

核医学正电子发射性磁共振成像系统项目
竣工环境保护验收监测报告表

(公示版)

建设单位：重庆大学附属肿瘤医院

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

二〇二四年十二月

建设单位法人代表：

编制单位法人代表：

项目负责人：刘媛

填表人：刘媛

建设单位 重庆大学附属肿瘤医院

电话 1735844****

传真 /

邮编 404000

地址 重庆市沙坪坝区汉渝路 181 号

编制单位 重庆宏伟环保工程有限公司

电话 023-68182682

传真 /

邮编 400039

地址 重庆市九龙坡区火炬大道 99 号

表一

建设项目名称	核医学正电子发射性磁共振成像系统项目				
建设单位名称	重庆大学附属肿瘤医院				
建设项目性质	√新建 □改建 □扩建				
建设地点	重庆市沙坪坝区汉渝路 181 号核医学楼负二楼				
源项	放射源		V 类密封源		
	非密封放射性物质		丙级非密封放射性物质工作场所 1 个		
	射线装置		/		
建设环评环评 批复时间	2023.6.30	开工建设时间	2023.7.5		
取得辐射安全 许可证时间	2024.6.13	项目投入运行 时间	2024.6.18		
辐射安全与防 护设施投入运 行时间	2024.6.17	验收现场监测 时间	2024.11.8		
环评报告表审 批部门	重庆市生态环 境局	环评报告表编 制单位	重庆宏伟环保工程有限公司		
辐射安全与防 护设施设计单 位	济南中强医疗 设备工程有限 公司	辐射安全与防 护设施施工单 位	济南中强医疗设备工程有限公司		
投资总概算	2577.7	辐射安全与防 护设施投资总 概算	90	比例	3.49
实际总概算	2578	辐射安全与防 护设施实际总 概算	90	比例	3.49
验收依据	<p>一、建设项目环境保护相关法律法规和规章制度</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行修订版；</p> <p>(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；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行修订版；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人</p>				

表一

<p>民共和国国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 21 日起施行，2019 年 3 月 2 日起施行修订版；</p> <p>（5）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>（6）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令 第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>（7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护总局令 第 31 号公布，2006 年 3 月 1 日起施行，2021 年 1 月 4 日第四次修正；</p> <p>（8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>（9）关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>（10）《关于发布<放射性废物分类>的公告》，原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>（11）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号）；</p> <p>（12）关于发布《射线装置分类》的公告，原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>（13）《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>（14）关于发布《放射性废物分类》的公告，原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>（15）《重庆市环境保护条例》，重庆市第五届人民代表大会</p>

表一

	<p>常务委员会第三十七次会议，2022年11月01日起施行修正版；</p> <p>(16) 《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；</p> <p>二、建设项目竣工环境保护验收技术规范</p> <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(3) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>(4) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(6) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p> <p>(7) 《医疗废物集中处置技术规范（试行）》；</p> <p>(8) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；</p> <p>(9) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(10) 《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），2018年5月15日实施；</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）。</p> <p>三、环境影响报告表及其审批部门审批决定</p> <p>(1) 《核医学正电子发射性磁共振成像系统项目环境影响报告表》，2023年6月；</p> <p>(2) 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，渝（辐）环准〔2023〕46号，2023年6月30日。</p> <p>四、其他相关文件</p> <p>(1) 验收监测报告。</p> <p>(2) 项目竣工图。</p>
验收执行标准	根据《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》和《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》

表一

	<p>(HJ1326-2023)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。</p> <p>本项目审批之后,2023年9月11日生态环境部辐射源安全监管司就本项目环评阶段执行的《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中核医学标准相关条款咨询复函,《关于核医学科标准相关条款咨询的复函》(辐射函[2023]20号)中明确了以下几点。</p> <p>二、关于控制区剂量率</p> <p>1.控制区内工作人员经常性停留的场所(人员居留因子$\geq 1/2$),周围剂量当量率应小于$2.5\mu\text{Sv/h}$。</p> <p>2.控制区内工作人员较少停留或无需达到的场所(人员居留因子$< 1/2$),如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置,周围剂量当量率应小于$10\mu\text{Sv/h}$。</p> <p>三、关于独立通风要求</p> <p>核医学标准第6.3.4节规定,手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统。单独的排风系统意为手套箱、通风橱等设备的排风管道在汇入“主排风管道前”的部分,应独立设置,防止发生气体回流和交叉污染。经过滤后的气体汇入到一个主管道中排放不违反标准要求。</p> <p>因此,本项目环境影响报告表及其审批部门审批决定所规定的标准与现行标准基本一致,本次验收执行标准为环评及其批复文件,并结合标准复函进行调整,具体见表1-1所示。</p>
--	---

表一

表 1-1 项目剂量限值及污染物排放指标表			
年剂量要求			执行依据
分类	年剂量限值 (mSv/a)	年剂量管理目标值 (mSv/a)	GB18871-2002、HJ1188-2021 及复函及医院管理要求
放射工作人员年剂量	20mSv/a	5	
放射工作人员手部剂量	500mSv/a	125	
公众成员年剂量	1mSv/a	0.1	
剂量率控制			执行依据
工作场所控制区	控制区内工作人员经常性停留的场所 (人员居留因子 $\geq 1/2$)，周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。 控制区内工作人员较少停留或无需达到的场所 (人员居留因子 $< 1/2$)，如注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。		HJ1188-2021、GBZ120-2020
注射窗外表面	设备外表面 30cm 处，人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$		
废物桶、管道、衰变池等	固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。		
表面污染水平			执行依据
表面污染	(1) 工作台、设备、墙壁、地面 控制区： $\beta \leq 4 \times 10 \text{Bq/cm}^2$ 监督区： $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ (2) 工作服、手套、工作鞋 控制区/监督区： $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ (3) 手、皮肤、内衣、工作袜 $\beta \leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$		GB18871-2002
放射性废物放射防护管理			执行依据
放射性固体废物	收集：每袋废物的表面辐射剂量率 $\leq 0.1 \text{mSv/h}$ ，质量不超过 20kg。		HJ1188-2021、GBZ120-2020
	排放：所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，放射性固废暂存时间满足要求后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，废物包装体外表面的污染控制水平 $\beta < 0.4 \text{Bq/cm}^2$ ，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。		
放射性废水	衰变池排放口：总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$		GB18466-2005
	槽式衰变处理设施：所含核素半衰期小于 24 小时的暂存时间超过 30 天后可直接解控排放。		HJ1188-2021
通风要求			执行依据
通风	核医学工作场所应保持有良好的通风，保持工作场所的负压和各区之间的压差。		HJ1188-2021、

表一

	排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	GBZ120-2020
医疗废物、医疗废水		执行依据
非放射性废水	经医院废水处理站处理后方可排放	GB18466-2005
医疗废物	交具有相应资质的单位处置	医疗废物管理条例

表二 项目建设情况

工程建设内容：

2.1 建设单位概况

重庆大学附属肿瘤医院（以下简称“医院”）、重庆市肿瘤研究所、重庆市肿瘤医院、重庆市癌症中心是集医疗、教学、科研、预防、康复为一体的国家三级甲等肿瘤专科医院。现有编制床位 1480 张，开放床位 1850 张，设有临床和医技科室 43 个，其中国家级重点专科 2 个、省级重点学科 4 个、省级临床重点专科 12 个、省级临床诊疗中心 3 个。医院积极践行肿瘤多学科联合会诊及首席专家负责诊疗模式，形成了肿瘤外科治疗、肿瘤内科治疗、肿瘤放射治疗、肿瘤免疫治疗、肿瘤姑息治疗、中西医结合治疗等特色显著的综合诊疗体系。医院核医学科已运行多年，包括正电子药物合成中心、PET/CT 中心等。核医学科具备制备正电子放射性药物能力，用于 PET 影像设备的精准诊断。

2.2 验收项目背景

2023年6月，重庆宏伟环保工程有限公司编制了《核医学正电子发射性磁共振成像系统项目环境影响报告表》。2023年6月30日，重庆市生态环境局以渝（辐）环准〔2023〕46号批复了该项目。

2023年7月，项目开工建设，2024年4月建成。

2023年10月，重庆大学附属肿瘤医院取得《辐射安全许可证》，许可使用5枚V类⁶⁸Ge校准源用于PET/MR校准，并于2023年12月进行了审批备案。

2024年6月13日，重庆大学附属肿瘤医院取得《辐射安全许可证》，许可使用丙级非密封放射性物质工作场所（核医学楼负二楼PET/MR影像诊断场所）。

2024年5月，重庆朕尔医学研究院有限公司编制的《重庆大学附属肿瘤医院PET/MR影像诊断建设项目职业病危害控制效果放射防护评价报告书》（渝朕放控评字[2024]0048号）通过评审。2024年5月30日，医院核医学楼负二楼新建PET/MR影像诊断场所取得《放射诊疗许可证》，2024年6月底项目进入调试运行阶段。

2024年6月，医院委托重庆宏伟环保工程有限公司开展自主验收。因调试运行期间预约受检者较少，2024年11月，重庆泓天环境监测有限公司对新建PET/MR影像诊断场所进行了验收监测。我公司在进行现场调查、检查的基础上，编制了

表二 项目建设情况

《核医学正电子发射性磁共振成像系统项目竣工环境保护验收监测报告表》。

2.3 项目建设内容和规模

建设内容和规模：在核医学楼负二楼西南侧空置区域建设 PET/MR 影像诊断工作场所，设置 PET/MR 机房及其操作间、设备间、注射室、卫生通过缓冲间、注射后候诊区、清洁间、受检者专用卫生间、检查后等候区、储源间、放射性废物暂存间（放废间）等。新建 PET/MR 影像诊断工作场所放射性废气、废水处理设施，放射性药物制备、受检者预约、医护人员办公场所等依托核医学科现有工作区域。本项目新购 1 台 PET/MR，利用正电子药物合成中心制备（环评阶段计划为外购）含 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 正电子放射性药物开展 PET/MR 显像诊断。PET/MR 使用 1 枚活度为 $5.55 \times 10^7 \text{Bq}$ 、1 枚活度为 $3.5 \times 10^6 \text{Bq}$ 和 3 枚活度为 $7 \times 10^5 \text{Bq}$ 的 ^{68}Ge 校准源，均为 V 类放射源。本项目配套建设独立的辐射安全措施及污染治理设施，属于新增丙级非密封源工作场所，新建 PET/MR 影像诊断工作场所日等效最大操作量为 $5.81 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年用量为 $1.20 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。项目总建筑面积约 210m^2 。

2024 年 5 月，医院委托重庆宏伟环保工程有限公司编制《核医学科正电子药物合成中心核素增量项目辐射安全分析材料》，并提交了重新办理辐射安全许可证资料，许可正电子药物合成中心制备核素增量，增量后，核医学科负一楼、负二楼已许可非密封放射性物质工作场所日等效操作量为 $3.78 \text{E}+09 \text{Bq}$ ，年最大用量为 $1.76 \text{E}+13 \text{Bq}$ ，仍为乙级非密封放射性物质工作场所。正电子药物合成中心制备放射性药物用于核医学科负一楼及负二楼新建 PET/MR 影像诊断工作场所使用。新建 PET/MR 影像诊断工作场所日等效最大操作量为 $5.81 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年用量为 $1.20 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。

项目实际建设内容与环境影响报告表建设内容对比见表 2-1。

表二 项目建设情况

表 2-1 实际建设内容与环境影响报告表建设内容对比表				
分类	项目	环境影响报告表建设内容	实际建设内容	本次验收变化情况
主体工程	负二楼西南侧空置区域新建	拟拆除现有隔墙，新建 PET/MR 机房、操作间、设备间、注射室、卫生通过缓冲间、注射后候诊区、清洁间、卫生间（受检者专用）、检查后等候区（兼留观、抢救功能）、储源间、放射性废物暂存间（放废间）等。	拆除现有隔墙，新建 PET/MR 机房、操作间、设备间、注射室、卫生通过缓冲间、注射后候诊区、清洁间、卫生间（受检者专用）、检查后等候区（兼留观、抢救功能）、储源间、放射性废物暂存间（放废间）等。	一致
	设备	拟配置1台PET/MR，不属于X射线装置	配置 1 台 PET/MR，不属于 X 射线装置	一致
	放射性药物	采用预约制，根据预约情况向放药厂家订购含 ¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga正电子放射性药物。因 ¹⁸ F使用量相对较大，考虑2倍 ¹⁸ F备药量， ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga在送药后即检查，不考虑备药量。	已编制正电子药物合成中心核素增量项目辐射安全分析材料，使用放射性药物（ ¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga）由医院正电子药物合成中心自行制备后运输至新建 PET/MR 影像诊断场所	外购改为自行制备，已取得辐射安全许可
	校准源	PET/MR 拟使用 1 枚活度为 5.5×10^7 Bq、1 枚活度为 3.5×10^6 Bq 和 3 枚活度为 7×10^5 Bq 的 ⁶⁸ Ge 校准源，均为 V 类放射源。	新购 1 枚活度为 5.5×10^7 Bq、1 枚活度为 3.5×10^6 Bq 和 3 枚活度为 7×10^5 Bq 的 ⁶⁸ Ge 校准源，均为 V 类放射源。	一致，并已取得辐射安全许可
辅助工程	辅助用房	受检者预约、医护办公区依托核医学楼负一楼现有用房。	受检者预约、医护办公区依托核医学楼负一楼现有用房。	一致
储运工程	放射性药物运输、暂存	运输：放药厂家将成品放射性药物针剂置于药品铅罐在受检者未到达本项目场所前送达注射室，厂家一天安排 2 次，分别为早上、中午。 暂存：放射性药物针剂利用注射器防护套（10mmPb），置于注射室铅防护转运盒（15mmPb）内。	运输：正电子药物合成中心工作人员使用铅转移盒，根据预约情况，在受检者未到达本项目场所前送达注射室。 暂存：放射性药物针剂利用注射器防护套（10mmPb），置于注射室铅防护转运盒（15mmPb）内。	放射性药物院内同层运输由正电子药物合成中心工作人员负责，药物暂存一致
	校准源暂存、使用	PET/MR 机房外东侧分层设置储源间、放射性废物暂存间（约 0.7m ² ），上部储源间内放置校准源保险柜，储源间拟采用双人双锁，拟设置监控、3mmPb 防盗门。 PET/MR 需要校准时，由核医学科技师利用将储源铅罐送至 PET/MR 机房内校准。	上层为储源间、下层为放射性废物暂存间（约 0.7m ² ）。上部储源间内放置校准源保险柜，储源间采用双人双锁，设置监控、防盗门。 PET/MR 需要校准时，由核医学科技师利用将储源铅罐送至 PET/MR 机房内校准。	一致

表二 项目建设情况

公用工程	给水	由城市供水管网供给，依托核医学楼原有接水点，根据本项目用水需求重新布置内部供水管网。	由城市供水管网供给，依托核医学楼原有接水点，根据本项目需求重新布置内部供水点。	一致
	排水	未接触放射性药物的医务人员及受检者产生的一般生活污水依托核医学楼现有污水处理收集系统，经医院污水处理设施处理达标后排入市政污水管网。	未接触放射性药物的医务人员及受检者产生的一般生活污水依托核医学楼现有污水处理收集系统，经医院污水处理设施处理达标后排入市政污水管网。	一致
		本项目放射性废水经新建排水管网及衰变池处理后排入医院污水处理站，不与现状核医学科共用放射性废水处理设施。	本项目放射性废水经新建排水管网及衰变池处理后排入医院污水处理站，不与现状核医学科共用放射性废水处理设施。	一致
	清洁	拟设置 1 个清洁间，对控制区内地面进行清洁。清洁间内拖把、抹布等清洁用品标识属控制区放射性专用清洁用品。	设置 1 个清洁间，对控制区内地面进行清洁。清洁间内拖把、抹布等清洁用品标识属控制区放射性专用清洁用品。	一致
	通风	机械送风、机械排风。	机械送风、机械排风。	一致
	供配电	由市政电网供电。	市政电网供电。	一致
环保工程	放射性废水处理设施	<p>废水收集：拟在检查后等候区卫生间地面以下、缓冲间地面以下、衰变池检修间内地面上各设置 1 个废液转移槽，废液转移槽内置提升泵，最低水位线容积约 0.1m³，高于此水位线废液将被提升至各废液槽连接的 DN100 铸铁管，3 根 DN100 铸铁排水管贴负二楼顶棚（距离地面约 4.1m）排入衰变池检修间内一体化槽式衰变池。本项目所有放射性排水管均包裹 5mmPb 铅皮。</p> <p>废水处理设施：拟在负二楼衰变池检修间离地 1m 处新安装一体化槽式衰变池，现状衰变池检修间建筑面积约 26m²。一体化槽式衰变池包括 1 格降解槽和 3 格衰变池，降解槽内设破碎装置，约 1m³，每格池子有效容积 6m³，衰变池总有效容积 18m³。</p>	<p>废水收集：在检查后等候区卫生间地面以下、缓冲间地面以下、衰变池检修间内地面上各设置 1 个废液转移槽，废液转移槽内置提升泵，最低水位线容积约 0.1m³，高于此水位线废液将被提升至各废液槽连接的 DN100 铸铁管，3 根 DN100 铸铁排水管贴负二楼顶棚（距离地面约 4.1m）排入衰变池检修间内一体化槽式衰变池。本项目所有放射性排水管均包裹 5mmPb 铅皮。</p> <p>废水处理设施：在负二楼衰变池检修间离地 1m 处新安装一体化槽式衰变池，衰变池检修间建筑面积约 26m²。一体化槽式衰变池包括 1 格降解槽和 3 格衰变池，降解槽内设破碎装置，约 1m³，每格池子有效容积 6m³，衰变池总有效容积 18m³，设置采样口。</p>	一致

表二 项目建设情况

放射性废气	收集：本项目拟设置独立的机械排风，自检查后等候区、储源间、缓冲间、注射后候诊区至注射室收集至主管道，排风管道经专用排风井引至楼顶。排风管穿控制区墙体外侧拟包裹 2mmPb 铅皮，穿墙离地高度为 2.9m。排放：注射室内不分装，不设置通风橱，排风主管末端（楼顶）设置活性炭吸附装置处理后高于屋面 2m 排放。	收集：设置独立的机械排风，自检查后等候区、储源间、缓冲间、注射后候诊区至注射室收集至主管道，排风管道经专用排风井引至楼顶。排风管穿控制区墙体外侧包裹 2mmPb 铅皮，穿墙离地高度为 2.9m。排放：注射室内不分装，不设置通风橱，排风主管末端（楼顶）设置活性炭吸附装置处理后高于屋面 2m 排放。	一致
放射性固废	收集：注射窗内外拟各设置 1 个专用铅防护废物桶，注射后候诊区、检查后等候区、受检者专用卫生间拟设置多个专用铅防护废物桶。每天下班后由核医学科工作人员收集至放射性废物暂存间铅防护废物桶内。暂存：注射室旁拟设置放废暂存间位于储源间下方，面积约 0.7m ² ，内设置铅防护废物桶，采用 3mmPb 防护门。	收集：注射窗内外各设置 1 个专用铅防护废物桶，注射后候诊区、检查后等候区、受检者专用卫生间设置多个专用铅防护废物桶。每天下班后由核医学科工作人员收集至放射性废物暂存间铅防护废物桶内。暂存：注射室旁设置放废暂存间位于储源间下方，面积约 0.7m ² ，内设置铅防护废物桶，采用 3mmPb 防护门。	一致
辐射防护	控制区内房间墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗等均采用足够厚的屏蔽体（混凝土、实心砖、铅门、铅玻璃等）进行辐射屏蔽防护。拟设置警示标识、地面指引标识，门禁，对讲装置等。	控制区内房间墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗等均采用足够厚的屏蔽体（混凝土、实心砖、铅门、铅玻璃等）进行辐射屏蔽防护。设置警示标识、地面指引标识，门禁，对讲装置等。	一致
衰变池臭气	衰变池产生少量臭气拟设置导气管接入现有衰变池导气管道，经排风井引至核医学楼 1F 楼顶排放。	衰变池产生少量臭气利用现有衰变池检修间排风系统排出至核医学楼 1F 楼顶排放。	一致
一般医疗垃圾	经衰变达到清洁解控医疗垃圾运输至医院医疗垃圾暂存间暂存，交有资质单位处置。	经衰变达到清洁解控医疗垃圾运输至医院医疗垃圾暂存间暂存，交有资质单位处置。	一致

根据以上对比可知，本项目实际建设内容基本一致，放射性药物由外购改为核医学科正电子药物合成中心提供，运输路径较短，其余未发生变化。

2.4 项目平面布置

新建 PET/MR 影像诊断工作场所仅开展核医学 PET/MR 显像诊断工作，按照

表二 项目建设情况

PET/MR 显像诊断流程，设置卫生通过缓冲间、注射室、PET/MR 机房、操作间、设备间、注射后候诊区、清洁间、卫生间（受检者专用）、检查后等候区（兼留观、抢救功能）、储源间、放射性废物暂存间（放废间）等。

对比环评阶段平面布局，平面布局未发生变化。项目平面布置图见附图 4。

2.5 周围环境及保护目标

核医学楼是地上 1 层，地下 2 层的独立建筑，地面一层为肿瘤康复治疗区、核医学科诊断中心、室外绿化休息区，负一楼（-1F）为核医学科门诊治疗及诊断区。本项目位于核医学楼负二楼西南侧，为独立工作场所。本项目控制区对应楼上范围为核医学科负一楼患者离开通道、核医学科甲吸室、SPECT/CT 控制室及办公室外走廊；楼下无建筑。本项目衰变池位于西侧现有衰变池检修间内。本项目 50m 范围内环境保护目标主要为相邻的地下功能用房，具体见表 2-2，地理位置图见附图 1，医院平面布置图见附图 2，周围环境照片见附图 3。

表二 项目建设情况

序号	场所	保护目标	方位	与控制区边界最近水平距离	高差(m)	保护对象及环境特征
1	核医学楼内	PET/MR 操作间	南	紧邻	平层	放射工作人员, 约 4 人
		受检者注射前走道		紧邻	平层	公众成员, 约 10 人
2		PET/MR 设备间	西南	紧邻	平层	公众成员, 一般无人居留
3		送风机房、排烟机房、电梯前室	北	紧邻	平层	公众成员, 一般无人居留
4		值班室、医生办公室	西	约 8m	平层	核医学科护士、医生值班休息室, 约 3 人, 放射工作人员
		楼梯前室、楼梯间		约 13m	平层	核医学科患者专用入口, 公众成员, 约 2 人停留
5		风机房	东北	约 2m	平层	公众成员, 一般无人居留
6		甲癌病房区	东	紧邻	平层	4 间防护病房及护士值班室等, 放射工作人员约 4 人, 公众成员约 4 人
		正电子药物合成中心		约 13m	平层	放射工作人员, 约 6 人
7		核医学楼内	核医学科负一楼患者离开通道	楼上	/	+4.23
	核医学科甲吸室		/		+4.23	放射工作人员, 1 人
	SPECT/CT 控制室		楼上	/	+4.23	放射工作人员, 约 10 人
	办公室外走廊			/	+4.23	放射工作人员, 约 2 人
	肿瘤康复治疗区		控制区楼上	/	+8	公众成员, 约 20 人
	核医学科诊断中心		出口旁	核医学出口旁	+8	放射工作人员, 约 15 人
	室外绿化休息区		出口旁	紧邻核医学专用出口	+8	公众成员, 约 20 人
	医院服务站		入口旁	距离核医学专用出口约 32m	+8	饮品、面包店, 公众成员, 约 10 人
8	项目所在楼外	外科楼 (24F/-2F)	北	约 25m	+7	公众成员, 外科住院部, 约 2000 人
9		门诊楼裙楼 (1F)	南	约 6m	+10	门诊楼 1F 裙楼, 诊室, 约 50 人, 公众成员
10		门诊行政楼主楼 (7F)		约 20m	+10	5-7F 为行政办公, 1-4F 为门诊诊室、药房等, 公众成员约 1000 人
10		综合楼 (3F)	西	约 13m	+7	手术室等, 公众成员约 200 人

表二 项目建设情况

11		内科医技楼 (24F/-2F)	东	约 38m	+8	内科住院楼，医技用房， 24F/-2F，公众成员约 1500 人
项目周围环境保护目标与环评阶段基本一致，原核医学楼 1 层南侧职工活动中心现调整为肿瘤康复治疗区，其余无变化。						

2.6 源项情况

新建 PET/MR 影像诊断工作场所项目总建筑面积约 210m²，本次验收包括 PET/MR 使用的校准源及该丙级非密封放射性物质工作场所。本次验收放射源情况见表 2-3，非密封放射性物质使用情况见表 2-4，工作场所情况见表 2-5。

表2-3 本次验收放射源情况一览表

序号	核素名称	活度 (Bq) ×枚数	类别	用途	出厂日期	源编码	与环评阶段对比
1	⁶⁸ Ge	700000×1	V	校准	2023/12/15	US23GE004665	放射源活度、功能、类别、数量与环评阶段一致
2	⁶⁸ Ge	700000×1	V	校准	2023/12/15	US23GE004675	
3	⁶⁸ Ge	700000×1	V	校准	2023/12/15	US23GE004655	
4	⁶⁸ Ge	3500000×1	V	校准	2023/12/15	US23GE004645	
5	⁶⁸ Ge	55000000×1	V	校准	2023/12/15	US23GE004635	

表2-4 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)	毒性组修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)
¹⁸ F	日用量	3.7×10 ⁹	0.01 (低毒)	10 (很简单的操作)	3.7×10 ⁶	9.25×10 ¹¹
	备药量	7.4×10 ⁹	0.01 (低毒)	100 (储存)	7.4×10 ⁵	
⁶⁸ Ga		9.25×10 ⁸	0.01 (低毒)	10 (很简单的操作)	9.25×10 ⁵	2.31×10 ¹¹
¹¹ C		4.44×10 ⁸	0.01 低毒	10 (很简单的操作)	4.44×10 ⁵	4.44×10 ¹⁰
合计					5.81×10 ⁶	1.20×10 ¹²

表2-5 本次验收工作场所情况一览表

场所名称及位置	用途	使用核素	暂存情况	药物来源	与环评阶段对比
核医学科负二楼新建 PET/MR 影像诊断工作场	PET/MR 显像	¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga、 ¹¹ C	注射室注射器转运盒内	核医学科负二楼正电子药物合成中心	使用场所，年最大用量、日等效操作量均未发生变化，药物来源改为自行制备

表二 项目建设情况

从上表可知，本项目验收阶段源项（放射源、非密封放射性物质规模）与环评阶段一致。放射性药物来源由外购更改为核医学楼负二楼正电子药物合成中心自行制备提供。

2.7 工程设备与工艺分析

(1) 设备组成

PET/MR 是将 PET（正电子发射计算机断层显像）的分子成像功能与 MRI（核磁共振成像）软组织分辨率高的优势结合起来的一种设备。它使受检者能够在多个模式下进行扫描，该系统还可以分别收集 PET 和 MRI 影像。含 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 的放射性药物注射到受检者体内，让受检者在 PET 的有效视野范围内进行 PET 显像。 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 发射出的正电子在体内移动大约 1mm 后与组织中的负电子结合发生湮灭辐射，产生两个能量相等（511KeV）、方向相反的 γ 光子。由于两个光子在体内的路径不同，到达两个探测器的时间也有一定差别，如果在规定的时间内（一般为 0~15 μs ），探头系统探测到两个互成 180 度（ ± 0.25 度）的光子时，即为一个符合事件。探测器便分别送出一个时间脉冲，脉冲处理器将脉冲变为方波，符合电路对其进行数据分类后，送入工作站进行图像重建。便得到人体各部位横断面、冠状断面和矢状断面的影像，PET 特别适用于心脏、脑神经和肿瘤的代谢显像。

(2) 工作流程

本项目使用的含 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{11}C 放射性药物均为正电子药物合成中心制备，放射性药物运输工作一天安排两次，由正电子药物中心工作人员在早上、中午受检者尚未到达 PET/MR 影像诊断工作场所的时段运输至注射室传递窗，护士接收药物。考虑时间衰减且 ^{18}F 受检者较多，按照 2 倍药量运输。 ^{68}Ga 、 ^{11}C 不考虑备药量。本项目注射室护士收到放射性药物后，取出针剂，测定活度，直接在注射窗为受检者注射。

PET/MR 影像诊断工作场所为预约制，每名受检者预约后等叫号到达 PET/MR 影像诊断工作场所的注射室窗口。待上一位受检者开始 PET/MR 显像检查，安排下一位受检者在注射窗口注射。在满负荷运行时，上午、下午各安排 8 人次受检者就诊。本项目严格按照预约就诊流程，受检者未叫号不得到达负二楼注射窗口。

应用正电子放射性药物在 PET/MR 开展显像诊断流程见图 2-1。

表二 项目建设情况

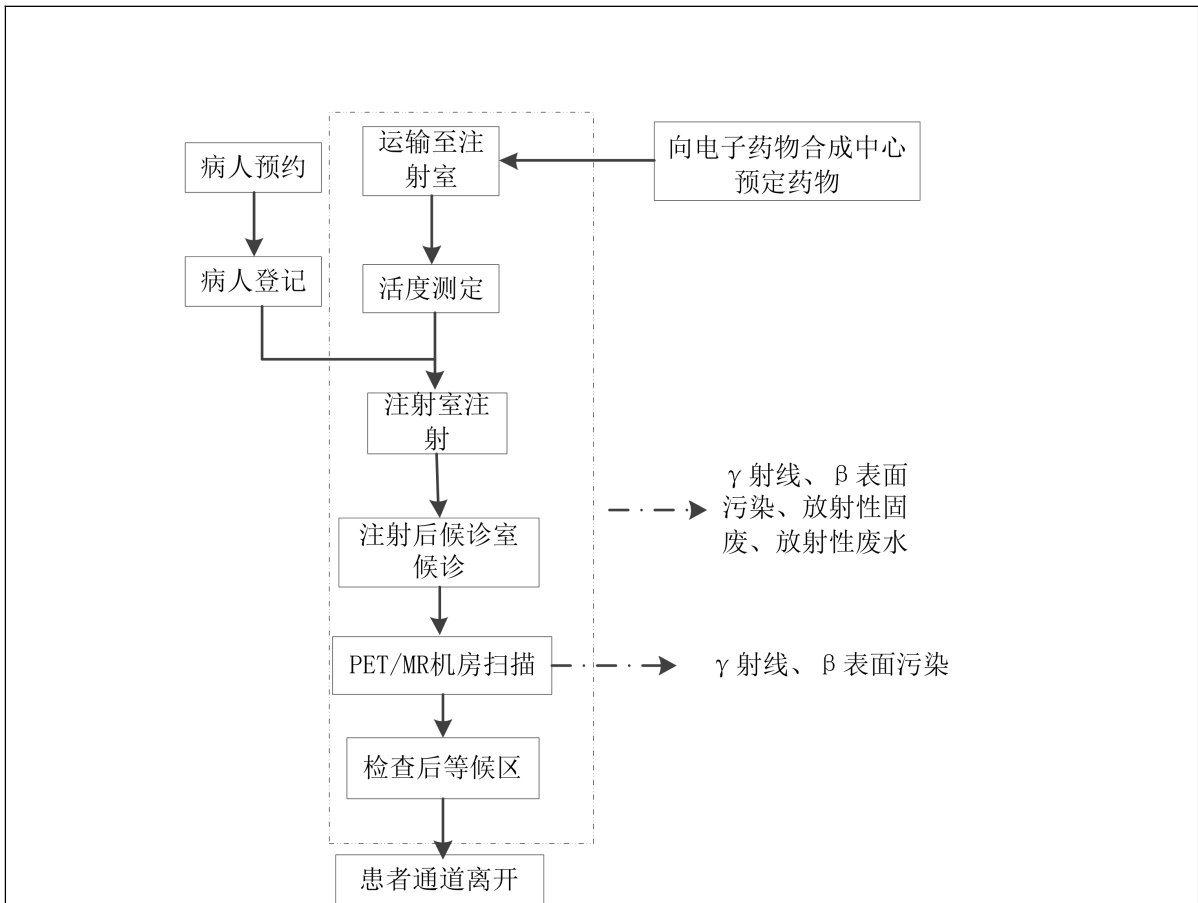


图2-1 应用正电子放射性药物在PET/MR下显像诊断流程图

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在核医学科负一楼进行预约，根据诊断单，向供货厂家预订放射性药物。

②受检者根据预约时间到达负一楼候诊大厅报到，等候通知到达本项目注射室。受检者完成血糖测试等准备工作，在负一楼现有候诊大厅等候，根据叫号系统到达负二楼走廊经受检者入口（单向门）依次到达本项目注射室窗口。

③护士在注射室接收正电子药物中心工作人员早上、中午送达的正电子药物成品针剂（每年最多运输 500 次，每次运输时间约 5min），受检者听语音叫号系统到达注射窗口，叫号尽量做到前一名患者从注射后候诊区离开至 PET/MR 机房，下一名患者至注射室复测活度。1 批次一般运输 8 人次药量，单次运输时间约 5min，每日最多运输 2 次。

④护士穿戴好个人防护用品，对收到的放射性药物进行活度复测（无需分装），活度测定时间平均约 5s/支，活度复测后，确认受检者身份，在注射窗口为患者注射药物，注射时间平均约 10s/每人，一次安排 1 人在注射窗口注射，每天最

表二 项目建设情况

多注射 16 人次。

⑤注射了放射性药物的受检者进入注射后候诊区等候约 10min~50min（对于注射了 ^{68}Ga 、 ^{18}F 受检者一般等候 20min~50min， ^{11}C 受检者一般等候 10min），待药物在体内代谢达到平衡后，排泄如厕后，听叫号系统进入 PET/MR 机房进行扫描，因扫描部位不同，扫描约 10~40min。技师需要协助每位受检者摆位，每次摆位时间按 1min 计。

⑥检查完成后，受检者在检查后等候区留观 5~10min，经主管医生确认图像质量满足要求后，患者通过专用出口离开。

（3）密封校准源

本项目 PET/MR 配置 5 枚 ^{68}Ge 放射源作为校准源，密封校准源 ^{68}Ge 主要用于 PET 的能量及图像校准， ^{68}Ge 校准源平常存放于校准源储源间保险箱铅罐内。当 PET/MR 图像空间位置不准确时，由专人从校准保险箱内取出，在 PET/MR 机房使用。工作人员将含密封校准源铅罐推至设备外挂放射源支架上，工作人员退出机房，设备进行校准。校准源使用过程中不产生放射性废物，图像配准及能量校准过程中释放出 γ 射线贯穿屏蔽层对操作人员产生影响甚微。

质控通常选择在没有受检者的时候进行，具体操作流程如下。

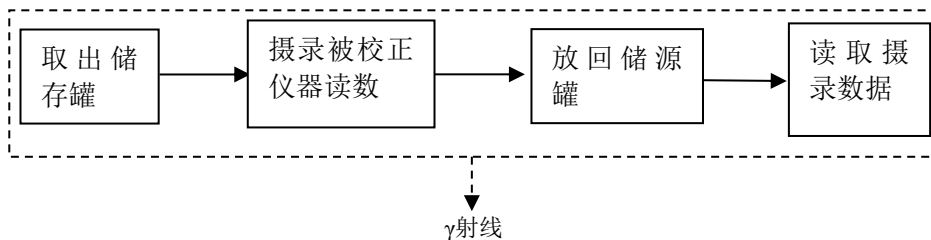


图 2-2 校准源使用流程图

校准源使用频次根据医院质控安排，其中活度为 $5.5 \times 10^7 \text{Bq}$ 的 ^{68}Ge 校准源需要每周使用配准，另外 4 枚校准源则是每季度使用 1 次。

2.8 主要污染源

（1）电离辐射

本项目应用 PET 显像诊断使用的正电子放射性核素为 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{11}C ，正电子本身是不稳定的，正电子放射性同位素衰变产生的正电子丧失动能后，与物质中的负电子结合，转化为一对运动方向相反、能量均为 0.511MeV 的 γ 光子，正电子与负

表二 项目建设情况

电子自身消失，这种现象称为湮没反应，所产生的 γ 光子也称湮没辐射。本项目使用正电子药物发生湮没辐射产生 0.511MeV 的 γ 射线进行显像诊断。 ^{18}F 半衰期为 109.8min， ^{68}Ga 半衰期为 68.3min， ^{11}C 半衰期为 20.39min。

本项目 PET/MR 使用的校准源为 ^{68}Ge 放射源， ^{68}Ge 半衰期为 270.8d，通过电子捕获发射能量为 0.106MeV 的 γ 射线。

(2) 放射性“三废”

①放射性废气

新建 PET/MR 影像诊断工作场所使用的含 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{11}C 正电子放射性药物均为在正电子药物合成中心分装好的成品针剂，在注射室内的注射操作简单，正常工作情况下均不会产生气溶胶和蒸汽，若由于操作失误，放射性物质泼洒在工作台面或地面，可能会有微量药物挥发进入空气中。

②放射性废水

放射性废水主要来自受检者注射了放射性药物后在专用卫生间如厕冲洗水；工作人员操作过程中手部可能受到微量 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{11}C 放射性药物污染，在缓冲间产生的洗手水；清洗控制区室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械带有微量 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{11}C 放射性药物的清洗水等。本项目 PET/MR 影像诊断工作场所采用独立的放射性废水收集、处理系统。

③放射性固废

本项目产生的固体放射性废物主要包括废棉签、注射器、手套、清洁污染用吸水纸等。本项目放射性废气处理系统采用活性炭吸附，活性炭定期更换产生废活性炭。本项目 PET/MR 显像诊断严格实行预约制，不产生未用完的放射性药物。

医院在注射窗内外、注射后候诊区、检查后等候区等放射性废物产生点设置铅防护污物桶收集放射性固废，每天下班由专人统一收集至放废暂存间铅防护污物桶内，放射性废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，废物包装体外表面的污染控制水平需满足 $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。清洁解控后的医疗废物打包后送至医院医疗废物暂存间暂存，最终交有医疗废物处理资质单位处置。

PET/MR 使用 ^{68}Ge 放射源用于校准，校准源使用一定时间需要更换，一般每 4

表二 项目建设情况

年更换一次。正常情况下更换的废旧放射源不在医院暂存，更换新源时由生产厂家将旧源带回回收，未及时带走的放射源在储源间内临时暂存，医院已与厂家签订废源回收协议。

2.9 劳动定员

医院核医学科现有放射工作人员 51 人，包括医师、技师、护士、物理师、化学师等，本项目工作场所由核医学科统一管理，放射工作人员均从医院现有技师、护士中调配，核医学科现有放射工作人员情况见附件 3。

根据医院提供的核医学科放射工作人员情况表可知，核医学科现有放射工作人员年剂量在 0.15~1.56mSv/a，满足医院对放射工作人员年剂量不超过 5mSv/a 的要求。核医学科放射工作人员为轮班制，调试运行阶段放射工作人员年剂量较小，为达到满负荷留有余量。

2.10 工作负荷

根据环评报告，本项目预计全年注射 ¹⁸F、⁶⁸Ga、¹¹C 放射性药物进行 PET/MR 显像诊断受检者约 3850 人次，日最多 16 人次。调试运行阶段，尚不能达到日接待 16 人次的工作负荷，每天约 2~3 人次。

¹⁸F 每人最大用量不超过 3.7×10⁸Bq（10mCi），⁶⁸Ga 每人最大用量不超过 1.85×10⁸Bq（5mCi），¹¹C 每人最大用量不超过 4.44×10⁸Bq（12mCi）。结合工艺流程，本项目工作场所放射性药物使用情况表及放射工作人员工作负荷见表 2-6，放射工作人员工作负荷统计见表 2-7。

表 2-6 新建 PET/MR 影像诊断工作场所放射性药物使用情况表

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
¹⁸ F	3.7×10 ⁸	10	3.7×10 ⁹	2500	9.25×10 ¹¹	恶性肿瘤、神经系统疾病、感染性疾病、心脏疾病等核医学显像诊断
⁶⁸ Ga	1.85×10 ⁸	5	9.25×10 ⁸	1250	2.31×10 ¹¹	
¹¹ C	4.44×10 ⁸	1	4.44×10 ⁸	100	4.44×10 ¹⁰	
合计		16	5.07×10 ⁹	3850	1.20×10 ¹²	

表二 项目建设情况

设备/人员名称	工作内容	人次/批次	单次所需最大时间	年有效工作时间
护士	活度测定	3850 人次/年	5s/支	5.35h/a
	注射	3850 人次/年	10s/人次	9.94h/a
PET/MR 技师	摆位	3850 人次/年	1min/人次	64.17h/a
	显像	3850 人次/年	40min/人次	2566.67h/a
正电子药物合成中心工程师	运输	500 批次	5min/次	41.67h/a

2.11 项目变动情况

根据调查可知，本项目建设性质、规模、地点、采用的设备及工艺、防治污染、辐射安全与防护等均与环评一致，根据《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）文件，本项目未发生重大变动。

表三 辐射安全与防护设施/措施

3.1 工作场所的布局和分区管理

3.1.1 工作场所的布局 and 人流、物流通道设置情况

(1) 工作场所布局

本项目工作场所根据 PET/MR 显像诊断流程布局，新建卫生通过缓冲间、注射室、注射后候诊区、PET/MR 机房、操作间、设备间、清洁间、卫生间（受检者专用）、检查后等候区（兼留观、抢救功能）、储源间、放射性废物暂存间（放废间）等。

(2) 人员、物流通道设置

①受检者路径规划：已预约的受检者从核医学楼患者入口到达本项目走道→根据叫号系统到达本项目注射室窗口→注射窗口静脉注射含 ^{18}F 或 ^{68}Ga 或 ^{11}C 的放射性药物→在注射后候诊区候诊，即喝水、排泄（在注射后候诊区旁专用卫生间如厕）等待药物代谢至靶器官→根据叫号系统进入 PET/MR 机房扫描→扫描后在检查后等候区（留观、抢救室功能）→患者专用出口通道单向防护门→经患者专用楼梯、电梯离开核医学楼。

②技师路线

技师在受检者到达本项目 PET/MR 影像诊断工作场所走道前在 PET/MR 操作间（利用对讲机、视频监控等手段在操作间内指导受检者进入机房）→辅助摆位→受检者离开后原路返回。

③操作放射性药物护士路径规划

受检者到达项目 PET/MR 影像诊断工作场所前护士进入缓冲间更衣→进入注射室测定药物活度、注射窗口注射→按原路径经卫生通过间、更衣进行表面污染监测达标后方可离开。

④放射性药物路径规划

根据诊断单向正电子药物中心预订放射性药物→早上、中午在受检者未到达本项目时段利用核医学患者通道使用药品铅转移箱→注射室。

⑤放射性废物运出路径规划

每日下班后，控制区内各污物防护桶内污物由专人收集至注射室旁的放废间→放射性废物暂存达到清洁解控水平作为医疗废物→经受检者通道→医院医疗废

表三 辐射安全与防护设施/措施

物暂存间暂存，最后交有资质单位处理。

根据上述调查，本项目按照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对核医学诊断功能设置的要求布设非密封源场所及其辅助功能用房，工作场所布局按照PET/MR诊断流程合理设计，设置专门的储源间、放废间，用于PET/MR校准用放射源、放射性固体废物的暂存，储源间、放废间位于PET/MR机房与注射室之间，放射性废物由注射室西侧的传递门转移至放废间暂存；放射性药物操作使用场所出入口处设置缓冲间，作为工作人员进出的卫生通过用，离开时在缓冲间进行清洗和污染检测；设置专门的PET/MR候诊和、检查后等候区（留观兼做抢救室），且设置专门场所（包含专用卫生间）用于限制给药后患者的活动空间；项目医技（护）人员、受检者、放射性药物及废物通道相对独立，医、患通道的控制区进出口处均设置门禁/单向门禁系统，控制无关人员进入辐射工作场所和给药后患者的随意流动，避免和减少给药后患者对其他人员的照射；项目人流物流的路线较清晰，本项目工作场所受检者为单向通道，结合对就诊患者的时间管控，可有效避免交叉污染，避免工作人员和公众受到不必要的照射。项目衰变池设置在本项目工作场所东侧衰变池检修间内，可就近收集、处理本项目产生放射性废水。项目放射性废气排放口位于核医学楼1F顶，与设备区利用围墙、门封闭，排放口周围无人长期停留。

因此，本项目工作场所的布局和人流、物流通道设置与环评阶段相比，无变动。PET/MR影像诊断工作场所平面布置及人流物流图见附图4。

（3）辐射工作场所分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第6.4款规定，本项目工作场所控制区、监督区划设见表3-1，本项目工作场所划设见图3-1。

表 3-1 本项目控制区、监督区划设

场所	控制区范围	监督区范围
负二楼新建PET/MR影像诊断场所	注射室、注射后候诊区、缓冲间（卫生通过间）、PET/MR机房、检查后等候区（留观兼做抢救室）、清洁间、储源间、放废间、衰变池检修间	PET/MR操作间、设备间、注射前候诊走道、送风机房、排烟机房、前室、控制区对应楼上范围

表三 辐射安全与防护设施/措施

表 3-2 本项目工作场所屏蔽防护方案

序号	本项目屏蔽防护设计情况			
	名称	环评阶段防护方案	验收阶段防护方案	变化情况
1	缓冲间	四周墙体：200mm混凝土 南墙防护门：3mmPb 铅防护门	四周墙体：200mm混凝土 南墙防护门：3mmPb 铅防护门	一致
2	注射室	四周墙体：200mm混凝土 东墙、南墙防护门：10mmPb 铅防护门	四周墙体：200mm混凝土 东墙、南墙防护门：10mmPb 铅 防护门 40mmPb的PET专用铅玻璃注射 窗口	一致
3	注射后 候诊区	内部设置5mmPb成品铅隔断， 高2m，设置3个座位。 四周墙体：300mm实心砖墙 +5mmPb防护铅板 南墙防护门：15mmPb铅防护门	内部设置5mmPb成品铅隔断，高 2m，设置3个座位。 四周墙体：300mm实心砖墙 +5mmPb防护铅板 南墙防护门：15mmPb 铅防护门	一致
4	专用卫 生间	四周墙体：200mm混凝土 西墙防护门：10mmPb铅防护门	北侧、东侧墙体：利旧 300mm 实心砖墙 南侧、西侧墙体：200mm混凝土 西墙防护门：10mmPb 铅防护门	屏蔽厚 度相 当，基 本一致
5	清洁间	四周墙体：200mm混凝土，普 通木门	东墙、：利旧 300mm 实心砖墙 西墙、南墙：200mm 实心砖墙 北墙：300mm 混凝土 普通木门	屏蔽厚 度相 当，基 本一致
6	PET/M R 机房	西墙体：240mm实心砖 东墙、南墙：240mm实心砖 +3mmPb防护铅板 北墙：370mm实心砖 东墙、南墙防护门：10mmPb铅 防护门 南墙观察窗：10mmPb	西墙：240mm实心砖 东墙、南墙：240mm实心砖 +3mmPb防护铅板 北墙：370mm实心砖 东墙、南墙防护门：10mmPb铅 防护门 南墙观察窗：10mmPb	一致
7	操作间	北墙（与PET/MR机房南墙共 用）：240mm实心砖+3mmPb 防护铅板 南墙：300mm混凝土 东、西墙：200mm实心砖墙操 作间与受检者通道之间防护 门：10mmPb铅防护门	北墙（与PET/MR机房南墙共 用）：240mm实心砖+3mmPb防 护铅板 南墙：300mm混凝土 东、西墙：200mm 实心砖墙操 作间与受检者通道之间防护门： 10mmPb 铅防护门	一致
8	储源 间、放 射性废 物暂存 间（放 废间）	北墙、东墙：200mm实心砖 南墙（与操作间共墙）、西墙 （与PET/MR共墙）：240mm 实心砖 东墙防护门：储源间为3mmPb 防盗防护门，放废间为普通 3mmPb防护门	北墙、东墙：200mm实心砖 南墙（与操作间共墙）、西墙 （与PET/MR共墙）：240mm实 心砖 东墙防护门：储源间（位于上 层）为3mmPb 防盗防护门，放 废间（位于下层）为3mmPb 防 护门	一致

表三 辐射安全与防护设施/措施

9	检查后等候区（含卫生间）	南墙（与PET/MR机房北墙共用）、东墙、北墙：370mm实心砖 西墙：300mm混凝土（原始墙体） 东墙防护门：10mmPb防护铅门	南墙（与PET/MR机房北墙共用）、东墙、北墙：370mm实心砖 西墙：300mm混凝土（原始墙体） 东墙防护门：10mmPb防护铅门	一致
10	受检者走道	宽约1.5~2.1m，入口防护门、出口防护门：10mmPb防护铅门	入口防护门、出口防护门：10mmPb防护铅门	一致
11	衰变池检修间	四周墙体（原有）：300mm实心砖 防护门：新建5mmPb防护铅门 现状衰变池顶板：300mm混凝土 拟安装一体化衰变池，池体为3mm厚不锈钢板，检修口（兼做采样口）盖板为2mmPb	四周墙体：利旧300mm实心砖 防护门：5mmPb防护铅门 安装一体化衰变池，池体为3mm厚不锈钢板，检修口（兼做采样口）盖板为2mmPb	一致
12	放射性废水排水管道	3根DN100铸铁排水管贴负二楼顶棚（距离地面约4.1m）排入衰变池检修间内一体化槽式衰变池。本项目所有排水管均包裹5mmPb铅皮。	所有排水管均包裹5mmPb铅皮	一致
13	排风管道	排风管（距离地面2.9m位置穿墙）穿控制区外侧包裹长20cm的2mmPb铅皮	穿控制区外侧包裹长20cm的2mmPb铅皮	一致

根据调查可知，本项目实际的屏蔽防护与环评阶段屏蔽防护基本一致，根据验收监测结果可知，工作场所屏蔽防护满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

表三 辐射安全与防护设施/措施

表 3-3 本项目配置设备及防护设施、用品清单

序号	名称	数量	型号	位置	备注
1	PET/MR	1台	GE Sigan	PET/MR 机房	3.0T, GE 公司
2	注射一体化防护装置 (注射窗)	1套	QC0606	注射室	40mmPb
3	活度计	1台	中科核安 HA4300-R	注射室	不含放射源
4	注射器防护套	4个	北京善为 P-Syringe	注射室	10mmPb
5	注射器转运盒	2个	北京善为 Syringe Carriers	注射室	15mmPb
6	放射性药物转移铅箱	1个	定制	注射室	10mmPb
7	铅防护废物桶 (万向轮)	3个	定制	注射室、注射后候 诊区、留观室等	20mmPb
8	医疗柜	2个	定制	注射室	二抽四门不锈钢药柜
9	储源铅罐	2个	北京善为	储源间内	50mmPb
10	保险箱	2个	虎牌	储源间内	20mmPb
11	铅屏风	1个	800×1800	注射后候诊区	8mmPb
12	防护铅衣(长) 防护铅衣(短) 防护铅围脖 防护铅眼镜 防护铅帽 防护铅手套	2套	/	卫生通过间	0.5mmPb
13	放射性污染防护服	1套	/	卫生通过间	/
14	铅衣架	1个	/	卫生通过间	304 不锈钢
15	表面污染监测仪	1台	Inspector Alert	卫生通过间	/
16	个人剂量报警仪	2台	RAD-60S	医务人员随身佩戴	剂量当量率量程 0.01μSv/h~100 mSv/h
17	放射紧急处理包	1套	/	注射室	
18	洗消液	若干	/	卫生通过间等	

根据表 3-3 可知, 本项目配置设备及防护设施、用品满足开展核医学 PET/MR 显像诊断的需要。防护设备具有一定的屏蔽能力, 根据验收监测结果可知, 工作场所注射窗、放射废物桶表面 30cm 处的周围剂量当量率也满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)。

3.3 辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况

本项目辐射安全与防护措施包括安全连锁、警示标志、辐射分区、信号指示、视频监控等安全与防护状况等。与环境影响报告表及其审批部门审批决定对

表三 辐射安全与防护设施/措施

比情况见表 3-4。通过现场查看及检验，本项目落实了环评报告及其批复中的安全防护措施，安全防护措施照片见附图 7。

表 3-4 安全防护措施落实情况表

序号	环评报告表及其批复中的安全防护措施	实际采取的安全防护措施	检验方式	检验结果
1	门灯连锁、信号指示灯	PET/MR 机房各防护门上方设置与防护门连锁，防护门关闭显示“射线有害，灯亮误入”	打开和关闭铅门，查看连锁情况	已达到门灯连锁效果
2	工作场所分区	将 PET/MR 诊断场所划分为控制区和监督区，在受检者入口设置分区标识牌，地面贴分区标识。	现场查看	达到分区管控效果
2	监视和通讯装置	控制区出入口等处安装监视装置，在 PET/MR 操作间观察到受检者在工作场所主要房间活动情况。操作间技师与 PET/MR 机房、注射后等候室、留观室均可与受检者交流，注射室注射台设置对讲，方便护士与受检者交流。	现场查看	已按要求设置并达到效果
3	门禁系统	受检者出、入口设置单向门禁系统，技师、护士入口、受检者出入口设置人脸识别门禁系统。	现场查看	受检者出入口达到单向同行，技师、护士工作区域无关人员不可进入，已按要求设置并达到效果
4	工作场所辐射探测报警装置	在操作间、受检者通道、受检者入口外、出口外设置工作场所剂量监测报警系统（固定式剂量率仪）。	现场查看，各探头下方实时显示工作场所剂量率，并设置报警阈值	已按照要求设置
5	工作场所标识	受检者通道地面设置导向提示，引导受检者在 PET/MR 诊断工作场所内就诊。 控制区各出入口防护门、注射室、储源间、放废间、PET/MR 机房门、衰变池检修间门外及铅防护污物桶上张贴电离辐射警告标志。 储源铅罐、注射器转运盒等防护设施表面张贴电离辐射标志。	现场查看	已按照要求张贴标识
6	放射源、放射性药物安全保卫措施	储源间采用双人双锁防护门，专人保管放射源，并设置监控。	现场查看	已按照要求设置

表三 辐射安全与防护设施/措施

7	清洁去污	设置缓冲间作为工作人员卫生通过间，各水出口置感应式开关。缓冲间、清洁间等处配置核素洗消液及配备应急去污用品，操作放射性药物的护士离开控制区前应清洗并进行表面污染监测。	现场查看	已按照要求设置
---	------	---	------	---------

3.4 放射性三废处理设施的建设和处理能力

3.4.1 监测设施及防护用品

建设单位按照环境影响报告表及其审批部门审批决定的要求为辐射工作人员配备了表面污染监测仪、个人剂量报警仪、固定式剂量率仪、个人剂量计等。监测设施基本情况见表 3-5。

表 3-5 本项目个人防护用品和检测仪表

序号	设备名称	数量	存放或使用位置	备注
1	防护铅衣（长、短）、防护铅围脖、防护铅眼镜、防护铅帽	2 套	卫生通过间（放射工作人员使用）	0.5mmPb
2	放射性污染防护服	1 套	卫生通过间（放射工作人员使用）	
3	表面污染监测仪	1 台	存放在卫生通过间，PET/MR 影像诊断工作场所使用	Inspector Alert
4	个人剂量报警仪	2 台	医务人员随身佩戴	RAD-60S
5	固定式剂量率仪	1 套	在操作间、受检者入口外、出口、受检者走廊，共 4 个探头，设置工作场所剂量监测报警系统。	
6	活度计	1 台	注射室	中科核安 HA4300-R
7	个人剂量计	若干	医护人员随身佩戴	现有
8	辐射巡测仪	1 台	操作间，PET/MR 影像诊断工作场所	现有

根据表 3-5 可知，医院在 PET/MR 诊断场所配置的防护用品和检测仪表满足开展 PET/MR 显像诊断的需要，也满足环评及批复要求。

3.4.2 放射性三废处理设施的建设和处理能力

(1) 放射性废水

收集系统：医院对本项目产生的放射性废水（注射了放射性药物受检者排泄、接触放射性药物医护人员洗手及控制区清洁用水）设置单独的收集系统，收集范围包括缓冲间（废液转移槽 2 收集）、检查后等候区卫生间（废液转移槽 1 收集）、注射后候诊区旁卫生间、清洁间（废液转移槽 3 收集）废水，经 3 根 DN100 铸铁排水管贴负二楼顶棚（距离地面约 4.1m）排入衰变池检修间内一体化

表三 辐射安全与防护设施/措施

槽式衰变池。一体化槽式衰变池安装在距离 1m 处新安装，采用 3mm 厚不锈钢，该衰变池检修间已按照重点防渗区建设。放射性废水排水管网图见附图 6。

处理系统：在本项目东南侧现有衰变池检修间内新建一体化槽式衰变池，衰变池包括 3 格衰变池，每格衰变池有效容积 6m³，其总有效容积 18m³；衰变池采用 3mm 厚不锈钢板；利旧衰变池检修间实心砖墙、混凝土顶棚，新建 5mmPb 铅门，张贴电离辐射警示标识；项目放射性废水管道采用耐腐蚀的铸铁管，并将衰变池检修口作为采样口，衰变池安装有 PLC 控制系统，可在护士站看到各衰变池内水量情况界面。

本项目产生少量放射性废水经衰变后排入医院现有污水处理设施处理后排入接入市政污水管网，最终接入鸡冠石污水处理厂。根据衰变池可视化系统可知，调试运行至今，一格衰变池尚未装满，至今未排放。

根据调查，衰变池位置、处理工艺、规模等均未发生变动。

(2) 放射性废气

本项目使用的 ¹⁸F、⁶⁸Ga、¹¹C 非气态放射性药物，非正常情况下放射性药物泼洒在工作台面或地面，可能会有微量药物挥发进入空气中。新建 PET/MR 影像诊断工作场采用机械送排风以保持良好的通风，设置 1 套放射性废气排风系统。各支管从检查后等候区、放废间、清洁间、注射后候诊区、缓冲间、衰变池检修间、注射室至主管道，从低活度区向高活度区收集至主管道，废气收集管各支管与主管间设置防倒灌装置并保持负压，确保高活性区的废气不能倒灌至低活性区。放射性废气主管位于专用排风井内，楼顶设置活性炭吸附装置，高于核医学楼屋面 2m 排放，活性炭定期更换。PET/MR 影像诊断工作场所排风图见附图 5。

根据现场调查，本项目工作场所内放射性废气处理系统运行良好。活性炭尚未更换。

(3) 放射性固废

本项目产生放射性废物为含 ¹⁸F 及少量 ⁶⁸Ga、¹¹C 的废物，¹⁸F、⁶⁸Ga、¹¹C 半衰期小于 24 小时，每天下班由专人统一收集至放废间内按类别（注射用医疗垃圾、受检者生活垃圾）和日期分别暂存。本项目分别在注射室、注射后候诊区、检查后等候区各配备 1 个 20mmPb 的铅防护污物桶，放废间设置一个 10mmPb 铅防护污物箱。本项目的放废间日常封闭，仅当废物进出才开门。

表三 辐射安全与防护设施/措施

放射性废物铅防护桶上张贴了电离辐射警示标志，每天下班由专人统一放至放射性废物间铅防护污物箱内暂存，专门护师填写放射性废物贮存登记卡，该登记卡记录放置时间。放射性废物暂存30天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，废物包装体外表面的污染控制水平需满足 $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。作为一般医疗废物转运医院医疗废物暂存间暂存，最终交有医疗废物处理资质单位处置。

3.4.3 非放射性三废处理设施的建设和处理能力

(1) 固废：本项目产生的非放射性固废主要为注射放射性药物前的医疗活动产生的医疗废物，为一般医疗废物，收集暂存于医院医疗废物暂存间，最终交有资质单位处置，对周围环境影响小。铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由医院收集妥善保存，交有资质单位处置，并做好相应记录。

(2) 废水：本项目未设置普通卫生间，不接触放射性药物的医务人员以及注射药物前患者可能会在核医学楼其他区域产生一定量的普通生活污水，这部分一般生活污水经院内普通排水管道直接排入医院污水处理站处理，对周围环境影响小。

(3) 废气：本项目衰变池位于负二楼现有衰变池检修间内，项目排水量较小，废水衰变过程中可能会产生少量的臭气，接入与新建 PET/MR 场所排风系统主管，经核医学楼西侧排风井引至核医学楼楼顶排放，排风口高于屋面 2m。

3.5 辐射安全管理情况

(1) 辐射安全管理机构

重庆大学附属肿瘤医院已成立放射防护管理委员会，委员会由医院感染控制与放射防护科、医务科、医学工程部、安全保卫科、肿瘤放射治疗中心、影像科、核医学科等部门主要负责人组成，主任委员由分管院长担任，副主任委员由使用及管理科室主任担任，同时明确了委员会职责及工作制度。具体见附件6。

感染控制与放射防护科2名专职人员，其中一名人员专职人员为硕士研究生学历，专职负责辐射安全与环境保护管理工作。人员能力满足《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

表三 辐射安全与防护设施/措施

医院核医学科已运营多年，院级放射防护管理层面制定有《放射防护科职责》《质量控制与放射防护管理制度》《台帐管理制度》《放射性设备维修、保养制度》、《放射事件应急处理预案》《台帐管理制度》《放射性设备维修、保养制度》《放射工作人员培训制度》《放射防护监测大纲》《档案管理制度》《放射诊疗设备和环境监测制度》《放射性废物处理制度》（包括废液、废气、固废）等制度。

本次核医学科针对PET/MR诊断场所，制定了《注射后候诊区检查须知》《检查后等候区须知》《核医学科放射性药物配置、质控、使用及管理制度》《PET/MR技术岗位职责》《PET中心护士工作职责》《PET/MR3.0T操作规程》《放射性药品库安全防范管理及操作流程》《核医学科放射事故预防及应急处理预案》等，并张贴上墙。

上述辐射安全管理制度基本健全，具有一定的可操作性，同时医院在日常放射防护安全管理工作中，严格执行各项放射防护安全规章制度，运行至今，从未发生辐射安全事故。PET/MR诊断场所已将部分制度张贴上墙。

(3) 其他

医院建立了辐射工作人员个人剂量档案及健康体检档案。将定期安排辐射工作人员进行职业健康体检、辐射防护与安全培训与复训。

建设单位按照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，对按照环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序对建设单位的辐射环境安全管理检查结果见表 3-6。

表三 辐射安全与防护设施/措施

表 3-6 辐射环境安全管理检查结果表

序号	类别	分类	项目	本项目是否具备
1	辐射安全防护设施与运行	场所设施	入口电离辐射警示标志	是
2			场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	是
3			通风柜（半开口处风速 1m/s 以上）	不涉及
4			易去污的工作台面和防污染覆盖材料	是
5			移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂的套	是
6			放射性下水系统或暂存设施	是
7			放射性下水系统标识	是
8			放射性同位素暂存库或设施	是
9			安保设施（贮存场所必须）	是
10			放射性固体废物暂存设施	是
11		监测设备	便携式辐射检测仪器仪表（表面污染、辐射水平等）	是
12			个人剂量计	是
13		防护器材	个人防护用品	是
14			去污用品和试剂	是
1	管理制度	综合	辐射安全管理	是
2		放射性物质	非密封放射性物质的管理规定（购买、凌勇、保管盘存和运输）	是
3			物料平衡管理规定	是
4		场所	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	是
5			操作规程（操作、贮存及包装等）	是
6			去污操作规程	是
7			保安管理规定	是
8		监测	监测方案	是
9			监测仪表使用与校验管理制度	是
10		人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	是
11			辐射工作人员个人剂量管理制度	是
12		应急	辐射事故/事件应急预案	是
13		三废	放射性“三废”管理规定	是

3.6 环保设施投资及“三同时”落实情况

本项目验收阶段实际总投资 2578 万元，其中环保投资为 90 元，与环评阶段基本一致，具体见表 3-7。

表三 辐射安全与防护设施/措施

表 3-7 项目环保设施及投资一览表

辐射安全与防护设施/措施名称	投资（万元）
防护铅门、铅玻璃、门禁等	50
注射窗、铅防护污物桶、注射防护套等	10
个人防护用品及监测仪器	
废气收集管网、废气处置	10
废水收集管网、衰变池等	
监测、环评、验收、办证等	10
合计	90

验收监测时项目已建成，通过现场检查，本项目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。

环境影响报告表及审批部门审批决定落实情况见表 3-8。

表 3-8 环境影响报告表及审批部门审批决定落实情况

序号	环境影响报告表审批部门审批决定情况	实际执行情况	是否满足要求
1	<p>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、0.1mSv 内。</p> <p>控制区外人员可达处、各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值应小于 2.5μSv/h；放射性药物注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，注射窗非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。</p> <p>工作台、设备、墙壁、地面：控制区：$\beta \leq 40\text{Bq/cm}^2$，监督区：$\beta \leq 4\text{Bq/cm}^2$；工作服、手套、工作鞋：控制区 / 监督区：$\beta \leq 0.4\text{Bq/cm}^2$；手、皮肤、内衣、工作袜：$\beta \leq 0.4\text{Bq/cm}^2$。</p>	<p>根据后文计算，本项目工作人员、公众受到的年有效剂量分别控制在 5mSv、0.1mSv 内。</p> <p>根据监测报告，控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子$\geq 1/2$），周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。控制区内工作人员较少停留或无需达到的场所（人员居留因子$< 1/2$），如注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率小于 10μSv/h。放射性药物注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，注射窗非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。项目工作场所周围剂量当量率满足环评、批复及 HJ1188-2021 复函的要求。</p> <p>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。</p>	是
2	<p>严格落实辐射安全管理制度。设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，健全辐射安全责任制，落实辐射安全相关人员岗位职责。建立完善操作规程、设备维护保养制度、人员培训计划、监测方案和放射性物品台账管理制度。</p>	<p>医院制定了一系列辐射安全管理制度，成立有放射防护管理委员会，并落实辐射安全相关人员岗位职责。制定操作规程、设备维护保养制度、人员培训计划、监测方案、放射性物品台账管理制度、辐射事故应急预案、放射性废物处理制度等。</p>	是

表三 辐射安全与防护设施/措施

	度等辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案并落实。		
4	<p>严格落实辐射防护与安全措施。辐射工作场所应严格分区管理，划定控制区、监督区，屏蔽防护应满足辐射防护安全要求，并符合最优化原则，且所有进出风口、穿墙管道等处应采取相应的防射线泄漏措施。按有关规定对放射诊疗进行管理，设置明显的电离辐射标志、中文警示说明和工作信号指示器；落实安全联锁、紧急停机按钮、辐射监测系统防止误操作、避免工作人员和公众受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，做好放射性物品的安全保卫工作。</p>	<p>项目严格按照非密封放射性物质工作场所分区原则，划定控制区、监督区，并分区管控。经监测，项目屏蔽防护满足要求。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。给药后患者设置了专门的注射后候诊室、检查后等候区及卫生间。项目排风管、排水管等关键节点均采用包裹铅皮的方式，受检者出入口等位置设置有电离辐射警告标志。PET/MR 机房防护门设置有明显的电离辐射标志、中文警示说明和工作信号指示器。工作场所设置了 4 个固定式剂量率仪探头，避免工作人员和公众受意外照射。</p>	是
5	<p>严格落实污染防治措施。按规定要求设置放射性废水收集管道和衰变池，并采取防渗漏处理，放射性废水需达到国家规定的排放标准后方能进入医院污水处理站，非放射性废水达标排放。按照有关标准要求设置通风装置并加强通风换气。固体废物按国家有关规定分类收集、处理，医疗废物交由有资质的单位处理，控制和减少放射性废物的产生量，使用期满后的放射源返回生产单位或者送贮有资质的单位。</p>	<p>放射性三废妥善处理，设置专用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独立通风系统；设置有放废间及铅防护污物桶收集放射性固废，放射性固体废物分类收集、处理，控制和减少放射性废物的产生量，每天下班由专人统一放至放射性废物间铅防护污物箱内暂存，专门护师填写放射性废物贮存登记卡，暂存 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，对废物清洁解控并作为医疗废物处理。医疗废物交由有资质的单位处理。与校准源供应单位签订了《废旧放射源处置暨回收协议》。</p>	是

由上表可知，建设单位落实了审批部门审批决定要求，满足竣工环境保护验收要求。

项目与环境影响报告表竣工验收要求一览表对比情况见表3-9。

表三 辐射安全与防护设施/措施

表 3-9 项目与环境影响报告表验收一览表对比情况

序号	验收内容	验收要求	完成情况
1	环保资料	项目建设的环评影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告	环评文件、环评批复、验收监测报告等齐全
2	环境管理制度	建立辐射环境管理机构。建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射应急预案等管理制度。相关制度相应位置上墙。	医院制定了一系列辐射安全管理制度，成立有放射防护管理委员会，并落实辐射安全相关人员岗位职责。制定有 PET/MR 操作规程、人员岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射应急预案等管理制度、放射性物品台账管理制度、辐射事故应急方案、放射性废物处理制度等。部分制度已张贴上墙。
3	辐射环境管理	配备核医学医师、技师、护士等，参加辐射安全与防护培训，并考核合格，按要求复训。	医院为本项目配备有核医学医师、技师、护士等，核医学科放射工作人员均参加辐射安全与防护培训，并考核合格。
4	辐射安全防护措施/设施	<p>①设置电离辐射警告标志，按要求划设控制区和监督区，设置患者或受检者、医务人员行走箭头标识，规定各类人员的活动路径。</p> <p>②控制区内各用房室内表面及装备结构要求满足 GB120-2020，注射室、注射后候诊区、PET/MR 机房、检查后等候区、衰变池检修间按 II 类场所，放废间按 III 类场所。控制区用房的墙体、防护门、观察窗、顶棚等的屏蔽防护满足要求。</p> <p>③设置缓冲间（含淋浴），工作人员离开时进行表面污染监测，储源间设置双人双锁及监控。工作场所设置对讲装置、视频监控、门禁装置等。配置注射窗、铅罐、注射器转运盒、防护套等防护设施。设置用药后病人专用卫生间，设置单独的清洁间，分区配置清洁设施、分区清洁；控制区内上水设置洗消设备（含洗消液），各水出口设置感应式或脚踏式开关。</p> <p>④工作场所的墙体、防护门、观察窗防护能力满足要求。PET/MR</p>	<p>①将 PET/MR 诊断场所划分为控制区和监督区，在受检者入口设置分区标识牌，地面贴分区标识。工作人员通道、受检者通道地面设置人流动线标识，引导受检者在 PET/MR 诊断工作场所内就诊。控制区各出入口防护门、注射室、储源间、放废间、PET/MR 机房门、衰变池检修间门外及铅防护污物桶上张贴电离辐射警告标志。</p> <p>②根据监测，控制区用房的墙体、防护门、观察窗、顶棚等的屏蔽防护满足要求。根据现场检查，控制区各用房室内表面及装备结构要求满足 GB120-2020，采用易去污的材料等。</p> <p>③设置卫生通过间（含淋浴），工作人员离开时进行表面污染监测，储源间设置双人双锁及监控。工作场所设置多个对讲装置、视频监控、门禁装置。配置注射窗、注射器</p>

表三 辐射安全与防护设施/措施

		<p>机房防护门上方设置工作状态指示灯，并进行门灯连锁，设置电离辐射警告标志。</p> <p>⑤受检者进出口、PET/MR操作间、注射室设置门禁系统。</p> <p>⑥将控制区用房的废气分区收集并引至核医学楼楼顶排放，楼顶设置活性炭吸附装置。</p> <p>⑦设置放射性废水处理设施，将项目工作场所放射性废水收集后进行处理，衰变 30 天后排入医院污水处理站处理，并在衰变池检修间门口设置电离辐射警告标志及禁止人员长期停留等警示语。</p> <p>⑧建立完善的 PET/MR 影像诊断工作制度、放射性药物、放射性废物、放射源管理台账，修订医院辐射环境监测方案。</p> <p>⑨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，工作场所配置表面污染监测仪、个人剂量报警仪等监测设备。</p> <p>⑩从控制区离开的人员和物品均进行表面污染监测，并形成监测记录。日常自行监测均形成监测档案</p>	<p>转运盒、防护套等防护设施。设置用药后病人专用卫生间，设置单独的清洁间，分区配置清洁设施、分区清洁；控制区内上水设置洗消设备（含洗消液），各水出口设置感应式或脚踏式开关。</p> <p>④PET/MR机房防护门上方设置工作状态指示灯，并进行门灯连锁，防护门关闭显示“射线有害，灯亮误入”，防护门张贴电离辐射警告标志。</p> <p>⑤受检者进出口、PET/MR操作间入口、卫生通过间入口均设置了门禁系统。</p> <p>⑥将控制区用房的废气分区收集并引至核医学楼楼顶排放，楼顶设置活性炭吸附装置。</p> <p>⑦在衰变池检修间内新建地面钢结构的一体化槽式衰变池，项目工作场所放射性废水收集至衰变池处理。衰变池有效容积满足将收集放射新废水衰变 30 天后排入医院污水处理站处理，并在衰变池检修间门口设置电离辐射警告标志。</p> <p>⑧PET/MR 影像诊断工作制度、放射性药物、放射性废物、放射源管理台账，已修订医院辐射环境监测方案。</p> <p>⑨配备满足开展 PET/MR 影像诊断工作的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，工作场所配置表面污染监测仪、个人剂量报警仪等监测设备。</p> <p>⑩在卫生通过间放置表面污染检测仪，从控制区离开的人员和物品均进行表面污染监测，并形成监测记录。日常自行监测均已形成监测档案。</p>				
4	电离辐射	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="472 1155 600 1286">剂量管理目标</td> <td data-bbox="600 1155 1299 1286"> 工作人员年有效剂量$\leq 5\text{mSv}$ 公众成员年有效剂量$\leq 0.1\text{mSv}$ 手部剂量当量$\leq 125\text{mSv}$ </td> </tr> <tr> <td data-bbox="472 1286 600 1337">周围剂量</td> <td data-bbox="600 1286 1299 1337">(1) 控制区外人员可达处、各控制区内房间防护门、观</td> </tr> </table>	剂量管理目标	工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ 公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$ 手部剂量当量 $\leq 125\text{mSv}$	周围剂量	(1) 控制区外人员可达处、各控制区内房间防护门、观	<p>根据监测报告及剂量估算结果，满足年剂量管理目标。</p> <p>根据监测报告及本次验收标准，控制区内工作人员经常性</p>
剂量管理目标	工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ 公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$ 手部剂量当量 $\leq 125\text{mSv}$						
周围剂量	(1) 控制区外人员可达处、各控制区内房间防护门、观						

表三 辐射安全与防护设施/措施

		当量率	<p>察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值应小于 2.5μSv/h。</p> <p>(2) 放射性药物注射窗等设备应设有屏蔽结构, 以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h, 注射窗非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。</p> <p>(4) 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施, 以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。</p>	<p>停留的场所 (人员居留因子$\geq 1/2$), 周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。控制区内工作人员较少停留或无需达到的场所 (人员居留因子$< 1/2$), 如注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、以及核医学科患者走廊等位置, 周围剂量当量率应小于 10μSv/h。项目工作场所周围剂量当量率满足环评、批复及 HJ1188-2021 复函的要求。</p> <p>放射性药物注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h, 注射窗非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。</p>
		表面污染	<p>(1) 工作台、设备、墙壁、地面 控制区: $\beta \leq 4 \times 10 \text{Bq/cm}^2$ 监督区: $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$</p> <p>(2) 工作服、手套、工作鞋 控制区/监督区: $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$</p> <p>(3) 手、皮肤、内衣、工作袜 $\beta \leq 4 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$</p>	<p>根据监测报告, 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。</p>
5	放射性废物	废水	<p>在衰变池检修间设置一体化槽式衰变池, 包含 3 格 6m^3 的衰变池, 总有效容积 18m^3。一体化槽式衰变池为不锈钢池体, 具有防渗、防腐作用。本项目产生的放射性废水收集到衰变池, 衰变 30 天后排入医院污水处理站再进一步处理。衰变池设检修口兼做检测采样口, 衰变池排放口: 总$\beta \leq 10 \text{Bq/L}$。</p>	<p>在衰变池检修间设置一体化槽式衰变池, 包含 3 格 6m^3 的衰变池, 总有效容积 18m^3。一体化槽式衰变池为不锈钢池体, 具有防渗、防腐作用。本项目产生的放射性废水收集到衰变池, 衰变 30 天后排入医院污水处理站再进一步处理。衰变池设检修口兼做检测采样口, 调试运行至今, 尚未排放。</p>
		废气	<p>项目用房控制区采用单独的排风系统, 放射性废气按照低活度区到高活度区收集工作场所控制区各用房的废气, 废气收集管内设置防倒灌装置并保持负压。废气收集后经活性炭吸附引至核医学楼楼顶排放。</p>	<p>本项目控制区采用单独的排风系统, 放射性废气按照低活度区到高活度区收集工作场所控制区各用房的废气, 废气收集管内设置防倒灌装置并保持负压。废气收集后经活性炭吸附引至核医学楼楼顶排放。</p>
		固废	<p>设置放废间, 放射性废物产生点设置铅防护废物桶, 下班后由工作人员统一收集至废物室按类别和日期分别暂存, 每袋废物质量$\leq 20 \text{kg}$, 表面剂量率$\leq 0.1 \text{mSv/h}$。暂存</p>	<p>设置放废间, 放射性废物产生点设置铅防护废物桶, 下班后由工作人员统一收集至放废间按类别和日期, 暂存 30 天, 经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平, 可对废物</p>

表三 辐射安全与防护设施/措施

			<p>时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平后可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，废物包装体外表面：$\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$。并形成废物转移台账。</p> <p>与厂家签订放射源回收协议，更换的校准放射源及时交原生产厂家回收处理。</p>	<p>清洁解控并作为医疗废物处理。</p> <p>已与厂家签订废旧放射源回收协议，更换的校准放射源及时交原生产厂家回收处理。</p>
6	非放射性废物	废水	依托相应医院废水处理站处理后方可排放。	非放射性废水依托医院废水处理站处理后排放。
		固废	医疗废物交有资质的单位处置。	医疗废物交有资质的单位处置。

由上表可知，建设单位落实了环境影响报告表竣工验收要求，满足验收要求。

表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

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 环境影响报告表主要结论

(1) 项目概况

重庆大学附属肿瘤医院拟在核医学楼负二楼西南侧空置区域建设核医学正电子发射性磁共振成像系统项目，本项目拟新购 1 台正电子发射型磁共振成像系统，利用外购含 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 的正电子放射性药物开展 PET/MR 显像诊断。本项目拟配套建设独立的辐射安全措施及污染治理设施，经核定，本项目属于新增丙级非密封源工作场所，日等效最大操作量为 $5.81 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年用量为 $1.20 \times 10^{12} \text{Bq}$ 。PET/MR 拟配套使用 1 枚活度为 $5.55 \times 10^7 \text{Bq}$ 、1 枚活度为 $3.5 \times 10^6 \text{Bq}$ 和 3 枚活度为 $7 \times 10^5 \text{Bq}$ 的 ^{68}Ge 校准源（均为 V 类放射源）。项目总建筑面积约 210m^2 ，项目总投资约 2577.7 万元（其中 2000 万元为设备投资，其余为基建投资），其中环保投资约 90 万元。

(2) 辐射防护与安全措施结论

①工作场所分区管理：拟将核医学科注射室、PET/MR 机房、储源间、放废间、注射后候诊区、检查后等候区（留观兼抢救室）、缓冲间、清洁间及衰变池检修间（衰变处理设施）等区域，以墙体、防护门及通道门禁等为界，划设为控制区；与控制区相邻的周围用房、邻近场所区域，包括 PET/MR 操作间、设备间、患者入口外走道、送风机房等，以及控制区对应楼上区域划设为监督区。控制区拟设置防护门门灯连锁、电离辐射警示标志及门禁等设施，限制无关人员随意进入，以便控制正常照射和防止污染扩散，以及防止（或限制）潜在照射；拟在监督区适当位置设立监督区标志及相关标识（如警示语地面贴条），防止无关人员受到不必要的照射，定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。

②核医学工作场所分类

根据 GBZ120-2020 核医学工作场所分类规定，经环评核定核医学 PET/MR 诊断区的注射室、PET/MR 机房、注射后候诊区及检查后等候区为 II 类核医学工作场所，项目放废间为 III 类核医学工作场所；其相应室内表面及装备结构的辐射防护拟严格按照 GBZ120-2020 等标准要求实施。

③屏蔽防护措施

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

项目核医学 PET/MR 非密封源场所控制区边界、各功能房间墙体主要拟采用混凝土(密度 2.35g/cm³)、实心砖(密度 1.65g/cm³)及防护材料进行辐射屏蔽防护,四周墙体为 20cm~30cm 厚混凝土或 20cm~37cm 厚实心砖+3-5mmPb 防护铅板;顶棚为 12cm 厚混凝土进行屏蔽防护;防护门、观察窗拟采用 3-15mmPb 防护设计,防护门、防护窗与墙体有足够的搭接,不影响屏蔽体的屏蔽效果。穿越 PET/MR 机房等防护墙的电缆管线等拟采用“U”型方式从底板穿越,通风、排气在项目各功能用房吊顶上方走线,拟采用直穿+补偿方式穿越,穿墙通风管离地高 2.9m,并拟在控制区边界管道穿墙处包裹 20cm 长 2mmPb 的铅皮进行屏蔽防护补偿,以不影响墙体的屏蔽防护效果;放射性废水排水管拟采取包裹 5mmPb 铅皮的屏蔽防护措施。核医学 PET/MR 配置注射一体化防护装置(注射窗)、注射器防护套、转运盒等,并拟配置防护厚度为 8mmPb 的铅屏风 4 个、20mmPb 的放射性废物桶若干,以及 20mmPb 的 PET/MR 校准源用储源铅罐 5 个等防护用品与设施设备 (4) 辐射防护与安全保卫措施

④辐射防护与安全保卫措施

项目非密封源场所人流、物流(包括废物)相对独立,拟设置多个门禁系统、标明分区划设,并设置受检者(患者)导向标识或导向提示等管控措施;PET/MR 机房防护门均拟设门灯连锁,新建 PET/MR 影像诊断场所控制区入口处、PET/MR 机房防护门外,以及注射室、储源间、放废间、衰变池检修间门外及放射性废物桶等设施表面拟张贴电离辐射警告标志,衰变池检修间门上拟设置禁止长期停留等警示语。

拟在控制区工作人员出入口缓冲间配备防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备,在控制区通道进出口适当位置拟安设固定式辐射报警系统;拟设置患者专用卫生间及控制区保洁专用的清洁间等辅助设施;PET/MR 机房拟设置观察窗与对讲装置,注射后候诊区与检查后等候区等给药后患者活动区域拟设置对讲、视频监控装置;注射室、储源间及放废间拟设置防盗门等安保设施。

⑤管理措施:依托核医学科现有工作制度,严格管控甲癌病房区患者出院时间不与本项目受检者离开时段交叉。建立 PET/MR 受检者管理制度等,规范管理诊断过程中人流、物流的辐射安全。进一步补充年度评估制度、PET/MR 操作规程、辐射环境监测制度等。

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

(3) 环境影响分析结论

①屏蔽防护

在现有设计条件下本项目控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足辐射防护的要求。通过核算，本项目放射工作人员和周围公众成员（包括衰变池维修人员）的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理目标的要求（放射工作人员 5mSv/a ，手部剂量 125mSv/a ，公众成员 0.1mSv/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。项目运行后，对周围环境保护目标的影响有限，能为环境所接受。

②放射性“三废”影响分析

放射性废水：新建 PET/MR 影像诊断工作场所缓冲间、卫生间（受检者专用）、清洁间、检查后等候区（留观、抢救）卫生间经三个废液转移槽接入衰变池检修间的一体化槽式衰变池。拟在本项目东南侧现有衰变池检修间内新建地面钢结构的一体化槽式衰变池，衰变池包括 3 格衰变池，每格衰变池有效容积 6m^3 ，其总有效容积 18m^3 ；衰变池拟采用 3mm 厚不锈钢板；衰变池检修间已建墙体为 30cm 厚实心砖、顶棚混凝土厚度为 12cm，拟新建 5mmPb 的屏蔽防护设施；项目放射性废水管道拟采用耐腐蚀的铸铁管，衰变池检修间已按照重点防渗区建设，能满足防渗的要求。新建 PET/MR 影像诊断工作场经衰变后排入医院现有污水处理设施处理后排入接入市政污水管网，最终接入鸡冠石污水处理厂。

放射性废气：核医学科新建 PET/MR 影像诊断工作场采用机械送排风以保持良好的通风，拟设置 1 套放射性废气排风系统。各支管从检查后等候区、储源间、放废间、缓冲间、注射后候诊区至注射室收集至主管道，从低活度区向高活度区收集至主管道，废气收集管各支管与主管间设置防倒灌装置并保持负压，确保高活性区的废气不能倒灌至低活性区。放射性废气主管位于专用排风井内，楼顶设置活性炭吸附装置，高于核医学楼屋面 2m 排放，活性炭定期更换，排放到大气环境中的放射性核素浓度极低，产生的微量放射性废气对周围环境保护目标的影响可接受。满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中的通风要求。

放射性固废：新建 PET/MR 影像诊断工作场所产生的放射性固体废弃物主要包括废棉签、注射器、手套、清洁污染用吸水纸等。医院拟在注射窗、注射后候诊

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

区、检查后等候区等废物产生点设置铅防护污物桶收集医疗放射性固废，每天下班由专人统一收集至放废间，按日期分别暂存。固体放射性废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，废物包装体外表面的污染控制水平需满足 $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。清洁解控后的医疗废物打包后送至医院东南侧医疗废物暂存间暂存，最终交有医疗废物处理资质单位处置。PET/MR 使用的 ^{68}Ge 校准源使用一定时间后，由于活度降低，需更换新的 ^{68}Ge 放射源。更换下来无使用价值废旧放射源交放射源生产厂家回收处理。

(4) 非放射性“三废”污染防治措施

本项目未设置普通卫生间，不接触放射性药物的医务人员以及注射药物前患者可能会产生一定量的普通生活污水，这部分一般生活污水经院内普通排水管道直接排入医院污水处理站处理，对周围环境影响小。项目运行产生的少量普通医疗废物交有资质单位处置。在使用一定年限后铅防护用品屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由医院收集妥善保存，交有资质单位处置，并做好相应记录。少量生活垃圾交环卫部门处理。本项目衰变池位于负二楼现有衰变池检修间内，项目排水量较小，废水衰变过程中可能会产生少量的臭气，拟设置导气管接入现状衰变池导气管，经核医学楼西侧排风井引至核医学楼楼顶排放。

(5) 辐射防护管理结论

建设单位已经成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定了各项辐射安全管理制度、辐射事故应急预案及核医学科管理制度。在按照本评价提出的要求进行修改完善并认真落实相应的管理措施，严格管理后，医院的辐射环境管理符合要求。

4.2 审批部门审批决定

重庆大学附属肿瘤医院报送的核医学正电子发射性磁共振成像系统项目（项目代码：2304-500106-04-05-646527）环境影响评价文件审批申请表及相关材料收悉。经研究，现审批如下：

一、根据《中华人民共和国环境影响评价法》等法律、法规的有关规定，我局原则同意重庆宏伟环保工程有限公司（统一社会信用代码：915001126912004062）编制的该项目环境影响报告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。

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

二、该项目选址于重庆市沙坪坝区汉渝路 181 号重庆大学附属肿瘤医院，拟在医院核医学楼负二楼西南侧空置区域新建 PET/MR 影像诊断工作场所，新购 1 台 PET/MR（配置 5 枚 V 类密封校准源 ^{68}Ge ），并外购含 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 等核素的正电子放射性药物开展显像诊断工作。放射性核素年用量为 $1.2 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量为 $5.81 \times 10^6\text{Bq}$ ，属于丙级非密封放射性物质工作场所。项目建筑面积约 210m^2 。项目总投资约 2577.7 万元，其中环保投资约 90 万元。

你单位应严格遵守国家有关法规标准要求，有效控制项目对环境的电离辐射影响，确保：

（一）附加给工作人员、公众的年有效剂量分别控制在 5mSv 、 0.1mSv 内。

（二）控制区外人员可达处、各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；放射性药物注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，注射窗非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

（三）工作台、设备、墙壁、地面：控制区： $\beta \leq 40\text{Bq/cm}^2$ ，监督区： $\beta \leq 4\text{Bq/cm}^2$ ；工作服、手套、工作鞋：控制区/监督区： $\beta \leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ ；手、皮肤、内衣、工作袜： $\beta \leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

四、在项目设计、建设和运行过程中，应认真落实环境影响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）严格落实辐射安全管理制度。设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，健全辐射安全责任制，落实辐射安全相关人员岗位职责。建立完善操作规程、设备维护保养制度、人员培训计划、监测方案和放射性物品台账管理制度等辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案并落实。

（二）严格落实辐射防护与安全措施。辐射工作场所应严格分区管理，划定控制区、监督区，屏蔽防护应满足辐射防护安全要求，并符合最优化原则，且所有进出风口、穿墙管道等处应采取相应的防射线泄漏措施。按有关规定对放射诊疗进行管理与控制，设置明显的电离辐射标志、中文警示说明和工作信号指示器；落实安全联锁、紧急停机按钮、辐射监测系统防止误操作、避免工作人员和公众受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，做

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

好放射性物品的安全保卫工作。

（三）严格落实污染防治措施。按规定要求设置放射性废水收集管道和衰变池，并采取防渗漏处理，放射性废水需达到国家规定的排放标准后方可进入医院污水处理站，非放射性废水达标排放。按照有关标准要求设置通风装置并加强通风换气。固体废物按国家有关规定分类收集、处理，医疗废物应交由有资质的单位处理，控制和减少放射性废物的产生量，使用期满后的放射源返回生产单位或者送贮有资质的单位。

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。若项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染措施发生重大变动的，应按规定重新报批项目环境影响评价文件。自批准之日起超过5年该项目方开工建设的，其环境影响评价文件应当报我局重新审核。项目投入运行前，应依据有关规定重新办理辐射安全许可证，不得无证运行或不按证运行。项目竣工后，应按照国家有关规定对配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告并依法向社会公开，公示期满5个工作日内，应登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报验收相关信息。

六、建设项目按规定接受市生态环境保护综合行政执法总队和沙坪坝区生态环境局的环保日常监管。按照属地负责的原则，沙坪坝区生态环境局作为建设项目事中事后监管的主要责任部门。你单位应在收到本批准书后20个工作日内，将批准后的环境影响报告表送沙坪坝区生态环境局。

表五 验收监测质量保证及质量控制

5.1 监测单位资质

本次验收监测单位为重庆泓天环境监测有限公司，该公司具有重庆市质量技术监督局颁发的在中华人民共和国境内有效的检验检测机构资质认定证书，保证了监测工作的合法性和有效性。

5.2 人员能力

本次参加验收监测人员全部具有出具数据的合法资格，监测数据实行了审核制度，最后由授权签字人签发。

5.3 验收监测过程中的质量保证和质量控制

验收监测过程中的质量保证和质量控制措施如下：

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性。
- (2) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。
- (3) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

5.4 建设单位质量保证和质量控制

建设单位严格按照环评及批复要求，采取了有效的辐射防护措施，确保验收的质量保证和质量控制。

表 6 验收监测内容

6.1 验收监测内容

重庆泓天环境监测有限公司于 2024 年 11 月 8 日对核医学正电子发射型磁共振成像系统项目进行了验收监测。监测报告号为渝泓环（监）[2024]884 号。监测当天，有 2 名受检者分时段注射、进行 PET/MR 检查。

6.2 监测项目

监测项目：周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）、 β 表面污染（ Bq/cm^2 ）

6.3 监测点位

（1）监测布点

本次验收监测对新建 PET/MR 影像诊断工作场所控制区主要用房周围、注射窗表面、铅防护废物桶表面、衰变池等周围剂量当量率进行了监测，对注射室、卫生间、卫生通过间、注射后等候区、检查后候诊区地面、墙壁、座椅、台面等可能污染的位置表面污染进行布点监测。共在新建 PET/MR 影像诊断工作场所布设 120 个周围剂量当量率点位，46 个 β 表面污染点位。因调试运行期间，3 个衰变槽均未装满，衰变池尚未排放废水，不进行放射性废水的监测。监测布点满足《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）监测布点合理性分析

本次监测点位布置符合环评及验收批复要求，在新建 PET/MR 影像诊断工作场所调试运行的情况下进行了监测，按照 PET/MR 诊断流程对控制区、监督区主要控制点及人流、物流路径控制区、监督区主要用房周围剂量当量率、 β 表面污染进行了监测布点。本次验收监测布点全面，满足环境保护竣工验收要求，布点合理。

6.4 监测仪器和监测分析方法

验收监测使用监测仪器见表 6-1 所示。监测方法为仪器法，具体见表 6-2。

表 6 验收监测内容

表 6-1 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
X-γ辐射剂量率仪	RGM1208	1212405003230	0.01μSv/h~999μSv/h	2024092305117	2025.09.26	18μSv/h: 1.00 60μSv/h: 0.99 96μSv/h: 0.94
α、β表面污染仪	RS2100	701501021006	1~1×10 ⁵ cps	2023H21-20-4941209001	2024.11.15	/

表 6-2 验收监测方法		
监测项目	监测方法	监测、评价依据
周围剂量当量率	仪器法	《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 《放射诊断放射防护要求》GBZ130-2020 《操作非密封源的辐射防护规定》GB11930-2010 《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 及《关于核医学科标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20号） 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》渝（辐）环准[2023]46号
β表面污染	仪器法	《核医学放射防护要求》GBZ 120-2020 《核医学辐射防护与安全要求》HJ1188-2021 《操作非密封源的辐射防护规定》GB11930-2010 《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 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》渝（辐）环准[2023]46号

表七 验收监测

7.1 验收监测期间生产工况记录

2024年11月8日上午9:00左右,对一位男性静脉注射 $5.6\text{mCi}^{18}\text{F-FDG}$,上午10:00左右对一位男性静脉注射 $6.0\text{mCi}^{18}\text{F-FDG}$,并于当日上午10:00、11:00左右进行PET/MR检查,当天上午共注射2名受检者,共使用 $^{18}\text{F-FDG}$ 放射性药物约 11.6mCi 的 $^{18}\text{F-FDG}$ 。跟随注射了 $6.0\text{mCi}^{18}\text{F-FDG}$ 的受检者诊断流程,对本项目进行了验收监测。

监测时段选择安排有2名受检者的上午,是调试运行阶段相对受检者较多的一天,监测时PET/MR设备及场所内各项辐射安全防护措施正常运行,监测结果校核能够反映PET/MR诊所场所屏蔽防护效果。

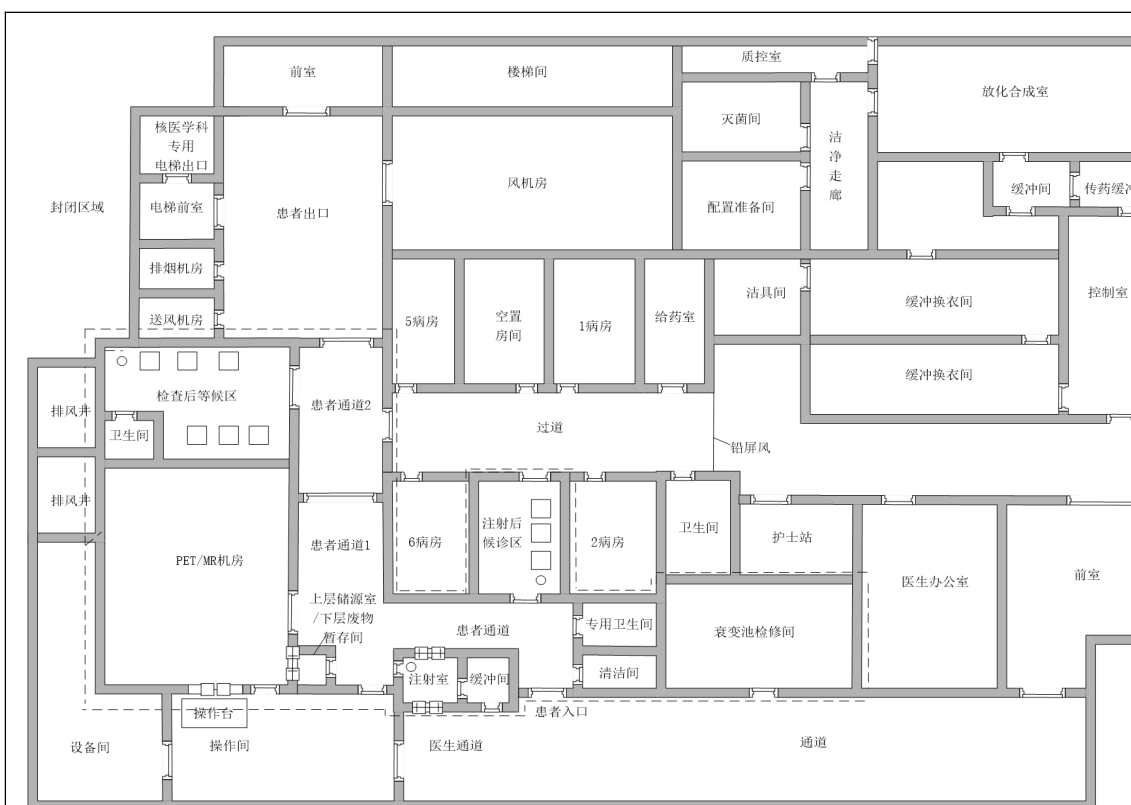
7.2 验收监测结果

7.2.1 监测结果

(1) PET/MR影像诊断工作场所监测结果

监测点示意图见图7-1,监测结果见表7-1、7-2。

表七 验收监测



备注：楼下无建筑，[] 内为控制区，楼下无建筑，因PET/MR设备不能停止运行，未对PET/MR机房内 β 表面污染进行监测。

图7-1 监测布点示意图

表七 验收监测

表7-1 周围剂量当量率监测结果						
点位编号	监测点描述		周围剂量当量率监测结果 (μSv/h)	满负荷校核因子	校核结果 (μSv/h)	执行标准 (μSv/h)
1	监测时运输 6.5mCi 的 ¹⁸ F 药物, 药物置于铅罐内	药物运输人员身体表面 30cm	<MDL	8	<0.08	/
2	注射室 (监测时病人正在注射 ¹⁸ F 药物)	医生通道侧传递窗左侧表面 30cm	0.08	1.7	0.14	2.5
3		医生通道侧传递窗下侧表面 30cm	0.20	1.7	0.34	2.5
4		医生通道侧传递窗右侧表面 30cm	0.12	1.7	0.20	2.5
5		医生通道侧传递窗上侧表面 30cm	0.07	1.7	0.12	2.5
6		医生通道侧传递窗中间表面 30cm	0.09	1.7	0.15	2.5
7		医生通道侧墙壁 30cm	<MDL	1.7	<0.02	2.5
8		缓冲间西侧防护门左门缝表面 30cm	0.01	1.7	0.02	10
9		缓冲间西侧防护门下门缝表面 30cm	0.02	1.7	0.03	10
10		缓冲间西侧防护门右门缝表面 30cm	0.03	1.7	0.05	10
11		缓冲间西侧防护门上门缝表面 30cm	0.02	1.7	0.03	10
12		缓冲间西侧防护门中间表面 30cm	0.01	1.7	0.02	10
13		缓冲间西侧墙壁 30cm	<MDL	1.7	<0.02	10
14		患者通道 1 侧注射窗口旁墙壁 30cm	0.11	1.7	0.19	10
15		患者通道 1 侧注射窗口表面 30cm	0.46	1.7	0.78	10
16		注射室西侧防护门左门缝表面 30cm	0.18	1.7	0.31	10
17		注射室西侧防护门下门缝表面 30cm	0.13	1.7	0.22	10
18		注射室西侧防护门右门缝表面 30cm	0.14	1.7	0.24	10
19		注射室西侧防护门上门缝表面 30cm	0.15	1.7	0.26	10
20		注射室西侧防护门中间表面 30cm	0.14	1.7	0.24	10
21		储源室东侧墙壁 30cm	0.86	1.7	1.46	10
22		楼上空调机房距地面 30cm	0.01	1.7	0.02	2.5
23		注射时医生左手孔处	50.54	1.7	85.92	/
24		注射时医生右手孔处	99.57	1.7	169.27	/
25		注射时观察窗表面 30cm	0.72	1.7	1.22	2.5

表七 验收监测

26		注射时医生操作位	0.67	1.7	1.14	/
27	注射后候诊区 (1位注射了 6.0mCi 患者在此 房间等候)	患者通道侧防护门左 门缝表面 30cm	1.17	3	3.51	10
28		患者通道侧防护门下 门缝表面 30cm	1.30	3	3.90	10
29		患者通道侧防护门右 门缝表面 30cm	0.76	3	2.28	10
30		患者通道侧防护门上 门缝表面 30cm	0.81	3	2.43	10
31		患者通道侧防护门中 间表面 30cm	0.88	3	2.64	10
32		患者通道侧墙壁 30cm	0.58	3	1.74	10
33		6号病房侧墙壁 30cm	1.48	3	4.44	10
34		2号病房侧墙壁 30cm	0.90	3	2.70	10
35		过道侧墙壁 30cm	0.34	3	1.02	10
36		病人表面 50cm	104.5	/	104.5	/
37		楼上走廊距地面 30cm	0.03	3	0.09	2.5
38	专用卫生间 (1 位注射了 6.0mCi 患者在 卫生间内)	防护门左门缝表面 30cm	4.01	1.7	6.82	10
39		防护门下门缝表面 30cm	4.30	1.7	7.31	10
40		防护门右门缝表面 30cm	4.52	1.7	7.68	10
41		防护门上门缝表面 30cm	4.30	1.7	7.31	10
42		防护门中间表面 30cm	3.81	1.7	6.48	10
43		患者通道侧墙表面 30cm	0.01	1.7	0.02	10
44		衰变池检修间侧墙表 面 30cm	2.77	1.7	4.71	10
45		2号病房侧墙壁 30cm	2.25	1.7	3.83	10
46		楼上控制室距地面 30cm	0.03	1.7	0.05	2.5
47	PET/MR 机房 (1位注射了 6.0mCi 患者达 到等候时间按 指导进入机房 检查)	操作间侧防护门左门 缝表面 30cm	0.02	1.7	0.03	2.5
48		操作间侧防护门下门 缝表面 30cm	<MDL	1.7	<0.02	2.5
49		操作间侧防护门右门 缝表面 30cm	<MDL	1.7	<0.02	2.5
50		操作间侧防护门上门 缝表面 30cm	0.07	1.7	0.12	2.5
51		操作间侧防护门中间 表面 30cm	0.01	1.7	0.02	2.5
52		铅窗左侧表面 30cm	0.01	1.7	0.02	2.5
53		铅窗下侧表面 30cm	0.02	1.7	0.03	2.5
54		铅窗右侧表面 30cm	0.02	1.7	0.03	2.5
55		铅窗上侧表面 30cm	0.01	1.7	0.02	2.5

表七 验收监测

56		铅窗中间表面 30cm	0.03	1.7	0.05	2.5
57		操作间侧墙表面 30cm	<MDL	1.7	<0.02	2.5
58		设备间侧墙表面 30cm	0.04	1.7	0.07	2.5
59		设备间侧墙表面 30cm	0.04	1.7	0.07	2.5
60		患者通道侧防护门左 门缝表面 30cm	0.60	1.7	1.02	2.5
61		患者通道侧防护门下 门缝表面 30cm	0.35	1.7	0.60	2.5
62		患者通道侧防护门右 门缝表面 30cm	0.12	1.7	0.20	2.5
63		患者通道侧防护门上 门缝表面 30cm	0.43	1.7	0.73	2.5
64		患者通道侧防护门中 间表面 30cm	0.52	1.7	0.88	2.5
65		患者通道墙表面 30cm	0.08	1.7	0.14	2.5
66		检查后等候区侧墙表 面 30cm	0.01	1.7	0.02	2.5
67		检查后等候区卫生间 侧墙表面 30cm	0.01	1.7	0.02	2.5
68		楼上过道距地面 30cm	0.04	1.7	0.07	2.5
69		楼上主任办公室距地 面 30cm	0.03	1.7	0.05	2.5
70	患者通道 1	患者入口侧防护门左 门缝表面 30cm	0.27	1.7	0.46	2.5
71		患者入口侧防护门下 门缝表面 30cm	0.52	1.7	0.88	2.5
72		患者入口侧防护门右 门缝表面 30cm	0.39	1.7	0.66	2.5
73		患者入口侧防护门上 门缝表面 30cm	0.37	1.7	0.63	2.5
74		患者入口侧防护门中 间表面 30cm	0.41	1.7	0.70	2.5
75		缓冲间侧墙壁 30cm	0.11	1.7	0.19	10
76		6号病房侧墙壁 30cm	0.11	1.7	0.19	10
77		楼上过道距地面 30cm	0.03	1.7	0.05	2.5
78	患者通道 2	过道侧防护门左门缝 表面 30cm	0.28	1.7	0.48	10
79		过道侧防护门下门缝 表面 30cm	0.25	1.7	0.43	10
80		过道侧防护门右门缝 表面 30cm	0.26	1.7	0.44	10
81		过道侧防护门上门缝 表面 30cm	0.27	1.7	0.46	10
82		过道侧防护门中间表 面 30cm	0.32	1.7	0.54	10
83		5号病房侧墙壁 30cm	0.12	1.7	0.20	10
84		患者出口侧防护门左 门缝表面 30cm	0.36	1.7	0.61	10

表七 验收监测

85		患者出口侧防护门下 门缝表面 30cm	0.41	1.7	0.60	10
86		患者出口侧防护门右 门缝表面 30cm	0.35	1.7	0.65	2.5
87		患者出口侧防护门上 门缝表面 30cm	0.38	1.7	0.68	2.5
88		患者出口侧防护门中 间表面 30cm	0.40	1.7	0.20	2.5
89		楼上过道距地面 30cm	0.12	1.7	0.61	2.5
90	检查后等候区 (1位注射了 6.0mCi 患者在 PET/MR 机房 检查后在此留 观)	检查后等候区侧防护 门左门缝表面 30cm	0.06	3	0.18	10
91		检查后等候区侧防护 门下门缝表面 30cm	0.25	3	0.75	10
92		检查后等候区侧防护 门右门缝表面 30cm	0.20	3	0.6	10
93		检查后等候区侧防护 门上门缝表面 30cm	0.18	3	0.54	10
94		检查后等候区侧防护 门中间表面 30cm	0.11	3	0.33	10
95		患者通道侧墙表面 30cm	0.01	3	0.03	10
96		患者出口侧墙表面 30cm	0.01	3	0.03	2.5
97		楼上过道距地面 30cm	0.01	3	0.03	2.5
98	储源室、废物 暂存间(校准 源及废物)	防护门左门缝表面 30cm	2.57	/	2.57	10
99		防护门下门缝表面 30cm	3.51	/	3.51	10
100	储源室、废物 暂存间	防护门右门缝表面 30cm	1.87	/	1.87	10
101		防护门上门缝表面 30cm	3.35	/	3.35	10
102		储源室防护门中间表 面 30cm	2.85	/	2.85	10
103		患者通道侧墙表面 30cm	0.66	/	0.66	10
104		操作间侧墙表面 30cm	0.04	/	0.04	2.5
105		废物暂存间表面 30cm	1.53	/	1.53	10
106	废物桶(内装 有当日废物)	注射室 ¹⁸ F 废物桶表 面 30cm	1.12	/	1.12	2.5
107		注射后候诊室 ¹⁸ F 废 物桶表面 30cm	0.04	/	0.04	2.5
108		检查后等候区 ¹⁸ F 废 物桶表面 30cm	0.03	/	0.03	2.5
109	衰变池检修间	防护门左门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
110		防护门下门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
111	衰变池检修间	防护门右门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
112		防护门上门缝表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
113		防护门中间表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5

表七 验收监测

114		通道侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	10
115		清洁间墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	10
116		专用卫生间侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	10
117		卫生间侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
118		护士站侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
119		医生办公室侧墙表面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
120		楼上 SPECT 机房距地面 30cm	<MDL	/	<MDL	2.5
121		衰变池检修间设备表面 30cm	0.60	/	0.60	/

备注：MDL 为最低探测水平，周围剂量当量率监测结果已扣除本底值。

表7-2 表面污染水平监测结果

β测量时间 (s)		10	测量面积 (cm ²)	100	发射率响应	0.44
序号	场所名称	测量位置	项目	表面污染结果 A _s (Bq/cm ²)		执行标准 (Bq/cm ²)
1	注射护士 手部及用品	医生手部表面	β+γ	L		0.4
2		医生工作服表面	β+γ	L		4
3		医生鞋子表面	β+γ	L		4
4	衰变池检 修间	地面	β+γ	0.07		40
5		墙壁	β+γ	L		40
6		设备表面	β+γ	L		40
7	医生走道	衰变池检修间外地面	β+γ	L		4
8		病人入口地面	β+γ	L		4
9	缓冲间	地面	β+γ	0.18		40
10		墙壁	β+γ	L		40
11		洗手池	β+γ	L		40
12	注射室	注射室地面	β+γ	0.68		40
13		注射室墙面	β+γ	L		40
14		注射窗口（医生侧）表面	β+γ	0.82		40
15		废物桶表面	β+γ	0.53		40
16		传递窗表面	β+γ	L		40
17		注射台（病人侧）表面	β+γ	L		40
18		注射窗旁凳子表面	β+γ	L		40
19	清洁间	地面	β+γ	0.12		40
20		墙壁	β+γ	0.12		40
21		拖把表面	β+γ	0.08		40
22	专用卫生 间	地面	β+γ	L		40
23		墙面	β+γ	0.18		40
24		洗手池	β+γ	0.30		40
25		马桶表面	β+γ	L		40
26	注射后候 诊区	地面	β+γ	L		40
27		墙壁	β+γ	L		40
28		座椅表面	β+γ	L		40

表七 验收监测

29		废物桶表面	$\beta+\gamma$	L	40
30	患者通道 1	地面	$\beta+\gamma$	L	40
31		墙面	$\beta+\gamma$	L	40
32	患者通道 2	地面	$\beta+\gamma$	L	40
33		墙面	$\beta+\gamma$	L	40
34	检查后等 候区	地面	$\beta+\gamma$	L	40
35		墙面	$\beta+\gamma$	L	40
36		座椅表面	$\beta+\gamma$	L	40
37		废物桶表面	$\beta+\gamma$	L	40
38		洗手间地面	$\beta+\gamma$	L	40
39		洗手间墙面	$\beta+\gamma$	L	40
40		洗手间洗手池表面	$\beta+\gamma$	0.18	40
41		洗手间马桶表面	$\beta+\gamma$	3.64	40
42	患者出口	地面	$\beta+\gamma$	L	4
43		墙面	$\beta+\gamma$	L	4
44		地面	$\beta+\gamma$	L	4
45	PET/MR 操作室	墙面	$\beta+\gamma$	L	4
46		操作台	$\beta+\gamma$	L	4

备注：L表示未检出（ $<0.06\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），表面污染结果已扣除本底值。

根据表 7-1 可知，注射窗表面 30cm 处、操作位周围剂量当量率为 $1.22\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中：注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的要求。放射性废物桶表面 30cm 处周围剂量当量率最大值为 $1.12\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，衰变池表面 30cm 处周围剂量当量率为 $0.60\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

控制区外人员可达处、控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子 $\geq 1/2$ ）、观察窗、墙壁、顶棚、地板外表面 30cm 处的周围剂量当量率最大为 $1.02\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，控制区内工作人员较少停留或无需达到的场所（人员居留因子 $< 1/2$ ）的周围剂量当量率最大为 $7.68\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及其复函的要求。

根据表 7-2 可知，医护人员手部表面、工作服表面、鞋子表面均未检出，监督区（医生走道、患者出口、PET/MR 操作室）地面、墙面表面均未检出，控制区地面、墙面、各设施表面的 β 表面污染最大为 $3.64\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的 β 表面污染水平限

表七 验收监测

值要求。

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：

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

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，项目放射工作人员年受照剂量估算结果见表 7-3。

表 7-3 本项目放射工作人员年剂量估算

位置	核素	涉及操作	瞬时剂量率 (μSv/h)		年操作 时间 (h)	年有效剂量 (mSv)	合计 (mSv)	
							全身	手部
护士	¹⁸ F	活度测定	全身	1.22	5.35	6.53E-03	0.02	2.48
			手部	162.27		8.68E-01		
		注射	全身	1.22	9.94	1.21E-02		
			手部	162.27		1.61E+00		
技师	¹⁸ F	摆位	全身	104.5	64.17	6.71E+00	6.83	/
		操作设备	全身	0.05	2566.67	1.28E-01		
运输	¹⁸ F	运输	全身	<0.08	41.67	3.33E-03	3.33E-03	/

从上表可知，满负荷工作时，摆位技师受到给药后受检者影响，年剂量较大，至少分 2 组进行操作，放射工作人员全身年有效剂量估算值方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。根据最近 4 个季度核医学科放射工作人员个人剂量计监测结果可知，核医学科放射工作人员有效剂量在 0.15~1.56mSv 之间，多组技师、护士分担工作，尽量使用语音指导、熟练操作、远距离指导等方式，估算本项目放射工作人员年有效剂量也将低于《电离

表七 验收监测

辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及影像中心制定的年有效剂量管理目标值。

(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 7-4。

表 7-4 公众成员年有效剂量估算

序号	场所	保护目标	方位	最近距离	屏蔽体外周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$	受照射时间			年有效剂量, mSv/a	
						考虑受照时间	时间 (h)	居留因子		
1	项目所核医学楼	受检者注射前走道	南	紧邻	0.88	每人每次停留 1min	$3850 \times 1 = 3850$	1/20	2.82E-03	
2		PET/MR 设备间	西南	紧邻	0.07	PET/MR 开机时间	2566.67	1/40	4.49E-03	
3		送风机房、排烟机房、电梯前室	北	紧邻	0.02	注射后候诊区停留时间 (每人每次 10min)	$3850 \times 10 = 38500$	1/20	6.42E-04	
4		楼梯前室、楼梯间	西	约 13m	0.02	每人每次停留 1min	$3850 \times 1 = 3850$	1/20	6.42E-05	
5		风机房	东北	约 2m	0.02	注射后候诊区停留时间 (每人每次 10min)	$3850 \times 10 = 38500$	1/40	1.25E-08	
6		甲癌病房区	东	紧邻	0.20	注射后候诊区停留时间 (每人每次 50min)	$16 \times 50 \times 5 / 60 = 66.7$	1/5	8.00E-06	
7		核医学科办公室外走廊	负一楼	楼上	0.12	注射后候诊区停留时间 (每人每次 50min)	$16 \times 50 \times 5 / 60 = 66.7$	1	1.20E-04	
8		核医学科负一楼患者离开通道			0.12	每人每次停留 1min	$3850 \times 1 / 60 = 64.2$	1/5	4.80E-06	
9		职工活动中心			0.12	检查后等候区等候 10min	$3850 \times 10 / 60 = 641.7$	1/5	4.80E-06	
10		核医学科诊断中心			出口旁	楼上	0.12	每人每次停留 1min	$3850 \times 1 / 60 = 64.2$	1
11		绿化休息区	出口旁	楼上	0.12	每人每次停留 1min	$3850 \times 1 / 60 = 64.2$	1/5	1.20E-04	
12		医院服务站	入口旁	楼上	0.12	每人每次停留 1min	$3850 \times 1 / 60 = 64.2$	1/5	4.80E-06	
13		项目所在	外科楼 (24F/-2F)	北	约 25m	0.12	PET/MR 诊断时间	2566.67	1	4.80E-06
14			门诊楼裙楼 (1F)	南	约 6m	0.12	PET/MR 诊断时间	2566.67	1	1.20E-04

表七 验收监测

	楼外	门诊行政楼主楼 (7F)		约 20m	0.12	PET/MR 诊断时间	2566.67	1	1.20E-04
15		综合楼 (3F)	西	约 13m	0.12	PET/MR 诊断时间	2566.67	1	1.20E-04
16		内科医技楼 (24F/-2F)	东	约 38m	0.12	PET/MR 诊断时间	2566.67	1	1.20E-04
<p>备注：居留因子参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值：办公室、药房等工作区域、等候室、儿童室内游戏区、护士站、控制室等取 1；检查、治疗室取 1/2；走廊、病房、员工休息室等取 1/5；走廊门 1/8；公厕、储藏室、室外休息区、病人留观区等取 1/20；过路行人或车辆、无人看管的停车场、楼梯等取 1/40。</p> <p>以上居留因子已保守取值，负一楼更远处无居留因子更大的功能用房，室外建筑居留因子均取 1。</p>									

根据估算结果可知，公众成员受到的附加有效剂量很小，能满足环评及批复的要求，同时也满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中年有效剂量约束值及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

表八 验收监测结论

8.1 验收监测结果

由验收监测结果可知，本项目 PET/MR 影像诊断工作场所各监测点位的监测值均满足环评及批复文件的标准要求，同时也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及其复函、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的要求。

8.2 职业照射和公众照射

根据估算，正常使用的情况下，本项目放射工作人员及周围公众成员受到的年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 0.1mSv/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

本项目在衰变池检修间内新建一体化槽式衰变池，衰变池包括 3 格衰变池，每格衰变池有效容积 6m³，其总有效容积 18m³，衰变 30 天后排入医院污水处理站处理，并在衰变池检修间门口设置电离辐射警告标志。项目控制区用房的废气分区收集并引至核医学楼楼顶排放，楼顶设置活性炭吸附装置。设置 1 个放废间及多个铅防护废物桶，每天下班由专人统一放至放射性废物间铅防护废物箱内暂存，暂存 30 天经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，对废物清洁解控并作为医疗废物处理，医疗废物交由有资质的单位处理。

本项目将 PET/MR 诊断场所划分为控制区和监督区，在受检者入口设置分区标识牌，地面贴分区标识。PET/MR 机房防护门上方设置与防护门联锁，防护门关闭显示“射线有害，灯亮误入”；控制区出入口等处安装监视装置，在 PET/MR 操作间观察到受检者在工作场所主要房间活动情况。操作间技师与 PET/MR 机房、注射后等候室、留观室均可与受检者交流，注射室注射台设置对讲，方便护士与受检者交流。受检者出、入口设置单向门禁系统，技师、护士入口、受检者出入口设置人脸识别门禁系统。在操作间、受检者通道、受检者入口外、出口外设置工作场所剂量监测报警系统。受检者通道地面设置导向提示，引导受检者在 PET/MR 诊断工作场所内就诊。控制区各出入口防护门、注射室、储源间、放废间、PET/MR 机房门、衰变池检修间门外及铅防护废物桶上张贴电离辐射警告标志。储源铅罐、注射

表八 验收监测结论

器转运盒等防护设施表面张贴电离辐射标志。储源间采用防盗防护门，双人双锁保管放射源保险箱密码及防盗门钥匙，并设置监控。设置缓冲间作为工作人员卫生通过间，各水出口置感应式开关。缓冲间、清洁间等处配置核素洗消液及配备应急去污用品，操作放射性药物的护士离开控制区前应清洗并进行表面污染监测。

工作场所配备了防护铅衣、防护铅围脖、防护铅眼镜、防护铅帽等防护用品，表面污染监测仪、个人剂量报警仪等监测设备，配置注射窗、注射器转运盒、防护套等防护设施。

医院成立有专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定了各项辐射安全管理制度、辐射事故应急预案及操作规程、人员岗位职责、放射性废物处理制度、放射性物品台账管理制度等。

8.4 变更情况

本项目验收阶段源项（放射源、非密封放射性物质规模）与环评阶段一致。放射性药物来源由外购更改为核医学楼负二楼正电子药物合成中心自行制备提供。卫生间屏蔽防护方案略有调整，工作场所平面布局、辐射安全与防护措施/设施等均未发生变动，经过对比分析，项目不涉及重大变动。

8.6 综合结论

重庆大学附属肿瘤医院核医学正电子发射性磁共振成像系统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，项目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，重庆大学附属肿瘤医院核医学正电子发射性磁共振成像系统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 PET/MR 影像诊断工作场所和衰变池的管理，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。