重庆医科大学附属第二医院（江南医院）
核医学科建设项目（一期）
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：重庆医科大学附属第二医院

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

二０二三年十一月

建设单位法人代表：何大维　　（签字）

编制单位法人代表：李传福　　（签字）

项　目　负　责　人：李正欢

报　告　编　写　人：赵蕾

建设单位	重庆医科大学附属第二医院	编制单位	重庆宏伟环保工程有限公司
电话	13527420308	电话	023-68182682
传真	/	传真	/
邮编	400000	邮编	400039
地址	重庆市渝中区临江路 74 号	地址	重庆市九龙坡区火炬大道 99 号

表一

建设项目名称	重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目（一期）
建设单位名称	重庆医科大学附属第二医院
建设项目性质	☑新建　☐改扩建　☐技改　☐迁建
建设地点	重庆市南岸区天文大道 288 号重庆医科大学附属第二医院医疗综合楼
主要产品名称	/
设计生产能力	拟在江南医院医疗综合楼-1F 和 2F 建设核医学科，总建筑面积约 2028m^2，其中-1F 核医学科诊断治疗区建筑面积约 1107m^2，2F 核医学科住院治疗区建筑面积约 921m^2。核医学科诊断治疗区配置 1 台 PET/MR、1 台 PET/CT、2 台 SPECT/CT、1 台骨密度仪，并使用 ^{18}F、^{68}Ga、^{99m}Tc、^{123}I、^{131}I、^{177}Lu 等 6 种核素开展核素诊断工作，^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 等 4 种核素开展核素治疗工作；使用 ^{18}F、^{99m}Tc、^{68}Ga、^{67}Ga、^{68}Ge、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re 等 12 种核素的药物实验工作。核医学科住院治疗区拟使用 ^{177}Lu、^{131}I、^{90}Y 等 3 种核素开展放射核素治疗和甲吸测定工作。 经核定，核医学科诊断治疗区的放射性核素日等效最大操作量约 1.74×10^{9}Bq，属于乙级非密封源工作场所；核医学科住院治疗区的放射性核素日等效最大操作量约 3.39×10^{9}Bq，属于乙级非密封源工作场所。
实际生产能力	核医学科现阶段诊疗量不足，进行分期验收。 （1）本次验收内容：在江南医院医疗综合楼-1F 和 2F 建设核医学科，总建筑面积约 2051m^2，其中-1F 核医学科诊断治疗区建筑面积约 1130m^2，2F 核医学科住院治疗区建筑面积约 921m^2。核医学科诊断治疗区配置 1 台 PET/CT、1 台 SPECT/CT、1 台骨密度仪，并使用 ^{18}F、^{68}Ga、^{99m}Tc、^{123}I、^{131}I、^{177}Lu 等 6 种核素开展核素诊断工作，^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 等 4 种核素开展核素治疗工作；使用 ^{18}F、^{99m}Tc、^{68}Ga、^{67}Ga、^{68}Ge、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re 等 12 种核素的药物实验工作。核医学科住院治疗区使用 ^{177}Lu、^{131}I、^{90}Y 等 3 种核素开展放射核素治疗和甲吸测定工作。核医学科诊断治疗区的放射性核素日等效最大操作量约为 1.74×10^{9}Bq，属于乙级非密封源工作场所；核医学科住院治疗区的放射性核素日等效最大操作量约为 3.39×10^{9}Bq，属于乙级非密封源工作场所。

表一

<table>
<tr><td>实际生产能力</td><td colspan="5">（2）剩余未验收内容：核医学科诊断治疗区的 1 台 PET/MR、1 台 SPECT/CT。</td></tr>
<tr><td>建设项目环评时间</td><td colspan="2">2019 年 10 月</td><td>开工建设时间</td><td colspan="2">2022 年 6 月</td></tr>
<tr><td>调试时间</td><td colspan="2">2023 年 4 月</td><td>验收现场监测时间</td><td colspan="2">2023 年 5 月</td></tr>
<tr><td>环评报告表审批部门</td><td colspan="2">重庆市生态环境局</td><td>环评报告表编制单位</td><td colspan="2">重庆宏伟环保工程有限公司</td></tr>
<tr><td>环保设施设计单位</td><td colspan="2">广州筑美辐射防护科技有限公司</td><td>环保设施施工单位</td><td colspan="2">广州筑美辐射防护科技有限公司</td></tr>
<tr><td>投资总概算</td><td>6000 万元</td><td>环保投资总概算</td><td>150 万元</td><td>比例</td><td>2.50%</td></tr>
<tr><td>实际总概算</td><td>4580 万元（一期）</td><td>环保投资</td><td>140 万元（一期）</td><td>比例</td><td>3.06%</td></tr>
<tr><td>验收监测依据</td><td colspan="5">一、法律法规和规章制度
（1）《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行（修订版）；
（2）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行；
（3）《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；
（4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；
（5）《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；
（6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日修订实施；
（7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2019 年 3 月 2 日修订实施；
（8）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日实施；
（9）《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》的通知，环办环评函〔2020〕688 号，2020 年 12 月 13 日；</td></tr>
</table>

表一

验收监测依据	（10）《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》，2012 年； （11）《放射性废物分类》，公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行； （12）《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号； （13）《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日修订实施； （14）《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日起施行。
	二、标准和技术规范 （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （2）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； （3）《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）； （4）《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）； （5）《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）； （6）《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； （7）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； （8）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； （9）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （10）《关于核医学科标准相关条款咨询的复函》，辐射函[2023]20号。 （11）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （12）《表面污染测定（第一部分）β发射体$E_{\beta Max}$＞0.15MeV和α发射体》（GB/T14056.1-2008）； （13）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。
	三、环境影响报告表及审批文件 （1）《重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目）环境影响报告表》，2019年10月；

表一

<table>
<tr><td>验收监测依据</td><td>（2）《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，渝（辐）环准〔2019〕034号，2019年10月30日。
四、其他相关文件
（1）工作场所竣工图等；
（2）医院辐射安全许可证及项目其他相关资料等；
（3）工作场所监测报告、辐射工作人员相关资料等。</td></tr>
<tr><td>验收监测评价标准、标号、级别、限值</td><td>根据《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》规定，建根据《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》规定，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。因此，本次验收项目执行环境影响报告表及环境影响评价文件批准书所规定的标准，具体见表 1-1。
表 1-1　项目验收执行相关指标表
<table>
<tr><th colspan="2">剂量要求</th><th>执行依据</th></tr>
<tr><td>执行对象</td><td>年有效剂量管理目标（mSv/a）</td><td rowspan="3">GB18871-2002
及医院确定</td></tr>
<tr><td>放射工作人员</td><td>5</td></tr>
<tr><td>公众成员</td><td>0.25</td></tr>
<tr><th colspan="2">屏蔽体表面控制值</th><th>执行依据</th></tr>
<tr><td>核医学工作场所控制区的用房边界</td><td>屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv /h</td><td>GBZ120-2006
《核医学放射防护要求》（征求意见稿）</td></tr>
<tr><td>射线装置控制区的用房边界</td><td>距离机房墙体、门、窗表面 30cm，机房顶棚上方距楼上地面 100cm 处的周围剂量当量率 ≤2.5μSv/h</td><td>GBZ130-2013</td></tr>
<tr><th colspan="2">核素发生器表面控制值</th><th>执行依据</th></tr>
<tr><td>核素发生器表面</td><td>任一点的最高辐射水平应不超过 2mSv/h</td><td>GB/T 25288-2010
GB/T 13172-2009
GB 11806－2019</td></tr>
<tr><th colspan="2">分装柜或生物安全柜表面剂量当量率</th><th>执行依据</th></tr>
<tr><td>距离分装柜或生物安全柜表面 5cm 处</td><td>应不大于 10μSv/h</td><td>《核医学放射防护要求》（征求意见稿）</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

表一

<table>
<tr><td rowspan="15"></td><td colspan="3">机房面积控制</td><td>执行依据</td></tr>
<tr><td>设备名称</td><td>机房内最小有效使用面积（m^2）</td><td>机房内最小单边长度（m）</td><td rowspan="3">GBZ130-2013</td></tr>
<tr><td>PET/CT
SPECT/CT</td><td>30</td><td>4.5</td></tr>
<tr><td>骨密度仪</td><td>10</td><td>2.5</td></tr>
<tr><td colspan="3">放射性废物排放</td><td>执行依据</td></tr>
<tr><td rowspan="2">放射性
固体废物</td><td colspan="2">每袋废物（重量≤20kg）的表面辐射剂量率≤0.1mSv/h</td><td rowspan="2">GBZ133-2009</td></tr>
<tr><td colspan="2">废物包装盒外表面：α<0.04 Bq/cm^2，β<0.4 Bq/cm^2</td></tr>
<tr><td>表面污染</td><td colspan="2">工作台、设备、墙壁、地面：控制区：β≤4×10Bq/cm^2，α（极毒性）≤4Bq/cm^2；监督区：β≤4Bq/cm^2，α（极毒性）≤4×10^{-1}Bq/cm^2；
工作服、手套、工作鞋：控制区/监督区：β≤4Bq/cm^2，α（极毒性）≤4×10^{-1}Bq/cm^2；
手、皮肤、内衣、工作袜：β≤4×10^{-1}Bq/cm^2，α（极毒性）≤4×10^{-2}Bq/cm^2。</td><td>GB18871-2002</td></tr>
<tr><td rowspan="2">放射性废水</td><td colspan="2">总β≤10Bq/L，总α≤1Bq/L</td><td>GB18466-2005</td></tr>
<tr><td colspan="2">每月排放的总活度不超过10ALImin；每一次排放的活度不超过1ALImin。</td><td>GB18871-2002</td></tr>
<tr><td colspan="3">核医学通风要求</td><td>执行依据</td></tr>
<tr><td>通风橱</td><td colspan="2">工作中应有足够风速（一般风速不小于 1m/s）</td><td rowspan="2">GBZ120-2006</td></tr>
<tr><td>排气口</td><td colspan="2">应高于本建筑屋脊、并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值</td></tr>
<tr><td colspan="3">医疗垃圾、医疗废水</td><td>执行依据</td></tr>
<tr><td>非放射性废水</td><td colspan="2">经医院污水处理站处理后方可排放</td><td>GB18466-2005</td></tr>
<tr><td>医疗垃圾</td><td colspan="2">交具有相应资质的单位处置</td><td>渝府发[2007]71 号</td></tr>
<tr><td colspan="4">项目建设过程中新发布实施了《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1188-2021）及标准咨询回函《关于核医学科标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）。本次将按照</td></tr>
</table>

新标准要求对项目提出达标考核的建议。达标考核主要要求见表 1-2。

表 1-2　新标准达标考核主要要求表

项目			限值	执行依据
公众成员年有效剂量约束值			不超过 0.1mSv/a	HJ1188-2021
各控制区内用房屏蔽体外表面剂量当量率	工作人员经常停留的场所（居留因子≥1/2）		小于 2.5μSv/h	GBZ120-2020、HJ1188-2021、辐射函[2023]20 号
	工作人员较少停留或无需到达的场所（居留因子＜1/2）		小于 10μSv/h	
通风橱、自动分装仪外表面 5cm 处的周围剂量当量率			不大于 25μSv/h	GBZ120-2020
通风橱、注射窗、自动分药仪等设备外表面 30cm 处人员操作位周围剂量当量率			小于 2.5μSv/h	HJ1188-2021
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管道外、衰变池盖板上方表面 30cm 处周围剂量当量率			小于 2.5μSv/h	HJ1188-2021
距离机房墙体、门、窗表面 30cm，顶棚上方距楼上地面 100cm 处周围剂量当量率			不大于 2.5μSv/h	GBZ130-2013
放射性固废	收集	每袋废物的表面辐射剂量率	不大于 0.1mSv/h	GBZ120-2020
		每袋废物的质量	不超过 20kg	
	排放	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	HJ1188-2021
		含碘-131 核素的放射性固体废物暂存时间	超过 180 天	
		辐射剂量率	满足所处环境本底水平	
		α表面污染	小于 0.08Bq/cm^2	
		β表面污染	小于 0.8Bq/cm^2	
放射性废水	槽式衰变处理设施	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；所含核素半衰期大于 24 小时的暂存时间超过 10 倍最长半衰期，可以直接排放，排放口总α≤1Bq/L，排放口总β≤10Bq/L		GB18466-2005 HJ1188-2021
		所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总α不大于 1Bq/L、总β不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。		

表一

项目	限值	执行依据
放射性废气	操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行。	HJ1188-2021
	手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。	
	设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。	
	放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。	

表二

工程建设内容

2.1 验收项目背景

2019 年重庆医科大学附属第二医院委托重庆宏伟环保工程有限公司编制了《重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目环境影响报告表》，重庆市生态环境局以渝（辐）环准〔2019〕034 号批复了该项目，项目主要建设内容和规模包括：拟在江南医院医疗综合楼-1F 和 2F 建设核医学科，总建筑面积约 2028m^2，其中-1F 核医学科诊断治疗区建筑面积约 1107m^2，2F 核医学科住院治疗区建筑面积约 921m^2。核医学科诊断治疗区配置 1 台 PET/MR、1 台 PET/CT、2 台 SPECT/CT、1 台骨密度仪，并使用 ^{18}F、^{68}Ga、^{99m}Tc、^{123}I、^{131}I、^{177}Lu 等 6 种核素开展核素诊断工作，使用 ^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 等 4 种核素开展核素治疗工作；使用 ^{18}F、^{99m}Tc、^{68}Ga、^{67}Ga、^{68}Ge、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re 等 12 种核素开展放射性药物实验。核医学科住院治疗区拟使用 ^{177}Lu、^{131}I、^{90}Y 等 3 种核素开展放射核素治疗和甲吸测定工作。经核定，核医学科诊断治疗区的放射性核素日等效最大操作量约 1.74×10^{9}Bq，属于乙级非密封源工作场所；核医学科住院治疗区的放射性核素日等效最大操作量约 3.39×10^{9}Bq，属于乙级非密封源工作场所。

2022 年 6 月，项目开工建设；2023 年 4 月，项目土建工程竣工、装饰装修工程完成、部分设备安装到位、辐射防护措施安装到位。医院根据现有情况，决定核医学科诊断治疗区射线装置仅启用 1 台 PET/CT、1 台 SPECT/CT、1 台骨密度仪，其余全部启用；核医学科住院治疗区则全面启用。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）的要求，重庆医科大学附属第二医院委托我公司对重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目（一期）开展竣工环境保护验收调查工作。

重庆医科大学附属第二医院的“重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目”中未建成的部分（核医学科诊断治疗区的 1 台 PET/MR、1 台 SPECT/CT），需在开展工作前按照规定另行开展环境保护竣工验收。

2.2 项目位置及平面布局

2.2.1 项目位置及环境保护目标

项目位于重庆市南岸区天文大道 288 号重庆医科大学附属第二医院江南院区医疗综合楼-1F、2F。医疗综合楼为门诊、急诊、医技、住院合建楼，位于江南医院中部，建

筑结构为-1~14F，划分为 4 个区域，分别为门诊部、急诊科、医技部、住院部。项目位于综合楼-1F 南部和 2F 南部，属于医技部。项目所在位置及周围环境见附图 2~附图 4 所示。

核医学科诊断治疗区布置在医疗综合楼的-1F 南部，控制区西北侧紧邻前室、柴油发电机房的控制室及储油间、给药前患者走廊等，之外为车库；东北侧紧邻给药前患者走廊、放疗中心用房、核医学科护士站等，之外为设备用房；东南侧紧邻医护通道、阅片室、卫生间、值班室、电话间以及衰变处理设施、实土层，室外为人行道、景观绿化等；西南侧紧邻控制廊、卫生间、值班室、电话间、阅片室以及庭院等，之外为实土层，室外为车行道、景观绿化；楼上紧邻停车库，之外为核医学科住院治疗区、放射科、办公室、手术中心、住院病房等；无地下层。根据现场调查可知，核医学科诊断治疗区控制区周围 50m 范围均在医院用地范围内，周围环境保护目标统计见表 2-1。

表 2-1　核医学科诊断治疗区控制区周围环境保护目标一览表

序号	环境保护目标	方位	最近水平距离	最小垂直高差	环境特征	受影响人群	影响因素
1	前室、柴油发电机房的控制室及储油间、患者走廊等	西北	约 0~4m	0m	医院用房，约 2 人	公众成员	电离辐射
	车库、资料室、门诊室等		约 4～50m	0m	医院用房，约 10 人	公众成员	
2	药前患者走廊、放疗中心用房等	东北	约 0~34m	0m	医院用房，约 30 人	公众成员	
	设备用房、车库等		约 34～50m	0m	医院用房，约 10 人	公众成员	
3	医护通道、阅片室、卫生间、值班室、电话间、衰变处理设施等	东南	约 0~10m	0m	核医学科用房，约 8 人	公众成员	
4	人行道、景观绿化		约 0~50m	约+10m	医院基础设施，约 20 人	公众成员	
5	控制廊、卫生间、值班室、电话间、阅片室以及庭院等	西南	约 0~16m	0m	核医学科用房，约 15 人	公众成员 放射工作人员	
6	人行道、车行道、景观绿化		约 0~50m	约+5m	医院基础设施，约 10 人	公众成员	
7	车库	楼上	/	约 4.5m	医院用房，约 2 人	公众成员	
	核医学科住院治疗区、放射科、办公室、手术中心、住院病房等（1~10F）		/	约+4.5~50m	医院用房，约 600 人	公众成员	

备注：+：表示环境保护目标高于-1F 地面。

根据调查，核医学科诊断治疗区的平面布置进行了局部调整，其控制区周围 50m 范围内的环境保护目标略有变化，另核医学科诊断治疗区东北侧部分用房调整了使用功

能。相比于环评阶段，核医学科诊断治疗区选址未发生变化，周围环境保护目标总体未发生变化。

核医学科住院治疗区位于医疗综合楼 2F 南部，控制区西北侧紧邻抢救室、走廊、处置室，之外为护士站、配药室、医生办公区等核医学科用房以及其他门诊用房，东北侧紧邻护士长办公室、控制室、走廊、楼梯间等放射科用房，之外为放射科其他用房；东南侧紧邻人行道，之外为绿化景观；西南侧约紧邻室外人行道，之外为车行道、景观绿化；楼上紧邻放射科办公用房，之外为消化内镜中心、手术中心、设备用房、住院病房等；楼下紧邻车库，之外为核医学科诊断治疗区。根据现场调查可知，核医学科住院治疗区的控制区周围 50m 范围均在医院用地范围内，周围环境保护目标统计见表 2-2。

表 2-2　核医学科住院治疗区控制区周围环境保护目标一览表

序号	环境保护目标	方位	最近水平距离	最小垂直高差	环境特征	受影响人群	影响因素
1	抢救室、走廊、处置室	西北	约 0~3m	0m	核医学科用房，约 3 人	公众成员	电离辐射
	护士站、配药室以及医生办公区等核医学科用房		约 3～30m	0m	核医学科用房，约 20 人	公众成员	
	医院其他门诊		约 30~50m	0m	医院用房，约 50 人	公众成员	
2	邻护士长办公室、控制室、走廊、楼梯间等	东北	约 0~8m	0m	医院用房，约 30 人	公众成员	
	放射科其他用房		约 2～50m	0m	医院用房，约 200 人	公众成员	
3	人行道	东南	约 0~20m	0m	医院基础设施，约 5 人	公众成员	
4	车行道、景观绿化		约 20~50m	0m	医院基础设施，约 20 人	公众成员	
5	人行道	西南	约 0~20m	0m	医院基础设施，约 10 人	公众成员	
6	车行道、景观绿化		约 20~50m	约-2m	医院基础设施，约 20 人	公众成员	
7	放射科办公区	楼上	/	约+4.5m	医院用房，约 2 人	公众成员	
	消化内镜中心、手术中心、住院病房（7F~12F）		/	约 +4.5~+50m	医院用房，约 600 人	公众成员	
	车库	楼下	/	约-4.5m	医院用房，约 20 人	公众成员	
	核医学科诊断治疗区		/	约 -4.5~-9.0m	医院用房，约 30 人	公众成员 放射工作人员	

备注：+：表示环境保护目标高于 2F 地面，-：表示环境保护目标低于 2F 地面。

根据调查，核医学科住院治疗区的平面布置进行了局部调整，其控制区周围 50m 范围内的环境保护目标略有变化。相比于环评阶段，核医学科住院治疗区选址未发生变化，周围环境保护目标总体未发生变化。

表二

放射性废水处理设施的东北侧、东南侧、西南侧均为实土层，实土层上方为人行道、车行道以及景观绿化；西北侧为-1F 的核医学科诊断治疗区、放疗中心、车库、设备用房等，1F 的闲置用房、车库、医管家用房、设备用房等；北侧为-1F 的放疗中心、车库、设备用房等，1F 的车库、电梯间、设备用房等；楼上正上方为人行道，无地下层。根据现场调查可知，放射性废水处理设施周围 50m 范围均在医院用地范围内，其周围环境保护目标统计见表 2-3。

表 2-3 衰变处理设施周围环境保护目标一览表

序号	环境保护目标		方位	最近水平距离	最小垂直高差	环境特征	受影响人群	影响因素
1	-1F	核医学科诊断治疗区、放疗中心以及车库等	西北	约 0~50m	约-0.2m	医院用房，约 50 人	公众成员 放射工作人员	电离辐射
	1F	车库、闲置用房、设备用房等		约 0~50m	约+4.2m	医院用房，约 5 人	公众成员	
		医管家		约 5~21m	约+4.2m	医院用房，约 10 人	公众成员	
2	-1F	放疗中心、设备用房、车库等	北	约 0~50m	0m	医院用房，约 30 人	公众成员	
	1F	车库、电梯间等		约 0~50m	0m	医院用房，约 10 人	公众成员	
3	室外人行道、景观绿化		东北	约 0~50m	约+8.6m	医院基础设施，约 10 人	公众成员	
4	室外人行道、景观绿化		东南	约 0~50m	约+8.6m	医院基础设施，约 10 人	公众成员	
5	室外人行道、景观绿化		西南	约 0~16m	约+5.0m	医院基础设施，约 10 人	公众成员	
6	人行道		楼上	/	约+8.6m	医院基础设施，约 5 人	公众成员	

备注：+：表示环境保护目标高于衰变池底；－：表示环境保护目标低于衰变池底。

放射性废水处理设施由医疗综合楼的-1F 西侧外地下变更至医疗综合楼的-1F 和 1F 南侧外。相比于环评阶段，放射性废水处理设施周围环境保护目标发生变化。

2.2.2 平面布局

（1）布置情况

①核医学科诊断治疗区

核医学科诊断治疗区位于医疗综合楼-1F 西部，建筑面积约 1130m^2。核医学科诊断治疗区主要由门诊候诊区、患者诊疗区和药物实验区构成，其中门诊候诊区布置护士站、医生办公室门、诊室、资料室、骨密度室及控制室等，患者诊疗区布置卫生通过间、淋浴间、分装注射室、储源室、运动负荷室（兼作抢救室、肺通气室）、洁具间、SPECT

表二

给药后候诊厅(含卫生间)、SPECT 检查室、PET/CT 检查室、PET 给药后候诊室(含卫生间)、PET 给药后 VIP 候诊室(含卫生间)、PET 留观室(含卫生间)、患者走廊以及控制室、阅片室、医护卫生间、电话间、值班室、清洁间、电梯、楼梯间等，药物实验区布置卫生通过间、淋浴间、核医学科医护人员走廊、放射性废物暂存间、药物质控室、药物合成室、缓冲间、细胞间、拆包间、一更、二更、去污间、洁净走廊、洁具间、灭菌间、缓冲间、热室等。

②核医学科住院治疗区

核医学科住院治疗区位于医疗综合楼 2F 西部，建筑面积约 750m^2。核医学科住院治疗区主要由医生办公区和患者诊疗区构成，其中医生办公区布置医生办公室门、护士办公室、资料室、学习室等，患者诊疗区布置卫生间、处置室、卫生通过间（含淋浴）、废物室、分装室、护士站、配药室、抢救室（兼甲测室功能）、注射室、服碘室、病房（含卫生间）、污洗间、污物暂存间、被服间等。

（2）布局变动情况

①核医学科诊断治疗区

与环评阶段相比，核医学科诊断治疗区的门诊候诊区布局不变；患者诊疗区的新风机房调整为 PET 留观室，原 PET 留观室更名为 PET 给药后 VIP 候诊室，PET/CT 检查室、PET/MR 检查室调整为预留机房，原 SPECT 检查室 1 调整为 PET/CT 检查室，原 SPECT/CT 检查室 2 更名为 SPECT/CT 检查室，原注射室、储源室、药物储存室、运动负荷室、清洁间、配电间重新规划布局，布置为分装注射室、储源室、运动负荷室、清洁间、配电间以及卫生通过间、淋浴间，SPECT 给药后候诊厅的卫生间调整了位置，但仍在 SPECT 给药后候诊厅内部；药物实验区内部布置进行了更细节的设计，完善了细胞间、去污间、灭菌间、洁具间等功能用房布置。因此，核医学科诊断治疗区平面布置进行了局部调整，建设的 5 个机房仅启用了 3 个，并配置了 1 台 PET/CT、1 台 SPECT/CT、1 台骨密度仪，剩余 2 个机房后期根据核医学科诊断治疗区影像诊断的需求，逐步启用。

②核医学科住院治疗区

与环评阶段相比，核医学科住院治疗区的医生办公区布局不变；原卫生通过间（含淋浴）、废物室重新规划布局，布置为卫生通过间（含淋浴）、储源室、废物室，原污洗间一分为二，重新布置为放射性废物暂存间、污洗间。因此，核医学科住院治疗区平

面布置进行了局部调整，完善了核医学科住院治疗区的功能布局。

项目平面布置图见附图 4。

2.2.3 分区管理

医院对项目用房进行了分区管理，具体分区情况见表 2-3 和附图 5。

表 2-3 项目分区情况

阶段	控制区范围	监督区范围
核医学科诊断治疗区		
环评阶段	门诊候诊区：骨密度机房 患者诊疗区：注射室、药物储存室、运动负荷室、清洁间、ECT 注射后候诊区(含卫生间)、SPECT/CT 机房 1、SPECT/CT 机房 2、PET/CT 机房、PET/MR 机房、PET 注射后候诊室(含卫生间)、PET 留观室(含卫生间)、患者走廊 药物实验区：热室、药物质控室、药物合成室、废物室、核医学科医护人员走廊	骨密度仪控制室、电梯厅、电梯基坑、给药前患者走廊、抢救室、设备间、放疗科走廊、模拟定位机控制室、配件房、卫生通过间、配电间、医护通道、楼梯间、阅片室、值班室、卫生间、控制廊、设备间、控制区出口外患者走廊以及控制区楼上对应区域
验收阶段	门诊候诊区：骨密度机房 患者诊疗区：卫生通过间（含淋浴间）、分装注射室、储源室、运动负荷室、洁具间、ECT 给药后候诊厅(含卫生间)、SPECT 检查室、PET 检查室、PET 给药后候诊室(含卫生间)、PET 给药后 VIP 候诊室(含卫生间)、PET 留观室(含卫生间)、患者走廊 药物实验区：热室、药物质控室、药物合成室、细胞间、拆包间、一更、二更、缓冲间、去污间、洁净走廊、热室、洁具间、无菌间、放射性废物暂存间、核医学科医护人员走廊、卫生通过间（含淋浴间）	骨密度仪控制室、电梯厅、梯基坑、柴油机房控制室、给药前患者走廊、肿瘤科走廊、服务器机房、技术员办公室、模拟定位机控制室、配件房、配电间、医护通道、楼梯间、阅片室、电话间、值班室、卫生间、控制廊、设备间以及控制区楼上对应区域
核医学科住院治疗区		
环评阶段	患者诊疗区：分装室、废物室、注射室、服药室、住院病房区、住院病房区患者走廊、污洗间、被服暂存间、备餐区	医护走廊、卫生通过间（含淋洗间）、抢救室（甲测室）、患者给药前走廊、放射科控制室、放射科走廊、排烟井、弱电井、楼梯间、护士长办公室、室外人行道以及控制区之上区域及楼下区域
验收阶段	患者诊疗区：卫生通过间（含淋浴间）、分装室、废物室、储源室、注射室、服药室、住院病房区、住院病房区患者走廊、污洗间、被服暂存间、放射性暂存间、备餐区	医护走廊、处置室、抢救室（甲测室）、患者给药前走廊、放射科控制室、放射科走廊、排烟井、弱电井、楼梯间、护士长办公室以及控制区之上区域及楼下区域
衰变处理设施		
环评阶段	/	/
验收阶段	放射性废水处理设施内部	阅片室、值班室、闲置用房、车库、以及控制区楼上对应区域

与环评阶段相比，分区原则一致。同时根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的相关要求及项目布局情况，将卫生通过间（含淋浴间）及放射性废水处理设施内部均划为控制区进行管理，其周围相邻的医护通道以及车库、阅片室、值班室等划为监督区。另因核医学科诊断治疗区、核医学科住院治疗区的平面布置进行了局部调整，控制区边界的部分用房调整了使用功能，导致控制区、监督区范围发生变化，但控制区范围包含了环评阶段的控制区，满足环评及批复文件和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，同时也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）与《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

2.2.4 人流物流路径规划

（1）路径规划情况

①核医学科诊断治疗区

医院根据核医学科诊断治疗区的布局情况，将显像诊断工作、核素治疗工作分不同时段开展，便于医院管理，同时减少患者间交叉影响。核医学科诊断治疗区各项工作开展时间见表 2-4。

表 2-4 核医学科诊断治疗区工作时段表

工作内容	正电子放射性药物显像诊断（^{18}F、^{68}Ga）	单光子放射性药物显像诊断（^{99m}Tc、^{123}I、^{177}Lu、^{131}I）	核素治疗（^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra、^{90}Y）
给药方式	PET注射窗口注射	ECT注射窗口注射	ECT注射窗口注射
工作时段	8:00~17:00	8:00~17:00	17:00~18:00

PET给药后候诊室、PET给药后VIP候诊室共设置了6个等候位，每日最多开展正电子放射性药物显像诊断42例，单个患者等候时间较长，医院在开展显像诊断工作过程中，将正电子放射性药物注射、单光子放射性药物注射分开进行，待正电子放射性药物注射后患者全部进入PET给药后候诊室、PET给药后VIP候诊室后，再进行单光子放射性药物的注射，减少显像诊断患者间的交叉影响。

A.患者规划路径

患者在预约时间前进入医学科诊断治疗区的候诊区等候，而后在护师指导下经核医学科患者专用单向入口进入医学科诊断治疗区的患者诊疗区。

显像诊断患者路径：进行正电子放射性药物显像诊断患者在患者诊疗区内的PET注射窗口注射相应药物后进入PET给药后候诊室、PET给药后VIP候诊室等候，待药物在体

表二

内代谢达到平衡后，进入PET检查室进行扫描，扫描后进入PET留观室留观，而后经患者专用单向出口离开医学科诊断治疗区的控制区，最后经核医学科专用电梯到达核医学科2F，再通过核医学科2F患者专用出口离开（即患者专用单向入口→PET注射窗口→PET给药后候诊室/PET给药后VIP候诊室→PET检查室→PET留观室→患者专用单向出口→核医学科专用电梯→核医学科2F患者专用出口）。进行单光子放射性药物显像诊断患者在患者诊疗区内的SPECT注射窗口注射相应药物后进入SPECT注射后候诊厅等候，待药物在体内分布达到平衡后，进入SPECT检查室进行扫描，在SPECT注射后候诊厅留观后，经患者专用单向出口离开医学科诊断治疗区的控制区，最后经核医学科专用电梯到达核医学科2F，再通过核医学科2F患者专用出口离开（即患者专用单向入口→SPECT注射窗口→SPECT注射后候诊厅→SPECT检查室→SPECT注射后候诊厅→患者专用单向出口→核医学科专用电梯2#→核医学科2F患者专用出口）。

核素治疗患者路径：进行核素治疗的患者在患者诊疗区内的注射窗口注射药物，无异常情况即可经患者专用单向出口离开医学科诊断治疗区控制区，最后经核医学科专用电梯到达核医学科2F，再通过核医学科2F患者专用出口离开（即患者专用单向入口→注射室→患者专用单向出口→核医学科专用电梯→核医学科2F患者专用出口）。

骨密度诊断患者路径：进行骨密度诊断的患者直接由医学科诊断治疗区的主入口进入，而后进入骨密度仪机房进行显像诊断（即医学科诊断治疗区的主入口→骨密度仪机房→原路返回）。

B.医护人员路径规划

门诊医生、骨密度仪操作医生：门诊医生、骨密度仪操作医生直接由医学科诊断治疗区的主入口进入，分别进入门诊室、骨密度仪控制室开展相关工作（即医学科诊断治疗区的主入口→门诊室、骨密度仪控制室→原路返回）。

阅片医生、ECT操作医生、PET操作医生：阅片医生、SPECT操作医生、PET操作医生从医学科诊断治疗区中部医护工作区专用出入口进入，而后右转通过医护通道直接进入各自的工作区域（即医学科诊断治疗区医护工作区出入口→医护过道→到达控制室、阅片室→原路返回）。

核医学科化学师、护师：核医学科化学师、护师从医学科诊断治疗区中部医护工作区专用出入口进入，而后左转进入核医学科工作人员走廊，并进入各自的工作区域。核

医学科化学师、护师离开核医学科工作场所控制区时，必须通过α、β表面污染监测仪监测表面污染达标后方可离开（即医学科诊断治疗区医护工作区出入口→核医学科工作人员走廊→到达药物实验区/患者诊疗区的医护工作区→紧急冲洗间→卫生通过间→医护工作区出入口→离开）。

C.放射性药物院内路径规划

厂家通过医院南侧入口进入医院内部，核医学科诊断治疗区的放射性药物直接由车辆送至医疗综合楼1F停车库的核医学科诊断治疗区医护工作区入口旁的18#电梯旁，通过18#电梯运至医疗综合楼-1F。核医学科诊断治疗区的放射性药物、核素发生器内部运送路线与核医学科化学师、护师路线基本一致，即核医学科诊断治疗区中部医护工作区出入口→储源室（药品柜）/分装注射室（双联防护手套箱）/热室（多功能热室）。

D.放射性废物院内路径规划

每日下班后，核医学科诊断治疗区控制区内各放射性废物专用污物箱内污物由专人收集至放射性废物暂存间内，待放射性废物暂存达到清洁解控水平后，利用放射性药物运输通道将其运出，而后运至医疗综合楼1F医疗暂存间暂存，最终交有资质单位处理（即放射性废物→放射性废物暂存间→核医学科工作人员走廊→卫生通过间（含淋浴间）→医护工作区专用出入口→医疗综合楼1F医疗垃圾暂存间暂存→交有资质的单位处理）。

核医学科诊断治疗区的核医学科化学师、护师路径、药物运送路径、放射性废物运输路径全程高度重合，但可通过时间管控将其交叉影响降至最低。

②核医学科住院治疗区人流规划

A.患者规划路径

医院根据核医学科住院治疗区的布局情况，将^{131}I甲亢治疗、^{131}I甲癌治疗和^{177}Lu胃肠胰神经内分泌肿瘤治疗、^{131}I甲吸测定工作分不同时段开展。便于医院管理，同时减少患者间交叉影响。核医学科住院治疗区的各项工作开展时间见表2-5。

表 2-5 核医学科住院治疗区工作时段表

工作内容	^{131}I甲亢治疗	^{90}Y淋巴癌治疗	^{177}Lu胃肠胰神经内分泌肿瘤治疗	^{131}I甲癌治疗	^{131}I甲吸测定
给药方式	服药室口服药物	注射室注射药物	注射室注射药物	服药室口服药物	
工作时段	8:00~8:30	8:30~9:00	9:00~9:30	9:30~10:00	10:00~18:00

因核医学科诊断治疗区布局限制，医院将^{131}I甲亢患者治疗安排在8:00~8:30，这个

表二

时间段要求病房区患者在病房内活动，其他时间则不限制。医院通过语音通讯设备、病房门禁、监控设备等将患者限制在病房内。

^{131}I甲亢患者离开医院后开展^{90}Y淋巴癌治疗工作（8:30~9:00），^{90}Y淋巴癌患者进入病房后再开展^{177}Lu胃肠胰神经内分泌肿瘤治疗工作（9:00~9:30），^{177}Lu胃肠胰神经内分泌肿瘤患者进入病房后再开展^{131}I甲癌治疗工作（9:30~10:00），^{131}I甲癌患者口服药物后直接进入指定病房进行住院治疗。住院患者全部进入病房后再开展^{131}I甲吸测定（10:00~18:00）。^{90}Y淋巴癌患者、^{131}I甲癌患者、^{177}Lu胃肠胰神经内分泌肿瘤患者不入住同1间病房，且^{90}Y淋巴癌患者和^{177}Lu胃肠胰神经内分泌肿瘤患者优先安排在病房1或病房2，远离^{131}I甲癌患者住院集中区。^{131}I甲吸测定患者全程不与其他患者直接接触。

甲亢治疗患者路径：进行甲亢治疗的患者进入核医学科诊断治疗区后直接进入服药室服药，而后通过住院病房区专用入口进入住院病房区的患者走廊，而后通过住院病房区专用出口离开（即核医学科住院治疗区的主入口→患者专用出入口→服药室→住院病房区专用入口→住院病房区走廊→住院病房区患者专用出口）。

住院治疗患者路径：进行核素住院治疗的患者进入核医学科住院治疗区后直接进入注射室注射药物或服药室口服药物，而后通过住院病房区专用入口进入住院病房区进行住院治疗，治疗结束后通过住院病房区专用出口离开（即核医学科住院治疗区的主入口→患者专用出入口→服药室/注射室→住院病房区专用入口→住院病房区→住院病房区专用出口）。

甲吸测定患者路径：甲吸患者进入核医学科住院治疗区后直接进入服药室服药，而后定时到抢救室（兼甲测室功能）做甲状腺功能检查，检查完成后由核医学科诊断治疗区患者专用出口离开（即核医学科住院治疗区的主入口→患者专用出入口→服药室→患者专用出入口→抢救室（兼甲测室功能）→核医学科诊断治疗区患者专用出口→核医学科住院治疗区的主入口→抢救室（兼甲测室功能）→核医学科诊断治疗区患者专用出口）。甲吸患者等候甲状腺功能检查期间，可离开核医学科住院治疗区自由活动。

核医学科住院治疗区的不同患者，其路径不同。故医院制定了相应管理制度，要求护士在患者服药前交代患者相关注意事项，引导患者按照正确的路径进行核素诊疗。

B.医生路径规划

医生、护士：医生、护士直接由核医学科住院治疗区的主入口进入，通过走廊直接

表二

进入各自的工作区域开展相关工作（即核医学科住院治疗区的主入口—办公室/资料室/护士站/配药室//抢救室（兼甲测室功能）→原路返回）。

核素操作护师：护师直接由核医学科住院治疗区的主入口进入，通过走廊进入卫生通过间（含淋浴间），而后进入分装室、储源室。护师离开核医学科工作场所控制区时，必须通过β表面污染监测仪监测表面污染达标后方可离开（即核医学科2F主入口→走廊→卫生通过间（含淋浴间）→分装室/储源室→原路返回）。

C.放射性药物院内路径规划

厂家通过医院南侧入口进入医院内部，核医学科住院治疗区的放射性药物直接由车辆送至医疗综合楼2F南侧入口（即核医学科住院治疗区患者专用出口），从而进入核医学科2F，而后运送路线与护师路线基本一致（医学科住院治疗区患者专用出口→走廊→卫生通过间（含淋浴间）→分装室（防护手套箱）/储源室）。

D.放射性废物院内路径规划

每日下班后，核医学科住院治疗区控制区内各放射性废物专用污物箱内污物由专人收集至废物室内，待放射性废物暂存达到清洁解控水平后，利用放射性药物运输通道将其运出核医学工作区，而后运至医疗综合楼1F医疗暂存间暂存，最终交有资质单位处理。核医学科住院治疗区布置废物室、放射性废物暂存间、被服暂存间各1个，分别用于医护工作区的放射性废物、患者住院区的放射性废物以及被服（沾染放射性物质）暂存，其运送路线不一致。

废物室的废物转运路线：废物室→分装室→紧急冲洗间→卫生通过间→核医学科住院治疗区患者专用出口→医疗综合楼1F车库→医疗综合楼1F医疗垃圾暂存间内。

放射性废物暂存间的废物转运路线：放射性废物暂存间→污洗间→住院病区患者走廊→住院病房区专用入口→医疗综合楼1F车库→医疗综合楼1F医疗垃圾暂存间内。

被服暂存间的被服转运路线：被服暂存间→住院病区患者走廊→住院病房区专用入口→医院洗衣房。

核医学科住院治疗区的护师路径、药物运送路径、放射性废物运输路径、患者运输路径、被服运输路径全程高度重合，但可通过时间管控将其交叉影响降至最低。

与环评阶段相比，核医学科住院治疗区新增1个放射性废物暂存间，故增设1条放射性废物运输路线，通过时间管控可避免与其他人流物流交叉。核医学科诊断治疗区、核

医学科住院治疗区的其他人流物流路径未发生变化，人流、物流相对独立，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）与《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的要求。项目人流、物流路径见附图6所示。

2.3 射线装置、非密封放射性物质使用情况

根据现场调查及医院提供的设备资料，项目配置的1台SPECT/CT、1台PET/CT、1台骨密度仪的相关技术参数见表2-6。

表2-6 本次验收射线装置情况一览表

装置名称	类别	用途	环评阶段				验收阶段			
			数量	设备型号	设备参数	使用位置	数量	设备型号	设备参数	使用位置
PET/CT	III	显像诊断	1	待定	最大管电压：140kV 最大管电流：500mA	PET/CT机房	1	uMI780	最大管电压：140kV 最大管电流：666mA	PET/CT机房 （原SPECT/CT机房2）
SPECT/CT	III	显像诊断	2	待定	最大管电压：130kV 最大管电流：345mA	SPECT/CT机房2 SPECT/CT机房1	1	Symbia Intevo Bold	最大管电压：130kV 最大管电流：345mA	SPECT/CT机房 （原SPECT/CT机房1）
骨密度仪	III	显像诊断	1	待定	最大管电压：76kV 最大管电流：3mA	骨密度机房	1	Lunar iDXA	最大管电压：100kV 最大管电流：2.5mA	骨密度机房

医院渝中院区已开展了SPECT/CT显像诊断工作，结合SPECT/CT诊断流程以及市场调研情况，医院决定江南院区的核医学科诊断治疗区仅使用1间SPECT/CT机房作为SPECT/CT的工作场所，剩余1间SPECT/CT机房按照PET/CT机房的要求进行建设，作为PET/CT的工作场所。原PET/CT机房和PET/MR机房作为预留机房，后期根据核素影像诊断的需求，逐步启用。

根据表2-6可知，医院现配置的PET/CT与环境影响报告表及其审批部门审批决定的设备类别、设备数量一致，虽然工作场所发生了变化，仍在核医学科诊断治疗区内部，且未改变其人流物流的总体流向；另PET/CT的最大管电流较环评阶段大，但最大管电压一致，正常工况下运行，运行参数基本不变，对周围环境的影响变化不大。医院现配置的SPECT/CT与环境影响报告表及其审批部门审批决定的设备类别、设备参数、工作场所均一致，设备数量则减少1台。医院现配置的骨密度仪与环境影响报告表及其审批部门审批决定的设备类别、设备数量、工作场所均一致，其最大管电压较环评阶段大，最大管电流较环评阶段小，正常工况下运行，运行参数基本不变，

对周围环境的影响变化不大。

本次验收预计的非密封放射性物质情况见表2-7。

表2-7 本次验收非密封放射性物质情况一览表

核素名称		日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）
核医学科住院治疗区				
^{18}F		2.22×10^{10}	2.22×10^{7}	3.89×10^{12}
		3.70×10^{7}	3.70×10^{5}	7.40×10^{8}
^{68}Ga		3.70×10^{8}	3.70×10^{6}	1.85×10^{10}
核素发生器	^{68}Ge	3.70×10^{9}	3.70×10^{6}	/
	^{68}Ga	3.70×10^{7}	3.70×10^{5}	7.40×10^{8}
^{99m}Tc		5.74×10^{10}	5.74×10^{7}	9.26×10^{12}
核素发生器	^{99}Mo	3.70×10^{9}	3.70×10^{6}	/
	^{99m}Tc	3.70×10^{7}	3.70×10^{5}	7.40×10^{8}
^{123}I		2.78×10^{9}	2.78×10^{7}	5.55×10^{10}
^{177}Lu		2.22×10^{9}	2.22×10^{8}	2.22×10^{10}
^{131}I		9.25×10^{8}	9.25×10^{7}	1.85×10^{10}
^{32}P		9.25×10^{8}	9.25×10^{7}	7.40×10^{10}
^{89}Sr		2.96×10^{9}	2.96×10^{8}	5.96×10^{11}
^{153}Sm		3.70×10^{9}	3.70×10^{8}	7.40×10^{11}
^{223}Ra		1.48×10^{7}	1.48×10^{8}	1.48×10^{8}
^{67}Ga		3.70×10^{7}	3.70×10^{6}	7.40×10^{8}
^{68}Ge		3.70×10^{7}	3.70×10^{6}	7.40×10^{8}
^{3}H		3.70×10^{7}	3.70×10^{5}	7.40×10^{8}
^{64}Cu		3.70×10^{7}	3.70×10^{5}	7.40×10^{8}
^{111}In		3.70×10^{7}	3.70×10^{5}	7.40×10^{8}
^{89}Zr		3.70×10^{7}	3.70×10^{6}	7.40×10^{8}
^{225}Ac		3.70×10^{7}	3.70×10^{8}	7.40×10^{8}
^{186}Re		3.70×10^{7}	3.70×10^{6}	7.40×10^{8}
核素发生器	^{188}W	3.70×10^{9}	3.70×10^{6}	/
	^{188}Re	3.70×10^{7}	3.70×10^{6}	7.40×10^{8}
合计		1.05×10^{11}	1.74×10^{9}	1.77×10^{13}
核医学科住院治疗区				
^{177}Lu		7.40×10^{11}	7.40×10^{9}	7.40×10^{8}
^{131}I		7.03×10^{12}	2.41×10^{10}	2.41×10^{9}
^{90}Y		2.38×10^{11}	2.38×10^{9}	2.38×10^{8}
合计		8.01×10^{12}	3.39×10^{10}	3.39×10^{9}

从上表可知，项目验收阶段核医学科诊断治疗区、核医学科住院治疗区的非密封放

射性物质年最大用量、日最大操作量以及日最大等效操作量与环评阶段一致，未发生变化，放射性物质工作场所等级仍为乙级。

2.4 防护设施及监测仪器配置情况

根据医院提供资料，核医学科配置的防护设施和监测仪器见表2-7。

表2-7 核医学科配置的防护设施和监测仪器

序号	名称	数量	使用/存放位置	备注
核医学科诊断治疗区				
1	双联防护手套箱	1 套	分装注射室	屏蔽厚度：40mmPb
2	SPECT 注射台防护窗	1 套		屏蔽厚度：20mmPb
	PET 注射台防护窗	1 套		屏蔽厚度：30mmPb
3	钨合金注射器防护套	2 个		屏蔽厚度：5mmPb
4	注射转运盒	2 个		屏蔽厚度：10mmPb
5	托盘、镊子等常规护士器械	若干		/
6	药品铅罐	2 个	分装注射室、热室	屏蔽厚度：10mmPb
7	活度计	3 个	分装注射室、热室、药物质控室	/
8	多功能热室	1 套	热室	屏蔽厚度：80mmPb（正面）、60mmPb（其他）
9	简易分装热室	1 套	药物质控室	屏蔽厚度：16mmPb
10	通风橱	1 套	药物质控室	屏蔽厚度：10mmPb
11	药品柜	1 个	储源室	机械锁
12	放射性废物桶	5 个	分装注射室、ECT 注射窗口、运动负荷室、ECT 给药后候诊厅、污物暂存间	屏蔽厚度：10mmPb
		8 个	分装注射室、PET 注射台、PET 给药后候诊室、PET 给药后 VIP 候诊室、PET 留观室、污物暂存间、热室、药物控制室	屏蔽厚度：20mmPb
13	铅橡胶手套、铅防护眼镜	1 套	卫生通过间	屏蔽厚度：0.5mmPb
14	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	2 套	卫生通过间	屏蔽厚度：0.5mmPb
		1 套	骨密度机房	屏蔽厚度：0.5mmPb
15	乳胶手套、核污染防护服、一次性鞋套、帽子、防护口罩等	若干	药物质控室、二更、患者卫生通过间	/
16	β表面污染监测仪	3 套		/
17	便携式辐射剂量检测仪	1 套	卫生通过间	/
18	固定式辐射剂量监测仪	1 套	核医学科诊断治疗区出入口、控制区出入口、一更、分装注射室、控制廊	8 个探头
19	门诊区槽式衰变池在线监测系统	1 套	门诊区槽式衰变池	/
20	监控系统	1 套	工作场所内	/

表二

序号	名称	数量	使用/存放位置	备注
核医学科住院治疗区				
1	防护手套箱	1 套	分装室	屏蔽厚度：40mmPb
2	注射台防护窗	1 套		屏蔽厚度：15mmPb
3	服药窗	1 套	分装室	屏蔽厚度：15mmPb
4	活度计	1 个		/
5	放射性废物桶	6 个	分装室、废物间、注射甲测室、服碘室、污洗间、污物暂存间	屏蔽厚度：20mmPb
6	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	2 套	卫生通过间	屏蔽厚度：0.5mmPb
7	铅橡胶手套、铅防护眼镜	1 套		屏蔽厚度：0.5mmPb
8	β表面污染监测仪	1 套		/
9	固定式辐射剂量监测仪	1 套	核医学科诊断治疗区出口、核医学科住院治疗区出入口、控制区患者入口、被服暂存间门口、住院病区出口、卫生通过间	8 个探头
10	乳胶手套、核污染防护服、一次性鞋套、帽子、防护口罩等	若干	卫生通过间	/
11	住院区槽式衰变池在线监测系统	1 套	住院区槽式衰变池	/
12	监控系统	1 套	工作场所内	/

根据相关要求和同类型核医学科运行情况来看，医院配置的个人防护用品及监测仪器等能满足项目使用需要。与环评阶段要求对比，环评阶段配置自动分装仪用于放射性药物^{18}F和^{131}I的自动分装和储存，实际配置防护手套箱用于放射性药物的暂存、分装。后期患者数量增加后在陆续配置自动分装仪。

2.5 劳动定员

根据医院提供资料，核医学科工作人员名单见表2-8。

表2-8　工作人员名单表

序号	姓名	工作岗位	辐射防护培训时间	考核成绩报告单号	监测结果（2022 年度）	职业健康检查结果
1	袁耿彪	医师	2021.09.15	FS21CQ0300051	0.12	2023 年合格
2	王进军	工程师	2020.07.23	FS20CQ0300006	0.69	2023 年合格
3	严清波	医师	2020.07.23	FS20CQ0300004	0.32	2023 年合格
4	张淑英	技师	2020.07.23	FS20CQ0300007	0.10	2023 年合格
5	范永增	医师	2020.07.23	FS20CQ0300014	0.16	2023 年合格
6	廖艳玲	护士	2020.07.23	FS20CQ0300005	0.23	2023 年合格
7	田燕	技师	2020.09.28	FS20CQ0100043	0.22	2023 年合格
8	饶茂华	医师	2021.09.15	FS21CQ0300050	0.15	2023 年合格
9	郑晨曦	医师	2022.6.10	FS22CQ0300062	0.13	2022 年合格

表二

序号	姓名	工作岗位	辐射防护培训时间	考核成绩报告单号	监测结果（2022 年度）	职业健康检查结果
10	赵晓	技师	2019.11.26-27	20192826	0.10	2023 年合格
11	赵琴	技师	2019.11.26-27	20192827	0.23	2023 年合格
12	向小姣	医师	2020.09.28	FS20CQ0300044	0.14	2022 年合格
13	张哲	影像师	2020.06.13	FS22CQ0300064	0.10	2022 年合格
14	张礼君	护士	2020.06.10	FS22CQ0300055	0.15	2022 年合格
15	秦勇	护士	2020.06.10	FS22CQ0300057	0.22	2022 年合格
16	常远	护士	2020.06.10	FS22CQ0300056	0.22	2022 年合格
17	罗静	护士	2020.06.10	FS22CQ0300053	0.88	2022 年合格
18	张文倩	医师	2020.06.09	FS22CQ0300091	0.06	2022 年合格
19	左明	技师	2023.08.10	FS23CQ0300080	新入职	2023 年合格
20	熊亚岚	医师	2023.08.10	FS23CQ0300124	新入职	2023 年合格
21	龙其刚	技师	2023.08.10	FS23CQ0300079	新入职	2023 年合格
22	蒋金妍	护士	2023.08.10	FS23CQ0300089	新入职	2023 年合格
23	陈丹	护士	2023.08.10	FS23CQ0300082	新入职	2023 年合格

医院配置的放射性工作人员均已参加辐射安全与防护知识培训，并取得核医学类辐射安全与防护考核成绩单或培训合格证，培训时间在有效期内；所有放射工作人员均进行了职业健康体检并体检合格；且根据管理要求，医院为辐射工作人员配备个人剂量计并委托有资质单位进行定期个人剂量监测。

2.6 工作负荷

根据医院提供的资料，核医学科诊断治疗区配置的骨密度仪只进行骨密度显像诊断，骨密度仪的工作负荷约2000人·次/年，平均每次进行显像的有效开机出束时间约为2min，年有效开机时间约为1.1h。核医学科诊断治疗区配置的PET/CT、SPECT/CT只进行放射性药物显像。PET/CT工作负荷约7100人·次/年，PET/CT采用CT模式扫描平均每次进行显像的有效开机时间约为2min，年有效开机时间约为236.7h。SPECT/CT工作负荷约12970人·次/年，SPECT/CT采用CT模式扫描平均每次进行显像的有效开机时间约为2min，年有效开机时间约为432.4h。

根据医院提供的资料，项目放射性同位素使用情况见表2-9。

表二

表 2-9 项目放射性同位素使用情况表

核素名称		单人最大用量（Bq）	日最大人·次	最大日操作量(Bq)	年就诊人·次	年最大用量（Bq）	用途
核医学科诊断治疗区							
^{18}F		5.55×10^{8}	40	2.22×10^{10}	7000	3.89×10^{12}	恶性肿瘤、神经系统疾病、感染性疾病、心脏疾病等诊断
^{68}Ga		1.85×10^{8}	2	3.70×10^{8}	100	1.85×10^{10}	前列腺癌全身转移、神经内分泌肿瘤及转移的诊断
^{99m}Tc		9.25×10^{8}	50	4.63×10^{10}	10000	9.25×10^{12}	全身肿瘤显像诊断
		5.55×10^{8}	20	1.11×10^{10}	2000	1.11×10^{12}	骨转移、心肌缺血、甲亢、肾功能损伤等疾病诊断
^{123}I		5.55×10^{8}	5	2.78×10^{9}	100	5.55×10^{10}	神经外胚层肿瘤、嗜铬细胞瘤 、神经受体分布和病变的诊断
^{177}Lu		1.11×10^{9}	2	2.22×10^{9}	20	2.22×10^{10}	前列腺癌、内分泌肿瘤的诊断
^{131}I		1.85×10^{8}	5	9.25×10^{8}	100	1.85×10^{10}	甲状腺癌转移、甲亢、异位甲状腺的诊断
^{32}P		1.85×10^{8}	5	9.25×10^{8}	400	7.40×10^{10}	胶体腔内治疗
^{89}Sr		1.48×10^{8}	20	2.96×10^{9}	4000	5.96×10^{11}	骨转移癌治疗
^{153}Sm		1.85×10^{9}	2	3.70×10^{9}	400	7.40×10^{11}	多发性骨转移治疗
^{223}Ra		7.40×10^{6}	2	1.48×10^{7}	20	1.48×10^{8}	前列腺癌治疗
^{18}F		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	药物实验
^{99m}Tc		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{68}Ga		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{67}Ga		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{68}Ge		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{3}H		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{64}Cu		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{111}In		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{89}Zr		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{225}Ac		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{186}Re		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
^{188}Re		7.40×10^{6}	5	3.70×10^{7}	100	7.4×10^{8}	
核医学科住院治疗区							
^{90}Y		1.19×10^{9}	2	2.38×10^{9}	200	2.38×10^{11}	淋巴瘤治疗
^{177}Lu		7.40×10^{9}	1	7.40×10^{9}	100	7.40×10^{11}	胃肠胰神经内分泌肿瘤治疗
^{131}I	甲吸	3.70×10^{5}	5	1.85×10^{6}	1000	3.70×10^{8}	甲吸测定
	甲亢	3.70×10^{8}	5	1.85×10^{9}	1000	3.70×10^{11}	甲亢治疗
	甲癌	7.40×10^{9}	3	2.22×10^{10}	650	4.81×10^{12}	甲癌治疗

目前，核医学科就诊人数较少，项目预计最大工作负荷与环评阶段一致。

表二

2.7 原辅材料消耗及水平衡

项目运行过程中，仅涉及注射器、橡胶手套、吸水纸、纸杯等少量医用耗材的消耗，同时诊疗过程中消耗的水、电等均为少量，纳入医院总消耗中，不单独考虑。

2.8 主要工艺流程及产污环节（附处理工艺流程图，标出产污节点）

2.8.1 显像诊断的工艺流程及产污环节

（1）PET 显像诊断

医院根据与患者预约情况提前向重庆原子高科预定放射性药物^{18}F，重庆原子高科在合理时段内将放射性药物^{18}F运输至核医学科诊断治疗区，而后由核医学科护士转移至患者诊疗区额分装注射室内，并在双联防护手套箱内对放射性药物^{18}F进行分装、活度测定，然后再利用注射器转运盒将放射性药物^{18}F运至注射台为患者注射。^{68}Ga由^{68}Ge-^{68}Ga发生器制备，^{68}Ga的制备、活度测定、标记、稀释、质量控制、分装等工序在药物实验区的热室、药物质控室内开展，然后利用注射器转运盒将放射性药物^{68}Ga运送至分装注射室的注射台为患者注射。应用正电子放射性药物在PET/CT开展显像诊断流程如下：

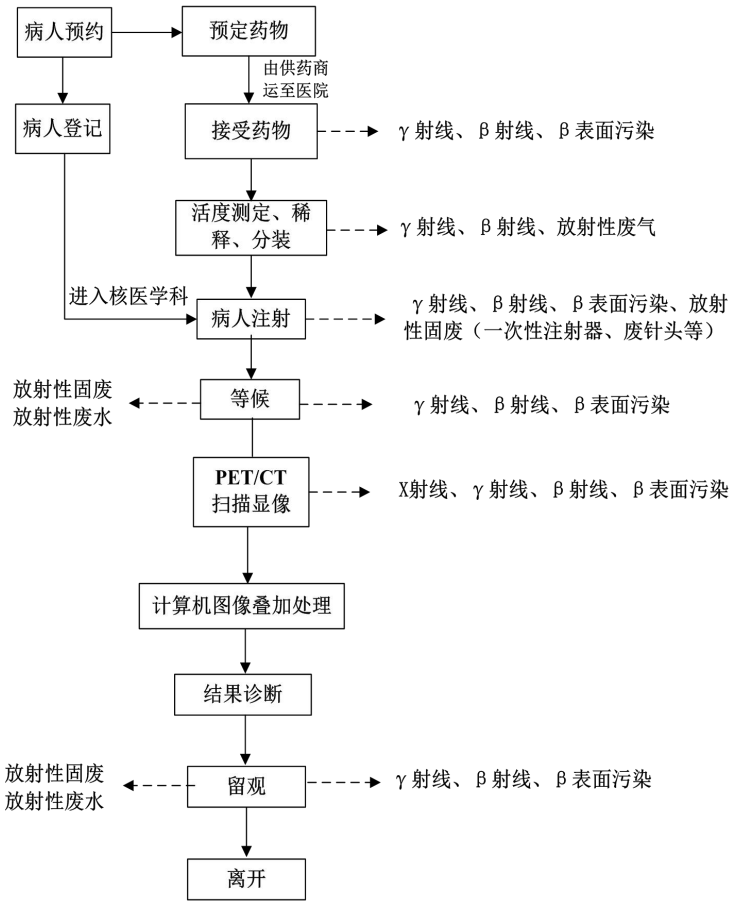

图 2-1 应用正电子放射性药物在 PET 下显像诊断流程

表二

①根据医生指导意见，需要接受全身或脏器显像检查的人员提前预约登记，确定用药量，放射性药物^{18}F由原子高科公司制备并转运至核医学科诊断治疗区，放射性药物^{168}Ga由医院自行制备；

②受检者按约定时间在核医学科诊断治疗区护士站进行登记、准备；

③护士根据患者相关信息，锁定患者，在双联防护手套箱内完成放射性药物^{18}F分装、活度测定，而后转移至注射台。放射性药物^{68}Ga则由药物实验区工作的护士完成^{68}Ge-^{68}Ga发生器淋洗、活度测定、标记、稀释、质量控制、分装等操作，并通过注射器转运盒运至分装注射室的注射台。

④患者进入患者诊疗区，护师穿戴好个人防护用品，通过注射窗口为患者注射药物；

⑤注射了放射性药物的患者进入PET给药后候诊室或PET给药后VIP候诊室等候（45min~60min）或进行检查前的准备；

⑥注射药物的患者进入PET/CT机房，工作人员配合受检患者摆好位后进入控制廊进行隔室操作。

⑦检查完成后，受检者在PET留观室留观，经主管医生确认图像质量满意后，受检者离开核医学区域。

（2）SPECT显像诊断

医院使用的放射性药物^{123}I、^{177}Lu、^{131}I均从原子高科公司直接外购核素，然后在核医学科诊断治疗区的药物实验区完成活度测定、标记、质量控制、稀释、分装等工序，而后利用注射器转运盒将药物运送至患者诊疗区备用。应用单光子放射性药物的患者在SPECT下做显像诊断流程如下：

表二

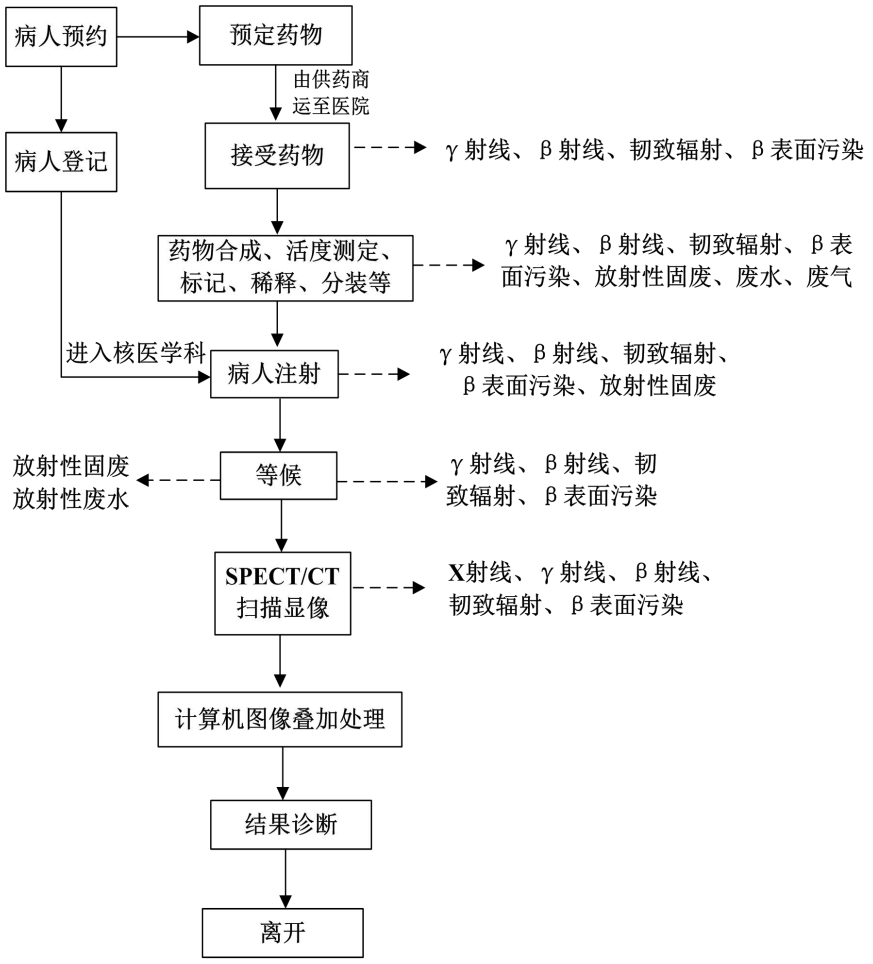

图2-2 应用单光子放射性药物在SPECT/CT下显像诊断流程

①根据医生指导意见，需要接受全身或脏器显像检查的人员提前预约登记，确定用药量，该项目所需放射性药物均原子高科公司配药、转运。放射性药物在核医学科诊断治疗区的药物实验区内完成活度测定、标记、质量控制、稀释、分装等操作，而后将针剂运送至患者诊疗区注射室备用。

②受检者按约定时间在核医学科诊断治疗区护士站进行登记、准备；

③准备好的受检者经过核医学科患者通道进入注射区，注射工作人员穿戴好个人防护用品从注射器转运盒内取用相应患者的标记药物，通过注射窗口为受检者注射药物；

④注射了放射性药物的受检者进入注射后ECT候诊区等候或进行检查前的准备；

⑤注射药物的受检者从注射后ECT候诊区直接进入SPECT/CT机房检查，工作人员配合受检患者摆好位后进入操作间进行隔室操作；

⑥检查完成后，受检者通过核医学科患者通道离开核医学区域。

表二

2.8.2 核医学甲状腺功能诊断

应用^{131}I甲吸测定流程图见图2-3。

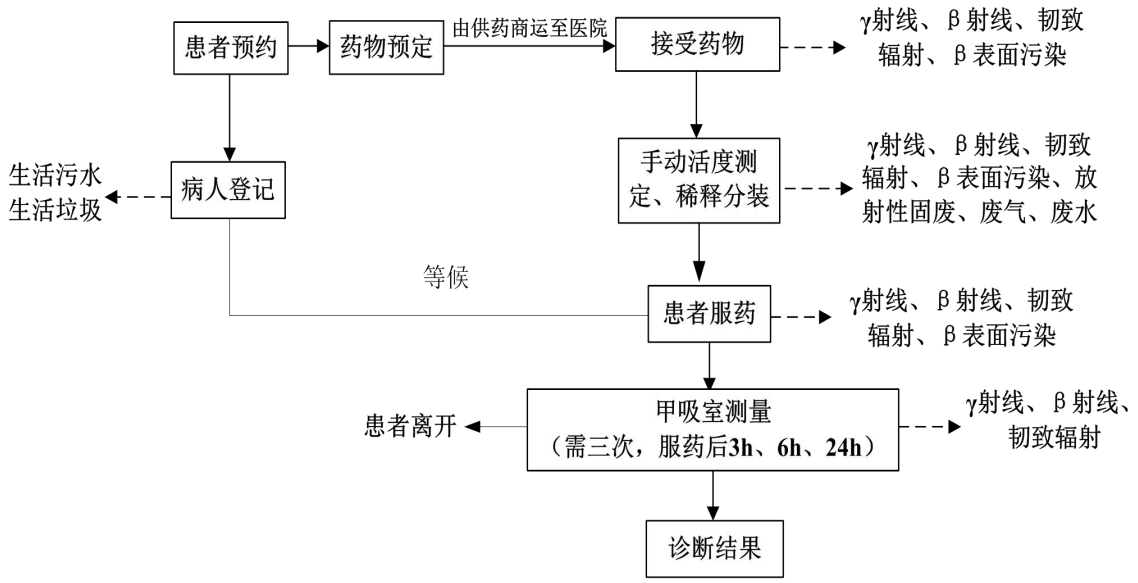

图 2-3 应用 ^{131}I 甲吸测定流程图

项目 ^{131}I 放射性药物在核医学科住院治疗区分装室的手套箱内进行活度测定、稀释、分装核医学科护师将分装好的 ^{131}I 放射性药物送入服药室，而后患者进入服药室听医生指挥取药、服药，服用 ^{131}I 后 3h、6h、24h 用甲功测定仪测定甲状腺部位的放射性计数，测量前先测定室内自然本底的计数及标准源计数。三次测量之间间隔时间较长，患者可离开医院自由活动或进入甲测室留观。根据测量结果计算出的甲状腺吸碘率值可判定受检者甲状腺功能，检查后即可离开。

2.8.3 核医学核素肿瘤治疗

（1） ^{131}I 治疗流程

甲亢治疗流程：项目 ^{131}I 放射性药物在核医学科住院治疗区分装室的手套箱内进行活度测定、稀释、分装。核医学科护师将分装好的 ^{131}I 放射性药物送入服药室，甲亢患者进入服药室听医生指挥取药、服药，服药之后通过住院病房区患者走廊、出口离开。少量甲亢患者需要住院观察。应用 ^{131}I 甲亢治疗流程图见图 2-4。

表二

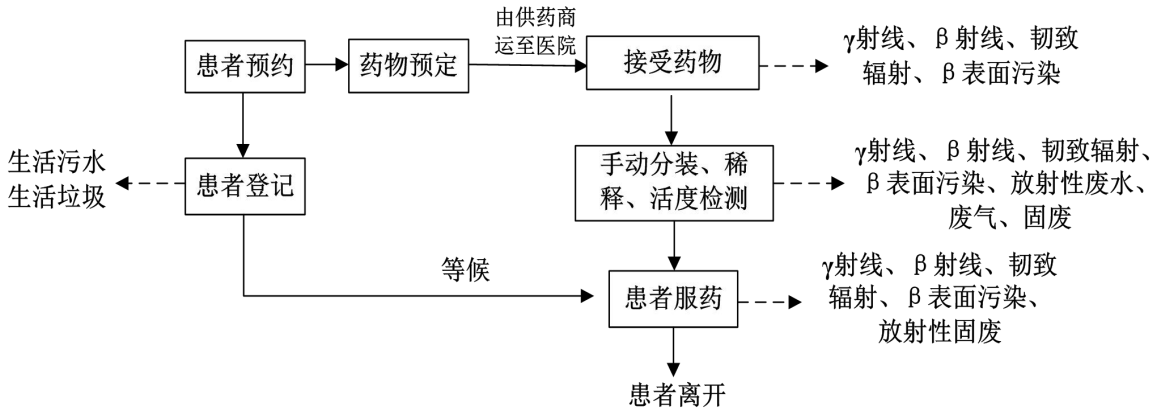

图2-4 应用^{131}I 甲亢治疗流程图

甲癌治疗流程：项目 ^{131}I 放射性药物在核医学科住院治疗区分装室的手套箱内进行。核医学科护师将分装好的 ^{131}I 放射性药物送入服药室，甲癌患者进入服药室听医生指挥取药、服药，服药之后至甲癌病房进行住院治疗，患者满足出院条件后离开。应用 ^{131}I 甲癌治疗流程图见图 2-5。

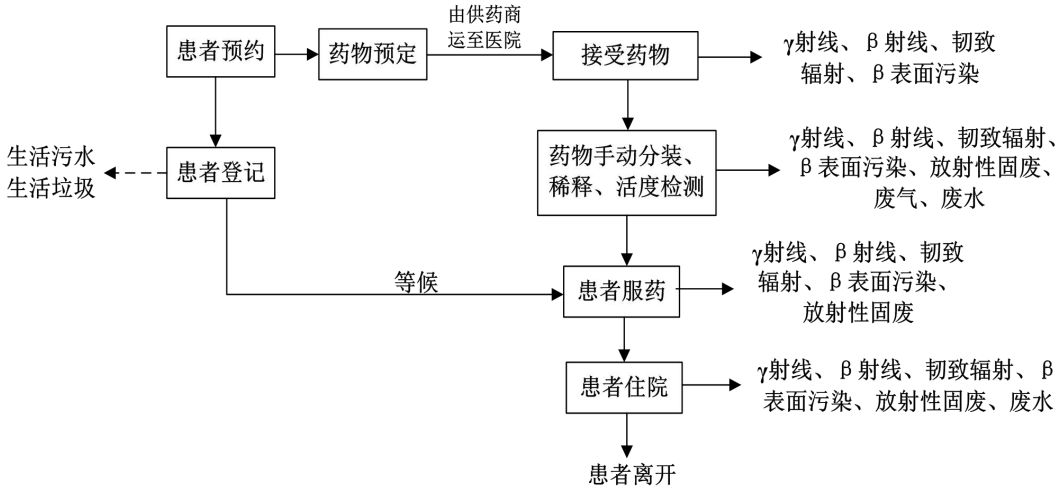

图 2-5 应用 ^{131}I 甲癌治疗流程图

（2）^{177}Lu、^{90}Y 治疗流程

患者在核医学科窗口凭预约单在核医学科住院治疗区注射室内注射药物。注射药物后患者至 ^{177}Lu、^{90}Y 病房进行住院治疗，患者满足出院条件后离开。应用 ^{177}Lu、^{90}Y 治疗流程图见图 2-6。

表二

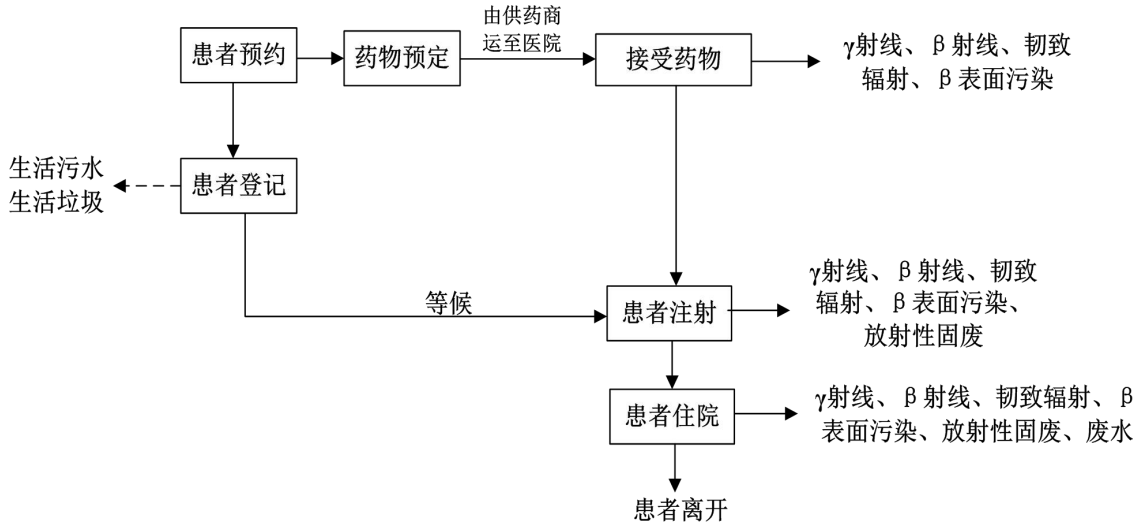

图 2-6 应用 ^{177}Lu、^{90}Y 治疗的流程图

（3） ^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 治疗流程

患者在核医学科窗口凭预约单在核医学科诊疗治疗区注射室的 ECT 注射窗口注射药物。^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 的分注射属于简单的湿法操作，患者注射放射性药物后，如无特殊情况，即由患者专门出口处离开回家。应用 ^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 治疗流程图见图 2-7。

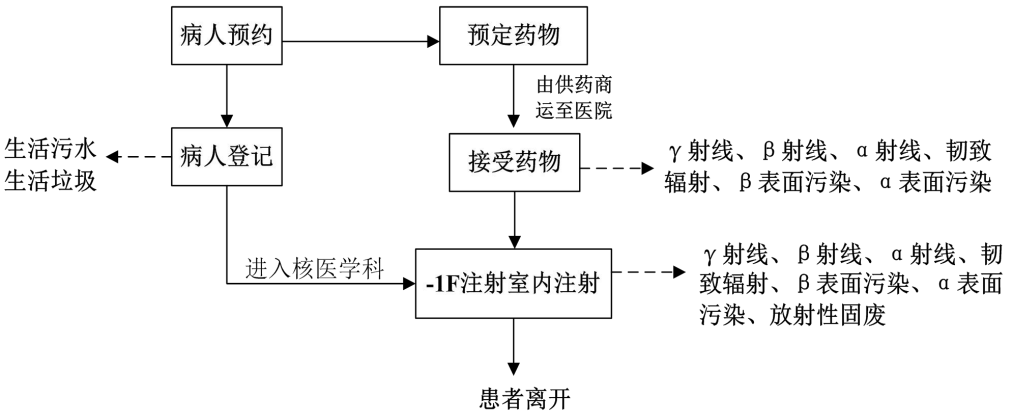

图 2-7 应用 ^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra、^{90}Y 治疗流程图

2.8.4 放射性药物实验

放射性药物实验流程如下：

表二

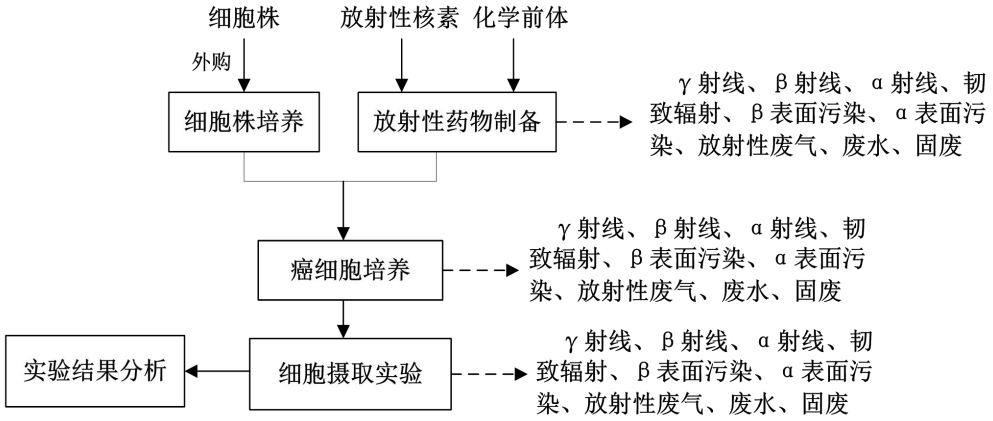

图2-8　放射性药物实验流程图

（1）放射性药物的制备。项目实验用放射性药物均利用放射性核素进行制作，其中 ^{18}F、^{67}Ga、^{68}Ge、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re 等放射性核素直接购买，^{99m}Tc、^{68}Ga、^{188}Re 等放射性核素通过核素发生器制备。

（2）细胞株培养。医院根据放射性药物研究的需要，购买相应的癌细胞进行培养。癌细胞在药物合成室的细胞培养箱中进行培养。

（3）癌细胞培养。核医学化学师选取对数生长期的癌细胞分别接种在孔板内，培养一段时间后，采用复孔方式逐孔加入递增浓度的放射性药物，而后孵育一段时间。

（4）细胞摄取实验。癌细胞孔板经过多次清洗后在倒置荧光显微镜下进行显像。白光显示细胞形态，蓝色激发光下观察细胞的荧光摄取情况，紫光激发状态下观察细胞核。

（5）采用不同放射性药物对同种癌细胞的荧光摄取情况进行比较，分析不同放射性药物与癌细胞结合能力，将结合能力最好的药物作为下一步小动物实验的新药。

2.8.5 放射性药物的制备

项目放射性药物的制备主要包括放射性核素的制备、活度测定、标记、稀释、质量控制、分装等六个工序。

（1）放射性核素制备

医院使用的放射性核素发生器均直接购买，由厂商直接运送至核医学科诊断治疗区储源室内暂存。开展淋洗工作前，将放射性核素发生器置于热室的多功能热室中，而后将放射性核素发生器顶部的铅屏蔽盖打开。先将盛有淋洗溶液的小瓶插入发生器的双针，然后将置入铅罐的负压瓶插入发生器的单针。启动放射性核素发生器，借助负压瓶

表二

的负压，使淋洗溶液淋洗发生器的吸附柱，这时由母体衰变而得到的子体放射性核即被洗脱入负压瓶中，获得含 ^{68}Ga、^{99m}Tc、^{188}Re 的洗脱液。取走铅罐后，用另一负压瓶插至单针上，吸干吸附柱。放射性核素制备流程如下：

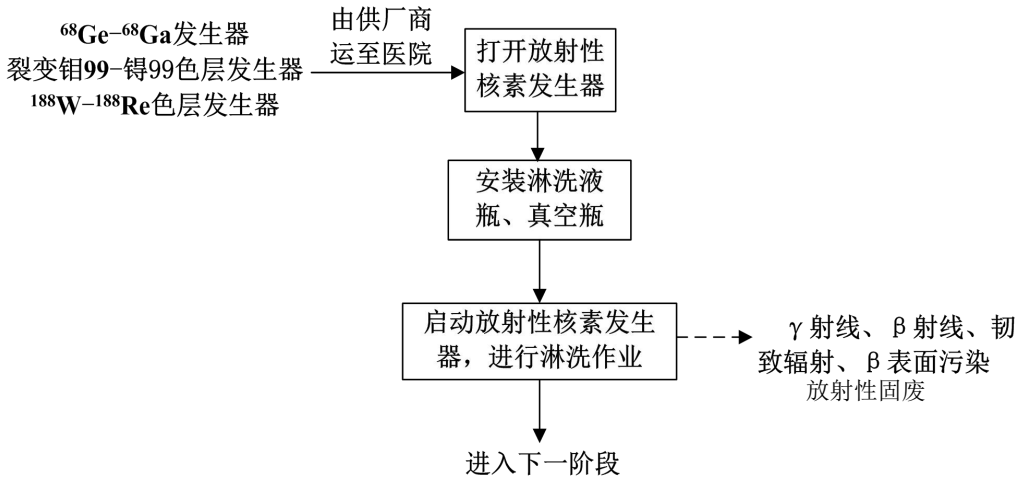

图 2-9　放射性核素制备流程

（2）放射性核素的活度测定、标记、稀释

核医学科化学师在药物合成室内配置好化学前体运输至热室备用。热室配置的多功能热室内配置有用于活度测定的活度计，工作人员用注射器吸取少量淋洗液或核素原液，测量其放射性活度，得出淋洗液或核素原液的比活度，同时可测量淋洗液或核素原液的纯度。而后根据患者检查、药物实验的需求以及放射性药物的生产工艺规程，用注射器将淋洗液或核素原液迅速转移至对应的置入好化学前体中进行混合反应，并充分摇匀，稀释到预设体积，即得标记药物。放射性核素的活度测定、标记、稀释均在合成分装热室内操作。

（3）标记药物的质量控制

用注射器抽取少量的标记药物转移至药物质控室进行质量控制，测定其标记药物是否标记成功，不涉及其他操作。

（4）标记药物的分装

标记药物质量控制合格后，在合成分装热室内将标记药物进行分装，临床用标记药物直接分装至注射器内，实验标记药物则分装至试剂瓶内。

2.8.6 骨密度仪诊断流程

医生通过控制台将患者信息输入，根据需求设定曝光参数；根据照射需要对患者进

行摆位，为患者做好必要的防护措施；医生退出机房，检查防护门等安全防护措施是否到位；曝光，密切注意各仪表的显示；记录，关机，患者退出房间，操作结束。工艺流程及产污环节图如下图所示：

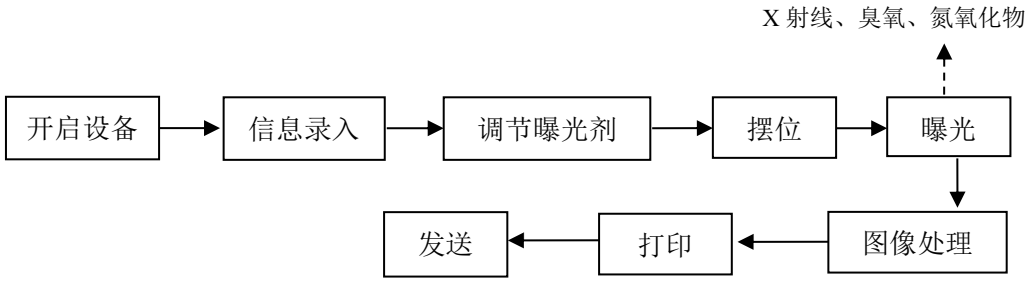

图 2-10 医用 X 射线诊断装置工艺流程及产污流程图

综上，与环评阶段相比，项目的诊疗内容及工艺流程未发生变化。

2.9 污染因子

由核医学科各设备操作流程及核素辐射特性表可知，本次放射性同位素使用过程中主要污染因子包括：α射线、β射线、γ射线、β表面污染、α表面污染、韧致辐射、放射性“三废”。PET/CT、SPECT/CT 仅在使用 CT 模式下扫描产生 X 射线，骨密度仪工作时产生 X 射线。

与环评阶段相比，污染因子未发生变化。

2.10 项目变更情况

项目建成后工程建设情况及与环评报告和批复文件要求的内容对照一览表见表 2-10。

表二

表2-10　项目建设情况统计表

项目组成		部位	环评内容	实际建设情况	是否与环评一致
主体工程	工作场所	核医学科诊断治疗区	位于医疗综合楼-1F，建筑面积约 1130m^2。核医学科诊断治疗区主要由门诊候诊区、患者诊疗区和药物实验区构成，其中门诊候诊区布置护士站、医生办公室门、诊室、资料室、骨密度室及控制室等，患者诊疗区布置 1 个 PET/MR 机房、1 个 PET/CT 机房、2 个 SPECT/CT 机房、患者走廊、PET 注射后候诊室（含卫生间）、PET 留观室（含卫生间）、ECT 注射后候诊室（含卫生间）、注射室、储源室、药物储存室、运动负荷室、清洁间、患者走廊以及控制室、阅片室、医护卫生间、电话间、值班室、清洁间、电梯、楼梯间等，药物实验区布置卫生通过间（含淋浴间）、核医学科医护人员走廊、放射性废物暂存间、药物合成室、药物质控室、热室等。	位于医疗综合楼-1F 西部，建筑面积约 1130m^2。核医学科诊断治疗区主要由门诊候诊区、患者诊疗区和药物实验区构成，其中门诊候诊区布置护士站、医生办公室门、诊室、资料室、骨密度室及控制室等，患者诊疗区布置卫生通过间、淋浴间、分装注射室、储源室、运动负荷室、洁具间、ECT 给药后候诊厅(含卫生间)、SPECT 检查室、PET/CT 检查室、PET 给药后候诊室(含卫生间)、PET 给药后 VIP 候诊室(含卫生间)、PET 留观室(含卫生间)、患者走廊以及控制室、阅片室、医护卫生间、电话间、值班室、清洁间、电梯、楼梯间等，药物实验区布置卫生通过间（含淋浴间）、核医学科医护人员走廊、放射性废物暂存间、药物质控室、药物合成室、缓冲间、细胞间、拆包间、一更、二更、去污间、洁净走廊、洁具间、灭菌间、缓冲间、热室等。	与环评基本一致，局部进行了调整。核医学科诊断治疗区的门诊候诊区布局不变；患者诊疗区的新风机房调整为 PET 留观室，原 PET 留观室更名为 PET 给药后 VIP 候诊室，PET/CT 机房、PET/MR 机房调整为预留机房，原 SPECT 检查室 1 调整为 PET/CT 检查室，原 SPECT/CT 机房 2 更名为 SPECT/CT 检查室，原注射室、储源室、药物储存室、运动负荷室、清洁间、配电间重新规划布局，布置为分装注射室、储源室、运动负荷室、清洁间、配电间以及卫生通过间、淋浴间，SPECT 给药后候诊厅的卫生间调整了位置，但仍在 ECT 给药后候诊厅内部；药物实验区内部布置进行了更细节的布局，补充了细胞间、去污间、灭菌间、洁具间等功能用房布置。
		核医学科住院治疗区	位于江南医院医疗综合楼 2F，建筑面积约 750m^2，内设废源室、分装室、注射室、甲测室、病房、清洁间、被服暂存室等。	核医学科住院治疗区位于医疗综合楼 2F 西部，建筑面积约 750m^2。核医学科住院治疗区主要由医生办公区和患者诊疗区构成，其中医生办公区布置医生办公室门、护士办公室、资料室、学习室等，患者诊疗区布置卫生间、处置室、卫生通过间（含淋浴）、废物室、分装室、护士站、配药室、抢救室（兼甲测室功能）、注射室、服碘室、病房（含卫生间）、污洗间、污物暂存间、被服间等。	与环评基本一致，局部进行了调整。医生办公区布局不变；患者诊疗区原卫生通过间（含淋浴）、废物室重新规划布局，布置为卫生通过间（含淋浴）、储源室、废物室，原污洗间一分为二，重新布置为放射性废物暂存间、污洗间。

表二

项目组成		部位	环评内容	实际建设情况	是否与环评一致
主体工程	核素	核医学科诊断治疗区	诊断治疗：使用 ^{18}F、^{68}Ga、^{99m}Tc、^{123}I、^{131}I、^{177}Lu 等 6 种核素开展核素诊断工作；^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 等 4 种核素开展核素治疗工作 药物实验：使用^{18}F、^{99m}Tc、^{67}Ga、^{68}Ge、^{68}Ga、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re等12种核素在药物合成室、药物质控室、热室开展细胞摄取实验。	诊断治疗：使用 ^{18}F、^{68}Ga、^{99m}Tc、^{123}I、^{131}I、^{177}Lu 等 6 种核素开展核素诊断工作；^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 等 4 种核素开展核素治疗工作 药物实验：使用^{18}F、^{99m}Tc、^{67}Ga、^{68}Ge、^{68}Ga、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re等12种核素在药物合成室、药物质控室、热室开展细胞摄取实验。	与环评一致
		核医学科住院治疗区	诊断治疗：使用 ^{177}Lu、^{131}I、^{90}Y 等 3 种核素开展核素治疗工作	诊断治疗：使用 ^{177}Lu、^{131}I、^{90}Y 等 3 种核素开展核素治疗工作	与环评一致
	设备	核医学科诊断治疗区	1 台 PET/MR，设备型号：待定。 1 台 PET/CT，设备型号：待定，PET/CT 中的 CT 最大管电压为 140kV，最大管电流为 500mA，属于III类射线装置。 2 台 SPECT/CT，设备型号：待定，SPECT/CT 中的 CT 最大管电压为 130kV，最大管电流为 345mA，属于III类射线装置。 1 台骨密度仪，设备型号：待定，最大管电压为 76kV，最大管电流为 3.0mA，属于III类射线装置。	1 台 PET/CT，设备型号：uMI780，PET/CT 中的 CT 最大管电压为 140kV，最大管电流为 666mA，属于III类射线装置。 1 台 SPECT/CT，设备型号：Symbia Intevo Bold，SPECT/CT 中的 CT 最大管电压为 130kV，最大管电流为 345mA，属于III类射线装置。 1 台 SPECT/CT，设备型号：Lunar iDXA，最大管电压为 100kV，最大管电流为 2.5mA，属于III类射线装置。	仅启用1台PET/CT、1台SPECT/CT、1台骨密度仪，另1台PET/MR、1台SPECT/CT暂不启用。启用的PET/CT和骨密度仪的设备参数略有不同。
辅助用房		核医学科诊断治疗区	位于核医学科诊断治疗区东北侧，布置有诊室、资料室、患者等候区、家属等候区等辅助用房。	位于核医学科诊断治疗区北侧，布置有诊室、资料室、患者等候区、家属等候区等辅助用房。	与环评一致
		核医学科住院治疗区	位于核医学科住院治疗区东北侧，配置配药室、资料室、办公室、公共卫生间等辅助用房。	位于核医学科住院治疗区东北侧，配置配药室、资料室、办公室、公共卫生间等辅助用房。	与环评一致

表二

项目组成		部位	环评内容	实际建设情况	是否与环评一致
储运工程		核医学科诊断治疗区	患者诊疗区设置 1 个储源室（使用面积约 6.0m²）用于 PET 校准源暂存；药物储存室配置防护通风柜 1 个，可用于临床药物 ^{99m}Tc、^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 等临床药物的储存。药物实验区配置 1 套合成分装热室，可用于 ^{131}I、^{123}I、^{177}Lu 等临床药物和 ^{18}F、^{99m}Tc、^{67}Ga、^{68}Ge、^{68}Ga、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re 等实验药物的储存以及核素发生器的暂存。^{18}F 临床药物存储在注射室的正电子药物全自动分装仪中。	患者诊疗区设置有 1 个储源室（使用面积约 3.5m²），用于 PET 的校准源的储存。分装注射室配置 1 个防护手套箱，可用于临床药物 ^{18}F、^{99m}Tc、^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 等临床药物的储存。药物实验区配置 1 套多功能热室，可用于 ^{131}I、^{123}I、^{177}Lu 等临床药物、^{18}F、^{99m}Tc、^{67}Ga、^{68}Ge、^{68}Ga、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re 等实验药物以及核素发生器的暂存。	与环评基本一致，储源室使用面积变小。未配置正电子药物全自动分装仪，放射性药物^{18}F存储在防护手套箱内。
		核医学科住院治疗区	患者治疗区的分装室配置防护通风柜 1 个，可用于 ^{131}I 甲吸测定药物和 ^{177}Lu、^{90}Y 临床药物的储存。^{131}I 甲亢、甲癌药物则存储在服药室的 ^{131}I 全自动分装仪中。	患者治疗区设置有 1 个储源室（使用面积约 3.0m²），可用于临床药物 ^{131}I、^{177}Lu、^{90}Y 的储存。另分装室配置 1 个防护手套箱，可用于临床药物的暂存。	与环评基本一致，增设储源室，暂不配置^{131}I 全自动分装仪，放射性药物^{131}I存储在防护手套箱或储源室内。
公用工程	给水	核医学科工作场所	由城市供水管网提供，依托医院的供水管网。	由城市供水管网提供，依托医院的供水管网。	与环评一致
	排水		实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；放射性废水经衰变池处理后与一般医疗废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网，而后经鸡冠石污水处理厂处理后排入长江。	实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；放射性废水经衰变池处理后与一般医疗废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网，而后经鸡冠石污水处理厂处理后排入长江。	与环评一致
	供配电		由市政电网供电，依托医院供配电系统。	由市政电网供电，依托医院供配电系统。	与环评一致
	通风		新建通排风系统，放射性废气收集后引至楼顶经活性炭吸附装置处理后排放。	新建通排风系统，放射性废气收集后引至楼顶经活性炭吸附装置处理后排放。	与环评一致

表二

项目组成		环评内容	实际建设情况	是否与环评一致
环保工程	废气	放射性废气通过独立排气管收集，然后引至综合楼 14F 楼顶，而后经活性炭吸附处理后排放。衰变池废气集中收集经活性炭吸附处理后在庭院排放，排放高度约 1.5m。	放射性废气通过独立排气管收集，然后引至综合楼 14F 楼顶，而后经活性炭吸附处理后排放。衰变池废气集中收集经活性炭吸附处理后在庭院排放，排放高度约 1.5m。	与环评一致
	废水	在医疗综合楼-1F 设置 2 座槽式衰变池，分别收集处理核医学科诊断治疗区和核医学科住院治疗区的放射性废水、废液，而后排入医院污水处理站处理。未使用完的核素原液返回厂家处理，不外排。 门诊槽式衰变池由沉渣化粪池、衰变池、备用衰变池构成。沉渣化粪池和备用衰变池容积有效容积均约 6.7m^3；衰变池的第一池、第二有效容积均约 6.3m^3，总有效容积均约 12.6m^3。 住院槽式衰变池由沉渣化粪池、衰变池构成。沉渣化粪池、衰变池之间为串联结构，衰变池之间为并联结构。沉渣化粪池有效容积约 66.5m^3，衰变池的第一池、第二池、第三池有效容积均约 107.0m^3，总有效容积均约 321.0m^3。	在医疗综合楼 1F 设置 2 座槽式衰变池，分别收集处理核医学科诊断治疗区和核医学科住院治疗区的放射性废水、废液，而后排入医院污水处理站处理。未使用完的核素原液返回厂家处理，不外排。 门诊槽式衰变池由沉渣化粪池、衰变池构成。衰变池有效容积均约 10.0m^3，3 个衰变池总有效容积均约 30.0m^3。 住院槽式衰变池由沉渣化粪池、衰变池构成，衰变池有效容积均为65m^3，5个衰变池总有效容积约325.0m^3。	原放射性废水处理设施建设位置邻车行道，开挖衰变池体影响道路安全，故将放射性废水处理设施建设位置由在医疗综合楼-1F西侧外地下变更至医疗综合楼-1F和1F南侧外。但放射性废水处理设施的处理工艺不变，且门诊槽式衰变池的有效容积变大，住院槽式衰变池有效容积基本一致。
	固废	核医学科诊断治疗区设置 1 个废物室（使用面积约 3.5m^2），用于放射性废物、废核素发生器的暂存；核医学科住院治疗区设置 1 个废物室（使用面积约 5.8m^2）、1 个被服暂存室（使用面积约 10m^2），分别用于放射性废物和沾染放射性物质的被服暂存。放射性废物的活度低于 GB18871 清洁解控水平后，作为一般医疗垃圾处理；废核素发生器由厂家回收；被服的活度低于 GB18871 清洁解控水平后，再清洗消毒处理回用。其余固体废弃物分类收集，医疗垃圾交有资质的单位处理，一般固体废弃物交环卫部门处理。	核医学科诊断治疗区设置 1 个废物室(使用面积约 3.5m^2），用于放射性废物、废核素发生器的暂存；核医学科住院治疗区设置 1 个废物室（使用面积约 3.5m^2）、1 个放射性废物暂存间（使用面积约 6.5m^2）1 个被服暂存室（使用面积约 10m^2），分别用于放射性废物和沾染放射性物质的被服暂存。放射性废物暂存足够时间，并监测满足清洁解控水平后，作为一般医疗垃圾处理；废核素发生器由厂家回收；被服的活度低于 GB18871 清洁解控水平后，再清洗消毒处理回用。其余固体废弃物分类收集，医疗垃圾交有资质的单位处理，一般固体废弃物交环卫部门处理。	与环评基本一致，核医学科住院治疗区的增设1间放射性废物暂存间物，相比于环评阶段废物处置间总有效使用面积变大。

表二

项目组成		环评内容	实际建设情况	是否与环评一致
环保工程	辐射防护	核医学科工作场所四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗均采用足够厚的相应材质（混凝土、铅复合防护板、防护微晶石板、铅板、铅玻璃、防辐射砖、硫酸钡、防辐射板等）进行辐射屏蔽防护。	核医学科工作场所四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗均采用足够厚的相应材质（混凝土、铅复合防护板、防护微晶石板、铅板、铅玻璃、防辐射砖、硫酸钡、防辐射板等）进行辐射屏蔽防护。	相比于环评阶段，项目建设过程中部分用房屏蔽体厚度与材质发生了变化，根据实际监测结果，发生变化的墙体辐射屏蔽效果良好，其余与环评一致。

根据上表可知，验收项目建设情况、环境保护措施等内容建设与环评阶段基本一致，同时满足实际使用需求，参照《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），本项目建设性质、规模、地点、采用的设备及工艺、防治污染、辐射安全与防护等措施均未发生重大变动。

表三

主要污染源、污染物处理和排放

3.1 主要污染源

3.1.1 放射性同位素的使用

项目放射性同位素使用过程中主要污染因子包括：α射线、β射线、γ射线、β表面污染、α表面污染、韧致辐射、放射性“三废”。医院使用的放射性同位素的特性参数见下表

表 3-1 医院使用放射性同位素特性参数

序号	核素		半衰期	衰变方式 分支比，%	辐射能量 MeV	毒性分组	Γ $\mu Svm^2/MBq\cdot h$	用途	摄入方式	工作场所	来源
1	氟	^{18}F	109.7nim	β+（97.0） EC（3.0）	β+：0.635（97%）； γ：γ±（194%）。	低毒	0.1430	PET/CT 显像诊断	注射	注射室	外购成品药物
								药物试验	/	药物合成室、药物质控室、热室	外购核素
2	锗	^{68}Ge	288d	EC（100）	γ：0.0103（5.45%）， 0.00922482（13.07%）， 0.00925174（25.6%）。	中毒	0.0325	药物试验	/	药物合成室、药物质控室、热室	外购核素
								^{68}Ga 制备	/	热室	外购核素发生器
3	镓	^{68}Ga	68.3min	β+（89.2） EC（10.6）	β+：1.8991（88%）； γ：1.0774（3.0%,100）， 1.2613（3.00），1.8832（4.33），γ±（178%）。	低毒	0.1340	PET/CT 显像诊断	注射	热室、药物质控室、注射室	核素发生器制备核素
								药物试验	/	药物合成室、质控室、热室	
4	钼	^{99}Mo	68.3min	β-（100）	β-：1.214（84%）,0.450（14%）； γ：0.07394（12.6%, 100）， 0.18107（49.9）。	中毒	*	^{99m}Tc 制备	/	热室	外购核素发生器
	锝	^{99m}Tc	6.02h	β-（0.0094） IT（100）	γ：0.140511（89%, 100）， 0.14263（7.2），0.3224（9.7×10^{-5}）。	低毒	0.0303	SPECT/CT 显像诊断	注射	药物储存室、注射室	外购成品针剂
								药物试验	/	药物合成室、药物质控室、热室	核素发生器制备核素

表三

序号	核素		半衰期	衰变方式 分支比，%	辐射能量 MeV	毒性分组	Γ μSvm²/MBq·h	用途	摄入方式	工作场所	来源
5	碘	^{123}I	13.27h	β+（＜0.01） EC（~100）	γ：0.1590（82.9%,100），0.5293（1.26）； X：0.0274723。	低毒	0.0285	SPECT/CT显像诊断	注射	热室、药物质控室、注射室	外购核素
6	碘	^{131}I	8.04d	β-（100）	β-：0.6065（86%），0.336（13%）； γ：0.284298（7.46），0.364480（81%,100）； X：0.02977。	中毒	0.0583	SPECT/CT显像诊断	注射	热室、药物质控室、注射室	外购核素
								核素治疗	口服	分装室、服药室	外购成品
								甲吸测定	口服		
7	镥	^{177}Lu	6.71d	β-（100）	β-：0.4968（90%），0.384（2.95%），0.175（6.7%）； γ：0.20834（11%,164），0.11295（100）； X：0.05579。	中毒	*	SPECT/CT显像诊断	注射	热室、药物质控室、注射室	外购核素
								核素治疗	注射	分装室、注射室	外购成品
8	磷	^{32}P	14.25d	β-（100）	β-：1.711（100%）。	中毒	—	核素治疗	注射	药物储存室、注射室	外购成品针剂
9	锶	^{89}Sr	50.55d	β-（~100）	β-：1.488（~100%）。	中毒	—				
10	钐	^{153}Sm	46.44h	β-（100）	β-：0.810（20%），0.710（49%），0.640（30%）； γ：0.0696716（40.4），0.0754208（60），0.0974292（71），0.103178（28.3%,2820）； X：0.0415422。	中毒	0.012				
11	镭	^{223}Ra	11.43d	α（100）	α：5.7478（9.1%），5.71642（53.7%），5.6076（26.0%）； γ：0.1543（5.58），0.269（14.0%,13.6）。	极毒	*				
12	钇	^{90}Y	64.0d	β-（100）	β-：2.288（~100%）。	中毒	—				

表三

序号	核素		半衰期	衰变方式 分支比，%	辐射能量 MeV	毒性分组	Γ μSvm²/MBq·h	用途	摄入方式	工作场所	来源
13	镓	^{67}Ga	78h	EC（100）	γ：0.093317（38.0%,100），0.184595（62），0.0300242（50），0.39365（14）； X：0.00863886。	中毒	0.0139	药物实验	/	药物合成室、药物质控室、热室	外购核素
14	氢	^{3}H	12.33a	β-（100）	β-：0.01861（100%）；	低毒	—				
15	铜	^{64}Cu	12.71h	β-（39.6） β+（19.3） EC（14.1）	β-：0.571（39.6%）； β+：0.657（19.3%）； γ：1.3459（0.6%）	低毒	0.0290				
16	铟	^{111}In	2.83d	EC（100）	γ：0.245（100%）；	低毒	0.0565				
17	锆	^{89}Zr	3.89d	β-（22.8） EC（77.2）	β+：0.90（100%）； γ：γ±（200%）	中毒	0.1400				
18	锕	^{225}Ac	10.0d	α（100）	α：5.8300（50.65%），5.7940（34.30%），5.7320（10.1%）； γ：0.09980（1.7%），0.15009（0.71%）；	极毒	*				
19	铼	^{186}Re	90.64h	β-（93.5） EC（6.5）	β-：1.0715（76.6），0.9335（23.4）； γ：0.13716（9.3%,246），0.12261（15.7）;	中毒	0.00735				
20	铼	^{188}Re	16.98h	β-（100）	β-：2.128（74%），1.973（24%）； γ：0.15504（5.2%,930），0.63300（77.6）； X：0.063	中毒	0.00392	药物实验			核素发生器制备核素
	钨	^{188}W	69.4d	β-（100）	β-：0.058（0.83%）, 0.141（0.0087%）, 0.0180（0.003%）, 285（0.15%）, 0.349(99%)； γ：0.06358（0.109%），0.22709（0.211%），0.290669（0.402%）；X：0.0611403	中毒	*	^{188}Re制备		热室	外购核素发生器

注：EC 表示轨道电子俘获,IT 表示同质异能跃迁，Γ 表示距源 1m 处的周围剂量当量率常数（数据来源自《AAPM Task Group 108:PET and PET/CT Shielding Requirements》（American Association of Physicists in Medicine）和《辐射安全手册》（潘自强），—表示无值，*表示未找到相关数据）。其余数据来源于《简明放射性核素同位素应用手册》（卢玉楷　主编）同位素表、《辐射防护手册》（第一分册　辐射源与屏蔽）表 1.11。

表三

（1）电离辐射

α射线：核医学科诊断治疗区使用 ^{225}Ac、^{223}Ra 过程中会产生α射线，α射线的最大能量为 5.83MeV。

β射线：核医学科使用 ^{68}Ge-^{68}Ga 发生器、裂变钼 99-锝 99m 色层发生器、^{188}W-^{188}Re 色层发生器、^{18}F、^{68}Ga、^{131}I、^{177}Lu、^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{90}Y、^{3}H、^{64}Cu、^{89}Zr、^{186}Re、^{188}Re 过程中会产生β射线，其β射线能量在 0.01861MeV~2.288MeV 之间。

γ射线：核医学科使用 ^{68}Ge-^{68}Ga 发生器、裂变钼 99-锝 99m 色层发生器、^{188}W-^{188}Re 色层发生器、^{18}F、^{68}Ga、^{99m}Tc、^{123}I、^{131}I、^{177}Lu、^{153}Sm、^{223}Ra、^{67}Ga、^{68}Ge、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re 过程中会产生γ射线，其γ射线能量在 9.22482keV~1.8832MeV 之间。

韧致辐射：核医学科使用的放射性核素的β粒子穿过周围物质时将产生韧致辐射，韧致辐射能量在 8.63886keV~63.00keV 之间。

β表面污染：医生在操作放射性核素过程中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成β放射性表面污染。

α表面污染：医生在操作 ^{225}Ac、^{223}Ra 过程中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等放射性沾污，造成α放射性表面污染。

（2）废气

放射性废气：核医学科开展诊断、治疗、药物实验的活动过程中，放射性药物制备、分装、实验等操作过程中会产生少量的放射性气溶胶废气。

非放射性废气：γ射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气。

（3）废水

放射性废水：放射性废水主要来自患者排泄物以及放射性药品操作过程中偶尔滴漏和去污洗涤液。

非放射性废水：核医学科其他工作区域的工作人员、给药前的患者及家属也会产生少量的普通生活污水。

（4）固废

放射性固废：核医学科产生的放射性固废主要包括：一次性注射器、针头、手套、棉签、纸杯、可能沾染放射性药物的被服、废核素发生器、滤膜、棉球、空药瓶、培养

皿、孔板、破碎玻璃器皿、废活性炭等。

非放射性固废：核医学科产生的非放射性医疗垃圾和生活垃圾。

3.1.2 射线装置

PET/CT、SPECT/CT 仅在使用 CT 模式下扫描产生 X 射线，骨密度仪工作出束时产生 X 射线。X 射线与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气。给药前患者、家属、医护工作人员会产生少量的普通生活污水、非放射性医疗垃圾和生活垃圾。

3.2 污染物处理和排放

3.2.1 工作场所建设情况

核医学科墙体、地面及操作台面均采用易清洗材质，墙角与地板接缝处无缝隙，洗手盆采用感应式开关，厕所采用脚踏式开关控制，均不需手部接触。项目各功能用房建设情况见表 3-1。表中存在屏蔽体材料变化时，按照核素对应 TVL 值换算后进行比较，计算表格见附件 6。

表 3

表 3-1 主要功能用房墙体屏蔽情况

名称	防护方案	实际建设情况	对比情况
核医学科诊断治疗区			
骨密度机房	顶棚：120mm 砼+1mmPb 铅复合防护板 墙体：2mmPb 防辐射硫酸钡 观察窗：2mmPb 铅玻璃 防护门：2mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 西北墙：轻质砖墙+3mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+2mmPb 防护涂料 观察窗：3mmPb 铅玻璃 防护门：3mmPb 铅板	各屏蔽体屏蔽能力更好
PET/CT 检查室 （PET/CT 机房）	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 墙体：10mmPb 防护微晶石板 防护门：10mmPb 铅板 观察窗：10mmPb 铅玻璃	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 西北墙：240mm 防辐射砖+3mmPb 防护涂料 东南墙、西南墙：10mmPb 防护微晶石板 东北墙：8mmPb 防护微晶石板 防护大门：7mmPb 铅板 防护小门：10mmPb 铅板 观察窗：10mmPb 铅玻璃	**西北墙、东北墙、防护大门的屏蔽能力减弱**，其他墙体屏蔽能力更好，其他屏蔽体的屏蔽能力不变
SPECT/CT 检查室 （SPECT/CT 机房）	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：6mmPb 防护微晶石板 防护门：6mmPb 铅板 观察窗：6mmPb 铅玻璃	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：6mmPb 防护微晶石板 防护门：6mmPb 铅板 观察窗：6mmPb 铅玻璃	各屏蔽体屏蔽能力不变
储源室	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖+1mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板	**顶棚、墙体的屏蔽能力减弱**，防护门的屏蔽能力不变
注射室 （分装注射室）	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡 防护门：10mmPb 铅板 PET 注射窗：30mmPb 铅玻璃 ECT 注射窗：20mmPb 铅玻璃	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖+1mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板 PET 注射窗：30mmPb 铅玻璃 ECT 注射窗：20mmPb 铅玻璃	**顶棚、墙体的屏蔽能力减弱**，其他屏蔽体的屏蔽能力不变

表 3

名称	防护方案	实际建设情况	对比情况
核医学科诊断治疗区			
PET 给药后候诊室 （PET 注射后候诊区）	顶棚：120mm 砼+6mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+6mmPb 铅复合防护板 东北墙：240mm 防辐射砖+12mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+6mmPb 防护涂料 防护门：18mmPb 铅板	各屏蔽体屏蔽能力更好
PET 注射后 VIP 候诊室	/	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 东南墙、西南墙：240mm 防辐射砖+3mmPb 防护涂料 西北墙、东北墙：240mm 防辐射砖+9mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板	新增功能用房
PET 留观室	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡 防护门：10mmPb 铅板		**顶棚、东南墙、西南墙的屏蔽能力减弱，**西北墙、东北墙的屏蔽能力更好，防护门屏蔽能力不变
SPECT 给药后候诊厅 （ECT 注射后候诊区）	顶棚：120mm 砼+3mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖 防护门：6mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：6mmPb 防护微晶石板 防护门：6mmPb 铅板	**顶棚的屏蔽能力减弱，**墙体的屏蔽能力更强，防护门屏蔽能力不变
运动负荷室	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：6mmPb 防护微晶石板 防护门：6mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖 防护门：3mmPb 铅板	**防护门的屏蔽能力减弱，**墙体屏蔽能力更好，顶棚屏蔽能力不变
洁具间 （清洁间）	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡	顶棚：120mm 砼 西北墙、东北墙：240mm 防辐射砖+3mmPb 防护涂料 东南墙：轻质砖墙+3mmPb 防护涂料 西南墙：300mm 砼 防护门：6mmPb 铅板	**顶棚、东南墙、西南墙、东北墙的屏蔽能力减弱，**西北墙的屏蔽能力更好
放射性废物暂存间	顶棚：120mm 砼+6mmPb 铅复合防护板 东北墙：1100mm 混凝土 墙体：240mm 防辐射砖 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 东北墙：1100mm 混凝土 墙体：240mm 防辐射砖+1mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板	**顶棚的屏蔽能力减弱，**墙体的屏蔽能力更好，防护门屏蔽能力不变
患者通道	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 防护门：15mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 防护门：13mmPb 铅板	**防护门、顶棚的屏蔽能力减弱**
医生通道	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 墙体：200mm 轻质砖	顶棚：120mm 砼 墙体：200mm 轻质砖	**顶棚的屏蔽能力减弱，**墙体屏蔽能力不变

表 3

名称	防护方案	实际建设情况	对比情况
核医学科诊断治疗区			
热室	顶棚：120mm 砼+6mmPb 铅复合防护板 墙体：370mm 防辐射砖 防护门：20mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：370mm 防辐射砖 防护门：12mmPb 铅板	**防护门、顶棚的屏蔽能力减弱**，其他屏蔽体屏蔽能力不变
药物质控室 药物合成室	顶棚：120mm 砼+6mmPb 铅复合防护板 墙体：370mm 防辐射砖 防护门：12mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+2mmPb 铅复合防护板 墙体：370mm 防辐射砖 防护门：12mmPb 铅板	**顶棚的屏蔽能力减弱**，其他屏蔽体屏蔽能力不变
门诊区衰变处理设施	池顶：150mm 砼 池底：300mm 砼 池壁：200mm 砼	池顶：300mm 砼 池底：300mm 砼+200mm 砼 沉渣池池壁：300mm 砼 衰变池池壁：300mm 砼/250mm 砼或 300 砼+200mm 砼 检修口：10mmPb+50mm 砼 阀门井口：50mm 砼	池顶屏蔽能力不变，其他屏蔽体屏蔽能力更好
核医学科住院治疗区			
抢救室 （甲测室）	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+4mmPb 硫酸钡 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+4mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板	与环评阶段一致
分装室	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+4mmPb 硫酸钡 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+20mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+6mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板	防护门的屏蔽能力不变，其他屏蔽体屏蔽能力更好
注射室 服药室	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+4mmPb 硫酸钡 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡 防护门：10mmPb 铅板 注射窗口：12mmPb 铅玻璃 服药窗口：12mmPb 铅玻璃	顶棚：120mm 砼+20mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+6mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防护涂料 防护门：15mmPb 铅板 注射窗口：15mmPb 铅玻璃 服药窗口：15mmPb 铅玻璃	各屏蔽体屏蔽能力更好

表 3

名称	防护方案	实际建设情况	对比情况
核医学科住院治疗区			
废物室	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+4mmPb 硫酸钡 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 硫酸钡 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+8mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+6mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板	防护门屏蔽能力不变，其他屏蔽体屏蔽能力更好
储源室	/	顶棚：120mm 砼+8mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+6mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板	新增功能用房
病房一	顶棚：120mm 砼+24mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 防辐射板 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+24mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防护涂料 防护门：15mmPb 铅板 采光窗：22mmPb	地板屏蔽能力不变，其他屏蔽体的屏蔽能力更好
病房二			
病房三			
病房四	顶棚：120mm 砼+6mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 硫酸钡 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 防辐射板 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+13mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防护涂料 防护门：15mmPb 铅板	地板屏蔽能力不变，其他屏蔽体的屏蔽能力更好
病房五		顶棚：120mm 砼+13mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防护涂料 防护门：15mmPb 铅板 采光窗：22mmPb	地板屏蔽能力不变，其他屏蔽体的屏蔽能力更好
病房六		顶棚：120mm 砼+10mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+6mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防护涂料 防护门：10mmPb 铅板 采光窗：22mmPb	**地板屏蔽能力减弱，**防护门屏蔽能力不变，其他屏蔽体的屏蔽能力更好

表 3

名称	防护方案	实际建设情况	对比情况
核医学科住院治疗区			
病房七	顶棚：120mm 砼+6mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 硫酸钡 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 防辐射板 防护门：10mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+13mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防护涂料 防护门：15mmPb 铅板	地板屏蔽能力不变，其他屏蔽体的屏蔽能力更好
患者走廊	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+4mmPb 硫酸钡 墙体：200mm 轻质砖墙+20mmPb 铅复合防护板 防护门：20mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+11mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+8mmPb 防护涂料 东北墙：240mm 防辐射砖+17mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防护涂料 防护门：15mmPb 铅板	**防护门屏蔽能力变弱，**其他屏蔽体屏蔽能力更好
污洗间 放射性废物暂存间 被服暂存间	顶棚：120mm 砼+4mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+4mmPb 硫酸钡 墙体：240mm 防辐射砖+4mmPb 防辐射板 东北墙：4mmPb 硫酸钡+10mmPb 防辐射板 防护门：8mmPb 铅板	顶棚：120mm 砼+7mmPb 铅复合防护板 地板：120mm 砼+7mmPb 防护涂料 东北墙：240mm 防辐射砖+10mmPb 防护涂料 墙体：240mm 防辐射砖+8mmPb 防辐射板 防护门：10mmPb 铅板	各屏蔽体屏蔽能力更好
住院区衰变处理设施	池顶：300mm 砼 池底：300mm 砼+100mm 沉渣池池壁：250mm 砼 衰变池池壁：250mm 砼	池顶：300mm 砼 池底：300mm 砼+200mm 砼 沉渣池池壁：300mm 砼 衰变池池壁：300mm 砼/250mm 砼 检修口：10mmPb+50mm 砼 阀门井口：50mm 砼	池顶屏蔽能力不变，其他屏蔽体屏蔽能力更好

备注：混凝土密度2.35g/cm^3 、防辐射砖密度1.65g/cm^3，铅密度11.3g/cm^3。

（1）核医学科诊断治疗区的屏蔽体建设情况说明

根据表 3-1 可知，核医学科诊断治疗区各功能房间的屏蔽能力均有变化，部分屏蔽能减弱，部分屏蔽更好。本次验收对核医学科诊断治疗区功能房间的屏蔽能力减弱的情况进行分析说明。具体情况如下：

表 3

①核医学科诊断治疗区控制区内大部分功能房间顶棚的屏蔽能力均减弱，其主要原因是核医学科诊断治疗区的控制区楼上对应区域为车库，公众成停留时间短，对其屏蔽能力的要求相对较低。因此，医院在进行核医学科诊断治疗区的施工时，对顶棚的屏蔽能力进行了适当的减弱。根据监测结果可知，核医学科诊断治疗区的控制区楼上对应区域的周围剂量当量率监测结果最大为 0.03μSv/h，远小于 2.5μSv/h，屏蔽减弱后仍能满足环评及批准书的要求，也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

②核医学科诊断治疗区控制区内部分功能房间的墙体、防护门的屏蔽能力减弱，其主要原因是这部分墙体及防护门均朝向控制区内部，且属于放射工作人员较少停留的场所，对其屏蔽能力的要求相对较低。因此，医院在进行核医学科诊断治疗区的施工时，对控制区内部分功能房间的墙体、防护门的屏蔽能力进行了适当的减弱。根据监测结果可知，核医学科诊断治疗区的控制区内部屏蔽体外的周围剂量当量率监测结果最大为 1.37μSv/h，屏蔽减弱后能满足较少停留或无需到达的场所（人员居留因子<1/2）周围剂量当量率应小于 10μSv/h 的要求，也能满足控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2）周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h 的要求。

③核医学科诊断治疗区储源室内存放的放射性药物均自带药物铅罐进行屏蔽，热室配置的多功能热室有足够的屏蔽能力，能保证其屏蔽体外的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，且放射性药物转移时存储在有足够屏蔽能力的药物铅罐内，故对储源室、热室的屏蔽能力要求相对较低。因此，医院适当减弱了储源室、热室屏蔽体的屏蔽能力。此外，根据监测结果可知，储源室、热室的屏蔽减弱后，其屏蔽体外的周围剂量当量率监测结果最大为 0.57μSv/h，仍能满足环评及批准书的要求。

④核医学科诊断治疗区患者通道的防护门屏蔽能力减弱，但均在防护门内侧设置了剂量监测系统，患者距离防护门过近，会引起监测系统系统报警，提醒患者患者远离。此外，根据监测结果可知，患者通道的防护门外的周围剂量当量率最大为 0.72μSv/h，仍能满足环评及批准书的要求。

（2）核医学科住院治疗区的屏蔽体建设情况说明

根据表 3-1 可知，核医学科住院治疗区各功能房间的屏蔽能力均有变化，部分屏蔽能减弱，部分屏蔽更好。本次验收对核医学科住院治疗区功能房间的屏蔽能力减弱的情

况进行分析说明。具体情况如下：

①核医学科诊断治疗区病房六是单人病房，故将地板的屏蔽能力适当减弱。根据监测结果可知，屏蔽减弱后，病房六地板下方的周围剂量当量率低于检出限值（0.05μSv/h），仍能满足环评及批准书的要求。

②核医学科住院治疗区患者通道的防护门屏蔽能力减弱，但均在防护门内侧设置了剂量监测系统，患者距离防护门过近，会引起监测系统系统报警，提醒患者患者远离。此外，根据监测结果可知，患者通道的防护门外的周围剂量当量率最大为 0.27μSv/h，仍能满足环评及批准书的要求。

此外，验收报告通过对核医学科工作场所内减弱的屏蔽体进行理论计算，其屏蔽能力仍能满足环评及批复的要求。

3.2.2 射线机房建设情况

项目射线机房建设情况见表 3-2 所示。

表 3-2　SPECT/CT 检查室建设尺寸表

设备名称	环评阶段		实际建设		标准要求		是否满足要求
	最小单边长（m）	有效使用面积（m^2）	最小单边长（m）	有效使用面积（m^2）	最小单边长（m）	有效使用面积（m^2）	
PET/CT	5.1	42.8	4.9	38.8	≥4.5	≥30	满足
SPECT/CT	5.0	40.0	5.2	36.4	≥4.5	≥30	满足
骨密度仪	3.6	16.2	3.5	13.6	≥2.5	≥10	满足

由表 3-2 可知，项目射线机房的内有效使用面积稍小于环评阶段，但最小单边长及机房内有效使用面积仍满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

3.2.3 放射性废气处理情况

核医学科诊断治疗区的控制区设置有 5 套排风管网，核医学科住院治疗区的控制区设置有 3 套排风管网，核医学科各管道收集范围见表 3-3 所示。

表3-3　核医学科工作场所废气收集情况表

管道编号	主要收集范围
核医学科诊断治疗区	
①	卫生通过间（淋浴间）、运动负荷室、洁具间、SPECT给药后候诊厅(含卫生间)、PET给药后候诊室(含卫生间)、PET给药后VIP候诊室(含卫生间)、PET留观室(含卫生间)、清洁间等
②	预留机房、SPECT检查室、PET/CT检查室等
③	分装注射室、储源室、放射性废物暂存间、药物质控室、药物合成室、拆包间等

表 3

管道编号	主要收集范围
核医学科诊断治疗区	
④	双联防护手套箱
⑤	简易分装室、多功能分装热室、超净通风橱
核医学科住院治疗区	
①	防护手套箱
②	废物室、储源室、分装室、注射室、抢救室
③	服药室、住院病房、污洗间、放射性废物暂存间、被服间

项目核医学科各功能用房的通风口通过并联的方式各自引至排风总管，各分支管道内设置防倒灌装置，并保持负压。与环评阶段相比，核医学科诊断治疗区的放射性废气收集系统将机房与候诊留观区的分开收集，故放射性废气管网由 4 套变为 5 套；核医学科住院治疗区放射性废气管网仍为 3 套。

综上可知，核医学科诊断治疗区、核医学科住院治疗区收集的放射性废气均采用了分类收集的方式，各排风主管在通风井内合并为 1 根排风总管道，排风总管道在医疗综合楼排风井延伸至医疗综合楼 14F 楼顶，而后经过活性炭吸附装置处理后再排放。此外，另双联防护手套箱柜、简易分装室、多功能分装热室、超净通风橱、防护手套箱的上方额外设置有活性炭吸附装置。活性炭定期更换，更换下的活性炭作为放射性固废，暂存在核医学科住院治疗区的放射性废物暂存间内，存放时，活性炭放置在密封袋内。

3.2.4 放射性废水处理情况

医院在医疗综合楼-1F 设置 2 座槽式衰变池，分别收集处理核医学科诊断治疗区和核医学科住院治疗区的放射性废水、废液，而后排入医院污水处理站处理。门诊槽式衰变池由沉渣池、衰变池构成。沉渣池有效容积均约 5.0m^3，衰变池单池有效容积均约 10.0m^3，3 个衰变池总有效容积均约 30.0m^3。住院槽式衰变池由沉渣化粪池、衰变池构成，沉渣池有效容积均约 5.0m^3，衰变池单池有效容积均为 65m^3，5 个衰变池总有效容积约 325.0m^3。核医学科放射性废水的收集管道采用耐腐蚀的不锈钢特种管道，放射性废水通过特种管道收集至衰变池，衰变池池壁和池底采用重晶石结构，具有防腐、防渗功能，另衰变池预留的检查口采用成品防辐射盖板进行屏蔽。

原衰变处理设施建设位置邻车行道，开挖衰变池体影响道路安全，故将衰变处理设施建设位置由在医疗综合楼-1F 变更至医疗综合楼 1F，处理工艺不变，另门诊槽式衰变

表 3

池的有效容积变大，住院槽式衰变池有效容积基本一致。

3.2.5 放射性固废处理情况

核医学科配备了 19 个铅污物桶，分别放置在核医学科诊断治疗区的分装注射室、ECT 注射窗口、运动负荷室、ECT 给药后候诊厅、PET 注射台、PET 给药后候诊室、PET 给药后 VIP 候诊室、PET 留观室、污物暂存间、热室、药物控制室以及核医学科住院治疗区分装室、废物间、注射室、服碘室、污洗间、放射性废物暂存间等位置，收集包括注射器、针头、手套、棉签、患者使用后纸巾等放射性废物。

核医学科诊断治疗区设置 1 个放射性废物暂存间，核医学科住院治疗区设置 2 个放射性废物暂存间，用于收集各区域的放射性废物。核医学科按照放射性废物管理要求，放射性废物暂存足够的时间，并监测达到清洁解控水平后作为一般医疗垃圾送至医院医疗垃圾暂存间。

3.3 辐射安全与管理投资情况

（1）辐射安全管理机构

医院现已成立辐射安全管理委员会，辐射安全管理委员会职能科室设置在保健科。管理委员会人员组成包括主任、副主任、委员、辐射安全管理员、X 射线装置组组长、组员、核医学组组长、成员、放射治疗组组长、成员等，设置了专职管理人员，学历为本科及以上；文件规定了管理委员会的工作职责，负责全院的辐射环境管理，包括管理制度的建立、修订，人员的培训、考核及职业健康体检、个人剂量监测，建立档案，辐射环境监测等。医院现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

（2）管理制度落实情况

根据医院的实际情况，医院已制定一套相对完善的管理制度和操作规 程，制定了多项辐射安全管理制度，包括《重庆医科大学附属第二医院放射诊疗质量保障领导工作小组》《放射诊疗安全与防护管理制度》《放射性同位素管理制度》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射性同位素与射线装置安全与防护管理制度》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射安全和防护监测方案》《核医学科放射性同位素台帐制度》《放射工作人员档案管理制度》《放射人员个人剂量监测制度》《防护器材、个人防护用品管理制度》《辐射环境安全隐患自查整治制度》《放射工作人员辐射安全与放射防护培训制度》《放

射设备维护与保养制度》《核医学科查对制度》《核医学科放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度》《核医学科放射性药品配制、质控、使用及管理制度》《核医学科临床核医学质量控制制度》《核医学科诊疗患者管理制度》《核医学科质量管理检测与质量保证大纲》《核医学科自主监测计划》《核医学科同位素台帐管理制度》《介入机房管理制度》《DSA 操作规程》《重庆医科大学附属第二医院关于修订放射事故应急预案的通知》等辐射安全管理规章制度。此外，医院每年均依据相关辐射法律法规对医院辐射工作的安全和防护状况进行了年度评估，编写并向上级主管部门上报了年度评估报告。

以上制度内容全面，具有可操作性，医院管理制度包括了工作人员管理、辐射事故应急处置、设备检修维护、辐射监测、辐射安全管理等。核医学科管理制度主要为根据开展的诊疗项目制定了相应的设备操作规程、放射性药物管理、科室人员职责等内容。部分管理制度已在相应场所粘贴上墙，工作人员在日常工作中按照制度要求执行。

（3）环保投资

项目环保投资一览表见表 3-4。

表3-4 辐射安全与管理投资一览表

内容	措施内容	投资（万元）
管理制度、应急措施	制度上墙	5
警示标志、标识	工作场所各出入口粘贴电离辐射警告标示等、工作场所地面引导标识、患者就诊注意事项牌等	
辐射防护与安全措施	工作场所监控、语音装置，各出入门禁系统、监测系统等	20
防护监测设备	购置表面污染仪、活度计、辐射剂量巡测仪、个人剂量报警仪、工作场所辐射监测系统等	15
防护用品和设施	购置通风橱、注射器防护套、铅衣、铅废物桶等防护用品和设施	100
合计	/	140
备注：铅防护门窗、墙体屏蔽、废气处理设施、放射性废水处理设施投资计入工程投资中。		

（4）管理情况检查结果

医院按照有关法律法规及项目环境影响报告表及其审批部门审批决定的要求进行辐射环境管理，对医院的辐射环境安全管理检查结果见表 3-6。

表3-6 辐射环境安全管理检查结果一览表

类别	序号	检查内容	检查结果
综合	1	许可证是否有效	在有效期限内☑名称、地址、法定代表人一致☑未改变或超出所从事活动的种类或者范围☑

表 3

类别	序号	检查内容		检查结果
综合	2	放射工作人员（核医学科）		数量：23 人 名单：详见表 2-8
	3	辐射环境管理人员（机构）		放射卫生管理领导小组
	4	持有培训合格证的数量（本项目）		数量：3 人
	5	是否正确使用全国核技术利用辐射安全申报系统（网址 http://rr.mee.gov.cn）		是
	6	单位核安全文化建设情况		已开展
档案资料	1	档案管理是否规范		制度完善☑ 制度及时更新☑ 落实各类制度的记录齐全☑
	2	许可证	1）许可证正副本	有
			2）许可证核发、延续、变更资料	有
			3）安全和防护年度自查评估报告	有
	3	环评资料	1）环评文件	有
			2）验收文件	/
	4	制度文件	1）辐射安全与环境保护管理机构文件	有
			2）辐射安全管理规定（综合性文件）	有
			3）辐射工作设备操作规程	有
			4）辐射安全和防护设施维护维修制度	有
档案资料	4	制度文件	5）放射工作人员培训制度	有
			6）放射工作人员个人剂量管理制度	有
	5	台账	1）射线装置台账	有
			2）射线装置购买、报废登记记录	有
	6	监测检查	1）辐射工作场所和环境辐射水平监测记录	有
			2）辐射安全和防护设施维护、检修记录（包括检查时间、检查人员、检查项目、检查方法、检查结果、处理情况）	有
			3）历次接受环保行政部门现场检查记录和整改记录	有
	7	个人剂量	1）个人剂量检测报告	有
			2）剂量检测数值异常或超标的情况调查	目前无异常或超标的情况
			3）放射工作人员个人剂量计发放、回收记录	有
	8	培训	从业人员辐射安全与防护培训/复训档案	有
	9	应急	1）辐射事故应急预案	有
			2）辐射应急演习记录	有
	10	废物处置	1）射线装置报废处置的资料	医院现无报废射线装置
			2）危险废物送交有相应资质的单位处置	有
			3）危险废物转移联单	有

表 3

3.4 项目环保三同时执行情况、环评和环评批复要求落实情况

医院按照国家有关环境保护的法律法规，进行了该项目的环境影响评价工作，履行了建设项目环境影响审批手续。验收监测时项目已建成，通过现场检查，项目的环保工程与主体工程同时设计，同时施工，同时投入运营，满足“三同时”要求。通过现场查阅医院竣工资料，与医院工作人员一同检查、验证各防护设施的运行状态。本项目按照环评阶段提出的辐射防护措施的落实情况见表3-7、表3-8。

表3-7 与环评报告验收一览表要求对比表

序号	验收内容	环评验收要求	落实情况
1	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告	环评及验收监测报告齐全，监测报告为有检测资质单位出具
2	环境管理制度	有专人负责，定期更新，制度上墙	医院设有辐射安全管理委员会，有专人负责，已制定辐射防护制度，并制度上墙
3	人员要求	配备核医学医师、化学师、技师、护师，持证上岗，4 年进行 1 次复训	工作人员数量满足要求，均持有培训合格证明
4	机房面积	骨密度仪：≥10m^2，机房内最小单边长度≥2.5m；SPECT/CT、PET/CT：≥30m^2，机房内最小单边长度≥4.5m；	机房有效使用面积与单边长度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。
5	辐射防护与安全措施	①项目核医学科工作场所设置电离辐射警告标志，划分控制区和监督区，在地面设置患者、医生的行走箭头标识，规定各类人员的活动路径。 ②设置卫生通过间，工作人员离开时进行表面污染监测，放射性废物室设防盗门。 ③设置放射性废气活性炭吸附装置，并设置电离辐射警告标志。 ④机房墙体、防护门、观察窗防护当量满足要求，设置有门灯联锁装置、急停开关、电离辐射警告标志、工作状态指示灯。	①项目核医学科工作场所设置有电离辐射警告标志，划分控制区和监督区，在地面设置患者、医生的行走箭头标识，规定各类人员的活动路径。 ②设置有卫生通过间，并配置有表面沾污仪，工作人员离开时进行表面污染监测，放射性废物室设防盗门。 ③核医学科设置有放射性废气活性炭吸附装置，并设置电离辐射警告标志。 ④机房墙体、防护门、观察窗防护当量满足要求，设置有门灯联锁装置、急停开关、电离辐射警告标志、工作状态指示灯。

表 3

序号	验收内容	环评验收要求		落实情况
5	辐射防护与安全措施	⑤门与墙搭接满足要求、机房内通风良好。 ⑥住院病房、机房内设置对讲装置，观察窗或摄像监控装置。 ⑦建立完善的就医流程、放射性药物、放射性废物管理台账。 ⑧配备个人防护用品及辅助防护设施，每个放射工作人员佩戴个人剂量计，项目核医学科工作场所配置表面污染监测仪等监测设备。		⑤门与墙搭接满足要求，机房内通风良好。 ⑥住院病房、机房内、注射窗口设置对讲装置、观察窗或摄像监控装置。 ⑦建立完善的就医流程、放射性药物、放射性废物管理台账。 ⑧配备个人防护用品及辅助防护设施，每个放射工作人员佩戴个人剂量计，项目核医学科工作场所配置表面污染监测仪等监测设备。
6	电离辐射	剂量限制	工作人员年有效剂量≤5mSv 公众成员年有效剂量≤0.25mSv	经过后文核算，项目涉及工作人员及公众年受照剂量均满足限值要求。
		表面污染	工作台、设备、墙壁、地面：控制区：β≤4×10Bq/cm^2，α（极毒性）≤4Bq/cm^2；监督区：β≤4Bq/cm^2，α（极毒性）≤4×10^{-1}Bq/cm^2； 工作服、手套、工作鞋：控制区/监督区：β≤0.4Bq/cm^2，α（极毒性）≤4×10^{-1}Bq/cm^2； 手、皮肤、内衣、工作袜：β≤4×10^{-1}Bq/cm^2，α（极毒性）≤4×10^{-2}Bq/cm^2。	根据验收监测结果，项目工作场所表面及各类设施表面的β表面污染监测值均满足标准限值要求。医院暂未使用α核素，故未对α表面污染进行监测。
		剂量率控制	核医学科控制区屏蔽体外剂量当量率≤2.5μSv/h。	根据验收监测结果，核医学科控制区屏蔽体外周围剂量当量率均低于 2.5μSv/h。
7	放射性废水	核医学科衰变池 2 个排口均设置标准采样口，医院污水处理站总排口：总β≤10Bq/L，总α≤1Bq/L		因现核医学科病人量少，衰变池废水暂未排放，因此未进行放射性废水验收监测，后期排放放射性废水时，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求，由医院委托有资质的单位进行放射性废水监测。
8	废气	核医学科废气排气口高于核医学科所在楼顶屋脊。		已按要求设置
9	放射性固废	废物包装外表面：β<0.4Bq/cm^2，α<0.04Bq/cm^2，有放射性废物处理台账。		已按要求设置

表 3

表3-8　项目按照环评批复要求的落实情况

环评批复要求的环保措施	实际采取的环保措施	落实情况
应严格遵守国家有关标准要求，有效控制项目对 环境的电离辐射影响，确保附加给工作人员、公众的年有效剂量 分别控制在 5mSv、0.25mSv 内；辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。	根据监测结果核医学场所控制区边界、机房屏蔽墙体外 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h。	已落实
严格按照非密封放射性物质工作场所分区原则，对核医学科分区进行合理优化布局；在控制区的出口处应设置卫生通过间，工作人员须在卫生通过间清洁去污、更衣，进行表面污染监测，预防与控制放射性污染。	项目严格按照非密封放射性物质工作场所分区原则，对核医学科分区进行了合理优化布局；在控制区的出口处设置了卫生通过间，并配置了清洁去污、更衣、表面污染监测的设施设备。	已落实
按规定要求设置放射性废水衰变池，衰变池废水满足总α放射性不大于 1Bq/L、总β放射性不大于 10Bq/L 时，方可进入医院总污水处理设施，并按要求设置专门的采样口；按照有关标准要求设置废气收集和处理装置；固体废物按国家有关规定分类收集、处理，控制和减少放射性废物的产生量。	项目按相关要求设置了放射性废水收集管道和衰变池，并进行了防渗漏处理，按照有关标准要求设置了通风装置；固体废物均按国家有关规定分类收集、处理，控制和减少放射性废物的产生量，医疗废物交由有资质的单位处理。因现核医学科病人量少，排入衰变池水量较少，因此未进行放射性废水验收监测，后期由医院根据废水量自行监测。	已落实
进一步合理优化放射诊断机房的设置、布局，辐射屏蔽设计应按照辐射防护最优化原则进行，并满足辐射防护安全要求；合理设置通风系统，且所有进出风口、穿墙管线道等处均应采取相应的防射线泄漏措施。	项目工作场所按照相关标准要求建设，布局合理，辐射防护屏蔽满足辐射防护安全要求，符合最优化原则，合理布设了通风装置，保证机房内空气良好，所有进出风口、穿墙管线等均采取了相应的防射线泄露措施。	已落实
按有关规定对放射诊断进行管理与控制，各辐射工作场所应设置明显的电离辐射标志和中文警示说明，落实防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射的安全措施，采取有效措施，防止设施设备运行故障，强化风险防范管理。	辐射工作场所设置有明显的电离辐射标志和中文警示说明，落实防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射的安全措施，制定了设备操作规程，防止设施设备运行故障，制定了相关应急制度，强化风险防范管理。	已落实
健全辐射安全责任制，落实辐射相关人员岗位职责，完善辐射安全操作规程、设备维护保养制度和放射性药物使用台账管理制度等辐射安全防护管理规章制度及辐射事故应急方案，使其具备针对性、可操作性。	建立了健全的环境管理机构和制度，包括辐射相关人员岗位职责，完善辐射安全操作规程、设备维护保养制度和放射性药物使用台账管理制度等辐射安全防护管理规章制度及辐射事故应急方案，具有针对性、可操作性。	已落实

表 3

环评批复要求的环保措施	实际采取的环保措施	落实情况
建设项目应严格执行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。该项目 的性质、规模、地点或防治污染的措施发生重大变动的，你单位应当重新报批该项目的环境影响评价文件。项目竣工后，你单位应按照规定的标准和程序对环境保护设施进行验收，经验收合格并按规定重新办理辐射安全许可证后方可正式投入运行。	按照三同时原则进行建设，项目建设过程中的变动不属于重大变动，项目在 5 年内进行了开工建设，已申请了辐射安全许可证，并按证运行，项目正在开展自主验收工作，取得专家意见后将依法向社会公开验收报告，公示期满 5 个工作日内，登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报验收等相关信息。	待落实
按规定要求设置放射性废水衰变池，衰变池废水满足总α放射性不大于 1Bq/L、总β放射性不大于 10Bq/L 时，方可进入医院总污水处理设施，并按要求设置专门的采样口；按照有关标准要求设置废气收集和处理装置；固体废物按国家有关规定分类收集、处理，控制和减少放射性废物的产生量。	项目按相关要求设置了放射性废水收集管道和衰变池，并进行了防渗漏处理，按照有关标准要求设置了通风装置；固体废物均按国家有关规定分类收集、处理，控制和减少放射性废物的产生量，医疗废物交由有资质的单位处理。因现核医学科病人量少，排入衰变池水量较少，因此未进行放射性废水验收监测，后期由医院根据废水量自行监测。	已落实
进一步合理优化放射诊断机房的设置、布局，辐射屏蔽设计应按照辐射防护最优化原则进行，并满足辐射防护安全要求；合理设置通风系统，且所有进出风口、穿墙管线道等处均应采取相应的防射线泄漏措施。	项目工作场所按照相关标准要求建设，布局合理，辐射防护屏蔽满足辐射防护安全要求，符合最优化原则，合理布设了通风装置，保证机房内空气良好，所有进出风口、穿墙管线等均采取了相应的防射线泄露措施。	已落实
按有关规定对放射诊断进行管理与控制，各辐射工作场所应设置明显的电离辐射标志和中文警示说明，落实防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射的安全措施，采取有效措施，防止设施设备运行故障，强化风险防范管理。	辐射工作场所设置有明显的电离辐射标志和中文警示说明，落实防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射的安全措施，制定了设备操作规程，防止设施设备运行故障，制定了相关应急制度，强化风险防范管理。	已落实
健全辐射安全责任制，落实辐射相关人员岗位职责，完善辐射安全操作规程、设备维护保养制度和放射性药物使用台账管理制度等辐射安全防护管理规章制度及辐射事故应急方案，使其具备针对性、可操作性。	建立了健全的环境管理机构和制度，包括辐射相关人员岗位职责，完善辐射安全操作规程、设备维护保养制度和放射性药物使用台账管理制度等辐射安全防护管理规章制度及辐射事故应急方案，具有针对性、可操作性。	已落实
建设项目应严格执行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。该项目 的性质、规模、地点或防治污染的措施发生重大变动的，你单位应当重新报批该项目的环境影响评价文件。项目竣工后，你单位应按照规定的标准和程序对环境保护设施进行验收，经验收合格并按规定重新办理辐射安全许可证后方可正式投入运行。	按照三同时原则进行建设，项目建设过程中的变动不属于重大变动，项目在 5 年内进行了开工建设，已申请了辐射安全许可证，并按证运行，项目正在开展自主验收工作，取得专家意见后将依法向社会公开验收报告，公示期满 5 个工作日内，登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报验收等相关信息。	待落实

表 3

根据表 3-6、表 3-7，项目采取的辐射防护与安全措施满足环评报告和批复提出的相关要求，后期取得专家意见后将依法向社会公开验收报告，公示期满 5 个工作日内，登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报验收等相关信息。

本项目环评完成后，新发布/修订的标准有《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。通过与这些标准的对比情况，项目管理和日常操作上按照新标准执行，但尚有部分硬件设施等不能满足要求，具体情况见下表。

表3-9 项目建设与新标准要求对比情况表

标准要求		项目建设情况	达标考核建议
《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）			
场所安全措施要求	6.3.3 碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。	核医学科住院治疗区的甲癌病房设置独立的排风收集管道，病房的门窗设有封闭措施，能保持治疗区域内的负压。但核医学科住院治疗区的放射性废气与核医学科诊断治疗区的放射性废气最终汇入一根排气管道有组织排放，治疗区域内的废气未经单独的排气管道有组织排放。	将核医学科住院治疗区的放射性废气引至单独的排气管道有组织排放。

根据上表可知，项目建设还不能完全满足新标准的要求。医院还应在后续过程中，及时按照新标准要求进行完善。

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

4.1 建设项目环境影响报告表主要结论

4.1.1 项目概况

重庆医科大学附属第二医院拟在江南医院医疗综合楼-1F 和 2F 建设核医学科，总建筑面积约 2028m^2，其中-1F 建筑面积约 1107m^2，2F 建筑面积约 921m^2。核医学科-1F 主要设置核医学科诊断治疗区（乙级非密封源工作场所），配置 1 台 PET/MR、1 台 PET/CT（Ⅲ类射线装置）、2 台 SPECT/CT（Ⅲ类射线装置）、1 台骨密度仪（Ⅲ类射线装置），并利用 ^{18}F、^{68}Ga、^{99m}Tc、^{123}I、^{177}Lu、^{131}I 等 6 种核素开展放射诊断工作，^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra 等 4 种核素开展放射治疗工作；此外，核医学科诊断治疗区设置药物合成室、药物质控室、热室用于开展 ^{18}F、^{68}Ga、^{99}mTc、^{67}Ga、^{68}Ge、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{188}Re、^{186}Re 等 12 种核素的药物实验工作。核医学科 2F 主要设置核医学科住院治疗区（乙级非密封源工作场所），拟使用 ^{177}Lu、^{131}I、^{90}Y 等 3 种核素开展放射治疗工作。

拟建项目总投资约 6000 万元，环保投资约 150 万元。

4.1.2 产业政策符合性分析

项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 21 号《产业结构调整指导目录（2011 年本、2013 年修正）》的第六小类——核能中的同位素、加速器及辐照应用技术开发项目，以及鼓励类中第一类——鼓励类中新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及器械等开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用。项目符合国家相关法律法规和政策的规定，符合国家产业政策。

4.1.3 实践正当性分析

江南医院放射性同位素的应用、SPECT/CT、PET/CT、骨密度仪的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

4.1.4 选址可行性及布局合理性分析

重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目建设在江南医院医疗综合楼-1F 和 2F。核医学科诊断治疗区、核医学科住院治疗区分层布置，并各自配套建设相应的功能用房，工作场所自成一区，独立的进出通道不相交。故拟建项目核医学科在布局上最大限度地考虑就医方便及辐射防护与环境安全。从环境保护角度分析，本项目

选址、平面布局可行。

4.1.5 辐射安全与防护分析结论

①项目按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求进行了分区，控制区、监督区布局合理。

②项目核医学科各用房设计了足够厚度的屏蔽体，可保证房间屏蔽体外周围剂量当量率满足辐射防护的要求。

③各工作场所均已考虑配备较为完善的辐射安全防护装置与措施。

医院拟采取的辐射安全与防护措施落到实处后，项目的建设能够满足辐射防护和管理的要求。

4.1.6 环境影响分析

①项目放射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理限值的要求（工作人员 5mSv/a，公众成员 0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

②核医学科产生的放射性废水经衰变池衰变至排放标准后排入医院废水处理站处理，对周围环境影响小。

③核医学科使用独立机械通风系统。核医学科-1F、核医学科 2F 各排风主管道均通向医疗综合楼已建排风井，并合并为 1 根管道，然后沿着排风延伸至医疗综合楼 14F 楼顶，而后经活性炭吸附装置吸附处理后再排放，其排放口距离周围敏感建筑物均有一定的距离，故项目排放的放射性废气经大气扩散后，对周围环境影响小。

④放射性固废在产生处使用污物桶收集，而后分类暂存于废物室，衰变达标清洁解控水平后作为一般医疗垃圾处理。放射性固废应按照医疗废物（危险废物）的管理要求，实行联单管理制度，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

4.1.7 辐射与环境保护管理

医院成立了辐射安全管理委员会，各项规章制度、操作规程、应急处理措施健全、具有可操作性，但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格执行各项规章制度执行，辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排健康体检。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的

发生。

综上所述，重庆医科大学附属第二医院拟开展的“重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目”在严格按照环评要求进行建设后，核医学科运行时对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求；该项目对环境的辐射影响是可接受的。重庆医科大学附属第二医院在落实了本环评提出的各项环境保护及污染防治措施的前提下，从环境保护的角度来看，本环评认为该建设项目是可行的。

4.2 审批部门审批决定

《重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目环境影响评价报告表》已于 2019 年 10 月 30 日取得重庆市生态环境局的批复文件，渝（辐）环准〔2019〕034 号。批复主要内容有：

一防辐射砖、根据《中华人民共和国环境影响评价法》等法律法规防辐射砖的有关规定，我局原则同意重庆宏伟环保工程有限公司(社会信用代码：915001126912004062)编制的该项目环境影响评价报告防辐射砖表结论及其提出的辐射安全防护、污染防治等环境保护措施，从辐射防护与环境保护角度，该项目建设可行。

二、该项目选址于南岸区天文大道 288 号重庆医科大学附属第二医院(江南医院)医疗综合楼内，拟在医疗综合楼西南部-1F 和 2F 建设核医学科，使用 ^{18}F、^{68}Ga、^{99m}Tc、^{123}I、^{131}I、^{177}Lu、^{32}P、^{89}Sr、^{153}Sm、^{223}Ra、^{90}Y、^{67}Ga、^{68}Ge、^{3}H、^{64}Cu、^{111}In、^{89}Zr、^{225}Ac、^{186}Re、^{188}Re 等 20 种核素，其中实验用部分 ^{99m}Tc 由裂变 ^{99}Mo-^{99m}Tc 色层发生器制备，^{68}Ga、^{188}Re 分别由 ^{68}Ge-^{68}Ga 发生器、^{188}W-^{188}Re 色层发生器制备，其余核素均外购(^{99m}Tc 病人服用部分)，并配置 1 台 PET/MR、1 防辐射砖台防辐射砖 PET/CT(III类射线装置)、2 台 SPECT/CT(III类射线装置)、1 台骨密度仪(III类射线装置)开展放射诊断、治疗、药物实验等工作。核医学科-1F 防辐射砖(日等效最大操作量和年最大用量分别为：1.74×10^{9}Bq、1.4×10^{13}Bq)、核医学科 2F 防辐射砖(日等效最大操作量和年最大用量分别为：3.39×10^{9}Bq、8.01×10^{12}Bq)均为乙级非密封放射性物质工作场所。项目总建筑面积约 2028m^2，其中-1F 建筑面积约 1107m^{2}防辐射砖，2F 建筑面积约 921m^2。项目总投资 6000 万元，其中环保投资 150 万元。

三、你单位应严格遵守国家有关标准要求，有效控制项目对防辐射砖环境的电离辐射影响，确保附加给工作人员、公众的年有效剂量防辐射砖分别控制在 5mSv、0.25mSv

内；辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。

四、在项目设计、建设和运行过程中，应认真落实环境影响防辐射砖评价文件提出的各项辐射防护安全、放射性污染防治等环境保护措施，重点做好以下工作，以确保辐射环境安全。

（一）严格按照非密封放射性物质工作场所分区原则，对核医学科分区进行合理优化布局；在控制区的出口处应设置卫生通过间，工作人员须在卫生通过间清洁去污、更衣，进行表面污染监测，预防与控制放射性污染。

（二）按规定要求设置放射性废水衰变池，衰变池废水满足总 α 放射性不大于 1Bq/L、总β放射性不大于 10Bq/L 防辐射砖时，方可进入医院总污水处理设施，并按要求设置专门的采样口；按照有关标准要求设置废气收集和处理装置；固体废物按国家有关规定分类收集、处理，控制和减少放射性废物的产生量。

（三）进一步合理优化放射诊断机房的设置、布局，辐射屏蔽设计应按照辐射防护最优化原则进行，并满足辐射防护安全要求；合理设置通风系统，且所有进出风口、穿墙管线道等处均应采取相应的防射线泄漏措施。

（四）按有关规定对放射诊断进行管理与控制，各辐射工作场所应设置明显的电离辐射标志和中文警示说明，落实防止误操作、避免工作人员和公众受到意外照射的安全措施，采取有效措施，防止设施设备运行故障，强化风险防范管理。

（五）健全辐射安全责任制，落实辐射相关人员岗位职责，完善辐射安全操作规程、设备维护保养制度和放射性药物使用台账管理制度等辐射安全防护管理规章制度及辐射事故应急方案，使其具备针对性、可操作性。

五、建设项目应严格执行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。该项目防辐射砖的性质、规模、地点或防治污染的措施发生重大变动的，你单位防辐射砖应当重新报批该项目的环境影响评价文件。项目竣工后，你单位防辐射砖应按照规定的标准和程序对环境保护设施进行验收，经验收合格并按规定重新办理辐射安全许可证后方可正式投入运行。

表五

5.1 监测依据

（1）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130－2020）；

（2）《核医学放射防护要求》（GBZ120－2020）；

（3）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；

（4）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930－2010）；

（5）《表面污染测定（第一部分）β发射体 EβMax＞0.15MeV 和α发射体》（GB/T14056.1-2008）；

（6）《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（辐）环准[2019]034 号）.

5.2 监测仪器

验收监测使用监测仪器见表 5-1 所示。

表 5-1 验收监测所使用的仪器情况表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	测量范围	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
智能化γ辐射仪	FD-3013B	01598	0.01μSv/h~999μSv/h	2023032910129	2024.4.10	0.92
辐射防护用X、γ辐射剂量当量率仪	451P	0000006490	0.01μSv/h~50mSv/h	2022102702511	2023.11.1	1.11（100kV）
α、β表面污染仪	RS2100	701501021006	1~1×10^5cps	检定字第202211001901号	2023.11.8	/

5.2 验收监测质量保证及质量控制

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，均取得了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数据处理和填报，并按有关规定和要求进行审核。因此，本次验收监测有良好的质量保证，监测结果真实可信。

表六

6.1 验收监测内容

重庆泓天环境监测有限公司于2023年5月18日对重庆医科大学附属第二医院江南院区的核医学科进行了验收监测。

医疗综合楼-1F核医学科诊断治疗区的患者诊疗区主要以^{18}F、^{99m}Tc显像诊断为主；医疗综合楼-2F核医学科住院治疗区主要以^{131}I甲癌治疗为主。因此，核医学科诊断治疗区的患者诊疗区使用放射性同位素^{18}F、^{99m}Tc进行监测，核医学科诊断治疗区按照使用放射性同位素^{131}I进行现场监测。此外，核医学科诊断治疗区的药物实验区尚未正式开展工作，本评价使用放射性同位素^{18}F进行模拟监测。

6.2 监测因子

项目涉及2个乙级非密封放射性物质工作场所，包括核医学科诊断治疗区、核医学科住院治疗区。本次验收对核医学科诊断治疗区、核医学科住院治疗区的屏蔽能力以及表面污染水平进行监测。核医学科配套的衰变处理设施均采用槽式衰变的方式，目前尚未排放，故本次验收仅对衰变处理设施的屏蔽能力进行监测。另医院暂未使用放射性同位素^{225}Ac、^{223}Ra，故暂不对α表面污染进行监测。因此，项目监测因子为周围剂量当量率（μSv/h）、β表面污染（Bq/cm^2），满足环评及其批复的要求。

6.3 监测布点

（1）监测布点

项目监测时在核医学科控制区边界、控制区内各用房屏蔽体外、控制区用房楼上对应区域、手套箱表面、废物筒表面、衰变池周围等进行了周围剂量当量率监测，对控制区各用房的墙面、地面、台面、设施设备表面等位置均进行了β表面污染监测，并在监督区设置了部分β表面污染监测代表点；令工作人员的衣服、鞋子、收不批复进行了β表面污染监测。此外，在暴露在外的放射性废水管正下方布置了监测点，监测其辐射水平。

（2）监测布点合理性分析

本次监测点位布置符合项目环评及批复要求，监测布点按照核医学科正常使用功能进行了监测，按照使用流程对控制区、监督区主要控制点及人流、物流路径周围剂量当量率、β表面污染进行了监测布点。

综上，项目监测布点满足环评及其批复的要求。因此，本次验收监测布点全面，满足环境保护竣工验收要求，监测布点合理可行。

表七

7.1 核医学科诊断治疗区

7.1.1 验收监测期间生产工况记录

核医学科诊断治疗区的门诊候诊区骨密度仪监测工况一览表见表 7-1。

表7-1　骨密度机房屏蔽防护监测工况一览表

电压（kV）	mAs	出束时间（s）	仪器响应时间（s）	散射模体	周检查人数（人）
100	2.5	47	5	标准水模	40

核医学科诊断治疗区的患者诊疗区的屏蔽防护监测工况一览表见表 7-2。

表7-2　患者治疗区屏蔽防护监测工况一览表

序号	工作场所	监测条件	对应监测结果	满负荷校核因子
1	淋浴间 卫生通过间	/	表7-5中序号1~14	/
2	储源室	52.8mCi的标记药物^{18}F以及210mCi的标记药物^{99m}Tc分别置于药物铅罐内	表7-5中序号15~23	/
3	双联防护手套箱	52.8mCi的标记药物^{18}F置于药物铅罐内	表7-5中序号24~34	/
4	分装注射室	52.8mCi的标记药物^{18}F置于双联防护手套箱内，210mCi的标记药物^{99m}Tc置于药物铅罐内并放置在注射台上	表7-5中序号35~52	/
5	PET 注射窗	1位患者坐在注射窗口的凳子上注射8.76mCi的标记药物^{18}F	表7-5中序号57~58	1.71
6	PET注射后候诊室	5位患者共注射34.59mCi的标记药物^{18}F后坐在沙发上	表7-5中序号64~75	2.17
7	PET注射后VIP候诊室	1位患者注射8.76mCi的标记药物^{18}F后坐在沙发上	表7-5中序号76~86	1.71
8	PET检查室	1位患者注射8.76mCi的标记药物^{18}F后躺在治疗床上，PET/CT的CT出束（电压：120kV，电流：84mAs，扫描时间：13s）	表7-5中序号97~115	1.71
9	PET留观室	1位患者注射8.76mCi的标记药物^{18}F并完成显像诊断后坐在沙发上	表7-5中序号91~107	3.42
10	ECT 注射窗	1位患者坐在注射窗口的凳子上注射20mCi的标记药物^{99m}Tc	表7-5中序号129~130	1.25
11	ECT 注射后候诊厅	4位患者共注射80mCi的标记药物^{99m}Tc后坐在沙发上	表7-5中序号131~144	12.50
12	ECT 注射后候诊厅	1位患者注射20mCi的标记药物^{99m}Tc后躺在治疗床上，SPPET/CT的CT出束（电压：130kV，电流：76mAs，扫描时间：18.4s）	表7-5中序号145~164	1.25
13	运动负荷室	1位患者坐在运动负荷室的凳子上注射20mCi的标记药物^{99m}Tc	表7-5中序号165~180	0.75
14	病人卫生间	1位患者注射20mCi的标记药物^{99m}Tc后于男卫生间内	表7-5中序号181~189	1.25
15	清洁间	/	表7-5中序号190~198	/
16	污物暂存间	/	表7-5中序号207~214	/

续表七

序号	工作场所	监测条件	对应监测结果	满负荷校核因子
15	患者走廊	1位患者坐在注射窗口的凳子上注射8.76mCi的标记药物^{18}F	表7-5中序号59~63	1.71
		1位患者注射8.76mCi的标记药物^{18}F后站立于对应的防护门内侧	表7-5中序号87~96	1.71
16	核医学科工作人员走廊	/	表7-5中序号215~231	/

注：对于留观室、注射后候诊室等患者长驻留区域，按照环评拟定的患者药物使用活度与验收使用活度的比值作为校核因子，验证工作场所在最大工作负荷条件下是否满足辐射防护要求；环评阶段ECT注射后候诊厅设置9个座位，PET留观室设置3个座位，实际建设过程中，ECT注射后候诊厅设置了10个座位，PET留观室设置2个座位，本次按照实际建设座位数量对环评使用的核算活度进行换算，再与验收使用活度进行校核。

核医学科诊断治疗区的药物实验区的屏蔽防护监测工况一览表见表 7-3。

表7-3　药物实验区屏蔽防护监测工况一览表

序号	工作场所	监测条件	对应监测结果
1	热室	0.2mCi的标记药物^{18}F放置在多功能热室内	表7-6中序号1~17
2	脱包间	0.2mCi的标记药物^{18}F放置在房间内	表7-6中序号18~27
3	灭菌间	0.2mCi的标记药物^{18}F放置在房间内	表7-6中序号28~36
4	洁具间	/	表7-6中序号37~43
5	药物质控室前缓冲间、淋浴间	/	表7-6中序号44~62
6	药物质控室	0.2mCi的标记药物^{18}F放置在通风橱内	表7-6中序号63~93
7	药物合成室	/	表7-6中序号94~103

7.1.2 辐射环境验收监测结果

核医学科诊断治疗区的门诊候诊区骨密度仪监测结果见表 7-4。

表7-4 骨密度机房屏蔽防护监测结果一览表

监测点位	监测点描述	周围剂量当量率(μSv/h)
△1-1	防护门左门缝表面 30cm	0.12
△1-2	防护门下门缝表面 30cm	0.11
△1-3	防护门右门缝表面 30cm	0.11
△1-4	防护门上门缝表面 30cm	0.11
△1-5	防护门中间表面 30cm	0.13
△2	墙壁 30cm	0.11
△3-1	铅窗左门缝表面 30cm	0.11
△3-2	铅窗下门缝表面 30cm	0.11
△3-3	铅窗右门缝表面 30cm	0.11
△3-4	铅窗上门缝表面 30cm	0.11
△3-5	铅窗中间表面 30cm	0.12

续表七

监测点位	监测点描述	周围剂量当量率(μSv/h)
△4	工作人员操作位	0.13
△5-1	防护大门左门缝表面 30cm	0.11
△5-2	防护大门下门缝表面 30cm	0.13
△5-3	防护大门右门缝表面 30cm	0.12
△5-4	防护大门上门缝表面 30cm	0.12
△5-5	防护大门中间表面 30cm	0.11
△6	墙壁 30cm	0.12
△7	墙壁 30cm	0.11
△8	墙壁 30cm	0.12
△9	墙壁 30cm	0.12
△10	墙壁 30cm	0.12
△11	墙壁 30cm	0.13

根据上表可知，骨密度机房屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率最大为 0.13μSv/h，满足环评及批准书的要求，也满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130－2020）中全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h 的要求。

患者诊疗区屏蔽体外周围剂量当量率监测结果见表 7-5。

表7-5 患者诊疗区屏蔽体外周围剂量当量率监测结果表

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
1	淋浴间、卫生通过间	卫生通过间入口防护门左门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
2		卫生通过间入口防护门下门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
3		卫生通过间入口防护门右门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
4		卫生通过间入口防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
5		卫生通过间入口防护门中间表面 30cm	0.01	/	2.5
6		服务机房侧墙壁 30cm	0.01	/	2.5
7		技术员办公室侧墙壁 30cm	0.01	/	2.5
8		注射室侧防护门左门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
9		注射室侧防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
10		注射室侧防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
11		注射室侧防护门上门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
12		注射室侧防护门中间表面 30cm	＜MDL	/	2.5
13		储源室侧墙壁 30cm	0.01	/	2.5
14		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	＜MDL	/	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
15	储源室	防护门左门缝表面 30cm	0.21	/	2.5
16		防护门下门缝表面 30cm	0.57	/	2.5
17		防护门右门缝表面 30cm	0.12	/	2.5
18		防护门上门缝表面 30cm	0.13	/	2.5
19		防护门中间表面 30cm	0.23	/	2.5
20		淋浴间侧墙壁 30cm	0.01	/	2.5
21		服务器机房侧墙壁 30cm	0.06	/	2.5
22		患者入口墙侧表面 30cm	0.03	/	2.5
23		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	＜MDL	/	2.5
24	分装/注射室内通风橱	通风橱外工作人员操作位	0.08	/	2.5
25		通风橱前表面 5cm	0.02	/	25
26		通风橱前表面 30cm	0.01	/	2.5
27		通风橱右表面 5cm	0.01	/	25
28		通风橱左表面 5cm	0.02	/	25
29		通风橱观察窗表面 5cm	2.43	/	25
30		通风橱观察窗表面 30cm	1.14	/	2.5
31		左手洞（关闭）	0.03	/	2.5
32		右手洞（关闭）	0.02	/	2.5
33		左手洞（打开）	257.6	/	/
34	分装/注射室	右手洞（打开）	246.6	/	/
35		储源室侧防护门左门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
36		储源室侧防护门下门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
37		储源室侧防护门右门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
38		储源室侧防护门上门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
39		储源室侧防护门中间表面 30cm	0.01	/	2.5
40		储源室侧墙壁 30cm	0.02	/	2.5
41		卫生通过间侧防护门左门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
42		卫生通过间侧防护门下门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
43		卫生通过间侧防护门右门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
44		卫生通过间侧防护门上门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
45		卫生通过间侧防护门中间表面 30cm	0.01	/	2.5
46		淋浴间侧墙壁 30cm	0.01	/	2.5
47		运动负荷室侧墙壁 30cm	0.01	/	2.5
48		西侧患者走廊表面 30cm	0.01	/	10
49		PET 注射窗口表面 30cm	0.01	/	10

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
50	分装/注射室	ECT 注射窗口表面 30cm	0.01	/	10
51		北侧患者走廊墙壁 30cm	0.01	/	10
52		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	0.01	/	2.5
53	PET/CT 注射时	注射器防护盒表面 5cm	688.4	1177.16	/
54		注射器防护盒表面 30cm	224.2	383.38	/
55		注射时医生左手孔处	274.6	469.57	/
56		注射时医生右手孔处	292.3	499.83	/
57		注射时观察窗表面 30cm	0.80	1.37	2.5
58		注射时医生操作位	0.56	0.96	2.5
59		患者入口防护门左门缝表面 30cm	0.76	1.30	2.5
60		患者入口防护门下门缝表面 30cm	1.08	1.85	2.5
61		患者入口防护门右门缝表面 30cm	0.86	1.47	2.5
62		患者入口防护门上门缝表面 30cm	0.54	0.92	2.5
63		患者入口防护门中间表面 30cm	1.21	2.07	2.5
64	PET 注射后候诊区	房间入口防护门左门缝表面 30cm	0.24	0.52	10
65		房间入口防护门下门缝表面 30cm	0.33	0.72	10
66		房间入口防护门右门缝表面 30cm	0.27	0.59	10
67		房间入口防护门上门缝表面 30cm	0.29	0.63	10
68		房间入口防护门中间表面 30cm	0.24	0.52	10
69		西侧患者走廊墙壁 30cm	0.11	0.24	10
70		南侧患者走廊墙壁 30cm	0.06	0.13	10
71		南侧患者走廊观察窗表面 30cm	0.04	0.09	10
72		东侧患者走廊墙壁 30cm	0.14	0.30	2.5
73		PET 注射后 VIP 候诊室侧墙壁 30cm	0.03	0.07	10
74		PET 注射后 VIP 候诊室卫生间侧墙壁 30cm	0.03	0.07	10
75		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	0.02	0.04	2.5
76	PET 注射后 VIP 候诊室	防护门左门缝表面 30cm	0.17	0.29	10
77		防护门下门缝表面 30cm	0.20	0.34	10
78		防护门右门缝表面 30cm	0.27	0.46	10
79		防护门上门缝表面 30cm	0.21	0.36	10
80		防护门中间表面 30cm	0.22	0.38	10
81		北侧骨密度机房外走廊墙壁 30cm	0.16	0.27	2.5
82		东侧患者走廊墙壁 30cm	0.36	0.62	2.5
83		西侧患者走廊墙壁 30cm	0.07	0.12	10
84		PET 注射后候诊区侧墙壁 30cm	0.01	0.02	10

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
85	PET 注射后 VIP 候诊室	PET 注射后候诊区卫生间侧墙壁 30cm	0.03	0.05	10
86		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	0.02	0.03	2.5
87	患者走廊	患者出口防护门左门缝表面 30cm	0.14	0.24	2.5
88		患者出口防护门上门缝表面 30cm	0.15	0.26	2.5
89		患者出口防护门右门缝表面 30cm	0.13	0.22	2.5
90		患者出口防护门下门缝表面 30cm	0.15	0.26	2.5
91		患者出口防护门中间表面 30cm	0.17	0.29	2.5
92		骨密度机房旁防护门左门缝表面 30cm	0.18	0.31	2.5
93		骨密度机房旁防护门下门缝表面 30cm	0.17	0.29	2.5
94		骨密度机房旁防护门右门缝表面 30cm	0.22	0.38	2.5
95		骨密度机房旁防护门上门缝表面 30cm	0.14	0.24	2.5
96		骨密度机房旁防护门中间表面 30cm	0.23	0.39	2.5
97	PET/CT 机房	病人体表 5cm	221.0	377.91	/
98		工作人员出入口防护门左门缝表面 30cm	0.09	0.15	2.5
99		工作人员出入口防护门下门缝表面 30cm	0.08	0.14	2.5
100		工作人员出入口防护门右门缝表面 30cm	0.07	0.12	2.5
101		工作人员出入口防护门上门缝表面 30cm	0.08	0.14	2.5
102		工作人员出入口防护门中间表面 30cm	0.09	0.15	2.5
103		铅窗表面 30cm	0.03	0.05	2.5
104		工作人员操作位	0.04	0.07	2.5
105		线孔表面 30cm	0.02	0.03	2.5
106		西侧控制廊墙壁 30cm	0.02	0.03	2.5
107		南侧 ECT 注射后候诊厅墙壁 30cm	0.03	0.05	2.5
108		东侧患者走廊墙壁 30cm	0.03	0.05	2.5
109		患者出入口侧防护门左门缝表面 30cm	0.03	0.05	2.5
110		患者出入口侧防护门下门缝表面 30cm	0.01	0.02	2.5
111		患者出入口侧防护门右门缝表面 30cm	0.04	0.07	2.5
112		患者出入口侧防护门上门缝表面 30cm	0.05	0.09	2.5
113		患者出入口侧防护门中间表面 30cm	0.03	0.05	2.5
114		北侧 PET/MR 机房墙壁 30cm	0.04	0.07	2.5
115		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	0.02	0.03	2.5
116	PET 留观室	南侧患者走廊侧墙壁 30cm	0.03	0.10	10
117		患者走廊侧防护门左门缝表面 30cm	0.02	0.07	10
118		患者走廊侧防护门下门缝表面 30cm	0.05	0.17	10
119		患者走廊侧防护门右门缝表面 30cm	0.09	0.31	10

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
120	PET 留观室	患者走廊侧防护门上门缝表面 30cm	0.08	0.27	10
121		患者走廊侧防护门中门缝表面 30cm	0.05	0.17	10
122		电梯厅侧墙壁 30cm	0.06	0.21	2.5
123		控制室侧墙壁 30cm	0.06	0.21	2.5
124		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	0.01	0.03	2.5
125	SPECT/CT 注射时	注射器防护盒表面 5cm	0.32	0.40	/
126		注射器防护盒表面 30cm	0.05	0.06	/
127		注射时医生左手孔处	275.9	344.88	/
128		注射时医生右手孔处	446.0	557.50	/
129		注射时观察窗表面 30cm	0.78	0.98	2.5
130		注射时医生操作位	0.14	0.18	2.5
131	ECT 注射后候诊厅	控制廊侧防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	0.13	2.5
132		控制廊侧防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	0.13	2.5
133		控制廊侧防护门右门缝表面 30cm	0.03	0.38	2.5
134		控制廊侧防护门上门缝表面 30cm	0.01	0.13	2.5
135		控制廊侧防护门中间表面 30cm	0.02	0.25	2.5
136		控制廊侧墙壁 30cm	0.03	0.38	2.5
137		PET/CT 机房侧墙壁 30cm	0.02	0.25	2.5
138		SPECT/CT 机房侧墙壁 30cm	0.03	0.38	2.5
139		工作人员走廊防护门（污洗间旁）：上门缝表面 30cm	＜MDL	0.13	2.5
140		工作人员走廊防护门（污洗间旁）：左门缝表面 30cm	＜MDL	0.13	2.5
141		工作人员走廊防护门（污洗间旁）：中间门缝表面 30cm	＜MDL	0.13	2.5
142		工作人员走廊防护门（污洗间旁）：右门缝表面 30cm	0.02	0.25	2.5
143		工作人员走廊防护门（污洗间旁）：下门缝表面 30cm	0.02	0.25	2.5
144		顶棚上方距地面 30cm	＜MDL	0.13	2.5
145	SPECT/CT 机房	病人体表（工作人员摆位处 5cm）	261.6	327.0	/
146		工作人员出入口防护门左门缝表面 30cm	0.02	0.03	2.5
147		工作人员出入口防护门下门缝表面 30cm	0.01	0.01	2.5
148		工作人员出入口防护门右门缝表面 30cm	0.01	0.01	2.5
149		工作人员出入口防护门上门缝表面 30cm	0.01	0.01	2.5
150		工作人员出入口防护门中间表面 30cm	0.02	0.03	2.5
151		铅窗表面 30cm	＜MDL	0.01	2.5
152		工作人员操作位	0.01	0.01	2.5
153		线孔表面 30cm	0.01	0.01	2.5
154		控制廊侧墙壁 30cm	0.01	0.01	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
155	SPECT/CT 机房	医护通道侧墙壁 30cm	＜MDL	0.01	2.5
156		清洁间侧墙壁 30cm	0.01	0.01	2.5
157		病人卫生间侧墙壁 30cm	0.01	0.01	2.5
158		患者出入口防护门左门缝表面 30cm	0.02	0.03	2.5
159		患者出入口防护门下门缝表面 30cm	0.03	0.04	2.5
160		患者出入口防护门右门缝表面 30cm	0.02	0.03	2.5
161		患者出入口防护门上门缝表面 30cm	0.03	0.04	2.5
162		患者出入口防护门中间表面 30cm	0.02	0.03	2.5
163		ECT 注射后候诊厅侧墙壁 30cm	0.01	0.01	2.5
164		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	0.03	0.04	2.5
165	运动负荷室	患者出入口防护门上门缝表面 30cm	0.02	0.02	10
166		患者出入口防护门右门缝表面 30cm	0.02	0.02	10
167		患者出入口防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	0.01	10
168		患者出入口防护门下门缝表面 30cm	0.01	0.01	10
169		患者出入口防护门中间表面 30cm	0.01	0.01	10
170		西侧 ECT 注射后候诊厅墙壁 30cm	＜MDL	0.01	10
171		南侧 ECT 注射后候诊厅墙壁 30cm	＜MDL	0.01	10
172		南侧观察窗表面 30cm	0.01	0.01	10
173		工作人员出入口防护门上门缝表面 30cm	0.02	0.02	2.5
174	运动负荷室	工作人员出入口防护门右门缝表面 30cm	0.01	0.01	2.5
175		工作人员出入口防护门左门缝表面 30cm	0.02	0.03	2.5
176		工作人员出入口防护门下门缝表面 30cm	0.01	0.01	2.5
177		工作人员出入口防护门中间表面 30cm	＜MDL	0.01	2.5
178		卫生通过间侧墙壁 30cm	0.01	0.01	2.5
179		分装/注射室侧墙壁 30cm	＜MDL	0.01	2.5
180		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	0.01	0.01	2.5
181	病人卫生间	出入口防护门上门缝表面 30cm	0.02	0.03	10
182		出入口防护门左门缝表面 30cm	0.02	0.03	10
183		出入口防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	0.01	10
184		出入口防护门右门缝表面 30cm	0.03	0.04	10
185		出入口防护门中间表面 30cm	0.01	0.01	10
186		医护工作区出入口侧墙壁 30cm	0.02	0.03	2.5
187		清洁间侧墙壁 30cm	＜MDL	0.01	2.5
188		SPECT/CT 机房侧墙壁 30cm	0.01	0.01	2.5
189		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	0.01	0.01	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
190	清洁间	出入口防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
191		出入口防护门左门缝表面 30cm	0.03	/	10
192		出入口防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
193		出入口防护门右门缝表面 30cm	0.02	/	10
194		出入口防护门中间表面 30cm	0.01	/	10
195		患者通道侧墙壁 30cm	0.02	/	10
196		工作人员走廊侧墙壁 30cm	0.01	/	2.5
197		楼梯间侧墙壁 30cm	0.02	/	2.5
198		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	＜MDL	/	2.5
199		分装/注射室 18F 废物桶表面 30cm	0.16	/	2.5
200		分装/注射室 99mTc 废物桶表面 30cm	0.29	/	2.5
201		注射窗口 18F 废物桶表面 30cm	0.01	/	2.5
202		注射窗口 99mTc 废物桶表面 30cm	＜MDL	/	2.5
203		PET 注射后候诊室 18F 废物桶表面 30cm	0.02	/	2.5
204		病人卫生间外 99mTc 废物桶表面 30cm	0.01	/	2.5
205		污物暂存间 18F 废物桶表面 30cm	0.02	/	2.5
206		污物暂存间 99mTc 废物桶表面 30cm	＜MDL	/	2.5
207	污物暂存间	防护门上门缝表面 30cm	0.03	/	2.5
208		防护门左门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
209		防护门下门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
210		防护门右门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
211		防护门中间表面 30cm	＜MDL	/	2.5
212		质控区一更室墙壁	＜MDL	/	2.5
213		后装治疗机房墙壁 30cm	0.02	/	2.5
214		楼上顶棚（车库）距地面 30cm	＜MDL	/	2.5
215	核医学科工作人员走廊	污洗间旁防护门上门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
216		污洗间旁防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
217		污洗间旁防护门中间门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
218		污洗间旁防护门右门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
219		污洗间旁防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
220		放疗科侧防护门上门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
221		放疗科侧防护门左门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
222		放疗科侧防护门中间门缝表面 30cm	0.03	/	2.5
223		放疗科侧防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
223	核医学科工作人员走廊	放疗科侧防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
224		放疗科侧防护门下门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
225		西侧控制室墙壁 30cm	0.01	/	2.5
226		东侧楼梯间墙壁 30cm	0.02	/	2.5
227		医护通道侧防护门上门缝表面 30cm	0.02	/	2.5
228		医护通道侧防护门左门缝表面 30cm	0.03	/	2.5
229		医护通道侧防护门中间门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
230		医护通道侧防护门右门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
231		医护通道侧防护门下门缝表面 30cm	0.01	/	2.5

备注：以上监测数据均已扣除本底值并经过仪器修正因子修正，MDL表示低于仪器探测限，仪器探测限为0.01μSv/h；墙外表面30cm的结果为巡检最大值；满负荷校核因子大于1的房间，当监测值为MDL时，校核结果为0.01×满负荷检核因子的结果。

根据上表可知，核医学科诊断治疗区患者治疗区控制区边界外 30cm 处的周围剂量当量率最大为 2.07μSv/h，PET 检查室、SPECT 检查室屏蔽体外的周围剂量当量率最大为 0.15μSv/h，满足环评及批准书的要求，也低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《放射诊断放射防护要求》的限值（2.5μSv/h）要求。

核医学科诊断治疗区患者治疗区控制区内各功能房间屏蔽体外的周围剂量当量率最大为 1.37μSv/h，满足控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2）周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h 的要求，较少停留或无需到达的场所（人员居留因子<1/2）周围剂量当量率应小于 10μSv/h 的要求。此外，注射窗表面 30cm 处的周围剂量当量率为 1.37μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中注射窗外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 的要求。双联防护手套箱表面 5cm 处的周围剂量当量率最大为 2.43μSv/h，30cm 处的周围剂量当量率最大为 1.14μSv/h，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中通风橱外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h 的要求，《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中通风橱外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 的要求。放射性污物桶表面 30cm 处周围剂量当量率最大为 0.29μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中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 2.5μSv/h 的要求。

续表七

药物实验区屏蔽体外周围剂量当量率监测结果见表 7-6。

表7-6 药物实验区屏蔽体外周围剂量当量率监测结果表

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）	
	场所名称	监测点位	监测结果	标准要求
1	热室	多功能热室 1 左手孔（打开）	203.6	/
2		多功能热室 1 右手孔（打开）	29.59	/
3		多功能热室 1 左手孔（关闭）	0.02	2.5
4		多功能热室 1 右手孔（关闭）	0.01	2.5
5		多功能热室 1 前表面 5cm	0.02	25
6		多功能热室 1 前表面 30cm	＜MDL	2.5
7		防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
8		防护门下门缝表面 30cm	0.01	2.5
9		防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
10		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
11		防护门中间表面 30cm	＜MDL	2.5
12		洁净走廊墙壁 30cm	0.01	2.5
13		传递窗表面 30cm	0.01	2.5
14		去污间侧墙壁 30cm	0.01	2.5
15		污物暂存间侧墙壁 30cm	0.01	2.5
16		后装治疗机房侧墙壁 30cm	0.01	2.5
17		顶棚上方（车库）距地面 30cm	0.02	2.5
18	脱包间	防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
19		防护门下门缝表面 30cm	0.01	2.5
20		防护门右门缝表面 30cm	0.01	2.5
21		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
22		防护门中间表面 30cm	0.01	2.5
23		淋浴间侧墙壁 30cm	＜MDL	2.5
24		二更室侧墙壁 30cm	0.01	2.5
25		缓冲室侧墙壁 30cm	0.01	2.5
26		传递窗表面 30cm	0.01	2.5
27		顶棚上方（车库）距地面 30cm	＜MDL	2.5
28	灭菌间	防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
29		防护门下门缝表面 30cm	0.01	2.5
30		防护门右门缝表面 30cm	0.01	2.5
31		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
32		防护门中间表面 30cm	0.01	2.5
33		北侧洁净通道墙壁 30cm	＜MDL	2.5
34		洁具间侧墙壁 30cm	0.01	2.5
35		药物质控室侧墙壁 30cm	0.02	2.5
36		顶棚上方（车库）距地面 30cm	＜MDL	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）	
	场所名称	监测点位	监测结果	标准要求
37	洁具间	防护门左门缝表面 30cm	0.01	2.5
38		防护门下门缝表面 30cm	0.01	2.5
39		防护门右门缝表面 30cm	0.01	2.5
40		防护门上门缝表面 30cm	0.01	2.5
41		防护门中间表面 30cm	＜MDL	2.5
42		灭菌间墙壁 30cm	＜MDL	2.5
43		顶棚上方（车库）距地面 30cm	＜MDL	2.5
44	药物质控室前缓冲间、淋浴间	医生通道侧缓冲间防护门左门缝表面 30cm	0.01	2.5
45		医生通道侧缓冲间防护门下门缝表面 30cm	0.01	2.5
46		医生通道侧缓冲间防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
47		医生通道侧缓冲间防护门上门缝表面 30cm	0.02	2.5
48		医生通道侧缓冲间防护门中间表面 30cm	0.01	2.5
49		医生通道侧淋浴间防护门中间表面 30cm	＜MDL	2.5
50		医生通道侧淋浴间防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
51		医生通道侧淋浴间防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
52		医生通道侧淋浴间防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
53		医生通道侧淋浴间防护门中间表面 30cm	＜MDL	2.5
54		脱包间侧墙壁 30cm	0.01	2.5
55		药物质控室侧墙壁 30cm	＜MDL	2.5
56		药物质控室侧缓冲间防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
57		药物质控室侧缓冲间防护门下门缝表面 30cm	0.01	2.5
58		药物质控室侧缓冲间防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
59		药物质控室侧缓冲间防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
60		药物质控室侧缓冲间防护门中间表面 30cm	＜MDL	2.5
61		药物合成室侧墙壁 30cm	＜MDL	2.5
62		顶棚上方（车库）距地面 30cm	＜MDL	2.5
63	药物质控室	生物安全柜前表面 5cm	＜MDL	25
64		生物安全柜前表面 30cm	0.02	2.5
65		生物安全柜观察窗表面 5cm	0.02	25
66		生物安全柜观察窗表面 30cm	0.01	2.5
67		生物安全柜左表面 5cm	＜MDL	25
68		左手洞（关闭）	0.03	2.5
69		右手洞（关闭）	0.04	2.5
70		左手洞（打开）	2.86	/
71		右手洞（打开）	1.69	/
72		超净通风橱前表面（打开）	0.61	/

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）	
	场所名称	监测点位	监测结果	标准要求
73	药物质控室	超净通风橱前表面（关闭）5cm	0.06	25
74		超净通风橱前表面（关闭）30cm	＜MDL	2.5
75		超净通风橱右表面（关闭）5cm	＜MDL	25
76		废物桶 1 表面 30cm	＜MDL	2.5
77		废物桶 2 表面 30cm	＜MDL	2.5
78		缓冲间防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
79		缓冲间防护门下门缝表面 30cm	0.01	2.5
80		缓冲间防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
81		缓冲间防护门上门缝表面 30cm	0.02	2.5
82		缓冲间防护门中间表面 30cm	＜MDL	2.5
83		淋浴间侧墙壁 30cm	0.01	2.5
84		传递窗表面 30cm	＜MDL	2.5
85		灭菌间侧墙壁 30cm	0.02	2.5
86		洁具间侧墙壁 30cm	0.01	2.5
87		药物合成室防护门左门缝表面 30cm	0.01	2.5
88		药物合成室防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
89		药物合成室防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
90		药物合成室防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
91		药物合成室防护门中间表面 30cm	0.02	2.5
92		药物合成室侧墙壁 30cm	0.02	2.5
93		顶棚上方（车库）距地面 30cm	＜MDL	2.5
94	药物合成室	药物质控室防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	2.5
95		药物质控室防护门下门缝表面 30cm	0.01	2.5
96		药物质控室防护门右门缝表面 30cm	0.02	2.5
97		药物质控室防护门上门缝表面 30cm	0.01	2.5
98		药物质控室防护门中间表面 30cm	0.02	2.5
99		医护通道侧墙壁 30cm	＜MDL	2.5
100		公卫侧墙壁 30cm	＜MDL	2.5
101		打印室墙壁 30cm	＜MDL	2.5
102		值班室墙壁 30cm	0.01	2.5
103		顶棚上方（车库）距地面 30cm	＜MDL	2.5

备注：以上监测数据均已扣除本底值并经过仪器修正因子修正，MDL表示低于仪器探测限，仪器探测限为0.01μSv/h；墙外表面30cm的结果为巡检最大值。

根据上表可知，核医学科诊断治疗区药物实验区控制区边界外 30cm 处的周围剂量当量率最大为 0.01μSv/h，满足环评及批准书的要求，也低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的限值（2.5μSv/h）

要求。

核医学科诊断治疗区药物实验区控制区内各功能房间屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率最大为 0.02μSv/h，满足工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2）周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h 的要求。另多功能热室、生物安全柜（简易分装热室）、通风橱表面 5cm 处的周围剂量当量率最大为 0.06μSv/h，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中通风橱外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h 的要求，多功能热室、生物安全柜（简易分装热室）、通风橱表面 30cm 处的周围剂量当量率最大为 0.02μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中通风橱外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 的要求。放射性污物桶表面 30cm 处周围剂量当量率低于检出限值（0.01μSv/h），满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中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 2.5μSv/h 的要求。

核医学科诊断治疗区表面污染检测结果见表 7-7。

表 7-7 核医学科诊断治疗区β表面污染水平监测结果表

序号	测量位置		β表面污染（Bq/cm²）	
			监测结果	标准限值
患者治疗区				
1	医护人员	医生手部表面	L	0.4
2		医生工作服表面	L	4
3		医生鞋子表面	L	4
4	卫生通过间	地面	0.05	40
5		墙壁	0.32	40
6		洗手池表面	L	40
7	淋浴间	地面	0.09	40
8		墙壁	L	40
9	分装/注射室	地面	0.25	40
10		墙壁	L	40
11		通风橱表面	0.05	40
12		工作台桌面	L	40
13		洗手池表面	0.08	40
14		^{18}F 注射台（医生侧）表面	0.27	40
15		^{99m}Tc 注射台（医生侧）表面	0.30	40
16		^{18}F 注射台铅窗表面	0.10	40
17		^{99m}Tc 注射台铅窗表面	0.07	40
18		^{18}F 废物桶（医生侧）表面	0.19	40

续表七

序号	测量位置		β表面污染（Bq/cm²）	
			监测结果	标准限值
患者治疗区				
19	分装/注射室	^{99m}Tc 废物桶（医生侧）表面	0.11	40
20		^{18}F 注射台（病人侧）表面	0.36	40
21		^{99m}Tc 注射台（病人侧）表面	0.96	40
22		^{18}F 病人凳子	L	40
23		^{99m}Tc 病人凳子	L	40
24		^{18}F 废物桶（病人侧）表面	L	40
25		^{99m}Tc 废物桶（病人侧）表面	L	40
26	储源室	地面	0.06	40
27		墙壁	0.05	40
28	患者走廊	患者入口内侧地面	L	40
29		地面	L	40
30		PET 注射后候诊区墙壁	L	40
31		PET 留观室墙壁	L	40
32	PET 注射后候诊区	地面	L	40
33		墙壁	L	40
34		沙发 1 表面	L	40
35		沙发 2 表面	L	40
36		沙发 3 表面	L	40
37		沙发 4 表面	L	40
38		沙发 5 表面	L	40
39		马桶表面	0.97	40
40		卫生间地面	0.67	40
41		卫生间墙壁	L	40
42		洗手池表面	0.13	40
43		休息桌表面	L	40
44		候诊区 ^{18}F 废物桶表面	L	40
45	PET 注射后 VIP 候诊室	地面	L	40
46		墙壁	L	40
47		沙发表面	L	40
48		休闲桌表面	L	40
49		废物桶表面	L	40
50		便池表面	0.14	40
51		卫生间地面	4.88	40
52		卫生间墙壁	0.08	40
53		洗手池表面	0.54	40

续表七

序号	测量位置		β表面污染（Bq/cm^2）	
			监测结果	标准限值
患者治疗区				
54	PET/CT 机房	地面	L	40
55		墙壁	L	40
56		床表面	L	40
57	PET 留观室	地面	L	40
58		废物桶表面	L	40
59		墙壁	L	40
60		沙发 1 表面	L	40
61		沙发 2 表面	L	40
62		桌子表面	L	40
63		便池表面	L	40
64		卫生间地面	0.52	40
65		卫生间墙壁	L	40
66		洗手池表面	0.10	40
67	ECT 注射后候诊厅	地面	L	40
68		墙壁	L	40
69		沙发表面	L	40
70	SPECT/CT 机房	地面	L	40
71		墙壁	L	40
72		床表面	L	40
73	污洗间	地面	L	40
74		墙壁	L	40
75		水池表面	0.36	40
76		^{18}F 废物桶表面	0.08	40
77		^{99m}Tc 废物桶表面	L	40
78	运动负荷室	地面	L	40
79		墙壁	L	40
80	病卫	卫生间地面	0.07	40
81		洗手池表面	0.46	40
82		墙壁	L	40
83		男卫马桶表面	0.06	40
84		女卫马桶表面	0.67	40
85		废物桶表面	L	40
86	污物暂存间	地面	L	40
87		墙壁	L	40

续表七

序号	测量位置		β表面污染（Bq/cm²）	
			监测结果	标准限值
患者治疗区				
88	核医学科工作人员走廊	地面	L	40
89		墙壁	L	40
90	医护走廊	地面	L	4
91		墙壁	L	4
92	患者出口	地面	0.06	4
93		墙壁	L	4
药物实验区				
1	一更室	地面	L	40
2		墙壁	L	40
3	二更室	地面	L	40
4		墙壁	L	40
5	缓冲间	地面	L	40
6		墙壁	L	40
7	脱包间	地面	L	40
8		墙壁	L	40
9		传递窗表面	L	40
10	洁净走廊	地面	L	40
11		墙壁	L	40
12		传递窗表面（脱包间处）	L	40
13		传递窗表面（药物控制室处）	L	40
14		传递窗表面（热室处）	L	40
15	热室前缓冲间	地面	L	40
16		墙壁	L	40
17	热室	地面	L	40
18		墙壁	L	40
19		多功能热室 1 表面	L	40
20		多功能热室 2 表面	L	40
21		多功能热室 3 表面	L	40
22		多功能热室 4 表面	L	40
23		传递窗表面	L	40
24	灭菌间	地面	L	40
25		墙壁	L	40
26	洁具间	地面	L	40
27		墙壁	L	40

续表七

序号	测量位置		β表面污染（Bq/cm²）	
			监测结果	标准限值
药物实验区				
28	药物质控室前缓冲间	地面	L	40
29		墙壁	L	40
30	药物质控室前淋浴间	地面	L	40
31		墙壁	L	40
32	药物质控室	地面	L	40
33		墙壁	L	40
34		传递窗表面	L	40
35		通风橱表面	L	40
36		洁净通风橱表面	L	40
37	药物合成室	地面	L	40
38		墙壁	L	40
39		实验台表面	L	40
40	细胞间前缓冲间	地面	L	40
41		墙壁	L	40
42	细胞间	地面	L	40
43		墙壁	L	40
44		试验台表面	L	40
45		洁净通风橱表面	L	40

备注：以上监测数据均已扣除本底值并经过仪器修正因子修正，“L”表示低于仪器探测限，探测下限为 0.05Bq/cm²

根据上表可知，核医学科诊断治疗区控制区工作台、设备、墙壁、地面的β表面污染最大为 4.88Bq/cm²，放射性工作人员的手部、衣服、鞋子表面的β表面污染未检出（设备检出限为 0.05Bq/cm²），监督区地面、墙表面的β表面污染最大为 0.06Bq/cm²，满足环评及批复的要求。

7.2 核医学科诊断治疗区

7.2.1 验收监测期间生产工况记录

核医学科住院治疗区的屏蔽防护监测工况一览表见表 7-8。

表7-8 住院治疗区屏蔽防护监测工况一览表

序号	工作场所	监测条件	对应监测结果	满负荷校核因子
1	分装室	通风橱内有^{131}I药物330mCi位于铅罐内，170mCi的^{131}I药物位于口服杯中	表7-8中序号1~33	/
2	病房1	2位患者分别服用100mCi、105mCi的^{131}I药物	表7-5中序号34~47	1.95

续表七

序号	工作场所	监测条件	对应监测结果	满负荷校核因子
3	病房2	2位患者分别服用100mCi、105mCi的^{131}I药物	表7-5中序号48~59	1.95
4	病房3		表7-5中序号60~71	1.95
5	病房 4		表7-5中序号72~83	1.95
6	病房5		表7-5中序号84~95	1.95
7	病房6	1位患者分别服用100mCi的^{131}I药物	表7-5中序号96~107	2.00
8	病房7	2位患者分别服用100mCi、105mCi的^{131}I药物	表7-5中序号108~119	1.95
9	污洗间	/	表7-5中序号120~134	/
10	污物储存室	/	表7-5中序号135~146	/
11	废物室	/	表7-5中序号147~158	/
12	储源室	600mCi的^{131}I药物位于铅罐内	表7-5中序号159~169	/
13	卫生通过间	/	表7-5中序号170~184	/
14	注射室	一位病人服用105mCi的^{131}I药物	表7-5中序号185~195	1.90
15	服碘室	一位病人服用105mCi的^{131}I药物	表7-5中序号196~205	1.90
16	患者通道	2位患者分别服用100mCi、105mCi的^{131}I药物后位于相应防护门内侧	表7-5中序号206~221	/
17	被服间	/	表7-5中序号222~231	/

注：对于患者长驻留的病房，按照环评拟定的患者药物使用活度与验收使用活度的比值作为校核因子，验证工作场所在最大工作负荷条件下是否满足辐射防护要求。

7.2.2 辐射环境验收监测结果

住院治疗区屏蔽体外周围剂量当量率监测结果见表 7-9。

表7-9 住院治疗区屏蔽体外周围剂量当量率监测结果表

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
1	分装室	入口防护门左门缝表面 30cm	0.05	/	2.5
2		入口防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
3		入口防护门右门缝表面 30cm	0.01	/	2.5
4		入口防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
5		入口防护门中间表面 30cm	＜MDL	/	2.5
6		废物室防护门左门缝表面 30cm	0.03	/	2.5
7		废物室防护门下门缝表面 30cm	0.04	/	2.5
8		废物室防护门右门缝表面 30cm	0.05	/	2.5
9		废物室防护门上门缝表面 30cm	0.03	/	2.5
10		废物室防护门中间表面 30cm	＜MDL	/	2.5
11		储源室防护门左门缝表面 30cm	0.06	/	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
12	分装室	储源室防护门下门缝表面 30cm	0.06	/	2.5
13		储源室防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
14		储源室防护门上门缝表面 30cm	0.05	/	2.5
15		储源室防护门中间表面 30cm	0.03	/	2.5
16		服碘室墙壁 30cm	0.04	/	2.5
17		注射室墙壁 30cm	＜MDL	/	2.5
18		注射室注射窗口表面 30cm	＜MDL	/	2.5
19		病房一墙壁 30cm	0.01	/	2.5
20		抢救室墙壁 30cm	0.04	/	2.5
21		通风橱前表面 5cm	1.11	/	25
22		通风橱前表面 30cm	0.94	/	2.5
23		通风橱右表面 5cm	0.43	/	25
24		通风橱左表面 5cm	0.62	/	25
25		通风橱观察窗表面 5cm	1.26	/	25
26		通风橱观察窗表面 30cm	0.89	/	2.5
27		左手洞（关闭）	0.77	/	2.5
28		右手洞（关闭）	0.41	/	2.5
29		左手洞（打开）	171.0	/	/
30		右手洞（打开）	171.3	/	/
31		废物桶表面 5cm	0.57	/	/
32		楼上顶棚距地面 30cm	＜MDL	/	2.5
33		楼下车库距地面 170cm	＜MDL	/	2.5
34	病房一	防护门左门缝表面 30cm	0.03	0.06	10
35		防护门下门缝表面 30cm	0.05	0.10	10
36		防护门右门缝表面 30cm	0.06	0.12	10
37		防护门上门缝表面 30cm	0.03	0.06	10
38		防护门中间表面 30cm	0.02	0.04	10
39		患者走廊一墙壁 30cm	0.02	0.04	10
40		服碘室侧墙壁 30cm	0.06	0.12	10
41		分装室侧墙壁 30cm	0.03	0.06	10
42		储源室侧墙壁 30cm	0.04	0.08	10
43		室外人行道窗表面 30cm	0.71	1.38	2.5
44		病房二墙壁 30cm	＜MDL	0.02	10
45		楼上顶棚距地面 30cm	＜MDL	0.02	2.5
46		楼上房间窗户旁	＜MDL	0.02	2.5
47		楼下车库距地面 170cm	＜MDL	0.02	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
48	病房二	防护门左门缝表面 30cm	0.01	0.02	10
49		防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	0.02	10
50		防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	0.02	10
51		防护门上门缝表面 30cm	0.05	0.10	10
52		防护门中间表面 30cm	0.04	0.08	10
53		患者走廊一墙壁 30cm	0.06	0.12	10
54		病房一墙壁 30cm	0.03	0.06	10
55		室外人行道窗表面 30cm	0.04	0.08	2.5
56		病房三墙壁 30cm	＜MDL	0.02	10
57		楼上顶棚距地面 30cm	0.05	0.10	2.5
58		楼上房间窗户旁	0.02	0.04	2.5
59		楼下车库距地面 170cm	0.01	0.02	2.5
60	病房三	防护门左门缝表面 30cm	0.05	0.10	10
61		防护门下门缝表面 30cm	0.04	0.08	10
62		防护门右门缝表面 30cm	0.02	0.04	10
63		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	0.02	10
64		防护门中间表面 30cm	0.03	0.06	10
65		患者走廊侧墙壁 30cm	0.01	0.02	10
66		病房二墙壁 30cm	0.02	0.04	10
67		室外人行道窗表面 30cm	0.46	0.90	2.5
68		病房四墙壁 30cm	0.06	0.12	10
69		楼上顶棚距地面 30cm	0.01	0.02	2.5
70		楼上房间窗户旁	＜MDL	0.02	2.5
71		楼下车库距地面 170cm	0.03	0.06	2.5
72	病房四	防护门左门缝表面 30cm	0.05	0.10	10
73		防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	0.02	10
74		防护门右门缝表面 30cm	0.01	0.02	10
75		防护门上门缝表面 30cm	0.04	0.08	10
76		防护门中间表面 30cm	＜MDL	0.02	10
77		患者走廊侧墙壁 30cm	0.06	0.12	10
78		病房三墙壁 30cm	0.03	0.06	10
79		室外人行道排风井外表面 30cm	0.15	0.29	2.5
80		病房五墙壁 30cm	0.02	0.04	10
81		楼上顶棚距地面 30cm	0.01	0.02	2.5
82		楼上房间窗户旁	＜MDL	0.02	2.5
83		楼下车库距地面 170cm	＜MDL	0.02	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
84	病房五	防护门左门缝表面 30cm	0.04	0.08	10
85		防护门下门缝表面 30cm	0.04	0.08	10
86		防护门右门缝表面 30cm	0.01	0.02	10
87		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	0.02	10
88		防护门中间表面 30cm	0.05	0.10	10
89		患者走廊侧墙壁 30cm	0.03	0.06	10
90		病房四墙壁 30cm	0.05	0.10	10
91		室外人行道窗表面 30cm	0.87	1.70	2.5
92		扩大前室侧墙壁 30cm	0.03	0.06	10
93		楼上顶棚距地面 30cm	0.06	0.12	2.5
94		楼上房间窗户旁	＜MDL	0.02	2.5
95		楼下车库距地面 170cm	0.06	0.12	2.5
96	病房六	防护门左门缝表面 30cm	0.03	0.06	10
97		防护门下门缝表面 30cm	0.05	0.10	10
98		防护门右门缝表面 30cm	0.06	0.12	10
99		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	0.02	10
100		防护门中间表面 30cm	0.01	0.02	10
101		患者出口墙壁 30cm	＜MDL	0.02	2.5
102		病房七墙壁 30cm	0.04	0.08	10
103		室外人行道窗表面 30cm	0.85	1.66	2.5
104		西侧室外人行道墙壁 30cm	0.06	0.12	2.5
105		楼上顶棚距地面 30cm	＜MDL	0.02	2.5
106		楼上房间窗户旁	＜MDL	0.02	2.5
107		楼下车库距地面 170cm	＜MDL	0.02	2.5
108	病房七	防护门左门缝表面 30cm	0.06	0.12	10
109		防护门下门缝表面 30cm	0.04	0.08	10
110		防护门右门缝表面 30cm	0.05	0.10	10
111		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	0.02	10
112		防护门中间表面 30cm	0.02	0.04	10
113		患者走廊侧墙壁 30cm	0.04	0.08	10
114		污洗间墙壁 30cm	0.01	0.02	10
115		污物储存间墙壁 30cm	0.01	0.02	10
116		病房六墙壁 30cm	0.01	0.02	10
117		南侧室外人行道墙壁 30cm	0.02	0.04	2.5
118		楼上顶棚距地面 30cm	0.03	0.06	2.5
119		楼下车库距地面 170cm	0.03	0.06	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
120	污洗间	入口防护门左门缝表面 30cm	0.02	/	10
121		入口防护门下门缝表面 30cm	0.02	/	10
122		入口防护门右门缝表面 30cm	0.02	/	10
123		入口防护门上门缝表面 30cm	0.02	/	10
124		入口防护门中间表面 30cm	0.02	/	10
125		病房七墙壁 30cm	0.01	/	10
126		污物储存间墙壁 30cm	＜MDL	/	10
127		污物储存间防护门左门缝表面 30cm	0.02	/	10
128		污物储存间防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
129		污物储存间防护门右门缝表面 30cm	0.03	/	10
130		污物储存间防护门上门缝表面 30cm	0.06	/	10
131		污物储存间防护门中间表面 30cm	0.04	/	10
132		护士长办公室墙壁 30cm	＜MDL	/	2.5
133		楼上顶棚距地面 30cm	0.01	/	2.5
134		楼下车库距地面 170cm	0.06	/	2.5
135	污物储存间	防护门左门缝表面 30cm	0.01	/	10
136		防护门下门缝表面 30cm	0.03	/	10
137		防护门右门缝表面 30cm	0.02	/	10
138		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
139		防护门中间表面 30cm	0.06	/	10
140		废物桶 1 表面 30cm	0.01	/	2.5
141		废物桶 2 表面 30cm	＜MDL	/	2.5
142		污洗间墙壁 30cm	0.05	/	10
143		南侧室外人行道墙壁 30cm	0.06	/	2.5
144		护士长办公室墙壁 30cm	＜MDL	/	2.5
145		楼上顶棚距地面 30cm	0.02	/	2.5
146		楼下车库距地面 170cm	0.02	/	2.5
147	废物室	防护门左门缝表面 30cm	0.01	/	10
148		防护门下门缝表面 30cm	0.06	/	10
149		防护门右门缝表面 30cm	0.03	/	10
150		防护门上门缝表面 30cm	0.04	/	10
151		防护门中间表面 30cm	0.03	/	10
152		废物桶表面 30cm	＜MDL	/	2.5
153		储源室墙壁 30cm	＜MDL	/	10
154		室外人行道窗表面 30cm	0.06	/	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
156	废物室	楼上顶棚距地面 30cm	0.05	/	2.5
157		楼上房间窗户旁	＜MDL	/	2.5
158		楼下车库距地面 170cm	0.01	/	2.5
159	储源室	防护门左门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
160		防护门下门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
161		防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
162		防护门上门缝表面 30cm	0.05	/	10
163		防护门中间表面 30cm	0.03	/	10
164		废物室墙壁 30cm	0.04	/	10
165		室外人行道窗表面 30cm	0.04	/	2.5
166		病房一墙壁 30cm	0.05	/	10
167		楼上顶棚距地面 30cm	0.01	/	2.5
168		楼上房间窗户旁	＜MDL	/	2.5
169		楼下车库距地面 170cm	0.03	/	2.5
170	卫生通道	入口防护门左门缝表面 30cm	0.06	/	2.5
171		入口防护门下门缝表面 30cm	0.03	/	2.5
172		入口防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	/	2.5
173		入口防护门上门缝表面 30cm	0.03	/	2.5
174		入口防护门中间表面 30cm	＜MDL	/	2.5
175		室外人行道窗表面 30cm	0.02	/	2.5
176		废物室墙壁 30cm	0.06	/	10
177		分装室防护门左门缝表面 30cm	0.04	/	10
178		分装室防护门下门缝表面 30cm	0.03	/	10
179		分装室防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
180		分装室防护门上门缝表面 30cm	0.01	/	10
181		分装室防护门中间表面 30cm	0.02	/	10
182		抢救室墙壁 30cm	0.03	/	2.5
183		楼上顶棚距地面 30cm	0.05	/	2.5
184		楼下车库距地面 170cm	0.02	/	2.5
185	注射室	防护门左门缝表面 30cm	1.31	/	10
186		防护门下门缝表面 30cm	0.31	/	10
187		防护门右门缝表面 30cm	1.65	/	10
188		防护门上门缝表面 30cm	1.60	/	10
189		防护门中间表面 30cm	1.46	/	10
190		缓冲通道墙壁 30cm	0.38	/	10

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
190	注射室	缓冲通道墙壁 30cm	0.38	/	10
191		抢救室墙壁 30cm	0.50	/	2.5
192		分装室墙壁 30cm	1.21	/	2.5
193		服碘室墙壁 30cm	0.28	/	10
194		楼上顶棚距地面 30cm	0.05	/	2.5
195		楼下车库距地面 170cm	＜MDL	/	2.5
196	服碘室	防护门左门缝表面 30cm	1.88	/	10
197		防护门下门缝表面 30cm	0.46	/	10
198		防护门右门缝表面 30cm	1.43	/	10
199		防护门上门缝表面 30cm	1.80	/	10
200		防护门中间表面 30cm	1.10	/	10
201		注射室墙壁 30cm	0.40	/	10
202		分装室墙壁 30cm	1.37	/	2.5
203		病房一墙壁 30cm	0.35	/	10
204		楼上顶棚距地面 30cm	0.04	/	2.5
205		楼下车库距地面 170cm	＜MDL	/	2.5
206	患者通道	患者入口侧防护门左门缝表面 30cm	0.12	/	2.5
207		患者入口侧防护门下门缝表面 30cm	0.19	/	2.5
208		患者入口侧防护门右门缝表面 30cm	0.14	/	2.5
209		患者入口侧防护门上门缝表面 30cm	0.14	/	2.5
210		患者入口侧防护门中间表面 30cm	0.15	/	2.5
211		被服间旁防护门左门缝表面 30cm	0.04	/	2.5
212		被服间旁防护门下门缝表面 30cm	0.06	/	2.5
213		被服间旁防护门右门缝表面 30cm	0.04	/	2.5
214		被服间旁防护门上门缝表面 30cm	0.03	/	2.5
215		被服间旁防护门中间表面 30cm	0.03	/	2.5
216		患者出口侧防护门左门缝表面 30cm	0.24	/	2.5
217		患者出口侧防护门下门缝表面 30cm	0.27	/	2.5
218		患者出口侧防护门右门缝表面 30cm	0.27	/	2.5
219		患者出口侧防护门上门缝表面 30cm	0.22	/	2.5
220		患者出口侧防护门中间表面 30cm	0.26	/	2.5
221		DR 操作间侧墙表面 30cm	＜MDL	/	2.5

续表七

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）		
	场所名称	监测点位	监测结果	校核结果	标准要求
222	被服间	防护门左门缝表面 30cm	0.02	/	10
223		防护门下门缝表面 30cm	0.01	/	10
224		防护门右门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
225		防护门上门缝表面 30cm	＜MDL	/	10
226		防护门中间表面 30cm	＜MDL	/	10
227		护士长办公室墙壁 30cm	＜MDL	/	2.5
228		南侧污洗间墙壁 30cm	0.27	/	10
229		西侧污洗间墙壁 30cm	0.21	/	10
230		楼上顶棚距地面 30cm	0.01	/	2.5
231		楼下车库距地面 170cm	0.01	/	2.5

备注：以上监测数据均已扣除本底值并经过仪器修正因子修正，MDL表示低于仪器探测限，仪器探测限为0.01μSv/h；墙外表面30cm的结果为巡检最大值。

根据上表可知，核医学科住院治疗区控制区边界外 30cm 处的周围剂量当量率最大为 1.70μSv/h，满足环评及批准书的要求，也低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的限值（2.5μSv/h）要求。

核医学科住院治疗区控制区内各功能房间屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率最大为 1.88μSv/h，满足控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子≥1/2）周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h 的要求，较少停留或无需到达的场所（人员居留因子<1/2）周围剂量当量率应小于 10μSv/h 的要求。另注射窗表面 30cm 处的周围剂量当量率低于检出限值（0.01μSv/h），满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中注射窗外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 的要求。防护手套箱表面 5cm 处的周围剂量当量率最大为 1.26μSv/h，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中通风橱外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h 的要求，防护手套箱表面 30cm 处的周围剂量当量率最大为 0.89μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中通风橱外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 的要求。放射性污物桶表面 30cm 处周围剂量当量率最大为 0.57μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中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 2.5μSv/h 的要求。

核医学科住院治疗区表面污染检测结果见表 7-10。

续表七

表 7-10 核医学科住院治疗区β表面污染水平监测结果表

序号	测量位置		β表面污染（Bq/cm²）	
			监测结果	标准限值
1	服碘室	地面	1.83	40
2	病房一	墙壁	0.06	40
3		地面	1.08	40
4		墙壁	L	40
5		床表面（靠门侧）	0.24	40
6		床表面（靠窗侧）	0.38	40
7		马桶表面	1.92	40
8		卫生间地面	2.41	40
9		洗手池	1.56	40
10		淋浴间地面	2.01	40
11		卫生间墙壁	L	40
12	病房二	地面	0.31	40
13		墙壁	L	40
14		床表面（靠门侧）	0.79	40
15		床表面（靠窗侧）	0.25	40
16		马桶表面	1.75	40
17		卫生间地面	3.15	40
18		洗手池	1.42	40
19		淋浴间地面	1.55	40
20		卫生间墙壁	L	40
21	病房三	地面	2.30	40
22		墙壁	0.07	40
23		床表面（靠门侧）	0.76	40
24		床表面（靠窗侧）	1.41	40
25		马桶表面	2.36	40
26		卫生间地面	3.34	40
27		洗手池	1.83	40
28		淋浴间地面	0.85	40
29		卫生间墙壁	L	40
30	病房四	地面	0.86	40
31		墙壁	0.06	40
32		床表面（靠门侧）	0.27	40
33		床表面（靠墙侧）	0.41	40
34		马桶表面	2.75	40
35		卫生间地面	1.12	40

续表七

序号	测量位置		β表面污染（Bq/cm²）	
			监测结果	标准限值
36	病房四	洗手池	1.24	40
37		淋浴间地面	1.21	40
38		卫生间墙壁	L	40
39	病房五	地面	1.76	40
40		墙壁	0.08	40
41		床表面（靠门侧）	0.78	40
42		床表面（靠窗侧）	0.97	40
43		马桶表面	2.75	40
44		卫生间地面	1.45	40
45		洗手池	3.62	40
46		淋浴间地面	4.35	40
47		卫生间墙壁	L	40
48	病房六	地面	0.19	40
49		墙壁	L	40
50		床表面	L	40
51		马桶表面	0.25	40
52		卫生间地面	1.48	40
53		洗手池	0.65	40
54		淋浴间地面	0.48	40
55		卫生间墙壁	L	40
56	病房七	地面	0.09	40
57		墙壁	0.28	40
58		床表面（靠门侧）	0.66	40
59		床表面（靠墙侧）	0.72	40
60		马桶表面	0.21	40
61		卫生间地面	1.65	40
62		洗手池	0.47	40
63		淋浴间地面	0.40	40
64		卫生间墙壁	L	40
65	患者出口	患者出口地面	0.95	40
66		患者出口外人行道	0.06	40
67	污洗间	地面	0.36	40
68		墙壁	0.54	40
69	污物储存间	地面	7.47	40

续表七

序号	测量位置		β表面污染（Bq/cm²）	
			监测结果	标准限值
69	污物储存间	地面	7.47	40
70		墙壁	1.05	40
71		废物 1 桶表面	0.08	40
72		废物 2 桶表面	0.06	40
73	卫生通道淋洗间	地面	0.12	40
74		墙壁	0.11	40
75	分装室	地面	0.42	40
76		墙壁	0.13	40
77		工作台面	3.26	40
78		通风橱表面	0.10	40
79		废物桶表面	0.46	40
80	废物室	地面	0.06	40
81		墙壁	0.12	40
82		废物桶表面	L	40
83	储源室	墙壁	0.08	40
84		地面	0.07	40
85	注射室	墙壁	0.14	40
86		地面	0.55	40
87	医护人员	医生手部表面	L	0.4
88		医生衣物表面	L	4
89		医生鞋子表面	L	4
90	被服间	地面	0.06	40
91		墙壁	0.10	40
92	患者通道	地面	0.08	40
93		墙壁	0.06	40
94		生活区洗手池表面	0.13	40
95		生活区台面	0.06	40

备注：以上监测数据均已扣除本底值并经过仪器修正因子修正，“L”表示低于仪器探测限，探测下限为 0.05Bq/cm²。

根据上表可知，核医学科住院治疗区控制区工作台、设备、墙壁、地面的β表面污染最大为 7.47Bq/cm²，放射性工作人员的手部、衣服、鞋子表面的β表面污染未检出（设备检出限为 0.05Bq/cm²），满足环评及批准书的要求。

7.3 衰变池间及废水管道

衰变池间及放射性废水管道屏蔽体外周围剂量当量率监测结果见表 7-11。

续表七

表7-11 住院治疗区屏蔽体外周围剂量当量率监测结果表

监测点位	监测点描述		周围剂量当量率（μSv/h）	
	场所名称	监测点位	监测结果	标准要求
1	衰变池间	入口门表面 30cm 巡测最大值	0.03	2.5
2		衰变池间墙壁 30cm	0.02	2.5
3		衰变池间墙壁 30cm	0.03	2.5
4		衰变池间墙壁 30cm	0.01	2.5
5		衰变池间墙壁 30cm	＜MDL	2.5
6		衰变池间墙壁 30cm	0.03	2.5
7		衰变池墙壁 30cm	0.03	10.0
8		衰变池墙壁 30cm	0.02	10.0
9		衰变池楼上	0.02	2.5
10	污水管道	一楼车库管道正下方	0.02	2.5
11		一楼车库管道正下方	0.02	2.5
13		管道外（车库楼梯间墙壁 30cm）	0.01	2.5
14		管道外（负一楼核医学墙壁 30cm）	＜MDL	2.5

根据上表可知，衰变池及放射性废水管道外表面 30cm 处的周围剂量当量率最大为小 0.03μSv/h 的要求，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液管道外、衰变池盖板上方表面 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 的要求，也满足放射性废水处理设施内部仅在设备检修时进入，满足控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子<1/2）周围剂量当量率应小于 10μSv/h 的要求。但项目监测时，放射性废水处理设施内暂存的放射性废水少，项目按照满负荷运行，理论估算放射性废水处理设施屏蔽体外的周围剂量当量率，详见附件6。根据计算结果可知，放射性废水处理设施外表面以及内部沉渣池外表面 30cm 处的周围剂量当量率仍满足相关标准的要求。

综上所述，项目工作场所防护屏蔽、表面污染监测结果均满足标准和环评要求。根据患者常驻留用房的满负荷校核结果，工作场所外周围剂量当量率仍然满足标准要求。

7.4 放射工作人员及公众受照剂量

7.4.1 放射工作人员

本次验收调查通过放射工作人员工作位监测结果及满负荷情况下参与放射工作的时间估算工作人员年受照剂量。满负荷工作量与环评阶段工作量一致。

X-γ射线产生的外照射人均年受照剂量按下列公式计算：

续表七

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3}$$

其中：H_{Er}：X 或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^{*}_{(10)}$：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间，小时。

根据上述公式和验收监测结果，项目相关工作人员年受照剂量估算结果见表7-12~7-14。

表7-12　核医学科化学师年受照剂量估算结果

操作内容	操作时间（h）	胸部		手部	
		周围剂量当量率（μSv/h）	年受照剂量（mSv/a）	周围剂量当量率（μSv/h）	年受照剂量（mSv/a）
淋洗	6.7	0.01	0.01	203.6	1.37
放射性药物制备	131.6	0.01	0.01	203.6	26.80
实验操作	100	0.02	0.01	2.86	0.29
合计	238.3	/	0.03	/	28.46

表7-13 核医学科护士年受照剂量估算结果

操作内容		操作时间（h）	胸部		手部	
			周围剂量当量率（μSv/h）	年受照剂量（mSv/a）	周围剂量当量率（μSv/h）	年受照剂量（mSv/a）
核医学科诊断治疗区	药物分装	87.6	1.14	0.10	257.6	22.57
	PET 注射	59.2	0.56	0.04	292.3	17.31
	ECT 注射	105.2	0.14	0.02	446.0	46.92
	合计	223.6	/	0.16	/	86.80
核医学科诊断治疗区	药物分装	206.25	0.89	0.18	171.30	35.33
	药物转移	4.58	171.30	0.79	171.30	0.79
	合计	73.33	/	0.97	/	36.12

备注：项目未配置自动分装仪，考虑药物分装时间为1.5min/人次，药物运输时间考虑10s/人次。

表7-14　核医学科技师年受照剂量估算结果

操作内容			操作时间（h）	胸部	
				周围剂量当量率（μSv/h）	年受照剂量（mSv/a）
核医学科诊断治疗区	PET	摆位	11.9	221.0	0.23
		显像	2958.4	0.04	2.96
		合计	2970.3	/	3.19

续表七

操作内容			操作时间（h）	胸部	
				周围剂量当量率（μSv/h）	年受照剂量（mSv/a）
	SPECT	摆位	21.6	261.6	0.28
		显像	3242.5	0.01	3.24
		合计	3264.1	/	3.52

从上表可知，放射工作人员全身年有效剂量估算值能满足验收评价标准工作人员年有效剂量管理目标 5mSv/a，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。手部剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）限值要求。

（2）公众成员

公众成员所受剂量主要为辐射工作场所周围停留所致。本次按监测结果进行核算，综合选择核医学工作场所外（控制区边界）对应环境保护目标侧周围剂量当量率监测结果较大值进行估算，核算结果见表 7-15。

表7-15　项目环境保护目标处人员年有效剂量估算结果

功能用房	关注点环境		控制区边界周围剂量当量率（μSv/h）	受照射时间（h）	居留因子	年有效剂量（mSv/a）
医疗综合楼-1F	服务器机房		0.06	1500.0	1/40	0.01
	技术员办公室		0.01	1500.0	1	0.02
医疗综合楼 2F	医疗综合楼 2F 室外人行道		0.94	2920.0	1/40	0.07
医疗综合楼 3F	办公室		0.05	2000.0	1	**0.10**
	会议室		0.06	2000.0	1/5	0.03
医疗综合楼的 1F	车库	核医学科诊断治疗区楼上对应区域	0.03	2920.0	1/16	0.02
		核医学科住院治疗区楼下对应区域	0.06	2000.0		

根据估算结果可知，公众成员受到的年剂量满足本项目环评及批复要求的年剂量管理目标值0.25mSv/a，同时也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）年剂量管理目标值0.1mSv/a的要求。

表八

8.1 验收监测结论

由验收监测结果可知，项目核医学科工作场所各周围剂量当量率、β表面污染监测点位的监测值均满足环评及批复文件的标准要求。

8.2 职业照射和公众照射

根据估算，正常使用的情况下，核医学科放射工作人员及周围公众成员受到的年附加有效剂量均小于医院管理目标值（放射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.25mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

医院应继续做好放射工作人员个人剂量监测及档案管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告。

8.3 环保设施/措施设置情况

项目已配套建设通风设施，废气经收集经活性炭处理后引至肝病综合楼楼顶高于楼顶排放。项目已配套建设 2 套槽式衰变池处理项目运行产生的放射性废水，保证废水经处理后达标排放。项目已配置设置 3 个放射性废物暂存间，并配置多个废物铅桶，将放射性废物分类收集后置于其中衰变，经衰变达到要求后作为一般医疗废物交有资质单位处置。项目三废处理满足相关标准的要求。

核医学科设置了电离辐射警示标识，设置了监控设施、语音沟通系统，配置了自动分装仪、通风橱，减少放射工作人员受照剂量。核医学科设置了人员流向标识，保证人员有序进出；设置分区标识，按要求进行管理。

医院有辐射环境管理机构，制定有核医学科专用管理制度。

8.4 变更情况

项目核医学科的平面布置进行了局部调整，但功能用房齐全，诊疗流线、人流物流路径均未发生变化；另核医学科控制区部分功能用房的防护方案有所变化，但监测结果能满足环评以及批复的要求；核医学科未配置正电子药物全自动分装仪和 ^{131}I 全自动分装仪，但配置了手套箱以满足放射性药物暂存及分装的需求；衰变处理设施建设位置发生了变动，但周围环境不敏感，且衰变处理设施的有效体积增加。经过对比分析，项目不涉及重大变动。

8.5 新标准效核结论

根据分析，项目核医学工作场所建设情况除配置的通风储外，其余建设均满足《核

医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求（控制区用房、设施表面剂量率要求、排风管网、衰变处理设施等）。项目运营对公众成员产生的年附加有效剂量也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求（不超过 0.1mSv/a）。

8.6 综合结论

重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目认真落实了环境影响评价报告及其批复文件的各项辐射防护与安全措施和管理措施，核医学科运行对放射工作人员、公众人员及周围环境产生的影响很小，满足国家辐射安全相关标准。因此，从辐射环境保护角度分析，重庆医科大学附属第二医院（江南医院）核医学科建设项目满足竣工环境保护验收条件，验收合格。

8.7 后续要求

医院应加强对核医学科工作场所和衰变池的管理，核医学科正常运行后，每次操作后对工作场所进行清洁，保证工作场所各区域的表面污染达标。待放射性废物桶有一定数量放射性废物后，对其表面剂量率进行监测。