

表 1 项目基本情况

项目名称	华容县人民医院核技术利用扩建项目				
建设单位	华容县人民医院				
法人代表	XXX	联系人	XXX		
通讯地址	华容县城关镇解放路 19 号				
联系电话	XXXX	组织机构代码	44628043—0	邮政编码	414200
项目地点	华容县华站路（原农科所处）				
立项审批部门	岳阳市发展和改革委员会		批准文号	岳发改审【2015】62 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)	XXXX	投资比例	5%
项目性质	☐ 新建 ☐ 改建√扩建 ☐ 其它			占地面积 (平方米)	
应用类型	放射源 (类别)	非密封放射性物质工作场所 (等级)	射线装置 (类别)		其它
	/	/	II 类（3 台） III 类（10 台）		/
项目概述（建设单位的简要情况、占地面积、规模和任务的由来） 1.1 建设单位概述 华容县人民医院建院于 1939 年，经过七十多年的发展，目前已成为一所集医学、教学、科研、保健、康复为一体的“二级甲等”综合性医院，医院现有副高级集以上职称的医务人员 91 人，其中正高级职称医务人员 13 人，岳阳市相关专业县级首席专家 6 人，目前开放病床 650 人，设有内科、颅脑外科、泌尿外科、妇科、产科、肝胆外科、儿科、五官科、普外科、骨外科、医学影像科等十二个诊疗科室。 1.2 项目由来 随着华容县地区经济的不断发展，其现有医疗卫生设施已不能适应经济发展的需要。华容县人民医院拟整体搬迁至新建院区，新建院区已经开展了环境影响评价并取得了批准书，医院原有设备拟从原院区搬迁至新建医院大楼机房继续使用，已经开展了环境影响评价，并取得辐射安全许可证：湘环辐证[00800]，本项目对已有 X 射线装置不再评价。					

续表 1 项目基本情况

为更好的服务华容县人民群众，华容县人民医院拟开展“华容县人民医院核技术利用扩建项目”，项目选址在新院区内，其中新增设备有Ⅱ类射线装置 3 台、Ⅲ类射线装置 10 台。为保护环境、保障工作人员和公众成员的健康，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关规定和要求，本项目应该开展环境影响评价，评价形式为环境影响评价报告表，华容县人民医院委托重庆宏伟环保工程有限公司承担“华容县人民医院核技术利用扩建项目”的环境影响评价工作。本项目的土建部分评价已在《华容县人民医院环境影响报告书》中做了评价，本项目仅对设备安装和辐射防护进行评价。评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照国家对伴有辐射项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目的辐射环境影响报告表。

1.3 医院现有放射科情况

华容县人民医院现有 4 台Ⅲ类射线装置的搬迁已进行了环境影响评价，并取得辐射安全许可证：湘环辐证[00800]，具体情况见表 1-1，医院上述设备已经搬迁进入新址，暂未开始运行，设备所在机房均按照环评内容进行建设。

表 1-1 医院现有射线装置情况一览表

序号	射线装置/放射源	厂家/型号	类别	数量 (台)	用途	备注	是否为本评价内容
1	双排螺旋 CT	德国西门子	Ⅲ类	1	摄影	搬至医技楼一层	否
2	DR	荷兰飞利浦	Ⅲ类	1	摄影	搬至医技楼一层	否
3	DR	北京万东	Ⅲ类	1	摄影	搬至医技楼一层	否
4	小 C 臂	GE 南京新宇	Ⅲ类	1	摄片	搬至医技楼五层手术室	否

1.4 新建项目情况

“华容县人民医院报告书”对医院土建工程、给排水工程、土石方工程、绿化等施工期及运营期的废水、废气、固废进行了详细的评价。

随着华容县人民医院建设项目工作的顺利进展（目前住院楼主体已建成），医院拟新增 13 台 X 射线装置，其中：医技楼一层新增 2 台 DR、1 台胃肠机、1 台 CT、1 台 DSA；五层手术室新增 1 台小 C 形臂；门诊楼二层新增 1 台数字化全景 X 光机，三楼新增 1 台 DR、1 台钼靶机、1 台骨密度仪；在医院的东面距离住院楼约 30m 处放疗中心新增 2 台直

续表 1 项目基本情况

线加速器和 1 台 CT 定位机，医院现有设备部分已经进行了现场安装，暂未投入使用，本次评价主要为完善其环保手续，医院在未取得环评批复之前本次评价内容中的设备不得运行。

综上所述，本项目主要评价内容为新增的 II 类射线装置 3 台、III 类射线装置 10 台，见表 1-2。

表 1-2 医院新增射线装置情况一览表

序号	射线装置	厂家/型号	管电压 (kV) / 输出电流(mA)	类别	位置	用途	备注
1	高端多层螺旋 CT 系统	德国西门子 SOMATOM Definition AS 128 层	140kV/666mA	III	医技楼一层	放射诊断	新购
2	全数字化通用平板血管造影系统 (DSA)	德国西门子 Artis zee III ceiling	125kV/1000 mA	II	医技楼一层	介入放射学	新购
3	多功能数字 X 射线诊断设备 (胃肠机)	德国西门子 Luminos Select	150kV/800mA	III	医技楼一层	放射诊断	新购
4	单板悬吊式数字放射成像系统 (DR)	德国西门子 Multis Fusion	130kV/800mA	III	医技楼一层	放射诊断	新购
5	移动式 X 射线摄影机 (移动 DR)	西班牙 SEDEC AL\SM-50H	150kV/500mA	III	医技楼一层	放射诊断	新购
6	单板数字放射成像系统 (DR)	德国西门子 Multis Slect DR	130kV/550mA	III	门诊楼三层	放射诊断	新购
7	数字乳腺 X 射线系统 (钼靶机)	深圳圣诺 Navigator DR Mammography	110kV/35mA	III	门诊楼三层	放射诊断	新购
8	数字化双能 X 射线骨密度仪	美国诺兰德 Nor lan xr-600	60kV/100mA	III	门诊楼三层	放射诊断	新购
9	数字化全景 X 光机	芬兰 英迈杰 OC200D	60kV/85mA	III	门诊楼二层	放射诊断	新购
10	C 形臂 X 射线成像系统 (小 C 臂机)	GE 北京 OEC715	60kV/110mA	III	医技楼五层	放射诊断	新购
11	CT	待定	140kV/666mA	III	医院住院部 东面约 30m 处 放疗中心负一层	CT 定位	新购
12	直线加速器	待定	10MV	II		放射治疗	新购
13	直线加速器	待定	10MV	II			

续表 1 项目基本情况

1.5 拟建项目与原有工程的依托关系

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，项目组成及其与医院的依托情况见下表 1-3。

表 1-3 拟建项目组成及依托关系

序号	项目	组成	新建/依托	备注
一	主体工程			
1	医学影像科	II、III 类射线装置用房（直线加速器：加速器机房、控制室、设备间、水冷机房，DSA：控制室、准备室，DR 等射线装置机房、控制室）	依托	医院门诊楼、住院楼、医技楼及放疗中心
二	公用工程			
1	供配电	院内供配电系统	依托	/
2	通风	空调通风	新建	/
三	其它			
1	辐射工作人员	设备操作人员、医生、技师、物理师、护士等	/	现有 30 人，放疗中心拟新增 10 人

表 2 放射源

核素名称	活度 (Bq)	放射源编码	贮存地点
无	无	无	无

表 3 非密封放射性物质

核素名称	物理、化学性状	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	操作方式	贮存方式与地点
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

型号	生产厂家	加速粒子	能量(MV)	流强(A)/剂量率	用途	备注
直线加速器 (型号待定, 2台)	待定	电子	5~15	/	医用治疗	住院楼东面约30m 放疗中心负一层
废物类型	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	kg				

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

型号	管电压(kV)	输出电流(mA)	用途	备注
高端多层螺旋 CT 系统	140kV	666mA	放射诊断	医技楼一层
全数字化通用平板血管造影系统 (DSA)	125kV	1000mA	介入放射学	医技楼一层
多功能数字 X 射线诊断设备 (胃肠机)	150kV	800mA	放射诊断	医技楼一层
单板悬吊式数字放射成像系统 (DR)	130kV	800mA	放射诊断	医技楼一层
移动式 X 射线摄影机 (移动 DR)	150kV	500mA	放射诊断	医技楼一层
单板数字放射成像系统 (DR)	130kV	550mA	放射诊断	门诊楼三层
数字乳腺 X 射线系统 (钼靶机)	110kV	35mA	放射诊断	门诊楼三层
数字化双能 X 射线骨密度仪	60kV	100mA	放射诊断	门诊楼三层
数字化全景 X 光机	60kV	85mA	放射诊断	门诊楼二层

续表 4 射线装置

[illegible]

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

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 X 射线装置机房边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

6.2 保护目标

6.2.1 环境保护敏感点

本项目新增设备拟设在华容县人民医院新院区内医技楼、门诊楼及放疗中心。医院总体用地为医疗用地。

医院外环境：目前医院新址已开工建设，红线范围内已场平，周边 50m 规划为市政道路，无敏感建筑物。医院所在地卫星图见附图 2，医院总平面布置图见附图 3。

医院新增 X 射线装置分布在医院的医技楼、门诊楼、住院楼及医院住院楼东面 30m 处的放疗中心。

本项目拟购的设备中医技楼一层西部有 1 台 CT、1 台胃肠机、1 台 DR，四周主要敏感点为 DR 机房南部医生办公室及值班室、东部候诊大厅、楼下为车库、楼上为药房，医技楼一层西部内部均为 X 射线装置的机房和控制室；新购的 DSA 设置在医技楼东部，机房东面为控制室和准备间、西面为设备间、南面为消毒工艺室、北面为楼外空地；医技楼五层手术室新购 1 台小 C 臂机，位于手术室东北角，西面和南面均为手术室，东面和北面是楼外，楼下为诊室；门诊楼二层东部新增 1 台牙科全景机，机房东面和西面均为诊室，北面为走廊，南面为楼外；门诊楼三楼东部集中布置 1 台 DR 机、1 台钼靶机和 1 台骨密度仪，机房北面均为走廊，东面为诊室，西面为通道，南面为楼外，楼下为诊室，楼上为理疗区；放疗中心单独设置在医院住院部西面约 30m 处，为-1F/2F 建筑，直线加速器和 CT 定位机房设置在-1F，楼上为物理室、模具室、技师室、医师室等，-1F 四周均为泥土层。

X 射线装置周围的敏感目标主要为医院内部的药房、病房、医生办公室、仓库、停车库等。医院的 X 射线机房楼层平面布局图见附图 4~附图 8。

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 项目环境敏感点一览表

项目名称	敏感点名称	方向	距离	环境特征
医技楼一层西部 X 射线装置	医生办公室及值班室	南面	紧邻	约 15 人
	候诊大厅	东面	紧邻	约 100 人
	车库	楼下	紧邻	约 10 人
	药房	楼上	紧邻	人员短暂停留, 约 100 人
医技楼一层东面 DSA 介入室	控制室、等候间	东	紧邻	约 20 人
	设备间	西	紧邻	/
	消毒工艺室	南	3m	约 5 人
	车库	楼下	紧邻	人员短暂停留, 约 100 人
	诊室	楼上	紧邻	约 20 人
医技楼五层手术室 C 形臂	手术室	西	紧邻	约 10 人
	手术室	南	5m	约 10 人
	诊室	楼下	紧邻	约 10 人
门诊楼二层 X 射线全景机房	诊室	楼下	紧邻	约 10 人
	诊室	东	紧邻	约 10 人
	诊室	西	紧邻	约 10 人
门诊楼三层 X 射线装置	诊室	东	紧邻	约 30 人
	诊室	楼下	3m	约 30 人
	理疗区	楼上	紧邻	20 人
放疗中心负一层 CT 机	控制室	西	紧邻	5 人
	候诊大厅	北	紧邻	10 人
	办公室	楼上	紧邻	5 人
直线加速器	控制室、设备间	东	紧邻	2 人
	楼梯间、电梯厅	北	紧邻	2 人
	泥土层	南	/	/
	泥土层	西	/	/
	配套用房	楼上	紧邻	5 人
直线加速器	控制室、设备间	东	紧邻	2 人
	楼梯间、电梯厅	南	紧邻	2 人
	泥土层	北	/	/
	泥土层	西	/	/
	配套用房	楼上	紧邻	5 人

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

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

①剂量限值

第 4.3.2.1 款, 应对个人受到的正常照射加以限值, 以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情

续表 6 保护目标与评价标准

况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a)由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv 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：

a)年有效剂量，1mSv。

根据本项目情况和环保厅的相关要求，确定本项放射工作人员管理目标值为 2mSv；考虑从事介入治疗的放射工作人员需要在设备曝光情况下在床旁操作，其年管理目标值为 4 mSv；取公众照射的十分之一，即 0.1mSv 作为公众成员剂量管理目标值。

(2)《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)

1 范围

本标准适用于标称能量在 50MeV 以下的医用电子加速器的生产和使用。

.....

5 加速器的放射防护性能要求

.....

5.3 在患者平面外的辐射防护要求

.....

5.3.4 终止照射后感生放射性的防护

5.3.4.1 此要求仅适用于电子能量超过 10MeV 的设备。

5.3.4.2 在规定的最大吸收剂量率下，进行 4Gy 照射，以间歇 10min 的方式连续进行 4h 后，在最后一次照射终止后的 10s 开始测量，测得感生放射性的周围剂量当量 H° (d)，且应满足下列要求：

1) 累积测量 5min，在离外壳表面 5cm 任何容易接近处不超过 10 μ Sv，离外壳表面 1m 处不超过 1 μ Sv；

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

续表 6 保护目标与评价标准

5.3.4.3 在离外壳表面 5cm 和 1m 测量时，应分别在不大于 10cm^2 和 100cm^2 的面积取平均值；X 线模式取其最高能量，电子模式时取产生最大吸收剂量的电子照射能量；照射野取 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ ；记录其方法、条件、结果和测量位置。

.....

6 治疗室防护和安全操作要求

6.1 治疗室的防护要求

6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB18871 的要求，保障职业场所和周围环境安全。

6.1.2 有用线束直接投照的防护墙（包括顶棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T201.1 的要求。

6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

6.1.5 X 射线标称能量超过 10MeV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。

6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m^2 。

6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门必须与加速器联锁。

6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的辐射指示灯及辐射标志。

6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

6.2 安全操作要求

6.2.1 加速器使用单位应配备工作剂量仪、水箱等剂量测量设备，并应配备扫描剂量仪、模拟定位机等放射治疗质量保证设备。

6.2.2 使用单位应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。

6.2.3 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。

6.2.4 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。

6.2.5 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

续表 6 保护目标与评价标准

止操作人员擅自离开岗位。

6.2.6 加速器辐射安全、电气、机械安全技术要求及测试方法应符合 GB9706.5 的有关规定。

.....

7 加速器治疗设备及操作的质量控制要求

.....

7.2 为防止不必要照射和超剂量照射的要求

7.2.1 控制台应显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、吸收剂量率、治疗方式、楔形过滤器类型及规格等照射参数预选值。

7.2.2 照射启动应与控制台显示的照射参数预选值联锁，控制台选择各类照射参数之前，照射不应启动。

7.2.3 应装备检查所有安全联锁的设施，用于在照射间歇期间检查安全联锁(包括防止剂量率大于预选值十倍的联锁)，确保各类系统终止照射的能力和防止超剂量照射。

7.2.4 控制台和治疗室内应分别安装紧急停机开关。

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

8 辐射防护监测和质量控制检测

8.1 辐射防护监测

8.1.1 加速器安装验收后投入运行前，或者加速器维修后、运行参数及屏蔽条件等发生改变时，应委托具有相应监测资质的技术服务机构进行 M 区内外杂散辐射的防护监测、患者平面内外辐射防护测量，并据此作出辐射安全评价。

8.1.2 加速器设备正常工作中，使用加速器设备的单位可根据需要委托有相应监测资质的机构开展 M 区内外杂散辐射的防护监测；患者平面内外辐射防护测量和患者和其他人员的辐射防护测量。

8.1.3 上述辐射防护监测方法按附录 B 的方法进行。

8.1.4 在加速器正常运行情况下，安全联锁系统每月检查 1 次。

8.1.5 在加速器正常运行情况下，工作场所和周围区域辐射水平每年监测 1 次。

8.1.6 放射工作人员个人剂量监测按 GBZ128 要求执行。

续表 6 保护目标与评价标准

(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6-2要求。

表6-2 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
CT 机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机	30	4.5
单管头 X 射线机	20	3.5
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机	5	2

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6-3要求。

表6-3 不同类型X射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 及以下的摄影机房、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、牙科全景机房（无头颅摄影）、乳腺机房	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 按 GBZ / T180 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：

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

续表 6 保护目标与评价标准

器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

(4)《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:根据本项目直线加速器的工作负荷计算,本环评选取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率限值。

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

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

第 5.2.1.2 款 CT 机房一般屏蔽要求如下:一般工作量下的机房屏蔽:16cm 混凝土(密度 2.35t/m^3)或 24cm 砖(密度 1.65t/m^3)或 2mm 铅当量;较大工作量下的机房屏蔽:20cm 混凝土(密度 2.35t/m^3)或 37cm 砖(密度 1.65t/m^3)或 2.5mm 铅当量。

本评价结合上述标准等的相关规定,结合本项目的实际情况,确定本项目的剂量管理目标值要求见表 6-4 所示。

续表 6 保护目标与评价标准

表 6-4 项目剂量管理目标值及污染物排放指标表

剂量管理目标值			
项目	年有效剂量 限值 (mSv/a)	执行对象	本评价剂量管理 目标值 (mSv/a)
辐射工作人员	20	辐射工作人员	DSA: 4 其他设备: 2
公众人员	1	公众人员	0.1
其它摄影机房	0.25	其它摄影机房 (DR 机房, 多 功能数字 X 射线胃肠机机房 等) 辐射工作人员	0.25
机房防护体表面 30cm 处的周围剂量率当量管理目标值			
辐射工作人员活动场所	<2.5μSv /h		
公众人员活动场所	<2.5μSv /h		
机房面积控制			
设备名称	机房面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)	
直线加速器	≥45 m ²	/	
DSA 介入室	≥30m ²	4.5	
CT 室	≥30m ²	4.5	
全景牙片机	≥5m ²	2	
乳腺机 (钼靶机)、全身 骨密度仪	≥10m ²	2.5	
其他Ⅲ类射 线装置	单管头	≥20m ²	3.5

表 7 评价依据

法规文件	一、法律、法规及有关政策 (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014 年 4 月 16 日修订； (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) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，国家环保部令第 33 号令； (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。 二、技术评价规范 (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 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)《X射线计算机断层摄影放射卫生防护标准》(GBZ165-2012) (6)《医用X射线CT机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T180-2006) (7)《医用X射线诊断受检者放射卫生防护标准》(GBZ16348-2010)
其 他	(1) 本项目电离辐射监测报告(鹏辐(监)[2015]171号)(附件); (2) 辐射环境影响评价委托函; (3)《中华放射医学与防护杂志》。

表 8 项目工程分析与源项

8.1 项目概况

随着华容县人民医院核技术利用扩建项目工作的顺利进展(目前住院楼主体已建成),医院拟新增新增 II 类射线装置 3 台、III 类射线装置 10 台。其中:住院楼东面约 30m 处的放疗中心负一层西侧设置 1 台 CT 和 2 台直线加速器;医技楼一层新增 2 台 DR、1 台胃肠机、1 台 CT、1 台 DSA,五层手术室新增 1 台小 C 形臂;门诊楼二层新增 1 台数字化全景 X 光机,三楼新增 1 台 DR、1 台钼靶机、1 台骨密度仪。

本项目土建工程在医院搬迁报告书中已经进行了评价,本次仅对设备进行安装及调试。

8.2 运行期污染工序及污染物产生情况

8.2.1 直线加速器

1、直线加速器主要性能情况

直线加速器主要性能情况见表 8-1。

表 8-1 直线加速器性能情况

型号	数量(台)	X 射线标称能量	机头泄露辐射限制	分类	安装位置	用途
待定	2	10MV	$\leq 0.1\%$	II	住院楼东面空地	治疗

2、直线加速器安装情况

医院放疗中心:该放疗中心负一层设置 2 台直线加速器和 1 台 CT 定位机,直线加速器机房位于区域西北角和西南角,东部为 CT 模拟定位机机房,直线加速器机房控制室的西侧为控制室。

根据医院提供的资料,医院两个直线加速器机房尺寸相同、能量相同,机房均采用现浇筑一次性混凝土($2.35\text{g}/\text{cm}^3$)建设,本评价选取其中西南角的机房进行计算。

医院直线加速器机房:治疗室(不含迷道)内空几何尺寸 7.5m (长)×7.0m (宽)×3.8m (高),内门洞 2.3×5m (宽×高),外门洞 1.5×5m (宽×高);主防护墙厚:东、西墙厚 2.5m,带宽为 4.2m,次防护墙厚 1.7m;南墙厚 1.4m;迷道呈“L”型,迷道长 7.6m、宽 1.8m、高 5m;天棚厚 2.85m,宽为 4.2m,次防护墙厚 1.7m。

3、直线加速器工作原理及污染因子分析

(1) 直线加速器工作原理

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

续表 8 项目工程分析与源项

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。典型医用直线加速器见图 8-1。

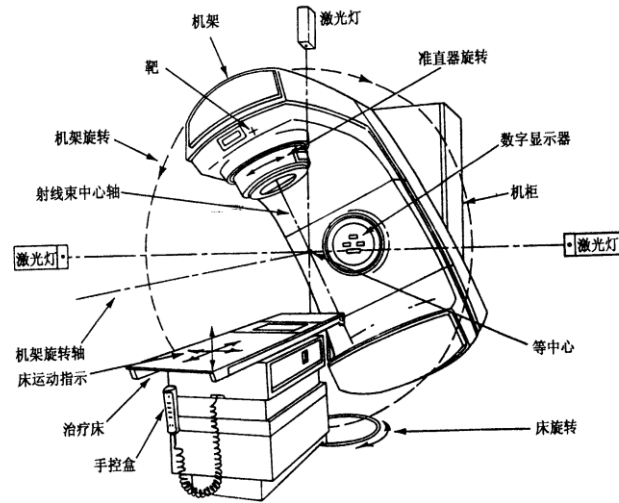


图 8-1 典型医用直线加速器

(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 8-2。

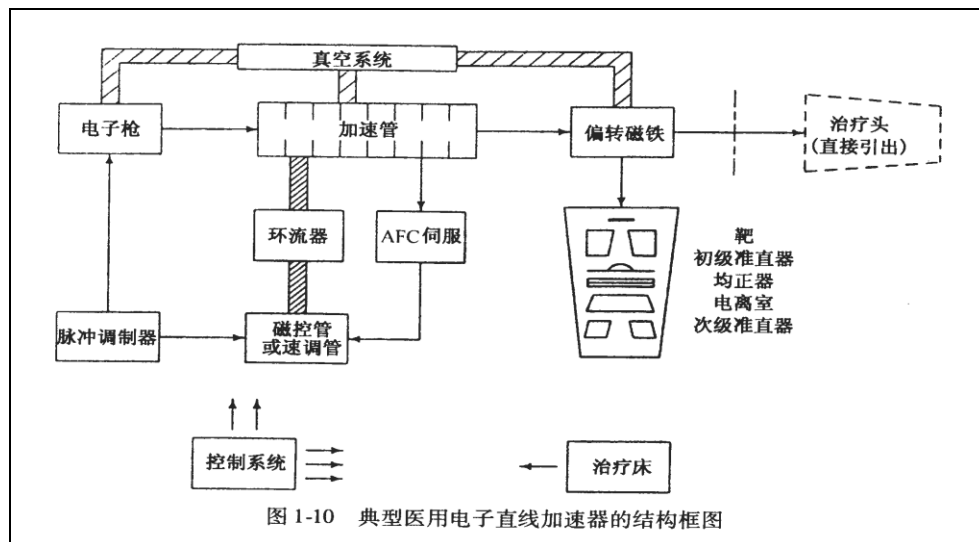


图 1-10 典型医用电子直线加速器的结构框图

图 8-2 医用直线加速器内部结构

续表 8 项目工程分析与源项

(3) 直线加速器操作流程（见下方框图加速器治疗流程）

- a、进行定位。先通过 CT 定位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。
- b、制订治疗计划。在 1F 准备室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。
- c、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，调整照射角度及射野。
- d、每次摆好位置后，操作人员应最后一个离开治疗室，关好自动门。进入控制室进行开机治疗。
- e、治疗完毕后，将机器钥匙拨到 STBY，取下病人身上附件，引导病人离开机房，记录当次治疗情况。

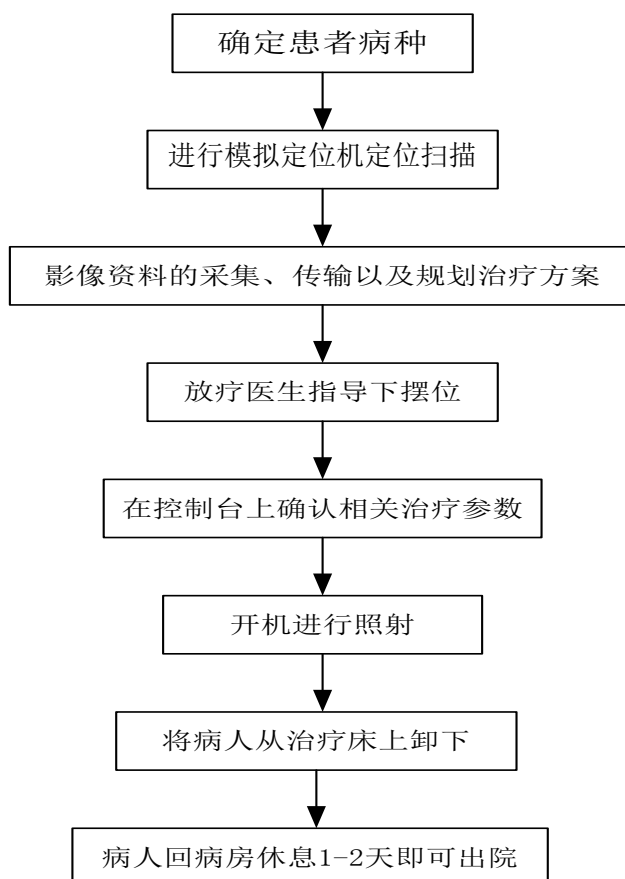


图 8-3 加速器治疗流程

(4) 直线加速器工作负荷和劳动定员

本项目使用的 1 台电子直线加速器治疗机的年有效开机时间按 50 周计，加速器每周治

续表 8 项目工程分析与源项

疗 80 个患者，平均每个患者约 2 个照射野，每野平均 2Gy（1 个野约 0.5min），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，直线加速器辐射工作人员劳动定员 4 人。

（5）直线加速器污染因子

本项目采用直线加速器的输出 X 射线的能量为 10MV。

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

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、 γ 射线；

电子模式下工作，主要是电子线，伴有少量 X 射线、中子、 γ 射线；

有害气体：臭氧和氮氧化物、感生放射性废气。

4、工作负荷

根据医院提供的资料，本项目拟配备的直线加速器单台预计年治疗病人约 4000 人，每次工作时间约 60s，年工作时间约 66.7h/台。

8.2.2 DSA

1、设备情况

医院拟在医技楼 1F 设置 1 台 DSA。设备主要的性能参数见表 8-2。

表 8-2 设备主要的性能参数

型号	数量（台）	管电压（kV）	管电流（mA）	分类	用途
德国西门子 Artis zee III ceiling	1	125	1000	II	介入诊疗

2、DSA 机房情况

DSA 机房为利用已建成的医技楼的一层东部，购买设备后安装于该机房内，机房外环境概况：DSA 机房北面外为医技楼外面空地，南面为医技楼内部走廊，东面为控制室，西面为医院设备间，楼上为医院诊室，楼下负一层为车库。

续表 8 项目工程分析与源项

DSA 机房设计情况见表 8-3，医技楼一层平面布置见附图 4。

表 8-3 DSA 机房设计情况

设备名称及型号	机房内空尺寸（长×宽×高，m）	有效使用面积（m ² ）	四周墙体厚度	顶棚/地板厚度	防护门铅当量	观察窗铅当量
DSA	9×7.8×4.8	70.2	24cm 实心矽页岩砖+2cm 钡水泥	地板：16cm 砵+2cm 钡水泥 顶棚：11cm 砵+4cm 钡水泥	3mm	3mm

根据医院设计情况，该 DSA 安装在机房的中央处。

3、数字减影血管造影（DSA）工作原理

数字减影血管造影（DSA）是采用 X 射线进行摄影的技术设备。该设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，见图 8-4。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。

靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。成像装置是用来采集透过人体的 X 线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，利用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。

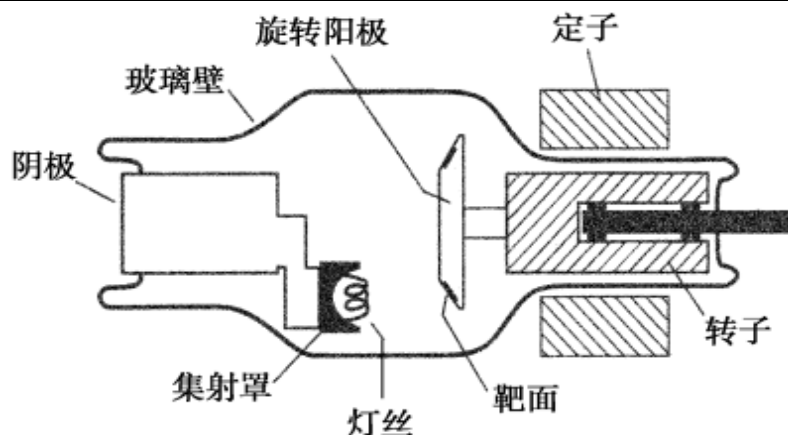


图 8-4 典型 X 射线管结构图

4、DSA 设备组成及工作流程

①数字减影血管造影（DSA）工作原理

数字减影血管造影（DSA）是采用 X 射线进行摄影的技术设备。采集透过人体的 X 线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，利用影像增强器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成许多小方块，即像素。所得到的各种不同的信息经模/数(A/D)转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数/模(D/A)转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

②DSA 设备组成

血管造影机系统组成：

Gantry，俗称“机架”或“C 型臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等部件；专业手术床；Atlas 机柜，该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。

该项目设备采用平板探测器（FD）技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。

DSA 技术是常规血管造影术和计算机处理技术相结合的产物，其基本原理和技术为：X 线穿过人体各解剖结构形成荧光影像，经影像增强器增强后为电视摄像管采集而形成视频影像。再经对数增幅和模/数转换形成数字影像。这些数字信息输入计算机处理后，再经减影、对比度增强和数/模转换，产生数字减影图像。

续表 8 项目工程分析与源项

③工作流程

DSA 主要操作流程为：诊疗时，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目标部位，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。

④污染因子

数字减影血管造影（DSA）为 X 射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。本项目的 DSA 在非治疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

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

⑤工作负荷

根据医院提供资料，医院使用 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 200 人次/年，，平均每次进行手术时 DSA 有效开机时间约为 15min。年有效开机时间约为 51.1h。

8.2.3 III 类医用 X 射线机

1、设备情况

本项目新增III类射线装置有 10 台。医院住院楼东侧 30m 处的放疗中心负一层西侧新增 1 台 CT 定位机；医技楼一层新增 2 台 DR、1 台胃肠机、1 台 CT；五层手术室新增 1 台小 C 形臂；门诊楼二层新增 1 台数字化全景 X 光机，三楼新增 1 台 DR、1 台钼靶机、1 台骨密度仪。设备情况见下表 8-3。

续表 8 项目工程分析与源项

表 8-3 设备主要的性能参数

序号	射线装置	厂家/型号	管电压 (kV) / 输出电流(mA)	用途
1	高端多层螺旋 CT 系统	德国西门子 SOMATOM Definition AS 128 层	140kV/666mA	放射诊断
2	多功能数字 X 射线诊断设备 (胃肠机)	德国西门子 Luminos Select	150kV/800mA	放射诊断
3	单板悬吊式数字放射成像系统 (DR)	德国西门子 Multis Fusion	130kV/800mA	放射诊断
4	移动式 X 射线摄影机 (移动 DR)	西班牙 SEDEC AL\SM-50H	150kV/500mA	放射诊断
5	单板数字放射成像系统 (DR)	德国西门子 Multis Slect DR	130kV/550 mA	放射诊断
6	数字乳腺 X 射线系统(钼靶机)	深圳圣诺 Navigator DR Mammography	110kV/35 mA	放射诊断
7	数字化双能 X 射线骨密度仪	美国诺兰德 Nor lan xr-600	60kV/100mA	放射诊断
8	数字化全景 X 光机	芬兰英迈杰 OC200D	60kV/85 mA	放射诊断
9	C 形臂 X 射线成像系统 (小 C 臂机)	GE 北京 OEC715	60kV/110 mA	放射诊断
10	CT	待定	140kV/666mA	CT 定位

2、各机房设置情况

医院 X 射线机房四周墙体均采用实心页岩砖结构墙体，天棚均采用一次性现浇混凝土，防护门和观察窗均采用铅门进行防护。根据医院设计情况，设备均安装在机房的中央。各射线装置工作负荷情况见表 8-4，各个机房屏蔽防护能力见附件一。

表 8-4 各Ⅲ类射线装置工作负荷情况表

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
1	CT 定位	3000 人次/年	0.035s-6s	5h
2	骨密度仪	1500 人次/年	≤5	2.1h
3	CT (医技楼 1F)	25000 人次/年	20s	138.9h
4	DR 机 (医技楼 1F)	20000 人次/年	0.1-0.5s	2.8h
5	DR 机 (医技楼 1F)	20000 人次/年	0.1-0.5s	2.8h
6	DR 机 (医技楼 3F)	30000 人次/年	0.1-0.5s	4.2h
7	多功能数字胃肠机 (门诊 1F)	10000 人次/年	≤2s	5.6h
8	数字乳腺 X 射线系统 (钼靶机, 门诊 3F)	3000 人次/年	≤2s	1.7h
9	数字化全景 X 光机 (门诊 2F)	2200 人次/年	≤5s	3.1h
10	C 形臂 X 射线成像系统 (手术室)	4000 人次/年	0.1-0.5s	0.56h

续表 8 项目工程分析与源项

3、工作原理及污染因子分析**(1) 工作原理****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。典型 X 射线管结构图见图 8-5 所示。

2、工作流程

依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位，然后曝光。

3、产污分析

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。所以，医院使用的 X 射线装置在非诊疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。射线装置拍片后采用数字成像技术，联用激光打印机打印激光胶片，不产生洗片废水和胶片。

因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

8.3 本项目产生污染物产生情况汇总

本项目拟配置的医用电子直线加速器仅在开机时产生 X 射线和电子线；DSA 及其他 III 类射线装置仅在开机时产生 X 射线，经过机房防护墙体、防护铅门、铅玻璃等辐射防护设施的屏蔽，机房外的环境地表 γ 辐射剂量率满足评价标准限值要求，不会对周围产生辐射影响。

表 8-5 本项目主要污染物情况统计汇总表

阶段	名称	污染物	主要污染因子	产生量
运营期	放疗中心、DSA 介入室、放射科、口腔科	电离辐射	X 射线	/
	10MV 直线加速器		X 线工作模式：主要是 X 线 电子工作模式：主要是电子线、少量 X 线； 有害气体：臭氧和氮氧化物	/

表 9 环境质量现状

长沙市鹏悦环保工程有限公司于 2015 年 9 月 10 日对华容县人民医院核技术利用扩建项目拟建址现状监测数据，监测点位位于拟建 X 射线机房所在地，监测结果和监测布点见附件五，鹏辐（监）[2015]171 号，监测统计结果如下。

表 9-1 拟建项目本底监测结果统计

序号	测量位置	计算值（nGy/h）
1	医院医技楼一层拟建西部机房四周	93~98
2	医院医技楼一层东部拟建 DSA 机房四周	91~99
3	医技楼五楼拟建手术室四周	91~98
4	门诊楼二楼东部拟建全景机机房四周	94~94
5	门诊楼三楼东部拟建机房四周	93~98
6	放疗中心拟建地	98~103

根据监测结果，本项目所在地的环境地表 γ 辐射剂量率 91~103nGy/h 之间，本项目拟建址的环境地表 γ 辐射剂量率在正常波动范围内，辐射环境质量现状良好。

表 10 环境影响分析

10.1 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 10-1 所示。

表 10-1 各机房设计使用面积一览表

序号	机房名称	机房面积(m ²)	最小边长(m)	要求		是否满足要求
				最小边长(m)	机房面积(m ²)	
1	高端多层螺旋 CT 系统	37.8	6.0	4.5	30	是
2	全数字化通用平板血管造影系统 (DSA)	70.2	7.8	4.5	30	是
3	多功能数字 X 射线诊断设备 (胃肠机)	49.2	6.3	3.5	20	是
4	单板悬吊式数字放射成像系统 (DR)	32.8	5.2	3.5	20	是
5	移动式 X 射线摄影机 (移动 DR)	/	/	/	无单独机房	是
6	单板数字放射成像系统 (DR)	20	4	3.5	20	是
7	数字乳腺 X 射线系统 (钼靶机)	20	4	2.5	10	是
8	数字化双能 X 射线骨密度仪	20	4	2.5	10	是
9	数字化全景 X 光机	20	4	2	5	是
10	C 形臂 X 射线成像系统 (小 C 臂机)	70.2	7.8	/	20	是
11	CT 定位机	31.4	5.6	4.5	30	是
12	10MV 直线加速器机房	49	7	/	45	是
13	10MV 直线加速器机房	49	7	/	45	是

由表 10-1 可知，本项目各射线装置机房使用面积均满足相应标准的要求。

10.2 施工期环境影响简要分析

本项目土建部分评价已在《华容县人民医院环境影响报告书》中做了评价，本项目将不对其施工期进行评价，仅对设备安装和辐射防护进行评价。

10.3 营运期环境影响分析

10.3.1 直线加速器

1、机房设计情况

直线加速机房均由治疗室、迷道和操作室组成，具体设计情况见下表 10-2 所示。医

用直线加速器机房的平面图及剖面图见附图 9。

医院放疗中心直线加速器机房：治疗室（不含迷道）内空几何尺寸 7.5m（长）×7m（宽）×3.8m（高），内门洞 2.3×5m（宽×高），外门洞 1.5×5m（宽×高）。主防护墙厚：东、西墙厚 2.5m，宽为 4.2m，次防护墙厚 1.7m；南墙厚 1.6m，迷道呈“L”型，迷道长 7.6m、宽 1.8m、高 5m；天棚厚 2.85m，宽为 4.2m，次防护墙厚 1.7m。

表 10-2 10MV 直线加速器机房设计情况

项目名称			加速器机房
几何尺寸	不含迷道的机房尺寸 m(长×宽×高)		7.5×7×3.8
	迷道尺寸 m(长×宽×高)		7.6×1.8×5
	迷道外门洞 m(宽×高)		1.5×5
	迷道内防护门 m(宽×高)		2.3×5
	迷道形状		直迷道
	机房面积(m ²)		52.5
	机房内表面积(m ³)		266.5
	迷道面积(m ²)		13.68
防护厚度	东、西墙	主防护墙厚度(m)	2.7 砼
		主防护墙带(m)	4.2
		次防护墙厚度(m)	1.7 砼
	南墙	侧防护墙厚度(m)	1.4 砼
	顶棚	主防护顶厚度(m)	2.85 砼
		主防护顶带度(m)	4.2
		次防护墙厚度 (m)	1.7 砼
	迷道内墙、外墙厚度(m)		内墙宽 1.3 砼、窄 0.8/外墙宽 1.7 砼、窄 1.15

2、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。

、机房效能核实

本环评严格按照《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。计算结果见表 10-3 所示。

（1）有效屏蔽厚度

$$X_e = X \cdot \sec \theta \quad (\text{式 10-1})$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \quad (\text{式 10-2})$$

式中：X —屏蔽物质厚度；

X_e —有效屏蔽厚度。

θ — 30°

（2）屏蔽厚度与屏蔽透射因子的相应关系

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

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

式中：B—辐射屏蔽透射因子；

TVL₁—辐射在屏蔽物质中的第一个十值层厚度；

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡十值层厚度。

（3）有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \quad (\text{式 10-5})$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 10-6})$$

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

$\dot{H}_0$ —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 2.4×10^8 ）；

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

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

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

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 。

(5) 加速器($\leq 10\text{MV}$)机房的迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

①入口 h_2 处的散射辐射剂量率 $\dot{H}_g$

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

式中: $\dot{H}_g$ — h_2 处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

α_{ph} —患者在 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 —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子;

A—B 处的散射面积, m^2 ;

R_1 —“o-B”之间的距离, m;

R_2 —“B- h_2 ”之间的距离, 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, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;

②屏蔽透射因子 B

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

$\dot{H}_{\text{og}}$ —在 g 处泄漏辐射的剂量率

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

B—辐射屏蔽透射因子

$\dot{H}_g$ — h_2 处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

按式 10-4 估算防护门的铅屏蔽厚度

③给定防护门的铅屏蔽厚度 $X(\text{cm})$ 时,防护门外的辐射剂量率

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

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

其余同式 10-10

5) 加速器(>10MV)机房的迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

① 总中子注量 Φ_B

$$\Phi_B = \frac{Q_n}{4\pi d_1^2} + \frac{5.4Q_n}{2\pi S} + \frac{1.26Q_n}{2\pi S}$$

式中: ϕ_B —等中心处 1Gy 治疗照射时 B 处的总中子注量, (中子数/ m^2) /Gy;

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

d_1 —等中心点 o 至 B 点的距离, m;

S—治疗机房的总内表面积 (m^2), 包括四壁墙、顶面和地面, 不包括迷路内各面积;

该公式用于铅屏蔽加速器机头, 对于钨屏蔽的加速器机头, 式中第一项和第二项均乘以衰减因子 0.85。

② 机房入口的中子俘获 γ 射线的剂量率 ($\dot{H}_\gamma$)

$$\dot{H}_\gamma = 6.9 \times 10^{-16} \cdot \Phi_B \cdot 10^{-d_2/\text{TVD}} \cdot \dot{H}_o$$

式中: 6.9×10^{-16} —该方法中的经验因子, Sv/(中子数/ m^2);

ϕ_B —等中心处 1Gy 治疗照射时 B 处的总中子注量, (中子数/ m^2) /Gy;

d_2 —B 点至机房入口 (g) 的距离, m;

TVD—将 γ 辐射剂量减至其十分之一的距离 (称为什值距离), 对于 15MV 加速器为 3.9m;

$\dot{H}_o$ —等中心点处治疗 X 射线剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$), 屏蔽计算可视为 ($\mu\text{Sv/h}$)。

③ 机房入口的中子剂量率 ($\dot{H}_n$)

$$\dot{H}_n = 2.4 \times 10^{-15} \cdot \Phi_B \cdot \sqrt{\frac{S_0}{S_1}} \cdot \left[1.64 \times 10^{-(d_2/1.9)} + 10^{-(d_2/T_n)} \right] \cdot \dot{H}_o$$

式中： 2.4×10^{-15} —该计算方法中的经验因子， Sv/(中子数/m²)；

S_0 —迷路内口的面积， m²；

S_1 —迷路横截面积， m²；

d_2 —B 点到迷路入口（g）的距离， m；

T_n —迷路中能量相对高的中子剂量组分式方括号中的第二项衰减至十分之一行径的距离（m），称为什值距离。 T_n 是一个经验值，与迷路横截面积有关。

$$T_n = 2.06\sqrt{S_1}$$

④ 入口门屏蔽

入门口屏蔽设计时，通常使中子和中子俘获 γ 射线屏蔽后有相同的辐射剂量率，对于中子俘获 γ 射线，以铅屏蔽；对中子，以含硼（5%）聚乙烯屏蔽，所需的屏蔽防护厚度 X_γ 和 X_n 如下式：

$$X_\gamma = TVL_\gamma \cdot \log \left[2 \dot{H}_\gamma / (\dot{H}_c - \dot{H}_{og}) \right]$$
$$X_n = TVL_n \cdot \log \left[2 \dot{H}_n / (\dot{H}_c - \dot{H}_{og}) \right]$$

式中： X_γ 和 X_n 分别为屏蔽中子俘获 γ 射线和中子这两种辐射的不同屏蔽材料的厚度， cm；

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

$\dot{H}_\gamma$ 和 $\dot{H}_n$ 分别为入口处防护门内的辐射剂量率；

$\dot{H}_c$ 为剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_{og}$ 为穿过迷路内墙的泄漏辐射在入口处的剂量率。计算结果见表 10-3

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

序号	计算点	计算条件 (共用参数: 射线能量 10MV、工作负 400Gy/W, 年有效开机时 间 66.7h)	屏蔽厚 度计算 值 (m)	屏蔽厚 度设计值 (m)	建议厚度及其估算		
					屏蔽厚 度建议 值 (m)	年剂量 估算值 (mSv/a)	建议厚度 下的瞬时 剂量估算 值 (μSv/h)
1、 有用 线束 主屏 蔽区	a (西墙: 泥土层)	最近处距离一样住院大楼约 30m 厚泥土层+24cm 砼人员无法到达					
	b (东墙: 设备间、 控制室)	R: 6.3m; $\dot{H}_o$:2.4×10 ⁸ μSv/h; TVL ₁ : 41cm; TVL: 37cm	2.4 砼	2.7 砼	2.7 砼	0.083	1.25
		主屏带宽度 (m)	3.5	4.2	4.2	/	/
	顶棚	R: 4.3m; $\dot{H}_o$:2.4×10 ⁸ μSv/h; TVL ₁ : 41cm; TVL: 37cm	2.52 砼	2.85 砼	2.85 砼	0.052	0.77
		主屏带宽度 (m)	3.8	4.4	4.4	/	/
2、 次 屏 蔽墙	c(西墙: 泥土层)	最近处距离一样住院大楼约 30m 厚泥土层+24cm 砼人员无法到达					
	d (东墙: 设备间、 控制室)	散、漏射: R: 6.3m; $\dot{H}_o$:2.4×10 ⁸ μSv/h; TVL ₁ : 35cm; TVL: 31cm	1.31 砼	1.7 砼	1.7 砼	0.0035	0.052
3、 侧 屏 蔽墙	e(南墙: 泥土层)	南面地面为市政道路, 30m 范围内无敏感点规划, 30m 泥土层+24cm 砼人员无法到达					
	k (北 墙: 无 内墙 遮挡 部分)	散、漏射: R: 8.35m; $\dot{H}_o$:2.4×10 ⁸ μSv/h; $\dot{H}_c$: 2.5μSv/h; TVL ₁ : 35cm; TVL: 31cm	1.2 砼	1.42 砼	1.42 砼	0.031	1.83
	f (北墙: 迷路内 墙+外 墙, 控制 室)	散、漏射: R: 8.35m; $\dot{H}_o$:2.4×10 ⁸ μSv/h; $\dot{H}_c$: 2.5μSv/h; TVL ₁ : 35cm; TVL: 31cm	1.2 砼	0.8+1.15 砼	0.8+1.15 砼	0.0015	0.09
4、 迷 路	g (迷路 内墙)	散、漏射: R: 8.6m; $\dot{H}_o$:2.4×10 ⁸ μSv/h; $\dot{H}_c$: 2.5μSv/h; TVL ₁ : 35cm; TVL: 31cm	1.19 砼	1.3 砼	1.45 砼	/	/
3、 铅 门	h 铅门 (控制 室)	$\dot{H}_{og}$:0.5μSv/h; $\dot{H}_c$: 2.5μSv/h; $\dot{H}_o$:2.4×10 ⁸ μSv/h α _{gh} : 0.00139; α ₂ : 0.022 R ₁ : 6.3m; R ₂ : 8.4m;	9.6mmPb+71mm 含硼 5%的聚乙 烯	/	10mmPb+71mm 含硼 5%的聚乙 烯	0.0594	0.89

注: ①安全剂量下所需厚度取值时均按最大值取; 建议厚度为本评价从经济角度考虑为建设单位提

出的,仅作参考,建筑结构是否符合要求由业主找专业机构审核;瞬时剂量按建议厚度条件下计算,更能反映最不利影响。

②西墙和南墙外为泥土层,人员无法到达北墙外,本评价不对墙外进行计算。

根据表 10-3 计算可知,在现有设计墙体厚度条件下,直线加速器室的墙体厚度和顶棚厚度能满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011)的要求。本评价建议建设单位根据表 10-3 中的建议厚度修建。

建设单位未对防护门进行设计,因此,本评价要求建设单位必须严格按照本评价的建议厚度进行防护门设置,即防护门为 10mmPb 或具有同等屏蔽效能的材料。

4、剂量估算

1) 估算公式

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

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

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

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

T: 居留因子;

t: X 或 γ 射线照射时间, h。

2) 估算结果

①辐射工作人员

根据医院提供的年最大工作负荷,按照 1 名工作人员负责完成 1 台设备的操作进行核算,则直线加速器辐射工作人员年有效剂量当量估算结果见表 10-4。

表 10-4 直线加速器辐射工作人员年有效剂量当量估算表

设备名称	控制室处剂量率	居留因子	单台设备年最大有效开机时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
直线加速器	1.25 $\mu\text{Sv/h}$	1	66.7	0.084

由表 10-4 可知,取辐射工作人员受到的瞬时剂量最大值进行计算,年有效剂量小于 2mSv/a (辐射工作人员),满足本项目的剂量管理目标值要求。

② 非辐射工作人员和公众成员

直线加速器机房外有非辐射工作人员和公众成员活动,但很少经过直线加速器机房。本项目辐射设备所致的公众成员年有效剂量当量估算结果见表 10-5。

表 10-5 非辐射工作人员和公众成员年有效剂量当量估算表

设备名称	墙体外最大剂量率 (候诊室)	居留因子	单台年最大有效开机 时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
直线加速器	0.09 μ Sv/h	1/4	66.7	0.002

由表 10-5 可知，取非辐射工作人员和公众成员可能到达机房外的瞬时剂量最大值进行计算，年有效剂量小于 0.1mSv/a（其他工作人员和公众成员），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

5、有害气体分析

根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126—2011）第 6.1.7 条 治疗室应有足够的使用面积。新建治疗室不应小于 45m²；第 6.1.10 条中规定：治疗室通风换气次数应不小于 3 次/h。

扩建医院直线加速器机房的过墙电缆线、管道孔、通风管道采用“U”型走向，出风口设置在东墙底部，东墙外为泥土层，泥土上有相应绿化，机房内通风次数 4 次/h。加速器运行时， γ 射线与空气电离产生臭氧及氮氧化合物等极微量有害气体。

6、对敏感点的影响分析

根据上述分析，机房按照本评价要求建设后，机房外 30cm 处的剂量当量率低于 2.5 μ Sv/h，满足评价标准要求；根据核算，直线加速器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；废气的产生量很小，对机房外环境影响很小，因此对医院内其他区域的影响也很小。

机房外，本项目用房最近敏感点为紧邻的住院楼楼，直线加速器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。

10.3.2 DSA 环境影响分析

1、机房设计情况

根据设计资料。本项目 DSA 放置在 DSA 机房内，机房内空尺寸为：9m×7.8m×4.8m，机房面积为 70.2m²，大于 30m²，满足相关标准要求。机房的北墙 37 砖+3cm 钡水泥，其它墙体 24 砖+3cm 钡水泥，顶棚为 11cm 砼+7cm 钡水泥，地板为 16cm 砼+2cm 钡水泥，机房防护门和观察窗 3.5mm 铅当量铅门。根据医院设计情况，该 DSA 安装在机房的中央处。DSA 机房位于医技楼一层东部，楼上层为诊室，楼下层为车库，东部为控制间，南侧为过道，北侧为过道。

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

介入手术室辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线

①主射线：

$$\dot{H} = \frac{H \times q \times U}{K \times R^2} \quad (\text{式 10-13})$$
$$H = \dot{G} \times I \times 60$$

式中：K——减弱倍数；

H——血管造影系统额定工作条件下，X 线的输出率（Gy/h）；

I——血管造影系统额定电流（mA）；

$\dot{G}$ ——血管造影系统发射率，管电压为 120kV（在实际使用中 DSA 使用电压不会超过额定电压 150 kV 的 80%，因此本项目取额定管电压的 80%进行计算）的 DSA 发射率取 6.67 mGy /mA.min；

$\dot{H}$ ——屏蔽体外 30cm 处瞬时剂量率（Gy/h）；1 $\mu\text{Sv/h} \approx 1.4 \mu\text{Gy/h}$

R——参考点距离(m)；

q——居留因子（取 1）

U——定向因子（取 1）

②散射线：

$$\dot{H} = \frac{H \times \alpha \times q \times S}{K \times R^2 \times r^2} \quad (\text{式 10-14})$$

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

$$\dot{H} = \frac{H_1 \times q}{K \times R^2} \quad (\text{式 10-15})$$

式中： H_1 ——X 漏射剂量率（<1mGy/h）；

④厚度：

$$d = \text{TVL} \log K \quad (\text{式 10-16})$$

式中：TVL——材料十值层厚度（cm）；

d——屏蔽材料厚度（cm）

$$\textcircled{5} \quad E_{\gamma'} = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (\text{式 10-17})$$

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（90°）

（2）核算参数

由于 X 射线装置在实际应用中并不会满负荷运行，在考虑正当性及最优化原则的基础上，结合以往验收监测经验，选取 X 射线机的最大运行管电压 100kV（取额定电压 125 kV 的 80%进行计算），管电流 460mA，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 处环境地表 γ 辐射剂量率均按 2.5 μ Sv/h 进行估算。

由于 DSA 仪器安装方向不明，因此按有用射线束朝向四周墙体、顶棚、防护门和观察窗等直接照射，因此本评价采用式 10-13 对 DSA 系统机房的辐射安全防护评价估算。

在计算散射和泄漏辐射所需的屏蔽厚度时，如果两者的厚度相差大于一个十分之一值厚度，则其中较厚的一个厚度，即可作为次级防护屏障的厚度。如若两者的厚度相差不到一个十分之一值厚度，那么在其中较厚的一个厚度上再添加一个半值厚度，作为总的次级防护屏障厚度。

90°散射角的散射线能量约为 84kV，漏射线能量为 100 kV。各屏蔽材料的 TVL 值见表 10-6。

表 10-6 各屏蔽材料的 TVL 值

能量	屏蔽材料	TVL 值
84kV	砼	4.4cm
	硫酸钡水泥	3.4cm
	铅	0.65mm
	页岩砖	5.8cm
100kV	砼	5.5cm
	硫酸钡水泥	3.9cm
	铅	0.84mm
	页岩砖	6.5cm

(3) 居留因子

表 10-7 居留因子

全部居留 T=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 T=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 T=1/16	公共浴室、厕所、少量行人车辆通过的地方

表 10-8 DSA 机房屏蔽核算结果

墙体各称			建设厚度	距离 R (m)	理论计算厚度	设计厚度是否满足要求	最终确认建设厚度	最终确认厚度下的瞬时剂量 (μGy/h)
东墙 (操作室)	墙体	主射	24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥	约 4.5	21.6cm 实心页岩砖	是	24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥	0.13
	观察窗	主射	3.5mm	约 4.5	3.17mmpb	是	3.5mmpb	1.04
	防护门	主射	3.5mm	约 4.5	3.17mmpb	是	3.5mmpb	1.04
西墙 (设备间)	墙体	主射	24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥	约 4.5	21.6cm 实心页岩砖	是	24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥	0.13
	防护门	主射	3mm	约 4.5	3.17mmpb	是	3.5mmpb	1.04
南墙 (过道)	墙体	主射	24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥	约 3.9	22.5m 实心页岩砖	是	24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥	1.76
北墙 (空地)	墙体	主射	24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥	约 3.9	22.5m 实心页岩砖	是	24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥	1.76
楼下 (车库)		主射	16cm 混凝土+2cm 钡水泥	约 4.2	18.4cm 砼	是	16cm 混凝土+2cm 钡水泥	1.87
楼上 (诊室)		主射	11cm 混凝土+4cm 钡水泥	约 4.2	18.4cm 砼	否	11cm 混凝土+7cm 钡水泥	1.15

注：①四周墙体厚度为 24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥，顶棚、地板厚度为 11cm 混凝土+3cm 钡水泥。本层和楼下层层高均为 4.8m；考虑河沙水泥 5cm 相当于 2cm 钡水泥的防护厚度

②楼上计算位点为离五楼地板 1m 处，即 $R=4.8-1+0.1+1=4.9m$ ；

③楼下彩超室计算位点为离三楼地板 1.7m 处，即 $R=4.8-1.7+0.1+1=4.2m$ ；

④主射方向考虑人体和机体自屏蔽能力相当于 20cm 实心页岩砖

根据上述计算可知， DSA 机房四周墙体设计能满足要求， DSA 顶棚和地板设计厚度不能满足要求，建设单位应按本环评提出的 DSA 机房的最终确认厚度进行建设（即四周墙

体为 24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥, 观察窗为 3mm 铅当量, 防护门为 3mm 铅当量和顶棚和地板厚约为 11cm 混凝土+6cm 钡水泥)。建设单位按照本环评最终确认厚度进行改造后墙体外的瞬时剂量小于 2.5 μ 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。

3、剂量估算

计算公式参照式 10-12, 计算结果如下:

① 辐射工作人员剂量估算

控制室工作人员: 由表 10-8 显示, 控制室内辐射工作人员受到的瞬时剂量为 1.04 μ Gy/h, 工作时间为 51.1h/a, 则算出年附加有效剂量最大为 0.06mSv/a, 小于 4mSv/a。

手术室医护人员:

一台血管减影手术, 导视 X 线机工作条件: 电压 100kV, 最大电流 460mA, 开展外周血管手术部位, 照射视野 10 $\times$ 10cm 工作人员在床旁操作, 距离 0.5m, 总的开机时间平均为 15min。经计算工作人员的受照剂量大约为 31.72mSv, 已严重超过规定的剂量管理目标值 (4mSv/a)。

$$\dot{H} = \frac{\dot{G} \times I \times t \times s \times \alpha}{r^2 \times R^2 \times 400} = 31.72 \text{mSv}$$

式中: $\dot{G}$ ——X 线机发射率 (4.692mGy/ mA.min)

I——电流(460mA)

t——时间(15min)

s——散射面积(100cm²)

α -人体表面散射系数(0.00098/400cm²)

r——源皮距(1m)

R——操作位距病人距离 (0.5m)

当医生穿戴铅衣、铅手套、铅帽、铅眼镜等和利用移动屏蔽设施 (铅屏风、铅帘等) 进行防护 (铅当量为 2.5mm) 后 (100kV 散射光子能量约为 84keV, 84keV 铅的十值层厚度为 0.65mmPb), 医务工作人员所受剂量可以减少 7014 倍, 开展介入手术的同一名医生每年最多只能开展介入手术 555 台, 在该次数内可以保证该工作人员受照剂量不超过剂量管理目标值 (4mSv/a)。

本项目 1 台 DSA 设备共配备两名工作人员 (医生), 年手术台数约为 200 台/年, 则两名工作人员年进行介入手术约为 100 台, 平均每人受照剂量 0.72 mSv/a, 因此, 工作

人员在进行介入手术时，在尽可能采用小视野，穿戴防护用品(铅衣服、铅背心、铅手套、铅帽、铅眼镜)，并充分利用专用的移动式屏蔽物（悬挂式铅玻璃、铅帘）等情况下，其个人的受照剂量能够满足 GB18871-2002 的要求。

② 非辐射工作人员

DSA 机房外彩超室的非辐射工作人员受 DSA 影响最大。本项目辐射设备所致的非辐射工作人员年有效剂量当量估算结果见表 10-9。

表 10-9 非辐射工作人员年有效剂量当量估算表

公众成员位置	最大剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）	居留因子	单台年最大有效开机时间（h）	年有效剂量（mSv）
楼上诊室	1.15	1	51.1	0.00588

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

③ 公众成员

DSA 机房外有公众成员活动，但很少经过 DSA 机房。本项目辐射设备所致的公众成员年有效剂量当量估算结果见表 10-10。

表 10-10 非辐射工作人员和公众成员年有效剂量当量估算表

公众成员位置	最大剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）	居留因子	单台年最大有效开机时间（h）	年有效剂量（mSv）
南墙过道 北墙空地	1.76	1/4	51.1	0.022484
楼下车库	1.15	1/4	51.1	0.014691

由表 10-11 可知，取公众成员可能到达机房外的瞬时剂量最大值进行计算，年有效剂量小于 0.1mSv/a（公众成员），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

4、机房内通风

机房内单独设置空调。X 射线与空气作用，产生的少量臭氧和氮氧化物，经室内通风换气后，排至室外，经空气扩散后，对外环境的影响甚微。

10.3.3 其他Ⅲ类医用诊断 X 射线装置环境影响分析

1、机房面积设计情况

根据机房使用面积表 10-1 可以看出，其他Ⅲ类医用诊断 X 射线机房的使用面积均符合相关标准要求。

2、屏蔽防护

一、设有专用机房的 X 射线装置

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

（1）机房平面布置

本项目 DR 设备有两种，根据机房的设计和电压电流选取最不利的门诊三层的 DR 作为预测对象，DR 机房位于住院楼三楼东部，机房北面为走廊，南面为户外，西面为候诊厅，东面为控制室，机房（面积约 20m²）内空尺 5000mm×4000mm×3500mm，北侧设进出防护铅门，东侧墙设医护人员观察窗及铅门。DR 机房楼上（4F）为理疗区，楼下（2F）为过道。

（2）机房屏蔽厚度

机房墙体均为 24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥、顶棚和地板为 11cm 混凝土+5cm 钡水泥，工作人员出入的防护门与受检者出入的防护门、铅观察窗的铅当量未定。

（3）DR 机房屏蔽计算

①情景设置及参数选择

本项目 DR 设备有两种，根据机房的设计和电压电流选取最不利的门诊三层的 DR 作为预测对象，额定电压为 130kV，额定电流为 550mA，结合以往验收监测经验，选取 X 射线机的最大运行管电压 104kV（取额定电压 130 kV 的 80%进行计算），管电流 460mA，对 DR 机房的屏蔽防护进行估算。

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

由于 DR 系统均带有影像增强系统，不会有有用线束直接对四周墙体、顶棚、防护门和观察窗等进行直接照射，而主要是散射线和漏射线产生的照射，因此本评价采用式 10-15、式 10-16 对 DR 机房的辐射安全防护评价估算，散射光子能量按式 10-17 计算。

在计算散射和泄漏辐射所需的屏蔽厚度时，如果两者的厚度相差大于一个十分之一值厚度，则其中较厚的一个厚度，即可作为次级防护屏障的厚度。如若两者的厚度相差不到一个十分之一值厚度，那么在其中较厚的一个厚度上再添加一个半值厚度，作为总的次级防护屏障厚度。

90°散射角的散射线能量约为 97kV，漏射线能量为 120 kV。各屏蔽材料的 TVL 值见表 10-11。

表 10-11 各屏蔽材料的 TVL 值

能量	屏蔽材料	TVL 值
86kV	砼	4.61cm
	硫酸钡水泥	3.4m
	铅	0.68mm
	页岩砖	5.94cm
104kV	砼	5.75cm
	硫酸钡水泥	3.9cm
	铅	0.88mm
	页岩砖	6.7cm

②建筑物屏蔽效能核算结果

根据式 10-14~式 10-17，各放射设备机房的辐射效能核算情况见表 10-12。

表 10-12 DR 机房屏蔽能力核实计算

墙体名称		采用参数 (m)		建设厚度	计算厚度	建议厚度下瞬时剂量率		年附加剂量 (mSv/a)
						建议厚度	瞬时剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
北墙	墙体（走廊）	散射漏射	3.1	240mm 砖 +3cm 钡水泥	203mm 砖	240mm 砖 +3cm 钡水泥	0.09	0.0004 (T=1)
	防护门（走廊）	散射漏射	3.1	3mm 铅	2.4mm 铅	3mm 铅	0.26	0.0003 (T=1/4)
东墙	墙体（操作室）	散射漏射	2.4	240mm 砖 +3cm 钡水泥	216mm 砖	240mm 砖 +3cm 钡水泥	0.14	0.0006 (T=1)
	观察窗（控制间）	散射漏射	2.4	3mm 铅	2.5mm 铅	3mm 铅	0.43	0.0018 (T=1)
南墙	墙体（楼外）	/	/	/	/	/	/	/
西墙	墙体（候诊厅）	散射漏射	2.4	240mm 砖 +2cm 钡水泥	216mm 砖	240mm 砖 +2cm 钡水泥	0.14	0.00015 (T=1/4)
顶棚（理疗区）		散射漏射	3.7	110mm 砼 +5cm 钡水泥	151mm 砼	110mm 砼 +5cm 钡水泥	1.27	0.0014 (T=1)
地板（走廊）		散射漏射	3	110mm 砼 +5cm 钡水泥	159mm 砼	110mm 砼 +5cm 钡水泥	1.92	0.0021 (T=1/4)

根据上述计算可知，DR 机房四周墙体均满足要求，瞬时剂量小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，观察窗及防护门墙体按建议厚度修建，瞬时剂量小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足辐射防护的要求，天棚和地板的评比厚度不够，建设单位按照本环评最终确认厚度进行改造后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。评价范围内的敏感点受 X 射线装置运行时的影响很小，环境可以接受。

(4) 剂量估算

辐射工作人员剂量估算

由表 10-11 显示，如只有一名辐射工作人员控制 DR 机，则控制室内辐射工作人员年附加有效剂量为 0.0024mSv/a，小于本环评管理目标限值 0.25mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的要求。

公众成员及非辐射工作人员剂量估算

非辐射工作人员为位于机房周围医院其他工作人员，本项目非辐射工作人员主要为所在楼层及楼上、楼下其他工作人员。根据表 10-12 显示，位于 DR 机房上层及下层各房间年附加有效剂量均低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，机房所在楼层周围其他工作人员年附加有效剂量，根据表 10-12 显示，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

二、未设专用机房的 X 射线装置

根据医院提供的资料，移动 DR 机使用位置不是固定的，其能量较低，主要工作场所位于医院病房，医院病房墙体均采用 240mm 实心页岩砖墙可以满足屏蔽要求，楼层顶棚和地板为 11cm 砼，本评价建议在使用移动 DR 时，在上下方向各加 1mm 铅当量的铅板减少其对使用房间楼上和楼下公众成员的影响，并将使用移动 DR 的机房设置在常用的几个病房内，减少对周围环境的影响。

估算年有效剂量时瞬时剂量按 2.5μSv/h 计算，根据医院提供的资料，本项目移动 DR 机的年有效开机时间 2.8h，则每名辐射工作人员年附加有效剂量最大为 0.014mSv/a，低于本评价管理目标值 0.25mSv/a，非辐射工作人员及公众成员年附加有效剂量远低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的要求。

3、其它医院拟配置 III 类射线装置屏蔽防护

根据设计资料，其他 III 类射线装置各机房四周墙体均为 24cm 砖混结构(实心页岩砖)+钡水泥，顶棚、地板均为 11cm 厚混凝土+钡水泥结构，密度 2.35g/cm³。门、窗屏蔽防护厚度未定。III 类射线装置屏蔽防护一览表见表 10-12。

表 10-12 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 防护门、窗铅当量	屏蔽墙体、防护门、 窗铅当量要求	是否 达标
1	高端多层螺旋 CT 系统	140kV 666mA	四周墙体：38cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥；地板：30cm 砼+2cm 钡水泥；顶棚：11cm 砼+5cm 钡水泥；防护门、观察窗：4mmPb	2.5mm 铅当量	是
2	多功能数字 X 射线诊断设备（胃肠机）	150kV 800mA	四周墙体：24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥；地板：30cm 砼+2cm 钡水泥；顶棚：11cm 砼+5cm 钡水泥；防护门、观察窗：3mmPb	2.5mm 铅当量	是
3	单板悬吊式数字放射成像系统（DR）	130kV 800mA	四周墙体：24cm 实心页岩砖+2cm 钡水泥；地板：30cm 砼+2cm 钡水泥；顶棚：11cm 砼+5cm 钡水泥；防护门、观察窗：3mmPb	有用线束方向：3mm 铅当量 非有用线束方向：2mm 铅当量	是
4	数字乳腺 X 射线系统（钼靶机）	110kV 35 mA	四周墙体：24cm 实心页岩砖+2cm 钡水泥；地板、顶棚：11cm 砼+4cm 钡水泥；防护门、观察窗：2mmPb	有用线束方向：3mm 铅当量 非有用线束方向：2mm 铅当量	是
5	数字化双能 X 射线骨密度仪	1.3kV 100mA	四周墙体：24cm 实心页岩砖+2cm 钡水泥；地板、顶棚：11cm 砼+3cm 钡水泥；防护门、观察窗：2mmPb	有用线束方向：1mm 铅当量 非有用线束方向：1mm 铅当量	是
6	数字化全景 X 光机	16kV 85 mA	四周墙体：24cm 实心页岩砖+2cm 钡水泥；地板、顶棚：11cm 砼+3cm 钡水泥；防护门、观察窗：2mmPb	有用线束方向：1mm 铅当量 非有用线束方向：1mm 铅当量	是
7	C 形臂 X 射线成像系统（小 C 臂机）	20 kV 110 mA	四周墙体：24cm 实心页岩砖+2cm 钡水泥；地板、顶棚：11cm 砼+2cm 钡水泥；防护门、观察窗：3mmPb	有用线束方向：3mm 铅当量 非有用线束方向：2mm 铅当量	是
8	CT 定位机	140kV 666mA	建议厚度 四周墙体：24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥；顶棚 20cm 砼；防护门、观察窗：3mmPb	有用线束方向：3mm 铅当量 非有用线束方向：2mm 铅当量	是

III 类射线装置各机房屏蔽墙体满足相关要求，防护门、窗按要求修建可满足相关要求。机房内不专门设通风窗，室内通风均是由空调进行，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、其他 III 类射线装置剂量估算

根据医院情况预计拟建配置设备的工作符合，III 类射线装置有效剂量当量估算表见表 10-13。

表 10-13 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	高端多层螺旋 CT 系统	25000 人次/年	20s	138.9h	2.5	0.3473	0.0868
2	多功能数字 X 射线诊断设备（胃肠机）	10000 人次/年	$\leq 2\text{s}$	5.6h	2.5	0.0140	0.0035
3	单板悬吊式数字放射成像系统（DR）	20000 人次/年	0.1-0.5s	2.8h	2.5	0.008	0.0020
4	数字乳腺 X 射线系统（钼靶机）	3000 人次/年	$\leq 2\text{s}$	1.7h	2.5	0.0043	0.0011
5	数字化双能 X 射线骨密度仪	1500 人次/年	≤ 5	2.1h	2.5	0.0053	0.0013
6	数字化全景 X 光机	2200 人次/年	$\leq 5\text{s}$	3.1h	2.5	0.0078	0.0019
7	C 形臂 X 射线成像系统（小 C 臂机）	4000 人次/年	0.1-0.5s	0.56h	2.5	0.0117	0.0016
8	CT 定位机	3000 人次/年	0.035s-6s	5h	2.5	0.0125	0.0031

注：①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，DR 机，多功能数字 X 射线胃肠机机，模拟定位机三种 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 0.25mSv/a、0.1mSv/a，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，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

4、室内通风

机房内不专门设通风窗，室内通风均是由空调进行，通风量大于 7700m³/h，换气次数 4 次/h。排风口远离敏感点及空调进风口，满足国家相关标准要求的每小时 3-4 次的换气要求，机房内通风良好。

10.3 对环境敏感点的影响分析

本项目的主要环境敏感点为院内其他建筑，从剂量估算结果来看，机房外活动的公众成员年附加有效剂量均可以满足满足国家相关标准及地方环保审管部门的要求。因

此，本项目的实施对周围环境敏感点的影响可以接受。

10.4 产业政策符合性分析

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，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 修订）第一类——鼓励类中新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及器械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用。医院放射性同位素的应用不属于其中淘汰类和限制类，项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

10.5 实践正当性分析

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

直线加速器、DSA 在医疗诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。辐射诊疗项目营运以后，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，该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。

10.6 选址与平面布局合理性分析

1、选址合理性分析

（1）根据医院提供的资料和评价单位现场踏勘，新建放射科、介入室等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，有利于项目的建设。

（2）介入室位于医技楼楼 1 层东部，与其他功能室相对独立，有利于辐射防护。

（3）本项目放射科、放疗中心均远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。

项目营运期产生的电离辐射均得到有效防护，达标排放对环境影响小。

总体来看，本项目选址较为合理。

2、辐射工作场所布局合理性

本项目辐射工作场所包括放射科、DSA 介入室及放疗中心，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。医院放疗中心机房位于住院大楼东部约 30m 处，为独栋建筑物，放疗中心-1F 的四周均为泥土层，独立不邻，距离住院楼仅 30m 既方便病人就医又有利于采取相应的辐射防护措施。放射科、介入室、放疗中心的各设备均设置了机房和控制室，总体用房与其他科室用房分开；医院各科室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，有效的保障了工作人员和公众成员的健康。

从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

表 11 辐射防护与安全措施

11.1 放射治疗辐射安全防护措施

11.1.1 直线加速器辐射防护与安全措施

1、机房的防护

(1) 治疗室选址和建筑设计必须符合相应的放射卫生防护法规和标准要求，机房的屏蔽墙体采用普通混凝土一次浇注完成，保证施工质量。

(2) 主屏蔽墙设计厚度为 2.7m 的混凝土，与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙体设计厚度为 1.7m 的混凝土，与迷路内墙不重叠的迷路外墙设计厚度为 1.7m 的混凝土，相重叠的迷路内墙和外墙最小设计总厚度为 1.95m 的混凝土，墙体厚度均满足屏蔽要求；顶棚的主屏蔽带宽设计为 4.4m，其余主屏蔽带宽设计为 4.2m，满足计算要求。但从经济方面考虑，建议建设单位按照计算结果进行设计和建设。

(3) 直线加速器室的防护门至少含有 8mmPb 或具有同等屏蔽效能的材料。直线加速器防护门须与墙体重叠上方 10 厘米、下方 15 厘米，左面 10 厘米、右面 10 厘米；大门为地轨式；驱动装置为电气；对大门底缝采用工字型嵌入地轨式，大门底面低于地平面 15 厘米。防护门须有防止挤压装置；须有声、光报警装置；须有关闭/开启正常指示灯、故障指示灯（关闭、开户启不到位）及黄色射线出束警示灯、绿色准备指示灯。防护门上须设置永久性辐射警示标志。

(4) 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。机房水电管线采用“U”形向下穿越屏蔽墙体，排水管和电缆剂量测量孔预埋直径分别为 50mm 和 80mmPVC 管与射线相背方向设置。预埋管必须跟混凝土浇筑同时进行，一次到位。预埋管竖直方向和水平方向均与地面形成 45°角度斜穿屏蔽墙，并在预埋管道的入口或出口应有一定厚度的屏蔽盖板。

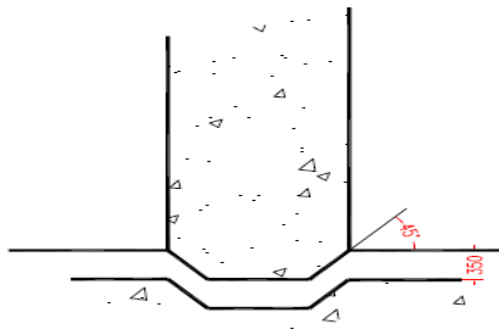


图 11-1 水电管线穿墙示意图

续表 11 辐射防护与安全措施

(5) 机房内不得堆放与诊疗工作无关的杂物。

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

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

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

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

(10) 直线加速器机房应设置多重连锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。门机连锁：采用电动、手动一体化防护门，与加速器启动电路应实行门机连锁方式，即防护门未关闭之前，加速器无法启动。系统连锁：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连锁，不能发出射线。双剂量连锁：按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126—2011)的要求，设置双剂量连锁以及其它连锁。

(11) 加速器使用单位必须配备工作剂量仪、水箱等剂量测量设备，并应配备扫描仪、模拟定位机等放射治疗质量保证设备。

2、安全操作及管理措施

(1) 控制台必须显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、吸收剂量率、治疗方式、楔形过滤器类型及规格等辐照参数预选值。辐照启动必须与控制台显示的辐照参数预选值连锁，控制台选择各类辐照参数之前，辐照不得启动。

(2) 两道剂量监测系统显示的剂量读数在辐照中断或终止后必须保持不变，辐照中断或终止后必须把显示器复位到零，下次辐照才能启动；由于元件或电源失效造成辐照中断或终止，失效时刻读数显示必须储存在一个系统内，以可读取

续表 11 辐射防护与安全措施

方式至少保留 20min 以上。两道剂量监测系统采用双重组合情况下，当吸收剂量达到预选值时，两道系统必须都终止辐照。

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

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

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

(6) 必须装备检查所有安全联锁的设施，用于在辐照间歇期间检查安全联锁（包括防止剂量率大于预选值十倍的联锁），确保各类系统终止辐照的能力和防止超剂量照射。

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

(8) 使用单位必须有合格的放射治疗医生、物理人员及操作人员；操作人员必须经过放射卫生防护和加速器专业知识的职业卫生培训，并经过考核合格后方可上岗。

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

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

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

(12) 辐照期间，除接受治疗的患者外，治疗室内不得有其他人员。

(13) 必须防止各类事故，万一发生意外，立即停止辐照，及时将患者移出

续表 11 辐射防护与安全措施

辐射野，并注意保护现场，便于正确估算患者受照剂量，作出合理评价。

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

11.1.2 DSA 机房辐射防护与安全措施

(1) 机房的防护

① DSA 机房使用面积 70.2m²符合要求。DSA 机房按本评价建议厚度下（机房四周墙体为 24cm 实心页岩砖+3cm 钡水泥，顶棚 11cm 砼+7cm 钡水泥，地板 16cm 砼+2cm 钡水泥，控制室防护门、观察窗（均为 3.5mmPb）均满足屏蔽防护要求。

② DSA 机房充分考虑了邻室（含楼上、楼下）及周围场所的人员防护安全。

③ 屏蔽门的门体与墙体重叠长度不小于门与墙间隙的 10 倍，防护门、观察窗应由有射线防护资质的单位进行生产和安装。

④ 本项目 DSA 设备的透视曝光开关为常断式开关，并配备了透视限时装置。

⑤ 本项目 DSA 设备具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。

⑥ 机房设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置便于观察到患者和受检者状态。

⑦ 机房布局应合理，避免了有用线束直接照射门、窗和管线口位置，未堆放与该设备诊断工作无关的杂物，机房设有动力排风装置，保持了良好的通风。

⑧ 机房内的穿越防护墙的导线、导管等均采用“U”型或“Z”型，未影响墙体的屏蔽防护效果。

⑨ 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

⑩ 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有联锁装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

⑪ 机器发生故障时，应将写有“有故障”字样的纸条等有明显标记的标牌贴在机器上，禁止随便拆动，并与制造厂家或厂家指定或授权的维修部门联系，维修后经过验收监测才能使用。

续表 11 辐射防护与安全措施

(2) 辅助防护设施配置

医院配备了适量的符合防护要求的个人防护用品，如铅衣、铅围裙、铅眼镜等以及各种辅助防护用品，如铅悬挂防护屏、床侧防护屏等。医院 DSA 工作人员在机房内操作时必须穿铅衣，戴铅眼镜、铅手套、铅围脖、铅帽等防护用品，尽量减少个人受照剂量，并佩戴个人剂量计，采取加密监控。

11.1.3 III 类射线装置辐射防护与安全措施

1、机房的防护

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

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

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

(4) X 射线机房应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护安全。机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置，不得堆放与诊断装置无关的杂物，机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

(5) 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相同的门能有效联动。同时加强维修和保养，使它们处于正常工作状态。

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

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

(8) 介入 X 射线机透视曝光开关应为常断式开关，并配备透视限时装置。

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

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

续表 11 辐射防护与安全措施

(11) 机房应设有观察窗或摄像监控装置, 其设置的位置应便于观察到患者受检者状态。

2、安全操作及管理措施

(1) X 射线设备应有能调节有用线束照射的装置, 并应提供可标志照射野的灯光指示装置。

(2) X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标志。

(3) 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) 放射用 X 射线设备应具有可准确记录受检者照射剂量的装置, 并尽可能将每次诊疗后患者受照射剂量记录在病历中。

(10) X 射线设备机房放射防护安全设施在项目竣工时应进行验收检测, 在使用过程中, 应按规定进行定期检测。

(11) 应用 X 射线检查应经过正当性判断。执业医师应掌握好适应证, 优先选用非 X 射线的检查方法。

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

(13) X 射线设备根据工作内容, 现场应配备工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施, 其数量应满足开展工作的需要, 对陪检者应至少配备铅防护衣; 防护用品和辅助防护设施 (铅橡胶, 铅围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子) 的铅当量应不低于 0.25mmPb; 应为不同年龄儿童的不同检查, 配备有保护相应

续表 11 辐射防护与安全措施

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。

11.1.4 DSA 及 III 类射线装置辐射防护防护设施要求见表 11-1。

表 11-1 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
放射诊断学用 X 射线设备隔室透视、摄影	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备
牙科全景体层摄影口腔 CT	—	—	铅橡胶帽子、大领铅橡胶颈套	—
放射诊断学用 X 射线设备同室透视、摄影	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜	或铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	或可调节防护窗口的立位防护屏；固定特殊受检者体位的各种设备
CT 体层扫描（隔室）	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—
床旁摄影	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套	或铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—
骨科复位等设备旁操作	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套	移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—

注：“—”表示不要求。

11.1.3 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

续表 11 辐射防护与安全措施

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 300cm^2 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 125cm^2 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、异物清除等紧急情况, 需要医护和陪同人员陪同时, 工作人员和陪同人员要穿戴个人防护用品, 以减少工作人员所受 X 射线的伤害。

(9) 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个人防护用品, 并在工作时按要求穿戴和使用。

(2) 预防性及监督与管理 监督机构要对卫生医疗机构购买 X 射线机过程中进行监管, 审查生产厂家的生产许可证、合格证及射线卫生防护资料。不能购买

续表 11 辐射防护与安全措施

无资质和卫生防护不合格的 X 射线机。安装使用时要对防护用品和设备进行验收和评价，缺少防护用品和设备及验收评价不合格的不准使用、责令整改和更换。

(3) 日常性监督管理 监督机构要加大医疗机构 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。

(4) 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。

(5) 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。

表 12 安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 环境管理要求

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，医院必须培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，提出如下辐射环境管理要求：

(1) 医院已经成立了辐射防护领导小组（附件六），负责整个医院的放射防护与安全管理，并明确了领导小组职责，见附件七，该小组人员应认真个人职责工作，应有高度的责任心，熟悉和掌握有关放射性的基本知识和辐射防护的一系列法规，并严格遵守执行。

(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，监测数据定期上报岳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 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。对放射诊断工作人员进行健康体检并形成制度。

(6) 按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 253 号令）第十二条规定，建设项目的规模发生变化，或者建设项目环境影响报告书自批准之日起满 5 年，建设项目方开工建设的，其环境影响报告文件应重新编制，报批。

(7) 对医院的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

12.1.2 医院辐射环境管理工作

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，医院制定了一系列的规章制度，具体制度有：《华容县人民医院辐射工作安全防护管理制度》、《辐射安全及防护检测制度》、《放射工作人员健康管理规定》、《华容县人民医院放射工作人员辐射安全培训计划》、《个人剂量管理规定》、《直线加速器维修与保养规定》、《直线加速器应急处理方案》、《华容县人民医院放射科工作制

续表 12 安全管理

度》、《华容县人民医院介入机房管理制度》、《华容县人民医院辐射防护和安全保卫制度》、《华容县人民医院放射科设备检修维护制度》、《华容县人民医院档案管理制度》、《辐射安全和防护监测方案》、《华容县人民医院放射性事故应急措施》、《DSA室操作规程》等。

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，专职人员为本科学历，其他人员均有一定的学历，有一定的管理的能力。本项目开展后，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

12.1.3 职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划

为满足医院放射工作和安全的需要，医院根据要求配置相应的辐射工作人员，目前已有的工作人员情况见下表 12-1。

续表 12 安全管理

表 12-1 辐射工作人员情况统计表

序号	姓 名	年龄	性别	学历及专业	工作岗位	职称	培训日期
1	张有益	54	男	本科、放射	放射诊断	副主任医师	2015 年 9 月 16 日
2	汪建社	59	男	中专、放射	放射诊断	主治医师	2015 年 9 月 16 日
3	周文龙	27	男	本科、临床	放射诊断		2015 年 9 月 16 日
4	姚 治	25	女	本科、影像	放射诊断		2015 年 9 月 16 日
5	皮永祥	30	男	本科、影像	放射技师	执业医师	2015 年 9 月 16 日
6	王 稳	23	男	本科、临床	放射诊断		2015 年 9 月 16 日
7	刘 栋	21	男	专科、影像	放射技师		2015 年 9 月 16 日
8	蔡 柳	26	女	专科、临床	放射技师		2015 年 9 月 16 日
9	黄 虹	27	女	专科、临床	放射技师	技师	2015 年 9 月 16 日
10	温建红	31	男	本科、临床	放射诊断	主治医师	2015 年 9 月 16 日
11	游泽腾	25	男	本科、影像	放射诊断		2015 年 9 月 16 日
12	程 瑶	22	女	本科	放射技师		2015 年 9 月 19 日
13	严若鹏	48	男	专科、影像	放射技师	技师	2015 年 9 月 16 日
14	张友才	28	男	本科、影像	放射诊断	放射医师	2014 年 9 月 17 日
15	藤广才	36	男	本科、影像	放射诊断	主治医师	2015 年 9 月 16 日
16	徐百炼	56	男	专科	放射技师	技师	2015 年 9 月 16 日
17	曾定华	45	男	专科	放射诊断	副主任医师	2014 年 9 月 19 日
18	张友鹏	24	男	专科	放射技师		2014 年 9 月 19 日
19	何小川	53	男	函授本科	放射诊断	副主任医师	待办
20	冯 军	37	男	函授本科	放射诊断	副主任医师	待办
21	罗 新	36	男	函授本科	放射诊断	主治医师	待办
22	白 磊	37	男	函授本科	放射诊断	主治医师	待办
23	易 莹	30	女	本科	放射诊断	主治医师	待办
24	熊盛全	36	男	大专	放射诊断	主治医师	待办
25	陈建良	43	男	函授本科	放射技师	主管技师	待办
26	李 军	41	男	函授本科	放射技师	技师	待办
27	赵 翔	38	男	专科	放射技师	技师	待办
28	王 乐	23	女	本科	放射诊断		待办
29	蔡骁哲	23	男	专科	放射技师		待办
30	卢飞	37	男	专科、影像	放射技师	技师	待办

医院目前为 X 射线装置配备的医师能够满足设备操作的配置要求。

续表 12 安全管理

根据环境保护部令第 3 号第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。同时，根据环境保护部令第 18 号第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。因此，本环评要求医院在本项目运营前，工作人员必须参加辐射安全培训，并取得合格证。取得培训合格证的人员，医院应每四年组织一次复训。

此外，根据环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号中对工作人员个人剂量的要求，医院应为每名工作人员配置个人剂量计，定期组织工作人员进行个人剂量监测，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。医院还应安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。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。

12.1.4 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 号对医院目前实际筹备计划，做出如下符合项评价，见表 12-2。

表 12-2 医院辐射防护符合项评价表

应具备条件	落实情况	还需落实的工作
从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	现有 30 名辐射工作人员，辐射工作人员均未参加培训。	已有辐射工作人员，需要参加培训并取得合格证后方可上岗。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计	现有辐射工作人员部分配有个人剂量计。	上岗前，所有辐射工作人员应配备个人剂量计
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已经制定了放射防护管理、设备操作制度、管理制度、应急预案等	应进一步制定岗位操作制度、场所监测计划、应急演练制度等
有完善的辐射事故应急措施	已制定	制定了应急措施，应定期开展应急演练工作

通过上表可知，由于医院放射相关部分正在筹建中，仍有较多工作需要完善，在下一步的筹备工作中医院应进一步完善上表中提出的还需进一步完善的工作。

续表 12 安全管理

12.2 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用 X 射线机用房周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

1、个人剂量监测

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量检测资质的单位进行。个人照射累积剂量每 3 个月为一监测周期，如发现异常可加密监测频率。

2、工作场所内外环境监测

医院应自行配备了 X-γ 剂量率测量仪（定期进行计量检定），发现问题及时整改。监测数据每年年底向省环保厅和当地环保局上报备案。医院自行的日常监测要求如下表 12-3 所示。

表 12-3 医院常规监测内容一览表

科室名称	监测地点	监测项目	监测频率	限值要求
放疗室	直线加速器机房四周、墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量率当量	一年一次	2.5μSv/h
	其他射线装置机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量率当量	一年一次	2.5μSv/h
介入室、放射科等使用 X 射线装置科室	机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量率当量	一年一次	2.5μSv/h

3、验收监测

项目建成后建设单位应及时委托有资质的单位对本工程进行验收监测。

12.3 辐射安全保证与辐射事故应急预案

12.3.1 辐射安全保证

（1）辐射相关管理制度

续表 12 安全管理

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，医院针对辐射设备情况和预期工作情况成立了放射防护管理领导小组，初步制定了以下管理制度（详见附件七）：《辐射防护领导小组职责》、《医疗诊断 X 射线装置放射防护管理制度》、《华容县人民医院放射安全操作规程》、《放射科医疗设备管理制度》、《华容县人民医院辐射防护安全制度》、《华容县人民医院辐射事故应急预案》、《监测方案、体检承诺书、人员培训计划》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《设备维修保养制度》、《放射科患者就诊须知》、《安全防护制度》、《放射诊疗工作场所辐射防护安全管理制度》、《放射诊疗设备安全操作规程》、《华容县人民医院放射科诊断质量保证方案》、《华容县人民医院放射事件应急处理方案》，医院需要补充完善《直线加速器应急处理方案》、《直线加速器维修与保养规定》、《DSA 室操作规程》、《华容县人民医院档案管理制度》等制度。

（2）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。

（3）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。

（4）为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，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。

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

12.3.2 辐射潜在事故风险

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，

续表 12 安全管理

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；建设手动开门系统。

（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）维修时的故障

分析：不了解直线加速器基本性能和结构，缺乏操作经验；缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；治疗计划错误(治疗过量或欠量照射)；违反操作规程和有关规定，操作失误；设备维（检）修后未进行质量控制检测；管理不善、领导失察等。是人为的因素造成辐射事故（造成患者治疗损伤）的最大原因。

防治措施：放射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，了解应当做什么，怎么做，避免犯普通错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

2、DSA 潜在危险及预防处理措施

（1）门灯指示灯失效

门灯指示灯失效，DSA 机处于出线状态，人员误进入机房而受到误照射。

预防处理措施：按操作规程定期对各个联锁装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在警示灯失效的情况下违规操作。

（2）人员留在机房内未作防护

工作人员进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射

续表 12 安全管理

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。

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，

续表 12 安全管理

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。

续表 12 安全管理

(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。

12.3.3 应急方案与措施

1、射线装置事故的应急方案与措施

射线装置时在高压下而产生射线的, 若一旦出现事故, 应采取以下应急措施:

(1) 射线无高压输入时即停止发射射线, 因此处理此类事故的首要一条就是切断电源, 切断电源可以停止照射。

(2) 如因射线装置输出量异常发生人员受到异常照射的事故, 应及时检修射线装置, 并进行输出量计量校准。

(3) 按操作规程定期对各个联锁装置进行检查, 发现故障及时清除, 严禁在门-机联锁装置失效的情况下违规操作。

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

2、应急预案

医院制定了《华容县人民医院突发性辐射事故应急预案》, 内容包含了辐射事故分级、辐射事故的预防、辐射防护管理组织及防护职责、应急响应、奖惩制度、事故责任处理, 具体内容见附件七。该预案内容比较全面, 但缺少详细的应急响应准备和事故应急演练。

应急响应准备: 包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。

(1) 辐射事故应急办公室应建立完善的辐射事故应急预警机制, 及时收集、

续表 12 安全管理

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 12-4。

表 12-4 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

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

(1) 制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。

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

(3) 做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。

(4) 开展认真的实战演练，按照事先预定的方案和程序，有条不紊的进行，演练过程中除非发生特殊情况，否则尽量不要随意中断。若出现问题，演练完毕后再进行总结。

(5) 做好完整的总结归纳，演练完毕要及时进行归纳总结，对于演练过程中出现的问题要认真分析，并加以改正，成功的经验要继续保持。

应急报告程序

续表 12 安全管理

一般报告程序为：发现者报告给医院辐射管理领导小组成员，由其向市环保局，并同时向市环保局报告，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下：

辐射安全管理办公室电话：0730-4221927

院总值班室电话：0730-4222477

岳阳市公安局电话：110

岳阳市环保局电话：0730-8879800

环境保护验收一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告	齐全
2	环境管理制度	有专人负责，制度上墙等。	有
3	环保措施	辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪若干； 辐射工作场地配备足量的个人防护用品（铅衣、铅眼镜、铅手套、铅围裙、铅帽、铅橡胶颈套等）和辅助防护设施（铅防护屏风、铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏、上下防护屏等）； 辐射工作场所警示标识完整张贴正确。	齐全
4	人员要求	辐射工作人员共计 30 人。	GBZ126—2011
5	管理人员	管理人员和辐射工作人员持证上岗，4 年进行 1 次复训。	环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号
6	机房面积及最小单边长	直线加速器：≥45 m ² DSA：≥30m ² ，最小单边长 4.5m CT：≥30m ² ，最小单边长 4.5m 其他Ⅲ类射线装置：单管头：≥20m ² ，最小单边长 3.5m 双管头：≥30m ² ，最小单边长 4.5m 全景牙片机：≥5m ² ，最小单边长 2m 乳腺机、全身骨密度仪：≥10m ² ，最小单边长 2.5m	GBZ126—2011 GBZ130-2013 GBZ/T180-2006
7	电离辐射	剂量限制 DSA 工作人员年有效剂量≤4mSv 其他机房工作人员年有效剂量≤2mSv 公众成员年有效剂量≤0.1mSv DR 机房，多功能数字 X 射线胃肠机机房等墙体 外工作人员年有效剂量≤0.25mSv，公众成员年有效剂量≤0.1mSv	GB18871-2002、 及环评批复
		墙体剂量率控制 直线加速器迷道门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率≤2.5μSv/h。 其他机房顶棚、墙外、防护门外周围剂量当量率<2.5μSv /h。	GB18871-2002 GBZ121—2002 GBZ126—2011 GBZ130—2013 GBZ/T180-2006

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

医院拟在医技楼、门诊楼、放疗中心三处新增 13 台 X 射线装置（其中新增 II 类射线装置 3 台，III 类射线装置 10 台），其中：医技楼一层新增 2 台 DR、1 台胃肠机、1 台 CT、1 台 DSA；五层手术室新增 1 台小 C 形臂；门诊楼二层新增 1 台数字化全景 X 光机，三楼新增 1 台 DR、1 台钼靶机、1 台骨密度仪；在医院的东面距离住院楼约 30m 处新建的放疗中心新增 2 台直线加速器和 1 台 CT。

项目总投资 2000 万元，其中环保投资 100 万元，占总投资的 5%。

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 产业政策符合性分析

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）》（2013 年修订）第一类——鼓励类中新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及器械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用。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。

13.1.3 选址可行性及布局合理性分析

1、选址可行性分析

（1）根据医院提供的资料和评价单位现场踏勘，新建放射科、介入室等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，有利于项目的建设。

（2）介入室位于医技楼楼 1 层，与其他功能室相对独立，有利于辐射防护。

（4）本项目放射科、放疗中心均远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射均得到有效防护，达标排放对环境的影响小。

总体来看，本项目选址较为合理。

续表 13 结论及建议

2、布局合理性分析

本项目辐射工作场所包括放射科、DSA 介入室及放疗中心，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。医院放疗中心机房位于住院大楼东部约 30m 处，为独栋建筑物，放疗中心-1F 的四周均为泥土层，独立不邻，距离住院楼仅 30m 既方便病人就医又有利于采取相应的辐射防护措施。放射科、介入室的各设备均设置了机房和控制室，总体用房与其他科室用房分开；医院各科室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，有效的保障了工作人员和公众成员的健康。

从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

13.1.4 环境影响分析结论

1、机房使用面积

本项目各射线装置机房使用面积均满足相应标准的要求。

2、墙体屏蔽的辐射防护

根据影响分析章节对本项目各治疗室机房墙体屏蔽能力的核实结果，

(1) 10MV 医用电子直线加速器机房四周墙体在现有设计厚度下能满足屏蔽防护要求，本评价要求主防护厚度不小于 2.4m；防护门建议厚度为 10mmPb。

(2) DSA 机房的四周墙体设计厚度均能满足辐射防护的要求，天棚和地板按照环评建议厚度修建满足辐射防护的要求，墙体空气比释动能率满足评价标准的要求；防护门和观察窗的厚度暂未定，按照环评提出的要求进行建设后，能满足辐射防护的要求。

(3) 其他 III 类射线装置的设计屏蔽厚度按环评要求建设后防护厚度满足要求。机房内不专门设通风窗，室内通风均是由空调进行，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、剂量估算

通过核算，拟从事本项目放射诊疗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管理目标值的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全

续表 13 结论及建议

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。

13.1.5 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射防护管理领导小组,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,华容县人民医院拟开展的“华容县人民医院核技术利用扩建项目”在严格按照环评要求进行建设后,医院放射性同位素及射线装置应用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。华容县人民医院在落实了本环评提出的各项环境保护及污染防治措施的前提下,从环境保护的角度来看,本环评认为该建设项目是可行的。

13.2 建议

(1) 该项目实施前,做好动员解释工作,对有关人员进行辐射防护安全等相关知识培训,进一步落实职责;

(2) 工作人员定期进行培训;

(3) 加强病人管理,对预约病人组织就医流程讲解。

13.3 要求

(1) 未进行培训的工作人员要进行培训合格后方能上岗;

(2) 医院要尽快完善相关制度,并张贴上墙;

(3) 医院在项目建设完成后续尽快完善相应的环保手续,并按规定重新办理《辐射安全许可证》后,才能正式运营;

(4) 医院 X 射线机房不满足屏蔽防护要求的需按照本评价的建议厚度进行修建,确保设备在运行时对周围环境的影响满足相应的标准要求限值。

附 录

附图

- 附图 1 医院地理位置图
- 附图 2 医院周围环境卫星图
- 附图 3 医院总平面布置图
- 附图 4 医院医技楼 1F 平面布置图
- 附图 5 医院医技楼 5F 平面布置图
- 附图 6 医院门诊楼 2F 平面布置图
- 附图 7 医院门诊楼 3F 平面布置图
- 附图 8 放疗中心-1F 平面布置图
- 附图 9 直线加速器机房平面、剖面图
- 附图 10 项目地块现状照片

附件

- 附件一 华容县人民医院 X 射线装置设计屏蔽防护厚度确认函
- 附件二 医院原 X 射线装置的辐射安全许可证
- 附件三 医院非辐射建设内容的批复文件
- 附件四 《背景监测报告》，长沙市鹏悦环保工程有限公司
- 附件五 辐射领导小组成立文件
- 附件六 辐射防护工作制度和应急预案