

修改清单说明

序号	评审意见	修改说明	修改位置
1	完善 ^{125}I 植入流程、放射性 ^{125}I 粒子植入管理制度和使用过程的辐射安全管理要求；	已完美	详见 P24、 P29 页下划线
2	详细描述核医学用房通风设置情况	已补充	详见 P21、P29 下划线
3	落实放射性物质、放射源的管理要求，建立登记使用台帐，实行双人双锁。	已补充	详见 P46 下划线

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	7
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废物）.....	10
表 6 评价依据.....	11
表 7 保护目标与评价标准.....	13
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	20
表 10 辐射安全与防护.....	28
表 11 环境影响分析.....	33
表 12 辐射安全管理.....	44
表 13 结论与建议.....	51
表 14 审批.....	54

附图：

- 1、怀化市第二人民医院怀化总院地理位置图
- 2、怀化总院总平面布置示意图；
- 3、核医学科平面图
- 4、项目现场照片

附件：

- 1、委托函
- 2、辐射安全许可证
- 3、怀化市第二人民医院关于成立放身防护安全管理委员会的通知
- 4、放射源应急制度
- 5、敷贴器安全操作规程
- 6、SPECT 室工作制度
- 7、放射源丢失事故处理措施及流程
- 8、螺旋 CT 管理制度
- 9、X 线机操作及保养制度
- 10、射线装置安全操作规程
- 11、GE ALPHA ST 乳腺机操作规程
- 12、DR 摄片机操作规程
- 13、辐射安全防护和管理制度
- 14、后装机操作程序
- 15、放射性废物、废气、废液的管理制度
- 16、影像科工作管理制度
- 17、辐射安全防护管理制度
- 18、仪器设备保养维修制度
- 19、职业外照射个人剂量检测结果表
- 20、放射工作人员职业健康体检报告
- 21、部分放射工作人员岗位证书
- 22、放射工作人员职业健康体检复查报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		怀化市第二人民医院核技术利用扩建项目			
建设单位		怀化市第二人民医院			
法人代表	唐斌	联系人	蒙高德	联系电话	13874439818
注册地址		怀化市芦林路五溪文化广场对面			
项目建设地点		怀化市第二人民医院怀化总院			
立项审批部门			批准文号		
建设项目总投资 (万元)	1000	项目环保投资 (万元)	100	投资比例(环保 投资/总投资)	10%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		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 checked="" type="checkbox"/> 乙 <input 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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他				
项目概述					
1.1 医院简介					
<p>怀化市第二人民医院始建于 1944 年，前身为湖南省洪江医院，现已发展成为拥有怀化总院、洪江医院、靖州医院三个分院的集医疗、教学、保健、科研于一体的大型现代化医疗集团。2010 年经省、市批准，在怀化原综合医院的基础上成立了湖南省第二、怀化市第一所专治肿瘤的专科医院-怀化市第二人民医院，并成为湖南省肿瘤医院技术指导医院，怀化市抗癌协会挂靠单位，2013 年经省卫生厅批准设置为三级肿瘤医院，是目前怀化市唯一的三级肿瘤医院。是全国“文明医院”；南华大学临床教学医院；怀化市 120 紧急救援中心网络医院，各县（市、区）农保、职工医保、居民医保、铁路医保、工伤医保定点医院。</p> <p>医院固定资产 6.06 亿元，设病床 1680 张，现有职工 1678 人。医院全年门诊量</p>					

已近 30 万人次，出院病人每年突破 4.7 万人次，是怀化市年服务患者人数最多的医院。医院科室设置齐全，共有 50 多个临床医技科室，设有 ICU、VIP 综合病房和体检中心。经过多年发展，肿瘤科是湖南省重点专科；擅长肝癌、胃肠癌等手术的普外科，擅长喉癌、舌癌等手术的口腔科是怀化市重点学科；检验科是怀化市先进科室。成立了五个中心，包括：放疗中心——拥有各种高端放疗设备；生物治疗中心——目前知道唯一有望消灭癌细胞的治疗中心；乳腺健康中心——擅长乳腺癌根治术及保乳手术；妇科肿瘤诊疗中心——擅长妇科恶性肿瘤的综合治疗；骨与软组织肿瘤综合诊疗中心——擅长骨与软组织肿瘤的综合治疗。其他专科也颇有特色，如五官科及头颈肿瘤外科、泌尿外科及泌尿肿瘤外科、神经外科及颅脑肿瘤外科、胸外科及胸部肿瘤外科、内科、儿科等在市内处于领先地位。

怀化市第二人民医院是武陵山片区最大的肿瘤防治基地，省肿瘤医院专家定期坐诊，现拥有怀化唯一治疗头部良恶性肿瘤的微创治疗设备——伽玛刀；唯一治疗晚期肝癌、肺癌等肿瘤的微创治疗设备——氩氦刀；能最大限度把照射剂量集中在肿瘤靶区内，有效杀死肿瘤细胞，对周围组织损伤小的唯一的美国进口适形调强放疗设备——高能直线加速器；乳腺癌诊断设备——钼靶机；能提前半年发现肿瘤是否骨转移、是诊断心肌缺血金标准的高端进口设备——ECT 等肿瘤专治设备，同时拥有 18 种癌症超早期筛查的高端技术，为肿瘤患者燃起生命的圣火。

1.2 项目建设规模

为满足患者的需求，医院拟在放疗中心核医学科现有 DS-CT 机房开展 ^{125}I 粒子植入，新增使用核素 ^{32}P 用于治疗血液病，使用 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ 皮肤敷贴器 1 台用于治疗皮肤疤痕，本次环评详细内容见表 1-1、表 1-2。

表 1-1 医院本次环评的非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	日等效操作量	场所日等效操作量	工作场所分级	使用场所
1	^{125}I	1.184×10^8	$1.924 \times 10^8 \text{Bq}$	乙级	核医学科
2	^{32}P	7.4×10^7			核医学科

表 1-2 医院本次环评的密封放射性物质一览表

序号	核素名称	类别	主要参数	所在场所	备注
1	^{90}Sr (密封源)	V 类源	1.80×10^9	核医学科	使用

1.3 任务由来

为开辟新的治疗手段，改善病人治疗条件，提高医院服务质量及服务水平，满足广大患者就医的需要，怀化市第二人民医院拟在现有 DS-CT 机房开展 ^{125}I 粒子植入，新增使用核素 ^{32}P 用于治疗血液病，使用 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ 皮肤敷贴器用于治疗皮肤疤痕，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》的相关规定，该项目的建设应进行电离辐射环境影响评价，由于核医学科放射源及核素在使用过程中将产生电离辐射，对医院辐射工作人员和非辐射工作人员、公众成员造成一定的影响，为保护环境、保障工作人员和公众成员的健康，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》的相关规定，该项目的建设应进行电离辐射环境影响评价。为此，怀化市第二人民医院委托核工业二三〇研究所，对医院的核技术利用扩建项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。评价单位在现场调查和收集有关资料的基础上，按照国家对辐射项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目环境影响报告表。

1.4 项目选址

医院拟在放疗中心核医学科一楼 DS-CT 机房开展 ^{125}I 粒子植入，在核医学科新增使用核素 ^{32}P 用于治疗血液病，使用 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ 皮肤敷贴器用于治疗皮肤疤痕，具体分布见医院总平面布置图 1-1。



图 1-1 医院总平面布置图

1.5 原有核技术利用项目情况

1.5.1 环评手续落实情况

医院现有 II 类射线装置 4 台、III 类射线装置 19 台,许可使用的核素有 ^{192}Ir 、 ^{60}Co ,核医学科有 2 处乙级非密封放射性工作场所(批准使用的核素有 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr),详见表 1-3、1-4、1-5,医院现有核技术利用项目均进行了环境影响评价,取得了辐射安全许可证(湘环辐证[00023],见附件 2)。

表 1-3 医院现有设备及环评情况一览表

主要项目的型号	套数	位置	备注	环评情况
后装治疗机 HM--HDR	1	怀化总院放疗中心	现有	2008 年环评
Nucline spirifcDHV 型 ECT	1	怀化总院核医学科	现有	2008 年环评
HM-MD 型模拟定位机	1	怀化总院放疗中心	现有	2008 年环评
直线加速器	2	怀化总院放疗中心	现有	2008 年环评
X 线机 GETHUIS800mA	1	怀化总院影像科	现有	2008 年环评
X 线机 500mA DR emd	1	怀化总院影像科	现有	2008 年环评
Lightspeed4 层螺旋 CT	1	怀化总院影像科	现有	2008 年环评
ALPHA ST 型乳腺机	1	怀化总院影像科	现有	2008 年环评
单层螺旋 CT Pronto/XE 型螺旋 CT	1	洪江医院影像科	现有	2008 年环评
FSK302-1 型 X 光机 (500mA)	1	洪江医院影像科	现有	2008 年环评
GE--CT/e 医用 CT 机	1	靖州医院影像科	现有	2008 年环评
X 光机(MIX2000 DR emd 摄片机)	1	靖州医院影像科	现有	2008 年环评
HF51-5 型 X 光机	1	靖州医院影像科	现有	2008 年环评
数字化医用 X 射线摄影系统 Q-RAD	1	靖州医院影像科	现有	2008 年环评
X 光机 GE Silhouette DR	1	怀化总院影像科	现有	2008 年环评
SOMATOM Definition AS 型 CT	1	靖州医院影像科	现有	2015 年环评
Optima CL323i 型 DSA	1	怀化总院影像科	现有	2015 年环评
飞利浦 Ingenuity Core 128 型 CT	1	怀化总院影像科	现有	2015 年环评
DS-CT	1	怀化总院影像科	现有	2015 年环评
CS8100 型牙科全景机	1	怀化总院影像科	现有	2015 年环评
Optima CL323i 型 DSA	1	靖州医院影像科	现有	2015 年环评
西门子 Ysio DR	1	怀化总院影像科	现有	2015 年环评

表 1-4 医院已许可的放射源一览表

序号	核素名称	类别	主要参数	所在场所	备注
1	¹⁹² Ir(密封源)	III	3.7×10^{11} Bq	放疗中心一楼	使用
2	⁶⁰ Co	I	2.22×10^{14} Bq	放疗中心一楼	使用
3	⁶⁸ Ge 校准源	V	1.406×10^8 MBq	放疗中心一楼	校准时使用

表 1-5 医院使用的非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	日等效操作量	场所日等效操作量	工作场所分级	使用场所
1	¹⁸ F	2.22×10^7 Bq	5.18×10^7 Bq	乙级	核医学科
2	⁸⁹ Sr	2.96×10^7 Bq			
3	¹³¹ I	1.85×10^8 Bq	2.05×10^8 Bq	乙级	核医学科
4	⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc	2×10^7 Bq			

1.5.2 防护措施落实情况

医院在核技术项目进行过程中，基本落实了环评及批复的要求，制定了相关管理制度，采取必要的防护措施，并通过了竣工验收，医院现有辐射防护措施主要有以下几点：

1、射线装置

(1) 屏蔽防护：各机房屏蔽防护措施满足要求；设置铅玻璃观察窗，能清楚观察到机房内情况；控制室和机房间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；每个机房周围外照射辐射水平符合相关标准规定的要求。

(2) 警示标志：防护门上方有工作状态指示灯，防护门上粘贴有电离辐射警示标志。

(3) 对讲监视系统：各机房均安装有对讲监视系统。

(4) 机房内通风：各机房通风良好。

2、核医学科情况回顾

(1) 医院核医学科位于现有放疗中心 1 楼，用房布局基本合理，避免与其它科室交叉，工作场所实现了“控制区、监督区”划分，实行“人流、物流和气流”三个通道独立；

(2) 候诊区设置喇叭，辐射工作场所设置醒目的警示标志，病人、医护人员通道用箭头标识出走向；

(3) 医院采取辐射屏蔽措施，包括操作放射性同位素的人员穿戴防护用品，同时注意对注射用具的屏蔽，各核医学用房均具有一定的屏蔽效果；

(4) 控制区和监督区的地面和工作台面均铺设易清洗的材料，有利于表面污染的控制；

(5) 放射性固体废物采用先收集在各自相关工作场所的专用污物桶（铅桶）内，再将污物桶内的固体废弃物连同垃圾袋分期存放到放射性物品贮存室内，集中贮存十个半衰期后再处理；

(6) 放射性药品由专人保管，实行双人双锁；

(7) 加强对注射后病人的管理，醒目位置张贴“病人须知”；

(8) 放射性药物贮存在单独的房间内，门口张贴电离辐射警示标志；禁止无关人员在核医学科内停留。

1.5.3 放射性工作制度及放射工作人员

(1) 医院对现有射线装置严格按照各环保部门下达的要求，成立了以法人代表为组长的辐射防护安全管理小组；制定了各机房操作规章制度、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度以及工作人员培训计划等；

(2) 医院放射工作人员做到持证上岗，每年组织放射工作人员进行职业健康体检以及个人剂量监测，按照相关规定，对每一位放射工作人员建立个人剂量档案，保存职业照射记录，并进行了年度辐射自评报告；

(3) 医院每年均委托有资质的单位对现有射线装置进行了空气比释动能率监测，监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的要求。

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
1	⁹⁰ Sr	1.80×10 ⁹ Bq×1枚	V类	使用	敷贴治疗	核医学科	⁹⁰ Sr 烧结在陶瓷釉中, 装入环氧树脂密封的铝壳内	

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	¹²⁵ I	固态 (粒子源)	使用	1.184×10 ¹⁰	1.184×10 ⁸	9.47×10 ¹¹	治疗	简单操作	核医学科	¹²⁵ I粒子置于铅罐中暂存在核医学科储源室
2	³² P	液态	使用	7.40×10 ⁸	7.4×10 ⁷	3.7×10 ¹⁰	治疗	简单操作	核医学科	³² P药盒置于铅罐中储存在核医学科储源室

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》(GB18871-2002)

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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

(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 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、《中华人民共和国环境保护法》（2015）； 2、《中华人民共和国环境影响评价法》（2016）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003）； 4、《建设项目环境保护管理条例》国务院第 253 号令（1998）； 5、《中华人民共和国放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院令第 449 号（2005）； 6、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》国家环境保护部令第 3 号（2008）； 7、《核应急管理导则——放射源和辐射技术应用应急准备与响应》2003 年； 8、《湖南省建设项目环境保护管理办法》湖南省人民政府第 215 号令（2007）； 9、《放射源分类办法》国家环保部公告第 62 号（2005）； 10、《射线装置分类办法》，环保总局公告[2006]第 26 号； 11.《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号； 12.《关于建立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，环发[2006] 145 号； 13、《产业结构调整指导目录（2011 年）》2013 年修正版；
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、《环境影响评价技术导则—总则》（HJ/T2.1-2011）； 2、《辐射环境保护管理导则—核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容及格式》（HJ/T10.1-2016）； 3、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； 4、《环境空气质量标准》（GB3095-2012）； 5、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 6、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2002）；

	<p>7、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）；</p> <p>8、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；</p> <p>9、《放射性核素敷贴治疗卫生防护标准》（GBZ134-2002）</p> <p>10、《低能 γ 射线粒子植入治疗放射防护要求与质量控制检测规范（GBZ178-2014）；</p> <p>11、《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）；</p> <p>12、《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）。</p> <p>13、《放射性废物的分类》（GB9133-1995）；</p> <p>14、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）；</p> <p>15、《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）；</p> <p>16、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>17、《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）；</p> <p>18、《医疗照射放射防护基本要求》（GBZ179-2006）；</p> <p>19、《临床核医学的患者防护与质量控制规范》（GB16361-2012）；</p> <p>20、《放射工作人员的健康标准》（GBZ98-2002）。</p>
其他	<p>1、环境影响评价委托书（见附件 1）</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据导则（HJ 10.1—2016）中“第 1.5 评价范围和保护目标：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所所实体屏蔽物质边界外 50m 的范围。”

本项目为医院核技术应用的环境影响评价，运营过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，主要影响人员是射线装置（非密封源放射性物质工作场所）所在机房的职业工作人员和工作场所周围的公众。因此，本项目以各核医学科用房墙体周围 50m 的区域为评价范围。

本项目中的 ^{125}I 粒子主要产生低能 γ 射线， ^{90}Sr - ^{90}Y 皮肤敷贴器辐射污染主要是衰变产生的 β 射线，操作过程中有少量的 γ 射线的泄漏及二次散射线， ^{32}P 是一种纯 β 辐射体，确定主要评价因子为： γ 射线、 β 射线、 β 表面污染。

保护目标

本次辐射环境影响评价的环境保护目标为：本项目从事辐射工作的人员以及评价范围内相邻区域的公众。根据医院核医学科各用房布局及外环境特征，确定本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标一览表

保护对象	方位	每天总人数	距离辐射源距离	备注
放射工作人员	--	6	工作场所	电离辐射
非放射性医务人员、公众	--	15	工作场所	电离辐射
花坛	西	100	5-50m	电离辐射
直线加速器机房、SPECT 机房	北	150	5m~50m	电离辐射
电力家属楼	南	200	40~50m	电离辐射
安置小区	东	100	45-50m	电离辐射

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性

(1) 剂量限值

第 4.3.2.1 款, 应对个人受到的正常照射加以限值, 以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。

不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

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

第 B1.2 款 公众照射

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

(2) 放射性表面污染控制

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 放射性物质工作场所表面放射性污染的控制水平(表 B11) 见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		β 放射性物质 (Bq/cm ²)
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

(3) 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 $\sim 2 \times 10^7$

(4) 放射性物质向环境排放的控制

不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

(a) 每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$ (ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者)；

(b) 每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

2、《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133—2009)：

第 5.1.1 款 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 $2 \times 10^7 Bq$ 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。

第 5.1.3 条 下列低放废液可以直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道：每月排放总活度不超过 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限制要求，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应作记录并存档。

第 6.1.5 款 每袋废物的表面剂量率应不超过 $0.1 mSv/h$ ，重量 $\leq 20 kg$ 。

第 6.2.4 款 废物包装外表面的污染控制水平： $\alpha < 0.04 Bq/cm^2$ ； $\beta < 0.4 Bq/cm^2$

第 6.3.3 款 未知核素的废物在其活度浓度小于或者等于 $2 \times 10^4 Bq/kg$ 时，或废物中的核素已知且其活度浓度符合 4.4 或者 4.5 时，可作免管固体废物处理。

第 7.1 款 操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在具备有活性炭吸附过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行。

3、《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。

4、《放射性废物的分类》(GB9133-1995)：

第5款 第I级(低放废液)：浓度小于或等于 $4 \times 10^6 \text{Bq/L}$ ；第II级(中放废液)：浓度大于 $4 \times 10^6 \text{Bq/L}$ ，小于或等于 $4 \times 10^{10} \text{Bq/L}$ ；第III级(高放废液)：浓度大于 $4 \times 10^{10} \text{Bq/L}$ 。

第6款 含有半衰期小于或等于 60d 的放射性核素的废物，按其放射性比活度水平分为二级。第I级(低放废物)：比活度小于或等于 $4 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ ；第II级(中放废物)：比活度大于 $4 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ 。

5、《放射性核素敷贴治疗卫生防护标准》(GBZ134-2002)

7.1 敷贴治疗室必须与诊断室、登记值班室和候诊室分开设置。治疗室内使用面积不应小于 10m^2 。

7.2 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合放射防护原则，以保证工作场所以外人员受照剂量在相应的年剂量限值以下。

7.3 治疗室内高 1.5m 以下的墙面应有易去污的保护涂层。地面，尤其在治疗患者位置，必须铺有可更换的质地较软又容易去污染的铺料。

7.4 治疗室内患者座位之间应保持 1.2m 的距离或设置适当材料与厚度的防护屏蔽。

7.5 治疗室内必须制定放射治疗操作规程及卫生管理制度，并配有 β 污染检测仪等检测仪器。

7.6 治疗室内应配备专用清洁设施及工具，不得与非治疗室混用。

根据本项目情况，确定年剂量管理目标值如下：

1、放射工作人员年剂量管理目标值：核医学科放射工作人员管理目标值为 4mSv/a ，非放射医务人员及其他人员年剂量管理目标值取 0.1mSv 。

2、在距各机房屏蔽体外表面 0.3m 处，周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

3、表面污染控制水平见下表 7-4。

表 7-4 表面污染控制水平 单位： Bq/cm^2

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4

工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

表 8 环境质量和辐射现状

辐射现状

1、监测点位布置情况

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)中有关布点原则,评价单位对怀化市第二人民医院怀化总院周边环境进行监测,监测内容为地表 γ 辐射剂量率,监测布置点见图 8-1。

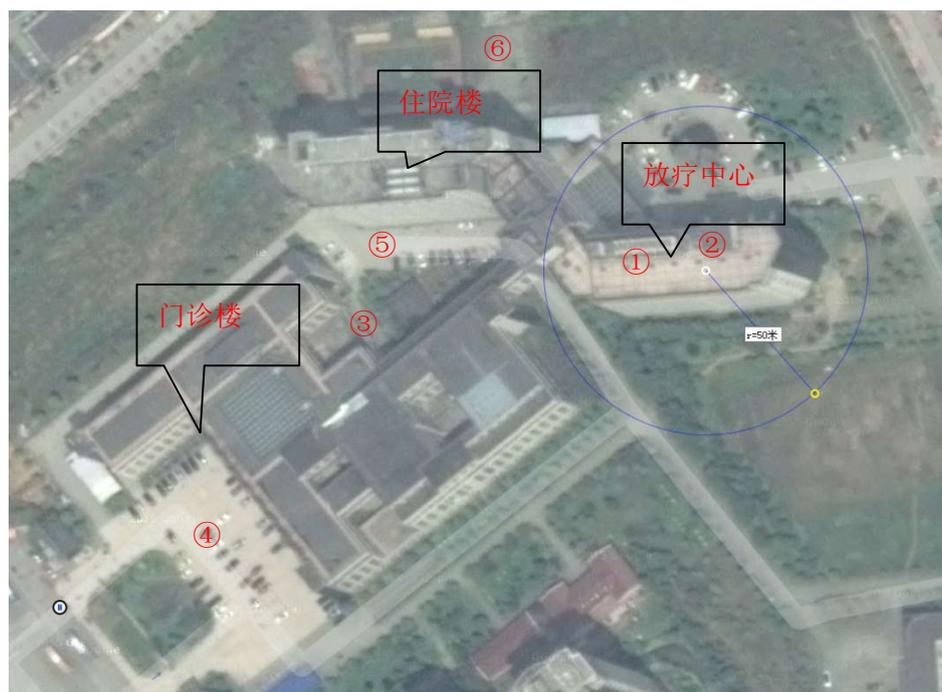


图 8-1 辐射环境监测布点图

2、监测方案及质量保证

(1) 监测目的

主要是为了了解项目地点天然辐射水平,是否属于湖南省建筑物内天然放射性水平,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;

《辐射环境监测技术规范》HJ61-2001。

(3) 质量保证

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，考试合格持证上岗，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。

表 8-1 监测所使用的仪器情况

仪器名称	X-γ 辐射测量仪
仪器型号	JB4000
生产厂家	上海精博工贸有限公司
检定证书	检定证书编号: hnjln2016005-11 号(湖南省电离辐射计量站);有效期至 2017 年 02 月 22 日。

表 8-2 扩建项目场址周围环境 γ 辐射水平监测结果

监测位置	监测结果 (μGy/h)	监测位置	监测结果 (μGy/h)
① 放疗中心前坪	0.08	④ 医院前坪	0.08
② 放疗中心核医学科门口	0.07	⑤ 住院部	0.07
③ 门诊楼后	0.08	⑥ 医院家属区	0.08

小结：拟建场址周围环境 γ 辐射水平与湖南省怀化市贯穿辐射剂量率平均值（怀化市环境天然放射性水平调查研究—— $0.134 \pm 0.0128 \mu\text{Gy/h}$ ）相比，周围环境接近本底水平。

1、核医学工作场所人流物流组织

该核医学场所主要包括专用贮存室、分装室、专用洗涮间、DS-CT 机房及操作间、观察室、器械室及治疗室、专用病房等。该场所患者专用通道与医生通道分开不交叉，且设置专用洗涮间。

(1) 人流说明

根据医院介绍， ^{32}P 的分装与服药间与现有核医学科 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 共用， ^{32}P 病人从 M1 进入，经 M2 至服药室服药或注射，服完药后经 M3 进入留观室，无异常情况后由北侧大门 M4 出去。

进入工作区的人流组织：医生和其他工作人员从 M5、M6 进入相应工作区，基本实现了工作人员和受检者的分流。

(2) 物流说明

放射性药品流向：放射性药物从 M5 进入，经 M6、M7 进入储源室。药物运输通道在其他人员不活动时间（中午休息时间或晚上下班时间）开通。

放射性固体废物流向：放射性固体废物由每个产生废物的场所分类收集在内衬塑料袋的脚踏式铅废物防护箱内，每天下班后集中送至固废贮存室内衰变池贮存，经过 10 个半衰期后经检测合格按医疗废物处置。

放射性废水流向：注射室设有洗手池和地漏，废水由专用下水管道排至专用放射性废水衰变池；注射后留观室内均设有病人厕所一间，洗手用水与冲厕用水分开排放，其中厕所水流入专用三级衰变池，存放十个半衰期后与医院普通废水一起处理。

放射性气体流向：气体流向按从低活性区向高活性区流动，分装室分装通风柜设置专用排风管道延伸至屋顶排放。其他核医学科各敷贴室、观察室、病房等均采用空调加排风系统通风，通过管道排放至室外，确保各功能用房通风良好。

2、核素使用方案与门诊安排

根据医院提供的资料，本项目建成后，医院核医学科原有核技术利用项目均正常开展，因此，医院拟对核医学科治疗时间重新安排，避免注射不同核素的患者相互影响，新增项目治疗时间安排如下：

①每周二、四开展 ^{125}I 粒子源植入手术， ^{125}I 粒子源单颗最大外观活度为 $2.96 \times 10^7 \text{Bq}$ (0.8mCi)，每例患者最大植入 80 颗粒子源，每个病人植入粒子源的总

活度最高约为 $2.368\text{E}+9\text{Bq}$ ，医院采取预约制，每日最多治疗 5 个病人，日最大使用量 $1.184\times 10^{10}\text{Bq}$ ，每年操作粒子源的天数为 80 天，年最大使用量为 $9.47\times 10^{11}\text{Bq}$

②每周五上午开展 ^{32}P 治疗，每例患者最大注射量为 $3.7\times 10^8\text{Bq}$ (10mCi)，每天最多 2 例患者，日最大使用量 $7.4\times 10^8\text{Bq}$ ，年使用 50 天，年最大使用量为 $3.7\times 10^{10}\text{Bq}$

③每周五下午开展 ^{90}Sr 治疗，每天最多 1 例患者，一年最多 50 个病人。

核医学科新增核素用量汇总见表 9-1。

表 9-1 核素使用时间及用量 (单位: Bq)

核素	门诊安排	每人最大用量	日患者最多人数	日最大用量	年操作天数(天)	年最大用量
^{125}I	周二、四全天	2.368×10^9	5	1.184×10^{10}	80	9.47×10^{11}
^{32}P	周五上午	3.7×10^8	2	7.4×10^8	50	3.7×10^{10}

二、主要放射性污染物和污染途径

1、 ^{125}I 粒子植入污染源及污染途径

(1) ^{125}I 粒子性质及使用分析

^{125}I 粒子源作为植入体内近距离治疗用低能辐射源，其特点是其核素发射的射线射程短，在合理布置下辐射仅对病灶组织起作用，而对邻近正常组织辐射损伤少，避免了体外放射治疗时大量损伤正常组织的缺点，因而放射治疗产生的副作用大大降低。粒子源的有效杀伤距离约为 1.7cm，可通过金属注射植入器经表皮植入或手术中放置于肿瘤内达到治疗目的。治疗剂量取决于肿瘤的体积、肿瘤的位置以及接受治疗的历史。

^{125}I 粒子是由吸附着 ^{125}I 的一根银棒以及钛合金外壳组成，外径约 0.8mm，长度约 4.5~5.0mm，壁厚 0.05mm。密封无孔，端点焊接圆滑，无凹凸不平，结构示意图见图 5-5，医院通过外购方式获得指定剂量 ^{125}I 粒子，治疗过程中只需将 ^{125}I 粒子放入植入器，并进行植入操作。

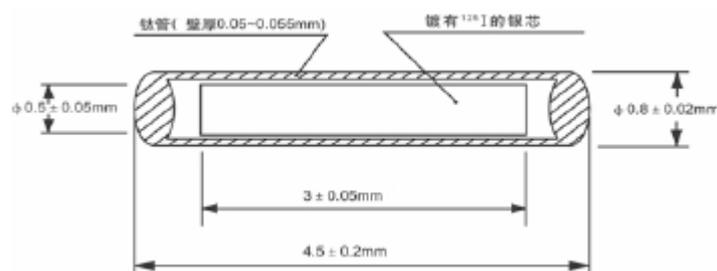


图 9-2 ^{125}I 粒子源结构示意图

^{125}I 半衰期 60.1 天，平均能量 27.4keV，半值层 0.025mmPb，单个 ^{125}I 粒子活度一般为 $2.96\times 10^7\sim 3.7\times 10^7\text{Bq}$ ，初始剂量率较低，大约为 8~10cGy/h，释放 94%剂量时间为 240 天。

(2) 工作场所及工作流程分析

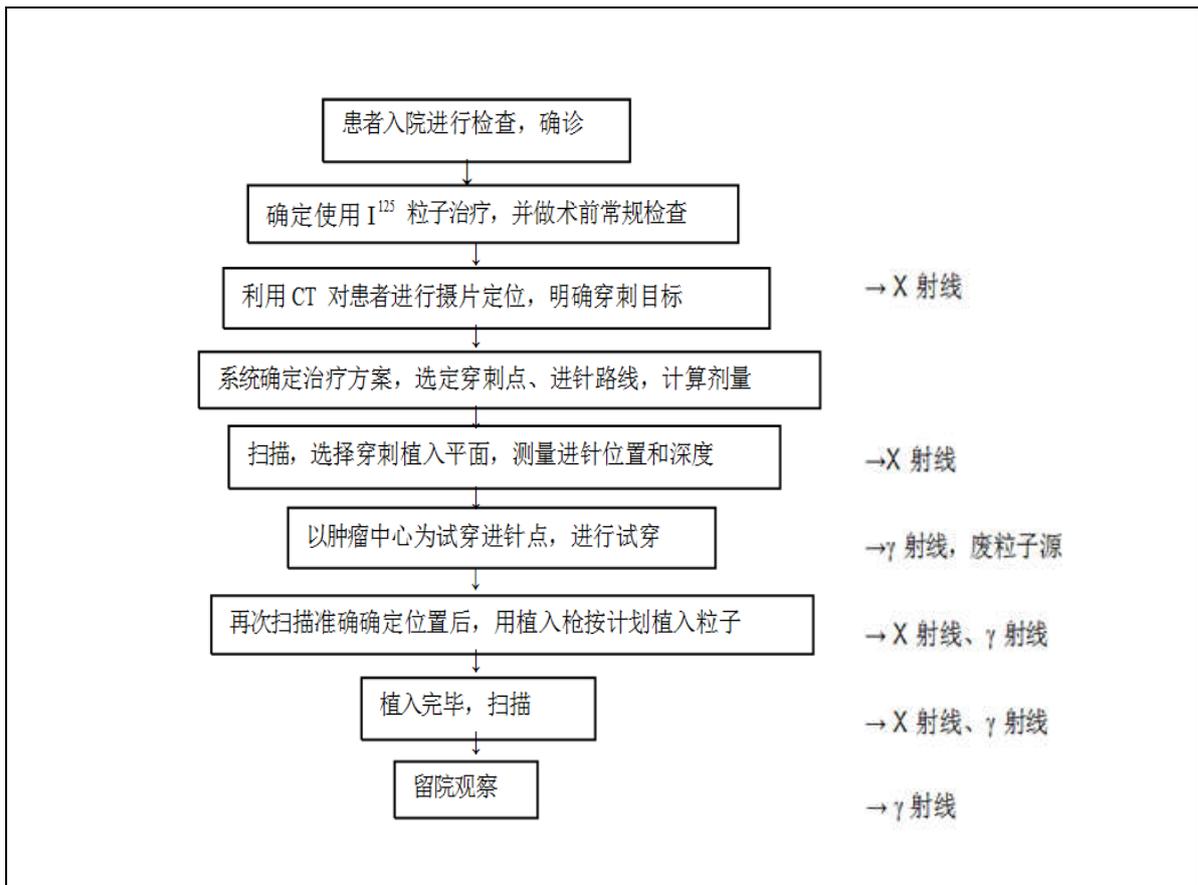
1) 工作场所

医院拟在核医学科 DS-CT 机房开展 ^{125}I 粒子植入，使用的 ^{125}I 粒子源均是根据受诊病人所需的数量预订购，医院基本不会有粒子源长期库存，医院拟在核医学科储源室（与 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 共用一个储源室）内配备一个保险柜用于粒子源暂存（主要用于手术前 ^{125}I 粒子的暂存，考虑到个别治疗特殊需要，少量粒子源将在储源室保险柜内暂存一天，第二天将库存的粒子用完），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，保证粒子源安全。手术结束后，相关辐射工作人员应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，确认无粒子源遗漏在工作场所。若有破损及剩余的粒子源，由粒子源供应商当场回收处理，医院在购买粒子源前，应核实放射源供应商关于粒子源泄露、检测活度等技术检测报告的文件，并明确在医院接收粒子源前关于粒子源的运输、暂存等过程的辐射安全责任由供应商负责。

2) 操作过程与产污流程

医院根据患者情况设计 ^{125}I 粒子源植入数量，按植入计划预订购粒子源→供货方负责粒子源检查，是否损坏，活度是否准确，数量是否相符→供货方负责根据植入需求进行粒子源的消毒（由生产厂家完成分装、消毒）→供货方负责运送粒子源至医院放射科→放射科验收人员进行验收合格后由植入医生装入专用植入器（植入器在手术前由医院消毒室统一消毒，植入器采用一次性针头）→植入前再次确定方案和粒子源需求量，通过 CT 放射诊断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粒子源植入并进行剂量监测→检查植入器是否还有粒子源，点验手术台，检测工作环境→记录本次记录和粒子源使用情况→供货方现场带走多余的粒子源。根据医院介绍，进行植入治疗的病人均为住院病人，医院在核医学科一楼设置 2 间植入后病人专用病房。

^{125}I 粒子植入治疗项目的产污流程如下图 9-3。



9-3 ¹²⁵I 粒子植入治疗项目的产污流程

2、⁹⁰Sr-⁹⁰Y 皮肤敷贴器

(1) 工作原理

⁹⁰Sr 敷贴治疗是利用核素 ⁹⁰Sr 发射 β 射线，使局部病灶产生辐射生物效应而达到治疗目的。由于治疗的几乎全是子体 ⁹⁰Y 衰变为 ⁹⁰Zr 过程中发射的 2.2MeVβ 射线，其形状为圆形或方形，出厂时已标定其放射性活度及表面剂量率，由于 ⁹⁰Sr 半衰期较长（28.1 年），可以长期使用，但每年需做一次衰变校正。使用时根据病变形状在保护周围皮肤前提下直接敷贴，治疗可采用一次大剂量法或多次小剂量。⁹⁰Sr 是一种纯 β 放射源，主要治疗皮肤毛细血管瘤、瘢痕疙瘩、慢性湿疹、鲜红斑痣、局限性神经性皮炎和牛皮癣等皮肤疾病。

(2) 治疗流程

患者在敷贴治疗前，职业人员根据患者皮肤病变的大小、厚薄以及部位的不同，选择不同的剂量和疗程，确定每次照射时间；治疗时，职业人员打开保险箱，持手柄取出敷贴器放于患者皮肤患处，治疗完毕后，职业人员将敷贴器放回保险箱，并

放在铅罐内予以屏蔽。

3、 ^{32}P 的应用

(1) 工作原理

放射性药物 ^{32}P 为反应堆生产的放射性核素，衰变时发出 β -射线，其最大能量为 1.7MeV，平均能量 0.69MeV，物理半衰期 14.3d，组织内最大射程 8mm，平均射程 4mm，药用 ^{32}P 为 $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$ 或 $\text{NaH}_2^{32}\text{PO}_4$ 化合物，一般制成口服液和注射剂，主要用于治疗血液病，一次口服用量为 3~6mCi，多次口服总量为 4~10mCi。静脉注射法总量为 4~6mCi。 ^{32}P 的剂量根据患者的体重、红细胞数、白细胞数、血小板数和临床症状的不同而有差异。

(2) 治疗流程

^{32}P 分装、针剂注射属于简单的湿法操作，医生对患者进行检查，根据病情，在本院医疗条件允许范围内确定注射剂量，与患者预约，根据患者数量订购 ^{32}P 注射药物，患者注射放射性药物后，在观察室短暂观察，如无特殊情况，即由病人专门出口处离开回家，治疗流程图见图 9-4。

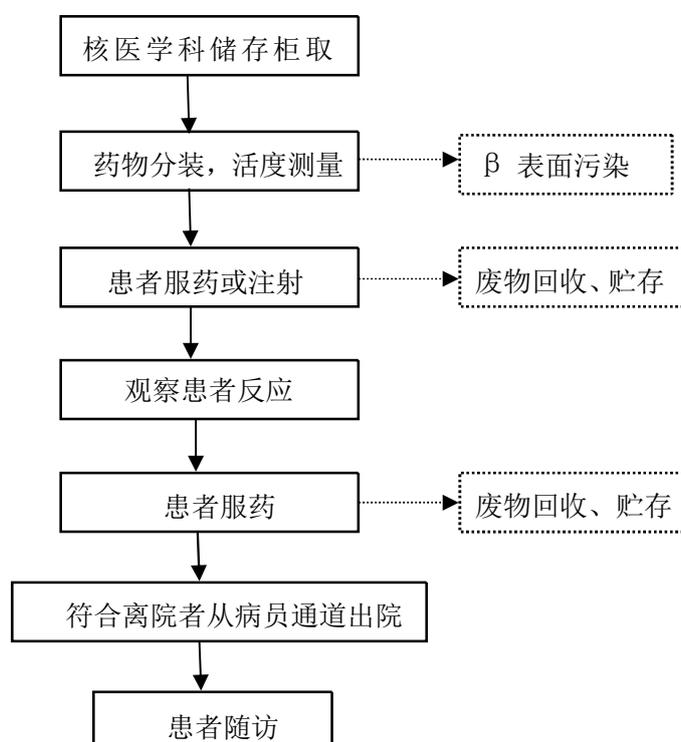


图 9-4 ^{32}P 治疗血液病流程示意图

污染源项描述

一、建设、安装过程对环境的影响分析

本项目在现有核医学新增使用核素，核医学各用房尚未全部建成，医院的医疗服务工作仍将正常进行，施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对医院自身环境以及周围的环境带来较大影响。

施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

二、运行期间正常工况下污染源分析

1、 ^{125}I 粒子植入

放射性粒子植入治疗辐射影响主要来源填装及植入过程中 ^{125}I 粒子源发射的 γ 射线以及在 CT 定位时的 X 射线，主要辐射影响是外照射。

1) 接受治疗的病人由于身体组织中植入了放射性粒子源后一段时间内成为一个辐射体，可能对周围环境其它人群造成外照射。

2) 由于 ^{125}I 粒子源是长期植入体内，正常情况下不会再取出，而粒子源是被密封在金属包壳内，因此本项目正常实施过程中不会产生放射性“三废”。

3) 少量的剩余放射性粒子源，由供货商现场及时回收。

4) 由于 ^{125}I 是密封的，手术过程中一般不会造成手术台和植入器械放射性污染，其它固体和液体废物需妥善收集，按照医疗废物处置。

2、 ^{90}Sr - ^{90}Y 皮肤敷贴器

核素 ^{90}Sr 衰变过程主要发射 β 射线， β 射线穿透能力较弱，在组织内辐射距离较短，不会对环境产生明显影响，但 β 射线被源本身以及源周围的其他物质阻止时会产生韧致辐射，韧致辐射会对周围环境产生辐射污染，本项目主要考虑核素 ^{90}Sr 的韧致辐射影响。 ^{90}Sr 以密封源形式存在，敷贴治疗过程无放射性废气、废水产生，报废或退役的 ^{90}Sr 放射源由厂家回收。

3、 ^{32}P 治疗血液病

由操作流程可知， ^{32}P 在衰变过程中会产生 β 射线， β 射线在组织中的射程较短，病人的身体完全能够阻挡 β 射线，因此， β 射线对周围环境的影响较小，但 β 射线被源本身以及源周围的其他物质阻止时产生韧致辐射，韧致辐射会对周围环境产生辐射污染，本项目主要考虑核素 ^{32}P 的韧致辐射影响。另外，医生在对放射性同位素分装的操作中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等

放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。当沾有放射性污染的各种器械、地面、台面和工作人员手清洗时，或病人的排泄物中都会使水中带有放射性同位素，造成对水环境的污染。医生在给病人打针时，会产生放射性固体废弃物（如试管、注射器、手套等），治疗人数每年最多为100人，预计每年产生放射性固体废物约4kg/a。

三、运行期事故工况下污染源分析

1、 ^{125}I 粒子植入

(1) 操作人员在装入专用植入器过程中因未采取辐射防护用具而导致自身超剂量外照射；

(2) 操作人员在装入专用植入器过程中因操作失误，粒子源脱落造成放射性核素释放入环境；

(3) 保管不善，放射性物品被盗，流失到社会，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射。

(4) ^{125}I 粒子源植入病人体内后，意外排出体外，造成人员受照事故；

2、 ^{90}Sr - ^{90}Y 皮肤敷贴器

(1) 在运输、使用、退役过程中屏蔽储源体（屏蔽装置）发生损坏导致源不能被屏蔽。

(2) 因工作人员操作不当或出现设备故障，发生放射源由设备或容器中跌落出来，造成人员受到强辐射照射。

(3) 由于管理不善，发生放射源被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

3、核医学科同位素 ^{32}P 应用事故工况下污染源分析

(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。

(2) 由于操作不慎，致使放射性药品溅洒。

(3) 由于管理不善，使放射性废水、放射性固废未经足够时间的衰变排放，会对环境和人体造成一定的危害。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 辐射工作场所分级与分区

(1) 辐射工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002), 日等效最大操作量计算公式为: 日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子/操作方式修正因子, 计算结果见表 10-1。

表 10-1 放射性药物日等效最大操作量 (单位: Bq)

项目 \ 核素	¹²⁵ I 粒子源	³² P	原有核医学科 ¹³¹ I、 ⁹⁹ Mo- ^{99m} Tc 工作场所日等效
日最大操作量	1.184×10 ¹⁰	7.4×10 ⁸	
毒性组别修正因子	0.1	0.1	
操作方式修正因子	10	1	
日等效最大操作量	1.184×10 ⁸ Bq	7.4×10 ⁷ Bq	2.05×10 ⁸ Bq
场所日等效最大操作量	3.974×10 ⁸		

备注: 本项目在原有核医学科乙级工作场所新增开展 ¹²⁵I 粒子植入、新增使核素 ³²P, 因此场所日等效为两者的叠加。

由表 10-1 可见, 该评价项目工作场所拟使用放射性核素的日等效最大操作量为 3.974×10⁸Bq, 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》附录 C 表 C1 非密封源工作场所的分级, 日等效最大操作量 2×10⁷~4×10⁹ 为乙级非密封场, 因此该项工作场所属于乙级非密封源工作场所。

(2) 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, 因此, 建设单位应按如下划分放射性工作场所进行监督管理。

(1) 控制区: ¹²⁵I 粒子植入室、⁹⁰Sr-⁹⁰Y 皮肤敷贴室、³²P 服药、注射室和储源室为控制区。在日常医疗过程中, 区内无关人员不得滞留, 以警示装置控制及严格的管理制度保障此区的辐射安全。

(2) 监督区: 包括 ¹²⁵I 粒子植入室周边和 ¹²⁵I 粒子植入患者病房、³²P 观察病房以及其周围临近区域, 在该区内需要对职业照射条件进行监督和评价, 除医务人员外, 其他无关人员不得入内, 控制区入口处设置醒目的电离辐射警示标识。

2 辐射安全防护

1、辐射屏蔽设计

表 10-2 核医学科各房间屏蔽设计表

位置	面积	墙体厚度	天花板厚度	防护门(观察窗)
DS-CT 机房	55.8 m ²	350 厚砼	250 厚砼	6mmPb
³² P 注射、服药室	8.14m ²	200 厚砼	200 厚砼	6mmPb
³² P 药物分装室	6.5 m ²	200 厚砼	200 厚砼	6mmPb
核医学科储源室	5.7m ²	200 厚砼	250 厚砼	8mmPb
³² P 观察室	24.05m ²	370 实心砖	250 厚砼	5mmPb
⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y 皮肤敷贴室	24.05m ²	370 实心砖	250 厚砼	5mmPb
¹²⁵ I 病房	24.05m ²	370 实心砖	250 厚砼	5mmPb

2、核医学科内部装饰设计

新增核医学科控制区内的源与废物储存室、分装与注射室、病人候诊室和 DS-CT 机房、医用办公室室内墙面粉刷瓷漆，吊顶采用易去污的铝塑板，采用塑料（橡胶或 PVC）板地面和塑料板贴脚，储源室装有防盗门窗。

3、核医学科已配备以下防护设施或用品

(1) ³²P 药物分装在原有 ^{99m}Tc 分装室内进行，^{99m}Tc 分装室已安装一个自带屏蔽（60mm 铅）的双联不锈钢通风柜，并设置有活性炭过滤系统，分装通风柜顶端为排气口，采用风机引至本栋楼屋顶排放。

(2) 核医学科各敷贴室、观察室、病房等均采用空调加排风系统通风，通过管道排放至室外，确保各功能用房通风良好。

(3) 拟开展 ¹²⁵I 粒子植入的 DS-CT 机房设计采用铅防护门、铅玻璃观察窗；核医学科储源室、废弃物存放室，注射室、病人候诊室均采用铅防护门。

(4) 核医学科设计了专用厕所、专用下水道，核医学科产生的废水均通过专用下水道排入三级衰变池，医院已在 DS-CT 机房南侧设置了三级衰变池，每个衰变池有效容积为 12m³，衰变池各墙厚为 200mm 砼。

(5) 辅助防护设备和个人防护用品。如注射防护屏和屏蔽台、铅屏风、持物钳、防护手套、铅胶围裙、铅帽、铅围脖、铅防护眼镜和个人剂量计等。

4、核医学科扩建后拟采取以下辐射安全防护措施

(1) ¹²⁵I 粒子植入安全防护

1) 植入操作中工作人员的放射防护

a、在实施治疗前，应制定详细可行的实施计划，并准备好所需治疗设备，尽可能缩短操作时间。

b、医院 ^{125}I 粒子源的操作应该经足够厚的屏蔽后方能进行。根据文献资料，铅对 ^{125}I 射线的屏蔽半值层为 0.025mm，人体组织对 ^{125}I 射线的屏蔽半厚为 20mm。因此 0.25mm 厚的铅层能够降低 99.9%以上的辐射，主要操作人员应穿铅防护衣，戴铅手套、铅玻璃眼镜和铅围脖等。防护衣厚度不应低于 0.25mmPb 当量。对性腺敏感器官考虑再穿含 0.5 mmPb 当量防护三角裤或三角巾。

c、用镊子操作时，操作者和粒子源应保持一定的距离，轻轻夹取以使粒子源不被损坏，粒子源不能直接用手拿取，如果不使用防护隔离，操作者必须保持一定的距离且用最快的速度完成，将辐射影响减少到最低程度。

2) 植入中和植入后的放射防护

a、手术后需要尽快对靶区正、侧位进行 X 射线拍片，确认植入个数。手术结束后对手术区域进行检测，排除遗漏的可能。由于粒子源的体积较小，不易察觉。必须配备辐射剂量率检测仪器，每次进行粒子源操作后，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，确认无粒子源遗漏在工作场所；

b、住院病人的管理：植入患者部位应穿戴 0.25mmPb 当量的铅背心、围脖或腹带；

c、在患者床边 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；

d、植入患者应使用专用便器或设有专用浴室和厕所；

e、治疗期间不清扫房间，除食物盘外，房内任何物品不得带出房间；

f、前列腺男性患者应带避孕套，以保证放射性粒子源植入体内后不丢失到周围环境；为防止随尿液流出，植入后两周内，应对尿液用 4cm×4cm 药用纱布过滤；

g、植入粒子源后的前四个月，尤其是前两周，应与配偶保持一定距离；

h、当患者或家庭成员发现患者体外有粒子源时，应当用勺子或镊子取夹粒子源，放在准备好的铅容器内（放射治疗师事先给予指导），该容器返还给责任治疗医师；

i、如病人出现危机情况或死亡应立即通知治疗医师，任何物品在搬离病房之前应进行检测；

3) 出院病人管理

a、植入患者应建立登记制度，包括姓名、住址、电话、年龄、身份证、植入部位、医院电话、植入粒子源个数、陪护者或探视者姓名、植入时间、出院粒子源数量、检查日期等；

b、植入患者出院时应佩戴信息卡；

c、植入前列腺的患者在数天内应避免性生活；

d、除粒子源植入第 1 天及第 4 周~6 周时的随访外，其余每 3 个月随访一次，共随访 2 年；

e、患者出院 2 个月内，陪护者或探视者在患者长时接触时，距离至少保持 1 米远处；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；

f、不允许孕妇近距离接触患者，探视时距离患者至少 1 米以外，植入患者在植入 240 天后，方能到公众场所活动。

(2) ^{90}Sr - ^{90}Y 皮肤敷贴和 ^{32}P 辐射安全防护措施

(1) 为了防止同位素操作时，有人误留或误入放射性工作场所而受到意外辐射伤害，设置电离辐射危险标识和工作指示灯；制定健全维修制度，要求有资格的人员实施维修；控制台设维修标识；维修人员佩带个人剂量报警仪。

(2) 严防放射源、放射性药品被盗、丢失，注射室、储源室防盗门钥匙分别由两人保管，门口设有辐射警示标识，工作人员随时警惕放射性药品的安全。

(3) 避免事故性医疗照射。每次认真核对放射性药品的活度，和给予患者适宜的剂量，以避免事故性医疗照射。

5、辐射安全防护用品的配备

(1)、配备铅围脖、防护巾和防护服等防护用品、用具。严格规定相关辐射工作人员在辐射工作中应做好个人的放射防护，以达到辐射防护的目的，医院现有和需配备的防护用品见表 10-3、10-4。

表 10-3 医院现有防护用品清单

工作场所	名称	数量	工作场所	名称	数量
怀化总院放疗	固定场所辐射报警	3 台	怀化总院	表面污染监测仪	1 台

科	仪		核医学科		
	便携式剂量报警仪	1 台		铅衣	6 件
怀化总院影像科	铅衣	13 件	怀化总院核医学科	铅围脖	3 件
	铅围脖	12 件		铅屏	6 个
	铅帽	11 件		活度计	1 个
	铅眼镜	1 副		铅手套	3 副
	铅手套	1 副		铅眼镜	4 副
	铅围脖	1 套		铅废物箱	2 个
靖州分院影像科	铅衣	4 套	怀化总院核医学科	注射防护（屏）	1 台
	铅手套	2 副		个人剂量报警仪	1 台
	固定式剂量报警仪	1 台		注射器防护套	2 套
	铅废物箱	2 个		铅罐	3 个
	铅眼镜	1 副		铅围裙	2 套
	铅围裙	2 套		铅围脖	3 副
	便携式剂量报警仪	1 台		X/γ 监测仪	1 台

表 10-4 医院需配备防护用品清单

⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y 皮肤敷贴室	铅围裙	1 套	铅帽	1 个
	铅衣	1 套	个人剂量计	1 个
¹²⁵ I 粒子植入室	放射性固体废物箱	1 个	探测光子能量下限 20keV 的辐射防护监测设备	1 套
	铅衣	1 套	铅围脖	1 套
³² P 注射室	放射性固体废物箱	1 个		

三废的治理

本项目 ¹²⁵I 粒子源是长期植入体内，正常情况下不会再取出。而粒子源是被密封在金属包壳内，因此 ¹²⁵I 粒子植入过程中不会产生放射性“三废”，⁹⁰Sr-⁹⁰Y 皮肤敷贴治疗产生的废 ⁹⁰Sr 源交由厂家回收，³²P 分装、注射过程中不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。当沾有放射性污染的各种器械、地面、台面和工作人员手清洗时，病人的排泄物中都会使水中带有放射性同位素，造成对水环境的污染。放射性废水应排入衰变池中应经过 10 个半衰期后才能排入医院污水处理站，本项目医生在给病人打针时，会产生放射性固体废弃物（如试管、注射器、手套等）。放射性固体废物应收集后放入固体废物箱内，至少放置时间达核素的 10 个半衰期后，经放射防护部门检测合格后，方可作医疗废物按相关规定处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物。

(1) 扬尘及防治措施

主要为房间的建设时机械敲打、钻洞墙体等产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，采取洒水抑尘措施。

(2) 废水及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的排水系统，进入市政污水网管。

(3) 噪声及防治措施

主要来自于机房内混凝土浇注、装修及现场处理等。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

(4) 固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

运行阶段对环境的影响

一、¹²⁵I 粒子源及 ³²P、⁹⁰Sr 运输和贮存

¹²⁵I 粒子源及放射性核素 ³²P、⁹⁰Sr 由供货方严格按照《放射性物质安全运输规程》(GB 11806-2004) 运输，采用专门屏蔽容器，运输包装表面的辐射剂量必须小于国家允许辐射剂量水平 (5 μ Sy/h)。

根据《低能 γ 射线粒子源植入治疗的放射防护与治疗控制检测规范》(GBZ 178-2006)，对 ¹²⁵I 粒子源在医院内的运输和贮存要求如下：

¹²⁵I 粒子源的贮存应该在适当屏蔽厚度的铅罐，铅罐应放置在保险柜里，并由专人保管。¹²⁵I 粒子源应设有专用贮存室，并定期进行剂量监测，无关人员不得入内。¹²⁵I 粒子源运输包装表面的辐射剂量必须小于国家允许辐射剂量水平

(5 μ Sy/h)。贮存的粒子应及时登记，包括生产单位、到货日期、核素种类、活度和贮存的容器。应定期清点，记录，并与记载相符。

根据医院计划，¹²⁵I 粒子源及 ³²P、⁹⁰Sr 敷贴器均放置于供货方提供的铅罐内，临时存放于核医学科储源室内的保险柜中，贮存期间内禁止无关人员进入，由专人负责、设立台账，设置双人双锁、监控等防盗措施，设置辐射警告标示。

二、核医学科辐射环境影响分析

1、辐射水平预测

估算公式选取

本次评价公式参考《辐射防护技术与管理》第一卷、《辐射源室屏蔽设计与评价》及《放射卫生学》，见公式 11-1~公式 11-5。

1、无辐射屏蔽时，随距离变化的空气吸收剂量率计算公式：

$$H_0=f \times A \Gamma / R^2 \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

式中：

- H₀ 无辐射屏蔽时，在距源 Rm 处的空气吸收剂量率，Gy/h；
- A 放射源的预期最大放射性活度，Ci；
- Γ 空气吸收剂量率常数，R·m²/ (h·Ci)；
- R 距放射源的距离，m；
- f 转换系数 8.73×10⁻³Gy/R。

2、有辐射屏蔽时，随距离变化的空气吸收剂量率计算公式：

$$H=H_0 \times K^{-1} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中：

- H₀ 无辐射屏蔽时，在距源 Rm 处的空气吸收剂量率，Gy/h
- H 屏蔽减弱系数为 K⁻¹ 时，在距源 Rm 处的空气吸收剂量率，Gy/h
- K⁻¹ 屏蔽减弱系数，无量纲。

3、屏蔽减弱系数计算公式：

$$K^{-1}=2^{-dp/TVT} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

式中：

- TVT 半值层厚度，mm；
- dp 屏蔽层厚度，mm；

K^{-1} 屏蔽减弱系数，无量纲。

4、放射源活度随时间的衰变计算公式：

$$A=A_0e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (式 11-4)$$

式中：

A_0 放射源初始活度，Bq；

A 放射源衰变后活度，Bq；

λ 衰变常数， $\ln 2/T_{1/2} d^{-1}$ ；

t 衰变天数，d。

5、韧致辐射随距离变化的的空气吸收剂量率计算公式：

$$X=1.71 \times 10^{-4} AZ(E/r)^2 f \dots\dots\dots (式 11-5)$$

式中：

X 距离韧致辐射源 r 米处的空气吸收剂量率，Gy/h；

A 放射源活度，Ci；

Z 电子屏蔽材料的有效原子序数，玻璃取 13、密封源包壳取 56；

E β 射线的最大能量，MeV

r 参考点与韧致辐射源的距离，m

f 转换系数 $8.73 \times 10^{-3} Gy/R$

1.1 ^{125}I 粒子植入辐射水平预测

1、现有 ^{125}I 粒子植入（DS-CT 机房）屏蔽设计情况见表 11-1。

表 11-1 现有 ^{125}I 粒子植入 DS-CT 机房屏蔽设计情况

机房名称		面积 m ²	最小 单边 长度 m	墙体厚度 (mm)	地板厚 度 (mm)	天花板厚 度 (mm)	防护门 铅当量 (mm)	观察窗 铅当量 (mm)
位置	机房							
核医学 科一楼	DS-CT 机房	55.8	7.8	350 厚砼	250 厚砼	250 厚砼	6mmPb	6mmPb
BZ130-2013 中规 定的具体要求		30	4.5	3mmPb	3mmPb	3mmPb	3mmPb	3mmPb
是否满足要求		是	是	是	是	是	是	是

^{125}I 粒子源的放射性活度较低，有密封外壳，穿透能力较弱，因此现有 DS-CT 机房开展 ^{125}I 粒子植入后，机房的屏蔽厚度仍能满足防护要求。

2、¹²⁵I 粒子植入辐射水平预测

放射性核素 ¹²⁵I 半衰期为 60.1d，医院都是根据病例数量与生产厂家订购粒子源，因此该评价项目的粒子源植入治疗项目的辐射影响主要是植入过程工作人员受到的外照射以及植入后病人对周围环境和人群的外照射。

根据医院规划，本评价项目拟使用的 ¹²⁵I 粒子源的单颗活度约为 $2.96 \times 10^7 \text{Bq}$ ，每个病人植入粒子源最多为 80 粒，总活度最高约为 $2.368 \times 10^9 \text{Bq}$ 。每日最多治疗 5 个病人，病人采取预约制，每年操作粒子源的天数不超过 80 天。实施粒子源植入手术需要操作医生 1~2 名，其中医生操作过程中身体与粒子源的直线距离约 0.3m，每次植入手术中需要近距离接触粒子源的时间大约 20 分钟。

从《低能 γ 射线粒子源植入治疗放射防护要求与质量控制检测规范》（GBZ178-2014）附录 A 中表 A.1——“距 ¹²⁵I 粒子源不同距离的剂量率”，查得距离活度为 $1.46 \times 10^7 \text{Bq}$ 的 ¹²⁵I 粒子源表面 1cm 处的辐射剂量率为 5mSv/h。本评价项目拟使用的 ¹²⁵I 粒子源单颗活度最高为 $2.96 \times 10^7 \text{Bq}$ ，每天最多 5 个病人，每个病人每次植入粒子源的总放射性活度最高为 $2.368 \times 10^9 \text{Bq}$ ，因此根据辐射源产生的辐射剂量率与其活度成正比，与距离的平方成反比的关系可计算操作位所受的辐射剂量率水平。铅对 ¹²⁵I 射线的屏蔽半值层为 0.025mm，人体组织对 ¹²⁵I 射线的屏蔽半值层为 20mm，因此 0.25mm 厚的铅层能够降低 99.9%以上的辐射。如果操作人员严格执行《低能 γ 射线粒子源植入治疗的放射卫生防护与质量控制检测规范》（GBZ178-2014）中对粒子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，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。根据公式 11-1 至 11-4 对 ¹²⁵I 辐射工作人员操作位辐射剂量率进行理论估算结果如下表 11-2。

表 11-2 实施粒子源植入的操作人员剂量估算

工作人员	单个病人最大操作量 (GBq)	与粒子源的距离 (m)	防护当量	操作位辐射剂量率 (mSv/h)
粒子植入医生	2.368	0.3	无防护	0.901
			0.25mmPb	8.8×10^{-4}
核医学科验收人员	2.368	0.3	0.25mmPb	8.8×10^{-4}

1.2 ⁹⁰Sr 敷贴治疗辐射水平预测

⁹⁰Sr 为纯 β 衰变，射线能量为 0.54MeV，根据《放射性核素敷贴治疗卫生防护标准》(GBZ134-2002) 附录 A 中放射性核素特性，3mm 组织可吸收 91% 的射线能量，对周围正常组织影响极小，但 β 射线被放射源本身以及源周围的其他物质阻止时产生韧致辐射，韧致辐射会对周围环境产生辐射污染，本项目考虑核素 ⁹⁰Sr 的韧致辐射影响。

本项目 ⁹⁰Sr 放射源活度为 1.80×10^9 Bq，即 48.7mCi。β 射线最大能量 0.54MeV，根据由《辐射防护知识》(梁石强编) 查出核素能量在 1MeV 时，铅对 ⁹⁰Srβ 射线的半值层约为 1.1mm。⁹⁰Sr 放射源屏蔽材料(密封源包壳)的有效原子序数为 56。

将相关参数代入公式 11-5 计算，则 ⁹⁰Sr 敷贴器导致韧致辐射产生的 γ 空气吸收剂量率预测结果见表 11-3。

表 11-3 不同距离 ⁹⁰Sr 敷贴器 γ 空气吸收剂量率 (μGy/h)

距离 核素	0.05m	0.1m	0.5m	1m	3m	5m
⁹⁰ Sr (48.7mCi)	474.87	118.72	4.75	1.19	0.30	0.13

职业人员在取送 ⁹⁰Sr 敷贴器过程中穿 0.5mm 铅当量铅衣，带铅手套、敷贴器距离手部约为 10cm，距离身体约为 50cm，敷贴过程职业人员受韧致辐射照射剂量率预测结果见表 11-4。

表 11-4 取送敷贴器、敷贴过程中受照剂量率预测结果 (μGy/h)

项目 受照部位	屏蔽措施	受照剂量率
取送敷贴器、敷贴过程(手部)	无	118.72

取送敷贴器、敷贴过程（身体）	0.5mmPb 铅衣	3.47
----------------	------------	------

⁹⁰Sr敷贴器对敷贴治疗室屏蔽水平

根据公式11-2，随距离增加，⁹⁰Sr产生的韧致辐射能量衰减明显，根据表11-3预测结果，距⁹⁰Sr敷贴器周围1m处γ空气吸收剂量率已衰减至1.19μGy/h，即能满足小于 2.5μGy/h的目标控制值。在⁹⁰Sr敷贴治疗过程中，敷贴治疗室四周墙壁及防护门等屏蔽体与⁹⁰Sr敷贴器距离均大于1m，因此在开展⁹⁰Sr敷贴治疗时，敷贴治疗室四周屏蔽体外30cm处γ空气吸收剂量率可低于2.5μGy/h的目标控制值。根据医院提供资料，本项目各核素诊疗门诊时间交错进行，即患者按核素治疗类型依次进入核医学工作场所开展诊疗，因此本项目不存在两种或者以上核素同时于核医学工作场所使用诊疗的情况。

1.3 ³²P 诊疗过程辐射水平影响预测

核素 ³²P 释放的 β 射线的能量为 1.711MeV，在人体组织中的射程为 0.7cm，在空气中也很容易被物质阻挡，不会对周围环境产生明显影响，基本可以忽略。³²P 每人最大用量 10mCi，根据式 11-5，计算 ³²P 周围韧致辐射剂量率如下表所示：

表11-5 距 ³²P 不同距离处韧致辐射剂量率 μGy/h

距离 核素	0.05m	0.2m	0.5m	1m	2m	3m
³² P (10mCi)	227.26	56.81	2.27	0.57	0.14	0.06

由上表可知，距10mCi ³²P 1m 以外剂量率低于 2.5μGy/h 控制目标，3m处 γ 辐射剂量率降至 0.06μGy/h，对周围环境已没有显著影响。

2、年有效剂量估算

剂量估算公式：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：

$$H_{E-X, \gamma} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-3} (mSv) \dots\dots\dots (11-6)$$

公式中： $H_{E-X, \gamma}$ ——X、γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；
 D_r ——X、γ 射线空气吸收剂量率，μSv/h；
 t ——X、γ 射线照射时间，h/a；

0.7——剂量换算系数，Sv/Gy。

2.1 核医学科所致剂量估算

核医学科工作人员受到的附加剂量主要来源分装、注射药品时的外照射以及摄入放射性物质引起的内照射；非放射性工作人员以及公众、家属主要受到来自注射病人的外照射影响。具体的受照剂量应结合个人剂量监测和内照射剂量进行估算。

1、¹²⁵I 粒籽植入所致剂量估算

本项目 ¹²⁵I 粒籽源植入治疗共有 2 名工作人员，¹²⁵I 粒子由厂家完成分装和消毒，根据院方提供数据，¹²⁵I 粒籽植入的治疗过程中医护人员近距离接触包括取药、植入粒籽等，时间约为 20min。一年最多接诊 400 人，则近距离接触时间为 133h，手术医师手术过程中均穿不低于 0.25mmPb 铅衣操作，手术过程医生操作位剂量率 8.8×10^{-4} mSv，居留因子取 1，则手术医生的年有效剂量为 8.8×10^{-4} mSv \times 133h=0.117mSv/a

2、⁹⁰Sr 皮肤敷贴器所致剂量估算

使用 ⁹⁰Sr 敷贴器过程中，职业人员取送敷贴器、敷贴操作过程约 2min/例，年最大治疗人数 50 人，则取送敷贴器时间为 1.7h/a。取送敷贴器过程中手部受照剂量率为 118.7 μ Gy/h，身体受照剂量率为 3.47 μ Gy/h，医生停留因子取 1，则医生手指年当量剂量为 $0.7 \times 118.7 \times 1.7 \times 1 \div 1000 = 0.14$ mSv/a；身体年有效剂量为 $0.7 \times 3.47 \times 1.7 \times 1 \div 1000 = 0.004$ mSv/a。

3、³²P 导致剂量估算

³²P 分装在核医学科分装柜内进行，分装柜本身具有必要的屏蔽措施，在工作人员的工作位上的辐射剂量率为 1 μ Gy/h 以下。在正常的情况下，工作人员每日与源接触的时间为 3 分钟，以人均年接触 50 天计算，分装工作人员所受年照射量很小。使用 ³²P 过程中，职业人员进行取药和注射，取药过程约 10s、注射过程约 30s/例，年最大治疗人数 100 人，则取药、注射时间共计为 1.1h/a，则工作人员手部所受年有效剂量为 $0.7 \times 227.2 \times 1.1 \times 10^{-3} = 0.175$ mSv/a，身体年有效剂量为 $0.7 \times 0.57 \times 1.1 \times 1 \div 1000 = 4.38 \times 10^{-4}$ mSv/a。

核医学科具体对放射工作人员以及非放射工作人员、公众所造成的附加年有效剂量见表 11-6。

表 11-6 核医学科附加年有效剂量估算表

职业人群	工况	年受照射 时间(h)	居留因 子 T	操作位剂量率 (uGy/h)	年有效剂量当量
¹²⁵ I 粒子植入医生	植入	133	1	8.8×10 ⁻⁴ mSv	0.117 mSv
¹²⁵ I 粒子验收人员	验收	8	1	8.8×10 ⁻⁴ mSv	0.007mSv
⁹⁰ Sr 敷贴器	敷贴	1.7	1	手指为 118.7 uGy/h, 身体为 3.47 uGy/h	手指为 0.14mSv, 全身为 0.004mSv
³² P	注射、 取药	1.1	1	手指为 227.2 uGy/h, 身体为 0.57 uGy/h	手指为 0.175mSv, 全身=0.0004 mSv
公众	--	--	1/16	--	≈0

小结: 由上表可知, 在穿戴好防护用品的情况下, 本项目核医学工作场所 ³²P 注射人员手指年当量剂量最大值为 0.175mSv, 远小于国家标准限值 (500mSv/a), ¹²⁵I 粒子植入医生全身年剂量水平最高为 0.117mSv, 小于评价目标管理值 (4mSv/a), 公众所受剂量接近于零, 小于评价目标管理值 (0.1mSv/a)。所以, 本项目放射工作人员和公众受照剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定限值要求, 也符合本报告提出的管理限值的要求。

放射性“三废”

1、放射性废水收集和贮存系统

放射性废水来源主要为清洗医疗器械的废水、病人呕吐物、排泄物等, 注射室、病房均设计有病人专用卫生间, 通过专用下水道收集废水于三级衰变池中, 流入每个池的废水采用下进上出。第三级废水池的废水由其上部流出, 流入医院总污水处理站。第三级废水池排出管道口为取样口, 用于采用检测。废水经至少贮存核素中最长半衰期的 10 倍半衰期后方可排入医院总废水站处理。医院已在 DS-CT 机房南侧设置了三级衰变池, 每个衰变池有效容积为 12m³, 采用混凝土结构, 水泥砂浆掺 5%的防水剂, 各墙厚、底板应采用 200mm 混凝土结构。原有核医学科年共计产生废水量为 7.2m³, 本次新增项目主要为 ³²P 患者呕吐物、沾有放射性污染的各种器械、地面、台面和工作人员手清洗时产生的废水, ³²P 患者注射或服药, 观察无异常后即可出院, 因此废水产生量较小, 年产生量约 2m³, 因此医院核医学科每年合计产生废水 9.2 m³, 医院三级衰变池总容量为

36m³，能满足废水存放十个半衰期的要求，通过采取以上污染防治措施后，核医学科废水对水环境影响较小。

2、放射源和放射性固体废物的收集与贮存处置

核医学科⁹⁰Sr-⁹⁰Y 皮肤敷贴治疗产生的废⁹⁰Sr 源交由厂家回收，核医学科放射性固体废物包括一次性手套、一次性口罩、分液用杯子、一次性杯子、原液用完后的安瓿瓶、衬于托盘内的吸水纸、分装柜的废活性炭、各种器皿工具以及去除放射性污染用的废弃物年产生量约 4 千克。

放射性固体废物的收集与贮存处置：放射性液体的分装、注射、口服过程中产生的放射性固体废物，及时分类收集于内衬厚而结实的塑料袋扎严，谨防针头、碎玻璃等物刺破塑料袋，袋外所粘贴签上注明放射性核素名称、入库日期等，妥善无误后登记入库，本次评价要求医院新增 2 个容积为 0.5m×0.5m×0.5m、5mmPb 放射性废物箱用于贮存放射性固体废物。放置时间要求至少达核素的 10 倍半衰期后，方可作一般医疗废物处理。对于各核素混装的固体废物应以半衰期最长的核素来计算贮存期。

经采取以上措施后，医院储源室各屏蔽墙厚度以及放射性废物箱容积能够满足核医学科日常工作需要，达到了辐射防护要求。

事故影响分析

1、事故影响

(1) ¹²⁵I 粒子植入项目

- (1) 粒籽源破意外破裂，造成放射性污染，产生放射性固体废物；
- (2) 粒籽源植入患者后，意外排出体外，造成人员受照；
- (3) 管理不善，粒籽源失窃，操作过程中遗落，造成人员受照；
- (4) 由于管理不善，放射性废物未经足够时间的衰变排放，对环境和公众造成一定危害；

(5) 被植入患者管理不当，患者体内放射性活度尚未衰减到较低水平而到公共场所活动，造成公众受照。

(2) ⁹⁰Sr 和 ³²P 的主要事故影响

- (1) 操作失误、误操作，导致核素倾洒，造成放射性表面污染；
- (2) 管理不善，发生核素丢失，造成人员受照事故；

(3) 由于管理不善，放射性废物未经足够时间的衰变排放，对环境和公众造成一定危害；

(4) 核素运输过程药物丢失，造成人员受照事故；

2、防范措施

(1) ^{125}I 粒子植入项目

1) 制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好使用登记工作。

2) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作。

3) 由于粒子源的体积较小，不易察觉，为防止粒子源在操作过程中遗落，医院在开展 ^{125}I 粒子植入项目前必须配备辐射剂量率检测仪器，每次粒子植入前、植入过程中及植入后必须清点粒子源数量，若发现掉落或遗漏，必须封锁现场，限制人员进出，使用辐射监测仪器对工作场所进行检测，找出掉落或遗漏在工作场所的粒子源。进行粒子源操作后，应使用辐射监测仪器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，确认无粒子源遗漏在工作场所。剩余或废弃粒子储存在供应商提供的铅罐内，由粒子源供应商回收。

4) 加强对植入粒籽源患者的管理，在不影响诊断和治疗的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对出院的有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公共场所去活动，并避免与家人近距离密切接触。

5) 加强放射性废物的管理，对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性废物经足够长的时候衰变后，方可排放或者按照免管废物处理。

(2) ^{90}Sr 敷贴治疗和 ^{32}P 应用

1) 制定和完善放射性源、放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全，储源室应设置防盗门、防盗窗及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

2) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物洒漏事故的发生。

3) 加强放射性废物的管理，对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废

物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性固废经十个半衰期的衰变后，方可按照免管废物处理。

(3) 偷盗、丢失事件的处理

- 1) 确认偷盗、丢失事件的发生。
- 2) 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。
- 3) 及时向环保、卫生部门报告，积极配合公安部门的调查。
- 4) 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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全领导小组

为保证项目建设期和运营期的辐射防护措施的落实情况，医院成立了以法人代表为主任的放射防护委员会，负责全院的辐射安全管理、培训、检查、防护设施巡查的管理工作（见附件 3）。

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

2、辐射工作人员的配置及培训情况

本院已开展射线装置诊断项目多年，具备一定放射诊疗技术水平，医院现有放射性工作人员 54 人，均经过放射防护知识培训并取得了《放射工作人员证》，部分放射工作人员证见附件 21，放射性工作人员数量能够满足日常治疗工作的开展需求。

医院拟新增 2 名医务人员开展 ^{125}I 粒子植入，拟增 2 名医务人员开展 ^{90}Sr 敷贴治疗和使用 ^{32}P ，医院应组织新增医务人员参加环保部门认可的辐射防护知识培训，并取得合格证，取得培训合格证的人员，医院应每四年组织一次复训。此外，医院应对新增医务人员进行健康体检，经健康体检合格并取得辐射安全培训合格证后才能上岗，以保证新建项目的正常进行。

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制定了以下管理制度：

- 1、放射源应急制度
- 2、敷贴器安全操作规程
- 3、SPECT 室工作制度
- 4、放射源丢失事故处理措施及流程
- 5、螺旋 CT 管理制度
- 6、X 线机操作及保养制度
- 7、射线装置安全操作规程
- 8、乳腺机操作规程
- 9、摄片机操作规程
- 10、辐射安全防护和管理制度
- 11、后装机操作程序
- 12、放射性废物、废气、废液的管理制度
- 13、影像科工作管理制度
- 14、辐射安全防护管理制度
- 15、仪器设备保养维修制度

以上制度见附件 4~附件 18，医院核医学 DS-CT 中心、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 治疗尚未投入使用，未制定相关制度，医院应补充制定相关的操作规程及管理制度，并在开展 ^{125}I 、 ^{90}Sr 敷贴治疗和 ^{32}P 治疗前应制定相关的操作规程及安全管理制度。此外医院还应补充制定日常辐射监测方案、放射工作人员岗位职责等制度，并从以下几个方面加强管理：

1、医院应制定放射源和放射性核素管理办法，放射性核素的贮存由专人负责，贮源室安装防盗门，设置监控系统，实行双人双锁管理、设置辐射警示标示。项目开展后，医院必须严格执行放射性核素出入库登记制度，建立核素使用管理账目，内容包括：编号、数目、购源日期、到科日期、手术时间，并认真做好每一批核素的采购、使用情况。

2、医院加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；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，经环境保护主管部门检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

3、在本项目运行前，各项规章制度、操作规程必须张贴上墙明示；所有的辐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。

4、为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，医院应培养和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，医院应对本项目的辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

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

辐射监测

1、原有辐射监测执行情况

(1) 个人剂量监测

医院为每名放射性工作人员配备了个人剂量计，放射性工作人员个人剂量监测工作已经委托湖南省职业病防治院，按照每 3 个月进行 1 次监测。

(2) 放射性工作人员健康检查

医院建立了放射性工作人员上岗前、在岗期间、离岗时和应急的健康检查制度。按照规定，每年对医院放射性工作人员进行了一次健康检查。

(3) 个人剂量与个人健康档案

医院为放射性工作人员建立了个人剂量监测档案，由放射工作人员所在部门统一管理，同时建立放射性工作人员个人健康档案。

(4) 个人剂量及个人健康检查情况

根据医院提供的最新个人剂量检测报告（附件 19）表明：放射性工作人员个人剂量低于相关标准限值要求，无超标情况。

根据医院提供的 2015 年个人健康检测报告（附件 20），发现 8 人血常规出现异常，医院于 2015 年 9 月 23 日对体检异常人员进行了复查，复查后结果为正常（见附件 22），可以继续从事放射性工作。

2、本次辐射监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照个人监测规范》（GBZ128-2002）等要求，须对个人剂量、诊疗设备、工作场所进行监测。该院射线装置以及放射工作场所，对环境是一潜在的危险辐射源，必须加强管理，认真做好工作场所的辐射安全防护工作，定期由具有放射性检测资质的单位实施监测。根据医院的实际情况，主要监测内容为电离辐射的监测。

（1）个人剂量监测

医院需对放射工作人员开展个人剂量监测，监测工作要委托具有相应资质的放射防护技术服务机构承担，个人剂量常规监测周期最长不超过 3 个月，医院需配合委托单位及时收发个人剂量卡。个人剂量监测档案包括放射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。对放射性工作人员个人剂量档案、个人健康档案的保管，要求终身保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。

（2）工作场所和周围环境监测

对于各机房、控制室以及开放放射性工作场所，医院需对设备工作场所及周围环境辐射水平每年进行一次监测，同时，设备在大修或更换关键组件时 also 需进行监测，以确保放射工作人员和公众的辐射安全。监测工作需要按照主管部门的要求，请有监测资质的单位监测。

（3）防护性能监测

在设备初次投入使用或大修及更换关键组件时，需要委托有资质的单位进行设备防护性能检测，以保证符合有关标准的要求。在使用过程中，需要委托有资质的单位进行状态检测，检测频度为每年不少一次。

表 12-1 监测计划要求一览表

监测（检查）项目	具体内容	周期	备注
个人剂量	外照射剂量	每年度（三个月为一周期，一年监测四次）	X-γ
工作场所辐射水平	¹²⁵ I 粒子植入室和植入后病人休息室、核医学科储源室、分装室、注射室及 ⁹⁰ Sr 敷贴室和 ³² P 观察室	每年委托监测 1 次,每个月自主监测一次,核医学科每次操作完后	X-γ、β 表面污染
周围环境辐射水平	核医学科各用室和 DS-CT 机房及控制室、衰变池排放口总 β	核医学科各用室和 DS-CT 机房及控制室每年委托监测 1 次,衰变池排放口总 β 按实际情况定期监测	X-γ、β 表面污染
设备技术性能	DS-CT 机	每年委托监测 1 次,自检 1~2 次	---

辐射事故应急

医院已制订《辐射事故应急预案》，但不完善。本评价依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）第四十条、国家环保总局《关于建立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》（环发[2006]145 号）及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令 17 号）的有关规定，建议单位辐射事故应急预案完善如下：

1、事故应急措施的基本任务为：

(1) 立即组织营救受害人员，组织撤离或者采取其他措施保护危害区域的其他人员；

(2) 迅速控制事态，并对事故造成的危害进行监测，确定事故的危害区域、危害性质及危害程度；

(3) 消除危害后果，做好现场恢复；

(4) 查清事故原因，评估危害程度。

2、发生事故后，立即启动辐射事故应急方案。发生一般事故后，立即封锁现场，迅速查明事故原因，凡能通过切断事故源等处理措施而消除事故的，则以自救为主；发生严重事故后，立即封锁现场，迅速安排受照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治；组织有关人员携带仪器设备赶赴现场进行检测，核实事故情况，估算受照剂量、污染范围和程度，判定事故类型级别，提出控制措施和方案。

3、发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要的应急措施，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门、公安部门和卫生主管部门报告。视事故具体情况，向上级相关管理部门报告。具体辐射事故分级处理和报告制度应严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《关于建立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》（国家环境保护总局、公安部、卫生部 环发[2006]145号）的相关要求，此处不再赘述。

4、在事故处理过程中，处理事故的应急人员应佩戴个人剂量计。为制止事故的扩大或进行抢救、抢修处理事故的应急人员接受超过正常剂量当量限值的应急照射，按照 GB 18871-2002 的规定，一次应急事件全身照射的剂量不应超过职业人员最大单一年份剂量限值的10倍。

5、定期进行事故应急演练，对演练效果作出评价，提交演练报告，说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，进行整改。

采取以上风险防范措施，严格按照相关法律法规的要求进行管理，定期演习辐射事故应急预案，对发现的问题及时进行整改，可使该项目环境风险影响降至最低。

环境保护验收一览表

项目	项目内容	验收内容	执行标准	完成时间
主体工程	核医学科各用房墙体、防护门	核医学科各用房防护屏蔽体外 30cm 处空气比释动能率 < 2.5 μ Gy/h。	GB18871-2002	设备运行时
警示装置	警示标识工作状态指示灯	核医学科各功能用房防护门上均贴辐射警示标志， ¹²⁵ I 植入病人专用病房外贴辐射警示标志	GBZ130-2013	设备运行时
放射性废水	衰变池	衰变池：有效容积满足 10 个半衰期要求，并做到防渗、防漏、防腐；在衰变池总排口设置标准采样口，总 β 放射性 < 10Bq/L。	GB18466-2005	运行时
放射性固体废物	废物包装盒有废物处理台账、固体废物箱	废物包装盒外表面： β < 0.4 Bq/cm ² ，有废物处理台账。	GBZ133-2009	运行时
储源室	各类辐射防护、防盗措施	贮存室内配备保险柜、防盗门、安装监控系统，实行双人双锁管理		运行前
防护用品	个人防护用品	按报告中表 10-4 要求落实，满足防护要求		设备运行时
管理制度与措施	管理机构和具体制度	成立了管理机构，制定的辐射防护相关制度内容切实可行，具有可操作性。每台/每种设备都有操作规程，各类制度上墙等。		设备运行时

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

怀化市第二人民医院位于怀化市芦林路五溪文化广场对面，医院拟在现有核医学科开展 ^{125}I 粒子植入，新增使用核素 ^{32}P 用于治疗血液病，使用 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ 皮肤敷贴器 1 台用于治疗皮肤疤痕，经采取相应辐射屏蔽措施后，该项目运行时对工作人员以及周围公众所造成的最大附加辐射剂量低于本报告相应的年剂量管理目标值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员和公众个人剂量限值的规定。

2、选址可行性

医院在现有核医学科开展 ^{125}I 粒子植入，新增使用核素，不新建房屋，项目营运期产生的电离辐射、废水、废气、固体废物等均得到有效治理，做到达标排放，对环境的影响小，从环境保护角度分析，项目选址可行。

3、布局合理性

本项目平面布局便于工作人员及病人的辐射防护工作及就医流程的简化，对控制区、监督区布置进行了设计，较好地满足了乙级非密封放射性物质工作场所布局要求，本项目放射诊断、诊疗项目分区明确，从环境保护角度分析，医院放射工作场所布局可行。

4、剂量估算

本项目核医学工作场所 ^{32}P 注射人员手指年当量剂量最大为 0.175mSv ，远小于国家标准限值（ 500mSv/a ）， ^{125}I 粒子植入医生全身年剂量水平最高为 0.117mSv ， ^{32}P 注射人员全身年剂量为 0.0004mSv ， ^{90}Sr 敷贴操作人员全身年剂量为 0.004mSv ，均小于评价目标管理值（ 4mSv/a ），公众所受剂量接近于零，小于评价目标管理值（ 0.1mSv/a ），因此，本项目放射工作人员和公众受照剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定限值要求，也符合本报告提出的管理限值的要求。

5、废水、废气、固废

核医学科分装柜上方安装抽风系统，通风量能保证在通风柜半开条件下风速不小于 1m/s ，并连接管道直至楼顶，排放口放置活性炭；衰变池的池壁能够防

渗、防漏，容量能满足 10 倍半衰期的要求；放射性固废槽壁能防腐防渗，固废放置时间达核素的 10 个半衰期后，作普通医疗废物按相关规定处理。

6、辐射与环境保护管理

医院成立了以主要负责人为组长的放射防护安全管理机构，制定了射线装置管理制度、事故管理制度、安全操作规程以及工作人员责任制度等相应的制度和规程，基本能满足日常工作要求，新增项目开展前，医院应补充其操作规程及安全管理制度。

7、个人剂量监测和防护用品配备

医院已组织现有放射工作人员进行了个人剂量监测、职业健康监护检查和防护知识培训，建立了相应的档案。新增项目建成运行后，医院应按报告表中提出的要求增加个人防护用品以满足辐射工作需要。

8、本项目的建设对保障健康、拯救生命起着十分重要的作用。项目营运以后，将为病人提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的实施对受照个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

综上所述，怀化市第二人民医院核技术利用扩建项目实施符合相关标准中的有关规定，因此，医院认真贯彻落实本报告表中提到的环保措施后，从环境保护、辐射防护角度考虑，该项目的开展是可行的。

建议

1、按照本报告表验收一览表的要求配备个人防护用品和辅助防护设施。加强对受检者非投照部位的防护，并对必要的陪护人员进行防护。

2、在醒目位置公布放射性污染防治的规章制度、操作规程、辐射事故应急预案等；做好自主监测，并做好监测记录。

3、补充完善各个设备的操作规程，加强对辐射工作人员的管理，组织辐射工作人员定期进行职业健康体检，严格按照职业健康监护检查的结果，对于需要调离和暂时脱离辐射工作岗位的工作人员进行相应安排；每年按期接受个人剂量监测，并正确佩戴个人剂量计；医院所有辐射负责人员定期在环保部门认可的培

训单位进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训。建立的个人剂量档案与健康监护档案应终生保存，并按照职业健康监护检查结果及建议对辐射工作人员进行相应的安排。

4、定期对放射诊疗的各项辐射安全措施（如辐射安全联锁、警示标识、监视、对讲系统）进行检查，保证其能正常运行或有效，从而减小辐射事故的发生概率。

5、医院在取得本次环评报告批复文件后，及时向省环保厅申请办理《辐射安全许可证》。

6、及时更新，并根据实际情况修订预防辐射事故措施及应急处理预案。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人:

公章:

年 月 日

审批意见:

经办人:

公章:

年 月 日