

目 录

表 1	项目概况.....	1
表 2	放射源.....	11
表 3	非密封放射性物质.....	12
表 4	射线装置.....	13
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	15
表 6	评价依据.....	16
表 7	保护目标与评价标准.....	18
表 8	环境质量现状.....	29
表 9	项目工程分析与源项.....	32
表 10	辐射防护与安全措施.....	42
表 11	环境影响分析.....	52
表 12	辐射安全管理.....	90
表 13	结论及建议.....	102
表 14	审批.....	107

表 1 项目概况

项目名称		湖南中医药高等专科学校附属第一医院核技术利用扩建项目			
建设单位		湖南中医药高等专科学校附属第一医院			
法人代表	徐伟辉	联系人	曾 XXXX	联系电话	13907336707
注册地址		株洲市人民中路 571 号			
项目建设地点		湖南中医药高等专科学校附属第一医院中医药大楼及门诊大楼负一楼			
立项审批部门		/	批准文号	/	
核技术利用项目总投资（万元）	XXX	核技术利用项目环保投资（万元）	XXX	投资比例	XXX
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：

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 项目概况

1.2 建设单位概况

湖南中医药高等专科学校附属第一医院成立于 1954 年，省卫生计生委直属公立医院，是一所集医疗、科研、教学、康复于一体的现代化综合性三级甲等医院。医院交通便利，编制床位 1200 张，开放床位 2000 张，占地 2.5 万平方米，医疗业务用房 16 万余平方米，近 60 个临床及功能科室，学科建设完整。硬件设施居省内同级医院前列。医院开展的心脏外科手术、心血管介入、冠脉支架、搭桥、断肢（指）再植、颅脑外伤、颅内血管及肿瘤摘除、关节置换、乳房再造术技艺精湛。特别是颅脑、肝胆、脾肾、肺脏、妇科、骨伤各种疾病采用微创技术、损伤小，恢复快，效果显著。各类肿瘤疾病的手术及放化疗、新生儿疾病、呼吸系统疾病、心血管疾病等方面已形成株洲地区独特的优势技术。

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，为提高医院对疾病诊疗能力和医院竞争力，湖南中医药高等专科学校附属第一医院拟投资 XXXXX 万元进行湖南中医药高等专科学校附属第一医院核技术利用扩建项目，具体内容如下：

1、医院在中医药大楼二楼放射科新增 1 台 DSA（Ⅱ类射线装置），3 台 DR（其中 1 台为移动 DR，1 台 DR 为门诊大楼一楼介入中心搬迁至此，1 台为新增）、1 台 CT，以上设备均为Ⅲ类射线装置；

2、中医药大楼五楼新增 1 台 DR（为门诊大楼四楼体检中心搬迁至此），1 台乳腺机（为门诊大楼四楼体检中心搬迁至此），为Ⅲ类射线装置；

3、中医药大楼六楼新增 1 台 DR，1 台 CT，为Ⅲ类射线装置；

4、门诊大楼负一楼新增 1 台医用直线加速器（Ⅱ类射线装置），1 台 PET-CT（Ⅲ类射线装置）以及 1 处乙级非密封性工作场所（使用核素 ^{18}F ）。

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 253 号）以及《中华人民共和国环境影响评价法》，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部第 33 号令），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，湖南中医药高等专科学校附属第一医院委托重庆宏伟环保工程有限公司对拟开展的放

续表 1 项目概况

射诊疗核技术应用扩建项目进行环境影响评价，本次环评项目共包括 2 台 II 类射线装置、9 台 III 类射线装置（3 台搬迁设备，6 台新增设备）和 1 处乙级非密封性工作场所（使用核素 ^{18}F ）。

1.4 项目概况

（1）项目名称：湖南中医药高等专科学校附属第一医院核技术利用扩建项目

（2）建设地点：株洲市人民中路 571 号湖南中医药高等专科学校附属第一医院中医药大楼及门诊大楼负一楼

（3）建设性质：扩建

（4）建设单位：湖南中医药高等专科学校附属第一医院

（5）项目投资：本项目核技术利用总投资 XXXX 万元，其中环保投资为 XXXX 万元

（6）建设规模：

湖南中医药高等专科学校附属第一医院本次核技术利用扩建项目主要集中在中医药大楼及门诊大楼负一楼。中医药大楼二楼主要新增 1 台 DSA（II 类射线装置），3 台 DR（其中 1 台为门诊大楼一楼搬迁至此），1 台 CT，均为 III 类射线装置；五楼新增 1 台 DR（为门诊大楼四楼体检中心搬迁至此），1 台乳腺机（为门诊大楼四楼体检中心搬迁至此），为 III 类射线装置；六楼新增 1 台 DR，1 台 CT，为 III 类射线装置。门诊大楼负一楼新增 1 台医用直线加速器（II 类射线装置），1 台 PET-CT（III 类射线装置），1 处乙级非密封放射性工作场所。以上中医药大楼机房均已建成，门诊大楼负一楼机房均未建成。基本设备情况见下表 1-1，表 1-2。

表 1-1 本项目射线装置情况表

序号	射线装置规格型号	类别	数量	所在位置	额定电压 输出电流	备注
1	DR DigitalDiagnost 型	III 类	1	中医药大楼二层	150kV; 900mA	搬迁
2	DSA Artis zeeIII Ceiling 型	II 类	1	中医药大楼二层	125kV; 1000mA	新增
3	DR DigitalDiagnost 3 型	III 类	1	中医药大楼二层	150kV; 800mA	新增

续表 1 项目概况

4	CT SOMATOM Definition AS64 型	III类	1	中医药大楼二层	140kV; 666mA	新增
5	移动 DR MobileDiagnostwDR	III类	1	中医药大楼二层	125kV; 320mA	新增
6	PET-CT	III类	1	门诊大楼负一楼	140kV; 500mA	新增
7	DR 新东方 1000 型	III类	1	中医药大楼五层	135kV; 500mA	搬迁
8	乳腺机 HAWK-2M 型	III类	1	中医药大楼五层	40kV; 72mA	搬迁
9	CT SOMATOM Emotion 16 型	III类	1	中医药大楼六层	130kV; 345mA	新增
10	DR 机 DigitalDiagnost 3 型	III类	1	中医药大楼六层	150kV; 800mA	新增
11	直线加速器 10MV Clinal 23EX 型	II类	1	门诊大楼负一楼	10MeV; --	新增
合计			11	2 台 II 类、9 台 III 类射线装置		

表 1-2 本项目放射性同位素情况表

核素名称	物理、化学性状	操作方式	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量(Bq)
^{18}F	液态, 低毒组	简单操作	3.7×10^8	7.4×10^{11}

1.5 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, 建设前后的项目组成及其与湖南中医药高等专科学校附属第一医院的依托情况见下表 1-3:

表 1-3 本项目组成及现有工程依托关系

序号	项目	组成	依托关系
一	主体工程		
1	直线加速器机房	位于门诊大楼负一楼, 机房内空尺寸为长×宽×高=7.4m×6.4m×3.8m, 有效使用面积为 47.36m ² ; 设备为 10MeV Clinal 23EX 型医用直线加速器	新建
2	DSA 机房	位于中医药大楼二楼, 机房内空尺寸为长×宽×高=7.6m×9.4m×3.3m, 有效使用面积为 71.44m ² ; 设备为 125kV, 1000mA 的 DSA	
3	CT 机房	分别位于中医药大楼二楼及六楼各 1 间, 二楼机房内空尺寸均为长×宽×高=7.6m×5.8m×3.3m, 有效使用面积均为 44.08m ² ; 六楼机房内孔尺寸为长×宽×高=7.6m×5.6m×3.3m, 有效使用面积均为 42.56m ² ; 设备分别为 140kV, 666mA; 130kV, 345mA 的 CT 各 1 台	

续表 1 项目概况

4	DR 机房	分别位于中医药大楼二楼、五楼及六楼共 4 间，机房有效使用面积分别为 42.56m ² 、44.08m ² 、20.88m ² 、20.88m ² ，设备型号分别为 DigitalDiagnost 型（搬迁 1 台）、新东方 1000 型（搬迁 1 台）、DigitalDiagnost 3 型（新增 2 台）；MobileDiagnost wDR 型（新增移动 1 台）	
5	乳腺机房	位于中医药大楼五楼，机房内空尺寸为长×宽×高=3.6m×5.0m×3.3m，有效使用面积为 18.0m ² ；设备为 40kV，72mA 乳腺机	
6	PET-CT 机房	位于门诊大楼负一楼，机房内空尺寸为长×宽×高=8.5m×5.8m×3.8m，机房有效使用面积为 49.3m ² ；用病灶定位及诊断。	
7	乙级工作场所	使用核素为 ¹⁸ F，设置注射后候诊室、注射室及分装室；注射后的病人在 PET-CT 机房进行定位机诊断。	
8	配套用房	控制室、辅助机房、准备间、候诊区等。	
二	公用工程		
1	给水工程	株洲市市政供水；院内供水管网依托现有院区供水系统	依托院区 现有 管网
2	排水工程	实行雨污分流；医疗废水排放系统，雨水排放系统	
3	供配电工程	株洲市供电局供电，院内供配电系统依托现有供电系统	
4	通风	已建成射线机房均设置有机机械动力通风系统，乙级非密封性工作场所设置有通风橱；未建成机房均设置有通风预留口。	新建
三	环保工程		
1	废气	射线装置机房设置机械动力通风设施；乙级非密封性工作场所设置通风橱，排气口风速不小于 1m/s；排气口应高于本建筑屋脊。	新建
2	废水治理	乙级非密封性工作场所放射性废水处理设施：三级衰变池有效容积约为 5.0m×2.7m×1.5m=20m ³ ，放射性废水经过衰变池处理 10 个半衰期以后排入医院污水处理设施；生活废水经过管网直接排入医院污水处理设施	衰变池 依托现 有核医 学科
3	固废	已制定固废处理措施，医疗垃圾暂存间以及生活垃圾暂存间	新建

本次湖南中医药高等专科学校附属第一医院核技术利用扩建项目共包括 2 台 II 类射线装置（均为新增）、9 台 III 类射线装置（3 台搬迁设备，6 台新增设备）和 1 处乙级非密封性放射工作场所（使用核素 ¹⁸F）。

上述机房四面墙体屏蔽材料采用密度不小于 2.35g/cm³ 的现浇混凝土，以及密度不小于 1.65g/cm³ 的实心砖作为屏蔽材料，墙体射线防护屏蔽涂料层均采用含钡量不小于 96% 的硫酸钡砂浆；所有机房的地面及顶棚均采用密度不小于 2.35g/cm³ 的现浇混凝土，所有 CT 机房及 DSA 机房防护门设计厚度为 4mmPb，DR 机房防护门设计厚度为 3mmPb，乳腺机房防护门设计厚度为 2mmPb；铅玻

续表 1 项目概况

璃窗铅当量与防护门一致。

直线加速器机房四面墙体、顶棚均采用密度不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 的现浇混凝土现浇而成，具体设备所在机房建设情况见下表：

表 1-4 本项目射线装置机房屏蔽参数

机房(m)	DR 机房（二层）	DR 机房（二层）	CT 机房（二层）	DSA 机房（二层）
长×宽×高	$7.6 \times 5.6 \times 3.3$	$7.6 \times 5.8 \times 3.3$	$7.6 \times 5.8 \times 3.3$	$7.6 \times 9.4 \times 3.3$
净面积	42.56m^2	44.08m^2	44.08m^2	71.44m^2
四面墙体	240mm 砼	240mm 砼	240mm 砼	南墙：360mm 砖 +30mmBaSO ₄ ； 其余为 240mm 砼
顶棚	120mm 砼+50mmBaSO ₄			
地面	120mm 砼+50mmBaSO ₄			
防护门	3mmPb	3mmPb	4mmPb	4mmPb
防护窗	3mmPb	3mmPb	4mmPb	4mmPb
机房(m)	乳腺机房（五层）	DR 机房（五层）	DR 机房（六层）	CT 机房（六层）
长×宽×高	$3.6 \times 5.0 \times 3.3$	$3.6 \times 5.8 \times 3.3$	$3.6 \times 5.8 \times 3.3$	$7.6 \times 5.6 \times 3.3$
净面积	18m^2	20.88m^2	20.88m^2	42.56m^2
四面墙体	360mm 砖+30mmBaSO ₄			
顶棚	120mm 砼+50mmBaSO ₄			
地面	120mm 砼+50mmBaSO ₄			
防护门	2mmPb	3mmPb	3mmPb	4mmPb
防护窗	2mmPb	3mmPb	3mmPb	4mmPb
机房名称	直线加速器机房			
长×宽×高 (m)	$7.4 \times 6.4 \times 3.8$	净面积	47.36m^2	
东墙	1700mm	南墙	主屏蔽墙：2800mm；次屏蔽墙：1700mm； 主屏蔽墙宽：4000mm	
西墙	迷路外墙：1800mm； 迷路内墙：1700mm；	北墙	主屏蔽墙：2800mm；次屏蔽墙：1700mm； 主屏蔽墙宽：3900mm	

续表 1 项目概况

顶棚	主屏蔽墙：3000mm；次屏蔽墙：1900mm；主屏蔽墙宽：4000mm	地面	500mm 混凝土+夯实土层
防护门	10mmPb+80mm 含硼 5%的聚乙烯		
机房	PET-CT 机房		
长×宽×高 (m)	8.5×5.8×3.8	净面积	49.3m ²
墙体屏蔽	200mm 砼	顶棚 地面	200mm 砼

1.6 医院现有核技术利用项目情况

1.6.1 现有装置情况

医院目前允许使用的有 3 台 II 类医用 X 射线装置、15 台 III 类医用 X 射线装置（其中有 2 台诊断 X 光机、2 台床旁 X 光机、1 台 DSA 以及 1 台胃肠机已经报废，后装机未购置，¹⁹²Ir 放射源未购买）、1 处乙级非密封放射性工作场所（使用核素为 ¹³¹I、^{99m}Tc）。已有射线装置和核素的使用医院已经按照相关规定，进行了环境影响评价，医院在认真落实各项污染防治措施后，于 2012 年 7 月取得了湖南省环境保护厅的审批意见（详见湘环评辐表【2012】45 号，附件十一），并于 2012 年 7 月取得了辐射安全许可证：湘环辐证【00560】（有效期至 2017 年 7 月，见附件四）。医院现有射线装置及放射源运行至今，情况良好，无辐射安全事故发生。

医院现有放射性同位素、放射源和射线装置已办证的使用情况分别见表 1-5~表 1-6。

表 1-5 湖南中医药高等专科学校附属第一医院现有射线装置使用情况表

序号	使用科室		装置名称	型号	类型	数量	许可情况	备注
1	门诊大楼负一楼	放射治疗中心	直线加速器	XHA600D	II 类	1 台	已许可	/
2			模拟定位机	SL-ID	III 类	1 台	已许可	/
3	门诊大楼一楼	放射科	DR	PHILIPS 型	III 类	1 台	已许可	拟搬迁
4			CT	Prospect AI	III 类	1 台	已许可	/
5			DR	新东方 1000	III 类	1 台	已许可	拟搬迁
6			DSA	CGO-2100C	II 类	1 台	已许可	已报废

续表 1 项目概况

7	第一住院大楼二楼		DR	AristosVX Plus	III 类	1 台	已许可	/
8			CT	Aquilion	III 类	1 台	已许可	/
9			数字胃肠机	PLESSART DBX-2000A	III 类	1 台	已许可	/
10			DSA	Artis Zee Ceiling	II 类	1 台	已许可	/
11			牙片机	MSD-III	III 类	1 台	已许可	/
12	门诊大楼四楼	体检中心	乳腺机	HAWK-2M	III 类	1 台	已许可	拟搬迁
13	第一住院大楼 15 楼	手术室	小 C 臂	PLX112P	III 类	1 台	已许可	/
14	/	/	诊断 X 光机	/	III 类	1 台	已许可	已报废
15	/	/	诊断 X 光机	/	III 类	1 台	已许可	
16	/	/	床旁 X 光机	/	III 类	1 台	已许可	已报废
17			床旁 X 光机	/	III 类	1 台	已许可	
18			胃肠 X 光机	SFC-68 岛津 1000mA	III 类	1 台	已许可	
合计：总共 18 台，包含 3 台 II 类、15 台 III 类								

表 1-6 湖南中医药高等专科学校附属第一医院现有放射性同位素使用情况表

序号	名称	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	使用场所
1	核医学科	^{131}I	1.85E+8	乙级非密封性工作场所；门诊大楼负一楼
2	核医学科	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	7.4E+7	
合计			2.59E+8	

上述射线装置及非密封放射性物质工作场所均还未验收，根据建设单位提供资料，建设单位正在委托相关单位编制上述射线装置及非密封放射性物质工作场所的验收监测资料。

1.6.2 辐射防护情况

根据湖南中医药高等专科学校附属第一医院提供的资料，本院目前允许使用的设备为 3 台 II 类医用 X 射线装置、15 台 III 类医用 X 射线装置、1 处乙级非密封放射性工作场所（使用核素为 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）。

根据湖南中医药高等专科学校附属第一医院提供的资料和现场踏勘可知，医

续表 1 项目概况

院以上涉源（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。

1.6.3 放射性废物排放及处置情况

根据湖南中医药高等专科学校附属第一医院提供的资料，该医院现放射性废物产、排情况如下：

1、放射性废液

开放型放射性工作场所在使用和操作放射源的过程中由于洗涤工具、用品、清洁实验室时，会产生一定量的废水。本项目核医学科工作中每天产生放射性废液约 $0.05\sim 0.1\text{m}^3$ ，年工作按照 250 天计算，年废液排放量不大于 25m^3 ，至少需要 5m^3 ，三级衰变池方可满足十倍半衰期的容量，本项目设置有 20m^3 的三级衰变池完全可以满足要求；同时，淋洗室、注射室、源库、洗涤室、病人专用卫生间的废水用专用下水管道与洗涤池和以上各室地漏连接，集中收集废水于三级衰变池中，经三级衰变以后排入医院总废水处理站处理。另外， ^{131}I 配药后剩余原液因放射性活度很高，不直接排放，保留在原试剂瓶中，随暂存于源库，后与原铅罐一起交给厂家回收处理。以上辐射防护措施满足《临床核医学科放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）和《生产和使用放射免疫分析试剂（盒）卫生防护标准》（GBZ136-2002）中工作场所、放射性物质贮存、放射性废物处理的防护要求。

2、放射性废气

开放型放射性液态 Na^{131}I 在分装、给药过程中的自然挥发、原液的微量挥发以后放射性物质转移接触场所不完全密封引起的挥发，均可转变为放射性气体或气溶胶。本项目药品分装、配制均在通风柜中进行，通风柜的设计风量为 1m/s ，其顶部连接单独的通风管道，与其他通风管道分开，通风口安装在医院门诊大楼屋顶 3m 处。同时通风柜顶安装有一级活性炭吸附过滤装置。可以满足《临床核医学科放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）对室内通风的要求。

3、放射性固体废弃物

医院在开展配药、给药、诊断、治疗等工作中，每年约产生 50kg 的固体废物。每次工作完成后，产生的放射性固体废物要及时收集于内衬塑料袋的脚踏开

续表 1 项目概况

启式废物收集桶内，废物桶均设置有放射性标志，待一定量后再外套塑料袋扎严，谨防袋内物品刺破塑料袋，造成撒漏污染工作场所。塑料袋外贴上标签注明核素名称、入库日期、负责人等，妥善无误后存入废物库，经过 10 个半衰期后，作为普通医疗固废处置。

表 1-7 医院现有放射性废物排放情况

污染源	污染物名称	产生量	排放量	排放标准限值	备注
核医学科	废气	少量	少量	——	
	放射性废水	≤100L/d	≤100L/d	总β<10Bq/L 总α<1Bq/L	废水
	放射性固体废物	50kg/a	50kg/a	比活度< 2×10 ⁴ Bq/kg	固体废物

综上所述，根据现场踏勘，湖南中医药高等专科学校附属第一医院对现有的涉源（放射性核素和射线装置）实践活动均采取有合理可行的辐射防护措施，放射性废水和放射性固体废物等污染物均得到有效治理，达标排放，无辐射安全遗留问题和突出的环境问题。

1.7 医院原有核技术环评回顾

根据湖南中医药高等专科学校附属第一医院现有核技术利用项目内容，医院现有辐射防护措施主要有以下几点：

1、各射线装置能够正常运行，防护门上以及醒目位置张贴了辐射警示标识，配备了铅衣、铅围裙等个人防护用品；

2、医院成立了以法人代表为组长的辐射安全与环境保护管理机构，制定了各机房操作规章制度，辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度以及工作人员培训计划等；

3、医院放射工作人员做到持证上岗，每两年组织放射工作人员进行职业健康体检，每个季度组织放射工作人员进行个人剂量监测，按照规定，对每一个放射工作人员建立个人剂量档案，保存职业照射记录，并进行了年度辐射评估报告。

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。

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
以下无								

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式
1	^{18}F	液态, 低毒组	使用	3.7×10^{10}	3.7×10^8	7.4×10^{11}	放射诊断	简单操作	核医学科	购买后立即使用, 不储存
	合计	/			3.7×10^8	7.4×10^{11}		/		/

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	直线加速器	使用	1	未定	电子	10	70~600cGy/min	肿瘤治疗	放疗科	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
1	DR	III 类	1	DigitalDiagnost 型 DR	150	900	医用诊断	放射科	拟搬迁
2	DR	III 类	1	新东方 1000 型 DR	135	500	医用诊断	放射科	拟搬迁
3	乳腺机	III 类	1	HAWK-2M 型乳腺机	40	72	医用诊断	放射科	拟搬迁
4	DSA	II 类	1	DSA (Artis zeeIII Ceiling 型)	125	1000	介入手术辅助	手术室	新增
5	CT	III 类	1	CT 机 (SOMATOM Definition AS 64 型)	140	666mA	医用诊断	放射科	新增
6	CT	III 类	1	CT 机 (SOMATOM Definition AS 16 型)	130	345mA	医用诊断	放射科	新增
7	DR	III 类	2	DR 机 (DigitalDiagnost 3 型)	150	800	医用诊断	放射科	新增

8	DR	III 类	1	MobileDiagnost wDR 型 移动 DR	125	320	医用诊断	放射科	新增				
9	PET-CT	III 类	1	/	140	500	医用诊断	核医学科	新增				
合计			10	/	/	/	/	/					
以下空白													
(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
含放射性核素的废水、废液	液态	^{18}F	/	/	/	总 $\beta < 10\text{Bq/L}$	/	放射性废水经衰变池衰变后进入医院废水处理站处理后达标排放 未用完的瓶装废液置于放射性废物暂存室，经 10 个以上半衰期，作为一般医疗垃圾处理。
合成药物的设备、医生手套、注射器、活性炭等	固态	/	/	/	/	比活度 $< 2 \times 10^4 \text{Bq/kg}$	/	按照要求分类标注包装后经过 10 个半衰期以后作为一般固废处置
放射性废气 β 气溶胶	气态	/	/	微量	微量	/	/	经通风装置经过活性炭吸附由管道排入大气

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L ，固体为 mg/kg ，气态为 mg/m^3 ；年排放总量用 kg 。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（ Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3 ）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》，2003 年 9 月； (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 253 号令 1998 年； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2014 年 7 月 29 日修订），国务院第 449 号令，2005 年 9 月 14 日； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2014 年 4 月修订），2015 年 6 月 1 日； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日； (8) 《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； (9) 《射线装置分类办法》（国家环境保护总局公告 2006 年第 26 号）； (10) 《湖南省建设项目环境保护管理办法》，湖南省人民政府令第 215 号，2007 年； (11) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 年修订）》，国家环境保护部令第 3 号，2008 年 11 月 21 日。 6.2 评价技术规范 (1) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2011）； (2) 《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）。
------	---

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126—2011)； (3) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T201.2—2011)第2部分； (4) 《医用 X 射线诊断放射防护标准》(GBZ130-2013)； (5) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T180-2006)； (6) 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》(GBZ165-2012)； (7) 《工作场所有害因素职业接触限值 第一步部分化学因素》(GBZ2.1-2007)； (8) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)。
其他	(1) 本项目电离辐射监测报告(鹏辐监【2015】273 号, 鹏辐监【2015】224 号)(附件三)； (2) 辐射环境影响评价委托函；

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，确定以各机房为边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

7.2.1 环境保护敏感点

湖南中医药高等专科学校附属第一医院株洲市人民中路 571 号，本项目 CT 机、DR 机、乳腺机以及 DSA 机房均选址在中医药大楼，其东侧约 3m 处为第二住院大楼，东北侧约 45m 处为门诊大楼，南面约 5m 处为人工湖；西面约 20m 处为食堂，北面约 57m 处为药剂大楼，约 90m 处为特色综合住院大楼。本项目直线加速器机房及 PET-CT 选址在门诊大楼负一楼，门诊大楼东侧约 7m 处（门诊大楼加速器机房东侧约 30m）为疾控中心办公楼，南侧约 20m 处为第二住院大楼，西侧约 35m 处为特色综合住院大楼，北侧约 40m 处为商住楼。本项目地理位置图见附图二。本项目射线装置所在建筑环境敏感建筑见表 7-1，设备机房周围环境敏感点见表 7-2。

表 7-1 射线装置所在建筑环境敏感情况一览表

建筑名称	位置	方位	敏感点	距离	环境特征
中医药大楼	二楼 五楼 六楼	东	第二住院大楼	约 3m	10 层；均为住院病人及医护人员办公
		东北	门诊大楼	约 45m	8 层；1 层为大厅，其余均为各个门诊科室
		南	人工湖	约 5m	--
		北	食堂	约 20m	3 层；为医护人员及病人、家属供应餐饮
			药剂大楼	约 57m	7 层；主要为药品物质供应
门诊大楼	负一楼	东	疾控中心	约 7m	5 层；主要为办公大楼
		南	第二住院大楼	约 20m	10 层；均为住院病人及医护人员办公
		西	特色综合住院大楼	约 35m	27 层；为住院病人及医护人员办公
		北	商住楼	约 40m	3~5 层，为沿街商铺及居住点

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-2 设备机房周围环境敏感情况一览表

设备机房	位置	方位, 距离	敏感位置	主要受影响人群
直线加速器	门诊大楼负一楼	南侧	控制室	放射工作人员
		西侧	直加机房	放射工作人员
		东、北侧	规划停车场	公众成员
PET-CT	门诊大楼负一楼	东侧	停车位	非放射工作人员、公众成员
		南侧	土层	--
		西侧	楼梯间	非放射工作人员、公众成员
		北侧	过道	非放射工作人员、公众成员
DSA	中医药大楼二楼东侧	--	工作场所	放射工作人员
		西侧	操作间、准备间	放射工作人员
		南侧	走道、前室	非放射工作人员、公众成员
		楼上	办公室、诊室	非放射工作人员、公众成员
		楼下	值班室、厕所	非放射工作人员、公众成员
CT	中医药大楼二楼东侧	东侧	预留机房	非放射工作人员、公众成员
		南侧	公共操作间	放射工作人员
		西侧、北侧	过道	非放射工作人员、公众成员
DR	中医药大楼二楼南侧	东侧	预留机房	非放射工作人员、公众成员
		西侧	过道、卫生间	非放射工作人员、公众成员
		北侧	公共操作间	非放射工作人员、公众成员
DR	中医药大楼二楼东侧	东、西、北	过道	非放射工作人员、公众成员
		南	操作间	放射工作人员
乳腺机	中医药大楼五楼	东、西、北	过道	非放射工作人员、公众成员
		南	操作间	放射工作人员
DR	中医药大楼五楼	东侧	卫生间	非放射工作人员、公众成员
		西侧	操作间	放射工作人员
		北侧	过道	非放射工作人员、公众成员
CT	中医药大楼六楼	东侧	公共操作间	放射工作人员
		西侧	楼梯间	非放射工作人员、公众成员
		北侧	过道	非放射工作人员、公众成员
DR	中医药大楼六楼	东侧	预留机房	非放射工作人员、公众成员
		西侧	公共操作间	放射工作人员
		北侧	过道	非放射工作人员、公众成员

续表 7 保护目标与评价标准

7.2.2 环境保护目标

环境保护目标：本项目环境保护目标为该医院从事放射诊疗的辐射工作人员、机房周围其它非辐射工作人员和公众成员。

7.3 评价标准

电离辐射相关标准

(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6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B（标准的附录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：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。

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。

结合拟使用的医用辐射装置的实际情况，确定本项目 PET-CT 分装、注射辐射工作人员、数字减影血管造影（DSA）的辐射工作人员的辐射剂量约束限值为职业照射的十分之二，即 4 mSv/a，其他射线装置辐射工作人员的辐射剂量约束限值取职业照射的十分之一，即 2 mSv/a。公众人员的辐射剂量约束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剂量约束限值。

②表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限值要求。

工作场所的表面污染控制水平如表 7-3 所列。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-3 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位: Bq/cm²

表 面 类 型		β放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹
1) 该区内的污染子区除外		

③非密封源工作场所的分级

辐射工作场所分类按照附录 C (标准的附录 C)，将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-4 非密封源工作场所的分级

级 别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 ⁷

④放射性物质向环境排放的控制

第 8.6.2 款，不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

(a) 每月排放的总活度不超过 10ALI_{min}(ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者；

(b) 每一次排放的活度不超过 1ALI_{min}，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

(2) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126—2011)

本标准适用于标称能量在 50MeV 以下的医用电子加速器的生产和使用。

第 5.3.4.1 款 此要求适用于电子能量超过 10MeV 的设备

第 5.3.4.2 款 在规定的最大吸收剂量率下，进行 4Gy 照射，以间隙 10min

续表 7 保护目标与评价标准

的方式连续运行 4h 后，在最后一次照射终止后的 10s 开始测量，测得感生放射性的周围剂量当量 $H(d)$ ，且应满足下列要求：

a) 累计测量 5min，在离外壳表面 5cm 任何容易接近处不超过 $10\mu\text{Sv}$ ，离外壳表面 1m 处不超过 $1\mu\text{Sv}$ ；

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

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

第 6.1.6 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 45m^2 。

第 6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。

第 6.1.10 款 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

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

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

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； $H_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ 。

续表 7 保护目标与评价标准

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

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

(4) 《医用 X 射线诊断放射防护标准》(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 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 2 (表 7-5) 要求。

表 7-5 X 射线设备机房(照射室)使用面积及单边长度

设备类	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
双管头或多管头 X 射线机 ^a	30	4.5
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
透视专用机 ^c 、碎石定位机 口腔 CT 卧位扫描	15	3
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、 口腔 CT 坐位扫描/站位扫描	5	2
口内牙片机	3	1.5
^a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。 ^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。 ^c 透视专用机指无诊床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。		

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 3 (表 7-6) 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 7-6 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
标称 125kV 以上的摄影 机房	3	2
标称 125kV 以下的摄影机房、口腔 CT、 牙科全景机房 (有头颅摄影)	2	1

续表 7 保护目标与评价标准

透视机房、全身骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无颅摄影）、乳腺机	1	1
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量） ^a 2.5（较大工作量） ^a	
^a 双按 GBZ/T 180 的要求。		

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。

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

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（其检测方法按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求）：

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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。

（5）《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）

第 5.1 款 CT 装置的安装位置：在机房内，CT 装置宜斜向安放，以利于操作者观察受检者；机房出入口应处于散射辐射相对低的位置。

（6）《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）

第 5.1 款 CT 机房的设置应充分考虑邻室及周围场所的人员驻留条件，一般应设在建筑物的一端。

第 5.2 款 CT 机房应有足够的使用空间，面积应不小于 30m^2 ，单边长度不小于 4m。机房内不应堆放无关杂物。

第 5.3 款 CT 机房的墙壁应有足够的防护厚度，机房外人员可能受到的年有效剂量小于 0.25mSv （相应的周有效剂量小于 $5\mu\text{Sv}$ ），距机房外表面 0.3m 处空气

续表 7 保护目标与评价标准

比释动能率应 $<2.5\mu\text{Gy/h}$ 。

第5.4款 CT机房门外明显处应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

第5.5款 CT 机房应保持良好的通风。

(7)《工作场所有害因素职业接触限值 第一部分化学因素》(GBZ2.1-2007)

室内臭氧浓度限值： 0.3mg/m^3 ，氮氧化物浓度限值： 5mg/m^3 。

(8)《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)；

标准适用于临床核医学应用放射性药物施行诊断和治疗的实践。

第4.2款 一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于 GB18871 规定的乙级或丙级非密封工作场所。为便于操作，针对临床核医学实践的具体情况，可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为 I、II、III 等三类（见表 7-7）。

表 7-7 非密封源工作场所的分级

分类	操作最大量放射性核素的加权活度 ²⁾ ，MBq
I	>50000
II	$50\sim 50000$
III	<50
²⁾ 加权活度 = (计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子)/操作性质修正因子	

第4.4款 按表 1 (表 7-4) 划分的三类核医学工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 4 (表 7-8)。

表 7-8 不同类别核医学工作场所的室内表面及装备结构要求¹⁾

场所分类	地面	表面	通风橱 ²⁾	室内通风	管道	清洗及去污设备
I	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	应设抽风机	特殊要求 ³⁾	需要
II	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要
III	易清洗	易清洗	不必	一般自然通风	一般要求	只需清洗
注： ¹⁾ 依据国际放射防护委员会 (ICRP) 第 57 号出版物。 ²⁾ 仅指实验室 ³⁾ 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测						

第4.5款 合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一

续表 7 保护目标与评价标准

般风速不小于 1m/s)，排气口应高于本建筑屋脊、并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

第 4.7 款 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如污染的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄漏、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。

第 5.4 款 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风橱内进行，并按操作情况进行气体或气溶胶放射性浓度的常规监测以及必要的特殊监测，应注意对放射性碘在操作人员甲状腺内沉积的防护。

第 5.7 款 从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平监测，以杜绝超过 GB18871 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。

第 6.1 款 使用治疗量发射 γ 射线放射性药物的区域应划为控制区。用药后患者患者床边 1.5m 处或单人病房应划为临时控制区。控制区入口处应有 GB18871 规定的电离辐射警告标志；除医务人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开该区。

第 6.2 款 配药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和已给药治疗的患者通过非放射性区域。

第 6.4 款 接受放射性药物治疗的患者应使用专用便器或者设有专用卫生间和浴室。

(9) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133—2009）

第 5.1.1 款 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。

第 5.1.3 条 下列低放废液可以直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道：每月排放总活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应作记录并存档。

第 6.1.5 款 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量 $\leq 20\text{kg}$ 。

续表 7 保护目标与评价标准

第 6.2.4 款 废物包装外表面的污染控制水平： $\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$ ； $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$

第 6.3.3 款 未知核素的废物在其活度浓度小于或者等于 $2 \times 10^4\text{Bq/kg}$ 时，或废物中的核素已知且其活度浓度符合 4.4 或者 4.5 时，可作免管固体废物处理。

第 7.1 款 操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在具备有活性炭吸附过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行。

综合上述标准，本环评根据项目情况及周围环境，取机房外表面 0.3m 处空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为剂量约束值。结合拟使用的医用辐射装置的实际情况，确定本项目 PET-CT 分装、注射辐射工作人员、数字减影血管造影(DSA)的辐射工作人员的辐射剂量约束限值为职业照射的十分之二，即 4mSv/a ，其他射线装置辐射工作人员的辐射剂量约束限值取职业照射的十分之一，即 2mSv/a 。公众人员的辐射剂量约束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剂量约束限值。

表 7-9 本项目剂量限值及污染物排放指标表

一、年剂量约束值			
项目	年有效剂量约束限值（mSv/a）	执行对象	本评价年有效剂量约束限值（mSv/a）
辐射工作人员	20	辐射工作人员	PET-CT 分装、注射、DSA：4； 其他射线装置：2
公众人员	1	非辐射工作人员、公众人员	0.1
二、机房防护体表面控制值			
加速器、DSA 及其他医用诊断 X 射线装置机房外辐射工作人员活动及公众人员活动场所		机房防护体表面 30cm 处的周围剂量当量率≤2.5μSv/h	
三、机房面积要求			
直线加速器机房		≥45m²	
DSA 机房		≥30m²；最小单边长度≥4.5m(参考)	
CT 机房		≥30m²；最小单边长度≥4.5m	
单管头 X 射线机房		≥20m²；最小单边长度≥3.5m	
乳腺机房		≥10m²；最小单边长度≥2.5m	
四、放射性废物排放			
气载放射性废物		≤4.0×10 ⁶ Bq/m ³	
表面污染		控制区：<4×10Bq/cm ² 监督区：<4Bq/cm ² 其他：<0.4Bq/cm ²	

续表 7 保护目标与评价标准

放射性固体废物	每袋废物（重量≤20kg）的表面辐射剂量率≤0.1mSv/h
	废物包装盒外表面: $\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$
放射性废水	总 β 放射性<10Bq/L
五、工作场所有害因素职业接触限值（第一部分化学有害因素）	
机房内气体浓度	臭氧限值：0.3mg/m ³ ；氮氧化物限值：5mg/m ³ 。

表 8 环境质量现状

8.1 辐射环境质量现状调查

受湖南中医药高等专科学校附属第一医院的委托，XXXXXXXXXXXXXXXXX 于 2015 年 11 月 25 日对湖南中医药高等专科学校附属第一医院（E: 113°08'32"，N: 27°50'50"）的拟安装的辐射医疗装置机房内外的辐射工作环境进行了监测。监测报告见附件三。监测仪器信息见表 8-1，监测结果见表 8-2。

表 8-1 监测仪器及检定

仪器名称	仪器型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至
环境监测 γ -剂量率仪	JB4010	09031	检准字第 201504007784 号	2016.04.20

表 8-2 拟建项目本底监测结果统计表

监测 点位	监测点位描述	地表 γ 辐射剂量率（nGy/h）					
		测量值					计算值
		1	2	3	4	5	
新建中医药大楼二楼 DSA 机房拟安装地							
△1	DSA 机房拟安装地	88	89	86	87	88	88±1
△2	控制室拟安装地	87	86	87	89	87	87±1
△3	办公区拟建地	86	87	88	89	87	87±1
△4	过道	87	86	88	86	87	87±1
新建中医药大楼二楼 DR 机机房拟安装地							
△1	DR 机机房拟安装地	87	89	86	88	87	87±1
△2	控制室拟安装地	87	88	88	87	89	88±1
△3	阅片室拟建地	88	86	87	88	87	87±1
△4	过道	88	89	86	87	86	87±1
△5	过道	87	87	89	88	87	88±1
新建中医药大楼二楼 DR 机机房拟安装地							
△1	DR 机机房拟安装地	88	87	89	87	89	88±1
△2	过道	89	88	87	88	89	88±1
△3	过道	88	87	86	87	89	87±1
△4	控制室拟安装地	89	86	87	88	86	87±1
△5	过道	90	91	90	92	91	91±1

续表 8 环境质量现状

续表 8-2 拟建项目本底监测结果统计表

监测 点位	监测点位描述	地表 γ 辐射剂量率（nGy/h）					
		测量值					计算值
		1	2	3	4	5	
新建中医药大楼二楼 CT 机机房拟安装地							
△1	CT 机机房拟安装地	88	87	86	88	89	88±1
△2	过道	89	87	86	88	89	88±1
△3	过道	88	87	86	87	88	87±1
△4	控制室拟安装地	87	88	87	88	86	87±1
△5	预留机房	86	87	89	87	88	87±1
新建中医药大楼五楼 DR 机机房拟安装地							
△1	DR 机机房拟安装地	89	88	88	89	87	88±1
△2	过道	89	87	88	88	86	88±1
△3	控制室拟安装地	87	89	88	88	87	88±1
△4	卫生间拟建地	90	89	88	90	90	89±1
新建中医药大楼五楼乳腺机机房拟安装地							
△1	乳腺机机房拟安装地	86	88	86	87	89	87±1
△2	过道	88	87	86	89	88	88±1
△3	过道	87	86	89	87	88	87±1
△4	控制室拟安装地	89	87	86	87	88	87±1
△5	过道	87	88	89	89	87	88±1
新建中医药大楼六楼 CT 机机房拟安装地							
△1	CT 机机房拟安装地	88	87	88	89	88	88±1
△2	过道	89	89	87	88	88	88±1
△3	楼梯间	85	86	86	87	88	86±1
△4	控制室拟安装地	89	87	88	89	87	88±1

续表 8 环境质量现状

续表 8-2 拟建项目本底监测结果统计表

监测 点位	监测点位描述	地表 γ 辐射剂量率（nGy/h）					
		测量值					计算值
		1	2	3	4	5	
新建中医药大楼六楼 DR 机机房拟安装地							
$\triangle 1$	DR 机机房拟安装地	87	88	88	89	87	88 $\pm$ 1
$\triangle 2$	过道	87	88	88	89	86	88 $\pm$ 1
$\triangle 3$	控制室拟安装地	89	88	88	87	89	88 $\pm$ 1
$\triangle 4$	预留机房	87	90	89	88	88	88 $\pm$ 1
门诊大楼负一楼直线加速器机房拟安装地							
$\triangle 1$	DR 机机房拟安装地	87	88	88	89	87	88 $\pm$ 1
$\triangle 2$	过道	87	88	88	89	86	88 $\pm$ 1
$\triangle 3$	控制室拟安装地	89	88	88	87	89	88 $\pm$ 1
$\triangle 4$	预留机房	87	90	89	88	88	88 $\pm$ 1
门诊大楼负一楼 PET/CT 机房拟安装地							
$\triangle 1$	PET/CT 拟安装地	91	92	91	90	91	91 $\pm$ 1
$\triangle 2$	控制室拟安装地	88	89	90	88	88	87 $\pm$ 1
$\triangle 3$	设备间拟安装地	94	93	94	95	94	94 $\pm$ 1
$\triangle 4$	阅片室拟建地	90	90	89	88	89	89 $\pm$ 1
$\triangle 5$	过道	91	90	90	91	90	90 $\pm$ 1
$\triangle 6$	注射后候诊室拟建地	88	89	88	91	90	89 $\pm$ 1
$\triangle 7$	楼梯间	91	90	91	92	91	91 $\pm$ 1

注：以上监测数据均未扣除本底 0.09 μ Gy/h。

根据表 8-1 监测结果，本项目拟建 DSA、直线加速器、PET-CT、CT 机房等内外环境地表 γ 辐射剂量率在 87~94nGy/h 之间，与湖南省株洲市贯穿辐射剂量率平均值（湖南省环境天然放射性水平调查研究—室外 0.0723 $\pm$ 0.0235 μ Gy/h、室内 0.1023 $\pm$ 0.042 μ Gy/h μ Gy/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

本次湖南中医药高等专科学校附属第一医院核技术利用扩建项目主要位于门诊大楼负一层（直线加速器机房）以及中医药大楼。其中，门诊大楼负一层新建 1 座直线加速器机房、PET-CT 机房及 1 处乙级非密封性工作场所，中医药大楼新增多台射线装置。中医药大楼于 2015 年 8 月建成，并于 2012 年 11 月进行环境影响评价工作，并同时取得了株洲市环保局的审批，门诊大楼于 2003 年 9 取得批复（详见附件十一），现基本装修完成，直线加速器机房及 PET-CT 机房未建。因此，本次环评不做施工期环境影响及污染防治措施分析，也无施工期环境遗留问题。

9.2 射线装置营运期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 直线加速器工作原理及污染因子分析

1、工作原理

医用直线加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。典型医院直线加速器示意图见图 9-1 所示。

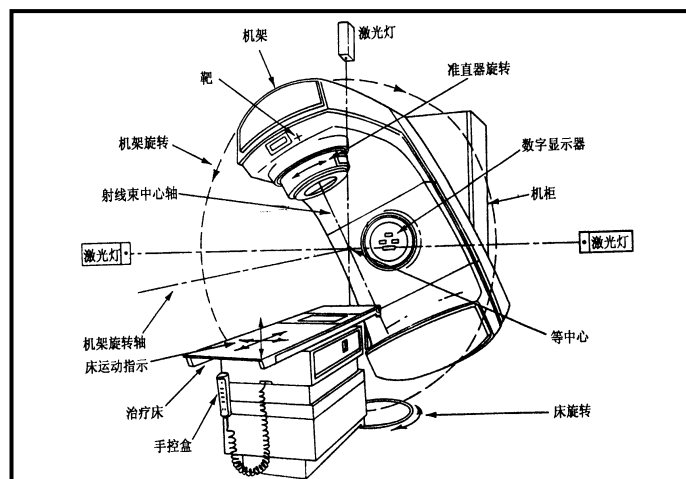


图 9-1 典型医用电子直线加速器示意图

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

续表 9 项目工程分析与源项

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

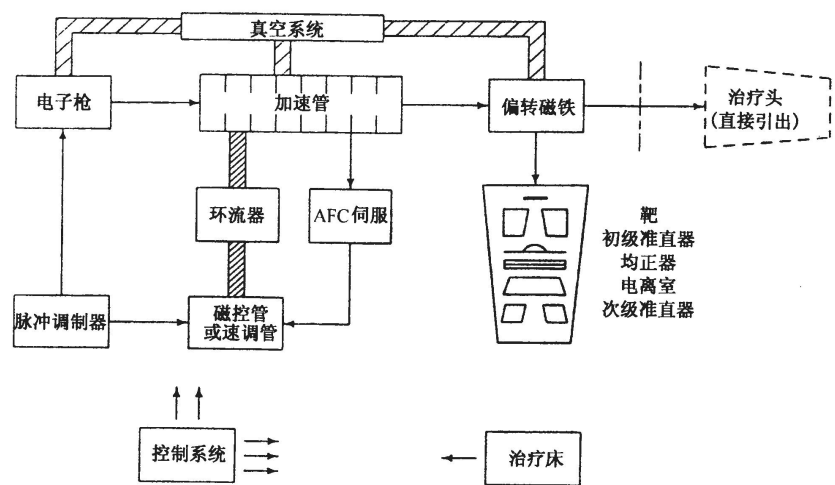


图 1-10 典型医用电子直线加速器的结构框图

图 9-2 医用直线加速器内部结构框图

3、工作流程

- (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) 开机治疗。

续表 9 项目工程分析与源项

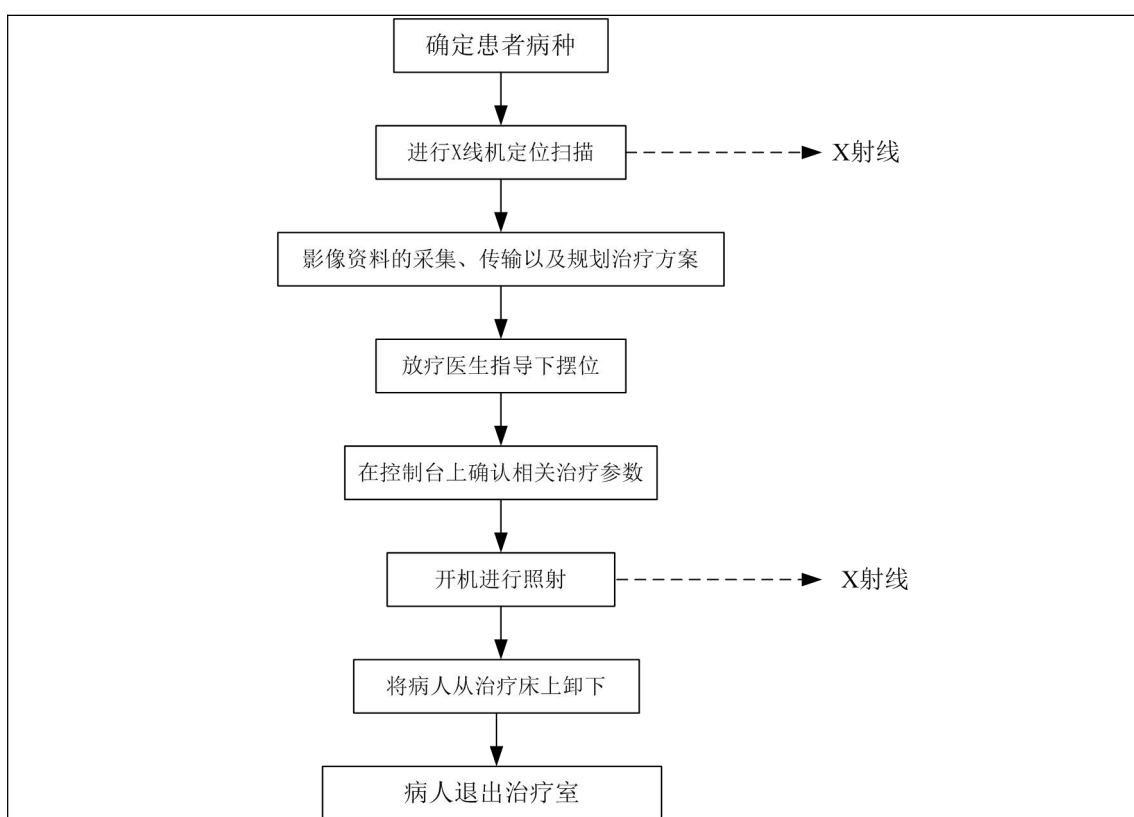


图 9-3 加速器治疗流程

4、工作负荷

本项目使用的每台电子直线加速器治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计，每台加速器每周治疗 80 个患者，平均每个患者约 2 个照射野（1 个野次约 0.5min），每野平均 2Gy，周工作负荷约为 320Gy，则 1 台直线加速器年有效开机时间约为 66.7h。

5、产污环节

该项目采用直线加速器的输出 X 射线的能量为 10MV。由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线。直线加速器在 10MV 以上的条件下工作时，加速器产生的 X 线或电子线，与物质作用都可能发生光致核反应（ 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，引起缓发辐射。此外，X 射线有很强的穿透力，能使周围物质电离、激发，与空气作用产生臭氧和氮氧化合物，使周围环境受到辐射污染和臭氧、氮氧化合物的影响。此时，主要的污染因子是 X 射线、电子线和中子污染、缓发 γ 辐射污染和有害气体（臭氧和氮氧化合物）。

续表 9 项目工程分析与源项

综上所述,10MV 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,中子污染;

电子模式下工作,主要是电子线,伴有少量 X 射线;

有害气体:臭氧和氮氧化物。

9.2.2 数字减影血管造影 (DSA)

1、工作原理

数字减影血管造影 (DSA) 是采用 X 射线进行摄影的技术设备。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被靶体突然阻挡从而产生 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,利用影像增强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、DSA 设备组成

血管造影机系统组成:

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

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、工作流程

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：

- a、进行术前准备，包括器械药品准备，患者术前处理，术者准备，DSA 系统准备；
- b、对穿刺部位进行消毒与麻醉；
- c、在 DSA 透视下插入脑血管造影导管；
- d、对瘤体进行 DSA 造影；
- e、在 DSA 透视下插入导引管、Ttrack 微导管；
- f、通过 DSA 造影确认微导管位置；
- g、在 DSA 透视下植入并解脱 GDC；
- h、DSA 造影下检查动脉瘤闭塞程度；
- i、在 DSA 透视下拔出导引管和导管鞘，患者术后处理。

4、工作负荷

该医院使用每台 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 200 人次/年，年工作为 50 周，透视工作状态时：平均每次进行手术时 DSA 有效开机时间约为 15min；采集工作状态时：20s/人次，则年有效开机时间约为 51.1h。每台 DSA 年有效开机时间约为 51.1h。

5、产污分析

数字减影血管造影（DSA）为 X 射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，

续表 9 项目工程分析与源项

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轫致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。本项目的 DSA 在非治疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

X 线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物，污染工作场所。另外，项目 DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无其它废气、废水和固体废弃物产生。因此，在开机期间，X 射线是污染环境的主要因素。

9.2.3 PET-CT

1、PET-CT 工作原理

PET-CT 是 PET 和 CT 的结合体。

PET 工作原理是：将发射正电子的放射性核素标记到能够参与人体组织血流或代谢过程的化合物上，将标有带正电子化合物的放射性核素注射到受检者体内。让受检者在 PET 的有效视野范围内进行 PET 显像。

CT 工作原理是：CT 是用 X 线束对人体的某一部分按一定厚度的层面进行扫描，当 X 线射向人体组织时，部分射线被组织吸收，部分射线穿过人体被探测器接收，产生信号。

PET-CT 可以同时获得 CT 解剖图像和 PET 功能代谢图像，两种图像优势互补，使医生在了解生物代谢信息的同时获得精准的解剖定位，从而对疾病做出全面、准确的判断。

2、PET-CT 系统组成

它有专门探测核射线（ γ 射线）的探头、固定探头并能向各方位转动的支架、装有系统程序的中心控制台。

3、工作流程

依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位，有时需屏气，然后曝光。

9.2.4 其他 III 类 X 射线装置

上述 PET-CT 位于门诊大楼负一楼，是 III 类射线装置。本项目涉及的其他 III

续表 9 项目工程分析与源项

类射线装置有 8 台均位于中医药大楼，其设置情况为：中医药大楼二楼新增 1 台 CT 机、2 台 DR、1 台移动 DR；五楼移来 1 台 DR、1 台乳腺机；六楼新增 1 台 CT 机、1 台 DR。

1、工作原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成。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，装在聚焦环中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦环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。

2、工作流程

依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位，然后曝光。

3、工作负荷

医院拟配置Ⅲ类射线装置工作负荷见表 9-1。

表 9-1 医院Ⅲ类射线装置工作负荷情况

序号	设备名称	工作负荷 (人次/年)	平均曝光时间 (s)	年最大曝光时间 (h)
1	PET-CT	2000	<60	33.3
2	CT 机	7500	0.02~5	10.4
3	DR 机	7500	0.1-0.5	1.04
4	乳腺机	2500	≤2	1.39

4、产污分析

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。所以，医院使用的 X 射线装置在非诊疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。射线装置拍片后采用数字成像技术，联用激光打印机打印激光胶片，不产生洗片废水和胶片。

8.2.5 拟使用的放射性同位素特性

医院 PET-CT 机房拟使用的放射性同位素为 ^{18}F 。 ^{18}F FDG 外购，每天按照需求进行采购，主要用于用于 PET/CT 显像诊断。其所用放射性同位素性能特性参

续表 9 项目工程分析与源项

数见表 9-2。

^{18}F 属于低毒组核素，半衰期 110min，衰变方式 β^+ ，经湮没后发射出能量为 0.511MeV 的 γ 射线。

^{18}F 是一种较小的原子：把它添加到一个分子上时，不会使分子变形到以至于人体完全不能够辨认的程度（这是作为显像剂的必要条件）。 ^{18}F 的半衰期为 110min。这个半衰期足以完成一个复杂的化学过程（标记），进行显像剂的制备。其辐照强度不高（通过浓度和注射量控制）既可以穿透一定的距离进行成像。同时也能保证患者接受较低量的射线辐照。

^{18}F FDG 是一种容易被人体吸收的葡萄糖衍生物，但是不会像葡萄糖一样被代谢掉或排泄掉。因此它会积累在高度利用葡萄糖的组织里（例如，癌组织里）。 ^{18}F FDG 就是去氧后接上了一个 ^{18}F 原子的同样的葡萄糖分子。 ^{18}F FDG 是一种正电子发射剂，这样就可以使医生通过 PET-CT 来观察 ^{18}F FDG 积累在哪里（例如，在癌组织中）。

表 9-2 医院使用放射性同位素特性参数

核素	衰变类型	辐射能量 (keV)	毒性分组	半衰期	Γ 常数 (Gy·m ² /Bq·h)	操作方式	来源	用途
^{18}F	β^+	511	低毒	110min	1.37×10^{-14}	简单操作	外购	用于 PET-CT 显像诊断

注： ^{18}F 同位素为病人主要注射显像药物。

表 9-3 使用放射性显像药物诊断工作负荷表

核素名称	每例病人最大用量	每天平均注射诊断病人(人次/天)	每天最大注射诊断病人(人次/天)	年注射诊断病人(人次/年)
^{18}F	3.7×10^8	20	100	2000

2、显像药物分装过程产污分析

显像药物分装合成自动化程度高，主要污染物产生情况如下：

① γ 射线

外购来的药物会被工作人员用专用的铅箱运送至分装室进行分装。本项目设有 1 个分装室，分装器位于 50mm 厚铅罐内，铅罐侧面预留一小管道供抽取 ^{18}F -FDG 用，工作人员在特制的分装台面上，根据每个病人所需的放射性药物活

续表 9 项目工程分析与源项

度用注射器手工收取相应的剂量。因此，显像药物在进行标记和分装时，衰变所产生的 γ 射线穿透铅防护层后会对周围环境产生外照射影响。

② 放射性废气

当放射性药物在分装器中进行分装时，会产生含有微量 ^{18}F 的放射性废气，排放到环境中。

③ 放射性废水、废液

显像药物的分装、标记过程中使用的反应容器、制剂瓶等均为一次性使用，无容器清洗操作。

④ 放射性固体废物

放射性固体废弃物主要放射性药物制备时，更换下来的放射性残留物如硅胶、树脂、碳柱、滤膜等，含放射性的固体废弃物年产生量约 0.08t。另外，拟建项目空气净化系统年产生废活性炭约 0.03t。

3、放射性药物注射、诊断过程产污分析

① γ 射线、 β 表面污染

显像药物在给病人注射和技术人员辅助病人上机过程中，主要污染因子为 γ 射线、 β 表面污染。

② 放射性废水、废液

放射性废水主要来自工作人员操作过程中手部可能受到微量 ^{18}F 污染的洗手水；注射药物的病人在医院期间的生活废水。

PET-CT 机房按医院预留发展编制 3 人，工作人员用水 15L/人·d，PET-CT 门诊病人每天平均约为 20 人（最大约为 100 人，按放射性药物日最大操作量诊断及治疗的病人数计算），假定病人在 PET-CT 处平均停留时间为 3 小时，排泄 1 次，使用节水型马桶冲洗，冲洗厕用水 6L/次。PET-CT 中心放射性用水、排水情况见表 9-4。预计医院放射性废水排水量约 163.3L/d（0.163m³/d）。

表 9-4 PET-CT 中心放射性废水排放情况表

用水类别		用水定额	用水规模	用水量 (L/d)	排水量 (L/d)	去向
PET-CT 机房	医护人员	15L/人·班	3 人	45	40.5	进入衰变池后经 10 个以上半衰期衰变后排入医院的污水
	病人	6L/人·d	20 人	120	108	
	未预见水量按以上水量的 10%计			16.5	14.8	

续表 9 项目工程分析与源项

总计	181.5	163.3	处理站，而后再排入城市污水管网，达标排放。
----	-------	-------	-----------------------

注：清洁用水计控制区面积的清洁用水；排水量按用水量的 90%计。

未用完的 ^{18}F 标记液置于地下一层放射性废物储存室内，经 10 个以上半衰期衰变后由厂家回收。

③ 放射性固体废物

产生的废棉签、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。

4、应用显像药物在 PET/CT 下做扫描显像时产污分析

由于使用 CT 模式扫描将产生 X 射线，因此，注射显像药物的病人在 PETCT 下做扫描显像的污染因子主要有 X 射线、 γ 射线、 β 表面污染。

9.3 本项目主要污染因子汇总

表 9-5 本项目主要污染因子一览表

序号	污染源	使用场所	主要污染因子
1	直线加速器	门诊大楼 负一楼	X 线工作模式：主要是 X 射线，中子； 电子工作模式：主要是电子线、少量 X 射线； 有害气体：臭氧和氮氧化物
2	DSA	中医药大楼 二楼	X 射线、臭氧和氮氧化物
3	CT 机、DR 机、 乳腺机等 X 线机	中医药大楼 二楼、五楼、六 楼	X 射线、臭氧和氮氧化物
4	PET-CT	门诊大楼负一 楼	X 射线、 γ 射线、 β 表面污染；放射性废气、 废液和固体废物

表 10 辐射防护与安全措施

10.1 项目安全设施

本项目直线加速器机房、核医学科机房均未建设；其它 III 类射线装置机房基本已建成，设备已安装，正在运行。根据现场实际情况及核算，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 直线加速器辐射防护与安全措施

1、机房的防护

(1) 直线加速器的主射方向为南北方向，其中机房四面墙体及顶棚均为混凝土现浇结构，机房东侧屏蔽墙为 170 cm；南、北侧主屏蔽墙为 280cm，次屏蔽墙为 170cm；迷路位于西侧，迷路内墙为 170 cm，迷路外墙为 180cm，顶棚主屏蔽墙为 300cm，次屏蔽墙为 190cm；西面为直型迷路，迷路宽 200cm，高 3.8m，南墙上设置有防护门，防护门设计屏蔽厚度为 10mmPb+80mm 含硼 5%的聚乙烯。机房面积符合要求。直线加速器机房各面墙体厚度按照环评的要求进行建设，墙体应为一次性现浇混凝土（ $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），保证施工质量。

(2) 直线加速器室的防护门为含有 10mmPb+80mm 含硼 5%的聚乙烯材料。直线加速器防护门与墙体重叠上方 10 厘米、下方 15 厘米，左面 10 厘米、右面 10 厘米；大门为地轨式；驱动装置为电气；对大门底缝采用工字型嵌入地轨式，大门底面低于地平面 15 厘米。防护门须有防止挤压装置；须有声、光报警装置；须有关闭/开启正常指示灯、故障指示灯（关闭、开户启不到位）及黄色射线出束警示灯、绿色准备指示灯。防护门上须设置永久性辐射警示标志。

(3) 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。机房水电管线采用“U”形向下穿越屏蔽墙体，排水管和电缆剂量测量孔预埋直径分别为 50mm 和 80mmPVC 管与射线相背方向设置。预埋管必须跟混凝土浇筑同时进行，一次到位。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，并在预埋管道的入口或出口应有一定厚度的屏蔽盖板。

续表 10 辐射防护与安全措施

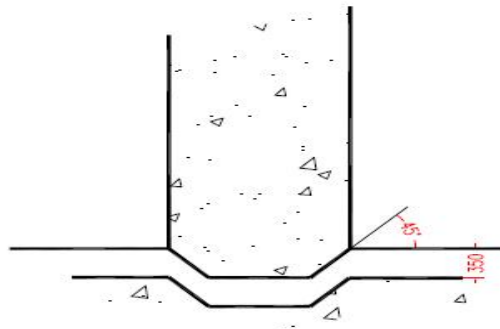


图 10-1 水电管线穿墙示意图

(4) 机房内不得堆放与诊疗工作无关的杂物。

(5) 治疗室内须安装摄像设备视频监视器，能完全观察到机房。工作人员在控制室内便可清晰地观察到患者的治疗情况，如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况，可及时采取紧急措施。治疗室与控制室须设置对讲设备，便于医务人员与患者之间进行交流。

(6) 直线加速器治疗室共应设置多个急停机开关，分别安装在加速器机架、治疗床、控制台、治疗室、迷道上。紧急停机开关为红色按钮式开关，易于辨认，按下后不能自动复位。在紧急情况下，便于机房和控制室内的人员及时终止照射。

(7) 治疗室外醒目处必须安装辐照指示灯及辐射危险标志，并注明工作时严禁人员入内。

(8) 加速器室采用机械通风。进出风口为迷宫式结构，抽风机排风量 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，机房通风换气为4次/小时，并做适当辐射防护补偿，不削弱机房的防护屏蔽能力。

(9) 直线加速器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。

(10) 加速器使用单位必须配备工作剂量仪、水箱等剂量测量设备，并应配

续表 10 辐射防护与安全措施

备扫描仪、模拟定位机等放射治疗质量保证设备。

(11) 直线加速器对应负二层的北侧 2m 以内的土层不允许开挖或者在北侧现浇 0.8m 混凝土遮挡。

2、安全操作及管理措施

(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、楔形过滤器类型及规格等辐照参数预选值。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) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 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。

(8) 使用单位必须有合格的放射治疗医生、物理人员及操作技术人员;操

续表 10 辐射防护与安全措施

作技术人员必须经过放射卫生防护和加速器专业知识的职业卫生培训,并经过考核合格后方可上岗。

(9) 操作人员必须遵守各项操作规程,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。

(10) 辐照期间,必须有两名操作人员值班,认真做好当班记录,严格执行交接班制度。

(11) 严禁操作人员擅自离开岗位,必须密切注视控制台仪表及患者状况,发现异常及时处理。

(12) 辐照期间,除接受治疗的患者外,治疗室内不得有其他人员。

(13) 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。

(14) 专用钥匙控制,只有通过专用钥匙才能使加速器出射线。钥匙由专人保管。放疗技术员离开控制室进入机房时,拔出专用钥匙,随身携带,以防他人误操作而发出射线。

10.1.2 DSA 及 III 类射线装置辐射防护与安全措施

1、机房的防护

(1) 管电压 125kV 以上的摄影机房,有用线束方向铅当量不小于 3mm,非有用线束方向铅当量不小于 2mm。

(2) 介入 X 射线设备机房有用线束方向铅当量不小于 2mm,非有用线束方向铅当量不小于 2mm。

(3) 机房内设置对讲装置,观察窗或摄像监控装置,设置位置应便于观察到患者和受检者状态。

(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) 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同的门能有效联动。同时加强维修和保养,使它们处于正常工作状态。

续表 10 辐射防护与安全措施

(6) 患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检查者不应滞留在机房内。

(7) 每台 X 射线机（不含移动式、床旁摄影机、车载 X 射线机）应设单独机房，机房应满足使用设备的空间要求。

(8) 介入 X 射线机透视曝光开关应为常断式开关，并配备透视限时装置。

(9) 介入 X 射线机机房应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

(10) 机房门窗和管线口位置应合理设置，机房门窗应有所在墙体相同的防护厚度。

(11) 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受检者状态。

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。

(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空气比释动能率进行监测，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，应关闭与机房相通的门。

(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。

续表 10 辐射防护与安全措施

(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。

(14) 直线加速器、DSA 及 III 类射线装置辐射防护防护设施要求见表 10-1。

表 10-1 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
放射诊断学用 X 射线设备同室透视、摄影	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜	或铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	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
C T 体层扫描（隔室）	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—
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。

10.1.3 移动 X 射线装置辐射防护与安全措施

1、移动 X 射线装置辐射的防护

续表 10 辐射防护与安全措施

(1) 移动 DR 机应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。 (2) 移动 DR 机连续曝光开关的电缆长度应不小于 3m，或者配置遥控曝光开关。 (3) 使用移动 DR 机在病房进行检查时，应对毗邻床位（2m 范围内）患者采取防护措施，不得将有用线束朝向其他患者。 (4) 移动 DR 机曝光时工作人员应做好自身防护，合理选择站立位置，并保证曝光时能观察到受检者姿态。 (5) 移动 DR 机不能作为常规检查设备，在无法使用固定设备且必须使用 X 射线检查时才允许使用。 (6) 手术期间透视用、焦点至影像接收器距离固定且影像接收面不超过 300cm² 的 X 射线设备，应有线束限制装置，并将影像接收器平面上的 X 射线野到 125cm² 以下。 (7) 在给患者进行拍片或透视诊疗检查时，让同室的患者和陪同人员撤离病房，到安全无电离辐射的区域，对同室不便移动的重症患者，进行屏蔽防护或用铅皮掩盖，以减少辐射危害。 (8) X 射线机有用射线束的方向，尽可能避开公众人群、医护人员和其它无关人员，在曝光时陪同人员要离开现场，如因从事非隔离荧光透视、骨科复位、异物清除等应急情况，需要医护和陪同人员陪同时，工作人员和陪同人员要穿戴个人防护用品，以减少工作人员所受 X 射线的伤害。 (9) 长时间防护需要 X 射线进行诊断检查时，尽量采用拍片、不要透视，因透视时间较长，所受辐射严重；拍片时把限束器调到最佳位置，并按“高千伏、低毫安、短时间”的原则进行，尽最大程度减少放射伤害。 2、安全操作及管理措施 <u>(1) 加强受检者和放射工作人员的个人防护，医院要配齐受检者及放射工作人员的放射防护用品，并在工作时按要求穿戴和使用。</u> <u>(2) 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。</u> <u>(3) 医疗机构要加强自身管理 医疗机构要把放射防护工作纳入质量考核，</u>

续表 10 辐射防护与安全措施

并做好射线防护用品使用记录,以便为受检者和放射工作人员发生放射事故医疗纠纷时,提供直接数据;医疗机构要按相关法律、法规进行职业健康监护,早期发现或消除存在的问题,确保受检者和受照射人群的人身健康安全。

10.1.4 乙级非密封性工作场所辐射防护与安全设施

1、放射性药物使用过程中的防护与安全措施

(1) 乙级非密封性工作场所用房布局基本合理,划分为监督区和控制区。避免与其他科室交叉现象,工作场所实现分区管理。

(2) 乙级非密封性工作场所用各房间能满足屏蔽防护要求,进出分装贮源室的门应为防护门,且有防盗功能;分装贮源室的洗手水龙头应为长柄或光电感应龙头,产生的废液经专用管道流至专用容器内进行收集;在分装贮源室内安装 1 台视频监控装置,全方位监控分装贮源室情况,确保辐射场所的安全;该场所通风换气应做到空气流向为病人出口向受检室流动,排风口设置于该场所所在门诊大楼楼顶。

(3) 设置医生专用卫生通过间并在出入口安装表面污染检测仪。乙级非密封性工作场所用医生进、出场所等诊疗区需通过卫生通过间淋洗及表面污染检测仪。工作人员进入乙级非密封性工作场所顺序为:医生通道入口→脱家常衣服→穿现场工作服→工作场所; 工作场所→脱现场工作服→清洁→剂量测量(全身污染测量)→穿家常衣服→医生通道出口。

(4) 候诊区、注射室设置视频监视、对讲系统,在场所的醒目位置悬挂(张贴)辐射警告标志,病人、医生和放射性物质运输线路指示路线,就医流程告知,防止发生交叉污染。指定严格的辐射防护规程和操作规程制度并张贴上墙。

(5) 控制区与监督区的地面与工作台面、地面均铺设地板砖或其它易清洁的材料,易于清洗不渗漏,有利于表面污染的防治。

(6) 医院对所有能产生贯穿辐射的污染源采取辐射屏蔽措施,包括操作放射性同位素的职业工作人员穿戴防护用具,操作过程中对注射用具的屏蔽。

(7) 在各易产生放射性固废的房间设置放射性固废专用收集桶,放射性废物收集桶应有放射性标志。

(8) 放射性药物存放必须安全,应专人负责,保险柜钥匙要专人保管,双

续表 10 辐射防护与安全措施

人双锁，存取记录要详细、清晰。补充完善放射性药物保管、领用和登记制度。

(9) 各核医学用房内不得堆放与诊断工作无关的杂物。各项规章制度、操作规程、应急处理措施必须齐全，并张贴上墙。

(10) 每间病房内应设置放射性废物收集桶收集放射性废物，放射性废物收集桶（污物桶）有一定屏蔽能力。

(11) 卫生通过间安装有表面污染检测仪及医生更衣柜。

(12) 加强对服药后病人的管理，张贴醒目的“病人须知”。

10.1.5 防护用品

由建设单位提供信息可知，医院现有部分辐射防护用品，拟根据本次环评实际情况，建议建设单位增加相关防护用品。

表 10-2 拟须增加的辐射防护用品清单

说明	名称	数量	名称	数量
需增加防护用品	防护铅衣	10	个人剂量报警器	5
	防护眼镜	10	个人剂量计	10
	防护围脖	10	固定式剂量报警仪	3
	防护铅帽	10	便携式剂量报警仪	1
	病人上身防护屏	10	巡测仪	1
	病人腹部盆腔防护屏	15		

10.2 三废治理

(1) 废水治理措施

医院乙级非密封性工作场所设置单独排水管网，乙级非密封性工作场所用放射性废水排水管采用铸铁管，并采取防腐蚀措施；分装贮源室及病人专用洗手间废水排入衰变池内经过衰变达标后，进入医院污水管网，最终进入医院污水处理站处理达标排放。清洁区排放的废水经管网直接进入医院污水管网，最终进入医院污水处理站处理达标排放。

(2) 废气治理措施

乙级非密封性工作场所产生的少量放射性气溶胶或气载放射性物质可以通过通风橱的排风管道经活性炭过滤后排出室外，通风橱在半开的条件下风速不

续表 10 辐射防护与安全措施

小于 1m/s。排气口设置于本建筑物屋顶。

(3) 固废治理措施

① 严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理。应力求控制和减少放射性废物产生量。

② 对放射性固体废物应采用分核素收集，根据同位素的性质，单独衰减，达到衰变时间和要求的，再收集在一起作为医疗垃圾处理。放射性固废应按照医疗废物（危险废物）的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

③ 供收集的专用污物桶应具有外防护层和电离辐射标志。污物桶放置点应避开工作人员作业和经常走动的地方。

④ 内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加不易刺破的外套（如硬牛皮纸外套）。

⑤ 放射性废物在储存衰变箱中衰减至排放限值后，作为一般医疗垃圾处理。用来收集放射性固体废弃物的专用收集器应贴上电离辐射标志。

⑥ 更换的废活性炭放在专用的污物桶内衰变，放射废物比活度 $\leq 2 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 后交原厂家回收再生利用。放射性废物袋装时应不超过 20kg，放射性废物运输时表面的固定污染所引起的辐射水平应不超过 $5 \mu\text{Sv/h}$ ，表面 β 辐射应不大于 0.4Bq/cm^2 。

本项目涉及的“三废”采取的主要治理见下图 11-2 所示。

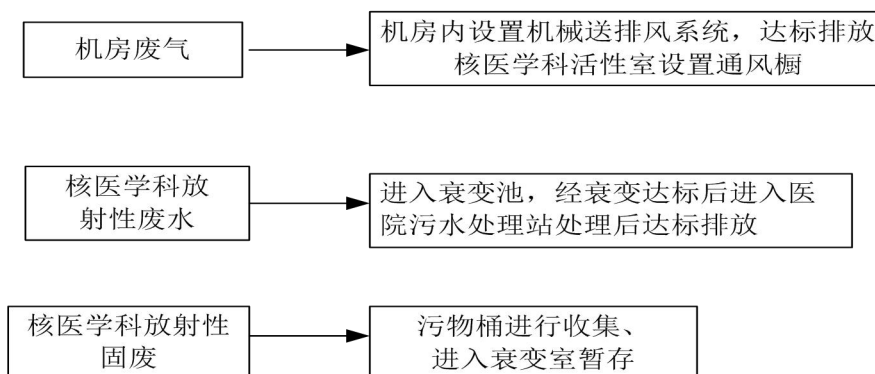


图 10-2 三废治理措施图

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响分析

本项目直线加速器机房及 PET-CT 机房未建。因此，本项目施工期主要为综合楼的机房的装修，污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。项目建设过程中，医院的医疗服务工作仍将正常进行。施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对医院自身环境以及周围的环境带来较大影响。

施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

（1）扬尘及防治措施

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

（2）废水及防治措施

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

（3）噪声及防治措施

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

（4）固体废物及防治措施

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

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

续表 11 环境影响分析

11.2 运行期环境影响分析

11.2.1 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)	标准要求(m ²)	最小单边长度(m)	是否满足要求
1	门诊负一楼	直线加速器机房	7.4×6.4×3.8	47.36	≥45	4.5	是
2		PETCT 机房	8.5×5.8×3.8	49.3	≥30	4.5	是
3	中医药大楼二层	CT 机房	7.6×5.8×3.3	44.08	≥30	4.5	是
4		DSA 机房	7.6×9.4×3.3	71.44	≥30	4.5	是
5		DR 机房	7.6×5.8×3.3	44.08	≥20	3.5	是
6		DR 机房	7.6×5.6×3.3	42.56	≥20	3.5	是
7	中医药大楼五层	DR 机房	3.6×5.8×3.3	20.88	≥20	3.5	是
8		乳腺机房	3.6×5.0×3.3	18.0	≥10	2.5	是
9	中医药大楼六层	CT 机机房	7.6×5.6×3.3	42.56	≥30	4.5	是
10		DR 机房	3.6×5.8×3.3	20.88	≥20	3.5	是

由表 11-1 可知，各射线装置机房使用面积均满足相应标准的要求。

11.2.2 直线加速器环境影响分析

1、机房设计情况

直线加速器用房由机房、迷道、控制室和组成。医院本次规划新增 1 医用电子直线加速器，加速器输出 X 射线的最大能量为 10MV，将安装在门诊大楼负一楼直线加速器机房，机房为新建，本次机房设计按照 15MeV 直线加速器机房设计，医院远期（具体时间未定）规划在此使用 1 台 15MeV 直线加速器，届时要求医院按照相关要求重新办理环评手续。本次环评按照 10MV 能量进行核算。

本项目直线加速器机房（不含迷道）内空几何尺寸：7.4m（长）×6.4m（宽）×3.8m（高）。直线加速器的主射方向为南北方向，其中机房四面墙体及顶棚均为混凝土现浇结构，机房东侧屏蔽墙为 170 cm；南、北侧主屏蔽墙为 280cm，

续表 11 环境影响分析

次屏蔽墙为 170cm；迷路位于西侧，迷道内墙为 170 cm，迷路外墙为 180cm，顶棚主屏蔽墙为 300cm，次屏蔽墙为 190cm；西面为直型迷路，迷路宽 200cm，高 3.8m。南墙上设置有防护门，防护门屏蔽厚度设计为 10mmPb+80mm 含硼 5% 的聚乙烯。直线加速器室平面图见附图八，剖面图见附图九。

2、屏蔽防护效能核实

按照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T201.2—2011）第 2 部分中式 5~式 8，式 11~式 13 进行计算，各参数取值及具体计算过程如下所示。加速器机墙体核算计算点示意图如下图 11-1 所示。

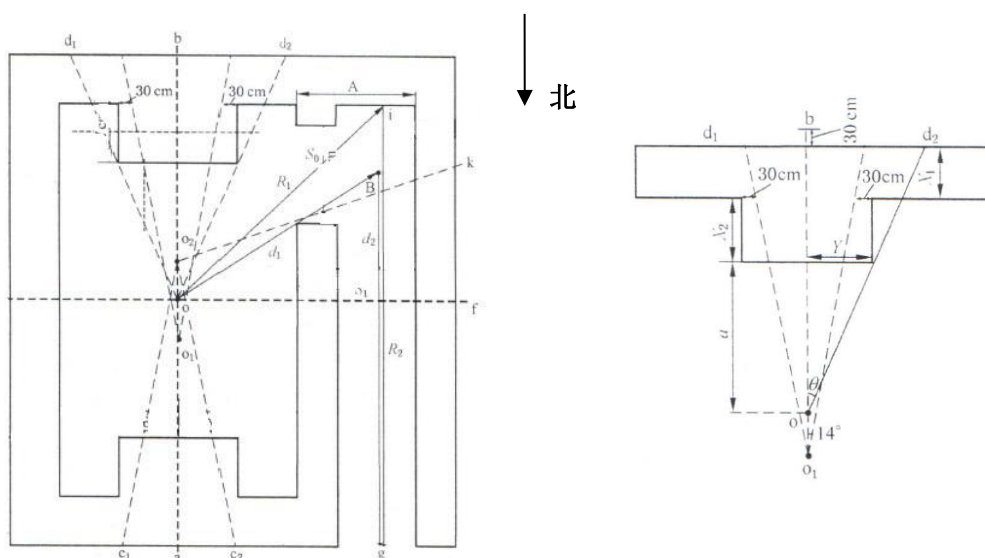


图 11-1 直线加速器机房平面布置示意图及计算参考点图

① 有效屏蔽厚度

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

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

式中：X—屏蔽物质厚度；

X_e —有效屏蔽厚度。

② 屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系

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

续表 11 环境影响分析

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

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。

③ 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

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

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

式中： $\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_o$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m²/h（以 Sv·m²/min 为单位的值乘以 6×10⁷）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—对有用束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率。

④ 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

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

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

式中： $\dot{H}_c$ —参考点剂量率参考控制水平，μSv/h；

$\dot{H}_o$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m²/h；

R_s —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

α_{ph} —患者 400cm²面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m(关注点方向)

续表 11 环境影响分析

处的剂量比例，又称 400cm² 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，cm²。

⑤加速器（≤10MV）机房的迷路散射辐射屏蔽与剂量估算：

a) 入口 g 处的散射辐射剂量率

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \quad (9)$$

$\dot{H}_g$ —g 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

α_{ph} —患者 400cm² 面积上的散射因子，通常取 45°散射角的值；

α_2 —砧墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45°，散射角为 0°， α_2 通常使用其 0.5MeV 栏内的值；

A—i 处的散射面积；m²；

R₁—“o-i”之间的距离，m；

R₂—“i-g”之间的距离，m；

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m²/h；

b) g 处的散射辐射能量约为 0.2MeV，防护门需要的屏蔽投射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{og}}{\dot{H}_g} \quad (10)$$

c) 在给定防护门的铅屏蔽厚度 X (cm) 后，防护门外的辐射剂量率按下式计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad (11)$$

⑥ 计算参数取值

续表 11 环境影响分析

表 11-2 公式中涉及的各项参数取值

参数		单位	取值	取值依据
$\dot{H}_c$		μSv/h	2.5	GBZ126-2011
$\dot{H}_o$		μSv·m²/h	2.4×10 ⁸	常用最高剂量，400cGy/min
R		m	7.3（O ₂ -a、O ₁ -b）	辐射源点至南北墙主屏蔽墙外关注点距离
			6.8（O-l）	辐射源点至顶棚主屏蔽墙外关注点距离
			5.7（O-e）	辐射源点至东侧屏蔽墙外关注点距离
			9.6（O-g）	辐射源点至迷路内墙外
			9.0（O-k）	辐射源点至迷路外墙关注点距离
f		/	1	有用线束
f		/	0.001	漏射线束
主射线	TVL ₁	cm	41	GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.1 查出
	TVL	cm	37	
90°泄露辐射	TVL ₁	cm	35	
	TVL	cm	31	
R_s		m	7.3（O-d ₂ ）	与主屏蔽区直接相连的次屏蔽墙
			6.7（O-m ₂ ）	与顶棚主屏蔽区直接相连的次屏蔽墙
α_{ph}		/	0.00318	散射因子，从 GBZ/T201.2—2011）第 2 部分附录 B 表 B.2 查出
F		cm ²	40×40	最大对称野面积
R ₁		m	7.15（O-i）	患者照射至迷路 i 点的散射距离
α_2		/	22.0×10 ⁻³	砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，从附录 B 表 B.6 查出
A		m ²	3.8×3.2=12.16	i 处的散射面积

⑦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。

续表 11 环境影响分析

直线加速器室墙体厚度核实结果见表 11-3。

表 11-3 直线加速器室墙体屏蔽核实结果（混凝土 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ）

墙体名称		计算参数	计算厚度 (cm 砼)	设计厚度 (cm 砼)	建议厚度 (cm 砼)	建议厚度 下的瞬时 剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否 满足
南、北墙 (主屏蔽墙)	主屏蔽墙 (主射 a、b 点)	$R=7.3$ $H_0=2.4\times 10^8$ $H_C=2.5$ $f=1$	235	280	280	0.16	是
	副墙(散、漏射 c、d 点)	$R=7.3$ $H_0=2.4\times 10^8$ $H_C=1.25$ $f=0.001$	125	170	170	0.188	是
	带宽	/	324	390	390	/	是
东墙 (侧屏蔽墙)	散、漏射 (e 点)	$R=5.7$ $H_0=2.4\times 10^8$ $H_C=2.5$ $f=0.001$	132	170	170	0.24	是
西侧 迷道 内墙	散、漏射 (g 点)	$R=9.6$ $f=0.001$ $H_C=0.5$	103	170	170	0.01	是
西侧 迷道 外墙	漏射, 无 内墙遮挡 部分 (k 点)	$R=9.0$ $H_0=2.4\times 10^8$ $H_C=2.5$ $f=0.001$	99	170	170	0.01	是
顶棚	主屏蔽墙 (主射 I 点)	$R=6.8$ $H_0=2.4\times 10^8$ $H_C=2.5$ $f=0.001$	238	300	300	0.052	是
	副墙(散、漏射 m ₂ 点)	$R=6.7$ $H_0=2.4\times 10^8$ $H_C=1.25$ $f=0.001$	127	190	190	0.05	是
	带宽	/	245	400	400	/	是
防护门 (O-i-g 点)		$R_1=7.15(\text{o-i})$ $R_2=10.6(\text{i-g})$ $H_0=2.4\times 10^8$ $\dot{H}_{og}: 0.5\mu\text{Sv/h}$ $\dot{H}_c:$ $2.5\mu\text{Sv/h}$	7.7mmPb $+72\text{mm}$ 含硼 5% 的聚乙烯	$10\text{mmPb}+80\text{mm}$ 含硼 5% 的聚乙烯	10mmPb $+80\text{mm}$ 含硼 5% 的聚乙烯	1.1 (中子数 0.89)	是

根据上表计算结果可知, 直线加速器机房按照现有设计厚度进行建设后, 机房四周墙体和防护门外的辐射剂量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 对屏蔽 X 射线是安全的,

续表 11 环境影响分析

满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的要求。

4、剂量估算

1) 估算公式

工作人员和公众人员受到的 X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = H^*(10) \times T \times t \times 10^{-3} (mSv) \quad (12)$$

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，μSv/h；

T：居留因子；

t：X 或γ射线照射时间，h。

2) 估算结果

①辐射工作人员

根据医院提供的年最大工作负荷，则直线加速器辐射工作人员年有效剂量当量估算结果见表 11-4。

表 11-4 直线加速器辐射工作人员年有效剂量当量估算表

设备名称	控制室处剂量率 (预留后装机房)	居留因子	单台设备年最大有效 开机时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
直线加速器	0.06μSv/h	1	66.7	0.004

由表 11-4 可知，取辐射工作人员受到的瞬时剂量最大值进行计算，年有效剂量小于 2mSv/a（辐射工作人员），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

② 非辐射工作人员和公众成员

直线加速器机房外有非辐射工作人员和公众成员活动，但很少经过直线加速器机房。本项目辐射设备所致的公众成员年有效剂量当量估算结果见表 11-5。

表 11-5 非辐射工作人员和公众成员年有效剂量当量估算表

设备名称	墙体外最大剂量率 (候诊室)	居留因子	单台年最大有效开 机时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
直线加速器	0.17μSv/h	1/4	66.7	0.0028

续表 11 环境影响分析

由表 11-5 可知，取非辐射工作人员和公众成员可能到达机房外的瞬时剂量最大值进行计算，年有效剂量小于 0.1mSv/a（其他工作人员和公众成员），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

5、有害气体分析

X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气，直线加速器治疗室采用动力排风装置保持良好的通风条件下，臭氧浓度为甚小，少量的有害气体直接与大气接触、不累积，很快被空气的对流、扩散作用所稀释，不会影响机房外大气环境质量的等级。

6、机房内通风

直线加速器运行时会产生少量的臭氧和氮氧化物。因此机房需要良好的通风，以降低臭氧浓度。根据现场踏勘实际情况，机房内拟将在地面安装 1 个排风扇，用管道连接排至室外，本次环评建议排风扇排风量应达到 1500 m³/h 及以上。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。

11.2.3 数字减影血管造影（DSA）环境影响分析

1、机房设计情况

医院拟在中医药大楼二楼新增 1 台 DSA。根据设计资料机房内空尺寸为：7.6m×9.4m×3.3m，机房面积分为 71.44m²。机房的墙体设计为 240mm 红砖+30mm 硫酸钡，天棚为 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡，观察窗、防护门为 4mm 铅当量。

2、屏蔽防护效能核实

（1）核实建筑物屏蔽效能采用的主要公式

机房辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。

①主射线：

$$\dot{H} = \frac{H \times q \times U}{K \times R^2} \quad (13)$$

$$H = \dot{G} \times I \times 60 \quad (14)$$

续表 11 环境影响分析

式中：K——减弱倍数；

H——血管造影系统额定工作条件下，X 线的输出率（Gy/h）；

I——血管造影系统额定电流（mA）；

$\dot{G}$ ——血管造影系统发射率，管电压为 100kV（在实际使用中 DSA 使用电压不会超过额定电压 125kV 的 80%，即 100kV，因此本项目取额定管电压的 80%进行计算） 的 DSA 发射率取 4.512 mGy /mA.min；

$\dot{H}$ ——屏蔽体外 30cm 处瞬时剂量率（Gy/h）；

R——参考点距离(m)；

q——居留因子（取 1）

U——定向因子（取 1）

②散射线：

$$\dot{H} = \frac{H \times \alpha \times q \times S}{K \times R^2 \times r^2} \quad (15)$$

式中：α——人体散射系数，0.00098/400cm²。

s——散射面积，取 400cm²。

R——参考点距离(m)。

r——源皮距，1m。

③漏射线

$$\dot{H} = \frac{H_1 \times q}{K \times R^2} \quad (16)$$

式中：H₁——X 漏射剂量率（<1mGy/h）；

④厚度：

$$d = TVL \log K \quad (17)$$

式中：TVL—— 材料十值层厚度（cm）；

d——屏蔽材料厚度（cm）

⑤散射能量

续表 11 环境影响分析

$$E_{\gamma'} = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (18)$$

式中： $E_{\gamma'}$ ——散射光子的能量（MeV）；

E_0 ——入射光子的能量（MeV）；

$m_0 c^2$ ——电子静止能量（MeV）；

θ ——散射角（°）。

（2）核实建筑屏蔽效能采用的有关参数

由于 X 射线装置在实际应用中并不会满负荷运行，在考虑正当性及最优化原则的基础上，结合以往验收监测经验，选取 X 射线机的最大运行管电压 100kV（取额定电压 125 kV 的 80%进行计算），管电流 280mA，对 DSA 机房的屏蔽防护进行估算。

另外，本评价按照国家标准和相关规定要求，确定机房墙体、门和观察窗外表面 0.3m 处，楼上层离地 1m 处，楼下层离地 1.7m 处空气比释动能率均按 2.5 μ Sv/h 进行估算。

表 11-6 利用因子 U

有用线束固定照射方向	U=1
有用线束朝向的墙壁	U=1/4
顶棚	U=1/4

表 11-7 居留因子 q

全部居留 q=1	工作室、办公室、候诊室、居住区等常有人居留的地方
部分居留 q=1/4	公共走廊、人操纵的电梯、无人看管的停车场等有时有人居留的地方
偶然居留 q=1/16	公共浴室、厕所、少量行人车辆通过的地方

（3）建筑物屏蔽墙厚的确定原则

由于 DSA 仪器安装方向不明，因此按有用射线束朝向四周墙体、顶棚、防护门和观察窗等直接照射，因此本评价采用式（13）对 DSA 系统机房的辐射安全防护评价估算。

（4）计算参数

续表 11 环境影响分析

主射线能量约 100kV，人体散射系数：0.00098/400cm²；散射面积 s=400cm²；源皮距，1m。计算参数见表 11-8。

表 11-8 计算参数

核算电压 (kV)	电流 (mA)	能量 (kV)		十值层
100	280	漏射线	100	铅：0.84mm 混凝土：5.5cm 页岩砖：6.5cm 重晶石：3.9cm

(5) 核算结果

医院 DSA 核算结果见表 11-9。

表 11-9 二楼 DSA 血管造影机房屏蔽核算结果

墙体名称	参考点 距离 (m)	计算厚度	设计厚度	设计厚度下 瞬时剂量率 (μGy/h)	是否满足屏 蔽厚度
东墙(外环境、主射)	4.4	182mm 砼	240mm 砼	0.06	是
南墙(过道、主射)	5.3	206 mm(实心页岩砖)	360mm(实心页岩砖)+30mm 硫酸钡	≈0	是
西墙(控制室、主射)	4.4	182mm 砼	240mm 砼	0.06	是
北墙(外环境、主射)	5.3	173mm 砼	240mm 砼	0.04	是
天棚(办公室、主射)	3.2	186 砼	120mm 砼+50mm 硫酸钡	1.71	是
地面(儿科诊室、主射)	3.1	187 砼	120mm 砼+50mm 硫酸钡	1.82	是
大防护门(过道、主射)	5.3	2.9mmPb	4mmPb	0.104	是
小防护门(控制室、主射)	4.4	3.0mmPb	4mmPb	0.15	是
观察窗(控制室、主射)	4.4	3.0mmPb	4mmPb	0.15	是

注：①南面墙体厚度为 36cm 实心页岩砖+3cm 硫酸钡，其余墙体厚度为 24cm 现浇混凝土，顶棚、地板厚度为 12cm 混凝土+5cm 硫酸钡。本栋楼楼层层高均为 3.3m；

②楼上屋顶计算位点为离三楼地板 1m 处，即 $R=3.3-1.3+0.2+1=3.2m$ ；

③楼下计算位点为离二楼地板 1.7m 处，即 $R=3.3-1.7+0.2+1.3=3.1m$ ；

④主射方向考虑人体和机体自屏蔽能力相当于 20cm 实心页岩砖。

(6) 机房屏蔽效能评估

根据医院提供的资料及现场调查，本项目 DSA 机房南侧墙体为 36cm 实心

续表 11 环境影响分析

页岩砖+3cm 硫酸钡，其余东、西、北侧墙体均为 24cm 现浇混凝土，天棚、地面均为 12cm 现浇混凝土+5cm 硫酸钡。由表 11-9 计算可知，DSA 机房的四周墙体、天棚及地面设计厚度能够满足要求，核算墙体外的瞬时剂量小于 2.5μSv/h，满足辐射防护的要求。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、剂量估算

计算公式参照式（12），计算结果如下：

① 辐射工作人员剂量估算

控制室工作人员：由表 11-9 显示，控制室内辐射工作人员受到的瞬时剂量为 0.15μSv/h，工作时间为 51.1h/a，则算出年附加有效剂量最大为 0.0077mSv/a，小于 2mSv/a。

手术室医护人员：

一台血管减影手术，导视 X 线机工作条件：电压 100kV，最大电流 280mA，开展外周血管手术部位，照射视野 10cm×10cm 工作人员在床旁操作，距离 0.5m，总的开机时间平均为 15min。经计算工作人员的受照剂量大约为 18.57mSv，已严重超过国家标准规定的剂量管理目标值（4mSv/a）。

$$\dot{H} = \frac{\dot{G} \times I \times t \times s \times \alpha}{r^2 \times R^2 \times 400} = 18.57 \text{mSv}$$

式中： $\dot{G}$ ——X 线机发射率（4.512mGy/ mA.min）

I——电流(280mA)

t——时间(15min)

s——散射面积(100cm²)

α-人体表面散射系数(0.00098/400cm²)

r——源皮距(1m)

R——操作位距病人距离（0.5m）

当医生穿戴铅衣、铅手套、铅帽、铅眼镜等和利用移动屏蔽设施（铅玻璃、铅帘等）进行防护（铅当量为 2.0mm）后（100kV 散射光子能量约为 84keV，84keV 铅的十值层厚度为 0.65mmPb），医务工作人员所受剂量可以减少 1194 倍，衰减

续表 11 环境影响分析

为 0.0156mSv/台，开展介入手术的同一名医生每年最多只能开展介入手术 256 台，在该次数内可以保证该工作人员受照剂量不超过剂量管理目标值（4mSv/a）。

本项目 1 台 DSA 设备共配备 2 名工作人员（医生），年手术台数约为 400 台/年，则 2 名工作人员年进行介入手术分别约为 200 台，因此，工作人员在进行介入手术时，在尽可能采用小视野，穿戴防护用品(铅衣服、铅背心、铅手套、铅帽、铅眼镜)，并充分利用专用的移动式屏蔽物（悬挂式铅玻璃、铅帘）等情况下，其个人的受照剂量能够满足 GB18871-2002 的要求。

② 非辐射工作人员

DSA 机房外，楼下儿科、值班室以及楼上办公室、诊室的非辐射工作人员受 DSA 影响最大。本项目辐射设备所致的非辐射工作人员年有效剂量当量估算结果见表 11-10。

表 11-10 非辐射工作人员年有效剂量当量估算表

位置		最大剂量率	居留因子	单台年最大有效开机时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
DSA	楼下儿科、值班室	1.82 μ Sv/h	1	51.1	0.093
	楼上办公室、诊室	1.71 μ Sv/h	1	51.1	0.087

由表 11-10 可知，取非辐射工作人员受到 DSA 最大影响进行计算，年有效剂量小于 0.1mSv/a（其他工作人员），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

③ 公众成员

DSA 机房外有公众成员活动，但很少经过 DSA 机房。本项目辐射设备所致的公众成员年有效剂量当量估算结果见表 11-11。

表 11-11 非辐射工作人员和公众成员年有效剂量当量估算表

设备名称	过道墙体外最大剂量率	居留因子	单台年最大有效开机时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
DSA	0.104 μ Sv/h	1/4	51.1	0.005

由表 11-11 可知，取公众成员可能到达机房外的瞬时剂量最大值进行计算，年有效剂量小于 0.1mSv/a（公众成员），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本

续表 11 环境影响分析

标准》（GB18871-2002）的要求。

4、有害气体分析

DSA 运行时会产生少量的臭氧。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 机房内安装了一台机械动力通风装置，用管道连接排至室外，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。

11.2.4 其他Ⅲ类医用诊断 X 射线装置环境影响分析

1、机房面积设计情况

根据机房使用面积表 11-1 可以看出，其他Ⅲ类医用诊断 X 射线机房的使用面积均符合相关标准要求。

2、屏蔽防护

根据Ⅲ类 X 射线装置仪器的参数及机房大小，选取典型Ⅲ类射线装置（五层 DR 机房）进行机房屏蔽厚度校核。

（1）机房平面布置

本次核算的 DR 机房位于中医院大楼五层南侧靠近墙壁，机房北面为过道，西面为操作间，东面为洗手间，机房（面积约 20.88m²）内空尺寸 3600mm×5800mm×3300mm，西侧控制室墙体设铅观察窗及医护人员进出防护铅门，北侧墙设病人进出防护铅门。DR 机房楼上（6F）为 DR 机房，楼下（4F）为预留机房。DR 机房平面布置图见附图五、六、七。

（2）机房屏蔽厚度

机房墙体均为 36cm 实心页岩砖+3cm 硫酸钡、顶棚和地板为 12cm 现浇混凝土+5cm 硫酸钡，工作人员出入的防护门与受检者出入的防护门、铅观察窗的铅当量均为 3mmPb。

（3）DR 机房屏蔽计算

①情景设置及参数选择

本项目 DR 设备额定电压为 150kV，额定电流为 800mA，结合以往验收监测经验，选取 X 射线机的最大运行管电压 120kV（取额定电压 150 kV 的 80%进

续表 11 环境影响分析

行计算），管电流 280mA，对 DR 机房的屏蔽防护进行估算。

另外，本评价按照国家标准和相关规定要求，确定机房墙体、门和观察窗外表面 0.3m 处，楼上层离地 1m 处，楼下层离地 1.7m 处空气比释动能率均按 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行估算。

由于 DR 系统均带有影像增强系统，不会有有用线束直接对四周墙体、顶棚、防护门和观察窗等进行直接照射，而主要是散射线和漏射线产生的照射，因此本评价采用式 10-16、式 10-17 对 DR 机房的辐射安全防护评价估算，散射光子能量按式 10-18 计算。

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。

90° 散射角的散射线能量约为 97kV，漏射线能量为 120 kV。各屏蔽材料的 TVL 值见表 11-12。

表 11-12 各屏蔽材料的 TVL 值

能量	屏蔽材料	TVL 值
97kV	砼	5.3cm
	硫酸钡水泥	3.6cm
	铅	0.80mm
	页岩砖	6.7cm
120kV	砼	6.2cm
	硫酸钡水泥	4.2cm
	铅	0.89mm
	页岩砖	7.4cm

②建筑物屏蔽效能核算结果

根据式（13）~式（17），各放射设备机房的辐射效能核算情况见表 11-13。

续表 11 环境影响分析

表 11-13 DR 机房屏蔽能力核实计算

墙体名称		采用参数 (m)		计算厚度 (mm)	实际厚度 (mm)	实际厚度下 瞬时剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满 足屏蔽 要求
北 墙	墙体 (过道)	散射 漏射	3.59	243 (实心页岩 砖)	360 (实心页岩砖) +30 硫酸钡混凝土	0.0066	是
	防护门 (过道)	散射 漏射	3.59	2.9Pb	3Pb	1.88	是
西 墙	墙体 (控制室)	散射 漏射	2.49	264 (实心页岩 砖)	360 (实心页岩砖) +30 硫酸钡混凝土	0.014	是
	防护门 (控制室)	散射 漏射	3.2	2.98Pb	3Pb	2.37	是
南 墙	墙体 (外环境)	散射 漏射	3.59	243 (实心页岩 砖)	360 (实心页岩砖) +30 硫酸钡混凝土	0.0066	是
东 墙	墙体 (卫生间)	散射 漏射	2.49	264 (实心页岩 砖)	360 (实心页岩砖) +30 硫酸钡混凝土	0.014	是
顶棚 (DR 机房)		散射 漏射	3.47	190 砧	120砧+50硫酸钡混 凝土	2.11	是
地板 (预留机 房)		散射 漏射	3.07	192 砧	120砧+50硫酸钡混 凝土	2.28	是

根据上述计算可知, DR 机房四周墙体、天棚、地板均满足要求, 瞬时剂量小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 观察窗及防护门墙体按建议厚度修建, 瞬时剂量小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 满足辐射防护的要求。评价范围内的敏感点受 X 射线装置运行时的影响很小, 环境可以接受。

3、剂量估算

计算公式参照式 (12), 计算结果如下:

(1) 辐射工作人员剂量估算

根据医院提供的年最大工作负荷, 按照 1 名工作人员负责完成 1 台设备的操作, 则直线加速器辐射工作人员年有效剂量当量估算结果见表 11-14。

续表 11 环境影响分析

表 11-14 DR 机房辐射工作人员年有效剂量当量估算表

设备名称	控制室处剂量率 (预留后装机房)	居留因子	单台设备年最大有效 开机时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
DR	2.37 μ Sv/h	1	1.04	0.0025

由表 11-14 可知，如只有一名辐射工作人员控制 DR 机，则控制室内辐射工作人员年附加有效剂量为 0.0025mSv/a，本项目五层 DR 机房西北侧为乳腺机房（能量较小，个人剂量不计入内），楼上为 DR 机房，按照最大影响进行叠加，则控制室内辐射工作人员年附加有效剂量为 0.05mSv/a，小于本环评管理目标限值 2mSv/a，满足《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）的要求。

（2）公众成员及非辐射工作人员剂量估算

非辐射工作人员为位于机房周围医院其他工作人员，本项目非辐射工作人员主要为所在楼层及楼上、楼下其他工作人员。

表 11-15 DR 机房非辐射工作人员年有效剂量当量估算表

设备名称	控制室处剂量率	居留因子	单台设备年最大有效 开机时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
DR	2.28 μ Sv/h	1/4	1.04	0.0006

由表 11-15 可知，本项目五层 DR 机房西北侧为乳腺机房（能量较小，个人剂量不计入内），楼上为 DR 机房，按照最大影响进行叠加，则控制室内辐射工作人员年附加有效剂量为 0.0006mSv/a，DR 机房周边年附加有效剂量均低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。

4、其它医院拟配置 III 类射线装置屏蔽防护

根据设计资料，除 PET-CT 机房以外，其他 III 类射线装置各机房四周墙体均为 36cm 实心页岩砖（密度 1.65g/cm³）+3cm 硫酸钡混凝土结构（或是 24cm 现浇混凝土），顶棚、地板均为 12cm 厚现浇混凝土（密度 2.35g/cm³）+5cm 硫酸钡混凝土结构。所有 CT 机房防护门设计厚度为 4mmPb，DR 机房防护门设计厚度为 3mmPb，乳腺机房防护门设计厚度为 2mmPb；铅玻璃窗铅当量与防护门

续表 11 环境影响分析

一致。其他 III 类射线装置屏蔽防护一览表见表 11-16。

表 11-16 医院拟配置 III 类射线装置屏蔽防护一览表

序号	射线装置	参数	屏蔽墙体厚度	屏蔽墙体、防护门、窗铅当量要求	是否达标
1	DR	150kV; 900mA	四周墙体： 36cm 实心页岩砖+3cm 硫酸钡混凝土 (或是 24cm 现浇混凝土) 顶棚、地面： 12cm 厚混凝土+5cm 硫酸钡混凝土	有用线束方向：3mm 铅当量 非有用线束方向：2mm 铅当量	是
2	DR	150kV; 800mA		有用线束方向：3mm 铅当量 非有用线束方向：2mm 铅当量	是
3	CT	140kV; 666mA		2.5mm 铅当量	是
4	DR	135kV; 500mA		有用线束方向：3mm 铅当量 非有用线束方向：2mm 铅当量	是
5	乳腺机	40kV; 72mA		1mm 铅当量	是
6	CT	130kV; 345mA		2.5mm 铅当量	是
7	DR	150kV; 800mA		有用线束方向：1mm 铅当量 非有用线束方向：1mm 铅当量	是
8	PET-CT	140kV; 500mA	200mm 混凝土	2mm 铅当量	是

综上所述，以上 III 类射线装置各机房屏蔽墙体满足相关要求，防护门、窗按实际修建厚度可满足相关要求。因此对周围环境和人员造成的影响是在可接受的范围之内，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）的要求。

5、无固定机房的移动 DR

根据医院提供的资料，移动 DR 机使用位置不是固定的，其能量较低，墙体均为 36cm 实心页岩砖（密度 1.65g/cm^3 ）+3cm 硫酸钡混凝土结构（或是 24cm 现浇混凝土），顶棚、地板均为 12cm 厚现浇混凝土（密度 2.35g/cm^3 ）+5cm 硫酸钡混凝土结构可以满足屏蔽要求，使用时应配备有相应的防护设备。

估算年有效剂量时瞬时剂量按 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 计算，根据原提供的资料，本项目移动 DR 的年有效开机时间 2.2h，则辐射工作人员年附加有效剂量最大为 0.0055mSv/a ，低于本评价管理目标值 2mSv/a ，非辐射工作人员及公众成员年附加有效剂量远低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）和《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的要求。

11.2.5 射线装置场所分区情况

续表 11 环境影响分析

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：以各个放射诊疗机房诊疗室墙体以内的区域。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，区内无关人员不得滞留。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；

（2）监督区：以各个放射诊疗机房诊疗室墙体以外及周边相邻的区域。在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

工作场所严格按照分区、分级管理、设计、装修。医生、病人及放射性废物通道互相不交叉。

11.2.6 放射性核素环境影响分析

1、非密封放射性物质工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作规程方式修正因子}} \quad (19)$$

放射性工作场所因操作放射性物质的毒性组别和操作量的不同，产生的放射性危害的机率也不同，为了便于管理，非密封性工作场所按所用放射性核素最大等效日用量并考虑操作因素分为三级。根据计算，医院 PET-CT 机房使用的放射性同位素日最大等效操作量见表 11-17。

表 11-17 非密封性物质工作场所分级

核素名称	物理形态	计划日最大操作量 (Bq)	毒性因子	操作方式	操作修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	使用场所
¹⁸ F	液态	3.7×10 ¹⁰	0.01	简单操作	1	3.7×10 ⁸	乙级非密封性工作场所

根据该项目使用的放射性同位素的毒性组别、用量及操作因子，算出日最大等效操作总量约为 3.7×10⁸Bq，因此湖南中医药专科学校附属第一医院核技术利用扩建项目使用放射性核素为乙级非密封性工作场所，其设计、布局、内部防护

续表 11 环境影响分析

设施应该满足乙级非密封源工作场所设计要求。

2、临床核医学科工作场所分类

按照《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中表 1 的要求，根据医院核医学科房间功能及放射性同位素使用情况，对医院核医学科工作场所做如下分类。具体见表 11-18。

表 11-18 非密封性物质使用场所的分类

房间名称	非密封性物质日最大操作量（Bq）		毒性因子	操作方式	该房间日最大加权活度（MBq）	分类
分装室	^{18}F	3.7×10^{10}	1	1	37000	II
注射室	^{18}F	3.7×10^8	1	1	370	II
注射后休息室	^{18}F	7.4×10^9	1	10	7400	II
PET/CT 机房	^{18}F	3.7×10^8	1	10	370	II

由表 11-17 可知，分装室、注射室、PET/CT 机房和注射后休息室应按 II 类场所的要求进行装修、设计并配备相关装备。

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006），临床核医学乙级工作场所安全防护要求具体见表 11-19。

表 11-19 不同类别核医学工作场所室内表面和装备的要求

工作场所	地面	表面	通风柜	室内通风	管道	清洗及去污设备
II	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要

3、本项目核医学科非密封性物质工作场所分区与布局

①工作场所布局与分区

为了更好地贯彻《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），方便于 PET-CT 中心工作场所的管理需要，应对 PET-CT 机房区域分为控制区和监督区。

①分装室、注射室、注射后病人休息室、PET-CT 扫描室等可划为控制区。在控制区内的房间也应分区：操作台以及贮源通风橱为高活性区（控制区），其他为监督区。在控制区内的场所也应按照控制区到监督区：从高活性区向低活性区进行布局——从贮源通风橱以及操作台到固废贮存、洗涤台、注射病人候诊区

续表 11 环境影响分析

等。PET-CT 机房控制区分别见附图十对应区域。

②卫生通过间、问诊室、办公室、操作间、设备间近临近走廊区域等为监督区。PET-CT 机房监督区分别见附图十对应区域。

②人流、物流

(1) 医生通道

医生从电梯下来以后，经医生出入口进入，门诊医生在问诊室内坐诊。

1) PET-CT 操作医生经过医生通道经过门操作间大门进入 PET-CT 控制室(即医生通道—到达操作室)。

2) ^{18}F 放射性药物注射医生由医生通道经过门进入卫生通过间，沿卫生通过间通道进入分装贮源室及注射室，药物注射通过分装贮源室与注射室窗口注射。

(2) 病人

患者经大门进入走廊，由走廊进入注射候诊室，使用 ^{18}F 放射性药物诊断患者经注射室与注射候诊室的窗口注射药物，不需进行 PET-CT 扫描的病人经病人通道穿过 PET-CT 机房离开核医学科。需进行 PET-CT 扫描的，经 PET-CT 机房的走廊门处的注射候诊室等候，经 PET-CT 走廊门进入 PET-CT 机房扫描检查后，沿病人通道离开。

注射药物后的患者应在其候诊区域内活动，不得离开此区域，候诊区及过道均设置视频对讲装置。

(3) 放射性药物及废物运输

放射性药物和废物运输通道：放射性药物从医生通道进入卫生通过间，沿医生通道进入分装贮源室存放使用。

放射性废物放置在放射废物桶内，废物沿高活性室到注射室，通过病人通道走廊离开，离开时沿病人出口的通道出去。药物运输及废物运输通道在其他人员不活动时间（中午休息时间或晚上下班时间）开通。

③出入管理控制系统（门禁）、对讲、视频装置的设置

为了减少放射性污染的扩散和相互影响，控制不必要的交叉污染，在部门重点出入口设置出入管理控制系统（门禁）。包括：分装贮源室门：仅从事核医学诊疗工作医生可进入，避免对其他病人及医生的交叉污染；走廊及注射候诊室：

续表 11 环境影响分析

控制核医学诊疗区域良好的就医秩序，控制仅对需要进行核医学科放射性核算诊疗的病人进入。

注射候诊室、分装贮源室、PET-CT 机房、控制室与注射室均应设置视频对讲装置，及时了解病人需要。在核医学科出、入口设置监控装置、 γ 剂量率检测仪，规范就医流程。

④其他

卫生通过间干湿分区、出入口设置表面污染检测仪器，内设置更衣柜、淋浴设施。核医学科所有医生在工作期间佩戴个人剂量计，进、出工作区通过卫生通过间清洗后经检测合格后方可离开，控制区与监督区应有明显的标识，工作人员、病人通道应有明显指示标识，病人在就医前给予就医流程的指导，进入诊疗区各房间内应有注意事项。

综上，从核医学科整体布局来看，医院新核医学科基本按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求进行了分区，设立有注射药物病人专用卫生间，医生专用洗手池、卫生通过间、放射性废物桶、注射候诊室等整体布局较为合理。从核医学科工作流程来看，有效避免了和注射过放射性药物的病员对就诊病员和工作人员的辐射影响；设置的放射性药物和废物运输专用通道，采用运输时间与其他人员活动时间错开的措施，避免了对公众的影响。

4、放射性废水环境影响分析

根据前节工程分析以医院拟使用的放射性同位素日最大操作量开展诊疗工作核算的放射性废水排放量约 $0.163\text{m}^3/\text{d}$ 。医院本次放射性废水排入现有衰变池内。在门诊大楼直线加速器机房西侧设置 1 个有效体积约 20m^3 （有效容积）的三级溢流式衰变池，衰变池采用钢筋混凝土结构以防漏、防腐，在现有核医学科满负荷运载情况下使用的衰变池容积为 8m^3 。

（1）放射性废水收集系统

核医学科设置三级放射性废水衰变池，废水通过专用下水管与洗涤池及以上各室地漏相连，集中收集废水于三级衰变池中，经过三级衰变池衰变达到 10 个以上半衰期后与医院其他废水一起排入城市下水管系统。在放射性废水的单独

续表 11 环境影响分析

收集系统中，管道应采用耐腐蚀的特种管道，一般为不锈钢管道。放射性废水池池壁和池底应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防止泄露措施，可采用钢筋混凝土结构防腐防渗。

(2) 现有衰变池接纳本次放射性废水的可行性分析

本次非密封乙级放射性工作场所满负荷每天最大排水量为 $0.163\text{m}^3/\text{d}$ ，其中 ^{18}F 半衰期仅为 110min，由此可计算容纳此部分污水的衰变池总容积为 0.2m^3 ，此排水量以及每月排放 ^{18}F 衰变至 $10\text{ALI}_{\min}$ 所需时间均从保守角度考虑，已经预留有安全系数。门诊大楼负一楼核医学科（使用核素为 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）现有衰变池总容积为 20m^3 ，在现有核医学科满负荷运载情况下使用的衰变池容积为 8m^3 ，本次项目运行后共需要衰变池的容积 $\leq 9\text{m}^3$ ，则衰变池设计总容积 20m^3 能够满足 GB18871-2002 中排放总量限值和浓度限值要求。

(3) 放射性废水处理工艺可行性分析

衰变池设计中考虑经水解酸化降解粪便等沉渣后，再利用三级推溢式衰变池衰变处理，排入医院医疗污水处理系统。

医院衰变池平面布置图见附图十一。

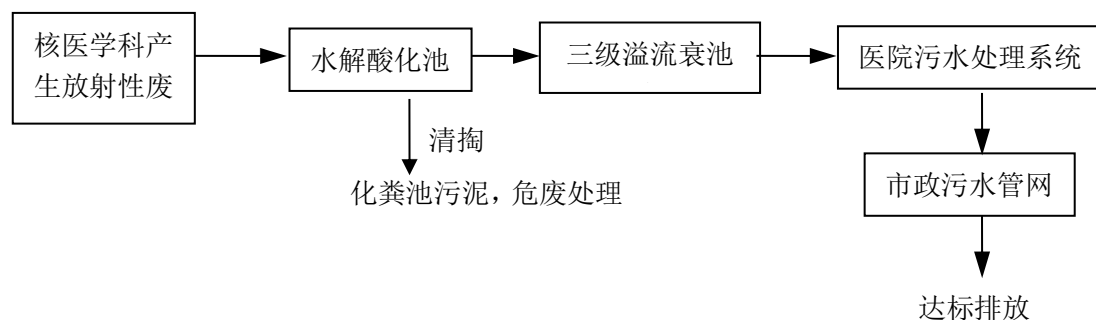


图 11-3 核医学科废水处理流程图

综上，医院核医学科设置有独立的放射性废水收集系统，放射性废水经衰变池处理后，排入医院污水处理站，且接入污水处理站管道流量满足本项目排水流量 10 倍的要求。医院核医学科产生放射性废水能够得到有效处理，达标排放。

5、放射性固体废物环境影响分析

核医学科产生的医生手套、病人注射药物后的一次性注射器、棉纱、废弃的活性炭等，在注射室、分装室、3 个注射候诊室分别各设置 1 个专用废物桶，每日清理一次，将放射性废物暂存于放射废物暂存间内。放射性药物包装物置于污

续表 11 环境影响分析

物间旁边的废物暂存间内。注射室、分装贮源室产生的放射性固废每日清运至放射性废物暂存间内按核素种类分类暂存至比活度小于或等于 $7.4 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 后由运送至医院专用医疗垃圾容器内，与医院其他医疗废物一并处理，不会造成环境污染。放射性废物的管理应按照危险废物管理进行，实行五联单制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。污物桶的放置应注意避开人员经常走动的地方，污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。放射性废物暂存间应有良好通风，出入设置电离辐射标志。临时贮存的放射性废物容器应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度范围和存放日期的说明。

6、放射性废气环境影响分析

本项目核医学科分装贮源室、注射室、注射候诊室、PET-CT 扫描室工作场所合理组织通风，采用机械抽风，排风量为 $3000 \text{m}^3/\text{h}$ ，废气净化效率为 99%，可以保证室内空气流通，将室内含少量放射性废气的空气排出室外。废气利用活性炭吸附，保证在半开的条件下抽风风速在 1m/s 以上，满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120—2006）的要求。同时排气口高于本建筑屋顶，与北侧商住楼之间有一段距离，且高于商住楼楼层，对敏感目标环境影响较小。

整个核医学科通风自西侧低活性区至东侧侧高活性区，经专用管道由南侧外墙引至门诊大楼楼顶排放。排风系统安装在屋面上，风管均采用镀锌钢板制作，风管保冷采用橡塑板。通风设计应充分考虑工作场所及邻近环境的安全。通过合理设计通风系统，拟建项目废气达标排放对大气环境影响小。

7、辐射环境影响分析

（1）PET-CT 机房面积要求

医院 PET-CT 机房有效使用面积约 49.3m^2 ，最小单边长 5.8m ，能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130—2013）、《X 射线计算机断层摄影放射卫生防护标准》（GBZ165-2012）中对 CT 机房面积及机房内最小单边长的要求。

（2）PETCT 墙体屏蔽

由工程分析可知，PET-CT 在使用 PET 模式扫描不发出射线，仅在 CT 模式扫

续表 11 环境影响分析

描产生 X 射线。医院 PET-CT 机房四周墙体屏蔽厚度为 200mm 以上现浇混凝土浇筑，机房屏蔽防护能力能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）和《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）的要求。防护门和铅玻璃观察窗应由有射线防护资质的单位进行安装，并保证有其所在墙壁相同的防护厚度（ $\geq 2\text{mm}$ 铅当量）。

（3）放射性药物使用过程

① 核素使用情况

在应用正电子显像药物 ^{18}F -FDG 在 PETCT 下做显像诊断过程中，患者 ^{18}F -FDG 的使用量一般为 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi），外购的正电子显像药物 ^{18}F -FDG 内包装为无菌真空瓶，外包装为 50mm 的密封铅罐，铅罐侧面预留一个小管道供抽取 ^{18}F -FDG 用，工作人员需将铅罐拎到分装工作台面上，在通风防护柜内进行分装。50mm 厚铅罐对于 ^{18}F 来说衰减倍数为 10^{10} ，因此，分装台外的空气比释动能率将低于本底值。因此核医学科其他区域如放射性药物注射室、注射候诊室及 PETCT 扫描等机房应具有一定的防护能力。

② 计算公式

有用射线（主射线）所致的墙体屏蔽厚度和治疗源室 30cm 处的瞬时剂量率计算公式如下：

$$\dot{D}_o = \frac{A \times \Gamma \times 8.76 \times 10^{-3}}{R^2} \quad (20)$$

$$Ks = \frac{\dot{D}_o}{p} \quad (21)$$

$$\Delta s = TVL \times \log(Ks) \quad (22)$$

式中：R—考查点到 γ 源的距离（m）；

$\dot{D}_o$ —距源 R 米处的空气比释动能率（Gy/h）；

A—源的活度（Ci）；

Γ —照射量率常数， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{Bq} \cdot \text{h}$ ，（ ^{18}F 为 1.37×10^{-14} ）；

8.76×10^{-3} —转换系数（Gy/R）；

续表 11 环境影响分析

Δs —屏蔽厚度 (cm) ;

p—墙体外 30cm 处剂量控制值 (2.5 μ Sv/h) ;

TVL—屏蔽材料的十值层厚度 (cm) 。

墙体屏蔽能力计算参数表见 11-20。

表 11-20 计算参数表

核素名称	房间名称	核素持有量 (Ci)	Γ 常数 (Gy.m ² /Bq.h)	混凝土十值层厚度 (cm)	铅十值层厚度 (cm)
¹⁸ F	分装室	7.4×10 ⁹	1.37×10 ⁻¹⁴	14.3	1.7
	注射室	3.7×10 ⁸	1.37×10 ⁻¹⁴	14.3	1.7
	注射候诊室	1.48×10 ⁹	1.37×10 ⁻¹⁴	14.3	1.7
	PET-CT 机房	3.7×10 ⁸	1.37×10 ⁻¹⁴	14.3	1.7

③ 计算结果

PET-CT 中心各墙体屏蔽防护效能核实结果见表 11-21。

11-21 核医学科墙壁屏蔽防护效能核实结果表

核素名称	房间名称	最大核素持有量 (Bq)	参考距离 (m)	核算墙体厚度 (cm 砼)	建议厚度 (cm 砼)	设计厚度 (cm 砼)	建议厚度下的墙体外瞬时剂量 (μ Sv/h)
¹⁸ F	分装贮源室	7.4×10 ⁹	0.8	25.8	30	30	1.26
	注射室	3.7×10 ⁸	1.4	0.20	10	10	0.52
	注射候诊室	1.48×10 ⁹	1.6	7.2	10	10	1.58
	PET-CT 机房	3.7×10 ⁸	2.8	0.10	考虑 X 射线屏蔽		

注：PET/CT 机房主要考虑 X 射线的屏蔽，核实结果见表 11-15。

由表 11-21 可知，PET-CT 机房其他放射性药物操作及使用房间中，设计厚度均可以满足辐射防护屏蔽的要求。

事实上，上述结果仅只是考虑了墙对射线的屏蔽作用，没有考虑设备本身的自屏蔽作用，以及附加的一些防护设施的屏蔽作用：例如：盛装放射源铅罐的屏蔽作用，以及其它附加防护设施（铅玻璃屏）的屏蔽作用。实际上分装贮源室、注射室外的辐射水平，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。

续表 11 环境影响分析

但必须指出的是：工作人员在给病人注射药品时，由于是近距离操作，有可能受到较大剂量的照射，所以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，注射室、扫描室外的辐射水平将低于理论计算结果。

(4) 剂量估算

①辐射工作人员

根据医院提供的资料，按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000 年报告附录 A 进行了剂量估算，剂量估算结果见表 11-22。

表 11-22 PET-CT 中心年有效剂量估算情况表

核素名称	日最大操作(Bq)	单次操作活度(Bq)	日治疗/诊断(人次)	Γ常数 Gy.m ² /Bq.h	R(m)	单次操作时间(min)				日有效剂量 mSv	年有效剂量 mSv
						分装	运送	注射	辅助诊断		
¹⁸ F	3.7×10^{10}	3.7×10^8	100	1.37×10^{-14}	0.5	5	2	1	2	0.06	1.2

注：①PET/CT 的 X 射线能量较一般 CT 机的 X 射线能量低，控制室内的工作人员操作位经观察窗或墙体屏蔽后，工作人员操作位处的空气比释动能率接近本底值，其所致的辐射工作人员年附加剂量未纳入上表计算；

②分装均为一次性分装一天需要的最大操作量；

由表 11-22 可知，医院按照最大设计负荷考虑，在没有采取任何防护措施由 1 名工作人员承担全部 PET-CT 核素使用工作年附加的有效剂量为 1.20mSv，本院 PET-CT 机房计划编制为 3 人，则每名工辐射工作人员附加的年有效剂量为 0.4mSv/a，小于目标管理值 4mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求及本评价限值。

在实际工作中，各个阶段的工作人员不止 1 名，且在注射放射性药物过程中使用通风橱，工作人员穿戴铅防护服、戴铅眼镜和铅手套，佩戴个人剂量计等措施。经过这些防护措施，工作人员受照剂量基本处于本底水平。

②公众成员

核医学科诊疗场所是相对封闭的区域，公众成员不会到达控制区与监督区。公众成员不会受到额外的辐射照射。因此，项目致公众人员所受的最大年附加剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，可

续表 11 环境影响分析

以保证周围公众的安全。

(5) 对敏感点的影响分析

根据上述分析，机房屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足评价标准要求；根据核算，射线装置运行后对周围公众成员的年附加有效剂量低于 0.1mSv/a ，满足评价标准要求；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为东侧约 3m 处的第二住院大楼，射线装置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。

11.3 选址合理性及平面布局合理性分析

11.3.1 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，国家有关标准和文件对拟建项目的择址未加明确限制。

① 辐射装置除一台移动 DR 外均位于单独的机房内，方便辐射防护的管理和屏蔽。项目位于中医药大楼二楼、五楼及六楼；直线加速器门诊大楼负一楼，放射诊断治疗工作场所较集中，方便病人就诊。

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 本项目放射科、放疗中心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、废水、废气、固体废物等均得到有效治理，达标排放对环境影响小。

因此，从环境保护角度分析，本项目选址可行。

11.3.2 布局合理性分析

本项目位于中医药大楼和门诊大楼负一楼，中医药大楼位于医院的西南侧，

续表 11 环境影响分析

属于医院的一角，项目在设计各机房时充分考虑到辐射工作人员及公众成员的辐射防护及医院用地现状，满足相关规定的要求；直线加速器位于医院门诊大楼负一楼，对应楼下无建筑，楼上为医院门诊大厅，东面、北面均为泥土层，各用房相对独立，方便病人诊疗。

根据中医药大楼平面布置可知，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角落里，能更好的保护病人及医院工作人员的安全。

从环境保护角度分析，项目工作场所布局合理。

11.4 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。

直线加速器、DSA、乳腺机、PET-CT、DR、CT 机对保障健康、拯救生命起到了重要的作用。项目营运以后，建设单位将为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益。

因此，本项目的建设在按照环评要求进行建设后，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。

11.5 产业政策符合性分析

直线加速器、DSA、乳腺机、PET-CT、DR、CT 机的配置为疾病诊断、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。建设单位在加强管理直线加速器、DSA、乳腺机、PET-CT、DR、CT 机后，其产生的影响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 21 号《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）鼓励类—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

续表 11 环境影响分析

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。医院放射性同位素的应用不属于其中淘汰类和限制类，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。

11.6 事故影响分析

医院出现的辐射事故主要是辐射工作人员或工种成员受到不必要的超剂量照射。具体事故分析如下。

医院拟使用放射性核素、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。

续表 11 环境影响分析

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

(3) 根据医院核技术应用情况, 放射源级别, 可能发生的事故级别, 做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制盒安全防护等方面的物资和器材, 具体见表 11-23。

表 11-23 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
交通工具	辐射事故应急指挥车 1 辆	保持车辆完好
监测仪器	X-γ射线巡测仪 1 台, 个人剂量报警仪若干	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	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

1、医用直线加速器潜在照射风险分析与对策

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

续表 11 环境影响分析

照室。 处理措施：开机运行前，工作人员认真检查机房内人员情况，除病人外，一律不得停留。待确认无误后，方可进行下一步操作。 （3）人误 分析：不了解直线加速器基本性能和结构，缺乏操作经验；缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；治疗计划错误(治疗过量或欠量照射)；违反操作规程和有关规定，操作失误；设备维（检）修后未进行质量控制检测；管理不善、领导失察等。是人为的因素造成辐射事故（造成患者治疗损伤）的最大原因。 防治措施：放射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，了解应当做什么，怎么做，避免犯普通错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。 2、DSA 潜在危险及预防处理措施 （1）门灯指示灯失效 门灯指示灯失效，DSA 机处于出线状态，人员误进入机房而受到误照射。 预防处理措施：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，严禁在警示灯失效的情况下违规操作。 （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。 防治措施：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）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。
--

续表 11 环境影响分析

防治措施：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) 未进行质量控制检测

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

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

(5) 工作人员业务技能不高

工作人员业务技能差，经验不足，操作不熟练等，致使患者和医生受到超剂量照射。

防治措施：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。

(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进入开机的机房内，长时间停留，造成超剂量照射。

防治措施：医院警示标志正确张贴，保证门灯联锁、门机联锁的有效性。

3、其它 X 射线诊断设备潜在照射（危险）分析与对策

(1) 门灯指示灯失效，X 线机处于出线状态，人员误进入机房而受到误照射。

预防处理措施：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，严禁在门外警示灯失效的情况下违规操作。

(2) 工作人员或病员陪护进入机房后，无关人员未全部撤离，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。特别是群检时，有病人在照射，其他病员也滞留在机房内，受到正常照射之外的照射。

处理措施：撤离机房时清点人数，必须按程序对机房进行全视角搜寻，在开机之前将未作辐射防护的人员请出机房外。一旦运行时发现有人员滞留机房内，

续表 11 环境影响分析

控制室工作人员应立急按下停机开关；机房内的人员也可按下拟设在墙壁上的紧急开关，可将辐射危险的严重程度降至最低限度。

（3）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、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。

处理措施：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。

（4）医疗照射不正当化，对不符合使用射线进行诊断的病人使用，正当化判断失误，造成人员受到不必要的照射。

处理措施：辐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射线诊断。

（5）诊断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，有可能在诊断过程中使患者可能受到较大剂量的照射。

处理措施：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）工作人员业务技能差，经验不足，摆位不正、大视野，操作不熟练等，致使患者和医生受到超剂量照射。

处理措施：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。

（7）非辐射工作人员由于工作需要或误进入开机的机房内，长时间停留，造成超剂量照射。

（8）辐射工作人员、公众成员意识不强

非辐射工作人员由于意识不强，在进入介入手术室后不注意自身的防护，在非必要的情况下长时间的停留在机房内，受到不必要的照射。

预防措施：加强培训和学习，提高工作人员的辐射防护意识；建立管理制度，规定无关人员不得进入机房；确实需要，应穿戴好防护服，进入机房后，尽量远

续表 11 环境影响分析

离 X 射线管，并快速完成工作，尽快离开，减少受照剂量。

4、同位素应用事故（事件）分析及对策

（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。

处理措施：医院应加强管理，严格按《放射性药品管理办法》制订《放射性药品的保管制度》。

（2）由于操作不慎，溢漏、撒泼放射性物质，污染工作台面和地面。

处理措施：发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止，擦拭的操作台的抹布应统一收集在污物桶内。

（3）手部有伤仍从事放射性物质操作，可能造成内污染；违反实验室管理规定在实验室吸烟、进食，可能吸入和食入放射性物质造成人员内照射；实验室管理规定将开放性实验室用品（包括清洁用具）带到其它非放射工作场所；放射性药物发放错误：工作人员未认真核对姓名、药物名称、种类、给药途径、用量，致使他人误用或用量过量而造成照射；放射性药物未做标记乱甩、乱放造成误食或撒泼；显视设备灵敏度低病员不得不注射或服用较大剂量的放射性药物，而受到不必要的照射。工作人员没有经过专业知识培训，有不良工作习惯，对自身的防护不重视，注射用棉签，一次性手套乱扔，使室内受到污染，辐射水平增高。另外也有一部分工作人员过于重视自身防护，让患者将注射用棉签自己扔掉，会对外环境造成污染。

处理措施：医院应加强辐射工作场所的现场管理，辐射管理人员加强日常的巡逻，加强防护知识培训，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）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，会给患者造成不该施加的照射。

处理措施：操作人员应加强业务培训，提供业务能力，并严格按照操作规程

续表 11 环境影响分析

进行操作。

(5) 失去限制的服药患者已成为一个移动辐射源，需要住院隔离，只有当体内放射性活度降低到 400M Bq 才能出院。如服药后患者离开病房，与公众成员、亲属和陪护者长时间近距离接触，很容易对公众造成不必要照射。

处理措施：控制区出入口设有单向门进入，张贴警示标志，防治其他工作人员及公众成员进入控制区，也避免服药病人服药后外出，患者的探视者，须在门外距离患者 2 米以上，在控制区走廊外设 2 台视频监控装置，在护士站可观察到控制区出入口、病房及走廊情况，病房与护士站设置对讲装置，便于医护人员与患者交流。

11.7 应急方案与措施

1、射线装置事故的应急方案与措施

射线装置时在高压下而产生射线的，若一旦出现事故，应采取以下应急措施：

(1) 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) 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。

(3) 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。

(4) 撤离机房时应清点人数，必须按程序对机房进行全视角搜寻。万一运行时发现有人员滞留室内，控制室工作人员应立急按下停机开关；机房内的工作人员也可按下设在墙壁上的紧急开关，可将辐射危险的严重程度降至最低限度。

2、非密封放射源事故的应急方案与措施

发生在非密封源工作场所的放射事故主要是污染事故，导致人员的照射方式主要是内照射。应急措施从以下几个方面体现：

(1) 人员

① 尽快消除有害因素，使受照人员尽快撤离现场，检查人员受害程度，采取措施，同时向上级部门报告。

② 对疑有污染人员，应进行体表污染监测，确有污染应进行去除污染处理，

续表 11 环境影响分析

防止污染进一步扩散；疑有吸入或食入者，应尽早选择适当的促排剂进行促排。

(2) 污染控制

放射事故一般处理原则是：控制事故源，防止蔓延。控制事故处理时限，把危害降低到最低限度，控制事故影响。

① 控制污染，禁止无关人员出入现场，以防扩大污染范围，在采取控制污染措施时，要注意保护好现场。

② 发生场所、地面、设备污染事故时，在确定同位素、范围、水平后，尽快地采取相应的去污措施去污。

③ 发生放射性液体、气体、气溶胶污染空气事故时，要根据监测数据采取相应吸附、过滤、通风等除污净化措施。

④ 当人员皮肤、伤口被污染时要迅速除去污染和医学处理。

⑤ 发生被盗、丢失、遗弃等事故，应立即上报公安及环保部门，积极配合侦破，尽快找回放射源，减少环境辐射污染及人员受照事故。

2、辐射事故危害及对敏感点的影响

根据有关研究调查，人员受到照射在 0.25Gy 以下时，症状不明显，在 0.5Gy 以下，少数受照者出现头晕、乏力、失眠、食欲减退及口渴等。

本项目的机房是按照设备在额定工况下运行和无屏蔽的情况下进行辐射防护屏蔽的，设备发生各种事故时其射线能量不会超过额定能量，因此，发生上述事故时均在机房内，事故发生后对机房外周围环境敏感点的影响与正常工况下相比，无其他附加影响。根据环境影响分析，项目各设备运行对周围环境敏感点的影响满足评价标准的要求，环境敏感点可以接受。

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 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，维护辐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）医院必须成立辐射防护领导机构，设立兼职或专职的辐射防护监督员，负责辐射防护与安全工作。

（2）所有的放射工作场所均必须有电离辐射警示标志，必须规范，各机房屏蔽门上方还必须要有工作状态指示灯。

（3）每年至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，监测数据定期上报株洲市环境保护局备案。

（4）各项规章制度、操作规程、应急处理措施必须齐全，并张贴上墙。

（5）从事放射性诊疗的工作人员必须定期进行辐射防护知识的培训和安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对放射诊断工作人员进行身体健康体检并形成制度。

（6）按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 253 号令）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。

（7）对医院的放射性同位素与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。

12.1.2 医院现有辐射安全与环境保护管理机构

为认真贯彻执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求及国家的有关规定，加强医院内部管理，医院成立了辐射安全与环境保护管理机构（详见附件五）。

为完善医院的辐射管理制度，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，对本

续表 12 安全管理

项目的辐射环境管理提出如下要求：

①依据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》之规定，该医院必须向环保部门申请办理安全许可证等相关环保手续。

②明确放射防护工作领导小组的职责：设立兼职或专职的安全负责人，负责整个公司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，医院工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近管理目标的辐射工作人员应暂离岗位，并在今后的工作中增加监测频率。对辐射工作人员每两年进行身体健康体检并形成制度。进入机房的工作人员佩戴个人剂量报警仪，记录个人所受的射线剂量。

④安装、维修或者更换与辐射源有关部件的设备，应当向有关部门申请，进行防护监测验收，确定合格后方可启用。以杜绝放射事故的发生。

⑤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。

⑥凡需增加或拆除现有辐射设施和设备，应预先向环境保护主管部门提出申请，在重新监测评价后，方可进行。

⑦定期检查机房的报警装置系统、防护仪表和 X 射线输出剂量误差，发现问题及时解决。

⑧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。

⑨医院辐射工作人员必须定期经过辐射工作安全防护培训，培训合格并取得辐射工作安全防护培训合格证方可上岗；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。

续表 12 安全管理

医院除以上已有的防护措施外，还应根据各科室的具体情况，依据《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》的规定，射线装置工作场所辐射安全和防护增加如下措施：

①射线装置的使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。射线装置应当设置明显的放射性标识和中文警示说明。

②使用射线装置的场所，应当按照国家有关规定采取有效措施，防止运行故障，并避免故障导致次生危害。

③建设项目竣工环境保护验收涉及的辐射监测，由使用射线装置的单位委托经环境保护主管部门批准的有相应资质的辐射环境监测机构进行。

④当加强对本单位与射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

⑤对本单位的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。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

A.辐射安全和防护设施的运行与维护情况；

B.辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；

C.辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训（以下简称“辐射安全培训”）情况；

D.射线装置台账；

E.场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；

F.辐射事故及应急响应情况；

G.核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；

H.存在的安全隐患及其整改情况；

I.其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

⑥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

续表 12 安全管理

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。

12.1.3 医院需新增环境保护管理机构

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；

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 项目规章制度

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应用方面的经验，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（详见附件六）：

《放射性同位素安全操作规程》、《放射安全操作规程》、《放疗中心规章制度》、《核医学科工作制度》、《介入室工作制度》、《辐射安全与防护管理制度》、《放射科各种检查患者须知》、《辐射防护应急制度》、《辐射事故报告及应急处理预案》、《放射科医疗设备管理制度》、《设备维修保养制度》、《监测方案》、《辐射工作人员培训计划》等。上述管理制度的操作规程只能满足医院目前的辐射工作，须按照国务院令 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》等现行要求修改。

同时，医院应做到：

（1）医院加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（2）在本项目运行前，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。

续表 12 安全管理

(3) 为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, 履行放射防护职责, 避免事故的发生, 该公司应培植和保持良好的安全文化素养, 减少人为因素导致人员意外照射事故的发生, 医院应对本项目的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。

(4) 本项目建成后, 应按照规定到行政部门变更办理《辐射安全许可证》, 取得证件后才能在规定许可范围内运营。

医院应在今后工作中, 不断总结经验, 根据实际情况, 加以完善和补充, 并确保各项制度的落实。应根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。

12.2.2 职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划

(1) 职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划要求

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。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, 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。

(2) 辐射工作人员的配置及培训情况

医院辐射工作人员情况见附件七。

由附件七及医院情况可知, 医院目前配置了医师、技师、物理师、设备维修人员等工作人员从事本项目拟开展的辐射诊疗工作。医院均安排以上辐射工作人员于 2014 年 1 月参加了辐射安全与防护培训, 均为持证上岗。从人员配备上来看, 拟从事负责本项目的辐射工作人员具有一定的辐射安全防护基本知识和技能, 为预防放射事故的发生有一定的防护意识和应急能力。

从人员配备上来看, 已从事负责本项目的辐射工作人员具有一定的辐射安全防护基本知识和技能, 为预防放射事故的发生有一定的防护意识和应急能力, 基

续表 12 安全管理

本能满足现有射线装置的操作要求。 本次项目放射治疗中心、及核医学科工作人员还未定，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令 第 31 号），因此，本次环评提出，建设单位应根据上述要求，放射治疗中心至少需要新增 3~4 名以上辐射工作者，核医学科拟定增加 2~3 名辐射工作人员；且应至少有 1 名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作，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，其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。且拟配备的人员必须经过辐射安全与防护培训合格，并进行相关工作的专业知识的职业培训，考核合格后方可上岗。医院应每季度对工作人员进行个人剂量监测，每 1~2 年进行放射人员健康体检。
12.3 辐射监测 12.3.1 辐射工作人员的健康管理及个人剂量监测管理 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《辐射工作人员健康标准》的规定执行，医院应为辐射工作人员简历个人健康档案，档案中详细记录历次医学检查的结构及其评价处理意见，并妥善长期保存，直至工作人员脱离放射工作后二十年。 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，建立了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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或停止辐射工作三十年。个人剂量检测报告见附件八。 由附件八可以看出，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。 12.3.2 辐射监测

续表 12 安全管理

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

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

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。要求辐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、工作场所内外环境监测

医院应自行配备 X- γ 剂量率测量仪和表面污染测量仪（定期进行计量检定），对射线装置与应用非密封源的机房内及机房四周环境和核医学科控制区进行监测。发现问题及时整改。监测数据每年年底向市环境保护局和当地环保局上报备案。医院自行的日常监测要求如下表 12-1 所示。

表 12-1 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
乙级非密封工作场所	周围环境	周围剂量率当量	一年一次	参照湖南省环境地表 γ 辐射剂量率
	工作场所	β 表面污染 γ 外照射	定期	控制区 $<40\text{Bq/cm}^2$ 监督区 $<4\text{Bq/cm}^2$ 其他 $<0.4\text{Bq/cm}^2$
	衰变池排放口	放射性总活度	排放前	每一次排放的活度不超过 $1\text{ALI}_{\min}$ ，每月排放的总活度不超过 $10\text{ALI}_{\min}$ ；
	放射性固废	废物包装外表面	处理前	$\beta<0.4\text{Bq/cm}^2$
放疗室	直线加速器机房四周、墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量率当量	一年一次	$2.5\mu\text{Sv/h}$
	其他射线装置机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量率当量	一年一次	$2.5\mu\text{Sv/h}$

续表 12 安全管理

介入室、放射科等使用 X 射线装置科室	机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量率当量	一年一次	2.5 μ Sv/h
---------------------	-----------------------	---------	------	----------------

3、验收监测

项目建成后建设单位应及时委托有资质的单位对本工程进行验收监测。

12.3.3 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 II 类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 12-2。

表 12-2 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 26 名辐射工作人员，21 名辐射工作人员已参加培训；本次项目计划新增至少 6 人，均未参加培训。	已有辐射工作人员，需要参加培训并取得合格证后方可上岗，新增辐射工作人员 6 名，需要参加培训并取得合格证后方可上岗。
核医学工作场所、射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	按照要求进行核医学工作场所的设计	要求设置门灯联动装置，机房外醒目处设置电离辐射警示标志以及工作状态指示灯；核医学科用房要求标出工作人员通道和病人通道，划分好可控制区和监督区
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	现有辐射工作人员部分配有个人剂量计	上岗前，所有辐射工作人员应配备个人剂量计
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、射线装置使用登记制度、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、核医学科管理制度、应急预案等	应进一步制定岗位操作制度、场所监测计划、应急演练制度等
有完善的辐射事故应急措施	已制定	制定了应急措施，应定期开展应急演练工作

续表 12 安全管理

12.4 辐射事故应急预案

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。

①直线加速器等 X 射线类装置射线无高压输入时即停止发射射线，因此处理此类事故的首要一条就是切断电源，切断电源可以停止照射；后装机停电或意外事故中断治疗时，应使用强制装置强制放射源立即回到贮存位置；

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

③若发现非密封源丢失，应及时在相邻区域设置警戒区，使用 X-γ检测仪找回放射源。若未找到，应控制区域保持现状，并立即向公安机关、环保机关报告，尽快追回放射源。

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

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

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

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

12.4.1 应急报告程序

一般报告程序为：发现者报告给医院辐射管理领导小组成员，由其向市环保

续表 12 安全管理

局、区环保局，并同时向市环保局报告，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：

院总值班室电话：0731-28290000

市公安局电话：110

市环保局电话：12369（24 小时）

省环境保护厅电话：0731-85698110

湖南中医药高等专科学校附属第一医院制定的应急预案，内容详实，可操作性较强，能够满足在发生辐射安全事故时的应急处理的需要。同时，建设单位在日常加强事故演习，加强医院人员的安全文化素养培植，使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，湖南中医药高等专科学校附属第一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》、《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 12-4 环境保护验收一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保资料	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	齐全
2	环境管理制度	有专人负责，制度上墙；核医学科通道悬挂走向指示牌等。	有
3	环保措施	乙级非密封工作场所有排风系统和单独排水系统 有效容积为 20m ³ 的三级推溢式衰变池，防渗、防漏、防腐； 有污物桶(脚踏式)，具有辐射屏蔽作用； 核医学科分装贮源室配备通风橱； 辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪若干； 辐射工作场地配备足量的个人防护用品（铅衣、铅眼镜、铅手套、铅围裙、铅帽、铅橡胶颈套等）和辅助防护设施（铅防护屏风、铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏、上下防护屏等）； 辐射工作场所警示标识完整张贴正确； X-γ射线巡测仪 2 台，表面污染检测仪器 1 台。	齐全
4	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	环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号
5	机房面积及最小单边长	直线加速器：≥45 m ² DSA：≥30m ² ，最小单边长 4.5m（参考） CT：≥30m ² ，最小单边长 4.5m 其他Ⅲ类射线装置：单管头：≥20m ² ，最小单边长 3.5m 乳腺机：≥10m ² ，最小单边长 2.5m	GBZ126—2011 GBZ130-2013
6	电离辐射	剂量限制 DSA 及核医学工作人员年有效剂量≤4mSv；其他射线装置工作人员年有效剂量≤2mSv； 公众成员年有效剂量≤0.1mSv	GB18871-2002、 及环评批复
		表面污染 控制区的表面污染控制水平<40Bq/cm ² ，监督区的表面污染控制水平<4Bq/cm ² ，其他的表面污染控制水平<0.4Bq/cm ²	GB18871-2002
		墙体剂量率控制 直线加速器迷道门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率≤2.5μSv/h。 其他机房顶棚、墙外、防护门外周围剂量当量率≤2.5μSv /h	GB18871-2002 GBZ121—2002 GBZ126—2011 GBZ130—2013 GBZ/T180-2006
7	放射性废水	核医学科衰变池总排口，设置采样口：每一次排放的活度不超过 1ALI _{min} ，每月排放的总活度不超过 10ALI _{min} ； 接纳放射性废水的普通下水道的流量大于排入流量的 10 倍，医院总排污口总β放射性<10Bq/L	GB18466-2005 GB18871-2002

8	废 气	排气口高于门诊大楼楼顶屋脊	GBZ120-2006
9	放射性固废	包含废包装袋、注射器、废旧活性炭等，废物包装外表面： $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，有废物处理台账	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，为提高医院对疾病诊疗能力和医院竞争力，湖南中医药高等专科学校附属第一医院拟投资 XXXXX 万元进行湖南中医药高等专科学校附属第一医院核技术利用扩建项目，本次扩建项目包含 2 台 II 类、9 台 III 类射线装置，其中 PET-CT 拟使用核素为 ^{18}F ，射线装置主要集中在中医药大楼及门诊大楼负一层。中医药大楼二楼主要新增 1 台 DSA（II 类射线装置），3 台 DR（其中 1 台为门诊大楼一楼搬迁至此），1 台 CT，均为 III 类射线装置；五楼新增 1 台 DR（为门诊大楼四楼体检中心搬迁至此），1 台乳腺机（为门诊大楼四楼体检中心搬迁至此），为 III 类射线装置；六楼新增 1 台 DR，1 台 CT，为 III 类射线装置。门诊大楼负一楼新增 1 台医用直线加速器（II 类射线装置）以及 1 台 PET-CT（III 类射线装置）。以上中医药大楼机房均已建成，门诊大楼负一楼机房均未建成。

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

医院射线装置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

项目投入使用的直线加速器、DSA、DR、CT、乳腺机、PET-CT 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》鼓励类—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开发与应用。医

续表 13 结论及建议

院放射性同位素的应用不属于其中淘汰类和限制类，项目符合国家相关法律法规和政策的規定，符合国家产业政策。

13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

1、选址可行性分析

根据现状监测结果，本项目场址辐射环境质量现状良好，机房选址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、废水、废气、固体废物等均得到有效治理，达标排放对环境影响小。从环境保护角度分析，项目选址可行。

2、布局合理性分析

本项目直线加速器位于门诊大楼负一楼放疗中心的北侧，其余射线装置均位于中医药大楼内，中医药大楼位于医院的西南侧，满足相关规定的要求。各机房相对独立，方便病人诊疗；根据中医药大楼平面布置可知，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角落里，能更好的保护病人及医院工作人员的安全。从环境保护角度分析，项目工作场所布局合理。

13.1.5 环境影响分析结论

1、机房使用面积

本项目各射线装置机房使用面积均满足相应标准的要求。

2、墙体屏蔽的辐射防护

根据本项目各放射治疗机房墙体屏蔽能力的核实结果：

（1）根据医院提供的设计资料进行核算，门诊大楼负一楼直线加速器机房按照现有设计厚度进行建设，机房四周墙体和防护门外的辐射剂量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，对屏蔽 X 射线是安全的，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“辐射防护最优化”原则；PET-CT 机房及 1 处乙级非密封源放射工作场所按照设计厚度进行修建，均可满足相关标准要求。

（2）中医药大楼二楼 DSA 手术室的四周墙体及天棚的设计厚度均能满足辐射防护的要求；防护门和观察窗的厚度均为 4mmPb 铅当量，按照环评核算结果

续表 13 结论及建议

可知，DSA 机房四面墙体、顶棚及地面、防护门窗墙体外空气比释动能率满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的标准要求。

（3）中医药大楼二楼、五楼及六楼的射线装置机房四周墙体均为 36cm 实心页岩砖+5cm 硫酸钡混凝土结构（或为 24cm 现浇混凝土），顶棚及地面均为 12cm 厚现浇+5cm 硫酸钡混凝土结构，密度不小于 2.35g/cm^3 ，所有 CT 机房防护门设计厚度为 4mmPb，DR 机房防护门设计厚度为 3mmPb，乳腺机房防护门设计厚度为 2mmPb；铅玻璃窗铅当量与防护门一致，医院应按照本环评的要求进行 X 射线机的屏蔽防护设计，达到应有的屏蔽防护厚度，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）、《医用 X 射线诊断卫生防护标准》（GBZ130—2013）的要求。

3、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：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，区内无关人员不得滞留。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；

（2）监督区：在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

工作场所严格按照分区、分级管理、设计、装修。医生、病人及放射性废物通道互相不交叉。

4、剂量估算

通过核算，拟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的要求（PET-CT 分装、注射及 DSA 辐射工作人员 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）及相关标准的要求。

13.1.6 辐射防护与安全措施

①机房各墙体厚度按照环评的要求进行建设。

②应按照相关要求，设置相应的联锁装置、紧急停机、视频监视系统等。

续表 13 结论及建议

③根据需要为医生、病人配置铅围裙、铅眼镜等防护用品。

④所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期进行测读，记录在个人剂量档案中。

13.1.7 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射防护管理委员会，各项规章制度、操作规程、应急处理措施健全、具有可操作性，但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格执行各项规章制度执行，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健康体检。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，湖南中医药高等专科学校附属第一医院切实按照相关要求建设后，医院射线装置应用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。湖南中医药高等专科学校附属第一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 建议

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。

2、医院拆除或更改环境保护设施，需得到环境保护部门批准后方可实施。

3、注意工作人员的辐射防护，工作人员必须配戴个人剂量计。

4、加强放射性废弃物的日常管理，按照要求进行处置。

5、医院应加强内部管理，合理使用各放射性同位素，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。

13.3 承诺

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

续表 13 结论及建议

健康体检工作计划,并自购辐射检测设备,确保周围环境的辐射安全和职工健康。

2、在项目运行前,医院必须组织好放射工作人员岗位,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。

3、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。

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》中的相关规定变更辐射安全许可证。

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

附 录

附图

- 附图一 项目现场照片
- 附图二 项目所在地理位置图
- 附图三 医院总平面布置图
- 附图四 中医药大楼及门诊大楼周边关系图
- 附图五 中医药大楼二层平面布置图
- 附图六 中医药大楼五层平面布置图
- 附图七 中医药大楼六层平面布置图
- 附图八 门诊大楼负一楼平面布置图
- 附图九 直线加速器机房平面布置图、剖面图
- 附图十 PET-CT 平面布置图
- 附图十一 衰变池平面布置图

附件

- 附件一 授权委托书
- 附件二 现状监测质量保证单
- 附件三 《长沙市鹏悦环保工程有限公司监测报告》（鹏辐（监）【2015】272 号
- 附件四 辐射安全许可证正副本复印件
- 附件五 辐射领导小组成立文件
- 附件六 辐射防护相关管理制度
- 附件七 医院辐射工作人员情况
- 附件八 个人剂量计检测报告
- 附件九 辐射工作人员体检报告
- 附件十 射线装置机房屏蔽厚度确认一览表
- 附件十一 行政主管部门对本院相关环评手续的审批意见（湘环评辐表【2012】45 号）、湘环评表【2012】140 号等文件）

附表

- 附表一 建设项目环境影响评价审批登记表