

四川大学华西天府医院  
新建核技术利用项目（核医学科部分）  
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位:四川大学华西天府医院

编制单位: 四川省核工业辐射测试防护院  
(四川省核应急技术支持中心)

2024年1月

## 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 项目建设情况 .....	9
表 3 辐射安全与防护设施/措施 .....	34
表 4 环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定 .....	36
表 5 验收监测质量保证及质量控制 .....	64
表 6 验收监测内容 .....	65
表 7 验收监测 .....	80
表 8 验收监测结论 .....	102

表 1 项目基本情况

建设项目名称	四川大学华西天府医院新建核技术利用项目（核医学科部分）				
建设单位名称	四川大学华西天府医院				
建设项目性质	■新建 □改建 □扩建				
建设地点	天府新区天府大道南二段 3966 号四川大学华西天府医院内				
源项	放射源	/			
	非密封放射性物质	<p>医院在住院大楼一层西侧和住院大楼东侧裙楼开展核医学科业务，本项目核医学科分为住院区和门诊区。</p> <p>①在住院大楼东侧裙楼核医学科门诊区使用钨-99、钼-99、氟-18、镓-68、锆-68、碘-131（用于甲亢治疗、甲吸检查、肾图检查）、铟-89、镭-177 等核素，门诊区日等效最大操作量为 <math>1.16 \times 10^9 \text{Bq}</math>，属于乙级非密封放射性物质工作场所。</p> <p>②在住院大楼负一层西侧核医学科住院区使用碘-131（用于甲癌治疗），住院区日等效最大操作量为 <math>3.885 \times 10^9 \text{Bq}</math>，属于乙级非密封放射性物质工作场所。</p>			
	射线装置	1 台 PET/CT（Ⅲ类）、2 台 SPECT/CT（Ⅲ类）			
建设项目环评批复时间	2021 年 5 月 21 日	开工建设时间	2021 年 10 月		
取得辐射安全许可证时间	2022 年 12 月 21 日	项目投入运行时间	2023 年 6 月		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2023 年 6 月	验收现场监测时间	2023 年 11 月 14 日、 2023 年 11 月 30 日		
环评报告表审批部门	四川省生态环境厅	环评报告表编制单位	四川省核工业辐射测试防护院(四川省核应急技术支持中心)		
辐射安全与防护设施设计单位	中国建筑西南设计研究院有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	中建三局集团有限公司		
投资总概算	***	辐射安全与防护设施投资总概算	***	比例	***
实际总概算	***	辐射安全与防护设施实际总概算	***	比例	***

验收依据	<p><b>1.建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度</b></p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令 第 9 号，2014 年），自 2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年），自 2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年），自 2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《国务院关于&lt;建设项目环境保护管理条例&gt;的决定》（中华人民共和国国务院令 第 682 号，2017 年），自 2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号，2005 年），自 2005 年 12 月 1 日起施行，2019 年 3 月 2 日部分修改；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会 第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日实施）；</p> <p>(7) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号，2017 年）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年，国家环境保护总局令 第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 第 18 号，2011 年），自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号）；</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 公告 2019 年 第 57 号，2020 年 1 月 1 日施行）；</p>
------	---

验收依据	<p>(12) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部 公告 2021 年 第 9 号, 2021 年 3 月 15 日实施);</p> <p>(13) 《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》(2021 年 3 月 29 日)。</p> <p><b>2.建设项目竣工环境保护验收技术规范</b></p> <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(2) 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》(GB11928-89)</p> <p>(3) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021);</p> <p>(6) 《生态环境部(国家核安全局)核技术利用监督检查技术程序》(2020 发布);</p> <p>(7) 四川省环境保护厅《关于印发&lt;四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)&gt;的通知》(川环函[2016]1400 号);</p> <p>(8) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》(公告 2018 年第 9 号);</p> <p>(9) 《放射性废物安全管理条例》(国务院令第 612 号);</p> <p>(10) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021);</p> <p>(11) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020);</p> <p>(12) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ244-2017);</p> <p>(13) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020);</p> <p>(14) 《临床核医学卫生防护标准》(GBZ120-2006)。</p> <p><b>3.建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定</b></p> <p>四川省生态环境厅《关于关于四川大学华西天府国院新建核技术利用项目环境影响报告表的批复》(川环审批(2021)56 号)。</p> <p><b>4.其他相关文件。</b></p>
------	---

	<p>四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）《四川大学华西天府医院新建核技术利用项目环境影响报告表》，2022年5月。</p>
验收执行标准	<p>根据生态环境部关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术规范污染影响类》的公告（2018年第9号）中关于验收执行标准的要求：<b>建设项目竣工环境保护验收污染物排放标准原则上执行环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定所规定的标准。在环境影响报告书（表）审批之后发布或修订的标准对建设项目执行该标准有明确时限要求的，按新发布或修订的标准执行。</b>特别排放限值的实施地域范围、时间，按国务院生态环境主管部门或省级人民政府规定执行。</p> <p><b>一、环评标准</b></p> <p>根据四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）《四川大学华西天府医院新建核技术利用项目环境影响报告表》》，本次验收监测执行的标准为：</p> <p><b>1、环境质量标准</b></p> <p>（1）环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；</p> <p>（2）地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准；</p> <p>（3）地下水：执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准；</p> <p>（4）声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。</p> <p><b>2、污染物排放标准</b></p> <p>（1）废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；</p> <p>（2）废水：放射性废水经衰变池衰变后可满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中总<math>\beta</math>≤10Bq/L的要</p>

求，生活污水依托医院污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理标准后排入市政污水管网。

（3）噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）各阶段标准；营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。

### 3、辐射环境评价标准限值

#### （1）个人剂量约束值

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。项目对于职业人员，要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量的 1/4 执行（即 5mSv/a），作为本项目职业照射年有效剂量约束值。

②公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量的 1/10 执行，即 0.1mSv/a，作为本项目公众照射年有效剂量约束值。

#### （2）放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 1-1。

表 1-1 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		β放射性物质（Bq/cm <sup>2</sup> ）
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

### (3) 控制剂量率水平

①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

②根据核医学放射防护要求（GBZ120-2020），在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu$ Sv/h，宜不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；合成和操作放射性药物所用的手套箱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证距柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 $\mu$ Sv/h。

### (4) 放射性废水排放标准

废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 限值，标准值见表 1-2。

表 1-2 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）

控制项目	衰变池排放口排放标准(Bq/L)	依据
总 $\beta$	10	（GB18466-2005）表 2 限值

### (5) 放射性废物清洁解控水平

表 1-3 本项目涉及放射性核素的清洁解控水平

核素	活度浓度/（Bq/g）	活度/Bq
$^{99m}\text{Tc}$	1E+02	1E+07
$^{18}\text{F}$	1E+01	1E+06
$^{68}\text{Ga}$	1E+01	1E+05
$^{131}\text{I}$	1E+02	1E+06
$^{89}\text{Sr}$	1E+03	1E+06
$^{177}\text{Lu}$	1E+03	1E+07

备注： $\text{Ga-68}$  来源《国际辐射防护和辐射源安全的基本安全标准》表 I-1。其他核素摘自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“附录 A 中表 A1”。

### (6) 表面污染解控



根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2 表面污染控制水平：“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时（即  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。”。

#### （7）其他

（1）接受  $^{131}\text{I}$  治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至  $400\text{MBq}$  或距离患者体表  $1\text{m}$  处的周围剂量当量率不大于  $25\text{uSv}/\text{h}$  方可出院。

（2）核医学科内手套箱的排风装置设计风速不小于  $0.5\text{m}/\text{s}$ 。

## 二、校核标准

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）于 2021 年 11 月 1 日实施，与本项目相关内容如下：

### 6.1 屏蔽要求

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

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

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

### 7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  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：

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。

### 7.3.3 放射性废液排放

#### 7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

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

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 $\alpha$ 不大于 1 Bq/L、总 $\beta$ 不大于 10 Bq/L。

**本次验收采用以上标准。**

表 2 项目建设情况

工程建设内容:

一、项目建设单位情况

四川大学华西天府医院（统一社会信用代码 12510110MB1H6380XM），位于天府新区天府大道南二段 3966 号，为有效解决天府新区群众的医疗需求，并能辐射周边区域的医疗卫生市场，改善区域医疗卫生条件，医院建设总用地约 262 亩，建设规模为 1000~1200 张床位、2000 个停车位、66 间手术室，以 MDT 多学科诊疗体系结合智慧医疗，打造胸部疾病中心、消化疾病中心、心脏疾病中心、妇女儿童医学中心口腔医学中心等 17 个医学中心的三级甲等综合医院。同时，医技楼屋顶设有停机坪，且与成都地铁 1 号线科学城站无缝接驳，周边道路环绕，交通便利。

为更好的满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，以及为使某些肿瘤患者的诊治更加精确，四川大学华西天府医院拟开展放射性诊断和治疗业务，共分为 3 大部分：（1）在住院大楼负一层西侧放疗中心开展放疗业务；（2）在住院大楼一层西侧和住院大楼东侧裙楼开展核医学科业务；（3）在综合门诊医技大楼二层和四层开展介入手术业务。

具体内容分别如下：

①医院拟在住院大楼负一层西侧放疗中心 3 间直线加速器机房分别新增使用 1 台 15MV 电子直线加速器，属于 II 类射线装置。②在住院大楼东侧裙楼核医学科门诊区使用钨-99、钼-99、氟-18、镓-68、锆-68、碘-131（用于甲亢治疗、甲吸检查、肾图检查）、铯-89、镭-177 等核素，属于乙级非密封放射性物质工作场所。采用正电子断层扫描仪（PET/CT）、单光子发射计算机断层仪（SPECT/CT），正电子发射磁共振扫描仪（PET/MRI）等装置进行检测。③在住院大楼负一层西侧核医学科住院区使用碘-131（用于甲癌治疗），属于乙级非密封放射性物质工作场所。④在综合门诊医技大楼 2F 内镜中心增加 1 台胰胆管造影(ERCP)机；在综合门诊医技大楼 2F 纤支镜 1 室、2 室各配置使用 1 台 C 臂 CT 机进行介入治疗手术；在综合门诊医技大楼 4 层手术中心介入手术室增加 5 台数字化减影血管造影机（DSA），杂交手术室增加 5 台 DSA，均属于 II 类射线装置。

《四川大学华西天府医院新建核技术利用项目环境影响报告表》已于 2021 年 5 月取得四川省生态环境厅的批复文件（川环审批[2021]56 号）。

现核医学科部分已完成，已办理辐射安全许可证（川环辐证[00926]，见附件 2），许可种类和范围为：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》和国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的相关要求，建设项目必须进行竣工保护环境验收监测。医院按照要求委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）负责该项目验收监测工作。我院接受委托后，经过收集资料、现场监测，于 2024 年 1 月编制完成《四川大学华西天府医院新建核技术利用项目（核医学科部分）验收监测报告表》。

## 二、项目建设内容和规模

**根据医院规划及项目建设进度，本次仅对核医学科部分建设内容验收。**

核医学科建设内容及规模：医院在住院大楼一层西侧和住院大楼东侧裙楼开展核医学科业务，本项目核医学科分为住院区和门诊区。核医学科住院区位于住院大楼一层西侧，住院大楼为一栋地上 10 层地下 1 层（地下局部二层）的现浇框架建筑。核医学科门诊区位于住院大楼东侧裙楼，裙楼为一栋地上 1 层地下 1 层（地下局部二层）的现浇框架建筑。住院区和门诊区独立设置，病人和医生不交叉。

### （1）核医学科住院区

核医学科住院区总建筑面积约 1907m<sup>2</sup>，主要辐射工作场所包括：1 个服碘室、11 个甲癌病房（每个房间各设 2 张病床）、1 个 VIP 病房（设 1 张病床）、1 个库房（即住院区储源室）、1 个废物暂存间等。

各房间的屏蔽结构如下：

甲癌病房（31.11m<sup>2</sup>，北、西、南侧为 40cm 混凝土，东侧病房间隔墙为 17cm 混凝土，顶板为 25cm 混凝土，地板为 22cm 混凝土，铅门为 3mmPb 当量）；

甲癌 VIP 病房（33.17m<sup>2</sup>，东、西、北侧为 34cm 混凝土，南侧病房间隔墙为 17cm 混凝土，顶板为 25cm 混凝土，地板为 22cm 混凝土，铅门为 3mmPb）；

服碘室（9.74m<sup>2</sup>，四面墙体 24cm 混凝土，顶板为 22cm 混凝土，地板为 20cm 混凝土，铅门为 4.5mmPb，<sup>131</sup>I 自动分装仪为 20mm 铅当量）；

废物暂存间（23.99m<sup>2</sup>，四面墙体为 24cm 页岩实心砖，顶板为 25cm 混凝土，

地板为 22cm 混凝土，铅门为 3mmPb）；

库房（即住院区储源室）（13.53m<sup>2</sup>，四面墙体为 24cm 页岩实心砖，顶板为 25cm 混凝土，地板为 22cm 混凝土，铅门为 3mmPb）；同时配套建设卫生通过间、医生办公室等辅助用房。

核医学科住院区涉及使用的非密封放射性物质为：碘-131（<sup>131</sup>I），用于甲癌治疗，年最大操作量为 5.55×10<sup>12</sup>Bq，日最大操作量为 3.885×10<sup>10</sup>Bq，日等效最大操作量为 3.885×10<sup>9</sup>Bq。根据住院区 <sup>131</sup>I 日等效操作量及《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）规定，该核医学住院区属于乙级非密封放射性物质工作场所。

## （2）核医学科门诊区

核医学科门诊区总建筑面积约 1677m<sup>2</sup>，主要辐射工作场所包括：2 个分装注射室、1 个甲吸室、1 个肾图室、1 个敷贴治疗室、1 个甲亢治疗给药室及控制室、1 个心肌显像室、1 个肺通气室、2 个 SPECT/CT 机房及控制室、1 个 PET/CT 机房及控制室、1 个 PET/MRI 检查室及控制室、4 个休息室、2 个留观室、2 个清洁间、2 个放射性杂物间、1 个观察抢救室、1 个存储室（即门诊区储源室）、1 个更衣室、SPECT/CT 注射后等候室、SPECT/CT 观察等候区等。

各房间的屏蔽结构如下：

注射分装室 1（15.45m<sup>2</sup>，注射分装 <sup>18</sup>F、<sup>68</sup>Ga，使用锗镓发生器制备 <sup>68</sup>Ga 场所，四面墙体为 27cm 混凝土，顶板为 12cm 混凝土，地板为 20cm 混凝土，铅门为 7mmPb，分装手套箱为 50mm 铅当量，注射窗为 50mm 铅当量）；

注射分装室 2（10.79m<sup>2</sup>，注射分装 <sup>99m</sup>Tc、<sup>89</sup>Sr、<sup>177</sup>Lu，使用钼铈发生器制备 <sup>99m</sup>Tc 场所，东南西侧墙体为 24cm 页岩实心砖，北侧墙体为 33cm 页岩实心砖，顶板为 12cm 混凝土，地板为 20cm 混凝土，铅门为 2mmPb，分装手套箱为 5mm 铅当量，注射窗为 5mm 铅当量）；

敷贴治疗室（10.95m<sup>2</sup>，四面墙体为 24cm 页岩实心砖，顶板为 12cm 混凝土，地板为 18cm 混凝土，铅门为 2mmPb）；

甲吸室（9.45m<sup>2</sup>，四面墙体为 24cm 页岩实心砖，顶板为 12cm 混凝土，地板为 18cm 混凝土，普通门）；

肾图室（10.95m<sup>2</sup>，四面墙体为 24cm 页岩实心砖，顶板为 12cm 混凝土，地板

为 18cm 混凝土，普通门）；

甲亢治疗给药室（6.25m<sup>2</sup>，<sup>131</sup>I 甲亢、甲吸、肾图病人服药场所，四面墙体为 24cm 页岩实心砖，顶板为 12cm 混凝土，地板为 18cm 混凝土，铅门为 6.6mmPb，<sup>131</sup>I 通风分药厨为 20mm 铅当量，给药台为 20mm 铅当量）；

PET/CT 机房（53.93m<sup>2</sup>，四面墙体为 25cm 混凝土，顶板为 25cm 混凝土，地板为 25cm 混凝土，门为 7mm 铅当量，观察窗为 7mm 铅当量）；

PET/MRI 检查室（44.99m<sup>2</sup>，四面墙体为 25cm 混凝土，顶板为 25cm 混凝土，地板为 25cm 混凝土，门为 7mm 铅当量，观察窗为 7mm 铅当量）；

SPECT/CT 机房 1（43.7m<sup>2</sup>，四面墙体为 37cm 页岩实心砖，顶板为 25cm 混凝土，地板为 25cm 混凝土，门为 3mm 铅当量，观察窗为 3mm 铅当量）；

SPECT/CT 机房 2（43.44m<sup>2</sup>，四面墙体为 37cm 页岩实心砖，顶板为 25cm 混凝土，地板为 25cm 混凝土，门为 3mm 铅当量，观察窗为 3mm 铅当量）；

存储室（即门诊区储源室）（11.91m<sup>2</sup>，四面墙体为 24cm 页岩实心砖，顶板为 12cm 混凝土，地板为 18cm 混凝土，门为 2mm 铅当量）；

放射性杂物间（8.46m<sup>2</sup>，四面墙体为 24cm 页岩实心砖，顶板为 12cm 混凝土，地板为 18cm 混凝土，门为 2mm 铅当量）；

休息室 1~4（面积分为 9.86m<sup>2</sup>、9.86m<sup>2</sup>、10.06m<sup>2</sup>、10.06m<sup>2</sup>，东面墙体均为 22cm 混凝土，南侧墙体均为 37cm 混凝土，北侧墙体均为 22cm 混凝土，西侧墙体休息室 1 为 25cm 混凝土、休息室 2~4 为 22cm 混凝土，顶板均为 12cm 混凝土，地板均为 20cm 混凝土，门均为 7mm 铅当量）；

留观室 1~2（面积分别为 10.01m<sup>2</sup>、8.81m<sup>2</sup>，东西北三侧墙体均为 22cm 混凝土，南侧为 37cm 混凝土，顶板均为 12cm 混凝土，地板均为 20cm 混凝土，门均为 7mm 铅当量）等房间，同时配套建设候诊大厅、卫生通过间、医生办公室等辅助用房。

核医学科门诊区涉及使用非密封放射性物质包括：锝-99（<sup>99m</sup>Tc，年最大操作量为 2.22×10<sup>13</sup>Bq，日最大操作量为 7.4×10<sup>10</sup>Bq，日等效最大操作量为 7.4×10<sup>8</sup>Bq），钼-99（年最大用量为 4.63×10<sup>12</sup>Bq，日最大操作量为 9.25×10<sup>10</sup>Bq，日等效最大操作量为 9.25×10<sup>7</sup>Bq）；氟-18（<sup>18</sup>F，备用+使用量，年最大操作量为 2.5×10<sup>13</sup>Bq，日最大操作量为 8.33×10<sup>10</sup>Bq，日等效最大操作量为 2.336×10<sup>7</sup>Bq）；镓-68（<sup>68</sup>Ga，年最大操作量为 2.22×10<sup>11</sup>Bq，日最大操作量为 1.11×10<sup>9</sup>Bq，日等效最大操作量为

1.11×10<sup>8</sup>Bq)，锗-68（<sup>68</sup>Ge，年最大操作量为 1.85×10<sup>9</sup>Bq，日最大操作量为 1.85×10<sup>9</sup>Bq，日等效最大操作量为 1.85×10<sup>6</sup>Bq）；碘-131（<sup>131</sup>I，①用于甲亢治疗：年最大操作量为 3.70×10<sup>11</sup>Bq，日最大操作量为 1.85×10<sup>9</sup>Bq，日等效最大操作量为 1.85×10<sup>8</sup>Bq；②用于甲吸检查：年最大操作量为 1.11×10<sup>8</sup>Bq，日最大操作量为 3.70×10<sup>6</sup>Bq，日等效最大操作量为 3.70×10<sup>5</sup>Bq；③用于肾图检查：年最大操作量为 1.11×10<sup>8</sup>Bq，日最大操作量为 3.70×10<sup>6</sup>Bq，日等效最大操作量为 3.70×10<sup>5</sup>Bq）；锶-89（<sup>89</sup>Sr，年最大操作量为 1.48×10<sup>10</sup>Bq，日最大操作量为 1.48×10<sup>8</sup>Bq，日等效最大操作量为 1.48×10<sup>6</sup>Bq）；镥-177（<sup>177</sup>Lu，年最大操作量为 1.48×10<sup>11</sup>Bq，日最大操作量为 7.40×10<sup>8</sup>Bq，日等效最大操作量为 7.40×10<sup>6</sup>Bq）。根据各种核素日等效操作量叠加后确定该核医学科门诊区的场所等级，经计算得出核医学科门诊区日等效最大操作量为 1.16×10<sup>9</sup>Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全标准》(GB18871-2002)规定，该核医学门诊区属于乙级非密封放射性物质工作场所。

PET/CT、PET/MRI、SPECT/CT 机房 1、SPECT/CT 机房 2 均位于核医学科门诊区，PET/CT 机房室内面积为 53.39m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 8.2m×宽 6.5m×高 6.1m，配置使用 1 台型号为 Vereos，额定管电压为 140kV，额定管电流为 665mA 的 PET/CT 进行显像诊断，属于Ⅲ类射线装置。

PET/MRI 检查室室内面积为 44.99m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 8.8m×宽 5.2m×高 6.1m，拟配置使用 1 台 PET/MRI 进行显像诊断，不属于射线装置。

SPECT/CT1 机房面积为 43.7m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 8.04m×宽 5.4m×高 6.1m，机房配备使用 1 台型号为 Intevo Bold，额定管电压为 140kV，额定管电流为 345mA 的 SPECT/CT 进行显像诊断，属于Ⅲ类射线装置。

SPECT/CT2 机房室内面积为 43.44m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 8.0m×宽 5.4m×高 6.1m，机房配备使用 1 台额定管电压为 140kV，额定管电流为 440mA 的 SPECT/CT 进行显像诊断，属于Ⅲ类射线装置。

### 三、项目平面布置

本项目核医学科住院区和门诊区独立设置，进入核医学科的门均设有门禁，非工作人员引导不能进入，降低了公众受到照射的可能性，同时两个区域的完全分开，保证医护人员和病患就诊不交叉。

#### (1) 核医学科住院区域

核医学科住院区位于住院大楼一层西侧，住院大楼为一栋地上 10 层地下 1 层（地下局部 2 层）的现浇框架建筑。核医学科住院区东侧为中央运输中心和电梯厅，南为院内绿化，西侧为地下衰变池和预留绿地，北侧为院内景观绿化。

核医学科住院区北侧从西至东依次是空调机房、病房、服碘室、分装室、控制室、更衣室、废物暂存间、库房、门厅、医生办公室、主任办公室、谈话间、医生值班室等；中间为病患走廊；南侧主要为病房。楼上为肾内科病房，楼下为地下车库。

整个核医学科住院区设置有独立门禁出入口，非工作人员引导不能直接进入，整个场所相对封闭。

## （2）核医学科门诊区域

核医学科门诊区位于住院大楼东侧裙楼，该裙楼为一栋地上 1 层地下 1 层（局部 2 层）的现浇框架建筑。核医学科门诊区东侧为预留空地，其南侧为术前检查区，西侧为中空庭院，北侧为电梯厅和动力中心等。

核医学科门诊区北侧从西至东依次是核医学科等候区、甲吸室、库房、敷贴治疗、肾图室、注射分装室 1、浴室、操作室、设备间、技术办公室、PET/CT 机房、PET/CT 报告室、PET/MRI 报告室、休息室 1~2、留观室 1、休息室 3~4、留观室 2、设备间、PET/MRI 检查室、操作间、主任办公室、会议室；中间为医护人员通道；南侧从西至东依次是核医学科等候区、注射分装室 2、心肌显像、甲亢治疗室、肺通气室、控制室、存储室、注射后等候区、SPECT/CT 机房 1、操作室、SPECT/CT 机房 2、SPECT/CT 等候区、报告室、更衣室、观察抢救室、医生办公室、清洁间、放射性杂物间、浴室、空调机房。楼上为中空景观平台，楼下为地下车库。

整个核医学科门诊区设置有独立门禁出入口，非工作人员引导不能直接进入，整个场所相对封闭。建设项目功能用房相对集中且齐全，基本满足功能需要。设施布局顺序和建设项目诊断流程一一对应，便于放射性药物注射及检查等步骤的逐步实施，在流程上分区较明显。

核医学科住院区平面布局图见附图 6，核医学科门诊区平面布局图见附图 7。

本项目核医学科住院区平面布置中将放射性废物暂存间使用 11mmPb 当量铅木复合板及轻钢龙骨隔出淋浴间，原服碘室中间增加 17cm 混凝土隔墙，分隔出服碘室与分装高活室。其余实际建成的平面布置均与环评一致。



#### 四、建设地点和周围环境敏感目标分布情况

##### 1、建设地点和外环境关系

四川大学华西天府医院位于天府新区天府大道南二段 3966 号，项目占地面积 262 亩，建筑面积为 261280.3m<sup>2</sup>。目前整个项目周边外环境较简单，主要以规划的居住、办公、商业、科研等为主，其具体外环境关系主要为：本项目厂界北侧为在建人才公寓及待建空地（规划为商住用地）；东侧临天府大道南延线道路，道路对面为待建空地（规划为商住用地）；南侧为 40m 宽的道路，路对面为天府新区第一污水处理厂用地（本项目用地红线与污水处理厂厂界的距离为 40m，医院最南侧建筑后勤楼与天府新区第一污水处理厂一期主要产臭源（预处理区、生化处理区和污泥处理区）距离约 112.212m）及待建空地，260m 处为科学城中路西段；西侧为道路、约 50m 为鹿溪河，约 204m 处为国道 G213，约 233m 处为正溪下街；东北侧约 293m 为已建科学城金融中心。因此，医院周边 200m 范围内均为待建空地、在建楼盘、道路、河流等。

**本项目地理位置图见附图 1，医院总平面及外环境关系图见附图 2。**

**本项目建设地点和外环境关系，均与环评一致。**

本项目位于四川大学华西天府医院内，辐射工作场所主要集中于综合门诊医技大楼、住院大楼。医院整个地势呈东高西低，医院连廊连接综合门诊医技大楼一层和住院大楼三层；综合门诊医技大楼-1F（地铁对接层）连接住院大楼二层，地铁对接层可以方便地铁站的乘客从地铁通道直接进入医院，不需从地面转换；综合门诊医技大楼-2F 层连接住院大楼一层。

综合门诊医技大楼（地上 5 层地下 3 层）位于医院东侧，其东侧依次为医院内道路及医院绿化，南侧为医院内 10m 的道路，道路南侧为医院外市政道路，西侧约 50m 为医院连廊，西南侧 21m 为住院大楼，北侧为医院内绿化空地。住院大楼（地上 10 层地下 1 层，地下局部二层）呈“Z”型设计，其东侧 22m 为综合门诊医技大楼，南侧为停车区及绿地，西侧为医院绿化、后勤楼，北侧紧邻住院大楼辅楼。放疗中心（地下一层）位于住院大楼负一层西侧，地面将作为医院绿化用地。

##### 2、敏感目标

本项目辐射工作场所平面布置及外环境关系与环评一致，本项目主要环境保护目标也与环评一致，详见表 2-1。

表 2-1 本项目环境保护目标一览表

场所	保护名单		人数(人)	方位	位置	距离辐射源最近距离(m)
核医学科	职业	门诊区	21	/	甲吸室、敷贴治疗室、肾图室、分装注射室 1、分装注射室 2、甲亢治疗给药室、存储室、放射性杂物间、PET/MRI 检查室控制室、PET/CT 机房控制室、SPECT1、2 机房控制室等	0.5
		住院区	23		废物暂存间、服碘室、病患通道、甲癌 VIP 病房、甲癌病房、谈话间、医生办公室等	0.5
	核医学科门诊区周围公众		1~10	东侧	走廊	6.5
			1~10	南侧	术前检查室、医护更衣室	3.5
			1~10	西侧	核医学科候诊区	3.5
			1~10	北侧	车库	4.0
			1~10	楼上	观景平台	3.0
			1~10	楼下	车库	3.0
	核医学科住院区周围公众		1~10	东侧	公共医用电梯	3.0
			1~10	南侧	医院内绿化	6.0
			1~10	西侧	医院内道路	12
			1~10	北侧	医院内绿化	6.0
			1~10	楼上	肾内科病房	3.0
			1~50	楼下	车库	3.0

五、项目实际建设内容与批复建设内容对比

项目实际建设内容与批复建设内容对比见表 2-2。

表 2-2 项目实际建设内容与批复建设内容对比一览表

名称		建设内容及规模		与环评是否一致	备注
核医学科	核素	住院区	<sup>131</sup> I 用于甲癌治疗，年最大操作量为 $5.55 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，日最大操作量为 $3.885 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $3.885 \times 10^9 \text{Bq}$ （乙级）。	与环评一致	已上证
			<sup>99m</sup> Tc 年最大操作量为 $2.22 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，日最大操作量为 $7.4 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$	与环评一致	已上证
			<sup>99</sup> Mo 年最大用量为 $4.63 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，日最大操作量为 $9.25 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $9.25 \times 10^7 \text{Bq}$	与环评一致	已上证
			<sup>18</sup> F 年最大操作量为 $2.5 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，日最	与环评	已上证

核素	门诊区		大操作量为 $8.33 \times 10^{10}$ Bq, 日等效最大操作量为 $2.336 \times 10^7$ Bq	一致	
		$^{68}\text{Ga}$	年最大操作量为 $2.22 \times 10^{11}$ Bq, 日等效最大操作量为 $1.11 \times 10^9$ Bq, 日等效最大操作量为 $1.11 \times 10^8$ Bq	与环评一致	已上证
		$^{68}\text{Ge}$	年最大操作量为 $1.85 \times 10^9$ Bq, 日最大操作量为 $1.85 \times 10^9$ Bq, 日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^6$ Bq	与环评一致	已上证
		$^{131}\text{I}$	用于甲亢治疗: 年最大操作量为 $3.70 \times 10^{11}$ Bq, 日最大操作量为 $1.85 \times 10^9$ Bq, 日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8$ Bq	与环评一致	已上证
			用于甲吸检查: 年最大操作量为 $1.11 \times 10^8$ Bq, 日最大操作量为 $3.70 \times 10^6$ Bq, 日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^5$ Bq	与环评一致	已上证
			用于肾图检查: 年最大操作量为 $1.11 \times 10^8$ Bq, 日最大操作量为 $3.70 \times 10^6$ Bq, 日等效最大操作量为 $3.70 \times 10^5$ Bq	与环评一致	已上证
		$^{89}\text{Sr}$	年最大操作量为 $1.48 \times 10^{10}$ Bq, 日最大操作量为 $1.48 \times 10^8$ Bq, 日等效最大操作量为 $1.48 \times 10^6$ Bq	与环评一致	已上证
		$^{177}\text{Lu}$	年最大操作量为 $1.48 \times 10^{11}$ Bq, 日最大操作量为 $7.40 \times 10^8$ Bq, 日等效最大操作量为 $7.40 \times 10^6$ Bq	与环评一致	已上证
		合计	日等效最大操作量为 $1.16 \times 10^9$ Bq(乙级)	与环评一致	已上证
		非密封放射性物质工作场所	住院区	总建筑面积约 $1907\text{m}^2$ , 主要辐射工作场所包括: 1 个服碘室、11 个甲癌病房(每个房间各设 2 张病床)、1 个 VIP 病房(设 1 张病床)、1 个库房(即住院区储源室)、1 个废物暂存间等。	放射性废物暂存间使用 $11\text{mmPb}$ 当量铅木复合板及轻钢龙骨隔出淋浴间, 原服碘室中间增加 $17\text{cm}$ 混凝土隔墙, 分隔出服碘室与分装高活室。其余辐射工作场所平面布局与环评一致。
门诊区	总建筑面积约 $1677\text{m}^2$ , 主要辐射工作场所包括: 2 个分装注射室、1 个甲吸室、1 个肾图室、1 个敷贴治疗室、1 个甲亢治疗给药室及控制室、1 个心肌显像室、1 个肺通气室、2 个 SPECT/CT 机房及控制室、1 个 PET/CT 机房及控制室、1 个 PET/MRI 检查室及控制室、4 个休息室、2 个留观室、2 个清洁间、2 个放射性杂物间、1 个观察抢救室、1 个存储室、1 个更衣室、SPECT/CT 注射后等候室、SPECT/CT 观察等候区等。		与环评一致。		

	射线装置	<p>PET/CT、PET/MRI、SPECT/CT 机房 1、SPECT/CT 机房 2 均位于核医学科门诊区，PET/CT 机房室内面积为 53.39m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 8.2m×宽 6.5m×高 6.1m，拟配置使用 1 台额定管电压为 140kV，额定管电流为 630mA 的 PET/CT 进行显像诊断，属于 III 类射线装置。</p> <p>PET/MRI 检查室室内面积为 44.99m<sup>2</sup>，机房净空尺寸为长 8.8m×宽 5.2m×高 6.1m，拟配置使用 1 台 PET/MRI 进行显像诊断，<b>不属于射线装置。</b></p> <p>SPECT/CT1 机房、SPECT/CT2 机房室内面积分别为 43.7m<sup>2</sup>，43.44m<sup>2</sup>，2 个机房净空尺寸分别为长 8.04m×宽 5.4m×高 6.1m、长 8.0m×宽 5.4m×高 6.1m，各机房拟配备使用 1 台额定管电压为 140kV，额定管电流为 440mA 的 SPECT/CT 进行显像诊断，属于 III 类射线装置。</p>	与环评一致
环保工程		新建并联衰变池 1 座，两格池体，单格容积为 1148m <sup>3</sup> ，单格有效容积约 960m <sup>3</sup> ，总有效容积约 1920m <sup>3</sup> 。	与环评一致
		核医学科门诊区放射性杂物间 2 间，面积分别为 8.56m <sup>2</sup> ，8.46m <sup>2</sup> ；住院区放射性杂物间 1 间，面积 22.99m <sup>2</sup> 。	与环评一致
		核医学科设立独立通排风系统。	与环评一致
		<p>生活废水、医疗废水依托医院现有的污水处理站处理后排入市政污水管网。污水处理站位于后勤楼西侧，采用地理式，采用“预处理+曝气+混凝沉淀+二氧化氯消毒工艺”，设计处理能力 1100m<sup>3</sup>/d。</p> <p>项目产生的医疗废物收集暂存于医疗废物暂存间后，定期交由有资质的医疗废物处置单位收集；项目产生的生活垃圾暂存于垃圾收集间后交由市政环卫清运。垃圾收集间（1 间，80m<sup>2</sup>）和医疗废物暂存间（1 间，100m<sup>2</sup>）位于特需门诊楼负一层。</p>	与环评一致
公用工程		配电、供电和通讯系统及污水处理系统等。	与环评一致
办公设施		核医学科谈话室、诊断室、准室、医生办公室等。	与环评一致

本次验收内容已严格按照报告表及批复文件（川环审批[2021]56 号）中的内容、地点、规模进行建设，本项目使用的核素的种类和数量不大于环评批复的核素的种类和数量，无重大变更。

**源项情况：**

本项目非密封放射性物质非密封放射性物质使用情况见表 2-3。

**表 2-3 核医学科就诊病人量及非密封放射性物质用量情况表**

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	<sup>99m</sup> Tc	液态	使用	7.40×10 <sup>10</sup>	7.4×10 <sup>7</sup>	2.22×10 <sup>13</sup>	医学诊疗	很简单操作	核医学科门诊区	按需制备,暂存于存储室内
2	<sup>99</sup> Mo	液态	贮存	9.25×10 <sup>10</sup>	9.25×10 <sup>7</sup>	4.63×10 <sup>12</sup>	制备钼-99m	贮存		暂存于存储室内
3	<sup>18</sup> F	液态	使用	1.67×10 <sup>10</sup>	1.67×10 <sup>7</sup>	4.995×10 <sup>12</sup>	医学诊疗	很简单操作		按需订购,暂存于存储室内
4	<sup>18</sup> F	液态	贮存(备药)	6.66×10 <sup>10</sup>	6.66×10 <sup>6</sup>	2×10 <sup>13</sup>	医学诊疗	贮存		暂存于存储室内
5	<sup>68</sup> Ga	液态	使用	1.11×10 <sup>9</sup>	1.11×10 <sup>6</sup>	2.22×10 <sup>11</sup>	医学诊疗	很简单操作		按需制备,暂存于存储室内
6	<sup>68</sup> Ge	液态	使用	1.85×10 <sup>9</sup>	1.85×10 <sup>6</sup>	4.63×10 <sup>12</sup>	制备镓-68	贮存		暂存于存储室内
7	<sup>131</sup> I	液态	使用	1.85×10 <sup>9</sup>	1.85×10 <sup>8</sup>	3.7×10 <sup>11</sup>	甲亢治疗	简单操作		按需订购,暂存于存储室内
8	<sup>131</sup> I	液态	使用	3.7×10 <sup>6</sup>	3.7×10 <sup>5</sup>	1.11×10 <sup>8</sup>	甲吸检查	简单操作		按需订购,暂存于存储室内
9	<sup>131</sup> I	液态	使用	3.7×10 <sup>6</sup>	3.7×10 <sup>5</sup>	1.11×10 <sup>8</sup>	肾图检查	简单操		按需订购,暂存于存储

								作		室内
10	<sup>89</sup> Sr	液态	使用	$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^6$	$1.48 \times 10^{10}$	医学 诊疗	很 简 单 操 作		按 需 订 购, 暂 存 于 存 储 室 内
11	<sup>177</sup> Lu	液态	使用	$7.4 \times 10^8$	$7.4 \times 10^6$	$1.48 \times 10^{11}$	医学 诊疗	很 简 单 操 作		按 需 订 购, 暂 存 于 存 储 室 内
12	<sup>131</sup> I	液态	使用	$3.885 \times 10^{10}$	$3.885 \times 10^9$	$5.55 \times 10^{12}$	甲 癌 治 疗	简 单 操 作	核 医 学 科 住 院 区	按 需 订 购, 暂 存 于 库 房 内

核医学科射线装置统计表见表 2-4。

表 2-4 核医学科射线装置统计表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管 电压 (kV)	最大管 电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	PET/CT	III类	1	Vereos	140	665	显像 诊断	核医学科门诊 区 PET/CT 机房	使用
2	SPECT/CT1	III类	1	Intevo Bold	140	345	显像 诊断	核医学科门诊 区 SPECT1 机房	使用

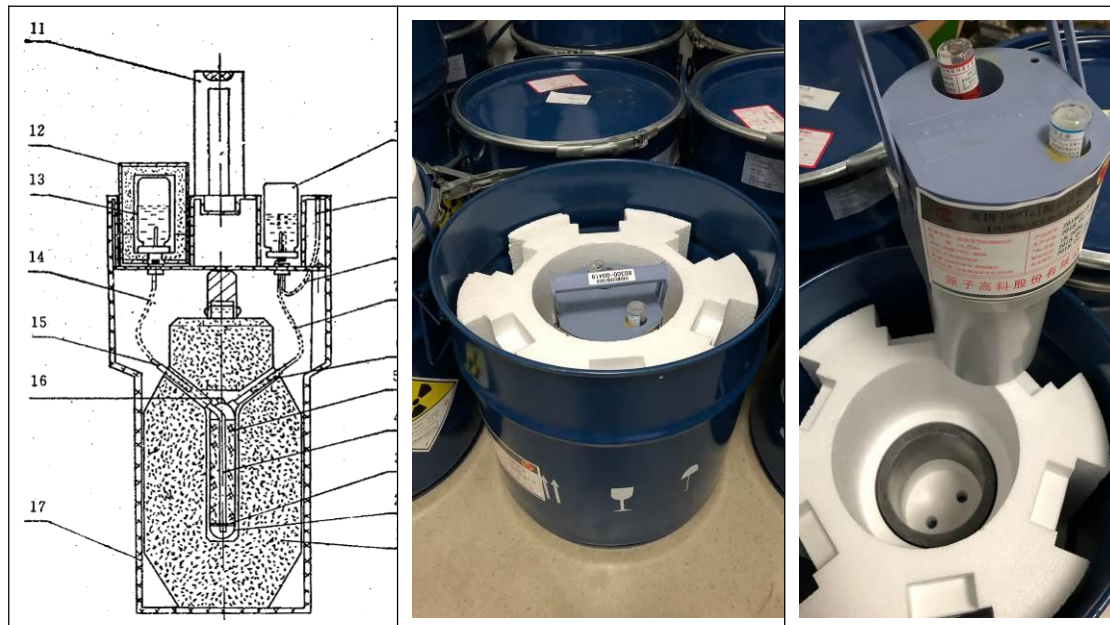
## 工程设备与工艺分析：

### 1、氟-18、镓-68、锝-99m 显像诊断（核医学科门诊区）

#### (1) 工作原理

##### ①钼锝发生器和锗镓发生器淋洗原理

本项目显像诊断使用的锝-99m 由钼锝发生器淋洗而成，镓-68 由锗镓发生器淋洗而成，该发生器属于裂变色层发生器，基本部件是钼酸锆柱/活化氧化铝柱、淋洗系统和用于保护工作人员的辐射屏蔽套。锝-99m 由钼酸锆柱内钼-99 不断衰变产生，并被钼酸锆柱吸附，当加入适当的淋洗剂时，锝-99m 便以  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  的形式被淋洗出来；镓-68 由活化氧化铝柱内锗-68 不断裂变产生，并被活化氧化铝柱吸附，当加入适当的淋洗剂时，镓-68 便以  $^{68}\text{GaO}_4^-$  的形式被淋洗出来，整个过程称为“挤奶”。为了使用方便，一套发生器除基本部件外，常附加子体核素溶液接收瓶（即负压瓶）和一定量的淋洗剂（生理盐水）。由于母体核素的不断衰变就不断地产生子体核素，因而核素发生器可以反复淋洗制得子体核素，一般情况下，发生器每隔 23 小时可淋洗一次，发生器发生器的内部结构及实景见图 2-1。



组成部件：

1.发生器铅罐；2.吸附柱；3.筛板；4.淋洗液排出管 5.钼酸锆柱/活化氧化铝柱；6.生理盐水进口接头 7.连接胶管；8.连接胶管；9.空气过滤器；10 生理盐水瓶；11.发生器提把；12.钨合金罐；13.淋洗液接收瓶（负压瓶）；14.连接胶管；15.淋洗液出口接头；16.装料管接头；17.塑料外壳。

图 2-1 发生器的内部结构及实景图

### ②SPECT 显像工作原理

SPECT 即单光子发射计算机断层成像术 (Single-Photon Emission Computed Tomography)，本项目 SPECT 利用发射单光子的核素药物锝-99m 进行检查。SPECT 的基本结构分三部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系统。SPECT 除显示肿瘤病灶外，尚可显示局部脏器功能的变化，如：化疗后左心功能、肾功能的改变等。本项目 SPECT 使用锝-99m 放射性核素，将放射性药物锝-99m 引入人体，经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异，通过计算机处理再成像。SPECT 的基本成像原理是 $\gamma$ 照相机探头的每个灵敏点探测沿一条投影线进来的 $\gamma$ 光子，其测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。

SPECT/CT 的工作原理是把 SPECT 和 CT 放在一起，利用体外的 X 射线穿透人体而获得三位解剖图像的断层成像技术，通过 SPECT 扫描和 CT 扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其 CT 球管发射 X 射线穿透人体组织，其探测器获得的数据不仅用于重建 CT 图像，同时提供给 SPECT 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 SPECT 图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。SPECT/CT 的工作原理是把 SPECT 和 CT 放在一起，利用体外的 X 射线穿透人体而获得三位解剖图像的断层成像技术，通过 SPECT 扫描和 CT 扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其 CT 球管发射 X 射线穿透人体组织，其探测器获得的数据不仅用于重建 CT 图像，同时提供给 PET 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 SPECT 图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。

### ③PET 显像工作原理

PET 即正电子扫描仪 (Positron Emission Tomography) 为分子影像设备。氟-18 和镓-68 属于 $\beta^+$ 衰变方式，能产生正电子并发生湮灭效应，产生两个能量彼此运动相反的 $\gamma$ 光子，根据人体不同部位吸收标记化合物能力的不同，同位素在人体内各部位的浓聚程度不同，湮灭反应产生光子的强度也不同，然后通过 PET 的 $\gamma$ 射线检测器环列 (例如闪烁计数器) 监测 $\gamma$ 光子辐射的轨迹线，经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异，通过计算机处理再成像。



PET/CT 的工作原理是把 PET 和 CT 放在一起，利用体外的 X 射线穿透人体而获得三位解剖图像的断层成像技术，通过 PET 扫描和 CT 扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其 CT 球管发射 X 线穿透人体组织，其探测器获得的数据不仅用于重建 CT 图像，同时提供给 PET 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 PET 图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。

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

PET/MRI 的工作原理是将 PET 和 MRI（核磁共振断层扫描仪）技术融合而成的一种分子水平的功能显像加结构的显像系统，其融合了 PET 的分子成像功能与 MRI 卓越的软组织对比功能，从而可以对在软组织中扩散的疾病细胞进行成像诊断，可应用于高精度的 PET 图像衰减校正，进一步提高图像质量和空间分辨率。

## （2）操作流程

本项目氟-18 直接向有资质单位进行购买（当日送达当日用完），锎-99m 放射性药物由医生通过钼锎发生器在分装注射室 2 进行制备，镓-68 放射性药物由医生通过锗镓发生器在分装注射室 1 进行制备，钼锎发生器和锗镓发生器均储存在存储室内。

锎-99m、镓-68 制备流程如下：

①先把生理盐水瓶插入发生器的双针，一分钟后整体拔下外有防护罐的负压瓶，即制得淋洗液，制得的淋洗液贮存于外有防护罐的负压瓶之中。通常整个淋洗过程约需两分钟。

②测量活度：测量活度镓-68 在分装室 1 手套箱内进行，锝-99m 在分装室 2 手套箱内进行，由负责标记的工作人员完成。工作人员用注射器吸取上一步制得的少量淋洗液，垂直放入活度计井中，测量其放射性活度，得出该瓶淋洗液的比活度，同时可测量淋洗液的纯度。

③标记：标记镓-68 在分装室 1 手套箱内进行，锝-99m 在分装室 2 手套箱内进行，工作人员同测量活度的人员为同一人，用于标记的冻干药盒在标记操作前经完整性检查后传递至分装室 1 和分装室 2 手套箱内。用注射器将已测量好活度的淋洗液迅速转移至冻干药盒，并充分摇匀，稀释到预设体积。

氟-18、镓-68 和锝-99m 注射和显像流程如下：

①注射：病人给药采用注射方式进行给药，工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）将装有放射性药物的铅罐转移至注射室 1 或注射室 2 的注射窗口操作台，注射室 1（氟-18、镓-68）内的注射窗口操作台安装 50mm 铅当量防护装置，注射室 2（锝-99m）内的注射窗口操作台安装 5mm 铅当量防护装置，注射药物时，工作人员从铅罐内吸取药物进行注射。

②候检、显像：氟-18、镓-68 注射病人注射后，在休息室内候检，观察等待时间约 30min，进入 PET/CT 或 PET/MR 机房显像诊断。氟-18 单个病人最大用量 15mCi，日最大病人量 30 人；镓-68 单个病人最大用量 30mCi，日最大病人量 1 人。锝-99m 注射病人注射后，在 SPECT 注射等候区候检，观察等待时间约 30min，进入 SPECT 机房显像诊断。锝-99 单个病人最大用量 25mCi，日最大病人量 80 人。诊断结束后病人留观一定时间后可直接离开。

显像诊断操作流程见图 2-2。

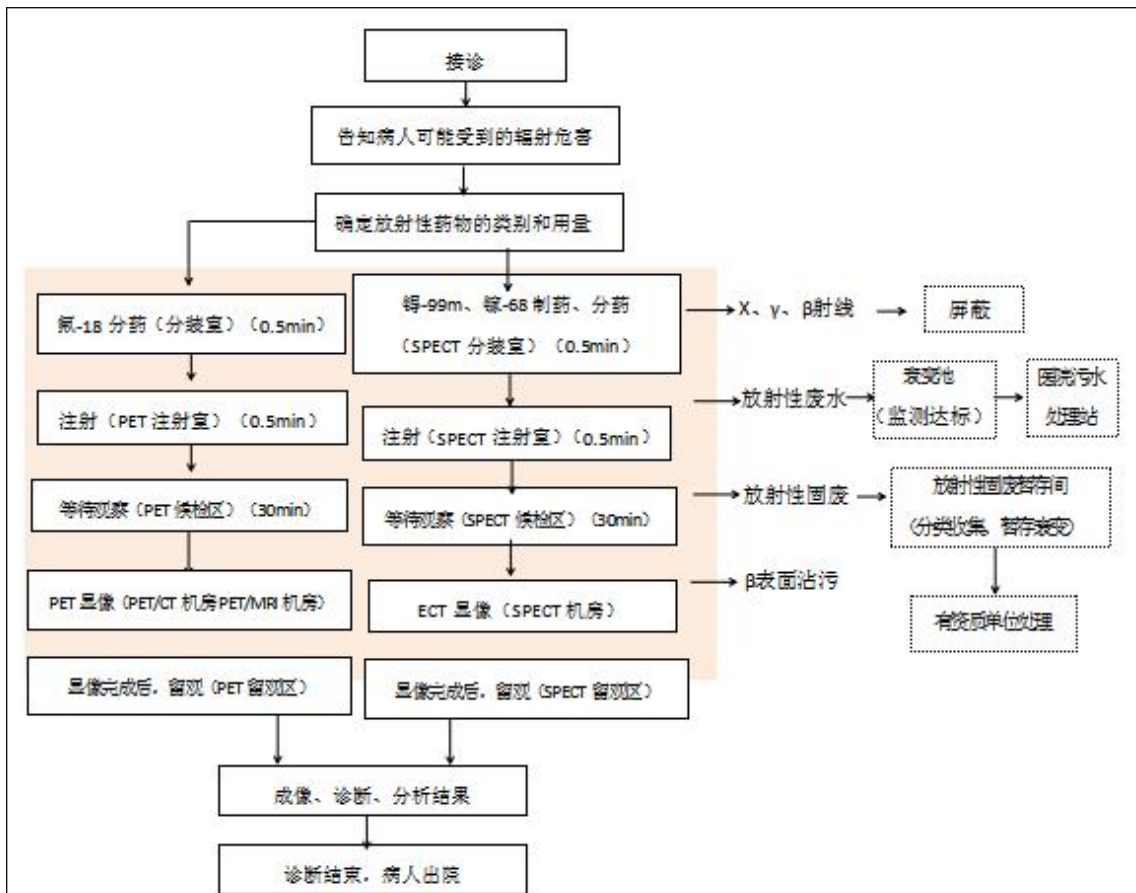


图 2-2 显像诊断工作流程图

## 2、<sup>131</sup>I 甲吸、肾图、甲亢治疗（核医学科门诊区）

### (1) 工作原理

甲状腺吸 <sup>131</sup>I 功能试验是了解甲状腺碘代谢的常用方法。甲状腺具有摄取和浓聚碘的能力，碘参与甲状腺激素合成、分泌的全过程。在空腹条件下，口服放射性 <sup>131</sup>I 后，经胃肠吸收并随血流进入甲状腺，并迅速被甲状腺滤泡上皮细胞摄取，其摄取的量与速度与甲状腺的功能密切相关。因此，利用甲状腺功能测定仪获得不同时间的甲状腺摄碘率，以此来评价甲状腺的功能状态。

甲状腺具有高度选择性摄取 <sup>131</sup>I 的能力，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多，可高达血浆的几百倍，且在甲状腺内停留的时间较长，有效半衰期可达 3.5~5.5 天。在患者服用 <sup>131</sup>I 后，90% 以上的 <sup>131</sup>I 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 <sup>131</sup>I 随代谢排出体外。<sup>131</sup>I 衰变为 <sup>131</sup>I Xe 时放射出 95% 的 β 射线，该射线能量低，在甲状腺内的平均射程仅有 0.5mm，一般不会造成甲状腺周围组织例如甲状旁腺、喉返神经等的辐射损伤。因此，<sup>131</sup>I 治疗可使部分甲状腺组织受到 β 射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发炎症、萎缩、直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分

泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。

## (2) 工作流程、产污环节及污染因子

医院根据与病人预约情况提前向药物供货商订购放射性同位素  $^{131}\text{I}$ ，由药物供货商负责药物运输至核医学科门诊区存储室，医生通知患者进入甲亢给药室，按配送的药物直接给每个病人口服。

本项目购买现成的碘[ $^{131}\text{I}$ ]化钠溶液，在甲亢给药室（ $^{131}\text{I}$  甲亢、甲吸、肾图病人，核医学科门诊区）通过自动分装仪直接分药后供患者口服，甲亢病人每天最多 5 例，单个碘-131 甲亢病人最大服药量为  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi）；甲吸病人每天最多 10 例，单个碘-131 甲吸病人最大服药量为  $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ （0.01mCi）；肾图病人每天最多 10 例，单个碘-131 肾图病人最大服药量为  $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ （0.01mCi）。 $^{131}\text{I}$ （甲亢、甲吸、肾图）病人在甲亢治疗给药室服药后，甲吸、肾图病人分别在甲吸室、肾图室完成检查，甲亢病人用药后进行一定时间的观察，如无异常情况，可以离开医院。 $^{131}\text{I}$ （甲亢、甲吸、肾图）病人都从受检者通道西侧的出口离开。

治疗流程及产污环节见图 2-3、图 2-4。

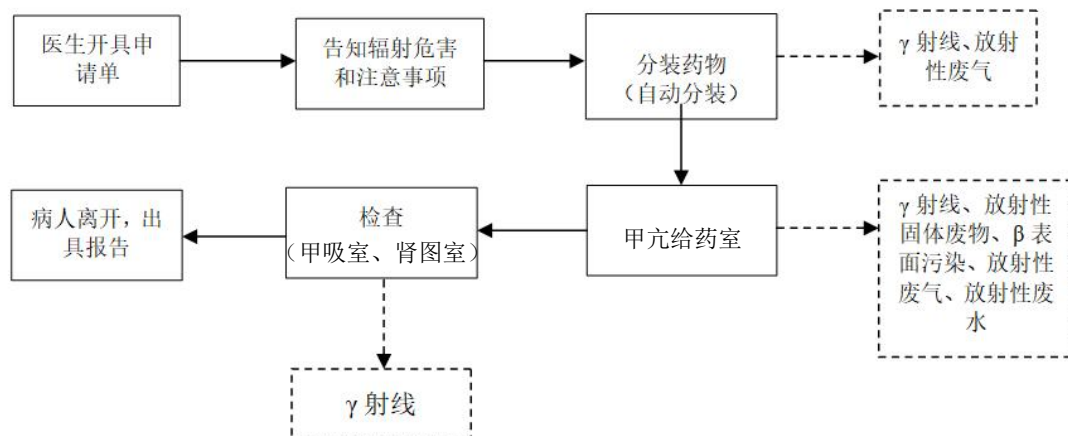


图 2-3  $^{131}\text{I}$  甲吸、肾图工作流程及产污环节分析示意图

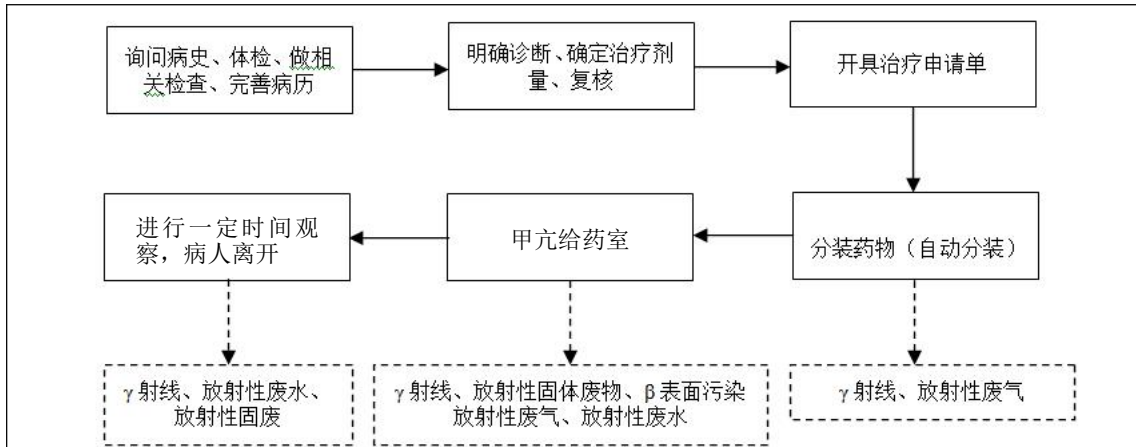


图 2-4  $^{131}\text{I}$  甲亢工作流程及产污环节分析示意图

### 3、镱-89、镥-177 肿瘤转移治疗（核医学科门诊区）

#### (1) 工作原理

镱-89、镥-177 放射性药物主要用于缓解前列腺癌、乳腺癌、肺癌、鼻咽癌、神经内分泌肿瘤等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，非密封放射性物质衰变过程中发射 $\beta$ 射线，辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润；进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而治疗骨肿瘤。

#### (2) 操作流程

医院根据与病人预约情况提前向药物供货商订  $^{89}\text{Sr}$  注射液、 $^{177}\text{Lu}$  注射液，由药物供货商负责药物运输至门诊区存储室内，患者先在护士站登记并提前如厕，然后医生通知患者进入分装注射室 2，按配送的药物直接给每个病人注射，不用稀释分装。注射药物时，工作人员从铅罐内吸取药物进行注射。

医院预计使用  $^{89}\text{Sr}$  病例每天最多 1 例，预计每名患者所使用  $^{89}\text{Sr}$  的活度不超过  $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$  (4mCi)，预计使用  $^{177}\text{Lu}$  病例每天最多 1 例，预计每名患者所使用  $^{177}\text{Lu}$  的活度不超过  $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$  (20mCi)，患者用药后进行一定时间的观察，如无异常情况，患者随即就可以离开医院。肿瘤转移治疗流程见图 2-5。

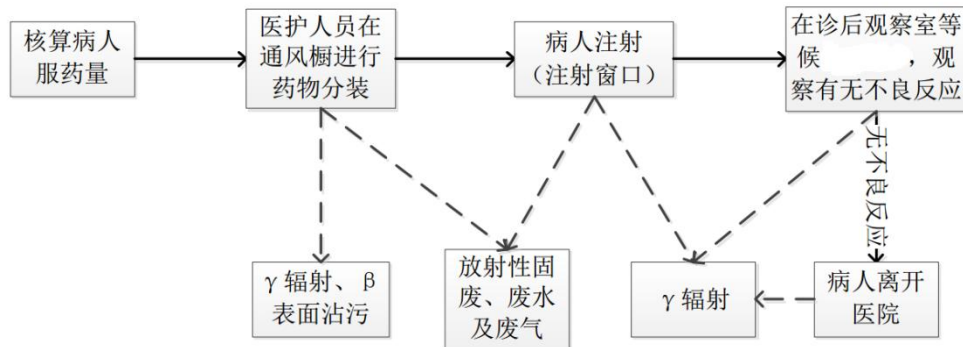


图 2-5 骨癌转移治疗流程图

#### 4、碘-131 甲癌治疗（核医学科住院区）

##### （1）工作原理

放射性核素  $^{131}\text{I}$  可以高度选择性聚集在分化型甲状腺癌及转移灶， $^{131}\text{I}$  衰变时发射出的射程很短的 $\beta$ 射线和能量跃迁时发出的 $\gamma$ 射线，从而对病变组织进行内照射治疗，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，而邻近的正常组织的吸收剂量很低，从而达到治疗目的。

##### （2）操作流程

本项目购买现成的碘 $^{131}\text{I}$ 化钠溶液，碘-131 甲癌病人在服碘室（核医学科住院区）通过自动分装仪直接分药后供患者口服，甲癌病人每天最多 7 例，单个碘-131 甲癌病人最大服药量为 150mCi， $^{131}\text{I}$  甲癌病人服药后进入病房住院。核医学科住院区有 11 个甲癌病房（22 个床位）、1 个 VIP 病房（1 个床位），住院区可容纳 23 名甲癌病人同时住院。根据国内医院实践运行经验，甲癌病人住院 7 天后均可达到出院标准（放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25 uSv/h 方可出院）。

治疗程序有接诊、告知辐射危害、确定治疗方法、确定所用核素用量、分药、服药、检查及出具结果等。甲癌及甲亢、甲吸、肾图治疗流程见图 2-6。

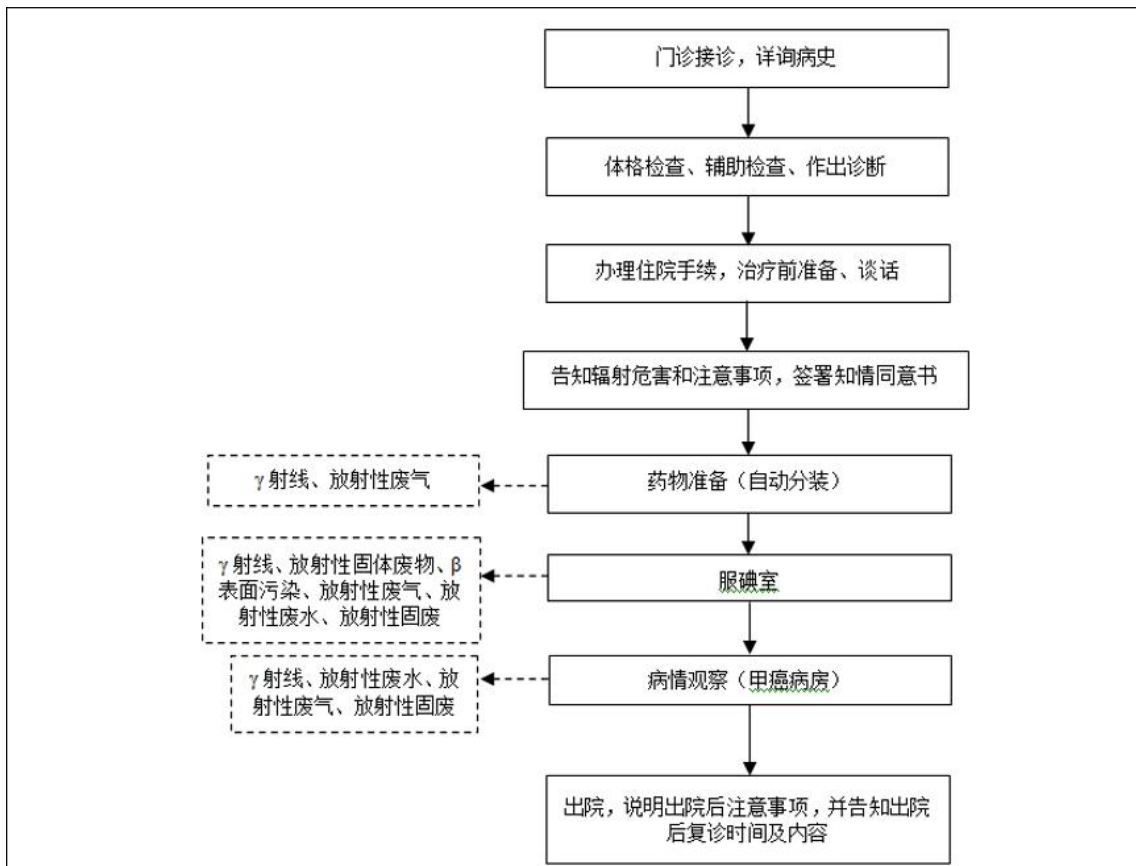


图 2-6  $^{131}\text{I}$  甲癌治疗项目工作流程及产污环节分析示意图

## 5、核医学科人流、物流路径

核医学科放射性物品在院内的通行运输路径：由西侧大门进入院区后经地面通道从核医学科门诊区西侧通道门送至门诊区存储室；由西侧大门进入院区后经地面通道从核医学科住院区病患出口通道送至住院区服碘室。

放射性物品院内运输路径示意图见附图 8。

### （1）核医学科住院区

根据现场调查，本次验收的核医学科住院区人流、物流路径与环评一致。

①医生路径：工作人员从东侧的工作人员通道入口进入，可到达办公区等场所。药物操作的工作人员经更衣室后到达服碘室及控制室等，待完成工作后原路返回。

②患者路径：受检者在东侧护士站预约后经病患通道进入核医学科住院区，可进入服碘室接受药物后分别进入核医学科病房和 VIP 病房中住院观察，待住院期满后经西侧病患通道出口离开。甲癌病人的餐饮由医护人员送至甲癌病房区门口。

③物品运输路径：外购药物在每天或每周工作开始前通过废物暂存间运送至库房储存或直接送至服碘室装源，药品以最短距离进入存储室，从而有效限制了非密封源工作场所表面污染的范围。从布局来说，药物通道设置合理。

④放射性物品路径：放射性固体废物在废物暂存间内存放一定时间后，由工作人员在结束检查工作后运出。医院拟制定放射性物品运输管理制度，约束放射性药物/物品的运输时间和操作方式等。本项目放射性废物存储室（即废物暂存间）设置在核医学科住院区北侧，放射性废物从北侧专用出口运出核医学科，降低了对医生及公众照射的可能性，设置合理。

核医学科住院区人流、物流路径示意图见附图 9。

#### **核医学科住院区人流、物流路径与环评一致。**

本次核医学科住院区工作场所相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间单向开展，最大限度的减少了人员的流动性，有助于实施工作程序；医护人员与病患各自独立的通道，核医学科住院区乙级非密封放射性物质工作场所布局同样满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求。

#### **（2）核医学科门诊区**

#### **根据现场调查，本次验收的核医学科门诊区人流、物流路径与环评一致。**

①医生路径：医生从东侧医护人员出入口进入，由医生走道分别进入分装室、注射室、操作室，操作完成后沿原路返回。

②患者路径：核医学科门诊区病患在核医学科东侧接诊台由医生进行病情诊断，初步检查确定病症后，需要注射  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$  的病人由北侧门进入，经过患者通道进入核医学检查区域，在走廊上进行药物注射，注射完药物后进入相应注射后休息室候诊（PET/CT 的受检者进入 1、2 休息室候诊，PET/MR 的受检者进入 3、4 休息室候诊，且均为单人候诊室），接到检查通知后，通过走廊到 PET/MRI 机房或者 PET/CT 机房进行检查，待检查完成后，受检者回到 1、2 留观室留观，等候工作人员通知是否开展延迟显像，最后由患者专用出口直接离开核医学区域，控制区患者出入口均拟设置单向电子门禁装置，受检者出口外为院内车道，避免了人流密集区域。

$^{131}\text{I}$ （甲亢、甲吸、肾图）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  病人由核医学科接诊台中部



门进入， $^{131}\text{I}$ （甲亢、甲吸、肾图）病人在甲亢治疗给药室服药后，分别在甲吸室、肾图室完成检查，从受检者通道西侧的出口离开。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 病人在分装注射室内接受药物注射后，注射 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 病人在肺通气室和心肌显像室进行相关诊疗的准备活动，注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 病人在注射后等候区等待 SPECT/CT 检查，叫号分别在 SPECT/CT 机房 1 和 SPECT/CT 机房 2 接受检查，然后在 SPECT 观察等候区留观并最终通过受检者通道东侧出口离开。

③药物通道：外购药物在每天或每周的核医学工作开始前通过受检者通道西侧出口运送至存储室；固体废物在放射性杂物间内存放一定时间后，由工作人员在结束检查工作后从受检者通道出口运出。医院已制定放射性物品运输管理制度，约束放射性药物/物品的运输时间和操作方式等。

放射性核素 $^{18}\text{F}$ 由厂家运送人员通过北侧门进入，将放射性药物运送 PET 显像检查区域，再由受检者走廊将药物运送至分装室内，工作人员核对药品清单后，将放射性药物储存在分装室的分装柜内，整个过程计划在早晨、下午开诊前进行。

④放射性杂物间：核医学科门诊区在北侧和南侧分别设置了 1 个放射性杂物间，放射性废物均从东侧出口运出核医学科，该区域流动人员少，降低了对医生及公众照射的可能性，设置合理。

核医学科门诊区人流、物流路径示意图见附图 10。

**核医学科门诊区人流、物流路径与环评一致。**

本次核医学科门诊区工作场所相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间单向开展，最大限度的减少了人员的流动性，有助于实施工作程序；医护人员与病患有各自独立的通道，核医学科门诊区乙级非密封放射性物质工作场所布局同样满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求。



药物通道



患者通道

医生通道

核医学科住院区人流、物流路径



患者通道



医生通道

图 2-7 核医学科门诊区人流、物流路径



患者导向标识图

图 2-8 人流物流现场照片

**工作人员及工作制度：**

(1) 人员配置：环评时核医学科拟配备辐射工作人员 44 名。本项目已配备 11 名辐射工作人员。由于核医学科处于初步运营状态，现有配置的人员数量已经满足实际工作需要。后期根据工作需要，增加核医学科辐射工作人员。如运营后因业务量增加需新增辐射工作人员时，应根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）的要求，新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并报名参加考核，考核合格并取得辐射安全培训合格证书后方可从事辐射活动。

(2) 工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每天工作 8 小时，实行白班单班制。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

一、项目工作场所的布局和分区管理

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目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。

控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

2、控制区与监督区的划分

根据现场调查，本项目控制区和监督区划分情况见表 3-1，核医学科住院区两区划分图见附图 11。

表 3-1 本项目工作区域划分一览表

工作场所	环评情况		验收情况	
	控制区	监督区	控制区	监督区
核医学科门诊区	甲吸室、敷贴治疗室、注射分装室 1、注射分装室 2、心肌显像室、肺通气室、甲亢治疗室及控制室、病患走廊、注射后等待区、观察等待区、缓冲区、存储室、男卫、女卫、无性别沐浴室、医护更衣室、休息室 1~4、留观室 1~2、PET/CT 机房、PET/MRI 检查室、SPECT/CT1 机房、放射性杂物间、清洁间	医生工作通道、医生办公室、报告室、男更衣室、抢救室、主任办公、会议示教、医护男女卫浴、设备间、技术办公室、PET/CT、PET/MRI 报告室、PET/CT 机房操作间、PET/MRI 检查室操作间、SPECT/CT1 机房操作间；	与环评一致	与环评一致
核医学科住院区	核医学科病房、VIP 病房、服碘室、放射性杂物间	控制室、更衣室、医生办公室、主任办公室、库房、杂物库、被服库、医生工作通道、谈话间、会议示教、库房、医护男女		

		淋浴室、值班室、治疗室、护士站、卫生间		
--	--	---------------------	--	--

**验收情况：本项目控制区和监督区划分与环评一致。**

非密封放射性物质工作场所入口、监督区与控制区地面（墙面）均张贴有符合标准要求的警告标示，符合环评要求。

## 二、屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

本项目非密封放射性物质工作场所运行过程可产生的电离辐射包括： $\beta$ 、 $\gamma$ 射线。

### （1）建筑物屏蔽设计

环评情况：本项目辐射工作场所的设计由相应资质的单位进行设计，房间的四周及屋顶均修建相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽，屏蔽状况见表 3-2。

**实际情况：**非密封放射性物质工作场所区域屏蔽体厚度核医学门诊区敷贴治疗室（环评时门为2mmPb当量铅门，验收时西侧普通门、东侧防护2mmPb当量铅门）、分装注射室2（环评时北侧墙体为33cm页岩实心砖，验收时北侧墙体为24cm页岩实心砖）、存储室（环评时门为2mmPb当量铅门，验收时门为3mmPb当量铅门）屏蔽体厚度有微调。

核医学住院区放射性废物暂存间使用 11mmPb 当量铅木复合板及轻钢龙骨隔出淋浴间，原服碘室中间增加 17cm 混凝土隔墙，分隔出服碘室与分装高活室。其余场所屏蔽防护与环评一致。

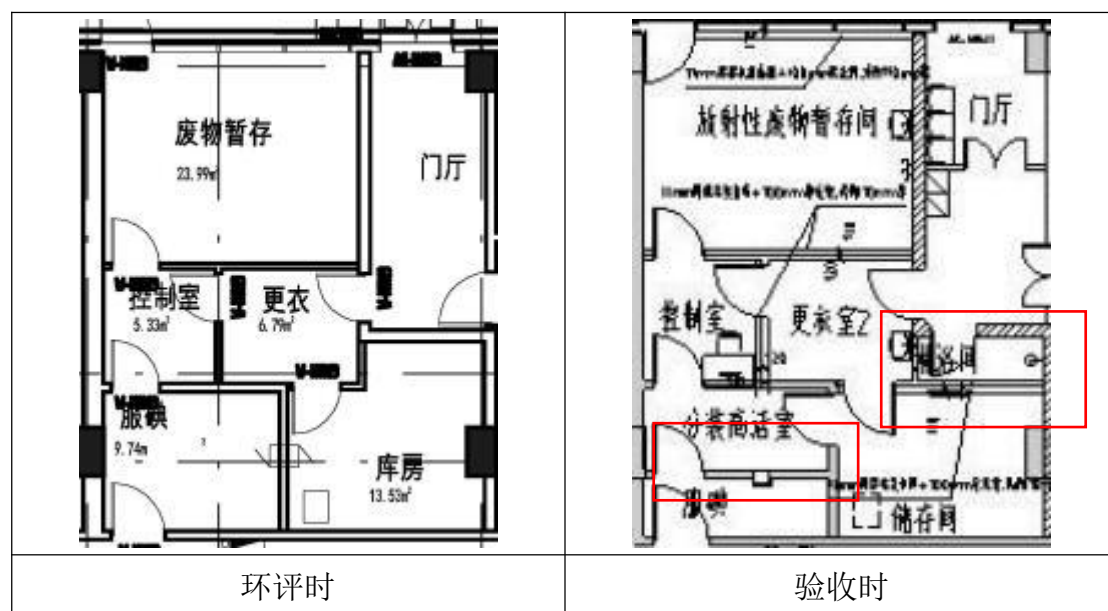


图3-1 核医学住院区平面布局变化部分示意图

虽然核医学门诊区敷贴治疗室、分装注射室 2、存储室铅门、住院区放射性废物暂存间屏蔽体厚度有微调，但经监测报告结果表明，各工作场所的剂量当量率均满足距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值。

### (2) 放射性药品储存过程的防护措施

**环评情况：**①本项目外购的锗镓发生器规格为 2.5Ci，锗镓发生器货包进厂前按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定货包的要求进行包装，货包表面任意一点的最高辐射水平为  $0.005\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ 。订购的钼锗镓发生器由生产厂家先运至核医学科门诊区存储室内，为保证锗镓发生器的安全储存，该存储室内设置 5mm 铅当量的双人双锁储源铅柜，每天分装结束后由工作人员转运至该存储室中暂存，并建立放射性药物使用台账。

②本项目氟-18、锶-89、碘-131、镭-177 放射药物外购时其自身带有屏蔽层，

且转入医院前表面辐射剂量率水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019），货包表面任意一点的最高辐射水平为 $0.005\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ ，转入医院后氟-18、锶-89、碘-131、镓-177放射性药物先运至核医学科门诊区存储室内，由医护人员转入注射分装室1、2的手套箱进行分装操作，对于未使用完的放射性药物转入存储室的双人双锁保险柜中，存储室设置有红外监控摄像头，固定式剂量报警仪及红外报警装置，防止放射性物品被盗或破坏，并建立放射性药物使用台账。

**实际情况：与环评一致。**

（3）操作过程的防护措施

**环评情况：**

①注射室放射性药品 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ （甲亢）、 $^{131}\text{I}$ （甲吸）、 $^{131}\text{I}$ （肾图）的操作防护

$^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 的分装操作均在核医学门诊区注射分装室1的手套箱内完成，该手套箱设置有50mm铅当量防护层，操作窗为50mm铅当量铅玻璃，分装后的 $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 药物装于外套10mm铅当量铅套的注射器内，注射器装于5mm铅盒中转运至注射台，注射时医生和病人间设置有50mm铅当量的铅玻璃注射窗。操作过程中产生的放射性废物采用30mm铅当量铅桶收集屏蔽，待铅桶收集满了，由清洁工把口袋提到放射性杂物间，分核素类别放入放射性杂物间内30mm铅当量的放射性固废暂存容器。操作过程医生穿着有铅衣、铅帽、铅围领、铅手套、铅眼镜等，其防护铅当量为0.5mm。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 的分装操作均在核医学门诊区注射分装室2的手套箱内完成，该手套箱设置有5mm铅当量防护层，操作窗为5mm铅当量铅玻璃，分装后的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 药物装于外套5mm铅当量铅套的注射器内，注射器装于5mm铅盒中转运至注射台，注射时医生和病人间设置有2mm铅当量的铅玻璃注射窗。操作过程中产生的放射性废物采用2mm铅当量铅桶收集屏蔽，待铅桶收集满了，由清洁工把口袋提到放射性杂物间，分核素类别放入放射性杂物间内2mm铅当量的放射性固废暂存容器。操作过程医生穿着有铅衣、铅帽、铅围领、铅手套、铅眼镜等，其防护铅当量为0.5mm。

$^{131}\text{I}$ （甲亢、甲吸、肾图）分药后由病人自行在甲亢给药室内取药服用，医

生通过观察窗和广播语音与病人交流，观察窗为 20mm 铅玻璃。口服给药室内和控制室内各设置 1 个放射性废物收集桶（10mm 铅当量），用于收集服药病人废弃的纸杯等。

**实际情况：与环评一致。**

**具体见表 3-3，现场照片见图 3-2。**

表 3-3 核医学科门诊区辐射屏蔽设施

名称	数量	铅当量	环评情况	验收情况
废物桶	2	10mmPb	甲亢治疗给药及其控制室，各 1 个	与环评一致
废物桶	2	2mmPb	分装注射室 2	与环评一致
废物储存箱	2	5mmPb	放射性杂物间	与环评一致
废物储存箱	2	2mmPb	放射性杂物间	与环评一致
通风分药橱	1	5mmPb	分装注射室 2	与环评一致
注射台	1	5mmPb	分装注射室 2	与环评一致
通风分药橱	1	20mmPb	甲亢治疗给药及其控制室	与环评一致
给药台	1	20mmPb	甲亢治疗给药及其控制室	与环评一致
注射器防护套	2	3ml,1 个,2mmPb 5ml,1 个,2mmPb	分装注射室 2	与环评一致
防护铅屏风	至少 10 个	1mmPb	注射后等候区和观察等候区	与环评一致
一体化注射装置	1	50mmpb	分装注射室 1	与环评一致
钨合金防护罐	1	50mmpb	分装注射室 1	与环评一致
送药防护铅罐	2	40mmPb	30ml、10ml 产物瓶的转运罐各 1 个	与环评一致
放射性固废收集桶	6	10mmPb	/	与环评一致
扫描床前铅屏风	1	10mm 铅当量	PET/CT 机房	与环评一致
注射器防护套	4	10mm 铅当量 (3ml、2ml 注射器各 2 个)	分装注射室 1	与环评一致
铅服、铅帽、	14	0.5mm	/	与环评一致



铅眼镜、铅围 脖、铅围巾				
-----------------	--	--	--	--

②放射性药物  $^{131}\text{I}$ （甲癌）的操作防护

**环评情况：**本项目在核医学科住院区服碘室内设置全自动核素分药仪进行碘-131的分装操作。分药操作前医生先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼睛、铅手套、口罩、工作帽等，然后从存储室取出碘-131装入全自动核素分药仪，该仪器自带内部屏蔽系统（具有20mm铅当量），医生只需在输入厂家标定的碘-131放射性药物活度、标定时间等参数，设定稀释蒸馏水的体积，系统会自动完成定量分配、在线活度测量和体积配比等全部工作。最后医生在计算机上输入病人姓名，服用药物的量等参数，系统会自动按照输入的药量给病人分装药物，减少了医生分装过程直接接触时间，在整个分装和取药过程设置了严密的监控系统和报警系统，以防止误入或误操作导致药品撒漏和丢失。分药后由病人自行在服碘室内取药服用，服碘室内设置2个放射性废物收集桶（2mm铅当量），用于收集服药病人废弃的纸杯等。住院区病人服药后进入住院病房。

**实际情况：**与环评一致。

具体见表3-4。

表3-4 核医学科住院区辐射屏蔽设施

名称	数量	铅当量	环评情况	验收情况
自动核素分药仪	1	20mmPb	服碘室	与环评一致
放射性废物收集桶	2	2mmPb	服碘室	与环评一致
放射性废物收集桶	12	2mmPb	12个病房（含VIP病房）每间房1个	与环评一致
废物储存箱	2	1mmPb	废物暂存间	与环评一致
防护铅屏风	11个	15mmPb	11个2人间病房，每间房1个	与环评一致

③对服药和注射后病人防护措施

**环评情况：**

A、对核医学科住院区  $^{131}\text{I}$  甲癌病人的防护和管理措施

本项目单个甲癌病人碘-131服药量为5550MBq（150mCi）>400MBq，因

此甲癌服药病人需住院观察。核医学科设置有门禁系统，陪护人员及其他公众无法进入。针对甲癌病人住院期间有探视者进入病房的情况，需经管理人员同意并登记，探视前需提前告知辐射可能带来的危害性，探视期间严格控制探视时间（不大于 15min）及与病人之间的距离，并采取必要的辐射屏蔽措施，如穿着铅服或设置隔离铅屏风等。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求，严格实施低于 400MBq 的出院活度限值。核医学科住院区病房内应安装视频监控和对讲系统，医护人员根据视频监控和对讲系统观察各病房内患者情况，个别患者有异常情况再单独对该患者进行进一步观察。

#### B、对核医学科门诊区病人的防护和管理措施

本项目单个甲亢治疗病人碘-131 服药量为 185MBq（5mCi）、单个甲吸治疗病人碘-131 服药量为 3.7MBq（0.01mCi）、单个肾图治疗病人碘-131 服药量为 3.7MBq（0.01mCi）均<400MBq（碘-131 最低出院活度限值，出自《临床核医学放射卫生防护标准 GBZ120-2006》），因此甲亢、甲吸、肾图服药病人不需住院，服药短暂观察后可直接出院。

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，注射及服药病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员应在核医学科大厅等候区等候，并尽量远离核医学科非密封放射性物质工作场所，同时需要求病人在注射、服药后观察期内禁止随意走动，观察期间的呕吐物和排泄物要排入专用卫生间，最终排入衰变池。

#### 实际情况：与环评一致。

##### （4）辐射安全措施

根据现场调查，本次验收的辐射安全措施与环评一致，具体设置情况如下：

##### ①核医学科门诊区的辐射安全措施

##### A.电离辐射警告标志

医院在核医学科门诊区工作场所控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在 PET/CT 机房、SPECT/CT1 机房受检者防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

##### B.紧急止动装置

在控制台上、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况,工作人员按动紧急止动按钮即可令 PET/CT 和 SPECT/CT 停止运行。

#### C.操作警示装置

PET/CT 和 SPECT/CT 扫描时,操纵台上的指示灯变亮,警示装置发出警示声音。

#### D.视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统,便于观察受检者的情况、核素诊断与治疗工作场所进出/口情况;PET/CT 机房和控制室之间,SPECT/CT 机房和控制室之间拟安装对讲装置,便于工作人员通过对讲装置于机房内受检者联系。

#### E.门禁系统

在核素诊断与治疗工作场所受检者各出入口处设置专用门禁系统,对受检者的出入进行控制。

#### F.注射后候诊室与留观室等设置患者专用厕所,废水流向衰变池内。

#### G.对控制区内带药病人的监督管理

医院应做好本项目控制区的监督管理工作,防止无关人员入内;加强对控制区内病人的监督管理,避免其给药后随意走动;同时应告知检查完成后病人离开路线,防止其对公众造成不必要照射。

#### H.“两区”内安全防护措施规定

工作人员离开工作室前洗手和作表面污染监测,如其污染水平超过规定限值,采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测,以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

#### I.存储室红外报警系统

门诊区存储室拟设置双人双锁的保险柜,门诊区使用的放射性药物放置于铅罐中由供应单位派专人直接送至存储室暂存,未用完的放射性药物放置在存储室双人双锁的保险柜内,日常期间由值班人员巡视检查,存储室出入口安装摄像头、红外报警系统。

### ②核医学科住院区的辐射安全措施

#### A.医院 $^{131}\text{I}$ 采用碘自动分装仪,置于服碘室内。

B.医院对  $^{131}\text{I}$  的自动分装、给药、服药、病人走入病房等全程采取监控措施。

C.甲癌病房均设置患者专用厕所，废水直接流向衰变池。病房涉及的洗手台/盆均拟采用感应式水龙头，设置病人专用厕所，厕所内均拟设置节水坐便器和淋浴装置。

D.甲癌治疗工作场所出入口、铅废物桶表面拟设置符合 GB18871-2002 规范的电离辐射警告标志。

E.甲癌病房、走廊的监视器设置于护士站内，医护人员全程见识控制区内情况。

F.住院区设置动力排风装置，并保持良好的通风。

G.医院在住院区控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。

H.住院区的库房拟设置双人双锁的保险柜，住院区所使用的放射性药物放置于铅罐中由供应单位派专人直接送至库房内暂存，未用完的放射性药物放置在库房双人双锁的保险柜内，日常期间由值班人员巡视检查，库房出入口安装摄像头、红外报警系统。

I.医院应做好住院区控制区的监督管理工作，防止无关人员入内；加强对控制区内病人的监督管理，避免其给药后随意走动；同时应告知病人离开路线，防止其对公众造成不必要照射。

J.工作人员离开工作室前洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

#### (5) 本项目核医学科门诊区存储室、住院区库房的安全措施

**环评情况：**本项目使用的放射性同位素均由有资质单位供应，由厂商经室外通道进入核医学科门诊区存储室、住院区库房，并贮存于室内的双人双锁保险柜中，本项目门诊区存储室、住院区库房外均设置有红外监控摄像头及红外报警装置，防止放射性物品被盗或破坏。

**实际情况：**门诊区存储室、住院区库房墙体满足防护要求，采取了防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全措施。

#### (6) 对病人进行外科手术和尸体处理措施

**环评情况：**

如经过放射性核素治疗的病人需进行外科手术需遵循如下原则：

①应尽可能推迟到患者体内放射性活度降低到可接受水平不需要放射防护时再作手术处理；

②进行手术的外科医生及护理人员应佩戴个人剂量计；

③对手术后的手术间应进行放射防护监测和去污，对敷料、覆盖物等其他物件也应进行放射防护监测，无法去污时应作放射性废物处理。

本项目核医学科，对治疗过程出现意外死亡病人的处理不得超过《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）相关要求。

①尸检应尽可能推迟到尸体体内放射性活度降低到无需特殊防护措施时进行；

②进行尸检的医师及相关人员应穿戴防护用品并佩戴个人剂量计；

③对尸检后的房间应进行放射防护监测和去污，对覆盖物等其他物件也应进行放射防护监测，无法去污或没必要去污时作放射性废物处理。

**实际情况：与环评一致。**

**（7）表面沾污防治措施**

**环评情况：**

为保证非密封放射性物质工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，提出以下管理措施和要求：

①针对放射性核素的分装操作（特别是挥发的药物）采用负压隔离的方法进行防护，即本项目设置手套箱把放射性核素局限在某一空间内操作，操作过程手套箱内风速不小于 0.5m/s，并保持手套箱内负压，防止放射性核素逸散到实验室内。

②非密封放射性物质工作场所地面采用环氧树脂自流平地面，墙面与地面交接作圆角处理，地面全部敷设易去污并可以拆除更换的材料，其边缘应高出地面 15~25cm，且地面光滑，并具有易去污和防渗能力（渗透系数 $\leq 10^{-10}$ cm/s）。

③对于放射性核素的分装过程中在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。保持工作台面清洁，定期对工作台面采用湿法擦拭清洁，防止放射性核素沉降经伤口或

皮肤渗透转移至体内，且严禁工作人员在开放性工作场所内进食、饮水和吸烟。

④每天操作结束后，对场所内易接触的部位进行表面沾污监测，若出现超标情况，应即时按制定的去污操作规程开展去污操作，去污废水和擦拭纸等均需按放射性废物管理。

⑤辐射工作人员在进行实验前应做好个人防护用品的佩戴，包括：防护工作服、帽子、鞋子、手套、袖套、围裙、口罩、防护眼镜、个人剂量计、个人剂量报警仪等，在完成实验后按指定人员通道离开，同时缓冲区设置表面沾污监测仪，并经过“洁衣剂量检查（监测不合格需经过“去污”过程）→脱洁衣→穿家常服→穿家常鞋→出口”的流程。

⑥所有辐射工作人员上岗前应经过专业培训，并熟悉自己岗位的操作流程，并具备相应的技能与防护知识，管理人员需定期进行检查，严禁人员违规操作。

⑦用药病人在入院前及出院前，医生需提前告知病人及家属辐射可能带来的危害性，就诊病人在用药后均实行病人与陪护人员及其他公众的隔离管控，用药病人候诊和留观期间禁止病人随意流动，尽量控制因吐痰或随意丢弃垃圾等行为造成表面污染范围，并使用病人专用厕所进行大小便，在留观结束后须按指定线路离开核医学中心。

**实际情况：与环评一致。**

#### （8）工作场所的气流组织

**环评情况：**射线装置运行过程中，X射线与空气作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，机房设置有动力排风装置，并保持良好的通风。本项目使用的放射性核素在带有通风装置的手套箱或自动分装仪内进行分装，会产生少量含放射核素的气溶胶。

**实际情况：与环评一致。**本项目核医学科门诊区和住院区2个工作场所均设置有新风系统及排风系统，并保证了2个工作场所均为负压工作场所。

#### （9）人员防护措施

**环评情况：**

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

##### ①辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防

护、时间防护和距离防护。

屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套和注射器防护提盒。

时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少工作时间，使照射时间最小化。

距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

### ②其他人员防护

屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。

时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

距离防护：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

**实际情况：与环评一致。**

### (10) 辐射防护安全装置/设备

为防止发生辐射事故，根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）中对医用II射线装置和乙级非密封放射性物质工作场所辐射防护安全装置的要求，建设单位采取的其他辐射防护安全装置具体情况见表 3-5。

表 3-5 辐射安全装置配置要求汇总对照分析表

非密封放射性物质工作场所				
序号	项目	环评中规定的措施	验收时采取的措施	是否与环评一致
1	场所设施	场所分区布局合理及有相应措施标识	已配置	一致
2		场所门外电离辐射警示标志	已配置	一致
3		独立的通风设施及流向	已配置	一致
4		有负压和过滤的工作箱/通风柜	已配置	一致
5		治疗病房病人之间防护	已配置	一致
6		注射或口服药用屏蔽	已配置	一致
7		易去污的工作台和防污染覆盖	已配置	一致

		材料		
8		移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂的套	已配置	一致
9		病人专用卫生间	已配置	一致
10		放射性同位素暂存或设施	已配置	一致
11		放射性固体废物收集容器和放射性标识	已配置	一致
12	监测设备	便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）	已配置	一致
13		个人剂量计	已配置	一致
14		个人剂量报警仪	已配置	一致
15		放射性活度计	已配置	一致
16	放射性废物和废液	放射性下水系统及标识	已配置	一致
17		放射性固体废物暂存间	已配置	一致
18		废物暂存间屏蔽措施	已配置	一致
19		废物暂存间通风系统	已配置	一致
20	防护器材	个人防护用品	已配置	一致
21		放射性表面去污用品和试剂	已配置	一致
22		灭火器材	已配置	一致

经本次验收调查，现有配置的防护用品和治理措施已满足实际工作需要，满足生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函[2016]1400号）中辐射防护安全装置的要求。

### 三、放射性三废处理设施的建设和处理能力

#### 1、废气

**环评情况：**本项目核医学科放射性废气来源于核医学科门诊区和核医学科住院区放射性药品操作过程产生的放射性气溶胶。本项目核医学科门诊区和核医学科住院区的通排风系统各自独立不交叉。且通排风系统采用独立设计，不与其他非辐射工作区域通排风系统交叉。

**新风：**核医学科设计有新风送风系统，并通穿墙管道对核医学科运送新风。核医学科住院区新风气流走向示意图见附图 18；核医学科门诊区新风气流走向示意图见附图 19。

**排风：**核医学科住院区设置有 2 套放射性废气排风管道系统，第 1 套排风管道连接服碘室、废物暂存间；第 2 套排风管道连接至甲癌病房、甲癌 VIP 病房。核医学科住院区放射性排风管道系统汇集到核医学科住院区东北侧排风管道排



至住院大楼主楼屋顶，排气筒高出屋面。

核医学科门诊区设置有 4 套放射性废气排风管道系统，其中第 1 套排风系统连接注射分装室 1、2 及甲亢给药室的分装柜手套箱；第 2 套排风系统连接 PET/CT 机房、PET/MR 机房、SPECT/CT 机房 1、SPECT/CT 机房 2、注射分装室 1、2，甲亢控制室、放射性杂物间 1、2，SPECT/CT 等候区，PET/CT 等候区，注射后休息室 1~4，留观室 1~2；第 3 套排风系统连接甲吸室、敷贴治疗室、肾图室；第 4 套排风系统连接至心肌显像、肺通气室、甲亢治疗给药室。

核医学科门诊区放射性废气排风管道系统汇集到核医学科门诊区西南侧排风管道排至住院大楼主楼屋顶，排气筒高出屋面。

该项目核医学风向基本由低活度区流向至高活度区，且各排风管道设置止回阀，拟设置排风系统和放射防护措施基本符合要求。通排风管道不对非核医学科开放接口。根据《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 的要求，合成和操作放射性药物所用的手套箱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。

详见表 3-6。

表 3-6 核医学中心放射性废气处理措施表

序号	场所		排风量(m <sup>3</sup> /h)	新风量(m <sup>3</sup> /h)	废气处理设施	排放方式及去向
1	核医学科住院区	1	1944 风速>0.5m/s	290	活性炭+独立排风管道+高效过滤器，过滤效率大于 99%	汇集到核医学科住院区东北侧排风管道接至住院大楼主楼屋顶，排气筒高出屋面
		2	2857	3240	活性炭+独立排风管道+高效过滤器，过滤效率大于 99%	
2	核医学科门诊区	1	1944 分装柜手套箱风速>0.5m/s	270	活性炭+独立排风管道+高效过滤器，过滤效率大于 99%	排至住院大楼主楼屋顶，排气筒高出屋

						面
	2	PET/CT 机房、PET/MR 机房、SPECT/CT 机房 1、SPECT/CT 机房 2、注射分装室 1、2, 甲亢控制室、放射性杂物间 1、2, SPECT/CT 等候区, PET/CT 等候区, 注射后休息室 1~4, 留观室 1~2	7437	3340	活性炭+独立排风管道+高效过滤器, 过滤效率大于 99%	汇集到核医学科门诊区西南侧排风管道最终排至住院大楼主楼屋顶, 排气筒高出屋面
	3	甲吸室、敷贴治疗室、肾图室	1000	270	活性炭+独立排风管道+高效过滤器, 过滤效率大于 99%	
	4	心肌显像、肺通气室、甲亢治疗给药室	1000	300	活性炭+独立排风管道+高效过滤器, 过滤效率大于 99%	

**验收情况:** 住院区将原储存间北侧部分区域使用 11mmPb 当量铅木复合板及轻钢龙骨隔出淋浴间, 原服碘室中间增加 17cm 混凝土隔墙, 分隔出服碘室与分装高活室, 分装高活室内增加一台 50 mmPb 当量通风分药橱, , 环评中接入服碘室的排风管道, 接入通风分药橱中。其余与环评一致。

## 2、废水

### 环评情况:

#### (1) 放射性废水

##### ①处理措施

本项目放射性废水主要来自于病人的排泄废水和清洗废水, 本项目核医学科设置有独立的病人专用卫生间, 且设置有独立的放射性废水排放管道, 由各功能房间地漏和下水通道统一汇总至病厕的下穿管道, 收集的废水统一排放至衰变池中; 更衣室、清洁间的放射性废水使用专用的下水道与洗涤池和以上功能房间地漏相连, 集中收集废水排放至衰变池中。

本项目核医学科衰变池设计为 2 格, 每格衰变池为独立的池体, 并排排列,

衰变池的每格有效容积为 960m<sup>3</sup>/格（长 16.8m，宽 13.3m，高 4.3m）。本项目衰变池位于核医学科住院区西侧，并将池体埋入地下，且避开人群集中活动区域，池体距离核医学科住院区直线距离为 18m。放射性废水的排放管道要求全线不渗漏，并做好沿途的防护。核医学科地板采用降板设计，放射性废水的排放管道采用不锈钢材质，且在楼板的回填层中穿行，同时在绿化带中穿行的管道上每隔一定距离设有一个检修口，对于排放管道裸露部分采用了 3mmPb 当量的铅皮包裹，防止泄漏。

核医学科住院区放射性废水排放示意图见附图 13，门诊区放射性废水排放示意图见附图 14。

### ②衰变池的运行原理

系统管路收集的放射性废液依系统的程序设计，首先排入第一格衰变，待第一格排入废液近满时，系统自动获取，并关闭第一格，打开第二格衰变池的进水阀门，放射性废水排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，放射性废水在第一个衰变池内停留一个排水周期，经监测达标后后进入医院污水处理管道最终进入医院污水处理站作为一般废水进行处理。两格衰变池轮流使用。衰变池加盖上锁，并安排专人管理。

### （2）非放射性废水治理措施

非放射性废水主要来自于运行期间工作人员的生活废水及陪护人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入成都市市政污水管网。

**验收情况：**与环评一致。

## 3、固体废物

**环评情况：**

### （1）放射性废物处理措施

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要是一次性口杯、注射器、针头和手套等医用器具以及封装药物的铅罐和使用过的钼铯发生器等，涉及的放射性核素包括：氟-18、锝-99m、碘-131、铯-89、镓-68、镱-177。本项目注射室、服药室、病房等内均设置有放射性固废收集桶（2mm 铅当量），用于分核素种类收集产生的核素放射性固废，到达一定量时转入放射性固废暂存间进行暂存衰变，

本次要求建设单位将定期更换下的活性炭过滤作为放射性固废进行收集处理。因检修更换下的加速器靶头置于加速器机房内一定时间后由生产厂家回收。根据《医用放射性固废的卫生防护管理》（GBZ133-2009）针对放射性固废的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

## 2) 放射性固体废物收集

①放射性固废收集桶应避开工作人员和经常走动的区域；②放射性固废收集桶内应放置于专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，核医学科住院区及时转运至废物暂存间，核医学科门诊区及时转运至放射性杂物间进行衰变处置；③对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其它包装材料中，然后在装入专用塑料袋内；④每袋废物的表面剂量不超过0.1mSv/h，重量不超过20kg。

## 3) 放射性固废临时贮存和最终处理

①建立放射性废物收集、暂存、转运、回收台账，确保放射性固废不乱丢、不乱弃；②不同核素种类放射性固废进行分类收集，衰变后经监测达标后，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理；③放射性固废收集桶封存时应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明；④废物包装体表面污染控制水平 $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

## (2) 一般医疗废物处理措施

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。

**实际情况：**与环评一致。

## 四、辐射安全管理情况

### 1、辐射环境管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II、III类射线装置和非密封放射性物质工作场所的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

目前医院已成立了放射与辐射防护管理专委会，由金涛作为主任委员负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作，保障放射工作人员、社会公众的健康与安

全。该文件明确了放射与辐射防护管理专委会工作职责：

放射与辐射防护管理专委会的职责是：①负责医院辐射安全与防护管理工作；②组织对各项有关辐射安全与防护管理规章制度的制定和修订工作，并负责对全院放射诊疗过程中相关规章制度、防护措施落实情况进行监督和检查；③组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习，并落实辐射工作人员上岗培训计划；④负责辐射工作人员个人剂量和健康管理，并组织开展辐射工作场所进行年度监测和年度评估报告的编制工作；⑤负责对全院所有辐射安全与防护设施、设备进行定期保养，做好保养记录，如有损坏及时协同相关部门进行处理。

放射与辐射防护管理专委会设置如下：

表 3-7 放射防护管理领导小组人员设置表

职务	人员
主任委员	金涛
副主任委员	祝焯、刘万利
委员	人事科教部负责人、医务部负责人、护理部负责人、运行保障部负责人、人事综合科长、医务科科长、护理质控科科长、设备管理科科长、运行保障科科长、安全保卫科科长、相关临床医技科室负责人、秘书:医务科放射防护管理岗人员

专委会下设办公室，挂靠医务部医务科。

## 2、辐射环境管理规章制度

### (1) 档案分类管理

医院已对本项目辐射相关资料分类归档，档案资料包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”，并由专人进行管理。

### (2) 规章制度

根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）的相关要求中的相关规定，建设单位已制定的规章制度见表 3-8。

表 3-8 管理制度汇总对照表

序号	检查项目	落实情况
1	辐射安全和防护管理规定（综合性文件）	已制定
2	放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）	已制定

3		辐射工作场所安全保卫制度	已制定
4		放射性药物管理制度（转让、使用、更换、返回、送贮）	已制定
4	场所设施	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	已制定
5		非密封放射性物质操作规程（分操作核素或诊治类别进行制定）	已制定
6		去污操作规程	已制定
7		射线装置操作规程	已制定
8		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定
9		患者管理规定	已制定
10		放射性药物（体内）治疗病房管理规定	已制定
11	监测	监测方案	已制定
12		监测仪表使用与校验管理制度	已制定
13	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定
14		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定
15	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定
16	三废	放射性“三废”管理规定	已制定
17	大纲	放射性治疗保证大纲及质量控制计划	已制定

同时根据《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函[2016]1400号），各辐射工作场所职业人员操作室或医生办公室内已将所有制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm。

### （3）辐射监测

#### ①个人剂量检测

四川大学华西天府医院已配备了个人剂量计并定期送检，医院建立了《辐射工作人员个人剂量管理制度》，规定了外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天，并建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量档案应终身保存。

#### ②场所监测

医院已制定场所监测方案。

##### （1）监测内容：射线装置工作场所监测因子为：

核医学科住院区： $\gamma$ 辐射剂量率、 $\beta$ 表面沾污；核医学科门诊区： $X$ - $\gamma$ 剂量率、 $\beta$ 表面沾污；衰变池废水总 $\beta$ 。

（2）监测布点及数据管理：监测布点与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据记录完善，并将数据实时汇总，已建立好监测数据台账以便核查；

(3) 监测频度：对于 X- $\gamma$ 剂量率、中子剂量率已自行配备监测设备每 1 个月监测 1 次； $\beta$ 表面沾污应在每次工作完成，离开放射性工作场所前进行监测；废水总 $\beta$ 应在每次排放前委托有资质单位进行采样监测。另外医院已委托有监测资质的单位在项目投运前开展验收监测，并在投运后每年定期开展年度监测，监测报告附到年度评估报告中，于每年 1 月 31 日前将评估结果上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mec.gov.cn>）。

(4) 监测范围：非密封放射性物质工作场所主要监测控制区人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等表面沾污，以及控制区内所有场所及控制区外邻近房间的 $\gamma$ 辐射剂量率。

(5) 监测设备：医院已配备 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪、中子剂量率仪、 $\beta$ 表面沾污。

(6) 质量保证：已制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表 12-3 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	射线装置工作场所	X- $\gamma$ 剂量率、中子剂量率	机房四周屏蔽体外、防护门外、观察窗外、穿线孔洞处	每月一次（记录监测数据存档）	X- $\gamma$ 辐射剂量率仪、中子剂量率仪*
	非密封放射性物质工作场所	$\beta$ 表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	每月一次（记录监测数据存档）	$\beta$ 表面沾污仪
		$\gamma$ 辐射剂量率	控制区内所有场所、控制区外邻近房间	每月一次（记录监测数据存档）	X- $\gamma$ 辐射监测仪
		$\beta$ 表面沾污	手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽	离开放射性工作场所前	$\beta$ 表面沾污仪
委托监测	射线装置工作场所	X- $\gamma$ 剂量率、中子剂量率	机房四周屏蔽体外、防护门外、观察窗外、穿线孔洞处	(1) 竣工环保验收监测；(2) 编制辐射防护年度评估报告（每年）	X- $\gamma$ 辐射剂量率仪、中子剂量率仪
	非密封放射性物质工作场所	$\beta$ 表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等		$\beta$ 表面沾污仪
		X- $\gamma$ 剂量率	控制区、监督区		X- $\gamma$ 辐射监测仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档	个人剂量计

			案)	
	总β	衰变池排放口	每次排放前	委托监测

\*注：建设单位非必须配备中子剂量率仪，对于日常监测，可委托有资质单位进行监测。

### ③年度监测报告情况

医院已于 2024 年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院已按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。

### (4) 环保设施投资及“三同时”落实情况

本项目核医学科总投资约 3000 万元，环保投资 307.2 万元，占总投资的 10.24%，根据项目环评及批复文件的要求，需投入的环保设施落实情况见表 3-9。

**表 3-9 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表**

项目	环保设施（措施）	数量	环评情况	验收情况
			金额（万元）	
<b>核医学科门诊区</b>				
辐射屏蔽措施	房间辐射屏蔽（墙体、地板、楼板、门、窗屏蔽）	/	纳入主体工程范围	纳入主体工程范围
	通风分药橱（5mm 铅当量、分装注射室 2）	1 套	***	***
	注射台（5mm 铅当量、分装注射室 2）	1 套	***	***
	通风分药橱（20mm 铅当量、甲亢治疗给药及其控制室）	1 套	***	***
	给药台（20mm 铅当量、分装注射室 2）	1 套	***	***
	注射器防护套（3ml，1 个，2mmPb；5ml，1 个，2mmPb）	2 个	***	***
	分装手套箱（50mm 铅当量、分装注射室 1）	1 套	***	***
	一体化注射装置（50mm 铅当量、分装注射室 1）	1 套	***	***



	钨合金防护罐(50mm 铅当量、PECT 分装注射室)	***	***	***
	送药防护铅罐(40mm 铅当量)(30ml、10ml 各 1 个)	***	***	***
	扫描床前铅屏风(10mm 铅当量)	***	***	***
	床旁隔离屏风(10mm 铅当量)	***	***	***
	注射器防护盒(5mm 铅当量)	***	***	***
	注射器防护套(10mm 铅当量)(3ml、2ml 注射器各 2 个)	***	***	***
	防护铅屏风(1mm 铅当量)	***	***	***
个人防护用品	便携式个人辐射剂量监测及报警装置	***	***	***
	个人剂量计	***	***	***
	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾(0.5mm 铅当量)等	***	***	***
	放射性活度计	***	***	***
	表面污染监测仪	***	***	***
	X、 $\gamma$ 辐射检测仪	***	***	***
放射性废水	控制区独立下水系统及排水管道屏蔽设施	***	***	***
	2 格并联池衰变池(每格有效容积为 960m <sup>3</sup> /格)	***	***	***
放射性固废	放射性固废收集桶(10mm 铅当量)	***	***	***
	放射性固废收集桶(2mm 铅当量)	***	***	***
	废物储存箱(5mm 铅当量)	***	***	***
	废物储存箱(1mm 铅当量)	***	***	***
	放射性固废暂存间	***	***	***
安全装置	存储室红外监控系统	***	***	***
	存储室固定式剂量报警仪	***	***	***
	存储室防盗入侵报警装置	***	***	***
	控制区入口、出口单向门禁系统	***	***	***
	机房紧急止动开关	***	***	***
	机房工作状态指示灯(门-灯联锁)	***	***	***

	机房语音对讲装置	***	***	***
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	***	***	***
通风系统	放射性废气独立通排风系统	***	***	***
	过滤系统（过滤效率大于99%）	***	***	***
其它	控制区地面防渗	***	***	***
<b>核医学科住院区</b>				
辐射屏蔽措施	房间辐射屏蔽（墙体、地板、楼板、门、窗屏蔽）	***	***	***
	自动核素分药仪	***	***	***
	防护铅屏风（15mm 铅当量）	***	***	***
个人防护用品	便携式个人辐射剂量监测及报警装置	***	***	***
	个人剂量计	***	***	***
	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等	***	***	***
	放射性活度计	***	***	***
	表面污染监测仪	***	***	***
	X、 $\gamma$ 辐射检测仪	***	***	***
放射性废水	控制区独立下水系统及排水管道屏蔽设施	***	***	***
	2格并联池衰变池（每格有效容积为960m <sup>3</sup> /格）	***	***	***
放射性固废	放射性废物收集桶(2mm 铅当量)	***	***	***
	放射性废物收集桶(2mm 铅当量)	***	***	***
	废物储存箱（1mm 铅当量）	***	***	***
	放射性废物暂存间	***	***	***
安全装置	存储室红外监控系统	***	***	***
	存储室固定式剂量报警仪	***	***	***
	存储室防盗入侵报警装置	***	***	***
	控制区入口、出口单向门禁系统	***	***	***
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	***	***	***
通风	放射性废气独立通排风系统	***	***	***

系统	过滤系统（过滤效率大于99%）	***	***	***
其它	控制区地面防渗	***	***	***
	辐射工作人员上岗考核	/	***	***
	规章制度上墙	/	***	***
	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练等）	/	***	***
	合计		282	307.2

以上环保设施实际投资较环评有所变化，因市场价格与环评预估价格有偏差，且人员配置较环评时有所变化，但配置措施都到位了，满足辐射防护要求。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定：

一、环境影响报告表主要结论与要求

本项目由四川省核工业辐射测试防护院编制环境影响报告表并已取得批复，环境影响报告表结论如下：

(一) 项目概况

项目名称：四川大学华西天府医院核技术利用项目；

建设单位：四川大学华西天府医院；

建设性质：新建；

建设地点：天府新区天府大道南二段 3966 号四川大学华西天府医院内。

本次验收内容及规模为：

①在住院大楼东侧裙楼核医学科门诊区使用镅-99、钼-99、氟-18、镓-68、锗-68、碘-131（用于甲亢治疗、甲吸检查、肾图检查）、铯-89、镭-177 等核素，属于乙级非密封放射性物质工作场所。采用正电子断层扫描仪（PET/CT）、单光子发射计算机断层仪（SPECT/CT），正电子发射磁共振扫描仪（PET/MRI）等装置进行检测。

②在住院大楼负一层西侧核医学科住院区使用碘-131（用于甲癌治疗），属于乙级非密封放射性物质工作场所。

2、本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域应用，根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

3、本项目选址及平面布局合理性分析

医院所在区域道路、给排水、电力等城市基础配套设施完善，为项目建设提供了良好条件；医院周围没有项目建设的制约因素，且该辐射工作场所相对独立，为专门的辐射工作场所，本项目产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，其选址是合理的。本项目辐射工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护来进行布置，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰；在设计阶段，所有辐射工作场所均进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的

方便性。综上所述，项目总平面布置是合理的。

#### 4、工程所在地区环境质量现状

项目建设地周围 X- $\gamma$ 剂量当量率范围为 70nSv/h~95nSv/h(在普通生活环境状态下，辐射环境权重因子按 1 进行考虑，则 $\gamma$ 空气吸收剂量率为 70nGy/h~95nGy/h)，根据四川省生态环境厅发布《2019 年四川省生态环境状况公报》(2020 年 6 月)，本项目拟建区域内空气吸收剂量率水平与全省 29 个电离辐射环境监测自动站测得的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率范围(76.8nGy/h~163nGy/h)基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

$\beta$ 表面污染为 0.20Bq/cm<sup>2</sup>~0.26Bq/cm<sup>2</sup>，属于当地正常水平。项目拟建地周围环境本底中子剂量当量率低于检出限。

#### 5、环境影响评价结论

##### (1) 辐射环境影响分析

经现场监测和模式预测，在正常工况下，对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价 5mSv 的职业人员年剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价 0.1mSv 的公众人员年剂量约束值。

##### (2) 大气的环境影响分析

本项目射线装置在运行过程中产生的臭氧经排风系统排出后浓度低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中规定的二级标准限值要求；医用电子直线加速器及非密封放射性物质工作场所产生的放射性废气经过过滤器+独立通风管道排放后对周围辐射环境影响较小。

##### (3) 废水的环境影响分析

本项目放射性废水先排入衰变池，经监测达标后排入医院污水处理站，达标处理后排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

##### (4) 固体废物的环境影响分析

本项目放射性固废采用专门固废收集桶分类收集后，衰变至监测达标后转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理，不排外；更换下的活性炭过滤器经暂存衰变至监测达标后作为普通固废处置；因检修更换下的加速器靶头置于加速器机房内一定时间后由生产厂家回收，对周围环境影响较小。

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。

#### 6、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求补充制定相关安全管理规章制度并完善辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

#### 7、环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

#### 8、辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，考试（核）合格，有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

#### 9、项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目在四川大学华西天府医院内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

### 二、项目环评批复要求及落实情况

四川省生态环境厅于 2021 年 5 月 21 日以“川环审批（2021）56 号”对《四川大学华西天府医院新建核技术利用项目环境影响报告表》进行了批复。批复具体要求及落实情况见表 4-1。

表 4-1 本项目环评批复要求及落实情况一览表

环评批复要求		落实情况
项目 建设 过程 中具	(1) 严格按照报告表中的内容、地点进行建设，未经批准，不得擅自更改项目建设内容及规模。该项目若存在建设内容、地点、产污情况与报告	(1) 本次为医院部分建设内容验收。其余部分待建成后进行验收。医院已严格按照报告表中的内容、地点进行建设，项目建设内容及规模、地点、产污情况与报告表

体要求	表不符,必须立即向生态环境主管部门报告。	一致。
	(2) 项目建设过程中,必须认真落实报告中提出的各项辐射环境安全防护及污染防治措施和要求,落实环保措施及投资,确保环保设施与主体工程同步建设,各辐射工作场所射线屏蔽能力满足防护要求,各项辐射防护与安全措施满足相关规定。	(2) 医院已落实报告中提出的各项辐射环境安全防护及污染防治措施和要求,已落实环保措施及投资,已确保环保设施与主体工程同步建设,各辐射工作场所射线屏蔽能力满足防护要求,各项辐射防护与安全措施满足相关规定。
项目建设过程中具体要求	(3) 落实项目施工期各项环境保护措施,做好加速器等装置在安装调试阶段的辐射安全与防护。严格按国家关于有效控制城市扬尘污染的要求,控制和减小施工扬尘污染;合理安排施工时间、控制施工噪声,确保噪声不扰民;施工弃渣及时清运到指定场地堆存,严禁随意倾倒。	(3) 项目建设过程中医院已落实各项环境保护措施,做好了射线装置在安装调试阶段的辐射安全与防护。医院加强了施工期环境管理,并有效落实各项环境保护措施,有效避免施工扬尘、废水、固体废物等对环境的影响。未发生施工期环境扰民事件,施工弃渣已及时清运到指定场地堆存。
	(4) 应建立健全单位核与辐射安全管理各项规章制度,制订有针对性和可操作性的辐射事故应急预案。	(4) 医院建立健全了单位核与辐射安全管理各项规章制度,制订了有针对性和可操作性的辐射事故应急预案。
	(5) 应配备相应的辐射监测设备和辐射防护用品,并制定辐射工作场所的辐射环境监测计划。	(5) 医院已配备相应的辐射监测设备和辐射防护用品,并制定了辐射工作场所的辐射环境监测计划。
	(6) 辐射从业人员应当按照有关要求,登录国家核技术利用辐射安全与防护培训平台( <a href="http://fushe.mee.gov.cn">http://fushe.mee.gov.cn</a> ), 参加并通过辐射安全与防护考核。	(6) 本项目辐射工作人员已参加辐射安全与防护培训,并取得合格证书或合格成绩单。
项目运行中具	(1) 项目运行必须严格按照国家和省有关标准和规定实施。辐射工作人员的个人剂量约束值应严格控制为5mSv/年。公众个人剂量约束值为0.1mSv/年。	(1) 各项辐射环境安全防护及污染防治措施到位,监测结果显示屏蔽体和屏蔽门对射线防护效果良好,屏蔽能力基本满足防护要求,工作人员及公众年有效剂量均低于环评批复要求的约束限值。
	(2) 加强各辐射工作场所和有关环保设施的日常管理和维护,定期检查各项辐射安全和防护以及污染防治	(2) 医院安排有专人进行管理和维护,医院辐射装置工作场所及附属设施纳入日常安保巡逻工作范围,并划为重点区域,加

体要求	措施, 确保实时有效、污染物稳定达标排放, 防止运行故障发生。	强巡视管理, 以防遭到破坏; 本项目射线装置工作场所均已按照设计和环评要求进行落实, 不存在辐射泄漏的情况。
	(3) 严格按照报告表要求, 对各辐射工作场所实行合理的分区管理, 杜绝射线泄露、公众及操作人员被误照射等事故发生。加强放射性药品的实体保卫工作, 落实专人负责, 对放射性药品使用和贮存场所应采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施, 不得将放射性药品与易燃、易爆、腐蚀性物品一同存放。	(3) 已经制定监测计划, 已配备便携式辐射监测仪, 定期开展自我监测, 并记录备查; 每年委托有资质单位进行辐射环境监测, 按时填写辐射安全和防护状况年度自查评估报告。
	(4) 放射性药品的购买应严格按照国家相关规定办理审批和备案手续。	(4) 医院购买放射性药品严格按照国家相关规定办理了审批备案手续并建立了台账。
项目运行中具体要求	(5) 严格按照报告表要求, 落实废气治理措施, 加强含放射性废水的收集和管理, 规范放射性固体废物的暂存, 确保各项废物达标排放和安全处置, 并做好相关记录。	(5) 医院建立了放射性废水和固体废物管理制度并设立了放射性废水废物处理台账; 建立了衰变池, 产生的放射性废水排至衰变池暂存 180 天后排入污水处理系统; 设置了放射性固体废物暂存间, 衰变 180 天后达到《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188—2021) 规定的解控水平后按照一般医疗废物处理。
	(6) 按照制定的辐射环境监测计划, 定期开展自我监测, 并记录备查。每年应委托有资质单位开展辐射环境年度监测, 并将监测结果纳入辐射安全和防护状况年度自查评估报告。	(6) 医院定期开展自我监测, 并记录备查。计划委托有资质单位开展辐射环境年度监测, 并将监测结果纳入辐射安全和防护状况年度自查评估报告。
	(7) 依法对辐射工作人员进行个人剂量监测, 特别应加强对从事介入治疗的医护人员的辐射防护和剂量管理, 建立辐射工作人员的个人剂量档案。个人剂量监测结果超过 1.25mSv/季的应核实, 必要时采取适当措施, 确保个人剂量安全; 发现个人剂量监	(7) 医院所有辐射工作人员均已佩戴了个人剂量计, 并定期上交送检, 医院为辐射工作人员建立了个人剂量档案和个人健康档案。



测结果异常 (>5mSv/年) 应当立即组织调查并采取措施,有关情况及时报告我厅。	
(8) 应按有关要求编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告,并于次年1月31日前经由“全国核技术利用辐射安全申报系统”上报我厅。	(8) 医院制定计划按照有关要求编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告,并于次年1月31日前经由“全国核技术利用辐射安全申报系统”上报四川省生态环境厅。
(9)做好“全国核技术利用辐射安全申报系统”中本单位相关信息的维护管理工作,确保信息准确完整。	(9) 建设单位承诺按要求执行。
(10)你单位不再使用有关非密封放射性物质工作场所时,应当依法实施退役;对射线装置实施报废处置时,应当将其拆解和去功能化。	(10) 建设单位承诺按要求执行。

### 三、项目实际建设情况与环评及批复内容的差异

通过现场检查,本次验收内容与四川省生态环境厅(川环审批〔2021〕56号)文件对比,本次建设内容为批复的部分建设内容。

通过现场检查,项目现已运行部分建设内容、建设地点、建设规模、射线装置的种类、辐射安全防护装置、工作方式、年曝光时间、使用的地点以及生产工艺流程、污染物产生的种类、采取的污染治理措施、管理制度的制定情况与环评及批复中一致。使用的核素的种类和数量不大于环评批复的核素的种类和数量,无重大变动。

机房屏蔽建设情况:非密封放射性物质工作场所区域屏蔽体厚度核医学门诊区敷贴治疗室(环评时门为2mmPb当量铅门,验收时西侧普通门、东侧防护2mmPb当量铅门)、分装注射室2(环评时北侧墙体为33cm页岩实心砖,验收时北侧墙体为24cm页岩实心砖)、存储室(环评时门为2mmPb当量铅门,验收时门为3mmPb当量铅门)屏蔽体厚度有微调,经监测结果满足距屏蔽体外表面0.3m处的周围剂量当量率控制目标值。

平面布局情况:核医学住院区放射性废物暂存间使用11mmPb当量铅木复合板及轻钢龙骨隔出淋浴间,原服碘室中间增加17cm混凝土隔墙,分隔出服碘室与分装高活室。其余辐射工作场所平面布局与环评一致。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

**验收监测质量保证及质量控制：**

本次监测单位为四川省核工业辐射测试防护院(四川省核应急技术支持中心)，我院具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（编号：220020341133），并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

（1）监测前制定监测方案，合理布设监测点位，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；

（2）监测人员经考核并持有合格证书上岗；

（3）监测所用仪器经国家计量检定部门检定合格，且在有效检定周期内。监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，通过仪器的期间核查等质控手段保证仪器设备的正常运行，现场监测仪器每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并采用定点场对仪器进行校验；

（4）监测实行全过程的质量控制，严格按照单位《质保手册》、《作业指导书》及仪器作业指导书的有关规定实行；

（5）监测时获取足够的的数据量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

（6）建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

（7）监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

表 6 验收监测内容

验收监测内容:

通过对核医学科运行过程中污染源项调查，主要污染因子为放射性药物钨-99、钼-99、氟-18、镓-68、锗-68、碘-131（用于甲亢治疗、甲吸检查、肾图检查）、锝-89、镱-177，碘-131（用于甲状腺）产生的 $\gamma$ 射线和 $\beta$ 射线，校正源和敷贴器产生的 $\beta$ 射线和 $\gamma$ 射线，以及 PET-CT、SPECT/CT 检查时产生的 X 射线。产生污染因子的场所主要在使用核素场所和 PET-CT 扫描室、SPECT/CT 扫描室附近。由此确定本项目监测因子为 X- $\gamma$ 辐射剂量率， $\beta$ 表面沾污，土壤总 $\alpha$ 、总 $\beta$ ，废气碘-131。

一、监测分析方法

本次监测项目的监测方法、方法来源见表 5-1。

表 5-1 监测方法

监测项目	监测方法
X- $\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
$\beta$ 表面污染活度	《表面污染测定 第一部分： $\beta$ 发射体( $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ )和 $\alpha$ 发射体》(GB/T 14056.1-2008)
总 $\beta$	《水质总 $\beta$ 放射性的测定 厚源法》(HJ899-2017)
总 $\alpha$	《水质总 $\alpha$ 放射性的测定 厚源法》(HJ898-2017)
碘-131	《空气中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017)

二、监测仪器

本次测量所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

本次验收监测所使用的仪器情况见表 5-2。

表 5-2 监测所使用的仪器情况

监测项目	使用仪器名称	监测仪器编号	仪器情况
X- $\gamma$ 辐射剂量率	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪	090	仪器型号：BH3103B 能量响应范围：25keV~3MeV 校准单位：中国测试技术研究院 证书编号：校准字第 202303005296 号

			校准日期：2023年03月16日 有效日期：2024年03月15日
β表面污染 活度	α、β表面沾污仪	仪器编号： 10-9577； 仪器编号： 10-10999	仪器名称：α、β表面沾污仪 仪器型号：LB124 仪器编号：10-9577 能量响应范围：50keV~1.3MeV 检定单位：中国测试技术研究院 证书编号：检定字第 202306005479 号 检定日期：2023年06月28日 有效日期：2024年06月27日
β表面沾污	α、β表面沾污仪	10-10999	仪器名称：α、β表面沾污仪 仪器型号：LB124 仪器编号：10-10999 能量响应范围：50keV~1.3MeV 检定单位：中国测试技术研究院 证书编号：检定字第 202306003032 号 检定日期：2023年06月02日 有效日期：2024年06月01日
土壤里总α、 总β	低本底 a、β测量 仪	21362574	/
碘-131	高纯锗γ能谱仪	089CBXO0005	/
环境温度、 环境湿度	手持气象站	650525	仪器型号：NK 4000 仪器编号：650525 环境温度分辨率：0.1℃ 环境湿度分辨率：0.1% 校准单位：中国检验认证集团四川有 限公司 证书编号：CCICSC-(C)202302140168 校准日期：2023年02月14日 有效日期：2024年02月13日
环境温度、 环境湿度	手持气象站	2232714	仪器型号：NK 5500 仪器编号：2232714 环境温度分辨率：0.1℃ 环境湿度分辨率：0.1% 校准单位：成都市计量检定测试院 证书编号：第 23011063797 号 校准日期：2023年01月16日 有效日期：2024年01月15日

### 三、监测布点及代表性分析

#### (一) X-γ辐射剂量率监测

根据现场实际情况，在射线装置周围布设的监测点位见下表 6-1，在核医学

科门诊区布设的监测点位见下表 6-2，在核医学科住院区布设的监测点位见下表 6-3。

表 6-1 射线装置周围 X-γ空气吸收剂量率监测点位一览表

编号	测量点位置
1	SPET/CT 机房北侧墙外
2	SPET/CT 机房西侧墙外
3	SPET/CT 机房南侧铅门外
4	SPET/CT 机房东侧控制室
5	SPET/CT 机房东侧铅玻璃外
6	SPET/CT 机房东侧墙外
7	SPET/CT 机房东侧铅门外
8	SPET/CT 机房楼上区域
9	SPET/CT 机房楼下区域
10	PET/CT 机房西侧操作室
11	PET/CT 机房西侧铅玻璃外
12	PET/CT 机房西侧墙外
13	PET/CT 机房西侧铅门外
14	PET/CT 机房北侧墙外
15	PET/CT 机房北侧铅门外
16	PET/CT 机房南侧设备间
17	PET/CT 机房南侧技术办公室
18	PET/CT 机房东侧报告室

本次监测在 SPET/CT 机房周围布设了 9 个监测点位（1#~9#），在 PET/CT 机房周围布设了 9 个监测点位（10#~18#），在曝光和未曝光的两种状态下进行监测，可反映射线装置机房屏蔽体厚度是否满足要求，并了解机房周围的辐射水平。以上监测点位的布设能够科学反映射线装置运行周围产生的辐射水平及周围环境的实际受照情况，点位布设符合技术规范要求。

表 6-2 核医学科门诊区 X-γ空气吸收剂量率监测点位一览表

编号	测量点位置
1	治疗室 4 及其控制室西侧墙外
2	治疗室 4 及其控制室西门外
3	治疗室 4 及其控制室东侧墙外
4	治疗室 4 及其控制室东门外
5	治疗室 4 及其控制室南侧墙外
6	治疗室 4 及其控制室楼上区域
7	治疗室 4 及其控制室楼下区域
8	治疗室 4 及其控制室源罐表面
9	治疗室 4 及其控制室手套箱表面

10	肺通气室西侧墙外
11	肺通气室西门外
12	肺通气室东侧墙外
13	肺通气室东门外
14	肺通气室楼上区域
15	肺通气室楼下区域
16	心肌负荷室西侧墙外
17	心肌负荷室西门外
18	心肌负荷室东侧墙外
19	心肌负荷室东门外
20	心肌负荷室楼上区域
21	心肌负荷室楼下区域
22	注射室西侧墙外
23	注射室西侧铅窗外
24	注射室东侧墙外
25	注射室东门外
26	注射室楼上区域
27	注射室楼下区域
28	注射室手套箱表面
29	注射室注射台
30	敷贴室西侧墙外
31	敷贴室西门外
32	敷贴室东侧墙外
33	敷贴室东门外
34	敷贴室楼上区域
35	敷贴室楼下区域
36	敷贴室贮源箱表面
37	敷贴室操作位
38	肾图室
39	甲吸室内
40	存储室西侧墙外
41	存储室西门外
42	存储室东侧墙外
43	存储室南侧墙外
44	废物暂存间北侧墙外
45	废物暂存间南侧墙外
46	废物暂存间西侧墙外
47	废物暂存间西侧门外
48	废物暂存间东侧墙外
49	患者走廊
50	观察抢救室
51	报告室

52	男更衣室
53	女更衣室
54	医生办公室
55	医护女卫浴
56	医护男卫浴
57	PET/CT 分装室手套箱表面
58	PET/CT 分装室北侧墙外
59	PET/CT 分装室北侧门外
60	PET/CT 注射室注射台
61	PET/CT 注射室北侧墙外
62	PET/CT 注射室北侧铅玻璃
63	PET/CT 注射室西侧墙外
64	PET/CT 注射室西侧门外
65	休息室 1 北侧墙外
66	休息室 1 北侧门外
67	休息室 2 北侧墙外
68	休息室 2 北侧门外
69	留观室 1（兼抢救室）北侧墙外
70	留观室 1（兼抢救室）北侧门外
71	设备间
72	PET/MRI 北侧铅门外
73	PET/MRI 东侧操作间
74	PET/MRI 南侧墙外
75	休息室 3 北侧墙外
76	休息室 3 北侧门外
77	休息室 4 北侧墙外
78	休息室 4 北侧门外
79	留观室 2 北侧墙外
80	留观室 2 北侧门外
81	SPECT/CT 操作室南侧男卫生间内
82	SPECT/CT 操作室南侧女卫生间内

(1) 本次监测在操作核素时，在核医学科门诊区非密封放射性物质工作场所控制区内各房间的防护门、传递窗和墙壁外，注射室、手套箱、存储室、废物暂存间四周、留观室、卫生间所在位置，以及在控制区外人员可达处，均布设了监测点位，可反映核医学科门诊区内控制区和监督区的辐射水平。

(2) 本次监测在治疗室 4 及其控制室楼上楼下区域、肺通气室楼上楼下区域、心肌负荷室楼上楼下区域、注射室楼上楼下区域、敷贴室楼上楼下区域布设了点位进行巡测，通过这些点位的辐射水平，可以判断场所墙体及门窗的屏蔽效

果是否满足要求，屋顶和底板屏蔽体厚度是否满足要求，并了解楼上、楼下公众受到的辐射水平。

表 6-3 核医学科住院区 X- $\gamma$ 空气吸收剂量率监测点位一览表

编号	测量点位置
1	服碘室手套箱表面
2	服碘室南侧墙外
3	服碘室南侧门外
4	服碘室楼上区域
5	服碘室楼下区域
6	通风高活室自动分药柜外
7	控制室
8	储存间北侧墙外淋浴室
9	储存间北侧门外更衣室 2
10	储存间南侧墙外
11	储存间东侧被服库
12	储存间楼上区域
13	储存间楼下区域
14	放射性废物暂存库北侧墙外
15	放射性废物暂存库北侧门外
16	放射性废物暂存库东侧墙外门厅
17	放射性废物暂存库楼上区域
18	放射性废物暂存库楼下区域
19	医生办公区
20	核医学科病房（01 床-02 床）北侧墙外
21	核医学科病房（01 床-02 床）北侧门外
22	核医学科病房（01 床-02 床）东侧墙外
23	核医学科病房（01 床-02 床）南侧墙外
24	核医学科病房（01 床-02 床）楼上区域
25	核医学科病房（01 床-02 床）楼下区域
26	核医学科病房（03 床-04 床）北侧墙外
27	核医学科病房（03 床-04 床）北侧门外
28	核医学科病房（03 床-04 床）南侧墙外
29	核医学科病房（03 床-04 床）楼上区域
30	核医学科病房（03 床-04 床）楼下区域
31	核医学科病房（05 床-06 床）北侧墙外
32	核医学科病房（05 床-06 床）北侧门外
33	核医学科病房（05 床-06 床）南侧墙外
34	核医学科病房（05 床-06 床）楼上区域
35	核医学科病房（05 床-06 床）楼下区域
36	核医学科病房（07 床-08 床）北侧墙外
37	核医学科病房（07 床-08 床）北侧门外



38	核医学科病房（07 床-08 床）南侧门外
39	核医学科病房（07 床-08 床）楼上区域
40	核医学科病房（07 床-08 床）楼下区域
41	核医学科病房（09 床-10 床）北侧墙外
42	核医学科病房（09 床-10 床）北侧门外
43	核医学科病房（09 床-10 床）南侧墙外
44	核医学科病房（09 床-10 床）楼上区域
45	核医学科病房（09 床-10 床）楼下区域
46	核医学科病房（11 床-12 床）北侧墙外
47	核医学科病房（11 床-12 床）北侧门外
48	核医学科病房（11 床-12 床）南侧墙外
49	核医学科病房（11 床-12 床）楼上区域
50	核医学科病房（11 床-12 床）楼下区域
51	核医学科病房（13 床-14 床）北侧墙外
52	核医学科病房（13 床-14 床）北侧门外
53	核医学科病房（13 床-14 床）南侧墙外
54	核医学科病房（13 床-14 床）楼上区域
55	核医学科病房（13 床-14 床）楼下区域
56	核医学科病房（15 床-16 床）北侧墙外
57	核医学科病房（15 床-16 床）北侧门外
58	核医学科病房（15 床-16 床）南侧墙外
59	核医学科病房（15 床-16 床）楼上区域
60	核医学科病房（15 床-16 床）楼下区域
61	核医学科病房（17 床-18 床）北侧墙外
62	核医学科病房（17 床-18 床）北侧门外
63	核医学科病房（17 床-18 床）南侧墙外
64	核医学科病房（17 床-18 床）楼上区域
65	核医学科病房（17 床-18 床）楼下区域
66	核医学科病房（19 床-20 床）北侧墙外
67	核医学科病房（19 床-20 床）北侧门外
68	核医学科病房（19 床-20 床）南侧墙外
69	核医学科病房（19 床-20 床）楼上区域
70	核医学科病房（19 床-20 床）楼下区域
71	核医学科病房（21 床-22 床）北侧墙外
72	核医学科病房（21 床-22 床）北侧门外
73	核医学科病房（21 床-22 床）南侧墙外
74	核医学科病房（21 床-22 床）楼上区域
75	核医学科病房（21 床-22 床）楼下区域
76	核医学科病房（21 床-22 床）西侧墙外警务室
77	核医学科病房 23 床北侧墙外
78	核医学科病房 23 床南侧墙外
79	核医学科病房 23 床南侧门外

80	核医学科病房 23 床西侧墙外
81	核医学科病房 23 床楼上区域
82	核医学科病房 23 床楼下区域
83	衰变池
84	竖井井盖外

(1) 本项目使用碘 131 的场所为服碘室手套箱、服碘室、通风高活室自动分药柜外、控制室、储存间、放射性废物暂存库等，控制区内所有房间内通过巡测各布设 1 个监测点位，可以得知以上使用碘 131 核医学科住院区控制区墙外的辐射剂量率；

(2) 本次监测在服碘室四周及楼上楼下区域、储存间四周及楼上楼下区域、放射性废物暂存库四周及楼上楼下区域、核医学科病房四周及楼上楼下区域布设了点位进行巡测，通过这些点位的辐射水平，可以判断场所墙体及门窗的屏蔽效果是否满足要求，屋顶和底板屏蔽体厚度是否满足要求，并了解楼上、楼下公众受到的辐射水平；

(3) 本次监测在衰变池上方、竖井井盖外分别布设了一个点位，可以判断衰变池周围、竖井井盖外的辐射水平，对周围环境的影响。

以上 X- $\gamma$ 空气吸收剂量率监测点位的布设能够科学反映医院核医学科产生的辐射水平及周围实际辐射环境情况，验证墙体、防护门、窗屏蔽的有效性，点位布设符合技术规范要求。

## (二) $\beta$ 表面沾污监测

根据现场实际情况，本项目核医学科门诊区 $\beta$ 表面污染活度监测点位见表 6-4，核医学科住院区 $\beta$ 表面污染活度监测点位见表 6-5。

表 6-4 核医学科门诊区 $\beta$ 表面污染活度监测点位一览表

编号	测量点位置
1	治疗室 4 及其控制室墙面
2	治疗室 4 及其控制室地面
3	治疗室 4 及其控制室门把手区域
4	治疗室 4 及其控制室源罐表面
5	治疗室 4 及其控制室手套箱表面
6	肺通气室墙面
7	肺通气室地面
8	肺通气室门把手区域
9	心肌负荷室墙面
10	心肌负荷室地面

11	心肌负荷室门把手区域
12	注射室地面
13	注射室墙面
14	注射室门把手区域
15	注射室注射窗（患者）表面
16	注射室放射性废物桶表面
17	敷贴室墙面
18	敷贴室地面
19	敷贴室门把手区域
20	敷贴室贮源箱表面
21	敷贴室操作位
22	肾图室墙面
23	肾图室地面
24	肾图室门把手区域
25	甲吸室墙面
26	甲吸室地面
27	甲吸室门把手区域
28	接诊台墙面
29	接诊台地面
30	接诊台门把手区域
31	存储室地面
32	存储室门把手
33	存储室墙壁
34	存储室贮源柜
35	废物暂存间地面
36	废物暂存间墙面
37	废物暂存间门把手区域
38	废物暂存间放射性废物桶表面
39	清洁间地面
40	清洁间墙面
41	清洁间门把手区域
42	清洁间洗手池
43	观察抢救室地面
44	观察抢救室墙面
45	观察抢救室门把手区域
46	SPET/CT 机房地面
47	SPET/CT 机房墙面
48	SPET/CT 机房门把手区域
49	SPET/CT 操作室地面
50	SPET/CT 操作室墙面
51	SPET/CT 操作室门把手区域
52	男更衣室地面

53	男更衣室墙面
54	男更衣室门把手区域
55	男更衣室柜子
56	女更衣室地面
57	女更衣室墙面
58	女更衣室门把手区域
59	女更衣室柜子
60	医护女卫浴地面
61	医护女卫浴墙面
62	医护女卫浴门把手区域
63	医护男卫浴地面
64	医护男卫浴墙面
65	医护男卫浴门把手区域
66	PET/CT 分装室手套箱表面
67	PET/CT 分装室地面
68	PET/CT 分装室墙面
69	PET/CT 分装室门把手区域
70	PET/CT 注射室地面
71	PET/CT 注射室墙面
72	PET/CT 注射室门把手区域
73	PET/CT 注射室注射窗（患者）表面
74	PET/CT 注射室放射性废物桶表面
75	PET/CT 操作室地面
76	PET/CT 操作室墙面
77	PET/CT 操作室门把手区域
78	PET/CT 机房地面
79	PET/CT 机房墙面
80	PET/CT 机房门把手区域
81	休息室 1 地面
82	休息室 1 墙面
83	休息室 1 门把手区域
84	休息室 2 地面
85	休息室 2 墙面
86	休息室 2 门把手区域
87	留观室 1（兼抢救室）地面
88	留观室 1（兼抢救室）墙面
89	留观室 1（兼抢救室）门把手区域
90	PET/MRI 地面
91	PET/MRI 墙面
92	PET/MRI 门把手区域
93	PET/MRI 操作间地面
94	PET/MRI 操作间墙面

95	PET/MRI 操作间门把手区域
96	休息室 3 地面
97	休息室 3 墙面
98	休息室 3 门把手区域
99	休息室 4 地面
100	休息室 4 墙面
101	休息室 4 门把手区域
102	留观室 2 地面
103	留观室 2 墙面
104	留观室 2 门把手区域
105	北侧患者走廊地面
106	北侧患者走廊墙面
107	南侧患者走廊地面
108	南侧患者走廊墙面
109	SPECT/CT 操作室南侧男卫生间地面
110	SPECT/CT 操作室南侧男卫生间内墙面
111	SPECT/CT 操作室南侧男卫生间门把手
112	SPECT/CT 操作室南侧女卫生间内墙面
113	SPECT/CT 操作室南侧女卫生间地面
114	SPECT/CT 操作室南侧女卫生间门把手

注：各房间四周墙壁或有多扇门时，先对四面墙体或多扇门进行巡测，找出相对最大值处并定点监测。

表 6-5 核医学科住院区 $\beta$ 表面污染活度监测点位一览表

编号	测量点位置
1	服碘室手套箱表面
2	服碘室地面
3	服碘室门把手
4	服碘室墙壁
5	分装高活室自动分药柜外
6	分装高活室地面
7	分装高活室门把手
8	分装高活室墙面
9	控制室墙面
10	控制室地面
11	控制室门把手区域
12	更衣室、淋浴室墙面
13	更衣室、淋浴室地面
14	更衣室、淋浴室门把手区域
15	更衣室、淋浴室洗手池
16	储存间地面
17	储存间门把手

18	储存间墙壁
19	储存间储源柜
20	储存间传递窗
21	放射性废物暂存库地面
22	放射性废物暂存库门把手
23	放射性废物暂存库墙壁
24	放射性废物暂存库放射性废物桶表面
25	被服库墙面
26	被服库地面
27	被服库门把手区域
28	医护女卫、淋浴室地面
29	医护女卫、淋浴室墙面
30	医护女卫、淋浴室门把手区域
31	医护男卫、淋浴室地面
32	医护男卫、淋浴室墙面
33	医护男卫、淋浴室门把手区域
34	核医学科病房（01 床-02 床）地面
35	核医学科病房（01 床-02 床）墙面
36	核医学科病房（01 床-02 床）门把手区域
37	核医学科病房（01 床-02 床）放射性废物桶表面
38	核医学科病房（03 床-04 床）地面
39	核医学科病房（03 床-04 床）墙面
40	核医学科病房（03 床-04 床）门把手区域
41	核医学科病房（03 床-04 床）放射性废物桶表面
42	核医学科病房（05 床-06 床）地面
43	核医学科病房（05 床-06 床）墙面
44	核医学科病房（05 床-06 床）门把手区域
45	核医学科病房（05 床-06 床）放射性废物桶表面
46	核医学科病房（07 床-08 床）地面
47	核医学科病房（07 床-08 床）墙面
48	核医学科病房（07 床-08 床）门把手区域
49	核医学科病房（07 床-08 床）放射性废物桶表面
50	核医学科病房（09 床-10 床）地面
51	核医学科病房（09 床-10 床）墙面
52	核医学科病房（09 床-10 床）门把手区域
53	核医学科病房（09 床-10 床）放射性废物桶表面
54	核医学科病房（11 床-12 床）地面
55	核医学科病房（11 床-12 床）墙面
56	核医学科病房（11 床-12 床）门把手区域
57	核医学科病房（11 床-12 床）放射性废物桶表面
58	核医学科病房（13 床-14 床）地面
59	核医学科病房（13 床-14 床）墙面

60	核医学科病房（13床-14床）门把手区域
61	核医学科病房（13床-14床）放射性废物桶表面
62	核医学科病房（15床-16床）地面
63	核医学科病房（15床-16床）墙面
64	核医学科病房（15床-16床）门把手区域
65	核医学科病房（15床-16床）放射性废物桶表面
66	核医学科病房（17床-18床）地面
67	核医学科病房（17床-18床）墙面
68	核医学科病房（17床-18床）门把手区域
69	核医学科病房（17床-18床）放射性废物桶表面
70	核医学科病房（19床-20床）地面
71	核医学科病房（19床-20床）墙面
72	核医学科病房（19床-20床）门把手区域
73	核医学科病房（19床-20床）放射性废物桶表面
74	核医学科病房（21床-22床）地面
75	核医学科病房（21床-22床）墙面
76	核医学科病房（21床-22床）门把手区域
77	核医学科病房（21床-22床）放射性废物桶表面
78	核医学科病房 23床地面
79	核医学科病房 23床墙面
80	核医学科病房 23床门把手区域
81	核医学科病房 23床放射性废物桶表面
82	患者走廊地面
83	患者走廊墙面
84	衰变池上方

（1）本次监测在核医学科门诊区和住院区非密封放射性物质工作场所控制区各房间的地面、墙壁、门把手和工作台，以及衰变池均置了监测点，可反映非密封放射性物质工作场所控制区各房间的表面沾污水平；

（2）本次监测在核医学科门诊区和住院区非密封放射性物质工作场所控制区房间内的手套箱、分装高活室、放射性废物暂存库、储存间储源柜等设备表面均设置了监测点位，可反映控制区内各设备的表面沾污水平；

（3）本次监测在核医学科门诊区和住院区非密封放射性物质工作场所监督区各房间的地面、墙面、门把手、放射性废物桶以及个房间内的洗手池、普通废物桶等设备表面均布设了监测点位，可反映监督区各房间及房间内各设备的表面沾污水平。

（4）本次监测在衰变池上方布设 1 个监测点位，可反映衰变池上方的表面沾污水平。

以上监测点位的布设能够科学反映非密封放射性物质工作场所内及周围环境的表面沾污水平，点位布设符合技术规范要求。

### (三) 土壤监测布点

本次取样检测衰变池中废水和衰变池旁土壤中的总 $\beta$ ，以反映废气气溶胶对土壤的影响。土壤监测布点见表 6-6。

表 6-6 土壤监测布点

编号	测量点位置	备注
1	竖井井盖外	/
2	衰变池附近	/
3	50m 评价范围外绿化带	背景值，对照点

### (四) 废气

通过对核医学科运行过程中污染源项调查，可以判断出碘-131 为挥发性核素，其余核素不挥发，因此监测碘-131 废气即能反映整个核医学科的废气产生和排放情况。产生气溶胶的场所主要在楼顶排气口碘-131 废气。由此确定本项目大气环境监测因子为碘-131 废气，根据现场实际情况，布设的监测点位见下表。

表 6-7 废气监测布点

编号	测量点位置	备注
1	核医学科住院区气体排放口	检测碘-131（有组织排放）
2	核医学科门诊区气体排放口	检测碘-131（有组织排放）

(1) 本次监测在核医学科住院区楼顶排气口取样监测，可判断碘-131 废气排放浓度和排放速率，该排气口为整个核医学科住院区共用的排气口；

(2) 本次监测在核医学科门诊区楼顶排气口取样监测，可判断碘-131 废气排放浓度和排放速率，该排气口为整个核医学科门诊区共用的排气口；

以上监测点位的布设能够科学反映医院核医学科产生的碘-131 废气的排放情况，点位布设符合技术规范要求。

### (五) 废水

本项目放射性废水收集排放至衰变池中，暂存衰变一定排水周期（180天）后，经有资质单位监测（总 $\beta$ 排放标准10Bq/L）达标后，才能将废水排入污水处理站作为一般废水进行处理。本次核医学科运行时间短，废水量较少，衰变池一格水池未装满，未达到排放时间，因此未对核医学科衰变池废水的总 $\beta$ 进行了检测。



放射性废水衰变池设有废水取样口和检修口,排放前应对放射性废水进行取样监测,监测结果符合排放标准后方可排放。每次排放应做好排放时间、监测数据、排放量等应详细记录,设置专门的废水排放台账,台账应有专人管理,存档保存。放射性废水每次排出衰变池前,应将有关情况报成都市生态环境局。

表 7 验收监测

验收监测期间生产工况记录:

2023 年 11 月 14 日、2023 年 11 月 30 日，四川省核工业辐射测试防护院(四川省核应急技术支持中心)派出的监测技术人员在建设单位相关负责人的陪同下，对本项目进行了环保竣工验收监测。

监测时的监测工况见表 7-1~7-3。

表 7-1 射线装置参数表

编号	名称及型号	类别	额定工况	监测时工况	所在位置
1#	Vereos PET/CT 正电子发射及 X 射线计算机断层成像系统	III	***	***	PET/CT 检查室
2#	Lntevo Bold 单光子发射及 X 射线计算机断层成像系统	III	***	***	SPECT/CT1 号检查室

表 7-2 非密封放射性物质参数表

序号	放射性核素名称	最大日等效操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	监测时用量(Bq)	活动种类	备注
1#	氟-18	***	***	***	使用	
2#	碘-131	***	***	***	使用	
3#	碘-131	***	***	***	使用	
4#	碘-131	***	***	***	使用	
5#	镓-68	***	***	***	使用	
6#	锆-68	***	***	***	使用	
7#	锶-89	***	***	***	使用	
8#	镭-177	***	***	***	使用	
9#	钨-99	***	***	***	使用	
10#	碘-131	***	***	***	使用	
11#	锶-89	***	***	***	使用	
12#	镭-177	***	***	***	使用	

根据《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》，验收监测应当在确保主体工程工况稳定、环境保护设施运行正常的情况下进行。本项目核医学科已稳定运行，环境保护设施和辐射安全防护设施已按“三同时”要求配备并正常运行，符合验收条件。

\*\*\*

验收监测结果:

一、验收监测结果

1、辐射环境监测结果

射线装置周围 X-γ空气吸收剂量率监测结果见表 7-3。

表 7-3 射线装置周围 X-γ空气吸收剂量率监测结果

编号	测量点位置	X-γ辐射剂量率 ( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差 ( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	备注
1	SPET/CT 机房北侧墙外	未曝光	***	/
		曝光	***	
2	SPET/CT 机房西侧墙外	未曝光	***	/
		曝光	***	
3	SPET/CT 机房南侧铅门外	未曝光	***	/
		曝光	***	
4	SPET/CT 机房东侧控制室	未曝光	***	/
		曝光	***	
5	SPET/CT 机房东侧铅玻璃外	未曝光	***	/
		曝光	***	
6	SPET/CT 机房东侧墙外	未曝光	***	/
		曝光	***	
7	SPET/CT 机房东侧铅门外	未曝光	***	/
		曝光	***	
8	SPET/CT 机房楼上区域	未曝光	***	/
		曝光	***	
9	SPET/CT 机房楼下区域	未曝光	***	/
		曝光	***	
10	PET/CT 机房西侧操作室	未曝光	***	/
		曝光	***	
11	PET/CT 机房西侧铅玻璃外	未曝光	***	/
		曝光	***	
12	PET/CT 机房西侧墙外	未曝光	***	/
		曝光	***	
13	PET/CT 机房西侧铅门外	未曝光	***	/
		曝光	***	
14	PET/CT 机房北侧墙外	未曝光	***	/
		曝光	***	
15	PET/CT 机房北侧铅门外	未曝光	***	/
		曝光	***	
16	PET/CT 机房南侧设备间	未曝光	***	/
		曝光	***	
17	PET/CT 机房南侧技术办公	未曝光	***	/

	室	曝光	***	***	
18	PET/CT 机房东侧报告室	未曝光	***	***	/
		曝光	***	***	

注：X-γ辐射剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值。

根据表 7-3 监测结果，SPET/CT 机房外各关注点处，在 CT 机未曝光条件下，X-γ辐射剂量率监测结果为\*\*\*Gy/h（本项目检测仪器使用 <sup>137</sup>Cs 作为检定参考辐射源，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），换算系数为 1.2Sv/Gy，转换为\*\*\*μSv/h，下同），在 CT 机曝光条件下，X-γ辐射剂量率监测结果为\*\*\*Gy/h（\*\*\*μSv/h），均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的 CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h 的要求。且开机条件下监测结果与未开机条件下监测结果相比，X-γ辐射剂量率无明显增大，说明机房屏蔽效果较好。

监测时，SPECT/CT2 机房的设备未安装，SPECT/CT1 机房、SPECT/CT2 机房面积相似，墙体和屋顶的屏蔽厚度相同，设备的额定电流、额定电压相同，因此根据 SPECT/CT1 机房的监测结果可以类比 SPECT/CT2 机房的监测结果，根据表 7-3，在 CT 机未曝光条件下、曝光条件下 X-γ辐射剂量率监测结果均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的 CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h 的要求。且开机条件下监测结果与未开机条件下监测结果相比，X-γ辐射剂量率无明显增大，说明机房屏蔽效果较好。医院应在 SPECT/CT2 机房的设备安装后，委托有资质的单位依据验收中 SPECT/CT1 机房的监测点位进行监测，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

PET/CT 机房外各关注点处，在 CT 机未曝光条件下，X-γ辐射剂量率监测结果为\*\*\*Gy/h（\*\*\*μSv/h），在 CT 机曝光条件下，X-γ辐射剂量率监测结果为\*\*\*Gy/h（0\*\*\*μSv/h），均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的 CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h 的要求。且开机条件下监测结果与未开机条件下监测结果相比，X-γ辐射剂量率无明显增大，说明机房屏蔽效果较好。

核医学科门诊区 X-γ空气吸收剂量率监测结果见表 7-4。

表 7-4 核医学科门诊区 X-γ空气吸收剂量率监测结果

编号	测量点位置	X-γ辐射剂量率 ( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差 ( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	备注
1	治疗室 4 及其控制室西侧墙外	***	***	/
2	治疗室 4 及其控制室西门外	***	***	/
3	治疗室 4 及其控制室东侧墙外	***	***	/
4	治疗室 4 及其控制室东门外	***	***	/
5	治疗室 4 及其控制室南侧墙外	***	***	/
6	治疗室 4 及其控制室楼上区域	***	***	/
7	治疗室 4 及其控制室楼下区域	***	***	/
8	治疗室 4 及其控制室源罐表面	***	***	/
9	治疗室 4 及其控制室手套箱表面	***	***	/
10	肺通气室西侧墙外	***	***	/
11	肺通气室西门外	***	***	/
12	肺通气室东侧墙外	***	***	/
13	肺通气室东门外	***	***	/
14	肺通气室楼上区域	***	***	/
15	肺通气室楼下区域	***	***	/
16	心肌负荷室西侧墙外	***	***	/
17	心肌负荷室西门外	***	***	/
18	心肌负荷室东侧墙外	***	***	/
19	心肌负荷室东门外	***	***	/
20	心肌负荷室楼上区域	***	***	/
21	心肌负荷室楼下区域	***	***	/
22	注射室西侧墙外	***	***	/
23	注射室西侧铅窗外	***	***	/
24	注射室东侧墙外	***	***	/
25	注射室东门外	***	***	/
26	注射室楼上区域	***	***	/
27	注射室楼下区域	***	***	/
28	注射室手套箱表面	***	***	/
29	注射室注射台	***	***	/
30	敷贴室西侧墙外	***	***	/
31	敷贴室西门外	***	***	/
32	敷贴室东侧墙外	***	***	/
33	敷贴室东门外	***	***	/
34	敷贴室楼上区域	***	***	/
35	敷贴室楼下区域	***	***	/
36	敷贴室贮源箱表面	***	***	/
37	敷贴室操作位	***	***	/
38	肾图室	***	***	/
39	甲吸室内	***	***	/

40	存储室西侧墙外	***	***	/
41	存储室西门外	***	***	/
42	存储室东侧墙外	***	***	/
43	存储室南侧墙外	***	***	/
44	废物暂存间北侧墙外	***	***	/
45	废物暂存间南侧墙外	***	***	/
46	废物暂存间西侧墙外	***	***	/
47	废物暂存间西侧门外	***	***	/
48	废物暂存间东侧墙外	***	***	/
49	患者走廊	***	***	/
50	观察抢救室	***	***	/
51	报告室	***	***	/
52	男更衣室	***	***	/
53	女更衣室	***	***	/
54	医生办公室	***	***	/
55	医护女卫浴	***	***	/
56	医护男卫浴	***	***	/
57	PET/CT 分装室手套箱表面	***	***	/
58	PET/CT 分装室北侧墙外	***	***	/
59	PET/CT 分装室北侧门外	***	***	/
60	PET/CT 注射室注射台	***	***	/
61	PET/CT 注射室北侧墙外	***	***	/
62	PET/CT 注射室北侧铅玻璃	***	***	/
63	PET/CT 注射室西侧墙外	***	***	/
64	PET/CT 注射室西侧门外	***	***	/
65	休息室 1 北侧墙外	***	***	/
66	休息室 1 北侧门外	***	***	/
67	休息室 2 北侧墙外	***	***	/
68	休息室 2 北侧门外	***	***	/
69	留观室 1 (兼抢救室) 北侧墙外	***	***	/
70	留观室 1 (兼抢救室) 北侧门外	***	***	/
71	设备间	***	***	/
72	PET/MRI 北侧铅门外	***	***	/
73	PET/MRI 东侧操作间	***	***	/
74	PET/MRI 南侧墙外	***	***	/
75	休息室 3 北侧墙外	***	***	/
76	休息室 3 北侧门外	***	***	/
77	休息室 4 北侧墙外	***	***	/
78	休息室 4 北侧门外	***	***	/
79	留观室 2 北侧墙外	***	***	/
80	留观室 2 北侧门外	***	***	/

81	SPECT/CT 操作室南侧男卫生间内	***	***	/
82	SPECT/CT 操作室南侧女卫生间内	***	***	/

注：X-γ辐射剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值。

根据表 7-4 监测结果，核医学科门诊区核素使用房间周围监测点位的 X-γ辐射剂量率范围为\*\*\*Gy/h（\*\*\*μSv/h），γ辐射权重因子取 1，因此各点位剂量当量率范围为\*\*\*μSv/h，均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h”的要求。

核医学科住院区 X-γ空气吸收剂量率监测结果见表 7-5。

表 7-5 核医学科住院区 X-γ空气吸收剂量率监测结果

编号	测量点位置	X-γ辐射剂量率(×10 <sup>-8</sup> Gy/h)	标准差(×10 <sup>-8</sup> Gy/h)	备注
1	服碘室手套箱表面	***	***	/
2	服碘室南侧墙外	***	***	/
3	服碘室南侧门外	***	***	/
4	服碘室楼上区域	***	***	/
5	服碘室楼下区域	***	***	/
6	通风高活室自动分药柜外	***	***	/
7	控制室	***	***	/
8	储存间北侧墙外淋浴室	***	***	/
9	储存间北侧门外更衣室 2	***	***	/
10	储存间南侧墙外	***	***	/
11	储存间东侧被服库	***	***	/
12	储存间楼上区域	***	***	/
13	储存间楼下区域	***	***	/
14	放射性废物暂存库北侧墙外	***	***	/
15	放射性废物暂存库北侧门外	***	***	/
16	放射性废物暂存库东侧墙外门厅	***	***	/
17	放射性废物暂存库楼上区域	***	***	/
18	放射性废物暂存库楼下区域	***	***	/
19	医生办公区	***	***	/
20	核医学科病房（01 床-02 床）北侧墙外	***	***	/
21	核医学科病房（01 床-02 床）北侧门外	***	***	/
22	核医学科病房（01 床-02 床）东侧墙外	***	***	/
23	核医学科病房（01 床-02 床）南侧墙外	***	***	/

24	核医学科病房（01 床-02 床）楼上区域	***	***	/
25	核医学科病房（01 床-02 床）楼下区域	***	***	/
26	核医学科病房（03 床-04 床）北侧墙外	***	***	/
27	核医学科病房（03 床-04 床）北侧门外	***	***	/
28	核医学科病房（03 床-04 床）南侧墙外	***	***	/
29	核医学科病房（03 床-04 床）楼上区域	***	***	/
30	核医学科病房（03 床-04 床）楼下区域	***	***	/
31	核医学科病房（05 床-06 床）北侧墙外	***	***	/
32	核医学科病房（05 床-06 床）北侧门外	***	***	/
33	核医学科病房（05 床-06 床）南侧墙外	***	***	/
34	核医学科病房（05 床-06 床）楼上区域	***	***	/
35	核医学科病房（05 床-06 床）楼下区域	***	***	/
36	核医学科病房（07 床-08 床）北侧墙外	***	***	/
37	核医学科病房（07 床-08 床）北侧门外	***	***	/
38	核医学科病房（07 床-08 床）南侧门外	***	***	/
39	核医学科病房（07 床-08 床）楼上区域	***	***	/
40	核医学科病房（07 床-08 床）楼下区域	***	***	/
41	核医学科病房（09 床-10 床）北侧墙外	***	***	/
42	核医学科病房（09 床-10 床）北侧门外	***	***	/
43	核医学科病房（09 床-10 床）南侧墙外	***	***	/
44	核医学科病房（09 床-10 床）楼上区域	***	***	/
45	核医学科病房（09 床-10 床）楼下区域	***	***	/
46	核医学科病房（11 床-12 床）北侧墙外	***	***	/
47	核医学科病房（11 床-12 床）北侧门外	***	***	/
48	核医学科病房（11 床-12 床）南侧墙外	***	***	/
49	核医学科病房（11 床-12 床）楼上区域	***	***	/
50	核医学科病房（11 床-12 床）楼下区域	***	***	/
51	核医学科病房（13 床-14 床）北侧墙外	***	***	/
52	核医学科病房（13 床-14 床）北侧门外	***	***	/
53	核医学科病房（13 床-14 床）南侧墙外	***	***	/
54	核医学科病房（13 床-14 床）楼上区域	***	***	/
55	核医学科病房（13 床-14 床）楼下区域	***	***	/
56	核医学科病房（15 床-16 床）北侧墙外	***	***	/
57	核医学科病房（15 床-16 床）北侧门外	***	***	/
58	核医学科病房（15 床-16 床）南侧墙外	***	***	/
59	核医学科病房（15 床-16 床）楼上区域	***	***	/
60	核医学科病房（15 床-16 床）楼下区域	***	***	/
61	核医学科病房（17 床-18 床）北侧墙外	***	***	/
62	核医学科病房（17 床-18 床）北侧门外	***	***	/
63	核医学科病房（17 床-18 床）南侧墙外	***	***	/
64	核医学科病房（17 床-18 床）楼上区域	***	***	/



65	核医学科病房（17床-18床）楼下区域	***	***	/
66	核医学科病房（19床-20床）北侧墙外	***	***	/
67	核医学科病房（19床-20床）北侧门外	***	***	/
68	核医学科病房（19床-20床）南侧墙外	***	***	/
69	核医学科病房（19床-20床）楼上区域	***	***	/
70	核医学科病房（19床-20床）楼下区域	***	***	/
71	核医学科病房（21床-22床）北侧墙外	***	***	/
72	核医学科病房（21床-22床）北侧门外	***	***	/
73	核医学科病房（21床-22床）南侧墙外	***	***	/
74	核医学科病房（21床-22床）楼上区域	***	***	/
75	核医学科病房（21床-22床）楼下区域	***	***	/
76	核医学科病房（21床-22床）西侧墙外警务室	***	***	/
77	核医学科病房 23床北侧墙外	***	***	/
78	核医学科病房 23床南侧墙外	***	***	/
79	核医学科病房 23床南侧门外	***	***	/
80	核医学科病房 23床西侧墙外	***	***	/
81	核医学科病房 23床楼上区域	***	***	/
82	核医学科病房 23床楼下区域	***	***	/
83	衰变池	***	***	/
84	竖井井盖外	***	***	/

注：X-γ辐射剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值。

根据表 7-5 监测结果，核医学科住院区核素使用房间周围监测点位的 X-γ辐射剂量率范围为\*\*\*Gy/h（\*\*\*μSv/h），γ辐射权重因子取 1，因此各点位剂量当量率范围为\*\*\*μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h”的要求。

## 2、β表面污染活度监测结果

β表面污染活度监测结果见表 7-6~表 7-7。

表 7-6 核医学科门诊区β表面污染活度监测结果

编号	测量点位置	β表面污染活度 (Bq/cm <sup>2</sup> )	标准差 (Bq/cm <sup>2</sup> )	备注
1	治疗室 4 及其控制室墙面	***	***	控制区
2	治疗室 4 及其控制室地面	***	***	
3	治疗室 4 及其控制室门把手区域	***	***	
4	治疗室 4 及其控制室源罐表面	***	***	

5	治疗室 4 及其控制室手套箱表面	***	***		
6	肺通气室墙面	***	***		
7	肺通气室地面	***	***		
8	肺通气室门把手区域	***	***		
9	心肌负荷室墙面	***	***		
10	心肌负荷室地面	***	***		
11	心肌负荷室门把手区域	***	***		
12	注射室地面	***	***		
13	注射室墙面	***	***		
14	注射室门把手区域	***	***		
15	注射室注射窗（患者）表面	***	***		
16	注射室放射性废物桶表面	***	***		
17	敷贴室墙面	***	***		
18	敷贴室地面	***	***		
19	敷贴室门把手区域	***	***		
20	敷贴室贮源箱表面	***	***		
21	敷贴室操作位	***	***		
22	肾图室墙面	***	***		
23	肾图室地面	***	***		
24	肾图室门把手区域	***	***		
25	甲吸室墙面	***	***		
26	甲吸室地面	***	***		
27	甲吸室门把手区域	***	***		
28	接诊台墙面	***	***		监督区
29	接诊台地面	***	***		
30	接诊台门把手区域	***	***		
31	存储室地面	***	***		控制区
32	存储室门把手	***	***		
33	存储室墙壁	***	***		
34	存储室储源柜	***	***		
35	废物暂存间地面	***	***		
36	废物暂存间墙面	***	***		
37	废物暂存间门把手区域	***	***		
38	废物暂存间放射性废物桶表面	***	***		
39	清洁间地面	***	***		
40	清洁间墙面	***	***		
41	清洁间门把手区域	***	***		
42	清洁间洗手池	***	***		
43	观察抢救室地面	***	***		
44	观察抢救室墙面	***	***		
45	观察抢救室门把手区域	***	***		
46	SPET/CT 机房地面	***	***		
47	SPET/CT 机房墙面	***	***		

48	SPET/CT 机房门把手区域	***	***	监督区	
49	SPET/CT 操作室地面	***	***		
50	SPET/CT 操作室墙面	***	***		
51	SPET/CT 操作室门把手区域	***	***		
52	男更衣室地面	***	***		
53	男更衣室墙面	***	***		
54	男更衣室门把手区域	***	***		
55	男更衣室柜子	***	***		
56	女更衣室地面	***	***		
57	女更衣室墙面	***	***		
58	女更衣室门把手区域	***	***		
59	女更衣室柜子	***	***		
60	医护女卫浴地面	***	***		
61	医护女卫浴墙面	***	***		
62	医护女卫浴门把手区域	***	***		
63	医护男卫浴地面	***	***		
64	医护男卫浴墙面	***	***		
65	医护男卫浴门把手区域	***	***		
66	PET/CT 分装室手套箱表面	***	***		控制区
67	PET/CT 分装室地面	***	***		
68	PET/CT 分装室墙面	***	***		
69	PET/CT 分装室门把手区域	***	***		
70	PET/CT 注射室地面	***	***		
71	PET/CT 注射室墙面	***	***		
72	PET/CT 注射室门把手区域	***	***		
73	PET/CT 注射室注射窗（患者）表面	***	***		
74	PET/CT 注射室放射性废物桶表面	***	***	监督区	
75	PET/CT 操作室地面	***	***		
76	PET/CT 操作室墙面	***	***		
77	PET/CT 操作室门把手区域	***	***		
78	PET/CT 机房地面	***	***	控制区	
79	PET/CT 机房墙面	***	***		
80	PET/CT 机房门把手区域	***	***		
81	休息室 1 地面	***	***		
82	休息室 1 墙面	***	***		
83	休息室 1 门把手区域	***	***		
84	休息室 2 地面	***	***		
85	休息室 2 墙面	***	***		
86	休息室 2 门把手区域	***	***		
87	留观室 1（兼抢救室）地面	***	***		
88	留观室 1（兼抢救室）墙面	***	***		
89	留观室 1（兼抢救室）门把手区域	***	***		
90	PET/MRI 地面	***	***		

91	PET/MRI 墙面	***	***	
92	PET/MRI 门把手区域	***	***	
93	PET/MRI 操作间地面	***	***	
94	PET/MRI 操作间墙面	***	***	
95	PET/MRI 操作间门把手区域	***	***	
96	休息室 3 地面	***	***	
97	休息室 3 墙面	***	***	
98	休息室 3 门把手区域	***	***	
99	休息室 4 地面	***	***	
100	休息室 4 墙面	***	***	
101	休息室 4 门把手区域	***	***	
102	留观室 2 地面	***	***	
103	留观室 2 墙面	***	***	
104	留观室 2 门把手区域	***	***	
105	北侧患者走廊地面	***	***	监督区
106	北侧患者走廊墙面	***	***	
107	南侧患者走廊地面	***	***	
108	南侧患者走廊墙面	***	***	
109	SPECT/CT 操作室南侧男卫生间地面	***	***	
110	SPECT/CT 操作室南侧男卫生间内墙面	***	***	
111	SPECT/CT 操作室南侧男卫生间门把手	***	***	
112	SPECT/CT 操作室南侧女卫生间内墙面	***	***	
113	SPECT/CT 操作室南侧女卫生间地面	***	***	
114	SPECT/CT 操作室南侧女卫生间门把手	***	***	

根据表 7-6 监测结果，核医学科门诊区室内及周围控制区各监测点 $\beta$ 表面污染水平为 $***\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区各监测点 $\beta$ 表面污染水平为 $***\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）表面放射性污染的控制水平（监督区  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，控制区  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）。

表 7-7 核医学科住院 $\beta$ 表面污染活度监测结果

编号	测量点位置	$\beta$ 表面污染活度( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )	标准差( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )	备注
1	服碘室手套箱表面	***	***	控制区
2	服碘室地面	***	***	
3	服碘室门把手	***	***	
4	服碘室墙壁	***	***	
5	分装高活室自动分药柜外	***	***	
6	分装高活室地面	***	***	
7	分装高活室门把手	***	***	
8	分装高活室墙面	***	***	
9	控制室墙面	***	***	监督区

10	控制室地面	***	***	
11	控制室门把手区域	***	***	
12	更衣室、淋浴室墙面	***	***	
13	更衣室、淋浴室地面	***	***	
14	更衣室、淋浴室门把手区域	***	***	
15	更衣室、淋浴室洗手池	***	***	
16	储存间地面	***	***	控制区
17	储存间门把手	***	***	
18	储存间墙壁	***	***	
19	储存间储源柜	***	***	
20	储存间传递窗	***	***	
21	放射性废物暂存库地面	***	***	
22	放射性废物暂存库门把手	***	***	
23	放射性废物暂存库墙壁	***	***	
24	放射性废物暂存库放射性废物桶表面	***	***	监督区
25	被服库墙面	***	***	
26	被服库地面	***	***	
27	被服库门把手区域	***	***	
28	医护女卫、淋浴室地面	***	***	
29	医护女卫、淋浴室墙面	***	***	
30	医护女卫、淋浴室门把手区域	***	***	
31	医护男卫、淋浴室地面	***	***	
32	医护男卫、淋浴室墙面	***	***	
33	医护男卫、淋浴室门把手区域	***	***	控制区
34	核医学科病房（01床-02床）地面	***	***	
35	核医学科病房（01床-02床）墙面	***	***	
36	核医学科病房（01床-02床）门把手区域	***	***	
37	核医学科病房（01床-02床）放射性废物桶表面	***	***	
38	核医学科病房（03床-04床）地面	***	***	
39	核医学科病房（03床-04床）墙面	***	***	
40	核医学科病房（03床-04床）门把手区域	***	***	
41	核医学科病房（03床-04床）放射性废物桶表面	***	***	
42	核医学科病房（05床-06床）地面	***	***	
43	核医学科病房（05床-06床）墙面	***	***	
44	核医学科病房（05床-06床）门把手区域	***	***	
45	核医学科病房（05床-06床）放射性废物桶表面	***	***	
46	核医学科病房（07床-08床）地面	***	***	
47	核医学科病房（07床-08床）墙面	***	***	
48	核医学科病房（07床-08床）门把手区域	***	***	
49	核医学科病房（07床-08床）放射性废物	***	***	

	桶表面			
50	核医学科病房（09 床-10 床）地面	***	***	
51	核医学科病房（09 床-10 床）墙面	***	***	
52	核医学科病房（09 床-10 床）门把手区域	***	***	
53	核医学科病房（09 床-10 床）放射性废物桶表面	***	***	
54	核医学科病房（11 床-12 床）地面	***	***	
55	核医学科病房（11 床-12 床）墙面	***	***	
56	核医学科病房（11 床-12 床）门把手区域	***	***	
57	核医学科病房（11 床-12 床）放射性废物桶表面	***	***	
58	核医学科病房（13 床-14 床）地面	***	***	
59	核医学科病房（13 床-14 床）墙面	***	***	
60	核医学科病房（13 床-14 床）门把手区域	***	***	
61	核医学科病房（13 床-14 床）放射性废物桶表面	***	***	
62	核医学科病房（15 床-16 床）地面	***	***	
63	核医学科病房（15 床-16 床）墙面	***	***	
64	核医学科病房（15 床-16 床）门把手区域	***	***	
65	核医学科病房（15 床-16 床）放射性废物桶表面	***	***	
66	核医学科病房（17 床-18 床）地面	***	***	
67	核医学科病房（17 床-18 床）墙面	***	***	
68	核医学科病房（17 床-18 床）门把手区域	***	***	
69	核医学科病房（17 床-18 床）放射性废物桶表面	***	***	
70	核医学科病房（19 床-20 床）地面	***	***	
71	核医学科病房（19 床-20 床）墙面	***	***	
72	核医学科病房（19 床-20 床）门把手区域	***	***	
73	核医学科病房（19 床-20 床）放射性废物桶表面	***	***	
74	核医学科病房（21 床-22 床）地面	***	***	
75	核医学科病房（21 床-22 床）墙面	***	***	
76	核医学科病房（21 床-22 床）门把手区域	***	***	
77	核医学科病房（21 床-22 床）放射性废物桶表面	***	***	
78	核医学科病房 23 床地面	***	***	
79	核医学科病房 23 床墙面	***	***	
80	核医学科病房 23 床门把手区域	***	***	
81	核医学科病房 23 床放射性废物桶表面	***	***	
82	患者走廊地面	***	***	
83	患者走廊墙面	***	***	
84	衰变池上方	***	***	/

控制区

根据表 7-7 监测结果，核医学科住院区室内及周围控制区各监测点 $\beta$ 表面污染水平为 $***\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区各监测点 $\beta$ 表面污染水平为 $***\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）表面放射性污染的控制水平（监督区  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，控制区  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）。

### 3、碘-131 废气排放监测结果

碘-131 废气排放监测结果见表 7-8。

表 7-8 核医学科碘-131 废气有组织排放监测结果表

测试项目	测试次数	烟气平均流速 (m/s)	标杆流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	实测浓度 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )	排放速率 ( $\text{Bq}/\text{h}$ )
核医学科住院部气体排放口					
碘-131	1	***	***	***	***
核医学科门诊部气体排放口					
碘-131	1	***	***	***	***

根据表 7-8 监测结果，与环评相比，核医学科碘-131 实际排放浓度和排放速率均小于环评预测值（排放浓度 $***\text{Bq}/\text{m}^3$ 、排放速率 $***\text{Bq}/\text{h}$ ）。

本项目验收监测时，核医学科住院部气体排放口排放口碘-131 放射性废气排放浓度为 $***\text{Bq}/\text{m}^3$ ，排放速率为 $***\text{q}/\text{h}$ ；核医学科门诊部气体排放口排放口碘-131 放射性废气排放浓度为 $***\text{q}/\text{m}^3$ ，排放速率为 $***\text{Bq}/\text{h}$ ；由于楼顶封闭管理，不考虑人员吸入排口废气影响。

### 4、土壤监测结果

土壤样总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性监测结果见表 7-9。

表 7-9 土壤样总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性监测结果

样品类别	取样点位	取样时间	监测项目	监测结果
土壤	竖井井盖外	2023.11.14	总 $\alpha$ ( $\text{Bq}/\text{kg}$ )	***
			总 $\beta$ ( $\text{Bq}/\text{kg}$ )	***
	衰变池附近	2023.11.14	总 $\alpha$ ( $\text{Bq}/\text{kg}$ )	***
			总 $\beta$ ( $\text{Bq}/\text{kg}$ )	***
	50m 评价范围 外绿化带	2023.11.14	总 $\alpha$ ( $\text{Bq}/\text{kg}$ )	***
			总 $\beta$ ( $\text{Bq}/\text{kg}$ )	***

根据表 7-9 监测结果，竖井井盖外土壤总 $\alpha$ 为 $***\text{Bq}/\text{kg}$ ，总 $\beta$ 为 $***\text{Bq}/\text{kg}$ ；衰变池旁土壤样总 $\alpha$ 为 $***\text{Bq}/\text{kg}$ ，总 $\beta$ 为 $***\text{Bq}/\text{kg}$ ，与 50m 评价范围外绿化带土壤总 $\alpha$ ，总 $\beta$ 值基本一致，属于当地土壤本底水平。

## (二) 受照射剂量

根据《实用辐射安全手册（第二版）》的公式，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$E = D \cdot t \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \dots\dots\dots (式 7-1)$$

式中：E—人员受到的附加有效剂量，Sv/a；

D—X-γ射线空气吸收剂量率附加值，Gy/h；

t—X-γ年受照时间，h/a；

W<sub>T</sub>—组织权重因数，全身为 1；

W<sub>R</sub>—辐射权重因数，本项目为 1。

### (1) 医学科周围职业人员受辐射影响分析

根据实测数据与环评时本底监测值进行比较，伽马射线权重因子取 1，环评时核医学科场所及周围本底监测值结果见表 7-11，计算可以得到职业人员的年有效剂量估算结果，核医学科正常运行时，职业人员受照射剂量计算结果见表 7-13。

表 7-11 X-γ辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X-γ辐射剂量率 (×10 <sup>-8</sup> Gy/h)	标准差 (×10 <sup>-8</sup> Gy/h)	备注
1	在建医院北侧道路	***	***	/
2	在建医院东侧道路	***	***	/
3	在建医院南侧道路	***	***	/
4	在建医院西侧道路	***	***	/
5	在建医院内综合门诊医技大楼东侧	***	***	/
6	在建医院内核医学科住院区南侧	***	***	/
7	在建医院内核医学科门诊区南侧	***	***	/
8	在建医院内放疗中心	***	***	/

表 7-13 核医学科正常运行时γ射线所致职业人员附加年有效剂量情况表

监测编号	监测点位	受照者	X-γ辐射剂量率 (×10 <sup>-8</sup> Gy/h)	X-γ辐射剂量率附加值 (×10 <sup>-8</sup> Gy/h)	操作时间(h/a)	居留因子	附加年有效剂量(mSv/a)
核医学科门诊区							
28	注射室手套箱表面	职业人员	***	***	***	***	4.30E-02



29	注射室注射台	职业人员	***	***	***	***	4.71E-02
60	PET/CT 注射室注射台	职业人员	***	***	***	***	1.20E-03
合计							9.13E-02
核医学科住院区							
6	通风高活室自动分药柜外	职业人员	***	***	***	***	4.04E-03
合计							9.53E-02

注：职业人员操作时间保守取环评中所以核素操作时间之和。

根据表 7-12，核医学科职业人员年有效剂量叠加后最大为  $9.53 \times 10^{-2}$  mSv/a，满足职业人员年有效剂量 05mSv/a 的管理限值。

### (2) 核医学科周围公众受辐射影响分析

根据实测数据与环评时本底监测值进行比较，计算可以得到公众的年有效剂量估算结果，核医学科正常运行时，公众受照射剂量计算结果见表 7-13。

表 7-13 核医学科正常运行时γ射线所致人员附加年有效剂量情况表

监测编号	监测点位	受照者	X-γ辐射剂量率 ( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	X-γ 辐射剂量率附加 值 ( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	操作时间(h/a)	居留因子	附加年有效剂量 (mSv/a)
核医学科门诊区							
14	肺通气室楼上区域	公众	***	***	***	***	7.50E-04
15	肺通气室楼下区域	公众	***	***	***	***	3.13E-03
20	心肌负荷室楼上区域	公众	***	***	***	***	5.00E-04
21	心肌负荷室楼下区域	公众	***	***	***	***	2.00E-03
26	注射室楼上区域	公众	***	***	***	***	1.50E-03
27	注射室楼下区域	公众	***	***	***	***	2.13E-03
34	敷贴室楼上区域	公众	***	***	***	***	3.75E-04

35	敷贴室楼下区域	公众	***	***	***	***	1.88E-03
核医学科住院区							
4	服碘室楼上区域	公众	***	***	***	***	1.88E-03
5	服碘室楼下区域	公众	***	***	***	***	1.25E-04
12	储存间楼上区域	公众	***	***	***	***	2.75E-03
13	储存间楼下区域	公众	***	***	***	***	7.50E-04
17	放射性废物暂存库楼上区域	公众	***	***	***	***	2.63E-03
18	放射性废物暂存库楼下区域	公众	***	***	***	***	0
23	核医学科病房（01床-02床）南侧墙外	公众	***	***	***	***	1.75E-03
24	核医学科病房（01床-02床）楼上区域	公众	***	***	***	***	3.75E-03
25	核医学科病房（01床-02床）楼下区域	公众	***	***	***	***	5.00E-04
28	核医学科病房（03床-04床）南侧墙外	公众	***	***	***	***	3.75E-04
29	核医学科病房（03床-04床）楼上区域	公众	***	***	***	***	2.38E-03
30	核医学科病房（03床-04床）楼下区域	公众	***	***	***	***	2.50E-04
33	核医学科病房（05	公众	***	***	***	***	3.75E-04

	床-06床) 南侧墙外						
34	核医学科 病房(05 床-06床) 楼上区域	公众	***	***	***	***	2.38E-03
35	核医学科 病房(05 床-06床) 楼下区域	公众	***	***	***	***	1.00E-03
38	核医学科 病房(07 床-08床) 南侧门外	公众	***	***	***	***	2.13E-03
39	核医学科 病房(07 床-08床) 楼上区域	公众	***	***	***	***	1.63E-03
40	核医学科 病房(07 床-08床) 楼下区域	公众	***	***	***	***	0
43	核医学科 病房(09 床-10床) 南侧墙外	公众	***	***	***	***	2.00E-03
44	核医学科 病房(09 床-10床) 楼上区域	公众	***	***	***	***	1.88E-03
45	核医学科 病房(09 床-10床) 楼下区域	公众	***	***	***	***	1.25E-04
48	核医学科 病房(11 床-12床) 南侧墙外	公众	***	***	***	***	1.25E-03
49	核医学科 病房(11 床-12床) 楼上区域	公众	***	***	***	***	0
50	核医学科 病房(11	公众	***	***	***	***	0

	床-12床) 楼下区域						
53	核医学科 病房(13 床-14床) 南侧墙外	公众	***	***	***	***	2.50E-04
54	核医学科 病房(13 床-14床) 楼上区域	公众	***	***	***	***	2.88E-03
55	核医学科 病房(13 床-14床) 楼下区域	公众	***	***	***	***	7.50E-04
58	核医学科 病房(15 床-16床) 南侧墙外	公众	***	***	***	***	7.50E-04
59	核医学科 病房(15 床-16床) 楼上区域	公众	***	***	***	***	6.25E-04
60	核医学科 病房(15 床-16床) 楼下区域	公众	***	***	***	***	1.25E-04
63	核医学科 病房(17 床-18床) 南侧墙外	公众	***	***	***	***	1.50E-03
64	核医学科 病房(17 床-18床) 楼上区域	公众	***	***	***	***	2.25E-03
65	核医学科 病房(17 床-18床) 楼下区域	公众	***	***	***	***	0
68	核医学科 病房(19 床-20床) 南侧墙外	公众	***	***	***	***	2.38E-03
69	核医学科 病房(19	公众	***	***	***	***	1.38E-03

	床-20床) 楼上区域						
70	核医学科 病房(19 床-20床) 楼下区域	公众	***	***	***	***	0
73	核医学科 病房(21 床-22床) 南侧墙外	公众	***	***	***	***	1.88E-03
74	核医学科 病房(21 床-22床) 楼上区域	公众	***	***	***	***	3.13E-03
75	核医学科 病房(21 床-22床) 楼下区域	公众	***	***	***	***	0
76	核医学科 病房(21 床-22床) 西侧墙外 警务室	公众	***	***	***	***	1.88E-03
77	核医学科 病房 23床 北侧墙外	公众	***	***	***	***	6.25E-04
81	核医学科 病房 23床 楼上区域	公众	***	***	***	***	5.00E-04
82	核医学科 病房 23床 楼下区域	公众	***	***	***	***	1.25E-04
83	衰变池	公众	***	***	***	***	0
84	竖井井盖 外	公众	***	***	***	***	0

根据表 7-13, 核医学科周围公众年有效剂量叠加后最大为  $2.88 \times 10^{-3}$  mSv/a, 满足公众年有效剂量 0.1 mSv/a 的管理限值。

## 二、碘-131 废气排放监测结果分析

本项目验收监测时,核医学科住院部气体排放口排放口碘-131 放射性废气排放浓度为\*\*\*Bq/m<sup>3</sup>, 排放速率为\*\*\*Bq/h; 核医学科门诊部气体排放口排放口碘

-131 放射性废气排放浓度为\*\*\*Bq/m<sup>3</sup>，排放速率为\*\*\*Bq/h；由于楼顶封闭管理，不考虑人员吸入排口废气影响。

### 三、个人剂量档案管理检查

医院辐射工作人员均已佩戴了个人剂量计，根据医院提供的近一年年度个人剂量检测报告可知，全院辐射工作人员个人剂量检测结果均低于职业人员 5mSv/年、1.25mSv/季度的约束限值。医院应进一步加强对辐射工作人员的监督管理，确保辐射工作人员遵守医院个人剂量管理规定，从事辐射工作期间规范佩戴个人剂量计，未工作时应妥善存放个人剂量计。

### 四、含放射性废水治理调查

本项目衰变池位于核医学科住院区西侧，并将池体埋入地下，且避开人群集中活动区域，池体距离核医学科住院区直线距离为 18m。放射性废水的排放管道要求全线不渗漏，并做好沿途的防护。核医学科地板采用降板设计，放射性废水的排放管道采用不锈钢材质，且在楼板的回填层中穿行，同时在绿化带中穿行的管道上每隔一定距离设有一个检修口，对于排放管道裸露部分采用了 3mmPb 当量的铅皮包裹，防止泄漏。

本项目核医学科衰变池设计为 2 格，每格衰变池为独立的池体，并排排列，衰变池的每格有效容积为 960m<sup>3</sup>/格（长 16.8m，宽 13.3m，高 4.3m）。

本次核医学科运行时间短，废水量较少，衰变池一格水池未装满，未达到排放时间，因此未对核医学科衰变池废水的总β进行了检测。

本项目放射性废水收集排放至衰变池中，暂存衰变一定排水周期（180 天）后，放射性废水衰变池设有废水取样口和检修口，排放前应对放射性废水进行取样监测，监测结果符合排放标准（总β排放标准 10Bq/L）后方可排放。每次排放应做好排放时间、监测数据、排放量等应详细记录，设置专门的废水排放台账，台账应有专人管理，存档保存。放射性废水每次排出衰变池前，应将有关情况报成都市生态环境局。

### 五、固体废物处置调查

#### 1、放射性固废

本项目核医学科放射性固废，核素种类包含：氟-18、镓-68、镅-99m，铯-89、钷-177，碘-131，医院采用专门固废收集桶分类收集后，置于放射性固废暂存间

进行暂存衰变，经监测达标后，转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理，不外排。

放射性固体废物清洁解控处置前应将有关情况报成都市生态环境局。

## 2、非放射性固废

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，已严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。

表 8 验收监测结论

验收监测结论:

本次验收内容为批复的核医学建设内容。通过现场检查，项目现已运行部分建设内容、建设地点、建设规模、射线装置的种类、辐射安全防护装置、工作方式、年曝光时间、使用的地点以及生产工艺流程、污染物产生的种类、采取的污染治理措施、管理制度的制定情况与环评及批复中一致，使用的核素的种类和数量不大于环评批复的核素的种类和数量，无重大变动。

根据现场监测及计算结果:

(一) SPET/CT 机房外各关注点处，在 CT 机未曝光条件下，X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果为  $8.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$  (本项目检测仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定参考辐射源，根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)，换算系数为  $1.2 \text{Sv/Gy}$ ，转换为  $0.1032 \mu\text{Sv/h} \sim 0.1368 \mu\text{Sv/h}$ ，下同)，在 CT 机曝光条件下，X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果为  $8.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 12.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$  ( $0.1044 \mu\text{Sv/h} \sim 0.1488 \mu\text{Sv/h}$ )，均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)规定的 CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的要求。且开机条件下监测结果与未开机条件下监测结果相比，X- $\gamma$ 辐射剂量率无明显增大，说明机房屏蔽效果较好。

监测时，SPECT/CT2 机房的设备未安装，SPECT/CT1 机房、SPECT/CT2 机房面积相似，墙体和屋顶的屏蔽厚度相同，设备的额定电流、额定电压相同，因此根据 SPECT/CT1 机房的监测结果可以类比 SPECT/CT2 机房的监测结果，根据表 7-3，在 CT 机未曝光条件下、曝光条件下 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)规定的 CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的要求。且开机条件下监测结果与未开机条件下监测结果相比，X- $\gamma$ 辐射剂量率无明显增大，说明机房屏蔽效果较好。医院应在 SPECT/CT2 机房的设备安装后，委托有资质的单位依据验收中 SPECT/CT1 机房的监测点位进行监测，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

PET/CT 机房外各关注点处，在 CT 机未曝光条件下，X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果为  $8.1 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 9.5 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$  ( $0.0972 \mu\text{Sv/h} \sim 0.114 \mu\text{Sv/h}$ )，在 CT 机曝光条件下，X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果为  $9.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 19.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$  ( $0.1104 \mu\text{Sv/h} \sim 0.2328 \mu\text{Sv/h}$ )，均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)规定的 CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的要求。且开机条件下监测结果与未开机条件下监测结果相



比，X- $\gamma$ 辐射剂量率无明显增大，说明机房屏蔽效果较好。

(二) 核医学科门诊区核素使用房间周围监测点位的 X- $\gamma$ 辐射剂量率范围为  $7.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 62.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$  ( $0.0888 \mu\text{Sv/h} \sim 0.7524 \mu\text{Sv/h}$ )， $\gamma$ 辐射权重因子取 1，因此各点位剂量当量率范围为  $0.0888 \mu\text{Sv/h} \sim 0.7524 \mu\text{Sv/h}$ 。核医学科住院区核素使用房间周围监测点位的 X- $\gamma$ 辐射剂量率范围为  $6.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 52 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$  ( $0.0756 \mu\text{Sv/h} \sim 0.624 \mu\text{Sv/h}$ )， $\gamma$ 辐射权重因子取 1，因此各点位剂量当量率范围为  $0.0756 \mu\text{Sv/h} \sim 0.624 \mu\text{Sv/h}$ ，均满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(三) 核医学科门诊区室内及周围控制区各监测点 $\beta$ 表面污染水平为  $0.21 \text{Bq/cm}^2 \sim 15.2 \text{Bq/cm}^2$ ，监督区各监测点 $\beta$ 表面污染水平为  $0.22 \text{Bq/cm}^2 \sim 3.3 \text{Bq/cm}^2$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)表面放射性污染的控制水平(监督区  $4 \text{Bq/cm}^2$ ，控制区  $40 \text{Bq/cm}^2$ )。核医学科住院区室内及周围控制区各监测点 $\beta$ 表面污染水平为  $0.19 \text{Bq/cm}^2 \sim 5.09 \text{Bq/cm}^2$ ，监督区各监测点 $\beta$ 表面污染水平为  $0.21 \text{Bq/cm}^2 \sim 0.68 \text{Bq/cm}^2$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)表面放射性污染的控制水平(监督区  $4 \text{Bq/cm}^2$ ，控制区  $40 \text{Bq/cm}^2$ )。

(四) 本项目验收监测时，核医学科住院部气体排放口排放口碘-131 放射性废气排放浓度为  $6.4 \text{Bq/m}^3$ ，排放速率为  $16800 \text{Bq/h}$ ；核医学科门诊部气体排放口排放口碘-131 放射性废气排放浓度为  $0.728 \text{Bq/m}^3$ ，排放速率为  $1090 \text{Bq/h}$ ；由于楼顶封闭管理，不考虑人员吸入排口废气影响。

(五) 本次验收监测核医学科竖井井盖外土壤总 $\alpha$ 为  $1.04 \times 10^3 \text{Bq/kg}$ ，总 $\beta$ 为  $9.33 \times 10^3 \text{Bq/kg}$ ；衰变池旁土壤样总 $\alpha$ 为  $1.06 \times 10^3 \text{Bq/kg}$ ，总 $\beta$ 为  $1.06 \times 10^3 \text{Bq/kg}$ ，与 50m 评价范围外绿化带土壤总 $\alpha$ ，总 $\beta$ 值基本一致，属于当地土壤本底水平。

(六) 根据验收监测结果估算，核医学科职业人员年有效剂量叠加后最大为  $9.53 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足职业人员年有效剂量  $05 \text{mSv/a}$  的管理限值，核医学科周围公众年有效剂量叠加后最大为  $2.88 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，满足公众年有效剂量  $0.1 \text{mSv/a}$  的管理限值。

四川大学华西天府医院认真履行了本项目的环境保护审批和许可手续，落实了

环评文件及其批复的要求，严格执行了环境保护“三同时”制度，相关的验收文档资料齐全，辐射安全与防护设施及措施运行有效，对环境的影响符合相关标准要求。

综上所述，验收组一致同意四川大学华西天府医院新建核技术利用项目（核医学科部分）竣工环境保护验收监测报告表项目通过竣工环境保护验收。