

徐州市肿瘤医院新建核医学科项目竣工环境保护验收监测报告表

报告编号：瑞森（验）字（2023）第059号

建设单位： 徐州市肿瘤医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二四年一月

建设单位： 徐州市肿瘤医院

法人代表（签字）： 赵鸿鹰

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

法人代表（签字）： 王爱强

项目负责人：

填表人：

建设单位（盖章）：徐州市肿瘤医院

电话：0516-85787300

传真：

邮编：

地址：徐州市鼓楼区中山北路281号

编制单位（盖章）：南京瑞森辐射技术有限公司

电话：025-86633196

传真：

邮编：210003

地址：南京市鼓楼区建宁路61号中央金地广场1幢1317室

目 录

表一 建设项目基本情况.....	1
表二 建设项目工程分析.....	11
表三 辐射安全与防护设施/措施.....	20
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.....	40
表五 验收监测质量保证及质量控制.....	46
表六 验收监测内容.....	48
表七 验收监测期间生产工况.....	50
表八 验收监测结论.....	58
附图1 徐州市肿瘤医院新建核医学科项目地理位置示意图.....	60
附图2 徐州市肿瘤医院新建核医学科项目平面布置示意图.....	61
附图3 徐州市肿瘤医院核医学科周围环境示意图.....	62
附件1：项目委托书.....	63
附件2：项目环境影响报告表主要内容.....	64
附件3：辐射安全许可证及辐射工作人员相关信息.....	73
附件4：辐射安全管理机构及制度.....	79
附件5：辐射工作人员培训证书及健康证明.....	99
附件6：新建核医学科工作场所屏蔽建设等情况说明.....	106
附件7：放射性药品及其原料转让审批表.....	108
附件8：竣工环保验收监测报告.....	109
附件9：验收监测单位CMA资质证书.....	121
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表.....	124

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	徐州市肿瘤医院新建核医学科项目					
建设单位名称	徐州市肿瘤医院 (统一社会信用代码: 52320300MJ6165382X)					
建设项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建					
建设地点	徐州市鼓楼区中山北路281号医院行政综合楼负一楼					
源项	放射源			/		
	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	2021年12月24日	开工建设时间	2022年1月			
取得辐射安全许可证时间	2023年10月20日	项目投入运行时间	2023年11月			
辐射安全与防护设施投入运行时间	2023年11月	验收现场监测时间	2023年11月30日			
环评报告表审批部门	江苏省生态环境厅	环评报告表编制单位	南京瑞森辐射技术有限公司			
辐射安全与防护设施设计单位	山东大华医特环保工程有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	南京爱克斯射线防护技术有限公司			
投资总概算	2500万元	辐射安全与防护设施投资总概算	200万元	比例	8%	
实际总概算	2500万元	辐射安全与防护设施实际总概算	200万元	比例	8%	
验收依据	<p>1.建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度:</p> <p>(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;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》, 2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过, 2003年9月1日起施行, 2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议第一次修正, 2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第二次修正;</p> <p>(3) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》, 国环规环评(2017)4号, 环境保护部办公厅2017年11月22日印发、实</p>					

施；

(4) 《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；

(5) 《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年修改，国务院令709号，2019年3月2日施行；

(6) 《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；

(7) 《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；

(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日公布施行；

(9) 《放射性废物安全管理条例》，2011年12月20日国务院令612号，2012年3月1日起施行；

(10) 《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；

(11) 《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；

(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令9号，2019年11月1日起施行；

(13) 《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，公告2017年第65号发布，2018年1月1日起施行；

(14) 《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。

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）；

	<p>(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(6) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；</p> <p>(7) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；</p> <p>(8) 《表面污染测定 第一部分：β发射体（$E_{\beta\max}$）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）；</p> <p>(9) 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；</p> <p>(11) 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ 158-2003）；</p> <p>(12) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）。</p> <p>3.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) 《徐州市肿瘤医院新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11月，见附件2；</p> <p>(2) 《关于徐州市肿瘤医院新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〕58号，江苏省生态环境厅，2021年12月24日，见表四。</p> <p>4.其他相关文件：</p> <p>无其他文件。</p>						
<p>验收监测 执行标准</p>	<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标准》（GB 18871-2002）中所规定的职业照射和公众照射剂量限值：</p> <p style="text-align: center;">表1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值</p> <table border="1" data-bbox="396 1570 1313 1977"> <thead> <tr> <th data-bbox="396 1570 597 1648"></th> <th data-bbox="597 1570 1313 1648">剂量限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="396 1648 597 1798">职业照射</td> <td data-bbox="597 1648 1313 1798"> 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。 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="396 1798 597 1977">公众照射</td> <td data-bbox="597 1798 1313 1977"> 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> </tbody> </table>		剂量限值	职业照射	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。	公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。
	剂量限值						
职业照射	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。						
公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。						

(2) 根据本项目环评及批复文件确定本项目个人剂量管理目标值，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
徐州市肿瘤医院新建核医学科项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
	公众照射有效剂量	0.1mSv/a

场所防护剂量率限值：

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；放射性药物分装的通风橱、注射窗外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ ；衰变池外表面30cm处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

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 $\sim 2 \times 10^7$

非密封放射性物质工作场所表面污染控制水平要求

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的规定，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表B11的控制水平。

表B11 工作场所放射性表面污染控制水平（单位：Bq/cm²）

表面类型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区、监督区	0.4	0.4	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4

1) 该区内的污染子区除外

放射性废物管理要求：

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）第8条规定：

8 医用放射性废物的放射防护管理要求

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参见附录H。

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。

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。

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。

8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过0.1 mSv/h，质量不超过20kg。

8.9 储存场所应具有通风设施，出入口设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

8.11 废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4 \text{ Bq/cm}^2$ 。

(1) 放射性废水

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第7.3.3条规定：

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放；

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

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。

(2) 放射性固体废物

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第7.2.3条规

定：

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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的10倍；

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 α 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

(3) 放射性废气

①根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）第5.2.3条规定：

核医学工作场所的通风按表1要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 $0.5\text{m}/\text{s}$ 。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

②根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第6.3条和7.4条规定：

6.3 密闭和通风要求

6.3.1 核医学工作场所应保持有良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污

染。

6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

7.4 气态放射性废物的管理

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

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

安全管理要求及环评要求：

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求：

第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。

射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，应当设置明显的放射性标识和中文警示说明。

第六条 生产、使用放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定采取有效措施，防止运行故障，并避免故障导致次生危害。

第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。

	<p>贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。对放射性同位素贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施。</p> <p>第十一条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当加强对本单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。</p> <p>根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求：</p> <p>第二条 在中华人民共和国境内生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位（以下简称“辐射工作单位”），应当依照本办法的规定，取得辐射安全许可证（以下简称“许可证”）。</p> <p>进口、转让放射性同位素，进行放射性同位素野外示踪试验，应当依照本办法的规定报批。</p> <p>出口放射性同位素，应当依照本办法的规定办理有关手续。</p> <p>使用放射性同位素的单位将放射性同位素转移到外省、自治区、直辖市使用的，应当依照本办法的规定备案。</p> <p>本办法所称放射性同位素包括放射源和非密封放射性物质。</p> <p>第七条 辐射工作单位在申请领取许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。</p> <p>环评报告、环评批复中的相关要求（详见表四及附件2）：</p> <p>（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。</p> <p>（二）定期检查辐射工作场所电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。</p> <p>（三）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</p>
--	---

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。

表二 建设项目工程分析

项目建设内容:

徐州市肿瘤医院（以下简称“医院”）是一所三级甲等肿瘤医院，医院现设本部（徐州市鼓楼区环城路131号）和北院（徐州市鼓楼区中山北路281号）两个院区。为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，根据医院规划和研究，医院将北院行政综合楼负一楼内车库及空置区域改建为核医学科及其辅助用房，新增1台PET/CT配合使用放射性核素¹⁸F用于开展核素显像诊断。PET/CT质量控制校正时使用2枚⁶⁸Ge放射源，均属V类放射源。

核医学科设置候诊大厅、注射室、卫生通过间、废物间、储源室、PET/CT室及其控制室、设备间、洁具间、注射后候诊室、抢救室、留观室等功能房间，核医学科东侧为土层及卫生间，南侧为过道和楼梯间，隔过道为配电房，西侧为地下车库，北侧为土层，上方为卫生间、过道及绿化带，下方为地下车库及土层。项目50m评价范围东侧、南侧、西侧均位于医院院区范围内，北侧至华美·生态园东观园内居民楼（最近处约40m），评价范围内无学校等环境敏感点。本项目地理位置示意图见附图1，平面布置示意图见附图2，项目周边关系示意图见附图3。

本次验收，徐州市肿瘤医院新建核医学科项目非密封放射性物质、射线装置及放射源使用情况见表2-1，项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-1 徐州市肿瘤医院新建核医学科项目基本情况一览表

非密封放射性物质							
核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	操作方式	工作场所名称	工作场所等级	用途
¹⁸ F	3.7×10 ⁶	9.25×10 ¹¹	使用	很简单操作	核医学科	丙级	核素显像诊断
放射源							
放射源名称	出厂活度	数量	活动种类	种类	储存方式与地点	用途	
⁶⁸ Ge	5.5×10 ⁷	1	使用	V	核医学科储源室内	质控校准	
	3.5×10 ⁶	1	使用	V			
射线装置							
装置名称及型号	最大管电压	最大管电流	活动种类	类别	数量	工作场所	用途

PET/CT (Discovery IQ)	140kV	440mA	使用	III	1	核医学科 PET/CT机房	医疗诊断
--------------------------	-------	-------	----	-----	---	------------------	------

截止本次验收，徐州市肿瘤医院新建核医学科项目核医学科已建设完成，配套辐射安全防护和环境保护设施、措施同步建设完成，具备竣工环境保护验收条件。

本项目环评时拟配备的 PET/CT 型号为西门子 Biograph Horizon，最大管电压 135kV，最大管电流 345mA；实际建成配备的 PET/CT 型号为 GE Discovery IQ，最大管电压 140mA，最大管电流 440mA。环评时拟使用 3 枚 ⁶⁸Ge 校准源，实际建成使用 2 枚 ⁶⁸Ge 校准源，活度均低于环评时拟配备活度。项目环评时拟建 4 间注射后候诊室，实际建成 3 间注射后候诊室，与环评相比仅少建一个注射后候诊室，少建注射后候诊室位置现为空置区域。对照《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》，上述变动均不属于重大变动情况。项目其余实际建设情况与环评及其批复一致，无变动情况。

本项目环评时预计投资总概算为 2500 万元，辐射安全与防护设施总投资为 200 万元；实际建设投资总概算为 2500 万元，辐射安全与防护设施总投资为 200 万元。项目环评审批及实际建设情况见表 2-2。

表2-2 徐州市肿瘤医院新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	徐州市鼓楼区中山北路281号医院行政综合楼负一楼					徐州市鼓楼区中山北路281号医院行政综合楼负一楼					与环评一致
周围环境	徐州市肿瘤医院新建核医学科项目	东侧	土层及卫生间			土层及卫生间					与环评一致
		南侧	过道、楼梯间			过道、楼梯间					与环评一致
		西侧	地下车库			地下车库					与环评一致
		北侧	土层			土层					与环评一致
		楼上	卫生间、过道及绿化带			卫生间、过道及绿化带					与环评一致
		楼下	地下车库及土层			地下车库及土层					与环评一致
非密封放射性物质											
核素名称	环评规划情况					实际建设规模					备注
	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	使用场所	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	使用场所	
¹⁸ F	3.7×10 ⁹	3.7×10 ⁶	9.25×10 ¹¹	使用	核医学科	3.7×10 ⁹	3.7×10 ⁶	9.25×10 ¹¹	使用	核医学科	与环评一致

放射源											
放射源名称	环评规划情况					实际建设规模					备注
	活度 (Bq)	数量	类别	活动种类	贮存方式与地点	活度 (Bq)	数量	类别	活动种类	贮存方式与地点	
⁶⁸ Ge	9.2×10 ⁷	1	V	使用	核医学科储源室内	5.5×10 ⁷	1	V	使用	核医学科储源室内	在环评及其批复范围内, 无重大变动情况
⁶⁸ Ge	4.6×10 ⁷	2	V	使用	核医学科储源室内	3.5×10 ⁶	1	V	使用	核医学科储源室内	
废弃物											
名称	环评规划情况								实际建设规模		
	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向			
沾有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等	固体	¹⁸ F	/	约4.2kg	约50.4kg	小于清洁解控水平	存放于专用放射性废物铅桶与废物库	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, 可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。	与环评一致		
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	¹⁸ F	/	约9.37m ³	约112.5m ³	总β<10Bq/L	流入衰变池中	在衰变池中暂存超过30天后直接解控排入医院污水处理系统。	与环评一致		
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		

臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下可自然分解为氧气	与环评一致
废活性炭	固体	/	/	少量	少量	小于清洁解控水平	更换后暂存在放射性废物库	分类收集后，作为医疗废物统一交由有资质的单位处理	与环评一致
退役放射源 (校准源)	固体	⁶⁸ Ge	/	/	/	/	暂存于储源室	由原生产厂家回收或由城市放射性废物库回收处置	与环评一致

源项情况:

1、辐射污染源项

由本项目工艺流程及放射性核素特性可知，本项目主要产生以下污染:

(1) 辐射:

①非密封放射性物质

¹⁸F 半衰期为 109.8min，以正电子发射方式衰变，产生的β⁺最大能量为 0.63MeV，剂量率常数为 0.143μSv·m²·h⁻¹/MBq（裸源）和 0.092μSv·m²·h⁻¹/MBq（体内）。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。因此 ¹⁸F 衰变产生的 β⁺、γ射线会造成辐射的工作人员的外照射；含 ¹⁸F 的药物发生泼洒时会造成工作台面或地面的表面污染。

本次验收非密封放射性物质主要技术参数如下:

表2-3 非密封放射性物质主要技术参数一览表

核素名称	物理状态	日等效最大操作量	操作时间	年操作量	毒性因子	操作方式	暂存方式
¹⁸ F	液态	3.7×10 ⁶ Bq	250天	9.25×10 ¹¹ Bq	0.01	很简单操作	按需订购，不储存

②放射源（校准源）

⁶⁸Ge 的半衰期为 277 天，衰变成 ⁶⁸Ga 时发射出γ射线，主要能量为 0.511MeV，正常情况下，密封源置于密封铅容器中，对产生的γ射线有很好的屏蔽，但一般不可能将γ射线完全屏蔽，其表面有着合理的符合国家标准要求的表面剂量率。当图像配准及探头校正过程中，释出 γ 射线贯穿屏蔽层，对操作人员产生一定的外照射。

本次验收放射源主要技术参数如下:

表 2-4 放射源主要技术参数一览表

放射源名称	出厂活度	类别	数量	用途	储存方式及地点
⁶⁸ Ge	5.5×10 ⁷ Bq	V	1	质控校准	储源室的储源桶内
⁶⁸ Ge	3.5×10 ⁶ Bq	V	1	质控校准	

③射线装置

PET/CT 是由正电子发射计算机断层显像（PET）和电子计算机 X 射线断层扫描技术（CT）的有机结合体，在正常运行情况下，工作人员和公众可能受照的辐射为 PET/CT 中的 CT 部分产生的 X 射线穿透 PET/CT 检查室屏蔽墙、防护门、观察窗后对辐射工作人员和周围公众产生的外照射。

本次验收PET/CT射线装置主要技术参数如下：

表2-5 射线装置主要技术参数一览表

名称	型号	类型	射线种类	管电压	管电流	活动种类	工作场所
PET/CT	Discovery IQ	III	X射线	140kV	440mA	使用	核医学 PET/CT机房

(2) **废气**：本项目运行过程不会产生放射性气体，但在放射性同位素药物操作过程中可能产生带有放射性核素的气溶胶。

(3) **固体废物**：主要来源于放射性药物操作过程中污染的注射器、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎器皿等在废物库内收集暂存。

(4) **废水**：主要来源于患者注射放射性药物后所产生的呕吐物和排泄物、剩余药液、洗消废水以及紧急排放。

2、非辐射污染源项

(1) 废水

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。

(2) 固废

本项目工作人员产生的生活垃圾，经分类收集后，定期交由城市环卫部门处理。

(3) 废气

本项目无其他废气产生。

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。

2、工作流程及产污环节

徐州市肿瘤医院新建核医学科项目所使用的 ^{18}F 放射性药物为向制药医院订购获得, 医院根据患者预约情况, 确定当天所使用的药物剂量, 提前向制药医院预订, 制药医院在患者就诊前将药物送到核医学科的注射室内, 核医学科指定专人负责药物的接收和登记, 并暂存到注射室铅通风橱内, 当天用完。

患者按预约日期到达候诊大厅, 在候诊大厅内接受宣讲和告知, 之后在进行注射前埋针, 埋针后向北通过单向门禁后到达注射室。医护人员在铅通风橱内根据患者用药情况将药物进行分装, 装至带铅套的注射器内, 经校对无误后, 在注射窗口为病人注射。注射完毕后的注射器放入专用废物铅桶内。每次

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。

PET/CT 诊断具体工作流程如下：

- ①接收患者，开具 PET/CT 诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害；
- ②医生根据病情确定使用核素的剂量；与患者预约，按需订购放射性药物；
- ③病人先进行埋针，然后通过注射将放射性药物摄入。在药品摄入过程中存在 γ 射线污染，同时会产生放射性废水、固废（注射器、棉球、药品盒）；
- ④病人注射完药物后进入注射后候诊室或 VIP 注射后候诊室内等待观察（一般注射放射性药物后需等待约 30min），待药物代谢至靶器官，进入 PET/CT 检查室，经医护人员摆位后，接受 PET/CT 的扫描，每次扫描约 10~20 分钟。扫描完成后，病人在留观室休息，留观一段时间后，若无其他情况，从病人专用通道离开。此过程病人带有 γ 射线。

PET/CT 诊断工作流程及产污环节分析见图 2-1。

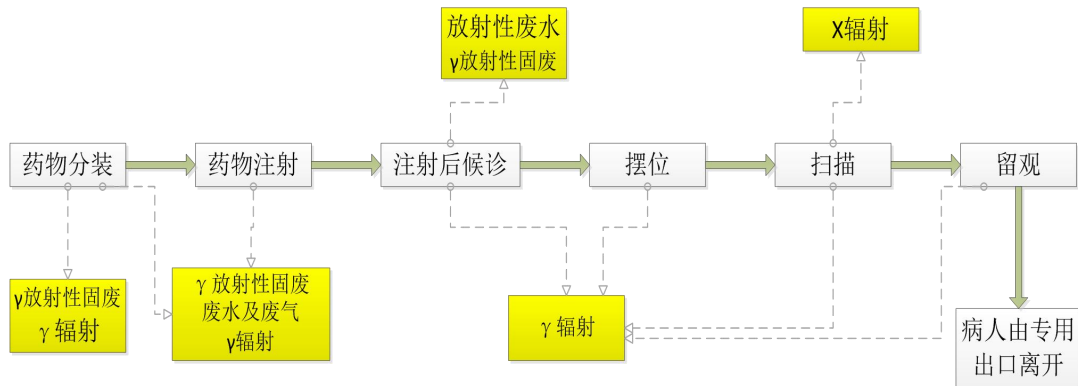


图 2-1 PET/CT 诊断工作流程及产污环节示意图

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**

布局：徐州市肿瘤医院本次新建核医学科项目位于北院行政综合楼负一楼，核医学科东侧为土层及办公室等，南侧为候诊大厅、问诊室和楼梯间等，西侧为地下车库，北侧为土层，上方为卫生间、过道及绿化带，下方为地下车库及土层。

本项目核医学科人流及物流具有相对的独立通道，整个诊断工作场所相对独立，与其他科室有明显的界限，新增的核医学诊断工作场所位于行政综合楼负一楼，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。

核医学科设置了候诊大厅、注射室、卫生通过间、废物间、储源室、PET/CT 机房及其控制室、设备间、洁具间、注射后候诊室、抢救室、留观室、患者通道等，功能布局基本按照核医学诊断流程、使患者单向行进布局；射线装置机房、放射源储存、废弃物储存均设置单独房间；患者行进路径与医护人员工作路径相对独立，核素药物送达与废弃物清运均错峰进行，其路径在时间上相对独立。

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。

本项目选址及布局与环境影响报告表内容及其批复要求基本一致，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。

辐射防护分区：《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求：应把放射性工作场所分为控制区、监督区以便于辐射防护管理和职业照射控制；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，对控制区运用行政管理程序（如工作许可证制度）和联锁装置限制进入；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。

医院将PET/CT机房、留观室、注射后候诊室、注射室、储源室、废物间、卫生通过间、患者通道、洁具间划分为控制区，该区域涉及放射性同位素操作，是药物注射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，属于GB 18871-2002定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；将控制室、候诊大厅、问诊室、办公室、更衣室划为监督区，属于GB 18871-2002定义的监督区。本次新建核医学科辐射防护分区划分明确，布局基本合理，工作场所布局与环境影响报告表内容及其批复要求基本一致，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的标准要求。

本项目工作场所现场照片如图3-1所示，工作场所平面布置、两区划分及人员、物流路线示意图见图3-2。



患者入口



患者通道



注射窗



注射室



注射后候诊室



留观室



PET/CT检查室

图3-1 工作场所现场照片

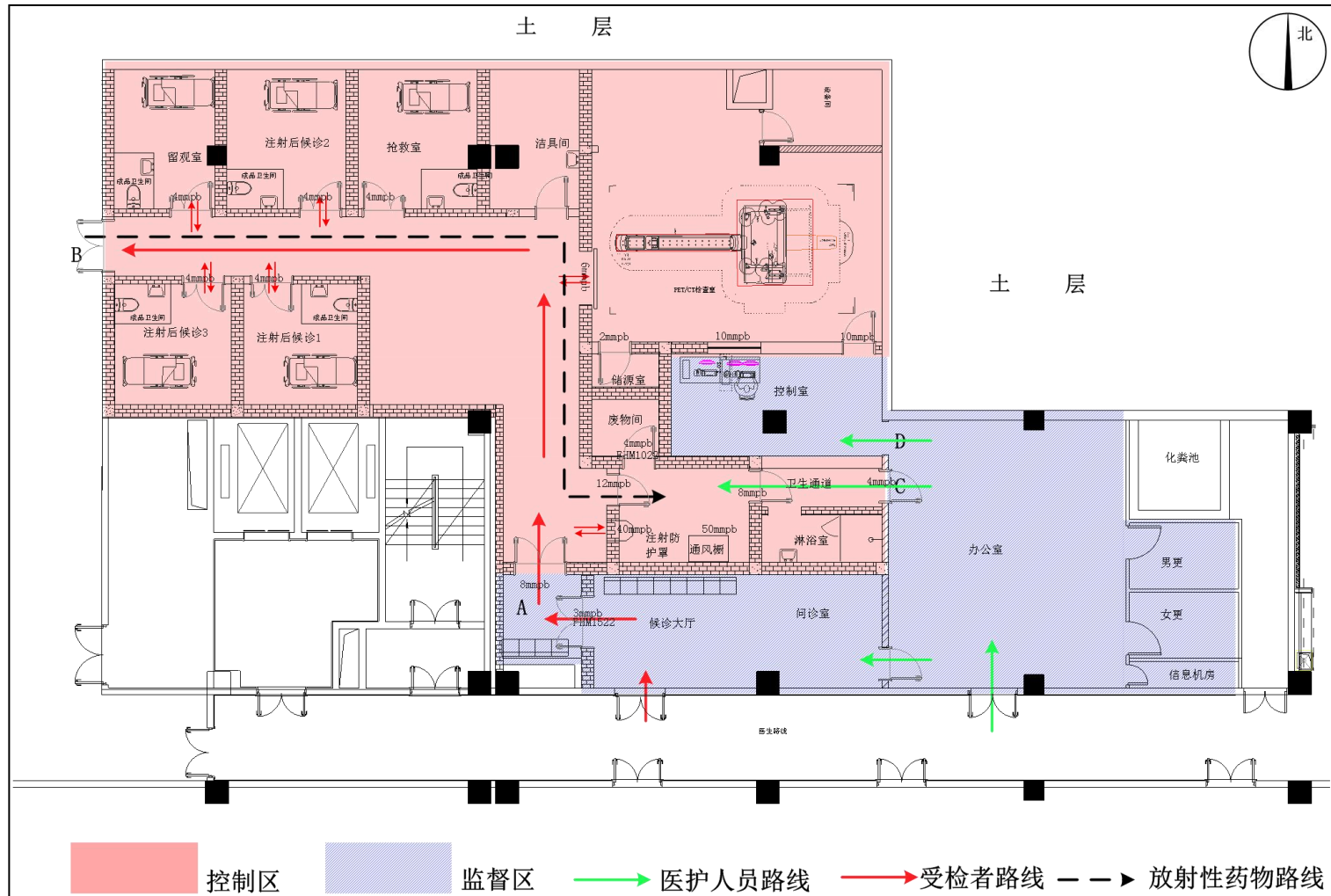


图3-2 本项目工作场所平面布置、两区划分及人员、物流路径示意图

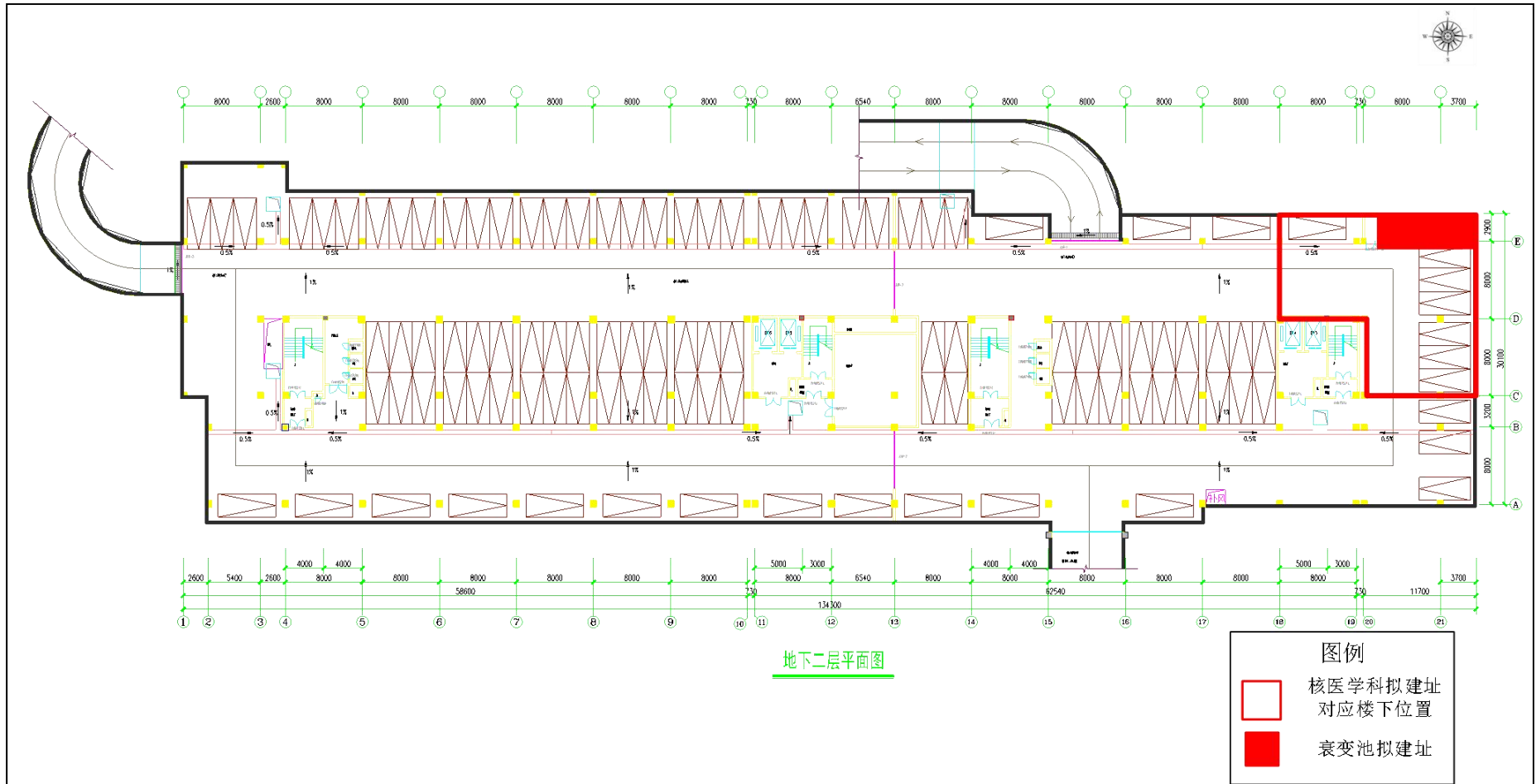


图3-3 本项目工作场所平面布置、两区划分及人员、物流路径示意图

2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目核医学科工作场所屏蔽防护设计情况与实际建设情况如下：

表3-1 核医学科屏蔽防护情况一览表

工作场所		屏蔽体	环评屏蔽防护设计参数	实际建成防护屏蔽参数	与环评一致性分析	
核医学科	PET/CT检查室、设备间	东墙、北墙	30cm混凝土	30cm混凝土	一致	
		南墙和西墙	37cm实心砖	37cm实心砖	一致	
		两室之间隔墙	20cm加气混凝土砌块	20cm加气混凝土砌块	一致	
		顶面	30cm混凝土	30cm混凝土	一致	
		地面	30cm混凝土	30cm混凝土	一致	
		观察窗	10mmPb	10mmPb	一致	
		防护门	控制室	10mm铅板	10mm铅板	一致
			储源室	2mm铅板	2mm铅板	一致
			患者过道	6mm铅板	6mm铅板	一致
	分装注射室、储源室、废物间	四周墙壁	37cm实心砖	37cm实心砖	一致	
		顶面	20cm混凝土	20cm混凝土	一致	
		地面	30cm混凝土	30cm混凝土	一致	
		注射窗	40mm铅当量	40mm铅当量	一致	
		通风橱	50mm铅当量	50mm铅当量	一致	
		防护门	卫生通过	8mm铅板	8mm铅板	一致
			废物间	5mm铅板	5mm铅板	一致
			患者过道	12mm铅板	12mm铅板	一致
	注射后候诊室(2间)	东、南、西墙	37cm实心砖	37cm实心砖	屏蔽基本一致，房间数量由环评的3间改为2间	
		北墙	24cm实心砖	24cm实心砖		
顶面		30cm混凝土	30cm混凝土			
地面		20cm混凝土	20cm混凝土			
卫生间		20cm加气混凝土砌块	成品卫生间			

		防护门	4mm铅板	4mm铅板	
注射后候诊室（1间）、留观室、抢救室		东墙、西墙	37cm实心砖	37cm实心砖	屏蔽基本一致，环评中的VIP注射后候诊室和VIP留观室更名为注射后候诊室和抢救室
		南墙	24cm实心砖	24cm实心砖	
		北墙	30cm混凝土	30cm混凝土	
		顶面	30cm混凝土	30cm混凝土	
		地面	20cm混凝土	20cm混凝土	
		卫生间	20cm加气混凝土砌块	成品卫生间	
		防护门	4mm铅板	4mm铅板	
洁具间		东墙、西墙	37cm实心砖	37cm实心砖	一致
		南墙	24cm实心砖	24cm实心砖	一致
		北墙	20cm混凝土	20cm混凝土	一致
		顶面	30cm混凝土	30cm混凝土	一致
		地面	20cm混凝土	20cm混凝土	一致
		防护门	4mm铅板	4mm铅板	一致

由表3-1可知，本项目工作场所屏蔽设施建设情况与环境影响报告表内容及其批复要求一致，无变动情况。

3、辐射安全与防护措施

(1) 电离辐射警告标志

医院在核医学场所控制区入口及出口防护门上、PET/CT检查室、注射后候诊室（3间）、抢救室、留观室、储源室、废物间、分装注射室、卫生通过间以及衰变池防护门上均设置了电离辐射警告标志及中文警示说明，通风橱和各废物铅桶上均设置了电离辐射警告标志及中文警示说明，校准源储存桶和各放射性核素转运盒上均设置了电离辐射警告标志及中文警示说明，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规范的电离辐射警告标志的要求。电离辐射警告标志见图3-4。



患者入口（控制区入口）



患者出口（控制区出口）



PET/CT检查室



注射室



候诊室



留观室



通风橱



源库门上



衰变间门上



铅废物桶



衰变间墙上

图3-4 电离辐射警告标志

(2) 视频监控装置

本项目核医学科控制区内共设置11个监控摄像头，其中受检者通道4个，PET/CT检查室1个，分装注射室1个，三间注射后候诊室各1个，留观室1个，抢救室1个，监控终端显示器位于PET/CT控制室。工作人员通过视频监控可实时观察患者走动情况及设备运行情况。视频监控装置见图3-5。



注射室



患者入口处



患者通道内



患者出口处



注射后候诊室内



抢救室内



PET/CT检查室内



控制室内视频监视器

图3-5 视频监控装置

(3) 门-灯联锁和工作状态指示灯

本项目PET/CT检查室防护大门上方设置工作状态指示灯，指示灯上设置“射线有害 灯亮勿入”的警示语。警示灯与防护门设置联锁，防护门关闭时，警示灯红色亮起；防护门打开时，指示灯熄灭。现场核查连锁装置有效运行。工作状态指示灯如图3-6所示。



防护门关闭状态



防护门打开状态

图3-6 门-灯联锁和工作状态指示灯

(4) 语音对讲和急停按钮

本项目核医学科控制区内 3 间注射后候诊室、留观室、抢救室和 PET/CT 检查室内均与 PET/CT 控制室之间设置了语音对讲装置，注射窗口处和注射室之间设置了语音对讲装置，配合视频监控装置，医护人员可与患者进行有效沟通。PET/CT 检查室与控制室之间设置观察窗，PET/CT 设备上及控制室操作台上均设置紧急停机按钮，当发生紧急情况时，按下任意一个紧急停机按钮即可紧急关停 PET/CT 设备。语音对讲和急停按钮如图 3-7 所示。



控制室语音对讲



留观室语音对讲



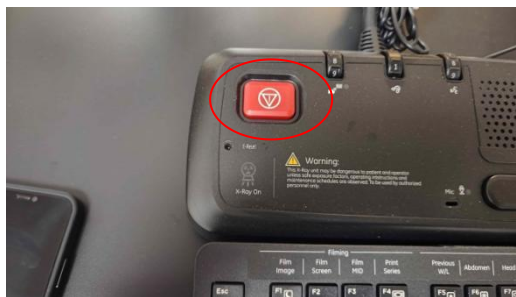
注射室语音对讲



注射窗口语音对讲



PET/CT 上急停按钮



控制室操作台上急停按钮

图 3-7 语音对讲和急停按钮

(5) 源库辐射安全措施

本项目核医学科内设一源库，用于存储校准源。源库防护门上设置电离辐射警告标志及中文警示说明，源库内储源桶上设置电离辐射标志。医院为源库配备双人双锁管理，源库门设于PET/CT检查室内，PET/CT检查室内设置视频监控，可实时观察、记录源库门开闭状态及人员出入情况。源库辐射安全措施如图3-8所示。



视频监控



电离辐射警告标志及双人双锁



储源桶上电离辐射标志

图3-8 源库辐射安全措施

(6) 自主监测仪器

医院为核实医学科配备了1套固定式辐射监测系统（主机设置在预约登记台，三个探头分别设置在PET/CT检查室医护人员入口处、分装注射室入口处，进入候诊室入口处）、1台辐射巡测仪（含表面污染监测功能）、4台个人剂量报警仪用于辐射监测和报警，在注射室通风橱配备1台活度计用于核素药物分装。放射性测量仪器均属于强制检定设备，医院应按照国家法律要求定期到计量标准实验室进行检定，防护监测仪器检定周期为1年；放射性活度计按照医院实际开展的核素种类进行检定，确保治疗剂量准确，检定周期不超过24个月。医院配备的自主监测仪器见图3-9。



固定式辐射监测系统探头



固定式辐射监测系统控制器



个人剂量报警仪



表面污染监测仪探头



辐射巡测仪

图3-9 本项目配备的自主监测仪器

注：本项目配备的辐射巡测仪本身具备X-γ辐射监测功能，连接表面污染监测探头后可拓展表面污染监测功能。

(7) 人员监护

本项目环评时拟配备6名辐射工作人员，目前医院已为本项目配备7名辐射工作人员，满足核医学科现阶段工作开展需求，符合环评的要求。7名辐射工作人员均已参加“核医学”类辐射安全与防护培训并且考核合格，辐射工作人员培训证书见附件5，名单见表3-2。

表 3-2 本项目配备的职业人员名单

姓 名	性别	学历	岗 位	培训合格证书编号	工作场所
何 苗	女	本科	医师	FS22JS0300275	核医学科
王宇峰	男	本科	医师	FS22JS0300252	
刘海娜	女	研究生	医师/物理师	FS22JS0300241	
王 朋	男	研究生	医师	FS20JS0300083	
孙源富	男	本科	技师	FS21JS0300038	
刘 丽	女	大专	护师	FS22JS0300257	
杨 烁	男	本科	技师	FS22JS0300256	

本期验收，医院已为工作人员配备若干套（按需购买）防污染防护服、防护手套、防护口罩等个人防护用品，工作人员进入核医学前在穿戴个人防护用品并随身携带个人剂量报警仪和个人剂量计。医院已安排辐射工作人员在徐州市职业病医院进行健康体检，已委托江苏省疾病预防控制中心对辐射工作人员进行个人剂量监测，已为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案，详见附件 5。



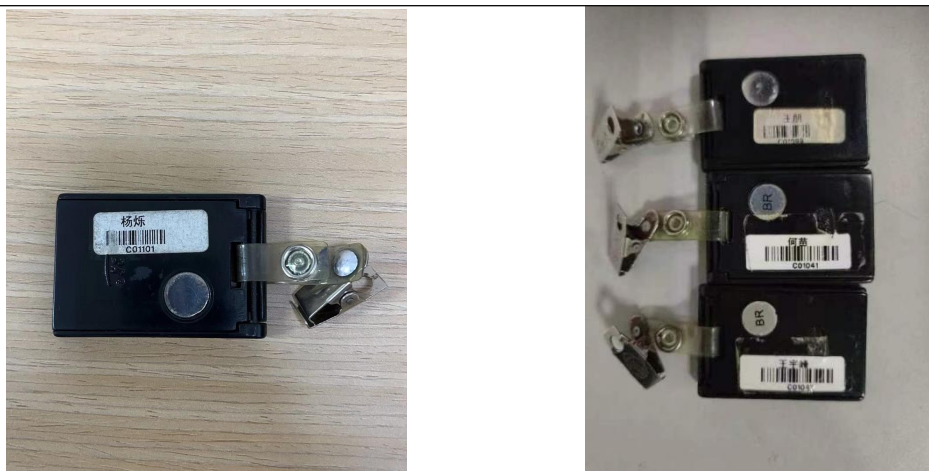


图3-10 个人剂量计

本项目辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况与环境影响报告表内容及其批复要求一致，无变动情况。

4、“三废”治理情况

(1) 放射性“三废”

①放射性废气

本项目运行过程不会产生放射性气体，但在放射性药物分装过程中可能产生带有放射性核素的气溶胶。本项目对药物分装在通风橱中进行，放射性气溶胶经专用通风管道引至行政综合楼楼顶由活性炭过滤后排入大气，对环境影响较小。

本项目核医学科工作场所内设有机械通风装置，气流方向按照从低活区到高活区的原则设置，废气经由排风管道引至行政综合楼楼顶由活性炭过滤后排入大气，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物处置。核医学科通风系统的设置满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“合成和操作放射性药物所用的通风橱拥有专用的排风装置”、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统”的标准要求。

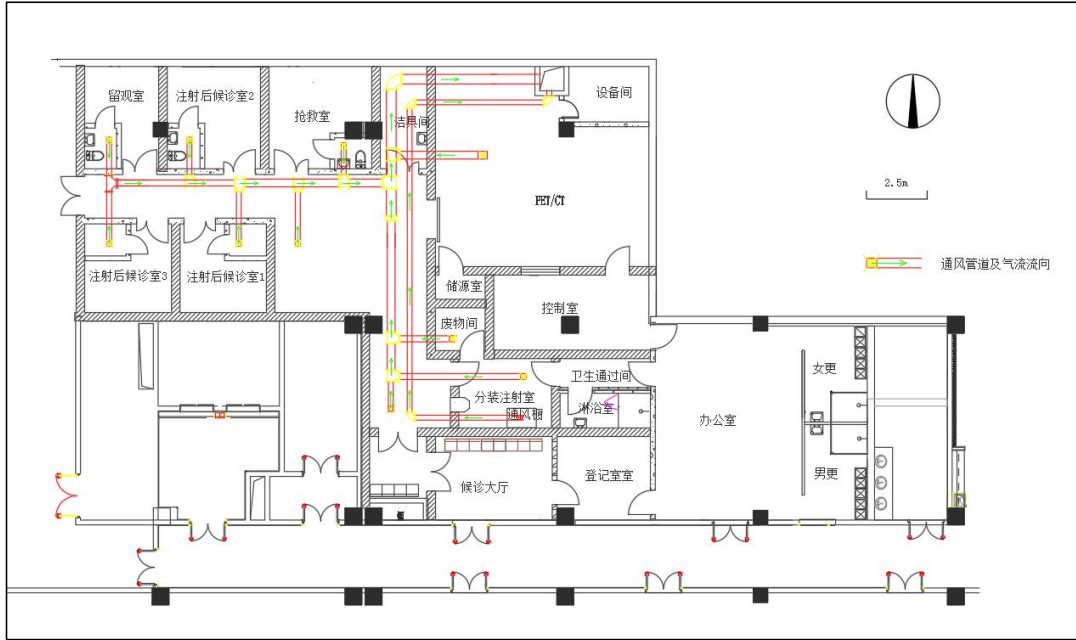


图3-11 核医学工作场所内通风管道布设及气流流向图



PET/CT检查室内



注射后候诊室



患者通道



注射室

图3-12 核医学工作场所内通风设施

本项目放射性废气处理设施建设情况与环评及其批复一致，无变动情况。

②放射性固体废物

^{18}F 放射性核素操作过程中产生的放射性固体废物主要有废弃的注射器、一次性手套、棉签、滤纸等，从核医学科各房间收集后存放于废物库的铅桶中，

暂存超过30天后，经检测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物进行清洁解控并作为医疗废物处理；核医学通风管道过滤器更换下来的废活性炭存放到废物库的铅桶中，暂存超过30天后，经检测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，对废物进行清洁解控并作为危险废物处理；PET/CT使用的 ^{68}Ge 校准源退役后交由原生产厂家回收。本项目废物库面积约为 3.6m^2 ，总容积约为 8.5m^3 ，该废物库容积能够满足放射性固体废物暂存30天的要求。

本项目放射性固体废物的产生及治理情况在环评及其批复范围内，无变动情况，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。

③放射性液体废物

来自核医学科分装室、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 放射性核素，由独立下水管道统一集中到核医学科楼下衰变池中储存。衰变池设于核医学科楼下（即行政综合楼负二层），衰变池尺寸为3个 $2\text{m}\times 2\text{m}\times 2\text{m}$ 混凝土浇筑池组成，单个有效容积约 8m^3 ，壁厚 250mm ，衰变池结构如图3-12所示。

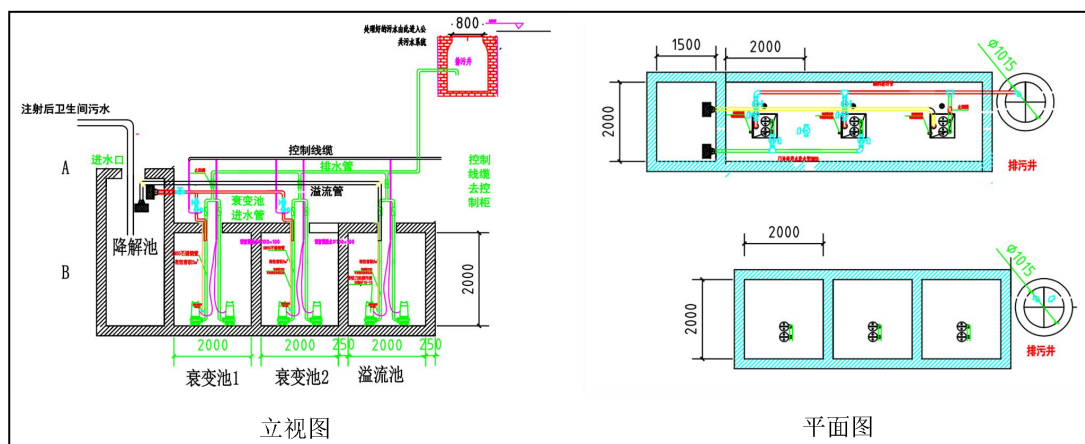


图3-12 衰变池结构示意图

本项目日产生放射性废水约 0.45m^3 ，且仅使用放射性核素 ^{18}F （ $T_{1/2}=109.8\text{min}<24\text{h}$ ）。当第一个衰变池装满后，后两个衰变池可容纳35天的废水产量，3个衰变池循环使用，可使衰变池中的废水衰变30天以上后排放。

本项目放射性废水的产生及治理情况在环评及其批复范围内，无变动情

况，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。

（2）非放射性三废

①废水：本项目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

②固废：本项目工作人员产生的生活垃圾，经分类收集后，定期交由城市环卫部门处理。

③废气：本项目无其他废气产生。本项目非放射性三废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

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

1) 《辐射安全管理制度》（含放射性同位素订购、领取、保管、使用制度，放射性药物操作的防护制度，受检者及患者的防护制度，查对制度）

2) 《辐射防护和安全保卫制度》

3) 《安全装置定期检查与维护规章制度》

4) 《人员个人剂量和辐射环境监测方案》

5) 《放射性同位素使用登记制度》

6) 《放射同位素管理规章制度》

7) 《辐射工作人员培训计划》

8) 《核医学科主任职责》

9) 《核医学科主治医师责任》

10) 《核医学科住院医师职责》

11) 《主管护师（护师、士）的职责》

12) 《徐州市肿瘤医院辐射事故应急措施预案》

13) 《核医学科放射性事故应急预案》

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。医院定期组织辐射事故应急演练，实验运行以来，不曾发生过辐射安全事故。

表3-5 徐州市肿瘤医院新建核医学科项目环评及批复落实情况一览表

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全管理	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。	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。	已设置辐射安全与环境保护管理机构，以制度形式明确了管理人员职责。	已落实
	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、放射性同位素使用登记制度、辐射事故应急措施等制度，根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。		已制定《辐射安全管理制度》（含放射性同位素订购、领取、保管、使用制度，放射性药物操作的防护制度，受检者及患者的防护制度，查对制度）、《辐射防护和安全保卫制度》《安全装置定期检查与维护规章制度》《人员个人剂量和辐射环境监测方案》《放射性同位素使用登记制度》《放射同位素管理规章制度》《辐射工作人员培训计划》《核医学科主任职责》《核医学科主治医师责任》《核医学科住院医师职责》《主管护师（护师、士）的职责》《徐州市肿瘤医院辐射事故应急措施预案》《核医学科放射性事故应急预案》	已落实
辐射防护措施	屏蔽措施：核医学科工作场所墙体采用实心砖+铅板、顶部采用混凝土作为防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行防护。	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。	屏蔽措施：核医学科工作场所墙体采用实心砖+铅板、顶部采用混凝土作为防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行防护。	已落实
辐射安全措施	安全措施：安全措施（急停按钮、闭门装置、警示标志、工作状态指示灯等）：核医学科控制区入口处、放射性废物桶表面	定期检查辐射工作场所电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。	安全措施：本项目核医学科各出入口、各房间门、废物桶、通风橱上均设置电离辐射警告标志及中文警示说明；PET/CT机房防护大门上方	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	设置电离辐射警告标志，控制区出入口处均设置门禁系统。		安装工作状态指示灯并设置门灯连锁，PET/CT设备上、控制室操作台上均设置紧急停机按钮；核医学科工作场所设置视频监控系统及语音对讲系统。	
人员配备	本项目新增6名辐射工作人员，辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训学习，考核合格后上岗。	对辐射工作人员进行岗位技能和辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后方可上岗，建立个人剂量档案和职业健康档案。	工作人员均已取得辐射安全与防护知识考核合格证书，且均在有效期内，详见附件5。	已落实
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检，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对辐射工作人员进行个人剂量监测。	
	辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。		医院已组织辐射工作人员定期进行职业健康体检，体检详见附件5。	
监测仪器和防护用品	配备辐射巡测仪1台、个人剂量报警仪4台、表面沾污仪1台。	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。配备环境辐射剂量巡测仪。	医院已为本项目配置1台辐射巡测仪（含表面污染监测功能）和4台个人剂量报警仪，辐射工作人员随身佩戴个人剂量计。	已落实
	防护用品：核医学科配备铅通风橱，放射性核素操作人员配备铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽等个人防护用品。			
辐射监测	/	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。	每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测，频次不少于1次/年；日常开展自主监测，X-γ辐射剂量率监测频次不少于1次/月，表面污染水平监测在每次工作结束后进行。	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

一、实践正当性

徐州市肿瘤医院新建核医学科位于徐州市鼓楼区中山北路281号医院北院区行政综合楼负一层。新增一座丙级非密封放射性物质工作场所，配置1台PET/CT用于开展核医学诊疗工作，本项目的运行，可为病人提供放射诊断服务，并可提高当地医疗卫生水平，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，其获得的利益远大于对环境的影响，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。

二、选址合理性

本次新建核医学科项目位于徐州市肿瘤医院北院区（徐州市鼓楼区中山北路281号），北院区东侧为中山北路，隔路为荆南小区；医院南侧为奔腾大道，隔路为河流及空置区域，西侧由北向南依次为华美生态园农贸市场、徐州市鼓楼生态园小学（大马路小学生态园分校）、锦绣山水小区A商业楼，北侧为华美·生态园东观园。

拟新建核医学科项目位于北院区行政综合楼负一层（行政综合楼共7层，地上5层，地下2层），该楼四面均为院内道路。医院拟将行政综合楼负一楼内车库及空置区域改建为核医学科，改建后的核医学科包含核医学科、医生工作区、公共大厅和辅助功能区。

核医学科东部北侧为土层、南侧为卫生间；核医学科南侧为公用过道；核医学科西部北侧为地下车库，南侧为楼梯间、风机机房；核医学科北侧为土层；上方为卫生间、过道及绿化带，下方为地下车库及土层。

本项目周围50m范围东侧、南侧、西侧均位于院内，北侧从地面一楼位置丈量至华美·生态园东观园内居民楼（最近处约40m），除此之外无其他学校、居民区等环境敏感点（详见附图2）。本项目的环境保护目标主要是从事

本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患、华美·生态园东观园评价范围内居民及周围其他公众等。

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。本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图见附图7。

本项目核医学工作场所划分了控制区及监督区，控制区和监督区内病人及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，相关配套布局能够保证工作程序沿着相关房间单向开展，能够有效防止交叉污染，控制区内设置有注射后病人专用厕所，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，布局合理。

三、辐射环境现状

徐州市肿瘤医院本次新建核医学科项目拟建址周围本底辐射剂量率在 $98\sim 101\text{lnGy/h}$ 之间，与江苏省环境天然贯穿辐射水平调查结果相比较，均未见异常；本次新建核医学科项目拟建址周围 β 表面污染水平不大于 0.02Bq/cm^2 。

四、环境影响评价

根据理论估算结果，徐州市肿瘤医院新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 ）。

五、三废的处理处置

来自核医学科注射室及注射后病人专用卫生间等高活区的放射性废水，由独立下水管道统一集中到院区核医学科楼下的衰变池（总体积为 24m^3 ，位置详见附图4-2）中，衰变十个半衰期满足排放标准后流入医院污水处理系统作为医疗废水处理。

本项目核素操作均在注射室内的通风橱中进行，通风橱内保持负压且设

有排风系统（通风速率不少于0.5m/s，排放口拟高于本建筑屋脊），通风管道外排放口处设置活性炭过滤吸附装置，能够有效防止放射性废气对周围环境产生的影响。

核医学科项目产生的放射性固体废物集中到放射性废物库中的铅桶中暂存，在废物库内自然衰变十个半衰期达到清洁解控水平推荐值后，作为医疗废物进行处理。符合辐射环境保护管理要求。

六、辐射安全措施评价

徐州市肿瘤医院丙级非密封辐射工作场所墙体采用实心砖或混凝土、顶部采用混凝土作为防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行防护；工作场所控制区出入口拟设置“当心电离辐射”警告标志，并设置门禁系统，符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2020）中的要求。

七、辐射安全管理评价

徐州市肿瘤医院已设立辐射安全与环境保护管理机构，制定有操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫、设备检修维护、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等辐射安全管理制度。

医院需为本项目新增的6名辐射工作人员配置个人剂量计，且定期送有资质部门监测，建立个人剂量档案；定期进行辐射工作人员健康体检，建立个人职业健康监护档案。医院拟为本项目配备1台辐射巡测仪、1台表面沾污仪及4台个人剂量报警仪。此外，医院应根据GBZ 130-2020的要求，为辐射工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，徐州市肿瘤医院新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，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

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

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

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

2、审批部门审批决定

江苏省生态环境厅

苏环辐(表)审[2021]58号

关于徐州市肿瘤医院新建核医学科项目 环境影响报告表的批复

徐州市肿瘤医院：

你单位报送的《徐州市肿瘤医院新建核医学科项目环境影响报告表》(以下简称《报告表》)收悉。经研究，批复如下：

一、根据《报告表》评价结论，项目建设具备环境可行性。从环境保护角度考虑，我厅同意你单位该项目建设。项目地点位于徐州市鼓楼区中山北路281号医院北院区行政综合楼负一层，项目内容：将负一层现有车库及空置区域改建为北院核医学科，并新增1台PET/CT(最大管电压130kV、最大管电流345mA，属Ⅲ类射线装置)配套新增使用 ^{18}F 核素(日等效最大操作量 $3.7\times 10^6\text{Bq}$)用于开展核素诊断，属丙级非密封放射性物质工作场所。新增3枚 ^{68}Ge 放射源(1枚活度为 $9.2\times 10^7\text{Bq}$ 、2枚活度均为 $4.6\times 10^7\text{Bq}$ ，属V类放射源)用于PET/CT的质量控制校正，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》(GB18871-2002)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、监控对讲装置、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。

江苏省生态环境厅
2021年12月24日

抄送：省核管中心、徐州市生态环境局，南京瑞森辐射技术有限公司。

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

验收监测单位南京瑞森辐射技术有限公司获得 CMA 资质认证（CMA 证书编号：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 5-2。

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
1	辐射剂量仪	AT1123	NJRS-125	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2023-0174992 检定有效期限：2023.10.31~2024.10.30
2	α、β表面污染测量仪	CoMo 170	NJRS-129	测量范围：β/γ 0cps~20000cps 检定证书编号：Y2023-0042629 检定有效期限：2023.03.27~2024.03.26
3	风速仪	AR866A	NJRS-156	检定证书编号：H2022-0126246 检定有效期限：2022.12.28~2023.12.27

4、质量控制

本项目验收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）、《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）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS

394-2012) 要求, 实施全过程质量控制。

数据记录及处理:

(1) X- γ 周围剂量当量率: 将辐射剂量仪(型号: AT1123)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5个数据, 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6个数据, 读取间隔不小于10s;

(3) 通风橱通风风速: 将风速仪探头放在在通风橱左、右通风口处测量风速, 保持探头稳定, 待仪器示数稳定后读取数据。

5、监测报告

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

表六 验收监测内容

验收监测内容:

1、监测期间项目工况

2023年11月30日，南京瑞森辐射技术有限公司对徐州市肿瘤医院核医学科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

工作场所	房间名称	核素名称	核素活度/设备工况
核医学科	PET/CT 机房	^{18}F	$9.07 \times 10^8 \text{Bq}$ (24.5mCi) PET/CT: 120kV, 200mAs
	注射后候诊室 3	^{18}F	$4.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (11.7mCi)
	注射后候诊室 1	^{18}F	$4.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (11.7mCi)
	注射后候诊室 2	^{18}F	$4.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (11.7mCi)
	留观室	^{18}F	$4.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (11.7mCi)
	抢救室	^{18}F	$4.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (11.7mCi)
	注射室 (通风橱内)	^{18}F	$1.78 \times 10^9 \text{Bq}$ (48mCi)
	注射室 (注射台上)	^{18}F	$4.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (11.7mCi)
	PET/CT 操作位	^{18}F	$4.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (11.7mCi)
	PET/CT 工作人员摆位处	^{18}F	$4.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (11.7mCi)

2、验收监测因子

根据项目污染源特征，本次竣工验收监测因子为工作场所X- γ 周围剂量当量率、 β 表面污染水平及通风橱通风风速。

3、监测点位

对核医学科工作场所及周围环境布设监测点，特别关注控制区、监督区边界，监测X- γ 空气吸收剂量率、 β 放射性表面污染；在通风橱左、右两侧操作口测量通风风速。

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)、《表面污染测定 第1部分 β 发射体 ($E_{\beta\text{max}} > 0.15 \text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)、

《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）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：徐州市肿瘤医院

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2023年11月30日

天气：多云，7℃，82%RH

监测项目：X-γ空气吸收剂量率，β表面污染水平，通风橱通风风速

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。本项目核医学科工作场所及其周围环境 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 放射性同位素实验工作场所 X-γ周围剂量当量率检测结果

测点编号	点位描述	测量结果(μSv/h)	备注
1	PET/CT机房观察窗外30cm处（左缝）	0.20	24.5mCi ¹⁸ F药物在PET/CT诊断床上，CT扫描时的工况： 120kV/200mAs
2	PET/CT机房观察窗外30cm处（中间）	0.19	
3	PET/CT机房观察窗外30cm处（右缝）	0.19	
4	PET/CT机房南墙外30cm处	0.51	
5	PET/CT机房南门外30cm处（左缝）	0.42	
6	PET/CT机房南门外30cm处（中间）	1.13	
7	PET/CT机房南门外30cm处（右缝）	1.24	
8	PET/CT机房南门外30cm处（下缝）	1.17	
9	PET/CT机房西门外30cm处（左缝）	0.60	
10	PET/CT机房西门外30cm处（中间）	0.66	
11	PET/CT机房西门外30cm处（右缝）	0.68	
12	PET/CT机房西门外30cm处（下缝）	0.71	
13	PET/CT机房西墙外30cm处	0.37	

14	PET/CT机房楼上距地面30cm处	0.13	
15	PET/CT机房楼上距地面30cm处	0.15	
16	PET/CT机房楼下距地面170cm处	0.14	
17	PET/CT机房楼下距地面170cm处	0.14	
18	注射后候诊室3西墙外30cm处	0.85	11.7mCi ¹⁸ F药物在注射后候诊室3内
19	注射后候诊室3南墙外30cm处	0.70	
20	注射后候诊室3北墙外30cm处	0.58	
21	注射后候诊室3北门外30cm处（左缝）	1.51	
22	注射后候诊室3北门外30cm处（中间）	1.34	
23	注射后候诊室3北门外30cm处（右缝）	1.48	
24	注射后候诊室3北门外30cm处（下缝）	1.42	
25	注射后候诊室3东墙外30cm处	0.60	
26	注射后候诊室3楼上距地面30cm处	0.14	
27	注射后候诊室3楼下距地面170cm处	0.14	
28	注射后候诊室1北门外30cm处（左缝）	1.46	11.7mCi ¹⁸ F药物在注射后候诊室1内
29	注射后候诊室1北门外30cm处（中间）	1.58	
30	注射后候诊室1北门外30cm处（右缝）	1.44	
31	注射后候诊室1北门外30cm处（下缝）	1.46	
32	注射后候诊室1北墙外30cm处	0.56	
33	注射后候诊室1东墙外30cm处	0.65	
34	注射后候诊室1楼上距地面30cm处	0.14	
35	注射后候诊室1楼下距地面170cm处	0.14	
36	注射后候诊室2南墙外30cm处	0.65	11.7mCi ¹⁸ F药物在注射后候诊室2内
37	注射后候诊室2南门外30cm处（左缝）	1.66	
38	注射后候诊室2南门外30cm处（中间）	1.58	
39	注射后候诊室2南门外30cm处（右缝）	1.69	
40	注射后候诊室2南门外30cm处（下缝）	1.73	

41	注射后候诊室2东墙外30cm处	0.64	
42	注射后候诊室2西墙外30cm处	0.56	
43	注射后候诊室2楼上距地面30cm处	0.14	
44	注射后候诊室2楼下距地面170cm处	0.15	
45	留观室西墙外30cm处	0.72	11.7mCi ¹⁸ F 药物在留观 室内
46	留观室南墙外30cm处	0.71	
47	留观室南门外30cm处（左缝）	1.86	
48	留观室南门外30cm处（中间）	1.67	
49	留观室南门外30cm处（右缝）	1.59	
50	留观室南门外30cm处（下缝）	1.56	
51	留观室楼上距地面30cm处	0.14	
52	留观室楼下距地面170cm处	0.15	
53	抢救室南墙外30cm处	0.59	11.7mCi ¹⁸ F 药物在抢救室内
54	抢救室南门外30cm处（左缝）	1.39	
55	抢救室南门外30cm处（中间）	1.50	
56	抢救室南门外30cm处（右缝）	1.57	
57	抢救室南门外30cm处（下缝）	1.65	
58	抢救室东墙外30cm处	0.67	
59	抢救室楼上距地面30cm处	0.15	
60	抢救室楼下距地面170cm处	0.15	
61	PET/CT操作位	0.15	11.7mCi ¹⁸ F药物 在PET/CT诊断 床上，CT扫描时 的工况： 120kV/200mAs
62	通风橱左操作口表面外5cm处	0.98	48mCi ¹⁸ F药物 在通风橱内
63	通风橱右操作口表面外5cm处	0.97	
64	通风橱观察窗表面外5cm处	0.88	
65	通风橱前侧表面外5cm处	0.90	

66	注射台左操作口表面外5cm处	1.14	11.7mCi ¹⁸ F药物 在注射台上
67	注射台右操作口表面外5cm处	1.05	
68	注射台观察窗表面外5cm处	1.12	
69	注射台前侧表面外5cm处	1.25	
70	工作人员摆位处（距药物1.5m处）	43	11.7mCi ¹⁸ F药物 在PET/CT诊断床上
71	候诊大厅	0.13	/

注：测量结果未扣除本底值。

由表 7-1 检测结果可知，本项目核医学科正常运行时，核医学工作场所周围剂量当量率符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的标准要求。

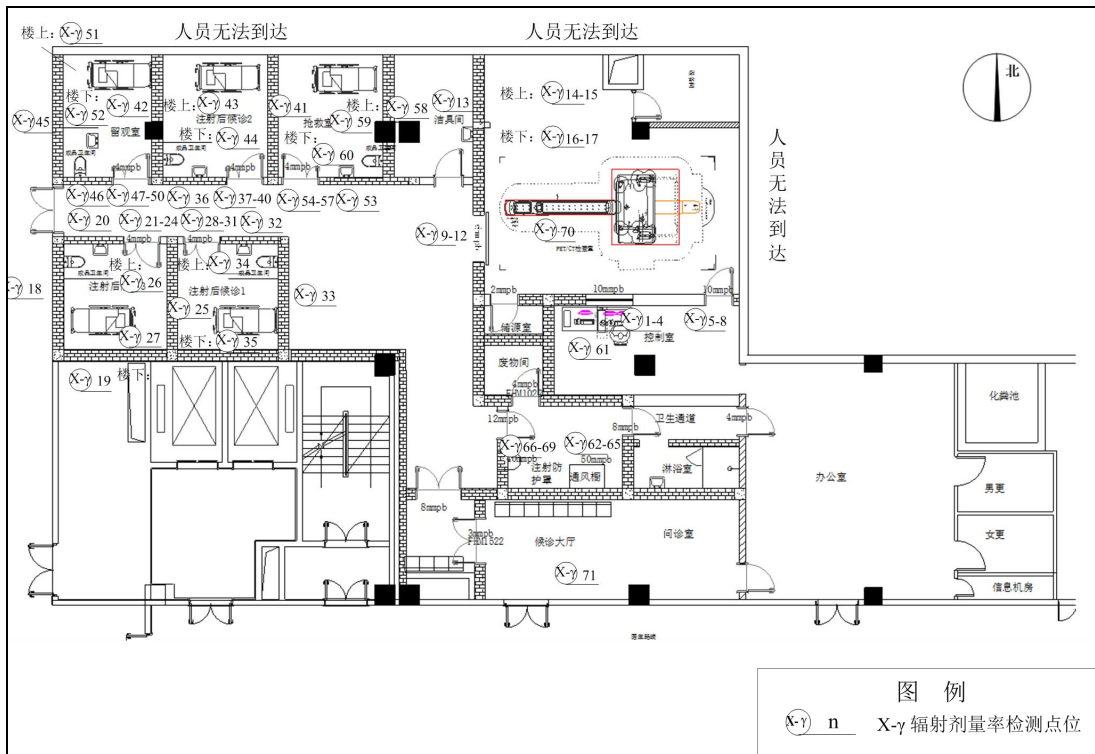


图 7-1 核医学科 X-γ周围剂量当量率监测点位示意图

核医学科工作场所表面污染检测结果见表7-2，检测点位示意图见图7-2。

表 7-2 核医学科工作场所表面污染水平检测结果

测点编号	点位描述	表面β放射性污染 测量结果(Bq/cm ²)	备注
1	PET/CT诊断床表面	< LLD	—

2	PET/CT机房地面	< LLD	—
3	PET/CT控制室地面	< LLD	—
4	PET/CT控制台表面	< LLD	—
5	注射后候诊室3地面	< LLD	—
6	注射后候诊室1地面	< LLD	—
7	注射后候诊室2地面	< LLD	—
8	留观室地面	< LLD	—
9	抢救室地面	< LLD	—
10	患者通道地面	< LLD	—
11	患者通道地面	< LLD	—
12	患者通道地面	< LLD	—
13	患者通道地面	< LLD	—
14	注射室地面	< LLD	—
15	通风橱表面	< LLD	—
16	注射台地面	< LLD	—
17	淋浴间地面	< LLD	—

注：β表面放射性污染水平探测下限（LLD）为 0.06Bq/cm²。

由表7-2检测结果可知，核医学科在开展工作结束并清洁后，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（0.06Bq/cm²），符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中放射性表面污染控制水平。

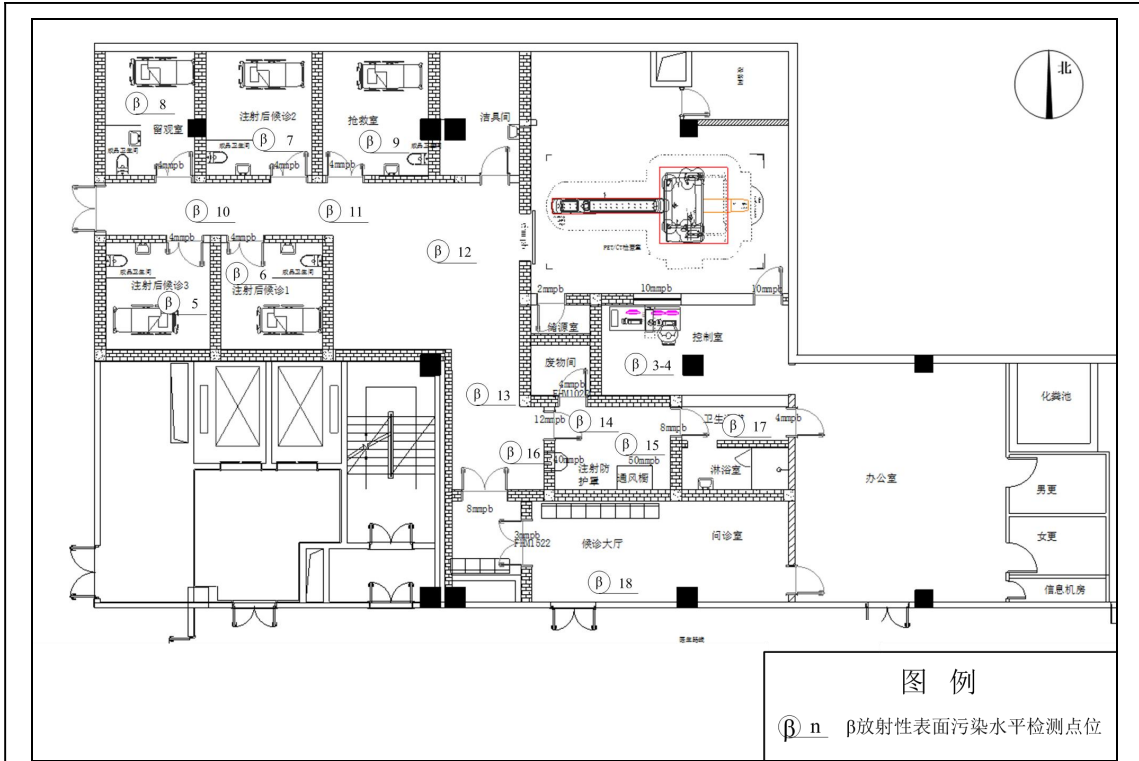


图 7-2 核医学科工作场所β表面污染现场检测点位平面示意图

核医学科通风橱通风风速检测结果见表7-3，监测点位示意图见图7-3。

表 7-3 核医学科通风橱通风风速检测结果

点位描述	测量结果 (m/s)	
通风橱	左侧操作口	1.18
	右侧操作口	3.20

由表7-3检测结果可知，核医学科工作场所通风橱左、右两侧操作口通风风速分别为1.18m/s和3.20m/s，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

本项目环评时拟配备 6 名辐射工作人员，目前医院为本项目配备 7 名辐射工作人员，满足核医学工作开展需求、符合环评要求。医院已委托江苏省疾病预防控制中心对辐射工作人员开展个人剂量监测，截止验收时，辐射工作人员

尚未取得自项目投运以来的个人累计剂量监测报告。根据本项目现场实际监测结果，结合工作人员居留情况，对工作人员年有效剂量进行计算分析，结果见表 7-4。

表 7-4 辐射工作人员个人累积剂量监测结果

辐射工作人员可达处	最大监测值 (μSv/h)	人员性质	居留因子	年工作时间	人员年有效剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
分装工作位	0.98	职业	1	83.3h	0.08	5
摆位	43	职业	1	41.7h	1.79	5
PET/CT操作位	0.15	职业	1	833.3h	0.12	5
PET/CT控制室	1.24	职业	1	833.3h	1.03	5
注射位	1.25	职业	1	41.7h	0.05	5

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（取值参照环评文件）， U 为使用因子（保守取 1）。

由表7-4可知，本项目辐射工作人员年有效剂量最大为1.79mSv，低于本项目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，根据本项目现场实际监测结果，结合周围公众居留情况，对公众人员年有效剂量进行计算分析，结果见表 7-5。

表 7-5 本项目周围公众年有效剂量分析

核医学科周围公众可达处	最大监测值 (μSv/h)	人员性质	居留因子	年工作时间	人员年有效剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
PET/CT机房楼上距地面30cm处	0.15	公众	1/16	833.3h	0.008	0.1
PET/CT机房楼下距地面170cm处	0.14	公众	1/16	833.3h	0.007	0.1
注射后候诊室3西墙外30cm处	0.85	公众	1/16	1250h	0.066	0.1
注射后候诊室3南墙外30cm处	0.70	公众	1/16	1250h	0.055	0.1
注射后候诊室3楼上距地面30cm处	0.14	公众	1/16	1250h	0.011	0.1
注射后候诊室3楼下距地面170cm处	0.14	公众	1/16	1250h	0.011	0.1

注射后候诊室1楼上距地面30cm处	0.14	公众	1/16	1250h	0.011	0.1
注射后候诊室1楼下距地面170cm处	0.14	公众	1/16	1250h	0.011	0.1
注射后候诊室2楼上距地面30cm处	0.14	公众	1/16	1250h	0.011	0.1
注射后候诊室2楼下距地面170cm处	0.15	公众	1/16	1250h	0.012	0.1
留观室西墙外30cm处	0.72	公众	1/16	208.3h	0.009	0.1
留观室楼上距地面30cm处	0.14	公众	1/16	208.3h	0.002	0.1
留观室楼下距地面170cm处	0.15	公众	1/16	208.3h	0.002	0.1
抢救室楼上距地面30cm处	0.15	公众	1/16	2000h	0.019	0.1
抢救室楼下距地面170cm处	0.15	公众	1/16	2000h	0.019	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（取值参照环评文件）， U 为使用因子（保守取1）。

由表7-5可知，本项目周围公众年有效剂量均不超过0.066mSv，低于本项目公众个人剂量约束值。

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：截止验收时，辐射工作人员有效剂量为0.026mSv，周围公众有效剂量不超过0.066mSv（未扣除环境本底剂量）。辐射工作人员和公众有效剂量均能满足《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），与环评文件一致。

表八 验收监测结论

验收监测结论:

徐州市肿瘤医院新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) 徐州市肿瘤医院于北院区行政综合楼负一楼新建核医学科,新增1台PET/CT配合使用放射性核素 ^{18}F 用于开展核素显像诊断,PET/CT质量控制校正时使用2枚 ^{68}Ge 放射源。PET/CT属III类射线装置, ^{68}Ge 校准源均为V类放射源, ^{18}F 最大日等效操作量为 $3.7\times 10^6\text{Bq}$,建成丙级非密封放射性物质工作场所;

2) 本次验收,徐州市肿瘤医院新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 放射性表面污染及通风橱通风风速均能满足《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)及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的标准要求;

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) 本项目核医学科各出入口、各房间门、废物桶、通风橱上均设置电离辐射警告标志及中文警示说明;PET/CT机房防护大门上方安装工作状态指示灯并设置门灯连锁,PET/CT设备上、控制室操作台上均设置紧急停机按钮;核医学科工作场所设置视频监控系统及语音对讲系统。以上辐射安全措施满足《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)的标准要求;

5) 医院为核医学科配备了1台辐射巡测仪(含表面污染监测功能)、4台个人剂量报警仪和1套固定式辐射监测系统,为工作人员配备了放射性污染防护服、手套、防护口罩、防护眼镜等个人防护用品;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)的标准要求;

6) 本项目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与环境保护管理机构, 并建立内部辐射安全管理规章制度。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, 徐州市肿瘤医院新建核医学科项目与环评报告内容及批复要求基本一致。本次验收徐州市肿瘤医院核医学科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检查, 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;
- 3) 定期检查核医学排风系统活性炭过滤器的有效性, 及时更换失效的过滤器, 更换周期不能超过厂家推荐的使用时间;
- 4) 在受检者出口区设置醒目的电离辐射警告标志, 核医学地面设置明显的行进方向指示标线;
- 5) 衰变池外墙上设置醒目的电离辐射警告标志, 入口处设置隔离护栏;
- 6) 结合医院人事变动情况及时更新辐射安全与环境保护管理机构, 完善放射性固废、废水的收集管理、台账登记等规章制度, 根据本项目实际情况制定具有针对性的核医学辐射事故应急预案(应考虑到衰变池废水泄露的应急处理), 并定期开展应急演练、做好相关台账记录。