

编号：HDPT-2021-HP0002

核技术利用建设项目

宝鸡市中心医院医用直线加速器 核技术利用项目环境影响报告表

陕西华大普泰检测技术有限公司

2021年10月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

宝鸡市中心医院医用直线加速器 核技术利用项目环境影响报告表

建设单位名称：宝鸡市中心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：宝鸡市姜谭路 8 号

邮政编码：721000

联系人：刘胜利

电子邮箱：yjb3397127@163.com

联系电话：15109173918

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	10
表 3 非密封放射性物质.....	10
表 4 射线装置.....	10
表 5 废弃物.....	11
表 6 评价依据.....	12
表 7 保护目标与评价标准.....	14
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	21
表 10 辐射安全与防护.....	26
表 11 环境影响分析.....	37
表 12 辐射安全管理.....	49
表 13 结论与建议.....	54

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宝鸡市中心医院医用直线加速器核技术利用项目			
建设单位		宝鸡中心医院			
法人代表	拓文	联系人	刘胜利	联系电话	15109173918
注册地址		宝鸡市姜谭路8号			
项目建设地点		陕西省宝鸡市渭滨区姜谭路8号宝鸡市中心医院放疗中心一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	2965.8	项目环保投资 (万元)	90	投资比例(环保 投资/总投资)	3%
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²) 210m 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	-			

1.1 建设单位简介

宝鸡市中心医院（以下称“建设单位”）位于陕西省宝鸡市渭滨区姜谭路8号，地理位置详见图1.1，宝鸡市中心医院始建于1951年，前身为中国人民解放军西北军区第七陆军医院，后移交地方，几经隶属更为现名。作为具有红色基因传承的医院，在几代人的不懈努力下，现已成为宝鸡地区规模最大、辐射周边地区集医疗、教学、科研、预防、康复、保健为一体的综合性三级甲等医院，先后荣获全国文明单位、全国卫生系统先进集体、全国首批百姓放心示范医院、全国百佳医院、全国“平安医院”工作表现突出集体、陕西省先进基层党组织等称号，涌现出全国抗击新冠肺炎疫情先进个人任炜，全国优秀共产党员、党的十五大代表、全国先进工作者王云侠，全国卫生系统先进个人贺志新、顿国亮，全国

五一巾帼标兵杨凤玲等一大批先进模范人物。

医院现址占地170亩，编制床位1600张，设临床、医技及药学科室54个，年接诊患者102.1万人次、出院患者6.4万人次、完成手术6.9万余例。现有职工2400余人，其中有中高级专业技术人员1163人，博、硕士研究生381人；国家级学会委员30人，省级学会副主委8人、常委33人；市级有突出贡献拔尖人才20人；宝鸡市“三五人才工程”1人；省、市级劳模10人。拥有国家重点专科1个、国家级基地12个、陕西省临床重点专科5个、陕西省临床医学研究分中心4个、宝鸡市优势学科2个、宝鸡市重点专科16个、宝鸡市医学中心17个。



图1.1 医院地理位置及四邻关系图

1.2 任务由来

因原有15MV加速器无法满足临床需求，需要进行设备更新，建设单位拟将放疗中心一层一间15MV加速器机房改建为10MV医用直线加速器机房并新购置一台加速器，并重新进行环境影响评价工作，原15MV加速器于2018年进行报废处置（宝市财办资〔2018〕31号），机器无放射性。

本项目为使用Ⅱ类射线装置应用项目，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（部令 第16号）规定，环评类别为环境影响报告表。为此，宝鸡市中心医院于2021年7月26日委托陕西华大普泰检测技术有限公司开展宝鸡市中心医院医用直线加速器核技术利用项目（简称“本项目”）的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员

进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，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）等规定要求编制完成本环评报告表。

1.3 项目概况

建设单位拟将其放疗中心一层一间15MV加速器机房进行改造，同时新增1台10MV医用直线加速器。

建设单位委托陕西椿源辐射环境咨询服务有限公司对原15MV加速器机房进行了环境影响评价工作（陕环批复〔2007〕34号），并于2012年4月28日取得环评批复（陕环批复〔2012〕224号），原机房的平面布局见图1.2，机房工作人员为放疗中心放射工作人员，根据医院提供的《医用射线防护检测与评价报告表》（宝市疾控(放卫)字(2016)第15号）可知放疗中心原15MV加速器机房四侧防护墙体屏蔽合格，目前机房尚未动工改造，15MV加速器的主要参数及此次环评新增辐射源项情况见表1.1。

表1.1 此次环评辐射源项信息一览表

设备名称	技术参数项目	技术参数	种类和范围
2100C/D医用加速器 (原15MV加速器)	X射线能量	6MV（600MU/min），15MV（600MU/min）	使用II类射线装置
	电子束能量	6MeV，9MeV，12MeV，16MeV，20MeV	
	有用线束最大张角	28°	
	机架旋转角度	±185°	
	等中心高度	1300mm	
	治疗最大照射野	40cm×40cm	
	射线泄漏率	0.1%	
VitalBeam型加速器	X射线能量	6MV（600MU/min），6MV FFF（1400MU/min）	使用II类射线装置
		10MV（600MU/min），10MV FFF（2400MU/min）	
	电子束能量	6MeV，9MeV，12MeV，15MeV，18MeV	
	有用线束最大张角	28°	
	机架旋转角度	±185°	
	等中心高度	1295mm	
	治疗最大照射野	40cm×40cm	

射线泄漏率	0.1%
距焦点1m处最大剂量率	24Gy/min
本项目现15MV加速器机房有效使用面积为46.1m²，设计改建后的机房面积为44.8m²，拟对四周屏蔽墙体不同程度加厚，更新防护设施及设备、电气系统，铅屏蔽门利旧。管理机构、人员、制度利旧完善。本项目现有屏蔽措施与具体改建方案详见表10.2。	
1.4 编制目的 (1) 通过对医院现有射线装置工作场所以及周边环境进行监测、调查，查明是否存在辐射环境问题。 (2) 通过对本项目加速器辐射环境影响进行理论估算，确定其对周边环境的影响范围、影响程度，分析拟采取辐射防护措施的有效性，并提出合理的意见与建议。 (3) 满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定，为生态环境部门和医院的辐射环境保护管理提供科学依据。	
1.5 项目选址及周边环境情况 (1) 医院周边环境概况 宝鸡市中心医院位于陕西省宝鸡市渭滨区姜谭路8号，医院北面为姜谭路，隔路为三和居小区，医院东侧为电厂西路，隔路为东方御景居民区，医院南侧为废弃厂区，西侧为宝鸡钢管厂。 (2) 医院平面布局 医院平面布置及本项目位置示意详见图1.3。	

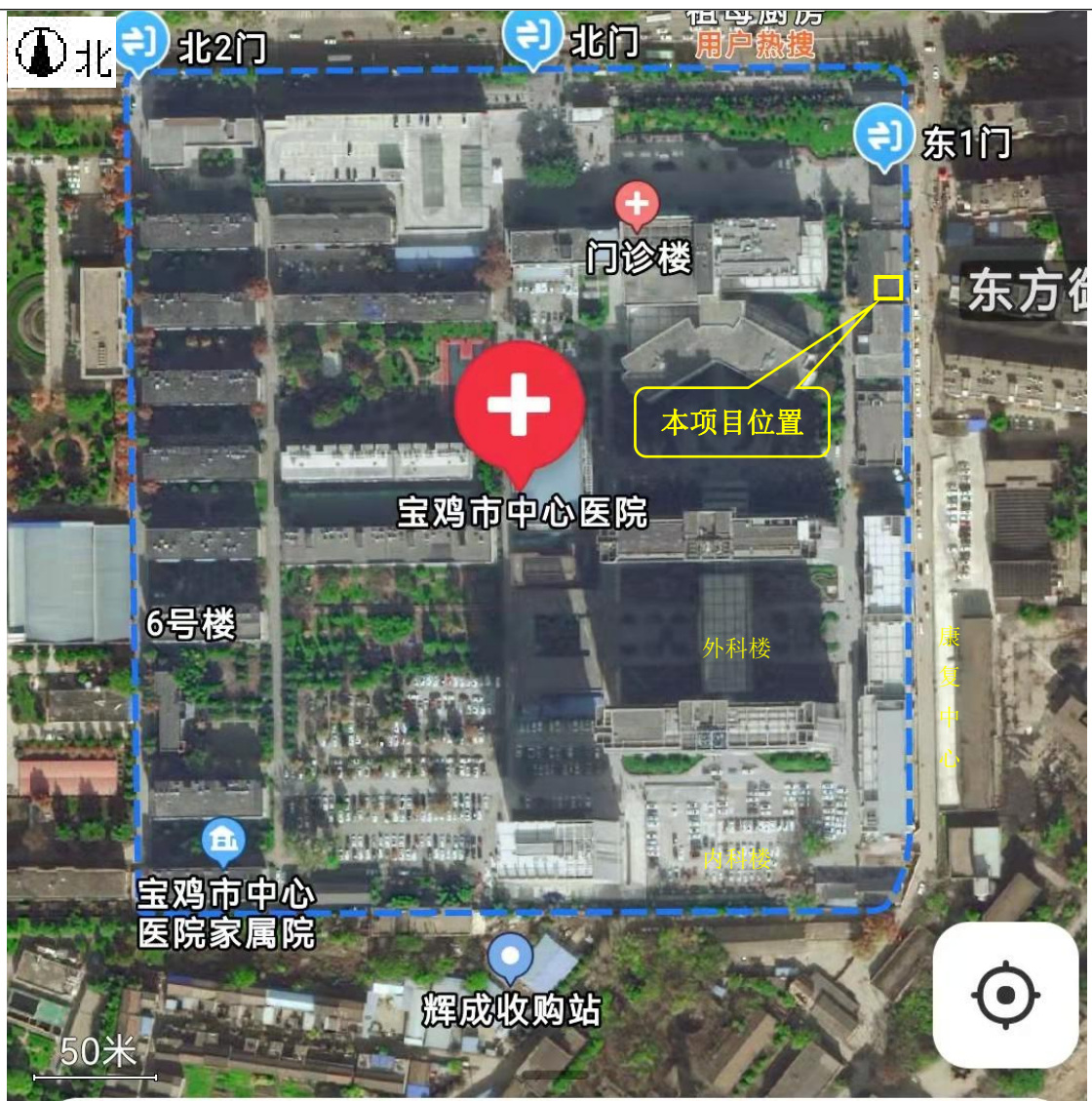


图1.3 医院平面布置及本项目位置示意图

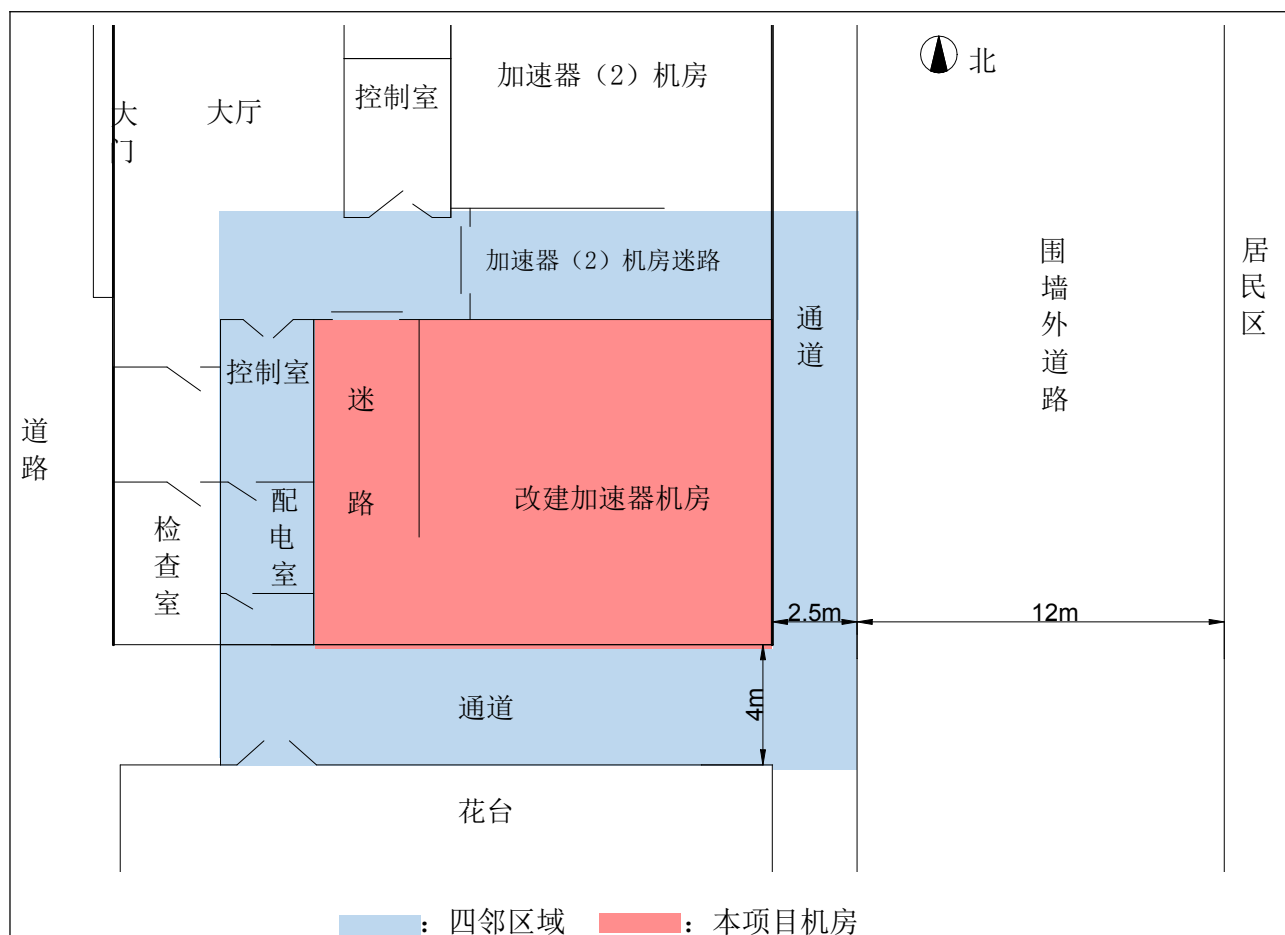


图1.4 项目四邻关系示意图

(3) 本项目选址及布局

本项目位于医院放疗中心一楼现有15MV加速器机房处，位于医院的东侧，为地上一层建筑，无地下室，机房的四周环境为：东侧是窄道，南侧是人员通道，西侧是控制室和配电室，北侧是另一台加速器机房迷路，楼上、楼下无建筑，项目四邻关系见图1.4。

项目周边有医院门诊楼等医院内区域、东侧为医院外部居民区，为本次评价保护目标。

综上所述，本项目位于医院内部，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，本项目利用现有放疗中心15MV加速器机房进行改建，医院拟实施的改建方案中机房的平面布局 and 屏蔽防护设计充分考虑了对周围环境和人员的安全防护，根据后文环境影响分析可知，经采取相应防护治理措施后，射线装置的电离辐射对周围环境与公众的影响是可接受的，所以项目的选址和布局是合理的。

1.6 核技术利用现状

1.6.1 医院原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院自2006年以来所履行的环保审批手续及其竣工验收情况见表1.3。

表1.3 医院近几年履行的环保审批手续情况一览表

时间/项目	环保审批	环保竣工验收
2006年、2008年		
^{192}Ir 后装机、15MV直线加速器、开放型同位素 (^{131}I 、 ^{153}Sm 、 ^{32}P 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$)、数字减影血管造影系统等	陕环批复〔2007〕34号 陕环批复〔2008〕685号	陕环批复〔2012〕224号
2014年、2015年		
医用电子直线加速器、数字血管造影系统及核医学科改扩建项目	陕环批复〔2016〕254号 陕环批复〔2016〕432号	陕环批复〔2017〕58号 核医学科改扩建项目已完成自主验收
2018年新增数字血管造影系统	陕环批复〔2018〕531号	已完成自主验收

医院首次取得《辐射安全许可证》的时间为2009年1月。后经新增项目，医院在2021年9月15日取得的辐射安全许可证（陕环辐证[10026]），许可种类和范围为：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所，具体见表1.4。许可证有效期至2024年9月29日。

表1.4 陕环辐证[10026]核准的核技术应用项目内容一览表

（一）放射源				
类别	核素	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数		活动种类
Ⅲ类	Ir-192	3.7×10 ¹¹ ×1		使用
（二）非密封放射性物质				
场所等级	核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类
乙级	Sm-153	4.44×10 ⁷	8.88×10 ⁹	使用
	Tc-99m	4.44×10 ⁸	1.11×10 ¹¹	使用
	P-32	2.22×10 ⁸	5.55×10 ¹⁰	使用
	I-131	2.29×10 ⁹	5.73×10 ¹¹	使用
	Sr-89	2.96×10 ⁷	7.4×10 ⁹	使用
（三）射线装置				
类别	装置名称		装置数量	活动种类
Ⅱ类	医用直线加速器		1	使用
	数字减影血管造影机		2	使用
	模拟定位机		1	使用
	移动式C形臂X射线机		1	使用
	遥控数字X线系统		1	使用
	悬吊式X线摄影系统		1	使用
	数字化X射线摄影系统		1	使用
	数字化X射线摄影系统		1	使用

III类	钼铑双靶乳腺X线摄影机	1	使用
	遥控透视系统	1	使用
	全景牙片及头颅定位机	1	使用
	64排螺旋CT机	1	使用
	4排螺旋CT机	1	使用
	移动式C形臂X射线机	1	使用
	数字化X射线摄影系统	1	使用
	移动式数字化X射线摄影系统	3	使用
	SPECT/CT	1	使用

1.6.2 辐射安全管理现状

根据建设单位提供的资料，医院共有辐射工作人员251名，其中220辐射工作人员配备了个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量档案。根据医院提供的2020年的辐射工作人员个人年剂量检测报告，报告编号：BJCDC（放剂）-20-10，医院辐射工作人员个人年有效剂量为本底值~2.15mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业人员年有效剂量限值要求；根据医院提供的2021年最近一期的辐射工作人员个人剂量检测报告，报告编号：BJCDC（放剂）-21-1002，医院辐射工作人员个人剂量监测结果均在本周期调查水平1.25mSv之内。该220人参加了2020年职业健康体检，余下31名放射工作人员安排参加2021年放射工作人员体检，体检单位为核工业四一七医院。根据医院提供的2020年度的辐射工作人员职业健康体检报告，本次体检的人员中均未发现疑似放射性疾病，发现职业禁忌症3例，目前该三名工作人员已调离原岗位，不再安排其继续从事辐射相关工作，发现与职业相关的异常需要复查的22例，医院已严格按照放射工作人员健康管理方法，将异常体检结果告知本人及所在科室，其余195人可继续从事原放射工作。

建设单位已根据陕西省生态环境厅核技术利用单位辐射安全管理标准化建设相关要求，以正式文件（宝中心医字〔2020〕284号）成立了关于调整辐射安全与放射防护管理领导小组及委员会，明确了机构成员以及职责，已安排专人兼职负责医院辐射安全管理工作；医院已制定了较为完善的规章制度，主要有：《放射防护管理制度》、《放射诊疗质量保证制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《受检者辐射危害告知制度》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《放射性事故应急处理预案》、《加速器安全操作规程》、《辐射监测计划》等，用于医院辐射安全管理；医院依据辐射安全管理标准化文件相关内容，已对医院原有放射性同位素与射线装置工作场所进行标准化管理，并制定有

标准化文件，配备有相应的辐射安全与防护措施；医院现有辐射工作人员、辐射管理人员已取得辐射安全与防护培训合格证书，人员持证上岗。

宝鸡市中心医院已从事辐射诊疗多年，目前未发生过辐射安全事故，无原有辐射环境污染和环境遗留问题。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	理化发生	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	剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	Vital Beam型加速器	II	1	Vital Beam	电子	X射线：10MeV，电子线：18MeV	1440	医用	放疗中心一层	/
（以下空白）										

（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)	额定电流(mA)/剂量率(Gy/h)	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 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/m³，气态为 mg/m³；年排放总量用kg；

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为Bq/L（kg、m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(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； (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，2018年），自2018年12月29日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第6号，2003年），自2003年10月1日起实施； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第682号，2017年），自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，2019年），自2019年3月2日起施行； (6) 《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年3月7日起施行； (7) 《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； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（依据2021年1月4日发布的《生态环境部关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》第四次修订），自2006年3月1日起施行； (9) 《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，2017年），自2017年12月5日起施行； (10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（部令 第16号），自2021年1月1日起施行； (11) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展和改革委员会令第29号，于2019年8月27日第2次委务会议审议通过），自2020年1月1日起施行。 (11) 《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； (12) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019年修正），2014年10月1日起施行； (13) 《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），2018年6月6日起执行。
------	---

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； (2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (4) 《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/T 10.1-2016）； (5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2021）； (6) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）。 (7) 《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）； (8)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)。
其他	(1) 委托书； (2) 现有核技术利用项目环评批复； (3) 其它与项目有关的资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目所涉及的射线装置内容与规模，考虑射线装置的类型、能量，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》（HJ/T 10.1-2016）的要求，结合项目的污染特征与距离关系，确定本项目的评价范围为：10MV 医用电子直线加速器治疗室实体屏蔽体外50m范围内区域，详见图7.1。

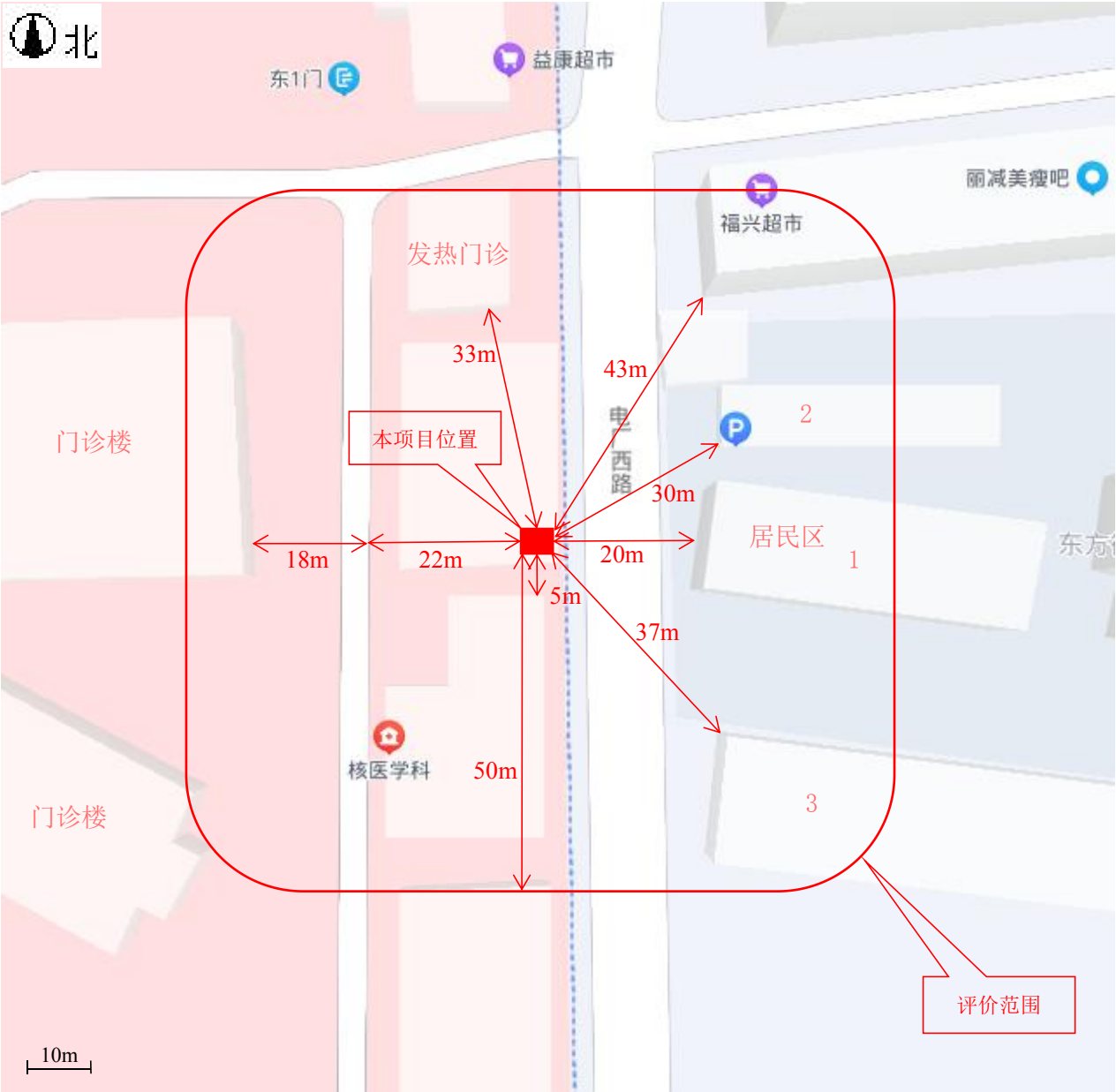


图7.1 本项目评价范围示意图

7.2 保护目标

根据宝鸡市中心医院平面布置（图1.3）以及本项目情况，结合医用直线加速器的工作原理，考虑能量流的传播与距离的平方成反比关系，确定本项目环境保护目标为从事医学诊疗的辐射工作人员和机房外周边公众，使其所接受有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量限值和本次评价提出的剂量约束值。

表7.1 本项目环境保护目标一览表

序号	保护对象及所在位置			人数	最近距离	剂量约束值
1	放射工作人员	西侧	加速器工作人员	5-15人	0.3m	5.0mSv/a
			配电室	1人	0.3m	0.1mSv/a
		西侧	检查室	1人	2m	0.1mSv/a
			门诊楼	1-5人	40m	0.1mSv/a
		南侧	通道	一般无人,按1人估计	0.3m	0.1mSv/a
			核医学科	7-15人	5m	0.1mSv/a
			通道	一般无人,按1人估计	0.3m	0.1mSv/a
2	公众	东侧	街道	1-5人	3m	0.1mSv/a
			居民楼1	约10-35人	20m	0.1mSv/a
		东北侧	居民楼2	约5-25人	30m	0.1mSv/a
			超市	约5-10人	43m	0.1mSv/a
		东南侧	居民楼3	约5-25人	37m	0.1mSv/a
		北侧	候诊区	1-8人	2m	0.1mSv/a
			发热门诊	2-3人	33m	0.1mSv/a

备注：1、表中“距离”均为屏蔽墙体到各环境保护目标的最近距离。以治疗室屏蔽墙体作为起点进行计算，人员最近停留位置从屏蔽墙体外表面30cm处算起；

2、加速器机房下面是土层，无建筑物。

7.3 评价标准

表7.2 评价标准

标准	条款	内容
《电离辐射防护与辐射源安	4.3.2.1	应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B(标准的附录)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

全基本 标准》	附录B B1	本附录所规定的剂量限值适用于实践所引起的照射，不适用于医疗照射，也不适用于无任何主要责任方负责的天然源的照射。
(GB1 8871-2 002)	附录B B1.1.1.1	应对任何工作人员的照射水平进行控制(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(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; b)任何一年中的有效剂量, 50mSv; c)眼晶体的年当量剂量150 mSv; d)四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。
	附录B B1.2.1	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, 1 mSv; b)特殊情况下, 如果5个连续年的年平均剂量不超过1 mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到5 mSv; c)眼晶体的年当量剂量, 15 mSv; d)皮肤的年当量剂量, 50 mSv。
	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。
《放射 治疗放 射防护 要求》 (GBZ 121-20 20)	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。
	6.2.1	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。
	6.4.1	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	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 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。

6.4.4.1 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。

6.4.6 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。

7.3 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。

依据“辐射防护安全与最优化原则”，根据本次环评对公众附加剂量的估算结果，建议本项目对公众成员的剂量约束值取0.1mSv，对放射工作人员的剂量约束值取标准限值的四分之一，即5mSv。

不同场所的居留因子见表7.3。

表7.3 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 30 cm 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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 本项目地理位置

宝鸡市中心医院位于陕西省宝鸡市渭滨区姜谭路8号，医院北面为姜谭路，隔路为三和居小区，医院东侧为电厂西路，隔路为东方御景居民区，医院南侧为废弃厂区，西侧为宝鸡钢管厂。改建的加速器机房位于医院的东侧，机房的四周环境为：东侧是窄道，南侧是人员通道，西侧是控制室和配电室，北侧是另一台加速器机房迷路，楼上、楼下无建筑。



图8.1 现场环境照片

8.2 环境质量和辐射现状调查与监测

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，2021年10月23日，陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司对宝鸡市中心医院放疗中心拟改建加速器机房区域进行了辐射环境本底监测，监测点位见图8.2，其监测项目、分析方法及来源见表8.1。

表8.1 监测项目、方法及方法来源

项目	监测方法	仪器使用	仪器参数
辐射环境	《电离辐射与辐射源安全基本标准》 GB 18871-2002	辐射防护用X、γ辐射 周围剂量当量率仪	测量范围：0.01-600μSv/h
本底监测	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 HJ 1157-2021	/RJ38-3602 /QNJC-YQ-034	检定有效期： 2021年11月16日

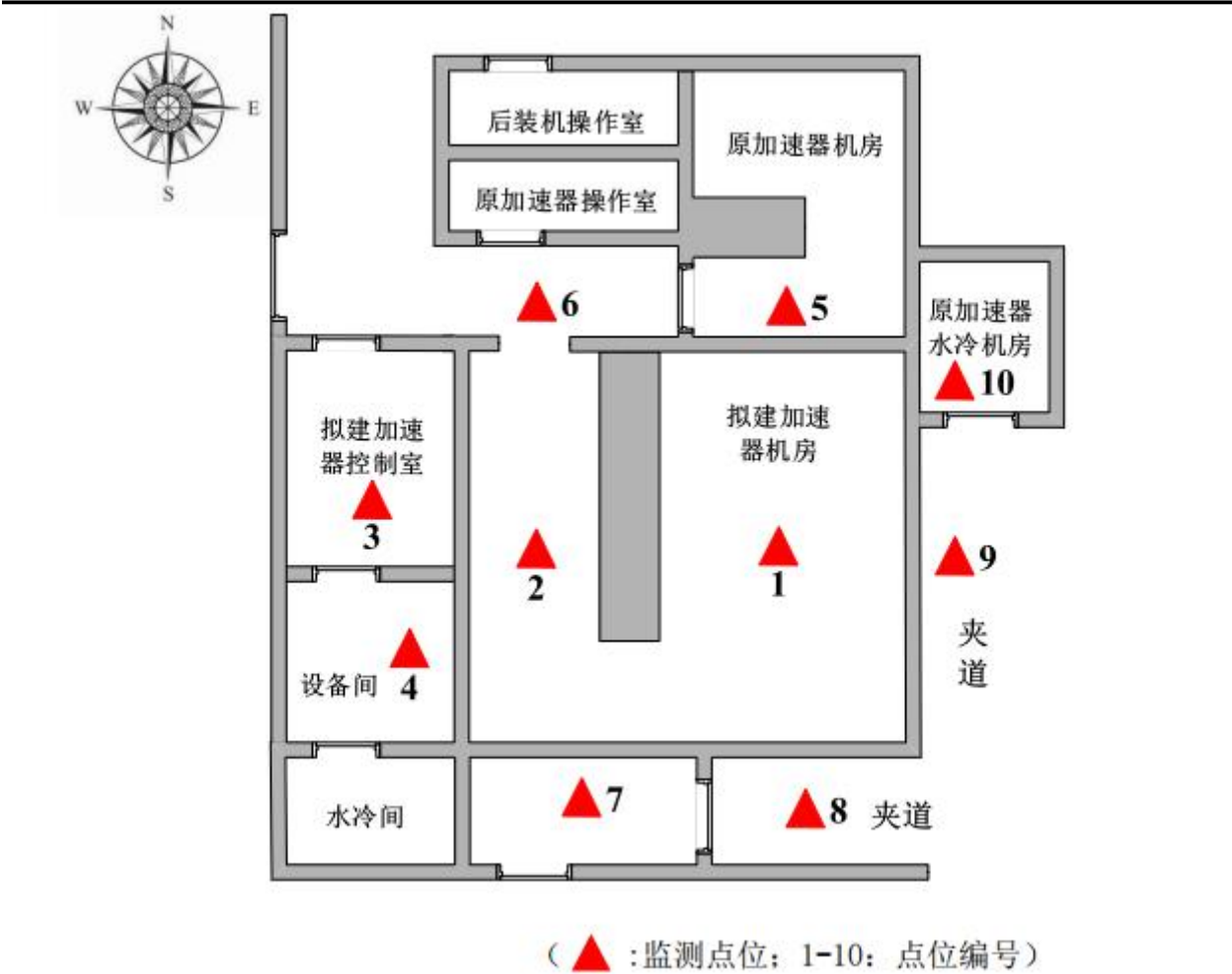


图8.2 监测点位示意图

8.3 辐射水平现状监测结果与评价

表8.2 本项目辐射环境现状监测结果

序号	点位描述	监测结果 (μGy/h)		备注
		测量范围	平均值	

1	拟建加速器机房1#本底	0.13-0.16	0.14	环境 本底
2	拟建加速器机房2#本底	0.13-0.15	0.13	
3	控制室本底	0.13-0.16	0.14	
4	设备间本底	0.13-0.16	0.14	
5	原加速器机房本底	0.1-0.13	0.11	
6	北侧走廊本底	0.12-0.15	0.13	
7	南侧房间本底	0.14-0.16	0.14	
8	南侧夹道本底	0.13-0.15	0.14	
9	东侧夹道本底	0.12-0.15	0.13	
10	原加速器水冷机房本底	0.13-0.15	0.13	
注：1、表中监测结果已扣除宇宙射线响应值。				
根据监测数据，本项目所处放疗中心室内的X、γ空气吸收剂量率为0.10μGy/h~0.16μGy/h，室外的X、γ空气吸收剂量率为0.12μGy/h~0.15μGy/h，则拟改建场所区域γ辐射剂量率背景值为0.10~0.16μGy/h。 根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年），宝鸡市室内的环境γ辐射剂量率为0.06~0.14μGy/h，原野和道路的γ环境辐射空气吸收剂量率为0.04~0.15μGy/h，该项目环境放射性水平属天然辐射本底水平。				

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备工程工艺分析

9.1.1 施工期工艺分析

宝鸡市中心医院加速器机房为原有的15MV机房进行改建，根据院方提供的改建施工图纸，加速器机房北侧防护墙次屏蔽、东侧、南侧、顶棚增加10-93公分的混凝土，迷路外墙及北侧主屏蔽墙增加4-20公分的钢板，防护改建完成后对机房治疗室及控制室进行装修。该项目的装修施工均在室内进行，防护改建的主要材料为混凝土，现场无搅拌场和室外堆场。在施工过程中对环境的主要影响因素为施工噪声、施工固体废物、废水以及材料和建筑垃圾装车外运过程中产生的扬尘。

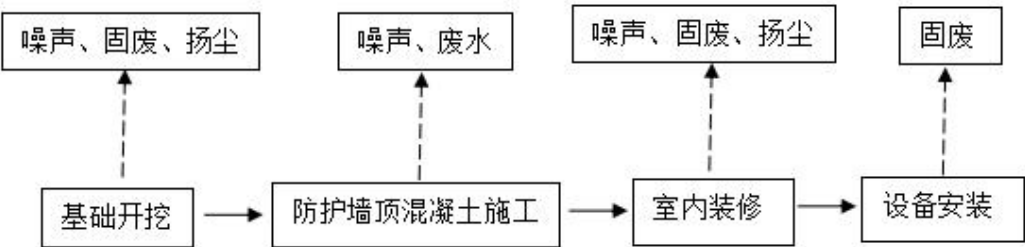


图9.1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

(1) 扬尘：施工期间的大气污染物为地面扬尘污染（PM10），主要为材料、建筑垃圾装卸过程及车辆运输过程中产生的扬尘，室内防护墙体的墙面表层处理、装修过程中产生的扬尘。

(2) 噪声：防护墙混凝土施工时、装修过程中会产生一定噪声，该项目仅机房顶棚改造为室外施工，且机房墙体较厚，施工噪声对周围环境影响较小。

(3) 固体废物：施工期产生的固体废物主要包括基础开挖回填后剩余的土方、机房内拆除旧装修层产生的建筑垃圾、装修过程中产生装修垃圾和施工工人产生的生活垃圾。

(4) 废水：施工期会产生的少量废水主要为混凝土运输车辆的冲洗水及施工人员的生活污水。

9.1.2 运营期工艺分析

直线加速器工艺流程及产污环节分析如下：

(1) 医用直线加速器工作原理：医用电子直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。医用电子直线加速器结构示意图见图9.2。高压电源装置通过对三相线电压进行升压和整流滤波，向调制器提供直流电压；调制器的功能是向磁控管和电子枪提供具有特定宽度和幅度的高压脉冲。当加速器工作时，调制器主触发电路触发主

闸流管按照所设定的脉冲重复频率(PRF)导通和关断,引起充、放电工作。脉冲变压器次级产生磁控管和电子枪所要求的两路高压脉冲,其中一路高压脉冲加到磁控管阴极,引起磁控管震荡,产生一个 $42\mu\text{s}$ 、频率约为 2998MHz 的微波脉冲;另一路高压脉冲加到电子枪的阴极,使电子射入加速管。与此同时,磁控管产生的微波脉冲经四端环流器馈入加速管,由于自动频率控制(AFC)使磁控管的工作频率与加速管的频率色散特性有最好的配合,在加速管内,前向微波和反射波代数相加形成驻波,这种波在空间上是恒定的,但在时间上是震荡的,即加速管的谐振腔内电场强度的大小和方向是变化的,但其位置不变,从而在加速管建立起电场梯度,使射入加速管的电子被逐级加速、聚焦,最后获得很高的能量;高速电子轰击位于加速管末端的钨靶而产生X射线。加速后的高速电子直接或经转换为X射线后供放射治疗使用。医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射,也可利用X线束对患者病灶进行照射,杀伤肿瘤细胞。本项目加速器应用X射线束和电子束对患者进行治疗。

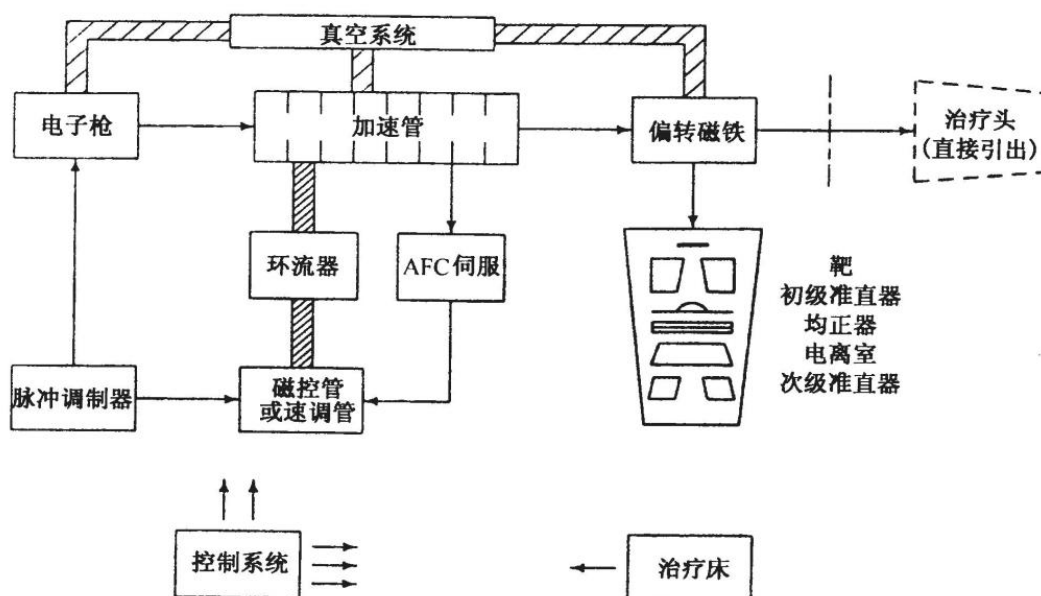


图9.2 医用电子直线加速器结构示意图

(2) 治疗操作流程:

该项目沿用放疗中心现有的各辅助用房已履行环保手续,不在此次评价范围内。

①接受病人:对病人进行登记,进行临床检查,经医生诊断和治疗正当性判定后,根据肿瘤分期、分型确定治疗方针,与放疗科预约登记,确定模拟定位治疗的时间。

②制模:为方便患者治疗定位,用热塑体模在相应治疗部位按照病人身体轮廓进行塑形。在此过程中由于熔制铅会产生铅蒸气,通过制模室的气体处理装置排出。

③模拟定位:使用模拟定位机对患者肿瘤定位检查,确定肿瘤的具体位置和形状,

后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位，此过程会产生低能X射线。放疗中心模拟定位机已履行环保手续，本次仅对模拟定位机增加人员的辐射剂量进行评价。

④制订治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

⑤治疗计划确认：再次确认靶区剂量，核实正常器官、热点和冷点是否在允许的范围之内，加速器是否有相应的转床、碰床等机械限值，移床等坐标设置是否正确。

⑥病人摆位：摆位前认真查对病人信息、照射条件及摆位要求，调整治疗床高度，严格按照要求实施摆位；摆位结束，摆位人员等非患者均离开治疗室，关闭防护门。

⑦实施治疗：根据放疗计划，运用有关技术实施精确照射。些过程会产生高能X射线和臭氧等有害气体和水冷机、风机噪声。

⑧结束治疗：病人离开治疗室，摆位人员进行下一个患者摆位准备。

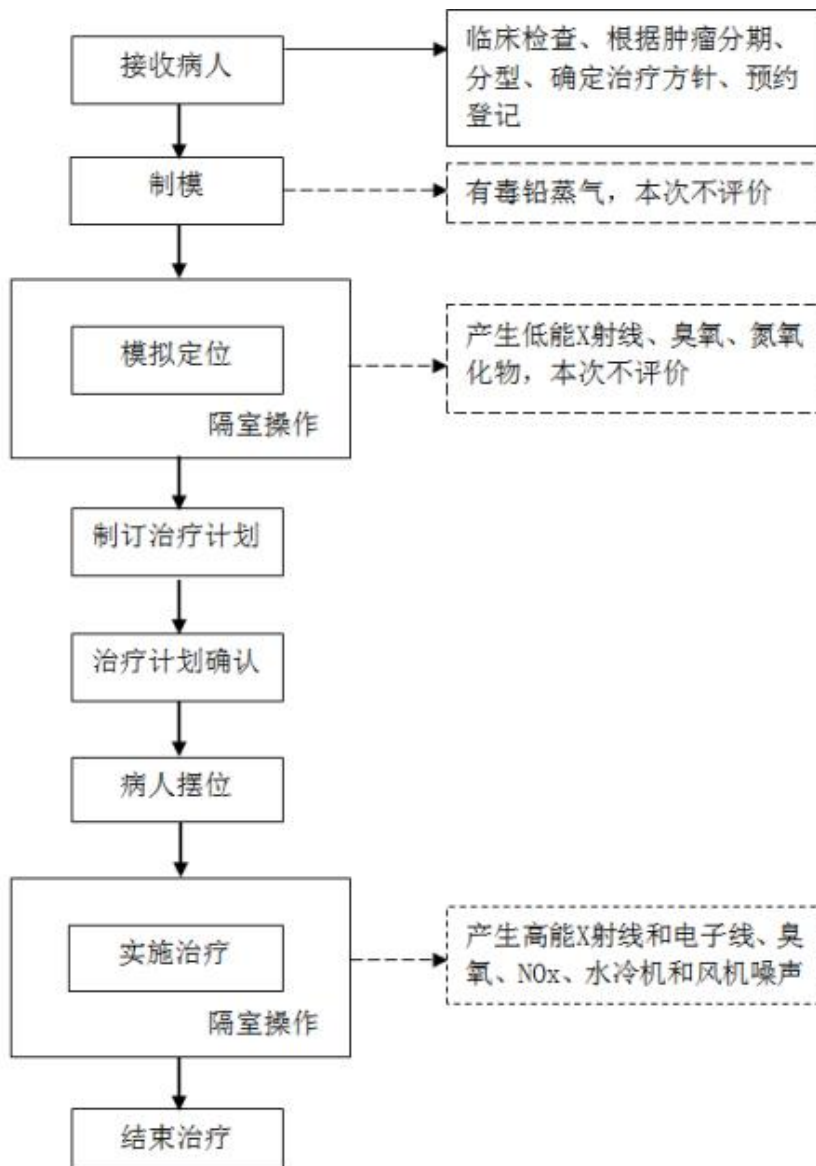


图9.3 医用直线加速器放射治疗工作流程及产污节点图

(3) 产污环节分析如下：

①在加工热塑模体、铅模过程中，由于熔铅会产生高温铅蒸气，通过放疗中心制模室外气体处理装置处理后排出。制模室为放疗中心共用，已投入使用，不在本次评价范围内；

②在模拟定位过程中，模拟定位设备会产生低能X射线、臭氧、氮氧化物等有害气体，模拟定位机为放疗中心共用，已投入使用，不在本次评价范围内；

③在本项目加速器治疗过程中，会产生高能X射线（电子线）、臭氧、氮氧化物等有害气体和水冷机、风机噪声。

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期

施工期非放射性环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

9.2.2 营运期

9.2.2.1正常工况下：

(1) 放射性污染：根据加速器的工作原理可知，加速器工作时，电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶阻止，产生高能X射线（最大能量10MV，焦点1m处的最大比释动能率为24Gy/h）。医用电子直线加速器既可利用电子束，也可利用X射线对患者病灶进行照射。电子束的穿透能力很弱，故仅考虑X射线的防护问题。加速器工作过程中产生的X射线是主要污染因子。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）第4.7条，加速器治疗X射线大于10MV时，考虑机房的中子屏蔽；《放射治疗防护要求》（GBZ 121-2020）第7.1条，对于高于10 MV的X射线治疗束和质子重离子治疗束的放射治疗，除考虑中子放射防护外，在日常操作中还应考虑感生放射线的放射防护。

由于本项目医用直线加速器最高输出能量为10MV，加速器产生的中子辐射剂量非常小，加速器机房评价不考虑中子辐射影响。

当治疗过程中用的X射线的能量超过(γ , n)反应的阈能时，中子活化作用使加速器机房空气中产生 ^{13}N 、 ^{15}O 等感生放射性气体。其衰变过程中产生正电子，即 β^+ 射线， β^+ 射线在空气中的射程只有几米，且半衰期较短。本项目直线加速器最高输出能量10MV产生放射性气体产额非常低，通过合理的通风系统排出治疗室，对环境基本上不产生影响，本次评价不考虑感生放射性气体。

靶件物质经长期照射产生少量的感生放射性，在放置几天后自行消除，不会对环境产生影响，因此本项目不会产生放射性废物。

(2) 非放射性有害气体：电子直线加速器运行时发射X射线，照射空气相互作用产生微量的臭氧和氮氧化物。经过良好的通风排入到空气中，可以自行分解，由于产生的臭氧和氮氧化物量很少，对环境产生的影响可以忽略。

(3) 在加速器工作中，排风系统和水冷机系统都会工作，产生噪声。

(4) 在加速器工作中，不产生废水和固废。

通过分析可知，加速器正常运行时的污染因子为：使用加速器治疗过程中产生的X射线、臭氧、NO_x以及水冷机和风机产生的噪声。

9.2.2.2事故工况下：

事故工况大致可分为以下几种情况，污染因子为X射线。

(1) 在安全联锁系统故障或失效、防护门未关好的情况下开机，防护门损坏等情况，将导致射线泄漏，防护门外人员受到意外照射，

(2) 治疗计划有误、剂量设置错误、治疗结束后设备故障未及时关机、治疗过程中人员误时入治疗室，造成的病人超剂量照射和其他人员意外照射；

(3) 维修人员在维修过程中，解除联锁后误触动出束开关，造成维修人员意外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全措施

10.1.1 工作场所布局及两区划分

(1) 平面布局合理性分析

本项目位于宝鸡市中心医院东侧，为医院原15MV加速器机房改建，物理计划室、制模室在放疗中心统一配置，各加速器共同使用，在进行医院总布局设计时已考虑了加速器对周围环境可能存在的影响，使各科室病人能够就近诊疗，这样既方便了诊疗，又使辐射工作场所相对集中以便于医院对医用射线装置统一管理，本项目总平面布置是合理的。

本项目加速器机房治疗室现有效使用面积为46.3m²，设计改造后治疗室面积为44.8m²。迷路宽1.7米，长8.6米，符合《放射治疗放射防护要求》GBZ 121-2020中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。

(2) 辐射工作场所两区划分

为切实做好辐射安全防范和管理工作的，项目应当按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871-2002的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序限制进出控制区。放射性工作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下无需采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本项目控制区和监督区划分情况见表10.1和图10.1。

表10.1 本项目控制区和监督区划分情况

项目名称	控制区	监督区
改建10MV直线加速器项目	加速器机房治疗室（含迷路）	加速器机房控制室、辅助机房

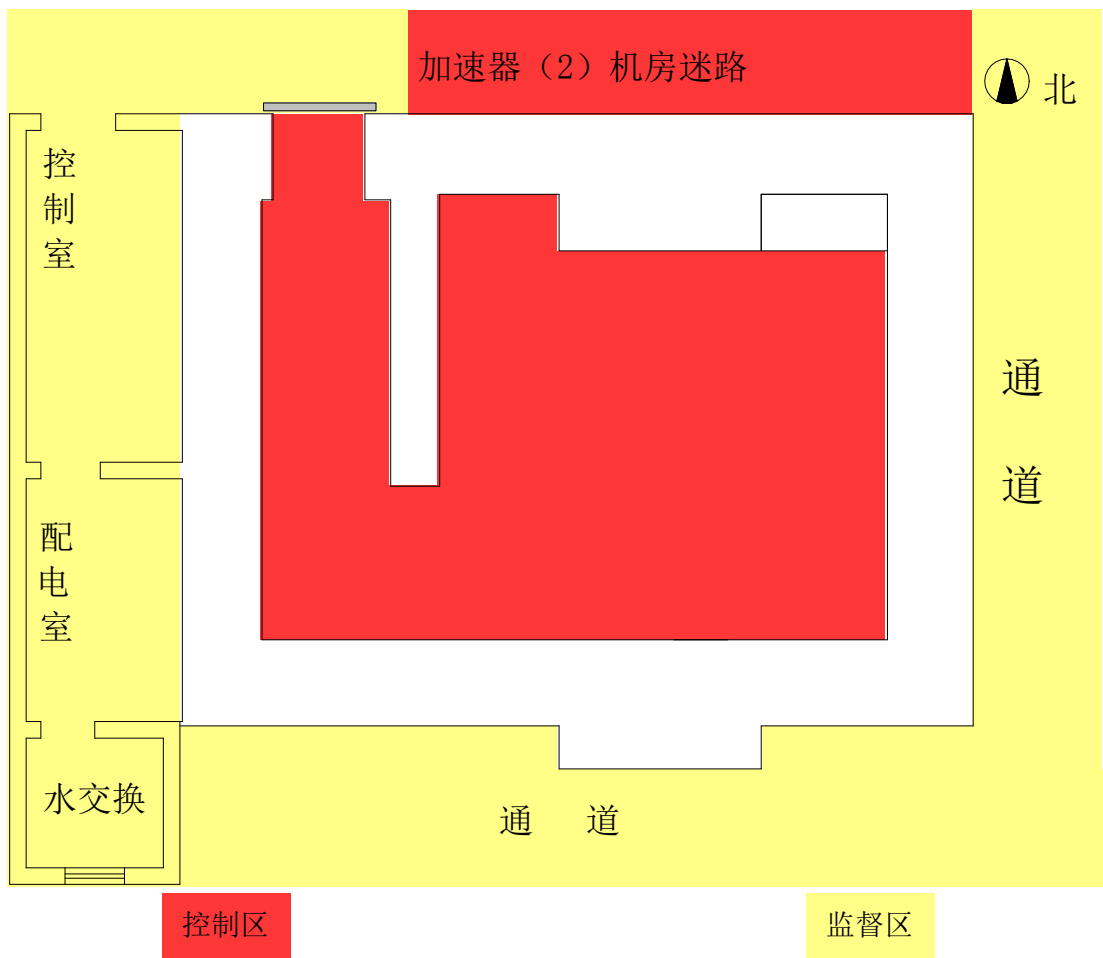


图10.1 加速器机房两区划分图

10.1.2 辐射屏蔽设计

因拟新购置的10MV，2400cGy/min加速器较医院原来15MV，600cGy/min的加速器能量高，原有的屏蔽防护不能完全满足新设备的要求，院方委托设计单位在原有的屏蔽防护的基础上，对四侧和顶棚的防护墙体不同程度地进行了加厚加宽处理。因15MV加速器机房的通风系统、设备的操作控制系统、监控系统、门机联锁系统等辅助设施已老化或与新设备不相匹配，建设单位拟拆除新建。铅防护门利用现有防护门，经核算满足新设备的防护要求。机房现有屏蔽及设计屏蔽参数见表10.2，机房现状图和设计图见图10.2、图10.3。

表10.2 加速器机房辐射屏蔽参数

防护部位		现有屏蔽	设计屏蔽	改建完成后参数
北 侧	主屏蔽墙	厚223cm砼	厚：新增20cm钢板	223cm砼+钢板20cm
	次屏蔽墙	厚131cm砼	厚：新增20cm砼	161cm砼
	主屏蔽墙宽	宽330cm砼	/	330cm砼

顶棚	主屏蔽墙	厚180cm砼	厚：新增93cm砼	273cm砼
	次屏蔽墙	厚80cm砼	厚：新增76cm砼	156cm砼
	主屏蔽墙宽	宽330cm砼	宽：新增80cm砼	410cm砼
南侧	主屏蔽墙	厚210cm砼	厚：新增70cm砼	280cm砼
	次屏蔽墙	厚140cm砼	厚：新增10cm砼	150cm砼
	主屏蔽墙宽	宽330cm砼	宽：新增120cm砼	450cm砼
西侧	迷路内墙	厚80cm砼	/	80cm砼
	迷路外墙	厚130cm砼	厚：南侧新增4cm钢板	130cm砼+4cm钢板
东侧	侧屏蔽墙	厚140cm砼	厚：新增10cm砼	150cm砼
	防护门	11mmPb电动推拉门	/	11mmPb电动推拉门
	治疗室面积	46.1m ²	-1.3m ²	44.8m ²

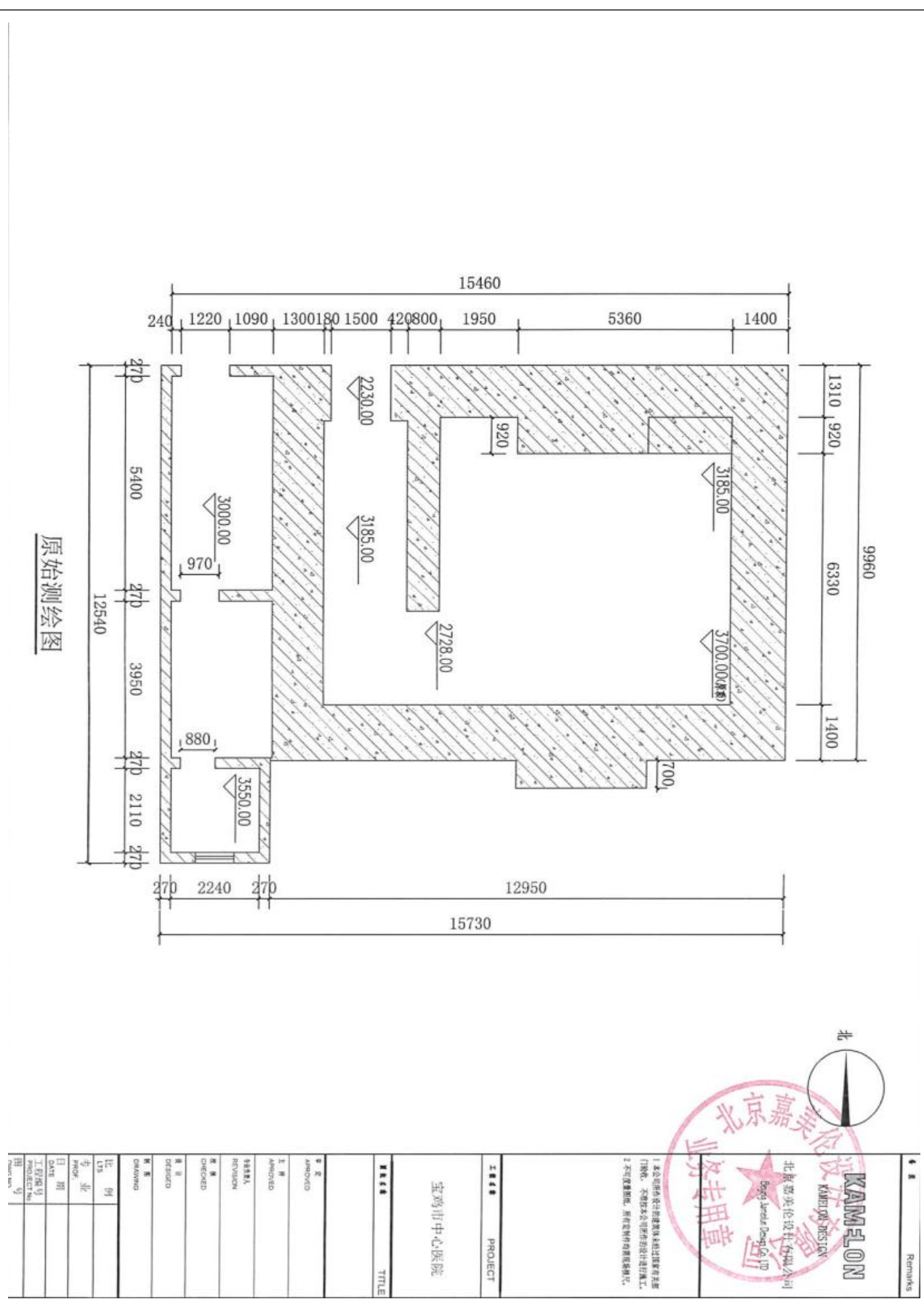
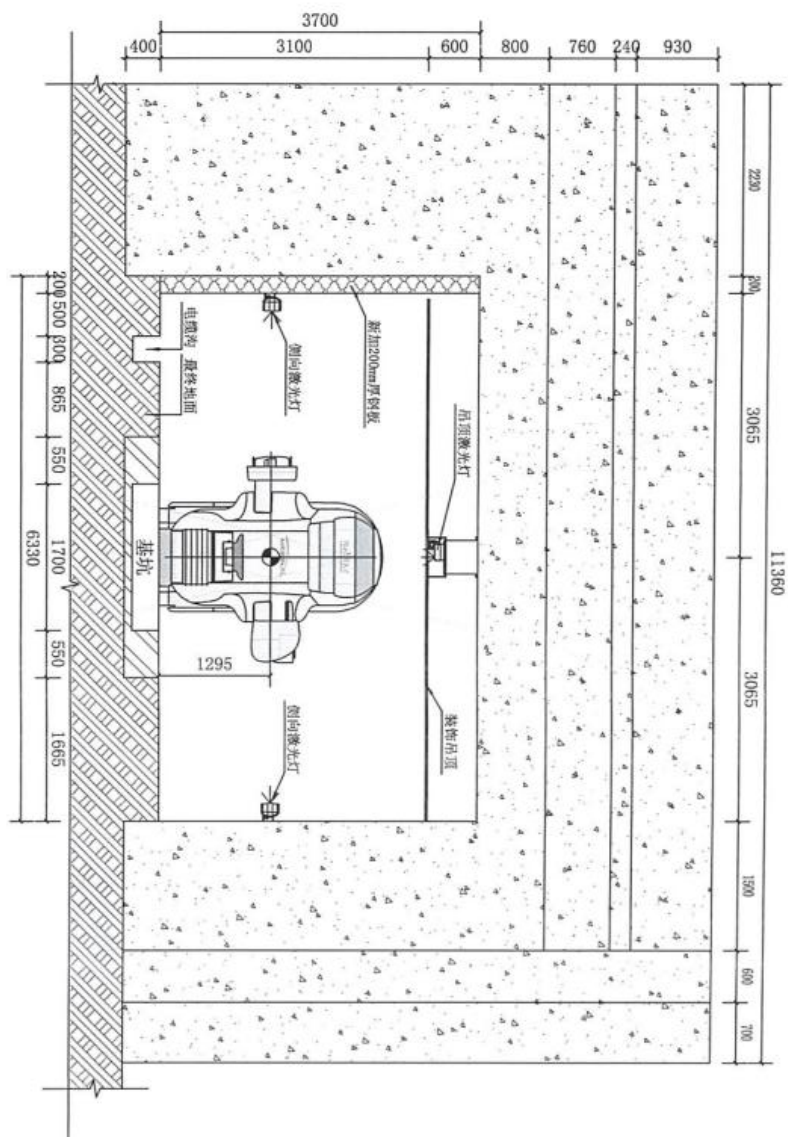


图10.2 加速器机房现状平面图



本公司所设计的建筑体未通过国家有关部门验收。不意味本公司所出的设计是行骗了。不可就量而断。所有定制件均能照图施工。

(1)





KAMELON DESIGN

北京嘉美伦设计有限公司

Bong Joon Bong Co., Ltd.

业务专用章

1. 本合同所指设计范围是指该工程以国家有关设计规范和标准为依据，不涵盖本合同附件中未进行的工作内容，不涵盖本合同附件中未进行的工作内容。

2. 不可预见因素，所发生的任何情况。

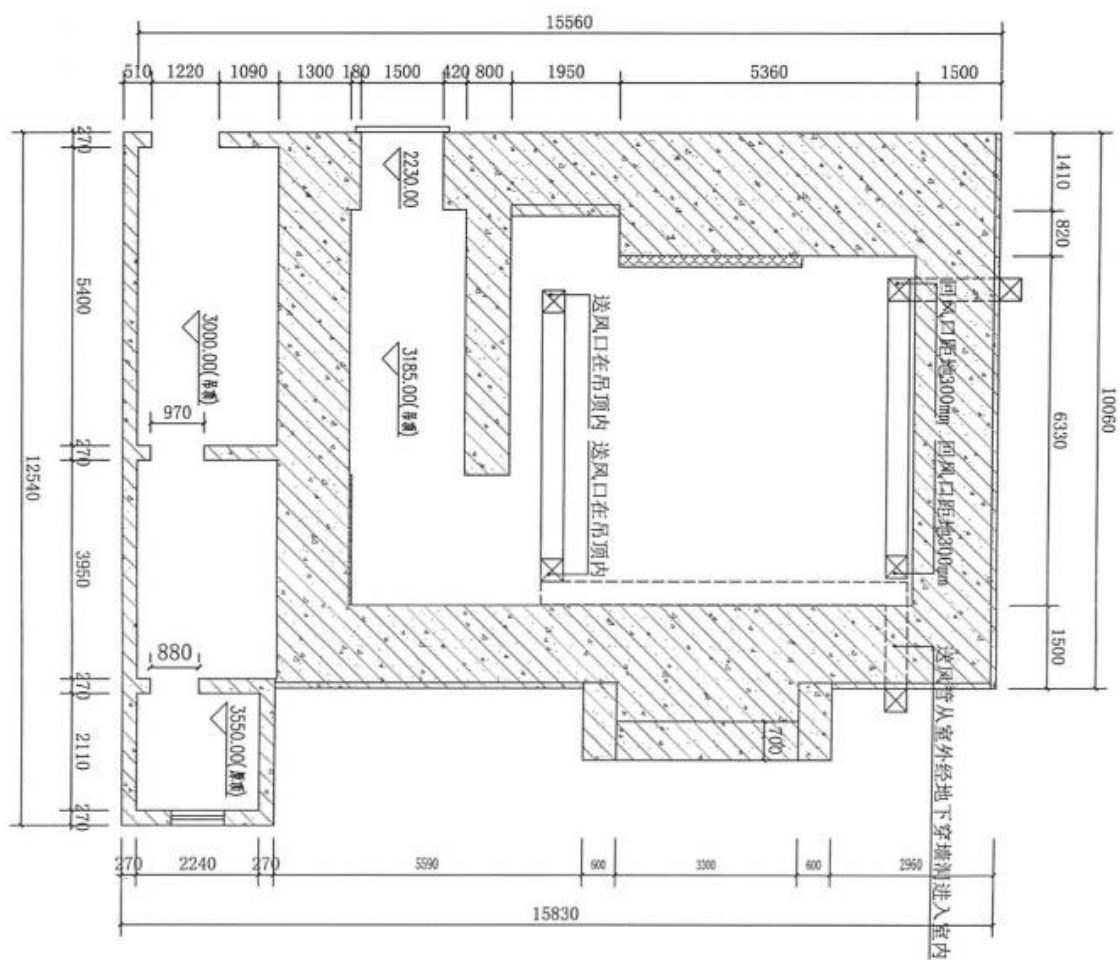
工 程 名 称	PROJECT
宝鸡市中心医院	

建 筑 名 称	TITLE
宝 鸡 市 中 心 医 院	
ARCHITECT	
DESIGNER	
PROJECT	
DATE	
NO.	

比 例	RATIO
1:1	
DATE	
NO.	

(2)

图10.3 加速器机房设计图



新风管道图

Remarks		北京嘉康隆设计有限公司	
PROJECT		业务专用章	
TITLE		加速器机房排风设计图	
DESIGNED		张明	
CHECKED		张明	
APPROVED		张明	
DATE		2023.08.10	
PROJECT No.		JL-2023-08-10	

图10.4 加速器机房排风设计图

根据《放射治疗放射防护要求》GBZ 121-2020，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。

本项目拟在机房东北角底部穿墙洞安装通风管，入室后上顶，连接至位于治疗室东北角和西北角，距地面30cm处的两个排风口，将废气从机房东南角底部排出，进风口与排风口位置呈对角设置，保证室内空气合理流动该加速机房设计强制排风系统进行通风，采用两个进风口和两个排风口，上进下排，对角设置。进风口分别位于加速器机房上方西北侧和西南侧，排风口分别位于东北侧和东南侧，管道均采用矩形风道沿加速器顶部铺设，经过加速器迷路从防护门上方穿出治疗室排到加速器机房东侧外。设计有效通风量为740m³/h。加速器机房装修吊顶高度为3.1米，经核算加速器机房体积为138.9m³，通风次数可达到5次/h，满足要求。加速机房排风设计见图10.4。

10.1.3 辐射安全与防护、环保相关设施

本项目加速器机房辐射防护与环保相关设施合理性分析根据《放射治疗放射防护要求》GBZ 121-2020，同时参考《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）中对医用电子加速器的辐射安全防护措施要求对照分析，本项目加速器辐射安全防护、环保设施设计情况见表10.3，其设置位置见图10.5，电缆沟及水管走线见图10.6。

表10.3 本项目加速器辐射安全防护、环保设施设计情况表

项目条款	本项目方案
分区	本项目拟将机房内部（即治疗室）设置为控制区，将控制区周围的配电室、控制室等设置为监督区，并拟定期进行监测和评价
布局	机房设计有效使用面积约44.8m ² ，满足临床应用需要
通风	机房内电缆沟管道均采用“L”型方式、排风管道采用多折曲线从机房内射线相对弱的位置穿墙，通风换气次数不小于4次/h
标志及指示灯	拟在工作场所的入口处张贴电离辐射警告标志，在控制区进出口设置工作状态指示灯，灯箱处的警示语句为“射线有害，灯亮勿入”；
防护性能	本项目拟沿用现有便携式辐射监测设备，根据后面章节预测计算，本项目治疗室屏蔽体外30cm处因透射辐射所致的周围剂量当量率均小于2.5μSv/h
辐射安全与联锁	拟在控制台及机房内不同方向墙面、入口门内旁侧设置急停开关
	拟安装可观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频监控装置，设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流
	本项目设计有防护门和迷道，并对加速器机房防护门按照要求设置门-机联锁和光幕式红外防夹装置
	拟在迷道出口处设置紧急开门按钮，在加速器机房内安装应急照明灯，保证停电时能立即启动蓄电池照明，照明灯可为治疗室和迷路提供应急照明；

人员	为放射工作人员配置的个人剂量计根据实际人员数量调整
其他	拟配备火灾报警仪，拟沿用现有加速器质量控制检测设备和应急物资

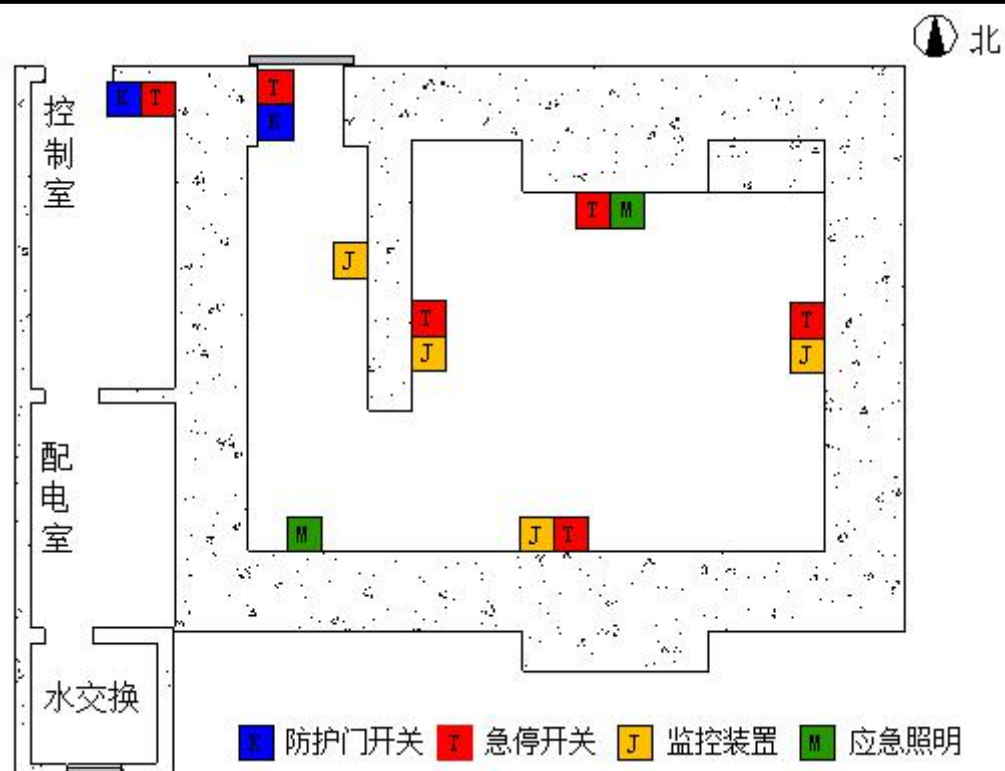


图10.5 加速器机房急停、监控等设置位置示意图

10.2 三废的治理

本项目不产生放射性废物。

废水：加速器在运行过程中不产生废水，水冷机循环用水，补充新水时采用桶装纯净水，无废水外排。

废气：本项目加速器利用通风系统进行通风换气，防止机房中臭氧、氮氧化物等有害气体累积。

固废：加速器在运行过程中不产生放射性废物。

噪声：由于本项目排风系统的风机功率只有5kW左右，加之安装时采用减震等措施，水冷机安装在水冷机房内，本身噪声较低对环境影响很小。

其他：本项目新建加速器机房的取暖采用柜机空调，原机房空调已拆除，在机房装修时更换新的空调；本项目工作人员在医院内部调，不增加工作人员，不新增生活废水和生活垃圾的产生，均依托医院原有的处理设施，生活污水利用现有的污水处理系统进行处置，生活垃圾统一收集后交由环卫部门统一处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要为机房屏蔽墙加厚和装修。施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。项目建设过程中，医院的医疗服务工作仍将正常进行。施工产生的污染特别是噪声可能对医院自身环境以及周围环境带来影响。

施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

(1) 扬尘影响及防治措施

项目施工主要为加速器机房改建时墙面清理和装修时的机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘以及材料垃圾装卸运输时产生的粉尘，由于本项目工程量较小，且大部分为室内施工，影响有限。

(2) 废水影响及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水和商品混凝土运输车辆冲洗水。均不在现场排放，不会对现场环境产生影响。

(3) 噪声影响及防治措施

主要来自于混凝土振捣、机房装修及垃圾装卸运输等。装修施工都在室内，机房内墙体较厚，对噪声有很好的衰减作用，对外界影响较小。主要是垃圾装车运输时产生的噪声，本项目垃圾量小产生的噪声影响时间很短。

(4) 固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的建筑垃圾及余土统一清运到指定的垃圾消纳场所，安装期间产生的包装固体废弃物由厂家安装人员回收处理，施工期间工人的生活垃圾依托医院现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门处理。

综上所述，本项目工程量小，工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工的逐步完成，项目施工期的环境影响随之消除。

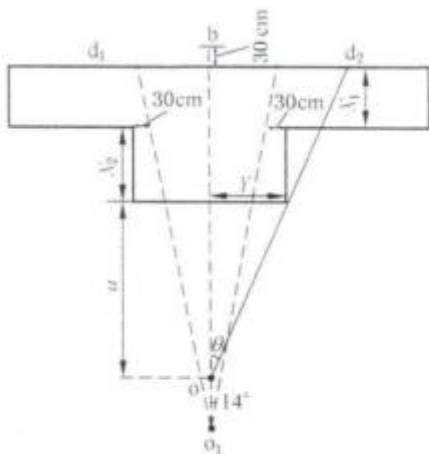
11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 加速器机房屏蔽墙外X射线的屏蔽分析

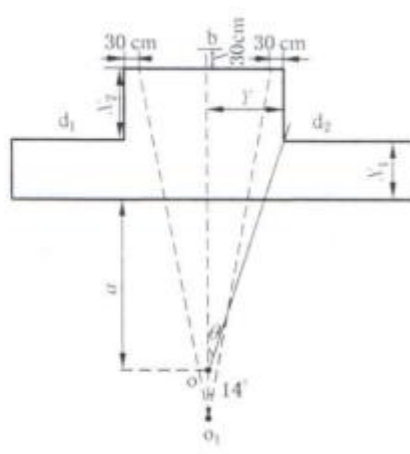
(1) 主屏蔽宽度核算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）附录D，加速器主屏蔽区宽度计算分为以下两种情况，对应的主屏

蔽半宽度Y的计算公式如下:



主屏蔽区内凸



主屏蔽区外凸

主屏蔽区内凸时:

$$Y_{\text{内}} = (100 + a + X_2) \tan 14^\circ + 30$$

主屏蔽区外凸时:

$$Y_{\text{外}} = (100 + a + X_1 + X_2) \tan 14^\circ + 30$$

本项目中，北侧屏蔽墙主屏区为内凸， 南侧屏蔽墙及顶部屏蔽墙主屏区为外凸，因此对应的主屏蔽区半宽度校核结果见表11.1。

表11.1 主屏蔽半宽度校核结果 (单位: cm)

屏蔽墙 部位	主屏蔽区 形式	a	X ₁	X ₂	主屏蔽区半宽度 计算值	主屏蔽区半宽度 设计值	结论
北侧	内凸	306.5	/	82.0	151.8	165.0	满足要求
顶棚	外凸	215.0	156.0	117.0	176.6	205.0	满足要求
南侧	外凸	306.5	150.0	140.0	203.6	225.0	满足要求

根据表11.1可知，本项目加速器机房主屏蔽宽度均满足要求，设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的方案进行安装，杜绝安装后主射束超出主屏蔽范围的情况出现。

(2) 加速器对关注点产生的剂量估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）中提出的计算方法对加速器机房屏蔽墙外参考点剂量进行估算。

①有用线束和泄漏辐射的剂量估算，屏蔽墙外参考点的剂量率H；

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots(1)$$

H_0 : 加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶 (以下简称靶)1m处的常用最高剂量率 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ (以 $\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ 为单位的值乘以 6×10^7);

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

f : 对有用束为1; 对泄漏辐射为泄漏辐射比率;

B : 辐射屏蔽透射因子。

②辐射屏蔽透射因子 B :

$$B=10^{-(X_e+TVL-TV L_1)/TVL} \dots\dots\dots(2)$$

TVL : $TV L_1(\text{cm})$ 和 $TVL(\text{cm})$ 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。当未指明 $TV L_1$ 时, $TV L_1=TVL$;

X_e : 有效屏蔽厚度, (cm)。

③有效屏蔽厚度 X_e :

$$X_e=X/\cos\theta \dots\dots\dots(3)$$

X : 屏蔽物质的厚度, (cm);

θ : 为斜射角, 即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

④患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算:

$$H= \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots(4)$$

α_{ph} : 400cm^2 面积上的散射因子;

F : 治疗装置有用线束在等中心处最大治疗野面积, cm^2 ;

R_s : 患者到关注点的距离, m。

⑤入口 g 处X射线散射辐射剂量率 H_g :

$$H_g= \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} H_0 \dots\dots\dots(5)$$

α_2 : 砼墙入射的患者散射辐射的散射因子, 通常取 i 处的人射角为 45° , 散射角为 0° , α_2 值见规范(GBZ 201.2-2011)附录B中表B.6, 通常使用其 0.5MeV 栏内的值;

A : i 处的散射面积, m^2 ;

R^1 : “ $o-i$ ”之间的距离, m;

R^2 : “ $i-g$ ” i 之间的距离, m。

⑥防护门外的辐射剂量率 H :

$$H=H_g \cdot 10^{-(X/TVL)}+H_{ig} \dots\dots\dots(6)$$

⑦关注点的年剂量估算E:

$$E=H \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot W_T \cdot h \dots \dots \dots (7)$$

H: 关注点的剂量当量($\mu\text{Sv/h}$);

T: 关注点的居留因子;

W_T : 组织权重因数, 全身取为1;

H: 加速器年工作小时数, h/a。

(3) 由上述计算公式估算的加速器机房外表面30cm处剂量率预测结果见表11.2, 关注点位见图11.1。

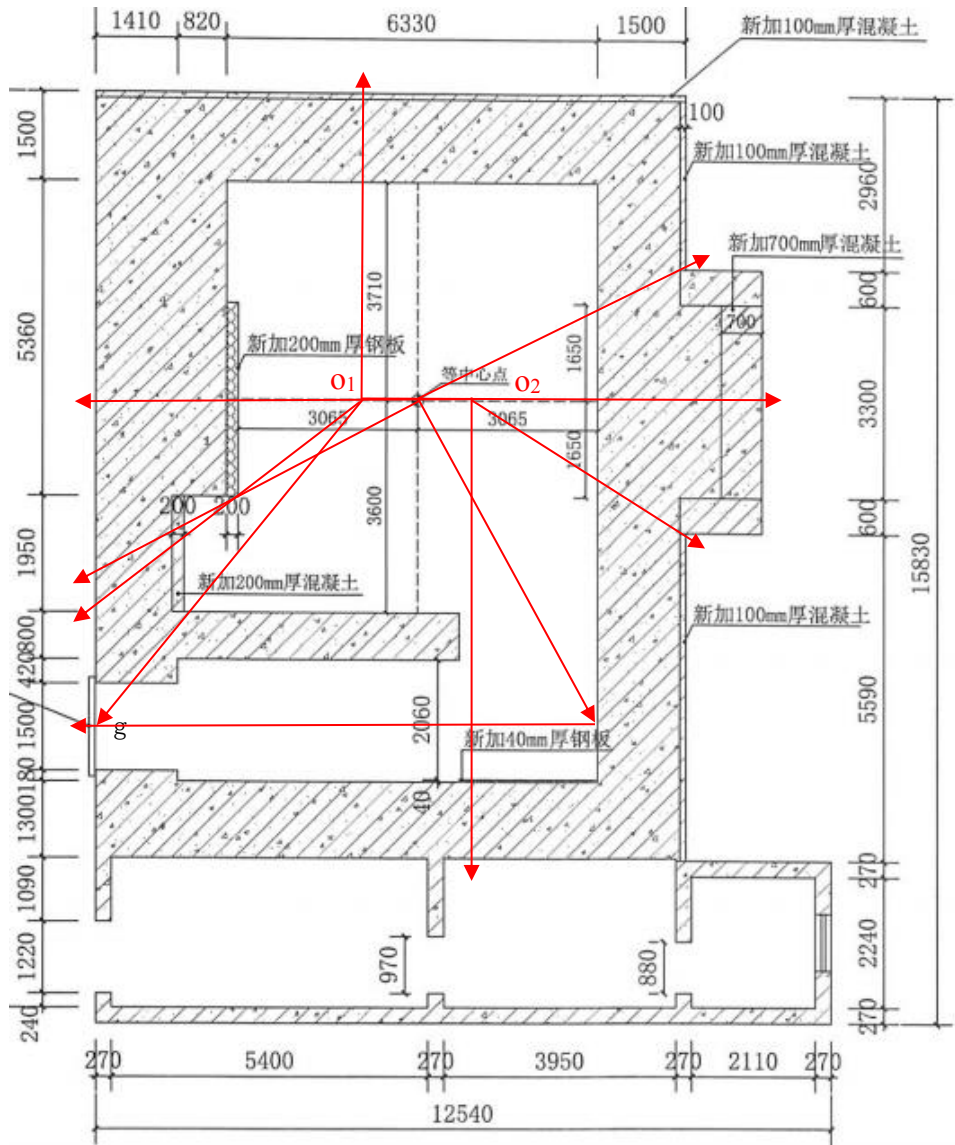
表11.2 加速器机房外表面30cm处关注点剂量率预测结果

关注点位置	辐射因素	参数选择	辐射剂量率预测值 ($\mu\text{Sv/h}$)
北 侧	主屏蔽区	有用线束 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $f=1$; $R=6.79\text{m}$; 砼: $\text{TVL}_1=41\text{cm}$, $\text{TVL}=37\text{cm}$; 钢 $\text{TVL}=11\text{cm}$; $X_{\text{砼}}=X_{\text{砼e}}=223\text{cm}$; $X_{\text{钢}}=X_{\text{钢e}}=20\text{cm}$	0.62
	次屏蔽区	漏泄辐射 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $f=10^{-3}$; $R=6.08\text{m}$; $\text{TVL}_1=35\text{cm}$; $\text{TVL}=31\text{cm}$; $X=151\text{cm}$; $X_e=X/\cos 38^\circ=192\text{cm}$	0.04
		患者散射 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $\alpha_{\text{ph}}=3.18 \times 10^{-3}$; $\text{TVL}=28\text{cm}$; $F=40 \times 40=1600\text{cm}^2$; $X_e=X/\cos 28^\circ=171\text{cm}$; $R_s=6.56\text{cm}$	0.42
			0.46
机 房 顶	主屏蔽区	有用线束 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $f=1$; $R=6.44\text{m}$; $\text{TVL}_1=41\text{cm}$; $\text{TVL}=37\text{cm}$; $X=X_e=273\text{cm}$	1.86
	次屏蔽区	泄漏辐射 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$; $f=10^{-3}$; $R=3.48\text{m}$; $\text{TVL}_1=35\text{cm}$; $\text{TVL}=31\text{cm}$; $X=156\text{cm}$; $X_e=X/\cos 40^\circ=204\text{cm}$	0.04
		患者散射 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $\alpha_{\text{ph}}=3.18 \times 10^{-3}$; $\text{TVL}=28\text{cm}$; $F=40 \times 40=1600\text{cm}^2$; $X_e=X/\cos 31^\circ=182\text{cm}$; $R_s=4.28\text{m}$	0.32
			0.36
南 侧	主屏蔽区	有用线束 $H=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $f=1$; $R=7.16\text{m}$; $\text{TVL}_1=41\text{cm}$; $\text{TVL}=37\text{cm}$; $X=X_e=280\text{cm}$	0.89
	次屏蔽区	泄漏辐射 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $f=10^{-3}$; $R=4.56\text{m}$; $\text{TVL}_1=35\text{cm}$; $\text{TVL}=31\text{cm}$; $X=150\text{cm}$; $X_e=X/\cos 32^\circ=177\text{cm}$	0.17
		患者散射 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $\alpha_{\text{ph}}=3.18 \times 10^{-3}$; $\text{TVL}=28\text{cm}$; $F=40 \times 40=1600\text{cm}^2$; $X_e=X/\cos 32^\circ=167\text{cm}$; $R_s=5.41\text{cm}$	0.68
			0.85
东 侧	侧墙屏蔽	泄漏辐射 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $f=10^{-3}$; $R=5.51\text{m}$; $\text{TVL}_1=35\text{cm}$; $\text{TVL}=31\text{cm}$; $X_e=X=150\text{cm}$	0.93
西	控制室	泄漏辐射 $H_0=1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $f=10^{-3}$; $R=8.1\text{m}$;	0.01

侧		砼:TVL ₁ =35cm, TVL=31cm; X _e =X=210cm	
配电室	泄漏辐射	H ₀ =1.44×10 ⁹ μSv·m ² /h; f=10 ⁻³ ; R=8.1m; 砼:TVL ₁ =35cm, TVL=31cm; 钢TVL=11cm X _砼 =X _砼 =130cm; X _钢 =X _钢 =4cm	0.87
	泄漏辐射	H ₀ =1.44×10 ⁹ μSv·m ² ·h ⁻¹ ; f=10 ⁻³ ; R=7.16m; TVL ₁ =35cm; TVL=31cm; X=122cm ^① ; X _e =X/cos38°=154cm	0.45
机房门外		H ₀ =1.44×10 ⁹ μSv·m ² /h; α _{ph} =7.46×10 ⁻⁴ ;	0.93
	散射辐射	α ₂ =5.1×10 ⁻³ ; F=40×40=1600cm ² ; A=2.8×3.7m ² ; R ₁ =6.39m; R ₂ =8.56m; 铅TVL=5mm; X _e =X=11mm	0.48

注①：根据建设单位所提供设计图纸，由o₁点到g点的机头泄漏辐射实际穿行路径为机房北侧屏蔽墙次屏蔽区与入口处迷路内墙延长段，故机头处射线入射到迷路内墙的屏蔽厚度取122cm；

②关注点位图：



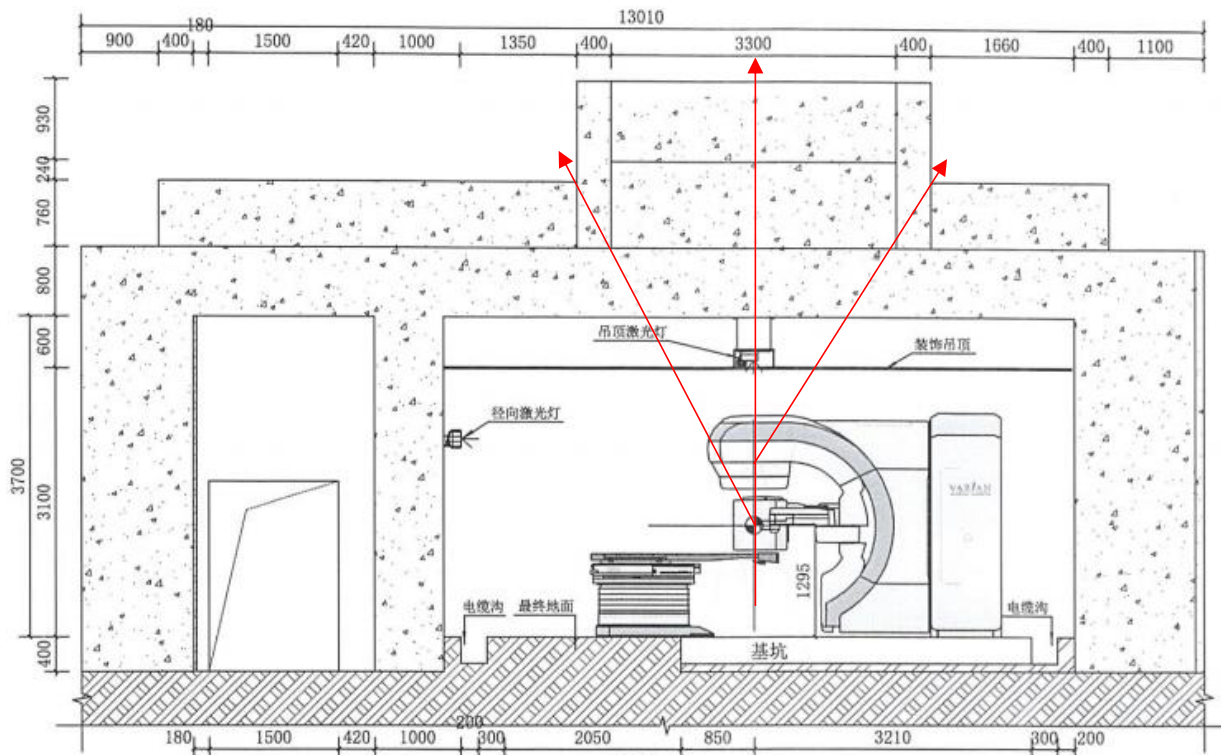


图11.1 关注点位示意图

(4) 天空反散射与侧散射估算：

天空反散射：

根据NCRP 151报告计算天空反散射，计算公式：

$$H = 2.5 \times 10^7 (B_{xs} D_0 \Omega^{1.3}) / (d_i d_s)^2 \quad (\text{nSv/h}) \dots \dots \dots (8)$$

B_{xs} ：顶棚屏蔽体对光子的透射因子；

Ω ：最大束流(立体角)的立体角；

d_i ：从靶到屋顶以上两米的垂直距离(m)；

D_0 ：距靶 1 米远处的 X 射线的吸收剂量输出率(Gy/h)。

其中常量 2.5×10^7 为Gy到nSv的转换因子

计算：顶棚主屏蔽区混凝土厚度X为273cm，10MV混凝土主束射线 $TVL_1=41\text{cm}$ ， $TVL=37\text{cm}$ 。

$$B_{xs} = 10^{-(X + TVL - TVL_1)/TVL} = 5.37 \times 10^{-8};$$

$$d_i = 8.135\text{m};$$

$$D_0 = 1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv/h} = 1.44 \times 10^3 (\text{Gy/h});$$

$$d_s \text{取} 20\text{m};$$

经计算，加速器向上垂直照射时 Ω 为：0.2336；

将上述各值代入式中得出：

$$H=2.5 \times 10^7 \times (5.37 \times 10^{-8} \times 1.44 \times 10^3 \times 0.2336^{1.3}) / (8.135 \times 20)^2 = 1.1 \times 10^{-5} (\mu\text{Sv/h})$$

侧散射：

$$H_{ss} = D_0 F f(\theta) / (D_R^2 \times 10^{1+[(t-TVL_1)/TVL]}). \dots\dots\dots (9)$$

H_{ss} ：侧散射剂量当量率，(Sv/h)；

D_0 ：距靶1m处加速器X射线输出剂量率，(Gy/h)；

F ：距靶1m处方形照射野面积，(m²)；

$f(\theta)$ ：顶层散射光子的角分布函数，如下表；

表11.3 顶层散射光子的角分布函数

角度(θ)	角分布函数[f(θ)]
20	0.38
30	0.26
40	0.16
50	0.10
60	0.065
70	0.035
80	0.014
85	0.005

D_R ：在顶层外表面的射束中心点到计算点的距离，(m)；

TVL_1 和 TVL ：分别为初始辐射在顶层屏蔽材料中的第一和平衡十分之一减弱层厚度，(cm)；

t ：顶层厚度，(m)。

计算： $D_R = (2.51^2 + 13.2^2)^{1/2} = 28.4(\text{m})$ ；

$\theta_{\min} = \pi - \arctan(13.2/25.1) \approx 60^\circ$ ，则侧散射角 θ 范围为 $60^\circ - 90^\circ$ ，当 $\theta = 60^\circ$ 时， $f(\theta) = 0.065$ ；

$H_{ss} = 1.44 \times 10^3 \times 0.16 \times 0.065 / (28.4^2 \times 10^{1+[(273-41)/37]}) \approx 9.97 \times 10^{-10} (\text{Sv/h}) = 9.97 \times 10^{-4} (\mu\text{Sv/h})$ ；

同理可得：

表11.4 顶层散射光子的角分布函数

居民区对应建筑高度	散射角θ	角分布函数f(θ)	散射剂量率 H_{ss}
20 m	60°	0.065	$9.97 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$
15 m	70°	0.035	$6.09 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$
11m	80°	0.014	$2.63 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$
9m	85°	0.005	$9.76 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$

综上所述，天空反散射与侧散射对机房周围地面和楼房辐射水平的贡献很小，因此

本项目可以忽略天空反散射和侧散射对辐射工作和周边公众的影响。

(5) 根据建设单位提供的资料，本项目建成投运后年治疗病人约 900 人，每名病人治疗时间约 8min，因此本项目建成运行后年治疗时间约为 120h。

本项目辐射工作人员和周边公众年附加剂量计算公式如下：

$$H=H_1 \cdot t \cdot T \cdot U \cdot 10^{-3}$$

式中：

H：年有效剂量当量，mSv/a；

H₁：辐射剂量率，μSv/h；

t：年受照时间，h/a；

T：居留因子；

U：使用因子。

由于该设备具有调强功能，泄露辐射实际工作负荷应为正常工作负荷的N倍，N为调强因子，此处取N=5。辐射工作人员和周围公众附加剂量见表11.5。

表11.5 辐射工作人员和周围公众附加剂量（年受照剂量）估算结果

受照类型	关注位置	关注点方位	与加速器机房距离(m)	辐射剂量率预测值(μSv/h)	居留因子	使用因子	调强因子	年工作时间(h)	年剂量率(mSv)
职业照射	加速器工作人员	西侧(控制室)	0.3	0.01	1	1	5	120	6.0×10^{-3}
	模拟定位机工作人员	北侧(控制室)	6	0.12	1	1	5		7.2×10^{-2}
公众照射	候诊区	北侧(走廊)	2	0.27	1/2	1	5		8.1×10^{-2}
	发热门诊	北侧(留观室)	33	0.01	1/20	1	5		3.0×10^{-4}
	配电室	西侧	0.3	0.87	1/20	1	5		2.6×10^{-2}
	检查室	西侧	2	0.56	1/4	1	5		8.4×10^{-2}
	门诊楼	西侧(储物间)	40	0.02	1/20	1	5		6.0×10^{-4}
	通道	南侧	0.3	0.85	1/40	1	5		1.3×10^{-2}
	核医学科	南侧(固废室)	5	0.22	1/20	1	5		6.6×10^{-3}
		南侧(病房)	5	0.22	1/20	1	5		6.6×10^{-3}
	通道	东侧	0.3	0.93	1/40	1	5		1.4×10^{-2}
	街道	东侧	3	0.39	1/40	1	5		5.8×10^{-3}
	居民楼1	东侧	20	0.04	1	1	5		2.4×10^{-2}
	居民楼2	东北侧	30	0.02	1	1	5		1.2×10^{-3}

超市	东北侧	43	0.01	1/20	1	5	3.0×10^{-4}
居民楼3	东南侧	37	0.02	1	1	5	1.2×10^{-3}

由上述可知，本项目直线加速器机房进行防护后，放射工作人员的年附加剂量最大为 $7.2 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，根据医院提供的2020年的辐射工作人员个人年剂量检测报告（在本项目加速器机房未运行时期），报告编号：BJCDC（放剂）-20-10，可知本项目所配备放射工作人员在2020年度监测结果最大为 0.58mSv ，经叠加，放射工作人员的年附加剂量最大为 0.65mSv 。根据上述估算，周围公众的附加剂量最大为 $8.4 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，根据医院提供的2020年《医用射线防护检测与评价报告表》（在本项目加速器机房未运行时期），报告编号：宝市疾控(放卫)字(2020)第15号，可知与本项目相邻加速器机房周围剂量当量率为 $1.5 \times 10^{-4} \sim 2.0 \times 10^{-4} \text{mGy/h}$ ，考虑叠加时其对周围公众的年附加剂量几乎无影响。

综上所述，放射工作人员和公众的年附加剂量分别低于本次评价的 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的剂量约束目标值，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871-2002中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

11.2.2 电子线的环境影响分析

本项目10MV医用直线加速器在按电子模式工作时，最大电子线能量为 18MeV ，根据《辐射防护手册》第三分册4.1.5加速器的辐射源（ P_{95} ），能量为 $E \text{ (MeV)}$ 的单能电子线，在低 Z 物质中的射程（单位为 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）约为能量（单位为 MeV ）的0.6倍。本项目10MV直线加速器以电子档工作时最大电子线能量为 18MeV ，射程为 $18 \times 0.6 = 10.8 \text{g/cm}^2$ ，可以估算出 18MeV 的电子在密度为 $2.35 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的混凝土中的深度约为 4.6cm ，而本项目屏蔽体厚度最小的为 150cm 混凝土，对电子线能产生完全屏蔽，可不再作特殊的防护要求，可不考虑对电子模式产生的X射线的屏蔽。

11.2.3 三废对环境的影响分析

本项目不产生废水，水冷机循环冷却水补充新水，采用桶装冷却水，无废水产生，不对环境产生影响。

项目运行产生极少量的臭氧和氮氧化物有害气体，经过治疗室内的机械通风系统排出，本项目设计通风次数为 5次/h ，在治疗室产生的有害气体经过排风系统及时排出，不会对治疗中的患者产生影响；极少量的臭氧和氮氧化物有害气体排到室外，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准（ 0.2mg/m^3 ）要求，在很短时间分解和经过大气的稀释不会对室外环境产生影响。

加速器在运行过程中不产生固体废物。

11.3 事故影响分析

直线加速器可能发生的事故直线加速器不运行时不存在放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当加速器运行期间才会产生X射线等危害因素，而且最大可能的事故主要有以下几种情况：

- (1) 加速器发生故障或人员疏忽，造成剂量设置错误，使受检者或工作人员受到超剂量照射；
- (2) 人员误入加速器机房未及时发现受到辐射照射；
- (3) 工作人员未按照操作规程进行操作，未及时停止机器运行和关闭防护门，使工作人员及公众人员受到照射；
- (4) 患者进出门损坏，未及时维修，公众人员误打开，受到意外照射；
- (5) 检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员发生急性重度放射病、局部器官残疾。

11.3.1 事故假设

(1) 在对病人进行治疗时，10MV直线加速器主射束1m处剂量率最大值24Gy/min，假设考虑安全联锁失效，有人员误入机房，人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的非主射方向，受到散射和漏射的影响，加速器散射束和漏射束的空气比释动能率均取主射束方向的0.1%，每次误入照射时间为2min（单次照射最长时间）。

(2) 在维修人员进行检修时，检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假设触动直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束0.5m处的非主射束方向，10MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值24Gy/min，检修人员被误照射开始至听报警仪报警关闭加速器停止出束的时间为1min。

(3) 后果计算与分析

表11.6 事故状态下非主射束方向不同时间、距离处有效剂量情况表（mSv）

时间(s)	10	60	120
距离(m)			
0.5	16.0	96.0	192.0
1	4.0	24.0	48.0
2	1.0	6.0	12.0
5	0.2	1.0	1.92

表11.7 事故状态下主射束方向不同时间、距离处有效剂量情况表（mSv）

时间(s)	10	30	60
-------	----	----	----

距离(m)			
0.5	16000	48000	96000
1	4000	12000	24000
2	1000	3000	6000
4	250	750	1500

①通过计算，在以上假设事故情景下，人员误入2分钟，受到直线加速器非主射方向0.5m处的辐射影响，其有效剂量为192mSv，超过人员年剂量限值20mSv，故上述事故后果为一般辐射事故。

②通过计算，在以上假设事故情景下，维修人员受到直线加速器主射束方向0.5m处10秒钟的辐射影响，其有效剂量为16Sv/次；在1m处受到直线加速器主射方向30秒钟的照射，其有效剂量为12Sv/次。根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）表1所述：“骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值范围为4.0~6.0Gy”，故上述事故后果为重大辐射事故。

11.3.2 加速器事故预防措施

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门，生态环境主管部门接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府生态环境主管部门。县级以上地方人民政府及其有关部门接到辐射事故报告后，应当按照事故分级报告的规定及时将辐射事故信息报告上级人民政府及其有关部门。

医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

- （1）建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作；
- （2）加强人员的培训，考核合格、持证上岗；
- （3）建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施；
- （4）制定医院事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准

备应对可能发生的各种事故和突发事件；

（5）辐射工作人员必须严格按照射线装置操作规程进行操作，每日检查防护门上的联锁装置、灯光警示装置是否正常，如果失灵，应立即修理，恢复正常，防止事故照射的发生；

（6）委托有资质的单位对机房周围环境进行监测，以确保射线装置的防护设施达到要求，避免工作人员和公众受到不必要的辐射照射；

（7）加速器装置加强安全保卫措施，无关人员禁止进入工作场所。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

(1) 辐射防护安全和应急救援工作领导小组

宝鸡市中心医院成立了辐射安全与环境保护领导小组，负责全院的辐射安全管理工作。领导小组文件已包含小组成员及职责分工，明确了专职管理人员，还需补充如下内容：

①贯彻执行《放射诊疗管理规定》，并组织落实。

②定期检查医院辐射工作人员执行各项规章制度和技术操作规程情况，保证辐射防护、安全与诊疗质量。

③定期委托有资质的单位对放射诊疗场所和防护设施进行检测，保证辐射水平符合有关规定。

根据医院辐射安全与环境保护领导小组机构文件，医院还需在以下几个方面对文件进行完善：

①细化医院辐射管理领导小组成员职能分工；

②定期修订辐射安全管理领导小组机构成员名单，确保领导小组成员的实效性；

③明确辐射工作场所安全设施的维护管理执行科室，并严格执行日常维护工作；

④补充发生放射事故事件和个人剂量异常事件后，积极组织开展事故原因调查，并按照程序向生态环境主管部门报告。

(2) 辐射工作岗位人员配置情况

①人员配置

本项目辐射工作人员配置情况：本项目拟配备辐射工作人员11名，由原15MV加速器工作人员和医院放疗中心人员时行调配，今后根据医院承担诊疗和教学科研任务量等实际情况适当增加。

②医院现有辐射工作人员251人，均在核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行了考核，本项目辐射工作人员也均参加考核并取得《辐射安全与防护培训合格证》。

③射线操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

④医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强：

①对使用医用射线装置的辐射工作人员，应加强操作人员对其安全操作的培训。

②建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗，需确保在有效期内。

③个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

12.2 辐射安全管理规章制度

宝鸡市中心医院为了保证辐射安全，保障工作人员和公众的身体健康，已制定了以下规章制度：

- (1) 《放射防护制度》；
- (1) 《放射防护管理制度》；
- (2) 《辐射防护安全操作规程》；
- (4) 《涉辐人员岗位职责》；
- (5) 《关于放射人员个人剂量监测的有关规定》；
- (6) 《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》；
- (7) 《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》；
- (8) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》；
- (9) 《放射工作人员职业健康体检管理制度》；
- (10) 《辐射安全防护设施维护与维修制度》；
- (11) 《放射诊疗质量保证制度》；
- (12) 《受检者辐射危害告知制度》；
- (13) 《放射性事故应急处理预案》；
- (14) 《加速器安全操作规程》；
- (15) 《辐射监测计划》；
- (16) 《放射性同位素与射线装置管理制度》等。

建设单位制订的各项制度满足陕环办发〔2018〕29号关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知及辐射安全工作的要求。

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，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

12.3 辐射监测

医院已制定辐射监测计划，包括辐射工作场所监测计划与放射工作人员个人剂量监测计划。本项目在运行期的辐射监测项目分为个人剂量监测和工作场所及周围环境监测。建设单位应定期对本单位放射工作场所周围环境进行辐射监测，对发现的隐患，应及时整改，监测数据每年年底向陕西省生态环境厅和宝鸡市生态环境局上报备案。X、 γ 吸收剂量率监测仪器见表12.1，其具体监测方案见表12.2。

表12.1 X、 γ 吸收剂量率监测设备

仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量
辐射防护用 γ 辐射剂量当量率仪	RJ338-3602	2016. 7. 21	正常在用	1

表12.2 宝鸡市中心医院辐射监测方案

监测内容	监测区域及点位	监测频次
X、 γ 吸收 剂量率	在工作状态和非工作状态对治疗室防护门、墙外表面及控制室 进行监测	每月自检一次，每
	对放射性工作场所周围进行巡测	年由有资质的单
安全连锁、 警示标志	对各放射性工作场所的警示标志、声光报警、监视器、计量监 测、对讲机、门-灯-机连锁、紧急按钮等运行功能的检验	位监测一次
个人剂量	辐射工作人员个人剂量	有资质的单位每 三个月监测一次

12.4 辐射事故应急

宝鸡市中心医院已根据《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，已制定《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。

根据建设单位提供的《辐射事故应急预案》，医院已设立辐射事故应急领导小组作为应急响应机构，明确机构组长、成员相关职责；针对可能发生辐射事故类型，指明了环境风险因素，严格按照事故应急处理程序进行事故处理，采取的应急处置措施；明确了事故状态下信息报告与联系方式；日常工作中，加强对医院辐射事故应急机构成员的培训，提高领导小组成员应对辐射突发公共事件的知识和能力。针对辐射工作人员，加

强教育，严格按照规程操作，提高核安全文化素养。

医院现有辐射事故应急预案内容：应急机构人员组成，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。其已经具备了一定的辐射事故应急处置能力，能够基本满足辐射安全管理要求。

医院应结合本项目10MV加速器的设备性能参数及设备使用特点，修订、完善辐射事故应急预案，将本项目新增的电子直线加速器加入到医院辐射事故应急预案。应提出针对性的应急措施，对医院辐射事故应急预案进行修改。依据国家相关法律法规、标准，不断对进行补充修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性。同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力。

12.5 项目环保投资及竣工环境保护验收清单

本项目总投资共计2965.8万元，环保投资90万元，为项目投资额的3%，本环保投资主要为原15MV机房防护墙体加厚改造，配套的门机联锁、应急开关、应急照明等防护装置的投资和辐射环境验收监测等费用，具体见表12.2。

表12.2 环保投资估算表

实施阶段	类别	污染源或污染物	污染防治措施或设施	费用（万元）
项目准备阶段	环境咨询服务	/	/	7.5
施工期	废气	施工扬尘	施工围挡、定期洒水等	计入改造工程费用，约2万元
	固体废物	建筑垃圾和生活垃圾	生活垃圾统一纳入医院生活垃圾清运系统，建筑垃圾由环卫部门统一清运	
项目验收阶段	竣工验收监测	—	—	6.5
运营期	废气	O ³ 、NO _x	通风设施	计入改造工程费用，约70万元
	辐射环境	X射线	门机联锁、视频监控、对讲设备、急停按钮、工作状态指示灯、红外线防夹设施、剂量和时间联锁系统（设备自有）	
			机房防护墙、防护门（利旧）	
环境管理		制定环境管理制度（修改院方原有）	/	
		配备个人防护用品（院方原有有）	/	
环境监测		配备辐射环境检测仪器、定期自检；年度场所监测	3.0	
人员管理		配备个人剂量计（利旧），定期送检	1.0	
		辐射工作人员职业体检	1.0	

根据《建设项目环境保护管理条例》的要求，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，参照陕西省环境保护厅关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发[2018]29号）文件，在项目竣工后，建设单位应自主进行环保验收工作。本项目竣工环境保护验收清单见下表：

表12.3 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收内容	验收要求
1	分区	放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。
2	布局	治疗室满足使用设备的空间要求。
3	通风	治疗室设置通风装置，采用“上进下排”，进风口与排风口呈对角设置，通风换气次数不小于4次/h。
4	年有效剂量	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和环评报告，公众、职业照射剂量约束值分别执行0.1mSv/a、5mSv/a。
5	管理机构	成立辐射安全与环境保护管理机构、安排专职辐射管理人员负责辐射安全与环境保护管理工作，以文件形式明确辐射防护管理机构职责。
6	监测方案、应急管理	制定机房监测方案。针对使用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。
7	安全管理	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，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。
8	职工体检	安排辐射工作人员定期进行职业病健康检查，并建立职业健康监护档案。
9	人员培训	辐射管理人员和辐射工作人员上岗前均应参加辐射安全和防护专业知识的考核，经考核合格上岗。
10	个人剂量	辐射工作人员应佩戴个人剂量计，每季度送有资质单位检测，建立个人剂量档案。
11	屏蔽措施	机房改造与环评报告表描述一致。屏蔽墙体、防护门窗屏蔽能力满足辐射防护要求。
12	安全设施	设置通风换气装置、门-机联锁装置、标志与指示灯、急停开关、视频监控及对讲设施、固定辐射剂量监测仪、个人剂量报警仪。
13	监测设备	X-γ辐射剂量率仪不少于1台。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

①宝鸡市中心医院为了提高放疗中心肿瘤患者的治疗效率，将医院东侧放疗中心15MV(600cGy/min)加速器更新为10MV(2400cGy/min)加速器，本项目旧机房改建再利用，设置于辐射集中管理区域，对周边环境影响小，项目选址合理可行；

②本项目机房尺寸为7.31m×6.13m，有效使用面积（不含迷路）为44.8m²，机房与控制室分离，控制室位于机房西侧，项目迷路为“直线”型，迷路口设置有防护门，符合《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中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”及《放射治疗放射防护要求》GBZ 121-2020中“放射治疗机房应有足够的有效使用空间”的规定；

③改建的电子直线加速器机房沿用现加速器机房的铅防护门，并对机房的屏蔽墙进行加厚设计，对部分主屏蔽区进行了加宽，重新设计进排风系统、门-灯-机联锁装置、急停开关等设施，满足《放射治疗放射防护要求》GBZ 121-2020的要求；

④宝鸡市中心医院已成立辐射安全与放射防护管理领导小组，明确专职辐射安全管理人员，制定了各项辐射安全管理规章制度，符合《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)的要求；

⑤为该项目配备的放射工作人员均已取得辐射安全与防护培训合格证书，持证上岗，建立了个人剂量档案和职业健康监护档案；

⑥建设单位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，该建设项目在辐射安全与防护方面满足要求。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）非辐射环境影响

①本项目均选用低噪声设备，可满足相关标准的要求；

②加速器在运行过程中产生少量的臭氧和氮氧化物，经5次/h的排风系统排到室外，通过大气稀释分解，机房治疗室内和室外空气质量满足相关标准的要求；

③加速器在运行期间无废水和固体废物产生。

（2）辐射环境影响

①根据本项目计算结果，本项目电子直线加速器机房外30cm处剂量率约为0.08 μ Sv/h，接近环境本底水平，不对公众产生辐射影响；

②电子直线加速器所致辐射工作人员和周围公众年最大附加有效剂量分别为0.0024mSv/a、0.0056mSv/a，满足相关标准及环评提出的年剂量约束目标值的要求。

13.1.3 可行性分析结论

①本项目医用加速器属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》第六项核能中第六条“核素、加速器及辐照应用技术开发”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策；

②该项目给社会带来的利益远大于其使用引起的辐射影响，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”的要求。

13.1.4 总结论

综上所述，宝鸡市中心医院核技术利用项目符合国家产业政策以及辐射防护实践正当性原则，选址合理，项目在严格落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射管理措施后，具备辐射活动相适应的核技术应用能力，项目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。

因此，从环境保护和辐射防护角度分析，本项目建设和运行可行。

13.2 建议和承诺

1、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）的相关要求，规范管理与操作，建立健全核技术利用项目各项档案管理，认真开展自查自评工作，发现问题及时整改；

2、应使用已配备的辐射剂量率监测仪器按照监测计划定期对放射性工作场所以及周边环境进行监测，将原始监测记录存档备查；

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

4、宝鸡市中心医院医用直线加速器核技术利用项目必须在环评审批通过，按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，并编制验收报告，验收合格并取得辐射安全许可才能正式投入使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：			
经办人	公 章		
	年	月	日
审批意见：			
经办人	公 章		
	年	月	日