

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 密封放射源.....	5
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	8
表 6 环境保护目标、评价标准与评价因子.....	9
表 7 评价依据.....	14
表 8 项目工程分析与源项.....	15
表 9 辐射环境质量现状.....	19
表 10 环境影响分析.....	23
表 11 污染防治措施与安全措施.....	35
表 12 安全管理.....	38
表 13 环境保护验收一览表.....	43
表 14 结论与建议.....	44

表 1 项目基本情况

项目名称	常德市第一人民医院核技术利用扩建项目				
建设单位	常德市第一人民医院				
法人代表	XXX		联系人	XXX	
通讯地址	常德市人民东路 388 号				
联系电话	XXX	组织机构代码	XXX	邮政编码	415003
项目地点	常德市第一人民医院第一住院楼				
立项审批部门	/		批准文号	/	
核技术利用项目总投资(万元)	XXX	核技术利用项目环保投资(万元)	XXX	投资比例	XXX
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 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 1 台 III类 3 台		/
<p>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）</p> <p>1.1 建设单位概述</p> <p>常德市第一人民医院创建于 1898 年，是一所集医疗、科研、教学、预防、保健、康复等功能为一体的大型综合性三级甲等医院。现为中南大学湘雅医学院广德临床学院，中南大学、南华大学临床医学硕士研究生培养基地，徐州医学院麻醉学硕士研究生培养基地。</p> <p>医院目前使用 3 台 II 类医用 X 射线装置、19 台 III 类医用 X 射线装置、1 枚 ¹⁹²Ir（III 类放射源）、一处乙级非密封放射性工作场所和一处丙级非密封放射性工作场所，乙级非密封放射性工作场所和丙级非密封放射性工作场所均位于医院第一住院大楼一楼核医学科，已有射线装置和核素的使用医院已经按照相关规定，进行了环境影响评价，医院在认真落实各项污染防治措施后，于 XXXX 取得了辐射安全许可证：XXXXXX，XXXXXXX。对辐射安全许可证进行了变更。运行至今，情况良好，无辐射安全事故发生。</p>					

续表 1 项目基本情况

医院现有放射性同位素、放射源和射线装置已办证的使用情况分别见表 1-1~表 1-3。

表 1-1 常德市第一人民医院现有射线装置使用情况表

序号	使用科室	装置名称	型号	类型	数量	环评情况	办证情况	验收情况	所在位置	
1	肿瘤放疗中心	直线加速器	oncor	II类	1台	已环评	已办证	已验收	第一住院楼 二楼 肿瘤放疗中心	
2		模拟定位机	SL-1E	III类	1台	已环评	已办证	已验收		
3	影像科	数字胃肠机	R-200	III类	1台	已环评	已办证	已验收	门急诊大楼 二楼	
4		CT	Sesation 16	III类	1台	已环评	已办证	已验收		
5		CT	Light speed VCT64	III类	1台	已环评	已办证	已验收		
6		CT	SOMAT OM Emotion	III类	1台	已环评	已办证	未验收	第一住院楼 二楼	
7		DR	VX3733-SYS	III类	1台	已环评	已办证	已验收	门急诊大楼 二楼	
8		DR	VX	III类	2台	已环评	已办证	已验收		
9		钼靶机	SENODs	III类	1台	已环评	已办证	已验收		
10		X光机	BMI	III类	1台	已环评	已办证	已验收		
11		体检中心	DR	Radnext 50型	III类	1台	已环评	已办证	已验收	门急诊大楼 十二楼
12		口腔科	牙片机	KL27	III类	1台	已环评	已办证	未验收	门急诊大楼 六楼
13	口腔全景X光机		P21	III类	1台	已环评	已办证	未验收		

续表 1 项目基本情况

序号	科室	装置名称	型号	类别	数量	环评	办证	验收	使用场所
14	手术室	小 C 臂	WHA-200	III类	1台	已环评	已办证	已验收	第一住院楼 四楼手术室
15		小 C 臂	M1748-D	III类	1台	已环评	已办证	已验收	
16		小 C 臂	PLX112E	III类	1台	已环评	已办证	已验收	
17		DSA	LCV	II类	1台	已环评	已办证	未验收	
18	手术室	DSA	AllURA XPER FD 20	II类	1台	已环评	未办证	未验收	第一住院楼 四楼 手术室
19	中心 ICU	移动 X 光机	3200A	III类	1台	已环评	已办证	未验收	第一住院楼 三楼 中心 ICU
20	儿科	移动 X 光机	DHXC-A	III类	1台	已环评	已办证	未验收	第一住院楼 五楼
21	心胸外科	移动 X 光机	HM-32	III类	1台	已环评	已办证	未验收	第一住院楼 十一楼
22	核医学科	骨密度仪	Lunar Prodigy	III类	1台	已环评	已办证	未验收	第一住院楼 大楼一楼

备注：医院一台直线加速器和一台 DR 已办证，但尚未购置。

表 1-2 常德市第一人民医院现有放射性同位素使用情况表

序号	名称	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	使用场所
1	核医学科	¹³¹ I	1.1×10 ⁸	丙级非密封放射性工作场所
2	核医学科	¹²⁵ I 放免	1.1×10 ⁵	
3	核医学科	⁸⁹ Sr	1.48×10 ⁷	
3	核医学科	¹²⁵ I	1.86×10 ⁶	乙级非密封放射性工作场所
4	核医学科	^{99m} Tc	7.4×10 ⁷	
5	核医学科	¹⁸ F	3.7×10 ⁷	
6	核医学科	³² P	7.4×10 ⁷	
合计			3.1177×10 ⁸	备注：已环评 已办证 未验收

续表 1 项目基本情况

表 1-3 常德市第一人民医院现有密封性放射源使用情况表

序号	使用科室	设备名称	核素名称	出厂活度 (Bq)	国家编码	备注
1	后装机机房	后装机	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹	0114IR001363	已环评、已办证 已验收

1.2 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，常德市第一人民医院新增加核技术利用扩建项目，具体内容如下：

- 1、第一住院楼四楼手术室新增 2 台小 C 臂（III类射线装置）。
- 2、1 台 DSA（II类射线装置）从内科大楼六楼搬迁至第一住院楼四楼介入手术室第 11 手术间。
- 3、第一住院楼一楼西侧核医学科新增 1 台 SPECT/CT（III类射线装置）。

本次常德市第一人民医院核技术利用扩建项目共包括 1 台 II 类射线装置、3 台 III 类射线装置。其中，核医学科中心是原核医学科搬迁至此，已于 2012 年进行环评并已取得批复，现已搬迁完成，此次新增 SPECT/CT 设备已购置，未安装；小 C 臂已购置并安装完成，DSA 已经搬迁完成。本次均属于补办环评手续。具体情况见下表 1-4，本项目投入使用后，核素用量未增加。

表 1-4 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	备注
1	LCV 型 DSA	II 类	1	第一住院楼四楼第 11 手术间	已搬迁
2	JXC6000 型小 C 臂	III 类	1	第一住院楼四楼第 2 手术间	新增
3	JXC6000A 型小 C 臂	III 类	1	第一住院楼四楼第 4 手术间	新增
4	Infinia Hawkeye4 型 SPECT/CT	III 类	1	第一住院楼一楼西侧核医学科	新增
合计			4	1 台 II 类、3 台 III 类射线装置	

为保护环境，保障周围公众健康，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》规定的要求，常德市第一人民医院委托重庆宏伟环保工程有限公司对本项目进行环境影响评价。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。

表 2 密封放射源

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					

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
无 (以下空白)						
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	无 (以下空白)				
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
OECq600 (LCV)型 DSA		1	140	800	介入手术辅助	已搬迁
JXC6000 型小 C 臂		1	120	200	医用诊断	新增
JXC6000A 型小 C 臂		1	120	200	医用诊断	新增
Infinia Hawkeye4 型 SPECT/CT		1	140	2.5	医用诊断	新增
以下空白						

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

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 环境保护目标、评价标准与评价因子

一、保护目标

项目所在地外环境介绍：

本项目位于常德市第一人民医院第一住院大楼内，第一住院大楼位于第一人民医院北，其中第一住院大楼北面为停车坪、东面为立体停车库、南面为停车坪和第二住院大楼、西面为居民楼。

本项目所涉及射线装置小 C 臂无固定安装场所，DSA 安装在医院第一住院楼四楼介入手术室第 11 手术间，SPECT/CT 安装在第一住院楼一楼核医学科。其中 SPECT/CT 机房楼下为地下停车库，楼上为感染科，四楼 DSA 机房楼上为输血科和设备间，楼下为 ICU 病房。

环境保护目标：该医院从事放射诊疗的工作人员以及科室外活动的其他非辐射工作人员、公众成员。详情见表 6-1。

续表 6-1 环境保护目标一览表

机房名称	机房位置	方位	环境保护目标	特征人群	距离	人数	备注
DSA 机房	第一住院大楼四层第 11 手术间	北	过道、手术室	非放射性工作人员、公众	紧邻	4 人	电离辐射
		东	操作室	放射性工作人员	紧邻	2 人	电离辐
		南	第二住院楼	非放射性工作人员、公众	约 45m	200 人	电离辐射
		西	配电间	非放射性工作人员	紧邻	3 人	电离辐射
		楼上	输血科	非放射性工作人员、公众	紧邻	4 人	电离辐射
		楼下	ICU 病房	非放射性工作人员、公众	紧邻	10 人	电离辐射
SPECT/CT 机房	第一住院大楼一层西侧核医学科	北	候诊室值班室	非放射性工作人员、公众	紧邻	20 人	电离辐射
		东	操作间	放射性工作人员	紧邻	2 人	电离辐射
		南	候诊室	公众	紧邻	5 人	电离辐射
		西	候诊室	公众	紧邻	2 人	电离辐
		楼下	地下车库	公众	紧邻	50 人	电离辐射
		楼上	感染科	非放射性工作人员、公众	紧邻	10 人	电离辐射

续表 6 环境保护目标、评价标准与评价因子

二、评价范围

按照《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）的相关规定，并结合该项目辐射装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，本项目评价范围为以各射线装置机房为中心半径 50m 的区域。

三、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剂量限制

1) 剂量限制

第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 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)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。

2) 剂量限值

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：

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），以 20mSv 作为职业工作人员的剂量限值。

根据本项目情况，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。

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应超过下述限值：

b) 年有效剂量，1mSv；本项目取其十分之一即 0.1mSv/a 作为管理目标值。

（2）《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）

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 2（表 6-5）要求。

续表 6 环境保护目标、评价标准与评价因子

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 ^a	30	4.5

^a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。
^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。
^c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。

第 5.3 款 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

- a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3（表 6-6）要求。
- b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

表 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
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量） ^a 2.5（较大工作量） ^a	

^a 双按 GBZ/T 180 的要求。

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

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于 2.5μGy/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：

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率管理目标值应不大于 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管理目标值应不大于 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管理目标值应不大于 0.25mSv；测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

续表 6 环境保护目标、评价标准与评价因子

(3) 《X射线计算机断层摄影放射防护要求》(GB165-2012)；

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

第5.2款 CT机房应有足够的使用空间，面积应不小于30m²，单边长度不小于4m。机房内不应堆放无关杂物。

第5.3款 CT机房的墙壁应有足够的防护厚度，机房外人员可能受到的年有效剂量小于0.25mSv（相应的周有效剂量小于5μSv），距机房外表面0.3m处空气比释动能率应<2.5μGy/h。

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

第 5.5 款 CT 机房应保持良好的通风

(4) 《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。

(5) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)；

第 4.9 款 临床核医学诊断用给药室与检查室应分开，如必须在检查室给药，应具有相应的防护措施。

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

综合上述标准以及医院自身实际情况，数字减影血管造影（DSA）辐射工作人员的辐射剂量≤4mSv/a，其他射线装置辐射工作人员的辐射剂量≤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管理目标值。

根据上述标准，结合本项目所有医用辐射装置的实际情况，确定本项目的剂量约束值要求以及污染物排放指标见表 6-4 所示

续表 6 环境保护目标、评价标准与评价因子

表 6-4 项目管理目标值及污染物排放指标表

管理目标值			
项目	年有效剂量限值 (mSv/a)	执行对象	本评价管理目标值 (mSv/a)
放射工作人员	20	放射工作人员	DSA: 4, 其他: 2
非放工作人员、 公众人员	1	非放工作人员、 公众人员	0.1
机房墙体表面的空气比释动能率控制值 单位: $\mu\text{Sv/h}$			
屏蔽防护体外 30cm 处	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$		
机房面积限值 单位: m^2		最小单边长度 单位: m	
DSA 机房	≥ 30	4.5	
SPECT/CT	≥ 30	4.5	
机房内 体浓度	臭氧限值: $0.3\text{mg}/\text{m}^3$; 氮氧化物限值: $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。		

四、评价因子

本项目所使用的医用 X 射线装置属于放射诊断或放射诊疗装置,在使用过程中自身不产生液态、固态等放射性废物,不存在放射性三废对环境的污染。射线装置拍片采用数字成像技术,联用激光打印机打印激光胶片,不产生洗片废水和胶片。除开机过程中产生的 X 射线以及使气体分子或原子电离、激发,产生极少量的臭氧和氮氧化物外,污染工作场所无其它废气、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。

表 7 评价依据

法规文件	<p>一、法律、法规及有关政策</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2003 年 9 月；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院 449 号令，2005 年 9 月 14 日；</p> <p>(6) 《射线装置管理办法》，环保部总局公告[2006]第 31 号，2006 年；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，国家环境保护部第 2 号令，2015 年 6 月 1 日；</p> <p>(8) 《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 日修订；</p> <p>(9) 《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 日起施行；</p> <p>(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。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(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）；</p> <p>(3) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）；</p> <p>(4) 《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》（GB165-2012）；</p> <p>(5) <u>《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）；</u></p> <p>(6) <u>《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）。</u></p>
其他	<p>(1) 本项目电离辐射监测报告（鹏辐（监）[2015]112 号、鹏辐（监）[2015]113 号）（附件十三）；</p> <p>(2) 辐射环境影响评价委托函；</p> <p>(3) 《中华放射医学与防护杂志》2004 年 12 月第 24 卷第 6 期。</p>

表 8 项目工程分析与源项

一、项目概况

常德市第一人民医院现有放射装备总计有 22 台，其中 DR 机 4 台、数字胃肠机 1 台、螺旋 CT 机 3 台、钼靶机 1 台、X 关机（胸片机）1 台、口腔全景 X 光机 1 台、牙片机 1 台、移动式 X 线机 3 台、DSA1 台、小 C 臂 3 台、骨密度仪 1 台、医用直线加速器 1 台、模拟定位机 1 台。这些设备分布于门急诊大楼和第一住院楼。

本次核技术利用扩建项目包括 1 台 II 类射线装置，3 台 III 类射线装置。其分布情况是：第一住院楼一楼核医学科新增 1 台 SPECT/CT（III 类射线装置）；第一住院楼四楼手术室第 11 手术间搬迁 1 台 DSA（II 类射线装置）；第一住院楼四楼第 2、第 4 手术间分别新增 1 台小 C 臂（III 类射线装置），新增及搬迁项目位于常德市第一人民医院第一住院楼，第一住院楼环评批复见附件十四；第一住院楼中 SPECT/CT 机房、DSA 机房、介入手术室均已建成，不需要新建，全部依托。

二、已建项目选址及布局情况

本项目位于常德市人民东路 388 号。医院开展环境影响评价的辐射诊疗项目，主要涉及介入室和核医学科。本项目所涉及射线装置安装在医院第一住院楼一楼和第一住院楼四楼，一楼为医院核医学科，楼上感染科，楼下为地下车库。住院楼四楼为介入手术室，楼上为输血科和设备间，楼下为 ICU 病房，本项目医用 X 射线装置机房设计情况见表 8-1，平面布置图见附图五。

表 8-1 (a) 本项目医用 X 射线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)	最小单边长度 (m)	是否满足要求
1	DSA 机房	63.00	8.4×7.5×2.9	≥30	4.5	是
2	SPECT/CT 机房	56.25	7.5×7.5×5.4	≥30	4.5	是

表 8-1 (b) 本项目医用 X 射线装置机房屏蔽情况表

机房名称	DSA 机房	SPECT/CT 机房
南墙	20cm 硫酸钡混凝土+ 3mmPb	25cm 砼
北墙	20cm 硫酸钡混凝土+ 3mmPb	25cm 砼
东墙	20cm 硫酸钡混凝土+ 3mmPb	25cm 砼
西墙	20cm 硫酸钡混凝土+ 3mmPb	25cm 砼
顶棚	20cm 砼+ 3mmPb	20cm 砼

续表 8 项目工程分析与源项

续表 8-1 (b) 本项目医用 X 射线装置机房屏蔽设计情况表		
机房名称	DSA 机房	SPECT/CT 机房
地板	50cm 砷	20cm 砷
大防护门	5mmPb	5mmPb
小防护门	5mmPb	5mmPb
防护窗	3.6mmPb	3.6mmPb

三、项目工程分析与源项

本项目已建成，医院第一住院大楼已于 2011 开展环境影响评价，环评批复见附件十四。因而，本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。

(一) 工作原理

1.1 介入室 DSA 工作原理

数字减影血管造影 (DSA) 是利用影像增强器将透过人体后已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成许多小方块，即像素。所得到的各种不同的信息经模 / 数(A / D)转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数 / 模(D / A)转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

1.2 系统组成

血管造影机系统组成：

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

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

DSA 技术是常规血管造影术和计算机处理技术相结合的产物，其基本原理和技术为：X 线穿过人体各解剖结构形成荧光影像，经影像增强器增强后为电视摄像管

续表 8 项目工程分析与源项

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。 \

1.3 操作流程

介入手术辅助治疗操作流程（DSA 血管造影）

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

介入手术时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于动脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达兴趣部位，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。

2.1 SPECT/CT 工作原理

SPECT/CT 是 SPECT 和 CT 的结合体，它的基本工作原理是：SPECT 工作原理是当某种放射性核素或其标记物通过注射，口服等方式进入体内后，利用 PET 来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像，CT 是用 X 线束对人体的某一部分按一定厚度的层面进行扫描，当 X 线射向人体组织时，部分射线被组织吸收，部分射线穿过人体被检测器接收，产生信号。因此 SPECT/CT 影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，还可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。项目核医学科医用放射性核素能量适中（10-500KeV）、物理半衰期不长的 γ 、 β 辐射体。核医学科作为一个非密封源工作场所，可能引起环境污染的因素有三个方面：辐射对环境的污染，工作场所的放射性污染，三废对环境的污染。

2.2 SPECT/CT 系统组成：

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

2.3 工作流程：

依据 X 线检查单，核对摄影部位，确定投照条件，患者摆位，有时需屏气，然

续表 8 项目工程分析与源项

后曝光。

3.1 小 C 臂工作原理

小 C 臂属于普通 X 射线装置，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，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，高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

3.2 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。

(三) 工作负荷

根据常德市第一人民医院提供资料，医用 X 射线装置投入使用后，其工作量见表 8-2。

表 8-2 医用 X 射线装置工作负荷情况

射线装置名称	工作负荷	平均每人每次曝光时间	年最大有效曝光时间
DSA	1800 人次/年	30min	900h
SPECT/CT	2400 人次/年	≤60s	40h
小 C 臂	2520 人次/年	0.02~5s	0.014~3.5h
小 C 臂	2520 人次/年	0.02~5s	0.014~3.5h

(四) 污染因子

(1) 由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

(2) X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物废气。在满足良好室内通风条件情况下，能满足空气质量标准。

(3) 医用 X 射线装置属清洁的物理诊断装置，在使用过程中自身不产生液态、固态等放射性废物，不存在放射性三废对环境的污染。射线装置拍片后采用数字成像技术，联用激光打印机打印激光胶片，不产生洗片废水和胶片。

因此，各 X 射线装置在开机期间，X 射线是污染环境的主要因子。

表 9 辐射环境质量现状

辐射环境质量现状调查

一、DSA、小 C 臂机房环境质量现状

一)、监测项目：周围剂量当量率

二)、监测结果：

1、LCV 型大 C 臂机

1) 基本情况：

型号	编号	生产厂家	出厂时间	启用时间
LCV	987148WK4	美国 GE	2002.1	2005.1

2) 监测条件：有水膜时监测，透视：68kV，6.7mA；摄影：65kV，160mA。

3) 监测结果：

表 9-1 DSA 监测结果表

点位编号	监测点描述	周围剂量当量率 (μSv/h)	
		摄影	透视
△1	铅窗表面	0.09	0.13
△2	工作人员操作位	0.0	0.11
△3-1	控制室防护门上缝表面 30cm	0.11	0.10
△3-2	控制室防护门左侧表面 30cm	0.12	0.12
△3-3	控制室防护门中间表面 30cm	0.11	0.11
△3-4	控制室防护门右侧表面 30cm	0.12	0.13
△3-5	控制室防护门下门缝表面 30cm	0.15	0.11
△4	墙表面 30cm	0.1	0.3
△5-1	防护大门上门缝表面 30cm	0.14	0.15
△5-2	防护大门左侧表面 30cm	0.12	0.14
△5-3	防护大门中间表面 3cm	0.10	0.11
△5-4	防护大门右侧表面 30cm	0.11	0.13
△5-5	防护大门下门缝表面 30cm	0.11	0.14
△6	墙表面 30cm	0.12	0.11
△7	墙表面 30cm	0.13	0.10
△8	墙表面 30cm	0.12	0.09

续表 9 辐射环境质量现状

续表 9-1 DSA 监测结果表

△9	墙表面 30m	0.13	0.10
△10-1	配电间防护门上门缝表面 30cm	0.11	0.13
△10-2	配电间防护门左侧表面 30cm	0 11	0.12
△10-3	配电间防护 中间表面 30cm	0.12	0.14
△10-4	配电间防护门右侧表面 30cm	0.11	0.12
△10-5	配电间防护门下门缝表面 30cm	0.10	0.12
△11	墙表面 30cm	0.10	0.11
△12	墙表面 30cm	0.09	0.11
△13-1	走廊防护门上门缝表面 30cm	0.12	0 14
△13-2	走廊防护门左侧表面 30cm	0.11	0.13
△13-3	走廊防护门中间表面 30cm	0.15	0.17
△13-4	走廊防护门右侧 面 30cm	0.14	0. 4
△13-5	走廊防护门下门缝表面 30cm	0.11	0.12
△14	楼上输血科	0.10	0.12
△15	楼下 ICU 病房	0.09	0.11
△16-1	第一术者操作位头部	—	41.0
△16-2	第一术者操作位胸部	—	44.2
△16-3	第一术者操作位腹部	—	40.6
△16-4	第一术者操作位下肢	—	41.6
△16-5	第一术者操作位足部	—	42.1
△17-1	第二术者操作位头部	—	39.2
△17-2	第二术者操作位胸部	—	43.0
△17-3	第二术者操 位腹部	—	42.7
△17-4	第二术者操作位下肢	—	38.6
△17-5	第二术者操作位足部	—	35.2

备注：以上监测数据均未扣除本底 0.09 μ Sv/h。

续表 9 辐射环境质量现状

2、小 C 臂机

1) 基本情况:

型号	编号	生产厂家	生产时间	启用时间	所在位置
JXC6000A	J0410401	南京杰雄	2014.03	2014.04	二手术室
JXC6000	JX041308 1	南京杰雄	2013.08	2013.08	四手术室

2) 监测条件:

(1) : JXC6000A 型小 C 臂: 43kV, 0.5mA。

(2) : JXC6000 型小 C 臂: 40 kV, 1.0mA。

3) 监测结果:

表 9-2 小 C 臂机房监测结果

点位编号		监测点描述	周围剂量当量率
二手术间: JXC6000A 型小 C 臂	△1	操作位	0.10
四手术间: JXC6000 型小 C 臂	△2	操作位	0.11

备注: 以上监测数据均未扣除本底 0.09 μ Sv/h。

根据以上监测数据可知: 常德市第一人民医院LCV 型DSA在透视条件下监测时, 机房外的周围剂量当量率均低于《医用X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)中 2.5 μ Sv/h的限值要求, 在摄影条件下, 机房的其它辐射防护设施均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《医用X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)的要求。

二、SPECT/CT 机房环境质量现状

一)、监测项目: 地表 γ 辐射剂量率。

二)、监测结果:

表 9-3 环境地表 γ 辐射剂量率监测结果表

序号	测量位置	地表 γ 辐射剂量率 (nGy/h)					计算值
		测量值					
		1	2	3	4	5	
1	控制室安装地	85	87	89	81	86	87 \pm 2
2	过道	81	88	86	90	82	88 \pm 2
3	过道	84	85	87	89	86	86 \pm 2

续表 9 辐射环境质量现状

续表 9-3 环境地表 γ 辐射剂量率监测结果表

4	候诊室	91	88	86	90	83	88 \pm 2
5	预留机房机房	89	90	93	91	92	91 \pm 2
6	SPECT/CT 机房 拟安装地	90	86	89	91	88	90 \pm 1

根据监测结果，项目拟建址的空气比释动能率在81~93nGy/h之间（未扣除宇宙射线）。

（以下空白）

表 10 环境影响分析

一、施工期环境影响分析

本项目已建成，第一住院楼已开展环境影响评价，因而不存在施工期的环境影响分析，也无施工期环境遗留问题。

二、营运期环境影响分析

医用 X 射线装置辐射环境影响分析

(一) DSA 辐射环境影响分析

1、机房设计情况

常德第一人民医院管理有限公司已建设的 DSA 机房位于该院第一住院大楼四楼。机房建设尺寸为长×宽×高=8.4m×7.5m×2.9m，机房有效使用面积为 63m²。根据医院现有建设情况可知，四周墙壁采用 20cm 硫酸钡钢筋砼+3mmq 铅板，顶棚采用 20cm 砼（密度为 2.35 g/cm³）+3mm 铅板，地面楼板为 500mm 硫酸钡钢筋砼；门窗设计为防护门窗。具体情况见附图五。

2、屏蔽防护效能核实

(1) 核实建筑物屏蔽效能采用的主要公式

机房辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。

①主射线：

$$H = \frac{H}{K \times R^2} \quad (\text{式 10-1})$$

$$H = 8.73 \times 10^{-3} \times \dot{G} \times I \times 60$$

式中： K——减弱倍数。

H——额定工作条件下，X 线的输出率 (Gy/h)

I——额定电流 (mA)

\dot{G} ——发射率 (R/mA.min)

H ——屏蔽体外 30cm 处瞬时剂量率 (Gy/h)

R——参考点距离(m)

②散射

续表 10 环境影响分析

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

式中： α ——人体散射系数，0.0016/400cm²。

s ——散射面积，m²。

R ——参考点距离(m)

r ——源皮距，m。

③漏射线

$$\dot{H} = \frac{H_1}{K \times R^2} \quad (\text{式 10-3})$$

式中： H_1 ——X 漏射剂剂量率 (<1mGy/h)；

④厚度

$$d = TVL \log K \quad (\text{式 10-4})$$

TVL ——十值层厚度；

d ——屏蔽材料厚度

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

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)；

：散射角 (°)。

(2) 核实建筑屏蔽效能采用的有关参数

表 10-1 利用因子 U

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

续表 10 环境影响分析

表 10-2 居留因子

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

(3) 建筑物屏蔽墙厚的确定原则

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

(4) 射线装置能量与各屏蔽材料的 TVL 值及发射率确定原则

额定电压为 140kV 的射线装置 90° 散射角的散射线能量约为 110kV,漏射线能量为 140kV。

机房建筑屏蔽材料常用材料为混凝土、砖、铅等,其密度分别为:实心页岩砖密度 1.65g/cm³,混凝土密度 2.35g/cm³,重晶石密度 4.3g/cm³。铅密度 11.34g/cm³。各屏蔽材料的 TVL 值及发射率见表 10-4。

表 10-3 各屏蔽材料的 TVL 值及发射率

能量	屏蔽材料	TVL 值	mGy mA·min
110kV	砵	5.9cm	5.4
	铅	0.87cm	
	页岩砖	6.9cm	
	重晶石	4.3cm	
140kV	砵	6.8c m	8.2
	铅	0.94mm	
	页岩砖	8.0cm	
	重晶石	5.0cm	

(5) 剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) ——2000 年报告附录 A, X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算:

续表 10 环境影响分析

$$H_{Er} = H(10) \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 10-6})$$

其中: H_{Er} : X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量, 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。

(6) 计算参数

根据医用 X 射线装置负载特性曲线, 如图 10-1 所示, 本项目 DSA 管电压对应的最大管电流情况见表 10-4。因为电压越高, X 射线的穿透力越强, 本评价按额定管电压、对应最大管电流对医用 X 射线装置机房的屏蔽防护进行核算。

表 10-4 (a) DSA 计算电压及电流情况

能量	额定管电压 (kV)	负载特性曲线对应额定管电流 (mA)
DSA	140	300

表 10-4 (b) DSA 工作负荷情况

射线装置名称	工作负荷	平均每人每次曝光时间	年最大有效曝光时间
DSA	1800 人次/年	30min	900h

本评价按照国家标准要求, 确定机房墙体、门和观察窗外表面 0.3m 及楼上和楼下 1m 处空气比释动能率均按 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 进行控制。

在同时考虑放射设备自带的影像增强系统 (屏蔽效能 0.8mmPb) 和人体屏蔽的情况下, 只有少量的有用线束能对主屏蔽墙体发生照射现象, 但屏蔽该有用射线所需的墙体厚度远小于散射线和漏射线照射所需的厚度。由于项目放射设备均带有影像增强系统, 不会发生有用线束对四周墙体、顶棚、观察窗等进行直接照射的情况, 而主要是散射线、漏射线产生的照射, 因此, 本评价按照散射线和漏射线对拟建放射设备机房的辐射防护效能进行估算。

因此采用式 10-1~式 10-6 对拟建医用 X 射线装置机房的辐射防护进行估算。

(7) 核算结果

根据计算公式 (式 10-1~式 10-6) 和相关参数 (表 10-4), DSA 机房的屏蔽能力核算结果见表 10-5。

根据医院提供资料四周为 20cm 硫酸钡钢筋混凝土+3mm 铅板, 由于医院无法提供硫酸钡的具体含量, 根据类比可得, 其中重晶石在四周墙体中含量为: 88.8%。将四周

续表 10 环境影响分析

墙体换算为砼的厚度为：34.74cm 砼+3mm 铅。

表 10-5 DSA 机房屏蔽核算结果

墙体名称	参考点距离 (m)	计算厚度	实际厚度	是否满足屏蔽厚度	实际厚度下瞬时剂量率估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)
计算通用参数： 人体散射系数：0.0016； 散射面积 $s=400\text{cm}^2$ ； 源皮距，1.3m； 管电压 140kV、管电流 300mA					
东墙 (散漏射)	约 4.5	20.32cm 砼	34.74cm 砼+ 3mm 铅	满足要求	0.17
南墙 (散漏射)	约 4.05	20.86cm 砼	34.74cm 砼+ 3mm 铅	满足要求	0.21
西墙 (散漏射)	约 4.5	20.32cm 砼	34.74cm 砼+ 3mm 铅	满足要求	0.17
北墙 (散漏射)	约 4.05	20.86cm 砼	34.74cm 砼+ 3mm 铅	满足要求	0.21
地板 (散漏射)	约 2.9	22.57cm 砼	50cm 砼	满足要求	0.00006
天棚 (散漏射)	约 3.9	21.05cm 砼	20cm 砼+ 3mm 铅	满足要求	2.10
大防护门 (散漏射)	约 4.05	3.08mmPb	5mmPb	满足要求	0.015
配电间防护门 (散漏射)	约 4.5	3.00mmPb	5mmPb	满足要求	0.012
控制室防护门 (散漏射)	约 4.5	3.00 mmPb	5mmPb	满足要求	0.012
观察窗 (散漏射)	约 4.5	3.00mmPb	3.6mmPb	满足要求	0.50

由表 10-5 可以看出，机房的四周墙体天棚、地板、防护门和观察窗的厚度均能满足辐射防护的要求，墙体外 30cm 处空气比释动能率满足评价标准 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，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 6 月 10 日对常德第一人民医院的 DSA 工作时机房辐射环境现场监测数据可以看出，机房的四周墙体天棚、地板、防护门和观察窗的厚度均能满足辐射防护的要求。墙体外 30cm 处空气比释动能率满足评价标准 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求与屏蔽核算结果一致。

(8) 机房内通风

DSA 运行时会产生少量的臭氧。因此 DSA 机房需要良好的通风，以降低臭氧浓度。根据医院实际情况，DSA 机房内安装了一台医用卫生型净化空调机组，用管道连接排至室外，根据医院提供资料，DSA 机房即 OP11 为千级手术室，通风量为： $6816\sim 2614\text{m}^3/\text{h}$ 。

续表 10 环境影响分析

另外机房通风装置安装在设备 5 楼设备间，不朝向环境敏感点并远离空调进风口。在此基础上，因排放室外有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，加上 O₃ 的分解时间不到 10 分钟，能满足环境空气质量标准。

(9) DSA 剂量估算

9.1 辐射工作人员剂量估算

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

介入治疗操作人员因为需在机房内操作，在 X 射线球管曝光情况下进行手术导管引导，所受到的辐射剂量相对较大。本环评引用长沙市鹏悦环保工程有限公司于 2015 年 6 月 10 日对常德市第一人民医院的 DSA 工作时机房辐射环境现场监测数据（表 9-1 DSA 监测结果表）对本项目 DSA 介入治疗操作人员进行剂量估算。

9.1.1 手术室医护人员剂量估算

根据上表数据剂量估算，介入手术时，在有铅屏防护的情况下，医生进行手术时测的最大周围剂量当量率为 44.20 μ Sv/h（第一术者操作位腹部），开展介入手术的医生在有铅屏防护的情况下每年能开展介入手术约 1800h，根据建设单位提供的资料，DSA 系统透视和数据平均采集时间约为 30min，介入手术的医生在由铅屏的防护条件下每年能开展介入手术约 3600 台次/年，按医院提供资料，医院参与 DSA 手术治疗的医师有心内科、神内科、神外科、胸内科、胸外科共计 22 人（手术台数约 3600 台/a）。按照医院现有年介入治疗台次和从事介入治疗医生数量的情况，每位医生受照剂量约为：3.62mSv/a。因此医院介入治疗医生的年受照剂量不超过评价管理目标值要求（4mSv/a）。

在本次核算当中是以监测实际值进行核算，没有考虑设备自身的屏蔽效果及穿戴防护用品的屏蔽作用，实际医生受到的辐射水平低于核算值，为进一步减少介入医生的受照剂量，医务工作人员在进行介入手术时，应尽可能采用小视野，穿戴防护用品(铅衣服、铅背心、铅手套、铅帽、铅眼镜)，并充分利用专用的移动式屏蔽物（悬挂式铅玻璃、铅帘）等，利用医院配置的防护设施（悬挂式铅玻璃、铅帘等）做好自身的防护，同时，医院应对介入医生采取轮岗方式的管理措施，当监测到个人剂量值偏大时，应分析原因并及时采取措施，减少个人照射剂量，控制个人的受照剂量满足项目目标管理值的要求。

9.1.2 控制室辐射工作人员剂量估算

续表 10 环境影响分析

根据医院提供资料，医院介入室工作人员 5 名，医院使用该 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 72 人次/周，年工作为 50 周，平均每次进行手术时 DSA 有效开机时间约为 30min。年有效开机时间约为 1800h。控制室操作人员位于控制室内，对医生工作进行辅助。根据表核算数据计算，在控制室铅窗的瞬时剂量估算值为 $0.50\mu\text{Sv/h}$ ，可计算出控制室内工作人员年附加有效剂量最大约为 0.90mSv ，低于评价标准 2mSv 管理目标值要求。同时，辐射工作人员应正确佩戴个人剂量计，定期做个人剂量检测，保证其受照剂量低于 2mSv/a ，满足本评价的辐射工作人员管理目标值 2mSv/a 及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求。

9.2 非辐射工作人员剂量估算

本项目 DSA 机房周围非辐射工作人员有周围医护人员、楼下 ICU 病房和病人通道、楼上输血科和设备间，楼上设备间无人停留，其居留因子为 1/4。根据核算数据结果可知，非辐射工作人员所受的瞬时剂量估算值为 $0.17\mu\text{Sv/h}$ ，则最大年附加有效剂量为 0.04mSv/a ，小于本评价管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

9.3 公众成员剂量估算

公众成员出现的场所主要为 DSA 机房楼下的 ICU 病房，其居留因子为 1/4，根据上表，在公众成员所受的瞬时剂量估算最大值为 $0.11\mu\text{Sv/h}$ ，则公众成员所受的最大年附加有效剂量为 0.024mSv/a ，小于本评价管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（二）SPECT/CT 机房辐射影响分析

1、机房面积设计情况

根据医院提供资料可知：

SPECT/CT 机房室内空间几何尺寸为： 7.5m （长） $\times 7.5\text{m}$ （宽） $\times 5.4\text{m}$ （高），四周墙体采用 25cm 砣（密度为 2.35g/cm^3 ），天棚和地板均采用 20cm 混凝土（密度为 2.35g/cm^3 ），防护门设计铅当量 $\geq 5\text{mmPb}$ 及观察窗设计铅当量 $\geq 3.6\text{mmPb}$ 。

2、屏蔽防护效能核算

由于常德市第一人民医院在 2012 年的环境影响报告中已经对医院使用核素进行环境影响评价，见附件十五。因此本次环境影响评价只考虑 SPECT/CT 设备使用时对周边

续表 10 环境影响分析

环境的影响。

(1) 核算模式:同样适用公式 10-1~10-6。

由于 SPECT/CT 开机前控制室工作人员还需要为病人摆位, 因此此次核算中将工作人员摆位时收到的辐射考虑在内。

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

$$\dot{D}_o = \frac{A \times \Gamma \times 8.76 \times 10^{-3}}{R^2} \quad (10-7)$$

$$Ks = \frac{\dot{D}_o}{p} \quad (10-8)$$

$$\Delta s = TVL \times \log(Ks) \quad (10-9)$$

式中: R—考查点到 γ 源的距离 (m);

\dot{D}_o —距源 R 米处的空气比释动能率 (Gy/h);

A—源的活度 (Ci);

Γ —照射量率常数, R·m²/h·Ci;

8.76×10⁻³—转换系数 (Gy/R);

Δs —屏蔽厚度 (cm);

p—墙体外 30cm 处剂量控制值 (2.5 μ Gy/h);

TVL—屏蔽材料的十值层厚度 (cm)。

(2) 核算参数

根据医用 X 射线装置负载特性曲线, 本项目 X 射线装置管电压对应的最大管电流情况见表 10-7。因为电压越高, X 射线的穿透力越强, 本评价按额定管电压、对应最大管电流对医用 X 射线装置机房的屏蔽防护进行核算。

表 10-7(a) SPECT/CT 电压及电流情况

能量	额定管电压 (kV)	负载特性曲线对应最大管电流 (mA)	曝光时间(s)
SPECT/CT	140	300	≤60

表 10-7 (b) SPECT/CT 工作负荷情况

射线装置名称	工作负荷	平均每人每次曝光时间	年最大有效曝光时间
SPECT/CT	2400 人次/年	≤60s	40h

续表 10 环境影响分析

本评价按照国家标准和地方环保部门要求，确定机房墙体、门和观察窗外表面 0.3m 及楼上和楼下 1m 处空气比释动能率均按 2.5 μ Sv/h 进行控制。

(3) 核算结果

根据核算模式与选定的核算参数，本项目的医用 X 射线装置机房的屏蔽防护核算结果见表 10-8。根据预测结果得出如下结论：

表 10-8 SPECT/CT 机房墙体厚度核实结果

墙体名称	参考点距离 (m)	计算厚度	实际厚度	是否满足屏蔽厚度	实际厚度下瞬时剂量率估算值 (μ Sv/h)
计算通用参数： 人体散射系数：0.0016； 散射面积 s=400cm ² ； 源皮距， 1.3m； 管电压 140kV、管电流 300mA					
东墙 (散漏射)	约 4.05	20.86cm 砼	25cm 砼	满足要求	0.49
南墙 (散漏射)	约 4.05	20.86cm 砼	25cm 砼	满足要求	0.49
西墙 (散漏射)	约 4.05	20.86cm 砼	25cm 砼	满足要求	0.49
北墙 (散漏射)	约 4.05	20.86cm 砼	25cm 砼	满足要求	0.49
天棚 (散漏射)	约 5.4	19.38cm 砼	20cm 砼	满足要求	1.96
地板 (散漏射)	约 5	19.77cm 砼	20cm 砼	满足要求	2.29
大防护门 (散漏射)	约 4.05	3.08mmPb	5mmPb	满足要求	0.02
防护小铅门 (散漏射)	约 4.05	3.08 mmPb	5mmPb	满足要求	0.02
铅玻璃 (散漏射)	约 4.05	3.08mmPb	3.6mmPb	满足要求	0.62

由表 10-7~10-8 可以看出，本项目普通医用 X 射线机房实际设计的四周墙体、天棚、地板、防护门和观察窗的厚度均能满足辐射防护的要求，墙体外 30cm 处周围剂量当量率满足评价标准 2.5 μ Sv/h 的要求，能满足辐射防护的要求。

3、室内通风

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需要良好的通风，以降低臭氧浓度。根据医院实际情况，医院射线诊断装置机房内安装有通风装置，使室内通风系统能够满足要求，排风口不朝向环境敏感点并远离空调进风口。在此基础上，因排放室外有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，加上 O₃ 的

续表 10 环境影响分析

分解时间不到 10 分钟，能满足环境空气质量标准。

4、剂量估算

(1) 估算公式：式 10-6；式 10-7。

(2) 估算结果

从事放射诊断的放射工作人员，主要受到射线穿过屏蔽体厚度贯穿辐射和开机前为病人摆位收到的辐射影响。在机房屏蔽体设计满足防护屏蔽的要求下，人员在操作室内进行操作，受到的剂量很小。在对病人进行 X 射线诊断时，应注意对病人做必要的防护。

A 辐射工作人员剂量估算

医院医用 SPECT/CT 暂预备有 1 名辐射工作人员，后期拟增加 2 名工作人员。其剂量率按照机房与控制室的隔断墙体的最大剂量率进行核算，计算结果见表 10-8，辐射工作人员所受的 X 射线最大年附加有效剂量为 0.024mSv/a，根据计算得知经过墙体屏蔽后核素放射产生的瞬时剂量为：0.0045 μ Sv/h，核素最大年附加有效剂量为：0.00018mSv/a，即工作人员所受到的最大年附加有效剂量为：0.02418mSv/a，远小于本评价管理目标值 2mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。虽然本计算值很低且偏保守，但辐射工作人员在工作时也应佩戴好各种防护用品，减少个人受照剂量。

SPECT/CT 设备拟只使用 ^{18}F ，每人使用 8mCi，机房内不允许停留无关人员，控制室辐射工作人员一般在开机前还需要为病人摆位，摆位时间不超过 3min/人，摆位时受到的剂量最大为：80 μ Gy/h（设备表面 5cm 处，根据 GBZ121-2002）。则每一位工作人员摆位时受到的年有效剂量为 3.20mSv/a。

在本次核算当中是以监测实际值进行核算，没有考虑穿戴防护用品的屏蔽作用，实际医生收到的辐射水平低于核算值，为进一部减少介入医生的受照剂量，医务工作人员在进行介入手术时，应尽可能采用小视野，穿戴防护用品(铅衣服、铅背心、铅手套、铅帽、铅眼镜)，并充分利用专用的移动式屏蔽物（悬挂式铅玻璃、铅帘）等，利用医院配置的防护设施（悬挂式铅玻璃、铅帘等）做好自身的防护，同时，医院应对介入医生采取轮岗方式的管理措施，适当增加工作人员数量，减少个人照射剂量，控制个人的受照剂量满足项目目标管理值的要求。

B 非辐射工作人员剂量估算

续表 10 环境影响分析

本项目非辐射工作人员主要位于 SPECT/CT 机房外的病人通道，按照普通 X 射线装置机房墙外的剂量率对非辐射工作人员年有效剂量进行计算，其居留因子为 1。计算结果见表 10-8。假设 SPECT/CT 开机时，分别有 1 名非辐射工作人员位于相邻的房间内，则非辐射工作人员所受的最大 X 射线年附加有效剂量为 0.014mSv/a，核素产生的瞬时剂量为：0.0045 μ Sv/h，非辐射工作人员所受到的最大年附加有效剂量为：0.01418mSv/a，小于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

C 公众成员年剂量估算

本项目公众成员出现的场所主要为普通 X 射线装置机房楼下的地下车库公众和楼上的感染科病人，其居留因子为 1/4，假设在普通 X 射线装置开机期间，各有 1 名公众成员处于 X 射线装置机房外，则公众成员所受的最大 X 射线年附加有效剂量为 0.023mSv/a，所受到小于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（三）小 C 臂机房辐射影响分析

小 C 臂机为移动 X 射线装备，由骨科三室医生进行操作，主要操作人员有 6 人，在实际操作过程中小 C 臂均在符合防护规定的五个小 C 臂机房内进行操作，机房均有操作室，并有铅窗、铅门。小 C 臂机房四面墙体均为 50mm 铝蜂窝复合模块板+3mm 铅板+200mm 硫酸钡钢筋混凝土。大小防护门均为 2mm 钢板+1mm 铅板+38mm 铝框架+1mm 胶水+2mm 不锈钢门体包边。防护窗为 3.6mm 铅玻璃铅当量。具体机房设计参数见附件十三，且在操作过程中，相关操作人员都穿戴铅衣、铅帽等进行防护。

小结：由表 10-4~10-8 及后续核算数据可知，普通 X 射线装置机房所致辐射工作人员、非辐射工作人员以及公众人员附加年有效剂量均低于本项目管理目标值，满足辐射防护要求。

二、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

续表 10 环境影响分析

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。项目营运以来，为病人提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时还提高医院了档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

此外，通过核算和现场监测，该项目屏蔽和防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。

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。

三、产业政策符合性

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 9 号《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）第一类——鼓励类中新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及器械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用。所以该项目符合国家产业政策。

四、选址合理性

本项目位于医院的第一住院楼，医院使用 X 射线诊断的病人较多，其设备机房均紧邻走道，现有设备位置集中使用，方便病人就诊。医院项目拟建址辐射环境质量良好。项目营运期产生的电离辐射得到有效治理，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。

五、平面布局合理性

本项目 X 射线装置机房设置较为集中，不与其他常规科室交叉设置，避免了无关人员进入，进行辐射医疗诊断病人数较多，方便病人就诊。X 射线装置布置相对集中，各个科室用房相对独立，可降低风险事故发生率，因此，本项目布局是合理的。

表 11 污染防治措施与安全措施

一、辐射防护与安全措施

项目污染防治措施

1、医院现有污染防治措施

A、DSA 机房防护和安全措施

(1) 根据医院现有建设情况可知，该项目 DSA 机房用房独立，机房有效使用面积为 63m²。墙壁采用 20cm 硫酸钡钢筋混凝土+3mm 铅板，顶棚采用 20cm 混凝土（密度 2.35g/cm³）+3mm 铅板；地板采用 50cm 硫酸钡钢筋混凝土；门窗设计为防护门窗。以上辐射防护措施已达到《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的屏蔽要求。

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

(3) 医院 DSA 机房和其他装置机房门外应设有工作状态指示灯、灯机联锁装置和电离辐射警示标识。同时加强医院放射科机房门外工作状态指示灯、灯机联锁装置维修，加强电离辐射警示标识的检查，使它们处于正常工作状态。

(4) 机房的墙体、穿越防护墙的导线设计、屏蔽门的门体与墙体重叠长度必须满足屏蔽防护要求。机房的屏蔽墙体施工，应加强施工监理，确保砖缝内砂浆饱满，不能有缝隙，墙体厚度满足设计要求，保证施工质量。

(5) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

(6) 介入手术人员运用遮光器、防护帘、防护屏等屏蔽设施，手术中尽量离辐射源远一些，即落实距离防护原则。

(7) 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。

(8) 加强射线装置维修，加强检查，使 X 射线装置处于正常工作状态。

(9) 防护门和观察窗的生产应由有生产资质的厂家承担，主射线须避开防护门和观察窗。

B、III类射线装置污染防治措施

(1) 根据医院提供资料可知：

SPECT/CT 机房有效使用面积为 56.25m²，四周墙体采用 25cm 混凝土结构墙体（实心页岩砖密度为 2.35g/cm³，）；射线装置机房地板和天棚采用 20cm 混凝土（2.35g/cm³），

续表 11 污染防治措施与安全措施

门窗设计为防护门窗。以上防护措施已达到《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）的屏蔽要求。

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

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

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

（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。

（6）移动 X 射线装置开机时应将周围公众人员隔离到安全的位置，保证公众人员的安全，工作人员也应佩戴个人剂量计，做好相关防护，远离射线装置，减少受照剂量，保证年受照剂量满足相关的要求。

（7）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。

（8）定期检查机器及其零部件；经一段时间未使用，重新使用前，必须确认机器是否处于正常、安全的工作状态；机房内严禁堆放其它杂物。

（9）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。

2、安全操作及管理措施

（1）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。

续表 11 污染防治措施与安全措施

(1) 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) 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。

(4) 合理选择各种操作参数, 在满足医疗诊断的条件下, 应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。

(5) X 射线机曝光时, 应关闭与机房相通的门。

(6) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施, 并张贴上墙。

(7) 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。

3、受检者放射卫生防护

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

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

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

3、使用移动式设备在病房内做X射线检查时, 应采取防护措施减少对周围患者的照射, 不允许将有用线束朝向其他患者。

4、应避免受检者同一部位重复X射线检查, 以减少受检者受照剂量。

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

表 12 安全管理

二、辐射工作场所分区

根据国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，辐射工作场所分为控制区和监督区。

①控制区：DSA 机房和 SPECT/CT 机房以墙体和防护门为界，其内为控制区。在该区需要最优化的辐射屏蔽，以保证正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射及事故性医疗照射的发生。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：DSA 机房和 SPECT/CT 机房的控制室以及周围临近区域，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

二、辐射安全与环境保护管理机构的设置

2.1 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，监测数据定期上报郴州市环境保护局备案。

（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。

续表 12 安全管理

(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。

2.2 医院已制定以下辐射环境管理制度

1、医院已经成立辐射防护领导机构，设立了以向绪林为组长，潘道波为副组长的辐射工作领导小组，设立了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、制定了辐射工作场所管理制度。辐射工作人员均经过湖南省卫生监督所辐射工作安全防护培训，并持有有效放射工作许可证方可上岗；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；机房门外安装“正在照射”指示灯及电离辐射警示标志等。

3、发布了放射性辐射事故应急措施。发生人体受超剂量照射事故时，应迅速安排受照人员接受医学检查或在指定的医疗机构救治。同时，发生或发现辐射安全事故必须在 2 小时内向当地市环保局（0736-12369）和省环保厅（0731-85698110）报告。当人体受到超剂量照射时，要立即报告相关行政部门，迅速安排人员接受医学检查或救治。

另外，医院还制定了包括《放射防护管理制度》、《放射工作人员职业健康管理制

度》、《监测方案、体检承诺书、人员培训计划》等相关制度(附件七~附件九)。
医院制定的相关制度不仅考虑了辐射设备的使用和安全防护，而且考虑了辐射设备使用的实践的合理性，具有一定的可操作性。为完善医院的辐射管理制度，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为保障放射设备使用的安全性以及放射工作人员和公众成员的健康；定期对放射工作场所及周围环境进行辐射监测和检查；检查和评估辐射工作人员的个人剂量，建立并保存辐射工作管理档案和个人剂量及健康档案；制定管理制度和应急措施，使维修保养制度上墙。

②建立年度评审制度，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。对辐射工作人员每两年进行身体健康体

续表 12 安全管理

检并形成制度。进入机房的工作人员佩戴个人剂量报警仪，记录个人所受的射线剂量。

③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。以杜绝辐射事故的发生。

④完善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，工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

⑤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。

⑥定期检查射线输出剂量误差，发现问题，及时解决。

2.3 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，医院成立以向绪林为组长的辐射防护领导小组负责辐射防护安全工作，还包括了 1 名副组长，8 名成员，并明确了领导小组职责（成立文件及职责详见附件四、五）：

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。

三、辐射潜在事故风险

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。本次环评主要针对射线装置潜在照射危险进行分析并提出对策。

(1) 门灯指示灯失效

门灯指示灯失效，X 射线诊断装置仍然在运行，人员进入机房而受到误照射。

对策：应立即按下紧急停机开关，或断开电源强制停机。

续表 12 安全管理

(2) 人员滞留在机房内

工作人员或病员陪伴进入机房后，未全部撤离，仍有人滞留在机房内某个不易察觉的地方。

对策：发现有无关人员停留在机房内，若尚未开始照射，则应立即将该人员请出机房；若已经开始照射，应立即按下紧急停机开关。

(3) 医疗照射不正当化

滥用 X 线诊断造成人员受到不必要的照射。

对策：操作人员进行严格的培训，熟练操作，杜绝此类情况发生。

人员受到超剂量照射应迅速安排受照人员的医学检查和医学监护。同时使抢救人员受到的剂量控制在可以合理达到的尽可能低的水平最大不能超过国家规定限值，由安全人员监护。查找事故原因，做好相关防范措施。快速进行事故后果的评价，预测事故发展趋势。

(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。

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。

(5) 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。

四、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：0736-7788127

院总值班室电话：0736-7788113

市公安局电话：110

市环保局电话：0736-7222562

续表 12 安全管理

省环境保护厅电话：0731-85698110

常德市第一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。

表 13 环境保护验收一览表

序号	验收项目	验收内容		验收要求
1	机房面积及最小单边长度	DSA: $\geq 30\text{m}^2$, 最小单边长度: 4.5m; SPECT/CT $\geq 30\text{m}^2$, 最小单边长度: 4.5m。		GB130-2013
2	防护门、观察窗	大、小防护门设计防护厚度 $\geq 5.0\text{mmPb}$, 观察窗铅玻璃的设计厚度 $\geq 3.6\text{mmPb}$, 有门机联锁装置; 搭接长度不小于缝隙的 10 倍。		GB130-2013
3	管理制度可行性	制度齐全, 有专人负责, 并制度上墙等。SPECT/CT 通道悬挂走向指示牌等。		落实
4	辐射安全防护措施	①各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。 ②门与墙搭接满足要求。 ③制度上墙。 ④各机房应保持有良好的通风和机房内不得堆放无关杂物。 ⑤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。 ⑥各机房内设置摄像监控装置		GB130-2013 GB165-2012
5	管理人员	辐射工作人员必须持证上岗, 培训合格。		环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号
6	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		落实
7	电离辐射	剂量管理目标值	工作人员年有效剂量 DSA: $\leq 4\text{mSv}$; 普通 X 射线装置: $\leq 2\text{mSv}$; 公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$	GB18871-2002
		墙体外剂量率控制	机房防护屏蔽体外 30cm 处空气比释动能率 $< 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	GB130-2013
8	防护用品	介入室	个人剂量计 32 个, 个人剂量报警仪 1 台, 铅屏风、1 副、铅衣 11 套、铅眼镜 15 付、铅橡胶脖颈 14 个, 门机联锁装置系统 5 套, 病人防护用品按需分配。	分科室落实, 配置齐全。
		核医学科	个人剂量计 9 个, 个人剂量报警仪 1 台, 表面污染检测仪 1 台, 铅眼镜 5 付, 铅衣 1 套, 铅手套 1 付, 放射性核素活度仪 2 台, 防护通风柜 1 个, 放射性废物箱 2 个, 病人防护用品按需分配。	
9	危险废物	放射源由厂家统一回收或者送至省城市放射性废物统一处置, 同时, 医院应做好放射源的日常管理台账等工作。		落实, 由厂家回收

表 14 结论与建议

结论

一、项目基本情况

常德市第一人民医院位于常德市人民东路 388 号，医院目前使用 3 台 II 类医用 X 射线装置、19 台 III 类医用 X 射线装置、1 枚 ^{192}Ir （III 类放射源）、一处乙级非密封放射性工作场所和一处丙级非密封放射性工作场所；已有射线装置和核素的使用医院已经按照相关规定，进行了环境影响评价，医院在认真落实各项污染防治措施后，于 XXX 取得了辐射安全许可证：XXXX，XXXXX 对辐射安全许可证进行了变更。本次常德市第一人民医院核技术利用扩建项目共包括 1 台 II 类射线装置、3 台 III 类射线装置。核医学科中心是原核医学科搬迁至此，核素用量未增加。

二、选址与布局合理性分析

常德第一人民医院在设计各射线装置机房时充分考虑到辐射工作人员和公众成员的安全问题，将机房布置在第一住院大楼四楼介入手术室，用房相对独立，对周围环境和人员的影响有限，在可接受范围之内。因此，本项目选址是合理的。

核医学科和介入室设备配备了机房和控制室，总体用房独立，辅助用房配置合理，不与其他科室交叉，从环境保护角度分析，项目整体布局合理。

三、实践正当性分析

医院射线装置对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

四、产业政策符合性分析

本项目符合国家发展和改革委员会令第 9 号《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正）第一类——鼓励类中“新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及器械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用”。所以该项目符合国家产业政策。

五、分区管理

根据国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，辐射工作场所分为控制区和监督区。

续表 14 结论与建议

①控制区：DSA 机房和 SPECT/CT 机房以墙体和防护门为界，其内为控制区。在该区需要最优化的辐射屏蔽，以保证正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射及事故性医疗照射的发生。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：DSA 机房和 SPECT/CT 机房的控制室以及周围临近区域，在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

六、环境影响分析结论

1、机房使用面积

本项目各射线装置机房使用面积均满足相应标准的要求。

2、墙体屏蔽的辐射防护

根据本项目 DSA 机房和 SPECT/CT 中心用房墙体屏蔽能力的核实结果：

(1) 根据医院提供的设计资料进行核算，第一住院大楼四楼 DSA 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，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) 第一住院大楼 SPECT/CT 机房墙体、防护门、防护窗设计厚度均能满足屏蔽防护的要求。机房四周墙体外的辐射剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，机房的屏蔽能力能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

3、剂量估算

通过核算，DSA 机房内医护人员受照剂量约为： 3.62mSv/a ，在手术时尽量采取有效的防护措施后年受照剂量能满足 4mSv/a 的要求；控制室工作人员年附加有效剂量最大约为 0.90mSv/a ，在做好自身防护后受照剂量能满足标准限值 2mSv/a 的要求。非辐射工作人员最大年附加有效剂量为 0.04mSv/a ，小于本评价管理目标值 0.1mSv/a 的要求，各机房外公众人员所受的最大年附加有效剂量为 0.024mSv/a ，均能满足 0.1mSv/a 的要求。综上，拟从事本项目的辐射工作人员和公众人员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量约束限值的要求

（PET-CT 中心、DSA 辐射工作人员 4mSv/a ，其他辐射工作人员 2mSv/a ；公众人员 0.1mSv/a ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）及相关标准的要求。

七、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

续表 14 结论与建议

可操作性，但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格执行各项规章制度执行，辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排健康体检。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，常德市第一人民医院在采取环评中提到的相关环保措施下，医院核技术利用扩建项目运行时对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求；该项目的辐射防护安全措施可行；规章制度基本健全；该项目对环境的辐射影响是可接受的。常德第一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。

一、要求

1. 应定期对放射诊疗的各项辐射安全措施（如警示标志、监视或对讲系统）进行检查，保证其能正常运行或有效，从而可以减小放射性事故的发生概率。

2. 医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定个人剂量监测、工作场所和周围环境监测、防护性能监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，并自购辐射检测设备，确保周围环境的辐射安全和职工健康。

3. 医院要认真贯彻执行放射性防治的各项要求，落实各项制度和措施。按国家有关规定，必须明确对放射工作人员的管理，定期进行个人剂量监测和职业健康检查，个人剂量监测应找有资质的单位，并必须在不超过三个月的监测周期内送检，放射工作人员至少两年应做一次职业健康检查。明确放射工作人员个人剂量监测档案、健康监护档案的保管时限，按规定管理保存。

4. 医院应组织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举办的辐射防护相关知识的培训学习，并进行 4 年一次的复训，并将从事介入治疗的医生纳入放射人员的管理。

5. 从事介入手术的放射工作人员在进行治疗时需穿戴铅围裙、铅围脖，同时使用铅屏风、铅帘等防护用品，铅衣服内佩带个人剂量计，并控制工作时间，采取多人轮换制度，以保证每个人受到的年有效剂量小于年剂量管理目标值（4mSv/a）。

6. 医院在落实各项环保措施后，应及时向环境保护主管部门申请环保“三同时”验收，并按规定办理《辐射安全许可证》。

7. 医院应将本项目的医用 X 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 日前省、市环保部门提交上一年度的评估报告。

附 录

附图

- 附图一 项目所在地理位置图
- 附图二 常德市第一人民医院平面示意图
- 附图三 现场照片
- 附图四 医院第一住院大楼一层、地下一层、二层平面布置图
- 附图五 医院第一住院大楼三层、四层、五层平面布置图

附件

- 附件一 环境影响评价委托函
- 附件二 现状环境资料质量保证单
- 附件三 《本项目电离辐射监测报告》（鹏辐（监）[2015]112 号、[2015]113 号）
- 附件四 辐射领导小组成立文件
- 附件五 放射防护领导小组职责
- 附件六 辐射事故应急预案
- 附件七 常德市第一人民医院职业安全防护管理制度
- 附件八 放射诊疗安全防护相关管理制度
- 附件九 监测方案、体检承诺书、人员培训计划
- 附件十 辐射安全许可证
- 附件十一 职业性外照射个人监测检测报告
- 附件十二 个人健康体检报告
- 附件十三 医院第一住院大楼四楼介入手术室设计参数
- 附件十四 第一住院大楼项目环评批复
- 附件十五 核医学科环评批复
- 附件十六 个人防护用品设备清单