

苏州市第九人民医院新建医用直
线加速器等核技术利用项目（本
期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（2025）第026号

建设单位： 苏州市第九人民医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二五年十月

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）：苏州市第九人民医院
编制单位（盖章）：南京瑞森辐射技术有限公司

电话：电话：

传真：/ 传真：/

邮编：215000 邮编：210003

地址：苏州市吴江区太湖新城芦荡路2666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.....7

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.....43

表5 验收监测质量保证及质量控制.....48

表6 验收监测内容.....50

表7 验收监测.....52

表8 验收监测结论.....64

表 1 项目基本情况

建设项目名称		苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期PET/CT诊断项目）			
建设单位名称		苏州市第九人民医院 （统一社会信用代码：12320584091492943C）			
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建			
建设地点		苏州市吴江区太湖新城芦荡路2666号苏州市第九人民医院 医疗综合楼一层核医学科			
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	2018年5月16日	开工建设时间	2018年6月		
取得辐射安全许可证时间	2025年1月15日	项目投入运行时间	2025年5月		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025年5月	验收现场监测时间	2025年4月23日~24日、 4月29日、6月12日		
环评报告表审批部门	原江苏省环保厅	环评报告表编制单位	江苏嘉溢安全环境科技服务有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	同济设计院	辐射安全与防护设施施工单位	苏州第一建筑集团有限公司		
投资总概算	4000万元	辐射安全与防护设施投资总概算	1000万元	比例	25%
实际总概算	1000万元	辐射安全与防护设施实际总概算	200万元	比例	20%
备注：本期验收项目为分期验收，本期内容为PET/CT诊断项目。 环评报告内容为： （1）于肿瘤科病房楼负一层新建1间后装机机房，使用1枚¹⁹²Ir放射源（3.7×10¹¹Bq）； （2）于肿瘤科病房楼负一层新建2间医用直线加速器机房，新增2台医用直线加速器； （3）于医疗综合楼一层新建2间DSA机房，配备2台DSA； （4）于医疗综合楼一层新建1处核医学工作场所，配备1台PET/CT，使用放射性核素¹⁸F进行影像诊断；配备1台SPECT/CT，使用放射性核素^{99m}Tc进行影像诊断；同时于场所内开展甲状腺功能测定项目和¹³¹I甲亢治疗项目（属于乙级非密封放射性物质工作场所）。 已验收内容为： 甲状腺功能测定和¹³¹I甲亢治疗项目及^{99m}Tc核素显像项目；肿瘤科病房楼负一层加速器机房内1台医用直线加速器、核医学科工作场所内1台SPECT/CT、医疗综合楼一层放射科2台DSA。 本期验收后，未验收内容为：肿瘤科病房楼负一层后装机机房内使用1枚¹⁹²Ir放射源、肿瘤科病房楼负一层加速器机房内1台医用直线加速器。					

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； （5）《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订版），国务院令 第682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 18 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）《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单（试行）>的通知》，环办辐射函〔2025〕313号，2025年8月29日； （16）《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）； （13）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）（环评评价标准）； （14）《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）（已作废，环评评价标准）； （15）《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）（已作
--	---

	废，环评评价标准）。 3、建设项目环境影响报告表及其审批部门审批文件： （1）《新建医用直线加速器等核技术利用项目环境影响报告表》，江苏嘉溢安全环境科技服务有限公司，2017年11月，见附件2； （2）《关于苏州市第九人民医院（筹）新建医用直线加速器等核技术利用项目环境影响报告表的批复》（苏环辐（表）审[2018]009号），原江苏省环保厅，2018年5月16日，见表四。 4、其他相关文件： 无其他文件。						
验收执行标准	1、环境影响评价文件和批复的标准要求： 环评及批复中的《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准自批复后未发生变化，其它采用现行标准《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）等。 2、人员年受照剂量限值： （1）人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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 <table><tr><th>照射类型</th><th>剂量限值</th></tr><tr><td>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眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。</td></tr><tr><td>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。</td></tr></table> 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。 （2）根据本项目环评及批复文件确定本项目个人剂量约束值，	照射类型	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眼晶体的年当量剂量，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。
照射类型	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眼晶体的年当量剂量，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。						

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
苏州市第九人民医院 新建医用直线加速器 等核技术利用项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
	公众有效剂量	0.25mSv/a ^①

备注：①环评报告规定的剂量约束值为0.25mSv/a，本期验收项目剂量约束值按现行标准规定0.1mSv/a执行。

3、工作场所辐射剂量率控制水平

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求：

5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。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；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面5cm处的周围剂量当量率控制目标值应不大于25μSv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求：

6 工作场所的辐射安全与防护

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。

	6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面30 cm处的周围剂量当量率小于2.5μSv/h。 根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求： 6 X射线设备机房防护设施的技术要求 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。 综上，本项目核医学科工作场所辐射剂量率控制水平确定为：核医学科工作场所控制区内各房间防护门、观察窗、墙壁外表面30cm处及楼上地面100cm处的周围剂量当量率应小于2.5μSv/h；放射性药物分装的手套箱、注射窗外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于2.5μSv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于25μSv/h。
--	--

表 2 项目建设情况

项目建设内容:

苏州市第九人民医院根据周边综合治疗的需要，拟新建1台后装机、2台医用直线加速器、2台DSA、1台PET/CT及1台SPECT/CT，用于开展放射治疗、诊断及介入治疗项目。环评报告具体内容如下：

- （1）于医院肿瘤科病房楼负一层新建1间后装机机房，使用¹⁹²Ir放射源（ 3.7×10^{11} （Bq）×1枚）进行放射治疗；
- （2）于医院肿瘤科病房楼负一层新建2间医用直线加速器机房，新增2台医用直线加速器，用于肿瘤放射治疗；
- （3）于医院医疗综合楼一层新建2间DSA机房，配备2台DSA；
- （4）于医院医疗综合楼一层新建1处核医学工作场所，配备1台PET/CT，使用放射性核素¹⁸F进行影像诊断；配备1台SPECT/CT，使用放射性核素^{99m}Tc进行影像诊断；同时于场所内开展甲状腺功能测定项目和¹³¹I甲亢治疗项目（属于乙级非密封放射性物质工作场所）。

本项目环评报告表详见附件2，本项目已于2018年5月16日取得了原江苏省环保厅的环评批复（苏环辐（表）审[2018]009号）。

环评报告中的甲状腺功能测定和¹³¹I甲亢治疗项目及^{99m}Tc核素显像项目、肿瘤科病房楼负一层加速器机房内的1台医用直线加速器、核医学科工作场所内的1台SPECT/CT、医疗综合楼一层放射科DSA室1内的1台DSA已于2022年6月完成竣工环境保护验收工作，验收报告为《苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（分期）竣工环境保护验收监测报告》（报告编号：瑞森（验）字（2022）第004号）。环评报告中的医疗综合楼一层放射科DSA室2内的1台DSA已于2023年3月完成竣工环境保护验收工作，验收报告为《苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期：1台DSA）竣工环境保护验收监测报告》（报告编号：瑞森（验）字（2023）第009号）。

目前，苏州市第九人民医院已在医院医疗综合楼一层核医学科建成PET/CT工作场所，开展PET/CT诊断，配备1台正电子发射及X射线计算机断层成像系统（型号：Biograph Vision 600型，最大管电压140kV，最大管电流666mA，以下简称PET/CT），属Ⅲ类射线装置，使用放射性核素¹⁸F配合PET/CT开展核素显

像诊断，PET/CT质量控制校正时使用3枚⁶⁸Ge放射源，属V类放射源。本项目PET/CT工作场所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。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[01380]）见附件3。

本项目建设地点位于苏州市吴江区太湖新城芦荡路2666号苏州市第九人民医院内医疗综合楼1层核医学科，医疗综合楼位于医院中部，其东侧、南侧为院内道路及停车场，西侧由北向南分别为外科病房楼和妇幼保健楼，北侧由西向东分别为综合病房楼和行政后勤综合楼。核医学科位于医疗综合楼1层西北部，该区域的东侧为室外过道，南侧为室内过道，西侧为医生办公室，北侧为室外过道，上方为输液区，下方为地下停车场。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，苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期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 新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期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	1.11E+08×1		医疗综合楼1层核医学科
⁶⁸ Ge	使用	V类	4.60E+07×2		医疗综合楼1层核医学科
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	1.11E+07	2.78E+12	医疗综合楼1层核医学科
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 600	最大管电压为140kV 最大管电流为666mA	医疗综合楼1层核医学科

截止验收监测时，苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期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。

本次验收项目投资总概算为 4000 万元、辐射安全与防护设施投资总概算为 1000 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 200 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 苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期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	苏州市吴江区芦荡路以北、秋枫街以东			苏州市吴江区太湖新城芦荡路2666号	地理位置与环评一致，已细化门牌号
周围环境	医疗综合楼	东侧	院内道路	院内道路、停车场	与环评一致
		南侧	院区广场及大门	院区广场、大门	与环评一致
		西侧	肿瘤科病房楼及妇幼保健楼	外科病房楼、妇幼保健楼	与环评一致
		北侧	综合病房楼及行政综合楼	综合病房楼、行政后勤综合楼	与环评一致
	核医学科	东侧	院区道路	室外过道	与环评一致
		南侧	走廊	室内过道	与环评一致
		西侧	医生办公室	医生办公室	与环评一致
		北侧	院区道路	室外过道	与环评一致
		上方	儿童输液区	输液区	与环评一致
		下方	变配电间	地下停车场	与环评一致

放射源										
核素名称	环评建设规模					实际建设规模				
	总活度（Bq）/ 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	
¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ （Bq） 3.7×10 ¹¹ （Bq）×1枚	III	使用	肿瘤科病房楼负一层后装机机房		机房已建成，设备已购置，放射源暂未购置，未开展工作				
⁶⁸ Ge	/	/	/	/		1.11×10 ⁸ （Bq）×1枚	V	使用	医疗综合楼1层核医学科	
⁶⁸ Ge	/	/	/	/		4.60×10 ⁷ （Bq）×2枚	V	使用	医疗综合楼1层核医学科	
非密封放射性物质										
核素名称	环评建设规模					实际建设规模				
	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类	使用场所	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类	使用场所
¹⁸ F	3.70×10 ⁹	3.70×10 ⁶	1.11×10 ¹²	使用	乙级非密封源工作场所	1.11×10 ¹⁰	1.11×10 ⁷	2.78×10 ¹²	使用	医疗综合楼 1 层核医学科
^{99m} Tc	7.40×10 ⁹	7.40×10 ⁶	2.22×10 ¹²	使用	乙级非密封源工作场所	已验收				
¹³¹ I	3.70×10 ⁹	3.70×10 ⁸	1.11×10 ¹²	使用	乙级非密封源工作场所	已验收				

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	技术参数	类别	使用场所	型号	数量	技术参数	类别	使用场所
医用直线加速器	型号未定	1 台	X 射线：15MV 电子线：22MeV	II	肿瘤科病房楼负一层加速器机房	已验收				
医用直线加速器	型号未定	1 台	X 射线：15MV 电子线：22MeV	II	肿瘤科病房楼负一层加速器机房	机房已建成，设备尚未购置，未开展工作				
SPECT/CT	型号未定	1 台	150kV/1000mA	III	医疗综合楼一层北区核医学科	已验收				
PET/CT	型号未定	1 台	150kV/1000mA	III	医疗综合楼一层北区核医学科	Biograph Vision 600	1 台	140kV/666mA	III	医疗综合楼 1 层核医学科
DSA	型号未定	1 台	140kV/1250mA	II	医疗综合楼一层南区	已验收				
DSA	型号未定	1 台	140kV/1250mA	II	医疗综合楼一层南区	已验收				
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	少量	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温可自行分解为氧气	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	

沾有 ¹⁸ F、 ^{99m} Tc、 ¹³¹ I等放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸及废活性炭等	固态	/	/	约0.1m ³	约1m ³	¹⁸ F清洁解控水平推荐值<1.0×10 ⁴ Bq/kg、 ^{99m} Tc、 ¹³¹ I清洁解控水平推荐值<1.0×10 ⁵ Bq/kg	放射性废物收集、暂存于废物箱自然衰变	放射性废物自然衰变十个半衰期达到清洁解控推荐限值后作为普通医疗废物，由医院相关部门统一处理	含有 ¹⁸ F的固废，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，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理
含有 ¹⁸ F、 ^{99m} Tc、 ¹³¹ I等放射性核素的废水	液体	/	/	约10m ³	约120m ³	总β<10Bq/L	放射性废水经专用管道收集后排入衰变池贮存，自然衰变	衰变池废水自然衰变十个半衰期符合排放浓度后排放至医院污水管网	含有 ¹⁸ F的废水，在衰变池中暂存超过30天后直接解控排放

源项情况：

1、辐射污染源项

由 PET/CT 工作原理和 workflows 可知，本项目主要产生以下污染：

（1）辐射： PET/CT在工作状态下产生的X射线；放射性核素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的自由电子碰撞湮灭，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。

苏州市第九人民医院于医疗综合楼一层核医学科 PET/CT 机房，购置 1 台 Biograph Vision 600 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

PET/CT 显像检查主要使用的核素为 ^{18}F ，其半衰期为 109.8 分钟，衰变方式是 β^+ 衰变， β^+ 射线能量为 0.64MeV， β^+ 粒子在组织中的射程为 4~5mm。但 β^+ 粒子在自然界中不能长时间独立存在，很快会与物质中自由电子结合发生湮灭反应，同时释放出 2 个能量相同（0.511MeV）、方向相反的 γ 光子，即 γ 射线。PET/CT 通过给受检者注射放射性标记药物，使用放射性药物主要为 ^{18}F ，放射性药物经由静脉注射方式进入受检者体内，药物分布到特定器官并发射 γ 射线，利用 PET/CT 对受检者全身或者相关脏器进行显像检查。具体检查流程如下：

①患者预约和订药

预约：受检者经医生确认并进行正当性判断后，需进行 PET/CT 诊断检查，开具预约单，受检者持预约单至核医学科进行预约检查。

订药：根据与受检者预约情况提前一天向药物供应商订购放射性药物 ^{18}F ，由药物供货商负责将 ^{18}F 药物运输至核医学科手套箱内暂存。

②药物的质控、分装、注射和候诊

质控、分装和注射：分装人员在手套箱内按预约单上活度在放药准备室手套箱内进行分装（本项目 ^{18}F 药物到货时为装入铅罐内的整罐药液，单日人数较多时，将分上下午两次订购药物并分装），对放射性药物 ^{18}F 活度进行质控检测，确认无误后放入铅防护套内，送至注射窗口，然后通过注射窗口对受检者进行静脉注射。一般情况下，每次只为一位受检者注射药物，先在候诊大厅内建立静脉注射通道，然后再进行静脉注射给药。在药物分装和注射的过程中，工作人员会受到一定药物的外照射的影响。

候诊：受检者注射药物前，患者先进行体重的称量和血糖的测定，在护士台登记并埋设留置针，然后在注射前候诊大厅休息，听到叫号后进入核医学科控制区，在注射窗口进行药物注射，注射药物后的受检者进入注射后候诊室内候诊，一般候诊 30min。注射后患者在注射后候诊室内候诊，基本不与工作人员接触。患者注射药物后成为一个移动的放射源，如果管理不善，患者擅自离开注射后候诊室，则会造成周围工作人员和公众受到照射。

③诊断检查流程

摆位：工作人员在控制室通过传呼通话系统告知在注射后候诊室内的受检者到机房内接受检查。由工作人员通过对讲装置指导受检者完成摆位，特殊情况时工作人员进入机房为受检者摆位，工作人员距离受检者 0.5m~1m，平均每个受检者摆位时间约 30s，摆位完成后工作人员准备开始进入显像程序。摆位时，摆位工作人员会受到来自患者的外照射。

检查：待受检者摆位完成后，工作人员确认防护门已关闭，在控制室内通过操作自动显像检查程序，检查时间一般约 20~30min。此过程工作人员在控制室内操作，接受的照射主要为透过防护墙和铅玻璃的泄漏辐射。

留观：检查完毕后，医生若认为受检者需留观，受检者将于注射后候诊室内留观约 15~20min，经医生确认图像质量满意后，受检者方可离开，根据病情需要，部分受检者可能需要进行延迟显像。受限于候诊区的空间相对较小，

PET 显像剂注射后候诊人员与检查结束的受检者之间确实存在一定时间的“共处一室”，为减少相互间外照射，核医学科在患者注射时间上进行了优化，尽量减少了他们之间的接触时间。今后受检者增多时，核医学科承诺将不断对病史采集、显像剂注射、候诊、上机检查、检查后及时评估等各环节进行分析，持续进行流程优化，对各个房间的标识采用文字和数字相结合的方式，使患者更易了解检查流程，减少患者之间、医患之间相互影响。

诊断：图像重建，出具报告，检查资料原始数据及图像储存。

PET/CT 诊断工作流程及产污环节分析见图 2-2。

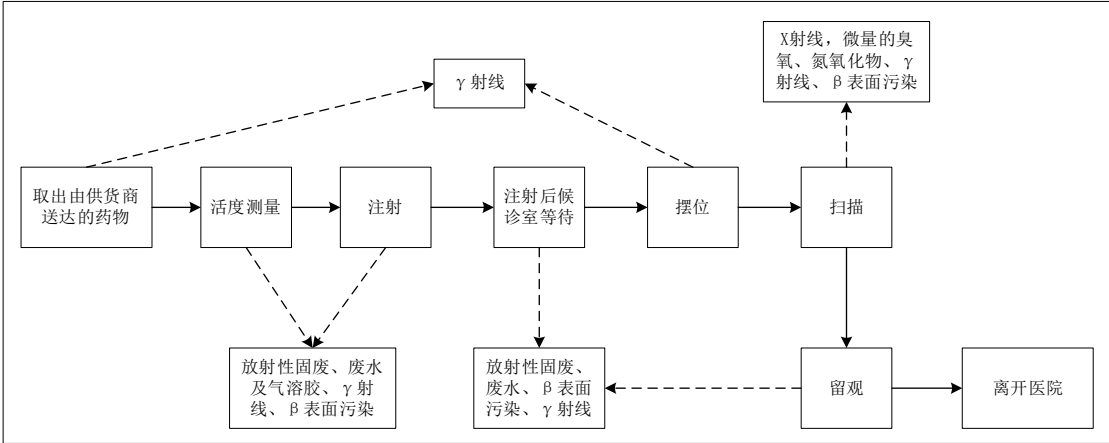
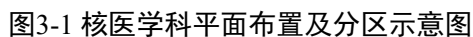


图2-2 PET/CT诊断工作流程及产污环节示意图

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：本项目核医学科位于医疗综合楼 1 层西北部，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：本项目在医疗综合楼1层核医学科配备1台PET/CT，开展PET/CT诊断项目（使用¹⁸F核素）。核医学科包括以下主要房间：护士站、注射前等候区、卫生通过室、冲淋室、放药准备室、注射室、PET/CT注射后候诊室、PET/CT检查室、显像控制室、储源室、废物室、抢救室、服碘室、摄碘功能检查室、DXA检查室、DXA操作间、SPECT/CT注射后候诊室、SPECT/CT检查室等等区域。PET/CT机房东西长8.0m，南北长7.5m（最小单边长度），面积约为60m²（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 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：卫生通过室、冲淋室、放药准备室、注射室、PET/CT 注射后候诊室、PET/CT 检查室、SPECT/CT 注射后候诊室、SPECT/CT 检查室、显像控制室、储源室、废物室、抢救室、服碘室、摄碘功能检查室和控制区内患者过道等区域，监督区包括：医护人员过道和护士站。 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
--



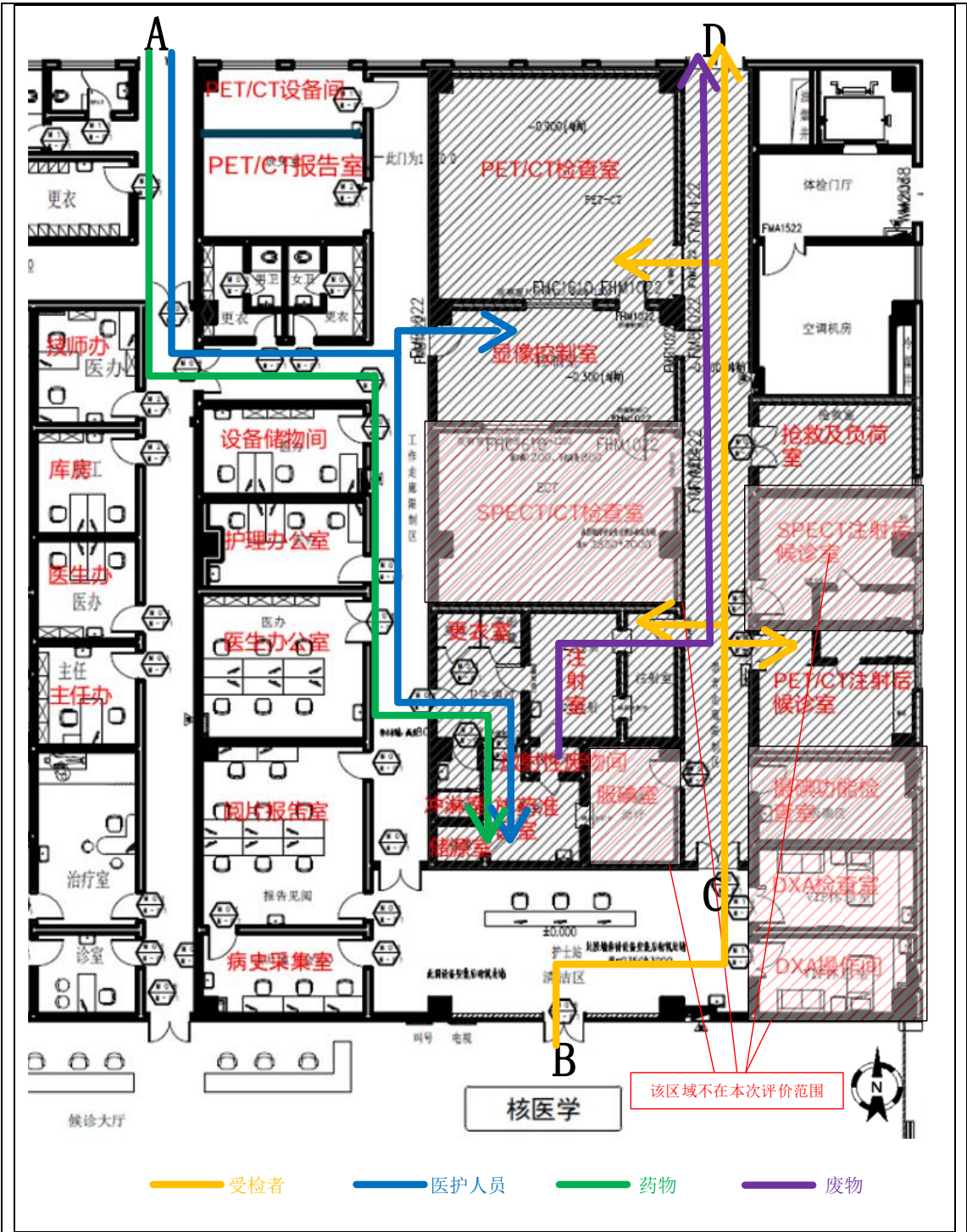


图3-2 核医学科布局及人员、药物、废物进出路线示意图

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 新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期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
核医学科	PET/CT检查室	四周墙体	20cm轻质砖+10mmPb	20cm轻质砖+10mmPb铅板	已落实
		顶部	12cm混凝土+10mmPb	12cm混凝土+10mmPb铅板	已落实
		地面	18cm混凝土+10mmPb	18cm混凝土+10mmPb铅板	已落实
		防护门	10mmPb	10mmPb铅板	已落实
		观察窗	10mmPb	10mmPb铅玻璃	已落实
	注射室	四周墙体	20cm轻质砖+10mmPb	20cm轻质砖+10mmPb铅板	已落实
		顶部	12cm混凝土+10mmPb	12cm混凝土+10mmPb铅板	已落实
		地面	18cm混凝土+10mmPb	18cm混凝土+10mmPb铅板	已落实
		防护门	10mmPb	10mmPb铅板	已落实
	PET/CT注射后候诊室	四周墙体	20cm轻质砖+10mmPb	20cm轻质砖+10mmPb铅板	已落实
		顶部	12cm混凝土+10mmPb	12cm混凝土+10mmPb铅板	已落实
		地面	18cm混凝土+10mmPb	18cm混凝土+10mmPb铅板	已落实
		防护门	10mmPb	10mmPb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。

3、辐射安全与防护措施

（1）警示标识

医院已在核医学工作场所相关场所的关键位置设置了警示标识，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，具体如下：

（1）核医学工作场所受检者进入和离开控制区的防护门、放药准备室、注射室、PET/CT 注射后候诊室、PET/CT 检查室、废物室、储源室、抢救室的防护门上均设置了电离辐射警告标志，在监督区和控制区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。

（2）PET/CT 检查室受检者出入的电动推拉式防护门上方设置了工作状态指示灯，灯箱处设有“射线有害，灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与机房大门联动，控制室设置有机房大门开关，同时在受检者出入的防护门外地面设置了红色警示线，提醒人员勿靠近和逗留。

（3）放药准备室、注射室、废物室内设置了放射性废物桶，桶上表面设置了电离辐射警告标志，相关放射性废弃物置于废物桶，经存十个半衰期后作普通医疗废物处理；衰变池场所门上张贴了电离辐射警告标志。

（4）除注射药物操作外，其余涉及放射性药物的操作均在手套箱内完成，手套箱表面张贴了电离辐射警告标志。

现场照片见图 3-3。



控制区入口及门禁

	
	
控制区出口及门禁	
	
放药准备室	注射室



PET/CT注射后候诊室



PET/CT检查室



废物室



储源室



抢救室



贮源保险箱及铅桶



手套箱



地面引导标识



衰变池场所

图3-3 工作状态指示灯和警示标识

（2）观察、对讲装置和急停开关

医院已在控制区入口和出口、护士站、PET/CT 检查室、放药准备室、注射室、注射后候诊室、抢救室和控制区内患者走道等关键位置设置了监控摄像装置，监控显示终端设置在显像控制室内，辐射工作人员在控制室可以随时监控受检者的情况，避免受检者注射药物后随意走动或无关人员进入放射工作场所；注射后候诊室内的墙上设置了对讲装置，医护人员对讲装置设置在显像控制室、注射室和护士站内；注射窗口设置了对讲装置；同时医院在 PET/CT 检查室与控制室相隔的墙上设置了观察窗，并设置了对讲装置，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 检查室设置有设备急停开关，分别设置在操作台上和机房内设备上。现场照片见图 3-4。



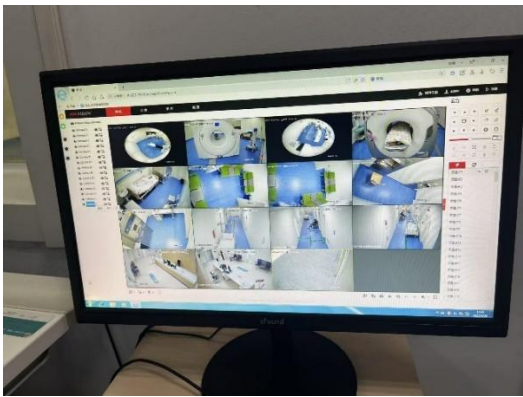
PET/CT机房观察窗



PET/CT控制室急停开关和对讲装置



PET/CT设备上急停开关



监控视频终端（显像控制室）



控制室对讲装置



注射室对讲装置



注射后候诊室对讲装置



注射窗对讲装置

图3-4 监控、对讲装置和急停开关现场照片

（3）人员监护

医院为本项目配备9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
尤徐阳	男	硕士	核医学医师	FS23JS0300175	核医学科	/
胡艳文	女	本科	核医学医师	FS23JS0300163	核医学科	/
刘红莲	女	硕士	核医学医师	FS22JS0300225	核医学科	/
金振涛	女	本科	核医学医师	FS23JS0300186	核医学科	/
唐晓红	女	本科	核医学技师	FS22JS0300226	核医学科	/
杨斯宇	女	本科	核医学技师	FS24JS0300219	核医学科	/
曹颖	女	本科	核医学技师	FS22JS0300224	核医学科	

张文晓	女	本科	核医学护士	FS22JS0300304	核医学科	/
徐惠芬	女	本科	核医学护士	FS22JS0300227	核医学科	/

医院配备有辐射巡测仪1台、表面污染仪1台、个人剂量报警仪5台及固定式剂量报警仪4台，本项目配备的辐射监测仪器见图3-5，清单见表3-3。

医院已按照相关要求将本项目测量仪器送至江苏省计量科学研究院进行检定或校准，且均在有效期内。

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
辐射巡测仪	1	LT-III	良好	卫生通过室
α 、 β 表面污染测量仪	1	CM7010-B	良好	卫生通过室
个人剂量报警仪	5	CM5002	良好	工作人员携带
固定式X、 γ 辐射监测报警仪	4	/	良好	分别在显像控制室内、放药准备室入口、控制区入口、控制区出口



辐射巡测仪和校准证书



α 、 β 表面污染测量仪和校准证书



个人剂量报警仪和校准证书



固定式X、 γ 辐射监测报警仪
(显像控制室内)



固定式X、 γ 辐射监测报警仪
(准备室入口)



固定式X、 γ 辐射监测报警仪
(控制区入口)



固定式X、 γ 辐射监测报警仪
(控制区出口)

图3-5 辐射监测仪器

(4) 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)	设置场所	备注
放射性污染防护服	按需购买	/	卫生通过室	/
铅橡胶衣	3	0.5	卫生通过室、PET/CT控制室	/
铅橡胶围脖	3	0.5	卫生通过室、PET/CT控制室	/
铅橡胶围裙	3	0.5	卫生通过室、PET/CT控制室	/
放射性废物储存桶	4	20	放药准备室1个、注射室1个、 废物室2个	/
移动铅屏风	1	10	PET/CT检查室	/
手套箱	1	40	放药准备室	/
注射器防护套	4	10	放药准备室	/



个人防护用品



手套箱



铅屏风



放射性废物储存桶



注射器防护套

图3-6 防护用品

4、“三废”治理情况

(1) 放射性“三废”

①放射性废气

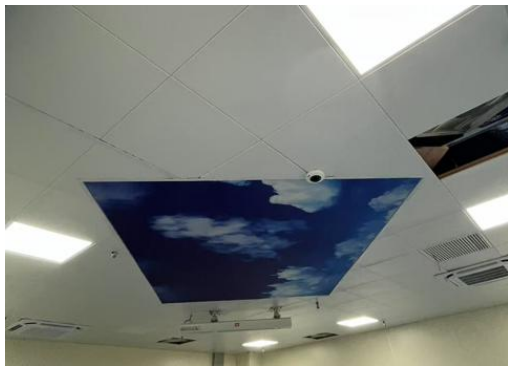
临床核医学工作场所作为开放性核素诊断场所，液态核素由于自然挥发和

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，所有操作均应在手套箱内进行。

本项目核医学工作场所设置了独立的排风系统，气流由 PET/CT 检查室、放药准备室、注射室、注射后候诊室、控制区内患者通道和放射性废物室等功能用房的排风管道支管汇入总管道内，最后由核医学科西北侧的排风机房内向上引至本楼楼顶排放，核医学科手套箱设置了独立的排风管道，气流从手套箱管道进入核医学科西北侧的排风机房后向上引至本楼楼顶排放，排口高于楼屋顶面，排风口端处配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施，排风管道内各排风口均设置了止回阀，防止气体回流，整个核医学工作场所的气流从低活度区向高活度区排放出去，符合《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中对通风的要求。核医学工作场所排风现场照片见图 3-7。

经检测，手套箱左操作口的风速为 0.88m/s，右操作口的风速为 0.87m/s，均大于 0.5m/s，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）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。



PET/CT检查室



注射室



注射后候诊室



手套箱通风管道



核医学工作场所楼顶部排风口

图3-7 核医学工作场所排风口现场验证照片

②放射性固体废物

⁶⁸Ge 放射源退役后交由城市放射性废物库或原生产厂家回收处置。

本项目 PET/CT 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。医院在放药准备室、注射室、废物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废物室内，含 ¹⁸F 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。建议医院在废物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

本项目在使用放射性核素过程中会产生放射性废水，包括擦拭冲洗放射性同位素污染物品废水、操作人员进行放射性药品分装后洗手废水、体内含放射性同位素的病人于注射后病人专用厕所内的排泄物及冲洗水，主要包含的放射性核素为 ¹⁸F。

医院在负一楼停车场内（PET/CT 设备间和 PET/CT 报告室正下方）设置一个放射性废水衰变系统，放射性废水衰变系统利用一台人机界面全面监控放射性废水的降解、衰变、取样、监测、排放的全过程，掌控放射性废水的流向、排放是否符合标准，避免出现放射性废水的意外排放以及不可追溯的事故。衰变池平面示意图和现场照片见图 3-8 和图 3-9。

该衰变池系统由 2 个衰变池（每个 6m³）组成，有效容积为 12m³。本项目核医学科 PET/CT 日接诊量平均为 5 人次，放射性废水产生量按 10L/人次计算，则 PET/CT 放射性废水排放量为 50L/d；目前核医学科已开展的 SPECT 日接诊量平均为 5 人次，放射性废水产生量按 10L/人次计算，则 SPECT 放射性废水排放量为 50L/d；另外核医学科使用的 ¹³¹I 核素是对甲亢病人开展，病人服药后即离开核医学科，不会在核医学科产生废水，则该核医学工作场所放射性废水排放量总计为 100L/d。根据衰变池的排水原理，待第二个衰变池装满时，才排放第一个衰变池的废水。核医学科每月（按 22 个工作日计算）产生放射性废

水约 2.2m³，单个衰变池的有效容积为 6m³，能满足本项目放射性废水的贮存要求。

综上所述，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。

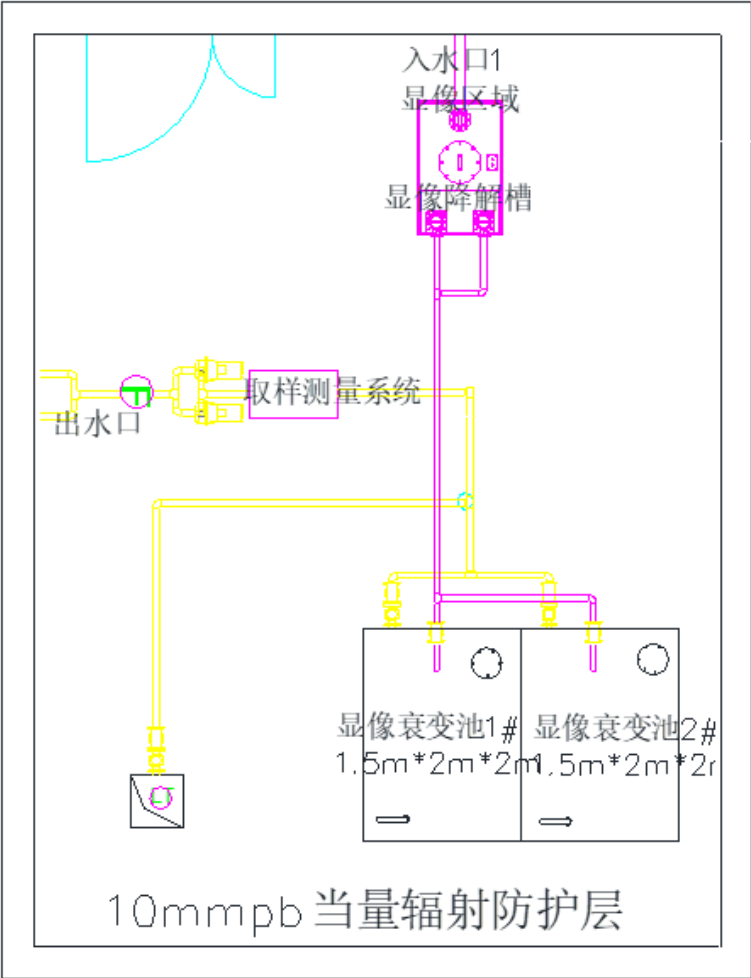


图3-8 衰变池系统示意图



图3-9衰变池现场验证照片

(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制度（见附件4），清单如下：

- 1) 《关于调整苏州市第九人民医院各领导小组的通知》
- 2) 《放射事故应急处理预案》
- 3) 《射线装置安全操作规程》
- 4) 《辐射防护管理人员岗位职责》
- 5) 《辐射工作人员岗位职责》
- 6) 《辐射防护和安全保卫制度》
- 7) 《设备检修维护制度》
- 8) 《射线装置台账管理制度》
- 9) 《辐射工作人员培训计划》
- 10) 《个人剂量监测及辐射环境监测方案》
- 11) 《个人剂量和健康管理》
- 12) 《苏州市第九人民医院核医学科应急预案》
- 13) 《核医学科高活室制度》
- 14) 《核医学科质量控制制度》
- 15) 《放射性污染的去除和医疗废物处理制度》
- 16) 《放射性药品及试剂的订购、领取、保管、使用制度》
- 17) 《核医学科放射防护管理制度》
- 18) 《核医学设备、场所定期检测制度》
- 19) 《核医学科医务人员职业防护制度》
- 20) 《核医学科放射性核素储存管理制度》
- 21) 《放射性分析管理制度》
- 22) 《核医学科放射性污染应急演练》
- 23) 《苏州九院核医学诊断质量保证方案》
- 24) 《核医学工作场所辐射自主检测方案》

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 苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期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
辐射安全管理机构	拟成立辐射防护管理机构，制定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件的形式明确各成员管理职责。	建立辐射安全防护与环保管理机构或制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。	已成立放射防护管理工作小组，并以文件（苏九院医（2021）57号）的形式发布。	已落实
辐射安全和防护措施	辐射防护措施： （4）核医学科工作场所四侧墙体均采用实心砖加铅板，顶部采用混凝土加铅板，各防护门均采用铅防护门，观察窗为铅玻璃观察窗。	定期检查辐射工作场所门机联锁、急停按钮、工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作；非密封放射性物质工作场所功能区域布置应符合国家的有关规定和要求。	屏蔽措施：PET/CT检查室、注射室、PET/CT注射后候诊室四侧墙体采用铅板进行辐射防护，顶部和地面采用混凝土+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
	辐射安全措施：各机房防护门设置电离辐射警告标志，防护门上方设置工作指示灯；机房设计通风设施，排出机房内可能聚集的有害气体。		核医学工作场所受检者进入和离开控制区的防护门、放药准备室、注射室、PET/CT注射后候诊室、PET/CT检查室、废物室、储源室、抢救室的防护门上均设置了电离辐射警告标志。PET/CT检查室受检者出入的电动推拉式防护门上方设置了工作状态指示灯，灯箱处设有“射线有害，灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与机房大门联动。本项目核医学工作场所设置了独立的排风系统。医院定期检查辐射工作场所门机联锁、急停按钮、工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作；非密封放射性物质工作场所功能区域布置符合国家的有关规定和要求。	
人员配备	本项目辐射工作人员在上岗前参加辐射安全与防护培训，通过考核后正式从事相应的放射诊断或治疗工作。	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	本项目辐射工作人员已参加辐射安全与防护培训，且通过考核。	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	在项目运行前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测。	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。	已委托江苏海尔森检测技术服务有限公司对辐射工作人员开展个人剂量检测。	
	医院定期组织职业健康体检，按相关要求建立放射工作人员个人剂量检测档案和职业健康监护档案。		医院已组织职业健康体检，已按相关要求建立放射工作人员个人剂量检测档案和职业健康监护档案。	
监测仪器和防护用品	配置1台环境辐射剂量巡测仪和1台表面污染仪。	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。每年请有资质的单位对项目周围辐射水平检测 1~2 次。	本项目现已配备固定式X、 γ 辐射监测报警仪4台、辐射巡测仪1台、 α 、 β 表面污染测量仪1台及个人剂量报警仪5台，辐射工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。 核医学工作场所配备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。	已落实
	核医学科配置2台个人剂量报警仪。	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。		
	核医学科核素操作场所拟配置铅服、铅围脖、铅帽、铅眼镜等个人防护用品。	配备必要的个人防护用品。		
辐射安全管理制度	根据环评要求，按照项目的实际情况，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。	医院已建立辐射安全规章制度并严格执行。	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

1、实践正当性

苏州市第九人民医院（筹）为了满足病人综合治疗的需要，拟购置医用直线加速器、后装机进行肿瘤放射治疗；开展核医学科进行诊断治疗；开展核医学科进行诊断治疗；使用DSA进行放射治疗及介入治疗，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

2、选址、布局

苏州市第九人民医院（筹）位于苏州市吴江区芦荡路以北、秋枫路以东，医院东侧为松陵大道；南侧为芦荡路；西侧为秋枫路；北侧目前为空地。本项目后装机房和医用直线加速器机房拟建址均位于医院肿瘤科病房楼负一层；肿瘤科病房楼东侧为院内道路及医疗综合楼北区，南侧为妇幼保健楼，西侧为院内道路及院区围墙，北侧为综合病房楼。核医学科和2台DSA机房均位于医院医疗综合楼一层。医院医疗综合楼东侧为院内道路，南侧为院区广场及大门，西侧为肿瘤科病房楼及妇幼保健楼，北侧为综合病房楼及行政综合楼。本项目后装机机房、医用直线加速器机房、DSA及III类射线装置机房拟建址周围50m范围内无居民区、学校等敏感目标。项目选址合理。

本项目后装机、医用直线加速器、DSA机房设计有治疗室及控制室，控制室位于治疗室外，本项目后装机、医用直线加速器、DSA机房工作场所布局设计基本合理。

本项目核医学工作场所控制区和监督区划分明显，工作人员工作区与办公室划分明确，设计有受检者进出路线、医务人员进出路线，可有效避免带有放射性的受检者（病人）对其它人员造成不必要照射，项目布局基本合理。

3、辐射屏蔽能力分析

本项目拟建核医学科、医用直线加速器机房、后装机机房、DSA机房等辐射工作场所设计采用实心砖墙及混凝土浇筑结构（混凝土密度不低于 2.35g/cm^3 ），机房均采用铅防护门、铅玻璃观察窗等。核医学科注射室等核素操作场所拟根据需要配置通风橱及铅服等个人防护用品，在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，该院拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

4、保护目标剂量

根据计算结果，本项目辐射工作人员和周围公众成员年受照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》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（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 ）。

5、辐射安全措施

医院本项目核医学科、SPECT/CT机房、PET/CT机房、注射室等辐射工作场所显著位置均拟设置电离辐射警告标志、SPECT/CT及PET/CT机房门口设计安装工作状态指示灯。医院核医学科拟配置铅通风橱、铅屏风等放射防护用品；放射性核素操作人员拟配备铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽等个人防护用品。

该院加速器机房、后装机机房防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，拟设计安装门机联锁装置、急停装置、监控对讲装置等。

该院DSA机房防护门外均拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。DSA医护人员配备有铅衣、铅防护眼镜、铅帽、铅防护围脖等防护用品。

本项目配置1台辐射剂量巡测仪、1台表面污染监测仪及12台个人剂量报警仪，项目运行后定期对后装机、医用直线加速器、DSA机房周围环境辐射水平监测。

本项目辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。医院辐射安全措施满足有关辐射防护安全要求。

在落实以上措施后，该院核医学科、医用直线加速器、后装机、DSA等核技术应用项目的安全措施能够满足安全防护要求。

6、辐射环境管理

医院拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前制定完善相关辐射安全管理制度；医院本项目拟配备的辐射工作人员在上岗前参加并通过辐射安全与防护知识的培训，医院计划对工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为放射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

综上所述，苏州市第九人民医院（筹）新建医用直线加速器等核技术利用项目在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

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) 各项环保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。

2、审批部门审批决定

江苏省环境保护厅

苏环辐(表)审[2018]009号

关于苏州市第九人民医院（筹）新建医用直线加速器等核技术利用项目环境影响报告表的批复

苏州市第九人民医院（筹）：

你单位报送的《新建医用直线加速器等核技术利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。项目地点位于苏州市吴江区芦荡路以北、秋枫街以东该医院内，项目内容：新建1座加速器机房，配备2台15MV医用直线加速器（属Ⅱ类射线装置）；新建一座后装机房，新增1台后装机，含1枚¹⁹²Ir放射源（活度 3.7×10^{11} Bq，Ⅲ类放射源）；新建核医学科，使用¹⁸F、^{99m}Tc、¹³¹I核素开展放射诊断、治疗（属乙级非密封放射性物质工作场所），配备1台PET/CT、1台SPECT/CT（属Ⅲ类射线装置）；新建2座DSA机房，配备2台DSA（属Ⅱ类射线装置）。各设备详细技术参数见《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》(GB18871-2002)中相应的剂量限值要求。

(二) 定期检查辐射工作场所门机联锁、急停按钮、工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作；非密封放射性物质工作场所功能区域布置应符合国家的有关规定和要求。

(三) 放射源与非密封放射性物质转让须及时到环保部门办理审批与备案手续。

(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。每年请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。

抄送：苏州市环保局



江苏省环保厅
2018年5月16日

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-137	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2024-0089730 检定有效期限：2024.08.28~2025.08.27
2	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：Y2024-0097398 检定有效期限：2024.09.24~2025.09.23
3	风速仪	F30J	NJRS-156	检定证书编号：H2024-0131214 检定有效期限：2024.01.02~2026.01.01
4	X-γ 剂量率仪	AT1123	NJRS-539	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2024-0118006 检定有效期限：2024.11.22~2025.11.21

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：将风速仪探头放在核医学工作场所手套箱左、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

2025年4月23日~24日、4月29日、6月12日，南京瑞森辐射技术有限公司对本项目PET/CT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
PET/CT	Biograph Vision 600	140kV/666mA	120kV/300mAs
非密封放射性物质工作场所			
场所名称	检测工况		
核医学工作场所	1.PET/CT 机房、PET 注射后候诊室和注射台上均放置 3.63×10 ⁸ Bq（9.8mCi）的 ¹⁸ F 药物； 2. 手套箱内放置 8.36×10 ⁹ Bq（22.6mCi）的 ¹⁸ F 药物。		
放射源工作场所			
场所名称	检测工况		
核医学工作场所	贮源保险箱内放置 1 枚 1.11×10 ⁸ Bq、2 枚 4.60×10 ⁷ Bq 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核医学工作场所X-γ周围剂量当量率、β表面污染水平及手套箱风速。

3、监测点位

对核医学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：苏州市第九人民医院

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2025 年 4 月 23 日~24 日、4 月 29 日、6 月 12 日

天气: 2025 年 4 月 23 日: 晴 温度: 24°C 湿度: 68%RH

2025年4月24日: 晴 温度: 25°C 湿度: 62%RH

2025年4月29日: 晴 温度: 23°C 湿度: 62%RH

2025年6月12日： 阴 温度：26℃ 湿度：73%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。

本项目核医学工作场所周围 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 核医学工作场所周围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	患者检查入口大门内	0.10	本底
2	注射室东门外	0.10	
3	注射区西门外	0.10	
4	PET/CT控制室东门外	0.10	
5	患者检查出口大门内	0.10	
6	PET/CT观察窗外30cm处（左缝）	0.11	^{18}F 药物在 PET/CT机房内； CT扫描条件： 120kV/300mAs
7	PET/CT观察窗外30cm处（中间）	0.10	
8	PET/CT观察窗外30cm处（右缝）	0.11	

9	PET/CT操作位	0.10	
10	PET/CT机房南墙外30cm处	0.11	
11	PET/CT机房南墙上管线洞口外30cm处	0.10	
12	PET/CT机房南门外30cm处（左缝）	0.11	
13	PET/CT机房南门外30cm处（中间）	0.10	
14	PET/CT机房南门外30cm处（右缝）	0.10	
15	PET/CT机房南门外30cm处（下缝）	0.11	
16	PET/CT机房东门外30cm处（左缝）	0.11	
17	PET/CT机房东门外30cm处（中间）	0.10	
18	PET/CT机房东门外30cm处（右缝）	0.10	
19	PET/CT机房东门外30cm处（下缝）	0.10	
20	PET/CT机房东墙外30cm处	0.10	
21	PET/CT机房北墙外30cm处	0.10	
22	PET/CT机房北墙外30cm处	0.10	
23	PET/CT机房西墙外30cm处	0.11	
24	PET/CT机房西墙外30cm处	0.11	
25	PET/CT机房楼上距地面30cm处	0.10	
26	PET/CT机房楼上距地面30cm处	0.10	
27	PET/CT机房楼下距地面170cm处	0.10	
28	PET/CT机房楼下距地面170cm处	0.10	
29	PET注射后候诊室西门外30cm处（左缝）	2.6	¹⁸ F药物在 PET注射后候诊室内
30	PET注射后候诊室西门外30cm处（中间）	3.2	
31	PET注射后候诊室西门外30cm处（右缝）	1.13	
32	PET注射后候诊室西门外30cm处（下缝）	2.8	

33	PET注射后候诊室西墙外30cm处	1.39	
34	PET注射后候诊室南墙外30cm处	0.81	
35	PET注射后候诊室北墙外30cm处	1.31	
36	PET注射后候诊室东墙外30cm处	0.25	
37	PET注射后候诊室楼上距地面30cm处	0.10	
38	PET注射后候诊室楼上距地面30cm处	0.10	
39	PET注射后候诊室楼下距地面170cm处	0.10	
40	PET注射后候诊室楼下距地面170cm处	0.10	
41	通风橱左操作口表面外5cm处	0.15	¹⁸ F药物在通风橱内
42	通风橱右操作口表面外5cm处	0.13	
43	通风橱观察窗表面外5cm处	0.11	
44	通风橱北侧表面外5cm处	0.72	
45	通风橱东侧表面外5cm处	0.15	
46	通风橱西侧表面外5cm处	0.16	
47	高活室南墙外30cm处（登记台）	0.10	
48	注射台左操作口表面外5cm处	1.45	¹⁸ F药物在注射台内
49	注射台右操作口表面外5cm处	1.24	
50	注射台观察窗表面外5cm处	2.21	
51	注射台前侧表面外5cm处	1.36	
52	工作人员摆位处	73	¹⁸ F药物在PET/CT诊断床上

注：1、检测时，PET/CT 机房、PET 注射后候诊室和注射台上均放置 $3.63\times 10^8\text{Bq}$ （9.8mCi）的 ^{18}F 药物，通风橱内放置 $8.36\times 10^9\text{Bq}$ （22.6mCi）的 ^{18}F 药物；
2、检测结果未扣除本底值。

由表 7-1 检测结果可知，本项目核医学工作场所的 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，



本项目核医学工作场所 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 核医学工作场所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	患者过道地面	<0.07	/
8	PET注射后候诊室地面	<0.07	/
9	PET注射后候诊室卫生间地面	<0.07	/
10	注射室地面	<0.07	/
11	PET注射台表面	<0.07	/
12	注射区地面	<0.07	/
13	高活室地面	<0.07	/
14	通风橱表面	<0.07	/
15	淋浴间地面	<0.07	/
16	更衣室地面	<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，本项目核医学工作场所 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

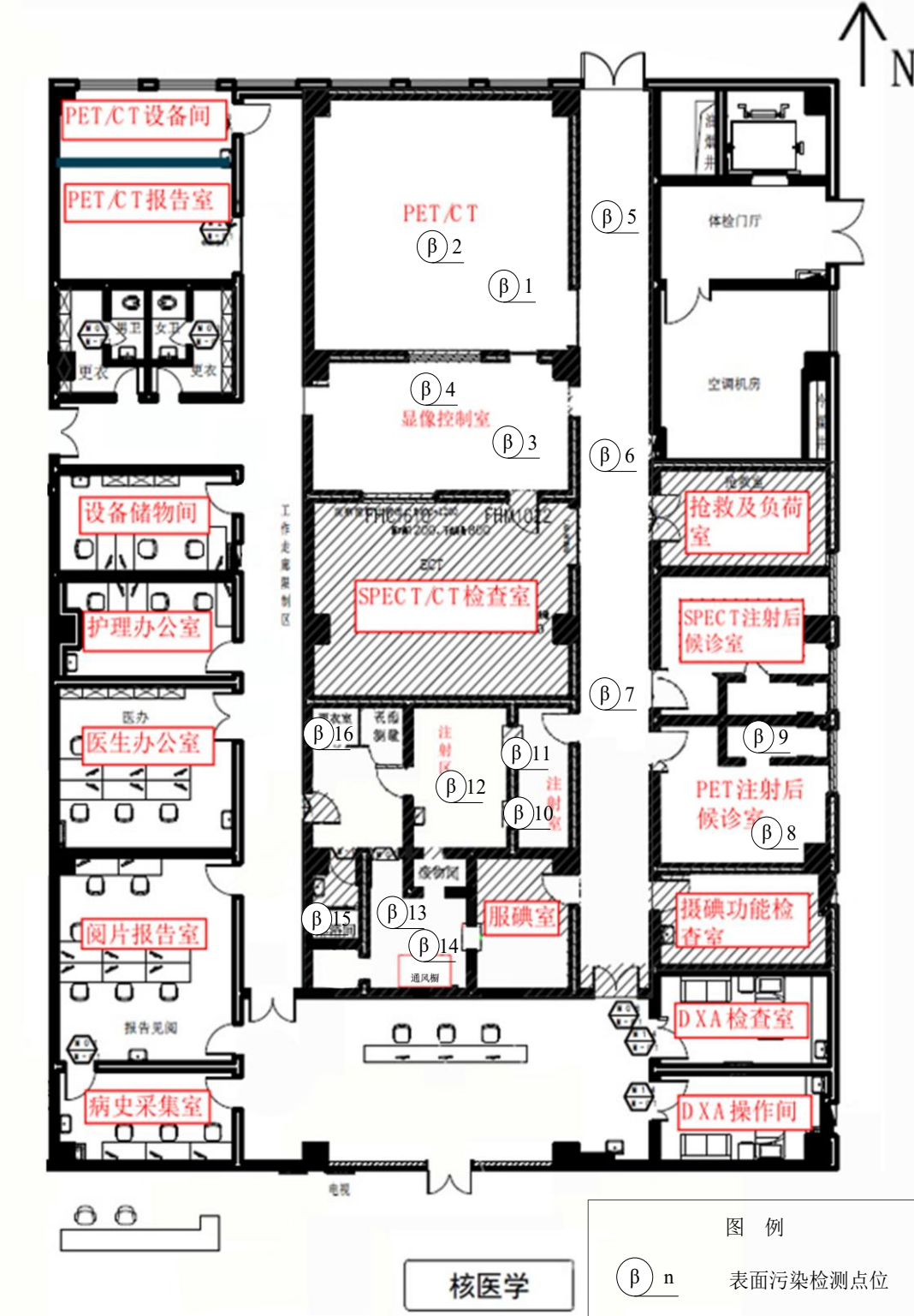


图7-2 核医学工作场所β放射性表面污染水平监测布点图

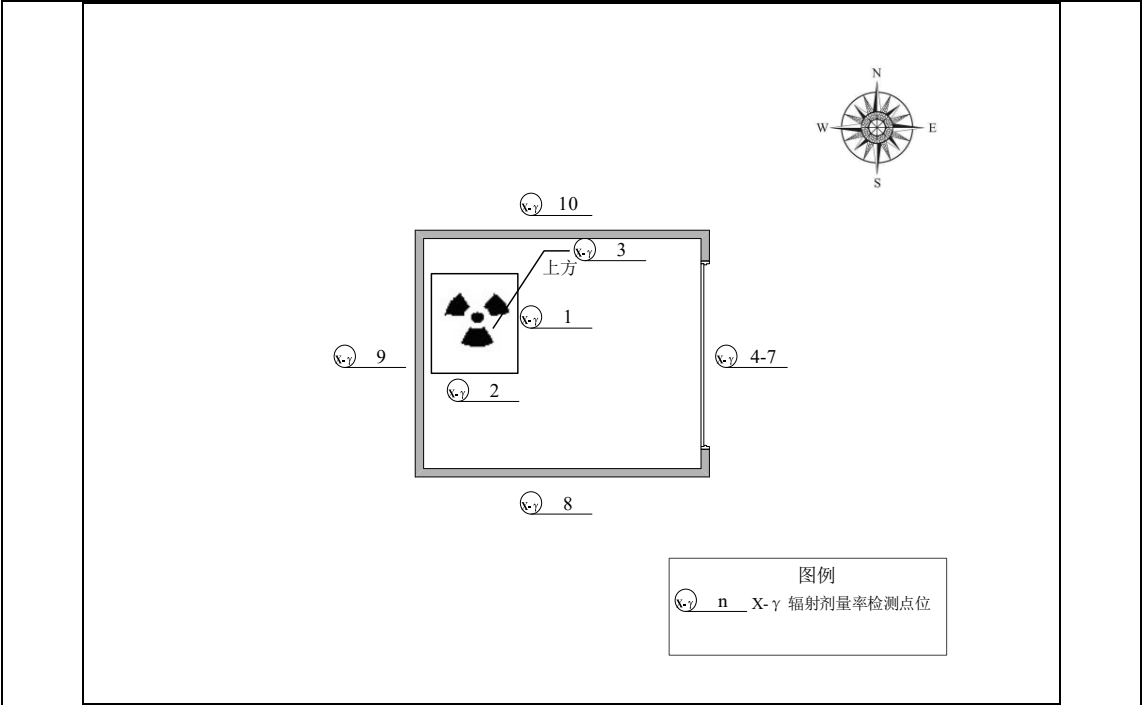
本项目 ^{68}Ge 放射源贮源保险箱周围 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 7-3，监测点位见图 7-3。

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	0.30	贮源保险箱内贮存 3 枚 ^{68}Ge 放射源
2	南侧距贮源保险箱表面5cm处	1.1	
3	上方距贮源保险箱表面5cm处	0.34	
4	储源室防护门外30cm处（右缝）	0.16	
5	储源室防护门外30cm处	0.16	
6	储源室防护门外30cm处（左缝）	0.16	
7	储源室防护门外30cm处（下缝）	0.17	
8	储源室南墙外30cm处	0.16	
9	储源室西墙外30cm处	0.15	
10	储源室北墙外30cm处	0.16	

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。



本项目核医学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 核医学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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	备注
1	南墙外30cm处	0.11	/
2	南墙外30cm处	0.12	/
3	门外30cm处（左缝）	0.11	/
4	门外30cm处（中缝）	0.12	/
5	门外30cm处	0.12	/
6	门外30cm处（右缝）	0.12	/
7	门外30cm处（下缝）	0.11	/
8	东墙外30cm处	0.11	/
9	东墙外30cm处	0.11	/
10	东墙外30cm处	0.10	/
11	北墙外30cm处	0.11	/

12	北墙外30cm处	0.11	/
13	北墙外30cm处	0.11	/
14	西墙外30cm处	0.11	/
15	西墙外30cm处	0.11	/
16	西墙外30cm处	0.12	/

注：测量结果未扣除本底值。

由表 7-4 检测结果可知，本项目核医学工作场所衰变室周围的 X、 γ 辐射剂量率为（0.10~0.12） $\mu\text{Sv/h}$ ，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的标准要求。

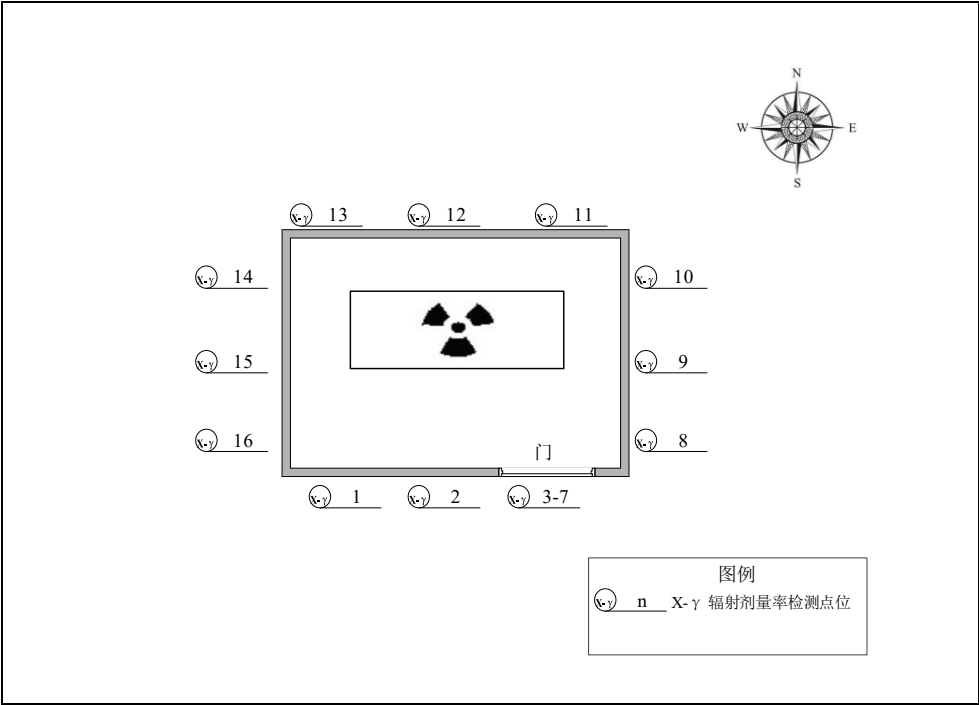


图 7-4 核医学工作场所衰变室周围 X- γ 辐射剂量率监测布点图

本项目核医学工作场所手套箱风速监测结果见表 7-5。

表7-5 核医学工作场所手套箱风速检测结果

点位描述	测量结果（m/s）	
通风橱	左侧操作口	0.88
	右侧操作口	0.87

由表 7-5 检测结果可知，核医学工作场所手套箱操作口风速分别为 0.88m/s

和 0.87m/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

目前苏州市第九人民医院为本项目配备 9 名辐射工作人员，满足本项目目前的配置要求。医院已委托江苏海尔森检测技术服务有限公司开展辐射工作人员个人剂量检测，本项目于 2025 年 6 月投入试运行，根据建设单位提供的最近 1 个周期的个人剂量检测报告（报告编号为：HES-D202507012，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	2025.3.31-2025.6.30 mSv	剂量约束值 mSv
尤徐阳	医师	核医学科	SZ-WJ-001-098	0.0305 (<MDL)	1.25
胡艳文	医师	核医学科	SZ-WJ-001-099	0.0305 (<MDL)	1.25
刘红莲	医师	核医学科	SZ-WJ-001-102	0.0305 (<MDL)	1.25
金振涛	医师	核医学科	SZ-WJ-001-100	0.0305 (<MDL)	1.25
唐晓红	技师	核医学科	SZ-WJ-001-103	0.0305 (<MDL)	1.25
杨斯宇	技师	核医学科	SZ-WJ-001-248	0.0305 (<MDL)	1.25
曹颖	技师	核医学科	SZ-WJ-001-101	0.0305 (<MDL)	1.25
张文晓	护士	核医学科	SZ-WJ-001-104	0.0305 (<MDL)	1.25
徐惠芬	护士	核医学科	SZ-WJ-001-105	0.0305 (<MDL)	1.25

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。本次检测最低探测水平（MDL）为 0.071mSv。

根据核医学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 核医学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		0.11	职业人员	1	取药 2min×5次 ×250天	0.005	5
注射位		2.21	职业人员	1	注射 1min×5次 ×250天	0.046	5
PET/CT 机房	东墙外	0.10	/	1/16	检查 30min×5 次×250天	0.004	/
	东侧防护 门外	0.11	/	1/8		0.008	/
	南墙外	0.11	职业人员	1		0.069	5
	南侧防护 门外	0.11	职业人员	1/8		0.09	5
	南侧观察 窗外	0.11	职业人员	1		0.069	5
	西墙外	0.11	职业人员	1/8		0.008	5
	北墙外	0.10	公众	1/8		0.008	0.1
	上方	0.10	公众	1/4		0.016	0.1
	下方	0.10	公众	1/16		0.004	0.1
PET/CT 注射后候诊室	东墙外	0.25	公众	1/8	候诊 30min×5 次×250天	0.020	0.1
	南墙外	0.81	/	1/4		0.126	/
	西墙外	1.39	/	1/16		0.054	/
	西侧防护 门外	3.2	/	1/8		0.250	/
	北墙外	1.31	/	1/4		0.205	/
	上方	0.10	公众	1/4		0.016	0.1
	下方	0.10	公众	1/16		0.004	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，根据苏州市第九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 1 个周期的个人累积剂量最大为 0.0305mSv。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 0.069mSv/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 0.020mSv/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 0.069mSv/a，周围公众年有效剂量最大为 0.020mSv/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:

苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期 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）苏州市第九人民医院在医院医疗综合楼一层核医学科建成 PET/CT 工作场所，开展 PET/CT 诊断，配备 1 台正电子发射及 X 射线计算机断层成像系统（型号：Biograph Vision 600 型，最大管电压 140kV，最大管电流 666mA），属Ⅲ类射线装置，使用放射性核素 ^{18}F 配合 PET/CT 开展核素显像诊断，PET/CT 质量控制校正时使用 3 枚 ^{68}Ge 放射源，属Ⅴ类放射源。

本项目实际建设规模及主要技术参数与《新建医用直线加速器等核技术利用项目环境影响报告表》及其环评批复一致，本项目投资总概算为 4000 万元、辐射安全与防护设施投资总概算为 1000 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 2000 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，无变动情况。

2）本次苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期 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；核医学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

院在核医学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：核医学工作场所设有手套箱及专用通风管道，通风管道延伸至建筑物顶部；核医学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 放射源退役后交由城市放射性废物库或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 4 台固定式 X、 γ 辐射监测报警仪、1 台辐射巡测仪、1 台 α 、 β 表面污染测量仪及 5 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 9 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，苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期PET/CT诊断项目）与环评报告内容及批复要求一致。本次验收苏州市第九人民医院新建医用直线加速器等核技术利用项目（本期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。
- 4) 医院核医学科后期开展 ^{131}I 核素治疗, 如病人留观时产生含 ^{131}I 核素的放射性废水, 医院应及时扩建或新增放射性废水衰变池, 以满足《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 GB18871 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 10 Bq/L”的要求。