

江阴华西医院
扩建非密封放射性物质工作场所
及医用射线装置使用项目竣工环
境保护验收监测报告表

报告编号：瑞森（验）字（2022）第012号

建设单位： 江阴华西医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二二年四月

建设单位： 江阴华西医院

法人代表（签字）：

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

法人代表（签字）：

项目负责人：

填表人：

建设单位（盖章）：江阴华西医院

电话

传真：

邮编：224400

地址：江苏省无锡市江阴市华士镇华西村

编制单位（盖章）：南京瑞森辐射技术有限公司

电话

传真：

邮编：210003

地址：南京市鼓楼区建宁路61号中央金地广场1幢1317室

目 录

表一 建设项目基本情况.....	1
表二 建设项目工程分析.....	13
表三 辐射安全与防护设施/措施	22
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.....	38
表五 验收监测质量保证及质量控制.....	44
表六 验收监测内容.....	46
表七 验收监测期间生产工况.....	47
表八 验收监测结论.....	60
附件1：项目委托书.....	62
附件2：项目环境影响报告表主要内容	63
附件3：项目环境影响报告表批复文件	74
附件4：辐射安全许可证正副本复印件	80
附件5：辐射安全管理机构及制度	87
附件6：辐射工作人员培训证书及健康证明	112
附件7：个人剂量监测报告	119
附件8：放射性药品及其原料转让审批表	124
附件9：竣工环保验收监测报告	127
附件10：验收监测单位CMA资质证书.....	141
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表	144

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目竣工环境保护验收				
建设单位名称	江阴华西医院 (统一社会信用代码)				
建设项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 退役				
建设地点					
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	
	/	丙	III类	/	
建设项目环评批复时间	2021年6月28日	开工建设时间	2021年7月		
取得辐射安全许可证时间	2022年01月28日	项目投入运行时间	2022年2月		
退役污染治理完成时间	/	验收现场监测时间	2021年10月27日、10月28日		
环评报告表审批部门	江苏省生态环境厅	环评报告表编制单位	南京瑞森辐射技术有限公司		
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	2000万元	辐射安全与防护设施投资总概算	300万元	比例	15%
实际总概算	2000万元	辐射安全与防护设施实际总概算	300万元	比例	15%
验收依据	<p>建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度：</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订），2015年1月1日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修正版），2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，全国人大常委会，2003年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修改），国务院令 第682号，2017年10月1日发布施行；</p>				

	<p>(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 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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(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）；</p> <p>(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；</p> <p>(11) 《关于印发〈建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）〉的通知》，环办〔2013〕103 号，2014 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《江苏省辐射污染防治条例》，2018 年修改，2018 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(15) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环保部公告[2018]第 9 号，2018 年 5 月 15 日印发；</p> <p>(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。</p> <p>建设项目竣工环境保护验收技术规范：</p> <p>(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）；
- (3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- (4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；
- (5) 《表面污染测定 第一部分 β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体）》（GB/T 14056.1-2008）；
- (6) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；
- (7) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）；
- (8) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；
- (9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；
- (10) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；
- (11) 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；
- (12) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）。

建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批文件：

(1) 《江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2021年5月。见附件2；

(2) 《关于江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目环境影响报告表的批复》，江苏省生态环境厅，审批文号：（苏环辐(表)审〔2021〕18号，2021年6月28日。见附件3；

验收监测 执行标准	<p>人员年受照剂量限值：</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> <p style="text-align: center;">表1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;"></th> <th style="text-align: center;">剂量限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">职业照射</td> <td> 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。 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">公众照射</td> <td> 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。 </td> </tr> </tbody> </table>			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。							
	<p>(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。</p> <p style="text-align: center;">表 1-2 工作人员职业照射和公众照射剂量管理目标值</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">项目名称</th> <th style="width: 30%;">适用范围</th> <th style="width: 40%;">管理目标值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目</td> <td style="text-align: center;">职业照射有效剂量</td> <td style="text-align: center;">5mSv/a</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">公众有效剂量</td> <td style="text-align: center;">0.1mSv/a</td> </tr> </tbody> </table>		项目名称	适用范围	管理目标值	江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目	职业照射有效剂量	5mSv/a	公众有效剂量
项目名称	适用范围	管理目标值							
江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目	职业照射有效剂量	5mSv/a							
	公众有效剂量	0.1mSv/a							
<p>辐射管理分区：</p> <p>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。</p> <p>(1) 控制区</p> <p>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。</p> <p>(2) 监督区</p> <p>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</p>									

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：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，本项目PET/CT工作场所布局应遵循下述要求：

5.2 布局

5.2.1核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，本项目核医学工作场所布局应遵循下述要求：应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位；机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

工作场所放射防护安全要求：

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求，本项目核医学工作场所布局应遵循下述要求：

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。GBZ 120-2020。

5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式，¹³¹I 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。

5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

核医学工作场所分级：

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1-3将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 1-3 非密封源工作场所的分级

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

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量

(Bq) 与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表1-4和表1-5。

表 1-4 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 1-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	修正因子			
	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

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) 中表11的规定, 对于工作场所的放射性表面污染, 应满足表1-6的控制水平。

表 1-6 工作场所放射性表面污染控制水平 (单位: Bq/cm²)

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 ¹⁾	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			
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

工作场所放射防护安全要求:

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，本项目PET/CT机房应满足下述要求：

5 X射线设备防护性能的技术要求

5.4.1 在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所使用的CT运行条件。

5.4.2 对于任意一种CT扫描程序，都应在操作者控制台上显示剂量信息。

5.4.3 应设置急停按钮，以便在CT扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。

5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

5.8.3 X射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置。

6 X射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

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

6.1.3 每台固定使用的X射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

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 1-7 X射线设备（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积(m ²)	机房内最小单边长度(m)
CT机	30	4.5
单管头 X 射线设备	20	3.5

6.2 X射线设备机房屏蔽

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低于下表的规定。

表 1-8 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量(mm)
CT 机房（不含头颅移动CT）	2.5	2

6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

b) CT机、乳腺摄影、乳腺CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔CBCT和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h；

6.4 X射线设备工作场所防护

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。

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.9 CT装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.4.11 车载式诊断X射线设备工作场所的选择应充分考虑周围人员的驻留条件，X射线有用线束应避免人员停留和流动的路线。

6.4.12 车载式诊断X射线设备的临时控制区边界上应设立清晰可见的警告标志牌（例如：“禁止进入X射线区”）和电离辐射警告标志。临时控制区内不应有无关人员驻留。

6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表4基本种类要求的工作人员、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橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5 mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。

6.5.4 应为儿童的X射线检查配备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小于0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 1-9 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层扫描（隔室）	—	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	—
注：1.“—”表示不要求；2.各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

放射性废水排放活度浓度限值：

参考《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2016）的要求，本项目污水排放放射性，在衰变池排放口执行“总α<1Bq/L，总

	<p>$\beta < 10 \text{ Bq/L}$”的要求。</p> <p>放射性固废暂存及清洁解控的要求：</p> <p>根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2020）的要求，本项目应设置满足如下条件的放射性固废容器。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过0.1 mSv/h，质量不超过20 kg。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>8.11 废物包装体外表面的污染控制水平：$\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$。</p> <p>根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的规定，本项目放射性固废在放射性固废贮存设施中暂存衰变，在满足以下条件，方能作为医疗废物处理。</p> <p>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，α表面污染小于0.08 Bq/cm^2、β表面污染小于0.8 Bq/cm^2的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：</p> <p>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；</p> <p>b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍；</p> <p>c) 含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天。</p> <p>安全管理要求及环评要求：</p> <p>《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性</p>
--	--

	<p>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。</p>
--	---

表二 建设项目工程分析

项目建设内容:

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，江阴华西医院拟将江阴市华士镇华西村5号塔一层扩建1处丙级非密封放射性物质工作，于场所内使用1台PET/CT（属Ⅲ类射线装置），同时使用放射性同位素¹⁸F（并使用医院现有的⁶⁸Ge作为校准源，校准源日常存放在保险柜中，设置双人双锁，并有视频监控）开展核素显像诊断项目。本项目仅为5号塔PET/CT中心内部重新装修改建，不新增用地。该项目已于2021年5月完成项目的环境影响评价，于2021年6月28日取得了江苏省生态环境厅关于该项目的环评批复文件（苏环辐（表）审[2021]18号）。实际建设内容主要技术参数与环评及批复一致。本项目环评报告表详见附件2，环评批复文件详见附件3。

江阴华西医院原有PET/CT核医学诊断工作场所位于6号塔医院本部，该场所已履行相关环保手续。见附件3。

表2-1 本次验收项目环评审批及实际建设情况一览表

环评报告表名称	环评审批情况及批复时间	实际建设情况	备注
《江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目环境影响报告表》	建设地点：江苏省无锡市江阴市华士镇华西村5号塔一层。 项目内容：医院拟扩建1处丙级非密封放射性物质工作，于场所内使用1台PET/CT（属Ⅲ类射线装置），同时使用放射性同位素 ¹⁸ F（并使用医院现有的 ⁶⁸ Ge作为校准源）开展核素显像诊断项目。 批复时间：2021年6月28日	建设地点：江苏省无锡市江阴市华士镇华西村5号塔一层。 项目内容：医院拟扩建1处丙级非密封放射性物质工作，于场所内使用1台PET/CT（属Ⅲ类射线装置），同时使用放射性同位素 ¹⁸ F（并使用医院现有的 ⁶⁸ Ge作为校准源）开展核素显像诊断项目。	本项目项实际建设规模及主要技术参数与其环评及批复一致。

江阴华西医院于2022年01月28日申领了辐射安全许可证（证书编号：苏环辐证[00612]），活动种类和范围为：使用V类放射源；使用Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至2024年11月11日。辐射安全许可证见附件4。

本次验收项目辐射安全与防护设施总投资为2000万元，项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-2 扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目环评审批及实际建设情况一览表

项目建设地点及其周围环境					
项目内容	环评规划情况			实际建设情况	备注
建设地点	江苏省无锡市江阴市华士镇华西村5号塔一层			江苏省无锡市江阴市华士镇华西村5号塔一层	与环评一致
周围环境	江阴华西医院	东侧	室外道路	室外道路	与环评一致
		南侧	室外道路	室外道路	与环评一致
		西侧	室外道路及居民楼	室外道路及居民楼	与环评一致
		北侧	室外道路及5号塔	室外道路及5号塔	与环评一致
	非密封放射性物质工作场所 (PET/CT中心)	东侧	室内过道及室外道路	室内过道及室外道路	与环评一致
		南侧	污物通道	污物通道	与环评一致
		西侧	室内过道及室外道路	室内过道及室外道路	与环评一致
		北侧	电梯厅及楼梯间	电梯厅及楼梯间	与环评一致
		上方	闲置用房	闲置用房	与环评一致
		下方	地下车库及设备间	地下车库及设备间	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				
	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	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
¹⁸ F	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁶	1.39×10 ¹²	丙级	PET/CT 中心	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁶	1.39×10 ¹²	丙级	PET/CT 中心
射线装置										
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	Biograph Horizon	1 台	管电压：130kV， 管电流：345mA	III类	PET/CT 中心	Biograph Horizon	1 台	管电压：130kV， 管电流：345mA	III类	PET/CT 中心
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		
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气		与环评一致

沾有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等	固体	^{18}F	/			小于清洁解控水平	暂存于注射室内铅废物桶内，随后转移至废物间	存放时间超过30天后，对废物清洁解控并作为医疗废物处理	执行《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	^{18}F	/	约8m ³	约96m ³	总 β <10 Bq/L	暂存于衰变池内	自然衰变10个半周期，达到排放标准后，排放至医院污水处理站（环评要求）	与环评一致
含有液态放射性药物分装时挥发的微量气溶胶	气体	^{18}F	/	微量	微量	微量	不暂存	在通风橱内操作，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
废活性炭	固体	/	/	/	/	小于清洁解控水平	更换后暂存在废物间内	作为医疗废物交由有资质单位进行处理	与环评一致

污染源项分析:

1、辐射污染源项

由本项目工程分析和产污环节可知，核医学项目主要产生以下放射性污染:

辐射: PET/CT扫描时产生的X射线；正电子药物在取药、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线。以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

废气: 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。

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。

固体废物: 放射性同位素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物。

2、非辐射污染源项

PET/CT机房CT扫描时产生X射线，X射线与空气相互作用可产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)等有害气体。

本项目一般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河水管网，对周围环境影响较小；固体废物主要是工作人员产生的一般生活垃圾。收集后，将交由城市环卫部门处理，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自由电子碰撞湮灭，转化为一对方向相反、能量 0.511MeV 的 γ 光子。如果在这对飞行方向上置一探测器，便可以几乎同时接受到两个光子，并可推定光子发源（即正电射）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信号时耦性，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反射示踪分布图像。这种探测方式一次只能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，以利于探测并重建更多层面的图像。

江阴华西医院购置的 PET/CT，型号为 Biograph Horizon，其使用的 CT 最大管电压 130kV，最大输出电流 345mA。PET/CT 机器结构示意图 2-1。本项目 PET/CT 显像使用的放射性药物为 ^{18}F 标记的 ^{18}F -FDG。

PET/CT 工作时，其 CT 的 X 射线管会产生 X 射线，属于 III 类射线装置。

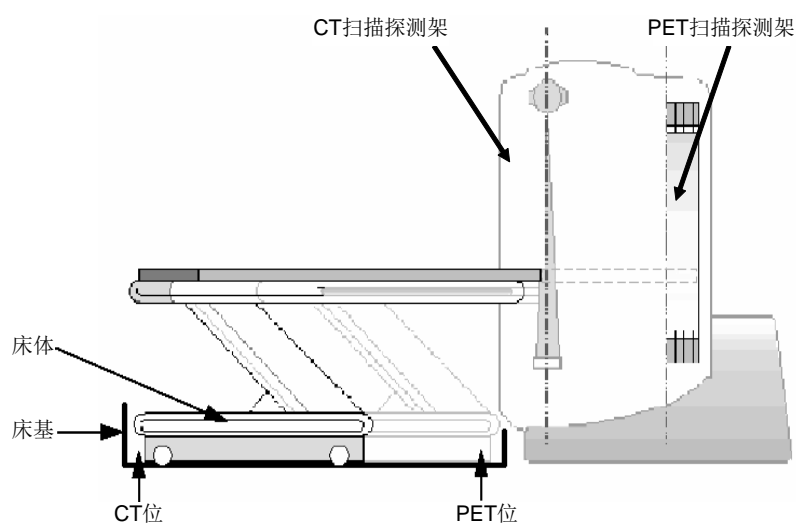


图2-1 PET/CT结构示意图

本项目所用的放射性同位素特性见表 2-3:

表 2-3 本项目使用的放射源信息表

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 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
^{18}F	109.7min	EC (3.27) β^+ (96.73)	633.5 (96.73)	XK: 0.52 (0.01795) γ ±: 511 (≤ 193.46)	1.4E-13

2、工作流程及产污环节

江阴华西医院本次扩建的非密封放射性物质工作场所项目将根据患者预约情况提前向专业供应商订购正电子药物，正电子药物送达工作场所的注射室。医护人员从铅罐中取出，放入铅通风橱内。 ^{18}F 到货时为装入铅罐内的整罐药液，需要由医护人员按病人所需活度进行分装（在注射室通风橱内进行分装），每次最多 $5.55\times 10^9\text{Bq}$ （15人量，放置于40mmPb 的铅罐内，单日人数较多时，将分上下午两次订购药物并分装）。

病人在注射前提前安放留置针，病人到达注射窗口后，注射护士手持带铅套的注射器，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。每次分装过程中近距离接触正电子药物的时间保守按2min、注射过程按1min 估算。

患者根据注入的正电子药物特性，在注射后候诊室内静坐或静躺候诊（一般注射 $^{18}\text{F-FDG}$ 后需等待约 20min），待药物代谢至靶器官，进入 PET/CT 机房，经医护人员摆位（每次摆位约 1min）后，接受 PET/CT 的扫描，每次扫描约 10~20 分钟。扫描完成后，患者在留观室休息等待一段时间后，若无其他情况，从患者专用通道离开。

本项目 PET/CT 工作流程及产污环节分析见图 2-2。

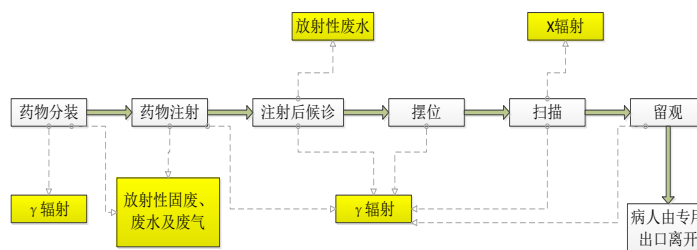


图 2-2 本项目工作流程及产污环节示意图

3、项目人流和物流的路径规划

本项目非密封放射性物质工作场所（PET/CT中心）位于5号塔一层，改造前为闲置用房，其上方为闲置用房，下方为地下车库。改造后的PET/CT中心北侧为病人候诊区及扫描区域，南侧为医生活动区域。结合本项目的工艺流程，本次新增的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目人流、物流路径规划具体如下：

1、工作人员路径：

工作场所的护士及技师由候诊室南侧的医生通道进入工作区域，注射药物的护士通过淋浴间进入注射室，在通风橱内完成分装活度测量等操作，最后在注射窗口给患者施药。该路径上卫生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，注射室内产生的固体废弃物暂存于废物桶内，随后转移至PET/CT中心的废物间内；技师通过医生通道经更衣室进入控制室。

2、患者路径：

患者按预约日期首先到一层候诊室，随后在登记室登记并安置留置针，登记后的患者通过西侧带有门禁装置的防护门进入诊断区域，首先到达注射室，在注射室注射窗口注射放射性药物后，在注射后等候室休息等待，一般等待大约10~20min，再进入PET/CT机房进行显像检查，检查完毕后在留观室休息约10min后离开。该路径上，患者入口和患者出口处均设置为单向门禁，仅允许患者单向通行。该诊断区域内设有专用卫生间，患者在专用卫生间内如厕，不随意走动，诊断期间，各自根据叫号系统提示到相应的位置进行诊断检查。

3、工作场所拟使用的药物运送路径：

本项目所使用的放射性药物会提前向有资质的供应商提前预定，供货单位会在病人就诊前将放射性药物通过PET/CT中心南侧的通道通过通风橱暂存。

本次扩建的工作场所区域划分及病人、医护人员流动路线见图2-3。

扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间单向开展，最大限度的减少了人员的流动性，有助于实施工作程序；医护人员与病患有各自独立的通道，本次丙级非密封放射性物质工作场所布局满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求。

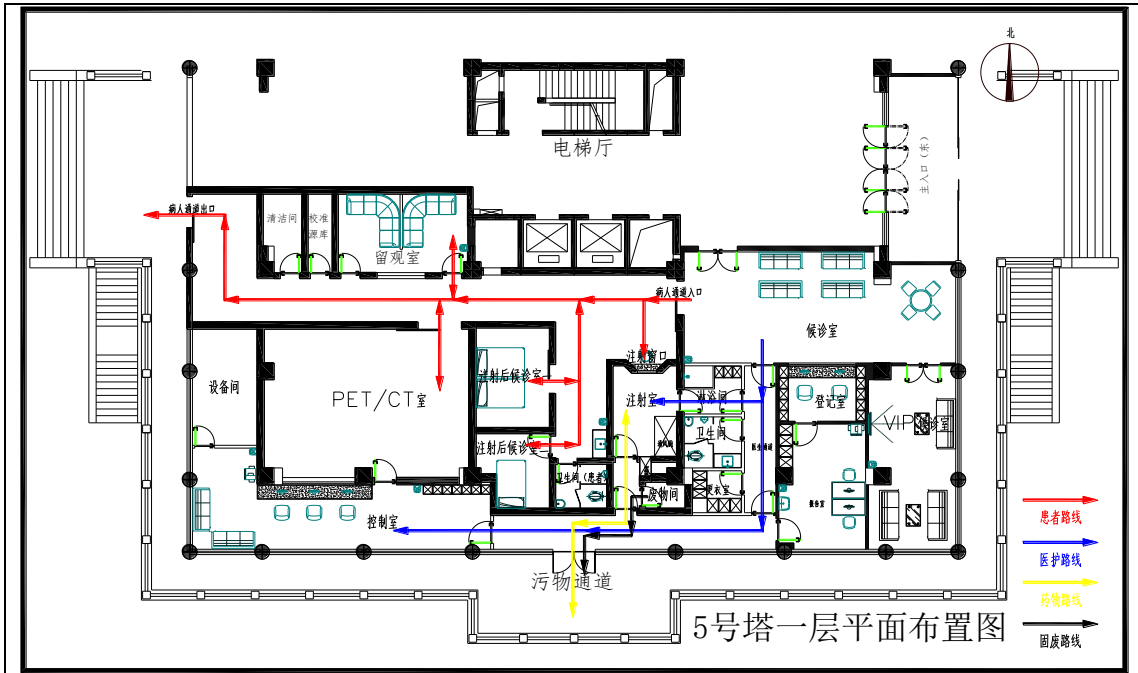


图 2-3 本项目 PET/CT 人流及物流路径示意图

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：江阴华西医院于5号塔一层扩建非密封放射性物质工作场所（PET/CT中心），并在该工作场所内新建1座PET/CT机房（使用¹⁸F核素）。本次核医学场所主要功能用房包括：候诊室、登记室、报告室、卫生通道、淋浴间、分装注射室、废物储源室（含储源和废物间）、放射源室、PET/CT扫描间、PET/CT控制室、注射后候诊室、留观室和清洗间等。本项目核医学工作场所不邻近产科、儿科和食堂等部门，场所设置相对独立，并设置了单独的入口和出口，入口和出口防护门都设置了单向门禁（非紧急情况下，入口门只进不出，出口门只出不进），出口未设置在人员稠密的区域；分装注射室出口处设置了卫生通过间（包含淋浴间），医护人员更衣和淋浴在卫生通过间内进行，药物质控在分装室内进行；设置了诊前候诊区、放射源室、分装注射室、注射后候诊室、注射后患者卫生间、废物间、抢救室等功能用房；设置了医师/技师办公室、护士站、更衣室、卫生间、卫生淋浴间（卫生通过间内）、抢救设施（位于分装注射室）等辅助用房；核医学工作场所的给药前受检者、给药后受检者、医护人员和药物通道不交叉。工作场所布局符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的标准要求。PET/CT设备的设置位置便于操作者观察受检者状态，且PET/CT球管远离机房防护门、观察窗和管线口位置，观察窗的设置位置便于观察到防护门的开闭情况，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的标准要求。

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PET/CT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：注射室、废物间、储源室、注射后候诊室、PET/CT机房、留观室、淋浴间、衰变池等；控制室、设备间及医生通道、候诊室等。控制区和监督区内医务人员及病人均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公

众、工作人员受到不必要的外照射。在控制区入口处、控制区出口处设置符合规范的电离辐射警告标志。核医学工作场所控制区和监督区划分明显，基本符合《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。本项目核医学科平面布置、两区划分见图3-1。

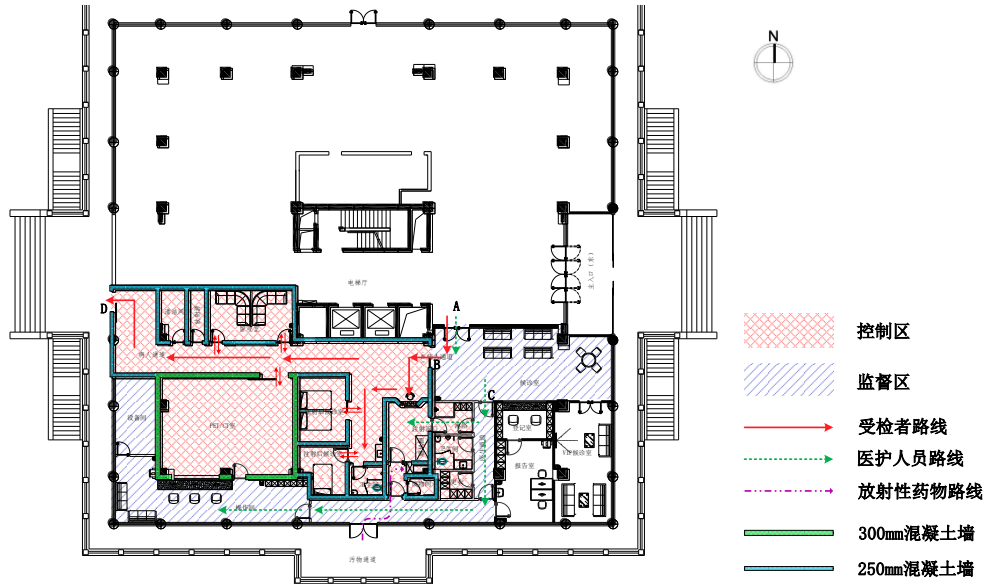


图3-1 5号塔一层核医学工作场所整体布局图示意图

2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目非密封放射性物质工作场所（PET/CT中心）屏蔽设计参数见表3-1。

表 3-1 核医学工作场所屏蔽防护落实情况一览表

场所名称		环评要求防护设计	实际建设情况	备注
注射室	四面墙体	250mm 混凝土	250mm 混凝土	与环评一致
	顶棚	240mm 混凝土	240mm 混凝土	
	地面	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
	注射窗	20mmPb	20mmPb	
注射后候诊室 1	四面墙体	250mm 混凝土	250mm 混凝土	与环评一致
	顶棚	120mm 混凝土+120 mm 混凝土	120mm 混凝土+120 mm 混凝土	
	地面	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	
	防护门	10mmPb	10mmPb	
注射后候诊室 2	四面墙体	250mm 混凝土	250mm 混凝土	与环评一致
	顶棚	240mm 混凝土	240mm 混凝土	
	地面	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	
	防护门	10mmPb	10mmPb	
PET/CT 机房	四面墙体	300mm 混凝土	300mm 混凝土	与环评一致
	顶棚	120mm 混凝土+120 mm 混凝土	120mm 混凝土+120 mm 混凝土	
	地面	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	
	防护门	10mmPb	10mmPb	
	观察窗	10mmPb 铅玻璃	10mmPb 铅玻璃	
留观室	四面墙体	250mm 混凝土	250mm 混凝土	与环评一致
	顶棚	240mm 混凝土	240mm 混凝土	
	地面	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
其他		核医学入口防护门为 10mmPb	核医学入口防护门为 10mmPb	与环评一致
		核医学出口防护门为 10mmPb	核医学出口防护门为 10mmPb	
		通道顶部为 240mm 混凝土； 地面为 180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	通道顶部为 240mm 混凝土； 地面为 180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	
		废物间防护门为 5mmPb	废物间防护门为 5mmPb	
		储源室防护门为 5mmPb	储源室防护门为 5mmPb	

	通风橱 40mmPb	通风橱 40mmPb	
	铅屏风 5mmPb	铅屏风 5mmPb	

现场验收时对机房面积和最小单边长度进行测量，核实情况如表3-2所示。由表可以看出，PET/CT机房规格符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的“CT机房的有效使用面积不小于30m²，最小单边长度不小于4.5m”的要求。

表 3-2 本项目 PET/CT 机房最小面积及单边长度一览表

设备机房	机房实际面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	最小有效面积要求 (m ²)	最小单边长度要求 (m)	评价
PET/CT 机房	43.1	5.70	30	4.5	满足

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

本项目在患者进出控制区的防护门、废物储源室、废物间、分装注射室、储源室和PET/CT扫描室的防护门上均设置了电离辐射警告标志，同时在核医学工作场所的控制区进出口和PET机房门外地面设置了警示线，提醒人员勿靠近和逗留。在PET/CT机房患者入口处的大门盒控制区进出口防护门上方设置了工作状态指示灯，指示灯设有“射线有害 灯亮勿入”的警示语句。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。本项目工作状态指示灯及电离辐射警告标志见图3-2。





图3-2 本项目核医学工作场所工作状态指示灯和电离辐射警告标志

(2) 门灯联锁及门机联动

本项目 PET/CT 机房的患者入口防护门设置有工作状态指示灯，工作状态指示灯与机房门设有联锁装置，用于提示机房内设备运行状态。现场检测门灯联动有效。

3) 影像监控装置及对讲系统

医院已在诊前候诊大厅、分装注射室、注射后候诊室1、注射后候诊室2、留观室、清洁室、PET/CT机房、储源室、患者通道走廊等关键位置设置了监控摄像装置，监控显示终端设置在PET/CT控制室内；同时医院在注射窗口、注射后候诊室1、注射后候诊室2、留观室和PET/CT机房设置了对讲装置，医护人员通过对讲装置与患者进行通话交流。本项目影像监控装置、摄像头及对讲系统见图3-3。

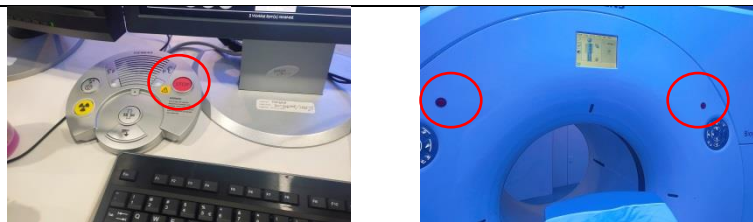




图3-3 本项目核医学工作场所影像监控装置、摄像头及对讲系统

(4) 急停按钮

本项目PET/CT控制室操作台上、设备上均设有急停按钮，紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备。经现场核查有效。见图3-4。



操作台对讲和急停开关

设备上急停开关

图3-4 本项目核医学工作场急停按钮

(5) 防护用品

医院配备有防护铅衣、防护铅围脖、铅帽、铅眼镜等防护用品。用于医生和注射人员的个人防护。本项目配备的个人防护用品见图3-5，个人防护用品清单见表3-3。

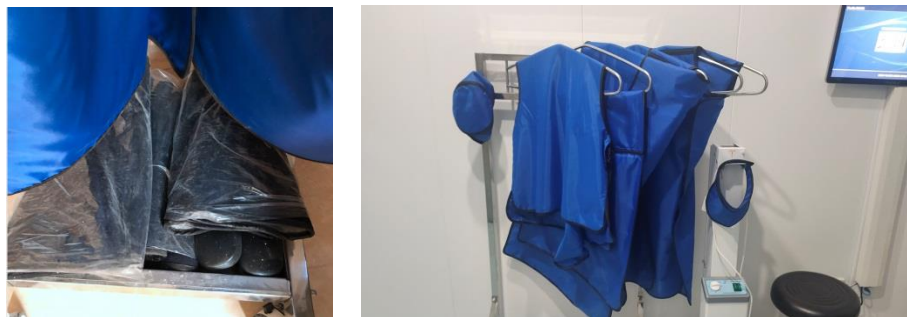


图 3-5 个人防护用品

表 3-3 本项目配备的个人防护用品清单

防护用品	数量	防护参数	用途
铅衣	2 件	0.5mmPb	医生/病人用
铅眼镜	2 副	0.5mmPb	医生用
铅手套	2 副	0.5mmPb	医生用
铅围裙	2 件	0.5mmPb	医生用
铅帽	2 顶	0.5mmPb	医生/病人用
铅围脖	2 个	0.5mmPb	医生/病人用

(6) 放射性“三废”处置

①放射性废水

本项目临床核医学分装和注射时均采用一次性器皿，无需洗消，可减少放射性废水的产生。该临床核医学项目中涉及的液体废物包括被放射性核素污染的液体、清洗液、病人排泄的放射性废物及不用的放射性药剂，工作人员如在取药操作不慎可能会造成局部表面污染，需要清洗去污。

医院在本项目核医学科下方新建一组三级溢流式衰变池，该衰变池由一个沉淀池（1m³）加三个容积均为1m³的小池组成，核医学科产生的放射性废水先进入沉淀池进行初级沉淀后排入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，核医学科的废水通过沉淀池会排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，此时核医学科产生的放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，此时打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站。三个衰变池以此往复运行。衰变池设计图见图 3-1。

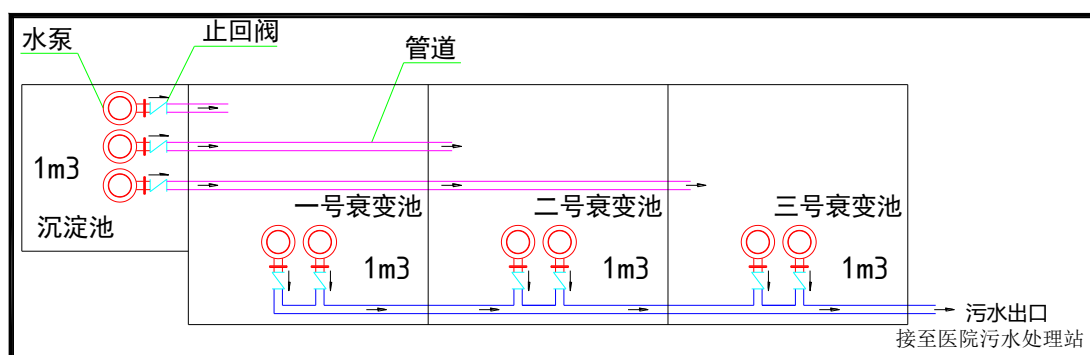


图 3-1 衰变池设计示意图

本项目放射性废水贮存执行环评及批复标准，衰变10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。

经与医院核实，本项目核医学科工作场所日最大就诊人数为15人，废水年产量为120000L，年工作天数为300天。¹⁸F放射性核素的半衰期为1.83h，10个半衰期为18.3h。核医学科以日产废水量400L的情况进行计算，则10个半衰期废水量不超过0.31m³，则衰变系统能够满足环评时放射性废水的暂存10个半衰期的要求。

②含放射性的固体废物

核医学项目诊疗过程中，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、绷带、敷料、滤纸等带有微量放射性同位素的医疗固体废物。

经与医院核实，本项目显像检查放射性废物产生量按0.02kg/人次计算，本项目产生的放射性废物不超过2kg/周，年产生量约为100kg，产生的放射性固废暂存在放射性废物筒内的专用塑料袋中，放射性废物每袋重量不超过20kg，装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存，暂存时间超过30天，经监测辐射剂量率满足所处环境

本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。本项目工作场所铅废物桶均设置有电离辐射警告标志（见图3-7）。



图 3-7 放射性废物桶

③废气处理措施

临床核医学工作场所作为开放性核素诊断场所，液态核素由于自然挥发和松散的表面放射性污染物再悬浮转移至空气中均可转变为放射性气体或气溶胶。为防止工作人员内照射，所有操作均下在通风橱（见图3-8）内进行。通风橱中设有独立的排风装置，可将通风橱中挥发散逸的放射性同位素排出。

医院在PET/CT机房、注射后候诊室、分装/注射室、废物室、留观室、等场所设置了排风口，通风管道汇流后延伸至5号塔楼顶，排风口高于建筑屋顶；核医学科通风橱设立了独立的排风管道，通风管道从注射后候诊室往上延伸至5号塔楼顶，排风口高于建筑屋顶，同时在排风管出口设置活性炭过滤装置，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中的要求。医院应定期检查通风橱的通风量。



图 3-8 通风橱及 5 号塔顶层排风管道图

(7) 非放污染防治

本项目机房内空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，PET/CT机房通过机械排风装置（见图3-9）将室内有害气体排入大气。



图 3-9 PET/CT 机房内通风装置

(8) 人员监护

医院为本项目配备5名辐射工作人员（名单见表3-4），满足1台PET/CT配置要求。本项目辐射工作人员均已参加相关部门组织的辐射安全与防护培训，并且考核均为合格，培训证书及健康证明见附件6。

表3-5 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	学历	工种	科室	培训合格证书编号	工作场所
潘文舟	男	硕士	副主任 医师	核医学科	A1931034	PET/CT中心
刘晓东	男	本科	住院医师	核医学科	FS22JS0300020	PET/CT中心
贡倩娴	女	大专	技师	核医学科	苏环辐 0829130	PET/CT中心
蔡琦	女	本科	护师	核医学科	FS20JS0300172	PET/CT中心
钱秋霞	女	本科	护师	核医学科	FS21JS0300157	PET/CT中心

医院已安排工作人员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，详见附件6、附件7。医院已为本项目配备1台辐射巡测仪，1台表面污染检测仪，1套在线辐射监测系统和4台个人剂量报警仪，见图3-10。医院为本项目工作人

员配备了个人剂量计，辐射工作人员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。



辐射巡检仪

表面污染检测仪

在线辐射监测系统

个人剂量报警仪

图 3-10 本项目配备辐射剂量检测仪器

(9) 非密封放射性物质工作场所其他防护措施

医院已在储源废物室设置有储源保险箱和放射性废物储存桶，在注射分装室设置有通风橱、FDG分装用翻转铅罐、注射器转运盒及注射器防护套，在注射候诊室和留观室设置铅防护屏。各类设施详情见表3-6，各类设施实物图见图3-11。

表3-6 本项目各类设施一览表

防护用品				
序号	防护用品名称	铅当量 (mmPb)	数量	设置场所
1	通风橱	40	1个	注射分装室
2	储源保险箱	20	1个	储源废物室
3	FDG分装用翻转铅罐	50	1个	注射分装室
4	注射器转运盒	10	2个	注射分装室

5	注射器防护套	10	2个	注射分装室	
6	铅防护屏	10	2个	注射后候诊室、留观室	
7	放射性废物储存桶	20	1个	储源废物室	
监测仪器					
序号	设备名称	规格及型号	数量	生产厂家	设备状态
1	个人剂量报警仪	RAD-60	4个	芬兰Mirion	正常使用
2	辐射巡检仪	Inspector™	1台	美国Medcom	正常使用
3	表面污染检测仪	Inspector	1台	美国Medcom	正常使用
4	在线辐射监测系统	Radsys-wall	1套	苏州中民辐安仪器有限公司	正常使用





	
注射器屏蔽套	转运铅防护罐
	
候诊室铅屏风	留观室铅屏风

图 3-11 本项目各类设施实物图

4、辐射安全管理制度

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，针对所开展的放射性诊疗活动制定了相应的辐射安全与防护管理制度，清单如下：

- 1) 《关于成立放射科安全管理领导小组的通知》
- 2) 《江阴市华西医院放射科辐射事故处理和应急处置制度》
- 3) 《江阴市华西医院放射事件应急处理预案》

- 4) 《江阴市华西医院辐射管理人员岗位职责》
- 5) 《放射诊疗工作人员健康管理制度》
- 6) 《江阴市华西医院医用电离辐射安全责任制度》
- 7) 《江阴市华西医院设备检修维护制度》
- 8) 《江阴市华西医院辐射工作安全操作制度》
- 9) 《PET/CT 机房管理制度》
- 10) 《注射室管理制度》
- 11) 《安全管理制度》
- 12) 《医师办公室管理制度》

以上辐射安全与防护管理制度能够满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。辐射安全规章管理机构及制度详见附件5。

4.4 辐射安全应急措施

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，已建立相应的放射安全事故应急预案，对医院放射事故应急处理小组的职责、事故应急处理方案、事故调查及信息公开、以及应急保障、人员培训和演练等方面进行了规定，可以满足放射安全事故应急要求。

表3-7 放射性同位素实验室项目环评及批复落实情况一览表

检查项目	“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人员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。	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。	已设有放射诊疗与辐射安全工作领导小组，见附件 5。	已落实
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：本项目 PET/CT 中心四侧墙体及顶部均采用混凝土进行辐射防护，防护门为铅防护门，详见表 10-2。	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。	PET/CT 机房屏蔽措施：四周墙体均采用 300cm 混凝土；顶棚采用 240mm 混凝土；地面采用 180mm 混凝土+50mm 硫酸钡；防护门采用 10mmPb 当量作为防护；观察窗采用 10mm 铅当量的玻璃作为防护。	已落实
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）： 核医学中心控制区入口处（包括核素显像区工作场所的 PET/CT 机房、注射室、废物库、注射后候诊室、留观室门口）、放射性废物桶表面设置电离辐射警告标志，同时在 PET/CT 机房防护门处设置工作状态指示灯及闭门装置，并设置急停按钮及对讲装置；医院拟在工作场所的控制区患者走廊内安装监控及广播设备，通过监控及广播设备对控制区内用药后患者进行有序管理，以减少患者因聚集或者误入导致额外增加对周围的辐射影响。	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，以及个人剂量报警仪等辐射监测设备，确保正常工作。/	核医学中心控制区入口处（包括核素显像区工作场所的 PET/CT 机房、注射室、废物库、注射后候诊室、留观室门口）、放射性废物桶表面设置电离辐射警告标志，同时在 PET/CT 机房防护门处设置工作状态指示灯及闭门装置，并设置急停按钮及对讲装置；医院拟在工作场所的控制区患者走廊内安装监控及广播设备，通过监控及广播设备对控制区内用药后患者进行有序管理，以减少患者因聚集或者误入导致额外增加对周围的辐射影响。	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	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。	本项目配备的 5 名辐射工作人员均参加辐射安全培训，考核合格后持证上岗；取得辐射安全合格证书的人员，并定期接受一次再培训。	已落实
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司对 5 名辐射工作人员进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，检测报告见附件 7。	已落实
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/ 2 年），并建立放射工作人员职业健康档案。		5 名辐射工作人员在上岗前进行职业健康体检，体检结论均为“可继续从事原放射工作”，并已建立职业健康档案。	已落实
监测仪器和防护用品	配备辐射巡测仪 1 台、表面沾污仪 1 台。		已配备 1 台巡检仪，1 台表面沾污仪定期对项目周围辐射水平进行监测。	已落实
	配备个人剂量报警仪 4 台。		配备个人剂量报警仪 4 台	已落实
辐射安全管理制度	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、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。	建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。	已制定辐射安全制度：《关于成立放射科安全管理领导小组的通知》、《江阴市华西医院放射科辐射事故处理和应急处置制度》、《江阴市华西医院放射事件应急处理预案》、《江阴市华西医院辐射管理人员岗位职责》、《放射诊疗工作人员健康管理制度》、《江阴市华西医院医用电离辐射安全责任制度》、《江阴市华西医院设备检修维护制度》、《江阴市华西医院辐射工作安全操作制度》《PET/CT 机房管理制度》、《注射室管理制度》、《安全管理制度》、《医	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
			师办公室管理制度》。详见附件 5。	

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

1) 项目概况：

项目名称：江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目

建设单位：江阴华西医院

建设地点：江苏省无锡市江阴市华士镇华西村5号塔

建设内容与规模：

本项目位于江苏省无锡市江阴市华士镇华西村5号塔内一层，拟对该区域进行装修改造，建设1处丙级非密封放射性物质工作场所，同时新增使用1台PET/CT（使用放射性同位素¹⁸F）用于开展显像诊断项目。

医院在本次PET/CT工作场所下方新修建1座总容积为3m³的放射性废液处理系统（三级间歇式，每个池子为1m³）。

2) 项目产业政策符合性：本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会2019年第29号令《产业结构调整指导目录（2019年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第5条“医疗卫生服务设施建设”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目的运营可为江阴市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

3) 实践正当性：江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目的目的是为了对病人进行医学诊断。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

4) 项目选址及平面布局合理性：江阴华西医院本次扩建的非密封放射性

物质工作场所为丙级非密封放射性物质工作场所，该场所位于5号塔一层内，整个诊断工作场所相对独立，与其他科室有明显的界限，且位于一层避开了人流量较大的门诊区，避免了对公众不必要的照射。

本项目辐射工作场所根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布局，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区或其它人流活动区；在设计阶段，辐射工作场所进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。

本项目仅为医院内部重新装修改建，不新增用地，且拟建的辐射工作场所所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

5) 区域环境质量现状：根据监测结果，本项目拟建位置周围环境辐射剂量当量率监测值在（102~121）nSv/h之间，周围 γ 辐射剂量当量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取1，则拟建址现场及周边环境的空气吸收剂量率为（102~121）nGy/h。根据《2019全国环境质量公报》数据显示，全省 γ 辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献值）为（43.7~147.5）nGy/h，由此可知，本项目拟建址区域周围辐射环境监测值与江苏省天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围。

6) 环境影响分析结论：

1、施工期环境影响分析

本项目施工工程量比较小，施工时间较短，故施工期的环境影响是短暂的，施工结束后影响即可消除，对周围环境影响较小。

2、营运期正常工况下辐射环境影响

（1）辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射5mSv/a、公众照射0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

（2）水环境影响分析

本项目PET/CT中心辐射工作人员操作过程手部受到微量污染或清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水以及患者冲洗排便用水。通过独立的废水管道收集来自PET/CT中心工作场所的放射性废水，进入医院新建的废水衰变池，3个并联衰变池（每个小池为 1m^3 ，总容积为 3m^3 ）进行衰变处理，衰变后的废水经监测合格后排入医疗废水处理站进一步处理后纳入市政污水管网。

（3）固体废物影响分析

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次性卫生用品、垫料和更换下的废活性炭。医院拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门分类收集，按序封闭暂存于废物间的放射性衰变桶内（每袋废物表面剂量率不超过 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg ），让放射性物质自行衰变，经检测符合排放标准后作为普通医疗废物处理。在整个收集、储存、处理过程中，做好台账记录，台账内容应包括：标明收贮时间、种类及数量、储存时间（不少于1天）、废物最终处置去向等。

（4）噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A) ，通风机组通过橡胶垫进行减震降噪，可降噪约 $10\sim 15\text{ dB(A)}$ ，再加上医院场址内的距离衰减，噪声对周围环境影响较小。

（5）大气环境影响分析

开机出束期间产生的X射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O^3)。臭氧经空调系统抽取后排放，由于治疗过程中每次曝光时间短，产生的臭氧量较少，且臭氧极不稳定，再经大气稀释自然扩散后，对周围大气环境影响轻微。

3、事故工况下环境影响

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，江阴华西医院按相关规定和本环评要求对已制定的《放射事件应急预案》进行补充完善后，能够有效控制并消除事故影响。

7) 非密封放射性物质工作场所及射线装置使用与安全管理的综合能力

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

8) 项目环境可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量管理约束值。放射性“三废”及非辐射环境影响均可满足国家标准的要求。评价认为，从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

建议和承诺

1) 5号塔二层现为闲置用房，待场所投入使用后，医院若启用二层时，建议将二层设置为人员不应长时间逗留的工作场所使用。

2) 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。

3) 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。

4) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

5) 医院取得本项目环评批复后，应及时申请辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月，最长不超过12个月。

2、审批部门审批决定

江阴华西医院：

你单位报送的《江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目环境影响报告表》(以下简称《报告表》)收悉。经研究,批复如下：

一、根据《报告表》评价结论，项目建设具备环境可行性。从环境保护角度考虑，我厅同意你单位该项目建设。项目地点位于无锡市江阴市华士镇华西村医院5号塔一层，项目内容：医院对该区域进行装修改造，新建1处PET/CT中心，同时新增1台PET/CT（最大管电压130kV，最大管电流345mA，属III类射线装置），并新增使用¹⁸F核素（日等效最大操作量为 5.55×10^6 Bq），用于开展显像诊断，属丙级非密封放射性物质工作场所，详见《报告表》。

二、在工程设计、建设和运行中应认真落实《报告表》所提出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）非密封放射性工作场所功能区域布置应符合国家的相关规定和要求；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与备案手续。

（三）定期检查辐射工作场所门禁系统、监控对讲装置、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。

（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，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。每年委托有资质的单位对项目周围辐射水平监测1~2次。

(七)项目建成后建设单位应及时向我厅申办环保相关手续，依法取得辐射安全许可证并经验收合格后，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，其它如涉及非放射性污染项目须按有关规定另行报批。本批复自下达之日起五年内建设有效。项目的性质、规模、地点、拟采取的环保措施发生重大变动的，应重新报批项目的环境影响评价文件。

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 10。

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	刘彧好	SHFSJ0583（电离类）	2019.11.28
2	张晋	SHFSJ0743（电离类）	2020.9.30

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/型号	仪器编号	主要技术参数
1	X-γ 辐射巡测仪 (AT1123)	NJRS-044	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2021-0010445 检定有效期限：2021.02.08~2022.02.07
2	风速仪	NJRS-065	检定证书编号：H2020-0116461 检定有效期限：2020.12.28~2021.12.27
3	α、β 表面污染测量仪 (CoMo 170)	NJRS-043	测量范围：β/γ 0cps~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10），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5个数据，读取间隔不小于10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。

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10月27日和2021年10月28日，南京瑞森辐射技术有限公司对江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所级医用射线装置使用项目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

被检设备（场所）信息					
序号	设备名称	设备型号	设备参数	检测工况	使用场所
1	PET/CT	Biograph Horizon	130kV/345mA	130kV/300mAs CT扫描、诊断床上放置20mCi ¹⁸ F药物	核医学科
被检场所信息					
序号	场所名称	检测工况			
1	核医学工作场所	1.各功能房放置药量为 2.9×10^8 Bq（7.8mCi）的 ¹⁸ F药物； 2.通风橱内放置 6.4×10^8 Bq（17.4mCi）的 ¹⁸ F药物。			

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工作场所X-γ辐射剂量率和β表面污染水平。

3、监测点位

对本项目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、非运行状态下的X-γ辐射剂量率、核医学工作场所β放射性表面污染水平及核医学高活室通风橱风速，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γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《表面污染测定 第1部分β发射体（ $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行监测。

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：江阴华西医院

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2021年10月27日和2021年10月28日

天气：多云，（16~19）℃，（67~88）%RH

监测因子：X-γ辐射剂量率，β表面污染水平

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

被检设备（场所）信息					
序号	设备名称	设备型号	设备参数	检测工况	使用场所
1	PET/CT	Biograph Horizon	130kV/345mA	130kV/300mAs CT扫描、诊断床上放置20mCi ¹⁸ F药物	核医学科
被检场所信息					
序号	场所名称	检测工况			
1	核医学工作场所	1.各功能房放置药量为 2.9×10^8 Bq（7.8mCi）的 ¹⁸ F药物； 2.通风橱内放置 6.4×10^8 Bq（17.4mCi）的 ¹⁸ F药物。			

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9。本项目PET/CT机房周围环境X-γ辐射剂量率检测结果见表7-2，监测点位见图7-1。

表7-2 PET/CT机房周围X-γ辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果(μSv/h)	设备状态
1	公众区	0.14	关机
2	观察窗外30cm处（左缝）	0.35	开机
3	观察窗外30cm处（中间）	0.59	开机
4	观察窗外30cm处（右缝）	0.66	开机

5	观察窗外30cm处（上缝）	0.48	开机
6	观察窗外30cm处（下缝）	0.52	开机
7	操作位	0.15	开机
8	南墙外30cm处	0.17	开机
9	南墙外30cm处	0.18	开机
10	南门外30cm处（左缝）	0.19	开机
11	南门外30cm处（中间）	0.18	开机
12	南门外30cm处（右缝）	0.17	开机
13	南门外30cm处（上缝）	0.17	开机
14	南门外30cm处（下缝）	0.19	开机
15	南墙外30cm处	0.18	开机
16	东墙外30cm处	0.18	开机 (控制区内)
17	东墙外30cm处	0.18	
18	北门外30cm处（左缝）	2.35	
19	北门外30cm处（中间）	3.02	
20	北门外30cm处（右缝）	2.32	
21	北门外30cm处（上缝）	1.17	
22	北门外30cm处（下缝）	1.02	
23	北墙外30cm处	0.28	
24	北墙外30cm处	0.28	
25	西墙外30cm处	0.20	
26	西墙外30cm处	0.20	开机

27	距机房楼上地面100cm处	0.92	开机
28	距机房楼上地面100cm处	0.98	开机
29	距机房楼下地面170cm处	0.28	开机
30	距机房楼下地面170cm处	0.29	开机

注：1.测量结果未扣除环境本底值；

2.检测点位见附图7-1。

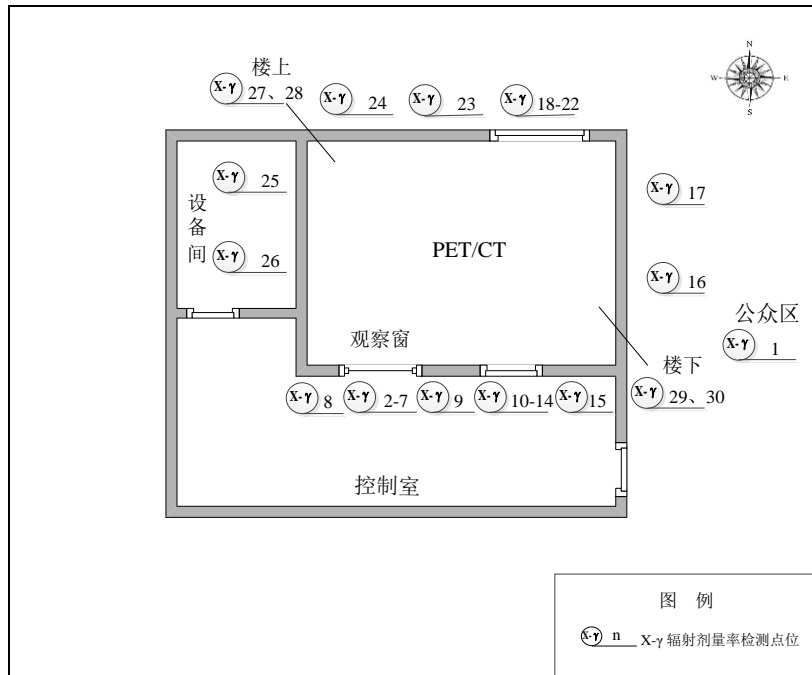


图7-1 PET/CT机房周围监测布点图

本次检测，1台PET/CT（型号：Biograph Horizon）进行CT扫描（工况：130kV/300mAs，扫描时，诊断床上放置20mCi¹⁸F药物）时，机房周围的X-γ辐射剂量当量率为（0.15~3.02）μSv/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。

本项目核医学工作场所周围环境X-γ辐射剂量率检测结果见表7-3，监测点位见图7-2。

表7-3 核医学工作场所X-γ辐射剂量率检测结果

测点编号	点位描述	测量结果(μSv/h)	备注
1	PET/CT机房地面	0.14	—

2	PET/CT诊断床表面	0.14	—
3	病人通道地面	0.14	—
4	病人通道地面	0.14	—
5	病人通道地面	0.14	—
6	清洁间地面	0.13	—
7	留观室地面	0.13	—
8	留观室椅子表面	0.13	—
9	注射后候诊室1地面	0.14	—
10	注射后候诊室2地面	0.14	—
11	卫生间地面	0.15	—
12	注射室地面	0.15	—
13	通风橱表面	0.14	—
14	注射窗表面	0.16	—
15	淋浴间地面	0.14	—
16	公众区	0.13	—

注：1.测量结果未扣除环境本底值；

2.检测点位见附图 7-2。

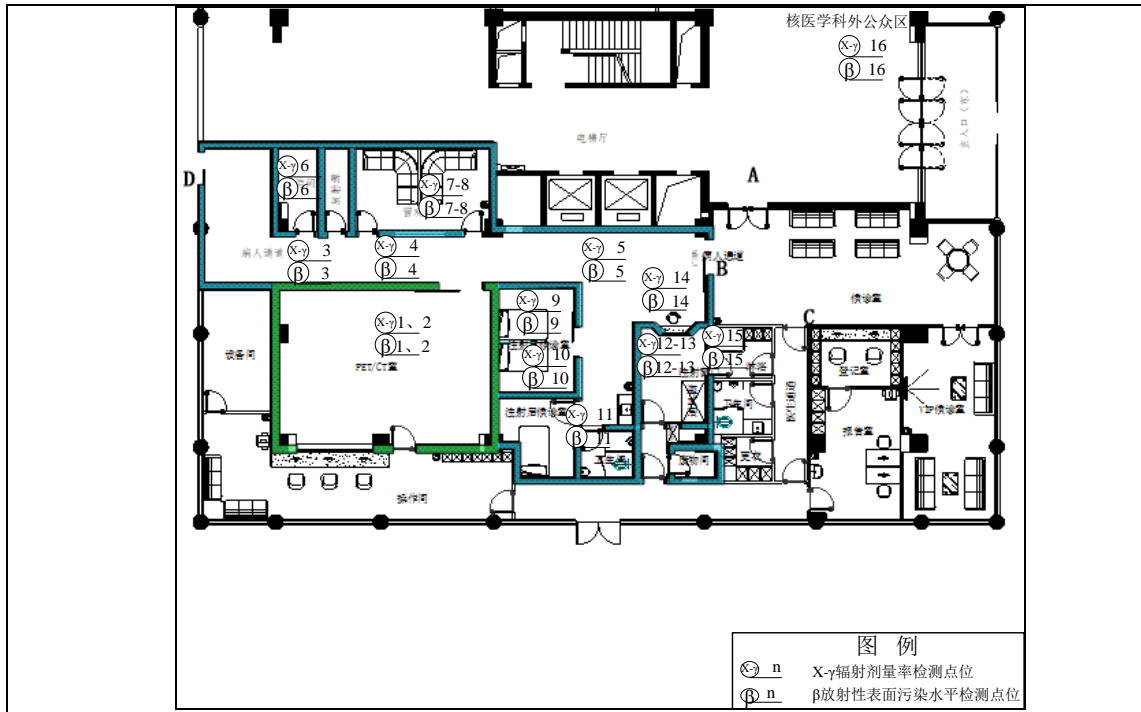


图7-2 核医学工作场所X-γ辐射剂量率监测布点图

本次检测，该核医学工作场所X-γ辐射剂量当量率为（0.13~0.16）μSv/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）的要求。

本项目核医学工作场所放射性表面污染水平检测结果见表7-4，监测点位见图7-2。

表7-4 核医学工作场所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 ²)	备注
1	PET/CT机房地面	0.04	—
2	PET/CT诊断床表面	0.04	—
3	病人通道地面	0.03	—
4	病人通道地面	0.02	—
5	病人通道地面	<0.02	—
6	清洁间地面	<0.02	—
7	留观室地面	<0.02	—
8	留观室椅子表面	0.03	—

9	注射后候诊室1地面	0.03	—
10	注射后候诊室2地面	0.03	—
11	卫生间地面	0.04	—
12	注射室地面	0.03	—
13	通风橱表面	0.05	—
14	注射窗表面	0.06	—
15	淋浴间地面	0.03	—

注：1.放射性表面污染水平探测下限（LLD）为 0.02Bq/cm²；

2.检测点位见附图 7-2。

本次检测，该核医学工作场所β放射性表面污染水平为（<0.02~0.06）Bq/cm²，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）中放射性表面污染控制水平。

本项目核医学工作场所周围X-γ辐射剂量当量率检测结果见表7-5，监测点位见图7-3。

表7-5 核医学工作场所周围X-γ辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果 (μSv/h)	备注
1	控制区入口防护门外 30cm 处（左缝）	0.87	药物在注射室内
2	控制区入口防护门外 30cm 处（中间）	1.46	
3	控制区入口防护门外 30cm 处（右缝）	0.66	
4	控制区入口防护门外 30cm 处（上缝）	0.85	
5	控制区入口防护门外 30cm 处（下缝）	0.18	
6	病人通道东墙外 30cm 处	0.34	药物在注射室内
7	淋浴间北墙外 30cm 处	0.36	
8	淋浴间南墙外 30cm 处	0.37	
9	淋浴间东墙外 30cm 处	0.34	

10	淋浴间东门外30cm处（左缝）	0.52		
11	淋浴间东门外30cm处（中间）	0.49		
12	淋浴间东门外30cm处（右缝）	0.54		
13	淋浴间东门外30cm处（上缝）	0.63		
14	淋浴间东门外30cm处（下缝）	0.38		
15	注射室东墙外30cm处（卫生间）	0.86		
16	储源废物室东墙外30cm处	0.48		
17	储源废物室南墙外30cm处	0.32		
18	储源废物室南门外30cm处（左缝）	0.18		
19	储源废物室南门外30cm处（中间）	0.26		
20	储源废物室南门外30cm处（右缝）	0.28		
21	储源废物室南门外30cm处（上缝）	0.22		
22	储源废物室南门外30cm处（下缝）	0.20		
23	卫生间南墙外30cm处	0.15		
24	注射后候诊室2南墙外30cm处	0.41		药物在注射后 候诊室2内
25	注射后候诊室2西墙外30cm处（操作间）	0.39		
26	注射室东墙外30cm处（淋浴间）	0.63		药物在注射室内
27	注射室东门外30cm处（左缝）	2.68		
28	注射室东门外30cm处（中间）	2.67		
29	注射室东门外30cm处（右缝）	2.66		
30	注射室西墙外30cm处	0.84		
31	注射室南门外30cm处（左缝）	2.40		

32	注射室南门外30cm处（中间）	2.55	药物在通风橱内
33	注射室南门外30cm处（右缝）	2.76	
34	注射窗外30cm处（左）	0.14	
35	注射窗外30cm处（中）	0.14	
36	注射窗外30cm处（右）	0.14	
37	通风橱左侧操作口外5cm处	0.51	
38	通风橱右侧操作口外5cm处	0.49	
39	通风橱外表面5cm处	1.44	
40	通风橱观察窗外5cm处	0.39	
41	注射后候诊室2东门外30cm处（左缝）	4.8	
42	注射后候诊室2东门外30cm处（中间）	5.3	
43	注射后候诊室2东门外30cm处（右缝）	4.1	
44	注射后候诊室2东墙外30cm处（卫生间）	0.29	
45	注射后候诊室2西墙外30cm处	0.26	
46	注射后候诊室2北墙外30cm处	0.61	
47	注射后候诊室1东门外30cm处（左缝）	2.74	药物在注射后候诊室1内
48	注射后候诊室1东门外30cm处（中间）	2.66	
49	注射后候诊室1东门外30cm处（右缝）	1.90	
50	注射后候诊室1东墙外30cm处	0.86	
51	注射后候诊室1北墙外30cm处	0.71	
52	注射后候诊室1西墙外30cm处	0.25	
53	留观室南门1外30cm处（左缝）	1.93	药物在留观室内

54	留观室南门1外30cm处（中间）	3.4		
55	留观室南门1外30cm处（右缝）	2.64		
56	留观室南墙外30cm处	0.41		
57	留观室南门2外30cm处（左缝）	1.87		
58	留观室南门2外30cm处（中间）	3.9		
59	留观室南门2外30cm处（右缝）	2.12		
60	留观室西墙外30cm处（放射源库）	0.46		
61	留观室北墙外30cm处	0.48		
62	放射源库南门外30cm处（左缝）	1.89		药物在放射源库内
63	放射源库南门外30cm处（中间）	3.4		
64	放射源库南门外30cm处（右缝）	2.47		
65	放射源库西墙外30cm处	0.42		
66	放射源库北墙外30cm处	0.46		
67	清洁间北墙外30cm处	0.47	药物在病人通道病人通道内	
68	控制区北墙外30cm处（病人通道）	0.21		
69	控制区出口防护门外30cm处（左缝）	0.16		
70	控制区出口防护门外30cm处（中间）	0.17		
71	控制区出口防护门外30cm处（右缝）	0.18		
72	控制区出口防护门外30cm处（上缝）	0.15		
73	控制区出口防护门外30cm处（下缝）	0.16		
74	控制区西墙外30cm处	0.18		
75	控制区南墙外30cm处（设备间）	0.23		

76	工作人员摆位处	43	药物在PET/CT 诊断床上
77	注射室楼上距地面100cm处	0.77	药物分别在对应的 功能房楼上
78	注射后候诊室1楼上距地面100cm处	0.76	
79	注射后候诊室2楼上距地面100cm处	0.67	
80	留观室楼上距地面100cm处	0.72	
81	衰变池防护门外30cm处（左缝）	0.14	/
82	衰变池防护门外30cm处（中间）	0.14	
83	衰变池防护门外30cm处（右缝）	0.14	
84	大厅	0.13	/

注：1.测量结果未扣除环境本底值；
 2.放置药量为 $2.9 \times 10^8 \text{Bq}$ （7.8mCi）的 ^{18}F 药物；
 3.摆位时，诊断床上模体内放置 $2.9 \times 10^8 \text{Bq}$ （7.8mCi）的 ^{18}F 药物；分装药物时，通风橱内放置 $6.4 \times 10^8 \text{Bq}$ （17.4mCi）的 ^{18}F 药物。
 4.检测点位见附图7-3。

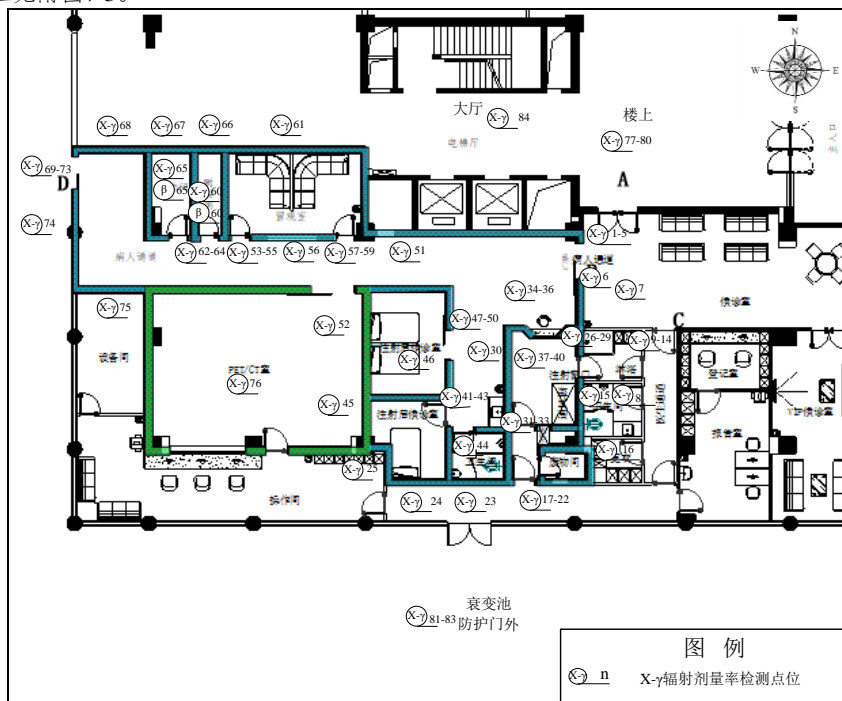


图7-3 核医学工作场所周围X-γ辐射剂量率监测布点图

本次检测，该核医学工作场所周围的X-γ辐射剂量当量率符合《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》（HJ1188-2021）的标准要求。

本项目核医学工作场所通风橱风速监测结果见表7-6，监测点位见图7-4。

表7-6 核医学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	2.04
	右侧操作口	2.04

注：通风橱风速检测点位见附图7-4。

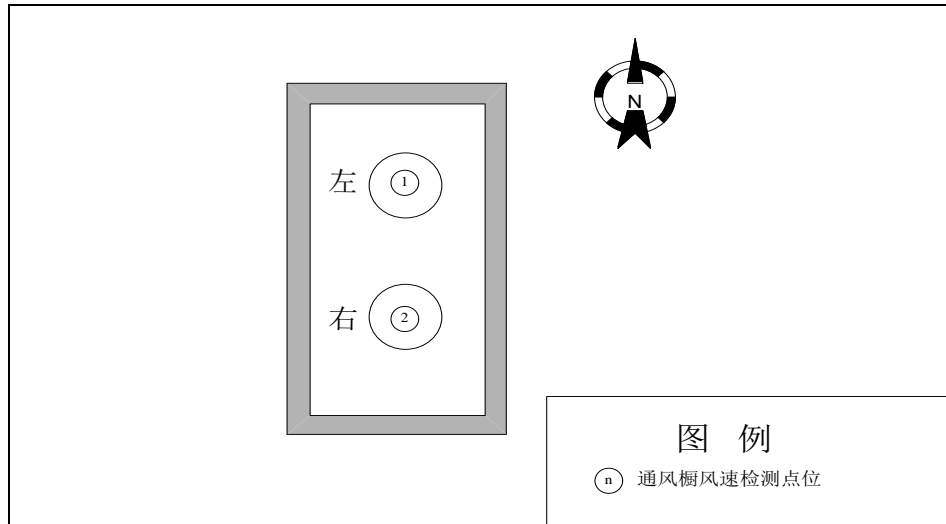


图7-4 核医学工作场所通风橱监测布点图

本次检测，该核医学工作场所通风橱操作口风速分别为2.04m/s和2.04m/s，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》（HJ1188-2021）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

目前江阴华西医院为本项目配备5名辐射工作人员，满足核医学日常工作的配置要求。采用个人累计剂量监测结果计算其年有效剂量。根据医院提供的2021年四个季度个人剂量监测报告，报告编号为：瑞森（剂）字（2021）第0465号、瑞森（剂）字（2021）第1162号、瑞森（剂）字（2021）第2160号和瑞森（剂）字（2021）第3089号，其辐射工作人员个人累积剂量监测结果见表7-7。

表 7-7 辐射工作人员个人累积剂量监测结果

姓名	工种	2021 年				人员半年受照剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
		第一季度	第二季度	第三季度	第四季度		
潘文舟	医师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
刘晓东	医师	0.02	0.21	0.02	0.02	0.27	5
贡倩娴	技师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
蔡琦	护士	0.46	0.02	0.02	0.02	0.52	5
钱秋霞	护士	/	/	/	0.02	0.02	5

根据本项目现场监测结果，对核医学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，PET/CT机房内按检查20min×10次×250天、注射室内按注射1min×10次×250天、注射后候诊室内按休息30min×5次×250天、留观室内按10min×10次×250天按进行计算，计算结果见表7-8。

表 7-8 核医学工作场所周围关注点位人员年有效剂量分析

序号	关注点位	最大监测值(μSv/h)	人员性质	居留因子	年工作时间 (h)	人员年有效剂量(mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)
1	观察窗外	0.66	职业人员	1	833	0.55	5
2	操作位	0.15	职业人员	1	833	0.12	5
3	PET/CT 机房南墙外	0.18	职业人员	1	833	0.15	5
4	PET/CT 机房南门外	0.19	职业人员	1	833	0.16	5
5	PET/CT 机房东墙外	0.18	公众	1/16	833	<0.01	5
6	PET/CT 机房北门外	3.02	职业人员	1/4	833	0.63	5
7	PET/CT 机房北墙外	0.28	职业人员	1/4	833	0.06	5
8	PET/CT 机房西墙外	0.20	职业人员	1/16	833	<0.01	5
			公众	1/16	833	<0.01	0.1
9	PET/CT 机房楼上	0.98	公众	1/16	833	0.05	0.1
10	PET/CT 机房楼下	0.29	公众	1/16	833	0.02	0.1

11	注射室控制区入口	1.46	公众	1/8	42	<0.01	0.1
12	注射室东门外	2.68	公众	1/16	42	<0.01	0.1
13	注射室西墙外	0.84	公众	1/16	42	<0.01	0.1
14	注射室南门外	2.76	公众	1/16	42	<0.01	0.1
16	注射候诊室 2 西墙外	0.26	公众	1/16	625	0.03	0.1
17	注射候诊室 2 西墙外北墙外	0.61	公众	1/16	625	0.02	0.1
19	注射候诊室 1 北墙外	0.71	公众	1/8	625	0.06	0.1
20	注射候诊室 1 西墙外	0.25	公众	1/16	625	0.01	0.1
21	留观室 1 南门外	3.4	公众	1/16	417	0.09	0.1
23	留观室北墙外	0.48	公众	1/16	417	0.01	0.1

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 $E_{eff} = \dot{D} \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算，式中： E_{eff} 为年有效剂量， \dot{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7-8可知，核医学工作场所中辐射工作人员年有效剂量最大0.63mSv/a，本验收项目辐射工作人员年有效剂量均在职业人员20mSv/a和医院制定的个人剂量管理目标值（5.0mSv/a）范围以内。

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，由表7-8可知，核医学项目周围公众的年有效剂量公众年有效剂量最大为0.09mSv/a，本验收项目周围公众年有效剂量均在公众要求1mSv/a和医院制定的公众剂量管理目标值（0.1mSv/a）范围以内。

综上所述，核医学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结果，核医学项目辐射工作人员年有效剂量最大为0.63mSv/a；周围公众的年有效剂量公众年有效剂量最大为0.09mSv/a。辐射工作人员和公众年有效剂量能满足职业人员20mSv/a，公众1mSv/a的要求，并低于本项目管理目标值（职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a）。

表八 验收监测结论

验收监测结论:

江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用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) 江阴华西医院在江阴市华士镇华西村5号塔一层扩建1处丙级非密封放射性物质工作，于场所内使用1台PET/CT（型号：Biograph Horizon，最大管电压130kV，最大管电流345mA，属III类射线装置），同时使用放射性同位素¹⁸F（并使用医院现有的⁶⁸Ge作为校准源）开展核素显像诊断项目，实际建设内容与技术参数在环评及其批复范围以内。

2) 本项目核医学科工作场所控制区和监督区划分合理，能有效避免受检者误入或非正常受照。

3) 核医学科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-γ辐射剂量率、核医学场所β放射性表面污染水平、通风橱通风风速等均能满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

4) 核医学科工作场所已按规定设置了工作指示灯、电离辐射警告标志，控制室设置了监视对讲装置，机房内设有急停按钮；已落实环评及批复中相关要求。

5) 核医学科建有衰变池，含有放射性同位素的废水统一集中到衰变池进行贮存，衰变池能够满足储存10个半衰期贮存要求；设有多个放射性废物筒收集放射性废物，注射室设有通风橱及专用通风管道，排气口高于本建筑屋脊，排气口设置活性炭过滤装置和雨帽，满足核医学放射性废物处置要求；已落实环评及批复中相关要求。

6) 医院为本项目工作场所配备了1台巡检仪、1台表面污染检测仪，1套在线辐射监测系统，并为本项目配备了4台个人剂量报警仪等辐射监测仪器，配备了防护铅衣、防护铅围脖、铅眼镜、铅帽、铅手套等防护用品，已落实环评及批复中相关要求。

7) 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; 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; 医院具有辐射安全管理机构, 并建立内部辐射安全管理规章制度及辐射应急预案, 已落实环评及批复中相关要求。

综上所述, 江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目满足环评及批复中有关辐射管理的要求, 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, 建议通过验收。

建议:

1) 建议按照HJ1188-2021中“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”, 对本项目衰变池容量进行完善。

2) 本项目运行后, 应按照标准要求定期开展工作场所辐射水平监测。

3) 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;

4) 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。