

改扩建核医学科项目阶段项目  
(SPET/CT) 竣工环境保护  
验收监测报告

报告编号：瑞森（验）字（2020）第066号

建设单位： 江苏省肿瘤医院

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二一年四月

# 目 录

<b>1 项目概况 .....</b>	<b>1</b>
1.1 建设单位基本情况.....	1
1.2 项目建设规模.....	1
1.3 验收工作由来.....	1
1.4 项目基本信息一览表.....	2
<b>2 验收依据 .....</b>	<b>4</b>
2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度.....	4
2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范.....	5
2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批文件.....	5
<b>3 项目建设情况 .....</b>	<b>6</b>
3.1 地理位置及平面布置.....	6
3.2 建设内容.....	11
3.3 工作原理及工作流程.....	11
3.4 项目变动情况.....	12
<b>4 辐射安全与防护环境保护措施 .....</b>	<b>13</b>
4.1 污染源项分析.....	13
4.2 工作场所的布局和分区.....	16
4.3 非密封放射性物质工作场所的分级.....	16
4.4 辐射安全措施.....	17
4.5 辐射安全管理制度.....	25
4.6 辐射安全应急措施.....	26
4.7 辐射安全与防护措施落实情况.....	27
<b>5 环境影响报告书（表）主要结论与建议及其审批部门审批文件 .....</b>	<b>30</b>
5.1 环境影响报告书（表）主要结论与建议.....	30
5.2 审批部门审批文件.....	33
<b>6 验收执行标准 .....</b>	<b>35</b>
6.1 人员年受照剂量管理目标值.....	35
6.2 辐射管理分区.....	35

6.3 工作场所布局要求.....	35
6.4 核医学工作场所分级.....	36
6.5 核医学辐射工作场所表面污染控制水平要求.....	37
6.6 工作场所放射防护安全要求.....	37
6.7 放射性废水排放活度浓度限值.....	39
6.8 放射性固废暂存及清洁解控的要求.....	40
6.9 安全管理要求及环评要求.....	40
<b>7 验收监测 .....</b>	<b>41</b>
7.1 监测分析方法.....	41
7.2 监测因子.....	41
7.3 监测工况.....	41
7.4 监测内容.....	41
<b>8 质量保证和质量控制 .....</b>	<b>42</b>
8.1 本次验收监测质量保证和质量控制.....	42
8.2 自主检测质量保证和质量控制.....	43
<b>9 验收监测结果 .....</b>	<b>44</b>
9.1 辐射防护监测结果.....	44
9.2 辐射工作人员和公众年有效剂量分析.....	48
<b>10 验收监测结论 .....</b>	<b>51</b>
10.1 验收结论.....	51
10.2 建议.....	52
<b>附件 1 项目委托书 .....</b>	<b>53</b>
<b>附件 2 项目环境影响报告表主要内容 .....</b>	<b>54</b>
<b>附件 3 项目环境影响报告表批复文件 .....</b>	<b>66</b>
<b>附件 4 辐射安全许可证及辐射工作人员相关信息 .....</b>	<b>68</b>
<b>附件 5 辐射安全管理机构及制度 .....</b>	<b>74</b>
<b>附件 6 辐射工作人员培训证书及健康证明 .....</b>	<b>82</b>
<b>附件 7 个人剂量委托检测协议 .....</b>	<b>86</b>
<b>附件 8 竣工环保验收监测报告 .....</b>	<b>93</b>
<b>附件 9 放射性药品及其原料转让审批表 .....</b>	<b>110</b>

附件 10 核医学科 SPECT/CT 未开启 CT 功能的承诺书 .....	112
附件 11 验收监测单位 CMA 资质证书 .....	113
附件 12 专家意见及修改说明 .....	115

## 1 项目概况

### 1.1 建设单位基本情况

江苏省肿瘤医院前身系 1960 年建院的江苏医院，为三级甲等肿瘤专科医院。江苏省肿瘤医院于 2020 年 12 月 14 日重新申领了辐射安全许可证（苏环辐证（01290）），种类和范围为：使用 III 类、V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所；有效期至 2021 年 6 月 15 日。

### 1.2 项目建设规模

为了适应医院发展要求，服务患者，江苏省肿瘤医院对核医学科场所进行改建，并将控制区范围往西侧扩建，将 SPECT/CT 机房的位置往西侧移至原胃功能检查室处，在核医学科东侧拟设 3 个甲癌病房共 6 个病床（原核医学科在男观察室及女观察室各设 2 个病床），在北侧新增甲癌病人卫生间，将用药后甲癌患者与 SPECT/CT 等其他用药患者实现分区管理；同时由于之前环评时间较早，部分核素的门诊量和使用量等都与目前核医学科的情况有出入，因此医院根据门诊量和病人用药量对部分核素日等效操作量及年用量进行了调整。该项目已于 2019 年 7 月完成项目的环境影响评价，于 2019 年 10 月 25 日取得了江苏省生态环境厅关于该项目的环评批复文件（苏环辐（表）审【2019】29 号），本项目已完成许可。

本项目实际建设规模为：对核医学科场所进行改建，并将控制区范围往西侧扩建，将 SPECT/CT 机房的位置往西侧移至原胃功能检查室处，对  $^{99m}\text{Tc}$  核素日等效操作量及年用量进行了调整。 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$  及  $^{131}\text{I}$  甲癌治疗等项目未建成，待建成后另外验收。

江苏省肿瘤医院核医学科改扩建项目（SPECT/CT）于 2019 年 11 月开工，于 2020 年 8 月竣工并完成调试，配套的环保设施和主体工程均已同时建成，具备竣工环境保护验收条件。

### 1.3 验收工作由来

根据《建设项目环境保护管理条例》及《建设项目竣工环境保护验收暂行办

法》的规定，江苏省肿瘤医院于 2020 年 8 月组织并启动验收工作，委托南京瑞森辐射技术有限公司对本项目开展竣工环境保护验收监测工作。项目委托书见附件 1。

南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，于 2020 年 8 月编制了《江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目阶段项目（SPET/CT）竣工环境保护验收监测方案》。本次验收内容包括：对核医学科场所进行改建，并将控制区范围往西侧扩建，将 SPECT/CT 机房的位置往西侧移至原胃功能检查室处，对  $^{99m}\text{Tc}$  核素日等效操作量及年用量进行了调整。南京瑞森辐射技术有限公司分别于 2020 年 8 月 25 日、2021 年 2 月 4 日开展了现场监测和核查，根据现场监测和核查情况，编制本项目验收监测报告。 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$  及  $^{131}\text{I}$  甲癌治疗等项目目前未开展诊疗工作，待开展相关工作后另行验收。

#### 1.4 项目基本信息一览表

本项目基本情况见表 1-1。

表 1-1 项目基本信息

项目名称	改扩建核医学科项目阶段项目（SPET/CT）竣工环境保护验收		
建设单位	江苏省肿瘤医院 (统一社会信用代码: 12320000466002702G)		
法人代表	冯继锋	项目联系人	蔡鹏飞
联系电话	18915999726		
通讯地址	南京市玄武区百子亭 42 号		
项目地点	南京市玄武区百子亭 42 号该医院内		
建设性质	改扩建		
环评单位	江苏玖清玖蓝环保科技有限公司		
环评报告名称	《江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目环境影响报告表》		
环评审批部门	江苏省生态环境厅	批复时间	2019 年 10 月 25 日

批准文号	苏环辐（表）审【2019】29号		
验收监测单位	南京瑞森辐射技术有限公司	委托时间	2020年8月20日
总投资（万元）	200		
核技术项目投资（万元）	200	核技术项目环保投资（万元）	150

江苏省肿瘤医院本次验收项目环评审批及实际建设情况见表 1-2。

表 1-2 本次验收项目环评审批及实际建设情况一览表

环评报告表名称	环评审批情况及批复时间	实际建设情况	备注
《江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目环境影响报告表》	<p>建设地点：南京市玄武区百子亭 42 号放疗中心大楼 4 楼。</p> <p>项目内容：对核医学科场所进行改建，并将控制区范围往西侧扩建，将 SPECT/CT 机房的位置往西侧移至原胃功能检查室处，在核医学科东侧拟设 3 个甲癌病房共 6 个病床（原核医学科在男观察室及女观察室各设 2 个病床），在北侧新增甲癌病人卫生间，将用药后甲癌患者与 SPECT/CT 等其他用药患者实现分区管理；同时由于之前环评时间较早，部分核素的门诊量和使用量等都与目前核医学科的情况有出入，因此医院根据门诊量和病人用药量对部分核素日等效操作量及年用量进行了调整。</p> <p>批复时间：2019 年 10 月 25 日</p>	<p>建设地点：南京市玄武区百子亭 42 号该医院核医学科。</p> <p>项目内容：对核医学科场所进行改建，并将控制区范围往西侧扩建，将 SPECT/CT 机房的位置往西侧移至原胃功能检查室处，对 <math>^{99m}\text{Tc}</math> 核素日等效操作量及年用量进行了调整。<math>^{89}\text{Sr}</math>、<math>^{223}\text{Ra}</math>、<math>^{188}\text{Re}</math> 及 <math>^{131}\text{I}</math> 甲癌治疗等项目未建成。</p>	在环评内容及批复范围内。

## 2 验收依据

### 2.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014年4月24日修订，2015年1月1日起实施；
- 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日起施行；
- 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，全国人大常委会，2003年10月1日起施行；
- 4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订版），国务院令 第682号，2017年10月1日发布施行；
- 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；
- 6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部部令 第20号，2021年1月4日起施行；
- 7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令 第18号，2011年5月1日起施行；
- 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；
- 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）；
- 10) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017年第66号，2017年12月5日起施行；
- 11) 《关于印发〈建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）〉的通知》，环办〔2013〕103号，2014年1月1日起施行；
- 12) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修订），2018年5月1日起施行；
- 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22日起施行；
- 14) 《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；

15) 《放射工作人员职业健康管理办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；

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。

## 2.2 建设项目竣工环境保护验收技术规范

- 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 2) 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB 8999-1988）；
- 3) 《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）；
- 4) 《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）；
- 5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；
- 6) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）；
- 7) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）；
- 8) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；
- 9) 《表面污染测定 第一部分  $\beta$  发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和  $\alpha$  发射体）》（GB/T14056.1-2008）；
- 10) 《医用诊断 X 射线个人防护材料及用品标准》（GBZ 176-2006）；
- 11) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；
- 12) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；
- 13) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）。

## 2.3 建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批文件

1) 《江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目环境影响报告表》，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，2019 年 7 月。见附件 2；

2) 江苏省生态环境厅关于该项目的审批意见，审批文号：苏环辐（表）审【2019】29 号，2019 年 10 月 25 日。见附件 3。

### 3 项目建设情况

#### 3.1 地理位置及平面布置

项目名称：改扩建核医学科项目阶段项目（SPET/CT）竣工环境保护验收。

建设地点：南京市玄武区百子亭 42 号江苏省肿瘤医院内，江苏省肿瘤医院地理位置见图 3-1，本项目周围环境示意图见图 3-2。

现场环境：江苏省肿瘤医院位于南京市玄武区百子亭 42 号。医院东侧依次为昆仑路、玄武门派出所、明城汇物管所、绿化带及城墙，南侧为江苏新华发行集团（凤凰新华管理学院）以及百子亭后小区，西侧依次为百子亭路及居民商住区，北侧为沿街商业用房、洞庭路及绿化带。本次改扩建核医学科项目位于医院放疗中心大楼（6 号楼）4 楼。该项目东侧 25m、30m 分别为玄武门派出所及明城汇物管所，南侧 50m 为百子亭后小区，其余方向 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感点。工作场所现场环境及环境保护目标与环评时一致。

本项目周围环境环评中规划情况与现场核实情况对照见表 3-1 至表 3-2，由表可知，本项目建设情况与环评及其审批意见一致。

表 3-1 本项目医院院区周围环境现场核实情况

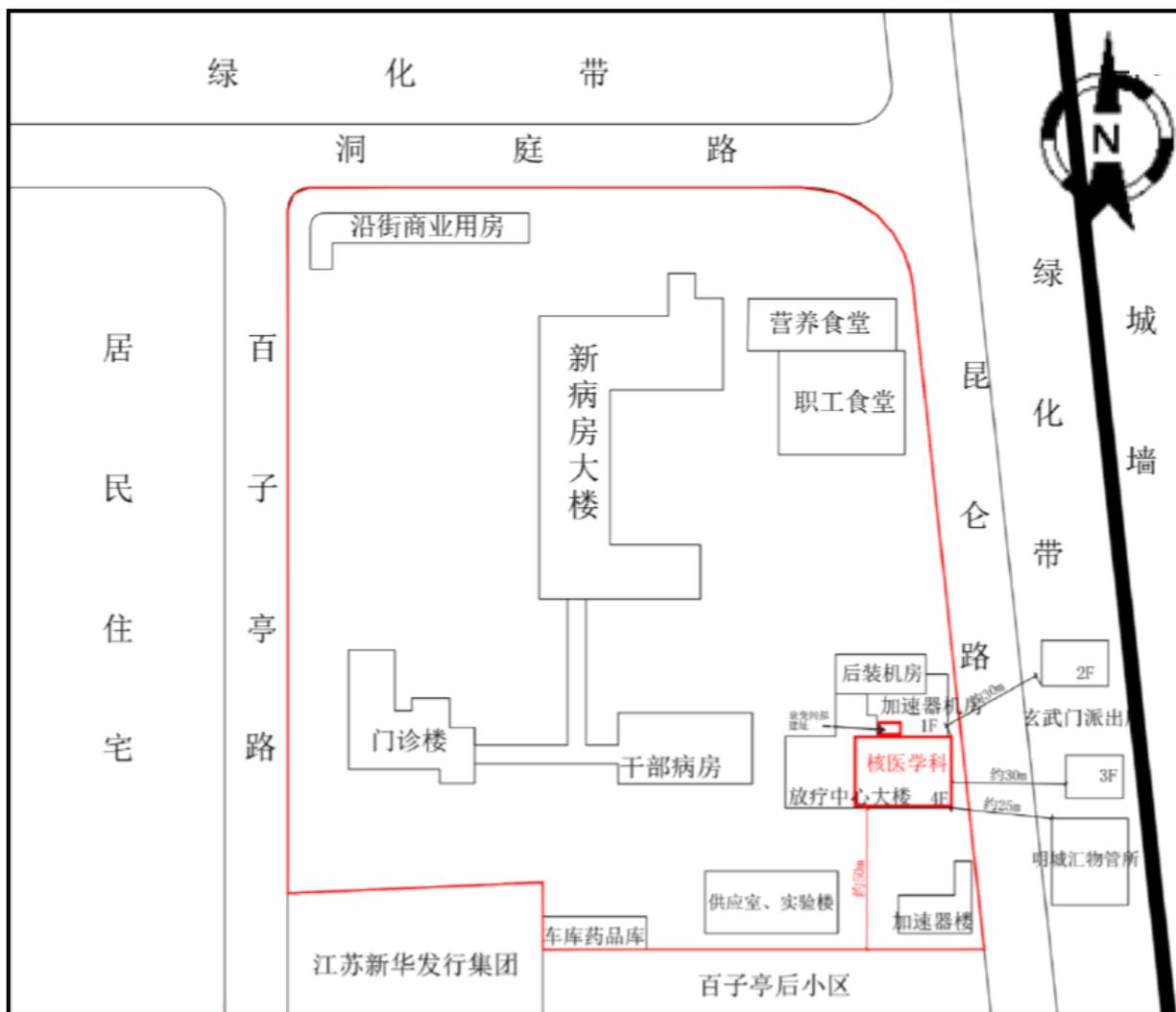
位置		周围环境现场核实情况	备注
江苏省 肿瘤医院	东侧	昆仑路、绿化带、零星居民住宅及城墙	与环评文件一致
	南侧	百子亭后小区	与环评文件一致
	西侧	百子亭路及居民住宅区	与环评文件一致
	北侧	洞庭路及绿化带	与环评文件一致

表 3-2 本项目核医学科周围环境环评中规划情况与现场核实情况对照表

位置		周围环境		备注
		环评规划情况	现场核实情况	
核医学科	东侧	临空	临空	与环评文件一致
	南侧	临空	临空	与环评文件一致
	西侧	楼梯、电梯 及医生办公区	楼梯、电梯 及医生办公区	与环评文件一致
	北侧	临空	临空	与环评文件一致
	楼上	无建筑	无建筑	与环评文件一致
	楼下	实验室	实验室	与环评文件一致



图 3-1 江苏省肿瘤医院院区地理位置示意图



3-2 本项目周围环境示意图

表 3-3 江苏省肿瘤医院本次验收项目环评及实际建设规模主要技术参数

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
$^{99m}\text{Tc}$	$3.7 \times 10^{10}$	$3.7 \times 10^7$	$5.55 \times 10^{12}$	乙级	核医学科	$3.7 \times 10^{10}$	$3.7 \times 10^7$	$5.55 \times 10^{12}$	乙级	核医学科

表 3-4 江苏省肿瘤医院本次验收项目废弃物（重点是放射性废弃物）实际建设规模

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	
含有 $^{99m}\text{Tc}$ 放射性核素的排泄物和冲洗水等；注射室产生的含放射性同位素的清洗废水	液体	$^{99m}\text{Tc}$	/	约 $4\text{m}^3$	约 $48\text{m}^3$	总 $\beta$ 小于 $10\text{Bq/L}$	流入衰变池中	存放约十个半衰期后，排放至医院污水管网。	在环评范围以内
注射室产生的一次性手套、滤纸、注射器、手套、擦拭废纸等以及废气处理系统更换的废活性炭	固体	$^{99m}\text{Tc}$	/	约 $17\text{kg}$	约 $204\text{kg}$	小于 $1 \times 10^4 \text{Bq/kg}$	存放于核医学科的废物库内	存放十个半衰期，达到排放标准后，由医院统一作为医疗废物处理	在环评范围以内

## 3.2 建设内容

江苏省肿瘤医院对核医学科场所进行改建，并将控制区范围往西侧扩建，将SPECT/CT机房的位置往西侧移至原胃功能检查室处，对<sup>99m</sup>Tc核素日等效操作量及年用量进行了调整。本次验收项目环评及实际建设规模主要技术参数见表3-3，废弃物（重点是放射性废弃物）实际建设规模见表3-4。

## 3.3 工作原理及工作流程

### 3.3.1 工作原理

SPECT即单光子发射型计算机断层显像（Single photon emission computed tomography，简称SPECT）。SPECT显像，其原理是利用引入人体内的放射性核素（一般使用<sup>99m</sup>Tc核素）发出的 $\gamma$ 射线经碘化钠晶体产生闪光，闪烁光子再与光电倍增管的光阴极发生相互作用，产生光电效应。光电效应产生的光电子经光电倍增管的打拿极倍增放大后在光阳极形成电脉冲，其经过放大器放大成形，再经过位置计算电路形成X、Y位置信号。各个光电倍增管输出信号之和为能量信号Z。X、Y信号经处理后加入显示器偏转极，Z信号加入启挥极，从而在荧光屏上形成闪烁影像。利用滤波反投影方法，借助计算机处理系统可以从一系列投影影像重建横向断层影像，由横向断层影像的三维信息再经影像重建组合获得矢状、冠状断层或任意斜位方向的断层影像。

SPECT/CT是单光子发射型计算机断层显像仪和CT一体化组合的影像诊断设备，将功能代谢与解剖结构完美结合显示成像，是目前临床核医学最广泛应用的医学影像诊断设备。SPECT装置诊断使用的放射性核素为<sup>99m</sup>Tc进行显像，采用双探头符合电路的新型SPECT可采用<sup>18</sup>F等正电子核素药物进行正电子发射断层显像，通过病灶部位对药物的摄取了解病灶功能代谢状态，从而对疾病正确诊断。

江苏省肿瘤医院核医学科<sup>99m</sup>Tc实际日最大操作量为 $3.7 \times 10^{10}$ Bq，年最大用量为 $5.55 \times 10^{12}$ Bq。

### 3.3.2 工作流程

医院根据病人预约情况提前向有资质的放射性药物供货商订药，放射性药物供货商将分装好的所需活度放射性药物装入铅罐内，由专门放射性药物运输车辆送达医院核医学科，指定专人负责药物的接收和登记，并暂存于注射室通风橱内，

当天用完。送达时间要略早于医院上班时间。注射护士在铅通风橱内从铅罐中取出放射性药物，用活度计测量所药液活度。

医护人员先对患者建立静脉注射通道，然后将放射性药物通过静脉注射通道注射进入受检者体内，药物分布到特定器官并发射  $\gamma$  射线，利用 SPECT/CT 对受检者全身或者相关脏器进行显像检查。检查流程如图 3-3 所示。

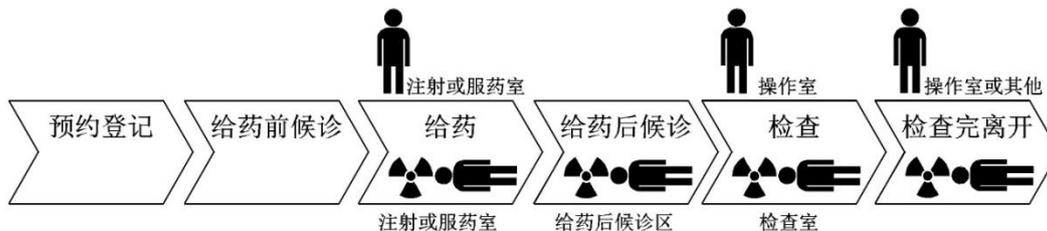


图 3-3 SPECT/CT 影像诊断流程示意图

- ①由医生确认需进行核素显像检查后进行预约登记、确定用药量；
- ②受检者在核医学科检查区注射前等候区候诊；
- ③受检者进入注射室接受放射性药物给药；
- ④给药后受检者在注射后等候检查区候诊；
- ⑤给药后受检者按序进入扫描间，在工作人员的帮助下正确摆位后，放射工作人员在控制室内进行隔室操作，取得检查部位的影像；
- ⑥受检者检查完成视情况在检查后等候离开区留观一段时间或直接离开。

### 3.4 项目变动情况

江苏省肿瘤医院本次验收项目实际建设规模及主要技术参数在环评及其批复范围以内，无变动情况。

## 4 辐射安全与防护环境保护措施

### 4.1 污染源项分析

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

#### 4.1.1 辐射源项分析

1) SPECT/CT 运行过程中的辐射主要包括 CT 机 X 射线、放射性药物和患者注射放射性药物后产生的辐射，主要使用  $^{99m}\text{Tc}$  药物经静脉注射，采用计算机扫描系统对患者各种相关脏器进行诊断检查。

2) CT 机的 X 射线：该项目配备 1 台 Infinia 型 SPECT/CT，最大管电压 140kV，管电流为 2.5mA。CT 在扫描工作时，主要的辐射源项包括球管发出的初始 X 射线、机头组件的泄漏辐射以及来自设备、设备周围物体及受检者身体的散射辐射。

3) 放射性药物和患者注射放射性药物后产生的辐射： $^{99m}\text{Tc}$  日最大用量为  $3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，每一次给受检者注入量一般为  $7.4 \times 10^8\text{Bq}$ 。 $^{99m}\text{Tc}$  的半衰期为 6.02h，衰变方式是同质异能跃迁，发射能量为 140keV 的  $\gamma$  射线。 $^{99m}\text{Tc}$  和  $^{99}\text{Tc}$  为同质异能素， $^{99m}\text{Tc}$  由激发态跃迁到基态  $^{99}\text{Tc}$  过程释放  $\gamma$  射线，此外， $^{99m}\text{Tc}$  还会放出 292keV 的  $\beta$  射线。 $^{99m}\text{Tc}$  标记的化合物均系非密闭型放射性物质，系非气态物，不产生放射性气溶胶。

表 4-1 SPECT/CT 检查显像过程中辐射源项的分布

序号	工作场所（或操作过程）	主要辐射源项
1	$^{99m}\text{Tc}$ 淋洗、标记、分装过程	放射性药物（ $\gamma$ 射线）
2	注射过程	放射性药物、受检者（ $\gamma$ 射线）
3	注射后放射性药物受检者休息场所	受检者（ $\gamma$ 射线）
4	注射后放射性药物受检者的检查场所及过程	受检者（ $\gamma$ 射线）
5	检查后受检者离开过程	受检者（ $\gamma$ 射线）
6	专用卫生间	受检者排泄物（ $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线）
7	有关废弃物	注射用针头、针管和淋洗出来未用完的残液等（ $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线）

序号	工作场所（或操作过程）	主要辐射源项
8	贮存场所	放射性药物（ $\gamma$ 射线）

#### 4.1.2 其他污染源项分析

臭氧和氮氧化物：SPECT/CT 的 CT 部分工作时，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧（ $O_3$ ）和氮氧化物（ $NO_x$ ），少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排出机房。臭氧在常温下自动分解为氧气，废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，由院内污水处理系统统一处理。

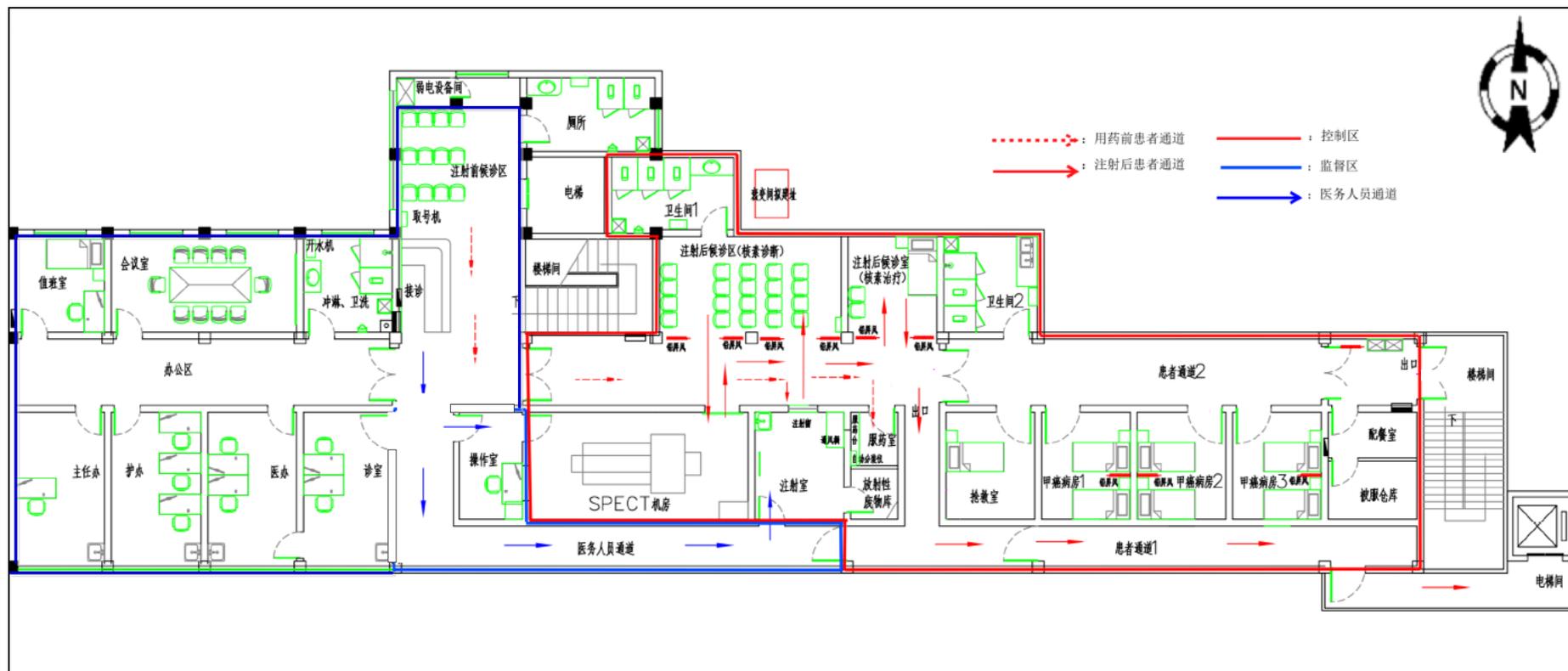


图 4-1 本项目核医学科平面布置及分区示意图

## 4.2 工作场所的布局和分区

**布局：**本项目核医学科位于院区放疗中心大楼4楼。本项目改扩建后主要场所包括：注射前候诊区、SPECT机房、操作室、医生通道、注射室、放射性废物库、注射后候诊区（核素诊断）、卫生间1、抢救室以及患者通道2等，SPECT机架在机房中远离防护门的位置，布局合理。

**工作人员通道：**核素操作人员由核医学科西侧经西侧走道进入医务人员通道，再向北进入注射室，进行药物接收、分装等操作，并在注射窗口进行药物注射，工作结束后原路返回；设备操作人员由核医学科西侧经西侧走道进入操作室，操作设备，根据需要至SPECT机房指导摆位，工作结束后原路返回。

**患者通道：**患者根据预约从北侧病人入口进入未注药候诊厅，根据工作人员叫号进入注射窗口接受给药，给药后进入注射后候诊区候检，检查前至患者专用卫生间1如厕，根据工作人员叫号至SPECT机房进行扫描检查，检查完毕后经患者通道1由患者专用出口离开。

**药物通道：**放射性药物由核医学科西侧走道进入医务人员通道，再向北进入注射室，将药物放入通风橱。

**辐射防护分区：**本项目将核医学科除注射前候诊室、医务人员通道及操作室外的其余场所划分为辐射防护控制区，将注射前候诊室、医务人员通道、医务人员办公场所及操作室划为辐射监督区，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。本项目核医学科平面布置及分区示意图见图4-1。

## 4.3 非密封放射性物质工作场所的分级

本项目核医学科日等效操作量及其工作场所等级计算见表4-2。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）非密封源工作场所的分级标准，由表4-2可知，本项目核医学科（包括环评批复中的所有核素）及日等效最大操作量为 $3.81 \times 10^9 \text{Bq}$ 。由此可见，本项目核医学楼各工作场所为乙级非密封源工作场所。

表4-2 核医学工作场所分级一览表

核素种类	日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式与放射源状态修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	备注

核素种类	日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式与放射源状态修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	备注
$^{99m}\text{Tc}$	$3.7 \times 10^{10}$	低毒, 0.01	很简单的操作 (液体), 10	$3.7 \times 10^7$	本次验收
$^{131}\text{I}$	$3.33 \times 10^{10}$	中毒, 0.1	简单的操作 (液体), 1	$3.33 \times 10^9$	未开展诊疗工作
$^{89}\text{Sr}$	$7.4 \times 10^8$	中毒, 0.1	简单的操作 (液体), 1	$7.4 \times 10^7$	未开展诊疗工作
$^{223}\text{Ra}$	$1.85 \times 10^7$	极毒, 10	简单的操作 (液体), 1	$1.85 \times 10^8$	未开展诊疗工作
$^{188}\text{Re}$	$2.22 \times 10^9$	中毒, 0.1	简单的操作 (液体), 1	$2.22 \times 10^8$	未开展诊疗工作
合计				$3.81 \times 10^9$	

#### 4.4 辐射安全措施

##### 1) 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

本项目核医学工作场所所有出入口处防护门、铅废物筒上均粘贴有电离辐射警告标志, 各机房入口处设置工作状态指示灯, 工作状态指示灯和电离辐射警告标志见图 4-2。



图 4-2 核医学场所工作状态指示灯和电离辐射警告标志 (警戒线、告知说明)

## 2) 门灯联动

本项目SPECT/CT机房的防护门设置有门灯联动装置，当防护门关闭时，工作状态指示灯亮。现场检查门灯联动装置运行正常。

## 3) 影像监控对讲系统

医院在SPECT/CT机房与控制室之间的墙上设置了铅玻璃观察窗和对讲装置，在护士站设置了监控显示屏，可以随时监控受检者的情况，避免受检者注射药物后随意走动或无关人员进入放射工作场所；观察装置、监控系统及语音对讲装置见图4-3。

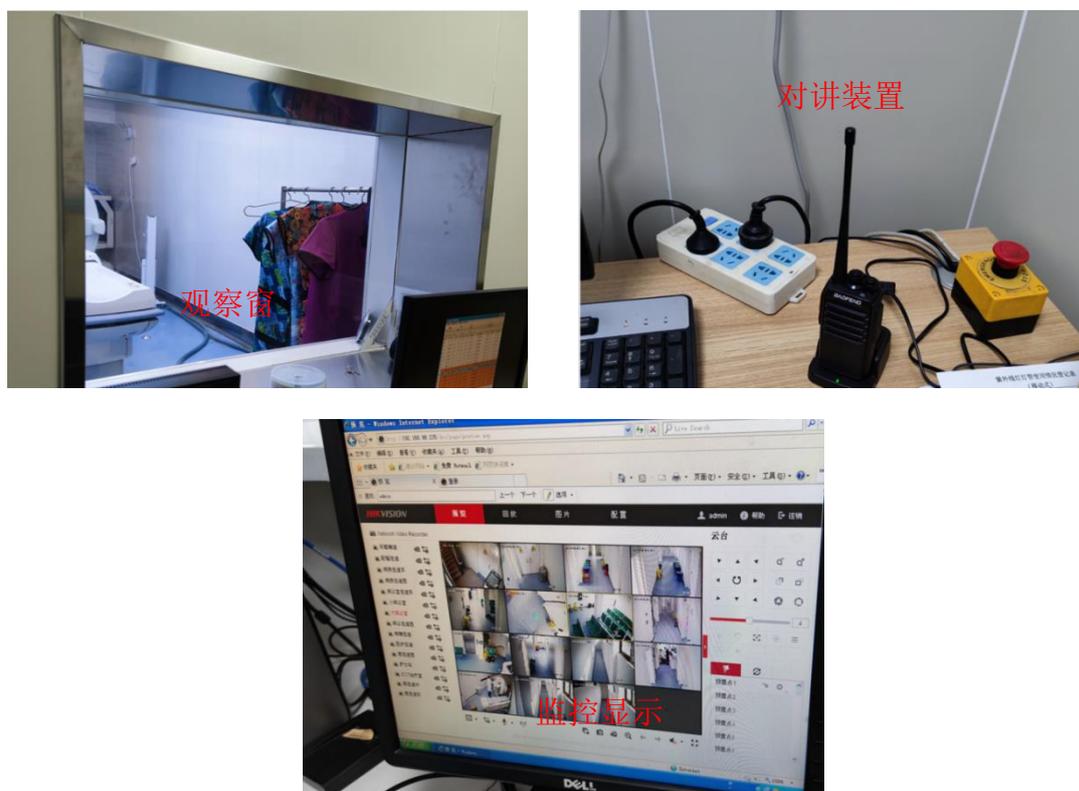


图 4-3 观察、影像监视及对讲系统

## 4) 急停按钮

本项目SPECT/CT机房控制室内的操作台上及设备上均设有急停按钮，当出现紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备，现场已核实。急停装置见图4-4。

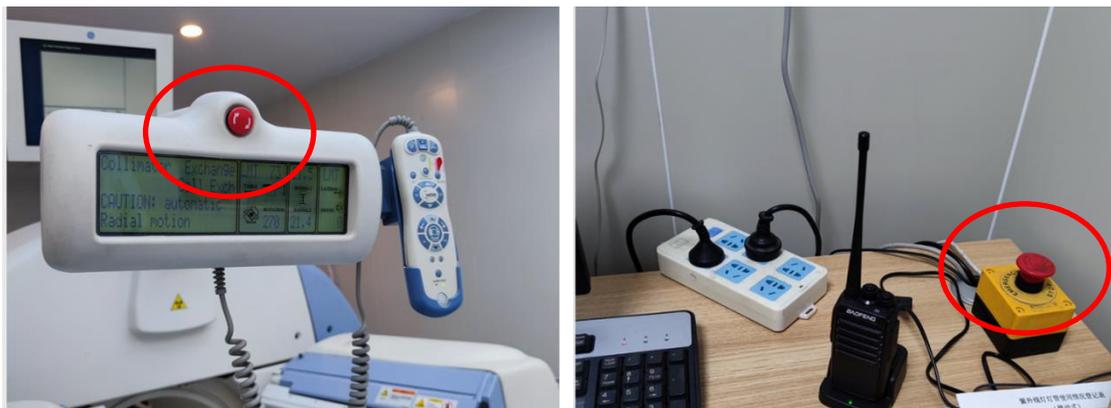


图4-4 急停按钮

### 5) 人员监护

医院为本项目调配 5 名辐射工作人员（已参加辐射安全与防护培训，并且考核合格，名单见表 4-2），并对 5 名辐射工作人员进行健康体检及个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。工作人员均参加了职业健康检查及辐射安全与防护知识培训，考核合格后上岗操作。

医院已配备有 1 台辐射巡测仪、1 台表面污染仪，并为本项目配备 2 台个人剂量报警仪，见图 4-5 至图 4-7。

表 4-2 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	学历	培训合格证书编号	工作场所
周大庆	男	本科	苏辐培 201901406	核医学科
殷健	男	本科	苏辐培 201901313	核医学科
张林叶	女	本科	苏辐培 201901360	核医学科
于晓燕	女	本科	苏辐培 201901437	核医学科
陶云霞	女	本科	苏辐培 201901175	核医学科



图 4-5 表面污染仪



图 4-6 辐射巡测仪



图 4-7 个人剂量报警仪

## 6) 辐射防护屏蔽措施

本项目核医学科建设及落实核查结果见表 4-3。

表 4-3 核医学科屏蔽防护设计及落实情况一览表

场所名称	四侧墙体	地面	屋顶	防护门观察窗 (mmPb)	注射窗 (mmPb)
	材料及厚度	材料及厚度	材料及厚度		
服药室、注射室、放射性废物库、注射后候诊室、卫生间 1、SPECT 机房	24cm 实心砖 +3mm 铅板	15cm 混凝土 +6mmPb	15cm 混凝土	6mmPb	40mmPb
卫生间 2	东墙、北墙 24cm 实心砖 +6mm 铅板，南墙 24cm 实心砖	15cm 混凝土 +6mmPb	15cm 混凝土	6mmPb	/
患者通道1	24cm 实心砖墙 +6mmPb	15cm 混凝土 +6mmPb	15cm 混凝土	6mmPb	/
通风橱	40mmPb				
废物桶	20mmPb				

## 7) 防护用品

医院配备有防护铅衣、防护铅围脖、铅帽、铅眼镜等防护用品。用于医生和患者的个人防护。本项目配备的个人防护用品见图 4-8，个人防护用品清单见表 4-4。



图 4-8 本项目配备的个人防护用品

表 4-4 本项目配备的个人防护用品清单

防护用品	数量	防护参数	用途	生产日期
铅衣	5	0.5mmPb	医生用/患者用	2020 年 7 月
铅眼镜	5	0.5mmPb	医生用	2020 年 7 月
铅围脖	1	0.5mmPb	医生用	2020 年 7 月
移动屏风	4	0.5mmPb	医生用/患者用	2020 年 7 月

## 8) 放射性“三废”处置

该临床核医学工作场所所涉及非密封放射性核素使用，会产生放射性的固体废物、液体废物和气体废物，医院已采取相应措施，减少放射性废物的产生，防止污染扩散，并做好废物产生、处置的记录，建档保存。

### (1) 固体废物

本项目涉及的固态废弃物主要包括废弃的注射器、手套、试管、口罩、棉球、滤纸和核医学病房病人产生的废弃物。医院在核医学科注射室东侧设有放射性废物库用于存放固体废物，固体废物暂存 10 个半衰期后，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理。

此外，在涉及放射性药物场所设置铅桶用于暂存项目运作过程中产生的受药物（ $^{99m}\text{Tc}$ ）污染的擦拭纸、注射器、手套等放射性固废，固定周期对这些固废进行收集、用专用袋打包并贴上规范的标签，转移到废物库暂存，经 10 个半衰期后，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理。废物桶及废物库见图 4-9。



图 4-9 本项目废物桶和废物库

## （2）液体废物

本项目使用的放射性核素药物分装和注射时均采用一次性器皿，无需洗涤，可减少放射性废液的产生。而当放射性药物洒落在地面、台面或墙面时，一般采用脱脂棉花、吸水纸等将撒泼液吸干，再用清洗剂擦洗去污，使表面放射性物质转移到棉花、吸水纸上，作为固体废物收集处理。只有当工作人员操作过程中身体表面收到污染或工作台面或地面需要清洗、受检者和住院患者排便、洗澡用水冲洗、清洗病人衣服及被褥时，才会产生放射性废液，由此所产生的废水需排入衰变池。

医院已在核医学科北侧地面设置了放射性废水衰变间，并在核医学工作场所布置了独立排水管道将含有放射性同位素的废水统一集中到衰变池进行衰变。医院设置了两个衰变处理系统，一个用于对  $^{131}\text{I}$  甲癌治疗病人的废水进行收集，另一个用于对  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$  等放射性核素诊疗病人的废水进行贮存衰变，每套系统包

含3个污水池，其中3个用于 $^{99m}\text{Tc}$ 的衰变池均为1m（长） $\times$ 1m（宽） $\times$ 2m（高），总体积为 $6\text{m}^3$ 。本项目衰变间见图4-10。



图4-10 本项目衰变间

本项目衰变系统的三个衰变池均交替使用，放射性污水从降解槽首先进入一号池，此时，另两个槽体进水口和三个槽体的出水口全部处于关闭状态。当第一个衰变池液面达到设定液位时，关闭一进水阀，第二个池的进水阀门开启，污水进入二号池。当二号池液面达到设定液位时，关闭二进水阀，开启三号池进水阀，当三号池水液面达到设定液位时，一号池排水阀开，排水泵工作。当液位传感器感知到一号池液位排空后，关闭三号池进水阀，同时打开一号池进水阀；当一号池第二次感知到液位达到设定液位时，二号排水阀开启，同时排水泵工作；当感知到液体已排空后，二号排水阀关闭，一号进水阀关闭，二号进水阀打开；如此循环，确保了每次排放的槽体内废液都是贮存时间最长的。

本次验收项目使用的放射性核素为 $^{99m}\text{Tc}$ ，医院核医学科含 $^{99m}\text{Tc}$ 放射性废水日排放量约 $0.4\text{m}^3$ （日门诊量保守按最高峰50人计，每次冲厕水保守取6L，辐射工作人员每日冲洗废水按100L计）， $^{99m}\text{Tc}$ 核素十个半衰期60.2h（约2.5d）的废水产生量约为 $1\text{m}^3$ ，本项目 $^{99m}\text{Tc}$ 废水处理系统的总容量为 $6\text{m}^3$ ，因此本项目 $^{99m}\text{Tc}$ 废水处理系统能够满足放射性废水十个半衰期的暂存衰变要求。

### （3）气体废物

针对该临床核医学工作场所和核医学病房区域可能产生的放射性气体，医院

为临床核医学工作场所设置单独的排风系统，并在注射室安装了 1 台通风橱，通风橱设有排风装置，可将空气中挥发散逸的微量放射性同位素排出至放疗中心楼楼顶。通风管道均为 PVC 管材，医院为通风系统设置了活性炭过滤装置。排气口高于本建筑屋脊，排气口设置活性炭过滤装置和雨帽，满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中的要求。放疗中心大概屋顶通风口见图 4-11。



图 4-11 屋顶通风口位置及通风橱



图 4-12 候诊区告知



图 4-13 控制区入口警戒线

#### 9) 受检者候诊区的管理

本项目受检者候诊区位于 SPECT/CT 机房和注射室北侧的注射后候诊大厅内，为了减少受检者受照剂量，医院应对候诊区进行一定的分隔，保证人员之间保持一定的防护距离。医院已在显著位置张贴说明、警戒线及防护要求，见图 4-12 至图 4-13。

#### 10) 放射性药物注射人员防护要求

装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过规定值，应采取相应去污措施。

### 4.5 辐射安全管理制度

江苏省肿瘤医院根据《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》，针对所开展的放射治疗活动制定了相应的辐射安全与防护管理制度，清单如下：

- 1) 《放射性同位素安全管理制度》；
- 2) 《核医学放射安全防护制度》；
- 3) 《辐射监测与放射性废物管理制度》；
- 4) 《放射防护工作岗位职责》；

- 5) 《放射工作人员培训制度》；
- 6) 《个人剂量监测方案》；
- 7) 《辐射环境监测方案》；
- 8) 《辐射事故应急措施预案》。

以上辐射安全与防护管理制度能够满足《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》的相关要求。辐射安全规章管理机构及制度详见附件 5。

#### **4.6 辐射安全应急措施**

江苏省肿瘤医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，已建立相应的放射安全事故应急预案，对医院放射事故应急处理小组的职责、事故应急处理方案、事故调查及信息公开、以及应急保障、人员培训和演练等方面进行了规定，满足放射安全事故应急要求。

## 4.7 辐射安全与防护措施落实情况

表 4-5 改扩建核医学科项目阶段项目（SPET/CT）环评及批复落实情况一览表

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全管理机构	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
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：本项目核医学科控制区的储药间、注射室、卫生间、用药后候诊室、SPECT 扫描机房、患者通道以及甲癌病房等场所四周墙体均拟采用实心砖墙外加铅板进行防护，整个控制区楼顶均拟采用 15cm 混凝土，4 间甲癌病房地面拟采用 15cm 混凝土+10mm 铅板进行防护，控制区其他场所地面均拟采用 15cm 混凝土+6mm 铅板进行防护，控制区内各防护门均拟采用 6mm 铅板进行防护，SPECT 机房的观察窗拟采用 6mm 铅当量的铅玻璃进行防护。	严格执行辐射防护和安全措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。	正常运行时，改建核医学工作场所周围所有监测点位的 X- $\gamma$ 辐射剂量率、工作场所的放射性表面污染水平符合均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）标准要求。根据现场监测结果计算可知，人员剂量可满足：职业人员 6mSv/a、公众 0.3mSv/a 的限值要求。	已落实
	安全措施：拟在核医学科的控制区出入口、SPECT 机房、注射室、服药室、注射后候诊室、甲癌病房等场所外明显位置粘贴符合 GB 18871-2002 规范的电离辐射警告标志；拟在改建后的 SPECT 机房门口设置工作状态指示灯；并拟在机房防护门安装闭门装置；医院拟在核医学科入口、患者通道 1 出口处以及患者通道 2 入口及出口处设带门禁系统的单向门，实现“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线管理；2 个患者通道、注射室、服药室、注射后候诊室、SPECT 机房、甲癌病房等场所安装监	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。	工作场所已按规定设置了工作指示灯、电离辐射警告标志，在机房防护门安装了闭门装置，配置了监控系统，设置了监视对讲装置，在核医学科入口、患者通道及出口处设置了带门禁系统的单向门，实现“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线管理。	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	控及对讲设备，通过监控及对讲设备对控制区内用药后患者进行有序管理，使患者有序进入核医学科用药就诊。			
人员配备	辐射防护与安全培训和考核：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，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。辐射工作人员工作时须随身个人剂量计。建立个人剂量档案和职业健康档案。	医院 5 名辐射工作人员均参加辐射安全培训，考核合格后持证上岗。	已落实
	个人剂量监测：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（1 次/季），建立个人剂量档案。		医院 5 名辐射工作人员均佩戴个人剂量计，每季度送江苏省疾控预防控制中心检测。个人剂量委托检测协议见附件 7。	已落实
	人员职业健康监护：辐射工作人员定期进行职业健康体检（1 次/2 年），并建立放射工作人员职业健康档案。		辐射工作人员在上岗前进行职业健康体检，体检合格后上岗操作。已建立职业健康档案。	已落实
监测仪器和防护用品	环境辐射剂量巡测仪：医院已配备 1 台环境辐射剂量巡测仪、1 台表面沾污仪以及 1 台活度计。	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。	医院配备有 1 台辐射巡测仪及 1 台表面污染仪。	已落实
	个人剂量报警仪：医院还应为本项目配备 2 台个人剂量报警仪。	辐射工作人员工作时须随身携带辐射报警仪。	医院已为本项目配备 2 台个人剂量报警仪，辐射工作人员工作时随身携带。	已落实
三废处理措施	医院拟在核医学科北侧地面建设放射性废水衰变间，衰变间四周墙体以及顶部均拟采用 30cm 混凝土浇筑，衰变间防护门拟采用 10mm 铅板进行防护，废水处理间内拟设两个放射性废液衰变处理系统，本项目两个衰变处理系统各包含 3 个污水池，其中 $^{131}\text{I}$ 废水处理系统的每个污水池体积均为 2m（宽） $\times$ 3.5m（长） $\times$ 4m（高），三个污水池的总体积为 84m <sup>3</sup> ，能够满足 $^{131}\text{I}$ 十个半衰期的暂存衰变要求； $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 废水处理系统的 3 个衰变池体积均为 1m（长） $\times$ 1m（宽） $\times$ 2m（高），总体积为 6m <sup>3</sup> ，主	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；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。	医院已在核医学科北侧地面建设放射性废水衰变间，废水处理系统能够满足放射性废水十个半衰期的暂存衰变要求。	

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	<p>要考虑半衰期较长且年门诊量较大、废水产生量较多的<sup>99m</sup>Tc核素，衰变系统的容量能够满足放射性废水的衰变贮存要求。</p> <p>本项目分装室内配置有通风橱，放射性同位素均在通风橱内操作，通风橱内拟设专用通风管道，工作中设计风速不小于1m/s。放射性废气拟采用活性炭过滤后经专用排风管道排出，排气口高于本建筑屋脊，符合放射性工作场所相关要求。</p> <p>医院在核医学科注射室、注射窗口及服药窗处内各设一个6mmPb的放射性废物桶，用于收集分装及注射过程中产生的含<sup>131</sup>I、<sup>18</sup>F、<sup>99m</sup>Tc、<sup>89</sup>Sr等核素的放射性废物以及病人服药后的纸杯以及搽试废纸等。收集后的放射性废物在标明废物类型、核素种类和存放日期等信息后及时送放射性废物库的放射性废物箱内贮存，存放十个半衰期后，由医院统一作为普通医疗废物处理。</p>			
辐射安全管理制度	<p>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、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。</p>	<p>建立健全辐射安全与防护规章制度并严格执行。</p>	<p>已制定辐射安全管理制度，包括《放射性同位素安全管理制度》、《核医学放射安全防护制度》、《辐射监测与放射性废物管理制度》、《放射防护工作岗位职责》、《放射工作人员培训制度》、《个人剂量监测方案》、《辐射环境监测方案》、《辐射事故应急措施预案》。</p>	已落实
辐射监测	/	<p>每年请有资质的单位对项目周围辐射水平监测1~2次。</p>	<p>每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测。</p>	已落实

## 5 环境影响报告书（表）主要结论与建议及其审批部门审批文件

### 5.1 环境影响报告书（表）主要结论与建议

#### 5.1.1 结论

##### 1、辐射安全与防护分析结论

##### 1) 项目位置

江苏省肿瘤医院位于南京市玄武区百子亭 42 号。东侧依次为昆仑路、玄武门派出所、明城汇物管所、绿化带及城墙，南侧为江苏新华发行集团（凤凰新华管理学院）以及百子亭后小区，西侧依次为百子亭路及居民商住区，北侧为沿街商业用房、洞庭路及绿化带。本项目所在的放疗中心大楼位于医院东南侧，为四层建筑，本项目核医学科位于放疗中心大楼四楼，本项目核医学科场所的东侧、南侧以及北侧均为临空，西侧为楼梯、电梯以及医生办公区，楼下为临床检验中心实验室。

##### 2) 项目分区及布局

本项目核医学科经过改建后拟开展的项目为 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 诊断、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 核素治疗及 $^{131}\text{I}$ 甲癌治疗项目。主要场所包括：注射前候诊区、SPECT机房、操作室、医生通道、注射室、服药室、放射性废物库、注射后候诊区（核素诊断）、注射后候诊室（核素治疗）、卫生间1、患者通道1、卫生间2、甲癌病房1~甲癌病房3，抢救室、被服储存间、配餐间以及患者通道2等。医院拟将上述除注射前候诊室、医务人员通道及操作室外的其余场所划分为控制区，采用实体屏蔽，无关人等不得进入；拟将医务人员通道及操作室划分为监督区。

本项目核医学科工作场所分别设计有病人进出路线、医务人员进出路线，其中 $^{131}\text{I}$ 甲癌治疗场所与其他核素诊疗场所分开设置，医院在工作过程中对 $^{18}\text{F}$ 诊断、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 核素治疗采取分时段、分核素诊断或治疗。本项目线路设置可有效避免带有放射性的病人对其它人员造成不必要照射，核医学科工作场所控制区和监督区划分明显，布局及通道设计基本合理，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

##### 3) 辐射安全措施

本项目核医学科工作场所设有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：拟

在核医学科的控制区出入口、SPECT 机房、注射室、服药室、注射后候诊室、甲癌病房等场所外明显位置粘贴符合 GB 18871-2002 规范的电离辐射警告标志；

拟在改建后的 SPECT 机房门口设置工作状态指示灯；并拟在机房防护门安装闭门装置；医院拟在核医学科入口、患者通道 1 出口处以及患者通道 2 入口及出口处设带门禁系统的单向门，实现“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线管理；2 个患者通道、注射室、服药室、注射后候诊区（室）、SPECT 机房、甲癌病房等场所安装监控及对讲设备，通过监控及对讲设备对控制区内用药后患者进行有序管理，使患者有序进入核医学科用药就诊；医院拟在每间甲癌病房的病床之间设置铅屏风以减少甲癌病人之间的相互交叉辐射影响。

#### 4) 辐射安全管理

江苏省肿瘤医院目前已成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。医院应根据相关法条例及本报告提出的要求对现有辐射安全管理制度进行补充和完善。医院目前为核医学科配备有 5 名辐射工作人员，均已参加辐射安全培训及考核，医院应注意每四年安排其进行复训。

## 2、环境影响分析结论

### 1) 辐射防护影响预测

本项目核医学科控制区的注射室、服药室、放射性废物库、卫生间（1、2）、注射后候诊区（室）、SPECT 扫描机房、患者通道以及甲癌病房等场所四周墙体均拟采用实心砖墙外加铅板进行防护，整个控制区楼顶均拟采用 15cm 混凝土，4 间甲癌病房地面拟采用 15cm 混凝土+10mm 铅板进行防护，控制区其他场所地面均拟采用 15cm 混凝土+6mm 铅板进行防护，控制区内各防护门均拟采用 6mm 铅板进行防护，SPECT 机房的观察窗拟采用 6mm 铅当量的铅玻璃进行防护。经理论预测，本项目核医学科场所周围参考点处的辐射剂量率均小于  $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）标准中相关要求。

### 2) 保护目标剂量

根据理论分析预测，本次核医学科改扩建项目在做好辐射安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众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 6mSv，公众年有效剂量不超过 0.3mSv）。

### 3) 三废处理处置

医院拟在核医学科北侧地面建设放射性废水衰变间，衰变间四周墙体以及顶部均拟采用30cm混凝土浇筑，衰变间防护门拟采用10mm铅板进行防护，废水处理间内拟设两个放射性废液衰变处理系统，本项目衰变处理系统共包含3个污水池，本项目两个衰变处理系统各包含3个污水池，其中 $^{131}\text{I}$ 废水处理系统的每个污水池体积均为2m（宽） $\times$ 3.5m（长） $\times$ 4m（高），三个污水池的总体积为84m<sup>3</sup>，能够满足 $^{131}\text{I}$ 十个半衰期的暂存衰变要求； $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 废水处理系统的3个衰变池体积均为1m（长） $\times$ 1m（宽） $\times$ 2m（高），总体积为6m<sup>3</sup>，主要考虑半衰期较长且年门诊量较大、废水产生量较多的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素，衰变系统的容量能够满足放射性废水的衰变贮存要求。

本项目分装室内配置有通风橱，放射性同位素均在通风橱内操作，通风橱内拟设专用通风管道，工作中设计风速不小于1m/s。放射性废气拟采用活性炭过滤后经专用排风管道排出，排气口高于本建筑屋脊，符合放射性工作场所相关要求。

医院在核医学科注射室、注射窗口及服药窗口处内各设一个放射性废物桶，用于收集分装及注射过程中产生的含 $^{131}\text{I}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 等核素的放射性废物以及病人服药后的纸杯以及搽试废纸等。收集后的放射性废物在标明废物类型、核素种类和存放日期等信息后及时送放射性废物库的放射性废物箱内贮存，存放十个半衰期后，由医院统一作为普通医疗废物处理。

### 3、可行性分析结论

综上所述，江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目在落实本报告提出的各项辐射安全措施和管理措施后，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具备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，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

#### 5.1.2 建议和承诺

1) 该项目运行中，应严格遵守操作规程，加强对辐射工作人员的培训，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) 各项辐射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) 为减少甲癌病人在卫生间聚集的交叉辐射影响, 建议医院在卫生间 2 安装人员感应装置, 当卫生间内有人时提示后面人员暂时不要进入。

## 5.2 审批部门审批文件

你单位报送的《改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。项目地点位于南京市玄武区百子亭 42 号该医院内, 项目内容: 拟对医院核医学科进行改扩建, 将 ECT 机房西移至原胃肠功能检查室, 东侧新增甲癌治疗病房, 北侧新增甲癌病人卫生间, 将用药后的甲癌患者与 ECT 等其他用药患者实行分区管理; 并根据实际情况对核素用量进行调整(调整前后各核素用量详见《报告表》)。改扩建后核医学科仍属乙级非密封放射性物质工作场所。

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) 定期检查辐射工作场所工作指示灯、电离辐射警告标志等安全设施, 确保正常工作。

(三) 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;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。

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

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

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

(七) 项目建成后建设单位应及时向我厅申办环保相关手续, 依法取得辐

射安全许可证并经验收合格后，方可投入正式运行。

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

## 6 验收执行标准

### 6.1 人员年受照剂量管理目标值

依据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 6-1。

表 6-1 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
江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目	职业照射有效剂量	6mSv/a
	公众有效剂量	0.3mSv/a

### 6.2 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。

### 6.3 工作场所布局要求

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求，本项目工作场所布局应遵循下述要求。

第 4.5 款：合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s），排风口应高于本建筑屋脊，并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

第 4.8 款：临床核医学诊断及治疗用工作场所（包括通道）应注意合理安排和布局。其布局应有助于实施工作程序，如一端为放射性物质贮存室，依次为给

药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过。

第 4.9 款：临床核医学诊断用给药室与检查室应分开。如必须在检查室给药，应具有相应的放射防护设备。

第 4.10 款：临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室，宜有受检者专用厕所。

#### 6.4 核医学工作场所分级

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 6-2 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 6-2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 6-3 和表 6-4。

表 6-3 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 6-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	修正因子			
	表面污染水平 较低的固体	液体, 溶液, 悬 浮液	表面有污染的 固体	气体, 蒸汽, 粉 末, 压力很高的 液体, 固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

### 6.5 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）中表 11 的规定，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表 6-5 的控制水平。

表 6-5 工作场所放射性表面污染控制水平（单位：Bq/cm<sup>2</sup>）

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 <sup>1)</sup>	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作 鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4
1) 该区内的低污染子区除外				

### 6.6 工作场所放射防护安全要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，本项目 SPECT/CT

机房应满足下述要求：

5.4.1 在扫描程序开始之前，应指明某一扫描程序期间所使用的 CT 运行条件。

5.4.2 对于任意一种 CT 扫描程序，都应在操作者控制台上显示剂量信息。

5.4.3 应设置急停按钮，以便在 CT 扫描过程中发生意外时可以及时停止出束。

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.1.5 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下表的规定。

表 6-6 X 射线设备（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(m <sup>2</sup> )	机房内最小单边长度(m)
CT 机 (不含头颅移动 CT)	30	4.5

6.2.1 X 射线设备机房屏蔽防护应不低于下表的规定。

表 6-7 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量(mm)	非有用线束方向铅当量(mm)
CT 机房	2.5	

6.3.1 机房和辐射屏蔽防护，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 $\mu$ 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。

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

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。

## 7 X射线设备操作的防护安全要求

### 7.1 一般要求

7.1.1 放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识的培训，满足放射工作人员岗位要求。

7.1.2 根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。

7.1.3 合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。

7.1.4 如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。

7.1.5 X射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。

7.1.6 放射工作人员应按 GBZ 128 的要求接受个人剂量监测。

7.1.7 在进行病例示教时，不应随意增加曝光时间和曝光次数。

7.1.8 不应使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果。

7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。

## 6.7 放射性废水排放活度浓度限值

参考《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）的要求，本项目污水排放放射性，在衰变池排放口执行“总  $\alpha < 1\text{Bq/L}$ ，总  $\beta < 10\text{Bq/L}$ ”的要求。

## 6.8 放射性固废暂存及清洁解控的要求

根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求，本项目应设置满足如下条件的放射性固废容器。

第 4.7 款：临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器，容器上应有放射性标志。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如污染的针头、注射器和破碎的玻璃皿等应贮于不泄露、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。放射性废物应及时按 GBZ 133-2009 进行处理。

根据《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）的规定，本项目放射性固废在放射性固废贮存设施中暂存衰变，在满足表 6-9 的条件下，方能作为医疗废物处理。

表 6-9 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

核素	解控水平（Bq/g）
$^{99m}\text{Tc}$	$1 \times 10^1$
注 1：上述解控水平推荐值原则上只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对产生少量放射性固体废物的医学应用或实验室。 注 2：严禁为申报清洁解控而采用人工稀释等方法来降低核素活度浓度。 注 3：本表数值取自 GB 18871-2002 附录 A。	

## 6.9 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。

## 7 验收监测

### 7.1 监测分析方法

本次监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）、《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《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）、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）、《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）的要求进行监测。

### 7.2 监测因子

根据项目污染源特征，本次竣工验收监测因子为 X- $\gamma$  辐射剂量率、表面污染水平和通风风速。

### 7.3 监测工况

南京瑞森辐射技术有限公司分别于2020年8月25日、2021年2月4日对江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目阶段项目（SPET/CT）进行验收监测，验收工况如下：

表 7-1 江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目阶段项目（SPET/CT）验收工况

设备名称型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
SPECT/CT (Infinia)	140kV 2.5mA	受检者服药量为 $4.44 \times 10^8 \text{Bq}$ 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ CT 工况：130kV/2.5mA	核医学科

### 7.4 监测内容

对扩建 1 台 SPECT/CT 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 SPECT/CT 运行状态、非运行状态下的 X- $\gamma$  辐射剂量率、核医学工作场所  $\beta$  放射性表面污染水平及核医学通风橱风速，每个点位监测 5 个数据。

## 8 质量保证和质量控制

### 8.1 本次验收监测质量保证和质量控制

#### 8.1.1 监测单位资质

验收监测单位获得 CMA 资质认证（161012050353），见附件 11。

#### 8.1.2 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江苏省社会辐射环境检测机构辐射检测技术人员上岗培训。检测人员资质见表 8-1。

表 8-1 检测人员资质

序号	姓名	证书编号	取证时间
1	赵国良	SHFSJ0497（电离类）	2018.1.26
2	刘彧好	SHFSJ0583（电离类）	2019.11.28

#### 8.1.3 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 8-2。

表 8-2 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	X-γ 剂量率仪	AT1123	NJRS-107	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2020-0015678 检定有效期限：2020.3.17~2021.3.16
2	表面污染仪	COMO170	NJRS-129	测量范围：β/γ 0cps~20000cps 检定证书编号：YDLhd2020-00512 检定有效期限：2020.04.01~2021.03.31
3	风速仪	HT625B	NJRS136	检定证书编号：H2020-0047768 检定有效期限：2020.6.9~2021.6.8

## 8.2 自主检测质量保证和质量控制

### 8.2.1 监测仪器

经现场核查，江苏省肿瘤医院为本项目配备的辐射检测仪均能正常使用，可以满足日常自检要求。

监测仪器见表 8-3。

表 8-3 检测使用仪器

仪器名称/型号	型号	数量	购买日期	性能状态
辐射巡检仪	Fluke451p	1	2017.01	完好
表面污染仪	SURVEY METER MODEL3	1	2012.12	完好
个人剂量报警仪	MGP DMC 2000	2	2016.06	完好

### 8.2.2 人员能力

本项目辐射安全管理人员及辐射工作人员均已参加了江苏省辐射防护协会组织的辐射安全与防护培训班，并通过考核取得培训合格证书，见附件 5。

### 8.2.3 质量保证措施

江苏省肿瘤医院已为本项目制定了《辐射环境监测方案》和《放射工作人员培训制度》等规章制度，以保证日常自检的质量。见附件 4。

## 9 验收监测结果

### 9.1 辐射防护监测结果

本次验收监测结果详见附件 8。本项目  $^{99m}\text{Tc}$  核素工作场所周围环境 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果见表 9-1，监测点位见图 9-1。

表 9-1  $^{99m}\text{Tc}$  核素工作场所周围环境 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ )	设备状态
1	SPECT 操作位	0.13	开机
2	观察窗外 30cm 处	0.15	开机
3	观察窗缝外 30cm 处	0.13	开机
4	操作室防护门外 30cm 处(左缝)	0.14	开机
5	操作室防护门外 30cm 处(中间)	0.15	开机
6	操作室防护门外 30cm 处(右缝)	0.15	开机
7	操作室防护门外 30cm 处(上缝)	0.13	开机
8	操作室防护门外 30cm 处(下缝)	0.14	开机
9	患者入口防护门外 30cm 处	0.14	开机
10	患者走廊北墙外 30cm 处	0.14	开机
11	注射后候诊区西墙外 30cm 处	0.14	开机
12	卫生间 1 北墙外 30cm 处	0.14	开机
13	患者出口防护门外 30cm 处	0.14	开机
14	注射室南墙外 30cm 处	0.14	开机
15	注射室南门外 30cm 处（左缝）	0.13	开机
16	注射室南门外 30cm 处（中间）	0.14	开机

测点编号	点位描述	测量结果( $\mu\text{Sv/h}$ )	设备状态
17	注射室南门外 30cm 处（右缝）	0.14	开机
18	SPECT 机房南墙外 30cm 处	0.15	开机
19	SPECT 机房南墙外 30cm 处	0.13	开机
20	SPECT 机房楼下距地面 170cm 处	0.37	开机
21	注射室楼下距地面 170cm 处	0.45	开机
22	注射后候诊室楼下距地面 170cm 处	0.47	开机
23	卫生间 1 楼下距地面 170cm 处	0.13	开机
24	玄武门派出所	0.13	开机
25	明城汇物管所	0.13	开机
26	百子亭后小区	0.13	开机
27	操作室门口	0.13	关机

注：测量结果未扣除宇宙射线响应值。

本次检测，当此 SPECT/CT（型号：Infinia）工作（检测工况：130kV/2.5mA，机房内  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药量为  $4.44 \times 10^8 \text{Bq}$ ）时，机房周围的 X- $\gamma$  辐射剂量当量率为（0.13~0.47） $\mu\text{Sv/h}$ ，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

本项目  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素工作场所放射性表面污染水平监测结果见表 9-2，监测点位见图 9-1。

表 9-2  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素工作场所放射性表面污染水平检测结果

测点编号	点位描述	测量结果( $\text{Bq/cm}^2$ )	设备状态
1	操作室地面	<0.02	—
2	操作室桌面	<0.02	—

测点编号	点位描述	测量结果(Bq/cm <sup>2</sup> )	设备状态
3	SPECT 机房地面	<0.02	—
4	SPECT 机房床面	<0.02	—
5	注射室地面	<0.02	—
6	注射室台表面	0.03	—
7	注射室通风橱表面	0.03	—
8	患者走廊地面	<0.02	—
9	注射后候诊室地面	<0.02	—
10	注射后候诊室座椅表面	<0.02	—
11	卫生间 1 地面	<0.02	—

注：表面  $\beta$  放射性污染水平探测下限（LLD）为 0.02Bq/cm<sup>2</sup>。

本次检测，该院 <sup>99m</sup>Tc 核素工作场所  $\beta$  放射性污染水平为 (<0.02~0.03) Bq/cm<sup>2</sup>，根据表面污染类型，检测结果满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

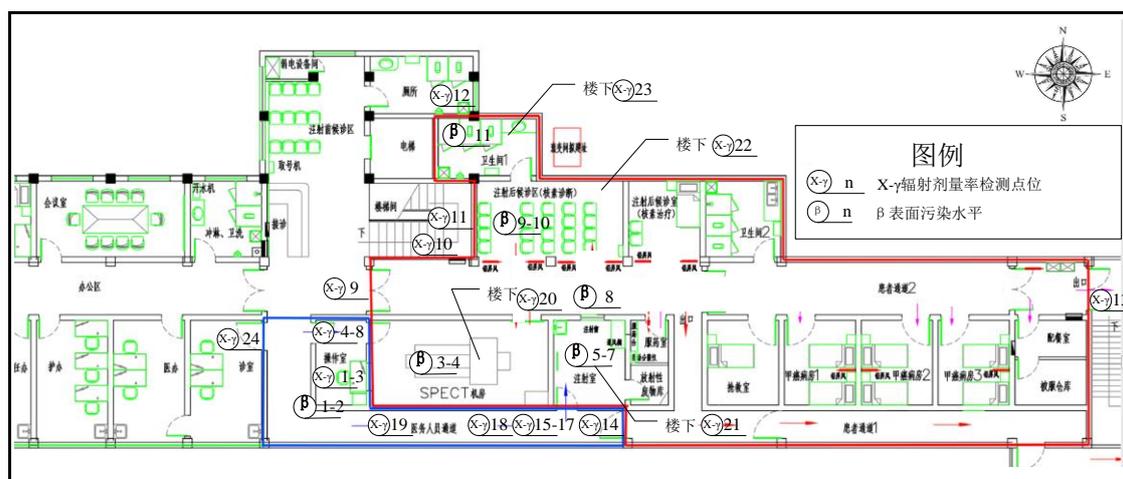


图 9-1 <sup>99m</sup>Tc 核素工作场所周围环境监测布点图

本项目核医学科<sup>99m</sup>Tc通风橱通风风速监测结果见表9-3,监测点位见图9-2。

表9-3 核医学科通风橱通风检测结果

测点编号	点位描述	测量结果 (m/s)	备注
1	通风橱右侧通风口	2.54	/
2	通风橱左侧通风口	2.48	/

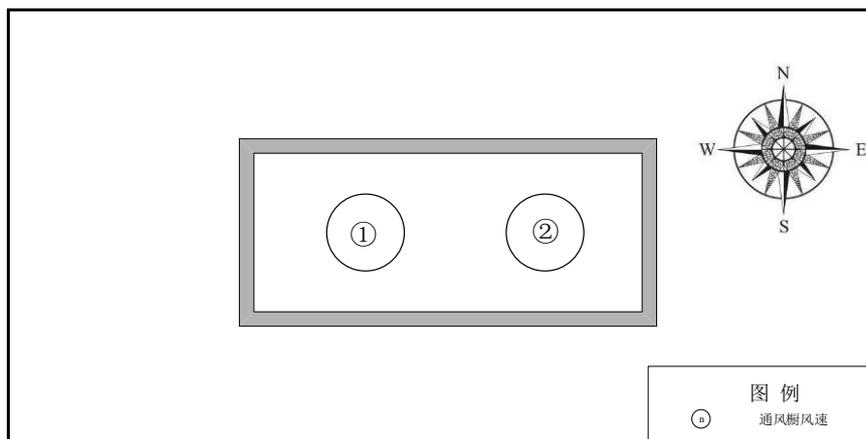


图9-2 核医学科<sup>99m</sup>Tc通风橱现场检测点位示意图

经现场检测,核医学科通风橱风速大于1m/s,符合《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)的要求。

本项目核医学科<sup>99m</sup>Tc注射人员和摆位人员X-γ辐射剂量率监测结果见表9-4,监测点位见图9-3。

表9-4 <sup>99m</sup>Tc注射人员和摆位人员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)	检测状态
1	工作人员胸部(注射台后)	14	患者注射药物活度为 $7.14 \times 10^8$ Bq
2	工作人员手部	52	
3	工作人员摆位处	17	

本次检测,当核医学患者注射<sup>99m</sup>Tc药量为 $7.14 \times 10^8$  Bq时,工作人员的X-γ辐射剂量当量率为(14~52) μSv/h。

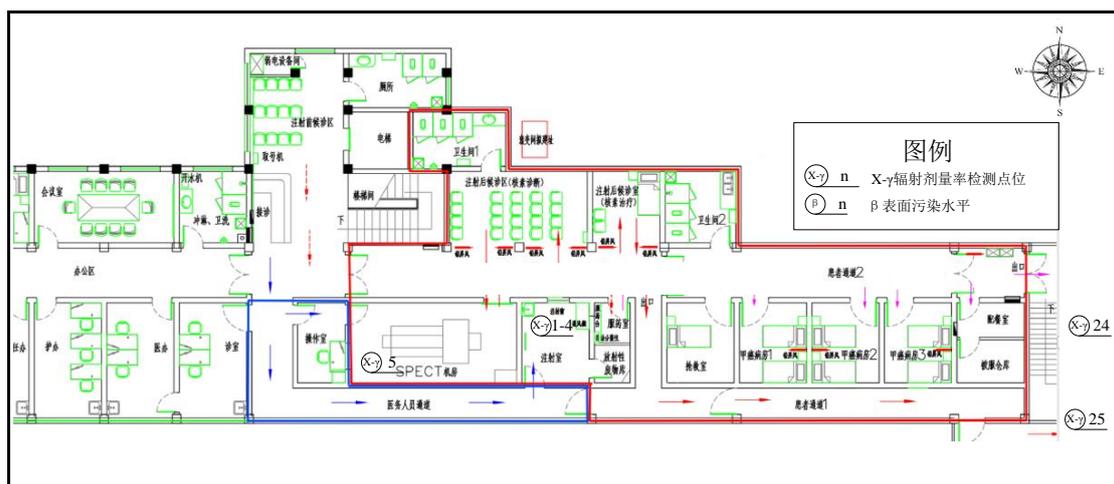


图9-3 注射人员和摆位人员X-γ辐射剂量率检测点位示意图

## 9.2 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

目前江苏省肿瘤医院为本项目配备5名辐射工作人员，其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。医院已委托江苏省疾控预防控制中心对本项目辐射工作人员开展个人剂量检测，暂未取得个人剂量检测报告，委托合同见附件7。

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估算，结果见表9-5。

表9-5  $^{99m}\text{Tc}$  核素工作场所周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析

序号	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 ( $\text{mSv/a}$ )	目标管理值 ( $\text{mSv/a}$ )
1	观察窗外	0.25	职业人员	1	2500	0.63	6
			公众	—	—	—	0.3
2	操作位	0.22	职业人员	1	2500	0.55	6
			公众	—	—	—	0.3
3	控制室防护门外	0.25	职业人员	1/4	2500	0.16	6

			公众	—	—	—	0.3
4	机房南墙外	0.25	职业人员	—	—	—	6
			公众	1/8	2500	0.08	0.3
5	机房楼下	0.62	职业人员	—	—	—	6
			公众	1/8	2500	0.19	0.3
6	注射后候诊区西墙外	0.23	职业人员	—	—	—	6
			公众	1/8	1250	0.04	0.3
7	注射后候诊室楼下	0.78	职业人员	—	—	—	6
			公众	1/8	1250	0.12	0.3
8	注射室南墙外	0.23	职业人员	—	—	—	6
			公众	1/8	250	<0.01	0.3
9	注射室南门外	0.23	职业人员	—	—	—	6
			公众	1/8	250	<0.01	0.3
10	注射室楼下	0.75	职业人员	—	—	—	6
			公众	1/4	250	0.05	0.3
11	注射位（身体）	14	职业人员	1	250	3.5	6
			公众	—	—	—	0.3
12	注射位（手部）	52	职业人员	1	250	13	150
			公众	—	—	—	0.3
13	摆位处	17	职业人员	1	62.5	1.06	6
			公众	—	—	—	0.3

14	玄武门派出所	0.22	公众	1/4	2000	0.11	0.3
15	明城汇物管所	0.22	公众	1/4	2000	0.11	0.3
16	百子亭后小区	0.22	公众	1/4	2000	0.11	0.3

注：1.计算时未扣除环境本底剂量；

2.最大监测值为根据监测工况换算至额定工况下的剂量估算值；

3.注射放射性药物工作人员手部剂量限值参考 GBZ18871-2002 的要求；

4.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， $T$ 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 9-5 可知，根据现场实际监测结果显示，辐射工作人员全身的年有效剂量最大为 3.5mSv/a（未扣除环境本底剂量），低于本项目辐射工作人员个人剂量管理目标值；注射人员手部的年有效剂量为 13mSv/a（未扣除环境本底剂量），低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中手部剂量限值。

## 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 9-5。由表可知，公众年有效剂量最大为 0.19mSv/a（未扣除环境本底剂量），低于本项目周围公众个人剂量管理目标值。

综上所述，本项目周围辐射工作人员和公众年最大有效剂量根据实际监测结果计算为：辐射工作人员全身的有效剂量最大为 3.5mSv/a（未扣除环境本底剂量），注射人员手部的年有效剂量为 13mSv/a（未扣除环境本底剂量，且医院配有 2 名注射护士），周围公众有效剂量最大为 0.19mSv/a（未扣除环境本底剂量）。因此，本项目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 6mSv/a，公众 0.3mSv/a），与环评文件一致。

## 10 验收监测结论

### 10.1 验收结论

江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目阶段项目（SPET/CT）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)江苏省肿瘤医院对核医学科场所进行改建，并将控制区范围往西侧扩建，将 SPECT/CT 机房的位置往西侧移至原胃功能检查室处，对  $^{99m}\text{Tc}$  核素日等效操作量及年用量进行了调整，实际建设规模及主要技术参数在《改扩建核医学科项目环境影响报告表》及其环评批复范围以内。

2) 本项目改建核医学科工作场所控制区和监督区划分合理，能有效避免受检者误入或非正常受照，已落实环评及批复中相关要求。

3) 本项目改建核医学科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- $\gamma$  辐射剂量率、 $\beta$  放射性表面污染水平、通风风速等均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

4) 本项目 SPECT/CT 机房防护门上设置有当心电离辐射警告标志和中文警示说明，患者入口防护门上安装有工作状态指示灯，操作台及机房内诊疗床边均设有急停按钮，操作台上设有对讲装置；已落实环评及批复中相关要求。

5) 核医学科建有放射性废水衰变处理系统，用于对含  $^{99m}\text{Tc}$  放射性核素的衰变池总容积  $6\text{m}^3$ ；含有放射性同位素的废水统一集中到衰变池进行衰变，放射性废水能够满足 10 个半衰期的衰变要求；设有多个放射性废物筒收集放射性废物，注射室设有通风橱及专用通风管道，排气口高于本建筑屋脊，排气口设置活性炭过滤装置和雨帽，满足核医学放射性废物处置要求；已落实环评及批复中相关要求。

6) 医院为本项目配备了 1 台巡检仪、1 台表面污染检测仪、2 台个人剂量报警仪等辐射监测仪器，配备了防护铅衣、防护铅围脖、铅眼镜、铅帽、移动式铅屏风等防护用品，已落实环评及批复中相关要求。

7) 本项目辐射安全管理人员及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；医院具有辐射安全管理机构，并建立内部辐射安全管理规章制度。已落实环评及批复中相关要求。

综上所述，江苏省肿瘤医院改扩建核医学科项目阶段项目（SPET/CT）满足环评及批复中有关辐射管理的要求，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，建议通过验收。

## 10.2 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国家核技术利用申报系统。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。

### 建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位（盖章）：江苏省肿瘤医院

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建设项目	项目名称		改建核医学科项目				项目代码		/		建设地点		南京市玄武区百子亭 42 号	
	行业类别（分类管理名录）		医院，111				建设性质		<input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造		项目厂区中心经度/纬度		E118.786476 N32.065857	
	设计生产能力		/				实际生产能力		/		环评单位		江苏玖清玖蓝环保科技有限公司	
	环评文件审批机关		江苏省环境保护厅				审批文号		苏环辐（表）审（2019） 29 号		环评文件类型		环境影响评价报告表	
	开工日期		2019 年 10 月 30 日				竣工日期		2020 年 8 月 20 日		排污许可证申领 时间		/	
	环保设施设计单位		/				环保设施施工单位		/		本工程排污许可证 编号		/	
	验收单位		江苏省肿瘤医院				环保设施监测单位		南京瑞森辐射技术有 限公司		验收监测时工况		4.44×10 <sup>8</sup> Bq 的 <sup>99m</sup> Tc CT 工况：130kV/2.5mA	
	投资总概算（万元）		500				环保投资总概算（万元）		250		所占比例（%）		50	
	实际总投资（万元）		500				实际环保投资（万元）		250		所占比例（%）		50	
	废水治理（万元）		/	废气治理（万元）	/	噪声治理（万元）	/	固体废物治理（万元）		/	绿化及生态（万元）	/	其他（万元）	/
新增废水处理设施能力		/				新增废气处理设施能力		/		年平均工作时		/		
运营单位		江苏省肿瘤医院				运营单位社会统一信用代码（或组织机构代码）		12320000466002702G		验收时间		2021 年 2 月 8 日		
污染物排放达标与总量控制（工业建设项目详填）	污染物		原有排放量(1)	本期工程实际排放浓度(2)	本期工程允许排放浓度(3)	本期工程产生量(4)	本期工程自身削减量(5)	本期工程实际排放量(6)	本期工程核定排放总量(7)	本期工程“以新带老”削减量(8)	全厂实际排放总量(9)	全厂核定排放总量(10)	区域平衡替代削减量(11)	排放增减量(12)
	废水		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	化学需氧量		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	氨氮		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	石油类		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	废气		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	二氧化硫		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	烟尘		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	工业粉尘		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	氮氧化物		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	工业固体废物		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
与项目有关的其他特征污染物		工作场所周围 X-γ 剂量当量率		/	≤2.5μSv/h	≤2.5μSv/h	/	/	/	/	/	/	/	

注：1、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少。2、(12)=(6)-(8)-(11)，(9)=(4)-(5)-(8)-(11)+(1)。3、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水污染物排放浓度——毫克/升。