

中山大学附属第一医院核技术利用  
扩建项目竣工环境保护验收监测报告表

报告编号：GZDS 环验 2025011

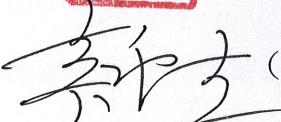
建设单位：中山大学附属第一医院

编制单位：广州达盛检测技术服务有限公司

2025 年 12 月

建设单位法人代表:  (签字)

编制单位法人代表:  (签字)

项目负责人:  (签字)

填 表 人:  (签字)

建设单位

电话:

传真:

邮编:

地址: 广州市中山二路 58 号



编制单位

电话:

传真:

邮编:

地址: 广州市天河区灵山东路 5 号八层  
801-9、801-10 房



广州达盛检测技术服务有限公司

020-82525688

## 目录

表一 项目基本情况 .....	1
表二 项目建设概况 .....	6
表三 辐射安全与防护措施 .....	31
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 .....	65
表五 验收监测质量保证及质量控制 .....	67
表六 验收监测内容 .....	69
表七 验收监测 .....	72
表八 验收监测结论 .....	86
附件 1.监测报告 .....	88
附件 2.环评批复 .....	107
附件 3.废水检测报告 .....	113

**表一 项目基本情况**

建设项目名称	中山大学附属第一医院核技术利用扩建项目				
建设单位名称	中山大学附属第一医院				
建设项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/> 迁建				
建设地点	广州市中山二路 58 号中山大学附属第一医院刘銮雄楼负一层				
源项	放射源		$^{68}\text{Ge}$		
	非密封放射性物质		$^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{225}\text{Ac}$		
	射线装置		1 台回旋加速器（属II类射线装置） 2 台 PET/CT（属III类射线装置）		
建设项目环评批复时间	2021 年 5 月 12 日	开工建设时间		2023 年 3 月	
取得辐射安全许可证时间	2025 年 9 月 20 日	项目投入运行时间		2025 年 9 月	
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025 年 9 月	验收现场监测时间		2025 年 10 月 17 日	
环评报告表审批部门	广东省生态环境厅	环评报告表 编制单位		核工业二四〇研究所	
辐射安全与防护设施设计单位	广东华方工程设计有限公司	辐射安全与防护设施 施工单位		广东省第一建筑工程有限公司、江苏永信医疗科技有限公司	
投资总概算	7000	辐射安全与防护设施 投资总概算		350	比例 5.0%
实际总概算	7000	辐射安全与防护设施 实际总概算		350	比例 5.0%
验收依据	<p><b>一、法规文件</b></p> <p>1.《建设项目环境保护管理条例》（1998年11月29日中华人民共和国国务院令第253号发布，根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订）；</p> <p>2.《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环境部公告2018年第9号；</p>				

	<p>3.《建设项目竣工验收环境保护验收暂行办法》（2017年11月22日环境保护部发文并实施，文号：国环规环评〔2017〕4号）；</p> <p>4.《关于发布《射线装置分类》的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日公布实施）；</p> <p>5.《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》（环办环评函〔2020〕688号）</p>
验收依据	<p><b>二、验收技术规范</b></p> <p>1.《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>2.《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>3.《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>4.《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；</p> <p>5.《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>6.《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；</p> <p>7.《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>8.《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>9.《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）。</p>

### **三、其他相关文件**

- 1.中山大学附属第一医院核技术利用扩建项目环境影响报告表（编号：GDHP-2020-018）；
- 2.中山大学附属第一医院核技术利用扩建项目环境影响报告表的批复（粤环审〔2021〕116号）；
- 3.中山大学附属第一医院医学综合楼负一层核医学科衰变池辐射安全分析报告（报告编号：GZDS 分析 2025001）；
- 4.《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）；
- 5.项目竣工图纸等相关基础资料。

## 一、剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B：

表 1-1 剂量限值相关要求

相关条款	条款内容
B1.1 职业照射	<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；</p> <p>b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。</p>
B1.2 公众照射	<p>实践使公众中有关关键人群组成的成员所受到的平均剂量估算值不应超过下述限值：</p> <p>a) 年有效剂量，1mSv；</p>

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 4.4.2 条，剂量约束值应符合以下要求：

a) 一般情况下，职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

环评时取公众照射的约束值不超过 0.25mSv/a，因《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）于 2021 年 11 月 01 日实施，按照要求取约束值不超过 0.1mSv/a；辐射工作人员的剂量约束值不超过 5mSv/a。

## 二、表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）表 B11：

表 1-2 本项目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>a</sup>	4	4×10
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 <sup>-1</sup>	4
	监督区		
手、皮肤、内衣、工作袜	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-1</sup>

a 该区内的高污染子区除外。

## 三、屏蔽要求

本项目环评编制时间为 2021 年 4 月，其屏蔽要求参考《核医学放射防

验收执行标准	<p>护要求》（GBZ 120-2020）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），考虑到《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）于2021年11月01日实施，本项目屏蔽要求按《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）进行验收，采用《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）进行校核。</p> <p><b>1.依据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第6.1条款：</b></p> <p>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<math>2.5\mu\text{Sv}/\text{h}</math>，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<math>10\mu\text{Sv}/\text{h}</math>。放射性核素合成和分装的箱体、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<math>2.5\mu\text{Sv}/\text{h}</math>，放射性核素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<math>25\mu\text{Sv}/\text{h}</math>。固体放射性废物收集桶、暴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<math>2.5\mu\text{Sv}/\text{h}</math>。</p> <p><b>2.依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第6.2.2和6.3.1条款：</b></p> <p>(1) 机房屏蔽要求：</p> <p style="text-align: center;">表1-3 X射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="422 1455 774 1545">机房类型</th><th data-bbox="774 1455 1127 1545">有用线束方向铅当量 mmPb</th><th data-bbox="1127 1455 1457 1545">非有用线束方向铅当量 mmPb</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="422 1545 774 1590">CT机房</td><td data-bbox="774 1545 1127 1590"></td><td data-bbox="1127 1545 1457 1590">不低于2.5</td></tr> </tbody> </table> <p>(2) 机房外剂量率限值</p> <p>CT机房外的周围剂量当量率应不大于<math>2.5\mu\text{Sv}/\text{h}</math>。</p> <h4>四、放射性废物的管理</h4> <p><b>依据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第7条款：</b></p> <p>(1) 放射性固废：放射性废物收集每袋重量不超过20kg；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</p>	机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb	CT机房		不低于2.5
机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb					
CT机房		不低于2.5					

验收执行标准	<p>平，<math>\alpha</math>表面污染小于 <math>0.08\text{Bq}/\text{cm}^2</math>、<math>\beta</math>表面污染小于 <math>0.8\text{Bq}/\text{cm}^2</math>，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。</p> <p>a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；  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。</p> <p>(2) 放射性废液：</p> <p>a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；  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，监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总<math>\alpha</math>不大于 <math>1\text{Bq}/\text{L}</math>、总<math>\beta</math>不大于 <math>10\text{Bq}/\text{L}</math>。</p> <p>(3) 气态放射性废物的管理：</p> <p>a) 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。  b) 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。</p> <p><b>五、机房最小有效使用面积、最小单边长度要求</b></p> <p>依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 2 的要求：</p> <p style="text-align: center;">表 1-4 X 射线设备机房使用面积、单边长度要求</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">机房类型</th><th style="width: 40%;">机房内最小有效使用面积 <math>\text{m}^2</math></th><th style="width: 30%;">机房内最小单边长度 <math>\text{m}</math></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CT 机</td><td><math>\geq 30</math></td><td><math>\geq 4.5</math></td></tr> </tbody> </table>	机房类型	机房内最小有效使用面积 $\text{m}^2$	机房内最小单边长度 $\text{m}$	CT 机	$\geq 30$	$\geq 4.5$
机房类型	机房内最小有效使用面积 $\text{m}^2$	机房内最小单边长度 $\text{m}$					
CT 机	$\geq 30$	$\geq 4.5$					

## 表二 项目建设概况

### 一、项目建设内容

#### 1.建设单位概况

中山大学附属第一医院是国家重点大学中山大学附属医院中规模最大、综合实力最强的医院之一。建设单位始建于 1910 年，前身为广东公医医学专门学校附设公医院，2001 年更名为中山大学附属第一医院，现为国家三级甲等医院和国家爱婴医院，由医院现有越秀总院、黄埔院区、南沙院区组成，是华南地区医疗、教学、科研、预防保健和康复的重要基地。

中山大学附属第一医院持有广东省生态环境厅审批的辐射安全许可证，证书编号为粤环辐证[01308]，许可的种类和范围为：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、丙级非密封放射性物质工作场所；有效期至 2029 年 08 月 22 日。

#### 2.项目建设内容和规模

医院在新建的刘銮雄楼（环评时该大楼命名为“医学综合楼”，投入使用后实际命名为“刘銮雄楼”，院内编号 3 号楼）负一层设置核医学科，刘銮雄楼包括地上二十五层，地下四层。核医学科安装一台回旋加速器（属Ⅱ类射线装置）生产放射性药物： $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{15}\text{O}$ ，安装两台 PET/CT（两台 PET/CT 均属Ⅲ类射线装置，均为原 4 号楼 1 层 PET/CT 中心的 PET/CT 搬迁，使用的  $^{68}\text{Ge}$  密封校准源随设备一起搬迁）开展核素显像检查项目，使用放射性药物  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{64}\text{Cu}$  开展 PET 显像，两台搬迁 PET/CT 许可使用情况见表 2-1。使用  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  开展骨转移癌项目。放射性药物  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{15}\text{O}$  来源于医院生产与外购，放射性药物  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  为外购。

表 2-1 PET/CT 许可使用一览表

装置名称	厂家	型号	额定参数	校准源
PET/CT	上海联影医疗科技股份有限公司	uMI 780	管电压 140kV 管电流 833mA	使用自制校准源 ( $^{18}\text{F}$ ) 和一枚 $^{68}\text{Ge}$ 密封源 (活度为: $7.4\text{E}+7\text{Bq}$ ) 进行校准
PET/CT	GE	Discovery MI	管电压 140kV 管电流 600mA	使用两枚 $^{68}\text{Ge}$ 密封源 (活度分别为: $3.5\text{E}+6\text{Bq}$ 、 $5.5\text{E}+7\text{Bq}$ ) 进行校准

核医学科非密封放射性核素日等效最大操作量为  $1.45 \times 10^9\text{Bq}$ ，为乙级非密封源工作场所。医院目前主要使用放射性药物  $^{18}\text{F}$  进行显像，使用  $^{89}\text{Sr}$  治疗骨转移癌的放射性药物。

环评阶段衰变池计划建于刘銮雄楼南侧，为下沉式，上方为绿化用地，四周及下方均为土

层，因施工过程中发现该位置已建有医院集中污水处理池，现场衰变池安装空间不够，因此衰变池选址改为刘銮雄楼西侧，为下沉式，上方为消防应急救援道路，四周及下方均为土层，医院已对其编制辐射分析报告。

### 3.项目周边环境情况

### (1) 建设地点

本项目位于广东省广州市中山二路 58 号（院本部），医院北侧为执信南路和中山大学北校区，东侧为商业居民混合区，南侧为中山二路，西侧与中山大学北校区相邻。项目地区域图见图 2-1。本次评价项目的核医学科位于医院刘銮雄楼负一层。项目地理位置图见图 2-1。本项目地址与环评建设地址一致。



图注: ■ 核医学科

图 2-1 医院地理位置图

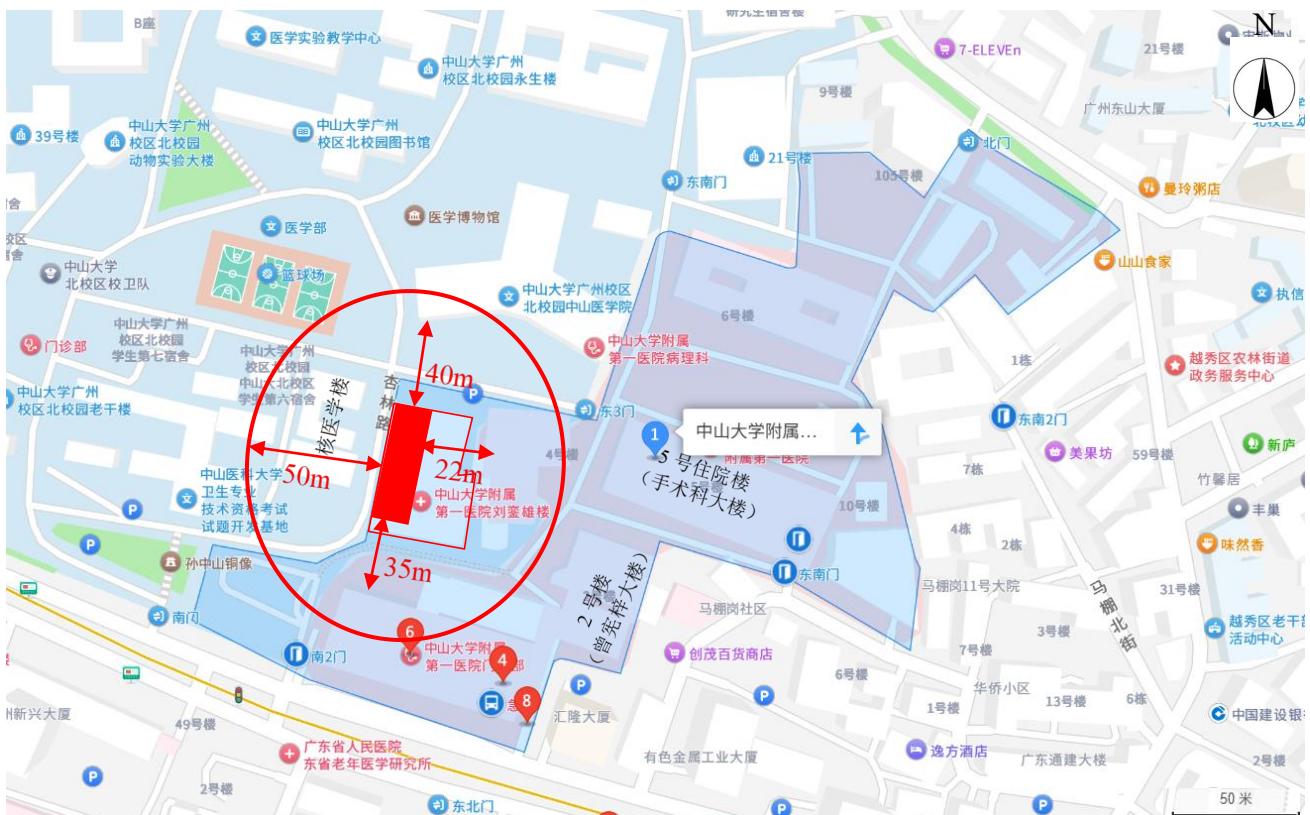
## (2) 项目总平面布置及周围环境情况

刘銮雄楼位于医院院本部门急诊大楼以北，曾宪梓楼以西，中山大学医学科技综合楼以南的地块。刘銮雄楼东侧为医院道路，道路对面为 2 号楼（曾宪梓楼）和 4 号楼，南侧为 1 号楼

(门急诊住院大楼), 北侧为中山大学医学科技综合楼, 西侧为中山大学核医学楼, 本项目刘銮雄楼核医学科周边环境示意图见图 2-2。本项目周围环境情况与环评一致。

核医学科辐射工作场所设在刘銮雄楼负一层西侧，核医学科工作场所东侧约 6 米为地下停车场，南侧、西侧和北侧均为土层，楼下为低压配电房、变压器房和消防水池，楼上方为消防控制中心、消防排风机房、学校大堂、空调机房、值班室、卫生间和教室。刘銮雄楼核医学场所以至环境平面图见图 2-3。衰变池位于刘銮雄楼西侧，为下沉式，上方为消防应急救援道路，四周及下方均为土层。

本项目选址、周围环境均未发生变化，项目建设地点合理，与环评及分析报告一致。



图注: ■ 核医学科: ○ 50m 范围线

图 2-2 项目周边环境示意图

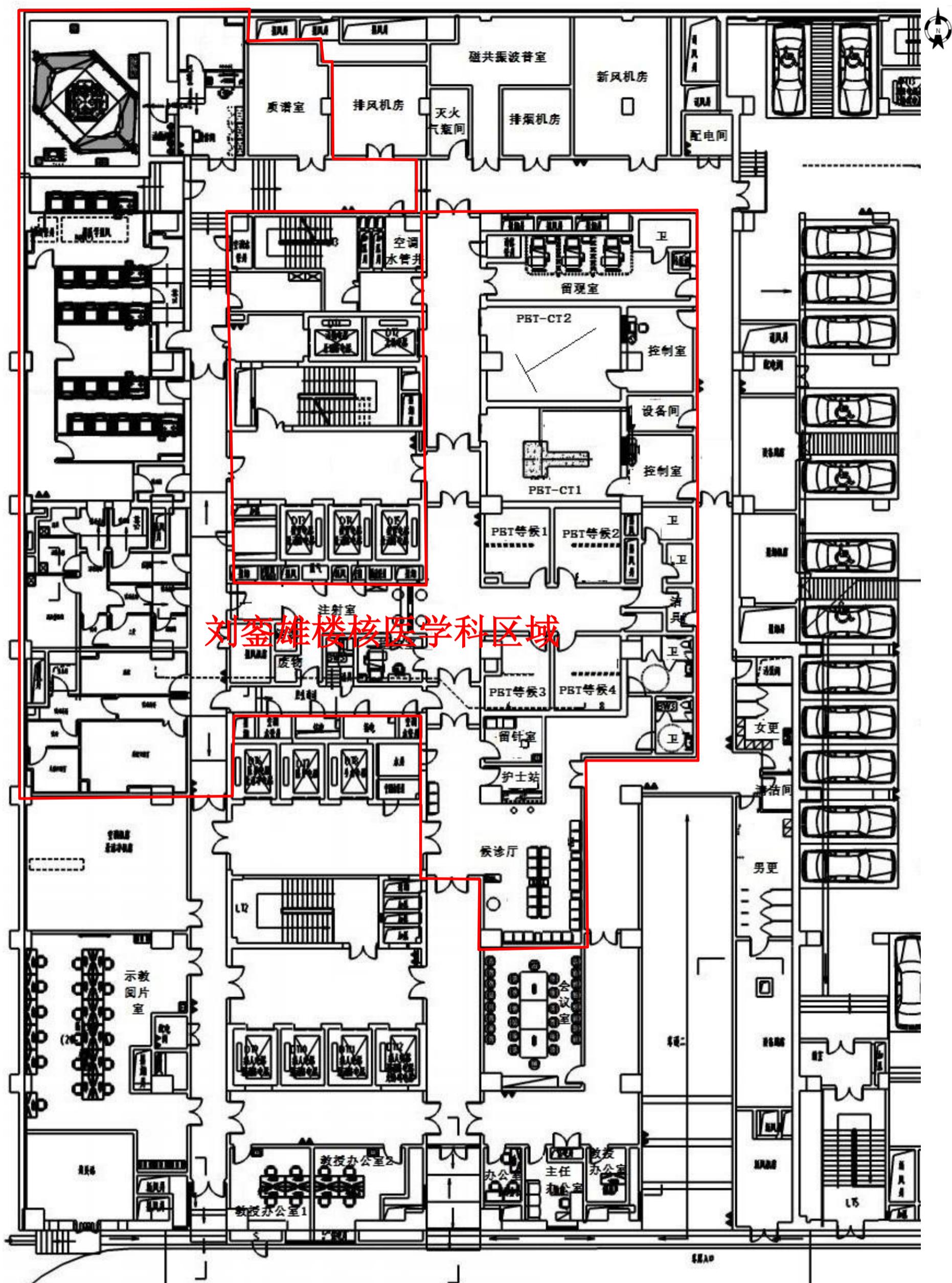


图 2-3 核医学科周围环境平面示意图

#### 4.环境影响报告表与审批内容与实际建设内容情况

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》（环办环评函〔2020〕688号）有关规定，本次阶段性验收对比环评及批复文件，根据现场核查，从项目的性质、规模、地点、生产工艺和环境保护措施方面，对本项目变动情况进行分析识别，环境影响报告表及审批部门审批决定建设内容与实际建设内容情况见表 2-2。

表 2-2 审批建设内容与实际建设内容对照情况表

环评审批内容	实际建设内容	是否一致
在医学综合楼负一层设置核医学科，建设核医学科乙级非密封放射性物质工作场所，分为放射性药物生产区和放射性药物使用区。在放射性药物生产区建设 1 间回旋加速器机房以及合成热室、质控间等其他配套功能场所，在回旋加速器机房内安装使用 1 台自屏蔽式回旋加速器（最大能量为 19 兆电子伏，最大束流 150 微安，属II类射线装置），用于制备放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15、镓-68、铜-64。制备的放射性药物用于本项目放射性药物使用区以及何善衡楼核医学科的正电子显像检查。在放射性药物使用区建设 2 间 PET/CT 机房、分装注射室、PET 等候室以及留观室等功能房间；在各 PET/CT 机房中分别安装使用 1 台 PET/CT（属III类射线装置），使用放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15、镓-68、铜-64 开展 PET/CT 核素显像诊断。配套使用 4 枚镥-68 放射源（属 V 类放射源）用于 PET/CT 图像质控校正。同时，使用放射性核素锶-89、镭-223、锕-225、铼-188 开展骨转移癌治疗。	在刘銮雄楼（环评时该大楼命名为“医学综合楼”，投入使用后实际命名为“刘銮雄楼”）负一层设置核医学科，建设 1 间回旋加速器机房以及合成热室、质控间等其他配套功能场所，在回旋加速器机房内安装使用 1 台自屏蔽式回旋加速器（最大能量为 18 兆电子伏，最大束流 100 微安，属II类射线装置），用于制备放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15、镓-68、铜-64。制备的放射性药物用于本项目放射性药物使用区以及何善衡楼核医学科的正电子显像检查。在放射性药物使用区建设 2 间 PET/CT 机房、分装注射室、PET 等候室以及留观室等功能房间；在各 PET/CT 机房中分别安装使用 1 台 PET/CT（属III类射线装置），使用放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15、镓-68、铜-64 开展 PET/CT 核素显像诊断。配套使用 3 枚镥-68 放射源（属 V 类放射源）、自制校准源( <sup>18</sup> F)用于 PET/CT 图像质控校正。同时，使用放射性核素锶-89、镭-223、锕-225、铼-188 开展骨转移癌治疗。	回旋加速器相关参数小于环评；使用自制校准源( <sup>18</sup> F)与 3 枚镥-68 放射源用于 PET/CT 图像质控校正，环评时计划配置 4 枚镥-68 放射源；其余建设内容与环评一致

#### 二、源项情况

项目使用的非密封放射性物质情况见表 2-3 和表 2-4，射线装置情况见表 2-5，密封源情况见表 2-6。

表 2-3 放射性核素物理特性一览表

核素	物理状态	半衰期	毒性分组	主要射线能量 (MeV)	操作方式	暂存方式
<sup>18</sup> F	液态	109.7min	低毒	$\beta$ :0.633、 $\gamma$ :0.511	很简单操作	储源室铅罐内
<sup>11</sup> C	液态	20.39min	低毒	$\beta$ :0.96、 $\gamma$ :0.511	很简单操作	

<sup>13</sup> N	液态	10.0min	低毒	$\beta:1.19$ 、 $\gamma:0.511$	很简单操作	
<sup>15</sup> O	液态	2.05min	低毒	$\beta:1.72$ 、 $\gamma:0.511$	很简单操作	
<sup>68</sup> Ga	液态	68.3min	低毒	$\beta:1.9$ 、 $\gamma:0.511$	很简单操作	
<sup>64</sup> Cu	液态	12.7h	低毒	$\beta:0.65$ 、 $\gamma:0.511,1.346$	很简单操作	
<sup>89</sup> Sr	液态	50.9d	中毒	$\beta:0.585$	简单操作	
<sup>223</sup> Ra	液态	11.44d	极毒	$\alpha:5.8713$	简单操作	
<sup>188</sup> Re	液态	16.98h	中毒	$\beta:2.12$	简单操作	
<sup>225</sup> Ac	液态	10.0d	极毒	$\alpha:5.83$	简单操作	

表 2-4 本项目非密封性放射性物质应用情况

序号	核素名称	活动种类	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	工作场所名称	备注
1	<sup>18</sup> F	生产	4.07E+08	1.02E+13	刘銮雄楼负一层核 医科放射性药物生 产区	PET 显像
2	<sup>11</sup> C	生产	7.40E+07	1.85E+12		
3	<sup>13</sup> N	生产	4.44E+07	1.11E+12		
4	<sup>15</sup> O	生产	3.70E+07	9.25E+11		
5	<sup>68</sup> Ga	生产	1.11E+07	2.78E+11		
6	<sup>64</sup> Cu	生产	2.59E+06	6.48E+10		
7	<sup>18</sup> F <sup>[1]</sup>	使用	2.88E+07	7.22E+12	刘銮雄楼负一层核 医科放射性药物使 用区	PET 显像
8	<sup>11</sup> C	使用	1.85E+06	4.63E+11		
9	<sup>13</sup> N	使用	1.11E+06	2.78E+11		
10	<sup>15</sup> O	使用	7.40E+05	1.85E+11		
11	<sup>68</sup> Ga	使用	5.55E+05	1.39E+11		
12	<sup>64</sup> Cu	使用	2.22E+05	5.55E+10		
13	<sup>89</sup> Sr	使用	7.40E+07	3.70E+10	骨转移癌治疗	
14	<sup>225</sup> Ac	使用	3.70E+08	1.85E+09		
15	<sup>223</sup> Ra	使用	3.70E+08	9.25E+09		
16	<sup>188</sup> Re	使用	2.96E+07	1.48E+10		

注: [1]<sup>18</sup>F 的最大日操作量包括了受检者用药与联影 PET/CT 校准用药。

表 2-5 本项目射线装置应用情况

射线装置名称	时期	型号	厂家	额定参数	设备编号	工作场所名称	射线装置类别
正电子发射断层及 X 射线计算机体层摄影成像系统	环评	Discovery MI	GE	140kV,600mA	COL201900 017PT	刘銮雄楼负一层核医学科 PET/CT1 室	III类
	验收	Discovery MI	GE	140kV,600mA	COL201900 017PT		
正电子发射及 X 射线计算机断层成像扫描系统	环评	Biograph Vision	西门子	140kV,666mA	/	刘銮雄楼负一层核医学科 PET/CT2 室	III类
	验收	uMI 780	上海联影医疗科技股份有限公司	140kV,833mA	300049		
回旋加速器	环评	待定	待定	质子能量为 19MeV, 束流 $\leq 150\mu\text{A}$	/	刘銮雄楼负一层核医学科回旋加速器室	II类
	验收	Cyclone KIUBE 100	IBA	质子能量为 18MeV, 束流 $\leq 100\mu\text{A}$	PBL 091		

表 2-6 本项目密封源的基本情况

核素种类	活度(Bq)	数量(枚)	用途	所在场所	存放场所	放射源编码	备注
<sup>68</sup> Ge	$5.5 \times 10^7$	1	GE PET/CT 校正	刘銮雄楼负一层核医学科	储源室	US25GE000085	日常校准使用
	$3.5 \times 10^6$	1				US25GE000095	移机或大故障维修使用
<sup>68</sup> Ge	$7.4 \times 10^7$	1	联影 PET/CT 校正	刘銮雄楼负一层核医学科	储源室	暂未转让进院	日常校准使用

经现场确认，本次环评时计划搬迁 4 号楼原核医学 1 号 PET/CT 机房的西门子 PET/CT 搬迁至刘銮雄楼负一层核医学科 PET/CT2 室，在刘銮雄楼建设期间，该西门子 PET/CT 损坏，医院新购上海联影医疗科技股份有限公司的 PET/CT，并将该 PET/CT 搬迁至刘銮雄楼负一层核医学科 PET/CT2 室。新购的上海联影医疗科技股份有限公司 PET/CT 最大管电压与西门子 PET/CT 一致，最大管电流略大，根据 GBZ 130-2020 的要求，针对 CT 的影响，其管电压一致，对其屏蔽要求未发生改变，故机房屏蔽能满足上海联影医疗科技股份有限公司 PET/CT 的要求。

除此之外，验收的射线装置、放射性核素、使用场所与环境影响报告表一致。

## 1.正常工况下

### (1) 放射性药物生产区

#### a.中子、 $\gamma$ 辐射

回旋加速器用高能的质子轰击靶发生核反应，在产生正电子核素的同时，也产生中子因此，中子辐射是回旋加速器生产过程的主要污染物。

#### b. $\gamma$ 辐射

回旋加速器用高能的质子轰击靶，发生核反应，产生 $\beta^+$ 电子以及 $\gamma$ 射线，快速运动的正电子通过物质时，与核外电子和原子核相互作用产生电子损失、轫致辐射和弹性散射，伴随产生0.511MeV的 $\gamma$ 湮灭辐射。在正电子药物的合成、分装、质控包装、转运等过程中，药物也会对局部环境产生 $\gamma$ 射线外照射，因此， $\gamma$ 射线是回旋加速器生产过程以及正电子药物合成、分装、质控、包装、转运过程中的主要污染物。

#### c.表面污染

放射性药物的制备、分装、质检等活动过程中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成 $\alpha$ 、 $\beta$ 放射性表面污染

#### d.放射性废液

回旋加速器的生产运行过程中，内循环系统冷却水在回旋加速器内受照射后产生放射性核素，主要是 $^{15}\text{O}$ （半衰期为2.0min）、 $^{13}\text{N}$ （半衰期为10.0min），半衰期均较短，且冷却水沿闭合回路在自屏蔽体内循环使用，因此这个过程不会对水造成放射性污染。

正常情况下正电子药物合成、分装、质控过程中不产生放射性废液，核素传输过程中以及合成过程中的极少量废液均收集在安瓿瓶内，贮存在合成热室内进行衰变，待活度满足清洁解控水平后作为一般废物处理。正电子药物合成、分装、质控过程中若事故状况下发生洒落，采用干法去污，首先是用吸水纸擦拭，然后用酒精棉球反复擦拭直至检测数据合格，擦使用的吸水纸、酒精棉球等作为放射性固废收集在热室铅制废物桶内贮存衰变，待活度满足清洁解控水平后作为一般废物处理。

#### e.放射性废气

回旋加速器机房内的空气受中子照射后生成放射性活化气体，主要核素有 $^{11}\text{C}$ （半衰期为20.39min）、 $^{13}\text{N}$ （半衰期为10min）、 $^{15}\text{O}$ （半衰期为2.0min）和 $^{41}\text{Ar}$ （半衰期为110min）等，

其中关键核素为<sup>41</sup>Ar。本项目回旋加速器运行后生产正电子核素进入热室合成分装操作过程，在化学合成时会产生少量放射性气体，整个过程在密封的化学合成模块内进行，化学合成模块安装在“带有屏蔽”和“独立排风管道”的合成分装热室内。回旋加速器机房和加速器药物合成分装模块均设有独立的通风系统，通风系统设置活性炭过滤装置，排放口高出本栋建筑屋顶3m。

**f.放射性固体废物**

定期更换的回旋加速器废靶膜、废靶片、加速器活化部件等，一年产生约10cm<sup>3</sup>，此部分放射性固废作为长半衰期固废收集暂存在污物室专用铅桶内，并在铅桶的显著位置标明废物类型和存放日期等，待收集一定量后送有资质单位处理；放射性药物制取时产生放射性残留物如硅胶、树脂、氧化铝、碳柱、滤膜和废活性炭等，每年产生约150kg，操作药物时主要产生的手套、口罩和清洁时用过的抹布、托布等，年产生量约20kg，废物中主要核素为<sup>18</sup>F等短寿命放射性核素，此部分放射性固废收集暂存在相应核素专用铅桶内，在铅桶的显著位置标明废物类型、核素种类、比活度和存放日期等。然后贮存在污物室内衰变30天后，满足清洁解控水平后作为一般医疗废物处理。

**g.其他非放射性污染源**

回旋加速器运行过程中会产生极少量的臭氧和氮氧化物。

**(2) 放射性药物使用区**

**a.β辐射、α射线**

本项目放射性药物（<sup>18</sup>F、<sup>11</sup>C、<sup>13</sup>N、<sup>15</sup>O、<sup>68</sup>Ga、<sup>64</sup>Cu、<sup>89</sup>Sr、<sup>223</sup>Ra、<sup>188</sup>Re、<sup>225</sup>Ac）在衰变过程中产生的辐射主要包括γ辐射、β辐射与轫致辐射、α射线。

**b.表面污染**

放射性药物使用等活动中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成α、β放射性表面污染。

**c.放射性废液**

用药患者在核医学诊疗期间可能产生放射性废液包括辐射工作人员去污、应急洗消、场所清洁以及患者排泄物等，因此，患者产污及核素操作产生的放射性废液是水环境的污染因子。

**d.放射性废气**

在放射性药物使用过程中，有些操作可产生放射性废气，如放射性药物注射过程中产生的

微量放射性挥发气体和用药后患者候、检查、留观期间通过呼吸产生的放射性废气。

e.放射性固体废物

患者注射以及核医学专用排风口处更换下来的废活性炭都会产生固体废弃物（如试管、注射器、手套、棉签、剩余药物的西林瓶等），这些废弃物中都会有残余的核素。

f.其他非放射性污染源

PET/CT 运行过程中会产生的极少量的臭氧和氮氧化物。

查阅本项目辐射工作人员最近连续一年的个人剂量监测数据，本项目辐射工作人员年受照剂量最大值为 0.69mSv，无异常受照情况。

## 2.事故工况

### （1）放射性药物生产区

#### 1) 回旋加速器

a.人员在防护门关闭前尚未撤离回旋加速器机房，加速器运行可能产生误照射。在回旋加速器机房防护门内与控制室设置有紧急停机按钮，机房内靠近防护门处设置紧急开门按钮，只要未撤离人员了解该按钮的作用，可避免此类事故的发生。因此，在加速器机房内应设置此按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

b.安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的回旋加速器机房内。因此，工作人员应每天检查安全联锁装置，且工作人员必须严格按照加速器操作程序进行操作，防止事故的发生。开机前依照清场巡查路线进行清场，依次按下清场巡查按钮，确认无人员滞留情况下，关闭防护门，开启设备。当发生事故时立即按下紧急按钮停止运行，减少事故的影响。

c.回旋加速器装置失灵、损坏、调试和操作失误等，导致放射性核素或药物因意外停留在传输管道中，合成系统管道堵塞或泄漏等情况下，可能导致工作人员误照射或放射性核素污染相关工作场所。

d.熔靶事故在核素制备过程中，靶处于高压状态，且粒子轰击靶会产生高温，当靶的冷却系统异常时，可能导致靶被打穿，使得靶水进入真空系统，靶物质冷凝在真空管壁上，造成污染。发生此类事故时，可关闭回旋加速器机房防护门 24h，利用 <sup>18</sup>F 等药物半衰期较短的特点，进行自然衰变后再进行处理。

e.冷却水系统管道破裂等致使冷却水流出，污染地面、设备等，对人员产生外照射等影响。发生此类事故时，可关闭回旋加速器机房防护门 24h，利用  $^{18}\text{F}$  及其他核素半衰期较短的特点，进行自然衰变后再进行处理。长半衰期核素污染地面时，用吸水纸吸附液体，再清洗，清洗液体少时用吸水纸吸附，作为放射性固体处理；液体量太大时，经专用管道排入放射性废液衰变池暂存衰变处理，最终与其他放射性废水一起排出。

## 2) 放射性药物合成、分装、质控、包装、转运过程事故工况

a.在操作放射性同位素的过程中，因容器破碎、药物泼洒等，有可能污染工作台、地面墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染。

b.放射性药物丢失或被盗，造成放射性事故；放射性药物在转移过程中由于操作人员违反操作规定或误操作引起意外泄漏而造成放射性表面污染。

c.因受到爆炸、火灾等各种自然或人为灾害的破坏，可能会导致放射性药物包容破损放射性液体泄漏，若处置不当，会对人员和环境造成危害。

d.放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

e.放射性废物管理不善，包括：放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害；放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短，即进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

f.工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成附加照射剂量。

## (2) 放射性药物使用区

a.由于误操作，导致发生较大放射性剂量给药的情况。

b.由于管理不善，发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故。

c.操作放射性药物时发生容器破碎、药物泼洒等意外事件，可能污染工作台、地面墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染。泼洒的药物挥发将产生少量放射性废气，擦除污染物将产生少量的放射性固体废物。

e.密闭分装柜通风失效，造成放射性废气弥散到室内空气中。

f.工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

g.放射性固废或放射性废水未达到解控水平或排放标准即进行处理。

## 三、工程设备与工艺分析

### (一) 设备组成

## 1.回旋加速器

回旋加速器加速一般由磁场系统、高频系统、离子源系统、真空系统、束流引出系统靶系统、控制系统和冷却系统等主系统组成，各系统具体情况如下：

①磁场系统：提供被加速的带电粒子在所控制的轨道中做圆周运动所需要的磁场强度由磁铁、线圈、磁场电源配给系统等组成；

②高频系统：提供加速带电粒子所需的高频振荡加速电压，其频率与粒子多级轨道的旋转频率相等，由射频谐振腔、射频发生器和馈通电缆组成；

③离子源系统：产生需要加速的负离子，由离子源、离子源电源配给器和气体控制系统组成。离子源的类型是冷阴极电离计，产生负离子或负离子；

④束流引出系统：直接将加速的带电负离子从真空箱中引出，该系统的基础是剥离膜被加速的负离子在通过剥离膜时被脱去2个电子而转变为阳离子，并能够调整引出的束流进入所选定的核素生产靶；

⑤靶系统：是完成特定核反应而产生正电子核素的装置，一般包括靶体、准直器、靶膜、管路阀门等。靶材料包括液态、气态和固态靶三种类型。其中气体靶是由气瓶间通过管道自动输送到加速器，更换气体罐的操作室在气瓶间完成。固体靶是装在靶面板上，可重复使用。液态靶，需工作人员定期进入加速器机房添加靶水，通常每月一次；

⑥真空系统：建立离子加速所需要的真空压力水平，降低束流的丢失，为高电压射频场提供绝缘；

⑦冷却系统：包括水冷却系统和氦冷却系统。水冷却系统主要用于从不同系统中将热量带出，带出的热量在二级冷却系统中进行热交换，并将热量传送到初级冷却系统。氦冷却系统主要在轰击期间对靶室和靶窗的箔膜和钛箔膜之间进行冷却，两个箔膜之间的氦气流提供了所必须的冷却；

⑧控制系统：在控制系统计算机的界面上，可以独立地操作和控制每个子系统。而且更重要的运行参数，系统都有反馈值，便于了解系统的工作状态以及进一步的调整。系统能够根据条件和环境的改变，自动优化系统参数，使系统工作在最优的条件下，生产的效率得以提高，并延长了机器和相关部件的使用寿命。另外，这种智能化也包括了机器的连锁保护，可以有效地避免各种失误造成的对机器或者人身的伤害。本项目回旋加速器见图2-4。



图 2-4 本项目回旋加速器外观图

## 2.PET/CT 设备组成

PET 是正电子发射计算机断层成像的英文 Positron Emission Tomography 的缩写，是反映病变基因、分子、代谢及功能状态的显像设备，利用正电子核素标记葡萄糖等人体代谢物作为显像剂，通过病灶对显像剂的摄取来反映其代谢变化，从而为进行临床提供疾病的生物代谢信息诊断。CT 是计算机 X 射线断层扫描的英文 Computed Tomography 的缩写，利用射线进行临床疾病的诊断对人体进行检查。PET 扫描系统主要由扫描仪（scanner）显像（imaging table）、电子柜（electronics cabinet）、操作工作站（operator workstation, OWS），分析工作站（analysis workstation, AWS）和影像硬拷贝等组成。PET 扫描仪的外形为一个柱状的支架（gantry），扫描视野位于支架的中央，由探测器、射线屏蔽装置等组成。

PET/CT 由正电子发射断层成像（PET）和 X 射线断层成像扫描（CT）组成，使用同一个检查床和 PET 图像与 CT 图像融合对位工作站，同时具有 PET 与 CT 功能，同时利用 PET 和 CT 进行临床疾病的诊断。本项目 PET/CT 见图 2-5。

该项目 GE 的 PET/CT 装置配套有 2 枚  $^{68}\text{Ge}$  放射源进行校准，联影的 PET/CT 装置使用  $^{18}\text{F}$   $^{18}\text{F}$  自制校准源和 1 枚  $^{68}\text{Ge}$  放射源进行校准，校准源配置情况见表 2-6。



GE PET/CT

联影 PET/CT

图 2-5 本项目 PET/CT 外观图

## (二) 工作原理

### 1. 回旋加速器工作原理

回旋加速器是制备 PET 检查用放射性核素的主要设备，其主要制备工艺原理是回旋加速器系统可产生加速质子和氘核，进行靶照射。离子源阴极产生的阴离子通过电磁体产生的高频交变电场，在磁场中以螺旋形轨道加速。阴离子通过一个很薄的碳膜（称之为剥离碳膜）发生电荷改变成为阳离子然后照射到靶上产生放射性核素。离子在一个具有高真空间度的真空腔内加速。放射性核素通过气动自动传送装置传输到化学合成器进行合成、检测、标定。在加速器运行过程中，通过改变靶物质可获得不同的放射性核素供临床应用。

### 2.PET/CT 工作原理

PET 的工作原理是将  $^{18}\text{F}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$  等正电子放射性药物作为示踪剂注射到人体后，对受检者进行 PET 扫描成像。其临床显像过程为：将发射正电子的放射性核素（如  $^{18}\text{F}$ ）标记到能够参与人体组织血流或代谢过程的化合物（如脂肪酸、脱氧葡萄糖、氨基酸、核苷等）上，将标有带正电子放射性核素的化合物注射到受检者体内，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  $\gamma$  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 5~15μs），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，送入工作站进行图

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 依据 X 射线穿过人体不同组织吸收程度的不同，反映人体各部分密度分布的信息，因而在荧光屏上显示出不同密度的阴影，再根据阴影浓淡的对比，结合临床表现、化验结果等进行临床诊断。

### 3.<sup>89</sup>Sr、<sup>223</sup>Ra、<sup>188</sup>Re、<sup>225</sup>Ac 治疗骨转移癌原理

<sup>89</sup>Sr、<sup>223</sup>Ra、<sup>188</sup>Re、<sup>225</sup>Ac 均为亲骨性放射性核素，与骨组织有很高亲和力，进入体内后浓聚在骨代谢活跃部位，恶性肿瘤骨转移病灶对其摄取率远大于正常骨组织，利用放射性核素发射出的β射线或α射线的电离辐射效应杀伤癌细胞，缩小病灶，起到良好的镇痛作用。

## （三）工艺流程及产污环节

### 1.回旋加速器生产正电子药物工作流程及产污环节

#### 1) 放射性核素制备

核素制备前对回旋加速器进行调试，根据需要生产的放射性核素种类设置相应参数。回旋加速器运行期间，工作人员不进入回旋加速器室内，仅在回旋加速器控制室操作。回旋加速器在每次正式制备放射性同位素前均进行预处理。然后注入靶物质，以一定的束流轰击一定的时间（视所需制备量而定）后，将制备的核素通过核素传输管道（此管道设置在地沟内，地沟用铅砖屏蔽，铅当量为 50mm）自动传输到热室的合成柜中。

本项目涉及多种放射性药物的制备，使用靶体材料包括：液体靶、气体靶、固体靶。

#### 2) 放射性药物合成及质控

放射性药物的合成由计算机控制的自动化程序完成。药物合成完毕，操作人员分装少量药物，传送至质控室内进行质控操作。

#### 3) 分装及药物转运。

放射性药物质控合格后，在热室内的分装柜中进行分装，利用自动分装系统分装药物置于专用钨合金防护罐中，经传递窗口传至核医学科注射室。

回旋加速器生产的放射性药物用于核医学科临床诊疗，回旋加速器当天制备核素量是根据核医学科临床用量需求确定，回旋加速器于早上开机一次。

表 2-7 核医学科显像使用的正电子核素一览表

核素	来源	用途	单人最大使用量	日最大诊疗人数 (人次)	年最大诊疗人数 (人次)
----	----	----	---------	-----------------	-----------------

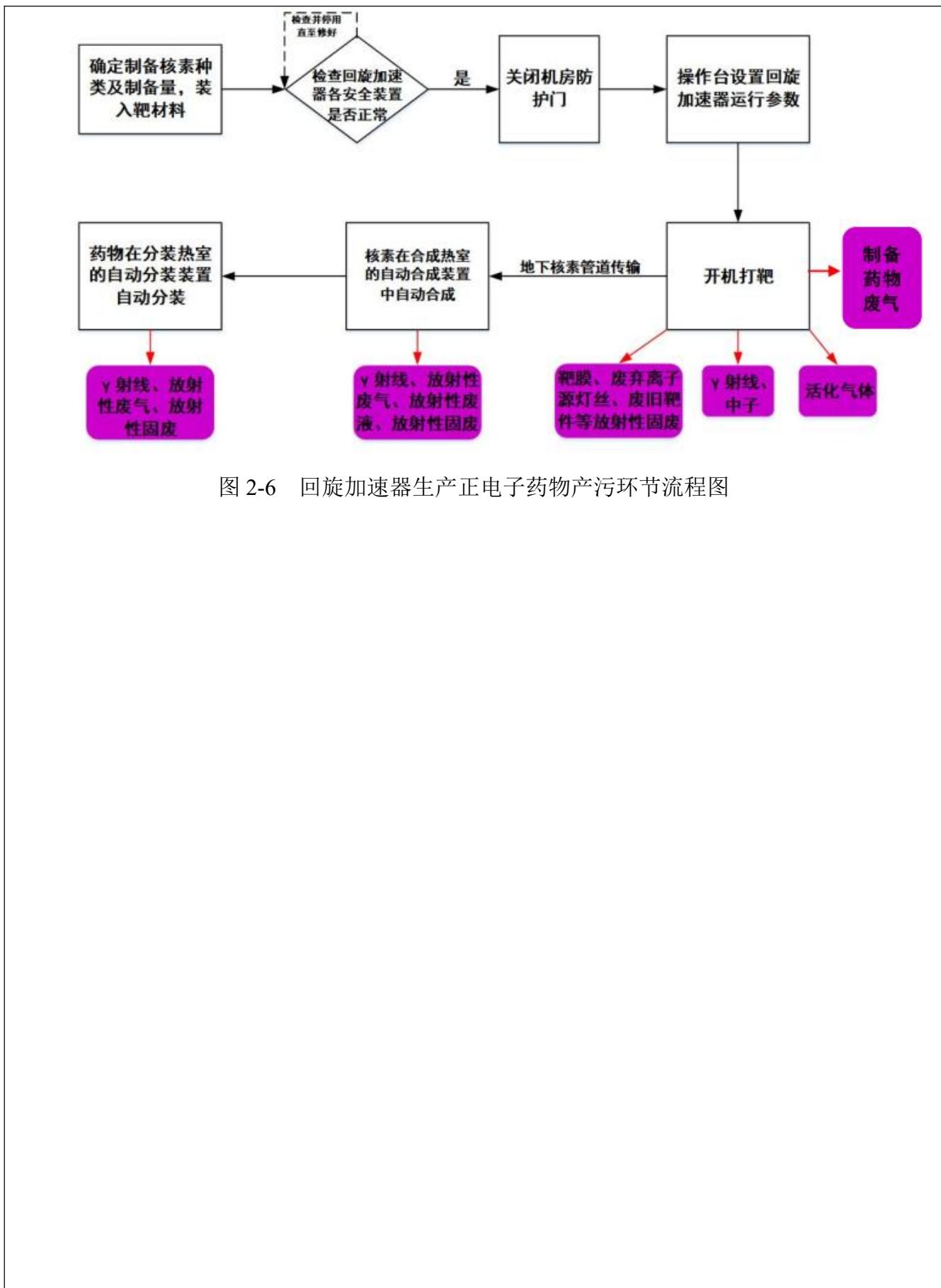
<sup>18</sup> F	回旋加速器生产	PET 生产	10mCi	40	10000
<sup>11</sup> C			10mCi	3	250
<sup>13</sup> N			10mCi	5	150
<sup>15</sup> O			10mCi	2	100
<sup>68</sup> Ga			3mCi	5	500
<sup>64</sup> Cu			2mCi	3	90

核医学科工作场所使用核素的日实际最大操作用量需考虑到药物正常衰减量, 核医学科常规 PET/CT 的扫描时间为 10min, 满工作负荷运行情况下即前两位病人离开候诊室到扫描室去扫描时, 下两位病人即接受注射并进入候诊室候诊, 可以近似地将 PET/CT 流程简化为每 10 分钟注射两位病人。

回旋加速器生产出的药物早上开机一次, 对于 <sup>18</sup>F, PET/CT 每天最多做 40 个病人, 分 20 批注射, 每批次 2 人。其余放射性药物 (<sup>11</sup>C、<sup>13</sup>N、<sup>15</sup>O、<sup>68</sup>Ga、<sup>64</sup>Cu) 临床使用量较少, 日最大诊疗人数不超过 5 人, 因此医院一般集中安排在某天的上午最早一批注射药物, 该批次患者注射不用等候。

表 2-8 回旋加速器生产核素制备量

核素	用途	核素日最大制备量 (Bq)
<sup>18</sup> F	PET 显像	4.07E+10
<sup>11</sup> C		4.44E+09
<sup>13</sup> N		7.4E+09
<sup>15</sup> O		3.7E+09
<sup>68</sup> Ga		1.11E+09
<sup>64</sup> Cu		2.59E+08



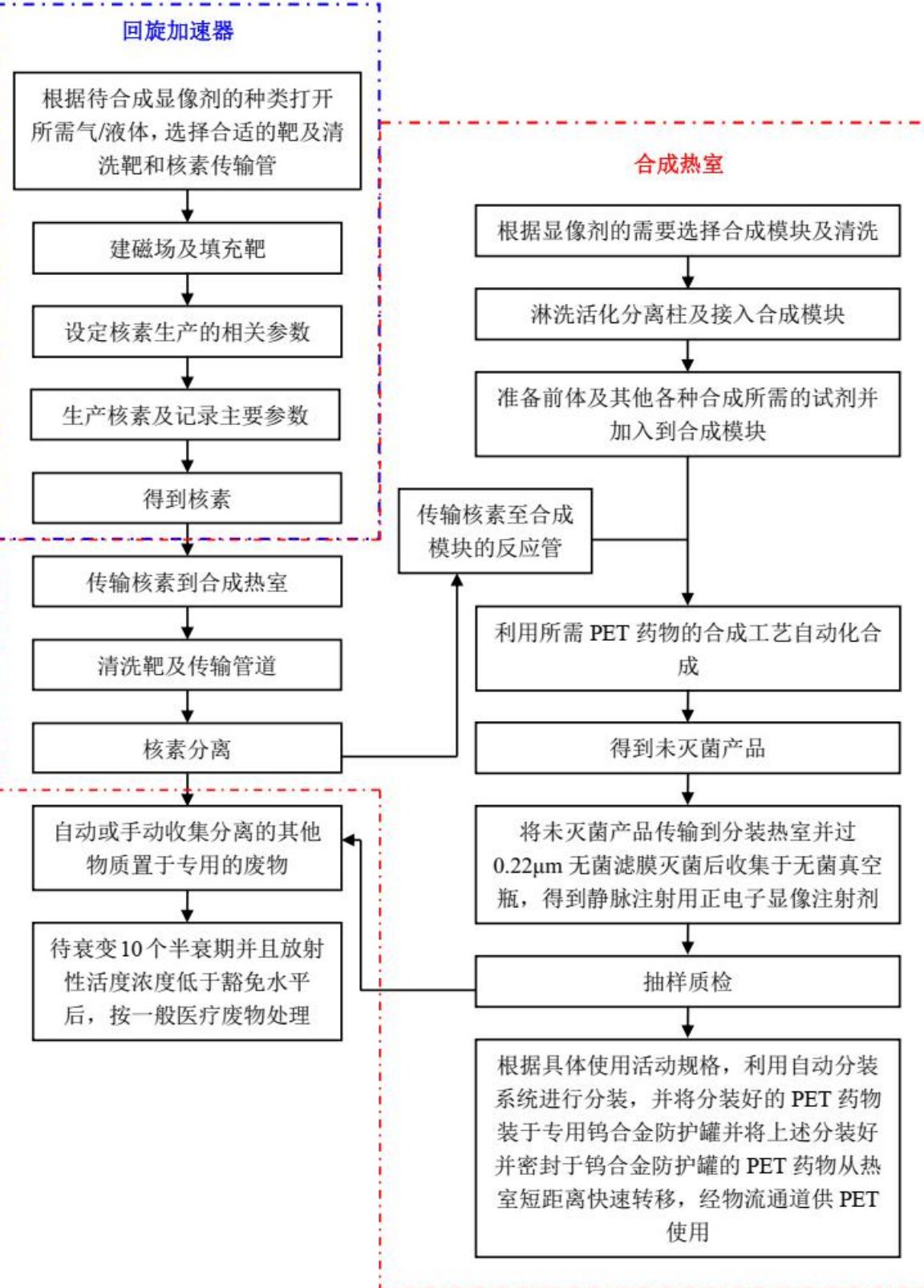


图 2-7 回旋加速器生产正电子药物工作流程图



图 2-8 放射性药物生产区域现场图

## 2.PET/CT 显像检查工作流程及产污环节

PET/CT 核素显像一般安排在工作日进行，核医学科所需正电子药物由医院自行制备。医院根据患者预约情况，提前做好药物生产计划，在回旋加速器放射性药物制备中心生产并分装好的放射性药物通过缓冲室传递窗口传至注射室，暂存在储源室中。工作人员手持带钨合金屏蔽套的注射器，在注射室注射窗口铅注射屏的屏蔽下为患者注射。注射完毕后的一次性注射器，放入专用放射性废物铅桶内。患者在注射完放射性药物后前往注射后休息室内等候（通常为1h），待药物充分代谢后，进入 PET/CT 扫描室进行扫描，PET/CT 的扫描时间约 10min。扫描完成后，病人离开扫室，在留观室内留观 30min 后离开。PET/CT 诊断工作流程与产污环节见图 2-9。

医院目前使用自动注射机器人对受检者进行正电子放射性药物注射。自动注射机器人配有活度计可以完成分装质控的操作，屏蔽厚度 50mmPb，活度计由厂家使用  $^{18}\text{F}$  线源进行校准，每年一次。

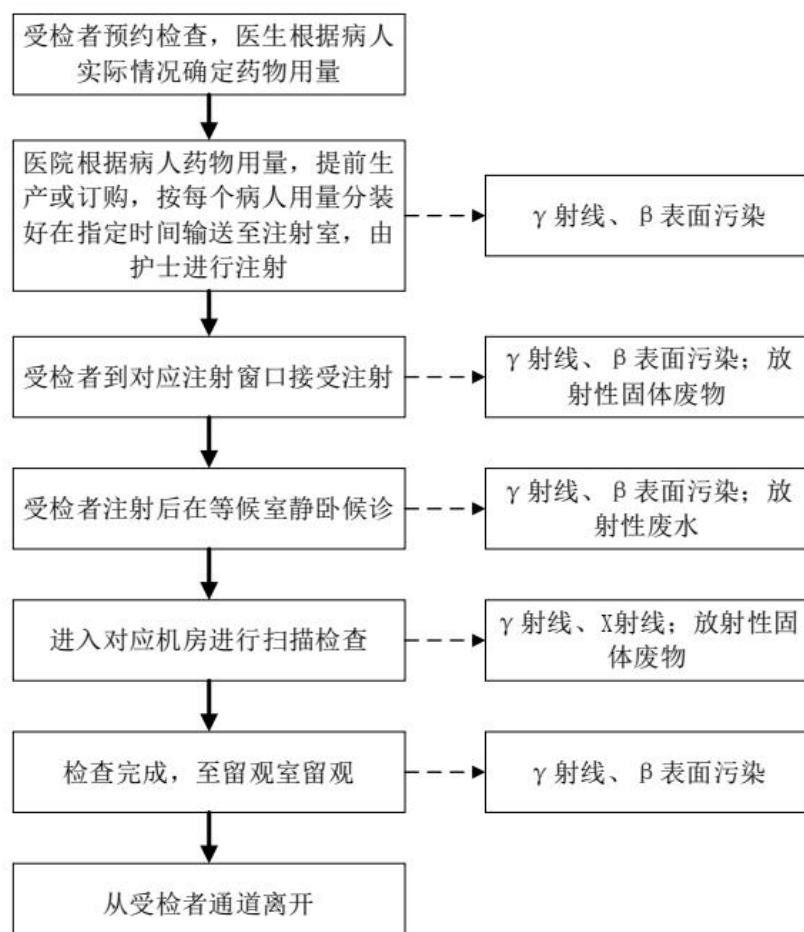


图 2-9 PET/CT 工作流程及产污环节流程图

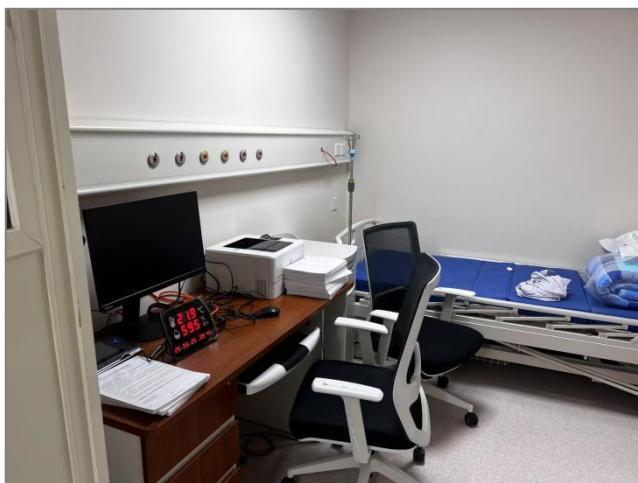


图 2-10 自动注射机器人外观图及参数、流程图





注射后等候室



抢救室



留观室

图 2-11 放射性药物使用区域现场图

### 3.自制质控源<sup>18</sup>F 工作流程及产污环节

质控周期：1周1次（每周五检查工作结束后进行质控）。

模具准备：核素分装护士在模具中注入约 4/5 的水与 1mCi( $\pm 0.2\text{mCi}$ )<sup>18</sup>F，上下反复摇匀后在模体内注满水，保证模体内没有气泡，制作完毕后转移至 PET/CT 扫描室，该过程约 3min。

模具安装、定位：设备操作技师将模具安装固定在 PET/CT 诊断床上。设备操作技师使用 PET/CT 对模具进行定位，确保质控源在正位、侧位的中心位置，若扫描不在中心位置，需手动调整，该过程接触质控源约 30s。

模具扫描：定位完成后对质控源进行扫描，约 30min/次。

模具清理：定位完成后，设备操作技师取下质控模具，放置在储源间暂存室 1 天以后做放射性废液处理，倒入连接衰变池系统的洗手盆。

离开：清理完毕离开在缓冲区进行表面污染检测，确认无沾污后登记离开。

自制质控源<sup>18</sup>F工作流程及产污环节见图2-12。

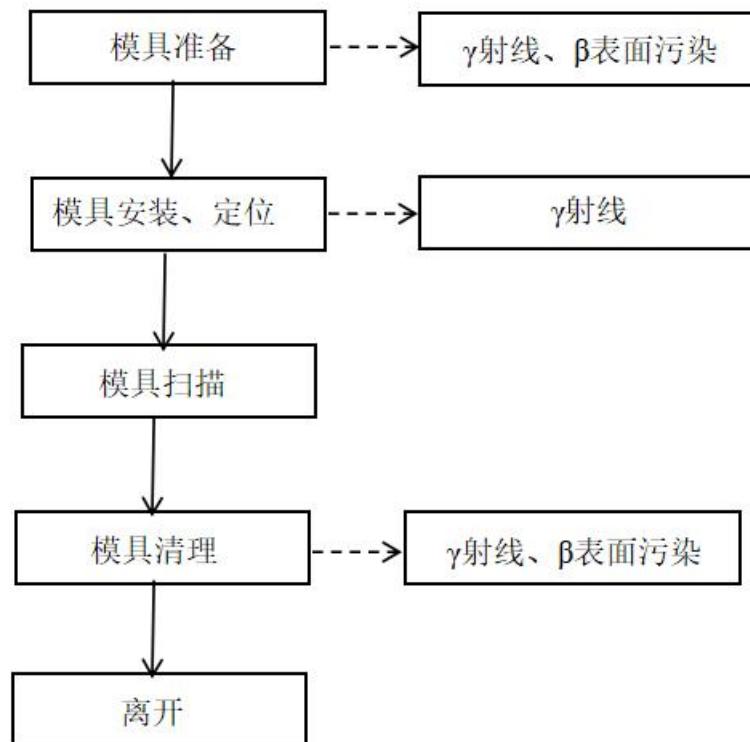


图2-12 自制质控源<sup>18</sup>F工作流程及产污环节

#### 4. 质控源<sup>68</sup>Ge工作流程

取源：工作人员将储源室内装有放射源的铅罐运至PET/CT机房，取出<sup>68</sup>Ge放射源，按采集分析要求置于PET/CT扫描架上。

采集分析：应用L型托架，将<sup>68</sup>Ge校准源垂直、水平的置于扫描野的起始处，应用程序采集30min，查看处理结果并保存记录（每周约校准1次）。

放源：设备操作技师将源放置于铅罐内，运回储源固废室内。

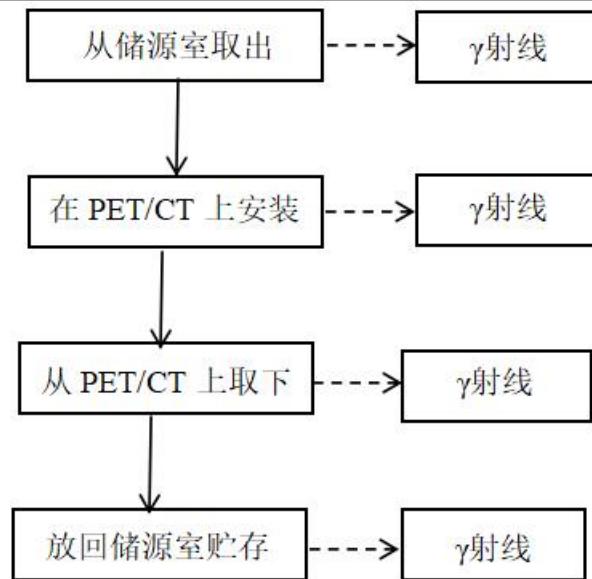


图 2-13  $^{68}\text{Ge}$  校准源工作流程及产污环节

### 5. 骨转移癌治疗工作流程及产污环节

该项目骨转移癌使用  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ ，均为外购。

a. 订药：本项目使用的  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  单支成品药物形式的外购药物，核医学科工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约人数，提前向供药单位订购放射性药物，供药单位将按人份将药物分装好单独屏蔽包装，在约定的时间送达，经确认无误完成相关交接、登记手续后，将药物放于储源室内暂存。

b. 指导服药：开展骨转移癌治疗时，工作人员将储源室铅罐内的单支成品药物取出，接受治疗的患者到达注射窗口，医护人员在注射窗口对患者进行注射，患者注射后即可离开核医学科，不会产生放射性废液。此项目一般在周末单独安排一天，与核素显像项目时间错开。骨转移癌工作流程与产污环节见图 2-14。

表 2-9 核医学科骨转移癌治疗使用核素一览表

核素	来源	用途	单人最大使用量	日最大诊疗人数（人次）
$^{89}\text{Sr}$	外购	骨转移癌治疗	4mCi	5
$^{223}\text{Ra}$			1mCi	1
$^{188}\text{Re}$			4mCi	2
$^{225}\text{Ac}$			1mCi	1

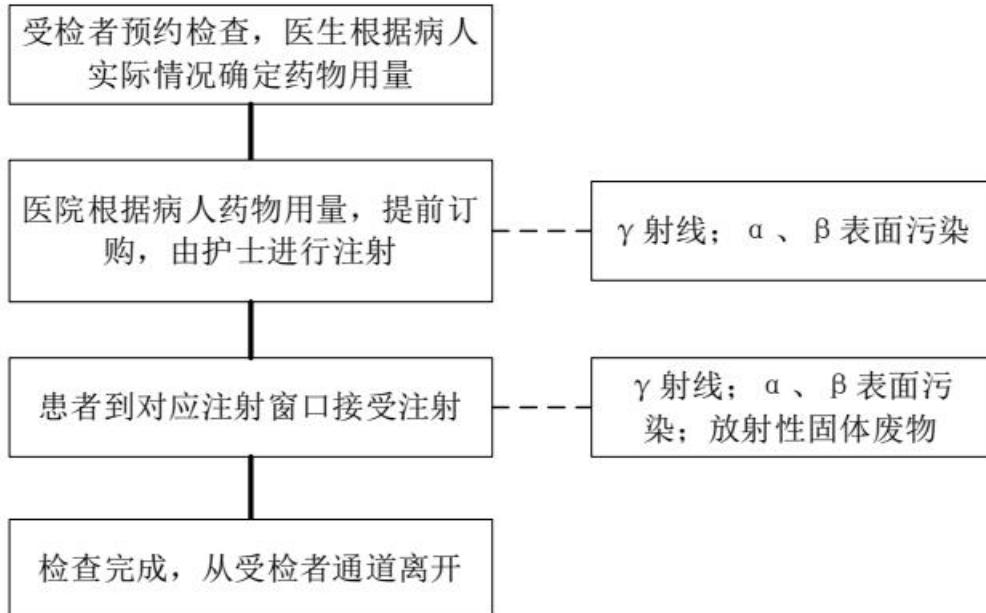


图 2-14 骨转移癌治疗工作流程及产污环节

#### (四) 人员配置及工作情况

项目配备人员情况及工作情况见表 2-10。回旋加速器平均年工作最多 250 天，每天开机 2h，回旋加速器年照射时间最大为 500h。

表 2-10 项目人员配置及工作情况表

岗位设置	配置人数	工作内容	操作时间
核医学医师	10 名	病理分析、诊断等	8h/d
核医学护士	4 名	药物注射	1min/人
登记员	2 名	前台登记	8h/d
核医学技师	4 名	操作回旋加速器、药物生产、分装、质控	2h/d
核医学技师	4 名	指导、帮助患者摆位	1min/人
		操作 PET/CT	20min/人

环评阶段医院计划为放射性药物生产区配备 2 名核医学技师、2 名化学师、2 名药品质量员，为放射性药物使用区配备 2 名核医学医师、3 名核医学技师、2 名核医学护士、2 名核医学物理师，医院根据实际情况调整配备了辐射工作人员，能满足医院实际使用情况。

### 表三 辐射安全与防护措施

#### 一、工作场所布局和分区

##### 1. 工作场所布局及流线

###### (1) 工作场所布局

放射性药物生产区：回旋加速器机房及其正电子药物生产区域位于刘銮雄楼负一层西侧回旋加速器放射性药物核素制备中心，整个区域包括回旋加速器机房及其控制室、热室及其准备间、缓冲区（淋浴、换鞋、一更、二更、缓冲）、库房、质控实验室、拆包间、洗衣整衣间及其他辅助用房（设备机房、配电房）等组成。该区域东侧为核医学科放射性药物使用区域，西侧和北侧为土层，南侧为空调机房，楼上对应为室外草坪、学校大堂、卫生间、消防控制中心、空调机房等，楼下对应低压配电房、变压器房。回旋加速器机房设在该区域的西北角，回旋加速器机房设计迷路，操作间在机房东侧，热室设在机房南侧。医院根据实际需求调整了该区域部分辅助功能用房布局，其余实际布局与环境影响表一致。

放射性药物使用区：核医学科放射性药物使用区域选址位于刘銮雄楼负一层中部，该区域设置有注射室、PET 等候室、卫生通过间、PET/CT 扫描室、留观室、污物间、抢救室、厕所等。该区域北侧为走廊、新风机房、排烟机房、灭火气瓶间、排风机房，东侧为地下车库、风井排烟机房，南侧为电梯井、车道，西侧为放射性药物制备区，楼上对应为首层大堂、MR 诊断区域、安防中心等用房，楼下对应配电房、地下停车场、消防水池等用房。注射室与扫描室分开设置，PET 等候室及留观室设置有注射后病人专用厕所，该场所不涉及药物分装，卫生通过间设置设有表污监测仪。

衰变池：设置在室外，为下沉式，位于刘銮雄楼西侧，衰变池上方为消防应急救援通道，四周及下方均为土层。

###### (2) 人流、物流路线

###### 放射性药物生产区：

回旋加速器操作工作人员路线（见图 3-1 绿色实线箭头）：工作人员从北侧医护电梯进入负一楼核医学工作场所，经南北方向走廊进入回旋加速器操作间操作回旋加速器，完成后原路返回。

药物合成工作人员路线（见图 3-1 红色实线箭头）：工作人员从南侧医护电梯进入负一层

走进缓冲走廊，进入脱鞋间脱鞋，进入一更衣脱掉身上衣物，然后在二更穿上无菌工作服、手套、帽子；穿戴洁净衣物后通过进入缓冲间进入洁净走廊，进入热室把合成所需耗材取出，放进合成柜内进行药物自动合成；药物合成过程中，工作人员陆续退出热室外等候，合成完毕后再次进入热室内，抽取微量放射性药物通过热室缓冲间药物传送窗口传送到质控实验室内进行质控检测；检测合格后，再次进入热室通过控制分装柜内的自动分装装置进行药物分装，分装好的药物盛装在防护铅罐内，放置在热室缓冲间传送窗口内；工作人员路线退出热室；然后通过缓冲间退出控制区，在洗衣整衣间进行表污检测，如发现沾污需进入去污淋洗间进行去污直至检测合格后方可通过一更离开场所，如无沾污，则直接脱掉工作服，进入一更穿上衣物离开。

放射性药物运输路（见图 3-1 棕色实线箭头）：热室合成的放射性药物将通过热室缓冲间药物传送窗口传出，其中刘銮雄楼核素使用区使用的核素由走廊通过注射室西侧门进入注射室，存放至储源室，核素运输过程中将对该场所进行管控，禁止无关人员进入该场所。

污物运输路线（见图 3-1 黄色实线箭头）：污物外表面辐射剂量率低于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，且 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染水平分别小于  $0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$  和  $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$  后作为医疗废物处置，污物通过污物专用电梯运出核医学科。

#### 放射性药物使用区：

核素显像检查患者路线（工作日开展）（见图 3-1 蓝色虚线箭头）：病人从专用楼梯到达负一楼核医学科候诊大厅，再由候诊大厅沿走道向北通过控制区大门进入注射区并在相应的注射窗口接受注射，注射完成进入相应的 PET 等候室候诊，候诊完成进入 PET/CT 扫描室进行扫描，扫描完成进入留观室留观，最终从核医学科控制区出口门通过专用楼梯到达刘銮雄楼北侧室外。

骨转移癌治疗患者路线（周末开展）（见图 3-1 黄色虚线箭头）：骨转移癌治疗病人专用楼梯到达负一楼核医学科候诊大厅，由候诊大厅沿走道向北通过控制区大门进入注射区，并在相应的注射窗口接受注射，注射完成后最终从核医学科控制区出口门通过专用楼梯到达刘銮雄楼北侧室外。

注射工作人员路线（见图 3-1 玫红色虚线箭头）：由医护电梯来到负一层，通过卫生通过间进入注射室在注射窗口给患者注射，注射完成后通过卫生通过间，进行表污检测、去污后离

开核医学科。

PET/CT 操作人员路线（见图 3-1 绿色虚线箭头）：沿核医学科东侧医护通道向北进入工作场所，在控制室里对患者进行扫描，扫描完成后原路离开工作场所。

外购核素运输路线（见图 3-1 粉色虚线箭头）：本项目  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  核素为外购核素，医院根据临床所需药物的使用量提前订购，订购的放射性药物一般由供药公司分装好在早上工作人员上班前前提送核医学科，避开工作人员。外购药物通过污物专用电梯到达刘銮雄楼负一层核医学科，通过核医学科走廊从注射室西侧的门运至注射室，质检人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与供药公司工作人员办理交接手续并存档，质检人员将药物暂存在储源室内。

污物运输路线（见图 3-1 深绿色虚线箭头）：污物从污物室到注射室，由注射室西侧的门再通过走廊往北到达污物电梯，通过污物电梯运出核医学科。

由上述核医学人员及药物运输路线可知，本次核医学科项目患者人员路线基本能够保证沿工作程序的相关功能房间单向流动，且能够满足医务人员及患者均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止医护人员和患者交叉辐射，避免工作人员受到不必要的外照射本次核医学科项目能满足人员路线与放射性药物运输路线不交叉，人员路线规划合理。

综上所述，核医学科场所有布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中的要求，布局合理。

## 2.工作场所分区及管理

依据标准 GB 18871-2002 第 6.4 条和 HJ 1188-2021 第 4.3 条，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。

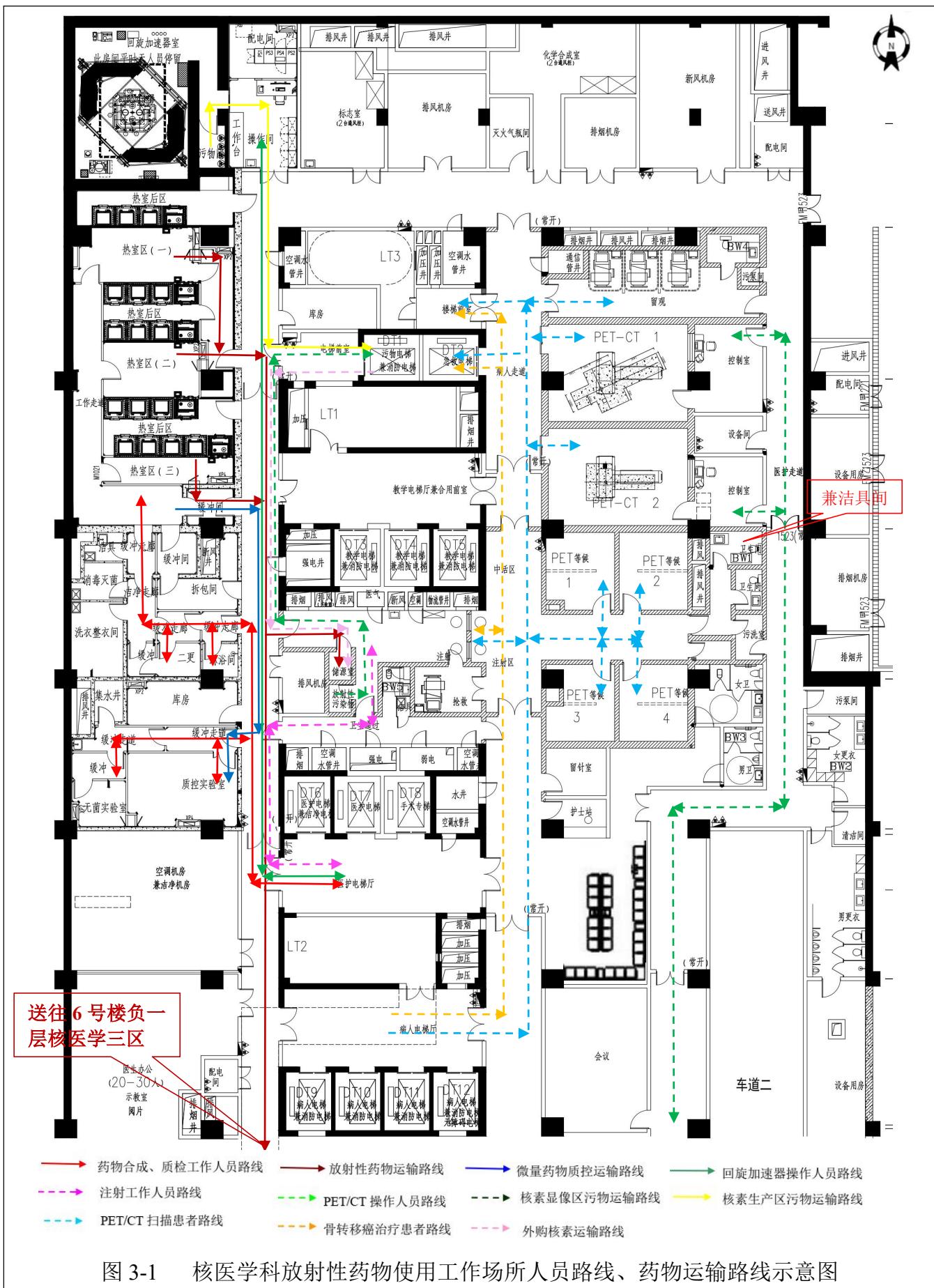
生态环境部于 2021 年 9 月发布了《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），2021 年 11 月实施，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，重新对本项目工作场所划分控制区和监督区，实行分区管理以便于满足工作人员和病人、高活性区与低活性区及洁净区的辐射安全防护管理要求。

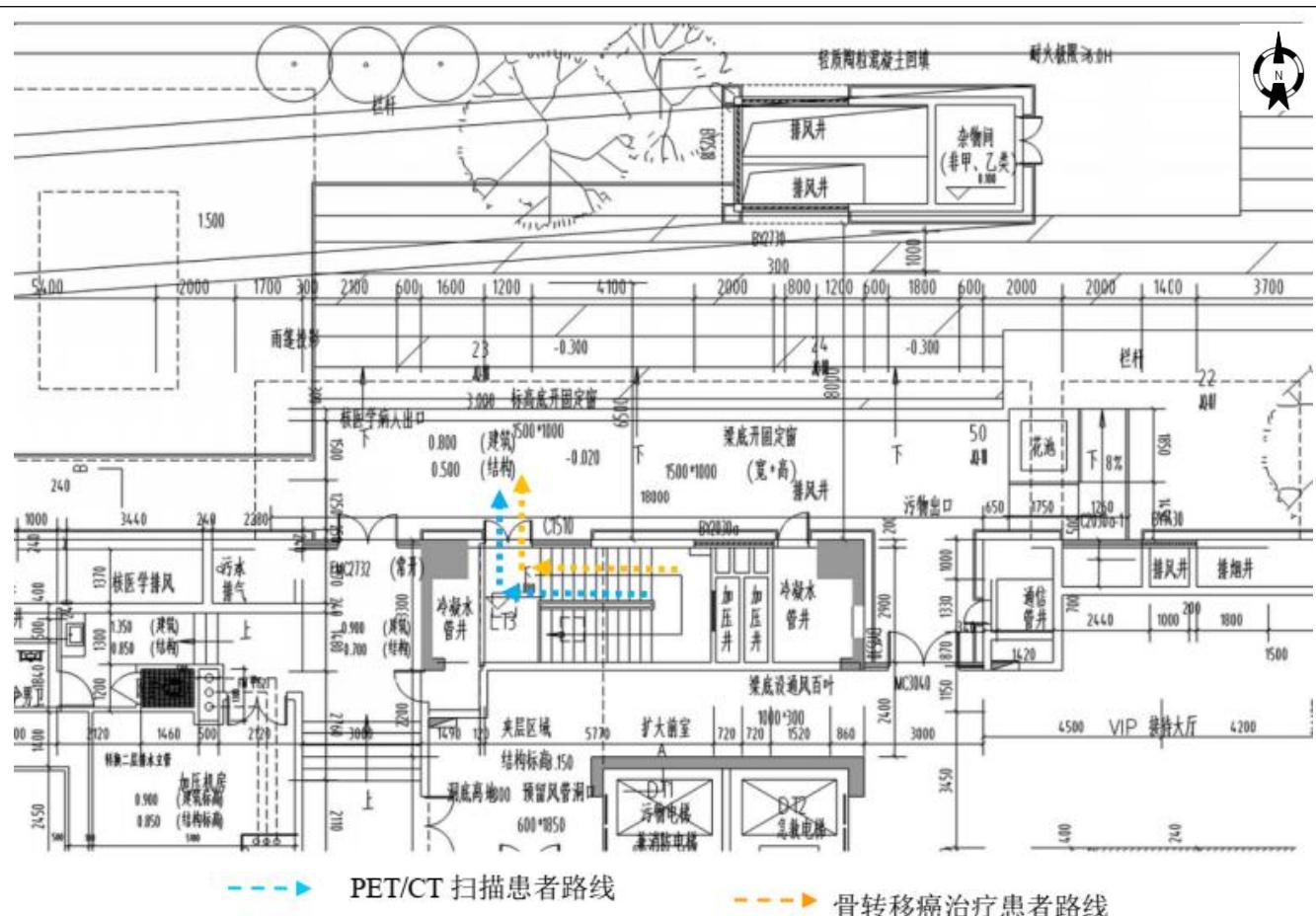
控制区划分原则：在正常工作情况下，控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要实施的防护手段与安全措施的性质和范围。

监督区划为原则：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。

医院对辐射工作场所进行分区管理，设立监督区和控制区。如图 3-4、图 3-5 所示，将卫生通过区、注射室、储源室、放射性废物室、等候室、抢救室、留观室、PET/CT 机房 1~2、用药后受检者走廊、用药后受检者卫生间、回旋加速器机房、热室、质控室、成品核对室、通道、衰变池等划为控制区。辐射工作场所四周墙体、室顶和防护门设计符合标准要求的屏蔽厚度；辐射工作场所门口设置当心电离辐射警告标志，核医学科出入口设置门禁管理，制定相应的管理制度，除了辐射工作人员和患者外，禁止其他的无关人员进入此区域；在机房防护门上设置当心电离辐射警告标志和工作指示灯等安全措施；定期对控制区实体边界进行防护检测。

将核医学科控制区相邻区域划为监督区；并注明监督区标志，提醒无关人员进入，并定期检查其辐射水平。

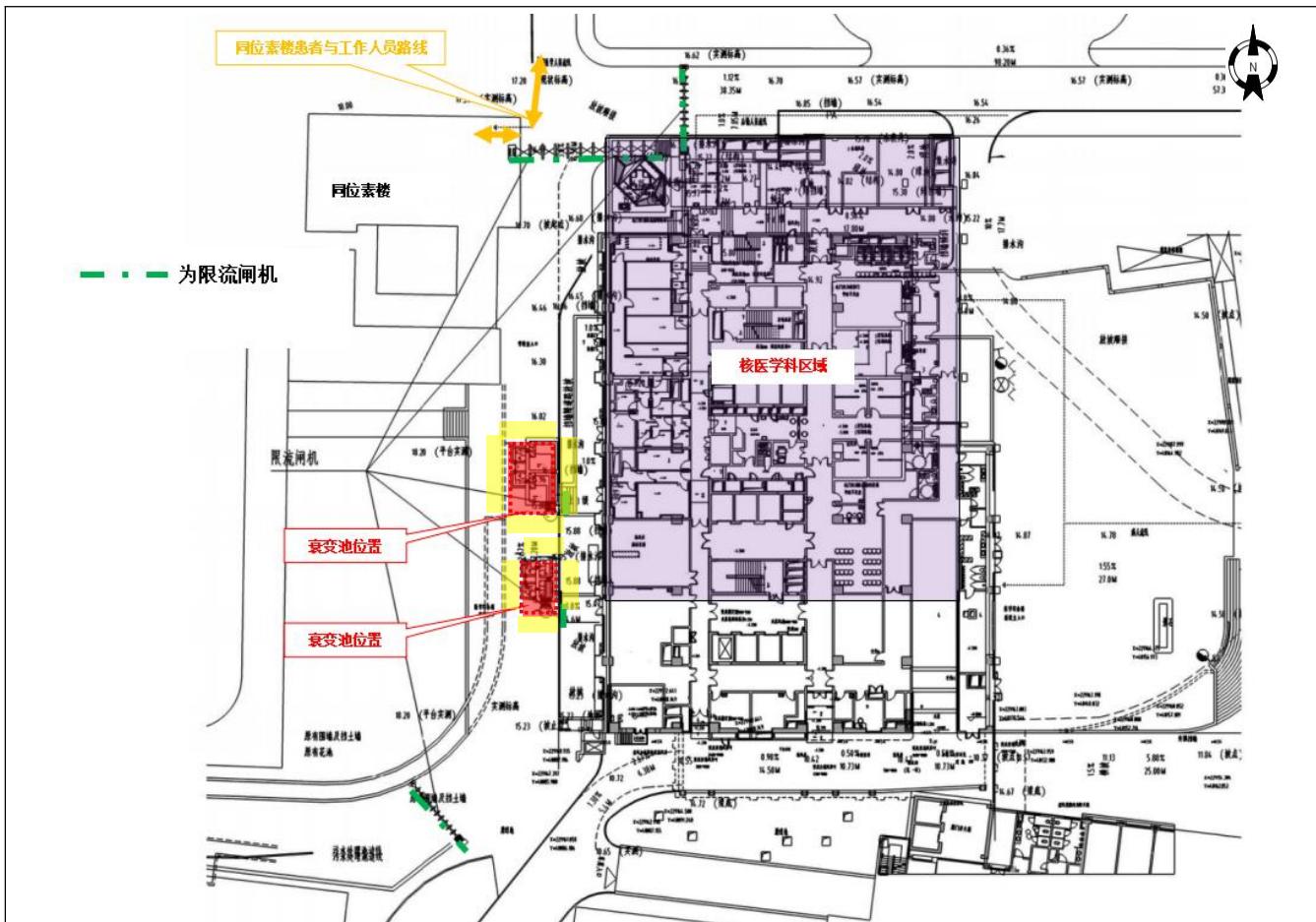






图注：  表示控制区  表示监督区

图 3-4 核医学科 PET 中心工作场所辐射分区图



图注：  表示控制区  表示监督区

图 3-5 核医学科衰变池辐射分区图

## 二、工作场所分级和分类

### 1. 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，本项目非密封放射性物质工作场所分级情况见表3-1。

表 3-1 辐射工作场所分级一览表

场所	核素名称	最大日操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	核素用途	场所分级
刘銮雄楼负一层核医学科 PET 中心	<sup>18</sup> F	4.07E+10	0.01	1	4.07E+08	PET 显像 (生产)	乙级
	<sup>13</sup> N	7.40E+09	0.01	1	7.40E+07		
	<sup>11</sup> C	4.44E+09	0.01	1	4.44E+07		
	<sup>15</sup> O	3.70E+079	0.01	1	3.70E+07		
	<sup>68</sup> Ga	1.11E+09	0.01	1	1.11E+07		
	<sup>64</sup> Cu	2.59E+08	0.01	1	2.59E+06		

	<sup>18</sup> F	2.88E10	0.01	10	2.88E+07	PET 显像 (使用)	骨转移癌治疗
	<sup>13</sup> N	1.85E+09	0.01	10	1.85E+06		
	<sup>11</sup> C	1.11E+09	0.01	10	1.11E+06		
	<sup>15</sup> O	7.40E+08	0.01	10	7.40E+05		
	<sup>68</sup> Ga	5.55E+08	0.01	10	5.55E+05		
	<sup>64</sup> Cu	2.22E+08	0.01	10	2.22E+05		
	<sup>89</sup> Sr	7.40E+08	0.1	1	7.40E+07		
	<sup>223</sup> Ra	3.70E+07	10	1	3.70E+08		
	<sup>188</sup> Re	2.96E+08	0.1	1	2.96E+07		
	<sup>225</sup> Ac	3.70E+07	10	1	3.70E+08		
合计					1.45E+09		

备注：①毒性组别修正因子参照标准 GB 18871-2002；②操作方式修正因子参照 HJ 1188-2021；③日等效最大操作量（Bq）在  $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$  之间为乙级场所。

## 2.工作场所分类

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。该项目工作场所涉及的放射性核素包括：<sup>18</sup>F、<sup>11</sup>C、<sup>13</sup>N、<sup>15</sup>O、<sup>68</sup>Ga、<sup>64</sup>Cu、<sup>89</sup>Sr、<sup>223</sup>Ra、<sup>188</sup>Re、<sup>225</sup>Ac，本项目非密封放射性物质工作场所分级情况见表 3-2。

表 3-2 辐射工作场所分类情况一览表

工作场所	核素名称	实际最大日操作量（Bq）	核素毒性权重因子	操作性质修正因子	放射性核素加权活度（Bq）	总加权活度（MBq）	工作场所分级
核素生产区							
热室、回旋加速器室	<sup>18</sup> F	4.07E+10	1	1	4.07E+10	5.76E+04	II类
	<sup>13</sup> N	7.40E+09	1	1	7.40E+09		
	<sup>11</sup> C	4.44E+09	1	1	4.44E+09		
	<sup>15</sup> O	3.70E+079	1	1	3.70E+079		
	<sup>68</sup> Ga	1.11E+09	1	1	1.11E+09		
	<sup>64</sup> Cu	2.59E+08	1	1	2.59E+08		
核素显像区							
注射室	<sup>18</sup> F	2.88E+10	1	1	2.88E+10	1.44E+05	I类
	<sup>13</sup> N	1.85E+09	1	1	1.85E+09		
	<sup>11</sup> C	1.11E+09	1	1	1.11E+09		
	<sup>15</sup> O	7.40E+08	1	1	7.40E+08		

	<sup>68</sup> Ga	5.55E+08	1	1	5.55E+08		
	<sup>64</sup> Cu	2.22E+08	1	1	2.22E+08		
	<sup>89</sup> Sr	7.40E+08	100	1	7.40E+10		
	<sup>223</sup> Ra	3.70E+07	100	1	3.70E+09		
	<sup>188</sup> Re	2.96E+08	100	1	2.96E+10		
	<sup>225</sup> Ac	3.70E+07	100	1	3.70E+09		
PET/CT 机房 (2 间)、PET 等候室(4 间)、留观室	<sup>18</sup> F	2.88E+10	1	10	2.88E+09	3.33E+03	II类
	<sup>13</sup> N	1.85E+09	1	10	1.85E+08		
	<sup>11</sup> C	1.11E+09	1	10	1.11E+08		
	<sup>15</sup> O	7.40E+08	1	10	7.40E+07		
	<sup>68</sup> Ga	5.55E+08	1	10	5.55E+07		
	<sup>64</sup> Cu	2.22E+08	1	10	2.22E+07		
储源室	<sup>18</sup> F	2.88E+10	1	100	2.88E+08	1.44E+03	II类
	<sup>13</sup> N	1.85E+09	1	100	1.85E+07		
	<sup>11</sup> C	1.11E+09	1	100	1.11E+07		
	<sup>15</sup> O	7.40E+08	1	100	7.40E+06		
	<sup>68</sup> Ga	5.55E+08	1	100	5.55E+06		
	<sup>64</sup> Cu	2.22E+08	1	100	2.22E+06		
	<sup>89</sup> Sr	7.40E+08	100	100	7.40E+08		
	<sup>223</sup> Ra	3.70E+07	100	100	3.70E+07		
	<sup>188</sup> Re	2.96E+08	100	100	2.96E+08		
	<sup>225</sup> Ac	3.70E+07	100	100	3.70E+07		
储源室	<sup>18</sup> F	2.88E+10	1	10	2.88E+09	1.61E+04	II类
	<sup>13</sup> N	1.85E+09	1	10	1.85E+08		
	<sup>11</sup> C	1.11E+09	1	10	1.11E+08		
	<sup>15</sup> O	7.40E+08	1	10	7.40E+07		
	<sup>68</sup> Ga	5.55E+08	1	10	5.55E+07		
	<sup>64</sup> Cu	2.22E+08	1	10	2.22E+07		
	<sup>89</sup> Sr	7.40E+08	100	10	7.40E+09		
	<sup>223</sup> Ra	3.70E+07	100	10	3.70E+08		
	<sup>188</sup> Re	2.96E+08	100	10	2.96E+09		
	<sup>225</sup> Ac	3.70E+07	100	10	3.70E+08		

注：①加权活度=（最大日操作量×核素的毒性权重因子）/操作性质修正因子；

②I类临床核医学工作场所操作最大量放射性核数的加权活度>50000MBq。

本项目核医学科 PET 中心装修按照 I 类、 II 类工作场所。根据设计方案，本项目核医学科 PET 中心各工作场所放射性核素操作设备的表面、工作台面、地面拟选用平整光滑，易清洗的材料，地面装饰材料选用 PVC 材质、墙面采用乳胶漆；辐射工作场所设置强制的通风设施；室内地面与墙壁衔接处设计为圆弧连接，无缝隙；符合《核医学放射防护要求》( GBZ 120-2020 )对 I 类、 II 类工作场所要求。



卫生间瓷砖



感应式水龙头



机房墙面医疗板



地面 PVC

图 3-6 部分表面及装备结构现场照片

### 三、屏蔽防护措施

本项目各辐射工作场屏蔽防护情况见表 3-3。由表 3-3 可知，实际施工参数与环境影响报告表屏蔽防护设计参数部分不一致：

1.PET-CT1、PET-CT2、汚洗室、更衣间、PET 等候区卫生间由于存在双层楼板等原因，因此叠加后实际楼板厚度大于环评厚度。

2.偏保守考虑，对 PET-CT1 机房、PET-CT2 机房、PET 等候区卫生间屏蔽厚度进行了增厚；对留观室医护走廊一侧防护门进行了增厚。

3.留观室及用药后受检者通道由于实际楼板厚度为 16cm 混凝土，低于设计厚度，因此对该区域增加了 4mmPb 进行屏蔽补偿。

4.在用药后患者出口位置增加了 1 扇防护门（6mmPb）。

表 3-3 各辐射工作场所屏蔽防护情况一览表

屏蔽设施		环评设计方案	实际施工参数	是否一致
回旋加速器机房	墙体	北墙 800mm 混凝土 西墙 900mm 混凝土 南墙 600mm 混凝土	北墙 800mm 混凝土 西墙 900mm 混凝土 南墙 600mm 混凝土	一致
	迷路	内墙 600mm 混凝土 外墙 600mm 混凝土	内墙 600mm 混凝土 外墙 600mm 混凝土	一致
	顶棚	600mm 混凝土+300mm 覆土层	600mm 混凝土+300mm 覆土层	一致
	地板	220mm 混凝土	220mm 混凝土	一致
	防护门	10mmPb+100mm 含硼聚乙烯 (2 檣)	10mmPb+100mm 含硼聚乙烯 (2 檇)	一致
热室	墙体	西墙（南侧部分 400mm、北侧部分 600mm）混凝土 北墙（回加机房部分 600mm、污物间部分 370mm）混凝土 东墙和南墙 370mm 实心砖	西墙（南侧部分 400mm、北侧部分 600mm）混凝土 北墙（回加机房部分 600mm、污物间部分 370mm）混凝土 东墙和南墙 370mm 实心砖	一致
	顶棚	200mm 混凝土	200mm 混凝土	一致
	地板	250mm 混凝土	250mm 混凝土	一致
	防护门	6mmPb (3 檇)	6mmPb (3 檇)	一致
	前面	70mmPb	70mmPb	一致
合成柜、分装柜	其余面	60mmPb	60mmPb	一致
PET-CT1 机房	规格	6.7m×5.25m;35.2m <sup>2</sup>	7.32m×4.75m; 34.77m <sup>2</sup>	不一致
	墙体	东墙 240mm 实心砖+2mmPb 防护涂料 其他墙体 240mm 实心砖	370mm 实心砖北墙 370mm 实心砖 +4mmPb 防护涂料 其他墙体 370mm 实心砖	不一致
	顶棚	200mm 混凝土	300mm 混凝土	不一致
	地板	250mm 混凝土	300mm 混凝土	不一致

	防护门	10mmPb	10mmPb	一致
	观察窗	10mmPb 铅玻璃	10mmPb 铅玻璃	一致
PET-CT2 机房	规格	6.7m×5.25m;35.2m <sup>2</sup>	6.53m×5.05m;32.98m <sup>2</sup>	不一致
	墙体	东墙 240mm 实心砖+2mmPb 防护涂料 其他墙体 240mm 实心砖	北墙 370mm 实心砖	不一致
	顶棚	200mm 混凝土	160mm~300mm 混凝土+4mmPb 铅板	不一致
	地板	250mm 混凝土	250mm~300mm 混凝土	不一致
	防护门	10mmPb	10mmPb	一致
	观察窗	10mmPb 铅玻璃	10mmPb 铅玻璃	一致
储源室、 放射性废 物室、污洗 室	墙体	240mm 实心砖	240mm 实心砖	一致
	顶棚	200mm 混凝土	200mm 混凝土	一致
	地板	250mm 混凝土	250mm 混凝土	一致
	防护门	6mmPb	6mmPb	一致
注射室	墙体	西墙 240mm 实心砖+2mmPb 防护涂料 其他墙体 240mm 实心砖	240mm 实心砖	不一致
	顶棚	200mm 混凝土	200mm 混凝土	一致
	地板	250mm 混凝土	250mm 混凝土	一致
	防护门	6mmPb	6mmPb	一致
	注射窗	40mmPb	40mmPb	一致
留观室	墙体	北墙、南墙与控制室相邻的部分 240mm 实心砖+10mmPb 防护涂料 其他墙体 240mm 实心砖	南墙 370mm 实心砖+8mmPb 防护涂料 北墙 240mm 实心砖+4mmPb 防护涂料 其他墙体 370mm 实心砖	不一致
	顶棚	200mm 混凝土	160mm 混凝土+4mmPb 铅板	不一致
	地板	250mm 混凝土	250mm 混凝土	一致
	防护门	6mmPb	10mmPb、手动平开	不一致
抢救室	墙体	240mm 实心砖+2mmPb 防护涂料	240mm 实心砖	不一致
	顶棚	200mm 混凝土	200mm 混凝土	一致
	地板	250mm 混凝土	250mm 混凝土	一致
	防护门	6mmPb	6mmPb	一致
PET 等候 1~4	墙体	东墙、南墙 240mm 实心砖 +10mmPb 防护涂料 西墙、北墙 240mm 实心砖	240mm 实心砖墙 (PET 等候 1、2 北侧墙体与 PET-CT 机房 2 共用 370mm 实心砖墙) 南侧、东侧及西侧墙体：370mm 实心	不一致

			砖+8mmPb 硫酸钡涂料	
PET 等候区卫生间	顶棚	200mm 混凝土	250~300mm 混凝土	不一致
	地板	250mm 混凝土	250~370mm 混凝土	不一致
	防护门	6mmPb	6mmPb	一致
	铅防护屏	6mmPb	6mmPb	一致
患者通道	墙体	东墙、北墙 240mm 实心砖 +10mmPb 防护涂料 西墙、南墙 240mm 实心砖	东、北墙：240mm 实心砖墙+8mmPb 防护涂料 西墙、南墙：240mm 实心砖墙+4mmPb 防护涂料	不一致
	顶棚	200mm 混凝土	200mm 混凝土	一致
	地板	250mm 混凝土	250mm 混凝土	一致
	防护门	6mmPb	6mmPb	一致
注：混凝土密度>2.35t/m <sup>3</sup> ，实心砖密度>1.6t/m <sup>3</sup> ，铅密度>11.34t/m <sup>3</sup> ，钡水泥密度>2.8t/m <sup>3</sup> 。				

本项目核医学科 PET 中心实际施工参数与环境影响报告表屏蔽防护设计参数部分不一致，查阅本次验收防护监测报告，由监测结果表明，本项目辐射安全防护措施防护效果良好。

#### 四、辐射安全与防护措施

##### 1.机房屏蔽及规格分析

本项目 PET-CT1 机房、PET-CT2 机房屏蔽及规格对照标准《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 的情况见表 3-4，由表可知，机房屏蔽和规格满足标准 GBZ130-2020 的要求。

表 3-4 机房屏蔽防护及规格检查表

机房名称	屏蔽体	屏蔽材料及厚度	标准 GBZ 130-2020 要求	评价
------	-----	---------	--------------------	----

PET-CT1 机房	规格	7.32m×4.75m (34.77m <sup>2</sup> )	最小有效面积≥30.0m <sup>2</sup> 最小边长≥4.5m	符合
	墙体	370mm 实心砖 (等效: 3mmPb)	不小于 2.5mmPb	符合
	顶棚	300mm 混凝土 (等效: 3mmPb)		符合
	地板	300mm 混凝土 (等效: 3mmPb)		符合
	机房大门	10mmPb		符合
	控制室门	10mmPb		符合
	观察窗	10mmPb		符合
PET-CT2 机房	规格	6.53m×5.05m (32.98m <sup>2</sup> )	最小有效面积≥30.0m <sup>2</sup> 最小边长≥4.5m	符合
	墙体	北墙: 370mm 实心砖墙+8mmPb 硫酸钡涂料 (等效: 11mmPb) 其余墙体: 370mm 实心砖墙 (等效: 3mmPb)	不小于 2.5mmPb	符合
	顶棚	160mm~300mm 混凝土+4mmPb 铅板 (等效: 5.6~7mmPb)		符合
	地板	25cm~30cm 混凝土 (等效: 2.5~3mmPb)		符合
	机房大门	10mmPb		符合
	控制室门	10mmPb		符合
	观察窗	10mmPb		符合

备注: 等效铅当量核算参考标准 GBZ 130-2020 和辐射防护手册。

## 2. 辐射安全措施

本项目采取的辐射安全措施与标准《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 对照情况见表 3-5; 机房辐射安全措施与标准《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 对照情况见表 3-6。

表 3-5 辐射安全措施与标准 HJ 1188-2021 符合性分析

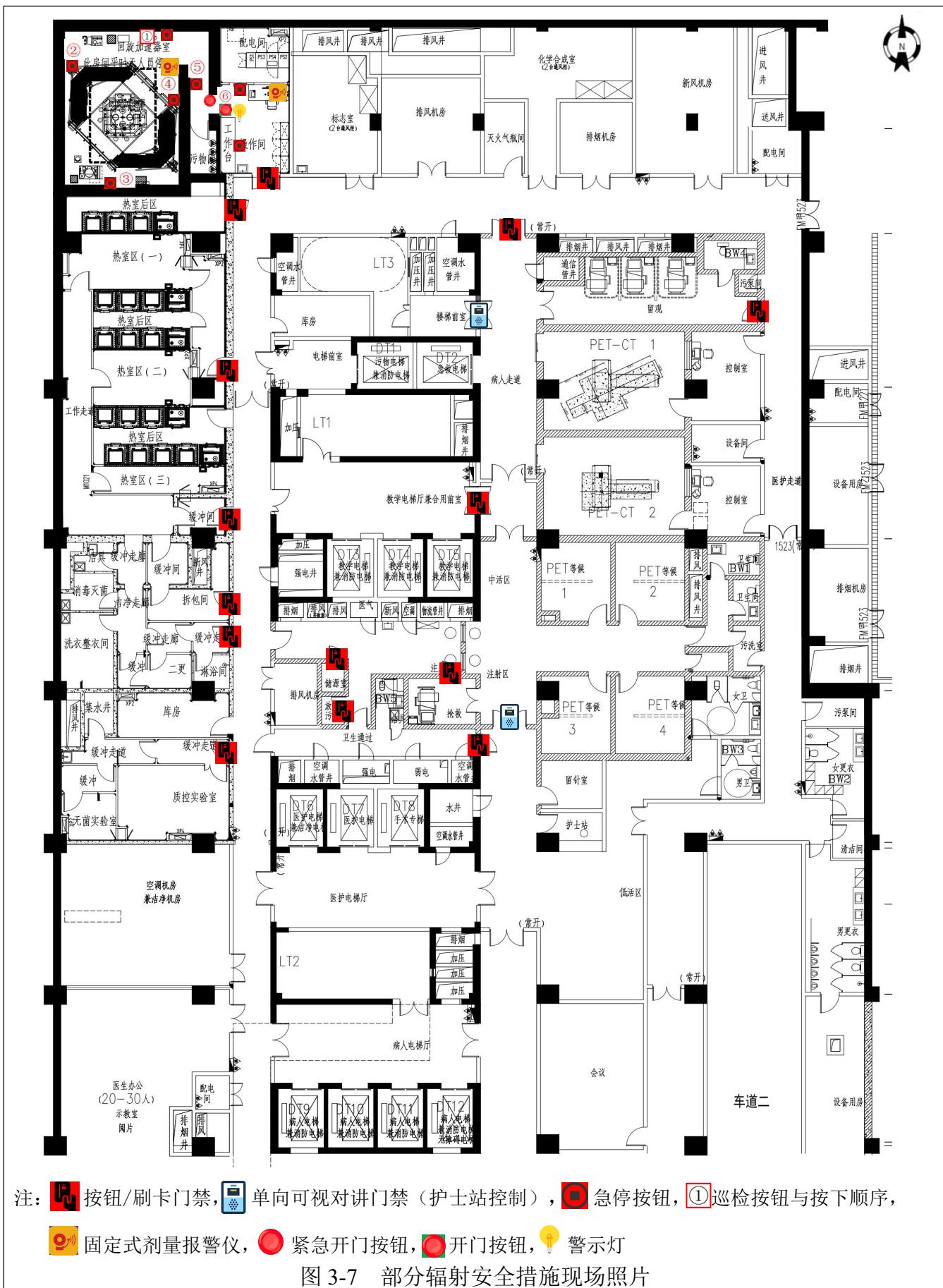
《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ 1188-2021)	本项目情况	是否符 合要求
核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑, 室内地面与墙壁衔接处应无接缝, 易于清洗、去污。	核医学科 PET 中心涉及放射性核素操作设备的表面、工作台台面等采用不锈钢饰面, 确保表面平整光滑, 室内地面设计 PVC 材质、地面与墙壁衔接为圆弧连接, 保证无接缝, 易于清洗、去污。	符合
操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行, 丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽, 给药后患者候诊室内、核素治	放射性核素由厂家分装或由建设单位在回旋加速器区域分装。并为药物操作人员配备铅衣、铅围脖、铅眼镜等防护用品。放射性药物注射器配备注射器防护套、注射防护车等; 给药后患者候诊室内设置有足够屏蔽厚度的铅屏风, 以减少多人	符合

疗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。	候诊时对其他患者的照射。	
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。	操作放射性药物的控制区出口设有卫生通过间，设有洗涤去污设施和表面污染监测仪器，药物操作人员和物品离开控制区前进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，将进行清洗去污直至表面污染水平满足控制标准要求。	符合
放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。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。	本项目核医学科 PET 中心设置了储源间，用于储存放射性物质，储源间采取了屏蔽措施，放射性物质在各自相应的屏蔽贮存容器中置于储源间储源柜内；安排专人管理，建立放射性物质台账，及时登记，确保账物相符。定期对储源间进行辐射水平监测并记录，储源间设置门锁及警告标志、警示语句，无关人员不会进入储源室。	符合
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。	本项目核医学科 PET 中心配备药物转运防护盒，表面张贴规范的电离辐射标志，在转运时采取药箱盛装等固定措施，防止药物翻倒和跌落。	符合
回旋加速器机房应设置门机联锁装置和延时开门措施，机房内应设置紧急停机开关、紧急开门按钮及清场措施，并安装固定式剂量率报警仪。机房门口应有声光报警装置和工作状态指示灯，并与加速器联锁。	本项目核医学科回旋加速器机房设置门机联锁装置和延时开门措施，机房内设置紧急停机开关、紧急开门按钮及清场措施，并安装固定式剂量率报警仪。机房门口有声光报警装置和工作状态指示灯，并与加速器联锁。	符合
扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。	核医学科 PET 中心 PET-CT1 机房、PET-CT2 机房门框上方均设置工作状态指示灯，灯箱处设置警示语句，指示灯与防护门联锁。	符合
核医学工作场所应保持良好的通风，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。	本项目核医学科 PET 中心通风进行了专门的设计，控制区为单独的排风系统，并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。	符合
使用回旋加速器制备放射性药物的工作场所应设有单独的通风系统，加速器自屏蔽区内应有单独排气管道，并相对加速器室呈负压状态。	本项目热室内均设有单独的通风系统，加速器自屏蔽区内有单排气管道，并相对加速器室呈负压状态。	符合
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	本项目核医学科 PET 中心放射性物质的合成、分装由厂家分装或由医院在回旋加速器区域通风橱等密闭设备中进行，通风橱设计了单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭过滤装置。	符合

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。	本项目核医学科排风系统排气口均高于所在建筑屋顶，排放口邻近无高层建筑。	
---------------------------------------	-------------------------------------	--

表 3-6 机房辐射安全措施与标准 GBZ 130-2020 符合性分析

标准 GBZ 130-2020 的要求	项目情况	评价
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。	PET-CT1 机房、PET-CT2 机房设置观察窗，设置位置便于观察机房内患者情况及防护门开闭情况。	符合
机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	PET-CT1 机房、PET-CT2 机房内未放置与诊疗无关的杂物。	符合
机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	PET-CT1 机房、PET-CT2 机房均设置机械通风装置，可以确保机房内通风效果良好，符合国家标准要求。	符合
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。	PET-CT1 机房、PET-CT2 机房防护门上设置电离辐射警示标识；患者出入门上方设置工作状态指示灯，灯箱设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句；PET-CT1 机房、PET-CT2 机房外张贴放射防护注意事项告知栏。	符合
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。	PET-CT1 机房、PET-CT2 机房控制室门为平开防护门，设计自动闭门装置；PET-CT1 机房、PET-CT2 机房患者出入门为电动推拉防护门，操作要求设备曝光前，关闭防护门；工作状态指示灯与患者出入防护门设置联动装置。	符合
电动推拉门宜设置防夹装置。	电动推拉防护门，设置红外线防夹感应装置	符合
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。	正常情况下，机房内无陪检者。	符合





机房大门



急停、巡检按钮



监控工作站



门禁装置

放射性药物生产区部分辐射安全措施现场照片



门禁装置



对讲装置



放射性药物使用区部分辐射安全措施现场照片

图 3-8 部分辐射安全措施现场照片

### 3.个人防护用品、辅助防护设施、应急去污用品和辐射监测设备

项目配备个人防护用品、辅助防护设施和应急去污用品、辐射监测设备见表 3-7。由表 3-7 可知，项目配备的个人防护用品、辅助防护设施和辐射监测设备满足国家标准要求。

表 3-7 个人防护用品及辅助防护设施和应急去污用品一览表

工作场所	种类	性能指标/设备型号	数量	备注
放射性药 物生产区	储源铅罐	40mmPb	2 个	主要用于放射性药物转运，可放置 10m1/20m1/30m1 药瓶
	放射性废物桶	20mmPb	6 个	回旋加速器机房、热室内各放置一个
	高剂量屏蔽钨合金罐	40mmPb	8 个	/
	铅围裙	0.5mmPb	2 件	/
	铅帽子	0.5mmPb	2 顶	/

	铅围脖	0.5mmPb	2 个	/
	铅眼镜	0.5mmPb	2 副	/
	除污工具组	大桶、小桶各一个；锥桶 1 个；拖把一个；刷子大、小、中各一个；铁夹子 1 个；喷壶一个；防辐射牌大、小各两个；八四消毒液一桶；一次性手套一副、去污溶剂。		
	便携式数字化个人辐射剂量报警仪	Radtarge-mini	6 台	/
	数字化区域辐射剂量监控系统	JC-QY-A	1 套	1 台主机 6 台分机探头
	数字式表面沾污仪	Inspector	5 台	/
	便携式 X-γ 电离室巡测仪	451P	1 台	/
	中子监测仪	—	1 台	采购中
	注射机器人	/	1	正电子放射性药物 自动分装、注射、记录
	放射性废物室铅箱	20	2	—
放射性药物使用区	注射位铅垃圾桶	20	1	—
	PET 等候室 1~4 铅垃圾桶	20	2	两个等候室为 1 组，门口各放 1 个
	留观室铅垃圾桶	20	1	—
	PET 等候 1~4 铅屏风	6	各 1	—
	留观室铅屏风	6	2	—
	放射性污染防护服	/	2	放置在卫生通过区
	去污用品	在 PET-CT 中心的卫生通过设有满足使用需求数量的相关放射性药物的去污用品。包括衣服、一次性手套、口罩、去污剂；标记笔、刷子、吸水纸、酒精湿巾、镊子、塑料袋、标签、胶带、电离辐射警告标志等。		
	活度计	CRC-55tR	1	用于药物活度测量
	辐射仪	IV-A2	1	测量 X、γ 射线与表面沾污



铅保险柜



传递窗

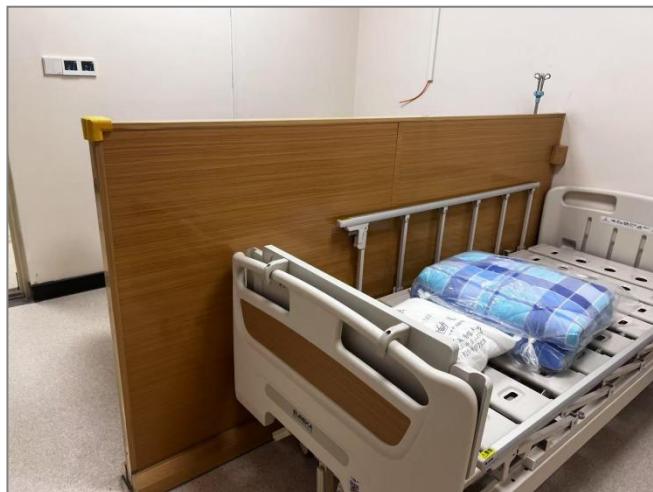


表面沾污仪

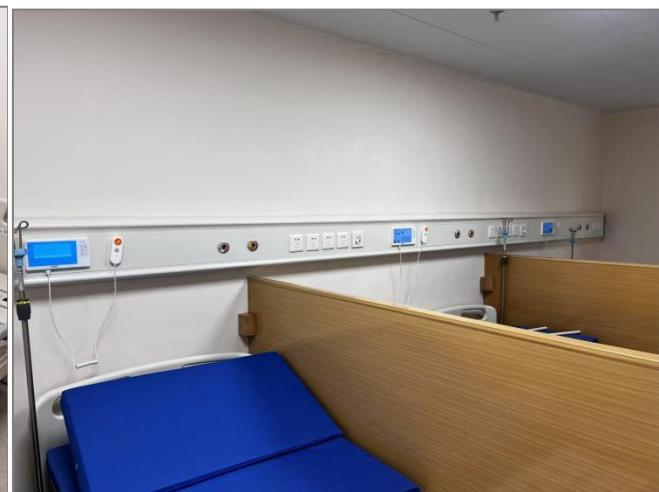




辐射剂量监控系统  
放射性药物生产区部分辅助屏蔽设施现场照片



铅屏风（PET 等候 1~4）



铅屏风（留观室）



铅垃圾桶



铅保险柜



图 3-9 部分辅助防护设施

#### 4. 放射性“三废”处置措施

##### (1) 固体废物治理措施

放射性药物生产区回旋加速器制药产生的放射性固体废物分为长半衰期和短半衰期两类。回旋加速器日常维护保养定期更换的废靶部件、剥离膜、靶膜、限束光栏、偏转磁铁，一年产生约  $10\text{cm}^3$ ，此部分固体废物为长半衰期放射性固体废弃物，收集暂存在回旋加速器东面污物室中专用铅桶内，并在铅桶的显著位置标明废物类型和存放日期等，待收集一定量后送有资质单位处理。放射性药物制取时产生放射性残留物如硅胶、树脂、氧化铝、碳柱、滤膜和废活性炭老化的核素传输管道等，每年产生约 150kg。操作放射性药物产生的手套、口罩和清洁去污时用过的抹布、托布等含短半衰期核素的废物，年产生量约 20kg。本项目在各产污场所均设有

短半衰期铅废物桶，短半衰期放射性固体废物在产生后先存放于短半衰期铅废物桶中，当废物桶装满后，废物桶转移至回旋加速器机房东面的污物室中进行暂存，在铅桶的显著位置标明废物类型、核素种类、比活度和存放日期等。然后贮存在污物间内衰变至少十个半衰期，满足清洁解控水平后作为一般医疗废物处理。

放射性药物使用区设计了放射性污染物间，在各注射后等候区、留观区配备专用的放射性废物桶，内套专用塑料袋直接收纳废物；注射区配备收集针头铅罐，集中收储到专用容器中。装满后的废物袋密封，每袋废物重量不超过 20kg，标注废物类型、暂存起始日期、收集人等，存放于相应的放射性污染物间中。核医学科放射性废物主要是一次性注射器、棉签、滤纸等，常规放射性固废日产生量约 1kg，年产生量约 300kg。放射性污染物间按照控制区管理，入口处应配置电离辐射警示标志，采取有效的防火防丢失、防射线泄漏的措施，放射性污染物间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。放射性污染物间内设置专门容器用于盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别的废物应分开存放，合理有序，易于取放。盛放废物的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。放射性固体废物最终集中放置在放射性污染物间中暂存至少十个半衰期。

每次转移放射性废物桶时，需先进行辐射剂量率和表面污染水平检测：废物桶外 30cm 处的辐射剂量率 $<2.5\mu\text{Sv/h}$ ；②废物桶外表面的 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染水平分别小于  $0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，只有检测结果满足上述标准的废物桶才会进行转移。在废物桶转移时，运营机构对废物桶的转移路径临时进行管控，在确保转移路径上没有人员后，方可进行废物桶的转移操作。

原环评在 2021 年 5 月 21 日取得环评批复，核医学科固态放射性废物处理设施满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求。生态环境部 2021 年 9 月发布了《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），2021 年 11 月实施，医院应根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求，固态放射性废物需暂存超过 30 天后，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。

## （2）液体废物治理措施

①衰变池选址：环评阶段位于医学综合楼南侧，为下沉式，上方为绿化用地，因施工过程中发现该位置已建有医院集中污水处理池体，现场衰变池安装空间不够，因此衰变池选址改为

医学综合楼西侧，为下沉式，上方为消防应急救援道路。医院计划在该段道路增加限流闸机，限制无关人员进入，重新选址后衰变池位置与核医学科距离更近约 6m。排水管道收集回旋加速器制药区、PET 显像区的污水后至集水井，通过集水井将放射性废液排放至衰变池，放射性废水不在集水井存放。排水管道采用内外涂塑复合钢管（外包铅皮），管道安装在壁厚不小于 150mm 的混凝土管槽内。

②衰变池容积：

环评阶段设置 2 套规格一致的槽式衰变池系统，每套设有 2 格衰变池，单个衰变池容积为 8m<sup>3</sup>，总容积为 16m<sup>3</sup>；

实际阶段设置了 2 套槽式衰变池系统，分别设有 2 格衰变池，第一套衰变池系统单格容积为 8m<sup>3</sup>，总容积为 16m<sup>3</sup>；第二套衰变池系统单个容积为 35m<sup>3</sup>，总容积为 75m<sup>3</sup>。衰变池 1 收集回旋加速器制药区（回旋加速器机房、标记室、操作室、洁具间、淋浴、消毒灭菌、洗衣整衣间、缓冲走道）、PET 显像区（卫生通过卫生间、注射室、PET-CT 等候区的男女卫生间和污水室）等排水排污；衰变池 2 收集 PET 显像区留观室卫生间的排水排污。

综上所述，衰变池实际容积大于环评阶段设计容积。

原环评在 2021 年 5 月 21 日取得环评批复，衰变池容积满足《电离辐射防护与辐射源安全基标准》（GB 18871-2002）的要求，生态环境部 2021 年 9 月发布了《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），2021 年 11 月实施。

核医学科使用的核素包括：<sup>18</sup>F、<sup>13</sup>N、<sup>11</sup>C、<sup>15</sup>O、<sup>68</sup>Ga、<sup>64</sup>Cu、<sup>89</sup>Sr、<sup>223</sup>Ra、<sup>188</sup>Re、<sup>225</sup>Ac。查阅原环评报告，<sup>89</sup>Sr、<sup>223</sup>Ra、<sup>188</sup>Re、<sup>225</sup>Ac 治疗患者不产生放射性废液。因此本项目放射性废液主要含 <sup>18</sup>F、<sup>13</sup>N、<sup>11</sup>C、<sup>15</sup>O、<sup>68</sup>Ga、<sup>64</sup>Cu 核算，以上 6 种放射性核素，半衰期最长为 12.7h（小于 24 小时）。因此根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）第 7.3.3 条“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”，本项目放射性废液需暂存 30 天后可直接解控排放。

查阅原环评报告与辐射安全分析报告，每天接受 PET 显像检查的病人最多为 40 人，其中 <sup>18</sup>F 显像检查最多为 40 人/天、<sup>11</sup>C 显像检查最多为 5 人/天、<sup>68</sup>Ga 显像检查最多为 5 人/天、<sup>13</sup>N 显像检查最多为 3 人/天、<sup>15</sup>O 显像检查最多为 2 人/天、<sup>64</sup>Cu 显像检查最多为 3 人/天。核素显像病人注射后休息期间病人上厕所一次，每次上厕所产生废水 6L；考虑到工作场所及工作人员

清洗、去污每天用水量约为 100L，每次应急用水约 100L，则衰变池每天排入废水量最多约为 0.44m<sup>3</sup>/天。回旋加速器工作场所放射性清洗、固体靶清洗和工作人员洗手、应急淋浴产生废水按 200L/天；则每天流进衰变池废水量约为 0.64m<sup>3</sup>/天。

注满衰变池 1 每个衰变池后，放射性废液能存放 12.5 天（工作日），满足放射性废水在废水衰变池停留十个半衰期以上的要求，不满足暂存时间超过 30 天的要求。医院计划增加对衰变池 1 的废水监测频率，待其满足总α不大于 1Bq/L、总β不大于 10Bq/L 的要求后再将其排放至医院污水处理系统后端。理论计算注满衰变池 1 每个衰变池需 12.5 天，然后进行排放，排放前需对衰变池废水进行监测，医院将根据实际情况，在每次排放前对衰变池废水进行监测，每次监测周期不超过 20 天。

查阅医院 2025 年 12 月对核医学废水进行监测，见附件 3，其总α为 0.276Bq/L、总β为 0.356Bq/L，均满足标准要求的总α不大于 1Bq/L、总β不大于 10Bq/L，衰变池运行情况良好。

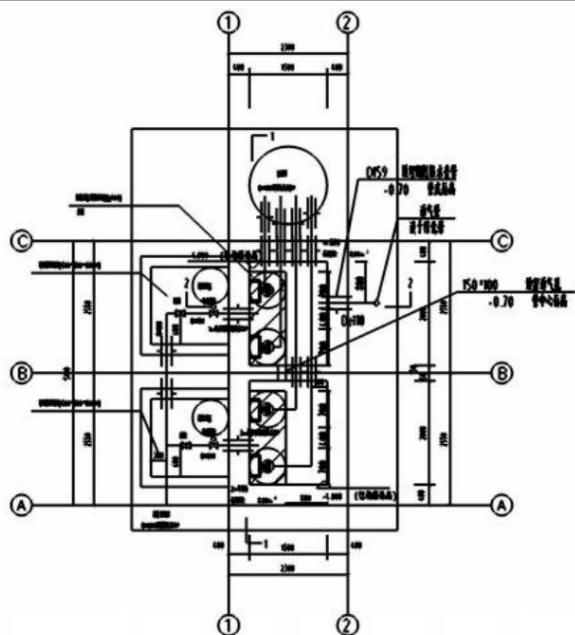
显像患者留观休息期间病人上厕所一次，每次上厕所产生废水 6L，每天接受显像检查的病人最多为 40 人，每周 5 天开展显像检查，故每周产生的废水 1.2m<sup>3</sup>，则灌满衰变池 2 每个衰变池，放射性废水可存放 29.4 周（204d），满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”的要求。

### ③放射性废液集水点位：

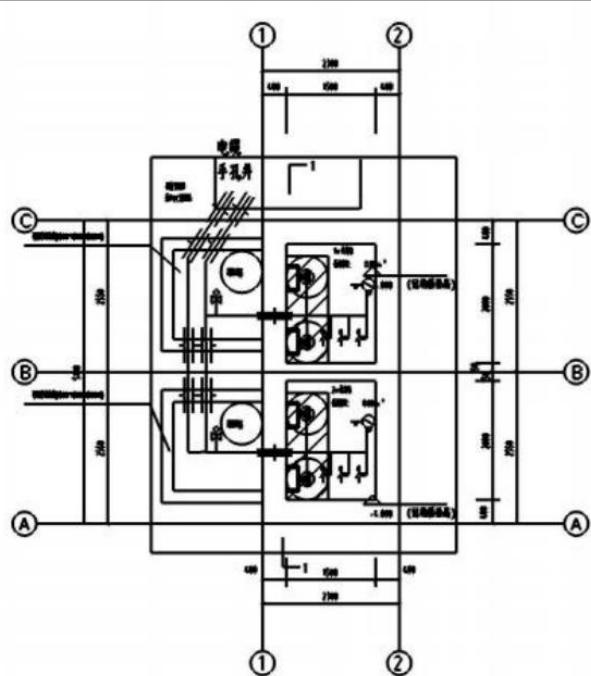
环评阶段控制区内所有集水点位均接入 1 套衰变池系统中。

实际阶段核医学科留观室卫生间集水点接入容积为 70m<sup>3</sup> 的衰变池系统中；其余集水点位接入容积为 16m<sup>3</sup> 的衰变池系统中。排水管道采用内外涂塑复合钢管（外包铅皮），管道安装在壁厚不小于 150mm 的混凝土管槽内。

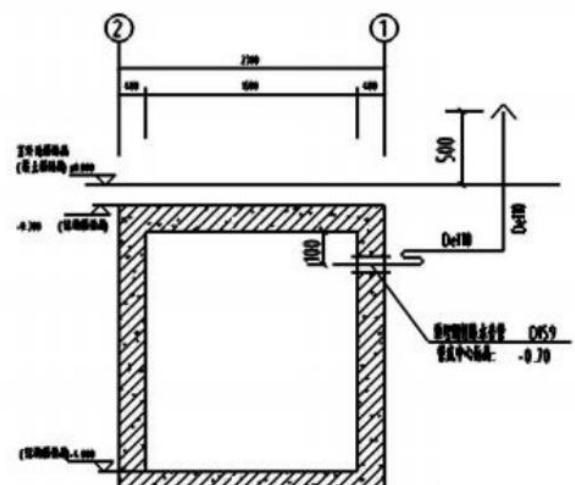
集水井板厚 250mm，壁厚与板厚相同，盖板厚 80mm。集水井北侧为库房、南侧为更衣室，西侧为排风井，东侧为洁净通道与缓冲通道。



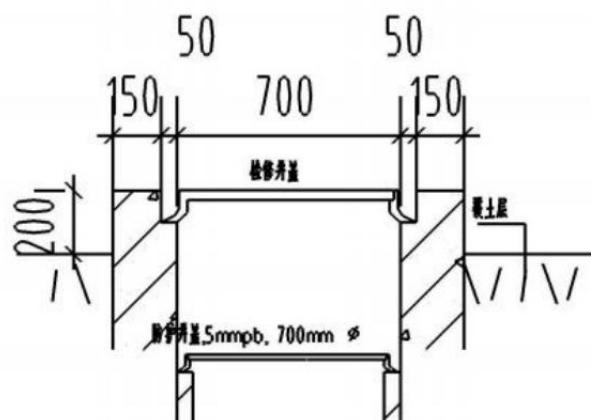
核医学衰变1给排水平面图 150  
注：1. 管道坡度 0.002% ~ 0.005%  
2. 管道内径Φ400mm~Φ500mm



核医学衰变1 PLC控制管平面图 150

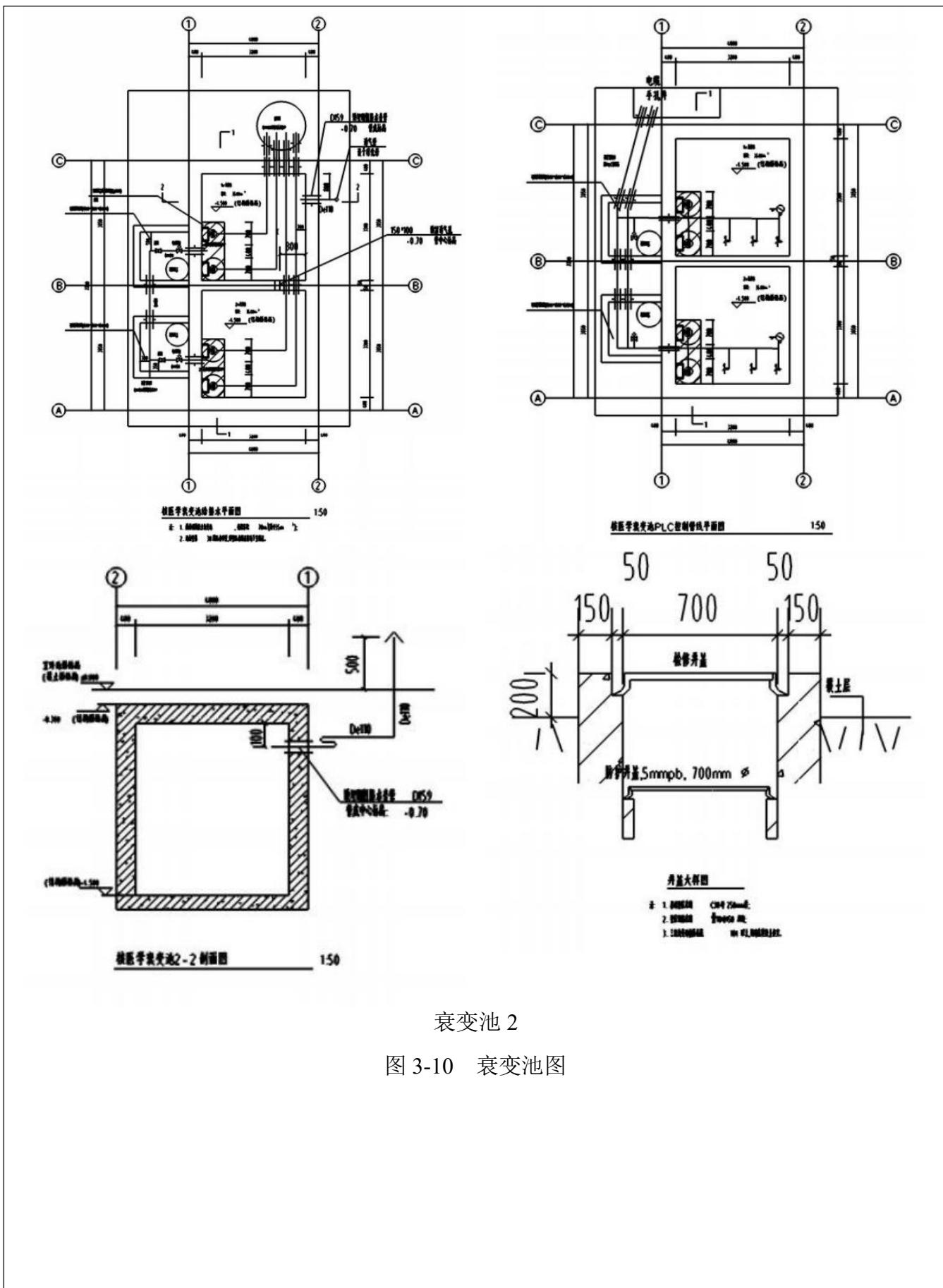


核医学衰变1 2-2剖面图 150



井盖大样图  
注：1. 厚壁砖 0.0475m<sup>3</sup>; 2. 砖块 1:2水泥浆; 3. 砖块厚度 100mm, 砖缝厚度 10mm

衰变池 1





衰变池位置上方



衰变池控制界面

图 3-11 衰变池现场照片

### (3) 气体废物治理措施

放射性药物制备区域设置了 4 条独立的排风管道：1 条为回旋加速器机房内排风管道，1 条为合成热室专用排风管道，1 条为无菌实验室、质控实验室、库房、缓冲区、更衣室、淋浴

室等区域的排风，1条为标志室、化学合成室的排风。回旋加速器自屏蔽体内安装一个热气排风扇用于通风，气体排出到加速器室，因此回旋加速器机房设计独立的通风系统，采用机械强制排风，排风量为2500m<sup>3</sup>/h，风机效率85%，机房体积为144m<sup>3</sup>，保证每小时通风换气次数不小于14/次。机房拟采用上送风下排风的方式进行通风，新风口设在机房北墙顶部距地面3m处，新风管道拟从机房东墙吊顶上方呈S型穿墙，排风口设在机房南墙底部距地面0.3m处，排风管道拟从机房南墙吊顶上方呈S型穿墙，通风设计满足“高进低出，对角设计”原则。放射性废气经过高效活性炭过滤器吸附过滤后通至机房南侧热室的核医学排风井，由核医学排风井直接引至医学综合楼屋面，最终排风口位置位于医学综合楼屋面高出屋面3m处。排放口位置为不上人屋面，离地高102米，高于周围建筑且公众人员无法达到。

放射性药物使用区域设置有2套独立的核排风管道系统，其中1套排风管道连接注射室排风口、储源室和放射性污物室，放射性废气由排风管道集中后经过高效活性炭过滤器吸附过滤排放至风井内，在该大楼屋面排放；1套排风系统连接PET-CT1机房、PET-CT2机房、PET等候区，留观室、病人走廊、洁具间及配套卫生间等区域，放射性废气由排风管道集中后经过高效活性炭过滤器吸附过滤排放至排风内，在该大楼屋面排放。各排风管道汇集到排风井中，放射性废气通过活性炭吸附过滤后的废气从风井直至屋面排放，排风系统末端排风口高出屋面3m处（距地面102米），设计有防鸟、防虫、防雨措施。排风系统在末端（屋面风机位置）设置高效活性炭过滤器（过滤效率>99.5%），能有效地吸附废气中的放射性气溶胶。放射性废气经过高效活性炭过滤器吸附过滤后排放至外环境中，每套排风系统设置2台风机（一备一用），当一台风机出现故障需维修或者需更换风机的过滤装置时，通过转换阀切换风机。活性炭过滤器每半年更换一次。低活区排风系统连接控制室的排风口，低活区不产生放射性废气。废气由排风管道收集后通过北侧楼梯间东边的废气管道统一排放至大楼顶层屋面。

原环评在2021年5月21日取得环评批复，核医学科气态放射性废物处理设施满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）的要求，生态环境部2021年9月发布了《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），2021年11月实施，核医学科气态放射性废物处理设施同时也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

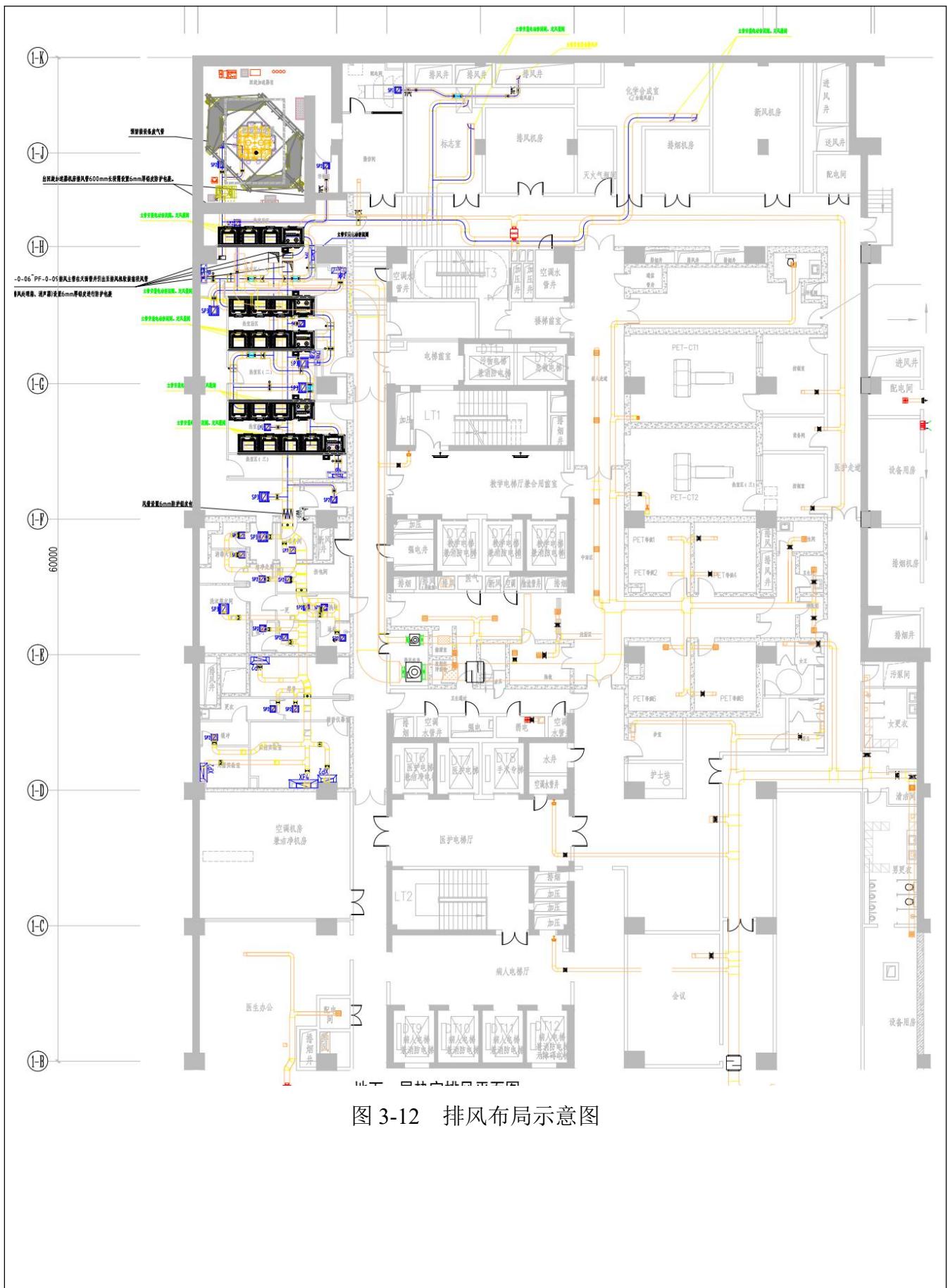


图 3-12 排风布局示意图

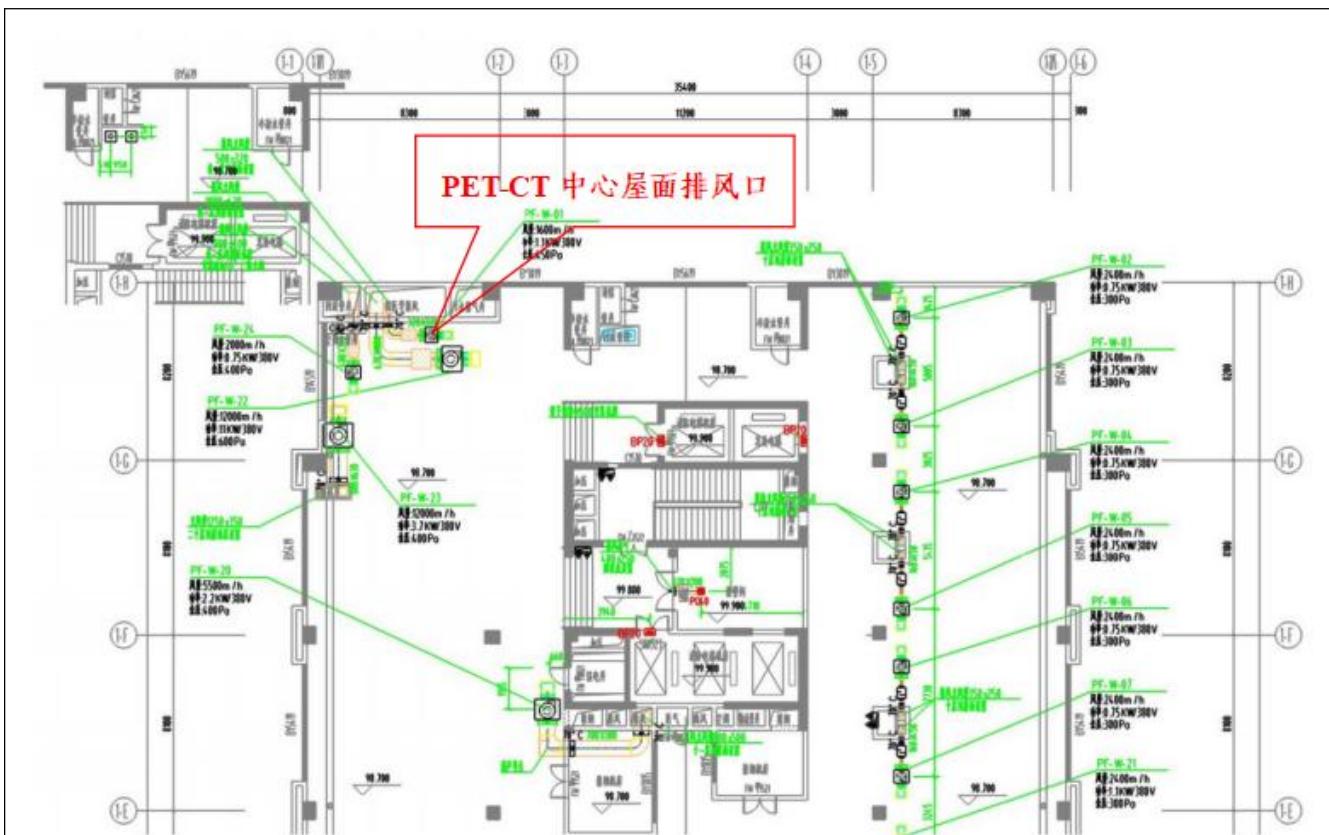


图 3-13 PET-CT 中心楼顶排风图



图 3-14 排风管道照片

## 5.规章制度和人员管理:

- (1) 本次验收涉及的辐射工作人员，均参加了辐射安全与防护培训班，并考核合格。
- (2) 医院已委托有资质的个人剂量监测技术服务机构（广东省职业病防治院）对辐射工

作人员进行长期个人剂量监测，涉及本次验收的辐射工作人员的个人剂量监测正常，已建立辐射工作人员个人剂量监测档案，并由专人负责，统一管理。

(3) 医院制定了《辐射安全与环境保护管理规定》《辐射事故应急处理预案》《辐射工作人员个人剂量监测管理规定》《职业健康监护及其档案管理制度》《设备检修维护制度》《辐射防护监测方案》《核医学科主任医师（教授）职责》《核医学科主管技师职责》《核医学科工程师职责》《高活室工作人员职责》《核医学物理化学师职责》《护士的工作职责》《核医学登记员的工作职责》《清洁工工作职责》《显像剂药物注射操作规程》《PET 肿瘤显像操作规程》《PET 脑显像操作规程》《核医学科放射性核素安全操作及防护制度》等规章制度，明确了辐射安全管理领导小组及相关科室、人员的工作职责；按照规章制度执行，至今未出现过辐射事故，可以满足辐射防护管理的要求。

## 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、环境影响报告表的主要结论

本次评价项目建设方案中按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程中如能严格按照设计方案进行施工，在建筑施工质量能达到要求时，并且落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该单位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，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该建设项目可行。

### 二、审批部门审批决定

医院已取得广东省生态环境厅对本次核技术利用项目环境影响报告表的批复（粤环审〔2021〕116号）。审批决定如下：

1.在医学综合楼负一层设置核医学科，建设核医学科乙级非密封放射性物质工作场所，分为放射性药物生产区和放射性药物使用区。在放射性药物生产区建设1间回旋加速器机房以及合成热室、质控间等其他配套功能场所，在回旋加速器机房内安装使用1台自屏蔽式回旋加速器（最大能量为19兆电子伏，最大束流150微安，属II类射线装置），用于制备放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15、镓-68、铜-64。制备的放射性药物用于本项目放射性药物使用区以及何善衡楼核医学科的正电子显像检查。在放射性药物使用区建设2间PET/CT机房、分装注射室、PET等候室以及留观室等功能房间；在各PET/CT机房中分别安装使用1台PET/CT（属III类射线装置），使用放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15、镓-68、铜-64开展PET/CT核素显像诊断。配套使用4枚镥-68放射源（属V类放射源）用于PET/CT图像质控校正。同时，使用放射性核素锶-89、镭-223、锕-225、铼-188开展骨转移癌治疗。

2.广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

3.本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全防护措施以及安全责任，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于5毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。

4.项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投

产使用的环境保护“三同时”制度。改扩建前辐射工作场所须经辐射工作人员处理并检测达到相关标准要求。项目建成后，你单位明确使用主体，并按规定的程序重新申请辐射安全许可证。

### 三、报告表及批复建议落实情况

表 4-1 环境影响报告表和批复落实情况一览表

序号	承诺与建议	落实情况
1	建设单位如需增加辐射装置或对其使用功能进行调整，则应按法律法规要求向有关环保部门进行申报，并采取相应的污染治理措施，主动接受环保部门的监督管理。	建设单位增加辐射装置或对其使用功能进行调整，都按法律法规要求向有关环保部门进行申报，并采取相应的污染治理措施，主动接受环保部门的监督管理。

## 表五 验收监测质量保证及质量控制

我院委托第三方检测技术服务机构对场所进行辐射监测，检测机构已通过国家计量认证，并处于有效期内。具体如下：

### 一、质量保证

- (1) 依据标准《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年按规定定期经计量部门检定或校准，经确认合格后方可使用。
- (4) 定期参加能力验证及监测仪器比对。
- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (7) 监测报告严格实行三级审核制度。

### 二、质量控制

#### (1) 监测仪器

监测使用的仪器经国家法定计量检定部门检定或校准，经确认合格、并在有效使用期内；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。

#### (2) 监测方法

监测前制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性。

#### (3) 人员能力

承担该项目竣工环保验收的监测人员经培训合格上岗，具备从事环境辐射监测的工作经历，充分了解核技术利用项目和环境保护领域的相关专业技术知识，掌握辐射监测技术和相应技术标准方法，具备对检测结果做出相应评价的判断能力。熟悉本单位检验检测体系管理程序。

#### (4) 审核制度

验收报告严格按相关技术规范编制，数据处理及汇总经相关人员校核、监测报告经审核人审核，最后由授权签字人签发。

(5) 质量控制文件管理

监测实行全过程的质量控制，严格按照第三方检测机构的《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行。

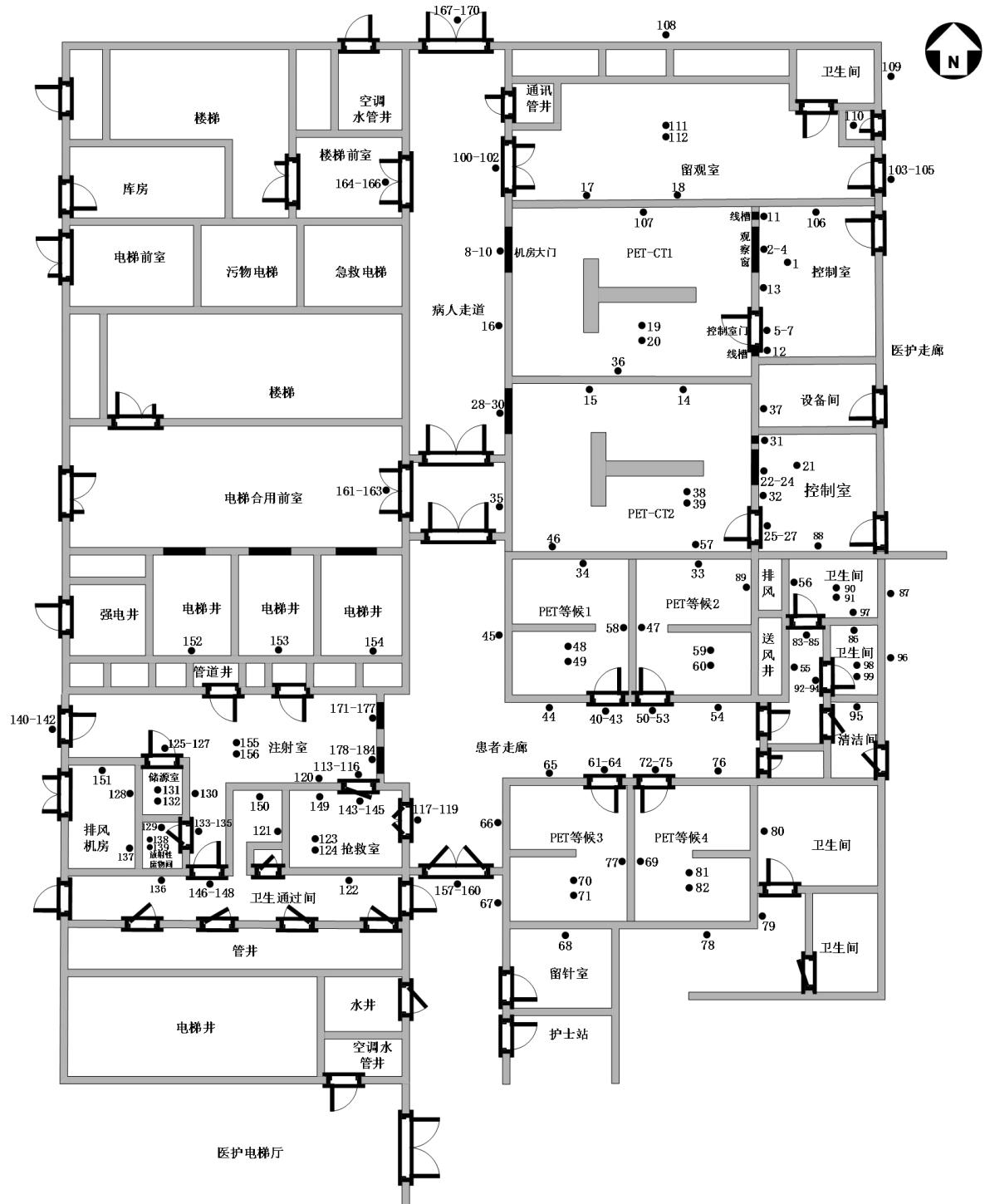
## 表六 验收监测内容

## 一、验收监测内容

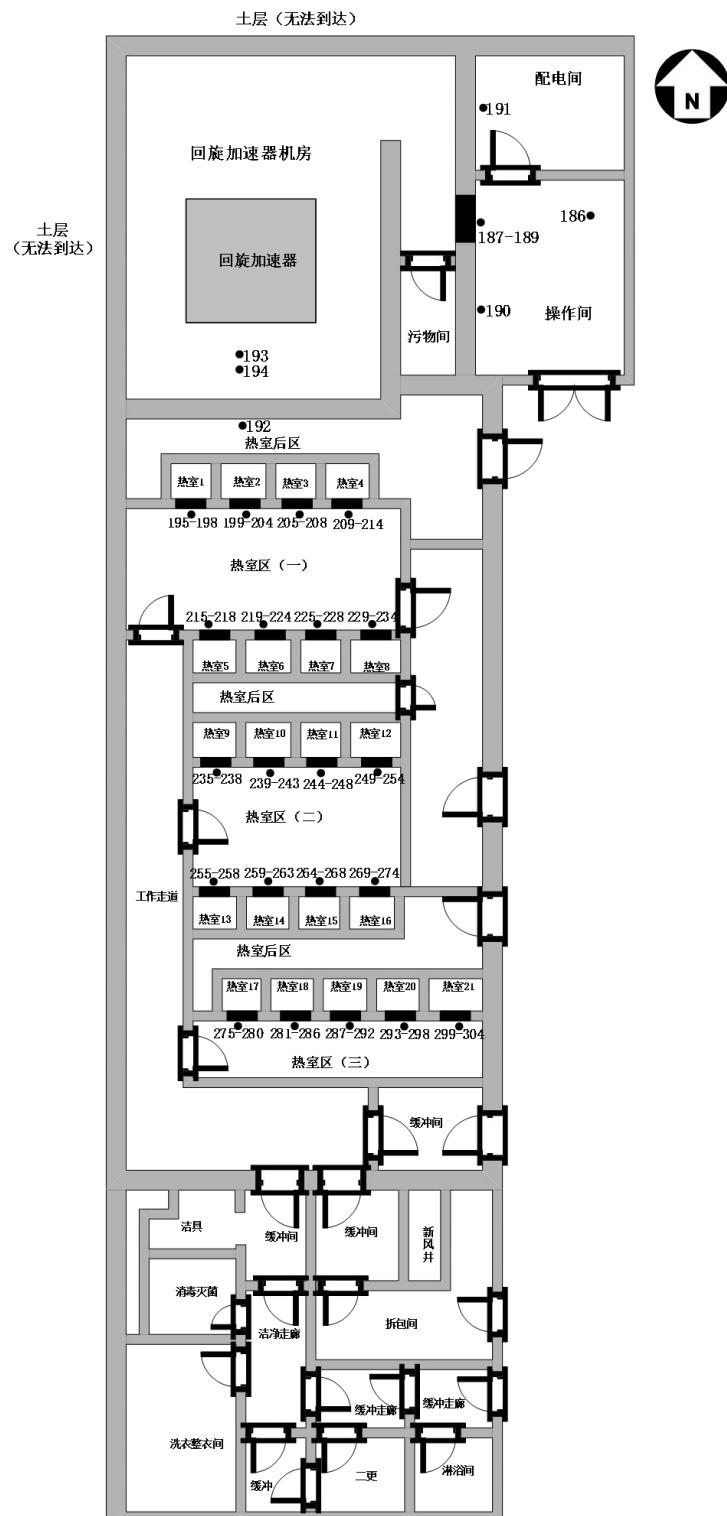
验收监测内容为辐射工作场所周围剂量当量率;  $X/\gamma$  辐射剂量率、 $\beta$  表面污染。

## 二、监测点位

PET-CT 中心监测布点示意图：



## 回旋加速器机房及热室区监测布点示意图：



## 三、监测仪器

表 5-1 监测仪器一览表

仪器名称	辐射检测仪	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪	多功能辐射测量仪 (含中子探头)
仪器型号	AT1123	CoMo 170	FH40GL-10+FHT762
仪器编号	GZDSYQ0055-2	GZDSYQ0005-1	GZDSYQ0033/33-2
生产厂家	ATOMTEX	NUVIA	Automess (德国)
能量响应	15keV-3MeV	/	20keV-7MeV
时间响应	30ms	/	/
测量范围	50nSv/h~10Sv/h	$\alpha$ :3000cps, $\beta$ :20000cps	1nSv/h-99.9 $\mu$ Sv/h
校准/检定单位	中国测试技术研究院	广东省辐射剂量计量检定站	中国计量科学研究院
有效日期	2026 年 06 月 24 日 (X 射线)、 2026 年 06 月 23 日 ( $\gamma$ 射线)	2026 年 03 月 27 日	2026 年 09 月 14 日

#### 四、监测分析方法

医院委托广州达盛检测技术服务有限公司对本项目相关辐射工作场所进行辐射监测，监测布点按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《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)执行；采用辐射巡测仪及表面污染监测仪现场对监测布点进行实时监测，监测完以后，对原始数据进行修正处理，得出最终结果。辐射监测时，辐射源照射时间均大于 AT1123 辐射检测仪的响应时间，理论计算不用进行时间修正。

## 表七 验收监测

### 一、验收监测期间工况

核医学科辐射工作场所采用裸源进行模拟监测, PET/CT 机房防护检测条件为非密封放射性药物放置在机房内床上及设备同时开机、回旋加速器生产药物情况下检测。工作人员操作放射性药物后, 对场所进行表面污染监测。

现场监测时, 主体工程工况稳定, 辐射安全与防护设施均处于正常情况。

### 二、验收监测结果

表 7-1 核医学辐射工作场所辐射监测一览表

表 1 X-γ辐射剂量率监测结果						
编 号	测点位置		X-γ辐射剂量率			备注
			测量值±标准差	单位	标准要求 ( $\mu$ Sv/h)	
1	PET- CT1	放射工作人员操作位	191 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合
2			0.52 ± 0	μSv/h	≤2.5	符合
3			0.55 ± 0.01		≤2.5	符合
4			0.54 ± 0.01		≤2.5	符合
5		观察窗外 30cm 处	1.72 ± 0.02		≤2.5	符合
6			1.38 ± 0.02		≤2.5	符合
7			1.58 ± 0.02		≤2.5	符合
8		控制室门外 30cm 处	0.38 ± 0		≤2.5	符合
9			0.38 ± 0.01		≤2.5	符合
10			0.42 ± 0.01		≤2.5	符合
11		机房大门外 30cm 处	194 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合
12			0.83 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合
13			204 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合
14		东面防护墙外 30cm 处	186 ± 2		≤2.5	符合
15			182 ± 1		≤2.5	符合
16		南面防护墙外 30cm 处	187 ± 2		≤2.5	符合
17		西面防护墙外 30cm 处	193 ± 2		≤2.5	符合
18		北面防护墙外 30cm 处	188 ± 2		≤2.5	符合

19		机房楼上距楼上地面 30cm 处	182 ± 3		≤2.5	符合	床上放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源，同时 CT 的扫描条件为 140kv/300mA/5s
20		机房楼下距楼下地面 170cm 处	189 ± 2		≤2.5	符合	
21	PET-CT2	放射工作人员操作位	189 ± 2		≤2.5	符合	
22		观察窗外 30cm 处	左侧		≤2.5	符合	
23			中部		≤2.5	符合	
24			右侧		≤2.5	符合	
25		控制室门外 30cm 处	左侧		≤2.5	符合	
26			中部		≤2.5	符合	
27			右侧		≤2.5	符合	
28		机房大门外 30cm 处	左侧		≤2.5	符合	
29			中部		≤2.5	符合	
30			右侧		≤2.5	符合	
31	PET-CT2	线槽外 30cm 处	193 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合	床上放置约 370MBq <sup>18</sup> F 的裸源，同时 CT 的扫描条件为 140kv/300mA/5s
32		东面防护墙外 30cm 处	184 ± 2		≤2.5	符合	
33		南面防护墙外 30cm 处	195 ± 2		≤2.5	符合	
34		南面防护墙外 30cm 处	177 ± 3		≤2.5	符合	
35		西面防护墙外 30cm 处	196 ± 3		≤2.5	符合	
36		北面防护墙外 30cm 处	185 ± 3		≤2.5	符合	
37		东面防护墙外 30cm 处	200 ± 4		≤10	符合	
38		机房楼上距楼上地面 30cm 处	194 ± 2		≤2.5	符合	
39		机房楼下距楼下地面 170cm 处	181 ± 1		≤2.5	符合	
40	PET 等候 1	南侧防护门外 30cm 处	左	μSv/h	≤2.5	符合	两张病床上各放置一支内有约 370MBq <sup>18</sup> F 的裸源注射器
41			中		≤2.5	符合	
42			右		≤2.5	符合	
43			门上窗		≤2.5	符合	
44		南面防护墙外 30cm 处	1.65 ± 0.03		≤2.5	符合	
45		西面防护墙外 30cm 处	1.40 ± 0.02		≤2.5	符合	
46		北面防护墙外 30cm 处	1.35 ± 0.01		≤2.5	符合	
47		东面防护墙外 30cm 处	2.05 ± 0.03		≤2.5	符合	
48		机房楼上距楼上地面 30cm 处	188 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合	
49		机房楼下距楼下地面 170cm 处	205 ± 1		≤2.5	符合	
50	PET	南侧防护门外 30cm	左	μSv/h	≤2.5	符合	两张病

51	等候 2	处	中	1.84 ± 0.08		≤2.5	符合	床上各放置一支内有约370MBq <sup>18</sup> F的裸源注射器
52			右	2.22 ± 0.03		≤2.5	符合	
53			门上 窗	2.00 ± 0.08		≤2.5	符合	
54			南面防护墙外 30cm 处	1.91 ± 0.04		≤2.5	符合	
55			东面防护墙外 30cm 处	203 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合	
56			东面防护墙外 30cm 处	169 ± 2		≤2.5	符合	
57			北面防护墙外 30cm 处	1.72 ± 0.12	μSv/h	≤2.5	符合	
58			西面防护墙外 30cm 处	2.04 ± 0.02		≤2.5	符合	
59			机房楼上距楼上地面 30cm 处	193 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合	
60			机房楼下距楼下地面 170cm 处	200 ± 3		≤2.5	符合	
61	PET 等候 3	北侧防护门外 30cm 处	左	1.60 ± 0.03	μSv/h	≤2.5	符合	两张病床上各放置一支内有约370MBq <sup>18</sup> F的裸源注射器
62			中	1.64 ± 0.03		≤2.5	符合	
63			右	1.54 ± 0.01		≤2.5	符合	
64			门上 窗	2.00 ± 0.03		≤2.5	符合	
65			北面防护墙外 30cm 处	1.75 ± 0.03		≤2.5	符合	
66		西面防护墙外 30cm 处	西面防护墙外 30cm 处	0.73 ± 0.01	nSv/h	≤2.5	符合	
67			西面防护墙外 30cm 处	0.23 ± 0		≤2.5	符合	
68			南面防护墙外 30cm 处	0.24 ± 0		≤2.5	符合	
69			东面防护墙外 30cm 处	1.34 ± 0.01		≤2.5	符合	
70		机房楼上距楼上地面 30cm 处	机房楼上距楼上地面 30cm 处	179 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合	
71			机房楼下距楼下地面 170cm 处	186 ± 3		≤2.5	符合	
72	PET 等候 4	北侧防护门外 30cm 处	左	0.63 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	两张病床上各放置一支内有约370MBq <sup>18</sup> F的裸源注射器
73			中	0.63 ± 0.01		≤2.5	符合	
74			右	0.65 ± 0.01		≤2.5	符合	
75			门上 窗	0.72 ± 0.01		≤2.5	符合	
76			北面防护墙外 30cm 处	2.06 ± 0.09		≤2.5	符合	
77		西面防护墙外 30cm 处	西面防护墙外 30cm 处	0.91 ± 0.01	nSv/h	≤2.5	符合	
78			南面防护墙外 30cm 处	201 ± 2		≤2.5	符合	
79			东面防护墙外 30cm 处	182 ± 2		≤2.5	符合	
80			东面防护墙外 30cm 处	179 ± 2		≤2.5	符合	

81		机房楼上距楼上地面 30cm 处	194 ± 2		≤2.5	符合	
82		机房楼下距楼下地面 170cm 处	181 ± 2		≤2.5	符合	
83	卫生间	南侧防护门外 30cm 处	左	1.78 ± 0.05	μSv/h	≤2.5	符合
84			中	1.98 ± 0.11		≤2.5	符合
85			右	1.90 ± 0.13		≤2.5	符合
86		南面防护墙外 30cm 处		0.73 ± 0.01		≤2.5	符合
87		东面防护墙外 30cm 处		0.40 ± 0.01		≤2.5	符合
88		北面防护墙外 30cm 处		0.30 ± 0.01		≤2.5	符合
89		西面防护墙外 30cm 处		210 ± 4		≤2.5	符合
90		机房楼上距楼上地面 30cm 处		193 ± 3		≤2.5	符合
91		机房楼下距楼下地面 170cm 处		195 ± 3		≤2.5	符合
92	卫生间	西侧防护门外 30cm 处	左	2.08 ± 0.09	μSv/h	≤2.5	符合
93			中	1.92 ± 0.10		≤2.5	符合
94			右	2.10 ± 0.15		≤2.5	符合
95		南面防护墙外 30cm 处		0.93 ± 0.01		≤2.5	符合
96		东面防护墙外 30cm 处		0.42 ± 0.01		≤2.5	符合
97		北面防护墙外 30cm 处		0.70 ± 0.01		≤2.5	符合
98		机房楼上距楼上地面 30cm 处		208 ± 1		≤2.5	符合
99		机房楼下距楼下地面 170cm 处		183 ± 2		≤2.5	符合
100	留观室	西侧防护门外 30cm 处	左	1.00 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合
101			中	0.83 ± 0.01		≤2.5	符合
102			右	1.00 ± 0.01		≤2.5	符合
103		东侧防护门外 30cm 处	左	0.73 ± 0.01		≤2.5	符合
104			中	0.73 ± 0.01		≤2.5	符合
105			右	0.78 ± 0.01		≤2.5	符合
106		南面防护墙外 30cm 处		199 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合
107		南面防护墙外 30cm 处		0.36 ± 0.01		≤2.5	符合
108		北面防护墙外 30cm 处		179 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合
109		东面防护墙外 30cm 处		207 ± 1		≤2.5	符合
110		东面防护墙外 30cm 处		193 ± 3		≤2.5	符合
111		机房楼上距楼上地面 30cm 处		178 ± 2		≤2.5	符合
112		机房楼下距楼下地面 170cm 处		199 ± 2		≤2.5	符合
113	抢救	北侧防护门外 30cm	左	2.10 ± 0.04	μSv/h	≤2.5	符合
							病床上

114	室 处		中	2.16 ± 0.09		≤2.5	符合	放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
115			右	1.65 ± 0.01		≤2.5	符合	
116		门上 窗		1.98 ± 0.11		≤2.5	符合	
117		东侧防护门外 30cm 处	左	1.84 ± 0.08		≤2.5	符合	
118			中	2.00 ± 0.08		≤2.5	符合	
119			右	2.08 ± 0.03		≤2.5	符合	
120		北面防护墙外 30cm 处		1.98 ± 0.02		≤2.5	符合	
121		西面防护墙外 30cm 处		1.15 ± 0.01		≤2.5	符合	
122		南面防护墙外 30cm 处		1.28 ± 0.01		≤2.5	符合	
123		机房楼上距楼上地面 30cm 处		183 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合	
124		机房楼下距楼下地面 170cm 处		200 ± 2		≤2.5	符合	
125	储源 室	北侧防护门外 30cm 处	左	188 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合	储源箱 内放置 一储源 罐，罐内 有约 370MBq <sup>18</sup> F 的裸 源
126			中	199 ± 2		≤2.5	符合	
127			右	178 ± 3		≤2.5	符合	
128		西面防护墙外 30cm 处		188 ± 2		≤10	符合	
129		南面防护墙外 30cm 处		209 ± 3		≤2.5	符合	
130		东面防护墙外 30cm 处		187 ± 3		≤2.5	符合	
131		机房楼上距楼上地面 30cm 处		181 ± 3		≤2.5	符合	
132		机房楼下距楼下地面 170cm 处		196 ± 2		≤2.5	符合	
133	放射 性 废物 间	东侧防护门外 30cm 处	左	209 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合	房间内 的废物 桶里存 有放射 性废物
134			中	191 ± 2		≤2.5	符合	
135			右	187 ± 2		≤2.5	符合	
136		南面防护墙外 30cm 处		205 ± 4		≤2.5	符合	
137		西面防护墙外 30cm 处		206 ± 2		≤10	符合	
138		机房楼上距楼上地面 30cm 处		196 ± 2		≤2.5	符合	
139		机房楼下距楼下地面 170cm 处		200 ± 2		≤2.5	符合	
140	注射 室	西侧防护门外 30cm 处	左	0.75 ± 0	μSv/h	≤2.5	符合	注射室 地面放 置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
141			中	0.78 ± 0		≤2.5	符合	
142			右	0.72 ± 0.01		≤2.5	符合	
143		南侧防护门外 30cm 处	左	0.91 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	
144			中	0.92 ± 0.01		≤2.5	符合	

145		南侧防护门外 30cm 处	右	1.05 ± 0.01	$\mu\text{Sv/h}$	$\leq 2.5$	符合	注射室地面放置约 370MBq $^{18}\text{F}$ 裸源
146			左	0.49 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合	
147			中	0.46 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合	
148			右	0.42 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合	
149		南面防护墙外 30cm 处	203 ± 2	nSv/h	$\leq 2.5$	符合		
150		南面防护墙外 30cm 处	0.67 ± 0.01	$\mu\text{Sv/h}$	$\leq 2.5$	符合		
151		南面防护墙外 30cm 处	203 ± 2	nSv/h	$\leq 10$	符合		
152		北面防护墙外 30cm 处	185 ± 2		$\leq 2.5$	符合		
153		北面防护墙外 30cm 处	180 ± 3		$\leq 2.5$	符合		
154		北面防护墙外 30cm 处	198 ± 3		$\leq 2.5$	符合		
155		机房楼上距楼上地面 30cm 处	199 ± 2		$\leq 2.5$	符合		
156		机房楼下距楼下地面 170cm 处	207 ± 3		$\leq 2.5$	符合		
157	防护门	左	0.70 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合		
158		中	1.02 ± 0.02		$\leq 2.5$	符合		
159		右	1.48 ± 0.02		$\leq 2.5$	符合		
160		门上窗	1.27 ± 0.02		$\leq 2.5$	符合		
161	防护门	左	1.87 ± 0.02	$\mu\text{Sv/h}$	$\leq 2.5$	符合	距离防 护门 3m 处放置 约 370MBq $^{18}\text{F}$ 裸源	
162		中	1.89 ± 0.04		$\leq 2.5$	符合		
163		右	1.88 ± 0.03		$\leq 2.5$	符合		
164	防护门	左	1.85 ± 0.03		$\leq 2.5$	符合		
165		中	1.95 ± 0.02		$\leq 2.5$	符合		
166		右	1.94 ± 0.04		$\leq 2.5$	符合		
167	防护门	左	1.33 ± 0.01		$\leq 25$	符合		
168		中	1.33 ± 0.02		$\leq 2.5$	符合		
169		右	1.26 ± 0.02		$\leq 2.5$	符合		
170		门上窗	1.14 ± 0.02		$\leq 2.5$	符合		
171	注射窗 1	观察窗表面 30cm 处	1.30 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合	注射台 上放置 约 370MBq $^{18}\text{F}$ 裸源	
172		左侧操作口(关闭)外 30cm 处	0.45 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合		
173		左侧操作口(打开)外 30cm 处	537.24 ± 7.50		—	—		
174		右侧操作口(关闭)外 30cm 处	0.86 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合		
175		右侧操作口(打开)外 30cm 处	477.65 ± 10.74		—	—		
176		前方屏蔽体表面 30cm 处	1.27 ± 0.02		$\leq 2.5$	符合		
177		上方屏蔽体表面 30cm 处	0.46 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合		

178	注射窗 2	观察窗表面 30cm 处		1.49 ± 0.02	$\mu\text{Sv/h}$	$\leq 2.5$	符合	注射台上放置约 370MBq $^{18}\text{F}$ 裸源		
179		左侧操作口(关闭)外 30cm 处		1.02 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合			
180		左侧操作口(打开)外 30cm 处		566.64 ± 6.98		—	—			
181		右侧操作口(关闭)外 30cm 处		0.67 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合			
182		右侧操作口(打开)外 30cm 处		631.51 ± 9.40		—	—			
183		前方屏蔽体表面 30cm 处		1.07 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合			
184		上方屏蔽体表面 30cm 处		0.75 ± 0.01		$\leq 2.5$	符合			
185	废物桶表面 30cm 处			0.49 ± 0.01	$\mu\text{Sv/h}$	$\leq 2.5$	符合	废物桶内含有放射性废物		
编号	测点位置			辐射剂量率				备注		
				中子	$\gamma$ 射线	单位	标准要求( $\mu\text{Sv/h}$ )	单项结论		
回旋加速器正在生产 约 74000M Bq $^{18}\text{F}$	工作人员操作位	测量值		测量值±标准差						
186		0		194 ± 2		$\leq 2.5$	符合			
187		机房门外 30cm 处	左	0	195 ± 2	$\leq 2.5$	符合			
188			中	0	184 ± 4	$\leq 2.5$	符合			
189			右	10	180 ± 1	$\leq 2.5$	符合			
190		东面防护墙外 30cm 处		—	195 ± 2	$\leq 2.5$	符合			
191		东面防护墙外 30cm 处		—	194 ± 1	$\leq 2.5$	符合			
192		南面防护墙外 30cm 处		—	200 ± 4	$\leq 2.5$	符合			
193		机房楼上距楼上地面 30cm 处		—	208 ± 3	$\leq 2.5$	符合			
194		机房楼下距楼下地面 170cm 处		—	181 ± 3	$\leq 2.5$	符合			
编号	测点位置			X- $\gamma$ 辐射剂量率				备注		
				测量值±标准差		单位	标准要求( $\mu\text{Sv/h}$ )			
195	热室 1	观察窗外 30cm 处		1.02 ± 0.01		$\mu\text{Sv/h}$	$\leq 2.5$	符合	热室内有约 74000M Bq $^{18}\text{F}$ 裸源	
196		前方屏蔽体外 30cm 处		0.55 ± 0			$\leq 2.5$	符合		
197		上方屏蔽体外 30cm 处		0.56 ± 0.01			$\leq 2.5$	符合		
198		下方屏蔽体外 30cm 处		1.33 ± 0.02			$\leq 2.5$	符合		
199	热室 2	观察窗外 30cm 处		1.04 ± 0.01		$\mu\text{Sv/h}$	$\leq 2.5$	符合	热室内有约 74000M Bq $^{18}\text{F}$ 裸源	
200		左侧操作口外 30cm 处		0.69 ± 0.01			$\leq 2.5$	符合		
201		右侧操作口外 30cm 处		0.58 ± 0.01			$\leq 2.5$	符合		

202		前方屏蔽体外 30cm 处	1.31 ± 0.02	μSv/h	≤2.5	符合	源
203		上方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0		≤2.5	符合	
204		下方屏蔽体外 30cm 处	0.40 ± 0		≤2.5	符合	
205	热室 3	观察窗外 30cm 处	0.37 ± 0		≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
206		前方屏蔽体外 30cm 处	0.44 ± 0.01		≤2.5	符合	
207		上方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0		≤2.5	符合	
208		下方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合	
209	热室 4	观察窗外 30cm 处	0.46 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
210		左侧操作口外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合	
211		右侧操作口外 30cm 处	0.44 ± 0.01		≤2.5	符合	
212		前方屏蔽体外 30cm 处	0.47 ± 0.01		≤2.5	符合	
213		上方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0		≤2.5	符合	
214		下方屏蔽体外 30cm 处	0.43 ± 0.01		≤2.5	符合	
215	热室 5	观察窗外 30cm 处	0.53 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
216		前方屏蔽体外 30cm 处	0.48 ± 0.01		≤2.5	符合	
217		上方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合	
218		下方屏蔽体外 30cm 处	1.03 ± 0.02		≤2.5	符合	
219	热室 6	观察窗外 30cm 处	0.59 ± 0	μSv/h	≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
220		左侧操作口外 30cm 处	0.59 ± 0.01		≤2.5	符合	
221		右侧操作口外 30cm 处	0.45 ± 0.01		≤2.5	符合	
222		前方屏蔽体外 30cm 处	0.50 ± 0.01		≤2.5	符合	
223		上方屏蔽体外 30cm 处	0.57 ± 0.01		≤2.5	符合	
224		下方屏蔽体外 30cm 处	0.52 ± 0		≤2.5	符合	
225	热室 7	观察窗外 30cm 处	0.57 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
226		前方屏蔽体外 30cm 处	0.50 ± 0.01		≤2.5	符合	
227		上方屏蔽体外 30cm 处	0.70 ± 0.01		≤2.5	符合	
228		下方屏蔽体外 30cm 处	0.72 ± 0.01		≤2.5	符合	
229	热室 8	观察窗外 30cm 处	0.36 ± 0	μSv/h	≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
230		左侧操作口外 30cm 处	0.68 ± 0.02		≤2.5	符合	
231		右侧操作口外 30cm 处	0.61 ± 0.01		≤2.5	符合	
232		前方屏蔽体外 30cm 处	0.42 ± 0		≤2.5	符合	
233		上方屏蔽体外 30cm 处	0.39 ± 0.01		≤2.5	符合	
234		下方屏蔽体外 30cm 处	0.34 ± 0.01		≤2.5	符合	

235	热室 9	观察窗外 30cm 处		0.66 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸源
236		前方屏蔽体外 30cm 处		0.45 ± 0.01		≤2.5	符合	
237		上方屏蔽体外 30cm 处		0.30 ± 0.01		≤2.5	符合	
238		下方屏蔽体外 30cm 处		0.32 ± 0		≤2.5	符合	
239	热室 10	屏蔽门外 30cm 处	左	0.42 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸源
240			中	0.35 ± 0.01		≤2.5	符合	
241			右	0.42 ± 0.01		≤2.5	符合	
242		上方屏蔽体外 30cm 处		0.99 ± 0.01		≤2.5	符合	
243		下方屏蔽体外 30cm 处		0.48 ± 0.01		≤2.5	符合	
244	热室 11	屏蔽门外 30cm 处	左	0.57 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸源
245			中	0.40 ± 0.01		≤2.5	符合	
246			右	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合	
247		上方屏蔽体外 30cm 处		1.04 ± 0.02		≤2.5	符合	
248		下方屏蔽体外 30cm 处		0.45 ± 0		≤2.5	符合	
249	热室 12	观察窗外 30cm 处		0.41 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸源
250		左侧操作口外 30cm 处		0.83 ± 0.01		≤2.5	符合	
251		右侧操作口外 30cm 处		0.75 ± 0.01		≤2.5	符合	
252		前方屏蔽体外 30cm 处		0.38 ± 0.01		≤2.5	符合	
253		上方屏蔽体外 30cm 处		0.49 ± 0.01		≤2.5	符合	
254		下方屏蔽体外 30cm 处		0.51 ± 0.01		≤2.5	符合	
255	热室 13	观察窗外 30cm 处		0.45 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸源
256		前方屏蔽体外 30cm 处		0.52 ± 0.01		≤2.5	符合	
257		上方屏蔽体外 30cm 处		0.78 ± 0.01		≤2.5	符合	
258		下方屏蔽体外 30cm 处		0.45 ± 0.01		≤2.5	符合	
259	热室 14	屏蔽门外 30cm 处	左	0.48 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸源
260			中	0.53 ± 0.01		≤2.5	符合	
261			右	0.43 ± 0.01		≤2.5	符合	
262		上方屏蔽体外 30cm 处		1.10 ± 0.02		≤2.5	符合	
263		下方屏蔽体外 30cm 处		0.61 ± 0.01		≤2.5	符合	
264	热室 15	屏蔽门外 30cm 处	左	0.76 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸源
265			中	0.42 ± 0		≤2.5	符合	
266			右	0.60 ± 0.01		≤2.5	符合	
267		上方屏蔽体外 30cm 处		0.99 ± 0.02		≤2.5	符合	

268		下方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源	≤2.5	符合	
269	热室 16	观察窗外 30cm 处	0.35 ± 0		≤2.5	符合	
270		左侧操作口外 30cm 处	0.88 ± 0.01		≤2.5	符合	
271		右侧操作口外 30cm 处	1.00 ± 0.02		≤2.5	符合	
272		前方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合	
273		上方屏蔽体外 30cm 处	0.51 ± 0		≤2.5	符合	
274		下方屏蔽体外 30cm 处	0.43 ± 0		≤2.5	符合	
275	热室 17	观察窗外 30cm 处	0.50 ± 0.01	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源	≤2.5	符合	
276		左侧操作口外 30cm 处	0.84 ± 0.01		≤2.5	符合	
277		右侧操作口外 30cm 处	0.96 ± 0.01		≤2.5	符合	
278		前方屏蔽体外 30cm 处	0.47 ± 0.01		≤2.5	符合	
279		上方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合	
280		下方屏蔽体外 30cm 处	0.34 ± 0		≤2.5	符合	
281	热室 18	观察窗外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
282		左侧操作口外 30cm 处	0.96 ± 0.02		≤2.5	符合	
283		右侧操作口外 30cm 处	0.92 ± 0.01		≤2.5	符合	
284		前方屏蔽体外 30cm 处	0.37 ± 0.01		≤2.5	符合	
285		上方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合	
286		下方屏蔽体外 30cm 处	0.44 ± 0.01		≤2.5	符合	
287	热室 19	观察窗外 30cm 处	0.39 ± 0.		≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
288		左侧操作口外 30cm 处	0.95 ± 0.01		≤2.5	符合	
289		右侧操作口外 30cm 处	0.84 ± 0.01		≤2.5	符合	
290		前方屏蔽体外 30cm 处	0.54 ± 0.01		≤2.5	符合	
291		上方屏蔽体外 30cm 处	0.53 ± 0.01		≤2.5	符合	
292		下方屏蔽体外 30cm 处	0.39 ± 0.01		≤2.5	符合	
293	热室 20	观察窗外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内 有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸 源
294		左侧操作口外 30cm 处	0.95 ± 0.02		≤2.5	符合	
295		右侧操作口外 30cm 处	1.40 ± 0.02		≤2.5	符合	
296		前方屏蔽体外 30cm 处	0.52 ± 0.01		≤2.5	符合	
297		上方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合	
298		下方屏蔽体外 30cm 处	0.53 ± 0.01		≤2.5	符合	
299	热室 21	观察窗外 30cm 处	0.59 ± 0.01		≤2.5	符合	热室内 有约 74000M
300		左侧操作口外 30cm 处	0.92 ± 0.01		≤2.5	符合	

301		右侧操作口外 30cm 处	1.11 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	Bq <sup>18</sup> F 裸源
302		前方屏蔽体外 30cm 处	0.54 ± 0.01		≤2.5	符合	
303		上方屏蔽体外 30cm 处	0.39 ± 0.01		≤2.5	符合	
304		下方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合	
305	热室后区管道 30cm 处		1.93 ± 0.02		≤2.5	符合	有约 74000M Bq <sup>18</sup> F 裸源在管道内传输
306	废物桶表面 30cm 处		0.55 ± 0.01		≤2.5	符合	废物桶内有放射性废物
307	回旋加速器换靶位置处		78.40 ± 1.22		—	—	距最后一次轰药后 1 小时测量 <sup>[1]</sup>
308	回旋加速器换靶操作台后		23.02 ± 0.24		—	—	

注: [1]该次轰药为液体靶, 打靶产生 <sup>18</sup>F 核素, 打靶时间约为 30min。

表 2 核医学工作场所β表面污染水平监测

核医学科工作场所: (2025 年 10 月 17 日, 监测环境条件: 25°C/65%RH)

序号	检测场所	检测位置	β表面污染水平 (Bq/cm <sup>2</sup> )	备注
1	PET-CT1	扫描床	≤MDL	—
2		地面	≤MDL	—
3		墙面	≤MDL	—
4	PET-CT2	扫描床	≤MDL	—
5		地面	≤MDL	—
6		墙面	≤MDL	—
7	PET 等候 1	病床	≤MDL	—
8		桌子	≤MDL	—
9		地面	≤MDL	—
10		墙面	≤MDL	—
11	PET 等候 2	病床	≤MDL	—
12		桌子	≤MDL	—
13		地面	≤MDL	—
14		墙面	≤MDL	—
15	PET 等候 3	病床	≤MDL	—
16		桌子	≤MDL	—
17		地面	≤MDL	—
18		墙面	≤MDL	—

19	PET 等候 4	病床	≤MDL	—
20		桌子	≤MDL	—
21		地面	≤MDL	—
22		墙面	≤MDL	—
23	留观室	病床	≤MDL	—
24		桌子	≤MDL	—
25		地面	≤MDL	—
26		墙面	≤MDL	—
27		卫生间	≤MDL	—
28	抢救室	病床	≤MDL	—
29		地面	≤MDL	—
30		墙面	≤MDL	—
31	注射室	工作台面	≤MDL	—
32		地面	≤MDL	—
33		墙面	≤MDL	—
34	储源室	地面	≤MDL	—
35		墙面	≤MDL	—
36	放射性废物间	地面	≤MDL	—
37		墙面	≤MDL	—
38	控制室	操作台	≤MDL	—
39		地面	≤MDL	—
40		墙面	≤MDL	—
41	回旋加速器机房	地面	≤MDL	—
42		墙面	≤MDL	—
43	回旋加速器控制室	地面	≤MDL	—
44		墙面	≤MDL	—
45		控制台	≤MDL	—
46	热室区（1）	工作台面	≤MDL	—
47		地面	≤MDL	—
48		墙面	≤MDL	—
49	热室区（2）	工作台面	≤MDL	—
50		地面	≤MDL	—
51		墙面	≤MDL	—
52	热室区（3）	工作台面	≤MDL	—
53		地面	≤MDL	—
54		墙面	≤MDL	—
55	淋浴间	地面	≤MDL	—
56		墙面	≤MDL	—
57	缓冲走廊	地面	≤MDL	—

58		墙面	<MDL	—
59	更衣室	地面	<MDL	—
60		墙面	<MDL	—
61	工作走廊	地面	<MDL	—
62		墙面	<MDL	—
63	操作人员	手部	<MDL	—
64		工作服	<MDL	—
65		工作鞋	<MDL	—

注：1.β表面污染水平检测结果均已扣除本底；

2.β表面污染仪的 MDL 为  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

距核医学科工作场所各控制区外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 控制区内外表 30cm 处人员偶尔居留场所的周围剂量当量率小于  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 满足环保标准《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的要求。放射性药物分装柜、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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。监测结果表明，本项目辐射安全防护措施防护效果良好。

辐射工作场所α表面污染、β表面污染监测结果均低于监测仪器探测下限 ( $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ )，符合《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB 18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中α表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、β表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  要求。

### 三、人员受照剂量分析

根据验收监测结果以及所在环境选取的居留因子，结合工作时间（见表 7-2）进行估算职业工作人员和公众人员的年有效剂量，计算因子及估算结果见表 7-3。人员年受照有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式算出：

$$D_{\text{Eff}} = k_a \cdot t \cdot T \cdot U \quad \text{式 (1)}$$

式中：

$D_{\text{Eff}}$ —年有效剂量，Sv;

$k_a$ —辐射剂量率，Sv/h;

$t$ —一年工作时间，h/a;

$T$ —居留因子；

$U$ —使用因子，保守取 1。

表 7-2 主要工作情况一览表

岗位设置	配置人数	工作内容	操作时间	平均每人操作时间
核医学医师	10 名	病理分析、诊断等	8h/d,250d/a	200h/a
登记员	2 名	前台登记	8h/d,250d/a	1000h/a
核医学护士	4 名	药物注射	30s//人, 40 人/d, 250d/a	21h/a
核医学技师	4 名	操作回旋加速器、药物生产、分装、质控	2h/d,250d/a	125h/a
核医学技师	4 名	指导、帮助患者摆位	1min/人, 40 人/d, 250d/a	42h/a
		操作 PET/CT	20min/人, 40 人/d, 250d/a	834h/a

表 7-3 辐射工作人员和公众最大年有效剂量结果

人员类型		工作环节	最大辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	每年受照(工 作)时间(h/a)	居留 因子	年有效剂 量(mSv/a)
辐射 工作 人员	核医学技师	操作回旋加速器、药 物生产、分装、质控	1.40 (热室 20 右侧 操作口外 30cm)	125	1	0.18
	核医学护士	药物注射	1.49(注射窗 2 观察 窗表面 30cm)	21	1	0.03
	核医学技师	指导、帮助患者摆位	89.6(参考环评时理 论计算值)	42	1	3.76
		操作 PET/CT	1.72 (PET-CT1 室 控制室外 30cm)	834	1	4.76 1.00
公众	楼梯前室防护门外 (公众逗留区域辐射 剂量率最大位置)		1.95	8h/d,250d/a,20 00h/a	1/40	0.09

由表 7-3 可知，本项目涉及的设备操作人员年受照剂量为 4.76mSv，护土年受照剂量为 0.03mSv/a，满足职业照射剂量约束值 (5mSv/a)；由表 7-3 看出，若需近距离摆位的受检者过多，则工作人员受照剂量更大，在实际工作中，工作人员通过视频及对讲方式进行指导摆位，必要时方进入机房近距离指导摆位，并充分使用床侧铅屏风、佩戴个人剂量计，合理安排医生工作量，以降低受照剂量。查阅本项目辐射工作人员最近连续一年的个人剂量监测数据，年受照剂量最大值为 0.69mSv，辐射工作人员的年受照剂量低于国家标准要求和管理目标值。

公众年受照剂量为 0.09mSv，满足公众照射剂量约束值 (0.1mSv/a)。

## 表八 验收监测结论

### 一、验收监测结论

#### 1. 验收监测结果

本次验收的辐射工作场所周围环境辐射水平及表面污染监测结果符合国家标准《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）的要求。验收监测结果满足环境影响报告表及其审批部门的审批要求。

#### 2. 辐射安全与防护设施

本项目布局、屏蔽防护措施、放射性三废处理措施等辐射安全与防护设施均按照环境影响报告表及其审批部门的审批决定落实。

#### 3. 辐射工作人员和公众影响

根据监测结果表明，在正常运行情况下，预计本项目涉及的辐射工作人员和公众年受照剂量结果满足《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB 18871-2002）的要求（工作人员年受照剂量不超过 20mSv/a，公众年受照剂量不超过 1mSv/a）和剂量约束值（职业照射剂量约束值不超过 5mSv/a，公众剂量约束值不超过 0.1mSv/a）。

本次验收的中山大学附属第一医院核技术利用扩建项目落实了环境影响评价及批复文件对项目的环境保护要求，符合国家环保相关标准，建议该项目通过竣工环境保护验收。

建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位(盖章): 中山大学附属第一医院		填表人(签字):		项目经办人(签字):									
建设 项目	项目名称	中山大学附属第一医院刘銮雄楼核技术利用扩建项目		项目代码			建设地点	广州市中山二路 58 号					
	行业类别(分类管理名录)	附属第一医院 52172 核技术利用建设项目		建设性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造		项目厂区中心经度/纬度	113.291201、23.126353					
	设计生产能力	使用回旋加速器(一台)生产放射性药物: <sup>18</sup> F、 <sup>68</sup> Ga、 <sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>64</sup> Cu、 <sup>15</sup> O; 使用, 放射性药物 <sup>18</sup> F、 <sup>68</sup> Ga、 <sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>15</sup> O、 <sup>64</sup> Cu 开展 PET/CT(两台)显像, 使用的 <sup>68</sup> Ge 密封源进行 PET/CT 校准; 使用 <sup>89</sup> Sr、 <sup>223</sup> Ra、 <sup>188</sup> Re、 <sup>225</sup> Ac 开展骨转移癌项目。		实际生产能力	使用回旋加速器(一台)生产放射性药物: <sup>18</sup> F、 <sup>68</sup> Ga、 <sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>64</sup> Cu、 <sup>15</sup> O; 使用, 放射性药物 <sup>18</sup> F、 <sup>68</sup> Ga、 <sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>15</sup> O、 <sup>64</sup> Cu 开展 PET/CT(两台)显像, 使用的 <sup>68</sup> Ge 密封源、自制校准源( <sup>18</sup> F)进行 PET/CT 校准; 使用 <sup>89</sup> Sr、 <sup>223</sup> Ra、 <sup>188</sup> Re、 <sup>225</sup> Ac 开展骨转移癌项目。		环评单位	核工业二四〇研究所					
	环评文件审批机关	广东省生态环境厅		审批文号	粤环审(2021)116号		环评文件类型	报告表					
	开工日期	2023年3月		竣工日期	2025年4月		排污许可证申领时间	/					
	环保设施设计单位	广东华方工程设计有限公司		环保设施施工单位	广东省第一建筑工程有限公司、江苏永信医疗科技有限公司		本工程排污许可证编号	/					
	验收单位	中山大学附属第一医院		环保设施监测单位	广州达盛检测技术服务有限公司		验收监测时工况	正常工况					
	投资总概算(万元)	7000		环保投资总概算(万元)	350		所占比例(%)	5.0%					
	实际总投资	7000		实际环保投资(万元)	350		所占比例(%)	5.0%					
	废水治理(万元)	10	废气治理(万元)	5	噪声治理(万元)	/	绿化及生态(万元)	/	其他(万元)	1035			
	新增废水处理设施能力	衰变池: 86m <sup>3</sup>				新增废气处理设施能力	8500m <sup>3</sup> /h	年平均工作时	2000h/a				
	运营单位	中山大学附属第一医院				运营单位统一社会信用代码(或组织机构代码)	12100000455416029H	验收时间	2025年10月17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						<2.5μSv/h						
	与项目有关的 其他特征污染 物	X、γ射线					<1Bq/L						
	总α					<10Bq/L							
	总β												

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

## 附件 1. 监测报告



中国认可  
国际互认  
检测  
TESTING  
CNAS L8230



广州达盛检测技术服务有限公司  
Guangzhou Dasheng Testing Technology Service Co., LTD

# 监 测 报 告

报告编号: HJ20250061

项目名称:  
Project name

中山大学附属第一医院核医学工作场所  
辐射水平监测

委托单位:  
Client

中山大学附属第一医院

监测类别:  
Monitoring Type

委托监测

报告日期:  
Report Date

2025年10月27日

检测专用章



## 说        明

1. 本公司保证检测的科学性、公正性和准确性，对检测数据负责，并对检测数据和受检单位所提供的样品的技术资料保密。
2. 未得到本公司书面批准，本检测报告不得以任何方式部分复制（全部复制除外）。
3. 检测结果及本公司名称等未经同意不得用于广告及商品宣传。
4. 本报告无编制人、审核人和签发人签名无效；未加盖本公司检测专用章（含骑缝章）无效。
5. 本报告仅对本次受检设备（样品）负责。
6. 受检单位对本公司出具的检测报告持有异议，请于收到报告之日起 15 个工作日内，以书面形式向本公司提出复核申请。

检测单位：广州达盛检测技术服务有限公司

地    址：广州市天河区灵山东路 5 号 8 层 801-9、801-10 房

邮    编：510665

电    话：020-82525688

电子信箱：gzdsjc@163.com

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 1 页 共 17 页

监测项目	中山大学附属第一医院核医学工作场所辐射水平监测		
委托单位	中山大学附属第一医院		
委托单位地址	广州市中山二路 58 号		
受检单位	中山大学附属第一医院		
项目地址	广州市中山二路 58 号		
监测类别	委托监测	监测方式	现场监测
监测所依据的技术文件及代号	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188—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)		
监测因子	$X/\gamma$ 周围剂量当量率、 $\beta$ 表面污染控制水平		
监测结果	监测结果见表 1~表 2		
监测结论	<p>按照标准 HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》的要求，对工作场所放射防护进行监测（检测点分布见第 16-17 页）。</p> <p>检测结果表明，所检测的场所 <math>X-\gamma</math> 辐射剂量率符合标准的要求（结果见表 1~表 2）。</p>		

编制：袁颖生 审核：王军 签发：刘晓 日期：2025年10月27日



广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 2 页 共 17 页

监测仪器：

名称	型号	编号	校准单位	校准证书编号	证书有效期
辐射检测仪	AT1123	GZDSYQ005 5-2	中国测试技术 研究院	(X 射线)校准字第 202506107451 号 ( $\gamma$ 射线) 校准字第 202506106534 号	(X 射线) 2026 年 06 月 24 日 ( $\gamma$ 射线) 2026 年 06 月 23 日
$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪	CoMo170	GZDSYQ000 5-1	广东省辐射剂 量计量检定站	GRD(1)20250105	2026 年 03 月 27 日
多功能辐射测量 仪(含中子探头)	FH40GL-1 0+FHT762	GZDSYQ003 3/33-2	深圳市计量质 量检测研究院	JL2512435811	2026 年 07 月 22 日

射线装置及非密封放射性物质工作场所明细表：

序 号	设备名称	设备型号	最大管 电压 (kV)	最大管 电流 (mA)	工作场所名称
1	正电子发射及 X 射线计算 机断层成像扫描系统	uMI 780	140kV	833mA	医学综合楼地下一层 PET-CT 中心 PET-CT2
2	正电子发射断层及 X 射线 计算机体层摄影成像系统	Discovery MI	140kV	600mA	医学综合楼地下一层 PET-CT 中心 PET-CT1
3	核医学工作场所	/	/	/	医学综合楼地下一层 PET-CT 中心
4	回旋加速器	/	/	/	医学综合楼地下一层回 旋加速器机房

(以下空白)

编制：王银生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 3 页 共 17 页

表 1 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果

核医学科工作场所：（2025 年 10 月 17 日，监测环境条件：25℃/65%RH）

编 号	测点位置	X- $\gamma$ 辐射剂量率				备注
		测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论	
1	PET-CT1	放射工作人员操作位	191 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合
2		观察窗外 30cm 处	左侧 0.52 ± 0	μSv/h	≤2.5	符合
3			中部 0.55 ± 0.01		≤2.5	符合
4			右侧 0.54 ± 0.01		≤2.5	符合
5		控制室门外 30cm 处	左侧 1.72 ± 0.02		≤2.5	符合
6			中部 1.38 ± 0.02		≤2.5	符合
7			右侧 1.58 ± 0.02		≤2.5	符合
8		机房大门外 30cm 处	左侧 0.38 ± 0		≤2.5	符合
9			中部 0.38 ± 0.01		≤2.5	符合
10			右侧 0.42 ± 0.01		≤2.5	符合
11		线槽外 30cm 处	194 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合
12		线槽外 30cm 处	0.83 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合
13		东面防护墙外 30cm 处	204 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合
14		南面防护墙外 30cm 处	186 ± 2		≤2.5	符合
15		南面防护墙外 30cm 处	182 ± 1		≤2.5	符合
16		西面防护墙外 30cm 处	187 ± 2		≤2.5	符合
17		北面防护墙外 30cm 处	193 ± 2		≤2.5	符合
18		北面防护墙外 30cm 处	188 ± 2		≤2.5	符合
19		机房楼上距楼上地面 30cm 处	182 ± 3		≤2.5	符合
20		机房楼下距楼下地面 170cm 处	189 ± 2		≤2.5	符合
21	PET-CT2	放射工作人员操作位	189 ± 2	μSv/h	≤2.5	符合
22		观察窗外 30cm 处	左侧 192 ± 4		≤2.5	符合
23			中部 205 ± 2		≤2.5	符合
24			右侧 187 ± 4		≤2.5	符合
25		控制室门外 30cm 处	左侧 1.15 ± 0.02		≤2.5	符合
26			中部 1.25 ± 0.02		≤2.5	符合
27			右侧 1.09 ± 0.02		≤2.5	符合
28		机房大门外 30cm 处	左侧 0.48 ± 0.01		≤2.5	符合
29			中部 0.48 ± 0.01		≤2.5	符合
30			右侧 0.46 ± 0.01		≤2.5	符合

编制：黄锐立

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 4 页 共 17 页

编 号	测点位置		X-γ辐射剂量率				备注
			测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论	
31	PET-CT2	线槽外 30cm 处	193 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合	床上放置约 370MBq <sup>18</sup> F 的裸源，同时 CT 的扫描条件为 140kv/300mAs/5s
32		东面防护墙外 30cm 处	184 ± 2		≤2.5	符合	
33		南面防护墙外 30cm 处	195 ± 2		≤2.5	符合	
34		南面防护墙外 30cm 处	177 ± 3		≤2.5	符合	
35		西面防护墙外 30cm 处	196 ± 3		≤2.5	符合	
36		北面防护墙外 30cm 处	185 ± 3		≤2.5	符合	
37		东面防护墙外 30cm 处	200 ± 4		≤10	符合	
38		机房楼上距楼上地面 30cm 处	194 ± 2		≤2.5	符合	
39		机房楼下距楼下地面 170cm 处	181 ± 1		≤2.5	符合	
40	PET 等候 1	南侧防护门外 30cm 处	左	μSv/h	≤2.5	符合	两张病床上各放置一支内有约 370MBq <sup>18</sup> F 的裸源注射器
41			中		≤2.5	符合	
42			右		≤2.5	符合	
43			门上窗		≤2.5	符合	
44		南面防护墙外 30cm 处	1.65 ± 0.03		≤2.5	符合	
45		西面防护墙外 30cm 处	1.40 ± 0.02		≤2.5	符合	
46		北面防护墙外 30cm 处	1.35 ± 0.01		≤2.5	符合	
47		东面防护墙外 30cm 处	2.05 ± 0.03		≤2.5	符合	
48		机房楼上距楼上地面 30cm 处	188 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合	
49		机房楼下距楼下地面 170cm 处	205 ± 1		≤2.5	符合	
50	PET 等候 2	南侧防护门外 30cm 处	左	μSv/h	≤2.5	符合	两张病床上各放置一支内有约 370MBq <sup>18</sup> F 的裸源注射器
51			中		≤2.5	符合	
52			右		≤2.5	符合	
53			门上窗		≤2.5	符合	
54		南面防护墙外 30cm 处	1.91 ± 0.04		≤2.5	符合	
55		东面防护墙外 30cm 处	203 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合	
56		东面防护墙外 30cm 处	169 ± 2		≤2.5	符合	
57		北面防护墙外 30cm 处	1.72 ± 0.12	μSv/h	≤2.5	符合	
58		西面防护墙外 30cm 处	2.04 ± 0.02		≤2.5	符合	
59		机房楼上距楼上地面 30cm 处	193 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合	
60		机房楼下距楼下地面 170cm 处	200 ± 3		≤2.5	符合	

编制：袁锐生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 5 页 共 17 页

编 号	测点位置	X- $\gamma$ 辐射剂量率				备注
		测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论	
61	PET 等候 3	左	1.60 ± 0.03	$\mu\text{Sv/h}$	≤2.5	符合
62		中	1.64 ± 0.03		≤2.5	符合
63		右	1.54 ± 0.01		≤2.5	符合
64		门上窗	2.00 ± 0.03		≤2.5	符合
65		北面防护墙外 30cm 处	1.75 ± 0.03		≤2.5	符合
66		西面防护墙外 30cm 处	0.73 ± 0.01		≤2.5	符合
67		西面防护墙外 30cm 处	0.23 ± 0		≤2.5	符合
68		南面防护墙外 30cm 处	0.24 ± 0		≤2.5	符合
69		东面防护墙外 30cm 处	1.34 ± 0.01		≤2.5	符合
70		机房楼上距楼上地面 30cm 处	179 ± 2	$\text{nSv/h}$	≤2.5	符合
71		机房楼下距楼下地面 170cm 处	186 ± 3		≤2.5	符合
72	PET 等候 4	左	0.63 ± 0.01	$\mu\text{Sv/h}$	≤2.5	符合
73		中	0.63 ± 0.01		≤2.5	符合
74		右	0.65 ± 0.01		≤2.5	符合
75		门上窗	0.72 ± 0.01		≤2.5	符合
76		北面防护墙外 30cm 处	2.06 ± 0.09		≤2.5	符合
77		西面防护墙外 30cm 处	0.91 ± 0.01		≤2.5	符合
78		南面防护墙外 30cm 处	201 ± 2	$\text{nSv/h}$	≤2.5	符合
79		东面防护墙外 30cm 处	182 ± 2		≤2.5	符合
80		东面防护墙外 30cm 处	179 ± 2		≤2.5	符合
81		机房楼上距楼上地面 30cm 处	194 ± 2		≤2.5	符合
82		机房楼下距楼下地面 170cm 处	181 ± 2		≤2.5	符合
83	卫生间	左	1.78 ± 0.05	$\mu\text{Sv/h}$	≤2.5	符合
84		中	1.98 ± 0.11		≤2.5	符合
85		右	1.90 ± 0.13		≤2.5	符合
86		南面防护墙外 30cm 处	0.73 ± 0.01		≤2.5	符合
87		东面防护墙外 30cm 处	0.40 ± 0.01		≤2.5	符合
88		北面防护墙外 30cm 处	0.30 ± 0.01		≤2.5	符合
89		西面防护墙外 30cm 处	210 ± 4	$\text{nSv/h}$	≤2.5	符合
90		机房楼上距楼上地面 30cm 处	193 ± 3		≤2.5	符合
91		机房楼下距楼下地面 170cm 处	195 ± 3		≤2.5	符合

编制：李颖生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 6 页 共 17 页

编 号	测点位置			X-γ辐射剂量率				备注
				测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论	
92	卫生间	西侧防护门外 30cm 处	左	2.08 ± 0.09	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合	房间内放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
93			中	1.92 ± 0.10		≤2.5	符合	
94			右	2.10 ± 0.15		≤2.5	符合	
95		南面防护墙外 30cm 处		0.93 ± 0.01		≤2.5	符合	
96		东面防护墙外 30cm 处		0.42 ± 0.01		≤2.5	符合	
97		北面防护墙外 30cm 处		0.70 ± 0.01		≤2.5	符合	
98		机房楼上距楼上地面 30cm 处		208 ± 1		≤2.5	符合	
99		机房楼下距楼下地面 170cm 处		183 ± 2		≤2.5	符合	
100	留观室	西侧防护门外 30cm 处	左	1.00 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合	三张病床上各放 置一支内有约 370MBq <sup>18</sup> F 的裸 源注射器
101			中	0.83 ± 0.01		≤2.5	符合	
102			右	1.00 ± 0.01		≤2.5	符合	
103		东侧防护门外 30cm 处	左	0.73 ± 0.01		≤2.5	符合	
104			中	0.73 ± 0.01		≤2.5	符合	
105			右	0.78 ± 0.01		≤2.5	符合	
106		南面防护墙外 30cm 处		199 ± 3	nSv/h	≤2.5	符合	
107		南面防护墙外 30cm 处		0.36 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合	
108		北面防护墙外 30cm 处		179 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合	
109		东面防护墙外 30cm 处		207 ± 1		≤2.5	符合	
110		东面防护墙外 30cm 处		193 ± 3		≤2.5	符合	
111		机房楼上距楼上地面 30cm 处		178 ± 2		≤2.5	符合	
112		机房楼下距楼下地面 170cm 处		199 ± 2		≤2.5	符合	
113	抢救室	北侧防护门外 30cm 处	左	2.10 ± 0.04	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合	病床上放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
114			中	2.16 ± 0.09		≤2.5	符合	
115			右	1.65 ± 0.01		≤2.5	符合	
116		门上窗		1.98 ± 0.11		≤2.5	符合	
117		东侧防护门外 30cm 处	左	1.84 ± 0.08		≤2.5	符合	
118			中	2.00 ± 0.08		≤2.5	符合	
119			右	2.08 ± 0.03		≤2.5	符合	
120		北面防护墙外 30cm 处		1.98 ± 0.02	nSv/h	≤2.5	符合	
121		西面防护墙外 30cm 处		1.15 ± 0.01		≤2.5	符合	
122		南面防护墙外 30cm 处		1.28 ± 0.01		≤2.5	符合	
123		机房楼上距楼上地面 30cm 处		183 ± 2		≤2.5	符合	
124		机房楼下距楼下地面 170cm 处		200 ± 2		≤2.5	符合	

编制：袁振生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 7 页 共 17 页

编 号	测点位置			X-γ辐射剂量率			备注
				测量值±标准差	单位	标准要求	
125	储源室	北侧防护门外 30cm 处	左	188 ± 2	nSv/h	≤2.5	符合
126			中	199 ± 2		≤2.5	符合
127			右	178 ± 3		≤2.5	符合
128		西面防护墙外 30cm 处		188 ± 2		≤10	符合
129		南面防护墙外 30cm 处		209 ± 3		≤2.5	符合
130		东面防护墙外 30cm 处		187 ± 3		≤2.5	符合
131		机房楼上距楼上地面 30cm 处		181 ± 3		≤2.5	符合
132		机房楼下距楼下地面 170cm 处		196 ± 2		≤2.5	符合
133	放射性 废物间	东侧防护门外 30cm 处	左	209 ± 3		≤2.5	符合
134			中	191 ± 2		≤2.5	符合
135			右	187 ± 2		≤2.5	符合
136		南面防护墙外 30cm 处		205 ± 4	μSv/h	≤2.5	符合
137		西面防护墙外 30cm 处		206 ± 2		≤10	符合
138		机房楼上距楼上地面 30cm 处		196 ± 2		≤2.5	符合
139		机房楼下距楼下地面 170cm 处		200 ± 2		≤2.5	符合
140	注射室	西侧防护门外 30cm 处	左	0.75 ± 0		≤2.5	符合
141			中	0.78 ± 0		≤2.5	符合
142			右	0.72 ± 0.01		≤2.5	符合
143		南侧防护门外 30cm 处	左	0.91 ± 0.01		≤2.5	符合
144			中	0.92 ± 0.01		≤2.5	符合
145			右	1.05 ± 0.01		≤2.5	符合
146		南侧防护门外 30cm 处	左	0.49 ± 0.01	nSv/h	≤2.5	符合
147			中	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合
148			右	0.42 ± 0.01		≤2.5	符合
149		南面防护墙外 30cm 处		203 ± 2		≤2.5	符合
150		南面防护墙外 30cm 处		0.67 ± 0.01		≤2.5	符合
151		南面防护墙外 30cm 处		203 ± 2		≤10	符合
152		北面防护墙外 30cm 处		185 ± 2		≤2.5	符合
153		北面防护墙外 30cm 处		180 ± 3		≤2.5	符合
154		北面防护墙外 30cm 处		198 ± 3		≤2.5	符合
155		机房楼上距楼上地面 30cm 处		199 ± 2		≤2.5	符合
156		机房楼下距楼下地面 170cm 处		207 ± 3		≤2.5	符合

编制：高银生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 8 页 共 17 页

编 号	测点位置	X-γ辐射剂量率				备注
		测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论	
157	防护门	左 0.70 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合	距离防护门 3m 处放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
158		中 1.02 ± 0.02		≤2.5	符合	
159		右 1.48 ± 0.02		≤2.5	符合	
160		门上窗 1.27 ± 0.02		≤2.5	符合	
161	防护门	左 1.87 ± 0.02		≤2.5	符合	距离防护门 3m 处放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
162		中 1.89 ± 0.04		≤2.5	符合	
163		右 1.88 ± 0.03		≤2.5	符合	
164	防护门	左 1.85 ± 0.03		≤2.5	符合	
165		中 1.95 ± 0.02		≤2.5	符合	
166		右 1.94 ± 0.04		≤2.5	符合	
167	防护门	左 1.33 ± 0.01		≤2.5	符合	距离防护门 3m 处放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
168		中 1.33 ± 0.02		≤2.5	符合	
169		右 1.26 ± 0.02		≤2.5	符合	
170		门上窗 1.14 ± 0.02		≤2.5	符合	
171	注射窗 1	观察窗表面 30cm 处 1.30 ± 0.01		≤2.5	符合	注射台上放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
172		左侧操作口（关闭）外 30cm 处 0.45 ± 0.01		≤2.5	符合	
173		左侧操作口（打开）外 30cm 处 537.2 ± 7.50		—	—	
174		右侧操作口（关闭）外 30cm 处 0.86 ± 0.01		≤2.5	符合	
175		右侧操作口（打开）外 30cm 处 477.6 ± 10.74		—	—	
176		前方屏蔽体表面 30cm 处 1.27 ± 0.02		≤2.5	符合	
177		上方屏蔽体表面 30cm 处 0.46 ± 0.01		≤2.5	符合	
178	注射窗 2	观察窗表面 30cm 处 1.49 ± 0.02		≤2.5	符合	注射台上放置约 370MBq <sup>18</sup> F 裸源
179		左侧操作口（关闭）外 30cm 处 1.02 ± 0.01		≤2.5	符合	
180		左侧操作口（打开）外 30cm 处 566.6 ± 6.98		—	—	
181		右侧操作口（关闭）外 30cm 处 0.67 ± 0.01		≤2.5	符合	
182		右侧操作口（打开）外 30cm 处 631.5 ± 9.40		—	—	
183		前方屏蔽体表面 30cm 处 1.07 ± 0.01		≤2.5	符合	
184		上方屏蔽体表面 30cm 处 0.75 ± 0.01		≤2.5	符合	
185	废物桶表面 30cm 处	0.49 ± 0.01		≤2.5	符合	废物桶内含有放射性废物

编制：袁丽生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 9 页 共 17 页

编 号	测点位置	辐射剂量率				备注	
		中子	$\gamma$ 射线	单位	标准 要求		
		测量值	测量值±标准差				
186	回旋加速器室	工作人员操作位	0	194 ± 2	≤2.5	符合	回旋加速器 正在生产约 74000MBq <sup>18</sup> F
187		机房门外 30cm 处	左	0	≤2.5	符合	
188		机房门外 30cm 处	中	0	≤2.5	符合	
189		机房门外 30cm 处	右	10	≤2.5	符合	
190		东面防护墙外 30cm 处	—	195 ± 2	≤2.5	符合	
191		东面防护墙外 30cm 处	—	194 ± 1	≤2.5	符合	
192		南面防护墙外 30cm 处	—	200 ± 4	≤2.5	符合	
193		机房楼上距楼上地面 30cm 处	—	208 ± 3	≤2.5	符合	
194		机房楼下距楼下地面 170cm 处	—	181 ± 3	≤2.5	符合	

(接下页)

编制：黄锦生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 10 页 共 17 页

编 号	测点位置	X-γ辐射剂量率				备注
		测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论	
195	热室 1	观察窗外 30cm 处	1.02 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
196		前方屏蔽体外 30cm 处	0.55 ± 0		≤2.5	符合
197		上方屏蔽体外 30cm 处	0.56 ± 0.01		≤2.5	符合
198		下方屏蔽体外 30cm 处	1.33 ± 0.02		≤2.5	符合
199	热室 2	观察窗外 30cm 处	1.04 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
200		左侧操作口外 30cm 处	0.69 ± 0.01		≤2.5	符合
201		右侧操作口外 30cm 处	0.58 ± 0.01		≤2.5	符合
202		前方屏蔽体外 30cm 处	1.31 ± 0.02		≤2.5	符合
203		上方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0		≤2.5	符合
204		下方屏蔽体外 30cm 处	0.40 ± 0		≤2.5	符合
205	热室 3	观察窗外 30cm 处	0.37 ± 0	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
206		前方屏蔽体外 30cm 处	0.44 ± 0.01		≤2.5	符合
207		上方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0		≤2.5	符合
208		下方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合
209	热室 4	观察窗外 30cm 处	0.46 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
210		左侧操作口外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合
211		右侧操作口外 30cm 处	0.44 ± 0.01		≤2.5	符合
212		前方屏蔽体外 30cm 处	0.47 ± 0.01		≤2.5	符合
213		上方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0		≤2.5	符合
214		下方屏蔽体外 30cm 处	0.43 ± 0.01		≤2.5	符合
215	热室 5	观察窗外 30cm 处	0.53 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
216		前方屏蔽体外 30cm 处	0.48 ± 0.01		≤2.5	符合
217		上方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合
218		下方屏蔽体外 30cm 处	1.03 ± 0.02		≤2.5	符合
219	热室 6	观察窗外 30cm 处	0.59 ± 0	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
220		左侧操作口外 30cm 处	0.59 ± 0.01		≤2.5	符合
221		右侧操作口外 30cm 处	0.45 ± 0.01		≤2.5	符合
222		前方屏蔽体外 30cm 处	0.50 ± 0.01		≤2.5	符合
223		上方屏蔽体外 30cm 处	0.57 ± 0.01		≤2.5	符合
224		下方屏蔽体外 30cm 处	0.52 ± 0		≤2.5	符合

编制：黄锦生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监测报告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 11 页 共 17 页

编 号	测点位置	X-γ辐射剂量率				备注		
		测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论			
225	热室 7	观察窗外 30cm 处	0.57 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	
226		前方屏蔽体外 30cm 处	0.50 ± 0.01		≤2.5	符合		
227		上方屏蔽体外 30cm 处	0.70 ± 0.01		≤2.5	符合		
228		下方屏蔽体外 30cm 处	0.72 ± 0.01		≤2.5	符合		
229	热室 8	观察窗外 30cm 处	0.36 ± 0	μSv/h	≤2.5	符合	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	
230		左侧操作口外 30cm 处	0.68 ± 0.02		≤2.5	符合		
231		右侧操作口外 30cm 处	0.61 ± 0.01		≤2.5	符合		
232		前方屏蔽体外 30cm 处	0.42 ± 0		≤2.5	符合		
233		上方屏蔽体外 30cm 处	0.39 ± 0.01		≤2.5	符合		
234		下方屏蔽体外 30cm 处	0.34 ± 0.01		≤2.5	符合		
235	热室 9	观察窗外 30cm 处	0.66 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	
236		前方屏蔽体外 30cm 处	0.45 ± 0.01		≤2.5	符合		
237		上方屏蔽体外 30cm 处	0.30 ± 0.01		≤2.5	符合		
238		下方屏蔽体外 30cm 处	0.32 ± 0		≤2.5	符合		
239	热室 10	屏蔽门外 30cm 处	左	0.42 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源
240			中	0.35 ± 0.01		≤2.5	符合	
241			右	0.42 ± 0.01		≤2.5	符合	
242		上方屏蔽体外 30cm 处		0.99 ± 0.01		≤2.5	符合	
243		下方屏蔽体外 30cm 处		0.48 ± 0.01		≤2.5	符合	
244	热室 11	屏蔽门外 30cm 处	左	0.57 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源
245			中	0.40 ± 0.01		≤2.5	符合	
246			右	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合	
247		上方屏蔽体外 30cm 处		1.04 ± 0.02		≤2.5	符合	
248		下方屏蔽体外 30cm 处		0.45 ± 0		≤2.5	符合	
249	热室 12	观察窗外 30cm 处	0.41 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	
250		左侧操作口外 30cm 处	0.83 ± 0.01		≤2.5	符合		
251		右侧操作口外 30cm 处	0.75 ± 0.01		≤2.5	符合		
252		前方屏蔽体外 30cm 处	0.38 ± 0.01		≤2.5	符合		
253		上方屏蔽体外 30cm 处	0.49 ± 0.01		≤2.5	符合		
254		下方屏蔽体外 30cm 处	0.51 ± 0.01		≤2.5	符合		

编制：黄锐生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 12 页 共 17 页

编 号	测点位置	X-γ辐射剂量率				备注
		测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论	
255	热室 13	观察窗外 30cm 处	0.45 ± 0.01	μSv/h	≤2.5	符合
256		前方屏蔽体外 30cm 处	0.52 ± 0.01		≤2.5	符合
257		上方屏蔽体外 30cm 处	0.78 ± 0.01		≤2.5	符合
258		下方屏蔽体外 30cm 处	0.45 ± 0.01		≤2.5	符合
259	热室 14	屏蔽门外 30cm 处	左 0.48 ± 0.01	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	≤2.5	符合
260			中 0.53 ± 0.01		≤2.5	符合
261			右 0.43 ± 0.01		≤2.5	符合
262		上方屏蔽体外 30cm 处	1.10 ± 0.02		≤2.5	符合
263		下方屏蔽体外 30cm 处	0.61 ± 0.01		≤2.5	符合
264	热室 15	屏蔽门外 30cm 处	左 0.76 ± 0.01	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	≤2.5	符合
265			中 0.42 ± 0		≤2.5	符合
266			右 0.60 ± 0.01		≤2.5	符合
267		上方屏蔽体外 30cm 处	0.99 ± 0.02		≤2.5	符合
268		下方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0		≤2.5	符合
269	热室 16	观察窗外 30cm 处	0.35 ± 0	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	≤2.5	符合
270		左侧操作口外 30cm 处	0.88 ± 0.01		≤2.5	符合
271		右侧操作口外 30cm 处	1.00 ± 0.02		≤2.5	符合
272		前方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合
273		上方屏蔽体外 30cm 处	0.51 ± 0		≤2.5	符合
274		下方屏蔽体外 30cm 处	0.43 ± 0		≤2.5	符合
275	热室 17	观察窗外 30cm 处	0.50 ± 0.01	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	≤2.5	符合
276		左侧操作口外 30cm 处	0.84 ± 0.01		≤2.5	符合
277		右侧操作口外 30cm 处	0.96 ± 0.01		≤2.5	符合
278		前方屏蔽体外 30cm 处	0.47 ± 0.01		≤2.5	符合
279		上方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合
280		下方屏蔽体外 30cm 处	0.34 ± 0		≤2.5	符合
281	热室 18	观察窗外 30cm 处	0.41 ± 0.01	热室内有约 74000MBq <sup>18</sup> F 裸源	≤2.5	符合
282		左侧操作口外 30cm 处	0.96 ± 0.02		≤2.5	符合
283		右侧操作口外 30cm 处	0.92 ± 0.01		≤2.5	符合
284		前方屏蔽体外 30cm 处	0.37 ± 0.01		≤2.5	符合
285		上方屏蔽体外 30cm 处	0.41 ± 0.01		≤2.5	符合
286		下方屏蔽体外 30cm 处	0.44 ± 0.01		≤2.5	符合

编制：黄银生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 13 页 共 17 页

编 号	测点位置	X- $\gamma$ 辐射剂量率				备注
		测量值±标准差	单位	标准要求	单项结论	
287	热室 19	观察窗外 30cm 处	0.39 ± 0.	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
288		左侧操作口外 30cm 处	0.95 ± 0.01		≤2.5	符合
289		右侧操作口外 30cm 处	0.84 ± 0.01		≤2.5	符合
290		前方屏蔽体外 30cm 处	0.54 ± 0.01		≤2.5	符合
291		上方屏蔽体外 30cm 处	0.53 ± 0.01		≤2.5	符合
292		下方屏蔽体外 30cm 处	0.39 ± 0.01		≤2.5	符合
293	热室 20	观察窗外 30cm 处	0.41 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
294		左侧操作口外 30cm 处	0.95 ± 0.02		≤2.5	符合
295		右侧操作口外 30cm 处	1.40 ± 0.02		≤2.5	符合
296		前方屏蔽体外 30cm 处	0.52 ± 0.01		≤2.5	符合
297		上方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合
298		下方屏蔽体外 30cm 处	0.53 ± 0.01		≤2.5	符合
299	热室 21	观察窗外 30cm 处	0.59 ± 0.01	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	≤2.5	符合
300		左侧操作口外 30cm 处	0.92 ± 0.01		≤2.5	符合
301		右侧操作口外 30cm 处	1.11 ± 0.01		≤2.5	符合
302		前方屏蔽体外 30cm 处	0.54 ± 0.01		≤2.5	符合
303		上方屏蔽体外 30cm 处	0.39 ± 0.01		≤2.5	符合
304		下方屏蔽体外 30cm 处	0.46 ± 0.01		≤2.5	符合
305	热室后区管道 30cm 处	1.93 ± 0.02			≤2.5	符合
306	废物桶表面 30cm 处	0.55 ± 0.01			≤2.5	符合
307	回旋加速器换靶位置处	78.40 ± 1.22			—	—
308	回旋加速器换靶操作台后	23.02 ± 0.24			—	—

注：辐射剂量率检测结果均未扣除本底（165~205） $\text{nSv}/\text{h}$ 。

编制：夏银生

# 广州达盛检测技术服务有限公司

## 监测报告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 14 页 共 17 页

表 2 核医学工作场所 $\beta$ 表面污染水平监测

核医学科工作场所：（2025 年 10 月 17 日，监测环境条件：25°C/65%RH）

序号	检测场所	检测位置	$\beta$ 表面污染水平 ( $Bq/cm^2$ )	备注
1	PET-CT1	扫描床	<MDL	——
2		地面	<MDL	——
3		墙面	<MDL	——
4	PET-CT2	扫描床	<MDL	——
5		地面	<MDL	——
6		墙面	<MDL	——
7	PET 等候 1	病床	<MDL	——
8		桌子	<MDL	——
9		地面	<MDL	——
10		墙面	<MDL	——
11	PET 等候 2	病床	<MDL	——
12		桌子	<MDL	——
13		地面	<MDL	——
14		墙面	<MDL	——
15	PET 等候 3	病床	<MDL	——
16		桌子	<MDL	——
17		地面	<MDL	——
18		墙面	<MDL	——
19	PET 等候 4	病床	<MDL	——
20		桌子	<MDL	——
21		地面	<MDL	——
22		墙面	<MDL	——
23	留观室	病床	<MDL	——
24		桌子	<MDL	——
25		地面	<MDL	——
26		墙面	<MDL	——
27		卫生间	<MDL	——
28	抢救室	病床	<MDL	——
29		地面	<MDL	——
30		墙面	<MDL	——
31	注射室	工作台面	<MDL	——
32		地面	<MDL	——
33		墙面	<MDL	——

编制：黄银生

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 15 页 共 17 页

序号	检测场所	检测位置	$\beta$ 表面污染水平 ( $Bq/cm^2$ )	备注
34	储源室	地面	<MDL	——
35		墙面	<MDL	——
36	放射性废物间	地面	<MDL	——
37		墙面	<MDL	——
38	控制室	操作台	<MDL	——
39		地面	<MDL	——
40		墙面	<MDL	——
41	回旋加速器机房	地面	<MDL	——
42		墙面	<MDL	——
43	回旋加速器控制室	地面	<MDL	——
44		墙面	<MDL	——
45		控制台	<MDL	——
46	热室区（1）	工作台面	<MDL	——
47		地面	<MDL	——
48		墙面	<MDL	——
49	热室区（2）	工作台面	<MDL	——
50		地面	<MDL	——
51		墙面	<MDL	——
52	热室区（3）	工作台面	<MDL	——
53		地面	<MDL	——
54		墙面	<MDL	——
55	淋浴间	地面	<MDL	——
56		墙面	<MDL	——
57	缓冲走廊	地面	<MDL	——
58		墙面	<MDL	——
59	更衣室	地面	<MDL	——
60		墙面	<MDL	——
61	工作走廊	地面	<MDL	——
62		墙面	<MDL	——
63	操作人员	手部	<MDL	——
64		工作服	<MDL	——
65		工作鞋	<MDL	——

注：1. $\beta$ 表面污染水平检测结果均已扣除本底；

2. $\beta$ 表面污染仪的 MDL 为  $0.08Bq/cm^2$ 。

（以下空白）

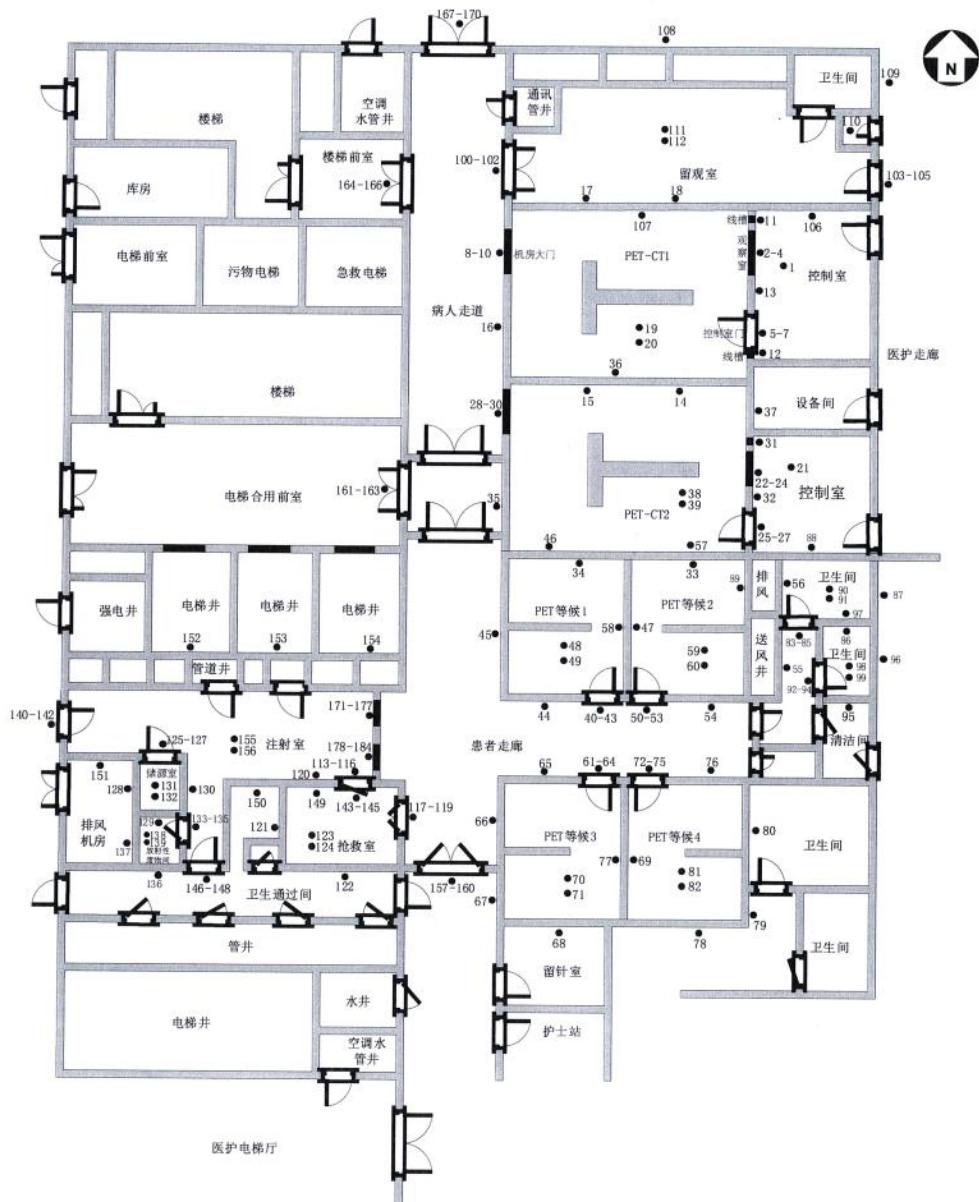
编制：

广州达盛检测技术服务有限公司  
监 测 报 告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 16 页 共 17 页

医学综合楼地下一层 PET-CT 中心监测布点示意图：



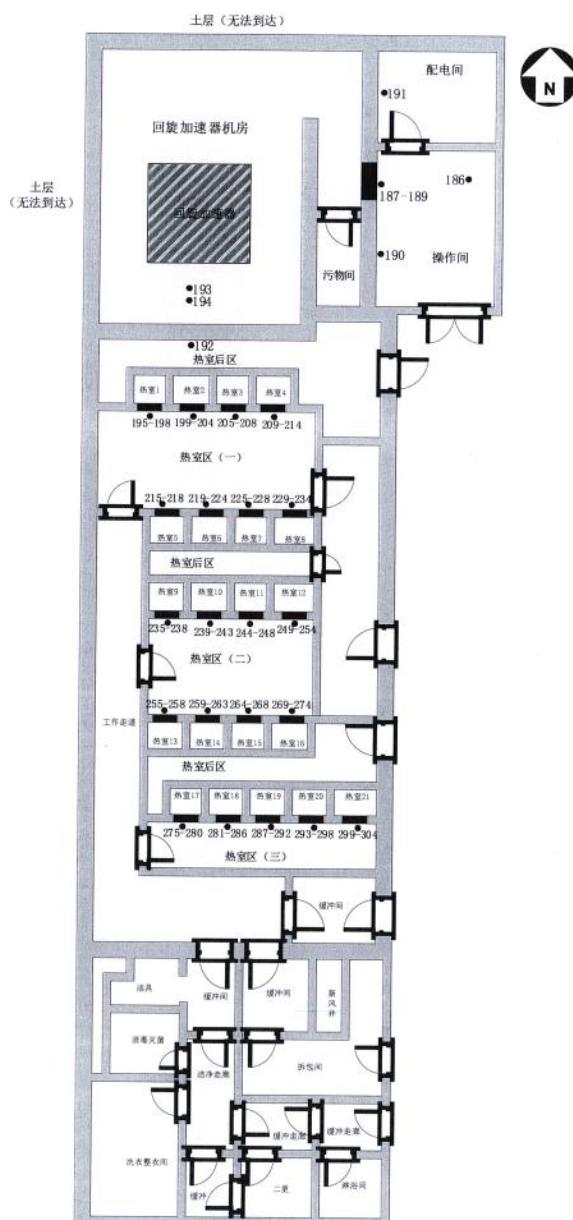
编制：  
李锐生

# 广州达盛检测技术服务有限公司 监测报告

报告编号（样品受理编号）：HJ20250061

第 17 页 共 17 页

医学综合楼地下一层回旋加速器机房及热室区监测布点示意图：



(以下空白)

编制：  
李锦生

编号: 2021-3453 (核)

# 广东省生态环境厅

粤环审〔2021〕116号

## 广东省生态环境厅关于中山大学附属第一医院 核技术利用扩建项目环境影响 报告表的批复

中山大学附属第一医院:

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》(以下简称报告表, 编号为 GDHP-2020-018) 等材料收悉。经研究, 批复如下:

一、你单位本次核技术利用扩建项目位于广州市中山二路 58

- 1 -

号中山大学附属第一医院本院区内。项目主要内容为：在新建的医学综合楼开展放射治疗、核医学和介入项目，在何善衡楼负一层开展核医学项目，在门急诊大楼首层开展介入项目，具体内容包括：

#### （一）放射治疗项目

在医学综合楼负四层设置放疗科，开展放射治疗项目。建设3间直线加速器机房以及2间CT模拟定位机房。在各直线加速器机房分别安装使用1台医用电子直线加速器（最大X射线能量均为15兆伏，最大电子线能量均为22兆电子伏，均属II类射线装置）用于放射治疗；在各CT模拟定位机房分别安装使用1台CT模拟定位机（均属III类射线装置）用于放射诊断。

#### （二）核医学项目

在医学综合楼负一层设置核医学科，建设核医学科乙级非密封放射性物质工作场所，分为放射性核素生产区和放射性核素使用区。在放射性核素生产区建设1间回旋加速器机房以及合成热室、质控间等其他配套功能场所，在回旋加速器机房内安装使用1台自屏蔽式回旋加速器（最大能量为19兆电子伏，最大束流150微安，属II类射线装置），用于制备放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15、镓-68、铜-64。制备的放射性药物用于本项目放射性核素使用区以及何善衡楼核医学科的正电子显像检查。在放射性

核素使用区建设 2 间 PET/CT 机房、分装注射室、PET 等候室以及留观室等功能房间；在各 PET/CT 机房中分别安装使用 1 台 PET/CT（属 III 类射线装置），使用放射性核素氟-18、碳-11、氮-13、氧-15、镓-68、铜-64 开展 PET/CT 核素显像诊断。配套使用 4 枚 锶-68 放射源（属 V 类放射源）用于 PET/CT 图像质控校正。同时，使用放射性核素锶-89、镭-223、锕-225、铼-188 开展骨转移癌治疗。

将何善衡楼负一层西侧空置区域改建成核医学科乙级非密封放射性物质工作场所，建设 1 间 PET/MR 机房、1 间 SPECT/CT 机房以及注射后休息室等，在 PET/MR 机房和 SPECT/CT 机房内分别安装使用 1 台 PET/MR 和 1 台 SPECT/CT（均属 III 类射线装置），使用放射性核素氟-18、碳-11、镓-68 开展 PET/MR 核素显像诊断，使用放射性核素锝-99m 开展 SPECT/CT 核素显像诊断。配套使用 5 枚 锶-68 放射源（属 V 类放射源）用于 PET/MR 图像质控校正。同时，使用放射性核素锶-89、镭-223、铼-188 开展骨转移癌治疗。

（三）在医学综合楼的二层建设 4 间介入手术室，在各介入手术室分别安装使用 1 台数字减影血管造影装置（最大管电压均为 125 千伏，最大管电流均为 1250 毫安，均属 II 类射线装置）。同时，在医学综合楼的二层建设 1 间复合手术室、1 间 CT 机房

和 1 间磁共振机房，在复合手术室内安装使用 1 台数字减影血管造影装置（最大管电压为 125 千伏，最大管电流为 1250 毫安，属 II 类射线装置）用于介入手术中的放射诊疗，在 CT 机房内安装使用 1 台 CT 机（属 III 类射线装置）用于放射诊断，在磁共振机房内机房使用 1 台 MRI 用于影像诊断。同时，在复合手术室与 CT 机房、磁共振机房之间设置防护门，需开展 DSA-CT-MRI 复合手术时，CT 机可通过滑轨移动至复合手术室配合复合手术使用（隔室操作），数字减影血管造影装置与 CT 机不同时曝光出束；复合手术室患者也可通过移动手术床转移至磁共振机房中进行 MRI 诊断。

此外，将门急诊大楼首层急诊科急诊抢救区、手术室改建成 1 间介入手术室，在该介入手术室内安装使用 1 台数字减影血管造影装置（最大管电压为 125 千伏，最大管电流为 1250 毫安，属 II 类射线装置）用于介入手术中的放射诊疗。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐

射安全和防护措施，确保辐射工作人员年有效剂量约束值低于 5 毫希沃特，公众年有效剂量约束值低于 0.25 毫希沃特。

四、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由广州市生态环境局负责。



**公开方式：主动公开**

---

抄送：广州市生态环境局，省环境辐射监测中心，核工业二四〇研究所。

---

广东省生态环境厅办公室

2021年5月12日印发

## 附件 3.核医学科废水检测报告



## 检 测 报 告

报 告 编 号: GHDL2500393-B01

委 托 单 位: 中山大学附属第一医院

联 络 信 息: 广州市天河区灵山东路5号8层801-9、801-10房

检 测 类 型: 送检 抽样

收 样 日 期: 2025/12/18

批准:

签发日期: 2025/12/23

广东省科学院测试分析研究所(中国广州分析测试中心)



微信公众号

第 1 页 共 3 页

## 声明

- 1) 广东省科学院测试分析研究所（中国广州分析测试中心），简称：中广测。
- 2) 报告未加盖中广测检验检测报告专用章无效，无相关责任人签字无效。
- 3) 未经中广测书面批准不得部分复制报告，全部复制报告而未重新加盖中广测检验检测报告专用章或公章的无效。
- 4) 报告涂改增删无效。
- 5) 对委托检验检测，报告结果仅对收到的样品负责。
- 6) 未经中广测书面同意，委托方或任何第三方不得使用本报告或检测结果进行不当宣传。
- 7) 对报告的异议应于报告签发之日起15日内向中广测提出，逾期将视为承认本报告。

地址： 广东省广州市先烈中路100号大院34号楼，510070

咨询电话： (008620)37656880 传真： (008620)87685550

投诉电话： (020) 87686086

电子邮箱： [ywc@fenxi.com.cn](mailto:ywc@fenxi.com.cn) 网址： <http://www.fenxi.com.cn>



MAC  
240020349606

## 检测报告

委托单位：中山大学附属第一医院

样品名称：医学综合楼地下一层PET-CT中心衰变池 样品批号：——

样品性状：液体

样品数量：3L

样品其他信息：——

以上样品及信息由委托方提供及确认，中广测不承担证实其提供信息的准确性、适当性和（或）完整性责任。

报告编号：GHDL2500393-B01

检测日期：2025/12/18 至 2025/12/23

### 检测结果

序号	检测项目	检测结果	计量单位	检测方法
1	总 $\alpha$ 放射性	0.276	Bq/L	水质 总 $\alpha$ 放射性的测定 厚源法 HJ 898-2017
2	总 $\beta$ 放射性	0.356	Bq/L	水质 总 $\beta$ 放射性的测定 厚源法 HJ 899-2017
备注	总 $\alpha$ 放射性检出限为0.043Bq/L, 总 $\beta$ 放射性检出限为0.015Bq/L。			

以下空白