

年诊断2000人次X线正电子发射  
断层扫描项目  
竣工环境保护验收监测表

报告编号：瑞森（验）字（2022）第011号

建设单位：扬州友好医院

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二二年五月

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	年诊断2000人次X线正电子发射断层扫描项目 竣工环境保护验收监测			
建设单位名称	扬州友好医院			
建设项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 退役			
建设地点	扬州市四望亭路440号扬州友好医院（扬州院区）院区内			
源项	放射源（类别）	非密封放射性物质 （场所等级）	射线装置 （类别）	退役项目
	V类	丙级	III类	/
建设项目 环评批复时间		开工建设时间		
取得辐射安全 许可证时间		项目投入运行时间		
退役污染治理 完成时间	/	验收现场监测时间		
环评报告表 审批部门		环评报告表 编制单位		
辐射安全与防护 设施设计单位	/	辐射安全与防护设 施施工单位	/	
投资总概算		辐射安全与防护设 施投资总概算	比例	
实际总概算		辐射安全与防护设 施实际总概算	比例	
验收依据	<b>建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度：</b> （1）《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015年1月1日起实施； （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； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》（修订版），国务院令 第682号，2017年10月1日发布施行；			

- (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第四49号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令709号，2019年3月2日施行；
- (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修正本），生态环境部部令第7号，2019年8月22日起施行；
- (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行；
- (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行；
- (9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局（环发〔2006〕145号文）；
- (10) 《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2017年第66号，2017年12月5日起施行；
- (11) 《放射源分类办法》，国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日起施行；
- (12) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），2018年5月1日起实施；
- (13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评〔2017〕4号，2017年11月20日起施行；
- (14) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令第55号，2007年11月1日起施行；
- (15) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环境部公告[2018]第9号，2018年5月15日印发；
- (16) 《关于印发〈污染影响类建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》，生态环境部办公厅，环办环评函[2020]688号，2020年12月13日印发。
- 建设项目竣工环境保护验收技术规范：**
- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；

	<p>(2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(4) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(5) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；</p> <p>(6) 《表面污染测定 第一部分<math>\beta</math>发射体（<math>E_{\beta\max}&gt;0.15\text{MeV}</math>）和<math>\alpha</math>发射体》（GB/T 14056.1-2008）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(8) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；</p> <p>(9) 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；</p> <p>(10) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；</p> <p>(11) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）。</p> <p><b>建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批文件：</b></p> <p>(1) 《扬州友好医院年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目环境影响报告表》，江苏润天环境科技有限公司，2019 年 4 月，见附件 2；</p> <p>(2) 《关于扬州友好医院年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目环境影响报告表的批复》，审批文号：扬固〔2019〕83 号，扬州市生态环境局，2019 年 9 月 1 日，见附件 3。</p> <p><b>其他相关文件：</b></p> <p>(1) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。</p>
<p>验收监测 执行标准</p>	<p><b>人员年受照剂量限值：</b></p> <p>(1) 人员年有限剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中所规定的职业照射和公众照射剂量限值：</p>

表1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射	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（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼睛体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
公众照射	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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。
剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。	

（2）根据本项目环评及批复文件确定本项目个人剂量管理目标值，本项目管理目标值见表1-2。

表 1-2 工作人员职业照射和公众照射剂量管理目标值

项目名称	适用范围	管理目标值
扬州友好医院年诊断 2000 人次 X线正电子发射断层扫描项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
	公众有效剂量	0.25mSv/a

#### 辐射管理分区：

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

##### 1) 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值潜在照射的范围。

##### 2) 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。

#### **工作场所布局要求：**

参考《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求，本项目丙级非密封放射源工作场所布局应遵循下述要求：

##### 5 工作场所的放射防护要求

##### 5.1 工作场所平面布局和分区

##### 5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；

b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；

5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

#### **工作场所放射防护安全要求：**

根据《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）的要求，本项目非密封源工作场所放射防护应遵循下述要求：

##### 5 安全操作

##### 5.1 一般要求

5.1.2 宜在辐射工作场所醒目位置悬挂（张贴）辐射警告标志，人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定，防止发生交叉污染。应制定严格的辐射防护规程和操作规程。

5.1.5 辐射工作人员对某些操作程序必要时应先进行模拟试验，冷试验、热试验，当熟练掌握操作技能后方可正式开展工作。

5.1.6 如果操作过程中发现异常情况，应及时报告，并分析原

因。采取措施，防止重复发生类似事件。

5.1.7 应定期检查，工作场所各项防护与安全措施的有效性，针对不安全因素制定相应的补救措施，并认真落实，确保工作场所处在良好的运行状态。

5.1.8 在原有设施条件下开展新工作（包括工艺流程的重大改变和提高放射性核素日等效最大操作量），如果计划操作的放射性核素种类，操作量，操作方式及防护设施和设备的要求超出原设计规范，应事先向主管部门提交防护与安全分析报告，经主管部门审查批准后方可进行。

5.1.9 如进行存在临界安全问题的操作，应同时遵守国家有关临界安全的规定。

## 5.2 操作条件

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

5.2.2 操作过程中所用的设备、仪器、仪表、器械和传输管道等应符合安全与防护要求。吸取液体的操作应使用合适的负压吸液器械，防止放射性液体溅出、溢出，造成污染。储存放射性溶液的容器应由不易破裂的材料制成。

5.2.3 有可能造成污染的操作步骤，应在铺有塑料或不锈钢等易去除污染的工作台面上或搪瓷盘内进行。

5.2.4 操作中使用的容器，必要时应在其外面加一个能足以容纳其全部放射性溶液的不易破裂的套桶。

5.2.5 操作易燃易爆物质，或操作中使用高温、高电压和高气压设备时，应有可靠的防止过热或超压的保护措施，并遵守国家有关安全规定。

5.2.6 伴有强外照射的操作，应尽可能缩短操作时间，利用合适的屏蔽或使用长柄操作机械等防护措施。

5.2.7 若需要进行开启密闭工作箱门放入或取出物品及其他危险

性较大的操作时，应采取安全与防护措施，并在防护人员监督下进行。

5.2.8 进行污染设备检修时，应当事先拟出计划。主要的工作内容及采取的防护措施，经现场防护人员审查同意并落实辐射防护措施后方可进行。

### 5.3 个人防护

5.3.1 辐射工作人员应熟练掌握安全与防护技能，取得相应资质。

5.3.2 辐射工作人员应根据实际需要配备适用，足够和符合标准的个人防护用具（器械，衣具），并掌握其性能和使用方法。个人防护用具应有备份，均应妥善保管，并应对其性能进行定期检验。

5.3.3 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施，做好个人防护工作。

5.3.4 在伴有外照射的工作场所，应做好个人外照射防护，包括 $\beta$ 外照射防护。

5.3.5 在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。

5.3.6 辐射工作场所应根据所操作非密封源的特点配备适当的医学防护用品和急救药品箱，供处理事故时使用。严重污染事件的医学处理应在医学防护人员的指导下进行。

本项目PET/CT机房防护设施应满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求：

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式X射线设备和车载式诊断X射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的X射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表2的规定。



表2 X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup> m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m
CT机（不含头颅移动CT）	30	4.5

<sup>a</sup>双管头或多管头X射线设备的所有管球安装在同一间机房内。  
<sup>b</sup>单管头、双管头或多管头X射线设备的每个管球各安装在1个房间内。  
<sup>c</sup>透视专用机指无诊断床、标称管电流小于5mA的X射线设备。  
<sup>d</sup>机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。  
<sup>e</sup>机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

6.2.1 不同类型X射线设备（不含床旁摄影设备和便携式X射线设备）机房的屏蔽防护应不小于表3的规定。

表3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

设备类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
CT机房（不含头颅移动CT） CT模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表3的要求。

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

6.4.1 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受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 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。

6.4.9 CT装置的安放应利于操作者观察受检者。

#### 防护用品及防护设施配置要求：

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），本项目非密封源工作场所防护用品及防护设施的配置应满足下述要求：

#### 4 总则

#### 4.1 管理要求

4.1.1 开展核医学工作的医疗机构应对放射工作人员、患者或受检者以及公众的防护与安全负责，主要包括：

c) 应配备与其服务项目相适应并且性能合格的核医学诊疗设备（包括相关辅助设备）、放射防护与放射性药物施用量质量控制仪器、个人防护用品。

#### 工作场所分级：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录C规定的非密封源工作场所的分级，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C1 非密封源工作场所的分级

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

#### 核医学辐射工作场所表面污染控制水平要求

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的规定，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表B11的控制水平。

表B11 工作场所放射性表面污染控制水平（单位：Bq/cm<sup>2</sup>）

表面类型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	0.4	0.4	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4
1) 该区内的高污染子区除外				

**放射性废物管理要求：**

根据《核医学辐射防护与安全要求》（GBZ 120-2020）的规定，本项目放射性固废暂存还应遵循下述：

8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。核医学常用放射性核素的物理特性参见附录H。

8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。

8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

8.5 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。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

8.6 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，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，质量不超过20 kg。

8.9 储存场所应具有通风设施，出入口设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

8.11 废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$ 。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的规定，本项目放射性固废暂存还应遵循下述：

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于 $0.08 \text{ Bq/cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于 $0.8 \text{ Bq/cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；

7.3 液态放射性废物的管理

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a) 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；

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

**安全管理要求及环评要求：**

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环评报告、环评批复中的相关要求。

## 表二 建设项目工程分析

### 项目建设内容:

扬州友好医院成立于1976年，是一所集医疗、教学、科研于一体的综合性国家二级甲等医院。医院医疗设备先进，技术力量雄厚，其中位于江都区邵伯镇的友好医院（邵伯院区）开设床位300张，位于扬州市区四望亭路的友好医院（扬州院区）开设床位800张，共计1100张。

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，扬州友好医院在位于扬州市四望亭路440号院区内综合楼（2号楼）负一层的东北部，新建年诊断2000人次X线正电子发射断层扫描项目（简称核医学诊断项目），使用 $^{18}\text{F}$ 进行核素诊断（为丙级非密封放射性物质工作场所，新增1台PET/CT及2枚 $^{68}\text{Ge}$ 质控源已另行填报登记表进行备案）。本项目环评报告表详见附件2，环评批复文件详见附件3。

表2-1 年诊断2000人次X线正电子发射断层扫描项目射线装置及核素使用情况

非密封放射性物质					
核素名称	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)	工作场所名称
$^{18}\text{F}$	使用	$3.70 \times 10^9$	$3.70 \times 10^6$	$9.25 \times 10^{11}$	综合楼负一层核医学科
放射源					
放射源名称	活动种类	数量	单枚活度 (Bq)	放射源类别	工作场所名称
$^{68}\text{Ge}^*$	使用	1	$3.70 \times 10^7$	V类	综合楼负一层核医学科
		1	$1.85 \times 10^7$		
射线装置					
名称	数量	型号	技术参数	工作场所名称	
PET/CT*	1	RAY-SCAN 64型	最大管电压 140kV 最大管电流 600mA	综合楼负一层核医学科	

注：\*1台PET/CT和2枚 $^{68}\text{Ge}$ 校准源已另行填报登记表，备案号：201932100300000236。

截至验收监测时，扬州友好医院已在扬州院区综合楼负一层新建核医学

科，配备1台PET/CT，使用 $^{18}\text{F}$ 核素，开展核素显像诊断工作。

本次验收项目辐射安全与防护设施总投资为300万元，项目环评审批及实际建设情况见表2-2，由表可知，本项目建设情况及周围环境与环评及其审批意见一致。

表2-2 年诊断2000人次X线正电子发射断层扫描项目环评审批及实际建设情况一览表

项目内容		项目建设地点及其周围环境		环评规划情况	实际建设情况	备注	
建设地点	扬州市四望亭路440号	扬州市四望亭路440号		扬州市四望亭路440号	扬州市四望亭路440号	与环评一致	
		扬州友好医院 (扬州院区)	东侧	维扬路	维扬路	与环评一致	
			南侧	四望亭路	四望亭路	与环评一致	
			西侧	商住楼	商住楼	与环评一致	
			北侧	空地及扬州市交通事故保险理赔服务中心	空地及扬州市交通事故保险理赔服务中心	与环评一致	
		周围环境	核医学科	东侧	土层	土层	与环评一致
				南侧	自行车库	自行车库	与环评一致
				西侧	自行车库	自行车库	与环评一致
				北侧	走道及楼梯间	走道及楼梯间	与环评一致
				下方	地下车库	地下车库	与环评一致
				上方	VIP 体检中心及医学影像科	VIP 体检中心及医学影像科	与环评一致

非密封放射性物质										
核素名称	环评建设规模				实际建设规模					
	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	使用场所	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	使用场所
<sup>18</sup> F	3.70×10 <sup>9</sup>	3.70×10 <sup>6</sup>	9.25×10 <sup>11</sup>	使用	综合楼负一层核医学科	3.70×10 <sup>9</sup>	3.70×10 <sup>6</sup>	9.25×10 <sup>11</sup>	使用	综合楼负一层核医学科
<b>放射源</b>										
放射源名称	环评建设规模				实际建设规模					
	数量	单枚活度 (Bq)	类别	活动种类	使用场所	数量	单枚活度 (Bq)	类别	活动种类	使用场所
<sup>68</sup> Ge	1枚	7.40×10 <sup>7</sup>	V类	使用	综合楼负一层核医学科	1枚	3.70×10 <sup>7</sup>	V类	使用	综合楼负一层核医学科
	1枚	5.55×10 <sup>7</sup>	V类	使用	综合楼负一层核医学科	1枚	1.85×10 <sup>7</sup>	V类	使用	综合楼负一层核医学科
<b>射线装置</b>										
射线装置名称	环评建设规模				实际建设规模					
	型号	数量	管电压、管电流	类别	使用场所	型号	数量	管电压、管电流	类别	使用场所
PET/CT	RAY-SCAN 64型	1台	140kV/600mA	III类	综合楼负一层核医学科	RAY-SCAN 64型	1台	140kV/600mA	III类	综合楼负一层核医学科



废弃物										
名称	环评建设规模								实际建设规模	
	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 <sup>18</sup> F放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等	固体	<sup>18</sup> F	/	约4kg	约50kg	小于清洁解控水平	存放于专用放射性废物铅桶与废物间	存放超过30天，经检测合格后，由医院统一作为医疗废物处理。	与环评一致	
含 <sup>18</sup> F放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	<sup>18</sup> F	/	约4m <sup>3</sup>	约50m <sup>3</sup>	总β<10 Bq/L	流入衰变池中	暂存超过30天，直接解控排放至医院污水处理站。	与环评一致	
含有 <sup>18</sup> F等液态放射性药物分装时挥发的微量气溶胶	气体	<sup>18</sup> F	/	微量	微量	微量	不暂存	在通风橱中操作，经通风橱管道内及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放。	与环评一致	
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧50分钟后自动分解为氧气。	与环评一致	
废活性炭	固体	/	/	少量	少量	小于清洁解控水平	更换后暂存在放射性废物间	存放超过30天，经检测合格后，由医院统一作为医疗废物处理。	与环评一致	
退役放射源	固体	<sup>68</sup> Ge	/	/	/	/	贮存在储源罐中，放置在核医学科的储源室内	退役后交由原生产厂家回收或由省城市放射性废物库回收处置。	与环评一致	

**源项情况：****1、辐射污染源项**

由本项目工作原理和 workflows 可知，本项目主要产生以下污染：

(1) 辐射：PET/CT 在工作状态下产生的 X 射线；放射性核素  $^{18}\text{F}$  在操作、诊断过程中产生的  $\beta$ 、 $\gamma$  射线。以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

(2) 废气：本项目注射时药物在针筒内，无开放液面，空气中挥发散逸的放射性同位素几乎没有，因此放射性气溶胶极少，其对医务人员和公众呼吸入体内造成的内照射影响可以忽略。

(3) 固体废物：放射性药物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、退役的  $^{68}\text{Ge}$  校准源；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。

(4) 废水：体内含有放射性核素的病人排泄物等；工作场所清洗废水等。

**2、非辐射污染源项**

(1) 废气：PET/CT 机房内的空气因电离产生的少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

(2) 固体废物：工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

(3) 废水：主要是工作人员产生的生活污水，将进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

**工程设备与工艺分析：****1、工作原理**

PET/CT (Positron Emission Tomography and Computer Tomography)，全称正电子发射断层与计算机断层诊断技术，是在 PET (Positron Emission Tomography) 和 CT (Computer Tomography) 的基础上发展起来的新设备，充分结合了 PET 高灵敏度和 CT 高分辨率的优势。其原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂，示踪人体内特定生物物质的生物活动，采用多层、环形排列于发射体周围的探头，由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子，然后将获得的信息，通过计算机处理，以解剖影像的形式及其相应的生理参数，显示

靶器官或病变组织的状况，藉此诊断疾病，又称为生化显像或功能分子显像，是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术；同时结合应用高档多排 CT 技术进行精确定位，可精确地提供靶器官的解剖和功能双重信息，并能够独立完成多排螺旋 CT 的临床显像，大大提高临床使用价值。

正电子发射是放射性核素衰变的方式之一。这类核素在自发的从不稳定状态向基态衰变过程中，从核内释放出与普通电子一样但电荷相反的粒籽，即正电子。正电子是一种反物质，从核内放出后很快与环境中自由电子碰撞湮灭，转化为一对方向相反、能量为 0.511MeV 的  $\gamma$  光子。如果在这对光子飞行方向上对置一对探测器，便可以几乎同时接受到这两个光子，并可推定光子发源（即正电子发射）点在两探头间连线上。通过环绕 360° 排列的多组配对探头，经探头对之间符合线路检验判定每只探头信号时间耦合性，排除其他来源射线的干扰，得到探头对连线上的一维信息，再用滤波反投射方式，将信号按探头对的空间位置向中心点反投射，便可形成与探头组连线轴平行的断层正电子发射示踪剂分布图像。这种探测方式一次只反映一个层面的信息。实用中常用多层排列的探头对，配合层间符合线路，以利探测并重建更多层面的图像。



图 2-2 本项目 PET/CT 设备外观图

扬州友好医院配备的 1 台 RAY-SCAN 64 型 PET/CT，其最大管电压 140kV，最大输出电流 600mA。该型号 PET/CT 设备外观见图 2-1。PET/CT 显

像用放射性同位素特性见表 2-3。

表2-3 PET/CT显像用放射性同位素特性一览表

核素种类	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要α、β辐射能量 (keV) 与绝对强度 (%)	主要γ、X射线能量 (keV) 与绝对强度 (%)	空气比释动能率常数 (Gy·m <sup>2</sup> ·Bq <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )
<sup>18</sup> F	109.7min	EC (3.27) β <sup>+</sup> (96.73)	633.5 (96.73)	XK: 0.52 (0.01795) γ <sup>±</sup> : 511 (≤193.46)	1.4E-13

## 2、工作流程及产污环节

扬州友好医院核医学科 <sup>18</sup>F 放射性药物为外购，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将药物送达综合楼负一层高活室，医院指定专人负责药物的接收和登记，并暂存到高活室铅通风橱内，当天用完。

医院已许可使用的 <sup>18</sup>F 放射性药物日最大操作量为 3.70×10<sup>9</sup>Bq，年最大用量为 9.25×10<sup>11</sup>Bq，为丙级非密封放射性物质工作场所。

注射护士手持带铅套的注射器，测定活度，经校对无误后，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为病人注射。注射完毕后，注射器放入专用废物铅桶内。每次注射过程中近距离接触单光子药物的时间保守按 1min 估算。

病人根据注入的 <sup>18</sup>F 药物特性，在注射后候诊室内静躺候诊（一般注射 <sup>18</sup>F-FDG 后需等待约 30min），待药物代谢至靶器官，进入 PET/CT 机房，经医护人员摆位后，接受 PET/CT 的扫描，每次扫描约 10~20min。扫描完成后，病人留观一段时间后，若无其他情况，从病人专用通道离开。工作流程及产污环节分析见图 2-3。

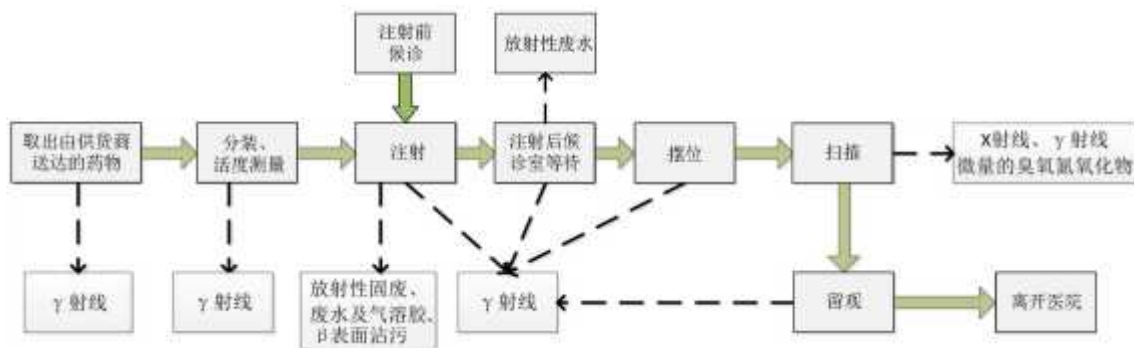


图 2-3 本项目 PET/CT 工作流程及产污环节示意图

### 表三 辐射安全与防护设施/措施

#### 辐射安全与防护设施/措施

##### 1、工作场所布局

**布局：**本项目在综合楼负一层新建核医学科，配备1台PET/CT，使用 $^{18}\text{F}$ 核素，开展核素显像诊断工作。核医学科工作场所包括以下主要房间：1座PET/CT检查室、操作间、储源室、设备间、高活室、废物间、注射后候诊室、VIP候诊室、留观室、卫生通过间、淋浴间、注射前候诊大厅、问诊室、办公室等区域。PET/CT机房南北长8.55m，东西长5.41m（最小单边长度），面积约为46.3m<sup>2</sup>（有效使用面积）。PET/CT机房控制室与扫描室分开布置，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

核医学科相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间开展，减少了人员的流动性，有助于实施工作程序；医护人员与患者有各自独立的通道；高活注射室、注射间与检查室分开，注射后候诊区设置有注射后病人专用卫生间，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）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》（GB 11930-2010）要求。

**辐射防护分区：**根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第6.4款中有关辐射工作场所的分区规定，本项目工作场所按其功能划分为控制区和监督区，并实施分区管理，控制区包括：1座PET/CT检查室、储源室、高活室、废物间、注射后候诊室、VIP候诊室、留观室等，监督区包括：操作间、设备间、卫生通过间、淋浴间、问诊室、办公室等。

控制区和监督区内辐射工作人员具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免工作人员受到不必要的外照射。在控制区出、入口处均设置符合规范的电离辐射警告标志。本项目核医学科工作场所控制区和监督区划分明显，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中有关辐射工作场所的分区规定。本项目工作场所平面布置、两区划分及病人、医护人员流动路线示意图见图3-1。本项目核医学科工作场所建设情况与环评一致，未发生重大变动。

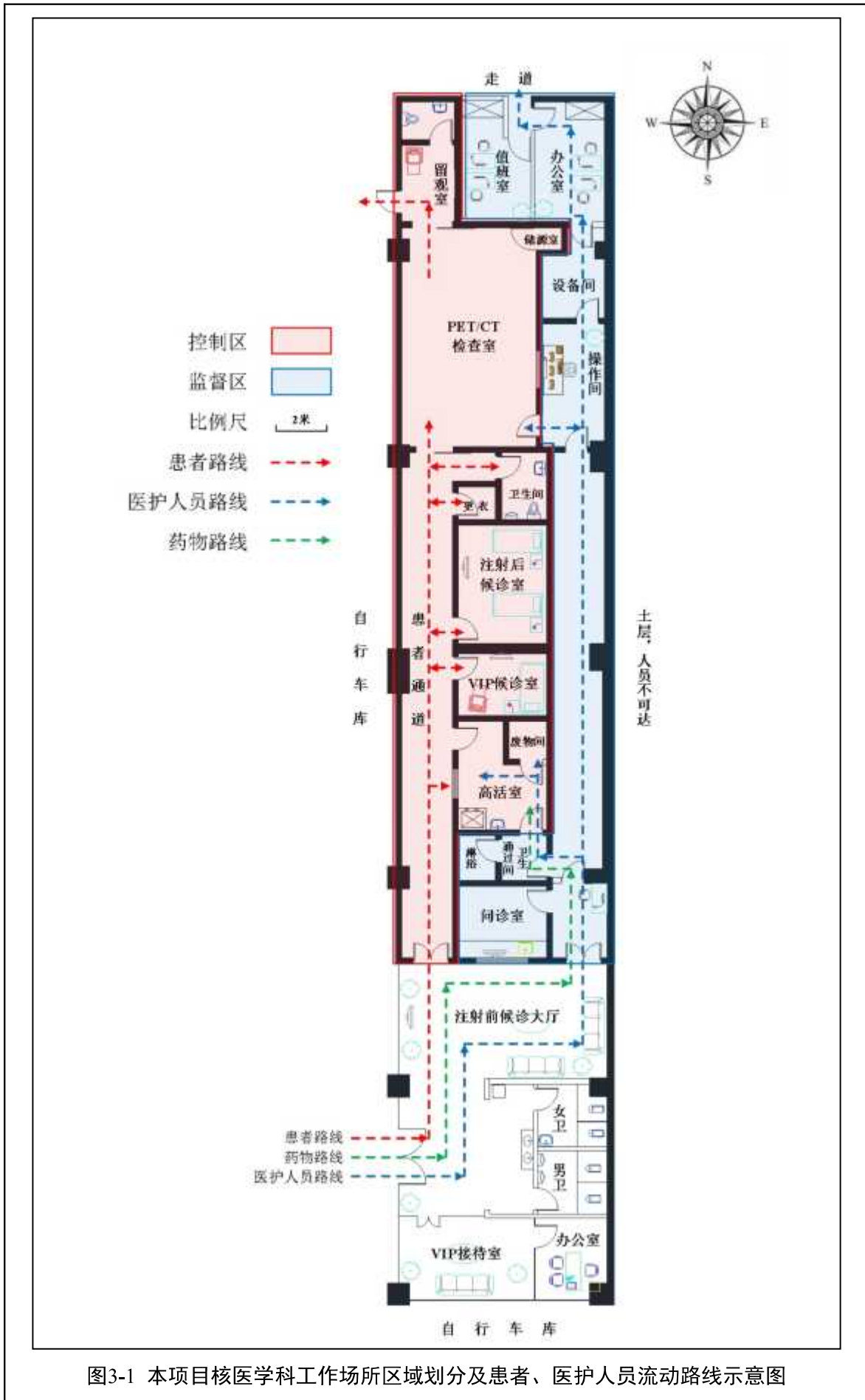


图3-1 本项目核医学科工作场所区域划分及患者、医护人员流动路线示意图

## 2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目核医学科屏蔽设施建设情况见表3-1。

表 3-1 核医学科屏蔽防护设计及落实情况一览表

参数		环评要求防护设计	落实情况	备注
PET/CT检查室	墙体	采用 24cm 实心砖+3mm 铅当量硫酸钡涂料	采用 24cm 实心砖+3mm 铅当量硫酸钡涂料	已落实
	顶部	30cm 砼+2mm 铅当量硫酸钡涂料	30cm 砼+2mm 铅当量硫酸钡涂料	已落实
	地面	30cm 砼	30cm 砼	已落实
	观察窗	6mmPb 铅玻璃	6mmPb 铅玻璃	已落实
	防护门	8mm 厚铅板	8mm 厚铅板	已落实
高活室	墙体	采用 24cm 实心砖+3mm 铅当量硫酸钡涂料	采用 24cm 实心砖+3mm 铅当量硫酸钡涂料	已落实
	顶部	30cm 砼+2mm 铅当量硫酸钡涂料	30cm 砼+2mm 铅当量硫酸钡涂料	已落实
	地面	30cm 砼	30cm 砼	已落实
	注射窗	8mmPb 铅玻璃	8mmPb 铅玻璃	已落实
	防护门	8mm 厚铅板	8mm 厚铅板	已落实
VIP候诊室、注射后候诊室、废物间、废物间、留观室、患者通道	墙体	采用 24cm 实心砖+3mm 铅当量硫酸钡涂料	采用 24cm 实心砖+3mm 铅当量硫酸钡涂料	已落实
	顶部	30cm 砼+2mm 铅当量硫酸钡涂料	30cm 砼+2mm 铅当量硫酸钡涂料	已落实
	地面	30cm 砼	30cm 砼	已落实
	防护门	6mm 厚铅板	6mm 厚铅板	已落实
通风橱		40mm 铅当量	40mm 铅当量	已落实

注：实心砖密度为 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 、混凝土密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 、铅板密度为 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，硫酸钡涂料密度为 $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

## 3、辐射安全与防护措施

(1) 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

本项目PET/CT机房防护门、核医学科工作场所控制区出入口处均粘贴电离

辐射警告标志和中文警示说明，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规范的电离辐射警告标志的要求。电离辐射警告标志见图3-2。患者防护门设有防夹装置，操作间防护门设有自动闭门装置。



(a) PET/CT机房患者防护门



(b) PET/CT机房操作间防护门



(c) 核医学科入口防护门



(d) 注射后候诊室防护门



(e) VIP候诊室防护门



(f) 高活室防护门



(g) 储源室防护门



(h) 废物室防护门

图3-2 工作状态指示灯和电离辐射警告标志



### (2) 门灯连锁

本项目PET/CT机房的防护大门设置有门灯连锁装置，防护大门闭合时工作状态指示灯亮。现场检查门机连锁和门灯连锁装置运行正常。

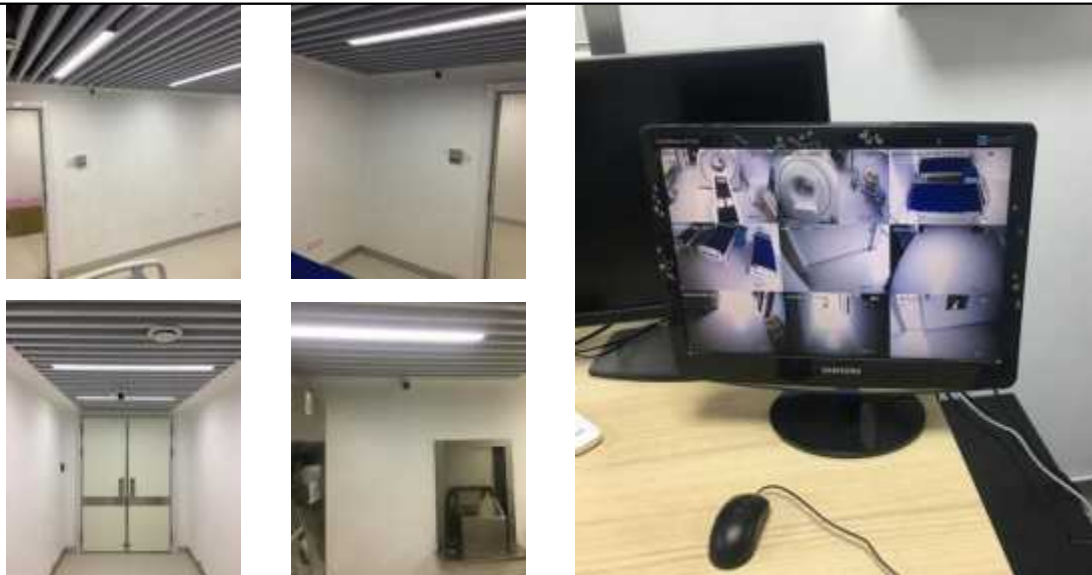
### (3) 观察和对讲系统

医院在PET/CT机房与操作间内设置双向语音对讲装置，且PET/CT机房控制台处安装有观察窗，在诊断过程中医务人员可以及时观察病人情况和与病人交流，保证诊断质量和防止意外情况的发生。经现场核查，该对讲系统运行正常。PET/CT机房观察窗和对讲系统见图3-3。



图3-3 观察窗和对讲系统

医院在注射后候诊室、患者通道、PET/CT机房、高活室等关键位置设置了监控摄像装置，对受检者进行全程监控，监控显示终端设置在PET/CT操作间内，辐射工作人员在控制室可以随时监控受检者的情况，避免受检者注射药物后随意走动或无关人员进入放射工作场所。核医学科监控装置见图3-4。



(a) 监控摄像头

(b) 操作间内监控显示终端

图3-4 核医学科监控装置

#### (4) 急停按钮

本项目PET/CT操作间墙上、操作台上及机房内设备上均设有急停按钮，当出现紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备，现场已核实。急停装置见图3-5。



(a) 操作间墙上

(b) 操作台上

(c) 机房内设备上

图 3-5 急停按钮

#### (5) 人员监护

医院为核医学科配备1名辐射安全管理人员和5名辐射工作人员（均已参加辐射安全与防护培训并且考核合格，名单见表3-2），并对其进行健康体检及个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

表3-2 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	学历	工种	培训合格证书编号	工作场所	备注
郑一兵	男	本科	辐射安全管理 人员	FS21JS0100108	核医学科	/
张益民	男	本科	医师	FS22JS0100056	核医学科	/
胡通海	男	本科	医师	FS22JS0100019	核医学科	/
刘芝美	女	本科	医师	FS22JS0100043	核医学科	/
郭晓斌	男	大专	技师	FS22JS0200017	核医学科	/
陶美玲	女	本科	护士	FS21JS0100094	核医学科	/

医院为核医学科配备有辐射巡测仪1台、表面污染仪1台及个人剂量报警仪4台，见图3-6。工作人员均配备了个人剂量计，均参加了职业健康检查及辐射安全与防护知识培训后上岗操作。



(a) 辐射巡测仪



(b) 表面污染仪



(c) 个人剂量报警仪

图3-6 辐射监测仪器

#### (6) 防护用品

医院已为核医学科配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等防护用品，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中的相关要求。本项目配备的个人防护用品见图3-7，清单见表3-3。

表 3-3 本项目配备的个人防护用品清单

防护用品	防护参数 (mmPb)	数量	购买日期	备注
防护铅衣	0.5	2件	2020	/
铅橡胶颈套	0.5	2件	2020	/
铅橡胶帽子	0.5	2顶	2020	/
铅防护眼镜	0.5	2副	2020	/
铅防护手套	0.5	2副	2020	/

建议医院应使工作人员了解所使用的防护用品的性能和使用方法，对工作人员正确使用防护用品进行指导，对所有防护用品均应妥善保管，不要折叠存放，以防止断裂，使用的个人防护用品每年应至少自行检查1次，防止因老化、断裂或损伤而降低防护质量，若发现老化、断裂或损伤应自行及时更换。



图3-7 个人防护用品

### (7) 储源室

本项目配备2枚<sup>68</sup>Ge放射源，出厂活度为 $7.40 \times 10^7$ Bq的桶状校准源摆放在PET/CT设备内，出厂活度为 $5.55 \times 10^7$ Bq的棒状质控源存放于核医学科储源室保险柜中，储源室设置双人双锁，并安装有红外报警装置并与医院保安处联网，确保源库具备“防火、防盗、防泄漏”的安全措施。

#### 4、“三废”治理情况

##### (1) 放射性“三废”

##### ①放射性废气

在进行液态放射性药物活度测量过程中，若液态处于开放状态，空气中可能挥发微量放射性核素，污染途径为放射性核素在空气中挥发散逸造成人员吸入内照射。

本项目核医学科工作场所设有独立通风系统，气流组织自非放射区向监督区再向控制区流动，高活室内配置有通风橱（见图 3-8），本项目分装、活度测量等所有放射性核素的操作均在通风橱内进行，通风橱内设专用通风管道，通风口高于本建筑物屋脊，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“排气口应高于本建筑屋顶”的要求。



图 3-8 高活室内通风橱



图 3-9 楼顶排风口





图 3-10 排风管道

核医学科高活室内通风橱左侧、右侧操作口风速分别为 1.38m/s、1.25m/s，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中对合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中风速不小于 0.5m/s 的要求。

微量放射性气溶胶经外排气口排放并大气扩散后，对周围公众和环境敏感点的影响很小，不会造成公众内照射影响。

本项目放射性废气处理设施建设情况与环评及其批复一致，无变动情况。

### ②放射性固体废物

本项目核医学科放射性药物的操作会产生少量受放射性污染的固体废物，如一次性注射器、一次性手套、滤纸、棉签等带有微量放射性同位素的医疗固体废弃物。医院在高活注射室设有放射性废物箱，注射过程中产生的放射性固废暂存在放射性废物桶内，当天注射产生的放射性固体废物下班后集中存放在位于废物室内，衰变超过 30 天经检测合格后，作为医疗废物统一处理。满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中的相关要求。

$^{68}\text{Ge}$  校准源退役后交由原生产厂家回收或由省城市放射性废物库回收处置。

本项目放射性固体废物的产生及治理情况属于环评及其批复的建设范围内，无变动情况。

### ③放射性废水

本次核医学诊断项目的放射性废水包括：（1）体内含有放射性核素的病人

排泄物等；（2）工作场所清洗废水等。

本项目核医学科预计一天最多接诊 10 人，人均产生废水 10L/d，医护人员洗手和去污洗消产生的废水每天保守估计 20L，上述场所一天约产生废水 120L。 $^{18}\text{F}$  放射性核素的半衰期为 109.7min，根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中的相关要求，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。

医院在核医学科下方负二层建设有衰变池，该项目衰变池由 2 个罐体组成，每个罐体容积为  $3.92\text{m}^3$ ，总容积  $7.84\text{m}^3$ 。放射性废水经管道流入指定的衰变池中，衰变罐内使用高低液位控制排水和停留时间，待 1#衰变罐达到高液位后联动前端的 1#电动阀使其关闭，在关闭 1#电动阀的同时开启 2#进水电动阀，2#衰变罐装满废水后封闭此时，1#衰变罐内的废水存放时间已达到 32.7 天，开启 1#提升泵排水至低液位，将废水排放至 1#衰变罐，以此类推运行。放射性废水由独立下水管道统一汇流入衰变池中，衰变超过 30 天可直接解控排放至医院污水处理系统。衰变池能够满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中关于放射性废水暂存衰变的相关要求。

本项目放射性废水的产生及治理情况属于环评及其批复的建设范围内，无变动情况。

## （2）非放射性三废



图 3-11 机房内通风装置

### ①废气

本项目 PET/CT 机房内空气在 X 射线、 $\gamma$  射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过通风系统排至室外，排风口设置于机房吊顶上，臭

氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。机房通风装置见图 3-11。

②固废

本项目工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

③废水

本项目工作人员产生的生活废水，进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网。

本项目非放射性三废的产生及治理情况属于环评及其批复的建设范围内，无变动情况。



表3-4 年诊断2000人次X线正电子发射断层扫描项目环评及批复落实情况一览表

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全管理	<p>管理机构：建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。</p> <p>管理制度：制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、放射性同位素使用登记制度、辐射事故应急措施等制度，根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。</p>	<p>建立辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作的。</p> <p>建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。</p>	<p>已建立辐射安全与环境管理机构，以制度形式明确了管理人员职责。</p> <p>已制定以下管理制度：《PET/CT 操作规程及注意事项》、《放射工作人员上岗培训制度》、《放射工作人员个人剂量监测制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《辐射监测方案》、《放射工作场所防护监测制度》、《放射性药品的使用管理制度》、《核医学质控方案》、《PET/CT 中心放射事故应急预案》及《辐射事故预防措施及应急处理预案》等。医院应进一步完善和规范其规章制度，增补各类人员的岗位职责，并在日常工作中确保各项制度落实到位；针对非密封放射源的管理，医院应建立非密封源的账目（如交收账、库存账、消耗帐），并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度，定期清点非密封放射源的种类和数量。</p>	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全和防护措施	<p>屏蔽措施：核医学科工作场所墙体采用实心砖+硫酸钡涂料、顶部采用混凝土+硫酸钡涂料作为防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行防护。</p>	<p>严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度，确保辐射工作人员和公众的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应的剂量限值要求。</p>	<p>本项目核医学科，在正常工作条件下运行时，工作场所周围所有监测点位的X-γ辐射剂量率、β放射性表面污染水平均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。</p>	已落实
	<p>安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）：核医学科控制区入口处、放射性废物桶表面设置电离辐射警告标志，控制区出入口处均设置门禁系统。</p>	<p>定期检查辐射工作场所工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。非密封放射性物质工作场所功能区域布置应符合国家的有关规定和要求，非密封放射性同位素转让须及时到生态环境部门办理审批手续。</p>	<p>PET/CT机房防护门、核医学科工作场所控制区出入口设置电离辐射警告标志，同时在PET/CT机房门口设置当心电离辐射警告标志和工作状态指示灯，PET/CT机房设置门灯联锁装置，并设置急停按钮及对讲装置。</p>	已落实
人员配备	<p>辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。</p>	<p>对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗。建立个人剂量档案和职业健康档案，辐射工作人员工作时须随身携带个人剂量计。</p>	<p>辐射工作人员均已取得辐射安全与防护知识考核合格证书，且均在有效期内，详见附件6。</p>	已落实
	<p>辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。</p>		<p>医院已委托扬州市疾病预防控制中心对辐射工作人员进行个人剂量监测，详见附件7。</p>	

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
监测仪器和防护用品	放射工作人员定期进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。		医院已组织放射工作人员定期进行职业健康体检，体检合格后上岗操作。已建立职业健康档案。体检详见附件6。	已落实
	已配备辐射巡测仪1台。	配备环境辐射剂量巡测仪和表面沾污仪器，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。放射工作人员作业时须随身携带辐射报警仪。	医院已为本项目配置1台辐射巡测仪、1台表面沾污仪及4台个人剂量报警仪。	
	配备表面沾污仪1台。 配备个人剂量报警仪6台。	配备必要的个人防护用品。	本项目现有就诊人数暂未饱和，同时开展工作的放射工作人员不超过4名，故已配备的4台个人剂量报警仪能满足使用要求，医院拟根据实际情况调整相关仪器配备数量。	
放射性三废处理处置	防护用品：核医学科配备铅通风橱，放射性核素操作人员配备铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽等个人防护用品。	配备必要的个人防护用品。	医院已为本项目配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等防护用品。	已落实
	/	放射性废水按照要求统一进行收集，于衰变池内暂存超过30天，直接解控排放至医院污水处理系统作为医疗废水进行处理。放射性固体废物按照要求进行贮存，存放超过30天，经检测合格后，作为医疗废物进行处理。 <sup>68</sup> Ge校准源退役后交由原生产厂家回收或由省城市放射性废物库回收处置。	放射性废水按照要求统一进行收集，于衰变池内暂存超过30天，直接解控排放至医院污水处理系统作为医疗废水进行处理。放射性固体废物按照要求进行贮存，存放超过30天，经检测合格后，作为医疗废物进行处理。 <sup>68</sup> Ge校准源退役后交由原生产厂家回收或由省城市放射性废物库回收处置。	
辐射监测	/	每年请有资质的单位对项目周围辐射水平监测1~2次，并连同当年辐射安全年度评估报告报我局。	每年请有资质单位对放射工作场所进行监测。	已落实

## 表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

### 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定：

#### 1、环境影响报告书（表）主要结论与建议

##### 表13 结论与建议

##### 结论

##### • 实践正当性

扬州友好医院年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目位于扬州院区内综合楼（2 号楼）负一层东北部。项目主要包括：新建 1 处丙级非密封放射性物质工作场所，使用  $^{18}\text{F}$  进行扫描显像检查，用于开展核医学诊断利用。本项目用于医院开展放射诊断工作，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）辐射防护“实践正当性”原则。

##### • 选址合理性

扬州友好医院扬州院区位于江苏省扬州市四望亭路 440 号，医院东侧为维扬路，南侧为四望亭路，西侧为商住楼（正在建设中，距核医学诊断项目西侧约 35m），北侧为空地及扬州市交通事故保险理赔服务中心。拟年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目位于院区内综合楼（2 号楼）负一层东北部。综合楼（2 号楼）东侧为院内道路及 1 号楼，南侧为院内道路及停车场，西侧为院内道路，西墙外为商住楼（正在建设中，距核医学诊断项目西侧约 35m），北侧为绿化、院内道路及 3 号楼。拟建项目东侧为土层，南侧及西侧为自行车库，北侧为走道及楼梯间，楼上为 VIP 体检中心及医学影像科，楼下为地下车库。

本项目 50m 范围内主要环境敏感点为西侧距本项目约 35m 处商住楼（正在建设中），运行后的环境保护目标主要为工作场所内的辐射工作人员、院区内病患、其他医务人员、院区内公众及上述敏感点等，项目选址基本可行。

本项目丙级非密封放射性物质工作场所划分了控制区及监督区，控制区和监督区内病人及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，相关配套布局能够保证工作程序沿着相关房间单向开展，能够有效防止交叉污染，控制区内设置有注射后病人专用厕所，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，布局合理。

- 辐射环境现状

扬州友好医院本次年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目拟建址周围本底辐射剂量率在 87.4nSv/h~134nSv/h 之间，与江苏省环境天然贯穿辐射水平调查结果相比较，均未见异常。

- 环境影响评价

根据理论估算结果，扬州友好医院年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv）。

- 三废的处理处置

来自核医学科 PET/CT 高活室及注射后病人专用卫生间等高活区的放射性废水，由独立下水管道统一集中到院区核医学科下方负二层的衰变池（总体积为 9m<sup>3</sup>）中，衰变十个半衰期满足排放标准后流入医院污水处理系统作为医疗废水处理。

本项目核素操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于 1m/s，排放口高于本建筑屋脊），通风管道外排放口处设置活性炭过滤吸附装置，能够有效防止放射性废气对周围环境产生的影响。

核医学科项目产生的放射性固体废物集中到放射性废物间中的铅桶中暂存，在废物间内自然衰变十个半衰期达到清洁解控水平推荐值后，作为普通医疗废物进行处理。符合辐射环境保护管理要求。

- 辐射安全措施评价

扬州友好医院核医学丙级非密封辐射工作场所墙体采用实心砖+硫酸钡涂料、顶部采用混凝土+硫酸钡涂料作为防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行防护；工作场所控制区出入口拟设置“当心电离辐射”警告标志，并设置门禁系统，符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）中的要求。

- 辐射安全管理评价

扬州友好医院需设立辐射安全与环境保护管理机构，制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫、设备检修维护、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等辐射安全管理制度。

医院需为本项目 6 名辐射工作人员配置个人剂量计，且定期送有资质部门监测，建立个人剂量档案；定期进行辐射工作人员健康体检，建立个人职业健康监护档案。公司已配备 1 台辐射巡测仪并拟为本项目配备 1 台表面沾污仪及 6 台个人剂量报警仪。此外，医院应根据 GBZ 130-2013 的要求，为辐射工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，扬州友好医院年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

#### 建议和承诺

1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

## 2、审批部门审批决定

扬州友好医院：

你单位报送的《年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目环境影响报告表》（以下简称《报告表》）收悉。我局依照《中华人民共和国行政许可法》《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律、法规规定，经审查，现批复如下：

一、你单位新增年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目建设地点位于扬州市四望亭路 440 号医院内，建设内容为：拥有丙级非密封辐射工作场所，使用 F-18 非密封放射源，日等效最大操作量为  $3.7 \times 10^6 \text{Bq}$ ，具体见《报告

表》。

根据你单位报送的《报告表》评价结论，在落实提出的各项污染防治措施和管理措施后，该项目运行对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护要求，我局原则同意《报告表》评价结论。

二、在工程设计、建设和运行中应认真落实好《报告表》所提的辐射污染防治和安全管理措施，并做好以下工作：

（一）严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度，确保辐射工作人员和公众的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相应的剂量限值要求。

（二）定期检查辐射工作场所工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。非密封放射性物质工作场所功能区域布置应符合国家的有关规定和要求，非密封放射性同位素转让须及时到生态环境部门办理审批手续。

（三）放射性废水按照要求统一进行收集，衰变十个半衰期满足排放要求后，接入医院污水处理系统作为医疗废水进行处理。放射性固体废物按照要求进行贮存，衰变十个半衰期达到清洁解控水平推荐值后，作为医疗废物进行处理。

（四）建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。建立辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。

（五）对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗。建立个人剂量档案和职业健康档案，配备必要的个人防护用品。辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪和个人剂量计。

（六）配备环境辐射剂量巡测仪和表面沾污仪器，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。每年请有资质的单位对项目周围辐射水平监测 1~2 次，并连同当年辐射安全年度评估报告报我局。

（七）项目建成后，建设单位应及时办理《辐射安全许可证》重新申领手续，并按照修订后的《建设项目环境保护管理条例》组织项目验收，验收合格

后项目方可投入正式运行。

三、本批复只适用于以上核技术应用项目，其他如涉及非放射性污染项目须按有关规定另行报批。

四、项目建设和运行期间的辐射环境现场监督管理由扬州市邗江生态环境局负责。

五、建设项目的环境影响评价文件经批准后，建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，建设单位应当重新报批建设项目的环境影响评价文件。建设项目的环境影响评价文件自批准之日起超过五年，方决定该项目开工建设的，其环境影响评价文件应当报原审批部门重新审核。



## 表五 验收监测质量保证及质量控制

### 验收监测质量保证及质量控制：

#### 1、监测单位资质

验收监测单位获得 CMA 资质认证（161012050353），见附件 12。

#### 2、监测人员能力

参与本次验收监测人员均符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求：验收监测人员已通过上岗培训。检测人员资质见表 5-1。

表 5-1 检测人员资质

序号	姓名	证书编号	取证时间
1	马坚飞	SHFSJ0288（综合类）	2017.07.19
2	刘彧好	SHFSJ0583（电离类）	2019.11.28

#### 3、监测仪器

本次监测使用仪器符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，监测所用设备通过检定并在有效期内，满足监测要求。

监测仪器见表 5-2。

表5-2 检测使用仪器

序号	仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
1	X-γ剂量率仪	AT1123	NJRS-137	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2021-0081865 检定有效期限：2021.08.30~2022.08.29
2	α、β表面污染测量仪	CoMo 170	NJRS-043	测量范围：β/γ0cps~20000cps 检定证书编号：Y2021-0093100 检定有效期限：2021.09.28~2022.09.27

#### 4、质量控制

本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过计量认证（证书编号：161012050353，检测资质见附件12），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器或将仪器固定在三脚架上。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。

## 5、监测报告

监测报告的编制、审核、出具严格执行南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，出具报告前进行三级审核。

## 表六 验收监测内容

### 验收监测内容：

#### 1、监测期间项目工况

2021年11月22日，南京瑞森辐射技术有限公司对扬州友好医院核医学科工作场所进行了现场核查和验收监测，监测期间工作场所的运行工况见表6-1。

表6-1 验收监测工况

设备名称型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
PET/CT (RAY-SCAN 64 型)	140kV/600mA 核素： <sup>18</sup> F	120kV/300mA CT扫描、 诊断床上放置6.4mCi 的 <sup>18</sup> F 药物	综合楼负一层 核医学科

#### 2、验收监测因子

根据项目污染源特征，本次竣工验收监测因子为核医学科工作场所X- $\gamma$ 辐射剂量率、 $\beta$ 表面污染水平及通风橱风速。

#### 3、监测点位

对核医学科工作场所周围环境布设监测点，特别关注控制区、监督区边界，监测PET/CT运行状态、非运行状态下的X- $\gamma$ 辐射剂量率和工作场所 $\beta$ 放射性表面污染水平及通风橱风速，每个点位监测5个数据。

#### 4、监测分析方法

本次监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《表面污染测定 第1部分 $\beta$ 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 $\alpha$ 发射体》（GB/T 14056.1-2008）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的标准要求进行监测、分析。

## 表七 验收监测期间生产工况

### 验收监测期间生产工况记录：

被检单位：扬州友好医院

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2021年11月22日

天气：阴，（6~8）℃，（21~24）%RH

监测因子：X- $\gamma$ 辐射剂量率， $\beta$ 表面污染水平，通风橱风速

验收监测期间生产工况见表7-1。

表7-1 本项目验收监测期间生产工况

设备名称型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
PET/CT (RAY-SCAN 64 型)	140kV/600mA 核素： $^{18}\text{F}$	120kV/300mA CT扫描、 诊断床上放置6.4mCi 的 $^{18}\text{F}$ 药物	综合楼负一层 核医学科

### 验收监测结果：

#### 1、辐射防护监测结果

本次监测结果详见附件11。本项目PET/CT机房周围环境X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果见表7-2，监测点位见图7-1。

表 7-2 本项目 PET/CT 机房周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	设备状态
1	公众区	0.12	关机
2	观察窗外30cm处（左缝）	0.16	开机
3	观察窗外30cm处（中间）	0.16	开机
4	观察窗外30cm处（右缝）	0.16	开机
5	东墙外30cm处	0.14	开机
6	东墙外30cm处	0.14	开机
7	东墙外30cm处	0.13	开机
8	东门外30cm处（左缝）	0.16	开机

9	东门外30cm处（中间）	0.14	开机
10	东门外30cm处（右缝）	0.16	开机
11	东门外30cm处（下缝）	0.16	开机
12	南墙外30cm处	0.20	开机
13	南门外30cm处（左缝）	0.32	开机
14	南门外30cm处（中间）	0.16	开机
15	南门外30cm处（右缝）	0.19	开机
16	南门外30cm处（下缝）	0.17	开机
17	西墙外30cm处	0.13	开机
18	西墙外30cm处	0.13	开机
19	西墙外30cm处	0.13	开机
20	北门外30cm处（左缝）	0.16	开机
21	北门外30cm处（中间）	0.15	开机
22	北门外30cm处（右缝）	0.16	开机
23	北门外30cm处（下缝）	0.15	开机
24	北墙外30cm处	0.13	开机
25	距机房楼上地面100cm处	0.13	开机
26	距机房楼上地面100cm处	0.12	开机
27	距机房楼下地面170cm处	0.12	开机
28	距机房楼下地面170cm处	0.12	开机

注：1、测量结果未扣除本底值；

2、诊断床上放置 6.4mCi 的  $^{18}\text{F}$  药物。

由表 7-2 检测结果可知，本项目综合楼负一层核医学科 PET/CT 机房内 PET/CT（型号：RAY-SCAN 64 型）进行 CT 扫描（工况：120kV/300mA，扫描时，诊断床上放置 6.4mCi 的  $^{18}\text{F}$  药物）时，机房周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率

为 (0.12~0.32)  $\mu\text{Sv/h}$ , 符合《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)、《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》(GBZ 130-2020) 的标准要求。

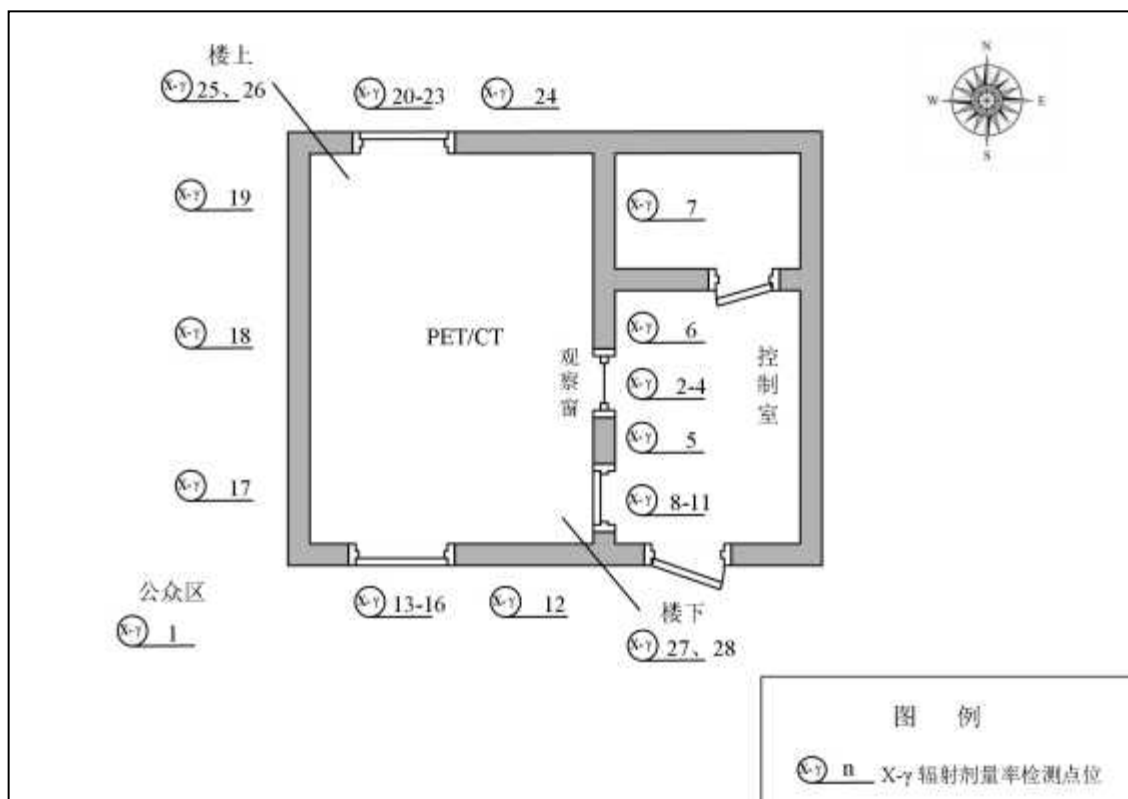


图7-1 核医学科PET/CT机房周围X- $\gamma$  辐射剂量率监测布点图

本项目核医学科工作场所周围环境 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 7-3, 监测点位见图 7-2。

表 7-3 本项目核医学科工作场所周围 X- $\gamma$  辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注
1	PET/CT机房地面	0.12	/
2	PET/CT诊断床表面	0.12	/
3	注射后候诊室地面	0.13	/
4	注射后候诊室床1表面	0.12	/
5	注射后候诊室床2表面	0.12	/
6	VIP候诊室地面	0.11	/

7	VIP候诊室床表面	0.12	/
8	留观室地面	0.12	/
9	留观室座位表面	0.12	/
10	卫生间地面	0.12	/
11	患者通道地面	0.11	/
12	患者通道地面	0.11	/
13	高活室地面	0.13	/
14	通风橱地面	0.13	/
15	注射台表面	0.15	/
16	淋浴间地面	0.13	/
17	公众区	0.11	/

注：测量结果未扣除本底值。

由表 7-3 检测结果可知，本项目综合楼负一层核医学科工作场所的 X- $\gamma$ 辐射剂量当量率为（0.11 ~ 0.15） $\mu\text{Sv/h}$ ，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。

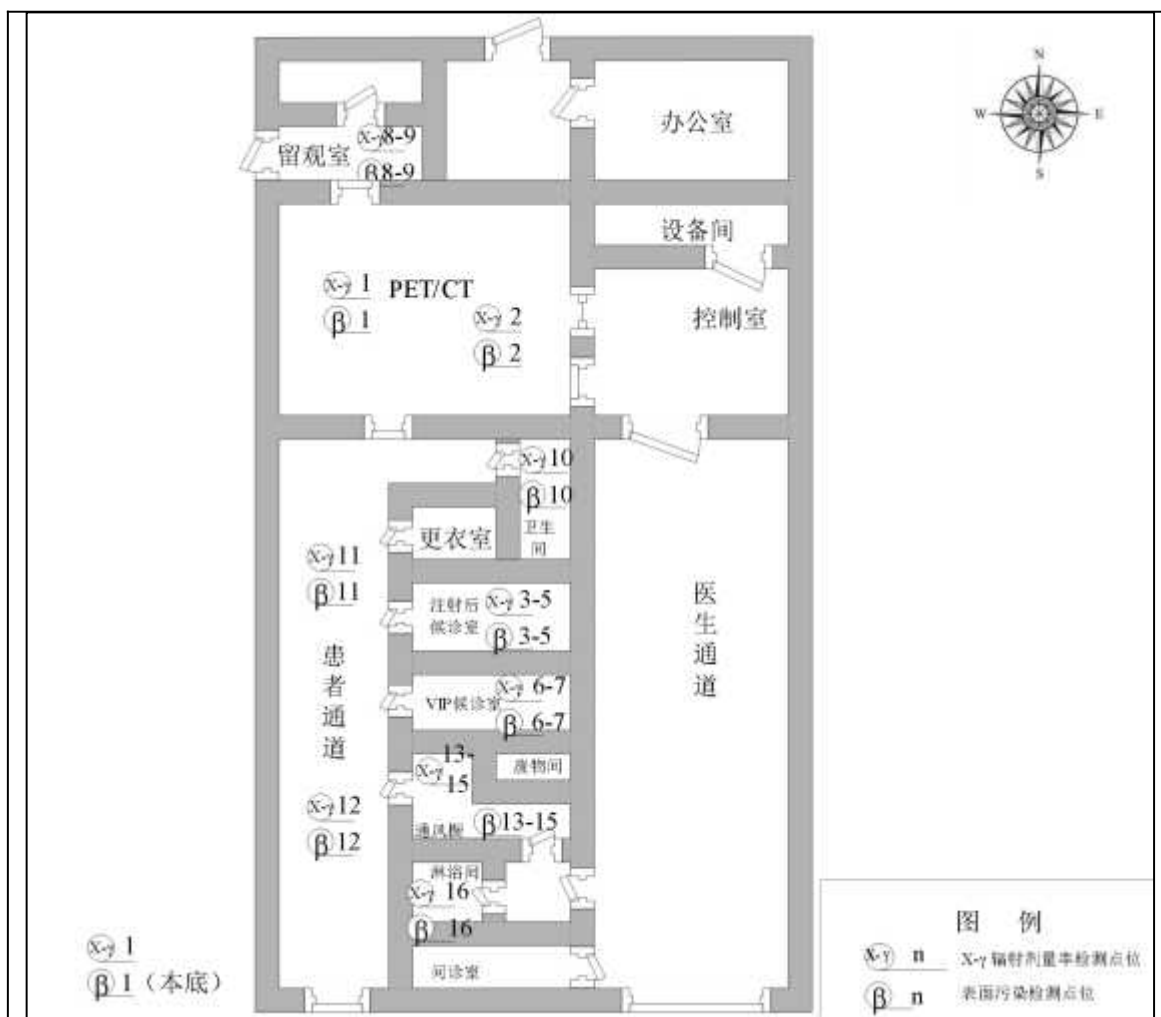


图7-2 核医学科工作场所周围X-γ辐射剂量率、β放射性表面污染水平监测布点图

本项目核医学科工作场所β放射性表面污染水平监测结果见表 7-4，监测点位见图 7-2。

表 7-4 本项目核医学科工作场所 β 放射性表面污染水平检测结果

测点编号	点位描述	表面β放射性污染测量结果 (Bq/cm <sup>2</sup> )	备注
1	PET/CT机房地面	0.07	—
2	PET/CT诊断床表面	0.08	—
3	注射后候诊室地面	0.06	—
4	注射后候诊室床1表面	0.05	—
5	注射后候诊室床2表面	0.06	—
6	VIP候诊室地面	0.04	—



7	VIP候诊室床表面	0.04	—
8	留观室地面	0.03	—
9	留观室座位表面	0.04	—
10	卫生间地面	0.06	—
11	患者通道地面	0.03	—
12	患者通道地面	0.04	—
13	高活室地面	0.04	—
14	通风橱地面	0.06	—
15	注射台表面	0.08	—
16	淋浴间地面	<0.02	—

注：放射性表面污染水平探测下限（LLD）为 0.02Bq/cm<sup>2</sup>。

由表 7-4 检测结果可知，本项目综合楼负一层核医学科工作场所 $\beta$ 放射性表面污染水平为（<0.02 ~ 0.08）Bq/cm<sup>2</sup>，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。

本项目核医学科工作场所通风橱风速监测结果见表 7-5。

表 7-5 本项目核医学科工作场所通风橱风速检测结果

点位描述	测量结果（m/s）	
通风橱	左侧操作口	1.38
	右侧操作口	1.25

本项目核医学科工作场所通风橱操作口风速分别为 1.38m/s 和 1.25m/s，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的标准要求。

## 2、辐射工作人员和公众年有效剂量分析

根据本项目现场监测结果，对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行计算分析，计算未扣除环境本底剂量率。

### （1）辐射工作人员

目前扬州友好医院为本项目配备 5 名辐射工作人员，满足本项目目前的配置要求。本项目辐射工作人员采用个人累计剂量监测结果计算其年有效剂量。根据建设单位提供的近两个季度个人累计剂量监测报告（2021 年 7 月-2021 年 12 月，报告编号为：（放）202112231067、（放）202204120211），其辐射工作人员个人累积剂量监测及预算结果见表 7-6。

表 7-6 辐射工作人员个人累积剂量监测结果

编号	姓名	岗位	2021年		截止验收监测 人员年受照剂量 (mSv/a)	管理 目标值 (mSv/a)
			第三季度	第四季度		
830301	张益民	医师	<MDL	0.04	0.04	5
830109	胡通海	医师	0.10	0.05	0.15	5
830110	刘芝美	医师	0.10	0.10	0.20	5
830132	郭晓斌	技师	0.07	0.04	0.11	5
830149	陶美玲	护士	0.04	0.03	0.07	5

根据年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目现场监测结果，对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算。本项目核医学科年门诊量为 2000 人，PET/CT 曝光扫描时间按 667h/a（20min/次）计算，计算本项目辐射工作人员和周围公众的年有效剂量，结果见表 7-7。

表 7-7 本项目周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析

关注点位		最大监测值 (nSv/h)	人员性质	居留 因子	年工作 时间 (h)	人员年有效 剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
PET/CT 机房	观察窗外	0.16	职业人员	1	667	0.11	5
	东墙外	0.14	职业人员	1	667	0.09	5
	东门外	0.16	职业人员	1/8	667	0.01	5
	西墙外	0.13	公众	1/16	667	0.01	0.25
	北墙外	0.13	公众	1	667	0.09	0.25
	上方	0.13	公众	1	667	0.09	0.25

	下方	0.12	公众	1/16	667	0.01	0.25
--	----	------	----	------	-----	------	------

注：1、计算时未扣除环境本底剂量；

2、工作人员的年有效剂量由公式 $E_{\text{eff}} = D \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算，式中： $E_{\text{eff}}$ 为年有效剂量， $D$ 为关注点处剂量率， $t$ 为年工作时间， $T$ 为居留因子（取值参照环评文件）， $U$ 为使用因子（保守取1）。

由表 7-6 可知，根据扬州友好医院提供的个人累积剂量监测报告，结果显示本项目辐射工作人员个人累积剂量最大为 0.20mSv/a。由表 7-7 可知，根据现场实际监测结果显示，辐射工作人员有效剂量最大为 0.11mSv/a（未扣除环境本底剂量），均低于本项目辐射工作人员个人剂量管理目标值。

## （2）公众

本项目评价的公众为辐射工作场所周围的非辐射工作人员，计算方法同辐射工作人员。计算结果见表 7-7。由表可知，公众年有效剂量最大为 0.09mSv/a（未扣除环境本底剂量），低于本项目周围公众个人剂量管理目标值。

综上所述，本项目周围辐射工作人员和公众年最大有效剂量根据实际监测及个人剂量监测受照剂量预算结果计算为：辐射工作人员有效剂量最大为 0.20mSv/a，周围公众年有效剂量最大为 0.09mSv/a（未扣除环境本底剂量）。辐射工作人员和公众年有效剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值的要求（职业人员 20mSv/a，公众 1mSv/a），并低于本项目管理目标值（职业人员 5mSv/a，公众 0.25mSv/a），与环评文件一致。

## 表八 验收监测结论

### 验收监测结论:

扬州友好医院年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施, 经现场监测和核查表明:

1) 扬州友好医院在院区综合楼负一层新建核医学科, 配备 1 台 PET/CT, 质量控制校正使用 2 枚  $^{68}\text{Ge}$  放射源, 使用  $^{18}\text{F}$  核素, 开展核素显像诊断工作。

本项目实际建设规模及主要技术参数均在《年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目环境影响报告表》及其环评批复建设范围内, 无变动情况;

2) 本次年诊断 2000 人次 X 线正电子发射断层扫描项目工作场所屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实。在正常工作条件下运行时, 工作场所周围所有监测点位的 X- $\gamma$ 辐射剂量率、 $\beta$ 放射性表面污染水平均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 的要求;

3) 辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中人员剂量限值要求及本项目剂量管理目标值的要求;

4) 本项目工作场所控制区和监督区划分明显, 能有效避免受检者误入或非正常受照; 本项目 PET/CT 机房防护门、核医学科工作场所控制区出入口处等显著位置均设置电离辐射警告标志和中文警示说明; 本项目 PET/CT 机房的防护大门设置有门灯联锁装置, 防护大门闭合时工作状态指示灯亮; PET/CT 机房操作间墙上、操作台上及机房内设备上均设有急停按钮; PET/CT 机房与操作间内设置双向语音对讲装置, 且 PET/CT 机房操作台处安装有观察窗, 医院在核医学科注射后候诊室、患者通道、PET/CT 机房、高活室等关键位置设置了监控摄像装置, 对受检者进行全程监控, 监控显示终端设置在 PET/CT 操作间内, 辐射工作人员在控制室可以随时监控受检者的情况, 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 及《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 的标准要求;

5) 放射性三废处置情况: 医院核医学科高活室设有通风橱及专用通风管

道，通风管道延伸至综合楼顶部；核医学科设有放射性废物桶收集放射性废物，满足核医学放射性废物处置要求；核医学科建有衰变池，放射性废水由独立下水管道统一汇流入衰变池中，能够满足暂存超过 30 天的衰变要求； $^{68}\text{Ge}$  校准源退役后交由原生产厂家回收或由省城市放射性废物库回收处置。

6) 非放射性三废处置情况：本项目 PET/CT 机房内的空气在 X 射线、 $\gamma$  射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后交由城市环卫部门处理；工作人员和部分患者产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理；

7) 医院为本项目共配备了 1 台辐射巡测仪、1 台表面污染测量仪及 4 台个人剂量报警仪等辐射监测仪器，配备了铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品；满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求；

8) 本项目 1 名辐射安全管理人员和 5 名辐射工作人员均已通过辐射防护安全与防护知识培训考核，并获得培训合格证书；本项目辐射工作人员已开展个人剂量监测和个人职业健康体检，并建立个人剂量和职业健康档案；医院已设立辐射安全管理机构，并建立辐射安全管理规章制度；医院制定了辐射事故应急处理制度并定期组织工作人员进行演练。满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求。

综上所述，扬州友好医院年诊断2000人次X线正电子发射断层扫描项目与环评报告内容及批复要求一致。本次验收年诊断2000人次X线正电子发射断层扫描项目环境保护设施满足辐射防护与安全的要求，监测结果符合国家标准，满足《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定要求，建议通过竣工环境保护验收。

#### 建议：

1) 认真学习《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关法律法规，不断提高核安全文化素养和安全意识；

2) 积极配合环保部门的日常监督核查, 按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求, 每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。每年请有资质单位对项目周围辐射环境水平监测1~2次, 监测结果上报生态环境保护主管部门。