

## 1 项目基本情况

建设项目名称	西乡县人民医院新增新增伽玛射束立体定向放射治疗系统核技术利用建设项目				
建设单位名称	西乡县人民医院				
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它				
建设地点	陕西省西乡县城南街道办滨河路2号 西乡县人民医院肿瘤治疗中心楼负1层				
源项	放射源	一台伽玛刀, I类放射源; 13枚 <sup>60</sup> Co密封源, 总活度为 $5.77 \times 10^{14}$ Bq ( $\pm 10\%$ )			
	非密封放射性物质	/			
	射线装置	伽玛刀自带CBCT功能, III类射线装置			
环评批复时间	2024-6-3	开工建设时间	2025-3-1		
取得辐射安全许可证时间	2025-2-11	项目投入运行时间	2025-10-1		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025-7-20	验收现场监测时间	2025-7-21		
辐射安全与防护设施设计单位	机械工程勘察设计研究院有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	中铁二十局集团第四工程有限公司		
环评报告表审批部门	陕西省生态环境厅	环评报告表编制单位	陕西华大普泰检测技术有限公司		
投资总概算(万元)	3000	辐射安全与防护设施投资总概算(万元)	41.5	比例	1.38%
实际总概算(万元)	2850	辐射安全与防护设施实际总概算(万元)	44.5	比例	1.56%
验收依据	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第9号, 2014年), 自2015年1月1日起施行;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第24号), 自2003年9月1日起施行, 2018年12月29日第二次修正;</p>				

(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六号), 2003年10月1日施行;

(4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998年11月29日国务院令 第253号发布); 根据2017年7月16日国务院令 第682号《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订, 2017年10月1日起施行;

(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 第449号, 2005年12月1日实施 2014年7月29日修订, 2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国务院令 第709号)修订);

(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 第18号, 2011年), 自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》(国家环境保护总局令 第31号, 2006年1月18日); 2021年1月4日经生态环境部令 第20号修订;

(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部国家卫生计生委公告 2017年第66号), 自2017年12月5日起施行;

(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发〔2006〕145号), 自2006年9月26日起施行;

(10) 《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年11月20日;

(11) 《关于印发《核技术利用建设项目重大变动清单(试行)》的通知》(生态环境部办公厅 环办环评函〔2025〕313号), 2025年8月29日;

(12) 《陕西省放射性污染防治条例》, 陕西省人大, 2014年10月1日起施行(2019年修正);

(13) 陕西省环境保护厅关于印发新修订《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年6月6日起施行;

(14) 《关于西乡县人民医院新增伽玛射束立体定向放射治疗系统核

	<p>技术利用建设项目环境影响报告表的批复》（陕环批复〔2024〕44号）；</p> <p>（15）《西乡县人民医院新增伽玛射束立体定向放射治疗系统核技术利用建设项目环境影响报告表》；</p> <p>（16）《西乡县人民医院伽玛刀机房辐射环境检测报告》（陕西秦州核与辐射安全技术有限公司，2025年7月22日）。</p>											
<p><b>验收执行标准</b></p>	<p>（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>（2）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；</p> <p>（3）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；</p> <p>（4）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）</p> <p>（5）《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》（GB 201.3-2014）；</p> <p>（6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>（7）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>（8）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326—2023）；</p> <p>（9）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>（10）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；</p> <p>（11）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）。</p>											
	<p>参考《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）的要求，标准建设项目职业照射、公众照射应满足下表限值：</p> <p style="text-align: center;"><b>表 1-1 职业照射和公众照射的剂量限值</b></p> <table border="1" data-bbox="405 1626 1367 1984"> <thead> <tr> <th>照射类型</th> <th>剂量限值</th> <th>环评管理目标限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>职业照射</td> <td>连续5年的年平均有效剂量不应超过20mSv。</td> <td>5mSv/a</td> </tr> <tr> <td>公众照射</td> <td>关键人群连续5年的平均有效剂量不应超过1mSv。</td> <td>0.1mSv/a</td> </tr> <tr> <td>周围剂量当量率</td> <td>           人员居留因子 T&gt;1/2 的场所，<math>\dot{H}_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}</math>；            人员居留因子 T≤1/2 的场所，<math>\dot{H}_{c, \max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}</math>。         </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	照射类型	剂量限值	环评管理目标限值	职业照射	连续5年的年平均有效剂量不应超过20mSv。	5mSv/a	公众照射	关键人群连续5年的平均有效剂量不应超过1mSv。	0.1mSv/a	周围剂量当量率	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≤1/2 的场所， $\dot{H}_{c, \max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。
照射类型	剂量限值	环评管理目标限值										
职业照射	连续5年的年平均有效剂量不应超过20mSv。	5mSv/a										
公众照射	关键人群连续5年的平均有效剂量不应超过1mSv。	0.1mSv/a										
周围剂量当量率	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≤1/2 的场所， $\dot{H}_{c, \max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。											

## 2 项目建设情况

### 2.1 建设单位情况

西乡县人民医院（以下简称“医院/建设单位”）始建于1950年，旧院址位于西乡县城东大街，新址位于西乡县城南街道办滨河路2号。西乡县人民医院下设西乡县120急救中心暨西乡县人民医院妇儿医院和城北社区卫生服务中心。经过70多年的努力，现已发展为集医疗、急救、教学、预防保健、社区服务于一体的综合性二级甲等医院和国家级爱婴医院。医院现有在职员工951名，其中专业技术人员800余名，高、中级以上职称275名，本科及硕士学历454名。医院设病区22个，编制病床650张，年接待门诊患者45万人次，住院患者3.5万余人次。

### 2.2 项目建设内容和规模

为满足放射治疗多样化的需求，医院将肿瘤治疗中心楼负一层东侧的一间预留加速器机房改建为了一间伽玛刀机房，并新增了一台由西安大医集团股份有限公司生产的一台伽玛射束立体定位放射治疗系统（以下简称“伽玛刀/γ刀”）并附带有CBCT系统，其中伽玛刀使用 $^{60}\text{Co}$ 密封源13枚，单枚源出厂活度为 $4.44\times 10^{13}\text{Bq}$ （ $\pm 10\%$ ），总活度为 $5.77\times 10^{14}\text{Bq}$ （ $\pm 10\%$ ），单枚源属于I类密封放射源，CBCT系统属于III类射线装置。

肿瘤治疗中心楼为独栋建筑，其中地上两层，地下一层。该楼于2023年4月份开工建设，2023年12月肿瘤治疗中心楼主体施工基本完成。

2023年11月西乡县人民医院委托陕西华大普泰检测技术有限公司开展了《西乡县人民医院新增伽玛射束立体定向放射治疗系统核技术利用建设项目》的环境影响评价工作，于2024年6月3日取得了陕西省生态环境厅的批复，批复号为陕环批复〔2024〕44号，于2025年2月11日取得了辐射安全许可证（陕环辐证〔70065〕）。

伽玛刀机房原本设计为加速器机房，现医院对该加速器机房的安全防护设施进行改造，伽玛刀机房现屏蔽防护情况如下：伽玛刀机房内设置有迷道，东侧迷道外墙采取1800mm钢筋混凝土，迷道内墙主屏蔽墙采用3000mm钢筋混凝土、宽度4.35m，次屏蔽采取1800mm钢筋混凝土；西墙主屏蔽墙采用3000mm钢筋混凝土、宽度5m，次屏蔽采取1800mm钢筋混凝土；南墙采取1800mm钢筋混凝土；北墙采用1800mm钢筋混凝土；地下无建筑，地面采取900mm混凝土；顶部主屏蔽采用3000mm钢筋混凝土、宽度4.35m，次屏蔽采取1800mm钢筋混凝土；防护门采用10mmPb铅防



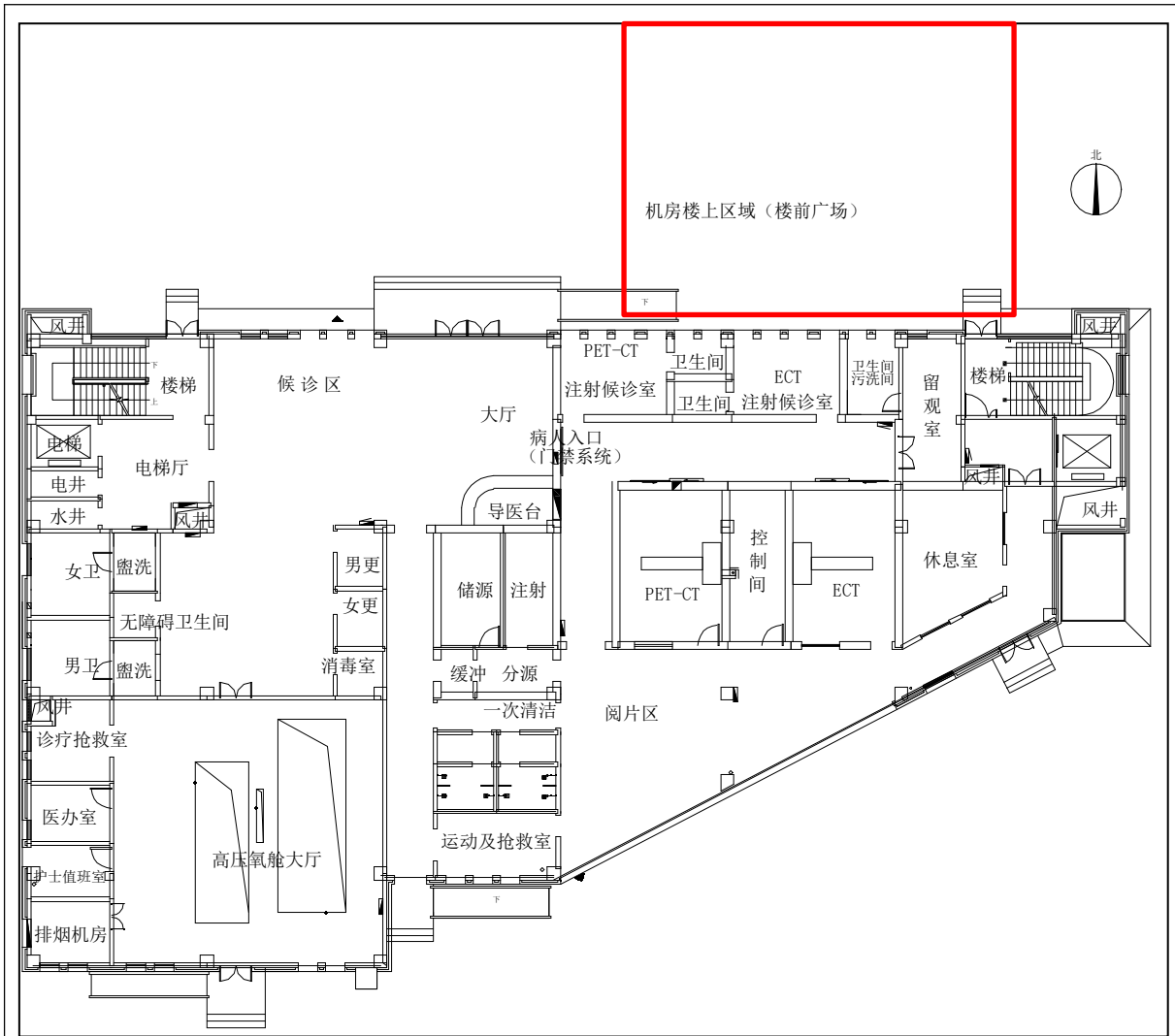


图 2-2 肿瘤治疗中心楼一层平面图（红框内为本项目机房楼上区域）

## 2.4 建设地点和周围环境敏感目标

西乡县人民医院位于陕西省西乡县城南街道办滨河路 2 号。地理坐标为东经：108.22769165°，北纬：32.79487610°。西乡县人民医院东侧为田地；南侧为汉白路，路侧有散落的民房（东渡村）；西侧为滨河南路，隔路为牧马河；北侧为道路，隔路为结友水云居小区。建设单位位置和周围环境与环评报告中一致。

建设单位地理位置见图 2-3。建设单位四邻关系图见图 2-4。

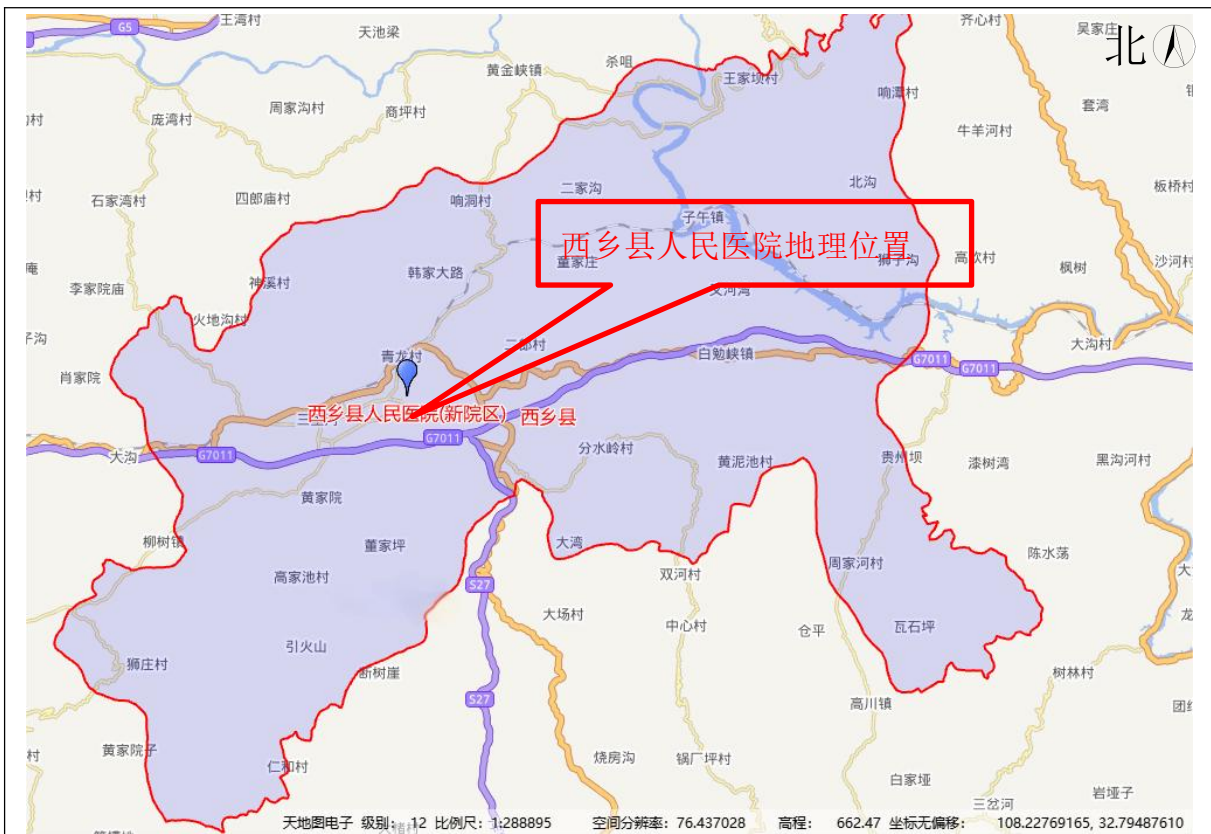


图 2-3 西乡县人民医院地理位置图



图 2-4 医院周边四邻关系图

建设单位为开放式院区，由门诊楼、急诊楼和肿瘤治疗中心楼、住院楼、精神卫生中心门诊楼等建筑组成，肿瘤治疗中心楼共三层，包含地上两层，地下一层，伽玛刀机房位于地下一层。肿瘤治疗中心楼东侧为医院东路，南侧为医院南路，西侧为康复公园和地下车库出入口，北侧为康复公园。肿瘤治疗中心楼周围环境情况与环评报告中一致。

建设单位总平面布局见图 2-5。



图 2-5 建设单位总平面图



医院外景



肿瘤治疗中心楼外景



肿瘤治疗中心楼北侧



肿瘤治疗中心楼西侧



肿瘤治疗中心楼南侧



肿瘤治疗中心楼东侧



肿瘤治疗中心楼一层大厅



肿瘤治疗中心楼负一层走廊

## 2.5 环境保护目标

本项目环境保护目标主要为伽玛刀机房周围50m范围内的职业工作人员和公众。本项目环境保护目标核查情况见表2-1。

表2-1 本项目环境保护目标核查情况一览表

保护目标	相对方位	场所	保护目标	与蔽体表面距离 (m)	人员规模		变化情况	年剂量约束值
					环评	验收		
工作人员	南侧	伽玛刀控制室	操作人员	5	4人	4人	无变化	≤5mSv
	/	伽玛刀治疗室内	摆位人员	1	2人	2人	无变化	
	西南侧	加速器控制室/治疗室	操作人员	13	4人	4人	无变化	
	南侧	定位机房控制走廊	操作人员	14	2人	2人	无变化	
公众人员	南侧	设备间、排风机房、设备用房、弱电机房	维护 维修人员	7	流动人员	流动人员	无变化	≤0.1mSv
		楼梯间	医务人员、 陪同家属	15	流动人员	流动人员	无变化	
		制模室、定位机房	医务人员、 陪同家属	21	10人	10人	无变化	
		物理计划室	医务人员	26	4人	4人	无变化	
		储气间	维护 维修人员	29	流动人员	流动人员	无变化	
		3户民房（东渡村）	居民	45	9人	9人	无变化	
		电梯厅、空压机房	维护 维修人员	25	流动人员	流动人员	无变化	
	西侧	卫生间	医务人员、 陪同家属	31	流动人员	流动人员	无变化	
		维修办公室	维修人员	35	3人	3人	无变化	
		地下停车场入口	医务人员、 陪同家属	40	流动人员	流动人员	无变化	
	楼上	楼前广场	医务人员、 陪同家属	5.8	流动人员	流动人员	无变化	
		预留核医学科	医务人员、 陪同家属	5.8	办公室及病房人员40人，其他为流动人员	暂无人员	少于环评阶段影响人员	
		二层	办公室	医务人员、	9.8	30人	15人	

## 2.6 项目投资及环保投资

本项目环评报告中预计总投资 3000 万元，计划环保投资 41.5 万元，占项目总投资的 1.38%。

在项目实际建设中，本项目实际总投资约 2850 万元，其中实际环保投资 44.5 万元，占项目总投资的 1.56%。

本项目预计环保投资和实际环保投资对比情况见表 2-2。

表 2-2 项目预计环保投资和实际环保投资对比情况

项目		污染防治措施或设施	预计环保投资 (万元)	实际环保投资 (万元)
工程建设	主体工程	采取钢筋混凝土建造	—	—
	防护门	采取 10mmPb 铅防护门（电动推拉门）	—	—
	送排风系统	机械动力风机、管道、风口	11	28
	辐安设施	防护门上设置有电离辐射警告标志、门—机/源联锁、门—灯联锁、患者门设置 1 组防夹装置、1 组应急开门装置、1 个工作状态指示灯，机房治疗室设计有 6 个急停按钮，分别设计在防护门内侧、迷道内入口、东墙、西墙、南墙、北墙各 1 个，控制室设计 1 个；另外设备太空舱隔断两侧、治疗床两侧均设有 1 个急停按钮，机房和设备共计 11 个急停按钮、4 个视频监控及 1 组对讲设施	16	
安全管理	制度建设	完善现有辐射防护管理制度	-	0.5
人员管理	个人剂量监测		1	3
	人员培训		1	
	职业健康检查		1	
环境监测	X、 $\gamma$ 空气比释动能率仪（利旧），定期送检		0.5	2
	放射源在线监控系统		5	6
	验收监测、定期委托进行环境监测		3	
工程咨询服务费用			3	5
合计			41.5	44.5

## 2.7 项目变动情况

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》和关于印发《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》的通知，环办环评函〔2025〕313号中的相关规定，前文对本项目环评阶段及验收阶段建设情况进行了核查。现将项目存在变动的情况汇总如下：

表 2-3 本项目验收实际情况与环评内容对比一览表

项目		环评内容	验收实际情况	变更情况	
建设地点		肿瘤治疗中心楼负一层东北角	肿瘤治疗中心楼负一层东北角	与环评一致	
机房面积		56.93m <sup>2</sup> (8.25m×6.90m)	53.93m <sup>2</sup> (8.05m×6.70m)	因装修机房内有效使用面积减小。与环评基本一致	
东侧墙体	迷道外墙	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
	迷道内墙	主屏蔽	3000mm 钢筋混凝土、宽度 4.35m	3000mm 钢筋混凝土、宽度 4.35m	与环评一致
		次屏蔽	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致
西侧墙体	主屏蔽	3000mm 钢筋混凝土、宽度 5m	3000mm 钢筋混凝土、宽度 5m	与环评一致	
	次屏蔽	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
南侧墙体		1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
北侧墙体		1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
机房顶部	主屏蔽	3000mm 钢筋混凝土、宽度 4.35m	3000mm 钢筋混凝土、宽度 4.35m	与环评一致	
	次屏蔽	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
防护门		10mmPb 铅防护门(电动推拉门)	10mmPb 铅防护门(电动推拉门)	与环评一致	
防护门上方(泄压口) (50×50cm)		/	10mmPb 铅格栅	与环评不一致 <sup>①</sup>	

注：①防护门上方增加了一个泄压口并采用 10mmPb 的铅格栅进行防护屏蔽，该泄压口位于防护门正上方且与防护屏蔽厚度（10mmPb）相同，故具有和防护门相同的屏蔽效力，其屏蔽可以满足剂量限值要求。通过验收时伽玛刀机房辐射环境监测报告显示其照射/开源状态下周围剂量当量率为 0.09μSv/h，与防护门外的周围剂量当量率处于相同辐射水平。故该泄压口防护措施的改变没有导致不利影响的加重，根据《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》中的相关规定该辐射防护措施变动不属于重大变动。

## 2.8 辐射源项

本项目辐射源项为一台由西安大医集团股份有限公司生产的伽玛射束立体定向放射治疗系统（CyeRay），其中伽玛刀内装源部分属于I类放射源，CBCT 图像引导部

分属于III类射线装置，本项目设备参数和安装情况见表 2-4。

**表 2-4 伽玛射束立体定向放射治疗系统（CyeRay）参数表和安装情况**

设备参数		《环评报告》拟购置信息	实际配备情况	变动情况
生产厂家		西安大医集团股份有限公司	西安大医集团股份有限公司	与环评一致
设备名称		伽玛射束立体定向放射治疗系统	伽玛射束立体定向放射治疗系统	
伽玛刀部分	<sup>60</sup> Co 密封放射源数量	13 枚	13 枚	
	单枚放射源出厂活度	4.44×10 <sup>13</sup> Bq (1200Ci) ±10%	4.44×10 <sup>13</sup> Bq (1200Ci) ±10%	
	放射源出厂总活度	5.77×10 <sup>14</sup> Bq (15600Ci) ±10%	5.77×10 <sup>14</sup> Bq (15600Ci) ±10%	
	源轴距（放射源活性区下端面到焦点的距离）	608mm	608mm	
	初装源焦点剂量	≥2.0Gy/min（标准体模中心处水吸收剂量率） ≥3.0Gy/min（入射深度 80mm 的球形模体中心处水吸收剂量率）	≥2.0Gy/min（标准体模中心处水吸收剂量率） ≥3.0Gy/min（入射深度 80mm 的球形模体中心处水吸收剂量率）	
	准直器规格（mm）	Φ6、Φ9、Φ12、Φ16、Φ20、Φ25、Φ35	Φ6、Φ9、Φ12、Φ16、Φ20、Φ25、Φ35	
	等中心高度	110cm	110cm	
伽玛聚焦头对面有平衡屏蔽锤体		钢 40mm+铅 130mm	钢 40mm+铅 130mm	
CB	最大管电压	150kV	150kV	
CT	最大管电流	64mA	64mA	
图像引导部分	距靶 1m 处最大剂量率	<0.5mGy/h（测试条件 150kV、3.6mA）	<0.5mGy/h（测试条件 150kV、3.6mA）	
	曝光时间	单次扫描为每秒 9 帧的脉冲式曝光，单帧曝光时间最长 32ms，持续 1min，单次最大照射时间为 17.28s	单次扫描为每秒 9 帧的脉冲式曝光，单帧曝光时间最长 32ms，持续 1min，单次最大照射时间为 17.28s	

由表 2-1 至 2-4 所列内容可以看出

- ①项目性质：项目性质与环评一致；
- ②建设地址/布局：建设地址/布局与环评一致；
- ③机房面积：因机房内部装修导致与环评相比有所减小，仍满足临床需要和相关标准要求；
- ④机房防护措施：机房的屏蔽防护施工除南墙防护门上方增加了消防泄压口外其余情况与环评一致，经过分析该防护措施的改变没有导致不利影响的加重；
- ⑤伽玛刀设备：设备放射源活度、管电压和管电流等相关参数与环评要求一致；
- ⑥环境保护目标：本项目周边环境未发生变化，环境保护目标未发生改变；

根据《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办环评函〔2025〕313号）的规定，上述变动未造成对周围环境不利影响的加重，不属于重大变动。故本次验收的项目环保手续完善，可进行竣工环境保护验收。

## 2.9 工程设备与工艺分析

### 2.9.1 设备组成与工作原理

伽玛射束立体定向放射治疗系统（CybeRay）将 1 个医用伽玛刀聚焦治疗头和 1 个 CBCT 图像引导系统模块集成于同一个滚筒上，CBCT 在每次治疗时可进行患者的实时位置验证，减小患者治疗位置误差，提升治疗效果。伽玛射束立体定向放射治疗系统（CybeRay）由主机系统、图像引导系统、电子射野系统（EPID）、治疗室控制单元等组成。

#### （1）主机系统

主机系统主要由滚筒机架和底座组件、聚焦治疗头、治疗床组成。

##### 1) 滚筒机架和底座组件

滚筒机架采用钢板焊接，由两端面的法兰与钢板通过箱形结构焊接成环形结构。滚筒机架通过安装在两端的两点角接触球轴承进行支撑，并且通过两端轴承固定在底座组件上。底座组件起到固定、支撑滚筒机架作用，使用地脚螺栓将底座组件固定在地坑内，用垫铁调整水平。滚筒机架一端四点角接触球轴承带有同心的齿圈，滚筒机架的驱动是由固定在底座组件的驱动装置，通过齿圈进行旋转，实现滚筒机架整体 $-255^{\circ}$ 至 $+255^{\circ}$ 旋转。滚筒机架结构示意图见图 2-6 和图 2-7。

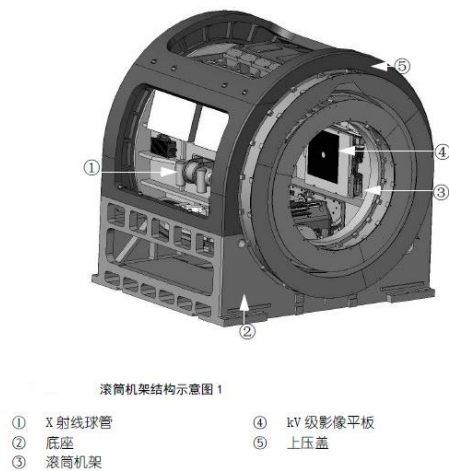


图 2-6 滚筒机架结构示意图

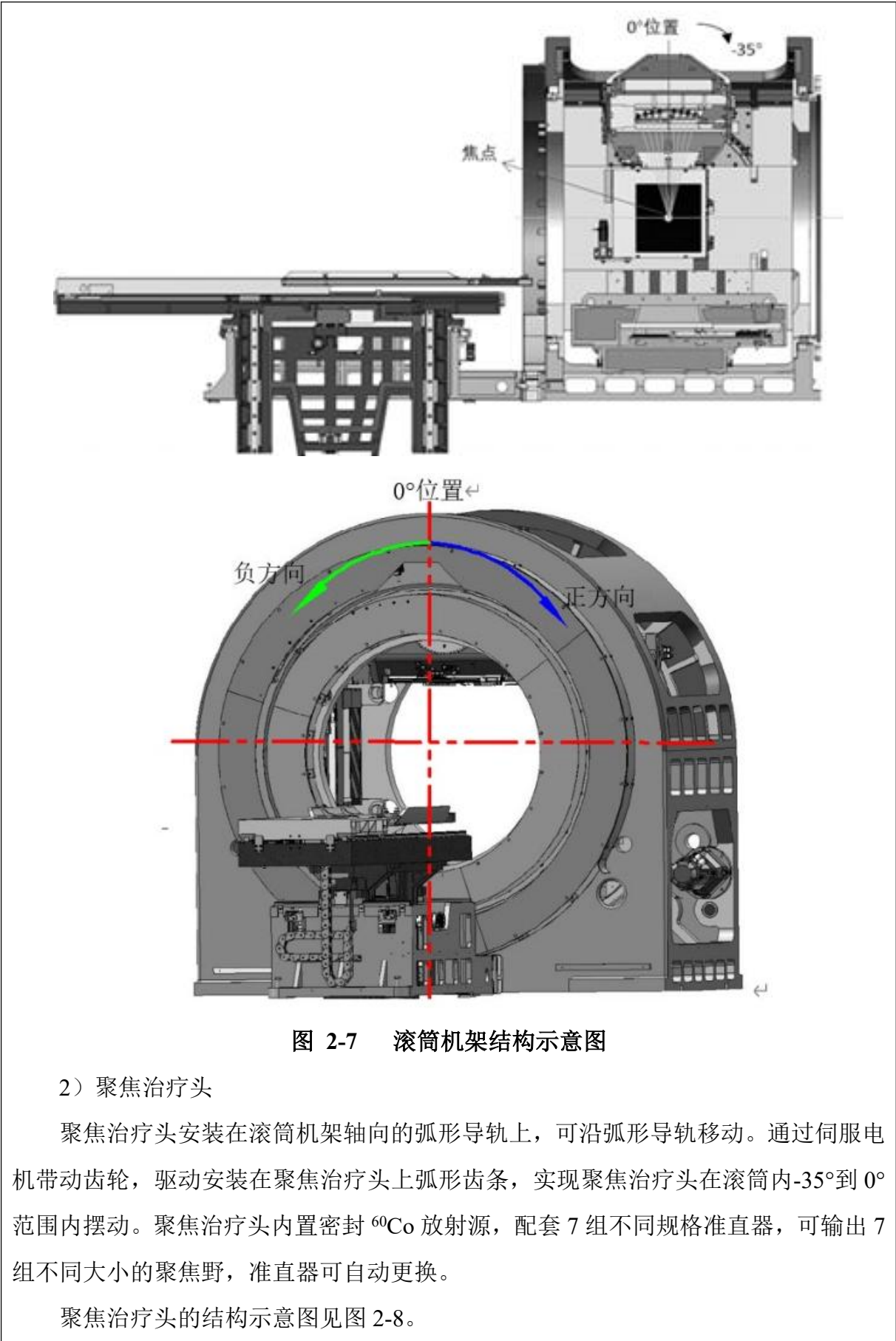
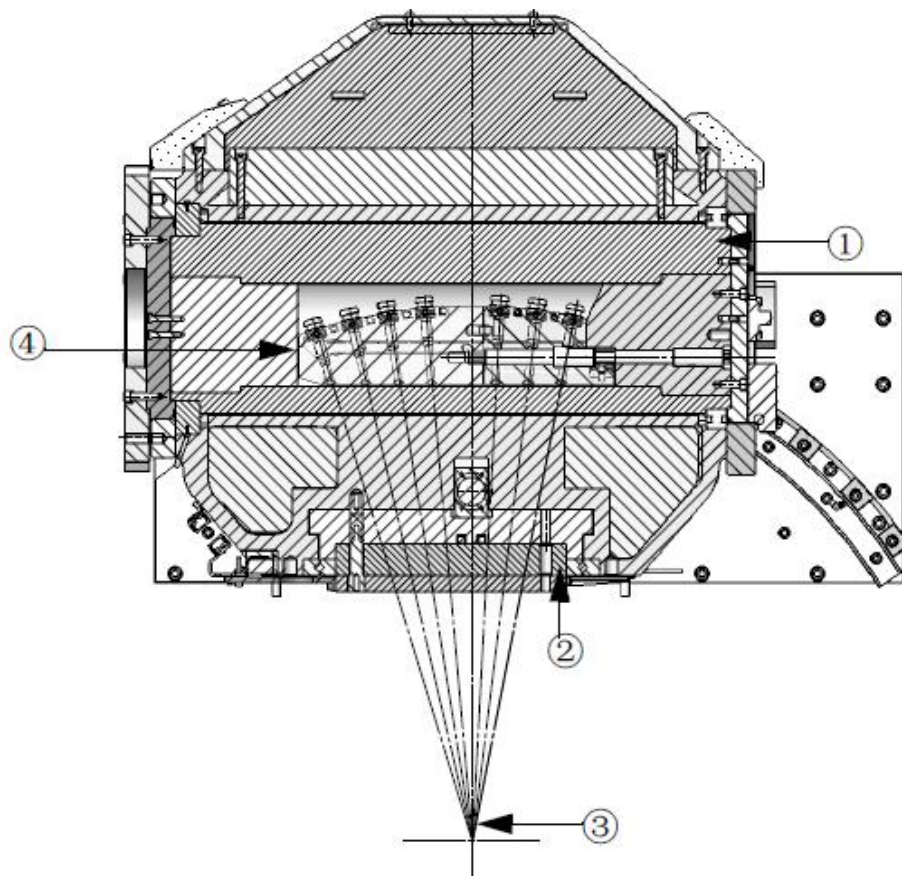


图 2-7 滚筒机架结构示意图

2) 聚焦治疗头

聚焦治疗头安装在滚筒机架轴向的弧形导轨上，可沿弧形导轨移动。通过伺服电机带动齿轮，驱动安装在聚焦治疗头上弧形齿条，实现聚焦治疗头在滚筒内-35°到 0°范围内摆动。聚焦治疗头内置密封 <sup>60</sup>Co 放射源，配套 7 组不同规格准直器，可输出 7 组不同大小的聚焦野，准直器可自动更换。

聚焦治疗头的结构示意图见图 2-8。



- |       |       |
|-------|-------|
| ① 钨滚筒 | ③ 焦点  |
| ② 准直器 | ④ 钴源匣 |

图 2-8 聚焦治疗头结构示意图

聚焦治疗头主要部件包括钴源匣、准直器、钨滚筒等。

#### ① 钴源匣

钴源匣示意图钴源匣采用不锈钢材料，上面规律地分布着 13 个固定钴源位置孔。通过钴源匣上的柱塞螺钉，将  $^{60}\text{Co}$  密封放射源固定到钴源安装位置孔内。钴源匣组件整体固定在旋转钨筒内，通过导向槽，防止钴源匣组件位置与旋转钨筒位置安装错误，使钴源匣钴源位置孔与钨滚筒上的射线通过孔对应。 $^{60}\text{Co}$  密封放射源通过钴源匣、钨滚筒上通孔进行聚焦照射。

#### ② 源体

放射源的源室尺寸及放射源外形尺寸见图 2-9。

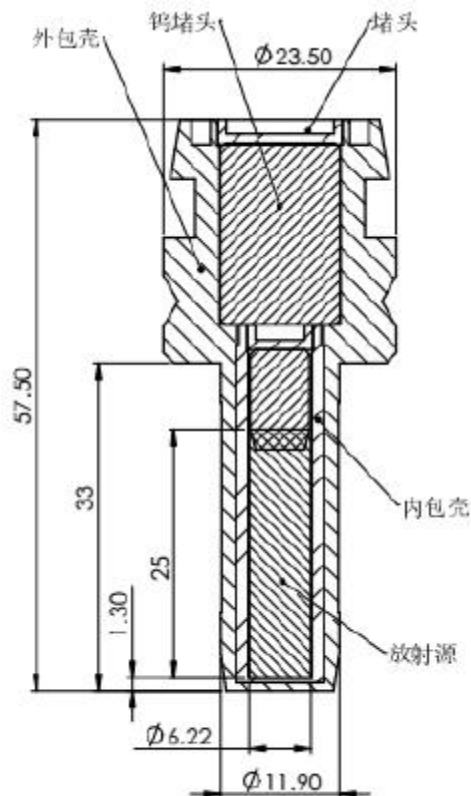


图 2-9 源室尺寸及外形尺寸示意图

### ③钨滚筒

钨滚筒通过两端轴承与治疗头箱体连接，是固定钴源匣的组件。钨滚筒屏蔽体具有屏蔽作用，是保证工作环境安全的重要部件。它的外径为 $\Phi 230\text{mm}$ ，长为 $690\text{mm}$ 。钨滚筒上开有 13 个预准直孔，与钴源匣钴源位置孔相对应。射线通过预准直孔，实现对外聚焦放疗作用。通过钨滚筒的旋转，实现在治疗过程中射线的开启与关闭。

### ④准直器

钨滚筒可以沿圆周旋转运动，移动准直器做直线运动，驱动电机带动钨滚筒旋转时，同时移动准直器做直线运动，实现开源、闭源及选择不同规格的辐射源尺寸。准直器采用钨合金制成。准直器出口端面到焦点垂直距离 $303\text{mm}$ ，上边有 7 组规格准直器，每组准直器有 13 个准直孔，与钴源匣钴源位置孔上的 13 个钴源安装孔的轴线对齐。13 个孔在空间上轴线聚焦于一点，即焦点位置。7 组不同规格的准直器分别为 $\Phi 6\text{mm}$ 、 $\Phi 9\text{mm}$ 、 $\Phi 12\text{mm}$ 、 $\Phi 16\text{mm}$ 、 $\Phi 20\text{mm}$ 、 $\Phi 25\text{mm}$ 、 $\Phi 35\text{mm}$ 。 $\Phi 6\text{mm}$ 、 $\Phi 9\text{mm}$ 、 $\Phi 12\text{mm}$ 、 $\Phi 16\text{mm}$ 、 $\Phi 20\text{mm}$  的准直器适用于头部和体部治疗， $\Phi 25\text{mm}$ 、 $\Phi 35\text{mm}$  的准直器只适用于体部治疗。准直器孔分布示意图见图 2-10。

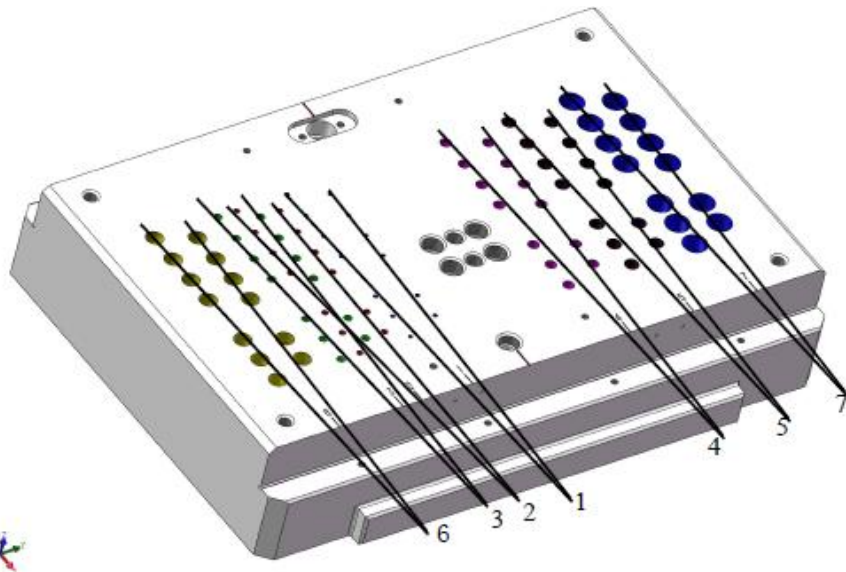


图 2-10 准直孔分布示意图

⑤平衡屏蔽锤体

伽玛聚焦头对面有平衡屏蔽锤体，不可伸缩。平衡屏蔽锤体由钢 40mm+铅 130mm 组成。其结构示意图见图 2-11。

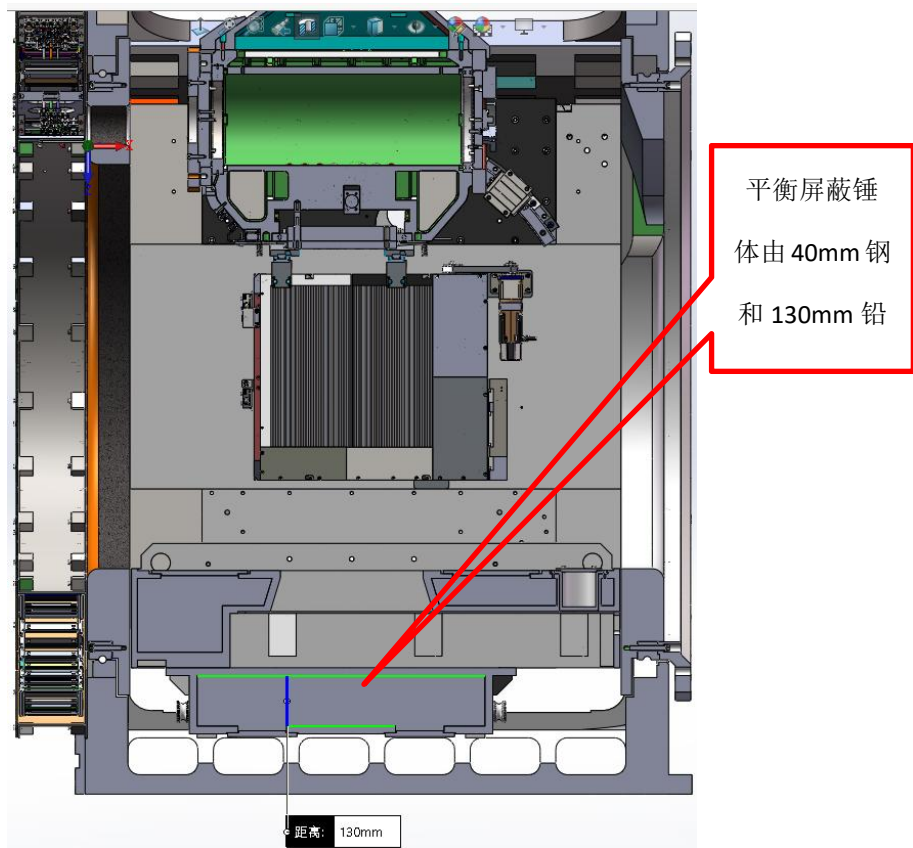


图 2-11 平衡屏蔽锤体示意图

## (2) 治疗床

治疗床用于承载和固定患者，并按照治疗计划的要求将病灶部位精确地送到聚集靶点的定位装置。治疗床最大承载为 135kg。

## (3) 图像引导系统

图像引导通过基于锥束 CT 图像或 X 光投影灰度信息，将自动与手动结合，实现患者在治疗前的高精度患者摆位和治疗中的实时监测治疗。

图像引导系统示意图见图 2-12。

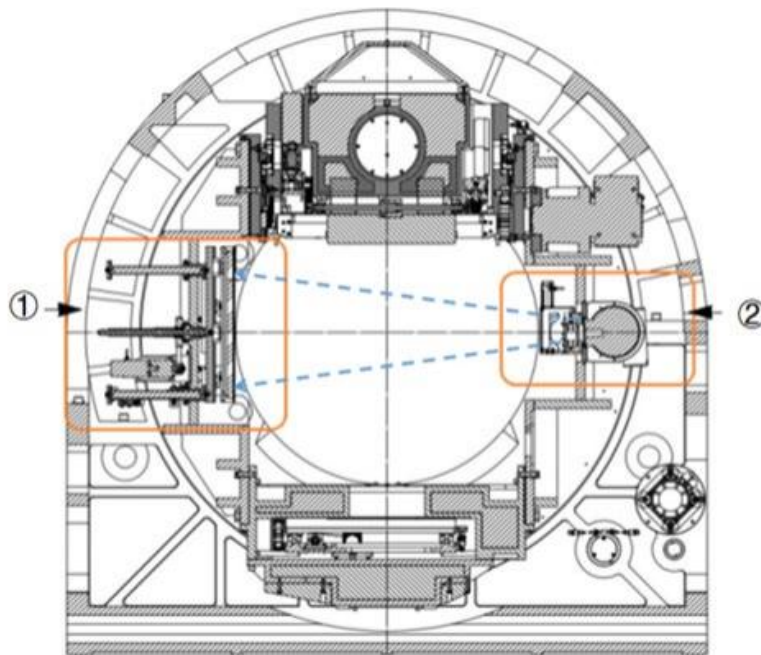


图 2-12 图像引导系统示意图

## (4) 射野验证系统

射野验证：用于进行设备钴源射野成像的质量验证，分析准直器选择的正确性，监控钴源衰减、准直器位置角度变化，保证系统的稳定性。射野验证系统在主机上的部件主要有：聚焦治疗头、MV 级影像平板。

## (5) 治疗室控制单元

罩壳的治疗空间两侧各有一套控制单元，称为治疗室控制单元。治疗室控制单元主要包括：显示屏、设备状态指示灯、功能按键、急停按钮。

## (6) 激光定位装置

在治疗开始前，使用激光定位进行初步摆位。

### (7) 控制系统

电气控制系统由操作控制台、操作计算机、控制器控制系统、伺服驱动系统及伺服电机、CBCT、EPID、后备电源、传感器、连接电缆、对讲系统、视频监控系统等组成。

其中操作控制台包括操作台、操作计算机主机及显示器、视频监控系统、对讲系统。控制台安装于治疗室旁的控制室内，通过各种类型的电缆与治疗室内的主机相连，在操作控制台上安装有操纵控制盒、操作计算机、对讲系统、视频监控系统完成对主机的控制、与患者进行对话、监视患者的状态等用于治疗的一系列操作。操作控制台上安装有紧急停止按钮，在设备运行过程中，如果发现问题可以通过按下紧急停止按钮，关闭放射源，停止设备运行，确保患者人身及设备安全。

### (8) 治疗计时器

设备在放射源的开源计时器上采用双路计时器，精度为 1 秒，设计为主次方式。按下控制台的开始治疗（Treat）按键后，放射源到达开源位，两个计时器同时启动计时。在计时的过程中，如果主计时器达到设定时间，或者两个计时器相差 1 秒以上，系统都会自动关闭放射源。

在放射源没有出源的情况下，用户界面上辐照时间显示栏内显示的是上一次放射源打开的时间，该时间在放射源打开重新计时时才被复位。同一个治疗计划中，下一个靶点治疗开始时，计时器清零，重新以秒为单位开始计时。在治疗过程中，系统对每一次治疗过程中，每一个靶点的实际照射时间都有文件记录，可永久保存，据此可查询每个病人的实际治疗情况。

## 2.9.2 产污环节与污染因子

本项目产污环节为：图像引导系统验证体位时产生的 X 射线，使用  $^{60}\text{Co}$  密封源开展放射治疗时，因  $^{60}\text{Co}$  核发生衰变产生  $\beta$  射线和  $\gamma$  射线，X 射线和  $\gamma$  射线会穿过屏蔽体对周围环境以及人体产生辐射影响。

伽玛刀诊治流程及产污环节如图 2-13 所示：

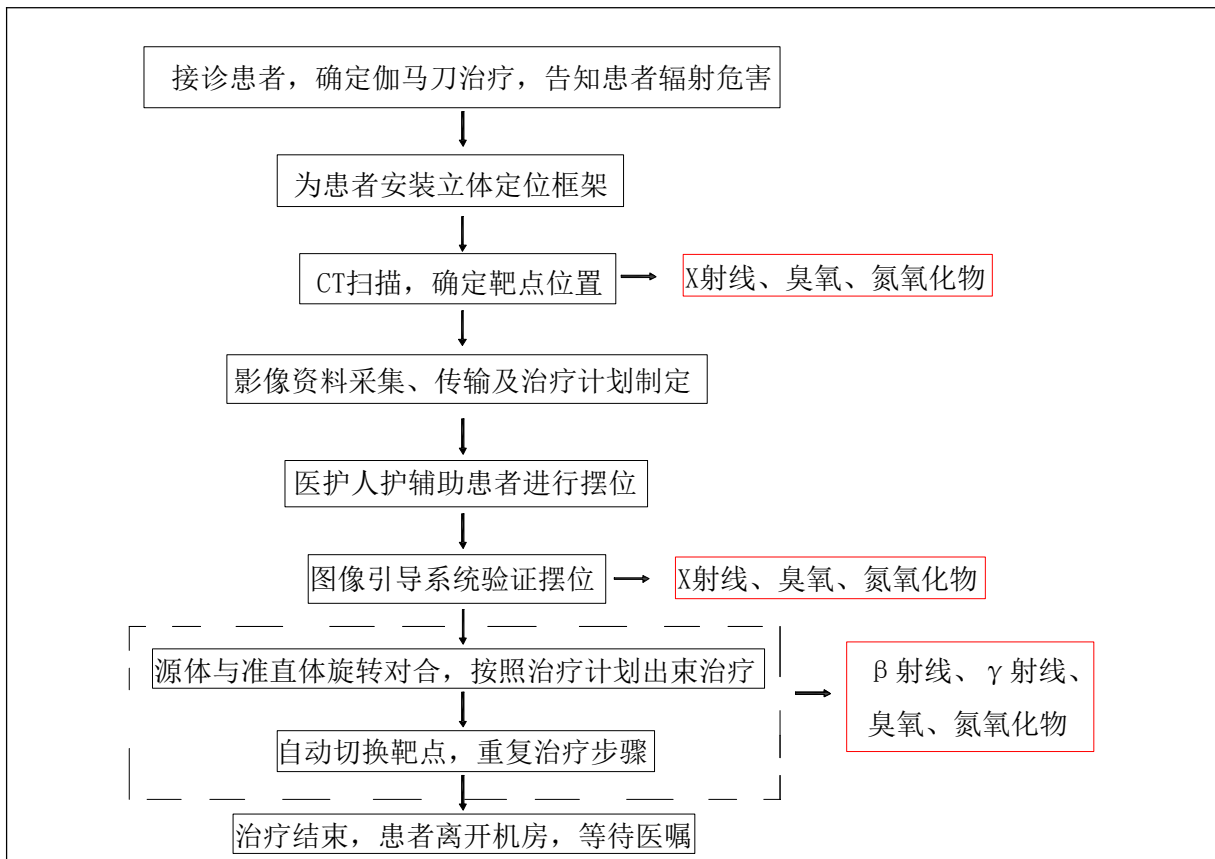


图 2-13 伽玛刀治疗流程及产污环节示意图

本项目污染因子：由于β射线被放射源包壳所屏蔽，本项目污染因子主要为 X 射线和γ射线；放射性固废为更换的废旧的放射源；非放射性污染气体为臭氧和氮氧化物。

### 2.9.3 项目人员

该项目共配备有13名辐射工作人员，包括5名肿瘤医师、2名物理师、1名护士、5名放疗技师和影像技术人员，人员名单如表2-5所示：

表 2-5 辐射工作人员信息表

序号	姓名	性别	执业范围	辐射安全培训证书编号	有效期至
1	王志谋	男	临床医学	FS24SN0200021	2029年1月29日
2	李云凯	男	临床医学	FS24SN0200078	2029年4月22日
3	李仁兴	男	临床医学	FS24SN0200103	2029年6月2日
4	王惠	女	生物医学工程	FS23SN0102411	2029年6月2日
5	孙德栳	男	放射影像技术	FS24SN0200102	2029年6月2日
6	陈芊	男	放射影像技术	FS24SN0200018	2029年1月29日

7	肖龙	男	核工程与核技术	FS24SN0200201	2029年11月18日
8	肖蕊凌	女	临床医学	FS25SN0200032	2030年4月12日
9	黄海	男	放射影像技术	FS24SN0200020	2029年1月29日
10	严卫东	男	放射影像技术	FS24SN0200023	2029年1月29日
11	孟丹	女	护理	FS24SN0200215	2029年12月17日
12	马亮	男	临床医学	FS24SN0200022	2029年1月29日
13	王良宏	男	放射影像技术	FS24SN0200203	2029年11月18日

本项目主要用于放射治疗，所配备的 13 名辐射工作人员，均定岗在放疗科。实际配备人员比《环评报告》中计划配备 12 名辐射工作人员多 1 名。

工作负荷：根据西乡县人民医院提供的资料，该伽玛刀设备每名患者治疗时间平均 5min，每名患者的平均摆位时间约为 2min，患者下床时间平均约为 2min。治疗患者高峰时每天治疗患者人数最多按 20 人考虑（每名患者治疗程序包括患者准备和控制室操作人员设置参数、设备出束治疗及患者进出治疗室总时间按 15 分钟考虑，每天按 8 小时工作时间考虑），每周工作 5 天，则周治疗最大照射时间为 8.33h。

#### 2.9.4 污染源项分析

$^{60}\text{Co}$  是 $\beta$ 衰变核素，发射 $\beta$ 和 $\gamma$ 射线， $\beta$ -射线的最大能量为 0.318 兆电子伏特， $\gamma$ 射线的能量有 1.17 和 1.33 兆电子伏特两种（平均能量 1.25 兆电子伏特）。半衰期为 5.27 年。 $^{60}\text{Co}$  衰变示意图见图 2-14， $^{60}\text{Co}$  衰变情况汇总见表 2-6。

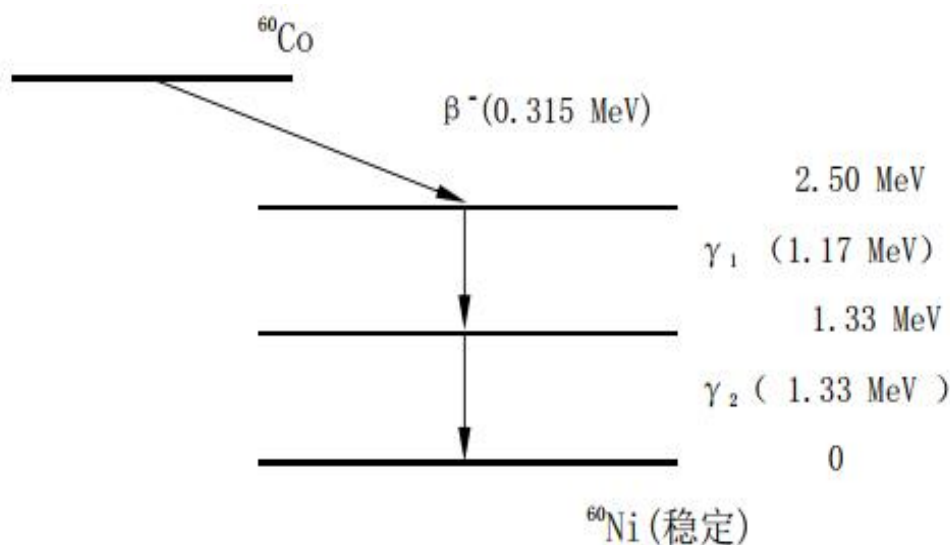


图 2-14  $^{60}\text{Co}$  衰变示意图

表 2-6 <sup>60</sup>Co 衰变情况汇总表

核素名称	半衰期	衰变类型	β射线能量 (MeV)	γ辐射能量(keV) 与绝对强度(%)	空气比释动能率常数 (μGy·m <sup>2</sup> ·MBq <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )
<sup>60</sup> Co	5.27 年	β-	1.48(~0.01%) 0.313(~100%)	β-: 0.318 (99.74%) γ: 1.17 (99.87%) γ: 1.33 (99.98%)	0.308

(1) 伽玛刀闭源状态下

①放射性污染：伽玛刀闭源状态下，主要污染为穿过辐射源组装壳体的γ泄漏辐射。

②有害气体：空气在辐射照射下，产生少量的臭氧和氮氧化物。

(2) 正常使用情况下

在正常使用情况下，其运行时主要污染为：

①放射性污染：CBCT 验证摆位时，会产生 X 射线。<sup>60</sup>Co 密封源开展放射治疗时，会产生β射线和γ射线。

②放射性废气、放射性废水和放射性固废

伽玛刀在正常治疗情况下，不会产生放射性废气、放射性废水，本项目 <sup>60</sup>Co 放射源退役会产生退役放射源。

③有害气体：空气在辐射照射下，产生辐照分解现象，其主要产物为臭氧和氮氧化物。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。

(3) 事故状况下

①伽玛刀在运行时，由于安全连锁系统失效，人员误入治疗机房内而造成误照射。

②治疗过程中出现不能终止治疗程序或终止治疗程序无效的情况造成患者超剂量照射。

③运行过程中发生卡源或源脱落故障。

④治疗过程治疗准直器无法复位或治疗床不能正常退出造成患者超剂量照射。

⑤机房局部屏蔽防护遭到损坏，导致射线泄漏，机房外局部辐射剂量率超标。

⑥放射源丢失、被盗。

#### (4) 换源

由伽玛刀治疗机生产厂家（放射源供货商）负责将放射源置于设备内，由伽玛刀生产厂家（放射源供货商）技术人员负责倒装期间治疗室内放射源的安排及辐射安全，医院只负责治疗室外的安保工作。

#### (5) 放射源退役

本项目  $^{60}\text{Co}$  放射源退役会产生退役放射源。退役放射源由供源单位回收处理，不在医院内暂存。医院应与供源单位签订旧源回收协议，并在废旧源交回供源单位活动完成之日起二十日内，报其所在地省级生态环境主管部门备案。

本项目正常运行中的产污环节和处理方式与环评报告中一致。

### 3 辐射安全与防护设施/措施

#### 3.1 工作场所布局

经现场核查，本项目伽玛刀机房位于肿瘤治疗中心楼负一层东北角，肿瘤治疗中心楼负1层还设置有加速器机房、模拟定位机房、设备间、物理计划室、制模室等辅助用房。伽玛刀机房南侧控制室和设备间、走廊；东侧为土层和排风机房；西侧为加速器机房；北侧为土层；机房楼上为肿瘤治疗中心楼楼前广场；机房下方为土层。伽玛刀机房设置有迷路，治疗室和控制室分开设置，治疗室有效使用面积约为 53.93m<sup>2</sup>。

机房相邻区域布局情况见表 3-1，机房现场周边情况图见表 3-2。

表 3-1 本项目伽玛刀机房周边布局与环评内容对比一览表

方位	环评场所名称	验收场所名称	是否一致
东侧	土层和排风机房	土层和排风机房	一致
南侧	设备间、控制室和走廊	设备间、控制室和走廊	一致
西侧	加速器机房	加速器机房	一致
北侧	土层	土层	一致
顶棚上方	楼前广场	楼前广场	一致
地板下方	土层	土层	一致

表 3-2 本项目伽玛刀机房现场周边情况





本项目伽玛刀机房布局核查情况见表 3-3。

表 3-3 伽玛刀机房布局核查情况一览表

标准依据	标准条目	标准要求	环评设计情况	验收核查情况	评价
HJ1198-2021 《放射治疗辐射安全与防护要求》	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。	伽玛刀机房位于肿瘤治疗中心楼。该建筑为医院内医疗用房，单独设置。	与环评设计一致	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，尽量避免开儿科病房、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。	伽玛刀机房位于肿瘤治疗中心楼负一层东北侧，周围无儿科等特殊人群。	与环评设计一致	符合
GBZ121-2020 《放射治疗放	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。	伽玛刀机房内为控制区，机房周围的设备间、控制室、排风机房等场所/区域划分为监督区。	与环评设计一致	符合

射防护要求》	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。	根据计算结果，伽玛刀机房的主屏蔽墙、次屏蔽墙、侧屏蔽墙均能满足屏蔽要求。	与环评设计一致	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。	伽玛刀治疗、控制室和设备间分开设置。	与环评设计一致	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。	伽玛刀机房有用线束方向为东西和上下方向，控制室在治疗室南侧，未直接照射。	与环评设计一致	符合
	6.1.6	X射线管治疗设备的治疗机房可不设迷路； $\gamma$ 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。	伽玛刀机房设置有迷路。	与环评设计一致	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。	伽玛刀机房长为8.25m，宽为6.90m，有效使用面积为56.93m <sup>2</sup> 。	伽玛刀机房长为8.05m，宽为6.70m，有效使用面积为53.93m <sup>2</sup> 。	符合

经对照分析可知，伽玛刀机房的布局设置与《环评报告表》中的布局一致，满足相关标准中关于布局的要求。

### 3.2 工作场所分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中将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。

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，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

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）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……，直线加速器机房、……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分为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）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。

伽玛刀机房分区管理示意图见图 3-1 和图 3-2。

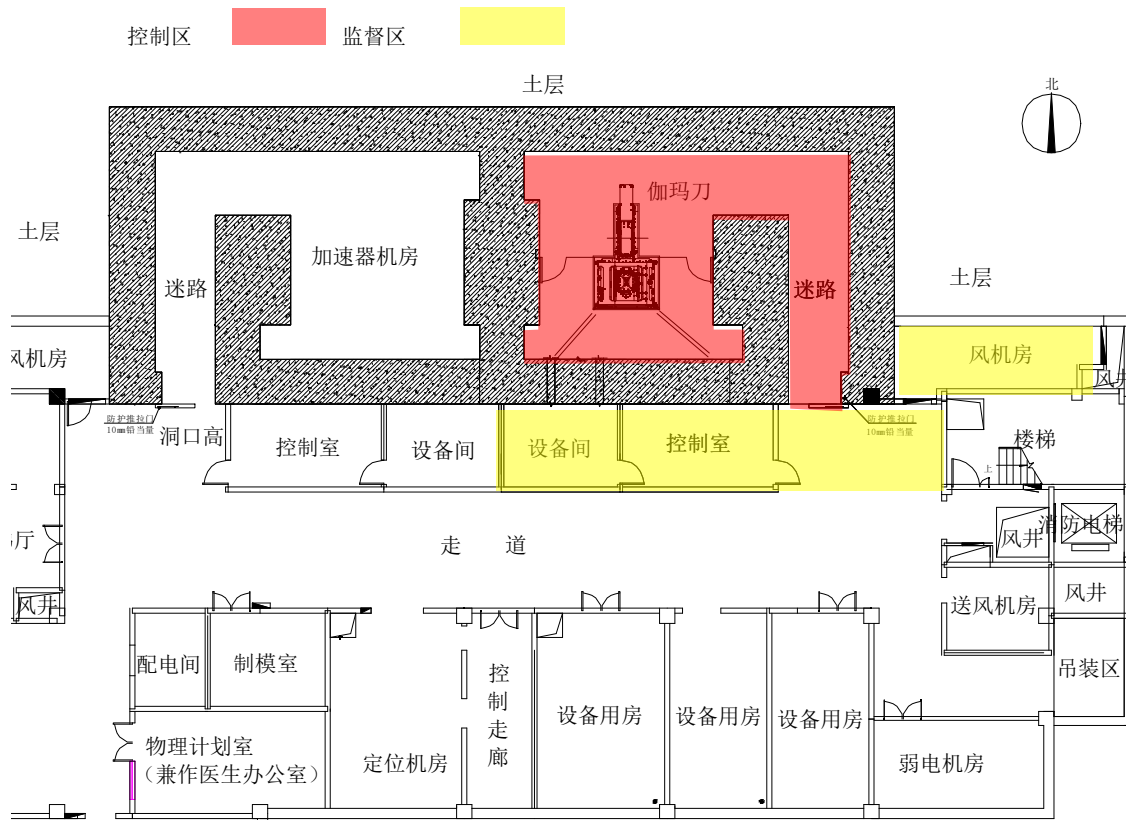


图 3-1 伽玛刀机房工作场所分区管理示意图

建设单位对伽玛刀工作场所进行分区管理，将伽玛刀治疗室和迷路内划分为控制区，在控制区的进出口及适当位置处设置醒目的电离辐射警告标志，在患者门上方设工作状态指示灯且门灯能有效关联。

将机房相邻的设备间、控制室、排风机房和走廊划分为监督区，对监督区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率。其监督区和控制区划分合理。

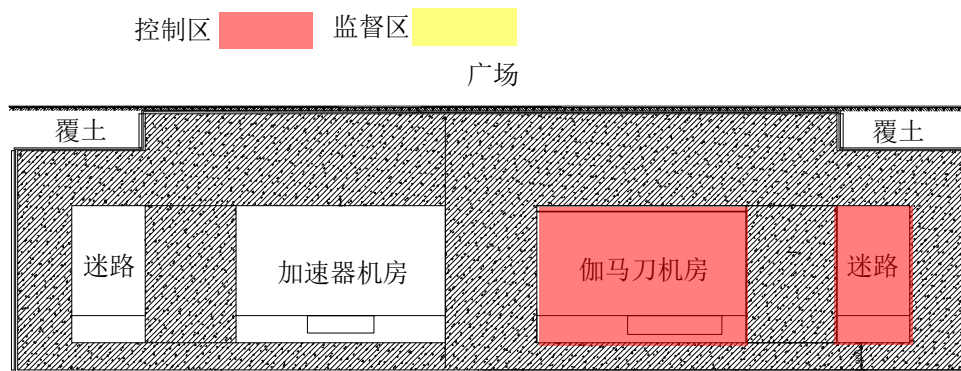


图 3-2 伽马刀场所分区管理剖面示意图

### 3.3 机房屏蔽措施核实情况

根据建设单位提供的资料（见附件 4），本次验收伽马刀机房屏蔽措施汇总表见表 3-4。

表 3-4 伽马刀机房防护屏蔽措施分析情况

屏蔽位置		环评审批屏蔽措施	实际设置屏蔽措施	与环评阶段对比变化情况	
东侧墙体	迷道外墙	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
	迷道内墙	主屏蔽	3000mm 钢筋混凝土、宽度 4.35m	3000mm 钢筋混凝土、宽度 4.35m	与环评一致
		次屏蔽	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致
西侧墙体	主屏蔽	3000mm 钢筋混凝土、宽度 5m	3000mm 钢筋混凝土、宽度 5m	与环评一致	
	次屏蔽	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
南侧墙体	防护门上方（泄压口）	/	10mmPb 铅格栅	与环评不一致	
	其余墙体	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
北侧墙体		1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
机房顶部	主屏蔽	3000mm 钢筋混凝土、宽度 4.35m	3000mm 钢筋混凝土、宽度 4.35m	与环评一致	
	次屏蔽	1800mm 钢筋混凝土	1800mm 钢筋混凝土	与环评一致	
防护门		10mmPb 铅防护门（电动推拉门）	10mmPb 铅防护门（电动推拉门）	与环评一致	

注：混凝土密度不小于 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅的密度不小于 11.3g/cm<sup>3</sup>。

通过表 3-4 可知，本项目伽玛刀机房的四面墙体、顶棚、地板、防护门采取的辐射屏蔽措施与环评审批一致的屏蔽方案，充分考虑了邻室（含楼上）及周围场所的人员防护与安全，符合《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）的相关要求。

### 3.4 辐射安全与防护设施核实情况

#### (1) 安全防护措施

根据《环评报告表》《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）的相关要求，对本次验收的伽玛刀项目采取的辐射安全与防护设施进行了核查，其现场核查结果见表 3-5 所示。

表 3-5 伽玛刀机房辐射安全与防护措施核实情况

安全防护措施	现场核实情况		环评建议情况	
	实际安装位置	实际安装数量	建议安装位置	建议安装数量
电离辐射警告标志	机房防护门上	1 个	防护门上	1 个
工作状态指示灯	防护门上方	1 个	防护门上方	1 个
门-灯-机联锁机三色警报灯	防护门上方	1 套	防护门上方	1 套
红外防夹装置	防护门	1 套	防护门	1 套
固定式剂量报警仪/辐射剂量在线监控仪探头	治疗室南墙、迷道内入口	2 个	治疗室南墙、迷道内入口	2 个
固定式剂量报警仪/辐射剂量在线监控仪显示器	控制室	1 个	控制室	1 个
急停开关	设备上	4 个	设备上	4 个
	治疗室内四周墙体	4 个	治疗室内四周墙体	4 个
	迷道内入口	1 个	迷道内入口	1 个
	防护门内	1 个	防护门内	1 个
	控制台	1 个	控制台	1 个
实时监控装置	治疗室内	4 个	治疗室内	3 个
	迷道内	1 个	迷道内	1 个
监控显示屏	控制室	1 个	控制室	1 个
双向对讲系统	设备旁、控制室	1 套	设备旁、控制室	1 套
手动开门装置	防护门内	1 个	防护门内	1 个
	控制室	1 个	控制室	1 个
应急照明灯	治疗室	2 个	/	/

伽玛刀机房内实际安装监控装置比《环评报告》中设计安装数量多一个，并

且在机房内增加了应急照明装置。

伽玛刀机房辐射安全防护设施的安装位置示意图见图 3-3。

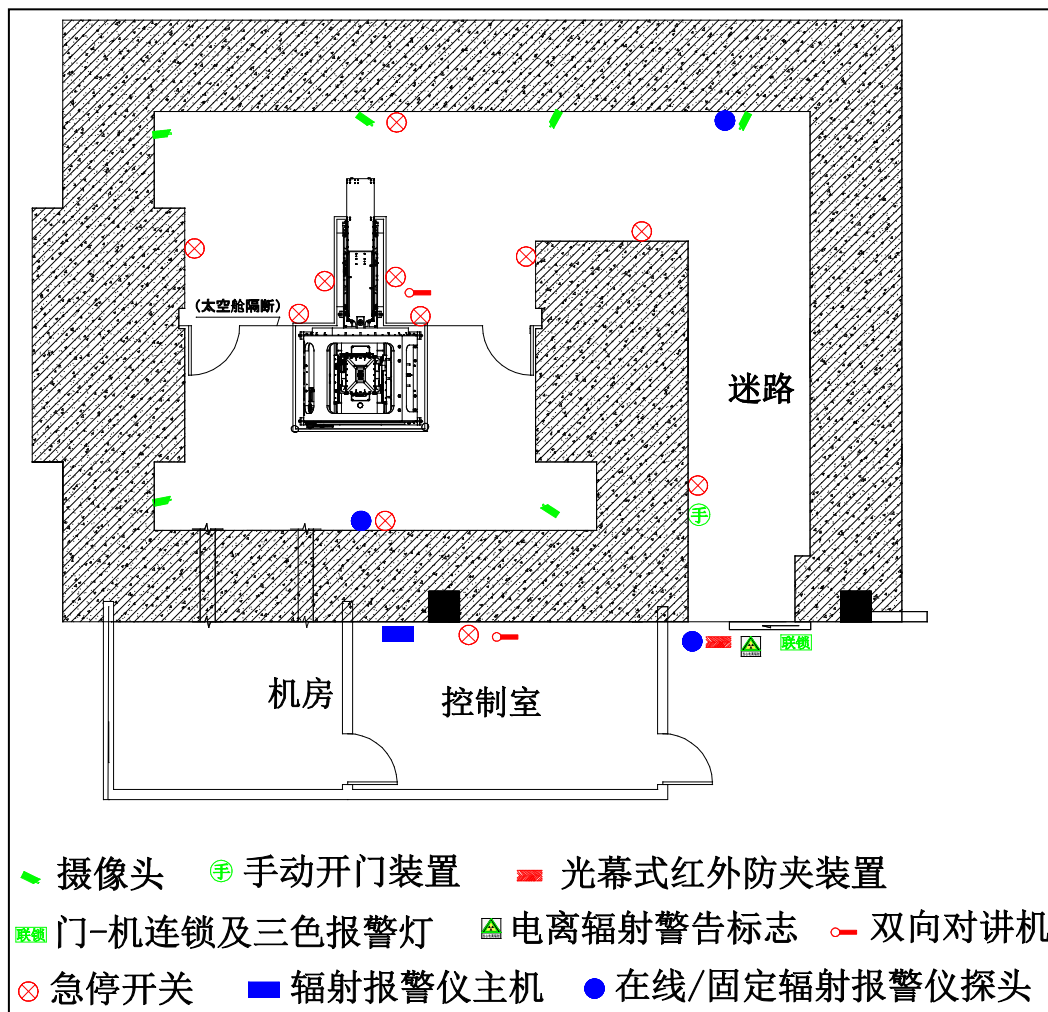


图 3-3 伽玛刀机房辐射安全防护设施的安装位置示意图

## (2) 通风

本项目伽玛刀机房在治疗室东侧天花板上南侧和北侧分别设置有 1 个尺寸为 0.6m×0.4m 的送风口，送风管道在机房吊顶上铺设，沿着机房迷路向机房外铺设，从机房门上方 45 度通过预埋的风管穿出机房，管道向南沿走廊在吊顶上方铺设通向送风机房。

机房治疗室西墙南侧和北侧离地 30cm 处分别设置有 1 个 0.6m×0.4m 的下排风口。排风管道沿西墙向上延伸到吊顶上，沿机房西墙、北墙和迷路在吊顶上方铺设，从机房门上方墙体沿 45 度通过预埋的风管穿出机房，出机房后管道向东铺设通向排风机房。由排风风机引至肿瘤治疗中心楼北侧离地 12m 高的外排风口排放，外排风口朝向北侧，向院内排放，周边人流量较小，且位置

较高，方便空气流动，基本不会对院内公众造成影响。

伽玛刀机房采用上送下排的方式，新风口和排风口呈对角设置，经过现场监测机房内的换气次数为 12.8 次/h，治疗室内空气流通满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）第 8.4.1 条“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。”的要求。

送/排风设置位置及管道布置示意图见图 3-4。

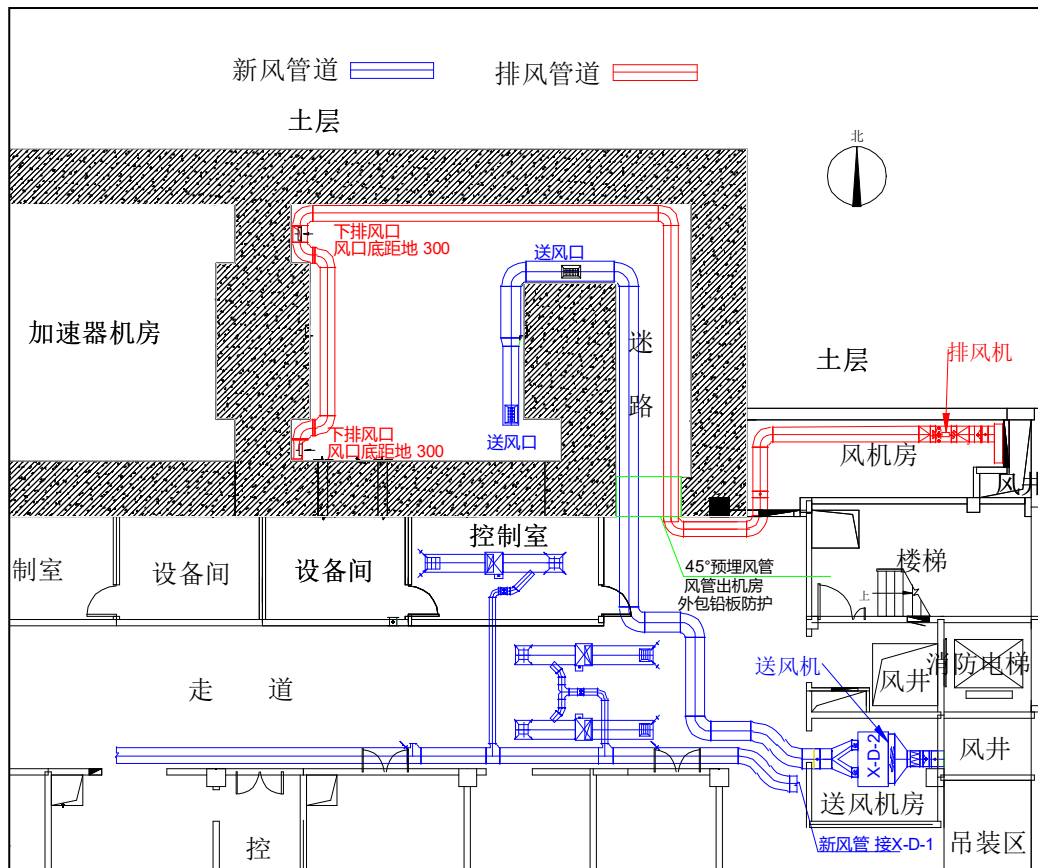


图 3-4 伽玛刀机房送/排风口位置及管道布置示意图

伽玛刀机房容积（含迷道内）约 285m<sup>3</sup>，经现场风速监测，机房内的排风情况见表 3-6。

表 3-6 伽玛刀机房通风情况核实

排风口位置	尺寸和数量 (m)	平均风速 (m/s)	通风量 (m <sup>3</sup> /h)	机房容积 (m <sup>3</sup> )	通风次数 (次/h)
治疗室西墙北侧 离地 30cm 处	0.6×0.4/1 个	2.36	2039	285	12.8
治疗室西墙南侧 离地 30cm 处	0.6×0.4/1 个	1.87	1615		

由上表可知伽玛刀机房的通风情况满足《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》（GBZ 121-2020）的规定。

### (3) 穿墙管线核实情况

伽玛刀机房电缆沟为“地槽”式，穿墙位于机房南墙东侧位置，采用“U”型方式到达设备间和控制室；物理测试线管位于机房南墙东侧位置，采用斜向45°穿墙。本项目管线设置满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）“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”的要求。

伽玛刀机房电缆穿墙管道布置示意图见 3-5。

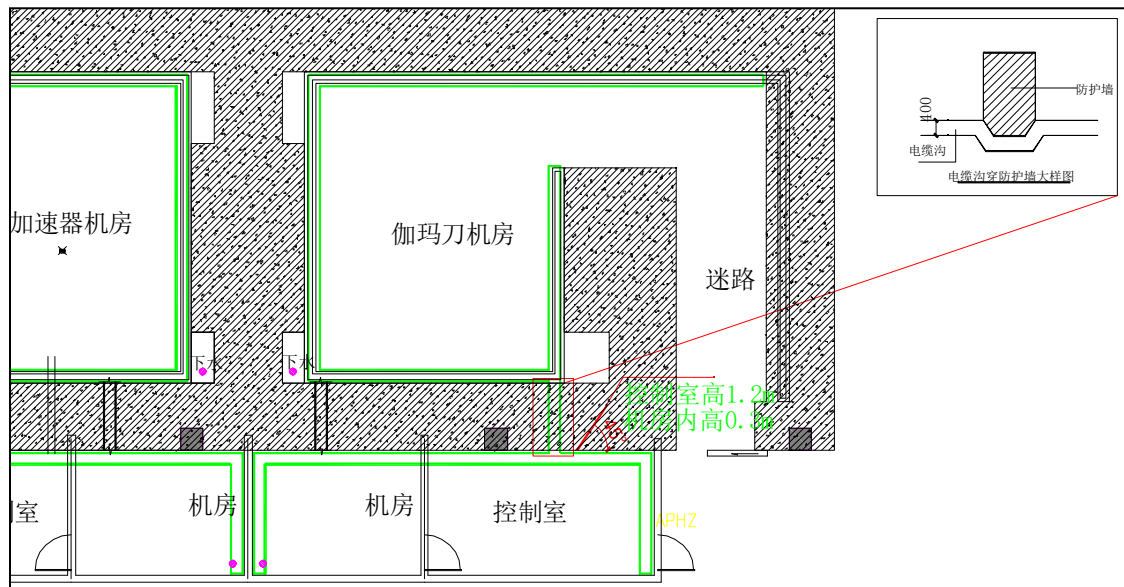


图 3-5 伽玛刀机房电缆穿墙管道布置示意图

本次验收对伽玛刀机房采取的安全防护设施和措施与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）标准对照情况见表 3-7，与《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）标准对照情况见表 3-8；

表 3-7 伽玛刀机房安全防护措施与

#### 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）标准对照情况

序号	安全防护措施	标准要求	采取的安全防护措施	评价	
1	标志和指示灯	6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电	a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志；	伽玛刀机房防护门上设置有电离辐射警告标志	符合
			b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他	伽玛刀机房防护门上设置有电离辐射警告	符合

		离辐射警告标志和工作状态指示灯等	适当位置应设 <b>电离辐射警告标志和工作状态指示灯</b> ；	标志和工作状态指示灯及三色警示灯	
2	视频监控和双向语音交流系统		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 <b>视频装置</b> ，并设置 <b>双向交流对讲系统</b> 。	机房治疗室和迷道内设置有视频监控系统，工作人员通过控制室内的显示屏可以实时观察到机房内情况，在控制室和治疗床附近设置有双向交流对讲系统	符合
3	监测报警装置		<b>6.2.2</b> 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、 <b>含放射源的放射治疗室</b> 、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处） <b>应设置固定式辐射剂量监测仪</b> 并应有异常情况下报警功能，其 <b>显示单元设置在控制室内</b> 或机房门附近	伽玛刀机房内设置有固定式剂量报警仪和辐射剂量在线监测仪，其显示仪表均设置在控制室内	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) <b>放射治疗室</b> 和.....应设置 <b>门-机/源联锁装置</b> ，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 <b>含放射源的治疗设备。应设有断电自动回源措施</b> 。	机房防护门与伽玛刀设备已设置 <b>门-灯-机（源）联锁装置</b> ，机房门未关闭状态下不能启动设备。当治疗过程中发生外部供电中断时，系统立刻切换至 <b>UPS 后备电源</b> 供电	符合
5	紧急开门装置和措施		b) 放射治疗室和.....应设置 <b>室内紧急开门装置</b> ，防护门应设置 <b>防夹伤功能</b> ；	机房防护门内侧设置可从室内开门的开关。防护门设置有 <b>幕式红外防夹装置</b>	符合
6	急停按钮		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 <b>急停按钮</b> ；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。	已在加机房设备区内、控制台上、防护门内旁侧、机房内四周墙面、治疗床旁设置 <b>红色紧急停机开关</b> ，急停按钮设置醒目标识和文字且便于触发	符合

**表 3-8 伽玛刀机房安全防护措施与  
《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）标准对照情况**

序号	安全防护措施	标准要求	采取的安全防护措施	评价
1	联锁装置	6.4.2 放射治疗设备都应安装 <b>门机联锁装置或设施</b> ，治疗机房应有从室内开启治疗机房的装置，防护门应有 <b>防挤压功能</b> 。	机房防护门与伽玛刀已设置联锁装置，机房门未关闭状态下不能启动设备；机房防护门内侧设置有可从室内紧急开门装置，防护门设置光幕式红外防夹装置。	符合
2	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 <b>电离辐射警告标志</b> ；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 <b>电离辐射警告标志和工作状态指示灯</b> 。	机房防护门上设置有电离辐射标志和工作状态指示灯。	符合
3	急停开关	6.4.4 放射治疗设备控制台上应设置 <b>急停开关</b> ，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。	已在机房迷道内入口、控制台上、防护门内旁侧、机房内四周墙面、治疗床旁设置红色紧急停机开关，急停按钮设置醒目标识和文字且便于触发	符合
4	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 <b>视频装置</b> ；还应设置 <b>对讲交流系统</b> ，以便操作者和患者之间进行双向交流。	机房治疗室和迷道内设置有视频监控系统，工作人员通过控制室内的显示屏可以实时观察到机房内情况，在控制室和治疗床附近设置有双向交流对讲系统	符合

经现场核实可知，验收项目伽玛刀机房安全防护设施符合《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）的要求。

本项目现场验收调查照片：



机房防护门外安全警示设施



治疗室后仓东南角



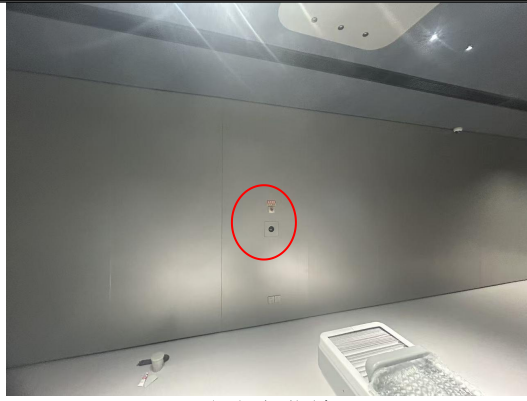
治疗室后仓西南角



治疗室前仓西北角



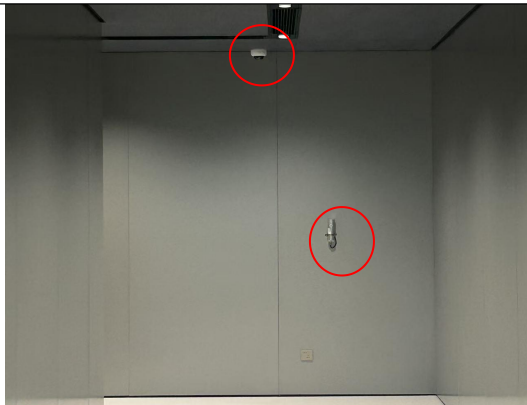
治疗室前仓东侧



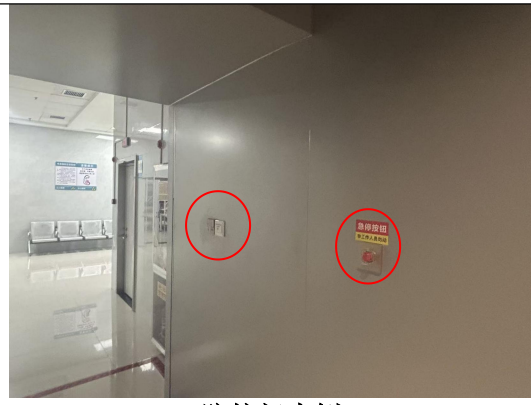
治疗室北墙



迷道内墙



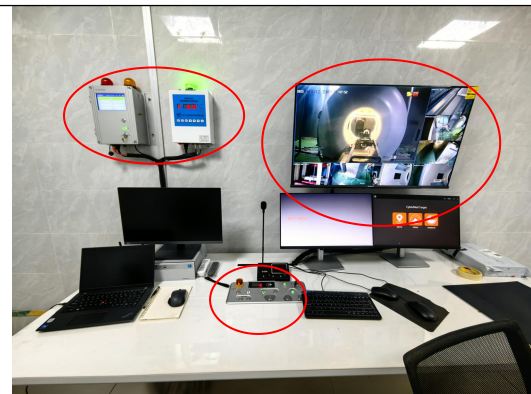
机房迷道内入口



防护门内侧



防护门光幕式红外防夹装置



控制室内



个人剂量报警仪



X、 $\gamma$  辐射剂量率仪



### 3.3 三废处理

#### 3.3.1 放射性三废

根据《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)第二十八条要求“生产、进口放射源的单位销售 I 类、II 类、III 类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议。转让 I 类、II 类、III 类放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议。进口放射源转让时，转入单位应当取得原出口方负责回收的承诺文件副本”。

医院与放射源供货商或者生产厂家签订废放射源返回协议。本项目 13 枚  $^{60}\text{Co}$  放射源，随着核素的自然衰变，放射源活度逐渐降低，当活度不能满足治疗需要时，需更换放射源（6 年进行一次），废放射源交回放射源供货商或者生产厂家，不在项目地储存，并在送交活动完成后 20 日内到陕西省生态环境厅备案。

#### 3.3.2 常规废物

##### (1) 废气

本项目射线装置的 X 射线能量较低，产生的臭氧和氮氧化物较少，通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，对人员和空气环境基本无影响。

##### (2) 废水

本项目运营期不产生放射性废水，产生的清洗等废水和项目工作人员的生

活废水依托医院现有处理设施处理。

### (3) 固体废物

其余医疗固体废物（如医疗包装物、手套等），由医院统一委托有资质单位处置。本项目辐射工作人员产生的生活废物经收集后，由环卫部门统一清运。

## 3.4 辐射安全管理情况

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第七条及主管部门的要求：“建设单位应当有专门的安全和防护管理机构或者专职、兼职安全防护和管理人员”，负责对射线装置的常规检查和机房的辐射防护与安全工作，开展业务培训，组织应急演练，接受上级主管部门的检查。

建设单位以正式文件发布了《西乡县人民医院关于调整辐射安全管理委员会的通知》，成立了辐射安全管理委员会，负责医院辐射安全管理工作，办公室设在总务设备科，由譙磊同志（已取得辐射安全与防护考核合格证书）全面负责医院辐射安全管理工作。具体内容如下：

### 1、辐射安全管理委员会成员

委员主任：马恺（院长，辐射安全负责人）

副主任：肖勇（分管辐射安全副院长，辐射安全负责人）

陈家洪（分管安全生产副院长）

程岱松（分管医疗质量与安全副院长）

譙磊（总务设备科主任，辐射安全管理负责人）

冯秦（防保科主任，辐射职业防护管理负责人）

成员：杨维英、王志谋、李云凯、高云筑、何培安、乔正利、张雪梅、徐东、黄林艳、王惠、屈娜娜、刘涛、蒋毅

### 2、辐射安全管理委员会工作职责

(1) 负责拟定辐射安全与防护工作计划和实施方案，制定完善相关工作制度、岗位职责、操作规程、应急预案，并组织实施；

(2) 根据每年防护、性能及人员体检状况对辐射安全控制效果进行评议；对突发辐射事故应急预案、各项辐射安全与防护制度进行修订；

(3) 负责对全院辐射安全与防护工作进行监督，检查各种制度以及防护措

施的贯彻落实情况,检查医院放射工作人员的技术操作、个人及患者的辐射防护,确保不发生辐射安全事故;

(4) 负责涉辐工作人员的辐射安全与防护知识培训、设施的供应与管理、辐射防护档案的建立与管理工作;

(5) 组织实施涉辐工作人员上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康检查,建立个人健康监护档案;

(6) 负责审定购买、处置射线装置、放射源、涉辐科室相关制度及辐射防护设施维修后重新运行的审核、审批、备案;

(7) 会同上级有关部门按有关规定调查和处理辐射事故,并对有关负责人员提出处理意见。

评价:建设单位以正式文件形式成立有辐射安全管理委员会,明确了相关成员组成及其工作职责,符合相关要求。

### **3.5 辐射安全管理措施**

为了加强医院辐射安全管理,规范和强化应对辐射事故的处理能力,西乡县人民医院制定了如下制度:

- (1) 《西乡县人民医院放射源(同位素)使用登记制度》;
- (2) 《西乡县人民医院放射源管理制度》;
- (3) 《西乡县人民医院辐射安全保卫制度》;
- (4) 《西乡县人民医院辐射安全防护设施维护与维修制度》;
- (5) 《西乡县人民医院辐射安全与防护管理办法》;
- (6) 《西乡县人民医院辐射场所环境监测方案》;
- (7) 《西乡县人民医院辐射场所环境监测制度》;
- (8) 《西乡县人民医院辐射工作人员培训管理制度》;
- (9) 《西乡县人民医院辐射工作人员职业健康体检管理制度》;
- (10) 《西乡县人民医院辐射环境监测管理制度》;
- (11) 《西乡县人民医院辐射环境监测记录》;
- (12) 《西乡县人民医院辐射环境监测设备使用与检定管理制度》;
- (13) 《西乡县人民医院个人剂量监测管理制度》;

- (14) 《西乡县人民医院全国和技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》;
- (15) 《西乡县人民医院射线装置管理制度》;
- (16) 《伽玛刀操作规程》。

评价：建设单位已制定的放射防护管理制度内容涉及放射防护安全、放射工作人员健康管理、设备操作和档案管理等方面，符合要求。

### 3.6 辐射事故应急

本项目可能发生的辐射安全事故为个人剂量超标的一般辐射安全事故，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条及主管部门的要求：“建设单位应当根据可能发生的辐射事故风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备”。

该建设单位已制定并批准了《西乡县人民医院辐射事故应急预案》，具体内容如下：

医院成立了应急领导机构，其中应急指挥部下设辐射事故应急办公室（办公室设在总务设备科），由应急总指挥启动应急预案。医院总指挥由院长马恺（如不在由副总指挥担任总指挥）担任，副总指挥由副院长肖勇担任(可根据现场实际情况调配)。指挥部下设现场协调组、医疗救护组、后勤保障组和技术联络组，各组按照预案处置措施及相应的职责开展应急救援工作。

应急指挥部：马恺（总指挥/院长）、肖勇（副总指挥/副院长）

应急指挥部下设应急领导小组，应急指挥办公室设置在总务设备科，日常工作由总务设备科主任譙磊同志负责。具体辐射事故应急领导小组组成如下：

应急领导小组：

组长：马 恺（院长）

副组长：肖 勇（副院长）

陈家洪（副院长）

程岱松（副院长）

成 员：譙 磊（总务设备科主任）

杨维英（影像科科长）

冯 秦（防保科科长）

何培安（医务科科长）

乔正利（总护理部主任）

张雪梅（手术室护士长）

刘 涛（保卫科科长）

蒋 毅（办公室主任）

秦 文（药剂科主任）

## 2、各部门职责：

（1）应急指挥部职责：发生辐射事故后，应急指挥部立即启动辐射事故应急预案，迅速组织应急队伍和专家，调动应急物资储备资源，统一协调事故现场应急救援工作。采取应急救援措施，并按照国家有关规定向当地环境保护部门以及卫生行政部门逐级报告事故情况（汉中市生态环境局西乡分局、汉中市西乡县卫生健康局、汉中市生态环境局、汉中市卫生健康委员会）（其余内容略）。

（2）现场协调组职责：接到辐射事故报告后，立即赶赴现场，采取措施保护医护工作人员和病人的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展（其余内容略）。

（3）医疗救护组职责：负责在现场附近的安全区域内设立临时医疗救护点，护送受超剂量照射人员或受影响的人员至汉中四零五医院（2小时能达到）进一步治疗。医疗机构根据辐射损伤严重程度实施抢救预案。

（4）后勤保障组职责：接到辐射事故应急领导小组命令后，立即启动应急人员和设施；保证水、电供应；提供辐射事故应急处置的物资保障。

（5）技术联络组职责：接收、整理和分析事故相关信息，确定事故等级，制定应急监测方案（其余内容略）。

## 3、应急处置措施：

当确认医院发生辐射事故时，医院事故应急指挥部应立即启动相应等级的应急预案，及时组织各部门及各应急专业组开展应急救援工作，并上报西乡县、汉中市、陕西省生态环境主管部门进行协助解决。可能发生的辐射事故包括：

（1）当射线装置处于开机运行状态时，人员误入机房所受到的意外照射事故；

（2）当射线装置进入工作状态而机房的防护门未关闭，导致大量射线进入周围环境，对周围的人员产生照射事故；

(3) 医生在手术室内为患者摆位或进行其它术前准备工作时，控制台处操作人员误开机出束，对手术室内医生造成误照射（其余内容略）。

评价：建设单位制定的《辐射事故应急预案》中明确了组织形式、人员组成及职责、应急联系电话，明确了事故报告内容、时限和事故启动程序的相关内容，符合要求。

## 3.7 辐射监测

### 3.7.1 辐射监测计划

根据国家相关法规规定，开展放射诊疗工作的医疗机构应当对其设备性能、工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况开展自主或者委托检测，以保障放射诊疗工作的正常开展以及人员的健康和安全。

按规定，建设单位应制订放射防护监测制度，包括自主监测和委托监测。规定自主监测包括日检、周检、月检、年检和不定期抽查检测，建立设备使用台账记录，责任到人；委托具有相应资质的技术服务机构对放射工作场所、工作人员个人剂量和设备性能进行周期性的检测，其中工作场所年度防护检测和性能检测应每年至少进行 1 次，工作人员个人剂量监测周期为 1 个月，最长不超过 3 个月。

经核实，该建设单位在《西乡县人民医院辐射场所监测方案》中对自主监测进行了规定：

1.个人剂量监测：涉及的放射工作人员应佩戴个人剂量，每季度委托有资质的个人剂量技术服务机构进行监测，并建立监测档案；

2.个人剂量报警装置：涉及的放射工作人员应携带个人剂量报警装置，每年委托有资质的计量检测机构进行计量，并建立计量档案；

3.机房监测：医院委托具有辐射环境监测资质的机构，对正常工况下放射工作场所每年进行不少于一次的环境辐射水平监测，并建立监测数据档案，监测结果每年向发证机关和当地生态环境部门上报备案；

4.日常监测：制定日常监测方案，配备 X、 $\gamma$ 空气比释动能率仪（每年送至有资质的计量监测单位进行计量监测，并建立监测数据档案），定期对放射工作场所周围环境进行辐射监测，并建立监测数据档案。

(1) 监测设备：利用 1 台 BJ5215 型 X、 $\gamma$ 空气比释动能率仪对机房所在地以及周边环境进行日常监测，并且纳入医院的辐射工作场所日常监测计划中。

(2) 监测范围：包括机房门、四周屏蔽体、楼上。

(3) 监测项目：X- $\gamma$ 辐射剂量率。

(4) 监测频度：每季度至少监测一次。监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

(5) 监测设备计量：医院应对配备的便携式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。

(6) 监测点位（具体内容见附件）。

评价：该建设单位制订的辐射监测计划内容完善，符合要求。

### 3.7.2 辐射检测设备

根据医院制定有辐射监测计划，本项目配备了一台 BJ5215 型环境级 X、 $\gamma$ 辐射剂量率仪（检定日期：2025 年 8 月 1 日）和 2 台个人剂量报警仪（检定日期分别为：2024 年 9 月 20 日和 2025 年 6 月 27 日），委托有资质单位进行校准（校准证书见附件），并建立有辐射监测档案。

## 3.8 人员管理

### 3.8.1 辐射防护培训情况

本项目 13 名辐射工作人员均于 2024 年和 2025 年通过了生态环境部核与辐射安全中心辐射安全与防护培训平台的考核，取得了合格证书（见附件）。具体培训情况见表 2-5。

### 3.8.2 个人剂量监测情况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第二十九条的要求：“使用射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事使用的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查”。

建设单位已委托陕西新高科辐射技术有限公司对配备辐射工作人员进行了个人剂量监测（见附件），建设单位提供了 2024 年 5 月至 2025 年 4 月连续一年的个人剂量监测报告。辐射工作人员个人剂量年度汇总具体情况见表 3-9。

**表 3-9 辐射工作人员个人剂量汇总情况**

序号	姓名	性别	具体监测周期中个人剂量当量 (mSv)				年个人剂量当量 (mSv)
			2024.5.1~ 2024.7.31	2024.8.1~ 2024.10.30	2024.11.1~ 2024.1.30	2025.2.1~ 2025.4.30	
1	王志谋	男	/	0.02	0.02	0.02	0.06
2	李云凯	男	/	0.02	0.02	0.06	0.10
3	李仁兴	男	0.02	0.02	0.02	0.04	0.10
4	王惠	女	0.02	0.04	0.02	0.02	0.10
5	孙德楮	男	0.02	0.04	0.02	0.02	0.10
6	陈芊	男	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08
7	肖龙	男	/	0.02	0.02	0.05	0.09
8	肖蕊凌	女	/	/	/	/	/
9	黄海	男	0.02	0.02	0.02	0.05	0.11
10	严卫东	男	0.04	0.02	0.02	0.05	0.13
11	孟丹	女	/	/	0.02	0.07	0.09
12	马亮	男	0.06	0.04	0.02	0.02	0.14
13	王良宏	男	0.02	0.04	0.02	0.02	0.10

注：（1）根据个人剂量监测报告（2024.8.1~2024.10.30）可知，王惠、王良宏、孙德楮、王志谋、李云凯等于 2024 年 9 月 1 日起开始从事放射治疗工作。

（2）根据医院提供的资料辐射工作人员肖蕊凌现已开展个人剂量监测工作，未满一个监测周期。

### 3.8.3 职业健康监护及档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第二十九条的要求：“使用射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事使用的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查”。

根据建设单位提供的资料（见附件），建设项目辐射工作人员的职业健康检查如表 3-10 所示：

**表 3-10 辐射工作人员职业健康检查结果**

序号	姓名	性别	检查日期	体检单位	结论
1	王志谋	男	2024.5.20	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
2	李云凯	男	2025.4.28	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作

3	李仁兴	男	2025.5.10	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
4	王惠	女	2025.4.28	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
5	孙德栳	男	2025.5.10	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
6	陈芊	男	2025.6.26	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
7	肖龙	男	2025.4.28	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
8	肖蕊凌	女	2025.5.6	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
9	黄海	男	2025.5.10	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
10	严卫东	男	2025.4.25	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
11	孟丹	女	2025.5.6	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
12	马亮	男	2025.4.11	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作
13	王良宏	男	2025.4.30	陕健医四〇五医院	可继续原放射工作

建设项目 13 名辐射工作人员均已进行了放射性职业健康检查，检查结果符合相关要求。

建设单位按要求建立了辐射工作人员职业健康监护、个人剂量监测和辐射防护培训档案，并指定有专人对辐射人员个人剂量监测、职业健康体检和辐射安全培训等相关资料进行管理，符合要求。

### 3.9 辐射安全管理标准化建设落实情况

根据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）相关要求核查本项目的辐射安全管理标准化建设情况，具体内容见表 3-11。

表 3-11 辐射安全管理标准化建设核查情况

管理内容		管理要求	是否落实
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。	是
		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。	是
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。	是
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	是

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。	是	
	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。	是	
	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。	是	
	建立辐射安全管理档案。	是	
	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。	是	
	直接从事放射工作的人员	进行职业健康体检，结果无异常。	是
		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。	是
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全作出承诺。	是
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发现异常情况后，能有效处理。	是
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。	是	
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。	是	
	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。	是	
	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，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案。	是	
	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。	是	
	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。	是	
	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。	是	
	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）。	是	

	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。	是
	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。	是
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。	是
	应报所在地县级生态环境主管部门备案。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。	是

本项目从辐射安全与环境保护管理机构的设置、辐射安全管理制度、辐射工作人员培训、体检、个人剂量监测、辐射环境监测以及标准化建设进行落实，均满足相关标准以及环评提出的要求。

### 3.10 环评报告表及批复落实情况

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(环境保护部国环规环评(2017)4号，2017年11月22日)，医院应按照生态环境主管部门规定的标准和程序，对本项目配套建设的环境保护设施进行验收。本次验收根据陕西省生态环境厅审批的《西乡县人民医院新增伽玛射束立体定向放射治疗系统核技术利用建设项目环境影响报告表》验收清单和环评批复意见的落实情况进行核查，具体核查结果见表3-12和表3-13。

**表 3-12 环境影响报告表验收清单落实情况**

序号	验收内容	验收要求	落实情况
1	环保文件	环评批复、验收监测报告等齐全	已取得本项目环评批复，进行了验收监测报告
2	辐射安全管理机构	查验辐射安全管理机构或指派辐射管理专职人员	已成立有辐射安全管理委员会
3	辐射安全管理制度	制定并完善《辐射安全管理办法》《射线装置管理制度》《全国核技术利用辐射安全申报系统管理制度》《辐射工作人员岗位职责》《个人剂量监测管理制度》《辐射事故应急预案》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》《辐射环境监测管理制度》	《西乡县人民医院放射源(同位素)使用登记制度》《西乡县人民医院放射源管理制度》《西乡县人民医院辐射安全保卫制度》《西乡县人民医院辐射安全防护设施维护与维修制度》《西乡县人民医院辐射安全与防护管理办法》《西乡县人民医院辐射场所环境监测方案》《西

		度》《辐射工作人员健康体检管理制度》《辐射工作人员培训管理制度》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《伽玛刀设备操作规程》等规章制度	乡县人民医院辐射场所环境监测制度》《西乡县人民医院辐射工作人员培训管理制度》《西乡县人民医院辐射工作人员健康体检管理制度》《西乡县人民医院辐射环境监测管理制度》《西乡县人民医院辐射环境监测记录》《西乡县人民医院辐射环境监测设备使用与检定管理制度》《西乡县人民医院个人剂量监测管理制度》《西乡县人民医院全国和技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《西乡县人民医院射线装置管理制度》《伽玛刀操作规程》
4	设备数量及参数	一台伽玛刀设备（13 枚 $^{60}\text{Co}$ 密封放射源）	安装了一台伽玛刀,设备生产厂家、型号、放射源活度及相关参数与环评报告一致
5	人员要求	本项目辐射工作人员数量和资质是否能满足要求	配备了 13 名辐射工作人员
6	人员培训	辐射工作人员全部通过辐射安全与防护培训,并取得成绩报告单,成绩合格	13 名辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训合格证书
7	监测设备	1 台 X、 $\gamma$ 空气比释动能率仪,并在校准有效期内	配备了一台 BJ5215 型环境级 X、 $\gamma$ 辐射剂量率仪
8	个人剂量计	每名辐射工作人员均配备 1 个人剂量计	13 名辐射工作人员均已配备了个人剂量计
9	个人剂量报警仪配置	配备 2 台个人剂量报警仪	配备了 2 台个人剂量报警仪
10	职业健康检查	辐射工作人员全部进行职业健康检查,检查结果符合要求	13 名辐射工作人员均在陕健医四〇五医院进行了职业健康体检,检查结果均为:可继续原放射工作
11	机房屏蔽	伽玛刀机房布局与环评报告表描述一致,各屏蔽墙体建设不低于评价报告中的标准	机房各屏蔽体厚度与环评报告一致
12	辐射安全防护措施	①防护门上设置 1 个电离辐射警告标志、1 个醒目的工作状态指示灯,工作状态指示灯和患者门能有效联动。②机房门设置 1 组防夹装置、1 组应急开门装置。③4 个摄像监控装置,设置位置便于观察迷路和治疗室内情况。④机房设置机械通风系统,保持	①机房防护门上设置有电离辐射警告标志,防护门上方设置有工作状态指示灯及三色警示灯并于防护门设置有门-灯-机联锁;②防护门设置有光幕式红外防夹装置,防护门内侧设置有防护门开关;③机房内设置有 5 个视频监控装置,可以观察到治疗室和迷道内;④机房内设

		良好通风，机房内不得堆放无关杂物。⑤机房治疗室设计有6个急停按钮，分别设计在防护门内侧、迷道内入口、东墙、西墙、南墙、北墙各1个，控制室设计1个；另外设备治疗床两侧均设有1个急停按钮，机房和设备共计11个，带有中文标识；控制室与治疗室设有1套对讲装置。⑥伽玛刀机房设置有固定剂量监测系统，具有联网功能，探头安装在治疗室南墙和迷道内入口处，剂量监测值显示在控制室内。⑦穿墙管线屏蔽措施。⑧门-机/源连锁系统。门未关闭设备不能出源。⑨治疗室内安装有放射源在线监控系统。	置有送/排风系统，机房内换气次数大于4次/h；⑤伽玛刀设备上设置有4个急停开关、治疗室四周墙体上设置有4个急停开关、迷道内和控制室各设置1个急停开关，并都设置有中文标识；机房与控制室之间设置有一套双向对讲系统；⑥机房内设置有固定式剂量报警仪和辐射剂量在线监控系统；⑦设备的线缆沟为地沟设置可以有效屏蔽；⑧防护门与伽玛刀设备设置有连锁系统，防护门未关闭无法出源。
13	剂量率控制	伽玛刀机房门、管线洞口，控制室、设备间、排风机房墙体外面30cm处；楼前广场距地面0.3m处，周围剂量当量率	辐射剂量率检测结果符合《放射治疗放射防护要求》GBZ121-2020和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002的要求。
14	年有效剂量控制	放射工作人员和公众的年有效剂量	辐射工作人员不超过5mSv；公众年不超过0.1mSv

表 3-13 环评批复意见落实情况核查表（与本次验收有关部分）

序号	环评批复要求	核实情况
1	加强对伽玛刀射束立体定向放射治疗系统工作场所辐射安全管理，严格落实各项辐射安全与防护措施。定期对工作场所辐射水平进行监测，并对工作场所的辐射安全防护设施进行检查、维护，确保其安全性和可靠性。	建设单位制定有各项辐射安全管理制度，确保其安全运行；本项目已按照已审批环评报告的要求设置了各项辐射安全与防护措施。制定有辐射工作场所环境监测制度及方案，将定期对辐射工作场所和辐射安全防护设施进行监测和检查
2	在放射源闲置或者废弃后3个月内将废旧放射源返回原生产单位或送有资质放射性废物库收贮。	伽玛刀放射源计划6年后进行更换，废旧放射源将返回原生产单位。
3	结合本单位实际情况，及时修订辐射事故应急预案并进行演练。	已按要求修订了辐射事故应急预案并已备案，进行了相关演练。
4	项目建设必须严格执行环境保护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，严格落实各项环境保护措施，项目建成后，须按规定程序实施竣工环境保护验收。	本项目已按要求落实了各项环境保护措施并与主体工程同时投入使用。

## 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

### 4.1 环境影响报告表主要结论（本次验收有关部分）

#### 1、实践正当性分析

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。本项目在认真落实本报告提出的辐射防护措施和建议，确保操作安全的前提下，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。

#### 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。本项目在认真落实本报告提出的辐射防护措施和建议，确保操作安全的前提下，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。

#### 3、辐射环境现状

项目所在地空气吸收剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境现状无异常，项目所在区域辐射环境现状质量良好。

#### 4、辐射安全设施

（1）该项目将伽玛刀治疗室和迷路划分为控制区，将机房南侧的控制室和设备间、走廊，东侧的排风机房划为监督区，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（2）伽玛刀机房治疗室门口设计有电离辐射警告标志和工作状态指示灯，治疗室内设计有视频监控、门-机/源安全联锁和门灯联锁、设计有具有联网功能的固定剂量监测系统，治疗室与控制室设计有对讲装置。伽玛刀机房采取双人双“锁”管理，放射源工作场所视频监控系统接入医院安保系统。伽玛刀有断电自动回源措施，设备配有 UPS 电源装置。机房防护门内，设计有开门按钮，紧急情况下，人员通过机房防护门内侧开门按钮打开机房门。机房门上设计有光幕式红外防夹装置。机房治疗室设计有 6 个急停按钮，分别设计在防护门内侧、迷道内入口、东墙、西墙、南墙、北墙各 1 个；控制室设计 1 个；另外设备太空舱隔断两侧、治疗床两侧均设有 1 个急停按钮，机房和设备共计 11 个，带有中文标识；控制室与治疗室设有 1 套对讲装置。建设项目拟配备 2 台个人剂量报警仪。

伽玛刀机房设计的辐射安全设施符合《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》（GBZ 121-2020）的要求。

（3）伽玛刀机房内设有机械强制通风系统，包括2个送风口和2个排风口，每小时换气约为17次/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）第8.4.1条“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。”的要求。

（4）建设项目设计有固定剂量监测系统并具有联网功能，项目运行前建设单位应按要求与生态环境行政主管部门的监控平台联网实现在线监控。

## 5、环境影响分析结论

本项目在治疗状态和闭源状态下机房外各关注点的周围辐射剂量率均低于本项目计算的周围剂量率控制水平。

本项目伽玛刀投入运行后，叠加相邻的直线加速器辐射影响后，本项目辐射工作人员年有效剂量最大值为1.55mSv；公众人员年有效剂量最大值为 $2.20 \times 10^{-3}$ mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中对放射工作人员及公众受照剂量限值要求。

## 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。医院应将《辐射事故应急预案》及时报所在汉中市生态环境局西乡分局备案，并根据实际使用情况不断完善操作规程、辐射安全和防护制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，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，在按环评提出的要求完善后，可满足项目对辐射安全管理的要求。

## 7、项目可行性分析结论

综上所述，项目在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，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。项目运行所致放射工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准限制要求，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。

## 4.2 审批部门审批决定

本项目于 2024 年 6 月 3 日取得了陕西省生态环境厅关于《西乡县人民医院新增伽玛射束立体定向放射治疗系统核技术利用项目环境影响报告表的批复》

（陕环批复〔2024〕44 号），该批复中提出以下意见：

1、加强对伽玛刀射束立体定向放射治疗系统工作场所辐射安全管理，严格落实各项辐射安全与防护措施。定期对工作场所辐射水平进行监测，并对工作场所的辐射安全防护设施进行检查、维护，确保其安全性和可靠性。

2、在放射源闲置或者废弃后 3 个月内将废旧放射源返回原生产单位或送有资质放射性废物库收贮。

3、结合本单位实际情况，及时修订辐射事故应急预案并进行演练。

4、项目建设必须严格执行环境保护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，严格落实各项环境保护措施，项目建成后，须按规定程序实施竣工环境保护验收。

## 5 验收监测质量保证及质量控制

### 5.1 验收监测质量保证

本次验收检测的伽玛刀机房周围 X- $\gamma$ 辐射水平委托陕西秦州核与辐射安全技术有限公司开展，验收检测工作采取了以下质量保证措施：

(1) 两家公司均具有市场监督管理局颁发的在中华人民共和国境内有效的检验检测机构资质认定证书，保证了监测工作的合法性和有效性。本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和检测公司内部的质量体系文件的相关要求，实施全过程质量控制。

(2) 专人负责查清该项目辐射源项及产生的污染物排放途径，保证验收期间工况符合核技术应用项目竣工环境保护验收要求；

(3) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性；

(4) 监测分析方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；

(5) 所用监测仪器全部经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器由专业技术人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

(6) 每次监测至少 2 名检测人员，检测报告严格实行编制、审核、签发三级审核制度。

### 5.2 人员能力

本次参加验收监测人员持证上岗，全部具有出具数据的合法资格，监测数据实行了审核制度，最后由技术负责人审定签发。

### 5.3 验收监测过程中的质量保证和质量控制

(1) 检测人员均经过相关检测专业培训，并于考核合格后上岗工作。

(2) 检测仪器定期检定/校准，保证量值可溯源至国家计量基准。

(3) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性。

(4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。

(5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录，确保所有记录信息的完整性、充分性和可追溯性。

(6) 监测报告严格实行三级审核制度。

## 6 验收监测内容

### 6.1 监测日期

2025年7月21日陕西秦州核与辐射安全技术有限公司对本次验收设备的工作场所进行了辐射环境监测。

### 6.2 检测内容

本次验收项目对伽玛刀机房及其周围场所进行了辐射防护验收监测，验收设备信息见表6-1。

表 6-1 射线装置信息表

装置名称	型号	设备编号	生产厂家
伽玛射束立体定向放射治疗系统	CybeRay	C0312	西安大医集团股份有限公司

### 6.3 监测仪器

本项目验收监测使用监测仪器见表6-2所示。

表 6-2 验收监测仪器情况表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	计量检定单位/证书编号	有效期至
辐射防护用 X-γ辐射周围剂量当量率仪	RJ38-3602	QNJC-YQ-034	中国辐射防护研究院 放射性计量站/C校字第 [2025]-L304	2026.6.1

### 6.4 监测方法

本次验收监测使用的监测方法见表6-2。

表 6-2 本项目监测方法一览表

监测因子	监测方法	监测、评价依据
周围剂量当量率	仪器法，通过巡测确定环境 X、γ 辐射剂量率水平相对较高的位置进行检测；采用人工手持仪器检测和记录数据的方式；未出源和出源情况下分别进行检测	《辐射环境监测技术规范》 HJ 61-2021
		《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 HJ 1157-2021
		《放射治疗放射防护要求》 GBZ 121-2020

### 6.5 监测点位

本项目辐射工作场所共布设 55 个周围剂量当量率监测点位，包含有：①闭源状态下：机房屏蔽体外、防护门外表面 30cm、操作位、管线口、泄压口、机

房楼上距顶棚地面 30cm 以及设备外表面 5cm 和 1m 处的辐射剂量率；②开源状态下：机房屏蔽体外、防护门外表面 30cm、操作位、机房楼上距顶棚地面 30cm；监测布点能对本次验收的正常使用所致周围辐射环境和保护目标的影响进行全面了解，布点合理。

监测点位布置见图 6-1 和图 6-2。

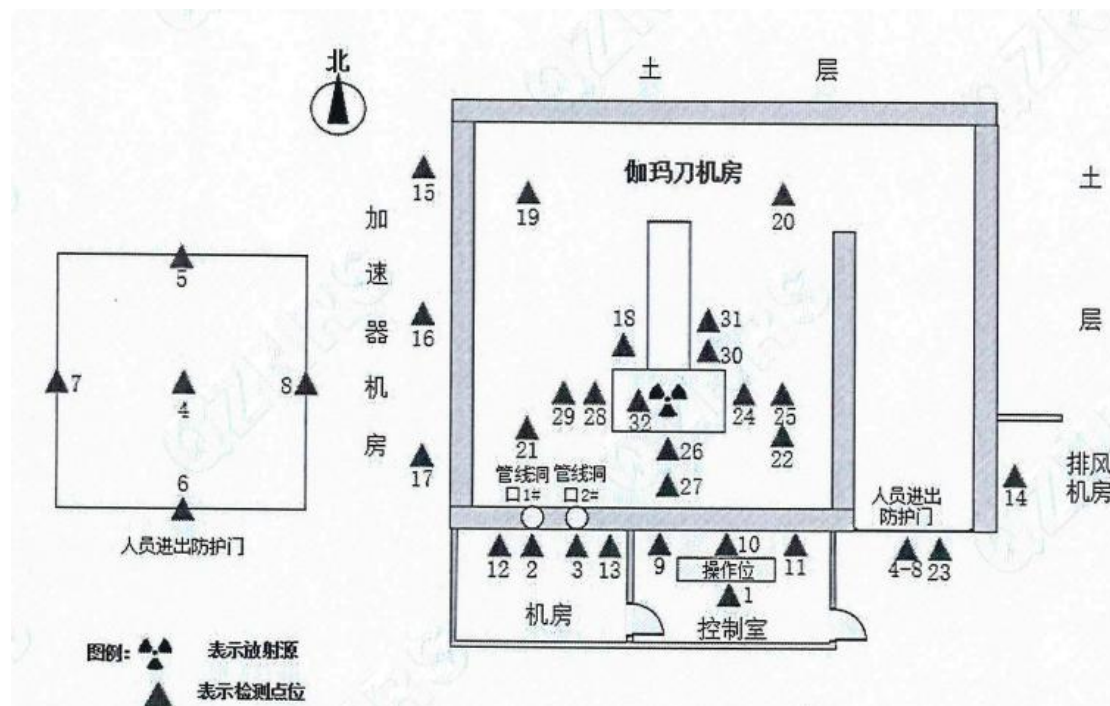


图 6-1 辐射剂量监测点位布置图（闭源状态下）

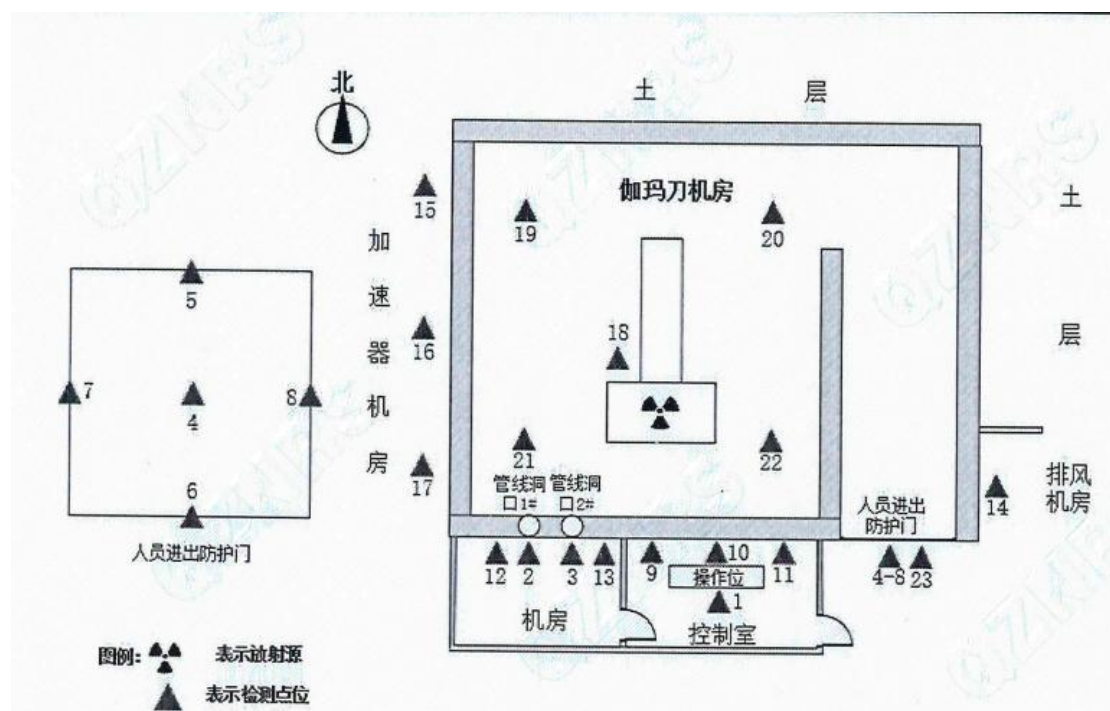


图 6-2 辐射剂量监测点位布置图（开源/照射状态下）

## 7 验收监测

### 7.1 验收监测期间的工况

验收监测单位接受委托后，在建设单位相关人员的陪同下，对本次验收的辐射工作场所周围进行了监测，监测工况见表 7-1。

表 7-1 验收监测工况统计表

主体工程	机房四周墙体、屋顶等屏蔽防护措施均已施工完成
工作人员门、患者门、污物门、观察窗等	安装完成，可以正常使用。
设备	设备已安装调试完成，检测时设备运行正常。
机房外周围剂量当量率	现场验收监测在该装置闭源状态下对设备表面和屏蔽体外分别进行监测。
	现场验收监测在照射状态下对屏蔽体外进行监测。

### 7.2 验收监测结果与评价

根据陕西秦州核与辐射安全技术有限公司提供的《工作场所辐射环境检测》（QNJC-2025-1912-FH）（见附件）。辐射监测结果见表 7-2 和表 7-3 所示：

表 7-2 伽玛刀机房闭源状态  $\gamma$  辐射剂量监测结果表

序号	点位描述	检测结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
/	本底（园区绿化带）	0.06~0.08
1	工作人员操作位	0.06
2	管线洞口 1#	0.07
3	管线洞口 2#	0.06
4	人员防护门中央外 30cm	0.07
5	人员防护门上缝外 30cm	0.08
6	人员防护门下缝外 30cm	0.07
7	人员防护门左缝外 30cm	0.07
8	人员防护门右缝外 30cm	0.07
9	南墙左侧表面 30cm（控制室）	0.07
10	南墙中央表面 30cm（控制室）	0.07
11	南墙右侧表面 30cm（控制室）	0.06

12	南墙左侧表面 30cm (设备机房)	0.07
13	南墙右侧表面 30cm (设备机房)	0.08
14	东墙左侧表面 30cm (排风机房)	0.07
15	西墙左侧表面 30cm (加速器机房)	0.07
16	西墙中央表面 30cm (加速器机房)	0.08
17	西墙右侧表面 30cm (加速器机房)	0.08
18	机房楼上地面以上 30cm1#	0.06
19	机房楼上地面以上 30cm2#	0.06
20	机房楼上地面以上 30cm3#	0.07
21	机房楼上地面以上 30cm4#	0.07
22	机房楼上地面以上 30cm5#	0.07
23	消防泄压口	0.08
24	设备东侧 5cm	0.69
25	设备东侧 1m	0.49
26	设备南侧 5cm	2.06
27	设备南侧 1m	1.10
28	设备西侧 5cm	1.83
29	设备西侧 1m	1.03
30	设备北侧 5cm	2.31
31	设备北侧 1m	0.56
32	设备上方 5cm	12.8

注：1. 检测结果未扣除本底值，本底值未扣除宇宙射线的响应值。

2. 检测点位见图 6-1。

**表 7-3 伽玛刀机房出源/照射状态  $\gamma$  辐射剂量监测结果表**

序号	点位描述	检测结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
/	本底 (园区绿化带)	0.06~0.08
1	工作人员操作位	0.10
2	管线洞口 1#	0.08
3	管线洞口 2#	0.08

4	人员防护门中央外 30cm	0.09
5	人员防护门上缝外 30cm	0.09
6	人员防护门下缝外 30cm	0.08
7	人员防护门左缝外 30cm	0.08
8	人员防护门右缝外 30cm	0.10
9	南墙左侧表面 30cm (控制室)	0.10
10	南墙中央表面 30cm (控制室)	0.10
11	南墙右侧表面 30cm (控制室)	0.09
12	南墙左侧表面 30cm (设备机房)	0.08
13	南墙右侧表面 30cm (设备机房)	0.08
14	东墙左侧表面 30cm (排风机房)	0.08
15	西墙左侧表面 30cm (加速器机房)	0.07
16	西墙中央表面 30cm (加速器机房)	0.09
17	西墙右侧表面 30cm (加速器机房)	0.07
18	机房楼上地面以上 30cm1#	0.08
19	机房楼上地面以上 30cm2#	0.08
20	机房楼上地面以上 30cm3#	0.08
21	机房楼上地面以上 30cm4#	0.09
22	机房楼上地面以上 30cm5#	0.08
23	消防泄压口	0.09

注：1. 放射源活度为  $5.77 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，准直器  $\phi 35 \text{mm}$ 。

2. 检测结果未扣除本底值，本底值未扣除宇宙射线的响应值。

3. 检测点位示意图见图 6-2 所示。

4. 1-3、9-13 号点位检测时有效线束方向向下，4-8、14、23 号检测时有效线束方向向东，15-17 号点位检测时有效线束方向向西，18-22 号点位检测时有效线束方向向上，其中 16、18 号点位检测时有效线束方向上无检测模体或其他物品，其余点位检测时有效线束方向上设置了检测模体。

由表 7-2 和 7-3 可知，所检测西乡县人民医院伽玛射束立体定向放射治疗系统工作场所屏蔽体外、工作人员操作位等辐射剂量率检测结果符合 GBZ121-2020 《放射治疗放射防护要求》中 6.3.1.1b) 条“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： $\dot{H}_{c,\max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ”和 GB18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的要求。

### 7.3 年受照射有效剂量估算

本项目主要环境问题是辐射安全和防护，根据医院提供的资料本项目配备辐射工作人员 13 人，该伽玛刀设备每名患者治疗时间平均 5min，每名患者的平均摆位时间约为 2min，患者下床时间平均约为 2min。治疗患者高峰时每天治疗患者人数最多按 20 人考虑，每周工作 5 天，每年工作时间为 50 周，则周治疗最大照射时间为  $8.33\text{h} \times 50 = 416.5\text{h/a}$ 。

辐射工作人员协助每名患者摆位和治疗结束后协助患者离开时在机房内平均停留时间为 2min，则辐射工作人员每年在机房内的停留时间为： $2\text{min} \times 20 \text{人} \times 5 \text{天} \times 50 \text{周} \times 1/60 = 166.67\text{h/a}$

根据上述信息，按该项目涉及的辐射工作人员和机房外其他人员和公众监测结果中最大值分别进行估算，并扣除该项目场所环境本底值，则该项目涉及的辐射工作人员和公众剂量估算结果见表 7-4。

表 7-4 本项目环境保护目标年附加有效剂量一览表

保护目标	相对方位	场所	保护目标	距辐射源最近距离 (m)	人员规模	最大周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	扣除本底后周围剂量当量率 <sup>②</sup> ( $\mu\text{Sv/h}$ )	出束时间 (h/a)	居留因子 U	年受照剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	年剂量管理约束值
工作人员	南侧	伽玛刀控制室	操作人员	5	4 人	0.09	0.03	416.5	1	1.25E-02	$\leq 5\text{mSv}$
	/	伽玛刀治疗室内 <sup>③</sup>	摆位人员	1	2 人	2.31	2.25	166.67	1	3.75E-01	
	西侧	加速器控制室	操作人员	13	4 人	0.09	0.03	416.5	1/8	1.56E-03	
公众人员	东侧	排风机房	维护 维修人员	0.3	流动人员	0.08	0.02	416.5	1/20	4.16E-04	$\leq 0.1\text{mSv}$
	南侧	设备机房	维护 维修人员	0.3	流动人员	0.08	0.02	416.5	1/40	2.08E-04	
	西侧	卫生间 <sup>①</sup>	医务人员、 陪同家属	31	流动人员	0.09	0.03	416.5	1/20	6.25E-04	
	楼上	楼前广场	医务人员、 陪同家属	5.8	流动人员	0.09	0.03	416.5	1/40	3.13E-04	

注：①西侧卫生间最大周围剂量当量率取伽玛刀机房西侧墙体最大检测结果。

②保守计算扣除的本底值为检测报告中本底监测结果下限值  $0.06\mu\text{Sv/h}$ 。

③伽玛刀机房内协助患者摆位辐射工作人员最大周围剂量当量率取闭源状态下合理位置处的最大周围剂量当量率。

由表 7-4 可知，辐射工作人员所受最大职业照射剂量为  $0.375\text{mSv/a}$ ，考虑到摆位和操作人员可能为同一人，因此项目辐射工作人员所受照射年附加有效剂量为  $0.375+0.0125=0.3875\text{mSv}$ ，低于项目辐射工作人员年附加剂量约束值 ( $5\text{mSv/a}$ )；公众最大年有效剂量为  $6.25\text{E-}04\text{mSv}$ ，低于公众的年附加剂量约束值 ( $0.1\text{mSv}$ )。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求。

由于本项目配备的辐射工作人员存在操作其他放射诊疗设备的情况，故在从事本项目的基础上还应叠加考虑其他辐射工作的受照剂量的叠加效应。因此，职业人员剂量估算按照职业工作人员最大年附加剂量叠加辐射工作人员近 1 年个人剂量累计最大值（0.14mSv）得出  $0.3875+0.14=0.5275\text{mSv}$ ，也是低于项目辐射工作人员年附加剂量约束值（5mSv），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

## 8 验收监测结论

### 8.1 验收监测结论

#### 8.1.1 项目概况

本次验收项目建设内容为：医院在肿瘤治疗中心楼负一层新增一间伽玛刀治疗机房及辅助用房，并新增一台由西安大医集团股份有限公司生产的伽玛射束立体定向放射治疗系统（CyeRay），其中伽玛刀部分属于I类放射源，CBCT 图像引导部分属于III类射线装置，该技术利用建设项目性质、规模、地点和辐射防护措施在环境影响报告表经批准后未发生重大变动。

#### 8.1.2 验收监测结果

监测结果表明所检测西乡县人民医院伽玛射束立体定向放射治疗系统工作场所屏蔽体外、工作人员操作位等辐射剂量率检测结果 0.07~0.10 $\mu$ Sv/h 符合 GBZ121-2020《放射治疗放射防护要求》中 6.3.1.1b) 条“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： $\dot{H}_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ ”和 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的要求。

#### 8.1.3 保护目标剂量

经过现场监测和理论估算，辐射工作人员所受最大职业照射剂量为 0.5275mSv，低于项目辐射工作人员年附加剂量约束值（5mSv）；公众最大年有效受照剂量为  $6.25 \times 10^{-4}$ mSv，低于公众的年附加剂量约束值（0.1mSv）。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评文件及批复约束值的要求。

#### 8.1.4 辐射安全措施

本次竣工环保验收项目伽玛刀机房设置有门-灯-机联锁装置、急停按钮、光幕式红外防夹装置、双向语音对讲装置、摄像监控系统、固定式剂量报警仪等，防护门外设置有醒目的电离辐射警告标志、工作状态指示灯、警示语句满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）与《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）。

#### 8.1.5 辐射检测仪器

本项目配备了一台 BJ5215 型环境级 X、 $\gamma$ 辐射剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪，委托有资质单位进行校准，并建立有辐射监测档案。

### 8.1.6 通风措施

伽玛刀机房采用上送下排的方式，新风口和排风口呈对角设置，经过现场监测机房内的换气次数为 12.8 次/h，治疗室内空气流通满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）第 8.4.1 条“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。”的要求。

### 8.1.7 辐射安全管理

西乡县人民医院已成立辐射安全管理委员会，指定专人负责医院的辐射防护工作；已制订各项辐射安全管理规章制度和应急措施；本项目共配备 13 名辐射工作人员，均已通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核并取得成绩合格证；所有辐射工作人员均已配备个人剂量计，并开展个人剂量监测；所有辐射工作人员均已参加职业健康体检，医院已建立个人剂量监测档案和职业人员健康监护档案。

### 8.1.8 总结论

综上所述，西乡县人民医院新增伽玛刀核技术利用项目贯彻落实了环评报告及批复中提出的各项环保措施及要求，项目各工作场所 X- $\gamma$ 辐射剂量率水平满足相关标准要求，工作人员和公众的年有效剂量满足国家标准要求。

故从环境保护的角度分析，本项目满足竣工环境保护验收的条件，建议通过竣工环境保护验收。

## 8.2 建议

- 1、定期组织辐射工作人员进行职业健康检查，检查周期一般不超过两年。
- 2、根据《辐射监测计划》等管理制度定期对辐射工作场所警示设施、联锁装置和辐射工作场所进行自主监测。
- 3、建设单位进行标准化管理，不断提高单位安全文化素养和安全意识，积极配合生态环境部门的日常监督检查，确保射线装置的使用安全。
- 4、委托有资质的单位每年进行一次操作场所周围及邻近区域的辐射水平测量，根据测量结果提出评价或改进意见；并编制辐射项目安全和防护状况年度评估报告，于次年 1 月 31 日前报生态环境主管部门。