

扬州市第一人民医院
改建核医学科项目竣工环境保护
验收监测报告表

报告编号：瑞森（验）字（2022）第030号

建设单位： 扬州市第一人民医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二二年七月

建设单位：扬州市第一人民医院

法人代表（签字）：殷旭东

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

法人代表（签字）：王爱强

项目负责人：

填表人：

建设单位（盖章）：扬州市第一人民医院

电话：13815827027

传真：

邮编：225001

地址：江苏省扬州市泰州路45号/邗江中路368号

编制单位（盖章）：南京瑞森辐射技术有限公司

电话：025-86633196

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	25
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	45
表五 验收监测质量保证及质量控制	50
表六 验收监测内容	52
表七 验收监测期间生产工况	53
表八 验收监测结论	65

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	扬州市第一人民医院改建核医学科项目竣工环境保护验收				
建设单位名称	扬州市第一人民医院 (统一社会信用代码: 12321000468830552G)				
建设项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 退役				
建设地点	江苏省扬州市邗江中路368号(西院区)医技楼负一层				
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	乙	III类	/	
建设项目 环评批复时间	2020年12月21日	开工建设时间	2020年12月31日		
取得辐射安全 许可证时间	2021年11月11日	项目投入运行时间	2021年12月		
退役污染治理 完成时间	/	验收现场监测时间	2021年12月7日和8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	2500万元	辐射安全与防护设 施投资总概算	150万元	比例	6%
实际总概算	2500万元	辐射安全与防护设 施实际总概算	150万元	比例	6%
情况说明	受疫情影响, 未及时开展验收工作				
验收依据	建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度: (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; (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; (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>(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) 《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>(12) 《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>(13) 《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>(14) 《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>(15) 《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) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；
- (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) 《扬州市第一人民医院改建核医学科项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2020年9月。见附件2；
- (2) 《关于扬州市第一人民医院改建核医学科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〔2020〕56号，2020年12月21日。见附件3。

验收监测 执行标准	人员年受照剂量限值：		
	(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：		
	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。	
	(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
	扬州市第一人民医院改建核医学科项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
公众有效剂量		0.25mSv/a	
(3) 根据现行标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，本项目运行后的公众照射剂量管理目标值应不超过0.1mSv/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。

原环评中工作场所布局的评价依据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）。

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。

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。

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) 该区内的低污染子区除外				

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。

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

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。

6.5 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。				

放射性废水暂存及清洁解控的要求：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的规定，本项目经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足以下排放要求，方能作为医疗废物处理。

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；

b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期（含碘-131核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB 18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总α不大于1Bq/L、总β不大于10Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于

10Bq/L。

放射性固废暂存及清洁解控的要求：

根据《核医学放射防护要求》（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。

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0.1 mSv/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。

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：

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；

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；

c) 含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天。

气态放射性废物的管理要求：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的规定，本项目气态放射性废物的管理应符合下列要求：

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

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:

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，扬州市第一人民医院对扬州市邗江中路368号院区医技楼负一层原核医学科进行改建，将核医学科东北角原有的注射后候诊室改建成注射室，负荷室改建成SPECT注射后候诊室，骨密度室改建成PET注射后候诊室，骨密度控制室改建成留观室，候诊室改建成PET/CT机房，PET/CT与原有SPECT/CT共用控制室，将发光放免室东墙西移，西移后的东墙与改建后的PET/CT机房西墙之间的通道作为核医学患者出口通道，核医学科其它布局未发生变化，同时新增1台PET/CT（属于Ⅲ类射线装置），新增使用 ^{18}F （日等效最大操作量 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ）进行核素诊断、新增2枚 ^{68}Ge 质控源（活度分别为 $5.5 \times 10^7 \text{Bq}$ 和 $3.5 \times 10^7 \text{Bq}$ ，均为V类放射源），改建后的核医学科工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所。该项目已于2020年9月完成项目的环境影响评价，于2020年12月21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[2020]56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。

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
《扬州市第一人民医院改建核医学科项目环境影响报告表》	项目地点：扬州市邗江中路368号院区医技楼负一层核医学科。 项目内容：医院拟对原核医学科进行改建，同时新增1台PET/CT，新增使用 ^{18}F （日等效最大操作量 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ）进行核素诊断、新增2枚 ^{68}Ge 质控源（活度分别为 $5.5 \times 10^7 \text{Bq}$ 和 $3.5 \times 10^7 \text{Bq}$ ，均为V类放射源），改建后的核医学科工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所。 批复时间：2020年12月21日	建设地点：扬州市邗江中路368号院区医技楼负一层核医学科。 项目内容：医院对原核医学科进行改建，同时新增1台PET/CT，新增使用 ^{18}F （日等效最大操作量 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ）进行核素诊断、新增2枚 ^{68}Ge 质控源（活度分别为 $5.5 \times 10^7 \text{Bq}$ 和 $3.5 \times 10^7 \text{Bq}$ ，均为V类放射源），改建后的核医学科工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所。	原环评中发光放免室现为会议室，甲功测定室现已变更为运动负荷室，本项目其他实际建设规模及主要技术参数与其环评及批复一致。

扬州市第一人民医院于2021年11月11日重新申领了辐射安全许可证（证书编号：苏环辐证[00613]），活动种类和范围为：使用Ⅲ类、V类放射源；使用Ⅱ类、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

有效期至2024年03月02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2500万元，项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-2 改建核医学科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	扬州市邗江中路368号院区医技楼负一层			扬州市邗江中路368号院区医技楼负一层	与环评一致
周围环境	扬州市第一人民医院西院区	东侧	邗江中路和商铺	邗江中路和商铺	与环评一致
		南侧	邗江区卫生局和商业街	邗江区卫生局和商业街	与环评一致
		西侧	康民路、引潮河公园、新港名仕花园小区及鼎红国际娱乐会所	康民路、引潮河公园、新港名仕花园小区及鼎红国际娱乐会所	与环评一致
		北侧	山姆月城明珠园小区	山姆月城明珠园小区	与环评一致
	改建核医学科项目	东侧	地下车库	地下车库	与环评一致
		南侧	放疗中心	放疗中心	与环评一致
		西侧	发光放免室	会议室和医生办公室	无重大变更
		北侧	地下车库	地下车库	与环评一致
		上方	急诊诊疗区的护士站和病房	急诊诊疗区的护士站和病房	与环评一致
		下方	土层	土层	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	乙级	核医学科	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁶	1.39×10 ¹²	乙级	核医学科
放射源										
放射源名称	环评建设规模				实际建设规模					
	单枚活度 (Bq)	数量	放射源类别	使用场所	单枚活度 (Bq)	数量	放射源类别	使用场所		
⁶⁸ Ge	5.5×10 ⁷	1	V类	核医学科 PET/CT 机房	5.5×10 ⁷	1	V类	核医学科 PET/CT 机房		
	3.5×10 ⁷	1	V类	核医学科 PET/CT 机房	3.5×10 ⁷	1	V类	核医学科 PET/CT 机房		
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	Discovery MI	1台	管电压：140kV， 管电流：600mA	III类	PET/CT 机房	Discovery MI	1台	管电压：140kV， 管电流：600mA	III类	PET/CT 机房

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	/	/	微量	微量	/	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	/	约25kg	约300kg	/	存放于专用放射性废物铅桶与废物库	暂存超过30天后，可对废物清洁解控并由医院统一作为医疗废物处理	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22m ³	约264m ³	/	流入衰变池中	暂存超过30天后，可对直接解控排放至医院污水处理站	执行《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求
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	/	/	少量	/	/	存放于专用放射性	暂存超过30天后，可对废物清	执行《核医学辐射防护与安

							废物铅桶 与废物库	洁解控并由医院 统一作为医疗废 物处	全要求》 (HJ1188- 2021)标准要 求
退役放射源(校准 源)	固体	⁶⁸ Ge	/	/	/	/	不暂存	送生产厂家回收 或送有资质单位 处置	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:

1) 辐射:

PET/CT扫描时CT发出能量最大为140kV的X射线，其贯穿能力远弱于放射性核素发出的 γ 射线，在 γ 射线得到充分屏蔽的条件下，CT发出的X射线也能够得到足够的屏蔽。 β 射线穿透能力较弱，对周围环境影响很小，其对周围环境的辐射影响较放射性核素可忽略不计。

^{18}F 的辐射源项：PET/CT显像检查用 ^{18}F 放射性核素为 β^+ 衰变，在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中会产生能量约为0.63MeV的 β 射线， ^{18}F 的半衰期为109.8min，衰变时同时伴随发射能量为0.511MeV的 γ 射线。在进行 ^{18}F 放射性核素操作过程中，引起操作台面、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。

^{68}Ge 质控源的辐射源项： ^{68}Ge 的半衰期为280天，衰变时发射出 γ 射线，主要能量为0.511MeV，正常情况下，密封源置于密封铅容器中，对产生的 γ 射线有很好的屏蔽，但一般不可能将 γ 射线完全屏蔽，其表面有着合理的符合国家标准要求的表面剂量率。当仪器校准时，其贮存源容器被打开，使得 γ 射线穿出，在此过程中， γ 射线经透射和散射对周围人员有一定的影响。以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

2) 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。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），开放液面挥发散逸的放射性同位素经通风系统内活性炭过滤后，从通风橱的通风管道直接抽出，由屋顶排放；整个核医学科工作场所均设置排风系统及新风系统，保证工作场所内空气流动。

3) 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。

4) 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； ^{68}Ge 密封源使用到一定年限后会产生退役、报废的放射源。

2、非辐射污染源项

1) 废气：正电子药物在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线，会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过排风系统排至室外，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) 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。

3) 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中自由电子碰撞湮灭，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。

扬州市第一人民医院购置的 PET/CT，型号为 Discovery MI，其使用的 CT 最大管电压 140kV，最大输出电流 600mA。PET/CT 机器结构示意图见图 2-1。本项目 PET/CT 显像使用的放射性药物为 ¹⁸F 标记的 ¹⁸F-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。

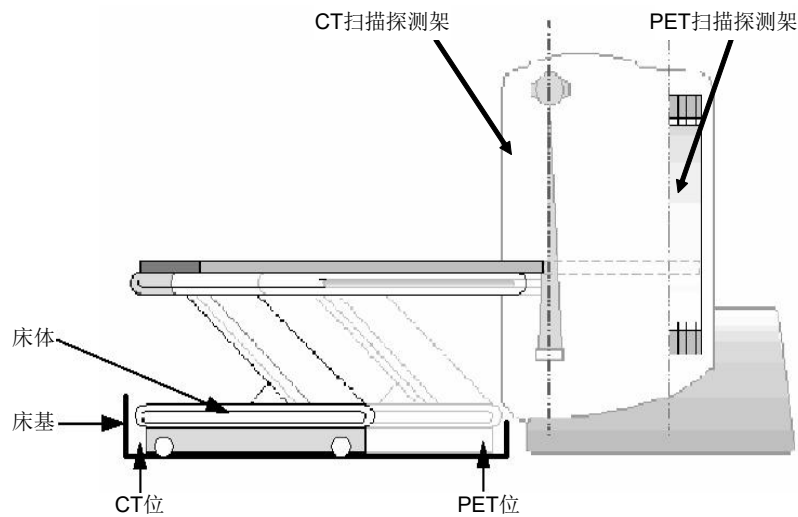


图2-1 PET/CT结构示意图

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 (Gy·m ² ·Bq ⁻¹ ·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

扬州市第一人民医院本项目将根据患者预约情况，确定当天所使用的药物

剂量，提前向制药公司订购 ^{18}F 放射性药物，制药公司将药物送到核医学科注射室内，核医学科指定专人负责药物的接收和登记，并暂存到注射室铅通风橱内，当天用完。

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）。医护人员在铅通风橱内根据患者用药情况将药物进行分装，装至带铅套的注射器内，经校对无误后，在铅玻璃屏的屏蔽下为病人注射。注射完毕后的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。

患者在注射前提前安放留置针，患者到达注射窗口注射完毕后，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 30min ），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 $10\sim 20$ 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。

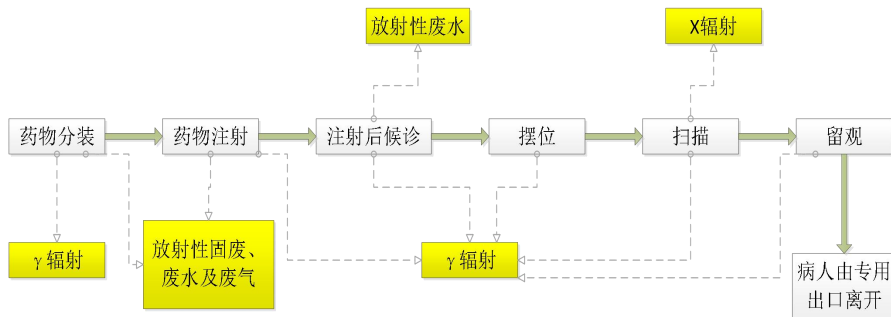


图 2-2 本项目工作流程及产污环节示意图

PET/CT使用 ^{68}Ge 放射源进行质控检测时，其贮存源容器被打开，使得 γ 射线穿出，在此过程中， γ 射线经透射和散射对周围人员有一定的影响。不使用时放置于PET/CT机房内的保险柜中，校准源放置于保险柜中的密封铅容器内，铅容器对校准源产生的 γ 射线有很好的屏蔽，但一般不可能将 γ 射线完全屏蔽，其表面有着合理的符合国家标准要求的表面剂量率。

3、项目人流和物流的路径规划

本项目改建核医学科项目位于西院区医技楼负一层核医学科（医技楼共5层，地上4层，地下1层），东侧为地下车库，南侧为放疗中心，西侧为发光豁免室和医生办公室，北侧为地下车库，上方为急诊诊疗区的护士站和病房，下方为土层。改建后的核医学科西侧为会议室和医生办公室，其它布局未发生变化。结合本项目的工艺流程，本次改建核医学科项目人流、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通过门M1进入核医学科区域，向北由M2门进入卫生通过间后到达标记室，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，工作结束后原路返回。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。PET/CT设备操作人员经核医学外围走廊进入PET/CT控制室及机房，工作结束后原路返回。路线如图2-3绿色箭头所示。

2、患者路径：

患者按预约日期首先医技楼一楼电梯到达医技楼负一楼核医学科，通过门M1进入核医学科登记，然后在注射前候诊区候诊，在听到叫号后，通过门M3到达注射窗口进行药物注射，注射完毕后，向西进入PET注射后候诊室等候一般等待大约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后通过M4门离开核医学场所。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。路线如图2-3红色箭头所示。

3、放射性药物和放射性废物运送路径：

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，放射性药物供货商将所需要的药物装入铅罐中，在病人就诊前由专用放射性药物运输车辆送达核医学科，放入注射室通风橱内暂存备用，结束后原路返回。放射性废物放置在废物库中，待暂存30天后，原路返回离开医技楼送至医院医疗废物处置处。放射性药物路线图如图2-3黑色箭头所示。

本次改建核医学科项目的区域划分及病人、医护人员流动路线见图2-3，均与环评规划一致。改建核医学科项目的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；本项目核医学工作场所的患者、医护人员和药物通道分开，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。

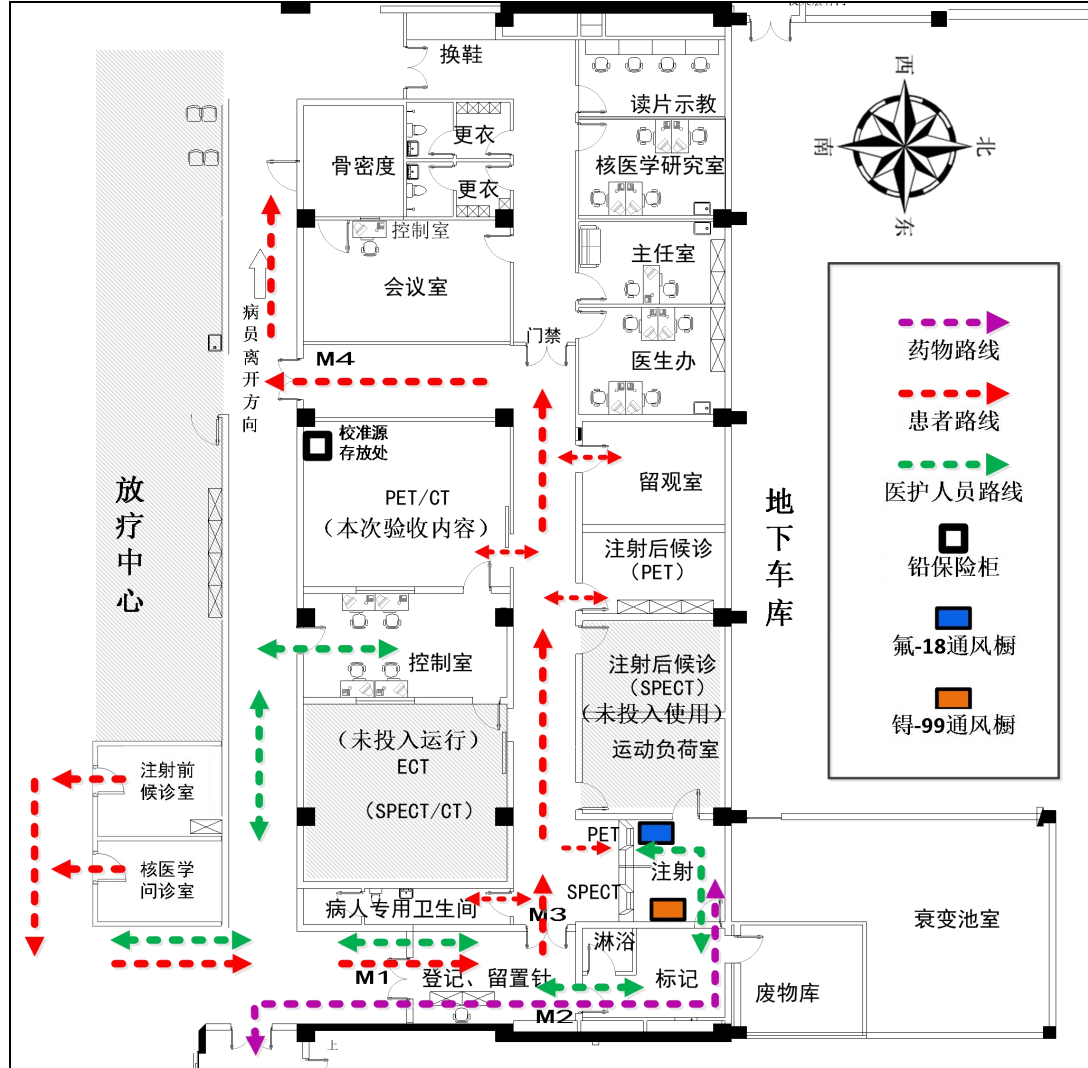


图 2-3 本项目 PET/CT 人流及物流路径示意图

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：本次改建核医学科项目位于西院区医技楼负一层核医学科（医技楼共5层，地上4层，地下1层），为乙级非密封放射性物质工作场所，并在该工作场所内新建1座PET/CT机房（使用 ^{18}F 核素）。负一层核医学科的东侧为地下车库，南侧为放疗中心，西侧为发光放免室和医生办公室，北侧为地下车库，上方为急诊诊疗区的护士站和病房，下方为土层。本次改建核医学科项目所在核医学工作场所包括以下主要房间：登记台及留置针处、读片示教室、核医学研究室、主任办公室、医生办公室、更衣室、会议室、骨密度室、PET/CT机房、控制室、注射后候诊室（PET）、留观室、专用厕所、运动负荷室、注射室、标记室、淋浴间、衰变池室和废物库等。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；设置了废物库、卫生间、分装室、注射室、注射候诊室、扫描间、操作间、过道、留观室等功能用房；设置了办公室、登记室、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。

机房规格：本次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3-1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 30m^2 ，最小单边长度不小于 4.5m ”的要求。

表3-1 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	43.3	5.78	30	4.5	满足

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：废物库、注射室、运动负荷室、PET注射后候诊室、SPECT/CT注射后候诊室、SPECT/CT扫描间、PET/CT扫描间、留观室、受检者出口走廊、淋浴间、卫生通过间、病人专用卫生间；监督区包括：控制室、过道、登记室、会议室、医生办公室、骨密度室、核医学科相邻区域及楼上和楼下区域等。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。对于控制区，医院采取一系列的放射卫生防护与安全措施，设置防护门（门禁等限制措施），摄像监视和通讯对讲系统，严格限制人员随意进出控制区，保障在正常的诊疗工作中，无关人员不得在该区内有滞留，同时在控制区入口处、控制区出口处设置符合规范的电离辐射警告标志，并以文字标注、框线等方式设置分区标识，设置了患者行进路线标识，以进一步保障该区的辐射安全，防止放射性污染的扩散。本项目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。

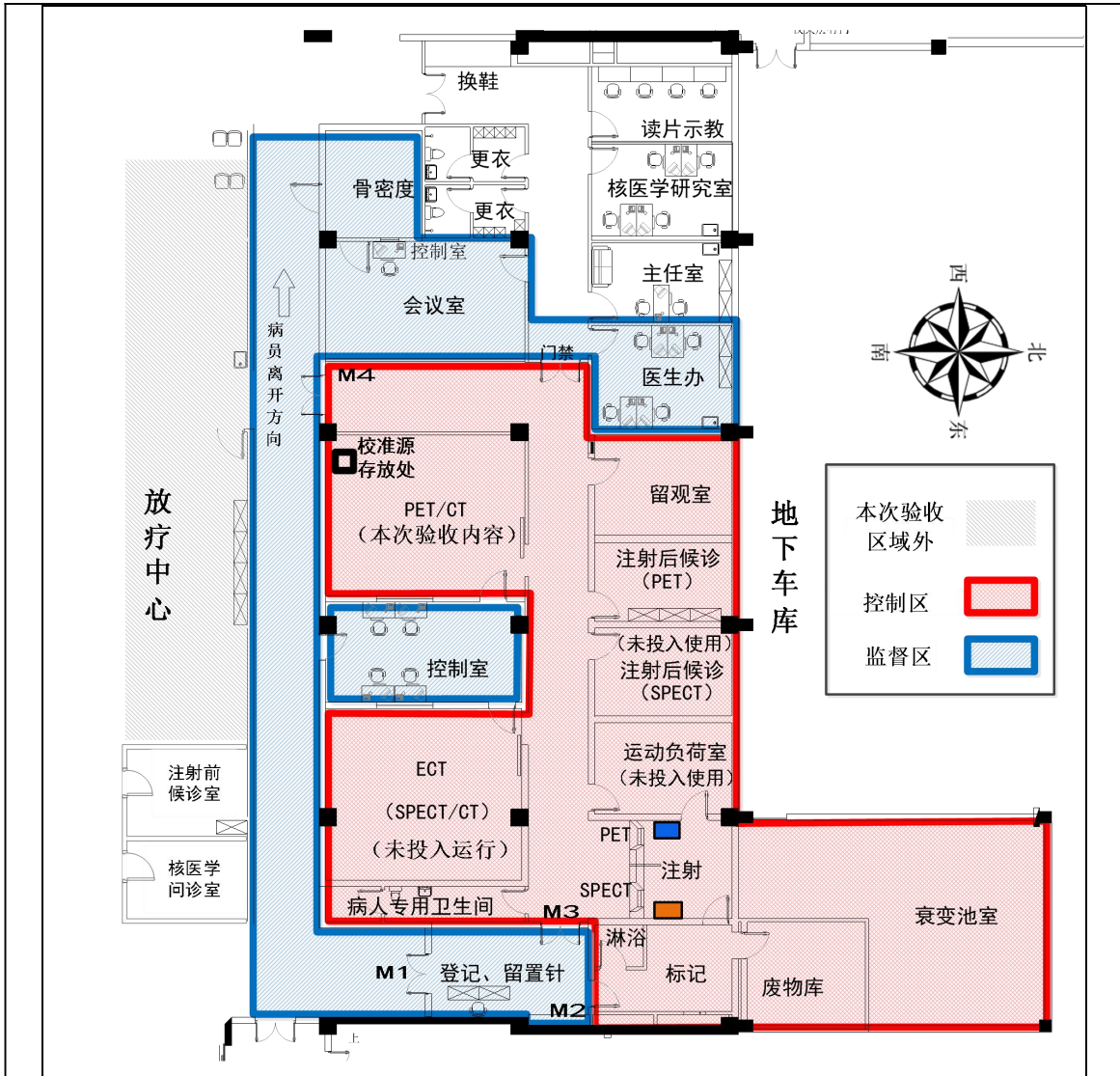


图3-1 核医学工作场所整体布局图示意图

2、工作场所屏蔽设施建设情况

扬州市第一人民医院改建核医学科项目的屏蔽设计及参数见表3-2。

表 3-2 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
PET/CT 机房	四面墙体	24cm 实心砖+6mmPb 铅板	24cm 实心砖+6mmPb 铅板	与环评一致
	顶棚	12cm 混凝土+6mmPb 铅板	12cm 混凝土+6mmPb 铅板	
	地面	/	/	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
	观察窗	8mmPb	8mmPb	
注射室	四面墙体	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料	与环评一致
	顶棚	12cm 混凝土+2mmPb 防辐射涂料	12cm 混凝土+2mmPb 防辐射涂料	
	地面	/	/	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
	注射窗	30mmPb	30mmPb	
F-18 注射 后候诊室	四面墙体	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料	与环评一致
	顶棚	12cm 混凝土+2mmPb 防辐射涂料	12cm 混凝土+2mmPb 防辐射涂料	
	地面	/	/	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
	观察窗	/	/	
留观室	四面墙体	西墙：24cm 实心砖+8mmPb 铅板 东、南、北墙：24cm 实心砖	西墙：24cm 实心砖+8mmPb 铅板 东、南、北墙：24cm 实心砖	与环评一致
	顶棚	12cm 混凝土	12cm 混凝土	
	地面	/	/	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
	观察窗	/	/	

患者入口走廊	四面墙体	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料	与环评一致
	顶棚	12cm 混凝土	12cm 混凝土	
	地面	/	/	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
	观察窗	/	/	
患者出口走廊	四面墙体	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料	24cm 实心砖+2mmPb 防辐射涂料	与环评一致
	顶棚	12cm 混凝土	12cm 混凝土	
	地面	/	/	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
	观察窗	/	/	
病人专用厕所	四面墙体	24cm 实心砖	24cm 实心砖	与环评一致
	顶棚	12cm 混凝土	12cm 混凝土	
	地面	/	/	
	防护门	8mmPb	8mmPb	
	观察窗	/	/	
其他		通风橱 40mmPb	通风橱 40mmPb	与环评一致
		注射防护装置 15mmPb	注射防护装置 15mmPb	
		铅屏风 5mmPb	铅屏风 5mmPb	

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

本项目在患者进入控制区的防护门、注射室、PET注射后候诊室、PET/CT扫描室、留观室、患者离开控制区的防护门上均设置了电离辐射警告标志，在墙面、地面设置了引导标识，用以告知受检者行动路线，以防止受检者错误走动，同时在核医学工作场所的控制区进口地面设置了警示线，提醒人员勿靠近和逗留。PET/CT机房患者入口处的大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。



病人专用卫生间 留观室 核医学科入口
图3-2 本项目核医学工作场所工作状态指示灯、电离辐射警告标志和导流线

(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

医院已在控制区入口处防护门上方、患者通道出口处、PET/CT室、PET注射后候诊室和留观室等关键位置设置了监控摄像装置；同时医院在PET/CT室设置了观察窗和对讲装置，医护人员通过对讲装置与患者进行通话交流，监控和对讲显示终端设置在PET/CT控制室内。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。



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，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求。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。

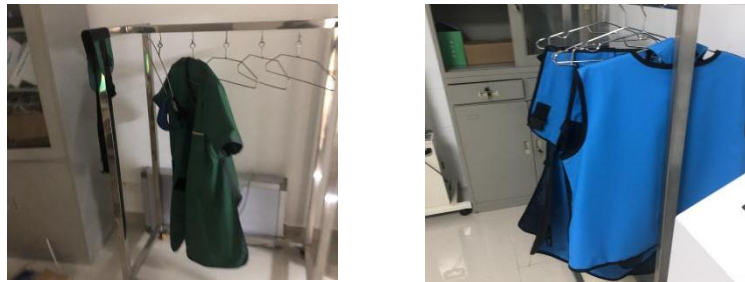


图 3-5 个人防护用品

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) 校准源的安全管理

本项目新增 2 枚 ^{68}Ge 质控源（活度分别为 $5.5 \times 10^7\text{Bq}$ 和 $3.5 \times 10^7\text{Bq}$ ，均为 V 类放射源），校准源不使用时贮存在保险箱内。医院已在 PET/CT 机房西南角设置有 ^{68}Ge 校准源的铅储源保险箱（见图 3-13），保险箱采取 20mmPb 的辐射屏蔽防护并固定于机房内的地面，保险箱设置了双人双锁，并有视频监控。

(7) 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。

该院核医学科位于医技楼地下一层，医院已在核医学科东北侧建设有一个3级衰变的地上放射性废水衰变池，含有放射性核素的放射性废水，由独立下水管道统一集中到衰变池中。三级衰变池由三个小池串联而成，每个小池为3m×3.4m×1.5m，单个有效容积约15.3m³。衰变池为地上不锈钢水池，衰变池采用6mm厚304不锈钢板焊接，外附2mm铅板进行防护，池内设导流墙，采用推流式排放。衰变池房屋墙体为24cm厚黏土砖顶面为25cm厚混凝土。放射性废水流入进水管，进水管中仅打开1#衰变池的阀门，放射性废水全部排入1#衰变池，当1#衰变池水将满时，进水管中1#衰变池阀门自动关闭，随后，进水管中仅打开通往2#衰变池的阀门，放射性废水流入2#衰变池，直至2#衰变池将满，关闭2#衰变池进水阀门，再使用3#衰变池。当3#衰变池将满时，1#衰变池内存放的放射性废水已经超过30天的衰变，1#衰变池内潜水泵开启，将满足排放标准的放射性废水排入医院污水处理系统，最终作为医疗废水处理。2#、3#衰变池同理运行。整个衰变系统内的3个衰变池依次循环使用。衰变池示意图见图3-6，放射性废液处理系统控制盘在医生办公室，现场照片详见图3-7。

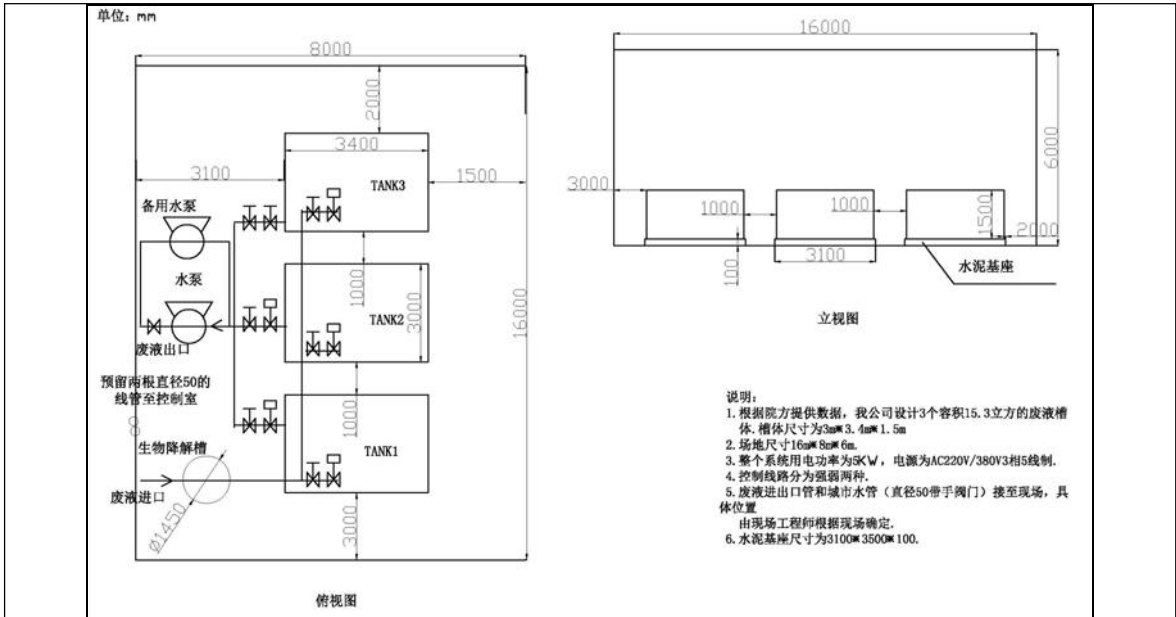


图 3-6 衰变池设计示意图



放射性废液处理系统控制盘

三级衰变池

图 3-7 放射性废液处理系统现场照片

经与医院核实, 本项目核医学科PET/CT每天门诊量约为15人, 每人按每日产废水量30L估算, 每天产废水量约为 $30L \times 15人/天 = 0.45m^3$, 30天产生量约 $0.45m^3/天 \times 30天 = 13.5m^3$; 辐射工作人员的洗涤用水每天不超过5L, 30天产生量约为 $5L/天 \times 30天 = 0.15m^3$; 核医学科原有SPECT/CT项目每天产废水量约为 $0.6m^3$, 30天产生量约为 $0.6m^3/天 \times 30天 = 18m^3$ 。故本项目新增1台PET/CT后, 每天共产生废水量约为 $1.055m^3$, 30天产生量约为 $31.65m^3$, 与环评时一致。

本项目放射性废水贮存执行最新标准《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021), 对于槽式衰变池贮存方式: 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。PET/CT产生放射性废水的放射性核素 ^{18}F 半衰期为109.7min, SPECT/CT产生放射性废水的放射性核素 ^{99m}Tc 半衰期为

6.02h，该衰变池单池容积约 15.3m^3 ，总体积约为 45.9m^3 ，则衰变系统能够满足现行标准中放射性废水的暂存要求。

②放射性固体废物

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弃物。医院已在核医学科注射室设置了1个放射性废物桶（防护厚度为 5mmPb ），用于放置废弃的注射器、针头和一次性手套等。另外，医院在核医学科设有废物库。

经与医院核实，本项目显像检查放射性废物产生量按 $0.02\text{kg}/\text{人次}$ 计算，本项目产生的放射性废物不超过 $1.5\text{kg}/\text{周}$ ，30天产生量约为 45kg ；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，医院废物库容积约为 $1.5\text{m}\times 3.9\text{m}\times 6\text{m}=35.1\text{m}^3$ ，暂存时间超过30天，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3-8）。



注射室内



废物库内

图 3-8 放射性铅废物桶

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，所有操作均在通风橱（见图3-10）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、注射室、废物室、留观室、等场所均设

置了排风口。本项目工作场所产生的废气经由两根排风管道排至本建筑楼顶（见图3-10），在工作场所一层排风管道末端均配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施（两根排风管各一套）。一根管道为工作场所控制区内各个功能房间，包含注射室、废物库、卫生通过间、注射后候诊室（PET）、PET/CT扫描室、留观室和患者走廊的排风，排风管道在注射室东侧出去，沿墙壁外侧达到楼顶；另一根管道为通风橱专用管道，从注射室东侧出去，沿墙壁外侧达到楼顶，排风管路图见图3-9。经检测，通风橱操作口的风速为1.49~1.52m/s，均大于0.5m/s，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。

本项目通风橱通风管道内更换下来的废活性炭，按放射性固体废物进行收集、处理，在废物库暂存超过30天后，作医疗固体废物处理，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的要求。

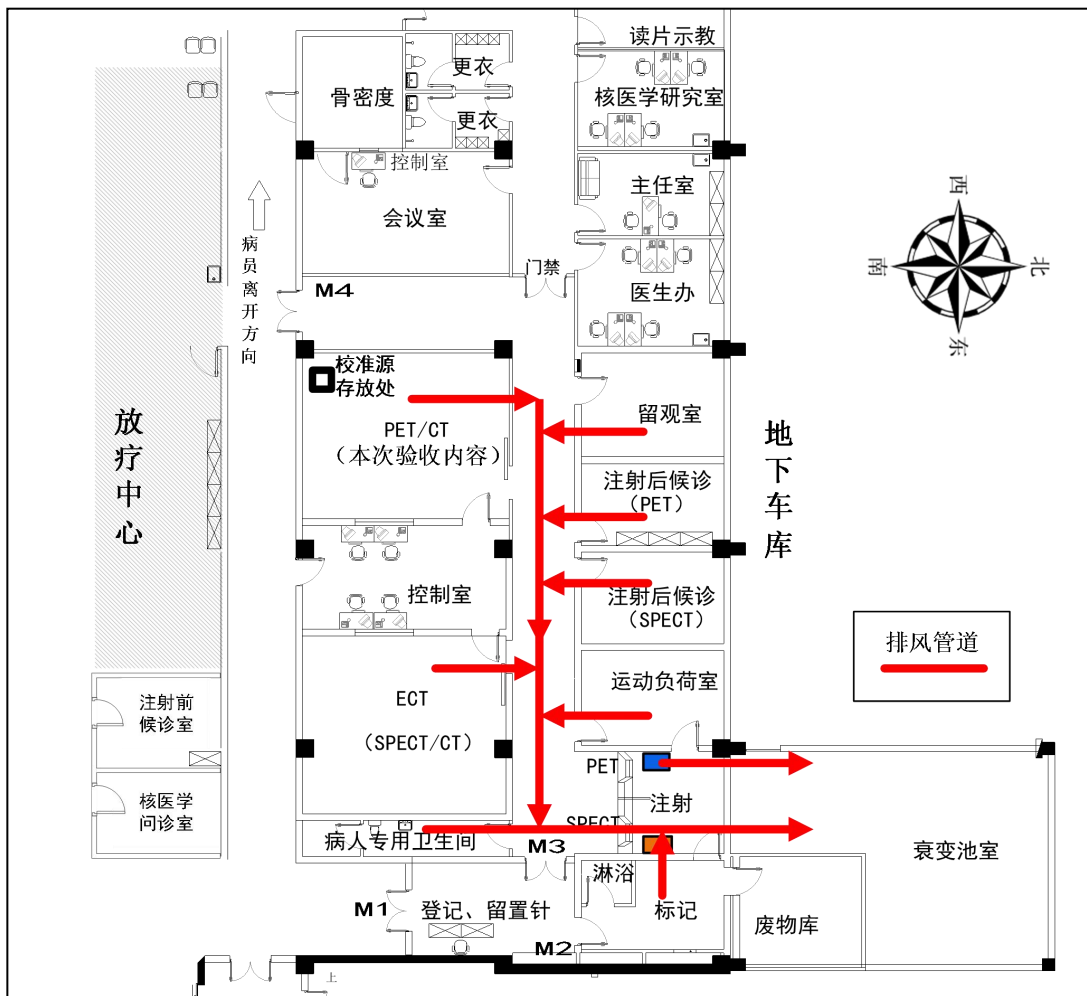


图 3-9 核医学场所排风管道示意图

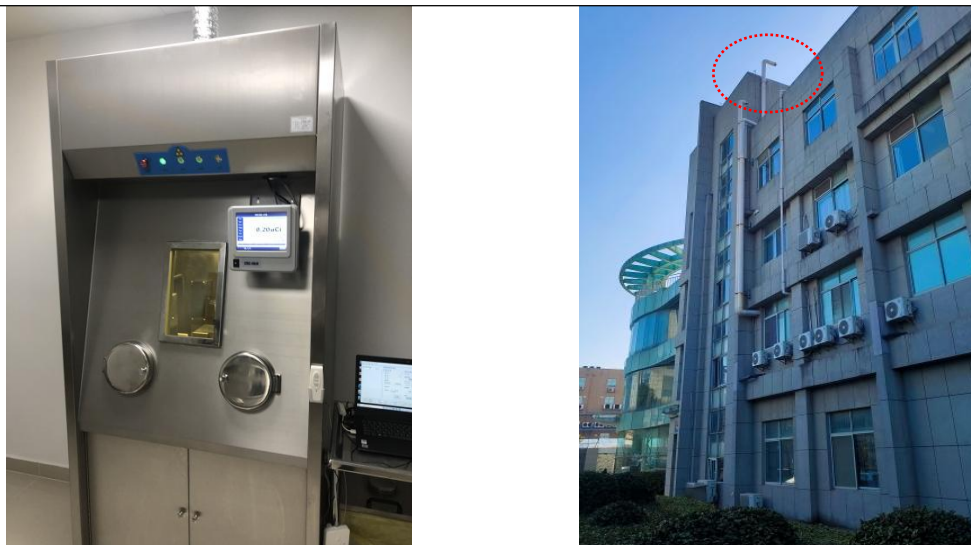


图 3-10 通风橱及外侧排风管道图

(8) 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3-11）将室内有害气体排入大气。



图 3-11 PET/CT 机房内通风装置

(9) 人员监护

医院为本项目配备4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肖峰已报在“国家核技术利用辐射安全与培训平台”上报名，暂未培训考核。其余3名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3-4 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
高文	男	博士	主任医师	核医学	FS20JS0300164	核医学科
肖峰	男	本科	主治医师	核医学	已报名，暂未培训考核	核医学科
刘小龙	男	硕士	主治医师	核医学	FS20JS0300006	核医学科
凌霞辉	女	本科	主管技师	核医学	FS20JS0300008	核医学科

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台表面污染检测仪和2台个人剂量报警仪，见图3-12。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。



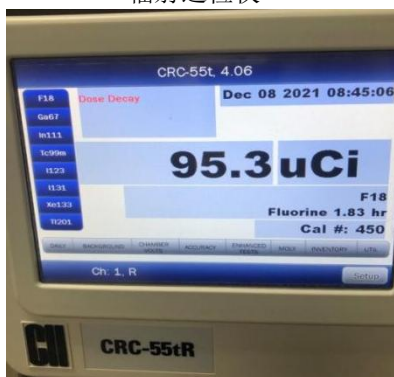
辐射巡测仪



表面污染检测仪



个人剂量报警仪



活度计



个人剂量报警仪

图 3-12 本项目配备辐射剂量检测仪器

(10) 非密封放射性物质工作场所其他防护措施

医院已在废物库设置有放射性废物储存桶，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3-5，各类设施实物图见图3-13。

表3-5 本项目各类设施一览表

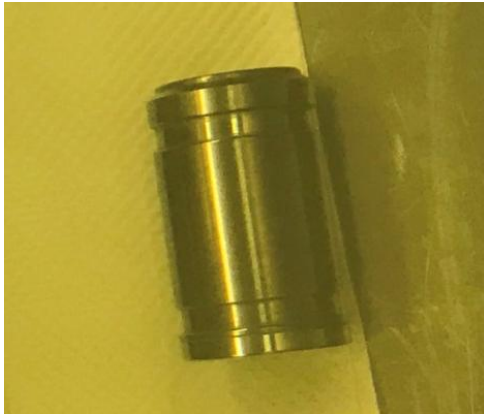
防护用品					
序号	防护用品名称	铅当量 (mmPb)	数量	设置场所	
1	通风橱	40	1个	注射室	
2	储源保险箱	20	1个	PET/CT机房	
3	注射器防护套	5	1个	注射室	
4	放射性废物储存桶	10	1个	注射室	
5	放射性废物储存桶	10	5个	废物库	
6	铅屏风	5	1个	注射后候诊室	
7	铅屏风	5	1个	留观室	
8	放射性污染防护服、一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子	/	/	/	
监测仪器					
序号	设备名称	规格及型号	数量	生产厂家	设备状态
1	便捷式辐射检测仪	RJ38-3602	1台	上海仁机仪器	正常使用
2	表面污染检测仪	Inspector	1台	美国Medcom	正常使用
3	个人剂量报警仪	RAD-60S	1台	德国	正常使用
4	个人剂量报警仪	FJ2000	1台	中国辐射防护研究院	正常使用
5	放射性活度计	CRC-55tR	1台	美国Capintec	正常使用



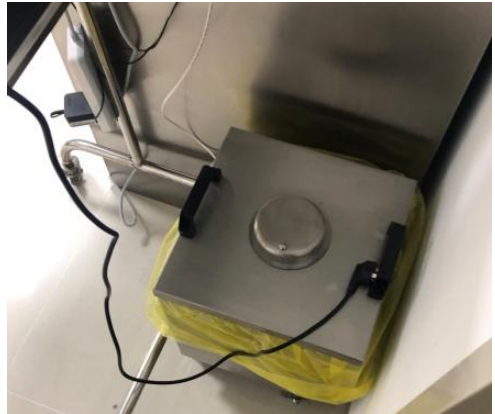
通风橱（注射室）



储源保险箱（PET/CT 机房）



注射器防护套（注射室）



放射性废物储存桶（注射室）



放射性废物储存桶（废物库）



铅屏风（注射后候诊室）

图 3-13 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) 《关于调整辐射安全与防护领导小组的通知》
- 2) 《扬州大学附属医院辐射防护和安全保卫制度》
- 3) 《扬州大学附属医院防火防盗安全管理制度》
- 4) 《扬州大学附属辐射安全与防护监测方案——辐射环境监测方案》
- 5) 《扬州大学附属医院个人剂量监测方案》
- 6) 《扬州大学附属医院放射源、放射性同位素的保存方案》
- 7) 《扬州大学附属医院放射性同位素使用登记、台帐管理制度》
- 8) 《扬州大学附属医院放射性废气、废液、固体废物处置方案》
- 9) 《扬州大学附属医院核医学 PET-CT 操作规程（SOP）》
- 10) 《扬州大学附属医院核医学科工作制度》
- 11) 《扬州大学附属医院核医学科岗位职责》
- 12) 《扬州大学附属医院辐射安全事故应急处理预案》

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3-6 改建核医学科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。	已设有辐射安全与防护领导小组，见附件5。	已落实
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：核医学科工作场所墙体采用实心砖+铅板或防辐射涂料、顶部采用混凝土或混凝土+防辐射涂料作为防护，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。详见表10-1。	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24cm实心砖+6mm铅板；顶棚采用12cm混凝土+6mm铅板；防护门采用8mm铅当量作为防护；观察窗采用8mm铅当量的玻璃作为防护。	已落实
	安全措施（急停按钮、闭门装置、警示标志、工作状态指示灯等）：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。	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。	核医学中心控制区出入口处（包括注射室、PET注射后候诊室、PET/CT扫描室、留观室等）、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；控制区出入口处均设置门禁系统。	已落实
人员配备	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学习，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1名辐射工作人员已报名，其余3名辐射工作人员已参加辐射安全培训，考核合格后持证上岗；取得辐射安全合格证书的人员，应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，加强个人剂量监测，建立个		医院已委托扬州市疾病预防控制中心对4名辐射工作人员进行个人剂量监测，并建立个	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	人剂量档案。	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。	人剂量档案, 检测报告见附件7。	
	辐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。		4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。		已配备辐射巡测仪1台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2台。		已配备个人剂量报警仪2台。	已落实
	配备表面沾污仪1台。		已配备表面沾污仪1台。	已落实
	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。		核医学科已配备铅通风橱, 放射性核素操作人员已配备铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽等个人防护用品。	已落实
辐射安全管理	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。	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: 《关于调整辐射安全与防护领导小组的通知》、《扬州大学附属医院辐射防护和安全保卫制度》、《扬州大学附属医院防火防盗安全管理制度》、《扬州大学附属医院辐射安全与防护监测方案——辐射环境监测方案》、《扬州大学附属医院个人剂量监测方案》、《扬州大学附属医院放射源、放射性同位素的保存方案》、《扬州大学附属医院放射性同位素使用登记、台帐管理制度》、《扬州大学附属医院放射性废气、废液、固体废物处置方案》、《扬州大学附属医院核医学PET-CT操作规程	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
			<p>（SOP）》、《扬州大学附属医院核医学科工作制度》、《扬州大学附属医院核医学科岗位职责》、《扬州大学附属医院辐射安全事故应急处理预案》，详见附件 5。</p>	

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、环境影响报告表主要结论与建议：

表13 结论与建议

结论

一、实践正当性

扬州市第一人民医院改建核医学科项目位于西院区医技楼负一层核医学科。项目主要包括：对核医学科进行改建，新增1台PET/CT，使用 ^{18}F 进行扫描显像检查，用于开展核医学诊疗工作，核医学科改建后核医学工作场所仍为乙级非密封放射性物质工作场所。本项目用于医院开展核医学诊疗工作，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）辐射防护“实践正当性”原则。

二、选址合理性

扬州市第一人民医院位于江苏省扬州市，医院现有东、西两个院区，东院区位于扬州市泰州路45号，西院区位于扬州市邗江中路368号。本次改建核医学科项目位于西院区。西院区东侧为邗江中路和商铺，南侧为邗江区卫生局和商业街，西侧为康民路、引潮河公园、新港名仕花园小区及鼎红国际娱乐会所，北侧为山姆月城明珠园小区。

拟改建核医学科项目位于医技楼负一层。医院拟将核医学科东北角原有的注射后候诊室改建为注射室，负荷室改建为SPECT注射后候诊室，骨密度室改为PET注射后候诊室，骨密度控制室改为留观室，将核医学科南侧中部的候诊室改建为PET/CT机房，PET/CT与原有SPECT/CT共用控制室，将发光放免室东墙向西移，西移后的东墙与改建后的PET/CT机房西墙之间的通道作为核医学患者出口通道，核医学科其它布局未发生变化。

核医学科东侧为地下车库，南侧为放疗中心，西侧为骨密度机房和医生办公室（现状为发光放免室和医生办公室），北侧为地下车库，上方为急诊诊疗区的护士站和病房，下方为土层。

本项目周围50m范围均位于西院区院内，无学校、居民区等环境敏感点。运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人

员、院内病患及周围公众等。

本项目核医学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（与原核医学项目共用），避免公众、工作人员受到不必要的外照射，布局合理。

三、辐射环境现状

扬州市第一人民医院本次改建核医学科项目拟建址周围本底辐射剂量率在133nSv/h~142nSv/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。

四、环境影响评价

根据理论估算结果，扬州市第一人民医院改建核医学科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）。

五、三废的处理处置

来自核医学科注射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东北侧原有的衰变池（总体积为45.9m³）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注射室内的通风橱中进行，通风橱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于1m/s，排放口拟高于本建筑屋脊），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库中的铅桶中暂存，在废物库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。

⁶⁸Ge密封源使用到一定年限后会产生退役、报废的放射源，医院承诺：

^{68}Ge 放射源在达到使用年限退役时，废源将由厂家回收收贮或交有具有相关资质的单位处置。

六、辐射安全措施评价

扬州市第一人民医院核医学乙级非密封辐射工作场所墙体采用实心砖+铅板或防辐射涂料、顶部采用混凝土+防辐射涂料作为防护，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。

七、辐射安全管理评价

扬州市第一人民医院已设立辐射安全与环境保护管理机构，制定有操作规程、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。

医院需为本项目新增的4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。医院拟为本项目配备1台辐射巡测仪、1台表面沾污仪及2台个人剂量报警仪。此外，医院应根据GBZ 130-2020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，扬州市第一人民医院改建核医学科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，该医院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，从环境保护角度论证，本项目的建设 and 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

扬州市第一人民医院：

你单位报送的《《扬州市第一人民医院改建核医学科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。项目地点位于扬州市邗江中路368号院区医技楼负一层核医学科，项目内容：拟对原核医学科进行改建，同时新增1台PET/CT，新增使用 ^{18}F （日等效最大操作量 $5.55\times 10^6\text{Bq}$ ）进行核素诊断、新增2枚 ^{68}Ge 质控源（活度分别为 $5.5\times 10^7\text{Bq}$ 和 $3.5\times 10^6\text{Bq}$ ，均为V类放射源），改建后的核医学科工作场所为乙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工作指示灯、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剂量率仪（AT1123）	NJRS-125	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2021-0106295 检定有效期限：2021.11.11~2022.11.10
2	α、β表面污染测量仪（CoMo 170）	NJRS-129	测量范围：β/γ0cps~20000cps 检定证书编号：Y2021-0026625 检定有效期限：2021.04.06~2022.04.07
3	风速仪（AR866A）	NJRS-156	检定证书编号：H2021-0000014 检定有效期限：2021.01.11~2022.01.10

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12月7日和2021年12月8日，南京瑞森辐射技术有限公司对扬州市第一人民医院改建核医学科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	Discovery MI	140kV/600mA	140kV/300mAs CT扫描、诊断床上 放置13mCi ¹⁸ F药物	西院区医技楼 负一楼核医学科 PET/CT机房
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 $2.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （7.4mCi）的 ¹⁸ F药物； 2.通风橱内放置 $7.1 \times 10^8 \text{Bq}$ （19.2mCi）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、β表面污染水平和通风橱风速。

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（ $E_{\beta\text{max}} > 0.15 \text{MeV}$ ）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）、《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）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）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：扬州市第一人民医院

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2021年12月7日和2021年12月8日

天气：多云，（13~15）℃，（58~66）%RH

监测因子：X-γ辐射剂量率，β表面污染水平和通风橱风速

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

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	Discovery MI	140kV/600mA	140kV/300mAs CT扫描、诊断床上 放置13mCi ¹⁸ F药物	西院区医技楼 负一楼核医学科 PET/CT机房
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 2.7×10^8 Bq（7.4mCi）的 ¹⁸ F药物； 2.通风橱内放置 7.1×10^8 Bq（19.2mCi）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	操作位	0.16	开机
3	观察窗外30cm处（左缝）	0.38	开机
4	观察窗外30cm处（中间）	0.40	开机

5	观察窗外30cm处（右缝）	0.54	开机
6	东墙外30cm处	0.41	开机
7	东墙上穿线孔外30cm处	0.41	开机
8	东墙外30cm处	0.38	开机
9	东门外30cm处（左缝）	0.41	开机
10	东门外30cm处（中间）	0.42	开机
11	东门外30cm处（右缝）	0.43	开机
12	东门外30cm处（上缝）	0.43	开机
13	东门外30cm处（下缝）	0.43	开机
14	北墙外30cm处	0.51	开机
15	北门外30cm处（左缝）	0.39	开机
16	北门外30cm处（中间）	0.51	开机
17	北门外30cm处（右缝）	0.48	开机
18	北门外30cm处（上缝）	0.42	开机
19	北门外30cm处（下缝）	0.48	开机
20	北墙外30cm处	0.53	开机
21	西墙外30cm处	0.56	开机
22	西墙外30cm处	0.55	开机
23	南墙外30cm处	0.58	开机
24	南墙外30cm处	0.58	开机
25	距机房楼上地面100cm处	0.15	开机
26	距机房楼上地面100cm处	0.15	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。

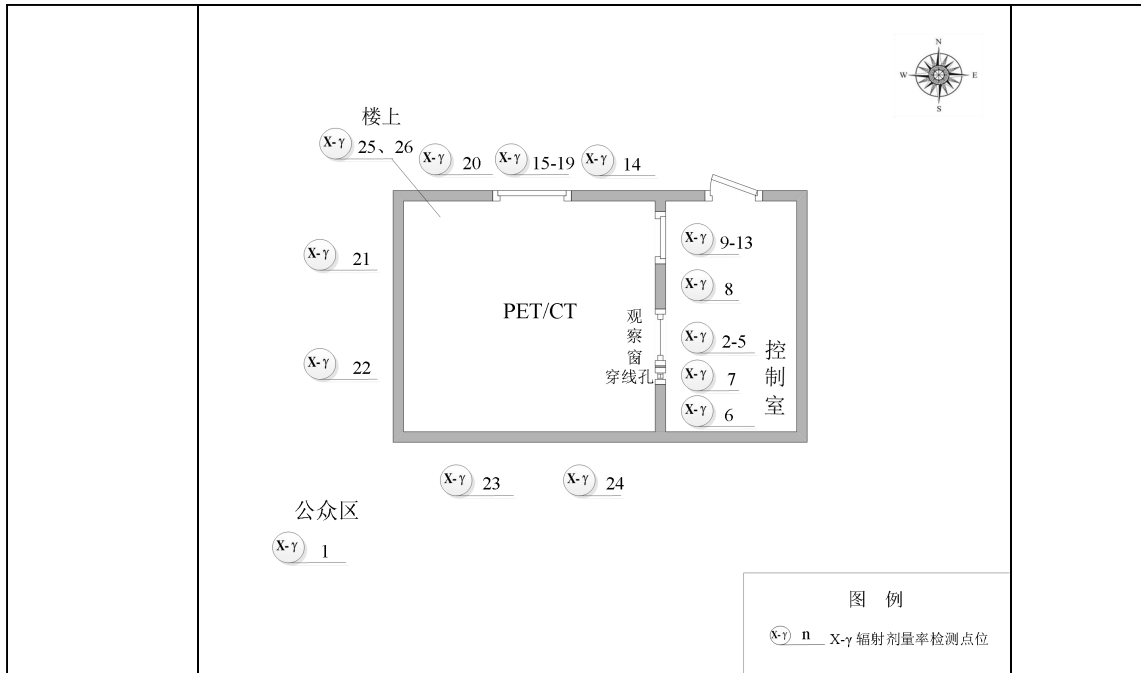


图7-1 PET/CT机房周围监测布点图

本次检测，1台PET/CT（型号：Discovery MI）进行CT扫描（工况：140kV/300mAs，扫描时，诊断床上放置13mCi¹⁸F药物）时，机房周围的X-γ辐射剂量当量率为（0.15~0.58）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	0.15	—
2	PET/CT诊断床表面	0.16	—
3	标记室地面	0.15	—
4	注射室地面	0.16	—
5	注射室通风橱表面	0.16	—
6	注射窗1表面	0.17	—
7	注射窗2表面	0.17	—

8	运动负荷室地面	0.14	—
9	注射后候诊室（SPECT）地面	0.14	—
10	注射后候诊室（PET）地面	0.15	—
11	留观室地面	0.15	—
12	患者通道地面	0.15	—
13	患者通道地面	0.15	—
14	患者通道地面	0.15	—
15	患者通道地面	0.15	—
16	公众区	0.14	—

注：1.测量结果未扣除环境本底值；

2.检测点位见附图 7-2。

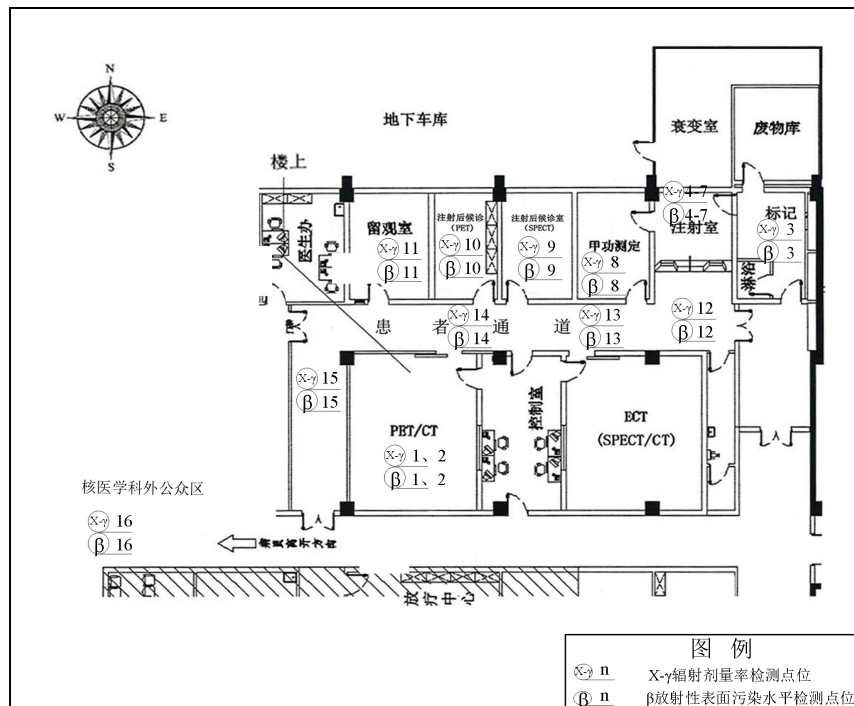


图7-2 核医学工作场所X-γ辐射剂量率监测布点图

本次检测，该核医学工作场所X-γ辐射剂量当量率为（0.14~0.17）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	<0.02	—
2	PET/CT诊断床表面	0.03	—
3	标记室地面	<0.02	—
4	注射室地面	0.04	—
5	注射室通风橱表面	0.05	—
6	注射窗1表面	0.06	—
7	注射窗2表面	0.06	—
8	运动负荷室地面	<0.02	—
9	注射后候诊室（SPECT）地面	<0.02	—
10	注射后候诊室（PET）地面	0.03	—
11	留观室地面	0.03	—
12	患者通道地面	<0.02	—
13	患者通道地面	<0.02	—
14	患者通道地面	0.02	—
15	患者通道地面	<0.02	—

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。

测点编号	检测点位描述	测量结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	控制区入口防护门外30cm处（左缝）	1.86	药物在患者通道内
2	控制区入口防护门外30cm处（中间）	2.23	
3	控制区入口防护门外30cm处（右缝）	2.01	
4	控制区入口防护门外30cm处（上缝）	1.88	
5	控制区入口防护门外30cm处（下缝）	1.96	
6	标记室南墙外30cm处	0.54	药物在标记室内
7	标记室南门外30cm处（左缝）	0.49	
8	标记室南门外30cm处（中间）	0.48	
9	标记室南门外30cm处（右缝）	0.53	
10	标记室南门外30cm处（上缝）	0.56	
11	标记室南门外30cm处（下缝）	0.42	
12	标记室西门外30cm处（左缝）	2.07	
13	标记室西门外30cm处（中间）	1.14	
14	标记室西门外30cm处（右缝）	1.07	
15	标记室西墙外30cm处	0.55	
16	标记室西墙外30cm处	0.52	
17	注射室西门外30cm处（左缝）	0.55	药物在通风橱内
18	注射室西门外30cm处（中间）	0.53	
19	注射室西门外30cm处（右缝）	0.57	
20	注射室西墙外30cm处	0.57	
21	运动负荷室北墙外30cm处	0.17	
22	注射后候诊室（SPECT）北墙外30cm处	0.16	药物在注射后

23	注射后候诊室（PET）南门外30cm处（左缝）	1.64	候诊室（PET） 内
24	注射后候诊室（PET）南门外30cm处（中间）	1.87	
25	注射后候诊室（PET）南门外30cm处（右缝）	1.47	
26	注射后候诊室（PET）南墙外30cm处	0.74	
27	注射后候诊室（PET）东墙外30cm处	1.09	
28	注射后候诊室（PET）西墙外30cm处	0.85	
29	注射后候诊室（PET）北墙外30cm处	0.72	
30	留观室南门外30cm处（左缝）	2.45	药物在留观室内
31	留观室南门外30cm处（中间）	2.38	
32	留观室南门外30cm处（右缝）	2.37	
33	留观室南墙外30cm处	0.85	
34	留观室西墙外30cm处	0.67	
35	留观室北墙外30cm处	0.70	
36	患者通道北墙外30cm处（医生办公室）	0.65	药物在患者通道 内
37	办公区入口防护门外30cm处（左缝）	1.77	
38	办公区入口防护门外30cm处（中间）	1.75	
39	办公区入口防护门外30cm处（右缝）	1.92	
40	办公区入口防护门外30cm处（上缝）	2.01	
41	办公区入口防护门外30cm处（下缝）	1.90	
42	患者通道西墙外30cm处	0.66	
43	患者通道西墙外30cm处	0.60	
44	患者通道西墙外30cm处	0.63	
45	控制区出口防护门外30cm处（左缝）	1.74	
46	控制区出口防护门外30cm处（中间）	1.81	

47	控制区出口防护门外30cm处（右缝）	1.76	
48	控制区出口防护门外30cm处（上缝）	1.58	
49	控制区出口防护门外30cm处（下缝）	1.65	
50	患者通道南墙外30cm处（控制室）	0.59	
51	患者通道南门外30cm处（控制室）（左缝）	0.46	
52	患者通道南门外30cm处（控制室）（中间）	0.45	
53	患者通道南门外30cm处（控制室）（右缝）	0.51	
54	患者通道南门外30cm处（控制室）（上缝）	0.43	
55	患者通道南门外30cm处（控制室）（下缝）	0.47	
56	患者通道南墙外30cm处（控制室）	0.62	
57	ECT检查室南墙外30cm处	0.15	
58	ECT检查室南墙外30cm处	0.15	
59	注射窗1表面外30cm处	0.15	
60	注射窗2表面外30cm处	0.15	
61	通风橱左侧操作口外5cm处	0.59	药物在通风橱内
62	通风橱右侧操作口外5cm处	0.56	
63	通风橱外表面5cm处	0.53	
64	通风橱观察窗外5cm处	0.57	
65	注射室楼上距地面100cm处	0.15	药物分别在对应的功能房间内
66	注射后候诊室（PET）楼上距地面100cm处	0.15	
67	留观室楼上距地面100cm处	0.14	
68	工作人员摆位处（5mmPb铅屏风后）	39	药物在诊断床上
69	衰变室防护门外30cm处（左缝）	0.14	/
70	衰变室防护门外30cm处（中间）	0.14	

71	衰变室防护门外30cm处（右缝）	0.14	
72	公众区	0.14	/

注：1.测量结果未扣除环境本底值；
 2.放置药量为 $2.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （7.4mCi）的 ^{18}F 药物；
 3.摆位时，诊断床上模体内放置 $2.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （7.4mCi）的 ^{18}F 药物；分装药物时，通风橱内放置 $7.1 \times 10^8 \text{Bq}$ （19.2mCi）的 ^{18}F 药物；
 4.注射药物时，注射室内放置 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi）的 ^{18}F 药物，工作人员操作位处X- γ 辐射剂量率约为 $2.6 \mu\text{Sv/h}$ ；校准源保险箱内含2枚 ^{68}Ge 质控源（活度分别为 $5.5 \times 10^7 \text{Bq}$ 和 $3.5 \times 10^7 \text{Bq}$ ）时，距校准源保险箱表面5cm处X- γ 辐射剂量率约为 $4.5 \mu\text{Sv/h}$ ，距校准源保险箱表面1m处X- γ 辐射剂量率约为 $0.42 \mu\text{Sv/h}$ 。
 5.检测点位见附图7-3。

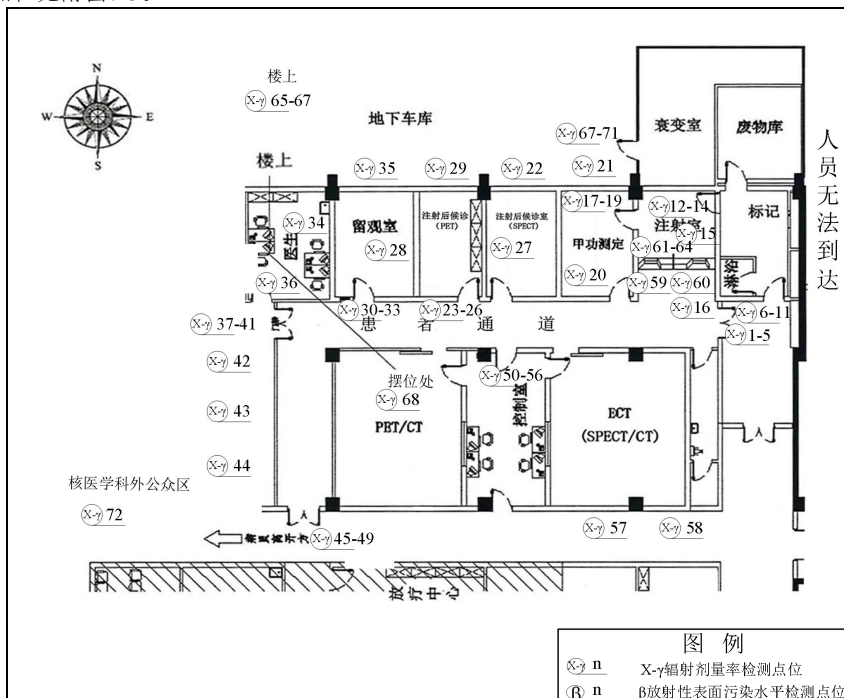


图7-3 核医学工作场所周围X- γ 辐射剂量率监测布点图

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	1.49
	右侧操作口	1.52

注：通风橱风速检测点位见附图7-4。

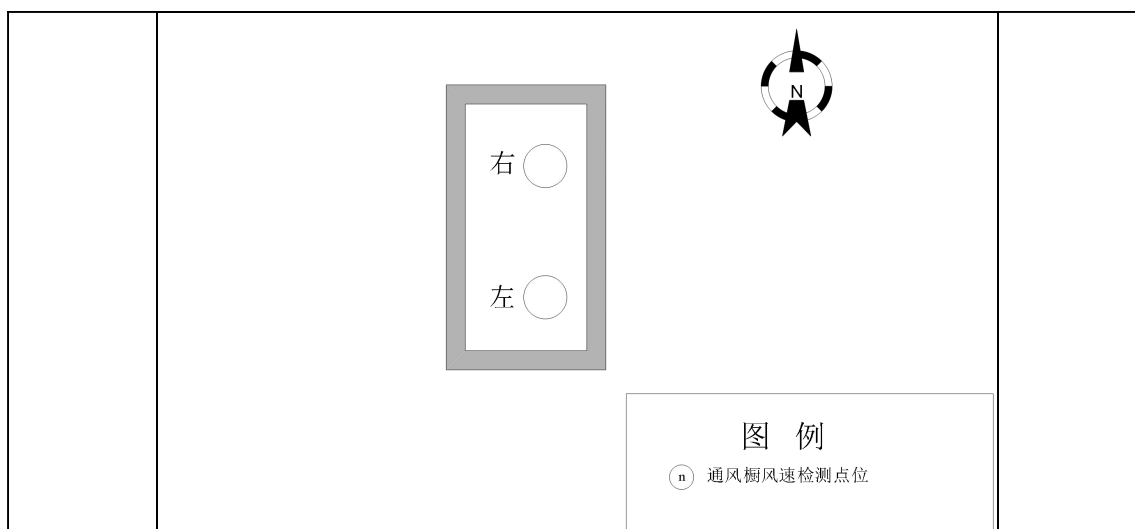


图7-4 核医学工作场所通风橱监测布点图

本次检测，该核医学工作场所通风橱操作口风速分别为1.49m/s和1.52m/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

目前扬州市第一人民医院为本项目配备4名辐射工作人员，满足核医学日常工作的配置要求。对项目运行期间，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2022年第一季度个人剂量监测报告，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	2022年	人员季度受照剂量 (mSv/季度)	管理目标值 (mSv/a)
		第一季度		
高文	医师	0.02	0.02	5
肖峰	医师	0.06	0.06	5
刘小龙	医师	0.10	0.10	5
凌霞辉	技师	0.06	0.06	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×15次×250天、工作人员摆位按1min×15次×250天、注射室内按注射1min×15次×250天、注射后候诊室内按休息30min×15次×250天、留观室内按10min×15次×250天，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(控制室)	0.54	工作人员	1	1250	3.30	5
2	操作位(控制室)	0.16			1250		
3	摆位处	39.0			62.5		
4	留观室西墙外(医生办公室)	0.67	工作人员	1	1875	1.26	5
5	通风橱左侧操作口外(注射室)	0.59	工作人员	1	62.5	0.33	5
6	操作位(注射室)	2.50			62.5		
7	注射室东门外(标记室)	2.07			62.5		
8	PET/CT 机房南墙外	0.58	公众	1/16	1250	0.05	0.25
9	PET/CT 机房北墙外	0.53	公众	1/16	1250	0.04	0.25
10	PET/CT 机房西墙外	0.56	公众	1/16	1250	0.04	0.25
11	PET/CT 机房楼上	0.15	公众	1/4	1250	0.05	0.25
12	控制区入口防护门外	2.23	公众	1/4	62.5	0.03	0.25
13	注射室窗口外	0.15	公众	1/16	62.5	<0.01	0.25
14	注射室楼上	0.15	公众	1/4	62.5	<0.01	0.25
15	PET 注射后候诊室北墙外	0.16	公众	1/16	1875	0.02	0.25
16	PET 注射后候诊室楼上	0.15	公众	1/4	1875	0.07	0.25
17	留观室北墙外	0.70	公众	1/16	625	0.03	0.25
18	留观室楼上	0.14	公众	1/4	625	0.02	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 $E_{eff} = D \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算，式中： E_{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7-8可知，核医学工作场所中辐射工作人员年有效剂量最大为3.30mSv/a，本验收项目辐射工作人员年有效剂量均在职业人员要求（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0.07mSv/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（0.25mSv/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3.30mSv/a；周围公众的年有效剂量公众年有效剂量最大为0.07mSv/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，并低于本项目环评时的管理目标值（职业人员5mSv/a，公众0.25mSv/a），同时公众年有效剂量能满足新标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a”的要求。

表八 验收监测结论

验收监测结论:

扬州市第一人民医院改建核医学科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) 扬州市第一人民医院对扬州市邗江中路368号(西院区)医技楼负一层的核医学科进行改建,于场所内新增1台PET/CT(型号:Discovery MI,最大管电压140kV,最大管电流600mA,属III类射线装置),同时新增使用放射性同位素 ^{18}F (日等效最大操作量 $5.55\times 10^6\text{Bq}$)开展核素显像诊断项目、新增2枚 ^{68}Ge 质控源(活度分别为 $5.5\times 10^7\text{Bq}$ 和 $3.5\times 10^7\text{Bq}$,均为V类放射源),改建后的核医学科工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所。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)、《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,控制室设置了监控和对讲装置,机房内设有急停按钮; ^{68}Ge 校准源日常存放在保险柜中,设置双人双锁,并有视频监控;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超过30天的贮存要求;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台辐射巡测仪、1台表面污染检测仪,并为本项目配备了2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，扬州市第一人民医院改建核医学科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) 该工作场所内SPECT/CT项目暂未投入使用。医院在SPECT/CT项目运行后，应根据实际情况，增加放射性废水产生量的核算。运行后核医学科衰变池的容积应满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中放射性废水的暂存衰变要求。

2) 根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的场所安全措施要求，操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行。该核医学工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所，应增配手套箱。

3) 辐射工作人员（肖峰）在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后方可上岗操作。

4) 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；

5) 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。