

南昌中科医学影像诊断中心
放射性同位素与射线装置应用项目
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：南昌中科医疗管理有限公司

编制单位：核工业二七〇研究所

二〇二六年二月

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： 南昌中科医疗管理有限公司（盖章）

电 话： 19970079839

传 真： /

邮 编： 330006

地 址： 南昌市八一大道 368 号

编制单位： 核工业二七〇研究所（盖章）

电 话： 0791-85997017

传 真： /

邮 编： 330200

地 址： 江西省南昌县莲西路
508 号

目 录

表一	项目基本情况.....	1
表二	项目建设情况.....	18
表三	辐射安全与防护设施/措施.....	28
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.....	42
表五	验收监测质量保证与质量控制.....	46
表六	验收监测内容.....	47
表七	验收监测.....	52
表八	验收监测结论及建议.....	59

表一 项目基本情况

建设项目名称		南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素与射线装置应用项目			
建设单位名称		南昌中科医疗管理有限公司			
项目性质		√新建 改扩建 扩建			
建设地点		江西省南昌市八一大道 368 号			
源项		放射源	使用 2 枚 ⁶⁸ Ge 校验源（V类放射源）		
		非密封放射性物质	一个丙级非密封放射性物质（ ¹⁸ F）工作场所		
		射线装置	使用 1 台 PET-CT（III类射线装置）		
建设项目环评批复时间		2022 年 1 月	开工建设时间	2022 年 2 月	
取得辐射安全许可证时间		2022 年 6 月	项目投入试运行时间	2025 年 3 月	
辐射安全与防护设施投入运行时间		2025 年 3 月	验收现场监测时间	2025 年 8 月	
环评报告表审批部门		江西省生态环境厅	环评报告表编制单位	核工业二七〇研究所	
环保设施设计单位		天津中核永泰科技有限公司	环保设施施工单位	天津中核永泰科技有限公司	
投资总概算	2000 万元	辐射安全与防护设施投资总概算	100 万元	比例	5.0%
实际总概算	2000 万元	辐射安全与防护设施实际总概算	100 万元	比例	5.0%
验收依据	<p>1、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》（中华人民共和国主席令第九号，2014 年，2015 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>（2）《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）；</p> <p>（3）《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 682 号，2017 年修订版）；</p> <p>（4）《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》（国务院令 449 号，2019 年修正版）；</p> <p>（5）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）；</p>				

(6) 《放射性物品运输安全许可管理办法》（中华人民共和国环境保护部第11号令，2010年11月1日起施行）；

(7) 《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》（环发〔2006〕145号，2006年9月26日）；

(8) 《射线装置分类办法》（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）；

(9) 《关于发布放射源分类办法的公告》（原国家环境保护总局公告，2005年第62号，2006年12月23日起实施）；

(10) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）；

(11) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（中华人民共和国环境保护部，环办辐射函〔2016〕430号）；

(12) 《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313号）。

2、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》（GB18871—2002）；

(3) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；

(4) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；

(5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；

(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；

(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

(8) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

(9) 《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）；

(10) 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）。

3、环境影响报告表及其审批部门审批决定

(1) 《南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素与射线装置应用项目环境影响报告表》；

(2) “江西省生态环境厅关于南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素

	<p>与射线装置应用项目环境影响报告表的批复”（赣环辐射[2022]6号）（附件2）；</p> <p>4、其他相关文件</p> <p>（1）项目委托书（见附件1）。</p>														
验收执行标准	<p>1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>①剂量限值</p> <p>依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B中规定：</p> <p>B1.1.1 剂量限值</p> <p>B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：</p> <p>a) 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；根据环评批复，本项目工作人员的职业照射取其四分之一即5mSv作为剂量约束值。</p> <p>B1.2.1 剂量限值</p> <p>实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：</p> <p>b) 年有效剂量，1mSv；根据环评批复，本项目公众人员的职业照射取其十分之一即0.1mSv作为剂量约束值。</p> <p>②辐射工作场所的分区</p> <p>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。</p> <p>③表面污染控制水平</p> <p>B2 表面污染控制水平（本标准附录B）</p> <p>B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表B11（表1-1）所列。</p> <p style="text-align: center;">表 1-1 工作场所的放射性表面污染控制水平</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">表面污染</th> <th style="text-align: center;">β放射性物质（Bq/cm²）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">工台、设备、墙壁、地面</td> <td style="text-align: center;">控制区</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">监督区</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">工作服</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">手、皮肤</td> <td style="text-align: center;">0.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>1) 该区内的高污染因子出除外</p>	表面污染		β放射性物质（Bq/cm ² ）	工台、设备、墙壁、地面	控制区	40	监督区	4	工作服		4	手、皮肤		0.4
表面污染		β放射性物质（Bq/cm ² ）													
工台、设备、墙壁、地面	控制区	40													
	监督区	4													
工作服		4													
手、皮肤		0.4													

④非密封源工作场所的分级

C1 非密封源工作场所的分级（本标准附录 C）

应按表 C1（表 1-2）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 1-2 非密封源工作场所的分级

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

⑤放射性固体废物清洁解控水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）以及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），经审管部门确认或批准，放射性废物中核素的活度浓度不大于附录 A 表 A1 所示豁免水平的废物，按一般医疗垃圾处理。本项目使用核素的清洁解控水平见表 1-3。

表 1-3 放射性核素清洁解控浓度水平推荐值一览表

放射性核素	豁免活度浓度 (Bq/g)	活度 (Bq)
^{18}F	10	1E+06

2、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2 布局

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和

放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

6.1.2 设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。

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 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

6.2 场所安全措施要求

6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素病房的床位旁应设

有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

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 3m，尽可能远离邻近的高层建筑。

7 放射性废物的管理

7.1 一般要求

7.1.1 应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。

7.1.2 应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。

7.1.3 核医学实践中产生的短寿命放射性废物，应尽量利用贮存衰变的方法

进行处理，待放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。不能解控的放射性废物，应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。

7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.1 固体放射性废物收集

7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

7.2.2 固体放射性废物贮存

7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

7.2.3 固体放射性废物处理

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：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

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 0.1mSv/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 Bq/cm²、其他 α 发射体应小于 0.4Bq/cm²。

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。

7.3 液态放射性废物的管理

7.3.1 放射性废液收集

7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器, 收集放射性药物操作间、核素病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备(包括洗消液)。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关, 以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区, 下水道宜短, 大水流管道应有标记, 避免放射性废液集聚, 便于检测和维修。

7.3.2 放射性废液贮存

7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液, 应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要; 衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

7.3.2.2 含碘-131 治疗病房的核医学工作场所应设置槽式废液衰变池。槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成, 衰变池本体设计为 2 组或以上槽式池体, 交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。

7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所, 可设置推流式放射性废液衰变

池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为3-5级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。

7.3.3 放射性废液排放

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；

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。

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。

3、《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）

二、关于控制区剂量率

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $10\mu\text{Sv/h}$ 。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 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

三、关于独立通风要求

核医学标准第6.3.4节规定，手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排

风系统。单独的排风系统意为手套箱、通风橱等设备的排风管道在汇入“主排风管道前”的部分，应独立设置，防止发生气体回流和交叉污染。经过滤后的气体汇入到一个主管道中排放不违反标准要求。

4、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

5 工作场所的放射防护要求

5.1 工作场所平面布局和分区

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

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

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

d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

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

a) 对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室（根据放射性核素防护特性分别设置）、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房；

b) 对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房（使用非密封源治疗患者）或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房；

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

d) 对于综合性的核医学工作场所，部分功能用房和辅助用房可以共同利

用；

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

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

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

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

5.2 放射防护措施要求

5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑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。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。

5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附录 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 1-4。

表 1-4 核医学工作场所的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 a	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹

^a 该区内的高污染子区除外。

6 操作中的放射防护要求

6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备

6.1.1 个人防护用品及去污用品开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录 K），其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。对操作 ⁶⁸Ga、¹⁸F 等正电子放射性药物和 ¹³¹I 的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。

6.1.2 辅助用品

根据工作内容及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。防护通风柜的典型屏蔽厚度参见附录 I6.2 放射性药物操作的放射防护要求。

表 1-5 个人防护用品、应急及去污用品

类型	场所类型	工作人员		患者或受检者
		必备	选备	
个人防护用品	普通核医学和 SPECT 场所	铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	—
	正电子放射性药物和 ¹³¹ I 的场所	放射性污染防护服	—	—
注：“—”表示不要求，宜使用非铅防护用品				
应急及污物用品	主要包括下列物品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂 and 硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。			

6.2 放射性药物操作的放射防护要求

6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。

6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。

6.2.3 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。

6.2.4 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风柜内进行。通风柜保持良好通风，并按操作情况必要时进行气体或气溶胶放射性浓度的监测；操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体的工作人员宜使用过滤式口罩。

6.2.5 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。

6.2.6 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，如其污染水平超过表 2 规定值，应采取相应去污措施。

6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 7-12 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。

6.2.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。

6.2.10 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。

6.2.11 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。

6.2.12 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。

6.2.13 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。

6.2.14 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用 6.1.2 和附录 K 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。

6.2.15 核医学放射工作人员应按 GBZ 128 的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续 5 年期间，年平均当量剂量不超过 20mSv，任何 1 年中的当量剂量不超过 50mSv；操作大量气态和挥发性物质的工作人员，例如近距离操作 ^{131}I 的工作人员，宜按照 GBZ129 的要求进行内照射个人监测。

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 0.1mSv/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： $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

5、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

6.1 X 射线设备机房布局

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）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护和安全。

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 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 1-6 的规定。

表 1-6 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。
e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影机和急救车配备设备）机房的屏蔽防护应不低于表 1-7 的规定：

表 1-7 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当 mmPb
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7-8 的要求。

6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置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；机房门上方应设有醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设置如“射线有害、亮灯勿入”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相门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求。

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-10 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb ；介入防护手套铅当量应不小于 0.25mmPb ；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb ；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb 。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb 。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 1-8 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层扫描 (隔室)	—	—	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套 选配: 铅橡胶帽子	—
注 1: “—”表示不做要求。 注 2: 各类个人防护用品和辅助防护设施, 指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品, 特别是非铅介入防护手套。 a 工作人员、受检者的个人防护用品和辅助防护设施任选其一即可。 b 床旁摄影时的移动铅防护屏风主要用于保护周围病床不易移动的受检者。				

8 X 射线设备机房防护检测要求

8.1 X 射线设备机房防护设施和机房周围辐射剂量检测应满足下列要求:

b) X 射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上, 对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括: 四面墙体、地板、顶棚、机房门、操作室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位等, 点位选取应具有代表性;

8.2 X 射线设备机房放射防护安全设施应进行竣工验收, 在使用过程中, 应进行定期检查和检测, 定期检测的周期为一年。

8.3 在正常使用中, 医疗机构应每日对门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置进行检查, 对其余防护设施应进行定期检查。

表二 项目建设情况

1、项目建设内容

1.1 建设单位基本情况

南昌中科医疗管理有限公司是南昌中科健康体检有限公司的子医院，南昌中科医学影像诊断中心项目在南昌市东湖区八一大道 368 号 2 号楼 1 层西侧，场所原为江西宾馆熹庐宴会厅，南昌中科医疗管理有限公司于 2016 年租用该场所开展南昌中科医学影像诊断中心项目。

南昌中科医疗管理有限公司实行年工作 300 天，每天 8 小时的工作制度。医院位于江西省南昌市八一大道 368 号，地理坐标为东经 115°53'43"，北纬 28°41'04"，建设项目地理位置图见附图 1。

南昌中科医疗管理有限公司现使用 7 台 III 类射线装置、使用 2 枚 V 类放射源、使用丙级非密封放射性物质 (^{18}F) 工作场所，以上核技术利用项目均已履行环评批复手续或环境影响备案手续，并于 2022 年 6 月重新申领了江西省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（赣环辐证 [A2263]，见附件 3）。南昌中科医疗管理有限公司现有核技术应用情况见 2-1~表 2-3。

表 2-1 医院射线装置一览表

序号	装置名称	型号	使用场所	分类	环评情况	验收情况
1	DR	IDR6600B	江西宾馆 2 号楼 1 层	III 类	已环评备案	/
2	CT	Revolution ACTs	江西宾馆 2 号楼 1 层	III 类		
3	CT	Optima CT680	江西宾馆 2 号楼 1 层	III 类		
4	口腔 CT	Rayscan a-3D	江西宾馆 2 号楼 1 层	III 类		
5	双能骨密度仪	DEXXUM T	江西宾馆 2 号楼 1 层	III 类		
6	乳腺机	乳腺机	江西宾馆 2 号楼 1 层	III 类		
7	PET-CT	Discovery IQ	江西宾馆 2 号楼 1 层	III 类	赣环辐射 [2022]6 号	本次验收

表 2-2 非密封放射性物质一览表

核素名称	年最大用量 (Bq/a)	日等效最大操作量 (Bq)	管理分类	应用场所	环评情况	验收情况
^{18}F	1.89×10^{12}	8.35×10^6	丙级工作场所	江西宾馆 2 号楼 1 层	赣环辐射 [2022]6 号	本次验收

表 2-3 放射源一览表

序号	核素名称	活度 (Bq) ×枚数	类别	暂存场所	环评情况	验收情况
1	⁶⁸ Ge	5.5×10 ⁷ Bq×1 枚	v 类	PET-CT 扫描间储源柜铅罐内	赣环辐射 [2022]6 号	本次验收
2	⁶⁸ Ge	3.5×10 ⁶ Bq×1 枚	v 类			

1.2 项目建设内容和规模

本次验收工程内容包括 PET-CT 1 台（使用 III 类射线装置）；丙级非密封放射性物质工作场所（使用 ¹⁸F 放射性同位素）；⁶⁸Ge 两枚（使用 V 类放射源）。

根据《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日起施行）、《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 682 号）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）中的有关规定，2025 年 8 月，南昌中科医学影像诊断中心委托核工业二七 0 研究所承担该放射性同位素与射线装置应用项目的竣工环境保护验收监测工作。核工业二七 0 研究所于 2025 年 8 月 8 日组织验收监测调查组对南昌中科医学影像诊断中心辐射工作场所进行了现场详尽踏勘，重点调查了辐射工作场所周围环境情况及项目建设、运行过程中的环保措施落实情况，收集了工程环评文件、环保批复等有关资料，并对工作场所进行了辐射环境现状的监测。根据工程现场调查、监测结果及收集的资料，按照《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）的要求，编制完成了《南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素与射线装置应用项目竣工环境保护验收监测报告表》。

1.3 项目总平面布置、建设地点和周围环境敏感目标分布情况

南昌中科医学影像诊断中心位于南昌市东湖区八一大道 368 号 2 号楼 1 层西侧。影像中心东侧紧临南昌中科熹庐中西医结合门诊部，南侧为空地，西侧为苏圃路 171 和 187 号住宅小区，北侧为民德路 6 号住宅小区。本项目地理位置图详见附图 1。

本项目 PET-CT 显像诊断场所位于南昌中科医学影像诊断中心南侧，PET-CT 显像诊断场所东侧外为空地，东北侧紧临南昌中科熹庐中西医结合门诊部，南侧外为空地，隔空地 36m 处为中鼎国际工程有限公司项目部，西侧外为空地，隔空地 21m 处为苏圃路 171 号住宅小区，西北侧 20m 处为苏圃路 187 号住宅小区，北侧为南昌中科医学影像诊断中心过道，北侧 36m 处为民德路 6 号住宅小区，楼上为不可上人屋面，楼下为土壤层。本项目四至图见附图 2，四周现状照片见图 2-1。

本次验收调查范围原则上与环评一致，为本项目辐射工作场所实体屏蔽体外 50m 范

围。本项目位置与环评阶段描述一致，涉及的环境保护目标情况未发生变化，验收调查范围内主要环境保护目标详见表 2-4。

表 2-4 环境保护目标一览表

序号	敏感对象	方位及最近距离	规模
1	职业人员 PET-CT 显像诊断工作场所辐射工作人员	PET-CT 显像诊断工作场所 50m 范围内	4 人
2	公众成员	南昌中科医学影像诊断中心非辐射工作人员	PET-CT 显像诊断工作场所 50m 范围内
3		南昌中科熹庐中西医结合门诊部工作人员	东北侧紧临
4		民德路 6 号住宅小区居民	北侧约 36m
5		苏圃路 171 号住宅小区居民	西侧约 21m
6		苏圃路 187 号住宅小区居民	西北侧约 20m
7		中鼎国际工程有限公司项目部	南侧约 36m
8		流动人员	PET-CT 显像诊断工作场所 50m 范围内



南昌中科医学影像诊断中心



本项目核医学科东侧



本项目核医学科南侧



本项目核医学科西侧



本项目核医学科北侧

图 2-1 项目周边环境照片

1.4 项目投资及环保投资

本次验收项目实际总投资为 2000 万元，其中辐射环保投资为 100 万元，占总投资的 5.0%。辐射环保投资具体情况见表 2-5。

表 2-5 辐射环保投资情况一览表

内容	措施	投资（万元）
防护用品	铅衣、铅围裙、铅手套、铅眼镜、铅屏风、放射性防护服等防护用品。	3
辐射防护安全设施	车辆检查系统自屏蔽措施、D2、D3、D4 厂房调试区屏蔽墙、门机联锁装置、视频监控系统、急停按钮。调试区域门外设置工作状态指示灯及电离辐射警告标志，通风设施、固定式监测设备。	90
人员管理	人员培训、体检、个人剂量监测等	1
辐射安全管理	建立辐射安全管理机构，建立健全相应放射安全防护规章制度，辐射监测、年度评估报告等	4
辐射监测仪器	配置 X- γ 辐射监测仪和表面污染监测仪	2
合计		100

1.5 项目变更情况

对比环评阶段，项目选址、核技术利用项目建设内容与规模、辐射安全防护设施、采取的其他辐射安全与防护措施等基本未发生变化。本项目环评和验收阶段项目对比情况具体见下表 2-6。

表 2-6 本项目环评和验收阶段项目情况对比表

非密封放射性物质工作场所		
项 目	环评规模	验收规模
使用核素	^{18}F	^{18}F
年最大用量 (Bq)	1.89×10^{12}	1.89×10^{12}
日等效最大操作量 (Bq)	8.35×10^6	8.35×10^6
工作场所分级	丙级	丙级
工作场所位置	江西宾馆 2 号楼 1 层	江西宾馆 2 号楼 1 层
药物来源	外购	外购
射线装置		
项 目	环评规模	验收规模
设备名称	PET-CT	PET-CT
型号	Discovery IQ	Discovery IQ
射线装置类别	III类	III类
数量	1 台	1 台
最大管电压 (kV)	140	140
最大管电流 (mA)	380	380
工作场所	江西宾馆 2 号楼 1 层	江西宾馆 2 号楼 1 层
密封放射源		
项 目	环评规模	验收规模
放射源名称	^{68}Ge	^{68}Ge
数量	2 枚	2 枚
出厂活度 (Bq)	$5.5 \times 10^7 \text{Bq}$ (桶源) 3.5×10^6 (模型源)	$5.5 \times 10^7 \text{Bq}$ (桶源) 3.5×10^6 (模型源)
类别	V类	V类
暂存位置	PET-CT 扫描间储源柜铅罐内	PET-CT 扫描间储源柜铅罐内

从表 2-6 对比可知，本项目性质、建设地点、规模、工艺和辐射安全与防护措施与环境影响报告表及其批复基本一致，不存在《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313 号）中所述的重大变动情况。

2、源项情况

根据建设单位提供资料可知，本项目放射性同位素和射线装置的源项如下：

表 2-7 射线装置一览表

设备名称	型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	射线种类	安装位置
PET-CT	Discovery IQ	140	380	III类	X 射线	江西宾馆 2 号楼 1 层 PET-CT 扫描间

表 2-8 非密封放射性物质一览表

核素名称	物理状态	年最大用量 (Bq/a)	日等效最大操作量 (Bq)	操作时间 (全部)	毒性因子	操作方式	应用场所
^{18}F	液态	1.89×10^{12}	8.35×10^6	872.2h/a	低毒	很简单操作	江西宾馆 2 号楼 1 层

表 2-9 密封放射源一览表

序号	核素名称	活度 (Bq) × 枚数	类别	类型	用途	使用场所
1	^{68}Ge	$5.5 \times 10^7 \text{Bq} \times 1$ 枚	v 类	桶源	仪器校准	PET-CT 扫描间储 源柜铅罐内
2	^{68}Ge	$3.5 \times 10^6 \text{Bq} \times 1$ 枚	v 类	模型源	仪器校准	

3、工程设备和工艺分析

3.1 PET-CT 显像诊断

3.1.1 PET-CT 显像诊断工作原理

PET是英文positron emission tomography的缩写。其临床显像过程为：将发射正电子的放射性核素 ^{18}F 标记到能够参与人体组织血流或代谢过程的化合物上，将标有带正电子化合物的放射性核素注射到受检者体内，让受检者在PET的有效视野范围内进行PET显像，放射性核素发射出的正电子在体内移动大约1mm后与组织中的负电子结合发生湮灭辐射。产生两个能量相等（511KeV）、方向相反的 γ 光子。由于两个光子在体内的路径不同，到达两个探测器的时间也有一定差别，如果在规定的时间内（一般为0-15 μs ），探头系统探测到两个互成180度（ ± 0.25 度）的光子时。即为一个符合事件，探测器便分别送出一个时间脉冲，脉冲处理器将脉冲变为方波，符合电路对其进行数据分类后，送人工工作站进行图像重建。便得到人体各部位横断面、冠状断面和矢状断面的影像。CT是利用X射线对人体解剖结构的密度差异进行成像的断层显像技术。CT提供的信息可显示机体组织脏器解剖结构的改变，发现病变并可以确定其范围及周围组织脏器的毗邻关系。

PET-CT是将PET和CT两个已经相当成熟的影像技术相融合，实现了PET和CT图像的同机融合。使PET的功能影像与螺旋CT结构影像两种显像技术的优点融于一体，形成优势互补，一次成像即可获得PET图像，又可获得相应部位的CT图像及PET-CT的融合图像，即可准确地对病灶进行定性，又能准确定位，PET和CT结果可以互相印证，相互补充，使PET-CT的诊断效能及临床实用价值更高。X射线CT扫描数据还可用于PET图像的衰减校正，大大缩短了PET检查时间，PET-CT由扫描仪、显像床、电子柜、操作工作站、分析工作站等组成。

当¹⁸F-氟代脱氧葡萄糖（¹⁸F-2-fluro-D-deoxy-glucose，¹⁸F-FDG）通过注射方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、生化代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用PET来探测这种放射性核素发射的γ射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，PET放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

3.1.2 PET-CT 操作流程及产排污环节

PET-CT 项目整体工艺及操作程序：

- （1）根据需要，接受显像检查的人员先进行预约登记，确定用药量；
- （2）受检者按约定时间在给药前等候区准备和等候；
- （3）由护士给患者注射¹⁸F显像剂（显像剂用量根据体重分配用量），患者进入等候室休息30分钟（期间多饮水排尿）。

（3）患者候诊后，进入扫描间，由医生对患者进行摆位，时间一般为0.5分钟。然后关上防护门，进行显像扫描。检查结束后，患者在留观室等候10分钟左右，等待医生确认采集到需要的信息后即可离开。

PET-CT诊断部分具体工艺流程及产物环节见图2-2。

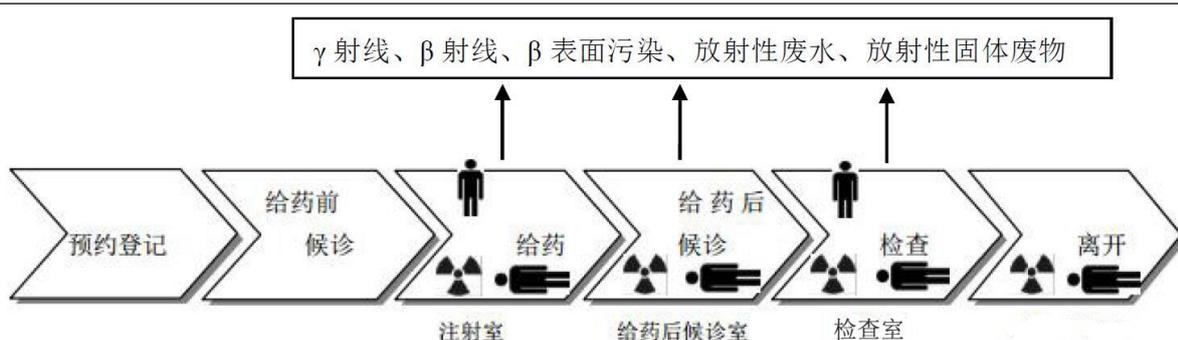


图 2-2 PET-CT 诊断部分具体工艺流程及产物环节

3.1.3 工作负荷

根据建设单位提供资料，本项目 PET 显像诊断场所辐射工作人员共 4 人，年工作 300 天。

PET-CT 显像患者 4000 人次/年，药物分装时间为 30min/d (150h/a)，药物注射时间约 20s/人 (0.11h/d, 22.2h/a)，摆位时间约 30s/人 (0.17h/d, 33.3h/a)，病人扫描时间约 10min/人 (3.33h/d, 666.7h/a)。

3.2 密封放射源 ^{68}Ge

本项目配备 ^{68}Ge 桶源 (活度为 $5.5 \times 10^7 \text{Bq}$) 和 ^{68}Ge 模型源 (活度为 $3.5 \times 10^6 \text{Bq}$) 各 1 枚用于 PET-CT 设备日常校准，均属于 V 类密封放射源，主要为利用放射源产生的 β 射线或 γ 射线用于设备的质控校准。本项目使用的放射源的污染物包括 β 射线、 γ 射线辐射。

本项目校准源特性见表 2-10。

表 2-10 本项目使用的校准源特性一览表

核素名称	半衰期	衰变方式及分支比/%	E_{β} 最大能量/keV	主要 γ 射线能量及相对强度/keV (%)
^{68}Ge	270.95d	EC (100)	4153	1904.1+ (49.3) 924 (3.7)

密封源 ^{68}Ge 用于设备校准，辐射工作人员依托 PET-CT 设备操作工作人员。设备校准频率一般为每半年一至二次，操作人员安装好校准源时间约 20min，则安装放射源年最大时间为 1.33h。

3.3 PET-CT 射线装置

3.3.1 设备组成

本项目使用的 PET-CT 中的 CT 部分是采用 X 射线进行摄影的技术设备。X 射线装置主要由高频 X 光机、X 射线探测器、控制系统和图像工作站组成。

CT 机结构上包括 X 线体层扫描装置和计算机系统。前者主要由产生 X 线束的发生

器和球管，以及接收和检测 X 线的探测器组成；后者主要包括数据采集系统、中央处理系统、磁带机、操作台等。此外，CT 机还应包括图像显示器、多幅照相机等辅助设备。

3.3.2 工作原理

本项目 PET-CT 设备中产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成（详见图 2-3），阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

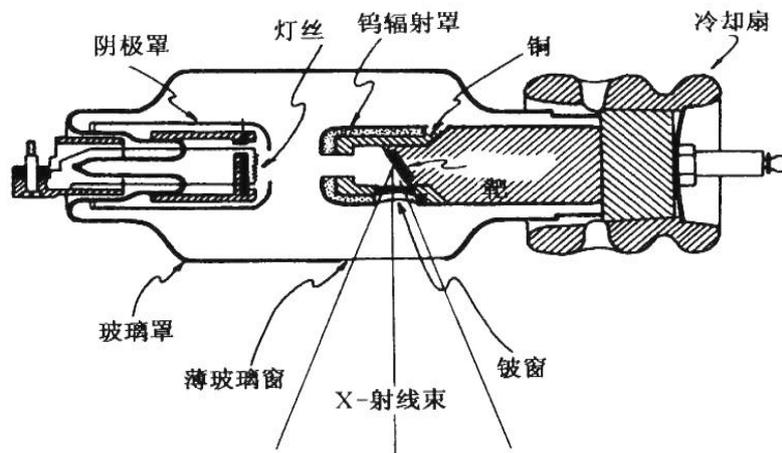


图 2-3 典型 X 射线管结构图

3.5 主要污染源项、污染物处理和排放

3.4 非密封放射性物质使用

3.4.1 正常工况

本项目非密封放射性物质使用过程中产生的主要放射性污染物和污染途径如下：

- (1) 放射性药品 ^{18}F 发射的 β 、 γ 射线。
- (2) 放射性药品使用过程中产生的 β 表面污染。
- (3) 放射性废水：候诊期间病人排泄物和放射性药品操作过程的去污洗涤废水。
- (4) 放射性固体废物：废药瓶、注射器、棉签、棉球、手套等放射性固体废物。
- (5) 放射性药品给药过程中产生的微量放射性气溶胶。
- (6) 辐射工作场所通风系统过滤装置更换下来的废弃的活性炭过滤芯。

3.4.2 事故工况

该评价项目使用的非密封放射性物质主要发生的放射性污染有：

- (1) ^{18}F 放射性液体洒漏，使工作环境受到污染，工作人员受到外照射；
- (2) 操作人员身体受放射性物质表面沾污，可能发生的内照射；
- (3) 保管不善，放射性物品被盗，流失到社会，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射。

3.5 PET-CT 射线装置

X 射线在辐射场中可分为三种射线：由 X 射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线；由 X 射线管防护套泄漏出来的漏射线；以及由上述两种射线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。CT 在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

3.5.1 正常工况

在采取隔室操作的情况下，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，PET-CT 扫描间外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

本项目中使用的 PET-CT 在显示频上观察诊断结果，并采用数字打印机打印诊断结果，不使用胶片摄影，不会产生废显、定影液，因此不存在污水污染的问题。

3.5.2 事故工况

在使用 PET-CT 发射 X 射线进行扫描时，人员误入机房引起误照射。

3.6 V 类密封源

本项目配备使用的 2 枚 ^{68}Ge 校准源均为 V 类密封源，用于 PET-CT 设备校准，属于极低危险密封源。使用过程中可能产生以下影响：

3.6.1 正常工况

由于放射源是密封源，源活性物质也不会泄露， β 射线射程短穿透能力弱，因此在正常情况下， γ 射线将是对人体产生主要影响的外照射，而无放射性“三废”排放。废放射源交由生产厂家回收。

3.6.2 事故工况

- (1) 放射源丢失或被盗，屏蔽罐被打开，对公众产生外照射。
- (2) 外力撞击导致放射源跌落裸露时，使工作人员或公众受到外照射。

表三 辐射安全与防护设施/措施

3.1 项目安全设施

3.1.1 项目工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，对于使用非密封放射性物质的核医学科项目工作场所，应进行分区管理。将高辐射和可能发生高污染的区域划定为控制区，将控制区外较低辐射的区域划定为监督区。

本项目将 PET-CT 显像诊断场所的分装室、注射室兼抢救室、废物间、扫描间、等候室、留观室划分为控制区，将操作间、医务人员工作间、注射前等候室划分为监督区。

控制区主要是涉及放射性核素操作的区域以及注射放射性核素后的患者活动场所。对于控制区，医院采取了专门的防护手段和安全措施以便控制正常照射或防止污染扩展，并防止潜在照射或限制其程度。如在控制区场所入口设置电离辐射警告标志；对给药后患者进行严格管理，采用单向门禁防止给药患者随意出入；注药后的待检人员按照语音提示进入注射后等候室等待扫描；患者使用的棉球等物品，及时清理作为低放废物暂存，排泄物、洗涤污染用具的用水等由专用卫生间排入衰变池内；医务人员进入分装室前设置缓冲区，核素操作人员离开辐射工作场所时必经缓冲区，医院在缓冲区配备了放射性污染检测设备和去污设施，工作人员需经检测合格后方可离开辐射工作场所。监督区不需采取专门的防护手段和措施，但应定期对该区的辐射剂量进行监测和评价。本项目 PET-CT 工作场所监督区及控制区划分示意图见图 3-1。

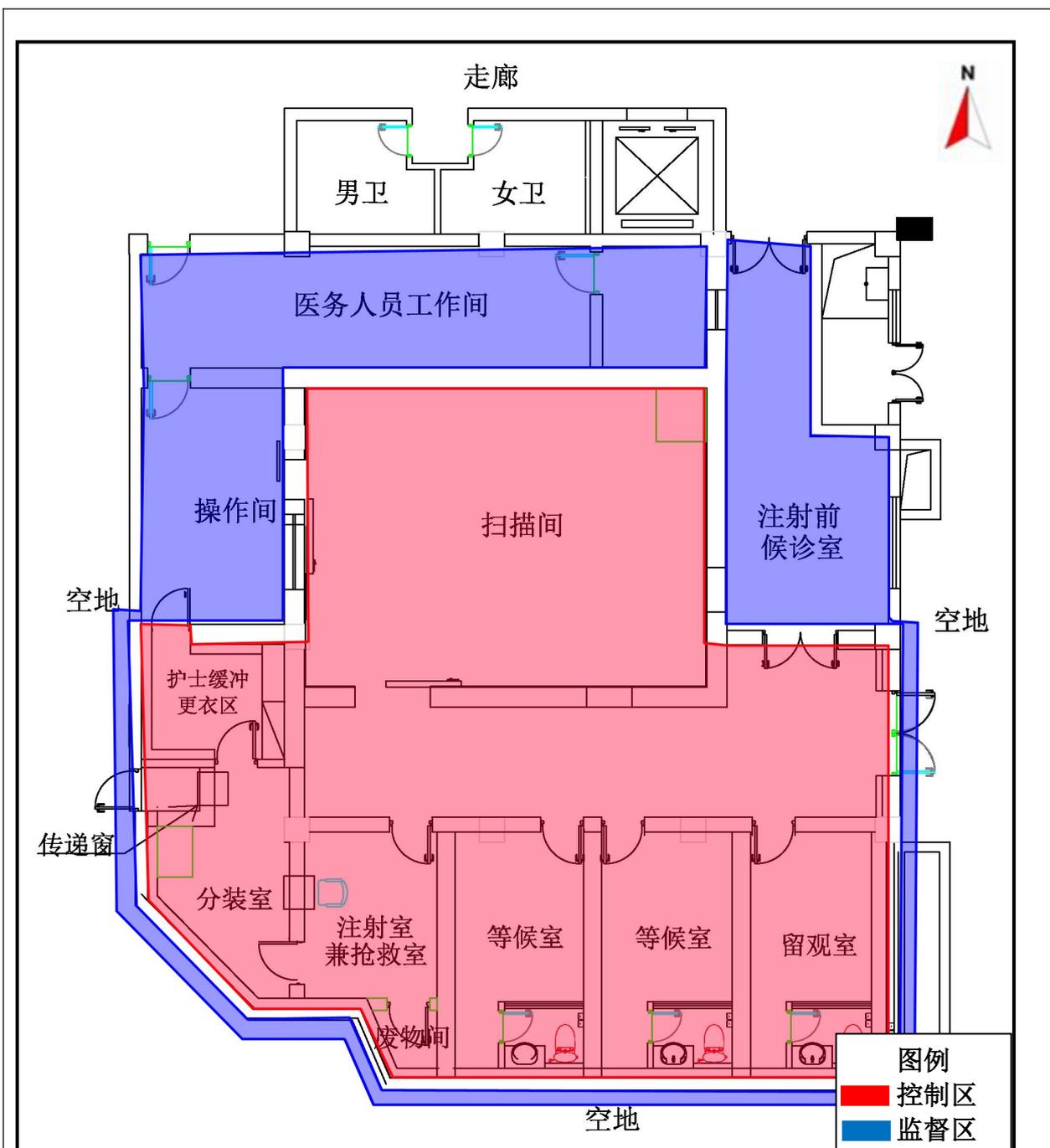


图 3-1 PET-CT 显像诊断工作场所控制区与监督区划分图

3.1.2 PET-CT 显像诊断工作场所专用通道设置情况

①分装注射辐射工作人员路径：放射性药物分装注射工作人员通过 PET-CT 显像诊断工作场所北侧的医务人员通道经操作间、缓冲更衣区进入分装室，在分装室内完成药物分装和注射，操作完成后经缓冲间检测合格后离开。

②PET-CT 扫描间控制室工作人员从 PET-CT 显像诊断工作场所北侧的医务人员通道进入操作间，操作完成后，原路径返回。

辐射工作人员自控制区离开时，均用配备的 X-γ辐射监测设备及表面污染监测设备进

行监测，经监测无污染后方可离开控制区。

③患者路径：注射前患者在 PET-CT 显像诊断场所注射前候诊区候诊，待医生叫号后由工作场所北侧患者专用通道入口（单向门禁，只进不出）进入患者通道，在注射室注射窗口接受注射，注射药物后按地面标识以及按语音提示进入相应的等候室候诊，候诊一段时间后按语音提示进入 PET-CT 扫描间接受扫描检查，扫描检查后在留观室留观无异常后由患者通道专用出口（单向门禁，只出不进）离开。

④药物通道

本项目使用的放射性药物均由工作场所西侧药物专用通道经药物传递窗口进入分装室内。

⑤放射性废物通道

本项目分装室、注射室、等候室、留观室内均设置放射性废物铅桶，用于放射性固体废物的收集，收集后的废物暂存在废物间内的铅废物桶中，待放射性废物经过至少十个半衰期以上衰变后，经审管部门确认后，按一般医疗废物处理，在非工作时间由工作场所东侧的患者出口运出。

本项目 PET-CT 显像诊断工作场所专用通道设置情况详见图 3-2。

3.1.3 PET-CT 显像诊断工作场所布局、分区、专用通道设置

综上所述，本项目 PET-CT 显像诊断设计将放射性工作区域与非放射性工作区域严格分开，工作人员从非放射性工作区域进出放射性工作区域，需经过缓冲间进行更衣、去污监测等；实现了注射给药室和检查室分开，工作场所布局有助于实施工作程序；本项目辐射工作人员及患者均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，人员通道规划较为合理。放射性药物运输路线设计较为短捷，能确保药物运输转移过程不对其他人员造成不必要的外照射。因此本项目辐射工作场所平面布局基本合理，控制区和监督区划分以及各通道设置合理可行。

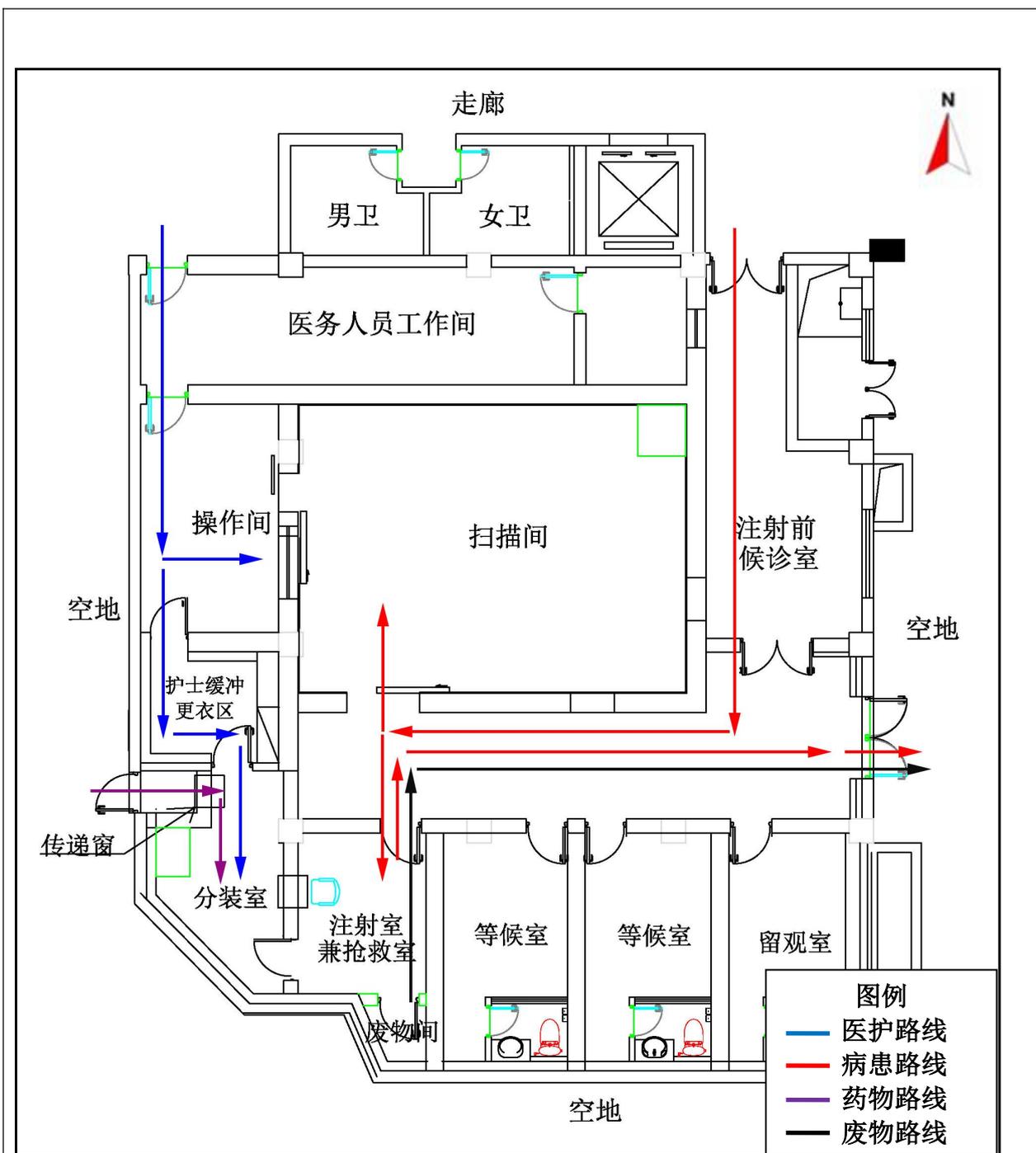


图 3-2 PET-CT 显像诊断工作场所专用通道设置图

3.2 PET-CT 显像诊断工作场所的辐射安全与防护措施

3.2.1 PET-CT 显像诊断工作场所辐射屏蔽防护措施

本项目 PET-CT 显像诊断工作场所的相关墙体、顶板、地板以及观察窗、防护门的设计均采取了辐射屏蔽措施。根据建设单位提供的设计方案和场所现状，本项目 PET-CT 显像诊断工作场所已采取的屏蔽防护措施见表 3-1。

表 3-1 PET-CT 显像诊断工作场所屏蔽防护措施一览表

项目		辐射防护情况（环评）	辐射防护情况（验收）	备注
分装室	墙体	东、北墙为 300mm 混凝土；南、西墙为 240mm 实心砖墙+200mm 混凝土	东、北墙为 300mm 混凝土；南、西墙为 240mm 实心砖墙+200mm 混凝土	未变动
	顶棚	250mm 混凝土	250mm 混凝土	未变动
	防护门	8 mmpb	8 mmpb	未变动
注射室兼抢救室	墙体	东墙为 360mm 混凝土；南墙为 240mm 实心砖墙+200mm 混凝土；西、北墙为 250mm 混凝土	东墙为 360mm 混凝土；南墙为 240mm 实心砖墙+200mm 混凝土；西、北墙为 250mm 混凝土	未变动
	顶棚	250mm 混凝土	250mm 混凝土	未变动
	防护门	8 mmpb	8 mmpb	未变动
等候室	墙体	东、西墙为 360mm 混凝土；南墙为 240mm 实心砖墙+200mm 混凝土；北墙为 250mm 混凝土	东、西墙为 360mm 混凝土；南墙为 240mm 实心砖墙+200mm 混凝土；北墙为 250mm 混凝土	未变动
	顶棚	250mm 混凝土	250mm 混凝土	未变动
	防护门	8 mmpb	8 mmpb	未变动
留观室	墙体	东墙为 360mm 实心砖墙+200mm 混凝土；南墙为 240mm 实心砖墙+200mm 混凝土；西墙为 360mm 混凝土；北墙为 250mm 混凝土	东墙为 360mm 实心砖墙+200mm 混凝土；南墙为 240mm 实心砖墙+200mm 混凝土；西墙为 360mm 混凝土；北墙为 250mm 混凝土	未变动
	顶棚	250mm 混凝土	250mm 混凝土	未变动
	防护门	8 mmpb	8 mmpb	未变动
PET-CT 扫描间	墙体	东、南、西、北墙均为 360mm 实心砖墙+2mmPb	东、南、西、北墙均为 360mm 实心砖墙+2mmPb	未变动
	顶棚	250mm 混凝土	250mm 混凝土	未变动
	防护门	8 mmpb	8 mmpb	未变动
	观察窗	10mmpb	10mmpb	未变动

注：①混凝土的密度 2.35g/cm³；砖的密度为 1.65g/cm³。

调查结果表明：PET/CT 显像诊断区采取的屏蔽措施与环评阶段相同。

3.2.2 辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况

本项目配备的辐射防护设备及监测仪器详见表 3-2，辐射安全防护的相关措施布设情况详见图 3-3。

表 3-2 本项目配备的辐射防护设备及监测仪器

序号	设备名称	规格及型号	数量
1	通风橱	前壁、侧壁为 50mmpb, 后壁为 30mmpb	1
2	固定式注射窗	12mmPb	1
3	防护铅衣	1000*600mm 0.5mmPb	4
4	防护铅手套	0.5mmPb	1
5	防护铅围裙	大 0.35mmPb	1
6	防护铅屏风	10mmpb	2
7	防护铅帽	大 0.35mmPb	11
8	防护铅眼镜	0.5mmPb	2
9	防护铅围脖	异型 0.5mmPb	11
10	注射防护车	30mmPb	1
11	注射器防护套	20mmpb	4
12	放射废物储存衰变桶	20mmpb	5
13	固定式剂量监测仪	三个探头	1
14	手持多功能探测仪	IA-V2	1
15	α 、 β 表面沾污仪	CM7010	1
16	个人剂量报警仪	RAD-60S	3

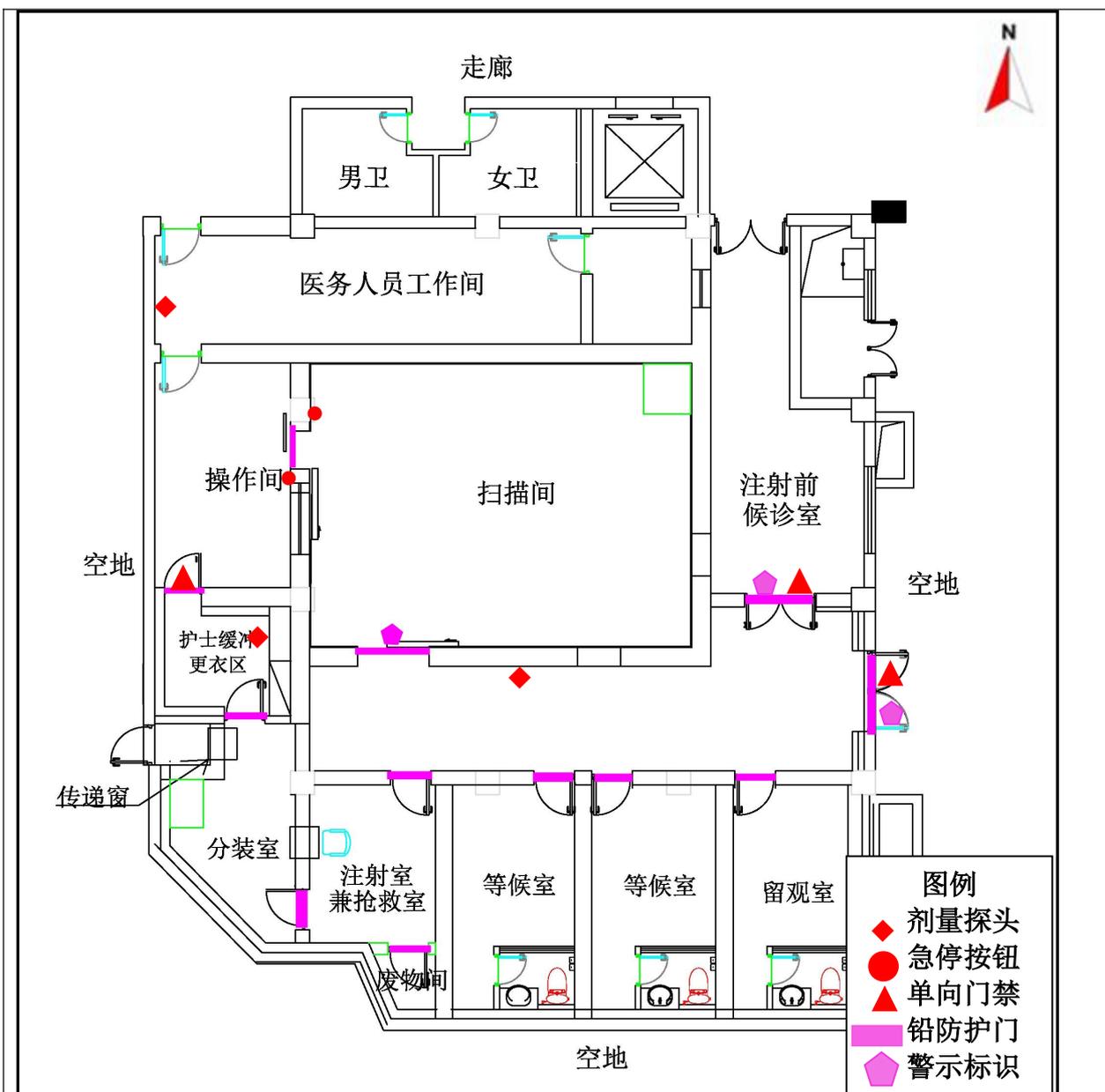


图 3-3 工作场所辐射防护措施图

3.3 放射性三废处理设施的建设和处理能力

3.3.1 放射性固废处置措施

本项目显像诊断过程中产生的放射性固体废物主要为如塑胶手套、注射器、棉签、一次性卫生防护用品等。 ^{18}F 显像检查患者预计约 4000 人次/年。核医学显像检查患者 3 人次产生约 0.1kg 的固体废物，则显像诊断工作场所含放射性固体废物年产生量约 133.3kg。

本项目在显像诊断工作场所的注射室、分装室、等候室、留观室等设置铅废物桶，在铅废物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物。铅废物桶（箱）表面张贴电离辐射警示标

志和文字提醒，在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明。

本项目辐射工作场所产生的放射性固体废物（如塑胶手套、注射器、棉签、一次性卫生防护用品等）存放在铅固废衰变桶垃圾袋内，对于注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋内，收集一定量后包装并编好日期后置于铅制固废衰变桶内，集中置于辐射场所的放射性废物间内。至少经 30 天的衰变存储时间，经检测满足清洁解控水平后，方可作为普通医疗垃圾处理。每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg， β 表面污染控制水平 $<0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。更换的废活性炭，在废物间内暂存 30 天后，经检测满足清洁解控水平后由厂家回收。

3.3.2 废水处理措施

根据医院提供的资料，本项目 ^{18}F 显像检查患者 4000 人次/年，每人产生废水 6L，则日产生废水量为 $0.08\text{m}^3/\text{天}$ ，年产生废水量为 $24\text{m}^3/\text{年}$ 。本项目辐射工作场所每天产生的洗消废水约 $0.05\text{m}^3/\text{天}$ ， $15\text{m}^3/\text{年}$ 。综上，本项目年产生废水量为 $39\text{m}^3/\text{年}$ ，废水中核素主要为 ^{18}F 。

本项目显像诊断区域设计了独立的患者专用卫生间，对患者的排泄物实施统一收集和管理，辐射工作场所产生的病人排泄物和放射性废水统一收集排入衰变池。本项目设有埋地式并联放射性废液衰变池用于处理 PET-CT 显像诊断工作场所产生的放射性废液，放射性废液衰变池为 3 个独立的衰变池，每个衰变池的内部尺寸均为 $2.0\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ ，容积约为 2m^3 ，总容积为 6m^3 。本项目衰变池结构图见图 3-4。

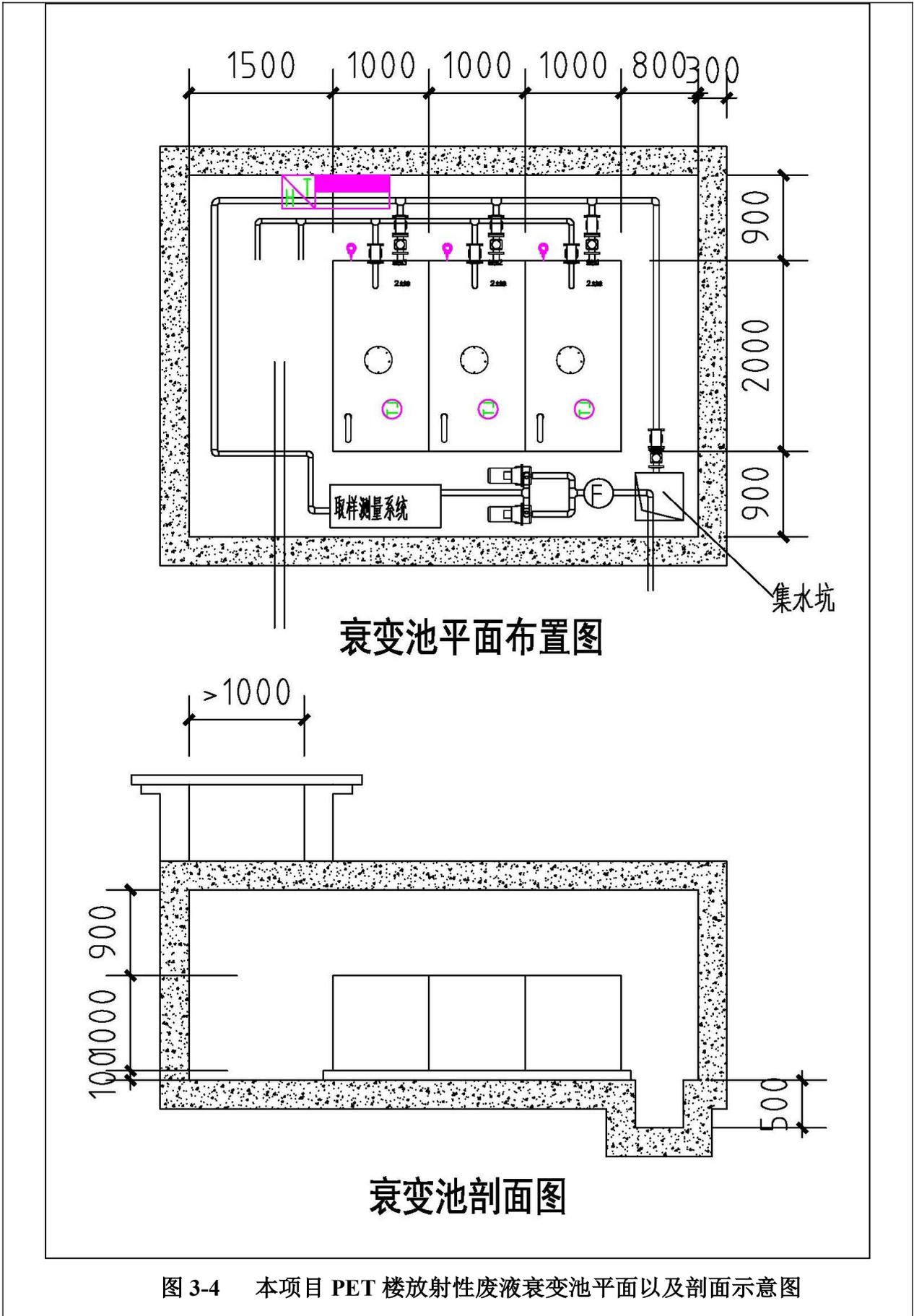


图 3-4 本项目 PET 楼放射性废液衰变池平面以及剖面示意图

放射性废液衰变池采用自动化并联式设计，依次按照第一格、第二格、第三格的顺序往各池充满水，当第三格达最高水位时，第一格中废水经检测达标后外排入中科医学影像诊断中心污水处理设施，依次顺序循环往复。衰变池池底、池顶、池壁均采用钢筋混凝土建筑，池壁、池底和池顶均为 30cm 厚钢筋混凝土，且池底及池壁均做专门的防腐防渗处理。放射性废液衰变池设检查取样孔，便于日常检查以及检测时取样。同时在衰变池周围设置围栏，防止无关人员靠近。

本项目非密封放射性物质工作场所产生的放射性废水经统一收集排入废水衰变池，经至少 30 天以上时间的衰变排入中科医学影像诊断中心污水处理设施。本项目排水管网布局情况详见图 3-5。

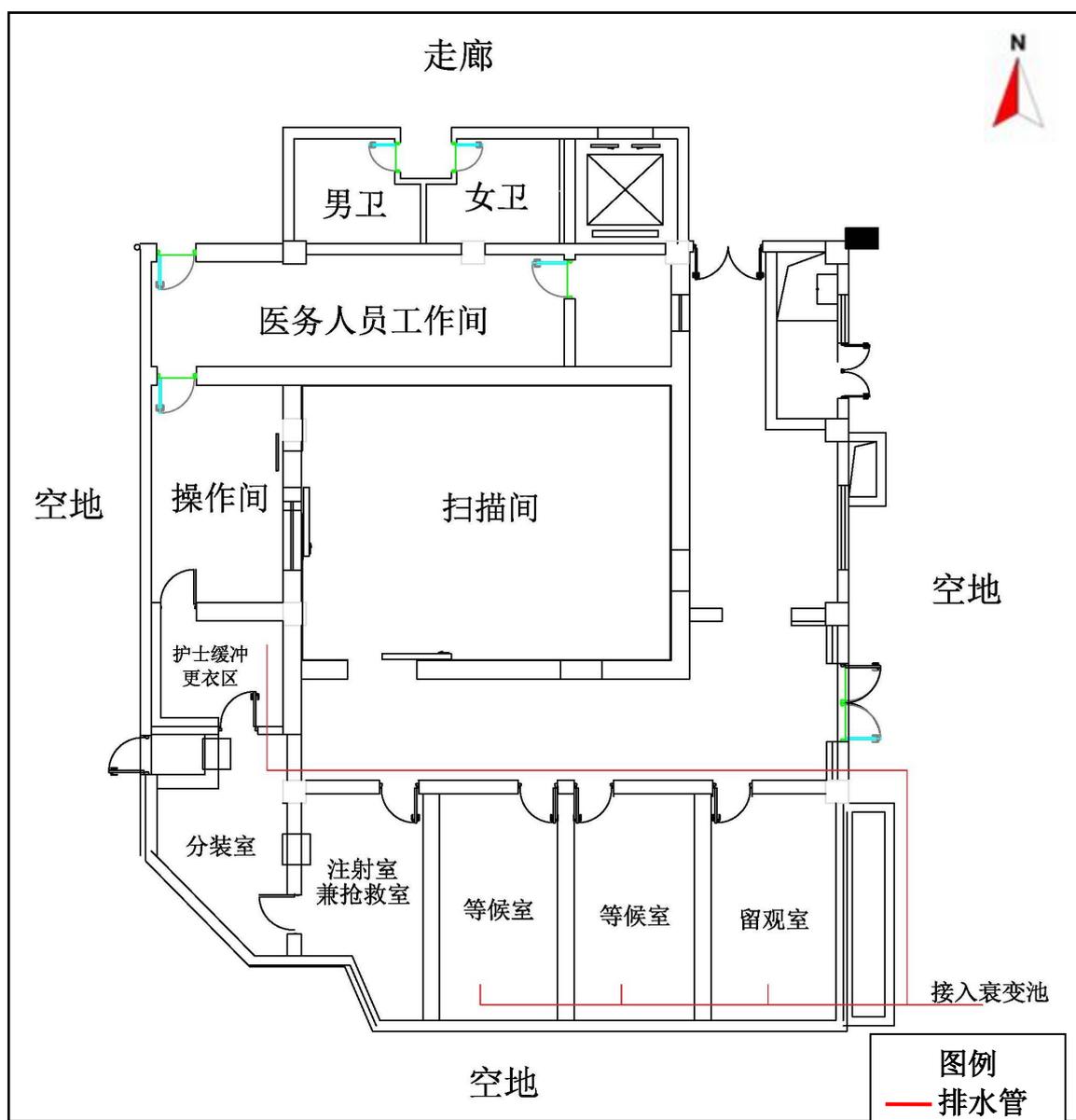


图 3-5 本项目排水管网布局图

本项目地理式放射性废液衰变池位于 PET-CT 工作场所东侧 5m 处。根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）和《医院污水处理工程技术规范》（HJ2029-2013）中“核医学科废水应经衰变池衰变，下水管道宜短”的相关要求可知，衰变池下水管道应尽量短并采用特殊材质，池体应防渗防腐。本项目衰变池选址位置距 PET-CT 工作场所较近，且池体上方对应空地区域一般公众人员停留时间较短，对周边环境的辐射影响可忽略，故选址基本合理。

3.3.3 通风换气措施

本项目分装室内设置了通风柜。非密封放射性物质的分装操作在通风柜内进行，通风柜顶部连接排风管道，其排风量能保证排风速度不低于 0.5m/s。通风柜设置独立的排风管道，废气汇集后经活性炭过滤装置过滤后排至所在楼楼顶，排风口高于屋脊 3m。

根据设计图纸可知，在分装室、注射室兼抢救室、等候室、PET-CT 扫描间、留观室设置 1 套独立的机械排风装置，气流走向为从低浓度向高浓度流动，且设置止回阀，废气收集后经活性炭过滤装置过滤后排至所在楼屋顶，排风口高于屋脊 3m。

本项目 PET-CT 显像诊断工作场所排风设计具体见图 3-6。

综上所述，本项目 PET-CT 显像诊断工作场所的通风柜设置独立的排风系统，并设置负压防止放射性气体污染；其他辐射工作场所排风系统的气流走向遵循了低浓度向高浓度流动，且设置止回阀，有利于防止放射性废气污染物的扩散，各股废气均经高效活性炭过滤后在所在楼楼顶 3m 处排放，故本项目辐射工作场所通风设计能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中的相关要求。

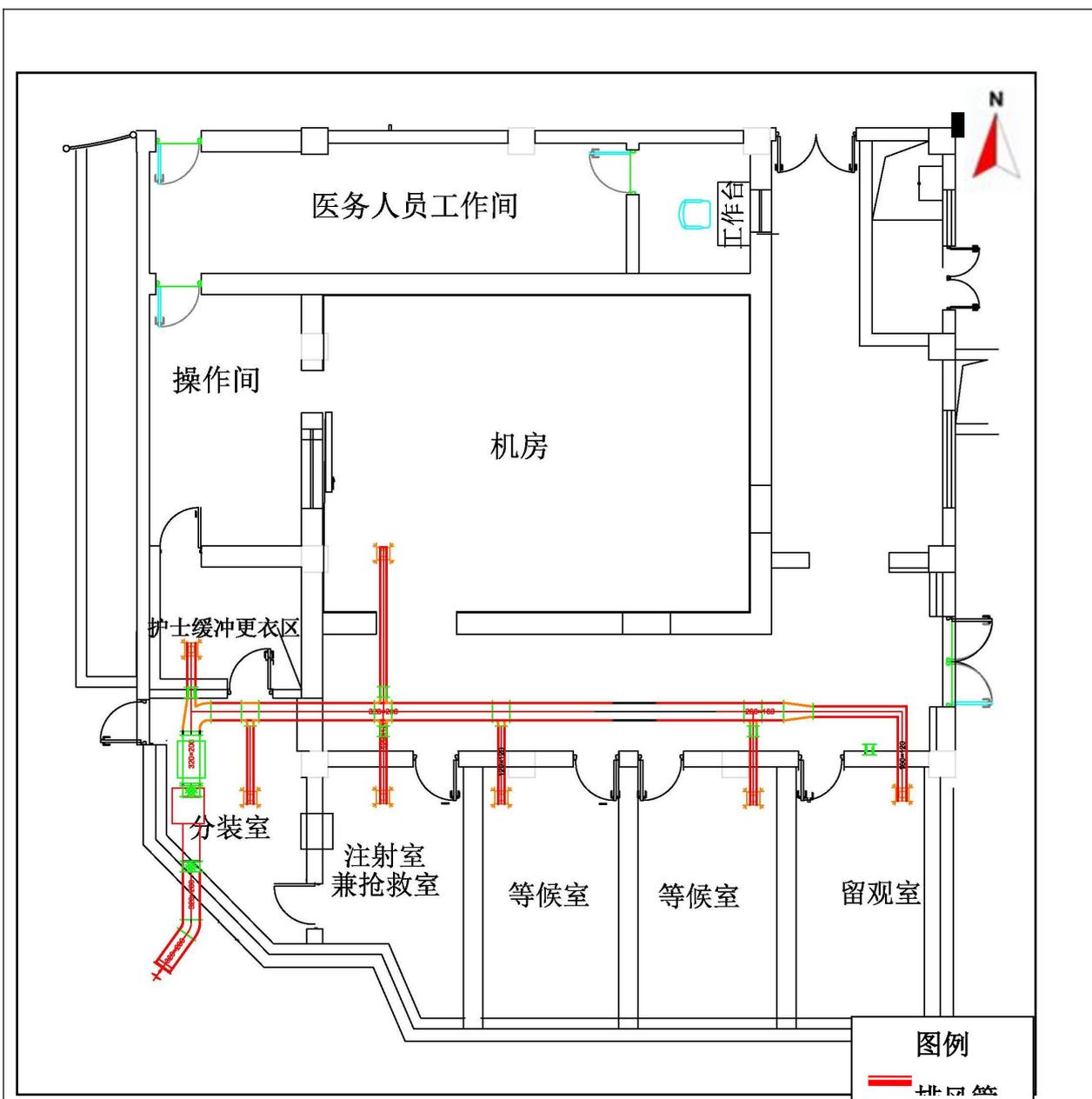


图 3-6 本项目 PET-CT 显像诊断工作场所排风布置图

3.4 辐射安全管理情况

(1) 医院遵守了《建设项目环境保护管理条例》、《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》等的有关规定，执行了环境影响评价制度，编制了环境影响报告表并获批准。已按要求办理了辐射安全许可证，证号为赣环辐证[A2263]。

(2) 本项目内容为在南昌市东湖区八一大道 368 号 2 号楼 1 层西侧，配置 1 台 PET-CT（配套使用 2 枚 V 类 ^{68}Ge 校验源），使用丙级非密封放射性物质（ ^{18}F ）工作场所。验收阶段建设内容、地点、采用的防治污染的措施等与环评阶段一致，与辐射安全证许可的

内容一致。

(3) 医院落实了国家对建设项目环境保护“三同时”制度，在项目建设过程中做到辐射防护环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

(4) 医院对射线装置使用过程中的环境保护工作进行了全过程的监督和管理，成立了辐射安全与环境保护管理机构——辐射安全防护管理小组，并设有专职的环境保护人员，从管理上保证环境保护措施的有效实施。

(5) 医院根据国家法律法规的要求，制定颁布实施了《关于成立辐射安全防护管理小组的通知》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射管理机构或责任人工作职责》《辐射工作人员的岗位职责》《操作规程与安全防护》《放射防护管理制度》《影像中心工作制度》《仪器管理、操作、保养及维修制度》《辐射人员培训计划》《辐射环境监测计划》《辐射事故应急预案》等规章制度，且张贴在操作室墙上。医院规章制度见附件 4。

(6) 医院为所有辐射工作人员配备了个人剂量计，定期安排参加职业健康体检，并建立了完善的个人剂量档案和职业健康档案。

(7) 医院辐射工作人员共 16 人，其中包括本项目核医学科 4 人，均参加了辐射安全与防护培训，并通过考核，见附件 5。

(8) 医院配备了 IA-V2 型手持多功能探测器、CM7010 型表面沾污仪各 1 台，定期对辐射工作场所及周边的辐射环境进行监测，自行监测记录见附件 8。

3.5 辐射安全与防护设施/措施落实情况说明

与环境影响报告表和批复要求对比，本项目落实情况详见表 3-3。

表 3-3 环评报告表及批复要求落实情况一览表

环评批复文件要求	落实执行情况	落实情况
(1) 进一步完善辐射安全管理机构，健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案，修订辐射事故应急措施。	医院已制定并完善了操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案和符合本院实际的辐射事故应急措施。	已落实
(2) 辐射工作人员应按要求参加辐射安全防护培训并通过考核。培训证书有效期届满，拟继续从事辐射相关工作的，应当在证书有效期内，再次参加培训并通过考核。	医院辐射工作人员共 16 人，全部参加了辐射安全与防护培训、考核，证书均在有效期内。取得辐射安全培训合格证书的人员已制订规定按要求接受复训。	已落实

<p>(3)辐射工作场所应有明显的电离辐射标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，具备防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施；加强对放射性药品的安全管理，防止丢失、被盗等事故的发生；建有放射性同位素暂存库或设施、放射性固体废物暂存间或设施，采取必要的屏蔽和通风措施。</p>	<p>医院辐射工作场所设置了明显的电离辐射标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，具备防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施；加强了对放射性药品的安全管理，设置视频监控 24 小时实时监控，制订了相应的管理制度和辐射事故应急预案，防止丢失、被盗等事故的发生；设有储源保险柜并双人双锁，及放射性废物间，采取了必要的屏蔽和通风措施。</p>	<p>已落实</p>
<p>(4)辐射工作场所实行分区管理，按要求划分监督区、控制区，控制区出入口设置卫生缓冲区，满足特定情况下更衣、冲洗、表面污染监测等需求；设置医生、受检者、放射性药品专用通道和受检者专用卫生间；受检者排泄物及放射性废水采用一定容积的衰变池进行处理。</p>	<p>医院 PET-CT 显像诊断场所实行了分区管理，将分装室、注射室兼抢救室、废物间、扫描间、等候室、留观室划分为控制区，将操作间、医务人员工作间、注射前等候室划分为监督区；控制区出入口设置卫生缓冲区，满足特定情况下更衣、冲洗、表面污染监测等需求；设置了医生、受检者、放射性药品专用通道和受检者专用卫生间；受检者排泄物及放射性废水采用 3 个独立、总容积为 6m³ 的衰变池进行处理。</p>	<p>已落实</p>
<p>(5) 配备符合防护要求的辅助防护用品，辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计，定期接受个人剂量监测并建立个人剂量和职业健康档案；配备必要的辐射监测设备，定期对辐射工作场所及周边环境进行监测并做好相应记录。</p>	<p>医院配备了铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜等防护用品，所有辐射工作人员均配备个人剂量计，定期监测，并建立了个人剂量档案（见附件 6）；医院已安排了辐射工作人员参加职业健康体检，建立了职业健康档案（见附件 7）。医院配备 IA-V2 型手持多功能探测仪、CM7010 型表面沾污仪、固定式辐射剂量监测仪各 1 台，RAD-60S 型个人剂量报警仪 3 台，制定了详细的监测方案，并定期对辐射工作场所周围辐射环境进行监测，监测记录见附件 8。</p>	<p>已落实</p>
<p>(6) 及时重新申请领取辐射安全许可证，办理许可证增项手续。</p>	<p>医院已重新申请领取辐射安全许可证，办理了辐射安全许可证增项手续。</p>	<p>已落实</p>
<p>(7) 每年 1 月 31 日前，应通过全国核技术利用辐射安全申报系统，向生态环境部门提交上一年度辐射安全和防护状况评估报告。</p>	<p>医院已编制辐射安全和防护状况年度评估报告，2024 年度评估报告于 2025 年 1 月通过全国核技术利用辐射安全申报系统，报送至江西省生态环境厅。</p>	<p>已落实</p>

由表 3-1 可知，在环境影响报告表和批复中提出的要求，均基本得到落实。

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

一、环境影响报告表评价结论

以下内容引至《南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素与射线装置应用项目环境影响报告表》的结论部分：

南昌中科医疗管理有限公司是南昌中科健康体检有限公司的子医院，南昌中科医学影像诊断中心项目在南昌市东湖区八一大道368号2号楼1层西侧，现拟配置1台PET-CT（配套使用2枚V类⁶⁸Ge校验源），使用丙级非密封放射性物质（¹⁸F）工作场所。

（1）实践正当性

医用放射性同位素与射线装置的应用在我国是一门成熟的技术，它在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。本项目的建设将为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时此次项目涉及的辐射工作场所均按相关要求进行了设计，防护措施满足标准要求，对周边环境及人员的影响较小。因此，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

该项目属于医疗卫生服务设施建设，对照《产业结构调整指导目录》（2019年本）的规定其属于国家鼓励类的项目，故该项目符合国家产业政策。

（2）辐射环境质量现状调查分析

项目评价区内室内 γ 辐射空气吸收剂量率现状监测值在100~107 μ Sv/h之间，室外 γ 辐射空气吸收剂量率现状监测值在108~112 μ Sv/h之间，室内现状监测值位于《中国环境天然放射性水平》中南昌市环境天然放射性室内 γ 辐射环境本底范围和江西省环境天然放射性室内 γ 辐射环境本底范围内，室外现状监测值高于《中国环境天然放射性水平》中南昌市环境天然放射性原野 γ 辐射环境本底范围，但在江西省环境天然放射性原野 γ 辐射环境本底范围内，因此可知项目所在地辐射环境质量现状较好。

（3）辐射安全与防护措施评价

项目采取的辐射环境管理措施：医院设立专门的辐射安全与防护管理领导小组，并建立完善的规章制度，落实安全、保卫、环保等措施，制定了辐射事故应急预案等。

采取的污染防治措施：射线装置机房有满足辐射屏蔽要求的防护墙、防护门、观察窗等；机房门口设置明显的电离辐射警示标识、照射指示灯，辐射工作人员佩戴个人剂量计等。非密封放射性物质工作场所的布局及防护设施等满足《核医学放射防护要求》

(GBZ120-2020)等标准的相关要求。

从总体上看,项目的辐射环境保护和污染防治措施考虑到了辐射管理、屏蔽防护、安全保卫等各个方面,满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)中的有关要求。

(4) 辐射环境影响预测分析

根据影响预测可知,在PET-CT显像诊断工作场所控制区外人员可达处,距屏蔽体外表面0.3m处的辐射剂量率最大为 $7.95 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$,控制区内屏蔽体外表面0.3m处的辐射剂量率最大为 $6.81 \mu\text{Sv/h}$;PET-CT显像诊断工作场所的通风柜外表面5cm处的辐射剂量率为 $14.60 \mu\text{Sv/h}$ 。符合《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中“在核医学控制区外人员可达处,距屏蔽体外表面0.3m处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$,控制区内屏蔽体外表面0.3m处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$;核医学工作场所的分装柜或生物安全柜,应采取一定的屏蔽防护,以保证柜体外表面5cm处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ ”。由此可知,本项目PET-CT显像诊断工作场所辐射防护措施合理可行。

本项目运行后,PET-CT显像诊断工作场所工作人员职业照射的最大附加年有效剂量值为 0.41mSv/a ,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中职业照射剂量限值 20mSv/a 的要求,也低于剂量约束值 5mSv/a 。工作场所周边公众照射的最大附加年有效剂量值为 $4.83 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)公众照射剂量限值 1mSv/a 的要求,也低于剂量约束值 0.1mSv/a 。

综上所述,南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素与射线装置应用项目,符合“实践的正当性”要求。非密封放射性物质工作场所的防护设计合理,辐射管理中的各项规章制度和防护措施较健全。只要切实落实并严格执行本评价中所提出的辐射管理、辐射防护、事故应急等各项措施,严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)中的有关规定进行管理,其运行后对放射工作人员和公众及其周围环境造成的辐射污染影响较小。因此,从辐射环境保护角度分析,该项目的建设是可行的。

二、环境影响报告表批复

江西省生态环境厅2022年1月对项目环评文件以“江西省生态环境厅关于对南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素与射线装置应用项目环境影响报告表的批复”(赣环

辐射[2022]6号)予以批复。批复内容如下:

一、项目建设内容

南昌中科医疗管理有限公司位于南昌市东湖区八一大道368号2号楼,拟在2号楼1层西侧开展F-18显像诊断。项目建设内容主要包括:

1. 新建一个PET显像诊断工作场所,包括分装、注射、扫描等功能性区域,以及更衣、候诊、留观等配套附属设施,涉及核素F-18的分装和注射,日等效最大操作量 $8.35\text{E}+6\text{Bq}$,年最大用量 $1.89\text{E}+12\text{Bq}$,属丙级非密封放射性物质工作场所。

2. 新建1间PET-CT扫描间,配备1台PET-CT用于对受检者开展放射显像诊断,设备最大管电压140kV,最大管电流380mA,属III类射线装置。

3. 使用2枚Ge-68放射源用于对PET-CT进行校准,活度分别为 $5.55\text{E}+7\text{Bq}$ 、 $3.50\text{E}+6\text{Bq}$,存放于PET-CT扫描间储源柜铅罐内,均属V类放射源。

二、项目批复意见

本项目按规定进行了公示,根据《南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素与射线装置应用项目环境影响报告表》(以下简称《报告表》)结论、技术评估部门的意见(赣环科咨字〔2021〕92号),我厅原则同意该项目按《报告表》提供的建设地点、性质、规模 and 环境保护措施进行建设。

三、项目建设的污染防治措施及管理要求

你单位应全面落实《报告表》提出的各项环境保护要求,并重点做好以下工作:

(一)进一步完善辐射安全管理机构,健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案,修订辐射事故应急措施。

(二)辐射工作人员应按要求参加辐射安全与防护培训并通过考核。培训证书有效期届满,拟继续从事辐射相关工作的,应当在证书有效期内再次参加培训并通过考核。

(三)辐射工作场所应有明显的电离辐射标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯,具备防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施;加强对放射性药品的安全管理,防止丢失、被盗等事故的发生;建有放射性同位素暂存库或设施、放射性固体废物暂存间或设施,采取必要的屏蔽和通风措施。

(四)辐射工作场所实行分区管理,按要求划分监督区、控制区,控制区出入口设置卫生缓冲区,满足特定情况下更衣、冲洗、表面污染监测等需求;设置医生、受检者、放射性药品专用通道和受检者专用卫生间;受检者排泄物及放射性废水采用一定容积的

衰变池进行处理。

（五）配备符合防护要求的辅助防护用品，辐射工作人员应按要求佩戴个人剂量计，定期接受个人剂量监测并建立个人剂量和职业健康档案；配备必要的辐射监测设备，定期对辐射工作场所及周边环境进行监测并做好相应记录。

（六）及时重新申请辐射安全许可证，办理许可证增项手续。

（七）每年1月31日前应通过全国核技术利用辐射安全申报系统，向生态环境部门提交辐射安全和防护状况评估报告。

四、项目运行和竣工验收的环境保护要求

（一）项目建设必须严格执行“配套的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用”的环境保护“三同时”制度，落实《报告表》提出的各项环境保护措施。

（二）项目竣工后，应按照规定标准和程序开展项目竣工环境保护验收，编制验收报告，并依法向社会公开。项目经验收合格，方可投入使用；未经验收或者验收不合格，不得投入使用。切实加强运行期间的辐射监测工作。

五、项目执行标准

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对工作人员和公众受照射年有效剂量的要求和《报告表》的结论，本项目中，工作人员受照有效剂量约束值按5mSv/a执行，公众受照有效剂量约束值按0.1mSv/a执行。

六、其他环境保护要求

（一）项目变更环境保护要求。本批复仅限于《报告表》确定的建设内容，若项目建设内容、采用的防治污染措施等发生重大变化，应重新向我厅申请办理相关审批手续。《报告表》自批准之日起超过5年方开工建设，《报告表》应当报我厅重新审核。

（二）违法追究。对已批复的各项环境保护事项必须认真执行，如有违反，将依法追究法律责任。

（三）日常环境保护监管。请南昌市生态环境局加强对本项目的日常环境监督管理。你单位应在收到本批复后20个工作日内，将批准后的环境影响报告表送南昌市生态环境局，并按规定接受各级生态环境部门的监督检查。

表五 验收监测质量保证与质量控制

5.1 监测仪器

监测使用的仪器经国家法定计量部门检定或校准；每次测量前、后均对仪器的工作状态进行检查，确认仪器是否正常。

5.2 监测点位和方法

监测布点和测量方法选用目前国家和行业有关规范和标准。在项目建设场所及周围工作人员、公众活动区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性，以保证监测结果的科学性和可比性。

5.3 监测人员资格

参加本次现场监测的人员，均经过监测技术培训，并经考核合格，做到持证上岗。

5.4 审核制度

监测报告实行三级审核制度，经校核、审核，最后由技术总负责人审定。

5.5 认证制度

验收监测单位持有江西省市场监督管理局认定的检验检测机构资质认定证书（见附件 11），制定了《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书、表单等，本项目所涉监测项目在资质范围内。

表六 验收监测内容

6.1 监测项目

监测因子：周围剂量当量率、 β 表面污染。

监测频次：周围剂量当量率在本项目正常工况下，对本项目 PET-CT 显像诊断区工作场所周边各监测点位各测量一次，每次读 10 个数，取其平均值作为测量结果。 β 表面污染在本项目 PET-CT 显像诊断区工作场所工作结束并清理现场后，监测仪器对本项目各个用房墙面、地面、床面等各测量一次，每次读 5 个数，取其平均值，并扣除环境本底值，作为测量结果。

6.2 监测点位

按照相关的监测方法和布点原则的要求，结合现场条件，全面、合理布点，重点考虑辐射工作人员长时间工作的场所和其他公众可能到达的场所。监测布点图见图 6-1~图 6-3。

6.3 监测仪器

南昌中科医疗管理有限公司委托核工业二七〇研究所于 2025 年 8 月 8 日对 PET-CT 显像诊断区工作场所及周边环境进行了周围剂量当量率和 β 表面污染监测。监测方法执行《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)和《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)，监测仪器情况见表 6-1。

表 6-1 监测仪器主要技术参数一览表

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
型号/规格	AT1123
出厂编号	54495
生产厂家	白俄罗斯 ATOMTEX
量程范围	50nSv/h-10Sv/h
能量范围	0.025-3MeV（头帽）
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书编号	2025H21-20-5863554001
检定日期	2025 年 4 月 27 日
仪器名称	α 、 β 表面污染监测仪
型号/规格	CoMo170
出厂编号	8719
生产厂家	NUVIA 公司
探测器面积	170cm ²
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书编号	2025H21-20-5854214001
检定日期	2025 年 4 月 22 日

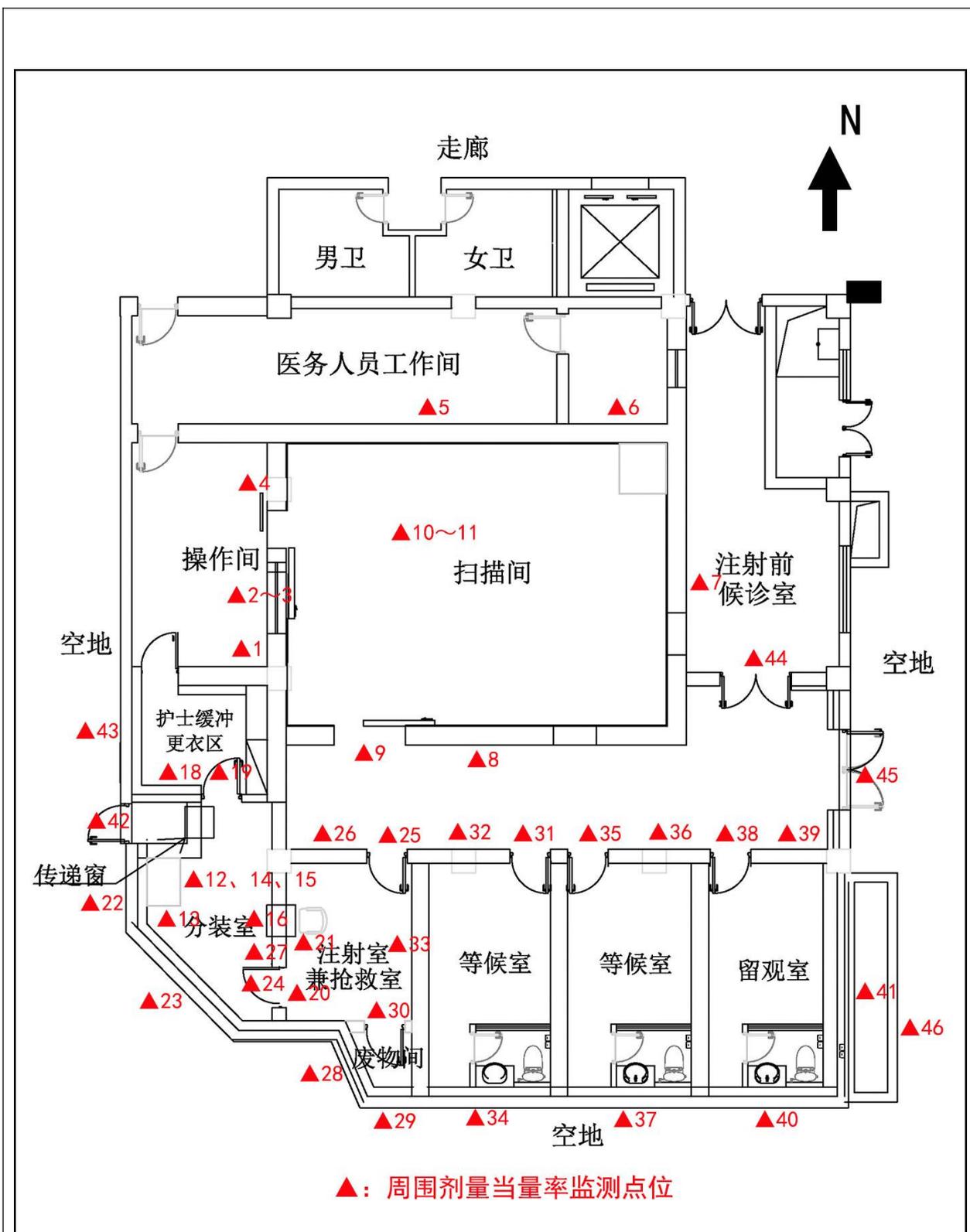


图 6-1 工作场所周围剂量当量率监测布点示意图



图 6-2 周围环境周围剂量当量率监测布点示意图

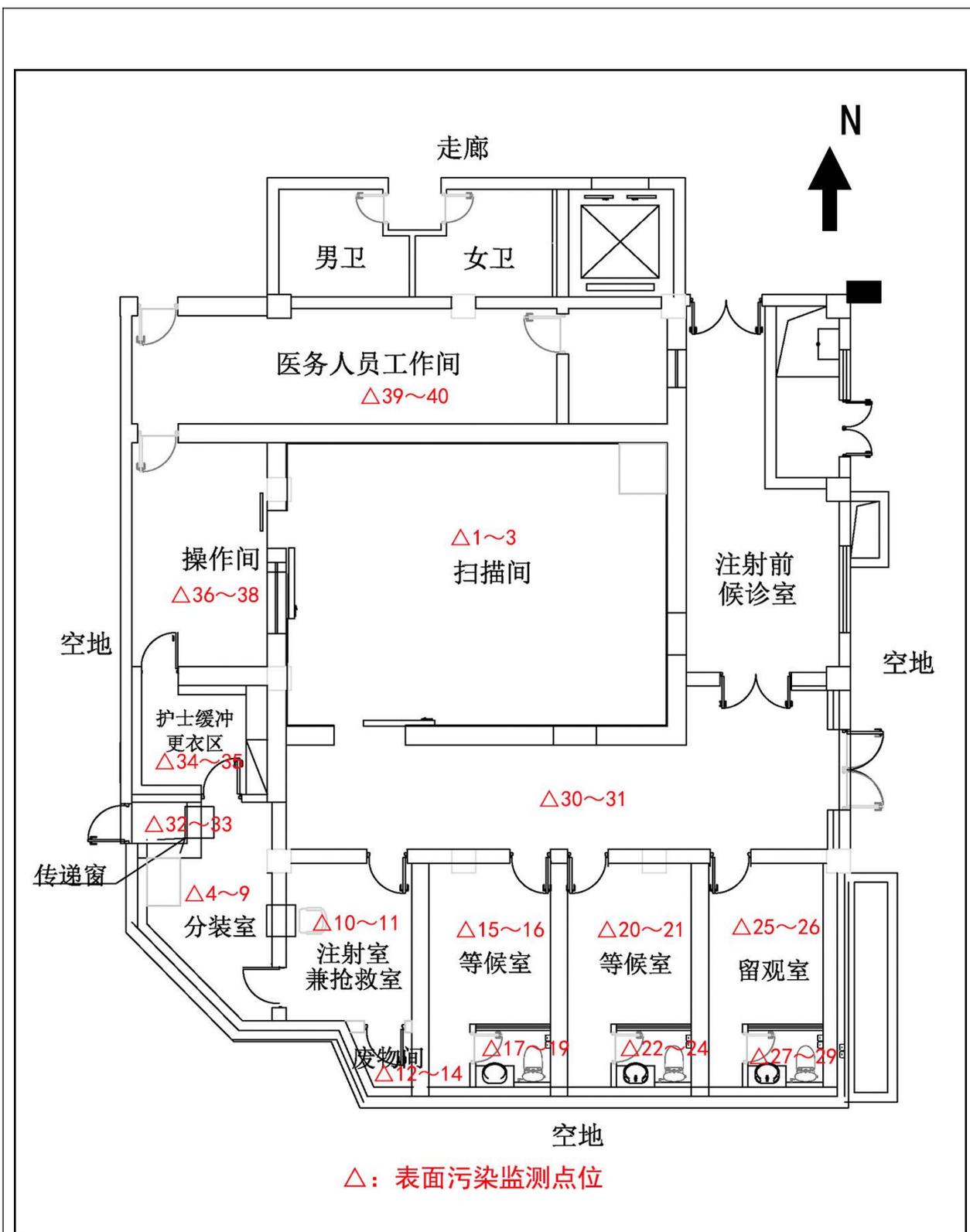


图 6-3 工作场所 β 表面污染水平监测布点示意图

表七 验收监测

7.1 监测时工况

南昌中科医疗管理有限公司委托核工业二七〇研究所于2025年8月8日对PET-CT显像诊断区工作场所及周边环境进行了周围剂量当量率和 β 表面污染监测。

监测时具体监测工况如下表所示。

表 7-1 监测工况

场所	监测工况
PET-CT 机房四周	机房内放置 10 mCi 的 ^{18}F ，PET-CT 工作电压 120kV，电流 200 mA
分装室四周及通风柜外	通风柜内放置 255.4 mCi 的 ^{18}F
注射窗	放置 10 mCi 的 ^{18}F
注射兼抢救室四周	放置 10 mCi 的 ^{18}F
废物间外	废物间的衰变桶内有少量放射性废物
等候室（西）四周	放置 10 mCi 的 ^{18}F
等候室（东）四周	放置 10 mCi 的 ^{18}F
留观室四周	放置 10 mCi 的 ^{18}F
PET-CT 显像诊断工作场所四周	通风柜内放置 255.4 mCi 的 ^{18}F ，工作场所放置 10 mCi 的 ^{18}F
各放射性废物桶	内有少量放射性废物
摆位	放置 10 mCi 的 ^{18}F

验收检测是在本项目运行工况稳定、辐射安全与防护设施建成并运行正常的情况下进行，符合建设项目竣工环境保护验收的工况要求。

7.2 验收监测结果

辐射环境监测结果见表 7-2~表 7-3。

表 7-2 PET-CT 显像诊断工作场所及其周边周围剂量当量率水平监测结果

序号	监测位置	周围剂量当量率 (nSv/h)		
		监测值	标准差	
1	PET-CT 机房 (放置 10 mCi ¹⁸ F, PET-CT 工作电压 120kV, 电流 200 mA)	西墙外 30cm (操作间)	166	1
2		观察窗外 30cm	0.42×10^3	0.02×10^3
3		医生操作位	148	1
4		医生防护门外 30cm	0.49×10^3	0.02×10^3
5		北墙外 30cm (工作间)	163	1
6		北墙外 30cm	158	1
7		东墙外 30cm (候诊室)	162	1
8		南墙外 30cm	166	1
9		病人防护门外 30cm	0.48×10^3	0.03×10^3
10		废物桶表面外 30cm	153	1
11		摆位	31×10^3	2×10^3
12	分装室 (通风柜内 ¹⁸ F活度 255.4 mCi)	通风柜前表面 30cm	1.53×10^3	0.07×10^3
13		通风柜左表面 30cm	1.77×10^3	0.05×10^3
14		通风柜观察窗	0.86×10^3	0.01×10^3
15		操作孔外 30cm (关闭)	1.53×10^3	0.07×10^3
16		工作人员注射位 (手洞开)	0.90×10^3	0.01×10^3
17		废物桶表面外 30cm	161	1
18		北墙外 30cm	198	1
19		北防护门外 30cm	171	1
20		东防护门外 30cm	163	1
21		东墙外 30cm	173	1
22		西墙外 30cm (室外)	173	1
23		西南墙外 30cm (室外)	152	1
24	注射兼抢救室 (放置 10 mCi ¹⁸ F)	西防护门外 30cm	0.87×10^3	0.01×10^3
25		北防护门外 30cm	1.46×10^3	0.08×10^3
26		北墙外 30cm	0.28×10^3	0.01×10^3
27		西墙外 30cm	0.35×10^3	0.01×10^3
28		西南墙外 30cm (室外)	162	1
29		南墙外 30cm (室外)	163	1
30		废物间防护门外 30cm	178	1

31	等候室（西）（放置 10 mCi ¹⁸ F）	防护门外 30cm	1.53×10^3	0.07×10^3
32		北墙外 30cm	207	1
33		西墙外 30cm	207	1
34		南墙外 30cm	166	1
35	等候室（东）（放置 10 mCi ¹⁸ F）	防护门外 30cm	1.52×10^3	0.06×10^3
36		北墙外 30cm	0.48×10^3	0.03×10^3
37		南墙外 30cm（室外）	164	1
38	留观室（放置 10 mCi ¹⁸ F）	防护门外 30cm	1.59×10^3	0.06×10^3
39		北墙外 30cm	204	1
40		南墙外 30cm	166	1
41		东墙外 30cm（室外）	161	1
42	PET-CT显像诊断工 作场所四周	药物通道门外 30cm（室外）	167	1
43		西墙外（室外）	151	1
44		病人入口门外 30cm	157	1
45		病人出口门外 30cm（室外）	152	1
46	衰变池上方 30cm处（室外）		148	1
47	Ge桶源容器表面 30cm处		0.49×10^3	0.02×10^3
48	Ge模型源容器表面 30cm处		1.66×10^3	0.09×10^3
49	南昌中科熹庐中西医结合门诊部南侧（室外）		102	1
50	民德路 6 号住宅小区南侧（室外）		102	1
51	苏圃路 187 号住宅小区东侧（室外）		102	1
52	苏圃路 171 号住宅小区东侧（室外）		102	1
53	中鼎国际工程有限责任公司项目部南侧（室外）		102	1
54	医院区域本底		147	1
55	外环境本底		102	1

注：监测结果未扣除背景值。

由表 7-2 可知，本项目 PET-CT 显影诊断辐射工作场所防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率最大值为 $1.59\mu\text{Sv/h}$ ，通风橱、注射窗等正表面 30cm 处周围剂量当量率最大值为 $1.53\mu\text{Sv/h}$ ，放射性废物存储桶外 30cm 处最大周围剂量当量率为 $0.161\mu\text{Sv/h}$ 。

医院 PET-CT 显影诊断辐射工作场所满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的周围剂量当量率控制目标值相关要求：距 PET-CT 显影诊断辐射工作

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 μ Sv/h；放射性药物分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h；固体放射性废物收集桶外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。

本项目用房周围 50 米内验收敏感目标处周围剂量当量率为 102nSv/h，在江西省室外辐射环境本底水平范围内（注：江西省全省道路、原野辐射环境本底范围值 12.6~369.4nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》），未出现异常。

表 7-3 PET-CT 显像诊断工作场所 β 表面污染水平监测结果

编号	监测点位描述		检测结果 (Bq/cm ²)
控制区			
1	PET-CT 机房	地面	<MDC
2		墙面	<MDC
3		扫描床表面	<MDC
4	分装室	地面	<MDC
5		墙面	<MDC
6		通风柜表面	<MDC
7		注射窗外表面	<MDC
8		废物桶外表面	<MDC
9		洗手池表面	<MDC
10	注射兼抢救室	地面	<MDC
11		墙面	<MDC
12	废物间	地面	<MDC
13		墙面	<MDC
14		废物桶外表面	<MDC
15	等候室（西）	地面	<MDC
16		墙面	<MDC
17		卫生间地面	<MDC
18		卫生间墙面	<MDC
19		洗手池表面	<MDC
20	等候室（东）	地面	<MDC
21		墙面	<MDC
22		卫生间地面	<MDC
23		卫生间墙面	<MDC
24		洗手池表面	<MDC

25	留观室	地面	<MDC
26		墙面	<MDC
27		卫生间地面	<MDC
28		卫生间墙面	<MDC
29		洗手池表面	<MDC
30	病人走廊	地面	<MDC
31		墙面	<MDC
32	药物通道	地面	<MDC
33		墙面	<MDC
34	缓冲更衣区	地面	<MDC
35		墙面	<MDC
监督区			
36	操作间	地面	<MDC
37		墙面	<MDC
38		工作台面	<MDC
39	医务人员工作间	地面	<MDC
40		墙面	<MDC

注：上表中 MDC 为探测下限， β 表面污染检测限为 0.07 Bq/cm^2 。

由表 6-3 监测结果表明，医院 PET-CT 非密封放射性物质工作场所控制区和监督区各监测点 β 表面污染值均小于探测下限值（ 0.07Bq/cm^2 ），均在《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）相应的控制范围内（控制区的工作台、设备、墙壁、地面 $<40 \text{ Bq/cm}^2$ ，监督区工作台、设备、墙壁、地面 $<4 \text{ Bq/cm}^2$ ）。

7.3 剂量估算

由于本项目尚未有完整 1 年个人剂量计监测结果，为确定本项目对辐射工作人员和公众产生的辐射剂量及其辐射环境影响，对其进行辐射剂量理论估算评价。

$$H_{\gamma} = D_{\gamma} \times T \times 10^{-6}$$

式中： H_{γ} — γ 辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

D_{γ} —辐射剂量率，nSv/h；

T—年工作时间，h。

本项目 PET-CT 显像诊断项目共配备辐射工作人员 4 人，其中分装、注射人员 2 人，PET-CT 工作人员 2 人，名单见附件 4。年工作 300 天，患者 4000 人次/年， ^{18}F 药物根据每位患者计划给药量外购回来后在通风橱内进行分装。

医务人员每天分装时间约为 30 分钟，年分装时间为 $30 \text{ 分钟/天} \times 300 \text{ 天} \div 60 = 150$ 小时，每人注射时间约为 20 秒，年诊断 4000 人次，则年注射时间为 $20 \text{ 秒/人} \times 4000 \text{ 人} \div 3600 = 22.2$ 小时，每位病人平均摆位时间约为 0.5 分钟，年诊断 4000 人次，年摆位时间为 $0.5 \text{ 分钟/人} \times 4000 \text{ 人} \div 60 = 33.3$ 小时，患者给药后一般候诊 30min 进入 PET-CT 扫描间接受扫描，本项目设置 2 间等候室，则每间等候室有 1 名患者的时间为 $30 \text{ 分钟/人} \times 4000 \text{ 人} \div 2 \div 60 = 1000$ 小时，PET-CT 扫描时间为 10 分钟，年扫描时间约为 $10 \text{ 分钟/人} \times 4000 \text{ 人} \div 60 = 666.7$ 小时，患者扫描后进入留观室留观 10 分钟，则留观室留观病人时间为 $10 \text{ 分钟/人} \times 4000 \text{ 人} \div 60 = 666.7$ 小时。密封源 ^{68}Ge 用于设备校准，辐射工作人员依托 PET-CT 设备操作工作人员，设备校准频率一般为每半年一至二次，操作人员安装好校准源时间约 20min，则安装放射源年最大时间为 1.33h。

辐射工作人员药物分装时取通风橱前表面 30cm 处辐射剂量率，注射时取注射窗外 30cm 处辐射剂量率，摆位时取摆位处辐射剂量率、使用 ^{68}Ge 校准源时保守取 ^{68}Ge 密封源容器表面 30cm 处较大的辐射剂量率。

公众人员剂量率取 PET-CT 显像诊断工作场所周围、公众可达区域监测辐射剂量率扣除本底后的最大值，因此居留因子按照部分居留取值，取 1/4。公众和辐射工作人员受照时间为出束时间与居留因子的乘积，工作人员和公众成员的最大附加年有效剂量见表 7-4。

表 7-4 辐射工作人员和公众年有效剂量估算结果表

成员	操作类型	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv)	
分装、注药 护士	分装	$1.53-0.147=1.383$	150	0.207	0.224
	注射	$0.9-0.147=0.753$	22.2	1.67×10^{-2}	
PET-CT 工 作人员	摆位	$31-0.147=30.853$	33.3	1.027	1.03
	扫描检查	$0.148-0.147=0.001$	666.7	6.67×10^{-4}	
	^{68}Ge 校准	$1.66-0.147=1.513$	1.33	2.01×10^{-3}	
分装室西南墙外公众		$0.152-0.147=0.005$	150/4	1.88×10^{-4}	
分装室西墙外公众		$0.173-0.147=0.026$	150/4	9.75×10^{-4}	
注射室兼抢救室南墙外公众		$0.163-0.147=0.016$	22.2/4	8.88×10^{-5}	
等候室（西）南墙外公众		$0.166-0.147=0.019$	1000/4	4.75×10^{-3}	
等候室（东）南墙外公众		$0.164-0.147=0.017$	1000/4	4.25×10^{-3}	
留观室南墙外公众		$0.166-0.147=0.019$	666.7/4	3.17×10^{-3}	
留观室东墙外公众		$0.161-0.147=0.014$	666.7/4	2.33×10^{-3}	
PET-CT 扫描间北墙外公众		$0.163-0.147=0.016$	666.7/4	2.67×10^{-3}	
PET-CT 扫描间西墙外公众		$0.166-0.147=0.019$	666.7/4	3.17×10^{-3}	

由表 7-4 可知，本项目辐射工作人员附加年有效剂量为 1.03mSv，周围公众附加年有效剂量最大为 $4.75\times 10^{-3}\text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评批复中的有效剂量约束值（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）的要求。

7.4 个人剂量检测结果分析

医院已为辐射工作人员配备了个人剂量计，并定期送有资质单位进行读数。根据医院提供的连续一年（2024 年三季度~2025 年二季度）个人剂量报告可知（见附件 6），工作人员全年个人剂量监测结果最大为 0.33mSv，满足环评批复中管理限值 5mSv 的要求。

表八 验收监测结论及建议

一、验收监测结论

(1) 验收工程内容

南昌中科医疗管理有限公司是南昌中科健康体检有限公司的子公司，南昌中科医学影像诊断中心项目在南昌市东湖区八一大道 368 号 2 号楼 1 层西侧，配置使用 PET-CT 1 台（Ⅲ类射线装置）；丙级非密封放射性物质工作场所（使用 ^{18}F 放射性同位素）； ^{68}Ge 两枚（使用 V 类放射源）。

该项目履行了环评手续，2022 年 1 月取得江西省生态环境厅批复（赣环辐射[2022]6 号）。2022 年 6 月重新申领了辐射安全许可证，证书编号赣环辐证[A2263]。

(2) 屏蔽效果验收结论

现场监测结果表明，本项目 PET-CT 显影诊断辐射工作场所防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率最大值为 $1.59\mu\text{Sv/h}$ ，通风橱、注射窗等正表面 30cm 处周围剂量当量率最大值为 $1.53\mu\text{Sv/h}$ ，放射性废物存储桶外 30cm 处最大周围剂量当量率为 $0.161\mu\text{Sv/h}$ 。

医院 PET-CT 显影诊断辐射工作场所满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的周围剂量当量率控制目标值相关要求：距 PET-CT 显影诊断辐射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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；放射性药物分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；固体放射性废物收集桶外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目用房周围 50 米内验收敏感目标处周围剂量当量率为 102nSv/h ，在江西省室外辐射环境本底水平范围内。

医院 PET-CT 非密封放射性物质工作场所控制区和监督区各监测点 β 表面污染值均小于探测下限值（ 0.07Bq/cm^2 ），均在《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）相应的控制范围内（控制区的工作台、设备、墙壁、地面 $<40\text{Bq/cm}^2$ ，监督区工作台、设备、墙壁、地面 $<4\text{Bq/cm}^2$ ）。

(3) 辐射安全防护措施

本项目辐射工作场所出入口、各功能用房均设置电离辐射警示标志、工作指示灯等安全措施，机房墙体、顶棚、防护门等屏蔽物质厚度及机房大小等符合相关标准的要求。

辐射工作场所按要求划定了控制区、监督区，分别设置了医生及病人专用通道和病人专用卫生间；病人含放射性排泄物及放射性废水用一定容积的衰变池（至少存放 30 天）进行衰变处理；产生的放射性固体废物统一收集暂存于铅废物桶内，至少存放 30 天衰变后作为普通医疗垃圾处理；设置通风橱，且设置高效过滤装置，产生的放射性废气通过管道在影像中心楼顶高出屋脊排放。

医院基本落实了环评文件及批复文件中提出的辐射安全防护措施。

（4）有效剂量估算验收结论

理论估算表明，本项目辐射工作人员附加年有效剂量为 1.03mSv，周围公众附加年有效剂量最大为 4.75×10^{-3} mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评批复中的有效剂量约束值（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）的要求。

（3）辐射安全管理

医院成立了辐射安全防护管理机构；制定颁布实施了《关于成立辐射安全防护管理小组的通知》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射管理机构或责任人工作职责》《辐射工作人员的岗位职责》《操作规程与安全防护》《放射防护管理制度》《影像中心工作制度》《仪器管理、操作、保养及维修制度》《辐射人员培训计划》《辐射环境监测计划》《辐射事故应急预案》等规章制度；医院共 16 名辐射工作人员均按要求参加了辐射防护培训，持证上岗；配备了便携式辐射监测仪、表面污染监测仪和个人剂量报警仪，定期对辐射工作场所及周边环境进行监测并做好相应记录；配备铅衣、铅围脖、铅帽等相应的防护用品；医院所有辐射工作人员均按要求佩戴个人剂量计，每个季度接受个人剂量检测并建立个人剂量和职业健康档案。

综上所述，本项目监测结果满足环境影响报告表及其审批部门审批文件要求，辐射安全与防护设施已按照环境影响报告表及其审批部门审批文件落实，项目运行期间对辐射工作人员和公众的辐射影响满足相应的验收执行标准，项目建设符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）的有关规定，建议南昌中科医学影像诊断中心放射性同位素与射线装置应用项目通过竣工环境保护验收。

二、建议

（1）进一步加强辐射安全管理工作，定期巡检，确保各项辐射防护和安全设施及措施的正常运行。

（2）定期更新辐射事故应急预案、操作规程、岗位职责等辐射安全与防护相关的管

理制度，并予以落实。

(3) 加强对辐射工作场所的管理，每年必须对辐射工作场所及周围环境进行定期监测和评估，并及时上报生态环境部门备案。