

核技术利用建设项目

江阴华西医院

扩建非密封放射性物质工作场所及

医用射线装置使用项目

环境影响报告表

（ 公 示 本 ）

江阴华西医院

2021 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江阴华西医院

扩建非密封放射性物质工作场所及
医用射线装置使用项目

环境影响报告表

建设单位名称：江阴华西医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省无锡市江阴市华士镇华西村

邮政编码：214420

联系人：刘**

电子邮箱：477****38@qq.com

联系电话：0510-86077596

《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1.项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过30个字（两个英文字段作一个汉字）；

2.建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点；

3.行业类别——按国标填写；

4.总投资——指项目投资总额；

5.主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、医院、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等；

6.结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结构，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议；

7.预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填；

8.审批意见——由负责审批该项目的生态环境行政主管部门批复。

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 5 -
表 3 非密封放射性物质	- 5 -
表 4 射线装置	- 6 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 7 -
表 6 评价依据	- 8 -
表 7 保护目标与评价标准	- 11 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 20 -
表 9 项目工程分析与源项	- 24 -
表 10 辐射安全与防护	- 33 -
表 11 环境影响分析	- 42 -
表 12 辐射安全管理	- 57 -
表 13 结论与建议	- 62 -
表 14 审批	- 68 -
附图 1 扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目地理位置示意图	- 69 -
附图 2 江阴华西医院周边环境示意图及评价范围	- 70 -
附图 3 江阴华西医院 5 号塔一层平面布局示意图	- 71 -
附图 4 江阴华西医院扩建的 PET/CT 中心平面布置图	- 72 -
附图 5 本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系示意图	- 73 -
附件 1：委托书	- 74 -
附件 2：华西村用地说明	- 75 -
附件 3：辐射安全许可证正副本	- 76 -
附件 4：环境现状监测报告	- 83 -
附件 5：射线装置使用承诺书	- 92 -
附件 6：放射性同位素使用承诺书	- 93 -
附表：建设项目环评审批基础信息表	- 94 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		江阴华西医院 扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目			
建设单位		江阴华西医院			
法人代表	李学勤	联系人	刘**	联系电话	0510-86077596
注册地址		江苏省无锡市江阴市华士镇华西村			
项目建设地点		江苏省无锡市江阴市华士镇华西村 5 号塔			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	**	项目环保总投资 (万元)	**	投资比例（环保 投资/总投资）	15%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p>项目概述</p> <p>一、建设单位简介</p> <p>江阴华西医院与解放军第二军医大学上海长海医院共同创建，是华东地区第一家设备先进、功能齐全、管理领先的专业健康体检机构。</p> <p>医院拥有德国西门子 PET/CT，美国 16 层螺旋 CT，以及乳腺红外线、钼靶、彩超、胃镜、肺功能、经颅多普勒、骨密度、动脉硬化和人体成分分析等众多国际先进的医疗设备。</p> <p>医院以优质的服务、可靠的质量保证成为江阴市机关干部体检定点单位，并成为</p>				

江阴市健康体检标准化推广示范单位。本中心于 2010 年 4 月 20 日参加中华医学全国第四届中华健康管理论坛，是无锡地区唯一受邀参加的健康体检单位。

二、任务由来

PET/CT 是医学影像诊断设备，堪称“现代医学高科技之冠”。PET 技术具有安全、无创伤性、无痛苦的特点，是目前临床上用以诊断和指导治疗肿瘤最佳手段之一，真正能够起到对肿瘤的“预知”作用，达到早预防、早发现、早治疗，节省费用的目的。

江阴华西医院已于 2008 年在 6 号塔医院本部建设了 1 处 PET/CT 核医学诊断工作场所，随着时间的推移，医院年均门诊病人逐渐增加，现有核医学科的设备老旧及科室使用面积已经严重制约了科室的发展。于是，江阴华西医院向江阴市华西村村委会申请使用 5 号塔，村委会于 2020 年 8 月同意批准 5 号塔用于本次扩建项目的建设用地，详见附件 2。

江阴华西医院综合考虑选址 5 号塔一层，拟对该区域进行装修改造，建设 1 处丙级非密封放射性物质工作场所，同时新增使用 1 台 PET/CT（使用放射性同位素 ^{18}F ）用于开展显像诊断项目。

三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置防护条例》等相关法律法规要求，建设方江阴华西医院需对该项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）的”应编制环境影响报告表。

为此，江阴华西医院委托南京瑞森辐射技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目环境影响评价报告表的评价内容与目的：

1、对扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。

2、对项目拟建地址进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平，并对项目进行环境影响预测评价。

3、提出污染防治措施，使辐射影响降低到“可合理达到的尽可能低水平”。

4、满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目情况一览表

非密封放射性物质								
序号	工作场所名称	场所等级	核素	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	用途
1	PET/CT 中心	丙级	¹⁸ F	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁶	1.39×10 ¹²	使用	核素显像

射线装置							
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	射线装置类别	活动种类	备注
1	PET/CT	未定	≤140kV	≤800mA	III	使用	拟购

五、项目周边保护目标以及场址选址情况

江阴华西医院本部位于江苏省无锡市江阴市华士镇华西村 6 号塔，医院东侧为室外道路，南侧为室外道路，西侧为室外道路及居民楼，北侧为室外道路及 5 号塔。

本次扩建项目选址于江苏省无锡市江阴市华士镇华西村 5 号塔（项目地理位置见附图 1）。

5 号塔东侧为室外道路及绿化带，南侧为室外道路及 6 号塔，西侧为室外道路及居民住宅，北侧为室外道路及 4 号塔。5 号塔周围环境示意图见附图 2。

本次扩建的非密封放射性物质工作场所（PET/CT 中心）位于 5 号塔一层，该工作场所东侧为室内过道及室外道路，南侧为污物通道，西侧为室内通道及室外道路，北侧为电梯厅及楼梯间，二层现为闲置用房。待 PET/CT 中心场所改造完成后二层将

作封闭处理，人员不可进入，三层现为闲置用房，下方为地下车库及设备间，5号塔一层平面布局示意图见附图3，本次扩建的工作场所平面示意图见附图4。

本项目从周边外环境关系可知，5号塔周边50m范围内涉及居民住宅和市政道路，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。

本项目仅为5号塔PET/CT中心内部重新装修改建，不新增用地，且拟建的辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

六、项目单位核技术应用现状

江阴华西医院现持有江苏省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号苏环辐证〔00612〕），有效期至2024年11月11日，许可种类和范围为：使用V类放射源；使用III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所），其许可情况及验收情况见表1-2，辐射安全许可证正副本见附件3。

表 1-2 江阴华西医院现有核技术应用情况一览表

放射源								
序号	核素	类别	总活度（贝克）/活度（贝克）×枚数	活动种类	用途	地点	备注	
1	⁶⁸ Ge	V	4.6×10 ⁷ ×2	使用	校准源	6号塔 PET/CT中心	已许可 验收	
2	⁶⁸ Ge	V	9.25×10 ⁷	使用	校准源	6号塔 PET/CT中心	已许可 验收	
非密封放射性物质								
序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类	地点	环保验收情况
1	PET/CT中心	乙	¹⁸ F	2.96×10 ⁷	7.4×10 ¹¹	使用	6号塔 PET/CT中心	已许可 已验收
射线装置								
序号	装置名称	类别	用途	场所			环保验收情况	
1	Biograp16	III	放射诊断	6号塔 PET/CT中心			已许可 并检测 合格	
2	GE CT	III	放射诊断	6号塔一楼影像科				
3	Philips DR	III	放射诊断	6号塔一楼影像科				
4	SMEW 透视机	III	放射诊断	6号塔一楼影像科				
5	HAWK-2M 钨靶	III	放射诊断	6号塔一楼影像科				

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	¹⁸F	液态/低毒 T_{1/2}=109.8min	使用	5.55×10⁹	5.55×10⁶	1.39×10¹²	核素显像	注射 很简单操作	5号塔一层 PET/CT中心	按需订购,不 贮存
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	PET/CT	III	1	未定	≤140	≤800	放射诊断	5号塔一层 PET/CT 中心	本次环评
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	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	/			小于清洁解控水平	暂存于注射室内铅废物桶内，随后转移至废物间	存放十个半衰期，达到清洁解控水平后，由医院统一作为普通医疗废物处理
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	^{18}F	/	约 8m^3	约 96m^3	总 $\beta < 10 \text{ Bq/L}$	暂存于衰变池内	达到排放标准后，排至医院污水处理站
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
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	/	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 50 分钟后可自动分解为氧气
废活性炭	固体	/	/	/	/	小于清洁解控水平	更换后暂存在废物间内	存放十个半衰期，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L ，固体为 mg/kg ，气态为 mg/m^3 ；年排放总量用 kg 。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（ Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3 ）和活度（ Bq ）。

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日发布施行；2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令449号，2005年12月1日起施行；2019年修正，国务院令709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令 第20号，2021年1月28日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》，生态环境部第16号令，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，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>(10) 《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令612号，2012年3月1日起施行；</p> <p>(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号公布，自2018年1月1日起施行；</p> <p>(12) 《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》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>(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），2016年3月7日起施行；</p> <p>(14) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告2019年第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生</p>
------------------	--

	<p>态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>（16）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部，2019年部令第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>（17）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行；</p> <p>（18）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用。《产业结构调整指导目录》（2019年本），中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号，2020年1月1日起施行。</p> <p>（19）《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议，2018年5月1日起实施；</p> <p>（20）《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150号），2016年10月27日起施行；</p> <p>（21）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日发布；</p> <p>（22）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布；</p> <p>（23）《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>（2）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）；</p> <p>（3）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>（4）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>（5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>（6）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>（7）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>（8）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</p> <p>（9）《核辐射环境质量评价的一般规定》（GB11215-1989）；</p> <p>（10）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）。</p>

其他	<ul style="list-style-type: none">(1) 环保部辐射安全与防护监督检查技术程序;(2) 工程设计图纸及相关技术资料;(3) 医院提供的相关资料。
----	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围				
<p>根据本项目的特点并参照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定为江阴华西医院本次扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目所在工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，详见附图 2。</p>				
保护目标				
<p>本项目周围 50m 范围内无学校敏感点。本项目辐射环境保护目标为 5 号塔 PET/CT 中心的辐射工作人员、其他医护人员、病患、陪同家属及西侧居民和场所外公众，详见表 7-1。</p>				
表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表				
保护目标名称		方位	最近距离	规模
PET/CT 中心	辐射工作人员	注射室、控制室	/	8 人
	医护工作人员、患者、患者家属	PET/CT 中心四周	约 5m	约 30 人
	PET/CT 中心上方闲置用房	场所上方	4~50m	约 2 人
	PET/CT 中心下方地下车库	场所下方	2~50m	约 5 人
	PET/CT 中心西侧居民楼	场所西侧	25~50m	约 50 人
<p>根据生态环境部发布的《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（以下简称《通知》），《通知》要求切实加强环境影响评价管理，落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”约束，建立项目环评审批与规划环评、现有项目环境管理、区域环境质量联动机制，更好地发挥环评制度从源头防范环境污染和生态破坏的作用，加快推进改善环境质量。</p>				
<p>本项目对照《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《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏</p>				

省内优先保护单元。本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图见附图 5。

评价标准

一、引用标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射剂量限值	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，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
公众照射剂量限值	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。

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。

辐射工作场所的分区

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。

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制潜在照射的范围。

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。

表 B11 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	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹

1) 该区内的高污染子区除外。

1.2 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 $\sim 2 \times 10^7$

2、《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）：

第 4.1.2 款 县级及县级以上或 20 张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表 2 的规定。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准，排入终端已建有正常运行城镇二级污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。

第 5.4 款 医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后，再排入医院污水处理站。

第 5.4.1 款 低放射性废水应经衰变池处理。

3、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

引至“第 5 款 工作场所的放射防护要求”内容，如下：

第 5.1 款 工作场所平面布局和分区

5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人员稠密区域。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

- a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；
- b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；
- c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；
- d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下：

- a) 对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室（根据放射性核素防护

特性分别设置)、质控(样品测量)室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房;

c) 诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息站、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房;

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间(放射性药物贮存室、分装及(或)药物准备室、给药室)、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房(使用非密封源治疗患者)、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB18871 的有关规定,结合核医学科的具体情况,对控制区和监督区采取相应管理措施。

5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作,避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开设置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度,确定核医学治疗区(病房)的位置及其放射防护要求,给药室应靠近病房,尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

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

5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段,避免附近的辐射源(核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者)对诊断区设备成像、功能检测的影响。

第 5.2 款 放射防护措施要求

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 0.5m/s。排气口应高于本建筑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。

5.2.5 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。回旋加速器机房内应装备应急对外通讯设施。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

第 5.3 款 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 2.5 μ 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 μ Sv/h，宜不大于 2.5 μ Sv/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 的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μ Sv/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。屏蔽计算中所涉及的常用放射性药物物理特性见附件 H。PET 相关房间的辐射屏蔽计算方法和示例参见附录 I。

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在的照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附件 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 2。

表 2 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平

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	4 \times 10	4 \times 10
	监督区	4 \times 10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区、监督区	4 \times 10 ⁻¹	4 \times 10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4 \times 10 ⁻²	4 \times 10 ⁻²	4 \times 10 ⁻¹

1) 该区内的高污染子区除外。

4、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

引自“第 6 款 X 射线设备机房防护设施的技术要求”内容，如下：

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房门、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 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；

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、改建和改建项目和技术改造、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

机房类型	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（不含头颅移动 CT）	30	4.5

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表 3 的规定。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

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

机房类型	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 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：

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

6.4 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。

6.4.10 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 0.5mmPb；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 4 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		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 选配：铅橡胶帽子	-

7.4 CT 设备操作的防护安全要求

7.4.1 CT 工作人员应根据临床的实际需要，正确选取并优化设备工作参数，在满足诊断需要的同时，尽可能减少受检者受照剂量。

7.4.2 对儿童进行 CT 检查时，应正确选取扫描参数，以减少受照剂量，使儿童的

CT 应用达到最优化。

5、《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）：

表 B.1 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

解控水平 (Bq/g)	核素
1×10^1	^{18}F
1×10^2	^{15}O 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}In 、 ^{131}I 、 ^{198}Au 、 ^{203}Hg 、 ^{201}Tl
1×10^3	^{32}P 、 ^{151}Cr 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{113}Sn 、 ^{125}I 、 ^{133}Xe

注 1：上述解控水平推荐值原则上只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对产生少量放射性固体废物的医学应用或实验室。

2：严禁为申报清洁解控而采用人工稀释等方法来降低核素活度浓度。

3：本表数值取自 GB18871-2002 附录 A，并与 GBZ167-2005 附录 B 的取值相一致。

二、辐射环境评价标准限值

1、个人剂量管理限值

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。对于职业人员项目，要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行（即 5mSv/a）。本项目评价标准按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行，即 5mSv/a。

②公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

2、放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型	β 放射性物质	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}

3、放射性废水排放限值

废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 限值，标准值见表 7-3。

表 7-3 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）

控制项目	衰变池排放口排放标准（Bq/L）	依据
总 β	10	（GB18466-2005）表 2 限值
总 α	1	

4、表面污染解控

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2 表面污染控制水平：“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时（即 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。”。

5、工作场所内外控制剂量率

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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，宜不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜柜体外表面 5cm 的周围剂量当量率控制目标值不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

6、其他

核医学科内通风橱的排风装置设计风速不小于 $0.5\text{m}/\text{s}$ 。

三、参考资料

- 1、《辐射防护导论》，方杰主编。
- 2、ICRP103 号出版物，2007 年，国际放射防护委员会。
- 3、《2019 全国辐射环境质量报告》中华人民共和国生态环境部，2020 年 6 月。

江苏省各自动监测站测得空气吸收剂量率（单位： nGy/h ）

小时均值最小值	小时均值最大值
43.7	147.5

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

江阴华西医院位于江苏省无锡市江阴市华士镇华西村 6 号塔，医院东侧为室外道路，南侧为室外道路，西侧为室外道路及居民楼，北侧为室外道路及 5 号塔。由于 6 号塔已无场地用于本次场所的扩建，医院向华西村申请批准 5 号塔用于本次项目的建设用地。

本次扩建项目选址于江苏省无锡市江阴市华士镇华西村 5 号塔。

5 号塔东侧为室外道路及绿化带，南侧为室外道路及 6 号塔，西侧为室外道路及居民住宅，北侧为室外道路及 4 号塔。

本次扩建的非密封放射性物质工作场所（PET/CT 中心）位于 5 号塔一层，该工作场所东侧为室内过道及室外道路，南侧为污物通道，西侧为室内通道及室外道路，北侧为电梯厅及楼梯间，上方三层为闲置用房，下方为地下车库及设备间。PET/CT 中心拟建址周围环境现状见图 8-1 至图 8-6。



图 8-1 华西村 5 号塔东侧



图 8-2 华西村 5 号塔南侧

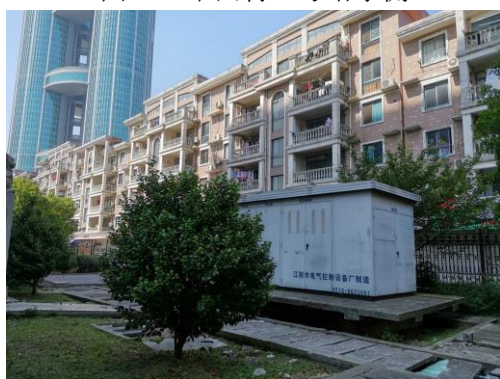


图 8-3 华西村 5 号塔西侧

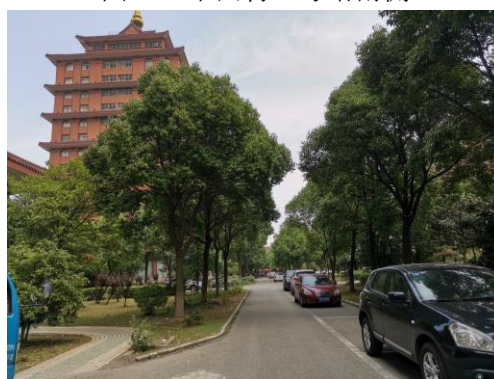


图 8-4 华西村 5 号塔北侧



图 8-5 华西村 5 号塔二层



图 8-6 华西村 5 号塔负一层

二、辐射环境现状评价

根据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本次 PET/CT 中心拟建址及周围环境进行布点，测量辐射剂量率现状。监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-7。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测仪器：FH40G+FHZ672E-10 型多功能 X- γ 辐射监测仪（设备编号：NJRS-103，检定有效期：2021 年 01 月 18 日~2022 年 01 月 17 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2021-0002192）

能量范围：40keV~4.4MeV

剂量率范围：10nSv/h~100 μ Sv/h

监测日期：2021 年 03 月 11 日

天气：阴

温度：11 $^{\circ}$ C

湿度：80%RH

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）有关布点原则进行布点。

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 4），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/T 61-2001）的要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果：监测人员均经过考核并持有合格证书，所有监

测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行二级审核。

评价方法：

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考《2019 全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部，2020 年 6 月）中江苏省全省 γ 辐射空气吸收剂量率范围。

表 8-1 江苏省空气吸收剂量率

地点	γ 辐射空气吸收剂量率范围 (nGy/h)
江苏省电离辐射环境监测自动站	43.7~147.5

表 8-2 扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目拟建址周围 γ 辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果 (nSv/h)	备注
1	5 号塔东侧	121	室外
2	5 号塔南侧	109	室外
3	5 号塔西侧	104	室外
4	5 号塔北侧	103	室外
5	5 号塔二层	102	室内
6	5 号塔负一层	108	室内
7	5 号塔西侧居民楼	104	室外
8	5 号塔西侧居民楼	104	室外

注：测量数据未扣宇宙响应值。

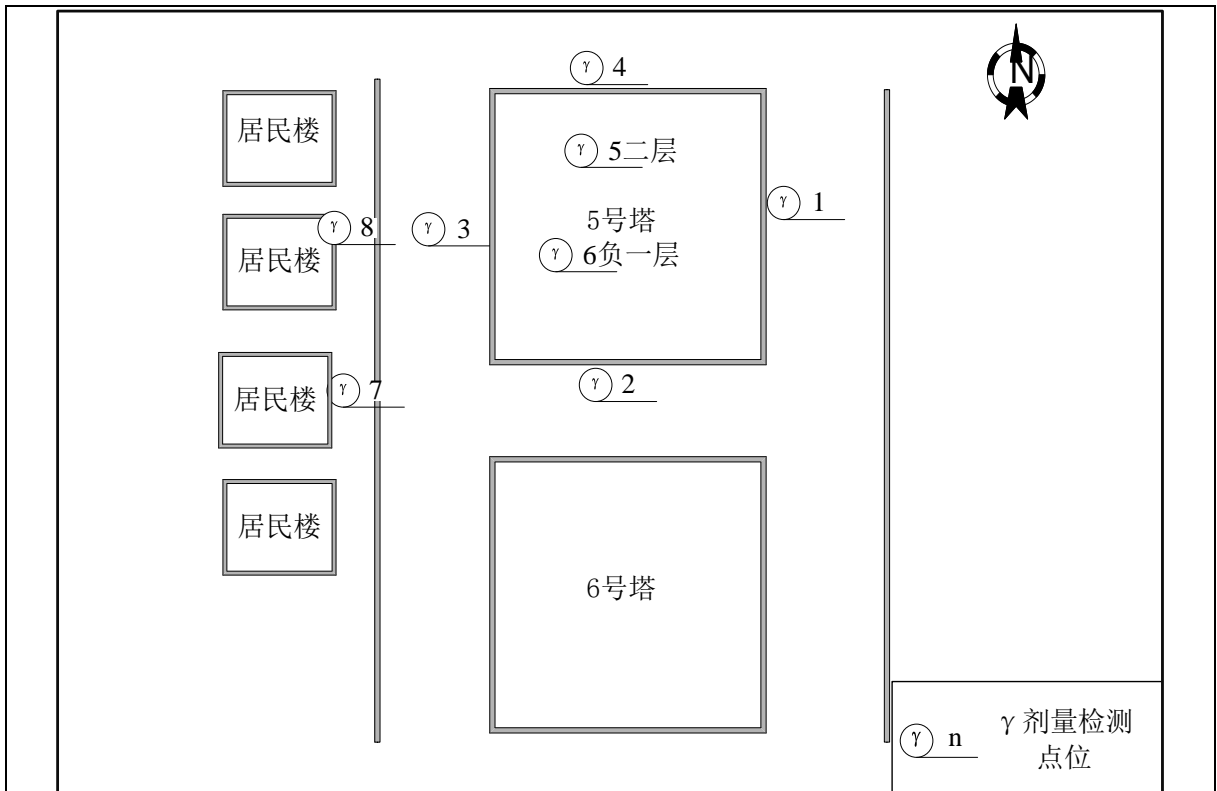


图 8-7 拟建址周围环境 γ 辐射监测点位示意图

由表 8-2 监测结果可知，江阴华西医院本次扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目拟建址周围环境贯穿辐射剂量率在 $102\text{nSv/h}\sim 121\text{nSv/h}$ 之间，位于江苏省环境天然贯穿辐射水平涨落区间，属江苏省环境天然贯穿辐射本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

江阴华西医院拟在 5 号塔一层扩建 1 处丙级非密封放射性物质工作，于场所内使用 1 台 PET/CT（属Ⅲ类射线装置），同时使用放射性同位素 ^{18}F 开展核素显像诊断项目。江阴华西医院本次扩建的非密封放射性物质工作场所平面布置及周围环境示意图见附图 3。

医院本次拟于扩建的非密封放射性物质工作场所内使用 1 台 PET/CT（属Ⅲ类射线装置）。PET/CT 是将 PET 与 CT 融为一体，由 PET 提供病灶详尽的功能与代谢等分子信息，而 CT 提供病灶的精确解剖定位。PET 系统的主要部件包括机架、环形探测器、符合电路、检查床及工作站等。探测系统是整个正电子发射显像系统中的主要部分，它采用的块状探测结构有利于消除散射、提高计数率。CT 主要有扫描部分、计算机系统、图像显示和存储系统组成，其中扫描部分由 X 线管、探测器和扫描架组成。PET/CT 的结构示意图见图 9-1。

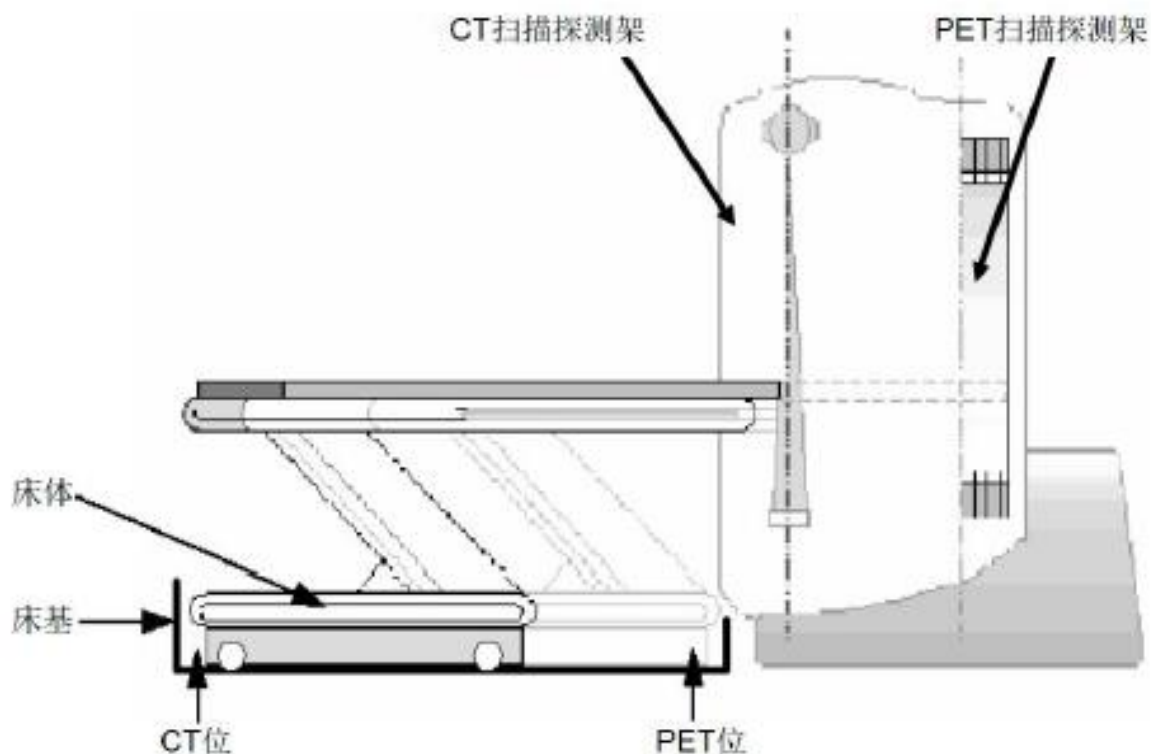


图 9-1 PET/CT 结构示意图

二、工作原理及工作流程

（一）工作原理

PET 是使用正电子衰变的核素而成像的设备。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面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。实际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。

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。

（二）工作流程

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

装)。

病人在注射前提前安放留置针，病人到达注射窗口后，注射护士手持带铅套的注射器，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为病人注射。注射完毕后，注射器放入专用废物铅桶内。每次分装过程中近距离接触正电子药物的时间保守按 2min、注射过程按 1min 估算。

患者根据注入的正电子药物特性，在注射后候诊室内静坐或静躺候诊（一般注射¹⁸F-FDG 后需等待约 20min），待药物代谢至靶器官，进入 PET/CT 机房，经医护人员摆位后，接受 PET/CT 的扫描，每次扫描约 10~20 分钟。扫描完成后，患者在留观室休息等待一段时间后，若无其他情况，从患者专用通道离开。核素显像诊断项目工作流程及产污环节分析见图 9-2。

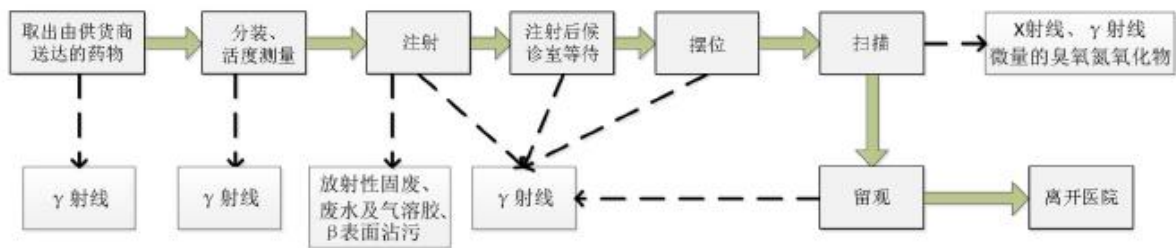


图 9-2 核素显像诊断项目工作流程及产污环节分析示意图

(三) 项目人流和物流的路径规划

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

1、工作人员路径：

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

2、患者路径：

患者按预约日期首先到一层候诊室，随后在登记室登记并安置留置针，登记后的

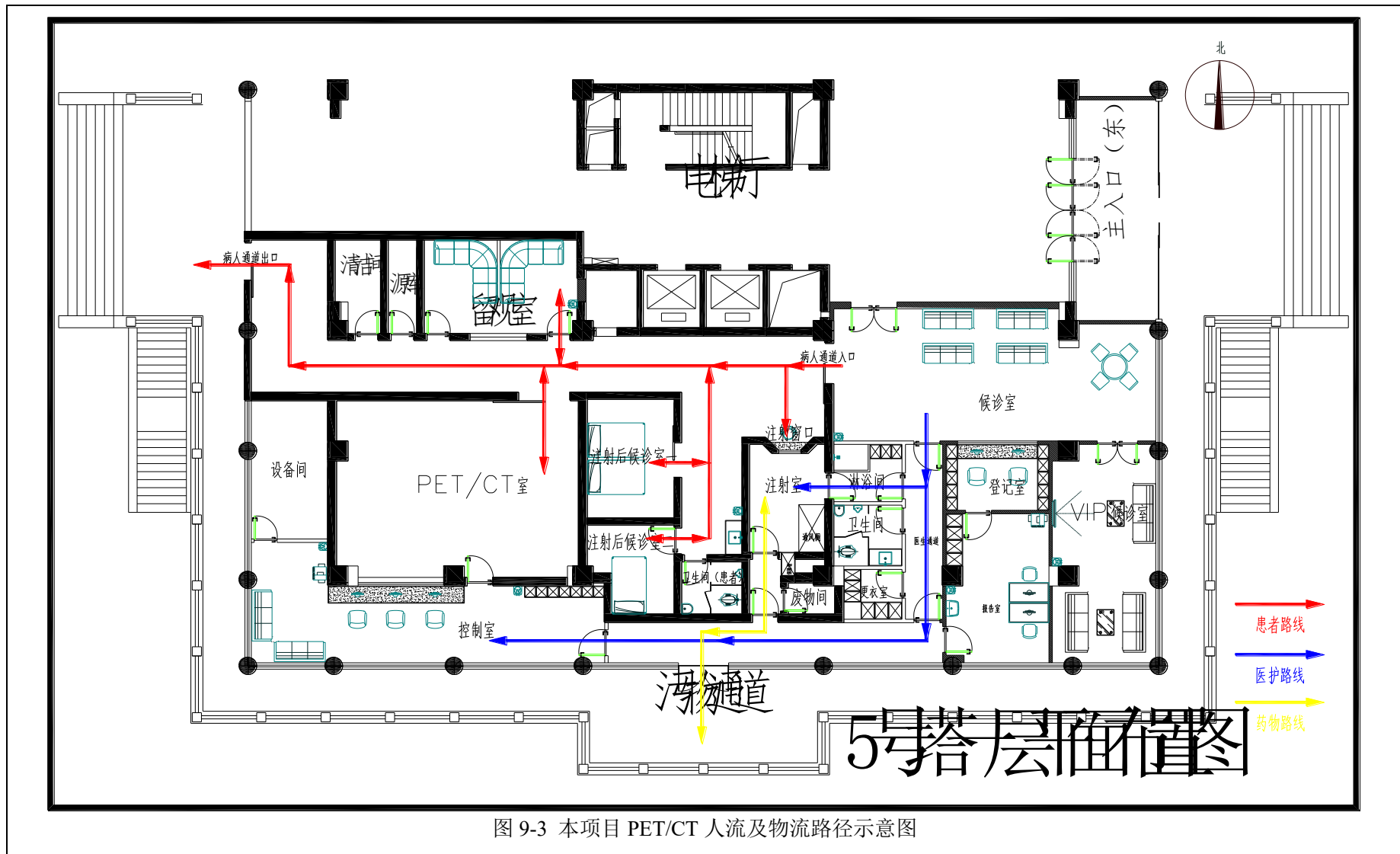
患者通过西侧带有门禁装置的防护门进入诊断区域，首先到达注射室，在注射室注射窗口注射放射性药物后，在注射后等候室休息等待，一般等待大约 10~20min，再进入 PET/CT 机房进行显像检查，检查完毕后在留观室休息约 10min 后离开。该路径上，患者入口和患者出口处均设置为单向门禁，仅允许患者单向通行。该诊断区域内设有专用卫生间，患者在专用卫生间内如厕，不随意走动，诊断期间，各自根据叫号系统提示到相应的位置进行诊断检查。

3、工作场所拟使用的药物运送路径：

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

本次扩建的工作场所区域划分及病人、医护人员流动路线见图 9-3。

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



污染源项描述

江阴华西医院拟在 5 号塔一层扩建 1 处丙级非密封放射性物质工作，于场所内使用 1 台 PET/CT（属Ⅲ类射线装置），同时使用放射性同位素 ^{18}F 开展核素显像诊断项目。本次拟新增辐射项目见表 9-1。

表 9-1 江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目情况一览表

非密封放射性物质							
序号	工作场所名称	核素	日最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动 种类	用途	
1	PET/CT 中心	^{18}F	5.55×10^9	1.39×10^{12}	使用	核素显像	
射线装置							
序号	射线装置名称	装置型号	最大 管电压	最大 管电流	射线装 置类别	活动 种类	备注
1	PET/CT	未定	$\leq 140\text{kV}$	$\leq 800\text{mA}$	Ⅲ	使用	/

参照《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）中：

- 1.有相对独立、明确的监督区和控制区划分；
- 2.工艺流程连续完整；
- 3.有相对独立的辐射防护措施的特点，工作场所人流及物流具有自己的独立通道，不与其他楼层交叉等条件。

根据医院本次扩建的工作场所平面布局及周边环境可知，江阴华西医院本次扩建非密封放射性物质工作场所符合以上三个条件，因此，江阴华西医院本次扩建的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目应作为一个独立的非密封放射性物质工作场所，场所具有独立的监督区、控制区划分。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法和建设单位提供的放射性同位素最大日操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封源工作场所的分级判据如表9-2。

表 9-2 非密封放射性物质工作场所的分级

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 $\sim 2 \times 10^7$

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式、放射源状态和实际日最大操作量确定。毒性组别和操作方式与放射源状态修正因子见表9-3、表9-4。

表 9-3 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 9-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	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

$$\text{日等效用量} = \frac{\text{日操作量} \times \text{毒性修正因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \dots\dots \text{公式9-1}$$

根据本项目非密封放射性物质工作场所使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量，确定出本项目非密封放射性物质工作场所级别。

江阴华西医院本次扩建的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目使用的非密封放射性物质日最大用量及年总用量见表 9-5，其日等效最大操作量核算见 9-6。

表 9-5 本项目使用的放射性核素日使用量及年使用量

^{18}F	日最大用量	单次使用最大量 $10\text{mCi} \times \text{日最高峰 } 15 \text{ 人} = 5.55 \times 10^9 \text{Bq}$	核素 显像
	年总用量	单次使用最大量 $10\text{mCi} \times \text{日最高峰 } 15 \text{ 人} \times 250 \text{ 天} = 1.39 \times 10^{12} \text{Bq}$	

表 9-6 本项目使用的放射性核素日等效最大操作量核算

核素	物理状态/ 毒性组别	操作 方式	日等效最大操作量
^{18}F	液态/低毒	注射	日最大操作量 $(5.55 \times 10^9 \text{Bq}) \times 0.01$ (低毒) / 10 (液态/很简单操作) = $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$

注：根据《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）

规定：医疗机构使用¹⁸F相关活动视为“很简单的操作”。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）非密封源工作场所的分级原则，结合表 9-5 和表 9-6 计算结果可知本项目 5 号塔 PET/CT 中心诊断工作场所日等效最大操作量为 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ，属于（豁免 $\sim 2 \times 10^7$ ）Bq 的范围，确定江阴华西医院本次扩建的工作场所为丙级非密封放射性物质工作场所。

江阴华西医院本次扩建的非密封放射性物质工作场所主要产生以下放射性污染：

1、电离辐射

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

本项目 PET/CT 拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-7。

表 9-7 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量率当量率常数（裸源） ^① ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$)
¹⁸ F	109.8min	β^+ , EC	0.63 (+)	0.511	0.143

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

2、 β 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素 ¹⁸F 的各种操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

3、放射性废气

本项目使用的 ¹⁸F 在带有通风装置的通风橱内进行分装，产生少量的放射性气溶胶。

4、放射性废水

体内含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

5、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，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。

6、非放射性三废

本项目废气为电离辐射产生的 O₃、NO_x 等废气；本项目废水为工作人员产生少量的生活污水；本项目的固体废物，主要为工作人员产生的生活垃圾以及医疗废物；本

项目噪声主要设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作区域布局管理

(一) 工作场所布局合理性

本次改建的非密封放射性物质工作场所位于 5 号塔一层，该工作场所东侧为室内过道及室外道路，南侧为污物通道，西侧为室内通道及室外道路，北侧为电梯厅及楼梯间，上方为闲置用房，下方为地下车库及设备间。

本次新增的工作场所包括以下主要房间：医生通道、更衣室、淋浴间、卫生间（医用）、注射室、废物间、卫生间（患者）、注射后候诊室、PET/CT 机房、设备间、留观、控制室和源库等。

本项目位于江阴市华西村 5 号塔一层内，整个诊断工作场所相对独立建筑，与其他科室有明显的界限，新增的 PET/CT 中心诊断工作场所位于 5 号塔一层避开了医院的产科、儿科、食堂等部门，且新增的工作场所出入口避开了人流量较大的门诊大厅、收费处等人群稠密区域，避免了对公众不必要的照射。

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

(二) 两区划分

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目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。

控制区—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制潜在照射的范围。

监督区—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的区域。

2、控制区与监督区的划分

(1) 区域划分

根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。医院拟将注射室、废物间、储源室、注射后候诊室、PET/CT 机房、留观室、淋浴间等划分为控制区，该区域涉及放射性同位素操作，是药物分装及带药病人的主要活动区域，设置有病人专用通道供带药病人行走，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室及医生通道等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。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，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。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 上进行了标识。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

科室名称	控制区	监督区
PET/CT 中心	注射室、废物间、储源室、注射后候诊室、PET/CT 机房、留观室、淋浴间等	控制室、设备间及医生通道

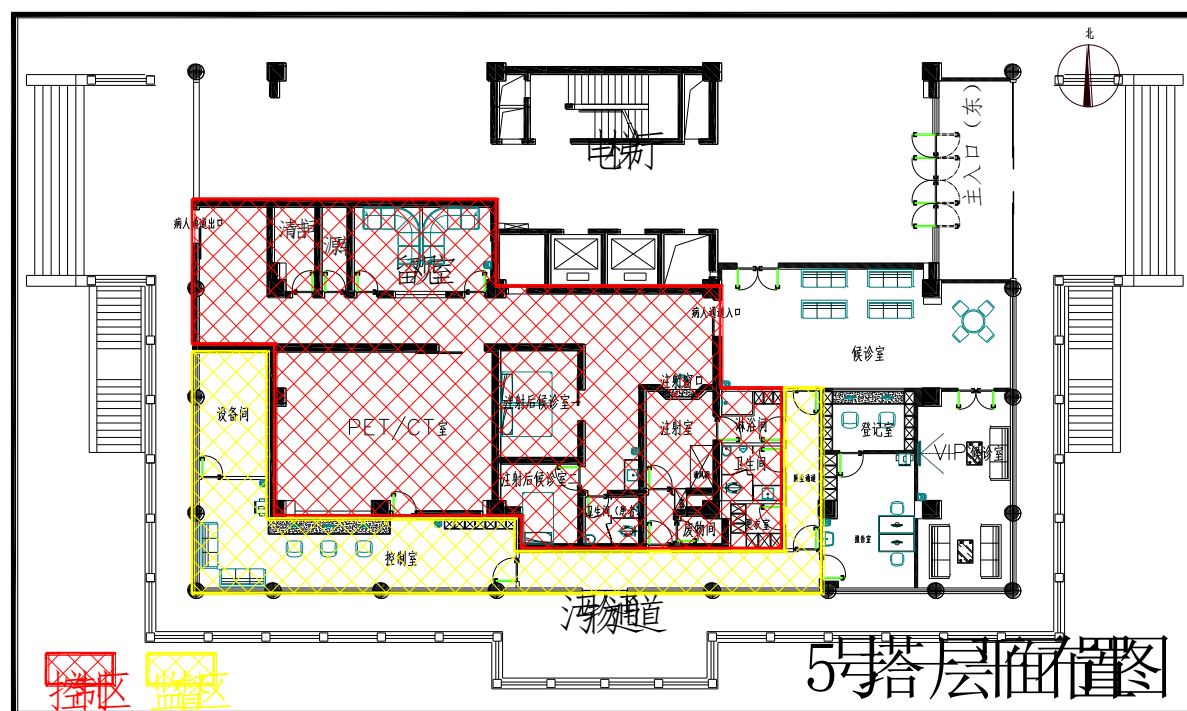
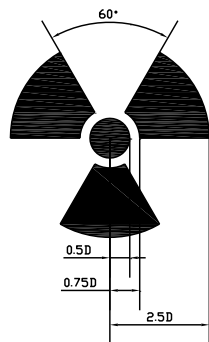


图 10-1 PET/CT 中心分区示意图

1) 控制区的防护手段与安全措施:

①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-2）。



a. 电离辐射标志



b. 当心电离辐射警告标志

图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④在淋浴/更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

2) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射安全及防护措施

1、机房屏蔽措施

本次扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目屏蔽设计见表 10-2。

表 10-2 防护屏蔽设计一览表

名称	屏蔽体	主要屏蔽材料及厚度
注射室	四面墙体	250mm 混凝土
	顶棚	240mm 厚混凝土
	地面	180mm 厚混凝土+50mm 硫酸钡
	防护门	防护门为 8mmPb 铅防护门

	注射窗	20mmPb
	通风橱	40mmPb (¹⁸ F 用)
注射后候诊室 1	四面墙体	250mm 混凝土
	顶棚	240mm 厚混凝土
	地面	180mm 厚混凝土+50mm 硫酸钡
	防护门	10mmPb 铅门
注射后候诊室 2	四面墙体	250mm 混凝土
	顶棚	240mm 厚混凝土
	地面	180mm 厚混凝土+50mm 硫酸钡
	防护门	10mmPb 铅门
PET/CT 机房	四面墙体	300mm 混凝土
	顶棚	240mm 厚混凝土
	地面	180mm 厚混凝土+50mm 硫酸钡
	防护门	10mmPb 铅门
	观察窗	10mmPb 铅玻璃
	铅屏风	5mmPb
留观及抢救室	四面墙体	250mm 混凝土
	顶棚	240mm 厚混凝土
	地面	180mm 厚混凝土+50mm 硫酸钡
	防护门	8mmPb 铅门
其他		核医学入口防护门为 10mmPb
		核医学出口防护门为 10mmPb
		通道顶部为 240mm 厚混凝土；地面为 180mm 厚混凝土+50mm 硫酸钡
		废物间防护门为 5mmPb
		储源室防护门为 5mmPb

注：本项目拟使用的混凝土密度不低于 2.35g/cm³，铅板的密度不低于 11.3g/cm³，硫酸钡的密度不低于 3.0 g/cm³。

2、安全装置

1、电离辐射警告标志

医院拟将PET/CT中心工作场所划分为控制区和监督区，在控制区入口处(PET/CT 机房、注射室、废物间、注射后候诊室、留观室门口、源库)等均拟设置有符合规范的电离辐射警告标志；

2、工作状态指示灯、闭门装置

PET/CT 机房门口上方拟设置工作状态指示灯，且工作状态指示灯与机房相通的门设置联锁装置，用于提示机房内设备的运行状态；机房门设置闭门装置。

3、语音对讲、监控装置

医院拟在PET/CT 机房与控制室内设置双向语音对讲装置和监控系统,且PET/CT 机房控制台处安装有观察窗,在诊断过程中医务人员可以及时观察病人情况和与病人交流,保证诊断质量和防止意外情况的发生。

4、对控制区内带药病人的监督管理

医院拟做好本项目控制区的监督管理工作,防止无关人员入内;拟在控制区出入口设置单向门禁系统,实现“入口只进不出,出口只出不进”的单向路线;加强对控制区内注射放射性药物病人的监督管理,避免其给药后随意走动;同时应告知检查完成后病人离开路线,防止其对公众造成不必要照射。

5、“两区”内安全防护措施规定

工作人员离开工作室前洗手和做表面污染监测,如其污染水平超过规定限值,应采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测,以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

6、工作人员防护用品

医院拟为本项目工作人员配备的辐射防护装置及个人防护用品主要有铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、剂量报警仪、个人剂量计等。

三、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求,开展放射诊疗的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

江阴华西医院拟为本项目配备辐射巡测仪 1 台,表面沾污仪 1 台、个人剂量报警仪 4 台。辐射工作人员工作时将佩带个人剂量计,以监测累积受照情况。医院拟定期组织放射工作人员进行健康体检,并将按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

本项目运行期产生的主要放射性“三废”为工作场所使用非密封性同位素过程中产生的含放射性固废、放射性废水和放射性废气,PET/CT 中心诊断工作场所拟采取以下“三废”防治措施。

（一）放射性废气

本项目工作场所排风管道分为 2 支，其中 1 支单独连接注射室内设置的通风橱，放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱由专业厂商提供，根据《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，工作中应有足够风速（一般风速不小于 0.5m/s）”要求，医院购买的通风橱排风口处风速不得低于 0.5m/s；第 2 支管连接各注射后等候区、注射室、PET/CT 机房等。场所内的通排风系统需保证非密封放射性物质工作为负压工作场所。

工作场所产生的废气经由 2 根排风管道排至 5 号塔楼顶，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）。

工作场所各排风管道必须密封良好，不与 5 号塔其他排风管道相通，过滤器及活性炭需定期更换（1~2 次/年），更换后的活性炭经贮存衰变 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。

（二）放射性废水

本项目工作场所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至 5 号塔负一层本次新建的衰变池系统内，放射性废水先排至沉淀池再通过污水提升泵排至放射性废水衰变系统（见图 10-3），待放射性废水达到清洁解控水平后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

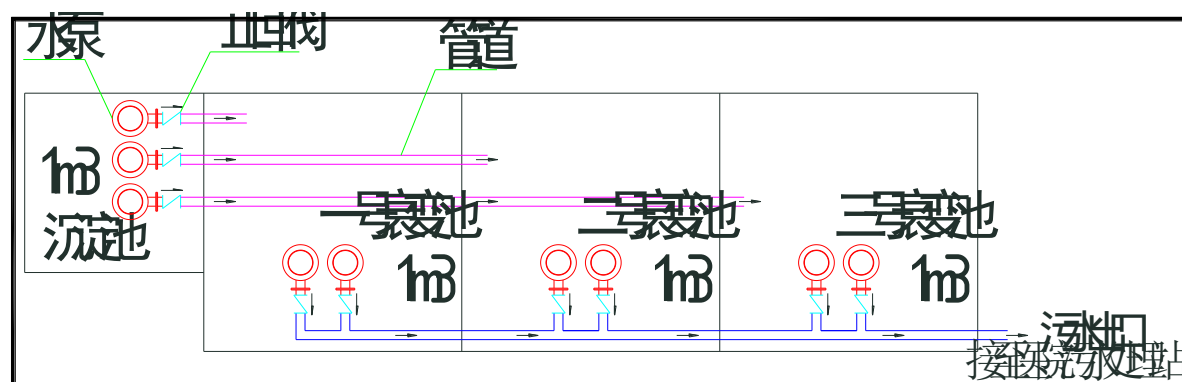


图 10-3 本项目使用的放射性废水衰变池系统

本项目新设置的放射性废水衰变系统通过专门管路收集放射性废水，采用间歇式衰变的处理方式设计。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

水量及阀门状态等信息，可掌控放射性废水的流向，避免出现放射性废水的意外排放以及不可追溯的事故。

1、处理措施

本项目工作场所放射性废水将排入拟建于场所负一层新建的放射性废水衰变系统，该衰变池系统共设 3 个相同体积的放射性废水衰变槽体，每个有效容积为 1m^3 ，放射性废水衰变系统采用并联排放运行。

2、衰变池的运行原理

本项目本次新建的衰变池由一个沉淀池（ 1m^3 ）加三个容积均为 1m^3 的小池组成，PET/CT 中心产生的放射性废水先进入沉淀池进行初级沉淀后排入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，PET/CT 中心的废水通过沉淀池会排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，此时 PET/CT 中心产生的放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，此时打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站。三个衰变池以此往复运行。

3、衰变池容量可行性分析

工作场所放射性废水主要来源是工作台面、地面去污时产生的放射性废水，工作人员操作过程中手部受到微量污染的清洁废水，患者冲洗排便废水。

患者产生的废水量：参考《建筑给排水设计规范》（GB50015-2019）表 6.2.2 的医生生活用水量定额，同时根据该建设项目预期日检查人数，则本项目废水产生情况见表 10-3：

表 10-3 江阴华西医院扩建 PET/CT 中心项目废水产生情况一览表

序号	用水类别	单人单次废水量	日诊疗人数	日产生废水量	备注
1	使用 ^{18}F 患者	6L	15 人次	90L	/
2	工作人员	20L	8 人次	160L	/
3	场所清洗废水	150L/日		150L	/
合计				400L（约 0.4m^3 ）	/

根据医院制定的衰变池排水计划，待最后一个衰变池装满时，才排放第一个衰变池的废水。项目日产生放射性废水约 0.4m^3 ，两个衰变池的容积为 2m^3 ，即装满两个池子需要约 5d，且该场所仅使用放射性核素 ^{18}F ，则两个池子装满时已经经过了 5d（65.5 个半衰期）远大于 10 个半衰期，故本项目衰变池的容积可满足废水处理的要求。

医院规定：

(1) 规定患者诊疗期间使用专用厕所，不得使用其他厕所。

(2) 专用厕所应具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

(三) 放射性固废

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的一次性卫生用品、垫料、更换下的废高效过滤器滤芯及废活性炭等。工作场所拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门收集，包装袋要标明收贮时间、种类及数量等内容，按序封闭暂存于放射性衰变桶（10mm 铅当量）内，最后转移至废物间内，让放射性物质自行衰变，经检测符合排放标准后，按照医疗废物交由有资质单位进行处置。

医院应做到：

①放射性废物应收集在具有防护外层和电离辐射标志的固体废物桶中，固体废物桶应避免辐射工作人员和经常走动的地方，装满后的废物袋应密封，不破漏；

②存放废物的容器必须安全可靠，并在铅废物桶的显著位置处标有废物类型、核素种类、比活度范围和存放的日期等说明；

③放射性废物的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号）的相关规定。

(1) 放射性废物应收集在具有防护外层和电离辐射标志的固体废物桶中，固体废物桶应避免辐射工作人员和经常走动的地方，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转至放射性废物储存室内，并放入专用容器中贮存；

(2) 在放射性废物储存室出入口设电离辐射标志，存放废物的容器必须安全可靠；并在废物桶的显著位置处标有废物类型、核素种类、比活度范围和存放的日期等说明；

(3) 放射性废物的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号）的相关规定。

(四) 非放射性污染防治措施

本项目运行期间产生的非放射性污染物主要是噪声、生活污水、生活垃圾。具体治理措施如下：

1、生活污水和生活垃圾处理措施

本项目工作人员工作中会产生少量的生活污水、生活垃圾和办公垃圾，候诊病人候诊过程中产生少量的生活污水和生活垃圾，依托医院已有的污水处理系统和生活垃圾收集系统进行处理。

2、废气处理措施

本项目使用的 III 类射线装置在工作状态时，会使空气电离产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排出，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

3、噪声治理措施

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，各机房所使用的通排风系统均为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值一般低于 60dB(A)，噪声较小，考虑到噪声的远距离衰减作用，各排风系统使用的风机均采用橡胶垫进行减震，噪声进一步减小，对周围环境影响可以忽略。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工阶段

项目施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水产生。

本项目主要的施工将在 5 号塔内完成，主要为增加各墙体的屏蔽能力，衰变池为半成品式产品，仅在现场安装不涉及施工建造过程。因此，该项目施工工艺简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

1、大气污染防治措施

①施工场地扬尘可用洒水和清扫措施予以抑止；

②在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；

③加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

2、噪声防治措施

①门窗、预制构件、大部分钢筋的成品、半成品在工厂完成，减少施工场地内加工机械产生的噪声；

②不得随意扔、丢，减少金属件的碰击声。电钻等噪声设备使用时间尽量避开中午 12:00~14:00 和晚上 10:00 以后；

③加强现场运输车辆出入的管理，车辆进入现场禁止鸣笛；

④施工单位通过文明施工、加强有效管理，材料堆放必须轻拿轻放；

⑤施工单位在现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉电话后及时与当地环保部门联系，以便及时处理各种环境纠纷。

3、固废防治措施

①装饰工程施工产生的废弃物料和生活垃圾等由市政环卫统一清运；

②在工程竣工以后，施工单位应同时拆除各种临时施工设施，做到“工完、料尽、

场地清”。建设单位应负责督促施工单位的固体废物处置清理工作。

4、水污染防治措施

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依医院现有生活污水处理设施处理。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置的安装和调试均在机机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中第 1.2 款 ^{99m}Tc 诊断、 ^{131}I 治疗、PET 等工作场所的屏蔽计算，保守起见，所有核素（如 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{18}F 等）工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

$$\dot{H}_p = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{(-\frac{x}{TVL})} \dots \dots \text{公式 1}$$

上式中： \dot{H}_p —屏蔽体外关注点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

A —单个患者或者受检者所用放射源的最大活度（MBq）；

Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ ）；

r —放射源到考察点的距离（m）；

x —屏蔽厚度（mm）；

TVL — γ 射线的十分之一值层厚度（mm）

由《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）查出铅、混凝土和实心砖

对 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 什值层见表 11-1。

表 11-1 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	^{18}F
铅什值层厚度 TVL ($\rho=11.3\text{g/cm}^3$)	16.6mm
砼什值层厚度 TVL ($\rho=2.35\text{g/cm}^3$)	176mm
实心砖什值层厚度 TVL ($\rho=1.65\text{g/cm}^3$)	263mm

再采用方杰主编的《辐射防护导论》中公式计算参考点人员的有效剂量。

$$D_{\text{Eff}} = \dot{H}_p \cdot t \cdot T \cdot U \quad \dots\dots\text{公式 2}$$

上式中： D_{Eff} —考察点人员有效剂量（Sv）；

\dot{H}_p —考察点的空气比释动能率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

t —考察点处受放射性核素影响的时间（h）；

T —居留因子，全部居留 $T=1$ ，部分居留 $T=1/4$ ，偶尔居留 $T=1/16$ ；

U —使用因子，因放射性核素以点源模式估算，而放射性衰变是持续发生的， U 取 1；

根据本项目的工程分析可知，PET/CT 核素诊断项目辐射影响主要包括护士分装、取药和活度测量（保守按照 2min 估算）、药物注射（保守按照 1min 估算）、病人候诊（等候约 20min）和病人扫描（扫描过程约 20min）4 个过程，主要对 PET/CT 中心工作人员及室外公众产生外照射辐射影响。

根据公式（1）可估算出项目周围各参考点处的辐射水平，各参考点位置见图 11-1，预测结果见表 11-2。

表 11-2 理论估算结果汇总

点 位	参考点位置	源强 (Bq)	距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	参考点辐射水平及 标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)		备注
1	通风橱外表面 5cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	40mmPb	0.0039	12.361	25	通风橱为 40mmPb
2	注射室东墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	250mm 砷+10mmPb	0.0095	0.114	2.5	注射针套为 10mmPb 注射窗为 20mmPb
3	注射室东侧防护门外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2	8mmPb+10mmPb	0.0823	1.089	2.5	
4	注射室南墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	5.3	250mm 砷+10mmPb	0.0095	0.018	2.5	
5	注射室南侧防护门外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	5.3	8mmPb+10mmPb	0.0823	0.155	2.5	
6	注射室西墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	250mm 砷+10mmPb	0.0095	0.114	25	
7	注射位	$10 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	20mmPb+10mmPb	0.0156	3.299	25	
8	患者入口防护门外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.1	8mmPb+10mmPb	0.0823	0.453	2.5	
9	注射室顶部外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	9.3	240mm 砷*+10mmPb	0.0108	0.007	2.5	
10	注射室下方距地面 1m	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	180mm 砷+50mm 硫酸钡 +10mmPb	0.0123	0.053	2.5	
11	注射后候诊室 1 东墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	250mm 砷	0.0380	0.911	25	
12	注射后候诊室 1 防护门外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	10mmPb	0.2498	5.994	25	
13	注射后候诊室 1 南墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.6	250mm 砷	0.0380	0.595	25	
14	注射后候诊室 1 西墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	250mm 砷	0.0380	0.911	25	
15	注射后候诊室 1 北墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.6	250mm 砷	0.0380	0.595	25	
16	注射后候诊室 1 顶部外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	9.3	240mm 砷*	0.0433	0.053	2.5	

17	注射后候诊室 1 下方距地面 1m	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	180mm 砷+50mm 硫酸钡	0.0493	0.426	2.5	
18	注射后候诊室 2 东墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2	250mm 砷	0.0380	0.502	25	假设 1 人同时候诊
19	注射后候诊室 2 防护门外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2	10mmPb	0.2498	3.304	25	
20	注射后候诊室 2 南墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	250mm 砷	0.0380	0.380	2.5	
21	注射后候诊室 2 西墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2	250mm 砷	0.0380	0.502	2.5	
22	注射后候诊室 2 北墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	250mm 砷	0.0380	0.380	25	
23	注射后候诊室 2 顶部外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	9.3	240mm 砷	0.0433	0.026	2.5	
24	注射后候诊室 2 下方距地面 1m	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	180mm 砷+50mm 硫酸钡	0.0493	0.213	2.5	
25	PET/CT 机房东墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	5	300mm 砷	0.0197	0.042	25	
26	PET/CT 机房南墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	300mm 砷	0.0197	0.072	2.5	/
27	操作位	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	10mmPb	0.2498	0.915	2.5	/
28	PET/CT 机房防护门表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	10mmPb	0.2498	0.915	2.5	/
29	PET/CT 机房西墙表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	5	300mm 砷	0.0197	0.042	2.5	/
30	PET/CT 机房北墙表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	300mm 砷	0.0197	0.072	25	/
31	PET/CT 机房防护门表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	10mmPb	0.2498	0.915	25	/
32	摆位	$10 \times 3.70 \times 10^7$	1	5.5	0.4663	24.672	/	铅屏风为 5mmPb
33	PET/CT 机房顶部表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	9.3	240mm 砷	0.0433	0.026	2.5	/
34	PET/CT 机房下方距地面 1m	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	180mm 砷+50mm 硫酸钡	0.0493	0.213	2.5	/

35	留观室东墙外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	250mm 砼	0.0380	0.253	2.5	假设 2 人留观，并 考虑衰减 40min
36	留观室防护门表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	3.1	8mmPb	0.3297	2.795	25	
37	留观室西墙外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	3.1	250mm 砼	0.0380	0.322	25	
38	留观室北墙外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	250mm 砼	0.0380	0.702	2.5	
39	留观室顶部外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	9.3	240mm 砼	0.0433	0.041	2.5	
40	留观室下方距地面 1m	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	180mm 砼+50mm 硫酸钡	0.0493	0.328	2.5	
41	核医学出口处防护门外表面 30cm	$7.2 \times 3.70 \times 10^7$	2	10mmPb	0.3297	2.379	2.5	考虑衰减 50min

注：*：考虑二层改造后医院作封闭处理，人员不可达，估算时顶部参考点选取三层距地面 30cm 处，故厚度取 240mm 混凝土。

从表 11-2 中的理论估算结果可以看出，由于有 40mm 铅当量通风橱屏蔽， ^{18}F 药物取药过程中对取药操作人员的躯干辐射影响较小，但由于需要用手操作，手部剂量较高。 ^{18}F 药物针剂外设有铅套、同时操作中工作人员穿戴铅防护服，药物操作过程中对注射室内环境辐射影响较小。 ^{18}F 药物在操作过程中及病人在显像过程中对注射室、候诊区及 PET/CT 机房外的环境影响较小，注射室、候诊区及机房的防护设计均能够满足 ^{18}F 核素的辐射防护要求，项目对 PET/CT 中心周围环境辐射影响较小，均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；候诊期间由于病人相对集中，医院必须采取分批预约、分批注射、分批候诊的方式，严格按照要求控制候诊室内病人的数量，降低对病人及外环境的辐射影响。

保护目标的有效剂量估算

PET/CT 使用 ^{18}F 核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为取药、注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，药物取药过程约 2 分钟，送至注射窗口、注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。

根据表 11-2 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-3。

表 11-3 使用 ^{18}F 显像扫描时工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

点 位	关注点位置	关注点辐射水 平 ($\mu\text{Sv/h}$)	关注对象	居留因子	受照时间 (min)	有效剂量 (mSv)	目标管理限 值 (mSv)	备注
1	通风橱外表面 5cm	12.361	工作人员	1	取药 2min \times 15 次 \times 250d	1.545	5.0	/
2	注射室东墙外表面 30cm	0.114	工作人员	1/16	注射 1min \times 15 次 \times 250d	<0.001	5.0	/
3	注射室东侧防护门外表面 30cm	1.089	工作人员	1/16	注射 1min \times 15 次 \times 250d	0.004	5.0	/
4	注射室南墙外表面 30cm	0.018	工作人员	1/4	注射 1min \times 15 次 \times 250d	<0.001	5.0	/
5	注射室南侧防护门外表面 30cm	0.155	工作人员	1/4	注射 1min \times 15 次 \times 250d	0.002	5.0	/
6	注射室西墙外表面 30cm	0.114	公众	1/16	注射 1min \times 15 次 \times 250d	<0.001	0.10	/
7	注射位	3.299	工作人员	1	注射 1min \times 15 次 \times 250d	0.206	5.0	/
8	患者入口防护门外表面 30cm	0.453	公众	1/4	注射 1min \times 15 次 \times 250d	0.007	0.10	/
9	注射室顶部外表面 30cm	0.007	公众	1/4	注射 1min \times 15 次 \times 250d	<0.001	0.10	/
10	注射室下方距地面 1m	0.053	公众	1/4	注射 1min \times 15 次 \times 250d	0.001	0.10	/
11	注射后候诊室 1 东墙外表面 30cm	0.911	公众	1/32	等候 20min \times 5 次 \times 250d	0.012	0.10	/
12	注射后候诊室 1 防护门外表面 30cm	5.994	公众	1/32	等候 20min \times 5 次 \times 250d	0.078	0.10	/
13	注射后候诊室 1 南墙外表面 30cm	0.595	公众	1/32	等候 20min \times 5 次 \times 250d	0.008	0.10	/
14	注射后候诊室 1 西墙外表面 30cm	0.911	公众	1/32	等候 20min \times 5 次 \times 250d	0.012	0.10	/
15	注射后候诊室 1 北墙外表面 30cm	0.595	公众	1/32	等候 20min \times 5 次 \times 250d	0.008	0.10	/
16	注射后候诊室 1 顶部外表面 30cm	0.053	公众	1/4	等候 20min \times 5 次 \times 250d	0.006	0.10	/
17	注射后候诊室 1 下方距地面 1m	0.426	公众	1/4	等候 20min \times 5 次 \times 250d	0.044	0.10	/

18	注射后候诊室 2 东墙外表面 30cm	0.502	公众	1/32	等候 20min×5 次×250d	0.007	0.10	/
19	注射后候诊室 2 防护门外表面 30cm	3.304	公众	1/32	等候 20min×5 次×250d	0.043	0.10	/
20	注射后候诊室 2 南墙外表面 30cm	0.380	工作人员	1/4	等候 20min×5 次×250d	0.040	5.0	/
21	注射后候诊室 2 西墙外表面 30cm	0.502	工作人员	1/4	等候 20min×5 次×250d	0.052	5.0	/
22	注射后候诊室 2 北墙外表面 30cm	0.380	公众	1/32	等候 20min×5 次×250d	0.005	0.10	/
23	注射后候诊室 2 顶部外表面 30cm	0.026	公众	1/4	等候 20min×5 次×250d	0.003	0.10	/
24	注射后候诊室 2 下方距地面 1m	0.213	公众	1/4	等候 20min×5 次×250d	0.022	0.10	/
25	PET/CT 机房东墙外表面 30cm	0.042	公众	1/32	扫描 20min×15 次×250d	0.002	0.10	/
26	PET/CT 机房南墙外表面 30cm	0.072	工作人员	1	扫描 20min×15 次×250d	0.090	5.0	/
27	操作位	0.915	工作人员	1	扫描 20min×15 次×250d	1.144	5.0	/
28	PET/CT 机房防护门表面 30cm	0.915	工作人员	1	扫描 20min×15 次×250d	1.144	5.0	/
29	PET/CT 机房西墙表面 30cm	0.042	公众	1/16	扫描 20min×15 次×250d	0.003	0.10	/
30	PET/CT 机房北墙表面 30cm	0.072	公众	1/32	扫描 20min×15 次×250d	0.003	0.10	/
31	PET/CT 机房防护门表面 30cm	0.915	公众	1/32	扫描 20min×15 次×250d	0.036	0.10	/
32	摆位	24.672	工作人员	1	摆位 1min×15 次×250d	4.112	5.0	/
33	PET/CT 机房顶部表面 30cm	0.026	公众	1/4	扫描 20min×15 次×250d	0.008	0.10	/
34	PET/CT 机房下方距地面 1m	0.213	公众	1/4	扫描 20min×15 次×250d	0.067	0.10	/
35	留观室东墙外表面 30cm	0.253	公众	1/4	留观 10min×8 次×250d	0.021	0.10	/
36	留观室防护门表面 30cm	2.795	公众	1/32	留观 10min×8 次×250d	0.029	0.10	/

37	留观室西墙外表面 30cm	0.322	公众	1/32	留观 10min×8 次×250d	0.003	0.10	/
38	留观室北墙外表面 30cm	0.702	公众	1/4	留观 10min×8 次×250d	0.058	0.10	/
39	留观室顶部外表面 30cm	0.041	公众	1/4	留观 10min×8 次×250d	0.024	0.10	/
40	留观室下方距地面 1m	0.328	公众	1/4	留观 10min×8 次×250d	0.003	0.10	/
41	核医学出口处防护门外表面 30cm	2.379	公众	1/4	停留 1min×15 次×250d	0.037	0.10	/

本项目核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。根据医院预测，项目运行后预计年门诊量约为 3750 人次，结合表 11-2 和表 11-3 计算结果可知，辐射工作人员在摆位时所受的年有效剂量较大，因项目在理论估算时是按照一名辐射工作人员进行摆位工作的工况进行的，因此建设单位江阴华西医院在实际工作中应尽量安排两名以上辐射工作人员进行摆位操作。

综上，则注射过程中人员受到的年有效剂量小于 1.751mSv (1.545+0.206)，摆位过程中及扫描过程中受到的年有效剂量约为 2.628mSv ((4.112+1.144)/2)，能够满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv 的限值要求。根据估算结果核素诊断过程中，周围公众(控制区外)年有效剂量最大为 0.067mSv (位于 PET/CT 机房下方)，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求：公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

3、射线装置环境影响分析

江阴华西医院 PET/CT 中心 PET/CT 机房辐射防护设计见表 11-4。

表 11-4 江阴华西医院 PET/CT 中心 PET/CT 机房辐射防护设计一览表

类别	参数	设计厚度	铅当量	屏蔽及面积要求	评价
PET/CT 机房	墙体	300mm 砼	3.5mmPb	CT 机房(不含头颅移动 CT)、CT 模拟定位机房：有用线束方向铅当量 2.5mmPb，非有用线束方向铅当量 2.5mmPb。	满足
	防护大门	10mm 铅当量	10mmPb		
	防护小门	10mm 铅当量	10mmPb		
	观察窗	10mm 铅当量	10mmPb		
	屋顶	230mm 混凝土	2.5mmPb		
	地面	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	3mmPb		
	机房面积	45.6m ² ，单边最短长度 5.7m		机房最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长 4.5m	满足

由上表可知江阴华西医院 PET/CT 中心 PET/CT 机房屏蔽防护措施能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。

4、放射性废气影响分析

本项目工作场所排风管道分为 2 支，其中 1 支单独连接分装注射室内设置的通风橱，放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱由专业厂商提供，根据《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，工作

中应有足够风速（一般风速不小于 0.5m/s）”要求，医院购买的通风橱排风口处风速不得低于 0.5m/s；第 2 支管连接各等候区、注射室、PET/CT 机房等。场所内的通排风系统需保证非密封放射性物质工作为负压工作场所。

工作场所产生的废气经由排风系统排至 5 号塔楼顶，在一层排风风管末端配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。

工作场所各排风管道必须密封良好，不与 5 号塔其他排风管道相通，过滤器及活性炭需定期更换（1~2 次/年），更换后的活性炭经贮存衰变经检测符合排放标准后作为一般医疗废物处置。

因此，本项目产生的放射性废气经活性炭吸附处理后排放对周围环境影响是可接受的，不会对周围公众造成不利影响。

5、放射性固废影响分析

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的一次性卫生用品、垫料、更换下的废高效过滤器滤芯及废活性炭等。工作场所拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门收集，包装袋要标明收贮时间、种类及数量等内容，按序封闭暂存于放射性衰变桶（10mm 铅当量）内，转移至储源室内，让放射性物质自行衰变，经检测符合排放标准后按照医疗废物交由有资质单位进行处置。

6、放射性废水影响分析

本项目工作场所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至负一层本次新建的衰变池系统内，放射性废水先排至沉淀池再通过污水提升泵排至放射性废水衰变系统，待放射性废水达到清洁解控水平后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

（二）非辐射环境影响分析

1、废水处理措施依托可行性分析

本项目实施后医院诊疗能力增加，预测年新增诊疗人数不超过 3750 人次。本次环评按照规划进行计算，本项目日产生废水量约为 0.4m³，本项目废水产生量较小，根据医院污水处理站规划使用情况来看，本项目产生的污水可依托医院的污水处理站处理。

2、一般固体废物和医疗废物

本项目在运营期工作人员及患者陪同家属会产生少量的生活垃圾。

江阴华西医院建设有垃圾处理站，本项目产生的生活垃圾集中暂存，将由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

且本项目设置有废物间（用于存放放射性废物），工作过程中产生的医疗废物在此暂存，所有放射性废物经衰变后检测符合排放标准后转移至医院医疗废物暂存间，医院产生的医疗废物最终将委托有资质单位进行统一收集、清运和处理。

3、废气

工作场所内其他区域设有机械排风装置，排风口直接排放到室外，因室内产生的臭氧氮氧化物较少，所以废气对环境几乎没有影响。

4、噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的多联机室外机为低噪声设备，根据设计院提供的相关参数多联机室外机的噪声源源强声级值约为60dB(A)，再通过橡胶垫进行减震降噪，降噪效果约10dB(A)，处理后噪声级约为50dB(A)，能够满足相关标准要求。

事故影响分析

本项目新增的PET/CT为III类射线装置，新增的工作场所为丙级非密封放射性物质工作场所。医院在开展放射诊断过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。因此本项目主要事故风险为：

(1) PET/CT工作状态下，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

(2) 操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

(3) PET/CT中心药物注射时，注射器排气有可能挤出放射性药物，注射器有损漏以及注射针头没有装牢固，造成放射性药物泼洒或者散逸挥发，产生 γ 辐射，操作台面或仪器设备受到放射性污染。

(4) 注射药物的患者未按要求停留于控制区，导致公众遭受较大剂量照射。

(5) PET/CT机房门-机联锁装置失效，导致防护门无法自动关闭，开机时防护门外工作人员或公众受到误照射。

(6) 放射性废水专用管道长期使用老化破裂，或衰变池渗漏，造成PET/CT中心

地下土壤或地面受到放射性污染。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

(1) 发生误照射（人员误留、误入机房内；操作人员违反操作规程或误操作；机房门-机联锁装置失效，导致防护门无法自动关闭），应立即按下急停开关，确保 PET/CT 停止工作。

(2) 迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

(3) 发生非密封放射性物质污染，封闭工作场所，控制人员走动，以避免放射性污染扩散，并进行场所和人员的去污。

(4) 药物注射前，告之病人注意事项，使之了解放射性药物对他人的危害，并加强对带药病人的监督管理。

(5) 对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。

(6) 医院应定期对 PET/CT 中心工作场所辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

(7) 事故发生后，积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作。医院应根据《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》（原国家环保总局，环发[2006]145 号）和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、关于辐射安全与环境保护管理机构

根据现有核技术应用现状,按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2019 修正版(生态环境部令第 7 号)的要求,江阴华西医院已成立了放射安全与防护领导小组,负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作,保障放射工作人员、社会公众的健康与安全。

江阴华西医院已开展核医学科多年,本次为扩建非密封放射性物质工作场所,本项目投入使用后,仍纳入江阴华西医院现有核医学科管理。

二、辐射工作人员配置和能力分析

江阴华西医院拟为本项目配置 4 名辐射工作人员,均为现有辐射工作人员。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部,公告 2019 年 第 57 号):“自 2020 年 1 月 1 日起,新从事辐射活动的人员,以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员,应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’(网址: <http://fushe.mee.gov.cn>) 报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习,并参加考核,考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,考核合格的人员,每 5 年接受一次再培训考核。

辐射安全管理规章制度

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求,使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、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、监测方案等,并有完善的辐射事故应急措施”。目前江阴华西医院已制定相关制度。建议根据扩建 PET/CT 中心项目的特点及以下内容制定并完善相关制度,并落实到实际工作中,严格执行,加强辐射安全管理。

1) **操作规程:**明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是:

①提高辐射工作人员对放射性药物操作的熟练程度，尽量减少辐射工作人员与放射性药物的近距离接触时间；

②确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

③从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

④在工作场所严禁吸烟、进食；

⑤放射性“三废”的处理需严格按照操作规程执行。

2) 岗位职责：明确射线装置、放射性药品使用工作人员、台帐管理人员、药物注射人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

3) 辐射防护和安全保卫制度：根据射线装置及放射性药物操作的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：

①定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪和表面沾污仪保持良好工作状态；

②工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护；

③放射性药物注射后患者应严格限制在控制区内；

④当注射后候诊室内有多位注射放射性药物的患者同时候诊时，建议医院在患者之间采用铅屏风进行隔离，减少患者间的交叉辐射影响。

4) 设备维修制度：明确放射源、射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

5) 放射性同位素使用登记制度：建立放射性同位素台帐，重点是：放射性药物的使用、贮存情况等由专人负责登记、专人形成台帐、每月核对，确保帐物相符。

6) 人员培训计划和健康管理制：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，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通过考核。

7) 监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保非密封放射性物质工作场所及Ⅲ类射线装置的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：

①明确监测项目和频次；

②辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生和健康部门调查处理；

③对发生放射性药物泼洒的事故处理进行全程监测；

④医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

⑤委托有资质监测单位对本单位的放射源、放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

一、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

江阴华西医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司开展了2020年度的在用核技术利用项目的年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求。

二、个人监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人

员需佩戴个人剂量片，监测周期为1次/季。

(1) 当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案保存终身。

江阴华西医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司对医院辐射工作人员进行了个人剂量监测，监测结果均未超过医院制定的目标管理值。

三、环境监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为1次/月。

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率， β 表面污染水平。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-1）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-1 监测计划建议

场所或设备	监测内容	监测布点位置
PET/CT 中心	γ 射线	注射室、废物间、候诊室、留观室、PET/CT 机房、控制室等
	放射性废水	放射性废水衰变池排放口
	X 射线	PET/CT 机房相邻的房间、过道操作位和防护门
	表面污染	注射室、废物间、候诊室、留观室、PET/CT 机房、控制室、卫生间、更衣室的墙壁、地面，辐射工作人员工作服、手套、工作鞋、手、皮肤

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测频次：每年 1~2 次

(5) 监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪

器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

b、采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

c、制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

四、年度监测报告情况

医院已于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急的具体人员和联系电话；
- ③应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- ⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况或发现放射源丢失、被盗情况时，应根据《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》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：江阴华西医院扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目

建设单位：江阴华西医院

建设地点：江苏省无锡市江阴市华士镇华西村 5 号塔

建设内容与规模：

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

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

二、项目产业政策符合性

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

三、实践正当性

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

四、项目选址及平面布局合理性

江阴华西医院本次扩建的非密封放射性物质工作场所为丙级非密封放射性物质工作场所，该场所位于 5 号塔一层内，整个诊断工作场所相对独立，与其他科室有明

显的的界限，且位于一层避开了人流量较大的门诊区，避免了对公众不必要的照射。

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

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

五、区域环境质量现状

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

六、环境影响分析结论

1、施工期环境影响分析

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

2、营运期正常工况下辐射环境影响

（1）辐射环境影响分析结论

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

（2）水环境影响分析

本项目 PET/CT 中心辐射工作人员操作过程手部受到微量污染或清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水以及患者冲洗排便用水。通过独立的废水管道收集来自 PET/CT 中心工作场所的放射性废水，进入医院新建的废水

衰变池，3个并联衰变池（每个小池为 1m^3 ，总容积为 3m^3 ）进行衰变处理，衰变后的废水经监测合格后排入医疗废水处理站进一步处理后纳入市政污水管网。

（3）固体废物影响分析

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

（4）噪声

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

（5）大气环境影响分析

开机出束期间产生的X射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O_3)。臭氧经空调系统抽取后排放，由于治疗过程中每次曝光时间短，产生的臭氧量较少，且臭氧极不稳定，再经大气稀释自然扩散后，对周围大气环境影响轻微。

2、事故工况下环境影响

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

八、非密封放射性物质工作场所及射线装置使用与安全管理的综合能力

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

九、项目环境可行性结论

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

建议和承诺

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

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

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

4、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

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

