

目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	11
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）.....	13
表 6	评价依据.....	14
表 7	保护目标与评价标准.....	17
表 8	环境质量现状.....	30
表 9	项目工程分析与源项.....	31
表 10	辐射安全与防护.....	44
表 11	环境影响分析.....	58
表 12	辐射安全管理.....	91
表 13	结论与建议.....	101
表 14	审批.....	105

附 录

附图

- 附图一 项目地理位置图
- 附图二 医院总平面布置图
- 附图三 项目周围环境概况图
- 附图四 DSA 机房所在住院楼六楼楼层平面布置图
- 附图五 DSA 机房平面布局设计图
- 附图六 住院楼负一楼放射检查区域平面布置图
- 附图七 TOMO 刀机房、伽玛刀机房平面布置图
- 附图八 TOMO 刀机房、伽玛刀机房剖面图
- 附图九 TOMO 刀机房、伽玛刀机房辐射防护设施布置图
- 附图十 TOMO 刀机房、伽玛刀机房通风管网图
- 附图十一 涉源机房工作场所分区图
- 附图十二 项目现场照片

附件

- 附件一 环境影响评价委托函
- 附件二 现状环境资料质量保证单
- 附件三 《长沙市鹏悦环保工程有限公司检测报告》鹏辐（检）[2018]072 号
- 附件四 辐射安全许可证正副本（湘环辐证[02484]）
- 附件五 辐射安全防护领导小组
- 附件六 医院辐射工作人员名单及培训证书
- 附件七 辐射工作人员个人剂量检测报告
- 附件八 辐射工作人员健康体检报告
- 附件九 辐射防护相关管理制度
- 附件十 厂家提供伽玛刀开机状态不同水平面治疗机房的剂量分布文件

附录

建设项目环评审批基础信息表

表 1 项目基本情况

建设项目名称		株洲市中心医院核技术利用扩建项目				
建设单位		株洲市中心医院				
法人代表		蔡安烈	联系人	关建	联系电话	13607333439
注册地址		株洲市天元区长江南路 116 号				
项目建设地点		株洲市天元区长江南路 116 号株洲市中心医院住院楼				
立项审批部门		--		批准文号	--	
建设项目总投资 (万元)		10000	项目环保 投资(万元)	800	投资比例（环保 投资/总投资）	8%
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			
	其它	/				
项目概述 1.1 核技术应用的目的和任务： 当今，X 射线影像诊断技术已经广泛应用于医学临床诊断工作。放射诊断是根据病人的病情需要对病人的身体某些部位或全身进行显像，拍出 X 光片或者保存数字影像以供医学临床诊断。有时，医生需要 X 射线影像的指引下进行骨科复位、体内取异物、肿瘤的模拟定位工作。放射治疗工作主要是根据病人肿瘤的部位、性质以及治疗方案的需要，利用医用电子直线加速器、后装机等设备的不同种类不同能量的射线，开展放射治疗工作，即利用 X、γ射线照射肿瘤位置，杀死癌细胞，从而达到治疗肿瘤的目的。						

续表 1 项目基本情况

本项目主要利用医用 X 射线装置和核素进行放射诊疗及介入手术，利用医用电子直线加速器、放射源进行放射治疗。

1.2 建设单位概述

株洲市中心医院（原株洲市一医院）始建于 1953 年，是一所集医疗、科研、教学、预防保健于一体的三级甲等综合性医院。医院由本部和田心院区（原田心医院）两部分组成，占地 292.33 亩，一期建筑面积 20.68 万平方米，编制床位 1776 张，门诊日接待量可达 5500 人次。其中本部东临湘江，北依黄山路，占地 260 亩，建筑面积 19.2 万平方米，编制床位 1500 张，门诊日接待量可达 4500 人次；田心院区坐落于株洲市北大门，位于株洲市田心区，占地 32.33 亩，建筑面积 1.48 万平方米，编制床位 276 张，门诊日接待量可达 1000 人次。医院现有在职职工 3342 人，其中高级职称 552 人、博士后 3 人、博士 17 人、硕士研究生 412 人，中南大学博士研究生导师 2 名和硕士研究生导师 20 名，中南大学兼职教师 70 名，中南大学临床医学技能考核专家 30 名，中南大学教学督导 2 名。设有临床科室 42 个、医技科室 10 个，临床研究所 2 个，临床实验室 6 个，株洲市卫生系统首家院士工作站、13 个外聘教授工作室；湘雅名医舒畅教授工作室，医疗中心 12 个。

医院学科实力雄厚，有消化内科、血液科 2 个国家级临床重点专科建设项目，省级重点专科 3 个，省级重点专科建设项目 5 个，市级重点学科、特色专科 12 个，市州级临床重点专科建设项目 6 个。肝胆胰外科为湖南省肝胆胰疾病临床医疗技术示范基地。消化内科获湖南省消化疾病（内镜）临床医疗技术示范基地。拥有西门子光子双源 CT、西门子 3.0T 磁共振、西门子 64 排 128 层螺旋 CT、大孔径 CT、飞利浦大平板血管造影系统 Allura Xper FD20 血管机、西门子乳腺全容积彩超、医科达 10MV、6MV 直线加速器、经济型 PET-CT、日立 DPP 模块式全自动生化分析仪、罗氏前处理系统及希森美康血液流水线等现代化医疗设备。

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，为促更好的满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，进一步提升区域医疗技术水平，改善病人医疗诊治条件，为疾病诊断、寻找病灶部位、治

续表 1 项目基本情况

疗相关疾病提供科学依据和手段,株洲市中心医院拟投资 10000 万元在株洲市中心医院本部住院楼地下一层及住院楼六楼进行核技术利用扩建项目,新增使用 1 台 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统(最大能量为 6MV),1 台头部多源伽玛射束立体定向放射治疗系统(内含 25 枚钴-60,单枚放射源活度约为 $9.62 \times 10^{12} \text{Bq}$,属 II 类放射源,总装源活度为 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$,聚合后属于 I 类源),1 台立体定向伽玛射线体部治疗系统(内含 25 枚钴-60,单枚放射源活度约为 $9.62 \times 10^{12} \text{Bq}$,属 II 类放射源,总装源活度为 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$,聚合后属于 I 类源),1 台医用血管造影 X 射线系统(DSA)。

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》(生态环境部部令第 1 号),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,株洲市中心医院委托重庆宏伟环保工程有限公司对拟配置的各射线装置、含放射源装置使用过程中产生的电离辐射进行环境影响评价。评价单位在现场踏勘、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。

根据资料收集和现场踏勘实际情况,目前住院楼地下一层拟建机房为耗材库房,未动工,住院楼六楼 DSA 机房为预留机房,装修已完成,设备未安装。

1.4 项目概况

- (1) 项目名称: 株洲市中心医院核技术利用扩建项目
- (2) 建设地点: 株洲市天元区长江南路 116 号株洲市中心医院住院楼
- (3) 建设性质: 扩建
- (4) 建设单位: 株洲市中心医院
- (5) 投资: 核技术总投资 10000 万元,其中环保投资 800 万元
- (6) 建设规模:

本环评包含 2 台 II 类射线装置,同时包含 1 台头部伽玛刀,1 台体部伽玛刀。分别为 1 台 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统(最大能量为 6MV,以下简称 TOMO 刀),1 台 DSA,1 台头部多源伽玛射束立体定向放射治疗系统(内含

续表 1 项目基本情况

25 枚钴-60，总装源活度为 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，单枚放射源活度约为 $9.62 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，属 II 类放射源），1 台立体定向伽玛射线体部治疗系统（内含 25 枚钴-60，总装源活度为 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，单枚放射源活度约为 $9.62 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，属 II 类放射源）。

基本设备及放射源使用情况详见表 1-1、表 1-2。

表 1-1 本项目射线装置情况一览表

序号	装置名称	型号	类别	数量 (台)	额定参数	拟安装位置	用途
1	TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统	HD 型	II 类	1	6MV	住院楼负一层放疗中心	放射治疗
2	医用血管造影 X 射线系统 (DSA)	Optima IGS320 /330	II 类	1	125kV; 1000mA	住院楼六楼心内科手术室	介入治疗

表 1-2 本项目放射源使用情况表

序号	设备名称	设备型号	放射源名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	放射源分类	使用科室
1	头部多源伽玛射束立体定向放射治疗系统（头部伽玛刀）	SRRS 型	^{60}CO	$2.405 \times 10^{14} /$ $9.62 \times 10^{12} \times 25$	II 类放射源（单枚活度） I 类放射源（总活度）	住院楼负一层放疗中心
2	立体定向伽玛射线体部治疗系统（体部伽玛刀）	GMBS 型	^{60}CO	$2.405 \times 10^{14} /$ $9.62 \times 10^{12} \times 25$	II 类放射源（单枚活度） I 类放射源（总活度）	住院楼负一层放疗中心

1.5 项目组成及主要环境问题

具体项目组成及主要环境问题见下表 1-3。

表 1-3 项目组成及主要环境问题

名称	建设内容及规模			可能产生的环境影响	
				施工期	运行期
主体工程	医用血管造影 X 射线系统 (DSA)	设备型号为 GE Optima IGS320/330，最大管电压为 125kV，最大管电流为	依托（拟建机	施工噪声、施工废水、建	X 射线、臭氧

续表 1 项目基本情况

		1000mA，属于Ⅱ类射线装置，机房建筑面积为56.44m ² ，最小单边长度为6.8m	房为原预留机房)	筑粉尘及建筑废渣	
	TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统（TOMO 刀）	设备型号为 HD 型，最大 X 射线能量为 6MV，属于Ⅱ类射线装置，机房建筑面积为 55.2m ² ，最小单边长度为 6.9m	新建（拟建机房现为库房，全部拆除重建）		
	头部多源伽玛射束立体定向放射治疗系统（头部伽玛刀）	设备型号为 SRRS 型，总装源活度为 2.405×10 ¹⁴ Bq，单枚放射源活度约为 9.62×10 ¹² Bq，内装 25 枚钴-60 放射源，属Ⅱ类放射源，机房建筑面积为 47.56m ² ，最小单边长度为 5.8m			γ 射线、退役放射源、臭氧
	立体定向伽玛射线体部治疗系统（体部伽玛刀）	设备型号为 GMBS 型，总装源活度为 2.405×10 ¹⁴ Bq，单枚放射源活度约为 9.62×10 ¹² Bq，内装 25 枚钴-60 放射源，属Ⅱ类放射源，机房建筑面积为 38.28m ² ，最小单边长度为 5.8m			γ 射线、退役放射源、臭氧
辅助工程	TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统控制室、头部多源伽玛射束立体定向放射治疗系统、立体定向伽玛射线体部治疗系统联合控制室以及 DSA 机房公共控制室，相应的设备机房、服务机房等辅助机房				废水、固废、噪声
公用工程	上述涉源机房内均新建通风系统，供配电系统以及通讯系统			噪声	
环保工程	本项目放射检查区域全部为现浇混凝土浇筑，DSA 机房原为 370mm 实心砖（顶棚地面均为 150mm 以上砣），产生废气（少量臭氧及氮氧化物）均在机房内新建通风系统，保证室内通风要求；废水处理依托医院现有污水处理系统；医疗固废依托现有收集系统进行处置			废水、固废	
办公及生活设施	依托医院现有办公及生活设施			废水、固废	

1.6 劳动定员

医院目前配备辐射工作人员 189 名。本次扩建项目 DSA 介入手术室拟从心内科调配介入医护人员 3 人，均为现有辐射工作人员；放疗中心 TOMO 刀机房、头部伽玛刀机房及体部伽玛刀机房拟新增至少 6 人，其中头部伽玛刀和体部伽玛

续表 1 项目基本情况

刀放射工作人员存在交叉使用的情况。医院现有辐射工作人员大部分已进行了辐射防护培训、个人剂量计检测以及健康体检，培训情况、体检情况及个人剂量计监测情况见附件六，医院拟计划安排未参加或需要进行复训的辐射工作人员辐射安全与防护培训、未进行职业健康的体检放射工作人员进行职业健康体检及新增放射工作人员的个人剂量计的配置。

1.7 保护目标和评价因子

1.7.1 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对象为上述涉源机房墙体为边界 50m 区域从事放射诊断及放射治疗的放射工作人员及机房周围活动的公众成员。

1.7.2 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、臭氧及氮氧化物。本项目评价因子主要为 X 射线、 γ 射线。

1.8 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

医院现有 4 台 II 类射线装置，32 台 III 类射线装置；1 处乙级非密封性放射性工作场所，使用药物为 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F ；1 处丙级非密封性放射性工作场所，使用药物为 ^{125}I 粒籽源，日等效最大操作量分别为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ 、 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ 、 $8.0 \times 10^7 \text{Bq}$ 、 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，1 处丙级非密封性放射性工作场所，使用药物为 ^{125}I 放免药盒，每日最大操作量为 $1.85 \times 10^6 \text{Bq}$ ；1 台后装机（使用放射源为 ^{192}Ir ，为 III 类放射源，出厂活度为 $3.75 \times 10^{11} \text{Bq}$ ）。湖南省环境保护厅于 2018 年 5 月 18 日核发放了辐射安全许可证：湘环辐证[02484]（有效期至 2023 年 5 月 17 日），允许种类和范围为：使用 III、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、丙级非密封性放射性工作场所。医院涉源场所情况见下表 1-4，1-5，1-6。

表 1-4 医院现有射线装置情况

序号	射线装置	型号	类别	位置	许可情况
1	高能直线加速器	Presice	II 类	放疗中心负二楼	已许可

续表 1 项目基本情况

2	低能直线加速器	Presice	II 类	放疗中心负一楼	已许可
3	DSA 血管造影机	Allura xper	II 类	医技大楼一楼	已许可
4	血管造影 X 线系统	Arise zee	II 类	住院大楼六楼	已许可
5	多功能数字胃肠机	R-30H	III 类	门诊大楼一楼	已许可
6	16 排 CT	Brightspeed	III 类	门诊大楼一楼	已许可
7	X 线造影系统 (DR)	YISO	III 类	医技大楼一楼	已许可
8	通用数字化 X 摄影系统 (DR)	Axiom Aristos VX Plus	III 类	医技大楼一楼	已许可
9	X 射线摄影系统 (DR)	FlexscanS1501-B	III 类	医技大楼一楼	已许可
10	全景曲面牙科机	Dental X-ray Imaging System	III 类	医技大楼一楼	已许可
11	牙片机	MSD-III	III 类	医技大楼一楼	已许可
12	数字胃肠机	AXIOM I CONOS R200	III 类	医技大楼一楼	已许可
13	X 射线透视摄影系统 (DR)	GMM OPERAT90CE	III 类	医技大楼一楼	已许可
14	64 排螺旋 CT	Brilliance	III 类	医技大楼一楼	已许可
15	X 射线计算机体层摄影设备 (128 排 CT)	SOMATOM Definition Flash	III 类	医技大楼一楼	已许可
16	X 射线计算机体层摄影设备 (20 层配置, 大孔径)	SOMATOM Definition As	III 类	放疗中心负一楼	已许可
17	X 射线模拟定位机	SL-ID	III 类	放疗中心负一楼	已许可
18	立式 DR 数字拍片机	RADSPEED	III 类	体检中心一楼	已许可
19	体外冲击波碎石机	HKESWL-V	III 类	门诊大楼三楼	已许可
20	移动式 C 臂 X 射线机	Ziehmimaging	III 类	医技大楼四楼	已许可
21	移动式 C 臂 X 射线机	Ziehmimaging	III 类	医技大楼四楼	已许可
22	数字化摄影系统 (DR)	Deray 1000	III 类	田心院区 医技楼一楼	已许可
23	数字化多功能透视/摄片系统 (数字胃肠机)	R-30H	III 类	田心院区 医技楼一楼	已许可
24	牙片机	ZLY-G	III 类	田心院区 医技楼一楼	已许可

续表 1 项目基本情况

25	16 排螺旋 CT	Emotion16	III 类	田心院区 医技楼一楼	已许可
26	数字化摄影系统 (DR)	RTM101HS	III 类	田心院区 医技楼一楼	已许可
27	移动式 X 光机	SM-50HF-B-D-C	III 类	田心院区 医技楼一楼	已许可
28	移动式 X 光机	E5804SD-P4	III 类	田心院区 住院楼五楼	已许可
29	移动 X 光机	SM-50HF-B-D-C	III 类	医技大楼一楼	已许可
30	双能 X 骨密度测量仪	XR-800	III 类	体检中心一楼	已许可
31	PET-CT 计算机断层仪	infinia hawkeye 4	III 类	放疗中心负一 楼	已许可
32	PET-CT	infinia	III 类	放疗中心负一 楼	已许可
33	数字乳腺 X 射线摄影系 统	Selenia Dimensions	III 类	医技楼一楼放 射科	已许可
34	Kavo 3Dexami 型口腔 CT	Kavo 3Dexami	III 类	口腔科	已许可
35	X 射线计算机体层摄影 设备	SOMATOM Definition Flash	III 类	医技大楼一楼	已许可
36	全景、头颅和 X 射线数 字化体层摄影设备	NewTom Giano	III 类	田心院区医学 影像科	已许可

表 1-5 医院现有放射性同位素使用情况

序号	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	使用场所	场所等级	许可情况
1	^{131}I	3.70E+8	核医学科	乙级非密封放 射性工作场所	已许可
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.85E+8			
3	^{18}F	8.0E+7			
4	^{125}I	7.4E+6	核医学科	丙级非密封放 射性工作场所	已许可
4	^{125}I	1.85E+6 (日最大操 作量)	放免实验室	丙级非密封放 射性工作场所	已许可

表 1-6 医院放射源使用情况

序号	核素 名称	出厂活度 (Bq)	类别	工作场所	许可 情况
1	^{192}Ir	3.75E+11	III 类	后装机机房	已许可

续表 1 项目基本情况

截至目前为止，医院各射线装置、非密封放射性工作场所及放射源治疗系统运行情况良好，无辐射安全事故发生。医院严格遵守《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》等相关辐射防护法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好；医院已经按照要求委托相关相关单位进行了 2017 年年度评估检测工作，根据检测结果可知以上涉源（放射性核素和射线装置）实践活动场所均采取了切实有效的辐射防护措施，机房等辐射防护效能良好，未发现突出的环境问题；同时医院现有核技术利用涉源场所均已按照要求办理了辐射安全许可证。

医院的其他辐射防护情况如下：

1、医院已制定各设备操作规章制度，辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度以及辐射事故应急预案等，并严格按照规章制度执行。

2、为加强对辐射安全和防护管理工作，医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理。

3、医院从事辐射工作人员定期参加了环保部门组织的上岗培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，提高守法和自我防护意识。辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。医院部分放射人员辐射安全与防护知识培训已过期，需要复训，医院拟计划尽快安排相关工作事宜。

4、医院放射性场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯，配备了铅衣、铅围裙等个人防护用品。

综上所述，医院现有辐射防护措施能够满足当前进行的核技术利用项目辐射防护要求，医院各射线装置、非密封放射性工作场所及放射源治疗系统运行情况良好，无投诉行为，无辐射安全事故发生。

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	钴-60	$2.405 \times 10^{14} / 9.62 \times 10^{12} \times 25$	I 类	使用	肿瘤治疗	住院楼一楼 放疗中心	存放在住院楼负一 楼放疗中心头部伽 玛刀机房内	新增
2	钴-60	$2.405 \times 10^{14} / 9.62 \times 10^{12} \times 25$	I 类	使用	肿瘤治疗	住院楼一楼 放疗中心	存放在住院楼负一 楼放疗中心体部伽 玛刀机房内	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	使用场地	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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	加速粒籽	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	TOMO 螺旋断层与 径照放射治疗系统	II 类	1 台	HD 型	电子	6	850cGy/min	放射治疗	住院楼负一层放疗中心	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	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 射线系统(DSA)	II 类	1 台	Optima IGS320/330	125	1000	医疗诊断/ 介入治疗	住院楼六楼心内科手 术室	新增
合计			1 台	/	/	/	/	/	/

(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	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活度	月排放量	年排放 总量	排放口 浓度	暂存 情况	最终去向
钴-60 退 役放射源	固态	钴-60	/	/	/	/	/	由生产厂 家回收
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 日执行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》2016 年 7 月 2 日修订，2016 年 9 月 1 日执行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月； (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 日执行； (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）； (6) 《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），2017 年 9 月 1 日； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》国家环境保护部令第 3 号，2018 年 04 月 28 日； (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》国家发展和改革委员会令第 9 号，2013 年修订； (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； <u>(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；</u> <u>(12) 《关于发布放射源编码规则的通知》（环发[2004]118 号）；</u> <u>(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）。</u>
------	---

续表 6 评价依据

技术标准	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) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)； (3) 《医用 X 射线诊断受检者放射卫生防护标准》(GBZ16348-2010)； (4) 《X、γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)； (5) 《放射治疗机房的辐屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)； (6) 《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)； (7) 《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/T 201.3-2014)； (8) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)； (9) 《放射工作人员职业健康监护技术规范》(GBZ235—2011)； (10) 《放射工作人员健康要求》(GBZ98-2017)； (11) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016)； (12) 《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003)； (13) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)； (14) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)； (15) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分化学有害因素》(GBZ2.1-2007)。
-------------	---

其他	6.4 其他 （1）本项目电离辐射检测报告：鹏辐（检）[2018]072 号（附件三）； （2）辐射环境影响评价委托函（附件一）； （3）《辐射防护》第 11 卷 第 2 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。
----	--

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目辐射源为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）的相关规定，并结合项目辐射装置射线传播与距离相关的特性，确定以涉源装置机房实体边界为中心半径 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 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 射线及臭氧、氮氧化物。本项目评价因子主要为 X 射线、 γ 射线。

7.3 环境保护目标

7.3.1 环境保护敏感点

（1）医院周围环境概况

株洲市中心医院位于株洲市天元区长江南路 116 号，医院东侧为滨江南路，隔路为湘江，南侧为中泰财富湘江商住楼，西侧为长江南路，隔路为商住楼，北侧为黄山路，隔路为科艺花园住宅区。

（2）本项目选址及周围外环境敏感点

本项目设备均位于住院楼，住院楼为地上十六层，地下一层建筑，位于医院场地东侧，东面为院区道路及绿化带，南面隔院区道路约 40m 处为老干楼（颐康楼），西面约 23m 处为医技楼，北面为院区道路及停车场。

医院现场照片见附图一，项目所在地理位置见附图二，株洲市中心医院总平面布置图见附图三，项目周边关系见附图四，住院楼六楼平面布置图见附图五，DSA 机房平面布置图见附图六，放疗中心平面布置图见附图七，TOMO 刀、头部伽玛刀及体部伽玛刀机房平面布置图见附图八，TOMO 刀、头部伽玛刀及体部伽玛刀机房剖面图见附图九。

（3）本项目机房选址概况

本次核技术利用扩建项目选址位于住院楼六楼心内科介入手术室、住院楼负一楼放疗中心。

上述涉源装置工作场所 50m 范围内环境敏感点情况一览表见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 本项目工作场所周围环境敏感点一览表							
机房名称	机房位置	方位		环境敏感点名称	环境保护人群	影响人数	备注
TOMO 螺旋断层与径照射治疗系统机房	住院楼负一层放疗中心	东	紧邻	医护通道、避难走廊	公众成员	约 2 人	电 离 辐 射
		南	紧邻	控制室等辅助机房、病人通廊	放射工作人员 公众成员	约 15 人	
		西	紧邻	头部伽玛刀机房、体部伽玛刀机房、病人通廊、进风机房	放射工作人员 公众成员	约 5 人	
		北	紧邻	医护通廊、直加机房	放射工作人员 公众成员	约 20 人	
		楼上		空地	公众成员	约 2 人	
		楼下		夯实土层	—	—	
头部多源伽玛射束立体定向放射治疗系统机房	住院楼负一层放疗中心	东	紧邻	体部伽玛刀机房、TOMO 刀机房、医护通廊	放射工作人员 公众成员	约 5 人	
		南	紧邻	控制室等辅助机房、病人通廊	放射工作人员 公众成员	约 15 人	
		西	紧邻	病人通廊、进风机房、中药库房等	公众成员	约 5 人	
		北	紧邻	医护通廊、直加机房	放射工作人员 公众成员	约 20 人	
		楼上		空地	公众成员	约 2 人	
		楼下		夯实土层	—	—	
立体定向伽玛射线体部治疗系统机房	住院楼负一层放疗中心	东	紧邻	TOMO 刀机房、医护通廊	放射工作人员 公众成员	约 2 人	
		南	紧邻	设备间等辅助机房、病人通廊	放射工作人员 公众成员	约 15 人	
		西	紧邻	头部伽玛刀机房、病人通廊、进风机房	放射工作人员 公众成员	约 5 人	
		北	紧邻	医护通廊、直加机房	放射工作人员 公众成员	约 20 人	
		楼上		空地	公众成员	约 2 人	
		楼下		夯实土层	—	—	
DSA 机房	住院楼六楼心内科手术室	东	紧邻	设备间	公众成员	约 2 人	
		南	紧邻	防护墙体	—	—	
		西	紧邻	公共控制室、介入手术室、病房	放射工作人员 公众成员	约 5 人	
		北	紧邻	走廊、病房	放射工作人员 公众成员	约 20 人	
		楼上		病房	公众成员	约 2 人	
		楼下		病房	公众成员	约 20 人	

续表 7 保护目标与评价标准

7.4 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照射水平进行控制,使之不超过下述限值: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 作为职业照射剂量限值。

结合拟使用的医用辐射装置实际情况,确定本项目医用血管造影 X 射线系统(DSA)介入操作辐射工作人员年剂量目标管理限值为职业照射的十分之二,即 4mSv/a,其他辐射工作人员(TOMO 刀、头部伽玛刀和体部伽玛刀)的年剂量目标管理限值取职业照射的十分之一,即 2mSv/a。

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剂量目标管理限值取公众照射的十分之一,即 0.1mSv/a 作为所有射线装置周边公众成员年剂量目标管理限值。

(2) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)

本标准适用于医用诊断放射学、牙科放射学和介入放射学实践。

第 3.2 款 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症,优先选用非 X 射线的检查方法。加强对育龄妇女、孕妇和婴幼儿 X 射线检查正当性判断;严格控制使用剂量较大、风险较高的放射技术,除非有明确的疾病风险指征,否则不宜使用 CT 进行健康体检。对不符合正当性原则的,不应进行 X 射线检查。

第 5.1 款 X 射线设备机房(照射室)应充分考虑邻室(含楼上和楼下)及周

续表 7 保护目标与评价标准

围场所的人员防护于安全。

第 5.2 款 每台 X 射线机(不含移动式和携带式床旁摄影机与车载 X 射线机)应设有单独的机房, 机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房, 其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-2 的要求。

表 7-2 X 射线设备机房(照射室)使用面积及单边长度(参考)

设备类型	机房内最小有效使用面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)
CT 机	30	4.5

第 5.3 款 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求:

- a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-3 要求。
- b) 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 D。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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
介入 X 射线设备机房	2	2

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置, 机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房(不含顶层)顶棚、地板(不含下方无建筑物的)应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

第 5.4 款在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处, 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求:

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时, 周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h; 测量时, X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h; 其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv; 测量时, 测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

第 5.5 款 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患者和受检者状态。

第 5.6 款, 机房内布局要合理, 应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置; 不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物; 机房应设置动力排风装置, 并保持良好

续表 7 保护目标与评价标准

的通风。

第 5.7 款, 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯, 灯箱处应设警示语句; 机房门应有闭门装置, 且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

第 5.8 款, 患者和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。

第 5.9 款 每台 X 射线设备根据工作内容, 现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、患者和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防护衣; 防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.25mmPb; 应为不同年龄儿童的不同检查, 配备有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低于 0.5mmPb。

(3) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126—2011) (TOMO 刀机房参考标准)

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。

第 6.1.3 款 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 μ Sv/h。

第 6.1.4 款 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

第 6.1.5 款 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。

第 6.1.6 款 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

第 6.1.7 款 治疗室应有足够的使用面积。新建治疗室不应小于 45m²。

第 6.1.8 款 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。

第 6.1.9 款 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。

第 6.1.10 款 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

第 8.1.4 款 在加速器正常运行情况下, 安全联锁系统每月检查 1 次。

第 8.1.5 款 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。

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

续表 7 保护目标与评价标准

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。

第4.2款 剂量控制要求

第4.2.1款 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: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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 TOMO 刀机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率限值。

(5) 《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)

4 一般要求

4.1 治疗单位应具有能满足开展 γ -刀或X-刀治疗所需要的合格的放射治疗医师、放射物理人员、设备维修工程师和其他技术人员;上述人员除具有规定的学历外,还应经过相应的专业培训与放射防护知识培训并取得相应资质。

4.2 治疗单位应具有质量合格的 γ -刀或X-刀治疗设备及相关设备,合格的机房和辐射剂量监测仪表。

4.3 治疗单位应保证其放射卫生防护管理、工作人员和公众的剂量控制分别

续表 7 保护目标与评价标准

符合 GB18871—2002 的相应要求。

4.4 安装 X 刀的医用电子加速器的性能和防护条件应符合 GB15213—94 和 GBZ126—2002（已更新至 GBZ126-2011）的要求

4.5 治疗单位应制定与其治疗项目相适应的质量保证方案并保证其正确实施，为每位患者精确制定治疗计划并对其实施精确定位、精确治疗。治疗单位应制定 γ -刀与 X-刀治疗的防护安全应急预案。该应急预案应明确规定紧急情况下工作人员必须采取的处置程序和措施。

5 设防护性能要求

5.1 新安装的 γ -刀或 X-刀治疗设备在投入使用前，应由具备检测资质的技术机构对其剂量学参数和防护安全等性能进行验收检测，确认合格后方可启用。验收检测的项目及技术要求应符合出厂标准并应不低于本标准表 1、表 2 的要求。

5.2 使用中的 γ -刀和 X-刀治疗设备及其配套的影像设备应定期维修，设备大修或更换重要部件后应由具备检测资质的技术机构对其剂量学参数和防护安全等性能进行检测，确认符合本标准后方可启用。

5.3 使用 CT 定位时，CT 机应能进行不大于 2mm 层厚的断层扫描；每次对患者进行定位前应对 CT 机进行空气校准。

5.4 使用中的 γ -刀或 X-刀治疗设备应按照本标准第 8.1 和 8.2 等相应条款要求分别进行稳定性检测和状态检测，其剂量学参数和防护安全等性能应符合本标准表 1、表 2 中的要求。

5.5 治疗单位应保证 γ -刀和 X-刀治疗设备的正常运行，禁止在设备工作状况不稳定的情况下进行治疗。

6 对机房的防护要求

6.1 γ -刀和 X-刀治疗室应独立建筑或设置在建筑物底层的一端，面积应不小于 30m²，层高应不低于 3.5m。

6.2 治疗室建筑应有满足防护要求的屏蔽厚度，保证在距治疗室墙体外 30cm 可达界面处停留的医务人员（不含放射工作人员）或其他公众成员所受到的平均年有效剂量不超过 1mSv，该处因透射产生的空气比释动能率一般不应大于 2.5 μ Sv/h。必要时治疗室入口采用迷路形式。

续表 7 保护目标与评价标准

6.3 控制室操作台的防护门至少应有两种以上安全联锁装置。治疗室内应安装能紧急终止照射的应急开关。入口处应设置显示治疗源工作状态的讯号灯。

6.4 控制室与治疗室应设有观察患者状态的影像监控装置和与患者交谈的对讲装置。

6.5 γ -刀治疗室应配置固定式剂量监测报警装置。

6.6 治疗室内应有良好的通风，机械通风换气次数一般为每小时 3~4 次。

(6) 《医用 γ 射束远距离治疗防护与安全标准》(GBZ/T161-2004)

5 γ 远距治疗设备的技术要求

5.1 γ 远距治疗设备的技术性能要求

5.1.1 γ 远距治疗设备内的钴-60 放射源，应符合 GB4076 的要求。放射源的活度应不少于 37TBq。

5.1.2 γ 远距治疗设备，用于治疗的源皮距不得小于 600mm，源皮距指示器指示的源皮距位置与实际位置的偏差不得大于 3mm。

5.1.3 有用射束在模体校准深度处吸收剂量的相对偏差不大于 $\pm 3\%$ 。

5.1.4 辐射野内有用射束非对称性不大于 $\pm 3\%$ 。

5.1.5 γ 射束远距治疗机计时器在一定时间间隔内控制给出的输出剂量与在相同时间间隔内剂量仪测出的剂量之间的相对偏差不大于 $\pm 2\%$ 。

5.1.6 有用射束轴，在不同准直器位置时，束轴在与其垂直的参考平面上的投影点的变化范围不大于 2mm。

5.1.7 经修整的半影区宽度不得超过 10mm。

5.1.8 灯光野边界线与照射野边界线之间的重合度每边不大于 2mm。

5.1.9 辐射野的均整度，在辐射野边长 80% 的范围内，最大、最小剂量相对于中心轴剂量的百分偏差不大于 $\pm 3\%$ 。

5.1.10 机械等中心在与束轴垂直的参考平面上的投影的轨迹的最大径不大于 2mm。

5.2 γ 远距治疗设备的放射防护性能要求

5.2.1 放射源置于贮存位置时，放射源防护屏蔽周围杂散辐射空气比释动能率的限值为：距放射源防护屏蔽表面 5cm 的任何可接近位置不大于 0.2mGy/h；距放

续表 7 保护目标与评价标准

射源 1m 的任何位置上, 不大于 0.02mGy/h。

5.2.2 在正常治疗距离处, 对任何尺寸的照射野, 透过准直器的泄露辐射的空气比释动能率都不得超过在相同距离处, 照射野为 10cm×10cm 的辐射束轴上最大空气比释动能率的 2%。

5.2.3 最大有用射束外泄漏辐射的限值为

5.2.3.1 在正常治疗距离处, 以辐射束轴为中心并垂直辐射束轴、半径为 2m 圆平面中的最大辐射束以外的区域内, 最大泄漏辐射的空气比释动能率不得超过辐射束轴与 10cm×10cm 照射野平面交点处的最大空气比释动能率的 0.2%; 平均泄漏辐射的空气比释动能率不得超过最大空气比释动能率的 0.1%。

5.2.3.2 距放射源 1m 处, 最大有用射束外泄辐射的空气比释动能率不得超过辐射束轴上距放射源 1m 处最大空气比释动能率的 0.5%。

5.2.4 载源器的表面由于放射源泄露物质所造成的辐射污染水平低于 4Bq/cm²。

5.3 γ 远距治疗设备的辐射安全性性能要求

5.3.1 辐辐射头外表面上必须清晰地、永久性地标有按《辐射防护规定》(GB 8703-88) 中规定的辐射安全标志。

5.3.2 γ 远距治疗设备的载源器或快门关、出束状态转换、治疗控制台的显示装置与控制装置、治疗床的负荷以及电气与机械等的安全性能应符合《医用电气设备第 2 部分 γ 射束治疗设备安全专用要求》(GB9706.17-1999) 的相应要求。

6 γ 远距治疗室建筑与防护设施的要求

6.1 治疗室的建筑与布局

6.1.1 治疗室的设置为保证周围环境的辐射安全, 应单独建造, 当条件有限时可建筑在多层建筑物底层的一端。治疗室的面积须不少于 30m², 层高不低于 3.5 m。

6.1.2 治疗室须与控制室、检查室、候诊室等辅助设施合理布局、相互分开。

6.1.3 治疗室的墙壁及顶棚必须有足够的屏蔽厚度, 使距墙体外表面 30cm 的可达界面处, 由穿透辐射所产生的平均剂量当量率低于 $2.5 \times 10^3 \text{mSvh}$ 。屏蔽厚度计算方法可参见《 γ 远距治疗室设计防护标准》(GBZ/T 152-2002)。

6.2 治疗室的安全防护设施

续表 7 保护目标与评价标准

6.2.1 治疗室的入口应采用迷路形式。有用射束不得朝向迷路。迷路口应安装具有良好屏蔽效果的电动防护门。治疗室建筑物外应设有放射危险标志。 注：根据《X、γ射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ 168-2005），γ-刀机房必要时治疗室入口采用迷路形式，而《医用γ射束远距离治疗防护与安全标准》（GBZ/T161-2004）要求治疗室的入口应采用迷路形式。经与建设单位、施工单位、设计单位及设备厂家协商，根据本项目选址场地的实际情况，本项目头部伽玛刀机房未设计迷道，体部伽玛刀设计了迷道。 6.2.2 防护门应与放射源联锁，联锁设施原则上不少于两种。门口应安装有指示治疗放射源工作状态的讯号灯，且以黄色或橙色信号指示出束治疗状态，绿色信号指示非出束状态，红色信号指示紧急终止非预期运行状态。 6.2.3 治疗室的入口处及治疗室内靠治疗机较近的适当位置应安装有能紧急停止放射源照射的应急开关。 6.2.4 治疗控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态的监视装置和与患者进行信息联络的对讲装置。 6.3 治疗室的通风 治疗室应有良好的通风。通风照明良好的治疗室不设窗。单独建筑的治疗室，当其远离（不小于 30m）一般性建筑物时，可在屋顶或非有用射束投照方向的墙壁高处设窗，其面积不宜大于 1m²。通风方式以机械通风为主。通风换气次数一般每小时 3—4 次。 （7）《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/T 201.3-2014） 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$H_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$：
--

续表 7 保护目标与评价标准

1) 放射治疗机房外控制区的工作人员: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$; 2) 放射治疗机房外非控制区的人员: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$。 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 $H_{c,\max}(\mu\text{Sv}/\text{h})$: 1) 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所: $H_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$; 2) 人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所: $H_{c,\max} \leq 10 \mu\text{Sv}/\text{h}$。 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 $H_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$。 注: 本环评选取 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为伽玛刀机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率限值。 (8) 《放射工作人员的健康要求》(GBZ121-2017) 1、范围 本标准规定了放射工作人员的基本健康要求和从事放射工作的指征。 本标准适用于所有从事内、外照射的放射工作人员。 4、放射工作人员身心健康的基本原则 放射工作人员应具备在正常、异常或紧急情况下, 都能准确无误地履行其职责的健康条件。 5、放射工作人员的健康要求 5.1 人体外形正常, 不影响正常操作。 5.2 正常的精神状态和稳定的情绪, 以及正常的语言表达和书写能力, 正常的神经系统功能。 5.3 内科、外科和皮肤科检查正常, 不影响正常操作。 5.4 正常的听觉功能。 5.5 正常的视力、矫正视力不应低于 5.0, 无红绿色盲。 5.6 正常的造血功能, 血细胞分析(静脉血仪器检测)各项指标均在参考区间内(见下表)。				
表 7-4 放射工作人员血细胞分析参考区间				
性别	血红蛋白 g/L	红细胞数 $10^{12}/\text{L}$	白细胞总数 $10^9/\text{L}$	血小板数 $10^9/\text{L}$

续表 7 保护目标与评价标准

男	120~175	4.0~5.8	4.0~9.5	100~350
女	110~150	3.5~5.1	4.0~9.5	100~350
高原地区应参考当地参考区间				
5.7 甲状腺功能正常。				
5.8 外周血淋巴细胞染色体畸变率和微核率在本实验室正常参考值范围。				
6 不应从事放射工作的指征				
6.1 严重的视觉和（或）听力障碍，例如：伴有明显视力障碍的眼晶体混浊或高度近视、色盲、立体感消失、耳聋等。				
6.2 严重和反复发作的疾病，使之丧失部分工作能力，例如：严重造血器官疾病、失代偿功能的慢性肺部疾患、未能控制的糖尿病、未能控制的癫痫和暴露部位的严重皮肤疾病等。				
7 放射工作的适任性评价				
7.1 放射工作的适任性评价中授权的医疗机构具有资质的执业医师提出，可按 GBZ235 执行。				
7.2 放射工作的适任性判断分为：				
(a) 可以从事放射工作；				
(b) 可继续原放射工作；				
(c) 暂时脱离放射工作；				
(d) 在一定限制条件下可从事放射工作，例如：不可从事需采取呼吸防护措施的放射工作，不可从事涉及非密封源操作的放射工作；				
(e) 不宜从事放射工作而调整做其他非放射工作。				
(6) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）				
20 退役和环境整治				
20.2.5 应通过选用合适的去污和拆除技术，采用适当的污染控制（如放射性物质和气溶胶的包容）方法、废物分类、废物处理和处置以及行政管理和内部监督检查措施，防止放射性污染扩散、减少废物产生量和降低其放射性水平、见啥向环境的排放、减少对工作人员及公众的危害和减少对环境的影响。				
20.2.7 退役废物管理应作为退役工程的组成部分给予规划和实施，放射性废物				

续表 7 保护目标与评价标准

不应在已退役的场址长期贮存，应及时进行处理、整備和处置。

20.2.8 退役中应重视工业安全和非放有害物质的危害，使之符合国家有关法规、标准的规定。

最终退役报告经审管部门审查验收后，营运单位的责任方可终止，并对场地实施无限制或有限制的开放和使用。

根据上述标准，结合本项目拟使用医用辐射装置的实际情况，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 本项目剂量限值及污染物排放指标表

一、年剂量目标管理限值			
项目	年有效剂量目标管理限值（mSv/a）	执行对象	本评价年有效剂量目标管理限值（mSv/a）
辐射工作人员	20	辐射工作人员	DSA 介入医生：4； 其他射线装置辐射工作人员：2
公众人员	1	公众人员	0.1
二、机房防护体表面控制值			
TOMO 刀、头部伽玛刀、体部伽玛刀及 DSA 机房外辐射工作人员活动及公众人员活动场所		机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率≤2.5μSv/h	
三、机房面积要求			
设备名称	机房面积（m²）	机房内最小单边长度（m）	
TOMO 刀	≥45m²	/	
头部伽玛刀	≥30m²	3.5	
体部伽玛刀	≥30m²	3.5	
DSA	≥30m²（参考）	≥4.5m（参考）	
四、设备表面剂量要求			
头部伽玛刀设备及体部伽玛刀设备		距放射源防护屏蔽表面 5cm 的任何可接近位置不大于 0.2mGy/h；距放射源 1m 的任何位置上，不大于 0.02mGy/h	

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

受株洲市中心医院的委托，长沙市鹏悦环保工程有限公司于 2018 年 5 月 14 日对株洲市中心医院核技术利用扩建项目拟建地（E：113.137202063，N：27.815310506）进行了环境影响评价检测。

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

监测点位主要考虑机房建成后人员停留较多，和能到达的区域。主要有：机房内、机房控制室及辅助机房、机房四周过道及人员能够达到的位置、机房楼上以及楼下的相关区域等位置。

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，检测布点图见图 8-1，图 8-2，检测设备由湖南省电离辐射计量站进行了校准，校准证书见附件三。

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
X、 γ 剂量率仪	RM-2030	6605	hnjln2018008-12	2019.02.07

续表 8 环境质量现状

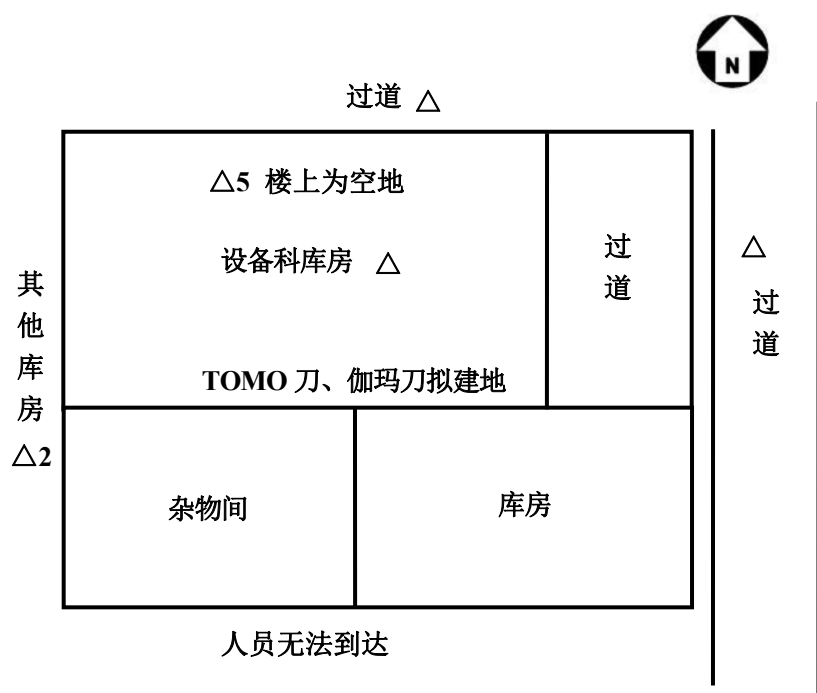
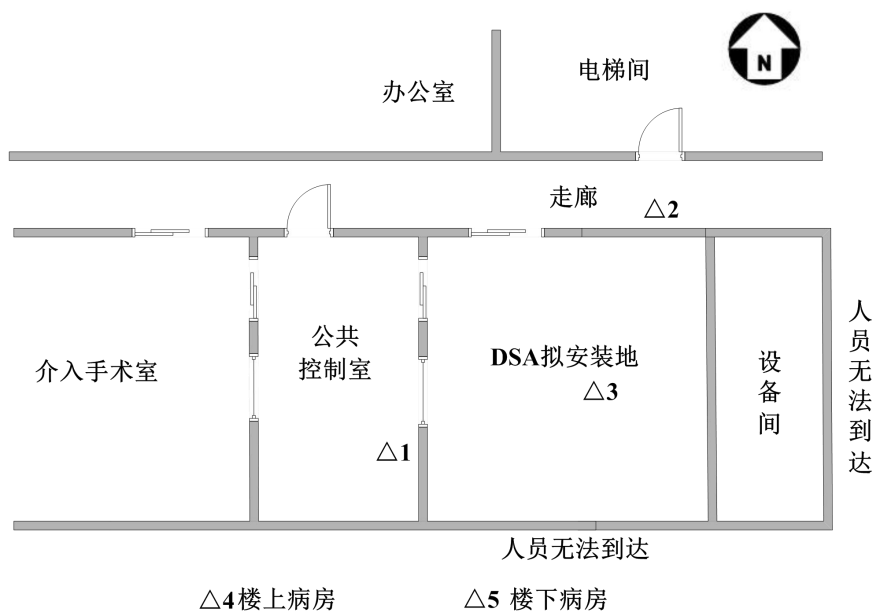


图 8-1 住院楼负一楼放疗中心 TOMO 刀、伽玛刀拟建地检测布点图



备注：△为检测点位。

图 8-2 住院楼六楼介入中心 DSA 拟安装地

续表 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（附件三）。

表 8-2 项目射线装置所在机房本底监测结果

序号	测量位置	地表γ辐射剂量率（nGy/h）					
		测量值					计算值
		1	2	3	4	5	
住院楼负一楼放疗中心TOMO刀、伽玛刀拟建地							
1	东侧过道	120	121	120	122	119	120±2
2	西侧库房	123	122	120	119	120	121±2
3	北侧过道	115	108	111	114	113	112±3
4	设备科库房（拟建地）	119	119	121	120	119	120±1
5	楼上空地	113	115	110	114	113	113±2
住院楼六楼介入中心 DSA 拟安装地							
1	西侧公共控制室	115	117	115	120	118	117±2
2	北侧走廊	114	120	121	117	119	118±3
3	DSA 拟安装地	119	120	121	115	116	118±2
4	楼上病房	119	119	119	118	120	119±1
5	楼下病房	120	119	121	117	119	119±1

项目拟建址的地表 γ 辐射剂量率在112~120nGy/h之间，与湖南省株洲市天然贯穿辐射剂量率—室内87.1~204.3nGy/h、室外64.1~181.7nGy/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。因此可知：本次监测区域内天然贯穿辐射水平处于株洲市天然贯穿辐射水平范围内，适合项目建设。

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

本项目主要在株洲市中心医院的住院楼六楼及负一楼进行施工。因此，本项目涉及土建工程施工期均在院内施工，影响较小，污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

噪声：主要来自于改造、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 运营期污染工序及污染物产生情况

1、TOMO 刀

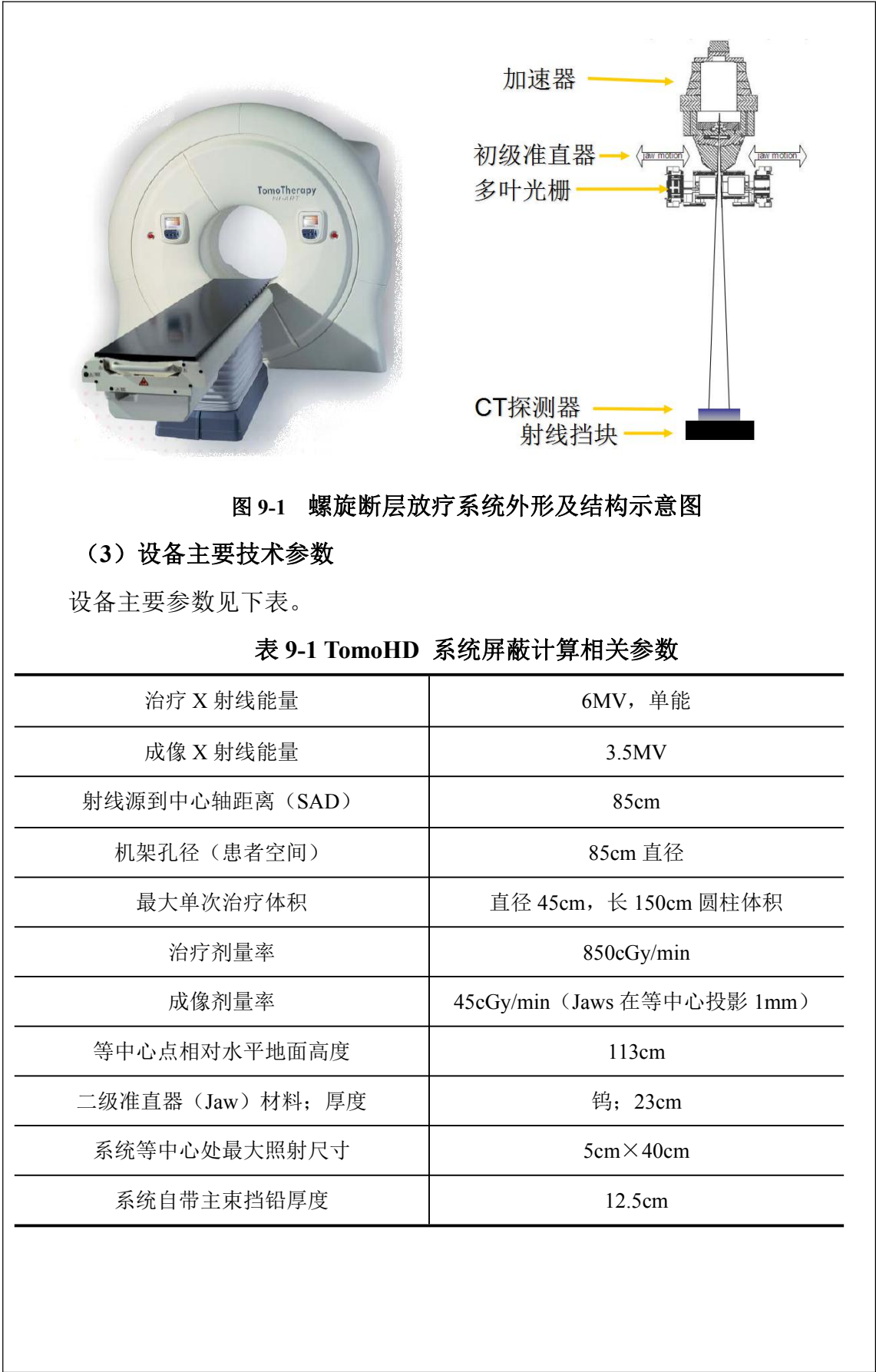
（1）工作原理

螺旋断层放疗系统是一种可以实现三维扇形束 CT 图像引导的调强放射治疗系统。它用一个 6 兆伏的驻波加速管替代 CT 球管，安装在滑环 CT 机架上，完美的融合了 CT 与直线加速器二者的功能。作为 CT，它使用 3.5 兆伏的扇形 X 线束进行螺旋扫描，产生的三维 CT 图像既可用于治疗前的图像引导摆位验证，也可以用于治疗后的实际照射剂量重建。作为直线加速器，它使用 6 兆伏窄束 X 射线，经多级准直器准直调制后，围绕患者进行 360 度旋转照射，照射的同时患者在检查床上匀速穿过治疗束，实现螺旋断层方式的调强放射治疗。

（2）系统组成

螺旋断层放疗系统主要包括扫描架及外壳、治疗床、激光定位系统、数据服务器以及驻波加速器管、初级准直器、多叶光栅、CT 探测器、射线挡块等组成。

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

(4) 治疗操作流程

1) 进行定位。先通过模拟定位机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) 病人摆位，开机治疗。

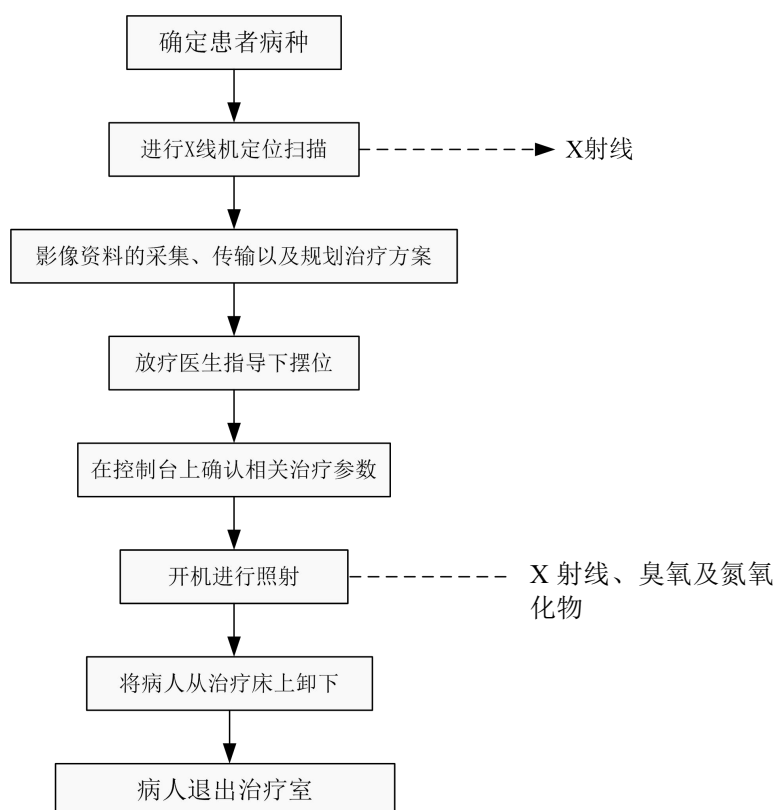


图 9-2 螺旋断层放疗系统治疗流程

(5) 工作负荷

本项目使用的螺旋断层放疗系统的有效开机时间每年工作按 50 周计，单台设备每周最多治疗 100 个患者，人均总出束时间 2.5min/人，最高总出束时间为 5min/人，则本项目螺旋断层放疗系统年有效开机时间约为 208.4h。

(6) 污染因子

由上述分析可知，本项目螺旋断层放疗系统治疗过程中主要污染物为 X 射

续表 9 项目工程分析与源项

线、少量臭氧和氮氧化物。

2、伽玛刀

(1) 工作原理

伽玛刀是一种融立体定向技术和放射外科技术为一体,以治疗体内肿瘤疾病为主的立体定向放射治疗设备,是利用 γ 射线立体定向聚焦原理,将经过剂量计算的大剂量 γ 射线,聚焦病灶预选靶点,一次性地损毁靶点内的病灶组织,达到类似于外科手术切除病灶的治疗效果,具有不开刀、不出血、痛苦小的特点。

本项目头部 γ 刀是将多个钴源安装在一个球型头盔内,使之聚焦于颅内的某一点,形成一窄束边缘锐利的 γ 射线,主要用于颅内小肿瘤和功能性疾病的治疗。头部 γ 刀安装有 25 枚钴源,纬度范围为 $8^{\circ}\sim 32^{\circ}$,从钴源辐射出的 γ 射线束,经源体的初准直器、开关体、准直体上的次准直器和终准直器准直后会聚于焦点,形成很强的辐射剂量场。其中,准直体上安置有四组共 125 个准直器,形成相当于 $\Phi 4$ 、 $\Phi 8$ 、 $\Phi 14$ 、 $\Phi 18$ 、 $\Phi 22$ 五种规格的准直器形成的焦点,以适合病灶形状大小不同的需要。由于聚焦在焦点处形成很高的剂量,使得头部 γ 刀在治疗病灶的同时,对周围健康组织的损害很小,形成类似手术刀切除病灶的效果。

本项目体部 γ 刀安装有 25 枚钴源分布在半球体球面的源体上,从钴源辐射出的 γ 射线束,经源体的初准直器、开关体次准直器和头盔的终准直器准直后会聚于焦点,形成很强的辐射剂量场。头盔上安置有五组共 75 个准直器,形成相当于 $\Phi 13$ 、 $\Phi 30$ 、 $\Phi 50$ 三种规格的准直器形成的焦点,以适合病灶形状大小不同的需要。根据治疗计划对某些病灶的要求,三维治疗床可作 20° 水平范围内摆动,而病灶相对于射线焦点始终重合,使得体部 γ 刀在治疗病灶的同时,对周围健康组织的损害很小,形成类似手术刀切除病灶的效果。

(2) 系统组成

玛西普 SRRS 型伽玛刀有四个组成部分:放射源、主机、立体定向附件、治疗计划系统;玛西普 GMBS 型伽玛刀有四个组成部分:放射源、主机(包括电气控制系统)、负压定位床及立体定向附件、治疗计划系统。

续表 9 项目工程分析与源项

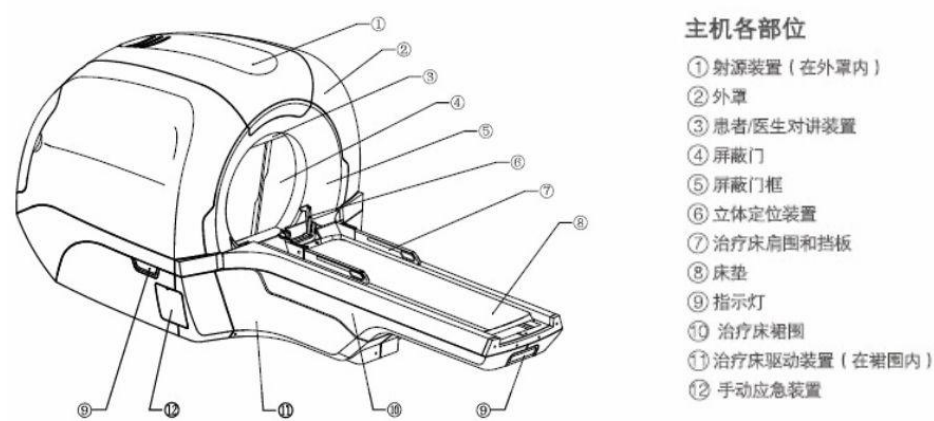


图 9-3 本项目头部伽玛刀主机结构示意图

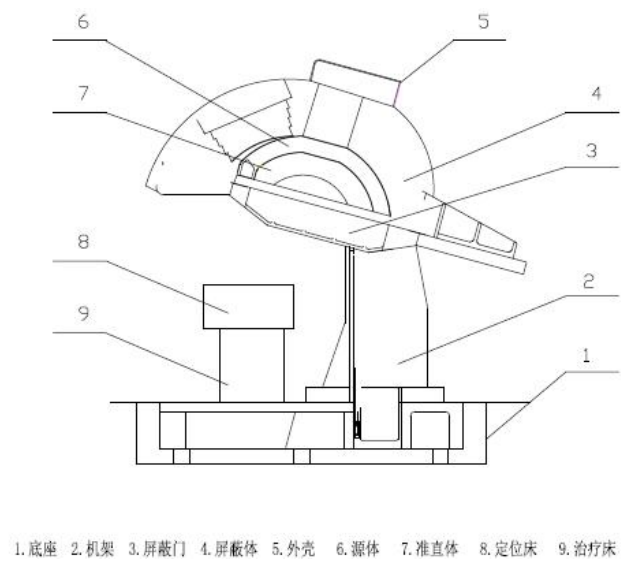


图 9-4 本项目体部伽玛刀主机结构示意图

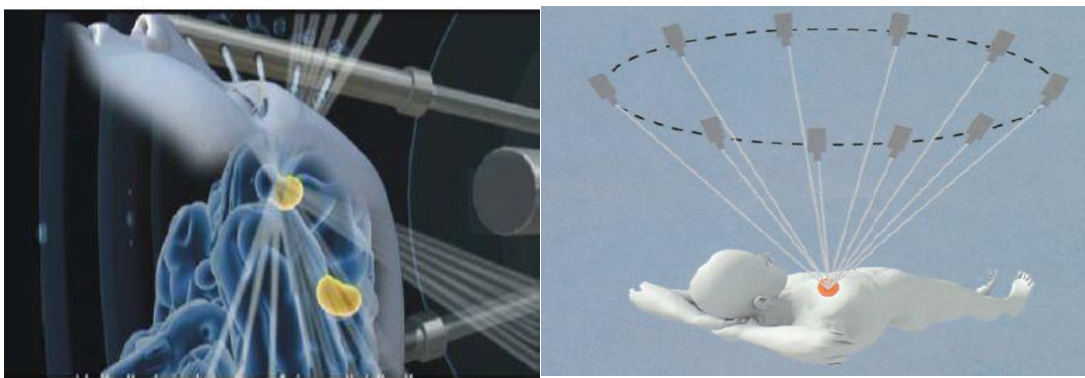


图 9-5 本项目头部伽玛刀、体部伽玛刀治疗示意图

(3) 设备主要技术参数

设备主要参数见下表。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-2 伽玛刀主要技术参数一览表		
名称 指标	玛西普 SRRS 型伽玛刀	玛西普 GMBS 型伽玛刀
初装源时 ^{60}Co 总活度 (Bq)	2.405×10^{14}	2.405×10^{14}
^{60}Co 放射源数 (枚)	25	25
初装源时焦点剂量率 (Gy/min)	>3	>2.5
伽玛刀外壳最大表面剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	<100	<100
外形尺寸 (mm)	$4496 \times 1774 \times 1797$	$2450 \times 2300 \times 2200$
重量 (kg)	20000	16000
非治疗状态下屏蔽门前剂量 (mGy/min)	<0.1	<10.1
各准直器下辐射野半影 (mm)	≤ 10	≤ 12
放射基本形式	旋转聚焦	旋转聚焦
准直器规格 (mm)	$\Phi 4$ 、 $\Phi 8$ 、 $\Phi 14$ 、 $\Phi 18$ 、 $\Phi 22$	$\Phi 13$ 、 $\Phi 30$ 、 $\Phi 50$
源焦距和焦点高度 (cm)	焦距 44、高度 95.8	焦距 49.5、高度 100.3
变焦方式	自动变焦/自动摆位	自动变焦/自动摆位
变焦特点	靶点自动摆位跟踪	靶点自动摆位跟踪

(4) 治疗操作流程

①当病人被确诊需要进行伽玛刀放射治疗后,主治医生首先向病人告知可能受到的辐射危害;

②对病灶位置进行 X 射线 CT 定位,制定放射治疗计划,确定照射位置和照射剂量后,开始对病人实施放疗。

③给患者安装立体定位框架后,患者进入伽玛刀治疗室;

④工作人员将病人安置在治疗床上摆位,摆位完毕后工作人员退出治疗室;

⑤工作人员在控制台上确认相关参数,启动设备,关闭机房防护门、三维治疗床进入治疗腔内精确定位;

⑥准直体定位后打开开关体,对病人实施放射治疗;

⑦治疗时间到,关闭开关体和准直体,重复前面步骤直至全部靶点治疗完成;

⑧治疗结束,三维治疗床退出,屏蔽门打开,工作人员将病人从治疗床上卸下,病人离开机房;

⑨去掉病人身体上的立体定位框架,病人休息后出院。

续表 9 项目工程分析与源项

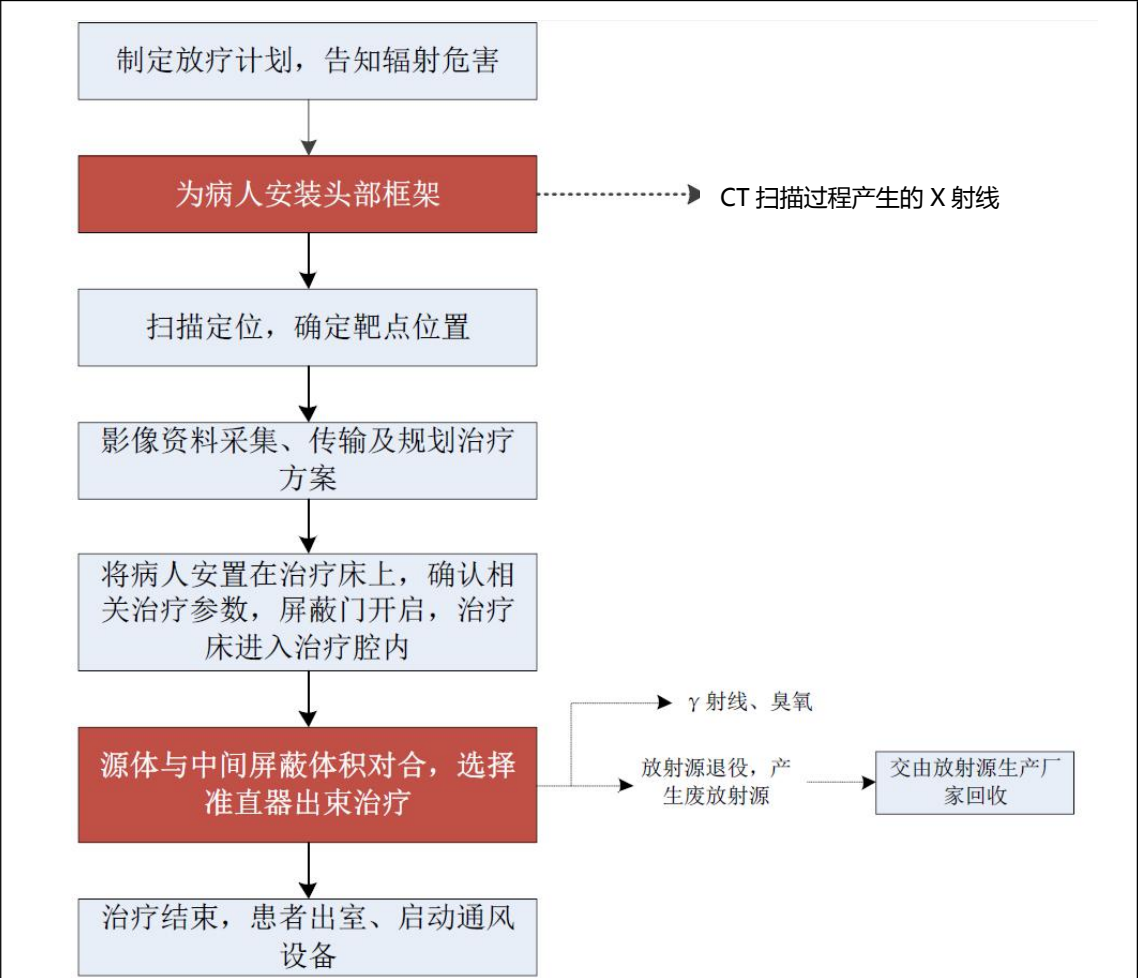


图 9-6 伽玛刀治疗流程

(5) 工作负荷

本项目使用的伽玛刀的有效开机时间每年工作按 50 周计，头部伽玛刀每周最多治疗 10 个患者，平均每个患者照射时间平均按照 30min 计；体部伽玛刀每周最多 8 个患者，平均每个患者照射时间平均按照 30min 计；则本项目伽玛刀年有效开机时间约为 450h。

(6) 污染因子

本项目使用钴-60 放射性核素的主要特征见下表：

表 9-3 放射性核素钴-60 的主要参数

核素名称	半衰期	主要衰变方式	β 粒子能量/MeV	γ 射线能量/MeV
钴-60	5.27a	β^- (100%)	1.48 (~0.01%) ; 0.318 (99.9%)	1.17MeV 和 1.33MeV, 平均 1.25MeV

钴-60 发射的β粒子能量为 0.318MeV，此能量的β粒子在钢中的射程为

续表 9 项目工程分析与源项

0.1mm, 项目伽玛刀中放射源属密封放射源, 采用双层不锈钢包壳进行密封, 该包壳已将 β 射线屏蔽, 所以评价中不考虑 β 射线的污染因子。本次评价仅考虑1.332MeV γ 射线污染因子。

由上述分析可知, 本项目伽玛刀治疗过程中主要污染物为 γ 射线、少量臭氧和氮氧化物; 以及退役后的废放射源。

3、医用血管造影 X 射线系统 (DSA)

(1) 工作原理

医用血管造影 X 射线系统 (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 9-5。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。

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

医用血管造影 X 射线系统组成: 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。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-7 医用血管造影 X 射线系统（DSA）

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。

(3) 设备参数

表 9-4 医院拟使用的 DSA 的主要参数

设备名称	生产厂家	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）
医用血管造影 X 射线系统	GE 中国	125	1000

(4) 操作流程

介入手术辅助治疗操作流程（DSA 血管造影）

医院拟开展的介入手术有：动脉介入治疗、静脉介入治疗、门脉系统介入治疗、心脏介入治疗、冠脉介入治疗、脑和脊髓血管介入治疗。

以脑动脉瘤患者微弹簧圈栓塞治疗为例，DSA 的减影大致程序见下图所示：

续表 9 项目工程分析与源项

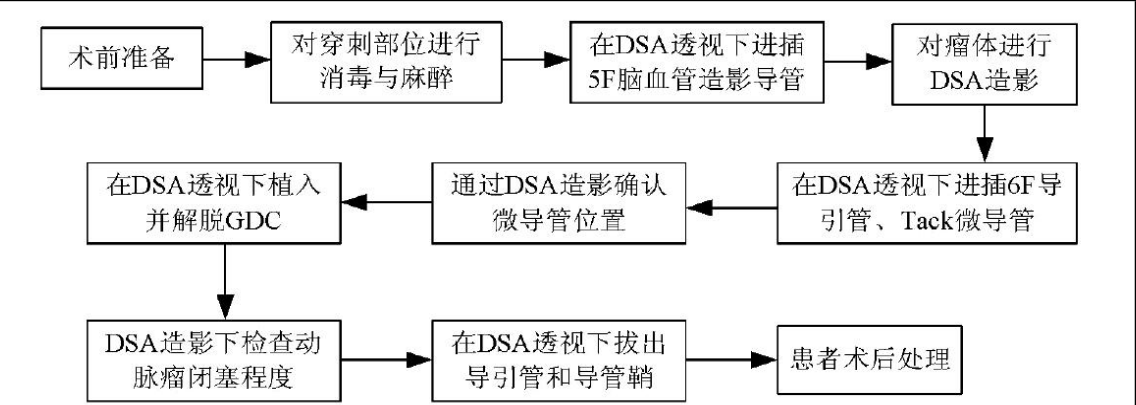


图 9-8 DSA 治疗流程

介入手术时，患者仰卧并进行无菌消毒，本项目消毒工序在 DSA 手术室内的操作台完成，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。

(5) 工作负荷

根据医院提供的资料，本次核技术利用扩建项目 1 台 DSA 投入使用后的工作负荷见表 9-5。

表 9-5 DSA 工作负荷情况

射线装置名称	工作负荷（每台）	平均每人每次有效曝光时间		年最大有效曝光时间
DSA	500 人次/年	透视	30min	250h
		摄影	≤1s	0.14h
		采集	20s	13.9h

根据检查项目，DSA 使用工作高压 30kV~125kV、工作电流 5mA~1000 mA 不等。DSA 工作主要方式体现为透视和摄影，具体表现为：

- (1) DSA 摄影时，瞬时曝光，一般每次曝光时间短于 1s；
- (2) DSA 透视时，平均每台介入手术透视曝光的时间约 30min，其他情况下的透视时间平均为 20s。

(6) 产污分析

(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

续表 9 项目工程分析与源项

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、本项目产生污染物情况汇总

根据以上分析，本项目放疗中心、介入治疗污染因子见表 9-6。

表 9-6 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	螺旋断层放疗系统	住院楼负一层	放疗中心	X 射线，少量臭氧及氮氧化物
2	伽玛刀	住院楼负一层	放疗中心	γ 射线、少量臭氧和氮氧化物；以及退役后的废放射源
3	DSA	住院楼六楼	介入手术室	X 射线，少量臭氧及氮氧化物

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

本次株洲市中心医院核技术利用扩建项目位于株洲市天元区长江南路 116 号株洲市中心医院住院楼六楼及负一楼，根据资料收集和现场踏勘实际情况，目前住院楼地下一层拟建机房为空置库房，未动工，住院楼六楼 DSA 机房装修已完成，设备未安装。机房防护设计情况如下表。

表 10-1 本项目射线装置机房屏蔽参数

机房名称	Tomo 刀机房	头部伽玛刀机房	体部伽玛刀机房	DSA 手术室
位置	住院楼负一楼放疗中心			住院楼六楼
长×宽×高 (m)	6.9×8.0×3.5	8.2×5.8×3.5	6.6×5.8×3.5	8.0×6.4×3.5
净面积 (m ²)	55.2	47.6	34.8	51.2
四面墙体	1100mm 砼； 迷路内墙为 800mm 砼	四面墙体均为 900mm 砼	东墙为 1100mm 砼， 南侧迷路外墙为 900mm 砼；迷路内墙 为 600mm 砼；西墙、 北墙均为 900mm 砼	四面墙体均 为 370mm 实 心砖
顶棚	900mm 砼	600mm 砼	600mm 砼	200 砼
地面	600mm 砼	600mm 砼	600mm 砼	150 砼
防护门	10mmPb	10mmPb	10mmPb	3mmPb
防护窗	—	—	—	3mmPb

本项目射线装置机房辐射保护及安全措施情况如下：

10.1.1 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：

（1）控制区：DSA 机房、TOMO 刀机房、头部伽玛刀机房、体部伽玛刀机房以墙体和防护门为界，机房及迷道内为控制区；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，区内人员不得滞留。以辐射安全联锁和警示装置控制及严格的管理制度保障此区的辐射安全。

续表 10 辐射安全与防护

(2) 监督区：包括上述射线装置机房的各辅助用房、走廊、其周围临近区域，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

本项目涉源机房的工作场所分区图详见附图十一。

10.1.2 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统

10.1.2.1 机房的防护与安全措施

(1) 机房屏蔽设计见上表 10-1，机房建筑面积为 55.2m²，最小单边长度为 6.9m，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126—2011）中治疗室面积不小于 45m² 的标准要求；机房四面墙体均为 1100mm 现浇混凝土，西侧迷道内墙为 800mm 现浇混凝土，顶棚为 900mm 现浇混凝土，地面均为 600mm 现浇混凝土，防护门设计为 10mm 铅当量，经过核算，墙体屏蔽满足相关标准要求。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。TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统安装调试完成后，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，TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统方可正式运行。

(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，使其密度不得低于 2.35t/m³，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。

(4) 通风管沿迷道顶部经由防护门上部，且在机房外侧通道屋顶标高以上穿越迷道入口处屏蔽外墙。屋面上新风口与排风口间距宜高于新风口有一定距离，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 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统机身高度、上不滑轨、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。适当降低迷道出入口门洞高度，以较小散射面积，有利于减小铅门防护压力。

续表 10 辐射安全与防护

(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 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统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 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统联锁。TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统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) 迷道门联锁：为防止有人在加速器工作状态下误入加速器机房，出入口的迷道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，门，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。

(8) TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统机房出束警告灯、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。

(9) 视频监视、对讲系统、紧急停机开关：在 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统与控制室之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。

(10) 配备的 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统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

续表 10 辐射安全与防护

速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126—2011）要求。

（11）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。

10.1.2.2 剂量照射安全防护

（1）控制台必须显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、吸收剂量率、治疗方式等辐照参数预选值。辐照启动必须与控制台显示的辐照参数预选值联锁，控制台选择各类辐照参数之前，辐照不得启动。

（2）TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统机房应设置多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。门机联锁：采用电动、手动一体化防护门，与加速器启动电路应实行门机联锁方式，即防护门未关闭之前，加速器无法启动。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。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。

（3）两道剂量监测系统显示的剂量读数在辐照中断或终止后必须保持不变，辐照中断或终止后必须把显示器复位到零，下次辐照才能启动；由于元件或电源失效造成辐照中断或终止，失效时刻读数显示必须储存在一个系统内，以可读取方式至少保留 20min 以上。两道剂量监测系统采用双重组合情况下，当吸收剂量达到预选值时，两道系统必须都终止辐照。

（4）两道剂量监测系统为初/次级组合情况下，当吸收剂量达到预选值时，初级剂量监测系统必须终止辐照，次级监测系统必须在超过吸收剂量预选值不大于 15%或不超过等效于正常治疗距离上 0.4Gy 的吸收剂量时终止辐照。

（5）控制台必须配置带有时间显示的辐照控制计时器，并独立于其他任何控制辐照终止系统。当辐照中断或终止后，必须保留计时器读数，必须将计时器复零后，才能启动下一次辐照。

（6）若设备处于某一种状态下，在正常治疗距离上能产生高于规定最大值二倍的吸收剂量率时，则必须提供一联锁装置，以便在吸收剂量率超出规定最大值不大于二倍时终止辐照。在任何情况下，不得切断这一联锁装置。

（7）必须装备检查所有安全联锁的设施，用于在辐照间歇期间检查安全联

续表 10 辐射安全与防护

锁（包括防止剂量率大于预选值十倍的联锁），确保各类系统终止辐照的能力和防止超剂量照射。

（8）控制台和治疗室内必须分别安装紧急停机开关。

（9）使用计算机控制系统的加速器软件和硬件控制程序必须加密，未经允许不得存取或修改；用于监视联锁或作为测量线路、控制线路一部分的计算机一旦发生故障，必须终止辐照。

10.1.2.3 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）辐照期间，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）机房防护门拟设置防止挤压装置，并配置紧急开关，位于防护门外，紧急开关只能在应急情况下启用，用于应急情况下开启防护门。

10.1.3 伽玛刀机房辐射防护和安全措施

10.1.3.1 机房的防护及安全措施

续表 10 辐射安全与防护

(1) 本项目伽玛刀机房防护设计情况见表 10-1, 头部伽玛刀机房及安置面积为 47.56m², 体部伽玛刀机房及安置面积为 38.3m², 层高均为 4m, 满足 (5) 《X、γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)、《医用 γ 射束远距离治疗防护与安全标准》(GBZ/T161-2004) 中治疗室的面积须不少于 30m², 层高不低于 3.5m 的标准要求。其中, 头部伽玛刀机房四面墙体均为 900mm 现浇混凝土, 顶棚和地面均为 600mm 现浇混凝土, 防护门设计为 10mm 铅当量; 体部伽玛刀机房东侧墙体为 1100mm 现浇混凝土, 南侧迷路外墙为 900mm 现浇混凝土, 迷路内墙为 600mm 现浇混凝土, 西墙、北墙均为 900mm 现浇混凝土, 顶棚和地面均为 600mm 现浇混凝土, 防护门设计为 10mm 铅当量。

(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。

(4) 进风管道和排风管道采用“Z”型穿墙, 布设方式不影响屏蔽墙体的屏蔽效果。

(5) 门机连锁: 在启动高压装置条件下, 如果开启防护门, 装置高压会失电并停止出束或放射源自动回源, 以实现门—机连锁。

(6) 超剂量连锁: 机房内安装固定式剂量报警仪探头, 并在机房外实时显示机房内辐射剂量水平, 当机房内辐射剂量超过安全水平, 工作人员不能正常从机房外随意打开防护门, 以实现门—剂量连锁, 避免人员误入机房造成误照射。

(7) 紧急止动开关: 机房内在工作人员易于接触的地方 (距离地面 1.2m 高处) 安装位置包括 (四周墙面、迷道、控制台、床体), 且相互串联, 以避免机房内人员尚未完全撤离或误入的情况下开机, 人员可立即中断装置出束。

(8) 工作状态指示灯及准备出束语言提示: 机房防护门口醒目处均安装工作状态指示灯: 灯亮起时, 指示该机房内射线装置处于工作状态, 并采用语言提示机房内工作人员撤离机房, 此时机房外工作人员是不能打开防护门的, 以实现门—灯连锁; 灯熄灭时, 指示该机房内射线装置处于停机状态, 工作人员可以

续表 10 辐射安全与防护

安全进入。

(9) 紧急开门按钮：直线加速器机房迷道入口内侧人员易接触的位置（距离地面 1.2m 高处）装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。

10.1.3.2 伽玛刀设备固有安全性

(1) 放射源载体（源体）钻有向心性准直通道，用于装载钴源和初准直器。准直通道的经纬度分布即为钴源的经纬度分布，使得源体旋转时 γ 射线形成多个锥面且不重叠，治疗时准直器始终对准病灶，使得焦点外所受剂量减至最小。源体一端空心轴由一对轴承支承于外屏蔽体上，由电机经减速机作源体驱动旋转，并通过特殊结构带动源体/开关体和准直体三位一体作同步旋转。源体外为外屏蔽体、门框和左右门扇所包绕，起屏蔽辐射作用。

(2) 准直体由源体的内腔包容，源体旋转时通过特殊结构带动其旋转，并且其准直通道与源体和开关体的准直通道对合，形成治疗状态。治疗结束时，开关体关闭，源体停止转动，准直体自动回复，其准直通道与源体和开关体的准直通道错位，由另一组装有钨合金屏蔽棒的准直通道与源体对合，呈关闭状态。

(3) 开关体为柱状结构，为直径 45mm 的钨，其作用是在治疗床定位过程中降低泄漏剂量，并在治疗过程中关闭相应角度，使治疗时的焦点剂量分布达到治疗计划要求。

(4) 外屏蔽体为球台状厚度约 380~441mm 的铸铁件，其作用是使治疗室空气泄漏剂量达到规定要求。中心制有通孔，安装支承源体主轴筒的一对轴承，大端以阶梯环与门框联接，下底安装在机座上。屏蔽体一侧开有台阶状长孔，纬度跨度范围为 8~32°，作为装取钴源的通道。装源后由完全密合的屏蔽阶梯块封闭，以屏蔽 γ 射线。

(5) 操作台上设有一个钥匙开关用于控制 γ 刀控制系统的供电，没有钥匙时只能给电脑及监视对讲系统供电而无法给 γ 刀控制系统加电。

(6) 只有完成治疗准备后（已正确输入准直器号号、治疗时间，机房门已关闭等），才能启动按钮开始治疗，如果未完成治疗准备，不能启动治疗按钮。

10.1.3.3 使用过程辐射防护措施

续表 10 辐射安全与防护

本项目放射源主要辐射影响因子为 γ 射线，而对 X 射线线、 γ 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对外照射的防护方法主要有源项控制法和屏蔽防护法，其次是距离防护和时间防护。

1、源项控制

伽玛刀：该装置购置于正规厂家，机体本身已设置了多重屏蔽防护措施，放射源置于存储位置时，距离放射源 1m 的任何位置上不大于 0.02mGyh；在正常治疗状态下，距放射源 1m 处，最大有用射束外泄漏的空气比释动能率不超过辐射束轴上距放射源 1m 处最大空气比释动能率的 0.59%，屏蔽效果符合《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》（GBZT161—2004）规定，同时在治疗过程可根据治疗范围的不同，可通过机头自身设置的准直器进行照射剂量的调节，尽量避免不必要要的照射，有效进行源项控制。

2、距离防护

职业人员采取隔室操作的方式，控制室与机房之间以屏蔽墙体隔开，通过摄像头和对讲机与病人交流。同时，辐射工作场所通过“两区”划分实行工作区域管理。

3、时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众受照时间，以避免病人收到额外剂量的照射。

表 10-2 本项目放射源使用场所“六防”措施一览表

措施类别	应对措施
防火	辐射工作场所安装有烟气报警装置和消防栓，同时在控制室和等候区等区域均配置干粉式灭火器。
防水	本项目地下室防水等级为Ⅱ级，抗渗等级为 P6，屋面防水等级为Ⅱ级，不受雨水及地下水影响。
防盗、防抢和防破坏	①本项目机房纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围，加强巡视管理防遭到破坏；②工作场所均设置有监控摄像头实行 24h 实时监控，并设保安巡逻；③伽玛刀安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案；④伽玛刀机房

续表 10 辐射安全与防护

	和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性危险物品。
防泄漏	①本项目所使用的密封放射源均购置于正规厂家，出厂时γ 射线漏射不会超过《医用γ射束远距治疗防护与安全标准》（GBZ/T161-2004）等标准要求；②本项目放疗装置工作场所已按照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）、《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）《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/T 201.3-2014）进行了辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，该场所不存在辐射泄漏的情况。③由于漏射射线不易被觉察，伽玛刀机房还安装有固定式剂量报警仪。
10.1.4 DSA 机房辐射防护与安全措施	
10.1.4.1 机房的防护	
（1）根据 DSA 机房防护设计情况见表 10-1，DSA 机房建筑面积为 51.2m²，最小单边长度为 6.4m，满足参考标准《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）中 CT 机面积不小于 30m²，最小单边长度不小于 4.5m 的标准要求。机房四面墙体均为 370mm 实心砖，顶棚为 200mm 砼，地面为 150mm 砼，防护门设计为 3mm 铅当量。 （2）机房内建设的穿越防护墙的导线、导管等采用“U”型和“Z”型，不影响墙体的屏蔽防护效果。 （3）机房设置了门灯联锁装置；机房门外均设置工作指示灯和电离辐射警告标志。 （4）X 射线机房应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护安全。机房内布局合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置，不得堆放与诊断装置无关的杂物，机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。 （5）辐射工作人员均配置了个人剂量计。	
10.1.4.2 安全操作及管理措施	
（1）X 射线设备应有能调节有用线束照射的装置，并应提供可标志照射野的灯光指示装置。 （2）X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标志。 （3）介入 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。	

续表 10 辐射安全与防护

- (4) 医院拟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。
- (5) 所有辐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。
- (6) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。
- (7) 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。
- (8) X 射线机曝光时，应保证门灯联锁有效。
- (9) 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。
- (10) 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。
- (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。
- (12) 加强对育龄妇女、孕妇和婴幼儿 X 射线检查正当性判断；严格控制使用剂量较大、风险较高的放射技术、除非有明确的疾病风险指征，否则不宜使用 CT 进行健康体检。对不符合正当性原则的，不应进行 X 射线检查。
- (13) X 射线设备根据工作内容，现场应配备工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作的需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施（铅橡胶，铅围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子）的铅当量应不低于 0.25mmPb；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有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低于 0.5mmPb。

表 10-3 辐射安全防护安全装置（设备）配备要求对照表

序号	项目	规定措施	落实情况	备注
TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统				
1	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
2		控制台紧急停机按钮	设备自带	/
3		电视监控与对讲系统	/	需配置
4		治疗室门与束流联锁（门机联锁）	/	需配置

续表 10 辐射安全与防护

5		控制室内准备出束音响提示	/	需配置
6		钥匙控制	设备自带	/
7	警示装置	入口电离辐射警示标志	/	需配置
8		入口有加速器工作状态显示（门灯连锁）	/	需配置
9	紧急装置	门内紧急开关按钮（指示、说明）	/	需配置
10		治疗室及迷道内有紧急停机按钮	/	需配置
11		治疗床有紧急停机按钮	设备自带	/
12	监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪（门-剂量连锁）	/	需配置
13		个人剂量报警仪	/	需配置
14		个人剂量计	/	需配置
15		便携式 X 辐射监测仪	/	需配置
伽玛刀				
1	控制台及安全连锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
2		停机后源不能返回“贮存”位时报警	设备自带	/
3		电视监控与对讲系统	/	需配置
4		控制室内准备出束音响提示	/	需配置
5		源位显示	/	需配置
6		治疗室与出源连锁（门机连锁）	/	需配置
7		治疗室有迷道	/	需配置
8		钥匙控制	设备自带	/
9	警告标志	入口电离辐射警示标志	/	需配置
10		入口有工作状态显示（门灯连锁）	/	需配置
11		主机外表电离辐射警示标志	/	需配置
12	紧急装置	治疗床上	设备自带	/
13		治疗室内	/	需配置
14		控制台	/	需配置
15		停机或意外中断照射时自动回源	设备自带	/
16		门内紧急开关按钮（指示、说明）	/	需配置
17	监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪（门-剂量连锁）	/	需配置
18		个人剂量报警仪	/	需配置

续表 10 辐射安全与防护

19		个人剂量计	/	需配置
20		便携式 X 辐射监测仪	/	需配置
DSA 机房				
1	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
2		电视监控与对讲系统	/	需配置
3		控制室内准备出束音响提示	/	需配置
4		钥匙控制	设备自带	/
5	警示装置	入口电离辐射警示标志	/	需配置
6		入口有工作状态显示（门灯联锁）	/	需配置
7	紧急装置	门内紧急开关按钮（指示、说明）	/	需配置
8		治疗床有紧急停机按钮	设备自带	/
9	监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪（门-剂量联锁）	/	需配置
10		个人剂量报警仪	/	需配置
11		个人剂量计	/	需配置
12		便携式 X 辐射监测仪	/	需配置
上述 TOMO 刀机房、伽马刀机房辐射防护设施布置情况详见附图九				
10.1.4 防护用品				
(1) 射线装置辐射防护防护设施要求见表 10-4。				
表 10-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求				
放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
放射诊断学用 X 射线设备隔室透视、摄影	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	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、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—
注：“—”表示不要求。				

续表 10 辐射安全与防护

(2) 由医院提供的资料可知, 医院现有辐射防护用品情况, 根据本次环评实际情况, 建设单位现有防护用品基本能够满足医院现有防护工作, 医院扩建本项目, 需新增加防护用品清单一览表详见下表 10-5。

表 10-5 医院需增加防护用品清单一览表

场所	防护用品名称	单位	数量	铅当量
放疗中心、介入手术室	铅围脖	件	10	0.5mm
	铅帽子	顶	10	0.5mm
	铅围裙	件	10	0.5mm
	铅背心	件	10	0.5mm
	铅手套	双	10	0.5mm
	铅眼镜	副	10	0.5mm
	铅三角裤	条	10	0.5mm
	双面铅防护衣	套	5	0.5mm
	个人剂量计	个	10	/
	巡测仪	台	3	/
	个人剂量报警仪	台	10	/
	固定式剂量报警仪	台	8	/
	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	10	0.5mm

10.2 放射性“三废”污染防治措施

Tomo 治疗室设有排风系统, 采用机械排风, 通风频率 4 次/小时。排风口位于北侧, 采用“Z”型排风管道穿出治疗室外上方将治疗室内的气体导出引向楼顶排放; 进风口位于迷道外墙靠近铅门侧上方, 在墙上走 Z 型进风管道管道, 管道直径 400 mm, 开孔处安装有带有穿孔铅板(10mm 铅当量), 进、排风口设计符合辐射防护要求, 通排风量及频率满足相关设计规范要求。

头部 γ 刀治疗室和体部 γ 刀治疗室内空气中的氧受 γ 射线电离也会产生臭氧, 头部 γ 刀治疗室和体部 γ 刀治疗室建有通排风系统, 排风采取机械排风, 排风口位于北侧, 采用“Z”型排风管道穿出治疗室外上方将治疗室内的气体导出引向楼顶排放; 进风口位于迷道西侧上方墙体上, 风道呈 45°倾斜, 直径 400 mm, 外侧安装有穿孔铅板(10mm 铅当量), 进、排风口设计符合辐射防护要求, 通

续表 10 辐射安全与防护

排风量及频率满足相关设计规范要求。

DSA 机房设计采用机械排风换气装置，机房内顶部设置两个 $300\times 300\text{mm}$ 出风口，通风量大于 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数 4 次/h，排风口远离敏感点及空调进风口，同时安装柜式空调辅助通风。其他射线装置机房均设置了机械动力通风装置。本次环评要求通风管网布置从非限制区到监督区到控制区，即从低浓度到高浓度收集废气然后排出。

头部 γ 刀和体部 γ 刀所使用的 ^{60}Co 源约 5 年便需更换一次，产生的废放射源由源厂家回收，不外排。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响分析

本项目在住院楼内进行施工，住院楼已经按照相关要求进行了环境影响评价。本次核技术利用扩建项目施工期主要评价上述各个机房建设。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。

施工过程中，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

主要来自于机房内装修及现场处理等。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。

续表 11 环境影响分析

11.2 机房使用面积分析

本项目所涉及主要机房设计使用面积汇总如表 11-1 所示。

表 11-1 各机房设计使用面积一览表

序号	位置	房间功能	长×宽×高(m)	单个机房设计面积(m ²)	面积标准要求(m ²)	单边长度标准要求(m)	是否满足要求
1	住院楼负一层	TOMO 机房	6.9×8.0×3.5	55.2	≥45	--	是
2		头部伽玛刀	8.2×5.8×3.5	47.6	≥30	≥3.5	是
3		体部伽玛刀	6.6×5.8×3.5	34.8	≥30	≥3.5	是
4	住院楼六楼	DSA	8.0×6.4×3.5	51.2	≥30	≥3.5	是

由表 11-1 可知，各机房使用面积均满足相应标准的要求。

11.3 射线装置运营期环境影响分析

11.3.1 射线装置机房屏蔽参数

本项目涉源机房的辐射防护屏蔽参数如表 10-1 所示。

各涉源机房辐射防护墙体采用密度不小于 1.65g/cm³ 的实心砖、2.35 g/cm³ 的砼作为屏蔽材料；防护门采用铅板、防护窗采用铅玻璃作为屏蔽材料。

11.3.2 TOMO 刀机房辐射环境影响分析

1、设备主要参数

本项目拟在株洲市中心医院住院楼负一层拟配置的 1 台 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统（TOMO 刀）用于放射治疗，加速器输出 X 射线的最大能量为 6MV，最大治疗输出剂量率为 1000cGy/min。在实际工作中，当 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统治疗输出剂量率为 850cGy/min、成像剂量率 45cGy/min 时即可满足国内常规病人的治疗需求。TOMO 刀主要技术指标见上表 9-1。

2、机房设计情况

本项目 Tomo 机房治疗室（不含迷道）内空几何尺寸：6.9m×8.0m×3.5m，系统自带主束挡铅厚度为 12.5cm。机房辐射防护情况见表 10-1。

3、屏蔽防护效能核实

根据《螺旋断层放射治疗加速器的屏蔽设计》（中华放射医学与防护杂志

续表 11 环境影响分析

2011 年 10 月第 31 卷第 5 期，张富利、郑明民）及《螺旋断层加速器自屏蔽结构对机房屏蔽防护厚度的影响》（中华放射医学与防护杂志 2011 年 6 月第 31 卷第 3 期，刘海宽等）资料说明，加速器自由屏蔽机房各屏蔽墙体厚度的计算只需要考虑散射线和漏射线，根据辐射场的数据进行计算是最为直接的方法。本项目由设备厂家提供了以等中心点位圆心，以 2m 为半径、在 0° ~180° 范围内每隔 15° 各点的散射线和漏射线与等中心点处的比值数据。

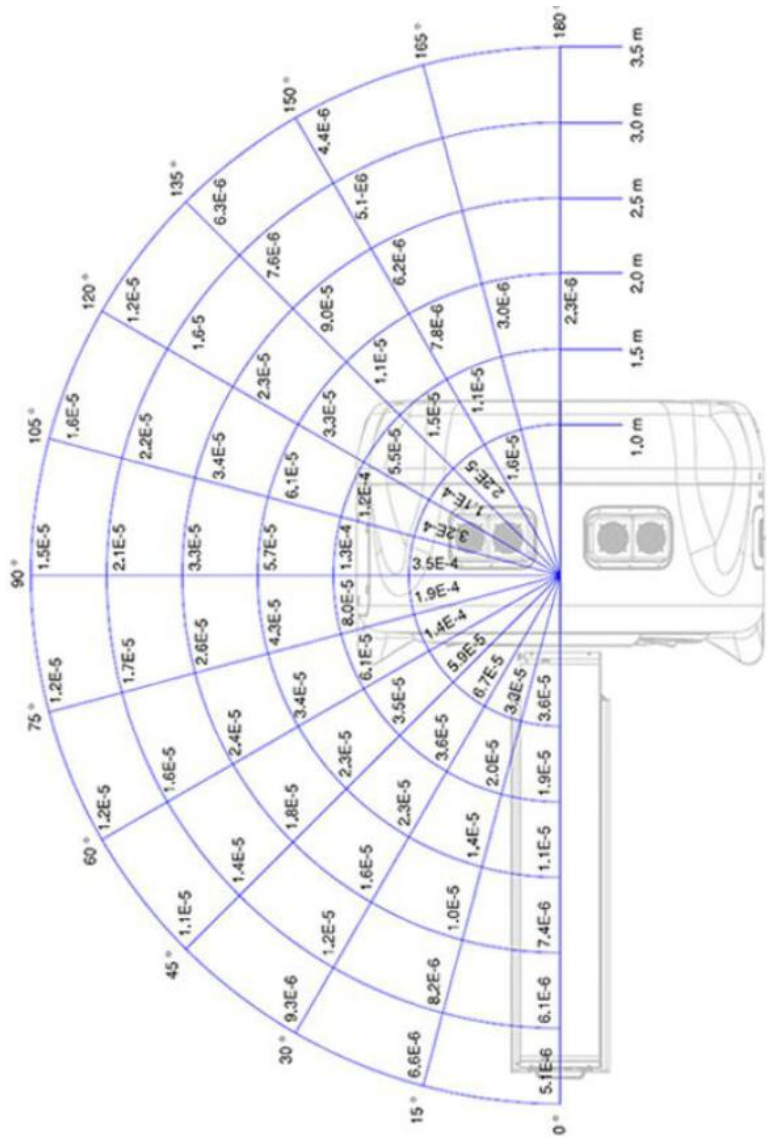


图 11-1 漏射相对标定输出比例值与角度的位置关系图

续表 11 环境影响分析

Room Angle (degrees)	Transmission (Power-Curve Fit; distance in m)
0°	$y = (3.52 \times 10^{-5}) \times \text{distance}^{-1.6058}$
15°	$y = (3.35 \times 10^{-5}) \times \text{distance}^{-1.2863}$
30°	$y = (6.72 \times 10^{-5}) \times \text{distance}^{-1.5736}$
45°	$y = (5.93 \times 10^{-5}) \times \text{distance}^{-1.3392}$
60°	$y = (1.35 \times 10^{-4}) \times \text{distance}^{-1.9428}$
75°	$y = (1.94 \times 10^{-4}) \times \text{distance}^{-2.1981}$
90°	$y = (3.47 \times 10^{-4}) \times \text{distance}^{-2.5360}$
105°	$y = (3.17 \times 10^{-4}) \times \text{distance}^{-2.4154}$
120°	$y = (1.14 \times 10^{-4}) \times \text{distance}^{-1.7800}$
135°	$y = (2.24 \times 10^{-5}) \times \text{distance}^{-1.0010}$
150°	$y = (1.60 \times 10^{-5}) \times \text{distance}^{-1.3007}$

图 11-2 不同角度下漏射辐射与距等中心距离拟合公式

为了模拟最大的散射辐射，测试时采用最大的射束 5cm×40cm（等中心处投影），二级准直器和多叶光栅全部打开，并模拟人体放置一柱形模体于等中心。由于该设备自带主射束屏蔽铅板，透射比仅为 0.41%，因此在屏蔽设计中无需考虑主射线束，穿透此屏蔽铅板的主射线束可作为机头泄露辐射的一小部分来考虑。考虑到患者散射的能量低，且多数散射（大于 30°）的衰减远大于泄露辐射，只要能够满足泄露辐射的屏蔽，就可以满足散射线的屏蔽，因此，仅在计算迷道口剂量率确定防护门厚度时才考虑各类散射线影响。由上述文献可知，角度为 90° 或者 270° 时，有效泄露辐射份额最大，角度为 0° 或者 180° 时，泄露辐射份额最。因此，本项目四面墙体及顶棚（地下为夯实土层，不核算）以 90° 方向公式进行计算。

根据《螺旋断层加速器自屏蔽结构对机房屏蔽防护厚度的影响》（中华放射

续表 11 环境影响分析

医学与防护杂志 2011 年 6 月第 31 卷第 3 期, 刘海宽等), 在自屏蔽存在情况下的机房辐射防护屏蔽厚度的计算公式为:

$$S = TVL \log[f(d_1)WTN / H_C] \quad (1)$$

S: 主射束屏蔽厚度, mm;

TVL: 屏蔽材料的十值层厚度, mm;

W: 周工作负荷, (Gy/周);

T: 居留因子;

U: 利用因子;

N: 安全系数;

H_c: 周剂量控制目标值, (Gy/周);

F(d₁): 散射和漏射线与等中心点处的比值随距离的衰减函数。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第一部分: 一般原则》(GBZ/T 201.1-2007):

$$H_c \leq \frac{H_e}{t \cdot U \cdot T} \quad (2)$$

H_c: 周围剂量当量率参考控制水平, μSv/h;

H_e: 周剂量控制水平(μSv/周), 其值如下:

放射治疗机房外控制区的工作人员: ≤100μSv/周

放射治疗机房外非控制区的人员: ≤5μSv/周

U: 治疗装置向关注的方向照射的使用因子;

T: 人员在放射治疗机房外控制区和放射治疗机房外非控制区驻留的居留因子;

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

机房防护门厚度计算:

$$K = H_{\text{门}} / H_0 \quad (3)$$

$$K = 2^n \quad (4)$$

$$D = n * HVP_{PL} \quad (5)$$

续表 11 环境影响分析

K: 衰减倍数;

$H_{\square}$: 门口剂量, Gy/min;

H_o : 控制剂量限值, 取值为 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 即为 $4.2\times 10^{-8}\text{Gy/min}$;

HVP_{PL} : 6MV 加速器门口 X 射线能量约为 0.25MV, 对应的铅 HVP_{PL} 为 0.97mm。

本项目 TOMO 机房屏蔽参数取值情况如下:

表 11-2 屏蔽厚度计算参数一览表

参数	东墙	西墙	南墙	北墙	顶棚
周工作负荷 (Gy/周)	850	850	850	850	850
利用因子	--	--	0.25	0.25	0.25
居留因子	1/4	1/4	1	1/4	1/4
周剂量限值 (Sv/周)	1.2×10^{-5}	1.2×10^{-5}	1.2×10^{-5}	4.8×10^{-5}	4.8×10^{-5}
参考点与加速器等中心点的距离 (m)	3.7	8.64	5.65	5.15	3.77
加速器靶面到散射表面的距离 (m)	0.85	0.85	--	--	--

由上表参数及公式计算出 TOMO 机房防护墙体情况如下:

表 11-3 TOMO 机房屏蔽厚度核实结果表

核实部位	周剂量约束限值 (Sv/周)	U 因子	T 因子	距离 (m)	核算屏蔽厚度 (mm)	设计屏蔽厚度 (mm)	设计屏蔽厚度下的周剂量最大值 (Sv/周)	是否满足要求
东墙	1.2×10^{-5}	1	0.25	3.7	1036	1100	6.2×10^{-6}	是
南墙	1.2×10^{-5}	0.25	1	5.65	1082	1100	1.06×10^{-5}	是
西墙	1.2×10^{-5}	1	0.25	8.64	719	1100	1.8×10^{-6}	是
北墙	4.8×10^{-5}	0.25	0.25	5.15	708	1100	2.69×10^{-6}	是
顶棚	4.8×10^{-5}	0.25	0.25	3.77	824	900	2.87×10^{-5}	是
防护门	1.2×10^{-5}	1	0.25	8.5	6.5	10	--	是

根据表 11-3 计算可知, 在现有设计墙体及防护门厚度条件下, TOMO 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, 因此, TOMO 刀机房屏蔽防护措施按照现有设计厚度进行修建后, 对 X 射线屏蔽效能满足辐射防护要求。

续表 11 环境影响分析

11.3.3 伽玛机房辐射环境影响分析

^{60}Co 放射源虽有 β 、 γ 两种辐射，但 β 射线在空气中的射程较短，经放射源的内包鞘和治疗机的相关设施屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故本次环评中重点分析 ^{60}Co 产生的 γ 射线的环境影响问题。

11.3.3.1 伽玛刀机房屏蔽防护设计

①头部伽玛刀机房屏蔽防护设计

头部伽玛刀机房治疗室内空几何尺寸：8.2m（长） $\times$ 5.8m（宽） $\times$ 3.5m（高），机房大门宽 2.1m，高 2.3m；机房四周和顶棚均为混凝土墙体（砼的密度不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），四面墙体均为 0.9m，顶棚厚 0.6m。防护门厚度设计为 10mm 铅当量。头部伽玛刀机房平面设计图见附图所示。

②体部伽玛刀机房设计

体部伽玛刀机房治疗室（不含迷道）内空几何尺寸：6.6m（长） $\times$ 5.8m（宽） $\times$ 3.5m（高），机房大门宽 2.0m，高 2.3m；机房四周和顶棚均为混凝土墙体（砼的密度不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），东墙为 1100mm 砼，南侧迷路外墙为 900mm 砼；迷路内墙为 600mm 砼；西墙、北墙均为 900mm 砼，迷道内口宽 2.0m，高 3.5m，顶棚厚 0.6m。防护门厚度设计为 10mm 铅当量。体部伽玛刀机房平面设计图见附图。

11.3.3.2 机房屏蔽能力校核

（1）机房效核公式

机房墙体屏蔽效核采用《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/T 201.3-2014）中的效核公式。

使用什值层（十分之一层厚，TVL）的计算公式：

①有效屏蔽厚度

$$\begin{aligned} X_e &= X \cdot \sec \theta \\ X &= X_e \cdot \cos \theta \end{aligned} \quad (6)$$

式中：X—屏蔽物质厚度；

X_e —有效屏蔽厚度；

θ —斜射角，即入射线与物质平面的法线的夹角。

续表 11 环境影响分析

②屏蔽厚度 X (mm) 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

$$B = 10^{-(X_e - TVL - TVL_1) / TVL}$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (7)$$

式中：B—辐射屏蔽透射因子；

TVL₁—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。

不同辐射的屏蔽计算方法

①有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f}$$

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (8)$$

式中： $\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为μSv/h；

$\dot{H}_0$ —活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率，按照式上式计算，单位为μSv/h；

R—辐射源点至关注点的距离，m；

f—有用线束取 1；对γ射线源远距治疗装置的泄漏辐射为泄漏辐射比率；

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，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μSv/（h·MBq）。

②患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

患者一次散射辐射，设计的屏蔽所需要的屏蔽透射因子按下式计算：

续表 11 环境影响分析

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2 \cdot R_0^2}{\dot{H}_o \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)} \quad (9)$$

式中：\$R_s\$—患者（位于等中心点）至关注点的距离，单位为 m；

\$R_0\$—放射源与焦点之间的距离，单位为 m；

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

\$\alpha_{ph}\$—患者 \$400\text{cm}^2\$ 面积上垂直入射 \$\gamma\$ 射线散射至距其 \$1\text{m}\$ 处的剂量相当于等中心处剂量的份额，又称 \$400\text{cm}^2\$ 面积上的散射因子。

③穿过患者的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

患者一次散射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率按下式计算：

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

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

\$R\$—散射体中心点与计算点的距离，单位为米；

\$\alpha_w\$—散射因子，单位面积散射体散射到距其 \$1\text{m}\$ 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

\$B_p\$—有用线束射入散射体（屏蔽墙）前的屏蔽投射因子。

④泄漏辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

有用线束穿过患者垂直射入屏蔽墙并散射至计算点的辐射剂量计算：

$$\dot{H} = \frac{f \cdot \dot{H}_0 \cdot S \cdot \alpha_w}{R_L^2 \cdot R^2} \quad (11)$$

式中：\$f\$—治疗装置的泄漏辐射比率；

\$S\$—散射面积，即自泄漏辐射始点和计算点共同可见的散射体区域的面积，单位为平方米；

\$\alpha_w\$—散射因子；

\$R_L\$—泄漏辐射始点至散射体中心点的距离，单位为米；

\$R\$—散射体中心点至计算点的距离，单位为米。

⑤二次散射辐射剂量（有用射线不朝向迷路）

二次散射穿过屏蔽体到达屏蔽体外 \$30\text{cm}\$ 处的辐射剂量率计算公式如下：

续表 11 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{\alpha_{ph} \bullet (F / 400)}{R_1^2} \bullet \frac{\alpha_2 \bullet S}{R_2^2} \bullet \frac{\dot{H}_0}{R_0^2} \quad (12)$$

式中： α_2 —混凝土墙对入射的患者散射辐射的散射因子，查表 C.4；

R_1 —患者至屏蔽墙体内侧散射点的距离，m；

R_2 —散射点至关注点的距离，m。

（2）不同关注点应考虑辐射

根据《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）对伽玛刀的分类，本项目伽玛刀属于多源 γ 立体定向放射治疗，其中头部 γ 刀治疗机房可不设迷路，机房屏蔽只需考虑散射辐射，包括治疗射线和准直器的泄露辐射的散射，门的防护还应考虑在治疗装置屏蔽门关闭的贮源状态下的泄露辐射；体部 γ 刀治疗机房墙、顶和门的屏蔽主要应考虑装置治疗状态下的泄漏辐射、准直器的泄漏辐射的一次散射辐射和有用线束的一次散射辐射。

（3）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）设备参数

两台设备及放射源主要参数见表 9-2、表 9-3。墙体效核参数取值情况见表 11-4 所示。

表 11-4 墙体效核计算中涉及的参数

参数	单位	取值		取值依据
		头部 γ 刀	体部 γ 刀	
$\dot{H}_c$	$\mu\text{Sv/h}$	2.5		GBZ/T201.3-2014 给出
A	MBq	2.405×10^8	2.405×10^8	设备生产厂家提供
R_0	Cm	44	49.5	设备生产厂家提供
K_γ	$\mu\text{Sv/h} \cdot \text{MBq}$	0.308		GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1
f	/	治疗状态下治疗装置的泄漏辐射比率： 5×10^{-4} 准直器泄漏辐射比率：		GBZ/T201.3-2014 附录 B.2 及设备生产厂家

续表 11 环境影响分析

		2×10^{-2}	
α_{ph}	/	9.1×10^{-4}	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.3
TVL(漏射线)	mm	混凝土 218 (245), 铅 41	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1
TVL(散射线)	mm	混凝土 151, 铅 10.3	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.6

(5) 核算结果

根据厂家提供的设备位置图及开启的治疗装置屏蔽门的张角相应的屏蔽墙区和部分屏蔽顶区域。头部 γ 刀一次散射区为向西墙 88° , 向上 36° , 部分南、北墙及西墙全部、部分顶棚为一次散射区, 其余区域为二次散射区。对于体部 γ 刀, 其机头朝下, 四面墙体均为二次散射区, 向底板 42° 为一次散射区, 其余区域为二次散射区。根据《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) 头部 γ 刀治疗机房根据厂家提供的最大准直器照射条件下的散射辐射场, 以最接近机房墙内表面的散射辐射剂量按照距离平方比关系计算机房外关注点的剂量率; 体部 γ 刀治疗机房主要应考虑装置治疗状态下放射源组装体部件与准直器的泄漏辐射的一次散射辐射及有用线束的一次散射辐射, 依据厂家提供的散射辐射剂量场进行相应的屏蔽厚度与剂量计算。本项目设备厂家提供了开机状态不同水平面治疗机房的剂量分布图, 详见附件十一。厂家给出了尺寸为 $4\text{m} \times 5\text{m}$ 体部 γ 刀机房内表面剂量分布图及尺寸为 $4.2\text{m} \times 6\text{m}$ 头部 γ 刀机房内表面, 评价利用剂量分布图给出计算厚度, 选取计算墙体上最大剂量根据距离衰减计算, 并利用上述 (6) ~ (12) 公式给出墙体外瞬时剂量估算值。头部 γ 刀治疗室各墙体屏蔽效能核算见表 11-5, 体部 γ 刀机房的核算结果见表 11-6。

续表 11 环境影响分析

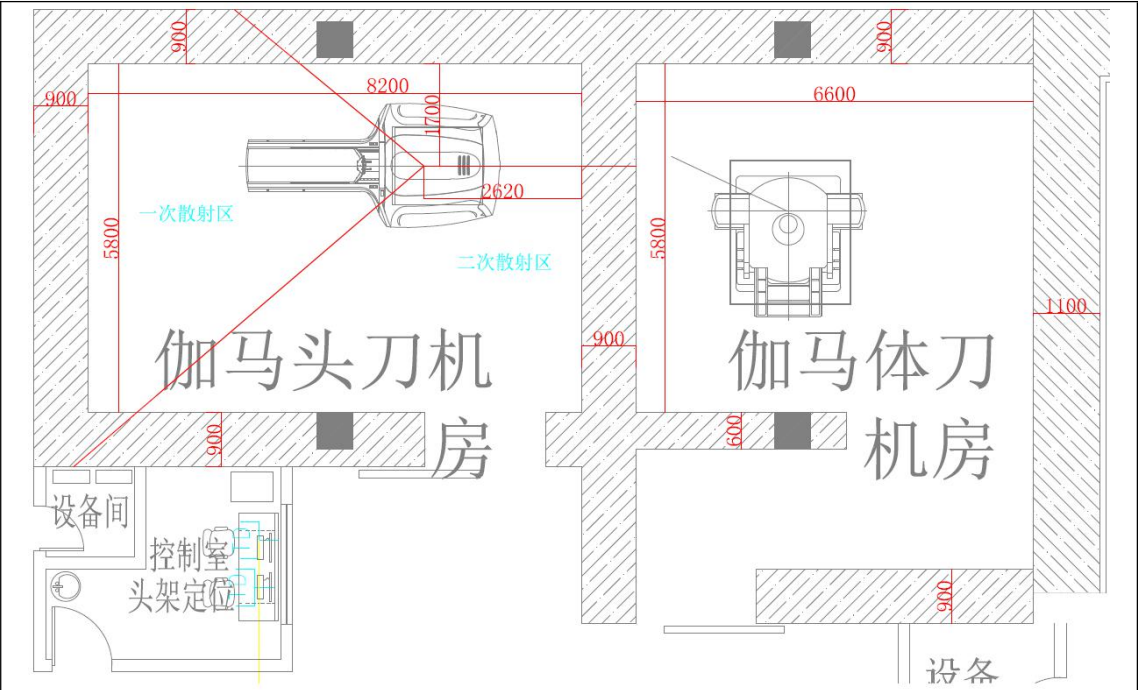


图 11-3 伽玛刀机房平面布置图

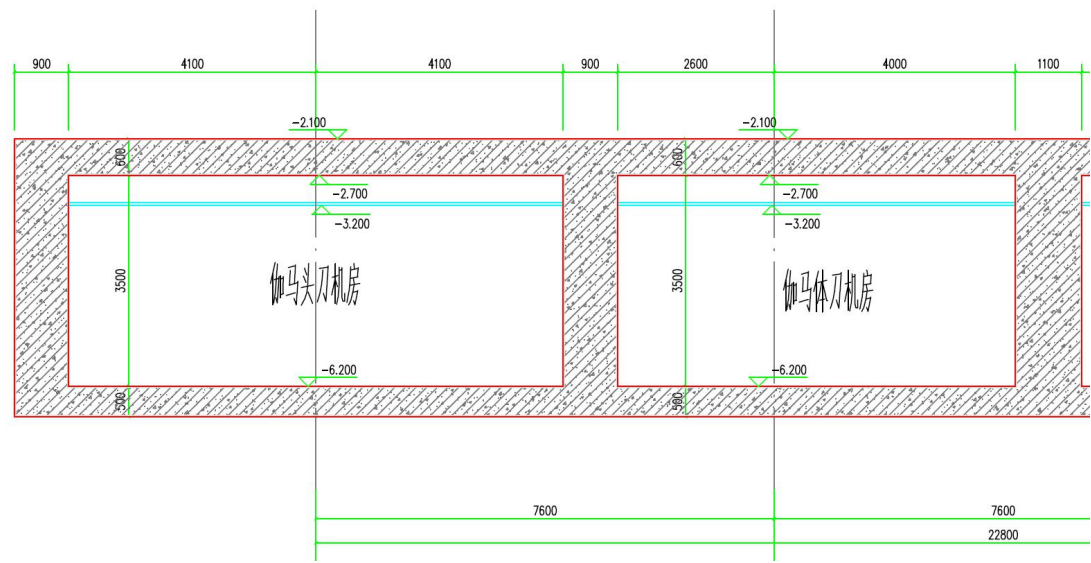


图 11-4 伽玛刀机房剖面图

表 11-5 头部γ刀机房的核算结果表

墙体名称	考虑射线类型	参考距离 (m)	厂家提供机房内表面杂散辐射剂量 (μGy/h)	剂量场分布下的屏蔽厚度计算值 (mm 砼)	设计厚度及其估算		
					设计屏蔽厚度 (mm)	瞬时剂量估算值 (μSv/h)	是否满足标准要求
东墙	一次散射 次级散射	9.4	15	118	900	≈0	是

续表 11 环境影响分析

南墙	一次散射 次级散射	2.72	660	366	900	0.0007	是
北墙	一次散射 次级散射	6.56	6600	517	900	0.007	是
西墙	次级散射	6.78	3000	465	900	0.003	是
防护门	次级散射、 关束漏射	7.4	18	8.8Pb	10Pb	1.92	是
顶棚	一次散射 次级散射	4.63	7500	526	600	0.78	是

备注：顶棚及四面墙体参考点为距离墙体外 30cm 处，地面以下为夯实土层，不核算。

表 11-6 伽玛刀机房的核算结果表

墙体名称	考虑射线类型	参考距离 (m)	厂家提供机房内表面杂散辐射剂量 ($\mu\text{Gy/h}$)	剂量场分布下的屏蔽厚度计算值 (mm 铅)	设计厚度及其估算		
					设计屏蔽厚度 (mm)	瞬时剂量估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足标准要求
东墙	次级散射	5.47	50	197	1100	≈ 0	是
北墙	次级散射	3.65	550	354	900	0.0006	是
西墙	次级散射	3.73	85	232	900	≈ 0	是
南墙	迷路外墙	7.71	16.5	124	900	≈ 0	是
	迷路内墙+外墙	7.15	2.9	10	1500	≈ 0	是
防护门	次级散射、关束漏射	7.35	2.9	2Pb	10Pb	≈ 0	是
顶棚	次级散射	4.63	100	242	600	0.01	是

备注：顶棚及四面墙体参考点为距离墙体外 30cm 处，地面以下为夯实土层，不核算。

从表 11-5、11-6 计算结果可以看出，在保证施工质量的情况下， γ 刀机房墙体的设计厚度下的瞬时剂量率均可以满足《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ168—2005）的要求。

（6）伽玛刀机房类比分析

1) 类比条件

为了解同类型的伽玛刀在实际运行下对周围环境的影响情况，本评价另采用类比的方法进行分析。

因伽玛刀设备因生产厂家和型号不同，其各种参数相差较大，因此，类比对象选取与本项目伽玛刀设备型号一致的新津精准肿瘤医院的伽玛刀。类比条件情况见表 11-7 所示。

续表 11 环境影响分析

表 11-7 类比条件情况表				
序号	类比项目	本项目头部伽玛刀	新津精准肿瘤医院 头部伽玛刀	备注
1	型号和名称	玛西普 SRRS ⁺ 型立体定向伽玛射线头部治疗系统		一致
2	额定参数	25 枚 Co-60 放射源	30 枚 Co-60 放射源	本项目稍源强 稍小
		额定总装源活度 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$	额定总装源活度 $2.88 \times 10^{14} \text{Bq}$	
3	机房面尺寸 (m)	8.2×5.8×3.5	7.5×5.9×3.1	本项目优
4	机房屏蔽情况	四面墙体均为 900mm 砼；顶棚 600mm 砼；防护门：10mmPb	南墙、北墙 500mm 砼，东墙 600mm 砼，顶棚厚 800mm 砼；西墙设置直行迷路，内墙 500mm 砼、外墙 600mm 砼，迷道内门宽 2.5m。防护门为 10mmPb	本项目总体较厚，顶棚稍薄，类比对象设置有迷道
序号	类比项目	本项目体部伽玛刀	新津精准肿瘤医院 体部伽玛刀	备注
1	型号和名称	玛西普 GMBS 型立体定向伽玛射线体部治疗系统		一致
2	额定参数	25 枚 Co-60 放射源		一致
		额定总装源活度 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$	额定总装源活度 $2.41 \times 10^{14} \text{Bq}$	
3	机房面尺寸 (m)	6.6×5.8×3.5	6.6×5.7×3.1	基本一致
4	机房屏蔽情况	东墙 1100mm 砼；其他墙体均为 900mm 砼；顶棚：600mm 砼；西侧迷道内墙：60cm 砼；迷道外墙：900mm 砼；迷道内门宽 2.5m，防护门：10mmPb	南墙、西墙、北墙 600mm 砼，顶棚厚 800mm 砼；东墙设置直行迷路，内墙 500mm 砼、外墙 600mm 砼，迷道内门宽 2.5m。防护门为 10mmPb。	本项目总体较厚，顶棚稍薄
根据表 11-7，本项目头部伽玛刀和体部伽玛刀与类比对象相比： (1) 设备型号和名称、生产厂家均一致； (2) 本项目头部伽玛刀额定装源活度较小，体部伽玛刀额定装源活度与类比项目一致； (3) 本项目机房面积与类比对象相比基本一致； (4) 本项目机房除顶棚屏蔽稍薄，其他防护均较类比对象厚，虽然类比对象的头部伽玛刀机房设置有迷道，其影响铅门外剂量的类比，不影响其他方向屏				

续表 11 环境影响分析

蔽体。

因此，类比对象新津精准肿瘤医院的伽玛刀与本项目伽玛刀有较强的可比性。本评价通过其验收监测结果来了解本项目运行后机房外的剂量率情况。

2017 年 4 月，成都中辐环境监测测控技术有限公司编制了《新津精准肿瘤医院医用核技术利用新建项目竣工环境保护验收监测报告》（中辐环验字[2017]第 RM0041 号）（以下简称《精准肿瘤医院验收监测报告》），并于 2017 年 5 月 11 日通过了四川省环境保护厅的验收审查。

监测布点情况见图 11-5、图 11-6。监测数据统计结果见表 11-8 所示。

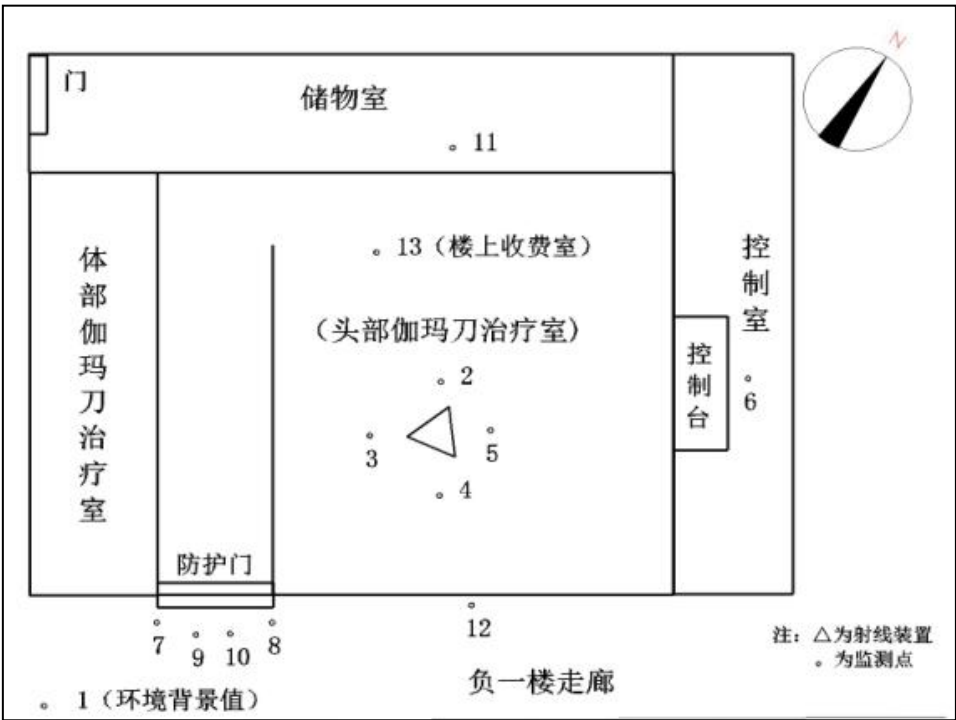


图 11-5 新津精准肿瘤医院头部伽玛刀验收监测点位布置示意图

续表 11 环境影响分析

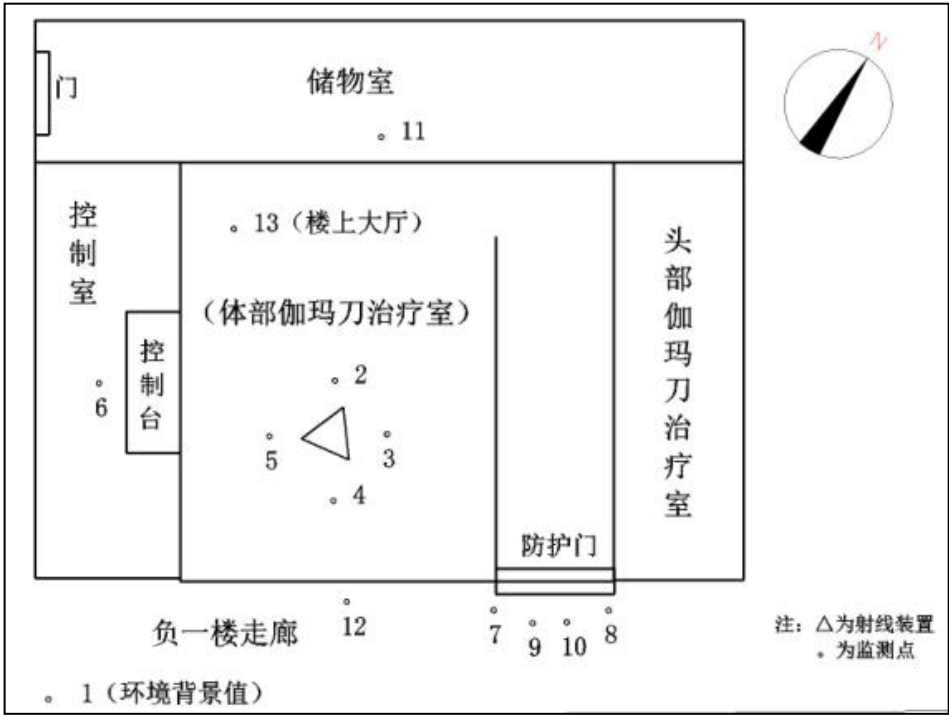


表 11-8 新津精准肿瘤医院伽玛刀机房监测结果统计表

头部伽玛刀监测			
监测点位	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (μSv/h)	
		未曝光	曝光
6	操作位	0.17	0.31
7	防护门左侧缝隙 (距门 30cm)	0.18	0.23
8	防护门右侧缝隙 (距门 30cm)	0.18	0.25
9	防护门下方缝隙 (距门 30cm)	0.19	0.21
10	防护门表面 (距门 30cm)	0.18	0.20
11	北侧储物室 (距墙 30cm)	0.18	0.23
12	南侧走廊 (距墙 30cm)	0.17	0.23
13	楼上收费室 (距地面 100cm)	0.19	0.20
体部伽玛刀监测			
监测点位	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (μSv/h)	
		未曝光	曝光
6	操作位	0.17	0.26
7	防护门左侧缝隙 (距门 30cm)	0.20	0.27
8	防护门右侧缝隙 (距门 30cm)	0.20	0.25
9	防护门下方缝隙 (距门 30cm)	0.18	0.22

续表 11 环境影响分析

10	防护门表面（距门 30cm）	0.19	0.21
11	北侧储物室（距墙 30cm）	0.19	0.23
12	南侧走廊（距墙 30cm）	0.19	0.22
13	楼上大厅（距地面 100cm）	0.17	0.20

备注：监测值未扣除本底值 0.17μSv/h。

根据《精准肿瘤医院验收监测报告》，监测时头部伽玛刀装源活度 2.82×10^{14} Bq、体部伽玛刀装源活度 2.36×10^{14} Bq，占设备额定装源活度的 98%，因此，本评价直接使用其监测结果来进行分析。

根据表 11-8，新津精准肿瘤医院伽玛刀在未开机治疗时，机房屏蔽体外 γ 辐射剂量率在 0.17μSv/h~0.20μSv/h 之间，与项目所在地的本底值（0.17μSv/h）无明显差异；伽玛刀在开机治疗状态时，机房屏蔽体外 γ 辐射剂量率在 0.20μSv/h~0.31μSv/h 之间，不足项目所在地本底值（0.17μSv/h）的两倍，远远小于评价标准控制值（2.5μSv/h），对环境无明显影响。

根据上述分析，本项目伽玛刀机房和设备与新津精准肿瘤医院的伽玛刀机房和设备具有较好的可比性，因此，可以预见，本项目严格按照本环评提出的污防措施，保证施工质量下，伽玛刀运行后机房外的 γ 辐射剂量率将小于评价标准控制值（2.5μSv/h），对环境的影响小。

11.2.3 装源、换源影响分析

伽玛刀设备购买安装后，需将供源单位购买的放射源装入装置内，期间医院需配合供源单位进行初装，主要工作有：按照供源单位装源方案设置警戒区，提供现场电源、保安工作等，此过程中医院工作人员可能受到辐射剂量。同时由于 Co-60 放射源半衰期只有 5.27 年，所以经过 6~8 年后伽玛刀需要更换一次放射源，放射源更换也由供源单位操作，医院人员从旁配合做好基础辅助工作。在换源时需将原有放射源取出，再将新 Co-60 放射源装入伽玛刀设备。因此，伽玛刀换源过程涉及到拆卸旧源、安装新源两个环节，故换源过程比新机装源过程可能受到的辐射剂量多。

（1）放射源运输

在进行换装源时，放射源由供源方运输至医院住院部门口，通过机械设备将放射源卸下，经平板车运输至吊装井，再通过伽玛刀控制室运至机房内。放射源

续表 11 环境影响分析

运输过程中，医院工作人员在警戒线外（距源约 4m），停留时间约 2 小时（单边运输）。根据《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）中第 5.8 条：距离装有活度为 $3.7\times 10^{10}\text{Bq}$ 以上的密封伽玛放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.2mGy/h 。放射源剂量随距离平方进行衰减，因此，在放射源容器外 3m 处，剂量率约为 0.022mGy/h 。根据个人剂量估算公式，在单边放射源运输过程中，医院工作人员受到的附加剂量为 0.044mSv （Gy、Sv 转换系数为 1）。低于评价标准限值（公众 0.1mS/a ），放射源运输对医院工作人员影响较小。

(2) 放射源倒、装过程

Co-60 放射源的倒装需使用专用的装源系统（装源热室）完成。装源系统的主要组件由热室、主从机械手、取块机、铅玻璃观察窗、龙门吊、托盘、照明系统、屏蔽铅环和吊篮提升装置等组成。热室由大大小小的铸铁件或钢板件组合而成，用于辐射屏蔽；铅环用于加强铅罐上方的辐射屏蔽；照明装置用于热室内的照明；铅玻璃观察窗用于机械手操作人员在热室外的观察；主从机械手用于夹送钴源；安全托盘用于防止钴源在倒装过程中跌落。装源系统结构图见图 11-7、图 11-8。

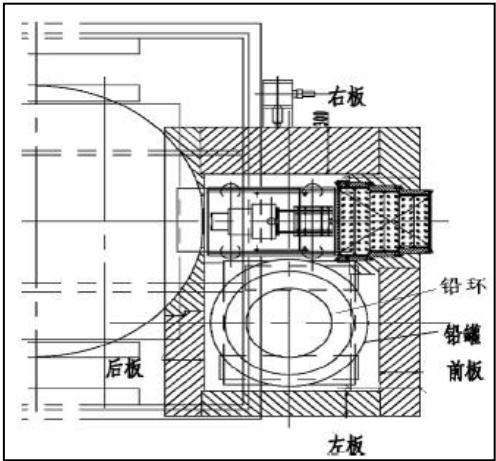
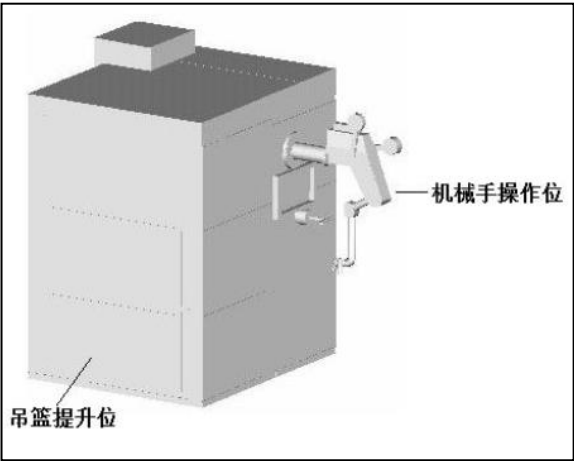


图 11-7 装源系统俯视图



11-8 装源结构立体示意图

为保证作业区操作人员的安全，热室进行了足够的辐射防护屏蔽，根据《使用 I、II 密封源环境影响报告书》（中国原子能科学研究院）中介绍的热室屏蔽要求，热室外工作区的剂量率限值为 $100\mu\text{Sv/h}$ ，观察窗外的剂量率限值为 $50\mu\text{Sv/h}$ 。据了解，在装源、换源过程中，医院工作人员不会进入治疗室内，在

续表 11 环境影响分析

上述剂量率范围内，经过机房墙体的屏蔽后，机房外的剂量率约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

据了解，在装源、换源过程由放射源单位或者专业单位技术人员操作。在此过程中，医院工作人员不会进入治疗室/机房内。在上述剂量率范围内，经过机房墙体（最薄 600cm 砼，距离最近约 2m，减弱倍数约 800 倍）的屏蔽后，机房外的剂量率约为 $0.125\mu\text{Sv/h}$ ，初装源约 5 小时，则医院工作人员受到的附加剂量约为 $0.625\mu\text{Sv}$ ，进行倒装源时时间增加 1 倍，受到的剂量约为 $1.25\mu\text{Sv}$ 。

根据以上核算，包含放射源院内运输和倒装源，初装源时医院工作人员受到的附加剂量约为 0.045mSv ，倒装源时医院工作人员受到的附加剂量约为 0.00125mSv ，低于评价标准限值（公众 0.1mS/a ），放射源运输对医院工作人员影响较小。

11.3.4 DSA 机房辐射环境影响分析

1、机房设计情况

医院住院楼六楼新增 1 台 DSA，属于 II 类射线装置。根据前节介绍，由表 10-1 可知：DSA 机房内空尺寸为 $8.0\times 6.4\times 3.5\text{m}$ ，面积 51.2m^2 ，机房四面墙体为 370mm 实心砖，顶棚为 200mm 砼，地面为 150mm 砼，大小防护门及防护窗均为 3mmPb。

2、类比分析

株洲市中心医院住院楼六楼现有 1 台 Arise zee 型 DSA，设备最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。机房内空尺寸为 $8.0\times 6.4\times 3.5\text{m}$ ，面积 51.2m^2 ，机房四面墙体为 370mm 实心砖，顶棚为 200mm 砼，地面为 150mm 砼，大小防护门及防护窗均为 3mmPb，位于本次环评 DSA 设备西侧。受株洲市中心医院的委托，长沙市鹏悦环保工程有限公司于 2017 年 12 月 20 日对医院住院楼六楼现有的 1 台 DSA 进行了现状监测。本项目 DSA 与医院现有 DSA 类比情况如下表，现有 DSA 现状监测结果见下表：

表 11-9 本项目 DSA 与医院现有 DSA 类比情况一览表

机房 项目	住院楼六楼介入室原 DSA	住院楼六楼介入室新增 DSA	类比情况
参数	125kV; 1000mA	125kV; 1000mA	相同
机房内空	$8.0\text{m}\times 6.4\text{m}\times 3.5\text{m}$	$8.0\text{m}\times 6.4\text{m}\times 3.5\text{m}$	相同

续表 11 环境影响分析

尺寸			
净空面积	51.2m ²	51.2m ²	相同
屏蔽情况	四面墙体为 370mm 实心砖，顶棚为 200mm 砼，地面为 150mm 砼，大小防护门及防护窗均为 3mmPb	四面墙体为 370mm 实心砖，顶棚为 200mm 砼，地面为 150mm 砼，大小防护门及防护窗均为 3mmPb	相同
开机条件	透视：52kV，95mA； 摄影：75kV，250mA	--	--

表 11-10 医院现有 DSA 现状监测结果

点位编号	检测点描述	周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	
		摄影	透视
△1	铅窗表面	0.12	0.11
△2	工作人员操作位	0.10	0.09
△3	墙表面 30cm	0.11	0.10
△4-1	控制室防护门上门缝表面 30cm	0.11	0.13
△4-2	控制室防护门左侧表面 30cm	0.12	0.11
△4-3	控制室防护门中间表面 30cm	0.11	0.10
△4-4	控制室防护门右侧表面 30cm	0.12	0.13
△4-5	控制室防护门下门缝表面 30cm	0.13	0.12
△5	墙表面 30cm	0.11	0.12
△6-1	防护大门上门缝表面 30cm	0.12	0.11
△6-2	防护大门左侧表面 30cm	0.10	0.10
△6-3	防护大门中间表面 30cm	0.12	0.12
△6-4	防护大门右侧表面 30cm	0.11	0.11
△6-5	防护大门下门缝表面 30cm	0.13	0.12
△7	墙表面 30cm	0.10	0.13
△8-1	第一术者操作位头部	--	15.16
△8-2	第一术者操作位胸部	--	13.11

续表 11 环境影响分析

△8-3	第一术者操作位腹部	--	12.56
△8-4	第一术者操作位腿部	--	11.49
△8-5	第一术者操作位足部	--	9.85
△9-1	第二术者操作位头部	--	14.38
△9-2	第二术者操作位胸部	--	13.26
△9-3	第二术者操作位腹部	--	12.57
△9-4	第二术者操作位腿部	--	11.86
△9-5	第二术者操作位足部	--	10.75
△10	楼上神经外科地面	0.11	0.10
△11	楼下心电图室	0.10	0.10

备注：以上检测数据均未扣除本底 0.09μSv/h。

根据检测结果可知，医院现有类比 DSA 机房墙体外 30cm 处周围剂量率为 0.09μSv/h~0.13μSv/h 之间，基本位于本底水平。本项目新增 DSA 机房与现有 DSA 机房相比，机房面积相同，机房四面墙体、顶棚地面及防护门窗屏蔽情况相同，设备参数基本相同，因此，本项目 DSA 机房辐射防护能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。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。

3、机房内通风

DSA 运行时会产生少量的臭氧和氮氧化物，因此 DSA 机房需要良好的通风，以降低臭氧浓度。根据医院实际情况，DSA 机房设计新建排风换气装置，机房内北墙上方设置一个排风口，排风口远离敏感点及空调进风口，同时安装空调辅助通风，机房内通风良好。在此基础上，排放至室外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，O₃ 的分解时间不到 10 分钟，能满足标准要求。

11.4 职业照射人员与公众附加年有效剂量

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：

$$H_{E-r} = 0.7 \times H^*(10) \times t \times 10^{-3} (mSv)$$

其中：H_{E-r}—X 或γ射线外照射人均年有效当量剂量，mSv

续表 11 环境影响分析

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

t: X 或 γ 射线照射时间, h。

11.3.1 DSA 机房附加年有效剂量估算

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:

$$H_{E-r} = 0.7 \times H^*(10) \times t \times 10^{-3} (\text{mSv})$$

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: X 或 γ 射线照射时间, h。

11.3.6.1 TOMO 刀机房附加年有效剂量

根据医院提供的年最大工作负荷, 按照前节计算, 本项目 TOMO 刀机房辐射工作人员年有效剂量当量估算结果见表 11-11。

表 11-11 TOMO 刀机房辐射工作人员年有效剂量当量估算表

设备名称	设计屏蔽厚度下的周剂量最大值 (Sv/周)	周剂量约束限值 (Sv/周)	辐射工作人员年有效剂量 (mSv)	公众年有效剂量 (mSv)
TOMO 刀机房	1.06×10^{-5}	1.2×10^{-5}	0.53	0.033

根据上述核算, 直线加速器的放射工作人员年受照剂量为 0.53mSv/a, 低于环评的管理目标值 2mSv/a; 公众年受照剂量为 0.033mSv/a, 低于环评的管理目标值 0.1mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

11.3.6.2 伽玛刀机房附加年有效剂量

在进行正式治疗前, 职业人员将病员推入治疗室并安置在治疗床上, 由于该仪器可以自动摆位, 职业人员不需要对病员进行摆位, 因此职业人员在治疗室内停留时间很短暂 (约 30s), 此时 γ 刀处于非工作状态 (放射源处于贮存状态), 职业人员一般距放射源大于 1m 左右的位置 (现按 1m 计), 按照医院每年头部 γ 刀有 500 人、体部 γ 刀有 400 人接受该项目治疗, 根据 “距放射源 1m 的任何位置上, 不大于 0.02mGy/h” 标准, 可估算出职业人员在推送病员

续表 11 环境影响分析

进入治疗室过程中接受的年有效剂量不大于 0.083mSv/a、0.0665mSv/a。

表 11-12 本项目射线装置年有效剂量估算表

序号	设备名称	墙体外周围剂量当量($\mu\text{Sv/h}$)		年有效开机时间	年有效剂量(mSv/a)	
		放射工作人员	公众		放射工作人员	公众人员
1	头部伽玛刀	0.09 (本底水平)	1.92	250h	0.0225	0.030
2	体部伽玛刀	0.09 (本底水平)	0.01	200h	0.018	0.00013

备注：放射工作人员 T=1，公众成员 T=1/16

11.3.6.3 DSA 机房附加年有效剂量

根据院方了解，医院 DSA 的辐射工作人员拟配置为专职辐射工作人员，不从事其他 X 射线装置的操作。因此，DSA 辐射工作人员的个人受照剂量仅来源于操作 DSA 所受剂量。按医院提供资料，医院目前进行介入放射的辐射工作人员共有 64 人，医院目前使用有 2 台 DSA。本次环评介入医生均从医院现有从事介入放射的辐射工作人员中调用。

A、控制室辐射工作人员

根据医院提供资料，医院规划使用 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 10 人次/周，年工作为 50 周，平均每次进行手术时 DSA 有效开机时间平均约为 30min。年有效开机时间约为 250h。控制室操作人员位于控制室内。根据前节类比测量，在控制室处的瞬时剂量估算值为 $0.13\mu\text{Sv/h}$ ，可计算出控制室内工作人员年附加有效剂量最大值为 0.0325mSv/a，低于评价标准 2mSv 管理目标值要求。

B、手术室医护人员

根据院方了解，医院 DSA 的辐射工作人员拟配置为专职辐射工作人员，不从事其他 X 射线装置的操作。因此，DSA 辐射工作人员的个人受照剂量仅来源于操作 DSA 所受剂量。

根据医院提供的现有介入放射辐射工作人员(附件七)个人剂量检测报告单，编号分别为 FJG-2017-353 (对应 64 名介入放射工作人员)、FJG-2017-230 (对应 62 名介入放射工作人员)，检测单位为湖南省职业病防治院，由上述剂量监测结果可知：

(1) 2016 年 12 月~2017 年 3 月期间，医院 62 名介入工作人员介入医生的

续表 11 环境影响分析

本佩带期间个人剂量当量（一个季度）最大为 0.40mSv/季度（其中周漫天计量检测值为铅衣内 0.05mSv，铅衣外为 65.36mSv，根据调查，周漫天本周期手术量较多，且内剂量计未佩戴，建议两个剂量计正确佩戴，减少受照量，加强防护。本次计量类比不以此剂量值作为类比对象），则年有效剂量最大为 1.6mSv/年。

（3）2017 年 4 月~2017 年 7 月期间，医院 64 名介入工作人员介入医生的本佩带期间个人剂量当量（一个季度）最大为 0.23mSv/季度（其中周漫天计量检测值为铅衣内 0.05mSv，铅衣外为 14.82mSv，王成明计量检测值为铅衣内 0.05mSv，铅衣外为 13.18mSv；根据调查，周漫天、王成明本周期手术量偏多，且内剂量计未佩戴，建议两个剂量计正确佩戴，减少受照量，加强防护。本次计量类比不以此剂量值作为类比对象），则年有效剂量最大为 0.92mSv/年。

医院现新增 1 台 DSA，手术量与现有 DSA 手术量相当，介入医生拟从现有从事介入放射的辐射工作人员中调用，因此，按照现有辐射工作人员剂量，在此基础上增加 1 台的工作量，则介入放射辐射工作人员年有效剂量为 2.4mSv/年，低于目标管理限值 4mSv/a。

因此医院按照本次规划的年介入治疗台次和从事介入治疗医生数量的情况，医院介入治疗医生的年受照剂量不超过评价年剂量目标管理限值要求。届时，根据医院发展情况，如需增加手术台数，则应根据实际情况，增加相应的介入治疗医生，以满足相关标准要求。

C、公众成员剂量估算

本项目 DSA 机房周围公众成员主要位于 DSA 机房周边公众成员，根据前节计算结果可知，防护门处的瞬时剂量估算值分别为 0.13 μ Sv/h，居留因子为 1/4，工作时间为 62.5h 来计算，则公众成员最大年附加有效剂量为 0.0081mSv/a，小于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.4 治疗室废气

TOMO 刀治疗室设有排风系统，采用机械排风，通风频率 4 次/小时。排风口位于北侧，采用“Z”型排风管道穿出治疗室外上方将治疗室内的气体导出引向楼顶排放；进风口位于迷道外墙靠近铅门侧上方，在墙上走 Z 型进风管道管道，管道直径 400 mm，开孔处安装有带有穿孔铅板（10mm 铅当量），进、排

续表 11 环境影响分析

风口设计符合辐射防护要求，通排风量及频率满足相关设计规范要求。

头部 γ 刀治疗室和体部 γ 刀治疗室内空气中的氧受 γ 射线电离也会产生臭氧，头部 γ 刀治疗室和体部 γ 刀治疗室建有通排风系统，排风采取机械排风，排风口位于北侧，采用“Z”型排风管道穿出治疗室外上方将治疗室内的气体导出引向楼顶排放；进风口位于迷道西侧上方墙体上，风道呈 45° 倾斜，直径400 mm，外侧安装有穿孔铅板（10mm 铅当量），进、排风口设计符合辐射防护要求，通排风量及频率满足相关设计规范要求。

DSA 机房设计采用机械排风换气装置，机房内顶部设置两个 $300\times 300\text{mm}$ 出风口，通风量大于 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数4次/h，排风口远离敏感点及空调进风口，同时安装柜式空调辅助通风。其他射线装置机房均设置了机械动力通风装置。本次环评要求通风管网布置从非限制区到监督区到控制区，即从低浓度到高浓度收集废气然后排出。

11.5 对敏感点的影响分析

根据上述分析，上述射线装置中介入医生年附加有效剂量低于评价标准 4mSv/a ，其他放射工作人员年附加有效剂量低于评价标准 2mSv/a ，机房外活动的公众成员年附加有效剂量低于评价标准 0.1mSv/a ；机房屏蔽体外30cm处的周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求；项目废气的浓度远远低于国家标准要求，对外环境影响很小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。

机房外，本项目用房最近敏感点均为院内建筑，射线装置及放射性同位素运行时对其产生的辐射影响很小，对更远的敏感点产生的影响将更小，环境敏感点可接受。

11.6 选址合理性及平面布局合理性分析

11.6.1 选址合理性分析

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

续表 11 环境影响分析

和文件对拟建项目的择址未加明确限值。

① 根据建设单位提供的资料和评价单位现场踏勘，项目场地内未发现滑坡、坍塌、地裂等不良地质灾害现象，场地现状稳定性好，水文地质条件简单。

② 根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于建设。

③ 建设单位根据环评要求进行建设，项目运行后对周围环境的辐射影响满足评价标准的要求，环境可以接受。

④ 本项目涉及的射线装置机房均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，本项目选址可行。

11.6.2 布局合理性分析

本项目设备均位于住院楼，住院楼为地上十六层，地下一层建筑，位于医院场地东侧，东面为院区道路及绿化带，南面隔院区道路约 40m 处为颐康楼，西面约 23m 处为医技楼，北面为院区道路及停车场，总体用房与其他科室用房分开，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的负一层角落里，能更好的保护病人及医院工作人员的安全，有利于采取相应的辐射防护措施。

从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

11.7 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（DSA 机房、TOMO 刀机房、伽玛刀）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诊疗环境，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。

续表 11 环境影响分析

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。 11.8 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，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 9 号《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）第一类——鼓励类中新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及器械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的应用，第六小类——核能中的同位素、加速器及辐照应用技术开发项目。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。 11.9 事故影响分析 11.9.1 辐射事故应急预案 1、辐射潜在事故风险分析 （1）TOMO 刀潜在照射（危险）分析 TOMO 刀的核心组件为加速器，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) 门-机联锁装置失效 由于未及时检修，门-机联锁装置失效，门处于半开启状态，加速器仍能运行，人员进入治疗机房而受到照射。 2) 人员滞留在机房内 加速器开机治疗时，工作人员、病人家属等进入治疗机房后，未全部撤离，仍有人滞留在机房内某个不意察觉的地方。 3) 人误

续表 11 环境影响分析

不了解 TOMO 刀系统基本性能和结构，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。

（2）伽玛刀潜在照射（危险）分析

1) 门-机联锁装置失效

由于未及时检修，门机联锁、门灯联锁等联锁装置失效，门处于半开启状态，伽玛刀治疗机仍能运行，人员进入伽玛刀治疗室内而受到照射。

2) 工作人员和公众误留治疗室内

工作人员或病员陪伴进入伽玛刀治疗室后，未全部撤离，仍有人滞留在机房内某个不意察觉的地方。在伽玛刀治疗前，工作人员未仔细从监视器上搜寻，从而意外地留了下来，伽玛刀运行时，滞留人员受到照射。

3) 人误

工作人员不了解伽玛刀的基本性能和结构，缺乏操作经验；缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；违反操作规程和有关规定，操作失误；管理不善、领导失察等，是人为的因素造成辐射事故的最大原因。

4) 卡源故障

伽玛刀的卡源同其它放射源治疗机的卡源不同，Co-60 源安装好以后，位置固定，所以不存在放射源离开贮存容器无法回位的现象。其所指卡源是指同轴旋转的准直器不能回归零位，即治疗结束后源始终处于照射状态。出现这种情况后工作人员立即按动紧急停止按钮，穿好防辐射服迅速进入治疗室，沿墙壁绕到设备后面，采用复位的方式关闭射线束。

受照影响估算：放射工作人员手动回源过程会增加人员的受照剂量。根据伽玛刀的辐射剂量和辐射防护指标，治疗状态时主机后方（380~441mm 的铸铁件屏蔽）180° 范围距源 1m 表面任意点泄漏射线剂量率不大于焦点的 0.5%，本项目伽玛刀额定装源活度最为 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，最大焦点剂量率为 4Gy/min ，则漏射线剂量率为 0.02Gy/min 。放射工作人员手动回源大概需要 1min，则完成手动操作的人员一次操作中受到的辐射剂量为 0.02mSv 。根据《电离辐射防护与辐射源

续表 11 环境影响分析

安全基本标准》（GB18871-2002），“除抢救生命的行动外，必须尽一切合理的努力，将工作人员所受到的剂量保持在最大单一年份剂量值的两倍以下”。本项目项目事故状态下工作人员受到的辐射剂量值低于最大单一年份剂量值的两倍以下，因此，在该事故状态下工作人员受到的辐射剂量能够满足剂量约束值。

5) 放射源脱落

放射源安装及换源工作委托有环保部颁发有 I 类放射源安装资质单位进行，医院放射工作人员不参与该项工作。从事换源工作人员若未做好充分的准备工作，工作人员缺乏经验，情绪紧张，致使放射源从机械手脱落，将发生放射源事故。倒装源是在屏蔽热室内进行，倒装过程每次安装一枚放射源，若发生放射源脱落事故，则至多一枚放射源在吊装或机械手安装过程中脱落在屏蔽热室内，本项目单枚源最大活度为 $9.62 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。根据换源单位提供资料，屏蔽热室机械手操作区域为 370mm 铸铁相当于 135mmPb，屏蔽热室位于伽玛刀机房内，则在放射源倒装过程中发生放射源脱落（单枚为 $9.62 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{60}Co 放射源）的事故机房外周围剂量当量率为 $0.41 \mu\text{Sv/h}$ 。

6) 医疗照射不正当化

滥用伽玛刀对病员进行治疗，造成病员受到不必要的照射。

7) 未进行质量控制检测

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。

8) 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。

(3) 其它 X 射线装置潜在照射（危险）分析

1) 门灯指示灯失效

门灯指示灯失效，X 射线装置处于出线状态，人员误进入机房而受到误照射。

2) 人员留在机房内未作防护

工作人员进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施，放射设备开始出线后，滞留人员受到不必要的照射。

续表 11 环境影响分析

3) 人误

由于工作人员缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；违反操作规程和有关规定，操作失误；管理不善、领导失察等，是人为造成辐射事故的最大原因。特别是对育龄妇女、孕妇、儿童等敏感人群照射前，没有按照规定告知、说明或者没有对敏感器官进行必要的屏蔽防护，造成辐射事故。

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。

5) 工作人员业务技能不高

工作人员业务技能差，经验不足，操作不熟练等，致使患者和医生受到超剂量照射。

6) 非辐射公众成员受到超剂量照射

非辐射工作人员由于工作需要或误入开机机房内，长时间停留，造成超剂量照射。

2、事故风险危害后果分析

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

这类症状存在阈值效应，其严重程度取决于剂量大小，只有在剂量超过一定的阈值时才能发生，我们称之为确定性效应，该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。

续表 11 环境影响分析

成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值见表 11-13 所示，成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-14 所示。

表 11-3 成年人敏感部位的确定性效应阈值估计值

组织和效应		在一单次短时照射中受到的总剂量 (Sv)	分很多次的照射或迁延照射中受到的总剂量 (Sv)	多年中每年以很多分次照射或迁延照射接受剂量时的年剂量 (Sv/a)
睾丸	暂时不育	0.15	NA	0.4
	永久不育	3.5~6.0	NA	2.0
卵巢—不育		2.5~6.0	6.0	>0.2
晶状体	可查出的浑浊	0.5~2.0	5	>0.1
	视力障碍 (白内障)	2.0~10.0	>8	>0.15
骨髓—造血功能低下		0.5	NA	>0.4

备注：表格来自 ICRP，1984；NA 表示不适用，因为该阈值取决于剂量率而不取决于总剂量。

表 11-14 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力，不适，食欲减退 头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降 多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降 多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《急性外照射放射病的诊断标准》（GBZ104-2002）和《辐射防护导论》P33。

医院在使用放射源过程中发生的最大可信事故为放射源脱落，本项目放射源安装、维修、换源、运输均委托有资质单位进行，医院放射工作人员不参与该项工作。由伽玛刀潜在照射（危险）分析可知，放射源倒装过程中至多发生一枚放射源脱落的情况，此类事故发生时机房外周围剂量当量率为 $0.41\mu\text{Sv/h}$ ，假设处理此种事故，机械手再次将放射源置于吊篮内时间约 20min，则机房外人员受照剂量为 $0.14\mu\text{Sv}$ ，小于成年人敏感部位在一单次短时照射中确定性效应阈值 0.15Sv 。

3、风险防范措施

续表 11 环境影响分析

根据以上分析，当 TOMO 刀无任何屏蔽情况下照射时间在很短的时间内就会导致最严重的后果。因此，本项目需要采取措施避免以上风险的发生。

(1) TOMO 刀风险防范措施

1) 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) 撤离机房时应清点人数，必须按程序对 TOMO 刀治疗机房全视角搜寻；用对讲机呼叫，声灯报警。运行时发现有人员滞留室内，由控制室紧急按下停机开关；如机房内有工作人员未及时出来，可通过随身携带的仪器报警，立即按下机架上的紧急停机开关，可将辐射危险的严重程度降至最低限度。

3) 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。

(2) 伽玛刀风险防范措施

1) 制定自检制度且严格进行经常性自检，要经常检查和维修联锁系统、防护门、监视器、工作状态指示灯、急停按钮、剂量监测报警装置、辐射警告标志等防护设施；

2) 工作人员要严守操作规程，伽玛刀操作人员应取得中级辐射安全培训。每次开机运行前要确认治疗室无其他人员时，才能开始进行治疗。

3) 加强对伽玛刀设备的质量检测和安全检测，定期进行设备稳定性检测、校正和维护保养，并由专人负责，防治出现卡源事故。

4) 定期检查伽玛刀治疗室通风系统，发现问题及时解决。

5) 出现卡源情况放射工作人员立即按动紧急停止按钮，穿好防辐射服迅速进入治疗室，沿墙壁绕到设备后面，采用复位的方式关闭射线束。

6) 换源、装源由有资格的专业人员进行，医院放射工作人员不参与该项工作。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。装源、换源工作人员应经过专业培训，考核合格后方可

续表 11 环境影响分析

上岗。装源、换源在热室内操作，在操作过程中，下方设置安全网或安全托盘，以防跌落后污染地面和遗失。一旦发生跌落，使用机械手从安全网或安全托盘中重新夹取此源。严格加强放射源的安全管理，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。

（3）其它 X 射线装置风险防范措施

1）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，严禁在警示灯失效的情况下违规操作。

2）撤离机房时清点人数，必须按程序对机房进行全视角搜寻，对滞留机房内的无关人员强行劝离。有外来人员进入时，工作人员应根据情况，采取急停或相应措施，阻止外来人员受到误照射。

3）辐射工作人员必须加强防护知识培训，提高防护技能，避免犯常识性错误；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。

4）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）医院应定期组织辐射工作人员学习专业业务知识，不断提高业务水平。

4、辐射事故应急

如果本项目射线装置出现了事故情况，为避免或减轻风险后果，应采取应急措施：

（1）射线装置运行过程中，如发现有人员误入机房，必须紧急停机，中止照射。

（2）保存控制器上的照射记录，不得随意更改，为以后的事故处理留下依据。

（3）发生辐射安全事故后首先向医院内部管理部门报告，并在 2 小时内向环境保护主管部门及卫生行政部门报告。

（4）发生照射事故时，人员接受医学检查或在指定的医疗机构救治，并在 2 小时内向市环保局和卫生行政部门报告。

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（2008 修订）》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：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。医院设置的辐射安全与环境保护管理机构职责包括：相关制度的制定、修改与完善；安排辐射工作人员参加学习培训；定期的辐射工作场所巡查和辐射事故应急演练；辐射工作人员的健康档案管理等。

医院已经指定了特定人员负责辐射安全工作，成立了辐射安全防护领导小组（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，该小组人员应认真个人职责工作，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 辐射安全防护领导小组及专（兼）职管理人员表

机构名称	辐射安全防护领导小组				
管理人员	姓 名	性别	职务或职称	工作部门	专/兼职
组 长	蔡安烈	男	院长	院办	兼职
副组长	包正军	男	副院长	院办	兼职
副组长	李璨	男	副院长	院办	兼职
成 员	黄立华	男	主任	后勤科	兼职
成 员	文杰	男	主任	医务科	兼职
成 员	郭宇峰	男	主任	设备科	兼职
成 员	关健	男	副主任	后勤科	专职
成 员	李高峰	男	主任	肿瘤科	兼职
成 员	李一辉	男	主任	影像中心	兼职
成 员	向正敏	女	副主任	影像中心	兼职
成 员	龚朝晖	男	副主任	后勤科	兼职

根据表 12-1 可知，辐射安全管理委员会设置了 1 个组长，2 名副组长，10 个成员。上述人员均有一定的学历与管理的能力。本项目开展后，医院的辐射安

续表 12 辐射安全管理

全工作管理人员能满足配置要求。本项目开展后，医院的辐射安全工作管理人员能满足配置要求。

医院现有环境保护管理机构基本满足项目运行需要，根据实际运行情况，还需增加：

- ①应急预案处理小组，并定期进行应急培训；
- ②成立安全和防护状况日常检查小组，发现隐患当立即整改。

12.1.2 辐射工作人员

为满足医院放射工作和安全的需要，医院根据要求配置相应的辐射工作人员：医院新增 DSA 机房全部调用现有介入放射工作人员，放疗中心目前确定从放射治疗科室调用下列 6 名放射工作人员，其他人员暂未定，本次环评要求调用人员必须包含如下要求：物理师 1~2 名，放疗医师 3~4 名，其他为技师，建设单位按照上述要求配置的辐射工作人员基本能满足项目的使用要求。医院辐射工作人员情况见附件六。

本项目配备的工作人员情况见下表 12-2。

表 12-2 辐射工作人员登记表

序号	姓名	性别	学历	专业技术职称	个人剂量计编号	放射工作人员证号
TOMO 刀、伽玛刀机房						
1	李高峰	男	博士	LA 技师	127	110450000020976
2	朱娴	女	学士	LA 技师	152	/
3	郭露	男	本科	LA 技师	136	2013143420022
4	王建礼	男	硕士	LA 技师	103	4343500016
5	曾学波	男	本科	LA 技师	120	4320060384
6	刘小伟	男	大专	LA 技师	135	2013143420023

12.1.3 职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划

为满足医院放射工作和安全的需要，医院拟招聘各类放疗需要技术人员，包括放疗医师、物理师、技师等工作人员。

根据环境保护部令第 3 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。同时，根据环境保护部令第 18 号第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受

续表 12 辐射安全管理

一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。因此，本环评要求医院在本项目运营前，未培训的辐射工作人员必须参加辐射安全培训，并取得合格证。取得培训合格证的人员，医院应每四年组织一次复训，同时医院建立了相关的培训计划。

根据保护部令第 18 号第十八条规定：使用 I 类放射源的辐射工作人员应当接受中级或者高级辐射安全培训，以及从事前款所列装置、设备和场所设计、安装、调试、倒源、维修以及其他与辐射安全相关技术服务活动的人员，应当接受中级或者高级辐射安全培训。本项目伽玛刀内配置的放射源合计为 I 类放射源，则操作伽玛刀的相关人员应参加中级或者高级的辐射安全培训，并四年内进行复训。

此外，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。医院还应安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐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。根据中华人民共和国卫生部令第 55 号，医院建立并终生保存健康档案。

12.2 辐射安全管理规章制度

为保障放射源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，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：

《放疗临床物理师工作岗位职责》、《放疗物理组长工作之职责》、《伽玛刀操作规程》、《放疗技术员工作岗位职责》、《放射治疗系统安全管理规定》、《TOMO 放射治疗系统操作规程》、《放射装置安全防护管理制度》、《辐射安全与防护监测方案》、《医院放射装置定期检查与维护规章制度》、《三废的处理措施》、《放射安全防护与质量保证制度》、《放射安全操作规章制度》、

续表 12 辐射安全管理

《辐射事故预防措施及应急处理预案》。 上述管理制度的操作规程能满足医院目前的辐射工作。本次环评建议建设单位建立 DSA 工作量登记记录制度，加强 DSA 介入医护人员计量管理。同时，在本项目建成后运行前，医院还应增加制定与本项目相关的辐射制度，如：《放射治疗系统安全管理规定》、《伽玛刀倒装源应急预案》等，以上制度不仅考虑了辐射设备的使用和安全防护，而且考虑了辐射设备使用的实践的合理性，具有一定的可操作性；另外，医院应根据实际工作需要，按照国务院令 449 号（2005）《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、国家环境保护部令 3 号（2008）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等现行要求，更新修改，全面完善和健全各项规章制度，更新《辐射安全事故应急预案》并补充上述规章制度。 12.3 辐射环境监测 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： （1）个人剂量监测 对辐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检测资质的单位进行。个人照射累积剂量每 3 个月为一监测周期，如发现异常可加密监测频率。 （2）工作场所外部环境监测 医院应自行配备 X-γ剂量率测量仪（定期进行计量检定），对射线装置机房四周环境进行监测。发现问题及时整改。监测数据每年年底向市环境保护局和省环境保护厅上报备案。医院自行的日常监测要求如下表 12-3 所示。
--

续表 12 辐射安全管理

表 12-3 医院常规监测内容一览表				
科室名称	监测地点	监测项目	监测频率	限值要求
TOMO 刀机房	TOMO 刀机房四周墙体及顶棚、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	一年一次	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
伽玛刀机房	伽玛刀机房四周墙体、顶棚、地板、观察窗、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	一年一次	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
DSA 机房	DSA 机房四周墙体、顶棚、地板、观察窗、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	一年一次	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
个人剂量	辐射工作人员个人剂量计	佩戴期间个人剂量当量	一季度一次	标准要求
涉源机房	涉源机房	门机联锁、工作指示灯、警示标识	自检	有效运行

(3) 医院辐射环境现状监测

1) 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。

根据医院提供资料，医院年度内总体情况良好，没有发生辐射事故，也没有辐射事故的投诉和举报。

2) 职业健康监护及个人剂量监测

医院组织从事放射工作的职业人员进行了健康医学检查，并按照《辐射工作人员健康标准》的规定执行，为辐射工作人员建立了个人健康档案。个人健康体检报告见附件八，由附件八可以看出，医院 2017 年 11 月委托株洲市劳动卫生职业病防治中心对 189 名辐射工作人员进行了职业健康监护检查，其中有 1 人建议需暂时调离辐射工作岗位，39 人有关项目异常，需复查，15 人有关项目未检，需补查，体检结果详见附件八。本次环评要求医院组织检查结果不符合要求的工作人员进行了复查，需补查人员进行相关项目的补查，同时按照体检结果，将需调离辐射工作岗位的辐射工作人员妥善处置。

医院为辐射工作人员配置了个人剂量计，根据医院提供资料，目前其建立了以一个季度（90 天）为测度周期的个人剂量检验报告，并保存好检验报告，发现有工作人员超出本评价提出的年剂量约束限制，立即停止辐射工作。由附件七

续表 12 辐射安全管理

可以看出,医院 2018 年 1 月 23 日委托湖南省职业病防治院对辐射工作人员进行了个人剂量计的检测,其中周漫天计量检测值为铅衣内 0.05mSv,铅衣外为 17.70mSv,唐国珂计量检测值为铅衣内 0.10mSv,铅衣外为 2.12mSv,袁野计量检测值为铅衣内 0.11mSv,铅衣外为 2.24mSv,李文灿计量检测值为铅衣内 0.12mSv,铅衣外为 2.23mSv;根据调查,上述人员均为介入放射科工作人员,上述人员本周期手术量偏多,且周漫天内剂量计未佩戴,建议两个剂量计正确佩戴,减少受照量,加强防护,其他辐射工作人员检查结果均未见异常,可继续从事辐射工作。本次环评要求医院加强对辐射工作人员的辐射防护知识和技能培训,定期进行辐射防护安全教育。建议医院对长期从事辐射工作的人员实施轮岗,特别是年龄已超过 45 岁的辐射工作人员,尽量降低由于长时间接触职业危害因素对身体健康造成的伤害。

12.4 医院辐射防护符合项分析

根据环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号对使用射线装置要求及医院目前实际筹备计划,做出如下符合项评价,见表 12-4。

表 12-4 医院从事辐射活动能力评价表

应具备条件	落实情况	还需落实的工作
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	现有 189 名辐射工作人员,大部分已参加培训,部分培训证已过期,需进行复训	所有辐射工作人员,需要参加培训并取得合格证后方可上岗,应当每四年接受一次再培训;操作伽玛刀工作人员拟参加辐射安全中级培训并取得合格证。
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,包括个人剂量计	现有辐射工作人员配有个人剂量计	上岗前,所有辐射工作人员应配备个人剂量计
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的安全措施。	设置有门灯联动装置,并标有电离辐射警示标志已经工作状态指示灯,可开展辐射工作	按照设计、标准要求落实

续表 12 辐射安全管理

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	已经制定了放射防护管理、设备操作制度、放射科管理制度、应急预案等	制定了射线装置机房相关制度，项目运行后需按照要求增加、更新、修改并完善相应的辐射制度
有辐射安全管理机构，有完善的辐射事故应急措施	已成立，已制定	定期开展应急演练工作

根据表 12-4 可知，株洲市中心医院在完善上述要求后从事辐射活动的条件已基本具备。

12.5 辐射事故应急预案

12.5.1 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。

续表 12 辐射安全管理

(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、污染控制和安全防护等方面的物资和器材, 具体见表 12-5。

表 12-5 辐射事故应急物资和器材

器材或物资类别	名称及数量	维护保养要求
监测仪器	个人剂量报警仪若干, 表面污染巡测仪 1 台	定期开展维护保养和计量检定, 保证仪器设备完好
通讯工具	手持对讲机或移动手机若干	定期充电、检查, 保证完好
取证工具	数码照相机、摄像机、测距仪等	定期充电、检查, 保证完好
警戒设备	电离辐射警告标志、警示灯等	保持干净、完好
人员防护设备	防辐射工作服、防护眼镜、手套(乳胶或纱棉)、口罩、长柄镊子、机械手等	保持干净、完好
消除污染设备	去污染消毒剂、肥皂等、棉签、抹布若干、塑料桶、塑料袋	分类放置、标签清晰、便于取放

12.5.2 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。

①X 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装源、换源由专业公司负责, 在装源、换源过程前进行一定的模拟过程, 确保设定过程可行才进行实际性操作, 装源、换源工作人员应经过专业培训, 考核合格后方能上岗, 在操作过程中, 下方设置安全网或安全盖, 以防跌落后污染地面和遗失。一旦发生跌落, 使用机械手从安全网或安全盖中重新夹取此源, 必要时改变机械手的角度和调整机械手穿墙的深度。

③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。

续表 12 辐射安全管理

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。

12.5.3 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、市环保局,并同时向省环保厅报告,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:

辐射安全管理办公室(医务科)电话:0731-28563999

院总值班室电话:0731-28219219

市环保局电话:12369(24 小时)/0731-8879800

省环境保护厅电话:0731-85698110

株洲市中心医院应急预案待更新完善,辐射防护制度应按要求制定并更新,使其具有较强可操作性,并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,维护辐射工作人员和周围公众的权益。

综上所述,评价认为,株洲市中心医院辐射环境管理满足《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(2008 修订)》等相关标准的要求。

表 12-6 环境保护验收一览表

序号	验收内容	验收要求	要求
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、修改并完善相应的规章制度和事故应急预案	环境保护部令第 3 号 GBZ121-2017
3	人员要求	管理人员和辐射工作人员持证上岗，4 年进行 1 次复训；操作伽玛刀的辐射工作人员及专职管理人员应取得中级辐射安全培训	环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号
4	机房面积	TOMO 刀机房： $\geq 45\text{m}^2$ ； 伽玛刀： $\geq 30\text{m}^2$ ，高度 $\geq 3.5\text{m}$ ； DSA 机房： $\geq 30\text{m}^2$ ，最小单边长度 $\geq 4.5\text{m}$ （参考）	GBZ126—2011 GBZ165—2012 GBZ130-2013 GBZ/T161-2004
5	辐射安全防护措施	①机房门外张贴电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯，TOMO 刀、伽玛刀配置有门机联锁等多重联锁装置，TOMO 刀机房防护门与之下同等厚度房间铅门联锁，DSA 射线装置配置有门灯联锁。 ②门与墙搭接满足要求，机房内建设的穿越防护墙的导线、导管等采用“Z”型。机房内设置通风装置，通风管道采用弯型，开孔处安装有带有穿孔铅板（10mm 铅当量）。 ③TOMO 刀机房、伽玛刀机房采用电动、手动一体化防护门，紧急停机按钮 ④TOMO 刀机房、伽玛刀机房内设置摄像监控、对讲装置、机房内安装剂量报警仪。 ⑤制度上墙，并开展定期应急演练 ⑥DSA 要求设置门灯联动装置；辐射机房在控制室与治疗室之前应设观察窗与对讲机	GBZ130-2013 GBZ 168-2005
6	配套设施、设备	个人防护用品：铅衣、铅帽、铅眼镜、铅帘、病人防护用品等详见表 10-3	GBZ130-2013
7	辐射监测	1、每 1 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，年度评估 2、医院应每季度对工作人员进行个人剂量监测，每 2 年进行放射人员健康体检，并将资料存档管理	环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号
8	电离辐射	剂量限制	1、DSA 介入医生年有效剂量 $\leq 4\text{mSv}$ 2、其他辐射工作人员年有效剂量 $\leq 2\text{mSv}$ 3、公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$ GB18871-2002、及环评批复
		墙体外剂量率控制	距离机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ GB18871-2002 GBZ130—2013
		设备表面剂量	伽玛刀非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平，距设备外表面 60cm 处 $\leq 20\mu\text{Gy/h}$ ；距设备外表面 5cm 处 $\leq 200\mu\text{Gy/h}$ 。贮源器应符合出厂要求并具有合格证 GBZ168—2005
9	废气	射线机房内均设置机械动力通风装置	GBZ130-2013
10	废源	与厂家签订回收协议，退役后的废源由厂家回收	GBZ168—2005

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

株洲市中心医院位于株洲市天元区长江南路 116 号。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，为促更好的满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，进一步提升区域医疗技术水平，改善病人医疗诊治条件，为疾病诊断、寻找病灶部位、治疗相关疾病提供科学依据和手段，株洲市中心医院拟投资 10000 万元在株洲市中心医院本部住院楼地下一层及住院楼六楼进行核技术利用扩建项目，新增使用 1 台 TOMO 螺旋断层与径照放射治疗系统（最大能量为 6MV），1 台头部多源伽玛射束立体定向放射治疗系统（内含 25 枚钴-60，单枚放射源活度约为 $9.62 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，属 II 类放射源，总装源活度为 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，聚合后属于 I 类源），1 立体定向伽玛射线体部治疗系统（内含 25 枚钴-60，单枚放射源活度约为 $9.62 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，属 II 类放射源，总装源活度为 $2.405 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，聚合后属于 I 类源）），1 台医用血管造影 X 射线系统（DSA）。

根据资料收集和现场踏勘实际情况，目前住院楼地下一层拟建机房为耗材库房，未动工，住院楼六楼 DSA 机房装修已完成，设备未安装。

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

医院放射源对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，本项目建设符合《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。同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 9 号《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）第一类——鼓励类中新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装

续表 13 结论与建议

备及器械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用，第六小类——核能中的同位素、加速器及辐照应用技术开发项目。本项目的建设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

根据现场监测结果，项目拟建址的地表 γ 辐射剂量率（室内）在 112~120nGy/h 之间，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，适合项目建设。

2、布局合理性

本项目设备均位于住院楼，住院楼为地上十六层，地下一层建筑，位于医院场地东侧，东面为院区道路及绿化带，南面隔院区道路约 40m 处为颐康楼，西面约 23m 处为医技楼，北面为院区道路及停车场，总体用房与其他科室用房分开，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的负一层角落里，能更好的保护病人及医院工作人员的安全，有利于采取相应的辐射防护措施。从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局基本可行。

13.1.5 环境影响分析结论

1、墙体屏蔽的辐射防护

本项目 DSA 机房、TOMO 刀机房、伽玛刀机房按照医院目前的设计屏蔽厚度进行建设，通过上述评价，各用房的四周墙体、天棚、地板、防护门和观察窗的厚度能满足要求，能有效保证辐射工作场所的安全。

2、剂量估算

通过核算，从事本项目的辐射工作人员和公众人员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量约束限值要求介入医生：4mSv/a，其他辐射工作人员：2mSv/a，公众人员：0.1mSv/a，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》（GBZ130-2013）相关标准的要求。

13.1.6 辐射与环境保护管理

续表 13 结论与建议

医院成立了辐射安全防护领导小组，医院按照环评要求制定、更新并完善各项制度后，各项规章制度、操作规程、应急处理措施等基本健全、具有可操作性，医院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，辐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，株洲市中心医院严格按照环评要求进行建设后，医院核技术利用扩建项目运行时对周围环境产生的辐射影响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。株洲市中心医院在落实了本环评提出的各项环境保护及污染防治措施的前提下，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，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。加强工作人员的辐射防护，工作人员必须正确配戴个人剂量计。

2、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。

3、在项目运行前，医院必须组织好放射工作人员岗位，并安排放射工作人员进行辐射防护培训，培训合格者方可上岗。医院应安排人员参加环保行政主管部门或其他单位举办的辐射防护相关知识的培训学习，并进行 4 年一次复训，操作伽玛刀工作人员拟参加辐射安全中级培训并取得合格证。

4、医院应与供源单位签订放射源回收合同。项目今后放射源尽量从一家单位购买，在倒装源时即可回收运输，避免因多家单位交接产生不必要的辐射事故。初装源及今后换源均应委托有 I 类放射源安装资质的单位开展。

5、医院应根据要求自主开展环保验收。

6、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。

续表 13 结论与建议

7、对医院辐射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、医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。

2、医院在项目实施后，需要根据实际情况修改完善各项制度，并组织实施。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。警告标志的张贴必须规范。

3、医院辐射防护标识应全面、清晰，不留死角。

4、负责 DSA 介入手术的医护人员应按辐射工作人员进行管理，定期开展辐射防护知识培训、个人剂量监测和职业健康体检。

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