

国环评证甲字第 3607 号

ZS-2021-057

# 榆林高新医院新增伽马刀核技术利用建设项目 环境影响报告表

(报批稿)

建设单位:	榆 林 高 新 医 院
评价单位:	中圣环境科技发展有限公司

二〇二一年八月

# 目 录

一、项目基本情况.....	1
二、放射源.....	9
三、非密封放射性物质.....	9
四、射线装置.....	10
五、废弃物（重点是放射性废弃物）.....	11
六、评价依据.....	12
七、保护目标与评价标准.....	14
八、环境质量和辐射现状.....	18
九、项目工程分析与源项.....	20
十、辐射安全与防护.....	24
十一、环境影响分析.....	32
十二、辐射安全管理.....	41
十三、结论与建议.....	46

## 图件列表

图1-1 榆林高新医院地理位置图
图 1-2 榆林高新医院四邻关系图
图 1-3 负一层平面布局图
图1-4 放疗机房周围布局图
图7-1 评价范围
图 9-1 体部治疗系统主体机械结构示意图
图 9-2 典型伽马刀辐射头结构示意图
图 9-3 <sup>60</sup> Co 放疗设备的治疗过程及产污环节简图
图 10-1 体部治疗系统机房分区布局
图 10-2 体部治疗系统机房平面图
图 10-3 体部治疗系统机房剖面图
图 10-4 体部治疗系统机房视频监控系统布局
图 11-1 体部治疗系统机房计算点位示意图（1）
图 11-2 体部治疗系统机房计算点位示意图（2）
图 11-3 出束状态下距地面 1m 高度处、测量间隔为 1m 的辐射水平矩阵图

## 附件列表

- 附件 1 榆林高新医院《环境影响评价委托书》，2021.7.15；  
附件 2 陕西秦州核与辐射安全技术有限公司《榆林高新医院伽马刀机房辐射环境本底水平监测报告》（报告编号:QNJC-202108-E003 号）；

## 一、项目基本情况

建设项目名称		榆林高新医院伽马刀机房改建项目核技术利用建设项目			
建设单位		榆林高新医院			
法人代表	李海林	联系人	郭亚雄	联系电话	0912-3455105
注册地址		陕西省榆林市榆阳区高新技术产业园区广达路与建业大道之间			
项目建设地点		榆林高新医院南北楼之间空地的地下二层			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	1450	项目环保投资 (万元)	32.5	投资比例 (环保投资/总投资)	2.24%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建	<input checked="" type="checkbox"/> 改建	<input type="checkbox"/> 扩建	<input type="checkbox"/> 其他
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封 放射性 物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备PET用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
	射线 装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
<p><b>项目概述</b></p> <p><b>1.建设单位简介</b></p> <p>榆林高新医院位于榆林市高新技术产业园建业大道，地理位置见图1-1，是一所集医疗、养老、康复、特殊教育为一体的非营利性民营医院，开设床位500张，在院职工700余人。医院以“大专科、小综合”为核心，重点发展“康复和养老”两项民生事业。医院坚持立足榆林、面向陕北、辐射周边的服务方向，以顺应形势求生存，突出特色谋发展，立足医疗做公益，党建引领出成果为办院理念，以患者为中心，人性化服务为宗旨，全力打造全市百姓心中的爱心家园和全省养老助残的示范基地。</p>					



图 1-1 榆林高新医院地理位置图

## 2. 工作过程概述

榆林高新医院南北楼之间空地的地下二层原为地下停车场，2017 年由于医院自身发展需要将医院南楼地下二层停车场西侧新建 6MeV 直线加速器机房，并于 2018 年 5 月 11 取得原陕西省环境保护厅《关于榆林高新医院直线加速器项目环境影响报告表的批复》陕环批复[2018]149 号，2018 年底医院完成了直线加速器的自主验收工作，2018 年 12 月 12 日陕西省生态环境厅以陕环批复[2018]571 号批准了医院变更辐射安全许可证。后期由于卫生诊疗许可原因直线加速器从未使用，为了满足广大患者的诊疗需求和医院自身发展需要，医院决定将直线加速器更换为 OUR-QGD/B 型立体定向伽玛射线全身治疗系统（内含 30 枚总活度为  $3.15 \times 10^{14} \text{Bq}$  的 Co-60 放射源，为 I 类源），以提高医院对疾病，尤其是肿瘤和癌症的治疗能力，原有加速器报废。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》及生态环境部《建设项目环境影响评价分类管理名录》的规定，本项目应进行环境影响评价并编制环境影响报告表。因此，榆林高新医院 2021 年 4 月正式委托中圣环境科技发展有限公司承担该项目的环评工作。接受委托后，我公司组织专业技术人员对

项目建设地进行了现场踏勘。在污染因素分析、环境现状调查、环境影响预测等主要工作的基础上，按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的基本要求，2021年8月编制完成了《榆林高新医院新增伽马刀核技术利用建设项目环境影响报告表》现提交建设单位上报审查。

### 3. 项目规模

立体定向伽玛射线全身治疗系统（OUR-QGD/B），拟安装在医院负二层原直线加速器机房内，伽马刀总装源数量为30枚，装源活度为 $3.15 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，单枚钴-60放射源活度为 $1.05 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，机房净空尺寸为：6.81m(长)×6.034m（宽）×3.48m（高），采用钢筋混凝土整体浇筑，防护门铅当量为10mm。本次评价内容详见表1-1。

表 1-1 体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统相关参数

设备名称	核素种类	放射源类别	总活度(Bq)/活度(Bq)×枚数	工作场所	活动种类	备注
体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统	$^{60}\text{Co}$	I	$3.15 \times 10^{14} \text{Bq} / 1.05 \times 10^{13} \text{Bq} \times 30$	伽马刀机房	使用	新增

### 4. 工作人员及工作制度

#### (1) 人员配置

根据医院提供的相关资料，本项目拟配备4名辐射工作人员，均为放疗专用人员。本项目工作人员固定设置，不与其他科室交叉使用。

#### (2) 工作负荷

本项目使用的体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统预计每天治疗人数2人，每周工作5天，每年工作50周，患者人均总出束时间约5min/人次，累计治疗出束时间41.7h/年。

### 5. 产业政策符合性

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“实践的正当性”要求“对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，对其受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的”。

榆林高新医院体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统的引进，患者不需手术、损伤小，可为患者提供一个更加优越的诊疗环境，同时对提高恶性肿瘤放疗水平具有重大意义。医院在放射诊断和放射治疗过程中，对设备的使用将按照国家有关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对设备的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理设备的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射对公众和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危险，在保障患者健康的同时也为医院创

有重大意。医院在放射诊断和放射治疗过程中，对设备的使用将按照国家有关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对设备的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理设备的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射对公众和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危险，在保障患者健康的同时也为医院创造了更大的经济效益，具有明显的社会效益，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”的要求。

## 6.项目选址及布局

### （1）项目选址合理性

本项目位于榆林市高新医院院内，医院东侧为榆林市民防局，南侧为裕华路，西侧为广达公交场停车场，北侧为建业大道，四邻关系见图 1-2。从医院周边外环境关系可知，医院地处城区环境，周围无重大环境制约因素，区域交通便利，便于患者就诊。

医院将地下二层现有直线加速器机房改造成放疗专用场所设置体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统专用机房及设备间等。地下一层为医院放射科碳-14室、经颅多普勒室及走廊区域（地下一层平面布局见图 1-3），作为体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统配套使用的定位CT也在该区域，负二层地下为岩土层。体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统的放疗场所相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性且周边无明显的环境制约因素。

本项目建于榆林高新医院院内，项目无新征用地，医院用地为医疗用地，医院周边主要为城居环境，场址周围无明显环境制约因素，本项目选址基本合理。

### （2）项目布局合理性分析

根据本项目放射工作场所的平面布局（图 1-4）可知，体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统专用机房位于负二层最西侧，机房西侧为岩土层，放疗机房北侧及东侧均为废弃的停车场后期改造为医院的杂物间，南侧为锅炉房，放疗机房由走廊与其他区域分割为独立区域，放疗场所在各区域功能明确，互不干扰，又互相联系。各功能区间采用墙体分隔，墙体、防护门的防护厚度充分考虑了电离辐射影响，能够有效降低电离辐射对工作人员和周围公众的辐射影响。

综上，本项目既有便于医疗工作，又便于对放疗装置的管理，有利于辐射防护和环境保护，平面布局基本合理。

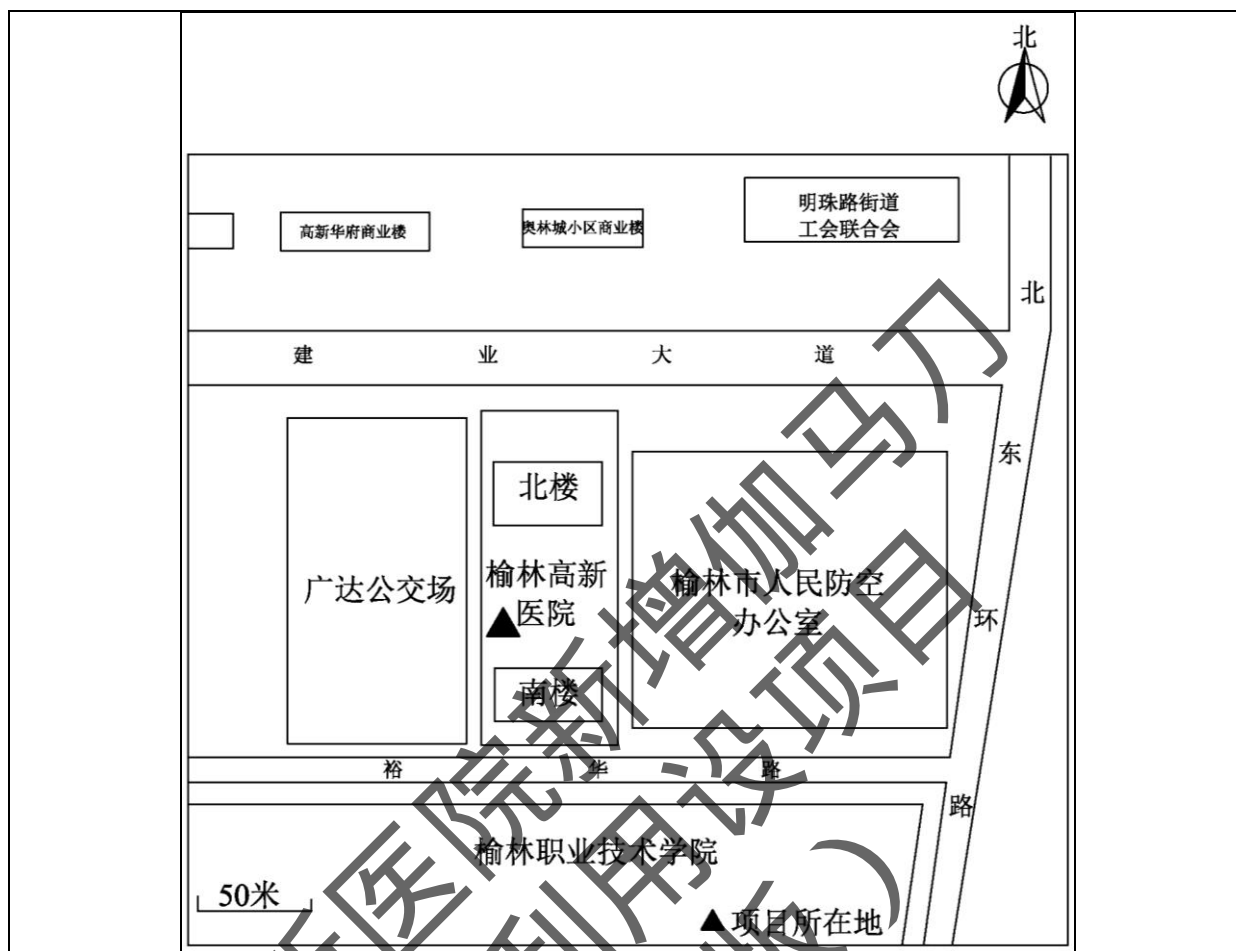


图 1-2 榆林高新医院四邻关系图

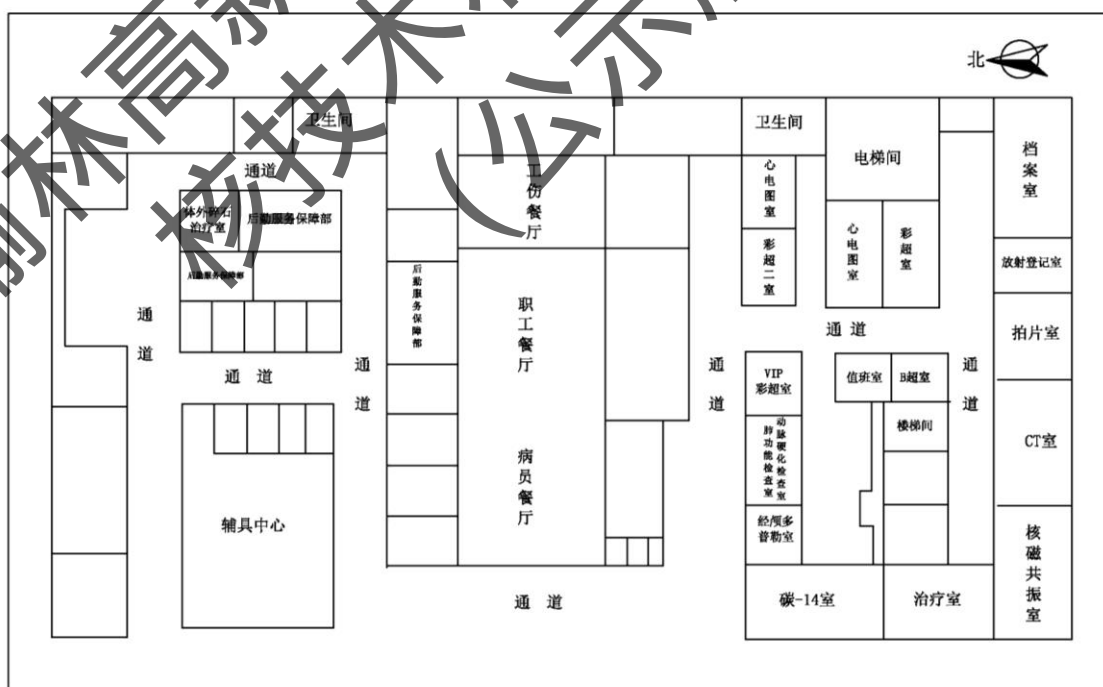


图 1-3 负一层平面布局图

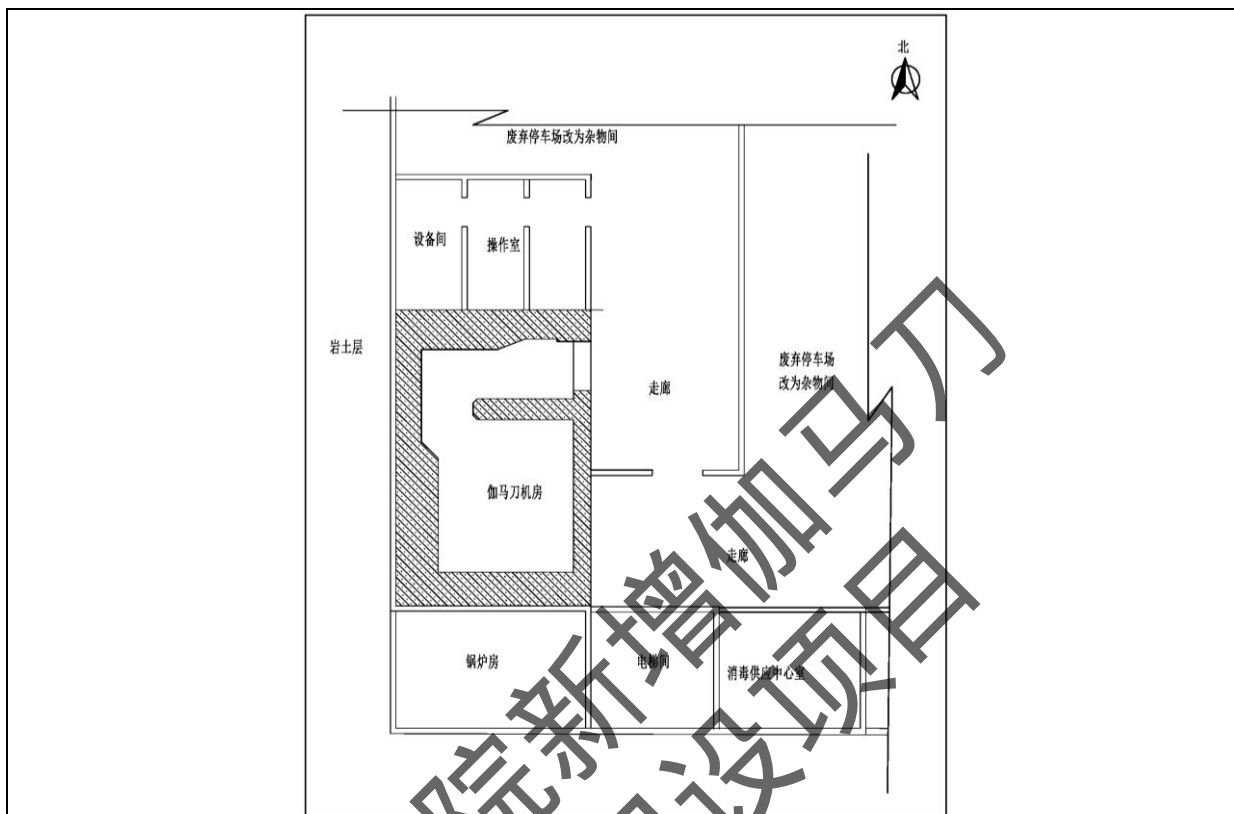


图 1-4 放疗机房周围布局图

### 7.核技术利用及辐射安全管理现状

(1)榆林市高新医院已有的CT和DR于2018年在原陕西省环保厅建设项目环境影响登记表备案系统进行了备案，医用直线加速器于2018年5月取得原陕西省环境保护厅环评批复，以上3台射线装置均于2018年底进行了自主验收。

目前榆林市高新医院已取得陕西省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，其许可证编号为：陕环辐证[60215]，许可的种类和范围为使用II类、III类射线装置，已获取的活动种类和范围具体见表1-2。

表1-2 医院目前涉及射线装置汇总表

序号	射线装置名称	类别	型号	台数	活动种类	工作场所
1	医用直线加速器	II	XHA600600	1	使用	放疗科
2	单排CT	III	prospeed	1	使用	放射科
3	DR	III	新东方1000M	1	使用	放射科

2020年医院新增1台车载数字化医用X射线机，已填报了环评备案手续并进行了监测，但未进行辐射安全许可证变更。

(2) 据了解，榆林市高新医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故。

(3) 辐射安全管理情况



①辐射管理机构基本情况

为了加强对辐射安全和防护管理工作，促进射线装置的合法使用，榆林高新医院专门成立了辐射防护领导小组，由主管院长担任组长，相关科室人员担任组员。

②制定规章制度及落实情况

榆林高新医院制定了多项辐射安全管理制度，包括辐射防护和安全保卫制度、操作制度、设备维修维护制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人体检制度、工作场所环境辐射水平监测、放射工作岗位职责、辐射事故应急制度等，并严格按照规章制度执行。

③工作人员基本情况及培训情况

榆林高新医院有放射性工作人员11名（包括管理人员1名），其中5名人员于2018年取得辐射安全培训证书，未取得辐射安全培训的6名人员应及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行培训。本项目涉及的4名放疗人员取得培训证书。

由于医院加速器未取得放射诊疗许可证，故医院加速器未开展业务，已有的4名放疗工作人员及1名放射科工作人员2020年均不在岗，具体见表1-3。

表1-3 医院放射性工作人员及培训情况

编号	姓名	性别	年龄	工作岗位	培训时间	证件编号	备注
1	刘红丽	女	26	放射科技师	2018.9.26	陕31817068G	
2	李月月	女	24	放疗科技师	2018.7.20	陕31812005G	不在岗
3	闫娜娜	女	25	放疗科技师	2018.7.20	陕31812002G	不在岗
4	张雪玉	女	26	放疗科技师	2018.7.20	陕31812004G	不在岗
5	周亚龙	男	32	放疗科技师	2018.7.20	陕31812003G	不在岗
6	张娜娇	女	27	放射科技师	2018.9.26		不在岗
7	董二娥	女	26	放射科技师	2018.9.26		
8	张宁	女	29	放射科技师	放射医学资格 格证		
9	韩志江	男	66	放射科副主任医师	医师执业证	110610802000440	
10	韩江涛	男	30	放射科管理人员			
11	高如如	女	26	放射科技师	放射医学技 术初级		

④个人剂量监测情况

医院有专人负责个人剂量档案管理工作，由于放疗科2020年期间未开展工作，故放疗科4名放射性工作人员均未在岗，医院委托陕西新高科辐射技术有限公司对去年在岗5名辐射工作人员进行个人剂量检测工作。根据医院个人剂量监测结果表明，2020年医院辐射工作人员个人年剂量最大为0.45mSv，未超过医院年剂量约束限值5.0mSv。

⑤工作场所及辐射环境监测情况

医院已制定工作场所监测计划，医院按期进行监测并建立了辐射环境监测档案，医院委托西安查德威克辐射技术有限公司开展了 2020 年度辐射环境现状监测，对医院使用的医用 X 射线装置进行监测，根据监测结果可知医院再用射线装置（1 台 DR 和 1 台 C T）屏蔽体外 0.3m 处辐射剂量当量率最大为 0.26 $\mu$ Sv/h，均未超过 2.5 $\mu$ Sv/h。

#### ⑥应急管理情况

医院依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了辐射事故应急预案，以保证本单位一旦发生核技术利用项目辐射意外事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处置放射事故，保护工作人员、公众的健康与环境安全，同时在预案中进一步明确规定本单位有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容。

## 二、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	<sup>60</sup> Co	3.15×10 <sup>14</sup> Bq	I类	使用	放疗	体部治疗系统机房	体部治疗系统源体内	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

## 三、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)。

## 四、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 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度(Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

## 五、废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役 $^{60}\text{Co}$ 放射源	固态	$^{60}\text{Co}$	/	/	/	/	/	厂家回收
臭氧、氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	/	直接进入环境空气
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。  
 2.含油放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>)和活度(Bq)。

## 六、评价依据

<p>评价 委托书</p>	<p>榆林高新医院《环境影响评价委托书》，2021.7.15.，附件 1。</p>
<p>法规 文件</p>	<p><b>1.国家法律</b></p> <p>(1)《中华人民共和国环境保护法（修订）》，2015.1.1；</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法（修订）》，2016.9.1</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003.10.1；</p> <p><b>2.国务院行政法规及规范性文件</b></p> <p>(1) 国务院《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，(国务院令 449 号)，2005.12.1（2014 年修改，国务院令 653 号）；</p> <p>(2) 国务院《修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(国令第 682 号)，2017.7.16；</p> <p><b>3.部门规章及规范性文件</b></p> <p>(1) 国家环境保护总局《关于发布放射源分类办法的公告》(2005 年 第 62 号) 2005.12.23；</p> <p>(2) 国家环保总局《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 号文) 2006.9.26；</p> <p>(3) 环境保护部《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（修订）》，2017.12.12；</p> <p>(4) 环境保护部《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(部令第 18 号)，2011.5.1；</p> <p>(5) 环境保护部《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) 2016.3.7；</p> <p>(6) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告 2019 年第 57 号)，2020.1.1。</p> <p>(7) 生态环境部《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，2021.1.1；</p> <p><b>4.地方政府及其职能部门的法规、政策及规范性文件</b></p> <p>(1) 陕西省人大《陕西省放射性污染防治条例》（修订），2018.5.31；</p>

	<p>(2) 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;</p>
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</li> <li>2. 《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);</li> <li>3. 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分: <math>\gamma</math>射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014);</li> <li>4. 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020);</li> <li>5. 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</li> <li>6. 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</li> <li>7. 《辐射环境保护管理导则-核技术应用项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)。</li> </ol>
<p>其他</p>	<p>建设单位提供的项目工程设计图纸及其他相关技术参数资料。</p>

## 七、保护目标与评价标准

### 评价范围

本项目的污染为能量流污染，根据其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T10.1-2016）的相关规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为：伽马刀机房周围半径50m区域，评价范围见图7-1。

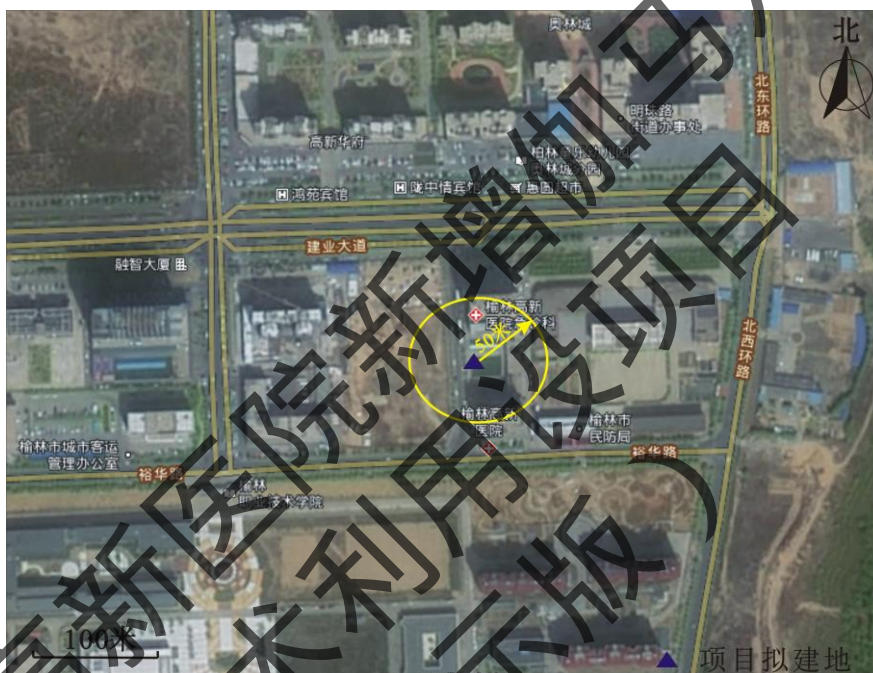


图7-1 评价范围

### 保护目标

根据本项目的的评价范围，环境保护目标主要是从事体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统的操作人员以及放疗机房周围评价范围内50m范围内的其他医务人员及公众。环境保护与控制目标见表7-1。

表7-1 环境保护与剂量约束限制一览表

序号	保护对象	相对方位	人数	约束限值	与辐射源的距离	备注
1	伽马刀机房操作人员	机房北侧	4人	5mSv/a	8.5m	职业人员
2	走廊流动人员	机房东侧	2~10人	0.25mSv/a	3.6m	公众
3	走廊流动人员	机房南侧	2~10人		5.0m	
4	锅炉房	机房南侧	2~5人		4.7m	
5	走廊流动人员	机房楼上	2~10人		4.3m	
6	榆林市民防局公众人员	医院东侧	10~50人		48m	
7	医院北楼	北侧	流动人员		20m	
8	医院南楼	南侧	流动人员		12m	
9	周围公众	评价范围内其他人员	流动人员		3.6~50m	



## 评价标准

### 1.剂量限制及剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定:

1.1 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:

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均), 20mSv; (本项目取其四分之一即 5mSv 作为工作人员的年有效剂量约束值)。

1.2 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a) 年有效剂量, 1mSv; (本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为公众人员的年有效剂量约束值)。

### 2.放疗机房控制要求

(1) 参照《放射治疗机房辐射屏蔽规范 第 1 部分》GBZ/T201.1-2007

治疗机房墙和入口门外的周围剂量当量率应同时满足下列 3.1.1 和 3.1.2 的参考控制水平。

3.1.1 距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处和邻近治疗机房的居留因子较大 ( $T > 1/4$ ) 的人员驻留区域见式 (1)。

$$\dot{H}_c \leq H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

式 (1) 中:

$H_c$ —周围剂量当量率参考控制水平,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

$H_c$ —周剂量控制水平 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ), 其值如下; 放射治疗机房外控制区的工作人员:  $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ , 放射治疗机房外非控制区的人员:  $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$

U—治疗装置向关注位置的方向照射的使用因子;

T—人员在放射治疗机房外非控制区驻留的居留因子;

t—治疗装置周最大累积照射的小时数, h/周。T 是与治疗装置周工作负荷 W 相关的参数, 应由放射治疗单位给定的放射治疗工作量导出;

3.1.2 距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处:

$$\dot{H}_c \leq 2.5\mu\text{S}/\text{h} (\text{人员全居留场所}, T > 1/2)$$

$$\dot{H}_c \leq 10\mu\text{S}/\text{h} (\text{人员部分和偶然居留场所}, T > 1/2)$$

(2) 参照《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)

## 6 工作场所放射防护要求

### 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。

### 6.2 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  $\gamma$ 源后装治疗设施应配备应急储源器。

6.4.5.2 中子源后装治疗设施应配备符合需要的应急储源水池。

#### 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。

### 3. 辐射分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，划定辐射控制区和辐射监督区。

## 八、环境质量和辐射现状

### 1. 项目地理位置和场所位置

榆林高新医院位于榆林市高新技术产业园建业大道，地理位置见图1-1，医院东侧为榆林市民防局，南侧为裕华路，西侧为医院停车场，北侧为建业大道，体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统的放疗场所为医院原有直线加速器机房改建而成。

### 2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

#### (1) 环境现状评价的对象

本次环境现状评价的对象为本项目辐射工作场所区域及周边环境。

#### (2) 监测因子

$\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

#### (3) 监测点位

按《辐射环境监测技术规范》(HJ161-2021)及《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)中有关布点原则和方法，并结合本项目的实际情况，对医院伽马刀机房和医院辐射工作场所周边环境辐射水平背景值监测。

### 3. 监测方案、质量保证措施和监测结果

#### (1) 监测方案

##### ① 监测单位

陕西秦州核与辐射安全技术有限公司

##### ② 监测时间及环境条件

监测时间：2021年8月7日 天气情况：多云 温度：19℃~34℃

##### ③ 监测方法

本次监测方法依据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。

##### ④ 监测仪器

本次监测仪器为辐射防护用 X、 $\gamma$  辐射周围剂量当量率仪，仪器的参数见表 8-1。

表 8-1 环境现状监测仪器及参数一览表

项目	相关内容
仪器名称	辐射防护用 X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	RJ38-3602
编号	QNJC-YQ-034
量程	0.01 $\mu$ Sv/h~600.00 $\mu$ Sv/h
检定证书编号	检字第[2020]-R3426
仪器检定有效期至	2021.11.16

#### (2) 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- ③监测仪器已经计量部门检定，检定合格，并在检定有效期内；
- 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；
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

(3) 监测结果

榆林高新医院伽马刀机房改建项目辐射工作场所周边背景值监测结果见表 8-2，检测报告见附件 2。

表 8-2 辐射环境剂量率监测结果<sup>1)</sup> (μSv/h)

序号	点位描述	监测结果	监测工况
1	室外本底	0.05~0.08	背景值监测
2	伽马刀机房内	0.05~0.07	

注：1) 表中结果未扣除宇宙射线响应值

查阅《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(陕西省环境保护监测中心站, 1994年7月)资料, 榆林市天然贯穿辐射所致(空气吸收)剂量率见表 8-3。

表 8-3 榆林市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射(空气吸收)剂量率(nGy/h)

项目	原野γ辐射剂量率	道路γ辐射剂量率	室内γ辐射剂量率
范围	33.0~87.0	33.0~82.0	56.0~129.0

备注：表中监测结果未扣除宇宙射线响应值

4.环境现状调查结果评价

由表 8.2 的监测结果可知, 榆林高新医院拟改建伽马刀机房辐射工作场所周边 γ 辐射空气吸收剂量率背景监测值在 0.05~0.07μSv/h 之间, 由于检测仪器(X、γ 辐射剂量当量率仪 RJ38-3602)在计量站进行检定时, 使用的放射源为 <sup>137</sup>Cs, 根据 JJG393-2003, 空气吸收剂量率乘以 1.2 作为辐射剂量当量率的真值, 故而, 项目辐射工作场所周边环境的空气比释动能率在 0.06~0.084nGy/h 范围内(未扣除宇宙射线)。

经对比, 伽马刀机房的空气比释动能率与榆林市天然环境 γ 辐射空气比释动能率处于同一水平。

## 九、项目工程分析与源项

### 工程设备和工艺分析

#### 1.设备参数及工作原理

榆林高新医院拟使用的 OUR-QGD/B 型体部多源  $\gamma$  射束立体定向放射治疗系统（简称“体部治疗系统”）为体部伽马刀，该设备是 OUR 公司自主研发设计的大型立体定向放射外科治疗设备，它将伽玛刀的治疗范围从人体头部拓展扩大到体部。

体部治疗系统是利用  $^{60}\text{Co}$  在衰变过程中发射  $\gamma$  射线对生物机体的破坏作用来实现对病变细胞的杀伤功能，进而达到损毁病灶的治疗目的的一种新型定向放射外科治疗设备。

##### (1) 体部治疗系统

###### ①设备参数

体部治疗系统内含 30 枚活度为  $1.05 \times 10^{12}\text{Bq}$ （总活度  $3.15 \times 10^{14}\text{Bq}$ ）的  $^{60}\text{Co}$  放射源， $^{60}\text{Co}$  半衰期为 5.27 年，主要产生 1.17MeV 和 1.33MeV 两组  $\gamma$  射线， $\gamma$  射线平均能量为 1.25MeV。

###### ②设备组成

体部治疗系统由下列主要部分组成：放射准直系统、治疗床、立体定位系统、电气控制系统、治疗计划系统。体部治疗系统主体机械结构示意图 9-1。

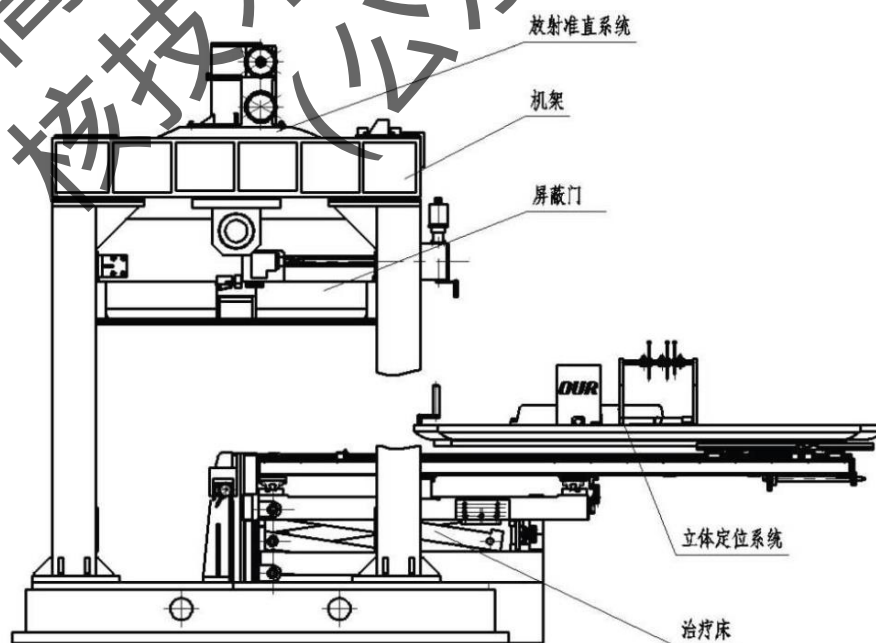


图 9-1 体部治疗系统主体机械结构示意图

本项目拟配备的体部治疗系统主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目体部治疗系统技术参数情况一览表

项目名称	技术参数
设备名称	体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统
数量	1 台
型号	OUR-QGD/B
放射源名称	$^{60}\text{Co}$
放射源初装总活度	$3.15 \times 10^{14} \text{Bq}$ (8500Ci)
放射源数量	30 枚
辐射类型和能量	$\gamma$ 射线, 平均能量 1.25MeV
半衰期	5.27 年
准直器种类及聚焦野尺寸 (mm)	1# ( $\phi 3.5$ )、2# ( $\phi 10$ )、3# ( $\phi 18$ ) 共 3 种
源轴距 (SAD)	463mm
焦点剂量率	3.5Gy/min
治疗状态下治疗装置的泄露辐射比率	$< 0.2\%$
准直器泄露辐射比率	$< 0.2\%$
伽马刀外壳最大表面剂量	$< 0.2 \text{mGy/h}$
贮源状态下 1m 处的空气比释动能率	$< 0.02 \text{mGy/h}$
自屏蔽体参数	源体最外层有内径为 SR510mm, 外径为 SR930mm 的铸铁屏蔽体, 下面有两扇 170mm 厚的铸铁屏蔽门

### ③工作原理

$^{60}\text{Co}$  放疗设备是利用放射性同位素  $^{60}\text{Co}$  产生的高能  $\gamma$  射线照射恶性肿瘤病灶, 杀死癌细胞或者抑制癌细胞的生长从而达到对患者的治疗 (治疗时要求能控制  $\gamma$  射线的方向)。

$^{60}\text{Co}$  放射源本身由双层不锈钢包壳包裹, 包壳内加装有钨合金块, 可减弱其对后方的杂散辐射。放射源的载体被称为源体, 源体呈圆锥台状, 用于装载钴源和准直器。源体外为外屏蔽体、门框和左右门扇所包绕, 起屏蔽辐射作用。开关体外面为圆锥台状, 内面为近筒形, 由源体的内腔包容, 治疗时源体旋转通过特殊结构带动其旋转, 并且其准直通道与开关体的准直通道对合, 形成治疗状态。治疗结束时, 源体自动回复, 其准直通道与开关体的准直通道错位, 由另一组装有钨合金屏蔽棒的准直通道与源体对合, 呈关闭状态, 起辐射屏蔽作用。典型的伽马刀的机头主要由源体、准直体、外屏蔽体、屏蔽门、驱动装置等部分组成 (见图 9-2)。因其需要对不同方向进行治疗照射, 伽马刀结构略有不同, 但工作方式相同, 均为控制源体在完全屏蔽状态和完全暴露状态之间切换, 实现设备的开、关机。



9-2 典型伽马刀辐射头结构示意图

本项目使用的体部治疗系统，采用 OUR 等轴旋转聚焦技术具备高焦点剂量率、高精度以及优良的机械性能。OUR 等轴旋转聚焦技术旋转式伽玛刀采用动态聚焦工作原理，将 30 颗  $^{60}\text{Co}$  源螺旋状均匀排列在半球体上，围绕靶点(焦点)做 360 度旋转照射，一次性形成 30 个非共面弧聚焦照射。

## 2. 工艺流程及产污环节

### (1) 体部治疗系统操作流程

- ①体位固定：局部麻醉下，将立体定位框架对患者进行固定；
- ②核磁定位扫描：将 CT 图框安装于立体定位框架上，并将其与核磁适配器链接，按要求完成核磁定位扫描（在其他科室完成）；
- ③数据传输：将 CT 影像资料的 DICOM 格式输入治疗计划系统（TPS）；
- ④制定治疗计划；
- ⑤治疗计划审核：两名以上专科医生审核并确认；
- ⑥上机治疗：设备自检，确认对讲监控系统运行正常后，两名以上技术人员，核对治疗计划，启动治疗；
- ⑦治疗结束，解除治疗适配器，拆除立体定位框架，患者离开放疗机房。



$^{60}\text{Co}$  放疗设备治疗过程及其产污环节简要图示见图 9-3。

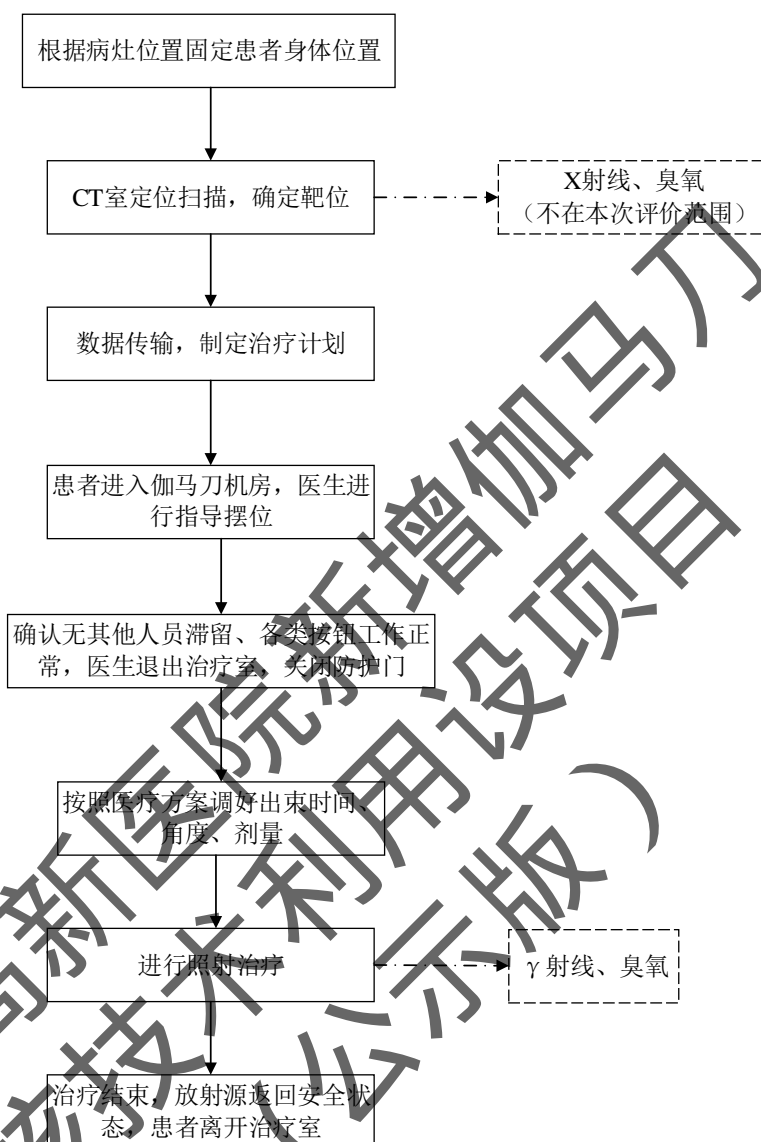


图 9-3  $^{60}\text{Co}$  放疗设备的治疗过程及产污环节简图

体部治疗系统配套使用的 CT 机为医院放射科已有设备，故本次评价不再 CT 机产生的 X 射线辐射影响。

### 污染源项描述

#### 1. 建设阶段的污染源项

本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是设备安装时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等，废水及固体废物依托医院现有的环保措施处理。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，有抑尘措施，施工期短，合理安排施工秩序，对周围环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

## 2.运行阶段污染源项

### (1) $\gamma$ 射线

项目 $^{60}\text{Co}$ 放疗设备所使用的 $^{60}\text{Co}$ 放射源会产生 $\gamma$ 射线对周边环境造成影响，伽马刀机房在运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。此外，当放射源的活度不能满足放疗治疗工作或因医院不再进行放射治疗时，放射源会进行更换或报废，产生 $\gamma$ 射线也会对周边环境造成影响。

### (2) $\beta$ 射线

$^{60}\text{Co}$ 发射的 $\beta$ 粒籽能量为0.318MeV，此能量的 $\beta$ 粒籽在钢中的射程为0.1mm，项目治疗机中放射源属密封放射源，采用不锈钢包壳进行密封，该包壳已将 $\beta$ 射线屏蔽，所以评价中不考虑 $\beta$ 射线的影响。

### (3) 其他非放射性污染源

本项目伽马刀在运行时会产生极少量的臭氧及氮氧化物及定位时产生的医用器具和药棉等医用废物。放射源贮存于放疗设备源体中，在设备停机状态下，源体内空间极小，在停机过程中臭氧及氮氧化物产生量很小，经排风系统处理后对环境影响较小。

## 十、辐射安全与防护

### 项目安全设施

#### 1.辐射工作场所平面布局

##### (1) 平面布距合理性

体部治疗系统专用机房位于医院负二层，机房楼上为放射科走廊，作为本项目的定位机房 CT 机也在该区域，-2F 地下为岩土层。西侧为地下岩土层，放疗机房北侧及东侧为废弃的停车场，后期改造为医院的杂物间，南侧为医院锅炉房，机房与医院其他各单元间分隔明确，不相互穿插、干扰。机房设置了防护门，辐射场所通过辐射工作场所屏蔽实体的有效屏蔽，不会对外环境人员造成影响。因此从满足安全诊治和辐射安全与防护的角度来看，体部治疗系统机房的工作场所布局是合理的。

##### (2) 工作场所布局与分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，应把放射性工作场所分为控制区、监督区以便于辐射防护管理和职业照射控制，需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定位控制区，对控制区运用行政管理程序和联锁装置限值进入。监督区通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。将体部治疗系统机房(包括治疗室和迷路)划为控制区，以实体为边界。将设备间、控制室及东侧、南侧过道及楼上区域划为监督区，以实体为边界，分区布局见图 10-1。

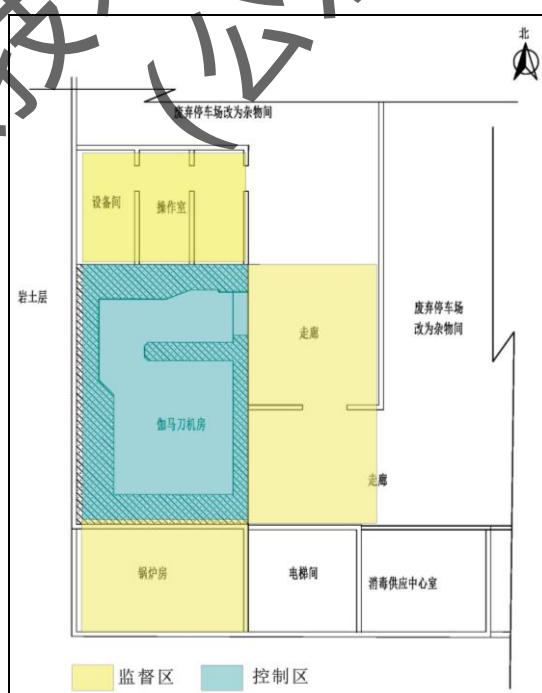


图 10-1 体部治疗系统机房分区布局

## 2.工作场所辐射安全和防护

### (1) 工作场所辐射屏蔽防护

本次使用的体部治疗系统机房为原有 6MeV 加速器机房改造而成，本项目伽马刀机房改建对比见表 10-1，机房防护见图 10-2~10-3。

表 10-1 本项目体部治疗系统机房改造对比表

位置	改造前防护能力		改造后防护能力
东墙	主屏蔽区	厚 225cm 混凝土, 宽 400cm 混凝土	厚 150cm 混凝土
	次屏蔽区	厚 150cm 混凝土	
西墙	主屏蔽区	厚 149cm 混凝土, 宽 400cm 混凝土	厚 114~149.6cm 混凝土
	次屏蔽区	厚 114cm 混凝土	
南墙	厚 150cm 混凝土		厚 150cm 混凝土
北墙	迷道内墙	厚 93.5cm 混凝土	厚 94cm 混凝土
	迷道外墙	厚 129.5cm 混凝土	厚 147~176.5cm 混凝土
顶部	50cm 混凝土+16mm 厚铅板+60cm 混凝土 (相当于 270mm 混凝土)		200cm 混凝土+16mm 厚铅板
防护门	10mmPb		10mmPb

机房通风系统的送风口及排风口以及电缆通道利用原有管道，机房的控制电缆均拟布设于电缆沟内，电缆沟埋设在地下，沟槽深 40cm 宽 40cm，采用了“U”型穿墙方式从迷路外墙地下穿过墙体，电缆沟不会破坏机房墙体的屏蔽效果。

本项目的体部治疗系统机房的屏蔽防护设施改建工程量较小，且施工难度较低，在建设单位严格按照辐射防护屏蔽设计要求进行施工的前提下，机房屏蔽防护改建方案是可行的。

### (2) 辐射工作场所拟采取的辐射安全措施

为确保辐射工作场所内的辐射工作人员工作环境和各机房外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，安全防护措施具体如下：

#### ①安全联锁装置

为防止人员误入造成的人身伤害，伽马刀治疗机房拟建立完善的安全联锁装置，包括钥匙开关、治疗模式联锁、门机联锁、紧急停机按钮、工作状态指示灯和旁路等；同时在伽马刀治疗机房正常运行情况下，安全联锁系统每月检查 1 次。

#### ②源项控制

本项目拟使用的  $^{60}\text{Co}$  放疗设备是  $\gamma$  射线治疗装置，在治疗机机头部是  $^{60}\text{Co}$  放射源的贮存和照射部分，机头使用 170mm 以上厚度的铸铁屏蔽防护措施，在源未开启时，可有效屏蔽  $\gamma$  射线，对环境基本没有影响。

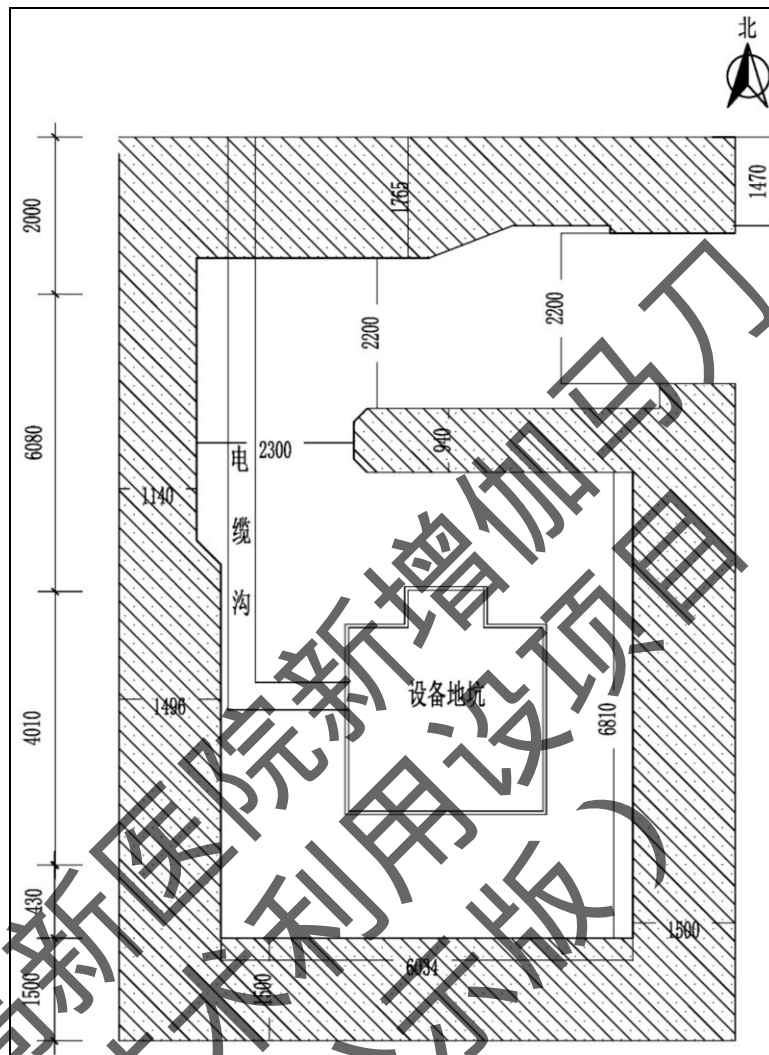


图 10-2 体部治疗系统机房平面图

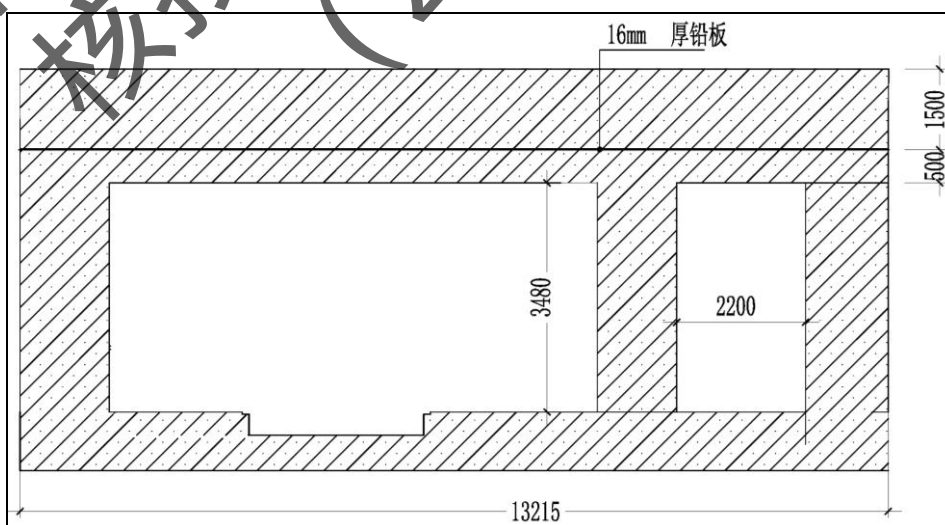


图 10-3 体部治疗系统机房剖面图

### ③监视和对讲装置

拟设置视频监控系统，控制台前工作人员通过视频监控系统观察治疗室内及机房周边情况，并通过对讲装置与治疗室内人员沟通，视频监控系统见图 10-4。此外本项目还拟安装放射源在线监控系统。

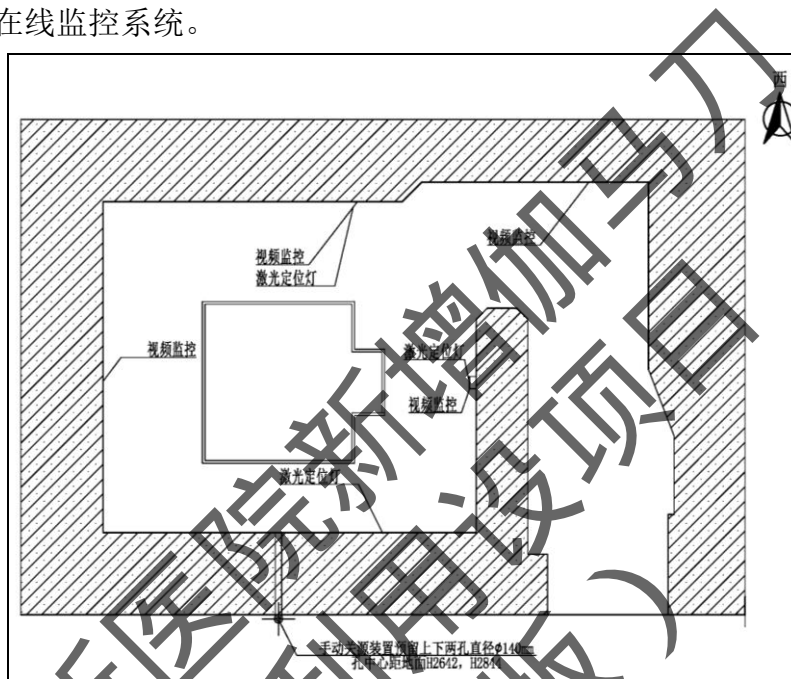


图10-4 体部治疗系统机房视频监控系统布局

### ④警示标志

在伽马刀治疗机房防护门上拟设置明显的电离辐射警告标识及中文说明。

### ⑤监测设备

医院拟配备 1 台个人剂量报警仪；同时系统自带固定式剂量报警仪，探头安装在治疗室内，剂量显示器安装在控制室内可以实时检测治疗室内的辐射剂量情况，并能设定报警阈值，对超过设定值的剂量数值发出声光报警信号，提醒工作人员受到照射，固定式剂量报警仪监测结果显示在控制室内，便于操作人员观察。

### ⑥放射源的安全储存

本项目新增放疗设备室所使用的  $^{60}\text{Co}$  放射源本身由双层不锈钢包壳包裹，包壳内加装有钨合金块，可减弱其对后方的杂散辐射。放射源的载体被称为源体，源体呈圆锥台状，上面钻有 6 组共 30 个向心性准直通道，用于装载固定钴源和准直器。源体外为外屏蔽体、门框和左右门扇所包绕，起屏蔽辐射作用。设备关机、运行过程中，装载于源体上的放射源始终处于固定状态，仅通过驱动源体转动，切换其准直通道处于关闭（屏蔽）或开启状态。相应设备不易出现卡源事故，有效降低了放射源失控的风险。伽马刀

设备自带应急电源，停电后治疗终止，病人退出，屏蔽门自动关闭。

#### ⑦放射源的更换（倒源）

在放疗设备使用一定年限（通常为5年左右）后，需更换伽马刀所使用的 $^{60}\text{Co}$ 。

本项目新增放疗设备的放射源更换工作由放疗装置生产厂家负责。放射源销售单位派遣合格的运输车辆及押运人员将新的放射源运至现场机房后，由建设单位委托放疗装置生产厂家专业技术人员，在本项目的控制室内操作机器人进行放射源更换操作。开展放射源更换操作前，榆林高新医院应对相应治疗室内进行清场，禁止任何人员停留；放射源更换操作过程中，应关闭相应治疗室屏蔽防护门，放射源更换操作结束前，禁止任何人员入内。

#### ⑧废旧放射源处理

放射源更换操作（倒源）产生的废旧放射源由放射源销售单位负责处置。放疗装置源体内的废旧放射源由放射源生产厂家的技术人员导出后，装入储源铅罐并由放射源销售单位运回，按照废旧放射源处理规定进行处理。医院在购置放射源同时，应与放射源销售单位签订废旧放射源回收协议。

#### ⑨通风设置

本项目机房通风装置采用机械进、出风，通风换气频率为不低于4次/h，进风和出风管道在通过墙体时均采用防护材料进行屏蔽，进出风管道进出口出辐射剂量率在控制范围内。

⑩其他：体部治疗系统配备UPS，断电情况下可持续供电30分钟以上，保证关源步骤的完成，确保病人和技术人员的辐射安全；控制室操作台上配置紧急情况下的快速手动关源装置，当自动关源系统出现故障时，可通过该装置将放射源迅速关闭保证安全。

#### （3）人员管理

医院配备辐射巡测仪和个人剂量报警仪，辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，以监测累积受照情况。医院定期组织放射性工作人员进行健康体检，并按照相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

### 三废的治理

#### 1.固体废物

（1）本项目 $^{60}\text{Co}$ 治疗机使用 $^{60}\text{Co}$ 放射源， $^{60}\text{Co}$ 的半衰期为5.27a，当放射源的活度不能满足放疗治疗工作或因医院不再进行放射治疗时放射源将进行更换或报废。放射源的

更换由专业技术人员进行，更换或报废的放射源由厂家进行回收。

榆林高新医院新增伽马刀  
核技术利用建设项目  
(公示版)



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

## 2. 气体废物

本项目伽马刀运行时会产生少量的臭氧及氮氧化物，医院在机房设置了通排风系统，在机房内设置1个送风口，1个排风口，外部连接医院通风系统，在一楼排放至外部，通风换气次数设计为每小时4次，臭氧半衰期50分钟，常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

榆林高新医院新增伽马刀  
核技术利用建设项目  
(公示版)

## 十一、环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

本次环评涉及的伽马刀机房改造是对原有已建好房间进行施工，主要工程为简单的机房改造、室内装修、设备安置等，工程量小，工期时间较短。只要施工单位合理安排好各种噪声施工机具的使用时间，能确保施工场界噪声满足规定要求；施工所产生的少量生活废水和施工废水经医院污水处理系统排入城市污水处理管网。以及设备安装阶段产生的少量废包装材料，送当地指定的建筑垃圾处置场。

本评价认为，施工期间只要施工单位严格执行环评提出的相应环保要求，项目施工期不会对周围环境造成明显影响，并且该影响将会随着施工期的结束而消除。

### 运行阶段对环境的影响

#### 1.辐射环境影响分析

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： $\gamma$ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）对伽马刀的要求，其中“4.2.3 d）体部 $\gamma$ 刀治疗机房墙、顶和门的屏蔽主要应考虑装置治疗状态下的泄露辐射、准直器的泄露辐射和有用线束的一次散射辐射，散射辐射与入射辐射的夹角通常为 $40^{\circ}\sim 140^{\circ}$ ”。机房位于地下负二层，其西侧及地下为岩土层，因此该侧墙体的防护本次计算不予考虑。本项目辐射屏蔽防护及估算点位示意图见图11-1~11-2。

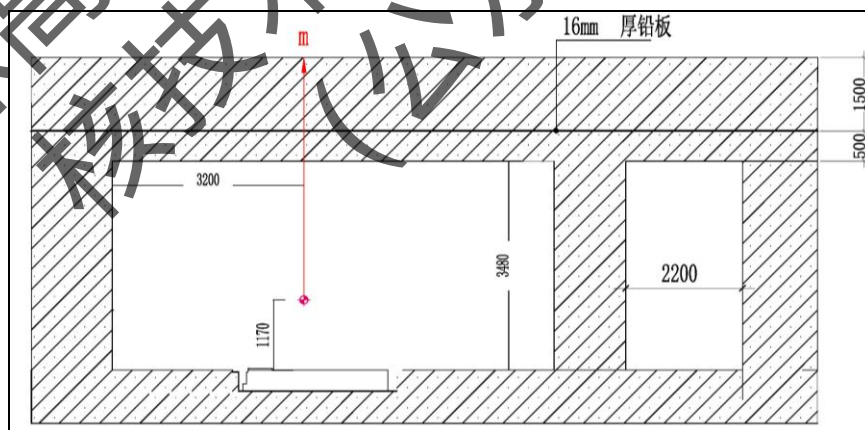


图 11-1 体部治疗系统机房计算点位示意图（1）

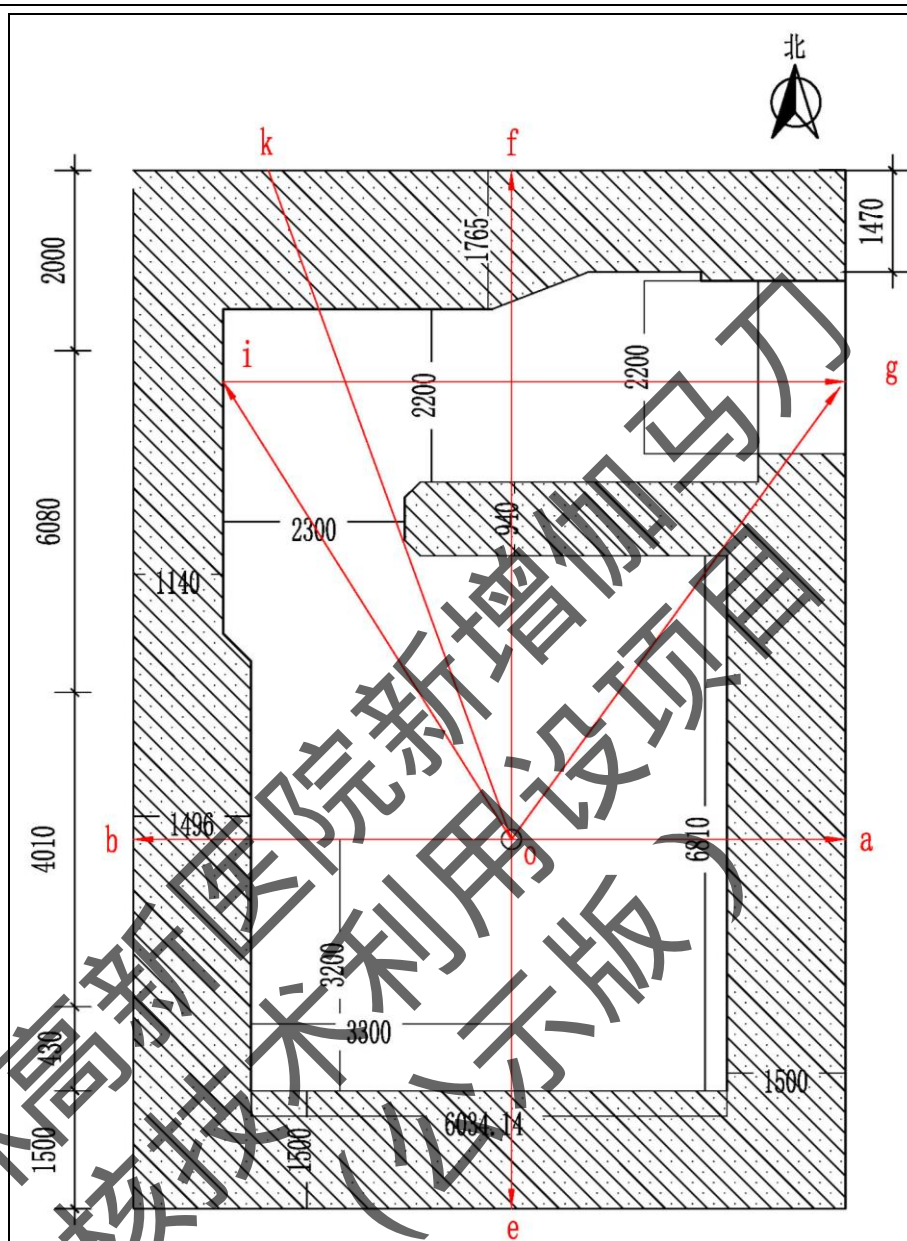


图 11-2 体部治疗系统机房计算点位示意图 (2)

(1) 关注点剂量率参考控制水平

根据 GBZ/T201.3-2014，机房墙外 30cm 处各计算点的剂量率参考控制水平  $H_e$  由以下方法确定

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

$$H_{cd} = \frac{H_a}{t \cdot U \cdot T}$$

$H_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平；

$H_a$ —周剂量参考控制水平，其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作

人员： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；放射性治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

U—主射线束向关注位置的方向照射的使用因子，保守取 1；

T—人员在关注点的居留因子，参考（GBZ121-2020）经常有人员停留的地方取 1，走廊取 1/5，防护门口取 1/8；

t—年治疗照射时间，根据医院提供资料，最大每人治疗时间为 5.0min，伽马刀最多每天治疗 2 人，周工作 5 天，计算得周工作时间 0.84h。

②关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$ ：

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

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

③治疗室楼顶无建筑物，但是可能具有人员驻留， $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

④取①、②、③中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（ $H_c$ ）。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表 11-1：

表 11-1 伽马刀机房周围计算点剂量率参考控制水平表

关注点	居留因子	周照射时间	周剂量参考控制水平	导出剂量率参考控制水平	最高剂量率参考控制水平	剂量率参考控制水平
a	1/5	0.84h	$5\mu\text{Sv}/\text{周}$	$29.76\mu\text{Sv}/\text{h}$	$10\mu\text{Sv}/\text{h}$	$10\mu\text{Sv}/\text{h}$
e	1	0.84h	$5\mu\text{Sv}/\text{周}$	$5.95\mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$
f	1	0.84h	$100\mu\text{Sv}/\text{周}$	$119.05\mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$
k	1	0.84h	$100\mu\text{Sv}/\text{周}$	$119.05\mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$
g	1/8	0.84h	$5\mu\text{Sv}/\text{周}$	$47.62\mu\text{Sv}/\text{h}$	$10\mu\text{Sv}/\text{h}$	$10\mu\text{Sv}/\text{h}$
m	1	0.84h	$5\mu\text{Sv}/\text{周}$	$5.95\mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$

(2) 预测模式

本项目使用体部治疗系统一次散射区为向前  $52^\circ$ ，向上  $18^\circ$  范围，根据设备厂家提供了设备机房内的辐射水平矩阵图，本项目采用该辐射水平矩阵图来预测机房治疗室屏蔽防护能力。

①计算模式

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： $\gamma$  射线源放射治疗机房》（GBZ/T2 01.3-2014）在给定屏蔽物质厚度 X（cm）时，首先按照公式 11-1 计算有效厚度  $X_e$ （cm），按照公式 11-2 计算屏蔽物质的屏蔽投射因子 B，依据设备厂家提供的辐射水平矩阵图，选取最靠近机房墙内表面的最大剂量率考虑距离衰减后再按照公式 11-3 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）。

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad \cdot (11-1)$$

式中：X—屏蔽物质厚度；

$\theta$ —斜射角，即入射线与物质平面的法线的夹角。

$$B = 10^{-(X_0 + TVL - TVL_1) / TVL} \quad \cdot (11-2)$$

式中：TVL (cm)、TVL<sub>1</sub> (cm) 为辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度和第一个什值层厚度。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_{\text{图}} R_{\text{图}}^2}{R^2} \cdot B \quad \dots\dots (11-3)$$

式中： $\dot{H}_{\text{图}}$ —依据设备厂家提供的辐射水平矩阵图，选取最接近机房墙内表面的最大辐射剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R_{\text{图}}$ —依据设备厂家提供的辐射水平矩阵图，选取的点位距辐射源点的距离，单位为 m；

R—辐射源点至关注点的距离，单位为 m，本项目参考点均为相应墙外 30cm。

闭束状态下泄露辐射的剂量估算见公式 11-4

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \dots\dots (11-4)$$

式中： $\dot{H}_0$ —束束状态下 1m 处的杂散辐射水平；

R---辐射源点至关注点的距离，m；

B---屏蔽透射因子；

f---对  $\gamma$  射线远距离治疗装置的泄露辐射为泄露辐射比率，取  $10^{-3}$ ；

②依据设备厂家提供的辐射水平矩阵图，选取最接近机房墙体表现、距地面 1m 高度处的辐射水平最大值预测四侧墙体及防护门外关注点的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )，选取距地面 2m 高度处的辐射水平最大值 (为  $25960\mu\text{Sv/h}$ ) 预测顶部墙体外关注点的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

根据厂家提供的数据，本项目体部治疗系统  $^{60}\text{Co}$  放射源分布在纬度  $39.5^\circ$ - $69.5^\circ$  之间，查 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.6，使用插值法，当散射角为  $40^\circ$  时 (朝四侧墙体照射)，患者散射辐射在混凝土中的 TVL 取 202mm, 铅中的 TVL 取 3.2mm；散射角为  $130^\circ$  (朝顶部照射)，患者散射辐射在混凝土中的 TVL 取 131mm。在 g 处的散射辐射能量取 0.2MeV，铅的 TVL 为 5mm。

出束状态下距地面 1m 高度处、测量间隔为 1m 的辐射水平矩阵图如下图所示：

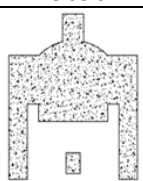
801	824	1360	1563	1385	865	797
894	1008	2530	2905	2170	1035	903
1203	1863	1815	13050	1475	1710	1142
1643	2381	9730		8867	2180	1580
1178	1432	3190	14980	2895	1208	1065
932	1131	2041	2527	1850	1181	957
760	824	876	785	885	迷道	
497	630	526	505	520		
397	410	453	420	449		

图 11-3 出束状态下距地面 1m 高度处、测量间隔为 1m 的辐射水平矩阵图

③预测结果计算

依据设备厂家提供的辐射水平矩阵图，选取最靠近机房墙内表面的最大剂量率在考虑距离衰减后，将相应屏蔽厚度得出的辐射屏蔽投射因子 B 值代入，按照公式 11-3 得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )，计算结果见表 11-1，其中 R 的取值由设备厂家提供 CAD 图纸上读取。

表 11-2 体部治疗系统机房出束状态下参考点处的辐射剂量率核算值

预测位置	参考距离 R(m)	厂家提供机房内表面辐射剂量 H ( $\mu\text{Sv/h}$ )	厂家剂量选取点距源点的距离 R <sub>图</sub> (m)	屏蔽厚度		辐射屏蔽透射因子	剂量率估算值 H ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否符合
				X(mm)	X <sub>e</sub> (mm)			
东墙 (a 点)	4.534	2905	2	1500 砵	1500 砵	3.75E-08	2.12E-05	符合
南墙 (c 点)	5.5	1643	3	2000 砵	2000 砵	1.26E-10	6.14E-08	符合
迷路外墙 (k 点)	8.92	1643	3	1470 砵	1470 砵	5.28E-08	9.82E-06	符合
屋顶 (m 点)	4.6	25960	2	200 砵 +16mmpb	200 砵 +16mmpb	1.75E-22	8.61E-19	符合
防护门 (g 点)	12.8	420	5	10mmpb	10mmpb	6.41E-01	0.641	符合
	4.91	505	4	940 砵 +10mmpb	940 砵 +10mmpb	2.22E-05		

k 点不考虑迷路内墙的防护，迷路外墙考虑最薄处防护厚度 1470mm；  
m 点根据附录 C.1 中计算，<sup>60</sup>Co 核素 16mm 铅，相当于 85mm 混凝土；  
g 点穿过迷路内墙到防护门的距离及散射线通过迷路二次散射到防护门的距离，保守取等中心点到防护门口的距离 4.91m，计算内迷路透射因子时不考虑防护门的防护能力

计算结果表明，体部治疗系统正常运行工况下，机房周围的辐射剂量率为 (8.61E-19~0.648 $\mu\text{Sv/h}$ )，满足体部治疗系统机房周围计算点剂量率参考控制水平要求。

依据设备厂家提供资料，源体外有 420mm 厚的铸铁屏蔽球壳，形成对钴源的密封屏蔽，在关束状态下距钴源 1 米处的杂散辐射水平不大于 20 $\mu$ Gy/h，则贮源状态下屏蔽体外关注点的剂量率 ( $\mu$ Sv/h) 计算结果见表 11-3。

表 11-3 体部治疗系统机房贮源状态下参考点处的辐射剂量率核算值

预测位置	参考距离 R(m)	贮源状态下距源 1 米处的空气比释动能率 ( $\mu$ Sv/h)	屏蔽厚度		辐射屏蔽透射因子	剂量率估算值 H ( $\mu$ Sv/h)	是否符合
			X(mm)	X <sub>e</sub> (mm)			
东墙 (a 点)	4.534	20	1500 砵	1500 砵	3.75E-08	3.65E-11	符合
南墙 (e 点)	5.5	20	2000 砵	2000 砵	1.26E-10	8.30E-14	符合
迷路外墙 (k 点)	8.92	20	1470 砵	1470 砵	5.28E-08	1.33E-11	符合
屋顶 (m 点)	4.6	20	200 砵 +16mmpb	200 砵 +16mmpb	1.75E-22	1.66E-25	符合
防护门 (g 点)	4.91	20	940 砵 +10mmpb	940 砵 +10mmpb	2.22E-05	1.84E-08	符合

综上所述，体部治疗系统机房四周墙体及防护门各关注点的剂量当量率均能够满足剂量率控制要求。

## 2 人员受照剂量分析

根据建设单位提供的数据，预计最大工作量为：每天治疗2人次，年工作250d，患者人均总出束时间约5min/人次，累计治疗出束时间41.7h/年。根据前文关注点处剂量率的计算结果，可预测体部治疗系统机房周围的工作人员和公众的年吸收有效剂量，见表11-4。

表11-4 体部治疗系统机房四周人员年吸收有效剂量计算结果

关注点	a	e	g	k	m
点位描述	过道	锅炉房	防护门	设备间、操作室	屋顶
关注点处剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	2.12E-05	6.14E-08	0.641	9.82E-06	8.61E-19
居留因子	1/5	1	1/8	1	1
年受照时间 (h)	41.7	41.7	41.7	41.7	41.7
年有效剂量 ( $\mu$ Sv)	1.77E-04	2.56E-06	3.34	4.09E-04	3.59E-17

由表11-4计算结果可知，体部治疗系统机房周围关注点处辐射工作人员和公众年有效剂量最大为3.34 $\mu$ Sv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求：工作人员年有效剂量不超过5mSv，公众人员年有效剂量不超过0.25mSv。

## 3.事故影响分析

### (1) 事故源项分析

结合体部治疗系统工艺流程进行分析，事故风险主要来自于设备工作状态环节。

其潜在的危害因素主要有：

1) 连锁装置失灵，人员误入；2) 断电事故；3) 电气系统失控；4) 卡源事故；5) 放射源被盗丢失；6) 换装源误照射；7) 放射源泄露；8) 停机维修期间的误照射等。

### (2) 事故影响防范措施

#### 1) 连锁装置失灵，人员误入

体部治疗系统三维定位床、屏蔽门之间的运动采用硬件和软件二级安全连锁，确保了治疗过程安全、有序地进行。在主机程序中还设置了自检程序，每次治疗操作前，整个系统自动检测，只有自检通过后才能进行治疗；设备未设置参数，不能启动治疗；防护门打开或没有关严时，则不能出束；控制室和治疗室均有紧急制动装置；另外在控制室还可以通过设置在治疗室的监视器看到治疗室内的情况，声光报警系统也在控制室有反应，一般情况下不会造成人员误入，即使人员误入，防护门也能从里打开。

极端情况下，所有连锁系统，监视系统，声光报警系统全部失灵，正在治疗过程中人员误入，这样，对误入的人员可能造成超剂量的辐射，引发事故。但对外环境不造成影响。

从理论上讲，发生这种事故的几率极小。为防止事故的发生，平时要经常检查和维修连锁系统及安全系统。工作人员要严守操作规程，每次开机运行前要确认治疗室无其他人员时，才能开始进行治疗。

#### 2) 断电事故

治疗前，如外部断电，控制系统无法自检，则治疗程序不能启动，不能进行治疗；治疗过程中断电，设备配有供电30分钟的不间断电源，可保证治疗的正常运行和治疗完整性。

极端情况下，外部供电系统断电，而不间断电源不能供电或已损坏，此时工作人员可迅速通过在控制室的手动系统完成退床、源复位（将源摇至准直体屏蔽位置）等动作。

若手动系统此时也损坏或不能使用，工作人员可迅速进入治疗室，利用治疗机上的手动系统，将病人退出治疗空腔、关闭屏蔽门等动作。这种事故发生，对病人、工作人员和环境影响较小。

#### 3) 电气系统失控



当正在治疗时电气系统失控，不能关机时，同样工作人员采取手动完成关源、退床、关闭屏蔽门等程序。这种事故发生几率非常小，若电气有故障，在开机自检时就不能通过，无法进行治疗。即使这种事故发生，对外环境也不会产生影响。

#### 4) 卡源事故

本项目体部治疗系统的卡源和传统的 $^{60}\text{Co}$ 治疗机的卡源不同， $^{60}\text{Co}$ 源在安装好以后，位置即固定，所以没有像其他 $^{60}\text{Co}$ 治疗机那样的卡源现象。它所指的卡源，是指同轴旋转的准直体和源体不能回归零位，即治疗结束后源始终处于照射状态。出现这种情况是由于控制系统失控或同轴旋转的源体和准直体之间出现故障。这种故障出现与机器的磨损、维护、检修以及质量有关系。在这种情况下，工作人员可立即用控制室的手动系统将源摇回准直体屏蔽位置，人员可不必进入治疗室，若手摇也无法将源回归零位，则工作人员须迅速进入治疗室将病人撤离，然后手动将屏蔽门关闭，再找专业人员或厂家修理，这种事故下工作人员进入治疗室可能造成辐射剂量增加，但只要合理控制现场处理的时间则相对影响很小。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定，从事干预的工作人员所受到的照射不得超过职业照射的最大单一年份剂量限值。依据厂家提供的资料，本项目一次手动关源过程一般需要5分钟，经过专门培训后可以缩短到2min，源距焦点1米处的最大辐射剂量率为 $0.02\text{Gy/h}$ ，因此，关闭放射源期间的操作者（如“卡源”事故的手动关源）的受照剂量为 $0.02\text{Gy/h} \times (5\text{min}/60\text{h}) = 1.7\text{mGy}$ ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的相关要求。本次评价要求医院经常对设备性能进行检查，防止该情况发生。

#### 5) 放射源被盗丢失

一旦发现放射源被盗或丢失，将会对周围环境产生不可估量的影响。在日常工作中，专人负责设备管理，非放射工作人员及患者禁止进入治疗室，并做好设备的日常检查。放射源被盗或丢失事件发生的几率相对很小。

#### 6) 换装源过程，人员误照射

换装源过程主要由放射源生产厂家来完成，建设单位负责协助工作。在换装源过程中，如果操作不当，出现源包壳损坏等状况时亦会对周围环境产生不利影响。在操作过程中，应严格按照辐射防护要求操作。

#### 7) 放射源泄露

当机器使用时间较长或因外力使源包壳出现破损时，会发生放射源泄露事件。日常工作中，保持设备日常检查、用巡测仪等对治疗室周围剂量进行监测的情况下，此类事件发生几率较低。

#### 8) 维修停机期间的辐射事故

维修停机期间操作不当或其他非维修人员误操作，会导致辐射事故的发生。加强日常工作的监管，在维修停机期间严格按照规程、保证专人看守等措施，减少辐射事故的发生。

#### (3) 事故应急预案

榆林高新医院已制定了辐射事故应急预案，就应急结构和职责分工，辐射事故分级，应急响应措施，辐射事故的调查、报告和处理程序等方面作了明确规定。

此外榆林高新医院已制定的辐射事故应急预案可从下述方面进行进一步完善：

1) 从应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备等方面对辐射事故应急预案进一步完善。

2) 依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《陕西省放射性污染防治条例》等相关规定同时结合年度评估报告和本单位的具体情况，每年定期对应急响应预案进行修改和完善（包括应急机构人员组成、联系方式更新等）。

本着有备无患、万无一失的原则，榆林高新医院必须按照以下原则加强辐射事故应急管理工作和应急措施的执行：

①定期对放射工作人员进行事故处理知识的培训和应急演练。

②做好应急准备工作，确定应急撤离路线和紧急联络方式，并有相应的预防、处理和现场急救措施。

③保证对外联络畅通，以确保在事故发生后能第一时间与当地生态环境主管部门、卫生主管部门、公安部门和消防部门等取得联系。

医院的辐射事故应急预案应当报当地生态环境部门备案当发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人报告。医院应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在规定时间内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

## 十二、辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

医院辐射安全防护管理机构应切实根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》管理要求开展工作。

陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号）的相关规定要求，医院已对核技术利用项目进行辐射安全管理标准化建设工作。

医院已成立了以主管院长为组长，相关科室负责人等为组员的辐射防护与安全管理机构，主要职责如下：

- （1）组织制定并落实辐射防护和安全管理规章制度。
- （2）定期组织对放射诊疗设备和工作场所进行性能、防护的检测，督促落实相关部门做好放射诊疗工作人员、患者的辐射防护措施。
- （3）组织本院放射诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识的相关规定的培训和健康检查。
- （4）制定辐射事故应急预案并组织演练。

### 辐射安全管理规章制度

医院目前已建有放射诊疗科、放疗科，并制定相关辐射安全管理制度。医院现有核技术利用项目均已通过环保验收，验收过程中已经对医院现有辐射安全管理制度进行核实查验，这些制度包括操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度、台账管理制度、监测方案及应急响应预案和应急人员的培训演习制度。

本次增加的体部治疗系统属于放疗设备，环评建议建设单位应结合本次项目新增的内容，对原有辐射安全管理制度进行补充、完善，使之切实可行又符合相关管理规定，并付诸严格执行。拟完善、补充内容如下：

- （1）制定体部治疗系统系统操作规程；
- （2）制定体部治疗系统机房辐射工作人员岗位职责；
- （3）新增工作场所的监测方案纳入原有监测制度；
- （4）完善体部治疗系统使用场所分区管理规定；
- （5）完善原有应急响应预案和应急人员的培训演习制度。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际情况及时对各项规章制度制定，使之符合相应环保要求。

## 辐射监测

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

### 1 已有项目的辐射监测开展情况

(1) 验收监测：医院已运行项目均已委托监测单位对辐射工作场所的辐射防护设施进行了全面的验收监测，并通过了自主验收。

(2) 常规监测：医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，包括射线机房的各面屏蔽墙、观察窗和防护门等，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(3) 辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，并每季度进行检测。

(4) 医院已配备X-γ辐射监测仪等监测仪器，定期对医院各辐射工作场所进行自行监测，监测数据存档保存。

### 2 此次项目辐射监测计划

医院放疗科已配置有固定式报警仪1个和便携式个人剂量报警仪2个，每个辐射工作人员均应配备个人剂量计。

#### ① 个人剂量监测和职业健康检查

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。辐射工作人员职业健康检查应至少每2年进行1次，并建立职业健康监护档案且长期保存。

#### ② 辐射工作场所及周围环境监测

##### ①年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度检测报告应作为《年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

##### ②日常自行监测

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所

的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期至少1次/月。

③监测内容和要求

A、监测内容： $\gamma$ 空气吸收剂量率。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-1）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表12-1 辐射工作场所监测计划建议

场所	监测点位	监测频次	备注
X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	体部治疗系统机房：机房屏蔽墙体外表面30cm处、防护门及缝隙外表面30cm处、机房顶棚30cm处、工作人员操作位（含指导摆位位置），管线洞口及通风口；体部治疗系统贮源状态下，贮源器表面5cm的任何位置不大于0.2mGy/h，1m的任何位置不大于20 $\mu$ Gy/h	每月至少监测一次	

辐射事故应急

1 辐射事故应急预案规定内容

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保护部令第18号）第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。”辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故的调查、报告和处理程序。

2 现有情况

医院已成立辐射防护与安全管理机构，明确了了职责，制定了辐射事故应急预案，应急预案包括辐射事故处理程序，辐射事故应急处理原则、应急事故报告制度、人员救助和现场控制等有关内容，针对本次新增加的立体定向伽玛射线全身治疗系统，环评建议建设单位应结合本次项目新增的内容，对原有应急预案进行补充、完善，使之切实可行又符合相关管理规定，并付诸严格执行。上述制定各项内容措施，对辐射事故应急处置将会起到积极作用。

## 环保投资和“三同时”措施一览表

### 1.环境保护投资

本项目总投资 1450 万元，计划环保工程投资 32.5 万元，占项目总投资的 2.24%，环保投资费用主要为环境监测费用、个人剂量计的购置及检测费用、职业病健康检查费用、相关安全设施等的防护费用等。

表 12-2 环保投资估算表

类别	污染源或污染物	污染防治措施或设施	费用
施工期固体废物处置	生活垃圾	统一纳入医院生活垃圾清运系统	0.5
咨询、评价费	—	—	15
固体废物	废弃放射源	交由放射源生产厂家回收	/
废气	NO <sub>x</sub> 、O <sub>3</sub>	通风装置利用已有	/
辐射环境	γ 射线	门-机联锁、视频监控及对讲设施、工作状态指示灯、剂量和时间联锁系统、门灯联锁等	15
		机房防护墙、防护门	计入工程投资
制定环境管理制度			—
辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检			1.0
辐射工作人员至少每 2 年进行职业健康体检			1.0
合计			32.5

### 2.“三同时”措施一览表

该项目“三同时”措施一览表如表12-1。

表12-1 “三同时”措施一览表

序号	项目	“三同时”措施	预期效果
1	辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构	成立专门的辐射防护管理小组，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确辐射防护管理小组的主要职责。
2	剂量限值	/	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，公众、职业照射剂量约束值执行0.25mSv/a和5mSv/a
3	剂量率限值	满足要求的防护能力	除体部治疗系统屋顶、南墙、北墙及屏蔽墙体外表面 30cm 处空气吸收剂量率≤2.5μSv/h 其余屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门表面及缝隙 30cm、通风管道附近空气吸收剂量率≤10μSv/h
			体部治疗系统贮源状态下，贮源器表面 5cm 的任何位置不大于 0.2mGy/h，1m 的任何位置不大于 20μGy/h
4	辐射安全和防护措施	屏蔽措施	放射性工作场所建设和布局与环评报告表描述一致。经屏蔽墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。通风设施运行正常，通风能力满足设计要求。
5	辐射安全和防护措施	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）	机房门外设置放射性警告标识和中文警告说明，设置有机房安全联锁、门灯联锁、急停装置、报警、在线监控系统、视频监控等装置
		废气处置设施	有独立排风系统，排风次数满足4次/h要求

续表12-1 “三同时”措施一览表

序号	项目	“三同时”措施	预期效果
6	人员配置	辐射防护与安全培训和考核	从事管理工作和辐射工作的所有辐射工作人员上岗前均应参加辐射安全和防护专业知识的培训并考核合格。
		个人剂量监测人员职业健康监护	项目运行后辐射工作人员应进行个人剂量监测，定期组织工作人员进行职业健康体检，并按相关法规要求建立工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。
7	监测仪器	环境辐射剂量巡测仪	配备γ辐射监测仪和个人剂量报警仪
8	辐射安全管理制度	制定操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急措施等规章制度	根据环评要求以及陕环办发[2018]29号文件要求，按照项目的实际情况，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。针对使用的放射性同位素和射线装置使用过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急物质。定期进行辐射事故应急演练。
9	辐射安全管理标准化	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）进行验收	

## 十三、结论与建议

### 结论

1. 为了满足广大患者的诊疗需求和医院自身发展需要,榆林高新医院将南北楼之间空地的地下二层原有加速器机房进行改造,原有 6MV 加速器报废,新增一台 OUR-QG D/B 型立体定向伽玛射线全身治疗系统(内含 30 枚总活度为  $3.15 \times 10^{14} \text{Bq}$  的 Co-60 放射源,为 I 类源),以提高对疾病,尤其是肿瘤和癌症的治疗能力。该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的原则。

2. 本项目建于榆林高新医院院内,将地下二层现有直线加速器机房改造成放疗专用场所设置体部多源  $\gamma$  射束立体定向放射治疗系统专用机房及设备间等,项目无新征用地,主要环境保护目标为该医院从事放射诊断的工作人员、辐射工作场所周围其他非辐射工作人员和公众成员,医院周边主要为城居环境,场址周围无明显环境制约因素,本项目选址基本合理。

体部多源  $\gamma$  射束立体定向放射治疗系统专用机房位于负二层最西侧,机房西侧为岩土层,放疗机房北侧及东侧均为废弃的停车场后期改造为医院的杂物间,南侧为锅炉房,放疗机房由走廊与其他区域分割为独立区域,放疗场所在各区域功能明确,互不干扰,又互相联系。各功能区间采用墙体分隔,墙体、防护门的防护厚度充分考虑了电离辐射影响,能够有效降低电离辐射对工作人员和周围公众的辐射影响,平面布局基本合理。

3. 根据 2021 年 8 月 7 日《榆林高新医院伽马刀机房辐射环境本底水平监测报告》(报告编号:QNJIC-202108-E003-号)中本底辐射水平测量结果,榆林高新医院拟改建伽马刀机房辐射工作场所周边  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景监测值在  $0.05 \sim 0.08 \mu\text{Sv/h}$  之间,属于天然外照射水平。

4. 本项目体部多源  $\gamma$  射束立体定向放射治疗系统设计有单独的机房,工作人员隔室进行操作防护门设计闭门装置,防护门上方安装工作状态指示灯,工作状态指示灯与防护门有效联动,设置有安全连锁装置,机房设置有监视和对讲系统,放射源由安全贮存装置;放射性场所均张贴电离辐射警示标志和中文警示说明,告诫无关人员远离该区域。

5. 根据第 11 章环境影响分析的理论估算结果可知,该院放疗项目在做好个人防护措施和辐射安全防护措施的情况下,项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。



6.榆林高新医院已设置辐射安全与环境保护管理机构以及辐射管理人员，全面负责医院辐射安全管理相关工作，组织制定了各项辐射安全管理规章制度、操作规程和应急预案。在完善环评相关要求前提下，具备相应的辐射安全管理能力。

综上所述，榆林高新医院具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施，具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施后，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

### 建议与承诺

(1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对医务人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降到最低。

(2) 辐射工作人员应提高熟练程度，减少医护人员停留机房内时间，尽可能地降低工作人员年有效剂量。辐射工作人员（含以后新增辐射工作人员）和直接负责辐射管理人员，应进行辐射防护培训，必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行培训。

(3) 本项目在取得环评批复后应尽快申请辐射安全许可证，申请辐射安全许可证之前，确保拟制定的辐射安全管理制度完成。

(4) 体部多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗系统专用机房严格按照项目设计图纸和施工技术组织规范施工，加强施工质量管理；

(5) 辐射事故应急预案在随着本项目的实施发生变化后，完善相关内容修订使用。

(6) 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），规范管理与操作，建立健全核技术利用项目各项档案管理，认真开展自查自评工作，发现问题及时整改。

## 十四、审批

下一级环保部门预审意见：

公 章  
经办人：

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人：

年 月 日