

目 录

表 1	项目概况.....	1
表 2	放射源.....	9
表 3	非密封放射性物质.....	10
表 4	射线装置.....	11
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.....	16
表 8	环境质量现状.....	24
表 9	项目工程分析与源项.....	26
表 10	辐射防护与安全措施.....	35
表 11	环境影响分析.....	43
表 12	辐射安全管理.....	73
表 13	结论及建议.....	85
表 14	审批.....	89

表 1 项目概况

项目名称		常德市第二人民医院核技术利用扩建项目				
建设单位		常德市第二人民医院				
法人代表		张勇	联系人	周 XX	联系电话	XXXXXX
注册地址		常德市德山开发区莲花路 20 号				
项目建设地点		常德市第二人民医院门诊医技楼及住院大楼				
立项审批部门		/		批准文号	/	
核技术利用项目总投资（万元）		XXXX	核技术利用项目环保投资（万元）	XXX	投资比例	XX
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

常德市第二人民医院始建于 1959 年，座落在工业新城常德经济技术开发区城市中心位置，是一所集医疗、教学、科研、预防为一体的二级甲等综合医院，是中南大学湘雅医院定点指导、双向转诊医院，常德市 120 紧急救援中心江南片区医院，省、市城镇职工基本医疗保险、新型农村合作医疗保险和城镇居民医疗保险定点医院，常德市突发公共卫生事件定点救治中心。

医院占地面积 205 亩，建筑面积为 2.7 万平方米，实际开放床位 410 张。现有在职职工 410 人，离退休职工 102 人，其中副高以上专业技术职称 41 人，中级技术职称 134 人。医院科室设置齐全。设病区 11 个，临床科室 15 个，医技科室 8 个，职能科室 17 个。能顺利开展各种危急重症病人的抢救、疑难病症的诊疗和各种疑难复杂手术。脊柱外科为常德市重点学科；疼痛专科在本市率先开展慢性疼痛治疗，达到全市先进水平，并获得多项科技进步奖；无痛胃肠镜技术处于国内领先水平；肿瘤靶向微创综合治疗技术处于全省先进水平。

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，常德市第二人民医院拟投资 5000 万元在新建门诊医技楼、住院大楼及原门诊楼新增 5 台 II 类射线装置（其中 2 台 10MeV 医用直线加速器，3 台数字减影血管造影系统(DSA)）及 13 台 III 类射线装置（3 台 CT，2 台 DR，2 台移动 DR，1 台数字胃肠机，2 台小 C 臂，1 台乳腺 X 射线机，1 台全景牙片机，1 台骨密度仪），另外将原有的 1 台 CT、1 台 DR 由原门诊楼搬迁至新建门诊医技楼一楼，原门诊楼 DR 机房用作新增全景牙片机机房，骨密度仪利用预留机房。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，常德市第二人民医院委托重庆宏伟环保工程有限公司对拟开展的放射诊疗核技术利用扩建项目进行环境影响评价。

根据现场踏勘实际情况，本次环评中，门诊医技楼基建工程正在进行中，住

续表 1 项目概况

院大楼还在规划设计中，装修工程尚未开展，设备还未购买。我公司人员在现场踏勘、收集有关资料的基础上，按照国家对伴有辐射建设项目环境影响评价技术规范的要求，编制了本项目的辐射环境影响报告表。

1.4 项目概况

(1) 项目名称：常德市第二人民医院核技术利用扩建项目

(2) 建设地点：常德市德山开发区莲花路 20 号常德市第二人民医院门诊医技楼、住院大楼及原门诊楼内

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设单位：常德市第二人民医院

(5) 投资：核技术总投资 XXXXX 万元，其中环保投资 XXX 万元

(6) 建设规模：本次环评项目包含新增 5 台 II 类射线装置（其中 2 台 10MeV 医用直线加速器，3 台数字减影血管造影系统（DSA，以下简称 DSA））及 13 台 III 类射线装置（3 台 CT，2 台 DR，2 台移动 DR，1 台数字胃肠机，2 台小 C 臂，1 台乳腺 X 射线机，1 台全景牙片机，1 台骨密度仪），另外将 1 台 CT、1 台 DR 由原门诊楼搬迁至新建门诊医技楼一楼。原门诊楼 DR 机房用作新增全景牙片机机房，骨密度仪利用预留机房。基本设备情况见下表 1-1。

表 1-1 医院拟配置射线装置情况一览表

序号	射线装置	厂家/型号	拟定参数	类别	位置	数量	备注
1	直线加速器	待定	10MeV	II 类	住院大楼负二层	2 台	新购
2	DSA	待定	125kV; 1250mA	II 类	住院大楼三层	2 台	新购
3	DSA	美国 GE	100kV; 800mA	II 类	门诊医技楼三层	1 台	新购
4	CT	待定	150kV; 666mA	III 类	住院大楼一层	1 台	新购
5	CT	待定	150kV; 666mA	III 类	住院大楼三层	1 台	新购
6	DR	待定	150kV; 800mA	III 类	住院大楼一层	1 台	新购
7	小 C 臂	待定	125kV; 120mA	III 类	住院大楼放射科	1 台	新购
8	骨密度仪	待定	70kV; 0.4mA	III 类	原门诊楼二层	1 台	新购
9	CT	待定	150kV; 500mA	III 类	门诊医技楼一层	1 台	新购
10	DR	待定	150kV; 500mA	III 类	门诊医技楼一层	1 台	新购
11	数字胃肠机	待定	150kV; 800mA	III 类	门诊医技楼一层	1 台	新购

续表 1 项目概况

12	小 C 臂	待定	125kV; 120mA	Ⅲ类	门诊医技楼手术室	1 台	新购
13	移动 DR	待定	150kV; 500mA	Ⅲ类	门诊医技楼一楼放射科	2 台	新购
14	乳腺 X 射线机	待定	35kV; 100mA	Ⅲ类	门诊医技楼一层	1 台	新购
15	全景牙片机	待定	65kV; 7mA	Ⅲ类	原门诊楼一层放射科	1 台	新购
16	16 排 CT	Btight Speed16	135kV; 500mA	Ⅲ类	门诊医技楼一层	1 台	拟搬迁
17	飞利浦 DR	Digital Diagnost	150kV; 500mA	Ⅲ类	门诊医技楼一层	1 台	拟搬迁
合计: 20 台射线装置, 其中 5 台Ⅱ类、15 台Ⅲ类射线装置 (其中 18 台为新增, 2 台为搬迁设备)							

(7) 劳动定员

本项目拟新增放射工作人员 42 人。其中, 放射治疗中心拟新增 4 人 (其中放射治疗医生至少 1 名, 医学物理人员 1 人, 操作人员至少 1 人), 介入治疗医生 8 人, 其他射线装置 30 人, 还需放射工作人员均依托现有 14 名辐射工作人员; 且新增工作人员及现有工作人员工作无交叉, 新增工作人员工作范围为新增设备, 原有工作人员基本不做调动。

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。项目组成情况见表 1-2 所示。

表 1-2 本项目主要工程关系表

序号	项目	组成	依托关系
一	主体工程		
1	直线加速器机房	位于住院大楼负二楼, 设置有 2 间直线加速器机房, 配备直线加速器 2 台 (Ⅱ类射线装置); 以及控制室等辅助用房	新建
2	CT 机房	共 4 间: 住院大楼一层、三层各设置有 1 间 CT 机房, 门诊医技楼一层设置有 2 间 CT 机房; 配备有 4 台 CT, 其中 1 台为搬迁, 3 台新增	新建
3	DR 机房	共 3 间: 住院大楼一层设置 1 间 DR 机房, 门诊医技楼一层设置有 2 间 DR 机房; 配备有 3 台 DR, 其中 1 台为搬迁, 2 台新增, 另新增 2 台移动 DR	新建
4	DSA 机房	共 3 间: 住院大楼三层设置 2 间 DSA 机房, 门诊医技楼三层设置 1 间 DSA 机房; 配备 3 台 DSA	新建

续表 1 项目概况

5	小 C 臂	配备 2 台小 C 臂, 分别在住院大楼放射科及门诊医技楼手术室使用	新建
6	数字胃肠机房	共 1 间, 位于门诊医技楼一层, 配备 1 台数字胃肠机	新建
7	骨密度仪机房	共 1 间, 位于原门诊楼二层预留机房, 配备 1 台骨密度仪机	依托
8	乳腺 X 射线机房	共 1 间, 位于门诊医技楼一层, 配备 1 台乳腺 X 射线机	新建
9	全景牙片机房	共 1 间, 位于原门诊楼一层放射科 DR 机房内 (原 DR 拟搬迁至门诊医技楼一楼), 配备 1 台全景牙片机	依托
10	移动 DR	门诊医技楼一楼放射科新增 2 台移动 DR; 在门诊医技楼内各个楼层使用	新建
二	公用工程		
1	给水	院内供水管网	依托
2	排水	实行雨污分流; 医疗废水排放系统, 雨水排放系统。	依托
3	供配电	院内供配电系统	依托
4	通风	新建机械通风装置, 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	新建
2	废水	实行雨污分流, 项目废水直接排入医院污水处理设施	依托
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	依托

1.6 保护目标

1.6.1 周围环境概况

常德市第二人民医院位于常德市德山开发区莲花路 20 号。本次核技术利用扩建项目主要位于常德市第二人民医院门诊医技楼及住院大楼。

门诊医技楼位于院区东侧, 门诊医技楼东侧为绿化带及消防通道, 隔绿化带及消防通道约 30m 处为德山大道, 南侧为院区规划道路, 隔路约 28m 处为现状门诊楼, 西侧为地面停车场及院区道路, 隔路约 25m 处为规划服务中心大楼, 北侧为地面停车场, 隔停车场约 25m 处为居民楼。

住院大楼位于院区南侧中心区域, 住院大楼东侧为规划道路及绿化带, 隔绿化带及道路约 30m 处为服务中心大楼, 南侧为绿化带, 西侧为道路, 隔路约 47m 处为仓储库房, 北侧为规划道路, 隔路约 20m 处为规划高压氧舱。

原门诊大楼位于医院东南侧, 门诊大楼东侧约 35m 处为德山大道, 南侧为绿化带, 西南侧为 28m 处为传染病房楼, 西侧为停车场, 北侧约 28m 处为规划

续表 1 项目概况

门诊医技楼。

1.6.2 环境保护目标

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护对象为该医院从事放射诊疗的工作人员、机房周围其它非辐射工作人员和公众成员。

环境保护目标为：DSA 介入手术医生年有效剂量目标管理限值为 4mSv/a，其他辐射工作人员年有效剂量目标管理限值为 2mSv/a，非辐射工作人员及公众成员年剂量不大于 0.1mSv/a；射线装置机房屏蔽体外（30cm 处）周围剂量当量率 $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

1.7 医院现有核技术利用项目情况

1.7.1 现有射线装置情况

常德市第二人民医院现有 2 台 II 类射线装置，6 台 III 类射线装置，1 处乙级非密封放射性工作场所。上述射线装置及非密封放射源分别于 2015 年 3 月，2015 年 5 月进行了环境影响评价工作，并分别于 2015 年 3 月，2015 年 6 月取得了湖南省环境保护厅的审批意见（详见湘环辐表【2015】22 号，湘环辐表【2015】32 号，附件八）；于 2015 年 12 月进行了取得了湖南省环境保护厅关于上述射线装置及非密封放射源的环保竣工验收意见（详见湘环评辐验表【2015】41 号，附件九）。湖南省环境保护厅于 2015 年 7 月 21 日发放了辐射安全许可证：湘环辐证【00132】（有效期至 2020 年 7 月），具体情况见表 1-3，医院上述设备运行至今，情况良好，无辐射安全事故发生。

表 1-3 现有射线装置情况表

序号	射线装置	厂家	型号	类别	位置	环评情况	许可情况	验收情况	备注
1	直线加速器	Elekta	Compact	II 类	放疗中心	已环评	已许可	已验收	/
2	模拟定位机	山东新华	SL-1	III 类	放疗中心	已环评	已许可	已验收	/
3	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	恒瑞美联	Eagle-E	II 类	医技楼二楼介入室	已环评	已许可	已验收	/
4	C 形臂 X 射线成像系统 (小 C 臂)	美国 GE	Prime	III 类	手术室	已环评	已许可	已验收	/

续表 1 项目概况

	机)								
5	数字化 X 光机(DR)	飞利浦	Digital Diagnost	III 类	门诊楼一楼放射科	已环评	已许可	已验收	拟搬迁
6	数字化 X 线摄影 (CR)	万东医疗	Definiu m	III 类	门诊楼一楼放射科	已环评	已许可	已验收	/
7	计算机 X 线断层摄影机 (CT)	美国 GE	Btight Speed16	III 类	门诊楼一楼放射科	已环评	已许可	已验收	拟搬迁
8	数字化全景 X 光机	北京岛津	NRAD-D50S	III 类	门诊楼一楼放射科	已环评	已许可	已验收	/
合计: 共 8 台射线装置, 其中 2 台 II 类、6 台 III 类射线装置									

表 1-5 现有非密封放射性物质使用情况表

序号	名称	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	年等效操作量 (Bq)	使用场所	许可情况
1	核医学科	^{125}I (粒子)	4.74×10^7	5.68×10^9	原医技楼一楼核医学科	已许可
合计			4.74×10^7	5.68×10^9	乙级非密封性工作场所	

医院上述射线装置及非密封放射性物质在使用过程中, 运行情况良好, 无辐射安全事故发生。

1.7.2 辐射防护情况

根据常德市第二人民医院提供的资料和现场踏勘可知, 医院以上涉源(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。

1.7.3 放射性废物排放情况

1、放射性废气

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

2、放射性固体废弃物

医院目前产生的放射性固体废弃物主要是核医学科产生的坏源。建设单位所有的核素由北京智博高科技生物技术有限公司, 并由和佳医疗设备股份有限公司与北京智博高科生物技术有限公司签订购买协议及破损源的回收协议, 因此, 废

续表 1 项目概况

源不会造成环境污染。

1.8 医院原有核技术环评回顾

根据常德市第二人民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设置了辐射警示标识，配备了铅衣、铅围裙等个人防护用品，基本能满足现有核技术利用项目需求；

2、医院成立了以法人代表为组长的辐射防护安全管理小组，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。

本项目建成以后，常德市第二人民医院共有 7 台 II 类射线装置，19 台 III 类射线装置，1 处乙级非密封放射性工作场所（使用核素为 ^{125}I 粒子）。

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
以下无										

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB-18871-2002）

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	直线加速器	使用	2	未定	电子	14	70~600cGy/min	肿瘤治疗	住院大楼负 二楼	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	DSA	II 类	1	美国 GE	100kV	800mA	介入手术	门诊医技楼三楼手术室	拟新增
2	DSA	II 类	2	待定	125kV	1250mA	介入手术	住院大楼三层手术室	拟新增
3	CT	III 类	2	待定	150	666	医用诊断	住院大楼一层及三层	拟新增
4	DR	III 类	1	待定	150	800	医用诊断	住院大楼一层	拟新增
5	小 C 臂	III 类	2	待定	125	120	医用诊断	住院大楼放射科	拟新增
6	骨密度仪	III 类	1	待定	70	0.4	医用诊断	原门诊大楼放射科	拟新增
7	CT	III 类	1	待定	150	500	医用诊断	门诊医技楼一层	拟新增
8	CT	III 类	1	Btight Speed16	135	500	医用诊断	门诊医技楼一层	拟搬迁

9	DR	III 类	1	Digital Diagnost	150	500	医用诊断	门诊医技楼一层	拟搬迁				
10	DR	III 类	1	待定	150	500	医用诊断	门诊医技楼一层	拟新增				
11	数字胃肠机	III 类	1	待定	150	800	医用诊断	门诊医技楼一层	拟新增				
12	移动 DR	III 类	2	待定	150	500	医用诊断	门诊医技楼各个楼层	拟新增				
13	乳腺 X 光机	III 类	1	待定	35	100	医用诊断	门诊医技楼一层	拟新增				
14	全景牙片机	III 类	1	待定	65	7	医用诊断	原门诊楼放射科	拟新增				
合计			18	/	/	/	/	/					
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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》，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) 《产业结构调整指导目录》（2011 年本）（2013 修正）； (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) 《关于发布射线装置分类办法的公告》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。
------	--

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 第 2 部分：一般原则》 (GBZ/T201.1—2007)； (4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2—2011)； (5) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)； (6) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T180-2006)； (7) 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》(GBZ165-2012)； (8) 《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)； (9) 《放射工作人员的健康标准》(GBZ98-2002)； (10) 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2011)； (11) 《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)。
其他	(1) 辐射环境影响评价委托函； (2) 本项目电离辐射监测报告(鹏辐检【2016】67 号)(附件三)； (3) 《辐射防护》(第 11 卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月)。

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

(1) 本项目选址及周围外环境敏感点

常德市第二人民医院位于常德市德山开发区莲花路 20 号。本次核技术利用扩建项目主要位于常德市第二人民医院门诊医技楼及住院大楼。

门诊医技楼位于院区东侧,门诊医技楼东侧为绿化带及消防通道,隔绿化带及消防通道约 30m 处为德山大道,南侧为院区规划道路,隔路约 28m 处为现状门诊楼,西侧为地面停车场及院区道路,隔路约 25m 处为规划服务中心大楼,北侧为地面停车场,隔停车场约 25m 处为居民楼。

住院大楼位于院区南侧中心区域,住院大楼东侧为规划道路及绿化带,隔绿化带及道路约 30m 处为服务中心大楼,南侧为绿化带,西侧为道路,隔路约 47m 处为仓储库房,北侧为规划道路,隔路约 20m 处为规划高压氧舱。

原门诊大楼位于医院东南侧,门诊大楼东侧约 35m 处为德山大道,南侧为绿化带,西南侧为 28m 处为传染病房楼,西侧为停车场,北侧约 28m 处为规划门诊医技楼。

项目现场照片见附图一,本项目地理位置图见附图二,医院规划总平面布置图见附图三,门诊医技楼及住院大楼外环境保护目标图见附图四。

本项目周围环境敏感点一览表如 7-1 所示。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 本项目周围环境敏感点一览表

序号	设备选址	设备名称	方向	距离	敏感点名称	可能受影响人数	备注
1	门诊医技楼	CT、DR、DSA、数字胃肠机、乳腺 X 射线机等	东	约 30m	德山大道	约 20 人	电离辐射
			南	约 28m	门诊楼	约 100 人	电离辐射
			西	约 25m	服务中心大楼	约 50 人	电离辐射
			北	约 25m	居民楼	约 100 人	电离辐射
2	住院大楼	直线加速器、CT、DR、DSA、小 C 臂	东	约 30m	服务中心大楼	约 50 人	电离辐射
			南	紧邻	绿化带	--	电离辐射
			西	约 47m	仓储库房	约 10 人	电离辐射
			北	约 20m	高压氧舱	约 1 人	电离辐射
3	门诊大楼	骨密度仪、全景牙片机	东	约 35m	德山大道	约 20 人	电离辐射
			南	紧邻	绿化带	--	电离辐射
			西南	约 28m	传染病房楼	约 150 人	电离辐射
			北	约 28m	门诊医技楼	约 100 人	电离辐射

(3) 本项目机房周围环境概况

本项目直线加速器机房选址在住院大楼负二层，放射治疗中心东侧为控制室及电气机房，南侧为防护墙体，墙体外为绿化带，西侧为控制室及电气机房，北侧为过道及值班办公室，楼上为计算机机房及被服库。直线加速器机房及模拟定位机所在住院楼负二楼平面图见附图五，直线加速器平面布置图及剖面图见附图六。

其中 2 台 DSA 位于住院大楼三层，机房东侧为过道，南侧为洁净通道，西侧为拟建 CT 机房，北侧为辅助机房。住院大楼三楼 DSA 机房所在楼层平面布置图见附图八。

其中 1 台 DSA 位于门诊医技楼三层，机房东侧为控制区，南侧为洁净走廊，西侧为防护墙体，人员不可达，北侧为前室。门诊医技楼 DSA 机房所在楼层平面布置图见附图十，原门诊楼一层平面布置图见附图十一，原门诊楼二层平面布置图见附图十二。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-2 主要机房周围环境概况表

机房名称	机房位置	方位	环境敏感点名称	可能受影响人数	主要受影响人群
直线加速器机房	住院大楼负二楼	东	控制室	约 2 人	放射工作人员
		南	防护墙体	--	--
		西	控制室	约 2 人	放射工作人员
		北	过道	约 2 人	非放射工作人员、公众
		楼上	计算机机房	约 1 人	非放射工作人员、公众
		楼下	夯实土层	--	--
DR CT	住院大楼一层	东	办公室、MRI 机房	约 4 人	非放射工作人员、公众
		南、北	走廊	约 3 人	非放射工作人员、公众
		西	控制室	约 3 人	放射工作人员
		楼上	办公室	约 2 人	非放射工作人员
		楼下	停车场	约 5 人	公众
DSA CT	住院大楼三层	东	过道	约 1 人	非放射工作人员、公众
		南	洁净通道	约 2 人	非放射工作人员
		西	机房	约 2 人	非放射工作人员
		北	CT 控制室及辅助机房	约 4 人	放射工作人员、非放射工作人员、公众
		楼上	手术室	约 2 人	非放射工作人员
		楼下	生化实验室	约 5 人	非放射工作人员
CT DR 数字胃肠机 乳腺 X 射线机	门诊医技楼一层	东	走廊	约 5 人	非放射工作人员、公众
		南	候诊区	约 10 人	公众
		西	操作廊	约 10 人	放射工作人员
		北	值班室及走廊	约 2 人	非放射工作人员、公众
		楼上	输液中心	约 10 人	非放射工作人员、公众
		楼下	--	--	--
DSA	门诊医技楼三层	东	控制区	约 2 人	放射工作人员
		南	洁净通道	约 2 人	非放射工作人员、公众
		西	防护墙体	--	--
		北	前室	约 1 人	非放射工作人员、公众
		楼上	办公室	约 2 人	非放射工作人员
		楼下	办公室	约 2 人	非放射工作人员
全景牙片机	原门诊楼一层放射科	东	控制室	约 1 人	放射工作人员
		南	走廊	约 2 人	非放射工作人员、公众
		西	走廊	约 2 人	非放射工作人员、公众
		北	化验室	约 4 人	非放射工作人员
		楼上	骨密度仪机房	约 1 人	放射工作人员、公众
		楼下	--	--	--
骨密度仪	原门诊楼二层	东	血液室	约 2 人	非放射工作人员
		南	大厅	约 10 人	非放射工作人员、公众
		西	走廊	约 2 人	非放射工作人员、公众
		北	化验室	约 2 人	非放射工作人员、公众
		楼上	--	--	--
		楼下	全景牙片机机房	约 1 人	放射工作人员、公众

续表 7 保护目标与评价标准

7.2.2 环境保护目标

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

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的实际情况，确定本项目数字减影血管造影系统（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。

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) 《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

续表 7 保护目标与评价标准

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。

(3) 《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 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 7-3) 要求。

表 7-3 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
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
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
^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:

续表 7 保护目标与评价标准

- a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3（表 7-4）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 7-4 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
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。

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 2.5μSv/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。

第 6.6 款 移动式 and 携带式 X 射线设备防护安全操作要求

6.6.1 在无法使用固定设备且确需进行 X 射线检查时才允许使用移动设备。

6.6.2 使用移动式设备在病房内做 X 射线检查时，应对毗邻床位（2m 范围内）患者采取防护措施，不应将有用线束朝向其他患者。

6.6.3 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患者和受检者的姿态。

续表 7 保护目标与评价标准

6.6.4 移动式 and 携带式 X 射线设备不应作为常规检查用设备。

(4) 《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。

(5) 《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 30m²，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 5μSv），距机房外表面 0.3m 处空气比释动能率应 < 2.5μGy/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。

(6) 《放射工作人员的健康标准》(GBZ98-2002)

1、范围

本标准适用于所有从事内、外照射（包括在医疗机构、核电厂，含放射性的厂矿等工作）的人员，以及应用放射源的工作部门或单位及其授权的医疗机构和医师。

3、放射工作人员的健康标准

每一放射工作人员必须进行就业前或者操作前的医学检查，和就业后工作过程中的定期医学检查。未经就业前医学检查者，不得从事放射工作。

.....

(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/m³，氮氧化物浓度限值：5mg/m³。

结合拟使用的医用辐射装置的实际情况，确定本项目射线装置评价标准如

续表 7 保护目标与评价标准

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	年有效剂量管理限值（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	DSA 介入医生：4 其余放射工作人员：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			
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	
CT 机房		≥30m²；最小单边长度≥4.5m	
DSA 机房		≥30m²；最小单边长度≥4.5m（参考）	
DR 机房		≥20m²；最小单边长度≥3.5m	
乳腺 X 射线机、骨密度仪		≥10m²；最小单边长度≥2.5m	
牙科全景机		≥5m²；最小单边长度≥2.0m	
四、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/m³；氮氧化物限值：5mg/m³。	

表 8 环境质量现状

8.1 辐射环境质量现状调查

1、项目环境辐射检测

受常德市第二人民医院的委托，XXXXXXXXXXXXX 于 2016 年 4 月 20 日对常德市第二人民医院（E：111°41'59.88"，N：28°57'15.40"）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检测。

2、检测方案及质量保证

（1）检测目的

该环境辐射现状检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）检测依据

《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，湖南省环境检测中心站，1991 年 3 月）。

（3）检测布点及质量保证

检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，本项目检测布点图详见检测报告。

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。检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，按国家标准和检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。本次检测所使用的仪器情况见表 8-1。

表 8-1 检测仪器及检定情况一览表

仪器名称	仪器型号	出厂编号	计量检定证书	有效日期
环境检测 X、 γ 剂量率仪	JB4010	09031	校准字第 201603001143号	2017.3.2

续表 8 环境质量现状

3、检测结果及评价

检测数据详见下表及检测报告（附件三）。

表 8-2 项目射线装置所在机房本底检测结果

测量位置	检测结果 (nGy/h)	测量位置	检测结果 (nGy/h)
住院大楼拟建地	89~93	门诊医技楼放射科各射线机房拟安装地	89~92
门诊医技楼三层 DSA 拟建安装地	87~91	门诊楼二楼放射科拟建安装地	87~91

项目拟建址的地表 γ 辐射剂量率在87-93nGy/h之间，与湖南省常德市天然贯穿辐射剂量率一室外 $0.0937\pm0.0139\mu\text{Gy/h}$ 、室内 $0.1168\pm0.0191\mu\text{Gy/h}$ 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。因此可知：本次检测区域内天然贯穿辐射水平处于常德市天然贯穿辐射水平范围内。

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

本项目门诊医技楼土建工程正在施工中，住院大楼主体工程正在规划设计中，还未动工，相关环评手续已经完成，门诊医技楼及住院大楼的环评批复见附件十（德环建【2014】7号、德环建【2015】4号）。原门诊楼利用原有机房，无需整改或装修。且本次扩建后，医院新增门诊病人均包含在门诊医技楼、住院大楼及原门诊楼环评手续中，本次不单独做施工期环境影响评价。因此，本项目土建工程施工期的环境影响届时会在主体工程环评中进行评价。因此，本次核技术利用扩建项目不做施工期环境影响评价。

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

1、工作原理

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

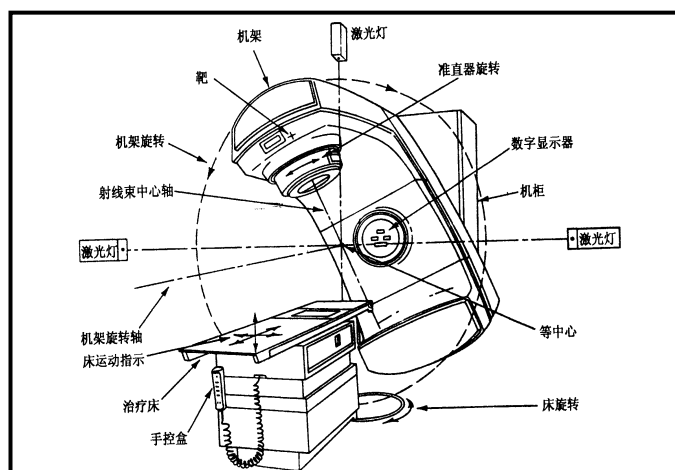


图 9-1 典型医用电子直线加速器示意图

续表 9 项目工程分析与源项

2、直线加速器设备组成

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

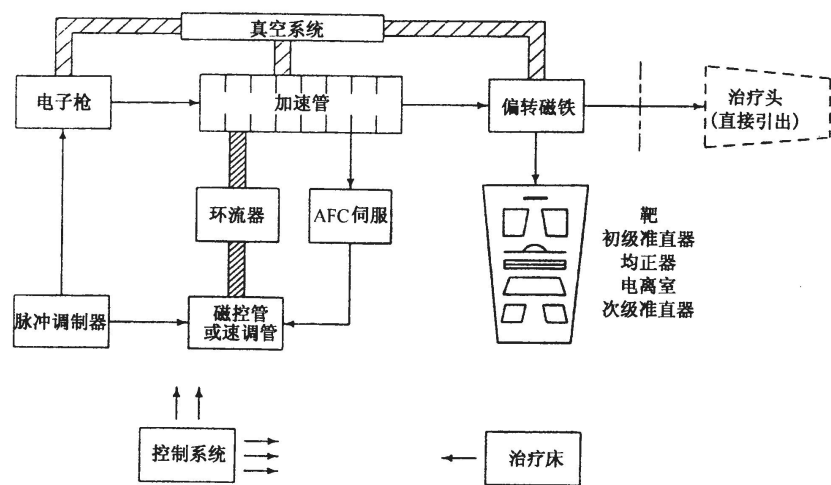


图 1-10 典型医用电子直线加速器的结构框图

图 9-2 医用直线加速器内部结构框图工作流程

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

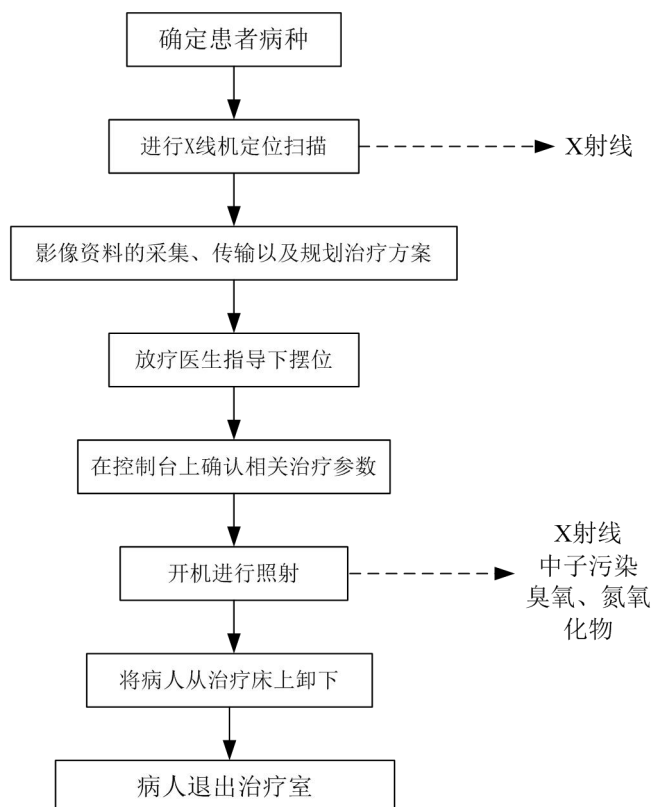


图 9-3 加速器治疗流程

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

续表 9 项目工程分析与源项

射线、电子线和中子污染、缓发 γ 辐射污染和有害气体（臭氧和氮氧化物）。

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 数字减影血管造影系统（DSA）射线装置

1、工作原理

数字减影血管造影系统（以下简称 DSA）是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、设备组成及工作流程

（1）系统组成

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。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

续表 9 项目工程分析与源项

图像。

(2) 操作流程

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。

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

3、工作负荷

根据常德市第二人民医院提供的资料，本次核技术利用扩建项目包含 3 台 DSA，总的工作量见下表，见表 9-1。

表 9-1 医用 X 射线装置工作负荷情况

射线装置名称	工作负荷	平均每人每次有效曝光时间	年最大有效曝光时间
DSA 机	800 人次/年	摄影	透视
		≤1s	30min
		0.22h	400h

根据检查项目，DSA 使用工作高压 30kV~120kV、工作电流 5mA~1000mA 不等。DSA 工作主要方式体现为摄影和透视，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。

4、污染因子

(1) 由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。X 射线具有较强的贯穿能力，通过人体透射的 X 射线与透过防护装置的散射 X 射线形成的 X 射线辐射。由于射线能量较低，

续表 9 项目工程分析与源项

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。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, 不产生洗片废水和放射性胶片。

因此, 各 X 射线装置在开机期间, X 射线是污染环境的主要因子。

9.2.3 III类 X 射线装置

本项目其他III类射线装置有 15 台, 分别为 4 台 CT, 3 台 DR, 2 台移动 DR, 1 台数字胃肠机, 2 台小 C 臂, 1 台乳腺 X 光机, 1 台全景牙片机, 1 台骨密度仪, 分布在门诊医技楼、住院大楼、及原门诊楼各个楼层。

9.2.3.1 CT

(1) 工作原理

CT 机属于 X 射线装置, X 射线装置主要由 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, 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。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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线。

(2) 设备组成

CT 机的主要设备组成为: X 射线球管、高频逆变高压发生器、影像增强器、数据图像处理器、床体系统等。

(3) 操作流程

主要操作流程为: 确定患者体层摄影的体位, 扫描定位, 投照摆位, 屏气曝光。扫描过程中, X 线球管连续地发射 X 线, 扫描床持续同步前移, 实现无间断容积数据采集。

(4) 污染因子

由CT机的工作原理可知, 电子枪产生的电子经过加速后, 高能电子束与靶

续表 9 项目工程分析与源项

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。这种X射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的CT机在非工作状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出X射线。因此，在开机期间，X射线成为污染环境的主要因子，同时还产生少量的臭氧。其诊断过程及其产污环节见图9-4：

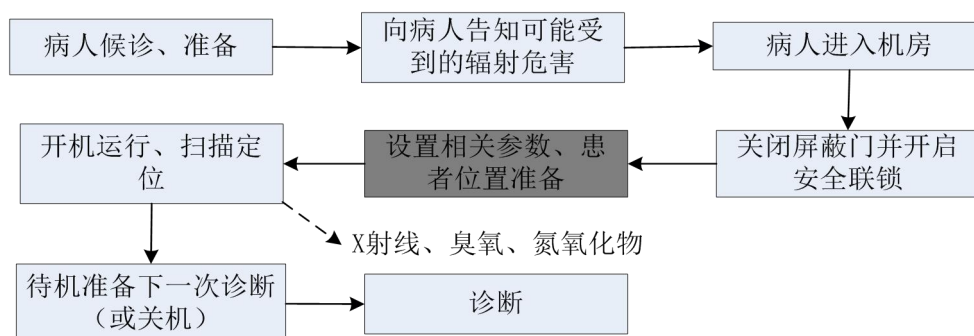


图9-4 CT机诊断过程及产污环节简图

9.2.3.2 DR

(1) 工作原理

DR 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) 设备组成

DR 机的主要设备组成为：X 射线球管、高频逆变高压发生器、影像增强器、数据图像处理器、床体系统等。

(3) 操作流程

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。

(4) 污染因子

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

续表 9 项目工程分析与源项

出线状态时才会发出 X 射线，并产生少量的臭氧。其诊断过程及其产污环节见图 9-5：

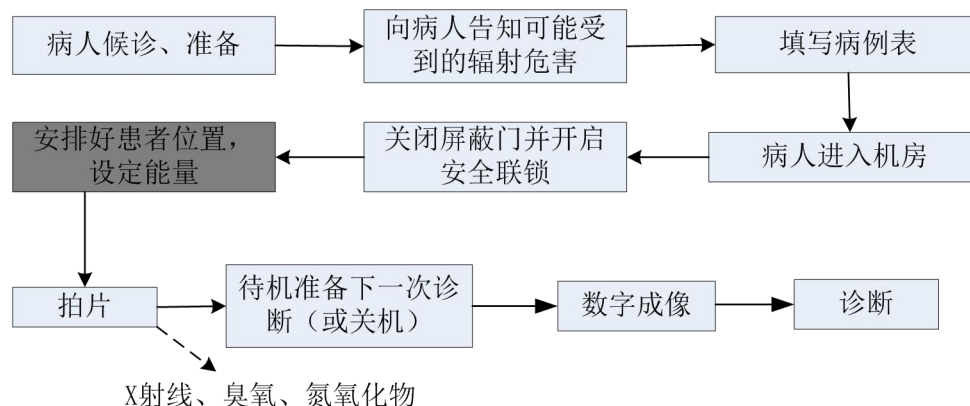


图 9-5 DR 机诊断过程与产污环节简图

9.2.3.3 其他射线装置

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

移动 DR 操作流程：

- 1) 移动 DR 设备至患者或受检者周围，设备自检；
- 2) 于曝光界面，输入病人信息，选择摄片部位；
- 3) 根据待检病人情况，输入相应的电压、电流条件；
- 4) 摆位，根据病人摄片位置，调整平板和管球位置；
- 5) 定位后遥控曝光。

其他射线装置操作流程：

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。

续表 9 项目工程分析与源项

4、工作负荷

医院拟配置每台Ⅲ类射线装置工作负荷见表 9-2。

表 9-2 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	CT	7500	20	41.7
2	DR	7500	0.1-0.5	1.04
3	小 C 臂	4000	≤5	5.6
4	骨密度仪	3000	≤2	1.7
5	数字胃肠机	10000	≤2	5.6
6	移动 DR	4000	0.1-0.5	0.56
7	乳腺 X 射线机	3000	≤2	1.7
8	全景牙片机	2200	≤5	3.1

5、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。医院使用 IP 板作为 X 射线成像的接受设备，使用激光相机出片，无洗片废水以及废片等固废的产生。

根据以上分析，本项目介入治疗及核医学项目污染因子见表 9-3。

表 9-3 项目主要污染因子情况表

污染物	污染因子	备注
辐射	X 射线、中子污染	射线装置机房墙体及铅门屏蔽
废气	O ₃ 、NO _x	射线装置机房内均安装机械通风装置，保证射线装置机房内的空气流通，使产生的少量的 O ₃ 、NO ₂ 得以扩散。
废水	COD、氨氮	项目医疗废水依托院区污水处理装置处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的预处理标准后排入市政污水管网
一般固体废物	办公垃圾、生活垃圾	生活垃圾实行分类收集，由环卫部门统一处置。

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、其他射线装置机房均在建设过程中，未装修，未运行。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 辐射工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定，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：各个射线装置机房以墙体和防护门为界，机房内为控制区。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：包括各个射线装置机房的各辅助用房、走廊及其周围临近区域，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

10.1.2 直线加速器机房辐射防护与安全措施

10.1.2.1 机房的防护

（1）由表 1-3 可知，直线加速器机房东西主屏蔽墙及顶棚主屏蔽墙设计厚度均为 2.5m 现浇混凝土，与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙为 1.2m 现浇混凝土；主屏蔽墙体带宽为 4.0m~5.0m，南侧屏蔽墙为 1.2m 现浇混凝土，北侧屏蔽内墙为 1.2m 现浇混凝土，外墙为 1.1m，机房内空尺寸为 8.5m×7.4m×4.1m。直线加速器机房各面墙体厚度按照设计的要求进行建设，墙体应为一次性现浇混凝土

（2.35g/cm³），保证施工质量。机房的过墙电缆线、管线孔应根据机房的布置情况，合理设置其走向，保证其布置不影响机房的屏蔽效能。防护门和观察窗的生产应由有生产资质的厂家承担。

（2）机房设置有通风装置，在不影响机房墙体的屏蔽效果的前提下，采用“上进风、下出风”的原则，即通过机房 4 个进风口及迷道外墙内侧的 1 个进风口管道进风，通过北侧的排风口管道将废气排出室外，排风风量分别为 3000m³/h、3300m³/h。在机房使用过程中，排风扇打开的同时还需要采用空调换气，连续排

续表 10 辐射防护与安全措施

风的情况下，能够有效排除机房内少量的臭氧及氮氧化物，室外浓度臭氧和氮氧化物不会改变环境空气质量。机房的过墙电缆线、管线孔、通风管道等均采用 U 型走向，并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，按照上述要求严格进行建设后，能有效保证机房内良好的通风。

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

(4) 安全联锁

机房入口处设置有防护门和迷道，防护门与加速器联锁。直线加速器机房设置有多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。门机联锁：防护门采用轨道电动式，与加速器启动电路实行门机联锁方式，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，同时配备剂量报警仪，配置手动开门系统。

(5) 直线加速器机房设置出束警告灯、警示标志、防护门有声、光报警装置；门框上方设有“正在工作”信号灯及放射性标志，警示人们此地属危险区域，不在此逗留。

(6) 视频监视、对讲系统、紧急停机开关：在直线加速器机房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、控制室内及醒目地方设置人工紧急停机及开门按钮。

10.1.2.2 安全操作及管理措施

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

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

(3) 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安

续表 10 辐射防护与安全措施

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) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

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

(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

续表 10 辐射防护与安全措施

个人防护用品，以减少工作人员所受 X 射线的伤害。

(9) 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。

(10) 对购买移动式床边 X 射线机要加限束器。限束器四周最好设有活动的能伸拉的防辐射板，在进行拍片和透视时直接固定到受检者需照射部位，对四周进行屏蔽，以防射线外漏。

2、安全操作及管理措施

(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。

(2) 日常性监督管理：相关部门要加大医疗机构 X 射线机安全防护的监督检查频次，特别是对受检者、公众及有关人员的防护用品配置及使用情况检查，对违反卫生防护要求开展放射诊疗的单位，要从严处罚；疾病防治机构，要加强放射场所危害因素检测和放射工作人员个人剂量计检测，并及时把监测报告和健康监护报告反馈给卫生监督机构和医疗单位，并督促协助其整改。

(3) 从事放射诊疗的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。

(4) 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，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 DSA 及其他Ⅲ类 X 射线装置机房辐射防护与安全措施

10.1.4.1 机房的防护

(1) 根据医院现有建设情况可知，本次核技术利用的 3 个 DSA 机房用房独立。根据医院设计情况可知，本次核技术利用项目涉及的两个机房的屏蔽防护见表 1-3。大小防护门及防护窗均设计厚度为 3.5mmPb。

(2) 其他 15 台Ⅲ类 X 射线装置机房中，CT 机房四面墙体及顶棚均采用 250mm 现浇混凝土，DR 机房、数字胃肠机机房及其他Ⅲ类四面防护墙体及顶棚、

续表 10 辐射防护与安全措施

地面均为 200mm 现浇混凝土。

(2) 机房内建设的穿越防护墙的导线、导管等采用“U”型或者“Z”型，不影响墙体的屏蔽防护效果。

(3) 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) 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。

(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。

(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

续表 10 辐射防护与安全措施

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。

10.1.5 受检者放射卫生防护

医院对受检者的防护与安全负责，应为受检者提供有效、安全的诊断检查。医院已制定了一下防护措施：

1、医师应根据患者的病史、体格检查、临床化验等判断是否需要采用 X 射线检查，掌握好适应度。应考虑优先选用非 X 射线的检查方法，根据临床指征确认 X 射线检查是最合适的检查方法时方可申请 X 射线检查。

2、应特别加强对育龄妇女和孕妇、婴幼儿 X 射线检查的正当性判断。针对儿童、孕妇和育龄妇女应做检查时的特殊防护要求的做好防护措施。针对孕妇照射检查，要确保射线剂量在有效的范围内尽量降低。

3、应避免受检者同一部位重复 X 射线检查，以减少受检者受照剂量。

4、应选择合适的 X 射线检查方法，制定最佳的检查程序和投照条件，力求在能够获得满意的诊断信息的同时，又使受检者所受照射减少至最低限度。在不影响获得诊断信息的前提下，一般应以“高电压、低电流、厚过滤”为原则进行工作。

10.1.6 防护用品

由医院提供的资料可知，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 10-1 现有及拟须增加的辐射防护用品清单

说明	名称	数量	名称	数量
现有防护用品	防护铅衣	5	铅屏风	4
	铅围裙	4	个人剂量报警器	3
	铅帽子	4	固定式剂量报警仪	1

续表 10 辐射防护与安全措施

需增加防护用品	铅眼镜	4	便携式剂量报警仪	2
	铅围脖	4	病人上身防护屏	5
	防护铅衣	15	个人剂量报警器	若干
	防护眼镜	15	固定式剂量报警仪	5
	防护围脖	15	便携式剂量报警仪	5
	防护铅帽	15	病人腹部盆腔防护屏	20
	病人上身防护屏	10		

10.2 三废治理

(1) 废水治理措施

医院废水采用雨污分流，废水排水管采取防腐蚀措施。医护人员、患者生活盥洗废水经过管网收集后，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。

(2) 废气治理措施

本项目直线加速器机房采用“上进风、下出风”的原则，即通过东侧两个位于上方的进风口管道进风，通过西侧位于下方的排风口管道将废气排出室外，在机房使用过程中，排风扇打开的同时还需要采用空调换气，连续排风的情况下，能够有效排除机房内少量的臭氧及氮氧化物，室外浓度臭氧和氮氧化物不会改变环境空气质量。机房的过墙电缆线、管线孔、通风管道等均采用 U 型走向，并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。

射线装置机房均设置有机机械通风系统，保证机房内电离产生的臭氧和氮氧化物迅速稀释扩散。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。

(3) 固废治理措施

① 严格区分医疗固废及一般固废，不可混同处理。应力求控制和减少医疗废物产生量。

② 对医疗固废进行分类收集。按照医疗废物的管理要求，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、数量等相关的记录台账。

③ 供收集的专用污物桶应具有标志。污物桶放置点应避开工作人员作业和

续表 10 辐射防护与安全措施

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）。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响分析

本项目门诊医技楼土建工程正在施工中，住院大楼主体工程正在规划设计中，还未动工，相关环评手续已经完成，门诊医技楼及住院大楼的环评批复见附件十（德环建【2014】7号、德环建【2015】4号）。原门诊楼利用原有机房，无需整改或装修，且本次扩建后，医院新增门诊病人均包含在门诊医技楼、住院大楼及原门诊楼环评手续中，本次不单独做施工期环境影响评价。因此，本项目土建工程施工期的环境影响届时会在主体工程环评中进行评价，本次核技术利用扩建项目无施工期环境影响评价。

11.2 射线装置营运期环境影响分析

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	名称	位置	机房面积 (m ²)	机房尺寸 (长×宽×高, m)	标准要求 (m ²)	单边尺寸要求 (m)
1	直线加速器	住院大楼负二层	62.9	8.5×7.4×4.1	≥45	≥4.5
2	CT	住院大楼一层	33.4	6.3×5.3×4.2	≥30	≥4.5
3	CT	住院大楼三层	50.2	7.6×6.6×3.3	≥30	≥4.5
4	DR	住院大楼一层	41.8	7.6×5.0×4.2	≥20	≥3.5
5	DSA	住院大楼三层	50.2	7.6×6.6×3.3	≥30	≥4.5
6	DSA	住院大楼三层	51.5	7.8×6.6×3.3	≥30	≥4.5
7	骨密度仪	原门诊楼二层	35.7	7.0×5.1×4.2	≥10	≥2.5
8	CT	门诊医技楼一层	41.0	5.7×7.2×3.3	≥30	≥4.5
9	16排 CT	门诊医技楼一层	36.7	5.1×7.2×3.3	≥30	≥4.5
10	新东方 DR	门诊医技楼一层	34.6	5.4×6.4×3.3	≥20	≥3.5
11	DR	门诊医技楼一层	32.5	5.7×5.7×3.3	≥20	≥3.5
12	数字胃肠机	门诊医技楼一层	32.0	5.0×6.4×3.3	≥20	≥3.5
13	DSA	门诊医技楼三层	52.6	7.2×7.3×2.8	≥30	≥4.5
14	乳腺 X 射线机	门诊医技楼一层	25.0	5.1×4.9×3.3	≥10	≥2.5
15	全景牙片机	原门诊楼一层	35.7	7.0×5.1×4.2	≥5	≥2

续表 11 环境影响分析

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。

表 11-2 本项目直线加速器及 DSA 机房屏蔽设计情况表

机房名称	直线加速器机房 1	直线加速器机房 2	住院大楼 DSA 机房	门诊医技楼 DSA 机房
东墙	主墙：2500mm 副墙：1200mm 主防护带宽：4000mm	主墙：2600mm 副墙：1200mm 主防护带宽：5000mm	200mm+5m m 钡水泥	200mm
南墙	1200mm	1600mm	200mm+5m m 钡水泥	200mm
西墙	主墙：2600mm 副墙：1200mm 主防护带宽：5000mm	主墙：2500mm 副墙：1200mm 主防护带宽：5000mm	200mm+5m m 钡水泥	200mm
北墙	1200mm	1200mm	200mm+5m m 钡水泥	200mm
迷道外墙	北侧：1100mm	北侧：1100mm	--	--
顶棚	主墙：2500mm 副墙：1300mm 主防护带宽：5000mm	主墙：2500mm 副墙：1300mm 主防护带宽：5000mm	200mm+10 mm 钡水泥	200mm
大防护门	5mmPb+62mm 含硼 5%的聚乙烯	5mmPb+62mm 含硼 5%的聚乙烯	3.5mmPb	3.5mmPb
小防护门	--	--	3.5mmPb	3.5mmPb
防护窗	--	--	3.5mmPb	3.5mmPb

注：未标注材料的均为现浇混凝土。

11.2.2 直线加速器环境影响分析

1、机房设计情况

直线加速器用房由治疗室（机房）、迷道、控制室和电力机房组成。医院新增 2 台医用电子直线加速器，加速器输出 X 射线的最大能量均为 10MeV。

直线加速器机房治疗室（不含迷道）内空几何尺寸：8.5m（长）×7.4m（宽）×4.1m（高）。直线加速器的主射方向为东西方向，其中机房四面墙体、顶棚及地面均为混凝土结构。机房东、西墙主墙厚 250cm 混凝土，副墙厚 120cm 混凝土，主屏蔽带宽 4~5m；南墙厚 120cm 混凝土；北面为 L 迷道，迷道宽 220cm，

续表 11 环境影响分析

高 4.1m，迷道内墙厚 120cm 混凝土，迷道外墙厚 110cm 混凝土；顶棚厚度主墙为 250cm 混凝土，副墙为 130cm 混凝土，主屏蔽带宽为 5m。北墙上设置有防护门，防护门屏蔽厚度设计为 5mmPb+62mm 含硼 5%的聚乙烯。

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。直线加速器机房墙体核算计算点示意图如下图 11-1 所示。

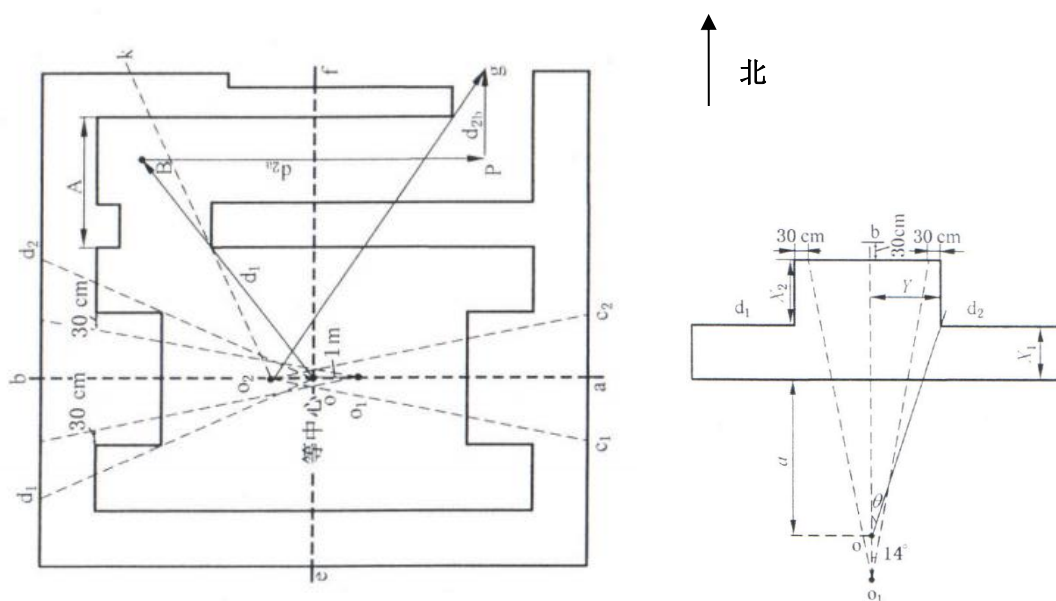


图 11-1 直线加速器机房平面布置参考示意图及计算参考点图

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

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

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

式中：B—辐射屏蔽透射因子；

续表 11 环境影响分析

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

R_s —患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

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

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 。

续表 11 环境影响分析

⑤ 加速器 (≤10MV) 机房的迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

1) 有用线束不向迷路照射

a) 入口 g 处的散射辐射剂量率 H_g 按式(9)计算:

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

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

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子;

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 。

α_2 ——砧墙入射的患者散射辐射(能量见附录 B 表 B.3)的散射因子,通常取 i 处的入射角为 45° ,散射角为 0° , α_2 值见附录 B 表 B.6,通常使用其 0.5MeV 栏内的值;

A—i 处的散射面积, m^2 ;

R_1 —患者(位于等中心点)至迷路 i 点的距离, m;

R_2 —迷路 i 点至入口 g 点的距离, 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, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;

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

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

式中: $\dot{H}_{og}$ —为 o_1 位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在 g 处的剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$

其值按(6)公式计算, 计算时迷路内墙的屏蔽透射因子按(3)公式计算, X_e 由屏蔽内墙的厚度 X 按 $X = X_e \cdot \cos\theta$ 计算, 当迷路内墙各段厚度不等时还需核算自 O_1 位置到 g 的辐射剂量率。使用上式估算的 B 值, 按式(4)估算防护门的铅屏蔽厚度。估算中, $\text{TVL}_1 = \text{TVL}$, $X_e = X$ (0° 入射)。在 g 处的散射辐射能量约 0.2MeV , 铅中的 TVL 值为 0.5cm 。

续表 11 环境影响分析

c) 在给定防护门的铅屏蔽厚度 X (cm) 时, 防护门外的辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按下式计算:

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

式中 TVL=0.5cm (铅), 其余各符号的意义同式 (10)

⑥计算参数取值

主屏蔽墙、侧屏蔽墙、迷道内墙、迷道外墙屏蔽计算各参数取值如下表 11-3 所示。

表 11-3 主屏蔽墙、侧屏蔽墙、迷道内墙、迷道外墙屏蔽计算各参数表

参数	单位	取值	备 注
$\dot{H}_c$	$\mu\text{Sv/h}$	2.5	GBZ126-2011
$\dot{H}_o$	$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$	2.4×10^8	常用最高剂量
R	m	7.55 (O ₂ -a、O ₁ -b)	辐射源点至东西墙主屏蔽墙外关注点距离
		6.0 (O-l)	辐射源点至顶棚主屏蔽墙外关注点距离
		5.5 (O-e)	辐射源点至南墙侧屏蔽墙外关注点距离
		8.0 (O-g)	辐射源点至迷路内墙关注点距离
		7.7 (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
	TVL	cm	37
90°泄露辐射	TVL ₁	cm	35
	TVL	cm	31
GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.1 查出			
R_s	m	7.56 (O-d ₂)	与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	7.6 (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

续表 11 环境影响分析

A	m ²	$\frac{3.6 \times 3.8}{3.8} = 15.58$	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。

3.核算结果

根据核算模式与选定的核算参数,本项目的直线加速器机房的屏蔽防护核算结果见表 11-4。根据预测结果得出如下结论:

表 11-4 医用电子直线加速器机房的核实结果(混凝土 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$)

墙体名称		计算参数	计算厚度 (cm 砼)	医院提供 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 标准 要求
东西 墙 (主 屏蔽 墙)	主屏蔽墙 (主射 a、 b 点)	$R=7.55$ $H_0=2.4 \times 10^8$ $H_c=2.5$ $f=1$	234	250	250	0.83	是
	副墙(散、 漏射 c、d 点)	$R=7.56$ $H_0=2.4 \times 10^8$ $H_c=1.25$ $f=0.001$	112	120	120	0.56	是
	带宽	/	378	400	400	/	是
南墙 (侧 屏蔽 墙)	散、漏射 (e 点)	$R=5.5$ $H_0=2.4 \times 10^8$ $H_c=2.5$ $f=0.001$	113	120	120	1.34	是
北侧 迷道 内墙	散、漏射 (g 点)	$R=8.0$ $f=0.001$ $H_c=0.5$	107	120	120	0.39	是
北侧 迷道 外墙	漏射,无 内墙遮挡 部分 (k 点)	$R=7.7$ $H_0=2.4 \times 10^8$ $H_c=2.5$ $f=0.001$	103	110	110	1.46	是
顶棚	主屏蔽墙 (主射 I 点)	$R=6.0$ $H_0=2.4 \times 10^8$ $H_c=2.5$ $f=1$	242	250	250	1.28	是

续表 11 环境影响分析

	副墙(散、漏射 m、n 点)	$R=5.78$ $H_0=2.4 \times 10^8$ $H_c=1.25$ $f=0.001$	118	130	130	0.99	是
	带宽	/	287	500	500	/	是
防护门 (O-i-g 点)		$R_1=7.3(o-i)$ $R_2=12.1(i-g)$ $H_0=2.4 \times 10^8$ $\dot{H}_{og}: 0.5 \mu Sv$ $/h; \dot{H}_c:$ $2.5 \mu Sv/h$	1mmPb+ 62mm 含 硼 5%的 聚乙烯	5mmPb+62 mm 含硼 5%的聚乙 烯	5mmPb +62mm 含硼 5% 的聚乙 烯	0.62 (中子 数 0.33)	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 $2.5 \mu Sv/h$,对屏蔽 X 射线是安全的;可满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)的要求,直线加速器按照本次环评的建议厚度建设后,既可满足《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。

4、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,直线加速器治疗室设置有机动力排风装置,在保持良好的通风条件下,直线加速器室通风换气次数应不小于 4 次/h,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。直线加速器机房的通风设计情况见附图六(2)。

5、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。根据建设单位提供资料,机房内拟将在地面四个角落分别安装 1 个进风口,同时在迷道外墙内侧设置了 1 个进风口,均用管道连接排至室外,排风量应达到 $3000 m^3/h$ 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 O_3 的分解时间不到 10 分钟,能满足环

续表 11 环境影响分析

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

医院拟在住院大楼三层新增 2 台 DSA，门诊医技楼三层新增 1 台 DSA。根据设计资料显示，住院大楼 DSA 机房内空尺寸分别为：7.6m×6.6m×3.3m、7.8m×6.6m×3.3m，机房面积分为 50.2m²、51.5m²；机房的墙体设计为 200mm 混凝土+5mm 钡水泥，天棚为 200mm 混凝土+10mm 钡水泥；地面为 200mm 混凝土+20mm 钡水泥，观察窗、防护门为 3.5mm 铅当量；门诊医技楼 DSA 机房内空尺寸为 7.2m×7.3m×2.8m，机房面积分为 52.6m²；200mm 混凝土，天棚为 200mm 混凝土，观察窗、防护门为 3.5mm 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：

$$\dot{H} = \frac{H \times q \times U}{K \times R^2} \quad (12)$$

$$H = \dot{G} \times I \times 60 \quad (13)$$

$$\dot{G} = 1.222 - 5.664 \times 10^{-2} \times kV + 1.227 \times 10^{-3} \times kV^2 - 3.136 \times 10^{-6} \times kV^3 \quad (14)$$

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（Sv/h）；

I——血管造影系统额定电流（mA）；

$\dot{G}$ ——血管造影系统发射率，本次环评选取透视模式下，最高输出功率时 X 射线管电流与 X 射线管电压的组合情况进行核算，即管电压取值为 125kV，管电流取值为 30mA，此时 DSA 的发射率为 7.19mGy /mA.min；本次环评选取拍片模式下，最大恒定输出功率时，管电压取值为 100kV，电流为 1000mA，此时 DSA 的发射率为 4.692mGy /mA.min。

续表 11 环境影响分析

$\dot{H}$ ——屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 (Sv/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, 0.0016/400cm²。

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: H_1 ——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

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

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

续表 11 环境影响分析

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，选取工作模式为透视模式下，最高输出功率时 X 射线管电流与 X 射线管电压的组合情况进行核算，即管电压取值为 125kV，管电流取值为 30mA；工作模式为拍片模式时，最大恒定输出功率时，管电压取值为 100kV，电流为 1000mA 两种情况对 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行估算。

表 11-5 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 11-6 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

本次以建筑面积较小的住院大楼三层的 DSA 机房 (50.2m^2) 进行核算。DSA 工作模式为透视模式时，主射线能量约 125kV，电流为 30mA；工作模式为拍片模式时，主射线能量约为 100kV，电流为 1000mA。人体散射系数： $0.0016/400\text{cm}^2$ ；散射面积 $s=400\text{cm}^2$ ；源皮距，1m。计算参数见表 11-7。

续表 11 环境影响分析

表 11-7 计算参数

核算电压 (kV)	电流 (mA)	能量 (kV)		十值层
125	30	主射线 漏射线	125	铅: 0.90mm 混凝土: 6.4cm 钡水泥: 4.3cm
100	1000	主射线 漏射线	100	铅: 0.84mm 混凝土: 5.5cm 钡水泥: 3.69cm

(5) 核算结果

医院 DSA 核算结果见表 11-8。

表 11-8 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		医院提供 设计厚度	建议厚度	建议厚度 下瞬时剂 量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	是否满足 屏蔽厚度
东墙(操作 间、主射)	5.3	透视	167mm	200mm+5m m 钡水泥	200mm+5 mm 钡水泥	0.76	是
		拍片	193mm			1.4	
南墙(洁净通 道、主射)	4.8	透视	173mm	200mm+5m m 钡水泥	200mm+5 mm 钡水泥	0.93	是
		拍片	198mm			1.7	
西墙(CT 机 房、主射)	5.3	透视	167mm	200mm+5m m 钡水泥	200mm+5 mm 钡水泥	0.76	是
		拍片	193mm			1.4	
北墙(设备 间、主射)	4.8	透视	173mm	200mm+5m m 钡水泥	200mm+5 mm 钡水泥	0.93	是
		拍片	198mm			1.7	
天棚(预留机 房、主射)	4.2	透视	180mm	200mm+10 mm 钡水泥	200mm+10 mm 钡水泥	0.73	是
		拍片	204mm			1.66	
地面(走廊、 主射)	3.2	透视	195mm	200mm+20 mm 钡水泥	200mm+20 mm 钡水泥	0.76	是
		拍片	217mm			1.66	
大防护门(洁 净通道、主 射)	4.8	透视	2.4mmPb	3.5mmPb	3.5mmPb	0.16	是
		拍片	3.2mmPb			1.16	
小防护门 (设备间、主 射)	4.8	透视	2.4mmPb	3.5mmPb	3.5mmPb	0.93	是
		拍片	3.2mmPb			1.16	
观察窗(控制 室、主射)	4.8	透视	2.4mmPb	3.5mmPb	3.5mmPb	0.93	是
		拍片	3.2mmPb			1.16	

注: 未标注材料的为混凝土。

(6) 机房屏蔽效能评估

根据表 11-8 计算可知, DSA 机房的四周墙体、天棚及地面设计厚度能够满

续表 11 环境影响分析

足要求，核算墙体外的瞬时剂量小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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。

(7) 其他 DSA 机房屏蔽效能评估

本次核技术利用扩建项目还包含另外 2 台 DSA，其设备及机房参数类比情况如下：

表 11-9 DSA 血管造影机房参数类比情况一览表

机房位置	设备参数	内空尺寸	四面墙体	顶棚、地面	防护门窗
住院大楼 三层	125kV, 1250mA	7.6m×6.6m× 3.3m	200mm+5mm 钡水泥	顶棚： 200mm+10mm 钡水泥 地面： 200mm+20mm 钡水泥	3.5mmPb
住院大楼 三层	125kV, 1250mA	7.8m×6.6m× 3.3m	200mm+5mm 钡水泥	顶棚： 200mm+10mm 钡水泥 地面： 200mm+20mm 钡水泥	3.5mmPb
门诊医技 楼三层	100kV, 800mA	7.2m×7.3m× 2.8m	200mm	顶棚：200mm 地面：200mm	3.5mmPb

注：未标注材料的为混凝土。

根据上述类比情况可知，住院大楼 2 台 DSA 设备基本参数相同，机房屏蔽情况基本相同或者屏蔽情况较核算机房强，机房面积相当或稍大于核算机房，根据 X 射线的衰减原理可知，其余的 2 台 DSA 机房四周墙体、防护门窗外 30cm 处的周围剂量当量率均 $<2.5\mu\text{Sv/h}$ ，且相当或小于核算 DSA 机房墙体、防护门窗外的 30cm 处的周围剂量当量率，门诊医技楼的 DSA 机房面积与其他 2 台机房面积相当，设备能量远小于核算机房，而屏蔽情况略小于核算机房。因此，本次环评涉及 DSA 机房墙体屏蔽能够满足相关标准要求，在评价范围内的敏感点受 X 射线装置运行时的影响很小，环境可接受。

11.2.4 III类 X 射线机环境影响分析

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

续表 11 环境影响分析

面积均符合相关标准要求。

2、屏蔽防护

根据设计资料，上述 III 类射线装置各机房四周墙体均为 20cm 混凝土（密度 2.35g/cm^3 ）或 25cm 混凝土（密度 2.35g/cm^3 ）+2cm 钡水泥，顶棚、地板均为 20cm 混凝土（密度 2.35g/cm^3 ）或 25cm 混凝土（密度 2.35g/cm^3 ）+2cm 钡水泥；骨密度仪及全景牙片机机房墙体均为 370mm 实心砖，顶棚为 300mm 混凝土。所有 CT、DR、数字胃肠机机房防护门设计厚度为 3mmPb；骨密度仪、乳腺 X 射线机、全景牙片机为 2mmPb；铅玻璃窗铅当量与防护门一致。其他 III 类射线装置屏蔽防护一览表见表 11-10。

表 11-10 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	CT	150kV; 666mA; 150kV; 500mA; 135kV; 500mA	250mm 混凝土 (相当于 3.4mmPb)	2.0mm 铅当量(一般工作量)	是
2	DR	150kV; 800mA; 150kV; 500mA	200mm 混凝土 (相当于 2.7mmPb)	有用线束方向: 3mm 铅当量 非有用线束方向: 2mm 铅当量	是
3	数字胃肠机	150kV; 800mA		有用线束方向: 3mm 铅当量 非有用线束方向: 2mm 铅当量	是
4	乳腺 X 射线机	35kV; 100mA		1.0mm 铅当量	是
5	骨密度仪	70kV; 0.4mA	240mm 实心砖 (相当于 2.0mmPb)	1.0mm 铅当量	是
6	全景牙片机	65kV; 7mA		1.0mm 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。

3、机房内通风

射线诊断装置运行时会产生少量的臭氧。因此射线诊断装置机房采用动力排风装置保持良好的通风，以降低臭氧浓度。根据医院设计情况，医院拟在射线装置机房内安装机械通风装置，因此，拟建机房均预留了通风口，用管道连接排至室外，排风量达到 $500\text{ m}^3/\text{h}$ ，另外机房通风排风管外口不朝向环境敏感点并远离

续表 11 环境影响分析

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。

4、无固定机房的移动 X 光机及小 C 臂

根据医院提供的资料，本次环评涉及的移动 DR 及小 C 臂使用位置不是固定的，其能量较低，移动 DR 机在门诊医技楼各个楼层使用，一般放置在一楼放射科，2 台小 C 臂分别在住院大楼及门诊医技楼手术室及病房内使用，分别放置在住院大楼放射科及门诊医技楼放射科，上述使用机房墙体均为 20cm 混凝土（密度 2.35g/cm³），顶棚、地板均为 20cm 厚现浇混凝土（密度 2.35g/cm³）结构可以满足屏蔽要求，使用时应配备有相应的防护设备，加强管理。

11.3 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：

$$H_{E,r} = H^*(10) \times T \times t \times 10^{-3} (mSv) \quad (19)$$

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。

11.3.1 直线加速器机房附加年有效剂量估算

（1）所致剂量估算取值

本项目使用的电子直线加速器治疗机每台的有效开机时间每年工作按 50 周计，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。放射性工作人员附加年有效剂量取表 11-4 中操作室（东墙）0.85μSv/h 进行估算，非放射性工作人员附加年有效剂量取表 11-4 中门口剂量率 1.46μSv/h 进行估算。

（2）核实建筑屏蔽效能采用的有关参数

续表 11 环境影响分析

表 11-11 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

本项目各射线装置剂量估算结果下表 11-12。

表 11-12 射线装置剂量估算表

序号	设备名称	工作负荷 (h)	墙体外剂量率 (μSv/h)	居留因子	环境保护目标	年有效当量剂量 (mSv/a)
1	直线加速器	133.4	0.83	1	放射工作人员	0.111
			1.46	1/4	非放人员、公众成员	0.049

注：辐射工作人员居留因子取 1；公众成员和非辐射工作人员居留因子取 1/4。

由表 11-12 可知，放射工作人员最大年有效剂量值为 0.111mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 2mSv/a；非放射工作人员和公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值为 0.049mSv/a，小于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a；实际设备运行过程中，设备拥有正规的防护设施，且设备运行过程中一般不能开启至最大额定功率，本次环评计算值未将源项设备处的防护考虑在内，且将设备开至最大额定功率，故计算出来的理论值远远大于实际值，故本次环评放射工作人员、非放射工作人员和公众成员墙体外受到的最大年有效剂量值会小于本评价剂量管理目标值 2mSv/a 及 0.1mSv/a，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）的要求。此外，辐射工作人员在工作时也应佩戴好各种防护用品，受检者检测时，应根据需要配备防护用品遮挡其他部位，避免产生不必要的照射，减少个人受照剂量。

11.3.2 DSA 机房附加年有效剂量估算

（1）手术室医护人员

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。

续表 11 环境影响分析

介入治疗操作人员因为需在机房内操作，在X射线球管曝光情况下进行手术导管引导，所受到的辐射剂量相对较大。本环评通过类比引用长沙市鹏悦环保工程有限公司于2015年10月22日对常德市第一人民医院的DSA机房辐射环境现场监测数据对本项目DSA介入治疗操作人员进行剂量估算：

表11-13 类比设备与本项目DSA对比情况

单位 类比项目	常德市第一人民医院	本项目
生产厂家/设备型号	美国GE/LCV	/
最大管电压/最大管电流	120kV/1250mA	125kV/1250mA
手术类型	心血管手术	以心血管手术为主

本次类比主要引用在介入手术（透视）治疗过程中，位于手术操作位处的操作医生瞬时周围剂量当量率最大值。该值主要与检测工况（即开机检测条件）、手术类型相关，因此，该组类比数据可行。

监测仪器采用X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪，型号：RM2030，出厂编号：2338，证书编号：HNJLN2015010-39；监测报告编号为：鹏辐（监）【2015】193号。监测结果见下表：

表 11-14 常德市第一人民医院 DSA 机房现状监测表

点位编号	监测点描述	周围剂量当量率（μSv/h）	
		拍片	透视
监测条件		拍片：75kV，150mA	透视：76kV，5.7mA
△1	铅窗表面	0.12	0.10
△2	工作人员操作位	0.11	0.11
△3	墙表面 30cm	0.09	0.10
△4-1	控制室防护门上门缝表面 30cm	0.10	0.10
△4-2	控制室防护门左侧表面 30cm	0.09	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	0.10
△4-5	控制室防护门下门缝表面 30cm	0.09	0.10

续表 11 环境影响分析

△5	墙表面 30cm	0.12	0.11
△6-1	防护大门上门缝表面 30cm	0.10	0.10
△6-2	防护大门左侧表面 30cm	0.11	0.12
△6-3	防护大门中间表面 30cm	0.10	0.11
△6-4	防护大门右侧表面 30cm	0.12	0.12
△6-5	防护大门下门缝表面 30cm	0.10	0.09
△7	墙表面 30cm	0.10	0.10
△8	墙表面 30cm	0.10	0.09
△9	墙表面 30cm	0.09	0.11
△10	墙表面 30cm	0.11	0.12
△11	墙表面 30cm	0.12	0.12
△12	墙表面 30cm	0.12	0.10
△13	墙表面 30cm	0.11	0.11
△14	楼上输血科病房地面	0.09	0.09
△15	楼下重症监护室房间	0.10	0.10
△16-1	第一术者操作位头部	—	61.72
△16-2	第一术者操作位胸部	—	61.86
△16-3	第一术者操作位腹部	—	73.22
△16-4	第一术者操作位下肢	—	70.07
△16-5	第一术者操作位足部	—	51.12
△17-1	第二术者操作位头部	—	50.88
△17-2	第二术者操作位胸部	—	51.12
△17-3	第二术者操作位腹部	—	62.93
△17-4	第二术者操作位下肢	—	51.27
△17-5	第二术者操作位足部	—	42.03

由上表可知，介入医生在介入手术过程中受到的最大周围剂量当量率为 73.22 μ Sv/h，每台介入手术的时间约为 30min，则每台手术中，介入医生受到的剂量值为 36.61 μ Sv/台，本次环评介入治疗医生的年有效剂量目标管理限值为 4mSv/a，则每名医生每年最多可进行 109 台介入手术。根据医院提供的资料，本次环评介入手术医生初步拟定增加 8 人，届时再根据医院发展需要，进行增减。

续表 11 环境影响分析

因此，按照最大负荷，医院年进行介入手术约 800 台/年，则每名医生参加介入手术台数为 100 台/年，则年有效剂量值为 3.66mSv/a，小于目标管理限值 4mSv/a。

此外，医务工作人员在进行介入手术时，应尽可能采用小视野，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，利用医院配置的防护设施（悬挂式铅玻璃、铅帘等）做好自身的防护，医院应对医务人员采取轮岗方式的管理措施，控制个人的受照剂量满足GB18871-2002的要求。

（2）操作区辐射工作人员

根据医院提供资料，常德市第二人民医院使用 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 16 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。每台 DSA 年有效开机时间约为 134h。控制室操作人员位于控制室内。根据前节计算，在控制室处的瞬时剂量估算值为 0.76 μ Sv/h，可计算出控制室内工作人员年附加有效剂量最大约为 0.102mSv/a，低于评价标准 2mSv 管理目标值要求。

（3）非辐射工作人员剂量估算

本项目 DSA 机房周围非辐射工作人员主要位于 DSA 机房楼下走廊，根据前节计算结果可知，楼下的瞬时剂量估算值为 0.76 μ Sv/h，居留因子为 1/4，则每台 DSA 工作时间为 134h 来计算，则非辐射工作人员最大年附加有效剂量为 0.025mSv/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。

（4）公众成员剂量估算

公众成员出现的场所主要为 DSA 机房外的通道，其居留因子取 1/4，根据前节计算，在公众成员所受的瞬时剂量估算最大值为 0.16 μ Sv/h，则工作时间为 134h 来计算，则公众成员所受的最大年附加有效剂量为 0.008mSv/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。

11.3.3 其他 III 类射线装置机房附加年有效剂量估算

根据医院情况预计拟建配置每台设备的工作负荷，按照每台射线装置由 1

续表 11 环境影响分析

人进行操作，则 III 类射线装置有效剂量当量估算表见表 11-15。

表 11-15 射线装置年有效剂量估算表

序号	射线装置名称	工作负荷	每人每次曝光时间	年最大有效开机时间	墙体外剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量当量(mSv)	
						辐射工作人员	非辐射工作人员和公众成员
1	CT	7500	20s	41.7	2.5	0.104	0.026
2	DR	7500	0.1-0.5	1.04	2.5	0.0026	0.0007
3	小 C 臂	4000	≤ 5	5.6	2.5	0.014	0.0035
4	数字胃肠机	10000	≤ 2	5.6	2.5	0.014	0.0035
5	移动 DR	4000	0.1-0.5	0.56	2.5	0.0014	0.0004
6	乳腺 X 射线机	3000	≤ 2	1.7	2.5	0.0026	0.0007
7	全景牙片机	2200	≤ 5	3.1	2.5	0.0078	0.002
8	骨密度仪	3000	≤ 2	1.7	2.5	0.0026	0.0007

注：非辐射工作人员和公众成员在环境中居留因子取 1/4 进行计算。

根据上述核算，其余 III 类射线装置的辐射工作人员、非辐射工作人员和公众成员所受到的年附加有效剂量均远小于本评价管理目标值 2mSv/a 、 0.1mSv/a ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

11.4 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。

本项目用房最近敏感点为门诊医技楼西侧约 25m 处为规划服务中心大楼，北侧为地面停车场，隔停车场约 25m 处为居民楼，均为医院建筑，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。

11.5 选址合理性及平面布局合理性分析

续表 11 环境影响分析

11.5.1 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 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 根据现状检测结果，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 本项目门诊医技楼、住院大楼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。

11.5.2 布局合理性分析

常德市第二人民医院位于常德市德山开发区莲花路 20 号。本次核技术利用扩建项目主要位于常德市第二人民医院门诊医技楼、住院大楼及原门诊楼。

其中，门诊医技楼放射科新增 2 台 CT、2 台 DR，1 台数字胃肠机，1 台乳腺 X 射线机（上述 6 台设备位于门诊医技楼一层放射科），1 台 DSA（位于门诊医技楼三层手术室），1 台小 C 臂（使用在门诊医技楼的各个手术室及病房），2 台移动 DR（使用在门诊医技楼的各个楼层）。门诊医技楼位于院区东侧，门诊医技楼东侧为绿化带及消防通道，隔绿化带及消防通道约 30m 处为德山大道，南侧为院区规划道路，隔路约 28m 处为现状门诊楼，西侧为地面停车场及院区道路，隔路约 25m 处为规划服务中心大楼，北侧为地面停车场，隔停车场约 25m 处为居民楼。

住院大楼新增 2 台直线加速器（位于住院大楼负二层）、2 台 CT（分别位于住院大楼的一层及三层）、1 台 DR（位于住院大楼一层）、2 台 DSA（位于

续表 11 环境影响分析

住院大楼三层）、1 台小 C 臂（使用在住院大楼的各个手术室及病房内）。住院大楼位于院区南侧中心区域，住院大楼东侧为规划道路及绿化带，隔绿化带及道路约 30m 处为服务中心大楼，南侧为绿化带，西侧为道路，隔路约 47m 处为仓储库房，北侧为规划道路，隔路约 20m 处为规划高压氧舱。

原门诊大楼新增 1 台骨密度仪，1 台全景牙片机，均位于原一层放射科。原门诊大楼位于医院东南侧，门诊大楼东侧约 35m 处为德山大道，南侧为绿化带，西南侧为 28m 处为传染病房楼，西侧为停车场，北侧约 28m 处为规划门诊医技楼。

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住院大楼负一楼，对应楼下无建筑，楼上为医院门诊大厅，东面为泥土层，各用房相对独立，方便病人诊疗。

根据平面布置可知，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。

11.6 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、DR、CT 等设备对保障健康、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。

11.7 产业政策符合性分析

续表 11 环境影响分析

直线加速器、DSA、DR、CT等设备的配置为疾病诊断、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、DR、CT等设备后，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。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。

11.8 事故影响分析

医院使用医用 X 射线装置开展辐射诊疗工作，将会产生不同的事故。医院应严格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，根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-16。

表 11-16 国务院令第 449 号辐射事故等级分级一览表

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

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-17。

表 11-16 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10

续表 11 环境影响分析

1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

根据表 11-16 和表 11-17，本项目各射线装置可能发生的辐射事故等级见表 11-18。

表 11-18 本项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	危害结果	事故等级
直线加速器-II类射线装置	X 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③检修、维护人员误操作造成误照射。	事故状况下单次受到的辐射剂量为 2Gy，导致 9 人以下（含 9 人）急性放射病的发生率为 99%。	较大辐射事故
DSA-II 类射线装置	X 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③检修、维护人员误操作造成误照射；④辐射工作人员未穿铅衣进行手术。	导致人员受照射剂量超过年有效剂量限值	一般辐射事故
DR、CT、数字胃肠机、乳腺 X 射线机、骨密度仪、移动 DR 机等-III类射线装置	X 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房；②有人未撤离机房外面人员启动设备；③检修、维护人员误操作造成误照射。	导致人员受照射剂量超过年有效剂量限值	一般辐射事故

本项目所有装置均属 X 射线装置，对于 X 射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素，最大可能的事故主要有三种：

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

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

续表 11 环境影响分析

(3) 检修、维护人员误操作造成误照射；

(4) 辐射工作人员未穿铅衣进行手术（介入手术）。

11.8.2 预防应急措施

11.8.2.1 预防应急措施

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。

续表 11 环境影响分析

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。

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

续表 11 环境影响分析

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，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

续表 11 环境影响分析

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，尽量远离 X 射线管，并快速完成工作，尽快离开，减少受照剂量。

11.8.2.2 应急响应及演练

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。当发生事故后，应按照急预案的要求进行补救，加强应急响应准备和事故应急演练，减少辐射事故对周围环境和人员带来的伤害。

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

(1) 制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。

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

续表 11 环境影响分析

(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。

(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 11-19。

表 11-19 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

11.8.2.3 本项目辐射事故危害及对敏感点的影响

续表 11 环境影响分析

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（直线加速器、放射诊疗设备）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

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，医院成立了放射防护管理领导小组，包括了 1 名组长，1 名副组长，10 名成员（详见附件七）。

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，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

从医院目前配置的辐射领导小组人员信息看，专兼职人员大部分为本科以上学历，有一定的管理能力。目前医院的管理人员也能满足配置要求。

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。医院具体情况见下。

12.1.1 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。

（2）辐射工作人员的配置及培训情况

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，目前医院已有的工作人员情况见下表 12-1。

续表 12 安全管理

表 12-1 现有辐射工作人员配置情况

序号	姓名	性别	学历	工作岗位	个人剂量剂编号	辐射安全与防护培训证号（时间）
1	梅笈	男	本科	诊断放射	065	2015.3.15-2015.6.13
2	刘振刚	男	本科	介入放射	064	2015.3.15-2015.6.13
3	何秋文	男	大专	诊断放射	068	2015.3.15-2015.6.13
4	周銮	女	本科	诊断放射	162	2015.3.15-2015.6.13
5	刘杰	男	本科	诊断放射	062	2015.3.15-2015.6.13
6	张汐	男	本科	诊断放射	067	2015.3.15-2015.6.13
7	苏茵洁	女	本科	诊断放射	070	2015.3.15-2015.6.13
8	曹忠坤	女	大专	诊断放射	069	2015.3.15-2015.6.13
9	王珠一	女	大专	放射治疗	191	2015.3.15-2015.6.13
10	魏丽娜	女	大专	介入放射	196	2015.3.15-2015.6.13
11	钟龙	男	本科	介入放射	197	2015.3.15-2015.6.13
12	周锦元	男	大专	放射治疗	198	2015.3.15-2015.6.13
13	杨珺	男	本科	放射治疗	199	2015.3.15-2015.6.13
14	黄敏强	男	大专	介入放射	200	2015.3.15-2015.6.13

该院现从事放射工作人员有 14 人左右，其中 DSA 工作人员为 4 人，放射治疗工作人员为 3 人，其余均为诊断放射人员，现有放射工作人员多次进行了放射防护知识培训，并做到了持证上岗，人员组成上基本能够满足当前医院开展的放射性临床诊断工作，从人员配备上来看，已从事负责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，基本能满足现有射线装置的操作要求。

本次核技术利用扩建项目开展后，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。本项目拟新增放射工作人员 42 人。其中，放射治疗中心拟新增 4 人（其中放射治疗医生至少 1 名，医学物理人员 1 人，操作技术人员至少 1 人），介入治疗医生 8 人，其他射线装置 30 人；且新增工作人员及现有工作人员工作无交叉，新增工作人员工作范围为新增设备，原有工作人员基本不做调动。

续表 12 安全管理

本次项目放射治疗中心、及放射科工作人员还未定，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，介入手术治疗医生拟定增加 8 名辐射工作人员，放射科辐射工作人员根据实际工作需要增加；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。

12.1.2 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。根据中华人民共和国卫生部令第 55 号《放射工作人员职业健康管理辦法》（2007 年 11 月 1 日）规定，建立并终生保存个人剂量监测档案。现有辐射工作人员个人剂量检测报告见附件五，体检报告见附件六。

由附件可以看出，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，由个人剂量检测报告可以看出，现有工作人员个人剂量均未出现超出本评价提出的剂量约束限值，但是，编号为 058（魏丽娜）的剂量计出现了季度为 0.35mSv 的较大值，但属于正常范围内。经过调查，该工作人员个人剂量

续表 12 安全管理

计检测值偏大是因为该工作人员工作时间较长，但属于正常工作时间范围，无异常；另外，由体检报告可知，151（何秋文）、391（黄选辉）建议注意防护，可继续从事放射性工作，其他鉴定为可以继续从事原放射工作。因此，本次环评建议放射科管理人员做好工作人员日常管理，定期对辐射工作者个人剂量进行检测，发现异常，及时处理，避免此种情况的再次发生，发现有工作人员超出本评价提出的年剂量约束限值，应立即停止辐射工作；另外，按照要求每两年组织一次体检，并且根据体检结果要求，组织需要复查、补查的辐射工作人员及时进行复查、补查，鉴定为可以继续从事原放射工作即可继续从事本项工作，若结果不符合要求，医院应尽快安排相应工作人员调离辐射工作岗位。

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（详见附件七）：

《放射科设备使用制度》、《放射科医学影像设备定期检测制度》、《辐射工作场所监测制度》、《影像设备、场所定期检测制度与落实措施》、《设备维修保养制度》、《放射科设备管理、保养制度》、《放射科诊疗设备维护小组及职责》、《数字化 X 光机日常使用维护规程》、《射线装置管理制度》、《射线装置安全操作规程》、《直线加速器机房工作制度》、《放射事故应急预案》、《介入中心工作制度》、《移动 X 光机使用管理制度》等。上述管理制度的操作规程基本能满足医院目前及本项目的辐射工作，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》、国家环境保护部令第 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。

续表 12 安全管理

(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。

(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。

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管理小组的职责：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

续表 12 安全管理

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。

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。

续表 12 安全管理

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。

12.3 辐射监测

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

医院必须配备相应的监测仪器(X-γ剂量率测量仪),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

续表 12 安全管理

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

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

① 验收监测

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

② 日常监测（有资质的单位）

监测频率：每年一次；

监测因子：工作场所周围区域剂量当量率。

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

监测数据作为医院的管理依据。

医院应自行配备 X- γ 剂量率测量仪（定期进行计量检定），对射线装置与应用密封源的机房内及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 12-2 所示。

表 12-2 医院常规监测内容一览表

监测地点	监测项目	监测频率	限值要求
个人剂量	外照射剂量	每个季度	根据评价要求
工作场所	周围剂量当量率	一年一次	参照湖南省环境地表 γ 辐射剂量率
射线装置机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	一年一次	2.5 μ Sv/h

续表 12 安全管理

各个射线装置机房	门机联锁、工作指示灯、警示标识	每月自检	标准要求
各个射线装置	设备技术性能	每年委托检测 1 次, 自检 1~2 次	标准要求

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 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 12-3。

表 12-3 医院从事辐射活动能力评价

应具备条件	医院应落实的情况	符合情况
从事放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。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。	现有放射工作人员均参加了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训, 且考核合格。放射管理人员有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责; 新增辐射工作人员应在上岗前落实培训及考核。	基本符合
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	应设置门灯联动装置, 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, 待落实后方可开展辐射工作。	符合
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。	专职放射工作人员应配备个人剂量计; 放射工作人员及病人配备一定的防护用品, 受检者不必照射的部位应配备相应的防	符合
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、射线置装使用登记制度、人员	已制定有相关制度。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	已制定《辐射事故应急预案》, 并定期演	符合

12.4 辐射事故应急预案

12.4.1 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。

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

②立即撤离有关工作人员, 封锁现场, 控制事故源, 切断一切可能扩大事故

续表 12 安全管理

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；

④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；

⑤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。

⑥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。

12.4.2 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：

辐射安全管理组长电话：13786669411

市公安局电话：110

市环保局电话：0736-7309529

市卫生局电话：0736-7705027

省环境保护厅热线：12369（24 小时）0731-85698110

省卫生厅热线：12320 0731-84822021

常德市第二人民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

续表 12 安全管理

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，常德市第二人民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	环保文件	环评批复、验收监测报告等齐全	/
2	周围剂量当量率	在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h	GB18871-2002 GBZ130-2013 GBZ126—2011
3	机房面积	直线加速器治疗室： $\geq 45\text{m}^2$ DSA 机房： $\geq 30\text{m}^2$ ，最小单边长度 $\geq 4.5\text{m}$ （参考） CT 机房： $\geq 30\text{m}^2$ ，最小单边长度 $\geq 4.5\text{m}$ 单管头 X 射线机房： $\geq 20\text{m}^2$ ，最小单边长度 $\geq 3.5\text{m}$ 钼靶机、骨密度仪： $\geq 10\text{m}^2$ ；最小单边长度 $\geq 2.5\text{m}$ 全景牙片机： $\geq 5\text{m}^2$ ，最小单边长度 $\geq 2\text{m}$	GBZ130-2013 GBZ126—2011 GBZ126-2002
4	放射工作人员及管理人员	持证上岗，培训合格	环境保护部令 第 3 号、环境保护部令 第 18 号
5	放射工作人员组成	拟新增 40 名放射工作人员：直加机房配备 4 名工作人员，（其中放射治疗医生至少 1 名，医学物理人员 1 人，操作人员至少 1 人），介入治疗医生 8 人，其他射线装置 30 人	GBZ126—2011
6	配套设施、设备	放疗中心防护监测设备：个人剂量计及报警仪、工作剂量仪等剂量测量设备	GBZ126—2011 GB18871-2002
		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 10-1	GBZ130-2013
7	辐射安全防护措施	射线机房： ①射线装置机房门外张贴醒目电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯，并实行门灯联锁，门机联锁。 ②门与墙搭接满足要求。 ③制度上墙。 ④直线加速器机房、DSA 机房、DR 机房、CT 机房、数字胃肠机设置门机联锁，并在门上设置有声、光报警；CT、DR、数字胃肠机机房在控制室与治疗室之间应设观察窗与对讲机。直线加速器机房在控制室与治疗室之间设监视器与对讲机。 ⑤各机房应保持有良好的通风和机房内不得堆放无关杂物。 ⑥直线加速器机房内建设的穿越防护墙的导线、导管等采用“U”型。机房内设置通风装置，保持机房内空气流通。 ⑦直线加速器采用电动、手动一体化防护门；	GBZ126-2011 GBZ130-2013 GBZ126-2002

续表 12 安全管理

8	管理制度、应急措施	建立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度和事故应急预案		制定并落实各项制度，有关制度和预案张贴上墙
9	电离辐射	剂量限制	1、介入治疗工作人员年有效剂量 $\leq 4\text{mSv}$ ； 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
10	废 气	射线机房内均设置机械动力通风装置		GBZ130-2013

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，常德市第二人民医院拟投资 XXX 万元在门诊医技楼、住院大楼及原门诊楼新增 5 台 II 类射线装置（其中 2 台 10MeV 医用直线加速器，3 台数字减影血管造影系统（DSA，以下简称 DSA））及 13 台 III 类射线装置（3 台 CT，2 台 DR，2 台移动 DR，1 台数字胃肠机，2 台小 C 臂，1 台乳腺 X 射线机，1 台全景牙片机，1 台骨密度仪），另外将 1 台 CT、1 台 DR 由原门诊楼搬迁至新建门诊医技楼一楼，原门诊楼 DR 机房用作新增全景牙片机机房，骨密度仪利用预留机房。根据现场踏勘实际情况，本次环评中，门诊医技楼建设工程正在进行中，住院大楼还在规划设计中，装修工程尚未开展，设备还未购买。

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）》（2013 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。项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

续表 13 结论及建议

13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

1、选址可行性分析

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

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

13.1.5 环境影响分析结论

(1) 机房使用面积

射线装置机房、核医学科的使用面积均满足标准要求。

(2) 墙体屏蔽的辐射防护

本项目医用 X 射线装置机房屏蔽设计情况按照本次环评建议值进行建设，通过预测结果，各机房的四周墙体、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。

(3) 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（介入治疗医生：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 辐射防护与安全措施

(1) 辐射防护措施

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

②按照本评价提出的要求，设置相应的联锁装置、紧急停机、视频监视系统

续表 13 结论及建议

工作状态指示灯、电离辐射警示标志灯等。

③机房的过墙电缆线、管线孔以“U”型或“S”型设置,并保证机房良好的通风。

④根据需要为医生、病人配置铅围裙、铅眼镜等防护用品。

⑤所有辐射工作人员佩戴个人剂量计,并定期进行测读,建立个人剂量档案。

(2) 放射性“三废”污染防治措施

医院废水采用雨污分流,生活盥洗废水经过管网收集后,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;射线装置机房均设置有机机械通风系统,保证机房内电离产生的臭氧和氮氧化物迅速稀释扩散,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;严格区分医疗固废及一般固废,不可混同处理。应力求控制和减少医疗废物产生量,对医疗固废进行分类收集。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、数量等相关的记录台账。

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,常德市第二人民医院切实按照相关要求建设后,医院放射性同位素及射线装置应用、放射源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。常德市第二人民医院在采取本环评提出的各项环境保护及污染防治措施后,从环境保护的角度来看,本环评认为该建设项目是可行的。

13.2 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。

续表 13 结论及建议

- 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、加强日常贮存废物的储存室的管理，按照时间先后顺序对废物进行及时处理。
- 5、医院应加强内部管理，合理使用各放射性同位素和医用 X 射线装置，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 要求

- 1、医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定工作场所和周围环境监测、防护性能监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，并自购辐射检测设备，确保周围环境的辐射安全和职工健康。
- 2、在项目运行前，医院必须组织好放射工作人员岗位，并安排未参加辐射防护培训的工作人员及新增放射工作人员进行培训，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。
- 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、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。
- 5、根据医院的实际情况和项目建设进展，医院应进行验收手续。
- 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》中的相关规定变更辐射安全许可证。

附 录

附图

- 附图一 项目现场照片
- 附图二 项目所在地地理位置图
- 附图三 医院总平面布置图
- 附图四 项目周边环境保护目标图
- 附图五 住院大楼负二楼平面布置图
- 附图六 直线加速器机房平面布置图及剖面图
- 附图七 住院大楼一楼平面布置图
- 附图八 住院大楼三楼平面布置图
- 附图九 门诊医技楼一层平面布置图
- 附图十 门诊医技楼三层 DSA 机房平面布置图
- 附图十一 原门诊楼一层平面布置图
- 附图十二 原门诊楼二层平面布置图

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检测报告》（鹏辐（检）【2016】67 号）
- 附件四 辐射安全许可证正副本复印件
- 附件五 现有辐射工作人员个人剂量计检测报告
- 附件六 现有辐射工作者体检报告
- 附件七 辐射防护相关管理制度
- 附件八 湖南省环境保护厅的审批意见（湘环辐表【2015】22 号、湘环辐表【2015】32 号）
- 附件九 湖南省环境保护厅的验收意见（湘环评辐验表【2015】41 号）
- 附件十 门诊医技楼及住院大楼建设项目审批意见（德环建【2014】7 号、德环建【2015】4 号）

附表

- 附表一 建设项目环境影响评价审批登记表