

核技术利用建设项目

眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）

新建核医学科项目

环境影响报告表

（公示本）

眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）

2024年10月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）

## 新建核医学科项目

### 环境影响报告表

建设单位名称：眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省眉山市东坡区岷东大道北段9号

邮政编码



联系人：郭



电子邮箱



联系电话：



# 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 .....	- 18 -
表 9 项目工程分析与源项 .....	- 21 -
表 10 辐射安全与防护 .....	- 32 -
表 11 环境影响分析 .....	- 47 -
表 12 辐射安全管理 .....	- 63 -
表 13 结论与建议 .....	- 70 -

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）新建核医学科项目			
建设单位		眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）			
法人代表		谢晓龙	联系人		联系电话
注册地址		四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号			
项目建设地点		四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号眉山市中医医院内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）			项目环保总投资（万元）		投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			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 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 type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

**项目概述**

**一、建设单位简介**

眉山市中医医院（即“眉山市东坡区人民医院”，统一社会信用代码：125117014516483911，以下简称眉山市中医医院或医院）始建于 1986 年 11 月，是一所专科优势突出、设备先进、中西并重，集医疗、教学、科研、预防保健、康复养老五位一体的具有较强综合实力的国家三级甲等中医医院和四川省精品中医医院。

2021 年 6 月，医院整体搬迁到岷东院区，岷东院区占地面积 200 亩，建筑面积 21 万平方米，总投资 12 亿元。医院专科特色突出，产生了良好的经济和社会效益。现有国家级重点学科 1 个，国家中医优势专科（在建）3 个，省级中医重点专科/专病 6 个、市级重点专科/专病 28 个。是眉山市中医教学基地、中医执业医师实践技能考试基地，

历年来为眉山市中医医、教、研做出了突出的贡献。

## 二、项目由来

当前，心脑血管疾病、肿瘤、癌症、神经退行性疾病等已成为严重威胁人类健康的主要因素。利用医用同位素的独特优势，进行诊断是提高人民健康水平不可或缺的重要手段。

为进一步提高医院的医学影像诊断技术能力和服务水平，为当地人民群众提供更好的、更加全面的医疗服务，眉山市中医医院拟于院内中部预留空地新建 1 栋核医学科楼（拟建，地上一层建筑），并在该楼内新建 1 处丙级非密封放射性物质工作场所，使用放射性同位素  $^{18}\text{F}$  和 1 台 PET/CT（其中 CT 部分属于Ⅲ类射线装置）开展核素显像诊断项目。

## 三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《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》等相关法律法规要求，建设方眉山市中医医院需对该项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）的”应编制环境影响报告表。

为此，眉山市中医医院委托四川瑞迪森检测技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。四川瑞迪森检测技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

## 四、项目概况

**项目名称：**眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）新建核医学科项目

**项目性质：**新建

**建设单位：**眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）

**建设地点：**四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号眉山市中医医院岷东院区

### **（一）建设内容与规模：**

本项目位于四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号眉山市中医医院岷东院区，医院拟于院内中部预留空地新建 1 栋核医学科楼（拟建，地上一层建筑，建筑高度约 5.1m），并拟在该场所内开展放射性核素显像诊断项目，本次拟开展核技术利用项目建设内容与规模如下：

#### **1、工作场所**

本次拟建核医学科总面积约 226m<sup>2</sup>，工作场所内包含放药分装室、源库、注射室、抢救室、注射后等候室（含卫生间）、PET/CT 扫描间及其控制室、留观室（含卫生间）、放射性废物暂存间、去污淋浴间及卫生通过间等。以上功能用房四周墙体为 200mm~370mm 实心砖墙，顶部为 120mm~220mm 混凝土，屏蔽门为 3mm~15mm 铅防护门，PET/CT 扫描间观察窗为 10mm 铅当量的铅玻璃，放药分装室内通风橱为 60mm 铅当量，注射窗为 40mm 铅当量。同时配套建设洁具间、医生办公室、控制室及设备间等辅助用房。

#### **2、放射性核素使用**

本次拟于新建核医学科内使用放射性同位素 <sup>18</sup>F 开展核素显像诊断项目，放射性核素 <sup>18</sup>F 日最大操作量 2.78×10<sup>10</sup>Bq（含备药量），日等效最大操作量 7.77×10<sup>6</sup>Bq，年最大使用量 6.94×10<sup>12</sup>Bq。

眉山市中医医院本次新建核医学科日等效最大操作量为 7.77×10<sup>6</sup>Bq，属于丙级非密封放射性物质工作场所。

#### **3、射线装置**

PET/CT 扫描间内拟新增使用 1 台 PET/CT 用于核素诊断，设备型号为 PoleStar Flight x，管电压 140kV，管电流 667mA，属Ⅲ类射线装置。

#### **4、衰变池系统**

本次拟新建 1 套衰变池系统，该衰变池拟建于核医学科西侧室外地下，该衰变池系统由 2 个化粪池（即污泥池，每个有效容积均为 10m<sup>3</sup>）及 3 个衰变小池组成，3 个衰变小池有效容积均为 12m<sup>3</sup>，总有效容积为 36m<sup>3</sup>。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1~表 1-2。

表 1-1 眉山市中医医院新建项目情况一览表

非密封放射性物质						
序号	核素	用途	单个病人最大用量 (mCi/人·次) /用药方式	日最大病人 量 (人)	年最大病人 量 (人)	日最大操作量 (Bq)
1	<sup>18</sup> F	核素 显像	10 (静脉注射)	15	3750	5.55×10 <sup>9</sup>
			备药量: 4×5.55×10 <sup>9</sup> Bq			

表 1-1 眉山市中医医院新建项目情况一览表 (续表)

序号	核素	日最大操作 量 (Bq)	毒性组别 修正因子	操作方式 修正因子	日等效最大操 作量 (Bq)	合计
1	<sup>18</sup> F	5.55×10 <sup>9</sup>	低毒 0.01	液态、很简单操作 10	5.55×10 <sup>6</sup>	7.77×10 <sup>6</sup>
		2.22×10 <sup>10</sup>	低毒 0.01	液态、源的贮存 100	2.22×10 <sup>6</sup>	

表 1-2 眉山市中医医院新建项目情况一览表

射线装置								
序号	射线装置 名称	装置 型号	数量	管电压	管电流	类 别	活动 种类	使用场所
1	PET/CT	PoleStar Flight x	1	140kV	667mA	III	使用	本次新建核医学科 PET/CT 扫描间

## (二) 项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-3。

表 1-3 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	核素	$^{18}\text{F}$ 日最大操作量 $2.78 \times 10^{10}\text{Bq}$ , 日等效最大操作量 $7.77 \times 10^6\text{Bq}$ , 年最大使用量 $6.94 \times 10^{12}\text{Bq}$	施工废气、 施工噪声、 施工废水、 固体废物、 生活污水、 生活垃圾	X 射线、表面污染、 $\gamma$ 射线、噪声、臭氧、少量氮氧化物、医疗废物、生活污水、生活垃圾等
	射线装置	新增使用 1 台 PET/CT (型号为 PoleStar Flight x, 最大管电压不超过 140kV, 最大管电流不超过 1000mA, 其中 CT 属于 III 类射线装置)。		
	工作场所	设有 1 间 PET/CT 扫描间及配套控制室、1 间放药分装室、1 间注射室、1 间放射性废物暂存间、1 间源库、1 间抢救室、1 间注射后等候室、1 间留观室、1 间去污淋浴间及卫生通过间等, 配套建设洁具间、医生办公室、控制室及设备间等辅助用房。		
环保工程	<p>1、本项目新建的 1 套衰变池均位于核医学科西侧地下, 衰变池拟设计 2 个化粪池及 3 个衰变小池, 衰变小池总有效容积为 <math>36\text{m}^3</math>; 本项目产生的放射性废水经专用污水管网排放至衰变池内暂存, 超过 30d 后直接排至医院的污水处理站进行处理。</p> <p>2、本次拟建核医学科拟设置有排风系统, 工作场所产生的放射性废气经排风系统引至楼顶排放。</p> <p>3、本次拟建核医学科设置有放射性废物暂存间及铅废物桶, 放射性废物在此暂存达清洁解控水平并检测合格后作为医疗废物处理。</p> <p>4、本项目工作人员产生的生活污水及生活垃圾等依托医院已有环保设施进行处理。</p>			
公用工程	依托医院已有给水、供电、通风等配套设施。			\
办公生活设施	本次新建的等候大厅、诊室、护士站及医生办公室等。			生活垃圾 生活污水



### （三）项目依托设施

①依托办公设施：医生办公室依托拟建的医生办公室。

②依托环保设施：本项目产生的生活污水、医疗废水和生活垃圾依托已有的污水处理设施和生活垃圾收集设施处理。本项目产生的医疗废物，医院拟委托有资质单位进行统一收集、清运和处置。

医院现有污水处理站一座，其处理规模为 1000m<sup>3</sup>/d，其处理工艺采取“一级强化+二氧化氯消毒”，医院废水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网，最终进入眉山市岷东新区污水处理一厂处理后排放。医院污水处理站设计处理能力能够满足本项目生活污水及医疗废水产生量和排放量的排放需求。

院区内已有设生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，医院委托有资质单位进行统一收集、清运和处置。

本项目新建非密封放射性物质工作场所内设置有放射性废物暂存间，工作期间产生的放射性固废在此集中暂存，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β 表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由有资质单位进行统一收集、清运和处理。

本项目拟新建衰变池系统用于放射性废水的暂存，该衰变池设计容积满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中暂存要求，放射性废水暂存达到排放标准后排入医院污水处理站进一步处理后纳入市政污水管网。

### （四）主要原辅材料及能耗

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-4。

表 1-4 主要能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量 (Bq)	来源	用途
主要原辅材料	<sup>18</sup> F	6.94×10 <sup>12</sup>	有资质单位供货	核素显像诊断
能源	电	/	城市电网	/
水	生活用水	/	市政管网	/

### （五）人员配置

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，实行 8 小时工作制。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 4 人，均为新增有辐射工作人员，辐射工

作人员均定岗定责，配备至本项目后，不再从事其它辐射工作。

表 1-5 本项目人员配置情况

项目类型	岗位及数量	工作人员数量总计
核医学科	分装、注射工作人员 2 名	4 名
	PET/CT 扫描间工作人员 2 名	

本项目投入运营后，医院也将根据其发展规划持续引进技术熟练的核医学科医生、技师及护士，医院应做好辐射工作人员管理工作。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）和《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部，公告 2021 年 第 9 号），本项目辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。辐射安全培训合格证书到期的人员仍需通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’进行再学习考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

### 五、项目周边保护目标以及场址选址情况

本项目选址于四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号眉山市中医医院岷东院区（项目地理位置见附图 1），医院东侧及南侧外均为市政规划道路及空地，西侧为岷东大道，北侧为岷黑快速通道，眉山市中医医院岷东院区周围环境详见附图 2。

眉山市中医医院岷东院区用地属于医疗卫生用地，从周边外环境关系可知，医院周边主要为市政道路及空地，周边无自然保护区和学校等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。

2015 年 5 月，医院委托中国轻工业成都市设计工程有限公司编制完成了《眉山市中医医院迁建项目环境影响报告书》，该项目已于 2015 年 6 月 15 日取得原四川省环境保护厅（现“四川省生态环境厅”）关于该项目的批复文件，医院选址合理性已在上述环评文件中进行论述。

本次新建核医学科拟建址位于院内中部预留用地（详见附图 3），不新增用地，该工作场所为一处单独的建筑物，避开了产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，减少了对公众的不必要照射。工作场所 50m 范围均位于医院院界内，本次辐射环境保护目标为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内其他公

众（详见附图3）。

综上所述，本项目拟建辐射工作场所具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员及公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

#### 六、项目产业政策符合性

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第1条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”，是目前国家鼓励发展的项目。本项目的运营可为眉山市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

#### 七、实践正当性

本项目的建设和运行，可满足医院对病人进行医学诊断，经辐射防护屏蔽和放射性三废处理、辐射安全管理后，对辐射工作人员和公众的影响在剂量约束值和剂量限值范围内，其建设和运行对受照患者和社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践正当性”的原则。

#### 八、项目单位核技术应用现状

眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，详见附件3。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活度种类	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	使用场所	贮存方式与地点
1	<sup>18</sup> F	液态/低毒 T <sub>1/2</sub> =109.8min	使用	2.78×10 <sup>10</sup>	7.77×10 <sup>6</sup>	6.94×10 <sup>12</sup>	核素显像	很简单操作/ 源的贮存	本次新建核医学科	暂存在源库,使用时转移至通风橱
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
1	PET/CT	III	1	PoleStar Flight x	140	667	核素显像 诊断	PET/CT 扫描间	本次环评

(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
沾有放射性核素的注射器、手套、留置针、一次性手套、棉签、滤纸等	固体	$^{18}\text{F}$	/	/	/	$\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$	存放于专用放射性废物铅桶及放射性废物暂存间	暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按照医疗废物处理
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	$^{18}\text{F}$	/	/	/	总 $\beta$ 不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$	暂存于衰变池内衰变	暂存于衰变池内衰变 30 天以上，直接解控排放至医院污水处理站
含有液态放射性药物分装时挥发的微量气溶胶	气体	$^{18}\text{F}$	/	微量	微量	微量	不暂存	在通风橱中操作，经过滤器及活性炭装置过滤后排放
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下 50 分钟后可自动分解为氧气
废活性炭	固体	$^{18}\text{F}$	/	/	/	/	暂存至放射性废物暂存间内	暂存时间超过 30 天，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理或厂家回收处理

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为  $\text{mg}/\text{L}$ ，固体为  $\text{mg}/\text{kg}$ ，气态为  $\text{mg}/\text{m}^3$ ；年排放总量用  $\text{kg}$ 。

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（ $\text{Bq}/\text{L}$  或  $\text{Bq}/\text{kg}$  或  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ）和活度（ $\text{Bq}$ ）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989 年 12 月 26 日发布施行；2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修正，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017 年修订版），国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，生态环境部第 16 号令，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(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 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，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 日起施行；</p> <p>(10) 《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《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、国防科工局公告，2017 年公告第 65 号公布，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号）2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《四川省辐射污染防治条例》，2016 年 6 月 1 日起实施。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</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</p>

	<p>容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>（3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>（4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>（5）《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>（6）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；</p> <p>（7）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；</p> <p>（8）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>（9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>（10）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）。</p>
其他	<p>（1）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>（2）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>（3）《关于发布&lt;建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法&gt;配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行；</p> <p>（4）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告2019年第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>（5）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用；</p> <p>（6）生态环境部辐射源安全监管司关于核医学标准相关条款咨询的复函，辐射函〔2023〕20号，2023年9月11日；</p> <p>（7）生态环境部核技术利用监督检查技术程序（2020版）；</p> <p>（8）四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知，川环函[2016]1400号。</p> <p>（9）图纸及相关技术资料。</p>



**表 7 保护目标与评价标准**

**评价范围**

根据本项目的特点并参照《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）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，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实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。本次评价范围选取核医学科实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，详见附图 3。

**保护目标**

本项目 50m 评价范围均位于医院院界内，50m 评价范围内无其他居民区、无学校等其他环境敏感点。因此，本项目辐射环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内公众，详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表

保护目标名称		方位		与屏蔽体最近距离	规模
核医学科	辐射工作人员	PET/CT 扫描间及其控制室、放药分装室、储源室、注射室等		/	4 人
	其他医护工作人员、患者、患者家属及院内周边公众	东侧	室外道路	邻近	约 20 人，流动人员
			停车场	18m	约 20 人，流动人员
		南侧	室外道路	邻近	约 20 人，流动人员
			院内绿地	23m	约 20 人，流动人员
		西侧	室外道路	邻近	约 20 人，流动人员
			门诊裙楼部分区域	20m	约 100 人
		北侧	室外道路	邻近	约 20 人，流动人员
			北住院楼部分区域	35m	约 200 人
	上方	不上人屋顶	/	/	
下方	无建筑（土层）	/	/		

注：评价范围内停车场和室外道路等区域多为流动人员。

## 评价标准

### 一、执行标准

本项目执行标准如下：

#### （一）环境质量标准

地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中的III类水域标准；

大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及其修改单中的二级标准；

声环境：执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的2类标准。

#### （二）污染物排放标准

废水：医疗废水执行《医疗机构水污染排放标准》（GB 18466-2005）中表2排放标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）二级标准。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中相关标准，营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2类标准。

固体废物：执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707-2020）。

#### （三）辐射防护标准

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的相关规定。

### 二、辐射环境评价标准

#### （一）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

##### 工作人员职业照射和公众照射剂量限值（摘录部分）

对象	要求
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②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。

#### 辐射工作场所的分区

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。

#### 控制区：

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。

监督区：

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。

(二) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)：

(三) 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(国家核安全局，辐射函〔2023〕20号)

### 三、辐射环境评价标准限值

#### (一) 个人剂量约束值

1、职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均) 20mSv。本项目取辐射工作人员个人年有效剂量约束值为 5mSv/a。

2、公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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年有效剂量 1mSv。本项目取公众个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

#### (二) 放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 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		$\beta$ 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	$4 \times 10$
	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		$4 \times 10^{-1}$

#### (三) 工作场所内外控制剂量率

核医学场所工作场所边界周围剂量率控制水平参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)：

距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30 cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于  $10\mu\text{Sv/h}$ ”

放射性药物合成和分装的箱体、通风橱、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

### 一、项目地理和场所位置

#### (一) 医院外环境关系

眉山市中医医院岷东院区位于四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号，其东侧及南侧外均为市政规划道路，西侧为岷东大道，北侧为岷黑快速通道，眉山市中医医院岷东院区周围环境详见附图 2。

#### (二) 辐射工作场所外环境关系

本次新建核医学科拟建址位于院内中部预留用地（详见附图 3），其东侧 50m 范围内依次为室外道路及停车场，南侧 50m 范围内依次室外道路及院内绿地，西侧 50m 范围内依次为室外道路及门诊裙楼部分区域，北侧依次 50m 范围内依次为室外道路、停车场及北住院楼部分区域，上方为不上人屋顶，下方无建筑。详见附图 2~附图 3。

本项目拟建址现状如图 8-1~8-4 所示。



图 8-1 本项目拟建址

图 8-2 拟建址东侧停车场



图 8-3 拟建址南侧绿地

图 8-4 拟建址西侧门诊裙楼及北侧北住院楼

### 二、辐射环境现状评价

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川瑞迪森检测技术有限公司按照标准规范对本次拟建址及周边环境进行了环境  $\gamma$  辐射剂量率和表面污染水平的布点监测，监测报告见附件 4。

### （一）监测因子

根据工程分析项目主要污染因子为工作场所运行时产生的 X 射线、 $\gamma$  射线及  $\beta$  表面污染水平等。为了更好反映实际情况，本项目的环境监测选取环境  $\gamma$  辐射剂量率和  $\beta$  表面污染水平作为监测因子。

### （二）监测内容

对拟建项目周围环境水平进行现状调查。

### （三）监测方案

#### 1、监测项目、方法及方法来源表

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	备注
环境 $\gamma$ 辐射剂量率		
表面污染水平		

#### 2、监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中的方法布设监测点，根据本次新建项目拟建址及其周围环境现状，监测点位的选取覆盖新建项目拟建区域及周围 50m 公众人员区域。

#### 3、监测仪器

监测使用仪器见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备		
	仪器名称	仪器编号	设备参数及检定情况
环境 $\gamma$ 辐射剂量率			
$\beta$ 表面污染水平			

### （四）质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，每次监测必须在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。

数据复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核后由授权签字人审定签发。

### （五）比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考四川省生态环境厅发布《2023 年四川省生态环境状况公报》中全省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率分布示意图，其中眉山市范围为：（70~100）nGy/h。

### （六）环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家标准方法实施；测量数据处理符合统计学要求；布点合理，结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。具体监测结果如下：

表 8-3 拟建址环境  $\gamma$  辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	拟建址内		室外
2	拟建址东侧停车场		室外
3	拟建址南侧绿地		室外
4	拟建址西侧门诊裙楼		室内
5	拟建址北侧北住院楼		室内

表 8-4 拟建址  $\beta$  表面放射性污染水平检测结果

测点编号	点位描述	$\beta$ 表面污染水平检测结果 (Ba/cm <sup>2</sup> )	备注
1	拟建址内		/
2	拟建址东侧停车场		/
3	拟建址南侧绿地		/
4	拟建址西侧门诊裙楼		/
5	拟建址北侧北住院楼		/

由表 8-3~表 8-4 可知，本项目拟建址周围环境  $\gamma$  辐射剂量率监测值与四川省生态环境厅《2023 年四川省生态环境状况公报》中眉山市空气吸收剂量率范围：（70~100）nGy/h 相较，本项目拟建址区域周围辐射环境监测值与眉山市天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围；拟建址周围  $\beta$  表面污染水平低于仪器探测下限。

表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备与工艺分析

### 一、施工期工艺分析

本项目施工期包括土建装修施工阶段及设备安装调试阶段，该过程中可能会产生施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水等。施工期工艺流程及产污环节如图 9-1 所示。

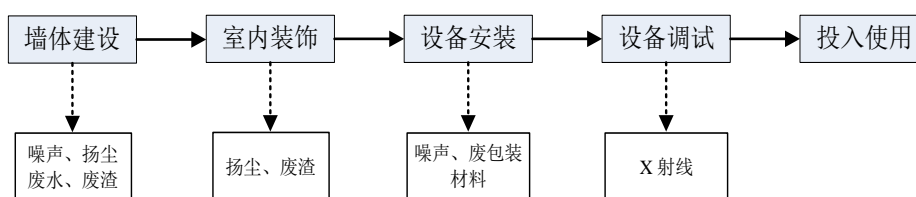


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节示意图

#### (一) 土建装修施工阶段

##### 1、扬尘

土建运输车辆装卸材料和行驶时产生的扬尘；建筑材料的现场搬运及堆放扬尘；施工垃圾的清理及堆放扬尘；人来车往造成的现场道路扬尘。

##### 2、噪声

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声。

##### 3、废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托医院已有环保设施处理。

##### 4、废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时产生的废气，影响装修人员的身体健康，该废气的排放属无组织排放。在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气一段时间后才能投入使用。

##### 5、固体废物

施工中固体废物主要为隔断产生的废砖头、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾等，可回收的废砖头可进行回收利用，不可回收的建筑垃圾及时清运至当地指定的建筑垃圾堆放场进行处理，生活垃圾集中分类暂存于院区内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。



## （二）设备安装调试阶段

本项目涉及射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作，医院工作人员协助进行辅助监督工作。在射线装置安装及调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立当心电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

本项目工作场所屏蔽设计满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，射线装置的安装和调试均在机房内进行，机房内设备正常安装和调试，经机房墙体、门屏蔽防护后，机房边界周围剂量率控制水平满足相关标准要求，对环境影响较小。

## 二、营运期工艺分析

### （一）工程设备

本次拟于核医学科使用放射性同位素  $^{18}\text{F}$  开展 PET/CT 显像诊断项目。本次拟新增辐射项目见表 9-1。

表 9-1 眉山市中医医院新建项目情况一览表

非密封放射性物质						
序号	核素	用途	单个病人最大用量 (mCi/人·次) /用药方式	日最大病人 量(人)	年最大病人 量(人)	日最大操作量 (Bq)
1	$^{18}\text{F}$	核素 显像	10 (静脉注射)	15	3750	$5.55 \times 10^9$
			备药量: $4 \times 5.55 \times 10^9 \text{Bq}$			$2.22 \times 10^{10}$

表 9-1 眉山市中医医院新建项目情况一览表 (续表)

射线装置								
序号	射线装置 名称	装置 型号	数量	最大 管电压	最大 管电流	类 别	活动 种类	使用场所
1	PET/CT	PoleStar Flight x	1	140kV	667mA	III	使用	本次新建核医学科

参照《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）中：

- ①有相对独立、明确的监督区和控制区划分；
- ②工艺流程连续完整；
- ③有相对独立的辐射防护措施的特点，工作场所人流及物流具有自己的独立通道，不与其他楼层交叉等条件。

根据设计院提供的平面布局可知，眉山市中医医院本次新增的非密封放射性物质工作场所项目主要为放射性同位素诊断，工作场所具有相对独立的监督区和控制区划分，场所具有明显的界限。工作场所的工艺流程连续完整。且工作场所具有独立的辐射防护措施，工作场所人流及物流具有独立通道互不交叉。

因此，眉山市中医医院本次新增的非密封放射性物质工作场所应作为一个独立的非密封放射性物质工作场所，场所具有独立的监督区、控制区划分。

### 1、非密封放射性物质

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法和放射性同位素日最大操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封放射性物质工作场所的分级判据如表 9-2。

表 9-2 非密封放射性物质工作场所的分级

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 $\sim 2 \times 10^7$

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式、物理状态和实际日最大操作量确定。毒性组别和操作方式与放射源状态修正因子见表 9-3、表 9-4。

表 9-3 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 9-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	物理状态			
	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

$$\text{日等效最大操作量} = \frac{\text{日最大操作量} \times \text{毒性修正因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \dots\dots \text{公式 9-1}$$

根据本项目非密封放射性物质工作场所使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量，确定出本项目非密封放射性物质工作场所级别，详见表 9-5。

表 9-5 本次新建项目日等效最大操作量核算结果

序号	核素	日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	合计
1	<sup>18</sup> F	5.55×10 <sup>9</sup>	低毒 0.01	液态、很简单操作 10	5.55×10 <sup>6</sup>	7.77×10 <sup>6</sup>
		2.22×10 <sup>10</sup>	低毒 0.01	液态、源的贮存 100	2.22×10 <sup>6</sup>	

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)非密封源工作场所的分级原则，结合表 9-5 计算结果可知，本次新建核医学科总日等效最大操作量为 7.77×10<sup>6</sup>Bq，属于（豁免活度值以上~2×10<sup>7</sup>）Bq 的范围，为丙级非密封放射性物质工作场所。

## 2、射线装置

PET/CT 是将 PET 与 CT 融为一体，由 PET 提供病灶详尽的功能与代谢等分子信息，而 CT 提供病灶的精确解剖定位。PET 系统的主要部件包括机架、环形探测器、符合电路、检查床及工作站等。探测系统是正电子发射显像系统中的主要部分，它采用的块状探测结构有利于消除散射、提高计数率。CT 主要有扫描部分、计算机系统、图像显示和存储系统组成，其中扫描部分由 X 线管、探测器和扫描架组成。

PET/CT 结构示意图见图 9-2。

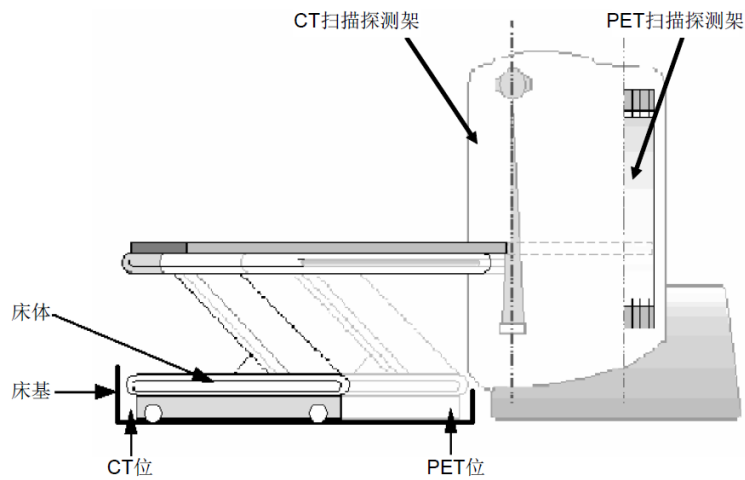


图 9-2 PET/CT 结构示意图

本项目拟新增的 1 台 PET/CT 主要设备技术参数见表 9-6。

表 9-6 PET/CT 主要设备技术参数

指 标	技术参数
型号	PoleStar Flight x
位置	PET/CT 扫描间
额定管电压	140kV
额定管电流	667mA
用途	核素显像

## (二) 工作原理

核医学的体内诊断是将放射性核素及其标记物注射到人体内后，由于机体功能和代谢变化，因而可以通过放射性核素及其标记物在体内分布和代谢来反映人体内的病理或生理变化。放射性核素进入人体后，特定的放射性核素按照自身的规律发生衰变，在此过程中发射一定能量的  $\gamma$  射线，采用特殊的探测装置可以在人体外探测到体内放射性核素的分布，就能准确的观察到体内的病理或生理变化过程，为医学研究与临床诊断提供可靠信息。

PET 的成像技术是利用带正电子的放射性核素注入人体内产生的湮没辐射  $\gamma$  光子构成影像。正电子只能瞬态存在，很快与组织中的负电子结合湮没辐射产生两个能量相等、方向相反的  $\gamma$  光子。正电子放射性核素可构成人体各部位的任何影像，包括平面影像、动态影像、断层影像及全身影像。湮没辐射产生的  $\gamma$  光子互成  $180^\circ$ ，提供了很好的空间定位。正电子成像一般不需要机械准直器而采用电子准直，大大提高了探测灵敏度，改善了空间分辨率。正电子断层显像主要用于心血管疾病、脑及神经疾病和肿瘤的诊断，对肿瘤的良好、恶性鉴别诊断、分期、化疗和放疗后疗效观察及判断肿瘤病灶转移与复发均有重要价值。近年来，为获得清晰的成像，又发展了与 X 射

线 CT 融合的 PET/CT、PET/MR 等设备。常见的 PET/CT 外观图见图 9-3。



图 9-3 常见的 PET/CT 外观图

本项目 PET/CT 拟使用放射性同位素  $^{18}\text{F}$  配合新增的 PET/CT 进行影像诊断。当某种放射性核素或其标记物  $^{18}\text{F}$  等通过注射等方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 PET 来探测这种放射性核素发射的  $\gamma$  射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，PET 放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

放射性核素特性见表 9-7。

表 9-7 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变类型	主要 $\alpha$ 、 $\beta$ 辐射能量 (keV)	主要 $\gamma$ 、X 射线能量 (keV)	周围剂量率当量率常数 (裸源) <sup>①</sup> ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ )
$^{18}\text{F}$	109.8min	$\beta^+$ , EC	0.63 (+)	0.511	0.143

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）。

### （三）工作流程及产污环节

核医学科拟使用的放射性药物  $^{18}\text{F}$  购自有资质供货商，其操作流程如下：医院根据患者预约情况，确定当天所使用的药物剂量，向专业供应商订购，供应商根据医院

预约的时间和用量定时（患者就诊前）将药物送达核医学科的源库内，医院指定专人负责药物的接收和登记，并当天用完。

PET/CT 诊断具体工作流程如下：

- 1、接收患者，开具 PET 诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害；
- 2、医生根据病情确定使用核素的类别和剂量；
- 3、患者经缓冲间至注射室，医护人员在通风橱内根据患者用药情况将药物分装至带铅套的注射器内或者容器内，测定活度，经校对无误后，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为患者注射药物；
- 4、患者在注射后等候室内候诊，经叫号系统进入 PET/CT 扫描间，经医护人员摆位后，接受 PET/CT 的扫描（约 10~20 分钟）；
- 5、扫描完成后的患者至留观室内留观，若无其他情况，留观结束后经缓冲间患者专用通道离开。

PET/CT 系统诊断工艺流程及产污位置图如图 9-4 所示。



图 9-4 本项目 PET/CT 诊断流程及产污环节示意图

因此，使用  $^{18}\text{F}$  核素标记 PET 显像主要环境影响为分装、注射及摆位等过程对工作人员产生的外照射；分装、注射过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如清洗废水、注射放射性药物患者的排泄物；PET/CT 扫描时产生的 X 射线、臭氧及氮氧化物等。

#### （四）人流和物流的路径规划

##### 1、工作人员路径

注射工作人员由东侧医护入口通过卫生通过间进入放药分装室，在源库内取出所需注射的放射性药物至通风橱，在通风橱内完成分装等操作，再至注射窗口给患者施药后原路返回。该路径上卫生通过间内配置有表面污染监测设备，设置有感应式洗手

池和淋浴设施，分装室内产生的固体废弃物暂存于废物桶内，随后转移至放射性废物暂存间内。

PET/CT 操作人员由东侧医护入口直接进入控制室，在控制室内完成患者的显像扫描工作。

## **2、患者路径**

受检者按预约日期到达等候大厅，经护士叫号后经南侧卫生通过间单向门禁到达注射室，接受给药后进入注射后等候室候诊，按叫号顺序前往 PET/CT 扫描间内接受检查，检查结束后分别进入留观室内留观，留观结束后至出口卫生通过间经表面污染水平检测后离开。该路径上，患者入口和出口处均设置有卫生通过间，仅允许患者单向通行。该诊断区域内设有专用卫生间，患者在专用卫生间内如厕，不随意走动，诊断期间，各自根据叫号系统提示到相应的位置进行诊断检查。

## **3、药物路径**

本项目所使用的放射性药物均由有资质单位供应，放射性药物会在患者就诊前送至核医学科，在医院工作人员对接后经源库东侧药物专用通道送至源库内暂存。

## **4、废物路径**

本项目产生的放射性固废经统一收集后转移至放射性废物暂存间内暂存，暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由有资质单位进行统一收集、清运和处理；本项目放射性废水排入衰变池进行暂存衰变。

本项目人流及物流路径规划如图 9-5 所示。

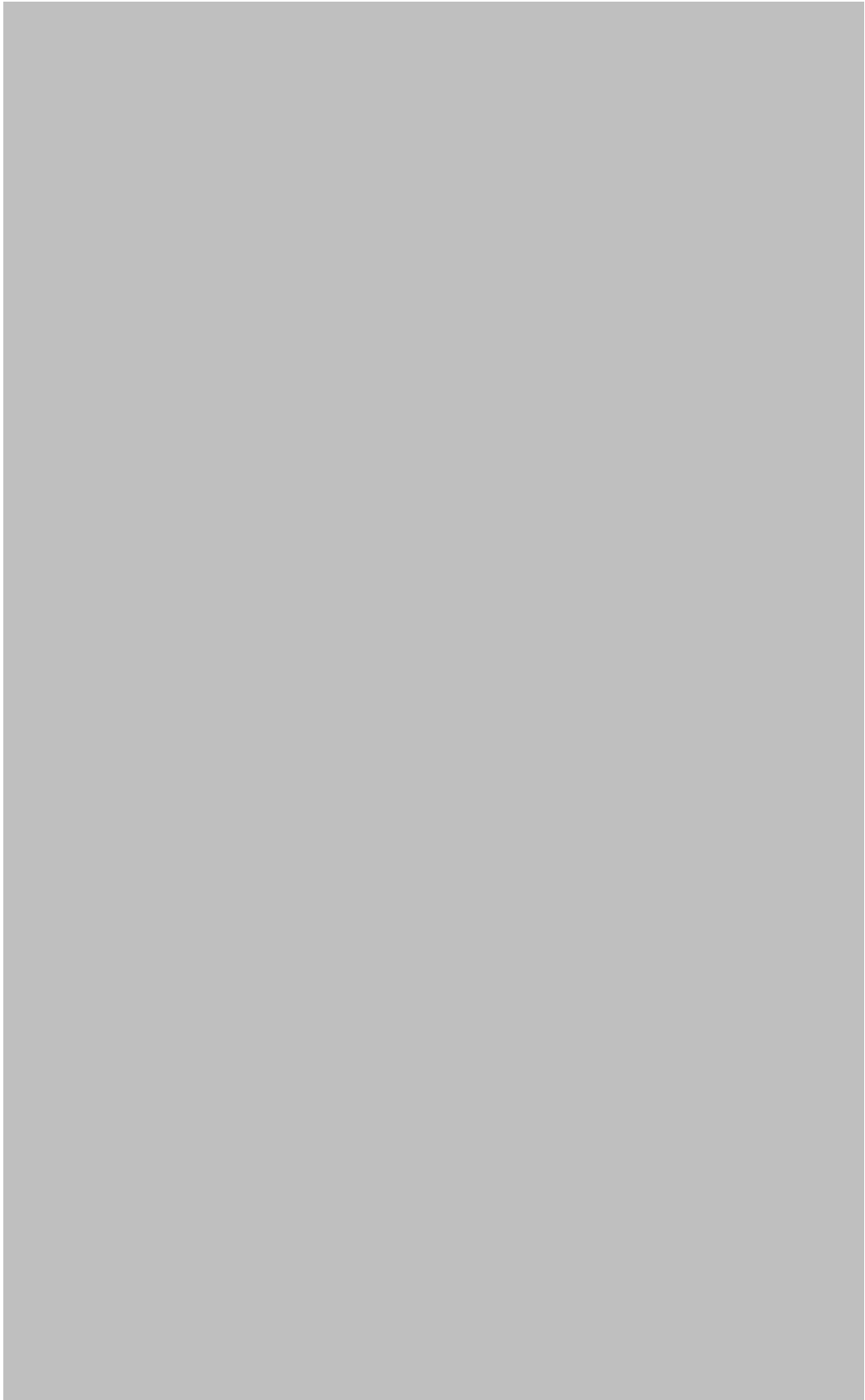


图 9-5 本项目人流物流路径示意图



## 污染源项描述

### 一、施工期污染源

#### (一) 废水

施工期少量废水主要来自施工场地废水及施工人员生活污水。

#### (二) 扬尘

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是墙体装修扬尘；二是来自建筑材料包括水泥、沙子等搬运扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

#### (三) 固体废物

施工期产生的固体废弃物主要为施工人员的生活垃圾及废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾。

#### (四) 噪声

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

### 二、营运期污染源

#### (一) 电离辐射

医院拟在核医学科 PET/CT 扫描间内新增使用 1 台 PET/CT（最大管电压 140kV、最大管电流 1000mA）用于核素显像诊断，属于 III 类射线装置。

PET/CT 扫描时产生的 X 射线、放射性药物在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的  $\gamma$  射线，以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

#### (二) $\beta$ 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素  $^{18}\text{F}$  的药物操作中，可能会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的  $\beta$  放射性表面污染。

#### (三) 放射性废气

本项目核素使用前均存放于密封容器内，药物均在带有通风装置的通风橱内进行分装，产生少量的放射性气溶胶。

#### (四) 放射性废水

体内含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

### **（五）放射性固体废物**

放射性同位素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签及滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物及更换下来的废活性炭等。污染途径为操作过程中及收集固废过程中和贮存衰变时对医务人员产生的外照射。

### **（六）非放射性三废**

本项目辐射工作人员在工作中会产生生活污水、生活垃圾及办公垃圾，患者及家属候诊过程中产生少量的生活垃圾及污水。本项目废气为 CT 开机并曝光时，产生的少量臭氧和氮氧化物。本项目噪声主要为设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

### **三、其他**

根据《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

**表 10 辐射安全与防护**

## **项目安全措施**

### **一、工作场所布局与分区**

#### **(一) 工作场所布局合理性**

本次拟建核医学科位于院内中部，工作场所相对独立，周边无其他科室，新建的非密封放射性物质工作场所避开了医院的产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，且新建工作场所出入口避开了人流量较大的门诊大厅、收费处等人群稠密区域，避免了对公众不必要的照射。

**本次拟新建的非密封放射性物质工作场所**控制区相对集中，放射性药物均存放在源库保险柜内，放射性废物均暂存至废物桶或放射性废物暂存间；控制区设有单独的出口及入口，设立了相对独立的工作人员、患者、放射性药物、放射性废物路径，工作场所内工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。控制区的入口和出口设置了门锁权限控制和单向门等安全措施，限制了受检者的随意流动，避免工作人员和公众免受不必要的照射；控制区的出入口均已设计卫生通过间，同时拟为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备；控制区内已设计给药后患者的专用卫生间。

综上所述，本项目核医学科满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中关于选址与布局的规定。

#### **(二) 两区划分**

##### **1、分区原则**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，将本项目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。

控制区—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。

监督区—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的区域。

根据《核医学辐射安全与防护要求》（HJ 1188-2021）的规定：核医学工作场所的

控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

## 2、区域划分

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1 及图 10-1。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
核医学科	放药分装室、注射室、源库、抢救室、注射后等候室、留观室、PET/CT 扫描间、设备间、放射性废物暂存间、洁具间及衰变池	控制室、去污淋浴间、卫生通过间及缓冲间

注：衰变池位于核医学科西侧室外，地下结构。



图 10-1 本项目工作场所辐射防护分区示意图

### 3、控制区的防护手段与安全措施：

- (1) 控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-2）。
- (2) 制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- (3) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- (4) 在淋浴/更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；
- (5) 定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。



图 10-2 当心电离辐射警告标志

### 4、监督区防护手段与安全措施

- (1) 以黄线警示监督区的边界；
- (2) 在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- (3) 定期检查该区的条件，以确定是否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。

## 二、辐射安全及防护措施

### （一）各工作场所的屏蔽措施

本项目工作场所屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 核医学科一层防护屏蔽一览表

名称	屏蔽体	主要屏蔽材料及厚度
放药分装室	四面墙体	
	顶棚	
	地面	
	防护门	
	通风橱	
源库	四面墙体	
	顶棚	
	地面	

	防护门
注射室	四面墙体
	顶棚
	地面
	防护门
	注射窗
抢救室	四面墙体
	顶棚
	地面
	防护门
注射后等候室	四面墙体
	顶棚
	地面
	防护门
PET/CT 扫描间	四面墙体
	顶棚
	地面
	防护门
	观察窗
	铅屏风
留观室	四面墙体
	顶棚
	地面
	防护门
放射性废物暂存间	四面墙体
	顶棚
	地面
	防护门
卫生通过间	

## (二) 辐射安全装置

### 1、工作状态指示灯及门灯联动装置

本项目拟在 PET/CT 扫描间受检者防护门上设置工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。

### 2、急停按钮

本项目 PET/CT 控制台上、设备机身均拟设置急停按钮。一旦在检查过程中出现

紧急情况，工作人员按动急停按钮即可令设备停止运行。

### **3、操作警示装置**

PET/CT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

### **4、视频监控、对讲装置及观察窗**

本项目拟在核医学科范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况及工作场所进出/口情况；在控制室与 PET/CT 扫描间之间设置对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与患者联系；PET/CT 扫描间墙体上拟设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态防护门开闭情况。

### **5、门禁系统**

本项目拟在核医学科出入口处设置专用单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。

### **6、源库和校准源库红外报警系统**

本项目工作场所的源库拟设置双人双锁的保险柜，工作场所使用的放射性药物放置于铅罐中由供应单位派专人直接送至源库内暂存，未用完的放射性药物放置在源库双人双锁的保险柜内，日常期间由值班人员巡视检查，源库内拟安装摄像头、红外报警系统。

## **（三）辐射安全措施**

### **1、放射性药物的存放安全措施**

本项目工作场所使用的放射性核素  $^{18}\text{F}$  将向有相关资质的供应单位购买，由有资质单位负责运输。

医院根据临床诊断所需药物的使用量，提前向放射性核素供应单位订购，供应单位在约定的时间负责将放射性药物运送至工作场所内，建设单位安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续。

本项目放射性核素在送达当天全部使用完，该工作场所正常情况下不会有放射性核素存放过夜。特殊情况下，由于病人未来就诊等原因，造成放射性核素未在当天使用完，少量放射性核素需在源库存放过夜时，医院拟将未使用的少量放射性核素在源库中存放。源库拟设有视频监控系统 and 门禁系统，可以有效防止放射性核素的丢失隐患。

本项目放射药物外购时其自身带有屏蔽层，且转入医院前表面辐射剂量率水平满

足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019），货包表面任意一点的最高辐射水平为  $0.005\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ ，放射性药物在转入医院后直接转入源库内，随后工作人员在给病人用药前再转入放药分装室的通风橱内进行操作，对于备用药品及未使用完的放射性药物转入源库的双人双锁保险柜中。

本项目使用的放射性同位素均由有资质单位供应，并贮存于源库内的双人双锁保险柜中，本项目源库拟设置有红外监控摄像头、红外报警装置，防止放射性物品被盗或破坏。

## 2、表面污染控制措施

为保证非密封放射性物质工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的标准，**建设单位拟采取以下措施：**

（1）放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

（2）操作放射性药物时，须在通风橱内进行，防止放射性物质撒漏；

（3）放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品；

（4）操作台、地面拟选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的标准值。

## 3、人员防护及管理措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

### （1）辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

**屏蔽防护：**将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；放射技师采取隔室操作方式，通过控制室与机房之间的墙体、铅门和铅玻璃窗屏蔽 X 射线及  $\gamma$  射线等，以减弱或消除射线对人体的危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套和注射器防护提盒。



**时间防护：**在满足工作质量的前提下，尽量减少工作时间，使照射时间最小化。在满足诊断要求的前提下，根据诊断要求和患者实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员的受照时间，也避免患者受到额外剂量的照射。

**距离防护：**在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

**个人剂量监测：**本项目所有辐射工作人员都应开展个人剂量监测（其中从事核医学放射药物分装与注射的工作人员应采用双剂量计监测方法），并要求在上班期间必须佩戴，医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，定期安排其在有相应资质医院体检，检测结果存入个人剂量档案，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。

## **(2) 其他人员防护**

**屏蔽防护：**辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。

**时间防护：**设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

**距离防护：**设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

## **4、操作过程中的防护措施**

医生在进行放射性药品的分药操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅衣铅帽、铅围脖等（均具备 0.5mmPb 当量）。涉及分装时，手动将定量的药物移至注射器或容器内，经测量核定药物活度后转移给病人注射，分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。通风橱底部设有 10mmPb 废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。

## **5、工作场所对注射或服药后病人防护措施**

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在等候区域内驻留，同时需要求病人在注射药物后在注射后等候室内休息，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入专用厕所，最终排入废水衰变池。

### 三、辐射安全防护设施对照分析

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目		规定的措施	落实情况	备注
非密封放射性物质工作场所	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	新建	/
		出入口缓冲间	均已设计卫生通过间	/
		铅防护门	已设计	/
		观察窗	已设计	/
		负压工作场所	已设计	/
		病人专用卫生间	已设计	/
		衰变池	已设计	/
		放射性废物暂存间	已设计	/
		视频监控与对讲系统	/	需配备
		出入口处当心电离辐射警告标志	/	需配备
		工作状态显示	/	需配备
		进出口单向门禁	已设计	/
监测设备		固定式报警仪	已设计	/
		便携式 X-γ 巡检仪	/	拟配置
		表面沾污仪	/	拟配置
		个人剂量报警仪	/	拟配置
		个人剂量计	/	拟配置

### 四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，医院将投入一定资金新增配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-4。

表 10-4 环保设施及投资估算一览表

项目		规定的措施	数量	金额
非密封放射性物质工作场所	场所设施			
	警示装置 安全设施			

	放射性废物处理	
	个人防护用品	
	监测设备	
	其他	

合计

本项目总投资 [ ]，环保投资约 [ ] 占总投资的 [ ] 今后医院在核技术利用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

### 三废的治理

#### 一、施工期

##### (一) 施工扬尘

本项目施工期短，拟采取扬尘治理措施包括：1.安排人员在干燥天气洒水降尘；2.及时清运施工场地建筑废渣，避免二次起尘；3.对施工车辆进出口路面进行清扫。

##### (二) 废水

施工期间产生废水主要为施工人员生活污水，施工人员生活污水利用医院内既有污水处理设施处理。

##### (三) 废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气一段时间后才能投入使用。

##### (四) 施工噪声

项目施工期拟采取降噪措施如下：1.合理安排施工时间，夜间禁止施工；2.选用低噪施工设备；3.运输车辆必须限速、严禁鸣笛。

## （五）固体废物

施工期产生的固体废物主要包括房屋改造装修过程产生的建筑垃圾、施工人员产生的生活垃圾及设备安装后产生的废包装材料。不可回收的建筑垃圾及时清运至指定的建筑垃圾堆放场进行处理，设备安装产生的废包装材料、生活垃圾交由市政环卫部门统一清运、处理。

## 二、营运期

本项目运行期产生的主要放射性“三废”为工作场所使用非密封放射性同位素过程中产生的放射性废气、放射性废水和放射性固体废物，本项目拟采取以下“三废”防治措施。

### （一）放射性废气

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中 7.4 规定，产生放射性废气的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间，更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）：合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般不小于 0.5m/s），排气口应高于本建筑屋脊，并安装专用过滤装置。

本项目核医学科排风管道分为 3 支，其中 1 支单独连接放药分装室内设置的通风橱，放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱由专业厂商提供，根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中“合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 0.5m/s）”要求，医院购买的通风橱排风口处风速不得低于 0.5m/s；第 2 支管分别连接放药分装室、注射室、抢救室、注射后等候室（含卫生间）、留观室（含卫生间）、PET/CT 扫描间及其设备间等区域；第 3 支管分别连接源库及放射性废物暂存间区域。工作场所排风管道必须密封良好，不与其他排风管道相通，且场所内的送风系统送风量小于排风系统的排风量，保证了非密封放射性物质工作为负压工作场所，通排风管道布设如图 10-3 所示。

工作场所产生的放射性废气经由排风管道排至核医学科楼顶，其中通风橱自带有 1 套活性炭过滤装置，工作场所排风口安装有 1 套初效过滤器及活性炭吸附装置处理设施，屋顶排风口高于屋面 3m，距地面约 8.1m（屋顶排风口详见图 10-4），含放射

性核素的气溶胶经活性炭过滤后对周边环境影响较小。



图 10-3 本项目工作场所通排风管道布置示意图



图 10-4 本项目工作场所屋顶排风口示意图

## （二）放射性废水

本项目工作场所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

本项目工作场所按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）拟在核医学科总上水管处设置有洗消装置，满足标准要求。

### 1、处理措施

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至核医学科西侧室外地下本次新建的衰变池内，该衰变池设有 2 个化粪池（即污泥池，每个有效容积均为  $10\text{m}^3$ ）及 3 个衰变小池组成，3 个衰变小池尺寸均为：长  $3.4\text{m}$ ×宽  $2.0\text{m}$ ×高  $2.35\text{m}$ ，有效容积均为  $12\text{m}^3$ ，总有效容积为  $36\text{m}^3$ 。根据设计院提供的设计图可知：放射性废水先排至化粪池（即污泥池）再通过专用管道排至放射性废水衰变池，待放射性废水暂存至规定时间后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

本项目衰变池平面及剖面示意图详见图 10-5，本次新建辐射工作场所排水管道布置示意图详见图 10-6。



图 10-5 本项目衰变池平面及剖面示意图



图 10-6 本项目工作场所放射性废水管道走向示意图

## 2、衰变池的运行原理

本次拟建衰变池为 3 格并联衰变池，单个池体有效容积为  $12\text{m}^3$ ，每级均设置取样口。产生的放射性废水先进入化粪池进行沉淀随后排入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，废水排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，关闭其进水阀门，并打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站，衰变池以此往复运行。

## 3、衰变池容量可行性分析

工作场所放射性废水主要来源为工作台面、地面去污时产生的放射性废水，工作人员操作过程中手部受到微量污染的清洁废水，患者冲洗排便废水。

本次新建衰变池系统由 2 个化粪池及 3 个衰变小池组成，3 个衰变池并联运行，该场所每天产生废水约  $0.289\text{m}^3$ ，放射性废水先进入化粪池进行初级沉淀后排入第一个衰变池中，保守按照装满 2 个池子的容积进行核算，则装满 2 个池子需要约 83 天 ( $24\text{m}^3/0.289\text{m}^3$ )，该组衰变池容量满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)

中“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”要求。

综上所述，本项目产生的含放射性核素  $^{18}\text{F}$  的废水在衰变池存放超过 30d 后直接排至医院的污水处理站进行处理。

#### 4、管理措施及建议

为进一步保证衰变池的长效可靠运行及人员安全，医院拟采取以下措施：

(1) 拟建立衰变池排放台账，记录每次排放时间、排放量情况并由专人负责管理；

(2) 衰变池区域地面拟设置围栏，四周拟悬挂“当心电离辐射”警告标志和勿靠近的警示牌，提醒无关人员勿靠近和在此逗留；

(3) 规定患者检查期间使用专用厕所，不得使用其他厕所；

(4) 专用厕所具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，而且随时保持便池周围清洁；

(5) 本项目放射性衰变池池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，放射性衰变池应加以密封，拟设置防雨、防渗和防漏的措施。

#### (三) 放射性固体废物

本项目工作场所产生的放射性固废有：因采用注射的方式进行给药后产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶等医用器具、排风管道内更换下的废活性炭和过滤器等。本项目工作场所内各功能房间均拟设置放射性固废收集桶(10mmPb)，用于收集放射性固废，在到达一定量时转入放射性废物暂存库间的铅废物桶(10mmPb)进行暂存衰变。

本项目含  $^{18}\text{F}$  的短半衰期的固体放射性废物暂存超过 30d，并经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  后，由医院统一作为医疗废物进行处理。核医学科排风管更换下来的活性炭和过滤器需按固体放射性废物处理，同样在废物间内暂存超过 30d，经监测符合排放标准后作为医疗废物进行处置。

综上，本项目核医学科产生的放射性固体废物采用专用塑料袋分类收集后封闭暂存于放射性衰变桶内并及时转移至放射性废物暂存间存放，经监测符合排放标准后同其它医疗废物一起由医疗废物处理机构定期统一处理。医院拟配备的专用脚踏式废物桶底部拟带有万向轮，工作人员转移废物时可将放射性废物连同铅桶一起转移至放射



性废物暂存间内，至暂存间后再将含放射性废物的塑料袋转移至大容积的铅废物桶，随后再将空置的铅废物桶转移至原工作场所。此转移过程中，放射性废物一直在铅废物桶中存放，工作人员近距离接触时间明显减少，避免了不必要的照射。

#### **（四）非放射性污染防治措施**

本项目运行期间产生的非放射性污染物主要是噪声、生活污水、生活垃圾。具体治理措施如下：

##### **1、生活污水和生活垃圾处理措施**

本项目工作人员工作中会产生少量的生活污水、生活垃圾和办公垃圾，候诊病人候诊过程中产生少量的生活污水和生活垃圾，依托医院已有污水处理系统和生活垃圾收集系统进行处理。

##### **2、废气处理措施**

本项目使用的 III 类射线装置在工作状态时，会使空气电离产生少量的臭氧(O<sub>3</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)，少量臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

##### **3、噪声治理措施**

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪设备，噪声较小，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，对周围环境影响较小。

##### **4、射线装置报废处理**

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的 PET/CT 在进行报废处理时，将射线装置高压射线管进行拆卸并去功能化，同时将射线装置主机的电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

表 11 环境影响分析

## 建设阶段对环境的影响

### 一、施工阶段的环境影响分析

本项目施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水产生，施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

#### （一）大气污染防治措施

- 1、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- 2、在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；
- 3、车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- 4、加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

#### （二）水污染防治措施

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依托医院已有的污水处理设施处理。

#### （三）噪声防治措施

整个建筑施工阶段，如搅拌机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时需严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如需连续施工，在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。

#### （四）固废防治措施

项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

## 二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立当心电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

本项目工作场所屏蔽设计满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，射线装置的安装和调试均在机房内进行，机房内设备正常安装和调试，经机房墙体、门屏蔽防护后，机房边界周围剂量率控制水平满足相关标准要求，对环境的影响较小。

## 运行阶段对环境的影响

### 一、辐射环境影响分析

本项目主要污染因子为  $^{18}\text{F}$  放射性核素在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的  $\beta$ 、 $\gamma$  射线及  $\beta$  放射性表面污染；PET/CT 装置 CT 扫描时产生的 X 射线。

#### （一） $\beta$ 射线辐射影响分析

$\beta$  射线的穿透性能较差，根据《辐射防护手册 第三分册》（原子能出版社），其在 Z 较高的物质中的射程可用公式 11-1 和公式 11-2 进行估算，主要参数及结果见表 11-1。

$$R = \frac{1}{2} E_{max} \cdots \cdots \text{公式 11-1}$$

$$d = \frac{R}{\rho} \cdots \cdots \text{公式 11-2}$$

其中： $R$  ——最大射程，单位  $\text{g}/\text{cm}^2$ ；

$E_{max}$  ——电子的最大能量，单位 MeV；

$\rho$  ——材料的密度，单位  $\text{g}/\text{cm}^3$ ；取自《辐射防护手册 第三分册》表 2.8；

$d$  ——防护厚度，单位 cm。

表 11-1 β 射线防护厚度计算参数及结果

核素	$E_{\beta}$ (MeV)*	屏蔽材料	$\rho$ 材料密度(g/cm <sup>3</sup> )	$d$ 防护厚度 (cm)
<sup>18</sup> F				

注：\*来源 GBZ120-2020。

本项目通风橱采用铅板及铅玻璃进行防护，工作场所墙体采用实心砖，顶部及底部采用混凝土，防护门采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行辐射防护，本项目放射性核素 <sup>18</sup>F 产生的 β 射线在上述屏蔽材料中射程均极短。本项目涉及使用的放射性核素 <sup>18</sup>F 在整个过程中均采取了有效的屏蔽措施屏蔽 β 射线，同时在整个使用过程中辐射工作人员还穿戴有 0.5mm 铅当量的防护铅服，且周围公众与放射性核素之前还采取了距离隔离措施，因此 β 射线对辐射工作人员和周围公众辐射影响很小。

### (三) γ 射线辐射影响分析

本项目主要污染因子为放射性核素 <sup>18</sup>F 在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线。

参考《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)附录 I 中第 1.2 款 <sup>99m</sup>Tc 诊断、<sup>131</sup>I 治疗、PET 等工作场所的屏蔽计算，保守起见，所有核素(如 <sup>99m</sup>Tc、<sup>131</sup>I、<sup>18</sup>F 等)工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

$$X = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_P \times r^2}\right) \dots \dots (I.1)$$

式中：X—屏蔽厚度 (mm)；

TVL—γ 射线的十分之一值层厚度 (mm)；

A—单个患者或者受检者所用放射源的最大活度 (MBq)；

Γ—距源 1m 处的周围剂量当量率常数 (μSv·m<sup>2</sup>/MBq·h)；

$\dot{H}_P$ —屏蔽体外关注点剂量率 (μSv/h)；

R—放射源到考察点的距离 (m)。

由公式 I.1 推导可得：

$$\dot{H}_P = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10\left(-\frac{x}{TVL}\right) \dots \dots \text{公式 11-3}$$

由《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)查出铅、混凝土和实心砖对 <sup>18</sup>F 什

值层见表 11-2。

表 11-2 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	<sup>18</sup> F
铅什值层厚度 $TVL$ ( $\rho=11.3\text{g/cm}^3$ )	
实心砖什值层厚度 $TVL$ ( $\rho=1.65\text{g/cm}^3$ )	
砼什值层厚度 $TVL$ ( $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ )	

### 1、关注点处的辐射水平

根据本项目的工程分析可知，PET/CT 核素诊断项目辐射影响主要包括护士分装、取药和活度测量（保守按照 2min 估算）、药物注射（保守按照 1min 估算）、病人候诊（等候约 20min）和病人扫描（扫描过程约 20min）4 个过程，主要对 PET/CT 工作人员及室外公众产生外照射辐射影响。

根据公式 11-3 可估算出项目周围各关注点处的辐射水平，各关注点位置见图 11-1，预测结果见表 11-3。



图 11-1 本项目关注点位示意图

表 11-3 <sup>18</sup>F 显像诊断时周围关注点理论估算结果汇总

点 位	关注点位置	源强 (Bq)	距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	计算结果 ( $\mu$ Sv/h)	剂量率限值 ( $\mu$ Sv/h)
1						0.771	2.5
2						1.469	2.5
3						0.112	2.5
4						0.395	2.5
5						0.360	10.0
6						0.569	2.5
7						0.412	2.5
8						0.790	10.0
9						5.431	10.0
10						0.790	10.0
11						2.936	10.0
12						0.717	2.5
13						0.569	2.5
14						0.140	2.5
15						1.650	10.0
16						0.321	10.0
17						0.252	2.5
18						0.259	2.5
19						0.252	2.5
20						0.366	2.5
21						3.271	10.0
22						0.577	10.0
23						0.430	10.0

24		0.577	2.5
25		0.769	2.5
26		0.732	2.5
27		13.984	/
28		0.105	2.5
29		0.303	2.5
30		0.343	2.5
31		0.054	2.5
32		0.619	10.0
33		0.105	10.0
34		0.064	10.0
35		0.077	2.5
36		1.325	10.0
37		0.224	10.0
38		0.314	2.5
39		0.224	2.5
40		0.181	10.0
41		0.284	2.5
42		0.274	2.5
43		0.092	2.5

根据表 11-3 可知，<sup>18</sup>F 药物在操作过程及病人显像过程中对注射室、候诊区及 PET/CT 扫描间外的环境影响较小，注射室、候诊区及机房的防护设计均能够满足 <sup>18</sup>F 核素的辐射防护要求，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h；放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h”的限值要求。

## 2、人员所受年有效剂量分析

根据辐射安全手册，人员年有效剂量计算公式如下：

$$E = H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \cdots \cdots \text{公式11-5}$$

式中：E—人员年有效剂量，mSv/a；

H—关注点处剂量率，μSv/h；

q—居留因子，全部居留取 1，部分居留取 1/4，偶尔居留取 1/16；

h—年照射时间，h；

W<sub>T</sub>—组织权重因子，取 1。

### （1）辐射工作人员及公众年有效剂量

根据各关注点处估算的辐射剂量率，结合工作时间、辐射工作人员和公众停留概率，即可得到各关注点处辐射工作人员及公众的年受照剂量，见表 11-4。



表 11-4 使用 <sup>18</sup>F 核素诊断时工作场所周围辐射工作人员及公众年有效剂量估算

点位	关注点位置	关注点辐射水	关注对象	居留	受照时间 (min)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv)
						0.096	5
						0.046	5
						0.004	0.1
						0.012	0.1
						0.026	5
						0.045	5
						0.002	0.1
						0.042	0.1
						0.022	0.1
						0.048	0.1
						1.748	5
						0.016	0.1
						0.379	5
						0.429	5
						0.067	5
						0.020	5
						0.017	0.1
						0.028	0.1
						0.004	0.1

综上所述，本项目辐射工作人员所受年有效剂量最大为 2.222mSv/a，工作场所周围公众所受年有效剂量最大为 0.042mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

本项目 50m 评价范围均为院内，由于 50m 范围内环境保护目标距工作场所屏蔽体外相对较远（远大于表面 0.3m），故本项目评价范围内环境保护目标处人员所受的辐射剂量将远小于上述理论计算值，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）等要求。

#### （四）射线装置环境影响分析

本次拟建 PET/CT 扫描间辐射防护设计见表 11-6。

表 11-6 PET/CT 扫描间辐射防护设计一览表

类别	参数	设计厚度	铅当量	屏蔽及面积要求	评价
PET/CT 扫描间	墙体	370mm 实心砖	>3mm	CT 机房（不含头颅移动 CT）、CT 模拟定位机房：有用线束方向铅当量 2.5mmPb，非有用线束方向铅当量 2.5mmPb。	满足
	南侧防护门	10mmPb	10mmPb		
	西侧防护门	10mmPb	10mmPb		
	观察窗	10mmPb	10mmPb		
	顶部	220mm 混凝土	>2.5mm		
	机房面积	PET/CT 扫描间面积 39.2m <sup>2</sup> ，扫描间内最小单边长 4.9m		机房最小有效使用面积 30m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长 4.5m	满足

由上表可知 PET/CT 系统 CT 部分为 III 类医用射线装置，机房墙体、门、窗、顶棚的防护厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中要求。

本项目辐射工作人员所受 CT 的年有效剂量（X 射线贡献）较小，考虑叠加放射性药物的影响后，辐射工作人员所受总的年有效剂量均能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求，也低于本评价提出的 5.0mSv/a 的剂量约束值。

## 二、放射性废物影响分析

### （一）放射性废气的影响分析

本项目核医学科排拟设置独立的通排风系统，工作场所产生的放射性废气经由排风管道排至核医学科楼顶，其中通风橱自带有 1 套活性炭过滤装置，工作场所排风口均安装有初效过滤器及活性炭吸附装置处理设施，屋顶排风口高于屋面 3m，含放射

性核素的气溶胶经活性炭过滤后对周边环境影响较小。

### **(二) 放射性废水**

本项目工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至核医学科西侧室外地下本次拟建衰变池内暂存衰变，暂存超过 30d 后排放至医院污水处理站处理达标后排入市政管网，对周围环境影响较小。

### **(三) 放射性固体废物**

本项目工作场所产生的放射性废物采用专用塑料袋分类收集后暂存于放射性固体废物收集桶并及时转移至放射性废物暂存间铅废物桶内封闭衰变，废物桶须贴上当心电离辐射标志，并与普通医疗废物分开收储，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及封存时间。

本项目含  $^{18}\text{F}$  核放射性固体废物暂存超过 30 天，并经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由有资质单位进行统一收集、清运和处理，对周围环境影响较小。

## **三、非辐射环境影响分析**

### **(一) 废水**

本项目产生的生活污水及医疗废水经医院已有污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网，最终进入眉山市岷东新区污水处理一厂处理后排放，对周围环境影响较小。

### **(二) 固体废物**

本项目产生的生活垃圾集中暂存，将由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置，对周围环境影响较小。

### **(三) 废气**

工作场所内拟设有通排风装置，射线装置运行产生的臭氧和氮氧化物较少，经排风系统引至室外排放，臭氧在常温条件下 50 分钟后可自动分解为氧气，产生的臭氧通过换气系统排入环境大气后，经自然分解扩散，对周围环境影响较小。

### **(四) 噪声**

本项目噪声主要来源于机房内通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声设备，经建筑物墙体隔声及院区场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）标准要求，对周围环境影响

较小。

### (五) 射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照生态环境保护主管部门要求，履行相关报废手续。

## 事故影响分析

### 一、事故分级

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）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故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，详见下表。

表 11-7 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-8 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值 (Gy)
骨髓型急性放射病	轻度	1.0~2.0
	中度	2.0~4.0
	重度	4.0~6.0
	极重度	6.0~10.0
肠型急性放射病	轻度	10~20
	重度	20~50
脑型急性放射病	轻度	50~100
	中度	
	重度	

	极重度	
	死亡	>100

## 二、辐射事故识别

### (一) 事故情形

本项目主要考虑电离辐射损伤和放射性药物失控对环境的影响，具体为以下情形：

#### 1、射线装置误照射

本项目涉及使用 1 台Ⅲ类医用射线装置（PET/CT），为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成永久性辐射损伤，事故等级属一般辐射事故。Ⅲ类医用射线装置主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。

#### 2、放射性药物撒漏

由于工作人员操作不熟练或违反放射操作规程或误操作等其他原因造成的放射性药物撒漏，造成意外照射和辐射污染。

#### 3、放射性药物遗失

由于未锁好非密封放射性物质工作场所进出口的大门或取用药物后未及时锁好防护门或保险柜等药物保管工作不到位致使放射药剂丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

#### 4、患者呕吐造成控制区内的污染

患者服药初期将放射性药物呕吐到环境中，可能对环境在一定范围内造成暂时性的辐射污染。

#### 5、其他管理不善

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区，可能对接近患者的人员造成附加的照射剂量。

放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害。

放射性固体废物：放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短，即进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

## (二) 事故工况辐射影响分析

### 1、射线装置误照射

本项目所使用的 PET/CT 中 CT 属于 III 类射线装置，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。在上述事故情景假设条件下，受误照公众所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值（公众 1mSv/a），属于一般辐射事故，但是随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能将超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，也可能造成更严重的辐射事故。

### 2、放射性何物药物撒漏或意外丢失

本项项目涉及使用的非密封放射性物质主要有  $^{18}\text{F}$ ，其日最大操作量为  $2.78 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，半衰期 109.8min。

#### (1) 事故情况假设

①本次预测事故情况假设  $^{18}\text{F}$  试剂瓶发生丢失，假设丢失时，内装的放射性药物活度均为该核素单日最大操作量。

②假设丢失后在整个事故持续时间内放射性药物未发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③保守假设事故持续时间内，丢失的药物被同一人随身携带，距离按 10cm 考虑；

④受照人员不考虑任何屏蔽措施；

⑤事故持续最长时间为 2h。

#### (2) 计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 0.1m 内不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表 11-9。

表 11-9 放射性药物丢失事故下不同持续时间个人有效剂量分布

核素类别	
$^{18}\text{F}$	

在上述事故情景假设条件下，携带放射性药物人员或近距离公众在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射，考虑的整个事故持续周期 2h 内，事故持续周期内可能造成人员超剂量照射而导致一般辐射事故，随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量将远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂

量限值，也可能造成更严重的辐射事故。由于计算过程未考虑核素衰变，计算结果偏保守。

### 3、放射性事故等级

综合上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-10。

表 11-10 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
核医学科	X 射线、 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线	超剂量照射	放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故

根据分析，本项目可能发生的事故为一般辐射事故，若随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，可能造成更严重的辐射事故。

### 三、事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，将辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能的减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

（一）制定射线装置操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射诊断操作时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

（二）每月检查门灯联锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

（三）定期对射线装置采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

（四）加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

（五）制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

(六) 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，减少药物撒漏事故的发生。一旦发生撒漏事故，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散，然后使用备用的塑料袋收集处理过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，并从溅洒处移去垫子，使用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦拭，直到擦干污染区。

(七) 在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

(八) 制定和完善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。注射间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

(九) 加强对用药患者的管理，在不影响诊断的情况下，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对用药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面的指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公众场所活动，并避免与家人近距离密切接触。

(十) 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。放射性废水和固体废物经足够长的时间衰变后，方可排放或按照普通医疗垃圾处理，并做好监测记录。

#### **四、应急措施**

倘若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

(一) 一旦发现有其他无关人员误入机房内，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的放射事件应急处理领导小组及上级领导报告。放射事件应急处理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

(二) 对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境主管部门、卫生健康等主管部门。

(三) 一旦发生核素药物丢失或被盜，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，封闭场



所应按规定启动本单位辐射事故应急方案，并及时报告当地生态环境主管部门、公安部门以及卫生健康部门。

（四）配备去污清洁用品，发生核素泄漏应控制人员进入，并选择合理的去污方法，防止交叉污染。一般核素药物为液态，若发生撒漏，可用滤纸擦拭清除（去污时佩戴有效的个人防护用品，擦拭后的滤纸作为放射性固体废物），然后用温水仔细清洗。为防止污染的扩散，去污程序应先从污染轻的周围渐向污染重的部位，如经反复清洗效果不明显时，可根据放射性核素的化学性质和污染表面的性质，选用有效的去污剂进一步去污。严重污染事故时，应立即通知在场的其他人员，同时迅速标出污染范围，防止其他人员进入污染区。

（五）工作人员佩戴有个人剂量计，每 3 个月检测一次，可及时监控工作人员所受剂量，如发现超标现象应查明原因，改善防护条件或减少工作时间。

（六）人员受到不必要的照射或超计划外照射时，应评估其受照剂量，并进行必要的医学处理。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局环发[2006]145 号文件之规定，发生辐射事故时事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，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》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

眉山市中医医院需完善事故应急预案，将本次新建项目纳入其中，能确保事故情况下的影响处于可控范围内。

表 12 辐射安全管理

## 辐射安全与环境保护管理机构的设置

### 一、关于辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，医院应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，并以文件形式明确管理人员职责。

眉山市中医医院已成立辐射安全管领导小组（详见附件 5），并以文件形式明确了相关管理人员职责。

### 二、辐射工作人员配置和能力分析

眉山市中医医院现有辐射工作人员 86 人，辐射工作人员均已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，持证上岗。医院拟为本项目配备辐射工作人员 4 人。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

2、在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

3、医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。在此基础上，环评认为，本项目辐射工作人员的配置可满足要求。

## 辐射安全管理规章制度

### 一、档案管理分类

医院将来运营时可对相关资料进行分类归档，包括以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“辐射应急资料”“废物处置记录”，存放在医院相关办公室。

### 二、建立主要规章制度

医院可根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》等要求制定一系列辐射安全规章制度，具体见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求		医院制定情况
	制度	具体制度要求	
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责，全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作	已制定
2	辐射安全管理规定	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理	已制定，需完善
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施。	已制定，需完善
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保射线装置保持良好的工作状态。	已制定，需完善
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任	已制定，需完善
6	放射源与射线装置台账管理制度	应记载放射性同位素与射线装置台账，记载射线装置及非密封放射物质的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度	已制定，需完善
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	已制定，需完善
8	监测仪器使用与校验管理制度	/	已制定，需完善
9	辐射工作人员培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员须通过考核后方可上岗。	已制定，需完善
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置及非密封放射性物质时，操作人员必须佩戴个人剂量计。医院定期将个人剂量计	已制定，需完善

		送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案	
11	辐射事故应急预案	针对医用射线装置及非密封放射性物质应用可能产生的辐射事故应制订较为完善的事故应急预案或应急措施。	已制定，需完善
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	已制定，需完善

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

### 三、年度辐射安全评估制度

医院已建立年度辐射安全评估制度，根据《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告格式》的要求，每年根据实际工作情况编制《安全和防护状况年度评估报告》并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

### 四、核技术利用辐射安全申报系统要求

根据生态环境部信息化管理要求，辐射工作单位办理辐射安全许可证审批环保手续时需在全国核技术利用辐射安全申报系统进行网上申报。医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

## 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

### 一、工作场所监测

#### （一）年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交。

眉山市中医医院已委托有资质单位开展了 2023 年度的在用核技术利用项目的年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求。

## (二) 日常自我监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

## (三) 监测内容和要求

1、监测内容：X-γ 辐射周围剂量当量率和 β 表面污染水平。

2、监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

场所或设备	监测内容	监测周期	监测布点位置
核医学科工作场所	X-γ 辐射率	委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；自行开展辐射监测，频率为 1~4 次/年；β 表面污染在每天工作完成后进行一次（出现放射性药物洒落应及时进行监测）；	工作场所墙体、门（及其门缝）、观察窗表面外 30cm 处（顶部人员不可达，下方无建筑）
	放射性固体废物		放射性废物包装体外表面
	β 表面污染水平		放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，工作场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。

注：1.每次工作结束后，应对非密封放射性物质工作场所及周围环境表面沾污进行监测，工作人员每次工作结束后离开各非密封放射性物质工作场所前应进行表面污染监测，如果工作服、手套、工作鞋的 β 表面污染大于 4Bq/cm<sup>2</sup>，应及时脱下更换清洗或作为放射性固废处理；如果手、皮肤、内衣、工作袜的 β 表面污染大于 0.4Bq/cm<sup>2</sup>，应进一步清洗去污直至满足对 β 表面污染的要求；从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平检测，以杜绝超过 GB18871-2002 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。以上监测均应记录档案，同时医院应在监测方案中列出 GB18871-2002 中表面污染控制水平。

2.

3、监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

4、监测频次：委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；自行开展 X-γ 辐射剂量率监测，频率为 1~4 次/年；β 表面污染可在每天工作完成后进行一次（出现放射性核素洒落应及时进行监测）；放射性废物处理前应进行监测，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β 表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物

处理。

## 5、监测质量保证

(1) 制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

(2) 采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

(3) 制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

## 二、个人剂量监测

### (一) 个人剂量监测管理要求

本项目辐射工作人员均拟配有个人剂量计，建设单位应根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)“常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小，剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月”，按每季度 1 次(一年 4 次)的频率组织辐射工作人员进行个人剂量检测，并按要求建立辐射工作人员个人剂量档案，将监测结果记录到个人剂量档案中。个人剂量监测工作应当由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

1、当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

2、个人剂量检测报告(连续四个季度)应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

3、根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前；对于核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置

佩戴剂量计，且采用双剂量计监测方法；

4、辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案保存终生。

医院应加强辐射管理工作，杜绝剂量计损坏或丢失的情况发生，对医院所有参与辐射工作的人员进行个人剂量检测，并建立剂量管理限值和剂量评价制度，优化实践行为，做好个人剂量档案及职业健康检查档案工作。

## （二）个人剂量监测现状

眉山市中医医院已委托有资质单位对医院 2023 年度辐射工作人员进行了个人剂量监测，监测结果均符合国家相关标准要求。

## 辐射事故应急

### 一、事故应急预案内容

为了应对核素诊断中的事故和突发事件，医院须完善辐射事故应急预案。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

- 1、应急机构和职责分工；
- 2、应急的具体人员和联系电话；
- 3、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- 4、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 5、辐射事故调查、报告和处理程序。

### 二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

1、一旦发现放射性药物被盗或者丢失，及时向公安部门、生态环境主管部门和卫生健康部门报告。

2、发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

3、医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

4、事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境和公安

部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

5、最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

### 三、其他要求

1、辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

2、在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。



表 13 结论与建议

## 结论

### 一、项目概况

**项目名称：**眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）新建核医学科项目

**项目性质：**新建

**建设单位：**眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）

**建设地点：**四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号眉山市中医医院岷东院区

#### （一）建设内容与规模

本项目位于四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号眉山市中医医院岷东院区内，医院拟于院内中部预留空地新建 1 处核医学科，并拟在该场所内使用放射性同位素  $^{18}\text{F}$  开展核素显像诊断项目，该场所内放射性核素  $^{18}\text{F}$  日最大操作量为  $2.78 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为  $7.77 \times 10^6\text{Bq}$ ，年最大使用量为  $6.94 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，属于丙级非密封放射性物质工作场所。

本次拟于核医学科 PET/CT 扫描间内拟新增使用 1 台 PET/CT 用于核素诊断，设备型号 PoleStar Flight x，管电压 140kV，管电流 667mA，属 III 类射线装置。

### 二、项目产业政策符合性结论

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 1 条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”，是目前国家鼓励发展的项目。本项目的运营可为眉山市及周边病人提供放射性核素诊断服务，是提高人民群众生活质量，提高全区医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

### 三、实践正当性

本项目的建设和运行，可满足医院对病人进行医学诊断，提升医院医疗水平。经辐射防护屏蔽和放射性三废处理、辐射安全管理后，对辐射工作人员和公众的影响在剂量约束值和剂量限值范围内，其建设和运行对受照患者和社会所带来的利益能够弥

补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)“实践正当性”的原则。

#### 四、项目选址合理性结论

本项目选址于四川省眉山市东坡区岷东大道北段 9 号眉山市中医医院岷东院区，医院东侧及南侧外均为市政规划道路及空地，西侧为岷东大道，北侧为岷黑快速通道。

眉山市中医医院岷东院区用地属于医疗卫生用地，从周边外环境关系可知，医院周边主要为市政道路及空地，周边无自然保护区和学校等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。

2015 年 5 月，医院委托中国轻工业成都市设计工程有限公司编制完成了《眉山市中医医院迁建项目环境影响报告书》，该项目已于 2015 年 6 月 15 日取得原四川省环境保护厅(现“四川省生态环境厅”)关于该项目的批复文件，文号为：川环审批(2015)297 号，医院选址合理性已在上述环评文件中进行论述。

本次新建核医学科拟建址位于院内中部预留用地，不新增用地，该工作场所为一处单独的建筑物，避开了产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，减少了对公众的不必要照射。工作场所 50m 范围均位于医院院界内，本次辐射环境保护目标为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内其他公众。

综上所述，本项目拟建辐射工作场所具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员及公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

#### 五、区域环境质量现状

根据监测结果，本项目拟建位置周围环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测值与四川省生态环境厅《2023 年四川省生态环境状况公报》中眉山市空气吸收剂量率范围： $(70\sim 100)$  nGy/h 相较，本项目拟建址区域周围辐射环境属于正常本底范围。

项目拟建位置周围  $\beta$  表面污染水平低于仪器探测下限，属于当地正常水平。

#### 六、代价利益分析

眉山市中医医院(眉山市东坡区人民医院)新建核医学科项目符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平，核技术在医学上的应用有利于提高疾病的诊

断正确率，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

从剂量预测结果可知，项目致工作人员所受附加剂量小于 5mSv、公众年所受附加剂量小于 0.1mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”及本项目剂量约束值的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

## 七、环境影响分析结论

### （一）施工期环境影响分析

本项目施工期环境影响随着施工结束而消除。

### （二）营运期正常工况下辐射环境影响

#### 1、辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

#### 2、水环境影响分析

本项目产生的放射性废水通过独立的废水管道收集至本次拟建衰变池内进行暂存衰变处理，暂存超过 30 天后排入医院废水处理站进一步处理后纳入市政污水管网，对周围环境影响较小。

本项目其他工作人员工作时仅产生少量的生活废水，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网，对周围环境影响较小。

#### 3、固体废物影响分析

本项目核医学科产生的放射性废物采用专用塑料袋分类收集后暂存至放射性废物暂存间铅废物桶内封闭衰变，经监测符合排放标准后同其它医疗废物一起由医疗废物处理机构定期统一处理，对周围环境影响较小。

本项目辐射工作人员工作中产生的少量的生活垃圾和办公垃圾，候诊病人候诊过程中产生少量的生活垃圾，均分类暂存于院区内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置，对周围环境影响较小。

#### 4、噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声

设备，经医院场址内的距离衰减后，噪声对周围环境影响较小。

### **5、大气环境影响分析**

本项目新建非密封放射性物质工作场所内拟设置通排风系统，排风系统均设置有初效过滤器及活性炭吸附装置，工作场所产生的废气经由排风管道引至核医学科楼顶排放，屋顶排风口高于屋面 3m，对周围大气环境影响较小。

本项目工作场所内产生的少量臭氧和氮氧化物可通过通排风装置排出室外，由于产生的臭氧量较少，再经大气稀释自然扩散后，对周围大气环境影响较小。

### **6、事故工况下环境影响**

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，眉山市中医医院须按相关规定完善《辐射事故应急预案》后能够有效控制并消除事故影响。

### **八、非密封放射性物质工作场所及射线装置使用与安全管理的能力**

眉山市中医医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；已建立较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在完善《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度后，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对医用辐射设施的使用和安全管理能力。

### **九、项目环境可行性结论**

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量管理约束值。放射性“三废”及非辐射环境影响均可满足国家标准的要求。评价认为，从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

## 建议和承诺

一、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

二、医院应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。

三、医院应于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并上传。医院应按照规定格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增放射性同位素、射线装置或单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

四、经常检查辐射工作场所的当心电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

五、医院须重视控制区和监督区的管理。

六、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

七、医院今后在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。

八、本次环评放射性同位素及射线装置工作场所，日后如有重大变化，应另作环境影响评价。

九、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

1、建设单位可登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other>）。

2、项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收（调查）报告。

3、本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

4、除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

（1）本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

（2）对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

（3）验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当在“建设项目竣工环境保护验收信息系统”（<https://cepc.lem.org.cn/#/login>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

“三同时”验收一览表

项目	“三同时”验收	验收结果
辐射安全管理机构	[Redacted]	[Redacted]
辐射安全和防护措施		[Redacted]
人员配备		[Redacted]
监测仪器和防护用品		[Redacted]
辐射安全管理制度		[Redacted]
		[Redacted]