

核技术利用建设项目

西安市胸科医院
后装机核技术利用项目
环境影响报告表

西安市胸科医院

2022 年 8 月

核技术利用建设项目

西安市胸科医院

后装机核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：西安市胸科医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省西安市长安区航天大道东段

邮政编码：710100

联系人：王永

电子邮箱：2103528873@qq.com

联系电话：13619268868

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	17
表 3	非密封放射性物质	18
表 4	射线装置	19
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	20
表 6	评价依据	21
表 7	保护目标与评价标准	23
表 8	环境质量和辐射现状	30
表 9	项目工程分析与源项	33
表 10	辐射安全与防护	37
表 11	环境影响分析	44
表 12	辐射安全管理	61
表 13	结论与建议	69
表 14	审批	72

附件：

附件 1 建设项目环评影响评价委托书

附件 2 陕环批复〔2016〕600 号

附件 3 陕环批复〔2017〕141 号

附件 4 陕环批复〔2020〕311 号

附件 5 10MV 直线加速器核技术利用项目竣工环保验收组意见

附件 6 变更 16 排 CT 使用场所的环境影响登记表

附件 7 市环批复〔2021〕107 号

附件 8 新增医用射线装置（DSA）核技术利用项目竣工环保验收组意见

附件 9 新增 1 台移动 DR 环境影响登记表

附件 10 新增 1 台 256 排 CT、1 台大孔径 CT 环境影响登记表

附件 11 新增 1 台 80 排 CT、1 台 40 排 CT 环境影响登记表

附件 12 辐射安全许可证

附件 13 人员培训证书

附件 14 个人剂量检测报告

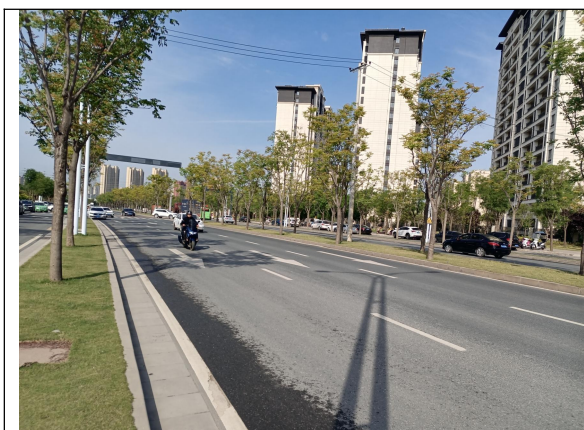
附件 15 职业健康体检报告

附件 16 射线装置工作场所放射防护检测报告（ZJDPFR-210374（F）-1）

附件 17 直线加速器、DSA、大孔径 CT、256 排 CT 防护检测报告

（FHJC-SXGK-002022026-1）

附件 18 辐射环境本底监测报告



医院北侧--杜陵西路



医院东侧--通村道路



医院南侧--西安市精神卫生中心



医院西侧--西康高速东辅道



后装机所在大楼



项目所在楼西侧--后勤楼



项目所在楼北侧--停车场出入口



项目所在楼南侧--院内道路



项目所在楼南侧--西安市精神卫生中心道路



项目所在楼东侧--应急住院楼



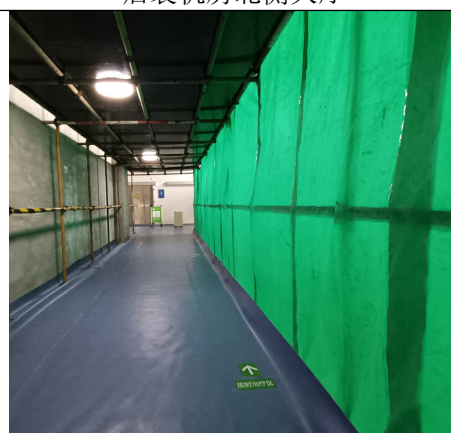
后装机房拟建地



后装机房北侧大厅



后装机房东北侧--直加机房及操作间



后装机房西北侧--过道

本项目现场照片

表 1 项目基本情况

建设项目名称		后装机核技术利用项目			
建设单位		西安市胸科医院			
法人代表	李向前	联系人	王永	联系电话	13619268868
注册地址		陕西省西安市长安区航天大道东段			
项目建设地点		西安市长安区航天大道东段西安市胸科医院核医学中心楼一层放疗科西南角			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		555	项目环保投资 (万元)	42.6	投资比例(环保投资/总投资)
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²)
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☒ 使用	☐ I类(医疗使用) ☐ II类 ☒ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 使用	☐ II类 ☐ III类		
	其他	/			

项目概述

1.1 医院概况

西安市胸科医院始建于 1953 年，是一所集医疗、教学、科研为一体的三级甲等专科医院。医院占地面积 200 余亩，建筑面积 7.8 万平方米，实际开放床位 1000 张。西安市胸科医院是国家药物临床试验机构（GCP）和中国防痨协会医学转化创新基地，是西安交通大学医学部附属胸科医院和德国海德堡市胸科医院战略合作医院。医院设有门急诊部、发热门诊、呼吸与危重症科、心血管病科、消化科、肿瘤科、尘肺科、胸外科、外科、中医康复科、手术麻醉科、结核内科等 29 个临床科室和药剂科、检验科、影像科、超声科、功能科、病理科、镜检中心、体检中心等 14 个医技科室，主要收治呼吸系统疾病、消化系统疾病、心血管疾病、肺部肿瘤和各类型结核病等。

医院主要设备有美国瓦里安新一代直线加速器、德国西门子 1.5T 核磁、美国 GE 公司 256 排 CT、64 排 CT、16 排螺旋 CT、数字减影机、数字化 X 线摄影系统及透视（DR）、移动 DR、全自动生化分析仪、全自动分枝杆菌检测系统、日本奥林巴

斯 290 胃肠镜及超声胃镜、超声支气管镜(EBUS)-TBNA+GS、内外科胸腔镜、ECMO、心脏及全身彩色多普勒超声诊断仪、三重四级杆质谱仪等检测设备。科研实验室及 P2+实验室，配有溶解曲线分析仪、分枝杆菌基因检测系统、BD960 分枝杆菌快速培养仪等设备，满足各临床科室应用。

医院现有在职员工 1073 人，其中，卫生专业技术人员 925 人（医生 259 人，护士 559 人），有正高职称 20 人，副高职称 87 人，中级职称 260 人，有博士 9 人，硕士 177 人。

1.2 核技术应用的目的是任务的由来

为了改善医院的医疗设施条件，满足患者就医需求，西安市胸科医院拟在核医学中心楼一层放疗科西南角新建一间后装机机房以及其他辅助用房，安装 1 台后装机（使用 1 枚 ^{192}Ir 密封放射源，放射性初始活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于 III 类放射源），利用其产生的 γ 射线（平均能量 0.37MeV）可对病变组织进行近距离后装治疗。

根据《放射源分类办法》（原国家环境保护总局，2005 年第 62 号公告），本次环评涉及的密封放射源为 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），本项目为“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目—使用 III 类放射源”的核技术应用项目，故应编制环境影响报告表。

2022 年 4 月，西安市胸科医院正式委托西安桐梓环保科技有限公司对本次项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。我公司在接受委托后，随即组织有关技术人员进行现场踏勘并收集相关资料，依据《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），编制了《西安市胸科医院后装机核技术利用项目环境影响报告表》。

1.3 核技术利用现状

1.3.1 医院现有核技术利用项目环保手续履行情况

西安市胸科医院现有的核技术利用项目已于 2016 年 5 月进行了环境影响评价，主要涉及 2 台 II 类医用射线装置（1 台 LCE+型数字血管造影系统、1 台医用直线加速器）、4 台 III 类医用射线装置（包括 64 排 CT、16 排 CT、DR、数字胃肠机），于 2016 年 11 月 16 日取得原陕西省环境保护厅的批复（陕环批复〔2016〕600 号），见附件 2。该项目于 2017 年 3 月委托原陕西省辐射环境监督管理站进行了竣工环保验收，验收内容包括 1 台 II 类医用射线装置（1 台 LCE+型数字血管造影系统，医用

直线加速器尚未建设）、4 台Ⅲ类医用射线装置（包括 64 排 CT、16 排 CT、DR、数字胃肠机），2017 年 3 月 24 日取得原陕西省环境保护厅关于该项目的竣工环保验收批复（陕环批复〔2017〕141 号），见附件 3。

2020 年 7 月，西安市胸科医院对新增 10MV 直线加速器进行环境影响评价，编制了《西安市胸科医院新增 10MV 直线加速器核技术利用项目环境影响报告表》，陕西省生态环境厅于 2020 年 11 月 16 日出具了关于《西安市胸科医院新增 10MV 直线加速器核技术利用项目》的批复，陕环批复〔2020〕311 号，见附件 4；该项目于 2022 年 2 月 25 日通过建设单位组织的自主竣工环保验收，见附件 5。

2020 年 9 月 28 日，西安市胸科医院对原有的 16 排 CT 办理了场所变更环境影响登记备案手续，从门诊楼一楼搬迁至应急楼一楼，备案号：202061011600000270，见附件 6。

2021 年 10 月，西安市胸科医院将原有的 LCE+数字血管造影系统（DSA）进行拆除，并对原有机房进行改造，安装一台新购的 GE Innova IGS 5 型医用血管造影 X 射线机（DSA）于原 DSA 机房内，委托环评单位编制了《西安市胸科医院新增医用射线装置核技术利用项目环境影响报告表》，于 2021 年 11 月 10 日取得西安市生态环境局关于该项目的批复文件，市环批复〔2021〕107 号，见附件 7；该项目于 2022 年 2 月 25 日通过专家组竣工环保验收，见附件 8。

2021 年 12 月 8 日，西安市胸科医院对新增的 1 台移动 DR 办理了环境影响登记备案手续，备案号：202161011600000183，见附件 9。

2021 年 12 月 27 日，西安市胸科医院对新增的 1 台 256 排 CT、1 台大孔径 CT 办理了环境影响登记备案手续，备案号：202161011600000192，见附件 10。

2022 年 6 月 30 日，西安市胸科医院对新增的 1 台 40 排 CT、1 台 80 排 CT 办理了环境影响登记备案手续，备案号：202261011600000161，见附件 11。

综上所述，西安市胸科医院现有射线装置环保手续履行情况详见下表 1-1 所示。

表 1-1 医院现有射线装置环保手续履行情况一览表

序号	装置名称	规格型号	最大管电压 kV	最大管电流 mA	类别	用途	场所	备注	环评批复	竣工验收
1	数字胃肠机	FLEXAVISION	150	1000	III	医用诊断 X 射线装置	影像科、医技楼一楼	已报废	原陕西省环境保护厅，陕环批复（2016）600 号，审批时间 2016.11.16	原陕西省环境保护厅，陕环批复（2017）141 号，审批时间 2017.3.24
2	LCE+型数字血管造影系统	LCE+	120	1000	II	血管造影用 X 射线装置	介入科、医技楼一楼	已报废		
3	DR 拍片机	Defiam6000	150	1000	III	医用诊断 X 射线装置	影像科、医技楼一楼	在用		
4	64 排 CT	Optina680	140	560	III	医用 X 射线计算机断层扫描装置	影像科、医技楼一楼	在用		
5	16 排 CT	Bright speed	140	420	III	医用 X 射线计算机断层扫描装置	影像科、医技楼一楼	已报废		
							应急住院楼一楼			
备案时间：2020.9.28； 备案号：202061011600000270										
6	10MV 直线加速器	瓦里安 Trilogy	最大 X 线能量 10MV	最大输出剂量率 1000cGy/min	II	放射治疗	放疗科、核医学中心楼一层	在用	陕西省生态环境厅，陕环批复（2020）311 号，审批时间 2020.11.16	2022.2.25 通过竣工环保验收
7	医用血管造影 X 射线机（DSA）	GE Innova IGS 5	125	1000	II	开展心血管、神经、外周血管、综合介入治疗	医技楼一楼介入手术室	在用	西安市生态环境局，市环批复（2021）107 号，审批时间 2021.11.10	2022.2.25 通过竣工环保验收
8	移动 DR	NeuVision 550M Plus	150	500	III	医用诊断 X 射线装置	住院楼二楼的 ICU 病房	在用	备案时间：2021.12.08； 备案号：202161011600000183	
9	256 排 CT	Revolution CT	140	740	III	医用 X 射线计算机断层扫描装置	核医学中心楼一层	在用	备案时间：2021.12.27； 备案号：202161011600000192	
10	大孔径 CT	Philips CT Big Bore CT	140	500	III	医用 X 射线计算机断层扫描装置	核医学中心楼一层	在用		
11	40 排 CT	uCT530+	140	420	III	医用 X 射线计算机断层扫描装置	应急楼一层	在用	备案时间：2022.06.30； 备案号：202231011600000161	
12	80 排 CT	Uct780	140	833	III	医用 X 射线计算机断层扫描装置	门诊一楼	在用		

1.3.2 辐射安全许可证

西安市胸科医院于2022年07月20日取得了现行的辐射安全许可证(见附件12),证书编号为:陕环辐证[00288],有效期至2027年07月19日,许可种类和范围为:使用II类、III类射线装置。

根据现场核查,西安市胸科医院目前不涉及密封放射源、非密封放射性物质的使用,现行辐射安全许可证许可种类和范围与目前正在运行的射线装置一致。现行的辐射安全许可证已许可的射线装置见表1-2。

表 1-2 已许可的射线装置一览表

序号	射线装置名称	型号	类别	台数	活动种类	备注
1	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	GE Innova IGS 5	II类	1 台	使用	已许可, 陕环辐证 [00288]
2	64 排 CT	Optima680	III类	1 台	使用	
3	DR 拍片机	Defiam6000	III类	1 台	使用	
4	10MV 直线加速器	瓦里安 Trilogy	II类	1 台	使用	
5	256 排 CT	Revolution CT	III类	1 台	使用	
6	移动 DR	NeuVision 550M Plus	III类	1 台	使用	
7	大孔径 CT	Philips CT Big Bore CT	III类	1 台	使用	
8	40 排 CT	uCT530+	III类	1 台	使用	
9	80 排 CT	Uct 780	III类	1 台	使用	

1.3.3 医院辐射安全与管理现状

西安市胸科医院严格遵守《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》及《陕西省放射性污染防治条例(2019年修正)》等相关放射性法律、法规、条例,配合各级生态环境管理部门监督和指导,确保辐射防护设施运行、维护、检测工作顺利开展,保障辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面良好运行。

(1) 管理制度

为了加强辐射安全和防护管理工作,西安市胸科医院已成立了辐射安全与防护管理小组,明确了机构成员组成、相关工作职责,并安排专人负责医院的辐射安全管理工作。医院辐射工作管理逐步规范,制定了较为完善的规章制度。医院已制定的制度主要有:《辐射事故应急预案》、《辐射安全管理责任分工制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射设备操作规程》、《辐射设备维护保养制度》、《放射治疗质量保证大纲和控制计划》、《辐射安全管理系统运行管理规定》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员体检制度》、

《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《放疗科质量保证制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《患者安全防护制度》、《辐射环境监测计划》等，以及各辐射设备的操作规程等一系列规章制度，用于医院辐射安全管理工作。

（2）辐射工作人员培训证书

医院现有辐射安全管理人员以及辐射工作人员共 37 人，其中 30 人均参加了生态环境部门组织的辐射防护与安全培训，接受了辐射防护安全知识与法律法规教育，并取得了培训合格证书，且证书均在有效期内；根据《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告 2021 年第 9 号）中“仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核”要求，医院已于 2021 年 11 月组织其余 7 名辐射工作人员参加了自行组织的辐射安全培训和考核，考试合格并颁发了合格证书。

（3）个人剂量

医院要求每名辐射工作人员工作期间佩戴个人剂量计，接受剂量监测，同时建立了个人剂量档案并存档。各辐射设备运行良好，无辐射安全事故发生。根据医院提供的职业性外照射个人剂量检测报告（见附件 14），检测周期为 2021 年 02 月 01 日~2022 年 01 月 31 日相关辐射工作人员的连续一年的累积剂量为 0.05~0.20mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的 20mSv 的剂量限值，亦满足医院制定的剂量管理目标约束值 5mSv/a。

（4）职业健康体检

根据医院提供的职业健康检查结果，现有 37 名辐射工作人员的职业健康检查结果无异常，未见疑似放射病或职业禁忌证。

表 1-3 医院现有辐射工作人员职业健康检查情况一览表

序号	人员	体检时间	体检类别	结果	体检单位
1	蔡曙波	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
2	曹欢	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
3	陈晨	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
4	陈莹	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
5	崔树	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
6	冯洛龙	2021.7.23	岗中	可继续原放射工作，无疑似放射病及职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
7	李积安	2021.7.23	岗中	可继续原放射工作，无疑似放射病及职业禁忌证。	兵器工业五二一医院

8	贺杰	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
9	解乔丹	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
10	李红霞	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
11	李华	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
12	李瑾	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
13	刘思远	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
14	孙永康	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
15	谭淦纹	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
16	王超	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
17	王飞虹	2021.7.23	岗中	可继续原放射工作，无疑似放射病及职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
18	王玲	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
19	王萍	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
20	卫宇山	2020.10.16	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
21	徐阳	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
22	许萌萌	2021.7.29	岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
23	张帆	2020.10.16	在岗体检	放射性作业在岗体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
24	张红娟	2020.10.16	在岗体检	放射性作业在岗体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
25	张洪波	2020.10.16	在岗体检	放射性作业在岗体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
26	张荣骄	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
27	赵野	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
28	郑锋娟	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
29	周婕	2021.5.19	在岗体检	放射性作业体检未见疑似放射病或职业禁忌证。	核工业四一七医院
30	陈蔚	2021.07.09	上岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
31	段洁	2021.11.13	上岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
32	苏晓星	2021.11.15	上岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
33	张豪	2021.11.18	上岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
34	冯鑫	2021.11.5	上岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
35	杨海霞	2021.11.18	上岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
36	张珊珊	2021.11.12	上岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院

37	韩亚轩	2021.10.15	上岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业禁忌证。	兵器工业五二一医院
----	-----	------------	-----	-------------------------	-----------

本项目涉及的辐射工作人员职业健康体检报告见附件 15。

（5）辐射工作场所监测

医院每年均对射线装置应用场所及周围环境进行一次辐射监测，并建立监测技术档案，每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证颁发部门提交《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

根据医院提供的现有射线装置工作场所辐射环境监测报告（报告编号：ZJDPFR-210374（F）-1，见附件 16），现有射线装置数字胃肠机、16 排 CT、DR 拍片机、64 排 CT 的工作场所机房外周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准限值要求。

根据医院提供的放射防护检测报告（报告编号：FHJC-SXGK-002022026-1，见附件 17），正常开机状态下，直线加速器机房周围剂量当量率满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）限值要求。DSA 机房、大孔径 CT 机房、256 排 CT 机房周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关限值要求。

（6）存在问题及整改要求

根据医院提供的辐射工作人员个人剂量检测报告和辐射防护与安全培训证书，现有辐射工作人员存在以下问题：

①医院从事介入放射学工作的人员共 5 人（陈蔚、冯洛龙、李积安、王飞虹、许萌萌），其中陈蔚和冯洛龙二人仅参加了医院自行组织的辐射安全培训和考核，取得医院自主颁发的培训合格证书，与其二人目前从事的介入放射学工作能力不匹配。

②现有介入诊断工作人员（医生、护士）未采用双剂量计监测方法。

针对医院现存的问题，本次评价提出以下整改要求：

①根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，现有介入放射学工作人员冯洛龙和陈蔚应立即停止介入诊断工作，需参加生态环境部门组织的辐射防护与安全培训，取得医用 X 射线诊断与介入放射学专业培训合格证书后方可参加工作。或将冯洛龙和陈蔚工作岗位调整为从事Ⅲ类射线装置的使用，将医院其他已取得“医用 X 射线诊断与介入放射学专业培训合格证书”的人员调整到介入放射学工

作岗位。

②根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），现有介入人员（医生、护士）建议采用双剂量计监测方法。

综上分析，西安市胸科医院辐射安全与管理制度较为完善，现有辐射工作人员所受的年附加有效剂量均低于医院设置的职业人员年剂量约束限值 5mSv/a。现有射线装置工作场所各屏蔽体外瞬时剂量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关限值要求。

此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等相关要求，医院还应加强各辐射工作岗位人员能力的管理，应按照工作岗位要求配备具有相应工作能力的辐射工作人员，介入诊断工作人员（医生、护士）应采用双剂量计监测方法。

1.4 项目建设规模

1.4.1 项目简介

项目名称：西安市胸科医院后装机核技术利用项目

建设单位：西安市胸科医院

建设地点：西安市长安区航天大道东段西安市胸科医院核医学中心楼一层放疗科西南角

建设规模：安装 1 台后装机（使用 1 枚 ^{192}Ir 密封放射源）

项目性质：扩建

1.4.2 本次环评建设内容及规模

西安市胸科医院拟在核医学中心楼一层放疗科新建一间后装机机房以及其他辅助用房，安装 1 台后装机（使用 1 枚 ^{192}Ir 密封放射源，放射性初始活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于Ⅲ类放射源）。

本项目组成见表 1-4。

表 1-4 项目组成一览表

序号	项目	组成	备注
一	主体工程		
1	后装治疗用房	建筑面积约 104.38m ² ；包括后装机治疗室（41m ² ）、操作间（10.42m ² ）、准备区（45.52m ² ）、清洗间（7.44m ² ）等。其中治疗室内有效使用面积=3.4m×5.9m=20.06m ² ，净高 3.3m。迷道宽 1.6m，	拟新购 1 台使用 ^{192}Ir 密封放射源的后装机

		迷道转道宽 1.6m。	
二	辅助工程		
1	注射抢救室	位于准备区东侧，建筑面积约 18.81m ²	新建
二	公用工程		
1	给水工程	由医院内主供水管网接入	依托主供水管网
2	排水工程	医疗废水接入院内主排水管网	依托主排水管网
3	供配电工程	由院内配电室接入电源	依托供配电系统
4	通风系统	治疗室设机械通风系统，换气次数 7 次/h。	新建
三	环保工程		
1	废水	操作人员生活污水经院区污水处理系统处理后排入市政污水管网	依托院区现有设施
2	固废	操作人员生活垃圾收集后交由环卫部门统一处置，医疗废物交由有资质单位处置	依托院区现有设施
3	辐射防护	后装机机房：北墙、南墙、西墙采用 300mm 钢筋混凝土+100mm 钢板，迷路内墙采用 300mm 钢筋混凝土+100mm 钢板，迷路外墙采用 300mm 钢筋混凝土+10mm 钢板，顶部采取 300mm 钢筋混凝土+100mm 钢板；地面采取 50mm 厚混凝土。防护铅门：采取 8mmPb 铅防护门（电动推拉门）。	新建
四	人员配置		
1	后装机	计划配备工作人员 7 名	依托医院现有辐射工作人员

本次拟配备 7 名辐射工作人员，均为医院现有的辐射工作人员，该 7 名人员同时负责操作医院 10MV 直线加速器装置，均已通过辐射安全与防护培训并考核合格。本项目拟配备的具体人员名单及取证情况、职业健康体检情况见表 1-5，培训合格证书见附件 13，职业健康体检见附件 15。

表 1-5 工作人员取证情况

序号	姓名	职务	证书编号	证书有效期	体检时间	体检类别	结果
1	杨海霞	医师	军辐培证 05279	2019.8.5-2023.8.4	2021.11.18	岗前	可以从事放射工作，未发现放射工作的职业
2	韩亚轩	医师	FS21SN0200098	2021.9.13-2026.9.13	2021.10.15	岗前	
3	张姗姗	医师	FS21SN0200097	2021.9.13-2026.9.13	2021.11.12	岗前	
4	段洁	物理师	FS21SN0200012	2021.3.23-2026.3.23	2021.11.13	岗前	
5	苏晓星	物理师	FS21SN0200101	2021.9.23-2026.9.23	2021.11.15	岗前	
6	张豪	技师	FS21SN0200110	2021.9.24-2026.9.24	2021.11.18	岗前	

7	冯鑫	技师	FS21SN0200129	2021.10.13-2026.10.13	2021.11.5	岗前	禁忌证。
---	----	----	---------------	-----------------------	-----------	----	------

备注：该 7 名辐射工作人员中，段洁为西安市胸科医院原介入科工作人员，于 2021 年 8 月调离介入岗位，其余 6 名人员均为医院 2021 年 10 月新招聘的辐射工作人员。

本次评价涉及的密封放射源见表 1-6。

表 1-6 本次环评涉及的密封放射源一览表

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	$3.7 \times 10^{11}\text{Bq} / 3.7 \times 10^{11}\text{Bq} \times 1$	后装机机房	后装机用源

1.5 项目周围环境

(1) 医院周边环境

西安市胸科医院位于西安市长安区航天大道东段，医院北侧为杜陵西路，东侧为通村道路（通向大府井村和简王井村），南侧为西安市精神卫生中心，西侧隔绿化带为西康高速东辅道和 G65 包茂高速。周边交通便利，医院地理位置图见图 1-1。医院周边四邻关系见图 1-2。

(2) 项目所在建筑周边环境

本次评价的后装治疗室位于核医学中心楼一层西南角，其地下无建筑，楼上为库房；本项目周围 50m 范围内无常住居民。医院平面布置示意图及本项目位置关系见图 1-3。

本项目后装机机房位于核医学中心楼一层西南角，该楼北侧为职工地下车库停车场出入口，北侧约 36m 为住院楼①，西侧约 14m 为后勤楼，西北侧约 25m 为住院楼③，南侧为院内道路、约 9m 处为南厂界围墙，东侧约 8.6m 为应急住院楼。本项目所在建筑四邻关系图及 50m 评价范围图见图 1-4 所示。

(3) 机房周围环境

本次评价的后装机治疗室位于核医学中心楼一层放疗科西南角，其地下无建筑，楼上为库房，北侧为大厅，南侧、西侧为医院内部室外道路，东侧为患者通道、操作间、准备区、清洗间、注射抢救室。本项目所在一层平面布置图见图 1-5。



图 1-1 西安市胸科医院地理位置图



图 1-2 医院四邻关系图



图 1-3 医院平面布置示意图及本项目位置关系图

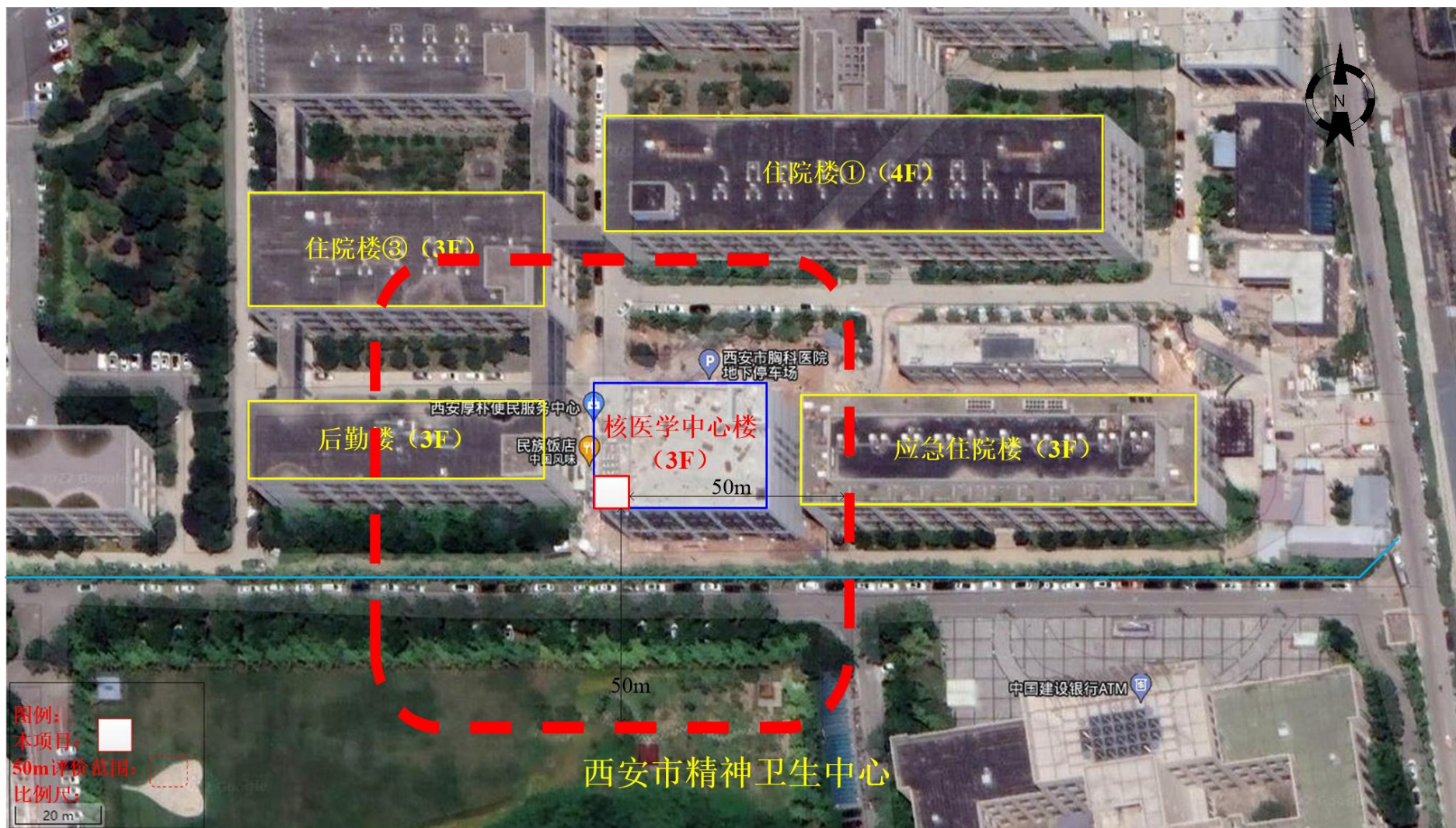


图 1-4 本项目所在楼四邻关系及 50m 评价范围

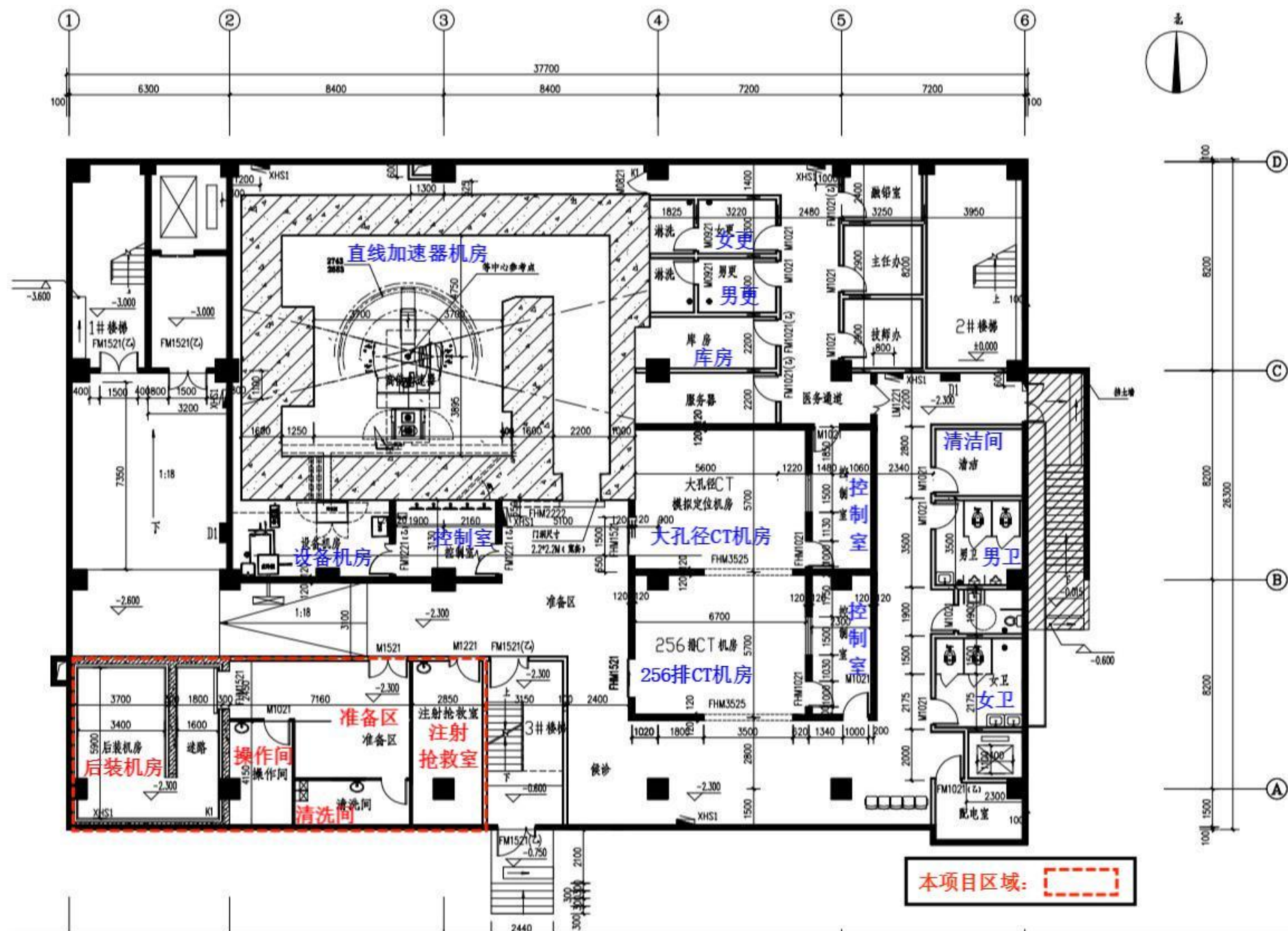


图 1-5 本项目所在一层的平面布置示意图

1.6 实践正当性分析

本项目使用后装机对恶性肿瘤进行治疗，患者无需手术、损伤小，为优化患者的诊疗环境、提高恶性肿瘤的放疗水平具有重大意义；同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障患者健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，该医院后装机的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.7 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及其 2021 年 12 月 30 日《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》中鼓励类“六、核能----6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，故项目符合国家产业政策。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ Bq/3.7×10 ¹¹ Bq×1 枚	Ⅲ类	使用	医学治疗	核医学中心楼一层后装机房	后装机机头内	固态密封源
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 6 评价依据

法规文件	1、《中华人民共和国环境保护法》（2015.1.1）； 2、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003.10.01）； 3、《中华人民共和国环境影响评价法（2018 修正版）》（2018.12.29）； 4、《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017.10.01）； 5、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（2021.1.1）； 6、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订）（2019.03.02）； 7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订）（原国家环境保护总局令第 31 号及生态环境部令第 20 号，2021.1.4）； 8、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部 18 号令，2011.05.01）； 9、《放射源分类办法》（原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005.12.23）； 10、《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修正）》（2019.11.06）； 11、《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）； 12、原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，2018.6.6）； 13、《放射性废物分类》（原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2017.11.30）； 14、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（原国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006.9.26）； 15、《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 2019 年第 57 号公告，2019.12.23）； 16、关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告（国环规环评[2017]4 号，2017.11.20）。
------	---

技术标准	1、《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； 2、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 3、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 4、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 5、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； 6、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 7、《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）； 8、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）； 9、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）； 10、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； 11、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； 12、《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）。
其他	1、西安市胸科医院委托开展环境影响评价的委托书； 2、其他与项目有关的设计资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围									
本项目使用Ⅲ类放射源。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定，结合该项目特点，确定本项目辐射环境评价范围为后装机机房屏蔽体边界外 50m 的区域。									
保护目标									
保护目标分为职业照射人群及公众人群，职业照射人群为操作间工作人员；公众人群为后装机机房屏蔽体边界外 50m 范围内其他医护人员及公众。本项目的保护目标见表 7-1。									
表 7-1 项目保护目标一览表									
装 置	序 号	保护对象		相对 方位	距离机 房的最近 距离 (m)	距离辐射 源最近距 离 (m)	保护 人数	保护 内容	控制目 标
后 装 机	1	职业 照射 人群	本项目辐射工 作人员	东	紧邻	3.5	7 人	年有 效剂 量	不大于 5mSv/a
	2	公众 人群	准备区人员	东	紧邻	3.8	5 人	年有 效剂 量	不大于 0.1 mSv/a
	3		清洗间人员	东	2.6	7.4	2 人		
	4		注射抢救室医 患人员	东	7.2	10.7	3 人		
	5		3#楼梯流动人 员	东	10	13.5	4 人		
	6		候诊区患者家 属	东	13.3	16.8	10 人		
	8		大厅流动人员	北	紧邻	3	10 人		
	9		1#楼梯及电梯 流动人员	北	13.5	16.5	5 人		
	10		库房工作人员	楼上	紧邻	3.8	2 人		
	11		库房、主任办、 技师办人员	东北	18.5	25	5 人		
	12		院内道路流动 人员	南侧	紧邻	3.5	5 人		
	13		院内道路流动 人员	西侧	紧邻	2.5	5 人		
	14		核医学中心楼 其他医患人员	楼上	4~50	6~50	30 人		
	15		院内道路流动 人员	北侧	22~50	27~50	6 人		
	16		后勤楼办公及 流动人员	西侧	14~50	16~50	40 人		

	17		住院楼③医患人员	西北	35~50	37~50	30 人		
	18		应急住院楼医患人员	东	40~50	45~50	15 人		
	19		西安市精神卫生中心内部道路流动人员	南	9~50	12~50	10 人		

评价标准

1、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）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在照射剂量限值 10%~30%的范围之内。

附录 B 剂量限值和表面污染控制水平：

B1.1.1.1 条规定：应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：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），20mSv。

B1.2.1 规定：实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估算值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

(2) 剂量约束值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“第 4.9 条”，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 0.1mSv/a。

综合考虑医院核技术利用项目的现状，并着眼于长期发展，为其他辐射设施和实践活动留有余地，本项目辐射工作人员职业照射剂量约束值不超过 5mSv/a，公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

2、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）

6.1 布局要求

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。

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。

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。

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。

6.1.6；其他治疗机房均应设置迷路。

6.2 空间、通风要求

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。

6.2.2 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。

6.4 安全装置和警示标志要求

6.4.1 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。

6.4.2 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。

6.4.3 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。

6.4.4 急停开关

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

6.4.4.2 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。

6.4.5 应急储存设施

6.4.5.1 γ 源后装治疗设施应配备应急储源器。

6.4.6 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。

7 放射治疗操作中的放射防护要求

7.2 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。

7.3 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。

7.4 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。

7.5 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 7-2。

表 7-2 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	管理人员或职员办公室、治疗计划区、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、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

3、《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）

4.2.3 治疗机房一般屏蔽要求

除需满足 GBZ/T201.1 的要求外， γ 射线源放射治疗机房屏蔽应考虑下列内容：

a) 后装治疗按 4π 发射的点源考虑机房屏蔽，应在治疗机房的地面标识出相应机房外可能受照剂量最高的使用位置，作为计算屏蔽时的辐射源参考位置。

e) 后装治疗机房、 γ 远距治疗机房和体部 γ 刀治疗机房应设置迷路。

4、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

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.....、治疗室（含迷路）等场所，如.....和治疗室，.....、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.....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 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 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) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 加以控制。

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

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（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.....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.....应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、.....设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；

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

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。

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。

8.4.1 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

环境质量和辐射现状

8.1 本项目所在区域辐射环境现状

本项目位于西安市胸科医院核医学中心楼一层西南角，为了解本项目的辐射环境质量现状，委托检测单位对项目所在地进行了环境地表 γ 辐射剂量率背景值监测。

监测时间为 2022 年 6 月 6 日，监测报告见附件 18。

(1) 监测项目： γ 辐射剂量率。

(2) 监测仪器：见表 8-1。

表 8-1 检测设备一览表

设备名称	设备型号	测量范围	设备编号	检定单位	检定证书编号及有效期
X、 γ 射线检测仪	BG9512P	0.01 μ Gy/h~30mGy/h	XATZ-YQ-002	中国辐射防护研究院放射性计量站	检定证书编号：检字第（2022）L129，检定有效期：2022 年 05 月 31 日~2023 年 05 月 31 日

(3) 质量保证：

①结合现场实际情况，在项目拟建场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性，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》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）进行监测；

③测量仪器每年定期经有资质计量部门检定，检定合格后方可使用；

④监测人员持证上岗；

⑤监测结果经三级审核，保证监测数据的准确。

(4) 监测方法和依据：

监测方法和依据见下表所示。

表 8-2 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境监测用 X、 γ 辐射监测仪 第一部分 剂量率仪型》（EJ/T984-1995）

(5) 监测结果

监测数据见下表 8-3。

表 8-3 西安市胸科医院环境地表γ辐射剂量率背景值监测结果

序号	监测地点	γ辐射剂量率监测结果（μGy/h）	备注
1	拟建后装机机房内巡测	0.090	室内本底
2	拟建后装机机房东侧操作间巡测	0.093	
3	拟建后装机机房北侧大厅巡测	0.097	
4	拟建后装机机房南侧室外道路	0.085	室外本底
5	拟建后装机机房西侧室外道路	0.084	

注：以上数据均已扣除宇宙射线。

由以上监测数据可知，西安市胸科医院的室外环境地表γ辐射剂量率为 0.084~0.085μGy/h 之间，室内环境γ辐射剂量率为 0.090~0.097μGy/h 之间，与《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“西安市γ辐射剂量率调查结果（室内：79~130nGy/h，室外：50~121nGy/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，项目所在区域辐射环境质量现状良好。

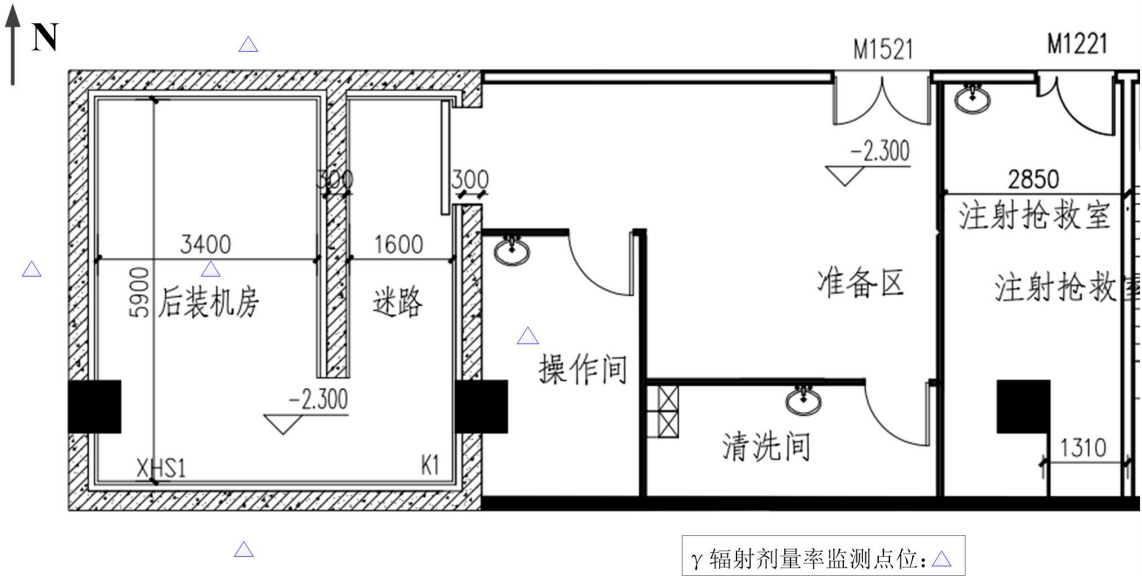


图 8-1 现状监测布点示意图

8.2 医院现有射线装置工作场所辐射环境监测

西安市胸科医院现有 2 台Ⅱ类医用射线装置（10MV 直线加速器、GE Innova IGS 5 型 DSA）、7 台Ⅲ类医用射线装置（包括 64 排 CT、16 排 CT、DR 拍片机、移动 DR、数字胃肠机、256 排 CT、大孔径 CT），位于医技楼一楼、应急住院楼一楼、核医学中心楼一层。

(1) 64 排 CT、16 排 CT、DR 拍片机、数字胃肠机

西安市胸科医院委托浙江多普检测科技有限公司对医院现有的 64 排 CT、16 排 CT、DR 拍片机、数字胃肠机工作场所进行了监测，监测时间为 2021 年 01 月 07 日，并出具了监测报告（报告编号：ZJDPFR-210374（F）-1，见附件 16）。

监测结果表明：DR 拍片机的机房外周围剂量当量率为 $0.14\sim 0.22\mu\text{Sv/h}$ ，数字胃肠机机房外周围剂量当量率为 $0.14\sim 0.21\mu\text{Sv/h}$ ，16 排 CT 机房外周围剂量当量率为 $0.13\sim 0.23\mu\text{Sv/h}$ ，64 排 CT 机房外周围剂量当量率为 $0.14\sim 0.22\mu\text{Sv/h}$ ，这 4 台 X 射线装置工作场所机房外的周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准限值要求。

(2) 直线加速器、DSA、大孔径 CT、256 排 CT

根据医院提供的放射防护检测报告（报告编号：FHJC-SXGK-002022026-1，见附件 17），正常开机状态下，直线加速器机房周围剂量当量率检测结果范围值为 $0.06\sim 0.26\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

DSA 正常开机状态下，机房周围剂量当量率为 $0.14\sim 0.17\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.3.1a）条中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

大孔径 CT 正常开机运行时，机房周围剂量当量率为 $0.16\sim 0.27\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.3.1b）条中“机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

256 排 CT 正常开机运行时，机房周围剂量当量率为 $0.16\sim 0.38\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.3.1b）条中“机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 工程设备

本项目新购 1 台后装机，使用 1 枚 ^{192}Ir 密封放射源，初始活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ (10Ci)；根据《放射源分类办法》（原国家环保总局，2005 年第 62 号公告），本项目使用的放射源属于Ⅲ类放射源。

9.2 后装机治疗工作原理

^{192}Ir 后装机治疗是先将空载的施源器放置于体腔内预先定好的位置，再利用遥控的传动方式将一个密封放射源从储源器传送到预先定好位置的施源器后进行腔内治疗的近距离放射治疗。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进行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。

后装机治疗工作原理及典型设备图见图 9-1。

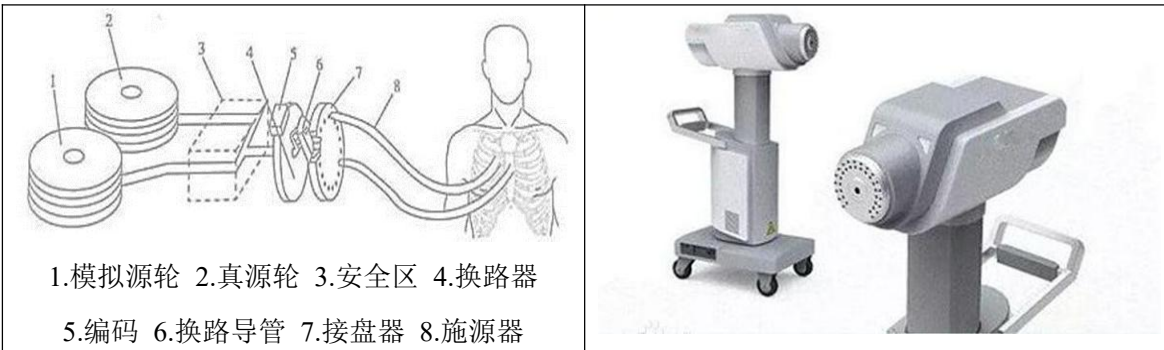


图 9-1 后装机治疗工作原理及典型设备图

2、工艺流程及产污环节

后装治疗工作流程及产污环节见图 9-1。

(1) 预约登记：病人经医生进行诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者预约登记，以确定模拟定位和治疗时间。

(2) 模拟定位：预约病人首先在模拟定位机（本项目依托放疗科已有的大孔径 CT 进行模拟定位，不属于本次评价范围）上进行肿瘤定位，确定肿瘤具体位置和形状，确定治疗中心。

(3) 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，该过程通常在电脑上完成。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。

（4）治疗前准备：治疗计划制定后，肿瘤病人在技术人员协助下，依据治疗计划在治疗室进行施源器插入。

（5）后装治疗：技术人员在后装机房内将储源器和施源器相连接后，进入操作间，确定所有安全措施到位后，启动治疗机走假源 3 次，无故障后开始走真源放射治疗，治疗结束后真源自动复位。

（6）治疗结束：照射完毕后，源回到屏蔽体内。打开防护门，拆除输源管等设备，技术人员协助病人离开治疗机房。

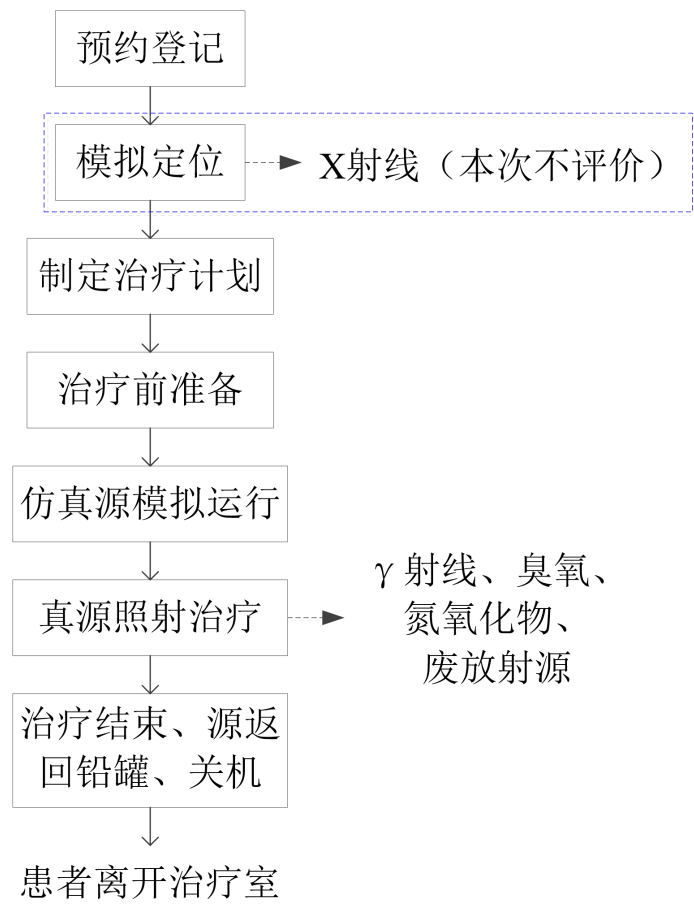


图 9-1 后装治疗工艺流程及产污环节图

本项目拟依托放疗科已有的大孔径 CT 进行定位，该设备已于 2021 年 12 月 27 日进行了备案登记，备案号：202161011600000192，不在本次评价范围内。

3、工作负荷

根据医院提供的资料，后装治疗机预计每周治疗人数为 50 人，每年 50 周，则全年治疗约 2500 人，每位患者治疗时间约 6min，周治疗时间 5h，年治疗时间约 250h。

污染源项描述

本项目后装机用源为 1 枚 ^{192}Ir 放射源，其 γ 射线平均能量为 0.37MeV，主要放射性污染物为 γ 射线。由后装机相关资料可知， ^{192}Ir 后装机一般均具有良好的自屏蔽措施， ^{192}Ir 放射源装于机头源罐内，源罐由外而内分别为不锈钢外壳、铅防护、钨合金防护（相当于 80mm 铅当量）。 ^{192}Ir 放射源源罐结构见图 9-2。

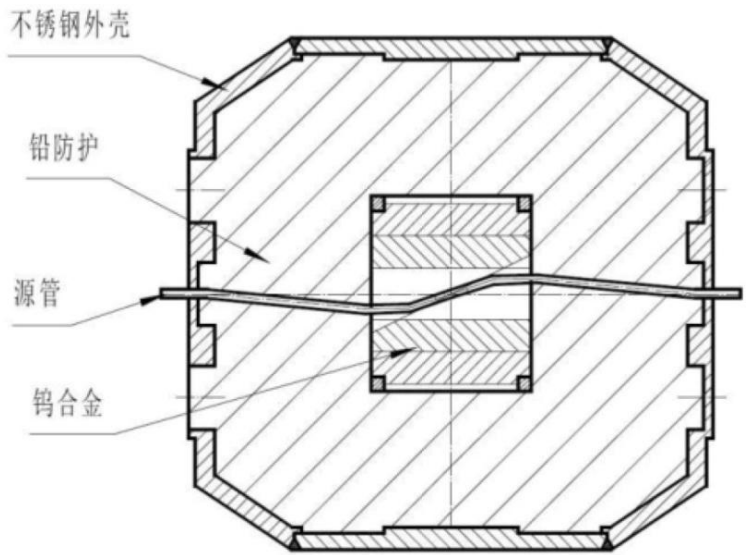


图 9-2 ^{192}Ir 放射源源罐结构示意图

^{192}Ir 主要特性见表 9-1。

表 9-1 ^{192}Ir 主要特性表

名称	毒性	半衰期 (d)	衰变方式（分支 比，%）	射线平均能 量（MeV）	照射率常数 (Gy · m ² /Bq · s)	比活度 (Bq/g)
^{192}Ir	中毒	73.827	β^- (95.13) 、 ϵ (4.87)	0.37	3.18E-17	3.7×10^{11}

备注：上表中的半衰期、衰变方式、照射率常数取自《辐射安全手册》（潘自强主编）中数据。

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，属于密封放射源。正常使用情况下， ^{192}Ir 密封放射源会不断自发衰变产生 γ 射线，其污染途径为：产生的 γ 射线主射线、漏射线、散射线与周边物质发生相互作用，从而对周边环境产生一定的辐射影响； γ 射线与空气发生电离作用，产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体； ^{192}Ir 放射源使用一段时间后，其放射性活度不能满足治疗要求，会产生废旧放射源。

1、正常工况

（1）机房泄漏辐射

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。 β 射线穿透能力很弱，

设备的外包装可以完全屏蔽， β 射线不能释放到环境中。在正常治疗条件下，后装机 ^{192}Ir 放射源发出平均能量为0.37MeV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 照射。

（2）治疗前、治疗后装卸输源导管

在治疗前、治疗后装卸输源导管时， ^{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。

（3）运输、更换放射源

^{192}Ir 放射源活度一般衰变至74GBq后需要更换，换下的废旧放射源仍具有一定的放射性，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、运输和装卸等均由厂家负责，废旧放射源由放射源供应单位回收处置。

（4）废气

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等。

本项目后装机房拟安装通风换气装置，通风换气次数7次/h，通风后对机房内人员的影响较小。

2、事故工况

（1）源密封壳破损，源活性物质泄漏时对周围环境造成外照射。

（2）治疗过程中，出现安全联锁失效、人员误入机房的情况，或放射源的源位异常、卡源等，造成工作人员或公众的外照射。

（3）放射源丢失或被盗，对周围环境或公众造成外照射。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

10.1 项目布局合理性分析

1、选址和平面布局

本项目后装机位于核医学中心楼一层西南角，与《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）中相关要求的符合性分析见表 10-1。

表 10-1 后装机平面布局合理性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	符合性
《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。	后装机房设置于核医学中心楼一层西南角，位于建筑底部一端，后装治疗室与操作间等同时设计、建造。	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，尽可能设置于治疗机房外。	后装治疗室与操作间、冲洗准备间、卫生间、抢救室等分开设置	符合
	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。	后装机四面及顶部均会受到有用线束照射，根据预测各屏蔽体均可满足屏蔽要求	符合
	6.1.9.....其他治疗机房均应设置迷路。	本项目后装机房设置迷路	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。	本项目后装机房面积能够满足使用要求	符合
	6.2.2 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。	本项目后装机房拟设置强制通风系统，采取上送风、下排风的方式，进风口与排风口对角设置，通风换气次数为 7 次/h。	符合
《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。	本项目已考虑后装机的辐射影响范围，设置在医院南侧的核医学中心楼一层西南角，未设置在居民、写字楼和商住两用的建筑物内	符合
	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。	后装机房设置于核医学中心楼一层西南角，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	符合

本项目后装机房位于核医学中心楼一层西南角，属于建筑物一端、人流不密集

区，便于机房的辐射防护与安全；此外，机房与周围用专用防护墙壁隔开，有专门的通道与外面相连，无关人流相对较少，减少了对公众的辐射影响。

综上，本项目后装机房位于人流不密集区域，能更好地保护病人及医院工作人员的安全。从环境保护角度分析，项目选址和工作场所布局符合《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）要求，布局较合理。

2、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）要求，将后装机房防护门及屏蔽墙体以内的区域划分为控制区，在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，并设置控制区标识；将机房毗邻的操作间、北侧大厅、东侧患者通道、顶部库房划分为监督区，设立监督区标牌，并经常对其职业照射条件进行监督和评价。

本项目分区图见图 10-1。本次评价对项目分区如下：

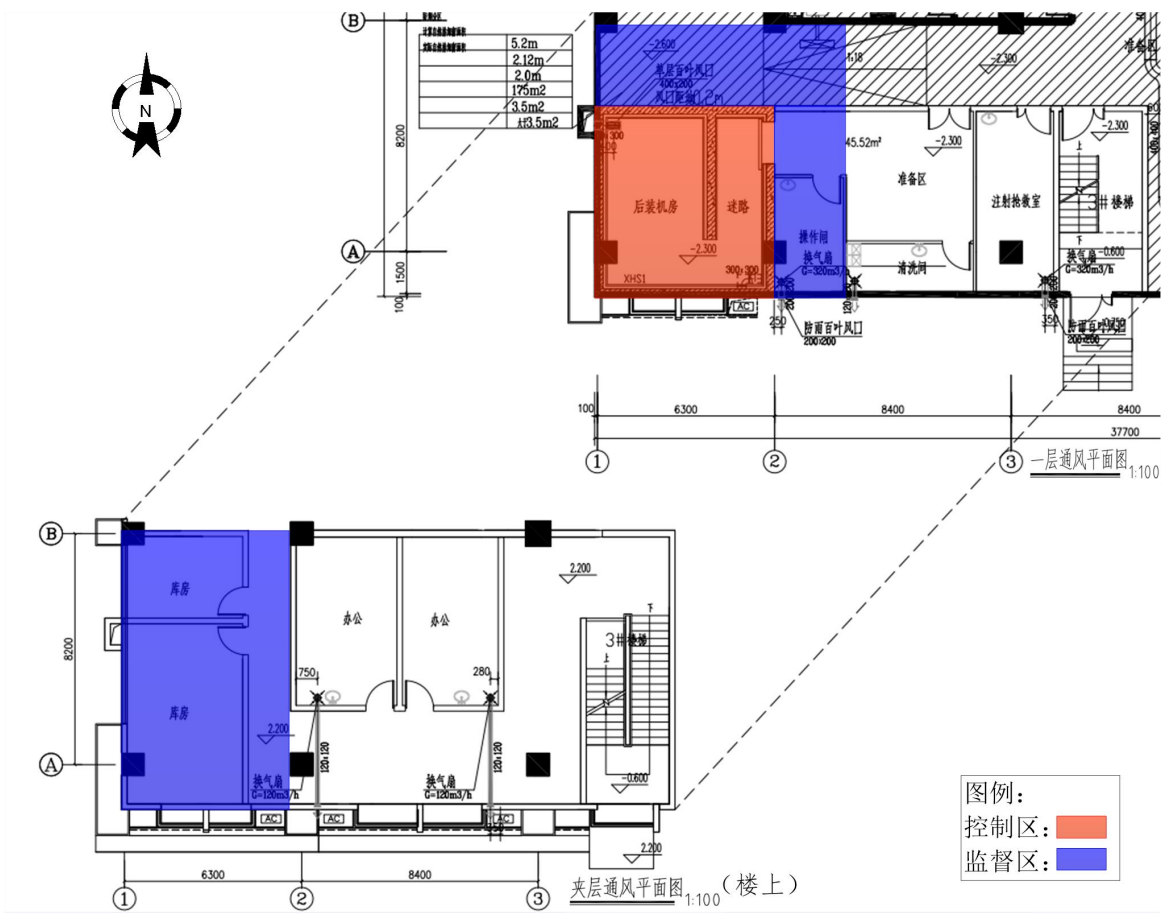


图 10-1 本项目控制区、监督区分示意图

10.2 后装机辐射安全与防护

1、设备安全防护

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

(2) 后装治疗设备控制系统有安全锁等多重保护和联锁装置。必须能防止由于计时器控制、放射源传输系统失效，源通道或控制程序错误以及放射源连接脱落等电气、机械发生故障或发生误操作的条件下造成对患者的误照射。严禁在去掉保护与联锁控制装置的条件下运行。

(3) 实施治疗期间，当发生停电、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。必须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，同时发出声光报警信号。当自动回源装置功能失效时，必须有手动回源措施进行应急处理。

(4) 在控制台上，必须能通过 γ 射线监测仪器显示放射源由工作贮源器内输出和返回贮存位置的状态。控制照射时间的计时误差必须小于 1%。

(5) 必须在生产厂家给出的放射源最大安全传输次数内，不发生放射源脱落、卡源等故障。放射治疗机随机文件中必须给出放射源从贮源器到施源器的最大传输时间。

2、机房拟采取的辐射安全防护措施

根据设计资料及建设单位提供的资料，设备自带的辐射防护措施和医院拟采取的辐射防护措施如下：

(1) 本次拟建的后装机治疗室屏蔽体设计情况见表 10-2。

表 10-2 后装机治疗室屏蔽设计一览表

机房	屏蔽材料及墙体设计厚度	机房面积
后装机治疗室	①北侧、南侧、西侧屏蔽墙：采用 300mm 钢筋混凝土+100mm 钢板。 ②东侧：迷路内墙为 300mm 钢筋混凝土+100mm 钢板、迷路外墙为 300mm 钢筋混凝土+100mm 钢板。 ③房顶：采用 300mm 钢筋混凝土+100mm 钢板。 ④地面：采取 50mm 厚混凝土。 ⑤铅门：采取 8mmPb。	有效使用面积 20.06m ² (不含迷道)

备注：混凝土密度不低于 2.35g/cm³。

治疗室按照上述设计建设后，通过第 11 章节预测分析可知，治疗室屏蔽体外 30cm 处（人能到达位置）周围剂量当量率小于参考控制水平，满足辐射防护的要求。

(2) 治疗室与操作间分开设置，治疗室入口采用了迷路设计。治疗室内部净使

用面积 20.06m²（不含迷道），满足后装治疗设备的使用要求。

（3）防护门：拟采取 8mm 铅当量的电动推拉防护门，在治疗室内部靠近防护门处设置 1 个应急手动开门按钮，在应急状态下可以从室内开启防护门，防护门安装光幕式红外防夹装置，防止防护门关闭过程中夹伤人员。

（4）门-机联锁装置：后装机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。

（5）固定式剂量报警仪：应配备辐射监测设备或便携式测量设备，并具有报警功能。在治疗室迷道内入口及迷道出口处设置固定式辐射剂量监测仪并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。

（6）警示标志与指示灯：在治疗室防护门上设置醒目的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。

（7）急停开关：在操作间的控制台、后装机设备表面、迷路内入口、迷道外入口、迷道内墙、后装治疗室北墙和西墙各设置 1 个急停开关，紧急停机开关为红色按钮式开关，并带有中文标示，易于辨认，按下急停开关后放射源能够自动回到后装机治疗设备的储源器中。

（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。此外，还应设置手动回源措施。治疗室应配备有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备，当发生卡源事故时，可手动将源回收至储源器内，治疗室内合适位置张贴应急指示。

（9）视频监控及对讲装置：在迷道内入口、治疗室西南角和东北角各安装 1 个摄像头，对治疗过程中患者状态、治疗床和迷路区域进行监控。工作人员在操作间内便可清晰地观察到患者的治疗情况，如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况，可及时采取紧急措施。在治疗床附近安装对讲装置，操作间的控制台安装显示器和对讲装置，以满足治疗过程中医护人员与患者的沟通。

（10）穿越防护墙的导线、导管不得影响其屏蔽防护效果。机房水电管线采用“Z”型向下穿越屏蔽墙体。预埋管线的管道必须跟混凝土浇筑同时进行，一次到位。

（11）后装机治疗室拟采用“上进下排”的机械通风装置，进风口设置在后装

治疗室东南角顶部，排风口设置在治疗室西北角距地面 20cm 处，进风口和排风口对角设置。通风量为 500m³/h，机房体积为 66.2m³（5.9m×3.4m×3.3m），通风换气 7 次/h。排风管道经风井直通楼顶排放，管线穿墙处采用“Z”型设计，不削弱机房的防护屏蔽能力。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。后装机房通风系统布置示意图见图 10-2。

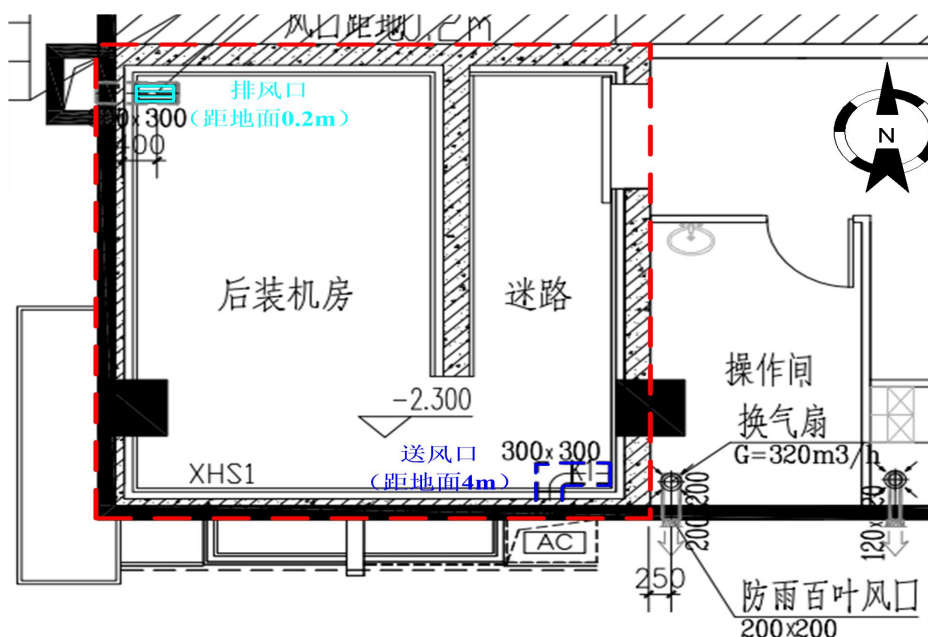


图 10-2 后装机房通风系统布置示意图

（11）机房内和迷道各安装 1 个应急照明灯。配备 1 台个人剂量报警仪，放射性工作人员进入后装机房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。

（12）制定后装机房岗位职责、操作规程、辐射事故应急预案等并张贴上墙，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。

本项目后装机治疗室安全设施布局图见图 10-3。

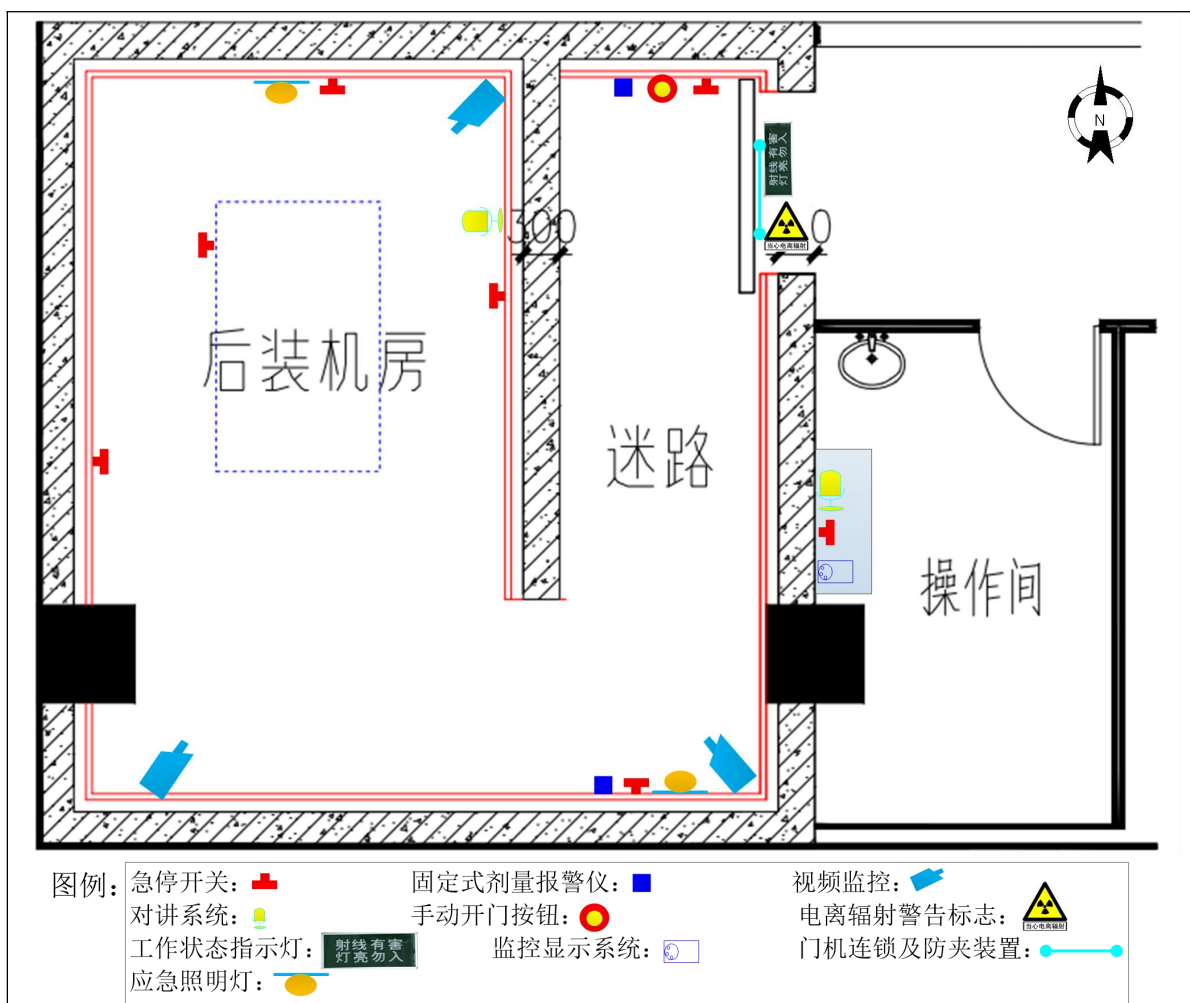


图 10-3 后装机治疗室安全设施布置示意图

3、安全操作要求

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

(2) 机房内安装剂量监测设备、剂量报警设备，能够在操作间随时监控剂量监测值和超剂量报警情况。

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

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

(5) 加强放射工作人员的培训，并佩戴个人剂量计，进出机房佩带报警仪，做好放射源的监控与防盗。

(6) 实施治疗期间,当发生停电、卡源或意外中断照射时,放射源必须能够返回工作贮源器,必须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。自动回源装置失效时,必须有手动回源措施进行应急处理。

(7) 依据《陕西省放射性污染防治条例》第二十条、第二十二条相关规定:建设单位应对后装机放射源建立在线监控系统或者定位跟踪装置,并与环保行政主管部门的监控平台联网,保证监控设备的正常运行和信息传输;若后装机治疗室场所停止使用,应进行退役,废放射源交由放射源生产厂家进行回收。

三废的治理(三废治理的设施、方案、预期效果;有废旧放射源的给出处理方案。)

1、废气

本项目后装机正常使用过程中,无放射性废气产生。

后装机工作时, γ 射线与空气中的氮和氧作用,会产生少量臭氧和氮氧化物等有害气体。氮氧化物产额较低,放射工作场所的非辐射危害因素主要以臭氧为主。通过通风换气可有效降低臭氧和氮氧化物的浓度。

在工作中要保证通风设施完好和正常工作,在此前提下臭氧和氮氧化物等有害气体将不会对人员及环境产生危害。

2、固废

本项目运行时产生的放射性固体废物主要为后装机内 ^{192}Ir 退役或废旧放射源,退役或废旧放射源均由生产厂家回收处置。

此外,本项目的医生、病人及家属产生少量的医疗垃圾及生活垃圾,其中医疗垃圾依托医院的医疗垃圾暂存间暂存后交由有资质的单位处理,生活垃圾与医院其他生活垃圾一起交由市政环卫部门处理。

3、废水

本项目后装机正常使用过程中,无放射性废水产生。

本项目主要产生的废水来源于医生、病人及家属产生少量的废水,依托医院废水处理设施处理达标后排入市政管网。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目新建一间后装机机房，配套建设相应的辅助用房。本项目施工期需进行机房及辅助用房的建设、室内装修和设备安装。本项目施工期主要污染为施工扬尘、噪声及固废等污染。

1、土建施工

(1) 声环境影响分析

本项目施工期间噪声主要来源于机房的建设、室内装修、管线埋设等施工过程，此外建筑材料及设备运输车辆会产生交通噪声影响。由于本工程位于建筑内，且施工期间产生的噪声具有阶段性、临时性，因此，只要施工单位采取有效的噪声污染防治措施，本项目施工期间对周围环境产生的影响可减小到最低程度。

为降低施工期间对周围声环境的影响，环评要求施工单位加强管理，尽可能选取噪声低、振动小、能耗小的施工机械和设备；场外运输作业尽量安排在白天进行，车辆行经声环境敏感地段时必须限速、禁鸣；保持设备处于正常工况，降低噪声的排放；合理安排施工时间，在采取有效的噪声污染防治措施后，本项目施工期噪声对周围环境影响可接受。

(2) 大气环境影响分析

施工期因土石方开挖、出渣、装卸、建筑材料运输等施工活动产生的二次扬尘在正常风况下，对施工区域周围 50~100m 范围以外的贡献值符合环境空气质量二级标准，但在大风（>5 级）情况下，施工粉尘对施工区域周围 100~300m 范围以外的 TSP 才能达到二级标准。但本工程量小，且在室内施工，施工期短，对周围敏感点的影响有限，在可接受的范围内。

为减小施工期间扬尘对周围环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场运输车辆管理，运输粉状物料及渣土的车辆出施工场地时进行冲洗；对机房的建设、辅助用房土石方开挖等产生的粉尘，应进行适当的洒水抑尘处理。

(3) 水环境影响分析

本项目施工期间废水主要为施工人员产生的少量生活污水及混凝土养护废水，少量养护废水经沉砂池沉降后回用于抑尘。施工人员生活污水依托医院的排水系统和污水处理设施，处理达标后进入市政污水网管。采取以上措施后，施工期废水对外环境的影响是可以接受的。

(4) 固体废物影响分析

施工期产生的固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。

施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。对固体废物从收集、清运到弃置实现严格的全过程管理；设垃圾桶收集生活垃圾。施工单位认真落实上述措施后，对外环境的影响较小。

因此，本项目应合理安排施工时间及施工秩序，对施工场地进行适当的封闭，避免因本项目建设影响院内正常医疗活动及工作人员办公。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外环境的影响较小。

2、设备安装调试

项目设备的安装、调试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，保证各屏蔽体屏蔽满足防护要求，关闭防护门，防护门上张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施防止无关人员进入，防止辐射事故的发生。

11.2 运行阶段对环境的影响

1、后装治疗机放射源活度

本项目后装治疗系统拟配置的 1 枚 ^{192}Ir 放射源，最大装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ (10Ci)，产生的 γ 射线平均能量为 0.37MeV，源距地面高度约 1m。

2、后装机机房屏蔽情况

根据医院提供的资料，后装机用房包括治疗室、操作间及配套辅助用房。治疗室内净尺寸为：长 5.9m×宽 3.4m×高 3.3m。

治疗室北墙、南墙、西墙为 300mm 厚的混凝土 (ρ 不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$) +100mm 钢板，东侧迷路内墙为 300mm 混凝土+100mm 钢板、迷路外墙为 300mm 混凝土+100mm 钢板，房顶采取 300mm 混凝土+100mm 钢板，地面采取 50mm 厚混凝土。楼下为实土层、无建筑；防护门拟采取 8mmPb 铅门。

^{192}Ir 后装治疗机是放射源近距离治疗仪，屏蔽考虑 γ 射线对环境的影响。机房屏蔽效能核算时按放射源位于室内中心点周围 0.5m 范围内。除防护门散射计算外，其

余均按主射线进行计算（散射的 TVL 按保守考虑，采用主射线的参数进行）。

3、关注点选取

本项目治疗室楼下为实土层、无建筑，人员无法到达，因此本评价不进行地下的屏蔽效能校核。在治疗室北、西、南、东、顶部设置关注点，具体为 A：北墙外（北侧大厅）0.3m 处，B：铅防护门外 0.3m（患者过道），C：迷路外墙外 0.3m（东侧操作间），D：南墙外 0.3m（南侧院内道路），E：西墙外 0.3m（西侧院内道路）F：顶棚外 0.3m（楼上库房）。详见图 11-1、11-2 所示。

地下为实土层，因此不设关注点。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）中的公式，估算本项目后装机治疗室屏蔽设计是否满足标准要求。本项目所用的 ^{192}Ir 源尺寸较小，可视为点源。

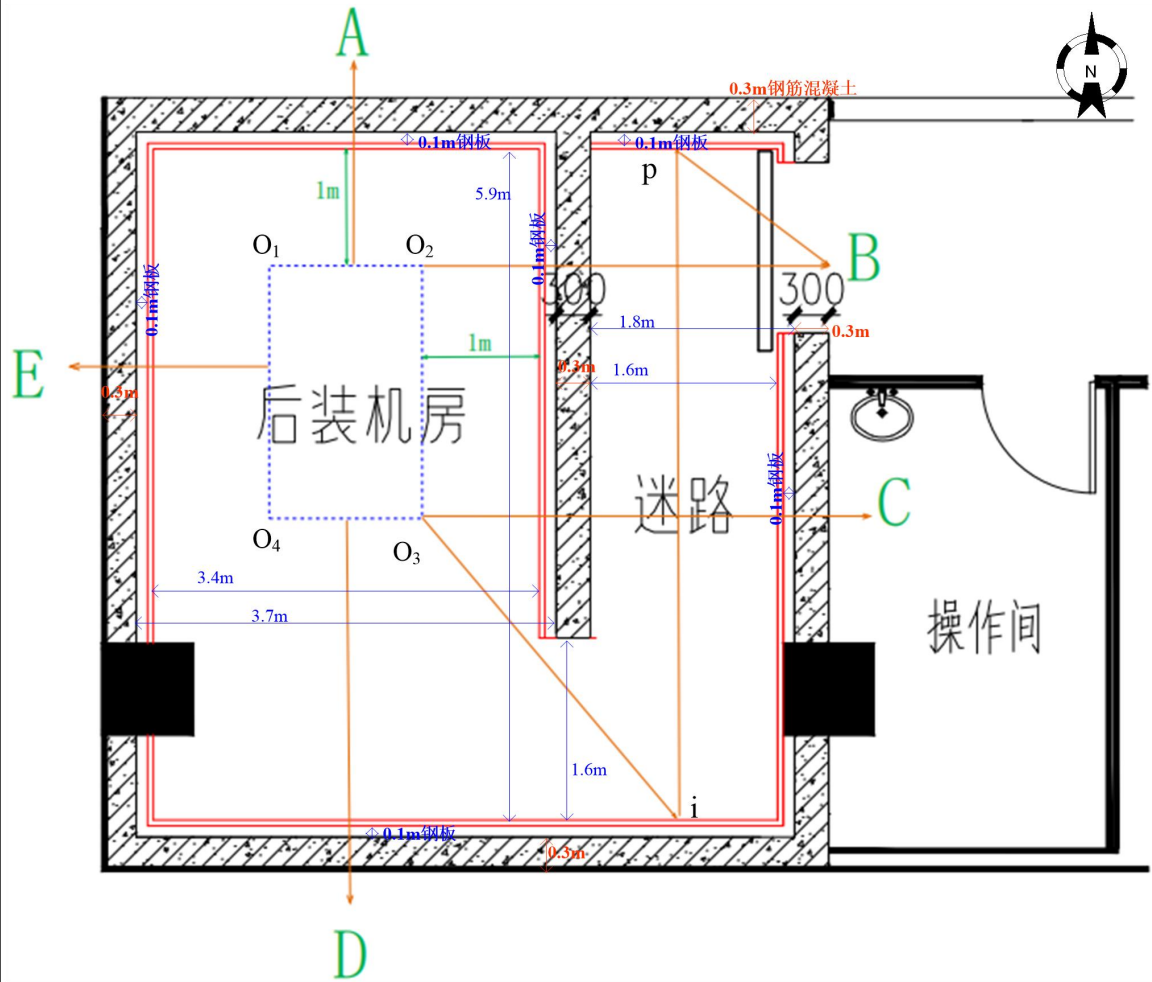


图 11-1 后装机房各侧墙体关注点示意图

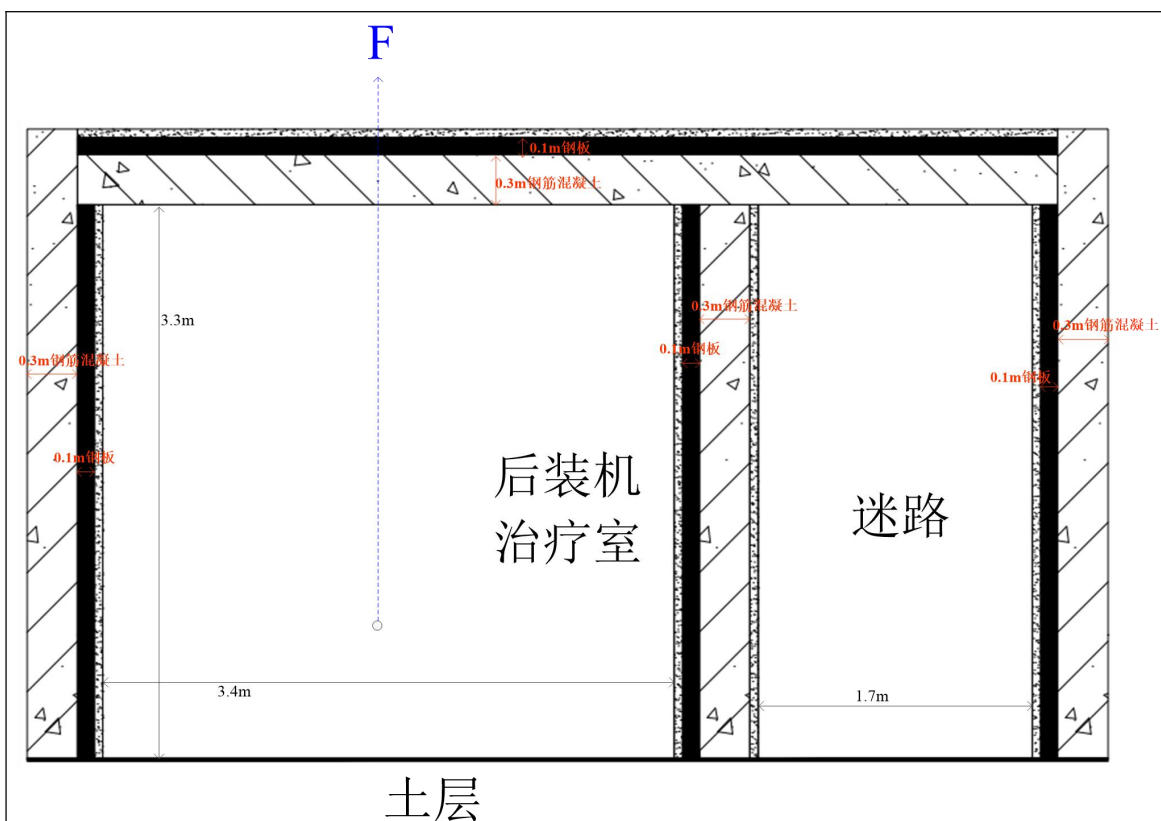


图 11-2 后装机治疗室顶棚外关注点示意图

4、关注点剂量率参考控制水平

依据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中 6.3 章节及其附录 A 和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中 6.1.4 章节，计算公式如下：

（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，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ，见公式（11-1）：

$$\dot{H}_c \leq \frac{H_c}{(t \times U \times T)} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

$\dot{H}_c$ ——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

t ——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（h/周）。

U ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子。

T ——人员在关注点位置的居留因子，取值方法参考 GBZ121-2020 附录 A。

(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周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$:

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

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

(3) 由上述 (1) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 和 (2) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$, 选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 。

根据以上标准要求, 本项目各关注点的周围剂量当量率参考控制水平估算结果见表 11-1。

表 11-1 后装治疗室各关注点周围剂量当量率参考控制水平估算结果一览表

关注点	周剂量参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/周}$)	周照射时间 t (h/周)	使用因子 U	居留因子 T	关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子最高周围剂量当量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	本项目最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
A 北墙外 (北侧大厅) 0.3m 处	5	5	1	1/5	5	10	5
B 铅防护门外 0.3m (患者过道) 处	5	5	1	1/8	8	10	8
C 迷路外墙外 0.3m (东侧操作间) 处	100	5	1	1	20	2.5	2.5
D 南墙外 (南侧院内道路) 0.3m 处	5	5	1	1/40	40	10	10
E 西墙外 (西侧院内道路) 0.3m 处	5	5	1	1/40	40	10	10
F 顶棚外 0.3m (楼上库房) 处	5	5	1	1/20	20	10	10

备注: 居留因子参考《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 附录 A。

5、后装治疗室屏蔽体表面周围剂量当量率估算

(1) 计算公式

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），本评价主要考虑放射源产生的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治疗室铅防护门入口处的照射，计算公式如下：

①初级辐射屏蔽厚度计算

关注点达到剂量率参考控制水平时 $\dot{H}_c$ （即表 11-1 中确定的 $\dot{H}_{c, \max}$ ）时，设计的屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按公式 11-2 进行计算：

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

式中：

$\dot{H}_c$ ——确定的剂量率参考控制水平，μSv/h。

R——辐射源至关注点的距离，m。

f——对有用线束为 1。

$\dot{H}_0$ ——已知活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率，按照公式（11-3）进行计算，μSv/h。

$$\dot{H}_0 = A \times K_\gamma \quad (\text{式 11-3})$$

式中：A——放射源的活度，单位 MBq。

K_γ ——放射源的空气比释动能率常数，μSv/（h·MBq）。

对于计算出的屏蔽透射因子 B，按下式进行计算所需的有效屏蔽厚度：

$$X_e = TVL \cdot \lg B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

TVL——辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，mm。

TVL₁——辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，mm。

当未指明 TVL₁ 时，TVL₁=TVL。

再按式 11-5 计算屏蔽厚度 X（mm）：

$$X = X_e \cdot \cos\theta \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

θ ——斜射角，即入射线与物质平面的法线的夹角。

②初级辐射屏蔽剂量率计算

在给定的屏蔽物质厚度 X (mm) 时，首先按公式 11-6 计算有效厚度 X_e ，按公式 11-7 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按式 11-8 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

$$X_e = X \cdot \sec \theta \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

θ ——斜射角，即入射线与物质平面的法线的夹角。

$$B = 10^{-(X_e + \text{TVL} - \text{TVL}_1) / \text{TVL}} \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

B ——屏蔽透射因子。

X_e ——有效屏蔽厚度，mm。

TVL ——辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，mm。

TVL_1 ——辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，mm。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 11-8})$$

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，按照公式 (11-3) 进行计算， $\mu\text{Sv/h}$ 。

f ——对有用线束为 1。

R ——辐射源至关注点的距离，m。

③治疗室入口处经铅防护门屏蔽后的散射辐射剂量率计算公式为：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \times B = \frac{A \times K_r \times S_w \times a_w}{R_1^2 \times R_2^2} \times B \quad (\text{式 11-9})$$

式中： A ——放射源的活度，单位 MBq。

K_γ ——放射源的空气比释动能率常数， $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ 。

S_w ——迷路内口墙的散射面积，其为辐射源和机房入口共同可见的墙区面积， m^2 。

α_w ——散射因子，无量纲。取表 C.4 中 0.25MeV 时 45° 入射 0° 散射因子 3.39×10^{-2} 。

R_1 ——辐射源至散射体中心点的距离，m。

R_2 ——散射体中心点至计算点的距离，m。

B ——透射因子，无量纲。散射辐射在防护门处的能量约 0.2MeV， $\text{TVL}_{\text{铅}}=5\text{mm}$ 。

$\dot{H}_g$ ——治疗室入口处未经铅门屏蔽之前的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_g} \quad (\text{式 11-10})$$

式中： $\dot{H}_c$ ——关注点确定的剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ 。

B ——透射因子，无量纲。

(2) 计算参数选取

本项目后装机使用 1 枚活度为 10Ci 的 ^{192}Ir 密封放射源，其密封源产生的 γ 射线能量为 0.37MeV；空气比释动能率常数为 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ 。本项目计算参数见表 11-2。

表 11-2 计算参数的选取

核素	半衰期	γ 射线能量 均值 (MeV)	空气比释动能率 常数 K_γ $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$	TVL (mm)			α_w
				铅	钢	混凝土	
^{192}Ir	74.0d	0.37	0.111	16	43 (49)	152	3.39×10^{-2}

注 1：表中数据来源于国际原子能机构 (IAEA) No.47 的表 20 和表 22。

注 2：TVL 栏内 “ () ” 中的值为第一个什值层厚度 (TVL_1)。

注 3：钢的什值层厚度参考《辐射安全手册》(潘自强主编) 表 6.3，数据来源 NCRP49, 1976。

注 4：散射因子 α_w ， $^{192}\text{Ir}45^\circ$ 入射辐射和 0° 反散射的散射因子，保守取 0.25MeV 的散射因子，查 GBZ/T201.3-2014 表 C.4。

(3) 估算结果

①初级辐射屏蔽厚度核算

根据设计单位提供的后装治疗室平面图，得出放射源到各关注点的距离 R。根据

公式 11-2~公式 11-5 计算出治疗室各屏蔽体所需的理论厚度，利用公式 11-4、11-9、11-10 计算防护门厚度，计算结果见表 11-3。

表 11-3 后装机房辐射防护屏蔽厚度理论估算

关注点		距离 R (m)	屏蔽体设计值 (mm)	估算值	结论
编号	点位描述				
A	北墙外(北侧大厅) 0.3m 处	1.75	300mm 混凝土+100mm 钢板 (等效为 332mm 混凝土)，总厚度等效为 632mm 混凝土	488mm 混凝土	满足
B	铅防护门外 0.3m (患者过道) 处	射线贯穿迷路内墙: 3.35	迷路内墙: 300mm 混凝土+100mm 钢板(等效为 332mm 混凝土)，总厚度等效为 632mm 混凝土	迷路内墙: 390mm 混凝土	满足
		散射: $R_1=3.4$ 、 $R_2=7.18$, $S_w=6.77m^2$	防护门 8mmPb	2mmPb	满足
C	迷路外墙外 0.3m (东侧操作间) 处	3.8	300mm 混凝土+100mm 钢板 (等效为 332mm 混凝土)，总厚度等效为 632mm 混凝土	465mm 混凝土	满足
D	南墙外 (南侧院内道路) 0.3m 处	3.05	300mm 混凝土+100mm 钢板 (等效为 332mm 混凝土)，总厚度等效为 632mm 混凝土	403mm 混凝土	满足
E	西墙外 (西侧院内道路) 0.3m 处	1.75	300mm 混凝土+100mm 钢板 (等效为 332mm 混凝土)，总厚度等效为 632mm 混凝土	476mm 混凝土	满足
F	顶棚外 0.3m (楼上库房) 处	3.05	300mm 混凝土+100mm 钢板 (等效为 332mm 混凝土)，总厚度等效为 632mm 混凝土	403mm 混凝土	满足

备注: ①根据公式 11-7 计算, $X_{e混}=TVL_{混}*(X_{e钢}+TVL_{钢}-TVL_1_{钢})/TVL_{钢}=152*(100+43-49)/43=332$, 则 100mm 钢板可等效为 332mm 混凝土。

② R_1 为辐射源到散射体的距离; R_2 为散射体到防护门表面 30cm 处之间距离。

③后装治疗机移动时, 放射源距四周墙体最近距离取 1m, 放射源距地面高度取 1m。

由上表理论估算结果可知, 本项目后装治疗室各屏蔽墙体、防护门设计厚度分别大于理论估算值, 满足辐射防护相关标准要求。

②初级辐射剂量率估算结果

根据设计单位提供的后装治疗室平面图, 得出放射源到各关注点的距离 R。根据公式 11-6~公式 11-8 计算出治疗室屏蔽体外各关注点的初级辐射剂量率水平, 计算

结果见表 11-4。

表 11-4 后装治疗室屏蔽体外各关注点的辐射剂量率估算

关注点		距离 R(m)	屏蔽体设计值 (mm)	$\dot{H}$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ (μSv/h)
编号	点位描述				
A	北墙外（北侧大厅）0.3m 处	1.75	300mm 混凝土+100mm 钢板（等效为 332mm 混凝土），总厚度等效为 632mm 混凝土	0.932	5
C	迷路外墙外 0.3m（东侧操作间）处	3.8	300mm 混凝土+100mm 钢板（等效为 332mm 混凝土），总厚度等效为 632mm 混凝土	0.198	2.5
D	南墙外（南侧院内道路）0.3m 处	3.05	300mm 混凝土+100mm 钢板（等效为 332mm 混凝土），总厚度等效为 632mm 混凝土	0.307	10
E	西墙外（西侧院内道路）0.3m 处	1.75	300mm 混凝土+100mm 钢板（等效为 332mm 混凝土），总厚度等效为 632mm 混凝土	0.932	10
F	顶棚外 0.3m（楼上库房）处	3.05	300mm 混凝土+100mm 钢板（等效为 332mm 混凝土），总厚度等效为 632mm 混凝土	0.307	10

备注：①根据公式 11-7 计算， $X_{e混}=TVL_{混} \times (X_{e钢}+TVL_{钢}-TVL_1 钢)/TVL_{钢}=152 \times (100+43-49)/43=332$ ，则 100mm 钢板可等效为 332mm 混凝土。

② R_1 为辐射源到散射体的距离； R_2 为散射体到防护门表面 30cm 处之间距离。

③后装治疗机移动时，放射源距四周墙体最近距离取 1m，放射源距地面高度取 1m。

③射线贯穿迷道内墙所致治疗室入口处（即 B 点）的辐射

射线贯穿迷道内墙所致的辐射剂量率按公式 11-8 计算。

当射线路径为 O_2-B 时，屏蔽墙有效厚度为 632mm 混凝土（即 300mm 混凝土+100mm 钢板）+防护门 8mmPb，射线到 B 点的距离为 3.35m，则迷路内墙对射线的屏蔽透射因子 $B=10^{-(X_{e混}+TVL-TV L_1)/TVL}=6.95 \times 10^{-5}$ 。经迷道内墙屏蔽后对 B 点的辐射剂量率按公式 11-8 计算的结果为 0.254μSv/h，小于 B 点参考控制水平的 1/4（2μSv/h）。

④治疗室入口散射辐射剂量率

根据公式 11-9 计算防护门外散射辐射剂量率，计算结果见表 11-5。

表 11-5 后装治疗室散射所致防护门外的辐射剂量率估算

关注点		距离 R (m)	$S_w(m^2)$	a_w	防护门厚度 (mmPb)	B	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考 控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
编号	点位描述							
B	铅防护门外 0.3m (患者过道) 处	$R_1=3.4$ 、 $R_2=7.18$	6.77	$3.39\text{E}-2$	8	0.025	0.40	8

考虑 $O_2 \sim B$ 点射线贯穿迷道内墙所致的辐射剂量率 ($0.254\mu\text{Sv/h}$) 以及迷道入口处的散射辐射至防护门处的剂量率 ($0.40\mu\text{Sv/h}$) 共同作用，则防护门外 0.3m 处剂量率为 $0.654\mu\text{Sv/h}$ 。

综上所述，项目后装治疗室实体屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 $0.932\mu\text{Sv/h}$ ，小于各关注点的剂量率参考控制水平，屏蔽体满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 标准要求。

6、装源、换源影响分析

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，装源现场在后装治疗室内，医院工作人员不进入装源现场。因此，放射源运输及放射源初次安装、换源过程中，医院工作人员受到的附加有效剂量可忽略不计。

7、人员剂量估算

(1) 估算公式

剂量估算 X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按公式 11-11 计算，即：

$$H_{\text{Er}} = H^*_{(10)} \times T \times t \times 10^{-3} \quad (11-11)$$

式中： H_{Er} —X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量，mSv。

$H^*_{(10)}$ —X 或 γ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

T—居留因子。

t—X 或 γ 射线照射时间，小时。

(2) 本项目后装治疗对人员的影响

①连接施源器和摆位过程

本项目后装机配备一枚 ^{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并指导患者摆位时，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。

参照《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）4.2.2 款规定：“工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $50\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $5\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ”。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 处最大泄露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 2500 人，工作人员在机房内停留时间为 $2500 \text{ 人} \times 2\text{min} \div 60 = 83.3\text{h}$ ，按距离贮源器 1m 估算，则摆位人员在摆位过程中所接受的年附加有效剂量为 $5\mu\text{Sv/h} \times 83.3\text{h} = 0.42\text{mSv}$ 。

②治疗过程

根据医院提供的资料，本项目建成运行后预计年治疗人数 2500 人，每位患者治疗时间最长不超过 6min，则年治疗时间约 250h。后装治疗过程中，后装机治疗对职业人员和公众人员的年附加有效剂量计算见下表 11-6。

表 11-6 后装治疗过程对职业人员和公众的年附加有效剂量估算结果

关注点		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	剂量约束 值(mSv/a)
编号	点位描述						
A	北墙外（北侧大厅）0.3m 处	0.932	250	1/5	0.05	公众	0.1
B	铅防护门外 0.3m（患者过道）处	0.654	250	1/8	0.02	公众	0.1
C	迷路外墙外 0.3m（东侧操作间）处	0.198	250	1	0.05	职业人员	5
D	南墙外（南侧院内道路） 0.3m 处	0.307	250	1/40	0.002	公众	0.1
E	西墙外（西侧院内道路） 0.3m 处	0.932	250	1/40	0.006	公众	0.1

F	顶棚外 0.3m (楼上库房) 处	0.307	250	1/20	0.004	公众	0.1
---	-------------------------	-------	-----	------	-------	----	-----

③职业人员和公众年附加有效剂量估算结果

本项目运行过程中，对职业人员的辐射影响主要包括连接施源器及摆位过程、后装治疗过程，职业人员停留位置分别位于机房内、操作间工作人员操作位，对辐射工作人员的年附加有效剂量为 $0.42+0.05=0.47\text{mSv/a}$ ，满足本次环评提出的年附加有效剂量约束值要求（ 5mSv/a ）。

本项目运行过程中，对公众的辐射影响主要考虑治疗室屏蔽体周围环境影响，根据上述估算结果，后装机运行过程中所致治疗室周围公众的最大年附加有效剂量为 0.05mSv/a ，满足公众剂量约束值要求（ 0.1mSv/a ）。对于后装治疗室外 50m 范围内的其他公众人员，根据射线源随距离的平方成反比衰减，其所致公众的年附加有效剂量小于上述计算结果。

（3）本项目后装治疗与已有直线加速器同时运行对相关人员的辐射影响

①根据医院提供的平面布置图（图 1-5），本次评价的后装机和已有的直线加速器同时运行时，会对后装机北侧大厅（即直线加速器西侧）的公众人员产生叠加辐射影响。

根据医院提供的《新增 10MV 直线加速器核技术利用项目竣工环境保护验收监测报告》，直线加速器正常运行时，直加机房西墙外 X- γ 辐射剂量率为 $0.114\sim 0.134\mu\text{Sv/h}$ ，基本处于辐射环境本底水平。

考虑后装机和直线加速器同时运行时对周围公众的叠加影响，则公众所受的年附加有效剂量最大为 $0.134\times 250\text{h}\times 1/5$ （居留因子） $\times 0.001+0.05=0.0567\text{mSv/a}$ ，满足公众剂量约束值要求（ 0.1mSv/a ）。

②根据医院提供的资料，本次后装机拟配备的 7 名辐射工作人员为医院现有直线加速器的辐射工作人员，故该 7 名辐射工作人员的年附加有效剂量需考虑后装治疗和直线加速器治疗的累积影响。

根据医院提供的《新增 10MV 直线加速器核技术利用项目竣工环境保护验收监测报告》，直线加速器正常运行时，辐射工作人员所受的年附加有效剂量不大于 0.313mSv/a 。考虑后装机和直线加速器运行时对辐射工作人员的累积影响，则辐射工作人员所受的年附加有效剂量最大为 $0.47+0.313=0.783\text{mSv/a}$ ，满足职业人员剂量约

束值要求（5mSv/a）。

8、对 50m 范围内环境保护目标的影响分析

后装机治疗室位于医院核医学中心楼一层放疗科西南角，其地下无建筑，楼上为库房，北侧为大厅，南侧、西侧为室外道路，东侧为患者通道、操作间、准备间、清洗间、注射抢救室。经评价计算，治疗室屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率低于各关注点的剂量率参考控制水平，屏蔽体满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准要求。同时后装治疗机运行后对周围公众成员的年附加有效剂量低于 0.1mSv/a，满足公众剂量约束值，表明后装机运行时对治疗室周围敏感目标产生的辐射影响较小，且后装治疗室与其他不相邻的环境保护目标之间有多道墙体屏蔽，故经距离衰减和墙体屏蔽后，后装机治疗对其他较远处的环境保护目标产生的影响将更小，环境影响可接受。

9、有害气体分析

本项目后装机在使用过程中，产生少量的臭氧、氮氧化物等废气，其氮氧化物的产生量约为臭氧产额的一半。本次主要对后装机治疗室产生的臭氧气体进行计算分析。

根据《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），后装机治疗室内臭氧的产生率按下式计算：

$$Q_0 = 4.9 \times 10^{-5} \times A \times G \times V^{1/3} \quad (11-12)$$

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=6。

V——治疗室的体积，m³。

4.9×10^{-5} ——对于 ¹⁹²Ir 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=3.4m×5.9m×3.3m=66.2m³，采用公式 11-12 进行计算，则治疗室臭氧的产生率为 0.012mg/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：

$$Q_1 = Q_0 \times T \times (1 - e^{-t/T}) / V \quad (11-13)$$

式中：

Q_0 ——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 ——运行时间， h ；

V ——治疗室的体积， m^3 。

本次计算中，臭氧有效分解时间取 0.83h，后装机治疗室设计通风量 500 m^3/h ，故本次治疗室换气次数为 7 次/h，有效清除时间为 0.122h，则计算出治疗室内空气臭氧浓度为 $2.19 \times 10^{-5} \text{mg}/\text{m}^3$ ，治疗室的室内臭氧浓度远小于《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 mg/m^3 ），符合标准要求。

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），工作场所氮氧化物（以 NO_2 计）容许浓度限值为 5.0 mg/m^3 ，高于臭氧限值 0.3 mg/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，本项目后装机运行时，通风换气次数满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“通风换气次数不小于 4 次/h”标准要求；治疗室内臭氧和氮氧化物浓度满足《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）限值要求，对环境的影响较小。

事故影响分析（分析项目运行中可能发生的辐射事故，并说明预防措施。）

1、 ^{192}Ir 后装机潜在照射事故

（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）换源、装源过程放射源掉落事故

换源或装源由有资格的专业人员进行，医院辐射工作人员不参与该项工作。做好换装源程序和一切准备工作，工作人员必须佩戴辐射监测仪器，穿戴防护衣帽，疏散周围人员。装源、换源工作人员应经过专业培训，考核合格后方能上岗。

装源、换源操作过程中，下方设置安全网或安全托盘，以防跌落后污染地面和遗失。严格加强放射源的安全管理，严格按照规定的实施方案进行换装源，确保环境和人员安全，杜绝事故（事件）发生。一旦发生跌落，使用机械手从安全网或安全托盘中重新夹取此源。

（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治疗室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，追回丢失的放射源。

2、采取的预防措施

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，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，并在治疗室门外设立警戒线，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）每天开机前应检查门-机联锁装置、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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全与环境保护管理机构

《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，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与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。

根据医院提供的资料，西安市胸科医院下发了关于调整辐射环境安全管理小组的通知，成立了以院长为组长、副院长为副组长、各科室主任为主要成员的管理领导小组，文件中规定了领导小组的职责与工作内容。

本项目建设后，医院应按照《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）不断细化、完善医院标准化文件，进一步明确决策层、辐射防护负责人、放射性作业人员职责，并落实相关管理要求。详见下表。

表 12-1 医院辐射安全与环境保护管理机构措施表

管理内容		管理要求	对照落实情况
*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。	已按要求设置
		年初工作安排和年终工作总结，应包含辐射环境安全管理工作内容。	
		明确辐射安全管理部门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合格证，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。	需要整改，严格按照规定执行
		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。	本项目建设完成后应完善相应制度
		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。	
		建立辐射安全管理档案。	
		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。	

	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常。	本次拟配备的人员已进行了职业健康体检，结果无异常，人员均已参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证。若后期新增辐射工作人员，评价要求对新增的辐射人员必须参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，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做出承诺。	
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况后，能有效处理。	
*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。	已设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，并以正式文件明确辐射安全与环境保护管理机构和负责人。

注：表中标注“*”内容为关键项，为强制性规范要求。

2、辐射安全管理规章制度

西安市胸科医院为开展核技术利用项目，确保射线装置安全使用，医院已制定的放射防护相关管理制度主要有：《辐射事故应急预案》、《放射防护安全管理制度》、《辐射安全防护设施维护维修制度》、《辐射环境监测计划》、《个人剂量监测管理制度》、《职业健康监管管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《受检者放射危害告知制度》、《介入科 DSA 安全操作规程》、《放射防护档案管理制度》、《治疗计划系统控自检工作规程》、《医用电子直线加速器设备操作规程》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射设备维护、保养检修制度》、《放射治疗质量保证大纲和质量控制计划》等，以及各辐射设备的操作规程等一系列规章制度，用于医院辐射安全管理。

根据《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）相关规定，西安市胸科医院已制定了一系列辐射安全管理制度，并认真落实各项规章制度。医院现有辐射安全管理制度核实如下表 12-2 所示。

表 12-2 医院辐射安全管理制度表

管理内容	管理要求	对照落实情况
*制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。	已按要求设置
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账。	根据本次建设内容，需进一步完善
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情	根据本次建设内容，需进一步完善

	况进行检查考核，建立检查记录档案。	
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案。	已建立
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量监测档案的连续有效性。	已建立
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性。	已建立
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度(包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等)，并建立维护与维修工作记录档案(包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间)。	已建立
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案。	根据本次建设内容，需进一步完善
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。	已建立
*应急管理	结合本单位实际，制定具有可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练。	已制定，应根据本项目建设内容进行修订，并进行应急演练。
	辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序。	

注：表中标注“*”内容为关键项，为强制性规范要求。

根据本项目建设内容，环评要求医院应针对本次建设的后装机，制定相应的《辐射工作设备操作规程》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《辐射设备维护、保养检修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作场所监测制度》，完善现有的《辐射事故应急预案》，将本次评价内容纳入现有的管理制度中，修改并完善相关的管理制度。根据本项目运行中可能出现的辐射事故，完善现有的《辐射事故应急预案》。

此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等相关要求，医院还应加强各辐射工作岗位人员能力的管理，应按照工作岗位要求配备具有相应工作能力的辐射工作人员。现有介入放射学工作人员冯洛龙和陈蔚应参加生态环境部门组织的辐射防护与安全培

训，取得医用 X 射线诊断与介入放射学专业培训合格证书后方可参加工作。介入诊断工作人员（医生、护士）应采用双剂量计监测方法。

3、辐射监测计划

（1）监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款，“配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。”、“使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作”。

医院为放疗科已配备有 1 台 X-γ辐射剂量率仪，仪器可正常使用。评价要求医院应对配备的监测仪器每年进行检定或校准，确保仪器处于有效的范围之内。

针对本项目，医院应补充配备 1 台个人剂量报警仪。

（2）竣工验收监测

项目投入运行前，委托有资质的监测单位对本次建设的后装治疗室屏蔽体外表面 30cm 处的 X-γ辐射剂量率进行全面的竣工环保验收检测，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。验收合格后方可投入正常使用。

（3）个人剂量监测

该项目涉及的放射工作人员均须配备个人剂量计，进行个人剂量监测。本项目涉及的辐射工作人员均为放疗科现有辐射工作人员，医院已为各辐射工作人员配备有个人剂量计，辐射工作人员按照相关要求佩戴，每季度委托具有相应资质的个人剂量监测技术服务机构进行监测，并建立个人剂量档案，安排专人负责个人剂量监测管理，个人剂量档案终生保存。

（4）放射工作场所日常监测

①监测频度：定期进行日常监测

②监测范围：后装治疗室及周围场所

③监测项目：X-γ辐射剂量率

④监测机构：医院自主检测

利用配备的 X-γ辐射剂量率仪对后装治疗室及周围环境进行日常监测，做好辐射的日常监测工作，并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，确保其剂量率控制水平满足标准限值要求。

(5) 年度监测

医院每年应委托有资质的单位对辐射工作场所及周围环境进行年度监测，每年至少监测一次。

(6) 职业健康检查

西安市胸科医院已为现有辐射工作人员安排了岗前、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，并建立了职业健康监护档案。

本次环评提出的监测计划建议见下表。

表 12-3 西安市胸科医院辐射监测计划一览表

监测项目	监测点位	监测频率
X-γ辐射剂量率	治疗室屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门及缝隙外表面 30cm 处、治疗室顶棚地面 0.3m 处，操作间操作位置，管线洞口、通风口处、贮源器表面 5cm 及 1m 处等。	①竣工验收监测：投运前监测 1 次，②医院日常监测：每季度一次；③年度监测：委托有资质单位每年进行一次。
个人剂量计	辐射工作人员佩戴的剂量计	每 3 个月送有资质机构检测 1 次
职业健康检查	所有涉及放射性的工作人员	至少每两年一次

根据国家以及陕西省地方法律法规要求，医院每年应对放射性工作场所以及周边环境进行安全和防护状况评估，需要将日常监测、年度监测、个人剂量监测、职业健康检查等内容纳入该年度评估报告，对医院存在的安全隐患及时提出整改方案，安全评估报告应于每年 1 月 31 日前报辐射安全许可证发证机关。

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与防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，西安市胸科医院已制定有《辐射事故应急预案》，以加强对医院内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。《辐射事故应急预案》已在西安市生态环境局航天分局进行备案。

在应急预案中，医院明确了应急机构领导小组及其职责，以院长为组长，各科室主任为主要组员。针对医院现有核技术利用项目可能发生的辐射事故类型，明确了报告和处理程序、应采取的应急处置措施、信息报告和联系方式，并配备相应的

辐射事故应急物资，如对讲机、电离辐射警示标志、巡检仪、铅防护用品等。日常工作中，医院安排每年组织一次医院内部的辐射事故应急演练。因此，医院制定的辐射事故应急预案具备一定的辐射事故应急处置能力，能够基本满足医院现有辐射安全管理要求。

根据本项目建设内容，西安市胸科医院应进一步修订、完善辐射事故应急预案，对后装机辐射事故（放射源脱落、卡源、丢失、破损污染等）提出针对性的应急措施。依据国家相关法律法规和标准，不断对其进行修改、完善，使应急预案更具有操作性和可行性，并加强应急预案演练，提高人员的事故应急处置能力。此外，辐射事故应急预案应报所在地区级生态环境行政主管部门备案。

综上，西安市胸科医院已成立了辐射事故应急领导小组，明确了相关人员职责；辐射工作人员、辐射管理人员已经取得辐射安全与防护知识培训，各辐射工作场所的防护设施符合辐射防护相关要求，并配备相应的辐射监测仪器和个人防护用品，各项辐射安全规章制度基本健全，辐射事故应急预案基本可行。在落实上述环评要求的前提下，其核技术应用能力方可满足相关法律、法规要求。

5、项目环保投资及竣工环境保护验收清单

（1）环保投资

本项目总投资共计 555 万元，环保投资 42.6 万元，环保投资主要为辐射安全设施购置费、个人防护用品购置费、辐射环境监测费用、人员培训及职业健康检查等。本项目环保投资一览表见表 12-4。

表 12-4 项目环保投资一览表

项目	设施（措施）	金额（万元）
辐射安全与连锁	操作间的控制台、后装机设备表面、迷路内入口、迷道外入口、迷道内墙、后装治疗室北墙和西墙各设置 1 个急停开关，共计 7 个	10.0
	治疗室内靠近防护门处设置 1 个应急手动开门按钮	1.0
	迷道内入口、治疗室西南角和东北角各设置 1 个视频监控装置，共 3 个；治疗室和操作间控制台各设置对讲设备 1 套；操作间控制台设置监控显示系统	5.0
	门机连锁装置 1 套，防护门安装防夹装置	6.0
监测仪器及警示装置	1 台 X-γ剂量率监测仪（原有）	/
	辐射工作人员配备个人剂量计 7 个（原有）	/
	迷道内入口及迷道出口处设置固定式剂量报警仪，共 2 套	2.0

	个人剂量报警仪 1 个	0.6
	电离辐射警告标志 2 套（防护门和贮源器表面），工作状态指示灯 1 套	1.0
通排风系统	治疗室设置 1 套机械通风装置	5.0
环境监测	治疗室各屏蔽体表面 30cm 处、防护门、管线洞口等处的 X-γ 辐射空气吸收剂量率监测，贮源器表面剂量当量率监测	2.0
固废处置	废放射源交由厂家回收处置	3.0
人员管理	辐射工作人员个人剂量检测、职业健康体检费用，辐射工作人员、管理人员的培训	5.0
应急设备	治疗室内和迷道各安装 1 个应急照明灯；治疗室内配备应急贮源器、长柄镊子等应急救助的工具	2.0
合计		42.6

（2）竣工环保验收清单

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。在项目竣工后，建设单位应自主进行环保验收工作。竣工环境保护验收清单见表 12-5。

表 12-5 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复	齐全
2	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。有专人负责，制度上墙，并定期开展辐射事故应急演练。	《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）
3	辐射安全设施/措施	①防护门上设置辐射警示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，采用电动推拉防护门（应急时可手动），防护门采取防夹装置。防护门设置门机联锁装置。②在治疗室迷道内入口及迷道出口处设置固定式辐射剂量监测仪并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。③在操作间的控制台、后装机设备表面、迷路内入口、迷道外入口、迷道内墙、后装治疗室北墙和西墙各设置 1 个急停开关，紧急停机开关为红色按钮式开关，并带有中文标示。④设置自动回源装置，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。此外，还应设置手动回源措施。⑤在迷道内入口、治疗室西南角和东北角各安装 1 个摄像头，对治疗过程中患者状态、治疗床和迷路区域进行监控。⑥治疗室内建设的穿越防护墙的导线、导管等采用“Z”型。机房内设置通风装置，保持机房内空	《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）、《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）

		气流通。⑦在治疗床附近安装对讲装置，操作间的控制台安装显示器和对讲装置。⑧配备 1 台个人剂量报警仪，放射性工作人员进入后装机房时必须佩戴个人剂量报警仪。		
4	人员要求	①培训：辐射管理人员和辐射工作人员上岗前均应参加相应类别的辐射安全和防护专业知识培训，并考核合格后持证上岗，五年进行复训。 ②个人剂量检测：每名辐射工作人员佩戴个人剂量计，每季度送有资质单位检测，建立个人剂量档案。 ③职业健康检查：对辐射工作人员进行放射性职业病健康检查，包括岗前、岗中、离岗体检，至少每 2 年体检一次，并建立职业健康监护档案。		《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条例（2019 年修订）》
5	检测仪器	1 台 X-γ 剂量率监测仪、个人剂量计 7 个（均依托原有），个人剂量报警仪 1 个。		《放射治疗放射防护要求》 （GBZ121-2020）
6	应急设备	治疗室内配备应急贮源器、长柄镊子等应急救助的工具。		《放射治疗放射防护要求》 （GBZ121-2020）
7	剂量限值	年有效剂量	工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv/a}$ ； 公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv/a}$	《放射治疗辐射安全与防护要求》 （HJ1198-2021）
		屏蔽体外剂量率控制	治疗室各屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准要求。	《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）

表 13 结论与建议

结论

(1) 为了改善医院的医疗设施条件, 满足患者就医需求, 西安市胸科医院拟在核医学中心楼一层放疗科西南角新建一间后装机机房以及其他辅助用房, 安装 1 台后装机 (使用 1 枚 ^{192}Ir 密封放射源, 放射性初始活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$, 属于 III 类放射源)。该项目的建设对患者和社会所带来的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) 中“实践的正当性”要求。

(2) 本项目后装治疗室位于核医学中心楼一层放疗科西南角, 属于建筑物一端、人流不密集区, 便于机房的辐射防护与安全; 此外, 机房与周围用专用防护墙壁隔开, 有专门的通道与外面相连, 无关人流相对较少, 减少了对公众的辐射影响。本项目后装机房位于人流不密集区域, 能更好的保护病人及医院工作人员的安全。从环境保护角度分析, 项目选址和工作场所布局符合《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) 要求, 布局较合理。

按照《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) 要求, 项目拟对辐射工作场所进行分区设置。控制区为治疗室 (含迷道) 内部, 以防护门和机房屏蔽墙为界; 防护门和屏蔽墙外以及楼上相邻区域为监督区。

(3) 后装机治疗环境影响评价结论

①经估算, 本项目后装治疗室实体屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 $0.932\mu\text{Sv/h}$, 小于各关注点的剂量率参考控制水平, 屏蔽体满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 标准要求。

②本项目后装治疗对辐射工作人员和公众的影响

经估算, 按防护设计及本环评提出的防护屏蔽措施后, 后装机运行过程中, 对辐射工作人员的年附加有效剂量为 0.47mSv/a , 满足年附加有效剂量约束值要求 (5mSv/a); 所致治疗室周围公众的最大年附加有效剂量为 0.05mSv/a , 满足公众剂量约束值要求 (0.1mSv/a), 均符合《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

的相关要求。

③本项目后装治疗与已有直线加速器同时运行对相关人员的辐射影响

根据医院提供的平面布置图，考虑后装机和直线加速器同时运行时对周围公众的叠加影响，经核算，公众所受的年附加有效剂量最大为 0.0567mSv/a ，满足公众剂量约束值要求（ 0.1mSv/a ）。

根据医院提供的资料，本次后装机拟配备的 7 名辐射工作人员为医院现有直线加速器的辐射工作人员，故考虑后装机和直线加速器运行时对辐射工作人员的累积影响，则辐射工作人员所受的年附加有效剂量最大为 0.783mSv/a ，满足职业人员剂量约束值要求（ 5mSv/a ）。

④对 50m 范围内环境保护目标的影响分析

经评价计算，后装治疗室屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率低于各关注点的剂量率参考控制水平，屏蔽体满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准要求。同时后装治疗机运行后对周围公众成员的年附加有效剂量低于 0.1mSv/a ，满足公众剂量约束值，表明后装机运行时对治疗室周围保护目标产生的辐射影响较小，且后装治疗室与其他不相邻的环境保护目标之间有多道墙体屏蔽，故经距离衰减和墙体屏蔽后，后装机治疗对其他较远处的环境保护目标产生的影响将更小，环境影响可接受。

综上分析，本项目运行后，辐射工作人员和周围的公众年有效剂量均能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中剂量限值要求和本项目管理目标中对工作人员（ 5mSv ）和公众剂量（ 0.1mSv ）约束值要求。

⑤排风装置

后装机治疗室设置机械排风装置，通风换气次数满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）。经核算，治疗室内臭氧和氮氧化物浓度满足《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）限值要求，对环境影响较小。

（4）西安市胸科医院已按照《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，设置了辐射安全防护领导小组，制定了各项辐射安全管理规章制度。针对本项目，医院应制定相应的质量保证大纲、操作

规范、岗位职责，及时更新完善辐射事故应急预案、并将本项目纳入现有辐射安全管理培训制度、监测制度等。在完善环评提出的相关要求的前提下，具备相应的辐射安全管理能力。

综上所述，本项目的建设符合辐射防护实践正当性原则；选址合理，项目严格按照国家有关辐射防护规定执行，切实落实辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到尽可能合理且低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致职业人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则。从辐射环境保护角度分析，该项目建设可行。

建议和承诺

（1）严格按照本报告表中设计参数以及相关要求进行建设，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）不断完善辐射事故应急预案，加强日常演练，提高应急反应、处置能力，尽可能的避免辐射事故发生。

（3）严格按照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号）中相关规定进行建设。

（4）严格执行辐射环境监测制度，每年应对医院核技术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颁发部门报送上一年度辐射安全年度评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

单位公章

年 月 日

审批意见：

经办人：

单位公章

年 月 日