

目 录

表 1	项目概况.....	1
表 2	密封放射源.....	7
表 3	非密封放射性物质.....	8
表 4	射线装置.....	9
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6	保护目标与评价标准.....	11
表 7	评价依据.....	18
表 8	项目工程分析与源项.....	20
表 9	环境质量现状.....	24
表 10	环境影响分析.....	29
表 12	辐射防护与安全措施.....	46
表 13	安全管理.....	50
表 14	结论及建议.....	63

表 1 项目概况

项目名称	益阳市第四人民医院核技术利用扩建项目				
建设单位	益阳市第四人民医院				
法人代表	周向荣		联系人	刘应春	
通讯地址	益阳市金山南路 453 号益阳市第四人民医院				
联系电话	XXXXXX	组织机构代码	/	邮政编码	413000
项目地点	益阳市金山南路 453 号益阳市第四人民医院院内				
立项审批部门	/	批准文号	/		
核技术利用项目总投资（万元）	XX	核技术利用项目环保投资（万元）	XX	投资比例	XX
项目性质	□新建 □改建 ☒ 扩建 □其它			占地面积（平方米）	/
应用类型	放射性同位素应用	密封源	射线装置		其它
	--	Ⅲ类放射源 1 枚	Ⅱ类射线装置 1 台 Ⅲ类射线装置 2 台		--

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。

1.2 建设单位概况

益阳市第四人民医院始建于 1952 年，前身为益阳市血吸虫病防治所，2003 年非典过后被确定为益阳市突发公共卫生事件救治中心，属国家重点建设项目，投资 2000 余万元用于住院楼、门诊楼的建设及医疗设备的添置，2005 年 5 月改

续表 1 项目概况

扩建竣工重新开业，成为一家集医疗、教学、科研、预防保健、社区服务、公共卫生救治等为一体的市级专科现代化综合医院。编制床位 420 个，开放床位 500 个；在医疗服务上，医院现有主任医师 3 名，副主任医师 23 名，中级职称 70 多人。设有感染一科（肝病治疗中心）、感染二科（结核病科）、感染三科、感染五科（小儿感染性疾病科，以手足口病为重点）、血吸虫病专科、内一科、内二科、普外科、骨科、妇产科等临床科室，其中肝病科、结核科和血吸虫病防治专科是三个市级重点专科。2005 年，益阳市第四人民医院被定为湖南省晚期血吸虫病内、外科定点救治医院。

医院全面实行电脑网络管理，并定期进行康复追踪、巡诊、义诊、普查普治、健康教育、计划生育技术指导、优生优育、妇幼保健、专家电话预约等优质服务。公卫急救中心，24 小时服务，免费出车接送病人。

医院三面环山，绿树成荫，道路宽阔，常年鸟语花香，2005 年被评为市级花园式单位。

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，益阳市第四人民医院投资 XXX 万元建设核技术利用扩建项目，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，益阳市第四人民医院于 2015 年 5 月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应用扩建项目进行环境影响评价，本次环评项目包含 6MeV 直线加速器 1 台，后装机 1 台，DR1 台以及小 C 臂 1 台。

根据现场踏勘实际情况，本次环评中，放射治疗中心（直线加速器机房及后装机房）基建工程已经完成，直线加速器机房设备已安装，未运行，后装机设备未安装，放射源未购买；DR 及小 C 臂均已投入使用，且使用至今，无辐射事故发生。本次项目属于补办环评手续。按照本次核技术利用扩建项目建设完成后，益阳市第四人民医院将包括 1 台 II 类射线装置、4 台 III 类射线装置、1 枚 III 类放

续表 1 项目概况

射源。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：益阳市第四人民医院核技术利用扩建项目

(2) 建设地点：益阳市金山南路 453 号益阳市第四人民医院院内

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设单位：益阳市第四人民医院

(5) 投资：核技术总投资 XXX 万元，其中环保投资 XX 万元

(6) 建设规模：本次环评项目包含 6MeV 直线加速器 1 台（II 类射线装置），后装机 1 台（III 类放射源 ^{192}Ir ，总活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ），DR1 台（III 类射线装置）以及小 C 臂 1 台（III 类射线装置），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	位置	额定输出电压电流	射线装置开启时间	备注
1	BLMV-B 型直线加速器	II 类	1	放射治疗中心一层	6MeV --	--	中危射线装置
2	BTR-640 DR	III 类	1	综合大楼一层放射学科 DR 机房	150KV 630mA	2013.12	低危射线装置
3	PLX1123.5KW 小 C 臂机	III 类	1	住院大楼八层层流手术室	4KV 110mA	2014.3	低危射线装置
合计			3	1 台 II 类、2 台 III 类射线装置			

表 1-2 本项目放射源使用情况表

序号	使用科室	设备名称	核素名称	出厂活度 (Bq)	国家编码	分类级别
1	放射治疗中心	后装机	^{192}Ir	3.7×10^{11} (10Ci)	待定	III 类放射源

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 1-3 所示。

续表 1 项目概况

表 1-3 本项目主要工程依托关系表			
序号	项目	组成	备注
一	主体工程		
1	直线加速器机房	机房有效使用面积约为 48.5m ² （不含迷道），长×宽×高（5.7m×8.5m×4.1m）	已建成
	设备	II 类医用 X 射线装置，最大 X 射线能量为 6MeV	已安装 未运行
2	后装机房	机房有效使用面积约为 18.72m ² ，长×宽×高（4.0m×5.0m×4.1m）	已建成
	设备	使用 ¹⁹² Ir 放射源后装机，装源总活度 3.7×10 ¹¹ Bq	未安装
3	放射学科 DR 机房	机房有效使用面积约为 27.5m ² ，长×宽×高（5.5m×5.0m×2.9m）	已建成
	设备	III 类医用 X 射线装置，额定电压 150kV，管电流 280mA	已安装
4	其他	包括其它配套用房（控制室、辅助机房、准备间、候诊区等）以及位于层流手术室的小 C 臂	依托现有
二	公用工程		
1	给水工程	市政供水，院内供水管网提供	院外依托 市政管网，院内 依托现有
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	益阳市供电局供电，院内供配电系统	
4	通风	直线加速器机房新建 1 处通风系统；后装机房新建 1 处通风系统，其它 III 类射线装置依托现有	部分新建 部分依托
三	环保工程		
1	废水治理	依托现有管网	依托现有 工程环保 设施
2	固废	废密封源由厂家回收	

表 1-4 本项目各个装置机房设计几何尺寸情况表

序号	名称	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	直线加速器机房	48.5	5.7×8.5×4.1	≥45	--
2	放射学科 DR 机房	27.5	5.5×5.0×2.9	≥20	3.5
3	后装机房	20.0	4.0×5.0×4.1	≥20	--

续表 1 项目概况

表 1-5 本项目装置机房屏蔽设计情况表

机房名称	直线加速器机房	后装机房	放射学科 DR 机房
东墙	主墙: 250cm 混凝土 副墙: 150cm 混凝土 带宽: 3.2m	迷道内墙: 40cm 混凝土	40cm 砖墙+3mm 硫酸钡
南墙	迷道内墙: 100cm 混凝土	60cm 混凝土	40cm 砖墙+3mm 硫酸钡
西墙	主墙: 250cm 混凝土 副墙: 150cm 混凝土 带宽: 3.2m	60cm 混凝土	40cm 砖墙+3mm 硫酸钡
北墙	150cm 混凝土	60cm 混凝土	40cm 砖墙+3mm 硫酸钡
迷道外墙	150cm 混凝土	60cm 混凝土	--
顶棚	250cm 混凝土	160cm 混凝土	15cm 混凝土+3mm 硫酸钡
大防护门	10mmPb	6mmPb	3.5mmPb
小防护门	--	--	3.5mmPb
防护窗	--	--	南侧: 3.5mmPb

1.6 医院现有核技术利用项目情况

益阳市第四人民医院于 2010 年 2 月办理了并取得辐射安全许可证，证书编号为湘环辐证【01721】，有效期为 2010-02-08 至 2015-02-07，许可范围为使用 III 射线装置，包含万东 DR 1 台，GE 螺旋 CT 1 台，普通透视机 1 台共 3 台 III 射线装置，其中 DR、CT 正常使用中，普通透视机已经报废，停止使用。射线装置使用情况见下表：

表 1-6 现有射线装置情况表

序号	射线装置规格 型号	类别	数量	位置	环评情况	许可情况	备注
1	万东 DR	III 类	1	住院大楼 一层体检 中心	已环评	已许可	--
2	GE 螺旋 CT	III 类	1	综合大楼 一层	已环评	已许可	--
3	普通透视机	III 类	1	综合大楼 一层	已环评	已许可	已报废
合计			3	3 台 III 类射线装置			

续表 1 项目概况

医院上述设备使用过程中，运行情况良好，无辐射安全事故发生。现医院辐射安全许可证正副本均丢失，且相应的环评文本及批复无法提供，医院就此情况进行了说明，详见附件十。

另外，通过 XXX 于 2015 年 5 月 26 日对益阳市第四人民医院的体检中心 DR 机房、放射学科 CT 机房工作时机房辐射环境现场监测数据（详见表 9-2）可以看出，机房的各个监测点位空气比释动能率满足评价标准 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，四周墙体天棚、防护门和观察窗厚度均能满足辐射防护的要求，且根据现场踏勘实际情况，医院在体检中心 DR 机房内设置有一个吸顶式换气扇，一个排风扇，直接排向室外，排风量达到 $500\text{ m}^3/\text{h}$ ；CT 射线诊断装置机房内在吊顶层安装了两个吸顶式换气扇，用管道连接排至室外，排风量达到 $500\text{ m}^3/\text{h}$ ；且射线机房内均配备了相应的防护用品等。

因此，本次环评不存在原有辐射污染问题。

表 2 密封放射源

核素名称	活度 (Bq)	数量	物理、化学性状	操作方式	贮存地点
^{192}Ir	3.7×10^{11}	1 枚	密封源, 金属铱	控制系统, 控制源屏蔽开关	贮存在放疗中心后装治疗机内

表 3 非密封放射性物质

核素	物理、化学	日等效最大	年最大用	操作	贮存方式
无	无	无	无	无	无

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

名称型号	生产厂家	加速粒子	能量(MeV)	流强(A)/ 剂量率	用途	备注
BLMV-B 型 直线加速器	北京(西北 机器有限 公司)	电子	6	≥ 400 cGy/min	放射治疗	X 射线最大能量 为 6MeV;
/	/	/	/	/	/	/
废靶类型	数量	总活度 (Bq)		主要感生放 射性核素	废物去向	
废靶	个	/		/	/	
放射性 废物年 产生量	气态 m ³	/		/	/	
	液态 m ³	/		/	/	
	固态 m ³	/		/	/	

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

名称型号	数量 (台)	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	用途	备注
BTR-640 DR	1	150	630	医用诊断	现有
PLX112 3.5KW 小 C 臂	1	4	110	医用诊断	现有
合计	2	/	/	/	/
以下空白					

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

序号	废弃物名称	放射性核素名称	废物形态	最大活度	排放口浓度	年排放总量	暂存情况	计划处置方案
1	废弃放射源	/	密封源	/	/	根据实际使用情况进行更换	使用铅罐贮存	放射源生产厂家回收或送交有废源收贮资质单位回收

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 保护目标与评价标准

6.1 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-核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T10.1—1995）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。

6.2 环境保护目标

6.2.1 环境保护敏感点

（1）医院周围环境概况

益阳市第四人民医院位于益阳市金山南路 453 号，东侧为金山南路，隔路为商住楼；南侧为商住楼，西侧为山坡，北侧为山坡。项目现场照片见附图一。本项目地理位置图见附图二。

（2）本项目选址及周围外环境敏感点

项目放射治疗中心位于供应楼与特殊病住院楼之间道路下一层，独立建筑。放射治疗中心东侧、南侧、西侧均为山坡，北侧供应楼，南面上侧为特殊病住院楼。

项目综合大楼位于院区北面，东侧门诊楼，南侧为停车场及供应楼，西侧、北侧均为山坡。

益阳市第四人民医院总平面布置图见附图三，放射治疗中心、综合大楼外环境保护目标图见附图四。放射治疗中心、综合大楼总平面图见附图五，附图六。

本项目周围环境敏感点一览表如 6-1 所示。

续表 6 保护目标与评价标准

表 6-1 本项目周围环境敏感点一览表

序号	设备名称	设备选址	方向	距离	敏感点名称	可能受影响人数	环境特征
1	直线加速器	放射治疗中心	北	紧邻	供应楼	200 人	6 层, 1 层为磁共振室, 其余为医院后勤办公室。
			南	紧邻	特殊病住院楼	160 人	3 层, 均为病房。
	后装机		东	约 35m	住院大楼	160 人	4 层, 均为住院部办公及病人住院。
2	BTR-640 DR	综合大楼一层放射学科	—	—	综合大楼	240 人	8 层, 1 层为挂号收费机放射学科, 其余层为其他科室。
			东	约 35m	门诊大楼	220 人	5 层, 均为各个科室办公及门诊室。
			东南	约 40m	住院大楼	160 人	4 层, 均为住院部办公及病人住院。
3	小 C 臂	住院大楼八层层流手术室	—	—	住院大楼	160 人	4 层, 均为住院部办公及病人住院。
			西	约 42m	供应楼	200 人	6 层, 1 层为磁共振室, 其余为医院后勤办公室。
			西南	约 35m	特殊病住院楼	160 人	3 层, 均为病房
			东北	约 27m	门诊大楼	220 人	5 层, 均为各个科室办公及门诊室。
			—	—	综合大楼	240 人	8 层, 1 层为挂号收费机放射学科, 其余层为其他科室。

(3) 本项目机房周围环境概况

本项目直线加速器机房及后装机房选址在放射治疗中心一层, 放射治疗中心东侧、南侧、西侧均为山坡, 北侧为操作间、机器房及候诊厅, 机房上面为院区主干道, 直通特殊病住院楼, 下面为夯实土层。直线加速器机房及后装机房平面图见附图七, 剖面图见附图八。

BTR-640 DR 位于综合大楼一层放射学科, 机房东侧为阅片室及大厅 (挂号收费处), 南侧为公共控制室, 墙外为停车场, 西侧为过道及楼梯间, 洗手间, 北侧为过道及预留机房, 墙外为坡面, 西北面为库房。机房对应二楼均为空置房间、过道及库房, 对应下面为夯实土层。放射学科射线装置机房平面图见附图九。

续表 6 保护目标与评价标准

PLX112 3.5KW 小 C 臂机位于住院大楼八层层流手术室，东侧、北侧均为过道，南侧隔过道为层流手术室，西侧为非限制区，对应七层为妇产科病房。

表 6-2 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
直线加速器以及后装机机房	放射治疗中心一层	北	操作间、机器房、候诊厅	20 人	公众成员、放射工作人员、非放射工作人员
		上	院区道路	80 人	—
		下	夯实土层	—	—
BTR-640 DR	综合大楼一层放射学科	东	大厅、挂号收费处	200 人	公众成员、非放射工作人员
		南	公共控制室	2 人	放射工作人员
		西	过道、楼梯间、洗手间	50 人	公众成员、非放射工作人员
		北	过道、预留机房	10 人	公众成员、放射工作人员、非放射工作人员
		上	空置房间	2 人	公众成员、非放射工作人员
		下	夯实土层	—	—
小 C 臂	住院大楼八层手术室	东、北	过道	20 人	公众成员、放射工作人员、非放射工作人员
		南	过道、层流手术室	20 人	公众成员、放射工作人员、非放射工作人员
		西	非限制区	50 人	公众成员、非放射工作人员
		下	病房	60 人	公众成员、非放射工作人员

6.2.2 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。

6.3 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。

续表 6 保护目标与评价标准

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。

本项目射线装置取职业照射的十分之一，即 2mSv 作为工作人员剂量约束限值；取公众照射的十分之一，即 0.1mSv 作为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

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

续表 6 保护目标与评价标准

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 and 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 6-3 中要求。

表 6-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m^2	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
^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。		

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 6-4）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 6-4 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
^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。

续表 6 保护目标与评价标准

(4) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

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 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m²。

第 6.1.8 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。

(5) 《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)

第 5.1 款 密封 γ 放射源容器的结构、材料、质量和体积的设计，应依据装载放射源的种类、活度、射线能量、使用和运输方式、包装等级和泄露辐射水平等内容综合考虑，确保放置稳定、装卸容易、运输安全和使用方便。

(6) 《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2002)

第 4.2.2 款 运输贮源器(或工作贮源器)内装载最大容许活度时，距离贮源器表面 5cm 处的任何位置，泄露辐射的空气比动能率不得大于 100 μ Gy/h；距离贮源器表面 100cm 处的球面上，任何一点的泄露辐射的空气比释动能不得大于 10pGy/h。

第 5.1 款 放射治疗室必须经专业人员设计，治疗室必须与准备室和控制室分开设置。治疗室使用面积应不小于 20m²。

第 5.2 款 治疗室入口必须采用迷路设计，设置门机联锁，并在治疗室门上要有声、光报警。治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器。

第 5.3 款 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则，确保工作人员及公众的受照剂量小于相应的年管理目标值。

第 5.4 款 在控制室与治疗室之间应设观察窗(或监视器)与对讲机。

.....

第 7 款 后装放射治疗设备的检测

第 7.1 款 验收检测 新安装或大修后的后装治疗设备，正式投入使用前，必须组织专业技术人员进行验收检测，检测项目如下：

a) 距离贮源器表面 5cm 处的任何位置及距离贮源器表面 100cm 处²⁾任一点的泄漏辐射空气比释动能率的测量；

b) 后装治疗机控制台的源位指示、声光报警、剂量监测、监视器、对讲机

续表 6 保护目标与评价标准

和计时器运行功能的检验；

c) 放射源参考点空气比释动能率的测量；

d) 放射源在传输系统及施源器内的运动状态(驻留、步进与振荡)与返回贮源器的功能检验；

e) 放射源从贮源器至施源器内预定位置传输时间的测定；

f) 后装治疗机控制计时器的误差检验；

g) γ 辐射剂量监测仪表的校验；

h) 放射源的表面污染及泄漏，施源器、治疗床等设备的表面污染检测；

i) 放射源在施源器内驻留位置的偏差检验；

j) 治疗室及其周围环境中辐射水平的测量。

(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)

室内臭氧浓度限值：0.3mg/m³，氮氧化物浓度限值：5mg/m³。

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 μ 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，确定本项目射线装置辐射工作人员的辐射剂量约束限值 2mSv/a。取公众照射的十分之一，即 0.1mSv/a 作为所有射线装置公众成员剂量约束限值。

表 6-5 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）
放射工作人员	20	放射工作人员	2
公众人员、非放射工作 人员	1	公众人员、非放 射工作人员	0.1
二、机房防护体表面控制值			
加速器、后装治疗及其他医用诊断 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		机房墙外 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	≥45m ²		
单管头 X 射线机房	≥20m ² ，最小单边长度≥3.5m		
后装机房	≥20m ²		

表 7 评价依据

法规文件	7.1 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) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2014 年 4 月修订； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 253 号令 1998 年； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2005 年 9 月 14 日； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》，国家环境保护部令第 3 号，2008 年 11 月 21 日； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日； (9) 《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； (10) 《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； (11) 《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。 7.2 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-核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T 10.1—1995）； (3) 《核技术利用项目环境影响评价文件的格式与内容》（征求意见稿）。
------	--

续表 7 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 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013); (5) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006); (6) 《后装γ源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2002) (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);
其他	(1) 本项目电离辐射监测报告(鹏辐(监)[2015]97 号、鹏辐(监)[2015]98 号)(附件三); (2) 辐射环境影响评价委托函; (3) 《中华放射医学与防护杂志》2004 年 12 月第 24 卷第 6 期; (4) IAEA47 号报告, 2006 年。

表 8 项目工程分析与源项

8.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目放射治疗中心于 2014 年开始建设，并于 2014 年 12 月建成，机房均已建成并装修完毕，现已无施工期环境影响。且益阳市第四人民医院精神卫生疾病防治中心（即综合大楼）已于 2010 年 11 月进行环境影响评价工作，并已取得益阳市环保局的批复（见附件九，湘益环朝审【2010】25 号），因此，本次评价不作施工期环境影响及防治措施分析，也无施工期环境遗留问题。

8.2 射线装置营运期污染工序及污染物产生情况

8.2.1 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 8-1 所示。

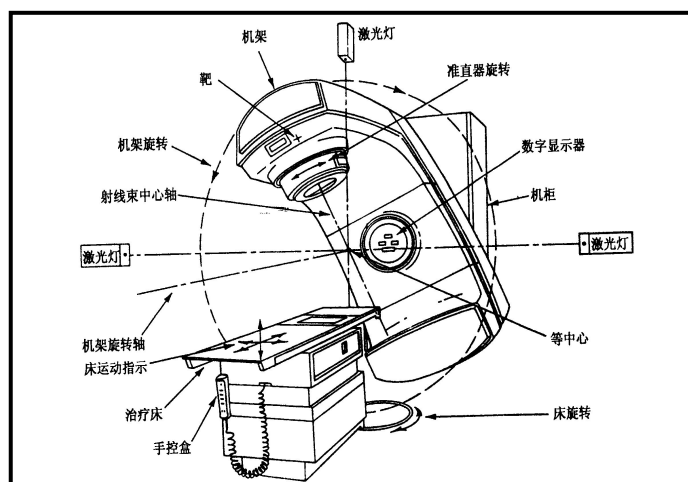


图 8-1 典型医用电子直线加速器示意图

2、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

续表 8 项目工程分析与源项

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。

3、工作负荷

本项目使用的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, 加速器每周治疗 100 个患者, 平均每个患者约 2 个照射野 (1 个野次约 2min), 每野平均 2Gy, 周工作负荷约为 400Gy, 则 1 台直线加速器年有效开机时间约为 333h。

4、产污环节

该项目采用直线加速器的输出 X 射线的能量为 6MeV。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。当直线加速器产生的 X 射线能量较低 ($\leq 10 \text{ MeV}$), 其产生的高能 X 射线不足以引发核反应, 不产生中子和感生放射性物质, 对工作场所和周围环境不存在中子和缓发辐射污染。此时, 在开机期间产生的 X 射线、电子线是加速器污染环境的主要因子。

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。

8.2.2 III 类 X 射线装置

本项目 III 类射线装置有 2 台, 其设置情况为: 综合大楼一层放射学科 1 台 DR; 住院大楼八层手术室 1 台小 C 臂机。

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

续表 8 项目工程分析与源项

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 8-2。

表 8-2 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	放射学科 DR	15000	0.02~5	20.8
2	小 C 臂	--	0.02~5	--

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。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。

8.2.3 ^{192}Ir 后装机

1、工作原理

后装机由治疗计划系统、控制系统和后装机三部分组成。治疗计划系统通过数字化仪器将患者的影像进行正交、半正交和交角的影像重建，通过运算可显示出优化治疗、三维储存显示剂量分布以及解剖结构，系统可以自动修正源衰变，根据源位、病灶大小和形态，计算出等剂量分布曲线。后装机的作用是将放射源准确、安全、定时的放置在人体病变部位。

设备装 ^{192}Ir （铱-192）源，设计最大装源活度为 $3.70 \times 10^{11} \text{Bq}$ （10Ci）。 ^{192}Ir 为 β 衰变（95.2%）和 γ 衰变核素，半衰期为 74.2 天， β 射线能量为 0.256~0.672MeV，伴随产生的 γ 射线能量为 0.206~0.612MeV。铱是银白色金属，熔点为 $2410 \pm 40^\circ\text{C}$ ，沸点为 4130°C ，密度为 22.4g/cm^3 ，铱的化学性质很不活泼，铱不溶于酸和王水。核素 ^{192}Ir 密封于不锈钢管内， β 射线被壳体屏蔽，只发射出 γ 射线。

2、工作流程

根据患者肿瘤部位，制定治疗计划，在治疗室医生从患者空腔中将输源管置入肿瘤部位，输源管连接后装机，操作后装机把 ^{192}Ir 密封源通过输源管输入到

续表 8 项目工程分析与源项

治疗部位，根据治疗计划开始放射治疗，达到治疗剂量， ^{192}Ir 密封源通过输源管回到后装机贮源罐内，治疗结束。

3、工作负荷

本项目使用的后装治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计，每周治疗 100 个患者，每个患者应用放射治疗的有效时间一般为 3~5min，本次环评以 5min 计，则一年后装机年有效工作时间为 417h。

4、产污环节

后装机运行时无放射性废气、废水产生，放射性废弃物为更新后换下的 ^{192}Ir 密封源。由工作原理及 ^{192}Ir 放射源的物理性质可知，在非治疗状态下，放射源贮存在后装机的铅制贮源容器内；在机房状态下，放射源进入患者腔体内对患者肿瘤进行照射治疗的同时，也对周围环境产生 γ 射线辐射污染。 ^{192}Ir 放射源由放射源生产单位负责运输，放射源退役后，由厂家统一回收。

正常条件下的主要污染途径为：

- (1) 放射源运输途中漏射所致 γ 辐射；
- (2) 正常工作时，放射源离开贮存位置移动到治疗部位工作时所致的 γ 射线辐射。

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

8.3 本项目主要污染因子汇总

表 8-3 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	放射治疗中心		X 线工作模式：主要是 X 线； 电子工作模式：主要是电子线； 有害气体：臭氧和氮氧化物
2	DR	综合大楼	放射学科	X 射线；臭氧和氮氧化物
3	密封源	放射治疗中心	后装机房	γ 射线、废弃放射源

表 9 环境质量现状

9.1 辐射环境质量现状调查

受益阳市第四人民医院的委托，XXX 于 2015 年 5 月 26 日对该医院（E：112°20'13"，N：28°34'06"）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。

表 9-1 项目放射治疗中心本底监测结果统计表

序号	测量位置	地表γ辐射剂量率（nGy/h）					
		测量值					计算值
		1	2	3	4	5	
一、直线加速器机房							
1	直线加速器 控制室拟安装地	88	85	89	81	86	87±2
2	配电间拟安装地	95	91	96	90	98	98±2
3	过道	86	85	88	89	86	87±1
4	楼梯间	90	88	85	90	87	88±2
5	直线加速器机房 拟安装地	89	92	93	91	94	92±1
二、后装机房							
1	后装机机房 拟安装地	85	83	85	81	80	83±2
2	控制室拟安装地	85	90	88	87	89	88±1
3	过道	101	98	95	99	98	98±2

续表 9 环境质量现状

表 9-2 项目 DR、CT 机房现状监测结果统计表

设备型号、位置 监测条件	点位编号	监测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
Prospect F1 型 CT (综合大楼一 层放射学科); 120kV, 130mA (头颅)	$\triangle 1$	铅窗表面	0.23
	$\triangle 2$	工作人员操作位	0.12
	$\triangle 3$	墙表面 30cm	0.11
	$\triangle 4-1$	控制室防护门上门缝表面 30cm	0.10
	$\triangle 4-2$	控制室防护门左侧表面 30cm	0.12
	$\triangle 4-3$	控制室防护门中间表面 30cm	0.09
	$\triangle 4-4$	控制室防护门右侧表面 30cm	0.11
	$\triangle 4-5$	控制室防护门下门缝表面 30cm	0.12
	$\triangle 5$	墙表面 30cm	0.09
	$\triangle 6$	墙表面 30cm	0.12
	$\triangle 7$	墙表面 30cm	0.10
	$\triangle 8$	墙表面 30cm	0.11
	$\triangle 9-1$	防护大门上门缝表面 30cm	0.12
	$\triangle 9-2$	防护大门左侧表面 30cm	0.10
	$\triangle 9-3$	防护大门中间表面 30cm	0.11
	$\triangle 9-4$	防护大门右侧表面 30cm	0.10
	$\triangle 9-5$	防护大门下门缝表面 30cm	0.12
	$\triangle 10$	墙表面 30cm	0.11
	$\triangle 11$	墙表面 30cm	0.12
	$\triangle 12$	墙表面 30cm	0.10
	$\triangle 13$	墙表面 30cm	0.12
	$\triangle 14$	楼上水处理间地面	0.09

续表 9 环境质量现状

续表 9-2 项目 DR、CT 机房现状监测结果统计表			
设备型号、位置 监测条件	点位编号	监测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
BTR—640 型 DR (综合大楼一层 放射学科); 摄 影: 91kV, 320mA (腰椎侧位)	$\triangle 1$	铅窗表面	0.12
	$\triangle 2$	工作人员操作位	0.11
	$\triangle 3$	墙表面 30cm	0.11
	$\triangle 4-1$	控制室防护门上门缝表面 30cm	0.15
	$\triangle 4-2$	控制室防护门左侧表面 30cm	0.10
	$\triangle 4-3$	控制室防护门中间表面 30cm	0.09
	$\triangle 4-4$	控制室防护门右侧表面 30cm	0.12
	$\triangle 4-5$	控制室防护门下门缝表面 30cm	0.11
	$\triangle 5$	墙表面 30cm	0.14
	$\triangle 6$	墙表面 30cm	0.11
	$\triangle 7$	墙表面 30cm	0.12
	$\triangle 8$	墙表面 30cm	0.10
	$\triangle 9-1$	防护大门上门缝表面 30cm	0.65
	$\triangle 9-2$	防护大门左侧表面 30cm	0.12
	$\triangle 9-3$	防护大门中间表面 30cm	0.13
	$\triangle 9-4$	防护大门右侧表面 30cm	0.11
	$\triangle 9-5$	防护大门下门缝表面 30cm	0.12
	$\triangle 10$	墙表面 30cm	0.12
	$\triangle 11$	墙表面 30cm	0.11
	$\triangle 12$	墙表面 30cm	0.10
	$\triangle 13$	墙表面 30cm	0.11
	$\triangle 14$	楼上库房地面	0.10

续表 9 环境质量现状

续表 9-2 项目 DR、CT 机房现状监测结果统计表			
设备型号、位置 监测条件	点位编号	监测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
新东方 1000 型 DR（住院大楼一 层体检中心）； 摄影：120kV， 320mA（胸片）	$\triangle 1$	铅窗表面	0.12
	$\triangle 2$	工作人员操作位	0.10
	$\triangle 3$	墙表面 30cm	0.11
	$\triangle 4-1$	控制室防护门上门缝表面 30cm	0.12
	$\triangle 4-2$	控制室防护门左侧表面 30cm	0.21
	$\triangle 4-3$	控制室防护门中间表面 30cm	0.12
	$\triangle 4-4$	控制室防护门右侧表面 30cm	0.17
	$\triangle 4-5$	控制室防护门下门缝表面 30cm	0.15
	$\triangle 5$	墙表面 30cm	0.17
	$\triangle 6$	墙表面 30cm	0.24
	$\triangle 7-1$	防护大门上门缝表面 30cm	1.26
	$\triangle 7-2$	防护大门左侧表面 30cm	1.97
	$\triangle 7-3$	防护大门中间表面 30cm	1.15
	$\triangle 7-4$	防护大门右侧表面 30cm	1.26
	$\triangle 7-5$	防护大门下门缝表面 30cm	0.86
	$\triangle 8$	墙表面 30cm	0.10
	$\triangle 9$	墙表面 30cm	0.12
	$\triangle 10$	墙表面 30cm	0.12
	$\triangle 11$	墙表面 30cm	0.10
	$\triangle 12$	墙表面 30cm	0.09
	$\triangle 13$	墙表面 30cm	0.10
	$\triangle 14$	楼上病房地面	0.10

续表 9 环境质量现状

续表 9-2 项目 DR、CT 机房现状监测结果统计表			
设备型号、位置 监测条件	点位编号	监测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
PLX112 型小 C 臂（综合大楼八 层手术室）； 40kV，1.0mA	$\Delta 1$	工作人员操作位	0.12

备注：以上监测数据均未扣除本底 $0.09\mu\text{Sv/h}$ 。

根据表 9-1、表 9-2 监测结果，本项目拟建直线加速器、后装机房内外环境地表 γ 辐射剂量率在 $83\sim 98\text{nGy/h}$ 之间，未见异常；DR、CT 及小 C 臂机在开机状态下机房外的空气比释动能率均低于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，机房辐射防护设施满足相应标准的要求。

表 10 环境影响分析

10.1 施工期环境影响分析

本项目放射治疗中心于 2014 年开始建设，并于 2014 年 12 月建成，机房均已建成并装修完毕，现已无施工期环境影响。且益阳市第四人民医院精神卫生疾病防治中心（即综合大楼）已于 2010 年 11 月进行环境影响评价工作，并已取得益阳市环保局的批复（见附件九，湘益环朝审【2010】25 号），因此，本次评价不作施工期环境影响及防治措施分析，也无施工期环境遗留问题。

10.2 射线装置营运期环境影响分析

10.2.1 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 1 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 6MeV。

直线加速器机房治疗室（不含迷道）内空几何尺寸：8.5m（长）×5.7m（宽）×4.1m（高）。直线加速器的主射方向为东西方向，其中机房五面墙均为混凝土结构。机房东、西墙主墙厚 250cm 混凝土，副墙厚 150cm 混凝土；北墙厚 150cm 混凝土；南面为直行迷道，迷道宽 180cm，高 4.1m，迷道内墙厚 100cm 混凝土，迷道外墙厚 150cm 混凝土；整个顶棚厚度均为 250cm。东墙上设置有防护门，防护门屏蔽厚度为 10mmPb。

机房的面积见表 1-4 所示。直线加速器机房的使用面积均满足相关标准要求。

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 10-1 所示。

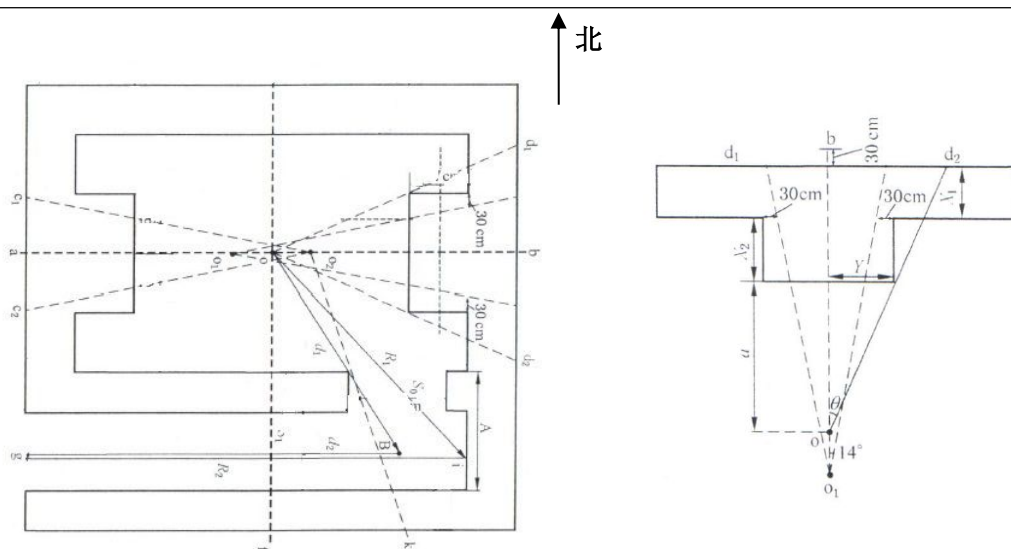


图 10-1 直线加速器机房平面布置参考示意图及计算参考点图

① 有效屏蔽厚度

$$X_e = X \cdot \sec \theta \quad (10-1)$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad (10-2)$$

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

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

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad (10-4)$$

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

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_c} \cdot \frac{R^2}{f} \quad (10-5)$$

续表 10 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_o \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (10-6)$$

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。

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 10-1 所示。

表 10-1 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	8.05 (O ₂ -a、O ₁ -b)	辐射源点至东西墙主屏蔽墙外关注点距离
		6.6 (O-l)	辐射源点至顶棚主屏蔽墙外关注点距离
		4.4 (O-e)	辐射源点至北墙侧屏蔽墙外关注点距离
		8.8 (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	37
	TVL	cm	33
90°泄露辐射	TVL ₁	cm	34
	TVL	cm	29

GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.1 查出

④ 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{\dot{H} \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)} \quad (10-7)$$

续表 10 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_c \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad (10-8)$$

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 。

表 10-2 与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙屏蔽厚度计算各参数表

参数	单位	取值	备 注
$\dot{H}_c$	$\mu\text{Sv/h}$	1.25	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_s	m	9.3 (O-d ₂)	辐射源点至主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外关注点距离
α_{ph}	/	0.00277	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	设备实际参数
TVL	cm	26	GBZ/T201.2—2011 附录 B 表 B.4 查出

⑤ 加速器 ($\leq 10\text{MeV}$) 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(10-9)计算:

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot \dot{H}_o \quad (10-9)$$

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 。

续表 10 环境影响分析

α_2 ——砼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;

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

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:

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

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, $\mu Sv \cdot m^2/h$

其值按 (10-6) 公式计算, 计算时迷路内墙的屏蔽透射因子按 (10-3) 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 (10-4) 估算防护门的铅屏蔽厚度。估算中, $TVL_1 = TVL$, $X_e = X$ (0° 入射)。在 g 处的散射辐射能量约 0.2MeV, 铅中的 TVL 值为 0.5cm。

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 $\dot{H}$ ($\mu Sv/h$) 按下式计算:

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

式中 $TVL=0.5cm$ (铅), 其余各符号的意义同式 (10-10)

2) 有用线束向迷路照射

在按式(10-9)估算有用线束向迷路照射散射时,有用线束边缘距入口处可能较近, 并且还存在迷路内墙的杂散辐射, 可增加 2 倍安全系数。

计算铅门的屏蔽厚度所用参数如下。

续表 10 环境影响分析

表 10-3 计算铅门屏蔽厚度所用参数表

参 数	单 位	取 值	备 注
R_1	m	7.42 (o-i)	计算出
S	m ²	11.48	实际设计内表面积
R_2	m	12.3 (i-g)	计算出
$\dot{H}_o$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	2.4×10^8	常用最高剂量率
α_{ph}	/	0.00139	散射因子, 从 GBZ/T201.2-2011) 第 2 部分附录 B 表 B.2 查出
α_2	/	0.0064	散射因子, 从 GBZ/T201.2-2011) 第 2 部分附录 B 表 B.6 查出

综上计算, 直线加速器机房各墙体屏蔽效能核实见表 10-5。

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 10-4。根据预测结果得出如下结论:

表 10-4 6MeV 医用电子直线加速器机房的核实结果 (混凝土 $\rho=2.35\text{g}/\text{cm}^3$)

墙体名称		计算点距离 (m)	计算厚度 (cm 混 凝土)	实际厚 度 (cm 混凝土)	实际厚度 下的瞬时 剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	是否满足 辐射屏蔽 要求
东西墙 (主屏蔽 墙)	东墙主射	8.05 (O ₁ -b)	210	250	0.13	是
	西墙主射	8.05 (O ₂ -a)	210	250	0.13	是
	副墙散漏射	9.3 (O-d ₂)	100	150	0.07	是
	带宽	/	312	320	/	是
迷道外墙 (南墙)	散漏射	7.7 (O-k)	110	150	0.07	是
迷道内墙 (南墙)	散漏射	8.8 (O-g)	95	100	1.56	是
北墙 (侧 屏蔽墙)	散漏射	4.4 (O-e)	130	150	0.42	是
顶棚 (主 屏蔽墙)	主射	6.6 (O-l)	215	250	0.19	是

续表 10 环境影响分析

防护门	散漏射	$R_1=7.42(o-i)$ $R_2=12.3$ (i-g)	3.84mmP b	10mmPb	0.501	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，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。

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 $1500\text{ m}^3/\text{h}$ 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，能满足环境空气质量标准。

10.2.2 III类 X 射线机环境影响分析

1、机房设计情况

根据建设单位提供的资料，其它 III 类射线装置机房情况如下：

综合大楼一层放射学科 DR 机房内空几何尺寸为：5.5m（长）×5.0m（宽）×2.9m（高），机房四周采用 40cm 页岩砖+3mm 硫酸钡结构；顶棚采用 15cm 混凝土结构+3mm 硫酸钡结构，墙体密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ；大小防护门及防护窗屏蔽厚度为 3.5mmPb，机房内设置排风装置。

小 C 臂机位于住院大楼八层层流手术室内，层流手术室按照国家相关标准要求
要求进行屏蔽设计，且内有相应的屏蔽防护以及相应的防护用品，且小 C 臂固

续表 10 环境影响分析

定使用位置为西侧的层流手术室，故此处不单独进行核算。

机房的面积见表 1-4 所示。III 类射线装置机房的使用面积均满足相关标准要求。

2、屏蔽防护效能核实

医院放射科使用的 X 射线装置均为诊断设备。根据《医用 X 射线诊断卫生防护标准》（GBZ130-2013）的要求：透视机房中有用线束方向和非有用线束方向墙体厚度铅当量均不小于 1mm 的防护厚度。

3、机房屏蔽效能核实

根据 GBZ130-2013 中表 D.4 中的数据进行换算得出：在 150kV 电压条件下，40cm 厚的实心页岩砖（ $\rho=1.65\text{g/cm}^3$ ）墙体屏蔽能力相当于 2.5mmPb；15cm 厚的混凝土（ $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ，非有用线束）墙体屏蔽能力相当于 2.0mmPb。因此，在现有设计条件下，III 类 X 射线装置机房四周墙体及顶棚的屏蔽能力能满足辐射防护要求。大小防护门均采用屏蔽厚度为 3.5mmPb。在此基础上，机房屏蔽体外的辐射剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，机房的屏蔽能力才能满足辐射防护的要求。

另外通过长沙市鹏悦环保工程有限公司于 2015 年 5 月 26 日对益阳市第四人民医院的放射学科 DR 机房工作时机房辐射环境现场监测数据可以看出，机房的各个监测点位空气比释动能率满足评价标准 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，四周墙体天棚、防护门和观察窗厚度均能满足辐射防护的要求。

4、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。根据医院实际情况，医院在放射学科 DR 射线诊断装置机房内在吊顶层安装了两个吸顶式换气扇，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，能满足环境空气质量标准。

10.3 密封放射源环境影响分析

1、机房设计情况

本项目后装机机房位于放射治疗中心，机房内空尺寸为 4.0m（长） $\times$ 5.0m（宽）

续表 10 环境影响分析

×4.1m（高），四周（南墙、西墙、北墙及迷道外墙）均采用为 60cm 混凝土结构，墙体密度为 2.35g/cm³；顶棚采用 160cm 混凝土结构，东面为 L 型迷道，迷道内墙采用 40cm 混凝土结构。东墙上设置有防护门，防护门屏蔽厚度为 6mm 铅当量。

机房的面积见表 1-4 所示。后装机房使用面积满足相关标准要求限值。

2、屏蔽防护效能核实

（1）密封源特性

¹⁹²Ir 辐射特性见下表：

表 10-5 ¹⁹²Ir 辐射特性表

名称	毒性	半衰期 (d)	衰变方式 (分支比, %)	射线平均能 量 (MeV)	照射率常数 (μGy•m ² /h•MBq)	比活度 (Bq/g)
¹⁹² Ir	中毒	74.2	β ^{-(95.22)} ε (4.78)	0.468	0.111	3.7×10 ¹¹

备注：*数据来源于IAEA47 号报告第108 页表20。换算后，照射率常数为0.48R · m²/h · Ci。

¹⁹²Ir 后装治疗机是放射源近距离治疗仪，屏蔽考虑γ射线对环境的影响。机房屏蔽效能核实时按放射源位于室内中心点周围 0.5m 范围内。除防护门散射计算外，其余均按主射线进行计算（散射的 TVL 按保守考虑，采用主射线的参数进行）。

（2）计算公式

①有用射线(主射线)

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

$$\dot{D}_o = \frac{A \times \Gamma \times 8.73 \times 10^{-3}}{R^2} \quad K_s = \frac{\dot{D}_o}{p}$$

$$\Delta s = TVL \times \log(K_s)$$

其中：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—放射源的活度（Ci）；

Γ—照射量率常数，R · m²/h · Ci；

8.73×10⁻³—转换系数（Gy/R）；

续表 10 环境影响分析

p—墙体外 30cm 处剂量控制值 (2.5μGy/h) ;

△s—屏蔽厚度 (cm) ;

TVL—屏蔽材料的十值层厚度 (混凝土 15.2cm, 铅 1.6cm, 数据来源
于 IAEA47 号报告第 109 页表 22) 。

②散射线

$$\dot{D}_s = \frac{a \times \dot{D}_o \times S}{r^2 \times R^2}$$

$$K_s = \frac{\dot{D}_s}{p}$$

式中: $\dot{D}_s$ —距源 R 米处散射线的空气比释动能率 (Gy/h) ;

a—散射系数;

$\dot{D}_o$ —无屏蔽时距源 1m 处的空气比释动能率 (Gy/h) ;

S—散射面积 (m²) ;

r—源到散射体的距离 (m) ;

R—考查点到散射点的距离 (m) 。

③散射能量

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

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 (约 45°) 。

3、屏蔽效能结果核实

后装治疗机房的屏蔽效能核实结果见表 10-6。

表 10-6 后装治疗机房屏蔽核算结果表

墙体名称	计算参数	计算厚度 (cm)	实际厚度 (cm)	建议厚度 (cm)	建议厚度下的瞬 时剂量(μSv/h)
东墙 (迷道内)	r=6.4m (主)	39.6	40	40	2.34

续表 10 环境影响分析

墙)						
西墙		r=2.85m (主)	50.4	60	60	0.58
南墙		r=3.3m (主)	48.5	60	60	0.44
北墙		r=3.3m (主)	48.5	60	60	0.44
东 墙	总厚	r=4.87m (主)	43.3	100	100	0.00047
	迷道外墙	/	/	60	60	
	迷道外墙外 不重叠部分	r=5.87m	40.8	60	60	0.14
顶棚		r=6.0m	40.6	160	160	--
铅门		r=4.02m, R=5.75m, S=1.62×4.1m ²	5.1mmPb	6mmPb	6mmPb	1.68

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

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

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

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

4、机房内通风

后装机机房需要良好的通风，以降低臭氧及氮氧化物等有害气体浓度。根据现场踏勘实际情况，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 $800\text{ m}^3/\text{h}$ 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

续表 10 环境影响分析

经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，加上 O₃ 的分解时间不到 10 分钟，能满足环境空气质量标准。

5、放射源运输和放射性固体废物环境影响分析

¹⁹²Ir 放射源的运输由生产厂家负责运输，其运输应严格按照《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求操作。

后装机运行时无放射性废气、废水产生，放射性废弃物为更新后换下的 ¹⁹²Ir 密封源。¹⁹²Ir 放射源由放射源生产单位负责运输，放射设备损坏或者放射源退役后，须有资质的检测公司进行辐射检测后，设备按照有关规定进行退役，放射源由厂家统一回收或者送交至省城市放射性废物库统一处置，同时，医院应做好放射源的日常管理台账等工作。

10.4 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：1 间直线加速器机房、1 间后装机房、1 间 DR 机房以墙体和防护门为界的治疗和诊断室。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 1 间直线加速器机房、1 间后装机房、1 间 DR 机房的各辅助用房及其周围临近区域，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

10.5 拟建项目对周围环境影响评价

10.5.1 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：

$$H_{\text{Er}}=H(10)\times T\times t\times 10^{-3} \quad (10-23)$$

式中：H_{Er}—X 或 γ 射线外照射人均年有效当量剂量，mSv；

H(10)—X 或 γ 射线空气吸收剂量率，μSv/h；

T—居留因子；

续表 10 环境影响分析

t —X 或 γ 射线照射时间, h;

10.5.2 各机房附加年有效剂量估算

(1) 加速器所致剂量估算

本项目使用的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, 加速器每周治疗 100 个患者, 平均每个患者约 2 个照射野 (1 个野次约 2min), 每野平均 2Gy, 周工作负荷约为 400Gy, 则 1 台直线加速器年有效开机时间约为 333h。放射性工作人员附加年有效剂量取表 10-4 中操作室 (东墙) 0.13 μ Sv/h 进行估算, 非放射性工作人员附加年有效剂量取表 10-4 中门口剂量率 0.013 μ Sv/h 进行估算。

(2) III类射线装置所致剂量估算

医院III类射线装置放射性工作人员附加年有效剂量放射学科 DR 机房取表 9-2 中工作人员操作位现状监测数据 0.11 μ Gy/h, 非放射性工作人员附加年有效剂量放射学科 DR 机房取表 9-2 中防护大门中间表面 30cm 处 0.13 μ Gy/h。

(3) 后装机所致剂量估算

本项目使用的后装治疗机的有效开机时间每年工作按 50 周计, 每周治疗 100 个患者, 每个患者应用放射治疗的有效时间一般为 10min 左右, 本次环评以 10min 计, 则后装机年有效工作时间为 833.3h。放射性工作人员 (不包含为病人摆位工作人员) 附加年有效剂量取表 10-6 中操作室 0.44 μ Gy/h 进行估算, 非放射性工作人员附加年有效剂量取表 10-6 中防护大门口 0.14 μ Gy/h 进行估算。

工作人员对后装机治疗患者进行摆位时, 距离贮源容器表面 5cm、1m 处的空气比释动能率分别为 100 μ Gy/h、10pGy/h (GBZ121-2002 国家标准规定), 根据医院提供数据, 后装机操作人员停留在贮源容器表面 0.5m、1m 处的时间均为 2min, 本次环评 0.5m、1m 处的空气比释动能率分别取值 25 μ Gy/h、10pGy/h。

(4) 核实建筑屏蔽效能采用的有关参数

表 10-7 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

本项目各射线装置剂量估算结果下表 10-8。

续表 10 环境影响分析

表 10-8 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 ($\mu\text{Sv/h}$)	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	333	0.13	1	放射工作人员	0.04
			0.013	1/4	非放人员、公众成员	0.001
2	后装机	833.3	0.44	1	放射工作人员	0.365
			0.14	1/4	非放人员、公众成员	0.03
		167	25	1/4	机房摆位工作人员	1.04
			0.01	1		
3	放射学科 DR	20.8	0.11	1	放射工作人员	0.0023
			0.13	1/4	非放人员、公众成员	0.00068

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 10-17 可知，放射工作人员最大年有效剂量值为 $1.04+0.04=1.08\text{mSv/a}$ （放疗中心），小于本评价剂量管理目标值 2mSv/a ，但是此值偏高，本次环评建议机房摆位工作由至少 2 人以上轮流工作，且要做好日常防护工作；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 $0.001+0.03=0.031\text{mSv/a}$ ，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 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。

根据医院提供的现有防护用品清单，结合本项目实际情况，医院现有的防护用品已经不能满足本次项目的需求了，因此，本次环评建议建设单位根据要求在原有的防护用品基础上新增相应的防护用品以满足要求，医院现有防护用品及拟须新增的防护用品见附件八。

10.6 对敏感点的影响分析

续表 10 环境影响分析

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，后装治疗机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南侧 50m 以外的商住楼，后装机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。

表 11 产业政策符合性分析

11.1 选址及平面布局合理性分析

11.1.1 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值。

（1）根据医院提供的资料和评价单位现场踏勘，新建机房场地内未发现滑坡、坍塌、地裂等不良地质灾害现象，场地现状稳定性好，水文地质条件简单。

（2）根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目建设。

（3）本项目放射治疗中心用房相对独立，南侧、西侧、北侧均为山坡，远离人群聚集区；东侧为操作间、机器房及候诊厅，机房上面为院区主干道，直通特殊病住院楼。

（4）综合大楼放射学科 DR 机房在设计各设备机房时充分考虑到辐射工作人员和公众成员的安全问题，机房设计在楼层的一侧，各设备均有专属机房，布局考虑了辐射防护的三原则。外围环境停车场及山坡，内环境为楼梯、走廊、均是人员停留较少的场所。

（5）本项目机房均远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射、废水、废气、固体废物等均得到有效治理，达标排放对环境的影响小。

从环境保护角度分析，本项目选址可行。

11.1.2 辐射工作场所整体布局合理性

本项目辐射工作场所包括放射治疗中心机房、综合大楼放射学科 DR 机房，医院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，既方便病人就医又有利于采取相应的辐射防护措施。放射治疗各设备均设置了机房和控制室；放射治疗中心功能用房既相对独立又在不防治交叉污染的前提下方便病人就医。

表 11 产业政策符合性分析

综上所述，整体布局合理。

11.2 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目的建设对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目营运以后，将为病人提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

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

11.3 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）鼓励类中第六小类——核能中的同位素、加速器及辐照应用技术开发项目，符合国家产业政策。

表 12 辐射防护与安全措施

本项目直线加速器机房、后装机房均已建成，未运行；其它Ⅲ类 X 射线装置机房已建成，已运行。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：

12.1 直线加速器辐射防护与安全措施

12.1.1 机房的防护

(1) 如表 10-4 中对直线加速器机房现有设计方案的核算可知，直线加速器各墙体屏蔽防护能力满足墙体外 30cm 处剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。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 (2.35g/cm^3)，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) 机房应设置好通风装置，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，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。

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

续表 11 辐射防护与安全措施

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；此外机房防护门内设置人工紧急停机及开门按钮。

12.1.2 安全操作及管理措施

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

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

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

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

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

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

(7) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

12.2 后装机房辐射防护与安全措施

(1) 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设置有一定厚度的屏蔽盖板，不影响机房的屏蔽能力。

(2) 治疗室和控制室之间安装有监视和对讲设备。

(3) 现有墙体的屏蔽能力能满足辐射防护的要求，该结论是在医院提供的现有机房墙体混凝土密度能满足 2.35g/cm^3 的基础上得出的。若现有墙体密度无法保证，则计算结果可能有偏差。

(4) 新购设备应与防护门联锁，在防护门未关闭时，放射源不能出来。迷

续表 11 辐射防护与安全措施

道内设置紧急停机、开门按钮。安装应急开门装置。

(5) 医院应确保机房的施工质量。

(6) 新购放射源必须有生产厂家提供的说明书及检验证书。说明书应载明放射源编号、核素名称、化学符号、等效活度、表面污染与泄漏检测日期和生产单位名称等。放射源使用前必须有法定计量机构认可的参考点空气比释动能率，其总不确定度不大于 $\pm 5\%$ 。

(7) 设备安装后使用前，应要求设备供货商提供满足标准要求的设备表面剂量监测报告。

(8) 治疗室内应安装剂量监测设备、剂量报警设备。其中剂量监测值应在控制室控制台上显示，超过剂量控制值后有剂量报警装置报警。

(9) 设备的安装、放射源的运输和安装均由有资质的单位负责，医院仅提供辅助设施的安装条件。

(10) 退役放射源必须及时退还原生产厂家或者运送至省城市放射性废物库集中处置，并办理相关的环保手续。

(11) 防护门的屏蔽能力须满足本评价提出的建议厚度要求。

12.3 III类 X 射线装置辐射防护与安全措施

12.3.1 机房现有的防护

(1) 合理的设置了机房的门、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）满足相应照射方向的屏蔽要求。

(2) 机房均设有观察窗，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

(3) 机房内布局要合理，避免了有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

(4) 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，灯箱处应设警示标句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和机房相通的门能有效联动。

12.3.2 机房需新增的防护

续表 11 辐射防护与安全措施

(1) 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。

(2) 每台 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。

12.3.3 现有安全操作及管理措施

(1) 辐射工作人员熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律法规知识培训。

(2) 根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。

(3) 合理选择各种操作参数，在满足医疗诊断的条件下，确保在达到预期诊断目标时，患者和受检者所受到的照射剂量最低。

(4) X 射线机曝光时，必须关闭与机房相通的门。

(5) 基本制度张贴上墙。

12.3.4 需新增的安全操作机管理措施

(1) 完善相关规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

表 13 安全管理

13.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

13.1.1 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，监测数据定期上报益阳市环境保护局备案。

（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。

13.1.2 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防护领导小组负责辐射防护安全工作，包括了 1 名副组长，7 名成员（详见附件四）。

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 13 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带个人剂量报警仪，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 13 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 13 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。

13.1.3 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；

13.2 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 DR 及 CT 机房已有的工作人员情况见下表 13-1。

表 13-1 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	放射工作证号
1	喻晓宏	男	本科	放射诊断	13007053	2014.4 培训	20104277
2	曾江	男	大专	放射诊断	13001002	2014.2 培训	20104009
3	简颂	男	大专	放射诊断	13001004	2014.4 培训	20104013
4	黄耀齐	男	大专	放射诊断	13001005	2014.4 培训	20104010
5	龙兰	女	本科	放射诊断	13001006	过期未培训	20104011

由上表可知，医院现有放射工作人员共 5 人，基本满足现有放射设备的运行要求。其中还有 1 人过期未进行辐射安全与防护培训，本环评要求医院组织未进行培训的人员以及拟新增辐射工作人员进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，并取得合格证，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗。

续表 13 安全管理

同时，取得培训合格证的人员，医院应每四年组织一次复训。

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，至少需要新增 3~4 名以上辐射工作者，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。

13.3 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

续表 13 安全管理

超出本评价提出的剂量约束限值，但是，编号为 1049、1056 的剂量计出现了季度为 1.08mSv、1.16mSv 的偏大值，经过调查，这两个个人剂量计检测值偏大是因为相应的工作人员将个人剂量计遗忘在射线机房内，受到了额外照射，本次环评建议放射科管理人员做好工作人员日常管理，避免此种情况的再次发生，同时，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，由体检报告可知，辐射工作人员身体素质良好。

13.4 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 13-2。

表 13-2 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
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	放射工作人员应参加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。
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。
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护用品。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检维修制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案	已制定有相关制度。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定《辐射事故应急预案》，并定期演练

13.5 辐射监测

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

医院必须配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对医院使用的各射

续表 13 安全管理

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。

13.5.1 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。

13.5.2 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 13-3 所示。

表 13-3 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
放射工作人员	个人剂量	每年度（三个月为一周期，一年监测 4 次）	2mSv/a
射线装置机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	空气比释动能率	一年一次	2.5 μ Sv/h

续表 13 安全管理

周围环境	空气比释动能率	一年一次	参照湖南省环境 地表 γ 辐射剂量 率
------	---------	------	----------------------------------

13.6 辐射安全保证与辐射事故应急预案

13.6.1 辐射安全保证

1、辐射相关管理制度

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）：

《科主任职责》、《辐射工作安全防护管理制度》、《射线装置操作室规章制度》、《后装治疗机房操作管理制度》、《直线加速器机房安全操作管理规程》、《放射安全操作规程》、《 ^{192}Ir 放射源的操作与管理制度》、《辐射工作人员个人计量管理制度》、《设备维修保养制度》、《辐射事故应急预案》、《放射性事故管理制度》、《放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 第 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。

（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。

续表 13 安全管理

(4) 本项目建成后, 应按照相关规定到行政部门办理《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。

13.6.2 辐射潜在事故风险

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。

(1) 事故分析及处理对策

1) 直线加速器、后装治疗机机房安全联锁装置失效

分析: 由于未及时检修, 门机联锁、门灯联锁等联锁装置失效, 门处于半开启状态, 直线加速器、后装治疗机仍能运行, 人员进入直线加速器、后装治疗机机房而受到照射。

防治措施: 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、门-灯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、后装治疗机治疗时, 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离辐照室。

防治措施: 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

不了解直线加速器、后装治疗机、一般放射诊疗设备的基本性能和结构, 缺乏操作经验; 缺乏防护知识, 安全观念淡薄、无责任心; 治疗计划错误(治疗过

续表 13 安全管理

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:辐射工作人员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。

4) 后装机放射源卡源

治疗过程中,放射源发生卡源现象,放射源不能回到贮存容器中。

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

5) 后装治疗机放射源脱落

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

防治措施:换源或装源必须由有资格的专业人员进行。做好换装源程序和一切准备工作,工作人员必须佩带辐射监测仪器,穿戴防护衣帽,疏散周围人员。严格加强¹⁹²Ir放射源的安全管理,严格按照规定的实施方案进行换装源,确保环境和人员安全,杜绝事故(事件)发生。换源等工作应严格按照操作规程来,将换出来的放射源或者即将换进去的放射源放在规定的位置,防止无关人员不认识而随意拿走。另外在从事上述工作时,应对现场进行清场,确保无关人员不在辐射工作区域内活动。

6) 医疗照射不正当化

滥用射线装置对病员进行诊断、治疗,造成病员受到不必要的照射。

对策: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X射线诊疗。

续表 13 安全管理

7) 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。

对策: 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。

8) 工作人员业务技能不高

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

对策: 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。

(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 (直线加速器、放射诊疗设备) 和无屏蔽的情况下 (后装治疗机放射源为裸源) 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。

(3) 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; 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。

续表 13 安全管理

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

13.7 应急报告程序

一般报告程序为：发现者报告给医院辐射事故应急工作小组成员，由其向市公安局、市环保局，并同时向省环保厅报告，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下：

辐射安全管理办公室电话：13117575322 13617373121

院总值班室电话：18973731160

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

益阳市第四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。

续表 13 安全管理

表 13-4 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、楼上层离地 1m 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： $\geq 45\text{m}^2$ 单管头 X 射线机房 $>20\text{m}^2$ ，最小单边长度 $\geq 3.5\text{m}$ 后装机治疗室面积 $\geq 20\text{m}^2$	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	放疗室配备放射治疗医生、物理师、维修人员	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：DR 机房铅衣、铅帽、铅眼镜、铅帘、病人防护用品等	GBZ130-2013
7	辐射安全防护措施	①直线加速器机房、后装机房、DR 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、后装室、DR 机房设置门机联锁，并在门上设置有声、光报警，后装治疗室内应设置使放射源迅速返回贮源器的应急开关与放射源监测器；DR 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、后装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 GBZ121-2002
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	放射性固废	建立放射性固废使用登记台账，制定放射源退役后的防治措施（返回原厂回收或是送至省放射性废物库）	落实

表 14 结论及建议

14.1 结论

14.1.1 项目概况

为提高医院对疾病诊疗能力和医院竞争力，益阳市第四人民医院投资 XXX 万元新增核技术利用扩建项目，本次环评项目包含 6MeV 直线加速器 1 台，属于 II 类射线装置，后装机 1 台（放射源铱-192，III 类放射源），DR1 台以及小 C 臂 1 台，属于 III 类射线装置。其中，放射治疗中心（直线加速器机房及后装机房）基建工程已经完成；DR 及小 C 臂均已投入使用。本次项目属于补办环评。

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。

14.1.2 实践正当性分析

医院放射性同位素的应用、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。

14.1.3 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）鼓励类中第六小类——核能中的同位素、加速器及辐照应用技术开发项目，符合国家产业政策。

14.1.4 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，达标排放对环境的影响小。从环境保护角度分析，项目选址可行。

2、布局合理性分析

本项目布局在发挥核技术利用扩建项目诊疗疾病的优势的前提下，也便于工

续表 13 结论及建议

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。

14.1.5 环境影响分析结论

1、墙体屏蔽的辐射防护

根据本项目各放射治疗机房墙体屏蔽能力的核实结果：

(1) 根据医院提供的资料进行核算，直线加速器机房内空几何尺寸：8.5m（长）×5.7m（宽）×4.1m（高）。直线加速器的主射方向为东西方向，其中机房五面墙均为混凝土结构。机房东、西墙主墙厚 250cm 混凝土，副墙厚 150cm 混凝土；北墙厚 150cm 混凝土；南面为直行迷道，迷道宽 180cm，高 4.1m，迷道内墙厚 100cm 混凝土，迷道外墙厚 138cm 混凝土；顶棚主墙厚 250cm。东墙上设置有防护门，防护门屏蔽厚度为 10mmPb。按照现有建设厚度进行建设后，机房四周墙体和防护门外的辐射剂量率均小于 2.5μSv/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。

(2) III类射线装置（放射学科 DR）机房四周采用 40cm 页岩砖结构+3mm 硫酸钡；顶棚采用 15cm 混凝土+3mm 硫酸钡结构，大小防护门及防护窗屏蔽厚度为 3.5mmPb，机房内设置排风装置。按照现有建设厚度进行建设后，，机房四周墙体和防护门外的辐射剂量率均小于 2.5μSv/h，对屏蔽 X 射线是安全的符合《医用 X 射线诊断卫生防护标准》（GBZ130—2013）的要求以及《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。

(3) 后装机房四周（南墙、西墙、北墙及迷道外墙）均采用为 60cm 混凝土结构，墙体密度为 2.35g/cm³；顶棚采用 160cm 混凝土结构，东面为 L 型迷道，迷道内墙采用 40cm 混凝土结构。东墙上设置有防护门，防护门屏蔽厚度为 6mm 铅当量。按照现有建设厚度进行建设后，机房四周墙体和防护门外的辐射剂量率均小于 2.5μSv/h，对屏蔽 γ 射线是安全的符合《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。

2、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：1间直线加速器机房、1间后装机房、1间DR机房以墙体和防护门为界的治疗和诊断室。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1间直线加速器机房、1间后装机房、1间DR机房的各辅助用房及其周围临近区域，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

3、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（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。

14.1.6 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。

续表 14 结论及建议

14.1.7 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，益阳市第四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。益阳市第四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。

14.2 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。

14.3 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、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，并按规定办理《辐射安全许可证》。

5、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 放射治疗中心、综合大楼环境保护目标图
- 附图五 放射治疗中心平面布置图
- 附图六 综合大楼一层平面布置图
- 附图七 直线加速器机房及后装机房平面布置图
- 附图八 直线加速器机房及后装机房剖面图
- 附图九 放射学科射线装置机房平面布置图

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】97、98 号
- 附件四 辐射领导小组成立文件
- 附件五 个人剂量计检测报告及培训证
- 附件六 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 现有防护用品及须新增防护用品清单一览表
- 附件九 精神疾病中心（即综合大楼）环评批复（湘益环朝审【2010】25 号）
- 附件十 关于益阳市第四人民医院辐射安全许可证的说明

附表

- 附表一 建设项目环境影响评价审批登记表