

表 1 项目基本情况

建设项目名称		榆林市中医医院后装机核技术利用项目			
建设单位		榆林市中医医院			
法人代表	杜光勇	联系人	杜燕子	联系电话	13772948526
注册地址		榆林市新建南路 131 号			
项目建设地点		榆林市榆阳区知行路 2 号 (榆林市中医医院新院区住院楼 1 负一层)			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	201	项目环保投资 (万元)	22.6	投资比例(环保 投资/总投资)	11.24%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积(㎡)	160
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☒ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☒ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 使用	☐ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			
	1.1 项目概述 1.1.1 项目背景 1.1.2 医院简介 榆林市中医医院(以下简称医院)属于全国三级甲等中医院,设有“一院两区”“五大医院、五大中心”即,榆林市眼科医院、榆林市脑肾病医院、榆林市肝胆脾胃病医院、榆林市康复医院、榆林市中医骨伤医院,陕西省妇科诊疗中心、榆林市眼病诊疗中心、榆林市治未病中心、榆林市过敏性鼻炎中西医结合诊疗中心、榆林市营养膳食中心。老院区位于榆林市新建南路 131 号,新院区位于榆林市榆阳区知行路 2 号,新院区于 2020 年 6 月 22 日取得榆林市行政审批服务局《关于榆林市中				

医医院迁建项目环境影响报告书的批复》（榆政审批生态发〔2020〕101号），并已于2024年12月31日完成整体搬迁并顺利开诊，设置床位1000余张，年收治病患增加至约60万人，日门诊量约2400人。新院区占地面积134亩，现已发展成为集医疗、教学、科研、保健、文化五位一体的功能化、智慧化、人文化、园林化的现代三级甲等中医医院。

1.1.1.2 目的和任务的由来

为了满足广大患者的诊疗需求和医院自身发展需要，医院拟在新院区住院楼1负一层建设一间后装机房，安装1台后装治疗机，配备1枚 ^{192}Ir 放射源。

根据《关于发布<放射源分类>办法的公告》（国家环境保护总局公告2005年第62号）相关规定，本项目后装机拟配备1枚 ^{192}Ir 放射源，活度为 $37\times 10^{11}\text{Bq}$ （10Ci），属于Ⅲ类放射源。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》中“五十五、核与辐射172、核技术利用建设项目”中“.....使用Ⅱ类、Ⅲ类放射源；生产、使用Ⅱ类射线装置的”应编制环境影响报告表，因此，本项目应编制环境影响报告表。

医院委托西安旭奥环境科技有限公司（简称“环评单位”）承担榆林市中医医院后装机核技术利用项目的环境影响评价工作。接受委托后，环评单位组织技术人员进行现场勘察，收集、整理有关资料，对项目的建设情况进行了初步分析，并根据建设项目的应用类型及所在地周围区域的环境特征，在现场勘察、资料调研、预测分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的基本要求，编制完成了《榆林市中医医院后装机核技术利用项目环境影响报告表》。

1.1.2 实践正当性分析

本项目使用的后装治疗机对肿瘤进行放射治疗，病人无须手术、损伤小，为病人提供了一个更加优越的诊疗环境，同时对提高肿瘤放疗水平具有重大意义，在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益，具有明显的社会效益。故符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

1.1.3 产业政策合理性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号）鼓励类中“十三、医药，4. 高端医疗器械创新发展：新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备……等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”。因此，本项目符合国家产业政策。

1.1.4 项目概况

1.1.4.1 建设内容及规模

医院拟在新院区住院楼 1 负一层建设一间后装机房。主要建设内容包括：1 间后装机房及辅助用房，在后装机房安装一台后装机。

项目组成表见 1-1。

表 1-1 项目组成表

类别	工程名称		主要内容		备注
主体工程	后装机房		建设规模	长 6.76m，宽 3.50m，设计面积为 23.66m ² （不含迷路）。 机房建筑层高为 4.0m。	新建
			设备	一台含 1 枚 ¹⁹² Ir 放射源的后装治疗机。	
辅助工程	后装机房 辅助用房	后装控制室、准备间、更衣、冲洗间。			新建
公用工程	供电系统		依托现有医院供电系统。		依托 现有
	给排水系统		依托现有医院供水管网供辐射工作人员生活用水。 辐射工作人员生活污水排至医院排水管网。		
	配供电		用电来源于市政供电，依托医院配电		
	排风系统		本项目机房设排风系统最终汇入排风井经排风井引出 1 楼室外排放。		新建
环保工程	防护措施		后装机房采用符合要求的混凝土墙体、铅防护门。		新建
	安全措施		电离辐射警告标志、工作状态指示灯、门-机联锁装置、防夹装置、 防护门紧急开门装置、实时摄像监控系统、对讲系统、急停按钮、 剂量报警装置、手动回源应急装备、长柄镊子、应急贮源器、放 射源在线监控系统、新排风系统、换气次数不小于 4 次/h。		新建
	废气处置		后装机房设置排放口，废气经排放管道引至排风井经排风井引出 1 楼室外排放。		
	生活污水		本项目辐射工作人员产生的生活污水依托医院现有污水处理站进 行处理达标后排至市政污水管网。		依托 现有
	固废	生活 垃圾	本项目辐射工作人员产生的生活垃圾，分类收集最终由环卫部门 处置。		

		放射性固废	退役的放射源 ^{192}Ir 作为放射性固废，由供应商更换并交由有资质单位处置，不在项目地贮存。	/
--	--	-------	--	---

1.1.4.2 主要技术参数

本项目拟配备的设备及放射源相关参数见表 1-2。

表 1-2 后装治疗机配备的放射源的相关参数一览表

核素	物理状态	活度	γ 射线能量	放射源类别	用途	位置
^{192}Ir	固态	$3.7 \times 10^{11} \text{Bq} \times 1$ 枚	370keV	III 类	后装治疗	住院楼 1 负一层后装机房

1.1.5 劳动定员和工作负荷

1.1.5.1 劳动定员

本项目辐射工作人员拟全部新招聘。计划配备 4 名辐射工作人员，含 1 名医师，1 名物理师，2 名放疗技师。本项目辐射工作人员不兼职医院其他辐射工作。

1.1.5.2 工作负荷

根据医院提供的资料，后装治疗机投入使用后预计每天最大治疗人数为 20 人，每周工作 5 天，年工作 50 周，则年最大治疗人数为 5000 人次，当放射源活度最大时，每位患者的治疗时间最大为 6min，其中摆位时间最大为 2min，年治疗时间为 500h，摆位年累计受照时间 166.7h。

1.1.6 项目选址及周边环境概况

1.1.6.1 医院周边环境关系

本项目位于新院区，医院新院区位于榆林市榆阳区知行路 2 号，地理坐标为东经：109°45'58.5589"，北纬：38°19'33.0681"。东侧为育德路，隔路为盛景兰庭小区；西侧为金沙路，隔路现状为空地；南侧为榆林市第一中学；北侧为环城北路，隔路为金林社区。医院新院区地理位置见图 1-1，周边环境关系见图 1-2。

1.1.6.2 医院总平面布局

医院新院区主要建有 4 栋住院楼（住院楼 1、住院楼 2、住院楼 3、住院楼 4）、门诊楼、门急诊、国医堂、行政楼、科教楼等。医院平面布局图见图 1-3。

1.1.6.3 项目所在区域的平面布置

本项目位于住院楼 1 负一层，后装机房东侧为过道，西侧为直线加速器机房②，南侧为污水井间、控制室，北侧为走廊，下方为土层，项目所在负一层平面布局图

见图 1-4，项目正上方为卫生间、走廊、女值班室、污物暂存间。一层平面布局图见图 1-5。

1.1.6.4 项目选址合理性分析

表 1-4 选址合理性分析

法规标准	标准要求	设计情况	评价
《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)	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。	本项目后装机房位于医院新院区住院楼 1 负一层，不涉及民居、写字楼及商住两用的建筑物。	符合 要求
	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。	后装机房位于医院新院区住院楼 1 负一层，属于多层建筑物的底层。周边无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。	符合 要求
《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020)	6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目后装机房位于医院新院区住院楼 1 负一层，属于多层建筑物的底层。放疗机房及辅助用房同时设计建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	符合 要求

因此后装机房选址满足《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）中选址相关要求。



图 1-1 医院新院区地理位置图



图 1-2 医院新院区周边环境关系图

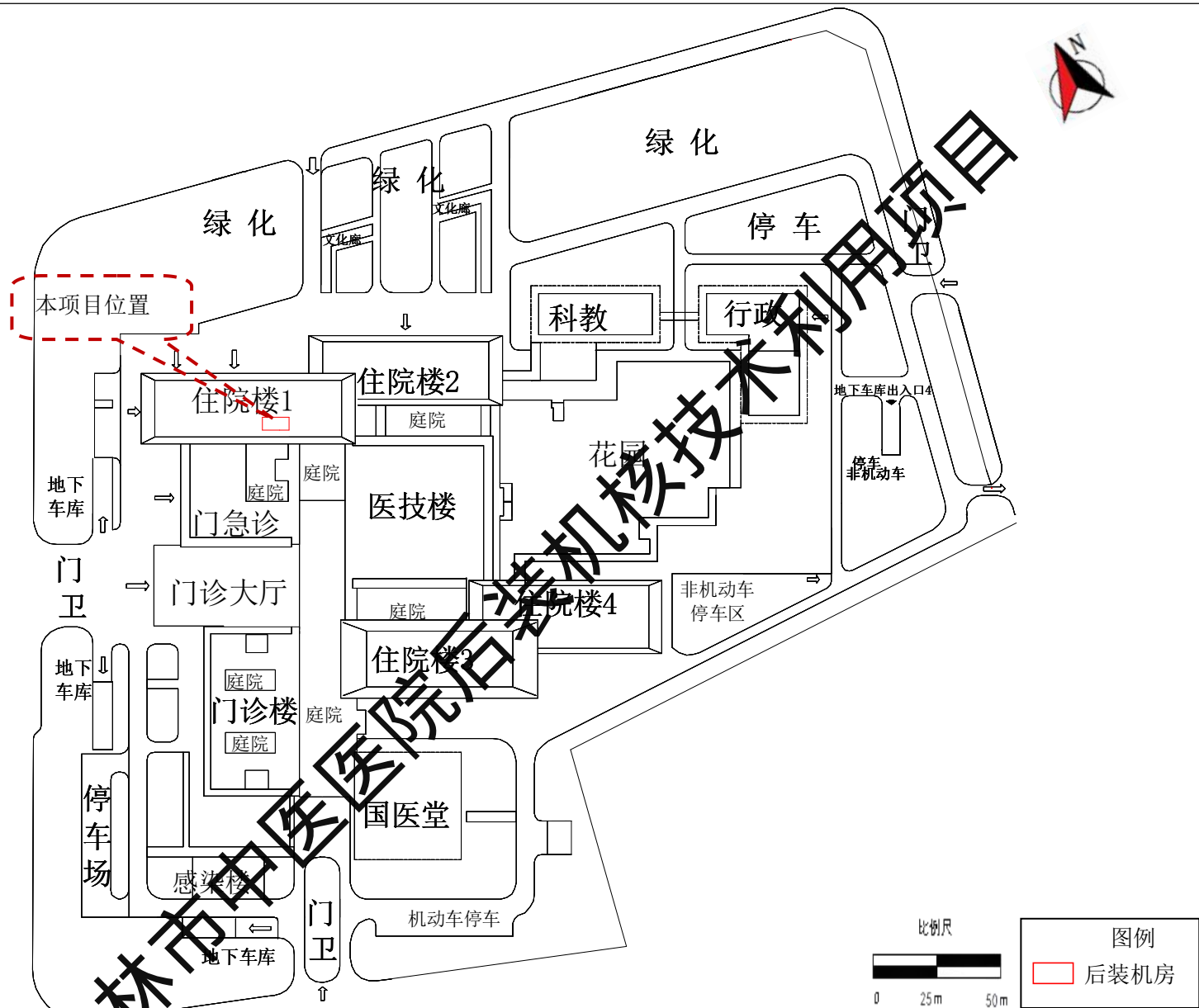
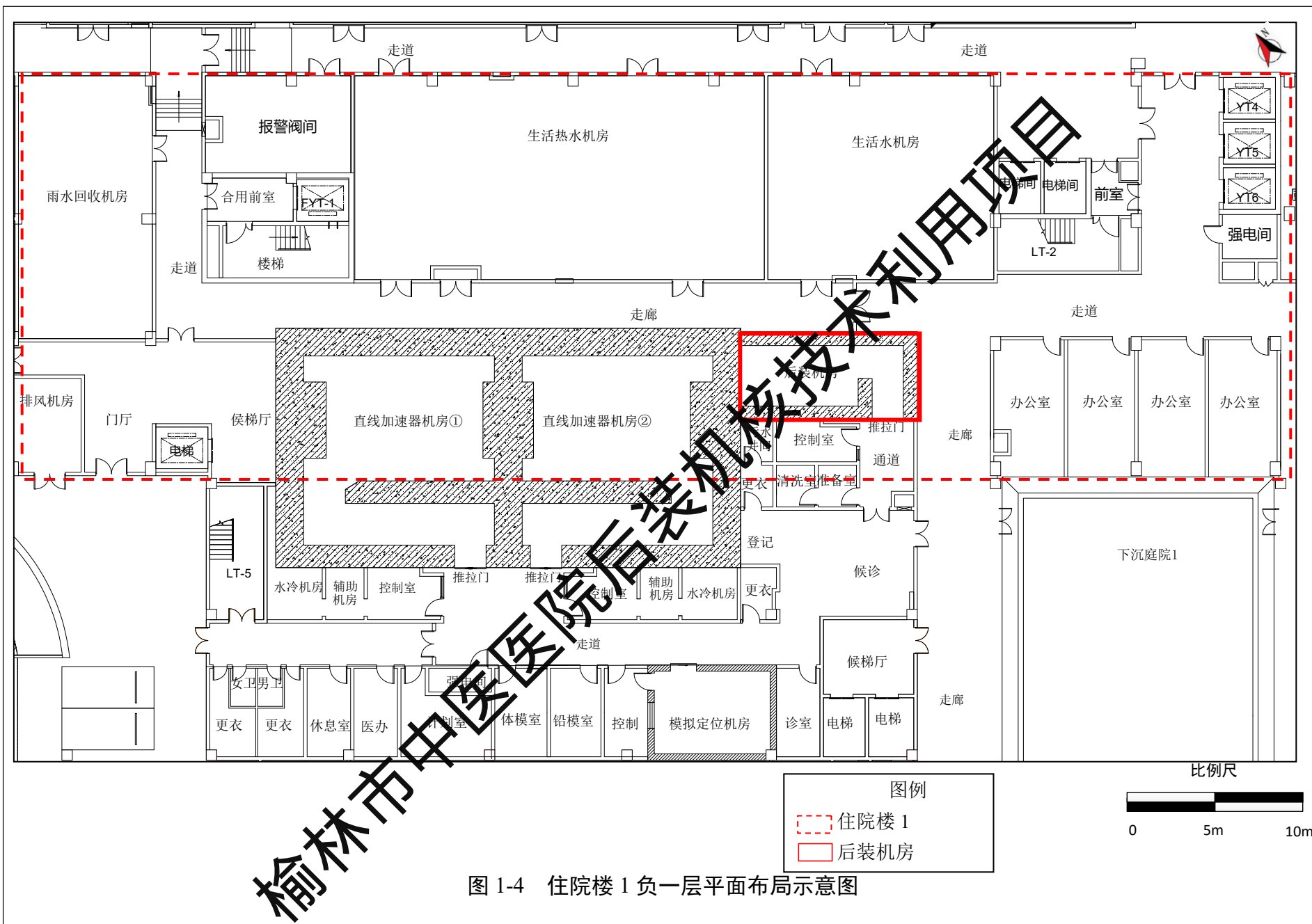


图 1-3 医院新院区平面布局图



1.2 医院已有核技术利用项目许可情况

1.2.1 辐射安全许可证

医院现持有榆林市行政审批服务局 2024 年 3 月 21 日核发的辐射安全许可证（陕环辐证[60077]），有效期至 2026 年 4 月 8 日，许可的种类和范围为：使用 II 类、III 类射线装置，辐射安全许可证上共计 18 台射线装置，因医院整体迁址于新院区（榆林市榆阳区知行路 2 号），现有辐射安全许可证上部分射线装装置目前已停用报废（停用报废的射线装置医院已在全国核技术利用辐射安全申报系统进行台账维护），部分射线装置已从老院区迁至新院区，目前已开始重新申报辐射安全许可证。现有辐射安全许可证核准的种类和范围见表 1-5。

表 1-5 现有射线装置辐射安全许可证已许可情况

序号	装置名称	型号	工作场所	类别	数量（台）	备注
1	DSA	0Ptima IGS 330	榆阳区新建南路 131 号北方院区	II 类	1	已迁
2	CT 机	Optima CT660		III 类	1	使用
3	DR 机	DigitalDiagnost		III 类	1	已停用
4	数字胃肠机	Precision THUNIS-800+		III 类	1	已停用
5	移动式 C 形臂机 X 射线机	JZ06-1		III 类	1	已停用
6	口腔 CT 机	HiRes 3D		III 类	1	已迁
7	牙片机	RAY65(M)		III 类	1	已迁
8	牙片机	RAY65(M)		III 类	1	重复录入
9	小 C（1）	PHADIOUS-9 (正确型号 HMC-50)		III 类	1	已迁
10	移动式 X 线机	Mobilett Mira Max		III 类	1	已迁
11	车载 DR 机	XG/125 (正确型号 AKHX-50/200D-RAD)	榆阳区上郡南路 20 号南郊院区	III 类	1	已迁
12	CT 机	SOMATOM Spirit		III 类	1	已停用
13	DR	multix Select DR (正确型 TD-DR 1800)		III 类	1	已停用
14	DR	DigEye		III 类	1	已停用
15	DR	SHF-635	榆阳区南大街 47 号北方医院（东院）	III 类	1	已停用
16	CT 机	SOMATOM Emotion 16-slice configuration		III 类	1	已迁
17	数字胃肠机	Precision THUNIS-800+		III 类	1	已停用

18	移动 X 线机	MobiEgwzoo		Ⅲ类	1	已停用
----	---------	------------	--	----	---	-----

1.2.2 环保手续履行情况

根据对医院射线装置环保手续进行梳理统计，医院现已取得环境影响报告表批复或已进行建设项目环境影响登记表备案的射线装置有 11 台，其中包括 4 台Ⅱ类射线装置，7 台Ⅲ类射线装置。因 CT 机（Optima CT660）原有登记备案手续遗失，现医院已进行补办登记备案，其余 6 台Ⅲ射线装置因医院迁址新院区，已搬迁至新院区，在运行前已重新填报登记表备案。进核技术利用项目及其环保手续履行情况见表 1-5。

表 1-5 核技术利用项目及其环保手续履行情况

序号	装置名称	型号	工作场所	类别	数量 (台)	环保手续	
						环评手续	竣工环 保验收 手续
1	CT 机	Optima CT660	榆林市榆阳区新建南路 131 号 副楼 1FCT 扫描室	Ⅲ类	1	2025.4.23 备案号： 202561080200 000098	/
2	DSA	/	榆阳区知行路 2 号 医技综合楼 1F 影像科 DSA1 室	Ⅱ类	1	2023.5.25 《关于榆林市中医医院迁建工程医用射线装置应用项目环境影响报告表的批复》 （榆政审批生态发〔2023〕65 号）	目前处于建设阶段
3	直线加速器 ①	/		Ⅱ类	1		
4	直线加速器 ②	Halcyon		Ⅱ类	1		
5	DSA （搬迁设备）	Optima GS 530		Ⅱ类	1		
6	小 C	HMC-50		Ⅲ类	1		
7	车载 DR 机	AKHX-50/200D-RAD	榆阳区知行路 2 号	Ⅲ类	1	2025 年 4 月 23 日 备案号： 202561080200 000099	/
8	移动式 X 线机	Mobilett Mira Max		Ⅲ类	1		
9	CT 机	SOMATOM Emotion16-slice configuration		Ⅲ类	1		
10	牙片机	RAY68(M))		Ⅲ类	1		
11	口腔 CT 机	HiRes 3D		Ⅲ类	1		

1.2.3 辐射安全管理现状

医院严格执行相关放射性法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度建立、落实以及档案管理等方面运行较好。

根据医院提供的资料，医院辐射安全管理现状如下：

（1）辐射防护管理机构设置及制度情况

医院已成立了以杜光勇为组长的辐射安全与环境保护领导小组，全面负责医院的辐射安全与防护管理日常工作，办公室设在医务科，由张凌担任主任，负责辐射安全办公室工作。

医院已制定了辐射安全与防护管理工作制度，主要包括《辐射安全管理人员岗位职责》《射线装置工作人员岗位职责》《医用 X 射线设备安全操作规程》《放射防护安全管理制度》《核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《射线装置管理制度》《辐射工作人员培训管理制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员职业健康体检管理制度》《射线装置定期检查与维护制度》《辐射环境监测计划》《辐射事故应急预案》等，并在实际工作中予以贯彻落实，医院各项规章制度执行良好。

（2）辐射工作人员管理情况

医院为现有 75 名辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托有资质单位进行了个人剂量检测，根据 2024 年 1 月至 2024 年 12 月个人剂量检测报告结果，医院现有辐射工作人员最大年有效剂量为 0.91mSv，满足不大于 5mSv/a 的剂量管理目标值。

医院为现有 75 名辐射工作人员，根据对现有辐射工作人员进行岗位调查，从事 II 类射线装置的辐射工作人员参加了核技术利用辐射安全与防护考核，并取得了合格成绩报告单。从事 III 类射线装置的辐射工作人员均参加了医院组织的自主考核，考核合格。

（1）医院现有 75 名辐射工作人员中的 43 名（其余 32 名辐射工作人员体检报告已过期，医院已安排体检工作，预计 6 月前出体检结果）于 2024 年 1 月 19 日-2024 年 1 月 26 日进行了职业健康检查，体检结果表明，其中两名辐射工作人员体检异常，需暂时脱离放射性作业岗位，其余 41 名均可继续原放射工作，详见附件 8 体检报告。医院已为健康体检报告过期及体检异常的辐射工作人员重新安排体检工作。

（3）工作场所及辐射环境监测情况

根据对医院以往的射线装置辐射场所防护检测进行统计，根据最新一期检测报告（报告

编号：FHJC-SXGK-062024028、FHJC-SXGK-062024029、FHJC-SXGK-062024030、FHJC-SXGK-062024032、FHJC-SXGK-062024033），截止目前原有射线装置，防护场所检测结果均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）规定的周围剂量当量率要求。检测结果见表 1-7。

表 1-7 放射工作场所关注点最大 X-γ辐射剂量率

序号	装置名称	型号	检测条件	关注点最大剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	DSA	Optima IGS 330	AEC 电压 81kV，电流 19.9mA， 出束时间 10s	1.69	2.5
2	CT 机	Optima CT660	电压 120kV，管电流时间积 200mAs，准直宽度 10mm	0.76	2.5
3	DR 机	DigitalDiagnost	电压 102kV，AEC 管电流时间积 5.63mAs，AEC 曝光时间 0.16m	1.01	25
4	数字胃肠机	GE PS800	透视：AEC 电压 85kV，电流 5.0mA，出束时间 10s	0.175	2.5
			点片：电压 120kV，电流 100mA， AEC 管电流时间积 12.80mAs	0.87	25
5	小 C②	JZ06-1	AEC 电压 78kV，电流 4.0mA， 出束时间 10s	0.39	2.5
6	口腔 CT 机	HiRes 3D	电压 100kV，电流 4mA，出束时 间 12.38s	0.95	2.5
7	牙片机	RAY6800	电压 70kV，电流 7mA，曝光时 间 400ms	0.159	2.5
8	DR 机	NDP-K1800	电压 120kV，电流 100mA，曝光 时间 200ms	0.193	25
9	CT 机	SOMATOM Spirit	电压 120kV，管电流时间积 200mAs，准直宽度 10mm	1.13	2.5
10	车载 DR 机	AKHX-50/200D- RAD	电压 120kV，电流 100mA，曝光 时间 200ms	0.33	25
11	CT 机	SOMATOM Emotion16-slice configuration	电压 130kV，管电流时间积 200mAs，准直宽度 10mm	0.72	2.5
12	数字胃肠机	Precision THUNIS-800+	透视：AEC 电压 101kV，电流 3.8mA，出束时间 10s；	0.186	2.5
			点片：电压 120kV，电流 100mA， AEC 管电流时间积 9.8mAs	0.69	25

(4) 辐射环境监测设备检定情况

医院配备有 1 台型号为 GB4000 的 x、 γ 辐射空气比释动能率仪，用于医院工作场所辐射防护的自主检测。该设备已于 2024 年 4 月 12 日进行校准，并取得校准证书，证书编号：2024H21-10-5194906001。

（5）其他

医院严格按照相关法律法规及陕西省生态环境厅的各项要求，认真履行各项规章制度。每年按时提交年度评估报告。

榆林市中医医院后装机核技术利用项目

表 2 放射源

序号	核素名称	放射性活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ Bq×1 枚	III 类	使用	放射治疗	住院楼 1 楼一层后装机房	装载于后装治疗机内	新增

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)	年最大使用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
后装机废放射源	固体	^{192}Ir	/	/	每年更换放射源 3 次， 由放射源供应单位更换	/	/	放射源供应单位 负责更换

榆林市中医医院后装机核技术利用项目

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法（修订）》（中华人民共和国主席令第 9 号），2015 年 1 月 1 日施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法（修订）》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第二次修正，2018 年 12 月 29 日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年），自 2003 年 10 月 1 日起施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号修改），2017 年 10 月 1 日施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 709 号第二次修订），2019 年 3 月 2 日； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（修订）》（生态环境部令第 20 号第四次修改），2021 年 1 月 4 日； (8) 《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号），2007 年 11 月 1 日施行； (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令第 16 号），2021 年 1 月 1 日起施行； (10) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号），2018 年 1 月 1 日起施行； (11) 《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），2005 年 12 月 23 日公布； (12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发〔2006〕145 号），2006 年 9 月 26 日起施行； (13) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》（原环境保护部，环发〔2008〕13 号），2008 年 4 月 14 日；
------	---

	(14) 《陕西省放射性污染防治条例(2019年修正)》(陕西省人大), 2019年7月31日起施行; (15) 《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, 陕环办发〔2018〕29号), 2018年6月6日起施行; (16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告2019年第57号), 自2020年1月1日起施行; (17) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告2021年第9号), 自2021年3月15日起施行。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (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); (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ614-2021); (5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021); (6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范-第1部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007); (7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范-第3部分: γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014); (8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020); (9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (10) 《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》(GBZ2.1-2019)。
其他	(1) 环境影响评价委托书; (2) 医院现有核技术利用项目资料、设计资料等。

表 7 保护目标和评价标准

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）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。

根据上述要求并结合项目所涉及的工作场所布局和边界，以后装机房屏蔽体向外 50m 为评价范围，评价范围示意图见图 7-1。



图 7-1 评价范围示意图

7.2 主要环境保护目标

本项目环境保护目标主要为机房周围 50m 范围内的职业工作人员及公众。主要环境保护目标详见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

序号	保护目标位置		方位	距屏蔽体外表面距离(m)	人口数量	剂量约束值
1	后装机房 (门急诊医技住院综合楼负一层)	直线加速器机房②、控制室、设备间、水冷机房	西侧	0.3	3 人(其他辐射工作人员)	≤5mSv/a (职业工作人员)
2		直线加速器机房①、控制室、设备间、水冷机房	西侧	14.1	3 人(其他辐射工作人员)	
3		侯梯厅、电梯、排风机房、弱电、强电间	西侧	26.7-50	流动人员	≤0.1mSv/a (公众人员)
4		走廊、办公室、咨询间、餐厅	东侧	0.3-50	2 人(其他医务人员)、流动人员	
5		污水井间	南侧	8.3	流动人员	
6		控制室	南侧	0.3	4 人 (辐射工作人员)	≤5mSv/a (职业工作人员)
7		更衣间、清洗室、准备室	南侧	2.6		
8		候诊区、登记台	南侧	5.2	流动人员	≤0.1mSv/a (公众人员)
9		CT 模拟定位机房、控制室	南侧	14	3 人(其他辐射工作人员)	≤5mSv/a (职业工作人员)
10		停车场	南侧	20-50	流动人员	≤0.1mSv/a (公众人员)
11		走廊、生活热水房、消防泵房	北侧	0.3-35.6	流动人员	≤0.1mSv/a (公众人员)
12	后装机房 向上投影至地平面	走廊、卫生间、女值班、污物暂存间	正上方	0.3	2 人(其他医务人员)、流动人员	≤0.1mSv/a (公众人员)
13		住院楼 1 一层	/	1.5-11.7	20 人(其他医务人员)、流动人员	≤0.1mSv/a (公众人员)
14		2 号住院楼一层	东北侧	18.5-50	20 人(其他医务人员)、流动人员	
15		庭院	南侧	5.1-27.5	流动人员	
16		门诊楼一层	南侧	8-50	20 人(其他医务人员)、流动人员	
17		医技楼一层	西南侧	25-50	15 人(其他医务人员)、流动人员	
18		庭院	东侧	25-50	流动人员	

本项目根据评价范围内环保目标分布情况，选取机房相邻区域环保目标作为关注点，对其所受年剂量进行了定量分析。

根据射线源随距离的平方成反比衰减关系，其他非相邻区域距离更远且有更多墙体的屏蔽阻隔，其所受射线源的辐射影响将越小。故距离机房最近的关注点可以代表该方位可能受到的最大辐射剂量，可评判其所受辐射影响均满足剂量约束值要求。

7.3 评价标准

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121—2020）等标准，本项目的剂量要求、屏蔽体表面剂量率控制值、通风要求、场所分区等要求见表 7-2 所示。

表 7-2 本项目评价标准一览表

一、剂量要求			执行标准
执行对象	剂量限值（mSv/a）	剂量约束值（mSv/a）	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）
辐射工作人员	20	5	
公众	1	0.1	
二、屏蔽体表面剂量率控制值			执行标准
剂量率应符合以下要求： a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室外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（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：$H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$； 机房外非辐射工作人员：$H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$。 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			《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121—2020）

	率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$):		
	1) 人员居留因子 $T>1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c,max}\leq2.5\mu\text{Sv/h}$;		
	2) 人员居留因子 $T\leq1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c,max}\leq10\mu\text{Sv/h}$ 。		
三、后装机房通风要求			执行标准
后装机房	放射治疗机房应设置强制排风系统,进风口应设置在放射治疗机房上部,排风口应设置在治疗机房下部,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。		《放射治疗放射防护要求》 (GB2131-2020)
	放射治疗室内应设置强排风系统,采取全排全送的通风方式,换气次数不少于4次/h,排气口不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。		《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)
四、场所分区要求			
控制区	把需要或可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并防止潜在照射或限制潜在照射的范围。		《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)
监督区	未被定为控制区,在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施,但要经常对职业照射条件进行监督和评价。		《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)
五、辐射监测			
监测内容	监测点位	监测频次	执行标准
防护检测 (X- γ 辐射剂量率)	应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外30cm处、顶棚、操作位、观察窗、防护门,以及其他关注处点开展X- γ 辐射剂量当量率监测	开展放射治疗活动的医疗机构应制定辐射监测计划,并按照计划落实监测工作。不具备辐射监测能力的单位,可以委托有能力的单位进行监测。委托有资质单位每年监测不少于一次	《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)
六、放射性废物管理			执行标准
废放射源	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。		《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置及场所位置

8.1.1 医院地理位置及院区平面布局

医院位于榆林市榆阳区知行路 2 号。医院地理位置见图 1-1，医院总平面布置见图 1-3。

8.1.2 项目场所位置

本项目位于医院住院楼 1 负一层，项目场所位置详见图 1-4。

8.2 辐射水平现状监测

8.2.1 监测方法

为了解项目拟建地及周边环境的 γ 辐射水平现状，2025 年 3 月 19 日，陕西新高科辐射技术有限公司对项目拟建地及周边环境进行环境 γ 辐射剂量率检测，并出具了检测报告（编号：FHJC-SXGK-062025010）。

表 8-1 辐射环境质量现状监测方案

监测因子	监测点位	监测频次
γ 剂量率	项目拟建地及周围区域 1#-15#	每个点位连续监测 10 次
监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）		

8.2.2 监测点位

检测点位选在榆林市中医医院住院楼 1 负一层后装机房及周围区域环境 γ 辐射剂量率监测点位布置情况详见图 8-1、8-2。

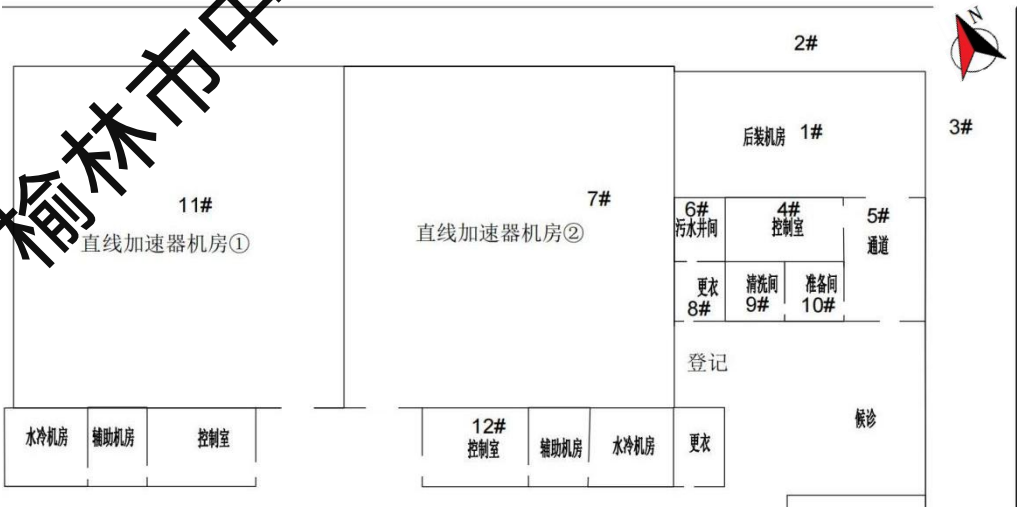


图 8-1 拟建后装机房及周围区域检测点位布置图（负一层）

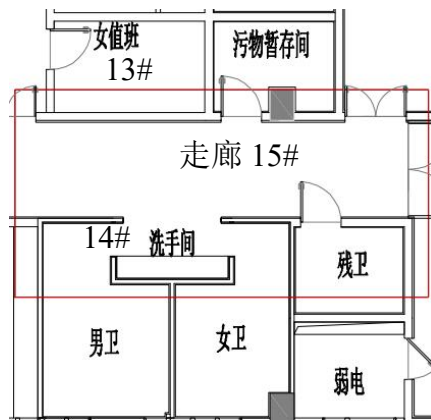


图 8-2 拟建后装机房正上方检测点位布设图

8.2.3 监测使用仪器

检测仪器详细信息见表 8-2。

表 8-2 监测仪器相关参数一览表

检测仪器 名称、型号、编号	测量范围	检定单位	证书编号	证书有效期
环境监测用 X、 γ 辐射空气比 释动能率仪 FD-3013H-6882	0.01~200 $\mu\text{Gy/h}$	中国辐射防护研究院 放射性计量站	检字第 [2024]-L0593	2024.8.9~2025.8.8

8.2.4 质量保证措施

①本项目监测单位为陕西新高科辐射技术有限公司，已通过陕西省市场监督管理局 CMA 认证，证书编号：222703100086。该公司具有完整、有效的质量控制体系；

②根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）制定监测方案及实施细则；

③严格按照监测单位质量体系开展现场工作；

④检测仪器每年定期经有资质的计量部门检定、校准，合格后方可使用；

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑥根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）规定，监测高度为 1.0m，合理布设检测点位，每个测点连续测量 10 次，每次测量时间不小于 10 秒，并读取稳定状态的最大值；

⑦监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度；异常数据及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑧建有完整的文件资料，仪器校准（测试）证书、检测方案、点位布局图、原始数据、统计处理程度等全部保留，以备复查；

⑨监测报告实行三级审核制度。

8.2.5 监测结果及评价

表 8-3 环境 γ 辐射剂量率监测结果

点位编号	点位描述	检测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	
		平均值	标准差
1	拟建后装机房	0.08	0.009
2	拟建后装机房北侧走廊	0.08	0.008
3	拟建后装机房东侧走廊	0.08	0.010
4	拟建后装机房南侧控制室	0.09	0.009
5	拟建后装机房南侧通道	0.08	0.009
6	拟建后装机房南侧污水井间	0.08	0.008
7	拟建后装机房西侧直线加速器机房②	0.08	0.007
8	拟建后装机房南侧更衣室	0.08	0.008
9	拟建后装机房南侧清洗间	0.09	0.008
10	拟建后装机房南侧准备间	0.09	0.007
11	拟建后装机房西侧直线加速器机房①	0.09	0.007
12	拟建后装机房西侧直线加速器机房②控制室	0.08	0.008
13	楼上女值班	0.09	0.007
14	楼上洗手间	0.09	0.006
15	楼上走廊	0.09	0.006

注：表中数据已扣除宇宙射线响应值，此处宇宙射线响应值为 $0.015\mu\text{Gy/h}$ ，点位 1～点位 15 处建筑物对宇宙射线的屏蔽因子按楼房取 0.8。

由表 8-3 可知，项目拟建辐射工作场所的环境 γ 辐射剂量率为 $80\sim 90\text{nGy/h}$ （已扣除宇宙射线响应值），与《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“榆林市道路 γ 辐射剂量率范围为 $35.0\sim 52.0\text{nGy/h}$ ，室内 γ 辐射剂量率范围为 $56.0\sim 129.0\text{nGy/h}$ ”。

相当，属天然辐射本底水平。项目所在地辐射剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境质量现状无异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成及工作原理

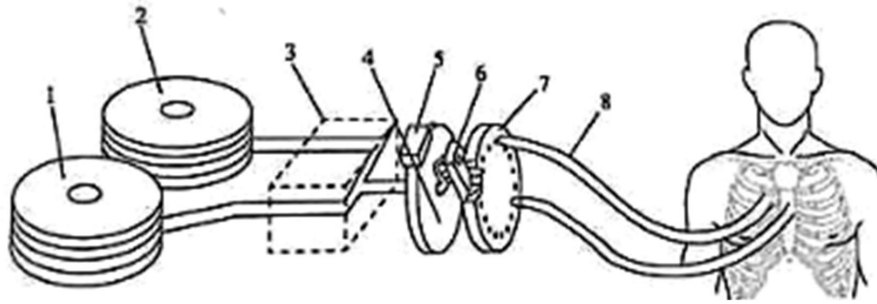
后装治疗是放射治疗的一种方法，所谓后装就是预先在病人需要治疗的部位正确地放置施源器，然后通过遥控操作，将储源器内放射源输入施源器内，实施治疗的技术。后装治疗机由治疗计划系统、控制系统和治疗系统三部分组成，其中治疗计划系统包括计算机、数字化仪、打印机及治疗系统软件等，治疗系统包括专用控制微机系统、步进电机、放射源、储源器、真假源传输结构、紧急回源机构、计时器和治疗通道等。

后装治疗具有治疗距离短，源周局部剂量高，周围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，后装治疗技术的应用使医护人员摆脱了以往近距离治疗时手持放射源直接受照的危害，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。

典型后装治疗机见图 9-1，典型后装治疗机内部结构见图 9-2。



图 9-1 典型后装治疗机



说明：1. 模拟源轮 2. 真源轮 3. 安全区 4. 换路器 5. 编码 6. 换路导管 7. 接盘器 8. 施源器

图 9-2 典型后装治疗机内部结构

9.1.2 工作流程及产污环节

后装治疗机治疗流程如下：

- ①进行定位：先通过模拟定位机对病变部位进行详细检查，确定肿瘤具体位置和形状，确定治疗中心。
 - ②制定治疗计划：确定肿瘤位置和形状后，物理人员根据医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划。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工作人员在准备间对患者病变部位插管，进入机房调整接管并检查设备状况，患者进入机房，固定体位。
 - ④工作人员将患者推进后装机房，检查设备状况，将施源管和施源器送达腔道的病灶，将预置管与后装治疗机施源管相连接。
 - ⑤确认除患者外无其他人员滞留，工作人员离开机房，并关闭防护门。
 - ⑥在控制室控制室通过计算机系统，先用假源轮进行试运行，验证无误后，再用真源轮将放射源从后装治疗机通过施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，拆除施源管等设备，患者离开治疗机房。
- 后装治疗机一般治疗流程及产污环节见图 9-3。

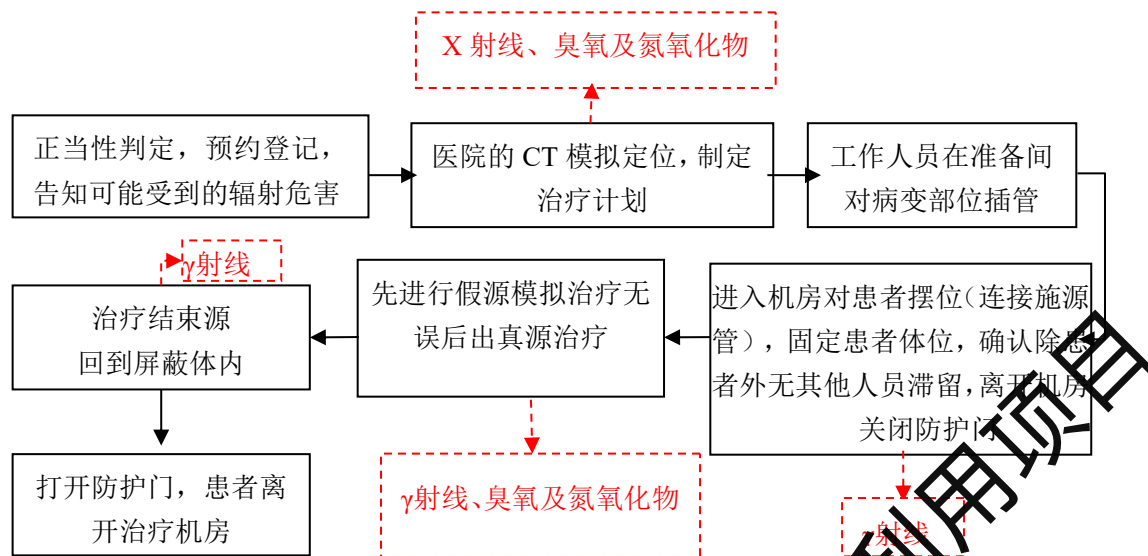


图 9-3 后装治疗机近距离治疗流程及产污环节简图

后装治疗机治疗使用的 ^{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，属于密封放射源。正常使用情况下， ^{192}Ir 放射源衰变产生 γ 射线，治疗过程中污染因子主要为： γ 射线、臭氧和氮氧化物等。 ^{192}Ir 放射源使用一段时间后，其活度不能满足治疗要求，会产生废旧放射源。本项目放射源的运输、装源、更换均由供源单位负责，不属于本项目评价内容。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况下放射性污染源

项目后装治疗机使用的放射源为微型单颗 ^{192}Ir ，源活度不大于 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ (10Ci)，空气比释动能率常数 $0.1 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ，为密封源，外有不锈钢包壳， β 射线被完全屏蔽，源活性物质不会泄漏。因此，在正常使用情况下，后装治疗机主要环境污染因子是放射源发射的 γ 射线（平均能量 0.37MeV）。

后装治疗机正常运行状态下的污染途径如下：

① γ 射线

后装机正常运行时的主要环境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 放射源发出的 γ 射线经过屏蔽体屏蔽后对周围工作人员和公众产生外照射影响。

在治疗前、治疗后连接或拆卸输源导管时， ^{192}Ir 放射源处于贮源状态，贮源器表面产生的 γ 射线杂散辐射会对工作人员产生 γ 射线外照射。

②废源

由于放射性衰变，随着放射性活度的降低，放射源 ^{192}Ir 的半衰期为 74 天。根据医院诊疗计划，项目放射源使用达到 2 个半衰期以后将无法继续满足放射治疗要求需要更换新的放射源。即 148 天更换一次，每年更换 2-3 次，最多产生 3 枚废放射源。

9.2.2 正常工况下性污染源

①臭氧、氮氧化物：后装治疗机在正常工作状态下，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响很小。

②废水：本项目运行过程中工作人员会产生生活污水。

③固体废物：本项目运行过程中工作人员会产生生活垃圾。

9.2.3 事故工况下污染途径

①门机（源）联锁装置发生故障，人员误入正在运行的后装机房导致误照射；

②安全联锁系统故障或失效，机房防护门未关好即开始治疗，导致射线泄漏，造成防护门外活动人员受到意外照射；

③放射源源位置异常、卡源等，造成工作人员或公众的外照射；

④放射源丢失或被盗，对周围环境或公众造成外照射。

榆林市中医医院后装机核技术应用项目

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局合理性分析

本项目位于住院楼 1 负一层，后装机房西侧为直线加速器机房②，南侧为污水间、控制室、通道，东侧为走廊，北侧为走廊，平面布局详见图 1-4。后装机房正上方为走廊、卫生间、污物暂存间、女值班室，平面布局详见图 1-5。

后装机房（不含迷路）有效使用面积约 23.66m²，（南北长 3.5m，东西宽 6.75m）。后装治疗室与准备间和控制室分开设置，控制室位于机房南侧，治疗室入口处设置“L”型迷路，迷路入口设置有防护门。

因此，项目后装工作场所布局满足《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）中“治疗装置控制室应与治疗机房分隔”、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“布局要求”的规定、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“选址与布局”的要求，工作场所布局基本合理。

本项目后装机房平面布局合理性分析见表 10-1。

表 10-1 放射治疗机房平面布局合理性分析

法规标准	条目	标准要求	设计情况	评价
《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020)	6.1 布局要求	6.1.2 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。	后装机房划分为控制区，机房周边的控制室等其他辅助用房区域划分为监督区。	符合
		6.1.3 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。	根据后文计算结果，后装机四面墙壁及顶部均受到初级辐射照射，经预测满足屏蔽要求。	符合
		6.1.4 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	后装机房与控制室分开设置。	符合

			于治疗机房外。		
		6.1.5	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。	后装治疗机四周及顶部均为初级辐射，控制室设置在机房南侧。	符合
		6.1.6	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。	后装机房均设置迷路。	符合
		6.2.1	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。	后装机房的有效使用面积（不含迷路）约 28.56m ² ，机房面积能够满足使用要求。	符合
《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）	5.1 选址与布局	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。	后装机房位于住院楼 1 负一层，多层建筑物的底端，周边无儿科病房、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。	符合

根据表 10-1，后装机房工作场所布局满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中的相关规定。故拟工作场所布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），辐射工作场所应分为控制区及监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）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，直线加速器机房、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）。

根据后装机房平面布局，将后装机房（含迷路）划分为控制区，并在机房防护门外的显著位置张贴符合规定的电离辐射警告标志。将控制室划为监督区管理。本项目辐射工作场所

分区管理示意图详见图 10-1。

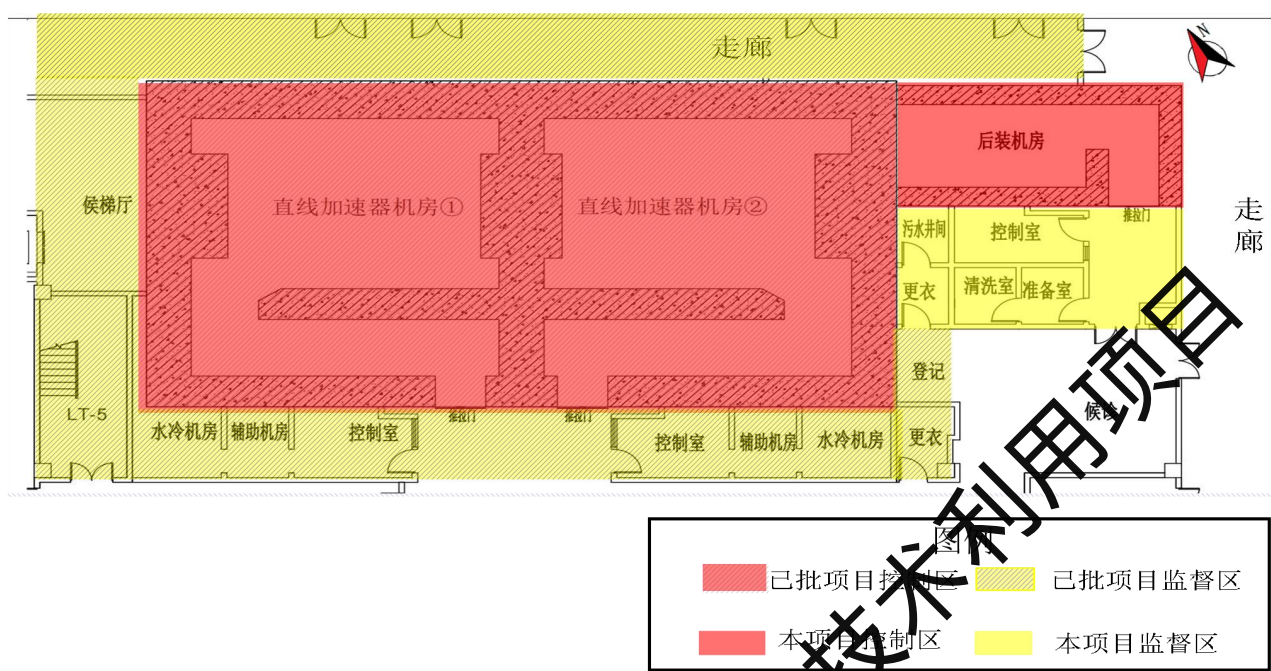


图 10-1 本项目辐射工作场所分区管理示意图

10.1.3 机房屏蔽设计

根据医院提供的设计图纸，后装机房屏蔽防护参数详见表 10-2，屏蔽防护见图 10-2 至 10-3。

表 10-2 机房屏蔽防护设计参数一览表

位置		屏蔽防护设计参数
后装机房	西侧墙体	与直线加速器机房②南墙共用，厚 1.6m-2.9m 混凝土
	东侧墙体	厚 0.8m 混凝土
	迷路内墙	厚 0.8m 混凝土
	迷路外墙	厚 0.8m 混凝土
	屋顶	厚 0.8m 混凝土
	防护门	9mmPb 防护门
	有效使用面积及高度	使用面积 23.66m ² ，长 6.76m×宽 3.5m×高 4.0m

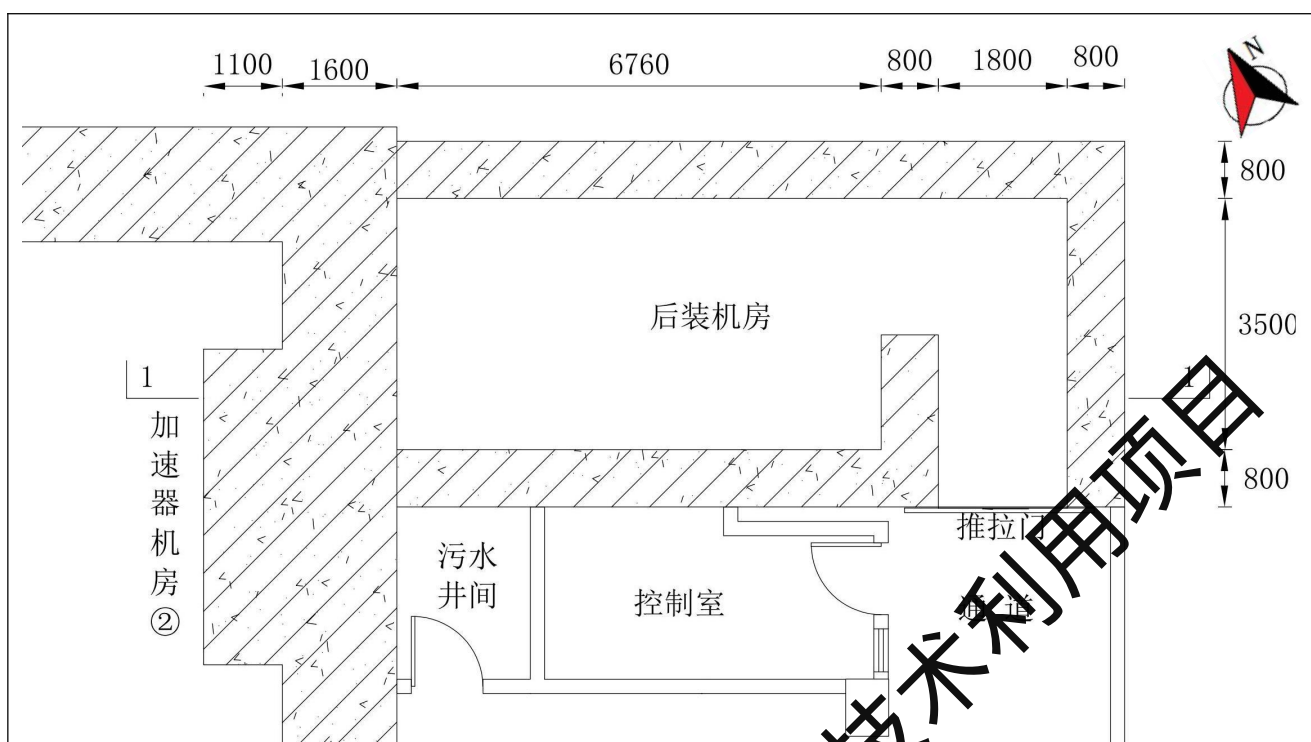


图 10-2 机房屏蔽示意图 (单位: mm)

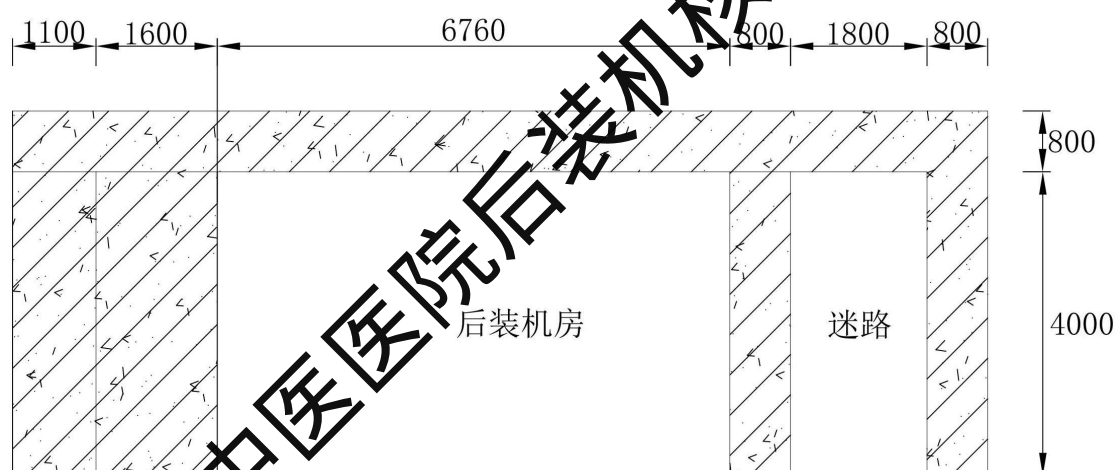


图 10-3 后装机房屏蔽示意剖面图 (剖面 1-1) (单位: mm)

10.1.4 电缆管线穿墙设计

机房内设备的电缆穿墙时均通过地下电缆沟走线, 采用倒梯形设计, 电缆沟穿屏蔽墙剖面图如图 10-4。

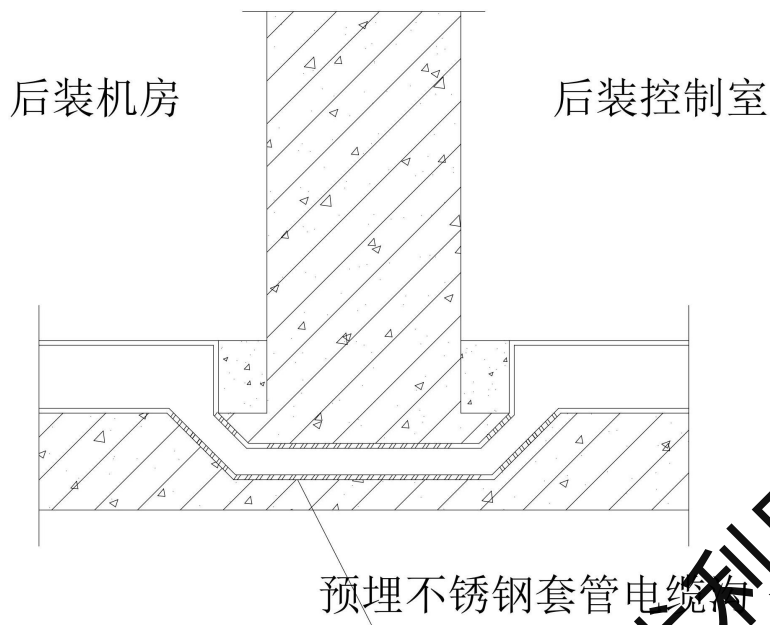


图 10-4 电缆沟穿屏蔽墙设计图

10.1.5 通风设计

在机房北侧天花板设置 1 个新风口，在机房西南角墙体下方设置一个排风口。臭氧和氮氧化物等有害气体经排风管道引至排风井排出。后装机房容积约 131.68m^3 （机房有效容积 94.64m^3 +迷路容积 $37.04\text{m}^3=131.68\text{m}^3$ ），根据医院提供的设计资料，排风风量为 $1100\text{m}^3/\text{h}$ ，经计算机房通风换气次数约为 8 次/h，满足机房换气次数不小于 4 次/h 的要求。

机房产生的臭氧和氮氧化物经排风管道引至排风井后到达一楼室外距离住院楼约 20m 处高出地面 2 米排放，无门窗、人流较大的区域处排放。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中 9.4.1 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”。通风管道平面图见图 10-5。

排风管接到轴风井，至一楼室外排风。

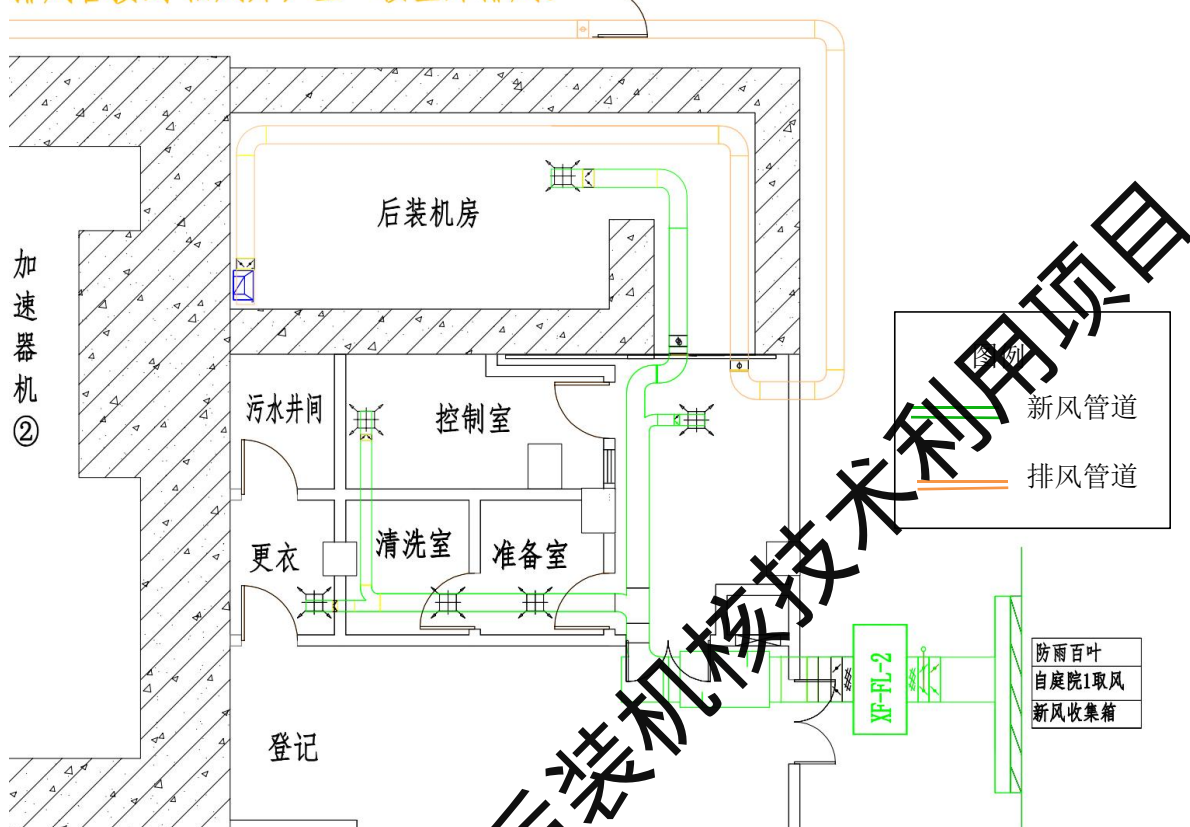


图 10.5 通风管道平面图

10.1.6 其他辐射安全与防护措施

(1) 放射治疗机房拟采取以下辐射安全防护措施：

①标志和指示灯：在机房防护门上设置醒目且符合 GB18871 规定的电离辐射警告标志、工作状态指示灯，保证后装机运行时，状态指示灯正常工作。在后装机贮源器外表面设置电离辐射标志和中文警示说明。

②实时摄像监控和对讲系统：拟在后装机房内及迷路转角处设置摄像监视系统，监视系统显示屏设置在控制室内，使控制室的工作人员可清楚地观察到机房内后装机的工作情况，如发生意外情况可及时处理。拟在治疗床附近、控制台安装对讲系统，方便控制室与机房内人员联系，若发生紧急情况，可通过对讲系统及时告知控制室工作人员，避免接受不必要的辐照。

③固定式剂量报警装置：在后装机房拟设固定式剂量报警装置，仪器探头建议安装在迷路内入口处，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。

④联锁装置、断电自动回源措施：机房防护门为电动推拉门，防护门与后装治疗机/源联锁，机房门关闭后，装置才能启动，装置启动时工作状态指示灯亮起。后装机治疗过程中一旦防护门意外打开，系统将自动收回放射源至储源位置。

⑤紧急开门装置和防夹装置：防护门内侧拟设置从室内开门的按钮（紧急开门装置），在停电或电动门故障时使用，保障后装机房内工作人员及患者安全。防护门拟设置防夹装置。

⑥急停按钮：在机房四周屏蔽墙面、防护门内旁侧、迷路内墙、控制台拟安装急停开关，并设置明显的标志，供应急停机使用。后装机房在控制台、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。一旦人员误入或遇其他紧急情况，按“急停开关”，强迫后装机断电放射源回到储源器，事故处理完毕后，人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗装置。

⑦应急装备：拟在后装机房内配备应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。

⑧放射源在线监控系统：对后装机房使用的放射源建立放射源在线监控系统（数值监控），并与陕西省辐射环境监督管理站联网。

后装机房辐射安全防护设施安装位置示意图见图 10-6。

（2）个人防护用品

①为辐射工作人员配备个人剂量计。

②根据 HJ1198-2021 相关要求，辐射工作人员进入放射治疗室须携带个人剂量报警仪。

10.1.7 后装机房拟采取的防护和安全措施评价

（1）后装机房

本项目后装机房拟采取的安全防护措施/设施与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的符合情况见表 10-5，与《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的符合情况见表 10-6。

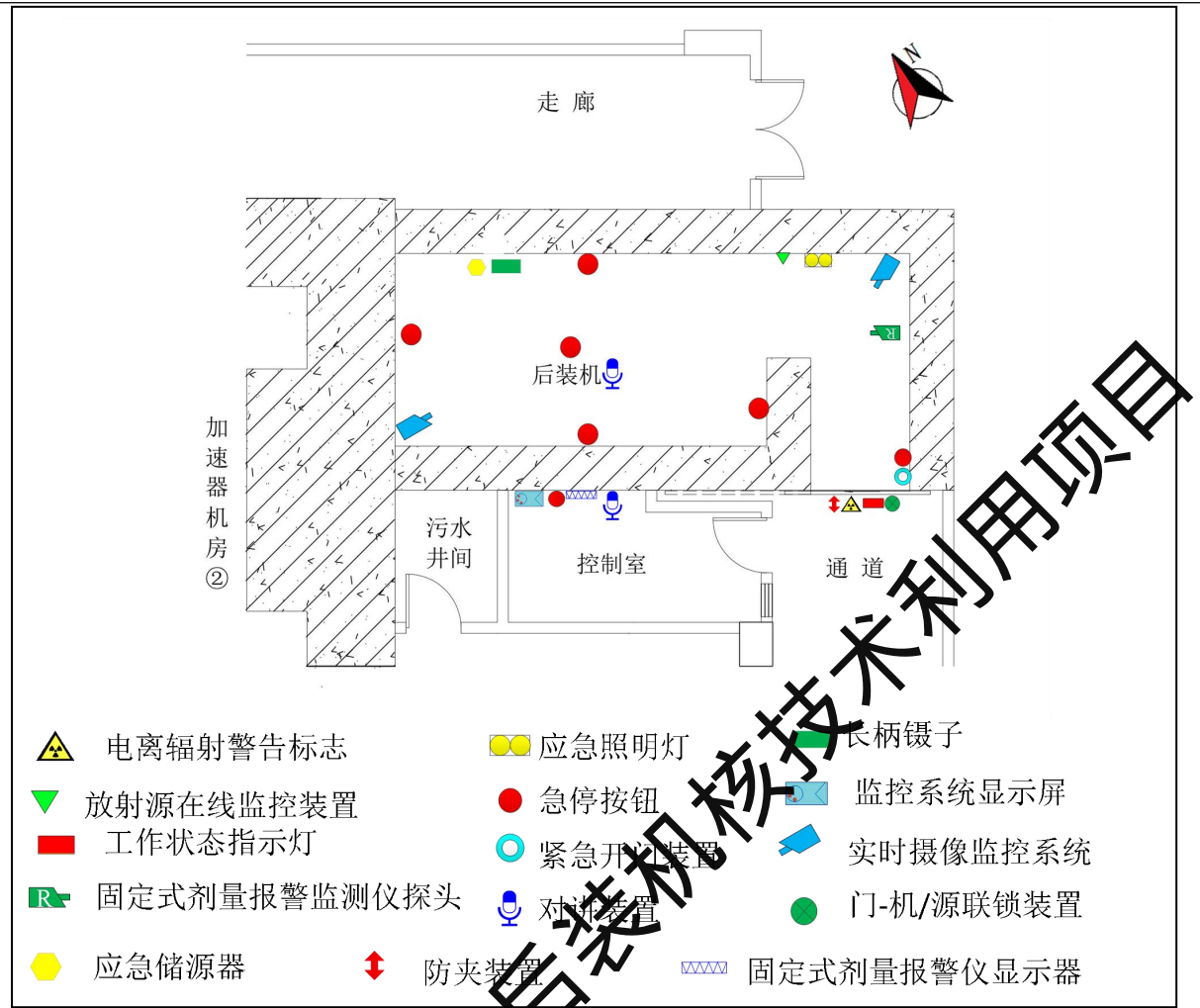


图 10-6 后装机房辐射安全防护设施安装位置图

表 10-5 后装机房拟采取的安全防护措施和设施与 HJ 1198-2021 符合情况表

序号	安全防护设施和措施	《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）标准要求	拟采取的安全防护措施和设施	是否符合
	标志和指示灯	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；	拟在后装机房防护门处设置电离辐射警告标志；贮源容器外表面设置电离辐射标志和中文警示说明；	符合
		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；	拟在后装机房防护门上设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；	符合
2	视频监控、对讲交流系	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	拟在后装机房内、迷道转角处安装摄像监控系统，使控制室的工作人员通过监视系	符合

	统		置双向交流对讲系统。	统能够对治疗室及迷道内的状况进行实时监控；拟在治疗床附近、控制台安装对讲系统，通过对讲系统可实现与患者双向交流。	
3	监测报警装置	6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、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。		拟在后装机房迷道内入口处设置固定式剂量报警仪，剂量报警显示仪显示器拟设置于后装机房的控制室内。	符合
4	联锁装置、断电自动回源措施	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；	拟对后装机房防护门与后装机设置联锁，机房门未关闭状态不能启动后装机；后装机自带断电自动回源装置，设备断电后，放射源自动返回储源器。	符合
	紧急开门装置和防夹装置		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。	项目拟在后装机房防护门内侧设置紧急开门装置，机房门拟设置红外防夹装置。	符合
	急停按钮		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。	拟在后装机房四周屏蔽墙面设置急停按钮共 4 个、防护门内旁侧 1 个、迷路内墙 1 个、控制台 1 个及后装机表面人员易触及处 1 个，急停按钮设置醒目标识和文字且便于触发。	符合
5	应急贮源容器、长柄镊子	6.2.4 后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具		为后装机房配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。	符合

表 10-6 后装机房拟采取的安全防护措施和设施与 GBZ121-2020 符合情况表

序号	安全防护设施和措施	《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020) 标准要求		拟采取的安全防护措施和设施	是否符合
1	监测报警装置	6.4.1	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	拟在后装机房设置固定式剂量报警仪,剂量报警显示仪表拟设置于控制室内。	符合
2	联锁装置	6.4.2	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。	后装机房防护门与后装机设置联锁,机房门未关闭状态下不能启动后装机;后装机房防护门内侧拟设置开门按钮,防护门拟设置红外防夹装置。	符合
3	标志和指示灯	6.4.3	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处其他适当位置,设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	拟在后装机房防护门上设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	符合
4	急停开关	6.4.4	放射治疗设备控制台上应设置急停开关,放射治疗机房内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。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。	拟在后装机房四周屏蔽墙面设置急停按钮共 4 个、防护门内旁侧 1 个、控制台 1 个及后装机表面人员易触及处 1 个、迷路内墙 1 个,急停按钮设置醒目标识和文字且便于触发。	符合
5	应急储存设施	6.4.5	γ 源后装治疗设施应配备应急储源器。	为后装治疗室配备合适的应急贮源容器。	符合

6	视频监控、 对讲交流 系统	6.4.6	控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷道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。	拟在后装机房内、迷道转角处安装摄像监控系统，使控制室的工作人员通过监视系统能够对治疗室及迷道内的状况进行实时监控；拟在治疗床附近、控制台安装对讲系统，通过对讲系统可实现与患者双向交流。	符合
---	---------------------	-------	---	--	----

10.2 “三废”治理

(1) 固废

项目后装机使用1枚放射源 ^{192}Ir ，其半衰期为74天。根据医院诊疗计划，项目放射源使用达到2个半衰期时需更换，即148天更换一次，每年更换2-3次，最多产生3枚废放射源。放射源随时间自然衰变，活度逐渐降低，当活度不能满足治疗需要时，需更换放射源。在确定采购放射源后，医院应与供源单位签订废旧放射源返回协议，废旧放射源由供源单位负责回收。

工作人员产生的少量生活垃圾按分类垃圾桶，依托医院现有垃圾收集系统，最终交由环卫部门统一清运。

(2) 废水

本项目运行过程不产生放射性废水，工作人员产生少量的生活污水，依托医院污水处理站统一处理后排入市政管网。

(3) 废气

本项目运行过程不产生放射性废气。后装机房在运行过程产生极少量的臭氧及氮氧化物，设置了动力送排风装置，设置两个排风口，机房通风换气次数约为8次/h。后装机房的废气经过排放管道引至排风井，至一楼室外远离窗口、门、人流密集处高于地面2m排放。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工阶段

本项目位于住院楼 1 内，医院迁建时考虑到医院的发展，考虑设置放疗，本项目后装机房位于放疗科，预留的后装机房结构已与大楼一起建设，医院迁建项目已办理环评，于 2020 年 6 月 22 日取得榆林市行政审批服务局《关于榆林市中医医院迁建项目环境影响报告书的批复》（榆政审批生态发〔2020〕101 号）。本项目施工期主要是设备安装，施工期主要产生的污染因子为施工噪声、固体废弃物及废水等。

（1）施工期间产生极少量的生活污水，生活污水排至医院污水管网，依托医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。

（3）噪声：主要是施工人员产生的喧哗声，噪声专人专管，施工现场提倡文明施工；优化施工方案，合理安排作业时间，禁止无休及夜间施工，选择对周围人群影响较小的时段施工。

（4）固体废物：施工期间产生废包装材料和施工人员产生的生活垃圾等。治理措施为：废包装材料和生活垃圾产生量少，分类收集于垃圾桶，由环卫部门统一清运。

项目施工期短，施工范围小，通过控制作业时间、加强施工现场管理等手段，施工期对周围环境影响较小，且施工期影响均为暂时影响，随着施工期的结束而消除。

11.1.2 设备安装调试阶段

项目设备安装、调试、检测等均由设备供应商的辐射工作人员负责。在安装前设备供应商对机房进行初步的安装验收，在满足相关条件后再进行设备的安装、调试。在设备安装、调试阶段，医院及设备供应商应加强辐射防护管理，在此过程中应保证机房各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。在设备安装、调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 后装治疗机

(1) 机房屏蔽体厚度核算

医院拟在后装机房内配置一台 ^{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/T201.3-2014）标准中的公式，估算本项目屏蔽设计是否符合要求。保守考虑，计算时将 ^{192}Ir 源当作裸源。

①关注点的选取

治疗机房应考虑治疗源 4π 发射的 γ 射线（即初级辐射）对墙和室顶的直接照射及其散射辐射在机房入口处的照射。图中红色线框区域为治疗源可能使用的区域，后装机移动时，放射源距南侧墙最近距离取 1m，距迷路内墙最近距离取 1m，距北墙最近距离 1.9m，距地面高度取 1.0m。

后装机房辐射影响分析关注点设置详见图 11-1、图 11-2。

②关注点的剂量率参考控制水平

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点使用因子和居留因子，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.1.4，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 $\dot{H}_{c,d}$ ：

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， $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

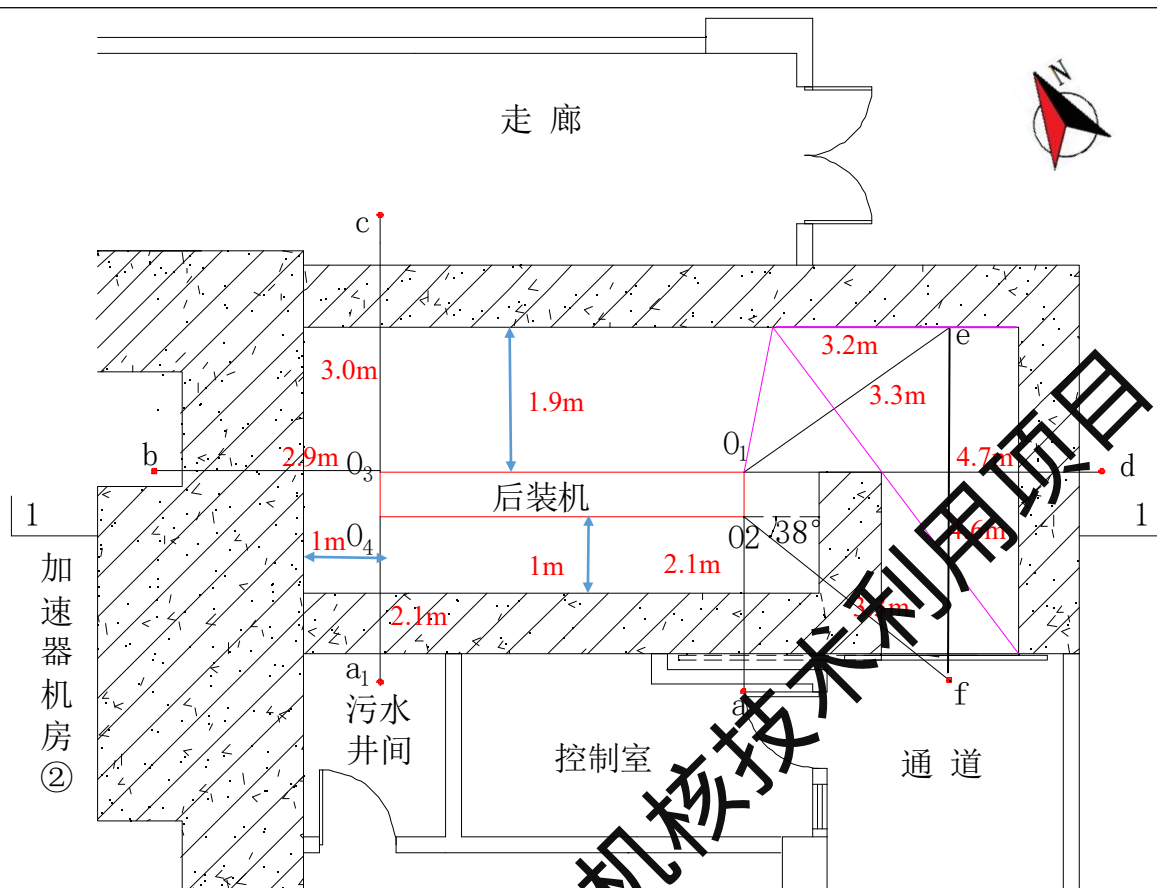


图 11-1 后装机房各关注点分布简图

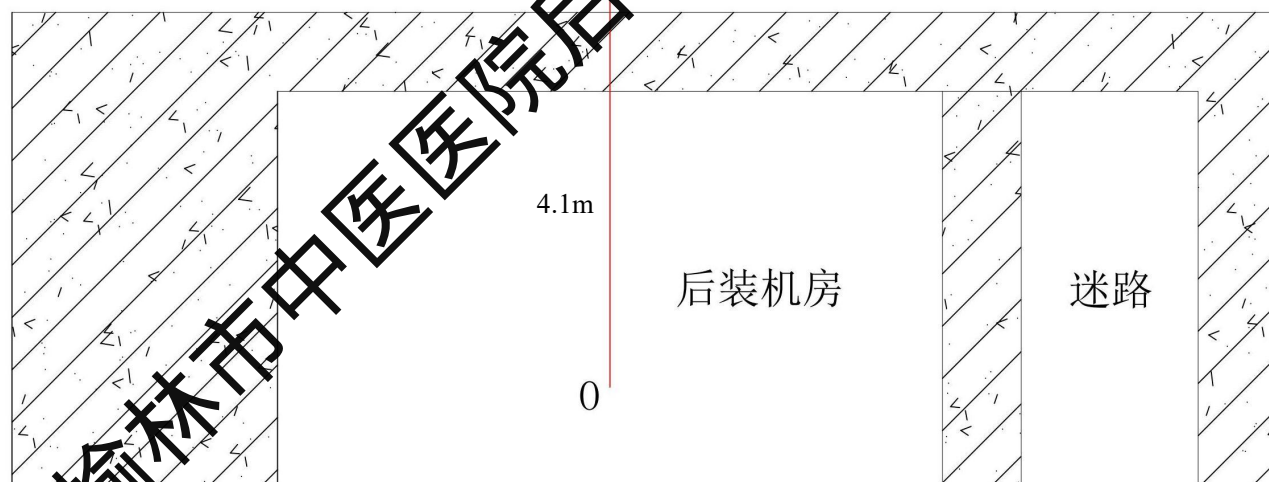


图 11-2 后装机房各关注点分布简图（剖面 1-1）（单位：mm）

b) 按照关注点人员居留因子 (T) 的不同, 分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ 按以下情况取值:

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

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

c) 取 a)、b) 中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_c$)。

◆根据 GBZ/T201.3-2014 中 4.1 剂量控制要求及附录 A，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 11-1 计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \tag{11-1}$$

式中：

H_c —周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

t—治疗装置周治疗照射时间，h；每天最大治疗人数为 20 人，每周工作 5 天，每位患者的治疗时间 6min，则周治疗照射时间=20 人×6min/人×5 天/60min/h=10h；

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 HJ1198-2021 附录 A 表 A.1。

机房外关注点剂量率参考控制水平见表 11-1。

表 11-1 后装机房关注点剂量率参考控制水平一览表

关注点点位	辐射类型	t (h)	U	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 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
						计算值		
a (控制室)	初级	10	1	1	100	10	2.5	2.5
a1 (污水井间)	初级	10	1	1/20	5	10	10	10
b (直线加速器机房②)	初级	10	1	1/2	100	20	10	10
c (北侧走廊)	初级	10	1	1/5	5	2.5	10	2.5
d (东侧走廊)	初级	10	1	1/5	5	2.5	10	2.5
g (屋顶正上方走廊)	初级	10	1	1/5	5	2.5	10	2.5
f (防护门外)	散射初级	10	1	1/8	5	4	10	4

③机房防护墙体屏蔽厚度核算

后装机房四周墙体和屋顶考虑初级辐射的直接照射。根据后装机房的平面布置图，得出放射源到各关注点的距离 R。当关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时，设计的屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按式 (11-2) 计算，按式 (11-3) 估算所需要的有效屏蔽厚度 X_e (cm)，再按照式 (11-4) 获得屏蔽厚度 X (cm)，计算结果与设计厚度进行比较，分析是否满足屏蔽厚度要求。

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \bullet \frac{R^2}{f} \quad (11-2)$$

$$X_e = TVL \bullet \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (11-3)$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad (11-4)$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

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

$\dot{H}_0$ —活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率， $\dot{H}_0 = A \times K_r = 3.7 \times 10^9 \times 0.111 = 4.107 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ；

R—辐射源点至关注点的距离，m；

f—对有用束为 1；

θ —为斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL₁ (cm) 和 TVL (cm) —为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。根据 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1，对 ¹⁹²Ir 放射源，TVL₁=TVL=15.2cm；

X_e —有效屏蔽厚度，cm；

X—墙体屏蔽厚度，cm。

后装机房墙体屏蔽厚度核算结果见表 11-2。

表 11-2 后装机房墙体屏蔽厚度核算结果

关注点点位	辐射类型	$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	B	计算厚度 (砵, cm)	设计厚度 (砵, cm)	结论
a (控制室)	初级	2.5	2.1	2.68×10^{-4}	54.3	80	满足
b (污水井间)	初级	10	2.1	1.07×10^{-3}	45.1	80	满足
b (直线加速器机房②)	初级	10	2.9	2.05×10^{-3}	40.9	160	满足
c (北侧走廊)	初级	2.5	3.0	5.48×10^{-4}	49.6	80	满足
d (东侧走廊)	初级	2.5	4.7	1.34×10^{-3}	43.6	80	满足
g (屋顶正上方走廊)	初级	2.5	4.1	1.02×10^{-3}	45.4	80	满足

根据以上计算，后装机房四周墙体设计屏蔽厚度符合要求。

(2) 机房防护门屏蔽厚度核算

①机房入口处的散射辐射剂量 $\dot{H}$ 按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{A \cdot K_{\gamma} \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad (11-5)$$

式中：

A—放射源的活度，单位为兆贝可（MBq），源活度 $A=3.7 \times 10^5 \text{MBq}$ ；

K_{γ} —放射源的空气比释动能率常数（或称 K_{γ} 常数）在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似，此时 K_{γ} 的单位记为 $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；对 ^{192}Ir 放射源， $K_{\gamma}=0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

S_w —迷路内口墙的散射面积，其为辐射源和机房入口不同可视见的墙区面积， $3.2\text{m} \times 4.0\text{m}=12.8\text{m}^2$ ；

α_w —散射体的散射因子， m^2 ，GBZ/T201.3-2014 表 11-1 中取 0.25MeV 时 45° 入射 0° 散射因子 3.39×10^{-2} ；

R_1 —辐射源点至散射体中心的距离， 3.3m ；

R_2 —散射体中心至关注点的距离， 4.0m ；

计算得机房入口处的散射辐射剂量 $\dot{H}=77.34 \mu\text{Sv/h}$ 。

②由于后装治疗过程中，放射源外没有屏蔽，因此只产生有用线束，没有泄漏辐射。有用线束辐射经迷路内墙屏蔽后在 f 处（ O_2-f ）的剂量率按公式 11-6 计算。

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

式中：

$\dot{H}_0$ —活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率， $\dot{H}_0 = A \times K_{\gamma} = 3.7 \times 10^5 \times 0.111 = 4.107 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ；

K_{γ} —放射源的空气比释动能率常数（或称 K_{γ} 常数）在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似，此时 K_{γ} 的单位记为 $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；对 ^{192}Ir 放射源， $K_{\gamma}=0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

B——屏蔽透射因子，根据 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1，对 ^{192}Ir 放射源， $\text{TVL}_1=\text{TVL}=15.2\text{cm}$ ； $B=10^{-(X_e+\text{TVL}-\text{TVL}_1)/\text{TVL}}=10^{-(80/\cos 38^\circ+15.2-15.2)/15.2}=2.09\times 10^{-7}$ ；

R—辐射源点至关注点的距离，为 3.4m；

f —对有用线束为 1。

经计算，有用线束经迷路内墙屏蔽后在 f 处的剂量率为 $\dot{H}=0.00074\mu\text{Sv/h}$ （小于 $10\mu\text{Sv/h}\times 1/4=2.5\mu\text{Sv/h}$ ）

无防护门屏蔽时，机房入口处的剂量率为 $77.34+0.00074=77.34\mu\text{Sv/h}$ 。

后装机房防护门所需要的屏蔽透射因子 $B=\dot{H}_c/\dot{H}=10\div 77.34=0.129$ 迷路入口 f 处散射辐射能量约为 0.2MeV，铅的 TVL 值为 5mm，相应的铅厚度(X)为： $X=\text{TVL}\cdot\log B^{-1}=5.46\text{mmPb}$ 。

根据医院提供的设计方案，机房防护门为 9mmPb，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《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）相关要求。

（3）机房屏蔽体外剂量率核算

①根据 GBZ/201.3-2014 的相关公式计算，首先根据机房各屏蔽墙体的设计厚度 X （cm）根据式（11-7）计算出有效厚度 X_e （cm），按照式（11-8）估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按照式（11-9）计算初级辐射在屏蔽墙体处关注点的剂量率见表 11-3。

$$X_e=X\cdot\sec\theta \quad (11-7)$$

$$B=10^{-(X_e+\text{TVL}-\text{TVL}_1)/\text{TVL}} \quad (11-8)$$

$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_0\cdot f}{R^2}\cdot B \quad (11-9)$$

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 ——辐射屏蔽透射因子；

TVL_1 （cm）和 TVL （cm）——为辐射在屏蔽物质中的第一个半值层厚度和平衡半值层厚度。根据 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1，对 ^{192}Ir 放射源， $\text{TVL}_1=\text{TVL}=15.2\text{cm}$ ；

$\dot{H}$ —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, $\dot{H}_0 = A \times K_r = 3.7 \times 10^5 \times 0.111 = 4.107 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$;

R—辐射源点至关注点的距离, m;

f—对有用线束为 1。

后装治疗机房外各关注点的初级辐射剂量率水平计算结果见表 11-3。

表 11-3 后装治疗机房各关注点初级辐射剂量率预测结果

点位描述	辐射类型	X (cm, 砵)	R (m)	B	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	控制水平值 ($\mu\text{Sv/h}$)
a (控制室)	初级	80	2.1	5.45×10^{-6}	0.051	2.5
a1 (污水井间)	初级	80	2.1	5.45×10^{-6}	0.051	0.1
b (直线加速器机房②)	初级	160	2.9	2.98×10^{-6}	1.45×10^{-7}	10
c (北侧走廊)	初级	80	3.0	3.46×10^{-6}	0.025	2.5
d (东侧走廊)	初级	80	4.7	5.46×10^{-6}	0.010	2.5
g (屋顶正上方走廊)	初级	80	4.4	2.17×10^{-8}	0.013	2.5

机房入口屏蔽前的剂量率为 $77.34 \mu\text{Sv/h}$, 铅中的 TVL 值为 5mm, 本项目后装治疗机房防护门设计为 9mmPb, 经计算防护门外 30cm 处的剂量率为 $77.34 \times 10^{-(9/5)} = 1.22 \mu\text{Sv/h}$, 满足防护门外剂量率参考控制水平 $4 \mu\text{Sv/h}$ 。

(4) 个人剂量估算

辐射工作人员与公众所照射的辐射年剂量按下式计算:

$$H = t \cdot T \cdot \dot{H} \cdot U \times 10^{-3} \quad (11-10)$$

式中:

H—辐射工作人员与公众受照射的辐射年剂量, mSv/a;

t—受照射时间 (h);

T—居留因子, 参照 HJ1198-2021 附录 A 表 A.1 取值;

$\dot{H}$ —关注点的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

U—使用因子。

①治疗机房外人员受照剂量

后装机计划每天治疗人数 20 人，每人治疗时间约为 6min，每周工作 5 天，年工作 50 周，则操作人员年工作时间 500h。

后装机房外关注点处的人员年有效剂量按式11-10计算，计算参数和计算结果见表11-4。

表 11-4 后装机辐射工作人员及周边环境公众年剂量估算结果

点位描述	人员类型	最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年出束时间 h	居留因子 T	使用因子 U	受照剂量 (mSv/a)	约束限值 (mSv/a)
a (控制室)	职业人员	0.051	500	1	1	2.54×10^{-2}	5
a1 (污水井间)	公众	0.1	500	1/20	1	2.5×10^{-3}	0.1
b (直线加速器机房②)	职业人员	1.45×10^{-7}	500	1/2	1	3.63×10^{-8}	5
c (北侧走廊)	公众	0.025	500	1/5	1	2.49×10^{-3}	0.1
d (东侧走廊)	公众	0.010	500	1/5	1	1.01×10^{-3}	0.1
g (屋顶正上方走廊)	公众	0.013	500	1/5	1	1.33×10^{-3}	0.1
f (防护门外)	公众	1.22	500	1/8	1	7.62×10^{-2}	0.1

②进入治疗机房内的工作人员受照剂量

由于放射治疗前，辐射工作人员需要进入后装机房内协助患者进行摆位，在摆位过程会受到放射源的照射。

辐射工作人员进入后装机房之前，必须确保放射源处于后装治疗机的贮源器中，并佩戴个人剂量报警仪进入机房。辐射工作人员协助患者摆位（连接施源器）时在机房内停留时间按 2min 计，与工作贮源器的平均距离按 1m 考虑。

本项目的后装机型号暂未确定，市场上流通的后装机销售厂家无法提供后装机所含放射源的剂量分布图。经调查，后装治疗机厂家在设计后装机屏蔽体时，一般在满足《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）“3.6 贮源器表面 100cm 处的泄漏辐射所致周围剂量当量率应不超过 $5\mu\text{Sv/h}$ ”要求的屏蔽厚度基础上，再增加 10%的屏蔽厚度。但因各厂家屏蔽体厚度存在差异，故无法明确贮源器表面 100cm 处的泄漏辐射所致周围剂量当量率。

参考同类型放射源的后装机环保验收阶段性能检测报告，贮源器表面 100cm 处泄漏辐射所致周围剂量当量率检测值一般处于 $0.16\text{--}0.38\mu\text{Sv/h}$ 之间。

为保守起见，本次评价以该泄漏辐射的剂量率限值 $5\mu\text{Sv/h}$ 作为辐射工作人员摆位处的最

大辐射剂量率进行计算，医生年摆位时间 166.7h，则辐射工作人员全年摆位过程所受的个人剂量： $5\mu\text{Sv/h}\times 166.7\text{h}\times 1/1000=0.83\text{mSv}$ 。

综上所述，后装辐射工作人员个人年效剂量约为 $0.83\text{mSv/a}+2.54\times 10^{-2}\text{mSv/a}=0.858\text{mSv/a}$ ，公众最大有效剂量约为 $7.62\times 10^{-2}\text{mSv/a}$ 。

(5) 废气影响分析

1) 臭氧

根据《辐射防护手册》（第三分册），假设在辐照期间无进行通风且臭氧无分解，臭氧在辐照室内均匀分布，则机房内臭氧产额由下式进行估算。

$$Q_0=2.28\times 10^{-4}\cdot A\cdot G\cdot V^{1/3} \quad (11-11)$$

式中：

Q_0 —照射时间内臭氧产额，mg/h；

A —放射源活度，本项目 ^{192}Ir 源活度为10Ci；

G —空气吸收100eV的电离辐射能量产生的臭氧分子数， γ 辐照室取6；

V —机房体积，本项目后装机房体积为 131.68m^3 ；

根据以上公式估算臭氧产额为 0.07mg/h 。

项目机房内产生的臭氧一部分由动力排风装置排到室外，另一部分自然分解。如果辐照时间很短（ $t\ll T$ ），则机房内臭氧的平均浓度估算公式如下：

$$Q=\frac{Q_0t}{V} \quad (11-12)$$

式中：

Q —后装机房内 O_3 平衡浓度， mg/m^3 ；

Q_0 — O_3 的化学产额， mg/h ，经上文计算后装机房为 0.07mg/h ；

t —照射时间；

V —治疗室体积， m^3 ；

后装治疗机单次治疗照射时间 6min，即 $t=0.1\text{h}$ ，代入公式 $Q=5.31\times 10^{-5}\text{mg/m}^3$ ，低于《工作场所有害因素职业接触限值-第一部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中最高容许浓度 0.3mg/m^3 。

2) 氮氧化物

O₃容许浓度限值为0.3mg/m³；γ射线电离空气产生多种氮氧化物（NO_x）中，以NO₂为主，其产额约为O₃的一半，则浓度为2.65×10⁻⁵mg/m³，且工作场所NO₂容许浓度限值远大于O₃的容许浓度，因此在O₃浓度可以满足标准要求时，NO_x的浓度也可以满足标准要求。

后装机房产生极少量的臭氧和氮氧化物经排风管道引至排风井排至外环境。后装机房容积约 131.68m³（含迷道），机房设置一个风量为 1100m³/h 的排风口，机房通风换气次数约为 8 次/h。因此，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中机房换气次数不小于 4 次/h 的要求。对外环境影响较小。

（6）固体废物环境影响

项目更换的废 ¹⁹²Ir 放射源由供源单位回收，不在项目工作场所内存放，不存在废放射源对周边环境的影响。产生的生活垃圾最终交由环卫部门统一清运，对外环境影响较小。

（7）废水

辐射工作人员产生的生活污水依托医院现有污水处理站处理达标后排至市政管网。

（8）叠加影响分析

本项目摆位时，西侧直线加速器②运行情况下，会对本项目的辐射工作人员产生影响；后装机和西侧直线加速器②同时运行时对污水井间的工作人员及北侧走廊公众会产生影响。因西侧直线加速器②目前尚未建设完成，正式运行，本次采用环评预测值进行叠加。汇总《榆林市中医医院迁建工程医用射线装置应用项目环境影响报告表》（已批复，榆政审批生态发〔2023〕65 号）中相关部分内容，“直线加速器②运行时对本项目后装机摆位的辐射工作人员剂量为 6.96×10⁻³mSv/a，对污水井间的人员剂量为 2.3×10⁻³mSv/a”，对北侧走廊公众的人员剂量为 2.3×10⁻³mSv/a，本项目辐射工作人员叠加本项目最大值 0.858mSv/a，则本项目辐射工作人员最大剂量为 0.865mSv/a。污水井公众剂量为 2.5×10⁻³mSv/a，叠加后剂量为 4.8×10⁻³mSv/a；北侧走廊公众剂量为 2.49×10⁻³mSv/a，叠加后剂量为 4.79×10⁻³mSv/a。

综上，本项目辐射工作人员最大剂量为 0.865mSv/a，公众最大有效剂量约为 7.62×10⁻²mSv/a。均低于项目剂量约束值（工作人员不超过 5mSv/a，公众人员不超过 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值相关要求，《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）剂量约束值要求。

本次对机房相邻区域关注点的有效剂量均进行了计算，考虑到表 7-1 中所列其他环境保

护目标，距本项目的距离更远，射线源随距离的平方成反比衰减关系和其他功能房间屏蔽体的阻隔，则人员停留位置处年剂量将更低，本项目对其他环保目标的影响将会更小，故此次评价可以判断其他保护目标（非相邻区域保护目标）均满足年剂量约束值（工作人员不超过 5mSv/a，公众不超过 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关要求。

11.3 事故影响分析

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

特别重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

一般辐射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

1、可能发生的辐射事故

（1）安全联锁失效：人员可能在防护门未关闭时误入后装机房，如果这时运行放射源，则可能造成误照射事故。

（2）除接受治疗患者以外，机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房环境便运行后装治疗机，则会造成机房中人员误照射。

（3）外力撞击导致放射源跌落裸露时，使工作人员或公众受到外照射。

（4）后装机设备故障，在使用过程中卡源事故。

（5）放射源丢失或被盗事故，属于较大辐射事故。

2、事故分析

当放射源处于裸源状态，估算在距放射源 ^{192}Ir 不同距离、不同接触时间人员所接受的有

效剂量， ^{192}Ir 裸露可能导致的有效剂量计算结果见表 11-5。

表 11-5 裸源情况下达到剂量限值所需时间

距离 剂量限值	0.05m	0.1m	0.5m	1m	2m	2.5m
20mSv	4.38s	17.53s	7.3min	29.22min	116.87min	182.62min
1mSv	0.22s	0.87s	21.91s	1.46min	5.84min	9.13min

事故情景假设及后果估算：

若发生警示灯和联锁装置损坏，人员误入治疗室，当距离放射源 1m 超过 1.46min 时会造成 1mSv 剂量照射。若治疗过程中出现卡源事故，人员进入治疗室进行手动回源，当超过 7.3min（与放射源距离以 0.5m 计算），会造成 20mSv 的剂量照射。

3、采取的预防措施

（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。更换放射源时应对外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）治疗过程中出现卡源事故

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。

治疗过程如果出现停电或者系统故障导致卡源时，使用“急停按钮”和使后装机断电都不能将放射源收回到储源罐中心，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，使用手动收源扳手将放射源收回到储源罐中心。由于设备未定，使用手动回源扳手的具体操作措施应在设备确定后按照设备说明书进行操作。

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。操作间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。

（6）为防止放射源丢失、被盗，应加强安保工作，实行 24 小时监控。

应急措施：当发生放射源丢失被盗事故，事故发生者应立即上报医院辐射事故应急领导机构。接到报告后，医院应立即启动辐射事故应急预案。同时，保护事故现场，防止无关人员进入现场，在 2 小时内填写《医院辐射事故初始报告表》，并通过电话联系方式向当地生态环境主管部门和公安部门报告，协助公安、生态环境主管部门对被盗的密封源进行侦察和追缴。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。

榆林市中医医院后装机核技术应用项目

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

为了加强射线装置监督管理、促进射线装置安全应用，保障人体健康，保护生态环境，医院按照《中华人民共和国环境保护法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等要求，成立了辐射安全与环境管理领导小组，成立了辐射安全与环境管理领导小组，以杜光勇为组长的辐射安全与环境保护领导小组，全面负责医院的辐射安全与防护管理日常工作，办公室设在医务科，由张凌担任主任，负责辐射安全办公室工作。

医院现有辐射安全与环境管理领导小组能够满足辐射安全与环境保护管理要求，本项目建成投入使用运行前，根据实际情况对辐射安全与环境保护管理领导小组进行调整，并完善相应的工作职责。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射安全管理制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

根据对医院现有制度的制定情况及执行情况进行调查，医院已制定的辐射安全与防护管理工作制度，在实际工作中均以贯彻落实，医院各项规章制度执行良好。

本项目建成投入使用运行前，应建立并落实相应的规章制度和操作规程，如《后装机操作流程》《后装机操作人员岗位职责》等。并根据本项目实际情况修订《辐射监测计划》等相关制度。

12.2.2 人员管理

本项目拟配备 4 名辐射工作人员，均为新聘人员，本次评价提出以下要求：

- (1) 医院应组织本项目后装治疗机的辐射工作人员参加辐射安全与防护培训考试（专业-放射治疗）并取得成绩报告单后方能上岗。辐射工作人员取得成绩报告单后，应按照《放射

性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定，每五年进行再培训。项目运行期若新增人员，同样需要参加辐射安全培训并取得合格证书。

(2) 辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；上岗后的辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查；辐射工作人员脱离放射工作岗位时，医院应当对其进行离岗前的职业健康检查；工作人员职业健康检查工作应由职业健康检查机构承担。

(3) 辐射工作人员要接受个人剂量监测，医院负责建立个人剂量档案。辐射工作人员调动时，个人剂量档案将随其转给调入单位，个人剂量档案终身保存；个人剂量计的监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月；工作人员个人剂量监测工作应委托具有相关资质的个人剂量监测技术服务机构进行。

(4) 应建立辐射工作人员培训档案、个人剂量监测档案和职业健康监护档案，其中培训档案应包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等资料；个人剂量监测档案应包括：1) 历年常规监测的方法和结果等相关资料；2) 应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料；职业健康监护档案应包括：1) 职业史、既往病史和职业照射接触史；2) 历次职业健康检查结果及评价处理意见；3) 职业性放射性疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

12.3 辐射监测

12.3.1 现有项目的辐射监测开展情况

医院已委托有资质的单位对医院现有辐射工作场所进行辐射环境的监测，医院辐射防护检测结果满足相关标准要求，并按时向辐射安全许可证发证机关提交本院的射线装置的安全和防护状况评估报告。

12.3.2 本项目辐射监测计划

医院每年委托有资质单位对辐射工作场所进行一次定期监测，并按时向生态环境主管部门提交医院的放射同位素与射线装置的安全和防护状况评估报告。医院为现有放射工作人员均配备了个人剂量计，并委托有资质单位每季度对放射工作人员进行个人剂量检测并存档。

项目建成后，医院应定期对本项目辐射工作场所进行监测，监测要求如下：

(1) 辐射工作场所环境监测：a、项目建成后委托有资质的单位对其进行竣工环境保护验收监测，及时组织竣工环境保护验收工作；b、委托有资质单位对本项目辐射工作场所进行监测，监测频次不小于 1 次/年，监测结果应详细记录并存档；c、利用自主检测设备定期对机房周边环境进行巡检，若发现异常情况，应立即采取应急措施，停止放射工作，并查找原因；d、将本项目辐射工作场所的检测结果纳入医院辐射安全和防护状况评估报告中，并在每年 1 月 31 日之前上报发证机关。

(2) 个人剂量监测：a、项目涉及的辐射工作人员应配备个人剂量计，每季度委托具有资质的个人剂量监测技术服务机构进行监测，建立个人剂量检测档案；b、在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含辐射工作人员个人剂量检测数据及安全评估的内容。

项目辐射监测计划见表 12-1。

表 12-1 项目辐射监测计划

位置	监测内容	监测点位	监测因子	监测频次
后装 机房	辐射水平	四周屏蔽墙外 30cm 处(人员可达处)、机房楼上 30cm 处、控制室、防护门外 30cm 处、电缆沟	γ 辐射剂量率	每季度自测一次，委托有资质单位每年监测一次
		储源器表面 5cm、100cm	γ 辐射剂量率	每次换源或维修后
个人剂量监测				
监测内容		监测范围	监测类别	监测频次
个人剂量当量		所有辐射工作人员	个人剂量检测	委托有资质单位 每季度监测一次

(3) 年度评估

医院每年应委托有 X- γ 辐射剂量率检测资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的年度管理检测，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。

12.4 辐射事故应急

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规和规范性文件规定，医院已制定《医院放射辐射事故应急处理预案》，规定了应急组织机构与职责，明确了应急联系方式，确定了应急启动、事故报告和应急响应程序，提出了应急终止及后期处理措施。符合《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）的应急管理要求。

一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《医院辐射事故初始报告表》，由应急值班负责人上报生态环境局、公安局和卫健委；及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

根据前述11.3的事故影响分析，本项目运行前，结合本项目放射源应用情况，针对本项目运行中可能出现的辐射事故，医院应对现有的辐射事故应急预案进行补充修订，完善，以满足本项目辐射应急管理要求。

本项目运行后，医院应加强辐射事故应急预案的演练，每年组织人员进行应急演练并记录，提高事故应急处置能力，确保辐射事故应急处置有条不紊进行。

12.5 环境保护投资与“三同时”环保验收一览表

12.5.1 环保投资

项目总投资201万元，其中环保投资22.6万元，占总投资的11.24%。环保投资主要用于辐射安全防护设施的建设、辐射工作人员培训、职业健康体检、个人防护用品采购以及个人剂量监测、工作场所监测等。

表 12-2 环保投资估算表

实施时段	类别	污染源	污染防治措施或设施	费用（万元）
	废气	Nox、V	动力通风装置	计入总投资
	辐射安全防护设施	机房防护墙、防护门等		计入总投资
		γ射线	门灯联锁装置、防夹装置、自动闭门装置、工作状态指示灯、电离辐射警示标志、摄像监控装置、固定式剂量报警装置、在线监控系统、对讲系统、个人剂量报警仪、个人剂量计等。	15
		环境管理	辐射安全与环境保护管理领导小组，完善环境管理制度	/
	人员管理	人员培训及职业健康检查		0.4
		个人剂量监测和职业病健康档案		0.2
	环境监测	X-γ辐射剂量率监测仪		依托现有
		定期委托监测		1

环境影响评价及竣工环境保护验收费用	6
合计	22.6

12.5.2 竣工环境保护验收

为规范项目竣工环境保护验收的程序和标准，强化医院环境保护主体责任，根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施）以及《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定，项目竣工后应及时进行自主验收，编制验收监测报告。项目竣工环境保护验收清单见表 12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收内容	
1	辐射安全管理机构	根据本项目建设内容，应将后装机房成员纳入到辐射安全与环境保护管理领导小组，并完善相应的工作职责。
2	辐射安全管理制度	按照项目的实际情况，补充完善全面的、具有可操作性的辐射安全规章制度。针对新增后装治疗机可能存在的风险，修订应急预案，落实必要的应急物质。定期进行辐射事故应急演练。应急预案应包含本项目后装机的辐射事故应急情况。
3	辐射安全防护措施	后装治疗机：电离辐射警告标志、工作状态指示灯、门-机联锁装置、防夹装置、防护门紧急开门装置、实时摄像监控系统、对讲系统、急停按钮（机房内四周墙壁 4 个、防护门内旁侧 1 个、控制室 1 个、治疗机旁 1 个、迷道内侧 1 个）、剂量报警装置、手动回源应急装置、长柄镊子、应急贮源器、放射源在线监控系统、新排风系统、换气次数不少于 4 次/h。
4	防护用品	个人剂量计、个人剂量报警仪等，数量应满足实际工作需求。
5	环境监测仪器	依托 1 台 X-γ 剂量监测仪器，定期校准；应定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，详细记录监测数据并归档。
6	职业教育培训	辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核并获取成绩报告单后上岗。
7	个人剂量档案	每名辐射工作人员配备个人剂量计，放射工作时要求佩戴，定期送检并保存辐射工作人员个人剂量监测档案。
8	健康档案	定期对辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康检查档案。
9	剂量管理限值	后装机房在正常工况下监测机房周围当量剂量率满足剂量率参考控制水平。项目公众年有效剂量约束值取 0.1mSv，职业工作人员年有效剂量约束值取 5mSv。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为提高医院疾病治疗能力，更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊，医院拟在住院楼 1 负一层建设 1 间后装机房后装机房安装 1 台后装治疗机（含 1 枚 ^{192}Ir 放射源，源活度最大为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，III 类放射源）。

13.1.2 实践正当性

项目建设所带来的个人和社会利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”要求。

13.1.3 辐射环境质量现状

项目所在地环境 γ 辐射剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境现状无异常。

13.1.4 辐射安全与防护分析结论

（1）后装机房拟设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯、门-机/源联锁装置、防夹装置、紧急开门装置、急停按钮、实时摄像视频监控装置、双向交流对讲系统、应急照明灯、固定式剂量报警装置，在线放射源监控设置。此外，后装机设置断电自动回源装置，后装机房拟设置长柄镊子、应急贮源容器，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。

（2）本次对各辐射工作场所划分了控制区、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，为辐射工作场所配备相应的辐射安全防护设施，为工作人员配备个人剂量计等防护措施。

13.1.5 辐射环境影响分析

辐射环境影响分析

后装机房实体屏蔽墙、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）和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）相关要求。

（2）项目所致职业人员、公众年附加有效剂量

经预测计算，本项目辐射工作人员最大剂量为 0.865mSv/a，公众最大有效剂量约为 7.62×10^{-2} mSv/a。辐射工作人员有效剂量和公众有效剂量均低于辐射工作人员的剂量约束值（5mSv/a）和公众的剂量约束值（0.1mSv/a）。

13.1.6 辐射安全管理

医院成立了辐射安全防护管理机构，并明确了相关成员职责。医院制定了一系列辐射安全管理制度，用于指导和规范从事放射活动的人员做好辐射安全和放射防护工作。根据本项目的建设内容，医院制定了相关规章制度，修改并完善医院相关的管理制度，根据放射源实际使用情况，完善操作规程、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，使其具有更强的针对性和可操作性。项目开展后将其纳入医院现有辐射安全管理体系，并根据人事变动情况及时调整人员名单，明确相关人员职责，可满足项目对辐射安全管理的要求。

13.1.7 项目结论

综上所述，榆林市中医医院后装机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达到合理且尽可能低的水平，满足辐射防护最优化原则；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 要求与承诺

（1）医院需建立健全各项辐射防护管理规章制度，规范管理与操作，认真开展自查自评工作，发现问题及时整改，竣工验收前须达到辐射安全管理标准化要求。

（2）项目竣工后，医院按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，并取得辐射安全许可证后方可投入运行。

（3）结合本项目放射源和射线装置应用情况，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。

（4）医院在本项目运行过程中应严格控制设备操作时间，避免不必要辐射影响。

（5）项目建成运行后，严格执行辐射环境监测制度，每年应对射线装置和放射源应用的

安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关报送上一年度辐射安全年度评估报告。

榆林市中医医院后装机核技术利用项目

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