**编号：ZFHK-FB19220056**

**核技术利用建设项目**

**绍兴市人民医院电子直线加速器和**

**SPECT建设项目（扩建）**

**环境影响报告表**

**绍兴市人民医院**

**2019年7月**

**环境保护部监制**

**核技术利用建设项目**

**绍兴市人民医院电子直线加速器和**

**SPECT建设项目（扩建）**

**环境影响报告表**

**建设单位名称：绍兴市人民医院**

**建设单位法人代表（签名或签章）：**

**通讯地址：绍兴市中兴北路568号**

**邮政编码：312000** **联系人：陆小红**

**电子邮箱：**

**联系电话：13606757752**

编制单位和编制人员情况表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 建设项目名称 | | 绍兴市人民医院电子直线加速器和SPECT建设项目（扩建） | | |
| 环境影响评价文件类型 | | 环境影响评价报告表 | | |
| 一、建设单位情况 | | | | |
| 建设单位（签章） | | 绍兴市人民医院 | | |
| 法定代表人或主要负责人（签字） | |  | | |
| 主管人员及联系电话 | | 陆小红 13606757752 | | |
| 二、编制单位情况 | | | | |
| 主持编制单位名称（签章） | | 中辐环境科技有限公司 | | |
| 社会信用代码 | | 91330000MA27U0414T | | |
| 法定代表人（签字） | |  | | |
| 三、编制人员情况 | | | | |
| 编制主持人及联系电话 | | 杨红晓 0571-87889666 | | |
| 1.编制主持人 | | | | |
| 姓名 | 职业资格证书编号 | | 签字 | |
| 杨红晓 | 00019685 | |  | |
| 2.主要编制人员 | | | | |
| 姓名 | 职业资格证书编号 | 主要编写内容 | | 签字 |
| 杨红晓 | 00019685 | 项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量与辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议 | |  |
| 四、参与编制单位和人员情况 | | | | |

**环评项目负责人职业资格证书（复印件）**





**目 录**

[表1 项目基本情况 1](#_Toc511982827)

[表2 放射源 8](#_Toc511982828)

[表3 非密封放射性物质 8](#_Toc511982829)

[表4 射线装置 9](#_Toc511982830)

[表5 废弃物（重点是放射性废弃物） 10](#_Toc511982831)

[表6 评价依据 11](#_Toc511982832)

[表7 保护目标与评价标准 13](#_Toc511982833)

[表8 环境质量和辐射现状 24](#_Toc511982834)

[表9 项目工程分析与源项 29](#_Toc511982835)

[表10 辐射安全与防护 37](#_Toc511982836)

[表11 环境影响分析 52](#_Toc511982837)

[表12 辐射安全管理 78](#_Toc511982838)

[表13 结论与建议 82](#_Toc511982839)

[表14 审批 85](#_Toc511982840)

**表1 项目基本情况**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 建设项目名称 | | 绍兴市人民医院电子直线加速器和SPECT建设项目（扩建） | | | | | | |
| 建设单位 | | 绍兴市人民医院 | | | | | | |
| 法人代表 | | 郭航远 | 联系人 | 陆小红 | 联系电话 | | 13606757752 | |
| 注册地址 | | 绍兴市中兴北路568号 | | | | | | |
| 项目建设地点 | | 绍兴市人民医院医疗综合楼负一层和临床核医学中心 | | | | | | |
| 立项审批部门 | | \ | | 批准文号 | | \ | | |
| 建设项目总投资（万元） | | 4000 | 项目环保投资（万元） | 200 | | 投资比例（环保投资/总投资） | | 5% |
| 项目性质 | | □新建 □改建 ☑扩建 □其它 | | | | 占地面积(m2) | | / |
| 应用类型 | 放射源 | □销售 | □Ⅰ类 □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类 | | | | | |
| □使用 | □Ⅰ类（医疗使用） □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类 | | | | | |
| 非密封放射性物质 | □生产 | □制备PET 用放射性药物 | | | | | |
| □销售 | / | | | | | |
| ☑使用 | ☑乙 □丙 | | | | | |
| 射线装置 | □生产 | □Ⅱ类 □Ⅲ类 | | | | | |
| □销售 | □Ⅱ类 □Ⅲ类 | | | | | |
| ☑使用 | ☑Ⅱ类 ☑Ⅲ类 | | | | | |
| 其他 | / | | | | | | |
| **1.1项目概述**  **1.1.1 建设单位情况简介**  绍兴市人民医院（以下称“医院”）始建于1942年，是一家集医疗、教学、科研、预防、保健、康复管理为一体的三级甲等综合性医院。医院位于绍兴市中兴北路568号，占地约228亩。  **1.1.2 项目建设目的和任务由来**  随着医院的发展，现有1台最大X射能量10 MV常规剂量率的电子直线加速器，其已不能满足现有医用诊疗的需求，医院拟新增1台最大X射线能量10MV高剂量率的电子直线加速器（剂量率2400cGy/min），来用于立体定向放射治疗，并且高剂量率也可加快治疗速度。  医院现有1台ECT位于医院医疗综合楼负一层，2015年医院在辐楼新建临床核医学中心，拟将现有ECT（非密封放射性同位素使用场所）由医院医疗综合楼负一层迁至新建的临床核医学中心，已环评并取得批复（浙环辐 [2015]2号）。现临床核医学科已建成，由于种种原因，现有ECT至今未搬迁，即位于辐楼的临床核医学科只有PET项目。现医院拟在临床核医学中心已建的机房新增1台SPECT即单光子发射型计算机断层显像（Single Photon emission computed tomography，简称SPECT）（使用99mTc）。  根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部，国家卫生和计划生育委员会公告，公告2017年第66号），上述直线加速器属于II类射线装置；SPECT属于III类射线装置。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的划分标准，本项目SPECT工作场所非密封放射性核素日等效操作量为3.7×107Bq，由于本次SPECT项目与现有PET共用部分场所（分装注射室、储源室及污物贮存间），现有PET项目放射性核素使用情况见表10-6。根据《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），计算工作场所等级时将本次项目与现有项目视为一个工作场所考虑，则该工作场所日等效最大操作量为1.92×108Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。  根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目需要进行环境影响评价，对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第44号）及《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》（生态环境部令第1号），本项目属于“五十、核与辐射”中“191、核技术利用建设项目—使用II类射线装置；乙、丙级非密封放射性物质工作场所”，环评类别为环境影响报告表。为此，绍兴市人民医院委托中辐环境科技有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（项目委托书见附件1）。在接受委托后，我单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，按照《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》（HJ10.1-2016）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。  **1.1.3 项目建设内容及规模**  本项目电子直线加速器机房位于医院医疗综合楼负一层预留的加速器机房内，与现有的加速器机房并行排列（医疗综合楼已于2007年建成并投入使用），由于当时加速器机房按照常规剂量率设计，现拟新增的加速器属于高剂量率加速器，本项目加速器机房涉及改造施工（改造设计参数见表10-2，本评价报告按改造后设计参数进行评价）；新增SPECT机房位于临床核医学科预留的SPECT机房内（SPECT机房不涉及改造）。设备参数见表1-1，核素使用情况见表1-2。  **表1-1 本项目射线装置一览表**   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **装置**  **名称** | **型号** | **数量** | **安装位置** | **主要技术指标** | **类别** | **备注** | | 电子直线加速器 | 待定 | 1台 | 医疗综合楼负一层 | 最大X射线：10 MV/剂量率2400cGy/min | II类 | 新增 | | SPECT | 待定 | 1台 | 辐楼临床核医学科 | 最大管电压150 kV/最大管电流1200mA | III类 | 新增 |   **表1-2 本项目新增核素情况一览表**   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **核素**  **名称** | **物理**  **形态** | **最大日操作量** | **年最大使用量** | **半衰期** | **来源** | **用途** | | 99mTc | 液态 | 3.7×1010Bq | 9.25×1012Bq | 6.02h | 外购 | SPECT显像 |   **1.2 项目选址及周边环境保护目标**  **1.2.1 项目地理位置**  绍兴市人民医院位于绍兴市中兴北路568号，西侧和南侧均为长大江，西侧隔江为香槟半岛小区，南侧隔江为昌安实验学校和洞桥新村；北侧为二环支路；东侧为昌安西街，隔街为中金豪生酒店和汉庭酒店。医院地理位置见附图1。  **1.2.2 本次环评辐射工作场所周边关系**  拟新增的电子直线加速器机房位于医疗综合楼负一层，距北侧二环支路最近距离约155m；距南侧洞桥新村最近距离约160m；距东北侧中金豪生酒店最近距离约160m；距东南侧汉庭酒店最近距离约170m；拟新增SPECT机房位于辐楼临床核医学科一层，距北侧二环支路最近距离约150m；距西侧香槟半岛小区最近距离约110m；距南侧昌安实验学校约200m。项目周边环境关系见附图2。  **1.2.3 选址合理性分析**  本项目拟建的辐射项目位于绍兴市人民医院医疗综合楼负一层和辐楼一层临床核医学科，项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。本项目拟建辐射工作场所实体边界外50m评价范围无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后不会对周围环境与公众造成危害，故本项目的选址是合理的。  **1.3 原有核技术利用项目许可情况**  **1.3.1 医院原有项目辐射安全许可证情况**  医院现有医用辐射活动已取得《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[D0005]（见附件3）；发证日期：2018年09月29日，有效期至：2022年08月13日；许可的种类和范围：使用V类放射源；使用II、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。医院已许可使用的II类共3台，其中直线加速器1台，DSA2台；III类射线装置共32台。医院已许核技术利用项目情况一览表1-3。  **1.3.2原有核技术利用项目环保手续履行情况**  2009年4月16日原浙江省环境保护局对医院1台直线加速器、2台DSA、3台CT、18台X光机、1台核磁共振、1台皮肤敷贴器和ECT进行了验收（浙环辐验[2009]105号）。  2013年9月26日医院更新6台、增加7台X射线装置（绍兴市环核[2013]170号），并于2014年12月17日通过了原绍兴市环境保护局的验收（绍市环建验[2013]183号）。  2015年1月26日医院新增1台PET-CT并使用放射性核素18F（日等效最大操作量9.2×107Bq），更新1台DSA，并将原有ECT系统（非密封放射性同位素使用场所）由主楼地下一层迁至新建的临床核医学中心（浙环辐 [2015]2号）；2015年9月23日医院新增1台CT，搬迁1台CT，新增125I粒子植入治疗场所两处（一处为医疗综合楼1楼急诊CT室（125I粒子年最大用量2.22×1011Bq、日等效最大操作量3.7×107Bq）、另一处为医疗综合楼3手术室（125I粒子年最大用量2.22×1011Bq、日等效最大操作量7.4×107Bq））均为乙级非密封场所（浙环辐 [2015]24号），并于2017年1月进行了环保验收工作（浙环辐验[2017]61号）。  2015年12月9日医院扩增1台CT和1台DR（越环核[2015]74号）；2016年3月4日医院增68Ge校准源2枚，并于2017年5月26日进行了环保验收（越环建验（2017）33号）。  2017年4月5日新增1台CT和1台C臂机，并填写了环境影响登记表（备案号2017330602 00000704）；2017年7月21日新增1台DR，并填写了环境影响登记表（备案号2017330602 00001564）。  医院现有核技术利用情况及环保手续履行情况见表1-3。  **表1-3医院现有核技术利用项目情况一览表**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **一、放射源** | | | | | | | | | | | | |  |  | | **序号** | **放射源名称** | | | **最大活度** | **数量** | | | **类别** | | | **使用状态** | | **环评批复情况** | **验收情况** | | 1 | 68Ge | | | 3.6×106 Bq | 1 | | | V | | | 使用 | | 越环核[2016]8号 | 越环建验（2017）33号 | | 2 | 68Ge | | | 1.85×107 Bq | 1 | | | V | | | 使用 | | | **二、非密封放射性物质** | | | | | | | | | | | | |  |  | | **序号** | **核素名称** | **日等效最大操作量** | | | | **年最大使用量** | | | **场所等级** | | **使用状态** | | **环评批复情况** | **验收情况** | | 1 | 125I | 3.7×107 Bq | | | | 2.22×1011 Bq | | | 乙级 | | 使用 | | 浙环辐 [2015]24号 | 浙环辐验[2017]61号 | | 2 | 125I | 7.4×107Bq | | | | 2.22×1011 Bq | | | 乙级 | | 使用 | | | 3 | 99mTc | 1.5×108 Bq | | | | 8.7×1012Bq | | | 乙级 | | 使用 | | / | 浙环辐验[2009]105号 | | 4 | 89Sr | 2.96×107 Bq | | | | 2.96×1011 Bq | | | 乙级 | | 使用 | | | 5 | 18F | 9.2×107 Bq | | | | 2.4×1012 Bq | | | 乙级 | | 使用 | | 浙环辐 [2015]2号 | 浙环辐验[2017]61号 | | 6 | 131I | 8.88×107 Bq | | | | 8.88×1011Bq | | | 乙级 | | 使用 | | | **三、射线装置** | | | | | | | | | | | | |  |  | | **序号** | **射线装置名称** | | **型号** | | | | **技术指标** | | **数量** | **类别** | | **使用状态** | **环评批复情况** | **验收情况** | | 1 | 数字胃肠机 | | 日本东芝WINSCOPE2000 | | | | 150KV 800MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | / | 浙环辐验[2009]105号 | | 2 | 数字胃肠机 | | 日本日立TU-51/CLAVIS1000XB | | | | 150KV 500MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 3 | 数字胃肠机 | | 日本岛津Sonial Vision safire17 | | | | 150KV 800MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 4 | DSA | | 荷兰飞利浦FD10 | | | | 125KV 1000MA | | 1 | Ⅱ | | 在用 | | 5 | DSA | | 荷兰飞利浦FD20 | | | | 125KV 1250MA | | 1 | Ⅱ | | 在用 | 浙环辐 [2015]2号 | 浙环辐验[2017]61号 | | 6 | DR X线机 | | 荷兰飞利浦Digital Diagnost System | | | | 150KV 800MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | / | 浙环辐验[2009]105号 | | 7 | DR X线机 | | 荷兰飞利浦Digital Diagnost System | | | | 150KV 800MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 8 | DR X线机 | | 荷兰飞利浦Digital Diagnost VR | | | | 150KV 800MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 9 | DR X线机 | | 荷兰飞利浦Digital Diagnost VR | | | | 150KV 800MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 10 | DR X线机 | | 德国西门子Multix Fusion | | | | 150KV 800MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | 备案号2017330602 00001564 | / | | 11 | 自动胸片X光机 | | 日本日立DHF-155H2 | | | | 150KV 800MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | 绍兴市环核[2013]170号 | 绍市环建验[2013]183号 | | 12 | 移动式床边DR机 | | 日本岛津MUX-100D | | | | 125KV 160MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 13 | 移动式床边DR机 | | 日本岛津MUX-100D | | | | 125KV 160MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 14 | 16排CT | | 美国GE Blight Speed Elite | | | | 140KV 440MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 15 | 16排CT | | 明峰医疗SointCare CT16 | | | | 140kV,350mA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 16 | 16排CT | | 美国GE Optima CT 540 | | | | 140KV 440MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 17 | 16排CT | | 美国GE Blight Speed Elite | | | | 140KV 440MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 18 | 64排CT | | 荷兰飞利浦Brilliance | | | | 140KV,500MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | 越环核[2015]74号 | 越环建验[2017]33号 | | 19 | CT模拟定位 | | 西门子EMOTION DUO | | | | 130KV 180MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | 绍兴市环核[2013]170号 | 绍市环建验[2013]183号 | | 20 | 口腔全景X射线系统 | | 芬兰普兰梅卡PROMAX 3D | | | | 84KV 16MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 21 | 全数字化乳腺机 | | 德国西门子Inspiration | | | | 35KV,150MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 22 | C臂X光机 | | 日本日立DHF-105CX-9 | | | | 80KV 100MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 23 | C臂X光机 | | 荷兰飞利浦BV LIBRA | | | | 110KV 7.2MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | / | 浙环辐验[2009]105号 | | 24 | C臂X光机 | | 荷兰飞利浦BV LIBRA | | | | 110KV 7.2MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 25 | 手提式X光机 | | BJI-1上海博进 | | | | 65KV 0.2MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 26 | 手提式X光机 | | BJI-1上海博进 | | | | 65KV 0.2MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 27 | 碎石机 | | 德国多尼尔Dornier Compact DeltaⅡ | | | | 110KV 120MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 28 | 直线加速器 | | 德国西门子PRIMUS PLUS | | | | 6MV、10MV X线，4~18MeV电子线 | | 1 | II | | 在用 | | 29 | 双能X线骨密度仪 | | 美国GE PRODIGY | | | | 100KV 5MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 30 | 牙科X光机 | | 法国赛特力X-Mind DC | | | | 70KV 8MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | | 31 | PET-CT | | 美国GE Discovery PET/CT 710 | | | | 120KV 500MA | | 1 | Ⅲ | | 在用 | 浙环辐 [2015]2号 | 浙环辐验[2017]61号 | | 32 | ECT | | 美国GE Millennium MPR | | | | / | | 1 | Ⅲ | | 在用 | / | 浙环辐验[2009]105号 | | 33 | 后64排CT | | / | | | | / | | 1 | Ⅲ | | 未购 | 备案号2017330602 00000704 | / | | 34 | 直线加速模拟定位机 | | 德国SIEMENS　KXO-50N | | | | / | | 1 | Ⅲ | | 停用 | / | 浙环辐验[2009]105号 | | 35 | 碎石机 | | 湛江经济技术HB－ESWL－VG | | | | / | | 1 | Ⅲ | | 停用 |   **1.3.3原有核技术利用项目管理情况**  （1）医院已成立了辐射安全和防护管理机构（见**附件6**），制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括辐射事故应急预案（**附件8**）、工作人员职业健康体检管理制度、辐射监测、人员培训计划制度、辐射工作人员岗位职责、设备操作规程等（**附件7**）。  医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。  （2）医院已组织现有辐射工作人员参加过辐射防护与安全培训，但存在部分辐射工作人员未参加过培训，部分辐射工作人员培训时间已经超过四年，要求医院尽快组织未参加培训的辐射工作人员和培训超过4年的辐射工作人员参加有资质单位组织的辐射安全与防护知识培训和复训。如果医院新增辐射工作人员，应及时组织人员进行辐射安全培训，并取得合格证书，持证上岗。  （3）辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立剂量健康档案并终身存档保存，个人剂量计每三个月送检一次，按照辐射监测计划对现有辐射工作场所进行常规检查，以保护工作人员和控制对周围环境的影响。医院开展了2017-2018年度辐射工作人员剂量监测，个人剂量监测报告见**附件9**。由结果可以看出：医院所有辐射工作人员年度个人剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。  （4）医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。  （5）医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。  （6）辐射应急演练和年度评估  医院已制定有《绍兴市人民医院辐射事故应急预案》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经与医院核实，自核技术利用项目开展以来，未发生过辐射事故。  医院执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射性同位素和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射性同位素和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况、监测仪器情况等进行年度总结和评估，并及时提交至绍兴市生态环境局。 | | | | | | | | |

**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 |
|  | 以下空白 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

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（新增）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 核素  名称 | 理化性质 | | | | 活动种类 | 实际日最大用量（Bq） | 日等效操作量(Bq) | 年最大用量（Bq） | 用途 | 操作方式 | 使用  场所 | 贮存方式与地点 | 来源 |
| 半衰期 | 性状 | 毒性 | 衰变方式 | 使用 |
| 1 | 99mTc | 6.02h | 液态 | 低毒 | IT | 使用 | 3.7×1010 | 3.7×107 | 9.25×1012 | 显像 | 很简单的操作 | SPECT机房 | 根据实际用量购买，购买后的放射性药物连同铅罐包装放置于储源室 | 外购 |

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（新增）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 装置名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速  粒子 | 最大能量 | 剂量率（Gy/h） | 用途 | 工作场所 | 备注 |
| 1 | 电子直线加速器 | II | 1 | 待定 | 电子 | X射线：10 MV  电子线能量：6～18 MeV | 有用线束距靶1m处的最大治疗剂量率为1440 | 使用 | 医疗综合楼负一层 | 新增 |

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊和治疗、分析等用途（新增）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 装置名称 | 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 | SPECT | III | 1 | 待定 | 150 | 1200 | 显像诊断 | 辐楼临床核医学科 | 新增 |

（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 |  |
|  | 以下空白 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**表5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 状态 | 核素名称 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
| 放射性废水 | 液态 | 99mTc | — | 112.5m3 | 总β＜10Bq/L | 6个并联的衰变池，有效容积共97m3 | 符合GB18871-2002 排放条件后，进入医院污水处理站处理后外排。 |
| 放射性固体废物 | 固态 | 99mTc | — | 500kg | ＜1×102 Bq/g | 首先分类收集到具有铅屏蔽的放射性废物桶中，后送污物贮存室暂存衰变。 | 放射性废物自然衰变十个半衰期，经检测满足清洁解控水平（GBZ133-2009附录B），作为医疗废物由医院相关部门统一处理。 |
| 放射性固废  （加速器） | 固态 | / | / | | | 厂家回收 | |

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

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为Bq/L（kg、m3）和活度（Bq）。

**表6 评价依据**

|  |  |
| --- | --- |
| **法**  **规**  **文**  **件** | （1）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第9号，2014年），自2015 年1月1日起施行；  （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第24号，2018年），自2018年12月29日起实施）；  （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第6号，2003 年），自2003年10月1日起实施；  （4）《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第682号，2017年）自2017年10月1日起实施；  （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号，2005年）自2005年12月1日起实施，2019年3月2日部分修订；  （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号，2011年），自2011年5月1日起施行；  （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第3号），2017年修订，2017年12月20日；  （8）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第44号），自2017年9月1日起实施；  （9）《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》  （生态环境部令 部令第1号），自2018年4月28日起施行；  （10）《关于发布射线装置分类办法的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告2017年第 66 号），自2017年12月5日起施行；  （11）《放射性废物安全管理条例》（国务院令第612号，2012年3月1日起施行）；  （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》（国家环保总局，环发[2006]145 号）；  （13）《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2018 年省政府令第 364 号修订）自2018 年3月1日实施；  （14）《浙江省辐射环境管理办法》（省政府令第 289 号），2012年2月1日起实施；  （15）《浙江省环境保护厅关于发布<省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）>及<设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）>的通知》（浙环发[2015]38 号）。  （16）《浙江省环境影响评价机构信用等级管理办法》（浙环发〔2019〕3号），自2019年2月17日起施行）。 |
| **技**  **术**  **标**  **准** | （1）《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）；  （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；  （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；  （4）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）；  （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）；  （6）《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）；  （7）《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）；  （8）《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；  （9）《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）；  （10）《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》（HJ421-2008）；  （11）《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；  （12）《操作非密封源的辐射防护规定》（GBZ11930-2010）；  （13）《临床核医学患者防护要求》（WS533-2017）；  （14）《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）；  （15）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）；  （16）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）； |
| **其**  **他** | （1）环境影响评价委托书；  （2）绍兴市人民医院提供的其它相关资料。 |

**表7 保护目标与评价标准**

|  |
| --- |
| **7.1评价范围**  根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，本辐射环境评价范围取直线加速器机房和SPECT机房辐射工作场所实体边界外50m范围，评价范围详见附图2。 |
| **7.2保护目标**  根据附图2可知，本项目直线加速器机房和SPECT机房辐射工作场所实体边界外50m评价范围均在绍兴市人民医院用地的范围内，评价范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。  本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员、院内其他非辐射工作人员和公众成员。 |
| **7.3评价标准**  **7.3.1《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）**  **（1）防护与安全的最优化**  4.3.3.1款 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外）。  **（2）剂量限值**  1）职业照射  4.3.2.1款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B（标准的附录B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。  B1.1.1.1款应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：  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。  **本项目取其四分之一即5mSv作为剂量管理约束值。**  2）公众照射  B1.2.1款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：   1. 年有效剂量，1mSv；   **本项目取其四分之一即0.25mSv作为剂量管理约束值。**  **（3）分区**  6.4.1 控制区  6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。  6.4.2 监督区  6.4.2.1 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。  **（4）表面放射性污染的控制**  工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录B（标准的附录B）B2所规定的限制要求。  B2款表面污染控制水平  工作场所的表面污染控制水平如表7-1所列。  **表7-1 工作场所的放射性表面污染控制水平**（Bq/cm2）   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 表面类型 | | β放射性物质 | | 工作台、设备、墙壁、地面 | 控制区1） | 4×101 | | 监督区 | 4 | | 工作服、手套、工作鞋 | 控制区、监督区 | 4 | | 手、皮肤、内衣、工作袜 | | 4×10-1 | | 1）该区内的高污染子区除外 | | |   **（5）非密封源工作场所的分级**  非密封源工作场所分级  C1款应按表C1将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。  **表**7-2  **非密封源工作场所的分级**   |  |  | | --- | --- | | 级 别 | 日等效最大操作量/Bq | | 甲 | ＞4×109 | | 乙 | 2×107~4×109 | | 丙 | 豁免活度值以上~2×107 |   **（6）放射性物质向环境排放的控制**  8.6.2 款 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于10倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：  a)每月排放的总活度不超过10ALImin(ALImin是相应于职业照射的食入和吸入ALI 值中的较小者，其具体数值可按B1.3.4和B1.3.5条的规定获得)；  b)每一次排放的活度不超过1ALImin，并且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗。  **7.3.2《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）**  7.1.2款 应从源头控制，减少放射性废物的产生，防止污染扩散。  7.1.3款 应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。  7.1.4款 应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。  7.2.1款 不得将放射性废液排入普通下水道；不允许利用生活污水系统洗涤被放射性污染的物品。  7.2.2款 废液应妥善地收集在密闭的容器内。盛装废液的容器，除了其材质应不易吸附放射性物质外，还应采取适当措施保证在容器万一破损时其中的废液仍能收集处理。遇有强外照射时，废液收集地点应有外照射防护措施。  7.2.3款 经过处理的废液在向环境排放前，应先送往监测槽逐槽分析，符合排放标准后方可排放。  **7.3.3《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)**  该标准适用于医疗机构污水排放的控制，医疗机构建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工验收及验收后的排放管理。  4.1.2款县级及县级以上或20张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表2的规定。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准，排入终端已建有正常运行城镇污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。  5.4款医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后，再排入医院污水处理站。  5.4.1款 低放废水应经衰变池处理。  **表7-3 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放标准（日均值）**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 控制项目 | 排放标准 | 预处理标准 | | 23 | 总β（Bq/L） | 10 | 10 |   6.1款 污水取样与及监测  6.1.1款应按规定设置科室处理设施排出口和单位污水外排口，并设置排放口标志。  6.1.2款 衰变池出口取样监测。  本项目适用于上述表7-3中预处理标准，医院衰变池排放口排放限值执行该标准：放射性废水衰变池排放口总β满足10Bq/L。  **7.3.4《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）**  **（1）放射性废液**  5.1.1款 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于2×107Bq的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底与池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。  5.1.2款 产生放射性废液而可不设置放射性污水池的单位，应将仅含短半衰期核素的废液注入专用容器中通常存放10个半衰期后，经审管部门审核准许，可作为普通废液处理。对含长半衰期核素的废液，应专门收集存放。  5.2.1款 使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院治疗患者提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。  5.2.2款 专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。  5.2.8款 符合下列条件之一的患者排泄物不需要统一管理：  a注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物；  b符合出院条件的患者排泄物。  **（2）固体废物管理**  1）废物收集  6.1.2款 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志，污物桶放置点应避开工作人员工作和经常活动的区域。  6.1.3款 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。  6.1.4款 对注射器和破碎器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋内。  6.1.5款 每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，重量不超过20kg。  2）废物临时贮存  6.2.1款 产生少量放射性废物的非密封型放射性核素应用单位，经审管部门批准可将其废物临时贮存在许可的场所和专门的容器中，贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值要求。  6.2.2款 贮存室建造结构应符合放射卫生防护要求，且具有自然通风或安装通风设备，出入处设电离辐射警示标志。  6.2.3款 废物袋、废物桶及其存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标有废物类型、核素种类，比活度水平和存放日期等说明。  6.2.3款 废物包装体外表面的污染控制水平α＜0.04Bq/cm2，β＜0.04Bq/cm2。  3）废物处理  6.3.3款 未知核素的废物在其活度浓度小于或等于2×104Bq/kg时，或废物中的核素已知且其活度浓度符合4.4或者4.5时，可作免管固体废物处理。  4.4如果经审管部门确认或批准，凡放射性活度小于或等于附录B所示清洁解控水平推荐值的放射性废物，按免管废物处理。  4.5放射性废物含有多种核素时，按照下面公式来判断该废物是否容许被免管。    式中：  Cj：放射性核素j在该废物中的活度浓度（Bq/g）；  Cj,h：附录B所示放射性核素j的清洁解控水平推荐值（Bq/g）；  n：该废物中所含放射性核素的种类数。  **7.3.5《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）**  第12.2.3.1款 医院、学校、研究所和其他放射性同位素应用单位产生的少量放射性废物（包括废放射源），经审管部门批准可以临时贮存在许可的场所和专用容器中。贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值。  第12.2.3.2款 应采用安全可靠的贮存容器，建立必要的管理办法，并配备管理人员，防止废物丢失或污染周围环境。  本项目使用的非密封放射性物质，半衰期较短，可以将放射性废物收集暂存，待衰变时间超过所含半衰期最长核素的10个半衰期后，委托有资质单位进行辐射水平监测，如果符合清洁解控水平，经审管部门确认或批准后，再按医疗废物环境管理要求进行无害化处理。  **7.3.6《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）**  4.1 款 临床核医学的工作场所应按照GB18871-2002非密封源工作场所规定进行分级，并采取相应的放射防护措施。  4.5 款 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1m/s），排气口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。  4.7 款 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。  4.8 款 临床核医学诊断及治疗工作场所（包括通道）应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过  4.9 款 临床核医学诊断用给药室与检查室应分开。如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。  4.10 款 临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室，宜有受检者专用厕所。  **7.3.7《电子加速器放射治疗放射防护要求》（ GBZ126-2011）**  6 治疗室防护和安全操作要求  6.1.1 治疗室选址、场所布局和防护设计应符合 GB18871 的要求，保障职业场所和周围环境安全。  6.1.2 有用线束直接投照的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计，辐射屏蔽设计应符合 GBZ/T 201.1 的要求。  6.1.3 在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外30cm 处的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h。  6.1.4 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。  6.1.5 X射线能量超过10MV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。  6.1.6 治疗室和控制室之间应安装监视和对讲设备。  6.1.7 治疗室应有足够的使用面积，新建治疗室不应小于 45m2。  6.1.8 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门应与加速器联锁。  6.1.9 相关位置（例如治疗室入口处上方等）应安装醒目的照射指示灯及辐射标志。  6.1.10 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。  **7.3.8《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2－2011）；**  4.2 剂量控制要求  4.2.1 治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平  a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录A，由以下周剂量参考控制水平（Hc）求得关注点的导出剂量率参考控制水平：  1) 放射治疗机房外控制区的工作人员：Hc≤100μSv /周；  2) 放射治疗机房外非控制区的人员：Hc≤5μSv /周。  b) 按照关注点人员居留因子的下列不同,分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平：  1)人员居留因子T≥1/2 的场所：≤2.5μSv /h  2)人员居留因子T＜1/2 的场所：≤10μSv /h  c)由上述a)中的导出剂量率参考控制水平和b)中的最高剂量率参考控制水平 ，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 。  4.2.2 治疗机房顶的剂量控制要求  治疗机房顶的剂量应按下述a)、b）两种情况控制：  a) 在治疗机房正上方已建、拟建建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周剂量参考控制水平Hc≤5μSv /周和最高剂量率≤ 2.5μSv /h ，按照 4.2.1 求得关注点的剂量率参考控制水平加以控制。  b) 除4.2.2中a)的条件外，应考虑下列情况：  1)天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的剂量(率)的总和，应按4.2.2中的a)确定关注点的剂量率参考控制水平加以控制；  2)穿出治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以相当于机房外非控制区人员周剂量率控制指标的年剂量250µSv 加以控制；  3)对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，考虑上述1)和2)之后，机房顶外表面 30cm处的剂量率参考控制水平可按100 / µSv h加以控制(可在相应处设置辐射告示牌)。  **7.3.9《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部份：一般原则》（GBZ/T 201.1－2007）；**  居留因子参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）选取，具体数值选取见表7-4。  **表7-4 居留因子的选取**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 场所 | 居留因子（T） | | 停留位置 | | 典型值 | 范围 | | 全停留 | 1 | 1 | 管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区 | | 部分停留 | 1/4 | 1/2-1/5 | 1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室  1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室 | | 偶然停留 | 1/16 | 1/8-1/40 | 1/8：各治疗室房门；  1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室；  1/40：仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场，车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯。 |   **7.3.10《医用 X射线诊断放射防护标准》（GBZ 130-2013）**  （1）X射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，按附录B中B.1.2的要求，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于400μGy/h。  （2）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。  （3）每台X射线机（不含移动式或便携式床旁摄影机与车载X射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的X射线机房，其最小有效使用面积，最小单边长度应不小于表7-5要求。  **表7-5 X射线机机房使用面积及单边长度**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **设备类型** | **机房内最小有效使用面积m2** | **机房内最小单边长度m** | | 单管头X射线机ｂ | 20 | 3.5 | | CT机 | 30 | 4.5 |   （4）X射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求  ①不同类型X射线设备机房的屏蔽防护应不小于表7-6要求。  **表7-6 X射线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 射线设备机房 | 2 | 2 | | CT 机房 | 2（一般工作量）ａ  2.5（较大工作量）ａ | | | a 按 GBZ/T 180 的要求 | | |   ②医用诊断X射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录D。  ③应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。  （5）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：  ①具有透视功能的X射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于2.5μSv/h；测量时，X射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。  ② 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2.5μSv/h，其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于0.25mSv，测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。  （6）机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。  （7）机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。  （8）机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。  （9）患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。  （10）根据工作内容现场应配备不少于表7-7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于0.25mmPb；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于0.5mmPb。  **表7-7 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** | | 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、铅防护吊帘、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 | —— | | 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 | —— | | 注：“——”表示不需要求。 | | | | |   **7.3.11《X射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）**  本标准规定了医用X射线计算机断层摄影装置（简称CT）的防护性能、机房防护设施和安全操作的放射防护要求及检测要求。  本标准适用于CT使用中的防护。  5 CT机房的防护要求  5.1 CT机房的设置应充分考虑邻室及周围场所的人员驻留条件，一般应设在建筑物的一端。  5.2 CT机房应有足够的使用空间，面积应不小于30㎡，单边长度不小于4m。机房内不应堆放无关杂物。  5.3 CT机房的墙壁应有足够的防护厚度，机房外人员可能受到照射的年有效剂量小于0.25mSv（相应的周有效剂量小于5μSv），距机房外表面0.3m处空气比释动能率应＜2.5μGy/h。  5.4 CT机房门外明显处应设置电离辐射警告标志，并安装醒目的工作状态指示灯。  5.5 CT机房应有良好的通风。 |

**表8 环境质量和辐射现状**

|  |
| --- |
| **8.1项目地理和场所位置**  绍兴市人民医院位于绍兴市中兴北路568号，西侧和南侧均为长大江，西侧隔江为香槟半岛小区，南侧隔江为昌安实验学校和洞桥新村；北侧为二环支路；东侧为昌安西街，隔街为中金豪生酒店和汉庭酒店。医院地理位置见附图1，项目周围环境见附图2。  医院主出入口为中兴北路，中部为医疗综合楼（门诊、急诊）、西南侧为辐楼（临床核医学科、体检中心和康复医学中心）、西北侧为后勤楼，北侧为住院楼。医院平面布局图见附图3。本项目加速器机房位于医疗综合楼负一层，SPECT机房位于辐楼临床核医学科一层。 |
| **8.2 辐射环境现状**  为了解本项目辐射工作场所周围辐射环境现状水平，委托浙江建安检测研究院有限公司分别于2019年5月28日和2019年7月23日对辐射工作场所周围辐射剂量率进行了监测。  **8.2.1环境现状评价对象**  拟建项目辐射工作场所区域及周边环境  **8.2.2检测项目**  空气吸收剂量率  **8.2.3检测点位**  （1）加速器机房环境现状监测点位图见图8-1。    **图8-1 加速器机房现状监测点位示意图**  （2）SPECT机房现状监测点位图见图8-2。    **图8-2** **SPECT机房现状监测点位示意图**  （3）临床核医学科辐射工作区域现状监测图见图8-3。  072516190126_0PET-CT平面图Model(1)_1  **图8-3 临床核医学科辐射工作区域现状监测图** |
| **8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果**  **8.3.1 监测方案**  （1）监测单位：浙江建安检测研究院有限公司  （2）监测日期：2019年5月28日和2019年7月23日  （3）监测方式：现场检测  （4）监测依据：GB/T 14583-93《环境地表γ辐射剂量率测定规范》等  （5）监测频次：依据标准予以确定  （6）监测工况：辐射环境现状  （7）天气环境条件：2019年5月28日（温度：21 ℃；相对湿度：75%）和2019年7月23日（温度：23 ℃；相对湿度：54%）。  （8）监测设备  **表8-1 辐射防护用X、γ辐射剂量当量率仪**   |  |  | | --- | --- | | 仪器名称 | 辐射防护用X、γ辐射剂量当量率仪 | | 仪器型号 | FH 40G-L10+ FHZ 672E-10型X、γ射线巡测仪 | | 生产厂家 | Thermo SCIENTIFIC | | 仪器编号 | 05035404 | | 能量范围 | 30KeV～4.4MeV | | 量程 | 10nSv/h～100mSv/h,100nSv～1Sv | | 检定单位 | 上海市计量测试技术研究院 | | 检定证书 | 2019H21-20-1811601001 | | 检定日期 | 2019年05月08日 |   **表8-2 β表面污染仪**   |  |  | | --- | --- | | 仪器型号 | CoMo170 α、β表面污染仪 | | 生产厂家 | S.E.A. | | 仪器编号 | 05034173 | | 最低探测限 | α：0.03Bq/cm2，β：0.32Bq/cm2 | | 检定单位 | 上海市计量测试技术研究院 | | 检定证书 | 2018H21-20-1581403001 | | 检定有效期 | 2018 年 09 月 19 日 |   **8.3.2 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发的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗；  （3）监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；  （4）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；  （5）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。  **8.3.3 监测结果**  本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表8-3、表8-4、表8-5和表8-6。  **表8-3 加速器机房周围辐射现状剂量率检测结果**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 检测点编号 | 检测点位置 | 检测结果（×10-8Gy/h） | | 1# | 拟建LA机房中心位置 | 20.4 | | 2# | 拟建LA机房东北（走廊） | 20.2 | | 3# | 拟建LA机房东南（隔壁LA机房通道） | 21.2 | | 4# | 拟建LA机房上端（绿化空地） | 19.9 |   **表8-4 SPECT机房周围辐射现状剂量率检测结果**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 检测点编号 | 检测点位置 | 检测结果（×10-8Gy/h） | | 1# | 拟建SPECT机房中心位置 | 20.6 | | 2# | 拟建SPECT机房北侧（室外道路） | 17.5 | | 3# | 拟建SPECT机房西侧（控制室） | 20.4 | | 4# | 拟建SPECT机房东侧（SPECT机房候诊区） | 20.2 | | 5# | 拟建SPECT机房南侧（病人通道） | 20.1 | | 6# | 拟建SPECT机房上端（空置房间） | 18.6 |   **表8-5 临床核医学科辐射工作区域相关部位γ射线外照射检测结果**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 检测点编号 | 检测点位置 | 检测结果（nSv/h） | | 1# | 通风厨观察窗 | 208 | | 2# | 通风厨前表面 | 196 | | 3# | 18F废物桶表面 | 329 | | 4# | 源库 | 204 | | 5# | 污物贮存间污物桶表面 | 226 | | 6# | 卫生通过间 | 219 |   **表8-6 临床核医学科辐射工作区域相关部位β射线表面污染检测结果**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 检测点编号 | 检测点位置 | 检测结果（Bq/cm2） | | 1# | 注射窗1台面 | ＜0.32 | | 2# | 注射窗2台面 | 0.81 | | 3# | 18F废物桶表面 | 0.53 | | 4# | 通风厨表面 | ＜0.32 | | 5# | 分装注射室地面 | 0.45 | | 6# | 源库地面 | ＜0.32 | | 7# | 污物贮存间地面 | 0.44 | | 8# | 卫生通过间地面 | ＜0.32 | |
| **8.4 环境现状调查结果的评价**  由表8-3和表8-4监测结果可知，本项目拟建加速器机房和SPECT机房及相关用房周围X-γ辐射剂量率范围为175~212nGy/h；根据《浙江省环境天然放射水平调查报告》可知绍兴地区γ辐射剂量率在61~335nGy/h之间。可见本项目所在区域的γ辐射本底水平未见异常。  由表8-5和表8-6监测结果可知，本项目临床核医学科相关辐射工作区域现状γ射线外照射剂量和β射线表面污染检测结果均符合相应标准要求。 |

**表9 项目工程分析与源项**

|  |
| --- |
| **9.1工程设备和工艺分析**  **9.1.1电子直线加速器**  **（1）设备组成**  医用电子直线加速器主要由三大部分组成：电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元。它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。  电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电离室、光阑、附件接口、限光筒。  典型直线加速器外部结构示意如9-1所示，内部结构示意图如9-2所示。本项目电子直线加速器X射线最大能量为10MV，有电子和X射线两种治疗模式，示意图如9-3所示。    **图9-1 典型医用直线加速器机外部结构示意图**    真空系统  电子枪  环流器  加速管  偏转磁铁  治疗床  靶  初级准直器  均整器  电离室  次级准直器  治疗床（直接引出）  控制系统  磁控管或  速调管  AFC  脉冲调制器  **图9-2 典型医用直线加速器机内部结构示意图**    **图9-3 X射线和电子束治疗模式结构示意图**  **（2）工作原理**  电子直线加速器根据被加速的高能电子轰击重金属靶而产生高能X射线的原理，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗；同时也能直接利用初始电子束进行治疗，属II类射线装置。  电子线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向（一般为90°或270°），电子扩散箔使电子均匀射出，形成电子线束。经散射箔扩大射束直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后由输出窗射出达到患者病灶实现治疗的目的，即初始电子束直接引出并经散射、均整后用于患者的治疗。  X线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向射向高原子序数的金属靶，电子同金属靶的原子核相撞，速度骤减并损失部分能量转换为X射线，经平板滤片过滤不必要的射线，剩余有用线束经二次准直射出。  **（3）操作流程**  治疗前先确认治疗方案，包括确定照射时间和剂量，定位患者照射部位，调整照射角度和视野，再开机进行治疗。在加速器治疗过程中，除病人外其他人员均不在治疗室内，医护人员通过闭路电视系统观察病人情况。放疗流程及产污环节如图9-4所示。  病人  按医生安排进入治疗室  技师协助病人摆好位置  确认无其他人员滞留  确认各类按钮工作正常  技师退出治疗室、关闭防护门  按医疗方案填好出束时间、角度、剂量  开始出束治疗  治疗结束、关机、开门、病人离开治疗室  X射线、臭氧、NOx  **图9-4 加速器放疗流程及产污环节示意图**  操作流程为：  ①根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；  ②预约病人首先在CT模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状（依托的CT模拟定位机医院另行备案，不属于此次评价范围）；  ③物理师通过医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划；  ④肿瘤患者在技师协助下躺上治疗床，进行摆位，根据TPS确定照射位置和面积；  ⑤技师离开治疗室，进入控制室，根据TPS计划进行出束治疗；  ⑥治疗结束后，关机，打开治疗室防护门，技师进入治疗室卸载患者。  **（4）产污环节**  正常工况的瞬时辐射：开机状态下，加速器会产生X射线；一旦切断电源，X射线就会消失。故正常工况时，加速器治疗出束时污染源主要为开机状态下产生的X射线；另外，当采用电子模式治疗时，会有电子产生。  在电子直线加速器开机过程中会产生臭氧、NOx等有害气体；另有更换的废靶件产生。  **9.1.2 SPECT**  **（1）SPECT设备组成**  单光子发射计算机断层仪（SPECT）由探头及电子学线路、可做断层显像的机架、病人检查床、计算机采集和处理工作站组成，SPECT是单光子发射型计算机断层显像仪和CT一体化组合的影像诊断设备。常见SPECT外观图见图9-5。    **图9-5 常见SPECT外观图**  **（2）SPECT工作原理**  SPECT即单光子发射型计算机断层显像（Single Photon emission computed tomography，简称SPECT）。SPECT显像，其原理是利用引入人体内的放射性核素发出的γ射线经碘化钠晶体产生闪光，闪烁光子再与光电倍增管的光阴极发生相互作用，产生光电效应。光电效应产生的光电子经光电倍增管的联极倍增放大后在阳极形成电脉冲，其经过放大器成形，再经过位置计算电路形成X、Y位置信号。各个光电倍增管输出信号之和为能量信号Z。X、Y信号经处理后加入显示器偏转极，Z信号加入启挥极，从而在荧光屏上形成闪烁影像。利用滤波反投影方法，借助计算机处理系统可以从一系列投影影像重建横向断层影像，由横向断层影像的三维信息再经影像重建组合获得矢状、冠状断层或任意斜位方向的断层影像。SPECT是单光子发射型计算机断层显像仪和CT一体化组合的影像诊断设备，将功能代谢与解剖结构完美结合显示成像，是目前临床核医学最广泛应用的医学影像诊断设备。  **（3）工艺流程及污染因子**  SPECT显像诊断采用99mTc放射性核素标记，99mTc每人每次平均使用量为9.25×108Bq/人（25mCi），主要用于全身骨、肾、心肌等显像。本项目使用的99mTc使用前根据需要提前订购，99mTc无需分装。99mTc注射时，医生与病人分别位于铅玻璃的两侧，距患者约30cm，给药后的病人根据需要在SPECT注射后等候室观察30min或运动负荷试验后，在SPECT机房进行核素显像。  预约登记  告知辐射危害和注意事项  注射给药  根据需要观察  （等候室）  或运动负荷试验  显像检查  （SPECT-CT机房）  检查后观察  β表面污染、γ射线、放射性废水  放射性固废  β表面污染、γ射线、放射性废水（排泄）  β表面污染、γ射线、X射线  病人离开  β表面污染、γ射线、  放射性废水（排泄）  **图9-6 SPECT系统诊断工艺流程及产污环节示意图**  **9.1.3 非密封放射性物质99mTc**  本项目主要使用的非密封放射性物质为99mTc，进行SPECT显像。  **（1）性能参数**  99mTc 标记的溶液（俗称“奶”）是利用99Mo—99mTc发生器（俗称“母牛”）洗脱出来的，该项目拟定量购买，不进行淋洗制备。99Mo的半衰期是66.02小时，99mTc的半衰期是6.02小时。  99Mo的衰变方式是β-，衰变时除发射β射线外还发射γ射线，99mTc 的主要衰变方式是同质异能跃迁，同时发射γ射线，其详细的衰变过程见图9-7。    **图9-7 99mTc的衰变过程**  由于99Tc的半衰期长达2.13×105年，远远大于99Mo 和99mTc 的半衰期，99Tc在洗脱液中放射性贡献极小，如lmCi99mTc99％退激成99Tc，99Tc的活度仅为3×10-9mCi，因此SPECT中99Tc的放射性可以忽略不计。  **（2）工作原理**  当某种放射性核素或其标记物通过注射，口服等方式进入体内后，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。利用发射型计算机断层显像装置SPECT来探测这种放射性核素发射的γ射线在体内的分布状态并还原成图像来达到诊断疾病的目的。  **（3）污染因子**  放射性核素99mTc使用过程中产生的污染因子为γ射线和β表面污染。 |
| **9.2 污染源项描述**  **9.2.1正常工况污染源项描述**  **（1）电子直线加速器**  ①X射线、电子线  医用直线加速器电子枪产生的电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生韧致辐射 X射线，其辐射可分为瞬发辐射和感生辐射两类。瞬时辐射包括初级辐射（被加速的电子）及其与靶材料或加速器的结构材料相互作用产生的次级辐射X射线等。瞬发辐射在加速器运行时产生，关机后即消失。剩余是指加速器的初级电子束和次级辐射在加速器结构材料及环境介质（包括空气、屏蔽物等）中诱发生成的感生放射性。剩余辐射在加速器关机后仍存在。而且随加速器的运行时间的增加而积累，随加速器关机时间的增加而减弱。但只有当粒子的能量大于核反应的阈能时，才会产生感生放射性。另外，当采用电子模式治疗时，会有电子产生。  本项目医用直线加速器的X射线最高能量为10MV，电子与靶物质作用产生韧致辐射X射线。由于X射线的贯穿能力极强，对周围环境可能造成辐射污染，但运行时产生的X射线随加速器的开、关而产生和消失。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于X射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。在加速器开机的时间内，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。  GBZ126-2011中规定，X射线标称能量大于10MV的加速器对感生放射性应加以限制，并在屏蔽设计（主要是防护门的设计）时考虑中子的防护。本项目加速器的X射线最大能量为10MV，因此，加速器开机工作时不考虑感生放射性和中子辐射的防护。  ②臭氧（O3）和氮氧化物（NOX，NO2）  加速器在开机运行时，产生的X射线与空气作用可产生少量臭氧（O3）和氮氧化物（NOX，NO2）。机房设有通风系统，通风次数大于4次/h，可明显降低其浓度。  ③放射性固废  医用直线加速器所产生的放射性固体废物，主要来源于两个方面：一是加速器内循环水系统中使用离子交换树脂，吸附极少量较长半衰期的放射性核素，长期积累后，更换的树脂具有一定的放射性；二是加速器使用一定年限或退役时产生的废靶件，含有一定的放射性。树脂的更换周期一般3～5年，放射性水平相对较低。废靶件是加速器所产生的主要固体废物，它不但有短半衰期放射性核素，还有长半衰期的核素，因而应妥善处理。  本项目医用直线加速器的放射性污染因子主要为X射线、放射性固废，非放射性污染因子为臭氧和氮氧化物。  **（2）SPECT**  ①电离辐射（X射线和γ射线）  SPECT扫描时产生的X射线；99mTc主要衰变方式是同质异能跃迁，同时发出γ射线。因此，放射性核素99mTc在取药、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的γ射线，会造成医务人员和公众的外照射。  ②β放射性表面污染  医生在对含有放射性同位素99mTc的种种操作中，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β放射性表面污染。  ③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。  ④固体废物  使用放射性同位素99mTc操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物，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。  **9.2.2 非正常工况污染源项描述**  **（1）电子直线加速器**  ①安全联锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入机房，如果这时运行加速器，则可能造成误照射事故。  ②除受治疗患者以外，机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行加速器，则会造成机房中人员误照射。  **（2）SPECT**  主要考虑电离辐射损伤、放射源和药物失控对环境及公众的影响。  ①SPECT机房安全联锁装置发生故障时，人员误入正在运行的射线装置机房，对人员造成误照射。  ②显像剂在操作使用过程中发生意外洒漏时，会对周围环境及人员造成辐射影响。  ③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或病房，可能对接近患者的人员造成额外照射剂量。 |

**表10 辐射安全与防护**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **10.1 项目安全设施**  **10.1.1 电子直线加速器**  **（1）场所选址与布局**  本项目电子直线加速器机房位于医院医疗综合楼负一层预留的加速器机房内，与现有的加速器机房并行排列，其北侧为走廊，东侧为现有加速器机房迷路，上方为绿化空地，西侧、南侧和下方均为土层，操作室位于机房的北侧，机房平面及剖面图见附图4。拟建加速器机房四周布局见表10-1。  **表10-1 拟建加速器机房四周布局一览表**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **辐射场所** | **方位** | **周边房间及场所** | | 拟建加速器机房 | 东侧 | 现有加速器机房迷路 | | 南侧 | 土层 | | 西侧 | 土层 | | 北侧 | 走廊（控制室） | | 楼上 | 绿化空地 | | 楼下 | 土层 |   **（2）辐射工作场所分区管理**  **① 分区原则**  为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射性工作场所内划出控制区和监督区。  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。  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制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，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。  **② 控制区和监督区划分情况**  本项目将加速器机房及迷路划为控制区，在迷路入口处已设置电离辐射警告标志及中文警示说明等；将控制室划为监督区，任何无关人员不得进入。电子直线加速器机房辐射工作场所两区划分情况见图10-1，红色区域为控制区，黄色区域为监督区。  **0001**  北  **监督区**  **控制区**  **图10-1 拟建加速器机房控制区和监督区划分示意图**  **（3） 加速器机房辐射安全防护屏蔽设计**  ①机房墙体屏蔽设计  机房主体采用钢筋混凝土（密度≥2.35t/m3）的结构设计，其中加速器机房北墙按主屏蔽区设计。辐射屏蔽设计参数详见表10-2。  **表10-2 加速器机房②辐射屏蔽设计技术参数**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 机房名称 | 方位 | 区域 | 设计屏蔽参数 | | | 材料及厚度 | 宽度 | | 加速器机房② | 北墙 | 主屏蔽墙 | 3000mm混凝土 | 4000mm | | 次屏蔽墙 | 1400mm混凝土 | - | | 南墙 | 主屏蔽墙 | 1000mm混凝土 | - | | 西墙 | 次屏蔽墙 | 1000mm混凝土 | - | | 迷路 | 迷路内墙 | 1200mm混凝土 | - | | 迷路外墙 | 1050mm混凝土 | - | | 顶棚 | 主屏蔽墙 | 3000 mm混凝土 | - | | 次屏蔽墙 | 1500 mm混凝土 | 4000mm | | 防护门 | | 4mmFe+20mm铅+70mm5%含硼聚乙烯 | - |   表11环境影响预测表明，加速器机房外各关注点辐射剂量率均满足治疗室屏蔽体外30cm处周围剂量当量率小于2.5µSv/h的要求，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）因此，本项目加速器机房屏蔽设计基本合理。  ②电缆铺设设计  加速器治疗室与控制室操作台之间的各种电缆管线，室内部分以地沟形式在地坪以下布设，电缆沟盖板采用2mm厚铅板覆盖；电缆在北屏蔽墙下采用“U”型路径设计，下沉后穿越北侧屏蔽墙到达机房外与电气控制系统连接，通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加了泄露射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。其他所有电、水、气管、物理测试管线布设走向必须符合辐射屏蔽防护要求，并在非主束投照部位采用迷道形式穿越墙体或顶盖，如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后背衬填相应厚度的铅板。  ③通风设计  根据《电子加速器放射治疗防护要求》（GBZ126-2011），加速器治疗室的通风换气次数应不小于4次/小时。本项目设计采用机械通风换气，设计换气次数为10-15次/小时。机房设置新风管道和排风管道，新风管道从新风机房引出，且从防护门上方以45°穿墙进入机房，沿着迷路走向到达机房内治疗区。排风管的风口设计在机房中进风管道的出气口对角区域。排风口设在距离地面约300mm位置。排风管采用“U”型设计穿过机房屏蔽墙后连接机房排风井。  ④设备固有防护设施  a）视频监控系统、对讲系统。治疗室和控制室之间安装有监控、对讲系统，机房内至少设2个摄像头、迷道内设1个摄像头，能够保证机房内无死角监控，显示屏设在控制室内，操作人员能够实时监视治疗室内患者的治疗情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在操作室观察患者在治疗室内的状况、及时处理意外情况。  b）控制台上的显示装置可显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数，操作人员可以随时了解设备运行情况。  c）运动使能开关。为防止工作人员误操作造成事故，在手控盒两侧设置运动使能开关，只有当左右两侧的开关同时按下时才能对机器运动部件进行启动和控制。  d）急停开关。治疗床侧和控制室内各设急停开关1个，另在加速器机房治疗室内主射线照射范围之外的墙体及迷道均设置4个急停开关，设置于便于操作的位置、并明显指示，发现异常时，按下此开关，可立即切断加速器主电源、停止出束。  e）剂量测试系统。在控制系统主菜单中有“剂量系统测试”部分，可以随时了解病人剂量情况；同时通过机房内监测探头，也可了解机房内剂量率情况。  f）密码设置。加速器设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。  g）病人剂量监测与治疗控制的安全联锁。为保证病人治疗剂量准确，不致出现超剂量照射，系统设置了治疗剂量、治疗时间和治疗中旋转机架角度联锁。当治疗剂量、时间及治疗机头旋转角度其中之一到达设定限值时，联锁装置会立即启动，以停止照射。  h）门机安全联锁和门灯联锁。机房门、机房门上方指示灯与控制台控制开关实现联锁，机房门关闭、指示灯亮，控制台方能启动出束；门开、指示灯灭，加速器无法启动出束。  ⑤其他防护措施  a）为加速器机房配备个人剂量报警仪1台，为每名辐射工作人员配备个人剂量计，工作人员在工作期间应正确佩戴个人剂量计，在进入机房时应持个人剂量报警仪；在机房迷道内、防护门内侧设置紧急开门装置，保证在出现紧急情况时，机房内人员能够手动打开机房防护门；防护门设防夹措施。  b）医院应在加速器工作场所配备1套固定式剂量监测系统，在治疗室内设置固定式辐射剂量监测仪探头，该监测系统能够显示机房内实时剂量及累积剂量，并有报警功能，其显示单元设置在控制室内；  c）配备1台便携式X-γ射线巡测仪；  d）控制室内张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等；  e）机房内应配备成人、儿童铅衣、铅帽、围脖、三角巾等个人防护用品与辅助防护设施至少各1套，降低患者非受照部位的照射剂量。  f）机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。  g）在机房墙体合适位置和防护门上张贴电离辐射警示标识，在控制区墙体合适位置张贴警示标识。  **10.1.2 SPECT**  **（1）场所选址与布局**  本项目SPECT工作场所拟设置在辐楼临床核医学科一层预留的SPECT机房，本项目扩建的SPECT与医院现有PET-CT共用分装注射室、储源室及污物贮存间。SPECT工作用房包括SPECT机房、SPECT侯检区、负荷运动室、控制室、病人厕所等，其他的卫生通过间、分装注射室、储源室、污物贮存间、留观室及放射性废水衰变池均依托临床核医学科现有已建建筑。  辐楼临床核医学科工作场所东侧为体检中心大厅；南侧为绿化空地；西侧和北侧均为院内道路绿化带；无地下层，楼上为体检中心空置房间。SPECT机房辐射工作场所平面布局见附图5。  SPECT辐射工作场所控制区走廊出入口防护门设置有单向门禁系统，满足GBZ120-2006中“控制区内走廊应避免无关人员通过。控制区除医务人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开该区”的要求。  SPECT辐射工作区域药物分装、注射与扫描检查分开，注射后等候区设有注射后病人专用卫生间，满足《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于临床核医学工作场所对于布局的要求以及《操作非密封源的辐射防护规定》（GBZ11930-2010）中关于安全操作的要求。  **表10-3 SPECT辐射工作区域四周布局一览表**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **辐射场所** | **方位** | **周边房间及场所** | | SPECT辐射工作场所 | 东侧 | 体检中心大厅 | | 南侧 | 绿化空地 | | 西侧 | 院内道路绿化带 | | 北侧 | 院内道路绿化带 | | 楼上 | 体检中心空置房间 | | 楼下 | 土层 |   本项目核医学工作场所和体检中心相邻，但不相通，与其他的非放射性工作场所完全隔开。辐射工作区设有独立的出入口，出入口设置有单向门禁系统，可避免与工作无关人员任意出入而受到不必要的辐射照射或扩大污染范围。从辐射安全管理角度来看，本项目SPECT辐射工作场所布局是可行的。  **（2）SPECT工作场所路径规划**  核医学科规划路径主要是医护人员路径、受检者路径和放射性药物路径。本报告只描述SPECT辐射工作场所的规划路径。  ①医护人员路径  注射工作人员工作场所位于注射室，工作开始前，工作人员由M1右拐进入临床核医学科，从护士接待处右侧进入更衣室，更衣后进入卫生通过室，缓冲后进入分装注射室准备注射，通过注射窗对注射室外的病人进行隔室注射；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，工作结束后、经表面污染监测确认无污染后原路返回进入办公区或离开核医学科。  SPECT设备操作和摆位工作人员工作场所位于SPECT机房和控制室，工作开始前，工作人员由M2进入核医学科，直行后左转进入SPECT控制室，操作全部在控制室内进行，摆位时需要通过机房防护门进入机房进行摆位，摆位结束后，原路返回控制室内继续进行设备操作工作。  **②受检者路径**  受检者根据预约安排的时间经由M1进入核医学科注射前候诊区，通过受检者专用入口进入受检者通道，进入后根据地标指示右拐，然后在右手边注射室窗口进行注射，注射后进入左手边候诊区候诊，之后进入SPECT机房检查，最后通过受检者通道离开。  **③放射性药物路径**  根据提前用药预约安排，在上班之前，显像剂由药物供应商负责运送。由M1右拐进入临床核医学科，从护士接待处右侧直接进入分装注射室，将药品存放在注射室分装柜后送药人员由原路离开核医学科。显像剂每次用量在前一天预定，当日进入、当日用完，不在医院内存放。  SPECT辐射工作场所路径规划详见附图4所示。  **（3）工作场所分级**  本项目扩建的SPECT与医院现有PET-CT共用部分场所，计算工作场所等级时将本次扩建项目与现有项目视为一个独立的非密封放射性物质工作场所，且整个工作场所诊断流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施，有明确的监督区和控制区划分，区域内部人流物流通道独立。因此，根据《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），该区域可作为一个单独场所进行日等效操作量核算。  根据建设单位提供的资料，本项目SPECT使用核素99mTc进行扫描显像检查，一天检查患者40人次，每人使用放射性核素平均活度为9.25×108Bq(25mCi)，一年工作250天。根据GB18871-2002非密封源工作场所的分级原则及《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），放射性核素的日等效操作量计算公式见10-1。修正因子见表10-4和表10-5，计算见表10-6。  （10-1）  **表10-4 放射性核素毒性组别修正因子**   | 毒性组别 | 毒性组别修正因子 | | --- | --- | | 极毒 | 10 | | 高毒 | 1 | | 中毒 | 0.1 | | 低毒 | 0.01 |   **表10-5 操作方式与放射源状态修正因子**   | 操作方式 | 放射源状态 | | | | | --- | --- | --- | --- | --- | | 表面污染水平较低的固体 | 液体、溶液、  悬浮液 | 表面有污染的  固体 | 气体、蒸汽、粉末、压力很高的液体、固体 | | 源的贮存 | 1000 | 100 | 10 | 1 | | 很简单的操作 | 100 | 10 | 1 | 0.1 | | 简单操作 | 10 | 1 | 0.1 | 0.01 | | 特别危险的操作 | 1 | 0.1 | 0.01 | 0.001 |   **表10-6 核医学科工作场所分级计算表**   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 工作场所 | 核素  名称 | 计划最大日操作量（Bq） | 毒性组别  修正因子 | 操作方式  修正因子 | 计划日等效最大操作量（Bq） | 分级 | | 核医学科 | 99mTc | 3.70×1010 | 0.01 | 10 | 3.70×107 | 乙级 | | 18F  （PET-CT） | 3.70×1010 | 0.01 | 10 | 3.70×107 | | 89Sr | 2.96×108 | 0.1 | 1 | 2.96×107 | | 131I | 8.88×108 | 0.1 | 1 | 8.88×107 | | 合计 | | | | | 1.92×108 |   根据表10-6可知，本项目建成后医院临床核医学科应按照乙级工作场所进行管理。  **（4）分区管理**  ①两区划分  根据GB18871-2002对控制区和监督区的定义，结合SPECT工作场所辐射防护和环境情况特点，将SPECT机房、分装注射室、污物贮存间、贮源室、运动负荷室、注射后等候区及病厕6、受检者通道等划为控制区，将SPECT控制室、卫生通过间、更衣室、医护人员通道划为监督区。本项目SPECT辐射工作场所的控制区和监督区划分情况见附图5，红色区域为控制区，黄色区域为监督区。  ②控制区防护手段与安全措施  a）控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；  b）制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；  c）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；  d）在卫生通过间（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；  e）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。  ③监督区防护手段与安全措施  a）以黄线警示监督区的边界；  b）在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；  c）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。  **（4）SPECT机房辐射安全防护屏蔽设计**  **表10-7 SPECT辐射工作场所屏蔽设计参数**   | 名称 | 屏蔽体 | 主要屏蔽材料及厚度 | | --- | --- | --- | | SPECT  机房 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2.5mm铅当量钡水泥 | | 防护门1 | 内衬3mm铅板 | | 防护门2 | 内衬3mm铅板 | | 观察窗 | 3mm厚铅玻璃 | | 控制室 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬3mm铅板 | | 卫生通过间 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬3mm铅板 | | 分装注射室 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬3mm铅板 | | 污物贮存室 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬2mm铅板 | | 贮源室 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬2mm铅板 | | 运动负荷室 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬2mm铅板 | | 注射后SPECT侯检区 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 病厕6 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬2mm铅板 | | 受检者通道 | 四侧墙体 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | | 顶棚 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬2mm铅板 | | 衰变池 | 四周墙体 | 150mm混凝土 | | 盖板 | 300mm混凝土 | | 底 | 150mm混凝土 | | 进出口单向门禁 | / | 内衬2mm铅板 | | 注：实心砖密度为1.65t/m3；钡水泥为硫酸钡水泥涂料，密度不低于2.79t/m3，1cm钡水泥为1mm铅当量当量。 | | |   **表10-8 SPECT机房屏蔽防护设计评价表**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 机房 | 分类 | | 机房面积 | 最小单边长 | 防护墙 | 顶棚 | 防护门 | 观察窗 | | CT机（SPECT配套） | | 设计 | 40m2 | 6.25m | 四周墙体：240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥（相当于7mm铅当量） | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | 3mm铅板 | 3mm  铅板 | | 标准 | 30 m2 | 4.5m | 2.5mm铅当量（较大工作量） | | | | | 是否符合要求 | 符合 | | | | | |   **（5）辐射安全防护措施**  ①辐射安全防护措施  a）SPECT机房设置门灯联锁装置1套，机房与控制室之间拟设置对讲装置与监视器。  b）在SPECT机房防护门、分装注射室防护门、贮源室防护门、污物贮存室防护门、衰变桶等处设置电离辐射警告标志；SPECT机房防护门上方安装工作状态指示灯。  c）核医学科受检者通道设单向门禁（只进不出或只出不进），严禁带药受检者随意进出，严禁无关人员滞留或误入。受检者通道内的相应位置均设置视频监控系统，以对辐射工作场所的情况进行实时监控，及时发现突发情况并及时进行处理。  d）工作人员进行注射时穿戴相应的防护用品。  e）注射后等候区设置患者专用厕所，分装注射室设有清洗池，放射废水直接流向衰变池。受检者的排泄、呕吐物等均由受检者专用厕所排放至衰变池内。  f）淋浴间和注射后候诊区的专用厕所洗手台均设置为感应式水龙头，受检者专用厕所的便池拟设为感应式节水座便马桶。  g）贮源室保险柜已实行视频监控和双人双锁管理，并做好防火、防盗措施。对于核素种类、生产单位、活度、出入库使用及注销等，严格登记建档。  h）射线装置运行过程中，X射线与空气作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。  ②防护设备与防护用品  根据《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中个人防护用品的配置要求，结合本项目的情况，医院拟配置的防护用品和监测仪器分别见表10-9和表10-10。  **表10-9 SPECT辐射工作场所拟配置的防护用品表**   | 序号 | 种类名称 | 设置场所 | 数量 | 铅当量 | | --- | --- | --- | --- | --- | | 1 | 通风橱 | 分装注射室 | 1台 | 40mm | | 2 | 铅衰变桶 | 污物贮存室 | 2个 | 10mm | | 3 | 脚踏式废物桶 | 分装注射室 | 2个 | 10mm | | 4 | 注射器防护套 | 分装注射室 | 2个 | 20mm/5mm | | 5 | 人员立式注射防护车 | 分装注射室 | 1个 | 20mm | | 6 | 注射窗口 | 分装注射室 | 1个 | 10mm | | 7 | 去污工具组 | 卫生通过间 | 1套 | / | | 8 | SPECT机房移动式铅屏风 | SPECT机房 | 1个 | 10mm | | 9 | 移动式铅屏风 | SPECT候诊区 | 2个 | 2mm | | 10 | 铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 | SPECT机房 | 2套 | 0.5mm | | 11 | 铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 | 分装注射室 | 2套 | 0.5mm | | 12 | 工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等 | / | 按需购买 | / |   **表10-10 SPECT辐射工作场所拟配置的监测仪器一览表**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 名称 | 量程参数 | 数量（台/套） | | 活度计 | 0~250GBq(6Ci) | 2 | | 个人剂量报警仪 | 剂量当量率：Hp（10）0.1μSv/h - 99.99mSv/h | 2 | | 注：α/β表面污染仪和便携式X-γ射线巡测仪和PET-CT机房共用 | | |   本项目SPECT机房运行期间主要污染物为γ射线、β表面污染等，根据项目特点，项目配备的监测仪器符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对监测仪器的配置要求。  **③放射性药物的存放**  本项目SPECT使用的99mTc由供药单位派专人直接送至贮源室，贮源室防护门设计为铅防盗门，钥匙由专人负责保管；日常期间由值班人员24小时监控；出入口安装摄像头及红外报警系统并入科室和“110”监控系统。  **环评要求**：  a）贮源室内不得有人居住或储存易燃易爆和其它危险物品；  b）制定严格的安全管理制度，制度上墙并认真贯彻执行，做好防盗、防水、防火、防丢失等工作，有24小时的保安监控；  c）值班监控。为防止放射性药品的丢失、被盗和被抢，贮源室内设置红外线报警系统；  d）消防安全。贮源室内配置干粉灭火器，建筑物耐火等级按2级设计。  e）防源丢失或失窃。从设施上加强技术防范，如加强监视系统和报警系统建设；从管理上强化防恐意识，在管理制度上加强管理工作，避免辐射源的丢失或失窃；  f）辐射屏蔽措施。本项目医用同位素集中暂存于贮源室内。通过采取药物铅罐屏蔽及相应屏蔽厚度的屏蔽墙体、含铅屏蔽门、保险箱等辐射屏蔽措施后，可有效屏蔽γ射线辐射。  **④表面污染控制措施**  为保证非密封源工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，环评提出以下管理措施和要求：  a）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；  b）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。  c）操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当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《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。  **⑤人员防护措施**  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。  在实际工作中，为了减少辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他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有害辐射；为核素操作人员配备铅防护手套、铅橡胶围裙等个人防护用品，注射器配备注射防护套。SPECT机房内设置移动铅屏风；SPECT机房内拟为受检者配备个人防护用品，如铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等。  时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。  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。  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。工作场所周围设置明显的警示、隔离措施，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，增大人员与辐射场所之间的防护距离。  **⑥操作过程中的防护措施**  a）放射性药品的操作防护  通风橱操作台面要求光滑、平整、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都必须在铺衬有吸水纸的瓷盘内进行。通风橱底部拟设有10mmPb废物收集桶，用于暂时收集放射性废物，装满的收集桶置于污物贮存室。  放射性药物在注射过程中医生均要做好个人防护措施，包括穿戴铅衣、铅帽、铅手套和铅围脖等，均具备0.5mmPb，注射操作台拟采用20mm铅当量的铅玻璃防护，并使用注射防护手套。注射操作时，医生（采取相应防护措施）与病人及药物分别位于铅玻璃的两侧。病人注射后进入相应的等候室等候。  b）服药和注射后病人防护措施  首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性， 99mTc注射病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在候诊室、等候室内驻留，医院已划定专门的陪护人员等候区，同时须要求病人在注射后观察期内及住院期间禁止随意走动，观察期间的呕吐物和排泄物要排入等候室内专用厕所，最终排入衰变池。 |
| **10.2 三废的治理**  **10.2.1 电子直线加速器**  本项目直线加速器X能量为10MV，运行时不产生放射性三废，只产生少量的臭氧和氮氧化合物。加速器治疗室内设计采用机械通风换气，设计换气次数为10-15次/小时。机房设置新风管道和排风管道，新风管道从新风机房引出，且从防护门上方以45°穿墙进入机房，沿着迷路走向到达机房内治疗区。排风管的风口设计在机房中进风管道的出气口对角区域。新风、排风口按照“上进下出”原则，有效促进室内气体流动。另外，加速器废靶由设备厂家回收处置。  **10.2.2 SPECT**  **（1）放射性废水**  SPECT项目的放射性废水的主要来源是工作人员操作过程手部受到微量污染和清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废液以及受检者冲洗排便用水。  本项目运行期产生的放射性废水排入衰变池处理，衰变池依托现有工程。衰变池设置在核医学科南侧绿化带地下，衰变池埋地设置。衰变池由6个15mm厚混凝土槽并联构成，配置动力及自动运行控制系统，可实现全自动或手动两种运行控制方式。待十个以上半衰期后放射性水平降至豁免值以下进行排放，排放限值按照一次不超过1ALImin，一个月内累计不超过10ALImin值，加以严格控制。  ①核医学放射性废水收集管线  本项目产生的放射性废水通过专门的管道进行统一收集，并经管道排入生物降解池，废水经生物降解后排入衰变池。衰变后的废水经检测达标后排入医院污水处理系统。本项目放射性废水处理流程示意图见图10-2。  **SPECT-CT辐射工作场所放射性废水**  **现有PET-CT辐射工作场所放射性废水**  **衰**  **变**  **池**  **核医学非放射性废水**  **医院污水处理系统**  **达标排放**  **图10-2 放射性废水处理流程示意图**  ②衰变池的设计  衰变池位于核医学科南侧绿化带地下（埋地铺设），共设6个15mm厚混凝土槽，有效容积共为97m3。整个衰变组合池采用“槽式”排放，通过阀门切换并联运行，进水管上设电磁阀，出水采用潜水泵压力排出。运行时先关闭第二、三、四、五、六池进水管上电磁阀，打开第一池进水管上的电磁阀，使废水进入第一池；待第一池达到设计液位后，打开第二池进水管上的电磁阀，关闭第一池进水管上的电磁阀，使废水进入第二池；按照同样的操作方法，使废水依次进入第三、四、五、六池；待第六池达到设计液位后，关闭第六池进水管上的电磁阀，打开第一池潜水泵，将经过衰变后的废水排入医院污水管网。在衰变池排放出口设置自动采样监测口和自动监测装置（自动监测辐射剂量率和比活度），任意一衰变池经衰变后的废水需经采样监测符合排放标准后，方可排入医院污水管网，最后进入院区的总废水处理站，经处理达标后排放。衰变池设计图如图10-3所示。          **图10-3 核医学放射性废水衰变池结构示意图**  （2）放射性固废  本项目SPECT辐射工作场所工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次性卫生用品和垫料等放射性废弃物。核医学科工作场所设有废物贮存间及废物收集铅桶，医院拟将上述放射性固体废物收集于工作场所铅桶内专用塑料包装袋，包装袋要标明收贮时间、种类及数量等内容。每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，重量不超过20kg。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入塑料袋内，装满后的专用塑料包装袋应密封、不破漏，及时转运暂存于污物贮存间的铅衰变暂存容器，让放射性物质自行衰变，待十个以上半衰期后衰变至符合清洁解控水平（GBZ133-2009附录B）后，按照医疗废物处置。 |

**表11 环境影响分析**

|  |
| --- |
| **11.1建设阶段对环境的影响**  **11.1.1 施工期的环境影响分析**  绍兴市人民医院主体工程已于2007年完成，环评及验收文件见附件3。因此，本次评价不再分析本项目机房建设施工期的影响，有关施工期影响详见医院主体工程报告书。  **11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析**  本环评要求设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。本项目机房建设过程中不产生放射性污染影响。 |
| **11.2 运行阶段对环境的影响**  **11.2.1 加速器机房辐射环境影响分析**  本项目电子线的穿透能力弱于X射线，一般情况下，满足屏蔽X射线防护要求时即可满足屏蔽电子线的防护需要。加速器最大X射线能量为10MV，因此不考虑对中子和感生放射性的屏蔽。加速器技术参数见表11-1。加速器机房的屏蔽评价应估算的辐射束为治疗装置在X射线治疗时可达到的最高MV条件下的有用线束、泄漏辐射和其产生的散射辐射。评价报告对电子直线加速器机房屏蔽效果评价，引用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中相应的计算模式及相关参数。  **表11-1 加速器的技术参数**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 设备名称 | X射线最大能量 | X射线最高输出率 | 源轴距(SAD) | 等中心距地面高度 | 线束张角 | 最大照射野 | 射线泄漏率 | 每天治疗人次 | 每人次治疗时间 | | 电子直线加速器 | 10 MV | 24Gy/min | 1.0m | 1.3m | 28° | 40×40cm | ≤0.1% | 40 | 3.0min |   **（一）关注点辐射影响分析**  **（1）关注点的选取**  本项目关注点的选取主要考虑可能对工作人员或公众产生影响的区域。关注点主要设置在机房四周及屋顶。结合图纸，选取北墙及顶棚有用线束照射方向主屏蔽墙外（a、l点）、与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙外（c1(2)、d1(2)点）、控制室（a点）、迷路外墙外（b点）、防护门外30cm处（g点）作为关注点，做出预测分析。直线加速器治疗室各关注点分布及主要照射路径示意图见图11-1，各关注点具体描述见表11-1。   |  | | --- | | 062915500222_0计算点平面0629_1  北  062915494299_0计算点0629_1 |   **图11-1 直线加速器治疗室各关注点及主要照射路径示意图**  **表11-1 关注点描述**   |  |  | | --- | --- | | 点位名称 | 关注点描述 | | a | 机房北侧主屏蔽墙外30cm处（控制室） | | b | 机房迷路外墙外30cm处（隔壁加速器机房迷路） | | c1/c2 | 机房北侧次屏蔽墙外30cm处（过道） | | d1/d2 | 机房顶棚侧屏蔽外30cm处（室外绿化空地） | | l | 机房顶棚主屏蔽外30cm处（室外绿化空地） | | g | 机房防护门外30cm处（过道） |   **（2）有用线束主屏蔽墙宽度分析**  依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范—第一部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中相应的计算模式及相关参数。  ………………………………（11-1）  式中： —有用线束主屏蔽区半宽度，m；  —治疗束的最大张角（相对束中的轴线）；  —主屏蔽墙加厚带厚度，m；  —等中心点至主屏蔽墙距离，m；  主屏蔽墙及顶棚计算参数及结果见下表11-2。  **表11-2 有用线束主屏蔽区及顶棚半宽度计算参数及结果**   | 参数（m）  项目 |  |  |  |  | 设计半宽度 | 是否满足要求 | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 北墙（关注点a） | 2.8 | 1.6 | 14° | 1.65 | 2 | 满足 | | 顶棚（关注点l） | 2.8 | 1.7 | 14° | 1.67 | 2 | 满足 |   计算显示，有用线束主屏蔽区半宽度要求北墙不少于1.65m，顶棚不少于1.67m，均小于机房实际设计宽度2.0m，满足主屏蔽有用线束的要求。  **（3）关注点的辐射预测分析**  ①**主屏蔽墙及顶棚主屏蔽墙外剂量率（关注点：a、l）**  直线加速器机房主屏蔽墙外（a点）、顶部外（l点）的辐射剂量率，采用下列公式对初级辐射进行屏蔽计算：  …………………………………（11-2）  ……………….………（11-3）  ………………………….…………（11-4）  式中：  *Xe*----有效屏蔽厚度，cm；  *X*----屏蔽物质厚度，cm；  *θ*----斜射角，入射角与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角，取0°；  *B*----屏蔽透射因子；  *TVL1*（混）----X射线在混凝土中第一个什值层厚度，对10MV X射线为0.41m；  *TVL*（混）----X射线在混凝土中的平衡什值层厚度，对10MV X射线为0.37m；  ----相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率，μSv/h；  ----加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的常用最高剂量率，1.44×109μSvm2/h（最大剂量率2400cGy/min/换算得，下同）；  *f* ----比例因子，对有用线束为1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率；  *R*----辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。  主屏蔽墙及顶棚外辐射剂量率计算参数及结果见下表11-3。  **表11-3 主屏蔽墙及顶部外辐射剂量率计算参数及结果**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 参数名称 |  | *Xe*（混） | *TVL*1（混） | *TVL*（混） | *f* | *R* |  | | 单位 | μSvm2/h | m | m | m | / | m | μSv/h | | 关注点a | 1.44×109 | 3.0 | 0.41 | 0.37 | 1 | 6.2 | 0.37 | | 关注点l | 1.44×109 | 3.0 | 0.41 | 0.37 | 1 | 6.1 | 0.39 |   **②与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙外剂量率（关注点：c1/c2 、d1/d2）**  初级辐射束不直接到达该屏蔽墙，屏蔽计算只考虑加速器装置头的泄漏辐射和来自患者体表的散射辐射。  A、患者体表的散射辐射  有用线束经人体后的散射辐射，以等中心位置O为散射体中心，散射角接近30°，屏蔽墙的斜射角与散射角相同。  利用下列公式对患者体表的散射辐射进行屏蔽计算：  ………………………..………………………（11-5）  …………………….………...…（11-6）  式中:  B----辐射屏蔽透射因子；  *Xe*----有效屏蔽厚度，cm；  *TVLs*----患者散射辐射在混凝土中的什值层，10MV X射线散射角30°为0.28m。  ----关注点散射辐射剂量率，μSv/h；  ----加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的常用最高剂量率，1.44×109μSvm2/h；  *Rs*----患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；  *F*----治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm2；  *αph*----患者400cm2面积上垂直入射X射线散射至距其1m（关注点方向）处的剂量比例。取患者散射角为30°，10MV、30°的*α*ph取为3.18×10-3。与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙患者体表散射辐射计算参数及结果见下表11-4。  **表11-4 次屏蔽墙患者体表散射辐射计算参数及结果**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 参数名称 |  | *X* | *Xe* | *TVLs*（混） | *αph* | *F* | *Rs* |  | | 单位 | μSvm2/h | m | m | m | / | / | m | μSv/h | | 关注点c1 | 1.44×109 | 1.4 | 1.62 | 0.28 | 3.18×10-3 | 1600 | 7.4 | 0.55 | | 关注点d1 | 1.44×109 | 1.5 | 1.73 | 0.20 | 3.18×10-3 | 1600 | 4.7 | 0.54 |   B、泄漏辐射  加速器泄漏辐射，以位置O为中心，屏蔽墙的斜射角接近30°。泄漏辐射的辐射剂量估算方法同主屏蔽，其中泄漏辐射比率*f* 为1×10-3。相应*TVL1*和*TVL*为泄漏辐射值，对混凝土，10MV X射线分别为0.35m和0.31m。与主屏蔽墙直接相连的次屏蔽墙泄漏辐射计算参数及结果见下表11-5。  **表11-5 次屏蔽墙泄漏辐射计算参数及结果**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 参数名称 |  | *X* | *Xe* | *TVL*1（混） | *TVL*（混） | *f* | *R* |  | | 单位 | μSvm2/h | m | m | m | m | / | m | μSv/h | | 关注点c1 | 1.44×109 | 1.4 | 1.62 | 0.35 | 0.31 | 0.001 | 7.4 | 0.21 | | 关注点d1 | 1.44×109 | 1.5 | 1.73 | 0.35 | 0.31 | 0.001 | 4.7 | 0.23 |   **③迷路外墙处剂量率（关注点：b）**  加速器至b点的泄漏辐射，以0°垂直入射保守估计，辐射剂量估算方法同主屏蔽，其中泄漏辐射比率*f* 为1×10-3。迷路外墙处辐射计算参数及结果见表11-6。  **表11-6 迷路外墙泄漏辐射计算参数及结果**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 参数名称 |  | *X* | *Xe* | *TVL*1（混） | *TVL*（混） | *f* | *R* |  | | 单位 | μSvm2/h | m | m | m | m | / | m | μSv/h | | 关注点b | 1.44×109 | 2.25 | 2.25 | 0.35 | 0.31 | 0.001 | 8.5 | 1.48×10-3 |   **④防护门外30cm处剂量率（关注点：g）**  本项目加速器X射线最大能量为10MV，有用线束不向迷路照射，加速器迷路入口处的散射辐射剂量率考虑如下：  A、患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口（路径：O1 -O-i-g）  ……..………………...….（11-7）  式中：  ----患者散射经迷路内口散射后再散射至g处的辐射剂量率，μSv/h；  ----加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的常用最高剂量率，1.44×109μSvm2/h；  *αph*----患者400cm2面积上垂直入射X射线散射至距其1m（关注点方向）处的剂量比例。射线经人体散射后至迷路i点的散射角接近45°，即取患者散射角为45°，10MV、45°的*α*ph取为1.35×10-3。  *α2* ----砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取i处的入射角为45°，散射角为0°，*α2*取5.1×10-3。  *F*----治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm2；  *R*1----“O-i”的距离，m；  R2---- “i-g”的距离，m；  A----i处的散射面积，m2，i处的散射面积为自入口g处和等中心位置O共同可视区域（3.35m×4.1m）。  患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口散射辐射计算参数及计算结果见表11-7。  **表11-7 患者散射经迷路内口再散射至迷路入口散射辐射计算参数及计算结果**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 参数名称 |  | *αph* | *α2* | *A* | *F* | *R*1 | *R2* |  | | 单位 | μSvm2/h | / | / | m2 | cm2 | m | m | μSv/h | | 关注点**g** | 1.44×109 | 1.35×10-3 | 5.1×10-3 | 13.74 | 1600 | 7.9 | 10.7 | 76.3 |   B、泄漏辐射经迷路内口散射后再散射至迷路入口（路径：O1-i-g）  泄漏辐射经迷路内口散射后再散射至迷路入口g处的剂量率可利用公式（11-8）进行计算，泄漏辐射剂量率一般按初级辐射束的0.1%计。  ……………………..………………..（11-8）  式中：  ----泄漏辐射经迷路内口散射后再散射至迷路外口g处的辐射剂量率，μSv/h；  ----加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的常用最高剂量率， 1.44×109μSvm2/h；  *αw* ----砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，取5.1×10-3；  *f* ----泄漏辐射比率，取0.001；  *RL*----泄漏辐射始点至散射体中心点的距离，m；  *R*---- 散射体中心点i与g点的距离，m；  *A*----i处的散射面积，m2，i处的散射面积为自入口g处和等中心位置O共同可视区域（3.35m×4.1m）。  泄漏辐射经迷路内口散射至迷路入口处的散射辐射计算参数及计算结果见表11-8。  **表11-8 泄漏辐射经迷路内口散射至迷路入口散射辐射计算参数及结果**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 参数名称 |  | *f* | *α2* | *A* | *R*L | *R* |  | | 单位 | μSvm2/h | / | / | m2 | m | m | μSv/h | | 关注点**g** | 1.44×109 | 0.001 | 5.1×10-3 | 13.74 | 8.6 | 10.7 | 11.9 |   C、泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口（路径：O1-g）  泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口g处的剂量率可利用公式（11-2、11-3、11-4）进行计算，屏蔽墙的斜射角接近30°。  泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口处的散射辐射计算参数及计算结果见表11-9。  **表11-9 泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口散射辐射计算参数及结果**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 参数名称 |  | *X* | *Xe* | *TVL*1 | *TVL* | *f* | *R* |  | | 单位 | μSvm2/h | m | m | m | m | / | m | μSv/h | | 关注点g | 1.44×109 | 1.2 | 1.39 | 0.35 | 0.31 | 0.001 | 7.2 | 1.2 |   D、迷路入口g点散射总剂量率  **表11-10 机房迷路入口g点散射剂量率计算结果**   |  |  | | --- | --- | | 参数名称 | 关注点g（μSv /h） | | 患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口 | 76.3 | | 泄漏辐射经迷路内口散射后再散射至迷路入口 | 11.9 | | 泄漏辐射经迷路内墙透射至迷路入口 | 1.2 | | 散射总剂量率 | 89.4 |   **④防护门外30cm处剂量率（关注点：k）**  医院加速器机房防护门为20mm铅板，防护门外剂量按下式计算：  …………………..……………………..（11-9）  式中：  ----防护门外的辐射剂量率，μSv/h；  ----g点的散射剂量率，μSv /h；  *X*----防护门厚度，20mmPb；  *TVL*----辐射在屏蔽体中平衡什值层，铅的什值层取5mm；  经屏蔽后防护门外总剂量率计算结果见表11-11。  **表11-11 经屏蔽后防护门外总剂量率计算结果**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 参数名称 |  | *X* | *TVL* |  | | 单位 | μSv /h | mm | mm | μSv/h | | 防护门外 | 89.4 | 20 | 5 | 0.009 |   **⑤电子直线加速器机房周围辐射环境影响预测分析结论**  通过预测计算与分析，加速器机房各关注点剂量率结果见表11-12。  **表11-12治疗室周围关注点处的剂量当量率计算结果**   | 关注点 | 关注点描述 | 设计屏蔽体厚度m | 路径 | 预测屏蔽后剂量率μSv/h | | μSv/h | 备注 | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | a | 北侧主屏蔽（控制室） | 3.0（混） | O2-a | 0.37 | | 2.5 | 满足 | | l | 顶棚主屏蔽（室外绿化空地） | 3.0（混） | O3-l | 0.39 | | 2.5 | 满足 | | b | 迷路外墙（隔壁加速器机房迷路） | 2.25（混） | O-b | 1.48×10-3 | | 2.5 | 满足 | | c1/c2 | 次屏蔽（过道） | 1.4（混） | O-c2 | 0.55 | 0.76 | 2.5 | 满足 | | O2-O-c2 | 0.21 | | d1/d2 | 次屏蔽（室外绿化空地） | 1.5（混） | O-d1 | 0.54 | 0.77 | 2.5 | 满足 | | O3-O-d1 | 0.23 | | g | 防护门外（过道） | 20mmPb | O1-O-i-g  O1-i-g  O1-g | 0.009 | | 2.5 | 满足 |   由上表可知，电子加速器机房防护设计满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范—第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的防护要求。  **（二）年有效剂量估算预测分析**  根据医院提供预期工作负荷，本项目加速器一天治疗患者40人次，每人次治疗时间3min，一年工作250天，加速器全年照射时间为500h。  项目致人员辐射剂量，按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A公式计算。  …………………..…………….（11-10）  式中：----辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；  ---- 预测关注点剂量率，μSv/h；  *T*----居留因子；取值参照表7-4。  *t*----年照射时间，小时。  ①职业人员（控制室）  由于拟建加速器机房和现有加速器机房的医生，物理师，技术员为同一批人员，所以职业人员的剂量估算采用拟建加速器机房控制室的辐射剂量率（关注点a）估算和现有加速器机房控制室剂量率的叠加（现有加速器机房的剂量率采用2018年医院加速器场所检测报告，报告编号：GABG-XF/CF18235295-4，见附件11）。  ②公众人员  A、加速器机房防护门外和加速器机房顶棚室外绿化空地经过或逗留的公众  此处公众的剂量估算考虑现有加速器机房和拟建加速器机房的叠加影响，现有加速器机房的剂量率同采用GABG-XF/CF18235295-4中数据。  B、拟建加速器机房施工过程中的施工人员  此处公众的剂量估算考虑现有加速器运行对施工人员的影响，现有加速器机房的剂量率同采用GABG-XF/CF18235295-4中数据。由于本项目施工期为半年，则年照射时间取250h，居留因子保守取1。  **表11-13 电子直线加速器机房周围关注点处年剂量率估算表**   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 关注人群 | 关注点描述 | 辐射剂量率μSv/h | | 居留  因子 | 年附加有效剂量mSv/a | | 职业人员 | 拟建加速器机房控制室 | 0.37 | 0.71 | 1 | 0.36 | | 现有加速器机房控制室 | 0.34 | | 公众人员 | 拟建加速器机房防护门外 | 0.009 | 0.269 | 1/4 | 0.034 | | 现有加速器机房防护门外 | 0.26 | | 拟建加速器机房顶棚室外绿化空地 | 0.39 | 0.65 | 1/16 | 0.020 | | 现有加速器机房顶盖上方距地坪30cm | 0.22 | | 拟建加速器机房施工人员 | 0.34 | | 1 | 0.085 | | 注：对拟建加速器机房施工人员的影响保守取值机房外周围剂量当量率最大值，即0.34μSv/h。 | | | | | |   由上表可知，加速器正常运行时，控制室职业工作人员的年有效剂量最大值为0.36mSv；机房周围公众人员的年有效剂量最大值为0.085mSv，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求。  因此，本项目直线加速器机房辐射防护能力满足要求，加速器正常运行对周围环境及人员活动的辐射影响有限。  **（三）臭氧及氮氧化物影响预测分析**  空气中的O2和N2分别在X射线的作用下，生成自由基，与空气中的O2和N2结合，生成O3和NOX，他们是与辐射相关的非辐射危害因素。O3的主要毒性是氧化作用，对粘膜有很强的刺激作用，中毒症状为肺功能下降，呼吸道感染、鼻炎等。  ①通风设计  本项目设计采用机械通风换气，设计换气次数为10-15次/小时。机房设置新风管道和排风管道，新风管道从新风机房引出，且从防护门上方以45°穿墙进入机房，沿着迷路走向到达机房内治疗区。排风管的风口设计在机房中进风管道的出气口对角区域。排风口设在距离地面约300mm位置。排风管采用“U”型设计穿过机房屏蔽墙后连接机房排风井。机房内排风设计为每小时4次（共1400m3/h）。  A、臭氧的产额  加速器的X射线和电子束是扩展辐射束，依IAEA188《电子直线加速器工作的辐射安全问题》和《辐射所致臭氧的估算与分析》（中华放射医学与防护杂志VoL14,2,P101,1994），加速器辐射所致O3的产额估算方法如下：  a）有用线束的O3产额  …………………..……………..（11-11）  式中：  *P*----O3的产额，mg/h；  *D0*----有用线束在距靶 1m处的输出量，本项目为24Gy•m2/min；  *R*----靶到屏蔽物（墙）的距离，本项目为2.8m；  *G*----空气吸收 100eV辐射能量产生的 O3分子数（G=6）；  *θ*----有用束的半张角，本项目为 14°。  有用线束的 O3的产额*P1*=2.43×24×（1-cos14°）×2.8×6=29.1mg/h。  b）泄漏辐射的 O3的产额  将泄漏辐射看为4π方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑机房壁的散射线使室内的O3产额增加 10%，O3的产额*P*（mg/h）为：  …………….………..（11-12）  式中：  *V*----加速器室治疗室的体积，m3；其余符合公式（11-11）。  泄漏辐射的 O3的产额*P2*=3.32×10-3×24×（6×7.7×7.8×4.1）1/3=0.57mg/h。  本项目臭氧的产额 *P=P1+P2*=29.1+0.57=29.67mg/h。  B、臭氧的浓度  辐射所致有害气体以 O3为主，在考虑通风情况下，空气中 O3的平衡浓度由下式估算：  …………………..………………..（11-13）  式中：  *Q*----加速器治疗室内 O3平衡浓度，mg/m3；  *P*----O3的辐射产额，mg/h；  *T*----有效清洗时间，h；  *V*----加速器治疗室体积，m3。  有效清洗时间 *T* 由下式计算：  …………………..………………..（11-14）  式中：  *Tv*----换气一次所需时间，h；  *Td*----O3有效分解时间，取 0.83h。  根据（11-13）和（11-14）式得出不同换气次数时的O3平衡浓度见表11-14。  **表11-14 加速器治疗室不同换气次数时的O3平衡浓度**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 参数 | 换气1次/h | 换气2次/h | 换气4次/h | | *Tv*（h） | 1 | 0.5 | 0.25 | | *T*（h） | 0.45 | 0.31 | 0.19 | | *Q*（mg/m3） | 0.054 | 0.037 | 0.023 |   按照设计要求排风次数为4次/小时，治疗室内臭氧的平衡浓度为0.023mg/m3，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）中治疗室通风换气次数应不小于4次/小时的要求，以及《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中0.16mg/m3（1小时平均值）的臭氧浓度限值要求。  ③氮氧化物环境影响分析  在多种氮氧化物（NOx）中，以NO2为主，其产额约为O3的1/2，排风次数达到4次/小时可满足《室内空气质量标准》（GBT18883-2002）中0.24mg/m3（1小时平均值）的 NO2浓度限值要求。所以，在加速器运行中应时刻保持良好的通风。  **（四）放射性固废影响分析**  本项目加速器所产生的放射性固废为废树脂及靶件，将全部由生产厂家负责回收，因而正常情况下不会对环境造成明显影响。  **11.2.2 SPECT工作场所辐射环境影响分析**  SPECT在运行阶段对周围环境的影响主要是所使用的放射性核素99mTc在分装、注射、病人摆位的过程中对周围环境产生的γ辐射以及SPECT开机过程产生的X射线影响。  **（一） SPECT的X射线影响分析**  SPECT为III类医用射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十一条的要求：生产、销售、使用III类射线装置只需要填报环境影响登记表，故报告只对III类射线装置屏蔽情况做符合性分析，详见表11-15。  **表11-15 SPECT 机房防护设计与标准对比表**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 内容 | 设计防护指标 | 《医用**X**射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013） | 是否符合要求 | | 机房尺寸 | 长×宽×高：6.2m×6.7m×3m | CT机房机房内最小有效使用面积30m2，最小单边长4.5m | 符合 | | 机房面积 | 41.5m2 | | 四周墙体厚度及材料 | 24cm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | 2.5mm铅当量（较大工作量） | 符合 | | 顶棚厚度及材料 | 120mm混凝土+2mm铅当量钡水泥 | | 防护门 | 内衬3mm铅板 | | 观察窗 | 3mmPb玻璃 | 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态 | 符合 | | 通风换气 | 设有动力排风装置，保持良好的通风 | 机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风 | 符合 | | 门机联锁 | 设有门机联锁装置 | 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动 | 符合 | | 工作状态指示灯 | 设计工作状态指示灯，并于机房门实现联动 | | 辐射警示标志 | 按要求在工作场所张贴电离辐射警示标志 | | 个人防护用品 | 拟为受检者配备防护用品，铅当量为0.5mmPb | 患者配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子，铅当量应不低于0.25mmPb | 符合 |   通过表11-15的对比分析可知，本项目拟建的SPECT机房的使用面积、辐射屏蔽厚度及相关防护措施均符合《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中对诊断X射线机房的防护设施的技术要求。《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）是以保证机房外的人员可能受照剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的要求为目的，进行推算规定射线机房的屏蔽厚度要求，由此可进一步得知本项目在运行阶段，SPECT扫描装置产生的X射线对机房外环境的影响可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关要求。  **（二）放射性核素的γ辐射影响分析**  **（1）现有PET项目运行情况**  医院临床核医学中心现有PET项目2016年开始运行，现运行正常，每天检查人数约6~8人次，每人使用放射性核素18F平均活度为3.7×107Bq （10mCi）。本项目扩建的SPECT与医院现有PET-CT共用贮源室、污物贮存室、分装注射室和衰变池，计算工作场所辐射计量时将本次扩建项目与现有项目视为一个独立的非密封放射性物质工作场所。医院PET-CT中心现有核素使用情况见表10-6。  **（2）核素的使用量及治疗人数**  医院预计本项目SPECT一天检查患者40人次，每人使用放射性核素99mTc平均活度为9.25×108Bq （25mCi），每日最大用量为3.70×1010 Bq，一年工作250天。本项目所用放射性核素99mTc不开展分装，每日用量提前订购，运输到医院后当日可在贮源室暂存，不贮存。  **（3）计算公式及参数**  γ辐射剂量率率可按如下公式进行计算：  无屏蔽状态下：  进行辐射环境影响预测时，将药物及已服药的病人简化为点源，无屏蔽状态下距源R处的剂量当量率为（引用《辐射防护手册》（第三分册）（潘自强等，原子能出版社，1990年））  …………………..………….…………..（11-15）  式中：  *H*---γ辐射剂量率，Gy/h；  *f*----转换系数8.69×10-3Gy/R；  *A*----放射源的预期最大放射性活度，Ci；  ----空气吸收剂量率常数，R·m2/(h·Ci)；  *R*----距放射源的距离，m。  屏蔽状态下：  …………………..………………..（11-16）  式中：  *H0-*---参考点的辐射剂量率，Gy/h；  *K-*---衰减倍数，无量纲；  *h-*---屏蔽层的厚度，mm；  *HVL*----半值层厚度，mm。  外照射辐射剂量率估算：  …………………..…..……………..（11-17）  式中：  *Hr-*---附加年有效剂量，mSv；  *H0-*---参考点的辐射剂量率，Gy/h；  *T-*---居留因子；  *U-*---使用因子，放射性核素以点源考虑，*U*取1；  *t-*---年工作时间；  简化估算：1Gy近似为1Sv。  **表11-16 相关核素计算中使用的参数**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 核素 | γ照射剂量率常数Γ(*R*·*m*2) /(*h·Ci*) | 半值层厚度 | | 99mTc | 0.062 | 0.7mmPb、33mm混凝土、49mm实心砖 | | 18F | 0.57 | 5.7mmPb、64mm混凝土、101mm实心砖 | | 131I | 0.22 | 3.0mmPb、55mm混凝土、84mm实心砖 | | 注：Г依据《γ射线屏蔽参数手册》（原子能出版社，1976）查表得到。 | | |   **（4）工作场所辐射水平分析及预测**  ①贮源室、污物贮存室及分装注射室  核医学科现使用的核素18F、131I和89Sr，由于扩建的SPECT与医院现有项目共用贮源室、污物贮存室和分装注射室，所以贮源室、污物贮存室和分装注射室辐射剂量计算要考虑18F、131I与99mTc用量的叠加（89Sr为纯β衰变，此处不考虑叠加）。  **贮源室：**医院根据与受检者/患者预约情况向药物供应商订货，由药物供应商将药物放置于铅罐，直接运输至贮源室待用。放射药物置于铅罐内再放入贮源室内。贮源室四侧墙体为240mm实心砖+2mmPb钡水泥，顶棚为120mm混凝土+2.5mmPb钡水泥，防护门内衬3mm铅板，放射性药物在贮源室暂存期间对周围辐射环境影响很小。  **污物贮存室：**核素应用过程中产生的固废表面核素活度按不超过使用量的1%计，放射性固废暂存于污物贮存室铅衰变暂存容器，污物贮存室四侧墙体为240mm实心砖+2mmPb钡水泥、顶棚为120mm混凝土+2.5mmPb钡水泥，防护门内衬2mm铅板，放射性固废在污物贮存室暂存衰变期间对周围辐射环境影响很小。  **分装注射室：**医护人员给药前，将放射性药物从贮源室连同铅罐拿到分装注射室，放置于通风橱内，给药前的相关操作均在通风橱内进行。18F由自动分装装置分装，99mTc由药物供应商按单人注射量分装后放入注射器防护套内，注射前医护人员在20mmPb的通风橱内直接从铅罐内拿出带有防护套的注射器，并穿戴有0.5mmPb防护衣。  所用核素131I由医护人员在通风橱内手动分装，病人可直接拿取盛有分装好的药液的一次性杯子，甲亢病人服药后沿受检者通道到等候室观察。  ②SPECT候诊区、负荷运动室SPECT每次仅能扫描一个病人，99mTc扫描病人注射药物经过一段时间的等待，药物活度已经小于9.25×108Bq（25mCi），偏保守的角度仍按单个病人9.25×108Bq（25mCi）点源计算。SPECT注射后等候区按2个99mTc扫描病人同时注射后等待，单个病人注射99mTc为9.25×108Bq（25mCi），则SPECT注射后等候区源强总活度为1.85×109Bq（50mCi）；负荷运动室按1个99mTc扫描病人的源强活度即9.25×108Bq（25mCi）进行预测分析。  ③机房摆位人员  SPECT机房摆位过程中工作人员穿着0.5mmPb当量的防护衣，在10mm铅当量防护屏风后进行摆位工作，按身体距离病人约50cm进行估算。  ④受检者通道  受检者通道可能存在使用99mTc、131I、18F的患者，以照射量常数及半值层厚度最大的18F进行估算。注射18F的患者病人注射药物经过一段时间的等待，药物活度已经小于3.7×108Bq（10mCi），偏保守的角度仍按单个病人3.7×108Bq（10mCi）点源计算。  根据式11-11，式11-12，SPECT辐射工作场所辐射剂量率计算结果见表11-17，关注点位置见图附图4。  **表11-17 SPECT辐射工作场所辐射剂量率计算结果**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 关注点位编号 | 关注点位置 | 受照者类型 | 源强 | 与源的距离（m） | 屏蔽材料及厚度 | 关注点辐射水平μGy/h） | | | 1# | 分装注射室  通风橱  取药位 | 职业  照射 | 18F 1000mCi | 0.5 | 50mm厚铅罐+40mm铅通风橱+0.5mm铅衣 | 2.33 | | | 131I  24mCi | 0.5 | 40mm厚铅罐+20mm铅通风橱+0.5mm铅衣 | 6.53×10-3 | | | 2# | 分装注射室  SPECT注射位 | 职业  照射 | 99mTc 25mCi | 0.5 | 0.5mm铅防护衣+10mm铅注射窗+5mm铅防护套 | 1.17×10-5 | | | 分装注射室  PET-CT注射位 | 18F 10mCi | 0.5 | 0.5mm铅衣+10mm铅注射窗+20mm铅防护套 | 4.88 | | | 分装注射室  供碘位 | 131I  10mCi | 0.5 | 10mm铅玻璃  +0.5mm铅衣 | 6.79 | | | 3# | 贮源室四周防护墙外30cm处 | 职业  照射 | 18F 1000mCi | 2.7 | 50mm厚铅罐  +2mm铅当量钡水泥  +240mm实心砖 | 0.24 | 0.24 | | 99mTc  1000 mCi | 2.7 | 20mm厚铅罐  +2mm铅当量钡水泥  +240mm实心砖 | 8.62×10-10 | | 131I  24mCi | 2.7 | 40mmPb铅罐  +2mm铅当量钡水泥  +240mm实心砖 | 5.33×10-5 | | 4# | 贮源室顶棚  100cm处 | 公众  照射 | 18F 1000mCi | 5.05 | 50mm厚铅罐  +120mm混凝土+2.5mm铅当量钡水泥 | 8.98×10-2 | | | 99mTc  1000 mCi | 5.05 | 20mm厚铅罐  +120mm混凝土+2.5mm铅当量钡水泥 | 3.6×10-10 | | | 131I  24mCi | 5.05 | 40mm厚铅罐  +120mm混凝土+2.5mm铅当量钡水泥 | 2.17×10-5 | | | 5# | SPECT等候区南侧防护墙外30cm处 | 职业  照射 | 99mTc  50mCi | 1.5 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | 5.57×10-2 | | | 6# | 负荷运动室北侧防护墙外30cm处 | 公众  照射 | 99mTc  25mCi | 1.7 | 240mm实心砖+2mm铅当量钡水泥 | 2.17×10-2 | | | 7# | SPECT机房北侧防护墙外30cm处 | 公众  照射 | 99mTc  25mCi | 3.7 | 240mm实心砖  +2mm铅当量钡水泥 | 4.58×10-3 | | | 8# | SPECT机房顶棚100cm处 | 公众  照射 | 99mTc  25mCi | 5.05 | 120mm混凝土+2.5mm铅当量钡水泥 | 3.59×10-3 | | | 9# | SPECT机房南侧墙体外30cm处 | 职业  照射 | 99mTc  25mCi | 3.7 | 240mm实心砖  +2mm铅当量钡水泥 | 4.58×10-3 | | | 10# | SPECT机房防护门外30cm处 | 职业  照射 | 99mTc  25mCi | 3.7 | 3mm铅板 | 5.07×10-2 | | | 11# | SPECT机房操作位 | 职业  照射 | 99mTc  25mCi | 4.8 | 3mm铅玻璃 | 3.01×10-2 | | | 12# | SPECT机房医生摆位处 | 职业  照射 | 99mTc  25mCi | 0.5 | 0.5mm铅衣+10mm铅屏风 | 1.65×10-3 | | | 13# | SPECT留观室四周墙体外30cm处 | 职业  照射 | 99mTc  25mCi | 1.9 | 240mm实心砖  +2mm铅当量钡水泥 | 1.74×10-2 | | | 14# | SPECT留观室顶棚100cm处 | 公众  照射 | 99mTc  25mCi | 5.05 | 120mm混凝土+2.5mm铅当量钡水泥 | 3.59×10-3 | | | 15# | 受检者通道防护门外30cm处 | 公众  照射 | 18F 10mCi | 4.9 | 4mm铅板 | 1.27 | | | 16# | 受检者通道顶棚100cm处 | 公众  照射 | 18F 10mCi | 5.05 | 120mm混凝土+2.5mm铅当量钡水泥 | 0.39 | |   从表11-16可以看出，SPECT辐射工作场所四周（控制区外部）的辐射剂量率小于2.5μGy/h，屏蔽设计满足要求，对周围辐射环境影响较小。  实际病人在注射后候诊室等待过程中，由于核素衰变的作用受检者体内核素的活度不断减少，因而对墙外或门外的辐射影响也不断降低。  **（5）年有效剂量预测分析**  根据表11-16预测的各关注点处辐射剂量率，结合年工作时间，关注点处人员居留因子等参数，由式11-10计算即可得到关注点处保护目标的年有效剂量，见表11-18。  **表11-18 SPECT辐射工作场所职业人员及公众年有效剂量估算结果**   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 关注区域 | 核素 | 受照射剂量率（μGy/h） | 居留因子 | 年工作时间（h） | 人员  类别 | 年有效剂量  （mSv） | | 分装注射室 | 18F | 2.33 | 1 | 108（每年分装6500次，每次1min） | 职业 | 0.25 | | 131I | 6.53×10-3 | 1 | 6.25(每年分装750次，每次30s) | 4.08×10-5 | | 99mTc | 1.17×10-5 | 1 | 83.3(每年注射10000次，每次30s) | 9.75×10-7 | | 18F | 4.88 | 1 | 54.2(每年注射6500次，每次30s) | 0.26 | | 131I | 6.79 | 1 | 6.25(每年服药750次，每次30s) | 0.042 | | SPECT操作位 | 99mTc | 3.01×10-2  （11#点位） | 1 | 1666.7(每年10000位受检者，每人扫描约10min) | 0.05 | | SPECT摆位 | 99mTc | 1.65×10-3  （12#点位） | 1 | 166.7(每年10000位受检者，每人摆位约1min) | 2.75×10-4 | | SPECT等候区 | 99mTc | 5.57×10-2  （5#点位） | 1 | 2000（每天8h，年工作250d） | 0.011 | | 楼上空置房间 | 18F | 0.39  （16#点位） | 1/16 | 2000（每天8h，年工作250d） | 公众 | 0.049 | | 受检者通道防护门外 | 18F | 1.27  （15#点位） | 1/16 | 2000（每天8h，年工作250d） | 0.15 | | 贮源室北侧道路 | 18F | 0.24  （3#点位） | 1/16 | 2000（每天8h，年工作250d） | 0.03 |   根据医院规划，SPECT辐射工作场所分装注射工作人员依托现有分装注射人员2人，SPECT操作及阅片单台设备配置辐射工作人员2名，以上人员为单班制，人员各司其职，人员无交叉。各工作岗位安排人员计划及有效剂量详见表11-19。  **表11-19 核医学科职业人员年均有效剂量**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 岗位 | 年总有效剂量\（mSv） | 人数 | 人均年有效剂量（mSv） | | 分装注射人员 | 0.52 | 2（单班） | 0.52 | | SPECT工作人员 | 0.05 | 2（单班） | 0.05 |   根据上述估算结果可知：SPECT辐射工作场所职业工作人员人均年有效剂量最大为0.52mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于职业人员“限值”要求，也低于本评价提出的职业工作人员5mSv的年剂量约束值；公众最大年有效剂量为0.15mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于公众人员“限值”要求，也低于本评价提出的职业工作人员0.25mSv的年剂量约束值。  **（6）患者离开医院对环境的影响**  99mTc的半衰期为6.02h，接受检查的患者回家后，体内所滞留的99mTc也仅只有给药量的一半，病人使用的核素平均活度为925MBq(25mCi)，回家后体内的99mTc为4.6×108Bq，距患者1m处剂量率约6.77μGy/h，在10个半衰期内公众近距离接触患者时间为4h，保守估算距病人1m处受到的剂量则仅为0.027mSv。  因此医院应对患者离院做出书面指导，短期内禁止到公共场活动，避免与家人亲密接触，则患者离院后对周围环境影响不大。在患者回家后，家中任何成员不可能始终与其保持在同一距离上，所以，实际上家庭中的成员所受到的剂量要比估算值小得多。因此，对于接受检查的患者，回家后无需采取特殊防护措施，均不会给家庭成员造成明显的辐射影响。但对于幼儿和婴孩由于其吸收剂量系数较大，患者返家后的二日内不宜近距离接触他们。  **（三）β表面污染控制影响分析**  β表面沾污的影响主要来源于医护人员操作时，放射性物质逸出或飞散在操作台、地板、墙壁、个人防护用品等表面，对职业人员和公众造成辐射影响。根据本项目的辐射环境现状监测可知：现有临床核医学科的分装注射室，源库等相关辐射工作区域β放射性物质表面污染检测结果小于40 Bq/cm2，达到GB 18871-2002规定的要求。  本项目运行后，医院还应严格按照流程操作，并做到以下防护措施：  ①使用、操作放射性同位素的人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；  ②易产生放射性物质逸出或飞散的操作，其操作须在通风橱内进行；  ③操作液体放射性物质应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料；  ④吸取液体的操作必须用合适的器具，严禁用口吸取；  ⑤不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作；  ⑥放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污；工作人员应进行淋浴；  ⑦放射性药品用后应及时存放在专用柜内，需防盗、防水、防火、柜外应有电离辐射标志；  ⑧做好就诊病人的管理，严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随处走动；  ⑨如β表面污染水平超过GB 18871-2002规定值，医院应暂停开展核医学活性区的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务。  **（四）SPECT辐射工作场所“三废”影响分析**  **（1）放射性废水**  根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）5.1.1 款规定，使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于2×107Bq 的临床核医学单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。  本项目放射性废水主要来源是工作台面、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和受检者冲洗排便废水。SPECT运行期产生的放射性废水排入衰变池处理，衰变池依托现有工程。衰变池位于核医学科南侧绿化带下方（埋地铺设），共设6个15mm厚混凝土槽，有效容积共为97m3，衰变池并联设置，交替使用。在衰变池排放出口设置取样测量系统，可监测废水辐射剂量率，任意一衰变池经衰变后的废水需经采样监测符合排放标准后（排放前应委托有资质的单位，监测指标为：总β＜10Bq/L），方可排入医院污水处理系统，放射性废水处理流程见图10-8。  ①衰变池容量可行性分析  根据医院提供的资料，PET-CT现在放射性废水每天排放量约为0.5m3。SPECT预计每天检查40人次，参考《建设给水排水设计规范》（GB50015-2003），门诊患者每人次用水定额取10L，则SPECT项目每天产生放射性废水0.4m³。分装注射工作人员在完成的分装和注射工作后需进行污染检测，并进行去污清洗而产生放射性废水，每天清洗废水产生量约为50L，则每天共产生放射清洗废水约0.95m³。  6个并联的混凝土衰变槽，有效容积共97m3，水力停留时间为102天。核医学科现使用核素99mTc的半衰期为6.02h，18F半衰期为109.7min，131I的半衰期为8.04天， 131I的半衰期最长，按照131I估算衰变时间。总水力停留时间102天，大于80.4天（131I的10个半衰期），因此，衰变池能满足本项目放射性废水的处理要求，可以做到达标排放。  ②核素排放量可行性分析  按上述废水量估算，约102天后6个衰变池全部注满。衰变后核素的活度情况与核素ALImin情况见表11-20。  **表11-20 衰变池放射性核素排放相关参数一览表**   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 核素  名称 | 计划日最大操作量（Bq） | 日排入衰变池核素量（Bq） | 核素  半衰期 | 排放时  存放时间 | 单一核素  *ALImin*（Bq） | | 99mTc | 3.7×1010 | 5.55×109 | 6.02h | 102d | 6.9×108 | | 18F | 3.7×1010 | 5.55×109 | 109.7min | 102d | 2×108 | | 131I | 8.88×108 | 8.88×106 | 8.04d | 102d | 9.1×105 | | 注：99mTc和18F核素检查的受检者需要候诊、扫描等操作，在给药后候诊区停留时间较长且需要上厕所，保守按核素使用量的15％排入衰变池考虑；甲亢治疗患者给药结束后一般稍作观察即离开，核医学区域停留时间很短，排入衰变池的核素主要为工作人员操作中产生的废液和清洗用水，按核素使用量的1％排入衰变池考虑。 | | | | | |   经上述分析可知，放射性废液经在衰变池贮存衰变后，相关核素衰变后的总活度将低于相应核素*ALI*min，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“低放废液向环境排放每月排放的总活度不超过10*ALI*min，每次排放的活度不超过1*ALI*min”的要求，可以直接排放入流量大于10倍排放流量的普通下水道，且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗。由上述计算结果可知，本项目投入使用后，现有衰变池能符合相关要求。  **（2）放射性固废影响分析**  本项目放射性固废主要为工作人员操作过程产生的污染物的注射器、针头、手套、药棉、纱布、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品等放射性废弃物。  医院预估SPECT每年诊断10000人次。类比浙江同类型医院核医学科开展情况，患者门诊诊疗过程放射性固废产生量约0.05kg/人次，经估算，SPECT诊断过程产生的放射性固废为500kg/年。  医院临床核医学科分装注射室设置3个铅桶，按含18F、99mTc短半衰期核素固废、含131I核素固废、含89Sr长半衰核素期固废进行分类分质收集，污物贮存间设有1个衰变柜，收集的固废放置于衰变柜中衰变10个半衰期。环评要求收集放射性固体废弃物的专用污物桶须贴上电离辐射标志，并根据核素衰变周期分类收集、分类储存，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间。医护人员定期将收集的放射性废物按类别转移至废物间放射性废物衰变柜内。  本次评价建议将含99mTc、18F核素的固废集中贮存衰变3天，将含131I核素的固废集中贮存衰变3个月，将含89Sr核素的固废集中贮存衰变17个月，则各核素均可满足贮存10个半衰期以上的要求，经监测符合清洁解控水平后按一般医疗固废委托当地有资质单位处置。 |
| **11.3 事故影响分析**  **11.3.1 电子直线加速器辐射事故影响分析**  **（一）可能发生的辐射事故**  因本项目医用直线加速器本身自带屏蔽措施以及设备固有的安全联锁装置，故设备在正常使用的情况下发生事故的概率极小，可能发生的辐射事故主要包括：  ①直线加速器正在运行时，人员误入治疗机房。  ②工作人员或病人家属还未全部撤离机房，控制室人员启动设备，造成有关人员被误照射。  本项目直线加速器属于II类X射线装置，当设备关机时不会产生X射线，不存在影响辐射环境质量的事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素。本次评价事故工况：设备运行时，人员误入，造成有关人员被误照。意外事故下，人员可能受到的照射剂量按照以下方式进行估算：  本项目加速器X射线能量为10MV加速器，事故情况下人员受到剂量与当时治疗剂量、人员所处位置有关，按10MV最大X射线剂量率24Gy/min 计算，人员受到泄漏射线的照射按 0.1%估算，则在与焦点不同距离上X射线剂量率可由式11-18估算：  *H* =*H0*/*R2* ………………… (11-18)  式中：  *H*：距直线加速器焦点*R*处的X射线的吸收剂量率，Gy/min；  *H0*：距直线加速器焦点1m处X射线的吸收剂量率，24Gy/min；  *R*：估算点与直线加速器焦点的距离，m。  受照人员的有效剂量可由公式11-19计算：  *E=H×WT×WR* …………………（11-19）  式中：  *E*：受照人员的有效剂量，Sv；  *WT*：组织权重因子，本项目取1；  *WR*：辐射权重因子，本项目取1。  根据式11-18、式11-19计算，与直线加速器焦点不同距离的X射线吸收剂量的估算结果如表11-21所示。  **表 11 -21事故情况下误入人员受到的照射剂量估算**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 与焦点距离*R*（m） | 吸收剂量*H*（mGy/min） | 有效剂量*E*（mSv/min） | | 1 | 1 | 24 | 24 | | 2 | 1.5 | 10.67 | 10.67 | | 3 | 2 | 6.00 | 6.00 | | 4 | 3 | 2.67 | 2.67 | | 5 | 5 | 0.96 | 0.96 |   由上表可见，假设误入人员位于加速器照射头射束1m处的漏射方向，X射线泄漏辐射比率取0.1%。由于机房及控制室内设置有红色的“紧急按钮”，误入人员及操作人员按下此按钮即可停机，所以受照时间取1min，则事故情况下误入人员距离加速器 1m 处所受到的辐射剂量为24mSv，超过 GB18871-2002 中特殊情况下公众5个连续年的年平均剂量限值（1mSv），所以加速器机房一旦发生辐射事故，会导致误入人员受到超过年剂量限值的照射，故为**一般辐射事故**。  **（二）预防措施**  （1）辐射事故防范措施  一旦发现有人误入直线加速器机房，工作人员应立即利用最近的急停按钮切断设备电源，启动医院辐射事故应急预案。为防止本项目放疗科设备辐射事故发生，应采取多种防范措施：  ①控制台上有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。  ②条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。  ③剂量控制联锁：安装有剂量监测系统，当吸收剂量未达到预选值时，照射终止。  ④控制台上配置有独立于其他任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。  ⑤有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。  ⑥有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。  ⑦有全部安全联锁设施检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。  ⑧有门机安全联锁，机房门关闭后设备才能开机，被打开时会自动关机。  ⑨有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。  ⑩控制台和治疗室内均安有紧急停机开关。  ⑪机房门外设置有声音警示作用的工作状态指示灯和电离辐射警示标志。  ⑫电视监控、对讲装置：治疗室和控制室之间安装有电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与室内人员联系，以便医师在操作时观察患者在治疗室的状态，及时处理意外情况。  （2）机房的安全保卫措施  为确保放疗科辐射工作场所的安全，本项目拟采用的安全保卫措施如下：  ①防火措施：直线加速器机房四周为混凝土结构墙体，机房周围均没有易燃、易爆、腐蚀性等其他一切物品。  ②防水措施：机房四周墙体防水性强，防水设计施工由专业施工队伍进行施工，对容易造成局部损坏的薄弱部位设置增强层。  ③防盗措施：设置全自动防护铅门，放疗科拟安装摄像头，和医院保卫科监控系统连接起来，且有保安人员24h巡逻和值班。  ④防丢失和破坏措施：加速器机房设置在地下一层，纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏。一旦可能盗抢事件，立即关闭机房防护门，并立即向公安机关报案。  ⑤防射线泄漏措施：本项目机房由具有资质的单位设计、经计算满足环保要求。本项目直线加速器固有安全性良好。  综上，本项目加速器机房的防火、防水、防盗、防丢失和防破坏以及防射线泄漏六防措施可行。  **11.3.2SPECT机房辐射事故影响分析**  **（一）可能发生的辐射事故**  本次评价项目是在临床核医学工作场所使用非密封放射性核素，可能发生的事故如下：  （1）由于工作人员操作不熟练或违反核医学科操作规程或误操作等其他原因造成放射性物质洒漏，使工作环境受到污染，受检者和人员受到外照射；操作人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生内照射。  （2）保管不善，放射性物品（或放射源）丢失被盗，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到误照射。  （3）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区，可能对接近患者的人员造成附加的照射剂量。  **（二）预防措施**  （1）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。若少量放射性物质洒漏，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。若大量放射性物质洒漏，医院应立即封锁相关场所，并向上级有关部门报告，等待专业人员前来处理。事故处理结束后，使用表面污染检测仪对洒漏放射性液态的区域进行表面污染监测，符合国家相关标准后，结束应急状态。事后及时总结经验，形成纸质报告并存档。  （2）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。专用贮存间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。  当发生显像剂（或放射源）丢失事故时，事故发现者应立即报告医院辐射事故应急指挥领导小组，保护现场。领导小组立即启动本单位辐射事故应急预案，疏散现场无关人员，设置警戒区及警示标志；向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告，在2小时内填写《辐射事故初始报告单》；协助公安、环保和卫生主管部门对丢失显像剂（或放射源）进行侦查和追缴，力争在最短时间内将放射性物品找回。  （3）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众场所活动，并避免与家人近距离密切接触。  （4）加强放射性废物的管理，对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性固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。  （5）核医学科个人防护用品主要包括工作服、工作鞋、帽子等基本防护用品，以及铅防护衣、防护镜等附加防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴放射防护用品，个人计量仪佩戴于铅衣内部左胸前。在进行分装及注射放射性药物时穿铅衣、戴口罩、手套，必要时戴防护眼镜。尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放射性药物的距离。为病人注射放射性药物时，工作人员手部有一定受照量，操作者应使用注射器屏蔽装置。科主任负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。 |

**表12 辐射安全管理**

|  |
| --- |
| **12.1辐射安全与环境保护管理机构的设置**  **12.1.1 机构设置**  根据《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》第十六条第一款的要求，使用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。  绍兴市人民医院已经成立了放射防护、安全管理委员会（绍市医[2016]89号，附件5），负责全院的辐射安全管理工作，领导成员如下：  主任委员：冯刚  副主任委员：赵振华  委 员：蒋景华 陈素娥 卢增新 王 挺 沈训泽 彭 放 吴承龙 马阿火 陈雪荣 傅佳萍 陈 伟 陈利坚 余 艳 陈 宏 王建芳 黄林江 黄 骏 钱志宏 李星桦 陆小红  明确了委员会的职责，组成委员涵盖辐射工作的各个部门，在框架上基本符合要求。  **12.1.2辐射人员管理**  **（一）个人剂量检测**  （1）医院现有辐射工作人员全部配备了个人剂量计。  （2）根据2017年12月-2018年12月期间医院的个人剂量检测结果统计，个人累积剂量均未超过标准限值要求。  **（二）辐射工作人员培训**  医院已组织现有辐射工作人员参加过辐射防护与安全培训，但存在部分辐射工作人员未参加过培训，部分辐射工作人员培训时间已经超过四年，要求医院尽快组织未参加培训的辐射工作人员和培训超过4年的辐射工作人员参加有资质单位组织的辐射安全与防护知识培训和复训。若医院新增辐射工作人员，应及时组织人员进行辐射安全培训，并取得合格证书，持证上岗。  **（三）职业健康体检**  根据医院提供的2018年辐射工作人员体检报告书显示，医院已经组织辐射工作人员进行身体健康检查，并建立了个人健康档案。  **12.1.3年度评估报告**  医院每年底对辐射防护工作进行年度评估，历年工作未发生辐射事故。并于每年1月31日前向发放辐射安全许可证的环境保护主管部门提交上一年度的评估报告。 |
| **12.2辐射安全管理规章制度**  根据环境保护部令第3号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017年修正版）第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位应当有健全的操作规程、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，并有完善的辐射应急措施。  根据医院提供的辐射防护工作管理制度，与本项建设内容相关的辐射防护工作制度有：《辐射安全与防护管理制度》、《放射工作人员职业健康检查制度》、《放射性同位素使用登记制度》、《放射防护培训制度》、《储源场所安全管理制度》、《放射科设备维修保养制度》、《设备操作规程及流程》、《自行检测和年度监测方案》等。  医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院应结合本项目的相关情况，及时补充与本项目射线装置有关的岗位职责，操作流程等制度，并张贴于操作室墙面上。 |
| **12.3辐射监测**  本项目辐射监测分为工作场所及环境辐射监测、个人剂量监测和环保验收监测。  **12.3.1工作场所及环境辐射监测**  **（1）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；年度检测报告应作为《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。  **（2）日常自行监测**  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，监测周期至少1次/季度。  **（3）监测计划建议**  本环评建议医院参考表12-1开展监测。  **表12-1 辐射工作场所监测计划建议**   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 辐射工作场所 | 监测类别 | 监测项目 | 监测频度 | 监测设备 | 监测范围 | | 电子  直线加速器 | 年度监测 | 周围剂量当量率 | 1次/年 | 便携式X-γ辐射监测仪（需按国家规定进行剂量检定） | 加速器机房②防护门外、门缝、控制室、过道、北侧和东侧墙体和顶棚等。 | | 自行监测 | 1次/季度 | | 验收监测 | 竣工验收 | | 核  医  学  科  （  S  P  E  C  T  -  C  T  ） | 年度监测 | 周围剂量当量率 | 1次/年 | 便携式X-γ辐射监测仪（需按国家规定进行剂量检定） | 控制区：  受检者通道、PET-CT机房、SPECT机房、注射后等候区及专用病厕、分装注射室、贮源室、污物贮存间、运动负荷室。  监督区：  卫生通过间、更衣室、设备机房等。 | | 自行监测 | 1次/季度 | | 验收监测 | 竣工验收 | | 年度监测 | β表面放射性污染 | 1次/年 | 表面沾污仪 | 临床核医学科控制区工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套、工作鞋、手、皮肤等、受检者通道、分装注射室、通风橱、注射后候诊室等 | | 自行监测 | 1次/季度 | | 验收监测 | 竣工验收 | | 废水监测 | 总β | 首次排放前 | 委托有资质单位监测 | 衰变池专用检测口 | | 常规排放 | 自行监测，做好排放计划和排放台账 | | 固废监测 | 放射性比活度 | 首次处置 | 委托有资质单位监测 | 污物贮存室 | | 常规处置 | 自行监测，做好排放计划和排放台账 | | 本项目所有辐射场所 | 个人剂量检测 | 个人剂量当量 | 1次/季度 | 个人剂量计 | 所有辐射工作人员 |   **12.3.2个人剂量监测**  辐射工作人员工作时要求佩戴个人剂量计，且按每季度1次的频度送其个人剂量计至有资质的部门进行个人剂量监测，并按《放射性工作人员个人剂量监测方法》（GB 5294-1985）要求建立个人剂量档案，并按规定保存。个人剂量监测档案包括辐射操作人员姓名、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。 |
| **12.4辐射事故应急**  根据国务院第449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：  （1）应急机构和职责分工；  （2）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；  （3）辐射事故分级与应急响应措施；  （4）辐射事故的调查、报告和处理程序。  医院已根据上述要求于2015年制定了《绍兴市人民医院辐射事故应急预案》，见附件6。建议医院修订《绍兴市人民医院辐射事故应急预案》，补充应急响应电话和应急响应级别及应急处理流程图。医院应定期、具有针对性的对可能发生的辐射事故进行演习和辐射安全的法律、法规知识的培训，演习内容包括辐射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，相关演习和培训记录存档。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**

|  |
| --- |
| **13.1 结论**  **13.1.1 可行性分析结论**  **（1）产业政策及代价利益分析结论**  本项目属于核技术在医学领域内的运用。本项目加速器、核医学科（SPECT）建设符合《产业结构调整指导目录》（2011 年本）（2013 修正）第一类——鼓励类>>六、核能>>第6项同位素、加速器及辐照应用技术开发。  医院实施本项目，目的在于开展核医学及放射诊疗工作，最终是为了治病救人，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。  **（2）选址的合理性结论**  本项目拟建的辐射项目位于绍兴市人民医院医疗综合楼负一层和辐楼一层临床核医学科，项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。本项目拟建辐射工作场所实体边界外50m评价范围无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后不会对周围环境与公众造成危害，故本项目的选址是合理的。  **（3）项目所在地区环境质量现状结论**  本项目拟建辐射工作场所周围环境的X-γ辐射本底水平未见异常。  **13.1.2 辐射安全与防护分析结论**  **（1）辐射安全防护措施结论**  ①本项目加速器机房和SPECT辐射工作场所均设计了满足防护要求的实体屏蔽，能够有效屏蔽X射线，γ射线等的辐射影响。  ②本项目加速器拟配备有钥匙开关联锁、辐照启动与辐照参数预选数联锁、计时器与辐射联锁、防护门与照射联锁、紧急停机开关、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、照射监控系统等安全装置。  ③本项目核医学科拟设置铅注射窗、专用铅通风橱、铅防护屏风、铅污物桶、铅衰变暂存容器、表面污染监测仪、环境辐射巡测仪、个人剂量报警仪等辐射防护用具，拟配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护衣等个人防护用品，在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射。  ④本项目贮源室防护门拟设计为铅防盗门，钥匙由专人负责保管；日常期间由值班人员24小时监控；出入口安装摄像头及红外报警系统并入科室监控系统。  ⑤辐射工作人员工作时穿戴铅衣、铅围脖，佩戴防护眼镜等辐射防护用品，辐射工作人员均拟配备个人剂量计。控制区拟设置相应的警示标志，限制无关人员进入。  综上所述，医院拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。  **（2）辐射安全管理结论**  医院已成立放射防护与安全管理委员会，负责辐射安全与环境保护管理工作。医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。医院现有辐射工作人员都已参加了辐射安全与防护培训，并取得了培训合格证书。若医院新增辐射工作人员，应及时组织辐射工作人员进行辐射安全培训，并取得合格证书，持证上岗，辐射安全培训证书到期的人员应参加复训。医院已对现有辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，同时也应将本项目新增辐射工作人员纳入管理范围内。  **（3）事故风险与防范**  医院应按本报告提出的要求补充和完善辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。  **13.1.3 环境影响分析结论**  **（1）主要辐射污染因子分析**  本项目加速器产生的主要污染因子是X射线，SPECT机房及相关辐射场所产生的主要污染因子是γ射线、β放射性表面污染、放射性废水、放射性固废等。  **（2）辐射环境影响分析**  经本报告预测评价，在正常工况下，本项目工作人员所受辐射年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”要求，也低于本次评价提出的5.0mSv/a年剂量约束值；本项目公众所受辐射年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本次评价提出的0.25mSv/a年剂量约束值。  **（3）“三废”环境影响分析**  本项目放射性废水在衰变池停留衰变后，经监测达标后排入医院污水处理系统，对周围水环境影响很小。  核医学放射性固废采用专门的固废收集桶收集后，暂存衰变10个半衰期经监测达标后按照普通医疗废物处理，不外排，对周围环境影响较小。更换废靶件委托生产厂家回收，对周围环境影响很小。  **综上所述，绍兴市人民医院在落实本报告提出的各项辐射防护措施、污染防治措施和辐射环境管理要求后，具备从事相应辐射活动的技术能力，本项目射线装置和放射性同位素运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。** |
| **13.2建议与承诺**  **13.2.1 建议**  医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。  **13.2.2 承诺**  （1）医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、辐射安全许可制度，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的要求自行验收，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。  （2）医院承诺按照国家相关法律法规及环评报告的要求补充和完善辐射事故应急预案和应急措施，使其具有针对性和可操作性性，并及时将应急预案向环境保护主管部门备案。  （3）医院承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。  （4）医院承诺本项目环评审批后，及时重新申领《辐射安全许可证》。 |

**表14 审批**

|  |
| --- |
| 下一级环保部门预审意见：  经办人： 公章  年 月 日 |
| 审批意见：  经办人： 公章  年 月 日 |