

太仓市第一人民医院新增
PET/CT诊断项目竣工环境保护
验收监测报告表

报告编号：瑞森（验）字（2024）第049号

建设单位：太仓市第一人民医院

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二五年二月

建设单位法人代表：(签字)

编制单位法人代表：(签字)

项 目 负 责 人：(签字)

填 表 人：(签字)

建设单位（盖章）：太仓市第一人民医院 编制单位（盖章）：南京瑞森辐射技术有限公司

电话： 电话：025-86633196

传真：/ 传真：/

邮编：215400 邮编：210003

地址：江苏省苏州市太仓市常胜南路58号 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1 项目基本情况	1
表2 项目建设情况	10
表3 辐射安全与防护设施/措施	19
表4 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5 验收监测质量保证及质量控制	51
表6 验收监测内容	53
表7 验收监测	55
表8 验收监测结论	67

表 1 项目基本情况

建设项目名称		太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目				
建设单位名称		太仓市第一人民医院 (统一社会信用代码:)				
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建				
建设地点		江苏省苏州太仓市常胜南路58号医院门急诊医技楼地下一层				
源项		放射源		⁶⁸ Ge		
		非密封放射性物质		¹⁸ F		
		射线装置		PET/CT		
建设项目环评批复时间		2024年1月17日	开工建设时间	2024年2月		
取得辐射安全许可证时间		2024年5月24日	项目投入运行时间	2024年6月		
辐射安全与防护设施投入运行时间		2024年6月	验收现场监测时间	2024年6月5日、6月6日、8月20日，2025年1月16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	1000万元	辐射安全与防护设施投资总概算		150万元	比例	15%
实际总概算	1000万元	辐射安全与防护设施实际总概算		150万元	比例	15%
验收依据	1.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年修订版），中华人民共和国主席令第九号，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），中华人民共和国主席令第二十四号，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》，中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起实施；					

	（4）《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； （5）《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订版），国务院令第六82号，2017年10月1日发布施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部第 20 号令，2021 年 1 月 4 日公布，自公布之日起施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第十八号，2011 年 5 月 1 日公布施行； （8）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行； （9）《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； （10）《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； （11）《关于发布<放射性废物分类>的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告，2017 年公告第 65 号发布，2018 年 1 月 1 日起施行； （13）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430 号； （14）《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； （15）《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。 2.建设项目竣工环境保护验收技术规范： （1）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》
--	--

	(HJ 1326-2023)； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)； (3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)； (4) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)； (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) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (7) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)； (8) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)； (9) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)； (10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)； (11) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)； (12) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》(WS 394-2012)。 3.建设项目环境影响报告表及其审批部门审批文件： (1) 《太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2023 年 12 月，见附件 2； (2) 《省生态环境厅关于太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断项目环境影响报告表的批复》，审批文号：苏环辐（表）审〔2024〕2 号，江苏省生态环境厅，2024 年 1 月 17 日，见表四。 4.其他相关文件： 无其他文件。
验收执行标准	太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目环评阶段与验收时的执行标准相同，未有变化。 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。
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。

（2）根据本项目环评及批复文件确定本项目个人剂量约束值，本项目剂量约束值见表1-2。

表1-2 工作人员职业照射和公众照射剂量约束值

项目名称	适用范围	剂量约束值
太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
	公众照射有效剂量	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。

工作场所布局要求：

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，本项目乙级非密封放射性物质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PET/CT机房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《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，本项目乙级非密封放射性物质工作场所放射防护应遵循下述要求： 6.1 屏蔽要求 6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于
--	---

10μSv/h。

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

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

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 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
CT机（不含头颅移动CT）	30	4.5
^d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。 ^e 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：

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。

6.4.1 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。 6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。 防护用品及防护设施配置要求： 根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），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： 6.2 场所安全措施要求 6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面 等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。 6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级 可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的 防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室 内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患 者和医护人员的照射。 6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从 控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超 出控制标准，应采取相应的去污措施。 6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期 进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台 账，及时登记，确保账物相符。 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	$>4\times10^9$
乙	$2\times10^7\sim4\times10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim2\times10^7$

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/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、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》（HJ 1188-2021）的规定，本项目放射性废物的管理应遵循下述：

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，α表面污染小于0.08Bq/cm²、β表面

	污染小于0.8Bq/cm²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 2 项目建设情况

项目建设内容:

太仓市第一人民医院位于太仓市常胜南路58号，是集医、教、研、预防、保健为一体的三级乙等综合性医院，同时也是苏州大学附属医院、扬州大学、南通大学等多所高校的教育实习基地。医院占地面积197 亩，建筑面积13.6万平方米，开放床位1176张。36个临床科室、10个医技科室、3个其他科室、29个住院病区。太仓市第一人民医院核医学科位于院区内门急诊医技楼地下一层，该核医学工作场所内分为东、西部两区域，且两区域均为ECT工作场所，东部ECT区域机房内安置有一台SPECT设备，西部ECT区域机房内安置有一台SPECT/CT设备。

为了适应医院发展要求，服务患者，太仓市第一人民医院拟在门急诊医技楼地下一层现有核医学工作场所东部ECT区域机房内SPECT进行报废处置，并将该区域改建成PET/CT工作场所，拟在PET/CT机房配置1台PET/CT（型号：Biograph Vision型，最大管电压140kV，最大管电流600mA），属III类射线装置。本项目拟使用放射性核素¹⁸F配合PET/CT开展核素显像诊断，PET/CT质量控制校正时拟使用3枚⁶⁸Ge放射源，属V类放射源。本项目PET/CT工作场所拟建成后医院核医学科仍为乙级非密封放射性物质工作场所。本项目利用医院核医学科现有衰变池对放射性污水进行处置。本项目环评报告表详见附件2，本项目已于2024年1月17日取得了江苏省生态环境厅的环评批复（苏环辐（表）审〔2024〕2号）。

目前，太仓市第一人民医院已在门急诊医技楼地下一层核医学科建成PET/CT工作场所，开展PET/CT诊断（配备1台Biograph Vision 450型PET/CT（最大管电压为140kV，最大管电流为666mA），使用¹⁸F核素，日最大操作量为7.40E+06Bq）项目。医院现有核技术利用项目均已取得许可，辐射安全许可证（证书编号：苏环辐证[00225]）见附件3。

本项目建设地点位于太仓市常胜南路58号，医院东侧为四通南路，南侧为新区足球公园和太仓消防大队，西侧隔绿化区域为常胜南路，北侧为上海东路。本项目50m范围内无学校、居民区等环境敏感目标，项目地理位置示意图见附图1，项目周边关系图见附图2。

本次验收，太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目放射源、非密封放射性物质及射线装置使用情况见表2-1，项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-1 新增PET/CT诊断项目放射源、非密封放射性物质及射线装置使用情况

放射源					
放射源名称	活动种类	类别	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数		工作场所名称
⁶⁸ Ge	使用	V类	9.25E+07×1		门急诊医技楼地下一层核医学科PET/CT工作场所
⁶⁸ Ge	使用	V类	4.60E+07×2		门急诊医技楼地下一层核医学科PET/CT工作场所
非密封放射性物质					
核素名称	活动种类	场所等级	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	工作场所名称
¹⁸ F	使用	乙级	7.40E+06	1.85E+12	门急诊医技楼地下一层核医学科PET/CT工作场所
射线装置					
名称	活动种类	类别	规格型号	技术参数	工作场所名称
PET/CT	使用	III类	Biograph Vision 450型	最大管电压为140kV 最大管电流为666mA	门急诊医技楼地下一层核医学科PET/CT工作场所

截止验收监测时，太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目已建设完成，相关配套设施与防护设施同步建成，具备竣工环境保护验收条件。太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目建设内容在环评及其批复范围内，其中PET/CT的最大管电流由600mA变动为666mA，⁶⁸Ge放射源由1枚5.50E+07Bq、2枚3.50E+06Bq变动为1枚9.25E+07Bq、2枚4.60E+07Bq，仍为V类源，不属于重大变动情况。

本次验收项目投资总概算为 1000 万元、辐射安全与防护设施投资总概算为 150 万元，实际总概算为 1000 万元、辐射安全与防护设施实际总概算为 150 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 太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断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	太仓市常胜南路58号				太仓市常胜南路58号				与环评一致
周围环境	PET/CT 工作场所	东侧	人防通道和进/排风机房			人防通道和进/排风机房			与环评一致
		南侧	门急诊和医技部单元			门急诊和医技部单元			与环评一致
		西侧	ECT工作场所和管理设备服务单元			ECT工作场所和管理设备服务单元			与环评一致
		北侧	土层			土层			与环评一致
		上方	影像及超声科			影像及超声科			与环评一致
		下方	土层			土层			与环评一致
放射源									
放射源名称	环评规划情况				实际建设规模				备注
	活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	使用场所	活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	使用场所	
⁶⁸ Ge	5.50E+07×1	V	使用	核医学科	9.25E+07×1	V	使用	核医学科	不属于重大变动情况

⁶⁸ Ge	3.50E+06×2		V	使用	核医学科		4.60E+07×2		V	使用	核医学科		不属于重大变动情况
非密封放射性物质													
核素名称	环评规划情况					实际建设规模					备注		
	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			
¹⁸ F	7.40E+09	7.40E+06	1.85E+12	使用	新院区核医学科	7.40E+09	7.40E+06	1.85E+12	使用	核医学科	与环评一致		
射线装置													
装置名称	环评规划情况					实际建设规模					备注		
	型号	技术参数	数量	类别	活动种类	使用场所	型号	技术参数	数量	类别		活动种类	使用场所
PET/CT	Biograph Vision 型	最大管电压140kV 最大管电流600mA	1	III类	使用	核医学科	Biograph Vision 450型	最大管电压140kV 最大管电流666mA	1	III类	使用	核医学科PET/CT机房	不属于重大变动情况
废弃物													
名称		环评规划情况								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				
沾有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等		固体	¹⁸ F	/	约12kg	约144kg	/	存放于专用放射性废物铅桶	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				与环评一致

							与放射性废物间	0.08Bq/cm ² 、β表面污染小于0.8Bq/cm ² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理	
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	¹⁸ F	/	约9m ³	约108m ³	/	流入衰变池中	在衰变池中暂存超过30天后直接解控排放	与环评一致
含有液态放射性药物操作时挥发的微量气溶胶	气体	¹⁸ F	/	微量	微量	微量	不暂存	在手套箱中操作，经手套箱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，臭氧在常温条件下约50min可自然分解为氧气	与环评一致
废活性炭	固体	¹⁸ F	/	少量	少量	/	更换后暂存在放射性废物间	暂存时间超过30天、经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于0.08Bq/cm ² 、β表面污染小于0.8Bq/cm ² 的，作为医疗废物统一交由有资质的单位处理	与环评一致
退役放射源（校准源）	固体	⁶⁸ Ge	/	/	/	/	暂存于源库	由原生产厂家回收或由城市放射性废物库回收处置	由原生产厂家回收

源项情况：

1、辐射污染源项

由 PET/CT 诊断项目工作原理和 workflow 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¹⁸F在操作、诊断过程中产生的β射线和γ射线。以上射线会造成医务人员和公众的外照射。
- （2）放射性废气：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）放射性废水：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）放射性固体废物：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核素的医疗固体废弃物、通风管道内更换下来的废活性炭；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。

2、非辐射污染源项

（1）废气

PET/CT 在工作状态下，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，臭氧常温下约 50 分钟可自动分解为氧气，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 γ 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。

太仓市第一人民医院于门急诊医技楼地下一层核医学科 PET/CT 工作场所新建 1 座 PET/CT 机房，购置 1 台 Biograph Vision 450 型 PET/CT，使用 ^{18}F 核素用于开展核素显像诊断。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。



图 2-1 本项目 PET/CT 设备外观图

表2-3 PET/CT显像用放射性同位素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量当量率常数 (裸源) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)
^{18}F	109.8min	β^+ , EC	0.63 (+)	0.511	0.143

2、工作流程及产污环节

太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断项目所使用的 ^{18}F 放射性药物向制药公司订购获得，医院根据患者预约情况，确定当天所使用的药物剂量，提前向制药公司预订，制药公司在患者就诊前将药物送到核医学科，核医学科指定专人负责药物的接收和登记，并暂存到注射室铅手套箱内，当天用完。

患者按预约日期到达候诊大厅，在候诊大厅内接受宣讲和告知，之后再行注射前埋针，埋针后进入候诊大厅南侧的注射室。医护人员在铅手套箱内根据患者用药情况将药物装至带铅套的注射器内，经校对无误后，在注射窗口为病人注射。注射完毕后的注射器放入专用废物铅桶内。每次注射过程中近距离接触正电子药物的时间保守按 1min 估算。

PET/CT 诊断具体工作流程如下：

- ②接收患者，开具 PET/CT 诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害；
- ②医生根据病情确定使用核素的剂量；与患者预约，按需订购放射性药

物，使用机器对患者所需药物进行自动分装；

③病人先进行埋针，然后通过注射将放射性药物摄入。在药品摄入过程中存在 γ 射线污染，同时会产生放射性废水、固废(注射器、棉球、药品盒)；

④病人注射完药物后进入注射后候诊室内等待观察（一般注射放射性药物后需等待约 30min），待药物代谢至靶器官，进入 PET/CT 检查室，经医护人员摆位后，接受 PET/CT 的扫描，每次扫描约 10~20 分钟。扫描完成后，病人在留观室休息，留观一段时间后，若无其他情况，从病人专用通道离开。此过程病人带有 γ 射线。

PET/CT 诊断工作流程及产污环节分析见图 2-2。

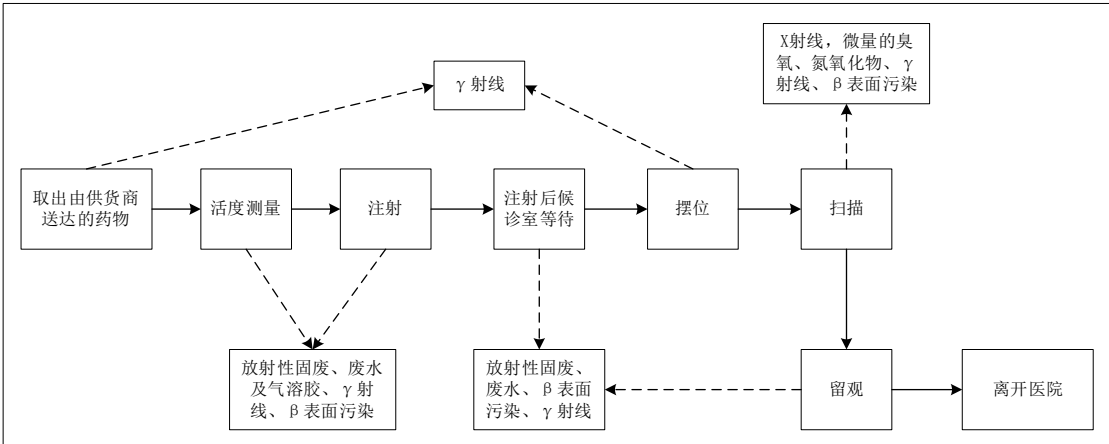


图2-2 PET/CT诊断工作流程及产污环节示意图

表 3 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 选址：本项目核医学科 PET/CT 工作场所位于门急诊医技楼地下一层，不邻接产科、儿科、食堂等部门，设有单独出、入口，且出口不设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域，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）中关于选址的规定。 布局：本项目在门急诊医技楼地下一层核医学科PET/CT工作场所配备1台PET/CT，开展PET/CT诊断项目（使用¹⁸F核素）。核医学科PET/CT工作场所包括以下主要房间： 1座PET/CT机房、控制室、注射室、注射后候诊室、留观室（抢救室）、衰变室、储源室、淋浴间、缓冲间、设备间等区域。PET/CT机房东西长9.0m，南北长6.3m（最小单边长度），面积约为56.7m²（有效使用面积）。PET/CT机房控制室与机房分开布置，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。 本项目核医学科 PET/CT 工作场所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；注射室与机房分开，注射后候诊室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 机房、储源室、衰变室、注射室、注射后候诊室、留观室（抢救室）、衰变池等，监督区包括：控制室、设备间、配电机房、缓冲区、淋浴间、走道等。 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PET/CT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。本项目核医学科PET/CT工作场所平面布置、两区划分见图3-1，人员、药物流动路线示意图见图3-2。



图3-1 PET/CT工作场所平面布置及分区示意图

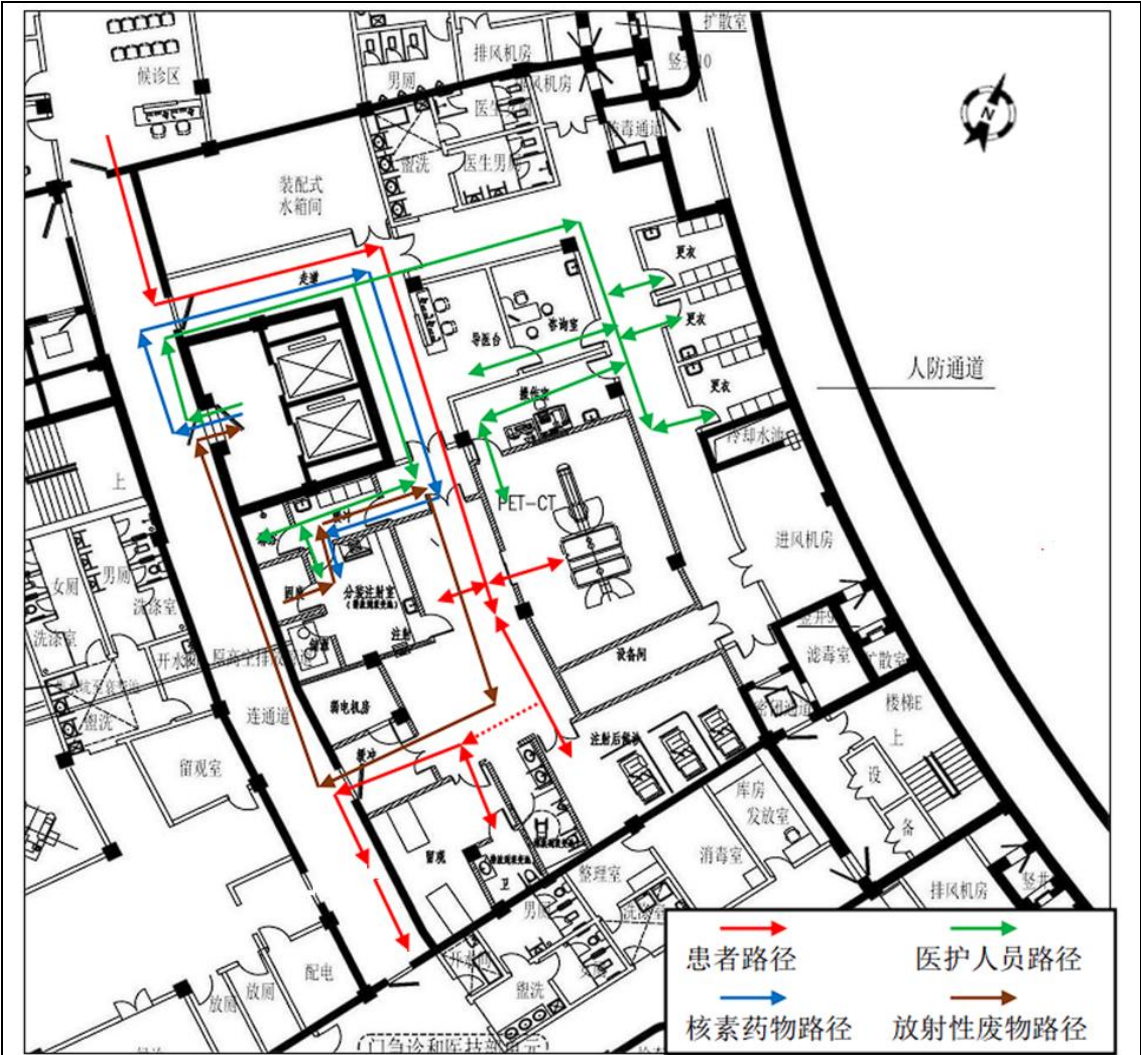


图3-2 PET/CT工作场所布局及人员、药物进出路线示意图

2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目工作场所屏蔽设施建设情况见表3-1。

表3-1 新增PET/CT诊断项目工作场所屏蔽防护设计及落实情况一览表

屏蔽位置			环评要求防护设计	落实情况	备注
PET/CT 工作场所	PET/CT 机房	四周墙体	20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	已落实
		顶部	40cm混凝土 +1mmPb铅板	40cm混凝土 +1mmPb铅板	已落实
		防护门	8mmPb铅板	8mmPb铅板	已落实
		观察窗	8mmPb铅玻璃	8mmPb铅玻璃	已落实

	注射室	四周墙体		20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	已落实
		顶部		40cm混凝土 +1mmPb铅板	40cm混凝土 +1mmPb铅板	已落实
		防护门		8mmPb铅板	8mmPb铅板	已落实
		注射窗		40mmPb铅玻璃	40mmPb铅玻璃	已落实
		手套箱	前后	50mmPb	50mmPb	已落实
			两侧	30mmPb	30mmPb	
	注射后 候诊室	四周墙体		20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	已落实
		顶部		40cm混凝土 +1mmPb铅板	40cm混凝土 +1mmPb铅板	已落实
		防护门		8mmPb铅板	8mmPb铅板	已落实
	注射后病人 专用卫生间	四周墙体		20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	已落实
		顶部		40cm混凝土 +1mmPb铅板	40cm混凝土 +1mmPb铅板	已落实
		防护门		15mmPb铅板	15mmPb铅板	已落实
	留观室	四周墙体		20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	已落实
		顶部		40cm混凝土 +1mmPb铅板	40cm混凝土 +1mmPb铅板	已落实
		防护门		15mmPb铅板	15mmPb铅板	已落实
	衰变室	四周墙体		20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	已落实
		顶部		40cm混凝土 +1mmPb铅板	40cm混凝土 +1mmPb铅板	已落实
		防护门		15mmPb铅板	15mmPb铅板	已落实
	储源室	四周墙体		20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	20cm实心砖墙 +6mmPb铅板	已落实
		顶部		40cm混凝土 +1mmPb铅板	40cm混凝土 +1mmPb铅板	已落实
		防护门		15mmPb铅板	15mmPb铅板	已落实

注：表中所列屏蔽材料密度为：混凝土2.35g/cm³，铅11.3g/cm³，实心砖1.65g/cm³。

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机房防护门上方设置了工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害 灯亮勿入”的可视警示语句。PET/CT工作场所控制区入口及出口防护门上、PET/CT机房防护门上、储源室门上均设置了电离辐射警告标志和中文警示说明，手套箱、废物铅桶上均设置了电离辐射警告标识和中文警示说明，校准源储存保险箱上设置了电离辐射标志，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。工作状态指示灯和警示标识见图3-3。



控制区入口



控制区出口



PET/CT机房大门



PET/CT机房控制室门



手套箱



储源室门



保险箱



废物铅桶

图3-3 工作状态指示灯和警示标识

(2) 闭门和防夹装置

本项目PET/CT机房大门为电动推拉门，设有防夹装置及曝光时关闭机房门的管理措施；PET/CT机房控制室门为手动平开门，设有自动闭门装置；PET/CT工作场所控制区出入口防护门均设有门禁和自动闭门装置。防夹装置和自动闭门装置见图3-4。



PET/CT机房大门（防夹装置）

PET/CT机房控制室门



控制区入口



控制区出口

图3-4 防夹装置和自动闭门装置

(3) 门灯联动

本项目PET/CT机房工作状态指示灯与防护门已设置联动，门关灯亮，门开灯灭。经验证，控制室里防护门开关按钮能有效控制受检者通道防护门的开关，防护门上方的工作状态指示灯与防护门能有效联动，门灯联锁验证见图3-5。



图3-5 门灯联动

(4) 观察和对讲系统

PET/CT工作场所控制区内关键位置共设置了7个监控摄像头，其中PET/CT控制室1个，PET/CT机房1个，受检者通道1个，注射后候诊室1个，留观室1个，衰变室1个，储源室1个，监控终端显示器位于PET/CT控制室，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。

PET/CT机房与控制室的墙体上设置了观察窗，在诊断过程中医务人员可以及时观察患者情况和与患者交流，保证诊断质量和防止意外情况的发生，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关要求。

PET/CT工作场所控制区内PET/CT机房、注射室、注射后候诊室、注射后病人专用卫生间、留观室、留观室卫生间、受检者通道均与PET/CT控制室设置了双向语音对讲装置，均能够有效进行沟通。观察装置见图3-6，对讲系统见图3-7。



PET/CT观察窗

PET/CT控制室



PET/CT机房



受检者通道



注射后候诊室



留观室



衰变室



储源室



监控终端显示

图3-6 观察装置



PET/CT控制室



PET/CT机房



注射室



注射后候诊室



图3-7 对讲系统

(5) 急停按钮

本项目PET/CT机房控制室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。经验证检查，按下控制室操作台上的急停开关，设备即可停止出束。急停装置见图3-8。

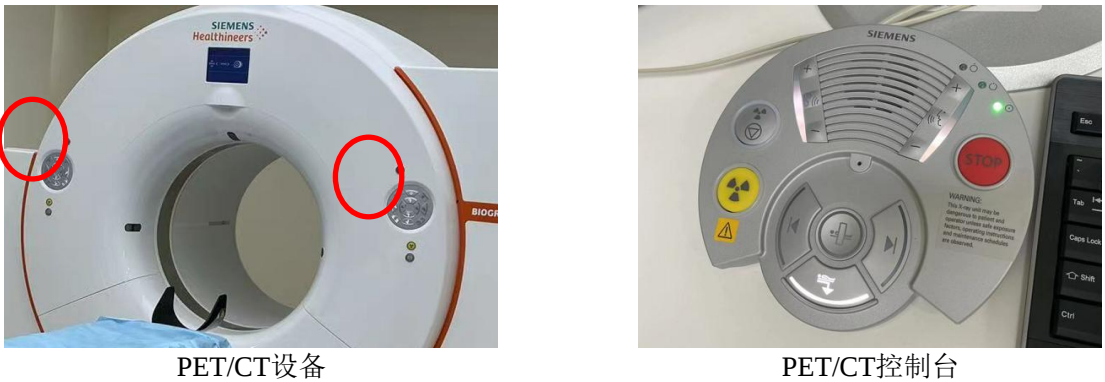


图3-8 急停装置

(6) 人员监护

医院为本项目配备6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，培训考核证明见附件5，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 本项目配备的辐射工作人员名单

姓 名	性别	学历	工种	培训合格证书编号	工作场所	备注
曾小明	男	本科	核医学医师	FS21JS0300178	核医学科	/
段晓敏	女	研究生	核医学医师	FS21JS0300111	核医学科	/
陈佳琦	女	研究生	核医学医师	FS21JS0300174	核医学科	/
王海玲	女	专科	核医学护士	FS21JS0300169	核医学科	/
金小云	女	本科	核医学护士	FS24JS0300069	核医学科	/
徐轶	男	本科	核医学技师	FS24JS0300068	核医学科	/

医院配备有固定式剂量报警仪1套、辐射巡测仪1台、表面污染仪1台及个人剂量报警仪4台，本项目配备的辐射监测仪器见图3-9，清单见表3-3。

医院已按照相关要求将本项目辐射巡测仪和表面污染仪送至上海市计量测试技术研究院/华东国家计量测试中心进行检定或校准，且均在有效期内。



辐射监控系统主机



辐射监控系统探测器



表面污染仪

上海市计量测试技术研究院
华东国家计量测试中心
检定证书
Verification Certificate

证书编号: 2024H21-20-5297196002
Certificate No. [Barcode]

送检单位: 太仓市第一人民医院
Appoint: 太仓市第一人民医院

计量器具名称: α、β表面污染仪
Name of Instrument: α、β表面污染仪

型号/规格: REN600A
Type/Specification: REN600A

出厂编号: 10411
Serial No.: 10411

制造单位: 上海仁日辐射防护设备有限公司
Manufacturer: 上海仁日辐射防护设备有限公司

检定依据: JJG 478-2016《α、β表面污染仪检定规程》
Verification Regulation: JJG 478-2016《α、β表面污染仪检定规程》

检定结论: 合格
Conclusion: 合格

批准人: 忻智炜
Approved by: 忻智炜

核验员: 陆小军
Checked by: 陆小军

检定员: 宋家琛
Verified by: 宋家琛

检定日期: 2024年06月12日
Date for Verification: 2024 Year 06 Month 12 Day

有效期至: 2025年06月11日
Valid until: 2025 Year 06 Month 11 Day

计量检定机构授权证书号: (国)法计(2022)01019号/01039号
Authorization Certificate No.: (国)法计(2022)01019号/01039号

地址: 上海市张衡路1500号(总部)
Address: 1500 Dongying Road, Shanghai (Headquarters)

电话: 021-50798390
Tel: 021-50798390

邮编: 201203
Post Code: 201203

网址: www.simt.com.cn
Web site: www.simt.com.cn

第1页共3页
Page 1 of 3

表面污染仪检定证书



X、γ辐射空气比释动能率仪

上海市计量测试技术研究院
华东国家计量测试中心
校准证书
Calibration Certificate

校准证书编号: 2024H21-10-5297230001
Calibration certificate series No. [Barcode]

委托者: 太仓市第一人民医院
Customer: 太仓市第一人民医院

联络信息: 江苏省苏州市太仓市常胜南路68号
Contact information: 江苏省苏州市太仓市常胜南路68号

器具名称: 环境监测用X、γ辐射空气比释动能率仪
Name of Instrument: 环境监测用X、γ辐射空气比释动能率仪

制造厂: 上海申核电子仪器有限公司
Manufacturer: 上海申核电子仪器有限公司

型号/规格: FD-3013H
Model/Specification: FD-3013H

器具编号: 6923
No. of Instrument: 6923

器具准确度: /
Instrument accuracy: /

批准人: 忻智炜
Approved by: 忻智炜

核验员: 孙训
Checked by: 孙训

校准员: 胡崇庆
Calibrated by: 胡崇庆

发布日期: 2024年06月05日
Issue Date: 2024 Year 06 Month 05 Day

地址: 上海市张衡路1500号(总部)
Address: 1500 Dongying Road, Shanghai (Headquarters)

电话: 021-38839800
Tel: 021-38839800

传真: 021-50798390
Fax: 021-50798390

邮编: 201203
Post Code: 201203

客户咨询电话: 800-820-5172
Complaints line: 800-820-5172

投诉电话: 021-50798262
Complaints line: 021-50798262

未经本院/中心批准, 部分采用本证书内容无效。
Partly using this certificate will not be admitted unless allowed by SIMT.

第1页共3页
Page 1 of 3

X、γ辐射空气比释动能率仪校准证书

图3-9 辐射监测仪器

表3-3 本项目配备的辐射监测仪器清单

仪器名称	数量	型号	性能状态	使用场所
辐射监控系统	1	GW1011	良好	主机设置在PET/CT控制室，7个探头分别设置在PET/CT控制室、注射室、缓冲间、控制区病人出口、控制区入口、导医台和候诊大厅进入PET/CT工作场所的门口处
$\alpha\beta\gamma$ 射线表面污染仪	1	REN600A	良好	PET/CT工作场所缓冲间
环境监测用X、 γ 辐射空气比释动能率仪	1	FD-3013H	良好	PET/CT工作场所缓冲间
个人剂量报警仪	4	RAD60	良好	PET/CT工作场所人员随身携带

(7) 防护用品

医院已为本项目工作人员配备放射性污染防护服等防护用品，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中的相关要求。PET/CT工作场所同时配备有铅转运盒、铅桶、铅保险箱等相关防护用品。

表3-4 本项目配备的防护用品清单

防护用品	数量	防护参数 (mmPb)	使用场所	备注
放射性污染防护服	按需购买	/	PET/CT工作场所	医生用
铅橡胶衣	3	0.5	PET/CT工作场所	医生用
铅橡胶围脖	3	0.5	PET/CT工作场所	医生用
铅橡胶围裙	3	0.5	PET/CT工作场所	医生用
转运盒	1	30	注射室	/
转运盒	1	10	注射室	/
铅桶	3	20	注射室、注射后候诊室 和衰变室	/
保险箱	1	20	储源室	/



个人防护用品



保险箱



转运盒



铅桶

图3-10 防护用品

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分装、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 PET/CT 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，从低活度区向高活度区排放出去，不经过非放射区域（医生办公室等），能够遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向，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，符合《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中对通风的要求。注射室内配置有通风橱，本项目药物分装、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，排风口安装了活性炭过滤装置，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。



PET/CT机房



受检者过道





图3-11 PET/CT工作场所排风口

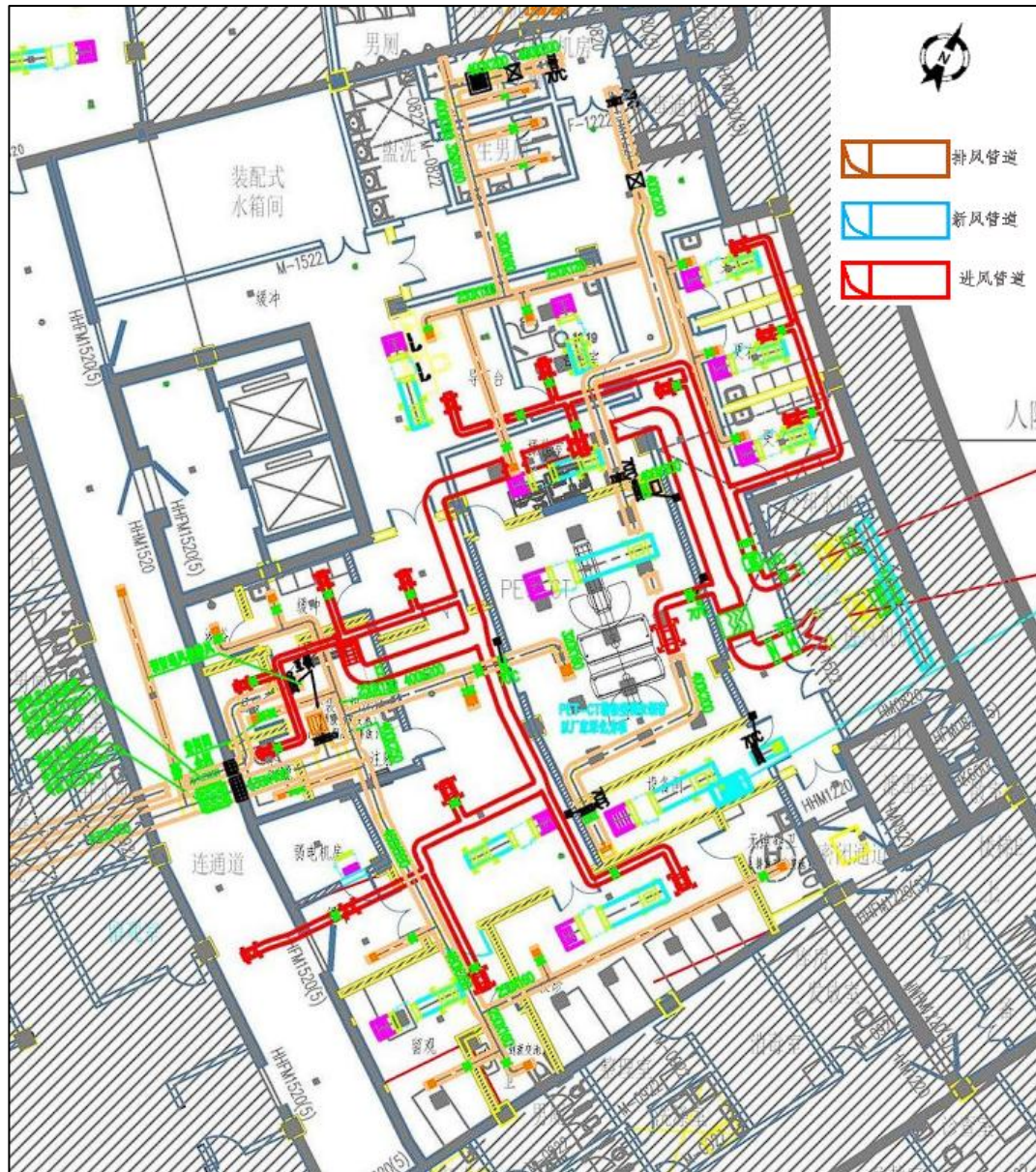


图3-12 PET/CT工作场所排风管路示意图

PET/CT 工作场所注射室内通风橱左侧操作口的风速为 1.20m/s，右侧操作口的风速为 1.28m/s，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“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 0.5m/s”的要求。

微量放射性气溶胶经活性炭过滤后由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。

②放射性固体废物

^{68}Ge 放射源退役后交由原生产厂家回收处置。

本项目 PET/CT 工作场所放射性药物的操作会产生少量受放射性污染的固体废物，如注射器、一次性手套、棉签、滤纸、一次性口杯、活性炭等带有微量放射性同位素的医疗固体废弃物。医院在注射室、注射后候诊室设有放射性废物桶，注射过程中产生的放射性固废暂存在放射性废物桶内，当天产生的放射性固体废物下班后集中存放在衰变室内，含 ^{18}F 核素的放射性固体废物暂存超过 30 天经检测合格后，作为医疗废物统一处理。满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的相关要求。建议医院在衰变室内设置货架及专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物分开存放，容器表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

③放射性废水

本项目PET/CT工作场所产生的放射性废水包括：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，主要包含的放射性核素为 ^{18}F 。

PET/CT工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至核医学科SPECT/CT工作场所南侧衰变池室的衰变池内。核医学科的衰变池系统由3个金属水池式的衰变池组成，单个衰变池有效容积均为 30.6m^3 ，总容积为 91.8m^3 （即为91800L）。每个衰变池采用6mm厚304不锈钢板焊接，衰变池房屋墙体为20cm实心砖墙，顶部为40cm混凝土，防护门采用10mm厚铅板。核医学科工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至现有衰变池系统内，核医学科内大部分下水管道位于建筑体内，对于少部分外露管道采用铅皮进行包裹，避免含放射性废水流动时造成管道穿行区域的辐射泄漏。其工作流程为：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自动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，自动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，此时在满足主管部门排放要求后，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。衰变池平面和剖面结构见图3-13，衰变池管道布设及废水流向见图3-14，放射性废水衰变间现场照片见图3-15。

医院核医学科工作场所中，本次新增PET/CT诊断项目和现有SPECT/CT诊断项目日接诊量最大均为20人次，放射性废水产生量按10L/人次计算，PET/CT工作场所每天的清洗废水均约为100L，则本次新增PET/CT诊断项目后，医院核医学工作场所每日放射性废水排放量为600L/d（10L/人×（20人/d+20人/d）+100L/d+100L/d）。

根据放射性废水衰变系统工作原理，放射性废水可在该衰变系统内衰变时间为153d（91800L/600 L/d），而使用的¹⁸F、^{99m}Tc两种核素中，较长寿命核素^{99m}Tc的半衰期为6.02h，故本项目衰变系统能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“所含核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放”的要求。

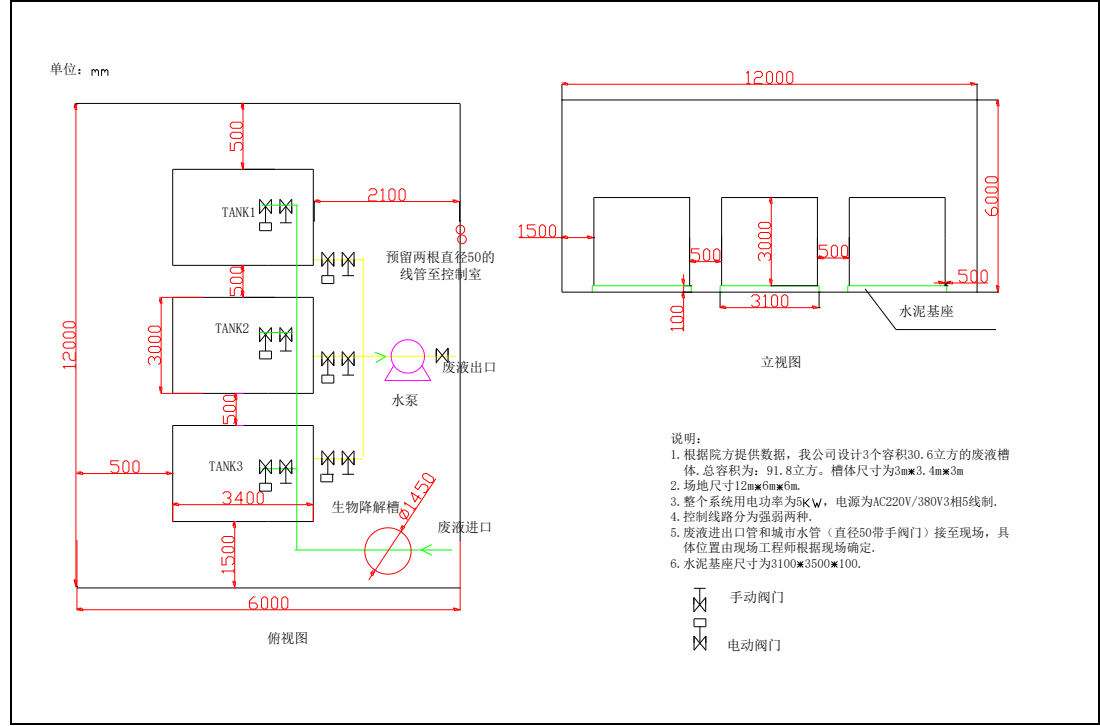


图3-13 衰变池结构示意图



图3-14 衰变池管道及放射性废水流向图



图3-15 核医学科衰变间

(2) 非放射性“三废”

① 废气

本项目PET/CT机房内空气在X射线、 γ 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物，通过通风系统排至室外，排风口设置于机房吊顶上，臭氧常温下约50分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

② 固体废物

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，对周围环境影响较小。

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，对周围环境影响较小。

本项目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。

5、辐射安全管理制度

医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，以文件形式明确了管理人员职责，并根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、环评及批复中的要求，针对所开展的核技术利用项目制定了辐射安全管理规章制度（见附件4），清单如下：

- 1) 《关于调整医院辐射安全与环境保护及放射卫生管理领导小组的通知》
- 2) 《放射安全事件应急预案》
- 3) 《核医学科放射性废物处理制度》
- 4) 《核医学科放射性同位素安全防护管理制度》
- 5) 《核医学科工作人员辐射卫生防护制度》
- 6) 《放射性污染的紧急处理及报告制度》
- 7) 《个人剂量与放射（辐射）安全检测制度》
- 8) 《Biograph Vision PET/CT操作规程》

以上规章制度能够满足医院辐射安全管理需要，所制定的辐射事故应急处

理制度能够满足放射应急管理需要，符合《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》、环评及批复中的要求。

表3-5 太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断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	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。		/	已成立辐射安全与环境保护管理机构，见附件4。	已落实
辐射安全和防护措施	防护措施	屏蔽措施：核医学科工作场所四侧墙体采用实心砖+铅板进行辐射防护，顶部采用混凝土+铅板进行辐射防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行辐射防护。	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，严格执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关规定。	屏蔽措施：PET/CT工作场所四侧墙体采用实心砖+铅板进行辐射防护，顶部采用混凝土+铅板进行辐射防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行辐射防护。	已落实
	安全措施	PET/CT 工作场所控制区入口处（包括PET/CT 机房、分装注射室、放射性废物间、注射后候诊室、留观室、抢救室等）、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，核医学科控制区出入口设置单向门禁系统。	定期检查辐射工作场所门机联锁装置、工作指示灯、辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。	PET/CT工作场所控制区入口处、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，核医学科控制区出入口设置单向门禁系统。 医院定期检查辐射工作场所工作指示灯、辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。	
	放射性“三废”处理措施： 本项目核素操作均在手套箱中进行，手套箱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于0.5m/s，排放口高于本建筑屋脊），管道内及		废旧放射源应当交回生产单位或者返回原出口方确实无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交具	放射性“三废”处理措施： 本项目核素操作均在手套箱中进行，手套箱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于0.5m/s，排放口高于本建筑屋脊），管道内及外排放口处设置	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	外排放口处设置活性炭过滤吸附装置，符合非密封放射性物质工作场所相关要求。 本项目产生的放射性废水由专用下水管道统一集中到门急诊医技楼地下一层核医学科南侧的衰变池中，暂存30天后可直接解控排放至医院污水处理系统作为医疗废水处理。衰变系统采用串联衰变池，包含3个衰变池，单个衰变池有效容积约30.6m³，总有效容积约91.8m³。 本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，在放射性废物间内自然衰变30天后，作为医疗废物进行处理；本项目产生的废 ⁶⁸ Ge校准源交由原生产厂家回收或由省城市放射性废物库回收处置。符合辐射环境保护管理要求。	备相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存。	活性炭过滤吸附装置。 本项目产生的放射性废水由专用下水管道统一集中到门急诊医技楼地下一层核医学科南侧的衰变池中，暂存30天后可直接解控排放至医院污水处理系统作为医疗废水处理。 本项目产生的放射性固体废物集中到衰变室中的铅桶中暂存，在放射性废物间内自然衰变30天后，作为医疗废物进行处理；本项目产生的废弃 ⁶⁸ Ge校准源交由原生产厂家回收。	
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。	本项目共配备有6名辐射工作人员，均已取得辐射安全与防护知识考核合格证书，详见附件5。	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。		医院已委托江苏卓然辐射检测技术有限公司对辐射工作人员进行个人剂量监测，检测报告见附件6。	
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		医院已组织辐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5。	
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪1台。	配备必要的个人防护用品。	本项目现已配备固定式剂量报警仪1套、辐射巡测仪1台、表面污染仪1台及个人剂量报警仪4台，辐射工	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	已配备表面沾污仪1台。		作人员工作时随身携带个人剂量报警仪，医院定期对项目周围辐射水平进行检测并记录。 PET/CT工作场所配备1个手套箱，放射性核素操作人员及摆位工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品。	
	已配备个人剂量报警仪6台。			
	PET/CT工作场所配备1个手套箱，放射性核素操作人员及摆位工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品。			
辐射监测	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。	配备环境辐射剂量巡测仪，定期对辐射工作场所周围进行巡测。每年请有资质的单位对项目周边辐射环境监测 1~2 次。	本项目现已配备辐射巡测仪1台，定期对辐射工作场所周围进行巡测。 每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测。 已制定以下管理制度：《放射安全事件应急预案》、《核医学科放射性废物处理制度》、《核医学科放射性同位素安全防护管理制度》、《核医学科工作人员辐射卫生防护制度》、《放射性污染的紧急处理及报告制度》、《个人剂量与放射（辐射）安全检测制度》、《Biograph Vision PET/CT操作规程》。	已落实

表 4 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 一、项目概况 太仓市第一人民医院位于太仓市常胜南路 58 号。为了适应医院发展要求，服务患者，太仓市第一人民医院拟在门急诊医技楼地下一层现有核医学工作场所东部ECT区域改建成PET/CT工作场所，并在PET/CT机房配置1台PET/CT（型号：Biograph Vision型，最大管电压140kV，最大管电流600mA），属III类射线装置。本项目拟使用放射性核素¹⁸F配合PET/CT开展核素显像诊断，PET/CT质量控制校正时拟使用3枚⁶⁸Ge放射源，属V类放射源。 本项目PET/CT工作场所拟建成后医院核医学科仍为乙级非密封放射性物质工作场所。本项目利用医院核医学科现有衰变池对放射性污水进行处置。 二、项目建设的必要性及产业政策符合性 本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射诊断服务，并可提高当地医疗卫生水平。对照《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订），不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家现行的产业政策。 三、实践正当性 本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经落实辐射防护屏蔽设计和安全管理措施后，本项目的建设和运行对受照个人和社会公众所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。 四、选址合理性 太仓市第一人民医院位于太仓市常胜南路58号，医院东侧为四通南路，南侧为新区足球公园和太仓消防大队，西侧隔绿化区域为常胜南路，北侧为上海东路。 本次新增PET/CT工作场所位于医院门急诊医技楼地下一层，门急诊医技楼东侧为行政楼和院区绿化，南侧和西侧为院内道路和停车场，北侧为院内
--

道路和住院楼。

本项目PET/CT工作场所东侧为人防通道和进/排风机房等，南侧为门急诊和医技部单元，西侧为ECT工作场所和管理设备服务单元，北侧为土层，上方为影像及超声科，下方为土层。本项目衰变池位于医院核医学科南侧位置。

本项目PET/CT工作场所周围50m评价范围均位于医院内，内无学校、居民区等环境敏感点。项目运行后的环境保护目标主要为核医学辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患及其他公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域；根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

本项目核医学科工作场所划分了控制区及监督区，其中核医学科工作场所控制区和监督区内患者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，核医学科工作场所控制区内设置有患者专用卫生间，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，布局合理。

五、辐射环境现状评价

太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目拟建址及其周围环境室内 γ 辐射剂量率在55nGy/h~68nGy/h之间，位于江苏省环境天然 γ 辐射水平涨落区间，属江苏省环境天然 γ 辐射本底水平；太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目拟建址及其周围环境 β 表面污染水平均小于0.03Bq/cm²。

六、环境影响评价

根据预测估算结果，太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面的周围剂量当量率小于2.5 μ Sv/h，满足《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) 中的要求。项目投入运行后对辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《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年有效剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求(职业人员年有效剂量不超过5mSv, 公众年有效剂量不超过0.1mSv)。

七、“三废”的处理处置

核医学科核素操作均在手套箱中进行, 手套箱内保持负压且设有排风系统(通风速率不少于0.5m/s, 排放口高于本建筑屋脊), 管道内及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; 来自PET/CT工作场所的注射室、给药后患者专用卫生间等高活区的放射性废水, 含有¹⁸F放射性核素, 由独立下水管道统一集中到放疗核医学楼南侧衰变池房间的现有衰变池中, 衰变30天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; 核医学科产生的放射性固体废物集中到放射性废物间中的放射性废物桶中暂存, 在放射性废物间内自然衰变30天后, 作为医疗废物进行处理; PET/CT使用的⁶⁸Ge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。符合辐射环境保护管理要求。

PET/CT机房内的空气在X射线、γ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, 臭氧常温下约50min可自行分解为氧气, 对周围环境影响较小; 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; 工作人员和病人产生的生活垃圾, 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。

八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目, 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021), 确定核医学科工作场所仍为乙级非密封放射性物质工作场所。

核医学科PET/CT机房扫描时产生的X射线;¹⁸F放射性核素在取药、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。本项目PET/CT工作场所控制区出入口拟设置“当心电离辐射”警告标志; PET/CT机房入口处拟设置“当心电离辐射”警示标识和工作状态灯。PET/CT机房设置有门机联锁装置, 机房内外均设置有急停按钮, PET/CT工作场所控制区出入口设置单向门禁系统, 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

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的安全管理要求。

九、辐射安全管理评价

太仓市第一人民医院已设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院拟制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《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》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

太仓市第一人民医院已为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。太仓市第一人民医院已为核医学配备辐射巡测仪1台、表面沾污仪1台及个人剂量报警仪共6台。此外，医院应根据相关标准要求，为核医学诊断项目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，太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断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、根据防护与安全的最优化原则，进一步优化完善辐射工作场所屏蔽措施。
- 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

江苏省生态环境厅

苏环辐(表)审〔2024〕2号

省生态环境厅关于太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断项目环境影响报告表的批复

太仓市第一人民医院：

你单位报送的《太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断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。项目地点位于苏州市太仓市常胜南路 58 号。项目内容：将医院门急诊医技楼地下一层核医学科东部 ECT 区域机房改建为 PET/CT 机房，配备 1 台 PET/CT (最大管电压 140kV、最大管电流 600mA，属 III 类射线装置)，使用 ^{18}F 核素，用于显像诊断；日等效最大操作量为 $8.066\times 10^7\text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所。使用 3 枚 ^{68}Ge 放射源 (1 枚最大活度为 $5.50\times 10^7\text{Bq}$ 、2 枚最大活度为 $3.50\times 10^6\text{Bq}$ ，均属 V 类放射源) 用于质控校正。详见《报告表》。

二、在工程设计、建设和运行中要认真落实《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，严格执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等相关规定。

(二) 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；放射源及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）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。本项目确定的辐射工作人员职业照射剂量约束值取 5mSv/a ；公众成员剂量约束值取 0.1mSv/a 。

（四）定期检查辐射工作场所联锁装置、工作指示灯、辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。

（五）配备环境辐射剂量检测仪，定期对辐射工作场所进行巡测。每年请有资质的单位对项目周边辐射环境监测1~2次。

（六）废旧放射源应当交回生产单位或者返回原出口方，确实无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交具备相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存。

三、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。你单位应在收到本批复后20个工作日内，将批准后的环境影响报告表送苏州市生态环境局，并接受其监督检查。

四、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。

江苏省生态环境厅
2024年1月17日

抄送：省核管中心，苏州市生态环境局，南京瑞森辐射技术有限公司。

表 5 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（221020340350），见附件 9。

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。

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 5-1。

表5-1 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-044	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2023-0181514 检定有效期限：2023.11.17~2024.11.16
2	α、β表面污染测量仪	CoMo 170	NJRS-129	测量范围：β/γ 0cps~20000cps 检定证书编号：Y2024-0027030 检定有效期限：2024.03.28~2025.03.27
3	风速仪	F30J	NJRS-156	检定证书编号：H2023-0196067 检定有效期限：2023.12.28~2024.12.27
4	X-γ 剂量率仪	AT1123	NJRS-562	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2024-0051638 检定有效期限：2024.5.29~2025.5.28

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检验检测机构资质认证（证书编号：221020340350，检测资质见附件9），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）等要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：

(1) 将辐射剂量仪（型号：AT 1123）开机预热，手持仪器，一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为1m。仪器读数稳定后，读取数据，读取间隔不小于10s。

(2) β 表面污染水平：将表面污染仪（型号：CoMo 170）开机预热，手持仪器，将设备探测窗贴近被检测区域表面但不接触，缓慢移动设备，设备显示最大值且稳定后读取数据，读取间隔不小于2s；

(3) 通风风速：将风速仪探头放在PET/CT工作场所通风橱左、右通风口处测量风速，保持探头稳定，待仪器示数稳定后读取数据。

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 6 验收监测内容

验收监测内容:

1、监测期间项目工况

2024年6月5日、6月6日、8月20日、2025年1月16日，南京瑞森辐射技术有限公司对太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断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

射线装置			
设备名称	设备型号	设备参数	检测工况
正电子发射及 X 射线计算机断层成像系统	Biograph Vision 450	140kV/666mA	120kV/300mAs
非密封放射性物质工作场所			
场所名称	检测工况		
PET/CT 工作场所	1.PET/CT 机房内、候诊室内、留观室内、卫生间内、患者过道内、注射台上均放置 3.52E+08Bq（9.5mCi）的 ¹⁸ F 药物； 2.通风橱内放置 3.07E+09Bq（83mCi）的 ¹⁸ F 药物。		
放射源工作场所			
场所名称	检测工况		
PET/CT 工作场所	贮源保险箱内放置 1 枚 9.25E+07Bq、2 枚 4.60E+07Bq ⁶⁸ Ge 放射源		

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PET/CT工作场所X-γ周围剂量当量率、β表面污染水平及通风橱风速。

3、监测点位

对PET/CT工作场所周围环境布设监测点（监测点位的选择参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录J），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-γ辐射剂量率和工作场所β放射性表面污染水平及通风橱风速。

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）、《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）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《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）的标准要求进行监测、分析。

表 7 验收监测

验收监测期间生产工况记录:

被检单位：太仓市第一人民医院

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2024年6月5日、6月6日、8月20日，2025年1月6日

天气: 2024年6月5日: 多云 温度: 21°C 湿度: 68%RH

2024年6月6日： 阴 温度：19℃ 湿度：95%RH

2024年8月20日：晴 温度：24℃ 湿度：68%RH

2025年1月6日： 晴 温度：18℃ 湿度：63%RH

监测项目：X-γ周围剂量当量率，β表面污染水平，通风口风速

验收监测期间运行工况见表6-1。

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 8。

本项目 PET/CT 工作场所周围 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 7-1，监测点位见图 7-1。

表 7-1 PET/CT 工作场所周围 X- γ 辐射剂量率检测结果

测点 编号	点位描述	测量结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	PET/CT机房观察窗外30cm处（左缝）	0.18	^{18}F 药物在PET/CT 诊断床上； CT扫描条件： 120kV/300mAs
2	PET/CT机房观察窗外30cm处（中间）	0.18	
3	PET/CT机房观察窗外30cm处（右缝）	0.19	
4	PET/CT操作位	0.15	
5	PET/CT机房北墙外30cm处	0.21	
6	PET/CT机房北门外30cm处（左缝）	0.34	

7	PET/CT机房北门外30cm处（中间）	0.28	
8	PET/CT机房北门外30cm处（右缝）	0.31	
9	PET/CT机房北门外30cm处（上缝）	0.28	
10	PET/CT机房北门外30cm处（下缝）	0.31	
11	PET/CT机房东墙外30cm处	0.21	
12	PET/CT机房东墙外30cm处	0.21	
13	PET/CT机房南墙外30cm处（候诊室）	0.16	
14	PET/CT机房南墙外30cm处（候诊室）	0.16	
15	PET/CT机房西墙外30cm处	0.21	
16	PET/CT机房西墙外30cm处	0.22	
17	PET/CT机房西门外30cm处（左缝）	0.16	
18	PET/CT机房西门外30cm处（中间）	0.15	
19	PET/CT机房西门外30cm处（右缝）	1.87	
20	PET/CT机房西门外30cm处（上缝）	0.21	
21	PET/CT机房西门外30cm处（下缝）	0.24	
22	PET/CT机房楼上距地面30cm处	0.12	
23	PET/CT机房楼上距地面30cm处	0.12	
24	PET候诊室北门外30cm处（左缝）	1.75	¹⁸ F药物在 PET候诊室内
25	PET候诊室北门外30cm处（中间）	1.58	
26	PET候诊室北门外30cm处（右缝）	1.59	
27	PET候诊室北门外30cm处（上缝）	1.58	
28	PET候诊室北门外30cm处（下缝）	1.47	
29	PET候诊室西墙外30cm处	1.65	
30	PET候诊室西墙外30cm处（患者卫生间）	1.39	

31	PET候诊室南墙外30cm处	0.22	
32	PET候诊室东墙外30cm处	0.22	
33	患者卫生间北门外30cm处	1.59	¹⁸ F药物在 患者卫生间内
34	患者卫生间南墙外30cm处	0.24	
35	PET留观室北门外30cm处（左缝）	0.83	¹⁸ F药物在 PET留观室内
36	PET留观室北门外30cm处（中间）	0.78	
37	PET留观室北门外30cm处（右缝）	1.35	
38	PET留观室北门外30cm处（上缝）	0.78	
39	PET留观室北门外30cm处（下缝）	0.78	
40	PET留观室东墙外30cm处	1.81	
41	PET留观室东墙外30cm处（患者卫生间）	1.59	
42	PET留观室北墙外30cm处	0.23	
43	PET留观室西墙外30cm处	0.20	
44	PET留观室南墙外30cm处	0.23	
45	PET留观室楼上距地面30cm处	0.17	
46	PET候诊室楼上距地面30cm处	0.18	¹⁸ F药物在 PET候诊室内
47	患者卫生间楼上距地面30cm处	0.17	¹⁸ F药物在 患者卫生间内
48	PET通风橱左操作口表面外5cm处	0.44	¹⁸ F药物在 PET通风橱内
49	PET通风橱右操作口表面外5cm处	0.54	
50	PET通风橱观察窗表面外5cm处	0.96	
51	PET通风橱南侧表面外5cm处	0.42	
52	PET通风橱西侧表面外5cm处	1.51	
53	PET通风橱东侧表面外5cm处	1.77	
54	PET通风橱北侧表面外30cm处（缓冲区）	0.16	

55	PET注射台左操作口表面外5cm处	2.30	¹⁸ F药物在 PET注射台上
56	PET注射台右操作口表面外5cm处	2.28	
57	PET注射台观察窗表面外5cm处	1.29	
58	PET注射台北侧表面外5cm处	2.12	
59	患者检查入口大门外30cm处（左缝）	0.62	¹⁸ F药物在 患者过道内
60	患者检查入口大门外30cm处（中间）	0.63	
61	患者检查入口大门外30cm处（右缝）	0.69	
62	患者检查入口大门外30cm处（下缝）	0.58	
63	患者检查出口大门外30cm处（左缝）	0.55	
64	患者检查出口大门外30cm处（中间）	0.50	
65	患者检查出口大门外30cm处（右缝）	0.46	
66	患者检查出口大门外30cm处（下缝）	0.44	
67	PET/CT候诊室北门外	0.12	无辐射源照射
68	PET/CT机房西门外	0.12	
69	患者卫生间北门外	0.12	
70	高活室东门外	0.12	
71	PET/CT留观室北门外	0.12	
72	护士站	0.11	

注：1、PET/CT 机房内、注射台上均放置 3.52E+08Bq（9.5mCi）的 ¹⁸F 药物；通风橱内放置 3.07E+09Bq（83mCi）的 ¹⁸F 药物；

2、测量结果未扣除本底值。

由表 7-1 检测结果可知，本项目 PET/CT 工作场所的 X-γ 辐射剂量当量率符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/h”的标准要求。

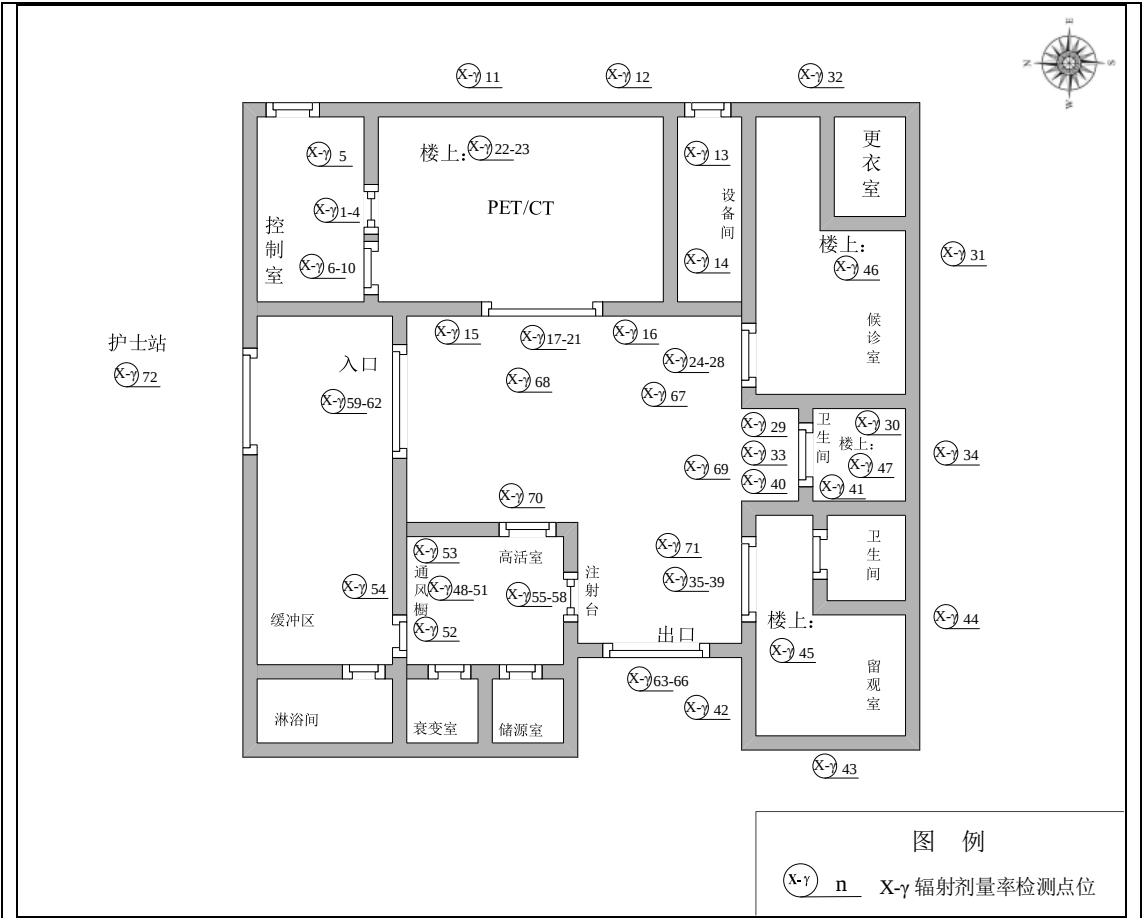


图7-1 PET/CT工作场所周围X-γ辐射剂量率监测布点图

本项目 PET/CT 工作场所 β 放射性表面污染水平监测结果见表 7-2，监测点位见图 7-2。

表 7-2 PET/CT 工作场所 β 放射性表面污染水平检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果（Bq/cm ² ）	备注
1	PET/CT机房地面	<0.07	/
2	PET/CT诊断床表面	<0.07	/
3	PET/CT控制室地面	<0.07	/
4	PET/CT操作台表面	<0.07	/
5	患者过道地面	<0.07	/
6	患者过道地面	<0.07	/
7	PET候诊室地面	<0.07	/
8	PET候诊室座位表面	<0.07	/

9	患者卫生间地面	<0.07	/
10	PET留观室地面	<0.07	/
11	PET留观室座位表面	<0.07	/
12	高活室地面	<0.07	/
13	PET通风橱表面	<0.07	/
14	注射台表面	<0.07	/
15	淋浴间地面	<0.07	/
16	缓冲区地面	<0.07	/

注：放射性表面污染水平探测下限（LLD）为 0.07Bq/cm²。

由表 7-2 检测结果可知，本项目 PET/CT 工作场所 β 放射性表面污染水平 β 放射性表面污染水平小于仪器 β 放射性污染水平探测下限值（0.07Bq/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）的标准要求

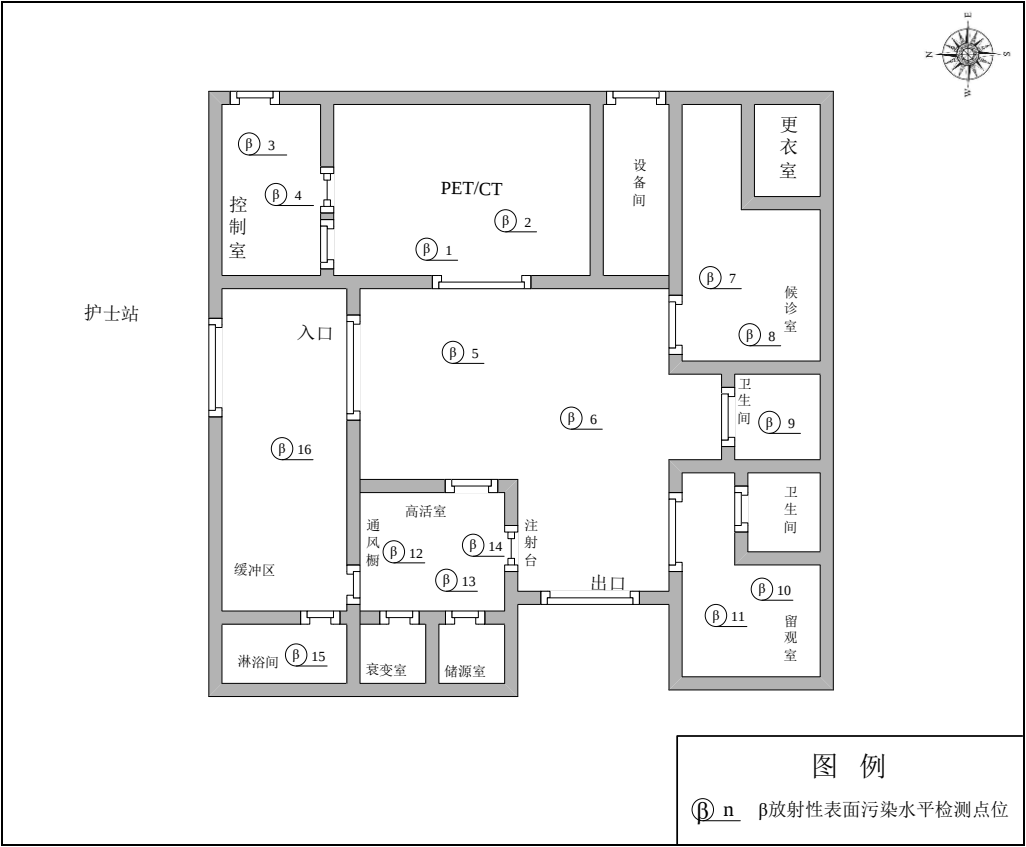


图7-2 PET/CT工作场所β放射性表面污染水平监测布点图

本项目 ^{68}Ge 放射源贮源保险箱周围 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 7-3，监测点位见图 7-3。

表 7-3 ^{68}Ge 放射源贮源保险箱周围 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 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	东侧距贮源保险箱表面5cm处	1.5	20mmPb 贮源保 险箱内贮存 3 枚 ^{68}Ge 放射源
2	西侧距贮源保险箱表面5cm处	1.7	
3	北侧距贮源保险箱表面5cm处	4.2	
4	上方距贮源保险箱表面5cm处	1.5	
5	西侧距贮源保险箱表面1m处	0.58	
6	北侧距贮源保险箱表面1m处	0.55	
7	上方距贮源保险箱表面1m处	0.50	
8	储源室防护门外30cm处（右缝）	0.12	
9	储源室防护门外30cm处	0.11	
10	储源室防护门外30cm处（左缝）	0.12	
11	储源室防护门外30cm处（下缝）	0.12	
12	储源室东墙外30cm处	0.12	
13	储源室南墙外30cm处	0.11	
14	储源室西墙外30cm处	0.11	
15	储源室北墙外30cm处	0.11	

注：1、其他方向距贮源保险箱 5cm、1m 处无法到达。

由表 7-3 检测结果可知，当 20mmPb 贮源保险箱内贮存 3 枚 ^{68}Ge 放射源时，贮源保险箱及储源室周围的 X- γ 辐射剂量当量率符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”

的标准要求。

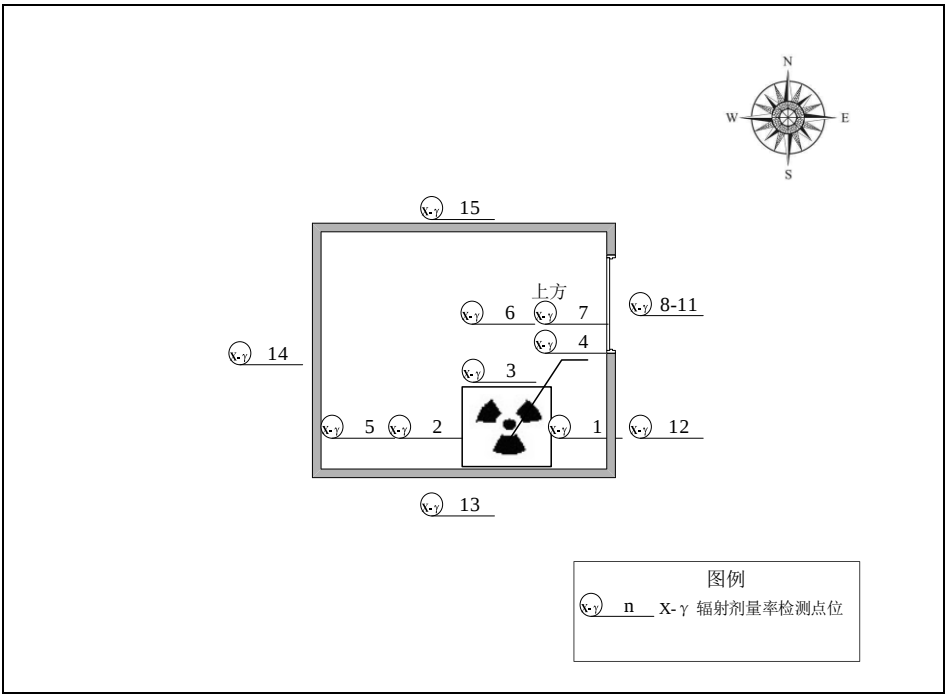


图7-3 ⁶⁸Ge放射源贮源保险箱周围X-γ辐射剂量率监测布点图

本项目 PET/CT 工作场所衰变室周围 X-γ 辐射剂量率监测结果见表 7-4，监测点位见图 7-4。

表 7-4 PET/CT 工作场所衰变室周围 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	南墙外30cm处	0.09	/
2	门外30cm处（左缝）	0.09	/
3	门外30cm处	0.09	/
4	门外30cm处（中缝）	0.09	/
5	门外30cm处（右缝）	0.09	/
6	门外30cm处（下缝）	0.09	/
7	南墙外30cm处	0.09	/
8	东墙外30cm处	0.09	/
9	东墙外30cm处	0.09	/

10	北墙外30cm处	0.09	/
11	北墙外30cm处	0.09	/
12	北墙外30cm处	0.09	/
13	西墙外30cm处	0.09	/
14	西墙外30cm处	0.10	/

注：测量结果未扣除本底值。

由表 7-4 检测结果可知，本项目 PET/CT 工作场所衰变室周围的 X、 γ 辐射剂量率为（0.09～0.10） $\mu\text{Sv/h}$ ，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的标准要求。

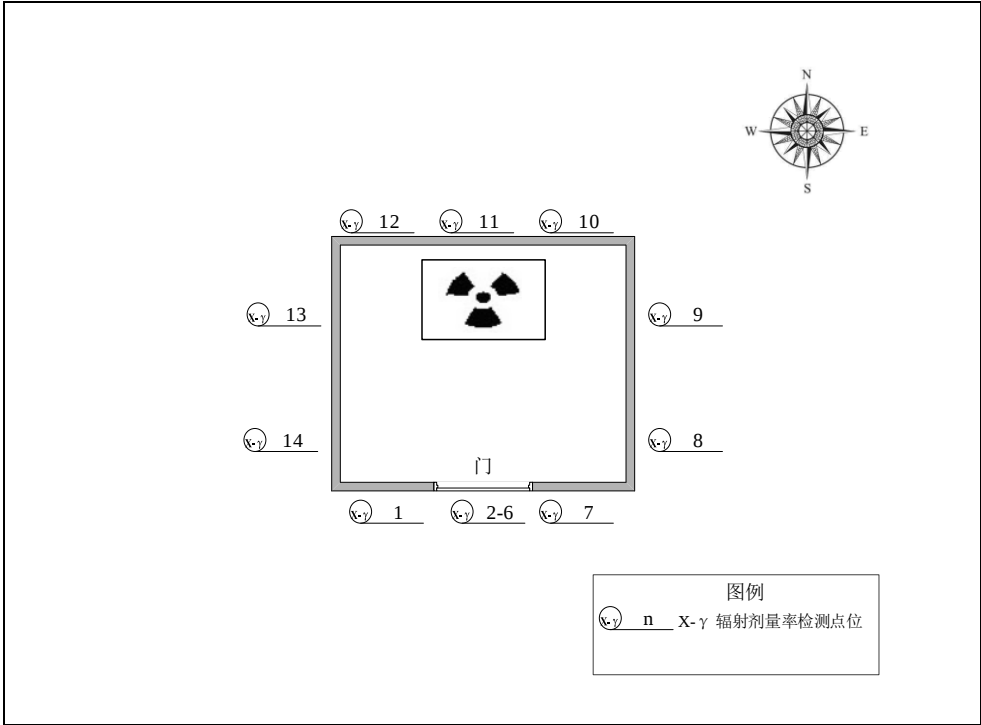


图 7-4 PET/CT 工作场所衰变室周围 X- γ 辐射剂量率监测布点图

本项目 PET/CT 工作场所通风橱风速监测结果见表 7-5。

表7-5 PET/CT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	1.20
	（右）侧操作口	1.28

由表 7-5 检测结果可知，PET/CT 工作场所通风橱操作口风速分别为 1.20

m/s 和 1.28m/s，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“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”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

目前太仓市第一人民医院为本项目配备 6 名辐射工作人员，满足本项目目前的配置要求。医院已委托江苏卓然辐射检测技术有限公司开展辐射工作人员个人剂量检测，本项目于 2024 年 6 月投入试运行，根据建设单位提供的最近 2 个周期的个人剂量检测报告（报告编号为：ZRFS-GR-2024 第 1407 号、ZRFS-GR-2024 第 1996 号，见附件 6），其辐射工作人员个人累积剂量监测结果见表 7-6。

表 7-6 辐射工作人员个人累积剂量监测结果（mSv）

姓名	岗位	工作场所	监测编号	2024年		年受照剂量* mSv	剂量约束值 mSv
				2024.5.19~ 2024.8.15	2024.8.16~ 2024.11.13		
曾小明	医师	核医学科	ZR-GR-757-004	0.036 (<MDL)	0.044 (<MDL)	0.08	2.5
段晓敏	医师	核医学科	ZR-GR-757-037	0.036 (<MDL)	0.044 (<MDL)	0.08	2.5
陈佳琦	医师	核医学科	ZR-GR-757-101	0.036 (<MDL)	0.044 (<MDL)	0.08	2.5
王海玲	护士	核医学科	ZR-GR-757-119	0.036 (<MDL)	0.044 (<MDL)	0.08	2.5
金小云	护士	核医学科	ZR-GR-757-154	0.036 (<MDL)	0.095	0.131	2.5
徐轶	技师	核医学科	ZR-GR-757-017	0.036 (<MDL)	0.044 (<MDL)	0.08	2.5

注：“<MDL”表示：该人员本周期内检测结果小于“最低可探测水平”，其受照剂量记录为 MDL 值的一半。

根据 PET/CT 工作场所现场监测结果，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，结果见表 7-7。

表 7-7 PET/CT 工作场所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 ($\mu\text{Sv/h}$)	人员性质	居留 因子	年工作 时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)
分装位		0.96	职业人员	1	取药 2min×20 次×250天	0.16	5
注射位		2.30	职业人员	1	注射 1min×20 次×250天	0.19	5
PET/CT 机房	东墙外	0.21	职业人员	1/5	检查 20min×20 次×250天	0.07	5
	南墙外	0.16	公众	1/5		0.05	0.1
	西墙外	0.22	/	1/8		0.05	/
	西侧防护 门外	1.87	/	1/8		0.39	/
	北墙外	0.21	职业人员	1		0.35	5
	北侧观察 窗外	0.19	职业人员	1		0.32	5
	北侧防护 门外	0.34	职业人员	1/8		0.07	5
	上方	0.12	公众	1/2		0.10	0.1
注射后 候诊室	东墙外	0.22	公众	1/5	休息 30min×7 次×250天	0.04	0.1
	南墙外	0.22	公众	1/5		0.04	0.1
	西墙外	1.65	/	1/5		0.29	/
	北侧防护 门外	1.75	/	1/8		0.31	/
	上方	0.18	公众	1/2		0.08	0.1
留观室	东墙外	1.81	/	1/8	休息 10min×20 次×250天	0.19	/
	南墙外	0.23	公众	1/5		0.04	0.1
	西墙外	0.20	公众	1/5		0.03	0.1
	北墙外	0.23	/	1/5		0.04	/
	北侧防护 门外	1.35	/	1/8		0.14	/
	上方	0.17	公众	1/2		0.07	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 $E_{\text{eff}} = D \cdot t \cdot T \cdot U$ 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， U 为使用因子（取值参照环评文件）。

由表 7-6 可知，根据太仓市第一人民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最近 2 个周期的个人累积剂量最大为 0.131mSv。由表 7-7 可知，根据现场实际监测结果显示，本项目致辐射工作人员有效剂量最大为 0.35mSv/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约束值。

（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 0.10mSv/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结果计算为：辐射工作人员有效剂量最大为 0.35mSv/a，周围公众年有效剂量最大为 0.10mSv/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），并低于本项目剂量约束值（职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a），同时能够满足环评文件中剂量约束值要求。

表 8 验收监测结论

验收监测结论:

太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断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) 太仓市第一人民医院在门急诊医技楼地下一层核医学科改建 PET/CT 工作场所,开展 PET/CT 诊断(配备 1 台 Biograph Vision 450 型 PET/CT(最大管电压为 140kV,最大管电流为 666mA),使用 ^{18}F 核素,日最大操作量为 $7.40\text{E}+06\text{Bq}$)项目。

本项目实际建设规模及主要技术参数与《新增 PET/CT 诊断项目环境影响报告表》及其环评批复一致,本次验收项目投资总概算为 1000 万元、辐射安全与防护设施投资总概算为 150 万元,实际总概算为 1000 万元、辐射安全与防护设施实际总概算为 150 万元。

本项目已投入运行的项目内容在环评及其批复范围内,其中 PET/CT 的最大管电流由 600mA 变动为 666mA, ^{68}Ge 放射源由 1 枚 $5.50\text{E}+07\text{Bq}$ 、2 枚 $3.50\text{E}+06\text{Bq}$ 变动为 1 枚 $9.25\text{E}+07\text{Bq}$ 、2 枚 $4.60\text{E}+07\text{Bq}$,仍为 V 类源,不属于重大变动情况。

2) 本次太仓市第一人民医院新增 PET/CT 诊断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- γ 辐射剂量率、 β 放射性表面污染水平、通风速率均能满足《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)、《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)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约束值的要求;

4) 本项目 PET/CT 机房防护门上方设置工作状态指示灯,灯箱上设置“射线有害 灯亮勿入”的可视警示语句,工作状态指示灯能与机房门有效关联,防护门闭合时工作状态指示灯亮;PET/CT 机房防护门为电动推拉门,设有防夹装置及曝光时关闭机房门的闭门装置;PET/CT 工作场所控制区出入口防护门均设有门禁和自动闭门装置;PET/CT 机房与其控制室内设置双向语音对讲装置;医

院在 PET/CT 工作场所关键位置均设置了监控装置和双向语音对讲装置，在 PET/CT 机房控制台处安装有观察窗；PET/CT 机房控制室操作台上及机房内设备上均设有急停按钮。以上辐射安全措施满足《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）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的标准要求；

5）放射性“三废”处置情况：PET/CT 工作场所设有通风橱及专用通风管道，通风管道延伸至建筑物顶部；PET/CT 工作场所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；核医学科建有衰变系统，放射性废水由独立下水管道统一汇流入衰变系统中，能够满足暂存时间超过 30 天的衰变要求，满足《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； ^{68}Ge 放射源退役后交由原生产厂家回收处置。

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、 γ 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，通过通风系统排至室外；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；工作人员产生的生活污水，进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网；

7）医院配备了 1 套固定式剂量报警仪、1 台辐射巡测仪、1 台表面污染仪及 4 台个人剂量报警仪等辐射监测仪器；为核医学科配备铅橡胶衣、铅橡胶围脖、铅橡胶围裙、放射性污染防护服等防护用品；

8）本项目共配备有 6 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，太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断项目与环评报告内容及批复要求一致。本次验收太仓市第一人民医院新增PET/CT诊断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) 本项目新调配的辐射工作人员应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核；
- 2) 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；
- 3) 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主管部门。

