

# 株洲汇加肿瘤专科医院核技术利用新建项目

## 环境影响报告表

建设单位名称：湖南汇加医疗科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：马斌

通讯地址：湖南省株洲市天元区黑龙江路581号

邮政编码：412000

联系人：聂荣彪

电子邮箱：Bangongshi2@hnhuijia.net 联系电话：18073355980



# 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	4
表 3 非密封放射性物质 .....	4
表 4 射线装置 .....	5
表 5 废弃物.....	6
表 6 评价依据 .....	7
表 7 保护目标与评价标准.....	9
表 8 环境质量和辐射现状.....	14
表 9 项目工程分析与源项.....	16
表 10 辐射安全与防护 .....	24
表 11 环境影响分析.....	30
表 12 辐射安全管理.....	42
表 13 结论与建议.....	49
表 14 审批.....	52

## 附图附件

### 附件

附件 1: 委托书

附件 2: 《湖南汇加医疗科技有限公司关于成立辐射安全防护管理小组的通知》

附件 3: 辐射安全管理制度

附件 4: 辐射应急预案

### 附图

附图 1: 项目地理位置示意图

附图 2: 外环境关系示意图

附图 3: 医院附属楼 1F 平面布局图

附图 4: 医院主楼 9F 平面布局图

附图 5: 现场照片

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		株洲汇加肿瘤专科医院核技术利用新建项目				
建设单位		湖南汇加医疗科技有限公司				
法人代表	马斌	联系人	聂荣彪	联系电话	18073355980	
注册地址	湖南省株洲市天元区栗雨工业园区 45 区黑龙江路 581 号汇加节能门窗配件中心大楼 1001					
项目建设地点	湖南省株洲市天元区黑龙江路 581 号					
立项审批部门	-		批准文号	-		
建设项目总投资 (万元)	2200	项目环保投资 (万元)	150	环保投资比例	6.82%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m <sup>2</sup> )		
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 checked="" 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 checked="" 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 type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他	-				
	<p><b>(一) 建设单位概况</b></p> <p>湖南汇加实业有限公司响应国家支持社会力量提供多层次多样化医疗服务的号召，拟引进以加拿大家庭医生为轴心的先进诊疗系统，创建以社区门诊家庭医生为基础的分层诊疗系统等，进一步满足天元区人民群众医疗需求，推动区域医疗卫生实业发展。</p> <p>湖南汇加实业有限公司、湖南天易集团有限公司、加拿大白求恩医学发展协会（外资）、加拿大睿康医疗中心（外资）拟合资共建株洲汇加肿瘤专科医院。湖南汇加医疗科技有限公司为湖南汇加实业有限公司和加拿大白求恩医学发展协会（外资）合资成立的，成立于 2018 年，负责株洲汇加肿瘤专科医院前期筹备工作。</p> <p>株洲汇加肿瘤专科医院位于湖南省株洲市天元区黑龙江路 581 号，成立的目的是为了配合《健康中国 2030 规划纲要》的贯彻落实，全面提高株洲及周边群众整体健康水平，加快推进健康株洲建设，优化多元办医格局，提升全市乃至全省的医疗卫生水平。</p>					

株洲汇加肿瘤专科医院拟引进加拿大高水平的医疗技术团队和高精尖的医疗设备，以国际领先的肿瘤诊疗理念，为株洲市患者提供高水平、个性化的诊疗服务。医院拟设置肿瘤科（含肿瘤内科、放射治疗科、中西医结合科）、肿瘤外科（含头颈肿瘤科、妇瘤科）、急诊室等科室；全院预计职工约 106 人。

## （二）项目由来

为了开辟新的治疗手段，提高医院服务质量及服务水平，满足广大患者就医的需要，株洲汇加肿瘤专科医院拟引入 1 台 DSA、1 台 PET-CT，建设 1 个丙级非密封源工作场所，使用  $^{18}\text{F}$  开展 PET-CT 显像。

由于本项目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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，株洲汇加肿瘤专科医院核技术利用新建项目应进行辐射环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。为此，湖南汇加医疗科技有限公司委托核工业二三〇研究所对该项目进行辐射环境影响评价（见附件 1）。接到委托后，我单位组织专业技术人员于对现场进行了调查、监测和资料收集工作，编制完成了《株洲汇加肿瘤专科医院核技术利用新建项目环境影响报告表》。

## （三）项目建设规模

- 1.项目名称：株洲汇加肿瘤专科医院核技术利用新建项目。
- 2.建设单位：湖南汇加医疗科技有限公司。
- 3.建设地点：湖南省株洲市天元区黑龙江路 581 号。
- 4.建设内容：新增 1 台 DSA、1 台 PET-CT，使用  $^{18}\text{F}$  开展 PET-CT 显像，设 1 个丙级非密封源工作场所。本项目射线装置信息见表 1-1：

**表 1-1 本项目射线装置信息一览表**

序号	设备	型号	最大管电压	最大管电流	使用位置
1	PET-CT	GE Discovery 710	140kV	600mA	附属一楼核医学科
2	DSA	待定	125kV	1000mA	主楼九楼介入手术室

项目 PET-CT 使用  $^{18}\text{F}$  用于显像，根据药物的使用情况，本项目设 1 个丙级非密封源工作场所，详见表 1-2：

**表 1-2 本项目非密封源工作场所一览表**

核素名称	工作场所	治疗人数	每人每次最大用药量	实际日最大操作量	日等效最大操作量	年最大使用量	工作场所等级
<sup>18</sup> F	PET-CT 显像	20 人/d; 6000 人/a	3.70×10 <sup>8</sup> Bq (即 10mCi)	7.4×10 <sup>9</sup> Bq (即 200mCi)	7.4×10 <sup>6</sup> Bq	2.22×10 <sup>12</sup> Bq (即 60Ci)	丙级

项目 PET-CT 有 1 枚 <sup>68</sup>Ge 校准源，详情见下表：

**表 1-3 密封源使用情况一览表**

核素名称	工作场所	数量	活度	类别	备注
<sup>68</sup> Ge	一楼核医学科	1 枚	1.5mCi (5.5×10 <sup>7</sup> Bq)	V 类源	校准源

**(四) 周边环境概况**

本项目位于湖南省株洲市天元区黑龙江路 581 号，医院东侧为汇加办公楼，东南侧为汇加家属楼、南侧为汇加节能门窗配件中心厂房、西侧为粟雨工业园厂房、北侧为经世龙城小区。本项目核医学科位于医院附属楼一楼，DSA 位于主楼九楼，本项目辐射工作场所周边环境概况见下表：

**表 1-4 项目辐射工作场所周边环境概况**

位置	核医学科	DSA 机房
楼上	内窥镜中心	办公室
楼下	-	病房
东	外墙	操作间
南	楼梯间、电梯间、生活垃圾暂存间	外墙
西	外墙	楼梯间
北	PET-CT 操作室	手术区走廊

本项目地理位置见附图 1、周边环境情况见附图 2、附属楼一楼平面布置见附图 3、主楼九楼平面布置附图 4。

**(五) 产业政策符合性**

根据《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》（2013 年 2 月 16 日国家发展改革委第 21 号令），本项目使用的同位素属于“鼓励类”中“六、核能中的 6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”，本项目使用的射线装置属于“鼓励类”中“第十三项、医药中 6、新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及机械、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、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”，因此，本项目属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

**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	<sup>68</sup> Ge	$5.5 \times 10^7 / 5.5 \times 10^7 \times 1$	V	使用	校准	一楼核医学科	储源间	
-	-	-	-	-	-	-	-	-

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	贮存方式和地点
1	<sup>18</sup> F	液体，低毒，半衰期 109.7min	使用	$7.4 \times 10^9$	$7.4 \times 10^6$	$2.22 \times 10^{12}$	显像	很简单	核医学科	核医学科贮源间铅罐中
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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
1	PET-CT	III类	1	GE Discovery 710	140	600	检查	一楼核医学科	
2	DSA	II类	1	待定	125	1000	检查	九楼介入手术室	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(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 ( $\mu$ A)	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**

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
退役 <sup>68</sup> Ge 源	固态	<sup>68</sup> Ge	-	-	-	-	退役后暂存于储源柜内的铅罐内	由供源单位回收
放射性固体废物	固态	<sup>18</sup> F	-	-	-	-	收集后，存放于废物暂存间专用衰变箱内	存放 24h 后，作为普通医疗废物处理
放射性废水	液态	<sup>18</sup> F	-	-	-	-	贮存于衰变池	存放 10 个半衰期后排入医院污水处理站，再排入城市污水管网
气载放射性废物	气态	<sup>18</sup> F	-	-	-	-	-	活性炭吸附后经专用通风管道引至楼顶排放
-	-	-	-	-	-	-	-	-

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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

**表 6 评价依据**

法规文件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订, 2015 年 1 月 1 日施行);</li> <li>2. 《中华人民共和国环境影响评价法》(2016 年修订, 2016 年 9 月 1 日施行);</li> <li>3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年颁布, 2003 年 10 月 1 日施行);</li> <li>4. 《建设项目环境保护管理条例》(国务院第 682 号令, 2017 年 6 月 21 日修订, 2017 年 10 月 1 日起实施);</li> <li>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 日修正);</li> <li>6. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环保部令第 44 号, 2018 年 4 月 28 日修订公布, 自公布之日起实施);</li> <li>7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环保部令第 3 号, 2008 年 11 月 21 日修订, 自公布之日起实施);</li> <li>8. 《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, 2011 年 5 月 1 日起实施);</li> <li>9. 《射线装置分类办法》(环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日);</li> <li>10. 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430 号, 2016 年 3 月 7 日);</li> <li>11. 《放射工作人员职业健康管理辦法》(卫生部令第 55 号, 2007 年 11 月 1 日起施行);</li> <li>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》(环发[2006]145 号, 2006 年 9 月 26 日);</li> <li>13. 《关于发布&lt;放射性废物分类&gt;的公告》(环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号);</li> <li>14. 《放射性废物安全管理条例》(国务院令第 612 号, 2012 年 3 月 1 日起实施);</li> </ol>
------	---

	<p>15. 《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》（2013 年 5 月 1 日起实施）。</p>
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</li> <li>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》（HJ10.1-2016）；</li> <li>3. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</li> <li>4. 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；</li> <li>5. 《放射工作人员健康要求》（GBZ98-2017）；</li> <li>6. 《辐射环境监测技术规范》（HG/T61-2001）；</li> <li>7. 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</li> <li>8. 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）；</li> <li>9. 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）；</li> <li>10. 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；</li> <li>11. 《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）；</li> <li>12. 《临床核医学的患者防护与质量控制规范》（GB16361-2012）；</li> <li>13. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）；</li> <li>14. 《医院污水处理工程技术规范》（HJ2029-2013）；</li> <li>15. 《临床核医学患者防护要求》（WS533-2017）；</li> <li>16. 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）。</li> </ol>
<p>其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建设单位提供的其他资料。</li> </ol>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 评价范围

根据《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》（HJ10.1-2016）中的相关规定，“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实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”。根据本项目特点，以射线装置机房以及非密封源工作场所周围 50m 的区域为评价范围，项目评价范围见图 7-1。



图 7-1 项目评价范围示意图

### 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的公众。本项目环境保护目标见下表。

表 7-1 环境保护目标一览表

序号	保护目标		人数
1	职业人员	医院放射工作人员	10 人
2	公众	医院医护人员	约 106 人
		患者、其他公众	若干

## 评价标准

### (一) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

#### (1) 附录 B 剂量限值和标明污染控制水平

##### B1 剂量限值

##### B1.1 职业照射

##### B1.1.1 剂量限值

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

- a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

根据本核技术利用项目情况，本项目辐射工作人员年有效剂量管理目标值为 4mSv。

##### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量：1mSv；
- b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；
- d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

本项目中，公众接受的有效剂量管理目标值为 0.1mSv/a。

#### (2) 工作场所的放射性表面沾污控制水平

根据 GB18871-2002 规定，工作人员体表、内衣、工作服以及工作场所的设备、地面放射性污染控制遵循下表：

**表 7-2 工作场所的放射性表面沾污控制水平 (单位: Bq/m<sup>2</sup>)**

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4	4
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-1</sup>

### (3) 工作场所分区

根据 GB18871-2002 中 6.4 规定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

(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防止污染扩散, 并预防潜在照射或限制潜在照射范围。

(2) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定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。

(3) 制定职业防护与安全措施, 包括适用于控制区的规则与程序。

(4) 运用行政管理程序和实体屏蔽限制进出控制区。

(5) 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储存柜。

(6) 定期审查控制区的实际状况, 以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

#### 6.4.2 监督区

(1) 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区: 这种区域未被定位控制区, 在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施, 但需要经常对照职业照射条件进行监督和评价。

(2) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

(3) 定期审查该区的条件, 以确定是否有需要采取防护措施和做出安全规定, 或是否需要更改监督区的边界。

#### (4) 放射性工作场所的分级

根据 GB18871-2002 附录 C 给出了非密封源工作场所的分级标准，详见下表：

**表 7-3 非密封源工作场所分级**

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 $\sim 2 \times 10^7$

#### (二) 《医用 X 射线诊断放射防护标准》(GBZ130-2013)

##### 5. X 射线设备机房防护设施的技术要求

5.1 X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

5.2 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下表要求。

**表 7-4 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度**

设备类型	机房内最小有效使用面积 m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 m
CT 机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机 <sup>a</sup>	30	4.5
单管头 X 射线机 <sup>b</sup>	20	3.5
透视专用机 <sup>c</sup> 、碎石定位机、口腔 CT 卧位扫描	15	3
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口腔 CT 坐位扫描/站位扫描	5	2
口内牙片机	3	1.5

<sup>a</sup> 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。

<sup>b</sup> 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。

<sup>c</sup> 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。

##### 5.3 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 7-5 要求。

**表 7-5 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
介入 X 射线设备机	2	2
CT 机房	2（一般工作量） <sup>a</sup> 2.5（较大工作量） <sup>a</sup>	

<sup>a</sup> 按 GBZ/T 180 的要求。

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的

防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）室顶、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于下表基本种类要求的工作人员、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需要，对陪检者应至少配备铅防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低 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。

**表 7-6 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
CT 体层扫描 (隔室)	-	-	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	-
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。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### (一) 项目地理和场所位置

本项目位于湖南省株洲市天元区黑龙江路 581 号，医院东侧为汇加办公楼，东南侧为汇加家属楼、南侧为汇加节能门窗配件中心厂房、西侧为粟雨工业园厂房、北侧为经世龙城小区。本项目核医学科位于医院附属楼一楼，DSA 位于主楼九楼。

### (二) 辐射现状监测方案

为了解项目所在医院及其周围的辐射环境背景水平，根据《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993) 和《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 中有关布点原则，核工业二三〇研究所工作人员于 2018 年 11 月 22 日对项目场址进行了环境  $\gamma$  辐射本底测量。

监测因子：环境地表  $\gamma$  辐射剂量率。

监测点位：共设置 7 个监测点位，监测点位布置见图 8-1。



图 8-1 项目辐射环境背景监测布点示意图

监测日期：2018 年 11 月 22 日。

监测仪器：JB-4000 型 X- $\gamma$  辐射剂量率仪。

监测方法：采取  $\gamma$  外照射测量探头（探测器灵敏体积中心）距地面 1m 高度，每个测点读取 3 个数据求平均值。

质量保证措施：①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。③每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。④由专业人

员按操作规程操作仪器，并做好记录。⑤监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

### (三) 辐射现状监测结果

项目所在场址辐射环境背景监测结果见下表。

**表 8-1 项目所在场址本底监测结果一览表**

点位编号	监测点位位置	监测结果 (μGy/h)
1#	本项目所在建筑北侧	0.11
2#	本项目所在建筑西侧	0.12
3#	本项目所在建筑南侧	0.12
4#	本项目所在建筑东侧	0.10
5#	拟建核医学科位置	0.09
6#	拟建核医学科北侧	0.09
7#	拟建 DSA 位置	0.09

根据《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 年) 中辐射环境结果可知, 湖南省 X-γ 辐射空气吸收剂量率数据见下表。

**表 8-2 湖南省 X-γ 辐射空气吸收剂量率 (单位: nGy/h)**

监测项目	原野	道路	室内
γ 辐射平均值	70.2±16.1	65.9±18.3	106.2±20.7
范围	3 .9-117.3	34.6-103.6	60.4-154.1

根据以上对比可知, 项目所在场址的 X-γ 空气吸收剂量率处于湖南省天然本底辐射范围内, 无异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 工程设备和工艺分析

#### (一) 核医学科

本项目核医学科使用  $^{18}\text{F}$  药物开展 PET-CT 显像。

#### 1、 $^{18}\text{F}$ 的特性

$^{18}\text{F}$  的半衰期为 109.8min，衰变类型为  $\beta^+$ 衰变，电子俘获 (EC)，主要射线为 511KeV 的  $\gamma$  光子，最大正电子能量为 633KeV，平均正电子能量为 203KeV。

本项目使用的放射性药物为  $^{18}\text{F}$ -FDG (氟代脱氧葡萄糖)，其完整的化学名称为 2-氟-2-脱氧-D-葡萄糖，通常简称为 FDG。葡萄糖是人体三大能源物质之一，将可以被 PET 探测并形成影像的正电子核素  $^{18}\text{F}$  标记在葡萄糖上，即  $^{18}\text{F}$ -FDG，它可准确反映体内器官/组织的葡萄糖代谢水平，是目前 PET-CT 显像的主要显像剂。恶性肿瘤细胞由于代谢旺盛，导致对葡萄糖的需求增加，因此静脉注射  $^{18}\text{F}$ -FDG 后，大多数肿瘤病灶会表现为对  $^{18}\text{F}$ -FDG 的高摄取，通过 PET-CT 显像可早期发现全身肿瘤原发及转移病灶，准确判断其良、恶性，从而正确指导临床治疗决策。此外，通过对心肌、脑组织的  $^{18}\text{F}$ -FDG 糖代谢功能测定，可早期发现和诊断存活心肌和脑功能性病变，干预疾病的发生发展，达到早期防治目的。

#### 2、PET-CT 工作原理

PET 是正电子发射断层显像 (Positron Emission Tomography) 的英文缩写。它作为一种先进的核医学影像手段，对于功能、代谢和受体分布等的显示具有优势，被称为“生化显像”或“分子成像”，利用核素示踪原理，在分子水平上，通过动态、定量的监测人体内部的生化变化来观察其功能状态，显示人体器官组织正常或病变。其临床显像过程为：将发射正电子的放射性核素标记到能够参与人体组织血流或代谢过程的化合物上，将标有带正电子化合物的放射性核素注射到受检者体内。让受检者在 PET 的有效视野范围内进行 PET 显像。

CT 是计算机断层 X 射线摄影技术 (Computed Tomography) 的简称，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的断层平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的

相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

PET 在成像过程中由于受多种因素的影响，采集的数据与实际情况并不一致，图像质量失真，必须采用有效措施进行校正，才能得到更真实的医学影像。用 CT 图像对 PET 进行衰减校正，使 PET 图像的清晰度大为提高，图像质量明显优于同位素穿透源校正的效果，且易于操作。校正后的 PET 图像与 CT 图像进行融合，经信息互补后得到更多的解剖结构和生理功能关系的信息。对于肿瘤病人手术和放射治疗定位具有极其重要的临床意义。PET-CT 同机融合具有相同的定位坐标系统，病人扫描时不必改变位置，即可进行 PET-CT 同机采集，避免了由于病人移位所造成的误差。采集后两种图像不必进行对位、转换及配准，计算机图像融合软件便可方便地进行 2D、3D 的精确融合，融合后的图像同时显示出人体解剖结构和器官的代谢活动，大大简化了整个图像融合过程中的技术难度、避免了复杂的标记方法和采集后的大量运算，并在一定程度上解决了时间、空间的配准问题，图像可靠性大大提高。

### 3、工作流程

核医学科工作流程及产污节点见下图：

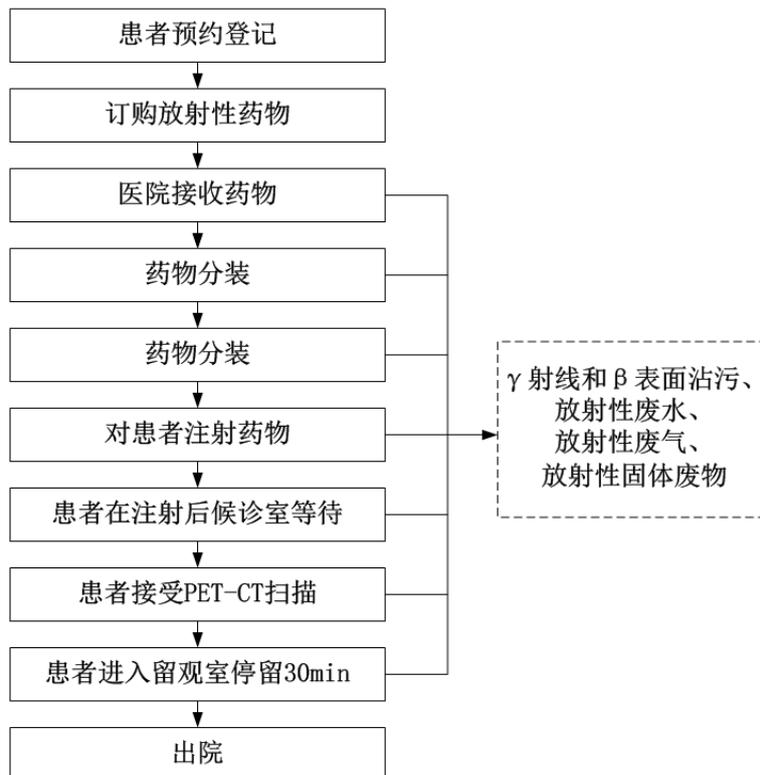


图 9-1 核医学科工作流程及产污节点示意图

#### 4、核医学科工作场所人流、物流组织

本项目核医学科工作场所人流、物流组织见下图：

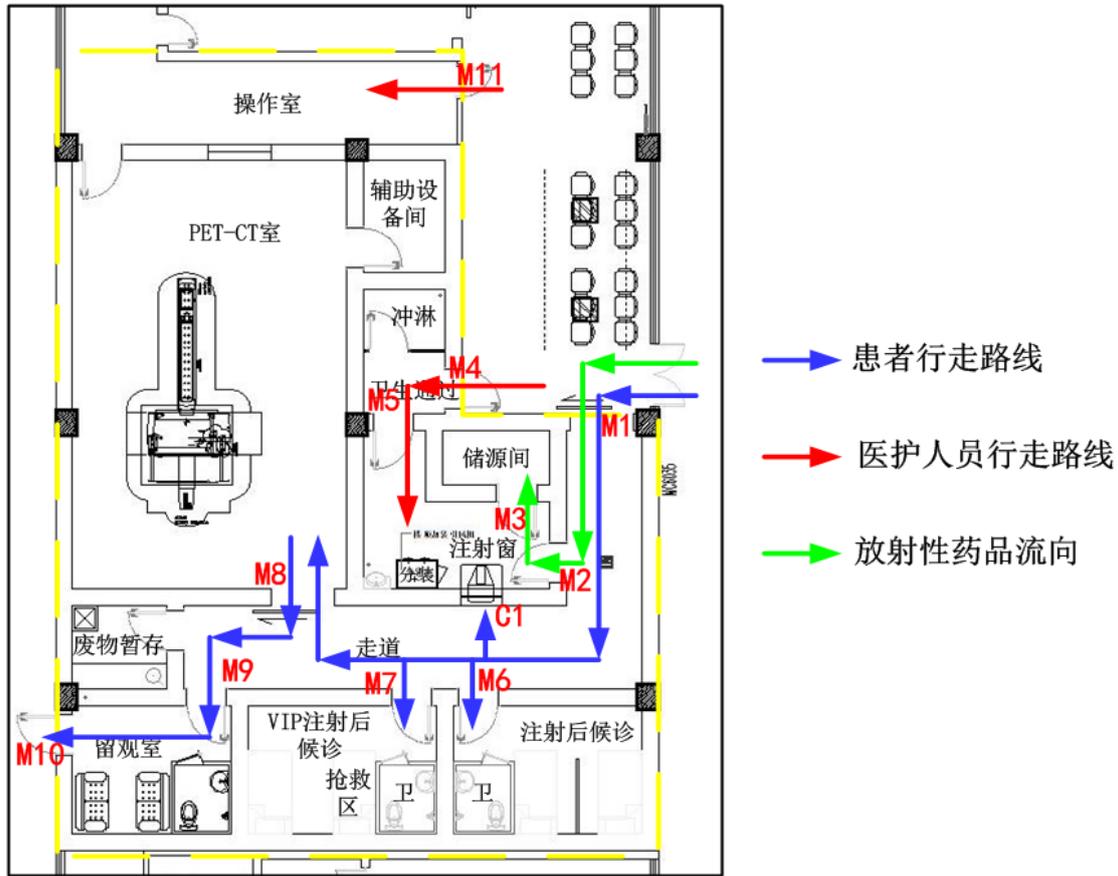


图 9-2 核医学科工作场所人流、物流组织示意图

##### ①患者就诊通道与流程

本项目患者从 M1 进入核医学科，进入后在注射窗口 C1 注射药物，然后通过 M6、M7 进入注射后候诊室，等候 0.5~1h 后，通过 M8 进入 PET-CT 室接受扫描，扫描后通过 M9 进入留观室留观半小时后经 M10 出院。

##### ②医护人员通道与流程：

医护人员从 M4 进入卫生通过间，在此处更衣后通过 M5 进入分装室，分装后在 C1 注射窗对患者进行注射。项目核医学科对医护人员设置了专用卫生通过间，核医学科接触放射性药物的医护人员通过仪器检测确认未受到放射性表面污染后方可回到非放射性工作区。PET-CT 操作人员通过 M11 进入 PET-CT 操作室。

##### ③放射性药品流向

外购的放射性药品由 M1→M2→M3 进入储源间。

本项目患者通道与医护人员通道分开，减少了工作人员与用药患者接触的几率。

### 5、放射性废水、废气、固体废物流向

#### ①放射性废水流向

卫生通过间设地漏，废水由专用下水管道排至专用放射性废水衰变池；核医学科设有独立厕所，废水流入三级衰变池，存放 10 个半衰期后与医院普通废水一起处理。

#### ②放射性气体流向

$^{18}\text{F}$  分装柜为自带屏蔽防护通风橱，分装柜安装有轴流风机（风速不小于 1m/s），顶端为排气口，能保持柜内负压。核医学科废气收集并经活性炭过滤处置后，引至核医学科所在附属楼楼顶排放。

#### ③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箱内，每天下班后集中送至固废贮存室内衰变箱贮存，经过 24 衰变后经检测合格按医疗废物处置。

### 6、核医学科工作负荷

根据医院提供的资料，本项目核医学科每个病人每次用药量最多为  $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi），每年最多治疗 6000 个病人。核医学科核素用量见下表。

表 9-1 核医学科核素用量一览表

核素名称	物理状态	给药方式	使用目的	每人每次最大用量	最大治疗人数	药物储存	年最大使用量
$^{18}\text{F}$	液体	注射	PET-CT 显像	$3.70 \times 10^8 \text{Bq}$	20 人/d; 6000 人/a	核医学科 贮源间	$2.22 \times 10^{12} \text{Bq}$

### 7、核医学科核素的购买和管理

核医学科所有核素均由供药单位送至医院，医院根据预约病人的数量采购放射性药物  $^{18}\text{F}$ ，一般情况下，不存在剩余放射性核素。特殊情况如患者未按照医嘱进行诊断时，剩余放射性核素放置于铅罐内，剩余核素及铅罐由供应厂家回收。医院拟制定放射性核素的管理制度，做好核素的领取、使用登记工作，实行双人双锁，并且核医学科进出口的大门均设置为单向门，各出入口设置监控器，储源间安装防盗门及监控器，确保放射

性药物的安全。

## **(二) DSA**

### **1、设备基本概况**

本项目一台 DSA 位于主楼九楼，其最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，属 II 类射线装置。

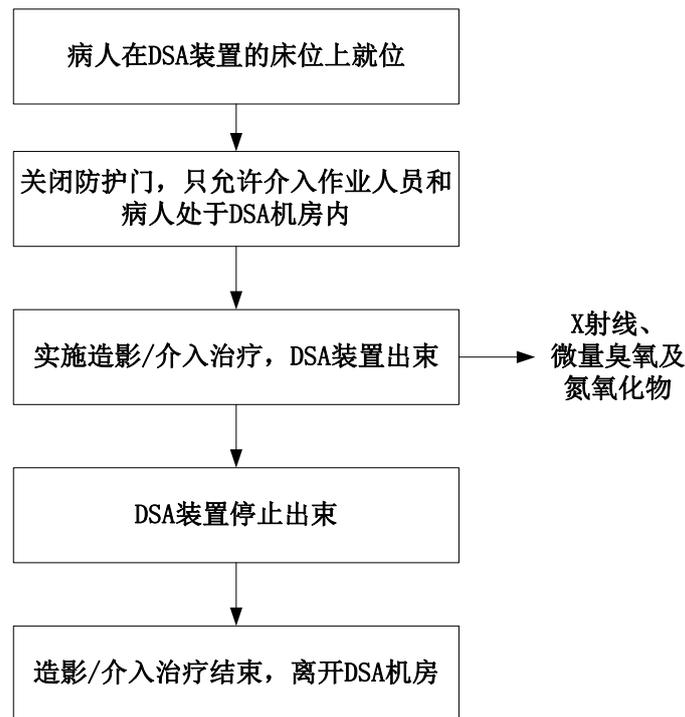
### **2、设备工作原理**

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 由 X 线发生装置，包括 X 线球管及其附件、高压发生器、X 线控制器等，和图像检测系统，包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。数字减影血管造影技术是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 的成像基本原理为：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所

组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管（约 1.5-2 毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

### **3、工作流程及产污环节分析**

具体工作流程及产污环节见图 9-2。



**图 9-3 DSA 工作流程及产污环节示意图**

诊断时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，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静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达上腔静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。DSA 装置在进行介入作业时，处于 DSA 放射机房内的放射工作人员需穿戴防护服，佩戴个人剂量计进行操作。

## 污染源项描述

### （一）建设阶段的污染源项分析

本项目所在建筑已建成，本次主要是进行内部装修和改造，项目建设过程中，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一定的影响。

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）核医学科

$^{18}\text{F}$  主要影响因子为  $\gamma$  射线、 $\beta$  表面污染、放射性固体废物、放射性废水、放射性废气。

### ①放射性固体废物

本项目核医学科产生的放射性固体废物包括污染的棉棒、破碎的玻璃器皿、患者产生的带放射性的垃圾、废活性炭等，废物收集后，置于专用衰变箱内，经过 24h 衰变后经检测合格按医疗废物处置。按每名患者产生废物 0.03kg 考虑，则核医学科放射性废物产生量为 0.6kg/d、180kg/a。

### ②放射性废水

核医学科  $^{18}\text{F}$  产生的液态放射性污染物包括操作过程中剩余的极少量放射性药物残液、辐射工作场所地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量核素的清洗废水、辐射工作人员洗手的废水和注射药物后患者的排泄物。

由于操作残液一般附着在容器壁或试管壁，为了减少液态放射性污染物的产生，对于这部分的容器和试管医院拟采取存放自然衰变 24h 后，按普通医疗废物处理。

结合医院工作开展实际，辐射工作场所地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量核素的清洗废水和辐射工作人员洗手的废水约  $0.02\text{m}^3/\text{d}$ ，年产生清洗废水约  $6\text{m}^3$ 。

本项目  $^{18}\text{F}$  用药患者不需住院，按就诊患者按每人产生 5L 放射性废水计算，每天按 20 人，每年 300 天，则患者产生的放射性废水量为  $0.10\text{m}^3/\text{d}$ ， $30\text{m}^3/\text{a}$ 。

则本项目放射性废水产生量合计为  $0.12\text{m}^3/\text{d}$ ， $36\text{m}^3/\text{a}$ 。

### ③放射性废气

本项目放射性废气主要来源于分装时产生的少量挥发性含  $^{18}\text{F}$  气体，通过收集经活性炭吸附过滤装置处理后废气通过专用管道引至核医学科所在附属楼楼顶排放，排气筒高于屋顶 3m。

## (2) DSA

### ①放射性污染

本项目射线装置产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的射线装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。

### ②废气

射线装置在工作状态时，会使机房内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，经通排风

系统处理后对环境影响较小。

### **(三) 非正常运行状态下污染途径分析**

#### **(1) 核医学科**

①由于管理不善，放射性药物被盗、丢失。

②核素转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成台面、地面辐射污染。

③工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

④核素治疗患者用药后未经允许离开核医学科，尤其是在用药初期离开候诊室或病房，可能对接近患者的人员造成额外照射。

⑤PET-CT 控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到计划外照射。

#### **(2) DSA**

①在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。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；

②使用 DSA 的医生或护士在手术室内曝光时未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。

③检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

## 表 10 辐射安全与防护

### 项目安全设施

#### (一) 辐射工作场所分区

根据国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定,将本项目放射性工作场所分为控制区和监督区,便于辐射防护管理和职业照射控制。

(1) 控制区:在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散,以及在一定程度上预防或限制潜在照射,要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽(包括门锁和连锁装置)限制进出控制区,放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

(2) 监督区:未被确定为控制区,正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施,但要不断检查其职业照射状况的指定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识;并定期检查工作的状况,确认是否需要防护措施和安全条件,或是否需要更改监督区的边界。

本项目放射性工作场所分区见下表:

**表 10-1 本项目辐射工作场所分区一览表**

辐射工作场所	控制区	监督区
核医学科	分装注射室、储源间、注射后候诊、留观室、PET-CT 机房	PET-CT 机房操作室及核医学科周围临近区域
DSA 机房	DSA 机房	控制室及其 DSA 机房周围临近区域

#### (二) 辐射防护设计

##### 1、核医学科辐射防护设计

##### (1) 核医学科功能用房辐射防护设计

本项目核医学科功能用房辐射防护设计见下表:

**表 10-2 核医学科功能用房辐射防护设计一览表**

具体场所名称		核医学科
各功能用房四周墙体		400mm 混凝土
各功能用房天花板		200mm 现浇硫酸钡混凝土 (密度 4.2g/cm <sup>3</sup> )
防护门	储源间	12mmPb
	污物间	10mmPb
	注射室、留观室、候诊室、 PET/CT 机房 (3 个门)	8mmPb
	核医学科大门	6mmPb
	卫生间	6mmPb
	PET-CT 机房观察窗	5.5 mmPb

(2) 分装柜辐射防护

核医学科 <sup>18</sup>F 药物分装在在分装注射室内的分装柜进行，分装柜为自带屏蔽防护的通风柜，防护为正面 40mmPb、其余面 25mmPb。分装柜安装有轴流风机（风速不小于 1m/s），顶端为排气口，能保持柜内负压。

(3) 包装容器

<sup>18</sup>F 药物的包装容器采用 40mmPb 的防护设计。

(4) 注射器、注射窗防护

<sup>18</sup>F 分装在分装柜内进行，分装好的注射剂放于 30mmPb 铅盒内再送至注射窗口，注射器防护为 10mmPb，注射窗防护为正面 40mmPb、侧面 25mmPb。

(5) 铅屏风

注射后候诊室设 4mmPb 铅屏风，减少患者之间的相互影响。PET-CT 室内有 4mmPb 铅屏风，用于减少患者对 PET-CT 摆位工作人员的影响。

(6) 衰变池

本项目设连续式衰变池，有衰变池池体 3 个，每个池子容积 0.35m<sup>3</sup>，总容积 1.05m<sup>3</sup>。衰变池位于地下，池体采用 200mm 厚的钢筋混凝土，检修口盖子采用 200mm 厚混凝土或同等当量的防护盖板。下水管道采用 4mmpb 的铅板包围接至衰变池的预留入口。

**2、DSA 机房辐射防护设计**

本项目 DSA 机房辐射防护设计见下表：

**表 10-3 射线装置机房辐射防护设计一览表**

功能用房	机房尺寸	防护设计	
DSA 机房	6.46m×6.71m 面积：43.3m <sup>2</sup>	天花板	120mm 混凝土+4mm 铅板
		地板	120mm 混凝土+50mm 硫酸钡
		四周墙面	4mm 铅板
		防护门	4mmPb
		观察窗	4mmPb

**(三) 通风设计**

<sup>18</sup>F 分装柜为自带屏蔽防护通风橱，分装柜安装有轴流风机（风速不小于 1m/s），顶端为排气口，能保持柜内负压。项目核医学科应设置独立排风系统，排风管网布置从低浓度到高浓度收集废气然后排出。排风系统应设置止回阀，风机运转时阀门开启，气流顺利通过，风机停转时阀门关闭，防止气流倒转。核医学科废气收集并经活性炭过滤处理后，引至核医学科所在附属楼楼顶排放。

在 DSA 机房内设置独立新风送风和机械排风装置，使机房保持良好的通风，通风量为 500m<sup>3</sup>/h，通风次数不小于 4 次/h。

**(四) 防护用品**

本项目拟配备的防护用品见下表：

**表 10-4 防护用品一览表**

防护用品	防护用品数量	
	DSA	核医学科
铅围裙	2 件	3 件
铅围脖	5 个	3 个
铅帽	5 顶	3 顶
铅衣	4 件	3 件
铅眼镜	4 副	3 副
铅帘	1 个	-
铅手套		3 副
个人剂量计	2 个/人	1 个/人
表面污染仪	-	1 个
便携式剂量报警仪	-	1 台
铅屏风	1 块	2 块

**(五) 辐射安全和防护措施分析**

为了防止污染事故的发生，项目建设单位应加强管理，为工作人员配备必备的防护器具；应建立污染防治管理制度，对人员进行上岗和辐射安全培训等；应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的安全与防护要求，结合本单位实际工作情况加

强各方面的防护措施，以避免放射事故的发生。本项目的辐射安全和防护措施有：

(1) 医院制定了一系列辐射安全相关规章与制度（见附件），并已落实了辐射安全管理机构——辐射防护和安全管理领导小组，并明确了辐射安全责任人。

(2) 核医学科设置在医院附属楼一楼南侧区域，避免了与其他科室交叉现象，控制区和监督区分区明确；设有医生和病人独立通道，控制区入口处设置电离辐射警示标志，禁止非有关工作人员入内，不允许注射了药物的患者随便出入，病人出入口、医生通道设置相应的指示标志；监督区入口处张贴标牌，禁止无关公众人员进入。病人、医生和放射性物质运输线路指示路线，防止发生交叉污染。

(3) 核医学科各功能用房均采用铅防护门，并在门上悬挂（张贴）辐射警示标志，制定严格的辐射防护规程和操作规程制度并张贴上墙。

(4) 核医学科设置医生专用卫生通过间并在出入口安装表面污染检测仪。核医学科医生进、出储源间、分装室等诊疗区需通过卫生通过间淋洗及表面污染检测仪。洗手水龙头应为长柄或光电感应龙头。

(5) 加强对放射性药物的管理，贮源间安装防盗门，设置监控系统，安排专人负责管理，实行双人双锁，核素储存罐应具有屏蔽所暂存核素的能力，放射性物质的放置应合理有序、易于取放、每次只取用需要使用的部分。放射核素储存柜应定期监测，无关人员不得入内。放射性药物的存取记录要详细、清晰。建立完善放射性药物保管、领用和登记制度。

(6) 核医学科放射性废气收集经活性炭吸附过滤装置处理后通过专用管道引至楼顶排放。

(7) 为了减少放射性污染的扩散和相互影响，控制不必要的交叉污染，在核医学科进出口设置出入管理控制系统（门禁）和监控装置。

(8) 通过制度规范辐射工作人员的操作、人员职责等。在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。

(9) 核医学科工作场所设计专用厕所、专用下水道，控制区的废水均进入衰变池，衰变池采用钢筋混凝土结构，池壁为 200mm 砣。

(10) 放射性废物和一般医疗废物分类收集，放射性废物收集后暂存于废物间专用

衰变箱内，经过 24h 衰变后经检测合格按医疗废物处置。实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

(11) 医院拟在核医学科配备 1 台表面污染仪用于日常监测；医院将为每位辐射工作人员配置个人剂量计，并委托有资质单位进行定期监测。需定期对辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立完整的个人剂量监测和职业健康防护档案。

(12) 清洁卫生要求：从非限制区到监督区到控制区，每个区一个单独的清洁工具。

(13) 在 DSA 机房控制台处设置观察窗，工作人员通过观察窗观察机房内患者状态。射线装置机房墙体对外无采光通风窗，在 DSA 机房内设置独立新风送风和机械排风装置，使机房保持良好的通风，通风次数不小于 4 次/h，能充分保证室内空气流通。机房内不得堆放无关杂物。

(14) 在射线装置机房入口处设置符合规范的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，且工作状态指示灯与机房相通的门设置联锁装置。

(15) 所有放射工作人员均需参加辐射安全与防护培训，并取得合格证书，且每四年组织一次复训。

(16) 医院应加强对辐射人员的培训，包括放射防护的培训，辐射人员应该技术熟练、动作迅速，以减少患者和辐射工作人员的剂量。医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。

(17) 临床介入手术时，介入医生需站在 DSA 床边操作，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品（铅衣、铅围脖、铅帽及铅眼镜等）外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的。

## 三废的治理

### (一) 放射性废水

核医学科放射性废水排水管采用专用材质，并采取防腐蚀措施；放射性废水排入三级衰变池内衰变，经过 10 个半衰期以上，进入医院污水管网，最终进入医院污水处理站处理达标排放，医院总排污口总  $\beta$  放射性 $<10\text{Bq/L}$ 。环评要求衰变池设置便利取样口，以便在废水排放前取样监测。

## **(二) 放射性废气**

本项目核医学科放射工作场所会有少量放射性气体产生，经独立的通风系统排出，排气口设置在所在建筑物楼顶并高于楼顶至少 3m，废气需经活性炭过滤装置处理。

## **(三) 放射性固体废物**

在核医学科各易产生放射性固废的房间设置放射性固废专用收集桶，供收集的专用污物桶应具有外防护层和电离辐射标志。污物桶放置点应避开工作人员作业和经常走动的地方。严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理。应力求控制和减少放射性废物产生量。本项目产生的放射性固体废物收集后，置于专用衰变箱内，衰变 24h 后经检测合格按医疗废物处置。放射性固废应按照医疗废物（危险废物）的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

## **(四) 其他**

本项目射线装置运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生，工作过程中空气电离产生的少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）通过通风系统排出机房外，少量的臭氧和氮氧化物的排放对环境影响较小。

本项目射线机房墙体对外无采光通风窗，射线装置机房安装了通风装置和空气净化装置，通风效率保证室内每小时换气次数不低于 4 次；能有效的排除机房内的有害气体，保证室内空气质量满足标准要求。

## 表 11 环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

本项目对现有建筑进行改造，项目施工期主要是对建筑内部进行分隔、装修。施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物及设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。

1、扬尘及防治措施：主要为装修过程中产生的有机废气。在装修施工中，通过选用合格的、通过国家质量检验的低污染建材，可有效减少有机废气的产生，所产生的少量有机废气经大气扩散后，对当地大气环境质量无明显影响。

2、废水及防治措施：施工期间产生的废水主要为施工人员的生活污水。生活污水依托现有建筑的排水系统，进入市政污水网管。

3、噪声及防治措施：施工期噪声主要来自于电钻、电锯等。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：施工期固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾。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。

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）评价原则

（1）基本原则：对于符合正当化的放射工作实践，以防护最优化为原则，使各类人员的受照当量剂量不仅低于规定的限值，而且控制到可以合理做到的尽可能低的辐射水平。这一考虑包括：正常运行、维修、退役以及应急状态，也包括了具有一定概率的导致重大照射的潜在照射情况。

（2）剂量管理目标值：放射工作人员 4mSv/a，公众 0.1mSv/a；

#### （二）核医学科对周围环境的辐射影响分析

##### （1）计算公式

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 11-3。

①无辐射屏蔽时，随距离变化的空气吸收剂量率计算公式：

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

式中：

$H_0$  —— 无辐射屏蔽时，在距源  $R_m$  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；

$\Gamma$  —— 空气吸收剂量率常数， $R \cdot m^2 / (h \cdot Ci)$ ；

$R$  —— 距放射源的距离，m；

$f$  —— 转换系数  $8.69 \times 10^{-3} \text{Gy/R}$ 。

②有辐射屏蔽时，随距离变化的空气吸收剂量率计算公式：

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

式中：

$H_0$  —— 无辐射屏蔽时，在距源  $R_m$  处的空气吸收剂量率，Gy/h；

$H$  —— 屏蔽减弱系数为  $K^l$  时，在距源  $R_m$  处的空气吸收剂量率，Gy/h

$K^l$  —— 屏蔽减弱系数，无量纲。

③屏蔽减弱系数计算公式：

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

式中：

$TVT$  —— 半值层厚度，mm；

$dp$  —— 屏蔽层厚度，mm；

$K^l$  —— 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：

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

$A_0$  —— 放射源初始活度，Bq；

$A$  —— 放射源衰变后活度，Bq；

$\lambda$  —— 衰变常数， $d^{-1}$ ；( $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ ， $T_{1/2}$  为半衰期，d)

$t$ ——衰变天数，d。

(2) 功能用房外空气吸收剂量率估算

给患者注射  $^{18}\text{F}$  前，核素存放在储源间铅罐中，铅罐随药物由供源厂家提供，铅罐厚度为 40mmPb。 $^{18}\text{F}$  分装在分装柜内进行，分装时药物置于铅罐内，分装好的注射剂放于铅容器内再送至注射窗口。本评价按最大储存量  $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$  (200mCi)、每人最大药量  $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$  (10mCi) 估算  $\gamma$  辐射剂量率。

患者在注射后需在注射后候诊等待 0.5~1h 再接受扫描，每次扫描约 10~20min，本评价按在候诊室平均 45min、扫描平均 15min 考虑，注射了药物的患者按点源考虑，则按式 11-4 计算可知患者进入留观室时的放射源的放射性活度为  $2.53 \times 10^8 \text{Bq}$  (6.8mCi)。注射后候诊室和留观室按同时有两名患者考虑。

核医学科各功能用房空气吸收剂量率计算参数和计算结果见下表：

**表 11-1 核医学科空气吸收剂量率计算参数及结果一览表**

关注点		计算参数						计算结果 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	
		$f$ (Gy/R)	$A$ (Ci)	$\Gamma$ $\text{R}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{mCi})$	$R$ (m)	$dp$ (mm)	$TVT$ (mm)		
铅罐外 1m		$8.69 \times 10^{-3}$	0.2	0.58	1	40	3.68	0.54	
储源间	墙外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.2	0.58	1	40 400	3.68 55	0.004	
	防护门外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.2	0.58	1	40+12	3.68	0.06	
	顶部外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.2	0.58	3.5	40 200	3.68 25	0.0002	
分装柜	正面 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.2	0.58	0.8	40+40	3.68	0.0004	
	侧面 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.2	0.58	0.8	40+25	3.68	0.008	
	顶部外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.2	0.58	3.5	40 200	3.68 25	0.003	
注射后候诊室	墙外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.02	0.58	2	400	55	0.16	
	防护门外 30cm	病患 1	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	2.5	8	3.68	2.19
		病患 2	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	3.6	8+4	3.68	
	顶部外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.02	0.58	3.5	200	25	0.03	
留观室	墙外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.014	0.58	2.5	400	55	0.07	
	防护门外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.014	0.58	2.5	8	3.68	1.99	
	顶部外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.014	0.58	3.5	200	25	0.02	
PET-CT 机房	墙外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	3	400	55	0.04	
	病人防护门外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	4.6	8	3.68	0.53	
	操作室防护门外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	6.3	8	3.68	0.28	
	设备房防护门外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	4	8	3.68	0.70	
	观察窗外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	6.3	5.5	3.68	0.45	
	顶部外 30cm	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	3.5	200	25	0.02	

根据上表估算结果可知，项目各功能用房外 30cm 处剂量率低于 2.5 $\mu$ Gy/h 剂量率控制目标。

(3) PET-CT 机房辐射防护设计与标准对照情况

**表 11-2 PET-CT 机房使用面积及单边长度与 GBZ130-2013 的对照表**

对比要求		相符性分析	备注
机房内最小有效使用面积	标准要求	30m <sup>2</sup>	-
	实际面积	67.5m <sup>2</sup>	不含操作间
	是否满足标准要求	满足	-
机房内最小单边长度	标准要求	4.5m	-
	实际长度	6.55m	-
	是否满足标准要求	满足	-

**表 11-3 PET-CT 机房屏蔽防护厚度与 GBZ130-2013 的对照表**

屏蔽体	实际屏蔽材料及厚度	标准要求	是否满足标准要求
机房顶板	200mm 现浇硫酸钡混凝土(密度 4.2g/cm <sup>3</sup> ), 约 4.5mmPb	2.5mmPb	满足
四周墙体	400mm 混凝土, 约 5.3 mmPb	2.5mmPb	满足
防护门	铅门, 8mmPb	2.5mmPb	满足
观察窗	铅玻璃, 5.5mmPb	2.5mmPb	满足

根据表 11-2、表 11-3 可知，本项目 PET-CT 机房的使用面积及单边长度、机房屏蔽防护厚度均能满足《医用 X 射线诊断放射防护标准》(GBZ130-2013) 中的相应要求。

(三) DSA 对周围环境的辐射影响分析

(1) DSA 机房设计与标准相符性分析

本评价对照《医用 X 射线诊断放射防护标准》(GBZ130-2013) 中相关要求对项目机房设计的合理性进行分析，详见表 11-4、表 11-5:

**表 11-4 DSA 机房使用面积及单边长度与 GBZ130-2013 的对照表**

对比要求		相符性分析	备注
机房内最小有效使用面积	标准要求	30m <sup>2</sup>	-
	实际面积	43.3m <sup>2</sup>	不含操作间
	是否满足标准要求	满足	-
机房内最小单边长度	标准要求	4.5m	-
	实际长度	6.46m	-
	是否满足标准要求	满足	-

**表 11-5 DSA 机房屏蔽防护厚度与 GBZ130-2013 的对照表**

屏蔽体	实际屏蔽材料及厚度	标准要求	是否满足标准要求
天花板	120mm 混凝土+4mm 铅板, 约 5.5mmPb	2mmPb	满足
地板	120mm 混凝土+50mm 硫酸钡, 约 6mmPb	2mmPb	满足
四周墙面	铅板, 4mmPb	2mmPb	满足
防护门	铅门, 4mmPb	2mmPb	满足
观察窗	铅玻璃, 4mmPb	2mmPb	满足

根据表 11-4、表 11-5 可知, 本项目 DSA 机房的使用面积及单边长度、机房屏蔽防护厚度均能满足《医用 X 射线诊断放射防护标准》(GBZ130-2013) 中的相应要求。

### (三) 机房防护能力分析

为了全面了解医院新增核技术利用项目投入运行后对周围环境及人员影响的范围和程度, 本评价采用类比分析的方法对拟建 DSA 机房常用的工作场所建成后环境辐射空气吸收剂量率进行预测。采用与本项目情况相似的湖南省脑科医院 DSA 机房监测数据进行类比分析。本项目类比条件见表 11-6, 类比检测结果见表 11-7:

**表 11-6 类比项目一览表**

条件	本项目	类比对象
最大管电压	125kV	125kV
最大管电流	1000mA	1000mA
屏蔽防护措施	机房顶板	120mm 混凝土+4mm 铅板, 约 5.5mmPb
	机房底部	120mm 混凝土+50mm 硫酸钡, 约 6mmPb
	四周墙体	铅板, 4mmPb
	防护门	铅门, 4mmPb
	观察窗	铅玻璃, 4mmPb
		100mm 混凝土+2mm 铅板, 约 3mmPb
		100mm 混凝土+40mm 硫酸钡, 约 5mmPb
		120mm 加气混凝土+2mm 铅板, $\geq$ 2mmPb
		3mmPb
		3mmPb

从上表可知, 湖南省脑科医院的 DSA 最大管电压和管电流与本项目一致, 本项目 DSA 用途与其一致, 本项目 DSA 机房防护设计优于湖南省脑科医院 DSA 机房, 因此, 具有可类比性。

表 11-7 DSA 机房周围辐射环境类比检测结果一览表

装置名称	方位	检测点位描述	剂量率(μSv/h)		检测条件
			开机	关机	
类比 DSA	北	1#工作人员 出入口	上	0.12	0.10
			中	0.12	
			下	0.11	
			左	0.14	
			右	0.12	
		2#北侧防护墙		0.13	0.12
		3#观察窗	上	0.10	0.09
			中	0.10	
			下	0.09	
			左	0.11	
	右		0.11		
	东	5#受检者出入口	上	0.16	0.13
			中	0.14	
			下	0.13	
			左	0.13	
右			0.14		
4#东侧防护墙		0.19	0.17		
中	机房内医生操作位（铅帘屏蔽）		2.30	0.12	
上	DSA 机房楼上		0.15	0.12	
下	DSA 机房楼下		0.12	0.10	

运行工况：  
81kV，  
240mA

由上表的监测结果可知，DSA 工作场所防护门外环境辐射空气吸收剂量率 X-γ 辐射剂量率监测值在 0.09~0.19μSv/h 之间，DSA 运行时对周围环境的影响符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）。

本项目拟增的 DSA 使用的最大管电压与类比项目相同，且采取的辐射防护措施基本优于类比机房，因此可以推测本项目运行后项目对机房周围环境影响较小，该机房屏蔽设计能够满足拟增的 DSA 的防护要求。

#### （四）工作人员和公众剂量估算及评价

##### 1、计算公式

放射工作人员与公众受到 X-γ 射线产生的外照射所致的年有效剂量采用以下公式进行估算：

$$H_{E-X, r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

$H_{E-X, \gamma}$  —— X、 $\gamma$  射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a;

$D_r$  —— X、 $\gamma$  射线空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ;

$t$  —— X、 $\gamma$  射线照射时间，h/a;

0.7 —— 剂量换算系数，Sv/Gy。

## 2、计算参数

### ①核医学科放射工作人员、公众计算参数

本项目核医学科每次分装、取药注射、摆位和操作设备分别由一名放射工作人员完成。

分装人员： $^{18}\text{F}$ 最大暂存量 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ （200mCi），存放在40mmPb铅罐内，分装人员从储源间运送至分装柜时，距离铅罐约1m，搬运时间1min，每年300次；分装过程在分装柜内进行，单次分装药物最大量为 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi），单次分装时间30s，年操作次数6000次，分装时，工作人员穿0.5mmPb防护衣，通过分装柜进行操作，手部采用5mmPb注射器防护套，药物距离手部约15cm，距离身体约为50cm。

取药注射人员：取药时，工作人员穿戴0.5mmPb防护衣，药物外面为30mm铅盒，从通风橱取药至注射窗口用时约30s，取药时工作人员身体距离药物30cm；注射时，工作人员穿戴0.5mmPb防护衣，通过注射窗口给病人注射，药物距离手部约5cm，距离身体约为50cm，注射器防护为10mmPb。注射一个病人的时间为8s。

摆位和操作PET-CT设备人员：病人注射 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi）药物后，在注射后留观室停留0.5~1h后进入扫描室，摆位时，工作人员与病人之间的距离为1m，该过程工作人员穿0.5mmPb防护衣，在4mmPb铅屏风后进行摆位工作，每个病人摆位约需1min；摆位后，工作人员在PET-CT操作室操作设备，距离病人6.3m，扫描时间按平均25min/人考虑，年病人数6000人。

核医学科工作人员空气吸收剂量率采用式11-1~式11-4进行计算，计算结果如下：

表 11-8 核医学科工作人员空气吸收剂量率一览表

核医学科工作人员		空气吸收剂量率计算参数						计算结果
		$f$ (Gy/R)	$A$ (Ci)	$\Gamma$ $R \cdot m^2 /$ (h·mCi)	$R$ (m)	$dp$ (mm)	$TVT$ (mm)	$H$ ( $\mu$ Gy/h)
分装 人员	搬运铅罐	$8.69 \times 10^{-3}$	0.2	0.58	1	40	3.68	0.54
	分装 药物	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	0.15	5	3.68	873.49
					0.5	40+0.5	3.68	0.10
取药 注射 人员	取药	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	0.3	30+0.5	3.68	1.79
	注射	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	0.05	10	3.68	3065.43
					0.5	40+0.5	3.68	0.10
摆位 操作	摆位	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	1	4+0.5	3.68	45.87
	操作	$8.69 \times 10^{-3}$	0.01	0.58	6.3	8+0.5	3.68	0.26

表 11-9 核医学科工作人员受照射时间一览表

核医学科工作人员		每次/每日照射时长	年操作次数/照射天数	年照射时间
分装 人员	搬运铅罐	1min/次	300 次/a	5h/a
	分装 药物	手部	6000 次/a	50h/a
		身体	6000 次/a	50h/a
取药 注射 人员	取药	30s/次	6000 次/a	50h/a
	注射	手部	6000 次/a	13.3h/a
		身体	6000 次/a	13.3h/a
摆位 操作	摆位	1min/次	6000 次/a	100h/a
	操作	25min/人	6000 次/a	2500h/a

核医学科楼上为医院其他科室，则受照射时间按 8h/d，300d/a 考虑，居留因子取 1，则受照射时间为 2400h/a；核医学科工作场所外其他公众居留因子取 1/40，则受照射时间为 60h/a。空气吸收剂量率取表 11-1 对应方位最大预测值。

② DSA 放射工作人员、公众计算参数

根据医院提供的资料，本项目 DSA 投入使用后，每年约进行介入手术 500 台。平均每次曝光时间为 20min，则年曝光时间为 166.7h。空气吸收剂量率采用类比检测数据。

3、计算结果

表 11-10 DSA 外照射人均年有效剂量计算一览表

人员类别		计算参数		计算结果	标准值 (mSv/a)
		$D_r$ ( $\mu$ Sv/h)	$t$ (h/a)	$H_{E-X, \gamma}$ (mSv/a)	
DSA 放射 工作人员	床侧操作人员	2.30	166.7	0.38	4.0
	操作间工作人员	0.11	166.7	0.02	4.0
公众		0.15	166.7	0.03	0.1

**表 11-11 核医学科外照射人均年有效剂量计算一览表**

人员类别			计算参数		计算结果	管理目标值 (mSv/a)	
			$D_r$ ( $\mu\text{Gy/h}$ )	$t$ (h/a)	$H_{E-X,\gamma}$ (mSv/a)		
核医学科 放射工作 人员	分装人员	身体	搬罐	0.54	5	0.005	4
			分装	0.10	50		
		手部	873.49	50	30.6	500	
	取药注射 人员	身体	取药	1.79	50	0.06	4
			注射	0.10	13.3		
		手部	3065.43	13.3	28.5	500	
	摆位操作 人员	摆位	21.59	100	2.0	4	
		操作	0.26	2500			
核医学科 公众	医院其他工作人员		0.03	2400	0.05	0.1	
	其他公众		1.99	60	0.08	0.1	

通过上表计算可知，本项目放射工作人员职业照射的附加剂量最大值核医学科为 2mSv/a、DSA 为 0.38mSv/a，均低于本评价设定的职业人员受照剂量约束值 4mSv/a。核医学科和 DSA 周边公众可能受到的最大照射附加剂量值分别为 0.08mSv/a、0.03mSv/a，低于本次评价设定的公众受照剂量约束值 0.1mSv/a。

### (五) 核医学科放射性废物产生及排放情况

#### 1、放射性废气

本项目  $^{18}\text{F}$  分装在分装室内进行，分装柜为自带屏蔽防护通风橱，分装柜安装有轴流风机（风速不小于 1m/s），顶端为排气口，能保持柜内负压。本次评价要求项目分装注射室、储源间、注射后候诊、留观室、PET-CT 机房设置一套通风系统，废气经活性炭过滤装置处理后通过专用管道引至核医学科所在建筑楼顶排放。核医学科排风系统应设置止回阀，风机运转时阀门开启，气流顺利通过，风机停转时阀门关闭，防止气流倒转。通风管网布置从低浓度到高浓度收集废气然后排出。

经处置后，废气的排放对环境的影响较小。

#### 2、放射性废水

本项目放射性废水主要包括辐射工作场所地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量核素的清洗废水、辐射工作人员洗手的废水、患者产生的放射性废水，产生量合计为 0.12m<sup>3</sup>/d，36m<sup>3</sup>/a。本项目放射性废水通过专用管道进入放射性废物衰变池中，存放 10 个半衰期后与进入医院污水处理站进一步处理。本项目设连续式衰变池，有衰变池池体 3 个，每个池子容积 0.35m<sup>3</sup>，总容积 1.05m<sup>3</sup>。

根据《医院污水处理工程技术规范》(HJ2029-2013):“连续式衰变池的容积按最长半衰期同位素的10个半衰期计算”。本项目使用的核素为<sup>18</sup>F,其半衰期为109.7min,按10个半衰期0.8天计算,并考虑10%的设计裕量,则本项目衰变池容积应不小于 $0.12\text{m}^3/\text{d}\times 0.8\text{d}\times (1+10\%)=0.11\text{m}^3$ 。本项目设计的衰变池可满足要求。本项目产生的放射性废水贮存在衰变池内,衰变10个半衰期以上,达到国家排放标准后排入医院污水处理系统。环评要求衰变池设置便利取样口,以便在废水排放前取样监测。

### 3、放射性固体废物

本项目核医学科产生的放射性固体废物包括污染的棉棒、破碎的玻璃器皿、患者产生的带放射性的垃圾、废活性炭等,废物收集后,置于专用衰变箱内,衰变箱外张贴警示标志,放射性固废暂存24h(约13.2个半衰期)后,活度低于《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)清洁控制水平,经检测合格后作为普通医疗固废处置。清洁解控期间禁止放入新的放射性废物。项目拟设置2个衰变箱(10mmPb当量)用于含放射性固体废物的储存。进入固废的核素约为1%,则放射性废物中核素含量见下表:

**表 11-12 放射性固体废物中核素活度浓度一览表**

核素	1天核素最大用量	1天收集的固废中核素含量	存放时间	存放后固废中核素含量	废物中的活度浓度
<sup>18</sup> F	$7.4\times 10^9\text{Bq}$	$2.09\times 10^7\text{Bq}$	18.3h(10个半衰期)	$2.03\times 10^4\text{Bq}$	33.9 Bq/g
			24h(13.2个半衰期)	$2.34\times 10^3\text{Bq}$	3.9 Bq/g

注:计算固废中核素含量时考虑前期收入废物的衰变

由上表可知,含<sup>18</sup>F的放射性固体废物置于废物衰变箱存放24h(约13.2个半衰期)后,废物中核素活度可低于《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)规定的<sup>18</sup>F清洁解控水平推荐值10Bq/g。

本项目放射性固体废物均得到妥善处置,不会对环境造成影响。

#### (五) DSA 营运期臭氧环境影响分析

据污染源项的分析内容,DSA设备在运行过程中,X射线与空气相互作用,能产生少量臭氧。通风是排出臭氧的有效途径,机房通过安装通风装置和空气净化装置,能有效的排除机房内的有害气体,对环境影响较小。

### 事故影响分析

#### (一) 本项目可能发生的辐射事故

## 1、核医学科

①由于管理不善，放射性药物被盗、丢失。

②核素转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成台面、地面辐射污染。

③工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

④核素治疗患者用药后未经允许离开核医学科，尤其是在用药初期离开候诊室或病房，可能对接近患者的人员造成额外照射。

⑤PET-CT 控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到计划外照射。

## 2、DSA

①在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。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；

②使用 DSA 的医生或护士在手术室内曝光时未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。

③检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

### （二）核医学科辐射事故防范措施

1、制定并落实放射性核素管理制度，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。应设置防盗门、防盗窗及报警装置等设施，做好防盗工作。

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，配备必要的防护用品，减少药物操作和运输过程中洒漏事故发生。

3、加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确了解需配备的防护用品及存放位置，

4、加强对有药患者的管理，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。核医学工作场所设置监控，进出口设置控制门，经核实达到离开条件方可允许患者离开。

5、放射性性固体废物衰变箱外应标注内含核素种类、封存时间。医院应加强放射性废水和固废排放处理管理，按照本环评要求的衰变时间停留衰变，处理前进行监测，达到解控水平后方可进行进一步处理。

6、做好 PET-CT 设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

### **（三）DSA 辐射事故预防措施**

1、从事 DSA 设备作业的辐射工作人员须经过环保部门认可的培训机构组织的辐射安全培训，具备上岗资格，业务熟练。

2、在设备操作过程中，设备发生任何故障都要停机，并及时通知有关人员进行维修，并做好故障记录，不允许设备带故障运行。

3、制定严格的使用管理规定和操作规程，禁止违章操作，并做好日常维护保养、定期检查，保证系统始终处于正常状态。

4、各防护门处均安装工作状态指示灯、设置电离辐射警告标志，防护门关闭时，工作状态指示灯亮，警示人员勿入，同时装置操作台处设置有紧急停机按钮，操作人员可通过急停按钮等停机操作来确保人员安全。

5、辐射工作人员在岗操作前，佩戴个人剂量计，对病人非检查部分采用防护用品（防护铅衣、铅帽和铅围脖）保护。

6、定期开展个人剂量检测和职业健康体检，妥善保管个人剂量和职业健康体检结果，出现异常情况时，分析原因，并采取相应措施，可有效降低辐射对人员身体造成的危害。

### **（四）应急方案的启动**

1、一旦发生辐射事故，应立即启动《辐射事故处理应急预案》。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急相应救助措施。

2、发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行各职责，各相关部门应积极协调配合，以便能妥善处理所发生的辐射事故。

3、各应急救助物质应准备充分、调配及时。

4、发生事故后应在 2 小时内报告环保、卫生行政部门。

**表 12 辐射安全管理**

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

为保证建设项目建设期和运营期的辐射防护措施落实情况，医院正在筹建辐射防护领导小组，负责全院的辐射安全管理、培训、检查、防护设施巡查等工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》（环境保护部令第 3 号），第十六条要求：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院筹建的辐射防护领导小组专兼职人员应具有一定的管理能力，在项目开展后能有效的开展辐射防护工作。辐射安全与环境保护管理机构职责包括：对医院放射工作的监督与检查；相关制度的制定、修改与完善；组织辐射工作人员的学习培训；辐射防护知识的宣传教育；辐射事故应急演练；辐射人员的健康体检。

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：“辐射安全管理机构成员和辐射工作人员均需参加辐射安全与防护培训并取得培训合格证”。本项目在投入使用前，医院应组织该核医学科放射工作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。

**辐射安全管理规章制度**

建立、健全和严格执行辐射安全管理的规章制度是防止潜在照射发生的重要措施。为保障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，株洲汇加肿瘤专科医院制定了相关辐射安全管理规章制度，为保证辐射工作人员和周围公众人员的健康，株洲汇加肿瘤专科医院必须严格按照国家法律法规执行，并加强对核技术利用项目的日常管理：

（1）根据株洲汇加肿瘤专科医院的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对核技术利用装置的安全防护和维修要落实到个人；明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（2）在本项目运行前，各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；辐射工

作场所均必须有电离辐射警示标识，屏蔽门上方还必须要要有工作指示灯，同时警示标识的张贴必须规范。

(3) 明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

(4) 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，安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

(5) 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，株洲汇加肿瘤专科医院应培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，株洲汇加肿瘤专科医院应对本项目的辐射安全和防护状况进行年度评估，并每年向发证机关提交上一年度的评估报告。

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

## 辐射监测

为了及时掌握项目周围的辐射水平，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)的要求，应建立必要的监测计划，包括设备运行期及个人剂量监测计划，要建立监测资料档案。

### 1、个人监测

株洲汇加肿瘤专科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，外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天，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。加强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。株洲汇加肿瘤专科医院还应关注工作人员每一次的累积剂量监测

结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，同时应建立并终生保存个人剂量监测档案，以备辐射工作人员查看和管理部门检查。

辐射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；项目运行后株洲汇加肿瘤专科医院还应当组织放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。

## 2、常规监测

监测频率：每年委托有资质的单位监测一次，平时每个月自主监测一次、核医学科在购进药物前后、核素操作前后均做表面污染监测，应急状况随时监测。

监测位置：核医学科工作场所墙外、以及人员经常驻留的位置、医生工作服表面、工作台表面、工作场所地面、墙面、相关容器表面。

医院应自行配备 X- $\gamma$  剂量率测量仪、 $\alpha$ - $\beta$  表面污染仪（定期进行计量检定），对射线装置机房内及机房四周环境、核医学科控制区及监督区进行监测。发现问题及时整改。所有监测记录，存档备查，并编制年度辐射安全防护评估报告上报当地环保部门。医院自行的日常监测要求见下表：

**表 12-1 监测计划要求一览表**

监测项目	监测内容	监测频次
个人剂量	X- $\gamma$ 外照射剂量	每个季度
周围环境	X- $\gamma$ 周围剂量当量率	每年委托监测 1 次，每个月自主监测一次
工作场所	$\beta$ 表面污染	每年委托监测 1 次，核素购入前后、核素操作前后均自主进行一次表面污染监测
放射性固体废物	废物包装外表面	处理前

## 辐射事故应急

为建立健全辐射事故应急机制，及时处置突发辐射事故，提高应急处置能力，最大程度地减少辐射事故及其可能造成的人员伤害和财产损失，医院已制定了《辐射事故应急预案》：

(1) 医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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》等法规的有关规定，开展辐射事故预防与应急处置。

(2) 医院对其辐射活动中辐射事故的应急准备与响应负首要责任，必须遵照国家

和地方政府有关规定，依据所操作或使用的放射源的类别、活度以及潜在事故的特性和可能后果，考虑制定辐射事故应急计划或应急程序，并按规定报当地政府有关部门审查批准或备案。

(3) 发生辐射事故时，医院将立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(4) 医院将切实执行并落实辐射安全管理规章制度，加强实体保卫，切实有效地防止辐射事故（件）的发生。主要履行以下职责：

- ① 全面负责本单位辐射环境和人员安全的管理；
- ② 负责编制和修订本单位辐射突发环境事件应急预案；
- ③ 加强辐射应急队伍建设，购置必要的辐射应急装备器材；
- ④ 负责本单位辐射工作场所和环境的应急监测；
- ⑤ 负责本单位辐射突发环境事件的紧急处置和信息报告；
- ⑥ 对可能造成超剂量照射的人员送到指定医院进行救治；
- ⑦ 负责本单位辐射突发环境事件恢复重建工作，并承担相应的处置经费；
- ⑧ 积极配合行政主管部门的调查处理和定性定级工作；
- ⑨ 负责组织本单位辐射突发环境事件相关应急知识和应急预案的培训，在环境保护行政主管部门的指导下或自行组织演练。

#### (5) 各类事故报警和联系方式

一般报告程序为：发现者报告给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：

湖南省生态环境厅：12369，0731-85698110

株洲市环保局：12369

株洲市公安局：110

#### (6) 辐射事故报告及应急处理流程

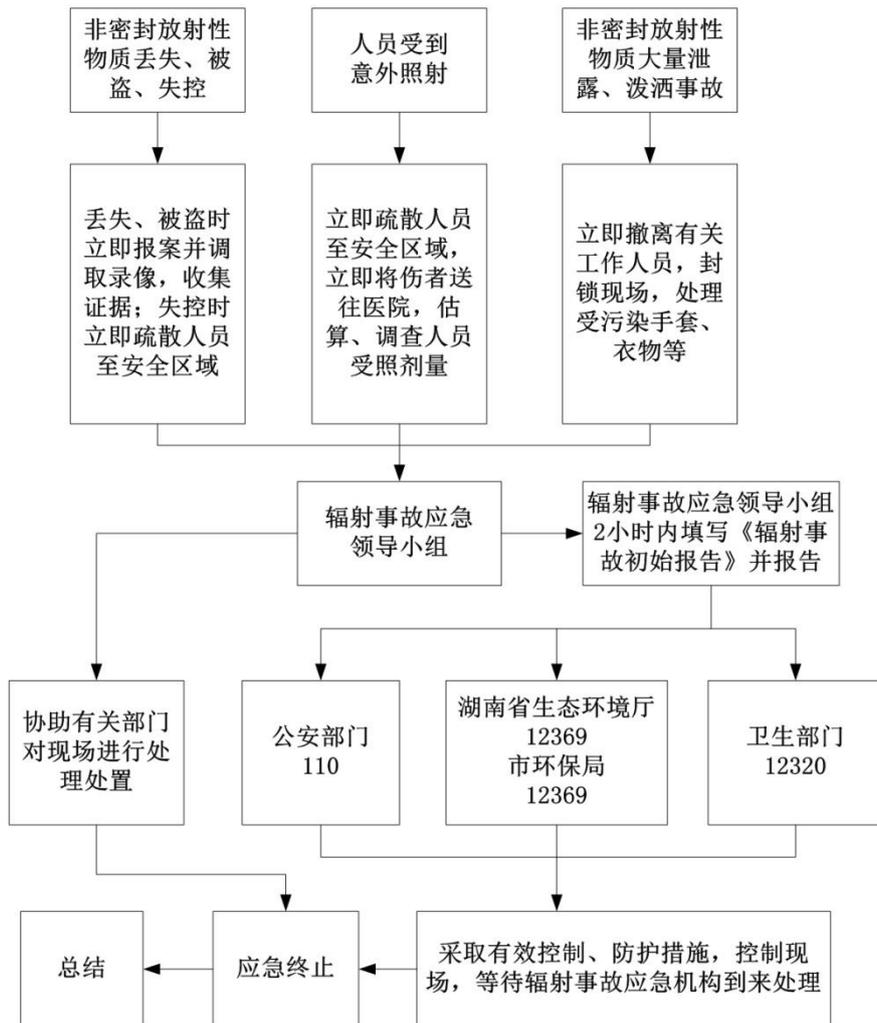


图 12-1 辐射事故报告及应急处理流程图

### 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，医院从事辐射活动应具备相应的条件，对该医院将从事的辐射活动能力评价如下表：

**表 12-2 医院从事辐射活动能力评价**

应具备条件	医院落实情况
使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类、III 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术 人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作	医院正在筹建辐射安全防护领导小组，明确各成员的职责，成员应满足相应学历要求。
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及考核	医院拟制定人员培训计划，安排新增放射工作人员参加培训或考核合格后方可上岗。
使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	医院设计有贮源间，设置防盗门，计划由专人保管钥匙。
放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设置有门灯联动装置，并标有电离辐射警示标志以及工作状态指示灯，可开展辐射工作。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警仪、辐射监测等仪器，使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	医院拟配置个人剂量报警、辐射监测及表面污染监测仪等仪器
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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院已制定部分制度，在运营前应按环评报告表要求制定完善相关的辐射防护制度，并将制度粘贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	医院已制定《辐射事故应急预案》。
产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	根据分析，医院放射性废气、废液、固体废物的处理方案可行。

## 环境保护竣工验收

株洲汇加肿瘤专科医院核技术利用新建项目环保竣工验收要求见下表。

**表 12-3 环境保护竣工验收一览表**

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、有资质单位出具验收监测报告。	齐全
2	环境管理制度、应急措施	成立专门的辐射领导机构,制定相应的规章制度和事故应急预案,具有可操作性,有相应的操作规程。	有专门的辐射领导机构,制定并落实各项制度,有关制度上墙
3	放射工作人员管理	①医院拟新增放射工作人员 10 人,在新增项目投入运营前须进行上岗前体检,并具备相应的岗位技能;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;③管理人员和放射工作人员参加辐射安全知识培训,4 年进行一次复训。	人员按要求配备到位,并具备相关的技术能力。
4	防护用品	防护监测设备和防护用品按报告表中要求落实。	GBZ130-2013 GBZ126-2011 GB18871-2002
5	辐射屏蔽设计及安全防护措施	①核医学科各功能用房、射线装置机房屏蔽防护均按环评报告表的要求落实到位;②核医学科各功能用房内、射线装置机房内不得堆放无关杂物,保持良好的通风;③贮源间安装防盗门、配监视设备,实行双人双锁管理;④防护门上方设置工作状态指示灯、电离辐射警告标识及中文说明,并且指示灯正常工作。⑤射线装置机房设置门灯联锁	GBZ130-2013 GBZ120-2006 GBZ126-2011 GBZ18871-2002
6	辐射监测	①每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,有资质单位出具的年度评估报告。②医院配备相应的自检设备,防护检查仪器及人员,定时进行自检。	档案完整
7	剂量限值	核医学工作人员年有效剂量不超过 4mSv;②公众成员年有效剂量管理目标值不超过 0.1mSv。	GB18871-2002 及 环评批复
8	放射性废气	核医学科放射性废气经活性炭吸附后排放,排气口高于核医学科所在建筑楼顶 3m 排放。	GBZ130-2013 GBZ120-2006
9	放射性废水	核医学科工作场所有单独排水系统,三级衰变池有效容积满足要求,三级衰变池要防渗、防漏、防腐;医院总排污口总 $\beta$ 放射性 $<10\text{Bq/L}$ 。	GB18466-2005 GB18871-2002
10	放射性固体废物	配备放射性固体废物箱;废弃物放入专用固体废物箱暂存并定期运至放射性固体废物间贮存,存放 24h 后,按普通医疗废物处置、有废物处理台账。	GB18871-2002 GBZ133-2009

**表 13 结论与建议**

**结论**

**(一) 辐射安全与防护综合结论**

**1、项目概况**

为了开辟新的治疗手段，提高医院服务质量及服务水平，满足广大患者就医的需要，株洲汇加肿瘤专科医院拟新增 1 台 DSA，新增 1 台 PET-CT，设 1 个丙级非密封源工作场所，使用  $^{18}\text{F}$  开展 PET-CT 显像。

**2、选址可行性**

本项目核医学科位于医院附属楼一楼独立区域，DSA 位于主楼九楼，均不在敏感区域内。项目营运期产生的电离辐射、废水、废气、固体废物等均可得到有效治理，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**

本项目核医学科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，医生、病人出、入口明显分开，布局较为合理，能较好地满足丙级非密封放射性物质工作场所布局要求。本项目 DSA 机房布置相对远离周围环境敏感点。DSA 机房设置了机房和控制室，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，且放射诊疗区位于人流不密集区域，能更好地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。从环境保护角度分析，医院辐射工作场所布局可行。

**4、剂量估算**

本项目放射工作人员职业照射的附加剂量最大值核医学科为  $2\text{mSv/a}$ 、DSA 为  $0.38\text{mSv/a}$ ，均低于本评价设定的职业人员受照剂量约束值  $4\text{mSv/a}$ 。核医学科和 DSA 周边公众可能受到的最大照射附加剂量值分别为  $0.08\text{mSv/a}$ 、 $0.03\text{mSv/a}$ ，低于本次评价设定的公众受照剂量约束值  $0.1\text{mSv/a}$ 。

**5、放射性废物**

本项目核医学科放射性废气经活性炭吸附过滤装置处理后通过专用管道引至核医学科所在建筑楼顶排放。经处置后，废气的排放对环境的影响较小。

本项目放射性废水通过专用管道进入放射性废物衰变池中，存放 10 个半衰期后进入医院污水处理站进一步处理。环评要求衰变池设置便利取样口，以便在废水排放前取样监测。

本项目放射性固废暂存满 24h 后，活度低于清洁控制水平，经检测合格后作为普通固废处置。

#### 6、辐射与环境保护管理

医院成立了放射防护安全管理机构，制定了相关的辐射安全制度、辐射事故应急处理预案、安全操作规程等相应的制度和规程，基本能满足日常工作要求。

#### 7、个人剂量监测和防护用品配备

本项目建成运行后，医院应按报告表 10-4 中提出的要求增加个人防护用品以满足辐射工作需要。应对所有放射工作人员进行个人剂量监测、职业健康体检和防护知识培训，并建立相应的档案。

#### 8、综合结论

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，将带来明显的社会效益。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，本项目建设方案已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程如能严格按照设计方案进行施工，建筑施工质量能达到要求，并且医院认真贯彻落实本报告中提到的其他环保措施，项目对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求；从环境保护的角度来看，本环评认为该项目建设是可行的。

#### **建议和要求**

(1) 医院应按照《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。加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查。

(2) 医院在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和

补充，并确保各项制度的落实。

(3) 应配备必要的防护用品，加强对工作人员的辐射防护。

(4) 医院应组织辐射工作人员到有资质的机构进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，定期开展个人剂量监测，接受放射防护知识和法规培训，具备相应条件，取得辐射安全培训合格证后，方可从事放射工作。建立放射工作人员个人剂量档案、职业健康监护档案，并保存至离开放射性岗位 30 年或 75 周岁。放射工作人员调动工作单位时，个人剂量、健康监护档案应随其转给调入单位。

(5) 明确专门的部门对医院的放射工作人员统一管理，定期开展辐射防护教育。

(6) 放射工作人员应熟练掌握操作技巧，尽量缩短操作时间，并做好放射防护，降低辐射影响。

(7) 环评取得批复、项目建成且场所达到要求后，及时向相关部门申请办理《辐射安全许可证》。项目投入使用后，医院应按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》完成环保竣工验收工作。

## 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

