

核技术利用建设项目

郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建

项目环境影响报告表

(送审稿)

郴州市第一人民医院

2021 年 12 月

中华人民共和国生态环境部制

核技术利用建设项目

郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建

项目环境影响报告表

建设单位名称：郴州市第一人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

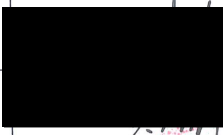
通讯地址：郴州市北湖区罗家井 102 号

邮政编码：423000 联系人：

电子邮箱： 联系电话：

打印编号: 1640935624000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	adru4p		
建设项目名称	郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	郴州市第一人民医院		
统一社会信用代码	124310004473924692		
法定代表人 (签章)	雷冬竹		
主要负责人 (签字)			
直接负责的主管人员 (签字)			
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	湖南省湘环环境研究院有限公司		
统一社会信用代码	91430111MA4M4TCNXF		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李静	2017035430352015430004000019	BH023144	李静
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李静	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	BH023144	李静
张新正	环境质量现状、项目工程分析与源项、辐射防护和安全措施、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH048293	张新正

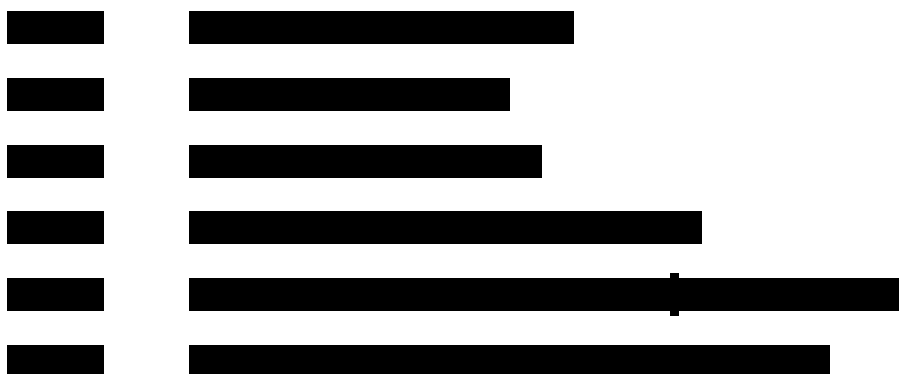
目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	14
表 3	非密封放射性物质.....	15
表 4	射线装置.....	16
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	17
表 6	评价依据.....	18
表 7	保护目标与评价标准.....	20
表 8	环境质量现状.....	30
表 9	项目工程分析与源项.....	33
表 10	辐射防护与安全措施.....	44
表 11	环境影响分析.....	57
表 12	辐射安全管理.....	92
表 13	结论及建议.....	104
表 14	审批.....	108

附 录

附图

- 附图一 项目所在地理位置图
- 附图二 东院总平面布置图
- 附图三 东院东院门诊医技综合楼负一楼总平面布置图（改建前）
- 附图四 东院放疗中心负一楼总平面布置图（改建后）



附件

- 附件一 委托书
- 附件二 质保单及场所现状检测报告
- 附件三 辐射安全许可证正、副本
- 附件九 辐射防护相关管理制度及应急预案



表 1 项目基本情况

项目名称		郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建项目			
建设单位		郴州市第一人民医院			
法人代表	雷冬竹	联系人	■■■■■	联系电话	■■■■■
注册地址		郴州市北湖区罗家井 102 号			
项目建设地点		郴州市苏仙区青年大道与白露塘路交汇处西侧郴州市第一人民医院东院放疗中心负一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
核技术利用项目总投资（万元）	■■■■■	核技术利用项目环保投资（万元）	■■■■■	投资比例	■■■■■
项目性质	☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ）	--
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☒ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☒ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	无			
	1.1 核技术应用的目的是任务 核技术应用主要包括核能的利用及同位素和辐射技术的利用。医疗上核技术利用主要包含有放射治疗、介入治疗、核素治疗及放射诊断。肿瘤放射治疗是利用射线如放射性同位素产生的α、β、γ射线和各类 X 射线治疗机或加速器产生的 X 射线、电子线、质子束及其它粒子束等治疗恶性肿瘤的一种方法；本项目主要利用医用 X 射线装置、放射源进行放射治疗。				

续表 1 项目概况

1.2 建设单位基本情况

郴州市第一人民医院建院于 1907 年，是一所集医疗急救、科研教学、康复保健、医养结合为一体的国家公立三级甲等综合医院。医院设有中心医院、南院（肿瘤专科）、北院（儿童医院）、西院（康复医院）和东院五个医疗区，各医疗区实行同质化管理、差异化发展，形成了“一体四轮”的发展格局。

医院占地面积 34.9 万 m²，建筑面积 61.3 万 m²；实际开放床位 4114 张；设 122 个临床科室、11 个医技中心；现有在职职工 3826 人，其中高级职称专家 983 人，博士生导师 1 人，硕士研究生导师 45 人，博士 65 人，硕士 724 人。2019 年全院门诊业务量 257 万人次，出院病人 14.3 万人次。

1.3 项目由来

近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，郴州市第一人民医院（以下简称“建设单位”）拟投资 [REDACTED] [REDACTED] 进行核技术利用改扩建项目建设。本次核技术利用扩建项目主要为在东院门诊医技综合楼负一楼东北侧（原规划建设为地下停车场区域）改建为放疗中心，放疗中心为地上五层地下负一层建筑，拟在改建后的放疗中心负一楼新增 3 台 X 射线能量最大为 15MV 的医用电子直线加速器分别位于直线加速器机房(1)、直线加速器机房(2)、直线加速器机房(3)；新建 1 间后装机机房，新增 1 台后装机，使用放射源铱-192（2 枚，单枚活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，不同时使用）。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，医用直线加速器为 II 类射线装置；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），上述放射源为 III 类放射源。

目前场所改扩建工作暂未开展。

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（2021 年版）》（部令第 16 号），本项目属于“172 制备 PET 用放射性药物的；医疗使用 I 类放射源的；使用 II 类、III 类放射源的；生产、使用 II 类射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射

性粒子源的除外)；在野外进行放射性同位素示踪试验的；以上项目的改、扩建”，因此，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，郴州市第一人民医院委托湖南省湘环环境研究院有限公司对拟开展的核技术利用建设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《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）的要求，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 项目概况

(1) 项目名称：郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建项目

(2) 建设地点：郴州市苏仙区青年大道与白露塘路交汇处西侧郴州市第一人民医院东院门诊楼一层

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设单位：郴州市第一人民医院

(5) 投资

(6) 建设规模：本次核技术利用扩建项目主要为在东院放疗中心负一楼新增 3 台 X 射线能量最大为 15MV 的医用电子直线加速器分别位于直线加速器机房 (1)、直线加速器机房 (2)、直线加速器机房 (3)；新建 1 间后装机机房，新增 1 台后装机，使用放射源铱-192 (2 枚，单枚活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，不同时使用)。

本项目拟新增射线装置使用情况见下表 1-1。

表 1-1 本次环评包含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	医用电子直线加速器	未定	15MV (最大电子线 2 MeV)	II 类	放疗中心负一楼直线加速器机房 (1)、直线加速器机房 (2)、直线加速器机房 (3)	3 台	新增

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	^{192}Ir	$3.7 \times 10^{11} \text{Bq} \times 2$ (不同时使用，每枚放射源使用约半年)	III 类	使用	放射治疗	放疗中心负一楼后装机内	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
--	--	--	--	--	--	--	-------------

表 1-3 本项目医用电子直线加速器拟定基本参数表

[illegible]

(7) 劳动定员

本项目拟配置放射工作人员约 20 人。上述放射人员在项目运行前需进行上岗前、在岗中职业健康检查，每 1~2 年进行了职业健康体检；进行辐射安全与防护相关培训，并考核合格持证上岗，定期复训；佩戴个人剂量卡，并定期测读。

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。项目组成见下表 1-4。

表 1-4 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		
1	直线加速器机房	位于放疗中心负一楼直线加速器机房，设置 3 间直线加速器机房，纵向排列，机房（1）净空长宽高分别为 7.51m×7.55m×4.0m，有效使用面积为 56.7m ² ；机房（2）、（3）净空长宽高分别为 7.52m×7.55m×4.0m，有效使用面积为 56.8m ² 。在机房东侧设置控制室、缓冲间、设备间，拟新增 3 台 15 MV 医用电子直线加速器	原为地下停车场区域，改建
2	后装机机房	1 间，位于放疗中心负一楼后装机机房，机房长×宽×高为 7.5m×6.55m×3.5m，有效使用面积为 48.1m ² ，在机房西侧设置 L 型迷路，西侧设置控制室、病人准备间；拟新增 1 台后装机，配置使用 2 枚 ¹⁹² 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	
二	公用工程		
1	给水	依托院内供水管网	依托
2	排水	依托院内排水管网，生活废水经过管网进入医院污水处理站进行处理达标后排放	依托
3	供配电	依托院内供配电系统	依托
4	通风	放射治疗机房（直线加速器机房及后装机机房）均新建强制排风系统	新建
三	环保工程		
1	有害气体	放射治疗机房拟采用“上进风，下排风”的通风系统：直线加速器机房拟在机房天花板北侧设置 6 个进风口，并在进风口的对角位置，西侧离地高约 30cm 处，设置 2 个排风口，新建机械动力通风系统；后装机机房拟在机房天花板北侧设置 2 个进风口，并在进风口的对角位置，南侧离地高约 30cm 处，设置 2 个排风口。	新建
2	废水	无放射性废水，实行雨污分流，生活污水及医疗废水经过医院预处理后排入医院污水处理设施（该部分内容依托院区整体工程）	依托
3	固废	退役放射源由厂家回收，加速器准直器及退役靶等交由有资质单位处置，一般医疗固体废物用脚踏式开关污桶收集，最后集中处理，设置有临时存放和包装场所	依托+新建

1.5 保护目标和评价因子

1.5.1 环境保护目标

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目标为涉源场所周围从事放射诊疗的工作人员、公众成员。

1.5.2 评价因子

根据本次评价的项目特点及项目实际情况，本项目主要影响为 X 射线、 γ 射线、中子、中子俘获 γ 射线、感生放射性、放射性固废（退役放射源、退役准直器及加速器退役靶）、臭氧、氮氧化物。本项目评价因子主要为 X 射线、 γ 射线、中子、中子俘获 γ 射线、感生放射性、放射性固废（退役放射源、退役准直器及加速器退役靶）、臭氧、氮氧化物。

1.6 选址合理性分析

按照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中：

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周围环境的辐射影响，不得设置

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑的底端的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人员及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

因此，从环境保护角度分析，项目选址可行。

1.8.1 现有射线装置及密封放射源使用情况

医院已经按照相关规定，进行了环境影响评价，在认真落实各项污染防治措施后，于 2020 年 1 月 20 日重新申领了辐射安全许可证（证书编号：湘环辐证〔0069〕号，种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，详见附件三）。截至目前为止，医院上述射线装置及涉源场所运行情况良好，无辐射安全事故发生。

表 1-5 放射源许可使用情况表

[illegible]

表 1-6 非密封放射性物质许可使用情况表

[illegible]

表 1-5 射线装置许可使用情况表

[illegible]

5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

[illegible]

[illegible]

1.8.2 现有放射工作人员情况

根据医院“全国核技术利用辐射安全申报系统”人员信息，医院现有放射工作人员■ ■ ■，均为影像医学中心、放疗中心、核医学科等从事放射诊疗工作人员。

目前医院尚[]上岗证，上述放射工作人员均已进行职业健康体检，佩戴个人剂量计并定期测读，结果显示均无异常。部分放射

他射线机房均装有机械通风装置，对环境影响小。

3、放射性固体废弃物

郴州市第一人民医院目前产生的放射性固体废弃物主要是核医学科产生的废棉签、一次性注射器及试管、清洁用抹布等，产生量约 300kg/a。在轮流使用的专用污物桶中衰减。待比活度衰变到清洁解空水平后的医用废物作一般医疗废物处理，不会造成环境污染。

存在的问题：部分放射工作人员暂未取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单。

整改措施：医院正在积极组织放射工作人员分批进行培训考核。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ Bq×2 (不同 时使用, 每枚放射源使用 约半年)	III 类	使用	放射治疗	放疗中心负一楼 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	/
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	贮存方式与地点
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	医用电子直线加速器	II 类	1 台	未定	/	████ (最大电子线 22MeV)	████	放射治疗	放疗中心负一楼直线加速器机房 (1)	新增
2	医用电子直线加速器	II 类	1 台	未定	/	████ (最大电子线 22MeV)	████	放射治疗	放疗中心负一楼直线加速器机房 (2)	新增
3	医用电子直线加速器	II 类	1 台	未定	/	████ (最大电子线 22MeV)	████	放射治疗	放疗中心负一楼直线加速器机房 (3)	新增

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氟靶情况			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
退役放射源	固态	^{192}Ir	/	/	/	/	退役源随铅罐一起暂存在后装机房内的保险柜内	与厂家签订回收协议，定期回收
直线加速器退役靶/废弃准直器	固态	/	/	/	/	/	/	交由有资质单位处置

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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	6.1 相关法律法规、部门规章及规范性文件 (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）； (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）； (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）； (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）； (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）； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（部令第 16 号）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订，2021 年 1 月 4 日施行； (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）； (9) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日起施行）； (10) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（环境保护部公告，2017 年第 66 号）； (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）； (12) 《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日）； (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）； (14) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环
------	---

续表 6 评价依据

技术标准	办辐射函[2016]430 号)。 6.2 评价技术规范 (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (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)。 6.3 评价技术标准 (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (2) 《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)； (3) 《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)； (4) 《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)； (5) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)； (6) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)； (7) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)； (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)； (9) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)； (10) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (11) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。
其他	(1) 辐射环境影响评价委托函(附件一)； (2) 本项目电离辐射监测报告：湘环院(检)2021-12-006 号(附件二)； (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)； (4) 《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲，北京：原子能出版社)； (5) 《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》。

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，本项目以射线机房实体边界 50m 的范围为评价范围。评价范围示意图见下图：

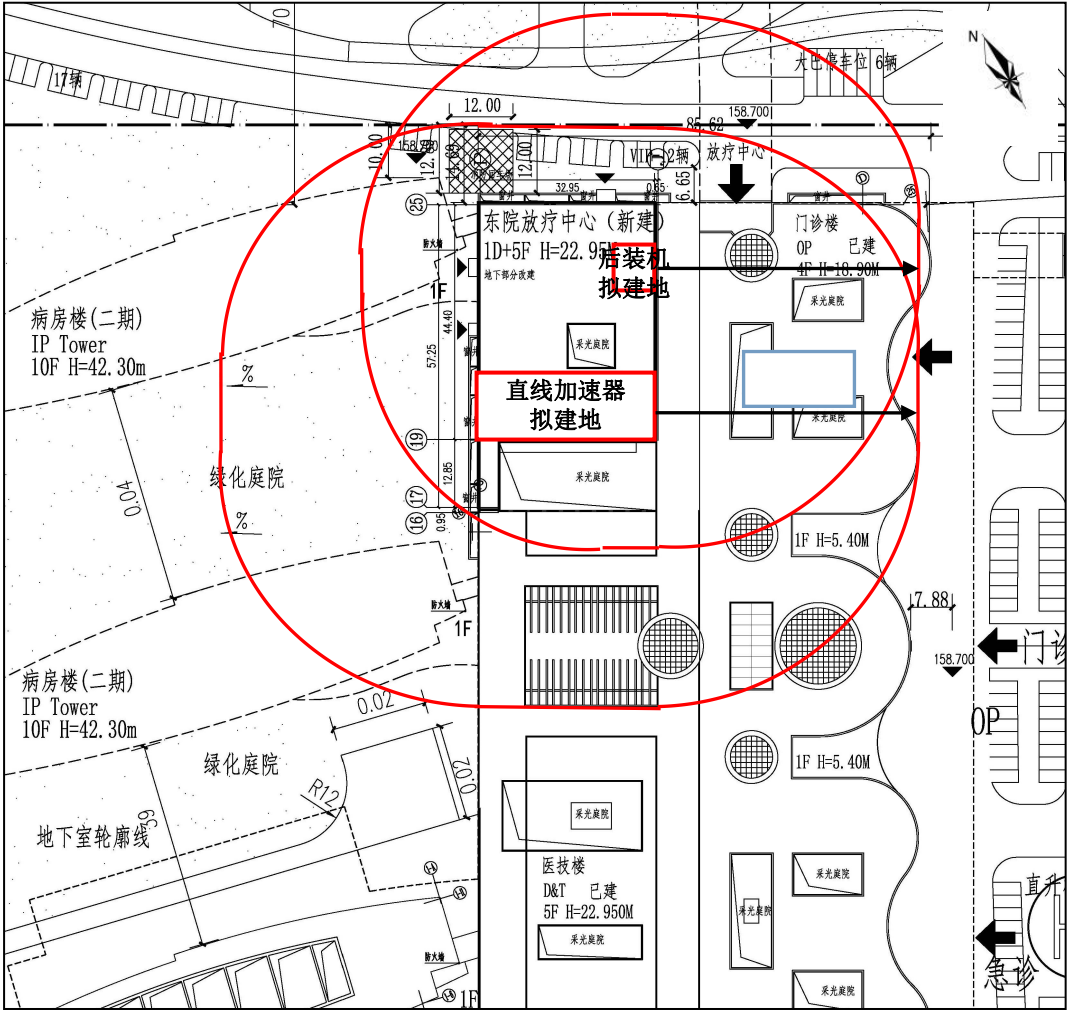


图 7-1 项目评价范围示意图

续表 7 保护目标与评价标准

7.2 环境保护目标

郴州市第一人民医院东院位于郴州市苏仙区青年大道与白露塘路交汇处西侧，东邻青年大道，南侧为北门路，西邻秧溪河，北侧为农田菜地。

放疗中心位于医院西北角，为地上五层，地下负一层建筑。放疗中心大楼东侧紧邻门诊楼，南侧紧邻医技楼，西侧为绿化庭院，约 3m 处为拟建病房楼（二期），北侧为院区道路。

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	放疗中心负一楼	东	邻至 50m	地下车库、物资库房	公众人员	约 20 人
		南	邻至 50m	地下车库	公众人员	约 20 人
		西	邻至 3m	院区绿化带	公众人员	约 10 人
			3m~50m	病房楼（二期）、绿化庭院	公众人员	约 200 人
		北	邻至 30m	控制室、设备间、准备间、候诊大厅、后装机机房、塑模室、诊室等	放射工作人员	约 10 人
					公众人员	约 60 人
			30m~50m	院区绿化带	公众人员	约 20 人
		楼上		医生办公室、治疗物理计划室等	公众人员	约 50 人
		楼下		夯实土层	--	--
后装机机		东	邻至 50m	地下车库、物资库房	公众人员	约 20 人
		南	邻至 50m	病人准备间、楼梯间、直加控制室、设备间、缓冲间、直线加速器机房、地下车库	放射工作人员	约 10 人
					公众人员	约 20 人
	西	邻至 25m	院区绿化带	公众人员	约 10 人	

续表 7 保护目标与评价标准

房		北	25m~50m	病房楼（二期）、绿化庭院	公众人员	约 200 人
			邻至 14m	走廊、楼梯间、检查室	公众人员	约 20 人
			14m~50m	院区绿化带、院外道路	公众人员	约 20 人
		楼上		质控室、储藏室	公众人员	约 10 人
		楼下		夯实土层	--	--

项目所在地理位置图见附图一，医院规划总平面布置图见附图二。

7.2.2 环境保护目标

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工作人员、周围公众成员。

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。

续表 7 保护目标与评价标准

结合拟使用的医用射线装置的实际情况,根据医院出具的剂量管理目标值文件,确定本项目的放射治疗放射工作人员的年剂量管理目标限值为职业照射的四分之一,即 5mSv/a。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有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) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)

本标准适用于利用医用电子加速器、钴-60 治疗机、中子放射源及 γ 放射源后装治疗机、X 射线及 γ 射线立体定向放射治疗系统、螺旋断层放射治疗系统、术中放射治疗的移动式电子加速器、医用 X 射线治疗机、低能 X 射线放射治疗设

续表 7 保护目标与评价标准

备和质子重离子加速器等设备开展放射治疗的防护要求。

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

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。

6.3.1.1 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（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外30cm处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述a）、b）和c）所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

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

$$\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T) \quad (7-1)$$

式中：

续表 7 保护目标与评价标准

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

H_e —周剂量参考控制水平，单位为 $\mu\text{Sv/周}$ ，其值按如下方式取值：

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

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

t —设备周最大累积照射的小时数，单位为 h/周 ；

U —治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T —人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见附录A。

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 $\dot{H}_{c, \max}$ ：

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

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

c) 由上述a) 中的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 和b) 中的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c, \max}$ ，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 。

7.1 对于高于 10MVX 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。

(3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。

5.2 分区原则

续表 7 保护目标与评价标准

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

6.1 屏蔽要求

6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30 cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30 cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_C$ ：

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

续表 7 保护目标与评价标准

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_C \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_C \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{C,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

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

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

a) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 加以控制。

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

6.1.5 使用中子源开展后装治疗的治疗室内应配备符合需要的应急贮源水池或聚乙烯罐等满足中子屏蔽的措施，保障放射源的安全暂存，并实行双人双锁管理。

6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和 中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员

续表 7 保护目标与评价标准

和公众受到意外照射的安全 联锁措施：

a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应 设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

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

d) 质子/重离子治疗装置安全联锁系统还应包括清场巡检系统、门钥匙开关（身份识别系统）。质子/重离子治疗室、加速器大厅和束流输运通道应建立分区清场巡检和束流控制的逻辑关系，清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时，如超出设定的清场巡检响应时间，需重新进行清场巡检；

e) 质子/重离子治疗装置应考虑建立调试、检修、运行维护人员的人身安全联锁系统，将调试、检修、运行维护人员的受照剂量与进入控制区的权限实施联锁管控；

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

（4）《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

工作场所空气中臭氧的容许浓度为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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：

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-2 本项目年剂量管理目标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	放射治疗放射工作人员：5
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	表 核算导出剂量率控制水平		
后装机机房	表 核算导出剂量率控制水平		
三、射线装置机房面积及单边尺寸			
直线加速器机房及 后装机机房	机房有足够的有效使用空间，满足放射治疗设备的临床应用需要		
四、通风			
排风次数	放射治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h		
四、固废			
退役源、废靶、准 直器	退役源由厂界回收；退役废靶、准直器交有资质单位处置		

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

受郴州市第一人民医院的委托，湖南省湘环环境研究院有限公司于 2021 年 12 月 30 日对东院（E：113°7'13"，N：25°48'54"）放疗中心拟建地及周围环境的辐射环境进行了检测。

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拟建地辐射水平背景值，辐射工作场所建成运行后对环境的辐射影响提供依据。

（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γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

《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

根据现场情况及拟建场所位置情况，在放疗中心负一层直线加速器机房拟建区域、后装机机房拟建区域、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。

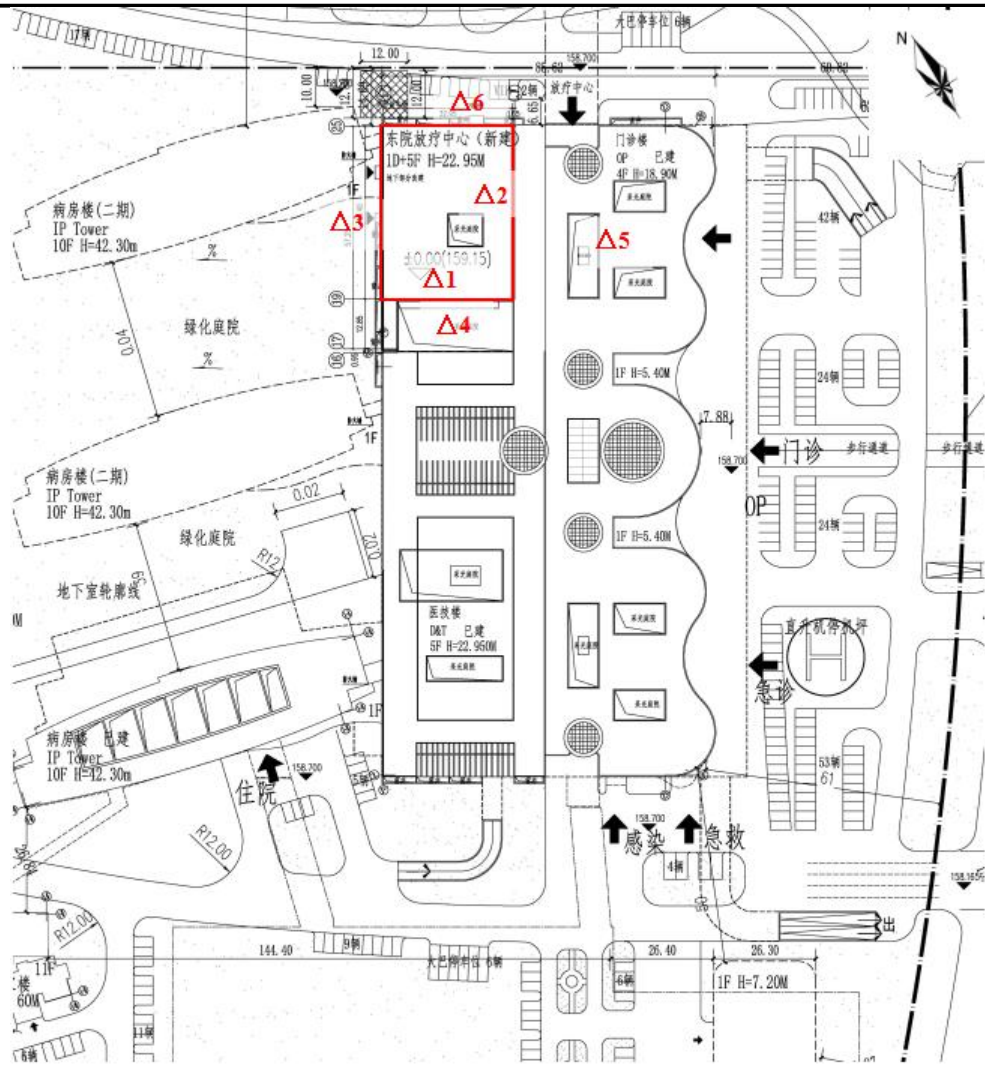
（4）质量保证

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 环境质量现状

表 8-1 检测仪器及检定情况一览表	
仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	JB4000
仪器编号	17157
有效期至	2022.11.7
检定/校准因子	1.23
效率因子	1
计量检定证书编号	hnjln2021180-438

天气情况：晴；
相对湿度：70.2%~71.3%；
温度：21.0℃~11℃



注：Δ为检测点位

图 8-1 检测布点示意图

表 8 环境质量现状

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 γ 辐射剂量率（nGy/h）
1	直线加速器机房拟建地（负一楼）	137.0
2	后装治疗机房拟建地（负一楼）	134.4
3	放疗中心西侧	135.2
4	放疗中心南侧	134.7
5	放疗中心东侧（门诊楼一楼）	133.2
6	放疗中心北侧拟建道路	133.8

备注：以上检测数据均未扣除宇宙射线响应值。

项目拟建址的环境地表 γ 辐射剂量率在133.2~137.0nGy/h之间，与《辐射防护》第11卷，第2期（1991年3月）—湖南省郴州市天然放射性水平调查研究—室内：108.4~258.8nGy/h，室外：86.4~197.1nGy/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

本次郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建项目的放射治疗场所位于东院放疗中心负一楼，该场所原规划设计为地下停车场，经过现场踏勘，场所改建工作尚未进行。本次改扩建项目仅需对地下车库进行改扩建，因此本项目施工期主要为机房的建设和改造，污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

噪声：主要来自于建设、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。

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。

施工过程中产生辐射污染环节为设备安装及调试过程，因此，射线装置的安装、拆除过程应请专业人员进行，医院方不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在射线装置机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时涉源场所必须上锁。

9.2 营运期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 医用直线电子加速器

1、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。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。

续表 9 项目工程分析与源项

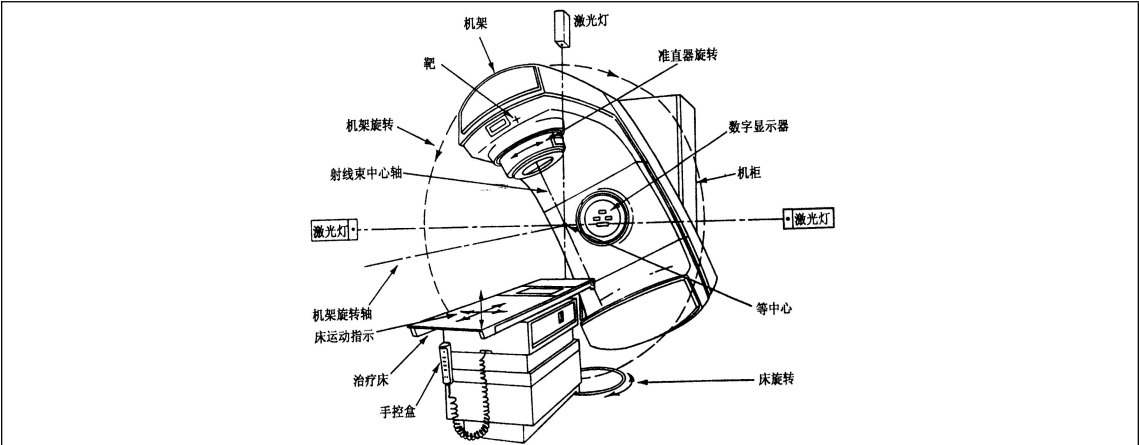


图 9-1 典型医用电子直线加速器示意图

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。医用电子直线加速器内部结构框图 9-2。

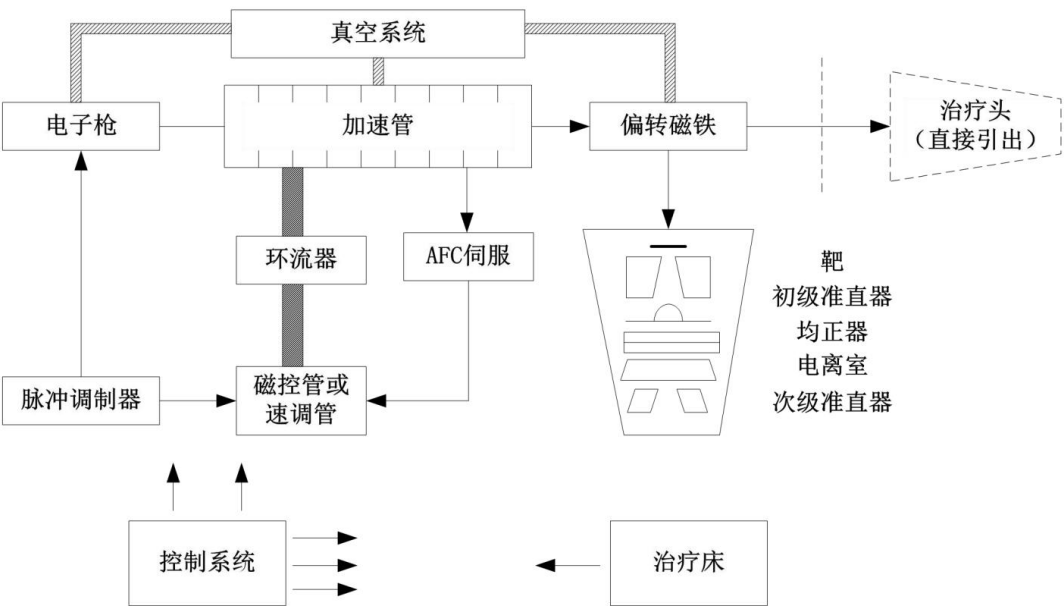


图 9-2 典型应用直线加速器内部结构框图

续表 9 项目工程分析与源项

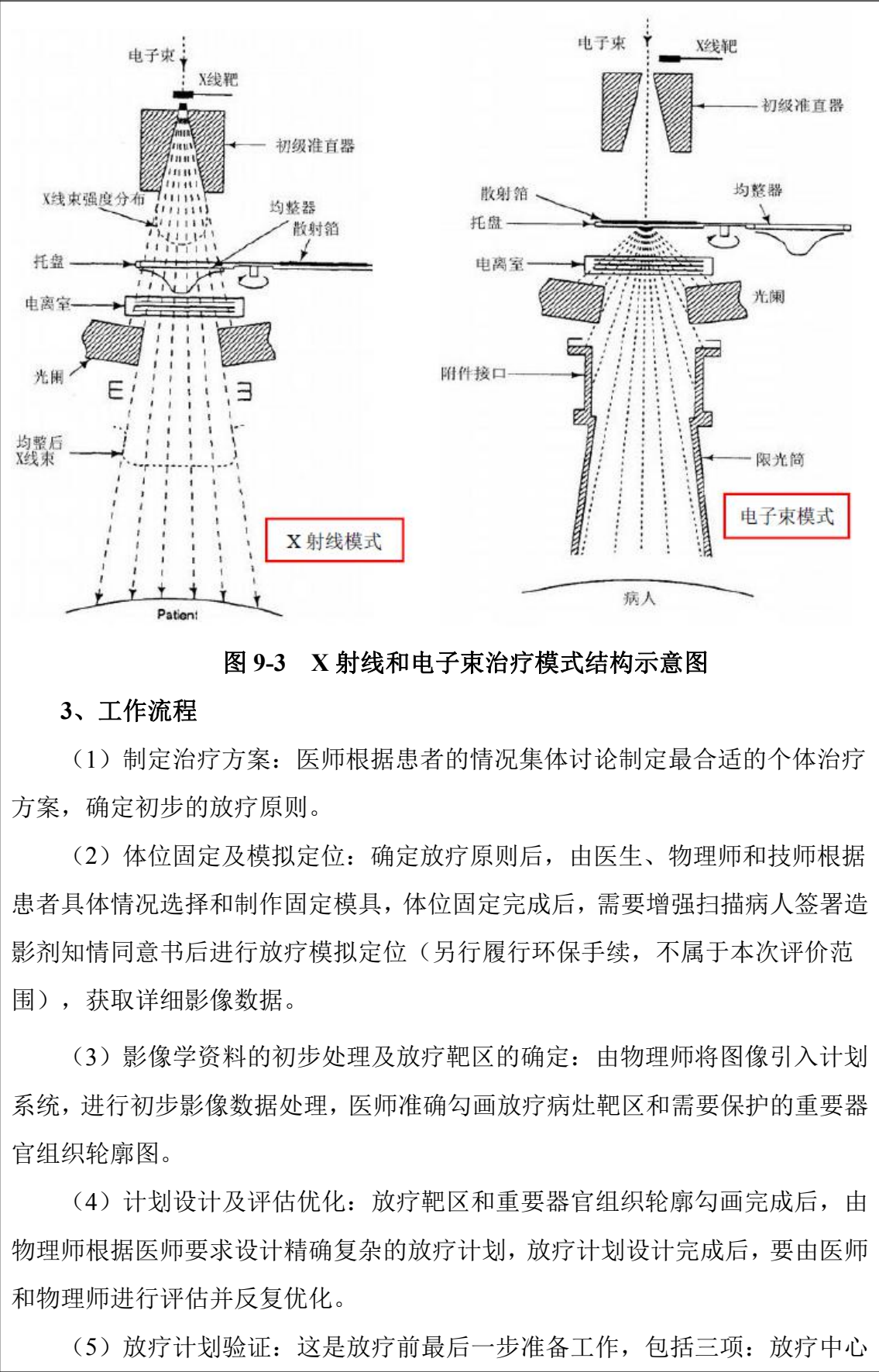


图 9-3 X 射线和电子束治疗模式结构示意图

3、工作流程

- (1) 制定治疗方案：医师根据患者的情况集体讨论制定最合适的个体治疗方案，确定初步的放疗原则。
- (2) 体位固定及模拟定位：确定放疗原则后，由医生、物理师和技师根据患者具体情况选择和制作固定模具，体位固定完成后，需要增强扫描病人签署造影剂知情同意后后进行放疗模拟定位（另行履行环保手续，不属于本次评价范围），获取详细影像数据。
- (3) 影像学资料的初步处理及放疗靶区的确定：由物理师将图像引入计划系统，进行初步影像数据处理，医师准确勾画放疗病灶靶区和需要保护的重要器官组织轮廓图。
- (4) 计划设计及评估优化：放疗靶区和重要器官组织轮廓勾画完成后，由物理师根据医师要求设计精确复杂的放疗计划，放疗计划设计完成后，要由医师和物理师进行评估并反复优化。
- (5) 放疗计划验证：这是放疗前最后一步准备工作，包括三项：放疗中心

续表 9 项目工程分析与源项

位置验证（复位）、射野验证和剂量验证。放疗中心位置验证：依照计划系统给出的肿瘤中心位置，找出对应的体表标志作为放疗时摆位的依据。射野验证：指在确定放疗中心位置后，利用模拟定位机拍摄 X 光片，核对中心位置、每个照射野形状、入射角度和射野大小等是否正确。剂量验证：由物理师通过人体仿真模体，比较使体内所接受的射线照射剂量和计划系统所设计的照射剂量是否一致。

（6）放疗实施：以上准备工作完成后全部完成且核对无误后才可实施真正的放射治疗。放射治疗一般由 2 位技师共同完成，现在操作室核对治疗参数，然后在机房内进行摆位，按照标记线摆好病人，加入挡块，楔形块等需要的辅助器材，离开机房，关闭防护门。开机治疗，治疗中密切关注近人体位是否移动，及时处理。

（7）治疗完成：达到治疗计划要求后，结束治疗。

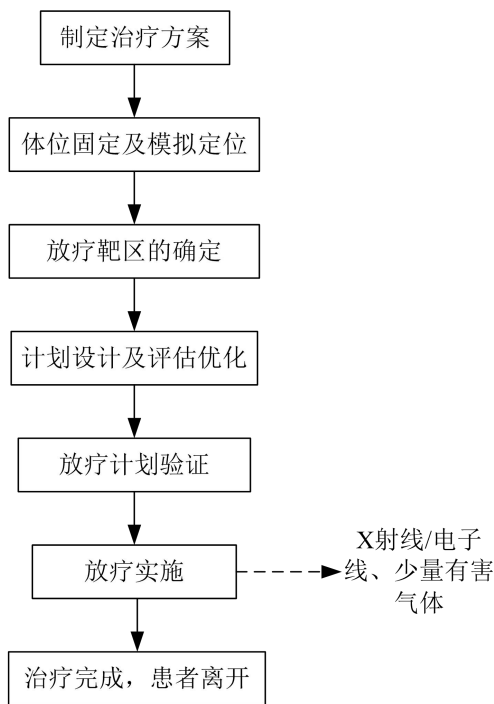


图 9-3 加速器治疗流程

4、工作负荷

[Redacted content]

续表 9 项目工程分析与源项

速器周有效开机时间约为 25h，年有效开机时间约为 1250h。

5、产污环节

(1) 正常工况

由医用电子直线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韧致辐射，即 X 射线。在 X 射线高于 10MV 的条件下工作时，加速器产生的 X 射线，与物质作用都可能发生光核反应 (γ, 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 γ 射线（中子俘获 γ 射线），引起缓发辐射。本项目直线加速器 X 射线最大能量为 15MV，需考虑中子、中子俘获 γ 射线及感生放射性物质。

上述加速器产生的辐射可分为瞬发辐射和缓发辐射，瞬发辐射包括初级辐射（加速的带电粒子）和次级辐射（加速器粒子与物质相互作用产生的 X、 γ 射线、中子等）。缓发辐射是由瞬发辐射与周围物质相互作用产生的感生放射性材料放出的 β 和 γ 射线等。瞬发辐射只有在加速器开机时产生，停机后即消失；缓发辐射在加速器停机后仍然存在，而且随着加速器运行时间的增加而积累。

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。

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；

电子束模式下工作，主要是电子线，伴有少量 X 射线；

高于 10MV X 射线治疗时，主要是 X 射线、中子、中子俘获 γ 射线、感生放射性；

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、准直器需要更换，更换下来的退役靶、

续表 9 项目工程分析与源项

准直器交有资质单位进行处置。

(2) 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。

9.2.2 ^{192}Ir 后装机

1、 ^{192}Ir 后装机设备组成

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}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}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。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-5 后装机（示意图）

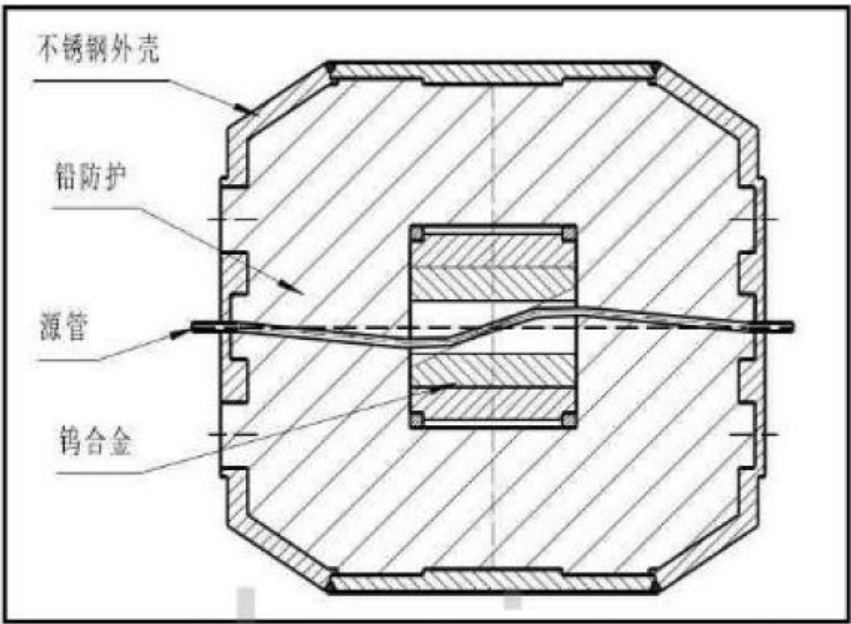


图 9-6 典型 ^{192}Ir 密封放射源源罐结构示意图

2、工作原理

后装机使用 ^{192}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。

续表 9 项目工程分析与源项

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 ^{192}Ir , 其活性区为 $0.7\text{mm}\times 3.5\text{mm}$, 不锈钢外壳为 $1.1\text{mm}\times 6.5\text{mm}$, 活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ 。 ^{192}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 $0.256\sim 0.672\text{MeV}$, 伴随产生的 γ 射线能量为 $0.206\sim 0.612\text{MeV}$ 。 ^{192}Ir 是一种沉重的、脆的白色过渡金属,熔点 2443°C , 比热 0.13J/kg , 沸点 4428°C , 蒸发热 604kJ/mol , 导热系数 1.47W/cmK , 密度 22.4g/cm^3 (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 ^{192}Ir 密封于不锈钢管内, β 射线被壳体屏蔽,只发射出 γ 射线。

^{192}Ir 放射源结构见图 9-7。

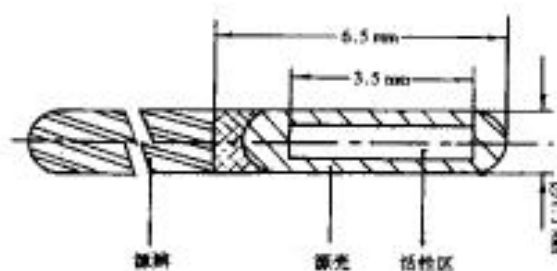


图 9-7 ^{192}Ir 源结构示意图

4、工作流程

(1) 后装机放疗工作流程

- 1) 患者在转运床上做好放疗前准备。
- 2) 放疗医师进行常规检查,并根据患者个人情况,选用不同施源器。施源器放置完毕后,固定施源器。
- 3) 将患者转移至 CT 模拟定位机机房进行模拟定位。
- 4) 根据 CT 扫描结果进行靶区勾画,确定照射范围及危及器官。
- 5) 制定放疗计划: 医师勾画靶区后,物理师迅速进行计划设计,并优化出最佳治疗方案,医师审核后确认。
- 6) 治疗计划实施: 将经过批准确认的治疗计划传输至操作系统,将患者推

续表 9 项目工程分析与源项

入后装治疗室，调整后装机位置，接好后装机施源管，技师对患者进行摆位，摆位完成后，技师离开后装机机房，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。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。

7) 治疗完成：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：

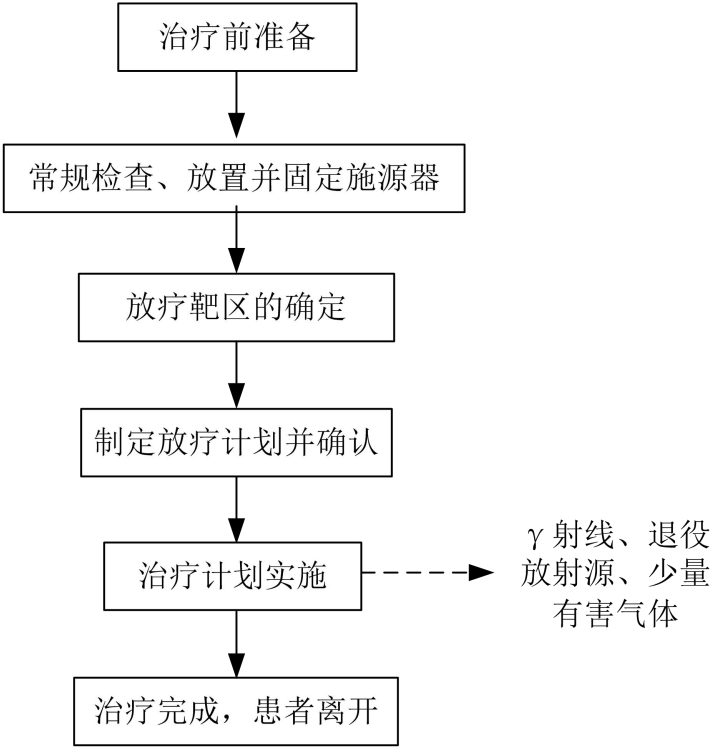


图 9-8 后装机治疗工作流程及产污环节图

(2) 放射源运输、装源、换源

本项目后装治疗系统使用的 ^{192}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

续表 9 项目工程分析与源项

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 人次，每个患者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

(1) 正常工况

后装治疗机的放射性核素 ^{192}Ir 为密封源， ^{192}Ir 发射的 γ 射线具有很强的贯穿能力，能穿透屏蔽材料对周围环境构成辐射污染， β 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}Ir 密封源。由工作原理及 ^{192}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 γ 射线辐射污染。 ^{192}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 γ 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 γ 射线辐射及由 γ 射线产生臭氧及氮氧化合物等极微量有害气体。

(2) 非正常工况

- 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。

9.3 本项目产生污染物情况汇总

根据以上分析，本项目放射治疗污染因子见表 9-2。

表 9-2 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	放疗中心地下	直线加速器机房	X 射线、电子线、中子、中子

续表 9 项目工程分析与源项

		负一层		俘获 γ 射线、感生放射性、 有害气体（臭氧和氮氧化物）、 退役靶、废弃准直器
2	后装机		后装机机房	γ 射线、有害气体、退役放射源

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

本项目涉源工作场所屏蔽情况如下:

表 10-1 本项目涉源工作场所屏蔽参数设计情况一览表

机房名称	屏蔽体名称		设计材料及厚度	屏蔽体名称	设计材料及厚度
放疗中心 地下负一 层直线加 速器机房 1	东墙	主屏蔽区厚度	██		

放疗中心 地下负一 层直线加 速器机房 3	东墙	主屏蔽区厚度	0.15m 0.15m 0.15m	0.15m	0.15m	0.15m 0.15m 0.15m
		0.15m	0.15m 0.15m 0.15m		0.15m	0.15m 0.15m
	0.15m	0.15m	0.15m 0.15m	0.15m	0.15m	0.15m 0.15m
	0.15m	0.15m	0.15m 0.15m 0.15m		0.15m	0.15m 0.15m
		0.15m	0.15m		0.15m 0.15m	0.15m
0.15m 0.15m 0.15m 0.15m	0.15m	0.15m	0.15m 0.15m	0.15m	0.15m 0.15m 0.15m	0.15m 0.15m 0.15m
	0.15m	0.15m	0.15m 0.15m		0.15m	0.15m 0.15m
	0.15m	0.15m	0.15m 0.15m		0.15m	0.15m 0.15m
	0.15m	0.15m	0.15m 0.15m		0.15m	0.15m 0.15m

续表 10 辐射防护与安全措施

10.1.2 辐射工作场所分区

为加强核技术利用医疗设备所在区域的管理,限制无关人员受到不必要的照射,应对项目划定控制区和监督区进行分区管理。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中要求,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。控制区: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;监督区:这种区域未被定位控制区,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。

按照上述要求,医院本次放射性工作场所分区如下:

控制区:直线加速器机房、后装机机房以墙体和防护门为界,机房内划分为控制区;医院拟采取一系列的放射防护与安全措施,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的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽(包括门锁和联锁装置)限制进出控制区,放射性操作区与非放射性工作区隔开。

监督区:包括控制室、缓冲间、设备间、病人准备间及其周围临近走廊区域,在监督区入口处的合适位置应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,在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

项目工作场所辐射防护分区图详见附图八。

续表 10 辐射防护与安全措施

10.1.3 项目周围环境及场所布局

表 10-2 建设项目辐射工作场所平面布置及周围环境情况及评价

序号	机房名称	所在位置	东	南	西	北	上	下	法规/标准要求	评价
1	直线加速器机房 (1)、(2)、(3)	放疗中心负一楼	楼梯厅、配电间、送风机房	排风机房、风井、报警阀间、送风机房、过道	夯实土层	设备间、控制室、缓冲间	医生办公室、治疗物理计划室等	夯实土层	(HJ1198-2021)中 5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周围环境的辐射影响,不得设置在居民、写字楼和商业两用建筑内; 5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设,或设置在多层建筑的底端的一端, 尽量避开儿科病房、产房等特殊人员及人员密集区域,或人员流动性大的商业活动区域	符合
2	后装机机房		楼梯间、送风井	病人准备间、控制室	过道、CT模拟定位室	过道、楼梯间、门诊、送风机房	质控室、储藏室	夯实土层		符合

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,放射治疗区和非放射治疗区分开,方便病人诊疗和医生办公,且放射治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,因此,场所布局合理。

续表 10 辐射防护与安全措施

10.1.4 放射治疗机房辐射安全防护措施

1) 直线加速器机房的防护与安全措施

如下表所示，建设单位拟为直线加速器机房设置符合国家标准的安全防护措施，具体见下表。

表 10-3 直线加速器机房辐射安全防护装置设计情况及评价

设计情况			法规/标准要求	评价
屏蔽要求	后续屏蔽核算采用设计额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射		HJ1198-2021 6.1.1 放射治疗屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。	符合
屏蔽材料	详见表 10-1，直线加速器机房各面屏蔽体均选用混凝土作为屏蔽主材料，防护门采用铅板制作		GBZ121-2020 6.3.3 屏蔽材料的选择应考虑其性能结构、防护性能和经济因素，符合最优化原则，新建机房一般选用普通混凝土。	符合
检测报警装置	机房内安装固定式辐射剂量检测仪，并具备报警功能，其探测器位置设置在机房内、机房防护门外，显示单位设置在控制室内		HJ1198-2021 6.2.2 医用电子直线加速器治疗室一般在迷道的内入口处应设置固定式辐射剂量检测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。	符合
联锁装置	门机联锁	拟设置	HJ1198-2021 6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施： a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门—机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/	符合
	设置效果	防护门打开时，加速器不能正常出束。治疗过程中时防护门被打开，联锁装置立即切断加速器的出束开关，停止出束。		
	防护门启动开关	①电动开关（拟设置位置：操作间、防护门内墙上） ②手动开关（拟设置位置：在机房入口处）		

续表 10 辐射防护与安全措施

	室内开启防护门的装置	拟在迷道内出口处设置紧急开门按钮		出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。 GBZ121-2020 6.4.2 联锁装置：放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。	
防护门防挤压功能	防护门上拟设红外线防夹装置(拟设置高度 500mm)；当人员出入和靠近防护门时,防夹装置将自动切断防护门电源				符合
标志	电离辐射警示标志	在放射治疗工作场所的入口处、治疗室外防护门上拟设置规范的电离辐射警告标志；在进入治疗场所控制区处设置电离辐射警告标志		HJ1198-2021 6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等： a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和 中文警示说明； b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	符合
	工作状态指示灯	设置位置	在机房入口处防护门上方		
		设置效果	出束时指示灯亮，停止出束时指示灯灭		
急停开关	设置位置	控制台、加速器立柱、治疗床各设置 1 处急停开关；墙体上：机房迷道入口墙上、机房内各面墙上共设置 5 个急停按钮(拟设置高度 1200mm)		HJ1198-2021 6.2.1 b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发	符合
	设置效果	能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；在出束状态下，按下紧急按钮，设备立即停止出束			

续表 10 辐射防护与安全措施

视频监控、 对讲交流系统	视频监控 系统	设置位置	在机房内、迷道、机房入口拟设置至少 3 套监视监控系统	HJ1198-2021 6.2.1 c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	符合
		设置效果	对机房入口处、迷道和治疗室全景及治疗患者的状况进行实时监控		
	对讲装置	拟设置双向对讲装置，以便操作者和患者之间进行双向交流			
钥匙开关		拟在在控制台上拟设钥匙开关，钥匙就位后才能开启电源，只有钥匙在“开”的位置才能接通电源，启动加速器		——	符合安全系统冗余性
黄色警示线		拟在控制区入口处地面		——	

2) 后装机机房的防护与安全措施

表 10-4 后装治疗机房辐射安全防护装置设计及评价

设计情况		法规/标准要求	评价
屏蔽要求	后续屏蔽核算采用设计额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件参数进行计算, 同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射	HJ1198-2021 6.1.1 放射治疗屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件参数进行计算, 同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。	符合
屏蔽材料	详见表 10-1, 后装机机房均选用混凝土作为屏蔽主材料, 防护门采用铅板	GBZ121-2020 6.3.3 屏蔽材料的选择应考虑其性能结构、防护性能和经济因素, 符合最优化原则, 新建机房一般选用普通混凝土	符合
检测报警装置	机房内安装固定式辐射剂量检测仪, 并具备报警功能, 其探测器位置设置在机房内、机房防护门外, 显示单位设置在控制室内	HJ1198-2021 6.2.2 含放射源的放射治疗室一般在迷道的内入口处应设置固定式辐射剂量检测仪并应有异常情况下报警功能, 其显示单元设置在控制室内或	符合

续表 10 辐射防护与安全措施

				机房门附近。	
联锁装置	门源联锁	拟设置		HJ1198-2021 6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施： a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。 GBZ121-2020 6.4.2 联锁装置：放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。	符合
	设置效果	防护门打开时，后装机不能正常出源。治疗过程中时防护门被打开，放射源回到治疗设备的安全位置。			
	防护门启动开关	①电动开关（拟设置位置：操作间、防护门内墙上） ②手动开关（拟设置位置：在机房入口处）			
	室内开启防护门的装置	拟在迷道内出口处设置紧急开门按钮			
防护门防夹伤功能	防护门上拟设红外线防夹装置（拟设置高度 500mm）；当人员出入和靠近防护门时，防夹装置将自动切断防护门电源			符合	
标志	电离辐射警示标志	在放射治疗工作场所的入口处、治疗室外防护门上拟设置规范的电离辐射警告标志；在进入治疗场所控制区处设置电离辐射警告标志		HJ1198-2021 6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等： a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和 中文警示说明； b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	符合
	工作状态指示灯	设置位置	在机房入口处防护门上方		
		设置效果	出源时指示灯亮，源回到储罐时指示灯灭		

续表 10 辐射防护与安全措施

急停开关	设置位置	控制台、后装机设备表面各设置 1 处急停开关； 墙体上：机房内迷道入口墙上、机房内墙上共设置 5 个急停按钮（拟设置高度 1200mm）		HJ1198-2021 6.2.1 b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发	符合
	设置效果	能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发			
视频监控、对讲交流系统	视频监控 系统	设置位置	在机房内、迷道、机房入口拟设置监视摄像头	HJ1198-2021 6.2.1 c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	符合
		设置效果	对机房入口处、迷道和治疗室全景及治疗患者的状况进行实时监控		
	对讲装置	拟设置双向对讲装置，以便操作者和患者之间进行双向交流			
应急储源设施	后装机机房内设置储源铅罐，铅当量不低于 20mmPb，拟设置保险柜，将铅罐置于保险柜内，设置双人双锁，视频监控			GBZ121-2020 6.4.5 应急储存设施：γ源后装治疗设施应配备应急储源器	符合
手动回源设施	设备拟设置手动回源装置			GBZ121-2020 7.2 后装放射治疗操作中，当自动回源装置功能失效时，应有手动回源的应急处理措施	符合
应急工具	后装机治疗室内拟配置应急储源容器（储源铅罐，铅当量不低于 20mmPb，拟设置保险柜）和长柄镊子等应急工具			HJ1198-2021 6.2.4 后装机治疗室内应配备合适的应急储源容器和长柄镊子等应急工具	符合
钥匙开关	设置位置	在控制台上拟设钥匙开关			符合安全

续表 10 辐射防护与安全措施

	设置效果	钥匙就位后才能开启电源，只有钥匙在“开”的位置才能接通电源，启动加速器		系统冗余性
黄色警示线	设置位置	控制区入口处地面	——	

3) 放射治疗放射防护管理措施

1、 建设单位应对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的 正常有效运行。

2、 治疗期间，应有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试 用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守。

3、 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室，进入含治疗室前须携带个人剂量报警仪。

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)及《放射治疗放射防护》(GBZ121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的相关要求。

10.1.5 管线及通风管网布局设置

①电缆沟：电缆拟以“U”型地沟方式穿过机房，电缆沟的沟盖板均为 2.5cm 厚不锈钢板；

②物理测试管：物理测试管拟斜穿控制室与机房之间的屏蔽墙体；

③新风管网、排风管网：均拟经“Z”型通过防护门顶上方，进入机房内，管网穿墙处采用 20mmPb 铅板作为防护补偿。

上述管线穿墙大样图如下图所示，且管线穿墙过程中均采用了多折曲路，增加了泄漏射线的散射次数和衰减，有效控制了管线孔的辐射泄漏，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）中第 4.6.5 条“穿过治疗机房墙的管线孔（包括通风、电器、水管等）应避开控制台等人员高驻留区，并采用多折曲路，有效控制管线孔的辐射泄漏”的要求。

续表 10 辐射防护与安全措施

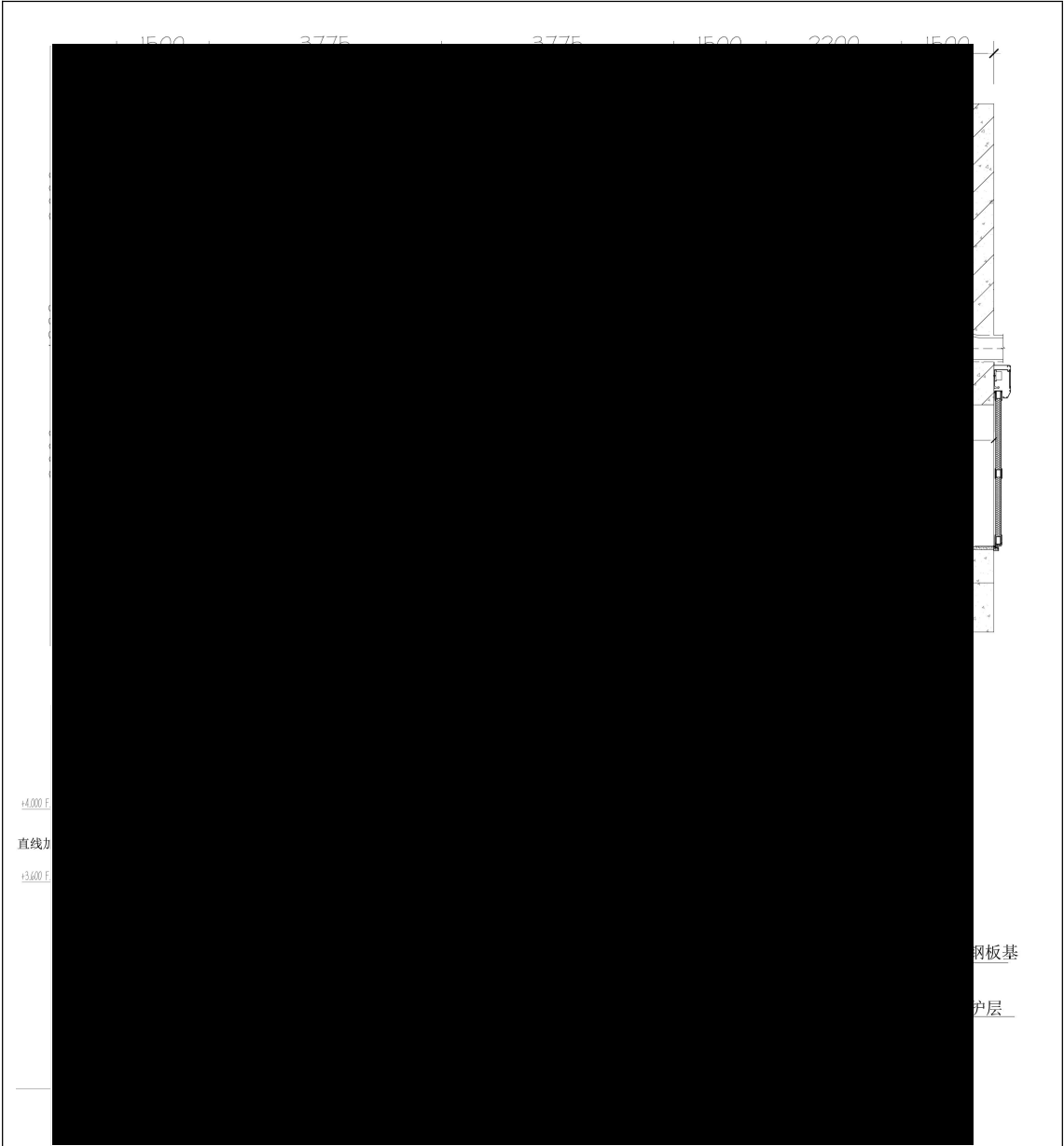


图 10-4 直线加速器机房新风/排风管网穿墙大样图

10.1.6 防护用品配置情况

医院上述涉源工作场所需配备的防护用品情况如下：

表 10-5 医院上述涉源工作场所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	放疗中心拟配备数量
需新增防护用品	X- γ 巡测仪	台	1
	固定式剂量报警装置	套	1 台/机房
	个人剂量报警仪	台	2 台/机房

续表 10 辐射防护与安全措施

	个人剂量计	个	1/人		
建设单位按照上述要求配置相应的个人防护用品和监测仪器后，基本能满足本次核技术利用项目的运行需求。					
10.2 三废治理					
本项目射线装置运行过程中没有放射性废水、放射性废气产生，工作过程中空气电离产生的少量臭氧（O ₃ ）和氮氧化物（NO _x ）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。					
本项目在 3 间直线加速器机房顶部设置 6 个新风口，在机房南侧离地 0.3m 处设置 2 个排风口，进风口与排风口成对角设置，治疗室内拟定通风量为 2000 m ³ /h，通风换气次数约为 6.0 次/h；后装机机房西侧顶部设置 2 个新风口，在机房东侧离地 0.3m 处设置 2 个排风口，进风口与排风口成对角设置，治疗室内拟定通风量为 1500m ³ /h，通风换气次数约为 6.0 次/h，上述放射治疗机房通风均能满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的“不小于 4 次/h”要求。直线加速器机房及后装机机房有害气体经过排风管道排至本建筑屋顶，能满足标准要求。					
表 10-6 直线加速器机房通风换气次数一览表					
机房名称	有效容积 （含迷 廊）				
					符合标准要求
后装机机房			次/h		符合标准要求
项目产生的退役放射源、废弃靶、准直器交有资质单位处置。					

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和装修。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

主要来自于机房建设、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。

本项目直线加速器及后装机（使用放射源）设备在安装及调试过程会产生放射性污染，因此各放射治疗设备的安装应请专业人员进行，建设单位方不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在治疗室门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

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。

续表 11 环境影响分析

11.2 直线加速器机房运行期环境影响分析

1、计算公式

本次评价采用《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《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的公式进行计算，具体如下：

1) 导出剂量限值

治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外30cm处（关注点）的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 导出公式详见本评价报告的表七中引用《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）公式（7-1）。

2) 有效屏蔽厚度

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

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

式中：X—屏蔽物质厚度；

X_e —有效屏蔽厚度。

3) 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_1 —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。

4) 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

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

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

续表 11 环境影响分析

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产生治疗 X 射线束的靶 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 ）；本项目 15MV 直线加速器高剂量率模式下为 600cGy/min，10MV 直线加速器高剂量率模式下为 2400cGy/min。本次核算以 2 种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。

5) 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

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

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

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；

α_{ph} —患者 400cm^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 400cm^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， cm^2 。

6) 加速器（>10MV）机房迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

对大于 10MV 加速器的机房，迷路散射辐射应考虑下列各项：

a) 总中子注量 Φ_m

在迷道内的总中子注量：

$$\Phi_m = Q_N / 4\pi d_1^2 + 5.4Q_N / 2\pi S + 1.26Q_N / 2\pi S \quad (11-9)$$

续表 11 环境影响分析

式中：

Φ_m —等中心处 1Gy 治疗照射时迷道内的总中子注量，(中子数/m²)/Gy；

Q_N —在等中心处每 1Gy 治疗照射时射出加速器机头的总中子数，中子数/Gy；

d_l —等中心到迷道内入口的距离，m；

S —治疗机房的总内表面积，m²。

b) 机房入口的中子俘获 γ 射线的剂量率 $\dot{H}_r$

机房内及迷路中的中子在与屏蔽物质作用时产生中子俘获 γ 射线，机房入口门外 30cm 处无防护门时的中子俘获 γ 射线的剂量率 $\dot{H}_r$ (μSv/h)：

$$\dot{H}_\gamma = 6.9 \times 10^{-16} \times \Phi_B \times 10^{-d_2/TVD} \times \dot{H}_0 \quad (11-10)$$

式中：

6.9×10^{-16} ——经验因子，Sv/(中子数/m²)；

ϕ_B ——等中心处 1Gy 治疗照射时的总中子注量，(中子数/m²)/Gy；

d_2 ——B 点至机房入口的距离，m；

TVD ——什值距离，对于 15MV 加速器为 3.9m；对于 10MV 加速器，保守取 15MV 的 $TVD=3.9m$ ；

$\dot{H}_0$ ——等中心点处治疗 X 射线剂量率，μSv/h。

c) 机房入口的中子剂量率 $\dot{H}_n$

机房内的中子经迷路散射后在机房入口门外 30cm 处（无防护门时）的剂量率 $\dot{H}_n$ (μSv/h) 由下式计算：

$$\dot{H}_n = 2.4 \times 10^{-15} \times \Phi_B \times \sqrt{S_0/S_1} \times (1.64 \times 10^{-d_2^{1.9}} + 10^{-d_2^{1/T_n}}) \times \dot{H}_0 \quad (11-11)$$

式中： 2.4×10^{-15} ——经验因子，Sv/(中子数/m²)；

S_0 ——迷路内口的面积，m²；

S_1 ——迷路横截面积，m²；

d_2 ——B 点到迷路入口 g 的距离，m；

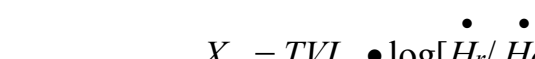
续表 11 环境影响分析

T_n ——什值距离。 T_n 为一个经验值，与迷路横截面积有关，可按以下计算：

$$T_n = 2.06\sqrt{S_1} \quad (11-12)$$

[illegible]





e) 入口门屏蔽

$$X_r = TVL_r \bullet \log[\dot{H}_r / \dot{H}_c] \quad (11-15)$$

$$X_n = TVL_n \bullet \log[\dot{H}_n / \dot{H}_c] \quad (11-16)$$

式中：

X_r 和 X_n 分别为屏蔽中子俘获 γ 射线和中子的不同屏蔽材料的厚度，cm；

TVL_r 和 TVL_n 分别为中子俘获 γ 射线和中子在上述两种屏蔽材料中的什值层，cm；

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

7) 宽束辐射的有用束对应的机房屏蔽为主屏蔽区

$$Y_p = 2[(a + SAD) \bullet \tan \theta + 0.3] \quad (11-17)$$

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；

θ -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。

2、 计算参数取值

续表 11 环境影响分析

表 11-1 拟购医用电子直线加速器的技术参数							
安装位置	X 射线最高能量	X 射线最高输出率	源轴距 (SAD)	等中心距地面高度	最大照射野	线束张角	射线泄漏率
直线加速器 机房	██████	██████	1██████	██████	██████	████°	≤0.1%
	██████	██████			██████		

本次计算过程中，所用到的主要参数具体取值如下表 11-2 所示。

表 11-2 计算过程中主要参数具体取值表			
参数	单位	取值	备 注
关注点的周围剂量当量率参考控制水平			
周剂量参考控制水平 $\dot{H}_e$	$\mu\text{Sv}/\text{周}$	放射治疗机房外控制区的工作人员： ≤100 $\mu\text{Sv}/\text{周}$	HJ1198-2021 GBZ130-2020
		放射治疗机房外非控制区的工作人员： ≤5 $\mu\text{Sv}/\text{周}$	
周工作负荷 t	h/周	25h/周	根据提供的工作量计算，并考虑调强因子
使用因子 U	/	1/4	有用线束
		1	散射线、漏射线
居留因子 T	/	详见表 11-3	GBZ 121-2020
什值层			
主射线	TVL ₁	cm	GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.1 查出
	TVL	cm	
90°泄漏辐射	TVL ₁	cm	
	TVL	cm	
散射辐射	TVL	cm	GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.4 查出
等中心剂量率最大值			
$\dot{H}_0$	$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$	██████	最高剂量率
设备相关参数			

续表 11 环境影响分析

SAD	m	1	设备实际参数
F	cm ²	40*40	设备实际参数
散射因子			
α_{ph}	/		GBZ/T201.2—2011 第 2 部分附录 B 表 B.2 查出
散射系数			
$\alpha_1\sim\alpha_7$	/		GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.5、B.6 查出
注：			

表 11-3 居留因子的选取

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、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分居留	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
偶然居留	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

3、剂量率和屏蔽墙厚的确定原则

对于主屏蔽墙，屏蔽防护计算只考虑主射线照射情况下的防护；对于次屏蔽墙，则需考虑漏射线和患者一次散射情况下的防护。对于考虑漏射和散射的复合屏蔽区，以瞬时剂量率控制水平的一半，作为导出剂量率参考控制水平进行估算。

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

本项目直线加速器机房的地面之下均为夯实土层，人员无法到达，因此本次

续表 11 环境影响分析

评价不进行地下部分的屏蔽效果核算。

根据计算公式与选定的计算参数，本项目直线加速器机房主屏蔽带宽度计算结果详见表 11-4，墙体外各关注点的剂量率参考控制水平见表 11-5，各屏蔽体的屏蔽防护核算结果见表 11-6。

表 11-4 直线加速器机房主屏蔽宽度计算结果一览表

机房	主屏蔽体	类型	取值	计算所需宽度 (mm)	设计宽度 (mm)	评价
直线加速器机房 1	东墙	内凸		3540	4400	符合
	西墙	内凸	a=4.405m	3296	4400	符合
	顶棚	--	a=2.7m	2445	7510	符合
直线加速器机房 2	东墙	内凸	a=4.41m	3298	4400	符合
	西墙	内凸	a=4.41m	3298	4400	符合
	顶棚	--	a=2.7m	2445	7520	符合
直线加速器机房 3	东墙	内凸	a=4.41m	3298	4400	符合
	西墙	内凸	a=4.41m	3298	4400	符合
	顶棚	--	a=2.7m	2445	7520	符合

注：上表格中计算取值：SAD=1m； $\theta=14^\circ$ 。

续表 11 环境影响分析

表 11-5 各关注点的剂量率参考控制水平一览表

机房名称	射线类型	关注点位	场所名称	周剂量参考控制水平 H_e ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	周工作负荷 $t(\text{h}/\text{周})$, 考虑 调强因子 $N=5$	使用因子 U	居留因子 T	导出剂量率 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_{c, \max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	关注点的剂量率 参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
直线加速器机房 (1)	有用线束	A ₁	采光井+夯实土层	5	25	1/4	1/40	32	10	10
	散、漏射线	B ₁ /B ₂	采光井+夯实土层	5	25	1	1/40	8	10	8.0
	有用线束	C ₁	直线加速器机房(2)	5	25	1/4	1/8	6.4	10	6.4
	散、漏射线	D ₁ /D ₂	直线加速器机房(2)	5	25	1	1/8	1.6	10	1.6
	漏射线	E ₁	报警阀间	5	25	1	1/20	4.0	10	4.0
	漏射线	G ₁	设备间	5	25	1	1/20	4	10	4.0
	漏射线	F ₁	控制室	100	25	1	1	4.0	2.5	2.5
	漏射线	H ₁	防护门、缓冲间	5	25	1	1/8	1.6	10	1.6
	有用线束	I ₁	不上人屋面	5	25	1/4	1/20	16	10	10
	散、漏射线	J ₁ /J ₂	不上人屋面	5	25	1	1/20	4.0	10	4.0
直线加速	有用线束	A ₂	直线加速器机房(1)	5	25	1/4	1/8	6.4	10	6.4

续表 11 环境影响分析

器机房 (2)	散、漏射线	B ₃ /B ₄	直线加速器机房(1)	5	25	1	1/8	1.6	10	1.6
	有用线束	C ₂	直线加速器机房(3)	5	25	1/4	1/8	6.4	10	6.4
	散、漏射线	D ₃ /D ₄	直线加速器机房(3)	5	25	1	1/8	1.6	10	1.6
	漏射线	E ₂	过道	5	25	1	1/20	4.0	10	4.0
	漏射线	G ₂	设备间	5	25	1	1/20	4	10	4.0
	漏射线	F ₂	控制室	100	25	1	1	4.0	2.5	2.5
	漏射线	H ₂	防护门、缓冲间	5	25	1	1/8	1.6	10	1.6
	有用线束	I ₂	不上人屋面	5	25	1/4	1/20	16	10	10
	散、漏射线	J ₁ /J ₂	不上人屋面	5	25	1	1/20	4.0	10	4.0
直线加速 器机房 (2)	有用线束	A ₃	直线加速器机房(2)	5	25	1/4	1/8	6.4	10	6.4
	散、漏射线	B ₅ /B ₆	直线加速器机房(2)	5	25	1	1/8	1.6	10	1.6
	有用线束	C ₃	电梯间、楼梯间	5	25	1/4	1/8	6.4	10	6.4
	散、漏射线	D ₅	电梯间	5	25	1	1/8	1.6	10	1.6
	散、漏射线	D ₆	送风机房	5	25	1	1/20	4.0	10	4.0
	漏射线	E ₃	过道	5	25	1	1/20	4.0	10	4.0
	漏射线	G ₃	设备间	5	25	1	1/20	4	10	4.0

续表 11 环境影响分析

	漏射线	F ₃	控制室	100	25	1	1	4.0	2.5	2.5
	漏射线	H ₃	防护门、缓冲间	5	25	1	1/8	1.6	10	1.6
	有用线束	I ₃	不上人屋面	5	25	1/4	1/20	16	10	10
	散、漏射线	J ₅ /J ₆	不上人屋面	5	25	1	1/20	4.0	10	4.0

表 11-6 本项目直线加速器机房各屏蔽体的屏蔽防护厚度核实结果

机房名称	射线类型	关注点	场所名称	关注点的剂量率参考控制水平(μSv/h)	距离 R(m)	计算厚度 (mm)		设计混凝土厚度 (mm)	设计厚度下墙体外的瞬时剂量(μSv/h)		设计条件下是否满足辐射屏蔽要求
						15MV	10MV		15MV	10MV	
直线加速器机房(1)	有用线束	A ₁	采光井+夯实土层	10	7.555	2408	2491	2500mm 混凝土+100mmPb 铅砖	0.396	0.467	符合
	散射线	B ₁ /B ₂	采光井+夯实土层	4.0	7.42	1128	1275	1360mm 混凝土+400mm 硫酸钡混凝土	0.008	0.018	符合
	漏射线	B ₁ /B ₂	采光井+夯实土层	4.0	7.42	1090	1291		0.019	0.061	符合
	有用线束	C ₁	直线加速器机房(2)	6.4	7.855	2474	2550	2800mm 混凝土	1.023	1.35	符合
	散射线	D ₁ /D ₂	直线加速器机房(2)	0.8	7.76	1308	1437	1500mm 混凝土	0.155	0.446	符合
	漏射线	D ₁ /D ₂	直线加速器机房(2)	0.8	7.76	1308	1496		0.210	0.777	符合
	漏射线	E ₁	报警阀间	4.0	5.58	1304	1492	1500mm 混凝土	0.406	1.504	符合

续表 11 环境影响分析

	漏射线	G ₁	设备间	4.0	10	1005	1211	1500mm 混凝土	0.123	0.468	符合
	漏射线	F ₁	控制室	2.5	9.27	1094	1295	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
	漏射线	H ₁	缓冲间	1.6	9.42	1153	1351	1500mm 混凝土	0.142	0.528	符合
	有用线束	I ₁	不上人屋面	10	7.0	2435	2515	3000mm 混凝土	0.419	0.490	符合
	散射线	J ₁ /J ₂	不上人屋面	2.0	6.80	1215	1372	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
	漏射线	J ₁ /J ₂	不上人屋面	2.0	6.80	1237	1409	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
防护门	散、漏射线	9.5mm 铅+116mm 含硼聚乙烯						16mmPb+120mm 硼砂石蜡	0.076		符合
直线加速器机房(2)	有用线束	A ₂	直线加速器机房(1)	6.4	7.86	2473	2550	2800mm 混凝土	1.022	1.349	符合
	散射线	B ₃ /B ₄	直线加速器机房(1)	0.8	7.77	1308	1437	1500mm 混凝土	0.154	0.445	符合
	漏射线	B ₃ /B ₄	直线加速器机房(1)	0.8	7.77	1308	1496		0.209	0.776	符合
	有用线束	C ₂	直线加速器机房(3)	6.4	7.86	2473	2550	2800mm 混凝土	1.022	1.349	符合
	散射线	D ₃ /D ₄	直线加速器机房(3)	0.8	7.77	1308	1437	1500mm 混凝土	0.154	0.445	符合
	漏射线	D ₃ /D ₄	直线加速器机房(3)	0.8	7.77	1308	1496		0.209	0.776	符合
	漏射线	E ₂	过道	4.0	5.58	1172	1368	1500mm 混凝土	0.406	1.504	符合
	漏射线	G ₂	设备间	4.0	10	1005	1211	1500mm 混凝土	0.123	0.468	符合

续表 11 环境影响分析

	漏射线	F ₂	控制室	2.5	9.27	1094	1295	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
	漏射线	H ₂	缓冲间	1.6	9.42	1153	1351	1500mm 混凝土	0.142	0.528	符合
	有用线束	I ₂	不上人屋面	10	7.0	2435	2515	3000mm 混凝土	0.419	0.490	符合
	散射线	J ₁ /J ₂	不上人屋面	2.0	6.80	1215	1372	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
	漏射线	J ₁ /J ₂	不上人屋面	2.0	6.80	1237	1409	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
	防护门 散、漏射线	9.5mm 铅+116mm 含硼聚乙烯						16mmPb+120mm 硼砂石蜡	0.076		符合
直线 加速 器机 房(3)	有用线束	A ₃	直线加速器机房(2)	6.4	7.86	2473	2550	2800mm 混凝土	1.022	1.349	符合
	散射线	B ₅ /B ₆	直线加速器机房(2)	0.8	7.77	1308	1437	1500mm 混凝土	0.154	0.445	符合
	漏射线	B ₅ /B ₆	直线加速器机房(2)	0.8	7.77	1308	1496		0.209	0.776	符合
	有用线束	C ₃	电梯间、楼梯间	6.4	7.86	2473	2550	2800mm 混凝土, 主屏蔽带宽度为 4400mm(主屏蔽 部分薄弱处采用 800mm 硫酸钡混 凝土浇筑到顶)	1.022	1.349	符合
	散射线	D ₅	电梯间	0.8	7.77	1308	1437	2150mm 混凝土 +50mm 铅砖到顶	<0.001	<0.001	符合
	漏射线	D ₅	电梯间	0.8	7.77	1308	1496		<0.001	<0.001	符合

续表 11 环境影响分析

	散射线	D ₆	送风机房	2.0	7.77	1308	1437	1350mm 混凝土 +50mm 铅砖到顶	0.11	0.392	符合
	漏射线	D ₆	送风机房	2.0	7.77	1308	1496		0.11	0.392	符合
	漏射线	E ₃	过道	4.0	5.58	1172	1368	1500mm 混凝土	0.406	1.504	符合
	漏射线	G ₃	设备间	4.0	10	1005	1211	1500mm 混凝土	0.123	0.468	符合
	漏射线	F ₃	控制室	2.5	9.27	1094	1295	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
	漏射线	H ₃	缓冲间	1.6	9.42	1153	1351	1500mm 混凝土	0.142	0.528	符合
	有用线束	I ₃	不上人屋面	10	7.0	2435	2515	3000mm 混凝土	0.419	0.490	符合
	散射线	J ₅ /J ₆	不上人屋面	2.0	6.80	1215	1372	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
	漏射线	J ₅ /J ₆	不上人屋面	2.0	6.80	1237	1409	3000mm 混凝土	<0.001	<0.001	符合
	防护门 散、漏射线	9.5mm 铅+116mm 含硼聚乙烯						16mmPb+120mm 硼砂石蜡	0.076		符合

注：①对于考虑漏射和散射的复合屏蔽区，计算散射或者漏射时以瞬时剂量率控制水平的一半，作为导出剂量率参考控制水平进行估算；②迷路内墙处以瞬时剂量率控制水平的 1/4，作为导出剂量率参考控制水平进行估算；③ 铅砖的密度不小于 11.34g/cm³，硫酸钡混凝土的密度不小于 2.9g/cm³，普通混凝土的密度为 2.35g/cm³，硫酸钡混凝土及铅砖的厚度已按照“ $\rho \times 3.0/2.35$ ”转换为普通混凝土的厚度。

考虑各个机房与相邻机房辐射能量叠加影响，直线加速器机房共用防护墙体侧设计为主屏蔽墙体为 2800mm 砼，副屏蔽墙体为 1500mm 砼，直线加速器对紧邻机房剂量最大值为 1.349μSv/h（此处核算剂量控制限值为 6.4μSv/h），通过核算，相邻直线加速器机房

续表 11 环境影响分析

剂量为均在剂量限值范围以内，低于《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中标准要求。

综上所述，由上表核算可知，在现有设计防护墙体及防护门厚度条件下，本项目直线加速器机房防护墙体厚度及防护门厚度均能满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《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）中的标准要求。

续表 11 环境影响分析

5 有害气体分析

①感生放射性分析

本项目直线加速器机房内均拟安装 X 射线最大能量为 15MV 的医用电子直线加速器。

机房内当使用 $\geq 10\text{MV}$ 的能量进行放射治疗时，X 射线与物质作用可能发生光核反应，产生中子，中子会使相关物质活化，产生感生放射性。由于加速器机房有足够的结构墙体屏蔽，感生放射性不会危害到屏蔽体外的人员，主要是对停机后，进入机房摆位的工作人员造成一定的影响。

本项目产生的感生放射性主要来源于以下 2 个方面：

（1）加速器治疗头处感生放射性

加速器治疗头处的感生放射性主要来源于治疗头的结构及屏蔽物质在受到高能射线照射后产生的放射性核素。感生放射性水平与加速器的能量、粒子类型、机头处的结构材料、照射时间、冷却时间等因素密切相关。参考文献：王庆敏.15MV 医用电子直线加速器感生放射性影响分析[J].四川环境,2010,29(5):130-132.中“使用 X 射线能量 15MV，照射野 $40\text{cm}\times 40\text{cm}$ ，曝光时间 1.83 分钟，停机 3 分钟后机房内摆位位置处感生放射性约为 $0.714\mu\text{Gy/h}$ ”。

依据上述数据，按本项目每天治疗 60 人次保守估计，年治疗人数 15000 人次，摆位时间 3min，假若有 1/4 的时间是采用高于 10MV 的 X 射线进行照射，则摆位人员位置处因治疗头处感生放射性而受到的年剂量约为 0.135mSv 。

（2）治疗室空气中的感生放射性

空气中某些核素受到韧致辐射照射后诱发产生感生放射性核素，如 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{11}C 和 ^{41}Ar 等，这些核素的半衰期分别为 10min、2.1min、20.5min、1.8h，半衰期都较短，排至室外后很快便可衰变到忽略的水平。

对于气态感生放射性核素 ^{15}O 、 ^{13}N 的产生率及对摆位工作人员造成的剂量，本次环评报告参考《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》表 3.6。

表 11-7 钨靶 X 射线在空气中感生的放射性气体 ^{15}O 、 ^{13}N 产生率

电子束能量 (MeV)	^{13}N 生成速率	^{15}O ($\mu\text{Ci/s}\cdot\text{mA}\cdot\text{MeV}$)
12	81	-

续表 11 环境影响分析

14	460	-
16	920	-
18	1280	450
20	2440	1850
22	4100	5160

本项目医用电子直线加速器产生的 X 射线是韧致辐射，其能谱是连续的。一般情况下，最大能量的份额会低于 5%，保守估算，该值采用 10%。加速器电子束流为 0.1mA，根据表 11-7 的数据，加速器运行 1.5 分钟时， ^{13}N 和 ^{15}O 的产生量为：

$$^{13}\text{N}=4100(\mu\text{Ci/s}\cdot\text{mA}\cdot\text{MeV})\times 90\text{s}\times 0.1\text{mA}\times 22\text{MeV}\times 10\%\times 78\%(\text{氮在空气中的百分比})=2.34\times 10^9\text{Bq}$$

$$^{15}\text{O}=5160(\mu\text{Ci/s}\cdot\text{mA}\cdot\text{MeV})\times 90\text{s}\times 0.1\text{mA}\times 22\text{MeV}\times 10\%\times 21\%(\text{氧在空气中的百分比})=7.9\times 10^8\text{Bq}$$

加速器机房内拟安装的排风系统排风量达到 2000m³/h，通风 5 分钟时通风量为 167m³。经过 5 分钟的衰减后， ^{13}N 为 $1.65\times 10^9\text{Bq}$ ， ^{15}O 为 $1.5\times 10^8\text{Bq}$ ，此时机房内 ^{13}N 浓度为 $9.88\times 10^6\text{Bq/m}^3$ ， ^{15}O 浓度为 $8.98\times 10^5\text{Bq/m}^3$ 。则工作人员因摆位停留 3 分钟受到的照射剂量为（不考虑这 1 分钟内 ^{13}N 和 ^{15}O 的衰变）：

$$^{13}\text{N}=9.88\times 10^6\text{Bq/m}^3\times 4.3\times 10^{-17}\text{Sv}/(\text{Bq}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^3)(\text{照射剂量转换因子})\times 180\text{s}=8.40\times 10^{-5}\text{mSv/次};$$

$$^{15}\text{O}=8.98\times 10^5\text{Bq/m}^3\times 4.3\times 10^{-15}\text{Sv}/(\text{Bq}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^3)(\text{照射剂量转换因子})\times 180\text{s}=6.95\times 10^{-4}\text{mSv/次};$$

按本项目每天治疗 60 人次保守估计，年治疗人数 15000 人次，摆位时间 3min，假若有 1/4 的时间是采用高于 10MV 的 X 射线进行照射，则摆位人员受到的年剂量：

$$^{13}\text{N}=8.40\times 10^{-5}\text{mSv/次}\times 3750\text{次/年}=0.315\text{mSv/年};$$

$$^{15}\text{O}=6.95\times 10^{-4}\text{mSv/次}\times 3750\text{次/年}=2.606\text{mSv/年};$$

由于感生放射性气体 ^{11}C 和 ^{41}Ar 的含量很低，不进行浓度估算。

综上所述，加速器治疗头处感生放射性和气态感生放射性对摆位工作人员

续表 11 环境影响分析

造成的影响，分别为 0.135mSv/年、2.921mSv/年，总年剂量约为 3.236mSv，且上述计算均为保守估算，实际接受的剂量更低。

由此可见，感生放射性对工作人员还是有一定的影响，实际运行过程中，应在不影响治疗效果的情况下尽量使用低能射线；在停机状态后 5~10min 再进入机房内；同时加强机房内的通风，以减少空气中感生放射性核素的含量。

②臭氧和氮氧化物

本项目 15MV 加速器在开机过程中因射线强辐射作用，在空气中会产生极少量臭氧（O₃）和微量氮氧化物（NO_x）等有害气体。参考《中华辐射医学防护》第 14 卷第 2 期：“辐射所致臭氧的估算与分析”（王时进、娄云），采用下列公示：

（1）有用射线束所致 O₃ 产额

$$P_1 = 2.43 \times D_0 \times (1 - \cos\theta) \times R \times G \quad (11-18)$$

式中：

D₀--辐射有用束在距靶 1m 处的输出量，Gy·m²/min(本项目取 24Gy·m²/min)；

R--靶距室壁的距离，本项目为 3.75m；

G--空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，根据文献该值取 10；

θ--有用束的半张角，θ=14。

则根据计算可知，本项目加速器机房有用射线束所致 O₃ 产额 P₁ 为 65.05mg/h。

（2）泄露辐射所致的 O₃ 产额

将泄露辐射看成 4π 方向均匀分布的辐射源（包含有用束区限定的空间区），并考虑扫描大厅墙体的散射线使室内的臭氧产额增加 10%，臭氧的产额 P₂(mg/h) 为：

$$P_2 = 3.32 \times 10^{-3} \times D_0 \times G \times V^{1/3} \quad (11-19)$$

D₀--辐射有用束在距靶 1m 处的输出量，Gy·m²/min(本项目取 24Gy·m²/min)；

G--空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，根据文献该值取 10；

V--加速器机房容积（含迷道），本项目为 335m³。

则根据计算可知，本项目加速器机房漏射射线束所致 O₃ 产额 P₂ 为

续表 11 环境影响分析

5.53mg/h。

加速器机房内产生的臭氧一部分由通风系统排至室外，另一部分自然分解。
加速器机房内空气中臭氧的平均浓度可由以下公式计算：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \times (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (11-20)$$

式中：

$Q_{(t)}$

--室内 t 时刻臭氧的平均浓度，mg/m³

Q_0

--臭氧的辐射化学产额，mg/h， $Q_0=P_1+P_2$

V--加速器机房容积（含迷道），本项目为 335m³。

t--照射时间，h。

T--有效清除时间，h。

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-21)$$

t_v --换气一次所需要的时间，h，本项目加速器机房换气次数按 6.0 次/h，换气一次所需要的时间为 0.167h。

t_d --臭氧的有效分解时间，h，取 0.83h。

如果照射时间很长（即 $t \gg T$ ），则：

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 \times T}{V} \quad (11-22)$$

当 $t \gg T$ 时，臭氧达到饱和浓度，由以上公式计算得到正常=排风时加速器机房内臭氧浓度为 0.0294mg/m³，低于《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2019）表 1 中工作场所空气中臭氧容许浓度为 0.30mg/m³ 的要求。治疗室内臭氧通过排风系统排风，经过大气的稀释和扩散作用，浓度会进一步的降低，对周围大气环境影响十分轻微。

11.3 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

续表 11 环境影响分析

设计的屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下列公式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \quad (11-23)$$

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 γ 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 $\mu\text{Sv/h}$ ；

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad (11-24)$$

式中：A——放射源的活度，单位为 MBq；

K_γ ——放射源的空气比释动能率常数（或称 K_γ 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_γ 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：

$$B = 10^{-(X_e - TVL - TVL_1)/TVL} \quad (11-25)$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (11-26)$$

式中：B——辐射屏蔽透射因子；

TVL_1 ——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：

$$\dot{H} = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad (11-27)$$

式中：A、 K_γ 同式（11-24）；

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视

续表 11 环境影响分析

见的墙区面积, 单位 m^2 ;

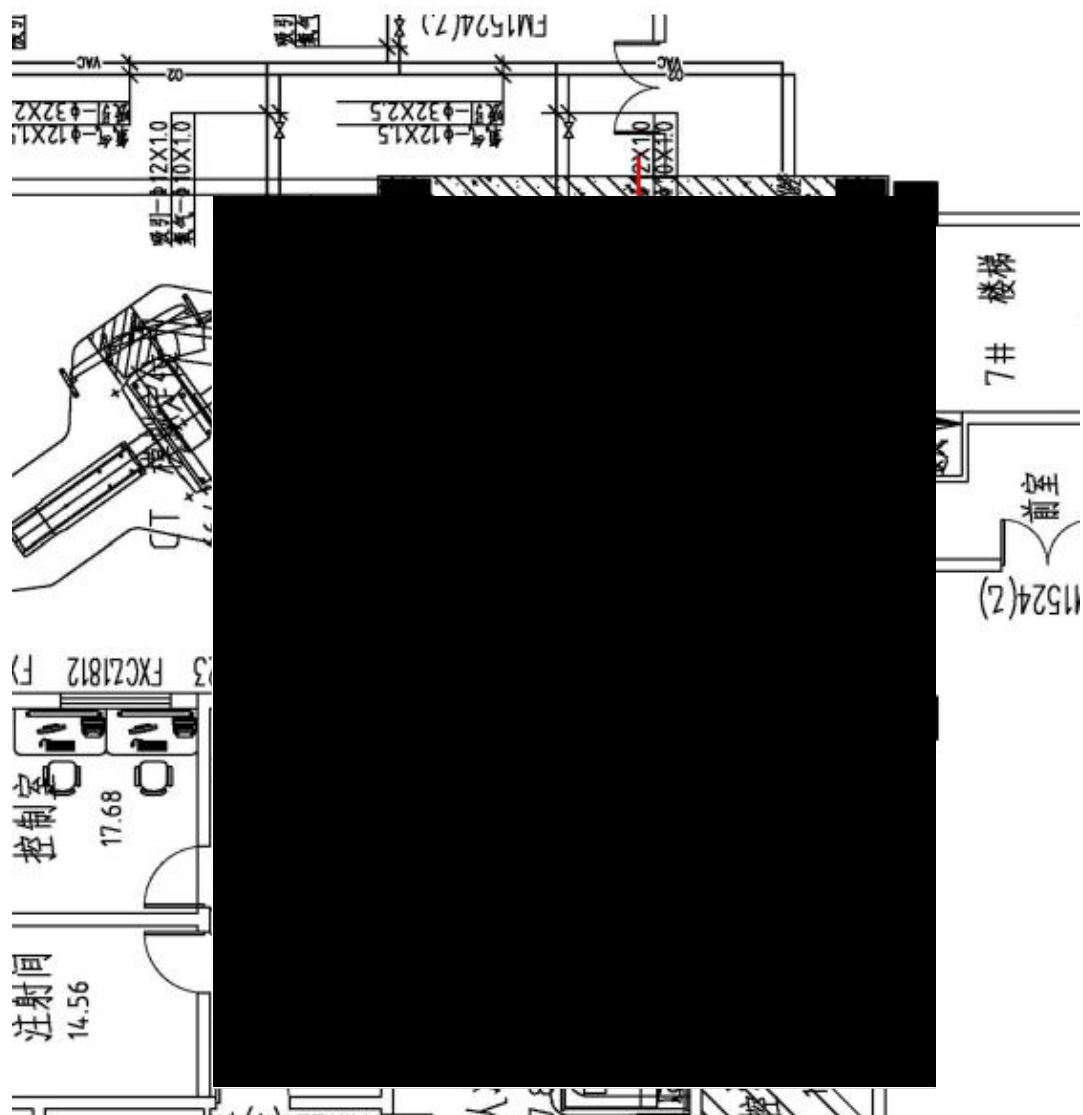
 α_w ——散射体的散射因子;

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；

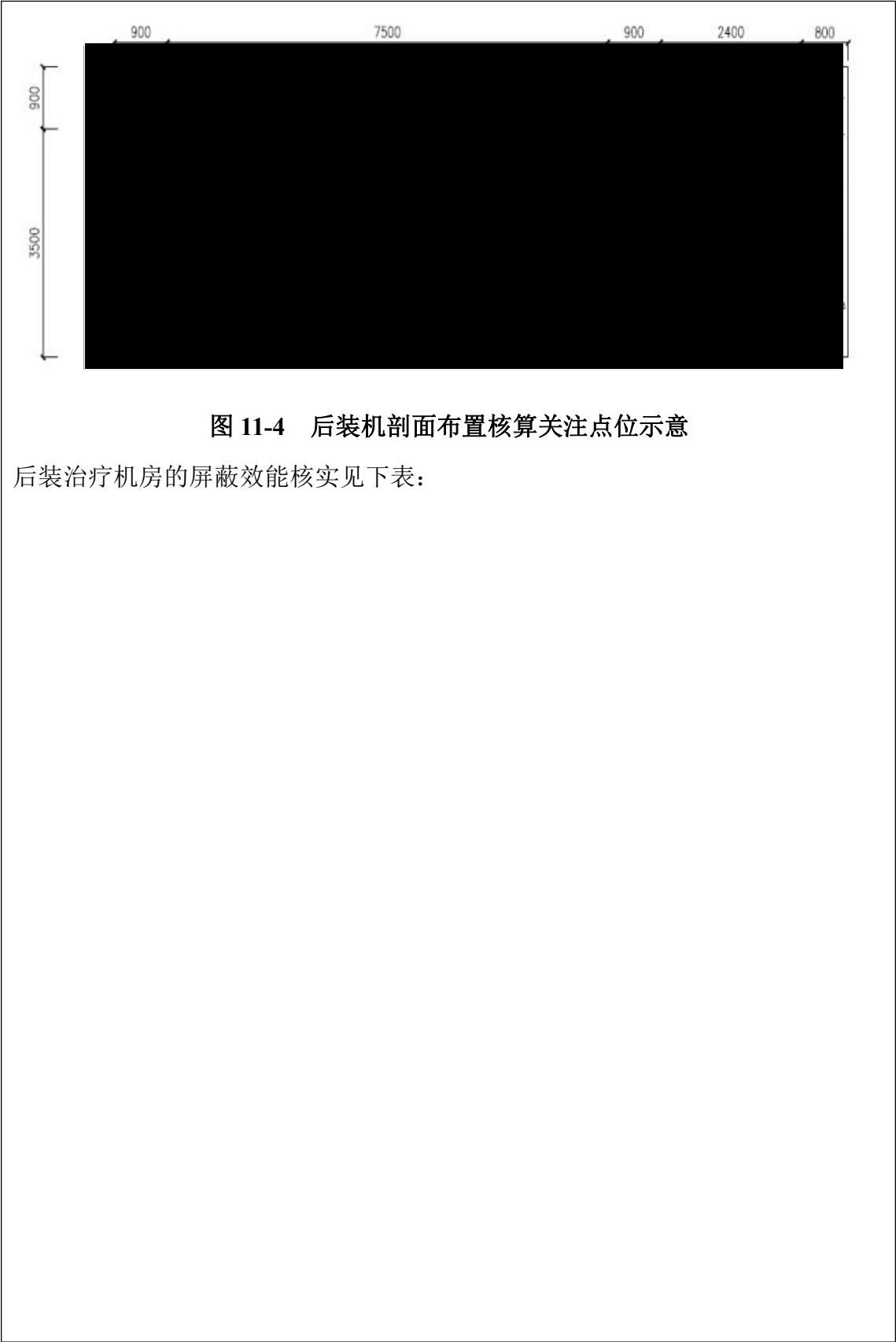
(2) 屏蔽效能核实结果

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 人次，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



11-3 后装机平面布置核算关注点位示意

续表 11 环境影响分析



续表 11 环境影响分析

表 11-8 后装机机房各关注点的剂量率参考控制水平一览表

方位	射线类型	关注点位	场所名称	周剂量参控制水平 H_e ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	周工作负荷 t (h/周)	居留因子 T	使用因子 U	$\dot{H}_c$ 导出剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_{c, \max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
东	有用线束	a	楼梯间、送风机房	5	4	1/20	1	25	10	10
南	有用线束	b	病人准备间	5	4	1/20	1	25	10	10
	有用线束	b	控制室	100	4	1	1	25	2.5	2.5
西	有用线束	c	CT 模拟定位室	5	4	1/8	1	6.25	10	6.25
北	有用线束	d	走廊	5	4	1/8	1	6.25	10	6.25
防护门（散漏射）		g	病人准备间	5	4	1/8	1	6.25	10	6.25
顶棚	有用线束	e	质控室、储藏室	5	4	1	1	1.25	2.5	1.25

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)	设计厚度下的瞬时 剂量(μSv/h)	剂量参考水平 (μSv/h)	是否符合要求
放射源： ¹⁹² Ir；活度 3.7×10 ¹¹ Bq（10Ci）； 水泥散射系数：1%； 周围剂量当量率限值：2.5μSv/h。							
东墙（主射、楼梯间、送风机房）		r=2.7m，q=1	418	900	0.007	10	符合
南墙（主射）	总厚（病人准备间）	r=5.1m，q=1	335	1700	≈0	10	符合
	迷路外墙不重叠部分（控制室）	r=5.1m，q=1	426	800	0.009	2.5	符合
西墙（主射，CT 模拟定位室）		r=2.7m，q=1	418	900	0.007	6.25	符合
北墙（主射，走廊）		r=2.7m，q=1	418	900	0.007	6.25	符合
顶棚（主射，质控室、储藏室）		r=5.9m，q=1	485	900	0.074	1.25	符合
地面（主射，夯实土层）		人员无法达到，不拟核算--					
铅门（散射，病人准备间）		r=3.25m，R=7.7m， S=10m ² ，q=1	--	5Pb	0.287	6.25	符合

备注: 上述计算结果均在现有机房混凝土墙体密度不小于 2.35g/cm^3 的基础上进行的。

续表 11 环境影响分析

由上表可以看出， ^{192}Ir 后装治疗机机房现有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： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中标准要求。

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}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，放射工作人员每天工作 8h。

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}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	1.5m	20mmPb+900mm 混凝土	≈ 0	0.007	满足
南侧墙体	8.9m	20mmPb+800mm 混凝土	≈ 0	0.009	
西侧墙体	1.0m	20mmPb+700mm	≈ 0	0.007	

		混凝土			
北侧墙体	1.0m	20mmPb+700mm 混凝土	≈ 0	0.007	
顶棚	5.9m	20mmPb+900mm 混凝土	≈ 0	0.074	
防护门	r=3.25m, R=7.7m,	20mmPb+5mmPb	0.019	0.306	

注：地面为夯实土层不拟核算

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《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及本项目导出剂量限值的相关要求。

（4）有害气体影响分析

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，后装机机房西侧顶部设置 2 个新风口，在机房东侧离地 0.3m 处设置 2 个排风口，进风口与排风口成对角设置，治疗室内拟定通风量为 1500m³/h，通风换气次数约为 6.0 次/h，大于标准中“不小于 4 次/h”的要求，有害气体用管道连接排至室外。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，加上 O₃ 的分解时间不到 10 分钟，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

¹⁹²Ir 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 ¹⁹²Ir 密封源。¹⁹²Ir 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（在购置放射源时，与厂界同时签订退役放射源回收协议）。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等基本信息，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。

11.4 年有效剂量估算结果

(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- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = H^*(10) \times T \times t \times 10^{-3} (mSv) \quad (11-31)$$

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

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

T：居留因子；

t：X 或 γ 射线照射时间，h。

(2) 直线加速器及后装机所致剂量估算取值

本项目放射工作人员仅从事医院安排的放射设备相关工作，不涉及其他职业照射。

每台直线加速器的工作负荷为全年工作 50 周，每周工作时间为 5 天，每天治疗约 60 人次，全年治疗约 15000 人次，采用调强治疗，平均每名患者治疗照射时间为 3~5min，本次环评保守取每名患者治疗 5min 计，则每周治疗时间为 1500min，即 25h，全年按照 50 周计，则加速器年开机有效时间为 1250h。

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 处的周围剂量当量率分别为 $50\mu\text{Sv/h}$ 、 $5\mu\text{Sv/h}$ （数据来源于 WS 262-2017），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，此处的周围剂量当量率约为 $20\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 射线装置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	场所名称	工作负荷 (h)	墙体外剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	感生放射性(mSv/a)	环境保护目标	年有效当量剂量 (mSv/a)
1	直线加速器机房	1250	0.001	1	3.236	放射工作人员（职业）	3.236

			1.504	1/20	--	公众成员	0.094
--	--	--	-------	------	----	------	-------

后装机剂量估算结果下表 11-19。

表 11-19 后装机所致剂量估算表

机房名称	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)	居留因子	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量当量 (mSv)
后装机机房	1500	放射工作人员	≤ 8	200	1	0.009	0.002
		摆位工作人员	≤ 3	75	1	20	1.5
		公众	≤ 8	200	1/4	0.007	0.0004

增加源项暂存在后装机机房后所致年附加有效剂量增加情况

人员	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	受照时间 (h)	年附加有效最大剂量估算值 (mSv/a)	叠加后年有附加效最大剂量估算值 (mSv/a)
摆位放射工作人员	5	2.4	0.012	1.512
放射工作人员	≈ 0	480	≈ 0	0.002
公众	≈ 0	30	≈ 0	0.0004

本项目拟配备辐射工作人员均仅从事本项目医院规划设计的射线装置工作，拟不从事其他辐射工作。

由表 11-18 可知，直线加速器放射工作人员最大年有效剂量值为 3.236mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 5mSv/a；公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值为 0.094mSv/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 1.512mSv/a，操作室放射工作人员的最大年有效剂量值为 0.002mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 5mSv/a；公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值为 0.00404mSv/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，也能满足本次环评及医院拟

定的年有效剂量管理目标值的要求。

11.4 对敏感点的影响分析

根据上述分析，上述涉源场所屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率低于 2.5 μ Sv/h，满足评价标准要求。根据核算结果可知，辐射工作人员年附加有效剂量低于评价标准 5mSv 年剂量管理目标限值要求，机房外活动的公众成员年附加有效剂量低于 0.1mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求及医院设定的年有效管理目标值的要求。有害气体的浓度远远低于国家标准要求，对机房外环境影响很小，因此对医院内其他区域的影响也很小。

11.5 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。

11.6 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，医院射线装置及放射源的使用属于《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”，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。

11.7 事故影响分析

11.7.1 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》(国务院令第 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 11-20。

表 11-20 国务院令第 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	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡。
重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 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	是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 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	是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

本项目可能发生的辐射事故等级见表 11-21。

表 11-21 本项目的环境风险因子、潜在危害

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
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。
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。

11.7.2 预防应急措施

11.7.2.1 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。

11.7.2.2 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，医院不得自行处置。

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}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) 放射源丢失、被盗

后装机换装放射源后产生的报废源，转移废放射源过程中，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。后装治疗机的 ^{192}Ir 放射源属于Ⅲ类放射源，如果发生丢失、被盗事故，属于较大辐射事故。

防治措施：医院应加强辐射安全管理，指定放射源安全管理员，安排专人定期排查隐患，防止辐射安全事故的发生。

4) 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。

5) 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。

6) 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。

11.7.3 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，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）根据医院核技术利用实际情况，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。

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

12.1.1 辐射安全管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第31号，2021年1月4日修订，2021年1月4日施行）第十六条要求：使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院已经指定了特定人员负责辐射安全工作，成立了辐射防护安全管理小组（附件五），负责整个医院的放射防护与安全管理工作，并明确了领导小组职责，该小组人员应明确个人职责工作，应有高度的责任心，熟悉和掌握有关放射性的基本知识和辐射防护的一系列法规，并严格遵守执行。

表 12-1 辐射安全与环境保护管理机构及专（兼）职管理人员表

[illegible]

续表 12 安全管理

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，医院规划配¹射工作人员，按照规划，上述²放射工作人员均为新增。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订，2021 年 1 月 4 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、后装机机房按照要求配备相应资质的放射工作人员；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，建设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

根据调查，现有放射工作人员中大部分已取得《辐射安全与防护培训合格证书》及成绩合格单。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”；《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（中华人民共和国生态环境部公告 2021 年第 9 号）中“仅从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。”

因此，本环评要求医院必须尽快组织暂未取得成绩报告单的放射工作人员及

续表 12 安全管理

新从事放射工作的人员到按照上述要求报名参加并通过考核，考核合格后方可上岗，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。

12.2 辐射安全管理规章制度

为保障非密封放射性同位素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，医院在不断总结完善近年来核技术利用方面的经验，针对辐射设备情况和预期工作情况初步制定了以下管理制度（详见附件九），医院制定了一系列的规章制度，具体制度有：

- （1）《郴州市第一人民医院放射事件应急预案》；
- （2）《放射防护评价与检测制度》；
- （3）《放射工作人员职业健康管理制度》；
- （4）《放射诊疗设备与场所管理制度》；
- （5）《放射性废物处理方法》；
- （6）《辐射环境监测计划》等；

目前东院放疗中心暂未制定相关制度，为保障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，本次环评建议医院在项目运行前制定如下制度：《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。按照上述要求制定相应制度后，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

续表 12 安全管理

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辐射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告标志，射线装置机房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值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。对放射工作人员每一至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。

(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

续表 12 安全管理

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。

目前医院其他院区均按照要求配置有相应的检测仪器，东院暂未配备自检设备，拟定在项目运行前至少配置 1 台剂量巡测仪，同时委托有资质的单位定期对医院涉源工作场所周围环境进行监测，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

根据环境保护部令第 31 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。

本次环评要求建设单位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准执行。

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

续表 12 安全管理

员职业健康管理办法》（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。

医院拟定在项目运行前，自行配备 X-γ 剂量率测量仪并定期进行计量检定，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
直线加速器机房及后装机机房	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	导出剂量限值要求上表 11-5，11-8	委托检测+自检
	直线加速器机房	门灯连锁、门机连锁、工作指示灯、警告标识	每月自检	有效	自检

续表 12 安全管理

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。
（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。	本次新增人员均为新聘人员，医院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
（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。	本项目拟在后装机机房内设置储源库，及铅当量不少于 20mmPb 的铅桶，双人双锁，视频监控。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施	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，工作状态指示灯及电离辐射警告标志等安全防护措施
（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。	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，直线加速器机房及后装机机房内配置在线剂量监测仪器（带报警功能），医院拟配备自检设备 X-γ剂量率测量仪 1 台；本项目不涉及非密封放射性物质
（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。	部分依托现有，拟根据要求在项目开展前制定
（七）有完善的辐射事故应急措施	目前已制定，届时根据实际情况及标准要求修改完善
（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。	拟在项目运行前落实
（九）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	医院拟配备直线加速器质量控制检测设备 1 套，X-γ剂量率测量仪 1 台，制定相应的质量

续表 12 安全管理

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	保证大纲和质量控制检测计划，同目前医院配置有多名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。
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。	
12.6 辐射事故应急预案	
12.6.1 事故应急培训演习计划	
1、事故应急演练：完善的预案、周到的准备和准确的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。	
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	

续表 12 安全管理

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迅速报告。发生事故的单位必须立即将发生事故的性质、时间、地点上报科主任，科主任立即上报医院辐射安全管理领导小组，并做好准备。

②现场控制。现场处置小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和患者的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场，迅速正确判断事件性质，将事故情况报告应急指挥中心。

③启动应急系统。放射事故应急指挥中心接到现场报告后，立即启动应急指挥系统，指挥其他各应急指挥小组迅速赶赴现场，开展工作；后勤保障组同时进行物质准备。

④现场报告。根据现场情况，由本单位应急指挥中心将事故发生时间，地点，造成事故的核素，核素现有活度，危害程度和范围及涉源种类等情况报告卫生部门、生态环境部门、公安部门以及上级行政主管部门。

⑤现场处置。在等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。

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。

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。

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，由其向市生态环境局报告，再由市生态环境局上报给省生态环境厅，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：



续表 12 安全管理

市生态环境局电话： 12369（24 小时）		
省生态环境厅电话：0731-85698110		
综上所述，评价认为，郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建项目的辐射环境管理满足《电离辐射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》等相关标准的要求。		
12.7 环保投资估算		
本项目核技术利用总投资约 10000 万元，其中环保投资约 350 万元，占总投资的 3.5%。具体如下：		
表 12-4 项目环保投资一览表		
序号	辐射安全与防护设施名称	投资（万元）
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

表 12-5 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，制定相应的辐射防护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，至少每 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	机房屏蔽及周围环境	机房屏蔽详见上表 10-2； 机房周围环境详见上表 10-3	GBZ121-2020 及屏蔽防护设计方案
	辐射安全防护措施	直线加速器机房： ①电离辐射警示标志位于醒目位置； ②中文标明放射防护注意事项，制度上墙； ③有工作运行指示灯、门灯联动、门机联锁；有从室内开启治疗机房门的装置，防护门有防夹装置； 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； ⑤固定式剂量报警仪； ⑥治疗室内紧急停机按钮、紧急开门按钮、治疗床急停按钮； ⑦直线加速器机房内设置强制排风系统，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对角设置，保证室内通风换气次数应不小于 4 次/h； ⑧每间机房至少配备个人剂量报警仪 2 台； ⑨配置 1 台 X-γ 检测仪。	GBZ18871-2002 GBZ/T201.2-2011 GBZ121-2020 HJ1198-2021
		后装机机房： 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，有工作运行指示灯、门灯联动、门机联锁；有从室内开启治疗机房门的装置，防护门有防夹装置，制度上墙； ②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； ③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； ④后装机机房内设置强制排风系统，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对角设置，保证室内通风换气次数应不小于	GB18871-2002 GBZ/T201.3-2014 GBZ121-2020 HJ1198-2021

序号	验收项目	验收内容及要求		依据
		4 次/h; ⑤机房内设置固定式剂量监测报警装置, 并确保其报警功能正常; ⑥治疗室内合适的地方应张贴应急指示; ⑦设置手动回源装置; ⑧每间机房至少配备个人剂量报警仪 2 台。		
5	机房面积及最小单边长	直线加速器机房/后装机机房应有足够的有效使用面积;		GBZ121-2020
6	电离辐射	剂量限制	1、放射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 2、公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv/a}$	GB18871-2002
		射线装置机房墙体剂量率控制	距离机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率满足标准要求	GBZ121-2020 及导出剂量率
7	废 气	放射治疗机房内设置强制排风系统, 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对角设置, 保证室内通风换气次数应不小于 4 次/h;		GBZ121-2020 HJ1198-2021
8	退役放射源 加速器废靶	退役放射源厂家回收 (购源时与厂家签订回收协议); 加速器废靶及废准直器在产生前与资质单位签订处置协议		GBZ133-2009

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，郴州市第一人民医院拟投[]万元在东院进行核技术利用改扩建项目建设。本次核技术利用改扩建项目主要为在东院门诊医技综合楼负一楼东北侧（原规划建设为地下停车场区域）改建为放疗中心，放疗中心为地上五层地下负一层建筑，拟在改建后的放疗中心负一楼新增 3 台 X 射线能量最大为 15MV 的医用电子直线加速器分别位于直线加速器机房（1）、直线加速器机房（2）、直线加速器机房（3）；新建 1 间后装机机房，新增 1 台后装机，使用放射源铱-192（2 枚，单枚活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，不同时使用）。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，医用直线加速器为 II 类射线装置；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），上述放射源为 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,医院射线装置及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”，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。

续表 13 结论及建议

13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

1、选址可行性分析

本项目拟建直线加速器机房位于放疗中心负一层西侧区域、后装机机房位于放疗中心负一楼东南侧区域（位于多层建筑的底端的一端），周围环境概况见下表 10-2，放射治疗工作场所与其他区域分开，用房相对独立，避开了儿科病房、产房等特殊人员及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域，远离了医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。同时，项目营运期产生的电离辐射、放射性固废、有害气体得到有效治理，达标排放后对环境的影响小。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新建项目诊疗疾病的优势的前提下，根据科室工作流程对各功能用房进行了布局设计，放射治疗区和非放射治疗区分开，方便病人诊疗和医生办公，且放射治疗区置于人流不密集位置，能更好地保护病人及医院工作人员的安全；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，场所布局合理。

13.1.5 环境影响分析结论

（1）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，3 间直线加速器机房的各屏蔽墙体、防护门、主屏蔽带宽度等的设计均能满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《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）中的标准要求； ^{192}Ir 后装治疗机机房现有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： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中标准要求。

（2）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（放射治疗工作人员：5mSv/a；公众成员：0.1mSv/a），

续表 13 结论及建议

符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及建设单位设定的剂量管理目标值要求。

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专业厂家承担。

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”型设置，并设置相应的防护补偿，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

医院成立了辐射防护安全管理小组，按照环评要求补充完善各项规章制度、操作规程、应急处理措施后，基本能满足日常工作需要，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正确佩戴个人剂量计，定期进行职业健康体检。医院还应在今后的工作中，按照相关标准要求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，郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建项目满足“实践的正当性”的原则与要求，符合国家产业政策；项目选址和布局合理可行；项目涉及的机房辐射屏蔽设计满足标准要求，拟采取的辐射安全防护措施可行；医院制定的辐射与环境保护管理措施基本健全，能满足本项目需求；医院在采取本环评提出的各项辐射防护及污染防治措施后，对周围环境产生的辐射影响较小，且符合环境保护的要求。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；自购辐射检测设备，

续表 13 结论及建议

定期对辐射工作场所进行监测。

2、在项目运行前，医院应尽快组织新从事辐射工作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。同时组织新增放射工作人员到有职业健康检查资质的医疗机构进行上岗前职业健康检查，之后定期进行职业健康体检，周期为 1~2 年。

3、根据医院的实际情况和项目建设进展，医院应在项目竣工后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，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、医院辐射防护标识应全面、清晰，不留死角。

4、在项目运行前，根据标准要求及实际工作需要，制定各项工作制度，做好放射源台账管理工作。



附图一 项目所在地理位置



附图三 东院门诊医技综合楼负一楼总平面布置图（改建前）

委托书

湖南省湘环环境研究院有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等有关法律规定和要求，我单位特委托贵公司承担“郴州市第一人民医院东院核技术利用改扩建项目”的环境影响评价工作。

特此委托！

委托单位（盖章）：郴州市第一人民医院

委托日期：2021年12月1日





辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称：郴州市第一人民医院

地址：湖南省郴州市北湖区罗家井102号

法定代表人：雷冬竹

种类和范围：使用Ⅲ类、V类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

证书编号：湘环辐证[00069]

有效期至：2026 年 07 月 13 日



发证机关：湖南省生态环境厅

发证日期：2021 年 07 月 14 日

中华人民共和国生态环境部制

郴州市第一人民医院办公室文件

市一医办发〔2020〕18号

郴州市第一人民医院 放射事件应急预案

根据国家《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射诊疗管理规定》及其他相关要求，医院一旦发生放射诊疗事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保障放射工作人员与公众安全，维护正常放射诊疗秩序，制定本预案。

一、放射事件应急处理组织机构与职责

（一）院级放射事故应急工作领导小组

组长：雷冬竹

副组长：曹文声、吴志坚、欧阳邦辉

成员：廖振武、代国知、邓文广、谢俊涛、许斌、张磊

奉建军、王安发、谭学农、霍旭东、陈碧、郑海军

全凌峰、邓志刚、黄忠雄、陈芬、吴清源

具体负责放射事件发生时的应急处理工作，包括应急预案的启动、应急响应处置及解除。

（二）科级应急工作小组

由使用射线装置和放射源的各科室的主任担任组长，科室副主任、放射防护安全员、技术员担任成员。

具体负责定期组织对科室放射诊疗场所、设备及人员防护情况进行自查和监测，发现事件隐患及时上报并落实整改措施。

二、放射事件应急预案的启动

当发生放射性同位素丢失、被盗或者射线装置、放射性同位素和放射源失控而导致工作人员、患者或公众人群受到意外的、非自愿的异常照射等放射事故时，当事人应立即报告科室负责人，科室负责人接报后立即报告应急工作领导小组组长，由组长决定是否启动应急预案并通知相关人员参与处置。

三、放射事件应急预案的处置

（一）放射源被盗、遗失事故的处理

在存放放射源的科室发生放射源、放射性药品被盗、遗失时，应启动本预案，通知无关人员离开，保卫现场。并立即上报生态环境部门、公安、卫生部门，配合上述部门进行应急调查处理。

（二）放射性同位素污染和射线装置故障辐射事故处理

发生因意外因素引起的放射性同位素污染，应立即撤离有关工作人员，封锁现场；切断一切可能扩大污染范围的环节，迅速开展检测；迅速确定放射性同位素种类、活度、污染范围和污染程度并采取必要清污措施；属于重度污染的应请生态环境部门专

业人员处理；污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

发生射线装置失控造成辐射事故时相关科室人员应当立即关闭电源，撤离现场人员，配合对设备故障进行维修。

（三）对可能受到放射性损害的人员，应立即送至疾控中心进行检查和救治。

四、放射事件应急预案的解除

发生放射源被盗、遗失事故的，需经上级部门调查、处理完结以后方可解除应急预案；发生放射性同位素污染和射线装置故障造成辐射事故的，在进行清污和设备维修后，必须经有资质职业卫生服务机构检测后方可解除应急预案。

五、事件处理完毕后，要认真调查事故原因并写总结报告，并采取妥善预防措施，预防类似事件发生。

六、放射事件应急电话

放射防护安全管理办公室（医技片区办公室）：2375161

院总值班：2343999

卫生行政部门：12320

市公安局：110

环保部门：12369

五、事故处理完毕后，要认真调查事故原因并写总结报告



郴州市第一人民医院办公室文件

市一医办发〔2020〕20号

关于印发《放射防护评价与检测制度》等相关制度的通知

各医疗区（片）、各科室：

现将《放射防护评价与检测制度》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射诊疗设备和场所管理制度》印发你们，请认真贯彻执行。



放射防护评价与检测制度

为贯彻落实《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、《放射诊疗管理规定》等法律、法规、规章的要求，保证放射诊疗质量和辐射水平符合有关规定或标准，防止放射性危害，制定本制度。

一、本制度适用于医院放射性建设项目的的评价，放射诊疗设备、工作场所及防护设施的定期检测工作。

二、医院放射防护安全管理办公室（医技片区办公室）负责本院的放射防护评价与检测工作，建立并保存评价与检测档案。

三、医院新、改、扩建放射诊疗建设项目评价

（一）应在建设项目施工前委托具有放射卫生技术服务资质的机构进行职业病危害放射防护预评价，取得评价认可文件后方可施工。

（二）应在建设项目施工前委托具有环境影响评价资质的机构编制环境影响报告表或登记表，报省生态环境部门审批并取得认可文件后方可施工。

（三）放射诊疗建设项目在竣工验收前，应委托原预评价机构进行职业病危害控制效果评价，取得评价报告后及时向省卫健委申请建设项目竣工验收。经验收合格并变更《放射诊疗许可证》后方可正式投入使用。

（四）建设项目竣工后，医技片区办公室委托有能力的技术

机构编制验收监测（调查）报告提交省环境保护厅，经验收合格并变更《辐射安全许可证》后方可正式投入使用。

四、放射诊疗设备、场所检测

（一）正常使用的放射诊疗设备，应每年委托省卫生厅资质认证的检测机构进行一次状态检测和性能评估；新安装、维修或更换重要部件后的设备也应经省卫生厅资质认证的检测机构检测合格后方可启用。

（二）本院放射诊疗工作场所和防护设施、设备应当每年委托有资质技术机构进行检测保证辐射水平符合有关规定或标准。并编制《辐射防护年度评估报告》上报生态环境部门。

五、检测与评价报告由医技片区办公室建立档案并妥善保存。

放射工作人员职业健康管理制

为保证医院放射工作人员的职业健康与安全，根据《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射工作人员健康管理办法》，结合医院实际工作，制定本制度。

一、放射防护安全管理办公室（医技片区办公室）负责本院放射诊疗工作人员的职业健康管理工作，建立职业健康监护档案、个人剂量监测档案和放射防护培训档案，并妥善保存。

二、新录用或调入的拟从事放射诊疗的人员必须进行上岗前职业健康检查，符合《放射工作人员健康标准》的方可从事放射诊疗工作。

三、放射工作人员上岗前或在岗期间必须按要求参加放射防护知识和有关法律法规培训。新上岗人员取得培训合格证后由医技片区办公室向卫生行政部门申请办理《放射工作人员证》。

四、放射诊疗工作人员每年应根据医院统一安排进行一次职业健康体检，脱离放射工作岗位时也应进行离岗前职业健康检查。发现不宜继续从事放射工作的，根据体检机构意见及时调离放射工作岗位并妥善安置；对需要复查的，及时安排复查。

五、放射工作人员必须在从事放射工作时间内正确佩戴个人剂量计。个人剂量计的监测周期为3个月，期满后由医技片区办公室统一回收、送检，并下发新的剂量计，对于个人剂量高于年

剂量限值 1/4 时，医技片区办公室告知本人，查明原因并采取相应措施。个人剂量计专人专用，不得混用，如丢失或者损坏，本人应及时向医技片区办公室汇报给予补充。

六、放射工作人员职业健康监护、个人剂量检测、放射防护培训档案及《放射工作人员证》由医技片区统一保管，放射工作人员有权查阅。

七、医技片区办公室定期对放射工作人员职业健康管理落实情况进行督查，发现下列情形的，扣责任人所在科室质量安全月考核分 1 分；扣责任人 500 元，并按违反医疗核心制度一次计，情节严重的暂停责任人从事放射相关工作。

- （一）从事放射工作时间内未正确佩戴个人剂量计；
- （二）无故不参加职业健康体检和按要求进行复查；
- （三）无故不参加行政主管部门或医院组织的放射工作人员培训；
- （四）丢失或人为损坏个人剂量计按 200 元/个赔偿。

放射诊疗设备和场所管理制度

一、本制度适用于全院所有开展放射诊疗工作的射线装置和场所。

二、与线装置有关的工作人员必须经过辐射防护和专业知识培训，并经有关部门考核合格后方可上岗工作。

三、使用射线装置场所要设置醒目的警示标识：

（一）在放射诊疗工作场所的入口处和各控制区进出口设置电离辐射警示标识，各机房门口设置有效工作指示灯。

（二）在放射工作场所的显眼位置设置“电离辐射危害告知”。特殊患者和受检者在进行医疗照射前还应口头告知。

（三）特殊工作场所应按要求设置相应地标线。

四、设备机房必须配置患者及陪检者的防护用品，工作人员在照射过程中应明确医疗目的，对邻近照射野的敏感器官和组织进行屏蔽防护。无关人员不得进入放射工作现场，避免不必要照射。

五、每台设备均应有操作规程，操机人员按规定使用，熟练掌握操作步骤。新进人员或进修人员在未掌握使用方法前不准独立操作。

六、建立大型设备技术档案，包括说明书、线路图、使用登记、故障及维修记录。科室做好设备技术档案保存。

七、建立射线装置巡视制度，操作人员每天巡视，科主任每周巡视一次，对诊断、治疗室门与装置工作状态、安全联锁、电视监控与对讲系统或观察窗、消防报警装置、声光报警装置等设备、设施运行情况进行登记。

八、建立射线装置台帐管理制度，记录仪器名称、型号、管电压、输出电流、用途等，DSA手术台账还需记录患者受照部位、受照时间、受照剂量等。

九、当射线装置报废不用时，应由使用科室提前向放射防护安全管理办公室（医技片区办公室）报告，以便在卫生和环保部门进行注销。

放射性废物处理方法

放射性药品使用后残留和剩余部分被称为放射性废物。放射性废物有固体、液体和气体三种，故称“放射性三废”。“三废”处理不当会造成环境的放射性污染，影响工作人员和周围居民的健康，因而妥善处理“三废”是十分重要的。

一、放射性固体废物的处理

主要采用放置法，被放射性药物污染的固体废物应存在固定的指定地点并采用适当的屏蔽物加以防护，待其自然衰变后，当作非放射性废物处理即可。如为过期的发生器吸附柱应标明日期并用塑料袋包装后置于贮源室，待其自然衰变后再处理。

二、放射性液体废物的处理

应根据放射性物质的最大容许浓度、化学性质、放射性强度、废液的容积以及下水道的排水设备等情况进行不同的处理。一般采用放置法，半衰期短的也可用稀释法达到容许排放水平。放射性强度低的废水也可直接排入下水道，但其放射性浓度不得超过露天水源中限制尝试的 100 倍。不能直接排入下水道的放射性废液，可采用衰变池贮存十个半衰后排入下水道。

三、放射性气体废物的处理

气体放射性废物简称放射性废气，它包括放射性气体和放射性气溶胶。放射性气体主要指气态放射性元素和化合物，放射性气溶胶包括固态分散相气溶胶和液态分散相气溶胶。这些废气若直接排放则会造成环境污染，因此必须经过净化处理。方法主要有过滤法、吸附法、吸收法、蒸馏法、贮存衰变法等。为了提高净化效果，往往采用多种方法的综合处理流程。

四、目前我科产生放射性废物的处理程序

放射性废物分类放入衰变池，并标明打包日期，存放 10 个半衰期后由工人送医院医疗垃圾处理站，并登记在《放射性废物处理登记本》上。

郴州市第一人民医院

辐射环境监测计划

为了加强辐射污染防治工作,预防和减少辐射污染事故危害,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定,结合本院实际情况,特制定辐射环境监测计划。

一、成立辐射事故应急处理领导小组

医院成立辐射事故应急处理领导小组,负责院内的辐射安全,定期对放射工作进行督导检查,制定医院辐射事故应急处理预案,协调处理医院内发生的辐射事故,负责督促放射科做好辐射环境监测工作。

二、做好放射科工作人员的个人防护工作

本院从事放射工作的医护人员在从事放射诊断、治疗操作时必须佩戴放射防护设施,定期按照市卫生监督所要求进行个人计量监测。辐射事故应急处理领导小组定期对放射设备进行检查,确保安全使用。

三、做好放射科工作人员的培训工作

各放射科室负责人每月组织一次科室全体成员的业务学习,根据实际情况派遣科室成员外出培训。科室全体成员必须定期参加湖南省放射卫生法规及防护知识培训,确保全体科室成员持证上岗。

四、做好放射工作环境辐射监测

放射工作环境辐射监测工作由辐射事故应急处理领导小组组织,放射科委托有资质的监测单位具体实施。每年由具有相关资质的监测单位对放射装置、周围环境辐射剂量进行监测;放射装置进行维修前后,应分别进行一次监测;事故发生后,在事故处理前后对周围环境分别进行一次监测。放射装置退役时,应进行一次退役监测,确保空气吸收剂量率等指标达到《医院 X 射线诊断卫生防护标准》要求。

五、配合上级部门做好辐射环境监测

自觉接受卫生行政主管部门和环保行政主管部门对我院进行的辐射环境监测。当防护装置发生变化时，主动邀请卫生、环保部门对新装置的效果进行监测。

郴州市第一人民医院

二〇二〇年八月二日



辐射工作安全防护管理制度

一、必须持有效辐射工作安全许可证。

二、辐射工作人员必须经过法律、法规专业知识和辐射安全防护知识培训，并经过考核合格持辐射工作安全防护培训合格证方可上岗。

三、辐射工作场所必须在醒目地方挂电离辐射警示标志；辐射工作人员应穿戴防护用品，持剂量报警仪、佩戴个人剂量计，做工作记录。

四、认真执行辐射工作状态下的交接班制度。

五、维修调试必须经辐射防护与环境安全领导小组的同意，按防护要求熟练做好维修，并将维修情况记录在档。

六、放射源需临时存放时必须报监管部门经审查，指定到有防盗门，保险柜、报警装置的安全存放处暂存。



射线装置机房操作管理制度

- 一、从事放射治疗的操作人员，必须经过放射防护以及技术操作培训。
- 二、凡是进入机房以及操作室的工作人员，必须按规定着装，并佩戴服务卡和个人剂量卡，非工作人员不得进入治疗室。
- 三、工作人员必须严格按照操作规程操作，爱护机器。对不按照操作规程而造成的损失，讲追查当事人责任
- 四、工作人员必须遵守劳动纪律，上班时间应当集中精力，不准闲谈、会客、看小说、做私事。
- 五、严禁在操作室吃东西、抽烟，不准在操作室和治疗室内存放私人物品。
- 六、操作人员应具有良好的服务态度，对病人一视同仁。
- 七、当班人员必须保证操作室以及机房的清洁卫生。
- 八、工作人员必须按规定完成当班的工作任务，并保质、保量。
- 九、机器如果发生故障，当班人员应及时向维修人员反映，以保证机器尽早恢复正常工作，并向病人做好解释工作。
- 十、下班前检查机房与操作室一切设施，关好水电、空调开关、门窗，以保证机房安全。

郴州市第一人民医院



放射安全操作规程

- 1、工作人员应熟悉所从事的放射性工作性质，熟悉应知的有关放射防护知识。
- 2、放射工作人员检查前应认真核对 X 射线检查申请单，判断其正当化，并选择最佳条件。
- 3、每次进行 X 线诊断前，应备齐工作人员和受检者个人防护用品，尽量对受检者未检查部位提供屏蔽设施。
- 4、严禁陪护（检）及无关人员进入机房内，不得以情况下，受检者需要扶携时，对扶携者应采取穿戴 0.5mmPb 个人防护用品的防护措施。
- 5、X 射线诊断时，关好屏蔽门窗，减少周围人群的照射。
- 6、对育龄妇女受检者进行是否怀孕询问，尽量避免怀孕妇女受到 X 射线照射，对有正当理由需要检查的孕妇应注意尽可能保护胚胎或胎儿。
- 7、对儿童的检查必须有正当的理由，采取相应固定体位措施和提供必要的受检者防护用品。
- 8、注意机房内通风换气，保持室内空气新鲜。
- 9、尽可能对受检者辐射敏感器官提供恰当的屏蔽保护。

