

新建江宁区医疗服务中心核医学、  
医用直线加速器、DSA等核技术  
应用项目（终态验收PET/CT诊断  
项目）竣工环境保护验收监测  
报告表

报告编号：瑞森（验）字（2024）第019号

建设单位：南京市江宁医院

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二四年五月

建设单位法人代表：

编制单位法人代表：

项目负责人：

填表人：

**建设单位（盖章）：**南京市江宁医院

**电话：**025-52088100

**传真：**

**邮编：**

**地址：**南京市江宁区湖山路169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1 项目基本情况 .....	1
表2 项目建设情况 .....	10
表3 辐射安全与防护设施/措施 .....	18
表4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定 .....	38
表5 验收监测质量保证及质量控制 .....	43
表6 验收监测内容 .....	45
表7 验收监测 .....	49
表8 验收监测结论 .....	56
附图1 南京市江宁医院核医学科项目地理位置示意图 .....	58
附图2 南京市江宁医院核医学科负一楼平面布置示意图 .....	59
附图3 南京市江宁医院核医学科周围环境示意图 .....	60
附件1：项目委托书 .....	61
附件2：项目环境影响报告表主要内容 .....	62
附件3：辐射安全许可证及辐射工作人员相关信息 .....	76
附件4：辐射安全管理机构及制度 .....	90
附件5：辐射工作人员培训证书及健康证明 .....	108
附件6：个人剂量监测报告 .....	123
附件7：核医学科工作场所屏蔽建设等情况说明 .....	158
附件8：放射性药品及其原料转让审批表 .....	159
附件9：竣工环保验收检测报告 .....	161
附件10：验收监测单位CMA资质证书 .....	172
附件11：新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目前期验收情况 .....	175
附件12：医疗废弃物处置协议 .....	183
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表 .....	187

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目（终态验收PET/CT诊断项目）		
建设单位名称	南京市江宁医院 (统一社会信用代码: 12320115426032413F)		
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	南京市江宁区湖山路169号		
源项	放射源	/	
	非密封放射性物质	<sup>18</sup> F	
	射线装置	PET/CT	
建设项目环评批复时间	2015年6月3日	开工建设时间	2016年2月
取得辐射安全许可证时间	2024年1月12日 (重新申领)	项目投入运行时间	2024年1月
辐射安全与防护设施投入运行时间	2024年1月	验收现场监测时间	2024年1月5日
环评报告表审批部门	(原)江苏省环境保护厅	环评报告表编制单位	江苏嘉溢安全环境科技有限公司
辐射安全与防护设施设计单位	上海市卫生建筑设计研究院	辐射安全与防护设施施工单位	无锡市鑫盾辐射防护器材有限公司
投资总概算	辐射安全与防护设施投资总概算		比例
实际总概算	辐射安全与防护设施实际总概算		比例
<p>注：①南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目内容包括2台医用直线加速器项目、5台DSA项目、PET/CT诊断项目、SPECT/CT诊断项目、<sup>125</sup>I粒子植入项目、<sup>125</sup>I放射性免疫分析项目、<sup>131</sup>I甲亢/甲癌治疗项目、<sup>89</sup>Sr核素治疗项目以及新建4台CT、1台可移动CT、1台CT模拟机、9台DR、7台移动C臂机、1台模拟定位机、2台数字胃肠机、2台乳腺钼靶机、2台碎石机、1台牙片机、1台中型C臂机等III类射线装置项目。</p> <p>②新建江宁区医疗服务中心项目中1台医用直线加速器和3台DSA已建成并于2021年1月19日完成环保自主验收；SPECT/CT诊断项目已建成并于2022年1月25日完成环保自主验收；<sup>131</sup>I甲亢治疗项目已建成并于2024年1月24日完成自主验收；4台CT、1台CT模拟机、7台DR、2台移动C臂机、1台模拟定位机、1台数字胃肠机、1台乳腺钼靶机、2台碎石机、1台牙片机、等III类射线装置已建成且均已进行登记备案。</p> <p>③PET/CT诊断项目为本期验收内容；新建江宁区医疗服务中心项目中另1台医用直线加速器仅机房建成，设备未安装，因环评批复有效期超过5年，建设单位已重新进行环评；新建江宁区医疗服务中心项目中2台DSA项目、<sup>125</sup>I粒子植入项目、<sup>125</sup>I放射性免疫分析项目、<sup>131</sup>I甲亢治疗项目、<sup>89</sup>Sr核素治疗项目在环评批复有效期内未建设，如需建设，建设单位应重新履行环保手续。本期验收为新建江宁区医疗服务中心项目终态验收。</p>			

验收依据	<p><b>1.建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度：</b></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&lt;建设项目竣工环境保护验收暂行办法&gt;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、实施；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</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日公布施行；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p>
------	---

(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令第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）；

(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；

(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

(6) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；

(7) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及其复函（辐射函〔2023〕20号）；

(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）；

(9) 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；

(11) 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ 158-2003）；

(12) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）。

## 3.建设项目环境影响报告表及其审批部门审批文件：

(1) 《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目环境影响报告表》，江苏嘉溢安全环境科技有限公司，2015年3月，见附件2；

(2) 《关于南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目环境影响报告表的批复》，审批文号：苏环辐（表）审〔2015〕052号，（原）江苏省环境保护厅，2015年6月3日，见表四。

	<p><b>4.其他相关文件：</b></p> <p>(1) 《南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目（本期验收 1 台医用直线加速器及 3 台 DSA）竣工环境保护验收意见》，2021 年 1 月 19 日，见附件 11；</p> <p>(2) 《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目（本期验收 SPECT/CT 诊断项目）竣工环境保护验收意见》，2022 年 1 月 25 日，见附件 11；</p> <p>(3) 《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA 等核技术应用项目（本期验收 <sup>131</sup>I 甲亢治疗项目）竣工环境保护验收意见》，2024 年 1 月 24 日，见附件 11。</p>						
<p>验收监测 执行标准</p>	<p><b>人员年受照剂量限值：</b></p> <p>(1) 《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;"><b>表1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值</b></p> <table border="1" data-bbox="396 1075 1313 1473"> <thead> <tr> <th></th> <th>剂量限值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>职业照射</td> <td>工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。</td> </tr> <tr> <td>公众照射</td> <td>实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中规定的剂量约束值：</p> <p>4 总则</p> <p>4.4 剂量限值与剂量约束值</p> <p>4.4.2 剂量约束值</p> <p>4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；</p> <p>4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。</p> <p>(3) 根据本项目环评及批复文件确定本项目剂量约束值，本项目</p>		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。						

剂量约束值见表1-2。

表1-2 工作人员职业照射和公众照射剂量约束值

项目名称	适用范围	剂量约束值
新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目（终态验收PET/CT诊断项目）	职业照射有效剂量	5mSv/a
	公众照射有效剂量	0.1mSv/a

**工作场所辐射剂量率控制水平：**

（1）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中规定的工作场所周围剂量当量率控制水平：

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu$ Sv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10 $\mu$ Sv/h。

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

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h。

（2）《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）中关于控制区剂量率的要求：

二、关于控制区剂量率

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021，以下称核医学标准）第 6.1.5 节规定，距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu$ Sv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10 $\mu$ Sv/h。本条规定的具体含义为：

1.控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子 $\geq 1/2$ ），周

围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2.控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子 $<1/2$ ），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于  $10\mu\text{Sv/h}$ 。

### 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： $\text{Bq/cm}^2$ ）

表面类型		$\alpha$ 放射性物质		$\beta$ 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	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

### 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 $\sim 2 \times 10^7$

**放射性废物管理：**

**（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 $\alpha$ 不大于1Bq/L、总 $\beta$ 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， $\alpha$ 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$ 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 $\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 $\alpha$ 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：

《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（环评报告主要结论及审批部门审批决定详见表四）。

表 2 项目建设情况

**项目建设内容:**

南京市江宁医院（以下简称医院），创建于1935年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复为一体的三级综合医院。医院分鼓山路院区（老院区）和湖山路院区（新院区），鼓山路院区位于南京市江宁区东山街道鼓山路168号，湖山路院区位于南京市江宁区湖山路169号。

新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目内容包括2台医用直线加速器项目、5台DSA项目、PET/CT诊断项目、SPECT/CT诊断项目、<sup>125</sup>I粒子植入项目、<sup>125</sup>I放射性免疫分析项目、<sup>131</sup>I甲亢/甲癌治疗项目、<sup>89</sup>Sr核素治疗项目以及新建4台CT、1台可移动CT、1台CT模拟机、9台DR、7台移动C臂机、1台模拟定位机、2台数字胃肠机、2台乳腺钼靶机、2台碎石机、1台牙片机、1台中型C臂机等III类射线装置项目。其中1台医用直线加速器和3台DSA已建成并于2021年1月19日完成环保自主验收；SPECT/CT诊断项目已建成并于2022年1月25日完成环保自主验收；<sup>131</sup>I甲亢治疗项目已建成并于2024年1月24日完成环保自主验收；4台CT、1台CT模拟机、7台DR、2台移动C臂机、1台模拟定位机、1台数字胃肠机、1台乳腺钼靶机、2台碎石机、1台牙片机等III类射线装置已建成且均已进行登记备案。

2024年1月，医院PET/CT诊断项目建成，委托南京瑞森辐射技术有限公司对其开展竣工环境保护验收工作，为新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目的终态验收项目。

南京市江宁医院于湖山路院区核医学科负一楼使用<sup>18</sup>F配合PET/CT开展核素显像诊断。核医学科负一楼南端为护士站（前置埋针），由南向北依次为注射前候诊区、储源送达/储源接收室、分装注射室、注射后候诊室、PET/CT机房及其控制室、弱电间、库房、洗污存放室、诊后休息室，核医学科周围50m范围内均为医院内部区域，无居民区等环境敏感目标。医院湖山路院区核医学科为地下两层建筑，PET/CT诊断项目位于负一层，负一层四周均为土层，楼上为地面道路及绿化，楼下为核医学科负二层（SPECT/CT诊断项目、<sup>131</sup>I甲亢治疗项目）。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，南京市江宁医院PET/CT诊断项目放射源、非密封放射性物质、射线装置使用情况见表2-1，项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-1 南京市江宁医院PET/CT诊断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	
$^{18}\text{F}$	$1.11\times 10^8$	$2.78\times 10^{12}$	使用	简单操作	湖山路核医学科	乙级	医疗诊断	
射线装置								
装置名称	型号	类别	数量	最大管电压	最大管电流	活动种类	工作场所名称	用途
PET/CT	PoleStar Fligh	III类	1	140kV	570mA	使用	湖山路核医学科	医疗诊断

截止本次验收，南京市江宁医院核医学科已建设完成，PET/CT诊断项目配套的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 万元，辐射安全与防护设施总投资为 万元；实际建设投资总概算为 万元，辐射安全与防护设施总投资为 万元。项目环评审批及实际建设情况见表 2-2。

表2-2 南京市江宁医院PET/CT诊断项目环评审批及实际建设情况一览表

项目建设地点及其周围环境											
项目内容		环评规划情况				实际建设情况					备注
建设地点		南京市江宁区湖山路169号核医学科负一楼				南京市江宁区湖山路169号核医学科负一楼					与环评一致
周围环境	南京市江宁医院PET/CT诊断项目工作场所	东侧	土层			土层					与环评一致
		南侧	土层			土层					与环评一致
		西侧	土层			土层					与环评一致
		北侧	土层			土层					与环评一致
		楼上	地面道路、绿化			地面道路、绿化					与环评一致
		楼下	核医学科负二层（SPECT/CT诊断、 <sup>131</sup> I 甲亢治疗工作场所）			核医学科负二层（SPECT/CT诊断、 <sup>131</sup> I 甲亢治疗工作场所）					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
	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类	使用场所	用途	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类	使用场所	用途	
<sup>18</sup> F	1.11×10 <sup>8</sup>	2.78×10 <sup>12</sup>	使用	湖山路核医学科负一楼	医疗诊断	1.11×10 <sup>8</sup>	2.78×10 <sup>12</sup>	使用	湖山路核医学科负一楼	医疗诊断	与环评一致
射线装置											

装置名称	环评规划情况							实际建设规模							备注
	型号	类别	最大管电压	最大管电流	活动种类	使用场所	用途	型号	类别	最大管电压	最大管电流	活动种类	使用场所	用途	
PET/CT	未定	III类	150kV	800mA	使用	湖山路核医学科负一楼	医疗诊断	PolerStar Flight	III类	140kV	570mA	使用	湖山路核医学科负一楼	医疗诊断	小于环评参数
<b>废弃物</b>															
名称	环评规划情况						实际建设规模								
	状态	核素名称	活度	排放口浓度	暂存情况	最终去向									
沾有 <sup>18</sup> F放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等	固体	<sup>18</sup> F	/	$<7.4 \times 10^4 \text{Bq/kg}$	放射性废物收集暂贮存于废物箱集中收集后贮存入污染物暂存库自然衰变	放射性废物自然衰变十个半衰期后作为普通废物，由医院相关部门统一处理	最终去向：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， $\alpha$ 表面污染小于 $0.08 \text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于 $0.8 \text{Bq/cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。 其余与环评一致								
含有 <sup>18</sup> F放射性核素的废水	液态	<sup>18</sup> F	/	总 $\alpha < 1 \text{Bq/L}$ 总 $\beta < 10 \text{Bq/L}$	放射性废水经专用管道收集后排入衰变池贮存、自然衰变	衰变池废水自然衰变十个半衰期后排放至医院污水处理系统。	最终去向：在衰变池中暂存时间超过 30 天后直接解控排放。 其余与环评一致								

## 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

$^{18}\text{F}$  半衰期为 109.8min，以正电子发射方式衰变，产生的 $\beta^+$ 最大能量为 0.63MeV，剂量率常数为  $0.143\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}/\text{MBq}$ （裸源）和  $0.092\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}/\text{MBq}$ （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 $\gamma$ 光子。因此  $^{18}\text{F}$  衰变产生的 $\beta^+$ 、 $\gamma$ 射线会造成辐射的工作人员的外照射；含  $^{18}\text{F}$  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
$^{18}\text{F}$	液态	$1.11\times 10^8\text{ Bq}$	250 天	$2.78\times 10^{12}\text{ Bq}$	0.01	很简单操作	按需订购，不储存

##### ②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2-4 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	PoleStar Flight	III	X射线	140kV	570mA	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**：主要来源于患者吸入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自由电子碰撞湮灭，转化为一对方向相反、能量为 0.511MeV 的 $\gamma$ 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

南京市江宁医院 PET/CT 诊断项目所使用的  $^{18}\text{F}$  放射性药物为向供药单位订购获得，医院根据患者预约情况，确定当天所使用的药物剂量，提前向供药单位预订，供药单位在患者就诊前将药物送到核医学科的储源送达室内，核医学科指定专人在储源接收室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 $\gamma$ 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，病人在诊后休息室休息，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 $\gamma$ 射线。



表 3 辐射安全与防护设施/措施

### 辐射安全与防护设施/措施

#### 1、工作场所布局

**布局：**南京市江宁医院 PET/CT 诊断项目在医院核医学科负一楼开展，核医学科负一楼四周均为土层，上方为地面道路及绿化，下方为核医学科负二楼（SPECT/CT 诊断项目、<sup>131</sup>I 甲亢治疗项目工作场所）。核医学科人流及物流具有相对的独立通道，整个工作场所相对独立，与其他科室有明显的界限。PET/CT 诊断项目工作场所位于核医学科负一楼，避开了医院的产科、儿科、食堂等部门，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。

PET/CT 诊断项目工作场所设置了 PET/CT 室、控制室、卫生通过间、分装注射室、储源送达室、储源接收室、污物暂存室、抢救室、候诊室 1、候诊室 2、候诊室 3、留观室、库房、污洗污存室、候诊大厅、护士站注射前置室、接诊室、杂物库房、清洁间、注射前候诊区、卫生间、医师办公室、主任室、资料室等，功能布局基本按照 PET/CT 诊断流程、使患者单向行进布局；储源送达/接收、分装注射均设置单独房间；患者行进路径、医护人员工作路径及核药送达路径均相对独立，废弃物清运错峰进行，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。

医院将储源送达室、储源接收室、分装注射室、PET/CT室、抢救室、注射后候诊室、留观室、污物暂存间、卫生通过间、衰变池划分为控制区，该区域涉及放射性同位素操作，是药物操作及带药病人的主要活动区域及放射性固体废物存放区域，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；将接诊室、医护通道、护士站、注射前候诊区划为监督区，属于GB 18871-2002定义的监督区。本次验收PET/CT诊断项目工作场所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。

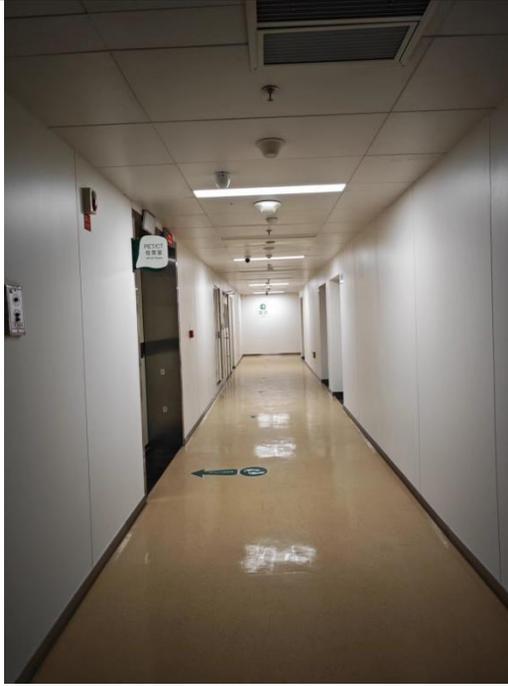
本项目工作场所现场照片如图3-1所示，工作场所平面布置、两区划分及人员、物流路线示意图见图3-2。



候诊区



注射窗口



患者通道



医护通道



PET/CT室



PET/CT控制室



注射后候诊室



留观室

图3-1 工作场所现场照片

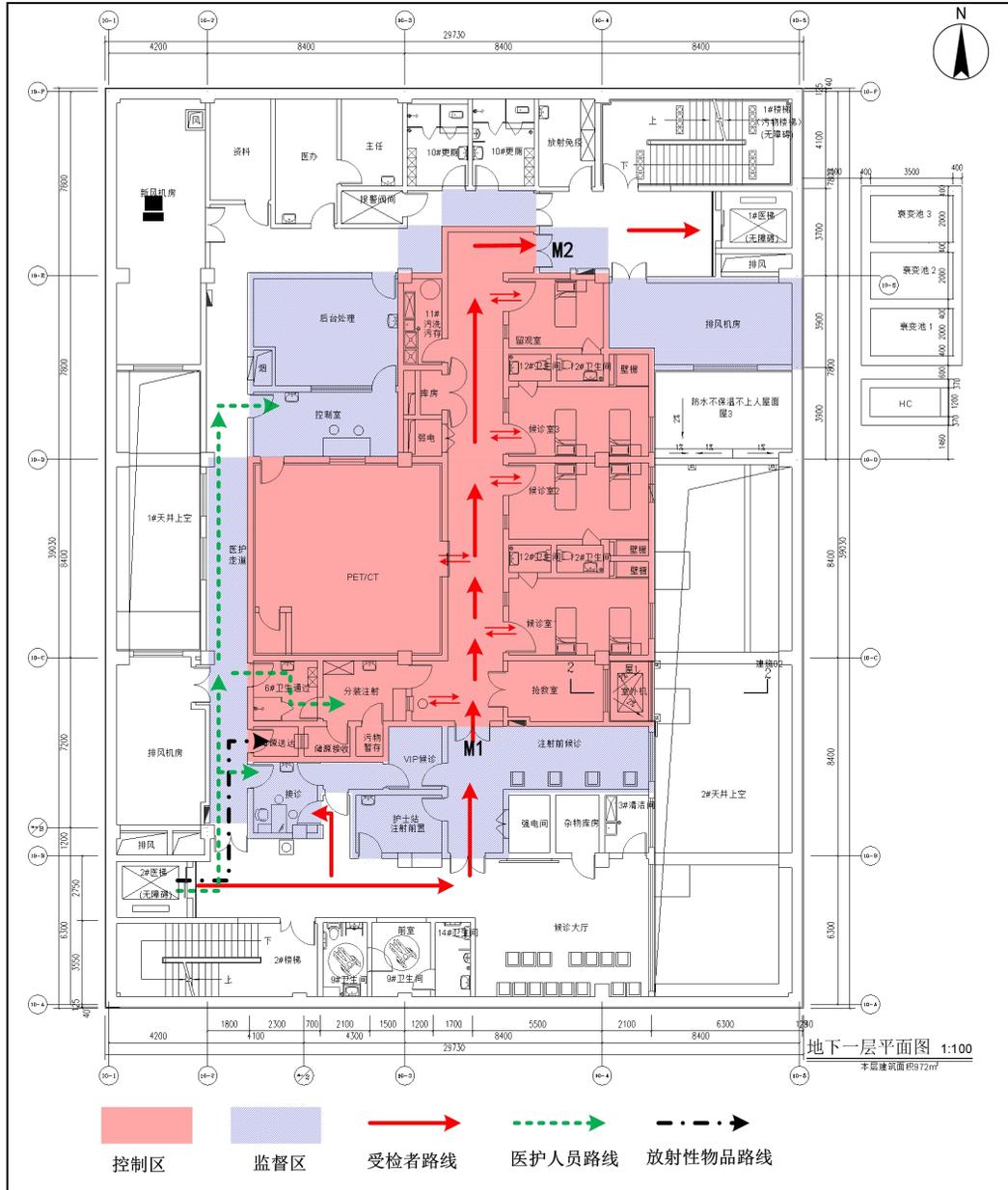


图3-2 本项目工作场所平面布置、两区划分及人员、物流路径示意图

## 2、工作场所屏蔽设施建设情况

南京市江宁医院PET/CT诊断项目工作场所屏蔽防护设计情况与实际建设情况如下：

表 3-1 工作场所屏蔽防护设计情况与实际建设情况一览表

屏蔽位置		环评设计	实际建设	备注
PET/CT室	四周墙体	25cm砼+8mmPb硫酸钡涂料	25cm砼+8mmPb硫酸钡涂料	已落实
	屋顶	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	地面	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	防护门	8mm铅板	内衬8mm铅板	已落实
	观察窗	8mmPb铅玻璃	8mmPb铅玻璃	已落实
分装注射室	四周墙体	25cm砼+8mmPb硫酸钡涂料	25cm砼+8mmPb硫酸钡涂料	已落实
	屋顶	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	地面	15cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	15cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	防护门	8mm铅板	内衬8mm铅板	已落实
	观察窗	8mmPb铅玻璃	8mmPb铅玻璃	已落实
抢救室、候诊室1、2、3和留观室	四周墙体	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	屋顶	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	地面	15cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	15cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	防护门	3mm铅板	内衬3mm铅板	已落实
	窗户	3mm铅板	内衬3mm铅板	已落实
储源送达室/储源接收室	四周墙体	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	25cm砼+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	屋顶	25cm现浇板+3mmPb硫酸钡涂料	25cm现浇板+3mmPb硫酸钡涂料	已落实

	地面	15cm现浇板+3mmPb硫酸钡涂料	15cm现浇板+3mmPb硫酸钡涂料	已落实
	防护门	内衬3mm铅板	内衬3mm铅板	已落实

由表3-1可知，本项目工作场所屏蔽设施建设情况均优于环评设计情况或与环评设计情况一致，已落实屏蔽防护建设。

### 3、辐射安全与防护措施

#### (1) 电离辐射警告标志及电离辐射标志

医院在核医学场所控制区入口及出口防护门上、分装注射室门上、核源送达室门上、储源接收室门上、通风橱上、污物暂存间门上等均设置了电离辐射警告标志及中文警示说明，储源铅盒上、转运铅盒上均设置电离辐射标志，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规范的电离辐射警告标志的要求及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。电离辐射警告标志及电离辐射标志见图3-3。



患者入口（控制区入口）



患者出口（控制区出口）



分装注射室



污物暂存间门上



储源接收室门上



注射后候诊室1门上



图3-3 电离辐射警告标志及电离辐射标志

## （2）视频监控装置

医院于本项目核医学科入口处、候诊区等位置设置多个监控摄像头，视频监视器设于护士站及PET/CT控制室内，工作人员通过视频监控可实时观察患者走动情况及核医学运行情况。视频监控装置见图3-4。





图3-4 视频监控装置

### (3) 工作状态指示灯

本项目 PET/CT 室防护大门采用电动推拉门且设置了防夹装置，防护门上方设置工作状态指示灯箱，灯箱上设置“灯亮勿入 当心辐射”的警示语。灯箱与防护门进行连锁，防护门打开时，灯箱熄灭；防护门关闭时，灯箱自动亮起。经验证，控制室里防护门开关按钮能有效控制受检者通道防护门的开关，防护门上方的工作状态指示灯与防护门能有效联动，门灯连锁验证照片见图 3-5。



图 3-5 工作状态指示灯及门灯连锁

#### （4）语音对讲及急停按钮

本项目注射后候诊室、PET/CT室均与PET/CT控制室之间设置了对讲装置，注射窗口处和分装注射室设置了对讲装置；经验证，注射窗口处和分装注射室的对讲装置，候诊室1与PET/CT控制室的对讲装置，均能够有效进行沟通。本项目PET/CT设备上设置2个急停按钮，PET/CT控制室内操作台上、墙上各设置1个急停按钮；PET/CT出束时，按下任意一个急停按钮可紧急关停PET/CT；重新启动时，需要将急停按钮本地复位才能启动。语音对讲装置及急停按钮见图3-6。



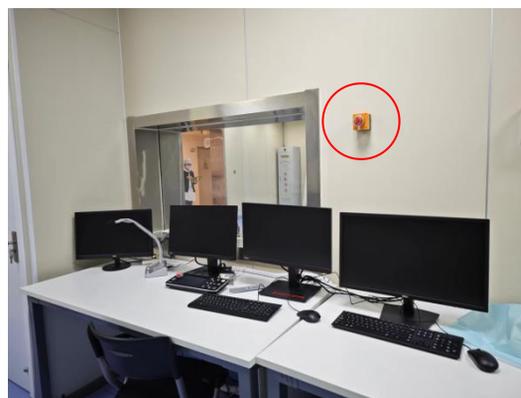
语音对讲



PET/CT设备上急停按钮



操作台上急停按钮



控制室墙上急停按钮

图3-6 语音对讲及急停按钮

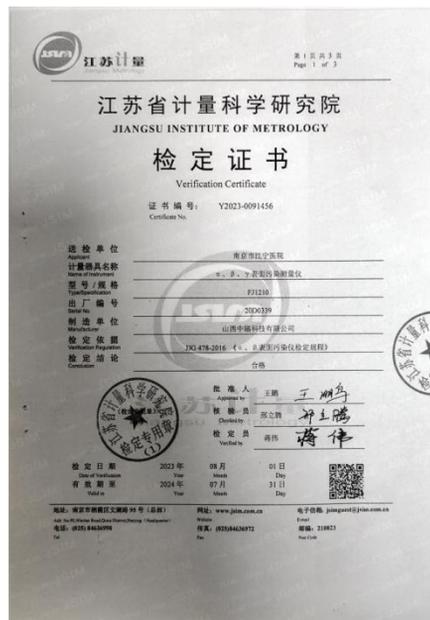
#### （5）自主监测仪器

医院为核医学科配备了1台辐射巡测仪、1台表面污染仪及5台个人剂量报警仪用于辐射监测及报警。PET/CT诊断项目工作场所配备了区域辐射测量仪，其中辐射测量仪探头安置在控制区患者入口处和出口处、PET/CT控制室内、

PET/CT室内、注射窗口处、候诊区等区域，区域辐射测量仪分析显示屏位于护士站。工作人员进行放射性药物操作时随身携带个人剂量报警仪，医院定期使用辐射巡测仪对工作场所进行巡检并记录，放射性表面污染检测在每次工作结束并清洁后进行。放射性测量仪器均属于强制检定设备，医院已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。医院配备的自主监测仪器及其检定情况见图3-7。



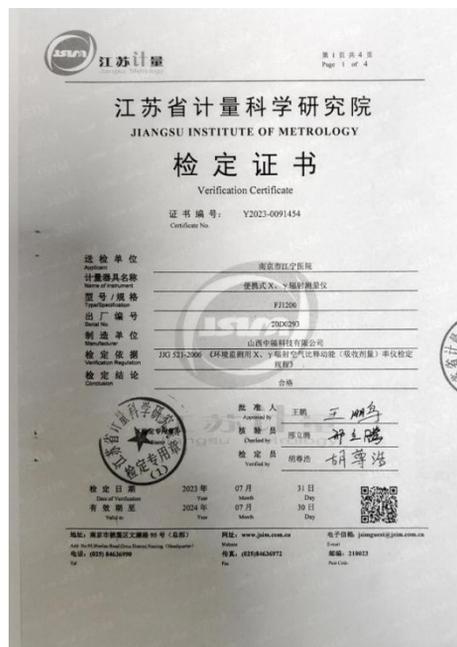
表面污染仪



表面污染仪检定证书



辐射巡测仪



辐射巡测仪检定证书



区域辐射测量仪（候诊区探头）



区域辐射测量仪（患者出口位置探头）



区域辐射测量仪（分装注射室内探头）



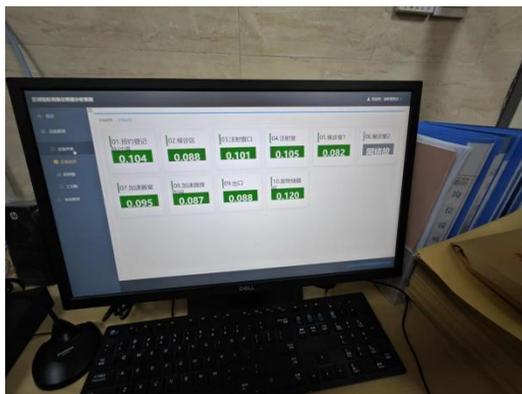
区域辐射测量仪（注射窗口外探头）



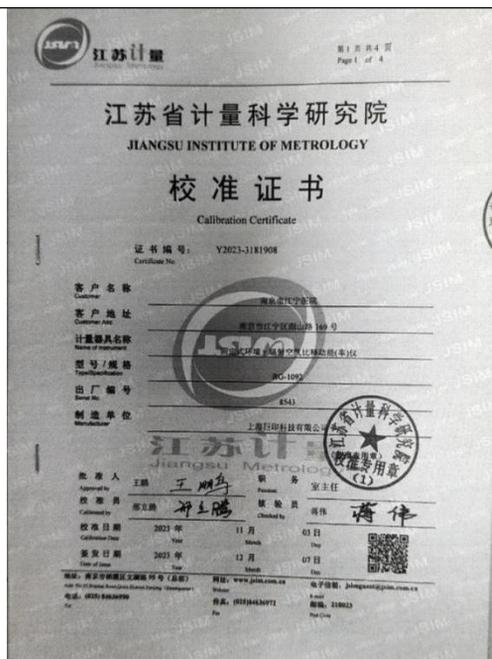
区域辐射测量仪（PET/CT室内）



区域辐射测量仪（PET/CT控制室内）



区域辐射测量仪数据分析系统



区域辐射测量仪检定证书

图3-7 本项目配备的自主监测仪器

### (6) 人员监护

医院为核医学科配备5名辐射工作人员，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
崔博	女	研究生	医师	FS23JS0300131	核医学科
金刘琴	女	本科	技师	FS23JS0300072	
薛浩	男	本科	技师	FS21JS0300044	
杨雅婷	女	本科	护士	FS21JS0300032	
刘萍	女	本科	护士	FS20JS0300026	

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南京市职业病防治院进行健康体检，已委托南京瑞森辐射技术有限公司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、附件 6。

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核医学科上方地面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，废气经专用通风管道引至核医学科上方地面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。



PET/CT机房内



分装注射室内



通风橱独立通风管道



储源室

图3-8 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

PET/CT诊断过程中产生的放射性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，从核医学科各房间收集后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、 $\alpha$ 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$ 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交由南京汇和环境工程技术有限公司处理（处置协议见附件12）；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、 $\alpha$ 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$ 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。本项目废物库容积约为 $6.5\text{m}^3$ ，该废物库容积能够满足放射性固体废物暂存30天的要求。

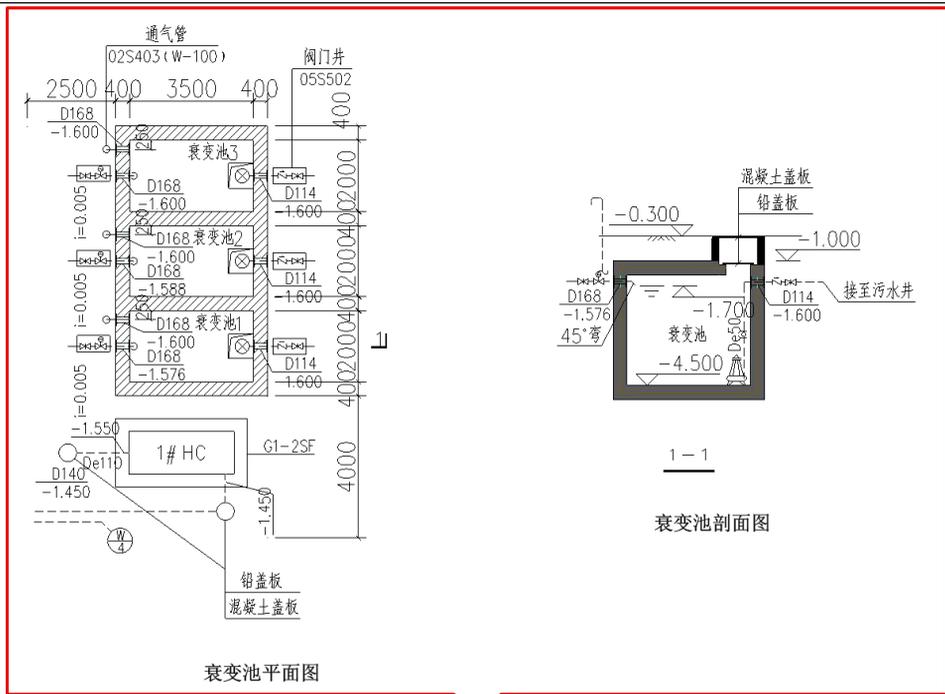
本项目放射性固体废物的产生及治理情况在环评及其批复范围内，无变动情况，满足《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。

### ③放射性液体废物

本项目在使用放射性核素过程中会产生放射性废水，包括擦拭冲洗放射性同位素污染物品废水、操作人员进行放射性药品分装后洗手废水、体内含放射

性同位素的病人于注射后病人专用厕所内的排泄物及冲洗水，主要包含的放射性核素为 $^{18}\text{F}$ 。

核医学工作场所产生的放射性废水通过预埋好的不锈钢管道排至核医学楼负一层东侧的衰变池中。衰变池墙体、底板及顶板均采用40cm厚混凝土，顶板上设置检修口，检修口盖板采用混凝土盖板+铅盖板，衰变池和化粪池均做防渗漏防水处理，水泵均采用不锈钢抗腐蚀材质，管道采用UPVC化工管，抗腐抗压，此外，放射性废水管道外均包裹铅板，放射性废水收集后用水泵经专用管道抽至衰变池进行自然衰变。如图3-8所示，本项目衰变池为三级槽式衰变池，每级衰变池的尺寸均为 $3.5\text{m}\times 2\text{m}\times 3\text{m}$ ，每级容积约为 $21\text{m}^3$ ，共 $63\text{m}^3$ 。医院核医学科目前日均患者数量为5人，放射性废水产生量按10L/人次计算，工作场所每天的清洗废水约为100L，则放射性废水产生量为150L/d；核医学月工作日为22天，则放射性废水产生量为 $3.3\text{m}^3/\text{月}$ 。依次计算，废水装满两个衰变池所需时间为12.7个月，即第一个衰变池装满后，最长暂存时间可达12.7个月。三个衰变池依次循环使用，可满足HJ 1188-2021中“所含核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放”的要求。



衰变池平面图

衰变池剖面图

图3-8 衰变池结构示意图

本项目放射性废水的产生及治理情况与环评及其批复一致，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

医院成立了放射防护与辐射安全领导小组，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) 《放射诊疗安全制度》；
- 2) 《放射诊疗质量保证方案》；
- 3) 《放射诊疗工作人员职责》；
- 4) 《设备检修维护制度》；
- 5) 《放射工作人员个人剂量管理制度》；
- 6) 《放射工作人员培训制度》；
- 7) 《射线装置使用登记、台账管理制度》；
- 8) 《医院辐射环境监测方案》；
- 9) 《南京市江宁医院放射事故应急措施预案》；
- 10) 《关于调整放射防护与辐射安全管理领导小组的通知》。

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。医院定期组织放射事故应急演练，项目运行以来，未发生过辐射安全事故。

表3-5 南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目（终态验收PET/CT诊断项目）  
环评及批复落实情况一览表

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全管理	设置辐射安全与环境保护管理机构，或者至指定专职人员负责辐射安全与环境保护管理工作。	/	已设有辐射安全管理小组，设立管理机构，并以文件形式明确机构内各人员职责。	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、放射性同位素或射线装置使用登记、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施。	建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。	已制定辐射安全管理制度，包括《放射诊疗安全制度》《放射诊疗质量保证方案》《放射诊疗工作人员职责》《设备检修维护制度》《放射工作人员个人剂量管理制度》《放射工作人员培训制度》《射线装置使用登记、台账管理制度》《医院辐射环境监测方案》《南京市江宁医院放射事故应急措施预案》《关于调整放射防护与辐射安全管理领导小组的通知》等规章制度。	已落实
辐射防护措施	PET/CT室四周墙体采用25cm砷+8mmPb硫酸钡涂料，屋顶采用25cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，地面采用15cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，防护门采用8mm铅板，观察窗采用8mmPb铅玻璃；抢救室、候诊室1/2/3和留观室四周墙体采用25cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，屋顶采用25cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，地面采用15cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，防护门、窗户采用3mm铅板。	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。	PET/CT室四周墙体采用25cm砷+8mmPb硫酸钡涂料，屋顶采用25cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，地面采用15cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，防护门采用8mm铅板，观察窗采用8mmPb铅玻璃；抢救室、候诊室1/2/3和留观室四周墙体采用25cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，屋顶采用25cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，地面采用15cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，防护门、窗户采用3mm铅板；储源送达室/储源接受室四周墙体采用25cm砷+3mmPb硫酸钡涂料，屋顶采用25cm现浇板+3mmPb硫酸钡涂料，地面采用15cm现浇板+3mmPb硫酸钡涂料，防护	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
			门内衬3mm铅板。	
辐射安全措施	核医学科注射室、污物暂存库等辐射工作场所显著位置均拟设置电离辐射警告标志。	定期检查辐射工作场所门机联锁、急停按钮、工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。运行期间加强辐射工作场所通风，防止臭氧及氮氧化物有害气体影响人体健康。	PET/CT诊断工作场所出入口、各房间门上、手套箱上均设置电离辐射警告标志；PET/CT控制室内、PET/CT设备上均设置急停按钮；候诊区、患者过道、PET/CT室等均设置视频监控；工作场所设置通风系统，手套箱设置独立通风管道。	已落实
人员配备	辐射防护与安全培训和考核：所有辐射工作人员参加并通过辐射安全与防护培训。	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。	核医学科7名辐射工作人员均参加辐射安全培训并通过考核，证书均在有效期内。	已落实
	个人剂量监测、职业健康防护：所有辐射工作人员定期开展职业健康体检，并进行个人剂量监测，医院建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。		核医学科7名辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测，并建立个人剂量档案；均进行职业健康体检，建立职业健康监护档案。	已落实
监测仪器和防护用品	拟配备1台环境辐射剂量巡测仪、1台表面污染沾污仪、2台个人剂量报警仪。	配备环境辐射剂量巡测仪，定期对项目周围辐射水平进行检测，及时解决发现的问题。要定期检查个人剂量报警仪、表面沾污仪等辐射监测仪器，确保正常工作。	医院已为核医学配备1台辐射巡测仪、1台表面污染监测仪、5台个人剂量报警仪及区域辐射测量仪。 自主监测仪器已按要求进行检定。	已落实
	放射性核素操作人员拟配备铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅帽等个人防护用品。	/	核医学科核素操作场所配置手套箱、注射器防护套及铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品。	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，结果报我厅。	每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测。 定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录。	已落实

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定：

1、环境影响报告书（表）主要结论与建议：

表13 结论与建议

1、实践正当性

南京市江宁医院拟新建江宁区医疗服务中心，为服务患者，医院拟在新建江宁区医疗服务中心开展核医学诊断治疗、肿瘤放射治疗、介入治疗及X射线诊断等核技术应用项目，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。

2、选址、布局合理性

南京市江宁医院现位于南京市江宁区东山街道鼓山路168号，医院拟在南京市江宁区东山街道泥塘片区新建江宁区医疗服务中心。项目地东侧为外港河西路；南侧为外港河南路；西侧为湖山路；北侧为泥塘西路及河流；南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心本项目中各核技术利用工作场所周围50m范围内均为医院院区，无居民区等环境敏感目标，各项目选址合理。

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

医用直线加速器控制室与治疗室分开，控制室位于治疗机房外，主射线不向控制室照射，机房均设“L型”迷路，迷路口设计安装铅防护门。项目布局基本合理。

DSA机房及CT等X射线机机房控制室与诊断机房分开布置，布局均符合相关要求，本项目布局基本合理。

3、辐射屏蔽能力分析

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心拟建核医学科、医用直线加速器机房、DSA机房、CT等X光机机房等辐射工作场所均设计采用混凝土浇筑结构（混凝土密度不低于 $2.35/m^3$ ），机房均采用铅防护门、铅玻璃观察窗等。核医学科注射室、供药室等核素操作场所拟根据需要配置通风橱及铅服

等个人防护用品，在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，该院拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

#### 4、保护目标剂量

根据理论估算结果，该院新建江宁区医疗服务中心核医学科、医用直线加速器、DSA、CT等X光机等项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对放射工作人员及周围的公众产生的年有效剂均能够满足《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。

#### 5、辐射安全措施

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学科PET/CT、SPECT/CT机房、注射室、污染物暂存库等辐射工作场所显著位置均拟设置电离辐射警告标志，PET/CT、SPECT/CT机房门口设计安装工作状态指示灯；医院拟应备专用柜并加锁储存<sup>125</sup>I放免试剂盒，柜门上拟设置电离辐射标志，<sup>125</sup>I粒子在专用防护屏（罩）的防护下装入粒子植入枪，在进行<sup>125</sup>I粒子植入手术时工作人员穿戴铅衣、铅眼睛、铅围脖等，并尽可能缩短手术时间，减小照射。

该院新建江宁区医疗服务中心加速器机房防护门外拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，拟设计安装门机联锁装置、急停装置、监控对讲装置等。

该院新建江宁区医疗服务中心机房以及CT等其他X射线装置机房防护门外均拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

在落实以上措施后，该院新建江宁区医疗服务中心核技术应用项目的安全措施能够满足安全防护要求。

#### 6、放射性废物处理分析

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学科拟设置放射性废物箱、污染物暂存库和衰变池，核素诊断和治疗过程中所产生的放射性废水、固体放射性废物收集后自然衰变十个半衰期作为普通医疗废水、普通医疗废物处理；核医学科核素操作区域拟设计通风系统，核素操作过程中挥发产生的少量放射性废气通过专用通风管道排出室外，通风口设于核医学楼楼顶地

面，通风口设置活性炭过滤装置和雨帽。该院放射性废物收集和处理方法基本合理，放射性废物处置得当，符合环境保护要求。

### 7、监测仪器和防护设备

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心应尽快配置相应的辐射监测仪器，包括：配置1台环境辐射巡测仪和1台表面污染沾污仪，每个加速器机房、DSA机房均各配置2台个人剂量报警仪，每个III类X射线机机房各配置1台个人剂量报警仪。

### 8、辐射环境管理

南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心应尽快成立辐射防护管理机构，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，其还应以文件的形式明确各成员管理职责。同时应按管理要求尽快制定相应的安全管理措施和规章制度；医院应尽快组织安排相关辐射工作人员参加辐射安全与防护知识的培训，通过考核后方能上岗，并对工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，医院还应为放射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

综上所述，南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，该医院将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，本项目核医学科及射线装置运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，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) 各项环保设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

# 江苏省环境保护厅

苏环辐(表)审[2015]052号

## 关于南京市江宁医院新建江宁区医疗服务中心核医学、 医用直线加速器、DSA等核技术应用项目 环境影响报告表的批复

南京市江宁医院：

你单位报送的《新建江宁区医疗服务中心核医学、医用直线加速器、DSA等核技术应用项目环境影响报告表》（以下简称《报告表》）收悉。经研究，批复如下：

一、根据《报告表》评价结论，项目建设具备环境可行性。从环境保护角度考虑，我厅同意你单位该项目建设。项目地点位于南京市江宁区东山街道泥塘片区，项目内容：新增核医学项目，使用 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 进行放射性诊断和治疗，属乙级非密封放射性同位素工作场所；新增3枚V类 $^{68}\text{Ge}$ 放射源，用于仪器校验；新增2台医用电子直线加速器，最大X射线能量为15MV，属II类射线装置；新增5台DSA（管电压150kV，最大管电流1250mA，属II类射线装置）和33台医用III类射线装置。项目总投资10000万元，其中环保投资1670万元。

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

（一）严格执行辐射防护和安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环保“三同时”制度，确保辐射工作人员和公众的年受照有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应的剂量限值要求。

（二）定期检查辐射工作场所门机联锁、急停按钮、工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施，确保正常工作。运行期间加强辐射工作场所通风，防止臭氧及氮氧化物有害气体影

响人体健康。

（三）非密封放射性物质工作场所功能区域布置应符合国家的有关规定和要求；放射源和非密封放射性同位素转让须及时到环保部门办理审批与备案手续。

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

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

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

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

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



抄送：南京市环保局。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

**验收监测质量保证及质量控制：**

**1、监测单位资质**

验收监测单位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 10。

**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。

**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10），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  $\beta$ 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 $\alpha$ 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）要求，实施全过程质量控制。

**数据记录及处理：**

（1）X- $\gamma$ 周围剂量当量率：将辐射剂量仪（型号：AT 1123）开机预热，手持仪器，一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为1m。仪器示数稳定后读取数据，读取间隔不小于10s；

（2） $\beta$ 表面污染水平：将表面污染仪（型号：CoMo 170）开机预热，手持仪器，将设备探测窗贴近被检测区域表面但不接触，缓慢移动设备，设备显示最大值且稳定后读取数据，读取间隔不小于1s；

（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 6 验收监测内容

### 1、监测项目

根据本项目污染源特征，本次竣工验收监测项目确定为：

- （1）工作场所X- $\gamma$ 周围剂量当量率；
- （2） $\beta$ 表面污染水平；
- （3）通风橱通风风速。

注：根据HJ 61-2021表9，本项目不直接对外排放且无泄漏，因此无需对地表水、废水、废气进行监测。

### 2、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- $\gamma$ 空气吸收剂量率、 $\beta$ 放射性表面污染；在通风橱左、右两侧操作口测量通风风速。

监测布点详见图6-1至图6-3。

### 3、监测仪器

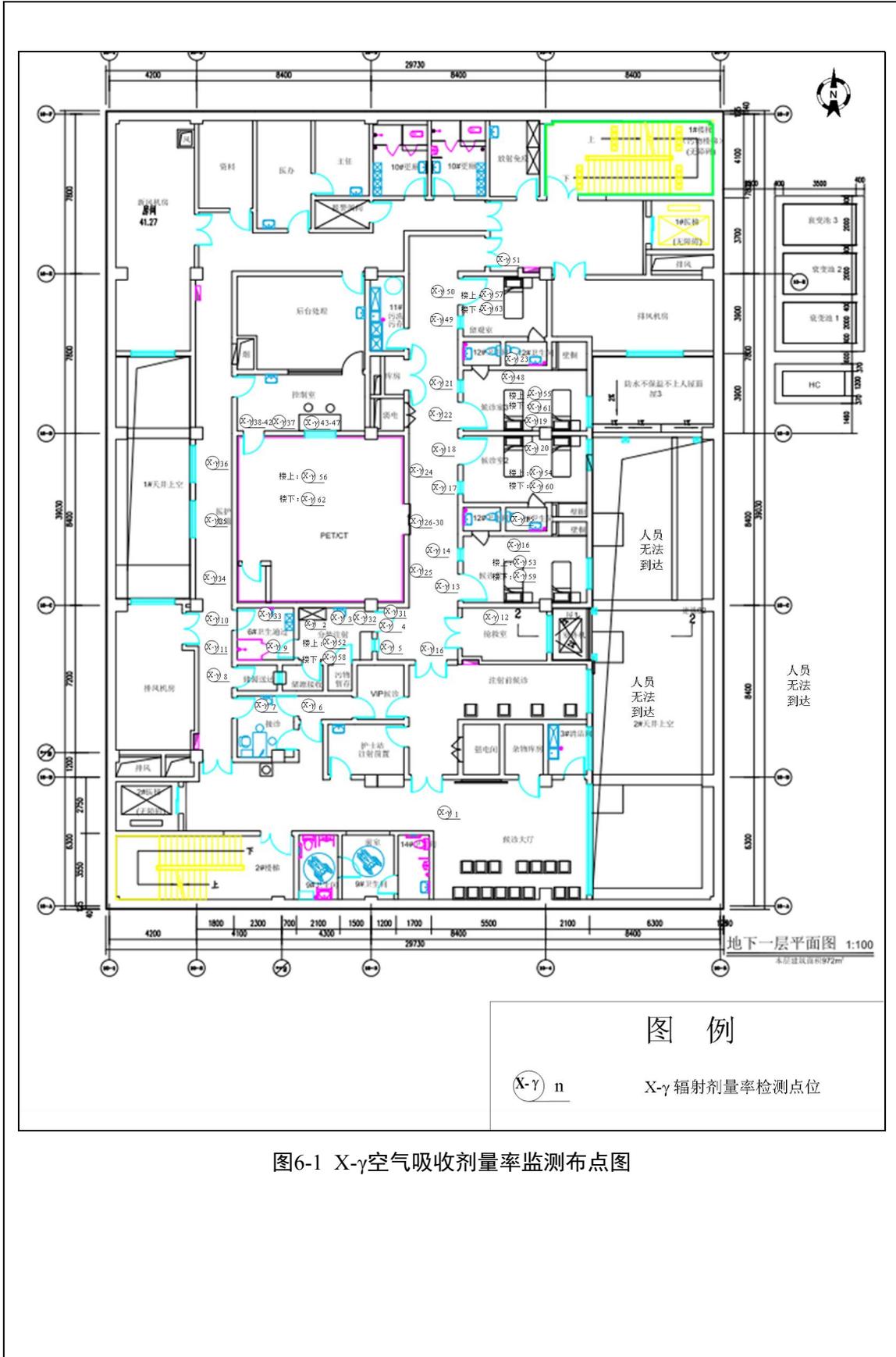
监测仪器见表 6-1。

表6-1 检测使用仪器

序号	仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
1	辐射剂量仪	AT1123	NJRS-044	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2023-0181514 检定有效期限：2023.11.17~2024.11.16
2	表面污染剂量仪	CoMo170	NJRS-129	测量范围： $\beta/\gamma$ 0cps~20000cps 检定证书编号：Y2024-0027030 检定有效期限：2024.3.28~2025.3.27
3	风速仪	HT625B	NJRS-136	测量范围：0~20m/s 检定证书编号：H2023-0061445 检定有效期限：2023.5.22~2024.5.21

### 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 $\beta$ 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 $\alpha$ 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）的标准要求进行监测、分析。



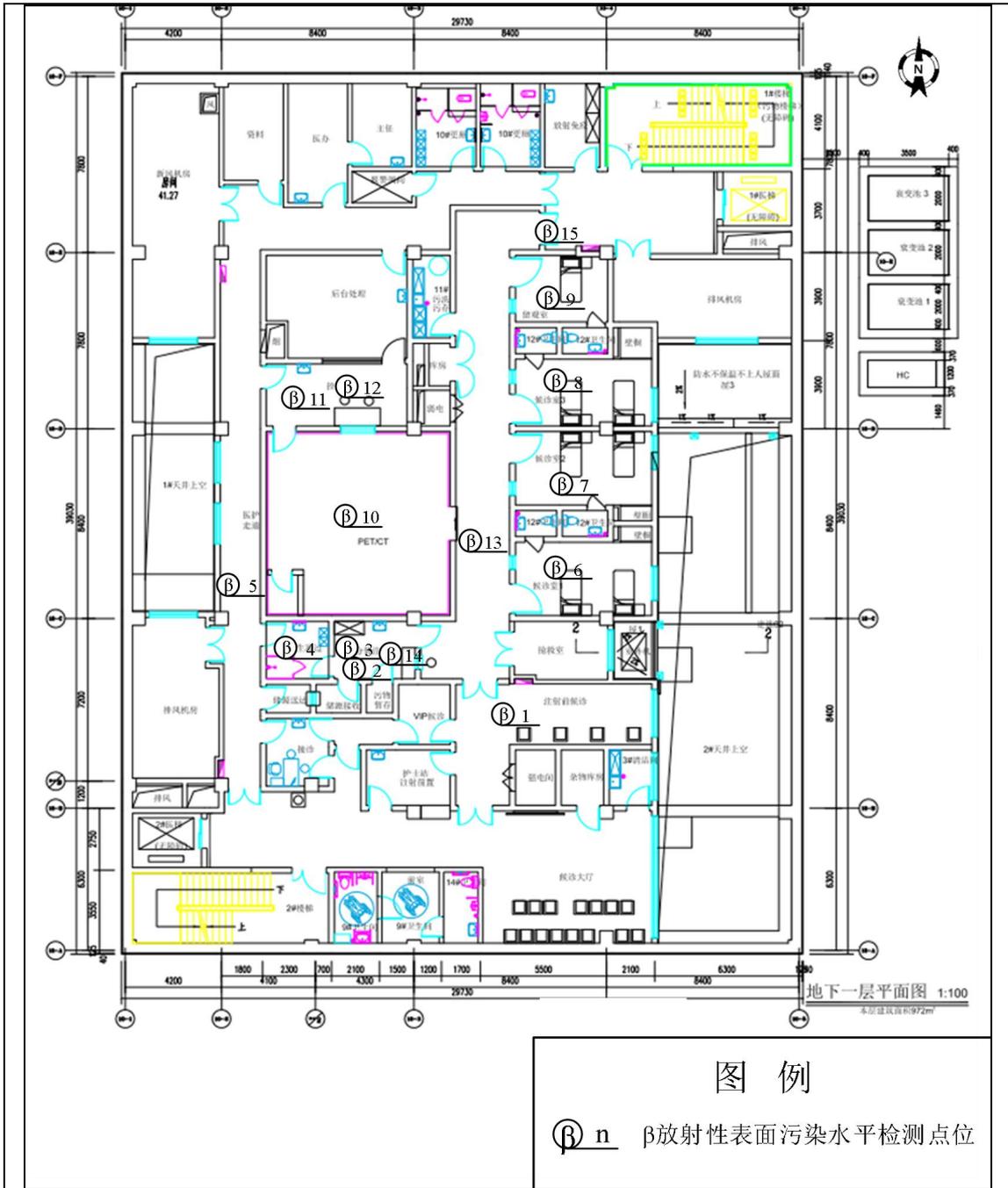
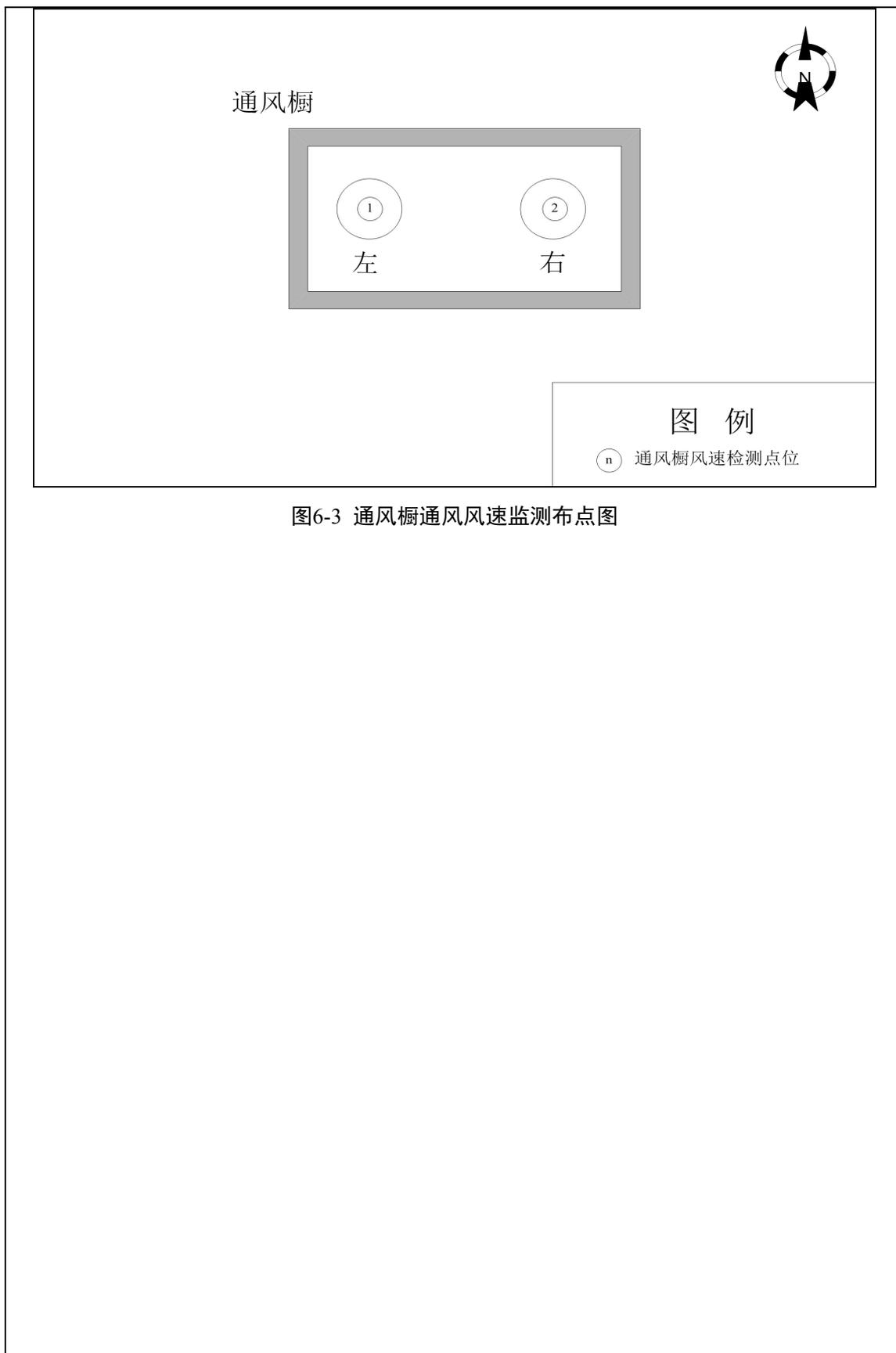


图6-2 β放射性表面污染监测布点图



## 表 7 验收监测

### 验收监测期间运行工况：

被检单位：南京市江宁医院

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2024年4月15日

监测环境条件：天气：阴，温度：22℃，湿度：70%RH

验收监测期间运行工况见表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（裸源）
核医学科	分装注射室（通风橱内）	$^{18}\text{F}$	$8.51 \times 10^8 \text{Bq}$ （23mCi）
	分装注射室	$^{18}\text{F}$	$4.22 \times 10^8 \text{Bq}$ （11.4mCi）
	注射后候诊室 1	$^{18}\text{F}$	$4.22 \times 10^8 \text{Bq}$ （11.4mCi）
	注射后候诊室 2	$^{18}\text{F}$	$4.22 \times 10^8 \text{Bq}$ （11.4mCi）
	注射后候诊室 3	$^{18}\text{F}$	$4.22 \times 10^8 \text{Bq}$ （11.4mCi）
	PET/CT 室	$^{18}\text{F}$	$4.22 \times 10^8 \text{Bq}$ （11.4mCi）， CT 扫描工况：120kV， 240mAs
	留观室	$^{18}\text{F}$	$4.22 \times 10^8 \text{Bq}$ （11.4mCi）

注：PET/CT 诊断项目给药量一般为 10mCi/人·次。

### 验收监测结果：

本项目验收检测报告详见附件 9。PET/CT 诊断项目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，表面污染监测结果见表 7-2，通风橱通风风速监测结果见表 7-3。

表 7-1 核医学科 PET/CT 诊断项目工作场所 X-γ 辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果(μSv/h)	设备状态
1	核医学科候诊大厅	0.12	/
2	通风橱表面（正面）30cm处	0.71	通风橱内 放置 23mCi $^{18}\text{F}$ 药物
3	通风橱表面（侧面）30cm处	1.95	

4	分装注射室东门外30cm处	0.63	分装注射室内放置 11.4mCi <sup>18</sup> F 药物
5	注射窗外 30cm 处	0.14	
6	储源接收室南墙外 30cm 处	0.14	
7	储源送达室南墙外 30cm 处	0.13	
8	储源送达室门外 30cm 处	0.14	
9	分装注射室西门外 30cm 处	0.56	
10	卫生通过间西门外 30cm 处	0.14	
11	卫生通过间西墙外 30cm 处	0.14	
12	注射后候诊室 1 南墙外 30cm 处	0.38	注射后候诊室 1 内放置 11.4mCi <sup>18</sup> F 药物
13	注射后候诊室 1 西门外 30cm 处	5.10	
14	注射后候诊室 1 西墙外 30cm 处	0.35	
15	注射后候诊室 1 北墙外 30cm 处	0.39	
16	注射后候诊室 2 南墙外 30cm 处	0.63	注射后候诊室 2 内放置 11.4mCi <sup>18</sup> F 药物
17	注射后候诊室 2 西墙外 30cm 处	0.36	
18	注射后候诊室 2 西门外 30cm 处	4.7	
19	注射后候诊室 2 北墙外 30cm 处	0.52	
20	注射后候诊室 3 南墙外 30cm 处	0.45	注射后候诊室 3 内放置 11.4mCi <sup>18</sup> F 药物
21	注射后候诊室 3 西墙外 30cm 处	0.43	
22	注射后候诊室 3 西门外 30cm 处	5.0	
23	注射后候诊室 3 北墙外 30cm 处	0.47	
24	PET/CT 室东墙外 30cm 处	0.14	PET/CT 室内放置 11.4mCi <sup>18</sup> F 药物，CT 扫描工况： 120kV、 240mAs
25	PET/CT 室东墙外 30cm 处	0.14	
26	PET/CT 室东门外 30cm 处（中间）	1.77	
27	PET/CT 室东门外 30cm 处（上缝）	0.72	
28	PET/CT 室东门外 30cm 处（下缝）	0.44	
29	PET/CT 室东门外 30cm 处（左缝）	2.35	
30	PET/CT 室东门外 30cm 处（右缝）	1.27	

31	PET/CT 室南墙外 30cm 处	0.14		
32	PET/CT 室南墙外 30cm 处	0.15		
33	PET/CT 室南墙外 30cm 处	0.14		
34	PET/CT 室西墙外 30cm 处	0.13		
35	PET/CT 室西墙外 30cm 处	0.13		
36	PET/CT 室西墙外 30cm 处	0.13		
37	PET/CT 室北墙外 30cm 处	0.14		
38	PET/CT 室北门外 30cm 处（中间）	0.95		
39	PET/CT 室北门外 30cm 处（上缝）	1.26		
40	PET/CT 室北门外 30cm 处（下缝）	0.56		
41	PET/CT 室北门外 30cm 处（左缝）	0.94		
42	PET/CT 室北门外 30cm 处（右缝）	0.91		
43	PET/CT 室观察窗外 30cm 处（中间）	0.67		
44	PET/CT 室观察窗外 30cm 处（上缝）	0.61		
45	PET/CT 室观察窗外 30cm 处（下缝）	0.58		
46	PET/CT 室观察窗外 30cm 处（左缝）	0.62		
47	PET/CT 室观察窗外 30cm 处（右缝）	0.60		
48	留观室南墙外 30cm 处	0.51		留观室内放置 11.4mCi <sup>18</sup> F 药物
49	留观室西墙外 30cm 处	0.39		
50	留观室西门外 30cm 处	5.1		
51	留观室北墙外 30cm 处	0.44		
52	分装注射室楼上地面 30cm 处	0.13	检测时相应房 间内放置 11.4mCi <sup>18</sup> F 药物	
53	注射后候诊室 1 楼上地面 30cm 处	0.14		
54	注射后候诊室 2 楼上地面 30cm 处	0.14		
55	注射后候诊室 3 楼上地面 30cm 处	0.14		
56	PET/CT 室楼上地面 30cm 处	0.14		
57	留观室楼上地面 30cm 处	0.14		

58	分装注射室楼下地面 170cm 处	0.14	
59	注射后候诊室 1 楼下地面 170cm 处	0.14	
60	注射后候诊室 2 楼下地面 170cm 处	0.14	
61	注射后候诊室 3 楼下地面 170cm 处	0.14	
62	PET/CT 室楼下地面 170cm 处	0.14	
63	留观室楼下地面 170cm 处	0.14	

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 PET/CT 诊断项目工作场所的屏蔽防护效果良好，工作场所监督区边界、射线装置机房外周围剂量当量率均符合《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）中不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的标准要求；工作场所控制区内人员偶尔居留的区域（如测点编号 13、18、22、50 等）周围剂量当量率均符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及其复函（辐射函〔2023〕20 号）中不大于 10 $\mu$ Sv/h 的标准要求。

表 7-2 核医学科 PET/CT 诊断项目工作场所表面污染水平检测结果

测点编号	点位描述	测量结果(Bq/cm <sup>2</sup> )	备注
1	注射前候诊区地面	0.07	—
2	注射室地面	<LLD	—
3	通风橱表面	<LLD	—
4	卫生通过间地面	0.23	—
5	医护通道地面	0.10	—
6	注射后候诊室1地面	0.18	—
7	注射后候诊室2地面	<LLD	—
8	注射后候诊室3地面	<LLD	—
9	留观室地面	<LLD	—
10	PET/CT室地面	0.07	—

11	PET/CT控制室地面	<LLD	—
12	PET/CT控制室工作台面	<LLD	—
13	患者通道地面	0.08	—
14	分装注射室工作台面	0.13	—
15	患者出口地面	<LLD	—

注：β表面放射性污染水平探测下限（LLD）为 0.07Bq/cm<sup>2</sup>。

由表7-2检测结果可知，在开展工作结束并清洁后，该核医学工作场所β放射性表面污染水平符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求。

表 7-3 核医学科通风橱通风风速检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果(m/s)	备注
1	通风橱左侧操作口	2.16	/
2	通风橱右侧操作口	2.45	/

由表7-3检测结果可知，通风橱正常运行时，左侧操作口通风风速为2.16m/s，右侧操作口通风风速为2.45m/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

根据建设单位提供的辐射工作人员个人累计剂量监测报告及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

本项目核医学科共有 5 名辐射工作人员，满足现阶段核医学科工作开展需求。现有的 5 名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。截止验收时，辐射工作人员近 1 年内的个人累积剂量监测结果见表 7-4。

表 7-4 辐射工作人员个人累积剂量监测结果（mSv）

姓名	编号	岗位/ 工种	2023年				累积结果
			第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	
		医师					0.08

		技师					0.08
		护士					0.08
		技师					0.08
		护士					0.08

注：1、根据建设单位提供的个人剂量监测报告（详见附件6），最低探测水平（MDL）均为0.04mSv，结果低于MDL时，以1/2MDL表示；

2、本项目辐射工作人员是整个核医学科的工作人员，工作量包括PET/CT诊断项目、SPECT/CT诊断项目及<sup>131</sup>I甲亢治疗项目。

由表7-4可知，根据南京市江宁医院提供的个人累积剂量监测报告，结果显示本项目辐射工作人员近一年个人累积剂量最大为0.08mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、本项目环评及批复的要求。

根据本项目实际监测结果，结合项目工作人员工作时间及居留情况，对PET/CT诊断项目所致工作人员年有效剂量进行预测计算，结果见表7-5。

表 7-5 本项目辐射工作人员年有效剂量分析

核医学科工作人员可达处	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）
PET/CT控制室	1.26	职业	1	2000	2.52	5
分装工作位	0.71	职业	1	2000	1.42	5
卫生通过间	0.56	职业	1	2000	1.12	5
医护通道	0.14	职业	1	2000	0.28	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： $E_{\text{eff}}$ 为年有效剂量， $D$ 为关注点处剂量率， $t$ 为年工作时间（保守取2000h）， $T$ 为居留因子（保守取1）， $U$ 为使用因子（保守取1）。

由表7-5预测计算结果可知，PET/CT诊断项目运行后对核医学科辐射工作人员造成的年有效剂量最大为2.52mSv，叠加核医学科辐射工作人员原年有效剂量后为2.52mSv+0.08mSv=2.60mSv，也能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、本项目环评及批复的要求。

## （2）公众

本项目评价的公众为核医学科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 7-6。

表 7-6 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)
候诊大厅	0.12	公众	1/4	2000h	0.06	0.1
接诊室	0.13	公众	1/4	2000h	0.065	0.1
核医学科出口门外 (过道)	0.44	公众	1/16	2000h	0.055	0.1
核医学科楼上地面	0.14	公众	1/16	2000h	0.018	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： $E_{\text{eff}}$ 为年有效剂量， $D$ 为关注点处剂量率， $t$ 为年工作时间（保守取 2000h）， $T$ 为居留因子， $U$ 为使用因子（保守取 1）。

由表7-6可知，本项目周围公众年有效剂量均不超过0.065mSv，低于本项目公众个人剂量年管理目标限值。

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，辐射工作人员年有效剂量为0.08mSv，周围公众年有效剂量不超过0.035mSv（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），并低于本项目管理目标值（职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a），与环评文件一致。

## 表 8 验收监测结论

### 验收监测结论:

南京市江宁医院 PET/CT 诊断项目经现场监测和核查表明:

1) 南京市江宁医院于湖山路院区核医学科负一楼使用  $^{18}\text{F}$  配合 PET/CT 开展核素显像诊断,  $^{18}\text{F}$  日等效最大操作量为  $1.11 \times 10^8 \text{Bq}$ , 年最大用量为  $2.78 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。湖山路院区核医学科属乙级非密封放射性物质工作场所, PET/CT 属 III 类射线装置;

2) PET/CT 诊断项目工作场所各出入口、各房间门、通风橱上均设置电离辐射警告标志及中文警示说明; 工作场所设置视频监控系统及语音对讲系统; PET/CT 室防护大门上方设置工作状态指示灯, 工作状态指示灯与防护门设置有效联锁。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;

3) 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- $\gamma$  辐射剂量率、 $\beta$  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;

4) 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;

5) 医院为核医学科配备了 1 台辐射巡测仪、5 台个人剂量报警仪、1 台表面沾污仪和 1 套区域辐射测量仪, 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，南京市江宁医院PET/CT诊断项目监测结果满足环境影响报告表及其审批部门审批决定，项目辐射安全与防护设施已按照环境影响报告表的设计指标落实，项目运行期间对辐射工作人员和公众的辐射影响满足验收执行标准。

**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) 积极配合生态环境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；

3) 建立详细的核素使用、登记记录；

4) 及时更新全国核技术利用辐射安全申报系统登记信息，指定专人定期维护。