

核技术利用建设项目  
常德市第一中医医院核技术利用扩建项目  
环境影响报告表  
(报批版)

常德市第一中医医院

2020年10月

环境保护部监制

## 核技术利用建设项目

# 常德市第一中医医院核技术利用扩建项目 环境影响报告表

建设单位名称：\_\_\_\_\_常德市第一中医医院\_\_\_\_\_

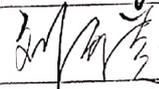
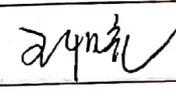
建设单位法人代表（签名或盖章）：\_\_\_\_\_

通讯地址：\_\_\_\_\_常德市武陵区滨湖中路 588 号\_\_\_\_\_

邮政编码：\_\_\_\_\_415000\_\_\_\_\_ 联系人：\_\_\_\_\_

电子邮箱：\_\_\_\_\_ 联系电话：\_\_\_\_\_

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	46vp07		
建设项目名称	常德市第一中医医院核技术利用扩建项目		
建设项目类别	50_191核技术利用建设项目 (不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置)		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)			
统一社会信用代码	124307004464324736		
法定代表人 (签章)	张勇 		
主要负责人 (签字)	刘开英 		
直接负责的主管人员 (签字)	胡朝霞 		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)			
统一社会信用代码	911101067889749851		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
王恒光	11351343510130055	BH000462	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王恒光	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物 (重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH000462	

## 常德市第一中医医院核技术利用扩建项目

### 环境影响报告表专家意见修改清单

序号	专家意见	修改情况
1	细化环境保护目标，完善环保验收一览表	<p>详见 P19~20，细化描述了本项目的环境保护目标情况，标注保护目标距离；</p> <p>详见 P98~99，完善了项目环保目标一览表，补充了各个机房防护用品配备情况，明确了 2020 年 1 月 1 日之前的培训仍然有效，有效期为四年，之后的培训五年有效；</p>
2	补充直线加速器计算参数，完善感生放射性计算	<p>详见 P32~33，补充了项目直线加速器电子线能量；</p> <p>详见 P68，查阅了《辐射防护手册》，补充了感生放射性内容；</p>
3	进一步核实工作负荷，完善附加有效剂量计算	<p>详见 P34、P77~78，进一步与医院协商，核对了直线加速器工作负荷，完善了附加有效剂量计算；</p>
4	专家提出的其它意见	<p>详见 P4，明确了将从事介入手术的人员均纳入放射工作人员进行管理；</p> <p>详见 P7~8，核对了医院现有放射工作人员体检、个人剂量检测及培训情况，并依据现有情况提出要求；</p> <p>详见 P24~28、P54 及全文相关处，更新了 GBZ130-2013，采用更新后的 GBZ130-2020 进行评价；</p> <p>详见 P63、P65~67，将主屏蔽带宽度单独列表计算，并且重新核对了直线加速器机房的屏蔽核算；</p> <p>详见 P56、P68~69、73，细化了本项目通风管网布置情况及风量要求；</p> <p>详见 P80，核对了本项目与产业指导目录的相关联性；</p> <p>其他详见全文划线处。</p>

## 目 录

表 1	项目概况.....	1
表 2	放射源.....	10
表 3	非密封放射性物质.....	11
表 4	射线装置.....	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	14
表 6	评价依据.....	15
表 7	保护目标与评价标准.....	18
表 8	环境质量现状.....	29
表 9	项目工程分析与源项.....	31
表 10	辐射防护与安全措施.....	32
表 11	环境影响分析.....	57
表 12	辐射安全管理.....	68
表 13	结论及建议.....	100
表 14	审批.....	104



## 附录

### 附图

- 附图一 项目所在地理位置图
- 附图二 医院新址规划平面布置图
- 附图三 新院医技楼负一楼平面布置图
- 附图四 新院医技楼一楼平面布置图（放疗中心楼上）
- 附图五 新院医技楼负一楼放疗中心平面布置图
- 附图六 直线加速器机房及后装机机房平面布置图
- 附图七 直线加速器机房及后装机机房剖面图
- 附图八 放疗中心通风管网平面布置示意图
- 附图九 放疗中心辐射防护分区图
- 附图十 新院医技楼四楼平面布置图
- 附图十一 新院医技楼三楼平面布置图（DSA 机房楼下）
- 附图十二 新院医技楼五楼平面布置图（DSA 机房楼上）
- 附图十三 新院医技楼四楼介入手术室平面布置图
- 附图十四 介入手术室辐射防护分区图
- 附图十五 现场照片

### 附件

- 附件一 委托书
- 附件二 质量保证单及场所现状检测报告
- 附件三 关于调整辐射安全防护管理小组的通知
- 附件四 辐射安全许可证正副本
- 附件五 放射工作人员培训证书
- 附件六 职业性外照射个人剂量检测报告
- 附件七 放射工作人员职业健康监护资料
- 附件八 辐射防护相关管理制度及应急预案
- 附件九 医院异地新建一期工程（包含医技楼主体工程）环评批复

附件十 原核技术利用环评批复及验收批复

**附表**

附表一 建设项目环评审批基础信息表

表 1 项目基本情况

项目名称	常德市第一中医医院核技术利用扩建项目				
建设单位	常德市第一中医医院				
法人代表	张勇	联系人	██████	联系电话	██████
注册地址	常德市武陵区滨湖中路 588 号				
项目建设地点	常德市武陵区新河路以东、扬谷路以西、紫菱路以北				
立项审批部门	/		批准文号	/	
核技术利用项目总投资（万元）	██████	██████ 保投资（万元）	██████	投资比例	██████
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m <sup>2</sup> ）	--
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 type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" 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	制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<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		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他	无				

### 1.1 建设单位概况

常德市第一中医医院始建于 1953 年，是全省建立最早的中医医院之一，现为三级甲等中医医院、全国首批示范中医医院、中医（全科）住院医师规范化培训（培养）基地、湖南中医药大学附属常德医院，常德市 120 急救中心，常德各区县市职工医保、城乡居民医保协议医院，是集医疗、科研、教学、预防保健于一体的综合性中医医院。

2019 年 3 月，常德市发展和改革委员会批复了常德市第一中医医院异地新建项目一期工程的可行性研究报告，同意常德市第一中医医院在新河路以东、扬

**续表 1 项目概况**

谷路以西、紫菱路以北进行异地新建项目。项目占地面积 159.57 亩，其中一期工程占地 94.57 亩，预留用地 65 亩。一期工程总建筑面积 137000 平方米，设置床位 1300 张，主要建设内容为急诊楼、门诊楼、医技楼、住院楼、医疗连廊、垃圾中转站、高压氧舱+120 院前、污水处理站及相关设备购置和配套设施建设。设置停车位 1200 个，其中地下 900 个，地上 300 个。总投资 81000 万元。

现医院占地 3 万平方米，医疗建筑面积 6.2 万平方米，编制床位 800 张，实际开放床位 1038 张。现有省级名中医 2 名，市级名中医 8 名，市级名中药师 1 名，正高级技术职称 42 人，副高级职称 199 人，中级职称 336 人，博士生导师 1 名，硕士生导师 29 名，博士 5 名，硕士 125 名，拥有湘西北首个医疗博士后科研工作站，在站博士后 4 名。医院开设骨伤科（含创一、创二、手足、脊柱、关节、小儿骨科及运动医学七个病区）、呼吸科（肺病科）、心血管科、脑病科、中风病科、脑外科、妇科、产科、内分泌科、风湿科、脾胃肝病科、血液肿瘤科、儿科、外科（含肝胆胰胃肠病区、心胸乳腺病区、泌尿病区）、肛肠科、肾病科、眼科、耳鼻咽喉头颈外科、口腔科、针灸推拿科、康复科、皮肤科、麻醉科、急诊科、重症医学科、治未病科、感染科、介入科、急救中心等 33 个临床科室和医学影像、检验、病理、输血科、药剂科、内镜中心等 10 个医技科室。

## **1.2 项目由来**

近年来，随着医院的不断发展壮大，为了更好的为人民群众提供医疗服务，同时提升医院整体服务质量，常德市第一中医医院拟投■■■■元进行核技术利用扩建项目，本次扩建主要在医院新院区医技楼负一楼放疗中心增加 2 台医用直线加速器，在医技楼四楼介入中心手术室新增 3 台医用血管造影 X 射线机（以下简称 DSA），根据《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号）可知，医用直线加速器及医用血管造影 X 射线机均为 II 类射线装置；在医院新院区医技楼负一楼放疗中心新增 1 台后装机，使用 2 枚  $^{192}\text{Ir}$ （不同时使用，每枚放射源使用半年），单枚活度为  $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，根据《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号），为 III 类放射源。

根据现场踏勘及医院规划实际情况，目前新院区为空地，上述新增设备未购

**续表 1 项目概况**

买。

为保护环境，保障周围公众健康，根据《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）以及《中华人民共和国环境影响评价法》，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号）及《关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》部分内容的决定》（生态环境部 部令第 1 号），本项目属于“191 使用 II 类射线装置的，使用 III 类放射源”，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。因此，常德市第一中医医院委托北京中企安信环境科技有限公司对拟开展的核技术利用扩建项目进行环境影响评价。我公司人员在现场踏勘、收集有关资料的基础上，按照国家对伴有辐射建设项目环境影响评价技术规范的要求，编制了本项目的辐射环境影响报告表。

**1.3 项目概况**

(1) 项目名称：常德市第一中医医院核技术利用扩建项目

(2) 建设地点：常德市武陵区新河路以东、扬谷路以西、紫菱路以北常德市第一中医医院医技楼负一楼、四楼

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设单位：常德市第一中医医院

(5) 投资：核技术总投资 ██████████

(6) 建设规模：本次扩建主要在医院新院区医技楼负一楼放疗中心增加 2 台医用直线加速器，1 台后装机，使用 2 枚 <sup>192</sup>Ir（不同时使用，每枚放射源使用半年），单枚活度为  $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，为 III 类放射源；在医技楼四楼介入中心手术室新增 3 台 DSA。

本项目拟新增射线装置、放射源使用情况见下表 1-1、表 1-2。

**表 1-1 医院拟新增配置射线装置情况一览表**

序号	射线装置	厂家/型号	拟定参数	类别	位置	数量	备注
1	医用直线加速器	未定	6MV	II 类	医技楼负一楼放疗中心直加 1#室	1 台	新增
2	医用直线加速器	未定	10MV	II 类	医技楼负一楼放疗中心直加 2#室	1 台	新增

续表 1 项目概况

3	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	未定	125kV, 1250mA	II 类	医技楼四楼 OP28 介入手术室	1 台	新增或搬迁
4	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	未定	125kV, 1250mA	II 类	医技楼四楼 OP29 介入手术室	1 台	新增
5	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	未定	125kV, 1250mA	II 类	医技楼四楼 OP30 介入手术室	1 台	新增
合计: 5 台 II 类射线装置							

表 1-2 本项目放射源情况表

序号	核素名称	活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点
1	<sup>192</sup> Ir	3.7×10 <sup>11</sup> Bq×2 (不同时使用, 每枚放射源使用约半年)	III 类	使用	放射治疗	医技楼负一楼后装机内	使用源存放在后装机内, 新增或退役源随铅罐一起暂存在后装机房内的保险柜内

(7) 劳动定员

本项目拟新增放射工作人员约 20 人, 其中直线加速器机房及后装机拟配备 8 人, DSA 介入手术室拟配备 12 人。人员配备必须满足《放射诊疗管理规定》(中华人民共和国卫生部令第 46 号) 中相关规定, 即要求配置有中级以上专业技术职务任职资格的放射肿瘤医师、核医学医师及大学本科以上学历或中级以上专业技术职务任职资格的放射影像医师; 病理学、医学影像学专业技术人员, 医学物理人员, 相关内、外科的专业技术人员、放射治疗技师及维修人员等。本项目涉及从事介入手术的人员, 包括心血管、神经外科等科室的医生、护士, 均纳入放射工作人员进行管理。

1.4 项目组成情况

根据项目特点, 本项目主要由主体工程、公用工程、环保工程三部分组成。其中, 公用工程大部分依托新院区公用工程, 环保工程废气处理系统为新建, 其他均依托新院区环保工程。项目组成见下表 1-3。

表 1-3 本项目主要工程依托关系表

序号	项目	组成	依托关系
一		主体工程	

续表 1 项目概况

1	直线加速器机房	位于医技楼负一楼北侧区域，设置 2 间直线加速器机房（2 间机房面积大小一致），直线加速器机房净空长宽高分别为 7.7m×8.6m×3.7m，有效使用面积为 66.2m <sup>2</sup> ，在机房北侧设置设备间、控制室、患者准备室，其中 1 间机房拟新增 1 台 6MV 医用电子直线加速器，1 间机房拟新增 1 台 10MV 医用电子直线加速器	新建
2	后装机机房	位于医技楼负一楼北侧区域，设置 1 间后装机机房，机房净空长宽高分别为 4.8m×6.0m×6.0m，有效使用面积为 28.8m <sup>2</sup> ，在机房北侧设置患者准备室、控制室，西侧设置污物间；机房内拟新增 1 台后装机，使用放射源 <sup>192</sup> Ir（2 枚，不同时使用，每枚使用约半年），单枚活度为 3.7×10 <sup>11</sup> Bq，为 III 类放射源	新建
3	DSA 机房	本次设置有 3 间 DSA 机房，分别位于医技楼四楼 DSA 手术室 OP28、OP29、OP30，机房面积长宽分别为 11.6m×7.2m、7.35m×5.3m、7.75m×5.8m，有效使用面积分别为 83.5m <sup>2</sup> 、39m <sup>2</sup> 、45.0m <sup>2</sup> ，分别各配置 1 台 DSA	新建
二	公用工程		
1	给水	依托院内供水管网	依托
2	排水	工作人员生活污水依托院区排水管网，实行雨污分流，污污分流，废水经过医院污水处理措施处理达标后排放	依托
3	供配电	院内供配电系统	依托
4	通风	射线装置机房内新建通排风系统，保证室内通风满足要求	新建
三	环保工程		
1	废气	<u>DSA 机房设置机械动力通风设施，并安装空调辅助通风；1 号直线加速器机房在东侧墙体上部距顶 0.3m 设置 2 个进风口，西南侧墙体下部离地 0.3m 处设置 1 个排风口；2 号直线加速器机房在东侧墙体上部距顶 0.3m 设置 2 个进风口，西南侧墙体下部离地 0.3m 处设置 1 个排风口；后装治疗机机房在西侧距顶 0.3m 处设置 1 个进风口，东南侧距地 0.3m 处设置 1 个排风口，放疗中心有害气体经过风井汇集后由管道排放至本建筑屋顶。</u>	新建
2	废水	工作人员生活污水依托院区排水管网，实行雨污分流，污污分流，废水经过医院污水处理措施处理达标后排放	依托
3	固废	制定固废处理措施，生活垃圾统一收集后交由环卫部门处理；医疗垃圾用脚踏式开关垃圾桶收集后由污物通道暂存在医疗固废暂存间，最后集中处置；退役放射源厂家回收，直	依托+新建

续表 1 项目概况

		线加速器废靶交由有资质单位处置						
<p><b>1.5 保护目标</b></p> <p>根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护对象为上述射线装置机房及放射源使用场所墙体为边界 50m 范围内从事放射诊疗项目的放射工作人员及公众成员。</p>								
<p><b>1.6 医院现有核技术利用项目情况</b></p> <p><b>1.6.1 现有射线装置情况</b></p> <p>[Redacted text]</p> <p>[Redacted text]</p> <p>[Redacted text]</p> <p>[Redacted text]</p> <p>[Redacted text]</p>								
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	





续表 1 项目概况

	(射线装置所在科室)			
现有防护用品	放射科、介入室、放疗中心	铅围脖	件	17
		铅屏风	件	2
		铅帽子	顶	10
		铅围裙	件	14
		铅橡胶颈套	件	18
		铅衣	件	13
		铅眼镜	副	4
		个人剂量计	个	71
		个人剂量报警仪	台	1
		铅悬挂防护屏	件	2
		防护吊帘	件	2
		床侧防护帘	件	2
		移动防护屏	件	2

医院现有防护用品基本能满足现有核技术利用项目需要。

#### 1.6.4 放射性废物排放情况

医院目前产生的废气，主要是射线装置机房工作曝光过程中，电离产生的少量氮氧化物及臭氧。射线装置机房均设置有机械通风装置，由 X 射线电离产生的氮氧化物和臭氧经过机械通风装置排出室外，对环境影响小。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	Ir <sup>192</sup>	3.7×10 <sup>11</sup> Bq×2 (不同时 使用, 每枚放射源使用 约半年)	III 类	使用	放射治疗	医技楼负一楼后装机内	使用源存放在后 装机内, 新增或退 役源随铅罐一起 暂存在后装机房 内的保险柜内	/
以下无								

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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》（GB-18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II类	1台	未定	电子	6	600cGy/min	放射治疗	医技楼负一楼放疗中心直加 1#室	新增
2	医用直线加速器	II类	1台	未定	电子	10	1000cGy/min	放射治疗	医技楼负一楼放疗中心直加 2#室	

(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 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II类	1台	未定	125	1250	血管造影用 X 射线装置	医技楼四楼 OP28 介入手术室	新增或搬迁
2	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II类	1台	未定	125	1250	血管造影用 X 射线装置	医技楼四楼 OP29 介入手术室	新增
3	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II类	1台	未定	125	1250	血管造影用 X 射线装置	医技楼四楼 OP30 介入手术室	新增

(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	最大靶电	中子强度	用途	工作场	氟靶情况	备
----	----	----	----	----	------	------	------	----	-----	------	---

					压 (kV)	流 ( $\mu\text{A}$ )	(n/s)		所	活度 (Bq)	贮存方式	数量	注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役放射源	固态	<sup>192</sup> Ir	/	/	/	/	后装机机房保险柜内	厂家回收
直线加速器退役靶	固态	/	/	/	/	/	/	交有资质单位处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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. 含有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）。

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p><b>6.1 相关法律法规、部门规章及规范性文件</b></p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订并施行）；</p> <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 月施行）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，2014 年 7 月 29 日修订，2019 年 3 月 2 日修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日）；及关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日）；</p> <p>(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，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行；</p> <p>(8) 《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 5 月 1 日）；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号）；</p> <p>(11) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号；</p> <p>(12) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）；</p> <p>(13) 《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》（环保总局公告[2006]第 145 号）；</p>
------------------	---

续表 6 评价依据

<p>技术 标准</p>	<p>(14) 《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）。</p> <p><b>6.2 评价技术规范</b></p> <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）。</p> <p><b>6.3 评价技术标准</b></p> <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126—2011）；</p> <p>(3) 《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>(4) 《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/T201.2—2011）；</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》（GBZ/T201.3-2014）；</p> <p>(6) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）；</p> <p>(7) 《后装γ源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）；</p> <p>(8) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(9) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）；</p> <p>(10) 《医用 X 射线诊断受检者放射卫生防护标准》（GBZ16348-2010）；</p> <p>(11) 《放射工作人员健康要求》（GBZ98-2017）；</p> <p>(12) 《放射工作人员职业健康监护技术规范》（GBZ235—2011）；</p> <p>(13) 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；</p> <p>(14) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(15) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因</p>
------------------	--

续表 6 评价依据

	<p>素》（GBZ2.1-2019）；</p> <p>（16）《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）；</p> <p>（17）《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）。</p>
其他	<p>（1）辐射环境影响评价委托函（附件一）；</p> <p>（2）本项目电离辐射监测报告：湘环院（检）2019-11-004 号（附件二）；</p> <p>（3）《辐射防护》（第 11 卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）；</p> <p>（4）《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）；</p> <p>（5）《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》；</p> <p>（6）《辐射防护技术与管理》第一卷；</p> <p>（7）《辐射源室屏蔽设计与评价》；</p> <p>（8）《放射卫生学》；</p> <p>（9）《辐射防护导论》。</p>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）中要求：“第 1.5 评价范围和保护目标：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。”

本项目为医院核技术利用的环境影响评价，运营过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，且主要影响人员是射线装置（放射源及射线装置）所在机房临近的职业工作人员和工作场所周围的公众。因此，本项目以射线机房、放射源使用场所实体边界 50m 的范围内为评价范围。评价范围示意图见下图：

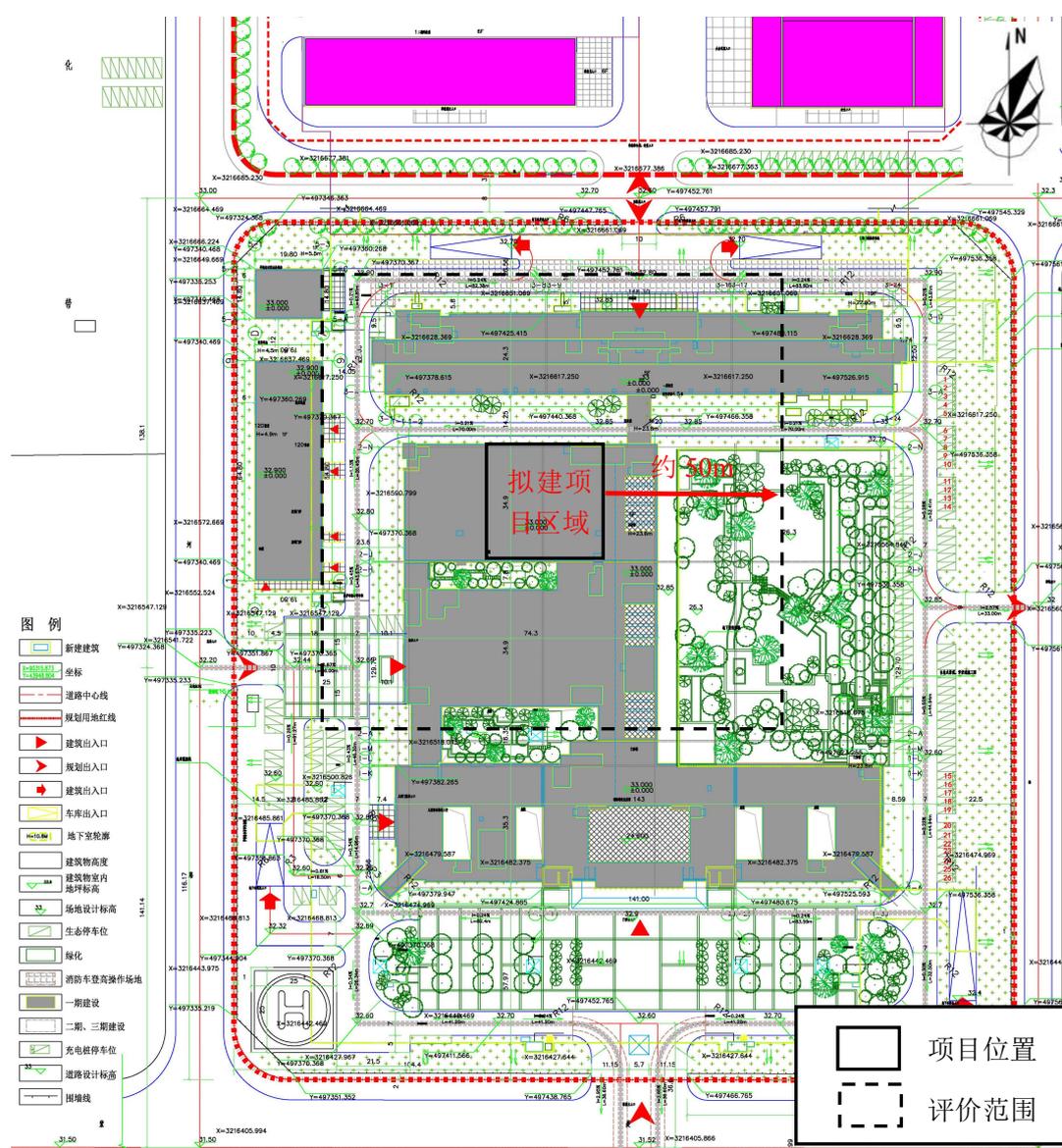


图 7-1 项目评价范围示意图

续表 7 保护目标与评价标准

7.2 环境保护目标

常德市第一中医医院新址位于常德市武陵区新河路以东、扬谷路以西、紫菱路以北，本项目位于新址拟建医技楼，医院东侧为杨谷路，南侧为紫菱路，西侧及北侧为新河路；医技楼东侧为绿化带及广场，南侧为绿化带及连廊门诊楼，西侧为绿化带及医院道路，北侧为绿化带及连廊住院楼。

本项目评价范围均在医院范围以内，涉及的环境保护目标均为院区建筑。本项目工作场所周围主要环境保护目标情况（以项目涉源机房为边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围）详见表 7-1。

表 7-1 涉源场所周围（50m 范围）主要环境保护目标一览表

机房名称	机房位置	方位		主要环境保护目标	环境保护人群	影响人数
直线加速器机房及后装装机机房	医技楼负一楼	东	邻到 50m	CT 定位机机房、DR 定位机机房及其控制室、候诊室	放射工作人员 公众人员	约 20 人
		南	邻到 50m	配电小间、风机房、楼梯间等辅助用房	公众人员	约 2 人
		西	邻到 50m	洗污间、休息室、祷告间、停尸间、装验室、告别间、太平间等	公众人员	约 10 人
		北	紧邻	患者准备间、后装控制室、设备间、直加控制室、物理库房、模具间、制模间	放射工作人员 公众人员	约 20 人
			约 30m	拟建住院楼	公众人员	约 200 人
		楼上		放射科、MRI 机房、庭院	公众人员	约 30 人
		楼下		夯实土层	—	—
DSA 介入手术室	医技楼四楼	—		工作场所	放射工作人员	约 5 人
		东	邻到 50m	无菌库房、无障碍楼梯间、药品库、医生谈话间、家属谈话间、设备间、操作间	放射工作人员 公众人员	约 20 人
		南	邻到 50m	洁净走廊、卫生间、更衣室、护士站、中心监控室、无菌库房、缓冲间等	公众人员	约 10 人

续表 7 保护目标与评价标准

		西	邻到 50m	清洗间、电梯间、楼梯间 污物电梯、设备运输通道、 设备间、操作间	放射工作人员 公众人员	约 20 人
		北	紧邻	污物走廊	公众人员	约 2 人
			约 20m	拟建住院楼	公众人员	约 200 人
		楼上	手术室	公众人员	约 10 人	
		楼下	示教室、护士长办、蒸汽 发生间、洁净空调机房	公众人员	约 5 人	

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护对象为该医院从事放射诊疗的放射工作人员、公众成员。

### 7.3 评价标准

#### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

##### ① 剂量限值

第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限值，以保证本标准 7.2.2 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 B）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。

第 B1.1.1.1 款，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，150mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

结合拟使用的医用射线装置的实际情况，确定本项目介入医生年剂量目标管理限值为职业照射的五分之一，即 4 mSv/a；其他放射工作人员剂量目标管理限值为职业照射的十分之一，即 2 mSv/a。

续表 7 保护目标与评价标准

第 B1.2 款 公众照射

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超过下述限值：年有效剂量，1mSv，

本项目公众人员的年有效剂量目标管理值取公众照射的十分之一，即 0.1mSv/a。

②辐射工作场所的分区

第 6.4 款 应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和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。

6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

e) 运用行政管理程序和实体屏障限制进出控制区。

g) 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

(2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

本标准适用于标称能量在 50MeV 以下的医用电子加速器的生产和使用。

5.3.4.1 此要求适用于电子能量超过 10MeV 的设备

5.3.4.2 在规定的最大吸收剂量率下，进行 4Gy 照射，以间隙 10min 的方式连续运行 4h 后，在最后一次照射终止后的 10s 开始测量，测得感生放射性的周围剂量当量  $H(d)$ ，且应满足下列要求：

a) 累计测量 5min，在离外壳表面 5cm 任何容易接近处不超过 10 $\mu$ Sv，离外

续表 7 保护目标与评价标准

壳表面 1m 处不超过  $1\mu\text{Sv}$ ;

b) 在不超过 3min 的时间内, 测得感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 任何接近处不超过  $200\mu\text{Sv/h}$ , 离外壳表面 1m 处不超过  $20\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率宜不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线能量超过 10MV 的加速器, 屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积。新建治疗室不应小于  $45\text{m}^2$ 。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路, 防护门应与加速器联锁。

6.1.9 相关位置 (例如治疗室入口处上方等) 应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

8.1.4 在加速器正常运行情况下, 安全联锁系统每月检查 1 次。

8.1.5 在加速器正常运行情况下, 工作场所和周围区域辐射水平每年监测 1 次。

### (3) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T201.2-2011) 第 2 部分

本部分适用于 30MeV 以下的加速器放射治疗机房。本部分不适用于手术中加速器电子线治疗的机房。

#### 4.2 剂量控制要求

##### 4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的剂量率参考控制水平  $H_c$ :

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子, 可以依照附录 A, 由以下周剂量参考控制水平 ( $H_c$ ) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $H_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$ :

1) 放射治疗机房外控制区的工作人员:  $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ;

2) 放射治疗机房外非控制区的人员:  $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

续表 7 保护目标与评价标准

b) 按照关注点人员居留因子的下列不同, 分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$ :

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

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

c) 由上述a) 中的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和b) 中的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ , 选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 $H_c(\mu\text{Sv/h})$ 。

**注: 本环评选取  $2.5\mu\text{Sv/h}$  作为加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率限值。**

**(4) 《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)**

**4.1 剂量控制要求**

**4.1.1 治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率参考控制水平**

治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率(以下简称剂量率)应不大于下述 a)、b)和 c)所确定的剂量率参考控制水平  $H_c$ :

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子, 可以依照附录A, 由以下周剂量参考控制水平( $H_c, \mu\text{Sv/周}$ )求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$ :

1) 放射治疗机房外控制区的工作人员:  $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ;

2) 放射治疗机房外非控制区的人员:  $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

b) 按照关注点人员居留因子的下列不同, 分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$ :

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

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

c) 由上述a) 中的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和b) 中的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ , 选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 $H_c(\mu\text{Sv/h})$ 。

**注: 本环评选取  $2.5\mu\text{Sv/h}$  作为治疗机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率限值。**

**(5) 《后装 $\gamma$ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ121-2017)**

**4.2.2 工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时, 距离贮源器表面 5cm 处**

续表 7 保护目标与评价标准

的任何位置，因泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于  $50\mu\text{Sv/h}$ ；距离贮源器表面  $100\text{cm}$  处的球面上，任何一点的泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于  $5\mu\text{Sv/h}$ 。

#### 5 治疗室的防护要求

5.1 治疗室应与准备室、控制室分开设置。治疗室内有效使用面积应不低于  $20\text{m}^2$ ，应将治疗室设置为控制区，在控制区进出口设立醒目的符合 GB18871 规定的辐射警告标志，严格控制非相关人员进入控制区；将控制区周围的区域和场所设置为监督区，应定期对这些区域进行监督和评价。

5.2 治疗室应设置机械通风装置，其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次。

5.3 治疗室入口应采用迷路形式，安装防护门并设置门机联锁，开门状态下不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。治疗室外防护门上方要有工作状态显示。治疗室内适当位置应设置急停开关，按下急停按钮应能使放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。

5.4 治疗室防护门应设置手动开门装置。

5.5 在控制室与治疗室之间应设监视与对讲设施，如设置观察窗，其屏蔽效果应与同侧的屏蔽墙相同。

5.6 设备控制台的设置应能使操作者任何时候都能全面观察到通向治疗室的通道的情況。

5.7 应配备辐射监测设备或便携式测量设备，并具备报警功能。

5.8 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化原则，治疗室屏蔽体外  $30\text{cm}$  处因透射辐射所致的周围剂量当量率应不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.9 在治疗室迷路出、入口设置固定式辐射剂量监测仪并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。

5.10 治疗室内应配有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备。

5.11 治疗室内合适的地方应张贴应急指示。

### **(6) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)**

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

## 续表 7 保护目标与评价标准

### 第 5 款 X 射线设备防护性能的技术要求

第 5.8 款 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求

5.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

### 第 6 款 X 射线设备机房防护设施的技术要求

#### 第 6.1 款 X 射线设备机房布局

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（表 7-2）的规定。

**表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求**

设备类型	机房内最小有效使用面积 m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

#### 第 6.2 款 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3（表 7-3）的规定。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

**表 7-3 本项目设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求**

续表 7 保护目标与评价标准

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
C 形臂 X 射线设备机房	2	2
<p>6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。</p> <p>第 6.3 款 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平</p> <p>6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：</p> <p>a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大 2.5 <math>\mu\text{Sv/h}</math>；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；</p> <p>第 6.4 款 X 射线设备工作场所防护</p> <p>6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。</p> <p>6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。</p> <p>6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。</p> <p>6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。</p> <p>6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。</p> <p>6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。</p> <p>6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。</p> <p>6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。</p> <p>6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。</p> <p>6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。</p> <p>第 6.5 款 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求</p> <p>6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（表 7-4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。</p>		

续表 7 保护目标与评价标准

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配备要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

根据上述标准，结合本项目拟使用放射源及医用射线装置的实际情况，确定本项目的年剂量目标管理值要求以及污染物排放指标如下：

表 7-5 本项目年剂量目标管理值及污染物排放指标表

一、年剂量管理目标值			
项目	年平均有效剂量限值 (mSv/a)	执行对象	本评价年剂量管理目标值 (mSv/a)
放射工作人员	20	放射工作人员	DSA 介入医生：≤4； 其他放射工作人员：≤2；
公众人员	1	公众人员	≤0.1
二、机房防护体表面控制值			
直线加速器机房	防护体表面 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h		
后装机机房	防护体表面 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h；工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，因泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 50μSv/h；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点的泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 5μSv/h		
三、射线装置机房面积及单边尺寸			
直线加速器机房	机房面积≥45m <sup>2</sup>		

续表 7 保护目标与评价标准

后装机机房	机房面积 $\geq 20\text{m}^2$
DSA 机房	机房面积 $\geq 20\text{m}^2$ ；机房内最小单边长度 $\geq 3.5\text{m}$
<b>四、放射性废物排放</b>	
排风次数	治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h
退役放射源及废靶	退役放射源暂存在保险箱中，由厂家回收；退役废靶交有资质单位处置

**表 8 环境质量现状**

**8.1 辐射环境质量现状调查**

**1、项目环境辐射监测**

受常德市第一中医医院的委托，湖南省湘环环境研究院有限公司于 2020 年 6 月 9 日对医院新院区拟建地（E：111°39'55"，N：29°03'54"）的辐射医疗工作环境进行了检测。

**2、监测方案及质量保证**

**(1) 监测目的**

该环境辐射现状监测的目的主要是为了了解项目地点天然辐射水平，为辐射工作场所建成运行后对环境的影响提供依据。

**(2) 监测依据**

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002；

《环境地表γ辐射剂量率测定规范》GB/T14583-93；

《辐射防护》（第 11 卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）。

**(3) 监测布点及质量保证**

本项目目前场地为空地，根据现场情况及拟建场所位置情况，在医技楼拟建区域、机房拟建区域、评价范围内道路、建筑处等位置布点。布点详见检测报告（附件二）及图 8-1 监测布点图。

**(4) 质量保证**

该项目测量所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。本次监测所使用的仪器情况见表 8-1。

**表 8-1 检测仪器及检定情况一览表**

仪器名称	仪器型号	出厂编号	计量检定证书编号	有效日期
电离室巡测仪	451P	7007	hnjln2019107-275	2020.12.01

续表 8 环境质量现状

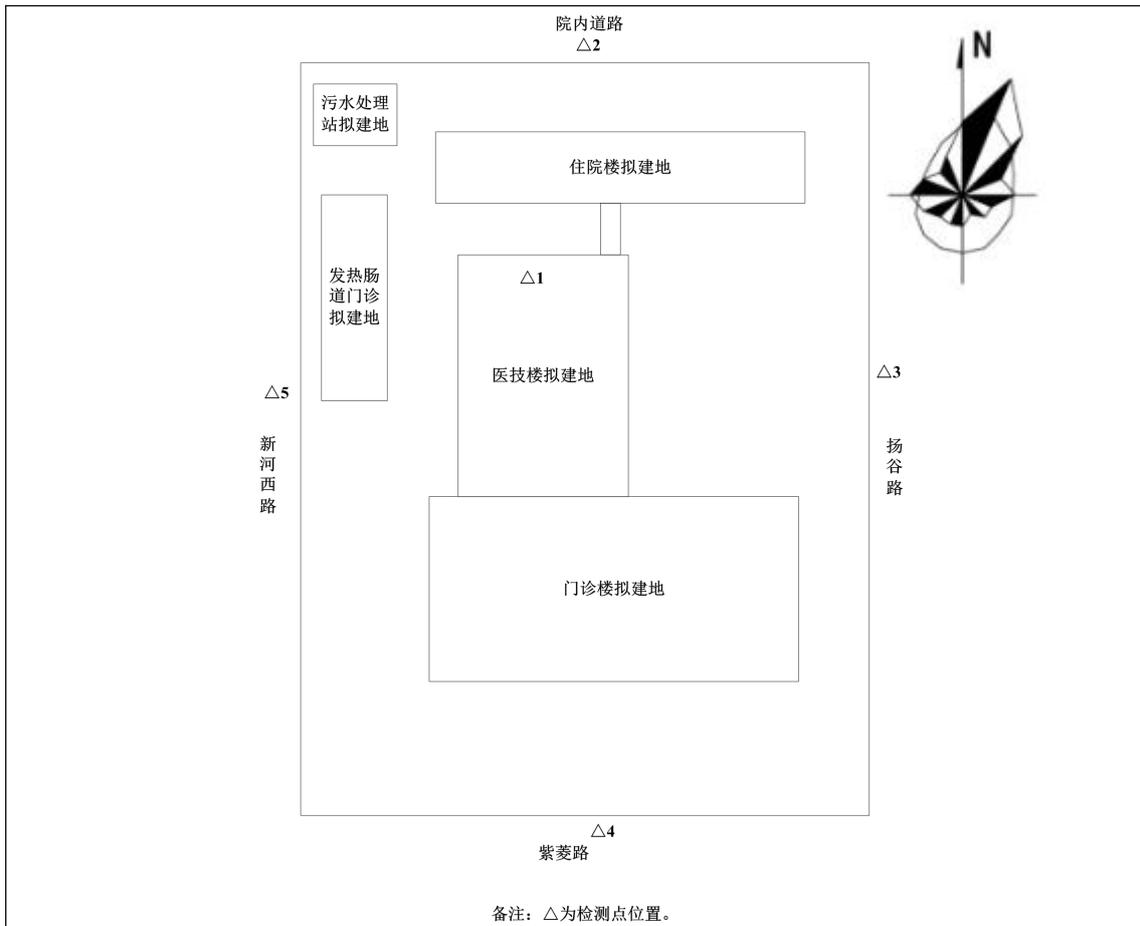


图 8-1 检测布点示意图

### 3、监测结果及评价

监测数据详见下表及监测报告（附件二）。

表 8-2 项目拟建场所本底监测结果

序号	点位描述	环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)
1	医技楼拟建地区域	113
2	拟建地北侧院内道路	111
3	拟建地东侧扬谷路	115
4	拟建地南侧紫菱路	108
5	拟建地西侧新河西路	111

项目拟建址的环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率在108~115nGy/h之间，与湖南省常德市天然贯穿辐射剂量率—室外62.3~150.1nGy/h相比，项目所在地辐射环境质量现状在正常浮动范围内，未见有较大的异常。

表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目拟选址在医院新院区新建医技楼。常德市第一中医医院异地新建项目一期工程已进行了环境影响评价手续，并取得了常德市生态环境局的审批意见：常环建【2019】60号，本次核技术利用扩建项目涉及的医技楼包含在新址的一期工程内，环评文件对医院新建医技楼施工进行了详细评价。本次核技术利用项目施工期主要评价机房装修过程中的环境影响，污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

噪声：主要来自于装修及现场处理等。

废气：主要为机械敲打、钻洞墙体等产生的扬尘。

废水：主要为施工人员产生的少量生活废水，无机械废水。

固体废物：主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员的生活垃圾。

本项目施工期环境影响随着施工期的结束而结束，施工期工程量小，施工期短，且均在院区内施工，对外界环境影响很小，不存在环保遗留问题。

### 9.2 直线加速器营运期污染工序及污染物产生情况

#### 1、工作原理

医用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。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，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。典型医院直线加速器示意图见图 9-1 所示。

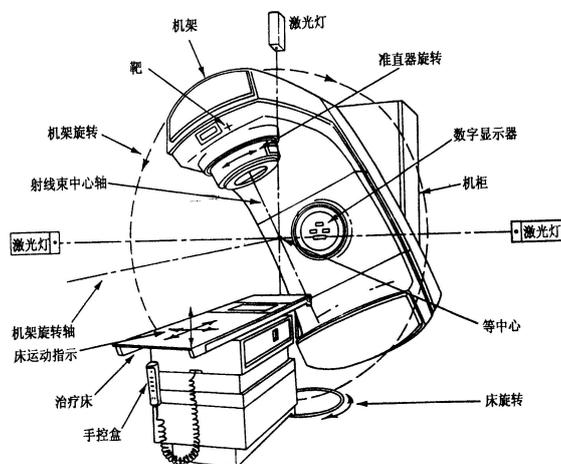


图 9-1 典型医用电子直线加速器示意图

续表 9 项目工程分析与源项

## 2、直线加速器设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。医用直线加速器内部结构框图 9-2。

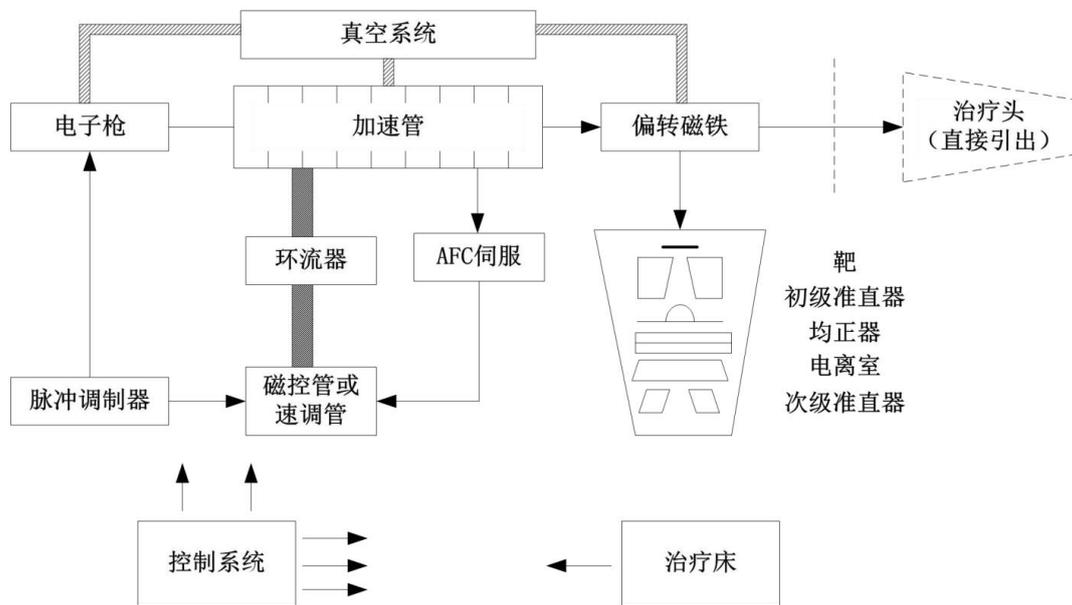


图 9-2 典型应用直线加速器内部结构框图

## 3、本项目直线加速器基本参数

表 9-1 本项目直线加速器基本参数表

序号	名称	6MV 直线加速器指标		10MV 直线加速器指标	
		常用剂量	最高剂量	常用剂量	最高剂量
1	X 射线能量	400cGy/min	600cGy/min	400cGy/min	1000cGy/min
2	电子线	6 MeV、10 MeV		6 MeV、8 MeV、10 MeV、 12 MeV、15MeV	
3	最大照射	40cm×40cm		40cm×40cm	

续表 9 项目工程分析与源项

3	最大出束半角	14 度		14 度	
4	1m 处最大 X 线 剂量率 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	$2.4\times 10^8$	$3.6\times 10^8$	$2.4\times 10^8$	$6.0\times 10^8$

#### 4、工作流程

(1) 进行定位。先通过模拟定位机（另行履行环保手续，不属于本次评价范围）对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

(2) 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。

(3) 固定患者体位。在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及照射野。

(4) 开机治疗。

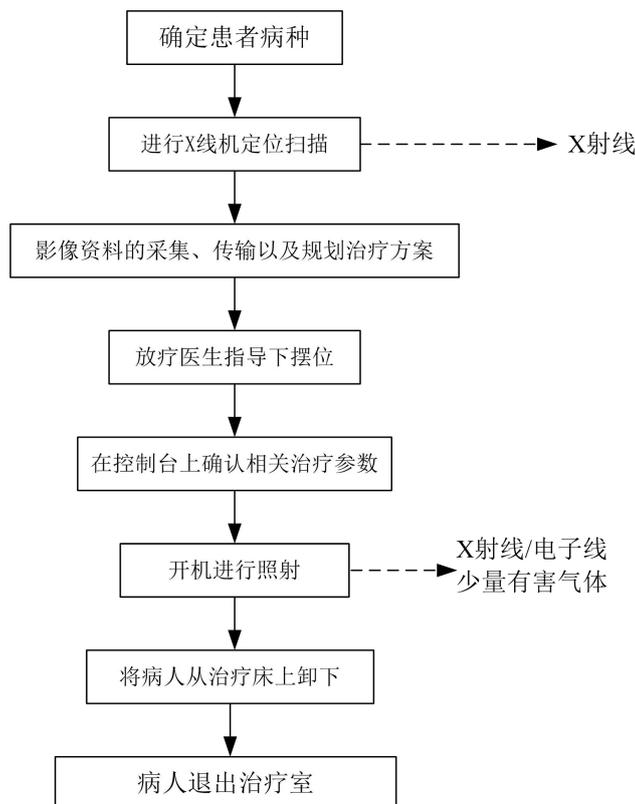


图 9-3 加速器治疗流程

#### 5、工作负荷

续表 9 项目工程分析与源项

本项目每台直线加速器的工作负荷 W 取 2100Gy/周，设加速器等中心处治疗模体内参考点的常用最高吸收剂量率为 3Gy/min，则每周治疗时间为 700min，即 11.7h，全年按照 50 周计，则加速器年开机有效时间为 584h；每周工作时间为 5 天，平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy，平均每人治疗照射 3 野次，平均每名患者治疗照射时间为 1.5min。

## 6、产污环节

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线。直线加速器在 10MV 以上的条件下工作时，加速器产生的 X 线或电子线，与物质作用都可能发生光致核反应 ( $\gamma, n$ )，产生中子和感生放射性物质，中子在慢化、吸收过程中都将放出  $\gamma$  射线，引起缓发辐射。此外，X 射线有很强的穿透力，能使周围物质电离、激发，与空气作用产生臭氧和氮氧化合物，使周围环境受到辐射污染和臭氧、氮氧化合物的影响。此时，主要的污染因子是 X 射线、电子线和中子污染、缓发  $\gamma$  辐射污染和有害气体（臭氧和氮氧化合物）。

综上所述，本项目直线加速器对患者进行治疗时，对环境可能造成污染的因素：

X 射线模式下工作，主要是 X 射线；

电子模式下工作，主要是电子线，伴有少量 X 射线；

有害气体：臭氧和氮氧化物。

另外，加速器使用一定年限后，靶体需要更换，更换下来的退役靶交有资质单位处置。

## 7、非正常工况

(1) 在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。工作人员或病人家属还未全部撤离辐照室，外面人员启动设备，造成有关人员被误照；

(2) 检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

### 9.3 $^{192}\text{Ir}$ 后装机营运期污染工序及污染物产生情况

#### 1、 $^{192}\text{Ir}$ 后装机设备组成

续表 9 项目工程分析与源项

后装治疗是指治疗时先将不带放射源的治疗容器（施源器）置于治疗部位，然后在安全防护条件下用遥控装置将放射源通过导管送到已安装在患者体腔内的施源器内进行放射治疗，由于放射源是后来装上去的，故称之为“后装”。后装机主要由后装主机、近距离治疗计划系统，安全系统组成。

(1) 后装主机主要包括放射源、储源罐、施源器、驱动器等。

$^{192}\text{Ir}$  密封放射源装于机头源罐内，源罐由外而内分别为不锈钢外壳、铅防护、钨防护（本项目为钨镍合金）。典型的  $^{192}\text{Ir}$  密封放射源源罐结构示意图见下图 9-4。

主机内设置分度头，分度头可以连接多个输源管或施源器，虽然机内只安装了 1 枚放射源，但可通过分度头的引导控制，放射源可依次通过相应管道达到治疗区，按照计划实施治疗。

(2) 计划系统主要由硬件（计算机、数字化仪、打印机、绘图仪、摄影机）和软件（操作系统、治疗计划系统软件）组成。

(3) 安全系统主要有各种联锁系统、安全报警系统等。



图 9-4 后装机（示意图）

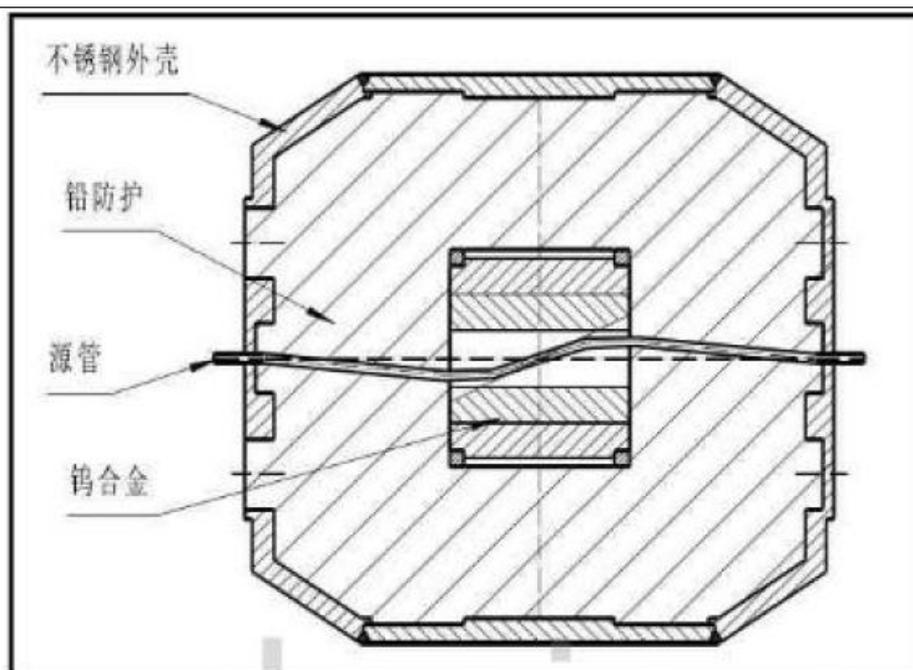


图 9-5 典型 <sup>192</sup>Ir 密封放射源源罐结构示意图

## 2、工作原理

后装机使用 <sup>192</sup>Ir 密封放射源，属于近距离放射治疗。它是将密封放射源置于病灶附近，提高局部剂量，利用γ射线的生物效应对肿瘤进行治疗。这种方式可用于治疗人体内各种腔道内周围的肿瘤，因所选取的核素的射线能量较低，并以射线的距离衰减效应减少正常组织的损伤，同时也减少了操作人员接受的辐射剂量。

后装治疗从传统的妇科领域扩展到能对人体各部位多肿瘤的治疗，尤其是鼻咽、支气管、肺癌、食道癌、直肠、膀胱、前列腺、胰腺、胆管、脑部等。

## 3、放射源性质

本项目后装治疗系统所使用的放射源是 <sup>192</sup>Ir，其活性区为 0.7mm×3.5mm，不锈钢外壳为 1.1mm×6.5mm，活度为  $3.7 \times 10^{11}$  Bq。<sup>192</sup>Ir 为β衰变（95.2%）和γ衰变核素，半衰期为 74.2 天，β射线能量为 0.256~0.672MeV，伴随产生的γ射线能量为 0.206~0.612MeV。<sup>192</sup>Ir 是一种沉重的、脆的白色过渡金属，熔点 2443℃，比热 0.13J/kg，沸点 4428℃，蒸发热 604kJ/mol，导热系数 1.47W/cmK，密度 22.4g/cm<sup>3</sup>（300K），熔化热 26.1KJ/mol。有金属光泽，化学性质很不活泼，在空气和水中稳定，对所有酸都呈惰性，不溶于酸和王水，但跟熔融的 NaOH 反应。核素

## 续表 9 项目工程分析与源项

$^{192}\text{Ir}$  密封于不锈钢管内， $\beta$ 射线被壳体屏蔽，只发射出 $\gamma$ 射线。

$^{192}\text{Ir}$  放射源结构见图 9-6。

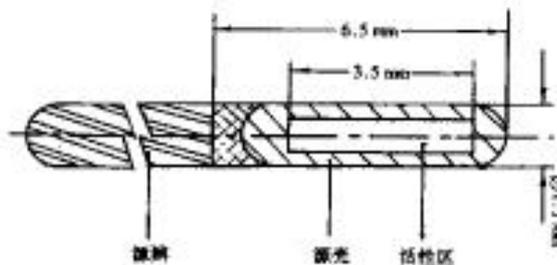


图 9-6  $^{192}\text{Ir}$  源结构示意图

### 4、工作流程

#### (1) 后装机放疗工作流程

1) 采用后装机对应配置的定位机（另行履行环保手续，不属于本次评价范围）对需要治疗的位置进行定位。根据定位情况，在后装机房控制室电脑操作下制定治疗计划（一般不超过 5min）。

2) 在准备间内，放射工作人员对病人进行消毒，然后安装好施源器插座。

3) 将病人移至后装机机房内，调整后装机位置，接好后装机施源管，工作人员离开后装机机房，通过视频观察后装机机房，并关闭防护门。该过程一般不超过为 2min。

4) 根据治疗计划进行治疗。治疗过程首先是走假源 3 次，无故障后开始走真源进行放射治疗，治疗结束后真源自动复位。此过程一般不超过 30min，真源出源时间不超过 8min。

5) 工作人员打开防护门，进入机房，拆除施源管，将病人移出后装机机房；在准备间取出施源器。该过程一般不超过为 2min。

整个治疗过程全程可视觉监控，在整个治疗过程中病人也不需要移动，保证了治疗靶区与定位靶区的一致性。

本项目后装治疗主要工作流程见下图：

续表 9 项目工程分析与源项

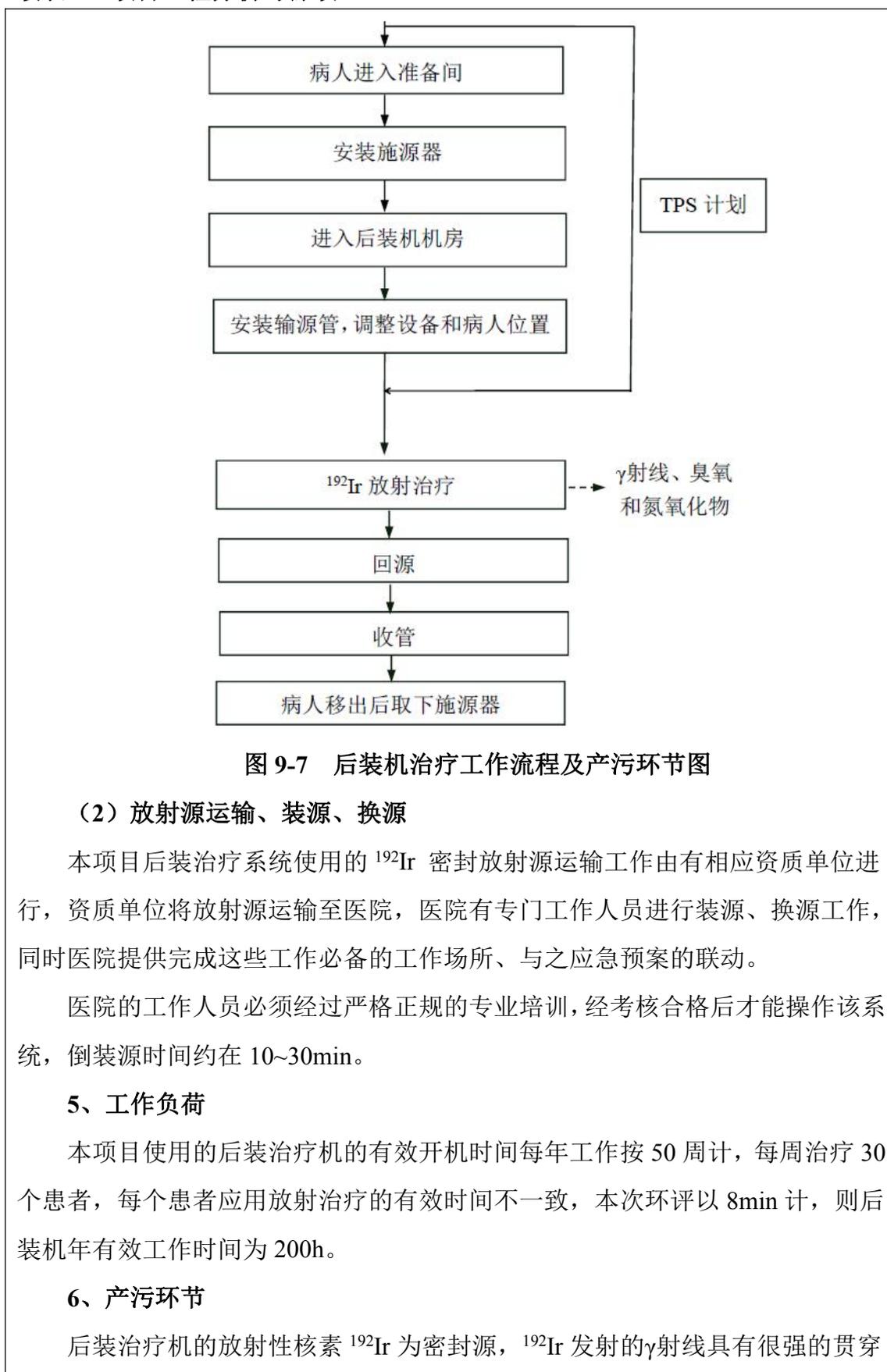


图 9-7 后装机治疗工作流程及产污环节图

## (2) 放射源运输、装源、换源

本项目后装治疗系统使用的  $^{192}\text{Ir}$  密封放射源运输工作由有相应资质单位进行，资质单位将放射源运输至医院，医院有专门工作人员进行装源、换源工作，同时医院提供完成这些工作必备的工作场所、与之应急预案的联动。

医院的工作人员必须经过严格正规的专业培训，经考核合格后才能操作该系统，倒装源时间约在 10~30min。

## 5、工作负荷

本项目使用的后装治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计，每周治疗 30 个患者，每个患者应用放射治疗的有效时间不一致，本次环评以 8min 计，则后装机年有效工作时间为 200h。

## 6、产污环节

后装治疗机的放射性核素  $^{192}\text{Ir}$  为密封源， $^{192}\text{Ir}$  发射的  $\gamma$  射线具有很强的贯穿

## 续表 9 项目工程分析与源项

能力，能穿透屏蔽材料对周围环境构成辐射污染， $\beta$ 射线的射程很短，贯穿能力很弱。后装机运行时无放射性废气、废水产生，放射性废弃物为更新后换下的 $^{192}\text{Ir}$ 密封源。由工作原理及 $^{192}\text{Ir}$ 放射源的物理性质可知，在非治疗状态下，放射源贮存在后装机的铅制贮源容器内；在治疗状态下，放射源进入患者腔体内对患者肿瘤进行照射治疗的同时，也对周围环境产生 $\gamma$ 射线辐射污染。 $^{192}\text{Ir}$ 放射源由放射源生产单位负责运输，放射源退役后，由厂家统一回收。

正常条件下的主要污染途径为：

- (1) 放射源运输途中漏射所致 $\gamma$ 辐射；
- (2) 正常工作时，放射源离开贮存位置移动到治疗部位工作时所致的 $\gamma$ 射线辐射及由 $\gamma$ 射线产生臭氧及氮氧化物等极微量有害气体。

在正常情况以及辐射防护屏蔽措施满足有关规定下，上述情况所致的辐射剂量均在规定的限制范围内。

### 9.4 医用血管造影 X 射线机（DSA）营运期污染工序及污染物产生情况

#### 1、工作原理

医用血管造影 X 射线机（DSA）是采用 X 射线进行摄影的技术设备。该设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，见图 9-8。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。



图 9-8 医用血管造影 X 射线机实物图（典型）

**续表 9 项目工程分析与源项**

靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。成像装置是用来采集透过人体的 X 线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，利用平板探测器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成许多小方块，即像素。所得到的各种不同的信息经模 / 数(A / D)转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数 / 模(D / A)转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

## **2、系统组成及工作流程**

### **(1) 系统组成**

数字血管造影机组成：Gantry，俗称“机架”或“C 型臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等部件；专业手术床；Atlas 机柜，该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。

该项目设备采用平板探测器（FD）技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。

DSA 技术是常规血管造影术和计算机处理技术相结合的产物，其基本原理和技术为：X 线穿过人体各解剖结构形成荧光影像，经影像增强器增强后为电视摄像管采集而形成视频影像。再经对数增幅和模/数转换形成数字影像。这些数字信息输入计算机处理后，再经减影、对比度增强和数/模转换，产生数字减影图像。

续表 9 项目工程分析与源项

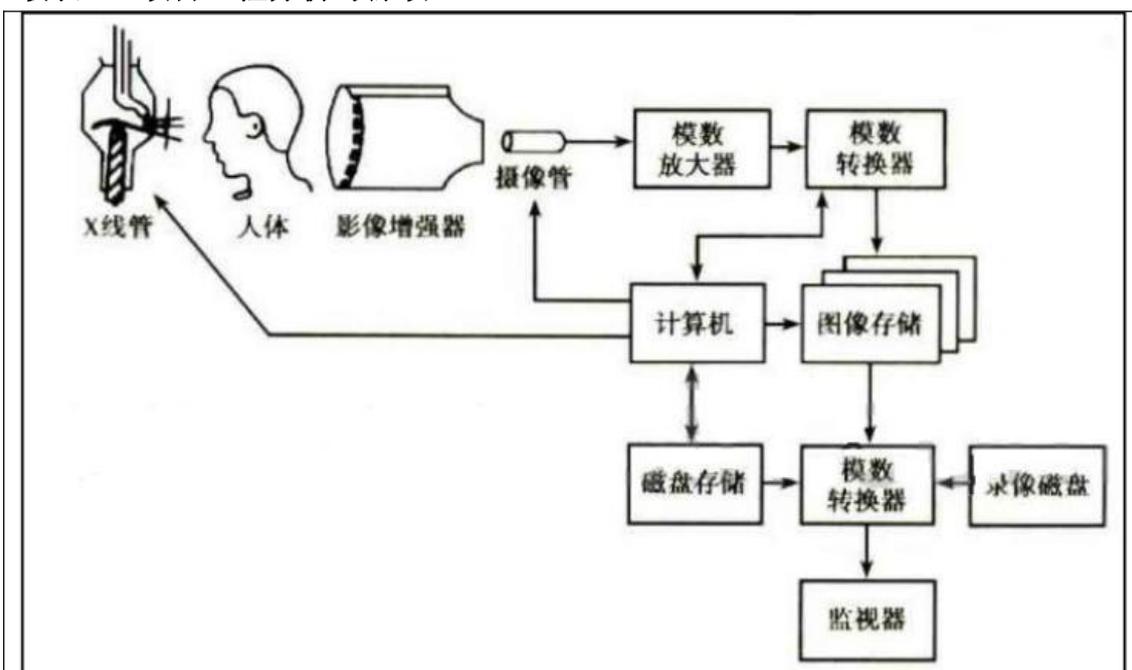


图 9-9 DSA 工作示意图

## (2) 操作流程

医院拟开展的介入手术有：心血管介入、外周血管介入以及综合介入。DSA 治疗流程及产污环节见下图 9-10：

介入手术时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于动脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达病变部位，进行介入诊断，留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。在手术过程中，操作人员必须在床旁并在 X 线导视进行。

项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。介入手术医生采取隔室操作的方式（即介入手术医生在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况，透视。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅帘后身着铅衣、铅眼镜等防护用品在介入手术室内对病人进行直接的介入手术操作。

续表 9 项目工程分析与源项

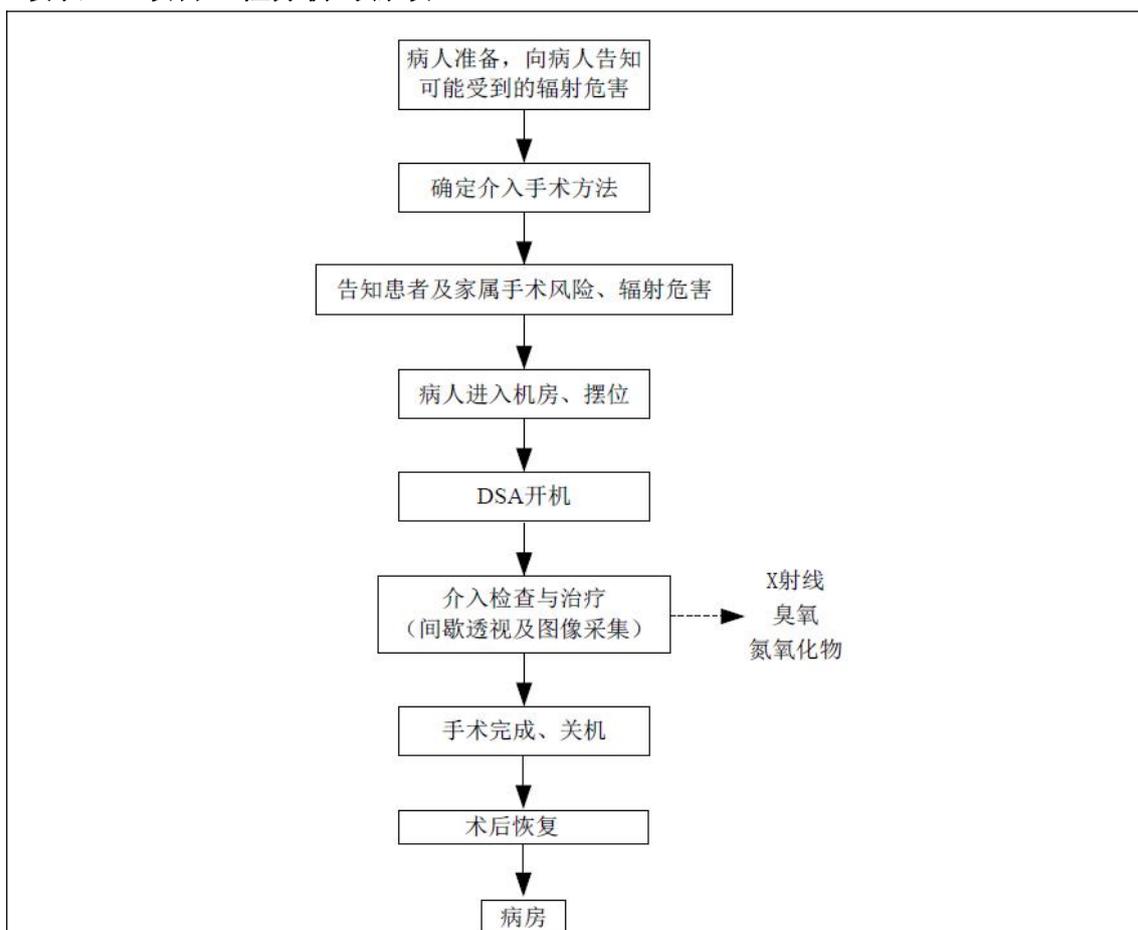


图 9-10 DSA 操作流程及产污环节图

### 3、工作负荷

根据医院提供的资料，本次新增的 3 台 DSA 位于新建医技楼四楼介入手术室，投入使用后的每台 DSA 工作负荷见表 9-2。

表 9-2 每台 DSA 工作负荷情况

透视				
手术类别	年开展工作量	每台手术透视曝光时间	年透视曝光时间	
心血管介入	600 台	约 20min	约 200h	
外周血管介入	200 台	约 21min	约 70h	
综合介入	200 台	约 21min	约 70h	
采集				
手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数/时间	年采集曝光时间
心血管介入	600 台	3~4s	7~15 次/约 1min	约 10.0h

续表 9 项目工程分析与源项

外周血管介入	200 台	3~8s	7~15 次/约 2min	约 6.8h
综合介入	200 台	6~10s	4~10 次/约 1.7min	约 5.6h
<b>总曝光时间</b>				
心血管介入	600 台	/	/	约 210h
外周血管介入	200 台	/	/	约 76.8h
综合介入	200 台	/	/	约 75.6h
合计	1000 台	/	/	约 362.4h

#### 4、产污分析

##### 4.1 正常工况下污染源分析

(1) 由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

(2) X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物废气。少量的有害气体直接与大气接触、不累积，自然逸散，对环境影响可忽略不计。

(3) 医用 X 射线装置属清洁的物理诊断装置，在使用过程中自身不产生液态、固态等放射性废物，不存在放射性三废对环境的污染。

因此，在开机期间，X 射线是污染环境的主要因子。

##### 4.2 运行期事故工况下污染源分析

(1) X 射线装置发生控制系统或安全保护系统保障或人员疏忽，使受检者或工作人员受到超剂量照射；

(2) 在射线装置出束时人员误入机房受到的辐射照射；

(3) 使用 DSA 的医生或护士在手术室内曝光时未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射；

(4) 检修时，误开机时，维修人员受到潜在照射伤害。

#### 9.5 本项目产生污染物情况汇总

根据以上分析，本项目核医学科诊断项目污染因子见表 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-3 项目主要污染因子情况表

序号	污染源	使用场所		主要污染因子
1	直线加速器	医技楼负一楼	直线加速器机房	X 射线、有害气体、退役靶
2	后装机		后装机机房	$\gamma$ 射线、有害气体、退役放射源
3	DSA	医技楼四楼	介入手术室	X 射线、有害气体

表 10 辐射防护与安全措施

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所屏蔽情况

本项目直线加速器位于医技楼负一楼放疗中心的直线加速器机房内，后装机位于医技楼负一楼放疗中心的后装机机房内。机房设计屏蔽情况如下：

表 10-1 本项目直线加速器机房及后装机机房屏蔽参数设计情况一览表

功能用房	1 号直线加速器机房 (6MV)	2 号直线加速器机房 (10MV)	后装机机房
内空尺寸(不含迷路)	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅的密度不低于 11.34g/cm<sup>3</sup>。

续表 10 辐射防护与安全措施

功能用房	DSA 机房 (OP28)	DSA 机房 (OP29)	DSA 机房 (OP30)
内空尺寸	██████████	██████████	██████████
██████████	██████	██████	██████
██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████
██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████
██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████
██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████	██████ ██████████ ██████████ ██████████
██████	██████████ ██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████ ██████████
██████	██████████ ██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████ ██████████
██████████	██████ ████████	██████ ████████	██████ ████████
██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████

10.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定,将辐射场所分为控制区和监督区,以便辐射安全管理和职业照射控制,该院放射性工作场所分区如下:

表 10-3 工作场所分区一览表

分区情况	控制区	监督区
直线加速器机房	1号直线加速器机房, 2号直线加速器机房	直加控制室、患者准备间、设备间、注射室、DR定位机机房、CT定位机机房、公共控制室及周围走廊区域
后装机机房	后装机机房	后装机控制室、患者准备间、洗污间及周围走廊区域
DSA 机房	3间 DSA 手术室(OP28、OP29、OP30)	污物走廊、清洗间、设备间、操作间、无菌库房、洁净走廊等
要求	医院拟采取一系列的放射防护与安全措施, 设置联锁装置、工作状态指	对该区不采取专门的辐射防护手段及安全措施, 但需要对职业照射条件

续表 10 辐射防护与安全措施

	示灯及辐射警示标识等设施, 严格限制人员随意出入控制区, 在诊断和治疗设备的调试和日常诊疗过程中, 当处于诊疗状态时, 控制区内无关人员不得滞留, 以保障此区的辐射安全	进行监督和评价
--	--	---------

本项目辐射防护分区图见附图九、附图十四。

### 10.1.3 项目工作场所布局

#### (1) 选址合理性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)关于“源的选址与定位”规定, 国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定, 对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下, 均不会造成大量放射性物质释放。因此, 国家有关标准和文件对拟建项目的择址未加明确限值。

1) 根据现状监测结果, 场址的辐射环境质量状况良好。

2) 项目拟建场地分别位于医技楼负一楼及四楼, 放射治疗区域、介入治疗区域与其他区域分开, 用房相对独立, 远离医院内及周围环境敏感点, 有利于辐射防护。

3) 项目营运期产生的电离辐射均得到有效治理, 达标排放后对环境影响小。因此, 环评认为项目选址合理。

#### (2) 平面布局合理性

直线加速器及后装机均位于医技楼负一楼放射治疗区域, 机房东侧为 CT 定位机机房、DR 定位机机房及其控制室, 南侧为走廊区域, 西侧为洗污间, 北侧为控制室、患者准备室及设备间等辅助用房区域, 楼上为放射科, 楼下为夯实土层; DSA 位于医技楼四楼介入手术室, 机房东侧为无菌库房, 南侧为洁净走廊, 西侧为清洗间, 北侧为污物走廊, 控制室及设备间位于 2 机房之间, 楼上为妇产科手术室, 楼下为值班室、示教室、护士长办、蒸汽发生间等。

表 10-4 机房周围布局情况一览表

工作场所	东	南	西	北	楼上	楼下
直线加速器机房、后装机机房	CT 定位机机房、DR 定位机机房及其	走廊区域	洗污间	控制室、患者准备室及设备间等辅助用房区	放射科	夯实土层

续表 10 辐射防护与安全措施

	控制室			域		
DSA	无菌库房	洁净走廊、控制室、设备间	清洗间	污物走廊	妇产科手术室	值班室、示教室、护士长办、蒸汽发生间等

上述区域根据科室工作流程对各功能用房进行了布局设计，放射诊疗区和非放射诊疗区分开，方便病人诊疗和医生办公，且放射诊疗区置于人流不密集位置，能更好的保护病人及医院工作人员的安全。

#### 10.1.4 直线加速器机房辐射安全防护措施

##### 1) 机房的防护与安全措施

(1) 项目设计、施工和验收过程中，辐射防护设施将与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。加速器安装调试完成后，组织对机房辐射防护设施进行验收，包括辐射屏蔽、联锁和报警系统、辐射监测系统、通风系统等。机房辐射安全设施依照设计标准验收合格后，加速器方可正式运行。

(2) 购买有经验的商品混凝土搅拌站经配合实验后拌制的混凝土，混凝土浇筑时现场取样，检测其密度，委托有资质单位施工并进行施工质量的监理。

(3) 管线穿越屏蔽墙体要求：水电管线采用“U”形向下穿越屏蔽墙体，预埋管竖直方向和水平方向均与地面形成 45° 角度斜穿屏蔽墙。穿墙管线避开加速器出束方向，并在地沟的入口或出口应有一定厚度的屏蔽盖板。项目直线加速器机房采用机械送风、机械排风。应依据上“上进风，下出风”的原则，进行排风口与送风口的设计，穿墙处需采取附加铅板进行辐射防护，机房通风排风管外口不朝向环境敏感点并远离空调进风口，并送至主楼楼顶排放；项目直线加速器机房的控制电缆穿墙部分采取预埋的 PVC 引导管，通过次屏蔽墙的地下进入机房内，控制电缆布设于电缆沟内，控制电缆进出电缆沟的沟盖板均为 2.5cm 厚不锈钢板。穿墙部分呈“U”型，尺寸较小，且有 2.5cm 厚不锈钢板的沟盖板进行屏蔽，因此控制电缆的敷设方式不会影响次屏蔽墙的屏蔽效果。

(4) 通风管沿迷路顶部经由防护门上部，且在机房外侧通道屋顶标高以上

**续表 10 辐射防护与安全措施**

穿越迷路入口处屏蔽外墙。屋面上新风口与排风口宜保持一定距离，尽量避免排风口排出废气返流至新风管进入室内。

(5) 机房内净空高度应同时满足加速器机身高度、上下滑轨、进风和回风管道、吊顶（含灯具、进风口和回风口、空调室内机）等叠加空间尺寸。适当降低迷路出入口门洞高度，以减小散射面积，有利于减小铅门防护压力。

(6) 防护门和观察窗的生产、安装由有生产资质的厂家承担，其搭接长度不小于缝隙的 10 倍。

(7) 水冷系统：由于电子直线加速器在运行过程会产生大量的热量，为保证设备正常运转，采用自备水箱和水管闭路循环的蒸馏水冷却系统，其中冷却水应循环使用，不对周围环境造成影响。

**(8) 安全联锁**

机房入口处设置有防护门和迷路，防护门与加速器联锁。直线加速器机房设置有多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。

a) 迷路门联锁：为防止有人在加速器工作状态下误入加速器机房，出入口的迷路门和出束照射系统机型联锁，只有当防护门关闭，出束照射系统才能启动；反之，如果照射过程中防护门打开，系统将自动断电停止出束。

b) 系统联锁：当控制台计算机故障、加速管真空故障等加速器会自动出现系统联锁，不能发出射线。

c) 紧急按钮：除以上安全联锁控制外，在加速器机房内墙和控制室操作台分别设置紧急停束按钮。急停束按钮一经按下，系统将无条件关闭加速器束流，停止出束。同时设置手动应急，以防止以上两种联锁装置失效滞留在机房内人员的安全。

d) 双剂量联锁：按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的要求，设置双剂量联锁以及其它联锁。

(9) 直线加速器机房出束警告灯、警示标志、防护门有声、光报警装置；门框上方设有“正在工作”信号灯及电离辐射警示标志，警示人们此地属危险区域，不在此逗留。

(10) 视频监控、对讲系统、紧急停机开关：在直线加速器机房与控制室之

**续表 10 辐射防护与安全措施**

间设置闭路电视和对讲设备，监控机房内医生与患者的活动情况；此外机房防护门内设置人工紧急停机及开门按钮。

(11) 配备的直线加速器应有双道剂量监测系统，该系统的探测结果应能用来计算受照靶体内某一参考点的剂量，并满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126—2011)要求。

(12) 机房内设置固定式剂量率仪以及时掌握运行过程中的剂量水平变化。当加速器运行后，工作人员应等待剂量率降低至本底水平后进入治疗室。

## **2) 安全操作及管理措施**

(1) 医院配置固定式剂量报警仪和便携式剂量报警仪，进行环境辐射常规监测及个人防护。

(2) 医院配置有合格的放射治疗医生、医学物理人员及操作人员。医学物理人员和操作人员应经过防护和加速器专业知识培训，并经过考核合格后方可上岗。

(3) 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

(4) 治疗期间，应有两名操作人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度。

(5) 治疗期间操作人员应密切注视控制台仪表及患者状况，发现异常及时处理，禁止操作人员擅自离开岗位。

(6) 加速器的控制设备有专人操作，使用的钥匙有专人保管。技术员离开控制室进入机房时，拔出钥匙，随身携带，防止他人误操作。

(7) 治疗期间，除接受治疗的患者外，治疗室内不得有其他人员。

(8) 必须防止各类事故，万一发生意外，立即停止辐照，及时将患者移出辐射野，并注意保护现场，便于正确估算患者受照剂量，作出合理评价。

(9) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

(10) 考虑直线加速器机头残留感生放射性影响，机器照射完 10 分钟后才可进入机房。

(11) 直线加速器机房应配置紧急开关，在应急情况下启用。

**续表 10 辐射防护与安全措施**

采取上述措施后，本项目直线加速器机房的辐射防护符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《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/T201.2—2011）及《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的相关要求。

### **10.1.5 后装机机房污染防治措施**

#### **10.1.5.1 机房的防护**

（1）含  $^{192}\text{Ir}$  源后装治疗机机房的设计应符合辐射防护的有关要求。机房的穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果，治疗室屏蔽门的门体与墙体重叠长度不小于门与墙间隙的 10 倍。

（2）机房入口采用迷路设计，设置门机联锁，并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源视频监控和放射源表面剂量监控。

（3）治疗室和控制室之间安装监视和对讲设备，控制室与机房之间设置观察窗。

（4）治疗室设置机械通风装置，其通风换气能力达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次。

（5）治疗室迷路出、入口处设置固定式辐射剂量检测仪器并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。

（6）治疗室内应配备有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备。

（7）治疗室内合适的地方应张贴应急指示。

#### **10.1.5.2 后装放射治疗设备的防护**

##### **（1）放射源**

①后装治疗用 $\gamma$ 放射源，应符合 GB4075 的规定。应尽可能选择高比活度、能量合适的 $\gamma$ 放射源。

②放射源必须有生产厂家提供的说明书及检验证书。说明书应载明放射源编号、核素名称、化学符号、等效活度、表面污染与泄漏检测日期和生产单位名称等。

③放射源外观活度值与检测值的相对偏差应不超过 $\pm 5\%$ 。

**续表 10 辐射防护与安全措施**

④放射源的更换必须由合格的专业技术人员，在换源过程中应加强操作人员的放射防护措施和辐射剂量监测。

⑤放射源的运输应符合 GB11806 规定。

⑥退役放射源应按照国家有关规定进行处理。

### **(2) 贮源器**

①放射源贮源器表面必须标有放射性核素名称，最大容许装载活度和牢固、醒目的、符合 GB18871 要求的电离辐射警示标识。

②工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，因泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于  $50\mu\text{Sv/h}$ ；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点的泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于  $5\mu\text{Sv/h}$ 。

③装载放射源的运输贮源器工作贮源器，应存放在限制一般人员进入的放射治疗室或专用储源库内。

### **(3) 施源器**

①施源器的形状、结构设计以及材料选择应适应靶区的解剖特点，保证放射源在其中正常驻留或运动。

②施源器应按照剂量学原则，形成各种预定的剂量分布，最大限度地防护邻近正常组织和器官。

### **(4) 放射源控制与传输**

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

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

③实施治疗期间，当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源应能自动返回工作贮源器，并显示和记录已照射的时间和剂量，直到下一次照射开始，同时应发出声光报警信号。当自动回源装置功能失效时，应有手动回源措施进行应急处理。

**续表 10 辐射防护与安全措施**

④在控制台上，必须能通过 $\gamma$ 射线监测显示放射源由工作贮源器内输出和返回贮存位置的状态。控制台上应有紧急停机开关。

⑤控制照射时间的计时误差应小于 1%。

⑥连接施源器各通道与施源器的放射源传输管道及施源器应尽量平滑，具有可允许的最小曲率半径，以保证放射源传输畅通无阻。

⑦连接施源器与放射源传输管道时，必须使接头衔接严密、牢固，防止放射源冲出或脱落。

⑧放射源在施源器内驻留位置的偏差不大于 $\pm 1\text{mm}$ 。

⑨后装治疗程序中放射源的输送路径应保持尽可能短。

### **10.1.5.3 实施后装治疗时的防护要求**

①后装治疗应配备相应的治疗计划系统，应制定并实施质量保证计划，确保剂量准确。既能使治疗区获得合理的剂量及其分布，又能控制正常组织的受照范围，最大限度缩小正常组织的受照剂量与范围。

②在治疗开始对设备及相关防护措施进行检查，确保治疗设备和防护设备处于正常工作状态。

③后装治疗的质量控制检测，其内容和方法按 WS262 进行。

④每个治疗疗程实施前，应由放射治疗医师和医学物理师分别核对治疗计划。

⑤首次治疗时，放射治疗医师应指导放射治疗技术人员正确摆位，落实治疗计划。

⑥治疗中，技术人员应密切注视控制系统的各项显示与病人状况，以便及时发现和排除异常情况。不得在去除保护和联锁控制装置的条件下运行。

⑦实施治疗时，应详细记录治疗日期、治疗方式、治疗源类型、活度、数目、通道、照射时间、单次照射剂量及总剂量和放射源在施源器内的驻留位置及照射长度，并绘示意图存档。

⑧实施治疗时，除病人外，治疗室内不得停留任何人员。

⑨施源器、治疗床等表面因放射性物质所造成的 $\beta$ 污染水平应低于  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，若高于此污染水平应采取相应去污和放射源处理措施。

**续表 10 辐射防护与安全措施**

⑩治疗单位应按 GBZ128 的要求对放射工作人员进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；放射工作人员进入治疗室应携带个人剂量报警设备。

采取上述措施后，本项目后装机机房的辐射防护符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《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）及《后装 $\gamma$ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）的相关要求。

### **10.1.6 DSA 机房辐射防护与安全措施**

#### **10.1.6.1 机房的防护**

（1）根据医院提供的设计资料可知，本项目 DSA 射线装置机房辐射防护场所设计情况如表 10-2。

（2）机房内建设的穿越防护墙的导线、导管等采用“U”型，在机房角落，不影响墙体的屏蔽防护效果，且电缆线和电插座等均采用铅皮封包，增加墙体防护能力。

（3）保证施工质量，砂浆饱满；屏蔽门的门体与墙体重叠长度不小于门与墙间隙的 10 倍，防护门、观察窗四周采用不锈钢型材包边，无焊接裂隙，屏蔽门的生产、安装均交由有生产资质的厂家进行生产和安装。

（4）机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

（5）平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联；电动推拉门宜设置防夹装置。

（6）机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

（7）机房设有观察窗，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

（8）X 射线设备机房充分了考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员与防护安全。

#### **10.1.6.2 安全操作及管理措施**

**续表 10 辐射防护与安全措施**

<p>(1) X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标志。</p> <p>(2) 介入 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。</p> <p>(3) 医院配置设备到位调试合格后，应委托有资质的单位对机房外的周围剂量当量率进行监测，保证机房的屏蔽能力满足要求。</p> <p>(4) 所有放射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期进行测读，建立个人剂量档案。</p> <p>(5) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。</p> <p>(6) 放射科工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护的有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。</p> <p>(7) X 射线机曝光时，应保证门灯连锁有效。</p> <p>(8) 介入放射用 X 射线设备应具有可准确记录受检者照射剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后患者受照射剂量记录在病历中。</p> <p>(9) X 射线设备机房放射防护安全设施在项目竣工时应进行验收检测，在使用过程中，应按规定进行定期检测。</p> <p>(10) 项目采取射线装置进行诊断及手术辅助时，均应制定最优化方案，在满足诊断前提下，选择合理可行尽量低的射线参数、尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。</p> <p>(11) 应用 X 射线检查应经过正当性判断。执业医师应掌握好适应证，优先选用非 X 射线的检查方法。</p> <p>(12) 配备辅助防护设施：DSA 设备配备防护屏蔽吊架、各种防护屏蔽挂帘等辅助防护用品与设施，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。</p> <p>(13) 放射工作人员均配置个人剂量计。</p> <p>采取上述措施后，本项目 DSA 机房的辐射防护符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。</p> <p><b>医院上述射线装置需配备的防护用品情况如下：</b></p>
--

续表 10 辐射防护与安全措施

表 10-5 医院上述射线装置拟新增防护用品及辐射监测设备清单一览表				
说明	防护用品名称	单位	直加后装拟配备数量	介入手术室拟配备数量
盥 新 增 防 护 用 品	个人剂量报警仪	台	1/人	1/人
	个人剂量计	个	1/人	2/人
	铅衣	件	0	12
	铅帽子	顶	0	12
	铅眼镜	副	0	12
	铅围脖	件	0	12
	铅手套	副	0	10
	X-γ 剂量率测量仪	台	3	--
	便携式剂量报警仪	台	3	1
	固定式剂量报警仪	台	6	0
	患者铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、病人上身防护屏	套	3	3

**10.2 放射性“三废”污染防治措施**

本项目射线装置运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生，工作过程中空气电离产生的少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）通过通风系统排出机房外，少量的臭氧和氮氧化物的排放对环境影响较小。

本项目 DSA 机房设置机械动力通风设施，并安装空调辅助通风；1 号直线加速器机房在东侧墙体上部距顶 0.3m 设置 2 个进风口，西南侧墙体下部离地 0.3m 处设置 1 个排风口；2 号直线加速器机房在东侧墙体上部距顶 0.3m 设置 2 个进风口，西南侧墙体下部离地 0.3m 处设置 1 个排风口，风机风量不低于 1500m<sup>3</sup>/h，使治疗室内通风换气次数不小于 4 次/h；后装治疗机机房在西侧距顶 0.3m 处设置 1 个进风口，东南侧距地 0.3m 处设置 1 个排风口，风机风量不低于 1500m<sup>3</sup>/h，使治疗室内通风换气次数不小于 4 次/h。放疗中心有害气体经过风井汇集后由管道排放至本建筑屋顶，能满足标准要求。项目产生的废弃靶交有资质单位处置；后装机产生的退役放射源厂家回收。

**表 11 环境影响分析**

### **11.1 施工期环境影响分析**

根据前节工程分析介绍，本项目施工期主要是房间的建设 and 装修。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扬尘和噪声可对医院自身环境以及周围的环境带来较大影响。

施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

#### **(1) 扬尘及防治措施**

主要为房间的建设及改造时机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，应进行适当的加湿处理。

#### **(2) 废水及防治措施**

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的排水系统，进入市政污水网管。

#### **(3) 噪声及防治措施**

主要来自于机房内混凝土浇注、装修及现场处理等。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

#### **(4) 固体废物及防治措施**

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

### **11.2 营运期机房使用面积分析**

本项目机房设计使用面积及最小单边长度如表 11-1 所示。

续表 11 环境影响分析

序号	名称	位置	机房面积 (m <sup>2</sup> )	机房最小单边尺寸 m)	标准要求 (m <sup>2</sup> )	单边尺寸要求 (m)	是否满足要求
1	1号直线加速器机房	医技楼负一楼放疗中心直加1#室	66.2	7.7	≥45	--	是
2	2#直线加速器机房	医技楼负一楼放疗中心直加2#室	66.2	7.7	≥45	--	是
3	后装机机房	医技楼负一楼后装机机房	28.8	4.8	≥20	--	是
4	DSA 机房	医技楼四楼 OP28 介入手术室	83.5	7.2	≥20	≥3.5	是
5	DSA 机房	医技楼四楼 OP29 介入手术室	39.0	5.3	≥20	≥3.5	是
6	DSA 机房	医技楼四楼 OP30 介入手术室	45.0	5.8	≥20	≥3.5	是

由表 11-1 可知，直线加速器机房使用面积满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）标准的要求；后装机机房使用面积满足《后装γ源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）标准要求；DSA 机房的使用面积及最小单边长度满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关标准要求。

### 11.3 直线加速器机房运行期环境影响分析

#### 11.3.2 计算公式

本评价采用《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/T201.2-2011）和《放射治疗机房辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中的公式进行计算，具体如下：

##### 1) 有效屏蔽厚度

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

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad (11-2)$$

续表 11 环境影响分析

式中：X—屏蔽物质厚度；

$X_e$ —有效屏蔽厚度。

2) 屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系

$$B = 10^{-(X_e - TVL - TVL_1) / TVL} \quad (11-3)$$

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

式中：B—辐射屏蔽透射因子；

TVL<sub>1</sub>—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度。

3) 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_c} \cdot \frac{R^2}{f} \quad (11-5)$$

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

式中： $\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_o$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m<sup>2</sup>/h（以 Sv·m<sup>2</sup>/min 为单位的值乘以 6×10<sup>7</sup>）；本项目 6MV 直线加速器高剂量率模式下为 600cGy/min，常用剂量率模式下为 400cGy/min；本项目 10MV 直线加速器高剂量率模式下为 1000cGy/min，常用剂量率模式下为 400cGy/min。本次核算均以高剂量率模式下的剂量进行估算。

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。

4) 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{\dot{H} \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)} \quad (11-7)$$

续表 11 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_c \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad (11-8)$$

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

$\dot{H}_o$  —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ;

$R_s$  —患者 (位于等中心点) 至关注点的距离, m;

$\alpha_{ph}$  —患者  $400\text{cm}^2$  面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m (关注点方向) 处的剂量比例, 又称  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子;

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ 。

#### 5) 穿过患者或迷路内墙的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \frac{(F / 10^4)}{R^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \quad (11-9)$$

式中:

$\dot{H}$  —— 计算点的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\dot{H}_0$  —— 加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ;

F —— 治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ 。

R —— 散射体中心点 (有用线束在屏蔽墙上的投影点) 与计算点的距离, m;

$\alpha_w$  —— 散射因子;

$B_p$  —— 有用线束射入散射体 (屏蔽墙) 前的屏蔽透射因子

#### 6) 加速器 ( $\leq 10\text{MV}$ ) 机房迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

##### ①入口处的散射辐射剂量率:

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \times (F / 400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \quad (11-10)$$

续表 11 环境影响分析

式中:

$\dot{H}_g$  —— 入口处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\alpha_{ph}$  —— 患者  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子;

$F$  —— 治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ ;

$\alpha_2$  —— 砼墙入射的患者散射辐射的散射因子;

$A$  ——  $i$  处的散射面积;  $\text{m}^2$ ;

$R1$  —— “o-i”之间的距离,  $\text{m}$ ;

$R2$  —— “i-g”之间的距离,  $\text{m}$ ;

$H_0$  —— 加速器有用线束中心轴上距靶  $1\text{m}$  处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{0g}}{\dot{H}_g} \quad (11-11)$$

式中:

$H_{0g}$  ——  $o_1$  位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在  $g_2$  处的剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$H_0$  —— 参考点剂量率参考控制水平,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$H_g$  ——  $g_2$  处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ 。

② 低原子序数 (Z) 屏蔽材料等效换算:

$$x_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times x_2 \quad (11-12)$$

$x_1$  和  $x_2$  —— 屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度;

$\rho_1$  和  $\rho_2$  —— 屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

续表 11 环境影响分析

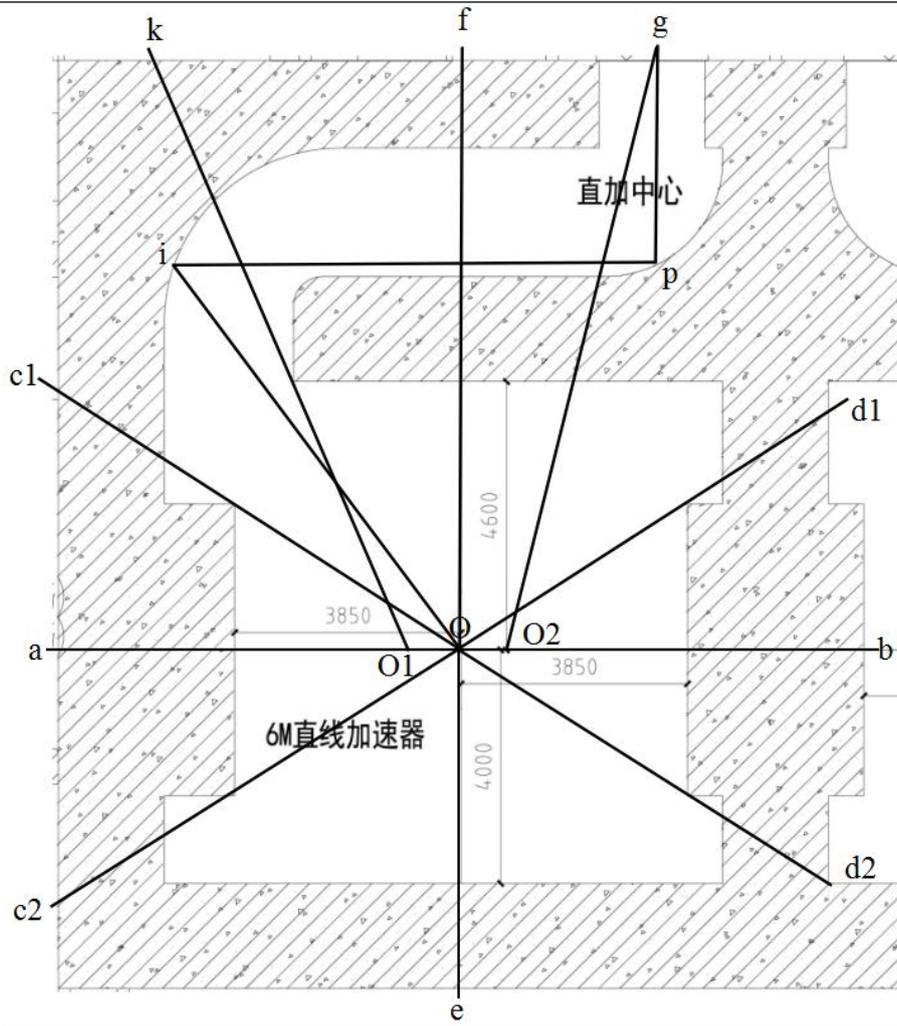


图 11-1 直加机房平面布置核算点位图

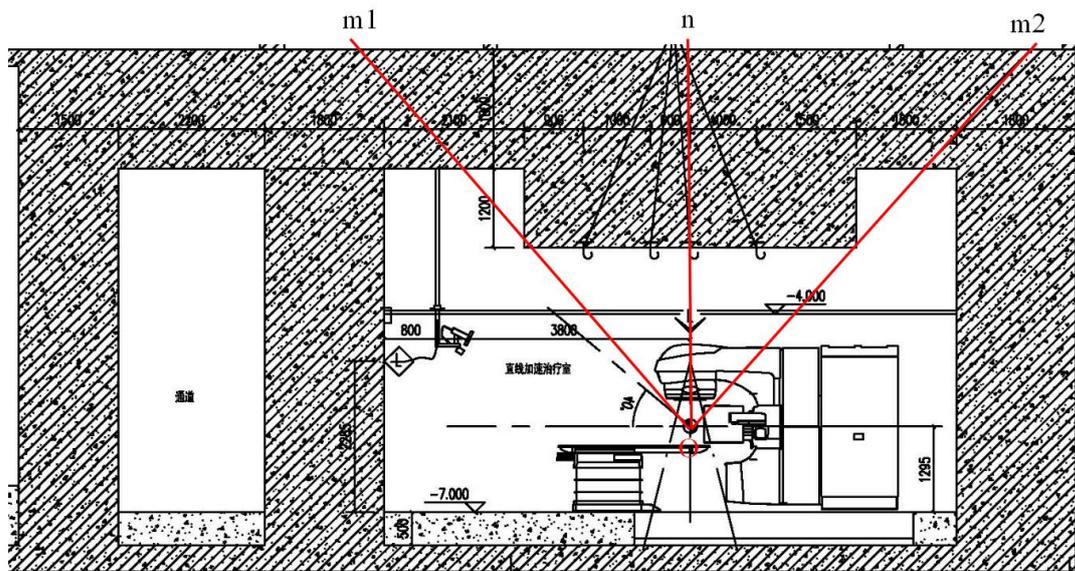


图 11-2 直加机房立面布置核算点位图

续表 11 环境影响分析

7) 宽束辐射的有用束对应的机房屏蔽为主屏蔽区

$$Y_p = 2[(a + SAD) / \tan \theta + 0.3] \quad (11-13)$$

$Y_p$ =机房有用束主屏蔽区的宽度, m; \_\_\_\_\_

$SAD$ =源轴距, m。本项目取 1m;

$\theta$ -治疗束的最大张角(相对束中的轴线), 本项目预设取值 14°;

$a$ -等中心点至“墙”的距离, m; 本项目至顶棚墙取值 3.6m, 至东西墙取值 5.05m;

8) 计算参数取值

主屏蔽墙、侧屏蔽墙、迷路内墙、迷路外墙及防护门屏蔽计算各参数取值如下表 11-2、表 11-3、表 11-4 所示。

表 11-2 主屏蔽墙、侧屏蔽墙、迷路内墙、迷路外墙屏蔽计算各参数表

参数	单位	取值		备注	
		6MV	10MV	直线加速器能量	
$\dot{H}_c$	$\mu\text{Sv/h}$	2.5	2.5	GBZ126-2011	
$\dot{H}_o$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$3.6\times 10^8$	$6.0\times 10^8$	常用最高剂量	
R	m	7.15 (O <sub>2</sub> -a、 O <sub>1</sub> -b)	7.15 (O <sub>2</sub> -a、 O <sub>1</sub> -b)	辐射源点至东西墙主屏蔽墙外关注点距离	
		5.7(O-n)	5.7 (O-n)	辐射源点至顶棚主屏蔽墙外关注点距离	
		5.3(O-e)	5.3 (O-e)	辐射源点至南墙侧屏蔽墙外关注点距离	
		9.1(O-k)	9.1 (O-k)	辐射源点至迷路外墙关注点距离	
f	/	1	1	有用线束	
f	/	0.001	0.001	漏射线束	
主射线	TVL <sub>1</sub>	cm	37	41	GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.1 查出
	TVL	cm	33	37	
90° 泄露辐射	TVL <sub>1</sub>	cm	34	35	
	TVL	cm	29	31	

续表 11 环境影响分析

带宽	cm	5.0	5.0	设计数据
主副墙预设	cm	200/100	200/100	GBZ/T201.2—2011

表 11-3 与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙屏蔽厚度计算各参数表

参数	单位	取值		备注
		6MV	10MV	
$\dot{H}_c$	$\mu\text{Sv/h}$	1.25	1.25	GBZ126-2011
$\dot{H}_o$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$3.6\times 10^8$	$6.0\times 10^8$	常用最高剂量
$R_s$	m	7.10 (O-c <sub>2</sub> )	7.10 (O-c <sub>2</sub> )	辐射源点至西侧主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外关注点距离
		6.41 (O-d <sub>2</sub> )	6.41 (O-d <sub>2</sub> )	辐射源点至共用侧主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外关注点距离
		5.43 (O-m <sub>2</sub> )	5.43(O-m <sub>2</sub> )	辐射源点至与顶棚相连的次屏蔽墙外关注点距离
$\alpha_{ph}$	/	0.00277	0.00318	散射因子, 从 GBZ/T201.2—2011) 第 2 部分附录 B 表 B.2 查出
F	$\text{cm}^2$	40*40	40*40	设备实际参数
TVL	cm	26	28	GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.4 查出

表 11-4 医院拟建直线加速器机房计算铅门屏蔽厚度所用参数表

参数	单位	取值		备注
		6MV	10MV	
$R_1$	m	8.3 (o-i)		测量出
A	$\text{m}^2$	14.8		i 处散射面积, 计算出
$R_2$	m	11.71 (i-p-g)		测量出
$\dot{H}_o$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$3.6\times 10^8$	$6.0\times 10^8$	常用最高剂量率
$\alpha_{ph}$	/	0.00135	0.00139	散射因子, 从 GBZ/T201.2—2011) 第 2 部分附录 B 表 B.2 查出
$\alpha_2$	/	0.0051	0.0064	散射因子, 从 GBZ/T201.2—2011) 第 2 部分附录 B 表 B.6 查出

### 8) 治疗室建筑物屏蔽墙厚的确定原则

在计算散射和泄漏辐射所需的屏蔽厚度时, 如果两者的厚度相差大于一个十

续表 11 环境影响分析

分之一值厚度，则其中较厚的一个厚度，即可作为次级防护屏障的厚度。如若两者的厚度相差不到一个十分之一值厚度，那么在其中较厚的一个厚度上再添加一个半值厚度，作为总的次级防护屏障厚度。

4、核算结果

直线加速器室地面之下为泥土层，人员无法到达，因此本评价不进行上述部分的屏蔽效能校核。

表 11-5 直线加速器机房主屏蔽宽度计算结果一览表

机房	取值			计算所需宽度(cm)	设计宽度(cm)	是否满足要求
6MV 直线加速器机房	SAD=1m; $\theta=14^\circ$ ;	顶棚	a=3.6m	362	500	是
		东西墙	a=5.05m	290	500	
10MV 直线加速器机房	SAD=1m; $\theta=14^\circ$ ;	顶棚	a=3.6m	362	500	是
		东西墙	a=5.05m	292	500	



续表 11 环境影响分析

表 11-7 10MV 直线加速器室墙体屏蔽核实结果 (混凝土 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ )								
核算点位		剂量控制限值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	安全剂量下所需厚度 (cm 砼)	设计厚度 (cm 砼)	设计厚度下的瞬时剂量 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	环评建议厚度 (cm 砼)	设计条件下是否满足辐射屏蔽要求	
东墙、西墙 (主屏蔽墙-6M 直线加速器机房、CT 定位机机房、X 光定位机机房、操作室)	西侧主屏蔽墙 (主射 b 点)	2.5	251	300	0.0903	260	是	
	东侧主屏蔽墙 (主射 a 点)	2.5	251	300	0.0903	260	是	
	西侧副墙 (散、漏射 d 点)	1.25	126	180	0.007	130	是	
	东侧副墙 (散、漏射 c 点)	1.25	124	180	0.0057	130	是	
南墙 (侧屏蔽墙-过道)		散、漏射 (e 点)	2.5	126	180	0.0034	130	是
北墙	迷路内墙	散、漏射 (g 点)	0.5	112	180	0.0014	120	是
	迷路外墙 (患者准备室、控制室、设备间)	漏射, 无内墙遮挡部分 (k 点)	2.5	110	150	0.1082	120	是
顶棚		主屏蔽墙 (主射 n 点)	2.5	259	300	0.1337	270	是
		副墙 (散、漏射 m <sub>2</sub> 点)	1.25	125	180	0.0098	130	是
防护门 (o-i-g 点)		2.5	0.56Pb	16mmPb+ 120mm 含硼 5%的聚乙烯	0.5019	8mmPb+ 120mm 含硼 5%的聚乙烯	是	

续表 11 环境影响分析

考虑相邻机房辐射能量叠加影响，1号直线加速器机房的东侧主屏蔽墙与2号直线加速器机房的东侧主屏蔽墙共用，设计为主屏蔽墙体为3000mm 砼，副屏蔽墙体为1800mm 砼，1号直线加速器机房东侧主屏蔽墙体最大剂量为0.0058 $\mu$ Sv/h，2号直线加速器机房西侧主屏蔽墙体最大剂量为0.0903 $\mu$ Sv/h，剂量叠加后为0.0961 $\mu$ Sv/h，低于《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中2.5 $\mu$ Sv/h标准要求。

同时，根据表 11-5 及表 11-6 计算可知，在现有设计墙体及防护门厚度条件下，本项目 2 间直线加速器机房墙体厚度及防护门厚度均能满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的要求。

### 5、感生放射性环境影响分析

一般而言，加速器的结构材料、冷却水、治疗室内的空气受到辐射的照射会引起感生放射性，其辐射水平取决于加速粒子的能量、种类、流强、被辐照的材料性质、加速器的运行时间等多种因素，绝大多数天然核素的 $(\gamma, n)$ 的反应域能在10MeV以上，因此低于10MeV的电子加速器不用考虑感生放射性问题。本项目的2台电子加速器的最大能量为10MeV，正好位于考虑感生放射性的域能起始点，同时对10MeV的电子加速器而言，通过韧致辐射产生的有效X射线的能量约6MeV，达到10MeV的X射线粒子会非常少，因此产生感生放射性的概率很低。本项目保守考虑，加速器工作时，在治疗室内，束流传输隧道的空气活化后，产生的感生放射性核素主要是 $^{15}\text{O}$ 、 $^{13}\text{N}$ 。 $^{15}\text{O}$ 半衰期是124s， $^{13}\text{N}$ 半衰期是10min。因此，直线加速器停止工作后，建议过15min后再进入工作场所，则感生放射性核素的活度可衰减到可忽略的水平。

### 6、机房内通风

直线加速器运行时会产生少量的感生放射性废气、臭氧和氮氧化物。因此机房需要良好的通风，以降低臭氧浓度。

根据建设单位提供资料，本项目在1号直线加速器机房在东侧墙体上部距顶0.3m设置2个进风口，西南侧墙体下部离地0.3m处设置1个排风口；2号直线加速器机房在东侧墙体上部距顶0.3m设置2个进风口，西南侧墙体下部离地0.3m处设置1个排风口，风机风量不低于1500 $\text{m}^3/\text{h}$ ，使治疗室内通风换气次数

不小于 4 次/h。放疗中心有害气体经过风井汇集后由管道排放至本建筑屋顶，能满足标准要求，同时机房内安装了空调辅助通风，通风排风管外口不朝向环境敏感点并远离空调进风口。在此基础上，排放至室外有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，能满足环境空气质量标准。

#### 11.4 后装治疗室运行期环境影响分析

##### (1) 核实建筑物屏蔽效能采用的主要公式

关注点的周剂量参考控制水平为  $H_c$  时，该关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 如式：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-14)$$

式中： $H_c$ ——周参考剂量控制水平，单位为微希每周 ( $\mu\text{Sv/周}$ )（参照 GBZ/T201.3-2014 中 4.1.1a，非控制区的剂量控制目标为  $5\mu\text{Sv/周}$ ）；

$U$ ——关注位置方向照射的使用因子，本项目取 1；

$T$ ——人员在相应关注点驻留的居留因子，本项目取 1；

$t$ ——治疗装置周治疗照射时间，单位为时 (h)。其值为平均每周治疗照射人数和每人治疗照射时间的乘积，本项目为 2h。

按照上式本项目剂量率  $\dot{H}_c$  应取为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

设计的屏蔽所需要的屏蔽透射因子  $B$  按下列公式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_0 \cdot f} \quad (11-15)$$

式中： $\dot{H}_c$ ——按 4.1.1 和附录 A 确定的剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R$ ——辐射源至关注点的距离，m；

$f$ ——对有用线束为 1；对  $\gamma$  射线源远距治疗装置的泄漏辐射为泄漏辐射比率；

$\dot{H}_0$ ——活度为  $A$  的放射源在距其 1m 处的剂量率，按照下式计算，单位  $\mu\text{Sv/h}$ ；

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad (11-16)$$

式中： $A$ ——放射源的活度，单位为 MBq；

$K_\gamma$ ——放射源的空气比释动能率常数（或称  $K_\gamma$  常数），在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似，此时  $K_\gamma$  的单位记为  $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ，见表 C.1。

屏蔽厚度与屏蔽透射因子 B 的相互计算：

$$B = 10^{-(X_e - TVL - TVL_1)/TVL} \quad (11-17)$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (11-18)$$

式中：B—辐射屏蔽透射因子；

TVL<sub>1</sub>—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度。

入口 g 处的散射辐射剂量  $\dot{H}$  采用下列公式计算：

$$\dot{H} = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad (11-19)$$

式中：A、 $K_\gamma$ 同式（11-16）；

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

$\alpha_w$ ——散射体的散射因子；

$R_1$ ——辐射源至散射体中心点的距离，单位为 m；

$R_2$ ——散射体中心点至计算点的距离，单位为 m；

## (2) 屏蔽效能核实结果

表 11-8 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全部停留	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、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室房门 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/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

本项目使用的后装治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计，每周治疗 30 个患者，每个患者应用放射治疗的有效时间不一致，本次环评以 8min 计，则后装机年有效工作时间为 200h，周工作时间为 4h。

后装治疗机房的屏蔽效能核实结果见表 11-9。

表 11-9 后装治疗机房屏蔽核算结果表

墙体名称	计算参数	计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	建议厚度 (mm)	建议厚度下的瞬时剂量 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
放射源: $^{192}\text{Ir}$ ; 活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ (10Ci); 水泥散射系数: 1%; 周围剂量当量率限值: $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。						
北墙 (主射, 控制室、患者准备室)	总厚	$r=4.0\text{m}, q=1$	458	1200	1200	$\approx$ 本底
	迷路外墙	/	/	600	600	
	迷路外墙不重叠部分	$r=4.0\text{m}, q=1$	458	600	600	0.290
东墙(主射、直线加速器机房)	$r=4.3\text{m}, q=1$	449	1800/3000	1800/3000	$\approx$ 本底	
西墙(主射, 洗污室、走廊区域)	$r=1.9\text{m}, q=1$	557	600	600	1.28	
南墙(主射, 电梯间)	$r=1.9\text{m}, q=1$	557	600	600	1.28	
顶棚(主射, 放射科用房)	$r=6.3\text{m}, q=1$	398	600	600	0.117	
地面(主射, 夯实土层)	/	/	/	/	/	
铅门(主射)	$r=4.96\text{m},$ $R=6.65\text{m},$ $S=5.25\text{m}^2,$ $q=1$	0.27	0.8	0.8	0.311	

备注: 上述计算结果均在现有机房混凝土墙体密度不小于  $2.35\text{g/cm}^3$  的基础上进行的, 散射线的 TVL 值按照主射线的参数进行计算。

由上表可以看出,  $^{192}\text{Ir}$  后装治疗机治疗室现设计屏蔽体能满足屏蔽防护能力要求, 满足《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)及《电离辐射防护与安全基本标准》(GB18871-2002)中“辐射防护最优化”原则的要求。

事实上,上述结果仅只是考虑了墙对射线的屏蔽作用,没有考虑设备本身的自屏蔽作用,以及附加的一些防护设施的屏蔽作用:例如:盛装放射源铅罐的屏蔽作用,以及其它附加防护设施(铅玻璃屏)的屏蔽作用。实际上由于各种屏蔽物的屏蔽作用,远比理论计算的辐射水平低很多。

但必须指出的是:工作人员在工作时应配戴个人剂量计。事实上以上计算结果未考虑人体自身的防护、工作人员佩戴铅衣、铅手套、铅围裙、铅有机玻璃面屏等,机房室外的辐射水平将低于理论计算结果。

### (3) 源暂存在后装机机房内的辐射环境影响分析

本项目使用  $^{192}\text{Ir}$  放射源初始活度为  $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ,使用一段时间后,放射源活度会衰减降低,本项目暂存的放射源按照新购源的出厂活度  $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$  进行保守估算。新购源或换下的退役放射源均存放在铅当量不小于 20mm 厚的铅贮源器中,随贮源器一起暂存于后装机机房内。

本项目源暂存在后装机的时间均为 10~60 天,本次以 60 天计算,每天 8h。公众成员居留因子取 1/16。

增加源项后后装机机房的屏蔽效能核实结果见表 11-10。

**表 11-10 暂存放射源在后装机机房内屏蔽核算结果表**

点位	核算距离	墙体厚度	关注点剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	叠加后装机运行时的剂量后( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否满足标准
放射源: $^{192}\text{Ir}$ ; 活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ (10Ci); 水泥散射系数: 1%; 贮源铅桶铅当量不小于 20mmPb。					
东侧墙体	1.4m	20mmPb+1800mm 混凝土	$\approx 0$	$\approx 0$	2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ; 满足
南侧墙体	1.4m	20mmPb+600mm 混凝土	0.068	1.348	
西侧墙体	5.4m	20mmPb+600mm 混凝土	$\approx 0$	1.28	
北侧墙体	6.4m	20mmPb+600mm 混凝土	$\approx 0$	0.290	

顶棚	6.3m	20mmPb+600mm 混凝土	≈0	00.117	
防护门	R1=6.4m R2=6.65m	20mmPb+8mmPb	≈0	0.311	

注：地面为夯实土层不核算

由上表可知，源暂存在后装机机房内后，后装机在运行过程中屏蔽体外周围剂量当量率均能满足“墙体外周围剂量当量率限值 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

#### (4) 机房内通风

后装机机房需要良好的通风，以降低臭氧及氮氧化物等有害气体浓度。根据设计资料，后装治疗机机房在西侧距顶 0.3m 处设置 1 个进风口，东南侧距地 0.3m 处设置 1 个排风口，风机风量不低于 1500m<sup>3</sup>/h，使治疗室内通风换气次数不小于 4 次/h，用管道连接排至室外，放疗中心有害气体经过风井汇集后由管道排放至本建筑屋顶，能满足标准要求。另外机房通风排风管外口不朝向环境敏感点并远离空调进风口。在此基础上，因排放室外有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，能满足环境空气质量标准。

#### (5) 放射源运输和放射性固体废物环境影响分析

<sup>192</sup>Ir 放射源的运输由生产厂家负责运输，其运输应严格按照《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求操作。

后装机运行时无放射性废气、废水产生，放射性废弃物为更新后换下的 <sup>192</sup>Ir 密封源。<sup>192</sup>Ir 放射源由放射源生产单位负责运输，放射设备损坏或者放射源退役后，须有资质的检测公司进行辐射检测后，设备按照有关规定进行退役，放射源由厂家统一回收或者送交至有资质单位统一处置。同时，医院应做好放射源的日常管理台账工作，认真填好放射源的基本参数及状态，建立一一对应的放射源明细台账，同时制定《放射源台账管理制度》，并张贴上墙。

### 11.5 DSA 运行期环境影响分析

#### (1) 机房防护能力与标准对比分析

根据设计资料，医院新建的 DSA 机房屏蔽防护情况与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求类比达标情况一览表见表 11-11。

表 11-11 医院本次环评配置 DSA 机房屏蔽防护类比达标情况一览表

序号	射线装置	参数	屏蔽厚度	标准要求	是否达标
1	DSA 机房 (OP28)	拟定 125kV, 1250mA	四面墙体均为 50mm 厚洁净快装板 +4mmPb 防辐射铅板 (约 4.0mmPb) ;	2mm 铅 当量	是
2	DSA 机房 (OP29)	拟定 125kV, 1250mA	顶棚为 200mm 混凝土+20mm 硫酸钡砂 浆 (约 4.0mmPb) ;		是
3	DSA 机房 (OP30)	拟定 125kV, 1250mA	地面为 200mm 混凝土+20mm 硫酸钡砂 浆 (约 4.0mmPb) ; 防护门为 4.0mm 铅板; 防护窗为 4.0mm 铅当量的铅玻璃		是

建设单位按设计厚度建设后, 本项目 3 间 DSA 机房四周墙体、顶棚和防护铅门的设计厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 辐射屏蔽的要求。建设单位在施工过程中必须采取有效措施, 确保施工质量, 防护门和铅玻璃观察窗应由有射线防护资质的单位进行设计安装, 要求防护门门体与墙体重叠长度不小于门与墙体间隙的 10 倍。确保各项辐射防护设施满足辐射防护与安全的需求。

## (2) 机房防护能力类比分析

为了全面了解医院新增 DSA 投入运行后对周围环境及人员影响的范围和程度, 本评价采用益阳市中心医院现有的 1 台 DSA 设备类比分析的方法对本项目的 DSA 工作场所建成后周围剂量当量率来进行类比预测。益阳市中心医院目前类比 DSA 正常使用中, 医院于 2020 年 4 月对该台设备进行了验收检测, 检测报告编号为湘环院(检)2020-05-005-02 号, 类比条件分析见下表:

表 11-12 类比项目基本情况一览表

基本情况	类比项目机房情况 (益阳市中心医院)	本项目机房情况 (3 间机房)			类比情况
设备型号	飞利浦 XperFD10	未定			--
基本参数	125kV; 1250mA	拟定 125kV; 1250mA			基本相同
机房面积 (m <sup>2</sup> )	66.3	39.0	45.0	83.5	--
四面墙体	200mm 混凝土+20mm 硫酸钡混凝土 (约 4.0mmpb)	50mm 厚洁净快装板+4mmPb 防辐射铅板			基本相同
机房顶棚	150mm 混凝土+20mm 硫酸钡混凝土	200mm 砼+20mm 硫酸钡砂浆			本项目优
机房地面	150mm 混凝土+20mm 硫酸钡混凝土	200mm 砼+20mm 硫酸钡砂浆			本项目优

防护门	4mmPb	4mmPb	基本相同
观察窗	4mmPb	4mmPb	基本相同
手术类型	心脏血管介入、外周血管介入	心脏血管介入、外周血管介入、综合介入	基本相同
检测条件	摄影：88kV，813mA，8ms； 透视：81kV，11.6mA	--	--

从上表可知，本项目新增 DSA 机房与益阳市中心医院现有 DSA 机房相比，本项目机房机房顶棚、地面防护优于类比机房，四面墙体、防护门、防护窗铅当量与类比项目基本相同，本项目个别机房面积稍逊于类比机房，射线装置基本用途一致，因此，具有可类比性。

类比检测结果见表 11-13。

**表 11-13 DSA 机房现状检测结果**

序号	点位描述	周围剂量当量率 (μSv/h)	
		摄影	透视
检测条件：摄影：88kV，813mA，8ms；透视：81kV，11.6mA。			
△1	铅窗表面	0.12	0.11
△2	工作人员操作位	0.11	0.11
△3	墙表面 30cm	0.11	0.12
△4-1	控制室防护门上门缝表面 30cm	0.11	0.11
△4-2	控制室防护门左侧表面 30cm	0.11	0.11
△4-3	控制室防护门中间表面 30cm	0.11	0.11
△4-4	控制室防护门右侧表面 30cm	0.12	0.12
△4-5	控制室防护门下门缝表面 30cm	0.12	0.11
△5-1	防护大门上门缝表面 30cm	0.12	0.11
△5-2	防护大门左侧表面 30cm	0.11	0.12
△5-3	防护大门中间表面 30cm	0.11	0.11
△5-4	防护大门右侧表面 30cm	0.12	0.12
△5-5	防护大门下门缝表面 30cm	0.12	0.11
△6	墙表面 30cm	0.11	0.11

△7	墙表面 30cm	0.11	0.11
△8	墙表面 30cm	0.10	0.11
△9	墙表面 30cm	0.11	0.10
△10	墙表面 30cm	0.11	0.11
△11	楼上病房地面	0.11	0.11
△12	楼下 B 超室	0.11	0.11
△13-1	第一术者操作位头部	--	64.4
△13-2	第一术者操作位胸部	--	38.8
△13-3	第一术者操作位腹部	--	12.4
△13-4	第一术者操作位下肢	--	32.1
△13-5	第一术者操作位足部	--	8.91
△14-1	第二术者操作位头部	--	46.4
△14-2	第二术者操作位胸部	--	32.4
△14-3	第二术者操作位腹部	--	26.7
△14-4	第二术者操作位下肢	--	19.6
△14-5	第二术者操作位足部	--	11.6

备注：以上检测数据均未扣除本地 0.09 $\mu$ Sv/h。

### (3) 结论

由上表 11-13 可知，益阳市中心医院的 DSA 机房的四面墙体、顶棚、地面及防护门窗外周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的标准要求，透视防护区测试平面上的空气比释动能率最大值为 64.4 $\mu$ Sv/h，远远小于 400 $\mu$ Gy/h。本项目新增的 DSA 使用的本项目机房顶棚、地面、四面墙体、防护门窗均优于或相同于类比机房，装置基本用途一致，其中 2 间 DSA 机房面积稍逊于类比机房，因此可以推测本项目运行后 DSA 对机房周围环境影响较小，项目 DSA 机房屏蔽设计能够符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的标准要求。在评价范围内的敏感点受 X 射线装置运行时的影响很小，环境可接受。

## 11.7 职业照射人员与公众附加年有效剂量

### 11.7.1 估算公式

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A 中的计算，X- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = H^*(10) \times T \times t \times 10^{-3} (mSv) \quad (11-24)$$

其中： $H_{E,r}$ —X 或 $\gamma$ 射线外照射人均年有效当量剂量，mSv

$H^*(10)$ ：X 或 $\gamma$ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T：居留因子；

t：X 或 $\gamma$ 射线照射时间，h。

### 11.7.2 直线加速器及后装机年有效剂量估算结果

#### (1) 所致剂量估算取值

本项目每台直线加速器的工作负荷 W 取 2100Gy/周，设加速器等中心处治疗模体内参考点的常用最高吸收剂量率为 3Gy/min，则每周治疗时间为 700min，即 11.7h，全年按照 50 周计，则加速器年开机有效时间为 584h；每周工作时间为 5 天，平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy，平均每人治疗照射 3 野次，平均每名患者治疗照射时间为 1.5min，全年治疗人数约为 23334 人。辐射性工作人员附加年有效剂量取表 11-6、表 11-7 中操作室（墙）0.0333 $\mu\text{Sv/h}$ 、0.1082 $\mu\text{Sv/h}$  进行估算，公众成员附加年有效剂量取表 11-6、表 11-7 中西侧墙体外剂量率 0.0081 $\mu\text{Sv/h}$ 、0.0034 $\mu\text{Sv/h}$  进行估算。

本项目使用的后装治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计，每周治疗 30 个患者，每个患者应用放射治疗的有效时间不一致，本次环评以 8min 计，则后装机年有效工作时间为 200h，周工作时间为 4h。放射工作人员（不包含为病人摆位工作人员）附加年有效剂量取表 11-8 中北侧操作室 0.29 $\mu\text{Sv/h}$  进行估算，公众成员附加年有效剂量取表 11-8 中西侧处 1.28 $\mu\text{Sv/h}$  进行估算。

工作人员对后装机治疗患者进行摆位时，距离贮源容器表面 5cm、1m 处的空气比释动能率分别为 50 $\mu\text{Sv/h}$ 、5 $\mu\text{Sv/h}$ （GBZ121-2017 国家标准规定），根据医院提供数据及核算，后装机操作人员停留在贮源容器表面 5cm 处的时间不超过 2min，本次环评摆位时距离贮源容器表面约 0.5m 处，此处的空气比释动能率约为 20 $\mu\text{Sv/h}$ 。

#### (2) 射线装置及核医学科场所所致年附加有效剂量估算

本项目直线加速器机房剂量估算结果下表 11-14。

表 11-14 直线加速器所致年附加有效剂量估算表

序号	设备名称	工作负荷 (h)	墙体外剂量率 (μSv/h)	居留因子	环境保护目标	年有效当量剂量 (mSv/a)
1	6MV 直线加	584	0.0333	1	放射工作人员	0.019
			0.0081	1/4	公众成员	0.012
2	10MV 直线加速器	584	0.1082	1	放射工作人员	0.063
			0.0034	1/4	公众成员	0.0005

注：放射工作人员居留因子取 1；公众成员居留因子取 1/4。

后装机剂量估算结果下表 11-15。

表 11-15 后装机所致剂量估算表

序号	装置名称	工作负荷 (人次/年)	每人每次照射时间 (min)	年最大有效开机时间 (h)	剂量率 (μSv/h)	年有效剂量当量(mSv)	
1	后装机	1500	放射工作人员	≤8	200	0.29	0.058
			摆位工作人员	≤3	75	20	1.5
			公众	≤8	200	1.28	0.064

增加源项暂存在后装机机房后所致个人剂量增加情况

人员	关注点剂量率 (μSv/h)	受照时间 (h)	年有效最大剂量估算值 (mSv/a)	叠加后年有效最大剂量估算值 (mSv/a)
放射工作人员	≈0	480	≈0	0.058、1.5
公众	≈0.068	30	0.0002	0.064

注：放射工作人员居留因子取 1；公众成员居留因子取 1/4。

由表 11-14 可知，直线加速器放射工作人员最大年有效剂量值为 0.0144mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 2mSv/a；公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值为 0.0036mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a；后装机放射工作人员最大年有效剂量值为摆位工作人员，若全部摆位工作由 1 名放射工作人员完成，则年有效剂量值达到了 1.5mSv/a，操作室放射工作人员的最大年有效剂量值为 0.058mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 2mSv/a；公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值为 0.064mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a，

本次环评建议后装机机房摆位工作由至少 2 人轮流工作，且要做好日常防护工作。实际设备运行过程中，设备拥有正规的防护设施，且设备运行过程中一般不能开启至最大额定功率，本次环评计算值未将源项设备处的防护考虑在内，故计算出来的理论值远远大于实际值，故本次环评放射工作人员和公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值会小于本评价剂量管理目标值，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

### 11.7.3 DSA 机房年有效剂量估算结果

根据医院提供的资料，本项目 DSA 投入使用后，每台设备每年约进行介入手术约 1000 台。年曝光时间为 362.4h。周围剂量当量率采用类比检测数据（益阳市中心医院飞利浦 XperFD10 型 DSA，详见上表 11-13）。

本项目以铅屏（2mm 铅当量）和床侧铅挂帘（0.5mm 铅当量）遮挡后周围剂量当量率为 64.4 $\mu$ Sv/h 进行计算。第一术者经铅衣、铅眼镜、铅围脖等防护设施（铅当量 0.5mm，由屏蔽公式计算得，瞬时剂量率可以减少 3.6 倍）屏蔽后，所受辐射瞬时剂量率为 17.89 $\mu$ Sv/h。

根据医院提供资料，医院 DSA 年开展手术量约为 1000 台，根据工程分析，其年有效曝光时间为 362.4h。每个科室的手术量都保守按一组医生操作来估算，介入医生预计年有效剂量率见下表 11-16。

**表 11-16 医院每台 DSA 介入工作人员外照射人均年有效剂量核算一览表**

放射工作人员类别	计算参数		计算结果	目标管理值(mSv/a)
	T (h/a)	周围剂量当量率 ( $\mu$ Sv/h)	年有效剂量 (mSv/a)	
介入医生（心血管介入）	210	17.89	3.76	4
介入医生（外周血管介入）	76.8	17.89	1.37	4
介入医生（综合介入）	75.6	17.89	1.35	4
操作室工作人员	362.4	0.11	0.040	2
公众	90.6	0.12	0.011	0.1

根据上述计算，本项目放射工作人员年有效剂量均能满足相应的标准要求，医院根据设备运行实际情况配备相应的放射工作人员，人员配置可行，同时，本次环评要求医院应安排介入医生轮流操作，并尽可能的平均分配（手术量和手术位置），能保证介入手术医生受到的年附加有效剂量低于医院的年剂量管理目标

值。本评价要求医院介入手术医生应按要求正确佩戴个人剂量计，并定期检测，以保证介入手术医生的年剂量低于 4mSv/a。

### 11.8 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”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，其对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。

本项目的建设对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目营运以后，将为病人提供一个优越的治疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。此外，通过核算，该项目屏蔽和防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。

因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

### 11.10 产业政策符合性

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，医院射线装置的使用属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2020年1月1日起施行）第一类——鼓励类中“六、核能、同位素、加速器及辐照应用技术开发；十三、医药 5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，放射性同位素的使用不属于上述文件中的淘汰类、限制类，为允许类，因此本项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

### 11.11 事故影响分析

#### 11.11.1 事故分级

医院使用医用 X 射线装置开展辐射诊疗工作，将会产生不同的事故。医院应按照国家各种规章制度的要求，严防各种事故的发生。当发生事故后，应按照国家应急预案的要求进行补救，加强应急响应准备和事故应急演练，根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 449 号)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-22。

**表 11-22 国务院令 449 号辐射事故等级分级一览表**

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡。
重大辐射事故	射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者 10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲,北京:原子能出版社)急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系,见表 11-23。

**表 11-23 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系**

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

根据表 11-21 和表 11-22,本项目各射线装置可能发生的辐射事故等级见表 11-24。

**表 11-24 本项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级**

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	危害结果	事故等级

直线加速器-II类射线装置	X射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③检修、维护人员误操作造成误照射。	事故状况下单次受到的辐射剂量为2Gy,导致9人以下(含9人)急性放射病的发生率为99%。	较大辐射事故
DSA-II类射线装置	X射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③检修、维护人员误操作造成误照射；④放射工作人员未穿铅衣进行手术。	导致人员受照射剂量超过年有效剂量限值	一般辐射事故
放射性同位素	γ射线	①由于管理不善,发生放射性物品失窃,造成放射性污染事故；②卡源、放射源脱落；③放射性同位素治疗中,出现患者或者靶组织识别错误,或者剂量使用错误。	造成放射性污染,人员内照射或其他不必要的照射	一般辐射事故

本项目所有装置均属 X 射线装置,对于 X 射线装置,当设备关机时不会产生 X 射线,不存在影响辐射环境质量事故,只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素,最大可能的事故主要有四种:

(1) 安全连锁装置或报警系统发生故障状况下,人员误入正在运行的射线装置辐照室;

(2) 工作人员或病人家属还未全部撤离辐照室,外面人员启动设备,造成有关人员被误照;

(3) 检修、维护人员误操作造成误照射;

(4) 放射工作人员未穿铅衣进行手术(介入手术)。

### 11.11.2 预防应急措施

#### 11.11.2.1 直线加速器预防应急措施

直线加速器是一种将电能转换成 X 射线能的医疗设备, X 射线受开机和关机控制,关机时没有射线发出。因此,断电状态下较为安全。在意外情况下,可能出现的辐射事故(事件)如下:

(1) 直线加速器门机联锁失效

由于未及时检修,门-机联锁装置失效,门处于半开启状态,直线加速器仍能运行,人员进入直线加速器机房而受到照射。

处理措施:按操作规程定期对各个联锁装置进行检查,发现故障及时清除,

严禁在门-机联锁装置失效的情况下违规操作；通过装置故障报警系统及时发现故障，及时修复；通过纵深防御以减少由于某个联锁失效或在某个联锁失效期间产生辐射。

(2) 直线加速器治疗时，工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离辐照室。

处理措施：开机运行前，工作人员认真检查机房内人员情况，除病人外，一律不得停留。待确认无误后，方可进行下一步操作。

### (3) 人误

分析：不了解直线加速器基本性能和结构，缺乏操作经验；缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；治疗计划错误(治疗过量或欠量照射)；违反操作规程和有关规定，操作失误；设备维（检）修后未进行质量控制检测；管理不善、领导失察等。是人为的因素造成辐射事故（造成患者治疗损伤）的最大原因。

防治措施：放射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，了解应当做什么，怎么做，避免犯普通错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

## 11.11.2.2 后装治疗机防应急措施

### 1) 后装机放射源卡源

治疗过程中，放射源发生卡源现象，放射源不能回到贮存容器中。

防治措施：先启动强制回源装置，强制放射源回到储源位置。若还是卡源，则封闭机房，禁止任何人员进出，待后装机生产厂家或有资质的专业维修技术人员到来后，再行处理，医院不得自己处理。

### 2) 后装治疗机放射源脱落

造成机房内周围人员受到大剂量照射；设备检修时，工作人员误将后装机的屏蔽装置打开或卸下放射源，都会对维修人员产生很强的辐射照射，由于机房屏蔽墙体足够厚，所以不会对外界产生辐射影响；后装机换装放射源后产生的报废源，因管理不善发生被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

防治措施：换源或装源必须由有资格的专业人员进行。做好换装源程序和一切准备工作，工作人员必须佩带辐射监测仪器，穿戴防护衣帽，疏散周围人员。

严格加强  $^{192}\text{Ir}$  放射源的安全管理，严格按照规定的实施方案进行换装源，确保环境和人员安全，杜绝事故（事件）发生。换源等工作应严格按照操作规程来，将换出来的放射源或者即将换进去的放射源放在规定的位置，防止无关人员不认识而随意拿走。另外在从事上述工作时，应对现场进行清场，确保无关人员不在辐射工作区域内活动。

### 3) 医疗照射不正当化

滥用射线装置对病员进行诊断、治疗，造成病员受到不必要的照射。

防治措施：放射工作人员必须认真考虑，只有确认该项检查、治疗对受检者的病情诊治和健康有好处时才进行 X 射线诊疗。

### 4) 未进行质量控制检测

诊疗设备年久或更换部件和维、检修后，未进行质量控制检测，机器性能指标发生变化，有可能在诊疗过程中使患者可能受到较大剂量的照射。

防治措施：医院做好设备稳定性检测和状态检测，使设备始终保持在最佳状态下工作。

### 5) 工作人员业务技能不高

工作人员业务技能差，经验不足，摆位不正、定位不准等，致使患者受到不必要的照射。

防治措施：医院应定期组织放射工作人员学习专业业务知识，不断提高业务水平。

## 11.11.2.3 DSA 预防应急措施

1) 工作人员或病人家属在防护门关闭前尚未撤离机房，X 射线装置运行可能产生误照射。

2) 安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 X 射线装置治疗或诊断室。

对策：为避免上述事故的发生，医务人员必须严格按照 X 射线装置操作程序进行诊断，防止事故照射的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。同时在机房防护门内设置人工紧急停机及开门按钮，要求工作人员每次上班时首先要检查防护门上警示信号灯是否正常。如果警示信号灯失灵，应立即修理，恢复正常。平时应加强对工作人员安全教育，严格按操作规程操作。

3) 滥用 X 线对病员进行诊断、治疗, 造成病员受到不必要的照射。

对策: 放射工作人员必须认真考虑, 只有确认该项检查、治疗对受检者的病情诊治和健康有好处时才进行 X 射线诊疗。

### 11.11.3 应急响应及演练

医院出现的辐射事故主要是放射工作人员或工种成员受到不必要的超剂量照射。当发生事故后, 应按照急预案的要求进行补救, 加强应急响应准备和事故应急演练, 减少辐射事故对周围环境和人员带来的伤害。

事故应急演练: 完善的预案、周到的准备和准确的事事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高, 从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。组织应急演练应注意以下几个方面。

(1) 制定周密的演练方案, 明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。

(2) 进行合理的人员分工。成立演练领导组、工作组、保障组等机构, 进行角色分工, 明确人员职责。

(3) 做好充分的演练准备, 维护仪器设备, 配齐物资器材, 找好演练场地。

(4) 开展认真的实战演练, 按照事先预定的方案和程序, 有条不紊的进行, 演练过程中除非发生特殊情况, 否则尽量不要随意中断。若出现问题, 演练完毕后再进行总结。

(5) 做好完整的总结归纳, 演练完毕后要及时进行归纳总结, 对于演练过程中出现的问题要认真分析, 并加以改正, 成功的经验要继续保持。

应急响应准备: 包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。

(1) 辐射事故应急办公室应建立完善的辐射事故应急预警机制, 及时收集、分析辐射事故相关信息, 协调下设小组人员开展辐射事故应急准备工作, 定期开展事故应急演练, 提高应急处置能力。

(2) 定期就辐射安全理论, 辐射事故应急预案、程序和处置措施, 以及应急监测技术等内容组织学习, 必要时进行考核, 以达到培训效果。

(3) 根据医院核技术应用情况, 放射源级别, 可能发生的事故级别, 做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制盒安全防护等方面的

物资和器材。



续表 12 安全管理

7月11日修订，2019年8月22日施行）第十六条要求的规定。

### 12.1.2 放射工作人员及培训

#### (1) 放射工作人员配置

为满足医院放射工作和安全的需要，医院目前根据要求规划配置了 20 名放射工作人员，其中直线加速器及后装机拟配备 8 人，DSA 介入手术室拟配备 12 人。人员名单暂未定。

根据《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，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行），本次环评提出，建设单位还应根据《放射诊疗管理规定》（中华人民共和国卫生部令第 46 号）中相关规定的要求，为直线加速器机房、后装机机房、介入治疗机房按照要求配备相应的放射工作人员；且应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。另外，使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。

#### (2) 放射工作人员培训要求

根据国家环境保护总局令第 31 号第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）和《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）的相关要求“《通知》实施前，已取得辐射安全培训单位出具的辐射安全培训合格证书在有效期内的将继续有效。自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射工作的人员以及原辐射安全培训合格证书到期的人员，应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核”，建设单位应在项目运行前组织新从事辐射工作的人员以及原辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加并通过考核。

因此，本环评要求医院在本项目运营前，新增放射工作人员到生态环境部辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加并通过考核，考核合格

续表 12 安全管理

后方可上岗，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗。同时，取得培训合格证的人员，按照要求在合格证到期前组织复训。且医院应每 90 天对放射工作人员进行个人剂量监测，每 1~2 年组织放射工作人员进行职业健康体检。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、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、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

医院针对目前已开展的核技术利用项目已制定了以下相关制度：

《辐射事故预防措施应急处理预案》、《辐射安全防护管理制度》、《介入室放射工作人员岗位职责》、《DSA 操作规程》、《受检者及工作人员职业健康防护制度》、《射线装置机房操作管理制度》、《辐射工作人员职业健康管理制》、《放射工作人员使用“个人剂量牌”管理规定》、《自主监测计划》。上述制度均针对医院老院区现有涉源工作场所，基本能满足目前已有的核技术利用项目运行需要。

针对本次开展的直线加速器及后装机治疗项目，医院暂未制定相关制度，为保障放射性同位素及射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》中列出的应建立的管理制度，本次环评建议医院制定如下制度：《辐射安全管理规定》、《后装机操作规程》、《直线加速器操作规程》、《后装机辐射安全防护设施的维护与维修制度》、《直线加速器辐射安全防护设施的维护与维修制度》、《后装机机房保安管理制度》、《放射源转让、使用、更换、返回、送贮等管理制度》、《机房日常监测方案》等，同时，将本项目放射工作人员列入现有健康管理制度及个人剂量监测制度中；目前医院制订了《辐射事故预防措施应急处理预案》，为现有的核技术利用项目制定，本次环评建议医院应根据本次项目运行实际工作需要，补充直线加速器、后装机、放射源等的相关内容，更新辐射事故内容，并按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院令 449 号（2005））、《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 31 号，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行）等现行要求修

续表 12 安全管理

改，全面完善和健全各项规章制度，更新《辐射事故预防措施应急处理预案》。按照上述要求制定相应制度后，医院制定的应急预案内容较为详实，操作性较强，基本能满足项目需要。

### 12.3 辐射环境管理要求

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，医院必须培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，提出如下辐射环境管理要求：

(1) 依据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》之规定，医院必须向生态环境主管部门重新申领安全许可证等相关环保手续。

(2) 明确辐射安全防护领导小组的职责：设立兼职或专职的安全负责人，负责整个医院的辐射防护与安全工作。建立辐射防护安全防护管理制度，履行放射防护职责，确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众成员的权益，尽可能避免事故的发生。

(3) 医院放射工作人员必须定期经过辐射工作安全防护培训，并且考核合格取得成绩单后方可上岗；操作人员必须遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

(4) 各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；所有的放射工作场所均必须有电离辐射警示标志，各机房门屏蔽门上方还必须要有工作指示灯及中文标注放射防护注意事项。警告标志的张贴必须规范。

(5) 每年应至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，医院放射工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近管理目标的放射工作人员应暂离岗位，并在今后的工作中增加监测频率。对放射工作人员每两年进行职业健康体检并形成制度。进入机房的工作人员佩带个人剂量计，记录个人所受的射线剂量。

(6) 制定事故状态下的应急处理计划，其内容包括事故的报告，事故区域

**续表 12 安全管理**

的封闭，事故的调查和处理及工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

(7) 应当加强对本单位射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的生态环境主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

(8) 对医院射线装置安全和防护状况进行年度评估，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。

(9) 按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）第十二条规定，建设项目的规模发生变化，或者建设项目环境影响报告书自批准之日起满 5 年，建设项目方开工建设的，其环境影响报告文件应重新编制，报批。

(10) 安装、维修或者更换与 X 射线有关部件的设备，应当向有关部门申请，进行辐射防护验收检测，确定合格后方可启用，以杜绝放射事故的发生。

(11) 项目竣工后，医院应依法进行竣工环境保护自主验收。

(12) 医院在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前，应当确保环境辐射安全，妥善实施辐射工作场所或者设备的退役，并承担退役完成前所有的安全责任。

## **12.4 辐射监测**

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》（国务院第 449 号令）等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

医院必须配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对医院使用的射线装置机房周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所内外环境的监测。

### **12.4.1 放射工作人员个人剂量监测**

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。建立并终生保存个人剂量监测档案，外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天；内照射个人剂量监测周期按照有关标

续表 12 安全管理

准执行。

根据环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号中对工作人员个人剂量的要求，医院应为每名工作人员配置个人剂量计，定期组织工作人员进行个人剂量监测，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。根据《放射工作人员职业健康管理辦法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）规定，医院还应安排专人负责个人剂量监测管理，建立了放射工作人员个人剂量档案。包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当永久保存。

#### 12.4.2 放射工作人员的职业健康监护

对已经从事放射工作的职业人员进行的经常性医学检查，按照《放射工作人员职业健康管理辦法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）的规定执行，医院应为放射工作人员建立个人健康档案，档案中详细记录历次医学检查的结构及其评价处理意见，放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

#### 12.4.3 工作场所内外环境监测

根据国家规定每 1~2 年接受辐射防护管理部门对工作场所周围环境进行常规监测，发现问题及时整改。监测资料存档。

##### ① 验收监测

设备安装到位后，应委托有资质的单位进行验收监测。若发现问题，及时整改，直到合格为止。

##### ② 日常监测（自主检测或委托有资质的单位）

监测频率：每年一次；

监测因子：工作场所周围区域剂量当量率。

监测范围：机房防护门及缝隙处，电缆及管道的出入口，控制室，操作台、洗手台等；以及机房屏蔽墙四周。

监测数据作为医院的管理依据。

医院应自行配备 X- $\gamma$ 剂量率测量仪、在线剂量检测仪器（定期进行计量检定），对本次环评涉及的上述场所的监督区和控制区环境进行监测。发现问题及

续表 12 安全管理

时整改。监测数据每年年底向市生态环境局和省生态环境厅上报备案。医院自行的日常监测要求如下表 12-2 所示。

表 12-2 本项目监测内容一览表

场所名称	监测地点	监测项目	监测频率	限值要求	备注
直线加速器机房、后装机机房	机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	一年一次	周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h	委托检测
	直线加速器机房	门灯联锁、工作指示灯、警示标识	每月自检	有效	自检
	外壳表面	感生放射性	一年一次	在不超过 3min 的时间内，测得感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 任何接近处不超过 200 $\mu$ Sv/h，离外壳表面 1m 处不超过 20 $\mu$ Sv/h	委托检测
DSA 机房	DSA 机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	一年一次	周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h	委托检测
	DSA 机房	门灯联锁、工作指示灯、警示标识	每次开机前	有效	自检

12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用射线装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表：

表 12-3 本项目监测内容一览表

应具备条件	落实情况
(一) 使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院已设置了辐射安全与环境管理机构，且配备有 1 名本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，后期根据实际工作需要进行调整

续表 12 安全管理

<p>(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。</p>	<p>本次新增人员均为新聘人员，建设单位拟在项目运行前安排上述新增放射工作人员参加相关培训和考核，持证上岗</p>
<p>(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。</p>	<p>拟在后装机机房设置放射源暂存场所-保险箱，放射源铅桶厚度不低于 20mmPb</p>
<p>(四) 放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施</p>	<p>项目建设时，建设单位按要求建设专用机房，实体屏蔽，拟设有急停开关、监视和对讲系统，工作警示灯及电离辐射警告标志等安全防护措施</p>
<p>(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。</p>	<p>医院拟根据相关要求配备相应的防护用品及监测仪器，详见表 10-5，放射工作人员个人剂量计 1 个/人，个人剂量报警仪 1 个/人，机房内配置在线剂量监测仪器及报警仪；本项目不涉及非密封放射性物质</p>
<p>(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。</p>	<p>拟根据要求在项目开展前制定，同时更新部分现有制度</p>
<p>(七) 有完善的辐射事故应急措施</p>	<p>拟根据要求在项目开展前修改完善</p>
<p>(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。</p>	<p>拟根据要求在项目开展前制定</p>
<p>综上所述，医院在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。</p>	
<p><b>12.6 辐射事故应急预案</b></p>	
<p><b>12.6.1 事故应急培训演习计划</b></p>	
<p><b>1、事故应急演练：</b>完善的预案、周到的准备和准确的事事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高，从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。组织应急演练应注意以下几个方面。</p>	
<p>(1) 制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。</p>	

续表 12 安全管理

(2) 进行合理的人员分工。成立演练领导小组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。

(3) 做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。

(4) 开展认真的实战演练，按照事先预定的方案和程序，有条不紊的进行，演练过程中除非发生特殊情况，否则尽量不要随意中断。若出现问题，演练完毕后再进行总结。

(5) 做好完整的总结归纳，演练完毕后要及时进行归纳总结，对于演练过程中出现的问题要认真分析，并加以改正，成功的经验要继续保持。

**2、应急响应准备：**包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。

(1) 辐射事故应急办公室应建立完善的辐射事故应急预案机制，及时收集、分析辐射事故相关信息，协调下设小组人员开展辐射事故应急准备工作，定期开展事故应急演练，提高应急处置能力。

(2) 定期就辐射安全理论，辐射事故应急预案、程序和处置措施，以及应急监测技术等内容组织学习，必要时进行考核，以达到培训效果。

(3) 根据医院核技术利用情况，可能发生的事故级别，做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制盒安全防护等方面的物资和器材。

### 12.6.2 事故应急处理措施

辐射事故一旦发生，应立即采取以下措施进行处理，并根据事故情况启动应急预案。主要应急处理措施如下：

①直线加速器等 X 射线类装置射线无高压输入时即停止发射射线，因此处理此类事故的首要一条就是切断电源，切断电源可以停止照射；

②立即撤离有关工作人员，封锁现场，控制事故源，切断一切可能扩大事故范围的环节，防止事故扩大和蔓延；对可能受伤的人员，立即采取暂时隔离和应急救援措施，在采取有效个人防护措施的情况下组织人员控制事故现场，并根据需要实施医学检查和医学处理。

③若发现密封源丢失，应及时在相邻区域设置警戒区，使用 X-γ检测仪找回放射源。若未找到，应控制区域保持现状，并立即向公安机关、生态环境主管部

续表 12 安全管理

门报告，尽快追回放射源。

④如因射线装置输出量异常发生人员受到异常照射的事故，应及时检修射线装置，并进行输出量计量校准。保存控制器上的照射记录，不得随意更改，以便事后对受照人员进行受照剂量估算；

⑤若事故后经检查为机器出现故障，应通知厂家立即派专业技术人员到现场排除故障。医院不能擅自处理；

⑥发生辐射事故后，根据受照情况，应迅速安排事故受照人员的医学检查和医学监护。并在 2 小时内向医院领导及有关行政主管部门上报。并配合有关部门进行调查，查找事故原因，做好相关防范措施。

⑦医院应根据人员受照剂量，判定事故类型和级别，提出控制措施及救治方案，迅速安排受照人员接受医学检查、救治和医学监护。具体处理方法按《核与放射事故干预及医学处理原则》（GBZ113-2006）和《辐射损伤医学处理规范》（卫生部、国防科委文件卫法监发[2002]133 号）进行。

### 12.6.3 应急报告程序

一般报告程序为：发现者报告给医院辐射事故应急工作小组成员，由其向市公安局、市生态环境局报告，再由市生态环境局上报给省生态环境厅，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下：

院总值班室电话：0736-7893888

市公安局电话：110

市生态环境局电话：12369（24 小时）

省生态环境厅电话：0731-85698110

按照上述要求制定应急预案后，常德市第一中医医院制定的应急预案，内容详实，可操作性较强，能够满足在发生辐射安全事故时的应急处理的需要。同时，建设单位在日常加强事故演习，加强医院人员的安全文化素养培植，使工作人员树立较强的安全意识，减少人为因素导致的意外事故的发生率，确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益。

综上所述，评价认为，常德市第一中医医院辐射环境管理满足《电离辐射

续表 12 安全管理

防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）、《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，2019 年 7 月 11 日修订，2019 年 8 月 22 日施行）等相关标准的要求。

表 12-4 环境保护验收一览表

序号	验收项目	验收内容及要求	依据
1	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告	生态环境部公告 2018 年第 9 号
2	环境管理制度、应急措施	成立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度和事故应急预案	国家环境保护总局令 第 31 号
3	人员要求	放射工作人员均需持证上岗，培训合格，定期进行复训（2020 年 1 月 1 日之前的仍然有效，四年进行复训，之后的取得成绩单后五年进行复训）；进行岗前体检，排除职业禁忌症后方可上岗，每 2 年进行一次职业健康体检；每 30~90 天进行一次个人剂量计检测	国家环境保护总局令 第 31 号、环境保护部令 第 18 号
4	辐射安全防护措施	<p>直线加速器机房：</p> <p>①电离辐射警示标志位于醒目位置；</p> <p>②中文标明放射防护注意事项；</p> <p>③有工作运行指示灯、门灯连锁、门机连锁；</p> <p>④辐射机房在控制室与机房之间应设视频监控系统与对讲机；</p> <p>⑤治疗室内、操作台固定式剂量报警仪；</p> <p>⑥治疗室内紧急停机按钮、紧急开门按钮、治疗床急停按钮；</p> <p>⑦直线加速器机房内设置通风装置，保持良好的通风，机房内不得堆放无关杂物；</p> <p>⑧配备患者防护用品 2 套，固定式剂量报警仪 2 台，便携式剂量报警仪 2 台，个人剂量报警仪 2 个。</p>	<p>GB18871-2002</p> <p>GBZ/T201.2-2011</p> <p>GBZ126-2011</p>
		<p>后装机机房：</p> <p>①机房门外张贴醒目电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯，并实行门灯连锁，门机连锁。</p> <p>②门与墙搭接满足要求。</p> <p>③治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。</p> <p>④机房在门上设置有声、光报警；在控制室与治疗室之间应设监视器和对讲机。</p> <p>⑤机房应保持良好的通风和机房内不得堆放无关杂物。</p> <p>⑥治疗室迷路出、入口处设置固定式辐射剂量检测仪器并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。</p> <p>⑦治疗室内合适的地方应张贴应急指示。</p> <p>⑧配备患者防护用品 1 套，固定式剂量报警仪 2 台，便携式剂量报警仪 1 台，个人剂量报警仪 2 个。</p>	<p>GB18871-2002</p> <p>GBZ/T201.3-2014</p> <p>GBZ121-2017</p>
		<p>DSA 机房：</p> <p>①电离辐射警示标志位于醒目位置；</p> <p>②中文标明放射防护注意事项；</p> <p>③有工作运行指示灯、门灯连锁；</p>	<p>GB18871-2002</p> <p>GBZ130-2020</p>

序号	验收项目	验收内容及要求	依据	
		④辐射机房在控制室与机房之间应设观察窗与对讲机； ⑤射线机房内设置通风装置，保持良好的通风，机房内不得堆放无关杂物； ⑥配备铅防护衣 12 套，防护用品（包含铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅手套 12 套）和辅助防护设施，便携式剂量报警仪 1 台，个人剂量报警仪 12 个。		
5	机房面积及最小单边长	直线加速器机房：>45m <sup>2</sup> 后装机机房：>20m <sup>2</sup> DSA 机房：>20m <sup>2</sup> ；最小单边长度>3.5m)	GBZ126-2011 GBZ121-2017 GBZ130-2020	
6	电离辐射	剂量限制	1、 DSA 介入医生≤4mSv/a 2、 其他放射工作人员≤2mSv/a 3、 公众成员年有效剂量≤0.1mSv/a	GB18871-2002
		射线装置机房墙体外剂量率控制	距离机房墙外 30cm 处的空气比释动能率 ≤2.5μSv/h	GB18871-2002 GBZ130-2020
		透视防护区测试平面上	透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400μGy/h	GBZ130-2020
		直线加速器机房外壳表面	在不超过 3min 的时间内，测得感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 任何接近处不超过 200μSv/h，离外壳表面 1m 处不超过 20μSv/h	GBZ126-2011
		后装机贮源容器	工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，因泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 50μSv/h；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点的泄露辐射所致的周围剂量当量率不大于 5μSv/h。	GBZ121-2017
7	废气	射线装置机房内均设置有机动力排风装置，保证室内通风换气次数能满足要求	GBZ126-2011 GBZ121-2017	
8	退役放射源	厂家回收	GBZ133-2009	

表 13 结论及建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

近年来，随着医院的不断发展壮大，为了更好的为人民群众提供医疗服务，同时提升医院整体服务质量，常德市第一中医医院拟投资 █████ 万元进行核技术利用扩建项目，本次扩建主要在医院新院区医技楼负一楼放疗中心增加 2 台医用直线加速器，在医技楼四楼介入中心手术室新增 2 台医用血管造影 X 射线机（以下简称 DSA），根据《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号）可知，医用直线加速器及医用血管造影 X 射线机均为 II 类射线装置；在医院新院区医技楼负一楼放疗中心新增 1 台后装机，使用 2 枚  $^{192}\text{Ir}$ （不同时使用，每枚放射源使用半年），单枚活度为  $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，根据《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号），为 III 类放射源。

通过开展对本项目的分析、对周围环境质量现状的调查以及项目的主要污染物对环境的影响分析等工作，得出如下结论。

#### 13.1.2 实践正当性分析

根据前节分析，医院射线装置、放射源的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

#### 13.1.3 产业政策符合性分析

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，医院射线装置的使用属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日起施行）第一类——鼓励类中“六、核能、同位素、加速器及辐照应用技术开发；十三、医药 5、新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，放

续表 13 结论及建议

放射性同位素的使用不属于上述文件中的淘汰类、限制类，为允许类，因此本项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

#### 13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

##### 1、选址可行性分析

根据现状监测结果，本项目场址辐射环境质量现状良好，机房选址远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射、废气、废水及固废均得到有效治理，达标排放对环境的影响小。从环境保护角度分析，项目选址可行。

##### 2、布局合理性分析

本项目布局在发挥核技术利用扩建项目诊疗疾病的优势的前提下，也便于工作人员及病人的辐射防护工作及就医流程的简化。医院按控制区、监督区要求进行了布置。从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

#### 13.1.5 环境影响分析结论

##### (1) 机房使用面积

本项目直线加速器机房、后装机机房及 DSA 机房的使用面积满足标准要求。

##### (2) 墙体屏蔽的辐射防护

根据本项目对上述涉源场所墙体屏蔽能力的预测，2 间直线加速器机房的各屏蔽墙体、防护门等的设计满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》

(GBZ126-2011) 的要求；后装机机房现设计屏蔽体能满足屏蔽防护能力要求，满足《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) 及《电离辐射防护与安全基本标准》(GB18871-2002) 中“辐射防护最优化”原则的要求；2 间 DSA 机房屏蔽设计能够符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 和《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的标准要求。

##### (3) 剂量估算

通过核算，从事本项目的放射工作人员和公众成员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量约束限值要求（DSA 介入医生：4mSv/a；其他放射工作人员：2mSv/a；公众成员：0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

续表 13 结论及建议

(GB18871-2002)和《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)相关标准的要求。

#### 13.1.6 辐射防护与安全措施

①上述涉源机房的各墙体厚度按照环评的要求进行建设,防护门和观察窗的生产应由有生产资质的厂家承担。

②按照本评价提出的要求,设置相应的联锁装置、视频监视系统、工作状态指示灯、电离辐射警示标志灯、紧急停机按钮等。

③机房的过墙电缆线、管线孔以“U”型或“S”型设置,并保证机房良好的通风。

④所有放射工作人员佩戴个人剂量计,并定期进行测读,建立个人剂量档案。

#### 13.1.7 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全防护管理小组,待项目运行前按照要求制定各项规章制度、操作规程、应急处理措施后,具有可操作性,但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格执行各项规章制度执行,放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计,定期进行检查并安排健康体检。医院还应在今后的工作中,不断完善相关管理制度,加强管理,杜绝辐射事故的发生。

综上所述,常德市第一中医医院切实按照本次环评提出的相关要求建设后,医院本次核技术利用扩建项目运行时对周围环境产生的辐射影响较小,且符合环境保护的要求;该项目的辐射防护安全措施可行;规章制度基本健全;该项目对环境的辐射影响是可接受的。常德市第一中医医院在采取本环评提出的各项环境保护及污染防治措施后,从环境保护的角度来看,本环评认为该建设项目是可行的。

#### 13.2 要求

1、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第 B1.1 款的相关规定,工作人员必须配戴个人剂量计,医院应每一季度定期对从事辐射诊疗的工作人员进行个人剂量监测,同时应加强工作人员的辐射防护。

2、在项目运行前,医院应尽快组织新从事辐射工作的人员以及原辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部辐射安全与防护培训平台(<http://fushe.mee.gov.cn>)报名参加并通过考核。医院应组织新增放射工作人员到

### 续表 13 结论及建议

有职业健康检查资质的医疗机构进行职业健康检查，周期为 1~2 年。

3、根据医院的实际情况和项目建设进展，医院应进行竣工环境保护自主验收手续。

4、医院应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关规定重新申领辐射安全许可证。

5、对医院射线装置的安全和防护状况进行年度评估，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。

#### 13.3 建议

1、医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定工作场所和周围环境监测、防护性能监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，并自购辐射检测设备，确保周围环境的辐射安全和职工健康。

2、医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。医院应细化、完善各项管理制度，并认真落实，严格按照各项规章制度、操作规程执行。

3、医院在所有的放射工作场所均必须有电离辐射警示标志，各机房门屏蔽门上方还必须要在工作指示灯。警告标志的张贴必须规范。

4、医院辐射防护标识应全面、清晰，不留死角。

表 14 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