

新增1台医用直线加速器及扩建
核医学科项目
竣工环境保护验收监测表

报告编号：瑞森（验）字（2022）第038号

建设单位：镇江市第一人民医院

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二二年九月

<p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 年修正本），生态环境部部令 第 7 号，2019 年 8 月 22 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局（环发〔2006〕145 号文）；</p> <p>(10) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(11) 《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；</p> <p>(12) 《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；</p> <p>(13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日起施行；</p> <p>(14) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令 第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环保部公告[2018]第 9 号，2018 年 5 月 15 日印发；</p> <p>(16) 《关于印发〈污染影响类建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》，生态环境部办公厅，环办环评函[2020]688 号，2020 年 12 月 13 日印发。</p> <p>建设项目竣工环境保护验收技术规范：</p> <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-</p>
--

	<p>2002)；</p> <p>(2) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)；</p> <p>(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；</p> <p>(4) 《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)；</p> <p>(5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)；</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)；</p> <p>(7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(9) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)；</p> <p>(10) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)；</p> <p>(11) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(12) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(13) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(14) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)；</p> <p>(15) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》(WS 394-2012)。</p> <p>建设项目环境影响报告书(表)及其审批部门审批文件：</p> <p>(1) 《镇江市第一人民医院新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2021年7月，见附件2；</p> <p>(2) 《关于镇江市第一人民医院新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目环境影响报告表的批复》，审批文号：苏环辐(表)审〔2021〕38号，江苏省生态环境厅，2021年9月10日，见附件3。</p>
验收监测 执行标准	<p>人员年受照剂量限值：</p> <p>(1) 人员年有限剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本</p>

标准》（GB 18871-2002）中所规定的职业照射和公众照射剂量限值：

表1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。
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。	

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求，本项目个人剂量监测应遵循下述要求：核医学放射工作人员应按GBZ 128的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续5年期间，年平均当量剂量不超过20mSv，任何1年中的当量剂量不超过50mSv。

（2）根据本项目环评及批复文件确定本项目个人剂量管理目标值，本项目管理目标值见表1-2。

表1-2 工作人员职业照射和公众照射剂量管理目标值

项目名称	适用范围	管理目标值
镇江市第一人民医院新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
	公众有效剂量	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《放射治疗放射防护要求》（GB 121-2020）的要求，本项目医用直线加速器机房布局应遵循下述要求：

6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求，本项目丙级非密封放射源工作场所布局应遵循下述要求：

5 工作场所的放射防护要求

5.1 工作场所平面布局和分区

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；

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前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。

工作场所放射防护安全要求：

根据《放射治疗放射防护要求》（GB 121-2020）的要求，本项目医用直线加速器机房放射防护应遵循下述要求：

6.3 屏蔽要求

6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a）、b) 和 c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平 \dot{H}_c ，见式（1）：

$$\dot{H}_c \leq H_e / (t \times U \times T) \dots\dots\dots (1)$$

b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ；

1) 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

2) 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c 和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 \dot{H}_c 。

根据《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）的要求，本项目非密封源工作场所放射防护应遵循下述要求：

5 安全操作

5.1 一般要求

5.1.2 宜在辐射工作场所醒目位置悬挂（张贴）辐射警告标志，人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定，防止发生交叉污染。应制定严格的辐射防护规程和操作规程。

5.1.5 辐射工作人员对某些操作程序必要时应事先进行模拟试验，冷试验、热试验，当熟练掌握操作技能后方可正式开展工作。

5.1.6 如果操作过程中发现异常情况，应及时报告，并分析原因。采取措施，防止重复发生类似事件。

5.1.7 应定期检查，工作场所各项防护与安全措施的有效性，针对不安全因素制定相应的补救措施，并认真落实，确保工作场所处在良好的运行状态。

5.1.8 在原有设施条件下开展新工作（包括工艺流程的重大改变和提高放射性核素日等效最大操作量），如果计划操作的放射性核素种类，操作量，操作方式环及防护设施和设备的要求超出原设计规范，应事先向主管部门提交防护与安全分析报告，经主管部门审查批准后方可进行。

5.1.9 如进行存在临界安全问题的操作，应同时遵守国家有关临界安全的规定。

5.2 操作条件

5.2.1 非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性，选择符合安全与防护要求的条件，尽可能在通风柜，工作箱或手套箱内进行。

5.2.2 操作过程中所用的设备、仪器、仪表、器械和传输管道等应符合安全与防护要求。吸取液体的操作应使用合适的负压吸液器械，防止放射性液体溅出、溢出，造成污染。储存放射性溶液的容器应由不易破裂的材料制成。

5.2.3 有可能造成污染的操作步骤，应在铺有塑料或不锈钢等易去除污染的工作台面上或搪瓷盘内进行。

5.2.4 操作中使用的容器，必要时应在其外面加一个能足以容纳其全部放射性溶液的不易破裂的套桶。

5.2.5 操作易燃易爆物质，或操作中使用高温、高电压和高气压设备时，应有可靠的防止过热或超压的保护措施，并遵守国家有关安全规定。

5.2.6 伴有强外照射的操作，应尽可能缩短操作时间，利用合适的屏蔽或使用长柄操作机械等防护措施。

5.2.7 若需要进行开启密闭工作箱门放入或取出物品及其他危险性较大的操作时，应采取安全与防护措施，并在防护人员监督下进行。

5.2.8 进行污染设备检修时，应当事先拟出计划。主要的工作内容及采取的防护措施，经现场防护人员审查同意并落实辐射防护措施后方可进行。

5.3 个人防护

5.3.1 辐射工作人员应熟练掌握安全与防护技能，取得相应资质。

5.3.2 辐射工作人员应根据实际需要配备适用，足够和符合标准的个人防护用具（器械，衣具），并掌握其性能和使用方法。个人防护用具应有备份，均应妥善保管，并应对其性能进行定期检验。

5.3.3 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施，做好个人防护工作。

5.3.4 在伴有外照射的工作场所，应做好个人外照射防护，包括 β 外照射防护。

5.3.5 在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。

5.3.6 辐射工作场所应根据所操作非密封源的特点配备适当的医学防护用品和急救药品箱，供处理事故时使用。严重污染事件的医学处理应在医学防护人员的指导下进行。

本项目PET/CT机房防护设施应满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求：

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

^a双管头或多管头X射线设备的所有管球安装在同一间机房内。

^b单管头、双管头或多管头X射线设备的每个管球各安装在1个房间内。

^c透视专用机指无诊断床、标称管电流小于5mA的X射线设备。

^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：

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

6.4.1 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。

6.4.9 CT装置的安放应利于操作者观察受检者。

防护用品及防护设施配置要求：

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），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：

4 总则

4.1 管理要求

4.1.1 开展核医学工作的医疗机构应对放射工作人员、患者或受检者以及公众的防护与安全负责，主要包括：

c) 应配备与其服务项目相适应并且性能合格的核医学诊疗设备（包括相关辅助设备）、放射防护与放射性药物施用量质量控制仪器、个人防护用品。

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	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

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) 该区内的高污染子区除外				

放射性废物管理要求:

根据《核医学辐射防护与安全要求》(GBZ 120-2020)的规定,本项目放射性固废暂存还应遵循下述:

8.1 放射性废物分类,应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等,将放射性废物进行分类收集和分别处理。核医学常用放射性核素的物理特性

<p>参见附录H。</p> <p>8.2 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。</p> <p>8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。</p> <p>8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。</p> <p>8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。</p> <p>8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。</p> <p>8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。</p> <p>8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，质量不超过20kg。</p> <p>8.9 储存场所应具有通风设施，出入口设电离辐射警告标志。</p> <p>8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。</p> <p>8.11 废物包装体外表面的污染控制水平：$\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$。</p> <p>根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的规定，本项目放射性固废暂存还应遵循下述：</p> <p>7.2 固体放射性废物的管理</p> <p>7.2.3 固体放射性废物处理</p> <p>7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于0.08 Bq/cm^2、β表面污染小于0.8 Bq/cm^2的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：</p> <p>a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过</p>

	<p>30天；</p> <p>7.3 液态放射性废物的管理</p> <p>7.3.3放射性废液排放</p> <p>7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：</p> <p>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；</p> <p>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。</p> <p>安全管理要求及环评要求：</p> <p>《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环评报告、环评批复中的相关要求。</p>
--	--

表二 建设项目工程分析

项目建设内容:

镇江市第一人民医院又名江苏大学附属人民医院，是集医疗、教学、科研于一体的三级甲等综合性医院。

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，镇江市第一人民医院在位于镇江市电力路8号院区内B楼负一层预留3号直线加速器机房内配备1台瓦里安TrueBeam型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：6、9、12、16、20MeV），用于肿瘤的放射治疗；在B楼负一层现有核医学科南侧扩建PET/CT中心，包括1座PET/CT机房及相关配套用房，购置1台Biograph mCT·S型PET/CT（质量控制校正使用 ^{68}Ge 放射源，共3枚（ $9.25\times 10^7\text{Bq}\times 1$ 枚、 $4.60\times 10^7\text{Bq}\times 2$ 枚），为V类源），使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 核素（ ^{18}F 核素为外购的成品药物， ^{68}Ga 核素为医院向有资质的药物供货商采购的 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器自行淋洗产生，发生器由供货商负责回收）用于开展核素显像诊断，属于丙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，环评批复文件详见附件3。

表2-1 新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目射线装置及核素使用情况

非密封放射性物质					
核素名称	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)	工作场所名称
^{18}F	使用	7.40×10^9	7.40×10^6	1.85×10^{12}	B楼负一层 核医学科
^{68}Ga	使用	3.70×10^8	3.70×10^5	9.25×10^{10}	
^{68}Ge (^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器)	使用	1.85×10^9	1.85×10^6	9.25×10^{10}	
放射源					
放射源名称	活动种类	数量	单枚活度 (Bq)	放射源类别	工作场所名称
$^{68}\text{Ge}^*$	使用	1	9.25×10^7	V类	B楼负一层 核医学科
		2	4.60×10^7		
射线装置					

名称	数量	型号	技术参数	工作场所名称
医用直线加速器	1	瓦里安 TrueBeam型	X射线能量：6、10MV 电子线能量：6、9、12、16、20MeV	B楼负一层3号直线加速器机房
PET/CT	1	Biograph mCT·S型	最大管电压140kV 最大管电流666mA	B楼负一层核医学科

截至验收监测时，镇江市第一人民医院已在B楼负一层3号直线加速器机房内配备1台瓦里安 TrueBeam型医用直线加速器，用于肿瘤的放射治疗；在B楼负一层现有核医学科南侧扩建PET/CT中心，配备1台Biograph mCT·S型PET/CT（质量控制校正使用3枚⁶⁸Ge放射源），使用¹⁸F核素（⁶⁸Ga核素暂未使用），开展核素显像诊断工作。

本次验收项目辐射安全与防护设施总投资为1600万元，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 新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目环评审批及实际建设情况一览表

项目建设地点及其周围环境					
项目内容	环评规划情况			实际建设情况	备注
建设地点	镇江市电力路8号			镇江市电力路8号	与环评一致
周围环境	镇江市第一人民医院	东侧	义士路及古运河	义士路及古运河	与环评一致
		南侧	停车场及九洲广场	停车场及九洲广场	与环评一致
		西侧	电力路	电力路	与环评一致
		北侧	江苏省电信有限公司镇江分公司及新马路	江苏省电信有限公司镇江分公司及新马路	与环评一致
	3号直线加速器机房	东侧	土层	土层	与环评一致
		南侧	缓冲走廊、控制室及水冷机房	缓冲走廊、控制室及水冷机房	与环评一致
		西侧	2号直线加速器机房	2号直线加速器机房	与环评一致
		北侧	土层	土层	与环评一致
		下方	土层	土层	与环评一致
		上方	院内道路	院内道路	与环评一致

	PET/CT中心	东侧	电梯			电梯			与环评一致	
		南侧	土层			土层			与环评一致	
		西侧	楼梯间及电梯间			楼梯间及电梯间			与环评一致	
		北侧	核医学科原有工作场所			核医学科原有工作场所			与环评一致	
		下方	地下车库			地下车库			与环评一致	
		上方	急诊病房			急诊病房			与环评一致	
非密封放射性物质										
核素名称	环评建设规模					实际建设规模				
	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	7.40×10 ⁹	7.40×10 ⁶	1.85×10 ¹²	使用	B楼负一层核医学科	7.40×10 ⁹	7.40×10 ⁶	1.85×10 ¹²	使用	B楼负一层核医学科
⁶⁸ Ga	3.70×10 ⁸	3.70×10 ⁵	9.25×10 ¹⁰	使用	B楼负一层核医学科	/	/	/	/	/
⁶⁸ Ge (⁶⁸ Ge- ⁶⁸ Ga发生器)	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	9.25×10 ¹⁰	源的贮存	B楼负一层核医学科	/	/	/	/	/

放射源										
放射源名称	环评建设规模					实际建设规模				
	数量	单枚活度 (Bq)	类别	活动种类	使用场所	数量	单枚活度 (Bq)	类别	活动种类	使用场所
⁶⁸ Ge	1枚	9.25×10 ⁷	V类	使用	B楼负一层核医学科	1枚	9.25×10 ⁷	V类	使用	B楼负一层核医学科
	2枚	4.60×10 ⁷	V类	使用	B楼负一层核医学科	2枚	4.60×10 ⁷	V类	使用	B楼负一层核医学科
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	瓦里安 TrueBeam 型	1台	X射线能量：6、10MV 电子线能量：6、9、12、16、20MeV	II类	B楼负一层3号直线加速器机房	瓦里安 TrueBeam 型	1台	X射线能量：6、10MV 电子线能量：6、9、12、16、20MeV	II类	B楼负一层3号直线加速器机房
PET/CT	Biograph mCT 型	1台	140kV/660mA	III类	B楼负一层核医学科	Biograph mCT·S 型	1台	140kV/666mA	III类	B楼负一层核医学科
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	
退役废源	固体	⁶⁸ Ge	/	/	/	/	贮存在储源罐中，放置在核医学科的储源室内	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。	与环评一致
沾有 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸及废活性炭等	固体	¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga	/	约9.17kg	约110kg	小于清洁解控水平推荐值 ($\leq 1 \times 10^3 \text{Bq/kg}$)	存放于专用放射性废物铅桶与放射性废物库	存放超过30天，经检测合格后，由医院统一作为医疗废物处理。	与环评一致， ⁶⁸ Ga核素显像暂未开展
⁶⁸ Ge- ⁶⁸ Ga发生器	固体	⁶⁸ Ge、 ⁶⁸ Ga	/	/	/	/	暂存于分装室内	由供货商回收处理。	暂未使用
含 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga	/	约6.67m ³	约80m ³	总 $\beta < 10 \text{ Bq/L}$	流入衰变池中	暂存超过30天，直接解控排放至医院污水处理站。	与环评一致， ⁶⁸ Ga核素显像暂未开展
含有 ¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga等液态放射性药物操作时挥发的微量气溶胶	气体	¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga	/	微量	微量	微量	不暂存	在通风橱中操作，经通风橱管道内及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放。	与环评一致， ⁶⁸ Ga核素显像暂未开展

源项情况:

1、辐射污染源项

由本项目工作原理和 workflow 可知，本项目新增 1 台医用直线加速器主要产生以下污染:

(1) X 射线: 当医用直线加速器以 X 射线模式运行时，从加速器电子枪里发出来的电子束，在加速管内经加速电压加速，轰击到钨金靶上，产生 X 射线。该院购置的医用直线加速器 X 射线能量为 6、10MV，由于 X 射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染。

(2) 电子束: 电子束经加速器加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物质库伦场的影响，贯穿深度有限。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽，因此，在加速器电子束治疗时，电子束对周围环境辐射影响小于 X 射线治疗。

故本项目医用直线加速器运行时产生的辐射源项主要为 X 射线。

本项目扩建核医学科主要产生以下污染:

(1) 辐射: PET/CT 在工作状态下产生的 X 射线; 放射性核素 ^{18}F 在操作、诊断过程中产生的 β 、 γ 射线。以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

(2) 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) 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同位素的医疗固体废弃物、退役的 ^{68}Ge 校准源; 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。

(4) 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。

2、非辐射污染源项

(1) 废气: 医用直线加速器机房、PET/CT 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，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

(2) 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

• 新增 1 台医用直线加速器项目

放疗是癌症三大治疗手段之一。是用各种不同能量的射线照射肿瘤，以抑制和杀灭癌细胞的一种治疗方法。放疗可单独使用，也可与手术、化疗等配合，作为综合治疗的一部分，以提高癌症的治愈率。放疗的基本目的是努力提高放疗的治疗增益比，即最大限度地将放射线的剂量集中到病变（靶区）内，而使周围的正常组织和器官少受或免受不必要的照射。

医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，医用直线加速器是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用，从而获得更高的能量。这时电子的速度增加不大，主要是质量不断变大。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属靶，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 线治疗。

医用直线加速器至少要包括，一个加速场所（加速管），一个大功率微波源和波导系统，控制系统，射线均整和防护系统。医用直线加速器按照微波传输的特点分为行波和驻波两类，其基本结构和系统包括电子枪、微波功率源（磁控管或者速调管）、波导管（隔离器、RF（射频微波源）监测器、移相器、RF 吸收负载、RF 窗等）、DC 直流电源（射频发生器、脉冲调制器、电子枪发射延时电路等）、真空系统（真空泵）、伺服系统（聚焦线圈、对中线圈）、偏转系统（偏转室、偏转磁铁）、剂量监测系统、均整系统、射野形成系统等，分别安装于治疗头、固定机架、旋转机架、治疗床、控制台等处。

镇江市第一人民医院于院区内 B 楼负一层预留 3 号直线加速器机房新增的医用直线加速器，型号为瓦里安 TrueBeam 型，其电子线最大能量为 20MeV；X 射线能量为 6、10MV，最大剂量率为 2400cGy/min，主要技术参数见表 2-3。该型号医用直线加速器设备外观见图 2-1。

表 2-3 本项目医用直线加速器技术参数情况一览表

型号	瓦里安 TrueBeam型
主要技术指标	X射线能量 (MV) : 6、10 电子线能量 (MeV) : 6、9、12、16、20
射线最大出射角	28° (等中心点每侧14°)
源轴距SAD	1m
距靶1m处X辐射剂量率	10MV时2400cGy/min (3F束流模式) 6MV时1400cGy/min (3F束流模式)
最大照射野大小	40cm×40cm
机架旋转	360°
靶材料	钨合金



图 2-1 本项目医用直线加速器设备外观图



图 2-2 本项目 PET/CT 设备外观图

• 扩建核医学科项目

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。

镇江市第一人民医院配备的 1 台 Biograph mCT·S 型 PET/CT，其最大管电压 140kV，最大输出电流 666mA（环评中，医院拟配备的 PET/CT 型号为 Biograph mCT 型，最大管电压为 140kV，最大输出电流为 660mA，对照生态环境部办公厅印发的《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》中相关规定，不属于重大变动）。该型号 PET/CT 设备外观见图 2-2。PET/CT 显像用放射性同位素特性见表 2-3。

表2-3 PET/CT显像用放射性同位素特性一览表

核素种类	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要 α 、 β 辐射能量 (keV) 与绝对强度 (%)	主要 γ 、X射线能量 (keV) 与绝对强度 (%)	空气比释动能率常数 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
^{18}F	109.7min	EC (3.27) β^+ (96.73)	633.5 (96.73)	XK: 0.52 (0.01795) γ^{\pm} : 511 (≤ 193.46)	1.4E-13

2、工作流程及产污环节

• 新增 1 台医用直线加速器项目

该院医用直线加速器 X 线最大能量分别为 6MV 和 10MV，医院配备有专用的 CT 模拟机用于加速器治疗患者的定位。患者在治疗前，首先需要对病灶部位进行定位，放疗医师确定放疗剂量，物理师设计放疗计划，并经 TPS 形成具体的放疗照射野，然后在放疗技师带领下进入加速器机房，对患者进行摆位；工作人员提取 TPS 中具体的照射野信息，经过核对治疗单，使用既定的 X 射线或电子线对患者进行治疗。本项目医用直线加速器工作流程及产污环节分析见图 2-3。

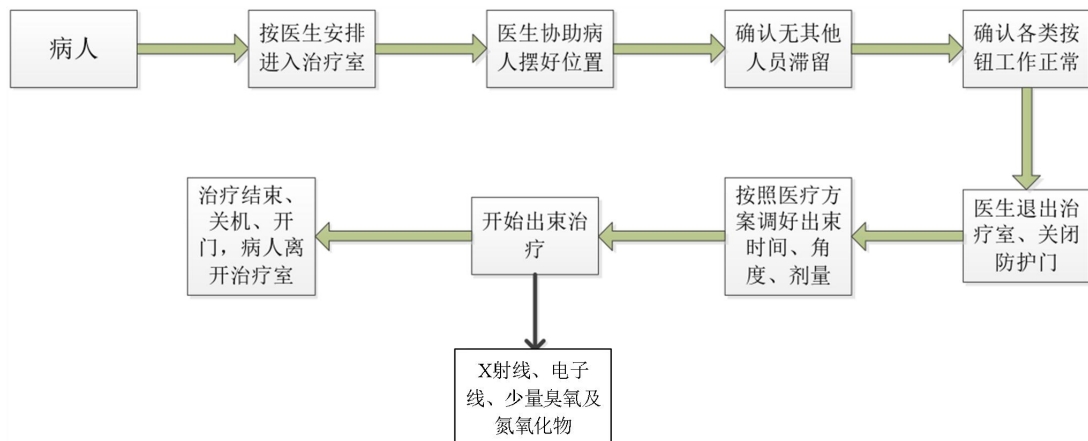


图 2-3 医用直线加速器放疗工作流程及产污环节示意图

• 扩建核医学科项目

镇江市第一人民医院 PET/CT 中心 ^{18}F 放射性药物为外购，医院根据患者预约情况，确定当天所使用的药物剂量，向专业供应商（南京江原安迪克正电子研究发展有限公司或江苏华益科技有限公司）订购，供应商根据医院预约的时间和用量定时将药物送达 B 楼负一层分装室，医院指定专人负责药物的接收和登记，并暂存到高活室铅通风橱内，当天用完。

医院已许可使用的 ^{18}F 放射性药物日最大操作量为 $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.40 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大用量为 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，为丙级非密封放射性物质工作场所。

注射护士手持带铅套的注射器，测定活度，经校对无误后，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。每次注射过程中近距离接触单光子药物的时间保守按 1min 估算。

病人根据注入的 ^{18}F 药物特性，在注射后候诊室内静躺候诊（一般注射 ^{18}F -FDG 后需等待约 30min），待药物代谢至靶器官，进入 PET/CT 机房，经医护人员摆位后，接受 PET/CT 的扫描，每次扫描约 10~20min。扫描完成后，病人留观一段时间后，若无其他情况，从病人专用通道离开。工作流程及产污环节分析见图 2-4。

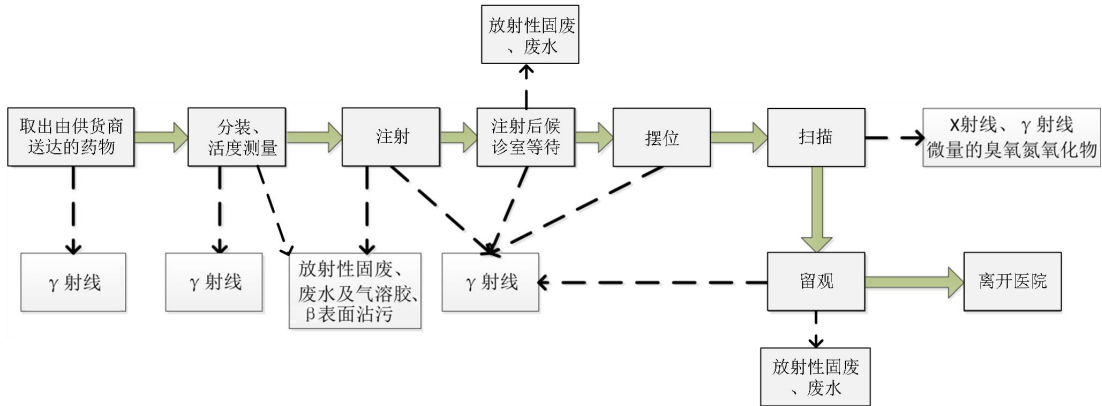


图 2-4 本项目 PET/CT 工作流程及产污环节示意图

表三 辐射安全与防护设施/措施

辐射安全与防护设施/措施

1、工作场所布局

- 新增 1 台医用直线加速器项目

选址：本项目医用直线加速器机房位于院区内 B 楼负一层预留 3 号直线加速器机房，机房位于建筑物底部，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中关于选址的规定。

布局：3号直线加速器机房东侧、北侧、下方均为土层，南侧为缓冲走廊、控制室及水冷机房，西侧为2号直线加速器机房，上方为院内道路。医用直线加速器机房控制室与治疗室分离，控制室位于治疗室南侧，治疗室面积约54.0m²（不含迷路），治疗室采用“L”型迷路设计，符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“其他治疗机房均应设置迷路”等规定，布局合理。

辐射防护分区：本项目将医用直线加速器机房治疗室作为辐射防护控制区，将控制室、水冷机房、缓冲走廊划为辐射监督区，本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目医用直线加速器机房平面布置及分区示意图见图3-1。

表3-5 新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目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	管理机构：建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	建立辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。	已建立辐射安全与环境管理机构，以制度形式明确了管理人员职责。	已落实
	管理制度：制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。	已制定以下管理制度：《核医学科岗位职责》《放射性废物处理制度》《放射源安全管理、使用及台账管理制度》《核医学科放射性药品污染的紧急处理制度》《核医学科放射性污染报告制度》《放射性物质贮存的防护要求》《放射性药物操作的防护要求》《临床核医学诊断时的防护要求》《临床核医学治疗时的防护要求》《核医学治疗中患者的防护原则》《放射性同位素使用制度》《放射性药品配置制度》《监测方案》《放射性药品及放射线装置订购、转让、运输及退役制度》《射线装置安全操作规程》《直线加速器操作规程》《辐射安全与环境保护管理小组工作职责》《辐射防护管理人员岗位职责》《辐射工作人员岗位职责》《物理师岗位职责》《维修工程师岗位职责》《辐射防护和安全管理制度》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射安全工作制度》《辐射防护保健制度》《直线加速器安全防护制度》《直线加速器机房安全制度》《直线加速器	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
			机房工作制度》《模拟机房安全制度》《模拟机房工作制度》《工程师工作制度》《物理师工作制度》《设备检修维护制度》《射线装置台帐管理制度》《辐射工作人员培训计划》《个人剂量和健康管理》《辐射事故应急制度》等。	
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：3号直线加速器机房四侧墙体采用混凝土+铅板/钢板、顶部采用混凝土+土层进行辐射防护，防护门采用铅防护门。核医学科PET/CT中心工作场所墙体采用实心砖+硫酸钡涂料、顶部采用混凝土或铅板，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，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。	本项目3号直线加速器机房、核医学科PET/CT中心，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均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。	已落实
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）：3号直线加速器机房拟设置门机联锁装置，并设置急停按钮、视频监控系统及对讲装置，防护门外设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，3号直线加速器机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能。核医学科PET/CT中心工作场所控制区入口处（包括PET/CT机房、分装室、注射室、废物库、注射后候诊室、留观室门口）、放射性废物桶表面设置电离辐射警告标志，同时在PET/CT机房防护门处设置工作状态指示灯及闭门装置，并设置急停按钮及对讲装置。	定期检查辐射工作场所门禁系统、门机联锁、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。	医用直线加速器机房防护门、PET/CT机房防护门、PET/CT中心工作场所控制区出入口处设置电离辐射警告标志，同时在医用直线加速器机房、PET/CT机房门口设置工作状态指示灯医用直线加速器机房设置门机联锁装置，PET/CT机房设置门灯联锁装置，并设置急停按钮及对讲装置。	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
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，辐射工作人员工作时须随身携带个人剂量计。	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6。	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。		医院已委托江苏省疾病预防控制中心、镇江市疾病预防控制中心对辐射工作人员进行个人剂量监测，详见附件7。	
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立放射工作人员职业健康档案。		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6。	
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪1台。	配备环境辐射剂量巡测仪和表面沾污仪器，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪。	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。	已落实
	已配备表面沾污仪1台。			
	拟配备个人剂量报警仪4台。			
	核医学科PET/CT中心配备1个通风橱，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。	配备必要的个人防护用品。	医院已为本项目配备防护铅衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、放射性污染防护服等防护用品。	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
放射性三废处理处置	<p>本项目核素操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于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，符合非密封放射性物质工作场所相关要求；</p> <p>来自核医学科 PET/CT 中心工作场所分装室、注射室、注射后患者专用卫生间等高活区的放射性废水，含有 ^{18}F、^{68}Ga 等放射性核素，由独立下水管道统一集中到核医学科下方液体废物库内衰变系统中。衰变系统采用间歇式并联衰变池，包含 3 个衰变池，单个衰变池有效容积约 12.5m^3，衰变系统总有效容积约 37.5m^3。本项目衰变系统能够贮存核医学科放射性废水约 174 个半衰期，满足放射性废水贮存 10 个半衰期的要求，本项目放射性废水衰变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；</p> <p>核医学科 PET/CT 中心工作场所产生的放射性固体废物集中到废物库中的放射性废物桶中暂存，在废物库内自然衰变 10 个半衰期达到清洁解控水平推荐值后，作为普通医疗废物进行处理；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；产生的退役锗镓发生器暂存于分装室通风橱内，委托供货商进行回收处理。符合辐射环境保护管理要求。</p>	/	放射性废水按照要求统一进行收集，于衰变系统内暂存超过 30 天，直接解控排放至医院污水处理系统作为医疗废水进行处理。放射性固体废物按照要求进行贮存，存放超过 30 天，经检测合格后后，作为医疗废物进行处理。 ^{68}Ge 校准源退役后交由原生产厂家回收处置。	已落实
辐射监测	/	每年请有资质的单位对项目周围辐射水平监测 1~2 次。	每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测。	已落实

表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定：

1、环境影响报告书（表）主要结论与建议

表13 结论与建议

结论

• 项目概况

镇江市第一人民医院位于镇江市电力路8号，为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，根据规划，拟在院区内B楼负一层预留3号直线加速器机房内配备1台瓦里安 TrueBeam 型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：6、9、12、16、20MeV），用于肿瘤的放射治疗；拟在B楼负一层现有核医学科南侧扩建PET中心，包括1座PET/CT机房及相关配套用房，购置1台 Biograph mCT 型 PET/CT（质量控制校正拟使用 ^{68}Ge 放射源，共3枚（ $9.25\times 10^7\text{Bq}\times 1$ 枚、 $4.60\times 10^7\text{Bq}\times 2$ 枚），为V类源），使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 核素（医院向有资质的药物供货商采购 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器自行淋洗 ^{68}Ga 核素，发生器由供货商负责回收）用于开展核素显像诊断，属于丙级非密封放射性物质工作场所。

• 项目建设的必要性

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及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。

• 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，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会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。

• 选址合理性

镇江市第一人民医院位于镇江市电力路8号，医院东侧为义士路及古运河，南侧为停车场及九洲广场，西侧为电力路，北侧为新马路。

本次新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目位于B楼负一层，该楼为地上二十四层（局部五层、七层、十六层）、地下二层建筑，B楼东侧、北侧

为院内道路，南侧为院内道路及停车场，西侧为A楼，东北侧为院内道路及I楼、H楼。本项目预留3号直线加速器机房位于B楼负一层北部，3号直线加速器机房东侧、北侧、下方均为土层，南侧为缓冲走廊、控制室及水冷机房，西侧为2号直线加速器机房，上方为院内道路；PET/CT中心位于B楼负一层南部，东侧为电梯，南侧为土层，西侧为楼梯间及电梯间，北侧为核医学科原有工作场所，上方为急诊病房，下方为地下车库。本次新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目周围50m评价范围除东侧至义士路（最近约28m处）外，其余方向均位于医院边界内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患及陪同家属和院外义士路处其他公众等。

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《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省内优先保护单元。

本项目核医学科PET/CT中心工作场所均划分了控制区及监督区，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，注射后候诊室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。

- 辐射环境现状评价

镇江市第一人民医院本次新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目拟建址周围环境X- γ 辐射剂量率监测值在77nSv/h~125nSv/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，则本项目建设址及周边环境的空气吸收剂量率为77nGy/h~125nGy/h，与江苏省环境天然贯穿辐射水平调查结果相比较，均未见异常。

- 环境影响评价

根据理论估算结果，镇江市第一人民医院新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv）。

• “三废”的处理处置

扩建核医学科项目核素操作均在通风橱中进行，通风橱内保持负压且设有排风系统（通风速率不少于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；来自核医学科PET/CT中心工作场所分装室、注射室、注射后患者专用卫生间等高活区的放射性废水，含有 ^{18}F 、 ^{68}Ga 等放射性核素，由独立下水管道统一集中到核医学科下方液体废物库内衰变系统中，本项目衰变系统能够贮存核医学科放射性废水约174个半衰期，满足放射性废水贮存10个半衰期的要求，本项目放射性废水衰变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PET/CT中心工作场所产生的放射性固体废物集中到废物库中的放射性废物桶中暂存，在废物库内自然衰变10个半衰期达到清洁解控水平推荐值后，作为普通医疗废物进行处理；PET/CT使用的 ^{68}Ge 校准源每隔一定时间更换一次，更换时将产生的废 ^{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；本项目产生的退役锗镓发生器暂存于分装室通风橱内，委托供货商进行回收处理。符合辐射环境保护管理要求。

3号直线加速器机房内的空气在X射线作用下，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，臭氧半衰期50分钟，常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小；工作人员和部分病人产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理；工作人员产生的一般生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

• 主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

镇江市第一人民医院拟在院区内B楼负一层预留3号直线加速器机房内配备

的1台瓦里安 TrueBeam型医用直线加速器，X射线能量为6、10MV，医用直线加速器开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。本项目3号直线加速器机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志、工作状态灯和门机联锁装置，机房内外均设置有急停按钮及监控装置，控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络，3号直线加速器机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的安全管理要求。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），确定镇江市第一人民医院本次扩建核医学科项目工作场所为丙级非密封放射性物质工作场所。

镇江市第一人民医院核医学科 PET/CT 扫描时产生的 X 射线； ^{18}F 、 ^{68}Ga 放射性核素在取药、淋洗、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。本项目核医学科 PET/CT 中心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，符合《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）中的安全管理要求。

• 辐射安全管理评价

镇江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。医院已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》，增补相应内容，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。

镇江市第一人民医院需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。镇江市第一人民医院已配备有辐射巡测仪1台、表面沾污仪1台，拟为本项目配备个人剂量报警仪4台。此外，医院应根据相关标准要求，为

扩建核医学科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，镇江市第一人民医院新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设是可行的。

建议和承诺

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

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

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4) 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

镇江市第一人民医院：

你单位报送的《镇江市第一人民医院新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目环境影响报告表》（以下简称《报告表》）收悉。经研究，批复如下：

一、根据《报告表》评价结论，项目建设具备环境可行性。从环境保护角度考虑，我厅同意你单位该项目建设。项目建设地点位于镇江市电力路8号医院B楼负一层。项目内容为：在预留3号直线加速器机房内新增配备1台医用直线加速器（X射线最大能量10MV，电子线最大能量20MeV），用于肿瘤的放射治疗；在现有核医学科南侧扩建PET/CT中心，新建1座PET/CT机房，配备1台PET/CT（最大管电压140kV、最大管电流660mA，属III类射线装置），配套新增质控和校准用⁶⁸Ge放射源3枚（ 4.6×10^7 Bq $\times 2$ 枚，

9.25×10⁷Bq×1枚，均为V类源），新增使用¹⁸F、⁶⁸Ga、⁶⁸Ge（⁶⁸Ge-⁶⁸Ga发生器）开展核素显像诊断（日等效最大操作量依次为7.4×10⁶Bq、3.7×10⁵Bq、1.85×10⁶Bq），属丙级非密封放射性物质工作场所。详见《报告表》。

二、在工程设计、建设和运行中应认真落实《报告表》所提出的辐射污染防治和安全管理措施，并做好以下工作：

（一）严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度，确保辐射工作人员和公众的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相应的剂量限值要求。

（二）非密封放射性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；放射性同位素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）定期检查辐射工作场所门禁系统、门机联锁、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。

（四）建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。建立辐射安全防护与环保管理机构或指定一名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作。

（五）对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗，建立个人剂量档案和职业健康档案，配备必要的个人防护用品。辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪和个人剂量计。

（六）配备环境辐射剂量巡测仪，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。每年委托有资质的单位对项目周围辐射水平监测1~2次。

（七）项目建成后建设单位应及时向我厅申办环保相关手续，依法取得辐射安全许可证并经验收合格后，方可投入正式运行。

三、本批复只适用于以上核技术应用项目，其它如涉及非放射性污染项目须按有关规定另行报批。本批复自下达之日起五年内建设有效。项目的性质、规模、地点、拟采取的环保措施发生重大变动的，应重新报批项目的环境影响评价文件。

表五 验收监测质量保证及质量控制

验收监测质量保证及质量控制：

1、监测单位资质

验收监测单位获得 CMA 资质认证（221020340350），见附件 12。

2、监测人员能力

参与本次验收监测人员均符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求：验收监测人员已通过上岗培训。检测人员资质见表 5-1。

表 5-1 检测人员资质

序号	姓名	证书编号	取证时间
1	马坚飞	SHFSJ0288（综合类）	2017.07.19
2	刘彧妤	SHFSJ0583（电离类）	2019.11.28

3、监测仪器

本次监测使用仪器符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，监测所用设备通过检定并在有效期内，满足监测要求。

监测仪器见表 5-2。

表5-2 检测使用仪器

序号	仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
2022年1月10日，医用直线加速器机房				
1	X-γ剂量率仪	AT1123	NJRS-107	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 校准证书编号：Y2021-0016246 校准有效期限：2021.03.11~2022.03.10
2	水模	/	NJRS-083	/
3	风速仪	F30J	NJRS-065	校准证书编号：H2021-0118791 校准有效期限：2021.12.13~2022.12.12
2022年6月6、7日，PET/CT中心				
4	X-γ剂量率仪	AT1123	NJRS-106	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 校准证书编号：Y2022-0022412 校准有效期限：2022.03.25~2023.03.24

5	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：检定字第 202204002138 号 检定有效期限：2022.04.10~2023.04.09
6	风速仪	AR886A	NJRS-156	校准证书编号：H2022-0000832 校准有效期限：2022.01.14~2023.01.13

4、质量控制

本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过计量认证（证书编号：221020340350，检测资质见附件12），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为1m。仪器读数稳定后，每个点位读取10个数据，读取间隔不小于10s。

5、监测报告

监测报告的编制、审核、出具严格执行南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，出具报告前进行三级审核。

表六 验收监测内容

验收监测内容:

1、监测期间项目工况

2022年1月10日、6月6、7日，南京瑞森辐射技术有限公司对镇江市第一人民医院B楼负一层3号直线加速器机房、PET/CT中心工作场所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

设备名称型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
医用直线加速器 (Ture Beam 型)	X 射线: 6、10MV 电子线: 6、9、 12、16、20MeV	X 射线: 10MV (3F)、 输出剂量率: 2400cGy/min、 照射野: 40cm×40cm	B楼负一层3号 直线加速器机房
PET/CT (Biograph mCT·S 型)	140kV/666mA 核素: ¹⁸ F	140kV/300mAs CT扫描、诊断 床上放置9.73mCi的 ¹⁸ F药物	B 楼负一层 PET/CT 中心

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医用直线加速器机房X-γ辐射剂量率、机房内通风口风速、PET/CT中心工作场所X-γ辐射剂量率、β表面污染水平及通风橱风速。

3、监测点位

对医用直线加速器机房工作场所周围环境布设监测点，特别关注防护门及屏蔽墙外30cm处，监测医用直线加速器运行状态、非运行状态下的X-γ辐射剂量率和机房内通风口风速，每个点位监测5个数据。

对PET/CT中心工作场所周围环境布设监测点，特别关注控制区、监督区边界，监测PET/CT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，每个点位监测5个数据。

4、监测分析方法

本次监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《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）、《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）的标准要求进行监测、分析。

表七 验收监测期间生产工况

验收监测期间生产工况记录：

被检单位：镇江市第一人民医院

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2022年1月10日、6月6、7日

天气：2022年1月10日，阴，8℃，（64~68）%RH

2022年6月6日，晴，20℃，（80~84）%RH

2022年6月7日，多云，22℃，（69~73）%RH

监测因子：X- γ 辐射剂量率，医用直线加速器机房内通风口风速， β 表面污染水平，通风橱风速

验收监测期间生产工况见表7-1。

表7-1 本项目验收监测期间生产工况

设备名称型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
医用直线加速器 (Ture Beam 型)	X射线：6、10MV 电子线：6、9、 12、16、20MeV	X射线：10MV（3F）、 输出剂量率：2400cGy/min、 照射野：40cm×40cm	B楼负一层3号 直线加速器机房
PET/CT (Biograph mCT·S 型)	140kV/666mA 核素： ¹⁸ F	140kV/300mAs CT扫描、诊断 床上放置9.73mCi的 ¹⁸ F药物	B楼负一层 PET/CT中心

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11。本项目医用直线加速器机房周围环境X- γ 辐射剂量率监测结果见表7-2，监测点位见图7-1。

表 7-2 本项目医用直线加速器机房周围 X- γ 辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果（ μ Sv/h）	设备状态
1	防护门外30cm处（左缝）	0.13	射线朝西，等中心处 放置模体
		0.27	射线朝东 照射野：0.3cm×0.3cm
2	防护门外30cm处（中间）	0.13	射线朝西，等中心处 放置模体

		0.25	射线朝东 照射野：0.3cm×0.3cm
3	防护门外30cm处（右缝）	0.15	射线朝西，等中心处 放置模体
		0.30	射线朝东 照射野：0.3cm×0.3cm
4	防护门外30cm处（上缝）	0.14	射线朝西，等中心处 放置模体
		0.28	射线朝东 照射野：0.3cm×0.3cm
5	防护门外30cm处（下缝）	0.14	射线朝西，等中心处 放置模体
		0.25	射线朝东 照射野：0.3cm×0.3cm
6	南墙外30cm处	0.12	射线朝东，等中心处 放置模体
7	南墙外30cm处	0.12	
8	南墙外30cm处 （检测管线口）	0.12	
9	南墙外30cm处（配电柜）	0.12	
10	南墙外30cm处 （管线洞口）	0.12	
11	操作位	0.12	
12	西墙外30cm处	0.12	射线朝西，等中心处 放置模体
13	西墙外30cm处	1.23	射线朝西，准直器角45°， 有用线束方向无模体
14	西墙外30cm处	1.26	
15	西墙外30cm处	0.15	射线朝西，等中心处 放置模体
16	距机房楼上地面100cm处	0.15	射线朝上，等中心处 放置模体
17	距机房楼上地面100cm处	0.49	射线朝上，准直器角45°， 有用线束方向无模体
18	距机房楼上地面100cm处	0.44	
19	距机房楼上地面100cm处	0.15	射线朝上，等中心处 放置模体

表7-7 本项目PET/CT中心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
右侧操作口		1.34

本项目 PET/CT 中心工作场所通风橱操作口风速分别为 1.14m/s（左）和 1.34m/s（右），符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）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

目前镇江市第一人民医院为本项目配备 32 名辐射工作人员，均由现有放疗科、核医学科辐射工作人员中进行调配，满足本项目目前的配置要求。本项目辐射工作人员采用个人累计剂量监测结果计算其年有效剂量。根据建设单位提供的近一年度个人累计剂量监测报告（2021 年 4 月-2022 年 3 月，报告编号为：（放卫）20211297、（放卫）20211396、（放卫）20221035、（放卫）20221131、（放）检字第 20210271 号、（放）检字第 20210416 号、（放）检字第 20210575 号、（放）检字第 20220112 号，其辐射工作人员个人累积剂量监测及预算结果见表 7-8。

表 7-8 辐射工作人员个人累积剂量监测结果

姓名	岗位	2021年			2022年	截止验收监测 人员年受照剂量 (mSv/a)	管理 目标值 (mSv/a)
		第二季度	第三季度	第四季度	第一季度		
放射治疗							
吴朝阳	放疗医师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
王承伟	放疗医师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
吴立广	放疗医师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
薛春泉	放疗医师	0.02	0.02	0.02	0.08	0.14	5

王燕	放疗医师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
徐惠	放疗医师	0.06	0.02	0.02	0.04	0.14	5
时亚伟	放疗医师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
朱丽华	放疗医师	0.02	0.02	0.05	0.09	0.18	5
龙璐璐	放疗医师	0.02	0.06	0.02	0.02	0.12	5
王远东	放疗医师	0.05	0.02	0.02	0.02	0.11	5
林方方	放疗医师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
朱雪婷	放疗医师	0.02	0.02	0.02	0.05	0.11	5
薛辉	物理师	0.08	0.07	0.02	0.02	0.19	5
陆晓军	维修工程师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
张良	物理师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
陈隽	物理师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
赵晶晶	放疗技师	0.02	0.02	0.08	0.07	0.19	5
孙茜	放疗技师	0.07	0.04	0.02	0.08	0.21	5
蔡立	放疗技师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
解宇	放疗技师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
吕堃	放疗技师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
冯梁	放疗技师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
徐弋	放疗技师	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
张兵兵	放疗技师	0.02	0.07	0.02	0.02	0.13	5
临床核医学							
王海	医生	0.02	0.11	0.02	0.02	0.17	5
陈习	医生	0.26	0.12	0.1	0.02	0.50	5
周健	医生	0.02	0.02	0.09	0.02	0.15	5

赵宇	操作技师	0.02	0.02	0.02	0.07	0.13	5
巫素萍	操作技师	0.15	0.02	0.02	0.05	0.24	5
邵珣	医生	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	5
王嵘	护师	0.02	0.02	0.1	0.08	0.22	5
郝琴	护师	0.19	0.18	0.02	0.02	0.41	5

根据新增 1 台医用直线加速器及扩建核医学科项目现场监测结果，对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算。本项目医用直线加速器年出束时间约 1000h；PET/CT 中心年门诊量为 5500 人，其辐射工作人员药物分装、活度测量时间按 91.7h/a（1min/次）计算，注射药物时间按 30.6h/a（20s/次）计算，注射后候诊时间按 687.5h/a（2.75h/d）计算，PET/CT 曝光扫描时间按 1833h/a（20min/次）计算，留观时间按 916.7h/a（3.7h/d）计算，计算本项目辐射工作人员和周围公众的年有效剂量，结果见表 7-9。

表 7-9 本项目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)	人员年有效 剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
3号 直线 加速器 机房	操作位	0.12	职业人员	1	1000	0.01	5
	防护门外	0.30	职业人员	1/8	1000	0.02	5
			公众	1/8	1000	0.02	0.1
	南墙外	0.12	职业人员	1	1000	0.01	5
	西墙外	1.26	职业人员	1/2	1000	0.58	5
	上方	0.49	公众	1/16	1000	0.02	0.1
分装位		0.42	职业人员	1	91.7	0.03	5
注射位		0.57	职业人员	1	30.6	0.01	5
注射 后候 诊室	西墙外	13.0	职业人员	1/40	687.5	0.22	5
	上方	0.13	公众	1		0.01	0.1

	下方	0.12	公众	1/16		<0.01	0.1
注射后候诊室 ²	东墙外	4.61	职业人员	1/40	687.5	0.08	5
	上方	0.14	公众	1		0.02	0.1
	下方	0.13	公众	1/16		<0.01	0.1
PET/CT机房	东墙外	0.30	公众	1/5	1833	0.07	0.1
	西墙外	0.42	职业人员	1		0.57	5
	北墙外	0.43	公众	1/8		0.07	0.1
	上方	0.13	公众	1		0.04	0.1
	下方	0.13	公众	1/16		<0.01	0.1
留观室	上方	0.13	公众	1	916.7	0.02	0.1
	下方	0.13	公众	1/16		<0.01	0.1

注：1、计算时已扣除环境本底剂量（0.11μSv/h）；

2、工作人员的年有效剂量由公式 $E_{\text{eff}} = \dot{D} \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算，式中： E_{eff} 为年有效剂量， \dot{D} 为关注点处剂量率， t 为年工作时间， T 为居留因子， U 为使用因子（取值参照环评文件）。

由表 7-8 可知，根据镇江市第一人民医院提供的个人累积剂量监测报告，结果显示本项目放疗科、核医学科辐射工作人员原有个人累积剂量最大分别为 0.21mSv/a、0.50mSv/a。由表 7-9 可知，根据现场实际监测结果显示，本项目致放疗科、核医学科辐射工作人员有效剂量最大分别为 0.58mSv/a、0.57mSv/a（已扣除环境本底剂量），则本项目运行后，叠加本项目产生的辐射影响，放疗科、核医学科辐射工作人员的有效剂量最大分别为 0.79mSv/a、1.07mSv/a，均低于本项目辐射工作人员个人剂量管理目标值。

（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 7-9。由表可知，公众年有效剂量最大为 0.07mSv/a（已扣除环境本底剂量），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及个人剂量监测受照剂量预算结果计算为：辐射工作人员有效剂量最大为

1.07mSv/a，周围公众年有效剂量最大为0.07mSv/a（已扣除环境本底剂量）。
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），并低于本项目管理目标值（职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a），与环评文件一致。

表八 验收监测结论

验收监测结论:

镇江市第一人民医院新增 1 台医用直线加速器及扩建核医学科项目已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施, 经现场监测和核查表明:

1) 镇江市第一人民医院在院区 B 楼负一层 3 号直线加速器机房内配备 1 台瓦里安 TrueBeam 型医用直线加速器, 用于肿瘤的放射治疗; 在 B 楼负一层现有核医学科南侧扩建 PET/CT 中心, 配备 1 台 Biograph mCT·S 型 PET/CT, 质量控制校正使用 3 枚 ^{68}Ge 放射源, 使用 ^{18}F 核素, 开展核素显像诊断工作。

本项目实际建设规模及主要技术参数均在《新增 1 台医用直线加速器及扩建核医学科项目环境影响报告表》及其环评批复范围内, 无变动情况;

2) 本次新增 1 台医用直线加速器及扩建核医学科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、机房内通风口风速、通风橱风速均能满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)、《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《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管理目标值的要求;

4) 本项目医用直线加速器机房防护门处设置当心电离辐射警告标志及工作状态指示灯, 设有门机联锁装置, 控制室、治疗室内均设有急停按钮, 操作台上设有影像监控对讲装置, 医院为 3 号直线加速器机房配备有 1 套固定式剂量报警仪, 其检测探头安装在机房迷路尽头的南墙上, 显示终端安装在控制室内; 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 及《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 的要求; 满足环评和环评批复的要求;

本项目 PET/CT 中心工作场所控制区和监督区划分明显, 能有效避免受检者误入或非正常受照; 本项目 PET/CT 机房防护门、PET/CT 中心工作场所控制区出入口处等显著位置均设置电离辐射警告标志和中文警示说明; 本项目

PET/CT 机房的防护大门设置有门灯联锁装置，防护大门闭合时工作状态指示灯亮；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；PET/CT 机房与控制室内设置双向语音对讲装置，且 PET/CT 机房操作台处安装有观察窗，医院在 PET/CT 中心注射后候诊室、患者通道、PET/CT 机房、分装室等关键位置设置了监控摄像装置，对受检者进行全程监控，监控显示终端设置在 PET/CT 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，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《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；

5) 放射性三废处置情况：PET/CT 中心分装室设有通风橱及专用通风管道，通风管道延伸至 B 楼顶部；PET/CT 中心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，能够满足暂存超过 30 天的衰变要求； ^{68}Ge 校准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：本项目医用直线加速器机房、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；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；工作人员和部分患者产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理；

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，配备了防护铅衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品；满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《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）的要求；

8) 本项目 32 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，镇江市第一人民医院新增1台医用直线加速器及扩建核医学科项目与环评报告内容及批复要求一致。本次验收新增1台医用直线加速器及扩建核医学科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) 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；

2) 积极配合环保部门的日常监督核查，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。每年请有资质单位对项目周围辐射环境水平监测1~2次，监测结果上报生态环境保护主管部门。