

目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	9
表 3	非密封放射性物质.....	9
表 4	射线装置.....	10
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	11
表 6	评价依据.....	12
表 7	保护目标与评价标准.....	14
表 8	环境质量和辐射现状.....	29
表 9	项目工程分析与源项.....	32
表 10	辐射安全与防护.....	41
表 11	环境影响分析.....	50
表 12	辐射安全管理.....	69
表 13	结论与建议.....	81
表 14	审批.....	85

附录

附图

- 附图一 项目现场照片
- 附图二 项目所在地理位置图
- 附图三 医院总平面布置图
- 附图四 项目周边关系图
- 附图五 精诚楼东楼五楼局部平面布置图
- 附图六 精诚楼西楼四楼局部平面布置图
- 附图七 DSA 机房平面布置图

附件

- 附件一 委托书
- 附件二 现状环境资料质量保证单
- 附件三 《长沙市鹏悦环保工程有限公司检测报告》鹏辐（检）[2018]086 号
- 附件四 辐射安全许可证正本（湘环辐证[00137]）
- 附件五 《关于成立辐射安全管理委员会成员的通知》
- 附件六 辐射工作人员个人剂量检测报告
- 附件七 辐射工作人员健康体检报告
- 附件八 辐射防护相关管理制度
- 附件九 原核技术利用环评及验收文件遗失说明

附表

- 附表一 建设项目环评审批基础信息表

表 1 项目基本情况

建设项目名称		邵东县中医医院核技术利用扩建项目			
建设单位		邵东县中医医院			
法人代表	刘耕野	联系人	李 XX	联系电话	XXXXXX
注册地址		邵东县两市塘街道办事处建设中路 166 号			
项目建设地点		邵东县两市塘街道办事处建设中路 166 号邵东县中医医院精诚楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	XXX	项目环保 投资(万元)	XX	投资比例(环保 投资/总投资)	XX%
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(m ²)	/
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其它	/			
	项目概述				
1.1 核技术利用的目的和任务:					
<p>介入治疗是利用现代高科技手段进行的一种微创性治疗--就是在医学影像设备的引导下,将特制的导管,导丝等精密器械,引入人体,对体内病态进行诊断和局部治疗。本项目主要利用 DSA 设备产生的 X 射线进行显现诊断及辅助治疗,利用 ¹²⁵I 粒籽源植入治疗肿瘤。</p>					
1.2 建设单位概述					
<p>邵东县中医医院始建于 1958 年 6 月,是一所以中医为主、中西医结合的二级甲</p>					

续表 1 项目基本情况

等中医医院，是中南大学湘雅附二医院协作医院，湖南中医药大学第一附属医院、南华大学附属第一医院为该院定点指导医院，是全县新型农村合作医疗、城镇居民医疗保险、社会医疗保险、交通事故、工商保险定点医院，为我县综合性的大型医疗服务中心之一。医院现有职工 691 人，有正高职称 3 人，副高级职称 69 人，中级职称 213 人。占地面积 1.2 万 m²，建筑面积 3.8 万 m²；拥有门诊大楼、精诚楼东楼、精诚西楼及仁和楼共四栋，开放病床 550 张。医院科室设备齐全，住院部设有内一肺病科、内二心病科、内三脾胃肾病科、内五肿瘤科、内六脑病科、儿科、新生儿科、血液透析科、麻醉科骨伤一科、骨伤二科、骨伤三科、外科、妇科、产科、眼耳鼻咽喉科、肛肠科等科室共 17 个护理单元标准病房，门诊设有急诊科、内科、外科、妇产科、儿科、骨伤科、颈肩腰腿痛科、眼科科、耳鼻咽喉科、肛肠科、国医堂、口腔科皮肤病科、针灸推拿科、注射室、96159 急救中心、健康体检中心、消毒供应中心、放射科、检验科、B 超室、胃镜室肠镜室、心电图室等三十个临床和医技科室及医务科、护理部等 11 个职能科室。

拥有腹腔镜系列全套、钬激光、血透机、后路镜、高压氧仓 1.5T 超导核磁共振、西门子双排双螺旋 CT 机、C 型臂机 DR、电子胃镜、无痛肠镜、彩色及黑白 B 超、普勒脑电图机、动态心电图机、电子阴道镜、新生儿恒温箱、新生儿黄疸治疗仪，纤维喉镜、高频电刀、全自动生化分析仪全自动血细胞分析仪、尿沉渣分析仪、全自动煎药包装机、胶囊机、散剂自动包装机等大型先进设备。

1.3 项目由来

近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，为进一步提高医院对疾病的诊疗能力和医院竞争力，更好的解决广大人民群众看病难、看病贵的问题，医院拟投资 XXX 万元进行核技术利用扩建项目。本次扩建主要包括在精诚楼东楼五楼介入室（原为预留机房）增加 1 台医用血管造影 X 射线系统（DSA）；同时在该 DSA 机房利用 DSA 进行术中植入，使用 1 处丙级非密封源工作场所，使用核素为 ¹²⁵I 粒籽源，日等效最大操作量为 7.22×10⁶Bq。

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》、《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）以及《中华人民共和国环境影响评价法》，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名

续表 1 项目基本情况

录》（生态环境部部令第 1 号），本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。因此，邵东县中医医院委托重庆宏伟环保工程有限公司对拟开展的放射诊疗核技术利用扩建项目进行环境影响评价。

根据现场踏勘实际情况，目前介入室机房为预留机房，设备已购买，未装机；粒籽植入室位于 DSA 机房内，机房内设置储源室，植入病人病房西楼四楼肿瘤科病房，设置 3 个病床。我公司人员在现场踏勘、收集有关资料的基础上，按照国家对伴有辐射建设项目环境影响评价技术规范的要求，编制了本项目的辐射环境影响报告表。

1.4 项目概况

(1) 项目名称：邵东县中医医院核技术利用扩建项目

(2) 建设地点：邵东县两市塘街道办事处建设中路 166 号邵东县中医医院精诚楼

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设单位：邵东县中医医院

(5) 投资：核技术总投资 XXXX 万元，其中环保投资 XXX 万元

(6) 建设规模：

本次扩建主要包括在精诚楼东楼五楼介入室（原为预留机房）增加 1 台医用血管造影 X 射线系统（DSA）；同时在该 DSA 机房利用 DSA 进行术中植入，使用 1 处丙级非密封源工作场所，使用核素为 ^{125}I 粒籽，日等效最大操作量为 $7.22 \times 10^6 \text{Bq}$ ，同时在精诚楼西楼四楼肿瘤科设置粒籽储源室及单独病房 1 间，设置 3 个床位。本项目涉源场所情况详见表 1-1。

表 1-1 医院拟新增配置射线装置情况一览表

序号	射线装置	厂家/型号	拟定参数	类别	位置	数量	备注
1	医用血管造影 X 射线系统	东芝 INFX-900 0F	125kV; 1250mA	II 类	精诚楼东楼五楼介入室	1 台	新购

续表 1 项目基本情况

序号	位置	核素名称	物理、化学性状	操作方式	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	备注
1	精诚楼东楼五楼介入室	^{125}I	固态、中毒组	很简单操作	7.22×10^6	9.62×10^{11}	新增
合计					7.22×10^6	9.62×10^{11}	丙级非密封源工作场所

1.5 劳动定员

本次核技术利用扩建项目医院拟新增 11 名辐射工作人员,其中 8 名为介入手术室医生,3 名为 ^{125}I 粒籽植入室操作医生,目前确定 3 名 DSA 操作人员名单,其余人员均在规划中,名单未定。医院现有 12 名辐射工作人员目前均在培训过程中,未结业,根据调查,到 2018 年 7 月 28 日结业。体检情况及个人剂量计监测情况见附件六。

1.6 项目组成情况

根据项目特点,本项目主要由主体工程、公用工程、环保工程三部分组成,其中,主体工程主要包含 DSA 机房(^{125}I 粒籽植入室)、 ^{125}I 粒籽储源室、 ^{125}I 粒籽植入病人专用病房等。本项目 ^{125}I 粒籽植入在 DSA 辅助下进行操作。项目组成见下表 1-3:

表 1-3 项目组成一览表

序号	项目	组成	新建/依托
一、主体工程			
1	DSA 机房(^{125}I 粒籽植入室)	位于精诚楼东楼五楼介入室,原为预留机房,长宽高分别为 $6.5\text{m} \times 5.6\text{m} \times 2.8\text{m}$,机房有效面积 36.4m^2 ,新增 1 台医用血管造影 X 射线系统,在机房东侧设置设备间、库房,西侧设置操作间,南侧设置有污物通道;本项目 ^{125}I 粒籽植入在 DSA 辅助下进行粒籽植入手术,日等效最大操作量为 $7.22 \times 10^6\text{Bq}$	依托
2	储源室及专用病房	在精诚楼西楼四楼肿瘤科内设置储源室,储源室长宽高分别为 $4.0\text{m} \times 3.0\text{m} \times 2.95\text{m}$,机房有效面积 28.82m^2 ,内设置有保险柜,实行双人双锁管理,并配备一套监控设备;在同层设置 1 个 ^{125}I 粒籽植入病人专用病房,内设置 3 张病床供植入后的病人休息	依托

续表 1 项目基本情况

二、公用工程			
1	给水	依托院内现有供水管网	依托
2	排水	依托院内现有排水管网，生活废水经过管网进入医院污水处理站进行处理达标后排放	依托
3	供配电	依托院内供配电系统	依托
4	通风	DSA 机房内设置有通风口，配置机械动力通风装置，同时采用空调辅助通风	依托
三、环保工程			
1	废气	机房内设置有机机械通风装置，保证室内废气排放满足标准要求	依托
2	废水	医务人员产生的医疗废水直接排入医院污水处理设施	依托
3	固废	工作人员和病人的生活垃圾统一收集后交由环卫部门处理	依托
		手术过程中和植入专用病房产生的医疗废物经医院医疗废物暂存间收集后，交有资质单位进行处置；废弃粒籽源由厂家直接回收。	依托

1.7 保护目标和评价因子

1.7.1 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上述涉源装置机房墙体为边界 50m 区域从事放射诊断及放射治疗的工作人员及机房周围活动的公众成员。

1.7.2 评价因子

根据本次评价的项目特点及项目实际情况，本项目主要影响为 X 射线、 γ 射线、臭氧及氮氧化物。本项目评价因子主要为 X 射线、 γ 射线。

1.8 医院现有核技术利用项目情况

1.8.1 现有射线装置使用情况

邵东县中医医院现有 3 台 III 类射线装置，分别是 1 台 SOMATOM Spirit 型西门子双层螺旋 CT，1 台意大利 CALYPAO CHORUS 型 DR，1 台美国 Brivo EC850 型小 C 臂机。上述 3 台射线装置均已进行环境影响评价，并取得了辐射安全许可证许可证编号：湘辐环证【00137】，有效期至 2018 年 10 月 13 日。但因建设单位保管不利，环评已遗失（见附件遗失说明），同时，建设单位于 2018 年 3 月 15 日委托

续表 1 项目基本情况

湖南涌仁科技有限公司对医院上述 3 台射线装置进行了设备性能及质量控制检测、放射工作场所防护检测，检测结果显示，该院的 CT、DR、小 C 臂机防护性能状态检测中所检指标均能满足相关标准要求。

截至目前为止，医院上述射线装置运行情况良好，无辐射安全事故发生。医院现有射线装置情况见下表 1-4。

表 1-4 邵东县中医医院已许可射线装置情况表

序号	使用科室	装置名称	型号	参数	类型	数量	办证情况	环评情况
1	放射科	CT	SOMATOM Spirit	150kV; 800mA	III类	1 台	已办证	已环评
2		DR	CALYPAO CHORUS	150kV; 630mA	III类	1 台	已办证	已环评
3	手术室	小 C 臂机	Brivo EC850	110kV; 4.0mA	III类	1 台	已办证	已环评

1.8.2 现有辐射工作人员情况

邵东县中医医院现有辐射工作人员 12 名，医院现有 12 名辐射工作人员目前均在培训过程中，未结业，根据调查，到 2018 年 7 月 28 日结业。上述人员均已配备个人剂量计，并检测（湖南省职业病防治院检测报告 FJG-2017-222），辐射工作人员按要求进行了职业健康体检。

1.8.3 辐射防护情况

根据邵东县中医医院提供的资料和现场踏勘情况，医院委托相关资质单位对放射工作场所进行辐射环境检测，并按规定进行了年度评估。根据检测结果可知以上射线装置实践活动场所均采取了切实有效的辐射防护措施，机房等辐射防护效能良好，未发现突出的环境问题。

1.8.4 放射性废物排放情况

根据邵东县中医医院提供的资料，医院现有涉源场所均办理了相关手续，医院放射性废气、废水均得到了合理处置。

1.9 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级环保部门监督和引导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以

续表 1 项目基本情况

及档案管理等方面运行良好，医院于 2018 年 3 月 15 日委托湖南涌仁科技有限公司对医院上述 3 台射线装置进行了设备性能及质量控制检测、放射工作场所防护检测，检测结果显示，该院的 CT、DR、小 C 臂机防护性能状态检测中所检指标均能满足相关标准要求。医院的其他辐射防护情况如下：

1、医院已制定各设备操作规程制度，辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度以及辐射事故应急预案等，并严格按照规章制度执行。

2、为加强对辐射安全和防护管理工作，医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理。

3、医院从事辐射工作人员暂未参加环保部门组织的上岗培训，目前医院正在组织辐射工作人员进行辐射防护培训，预计 2018 年 7 月 28 日可结业，辐射工作人员通过接受辐射防护安全知识和法律法规教育，提高守法和自我防护意识。辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。

4、医院放射性场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯，配备了铅衣、铅围裙等个人防护用品。

综上所述，医院现有辐射防护措施能够满足当前进行的核技术利用项目辐射防护要求，不存在与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题。

本项目建成以后，邵东县中医医院共有 1 台 II 类射线装置，3 台 III 类射线装置，1 处丙级非密封源工作场所（使用 ^{125}I 粒籽源，日等效最大操作量 $7.22 \times 10^6 \text{Bq}$ ）。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场地	贮存方式与地点
1	¹²⁵ I	固态、 中毒组	使用	7.22×10^9	7.22×10^6	9.62×10^{11}	肿瘤治疗	很简单操作	精诚楼东楼 五楼介入室	外购后铅罐保存 于医院储源室
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒籽	最大 能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	医用血管造影 X 射线系统(DSA)	II 类	1 台	东芝 INFX-9000F	125	1250	医疗诊断/ 介入治疗	精诚楼东楼五楼介入 室	新购
合计			1 台	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场 所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>6.1 相关法律法规、部门规章及规范性文件</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日执行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》2016 年 7 月 2 日修订，2016 年 9 月 1 日执行；</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》国务院第 682 号令，（2017 年 7 月 16 日修订），2017 年 10 月 1 日执行；</p> <p>(5) 《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，（2014 年 7 月 29 日修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部部令第 1 号），2018 年 4 月 28 日；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录》国家发展和改革委员会令第 9 号，2013 年修订；</p> <p>(10) 《关于发布射线装置分类办法的公告》，环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号；</p> <p>(11) 《关于发布放射源分类办法的公告》国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号；</p> <p><u>(12) 《放射性废物的分类》（GB9133-1995）；</u></p> <p><u>(13) 《放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环保总局公告[2006]第 145 号）。</u></p>
------	--

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>6.2 评价技术规范</p> <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1—2016)。</p> <p>6.3 评价技术标准</p> <p><u>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</u></p> <p><u>(2) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)；</u></p> <p><u>(3) 《医用 X 射线诊断受检者放射卫生防护标准》(GBZ16348-2010)；</u></p> <p><u>(4) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)；</u></p> <p><u>(5) 《低能γ射线籽粒植入治疗 放射防护要求与质量控制检测规范》(GBZ178-2017)；</u></p> <p><u>(6) 《放射工作人员健康要求》(GBZ98-2017)；</u></p> <p><u>(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016)；</u></p> <p><u>(8) 《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003)。</u></p>
<p>其他</p>	<p>6.4 其他</p> <p>(1) 本项目电离辐射检测报告：鹏辐(检)[2018]086号(附件三)；</p> <p>(2) 辐射环境影响评价委托函(附件一)；</p> <p>(3) 《辐射防护》第11卷第2期——湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究(湖南省环境监测中心站) 1991年3月。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目辐射源为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）的相关规定，并结合项目辐射装置射线传播与距离相关的特性，确定以射线装置机房实体边界为中心半径 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 评价因子

根据本次评价的项目特点及项目实际情况，本项目主要影响为 X 射线、 γ 射线、臭氧及氮氧化物。本项目评价因子主要为 X 射线、 γ 射线。

7.3 环境保护目标

7.3.1 环境保护敏感点

(1) 医院周围环境概况

邵东县中医医院邵东县两市塘街道办事处建设中路 166 号，东侧紧邻胜利街，隔路为商住楼，南侧为商住楼，西侧为商住楼，北临建设中路，隔路为商住楼。

(2) 本项目选址及周围外环境敏感点

本项目位于精诚楼东楼五楼介入室，精诚楼分为精诚楼东楼及精诚楼西楼，位于医院东南角，为六层建筑。东面约 16m 处为商住楼，南侧为地面停车场，西侧约 8m 处为仁和路，北侧隔过道为门诊楼。

医院现场照片见附图一，项目所在地理位置见附图二，邵东县中医医院总平面布置图见附图三，项目周边关系见附图四，精诚楼东楼五楼平面布置图见附图五，精诚楼西楼四楼平面布置图见附图六。

(3) 本项目机房选址概况

本次核技术利用扩建项目选址位于邵东县中医医院精诚楼东楼五楼介入手术室，同时在精诚楼西楼四楼肿瘤科设置籽源室及专用病房。本项目涉源工作场所 50m 范围内环境敏感点情况一览表见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 本项目工作场所周围环境敏感点一览表							
机房名称	机房位置	方位		环境敏感点名称	环境保护人群	影响人数	备注
DSA 机房 (粒籽植入室)	精诚楼 东楼五楼	东	约 16m	商住楼	公众人员	约 200 人	电离辐射
			紧邻	绿化带、胜利街	公众人员	约 20 人	
		南	紧邻	地面停车场	公众人员	约 20 人	
		西	紧邻	操作间及其他科室用房	放射工作人员、公众人员	约 50 人	
			约 30m	仁和楼	公众人员	约 2000 人	
		北	紧邻	其他功能用房	公众人员	约 50 人	
		楼上	肛肠科	公众人员	约 50 人		
		楼下	药检科	公众人员	约 50 人		
粒籽储源室	精诚楼 西楼四楼肿瘤科	东	约 16m	商住楼	公众人员	约 200 人	电离辐射
		南	约 12m	地面停车场	公众人员	约 20 人	
		西	紧邻	走廊、医生办公室	公众人员	约 20 人	
			约 25m	仁和楼	公众人员	约 2000 人	
		北	紧邻	粒子植入专用病房、普通病房	公众人员	约 50 人	
		楼上	病房	公众人员	约 2 人		
		楼下	病房	公众人员	约 50 人		
粒子植入病人专用病房		东	约 16m	商住楼	公众人员	约 200 人	电离辐射
		南	紧邻	粒籽储源室	辐射工作人员	约 2 人	
			约 12m	地面停车场	公众人员	约 20 人	
		西	紧邻	走廊、医生办公室	公众人员	约 20 人	
			约 25m	仁和楼	公众人员	约 2000 人	
		北	紧邻	普通病房	公众人员	约 50 人	
		楼上	病房	公众人员	约 2 人		
楼下	病房	公众人员	约 50 人				

7.3.2 环境保护对象

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以涉源机房实体边界为中心半径 50m 区域从事放射诊疗的辐射工作人员、机房周围公众成员。

7.4 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

续表 7 保护目标与评价标准

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

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv 作为职业照射剂量限值。

结合拟使用的医用辐射装置的实际情况，确定本项目数字减影血管造影（DSA）的介入医生及 ¹²⁵I 籽粒植入医生的年有效剂量目标管理限值为职业照射的十分之二，即 4 mSv/a。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：年有效剂量，1mSv，

本项目公众人员的年有效剂量目标管理值取公众照射的十分之一，即 0.1mSv/a 作为项目周边公众成员年有效剂量目标管理限值。

②表面放射性污染的控制

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

工作场所的表面污染控制水平如表 7-2 所列。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型		β放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹

1) 该区内的高污染子区除外

③辐射工作场所的分区

续表 7 保护目标与评价标准

第 6.4 款 应把辐射工作场所分为控制区和监督区,以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志,并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

e) 运用行政管理程序和实体屏障限制进出控制区。

g) 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 这种区域未被定为控制区,在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

④非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C (标准的附录) 的规定进行。

第 C1 款 应按表 7-3 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-3 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

第 C2 款 放射性核素的日等效操作量的计算

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量 (Bq) 与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 7-4 和表 7-5。放射性核素的毒性分组见附录 D (标准的附录)。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-4 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 7-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体, 溶液, 悬 浮液	表面有污染的 固体	气体, 蒸汽, 粉末, 压力很高的液体, 固 体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

(2) 《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 4.7 款 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备防护性能的专用要求

4.7.1 透视曝光开关应为长断式开关, 并配有透视限时装置。

4.7.2 在机房内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。

4.7.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

4.7.4 X 射线设备的受检者入射体表空气比释动能率应符合 WS 的规定。

4.7.5 X 射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下, 按附录 B 中 B.1.2 的要求, 在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 $400 \mu\text{Gy/h}$ (按附录 C.3 的要求)。

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 7-6) 要求。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-6 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度（参考）

设备类	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机（DSA 参考）	30	4.5

第 5.3 款 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

- a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3（表 7-7）要求。
- b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

表 7-7 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

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

第 5.4 款 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求（其检测方法按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求）：

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

第 6.7 款 介入放射学和近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备防护安全操作要求

6.7.1 介入放射学用 X 射线设备应具有可准确记录受检者受照剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后患者受照剂量记录在病历中。

6.7.2 借助 X 射线透视进行骨科整复、取异物等诊疗活动时，不应连续曝光，并应尽可能缩短累计曝光时间。

6.7.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

(3) 参照《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120—2006）

标准适用于临床核医学应用放射性药物施行诊断和治疗的实践。

第 4.2 款 一般临床核医学的活性实验室、病房、洗涤室、显像室等工作场所属于

续表 7 保护目标与评价标准

GB18871 规定的乙级或丙级非密封工作场所。为便于操作，针对临床核医学实践的具体情况，可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为 I、II、III 等三类（见表 7-8）。

表 7-8 临床核医学工作场所具体分类

分类	操作最大量放射性核素的加权活度 ²⁾ ，MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

²⁾ 加权活度 = (计划的日操作最大活度 × 核素的毒性权重因子) / 操作性修正因子

第 4.4 款 按表 7-8 划分的三类核医学工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 7-9。

表 7-9 不同类别核医学工作场所的室内表面及装备结构要求¹⁾

场所分类	地面	表面	通风橱 ²⁾	室内通风	管道	清洗及去污设备
I	地板与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	应设抽风机	特殊要求 ³⁾	需要
II	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要
III	易清洗	易清洗	不必	一般自然通风	一般要求	只需清洗

注：¹⁾ 依据国际放射防护委员会（ICRP）第 57 号出版物。

²⁾ 仅指实验室

³⁾ 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测

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

第 5.1 款 操作放射性药物应有专门场所，如给药不在专门场所进行时则需采取适当防护措施。放射性药物使用前应有恰当屏蔽。

第 5.2 款 装有放射性药物的给药注射器应有适当屏蔽。难以屏蔽时应注意控制操作时间。

第 5.6 款 工作人员操作后离开放射性工作室前应洗手和进行表面污染监测，如其污染水平超过 GB18871 规定值，应采取相应去污措施。

第 5.9 款 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理

续表 7 保护目标与评价标准

有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分。

第5.10款 放射性物质的贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不得入内。

第5.11款 贮存和运输放射性物质时均应使用专门容器。取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的放射防护措施。

第5.12款 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。

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

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

第6.3款 根据使用放射性药物的种类、形态、特征和活度，确保临床核医学治疗病房的位置及其放射保护要求。病房应有防护栅栏，以控制已给药患者同其他人保持足够距离；必要时可采用附加屏蔽防护措施。

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

第6.5款 住院接受放射性药物治疗的患者的被服和个人用品使用后应做去污处理，并经表面污染监测合格后方可做一般处理。

第6.6款 使用过的放射性药物注射器、绷带和敷料，应作污染物件处理或作放射性废物处理。

(4) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)

第 5.2.1 条 非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性，选择符合安全与防护要求的条件，尽可能在通风橱、工作箱或手套箱内进行。

(5) 《低能 γ 射线籽源植入治疗的放射卫生防护与质量控制检测规范》(GBZ178-2017)

第 3 款 一般要求

第 3.1 款 应配备测量籽源活度测量仪器（如井型电离室）以及探测光子能量下限低于 20keV 的辐射防护监测仪。

续表 7 保护目标与评价标准

第 3.2 款 应配备 CT 机、X 射线机、B 超等影像设备以及粒籽植入治疗的放射治疗计划系统。

第 3.3 款 应具备对放射性废物处置的设施和技术方案。

第 3.4 款 建立植入患者登记制度和档案。

第 3.5 款 制定粒籽植入治疗质量保证方案。

第 3.6 款 工作场所应配备铅衣、铅手套、铅玻璃眼镜、铅围脖、铅三角裤或三角巾等防护用品，每种应不少于 2 件。

第 3.7 款 治疗室与贮存室应分开。

第 4 款 粒籽源储存

第 4.1 款 待用的粒籽源应装入屏蔽容器内(当容器密闭达到最大装载量时，容器表面的辐射水平应低于 $20\mu\text{Sv/h}$),并存放在专用房间。

第 4.2 款 应建立粒籽源出入库登记制度，详细记录从容器中取出粒籽源编号、日期时间、源名称、入库活度/数量、送货人、接收人、出库活度/数量、去往场所、出库经手人、接收人等。

第 4.3 款 应定期检查粒籽源的实际库存数量及贮存场所，对库存中的粒籽源应标明其用途。

第 4.4 款 应建立显示每个贮存器的标签，在标签上标明取出的粒籽源数量。

第 4.5 款 废弃或泄漏的粒籽源应放置在铅罐内，退回厂家。

第 5 款 工作人员的放射防护

第 5.1 款 操作人员应站在屏风后分装粒籽源，屏风上方应有 1mmPb 的铅玻璃。

第 5.2 款 操作前要穿戴好防护用品。主要操作人员应穿铅防护衣，戴铅手套、铅玻璃眼睛和铅围脖等。防护衣厚度不应小于 0.25mm 铅当量。对性腺敏感器官，可考虑再穿含 0.5mm 铅当量防护的三角裤或三角巾。放射性 ^{125}I 和 ^{103}Pd 粒籽源不同距离的剂量率见附录 A 表 A.1。

第 5.3 款 粒籽源分装操作室台面和地面应无渗漏易于清洗，分装应在铺有吸水纸的托盘内完成。分装过程中使用长柄镊子(30cm)，轻拿轻放，避免损伤或刺破粒籽源，禁止直接用手拿取粒籽源。

第 5.4 款 在实施粒籽源手术治疗前，应制定详细可行的实施计划，并准备好所需

续表 7 保护目标与评价标准

治疗设备，如定位模板、植入枪等，尽可能缩短操作时间。

第 5.5 款 拿取粒籽源应使用长柄器具（如镊子），尽可能增加粒籽源与操作人员之间的距离。在整个工作期间，应快速完成必要的操作程序，所有无关人员尽可能远离放射源。

第 5.6 款 如粒籽源破损引起泄露而发生污染，应封闭工作场所，将源密封在屏蔽容器中，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所去污和人员应急处理。

第 6 款 患者的放射防护

第 6.1 款 治疗师应根据临床检查结果，分析及确定肿瘤体积。根据治疗计划报告，确定所需的粒籽源总活度及靶区所需粒籽源的个数。

第 6.2 款 治疗师应正确勾画实际肿瘤靶区。在影像引导下或术中，通过植入针准确无误地将粒籽源植入肿瘤靶区，保护靶区相邻的重要器官。

第 6.3 款 粒籽源植入后应尽快对靶区正、侧位进行 X 射线摄影，确认植入粒籽源的个数。

第 6.4 款 手术结束后应对手术区域进行检测，以排除粒籽源在手术过程中遗漏的可能。

第 6.5 款 确保肿瘤得到精确的处方剂量。手术结束后 4 周~6 周，通过 CT 薄层扫描，验证治疗计划，必要时实施补充治疗。

第 7 款 住院患者的管理

第 7.1 款 植入粒籽源术后的患者，应当在植入部位对应的体表进行适当的辐射屏蔽。

第 7.2 款 植入粒籽源患者床边 1.5m 处或单人病房应划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不得入内。医护人员查房，家属成员如需长时间陪护应与患者保持 1m 以上的距离。

第 7.3 款 接受植入粒籽源治疗的前列腺患者和胃肠道患者应使用专用便器或专用浴室和厕所。肺部或气管植入粒籽源患者，在住院期间应戴口罩，以避免粒籽源咳出丢失在周围环境中，如发现粒籽源咳出，应报告主管医生并采取相应的应急措施。

第 7.4 款 植入粒籽源患者，住院期间需要在医院其他科室检查或治疗时，为了保证公众的辐射安全，负责治疗科室应告知患者穿戴防护用品。

续表 7 保护目标与评价标准

第 7.5 款 前列腺植入粒籽源的患者应戴避孕套,以保证放射性粒籽源植入体内后不丢失到周围环境。为防止随尿液排出,在植入后两周内,应使用容器接尿液。如果发现植入的粒籽源流失到患者的膀胱或尿道,应用膀胱内镜收回粒籽源并放入铅罐中贮存。

第 7.6 款 当患者或家庭成员发现患者体外有粒籽源时,不应用手拿,应当用勺子或镊子夹取粒籽源,放在预先准备好的铅容器内(主管医师事先给予指导)。该容器返还给主管医师。

第 7.7 款 临时控制区内,任何物品在搬离病房之前应进行监测,被污染物品按放射性废物处理。

第 7.8 款 植入粒籽源出院患者应建立登记制度,信息卡内容应包括:患者姓名、住址、电话、年龄、身份证、植入部位、医院及电话、植入粒籽源个数、植入时间、出院粒籽源数量、检查日期等。

第 7.9 款 植入粒籽源患者出院时,医生应给患者提供一张信息卡,其内容应包括患者姓名、出生年月、照片,植入粒籽源位置、时间、活度、个数以及治疗医院电话等。

第 8 款 出院患者的防护告知

第 8.1 款 粒籽源植入前列腺患者,在 2 周~3 周后可以过性生活,宜使用避孕套。粒籽源植入前列腺后数天内应避免性生活。植入粒籽源后的前 4 个月,尤其是前两周内,日常生活中应与配偶保持 60cm 距离。

第 8.2 款 粒籽源植入胸部患者,出院时医院应提供一个小铅罐容器,让患者带回家。如果发现粒籽源咳出时应用镊子或勺子将粒籽源放入容器中,然后联系主管医师。

第 8.3 款 除了粒籽源植入第 4 周~6 周时的随访外,建议每 3 个月随访 1 次,共随访 2 年。

第 8.4 款 植入粒籽源的患者出院 2 个月内,陪护者或探视者与患者长时间接触时,距离至少应保持在 1m 远;儿童和孕妇不得与患者同住一个房间;患者不能长时间接触或拥抱儿童。

第 8.5 款 患者在接受治疗期间,对家庭和亲属成员的剂量约束值应控制在 5mSv 以下,对怀孕妇女和儿童的剂量约束值应控制在 1mSv 以下。

第 8.6 款 不允许孕妇近距离接触患者,探视时距离患者至少 1m 以外。植入粒籽源患者,在植入 240d 后(除到医院复诊外),方能到公众场所活动。

续表 7 保护目标与评价标准

第 9 款 质量控制检测

第 9.1 款 粒籽源分装前，用粒籽源活度测量仪器（如井型电离室）测量同批次粒籽源活度，粒籽源使用当天，对出厂源活度进行衰变校正。

第 9.2 款 对植入治疗的粒籽源，植入前应至少抽取 10%（至少不能少于 3 颗）或全部（植入数≤5 颗）进行源活度的质量控制检测。

第 9.3 款 粒籽源活度测量仪器（如井型电离室）应定期校准。

(6) 《放射工作人员健康要求》（GBZ98-2017）

1、范围

本标准规定了放射工作人员的基本健康要求和不应从事放射工作的指征。

本标准适用于所有从事内、外照射的放射工作人员。

4、放射工作人员身心健康的基本原则

放射工作人员应具备在正常、异常或紧急情况下，都能准确无误地履行其职责的健康条件。

5、放射工作人员的健康要求

5.1 人体外形正常，不影响正常操作。

5.2 正常的精神状态和稳定的情绪，以及正常的语言表达和书写能力，正常的神经系统功能。

5.3 内科、外科和皮肤科检查正常，不影响正常操作。

5.4 正常的听觉功能。

5.5 正常的视力、矫正视力不应低于 5.0，无红绿色盲。

5.6 正常的造血功能，血细胞分析（静脉血仪器检测）各项指标均在参考区间内（见下表）。

表 7-10 放射工作人员血细胞分析参考区间

性别	血红蛋白 g/L	红细胞数 10 ¹² /L	白细胞总数 10 ⁹ /L	血小板数 10 ⁹ /L
男	120~175	4.0~5.8	4.0~9.5	100~350
女	110~150	3.5~5.1	4.0~9.5	100~350

高原地区应参考当地参考区间

续表 7 保护目标与评价标准

5.7 甲状腺功能正常。

5.8 外周血淋巴细胞染色体畸变率和微核率在本实验室正常参考值范围。

6 不应从事放射工作的指征

6.1 严重的视觉和（或）听力障碍，例如：伴有明显视力障碍的眼晶体混浊或高度近视、色盲、立体感消失、耳聋等。

6.2 严重和反复发作的疾病，使之丧失部分工作能力，例如：严重造血器官疾病、失代偿功能的慢性肺部疾患、未能控制的糖尿病、未能控制的癫痫和暴露部位的严重皮肤疾病等。

7 放射工作的适任性评价

7.1 放射工作的适任性评价中授权的医疗机构具有资质的执业医师提出，可按 GBZ235 执行。

7.2 放射工作的适任性判断分为：

(a) 可以从事放射工作；

(b) 可继续原放射工作；

(c) 暂时脱离放射工作；

(d) 在一定限制条件下可从事放射工作，例如：不可从事需采取呼吸防护措施的放射工作，不可从事涉及非密封源操作的放射工作；

(e) 不宜从事放射工作而调整做其他非放射工作。

(7) 《医用 X 射线诊断受检者放射卫生防护标准》（GB16348-2010）

第 4.1 款医疗卫生机构应制定执业医师与医技人员、辐射防护负责人等培训计划，使其受到相应的辐射防护知识培训并取得放射工作人员证。医技人员还应取得相应的专业技能资质并承担制定的任务。

第 5.5 款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。

第 6.2 款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。

第 7.1.2 款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，其防护性能不小于 0.5mm 铅当量。

(8) 《放射工作人员职业健康监护技术规范》（GBZ235—2011）

1、范围

续表 7 保护目标与评价标准

本标准规定了放射工作人员职业健康监护的基本原则和技术要求。

本标准适用于接受电离辐射职业照射的工作人员的职业健康监护。

第 4.3 款 放射工作人员的职业健康监护主要包括职业健康检查和评价，以及职业健康监护档案管理等内容。

职业健康检查包括上岗前、在岗期间、离岗时、受到应急照射或者事故照射时的健康检查，以及职业性放射性疾病患者和受到过量照射放射工作人员的医学随访观察。

第 4.4 款 放射工作单位应当按照国家有关法规的要求，建立健全本单位放射工作人员的职业健康监护制度，保证职业健康监护工作的实施。

.....

(9) 结论

根据上述标准，结合本项目拟使用医用辐射装置的实际情况，确定本项目的年剂量目标管理值要求以及污染物排放指标如下：

表 7-11 本项目年剂量目标管理值及污染物排放指标表

一、年剂量管理目标值			
项目	年平均有效剂量限值 (mSv/a)	执行对象	本评价年剂量管理目标值 (mSv/a)
辐射工作人员	20	辐射工作人员	DSA 介入医生及籽籽植入医生：≤4； 其他辐射工作人员：≤2
公众人员	1	公众人员	≤0.1
二、机房防护体表面控制值			
DSA 机房外辐射工作人员活动及公众人员活动场所	机房防护体表面 30cm 处的周围剂量当量率≤2.5μSv/h		
三、设备要求			
¹²⁵ I 籽籽源屏蔽容器表面	当容器密闭达到最大装载量时，容器表面的辐射水平应低于 20μSv/h		
四、机房面积要求			
DSA 机房	≥30m ² ；最小单边长度≥4.5m（参考）		
五、放射性废物排放			

续表 7 保护目标与评价标准

表面污染	控制区： $<4 \times 10 \text{Bq/cm}^2$ 监督区： $<4 \text{Bq/cm}^2$ 其他： $<0.4 \text{Bq/cm}^2$
放射性固体废物	每袋废物（重量 $\leq 20 \text{kg}$ ）的表面辐射剂量率 $\leq 0.1 \text{mSv/h}$
	废物包装盒外表面： $\alpha < 0.04 \text{Bq/cm}^2$, $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$
	放射废物比活度 $< 2 \times 10^4 \text{Bq/kg}$

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 辐射环境质量现状

1、项目环境辐射监测

受邵东县中医医院的委托,长沙市鹏悦环保工程有限公司于 2018 年 5 月 16 日对邵东县中医医院 (E: 111°44'18.66", N: 27°14'54.83") 精诚楼东楼五楼的 1 台医用血管造影 X 射线系统拟安装地的辐射工作环境进行了监测。检测结果和检测布点见附件三, 鹏辐(检)【2018】086 号。

2、监测方案及质量保证

(1) 监测目的

该环境辐射现状监测的目的主要是为了了解项目地点天然辐射水平, 为辐射工作场所建成运行后对环境的影响提供依据。

(2) 监测依据

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002;

《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》GB/T14583-93;

《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013);

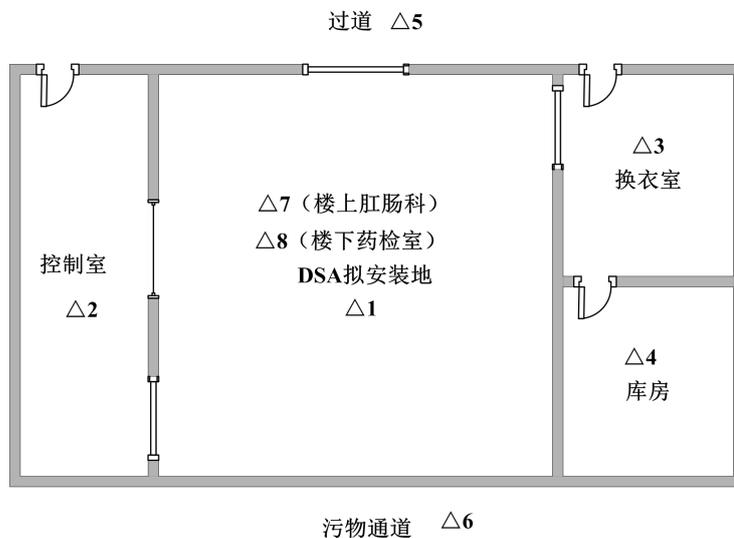
《辐射防护》(第 11 卷, 第二期, 湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究, 湖南省环境监测中心站, 1991 年 3 月)。

(3) 监测布点及质量保证

本次监测共设置 8 个检测点位, 具体检测布点见下图及检测报告。监测点位主要考虑机房建成后人员停留较多, 和能到达的区域。主要有: 机房内、机房控制室及辅助机房、机房四周过道及人员能够达到的位置、机房楼上以及楼下的相关区域等位置。

监测布点图如下所示:

续表8 环境质量和辐射现状



备注：DSA拟安装于精诚东楼五楼介入室，△为检测点位置。

图 8-1 精诚楼五楼 DSA 机房拟安装地检测布点示意图

该项目测量所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。本次监测所使用的仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测仪器及检定

监测仪器	仪器型号	仪器编号	监测因子	监测方法	计量鉴定证书	有效日期
X、γ 剂量率仪	RM-2030	6605	地表γ辐射剂量率	仪器法	hnjln2018008-12	2019.02.07

3、检测结果及评价

检测数据详见下表及检测报告（附件三）。

表 8-2 本项目检测结果一览表

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	DSA 拟安装地	98	97	98	96	95	97±1
2	控制室	93	95	92	91	93	93±1

续表8 环境质量和辐射现状

3	更衣室	89	91	93	92	91	91±1
4	库房	94	96	95	97	95	95±1
5	过道	92	94	95	93	94	94±1
6	污物通道	93	95	94	92	93	93±1
7	楼上肛肠科	93	96	95	94	93	94±1
8	楼下药检室	92	93	95	94	93	93±1

由上表可知，本项目DSA拟安装地的地表 γ 辐射剂量率（室内）在91~97nGy/h之间，与湖南省邵阳市天然放射性水平调查研究—室内62.4~254.3nGy/h相比，项目所在地辐射环境质量现状在正常浮动范围内，未见有较大的异常，适合项目建设。

表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本次邵东县中医医院核技术利用扩建项目位于邵东县中医医院精诚楼东楼五楼及西楼四楼。介入室及¹²⁵I籽粒植入室利用原预留机房进行建设，目前装修工作已经基本完成，设备已购买，未装机；¹²⁵I籽粒储源室利用现有办公室进行改建，改建过程仅在房间内安装保险箱，监控设备，改装防盗门等，不涉及大量施工，因此，本项目不做施工期环境影响分析。

9.2 射线装置营运期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 数字减影血管造影系统（DSA）

1、工作原理

数字减影血管造影系统（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9-1。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，利用平板探测器将透过人体后已衰减的未造影图像的X线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描。扫描本身就是把整个图像按一定的矩阵分成许多小方块，即像素。所得到的各种不同的信息经模/数(A/D)转换成不同值的数字信号，然后存储起来。再把造影图像的数字信息与未造影图像的数字信息相减，所获得的不同数值的差值信号，经数/模(D/A)转制成各种不同的灰度等级，在监视器上构成图像。由此，骨骼和软组织的影像被消除，仅留下含有造影剂的血管影像，从而大大提高血管的分辨率。

2、系统组成及工作流程

(1) 系统组成

数字减影血管造影系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C型臂”，由“L”臂、PIVOT、

续表 9 项目工程分析与源项

“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。



图 9-1 数字减影血管造影系统（DSA）

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。

（2）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。

以脑动脉瘤患者微弹簧圈栓塞治疗为例，DSA 的减影大致程序见下图所示：

续表 9 项目工程分析与源项

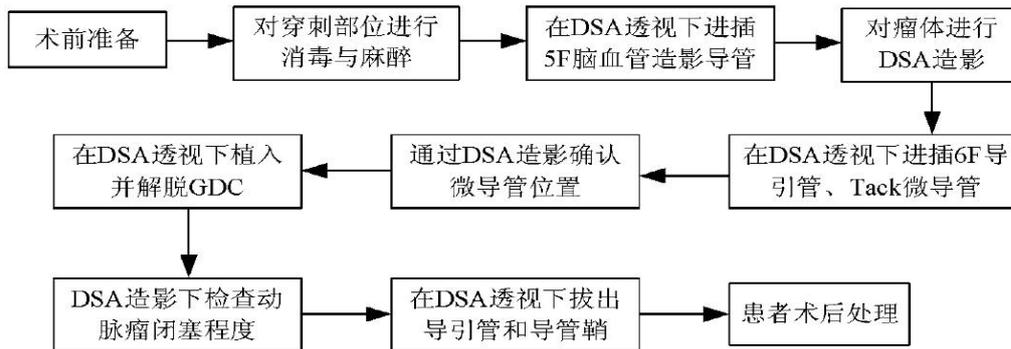


图 9-2 DSA 的典型工作流程

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

3、工作负荷

根据邵东县中医医院提供的资料，本次核技术利用扩建项目新增房 1 台 DSA 投入使用后的工作负荷见表 9-1。

表 9-1 DSA 工作负荷情况

射线装置名称	手术类型	手术台数（台/年）	曝光时间（h）
DSA	心脏介入	400	133.4
	外周介入	300	175.2
	综合介入	100	33.4

根据检查项目，DSA 使用工作高压 30kV~125kV、工作电流 5mA~1000mA 不等。DSA 工作主要方式体现为透视。摄影和采集，具体表现为：

- (1) DSA 摄影时，瞬时曝光，一般每次曝光时间短于 1s；
- (2) DSA 透视时，平均每台介入手术透视曝光的时间约 30min；
- (3) DSA 采集时，平均次采集曝光的时间约 20s。

4、产污分析

(1) 由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时

续表 9 项目工程分析与源项

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。少量的有害气体直接与大气接触、不累积，自然逸散，对环境的影响可忽略不计。

(3) 医用 X 射线装置属清洁的物理诊断装置，在使用过程中自身不产生液态、固态等放射性废物，不存在放射性三废对环境的污染。

因此，在开机期间，X 射线是污染环境的主要因子。

9.2.2 ^{125}I 籽源植入

医院拟精诚楼东楼五楼 DSA 介入室进行 ^{125}I 籽源植入治疗。

该医院拟使用 ^{125}I 籽源是根据 TPS 治疗计划所确定的数量预订购，原则上医院基本不会有籽源库存。除了个别治疗特殊需要，少量籽源将在储源室保险柜内暂存一天，第二天将库存的籽源用完。储源室位于精诚楼西楼四楼肿瘤科，储源室安装防盗门，配备专用保险柜，实行双人双锁管理，并配备一套监控设备，保证籽源安全。 ^{125}I 籽源植入是借助 DSA 提供准确的影像学资料，确定肿瘤靶区的立体治疗位置后实施籽源植入，进行植入治疗的病人均为住院病人。 ^{125}I 籽源植入病人专用病房位于精诚楼西楼四楼肿瘤科储源室旁 1 个病房，共 3 个床位，用于植入手术后的病人休息。

1、核素性质

临床应用的 ^{125}I 籽源，是将一枚长 3mm、镀有 ^{125}I 的银棒装在长 4.5mm、直径 1mm，壁厚 0.05mm 的钛管内而制成的籽源。密封无孔，端点焊接圆滑，无凹凸不平，结构示意图见图 9-1。每颗粒籽放射活度为 $1.48 \times 10^7 \text{Bq} \sim 3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (0.4~1.0mci)，平均放射剂量 $2.22 \times 10^7 \text{Bq}$ (0.6mci)，半衰期为 59.6 天，平均能量 27~35keV，释放 94% 的放射剂量需要 240d，组织穿透能力 1.7cm。其辐射特性见表 9-3。

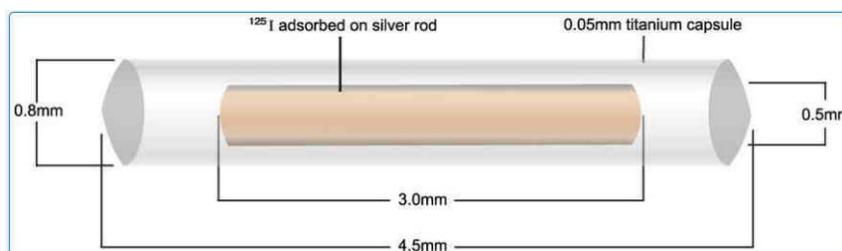


图 9-3 ^{125}I 籽源结构示意图

续表 9 项目工程分析与源项

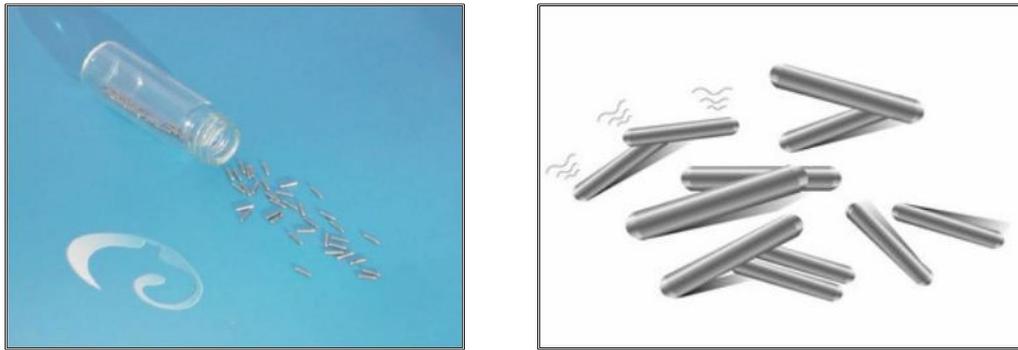


图 9-4 ¹²⁵I 密封籽源实体图

表 9-2 ¹²⁵I 的辐射特性

核素名称	辐射类型	单个籽源活度	铅半值层	籽源能量 (MeV)	Γ常数 (R·m ² /Ci·h)	半衰期 (天)
¹²⁵ I	γ	3.7×10 ⁷ Bq (1mCi)	0.025mm	0.035	0.068	59.6

2、工作原理

1) ¹²⁵I 籽源植入治疗恶性肿瘤

¹²⁵I 籽源植入治疗恶性肿瘤是一种微创治疗方法，属于近距离内放射治疗。该治疗方法是根据肿瘤形态，经三维立体定向 (TPS) 计划系统精确计算决定放射籽源的剂量及籽源的分布，在 CT 或 B 超引导下，将微型放射性 ¹²⁵I 籽源准确植入肿瘤内或受肿瘤侵犯的组织中。¹²⁵I 籽源能持续低剂量的释放 γ 射线，有效治疗时间长达 180 天，通过直接作用于肿瘤细胞的 DNA，造成其双链断裂，另外还可直接使体内的水分子电离，产生自由基，促进肿瘤细胞的凋亡，敏感的肿瘤细胞迅速死亡，不敏感的静止期细胞一旦进入分裂期，在 γ 射线的持续作用下迅速凋亡，使肿瘤细胞无法繁殖，从而达到治疗的目的。另外由于放射性籽源强度衰减与距离的平方成反比，故其对周围正常组织的损伤较小，较好地保护了正常组织。放射性 ¹²⁵I 籽源外壳由钛合金制造，与人体有高度的相容性，不引起排异反应，可永久留于受检对象体内。

2) DSA 在 ¹²⁵I 籽源植入过程中的应用

DSA 射线发生器机扫描部分主要由 X 线管和不同数目的探测器组成，用来收集信息。X 线束对所选择的层面进行扫描，其强度因和不同密度的组织相互作用而产生相应的吸收和衰减。探测器将收集到 X 线信号转变为电信号，经模/数转换器 (A/D converter) 转换成数字，输入计算机储存和处理，从而得到该层面各单位容积的 CT 值 (CT number)，并排列成数字矩阵 (Digital matrix)。这些数字可储存于硬磁盘 (Hard disk)、软磁盘

续表 9 项目工程分析与源项

(Floppy) 和磁带 (Magnetic tape, MT) 中, 也可用打印机印用。数字矩阵经数/模 (D/A) 转换器在监视器上转为图像, 即为该层的横断图像。图像可用多幅照相机摄于胶片上, 供读片、存档和会诊用。

参考《临床医学工程 2009 年 10 月第 16 卷第 10 期--CT 引导下放射性碘-125 粒子植入及辐射防护 (戴克楠 邹博 陈金华)》, 患者治疗前进行 CT 扫描配合 TPS 系统制定植入计划, 以及确定 CT 操作过程中的扫描范围与扫描层数、层厚、层间距。本项目采用 DSA 进行扫描、透视, 在术中完成粒籽植入, 亦可完成上述 CT 部分工作。术中插入穿刺针, 建立第一条植入通道, 同层扫描确认针位无误后植入第一颗粒子, 每一个通道粒子植入以每间隔 1cm 一粒为宜; 每植入完一个通道的粒子后都要按照相同扫描层进行扫描, 检查粒子植入位置是否符合计划要求; 本层面所有通道粒子植入完毕后再进行下一层面的扫描与粒子植入; 粒子植入手术完毕后要重新进行扫描, 以了解整个瘤体粒籽植入的分布情况; 2 个月后复查进行扫描, 检查瘤体是否得到有效控制。由于 DSA 引导下 ^{125}I 粒籽源植入手术需多次扫描定位, 定位过程中产生较大剂量的 X 线辐射, 为防止患者吸收剂量过大, 采用铅防护用品遮盖非手术区进行辐射防护, 减少不必要的辐射照射。

3、工作流程

医院方确定所需粒籽源数量后, 通知粒籽源供应单位, 粒籽源供应单位抽取所需供给粒籽源数量至少 2% 的粒籽源, 采用适当方法进行泄漏检查, 确认粒籽源的完整性和安全性; 至少抽取 10% (至少不能少于 3 颗) 或全部 (植入数 ≤ 5 颗) 进行源活度的质量控制检测, 使用特制的籽源测量支架用活度计测量籽源等效放射性活度。质量检测与泄漏检测均符合要求后, 由粒籽源供应单位将放射性籽源装枪、消毒后, 装在使用铅块屏蔽的容器里, 直接送到植入室, 在这个过程中医生和患者不接触粒籽源。

^{125}I 粒籽源治疗肿瘤流程具体如下:

(1) 植入前用影像学方法 (DSA), 在治疗计划 (TPS) 系统上进行治疗计划设计, 制定治疗前计划 (preplan), 确定植入导针数、导针位置、粒籽数及位置。选择粒籽种类及单个粒籽活度, 预期靶区剂量分布, 包括肿瘤及正常组织的剂量分布。根据计划向厂家订购粒籽源。

(2) 根据 TPS 治疗计划, 供货单位将完好的 ^{125}I 粒籽源装枪、消毒后运送至精诚楼东楼五楼介入室。

续表 9 项目工程分析与源项

(3) 在模板等引导下进行籽粒植入，根据剂量分布要求，选用均匀分布或周缘密集、中心稀疏的布源方法。植入籽粒时，用 TPS 进行剂量优化，优化剂量要求：正确勾画实际肿瘤靶区；重新核算植入针及籽粒数；计算靶区放射性总活度；调整籽粒位置，纠正不均匀度，保护靶区相邻的重要器官。

(4) 籽粒植入术后，通过辐射剂量率检测仪器对 X 射线装置机房辐射水平进行检测，确认无籽粒源遗漏在工作场所。

(5) 籽粒植入后，必须进行质量评估，包括两项内容：籽粒及质量重建。植入后 3 天内进行检查，尽快拍摄靶区正、侧位 X 线片，确认植入的籽粒数目。必须记录植入术与质量评估间隔时间。植入后根据籽粒植入部位检查结果，用 TPS 计算靶区及相邻正常组织的剂量分布，根据评价结果必要时补充治疗。

应用 ^{125}I 籽粒源工作流程图见图 9-5。

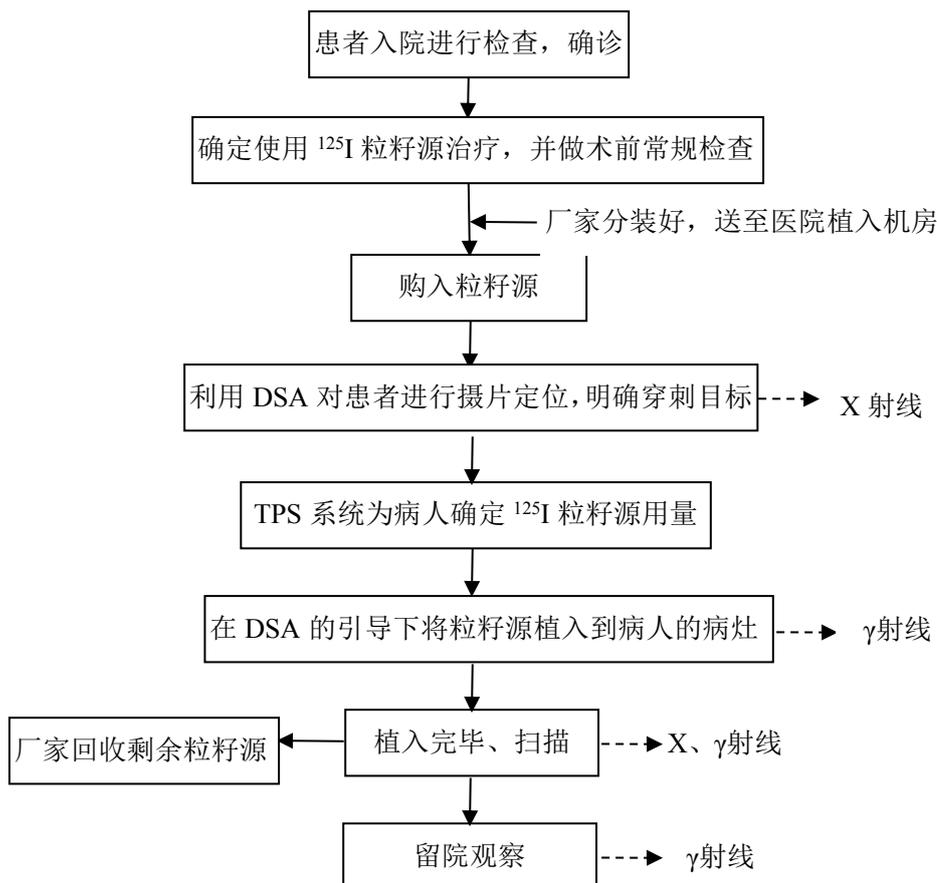


图 9-5 ^{125}I 籽粒源植入治疗流程及产污环节

4、工作负荷

本项目年诊断病人最多约 400 例，单日最多 3 名病人进行植入手术，根据病人肿瘤

续表 9 项目工程分析与源项

情况每位病人使用的粒籽约为 10~70 粒，本项目取平均每名病人使用量 65 粒，每粒的最大活度为 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi)，则项目使用的 ^{125}I 粒籽源放射性同位素实际日最大操作量为 $7.22 \times 10^9 \text{Bq}$ (0.195Ci)，年最大用量约 $9.62 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.22 \times 10^6 \text{Bq}$ ，工作场所为丙级非密封源工作场所。 ^{125}I 粒籽源的操作和 ^{125}I 粒籽源植入手术在进行过程中主要污染因子为 γ 射线，其影响随着距离增加而减弱。

5、污染源项

(1) 正常工况的辐射影响、污染分析

植入治疗项目的辐射影响主要是在植入过程中 ^{125}I 粒籽源发射的 γ 射线使工作人员受到外照射。接受治疗的病人由于身体组织中植入了放射性籽源后短时间内成为一个辐射体，可能对周围环境中的其他人群造成外照射。

由于 ^{125}I 粒籽源是长期植入体内，正常情况下不会再取出。而粒籽源是被密封在钛合金包壳内盛装在带铅外壳玻璃瓶中，正常情况下不会污染玻璃瓶，因此本项目正常实施过程中不会产生放射性“三废”。医院不设置专用衰变池。

(2) 事故工况的辐射影响、污染分析

- a) 操作人员在植入过程中因未采取辐射防护用具而导致自身超剂量外照射；
- b) 籽源破损，工作人员受到外照射，而且会通过食入、皮肤创伤口渗透等途径产生内照射；
- c) 籽源丢失或被盗，屏蔽罐被打开，对公众产生外照射。
- d) 粒籽源植入人体后脱落（前列腺治疗）

事故工况下应采用核对粒籽数量及时处理问题，一旦发现有粒籽源遗失，立即采用剂量率仪寻找，确保剩余的粒籽源全部回收。此外， ^{125}I 粒籽源为密封粒籽源，如果遗失在地面，也不会造成表面污染，不会产生放射性废气。因此，医院应对 ^{125}I 粒籽源加强管理，使放射性密封源和植入手术操作始终处于监控状态。事故发生时，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防护措施，向当地环境保护等主管部门报告。

9.3 本项目产生污染物产生情况汇总

本项目的门诊病人已经在医院整体门诊量考虑范围内，医院总体废水及固废核算时包含了本项目门诊病人产生的废水及固废。

根据以上分析，本项目 DSA 及 ^{125}I 粒籽源植入治疗及放射诊断项目污染因子见表 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项

污染物	使用场所	污染因子
辐射	DSA 术中植入粒籽源	X 射线、 γ 射线
废气		O_3 、 NO_x
放射性固废		废弃粒籽源
辐射	DSA 介入手术	X 射线
废气		O_3 、 NO_x

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

本次邵东县中医医院核技术利用扩建项目位于邵东县中医医院精诚楼东楼五楼及西楼四楼。介入室及 ^{125}I 籽粒植入室利用原预留机房进行建设，目前装修工作已经基本完成，设备已购买，未装机； ^{125}I 籽粒储源室利用现有办公室进行改建。根据现场实际情况及医院拟设计情况，本项目涉源机房辐射保护及安全措施情况如下：

10.1.1 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定，将辐射场所分为控制区和监督区，以便辐射安全管理和职业照射控制，该院放射性工作场所分区如下：

（1）控制区：DSA 机房（ ^{125}I 籽粒植入室）、籽粒储源室及专用病房以墙体和防护门为界，机房内为控制区；在诊断和治疗设备的调试和日常诊疗过程中，当处于诊疗状态时，区内人员不得滞留。其中 DSA 机房（ ^{125}I 籽粒植入室）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，储源室及专用病房张贴警示标识，以及严格的管理制度保障此区的辐射安全。

（2）监督区：包括 DSA 机房（ ^{125}I 籽粒植入室）、籽粒储源室及专用病房的各辅助用房、走廊、其周围临近区域；在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价。

上述涉源机房工作场所分区图详见附图五、附图六。

10.1.2 DSA 机房辐射防护与安全措施

10.1.2.1 机房的防护

（1）根据医院现有建设情况可知，本次核技术利用项目在精诚楼东楼五楼介入室新增 1 台 DSA。根据医院提供的设计资料可知，本项目射线装置机房辐射防护场所设计情况如下表 10-1。根据医院提供的设计资料可知，本项目 DSA 机房四周墙体均为 300mm 实心砖+20mm 硫酸钡混凝土，顶棚、地面均为 120mm 砷+20mm 硫酸钡混凝土，大小防护门及防护窗屏蔽厚度为 5mmPb。

（2）机房内建设的穿越防护墙的导线、导管等采用“U”型和“Z”型，在机房角落，不影响墙体的屏蔽防护效果，且电缆线和电插座等均采用铅皮封包，增加墙体防护能力。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-1 本项目涉源机房屏蔽参数设计情况一览表

涉源机房	精诚楼东楼五楼介入室 DSA	精诚楼西楼四楼储源室	精诚楼西楼四楼专用病房
长×宽×高(m)	6.5×5.6×2.8	4.0×3.0×2.95	4.0×3.0×2.95
净面积 (m ²)	44.22	28.82	28.82
四面墙体	四面墙体均为 300mm 实心砖+20mm 硫酸钡混凝土	四面墙体均为 300mm 实心砖	四面墙体均为 300mm 实心砖
顶棚	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡混凝土	120mm 混凝土	
地面	120mm 混凝土+20mm 硫酸钡混凝土	120mm 混凝土	
防护门	5mm 铅板	--	--
防护窗	5mm 铅当量铅玻璃	--	--

(3) 机房的防护门与墙体, 观察窗与墙体的重叠长度将不小于其搭接缝隙的 10 倍。

(4) 防护门、观察窗四周采用不锈钢型材包边, 无焊接裂隙, 屏蔽门的生产、安装均拟交由有生产资质的厂家负责。

(5) 机房设置了门灯联锁装置; 机房门外均设置醒目的工作指示灯、电离辐射警告标志放射防护注意事项等, 提醒周围人员尽量远离该区域。

(6) X 射线机房充分了考虑邻室 (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。

10.1.2.2 DSA 设备安全措施

(1) X 射线设备应有能调节有用线束照射的装置, 使装置发射的线束宽度尽量减小, 以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关, 并配备透视限时装置。DSA 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。并提供可标志照射野的灯光指示装置。

(2) 采用栅控技术: 在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压, 抵消曝光脉冲的启辉与余辉, 起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

(3) 采用光谱过滤技术: 在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板, 以多消除软 X 射线以及减少二次散射, 优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同

续表 10 辐射安全与防护

应用时所选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。影像增强器前面可酌情配置各种规格的滤线栅，以减少散射影响。

(4) 采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

(5) 采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold, LIH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

(6) 配备相应的表征剂量的指示装置：DSA 设备拟配备能在线监测表征输出剂量的指示装置。

(7) 配备辅助防护设施：DSA 设备拟配备防护屏蔽吊架、各种防护屏蔽挂帘等辅助防护用品与设施，同时设置室内紧急开关按钮，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

10.1.2.3 安全操作及管理措施

(1) X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标志。

(2) 介入 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

(3) 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周围剂量当量率进行监测，保证机房的屏蔽能力满足要求。

(4) 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。

(5) 制定规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙。

(6) 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。

(7) X 射线机曝光时，应保证门灯联锁。

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

(9) 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。

(10) 项目采取射线装置进行诊断及手术辅助时，均应制定最优化方案，在满足诊断前提下，选择合理可行尽量低的射线参数、尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关

续表 10 辐射安全与防护

公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

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

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

(13) X 射线设备根据工作内容，现场应配备工作人员、患者和受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作的需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施（铅橡胶，铅围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子）的铅当量应不低于 0.25mmPb；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb。

10.1.3 ¹²⁵I 粒子植入辐射防护与安全措施

10.1.3.1 非密封源工作场所分级

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

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

放射性工作场所因操作放射性物质的毒性组别和操作量的不同，产生的放射性危害的机率也不同，为了便于管理，非密封性工作场所按所用放射性核素最大日等效用量并考虑操作因素分为三级。根据计算，本项目使用的放射性同位素日最大等效操作量见表 10-2。

表 10-2 非密封性物质工作场所分级

核素名称	物理形态	日最大操作量 (Bq)	毒性因子	操作方式	操作修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	使用场所
¹²⁵ I	固态	7.22×10 ⁹	0.1	很简单操作	100	7.22×10 ⁶	精诚楼东楼五楼 DSA 机房
合计						7.22×10 ⁶	丙级非密封源工作场所

注：①¹²⁵I 属于中毒组，因此毒性修正因子取 0.1；

续表 10 辐射安全与防护

②根据环保部文件：环办辐射函[2016]430号，¹²⁵I的操作修正因子按“很简单操作”选取。

根据该项目使用的放射性同位素的毒性组别、用量及操作因子，算出日最大等效操作总量为 $7.22 \times 10^6 \text{Bq}$ ，根据表 7-3（GB 18871-2002 附录 C）的分级标准显示，核定邵东县中医医院核技术利用扩建项目 ¹²⁵I 粒籽源植入工作场所为丙级非密封源工作场所。

同时参照《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中表 1 的要求，为了便于操作，针对临床核医学实践的具体情况，可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为 I、II、III 三类。本项目场所分类具体见表 10-3。

表 10-3 非密封性物质使用场所的分类

房间名称	非密封性物质日最大操作量 (Bq)		毒性权重因子	操作修正因子	该房间日操作最大量加权活度 (MBq)	场所分类
粒籽植入室	¹²⁵ I 粒籽	7.22×10^9	100	1	555000	I
储源室	¹²⁵ I 粒籽	7.22×10^9	100	100	5550	II
专用病房	¹²⁵ I 粒籽	7.22×10^9	100	10	55500	I

注：加权活度 = (计划的日操作最大活度 × 核素的毒性权重因子) / 操作性质修正因子

根据计算本项目 ¹²⁵I 粒籽操作最大量放射性核素的加权活度为 $7.22 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，本项目 ¹²⁵I 粒籽源植入工作场所、专用病房为 I 类非密封放射源工作场所，储源室为 II 类非密封放射源工作场所。其设计、布局、内部防护设施应该满足 I 类、II 类非密封源工作场所设计要求。

10.1.3.2 ¹²⁵I 粒籽源植入项目辐射防护

1、工作场所

¹²⁵I 粒籽源植入工作场所位于 DSA 机房内。

根据工程分析，¹²⁵I 粒籽源外观为密封性源，¹²⁵I 吸附在银棒上被密封在钛合金包壳内，整体以微小的固态颗粒状存在，主要靠其释放的 γ 射线近距离杀死肿瘤细胞，但因其每次使用数量较多，体积较小且有可能破损，因此作为非密封源评价。根据计算本项目 ¹²⁵I 粒籽源植入工作场所按非密封放射源分析属于丙级非密封源工作场所。按照《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于“按不同级别工作场所室内表面和装备的要求”中 I 类、II 类工作场所的要求进行布置。该场所的防护措施需满足如下要求：

续表 10 辐射安全与防护

表 10-4 碘-125 籽源植入相关场所室内表面及装备结构设计防护与标准对照表				
房间	分类	本项目设计	GBZ120-2006	是否满足
籽源植入室	I	地面：PVC 地板胶铺设，墙角线采用铝合金接缝处无缝隙 表面：质感漆 室内通风：新风系统，废气独立机械排风 清洗及去污设备：各区域设专用拖把及拖把池	地面：地板与墙壁接缝无缝隙	是
专用病房	I		表面：易清洗 通风橱：本项目无 室内通风：应设抽风机 管道：特殊要求（本项目无） 清洗及去污设备：需要	是
储源室	II		地面：易清洗且不易渗透 表面：易清洗 通风橱：本项目无 室内通风：有较好通风 管道：一般要求（本项目无） 清洗及去污设备：需要	是

本项目 DSA 机房及籽源储源室以墙体和防护门为界，机房内设置为控制区，籽源植入后专用病房均为临时控制区；DSA 控制室及各辅助用房及其周围临近区域设置为监督区。在 ^{125}I 籽源使用场所（ ^{125}I 籽源植入室、储源室、植入后专用病房）设置醒目的电离辐射警示牌、电离辐射标志和警示文字，禁止无关人员进入，并限制病人离开专用病房； ^{125}I 籽源及病人通道设置电离辐射标志和警示文字。

2、 ^{125}I 籽源运输和贮存

^{125}I 籽源由供货方严格按照《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的相关规定运输至医院，采用专门屏蔽容器，运输包装表面的辐射剂量率必须小于国家允许辐射剂量水平（ $5\mu\text{Sv/h}$ ）。

根据《低能 γ 射线籽源植入治疗 放射防护要求与质量控制检测规范》（GBZ178-2017），对 ^{125}I 籽源在医院内的运输和贮存要求如下：

待用的籽源应装入屏蔽容器内，（当容器密闭达到最大装载量时，容器表面的辐射水平应低于 $20\mu\text{Sv/h}$ ），并存放在专用房间。应建立籽源出入库登记制度，植入前，详细记录从容器中取出籽源的编号、日期时间、源名称、入库活度/数量、送货人、接收人、出库活度/数量、去往场所、出库经手人、接收人等。

续表 10 辐射安全与防护

根据医院计划，将填装完好的 ^{125}I 粒籽源放置于供货方提供的铅罐内，在手术准备期间由专人保管。医院拟制定《 ^{125}I 粒籽源订购及使用登记管理制度》，按照《低能 γ 射线粒籽植入治疗放射防护要求与质量控制检测规范》（GBZ178-2017）的要求，详细记录粒籽源出入库等情况。

同时医院根据计划订购药物数量，当天用完，不做长时间贮存，单次最大购源量 $7.22 \times 10^9\text{Bq}$ 。项目产生的废 ^{125}I 粒籽源及时放入专用铅罐内由厂家回收处理。

3、工作人员操作安全管理

a) 医院针对拟开展的粒籽源植入项目拟配置专用粒籽源其整套防护器材，并配置铅围裙、手套、防护屏风等防护用品、用具。由于粒籽源的体积较小，不易察觉，必须配备辐射剂量率检测仪器，每次进行粒籽源操作后，对工作场所的工作台、地面，以及操作人员的衣物进行辐射水平检测，确认无粒籽源遗漏在工作场所。

b) 工作人员在手术中佩戴铅衣、铅眼镜、铅围裙等防护用品（同时需要建设单位配备铅手套及长柄镊子），尽量减少个人受照剂量，并佩戴个人剂量计，采取加密监控。防护衣厚度不应小于 0.25mm 铅当量。对性腺敏感器官，可考虑再穿含 0.5mm 铅当量防护的三角裤或三角巾。

c) 拿取粒籽源应使用长柄器具，如镊子，尽可能增加粒籽源与操作人员之间的距离。在整个工作期间，所有人员尽可能远离放射源，快速完成必要的操作程序。

d) 如粒籽源破损引起泄露而发生污染，应封闭工作场所，将源密封在屏蔽容器中，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所去污和人员应急处理。

e) 辐射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律法规知识培训。

f) 合理选择各种操作参数，在满足医疗诊断的条件下，DSA 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。

4、病人及病房的防护

a) 植入粒籽源术后的患者，应当在植入部位对应的体表进行适当的辐射屏蔽。

b) 本项目植入粒籽源的患者床边 1.5m 处或单人病房应划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不得入内。医护人员查房，家属成员如需长时间陪护应与患者保持 1m 以上的距离。

c) 接受植入粒籽源治疗的前列腺患者和胃肠道患者应使用专用便器或专用浴室和

续表 10 辐射安全与防护

厕所。肺部或气管植入籽源患者，在住院期间应戴口罩，以避免籽源咳出丢失在周围环境中，如发现籽源咳出，应报告主管医生并采取相应的应急措施。

d) 前列腺植入籽源的患者应戴避孕套，以保证放射性籽源植入体内后不丢失到周围环境。为防止随尿液排出，在植入后两周内，应使用容器接尿液。如果发现植入的籽源流失到患者的膀胱或尿道，应用膀胱内镜收回籽源并放入铅罐中贮存。

e) 临时控制区内，任何物品在搬离病房之前应进行监测，被污染物品按放射性废物处理（在专用容器中经过 10 个半衰期后可做一般固废处置）。

5、出院患者防护告知

a) 患者在植入籽源后的前 4 个月，尤其是前两周内，日常生活应与配偶保持 60cm 距离。

b) 籽源植入胸部患者，出院时医院应提供一个小铅罐容器，让患者带回家。如果发现籽源咳出时应用镊子或勺子将籽源放入容器中，然后联系主管医师。

c) 植入籽源的患者出院 2 个月内，陪护者或探视者与患者长时接触时，距离至少应保持在 1m 远；儿童和孕妇不得与患者同住一个房间；患者不能长时接触或拥抱儿童。

d) 不允许孕妇近距离接触患者，探视时距离患者至少 1m 以外。植入籽源患者，在植入 240d 后（除到医院复诊外），方能到公众场所活动。

10.1.4 防护用品

(1) 按照《低能 γ 射线籽源植入治疗放射防护要求与质量控制检测规范》（GBZ178-2017）的辐射防护防护设施要求，本项目碘-125 籽源植入项目应配备测量籽源活度测量仪器（如井型电离室）以及探测光子能量下限低于 20keV 的辐射防护监测仪。植入工作场所应配备铅衣、铅手套、铅玻璃眼镜、铅围脖、铅三角裤或三角巾等防护用品，每种应不少于 2 件。

(2) DSA 射线装置辐射防护防护设施要求见表 10-4。

表 10-4 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

续表 10 辐射安全与防护

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
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。

(3) 由医院提供的资料可知，医院现有辐射防护用品情况，根据本次环评实际情况，建设单位拟需增加防护用品清单一览表详见下表 10-5。

表 10-5 医院拟新增防护用品清单一览表

防护用品名称	单位	数量	防护用品名称	单位	数量
铅围裙	件	2	铅三角裤	条	6
铅眼镜	副	6	双面铅防护衣	套	4
铅围脖	件	6	铅橡胶帽子	顶	4
铅手套	双	6	铅防护帘	件	1
铅三角巾	件	2	个人剂量报警仪	台	3
移动铅屏风	个	2	陪护人员防护用品	套	3
剂量率仪	台	1	患者铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、病人上身防护屏	套	1
表面污染巡测仪	台	1			
便携式剂量报警仪	台	1			
长柄镊子	个	1			

医院按照上述要求增加相应的监测设备及防护用品后，基本能够满足开展本项目的工作需要。

10.2 放射性“三废”污染防治措施

本项目 X 射线装置在工作过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。DSA 在开机过程中，X 射线电离产生少量臭氧及氮氧化物，医院拟在 DSA 机房顶部安装机械通风装置，且排风口远离敏感点及空调进风口，同时安装柜式空调辅助通风。本次环评要求通风管网布置从监督区到控制区，即从低浓度到高浓度收集废气然后排出。籽粒植入过程中产生的废弃籽粒源由厂家回收。本项目新增辐射工作人员产生的废水、废气及固废，均依托医院现有环保工程，本次不单独做评价。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

11.1 施工期环境影响分析

本次邵东县中医医院核技术利用扩建项目位于邵东县中医医院精诚楼东楼五楼及西楼四楼。介入室及 ¹²⁵I 籽粒植入室利用原预留机房进行建设，目前装修工作已经基本完成，设备已购买，未装机；¹²⁵I 籽粒储源室利用现有办公室进行改建，改建过程仅在房间内安装保险箱，监控设备，改装防盗门等，不涉及大量施工，因此，本项目不做施工期环境影响分析。

11.2 DSA 机房营运期环境影响分析

11.2.1 机房使用面积分析

本项目所涉及 DSA 机房设计使用面积如表 11-1 所示。

表 11-1 各机房设计使用面积一览表

序号	名称	位置	机房面积 (m ²)	机房尺寸 (长×宽×高, m)	标准要求 (m ²)	单边尺寸要求 (m)
1	DSA 机房	精诚楼东楼五楼介入室	36.4	6.5×5.6×2.8	≥30	≥4.5

由表 11-1 可知，射线装置机房使用面积均满足相应标准的要求。

11.2.2 DSA 机房防护效能评估

(1) 核实建筑物屏蔽效能采用的主要公式

机房辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。

①主射线：

$$\dot{H} = \frac{H \times q \times U}{K \times R^2} \quad (11-1)$$

$$H = \dot{G} \times I \times 60 \quad (11-2)$$

$$\dot{G} = 1.222 - 5.664 \times 10^{-2} \times kV + 1.227 \times 10^{-3} \times kV^2 - 3.136 \times 10^{-6} \times kV^3 \quad (11-3)$$

式中：K——减弱倍数；

H——血管造影系统额定工作条件下，X 线的输出率 (Sv/h)；

I——血管造影系统额定电流 (mA)；

续表 11 环境影响分析

\dot{G} ——血管造影系统发射率，本次环评选取透视模式下，最高输出功率时 X 射线管电流与 X 射线管电压的组合情况进行核算，即管电压取值为 125kV，管电流取值为 30mA，此时根据公式（11-3）计算可知，DSA 的发射率为 7.19mGy /mA.min；本次环评选取采集模式下，最大恒定输出功率时，管电压取值为 100kV，电流为 1000mA，此时 DSA 的发射率为 4.692mGy /mA.min；根据 GBZ/T144-2002 附录 B 中给出的自由空气比释动能和周围剂量当量的转换系数，本项目的 Sv/Gy 转换系数取 1.62。

\dot{H} ——屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率（Sv/h）；

R——参考点距离(m)；

q——居留因子（取 1）

U——定向因子（取 1）

②散射线：

$$\dot{H} = \frac{H \times \alpha \times q \times S}{K \times R^2 \times r^2} \quad (11-4)$$

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

$$\dot{H} = \frac{H_1 \times q}{K \times R^2} \quad (11-5)$$

式中： H_1 ——X 漏射剂量率（<1mGy/h）；

④厚度：

$$d = TVL \log K \quad (11-6)$$

式中：TVL——材料十值层厚度（cm）；

d——屏蔽材料厚度（cm）

⑤散射能量

$$E_{\gamma'} = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (11-7)$$

续表 11 环境影响分析

式中： $E_{\gamma'}$ ——散射光子的能量（MeV）；
 E_0 ——入射光子的能量（MeV）；
 m_0c^2 ——电子静止能量（MeV）；
 θ ——散射角（°）。

(2) 核实建筑屏蔽效能采用的有关参数

由于 X 射线装置在实际应用中并不会满负荷运行，在考虑正当性及最优化原则的基础上，结合以往验收监测经验，选取工作模式为透视模式下，最高输出功率时 X 射线管电流与 X 射线管电压的组合情况进行核算，即管电压取值为 125kV，管电流取值为 30mA；工作模式为采集模式时，最大恒定输出功率时，管电压取值为 100kV，电流为 1000mA 两种情况对 DSA 机房的屏蔽防护进行估算。

另外，本评价按照国家标准和相关规定要求，确定机房墙体、门和观察窗外表面 0.3m 处，楼上层离地 1m 处，楼下层离地 1.7m 处周围剂量当量率均按 2.5 μ Sv/h 进行估算。

表 11-2 居留因子 q

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

(3) 建筑物屏蔽墙厚的确定原则

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) 计算参数

DSA 工作模式为透视模式时，主射线能量约 125kV，电流为 30mA；工作模式为采集模式时，主射线能量约为 100kV，电流为 1000mA。人体散射系数：0.0016/400cm²；散射面积 s=400cm²；源皮距，1m。计算参数见表 11-3。

续表 11 环境影响分析

表 11-3 计算参数

工作模式	额定电压 (kV)	电流 (mA)	能量 (kV)		十值层
透视	125	30	主射线 漏射线	125	铅: 0.90mm 混凝土: 6.4cm 页岩砖: 9.12cm 钡水泥: 4.30cm
			散射线	100	铅: 0.84mm 混凝土: 5.5cm 页岩砖: 7.83cm 钡水泥: 3.69cm
采集	100	1000	主射线 漏射线	100	铅: 0.84mm 混凝土: 5.5cm 页岩砖: 7.83cm 钡水泥: 3.69cm
			散射线	84	铅: 0.59mm 混凝土: 4.49cm 页岩砖: 5.92cm 钡水泥: 2.79cm

备注: 钡水泥密度按照不低于 $3.5\text{g}/\text{m}^3$ 计, 其十值层采用内插法和密度换算而来。

(5) 核算结果比值

医院 DSA 核算结果见表 11-4。

表 11-4 DSA 血管造影机房屏蔽核算结果

墙体名称	参考点距离 (m)	计算厚度 (mm)		医院提供 防护方案 (mm)	实际厚度下瞬时剂 量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	是否满足 屏蔽厚度
东墙(库房、设备 间)	3.57	透视	237 实心砖	300 实心砖+20 硫酸钡混凝土	0.059	是
		采集	259 实心砖		0.04	
东墙防护小门	3.57	透视	2.6 铅当量	5 铅当量	0.003	
		采集	2.7 铅当量	5 铅当量	0.0003	
南墙(污物通道)	3.12	透视	246 实心砖	300 实心砖+20 硫酸钡混凝土	0.087	是
		采集	265 实心砖		0.053	
南墙防护小门	3.12	透视	2.7 铅当量	5 铅当量	0.0003	
		采集	2.7 铅当量	5 铅当量	0.0003	

续表 11 环境影响分析

西墙(控制室、其他功能科室)	3.57	透视	244 实心砖	300 实心砖+20 硫酸钡混凝土	0.059	是
		采集	259 实心砖		0.04	
西墙防护小门、防护窗	3.57	透视	2.6 铅当量	5 铅当量	0.003	
		采集	2.7 铅当量	5 铅当量	0.0003	
北墙(洁净走廊、其他预留机房)	3.12	透视	246 实心砖	300 实心砖+20 硫酸钡混凝土	0.087	是
		采集	265 实心砖		0.053	
北墙防护大门	3.12	透视	2.7 铅当量	5 铅当量	0.0003	是
		采集	2.7 铅当量	5 铅当量	0.0003	
天棚(肛肠科)	3.14	透视	153 砵	120 砵+20 硫酸钡混凝土	0.072	是
		采集	194 砵		1.08	
地面(药检科)	3.64	透视	147 砵	120 砵+20 硫酸钡混凝土	0.053	是
		采集	188 砵		0.82	

(6) 机房屏蔽效能评估

由表 11-4 计算可知，医院拟新增的 DSA 机房的四周墙体、天棚、地面、防护门窗设计厚度能够满足要求，核算墙体外的瞬时剂量小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足辐射防护的要求。在评价范围内的敏感点受 X 射线装置运行时的影响很小，环境可接受。

(7) 机房内通风

DSA 机房设计采用排风换气装置，本项目拟在机房内顶部设置两个 $300\times 300\text{mm}$ 出风口，通风量约为 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数 4 次/h，排风口远离敏感点及空调进风口，同时安装柜式空调辅助通风。本次环评要求通风管网布置从非限制区到监督区到控制区，即从低浓度到高浓度收集废气然后排出。在此基础上，因排放室外有限的有害气体经空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，加上 O_3 的分解时间不到 10 分钟，能满足环境空气质量标准。

11.3 ^{125}I 粒籽源 植入环境影响分析

11.3.1 ^{125}I 粒籽源运输路线评价

医院进行 ^{125}I 粒籽源植入手术前根据受诊病人 TPS 治疗计划向厂家订购所需数量粒

续表 11 环境影响分析

籽源，手术当天由籽源供应单位将放射性籽源装枪、消毒后，装在使用铅块屏蔽的容器里，将填装完好的 ^{125}I 籽源运送至植入室（精诚楼东楼五楼介入室）。 ^{125}I 籽源在医院的运输路径为专用运输车辆直达精诚楼东楼次要入口，从次要入口进入楼梯进入五楼介入室。整个运输路径均在医院人流较少，运输距离短，所需时间少，同时精诚楼次要入口不是医院主要病患通道，人流量少，基本没有其他无关人员。另外 ^{125}I 籽源装在有足够屏蔽防护能力的铅罐内暂存进行运输，考虑铅罐 2mm 的铅当量，0.5m 处的受照剂量为 $9.8 \times 10^{-23} \mu\text{Gy/h}$ ，远低于工作人员剂量限值。在运送过程中谨慎小心，确保籽源安全送达植入室内。因此， ^{125}I 籽源从生产厂家到植入室的医院内运输线路较短，运送过程中产生的辐射环境影响较小，对周围人群基本没有影响。

11.3.2 ^{125}I 籽源植入场所（DSA 机房）的屏蔽能力分析

(1) ^{125}I 籽源植入的墙体屏蔽

DSA 机房的四面墙体为 300mm 实心砖+20mm 硫酸钡混凝土，顶棚为 120mm 砼+20mm 硫酸钡混凝土，防护门及防护窗设计屏蔽厚度为 5mmPb。偏保守考虑 ^{125}I 籽源与墙体距离取 5cm。铅对 ^{125}I 射线的屏蔽半值层为 0.025mm，人体组织对 ^{125}I 射线的屏蔽半值层为 20mm，经屏蔽后剂量率计算公式：

$$D = \frac{D_0}{2^{s/HLV} \times d^2} \text{ 或 } D = \frac{D_0}{10^{s/TLV} \times d^2} \quad (11-8)$$

式中：D——目标点的剂量率，mSv/h；

D_0 ——无屏蔽时距源 1m 处的剂量率，mSv/h；

d——源中心到目标计算点的距离，m；

S——屏蔽层的厚度，cm；

HLV——屏蔽材料对核素产生的 γ 射线的半值层厚度；

TLV——屏蔽材料对核素产生的 γ 射线的十值层厚度；

参考《中国辐射卫生 2010 年 6 月第 19 卷第 2 期--放射性籽源植入治疗的放射防护进展(赵士义)》中提供的数据：放射性籽源的辐射剂量以 ^{125}I 为例，其活度在 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ 时单个籽源的剂量率为距离 0.5m 时是 $135.50 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ；0.65m 时是 $76.30 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ；0.80m 时是 $48.80 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ；1.00m 时是 $33.90 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。

根据公式 11-5 及相关计算参数，计算结果见下表：

续表 11 环境影响分析

表 11-5 ¹²⁵I 籽源屏蔽后剂量率

位置	65 粒籽源 1m 处剂量率 (μSv/h)	距离(m)	屏蔽物质厚度	减弱倍数	屏蔽后剂量率 (μSv/h)
DSA 机房外 30cm 处	22.03	0.32	约3mmPb	1.36×10^{36}	≈0

经过核算，¹²⁵I 籽源植入室 (DSA) 机房的四面墙体、防护门窗经 3mmPb 屏蔽后剂量率远小于本底值，在机房墙体外的剂量贡献值可忽略不计。因此，机房墙体屏蔽防护能力满足 ¹²⁵I 籽源植入要求。

手术结束后相关辐射工作人员应对工作场所的工作台面、地面以及操作人员的衣物进行辐射水平检测，确认无籽源遗漏在工作场所。若有破损及剩余的籽源，由籽源供应商装入铅罐内当场回收处理。

医院拟使用 ¹²⁵I 籽源均是根据受诊病人所需的数量预订购买，医院基本不会有籽源库存，个别特殊情况下 ¹²⁵I 籽源暂存于 ¹²⁵I 籽源储源室，位于精诚楼西楼四楼肿瘤科。储源室及专用病房四面墙体均为 300mm 实心砖，天棚地面均为 120mm 砼，暂存期间籽源置于储源室保险柜内，且按照《低能γ射线籽源植入治疗放射防护要求与质量控制检测规范》(GBZ178-2017)的要求，当贮源容器密闭时，容器表面的辐射水平应低于 20μSv/h，同时籽源贮存的容器前应放置防护铅屏风，屏风上方应有适当厚度的铅玻璃。因此，通过采取上述措施经贮存分装室墙体屏蔽后，墙体外 0.3m 处的周围剂量当量率满足<2.5μSv/h 屏蔽防护要求。

(2) ¹²⁵I 籽源植入的辐射工作人员屏蔽

¹²⁵I 籽源植入项目拟调配医院放射科及肿瘤科现有的 3 名辐射工作人员。根据工程分析可知，¹²⁵I 籽源植入是在 DSA 引导下进行的，对患者病灶部位进行扫描时，实施手术的医生和助手不会滞留在治疗室内，因此医生和助手主要受 ¹²⁵I 籽源植入手术过程中γ射线照射的影响；控制室内的工作人员主要受 DSA 运行扫描时产生的 X 射线影响。

根据医院提供的资料，本项目使用的 ¹²⁵I 籽源单粒最大活度为 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi)，半衰期为 59.6 天，每名病人平均使用量 65 粒，则平均每台手术使用的 ¹²⁵I 籽源总活度为 $2.045 \times 10^9 \text{Bq}$ (0.065Ci)。单日最多 3 名病人进行植入手术，年诊断病人最多约 400 例，则项目使用的 ¹²⁵I 籽源放射性同位素实际日最大操作量为 $7.22 \times 10^9 \text{Bq}$ (0.195Ci)，年最大用量约 $9.62 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。进行手术的医生操作过程中身体与籽源的直线距离约 0.5m，每台手术中植入 ¹²⁵I 籽源的时间约 10s~10min，每年最多 400 台手术，医生全

续表 11 环境影响分析

年操作时间最多 66.7h。医生进行手术时，穿戴铅衣、铅帽、铅眼镜等防护用品，本评价考虑在植入手术过程中医生穿戴防护用品不小于 0.25mm 铅当量。

参考《中国辐射卫生 2010 年 6 月第 19 卷第 2 期--放射性粒籽植入治疗的放射防护进展（赵士义）》中提供的数据，根据马旺扣等的监测，0.18~0.25mm 铅当量的铅衣可屏蔽 90%~99%的 ^{125}I 粒籽的辐射剂量。

如果操作人员严格执行《低能 γ 射线粒籽源植入治疗的放射卫生防护与质量控制检测规范》（GBZ178-2017）中对粒籽源植入操作人员的放射防护规定，整个过程均穿着具有不小于 0.25mm 铅当量的铅防护衣，带着铅手套、铅玻璃眼镜和铅围脖等防护用品进行操作，即具有十个半值层的屏蔽厚度，减弱倍数为 1024 倍，可估算经过 0.25mm 铅当量的屏蔽后操作人员身体的实际受照辐射剂量率水平。同时， ^{125}I 粒籽包装为钛合金壳，激光密封，为密封源，具有自屏蔽。

表 11-6 ^{125}I 粒籽植入放射工作人员剂量率估算

条件	0.5m 剂量率	1.0m 剂量率
单粒籽源	$135.50 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$	$33.90 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$
65 粒籽源	$88.075 \mu\text{Gy/h}$	$22.035 \mu\text{Gy/h}$
0.25mmPb 屏蔽防护	$0.086 \mu\text{Gy/h}$	$0.022 \mu\text{Gy/h}$

由计算结果可知， ^{125}I 粒籽源植入过程中，经相应屏蔽措施防护后，剂量率远小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ， ^{125}I 粒籽源对周边人员及环境的影响较小。

11.3.3 病人转移及病房评价

病人植入手术完成后，经过介入室洁净区走廊出来，进入楼梯间，下楼到达四层肿瘤科区域的 ^{125}I 粒籽植入病人专用病房，整个过程控制在 5min 以内。

按照《低能 γ 射线粒籽源植入治疗的放射卫生防护与质量控制检测规范》（GBZ178-2017）的要求，植入粒籽源术后的患者，应当在植入部位对应的体表进行适当的辐射屏蔽。本项目 ^{125}I 粒籽植入病人专用病房设置在精诚楼西楼四楼肿瘤科病房，共 3 个床位，经 DSA 室出口、过道，由专门医护人员推送至该病房。此间，医护人员及病人都配备不小于 0.25mmPb 铅当量的防护用品，经防护用品屏蔽后，其 1m 处的剂量率为 $0.022 \mu\text{Gy/h}$ 。同时该路线人流量较少，避开人流集中时段。因此，病人从植入室推送至病房过程中对病人及医护人员及周围公众影响较小。

病人留院观察期间，参考《中国辐射卫生 2010 年 6 月第 19 卷第 2 期--放射性粒籽

续表 11 环境影响分析

植入治疗的放射防护进展（赵士义）》中提供的数据，监测患者植入籽源距离身体表面 20cm 处辐射剂量为 0.43 μ Gy/h。本项目植入病人专用病房墙体使用 300mm 实心砖，其墙体外周围剂量当量率远小于 2.5 μ Sv/h，可以满足辐射防护屏蔽要求。同时根据《低能 γ 射线籽源植入治疗的放射卫生防护与质量控制检测规范》（GBZ178-2017），植入籽源的患者床边 1.5m 处或单人病房应划为临时控制区。控制区入口处应有电离辐射警示标志，除医护人员外，其他无关人员不得入内。医护人员查房，家属成员如需长时间陪护应与患者保持 1m 以上的距离。通过以上措施对陪护人员造成的剂量照射很小。

11.4 职业照射人员与公众附加年有效剂量

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{E-r} = 0.7 \times H^*(10) \times t \times 10^{-3} (mSv)$$

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， μ Sv/h；

t：X 或 γ 射线照射时间，h。

11.4.1 DSA 机房附加年有效剂量估算

根据院方了解，医院 DSA 的辐射工作人员拟配置为专职辐射工作人员，不从事其他 X 射线装置的操作。因此，DSA 辐射工作人员的个人受照剂量仅来源于操作 DSA 所受剂量。按医院提供资料，医院介入室拟增加 2 名介入治疗医生，1 名主管护师，工作场所仅为介入室。

A、控制室辐射工作人员

根据医院提供资料，医院规划使用 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 16 人次/周，年工作为 50 周，平均每次进行手术时 DSA 有效开机时间平均约为 30min。年有效开机时间约为 342h。控制室操作人员位于控制室内。根据前节计算，在控制室处的瞬时剂量估算值为 1.20 μ Sv/h，可计算出控制室内工作人员年附加有效剂量最大值为 0.41mSv/a，低于评价标准 2mSv 管理目标值要求。

B、手术室医护人员

根据《医用 X 射线诊断防护要求》（GBZ130-2013）规定：X 射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，按附录 B.1.2 的要求，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率不应大于 400 μ Gy/h（按附录 C 图 C.3 的要求），同时，

续表 11 环境影响分析

根据实际验收过程中同类设备验收监测中，以攸县人民医院为例，介入手术医生操作位最大瞬时剂量率为 $121\mu\text{Sv/h}$ （第一术者操作位头部），以岳阳市二人民医院为例，介入手术医生操作位最大瞬时剂量率为 $105.61\mu\text{Sv/h}$ （第一术者操作位头部）。

本项目以铅屏风（实际铅当量 2mm ）和床侧铅挂帘（实际铅当量 0.5mm ）遮挡后周围剂量当量率为 $121\mu\text{Sv/h}$ 进行计算。第一术者经铅衣、铅眼镜、铅围脖等防护设施（铅当量 0.5mm ，瞬时剂量可以减少 3.6 倍）屏蔽后，所受辐射瞬时剂量为 $33.6\mu\text{Sv/h}$ ；第二术者通过距离衰减（与第一术者操作位距离 0.6m ）和铅衣、铅眼镜、铅围脖等防护设施屏蔽后，所受辐射瞬时剂量为 $11.2\mu\text{Sv/h}$ 。

根据医院提供资料，医院 DSA 年开展手术量为 800 台，根据工程分析，其年有效透视时间为 342h/a 。每个科室的手术量都保守按一组医生操作来估算，各科室手术医生年有效剂量率见下表 11-7。

表 11-7 科室手术医生工作量及所受总年有效剂量

手术类型	手术台数 (台/年)	曝光时间 (h)	第一术者操作位医生年 有效剂量 (mSv/a)	第二术者操作位医生 年有效剂量 (mSv/a)
心脏介入	400	133.4	4.49	1.50
外周介入	300	175.2	5.89	1.96
综合介入	100	33.4	1.13	0.38

根据上表估算结果可知，开展 DSA 介入手术的第一术者位医生（心脏介入及外周介入）所受年效剂量均高于 4mSv/a ，不满足医院剂量管理目标值。因此须限制第一术者手术量，以保证介入手术医生的年剂量满足医院剂量管理目标。

下表 11-8 列出各科室年最大手术量（考虑最不利情况：各 DSA 科室每台手术的第一术者位医生为同一人）。

表 11-8 科室年可开展最大介入手术量

手术类型	第一术者操作位医 生最大手术台数(台 /年)	医院设计年开展工作量 (台/年)	环评建议手术 医生数量(人)	手术医生平均分 配工作量后年附 加管理目标值 (mSv/a)
心脏介入	356	400	2	2.25
外周介入	203	300	2	3.0
综合介入	100	100	1	1.13

本次环评介入治疗医生的年剂量管理目标值为 4mSv/a ，医院拟新增介入医生约 5

续表 11 环境影响分析

人，目前确定人员仅有 3 人。根据上述核算，本项目介入手术医生配置可行，其轮流操作，并尽可能的平均分配（手术量和手术位置），能保证介入手术医生受到的年附加有效剂量低于医院的年剂量管理目标值。本评价要求医院介入手术医生应按要求正确佩戴个人剂量计，并定期检测，以保证介入手术医生的年剂量低于 4mSv/a。

C、公众成员剂量估算

本项目 DSA 机房周围公众成员主要位于 DSA 机房北侧、楼上及楼下。根据前节计算，项目天棚（楼上肛肠科）墙体外瞬时剂量核算值最大，为 1.08 μ Sv/h，在此取顶棚（楼上肛肠科）墙体外 1.08 μ Sv/h 估算值，居留因子为 1/16，工作时间为 21.34h 来计算，则公众成员最大年附加有效剂量为 0.023mSv/a，小于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.4.2 籽源植入医生附加年有效剂量估算

(1) 植入手术工作人员剂量估算结果

1) 籽源植入产生的剂量估算

保守预测，假设同一批操作人员（医生、护士、籽源植入工作人员）完成该院一年内所有籽源植入手术操作，进一步估算操作人员因实施籽源植入手术所引起的外照射个人有效剂量。

植入医生跟推送护士距离患者约 0.5m 处，在最不利情况下，即均未穿戴防护用品，按照上述核算，此时剂量值为 0.086 μ Sv/h，剂量估算结果见表 11-9。

表 11-9 ^{125}I 籽源植入项目工作人员年有效剂量

成员	照射剂量率 (μ Sv/h)	照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
植入医生	0.086 μ Sv/h	400 例 \times 10min/例=66.7h	5.74 \times 10 ⁻³ mSv/a
推送护士	0.086 μ Sv/h	400 例 \times 20min/例=133.3h	0.0115mSv/a

由以上计算结果可看出， ^{125}I 籽源的操作在经足够厚的屏蔽后进行，可有效降低操作人员的个人受照剂量，在医院规划的工作负荷下，实施籽源植入治疗的操作医生及推送护士在严格按照相关标准规定穿戴相应的个人防护用品后，其个人受照最大年有效剂量为 5.74 \times 10⁻³mSv、1.15 \times 10⁻²mSv，个人受照剂量后远低于本评价放射工作人员剂量控制限值 4mSv/a，即《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）剂量限值要求。同时操作者应熟悉操作步骤，用最快的速度完成，将辐射影响减少到最低程度。

续表 11 环境影响分析

此外，医院辐射工作人员应合理分配工作，正确佩戴个人剂量计，保证个人受照剂量小于标准限值要求。同时医院根据个人剂量计检测结果合理分配工作时间，做好辐射工作人员的个人剂量检测及档案保存工作。

2) DSA 在籽源植入时对工作人员的剂量估算

根据工程分析可知， ^{125}I 籽源植入是在 DSA 引导下进行的，当对患者病灶部位进行 X 射线扫描时，实施手术的医生和助手不会滞留在治疗室内，手术医生和助手主要受植入手术过程中 γ 射线的影响；操作 DSA 的技师是隔室操作（手术医生与护士均在操作室内等候），主要受到 DSA 产生的 X 射线影响。根据前节计算，籽源植入室（即 DSA 机房）在运行过程中操作室的周围剂量当量率为 $0.059\mu\text{Sv/h}$ ，单次受照时间按照 10min/次 进行计算，医院总共籽源植入患者约为 400 人，总的受照时间为 66.7h ，则由 DSA 运行过程中对技师（辐射工作人员）、手术医生及护士的年有效附加剂量为 0.004mSv/a 。

综上所述，手术医生及护士在进行籽源植入手术过程中，受到的年有效附加剂量值分别为 0.0084mSv/a ， 0.0128mSv/a ，满足本评价公众人员剂量管理目标值 4mSv/a ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

(2) 术后公众成员剂量估算结果

^{125}I 籽源运输过程中通过 2mm 铅当量铅罐防护后 0.5m 处的受照剂量为 $9.8\times 10^{-23}\mu\text{Gy/h}$ ，远低于环境本底值，对运输线路的周围人群基本没有影响，可以忽略不计。其次，病人从植入室推送至病房过程中医护人员及病人均配备不小于 0.25mmPb 铅当量的防护用品，经防护用品屏蔽后，其 1m 处的剂量率为 $0.022\mu\text{Gy/h}$ ，且时间较短，对病人及医护人员及周围公众影响较小。病人留院观察期间，监测患者植入籽源距离身体表面 20cm 处辐射剂量为 $0.43\mu\text{Gy/h}$ ，植入籽源的病人床边 1.5m 处或单人病房应划为临时控制区，且植入病人专用病房墙体使用 300mm 实心砖，对陪护人员造成的剂量照射很小。

患者在放射性籽源植入手术后需要家属陪伴，作为公众的家属不可避免地接受到照射，本项目对公众成员的主要影响是术后患者体内 ^{125}I 籽源产生的 γ 射线对其周围人群的外照射影响。

参考《低能 γ 射线籽源植入治疗放射防护要求与质量控制检测规范》（GBZ178-2017），植入籽源后前 4 个月，尤其是前两周内，日常生活中应与配偶保

续表 11 环境影响分析

持 60cm 距离；植入粒籽源患者出院 2 个月内，陪护者或探视者与患者长时间接触时，距离至少应保持在 1m 远；儿童和孕妇不得与患者同住一个房间；患者不能长时间接触或拥抱儿童；患者在接受治疗期间，对家庭和亲属成员的剂量约束值应控制在 5mSv 以下，对孕妇和儿童的剂量约束值应控制在 1mSv 以下。不允许孕妇近距离接触患者，探视时距离患者至少 1m 以外。植入粒籽源患者，在植入 240d 后（除到医院复诊外），方能到公众场所活动。

本项目使用的 ¹²⁵I 粒籽源半衰期为 59.6 天。参考《中国辐射卫生 2010 年 6 月第 19 卷第 2 期--放射性粒籽植入治疗的放射防护进展（赵士义）》中提供的数据，患者体表 γ 射线剂量随着距离的增大、时间的推移迅速减少，6 个月后体表 0cm 处测得的剂量已基本接近室内天然本底剂量值。本评价照射剂量计算保守取值按一个半衰期时间约 60 天、衰减前剂量率估算。

表 11-10 ¹²⁵I 粒籽植入项目公众成员年有效剂量

成员	20cm 照射剂量率 (μ Sv/h)	60cm 处照射剂量率 (μ Sv/h)	1m 处照射剂量率 (μ Sv/h)	照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
配偶	0.43 μ Sv/h	0.048 μ Sv/h	/	60 天 \times 24=1440h	0.069mSv/a
陪护者	0.43 μ Sv/h	/	0.017 μ Sv/h	60 天 \times 8=480h	0.008mSv/a

综上所述，项目致公众人员所受的最大年附加剂量为配偶 0.069mSv/a，满足本评价公众人员剂量管理目标值 0.1mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，可以保证周围公众的安全。

11.5 对敏感点的影响分析

根据上述分析，医院介入医生及 ¹²⁵I 粒籽源植入医生年附加有效剂量低于评价标准 4mSv/a，其他放射工作人员年附加有效剂量低于评价标准 2mSv/a，机房外活动的公众成员年附加有效剂量低于 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。同时，项目废气的浓度远远低于国家标准要求，对机房外环境影响很小，所产生的固废有厂家回收，因此对医院内其他区域的影响也很小。

本项目的主要环境敏感点均为院区建筑及道路，涉源场所运行时对其产生的辐射影响很小，对更远的敏感点产生的影响将更小，环境敏感点可接受。

11.6 人流物流合理性分析

本项目 DSA 机房设置有 4 扇门。其中患者由缓冲区进入洁净区走廊，由北侧防护

续表 11 环境影响分析

大门进入；医生位于西侧操作间进行操作，介入医生由换衣间换衣后由换衣间小防护门进入 DSA 机房，操作医生必要时从操作间小防护门进入 DSA 机房；DSA 机房南侧设置有污物通道，保洁人员由南侧小防护门将污物取出，沿此门进入污物通道，将手术污物由此通道运出。籽粒植入手术完成后，病人由护士引导，由北侧防护大门进入洁净区，进入缓冲区，直走到楼梯间，下楼进入四层肿瘤科，在楼梯不远处进入籽粒植入专用病房，此通道需加强管理、张贴患者通道及警示标识。

上述布局有效避免了碘-125 籽粒植入患者对就诊病员和工作人员的辐射影响；设置的医生、患者和废物运输专用通道，避免了对公众的影响。

11.7 选址合理性及平面布局合理性分析

11.7.1 选址合理性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，国家有关标准和文件对拟建项目的择址未加明确限值。

① 根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于建设。

② 建设单位根据环评要求进行建设，项目运行后对周围环境的辐射影响满足评价标准的要求，环境可以接受。

③ 本项目涉及的射线装置机房均远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射、废气均得到有效治理，达标排放对环境影响小。

从环境保护角度分析，本项目选址可行。

11.7.2 布局合理性分析

本项目位于精诚楼东楼五楼介入室，精诚楼分为精诚楼东楼及精诚楼西楼，位于医院东南角，为六层建筑。东面约 16m 处为商住楼，南侧为地面停车场，西侧约 8m 处为仁和路，北侧隔过道为门诊楼。医生从控制室及换衣间防护门进出手术室，患者由北侧洁净区防护大门进入手术室，医患通道无交叉，且 DSA 机房位于五层最右侧，总体用房与其他科室用房分开，放射诊疗区和非放射诊疗区分开，方便病人诊疗和医生办公，且放射诊疗区置于人流不密集角落里，能更好的保护病人及医院工作人员的安全，有利

续表 11 环境影响分析

于采取相应的辐射防护措施。

从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

11.8 实践正当性分析

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

本项目的建设（DSA 机房、¹²⁵I 籽粒植入）对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目营运以后，将为病人提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。此外，通过核算，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。

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

11.10 事故影响分析

11.10.1 事故风险类型

医院拟使用射线装置开展辐射诊疗工作，不同情况将会产生不同的事故。医院应按照各

续表 11 环境影响分析

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。根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

本项目可能发生的辐射事故等级见表 11-11。

表 11-11 本项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	危害结果	事故等级
DSA- II 类射线装置	X 射线	①有人误入正在运行的射线装置机房； ②有人未撤离机房外面人员启动设备； ③检修、维护人员误操作造成误照射； ④辐射工作人员未穿铅衣进行手术。	导致人员受照射剂量超过年有效剂量限值	一般辐射事故
¹²⁵ I-丙级非密封放射性工作场所	γ射线	①粒籽操作过程中的遗落； ②偷盗、丢失事件； ③辐射工作人员未穿铅衣进行手术。	导致人员受照射剂量超过年有效剂量限值	一般辐射事故

对于 X 射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素；对于碘-125 粒籽，只有在需要治疗的时候才会购买，特殊情况下在院区暂存时间不超过 1 天。最大可能的事故主要有几种：

- (1) 安全连锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的射线装置辐照室；
- (2) 工作人员或病人家属还未全部撤离辐照室，外面人员启动设备，造成有关人员被误照；
- (3) 检修、维护人员误操作造成误照射；
- (4) 粒籽源操作过程中遗落；
- (5) 辐射工作人员未穿铅衣进行手术（介入手术）。

11.10.2 预防应急措施

11.10.2.1 预防应急措施

1、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。

续表 11 环境影响分析

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

(2) 人员留在机房内未作防护

工作人员进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施，放射设备开始出线后，滞留人员受到不必要的照射。

防治措施：撤离机房时清点人数，必须按程序对机房进行全视角搜寻，对滞留机房内的无关人员强行劝离。有外来人员进入时，工作人员应根据情况，采取急停或相应措施，阻止外来人员受到误照射。

(3) 人误

由于工作人员缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；违反操作规程和有关规定，操作失误；管理不善、领导失察等，是人为造成辐射事故的最大原因。特别是对育龄妇女、孕妇、儿童等敏感人群照射前，没有按照规定告知、说明或者没有对敏感器官进行必要的屏蔽防护，造成辐射事故。

防治措施：辐射工作人员必须加强防护知识培训，提高防护技能，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感；严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

(4) 未进行质量控制检测

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

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

(5) 工作人员业务技能不高

工作人员业务技能差，经验不足，操作不熟练等，致使患者和医生受到超剂量照射。

防治措施：医院应定期组织辐射工作人员学习专业业务知识，不断提高业务水平。

(6) 非辐射公众成员受到超剂量照射

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

防治措施：医院警示标志正确张贴，保证门灯联锁、门机联锁的有效性。

续表 11 环境影响分析

2、¹²⁵I 粒籽源植入潜在照射危险及预防措施

(1) 由于管理不善，发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故。

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

(2) 放射性同位素治疗中，出现患者或者靶组织识别错误，或者剂量使用错误，会给患者造成不该施加的照射。

预防措施：操作人员应加强业务培训，提供业务能力，并严格按照操作规程进行操作。

(3) 粒籽源操作过程中的遗落

¹²⁵I 粒籽源有密封外壳，正常操作过程不会产生放射性污染物，主要是保证熟练的操作，并采取各项相应防护措施。

预防措施：由于粒籽源很小，用眼睛观察一般很难找到掉落的粒籽源。因此必须在操作完成后使用辐射监测仪器对工作场所进行检测，检查操作场所是否有粒籽源掉落。发生掉落时，必须在操作完成后使用辐射监测仪器对工作所进行检测，找出掉落在工作场所的粒籽源，在此过程应封锁现场，限制人员进出，直至找回所有掉落的粒籽源。

(4) 粒籽源植入人体后脱落（前列腺治疗）

前列腺植入的粒籽源可从尿液排出。

预防措施：建议患者在植入粒籽源后的头几次，以容器接纳尿液，纱布过滤，脱出粒籽源应装入屏蔽容器内密闭，稍远离生活区域，并送返医院负责回收粒籽源的科室。

(5) 由于操作不慎，出现粒籽源破裂、泄漏，污染工作台面和地面。

预防措施：如发现粒籽源以损坏，应封闭工作场所，将源密封在屏蔽容器中，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所去污和人员应急处理。任何情况下，损坏的粒籽源都不能植入人体内。供应方在粒籽源出厂前应确认粒籽源未破损。医院方发现粒籽源破损后由供应方及时回收，不自行处理。

(6) 偷盗、丢失事件的处理

预防措施：a. 确认偷盗、丢失事件的发生。 b. 查证核素名称、数量、活度，被偷盗、丢失的可能时间、地点和嫌疑人等。 c. 及时向环保、卫生部门报告，积极配合公安部门的调查。 d. 写出事件处理结果报告，查找事件发生的原因及可能的环节，评估事件影响。

续表 11 环境影响分析

11.10.2.2 本项目辐射事故危害及对敏感点的影响

根据《急性外照射放射病的诊断标准》（GBZ104-2002）和《辐射防护导论》P33 中的相关数据，人员受到照射在 0.25Gy 以下时，症状不明显，在 0.5Gy 以下，少数受照者出现头晕、乏力、失眠、食欲减退及口渴等。

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

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全管理机构

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。医院设置的辐射安全与环境保护管理机构职责包括：相关制度的制定、修改与完善；安排辐射工作人员参加学习培训；定期的辐射工作场所巡查和辐射事故应急演练；辐射工作人员的健康档案管理等。

表 12-1 辐射安全与环境保护管理机构及专（兼）职管理人员表

机构名称	辐射安全管理委员会					
管理人员	姓 名	性 别	学 历	职务或职称	工作部门	专/兼职
组 长	刘耕野	男	本科	院 长	院办	兼职
副组长	周素煌	男	本科	院长助理	院办	兼职
成 员	余正军	男	本科	业务副院长	院办	兼职
成 员	贺超	男	研究生	业务副院长	院办	兼职
成 员	刘利民	男	大专	放射科主任	放射科	兼职
成 员	左明驹	男	中专	医 师	放射科	兼职
成 员	申斌	男	本科	放射科副主任 主治医师	放射科	兼职
成 员	刘志勇	男	大专	医 师	放射科	兼职
成 员	曾天峰	男	大专	医 师	放射科	兼职
成 员	杨跃华	男	大专	医 师	放射科	兼职
成 员	朱韬	男	本科	医 师	放射科	专职
成 员	莫春林	男	大专	医 师	放射科	兼职
成 员	曾赛君	男	本科	主治医师	放射科	兼职
成 员	贺海林	男	大专	医 师	放射科	兼职
成 员	周炜	男	中专	技 师	放射科	兼职
成 员	张志瑶	男	本科	医 师	放射科	兼职
成 员	赵俊坤	男	大专	副主任医师	肿瘤科	兼职
成 员	芮旭明	男	本科	主治医师	心内科	兼职
成 员	王红飞	女	本科	护 士	介入室	兼职

医院已经指定了特定人员负责辐射安全工作，成立了辐射安全管理委员会（附件五），负责整个医院的放射防护与安全管理工作，并明确了领导小组职责，该小组人员

续表 12 辐射安全管理

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。根据表 12-1 可知，辐射安全管理委员会设置了 1 个组长，1 个副组长以及 17 个成员。其中专职人员朱韬为本科学历，其他人员均有一定的学历与管理的能力。

12.1.2 辐射工作人员

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。医院辐射工作人员情况见附件六。

本项目配备的工作人员情况见下表 12-2。

表 12-2 辐射工作人员登记表

序号	姓名	性别	学历	专业技术职称	个人剂量计编号	放射工作人员证号
现有辐射工作人员情况						
1	刘利民	男	大专	主治医师	405	4301075
2	左明驹	男	中专	医师	403	43051701
3	申斌	男	本科	主治医师	409	43051033
4	刘志勇	男	大专	医师	406	43051070
5	曾天峰	男	大专	医师	407	43051036
6	杨跃华	男	大专	医师	408	43051076
7	朱韬	男	本科	医师	410	43051031
8	莫春林	男	大专	医师	411	43051073
9	曾赛君	男	本科	主治医师	412	43051072
10	贺海林	男	大专	医师	413	43051034
11	周炜	男	中专	技师	414	43051032
12	张志瑶	男	医师	本科	416	43051027
DSA 拟新增工作人员情况（目前已定人员）						
1	赵俊坤	男	大专	副主任医师	/	/
2	吴旭明	男	本科	主治医师	/	/
3	王红飞	女	本科	护士	/	/

由上表可知，本项目拟增加介入医护人员约 8 人，其中 3 人名单已定，见上表；拟增加 3 名碘-125 粒籽植入手术操作人员，人员未定。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令 第 31 号）本次环评提出，建设单位应根据上述要求，应至少有 1 名医用物理人员负责质量保证与质

续表 12 辐射安全管理

量控制检测工作，1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，同时，医院应按要求为碘-125 粒籽操作配备 1 名医学物理人员，同时，根据手术类型的不同要求，需配备一定的心内科医生、神经内科医生及相应的临床医生。

根据环境保护部令第 3 号第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。环境保护部令第 18 号第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。

因此，本环评要求医院在本项目运营前，组织新增辐射工作人员进行培训的人员进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，考核合格后方可上岗，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗。同时，取得培训合格证的人员，医院应每四年组织一次复训。且医院应将从事介入手术治疗的工作人员纳入放射工作人员进行管理。

12.2 辐射安全管理规章制度

为保障放射源及射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，医院在不断总结完善近年来核技术利用方面的经验，针对辐射设备情况和预期工作情况已制定以下管理制度，具体制度有：

《介入科工作制度》、《介入导管室手术管理制度》、《介入导管室护理管理制度》、《介入导管室器械清点制度》、《介入导管室设备维修保养制度》、《介入导管室物品保管制度》、《介入科导管室放射事件应急预案》

根据医院拟开展项目实际情况，本次环评建议建设单位在项目运行前，还需制定以下制度：

《¹²⁵I 粒籽源订购及使用登记管理制度》、《¹²⁵I 粒籽源储存安全防护制度》、《¹²⁵I 粒籽源植入工作制度》、《TPS 设备操作规程》、《¹²⁵I 粒籽源植入患者出院防护告知》、《碘-125 粒子辐射安全事故应急预案》、《监测方案、体检承诺书、人员培训计划》等。同时，医院应根据实际工作需要，按照国务院令 449 号（2005）《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、国家环境保护部令第 3 号（2008）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等现行要求修改，全面完善和健全各项规章制度，更新《辐射安全事故应急预案》并补充上述规章制度。

续表 12 辐射安全管理

12.3 辐射环境管理要求

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

(2) 明确辐射安全管理委员会的职责：设立兼职或专职的安全负责人，负责整个医院的辐射防护与安全工作。建立辐射防护安全防护管理制度，履行放射防护职责，确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众成员的权益，尽可能避免事故的发生。

(3) 医院放射工作人员必须定期经过辐射工作安全防护培训，培训合格并取得辐射工作安全防护培训合格证方可上岗；操作人员必须遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

(4) 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在工作指示灯。警告标志的张贴必须规范。

(5) 每年应至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，医院工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近管理目标的放射工作人员应暂离岗位，并在今后的工作中增加监测频率。对放射工作人员每两年进行职业健康体检并形成制度。进入机房的工作人员佩带个人剂量计，记录个人所受的射线剂量。

(6) 制定事故状态下的应急处理计划，其内容包括事故的报告，事故区域的封闭，事故的调查和处理及工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

(7) 应当加强对本单位放射源与射线装置安全和防护状况的日常检查，定期检查机房的报警装置系统、防护仪表和 X 射线输出剂量误差，发现问题及时解决；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

续表 12 辐射安全管理

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。

(8) 对医院辐射装置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。

(9) 按照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）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。

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

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

(12) 医院在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前，应当确保环境辐射安全，妥善实施辐射工作场所或者设备的退役，并承担退役完成前所有的安全责任。老院搬迁后，老院丙级非密封放射性工作场所应完善退役环保手续。

12.4 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，必须对涉源场所使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

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

12.4.1 工作场所内外环境监测

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

① 验收监测

项目正式运行后，应委托有资质的单位进行验收监测。若发现问题，及时整改，直到合格为止。

② 日常监测（自主检测或委托有资质的单位）

监测频率：每年一次；

续表 12 辐射安全管理

监测因子：工作场所剂量当量率及表面污染水平。

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

监测数据作为医院的管理依据。

医院应自行配备 X- γ 剂量率测量仪（定期进行计量检定），对涉源工作场所四周环境进行监测。发现问题及时整改。监测数据每年年底向市环境保护局和省环境保护厅上报备案。医院自行的日常监测要求如下表 12-3 所示。

表 12-3 医院常规监测内容一览表

监测项目	监测因子（内容）	监测频率	限值要求
个人剂量	外照射剂量	每个季度	根据评价要求
射线装置机房四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处	周围剂量当量率	一年一次	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
碘-125 籽粒植入	β 表面污染 γ 射线	每次植入手术后	控制区 $<40\text{Bq/cm}^2$ 监督区 $<4\text{Bq/cm}^2$ 其他 $<0.4\text{Bq/cm}^2$
各个射线装置机房	门机连锁、工作指示灯、警示标识	每月自检	标准要求

12.4.2 医院辐射环境现状监测

(1) 工作场所内外环境监测

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

根据医院提供资料，医院年度内总体情况良好，没有发生辐射事故，也没有辐射事故的投诉和举报。

(2) 职业健康监护及个人剂量监测

对已经从事放射工作的职业人员进行的经常性医学检查，按照《辐射工作人员健康标准》的规定执行，医院应为辐射工作人员建立个人健康档案，档案中详细记录历次医学检查的结构及其评价处理意见，并妥善长期保存。

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，对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。个人照射累积剂量每 90 天为一监测周期，如发现异常可加密监测频率。

续表 12 辐射安全管理

医院组织从事放射工作的职业人员进行了健康医学检查，并按照《辐射工作人员健康标准》的规定执行，为辐射工作人员建立了个人健康档案。个人健康体检报告见附件八，由附件八可以看出，医院 2017 年 9 月 15 日委托邵阳市疾病预防控制中心对 16 名辐射工作人员进行了职业健康监护检查，有 1 人检查结果中需复查血常规，其他工作人员检查均可继续从事原工作。同时，医院应组织检查结果不符合要求的工作人员进行复查，复查结果仍不符合要求的应将其调离至其他岗位，其他符合要求的工作人员继续从事放射性工作。

医院为辐射工作人员配置了个人剂量计，根据医院提供资料，目前其建立了以一个季度（90 天）为测度周期的个人剂量检验报告，并保存好检验报告，发现有工作人员超出本评价提出的年剂量约束限制，立即停止辐射工作。由附件七可以看出，湖南省职业病防治院于 2017 年 7 月 28 日对医院辐射工作人员（现部分人员调动）进行了个人剂量计的检测。辐射工作人员检查结果均未见异常，可继续从事辐射工作。本次环评要求医院加强对辐射工作人员的辐射防护知识和技能培训，定期进行辐射防护安全教育。建议医院对长期从事辐射工作的人员实施轮岗，特别是年龄已超过 45 岁的辐射工作人员，尽量降低由于长时间接触职业危害因素对身体健康造成的伤害。

12.4.3 医院辐射防护符合项分析

根据环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号对使用射线装置要求及医院目前实际筹备计划，做出如下符合项评价，见表 12-4。

表 12-4 医院从事辐射活动能力评价表

应具备条件	落实情况	还需落实的工作
从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	现有 12 名辐射工作人员，目前均在参加培训，计划于 2018 年 7 月 28 日结业	所有新增或为参加培训的辐射工作人员，需要参加培训并取得合格证后方可上岗，应当每四年接受一次再培训
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	现有辐射工作人员配有个人剂量计	上岗前，新增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、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、放射科管理制度、应急预案等	应进一步制定籽源植入操作规程、籽源植入工作制度、籽源植入患者出院防护告知等

续表 12 辐射安全管理

有辐射安全管理机构，有完善的辐射事故应急措施	已成立，已制定	定期开展应急演练工作
<p>根据表 12-4 可知，邵东县中医医院在完善上述要求后从事辐射活动的条件已基本具备。</p>		
<p>12.4 辐射事故应急预案</p>		
<p>12.4.1 事故应急培训演习计划</p>		
<p>1、事故应急演练：完善的预案、周到的准备和准确的事事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高，从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。组织应急演练应注意以下几个方面。</p>		
<p>(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。</p>		
<p>(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。</p>		
<p>(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。</p>		
<p>(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。</p>		
<p>(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。</p>		
<p>2、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。</p>		
<p>(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、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。</p>		
<p>(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。</p>		
<p>(3) 根据医院核技术利用情况，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、污染控制和安全防护等方面的物资和器材，具体见表 12-5。</p>		

续表 12 辐射安全管理

表 12-5 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
监测仪器	个人剂量报警仪若干，表面污染巡测仪 1 台	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、长柄镊子等	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

12.4.2 事故应急处理措施

辐射事故一旦发生，应立即采取以下措施进行处理，并根据事故情况启动应急预案。

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

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

③ 如因射线装置输出量异常发生人员受到异常照射的事故，应及时检修射线装置，并进行输出量计量校准。保存控制器上的照射记录，不得随意更改，以便事后对受照人员进行受照剂量估算；

④ 若事故后经检查为机器出现故障，应通知厂家立即派专业技术人员到现场排除故障。医院不能擅自处理；

⑤ 射线装置运行过程中发现有人员滞留机房内或有人员开门进入，相关工作人员应立即停机。X 射线类装置射线无高压输入时即停止发射射线，因此处理此类事故的首要一条就是切断电源，切断电源可以停止照射，将辐射危险的严重程度降至最低。

⑥ 发生籽源丢失或被盗，应立即报告医院辐射事故应急工作小组成员，由其向有关部门报告，并协助调查。

⑦ 发生辐射事故后，根据受照情况，应迅速安排事故受照人员的医学检查和医学监

续表 12 辐射安全管理

护。并在 2 小时内向医院领导及有关行政主管部门上报。并配合有关部门进行调查，查找事故原因，做好相关防范措施。

⑧医院应根据人员受照剂量，判定事故类型和级别，提出控制措施及救治方案，迅速安排受照人员接受医学检查、救治和医学监护。具体处理方法按《核与放射事故干预及医学处理原则》（GBZ113-2006）和《辐射损伤医学处理规范》（卫生部、国防科委文件卫法监发[2002]133 号）进行。

12.4.3 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（肿瘤科）电话：0739-2321899

院总值班室电话：0739-2721320

市环保局电话：12369（24 小时）/0739-5311673

省环境保护厅电话：0731-85698110

邵东县中医医院应急预案待更新完善，医院按照环评要求制定的内容应详实，有较强可操作性，并能够满足在发生辐射安全事故时的应急处理的需要。同时，建设单位在日常加强事故演习，加强医院人员的安全文化素养培植，使树立较强的安全意识，减少人为因素导致的意外事故的发生率，确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益。

综上所述，评价认为，邵东县中医医院辐射环境管理满足《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》等相关标准的要求。

表 12-6 环境保护验收一览表

序号	验收内容	验收要求	要求	
1	环保文件	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	生态环境部公告 2018 年第 9 号	
2	环境管理制度、应急措施	成立专门的辐射领导机构，制定、修改并完善相应的规章制度和事故应急预案	环境保护部令第 3 号 GBZ121-2017	
3	人员要求	管理人员和辐射工作人员持证上岗，4 年进行 1 次复训， <u>粒籽植入需配备 1 名医用物理人员</u>	环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号	
4	机房面积	DSA 机房： $\geq 30\text{m}^2$ ，最小单边长度 $\geq 4.5\text{m}$ （参考）	GBZ130-2013	
5	辐射安全防护措施	①射线装置机房门外张贴醒目电离辐射警示标志，安装工作状态指示灯，通道悬挂走向指示牌； ②要求设置门灯联动装置；辐射机房在控制室与治疗室之前应设观察窗、监控设备、对讲机； ③对碘-125 粒籽源工作场所进行分区管理，粒籽植入室地板与墙壁接缝无缝隙；表面易清洗；有较好通风；有清洗及去污设备； <u>粒子植入场所 TSP 计划系统、配备粒籽源活度测量仪器（如井型电离室）及探测光子能量下限低于 20keV 的辐射防护监测仪；</u> ④粒籽源植入专用病房及贮存室的醒目位置张贴警示标志，贮存室配备防盗用保险箱、视频监控装置； ⑤射线机房内设置通风装置，保持良好的通风，机房内不得堆放无关杂物； ⑥门与墙搭接满足要求； ⑦制度上墙； ⑧机房防护墙体厚度满足环评要求。	GBZ130-2013 GBZ178-2017 GBZ18871-2002	
6	配套设施、设备	个人防护用品： <u>双面防护铅衣 4 套、铅围裙 2 件、铅眼镜 6 副、铅围脖 6 件、铅三角巾 2 件、铅手套 6 双、铅三角裤 6 条、铅橡胶帽子 4 顶、铅防护帘 2 件、个人剂量报警仪 3 台、表面污染监测仪 1 台、便携式剂量报警仪 1 台、患者防护用品 1 套、长柄镊子 1 个，移动铅屏风 2 个、陪护者防护用品 3 套、剂量率仪 1 个、个人剂量计根据人员情况配备。详见表 10-5</u>	GBZ130-2013	
7	辐射监测	1、每 1 年接受辐射防护管理部门对工作场所周围环境进行常规监测，年度评估 2、医院应每季度对工作人员进行个人剂量监测，每 2 年进行放射人员健康体检，并将资料存档管理	环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号	
8	电离辐射	剂量限制	1、DSA 介入医生及 ^{125}I 粒籽植入医生年有效剂量 $\leq 4\text{mSv}$ 2、其他辐射工作人员年有效剂量 $\leq 2\text{mSv}$ 3、公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$	GB18871-2002、及环评批复
		表面污染	1、控制区的表面污染控制水平 $< 40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 2、监督区的表面污染控制水平 $< 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 3、其他的表面污染控制水平 $< 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$	GB18871-2002、及环评批复
		墙体外剂量率控制	距离机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	GB18871-2002 GBZ130-2013

9	废气	射线机房内均设置机械动力通风装置	GBZ130-2013
10	固废	废弃粒籽源由厂家当场回收	GBZ133—2009

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

邵东县中医医院始建于 1958 年 6 月,医院位于邵东县两市塘街道办事处建设中路 166 号。为提高医院对疾病诊疗能力和医院竞争力,医院拟投资 XXX 万元进行核技术利用扩建项目。本次扩建主要包括在精诚楼东楼五楼介入室(原为预留机房)增加 1 台医用血管造影 X 射线系统(DSA);同时在该 DSA 机房使用 1 处丙级非密封源工作场所,使用核素为 ^{125}I 粒籽,日等效最大操作量为 $7.22 \times 10^6 \text{Bq}$ 。

根据现场踏勘实际情况,目前介入室机房为预留机房,设备已购买,未装机;粒籽植入室位于 DSA 机房内,机房内设置储源室,植入病人病房位于西楼四楼肿瘤科病房,设置 3 个病床。

通过开展对本项目的分析、对周围环境质量现状的调查以及项目的主要污染物对环境的影响分析等工作,得出如下结论。

13.1.2 实践正当性分析

医院放射源对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害,项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.1.3 产业政策符合性分析

项目投入使用为疾病诊断、寻找病灶部位、制订治疗方案及治疗疾病提供了科学依据和手段。项目在加强管理后均满足相关国家法律、法规和标准的要求,不会给所在区域带来环境压力。同时,本项目属于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”,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。

续表 13 结论与建议

13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

1、选址可行性分析

根据现场监测结果，项目拟建址的地表 γ 辐射剂量率（室内）在 93~98nGy/h 之间，与湖南省邵阳市天然放射性水平调查研究—室内 62.4~254.3nGy/h 相比，项目所在地辐射环境质量现状在正常浮动范围内，未见异常，项目拟建址辐射环境质量现状良好。工作场所选址均远离医院内及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射、废气均得到有效治理，达标排放对环境的影响小。从环境保护角度分析，项目选址可行。

2、布局合理性分析

本项目位于精诚楼东楼五楼介入室，精诚楼分为精诚楼东楼及精诚楼西楼，位于医院东南角，为六层建筑。东面约 16m 处为商住楼，南侧为地面停车场，西侧约 8m 处为仁和路，北侧隔过道为门诊楼。总体用房与其他科室用房分开，放射诊疗区和非放射诊疗区分开，方便病人诊疗和医生办公，且放射诊疗区置于人流不密集角落里，能更好的保护病人及医院工作人员的安全，有利于采取相应的辐射防护措施。

13.1.5 环境影响分析结论

1、墙体屏蔽的辐射防护

本项目 DSA 机房、储源室、籽粒植入专用病房按照医院目前的屏蔽厚度，通过上述评价，各用房的四周墙体、天棚、地板、防护门和观察窗的厚度能满足要求，能有效保证辐射工作场所的安全。

2、剂量估算

通过核算，从事本项目的辐射工作人员和公众人员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量约束限值要求介入医生及 ^{125}I 籽粒植入医生：4mSv/a，其他辐射工作人员：2mSv/a，公众人员：0.1mSv/a 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）和《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）相关标准的要求。

13.1.6 辐射防护与安全措施

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

②按照本评价提出的要求，设置相应的联锁装置、紧急停机、视频监视系统工作状

续表 13 结论与建议

态指示灯、电离辐射警示标志灯等。

③机房的过墙电缆线、管线孔以“U”型或“S”型设置，并保证机房良好的通风。

④根据实际需要及环评要求，为医生、病人配置铅围裙、铅眼镜等必要的防护用品。

⑤所有辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期进行测读，建立个人剂量档案。

13.1.7 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全管理委员会，各项规章制度、操作规程、应急处理措施按照环评要求制定后，基本健全、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职业健康体检。医院还应在今后的工作中，按照相关标准要求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，邵东县中医医院严格按照环评要求进行建设后，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。邵东县中医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 要求

1、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 B1.1 款的相关规定，医院应每一季度定期对从事辐射诊疗的工作人员进行个人剂量监测。加强工作人员的辐射防护，工作人员必须正确配戴个人剂量计。

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、在项目运行前，医院必须组织好放射工作人员岗位，并安排放射工作人员进行辐射防护培训，培训合格者方可上岗。医院应安排人员参加环保行政主管部门或其他单位举办的辐射防护相关知识的培训学习，并进行 4 年一次复训。

4、医院拆除或更改环境保护设施，需得到环境保护部门批准后才可实施。

5、医院应根据要求自主开展环保验收。

6、医院应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关规定重新

续表 13 结论与建议

申领辐射安全许可证。

7、对医院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。

13.3 建议

1、医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。

2、医院在项目实施后，需要根据实际情况修改完善各项制度，并组织实施。各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；所有的涉源工作场所均必须有电离辐射警示标志，各射线装置机房门屏蔽门上方还必须要在工作指示灯。警告标志的张贴必须规范。

3、医院辐射防护标识应全面、清晰，不留死角。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日