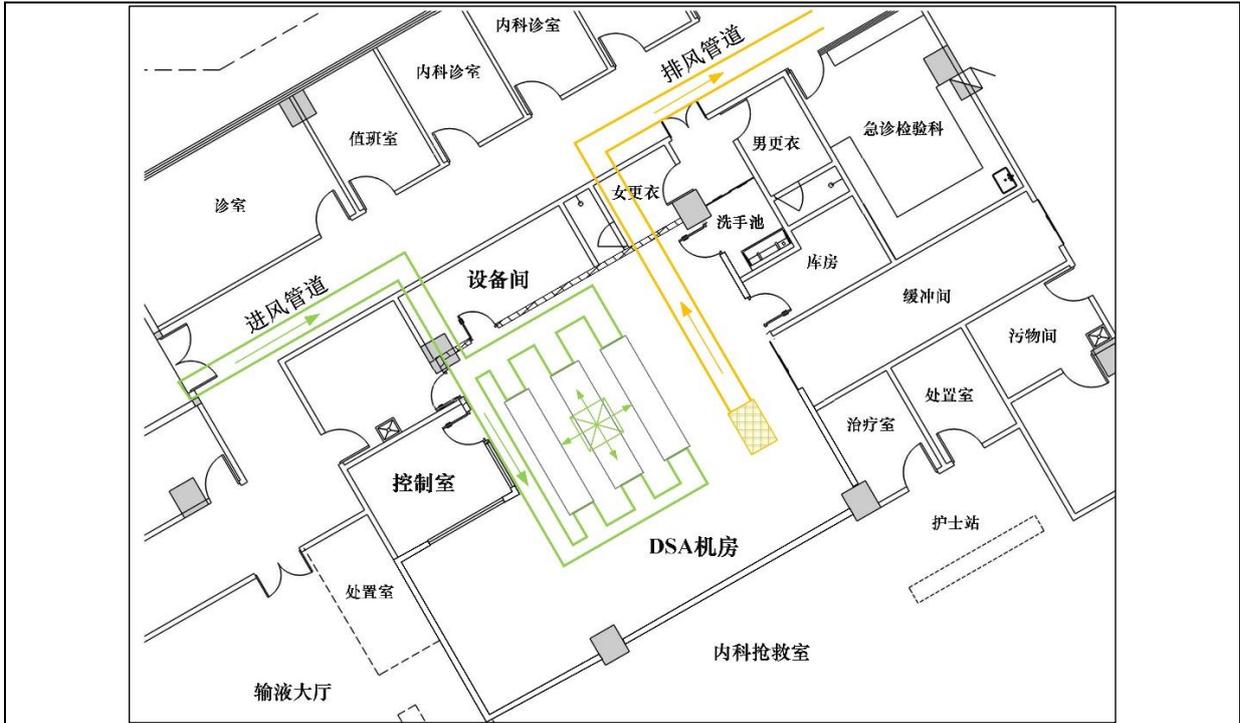


图 10-16 急救中心 DSA 机房通排风口位置及管道布局图

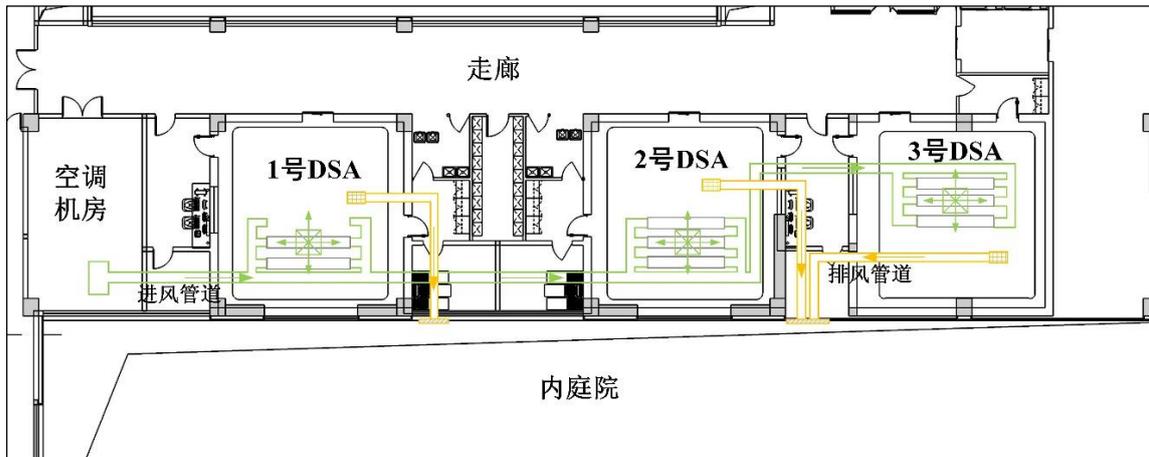


图 10-17 介入科 DSA 机房通排风口位置及管道布局图

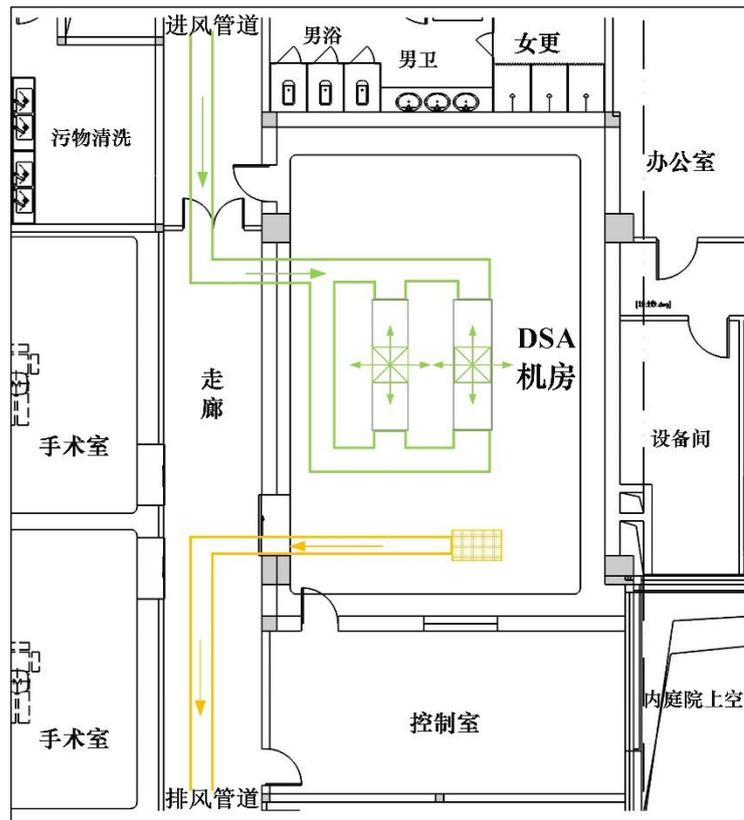


图 10-18 手术室 DSA 机房通排风口位置及管道布局图

(7) 手术室内不堆放与诊断工作无关的杂物。

拟建 DSA 机房各场所辐射安全设施拟安装位置示意图见图 10-19~图 10-21。



图 10-19 急救中心 DSA 机房辐射安全措施及设施示意图

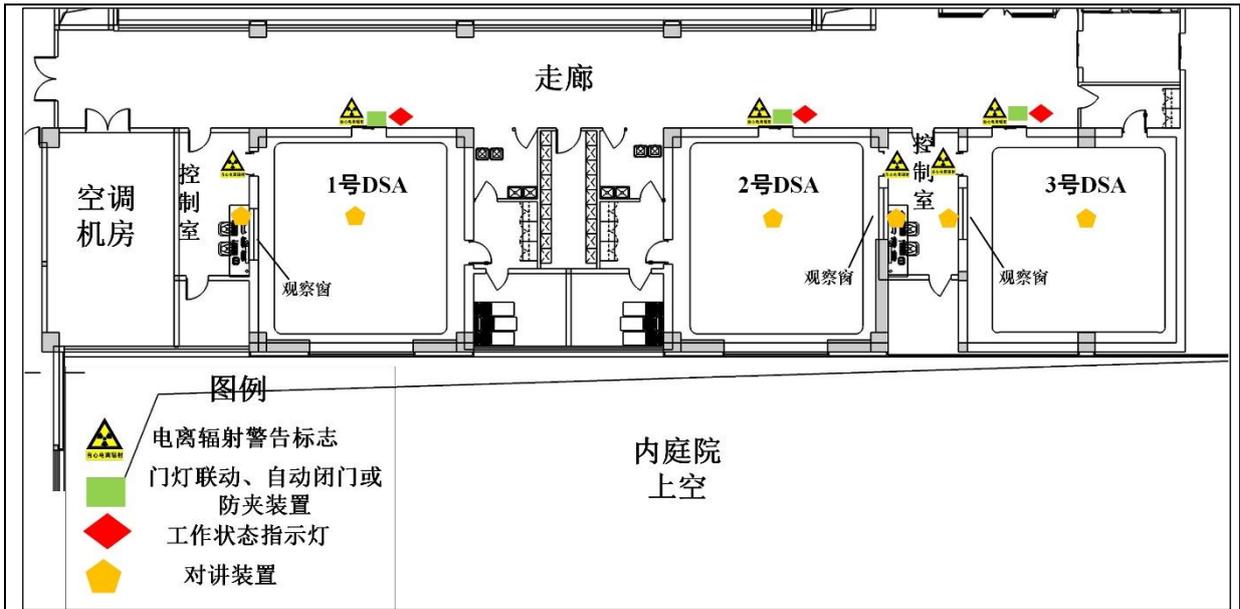


图 10-20 介入科各 DSA 机房辐射安全措施及设施示意图

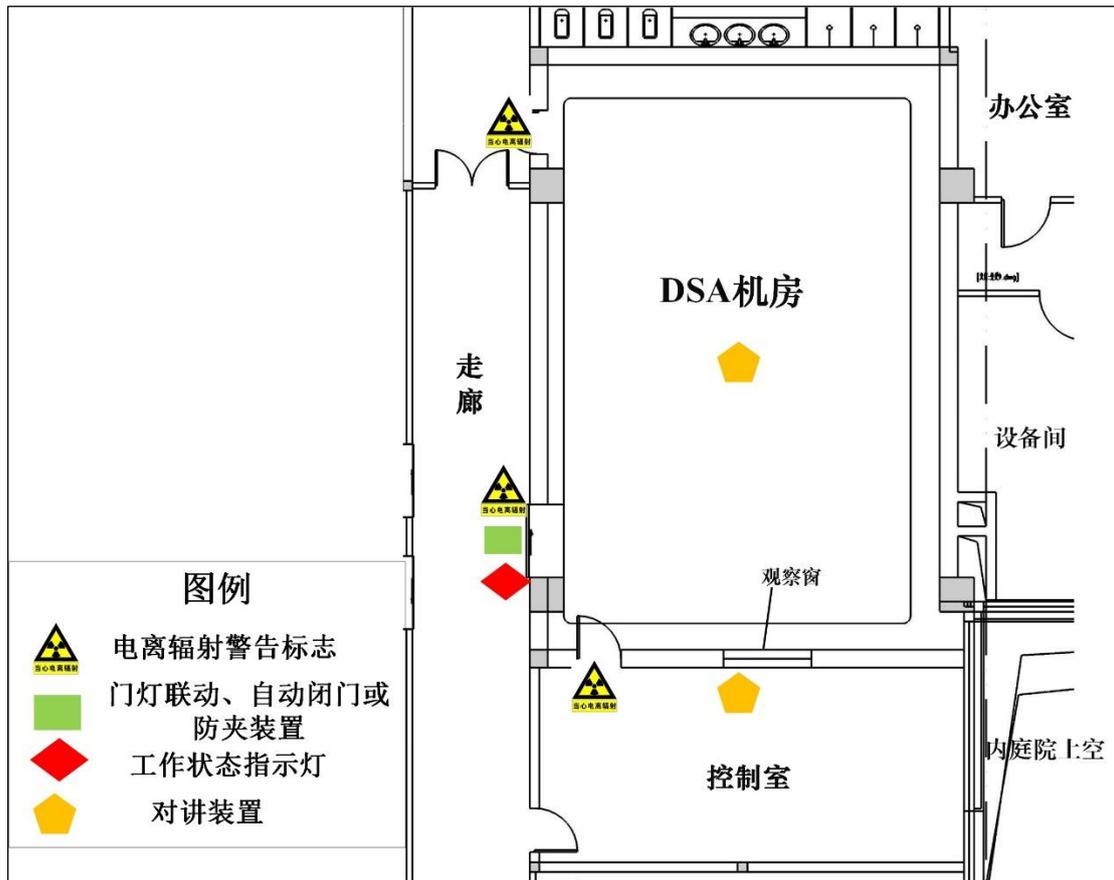


图 10-21 手术室 DSA 机房辐射安全措施及设施示意图

10.5 三废的治理措施

10.5.1 放射性废水

该项目放疗科、介入科、手术室和急救中心不产生放射性废水，DSA 不使用显影

液和定影液进行洗片操作，所需胶片由专用打印机打印，无洗片废水、废定（显）影液产生。

10.5.2 放射性废气

本项目放疗科、介入科、手术室和急救中心不产生放射性废气，加速器治疗室、后装机治疗室、DSA 机房运行期间产生少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。电子直线加速器治疗室、后装机治疗室及 DSA 机房拟设置机械通风装置，机房内产生的少量臭氧、氮氧化物经排风管道连接至楼顶排出，对周围环境影响较小。

10.5.3 放射性固体废物

直线加速器产生的固体废物为废金属靶等，只有在需要更换金属靶等部件时才产生（通常 1 个金属靶使用 7~10 年才更换），由设备厂商更换并带走处置，不在项目所在地贮存。后装机使用的放射源 ^{192}Ir 需要更换或退役时，会产生废放射源。根据医院提供的资料，放疗科产生的退役放射源交由供源厂家回收处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响简要分析

(1) 施工阶段

项目拟在西咸新区秦汉中心医院门诊住院楼建设后装机、直线加速器机房、急救中心DSA机房、介入科DSA机房和手术室DSA机房。建设期间主要环境影响为：

①废气

建设过程中基础开挖、装饰装修等施工将产生扬尘，此外机械和运输车辆作业时排放废气，但以上影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染拟采取以下措施：

a)施工现场进行围挡；b)及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；c)车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒。

②噪声

施工期机械设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

③固体废物

项目施工期产生废金属、废混凝土块及包装材料等建筑垃圾，建设单位应集中收集，可利用部分进行回收利用，其余部分清运至建筑垃圾填埋场，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。施工人员生活垃圾运至附近市政环卫部门统一收集点。

④废水

施工期间人员产生的生活污水依托医院非放射性项目现有临时旱厕，定期清掏后用作农肥。通过以上措施，可将施工期的影响控制在项目局部区域，对周围环境影响较小。

(2) 设备安装调试阶段

项目设备的安装、调试、检测和维修等均由设备厂家安排专业人员进行。在安装前设备厂家需对机房进行初步的安装验收，在满足相关条件后再进行安装、调试。在设备安装调试阶段，医院及设备厂家应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在门上粘贴电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房需关闭并采取措防止无关人员进入，防止辐射事故的发生。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

11.2.1 放疗科工作场所辐射影响分析

根据建设单位提供的相关资料,医院拟在放疗科安装 2 台电子加速器和 1 台后装机。本次对电子加速器治疗室、后装机治疗室及相关工作场所屏蔽墙体和防护门厚度进行核算,论证其设计参数是否满足辐射屏蔽要求。

11.2.1.1 电子加速器辐射环境影响分析

项目加速器运行期场所辐射水平根据《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》(GBZ/T 201.2-2011)中的相关内容进行估算。

项目拟配置的直线加速器是可以开展X射线和电子线两种束流的放射治疗装置。设备运行参数如下:等中心点(距靶约1m处)X线最大射野为40cm×40cm,有用线束最大张角28°,X射线治疗模式下X射线最大输出剂量率为2200cGy/min;电子线最大射野为25cm×25cm,电子线最大剂量率为1000cGy/min。在垂直于射野中心轴并通过等中心的平面内,X射线的泄漏率≤0.1%。

考虑到电子线治疗次数有限(工作负荷不足X射线治疗的1%),且电子线治疗过程中,电子线与机头、治疗床、人体组织等作用,产生韧致辐射的能量和强度低于电子束撞击钨靶产生的X射线强度。如果机房及其防护门能够满足X射线的屏蔽防护,那么肯定能满足电子线治疗中产生的韧致辐射的防护要求,因此本次评价不再分析电子线的环境影响。

(1) 关注点的设定

本项目在医院门诊住院楼地下一层设置 2 座电子直线加速器治疗室,呈对称分布。机房南侧,治疗室地下为土层,东侧南边部分为土层,因此治疗室的底部,南侧与东南侧不设置关注点,对人员可到达的西墙外运输通道,北墙外控制室、设备机房、冲洗室、抢救室、北侧走廊、隔壁加速器治疗室、东墙外后装机治疗室,主屏蔽区及次屏蔽区对应的顶棚外、人员可到达的治疗室南侧顶部区域以及防护门外 0.3m 处设置关注点。

本项目电子加速器治疗室外各关注点的设定及射线路径见图11-1、图11-2。

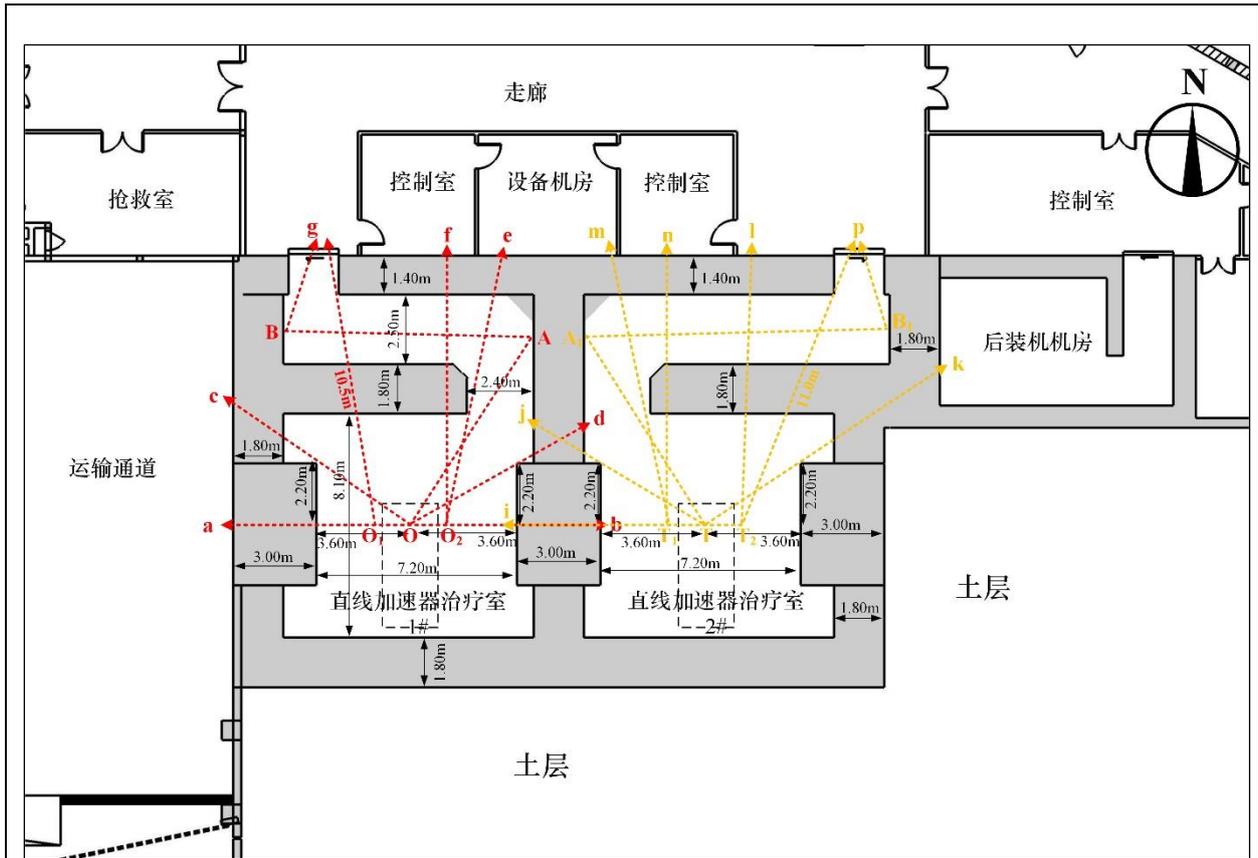


图 11-1 直线加速器治疗室射线路径示意图（平面图）

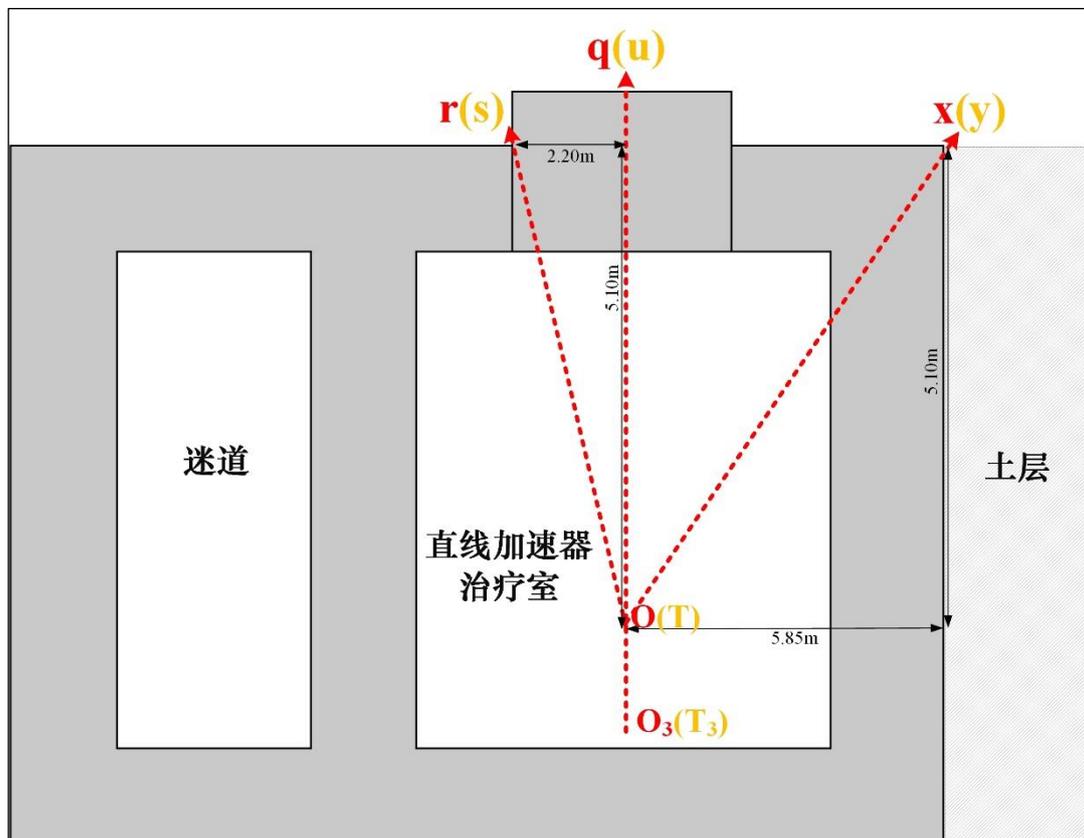


图 11-2 直线加速器治疗室射线路径示意图（剖面图）

(2) 关注点剂量率参考控制水平

本项目直线加速器治疗室的工作负荷为：每周工作5d，每间治疗室每天最多治疗患者为60人，平均每人平均每人治疗剂量为5Gy（照射1~4个野次），每间治疗室周工作负荷为1500Gy/周。

根据 GBZ/T201.2-2011 附录 A.2，单一有用线束在关注点的导出剂量率控制水平按公式 11-1 计算。

$$H_{c,d}=H_c/(t \cdot U \cdot T) \quad (\text{公式 11-1})$$

式中：

H_c —周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，辐射工作人员取 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、非辐射工作人员取 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

t —治疗装置周治疗照射时间， h ；

U —有用线束向关注位置的方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子。

根据 GBZ/T201.2-2011 附录 A.2，单一泄漏辐射在关注点的导出剂量率控制水平按公式 11-2 计算。

$$H_{c,d}=H_c/(t \cdot N \cdot T) \quad (\text{公式11-2})$$

式中：

T 和 H_c 同公式11-1；

N —调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子，通常 $N=5$ ；

t —治疗装置周治疗照射时间， h ；

根据 GBZ/T201.2-2011 附录 A.2.2，与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，需要考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射：

a) 以 4.2.1b)、4.2.2a)、4.2.2b)中的 $H_{c,max}$ 的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，估算屏蔽患者散射辐射所需要的屏蔽厚度；

b) 将 A.2.1b)中的(A.3)式中的 H_c 以 $0.5 H_c$ 代替，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，估算屏蔽泄漏辐射所需要的屏蔽厚度。

c) 取上述 a)和 b)中屏蔽厚度较厚者为该关注点的屏蔽设计。相应屏蔽下，泄漏辐射和有用线束患者散射辐射在关注点的剂量率之和为该处的剂量率控制值。

本次评价依据 GBZ/T201.2-2011 附录 A.1，工作负荷 W 取 $1500\text{Gy}/\text{周}$ ，本项目加速

器等中心处常用的最高剂量率 D_0 为 22Gy/min，调强因子 N 取 5、居留因子取值依据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）表 A.1；根据本项目最高剂量率依照 GBZ/T 201.2-2011 附录 A 中式 A.1，则周治疗照射时间 $t=W/D_0=1500/22\text{min}=68.18\text{min}=1.14\text{h}$ 。

表 11-1 加速器治疗室 1#外各关注点剂量率参考控制水平估算结果

关注点位描述	射线类型	使用因子 U	居留因子 T	调强因子 N	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	最终取值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
a 西墙主屏蔽区外表面 0.3m (运输通道)	有用线束	1/4	1/5	/	5	87.7	10	10
b 东墙主屏蔽区外表面 0.3m (加速器治疗室 2#)	有用线束	1/4	1/2	/	5	35.1	2.5	2.5
c 西墙次屏蔽区外表面 0.3m (运输通道)	泄漏	1	1/5	5	2.5	2.19	10	2.19
	散射	1	1/5	/	/	5	10	5
d 东墙次屏蔽区外表面 0.3m (加速器治疗室 2#)	泄漏	1	1/2	5	2.5	0.9	2.5	0.9
	散射	1	1/2	/	/	1.25	2.5	1.25
e 北墙迷道外墙外表面 0.3m (设备机房)	泄漏	1	1/16	5	5	14.0	10	10
f 北墙迷道外墙外表面 0.3m (控制室)	泄漏	1	1	5	100	17.5	10	10
g 防护门外表面 0.3m	散射	1	1/8	/	/	5	10	5
q 顶棚主屏蔽区外表面 0.3m	有用线束	1/4	1/20	/	5	350.9	10	10
r 顶棚次屏蔽区外表面 0.3m	泄漏	1	1/20	5	2.5	8.8	10	8.8
	散射	1	1/20	/	/	5	10	5
x 治疗室南侧土层外表面 0.3m (空地)	泄漏	1	1/20	5	2.5	8.8	10	8.8

备注：加速器治疗室次屏蔽区周剂量参考控制水平依据《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/T 201.2-2011）附录A2.2条款规定，复合辐射以4.2.1b)、4.2.2a)、4.2.2b)中的 $\dot{H}_{c,max}$ 的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，估算屏蔽患者散射辐射所需要的屏蔽厚度；将A2.1b)中的(A.3)式中的 H_c 以0.5 H_c 代替，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，估算屏蔽泄漏辐射所需要的屏蔽厚度。

表 11-2 加速器治疗室 2#外各关注点剂量率参考控制水平估算结果

关注点位描述	射线类型	使用因子 U	居留因子 T	调强因子 N	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	最终取值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
i 西墙主屏蔽区外表面 0.3m (加速器治疗室 1#)	有用线束	1/4	1/2	/	5	35.1	2.5	2.5
j 西墙次屏蔽区外表面 0.3m (加速器治疗室 1#)	泄漏	1	1/2	5	2.5	0.9	2.5	0.9
	散射	1	1/2	/	/	1.25	2.5	1.25
k 东墙次屏蔽区外表面 0.3m (后装机治疗室)	泄漏	1	1/2	5	2.5	0.9	2.5	0.9
	散射	1	1/2	/	/	1.25	2.5	1.25

续表 11-2 加速器治疗室 2#外各关注点剂量率参考控制水平估算结果

关注点位描述	射线类型	使用因子 U	居留因子 T	调强因子 N	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	最终取值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
l 北墙迷道外墙外表面 0.3m (走廊)	泄漏	1	1/5	5	5	4.4	10	4.4
m 北墙迷道外墙外表面 0.3m (设备机房)	泄漏	1	1/16	5	5	14.0	10	10
n 北墙迷道外墙外表面 0.3m (控制室)	泄漏	1	1	5	100	17.5	10	10
p 防护门外表面 0.3m	散射	1	1/8	/	/	5	10	5
u 顶棚主屏蔽区外表面 0.3m	有用线束	1/4	1/20	/	5	350.9	10	10
s 顶棚次屏蔽区外表面 0.3m	泄漏	1	1/20	5	2.5	8.8	10	8.8
	散射	1	1/20	/	/	5	10	5
y 治疗室南侧土层外表面 0.3m (空地)	泄漏	1	1/20	5	2.5	8.8	10	8.8

备注：加速器治疗室次屏蔽区周剂量参考控制水平依据《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/T 201.2-2011）附录A2.2条款规定，复合辐射以4.2.1b)、4.2.2a)、4.2.2b)中的 $\dot{H}_{c,max}$ 的一半，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，估算屏蔽患者散射辐射所需要的屏蔽厚度；将A2.1b)中的(A.3)式中的 H_c 以0.5 H_c 代替，作为关注点的导出剂量率参考控制水平，估算屏蔽泄漏辐射所需要的屏蔽厚度。

(3) 主屏蔽墙宽度核算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007），宽束辐射的有用束对应的机房屏蔽为主屏蔽区，其范围应略大于有用束在机房屏蔽墙（或顶）的投影区，可按式（公式11-3）确定。

$$Y_p = 2 [(\alpha + SAD) * \tan\theta + 0.3] \quad (\text{公式 11-3})$$

式中： Y_p ——机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD——源轴距，m，取 1m；

θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线），项目拟配置的加速器治疗最大照射野为 40cm×40cm，结合 GBZ/T201.2-2011 中 6.3.2 表 2，当治疗野对角线垂直于治疗机架旋转平面（即准直器角为 45°）时，治疗束可达到最大张角（28°）。项目 θ 值取 14°；

α ——等中心点至墙的距离，m；当主屏蔽墙向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽墙向机房外凸时，“墙”指主屏蔽墙（或顶）的外表面。

本项目加速器治疗室主屏蔽墙的宽度核算结果详见表11-3。

表 11-3 本项目加速器治疗室主屏蔽区核算结果

机房		α (m)	SAD (m)	$\theta(^{\circ})$	主屏蔽区范围 理论计算的最 小值 Y_p (m)	主屏蔽区范围 设计值 (m)	结论
加速器 治疗室 1#	东墙主屏蔽区	6.6	1	14	4.39	4.40	满足要求
	西墙主屏蔽区	3.6	1	14	2.89	4.40	满足要求
	顶棚主屏蔽区	6.3	1	14	4.24	4.40	满足要求
加速器 治疗室 2#	东墙主屏蔽区	6.6	1	14	4.39	4.40	满足要求
	西墙主屏蔽区	3.6	1	14	2.89	4.40	满足要求
	顶棚主屏蔽区	6.3	1	14	4.24	4.40	满足要求

根据上表可知，本项目医用电子直线加速器 2 座机房东侧主屏蔽墙、西侧主屏蔽墙以及机房顶棚主屏蔽墙和设计宽度满足有用射线束屏蔽宽度要求。

(4) 治疗室屏蔽体屏蔽厚度核算与屏蔽体表面周围剂量当量率估算

①有效屏蔽厚度

当X射线束以 θ 角斜射入厚度为X (cm) 的屏蔽物质时，射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度 X_e (cm) 见公式11-4 (引自GBZ/T201.2-2011)。

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad (\text{公式11-4})$$

式中：

θ —入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

②屏蔽透射因子

对于给定的屏蔽物质的厚度X (cm)，按公式11-4计算有效屏蔽厚度 X_e ，相应的辐射屏蔽透射因子B见公式11-5 (引自GBZ/T201.2-2011)。

$$B = 10^{- (X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \quad (\text{公式11-5})$$

式中：

TVL_1 —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

TVL —平衡什值层。

根据NCRP151有关资料，10MV医用电子直线加速器有用束在混凝土什值层为 $TVL_1=41\text{cm}$ ， $TVL=37\text{cm}$ ； 90° 泄漏辐射在混凝土中的什值层为 $TVL_1=35\text{cm}$ ， $TVL=31\text{cm}$ ； 30° 散射辐射在混凝土中的什值层为 $TVL_1=28\text{cm}$ ， $TVL=28\text{cm}$ 。

③有用线束和泄漏辐射的剂量估算

在给定的屏蔽物质厚度X (cm) 时，首先按公式11-4计算有效厚度 X_e (cm)，按式

11-6估算屏蔽物质的屏蔽透射因子B，再按公式11-11（引自GBZ/T201.2-2011）计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{公式11-6})$$

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1m处的最高剂量率，项目取 $1.32 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R—辐射源点至关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子；

f—对有用束为1，对 90° 泄漏辐射为 1.0×10^{-3} 。

④患者一次散射辐射的剂量估算

在给定的屏蔽物质厚度X（cm）时，首先按公式11-4计算有效厚度 X_e （cm），按式11-10估算屏蔽物质的屏蔽透射因子B，再按公式11-7（引自GBZ/T201.2-2011）计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \quad (\text{公式11-7})$$

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1m处的最高剂量率，项目取 $1.32 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R_s —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子；

α_{ph} —与X射线的MV值及散射角有关，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。

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 。项目治疗最大照射野为 $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ ，则F取值 1600cm^2 。

⑤估算结果

根据建设单位提供的加速器治疗室各屏蔽墙体设计厚度和治疗室平面布局图，通过公式11-4~公式11-9核算本项目加速器治疗室各屏蔽墙体的屏蔽厚度是否满足要求并估算出屏蔽墙体表面周围剂量当量率，估算结果见表11-4和表11-5，表中关注点位对应的具体位置见图11-1和图11-2。

表 11-4 加速器治疗室 1#与 2#各屏蔽墙体屏蔽厚度核算结果

关注点位描述		射线类型	辐射源与关注点距离 R(m)	H _c (μSv/h)	B	需要的屏蔽厚度		设计屏蔽厚度	结论
直线加速器治疗室 1#									
a	西墙主屏蔽区墙体外表面 0.3m	有用线束	6.9	10	3.61×10^{-7}	2424mm 混凝土		3000 mm 混凝土	满足
b	东墙主屏蔽区墙体外表面 0.3m	有用线束	6.9	2.5	9.02×10^{-8}	2647 mm 混凝土		3000 mm 混凝土	满足
c	西墙次屏蔽区墙体外表面 0.3m	泄漏	8.1	2.19	1.09×10^{-4}	1087 mm 混凝土	1130 mm 混凝土	1800 mm 混凝土	满足
		散射	8.1	5	1.95×10^{-5}	1130 mm 混凝土			
d	东墙次屏蔽区墙体外表面 0.3m	泄漏	7.4	0.9	3.73×10^{-5}	1211 mm 混凝土	1275 mm 混凝土	1800 mm 混凝土	满足
		散射	7.4	1.25	4.88×10^{-6}	1275 mm 混凝土			
e	北墙迷道外墙体外表面 0.3m (设备机房)	泄漏	10.9	10	9.00×10^{-4}	984mm 混凝土		1400 mm 混凝土	满足
f	北墙迷道外墙体外表面 0.3m (控制室)	泄漏	10.1	10	7.73×10^{-4}	1005mm 混凝土		3200 mm 混凝土	满足
q	顶棚主屏蔽区外表面 0.3m 处	有用线束	6.6	10	3.30×10^{-7}	2438mm 混凝土		3000 mm 混凝土	满足
r	顶棚次屏蔽区外表面 0.3m 处	泄漏	5.8	8.8	2.24×10^{-4}	1078mm 混凝土	1289mm 混凝土	1800 mm 混凝土	满足
		散射	5.8	5	1.00×10^{-5}	1289mm 混凝土			
x	治疗室南侧土层外表面 0.3m 处 (地面)	泄漏	8.1	8.8	4.37×10^{-4}	816mm 混凝土		1800 mm 混凝土	满足
直线加速器治疗室 2#									
i	西墙主屏蔽区墙体外表面 0.3m	有用线束	6.9	2.5	9.02×10^{-8}	2647 mm 混凝土		3000 mm 混凝土	满足
j	西墙次屏蔽区墙体外表面 0.3m	泄漏	7.4	0.9	3.73×10^{-5}	1211 mm 混凝土	1294 mm 混凝土	1800 mm 混凝土	满足
		散射	7.4	1.25	4.08×10^{-6}	1294 mm 混凝土			
k	东墙次屏蔽区墙体外表面 0.3m	泄漏	8.1	0.9	4.47×10^{-5}	1190mm 混凝土	1275mm 混凝土	3600 mm 混凝土	满足
		散射	8.1	1.25	4.88×10^{-6}	1275mm 混凝土			
l	北墙迷道外墙体外表面 0.3m (走廊)	泄漏	10.1	4.4	3.40×10^{-4}	1116 mm 混凝土		3200 mm 混凝土	满足
m	北墙迷道外墙体外表面 0.3m (设备机房)	泄漏	10.9	10	9.00×10^{-4}	984mm 混凝土		1400 mm 混凝土	满足
n	北墙迷道外墙体外表面 0.3m (控制室)	泄漏	10.1	10	7.73×10^{-4}	1005mm 混凝土		3200 mm 混凝土	满足

续表 11-4 加速器治疗室 1#与 2#各屏蔽墙体屏蔽厚度核算结果

关注点位描述	射线类型	辐射源与关注点距离 R(m)	H _c (μSv/h)	B	需要的屏蔽厚度 X _e		设计屏蔽厚度	结论
u 顶棚主屏蔽区外表面 0.3m 处	有用线束	6.6	10	3.30×10 ⁻⁷	2438mm 混凝土		3000 mm 混凝土	满足
s 顶棚次屏蔽区外表面 0.3m 处	泄漏	5.8	8.8	2.24×10 ⁻⁴	1078mm 混凝土	1289mm 混凝土	1800 mm 混凝土	满足
	散射	5.8	5	1.00×10 ⁻⁵	1289mm 混凝土			
y 治疗室南侧土层外表面 0.3m 处 (地面)	泄漏	8.1	8.8	4.37×10 ⁻⁴	816mm 混凝土		1800 mm 混凝土	满足

表 11-5 加速器治疗室 1#与 2#屏蔽墙体表面辐射剂量率估算结果

关注点位描述	射线类型	辐射源与关注点距离 R(m)	混凝土屏蔽厚度 X(mm)	角度 θ°或散射面积 cm ²	泄漏率 f 或散射因子 α _{ph}	剂量率计算结果 H _c (μSv/h)	剂量率控制值 (μSv/h)	结论	
直线加速器治疗室 1#									
a 西墙主屏蔽区墙体外表面 0.3m	有用线束	6.9	3000	0°	1	0.28	10	满足	
b 东墙主屏蔽区墙体外表面 0.3m	有用线束	6.9	3000	0°	1	0.28	2.5	满足	
c 西墙次屏蔽区墙体外表面 0.3m	泄漏	8.1	1800	31°	0.001	4.24×10 ⁻³	2.19	满足	
	散射	8.1		1600cm ²	3.18×10 ⁻³	8.10×10 ⁻³	5	满足	
d 东墙次屏蔽区墙体外表面 0.3m	泄漏	7.4	1800	31°	0.001	5.09×10 ⁻³	0.9	满足	
	散射	7.4		1600cm ²	3.18×10 ⁻³	9.70×10 ⁻³	1.25	满足	
e 北墙迷道外墙体外表面 0.3m (设备机房)	泄漏	10.9	1400	0°	0.001	0.46	10	满足	
f 北墙迷道外墙体外表面 0.3m (控制室)	泄漏	10.1	3200	0°	0.001	8.29×10 ⁻⁷	10	满足	
q 顶棚主屏蔽区外表面 0.3m 处	有用线束	6.6	3000	0°	1	0.30	10	满足	
r 顶棚次屏蔽区外表面 0.3m 处	泄漏	5.8	1800	23°	0.001	2.60×10 ⁻²	8.8	满足	
	散射	5.8		1600cm ²	3.18×10 ⁻³	8.79×10 ⁻³	5	满足	
x 治疗室南侧土层外表面 0.3m 处 (地面)	泄漏	8.1	1800	41°	0.001	5.48×10 ⁻⁴	8.8	满足	
直线加速器治疗室 2#									
i 西墙主屏蔽区墙体外表面 0.3m	有用线束	6.9	3000	0°	1	0.28	2.5	满足	
j 西墙次屏蔽区墙体外表面 0.3m	泄漏	7.4	1800	31°	0.001	5.09×10 ⁻³	0.9	满足	
	散射	7.4		1600cm ²	3.18×10 ⁻³	9.70×10 ⁻³	1.25	满足	

续表 11-5 加速器治疗室 1#与 2#屏蔽墙体表面辐射剂量率估算结果

关注点位描述		射线类型	辐射源与关注点距离 R(m)	混凝土屏蔽厚度 X(mm)	角度 θ° 或散射面积 cm^2	泄漏率 f 或散射因子 α_{ph}	剂量率计算结果 $H_c(\mu\text{Sv/h})$	剂量率控制值 ($\mu\text{Sv/h}$)	结论
k	东墙次屏蔽区墙体外表面 0.3m (后装机治疗室)	泄漏	9.8	3600	31°	0.001	5.24×10^{-10}	0.9	满足
		散射	9.8		1600cm^2	3.18×10^{-3}	1.75×10^{-10}	1.25	满足
l	北墙迷道外墙外表面 0.3m (走廊)	泄漏	10.1	3200	0°	0.001	8.29×10^{-7}	4.4	满足
m	北墙迷道外墙外表面 0.3m (设备机房)	泄漏	10.9	1400	0°	0.001	0.46	10	满足
n	北墙迷道外墙体外表面 0.3m (控制室)	泄漏	10.1	3200	0°	0.001	8.29×10^{-7}	10	满足
u	顶棚主屏蔽区外表面 0.3m 处	有用线束	6.6	3000	0°	1	0.30	10	满足
s	顶棚次屏蔽区外表面 0.3m 处	泄漏	5.8	1800	23°	0.001	2.60×10^{-2}	8.8	满足
		散射	5.8		1600cm^2	3.18×10^{-3}	8.79×10^{-3}	5	满足
y	治疗室南侧土层外表面 0.3m 处 (地面)	泄漏	8.1	1800	41°	0.001	5.48×10^{-4}	8.8	满足

备注：1、c、d、r、x 点计算时，按照最不利因素，根据射线路径及机房尺寸计算得出加速器泄漏射线穿过屏蔽体的角度分别为 31° 、 31° 、 23° 、 41° ；j、k、s、y 点计算时，按照最不利因素，根据射线路径及机房尺寸计算得出加速器泄漏射线穿过屏蔽体的角度分别为 31° 、 31° 、 23° 、 41° ；患者一次散射过程中，散射后射线按照 30° 考虑，散射因子取 3.18×10^{-3} ；

2、医用电子直线加速器治疗室西南侧、南侧及正下方均为土层，人员不可到达，本次不进行屏蔽计算。

根据表 11-4 可知，本项目加速器治疗室 1#和治疗室 2#各屏蔽墙体设计屏蔽厚度均满足其需要的屏蔽厚度要求，部分位置屏蔽墙体厚度设计参数远远大于所需屏蔽厚度。根据表 11-5 可知，本项目加速器治疗室 1#实体屏蔽墙外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 $0.46\mu\text{Sv/h}$ ，加速器治疗室 2#实体屏蔽墙外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 $0.46\mu\text{Sv/h}$ ，其结果均小于上述各关注点的剂量率参考控制水平，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关要求。

（5）机房防护门的 X 射线防护能力分析

由于本项目拟使用的2台电子直线加速器有用线束均不向迷路内墙照射，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》（GBZ/T201.2-2011），有用线束不向迷路内墙照射时，结合项目加速器治疗室平面布局，迷路入口处的辐射剂量率主要考虑以下两方面：

①加速器泄漏射线穿过迷路内墙向防护门表面进行照射（治疗室1#： $O_1 \rightarrow g$ 照射途

径，治疗室2#：T₂→p照射途径）；

②治疗室1#：有用线束O向东侧照射时，人体受到照射，射线由O点散射至迷路内墙A点，然后经过二次散射到达B点，经过三次散射到达g点（O₁→O→A→B→g照射途径）；

治疗室2#：有用线束T向西侧照射时，人体受到照射，射线由T点散射至迷路内墙A₁点，然后经过二次散射到达B₁点，经过三次散射到达p点（T₂→T→A₁→B₁→p照射途径）；

采用公式（11-8）估算迷路入口g点和p点的散射辐射剂量，再一起代入（11-9）估算透射因子，再采用公式（11-4）、（11-5）估算防护门所需屏蔽厚度，估算时，TVL₁=TVL，X_e=X（0°入射）。经三次散射至机房g点或p点的辐射剂量率按公式11-8计算：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A_2}{R_2^2} \cdot \frac{\alpha_3 \cdot A_3}{R_3^2} \dot{H}_o \quad (\text{公式11-8})$$

$$B = (H_c - H_{og}) / H_g \quad (\text{公式11-9})$$

式中：

\dot{H}_g —关注点g或p处的散射辐射剂量率，μSv/h；

H_{og} —经迷道内墙的泄漏辐射到达g点处的剂量率，μSv/h；

α_{ph} —患者 400cm² 面积上的散射因子，项目患者散射角按 45°保守取值，即 α_{ph} 取 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，cm²；项目治疗最大照射野为 40cm×40cm，则F取值1600cm²；

α_2 —砼墙入射的二次散射辐射的散射因子，项目按混凝土墙45°入射、0°散射 0.5MeV栏的散射因子保守取值，即 $\alpha_2=22 \times 10^{-3}$ ；

α_3 —砼墙入射的三次散射辐射的散射因子，项目按混凝土墙0°入射、45°散射 0.25MeV栏的散射因子保守取值，即 $\alpha_3=25 \times 10^{-3}$ ；

R₁—等中心点到二次散射点的距离，m，取 8.2m；

R₂—二次散射点到三次散射点的距离，m，（加速器治疗室 1#取 8.0m，加速器治疗室 2#取 9.8m）；

R₃—三次散射点到防护门 0.3m 处的距离，m，取 3.0m；

A₂、A₃—二次散射、三次散射的散射面积，m²，分别取 18.5m²、15.3m²。

加速器运行过程中机房防护门表面剂量率估算结果见表 11-6。

表 11-6 加速器治疗室 1#和治疗室 2#防护门表面辐射剂量率估算结果

关注点位描述		射线类型	设计的屏蔽厚度	总的剂量率计算结果($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制值($\mu\text{Sv/h}$)	结论
g	防护门表面 0.3m	泄漏射线	防护门 (18mm 铅当量)	0.03	5	满足
		三次散射				
p	防护门表面 0.3m	泄漏射线	防护门 (18mm 铅当量)	0.03	5	满足
		三次散射				

备注：泄漏射线穿过迷路内墙角度取 10° ，表中计算结果已考虑1800mm混凝土屏蔽效果；

经估算，医用电子直线加速器各机房迷道内墙和防护门防护能力可以满足不同工作状态下 X 射线和电子线的屏蔽要求，均符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）相关要求。

11.2.1.2 后装机辐射环境影响分析

本项目拟在后装治疗机房内配置一台 ^{192}Ir 后装治疗机，含 ^{192}Ir 放射源 1 枚，最大装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，源距地面高度约 1.0m。

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）中的公式，估算本项目后装机治疗室屏蔽设计是否符合要求。本项目中所用 ^{192}Ir 源尺寸较小，可视为点源，计算时将 ^{192}Ir 源当作裸源。

（1）关注点的设定

本项目在医院门诊住院楼地下一层设置 1 座后装机治疗机房。机房南侧，地下为土层，这些区域不设置关注点。对人员可到达的东侧为妇科冲洗室。西墙外运输通道，北墙控制室和西侧隔壁加速器治疗室 2#、顶棚外以及防护门外 0.3m 处设置关注点。各关注点位为 A：北墙（控制室侧）外 0.3m；B：西墙（与直线加速器 2#共用）外 0.3m；C：迷路外墙（妇科冲洗室侧）外 0.3m；D：治疗室机房防护门外 0.3m；E:顶棚外 0.3m（为道路和绿化区）。

关注点选取详见图 11-3、图 11-4。

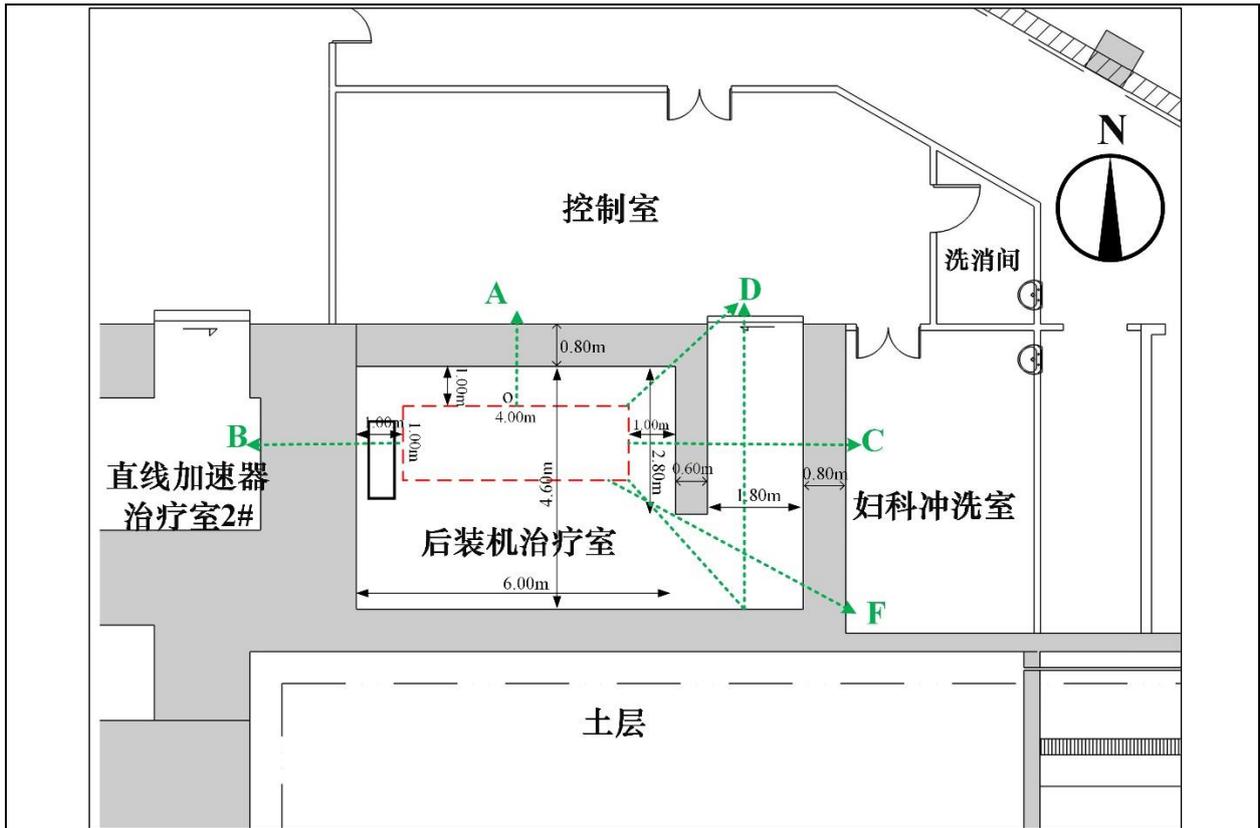


图 11-3 后装机治疗室射线路径示意图（平面图）

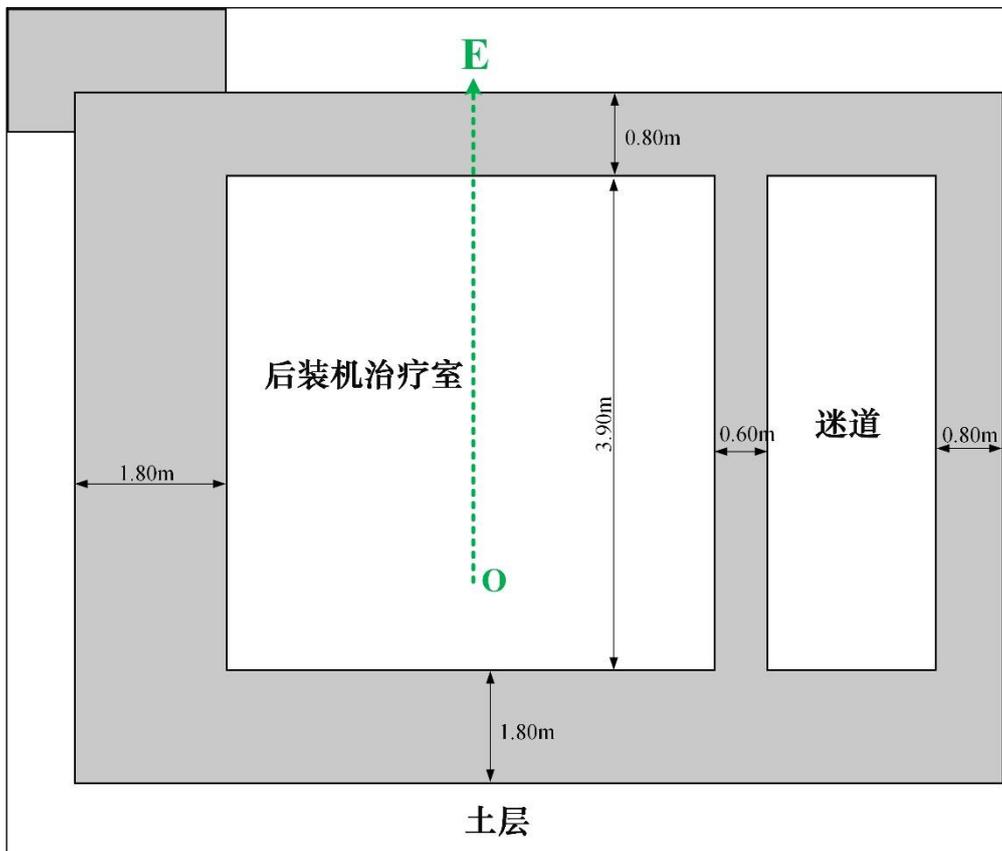


图 11-4 后装机治疗室射线路径示意图（剖面图）

(2) 关注点剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中 6.1.4 款剂量控制要求及附录 A:

①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，关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时，该关注点的导出剂量率控制水平按公式 11-10 计算。

$$H_{c,d}=H_c/(t \cdot U \cdot T) \quad (\text{公式 11-10})$$

式中:

H_c —周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，取值参考 HJ 1198-2021 中 6.1.4a)，机房外辐射工作人员、非辐射工作人员周参考剂量控制水平分别取 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

t —治疗装置周治疗照射时间，h；每周接待放射治疗患者最多为 30 人，每周工作 5d，每位患者的治疗时间为 6min，周治疗照射时间为 3h；

U —关注位置方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子，取值参考 GBZ121-2020 附录 A。

②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按以下情况取值：

人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所：最高剂量率参考控制水平 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所：最高剂量率参考控制水平 $\leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

项目关注点剂量率参考控制水平应根据关注点的周工作负荷导出剂量率控制水平和居留因子最高剂量率参考控制水平从严取值。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中 6.1.4 款屏蔽要求及其附录 A 中居留因子取值计算后装机治疗室外各关注点的剂量率参考控制水平，估算结果见表 11-7。

表 11-7 后装机治疗室外各关注点剂量率参考控制水平估算结果

关注点位描述	使用因子 U	居留因子 T	周照射时间 t	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	最终取值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
A 北墙（控制室侧）外表面 0.3m	1	1	3h	100	33.3	2.5	2.5
B 西墙（直线加速器 2# 侧）外表面 0.3m	1	1/2	3h	5	3.33	2.5	2.5
C 迷路外墙（妇科冲洗室侧）外表面 0.3m	1	1/2	3h	5	3.33	2.5	2.5
D 机房防护门外表面 0.3m	1	1/8	3h	5	13.3	10	10
E 顶棚外表面 0.3m	1	1/20	3h	5	33.3	10	10

(3) 机房屏蔽体屏蔽厚度核算与表面周围剂量当量率估算

①初级辐射的屏蔽计算

在给定屏蔽物质厚度 X (mm) 时, 按 (公式 11-11) 计算有效厚度 X_e , 按 (公式 11-17) 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B , 再按 (公式 11-13) 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad (\text{公式 11-11})$$

式中:

X_e —有效屏蔽厚度, cm;

X —屏蔽厚度, cm;

θ —入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

$$B = 10^{- (X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \quad (\text{公式 11-12})$$

式中:

B —辐射屏蔽透射因子;

X_e —有效屏蔽厚度, cm;

TVL_1 —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度, 混凝土取 152mm;

TVL —平衡什值层, 混凝土取 152mm。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{公式 11-13})$$

式中:

\dot{H} —关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_0 —活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$; $\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma$, K_γ 放射源的空气比释动能率常数, ^{192}Ir 为 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$, 源活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$;

R —辐射源点至关注点的距离, m;

B —屏蔽透射因子;

f —对有用线束为 1。

②散射辐射的屏蔽计算

防护门处经屏蔽后的散射辐射剂量率计算公式见公式 11-14。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \times S_w \times \alpha_w}{R_1^2 \times R_2^2} \cdot B \quad (\text{公式 11-14})$$

式中:

\dot{H} —关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_0 —活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$; $\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma$, K_γ 放射源的空气比释动能率常数, ^{192}Ir 为 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$, 源活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$;

R_1 —辐射源点至散射体中心的距离, m;

R_2 —散射体中心至关注点的距离, m;

B—屏蔽透射因子;

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看见的墙区面积, m^2 ;

a_w —散射体的散射因子, m^2 , 取表 C.4 中 0.25MeV 时 45° 入射 0° 散射因子 3.39×10^{-2} 。

③对于计算出的屏蔽透射因子 B, 计算出有效屏蔽物质厚度 X, 计算公式如下:

$$X_e = \text{TVL} \cdot \log B^{-1} + (\text{TVL}_1 - \text{TVL}) \quad (\text{公式11-15})$$

式中:

X—实际屏蔽层厚度, mm;

TVL_1 —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度, mm, 混凝土取 152mm, 铅取 16mm;

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度, mm, 当未指明 TVL_1 时, $\text{TVL}_1 = \text{TVL}$;

B—屏蔽透射因子。

根据建设单位提供的后装机各屏蔽墙体设计厚度、防护门设计厚度、机房平面图, 通过式 11-11~式 11-15 核算本次后装机治疗室机房墙体表面、防护门外及机房顶棚的屏蔽厚度是否满足要求并估算出屏蔽体表面剂量率, 估算结果见表 11-8 和表 11-9。

表 11-8 后装机治疗室屏蔽墙体厚度核算结果

关注点位描述	R(m)	B	需要的屏蔽厚度 X_e (mm)	设计屏蔽厚度	结论
A 北墙外表面 0.3m	2.1	2.68×10^{-4}	543 mm 混凝土	800 mm 混凝土	满足要求
B 西墙外表面 0.3m	3.1	5.85×10^{-4}	491 mm 混凝土	1800 mm 混凝土	满足要求
C 迷路外墙外表面 0.3m	4.5	1.23×10^{-3}	442 mm 混凝土	600+800 mm 混凝土	满足要求
D 机房防护门外表面 0.3m	$3.6(R_1)/5.7(R_2)$	0.29	2.71mmPb	10mmPb	满足要求
E 顶棚外表面 0.3m	4.0	3.90×10^{-3}	366 mm 混凝土	800 mm 混凝土	满足要求
F 迷路外墙南侧外表面 0.3m	5.6	1.91×10^{-3}	413 mm 混凝土	800 mm 混凝土	满足要求

备注: 后装机治疗室西侧屏蔽墙体与直线加速器治疗室 2#东北侧屏蔽墙体共用一个屏蔽墙, 屏蔽墙体厚度为 1800 mm 混凝土。

表 11-9 后装机治疗室屏蔽墙体表面辐射剂量率估算结果

关注点位描述		R(m)	X(mm)	B	H _c (μSv/h)		剂量率控制值(μSv/h)	结论
A	北墙外表面 0.3m	2.1	800 mm 混凝土	5.46×10^{-6}	5.08×10^{-2}		2.5	满足
B	西墙外表面 0.3m	3.1	1800 mm 混凝土	1.44×10^{-12}	6.15×10^{-9}		2.5	满足
C	迷路外墙外表面 0.3m	4.5	600+800 mm 混凝土	6.16×10^{-10}	1.25×10^{-6}		2.5	满足
D	机房防护门外表面 0.3m	3.6 (R ₁)/ 5.7 (R ₂)	10mmPb	0.01	0.35	0.35	10	满足
		2.7	800 mm 混凝土 +10mmPb	9.13×10^{-8} / 2.37×10^{-1}	1.22×10^{-4}			
E	顶棚外表面 0.3m	4.0	800 mm 混凝土	5.46×10^{-6}	1.40×10^{-2}		10	满足
F	迷路外墙南侧外表面 0.3m	5.6	800 mm 混凝土	5.46×10^{-6}	2.49×10^{-2}		2.5	满足

备注：1、后装治疗机移动时，放射源距四周墙体最近距离取 1m，放射源距地面高度按照 1m 取值；
2、后装治疗室南侧、地下均为土层，不进行防护计算。

考虑 O 点-D 点射线贯穿迷路内墙后在防护门外表面 0.3m 处的剂量率 (1.22×10^{-4} μSv/h) 以及迷路内墙散射至防护门外表面 0.3m 处剂量率 (0.35μSv/h) 共同作用，防护门外表面 0.3m 处的总剂量率为 0.35μSv/h。

综上所述，本项目后装治疗室屏蔽墙体表面、防护门外及机房顶棚的屏蔽厚度均满足屏蔽要求，机房各屏蔽墙体、防护门外 30cm 处的周围剂量当量率最大值为 8.26μSv/h，小于各关注点的剂量率参考控制水平，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 相关要求。

(4) 装源、换源影响分析

本项目后装机的装源、换源工作由医院委托具有Ⅲ类放射源安装、调试资质的单位进行。期间医院需进行配合，主要工作有：按照装源单位的院内运输、装源方案设置警戒区，提供现场电源、保安工作等，装源现场在后装机治疗室内，医院工作人员不进入装源现场。

11.2.1.4 直线加速器与后装机运行时产生射线叠加剂量分析

本项目后装机、直线加速器治疗室相邻布置，后装机、直线加速器治疗室南墙外、地下均为土层，后装机南墙外为土层，可不考虑辐射防护。根据11.2.1.1与11.2.1.2章节直线加速器和后装机治疗室剂量率计算结果可知，治疗状态下后装机治疗室四周屏蔽墙体外0.3m处、防护门最大剂量率分别为 5.08×10^{-2} μSv/h、0.35μSv/h，治疗室顶棚最大剂量率为0.014μSv/h；治疗状态下各加速器治疗室四周屏蔽墙体外0.3m处、防护门最大剂量率分

别为0.46 μ Sv/h、0.05 μ Sv/h，治疗室顶棚最大剂量率为0.30 μ Sv/h。根据辐射源（点源）与距离平方成反比关系，结合本项目后装机与直线加速器治疗室外剂量率估算结果和四邻关系，由于本项目治疗状态下后装机、加速器治疗室屏蔽四侧墙体以及防护门表面剂量率较小，经过距离衰减后，后装机、加速器同时运行状态下对加速器治疗室（或后装机治疗室）墙体表面附加剂量率极小，故本次不予以考虑。对于后装机、加速器治疗室顶棚，从保守角度考虑，取加速器治疗室、后装机治疗室顶棚0.3m剂量率进行计算，则顶棚剂量率最大值为（0.014+0.30+0.30=0.614 μ Sv/h），远小于本次环评提出的机房顶棚剂量率控制要求10 μ Sv/h。

11.2.2 放射治疗科人员剂量估算

11.2.2.1 电子直线加速器

本项目在医院门诊住院楼地下一层设置 2 座电子直线加速器治疗室。根据建设单位提供的资料，每间电子直线加速器预计每天治疗 60 人，每周工作 5d，每年 50 周，周工作负荷 W 取 1500Gy/周，项目加速器等中心处常用的最高剂量率 Do 为 22Gy/min，则周治疗照射时间 $t=W/Do=1500/22=68.18\text{min}=1.14\text{h}$ ，年照射时间为 52h。对于泄漏射线，考虑调强治疗，调强因子取 5。

各关注点的年附加有效剂量按公式 11-18 估算：

$$E=H \cdot T \cdot t \cdot W_T \cdot 10^{-3} \quad (\text{公式11-16})$$

式中：

H—关注点的剂量当量， μ Sv/h；

E—关注点的年附加有效剂量，mSv/a；

t—年工作负荷，h/a；

T—居留因子；

W_T —组织权重因子，全身为 1。

根据 11.2.1.1 章节中各关注点的估算结果及公式 11-16 对加速器治疗室周边放射工作人员和公众的年有效剂量进行估算，详见下表 11-10 和表 11-11。

表 11-10 直线加速器治疗室 1#所致职业人员及公众的年有效剂量

关注点位描述	射线类型	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (h/a)	居留因子 T	年附加剂量(mSv/a)		保护目标
西墙主屏蔽区(运输通道侧)外 0.3m 处	有用线束	0.28	52	1/5	2.91×10^{-3}		公众
西墙次屏蔽区(运输通道侧)外 0.3m 处	泄漏	4.24×10^{-3}	52	1/5	4.41×10^{-5}	1.28×10^{-4}	公众
	散射	8.10×10^{-3}	52	1/5	8.42×10^{-5}		
防护门外 0.3m 处	散射+泄漏	0.03	52	1/8	1.95×10^{-4}		公众
迷道外墙(控制室)外 0.3m 处	泄漏	8.29×10^{-7}	52	1	4.31×10^{-8}		职业人员
迷道外墙(设备机房)外 0.3m 处	泄漏	0.46	52	1/16	1.50×10^{-3}		公众
东墙主屏蔽区(直线加速器治疗室 2#)外 0.3m 处	有用线束	0.28	52	1/2	7.28×10^{-3}		公众
东墙次屏蔽区(直线加速器治疗室 2#)外 0.3m 处	泄漏	5.09×10^{-3}	52	1/2	1.32×10^{-4}	3.84×10^{-4}	公众
	散射	9.70×10^{-3}	52	1/2	2.52×10^{-4}		
顶棚主屏蔽区外 0.3m 处	有用线束	0.30	52	1/20	7.80×10^{-4}		公众
顶棚次屏蔽区外 0.3m 处	泄漏	2.60×10^{-2}	52	1/20	6.76×10^{-5}	9.05×10^{-5}	公众
	散射	8.79×10^{-3}	52	1/20	2.29×10^{-5}		
治疗室南侧土层外表面 0.3m 处(地面)	泄漏	5.48×10^{-4}	52	1/20	1.42×10^{-6}		公众

表 11-11 直线加速器治疗室 2#所致职业人员及公众的年有效剂量

关注点位描述	射线类型	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (h/a)	居留因子 T	年附加剂量(mSv/a)		保护目标
西墙主屏蔽区(直线加速器治疗室 1#)外 0.3m 处	有用线束	0.28	52	1/2	7.28×10^{-3}		公众
西墙次屏蔽区(直线加速器治疗室 1#)外 0.3m 处	泄漏	5.09×10^{-3}	52	1/2	1.32×10^{-4}	3.84×10^{-4}	公众
	散射	9.70×10^{-3}	52	1/2	2.52×10^{-4}		
防护门外 0.3m 处	散射+泄漏	0.03	52	1/8	1.95×10^{-4}		公众
迷道外墙(控制室)外 0.3m 处	泄漏	8.29×10^{-7}	52	1	4.31×10^{-8}		职业人员
迷道外墙(设备机房)外 0.3m 处	泄漏	0.46	52	1/16	1.50×10^{-3}		公众
迷道外墙(走廊)外 0.3m 处	泄漏	8.29×10^{-7}	52	1/5	8.62×10^{-9}		公众
东墙次屏蔽区(后装机治疗室)外 0.3m 处	泄漏	5.24×10^{-10}	52	1/2	1.36×10^{-11}	1.82×10^{-11}	公众
	散射	1.75×10^{-10}	52	1/2	4.55×10^{-12}		
顶棚主屏蔽区 0.3m 处	有用线束	0.30	52	1/20	7.80×10^{-4}		公众
顶棚次屏蔽区 0.3m 处	泄漏	2.60×10^{-2}	52	1/20	6.76×10^{-5}	9.05×10^{-5}	公众
	散射	8.79×10^{-3}	52	1/20	2.29×10^{-5}		
治疗室南侧土层外表面 0.3m 处(地面)	泄漏	5.48×10^{-4}	52	1/20	1.42×10^{-6}		公众

根据估算，本项目各直线加速器治疗室控制室工作人员所受年最大有效剂量为 $4.31 \times 10^{-8} \text{mSv}$ ，公众年最大有效剂量为 $7.28 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，满足本次环评提出的年有效剂量约束值要求（辐射工作人员 2mSv/a ，公众 0.1mSv/a ）。本次计算结果中职业人员的年最大有效剂量远远小于公众年最大有效剂量，这是由于控制室距离加速器装置等中心点距离大于相邻治疗室距加速器装置距离，且控制室处射线经过 3.2m 混凝土屏蔽，相邻治疗室处仅经过 3.0m 混凝土屏蔽，因此，控制室剂量率小于相邻治疗室剂量率，因此算得控制室工作人员年附加有效剂量小于相邻治疗室处公众人员年附加有效剂量。

11.2.2.2 后装机

① 连接施源器以及摆位过程

本项目后装机配备 1 枚 ^{192}Ir 密封放射源，该源在自然状态下会自发衰变发射出 γ 射线，工作人员在机房内连接施源器以及指导患者摆位时，不可避免的受到 ^{192}Ir 密封放射源泄漏辐射影响，从而增加其辐射剂量。依据《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）表 1 要求：“对 ^{192}Ir 源后装治疗设备，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，因泄漏辐射所致周围剂量当量率不得大于 $50 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ；距离贮源器表面 100cm 处的任何位置，因泄漏辐射所致周围剂量当量率不得大于 $5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ”。假定连接施源器以及指导病人每次摆位平均时间为 2min ，表面空气吸收剂量率按其 1m 处最大泄漏辐射空气比释动能率 $5 \mu\text{Sv/h}$ 进行计算。根据医院提供资料，每年计划治疗人数为 1500 人，工作人员在机房内停留时间为 $1500 \text{人} \times 2 \text{min} \div 60 = 50 \text{h}$ ，以距离贮源器 1m 估算，则该摆位人员在摆位过程中所接受的年附加有效剂量为 $5 \mu\text{Sv/h} \times 50 \text{h} = 0.25 \text{mSv}$ 。

② 后装治疗过程

根据医院提供资料，本项目后装机建成投运后年治疗病人约 1500 人，每名病人治疗时间约 6min ，因此本项目后装机建成运行后年治疗时间约 150h 。后装治疗过程中，后装机治疗室外职业人员和公众人员受到的年附加有效剂量计算结果见表 11-12。

表 11-12 后装机治疗室职业人员及公众的年有效剂量计算结果

点位描述	剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间(h/a)	居留因子	年附加剂量(mSv/a)	保护目标
北墙外表面 0.3m (控制室内)	5.08×10^{-2}	150	1	7.62×10^{-3}	职业人员
西墙外表面 0.3m (直线加速器 2#机房内)	6.15×10^{-9}	150	1/8	1.15×10^{-10}	公众
迷路外墙外表面 0.3m (妇科冲洗室内)	1.25×10^{-6}	150	1/2	9.38×10^{-8}	公众

备注：1、居留因子参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）附录 A 表 A.1 取值。

2、顶棚外估算结果未考虑回填土的屏蔽作用，实际将更小。

续表 11-12 后装机治疗室职业人员及公众的年有效剂量计算结果

点位描述	剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间(h/a)	居留因子	年附加剂量(mSv/a)	保护目标
机房防护门外表面 0.3m (控制室内)	0.35	150	1	5.25×10^{-2}	职业人员
顶棚外表面 0.3m (绿化区)	1.40×10^{-2}	150	1/20	1.05×10^{-4}	公众
迷路外墙南侧外表面 0.3m (妇科冲洗室内)	2.49×10^{-2}	150	1/2	1.87×10^{-3}	公众

备注：1、居留因子参考《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)附录 A 表 A.1 取值。

2、顶棚外估算结果未考虑回填土的屏蔽作用，实际将更小。

由于后装机治疗过程中对放射性工作人员的辐射影响主要考虑连接施源器及摆位过程和后装机治疗过程，放射性工作人员停留位置分别位于治疗室内、控制室工作人员操作位，治疗室防护门外时对放射性工作人员的年附加有效剂量为 $0.25\text{mSv}+0.05\text{mSv}+0.008\text{mSv}=0.308\text{mSv}$ ，满足本次环评提出的年附加有效剂量约束值要求（辐射工作人员 5mSv/a ）；对于公众的辐射影响，主要考虑后装机治疗室机房四邻环境影响，经计算，后装机运行所致机房周边公众最大年附加有效剂量为 $1.87 \times 10^{-3}\text{mSv}$ ，远小于本次环评提出的剂量约束值 0.10mSv/a 。对机房外 50m 范围内其它公众，根据射线源随距离的平方成反比衰减关系，其所致公众的年附加有效剂量小于上述计算结果。

11.2.2.3 直线加速器与后装机运行时产生射线叠加剂量所致人员剂量估算

根据11.2.1.4章节对直线加速器治疗室与后装机治疗室同时运行时产生的射线叠加剂量的分析可得，由于本项目治疗状态下后装机、加速器治疗室屏蔽四侧墙体以及防护门表面剂量率较小，经过距离衰减后，后装机与加速器同时运行状态下对加速器治疗室（或后装机治疗室）墙体表面附加剂量率极小，本次保守取各治疗室北侧屏蔽墙体外最大年有效剂量进行叠加计算，则各治疗室北侧人员可停留位置处的最大有效剂量为 $(1.50 \times 10^{-3}+1.50 \times 10^{-3}+5.25 \times 10^{-2})=0.06\text{mSv/a}$ 。对于后装机、加速器治疗室顶棚位置，从保守角度考虑，取加速器治疗室、后装机治疗室顶棚0.3m处的人员年有效剂量进行计算，则顶棚位置处的人员年有效剂量最大值为 $(7.80 \times 10^{-4}+7.80 \times 10^{-4}+1.05 \times 10^{-4})=1.67 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，结果小于本次环评提出的剂量约束值 0.10mSv/a 的限值要求。

11.2.3 介入科、急救中心和手术室辐射环境影响分析

根据医院提供的相关材料，医院拟在门诊住院楼一层建设急救中心，四层建设介入科，五层建设手术室；急救中心新增 1 台 DSA，介入科新增 3 台 DSA，手术室新增 1 台 DSA 并配套建设相关机房用于开展介入治疗。

11.2.3.1 关注点的设定

在介入科、急救中心和手术室拟建 DSA 机房外设定关注点（关注点：在机房外、距机房外表面 30cm 处，选择人员受照剂量当量可能最大的位置作为关注点），介入科、急救中心和手术室各关注点设定见图 11-5~图 11-9。

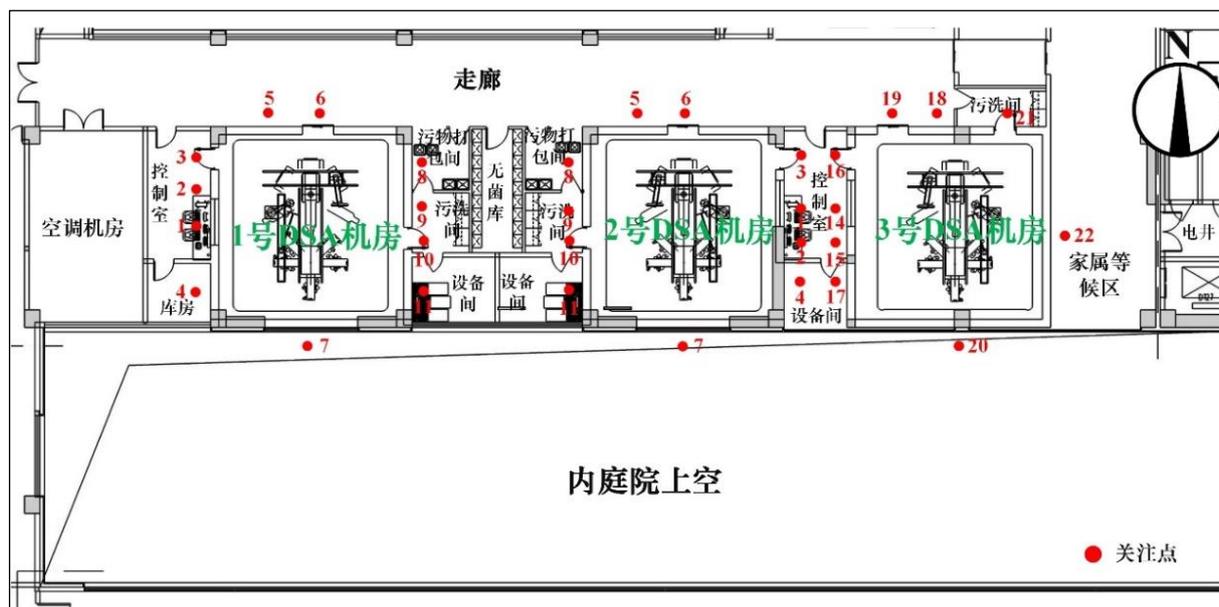


图 11-5 介入科各 DSA 机房关注点分布图（平面图）

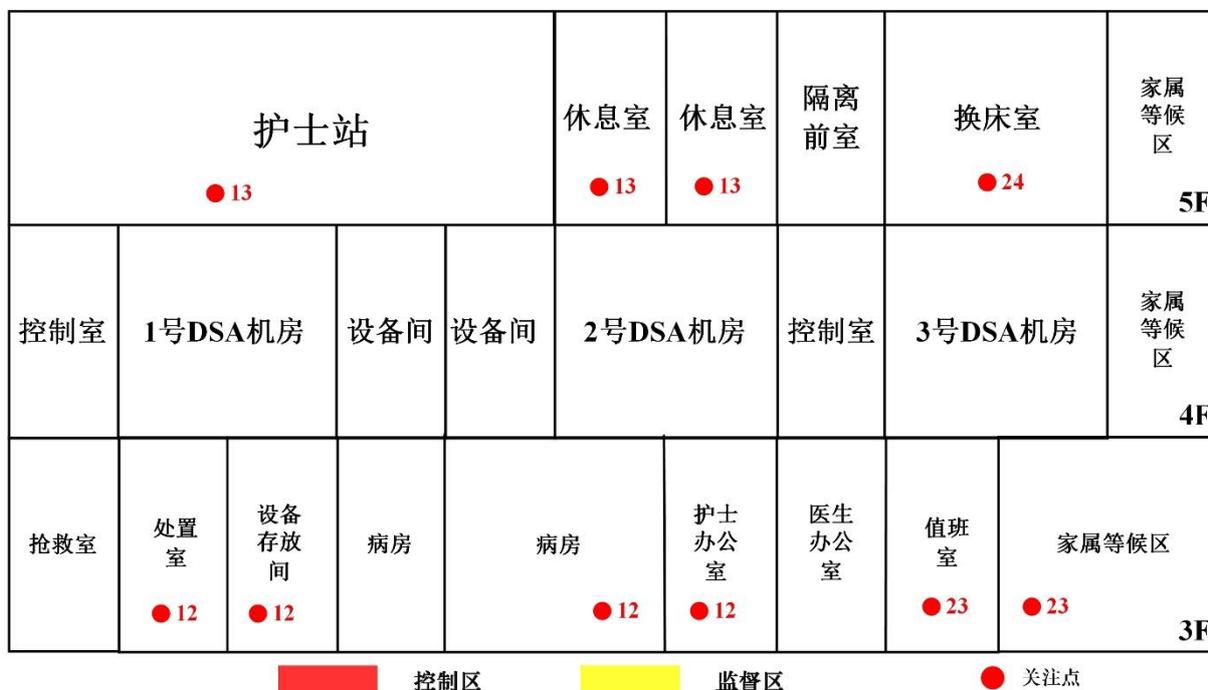


图 11-6 介入科各 DSA 机房关注点分布图（剖面图）



图 11-7 急救中心 DSA 机房关注点分布图（平面图）

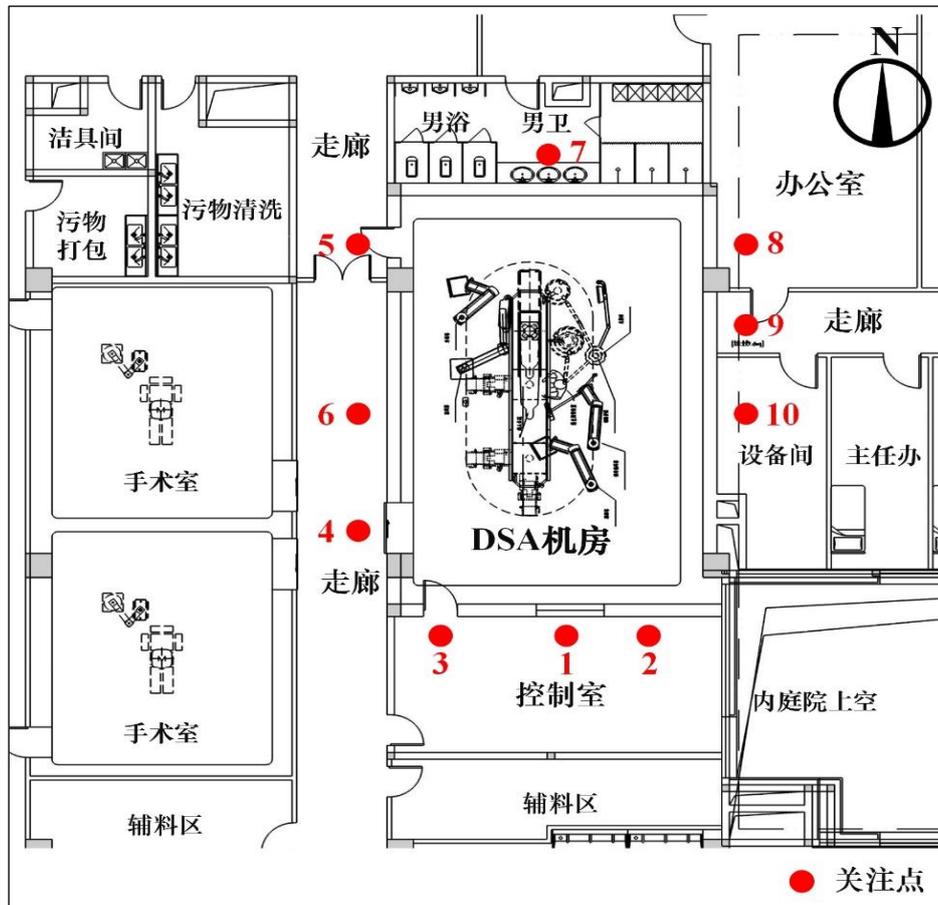


图 11-8 手术室 DSA 机房关注点分布图（平面图）

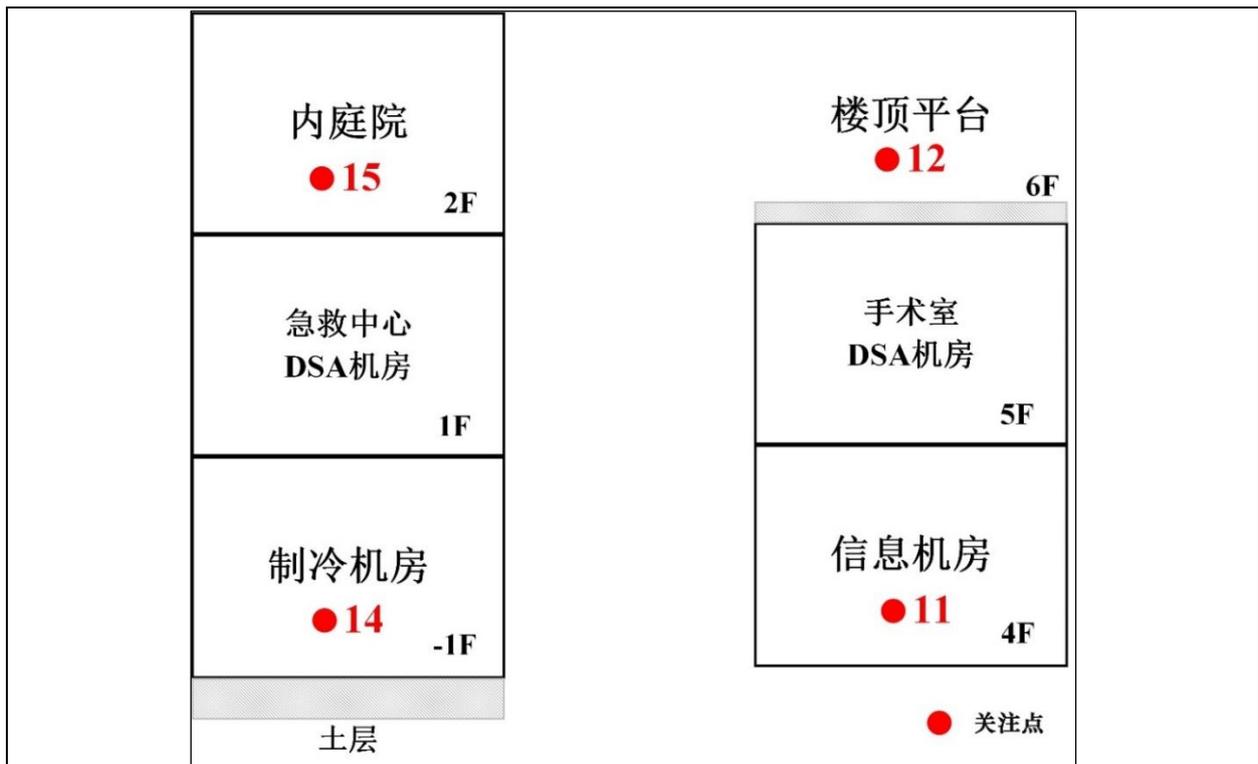


图 11-9 急救中心与手术室 DSA 机房关注点分布图（剖面图）

11.2.3.2 介入科、急救中心和手术室 DSA 机房屏蔽体设计厚度

根据建设单位提供的资料，本项目医院介入科、急救中心和手术室 DSA 机房屏蔽设计参数见表 10-4。由表 10-4 可知，该项目的 5 个 DSA 机房四周屏蔽墙体的等效铅当量最低为 3mmPb；防护门窗的等效铅当量最低为 3.0mmPb；地面、顶棚防护的等效铅当量均为 2.9mmPb，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“C 型臂 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm”的要求。

11.2.3.3 机房屏蔽墙体外周围剂量当量率估算

本项目医院拟采用的 5 台 DSA 管电压均为 125kV，管电流均为 1250mA。DSA 包括透视和采集两种工作模式，在实际使用过程中，透视、采集状态下管电压一般控制在 90kV 以下。由于医院 DSA 设备尚未确定型号，为此本次从保守角度考虑，取 DSA 设备最大管电压 125kV，参照同类型 DSA 设备（相同最大管电压、管电流参数）的管电流运行参数，计算 DSA 机房屏蔽体外各关注点剂量率。

根据 ICRP 33《医用外照射源的辐射防护》P55 图 2，在 X 射线管管电压 125 kV 时，2mmAl 滤过下，离靶 1m 处的剂量率约为 11mGy/mA•min。参照使用同类型 DSA 设备的医院提供的 DSA 运行经验数据，在该管电压运行状态下，DSA 透视、采集状态下管电流不会超过 25mA、500mA。则计算出 DSA 透视距靶点 1m 处的最大剂量率为 $1.65 \times$

10⁷μGy/h; DSA 采集时距靶点 1m 处的最大剂量率为 3.30×10⁸μGy/h。

项目射线装置主束照向患者，各关注点处仅考虑泄漏射线和散射射线影响，一般射线泄漏率按0.1%估算。

(1) 估算方法

泄漏辐射剂量率计算公式参考《辐射防护手册第一分册—辐射源与屏蔽》([M]北京：原子能出版社，1987)中给出的公式计算；对于给定的屏蔽物质，屏蔽透射因子参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C 计算。

$$H_L = \frac{H_0 \times B \times f}{d^2} \quad (\text{公式 11-17})$$

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{公式 11-18})$$

式中： H_L —关注点漏射剂量率，μSv/h；

f —设备射线泄漏率，取 0.1%；

H_0 —离靶 1m 处的剂量率，μSv/h；

d —计算点距源点的距离，m；

B —透射因子；

X —铅厚度，mm；

α 、 β 、 γ 为铅对X射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表11-13。

表11-13 X射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	材料	参数		
		α	β	γ
125kV (主射线)	铅	2.219	7.923	0.5386
125kV (散射线)	铅	2.233	7.888	0.7295
125kV (主射线)	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
125kV (散射线)	混凝土	0.03510	0.06600	0.7832
125kV (主射线)	砖墙	0.0287	0.067	1.346

注： α 、 β 、 γ 取值参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C 表 C.2

对于病人体表的散射 X 射线可以用反照率法估计。散射剂量率计算公式参考《辐射防护手册第一分册—辐射源与屏蔽》([M]北京：原子能出版社，1987) P437：

$$H_s = \frac{H_0 \times \alpha \times B \times (S/400)}{(d_0 \times d_s)^2} \quad (\text{公式 11-19})$$

式中： H_s —关注点处的患者散射剂量率，μSv/h；

H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

α —患者对 X 射线的散射比, 取 0.0015 (90°散射, 相对于 400cm² 散射面积), 取自《辐射防护手册第一分册》P437 表 10.1;

S —散射面积, 取典型值 400cm²;

d_0 —源与患者的距离, 一般取 0.8m;

d_s —患者与关注点的距离, m;

B —屏蔽透射因子;

(2) 估算结果

本项目介入科、急救中心和手术室 DSA 机房各防护门、四周墙壁、楼上、楼下等关注点位置处的辐射剂量率估算结果见表 11-14~表 11-16。

表11-14 介入科DSA机房各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置描述		采集状态			透视状态			
		泄漏辐射剂量率 H_L	散射辐射剂量率 H_S	总有效剂量率 H_R	泄漏辐射剂量率 H_L	散射辐射剂量率 H_S	总有效剂量率 H_R	
单位		$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	
1#/2# DSA 机房	1	控制室观察窗外表面 0.3m 处	1.01	2.37	3.38	0.05	0.12	0.17
	2	控制室屏蔽墙体外表 面 0.3m 处	0.14	0.34	0.48	0.01	0.02	0.03
	3	控制室工作人员防护 门外表面 0.3m 处	0.87	2.04	2.91	0.04	0.10	0.14
	4	库房屏蔽墙体外表 面 0.3m 处	0.09	0.20	0.29	0.004	0.010	0.014
	5	机房北侧屏蔽墙体外表 面 0.3m (走廊)	0.34	0.80	1.14	0.02	0.04	0.06
	6	患者防护门外表面 0.3m 处	3.61	8.45	12.06	0.18	0.42	0.60
	7	机房南侧屏蔽墙体外表 面 0.3m 处	0.07	0.16	0.23	0.003	0.01	0.013
	8	污物打包间屏蔽墙体 外表表面 0.3m 处	0.13	0.31	0.44	0.006	0.015	0.021
	9	污洗间屏蔽墙体外表 面 0.3m 处	0.13	0.30	0.43	0.006	0.01	0.016
	10	污洗间防护门外表面 0.3m 处	0.87	2.04	2.91	0.04	0.10	0.14
	11	设备间屏蔽墙体外表 面 0.3m 处	0.09	0.21	0.30	0.005	0.01	0.015
	12	楼下护办、ICU 病房、 处置室地面 1.7m 处	2.41	5.65	8.06	0.12	0.28	0.40
	13	楼上地面 1m 处 (护 士站、休息室)	1.49	3.50	4.99	0.07	0.18	0.25
3# DSA 机房	14	控制室观察窗外表面 0.3m 处	1.05	2.46	3.51	0.05	0.12	0.17
	15	控制室屏蔽墙体外表 面 0.3m 处	0.12	0.29	0.41	0.006	0.010	0.016

续表11-14 介入科DSA机房各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置描述		采集状态			透视状态			
		泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _S	总有效剂量率 H _R	泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _S	总有效剂量率 H _R	
单位		μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	
3# DSA 机房	16	控制室工作人员防护门外表面 0.3m 处	0.87	2.04	2.91	0.04	0.10	0.14
	17	设备间屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.09	0.20	0.29	0.004	0.010	0.014
	18	机房北侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.42	0.99	1.41	0.02	0.05	0.07
	19	患者防护门外表面 0.3m 处	2.03	4.75	6.78	0.10	0.24	0.34
	20	机房南侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.07	0.16	0.23	0.003	0.008	0.011
	21	污洗间防护门外表面 0.3m 处	2.15	5.03	7.18	0.11	0.25	0.36
	22	机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (家属等候区)	0.14	0.32	0.46	0.01	0.02	0.03
	23	楼下值班室、家属等候区地面 1.7m 处	2.41	5.65	8.06	0.12	0.28	0.40
	24	楼上换床室地面 1m 处	1.49	3.50	4.99	0.07	0.18	0.25

表11-15 急救中心DSA机房各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置描述		采集状态			透视状态		
		泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _S	总有效剂量率 H _R	泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _S	总有效剂量率 H _R
单位		μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h
1	控制室观察窗外表面 0.3m 处	0.97	2.28	3.25	0.05	0.12	0.17
2	控制室屏蔽墙体外表面 0.3m 处	1.24	2.91	4.15	0.06	0.15	0.21
3	控制室工作人员防护门外表面 0.3m 处	0.71	1.66	2.37	0.03	0.08	0.11
4	污物间防护门外表面 0.3m 处	0.54	1.26	1.80	0.02	0.06	0.08
5	设备间屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.55	1.29	1.84	0.03	0.06	0.09
6	设备间防护门外表面 0.3m 处	0.46	1.07	1.53	0.02	0.05	0.07
7	洗手间防护门外表面 0.3m 处	0.54	1.26	1.80	0.02	0.06	0.08
8	库房防护门外表面 0.3m 处	0.68	1.60	2.28	0.04	0.08	0.12
9	库房屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.60	1.41	2.01	0.03	0.07	0.10
10	患者防护门外表面 0.3m 处	0.87	2.04	2.91	0.04	0.10	0.14
11	机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (治疗室)	1.30	3.04	4.34	0.07	0.15	0.22

续表11-15 急救中心DSA机房各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置描述		采集状态			透视状态		
		泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _S	总有效剂量率 H _R	泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _S	总有效剂量率 H _R
单位		μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h
12	机房东南侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (内科抢救室)	2.41	5.66	8.07	0.12	0.28	0.40
13	机房西南侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (护士站)	0.36	0.85	1.21	0.02	0.04	0.06
14	楼下制冷机房地面 1.7m 处	1.02	2.38	3.40	0.05	0.12	0.17
15	楼上内庭院地面 1m 处	1.09	2.56	3.65	0.05	0.13	0.18

表11-16 手术室DSA机房各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置描述		采集状态			透视状态		
		泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _S	总有效剂量率 H _R	泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _S	总有效剂量率 H _R
单位		μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h
1	控制室观察窗外表面 0.3m 处	0.55	1.29	1.84	0.03	0.06	0.09
2	控制室屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.08	0.18	0.26	0.004	0.009	0.013
3	控制室工作人员防护门外表面 0.3m 处	0.49	1.16	1.65	0.02	0.06	0.08
4	患者防护门外表面 0.3m 处	0.84	1.96	2.80	0.04	0.10	0.14
5	污物防护门外表面 0.3m 处	0.73	1.71	2.44	0.04	0.09	0.13
6	机房西侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (走廊)	0.16	0.38	0.54	0.01	0.02	0.03
7	机房北侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (医生卫生间)	0.08	0.18	0.26	0.004	0.010	0.014
8	机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (办公室)	0.09	0.20	0.29	0.004	0.010	0.014
9	机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (走廊)	0.12	0.29	0.41	0.006	0.014	0.020
10	机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (设备间)	0.13	0.30	0.43	0.006	0.015	0.021
11	楼下信息机房地面 1.7m 处	1.96	4.60	6.56	0.10	0.23	0.33
12	楼上平台地面 1m 处	1.27	2.97	4.24	0.06	0.15	0.21

由表 11-14 可知, 在采集状态下, 介入科 1#DSA 机房、2# DSA 机房和 3# DSA 机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处的总附加剂量率估算值为 0.23~12.06μSv/h, 机房楼上及楼下人员停留位置处最大周围剂量当量率分别为 4.99μSv/h 和 8.06μSv/h; 在透视状态下, 介入科 1#DSA 机房、2# DSA 机房和 3# DSA 机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处的总附加

剂量率估算值为 0.011~0.60 μ Sv/h，机房楼上及楼下人员停留位置处最大周围剂量当量率分别为 0.25 μ Sv/h 和 0.40 μ Sv/h；由表 11-15 可知，在采集状态下，急救中心 DSA 机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处的总附加剂量率估算值为 1.21~8.07 μ Sv/h，机房楼上及楼下人员停留位置处最大周围剂量当量率分别为 3.65 μ Sv/h 和 3.40 μ Sv/h；在透视状态下，急救中心 DSA 机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处的总附加剂量率估算值为 0.07~0.40 μ Sv/h，机房楼上及楼下人员停留位置处最大周围剂量当量率分别为 0.18 μ Sv/h 和 0.17 μ Sv/h；由表 11-16 可知，在采集状态下，手术室 DSA 机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处的总附加剂量率估算值为 0.26~2.80 μ Sv/h，机房楼上及楼下人员停留位置处最大周围剂量当量率分别为 4.24 μ Sv/h 和 6.56 μ Sv/h；在透视状态下，手术室 DSA 机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处的总附加剂量率估算值为 0.013~0.14 μ Sv/h，机房楼上及楼下人员停留位置处最大周围剂量当量率分别为 0.21 μ Sv/h 和 0.33 μ Sv/h。本项目介入科、急救中心以及手术室 DSA 设备在透视状态下，机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处的总附加剂量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求；在采集状态下，DSA 机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处、楼上及楼下人员停留位置处的总附加剂量率最大为 12.06 μ Sv/h，根据 GBZ130-2020 附录 B 中“采集机房屏蔽外的周围剂量当量率不大于 25 μ Sv/h 为曝光管电流 100 mA 时的限值，若管电流不是 100 mA，则应将测量值归一至 100 mA”，本项目采集时管电流取 500mA，采集状态下将电流值归一至 100mA 时，DSA 机房各屏蔽体及防护门外 0.3m 处、楼上及楼下人员停留位置处的总附加剂量率最大为 2.41 μ Sv/h，其结果满足“采集机房屏蔽外的周围剂量当量率不大于 25 μ Sv/h”相关标准限值要求，说明机房各屏蔽体的防护效果较好。

本项目介入科 2# DSA 机房和 3# DSA 机房之间设置有控制室、设备间，保守以表 11-14 中观察窗 0.3m 处剂量率和设备间屏蔽墙体外 0.3m 处剂量率估算结果进行叠加，则透视、采集状态下控制室内人员受到的最大剂量率分别为 0.34 μ Sv/h、6.89 μ Sv/h，设备间内人员受到的最大剂量率分别为 0.029 μ Sv/h、0.59 μ Sv/h，其结果满足相关标准限值要求。由于控制室有一定空间，操作人员工作位实际受到的剂量率比上述计算值更小。

此外，上述评价是基于保守假设进行的。实际运行中，DSA 机房外各工作场所的辐射剂量率水平可以维持在正常本底水平。

11.2.3.5 介入科、急救中心和手术室 DSA 机房人员剂量估算

(1) 估算方法

人员受到的附加年有效剂量可由式 11-25 计算得到。

$$H_w = H_R \times K \times T \times t \quad (\text{公式 11-20})$$

式中： H_w —年受照剂量；

H_R —计算点附加剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

K —有效剂量与吸收剂量换算系数，取 1Sv/Gy ；

T —人员居留因子，职业人员全居留取 1；

t —年曝光时间， h/a 。

介入科、急救中心和手术室 DSA 设备包括透视和采集两种工作模式，根据医院提供的信息，项目正常运行后，每台设备一年分别最多进行 250 次手术，每次手术开机照射时间包括：透视 15 分钟、采集 2 分钟，则本项目射线装置的预计年开机工作时间如下。

表 11-17 不同工作模式下的预计开机时间

工作模式	每次照射时间	年最大工作量	年开机时间
透视	15min	250 台手术	62.5h
采集	2min	250 台手术	8.4h

(2) 控制室内职业人员年附加剂量估算

在采集模式下，放射工作人员采取隔室操作的方式，通过观察窗和操作台上监控系统观察手术室内病人情况，并通过对讲系统与病人交流；根据表 11-14~表 11-16，估算介入科、急救中心和手术室各 DSA 机房运行期控制室内职业人员的年附加有效剂量，估算结果如表 11-18。

表 11-18 介入科、急救中心和手术室各 DSA 机房职业人员的年附加有效剂量估算结果

关注点位置描述		采集状态		透视状态		人员居留因子	年附加有效剂量	年有效剂量约束值
		总有效剂量率 H_R	年曝光时间	总有效剂量率 H_R	年曝光时间			
单位		$\mu\text{Sv/h}$	h/a	$\mu\text{Sv/h}$	h/a	/	mSv/a	mSv/a
介入科	DSA 机房 1#控制室观察窗外表面 0.3m 处	3.38	8.4	0.17	62.5	1	0.039	5
	DSA 机房 2#控制室观察窗外表面 0.3m 处	6.89*	8.4	0.34*	62.5	1	0.079	5
	DSA 机房 3#控制室观察窗外表面 0.3m 处	6.89*	8.4	0.34*	62.5	1	0.079	5

续表11-18 介入科、急救中心和手术室各DSA机房职业人员的年附加有效剂量估算结果

关注点位置描述		采集状态		透视状态		人员居留因子	年附加有效剂量	年有效剂量约束值
		总有效剂量率 Hr	年曝光时间	总有效剂量率 Hr	年曝光时间			
单位		μSv/h	h/a	μSv/h	h/a	/	mSv/a	mSv/a
急救中心	DSA 机房控制室观察窗外表面 0.3m 处	3.25	8.4	0.17	62.5	1	0.038	5
手术室	DSA 机房控制室观察窗外表面 0.3m 处	1.84	8.4	0.09	62.5	1	0.021	5

备注：*表示从保守角度考虑，取 2 台 DSA 同时工作状态下，观察窗外表面 0.3m 剂量率之和作为控制室工作人员操作位剂量率

(3) 介入手术医护人员年附加剂量估算

在透视模式下，医护人员在 DSA 机房内对患者进行手术。介入手术时第一术者位医生穿戴铅衣、头戴铅帽、铅眼镜等防护用品，位于铅吊屏和床侧铅帘后；第二术者位护士/助手穿戴铅衣等防护用品，位于移动铅屏风后。

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）附录 B 中表 B.1 X 射线透视设备的检测项目及技术要求“7、非直接荧光屏透视设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率不大于 400μGy/h”，因此本次评价保守按照 X 射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，手术医生和护士铅衣外按照在透视防护区测试平面上的空气比释动能率为 400μSv/h 进行计算。

在 DSA 管电压 125kV 时，医护人员穿 0.5mmPb 厚铅衣的辐射透射因子 B 为 5.57×10^{-2} ，单个 DSA 机房透视情况下年累积曝光时间 62.5h，介入手术所致单个手术室内医护人员年总剂量为 1.393mSv。本项目介入科设置 3 个 DSA 机房，年总手术量为 750 例，介入手术所致医护人员年总剂量为 4.179mSv，介入科拟设置 6 组医护人员（每组 1 名介入手术医生、护士）轮换进行，考虑 3 个 DSA 机房可能出现同时工作的情况，保守估计，轮换后每组人员的最大年有效剂量为 2.090mSv；本项目急救中心和手术室各设置 1 间 DSA 机房，年总手术量为 500 例，急救中心和手术室 DSA 机房的医护人员与介入科不混用。急救中心和手术室 DSA 机房介入手术所致医护人员年总剂量为 2.786mSv，急救中心和手术室拟共设置 2 组医护人员（每组 1 名介入手术医生、护士）轮换进行，则轮换后每组人员的年有效剂量为 1.393mSv；本项目介入科、急救中心和手术室介入手术医护人员经轮换后每组人员的最大年有效剂量为 2.090mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（职业人员 20mSv）及本次评价所取

的年剂量约束限值（职业人员 5.0mSv）。

事实上，上述估算偏保守，忽略了 DSA 设备材料的衰减作用和人体的吸收作用，此外项目 DSA 设备床边操作系统、床边剂量控制系统等防护设施可实时显示剂量率、调节运行档位。因此，项目 DSA 在正常运行情况下，医护人员实际受到的年附加剂量率小于理论计算值。

（4）公众年附加剂量估算

本项目介入科、急救中心和手术室各 DSA 机房运行时，公众受到的年附加有效剂量见表 11-19~表 11-21。

表11-19 介入科DSA机房周边公众的年有效剂量估算结果

关注点位置描述		采集状态		透视状态		人员居留因子	年附加有效剂量
		总有效剂量率 Hr	年曝光时间	总有效剂量率 Hr	年曝光时间		
单位		μSv/h	h/a	μSv/h	h/a	/	mSv/a
1#/2# DSA 机房	库房屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.29	8.4	0.014	62.5	1/20	1.66×10 ⁻⁴
	机房北侧屏蔽墙体外表面 0.3m（走廊）	1.14	8.4	0.06	62.5	1/5	2.67×10 ⁻³
	患者防护门外表面 0.3m 处	12.06	8.4	0.60	62.5	1/8	1.74×10 ⁻²
	污物打包间屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.44	8.4	0.021	62.5	1/16	3.13×10 ⁻⁴
	污洗间屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.43	8.4	0.016	62.5	1/16	2.88×10 ⁻⁴
	污洗间防护门外表面 0.3m 处	2.91	8.4	0.14	62.5	1/8	4.15×10 ⁻³
	设备间屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.30	8.4	0.015	62.5	1/16	2.16×10 ⁻⁴
	楼下护办、ICU 病房及处置室地面 1.7m 处	8.06	8.4	0.40	62.5	1	9.27×10 ⁻²
	楼上地面 1m 处（护士站、休息室）	4.99	8.4	0.25	62.5	1	5.75×10 ⁻²
3# DSA 机房	设备间屏蔽墙体外表面 0.3m 处	0.29	8.4	0.014	62.5	1/16	2.07×10 ⁻⁴
	机房北侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处	1.41	8.4	0.07	62.5	1/5	3.24×10 ⁻³
	患者防护门外表面 0.3m 处	6.78	8.4	0.34	62.5	1/8	9.78×10 ⁻³
	污洗间防护门外表面 0.3m 处	7.18	8.4	0.36	62.5	1/8	1.04×10 ⁻²
	机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处（家属等候区）	0.46	8.4	0.03	62.5	1/4	1.43×10 ⁻³
	楼下值班室、家属等候区地面 1.7m 处	8.06	8.4	0.40	62.5	1	9.27×10 ⁻²
	楼上换床室地面 1m 处	4.99	8.4	0.25	62.5	1/2	2.88×10 ⁻²

表11-20 急救中心DSA机房周边公众的年有效剂量估算结果

关注点位置描述	采集状态		透视状态		人员居留因子	年附加有效剂量
	总有效剂量率 Hr	年曝光时间	总有效剂量率 Hr	年曝光时间		
单位	μSv/h	h/a	μSv/h	h/a	/	mSv/a
污物间防护门外表面 0.3m 处	1.80	8.4	0.08	62.5	1/8	2.52×10^{-3}
设备间屏蔽墙体外表面 0.3m 处	1.84	8.4	0.09	62.5	1/16	1.32×10^{-3}
设备间防护门外表面 0.3m 处	1.53	8.4	0.07	62.5	1/8	2.15×10^{-3}
洗手间防护门外表面 0.3m 处	1.80	8.4	0.08	62.5	1/8	2.52×10^{-3}
库房防护门外表面 0.3m 处	2.28	8.4	0.12	62.5	1/8	3.33×10^{-3}
库房屏蔽墙体外表面 0.3m 处	2.01	8.4	0.10	62.5	1/20	1.16×10^{-3}
患者防护门外表面 0.3m 处	2.91	8.4	0.14	62.5	1/8	4.15×10^{-3}
机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (治疗室)	4.34	8.4	0.22	62.5	1/2	2.51×10^{-2}
机房东南侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (内科抢救室)	8.07	8.4	0.40	62.5	1/2	4.64×10^{-2}
机房西南侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (护士站)	1.21	8.4	0.06	62.5	1	1.39×10^{-2}
楼下制冷机房地面 1.7m 处	3.40	8.4	0.17	62.5	1/16	2.45×10^{-3}
楼上内庭院地面 1m 处	3.65	8.4	0.18	62.5	1/20	2.10×10^{-3}

表11-21 手术室DSA机房周边公众的年有效剂量估算结果

关注点位置描述	采集状态		透视状态		人员居留因子	年附加有效剂量
	总有效剂量率 Hr	年曝光时间	总有效剂量率 Hr	年曝光时间		
单位	μSv/h	h/a	μSv/h	h/a	/	mSv/a
患者防护门外表面 0.3m 处	2.80	8.4	0.14	62.5	1/8	4.03×10^{-3}
污物防护门外表面 0.3m 处	2.44	8.4	0.13	62.5	1/8	3.58×10^{-3}
机房西侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (走廊)	0.54	8.4	0.03	62.5	1/5	1.28×10^{-3}
机房北侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (医生卫生间)	0.26	8.4	0.014	62.5	1/20	1.53×10^{-4}
机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (办公室)	0.29	8.4	0.014	62.5	1	3.31×10^{-3}
机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (走廊)	0.41	8.4	0.020	62.5	1/5	9.39×10^{-4}
机房东侧屏蔽墙体外表面 0.3m 处 (设备间)	0.43	8.4	0.021	62.5	1/16	3.08×10^{-4}
楼下信息机房地面 1.7m 处	6.56	8.4	0.33	62.5	1/16	4.73×10^{-3}
楼上平台地面 1m 处	4.24	8.4	0.21	62.5	1/20	2.44×10^{-3}

由表 11-19~表 11-21 中估算结果可知, 本项目介入科、急救中心和手术室 DSA 设备正常运行时, DSA 机房周围公众受到的年有效剂量最大值为 $9.27 \times 10^{-2} \text{mSv}$, 结果满足

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量基本限值（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（公众人员 0.1mSv）。

11.3 废气及固体废物环境影响分析

11.3.1 废气环境影响分析

西咸新区秦汉中心医院本项目放疗科、介入科、急救中心和手术室均不产生放射性废气。本项目在正常运行中，由于空气在射线电离作用下会产生臭氧和氮氧化物等有毒有害气体，其中以臭氧的危害最大。依据本次应用的密封放射源类型、活度与射线装置类型、规模，考虑有害气体对环境产生的不利影响，本次对放疗科各治疗室及各DSA机房工作场所运行所产生的臭氧和氮氧化物等气体进行计算分析。

（1）后装机治疗室通风效果分析

依据《辐射防护手册 第三分册》、《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志，1994 年第 14 卷第 2 期第 101 页），后装机治疗室内臭氧的产生率可按以下公式进行计算：

$$Q_0 = 4.9 \times 10^{-5} \times A \times G \times V^{1/3} \quad (\text{公式 11-21})$$

式中， Q_0 —治疗室臭氧的产生率，mg/h；

A—放射源的总活度，Ci；

G—空气每吸收 100eV 的辐射能量所产生的臭氧分子数，取 G=10；

V—治疗室的体积， m^3 。

4.9×10^{-5} —对于 ^{192}Ir 放射源，计算参数取值；

本次后装机用源为 10Ci，治疗室内体积 $V=107.64m^3$ ，采用公式 11-26 进行计算，则治疗室臭氧的产生率为 0.023mg/h。当考虑臭氧分解及室内通风时，任意时刻 t 时治疗室臭氧的浓度可按如下公式进行计算：

$$Q_1 = Q_0 \times T \times (1 - e^{-t/T})/V \quad (\text{公式 11-22})$$

式中， Q_1 —治疗室臭氧的浓度， mg/m^3 ；

T—有效清除时间， $T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d}$ ，h；

t_v —为治疗室换气 1 次所需时间，h；

t_d —为臭氧的有效分解时间，h；

t—时间，h；

V—机房的体积， m^3

当辐照时间很短, $t < T$ 时, 则 $Q_1 = Q_0 \cdot t / V$ 。

本次计算中, 臭氧有效分解时间取 0.83h, 后装机治疗室机房设计通风量 $500\text{m}^3/\text{h}$, 故本次治疗室换气次数大于 4 次/h, 本次取 4 次/h, 有效清除时间 T 为 0.174h, 后装机单次治疗时间为 6min, 即 0.1h, 计算出机房内空气臭氧浓度 Q_1 为 $2.17 \times 10^{-5}\text{mg}/\text{m}^3$, 远小于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019)标准限值 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$, 符合相关要求。

(2) 加速器治疗室通风效果分析

依据 IAEA118 《电子直线加速器工作的辐射安全问题》和《辐射所致臭氧的估算与分析》(中华放射医学与防护杂志, 1994 年第 14 卷第 2 期第 101 页), 加速器所致臭氧的产额估算方法如下:

① 有用线束的臭氧产额

$$P = 2.43 \times \dot{D} \times (1 - \cos\theta) \times R \times G \quad (\text{公式 11-23})$$

式中: P —臭氧在治疗室内产生率, mg/h ;

\dot{D} —辐射有用射线束在距靶 1m 处的输出率, $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$;

G —空气每吸收 100eV 的辐射能量所产生的臭氧分子数, 取 $G=10$;

R —靶到屏蔽物的距离, m , 本项目取 4.60m (最大值);

θ —有用线束的半张角;

② 泄漏辐射的臭氧产额

将泄漏辐射看为 4π 方向均匀分布的点源 (包括有用束区限定的空间区), 并考虑机房壁的散射线使室内臭氧的产额增加 10%, 则泄漏辐射所致臭氧产生率公式为:

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \times \dot{D} \times G \times V^{1/3} \quad (\text{公式 11-24})$$

式中, V —机房的体积, m^3 ;

G —空气每吸收 100eV 的辐射能量所产生的臭氧分子数, 取 $G=10$;

\dot{D} —距靶 1m 处的输出率, $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$;

根据建设单位提供的资料, 从保守角度考虑, 加速器辐射有用射线束在距靶 1m 处的输出量为 $22\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$, 泄漏辐射取其 1‰, 有用线束半张角取 14° , 可以计算出加速器有用线束、泄漏辐射臭氧产额分别 $73.05\text{mg}/\text{h}$ 、 $4.61\text{mg}/\text{h}$, 臭氧总的产额为 $77.66\text{mg}/\text{h}$ 。机房设计通风量不小于 $1100\text{m}^3/\text{h}$, 2 座机房体积均为 250.7m^3 , 则机房内每小时通风次数为 4 次/h。加速器单次治疗时间取 3min, 通过 $Q_1 = Q_0 \cdot t / V$, 可以计算出加速器治疗室内最

大臭氧浓度为 $0.015\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的标准限值 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

（3）放疗科各治疗室氮氧化物影响分析

根据《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019），氮氧化物工作场所 NO_2 容许浓度限值为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，高于臭氧限值浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。X、 γ 射线电离空气产生多种氮氧化物中，以 NO_2 为主，其产额约为臭氧的一半，且工作场所 NO_2 容许浓度限值远大于臭氧的容许浓度，因此在臭氧浓度可以满足标准要求时，氮氧化物的浓度也可以满足标准要求。

综上所述，项目后装机、加速器运行过程中，通风换气次数满足标准要求，机房内臭氧和氮氧化物浓度能够满足《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）标准相关要求，环境的影响较小。

（4）DSA 机房废气环境影响分析

根据《X 射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》（郝海鹰、刘容、王玉海编著）及《X 射线工作场所空气中臭氧氮氧化物浓度调查》（张大薇编著）资料显示，医院射线装置工作场所 O_3 浓度范围为 $0.010\sim 0.137\text{mg}/\text{m}^3$ 、 NO_x 浓度范围为 $0.010\sim 0.103\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本项目介入科、急救中心和手术室 DSA 机房安装通风系统进行通风，可保持良好通风，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）“6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的标准要求。

项目运行后，DSA 工作场所室内产生的少量臭氧和氮氧化物通过排风装置和外界空气对流，满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）的二级标准（臭氧为 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物为 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。因此，本项目射线装置产生的 O_3 、 NO_x 对人员和周围环境影响较小。

11.3.2 固体放射性废物环境影响分析

本项目后装机使用的放射源在使用一段时间后，因其活度不能满足治疗需求，需对其进行更换。根据医院提供的资料，后装机更换的放射源由原厂家或交有资质单位回收处置，因而正常情况下不会对环境造成明显影响。本项目医用直线加速器使用期间会产生废金属靶，废金属靶由设备厂家进行更换回收。

本项目 DSA 运行时一般不会产生废胶片；介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，经专用医疗废物桶收集后送至医疗废物暂存间暂存，统一委托有

资质单位处置。DSA工作场所的固体废物均得到合理处置，对环境影响较小。

11.4 事故环境影响分析

11.4.1 放疗科

11.4.1.1 电子直线加速器

(1) 可能发生的辐射事故如下：

①机房安全联锁装置失效：因设备故障导致门机联锁装置失效，防护门未完全关闭即开机进行治疗，造成防护门外辐射剂量率升高，对防护门外活动人员产生不必要的照射；防护门未关闭人员误入治疗中的机房对其产生的不必要的照射。

②工作人员误开机：机房内有人员滞留，工作人员误开机对滞留人员产生不必要的照射。

(2) 辐射事故影响分析

本次评价主要讨论医用电子直线加速器在对病人开机治疗时，若安全联锁系统失效，公众误入或者病人家属在防护门关闭后尚未撤离，则公众或者患者家属均可受到不同程度的辐射影响。

本次评价按照环境影响评价最不利原则，分别估算公众或者患者家属位于有用线束方向且距焦点不同距离受照达到确定性效应阈值和骨髓型急性放射病下限（轻度）的受照时间，以及公众或者患者家属位于防护门外 30cm、迷路内口受照超过项目剂量约束值（公众人员不超过 0.1mSv/a）的时间。经计算，达到确定性效应阈值的下限（0.1Gy）和骨髓型急性放射病阈值（轻度）（1Gy）的受照时间估算结果见表 11-22。

表11-22 事故情况下误入人员达到确定性效应阈值的下限和骨髓型急性放射病阈值（轻度）的受照时间估算结果

估算点	吸收剂量率 (Gy/min)	受照达到确定性 效应阈值的下限 时间	达到骨髓型急性放射病 阈值（轻度）时间
在有用线束方向上距焦点1m处	22	0.27s	2.7s
在有用线束方向上距焦点2m处	5.50	1.09s	10.9s
在有用线束方向上距焦点3m处	2.44	2.46s	24.6s

备注：骨髓型急性放射病阈值限（轻度）来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）

根据表11-22可知，医用电子直线加速器在对病人开机治疗时，若安全联锁系统失效导致公众误入，或者病人家属在防护门关闭后尚未撤离，当公众或者患者家属误站在有用线束照射方向，随着距加速器焦点距离的增加，受照达到确定性效应阈值的下限或

者骨髓型急性放射病阈值（轻度）的时间略有延长。在距焦点2m时，受照1.09s即可达到确定性效应阈值的下限，受照10.9s即可到达骨髓型急性放射病阈值（轻度）；在距焦点3m时，受照2.46s即可达到确定性效应阈值的下限，受照24.6s即可到达骨髓型急性放射病阈值（轻度）。

加速器正常运行状态下，防护门外 30cm 处 g 点的散射辐射剂量率为射线入射至 A 点的辐射散射至 B 点，再经过三次散射到 g 点的辐射剂量率，经前文计算，防护门外 30cm 处 g 点的散射辐射剂量率为 28.7 μ Sv/h。泄漏线经迷路内墙屏蔽后对 g 点的贡献值为 0.02 μ Sv/h。因此，在防护门未关闭或未完全关闭时防护门外 30cm 处的剂量率约为 28.72 μ Sv/h（4.79 $\times 10^{-7}$ Sv/min）。公众或者患者家属位于防护门外 30cm、迷路内口，受照超过项目剂量约束值（公众人员不超过 0.1mSv/a）的时间见表 11-23。

表11-23 事故情况下误入人员达到项目剂量约束值的受照时间估算结果

估算点	吸收剂量率（Sv/min）	达到剂量约束值时间
迷路内口处	5.87 $\times 10^{-3}$	1.02s
在防护门未关闭时防护门外30cm	4.79 $\times 10^{-7}$	3.48h

（3）采取的风险防范措施

针对该项目可能发生的辐射事故，采取以下风险防范措施：

①医院应按操作规程定期对各个连锁装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在门-机、门-灯连锁装置失效的情况下违规操作；通过故障报警系统及时发现故障，及时修复；通过纵深防御以减少由于某个连锁失效或在某个连锁失效期间产生辐射。

②放射工作人员应在开机运行前认真检查机房内人员情况，除病人外，一律不得停留。待确认无误后，方可进行下一步操作。

③放射工作人员须加强专业知识学习，加强防护知识培训；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

④医院应保证电子直线加速器紧急停机按钮、设备控制台紧急停机按钮以及机房内的紧急开门按钮、紧急停机按钮、固定式剂量报警仪正常工作，同时应确保放射工作人员做好定期辐射巡测工作，熟知相关辐射事故应急措施，在辐射事故发生后及时上报、估算意外照射剂量，并将受意外照射人员及时送医。

11.4.1.2 后装机

(1) 可能发生的辐射事故

①治疗机房门机联锁装置失效，人员误入等；

一旦发现联锁系统出现故障，应立即停止治疗工作，组织技术人员对联锁系统进行检查维修，在确认联锁系统恢复正常后，设备才能重新投入使用。同时应将避免发生这类事故的措施建立在治疗室的工作制度中，严格执行设备联锁系统定期检查制度，并且将检查结果记录备案。

②安装调试过程中出现卡源事故；

安装调试过程如果出现停电或者系统故障导致卡源时，由设备厂家专业人员进行处理。首先采用自动回源，当自动回源失效时，采用手动回源。

③治疗过程中出现卡源事故；

出现这种情况放射工作人员立即按动紧急停止按钮，然后迅速进入治疗室，沿墙壁绕到设备后面，采用复位的方式关闭射线束。

④储源器泄漏；

在放射源储存过程中发生储源器泄漏事故，医院应实时监控储源器周围的 X-γ 辐射剂量率，一旦发现储源器泄漏，应及时暂停诊疗工作，并及时联系设备厂家进行储源器的修复更换，期间封闭治疗机房，禁止医务人员或其他人员进入机房从而受到不必要的照射。储源器修复更换结束后应对现场进行详细的辐射剂量率测量。

⑤放射源丢失、被盗。

一旦发生放射源丢失、被盗、失控事故，采取以下处理措施：

- 1) 保护事故现场，紧急疏散无关人员，所有人员紧急撤离至安全区域。
- 2) 及时报告医院辐射应急领导小组，上报卫生行政部门、生态环境部门及公安部门。
- 3) 协助公安及卫生部门迅速查找，追回丢失的放射性物质。

(2) 事故风险分析

在发生以上事故时，将放射源视为裸源，以点源模式估算不同距离及时间情况下对周围环境的影响，受照射剂量可用以下公式进行计算：

$$X=A\Gamma/t^2 \cdot 10^{-6} \quad (\text{公式11-25})$$

$$E=X \cdot W_T \cdot W_R \quad (\text{公式 11-26})$$

式中：

A—放射源的活度（Ci），本项目使用的 ^{192}Ir 为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ （10Ci）；

Γ —放射性核素的 Γ 常数， ^{192}Ir 取：0.111 $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

X—照射剂量率，Sv/h，

l—参考点距离源的距离，m；

E—有效剂量率，Sv/h；

W_T —组织权重因子，本项目取 1；

W_R —辐射权重因子，本项目取 1；

放射源裸露状态下达到确定性效应阈值的下限(0.1Gy)和骨髓型急性放射病阈值(轻度)（1Gy）的受照时间估算结果详见表 11-24。

表11-24 放射源裸露状态下达到确定性效应阈值的下限和骨髓型急性放射病阈值（轻度）的受照时间估算结果

预测点距源距离	照射剂量率（Sv/h）	受照达到确定性效应阈值的下限时间	达到骨髓型急性放射病阈值（轻度）时间
0.3m	0.46	13min	2.17h
0.5m	0.16	37.5min	6.25h
1m	0.04	2.5h	25h
2m	0.01	10h	100h

根据表 11-24 可知，放射源丢失、被盗造成放射源处于裸露状态下，随着距放射源距离的增加，受照达到确定性效应阈值的下限或者骨髓型急性放射病阈值（轻度）的时间略有延长。在距放射源 0.3m 处，受照 13min 即可达到确定性效应阈值的下限，受照 2.17h 即可到达骨髓型急性放射病阈值（轻度）。

因此，在日常工作中，应安排专人负责设备管理，非放射工作人员及患者禁止进入治疗室，并做好设备的日常检查。放射源被盗或丢失事件发生的几率相对很小。

（3）事故预防措施

为了避免上述辐射事故的发生，医院应严格执行以下预防措施：

①医院应对从事辐射的操作人员进行定期培训，进行考核，考核不合格的，不得上岗。加强设备运行管理，使放射源的安全管理制度规范化和制度化。

②设备安装调试时必须由设备厂家专业人员负责完成，安装调试时关闭防护门，并在机房门外设立辐射警示标志。更换放射源时应对治疗室实行封闭管理，并在机房门外设立警戒线，无关人员严禁进入，更换放射源工作必须由设备厂家专业人员负责完成，换源结束后应对现场进行详细的辐射剂量率测量。

③应经常检查治疗系统的安全装置，确保处于正常工作状态，安全装置发生故障时应及时排除，安全装置的故障未排除前，治疗系统不得进行开机操作。

④每天开机前应检查联锁装置、报警装置的工作状态，保证其处于良好的工作状态，防止带故障开机操作。

⑤为防止放射源丢失，应加强安保工作，实行 24 小时监控。

(4) 事故应急处理措施

①后装机本身设计具有放射源应急自动返回贮源器的功能。从而保证在实施治疗期间，当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源能自动返回工作贮源器。

②当自动回源装置功能失效时，辐射工作人员将第一时间通过手动回源措施进行应急处理，从而减少患者的误照射。

③在处理卡源的过程中，工作人员需携带个人剂量报警仪，穿戴辐射防护用品。卡源事故处理期间，安全系统同时显示和记录已照射的时间和剂量，直到下一次照射开始，同时应发出声光报警信号。控制室内的剂量监测系统可以实时监测机房内辐射剂量水平，剂量水平回归正常时代表处理完成。辐射工作人员进入机房内操作手动回源措施进行应急处理时，必须通过监测设施记录当时的辐射剂量率水平，记录处理时间和受照累积剂量。事故处理后及时总结并记录，包括事故发生的时间和地点、对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果、采取的纠正措施、事故的可能原因、为防止类似事件再次发生所采取的措施。

④及时向环保、卫生及公安部门报告。

⑤必要时，迅速请求设备供应方技术支持，快速处理。

11.4.1.3 介入科、急救中心和手术室 DSA 设备

(1) 事故工况

DSA 射线装置诊断检查时，可能发生的安全风险主要是医疗设备及其安全装置遭到破坏而产生放射辐射事故，从而对医护人员、患者以及公众造成不利影响。其次是射线装置在管理上出问题。

(2) 事故情况下剂量分析

假设 DSA 设备发生事故，公众误入机房，在无任何屏蔽措施的情况下，受到 X 射线的泄漏辐射，透视剂量率取 $1.65 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$ ，采集取 $3.30 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ ，则距靶点 1m 处达到确定性效应阈值下限 (0.1Sv) 的时间分别为透视约 21.83s、采集约 1.09s。在透视状态

下距离设备 1m 处 1min 受到的剂量率为 0.275Sv，采集情况 1min 受到的剂量为 5.5Sv。同理，DSA 设备曝光时，手术室内有人员滞留或误入，在透视约 0.02s 或采集约 0.001s 后，误入人员受到的剂量将高于本次评价公众的年有效剂量约束值（0.1mSv）；在透视约 1.09s 或采集约 0.05s 后，误入人员受到的剂量将高于本次评价职业人员的年有效剂量约束值（5mSv）。

因此，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查机房的防护性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用 X 射线装置的手术室。

（3）事故应急

1、应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应累计资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

⑥对可能发生的辐射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。同时上报环保部门和卫生部门。

2、辐射事故应急预案

根据《放射性核素与射线装置安全和防护条例》第四十条规定，医院应结合的实际情况和本报告表的事故工况分析，建立辐射事故应急预案，一旦发生事故应及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理，事故应急预案应包括以下内容：

①应急机构和职责分工；

- ②应急人员的组织、培训以及应急；
- ③可能发生辐射事故类别与应急响应措施；
- ④辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

一旦发生辐射事故，医院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》，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

11.5 产业政策符合性及实践正当性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 9 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“核素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合国家产业政策。

该项目建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量的就诊需求，有助于提高西安及周边地区医学诊疗水平，保障公众的身体健康，项目在采取相应的辐射屏蔽措施、管理措施后，对周边环境辐射影响较小，符合辐射防护“实践正当性”原则。

11.6 辐射环境影响评价

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目正常运行时，工作场所及周边环境辐射环境影响满足相关标准限值要求；项目正常运行所致辐射工作人员、公众年附加有效剂量满足本次评价的剂量约束值要求；项目选址可行、平面布置基本合理。评价认为：西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目对周围环境的辐射影响在可接受范围之内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当具有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全和环境保护管理工作。

环评要求：医院应成立以医院主要领导为委员的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件明确机构成员组成，拟制定《放射防护管理委员会职责》、《放射工作人员岗位职责》等相关制度，明确管理机构以及放射工作人员职责。医院拟安排 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责医院辐射安全和环境保护管理工作。医院将按照“陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化”相关规定，制定辐射安全管理标准化文件。西咸新区秦汉中心医院应根据陕西省环境保护厅发布的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发[2018]29 号）文件，不断细化、完善公司辐射安全管理标准化文件，明确医院决策层、辐射防护负责人、辐射工作人员职责，并落实相关管理要求。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修正）第十六条规定：“使用放射性同位素或射线装置的单位，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。”根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），有辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识；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单到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

环评要求：医院从事放射性操作的辐射工作人员和负责辐射安全防护的相关管理人员必须经辐射安全和防护专业知识以及相关法律法规的培训和考核，持证上岗。医院以后新增加的辐射工作人员、辐射管理人员必须经过辐射安全和防护专业知识培训，未取得辐射安全与防护培训成绩合格单的人员，不得进行放射性操作。

表 12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化机构建设、人员管理内容

管理内容		管理要求
机构建设		设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员,以正式文件明确辐射安全与环境保护管理机构和负责人。
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。
		年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容。
		明确辐射安全管理部和岗位的辐射安全职责。
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得成绩合格单，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告。
		建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责
		建立辐射环境安全管理档案。
	直接从事放射工作的作用人员	对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录
		岗前进行职业健康体检，结果无异常。
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得成绩合格单，持证上岗。
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全作出承诺
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况后，能够有效处理

12.2 辐射安全管理规章制度

（1）辐射安全管理规章制度

医院为开展核技术利用项目，确保放射性核素和射线装置的安全使用，根据陕西省环境保护厅发布的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发[2018]29号）文件，拟制定以下规章管理制度：《辐射安全和防护知识及相关法律法规培训制度》、《放射防护安全保障制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所及个人监测制度》、《放射工作人员档案管理制度》、《放射诊疗质量保证制度》、《放射源管理规章制度》、《放射性“三废”处理方法》、《放射源与射线装置台账管理制度》、《放射源库房管理制度》、《射线装置操作规程》、《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射环境监测设备使用与检定制度》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》等相关制度。

（2）档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年5月1日实行）

第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

环评要求：医院应按照相关法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应建立放射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并且组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔应不超过 2 年。

（3）年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月 1 日实行）第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

环评要求：医院应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，年度评估报告包括医用 X 射线装置台账、密封放射源台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

12.3 辐射监测计划

12.3.1 验收监测

本项目正式投运前，医院应委托有资质的监测单位对其工作场所以及周边环境进行竣工环境保护验收监测，并检查各项辐射安全设施的有效性，确保其处于正常的工作状态。验收通过后，方可投入正常使用。

12.3.2 日常监测

医院拟配备至少 3 台个人剂量报警仪、1 台 X- γ 辐射剂量率测量仪，仪器能够正常使用。本项目建成后，医院应安排人员，利用现有的监测仪器定期对项目所在地以及周边环境日常监测，制定日常监测方案，监测数据存档备查。

（1）监测因子： X- γ 辐射剂量率

（2）监测点位：本项目日常监测可参考环评提出的监测计划建议（表 12-1）或竣工验收监测布点方案进行日常监测。

环评要求：医院拟配备的 X-γ 辐射剂量率应每年进行检定，确保仪器处于有效的范围之内。按照监测计划定期对项目所在地及周边环境进行日常监测，将监测结果与标准规定值进行比较，做好日常监测记录，存档备查。当测量值高于标准规定值时，应立即查明原因并采取相应的整改措施，确保其剂量率、表面污染控制水平满足标准限值要求。

表 12-2 放射性工作场所以及外环境监测计划建议

工作场所		监测因子	监测点位	监测频次
放射治疗科	后装机治疗室	X-γ 辐射剂量率	机房屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门和观察窗及缝隙外表面 30cm 处、机房顶棚外地面 30cm 处，工作人员操作位（含摆位位置），管线口及通风口处、贮源器表面 5cm 以及 1m 处	每季度至少监测一次
	电子直线加速器治疗室	X-γ 辐射剂量率	机房屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门及缝隙外表面 30cm 处、机房顶棚外地面 30cm 处，工作人员操作位，管线口及通风口处	
DSA 机房		X-γ 辐射剂量率	透视条件下，机房屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门窗及缝隙外表面 30cm 处、机房顶棚地面 1m 处，机房地坪下方 1.7m 高度人员可到达处，工作人员操作位，管线洞口位置处	

12.3.3 年度监测

医院每年应委托有资质的监测单位对放射性工作场所以及周边环境进行年度监测，每年至少监测一次。

12.3.4 个人剂量监测

医院拟为辐射工作人员配备个人剂量计，辐射工作人员按照相关要求佩戴，个人剂量计每 3 个月送有资质单位检测 1 次个人外照射累计剂量，并建立起个人剂量档案，个人剂量档案终生保存。

12.3.5 职业健康检查

按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）第 5.1.4 条要求，放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定执行，一般为 1a~2a，不得超过 2a，必要时，可适当增加检查次数。

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 8.2.2 条要求，职业照射个人剂量档案终生保存。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）第 7.2 条要求，放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

医院为辐射工作人员安排岗前、在岗、离岗放射性职业健康检查，在岗检查至少每 2 年进行一次，并建立职业健康档案且终生保存。

12.4 辐射事故应急

医院应根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性核素与射线装置安全与防护条例》、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，制定《辐射事故应急预案》，以加强对医院内放射源及射线装置的安全管理，预防辐射事故的发生、控制或减轻事故后果。

环评要求：医院应充分结合本项目放射源和射线装置的使用情况，依据国家相关法律法规和标准，使制定出来的应急预案具有操作性和可行性。医院应充分考虑到运行中可能出现的辐射事故，对医用电子直线加速器和后装机使用过程中的事故性出束、人员误入、急停开关失灵、后装机放射源卡源、被盗、脱落等辐射事故，提出针对性应急措施。同时应加强辐射事故应急预案的演练，提高事故应急处置能力。辐射事故应急预案应报所在地区级生态环境主管部门备案。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源或按下急停开关，停止射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应累计资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

⑥对可能发生的辐射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。

事故应急预案应包括以下内容：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急人员的组织、培训以及应急；
- ③可能发生辐射事故类别与应急响应措施；
- ④辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

12.5 环保投资和环保验收

12.5.1 环保投资

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目总投资 9000 万元，环保投资 45 万元，为项目投资额的 0.50%，环保投资比例适宜。环保投资主要为辐射安全设施购置费用、个人防护用品的购置费用、辐射环境监测费用、个人剂量计的购置及检测费用、职业病健康检查费用等。本项目环保投资一览表见表 12-3。

表 12-3 环保投资估算表

实施时段	类别	污染源或污染物	污染防治措施或设施	费用
项目准备阶段	环境咨询	—	—	5.0
施工期	废气	施工扬尘等	定期洒水	1.5
	固体废物	生活垃圾	统一纳入医院生活垃圾清运系统	1.5
项目验收阶段	竣工验收监测	—	—	5.0
运营期	固体废物	废 ^{192}Ir 放射源、废金属靶	交由厂家回收或委托有资质单位处置	—
	废气	后装机治疗室、加速器治疗室、DSA 机房产生的 NO_x 、臭氧	通过排风装置排出	5.0
	辐射环境	X 射线、 γ 射线	门-机联锁、视频监控及对讲设施、紧急停机按钮及回源装置、卡源处理、工作状态指示灯、剂量和时间联锁系统、门灯联动、红外防夹装置等 机房防护墙、防护门及观察窗屏蔽材料	17.0 计入工程投资
环境管理	制定环境管理制度			—
	配备个人防护用品、个人剂量报警仪			4.0
环境监测	配备辐射环境检测仪器，定期自检			2.0
人员管理	辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检			2.0
	辐射工作人员至少每 2 年进行放射性职业健康体检			2.0
总投资（万元）				45.0

12.5.2 环保验收

本项目建设完成后,应及时委托有资质的监测机构进行环保竣工验收监测,按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)规定的程序进行环境保护自主验收工作。本项目环保验收清单建议见表 12-4。

表 12-4 环境保护竣工验收清单(建议)

项目		标准以及相关文件验收要求内容	
辐射安全与环境保护管理机构		成立辐射安全与环境保护管理机构、安排专职辐射管理人员负责辐射安全与环境保护管理工作,以文件形式明确辐射防护管理机构职责。	
年有效剂量	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和环评报告,公众、职业照射剂量约束值分别执行 0.1mSv/a、5mSv/a,直线加速器治疗室职业照射剂量约束值执行 2mSv/a。		
剂量率限值	放疗科	工作人员操作位、屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门表面及缝隙外表面 30cm、顶棚外 30cm 位置、管线穿墙孔洞处 γ 辐射剂量率满足对应的剂量率参考控制水平。	
	DSA 机房	透视状态下工作人员操作位、屏蔽窗及墙体外表面 30cm 处、防护门表面及缝隙外表面 30cm、顶棚外 1m 及楼下位置、管线穿墙孔洞处 X- γ 辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的标准限值。	
辐射安全和防护措施	屏蔽措施		
	放疗科	直线加速器治疗室	治疗室防护门设置设置门机联锁装置、光幕式红外防夹装置,防护门上方设置工作状态指示灯,防护门表面张贴电离辐射警告标识;机房内以及控制台设置急停开关;机房内设置视频监控和对讲设施、固定式剂量警报装置、手动开门装置;控制台配备照射控制计时器等;
		后装机治疗室	机房防护门设置门机联锁装置、光幕式红外防夹装置,防护门上方设置工作状态指示灯,防护门表面张贴电离辐射警告标识;机房内以及控制台设置急停开关;机房内设置视频监控和对讲设施、在线监控系统、固定式剂量警报装置、手动开门装置;设备配备回源装置等。
	介入科、急救中心及手术室	DSA 机房	机房防护门外张贴有电离辐射警告标志、患者出入防护门上方有醒目的工作状态指示灯、灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示标志、设有门-灯联锁装置、候诊区设有放射防护注意事项告知栏、机房内有动力通风装置、机房设有观察窗或摄像监控装置等、电动推拉门设有红外防夹装置、平开门设有自动闭门装置等。
	“三废”处置设施	放射性固废	废 ¹⁹² Ir放射源交供源单位处理,废金属靶交厂家或有资质单位回收处理。
		非放射废气	加速器治疗室、后装机治疗室设置机械排风装置,机房通风换气次数 \geq 4次/h; DSA机房设置机械排风装置,保持良好的通风。
人员培训	辐射防护与安全培训和考核	辐射管理人员和辐射工作人员上岗前均应参加辐射安全和防护专业知识的培训,经考核合格上岗	
个人剂量与健康检查	个人剂量检测	辐射工作人员应佩戴个人剂量计,每季度送有资质单位检测,建立个人剂量档案	
	职业健康检查	安排辐射工作人员定期进行职业病健康检查,并建立职业健康监护档案	

续表 12-4 环境保护竣工验收清单（建议）

项目		标准以及相关文件验收要求内容
监测仪器和防护用品	监测仪器	X-γ 辐射剂量率仪≥1 台
	防护用品	为放疗科辐射工作人员至少配备 3 台个人剂量报警仪，配备个人剂量计、长柄镊子、储源罐等；为 DSA 工作人员、受检者配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护用品
辐射安全管理 制度	制定操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急措施等规章制度	根据环评要求以及陕环办发[2018]29 号文件要求，按照项目的实际情况，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。针对使用的放射源和射线装置使用过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急物质。定期进行辐射事故应急演练。
辐射安全管理 标准化	按照陕西省环境保护厅关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发[2018]29 号）文件进行验收	

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况以及实践正当性分析

为进一步满足群众就医需求，西咸新区秦汉中心医院拟开展西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目。该项目主要建设内容为：在医院门诊住院楼地下一层新建放疗科，安装 2 台电子直线加速器（II类射线装置）、1 台后装机（III类放射源），用于肿瘤治疗。在门诊住院楼一层、四层及五层新建急救中心、介入科及手术室，安装 5 台数字减影血管造影机（DSA，II类射线装置），用于医学介入诊疗。该建设项目有助于提高西咸新区及周边区域医学诊疗水平，符合辐射防护“实践正当性”原则。

该项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）第六项核能中第六条“核素、加速器及辐照应用技术开发”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.2 选址合理性分析

该项目位于医院门诊住院楼地下一层、一层、四层及五层。项目评价范围不涉及居民居住区，加速器以及后装机工作场所避开人群主要集中区域，对周边环境影响小，项目选址符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等相关标准要求。

13.1.3 辐射环境质量现状

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目所在地室内外 γ 辐射剂量率监测值为 67.7~91.3nGy/h，与咸阳市 γ 辐射剂量率（室内：87~123nGy/h，室外：48~68nGy/h）相当，处于正常环境本底水平，辐射环境质量现状无异常，项目所在区域辐射环境质量现状良好。

13.1.4 辐射安全设施

（1）医院直线加速器、后装机机房拟设置通排风装置、固定式剂量报警装置、门-机联锁装置、实时摄像视频装置、双向交流对讲系统、急停按钮、工作状态指示灯、光幕式红外防夹装置、手动开门装置、辐射工作场所明显位置张贴电离辐射警示标识；后装机治疗室另拟设置在线监控系统及断电自动回源装置，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）相关要求。DSA 机房拟设置门灯联动装置、观察窗、工作状态指示灯、红外防夹装置、自动闭门装置、机械通风装置、辐射工作场所明显位置张贴电离辐射警示标识，满足《放射诊断放

射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

（2）本次对各放射性工作场所拟划分控制区、监督区，并按照国家相关规定进行分区管理，最大程度减少对工作人员、公众辐射影响。根据诊疗工作需要，为辐射工作人员、患者配备相应数量的个人防护用品。

13.1.5 辐射环境影响分析

（1）屏蔽能力分析

经估算，直线加速器治疗室主屏蔽墙设计宽度均满足有用射线束屏蔽宽度要求，治疗室部分屏蔽墙体和防护门辐射屏蔽设计厚度远大于实际需要的屏蔽厚度。在正常或调强放射治疗情况下，直线加速器治疗室辐射防护实体屏蔽墙、防护门外表面 30cm 处各关注点的剂量率均在各关注点参考控制水平以内，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）相关要求。后装机治疗室实体屏蔽墙、防护门外表面 30cm 处各关注点处剂量率均满足各关注点剂量率参考控制水平，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）相关要求。

本项目各 DSA 机房屏蔽墙体、防护门外表面 30cm 处剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线机在透视条件下，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（2）“三废”影响分析

后装机在使用过程中产生的废 ^{192}Ir 放射源交供源单位回收和废金属靶交厂家回收。医院放疗科、介入科、急救中心及手术室工作场所设置机械排风装置，其产生的 NO_x 、臭氧等废气经通风管道引至楼顶排放。

（3）项目所致职业人员、公众年附加有效剂量

经估算，本项目电子直线加速器运行所致辐射工作人员、公众年最大附加有效剂量分别为 $4.31\times 10^{-8}\text{mSv}$ 、 $7.28\times 10^{-3}\text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量基本限值（职业人员 20mSv 、公众人员 1mSv ）及本次环评提出的年剂量约束值要求（职业人员 2mSv 、公众人员 0.1mSv ）。本项目后装机运行所致辐射工作人员、公众年最大附加有效剂量分别为 0.308mSv 、 $1.87\times 10^{-3}\text{mSv}$ ，DSA 运行所致手术室内医护人员、辐射工作人员、公众年最大附加有效剂量分别为 2.090mSv 、 0.079mSv 与 0.093mSv ，以上结果均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量基本限值

(职业人员 20mSv、公众人员 1mSv)及环评提出的年剂量约束值要求(职业人员 5mSv、公众人员 0.1mSv)。

13.1.6 辐射安全管理

医院应设置辐射安全与环境保护管理机构,应安排专职辐射安全管理人员,全面负责医院辐射安全管理相关工作,医院应按照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》(陕环办发〔2018〕29号)要求,制定各项辐射安全管理规章制度,辐射工作人员、辐射安全管理人员应经过辐射安全与防护培训,持证上岗,且应建立个人剂量档案和职业健康监护档案。在完善环评相关要求前提下,医院具备相应的辐射安全管理能力。

13.1.7 总结论

综上所述,西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目符合国家产业政策以及辐射防护实践正当性原则,选址合理,项目在严格落实本报告提出的各项污染防治措施、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后,具备辐射活动相适应的核技术应用能力。项目运行期对周围环境的辐射影响可控制在尽可能低的水平,满足辐射防护基本原则,运行所致辐射工作人员和公众年附加有效剂量均满足国家相关标准限值要求,符合剂量限值约束原则。因此,从辐射安全和环境保护角度分析,项目建设可行。

13.2 建议与要求

(1) 严格按照本报告表中设计参数以及相关要求进行建设,采用有质量保证的建筑材料,保证施工质量,确保工程辐射防护效果满足相关标准要求。

(2) 按照报告表中相关要求配备辐射安全设施,定期对辐射安全设施进行维护、维修,确保其正常使用。

(3) 对照陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知(陕环办发〔2018〕29号)相关要求,规范管理与操作,建立健全核技术利用项目各项档案管理,认真开展自查自评工作,发现问题及时整改。

(4) DSA 辐射工作人员应提高熟练程度,必要时增加人员,通过分摊剂量方式减少核辐射工作工作人员年附加有效剂量。

(5) 应按要求配备辐射剂量检测仪及个人防护用品,按照监测计划定期对放射性工作场所以及周边环境进行监测,将原始监测记录存档备查。

(6) 加强射线装置与放射源的管理，建立台帐制度，存档备查。

(7) 建立完善辐射事故应急预案，使之具有针对性、可操作性，加强日常演练，做到有备无患，确保发生事故时，能够及时有效启动辐射事故应急预案。

(8) 医院每年应对医院放射性同位素和射线装置的安全和防护状况编制相应的评估报告，于每年 1 月 31 日前向发证机关提交该评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日

附件一：委托书

委 托 书

核工业二〇三研究所：

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》、《建设项目环境影响评价分类管理目录》、《建设项目环境保护管理条例》等法律法规的相关规定，我公司西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及 DSA 核技术利用项目应进行环境影响评价，现委托贵所承担本项目的环境影响评价工作，请接收委托后，开展环评工作。

陕西省西咸新区秦汉新城开发建设
集团有限责任公司（盖章）

2021年9月1日



附件二：市场主体环境信用承诺书

市场主体环境信用承诺书

为践行绿色发展理念，努力营造诚实守信的社会环境，强化诚信意识，恪守环保信用，本单位自愿承诺，坚持守法生产经营，并自觉履行以下环境保护法律义务和社会责任。

一、依法申请办理环境保护行政许可，保证向环保行政机关提供资料合法、真实、准确、完整、有效。

二、严格遵守国家和陕西省有关环境保护法律、法规、规章、标准和政策规定，依法从事生产经营活动。

三、深入开展环境宣传教育，倡导科学发展理念，建立环境保护责任制度，积极实施清洁生产，减少污染排放并合法排污，制定突发环境事件预案，依法公开排污信息，自觉接受环境保护行政主管部门的监督检查等环境保护法律、法规、规章规定的义务。

四、自觉接受社会监督，将诚信理念贯穿于企业生产经营全过程，积极履行环境保护社会责任。

五、若违反本承诺，除依照《中华人民共和国环境保护法》等有关法律、法规规定接受行政处罚外，自愿接受惩戒和约束，并依法承担赔偿责任和刑事责任。

六、本单位同意将此《市场主体环境信用承诺书》上网公示，并将信用承诺和践诺信息纳入陕西省公共信用信息平台，接受社会监督。

承诺单位（盖章）：

统一社会信用代码：916111035556659118

法定代表人（或授权人签字或盖章）：

法定代表人身份号码：6104031971111110031

承诺用途：用于报批《西安新区秦川中心医院加速器、放疗机及DSA技术利用项目环境影响报告表》

承诺日期：2022年4月11日

附件三：监测报告



正本

监测报告

报告编号：2021-HP-DL035

项目名称 西咸新区秦汉中心医院核技术应用项目

委托单位 陕西省西咸新区秦汉新城

开发建设集团有限责任公司

监测类别 委托监测

报告日期 2021年9月13日

核工业二〇三研究所分析测试中心



核工业二〇三研究所分析测试中心 监测报告

报告编号：2021-HP-DL035

第 1 页 共 3 页

一、委托单位及联系人

委托单位：陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司

单位地址：西咸新区秦汉新城泾渭大道与天汉大道十字西南角

联系人以及联系方式：赵工 18602960139

监测类别：现场监测

二、监测内容

为了改善西咸新区秦汉新城医疗设施条件，陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司拟建设一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复为一体的综合性三级甲等医院（西咸新区秦汉中心医院）。拟在医院门诊住院楼地下一层新建放疗科，新增 2 台电子加速器、1 台后装机和 1 台 CT 模拟定位机，用于肿瘤治疗。在门诊住院楼一层、四层及五层新建急救中心、介入科和手术室，新增 5 台数字减影血管造影机（DSA），用于医学诊疗。受建设单位委托，本次对项目所在地及周边环境进行 γ 辐射剂量率监测。

三、监测时间、地点及天气条件

监测时间：2021 年 9 月 11 日

监测地点：西咸新区秦汉新城泾渭大道与天汉大道十字西南角

天气条件：晴，温度：31℃，相对湿度：30%。

四、监测因子

γ 辐射剂量率

五、现场监测人员

赵连波、邓东旭

六、监测仪器及校准情况

本项目使用的监测仪器及仪器校准情况见表 1。

表 1 监测仪器、测量范围以及校准情况

项目	仪器名称及型号, 仪器编号	测量范围	校准单位	校准证书编号	校准有效期
γ 辐射剂量率	FH40G-X 主机 +FHZ672E-10 探头, FHP003-2018 (主机) +FHP004-2018(探头)	1nSv/h~ 100 μ Sv/h	中国计量科学研究院	DLjl2021-13873	2021.05.19~ 2022.05.18

核工业二〇三研究所分析测试中心 监测报告

报告编号：2021-HIP-DL035

第 2 页 共 3 页

七、相关标准规范

- (1)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);
- (2)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);
- (3)《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015 年)。陕西省咸阳市原野、道路及室内 γ 辐射剂量率调查结果见表 2。

表 2 咸阳市原野、道路及室内 γ 辐射剂量率调查结果 (nGy/h)

项目	原野	道路	室内
范围	48.0~68.0	32.0~68.0	87.0~123.0
均值	60.0	51.0	104.0
标准差	5.0	11.0	8.0

八、监测结果

西咸新区秦汉中心医院项目拟建地以及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 3。

表 3 西咸新区秦汉中心医院项目拟建地及周边环境 γ 辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (nGy/h)	备注
		测量值	
1	门诊住院楼地下一层放疗科	89.2	
2	门诊住院楼一层急救中心	90.5	
3	门诊住院楼四层介入科	91.3	
4	门诊住院楼五层手术室	88.4	
5	项目拟建地室外空地	67.7	

- 说明：1、表中结果已扣除仪器对宇宙辐射响应值，此处宇宙射线响应值为 16.19；
2、按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数为 1.20 Sv/Gy；
3、监测时，仪器探头距离地面高度 1m；
4、本报告仅对本次监测点位及监测结果负责。

核工业二〇三研究所分析测试中心 监测报告

报告编号：2021-HP-DL035

第 3 页 共 3 页

九、监测布点图

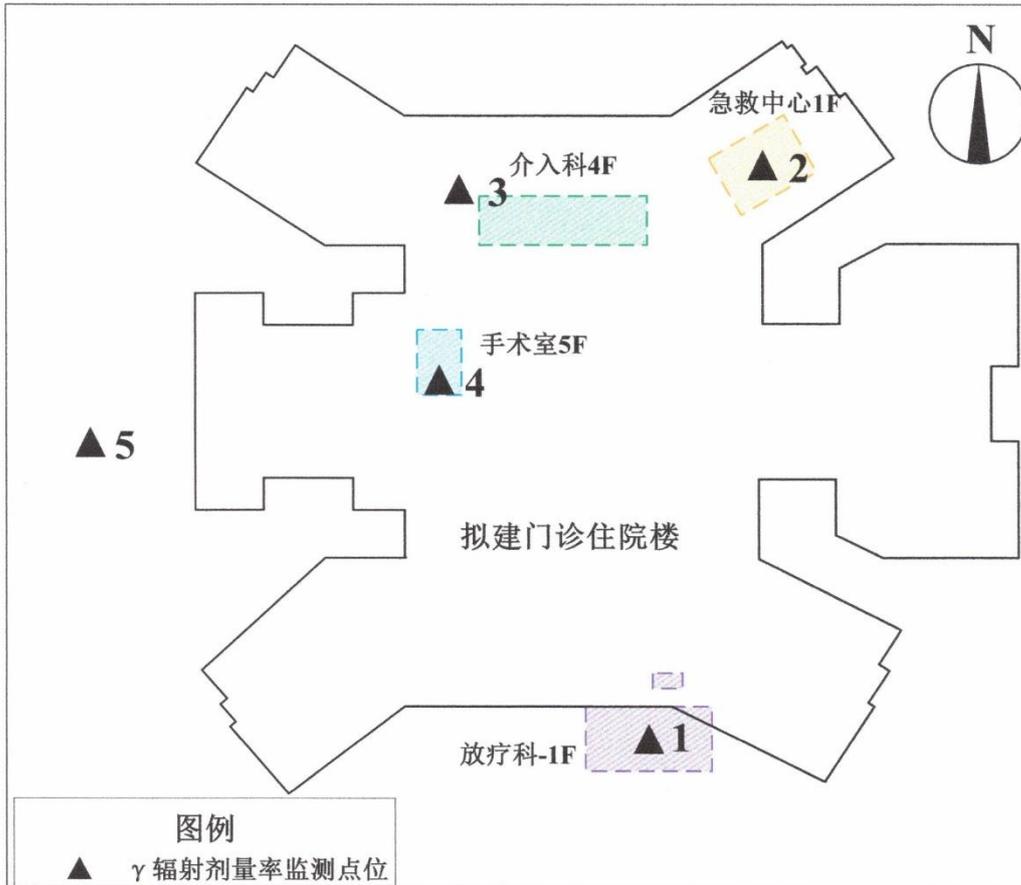
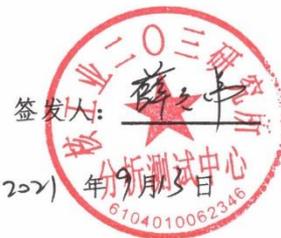


图 1 西咸新区秦汉中心医院项目拟建地及周边环境 γ 辐射剂量率监测布点图

以下空白

编制人：赵连佳

审核人：陈相弘



2021年9月13日

2021年9月13日

2021年9月13日

报告结束

附件四：公示截图



核工业二〇三研究所
No.203 Research Institute of Nuclear Industry



029-89107256
029-89101268

网站首页 关于我们 新闻中心 下载中心 业务介绍 技术支持 工程业绩 政策法规 联系我们



通知公告

- 公司新闻
- 行业动态
- 通知公告

您的位置: 首页 > 新闻中心 > 通知公告 >

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及DSA 核技术利用项目环境影响报告表公示

发布时间: 2022-03-14 15:11:23 点击量: 51

西咸新区秦汉中心医院加速器、后装机及DSA 核技术利用项目环境影响报告表公示

陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司拟建设西咸新区秦汉中心医院, 医院拟在门诊住院楼地下一层新建放疗科, 新增2台10MV电子直线加速器(II类射线装置)、1台后装机(III类放射源)和1台CT模拟定位机(III类射线装置)用于肿瘤治疗。在门诊住院楼一层、四层及五层新建急救中心、介入科及手术室, 新增5台数字减影血管造影机(DSA, II类射线装置), 用于医学介入诊疗。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》、《建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)》规定要求, 该项目应该编制环境影响报告表。现将该项目环境影响报告表予以公示, 公示期: 2022年3月14日—2022年3月27日。

公众可查阅环评报告全本内容, 提出反馈意见。公众若对该项目环保问题有意见、看法, 可以信函、电子邮件、电话或者按照有关公告要求的其他方式, 向建设单位或者其委托的环境影响评价机构及时反映。同时请您留下您的联系方式, 以便我们能够及时回复您的意见。

建设单位: 陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司
单位地址: 西咸新区秦汉新城天汉大道与泾渭大道十字西南
联系人: 赵明
联系电话: 18602960139

环评单位: 核工业二〇三研究所
单位地址: 陕西省西咸新区沣东新城科源三路869号
联系人: 刘宸
联系电话: 18329962878
电子邮件: 442735400@qq.com
报告表全文: [环评报告.docx](#)

上一页: [新疆塔里木盆地乌恰-尉犁地区铀矿资源调查评价与勘查、新疆北部重点区铀-多金属矿调查评价与勘查、新疆伊犁盆地及周边地区砂岩型铀矿资源调查评价与勘查、新疆准噶尔盆地铀矿资源调查评价与勘查](#)等4个项目环境影响报告表报批前公示

下一页: [国能长武农光互补光伏发电项目110kV升压站工程环境影响报告表公示](#)

[【关闭窗口】](#)

陕西省西咸新区秦汉新城行政审批与政务服务局文件

秦汉审服准〔2018〕130号

关于西咸新区秦汉中心医院建设项目环境影响报告书的批复

陕西省西咸新区秦汉新城开发建设集团有限责任公司：

你公司《西咸新区秦汉中心医院建设项目环境影响报告书》收悉，经审查，现批复如下：

一、项目概况

该项目北临天汉大道、东临秦汉大道，南靠规划旅游路（未建），西侧为荒地，占地面积400亩，主要建设一栋类米字型门诊住院楼和一朵行政宿舍楼，总建筑面积180000m²（不含地下建筑）。项目总投资200000万元，其中环保工程投资445万元，占总投资的0.2%。

依据技术评审会形成的专家意见，项目在落实《报告书》提出的各项污染防治措施前提下，环境不利影响能够得到一定程度的减缓和控制。从环境保护的角度，我局原则同意按照报告书所列建设项目的地点、性质、规模及拟采取的环境保护、风险防范措施进行项目建设。

二、项目在建设及营运过程中必须做好以下工作

（一）项目在设计、施工及运营中，必须认真落实“报告书”中提出的各项污染防治措施，严格执行建设项目保护“三同时”制度要求，确保各类污染物稳定达标排放。

（二）做好施工期环境管理工作，施工扬尘认真执行《施工场界扬尘排放限值》（DB61/1078-2017）要求，落实好洒水、覆盖、硬化、冲洗、绿化、围挡等措施，切实减轻扬尘对周边环境的影响；严格控制施工噪声和作业时间，禁止夜间施工（22:00-次日6:00），确保施工噪声达到（GB12523-2011）《建筑施工场界环境噪声排放标准》相关要求；施工废水全部收集回用不外排，建筑垃圾综合利用，剩余部分定点堆放及时清运，施工结束后对临时占地进行植被恢复。

（三）落实营运期废水处理措施。严格按照《医院污水处理设计规范》要求建设污水处理站，认真落实各项防渗措施。按照“雨污分流、清污分流、分类收集”的原则合理设置项目排水管网。确保废水达标排放。

（四）加强营运期废气污染防治。对医院污水处理站产生

的恶臭气体采取工程措施进行除臭处理，确保恶臭气体排放达到（GB18466-2005）《医疗机构水污染物排放标准》要求，供暖采用燃气锅炉，食堂使用洁净能源并安装油烟净化设施，确保油烟废气排放达到（GB18483-2001）《饮食业油烟排放标准》要求。

（五）落实营运期噪声污染防治措施。优先选用低噪环保设备，对强噪声源采取基础减振和隔声降噪措施，确保噪声排放达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中2类、4类标准要求。

（六）落实固体废弃物处置措施。规范建设医疗废物暂存点。医疗垃圾、污水处理站污泥等医疗废物交由医疗废物处置中心安全处置，其他危废交由有资质单位处置，严禁擅自处理，生活垃圾不得与医疗垃圾混放，经分类收集后交由环卫部门清运。

（七）加强运营期环境管理，监理健全环保规章制度，设置专人负责环保工作，定期对废水、废气、噪声进行监测，确保污染物达标排放；加强环境风险防范，制定突发环境风险应急预案，经审查后上报各级环保部门备案。

（八）涉及放射性同位素与射线装置应用部分，应执行《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的有关规定，另行进行环境影响评价。

(九) 环境影响报告书内容及结论真实、可靠性，由建设单位和环境影响评价单位负责。

三、项目环保设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。项目竣工后，必须按照规定程序实施竣工环境保护验收，验收通过后方可投入正式运营。

四、本批复自下达之日起，项目的性质、规模、地点或者污染防治措施发生重大变动的，须重新报批项目的环境影响评价文件。

陕西省西咸新区秦汉新城行政审批与政务服务局

2018年11月25日

审批专用章

6101920018539

抄送：秦汉新城环境保护局

陕西省西咸新区秦汉新城行政审批与政务服务局

2018年11月25日印发

共印6份

