

表 2-3 本项目废弃物排放情况

废弃物								
名称	状态	核素名称	排放口浓度	环评阶段规模		实际建设规模		备注
				暂存情况	最终去向	暂存情况	最终去向	
沾有放射性核素的注射器、手套、留置针、一次性手套、棉签、滤纸等	固体	^{18}F	β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$	存放于专用放射性废物铅桶及放射性废物暂存间	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， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由有资质单位进行统一收集、清运和处理	存放于专用放射性废物铅桶及放射性废物暂存间	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， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由有资质单位进行统一收集、清运和处理	与环评一致
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	^{18}F	总排放口总 β 不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$	暂存于衰变池内衰变	暂存于衰变池内衰变 30 天以上，直接解控排放至医院污水处理站	暂存于衰变池内衰变	暂存于衰变池内衰变 30 天以上，直接解控排放至医院污水处理站	与环评一致
含有液态放射性药物分装时挥发的微量气溶胶	气体	^{18}F	微量	不暂存	在通风橱中操作，经过滤器及活性炭装置过滤后排放	不暂存	在通风橱中操作，经过滤器及活性炭装置过滤后排放	与环评一致
臭氧和氮氧化物	气体	/	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下 50 分钟后可自动分解为氧气	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下 50 分钟后可自动分解为氧气	与环评一致
废活性炭	固体	^{18}F	/	暂存至放射性废物暂存间内	暂存时间超过 30 天，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理	暂存至放射性废物暂存间内	暂存时间超过 30 天，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理	与环评一致

综上所述，本项目废弃物排放与环评一致。

四、辐射安全与防护设施实际总投资落实情况

本项目辐射安全防护与环保设施及其投资落实情况见表 2-4。

表 2-4 本项目辐射安全防护与环保设施及其投资落实情况一览表

项目	设施（措施）	环评拟投资	落实情况		辐射安全防护与环保设施落实情况
		拟投资金额（万元）	落实数量	实际投资金额（万元）	
场所设施	四周墙体+顶部及底部屏蔽	200	/	105.96	已落实
	病人专用卫生间		注射后等候室及留观室各 1 间		已落实
	放射性废物暂存间		1 间		已落实
	铅防护门		若干		已落实
	观察窗		1 扇		已落实
	通风橱		1 套		已落实
	注射窗及注射防护套等		各 1 套		已落实
警示装置安全设施	视频监控与对讲系统	10	1 套	7.109	已落实
	出入口处当心电离辐射警告标志		若干		已落实
	工作状态显示灯		1 套		已落实
	进、出口单向门禁		1 套		已落实
放射性废物处理	放射性废水衰变池	20	1 套	38.44	已落实
	通排风系统（含活性炭吸附装置）		1 套		已落实
	铅废物桶、废物袋		若干		已落实
	放射性表面去污用品和试剂		2 套		已落实
	防护手套、口罩等防护用品		2 套		已落实
个人防护用品	铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖	2	2 套	16.62	已落实

监测设备	个人剂量计	5	每人一套（其中从事核医学放射药物分装与注射的工作人员采用双剂量计监测方法）	4.99	已落实
	个人剂量报警仪		4 台		已落实
	便携式辐射巡测仪		1 台		已落实
	固定式剂量报警、视频监控、红外报警		各 1 套（源库）		已落实
	表面污染水平检测仪		患者出口及医护人员出入口分别设置 1 套		已落实
其他环保投资（人员培训、应急物资等）		10	/	1.6	已落实
合计		247	/	193.3	/

本次验收实际环保投资 193.3 万元，略低于环保拟投资金额。医院已预留其他环保投资，其中包括辐射工作人员培训、个人剂量监测及职业健康体检费用等，满足相关辐射防护安全要求。由上述内容可知，本项目辐射安全与防护措施落实情况均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等相关要求。

源项情况

（一）电离辐射

医院在核医学科 PET/CT 扫描间内新增使用 1 台 PET/CT（最大管电压 140kV、最大管电流 667mA）用于核素显像诊断，属于Ⅲ类射线装置。

本次使用放射性同位素 ^{18}F （年最大使用量 $6.94 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，日最大操作量 $2.78 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $7.77 \times 10^6\text{Bq}$ ）用于开展核素显像诊断项目。

PET/CT 扫描时产生的 X 射线、放射性药物在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线，以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

（二） β 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素 ^{18}F 的药物操作中，可能会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

（三）放射性废气

本项目核素使用前均存放于密封容器内，药物均在带有通风装置的通风橱内进行分装，产生少量的放射性气溶胶。

（四）放射性废水

体内含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

（五）放射性固体废物

放射性同位素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签及滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物及更换下来的废活性炭等。污染途径为操作过程中及收集固废过程中和贮存衰变时对医务人员产生的外照射。

（六）非放射性三废

本项目辐射工作人员在工作中会产生生活污水、生活垃圾及办公垃圾，患者及家属候诊过程中产生少量的生活垃圾及污水。本项目废气为 CT 开机并曝光时，产生的少量臭氧和氮氧化物。本项目噪声主要为设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

三、其他

根据《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

工程设备与工艺分析

一、工作原理

核医学的体内诊断是将放射性核素及其标记物注射到人体内后，由于机体功能和代谢变化，因而可以通过放射性核素及其标记物在体内分布和代谢来反映人体内的病理或生理变化。放射性核素进入人体后，特定的放射性核素按照自身的规律发生衰变，在此过程中发射一定能量的 γ 射线，采用特殊的探测装置可以在人体外探测到体内放射性核素的分布，就能准确的观察到体内的病理或生理变化过程，为医学研究与临床诊断提供可靠信息。

PET 的成像技术是利用带正电子的放射性核素注入人体内产生的湮没辐射 γ 光子构成影像。正电子只能瞬态存在，很快与组织中的负电子结合湮没辐射产生两个能量相等、方向相反的 γ 光子。正电子放射性核素可构成人体各部位的任何影像，包括平面影像、动态影像、断层影像及全身影像。湮没辐射产生的 γ 光子互成 180° ，提供了很好的空间定位。正电子成像一般不需要机械准直器而采用电子准直，大大提高了探测灵敏度，改善了空间分辨率。正电子断层显像主要用于心血管疾病、脑及神经疾病和肿瘤的诊断，对肿瘤的良、恶性鉴别诊断、分期、化疗和放疗后疗效观察及判断肿瘤病灶转移与复发均有重要价值。近年来，为获得清晰的成像，又发展了与 X 射线 CT 融合的 PET/CT、PET/MR 等设备。常见的 PET/CT 外观图见图 2-4。



图 2-4 本项目 PET/CT 外观图

本项目 PET/CT 拟使用放射性同位素 ^{18}F 配合新增的 PET/CT 进行影像诊断。当

某种放射性核素或其标记物 ^{18}F 等通过注射等方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 PET 来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，PET 放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。放射性核素特性见表 2-5。

表 2-5 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变类型	主要 α 、 β 辐射能量 (keV)	主要 γ 、X 射线能量 (keV)	周围剂量率当量率常数 (裸源) ^① ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)
^{18}F	109.8min	β^+ , EC	0.63 (+)	0.511	0.143

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）。

二、工艺流程及产污环节

核医学科使用的放射性药物 ^{18}F 购自有资质供货商，其操作流程如下：医院根据患者预约情况，确定当天所使用的药物剂量，向专业供应商订购，供应商根据医院预约的时间和用量定时（患者就诊前）将药物送达核医学科的源库内，医院指定专人负责药物的接收和登记，并当天用完。

PET/CT 诊断具体工作流程如下：

- 1、接收患者，开具 PET 诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害；
- 2、医生根据病情确定使用核素的类别和剂量；
- 3、患者经缓冲间至注射室，医护人员在通风橱内根据患者用药情况将药物分装至带铅套的注射器内或者容器内，测定活度，经校对无误后，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为患者注射药物；
- 4、患者在注射后等候室内候诊，经叫号系统进入 PET/CT 扫描间，经医护人员摆位后，接受 PET/CT 的扫描（约 10~20 分钟）；
- 5、扫描完成后的患者至留观室内留观，若无其他情况，留观结束后经缓冲间患者专用通道离开。

PET/CT 系统诊断工艺流程及产污位置图如图 2-5 所示。

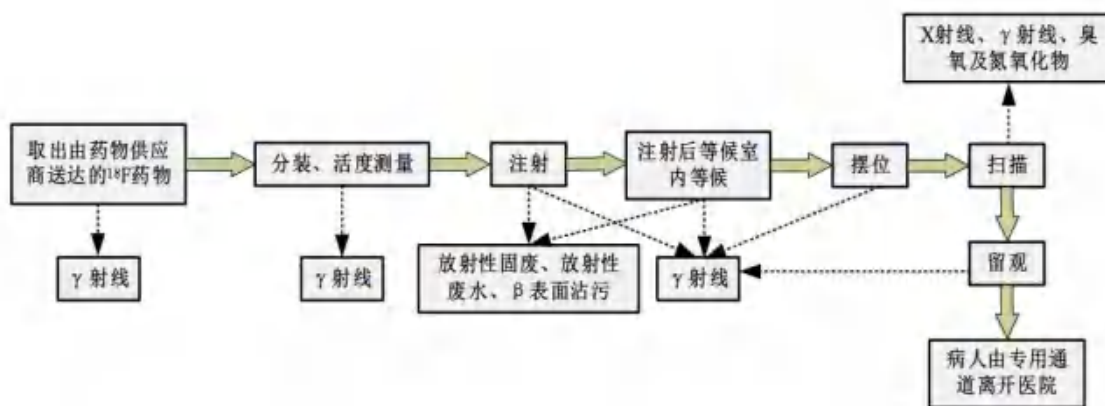


图 2-5 本项目 PET/CT 诊断流程及产污环节示意图

三、人流及物流路径

1、工作人员路径

注射工作人员由东侧医护入口通过卫生通过间进入放药分装室，在源库内取出所需注射的放射性药物至通风橱，在通风橱内完成分装等操作，再至注射窗口给患者施药后原路返回。该路径上卫生通过间内配置有表面污染监测设备，设置有感应式洗手池和淋浴设施，分装室内产生的固体废弃物暂存于废物桶内，随后转移至放射性废物暂存间内。

PET/CT 操作人员由东侧医护入口直接进入控制室，在控制室内完成患者的显像扫描工作。

2、患者路径

受检者按预约日期到达等候大厅，经护士叫号后经南侧卫生通过间单向门禁到达注射室，接受给药后进入注射后等候室候诊，按叫号顺序前往 PET/CT 扫描间内接受检查，检查结束后分别进入留观室内留观，留观结束后至出口卫生通过间经表面污染水平检测后离开。该路径上，患者入口和出口处均设置有卫生通过间，仅允许患者单向通行。该诊断区域内设有专用卫生间，患者在专用卫生间内如厕，不随意走动，诊断期间，各自根据叫号系统提示到相应的位置进行诊断检查。

3、药物路径

本项目所使用的放射性药物均由有资质单位供应，放射性药物会在患者就诊前送至核医学科，在医院工作人员对接后经源库东侧药物专用通道送至源库内暂存。

4、废物路径

本项目产生的放射性固废经统一收集后转移至放射性废物暂存间内暂存，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， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$

后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由有资质单位进行统一收集、清运和处理；本项目放射性废水排入衰变池进行暂存衰变。

本项目人流及物流路径规划如图 2-6 所示。

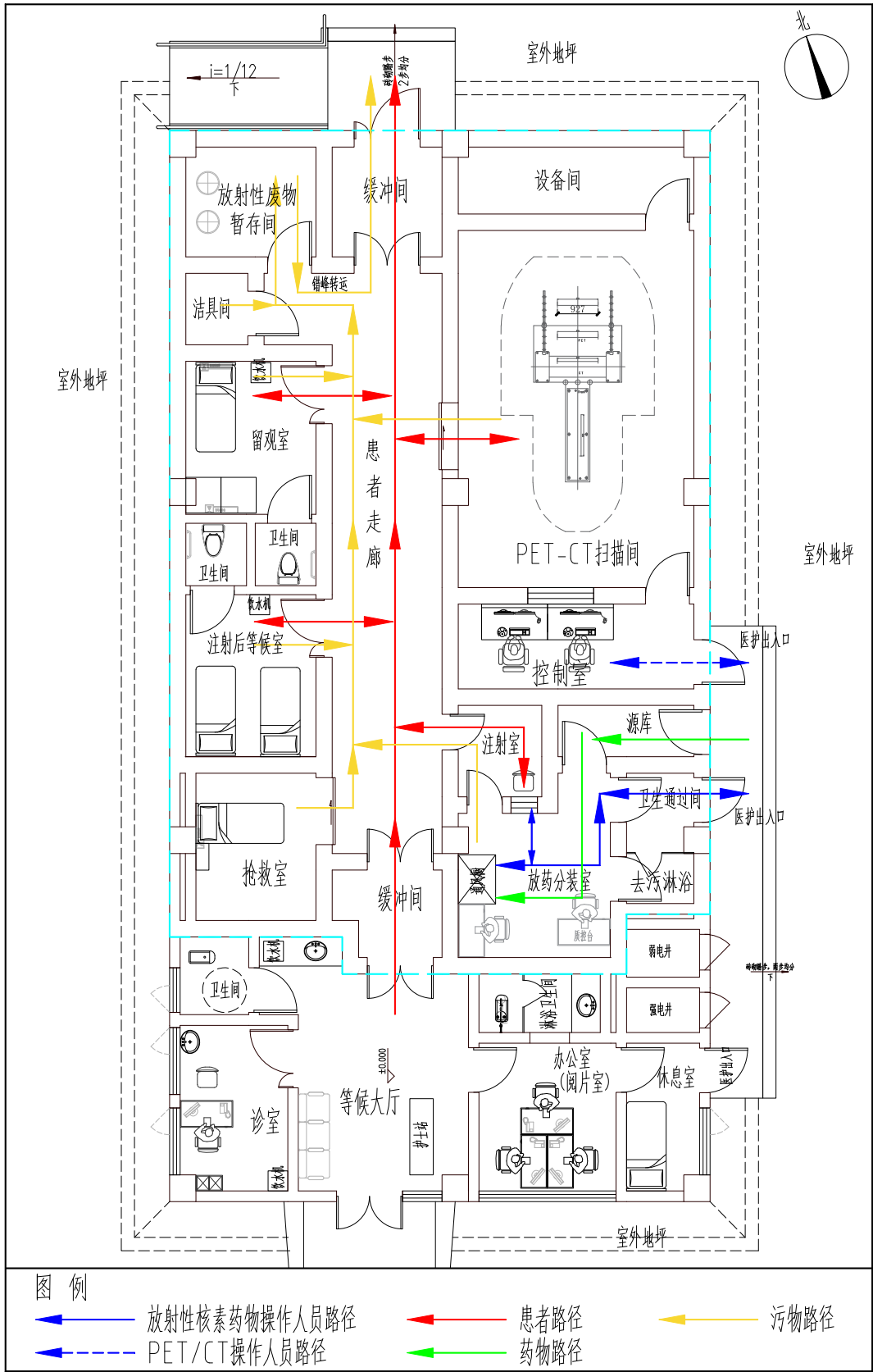


图 2-6 本项目人流路径示意图



图 2-7 本项目人流路径现场示意图

四、工作负荷及人员配置

医院根据实际工作量，已为本项目配备 6 名辐射工作人员，6 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训学习，并取得辐射安全与防护培训合格证书，合格证在有效期内。本项目辐射工作人员名单详见表 2-6。

表 2-6 本项目辐射工作人员名单

序号	姓名	性别	岗位	培训合格证书编号	工作场所
1	唐 钊	男	核医学医师	FS25BJ0300193	核医学科
2	卢爱琼	女	护士	FS21SC0200176	
3	梅 宇	男	核医学技师	FS25CQ0300172	
4	王海屹	男	核医学技师	ES24SC0200460	
5	杨 洋	男	核医学医师	FS23SC0102558	
6	邹 李	女	护士	FS25CQ030017	

本项目辐射工作人员均配备有个人剂量计，眉山市中医医院已对辐射工作人员开展个人职业健康体检及个人剂量监测，体检结果均为：“可继续原放射工作”，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案，详见附件 5。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。”

表三 辐射安全与防护设施/措施

辐射安全与防护设施/措施 一、辐射防护分区 （一）分区原则 为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范和管理工作的，项目应当按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。 控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。放射性工作区应与非放射性工作区隔开。 监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。 （二）“两区”划分 医院已将放药分装室、注射室、源库、抢救室、注射后等候室、留观室、PET/CT扫描间、设备间、放射性废物暂存间、洁具间及衰变池划为控制区，将控制室、去污淋浴间、卫生通过间及缓冲间划为辐射监督区。控制区和监督区内工作人员均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射。本项目核医学科辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目辐射工作场所辐射防护分区如图 3-1 所示。

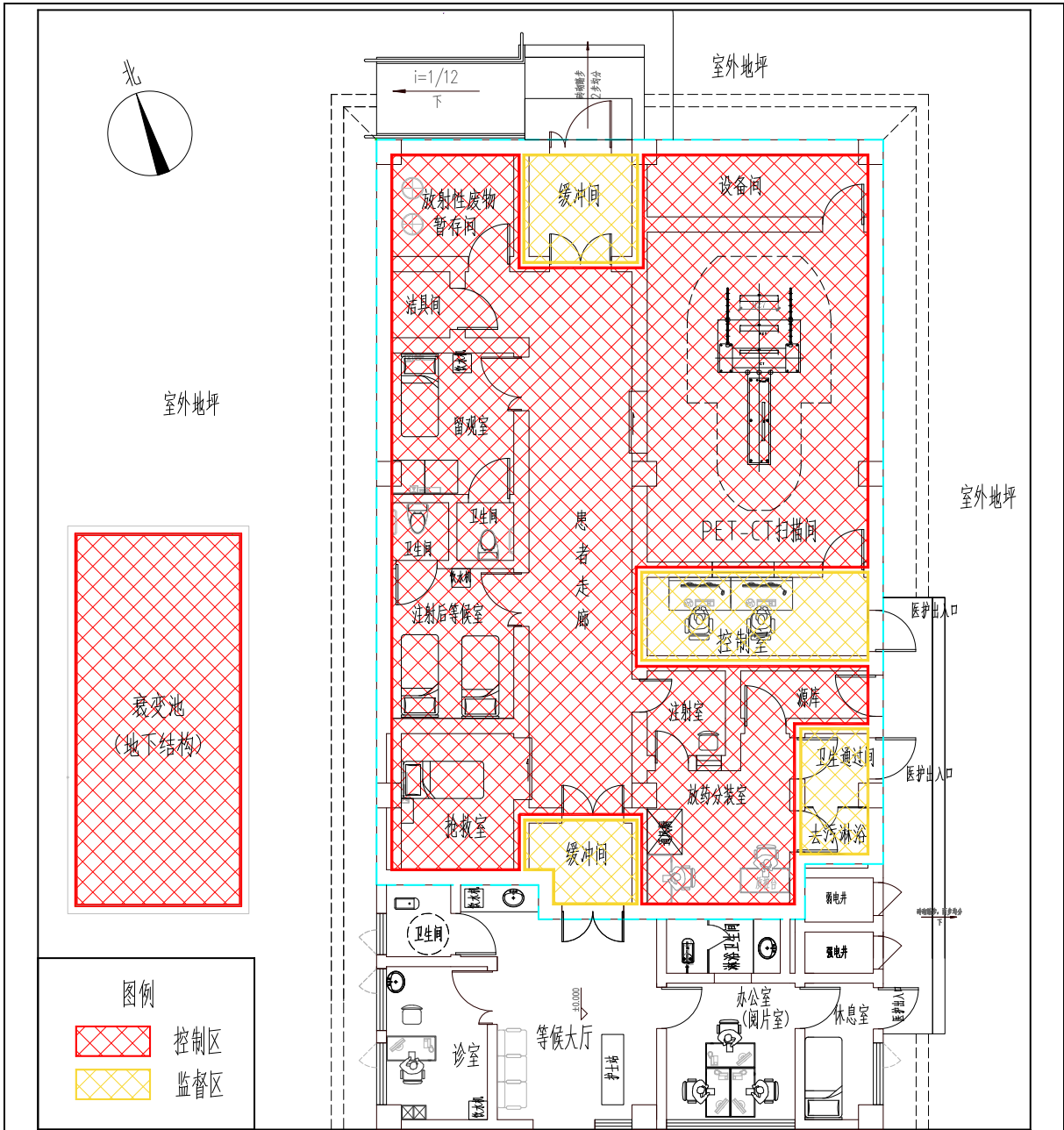


图 3-1 本项目核医学科辐射防护分区示意图

表 3-1 本项目核医学科辐射防护分区情况一览表

工作场所	环评分区设计		实际落实情况	备注
核医学科	控制区	放药分装室、注射室、源库、抢救室、注射后等候室、留观室、PET/CT 扫描间、设备间、放射性废物暂存间、洁具间及衰变池	放药分装室、注射室、源库、抢救室、注射后等候室、留观室、PET/CT 扫描间、设备间、放射性废物暂存间、洁具间及衰变池	与环评一致
	监督区	控制室、去污淋浴间、卫生通过间及缓冲间	控制室、去污淋浴间、卫生通过间及缓冲间	

本项目核医学科辐射防护分区的划分与环评一致。



图 3-2 本项目核医学科辐射防护分区图

二、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目核医学科屏蔽防护设计及落实情况详见表 3-2。

表 3-2 本项目屏蔽防护设计及落实情况一览表

名称		环评阶段参数	实际落实情况
		屏蔽设计参数（厚度及材质）	屏蔽施工参数（厚度及材质）
放药分装室	四面墙体	370mm 厚实心砖	370mm 厚实心砖
	顶棚	120mm 厚混凝土	120mm 厚混凝土
	防护门	10mmPb	10mmPb
	通风橱	60mmPb	60mmPb
源库	四面墙体	370mm 厚实心砖	370mm 厚实心砖
	顶棚	120mm 厚混凝土	120mm 厚混凝土
	防护门	3mmPb	3mmPb
注射室	四面墙体	370mm 厚实心砖	370mm 厚实心砖
	顶棚	120mm 厚混凝土	120mm 厚混凝土
	防护门	15mmPb	15mmPb
	注射窗	40mmPb	40mmPb
抢救室	四面墙体	370mm 厚实心砖	370mm 厚实心砖
	顶棚	120mm 厚混凝土	120mm 厚混凝土
	防护门	10mmPb	10mmPb
注射后等候室	四面墙体	北侧为 200mm 厚实心砖；其余侧为 370mm 厚实心砖	北侧为 200mm 厚实心砖；其余侧为 370mm 厚实心砖
	顶棚	120mm 厚混凝土	120mm 厚混凝土
	防护门	10mmPb	10mmPb
PET/CT 扫描间	四面墙体	370mm 厚实心砖	370mm 厚实心砖
	顶棚	220mm 厚混凝土	220mm 厚混凝土
	防护门	10mmPb	10mmPb
	观察窗	10mmPb	10mmPb
	铅屏风	5mmPb	5mmPb
留观室	四面墙体	南侧为 200mm 厚实心砖；其余侧为 370mm 厚实心砖	南侧为 200mm 厚实心砖；其余侧为 370mm 厚实心砖
	顶棚	120mm 厚混凝土	120mm 厚混凝土

	防护门	10mmPb	10mmPb
放射性废物 暂存间	四面墙体	370mm 厚实心砖	370mm 厚实心砖
	顶棚	120mm 厚混凝土	120mm 厚混凝土
	防护门	3mmPb	3mmPb
卫生通过间		入口防护门为 15mmPb	入口防护门为 15mmPb
		出口防护门为 15mmPb	出口防护门为 15mmPb

由表 3-2 可知，本项目核医学科实际建设技术参数与环评及其批复一致，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相关标准要求。

三、辐射安全与防护措施

1、警示标志和工作状态指示灯

本项目核医学诊断工作场所出入口处均粘贴有当心电离辐射警告标志，PET/CT 机房防护门上方设置有工作状态指示灯，出束时工作指示灯亮起，且灯箱上设置了“射线有害 灯亮勿入”的提示语，患者入口地面张贴警戒线，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规范的电离辐射警告标志的要求。本项目电离辐射警示标志和工作状态指示灯如图 3-3 所示。



(a) 控制区入口当心电离辐射警告标志



(b) 留观室当心电离辐射警告标志



(c) PET/CT 机房当心电离辐射警告标志及工作状态指示灯



(d) 通风橱出口当心电离辐射警告标志

图 3-3 本项目当心电离辐射警示标志及工作状态指示灯（部分区域）

2、门灯联锁装置

PET/CT 机房防护门设有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门有效联动，避免射线装置开机时防护门未关闭造成门外人员受照。患者出入口防护门设置有门灯联锁装置，防护门闭合时工作状态指示灯亮。现场检查门灯联锁装置运行正常。

3、视频监控系统及对讲系统

医院为了防止工作人员和公众误入造成不必要的照射，避免人身受到潜在照射损害，医院在注射操作室、留观室、PET/CT 机房、注射后休息室、患者通道均设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、工作场所进出/口情况，避免受检者注射药物后随意走动或无关人员进入放射工作场所；在 PET/CT 机房和控制室之间安装对讲装置及观察窗，便于工作人员通过对讲装置于机房内受检者联系，本项目监控装置如图 3-4 所示。



图 3-4 本项目监控装置（部分区域）

4、急停按钮

本项目 PET/CT 的操作台上、机房内及治疗床上均设有急停按钮，当出现紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备，经现场核查有效。急停装置见图 3-5。



图 3-5 本项目急停按钮现场照片

5、门禁系统

医院已做好控制区的监督管理工作，防止无关人员入内；加强对控制区内的监督管理。医院将本项目核医学科工作场所各出/入口等处的防护门设计为电磁锁门禁系统，仅供本项目放射工作人员使用，避免无关人员进入控制区。紧急开门装置见图 3-6。

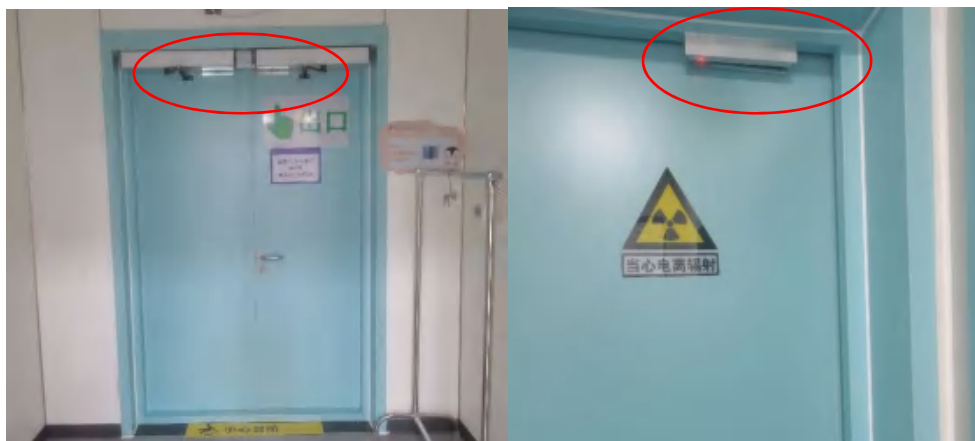


图 3-6 本项目门禁系统

6、监测仪器及个人防护用品

(1) 监测仪器

根据环评及其批复要求，并结合此次验收规模，医院已为本项目场所配置了 1 台辐射检测仪、6 台个人剂量报警仪和 1 台表面污染检测仪。监测仪器配置情况见表 3-4。实物图见图 3-7。

表 3-4 本项目工作场所配备的监测仪器清单

设备名称	设备型号	数量	使用场所
个人剂量报警仪	FJ2000	6 台	核医学科
X/γ 射线辐射巡检仪	Smart-G30	1 台	
α、β 表面污染检测仪	HT-AB50	1 台	



(a) 个人剂量报警仪



(b) 辐射巡检仪



(c) 表面污染监测仪

图 3-7 本项目防护监测仪器

(2) 个人防护用品

医院已配备有防护铅衣、铅帽、铅围脖等防护用品，辐射工作人员在进行注射和进行摆位时，穿戴铅衣和铅帽等防护用品；注射时，注射器外套有铅防护套，以减少放射性药物对工作人员的照射；医院已配备有通风橱用于放射性药品的存放；已配备铅废物桶用于放射性废物的存放；已配备注射器防护套、注射器防护提盒、手动分装装置及药物转运防护罐等。本项目配备的防护用品清单见表 3-5。

表 3-5 本项目配备的个人防护用品清单

防护用品	数量（套/个）	防护参数	用途	生产日期
通风橱	1	60mmPb	放射性药品存放	2025
注射窗口	1	40mmPb	医生用	2025
铅衣	6	0.5mmPb	医生用	2025
铅帽	6	0.5mmPb	医生用	2025
铅围脖	6	0.5mmPb	医生用	2025
铅眼镜	2	0.5mmPb	医生用	2025
铅屏风	1	10mmPb	医生用	2025
铅废物桶	4	10mmPb	医生用	2025
注射防护盒	4	10mmPb	医生用	2025



(a) 个人防护用品



(b) 个人防护用品



(c) 铅废物桶



(d) 通风橱

图 3-8 本项目个人防护用品（部分）

7、源库

本项目工作场所的源库设置双人双锁的保险柜，工作场所使用的放射性药物放置于铅罐内，采用双人双锁管理（源库防护门上设置了双人双锁），并安装有红外报警装置并与医院保安处联网，确保源库具备“防火、防盗、防泄漏”的安全措施。

四、放射性三废治理

1、放射性废水

本项目工作场所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至核医学科西侧室外地下本次新建的衰变池系统内，该衰变池系统设有 2 个化粪池（即污泥池，每个有效容积均为 10m^3 ）及 3 个衰变小池组成，3 个衰变小池尺寸均为：长 3.4m ×宽 2.0m ×高 2.35m ，有效容积均为 12m^3 ，总有效容积为 36m^3 。根据设计院提供的设计图可知：放射性废水先排至化粪池（即污泥池）再通过专用管道排至放射性废水衰变池，待放射性废水暂存至规定时间后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

本项目衰变池系统均位于地下，衰变池池壁为钢筋混凝土结构，其四周外侧为 300mm 混凝土，内部槽体中隔为 250mm 混凝土，底部为 500mm 混凝土，顶部为 300mm 混凝土，同时拟对池体进行防渗、防酸碱等处理，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性等要求，放射性废水在经衰变池的池体屏蔽后，对周围环境及公众产生的辐射影响较小。

本项目工作场所排水管道的材质为不锈钢材质，其表面光滑、坚固耐酸碱腐蚀、无渗透性，大部分下水管道位于建筑体内或预埋在地下土层内，对于少部分外露管道将采用 3mmPb 铅皮进行包覆，确保其外表面 30 cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，避免含放射性废水流动时造成管道穿行区域的辐射影响，尽量减小对公众的辐射影响。

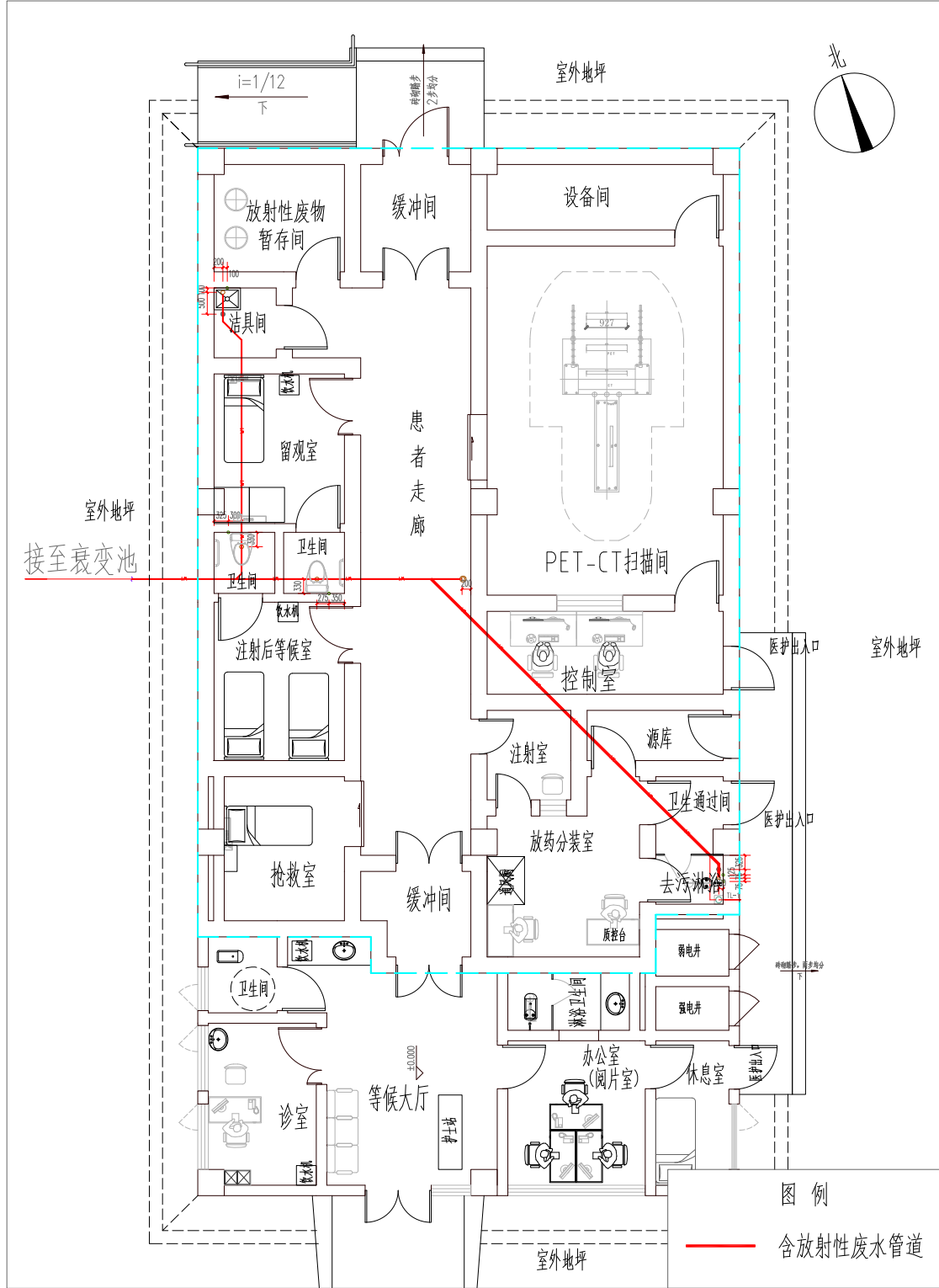




图 3-10 本项目核医学科衰变池

2、放射性固体废物

PET/CT 诊疗过程中，放射性药物的操作会产生少量受放射性污染的固体废物，如一次性注射器、一次性手套、绷带、敷料、滤纸等带有微量放射性同位素的医疗固体废弃物。医院在注射操作室设有 10mm 铅当量的放射性废物衰变桶，注射过程中产生的放射性固废放置于黄色垃圾袋内并暂存至放射性废物衰变桶内，当天注射产生的放射性固体废物下班后集中送至放射性废物间内暂存，经暂存衰变超过 30 天以上并达到清洁解控水平后，作为医疗废物统一处理。本项目放射性废物衰变桶如图 3-11 所示。

本项目产生的放射性废物还包括更换下的高效过滤器滤芯、活性炭，经贮存衰变超过 30 天后达到清洁解控水平后作为一般废物处理，或由厂家进行回收处理。



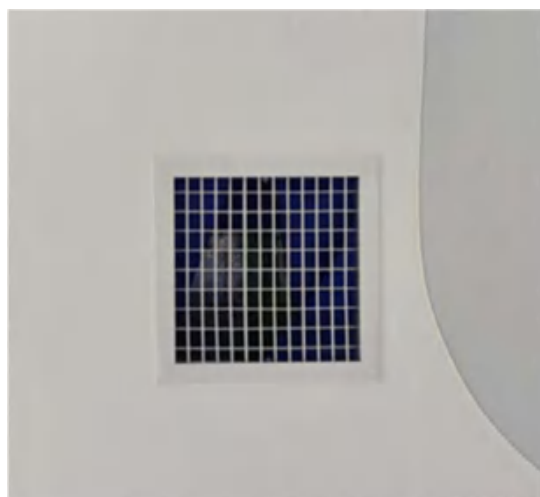
图 3-11 本项目铅废物桶

3、放射性废气

本项目核医学科排风管道分为 3 支，其中 1 支单独连接放药分装室内设置的通风橱，放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱由专业厂商提供，通风橱排风

口处风速不小于 0.5m/s；第 2 支管分别连接放药分装室、注射室、抢救室、注射后等候室（含卫生间）、留观室（含卫生间）、PET/CT 扫描间及其设备间等区域；第 3 支管分别连接源库及放射性废物暂存间区域，通排风管道布设如图 3-12 所示。

本项目工作场所排风管道不与其他排风管道相通，工作场所的气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，确保工作场所内的空气从低活度区域流向高活度区域。同时，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。



(a) PET/CT 机房排风



(b) 通风橱



(c) 注射后休息室排风



(d) 室外排风管道

图 3-12 本项目 PET/CT 工作场所内通风装置（部分区域）

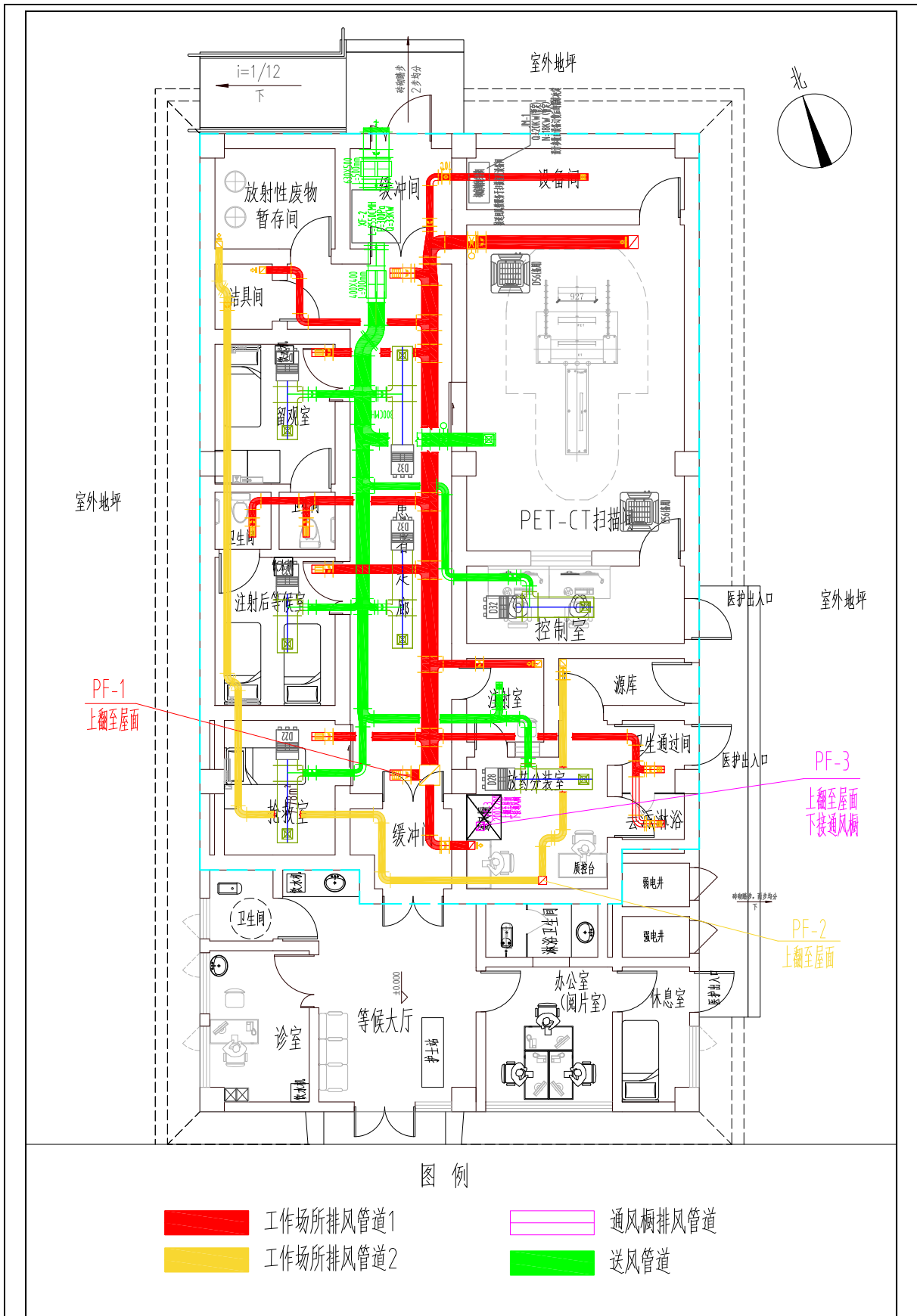


图 3-13 .PET/CT 工作场所通风管道示意

五、非放射性三废治理

1、废水

本项目工作人员工作中会产生少量的生活污水，候诊病人候诊过程中产生少量的生活污水，依托医院已有污水处理系统进行处理。

2、废气

本项目使用的 III 类射线装置在工作状态时，会使空气电离产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

3、噪声

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪设备，噪声较小，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，对周围环境影响较小。

4、固体废物

本项目运行后产生的非放固体废物主要是生活垃圾和医疗废物。生活垃圾依托医院生活垃圾收集系统集中暂存，由市政环卫部门统一收集、清运至区域生活垃圾处理厂处置；医疗废物统一收集转移至医院废物暂存间，委托有资质单位清运处理。

六、辐射安全管理制度

医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，针对所开展的核技术利用项目制定了相应的辐射安全与防护管理制度，清单如下：

- (1) 辐射安全管理制度
- (2) 核医学科医师职责
- (3) 核医学科突发事件应急预案
- (4) 辐射工作场所和环境辐射水平监测方案
- (5) 辐射防护基本知识
- (6) 放射工作人员职业健康管理制度
- (7) 关于调整辐射安全与环境保护委员会组成人员的通知
- (8) 质量保证大纲和质量控制计划
- (9) 放射源及放射性药品安全管理责任制度
- (10) 核医学科候诊患者突发病情变化的应急流程
- (11) 核医学检查流程图
- (12) 辐射工作人员培训制度

- (13) 核医学科 PET/CT 操作规程
- (14) 辐射工作人员岗位职责
- (15) 核医学科仪器维护维修制度
- (16) 核医学科放射性废物处理制度
- (17) 核医学科放射性核素（FDG）保管、订购、领取、使用制度
- (18) 受检者须知

以上辐射安全与防护管理制度能够满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。辐射安全规章管理机构及制度详见附件 6。

医院已将《辐射事故应急响应程序》悬挂于工作场所内，如图 3-14 所示。



图 3-14 本项目制度上墙

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 一、环境影响报告书（表）辐射安全与防护设施/措施要求 “（二）辐射安全装置 1、工作状态指示灯及门灯联动装置 本项目拟在 PET/CT 扫描间受检者防护门上设置工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。 2、急停按钮 本项目 PET/CT 控制台上、设备机身均拟设置急停按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动急停按钮即可令设备停止运行。 3、操作警示装置 PET/CT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。 4、视频监控、对讲装置及观察窗 本项目拟在核医学科范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况及工作场所进出/口情况；在放药分装室与注射室之间，控制室与 PET/CT 扫描间之间设置对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与患者联系；PET/CT 扫描间墙体上拟设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态防护门开闭情况。 5、门禁系统 本项目拟在核医学科出入口处设置专用单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。 6、源库红外报警系统 本项目工作场所的源库拟设置双人双锁的保险柜，工作场所使用的放射性药物放置于铅罐中由供应单位派专人直接送至源库内暂存，未用完的放射性药物放置在源库双人双锁的保险柜内，日常期间由值班人员巡视检查，源库内拟安装摄像头、红外报警系统。 （三）辐射安全措施 1、当心电离辐射警告标志

本项目拟于核医学科内控制区各房间防护门外设置明显的当心电离辐射警告标志，警示人员注意安全。

2、放射性药物的存放安全措施

本项目工作场所使用的放射性核素 ^{18}F 将向有相关资质的供应单位购买，由有资质单位负责运输。

医院根据临床诊断所需药物的使用量，提前向放射性核素供应单位订购，供应单位在约定的时间负责将放射性药物运送至工作场所内，建设单位安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续。建设单位将对部分自行对购买的放射性核素进行分装。建设单位严禁无关人员进入工作场所所在区域，严禁辐射操作人员违规操作放射性核素。医院将在放射性核素交接结束后，开展进行放射诊断工作。

整个药液瓶被放置在铅罐内，能够满足当天病人的用药需求。建设单位根据所需的使用量，向有相关资质的放射性核素供应单位订购，并在放射性核素送达当天全部使用完，该工作场所正常情况下不会有放射性核素存放过夜。特殊情况下，由于病人未来就诊等原因，造成放射性核素未在当天使用完，少量放射性核素需在源库存放过夜时，医院拟将未使用的少量放射性核素在源库中存放。源库拟设有视频监控系统和门禁系统，可以有效防止放射性核素的丢失隐患。

本项目放射药物外购时其自身带有屏蔽层，且转入医院前表面辐射剂量率水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019），货包表面任意一点的最高辐射水平为 $0.005\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ ，放射性药物在转入医院后直接转入源库内，随后工作人员在给病人用药前再转入放药分装室的通风橱内进行操作，对于备用药品及未使用完的放射性药物转入源库的双人双锁保险柜中。

本项目使用的放射性同位素均由有资质单位供应，并贮存于源库内的双人双锁保险柜中，本项目源库拟设置有红外监控摄像头、红外报警装置，防止放射性物品被盗或破坏。

源库的墙体应满足防护要求，积极采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全措施，建设单位拟采取以下措施：

（1）源库防护门拟设置为含铅防盗门，采用双人双锁管理模式，拟安装红外报警装置；入口处拟设置当心电离辐射警告标志；日常期间由值班人员巡视检查，出入口安装摄像头，并入医院监控系统；

(2) 源库拟采用专人进行管理，并定期进行辐射剂量的监测，无关人员禁止进入；

(3) 源库仅用于放射性药物的存放，不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品；

(4) 放射性药物的存储容器拟设置合适的屏蔽，放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分；

(5) 放射性药物拟进行进出登记，包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等，建立放射性同位素台帐制度；

(6) 医院拟建立完善的放射性核素贮存、领取、使用、归还登记和检查制度，做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整。

3、工作场所的气流组织

本项目射线装置运行过程中，X射线与空气作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，机房拟设置动力排风装置，并保持良好的通风。

本项目使用的¹⁸F核素在带有通风装置的通风橱内进行分装，会产生少量含放射核素的气溶胶。本项目工作场所拟设置有新风系统及排风系统，并保证了工作场所为负压工作场所，且通过压差控制气流方向。

4、表面污染控制措施

为保证非密封放射性物质工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定的标准，建设单位拟采取以下措施：

(1) 放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

(2) 操作放射性药物时，须在通风橱内进行，防止放射性物质撒漏；

(3) 放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品；

(4) 操作台、地面拟选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定的标准值。

5、人员防护及管理措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

（1）辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；放射技师采取隔室操作方式，通过控制室与机房之间的墙体、铅门和铅玻璃窗屏蔽 X 射线及 γ 射线等，以减弱或消除射线对人体的危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套和注射器防护提盒。

时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少工作时间，使照射时间最小化。在满足诊断要求的前提下，根据诊断要求和患者实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员的受照时间，也避免患者受到额外剂量的照射。

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

个人剂量监测：根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）“5.3 佩戴 5.3.2”中要求“对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计”和“5.3 佩戴 5.3.3”中“对于 5.3.2 所述工作的情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部”剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）”。本项目所有辐射工作人员都应开展个人剂量监测（其中从事核医学放射药物分装与注射的工作人员应采用双剂量计监测方法），并要求在上班期间必须佩戴，医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，定期安排其在有相应资质医院体检，检测结果存入个人剂量档案，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。

（2）辅助用工人员管理措施

医院应加强辐射工作场所内辅助用工人员（例如：清洁人员及废物转运人员）管控措施，有效控制其工作时间段，相关辅助工作应在当天诊断结束并确认病人已离开后进行。辐射工作人员每次工作结束后均会对工作场所及周围环境表面沾污进行监测，确认场所无污染后辅助工作人员方可进入工作场所内进行清洁或转运工作，工作

结束后应进行表面污染水平监测，监测合格后才可离开。同时，医院应强化辅助用工人员的辐射安全教育和培训工作，提高其辐射安全文化素养，避免事故的发生。

（3）其他人员防护

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

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

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

6、操作过程中的防护措施

医生在进行放射性药品的分药操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅衣铅帽、铅围脖等（均具备 0.5mmPb 当量）。涉及分装时，手动将定量的药物移至注射器或容器内，经测量核定药物活度后转移给病人注射，分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。通风橱底部设有 10mmPb 废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。

7、对控制区内带药病人的监督管理

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在等候区域内驻留。医院应对核医学科控制区加强监督管理工作，防止无关人员入内；加强对控制区内病人的监督管理，需要求病人在注射药物后在注射后等候室内休息，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入专用厕所；同时应告知检查完成后病人离开路线，防止其对公众造成不必要照射。”

二、审批部门审批决定

“眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）

你单位《眉山市中医医院（眉山市东坡区人民医院）新建核医学科项目环境影响报告表》（以下简称报告表）收悉。根据国家相关法律法规和专家技术评估意见，经研究，批复如下：

一、项目建设内容和总体要求

本项目位于眉山市东坡区岷东大道北段 9 号眉山市中医医院内，医院拟于院内中部预留空地新建 1 栋核医学科楼（拟建，地上一层建筑）并在该楼内新建 1 处非

密封放射性物质工作场所，使用放射性同位素 ^{18}F （日最大操作量 $2.78 \times 10^{10}\text{Bq}$ （含备药量），日等效最大操作量 $7.77 \times 10^6\text{Bq}$ ，年最大使用量 $6.94 \times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 1 台 PET/CT（其中 CT 部分属于 III 类射线装置）开展核素显像诊断项目。该场所总日等效最大操作量为 $7.77 \times 10^6\text{Bq}$ ，属于丙级非密封放射性物质工作场所。另外，拟于核医学科西侧室外地下新建 1 套衰变池系统。项目总投资 2500 万元，环保投资 247 万元，环保投资占总投资比例 9.88%。

该项目严格按照报告表中所列建设项目的性质、规模、工艺、地点和拟采取的各项环境保护措施建设和运行，可以满足国家生态环境保护相关法规和要求。我局原则同意报告表结论。你单位必须全面落实《报告表》中提出的各项环境保护对策、措施和本批复要求。

二、项目建设及运行中应做好的重点工作

（一）施工期间应严格落实噪声等污染防治措施和固体废物处理措施，加强施工场地环境管理，尽可能减小施工活动造成的环境影响。

（二）严格按照报告表中提出的辐射安全与防护及污染防治要求，认真落实辐射屏蔽、安全联锁系统、放射性“三废”治理等措施，确保本项目实体屏蔽满足 X、 γ 射线防护要求，加强对各辐射安全与防护设施（设备）的巡检维护，确保有关设施（设备）有效运行，各类污染物达标排放和安全处置。加强辐射工作场所“两区”管控，杜绝因违规操作、放射性“三废”治理设施失效等导致场所或外环境受到放射性污染，以及职业人员和公众被误照射等事故发生。

（三）严格落实放射性废气的收集和治理措施，工作场所产生的放射性废气采用“排风口设置初效及活性炭吸附排风机组+通风橱自带活性炭吸附装置”处理，经由排风管道排至核医学科楼顶所有非密封放射性物质工作场所内应保持有关场所的负压和各区之间的压差，确保气流流向自监督区向控制区的方向，防止造成交叉污染。

（四）加强场所放射性废水的收集和管理，核医学科产生的放射性废水经专用管道排放至衰变池暂存，暂存超过 30 天后排放至医院污水处理站进一步处理后排入市政管网。

（五）严格落实放射性固体废物的分类收集和处置。产生的放射性固体废物采用专用铅桶收集后暂存于放射性废物暂存间，超过 30 天暂存衰变，经监测 γ 辐射剂量率满足区域环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后作为一般医疗废物处理。

（六）放射性同位素的购买应严格按照国家相关规定办理审批备案手续，加强放射性同位素的入库、领取、使用、回收等台账管理，做到账物相符。加强放射性同位素的实体保卫，落实专人负责，对放射性同位素使用和贮存场所应采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施，放射性物品储存或暂存场所不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。

（七）结合本项目情况，应完善本单位辐射安全管理各项规章制度及辐射事故应急预案。适时开展辐射事故应急演练，确保具备与自身辐射工作活动相适应的辐射事故应急水平。

（八）新增辐射工作人员应参加并通过辐射安全与防护考核严格落实辐射工作人员个人剂量检测，建立个人剂量健康档案。

（九）结合本项目特点和有关要求，认真开展环境辐射监测，并做好有关记录。应按要求编写和提交辐射安全和防护状况年度自查评估报告。

（十）做好“全国核技术利用辐射安全申报系统”中本单位相关信息的维护管理工作，确保信息实时准确完整。

（十一）非密封放射性物质工作场所不再运行，应依法进行退役；射线装置实施报废处置时，应当对其进行去功能化和安全处理。

（十二）报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或者采取的环境保护措施发生重大变动的，应重新报批项目环境影响评价文件。

三、项目竣工环境保护验收工作

项目建设必须依法严格执行环境保护“三同时”制度。项目竣工后，应严格按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》开展竣工环境保护验收。

四、申请辐射安全许可证工作

你单位应按照规定向四川省生态环境厅重新申请领取《辐射安全许可证》。

东坡生态环境局要切实履行属地监管职责，按照《关于进一步完善建设项目环境保护“三同时”及竣工环境保护自主验收监管工作机制的意见》（环执法〔2021〕70号）要求，加强对该项目环境保护“三同时”及自主验收监管。

你单位应在收到本批复 15 个工作日内将批复后的报告表送东坡生态环境局，并按规定接受各级生态环境主管部门的监督检查。

三、环评及批复落实情况

本项目环评“三同时措施”落实情况见表 4-1。

表 4-1 本项目环评“三同时措施”落实情况一览表

核查项目	“三同时”措施	执行情况	结论
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于 1 名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责	已建立辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式下发	已落实
辐射安全和防护措施	工作场所屏蔽体采用实心砖及混凝土，各防护门均采用铅防护门，观察窗采用铅玻璃进行辐射防护。具体防护参数见表 10-2。	已落实新建核医学科项目环保措施及投资，核医学诊断工作场所墙体、门窗和屋顶屏蔽能力满足防护要求，各项辐射防护与安全措施满足相关规定。详见表 3-3 内容。	已落实
	核医学科控制区入口处（包括工作场所的 PET/CT 扫描间、放药分装注射室、废物间、注射后候诊室及留观室门口等）、放射性废物桶表面设置当心电离辐射警告标志，同时在 PET/CT 机房防护门处设置工作状态指示灯，并设置急停按钮和对讲装置；医院拟在工作场所的控制区患者走廊内安装监控及广播设备，通过监控及广播设备对控制区内用药后患者进行有序管理，以减少患者因聚集或者误入导致额外增加对周围的辐射影响；工作场所拟设置有专用排风装置和衰变池系统。	已在工作场所内各出入口处防护门上设置电离辐射警告标志，已在 PET/CT 机房防护门上方设置工作状态指示灯，已在核医学诊断工作场所出、入口设置通道门禁，已在 PET/CT 控制室设置紧急开门按钮，PET/CT 的操作台上、机房内及治疗床上均设有急停按钮。	已落实
人员配备	医院拟配备 4 名辐射工作人员。操作放射性核素药物的辐射工作人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	辐射工作人员已取得辐射安全与防护知识考核成绩报告单，详见附件 5。	已落实
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建	本项目辐射工作人员已委托四川泰安生技术咨询有限公司开展个人剂量监测，每 3 个月一次。	

	立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。	本项目工作人员已在四川环亚康弘健康管理有限公司高新康源体检门诊部进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。	
监测仪器和防护用品	拟配备辐射巡测仪1台、个人剂量报警仪4台；源库拟配备固定式报警、视频监控、红外报警各1套；患者出口及医护人员通道各设置1套表面沾污检测仪；每名辐射工作人员均配备1套个人剂量计（放射药物分装与注射的工作人员采用双剂量计监测）。同时为工作人员配备必要的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套及铅注射套等。	已配备固定式报警仪1套、辐射监测仪1台、个人剂量报警仪6台、1台表面污染检测仪	已落实
辐射安全管理制度	制定操作规程、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、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度	医院已完善核与辐射安全管理制度，已明确管理组织机构和责任人，已制订有针对性和可操作性的辐射事故应急预案	已落实

综上所述，本项目已按照环评“三同时措施”进行落实。

2、批复落实情况

本项目批复落实情况见表4-2。

表4-2 本项目批复落实情况一览表

批复要求		落实情况	结论
项目建设和运行中应做好的	施工期间应严格落实噪声等污染防治措施和固体废物处理措施，加强施工场地环境管理，尽可能减小施工活动造成的环境影响。	已落实施工期各项环境保护措施，严格执行扬尘、噪声、废水、废渣管理相关要求，施工期未发生环境扰民事件和环境污染。	已落实
	严格按照报告中提出的辐射安全与防护及污染防治要求，认真落实辐射屏蔽、安全联锁系统、放射性“三废”治理等措施，确保本项目实体屏蔽满足X、γ射线防护要求，加强对各辐射安全与防护设施（设备）的巡检维	已按照报告表提出的辐射环境安全防护及污染防治措施和要求落实环境措施，并与主体工程同步建设，且核实有效，满足相关规定的要求。	已落实

重点工作	护，确保有关设施（设备）有效运行，各类污染物达标排放和安全处置。加强辐射工作场所“两区”管控，杜绝因违规操作、放射性“三废”治理设施失效等导致场所或外环境受到放射性污染，以及职业人员和公众被误照射等事故发生。		
	严格落实放射性废气的收集和治理措施，工作场所产生的放射性废气采用“排风口设置初效及活性炭吸附排风机组+通风橱自带有活性炭吸附装置”处理，经由排风管道排至核医学科楼顶所有非密封放射性物质工作场所内应保持有关场所的负压和各区之间的压差，确保气流流向自监督区向控制区的方向，防止造成交叉污染。	本项目工作场所已设置通风系统三套，通风橱内已设置通风系统一套。过滤器及活性炭定期（1~2 年）更换并建立台账。	已落实
	加强场所放射性废水的收集和管理，核医学科产生的放射性废水经专用管道排放至衰变池暂存，暂存超过 30 天后排放至医院污水处理站进一步处理后排入市政管网。	本项目衰变池中的放射性废水在贮存 30 天后，作为一般医疗废水排入公司污水管网。	已落实
	严格落实放射性固体废物的分类收集和处置。产生的放射性固体废物采用专用铅桶收集后暂存于放射性废物暂存间，超过 30 天暂存衰变，经监测 γ 辐射剂量率满足区域环境本底水平， β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 后作为一般医疗废物处理。	本项目放射性废物储存于放射性废物衰变桶内，待储存超过 30 天，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，对废物清洁解控并作为医疗废物交由有资质单位进行处置。	已落实
	放射性同位素的购买应严格按照国家相关规定办理审批备案手续，加强放射性同位素的入库、领取、使用、回收等台账管理，做到账物相符。加强放射性同位素的实体保卫，落实专人负责，对放射性同位素使用和贮存场所应采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施，放射性物品储存或暂存场所不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。	本项目放射性药品储存于储源室内，医院已制定《核医学科放射性核素（FDG）保管、订购、领取、使用制度》。本项目已办理放射性药品转让审批（川环辐审〔2025〕2159 号），详见附件 4。	已落实
	结合本项目情况，应完善本单位辐射安全管理各项规章制度及辐射事故应急预案。适时开展辐射事故应急演练，确保具备与自身辐射工作活动相适应的辐射事故应急水平	医院已完善核与辐射安全管理制度，已明确管理机构 and 责任人，已制订有针对性和可操作性的辐射事故应急预案。	已落实
	新增辐射工作人员应参加并通过辐射安全与防护考核。严格落实辐射工作人员个人剂量检测，建立个人剂量健康档案。	本项目 6 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训，并取得辐射安全与防护培训证书，均持证上岗。	已落实
	结合本项目特点和有关要求，认真开展环境辐射监测，并做好有关记录。	医院承诺请有资质单位对辐射工作场所进行监测。医	已落实

	应按要求编写和提交辐射安全和防护状况年度自查评估报告。	院应编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”。	
	做好“全国核技术利用辐射安全申报系统”中本单位相关信息的维护管理工作，确保信息实时准确完整。	医院已在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中增加了本项目的 PET/CT 设备信息。	已落实
	非密封放射性物质工作场所不再运行，应依法进行退役；射线装置实施报废处置时，应当对其进行去功能化和安全处理。	医院在对射线装置实施报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。	已落实
	报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或者采取的环境保护措施发生重大变动的，应重新报批项目环境影响评价文件。	已按照报告表中的内容、地点进行建设，未更改建设内容和规模。	已落实
项目竣工环境保护验收工作	项目建设必须依法严格执行环境保护“三同时”制度。项目竣工后，应严格按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》开展竣工环境保护验收。	本项目建设严格执行“三同时”制度，已落实各项环境保护措施，已委托四川瑞迪森检测技术有限公司开展相应的竣工环境保护验收工作。	已落实
申请辐射安全许可证工作	你单位应按照相关规定向四川省生态环境厅重新申请领取《辐射安全许可证》。	医院已于 2025 年 9 月向四川省生态环境厅申领辐射安全许可证（详见附件 4）。	已落实

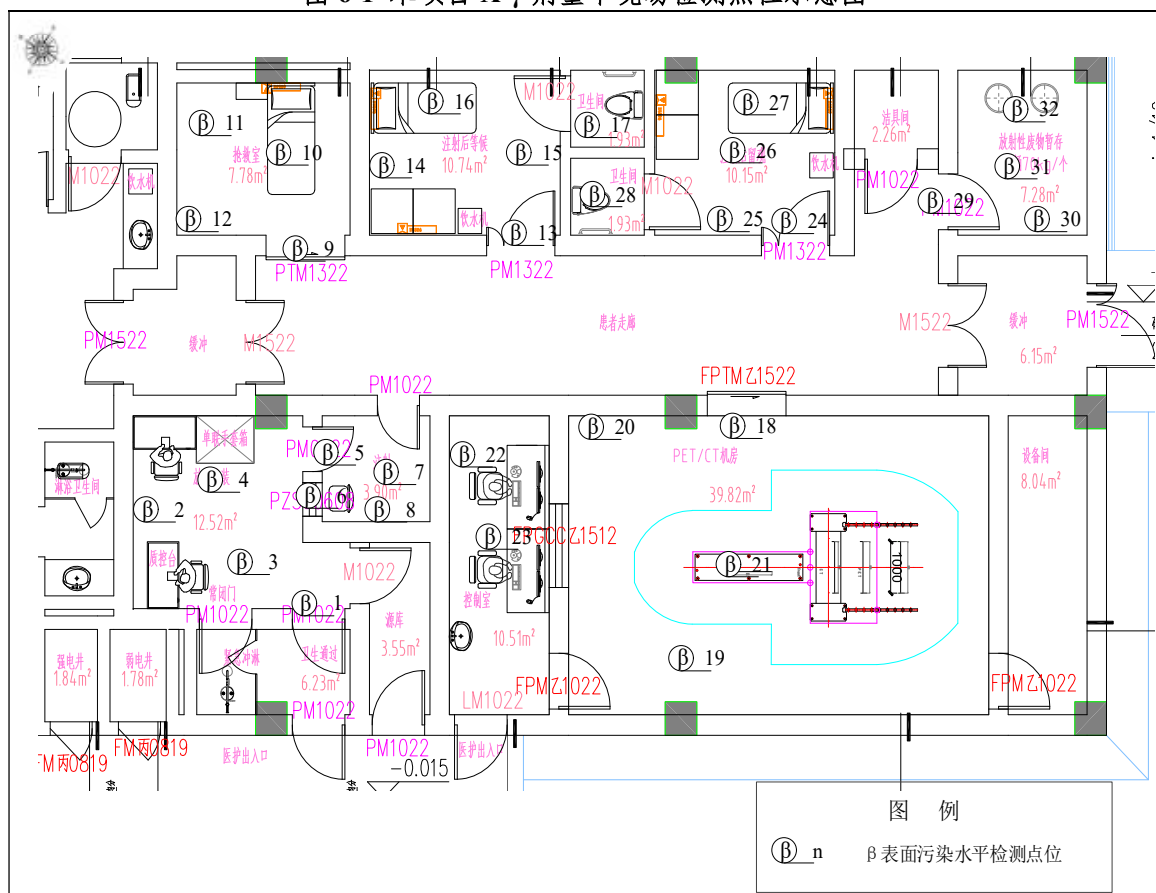
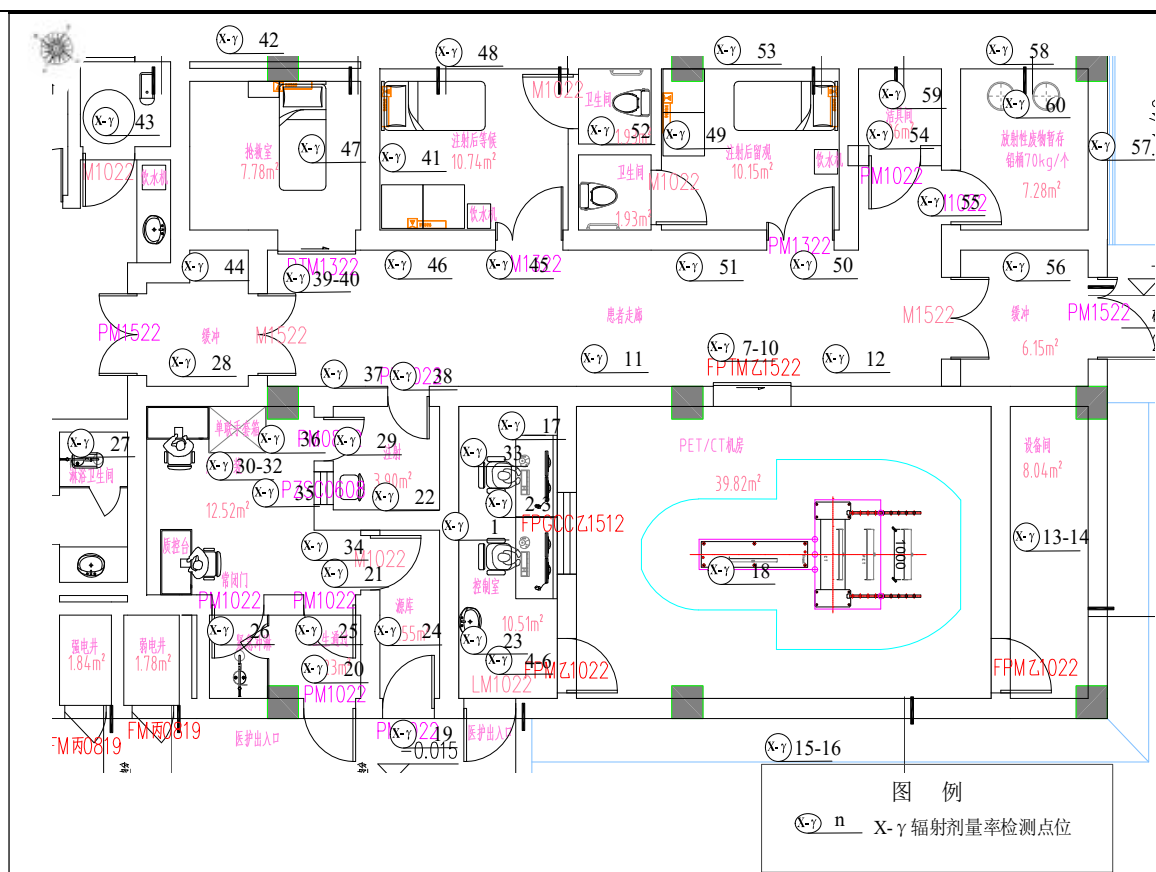
综上所述，本项目已按照环评及其批复进行落实。

表五 验收监测质量保证及质量控制

验收监测质量保证和质量控制			
一、监测单位资质			
验收监测单位四川瑞迪森检测技术有限公司获得 CMA 资质认证（232303100007），见附件 8。			
二、检测方法及监测仪器			
本次监测使用仪器符合四川瑞迪森检测技术有限公司质量管理体系要求，监测所用设备通过检定并在有效期内，满足监测要求。			
检测方法及评价依据见表 5-1，监测仪器见表 5-2。			
表 5-1 监测项目、分析方法及来源			
监测项目		检测方法	评价依据
X-γ 辐射剂量率及 β 表面污染		1.《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 2.《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021） 3.《表面污染测定 第 1 部分：β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）
表 5-2 检测使用仪器			
仪器名称/型号	仪器编号	技术参数	仪器检定有效期
辐射检测仪（AT1123）	SCRDS-062	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h	校准证书编号：校准字第 202506101461 号 校准有效期：2025.06.09~2026.06.08
表面污染仪（Comol70）	SCRDS-007	测量范围：0cps~20000cps	检定证书编号：检定字第 202411100438 号 检定有效期：2024.11.04~2025.11.03
数字风速仪（MS6252）	SCRDS-018	/	校准证书编号：校准字第 202503103109 号 校准有效期：2025.03.12~2026.03.11
三、质量保证措施			
人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。			
仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，监测期间在有效期内。			
自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。			
监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。			
数据记录及处理：开机预热，手持仪器或将仪器固定在三脚架上。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 5 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。			

表六 验收监测内容

验收监测内容 一、监测分析方法 本次监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《表面污染测定 第1部分 β 发射体（Eβmax>0.15MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的标准要求进行监测、分析。 二、监测因子 根据项目污染源特征，本次工作场所竣工验收监测因子为 X-γ 辐射剂量率、β 表面污染水平和通风橱风速。 三、监测工况 2025 年 10 月 9 日，四川瑞迪森检测技术有限公司对眉山市中医医院核医学科工作场所进行验收监测，验收工况如下： 表 6-1 眉山市中医医院工作场所验收工况 <table><tr><th>设备名称/型号</th><th>技术参数</th><th>验收监测工况</th><th>使用场所</th></tr><tr><td>PET/CT (PoleStar Flight x)</td><td>140kV/667mA</td><td>120kV/200mA</td><td>PET/CT 机房</td></tr><tr><td>核医学诊断工作场所</td><td>/</td><td>本次验收使用药量为 3.70×10⁸Bq 的 ¹⁸F 核素的 检测模体</td><td>核医学诊断工作场所</td></tr></table> 四、监测点位及内容 对新建核医学科项目工作场所周围环境布设监测点，特别关注控制区、监督区边界、防护门及屏蔽体外 30cm 处，监测 X-γ 辐射剂量率、β 放射性表面污染水平。 本项目监测布点如图 6-1~图 6-3 所示。				设备名称/型号	技术参数	验收监测工况	使用场所	PET/CT (PoleStar Flight x)	140kV/667mA	120kV/200mA	PET/CT 机房	核医学诊断工作场所	/	本次验收使用药量为 3.70×10 ⁸ Bq 的 ¹⁸ F 核素的 检测模体	核医学诊断工作场所
设备名称/型号	技术参数	验收监测工况	使用场所												
PET/CT (PoleStar Flight x)	140kV/667mA	120kV/200mA	PET/CT 机房												
核医学诊断工作场所	/	本次验收使用药量为 3.70×10 ⁸ Bq 的 ¹⁸ F 核素的 检测模体	核医学诊断工作场所												



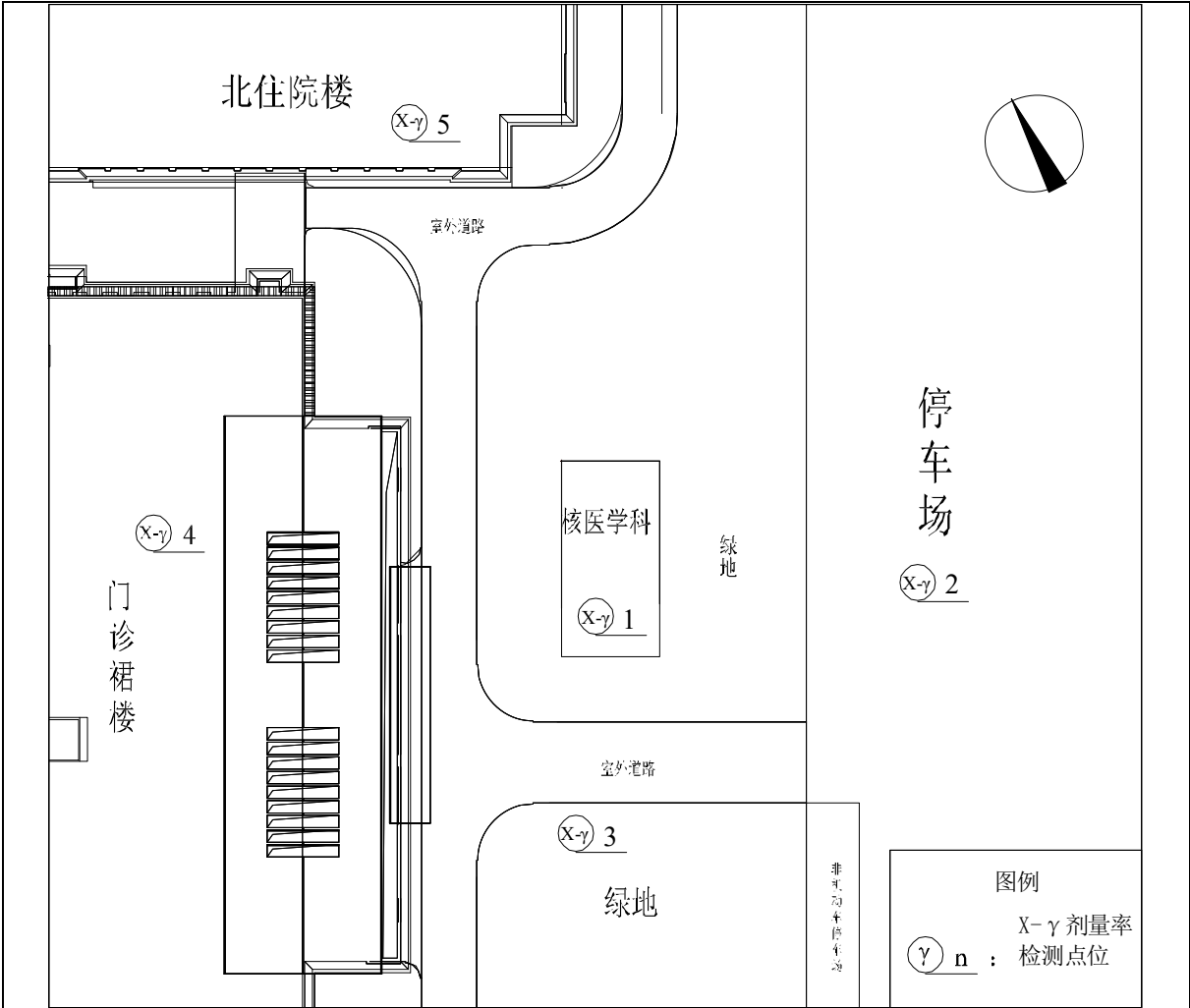


图 6-3 本项目保护目标 X-γ 辐射剂量率现场检测点位示意图

表七 验收监测期间生产工况及验收监测结果

验收监测期间生产工况			
被检单位：眉山市中医医院			
监测实施单位：四川瑞迪森检测技术有限公司			
监测日期：2025 年 10 月 9 日			
天气：小雨			
温度：26℃			
湿度：（87~92）%RH			
监测因子：X-γ 辐射剂量率、表面污染、通风橱风速			
验收监测期间生产工况见表 7-1。			
表 7-1 眉山市中医医院工作场所验收工况			
设备名称/型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
PET/CT (PoleStar Flight x)	140kV/667mA	120kV/200mA	PET/CT 机房
核医学诊断工作场所	/	本次验收使用药量为 3.70×10 ⁸ Bq 的 ¹⁸ F 核素的检测模体	核医学诊断工作场所
验收监测结果			
一、工作场所辐射防护监测结果			
本项目工作场所辐射防护监测报告详见附件 7。监测结果如下：			
表 7-2 PET/CT 工作场所周围 X-γ 辐射剂量率检测结果			
测点编号	检测点位描述	测量结果(μSv/h)	设备状态
1	操作位	0.14	CT 工况： 120kV/200mA； 诊断床上放置 3.7×10 ⁸ Bq ¹⁸ F 药物
	操作位	0.25	
2	观察窗外 30cm 处（左）	0.39	
3	观察窗外 30cm 处（右）	0.34	
4	控制室防护门外 30cm 处（左）	0.17	
5	控制室防护门外 30cm 处（右）	0.16	
6	控制室防护门外 30cm 处（下）	0.15	
7	患者防护门外 30cm 处（左）	0.48	
8	患者防护门外 30cm 处（中）	0.39	
9	患者防护门外 30cm 处（右）	0.55	
10	患者防护门外 30cm 处（下）	0.62	
11	北墙外 30cm 处	0.15	
12	北墙外 30cm 处	0.14	
13	东墙外 30cm 处	0.26	

14	东墙外 30cm 处	0.26	
15	南墙外 30cm 处	0.16	
16	南墙外 30cm 处	0.16	
17	西墙外 30cm 处	0.27	
18	摆位	49	诊断床上放置 3.7×10 ⁸ Bq ¹⁸ F 药物
19	源库南门外 30cm 处	0.14	保险箱内放置 5.55×10 ⁹ Bq ¹⁸ F 药物
20	源库西墙外 30cm 处（卫生通过间）	0.14	
21	源库西门外 30cm 处（放药分装室）	0.15	
22	源库北墙外 30cm 处（注射室）	0.16	
23	源库东墙外 30cm 处（控制室）	0.15	
24	放射源保险箱表面	0.15	
25	放药分装室南门外 30cm 处 （卫生通过间）	0.14	通风橱内放置 5.55×10 ⁹ Bq ¹⁸ F 药物
26	放药分装室南门外 30cm 处 （淋浴间）	0.15	
27	放药分装室西墙外 30cm 处 （卫生间）	0.15	
28	放药分装室北墙外 30cm 处（缓冲间）	0.15	
29	放药分装室东门外 30cm 处（注射室）	0.15	
30	通风橱表面 50cm 处（正面）	0.28	
31	通风橱表面 50cm 处（侧面）	0.27	
32	通风橱表面 30cm 处（左孔，打开）	267	
33	通风橱表面 30cm 处（右孔，打开）	287	
34	注射室南墙外 30cm 处	0.35	房间内放置 3.7×10 ⁸ Bq ¹⁸ F 药物
35	注射室注射窗外 30cm 处	0.67	
36	注射室西门外 30cm 处（放药分装室）	0.49	
37	注射室北墙外 30cm 处（患者走廊）	0.43	
38	注射室北门外 30cm 处（患者走廊）	0.43	
39	抢救室南门外 30cm 处（左）	0.44	房间内放置 3.7×10 ⁸ Bq ¹⁸ F 药物
40	抢救室南门外 30cm 处（右）	0.53	
41	抢救室东墙外 30cm 处	0.19	
42	抢救室北墙外 30cm 处	0.22	
43	抢救室西墙外 30cm 处	0.18	
44	抢救室南墙外 30cm 处（缓冲区）	0.21	
45	注射后等候室南门外 30cm 处	0.59	房间内放置 3.7×10 ⁸ Bq ¹⁸ F 药物
46	注射后等候室南墙外 30cm 处	0.56	
47	注射后等候室西墙外 30cm 处	0.62	
48	注射后等候室北墙外 30cm 处	0.58	
49	注射后等候室东墙外 30cm 处	0.58	
50	留观室南门外 30cm 处	0.54	房间内放置 3.7×10 ⁸ Bq ¹⁸ F 药物
51	留观室南墙外 30cm 处	0.18	
52	留观室西墙外 30cm 处	0.45	

53	留观室北墙外 30cm 处	0.19	铅废物箱内有放射性废物
54	留观室东墙外 30cm 处（洁具间）	0.17	
55	放射性废物暂存间西门外 30cm 处	0.14	
56	放射性废物暂存间南墙外 30cm 处	0.14	
57	放射性废物暂存间东墙外 30cm 处	0.15	
58	放射性废物暂存间北墙外 30cm 处	0.16	
59	放射性废物暂存间西墙外 30cm 处	0.15	
60	铅废物箱表面 30cm 处	0.26	

注：1.测量结果未扣除本底值；2.机房楼下为泥土层，人员不可达；3.检测点位见图 6-1。

表 7-3. PET/CT 工作场所 β 表面污染检测结果

测点编号	检测点位描述		β 表面污染（Bq/cm²）	设备状态
1	放药分装室	防护门表面	<LLD	/
2		墙面	<LLD	/
3		地面	<LLD	/
4		通风橱表面	<LLD	/
5	注射室	防护门表面	<LLD	/
6		注射窗	<LLD	/
7		地面	<LLD	/
8		墙面	<LLD	/
9	抢救室	防护门表面	<LLD	/
10		抢救床表面	<LLD	/
11		地面	<LLD	/
12		墙面	<LLD	/
13	注射后等候室	防护门表面	<LLD	/
14		地面	<LLD	/
15		墙面	<LLD	/
16		座椅表面	<LLD	/
17		卫生间地面	<LLD	/
18	PET/CT 机房	防护门表面	<LLD	/
19		地面	<LLD	/
20		墙面	<LLD	/
21		诊断床表面	<LLD	/
22		控制室地面	<LLD	/
23		控制室桌面	<LLD	/
24	留观室	防护门表面	<LLD	/
25		墙面	<LLD	/
26		地面	<LLD	/
27		座椅表面	<LLD	/
28		卫生间地面	<LLD	/
29	放射性废物暂存间	防护门表面	<LLD	/
30		墙面	<LLD	/
31		地面	<LLD	/
32		铅废物箱表面	<LLD	/

表 7-4. 通风橱风速检测结果

点位描述	测量结果 (m/s)	
通风橱	左侧操作口	0.68
	右侧操作口	0.79

表 7-5. 核医学科工作场所周围 X-γ 辐射剂量率检测结果

测点编号	检测点位描述	测量结果(μSv/h)	设备状态
1	操作位	0.13	关机，无源
2	核医学科东侧停车场	0.13	CT 工况： 120kV/200mA； 诊断床上放置 3.7×10 ⁸ Bq ¹⁸ F 药物
3	核医学科南侧绿地	0.12	
4	核医学科西侧门诊裙楼	0.13	
5	核医学科北侧北住院楼	0.12	

结论：

本次检测，本项目工作场所 X-γ 剂量率和 β 表面污染控制水平均符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的要求。

二、辐射工作人员和公众年有效剂量分析

1、辐射工作人员

眉山市中医医院已根据实际工作量为本项目配备 6 名辐射工作人员（名单见表 2-4）。已委托四川泰安生科技咨询有限公司为本项目放射工作人员开展个人剂量监测（检测报告见附件 6）。根据医院提供的 2025 年第四季度个人剂量监测结果（详见附件 6），本项目辐射工作人员个人剂量最大监测值如表 7-6 所示。。

表 7-6 本项目辐射工作人员个人剂量监测结果

序号	姓名	2025.10~2025.12 个人剂量监测结果（mSv）	备注
1	唐钊	0.12	/
2	卢爱琼	0.17	/
3	梅宇	0.01	/
4	王海屹	0.21	/
5	杨洋	0.24	/
6	邹李	0.17	/

本项目辐射工作人员 2025 年度第四季度所受有效剂量最大为 0.24 mSv/a。预计每季工作量相近，据此估算辐射工作人员所受最大年有效剂量为 0.96 mSv/a（0.24×4=0.96），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值的要求，并低于本项目剂量约束值（职业人员：5mSv/a）。

2、公众

根据医院规划，本项目年工作时间约 250h。根据本项目现场监测结果，对本项目运行期间公众的年有效剂量进行估算，计算结果见表 7-6。

表 7-7 本项目公众年有效剂量估算结果

关注点位	最大监测值 (μSv/h)	居留 因子	年受照 时间	人员年有效 剂量(mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	是否 满足
防护门外 30cm 处（下缝）	0.21	1/4	250h	0.013	0.1	满足
北墙外 30cm 处	0.14	1/4		0.009		

西墙外 30cm 处	0.14	1/4		0.009		
距机房楼上地面 30cm 处	0.14	1/4		0.009		

注：1.计算时未扣除环境本底剂量；

2.人员的年有效剂量由公式 $E_{eff} = \dot{D} \cdot t \cdot T \cdot U$ 进行估算。

由表 7-7 可知，本项目辐射工作场所运行期间，工作场所周围公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值的要求，并低于本项目剂量约束值（公众：0.1mSv/a）。

三、保护目标年有效剂量分析

根据本项目的特点，本项目的验收范围及保护目标范围确定为各辐射工作场所实体屏蔽物边界外 50m 区域。本项目周围 50m 范围除西、北侧部分位于医院围墙外，其余方向均位于医院院区内。根据本项目确定的评价范围，本项目辐射环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内公众，本次验收环境保护目标与环评一致。

本项目保护目标年有效剂量估算结果详见表 7-7。由表 7-7 可知，本项目保护目标范围内辐射工作人员及周围公众所受年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）剂量限值的要求，并低于本项目剂量约束值（职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a）。

表八 验收监测结论

验收监测结论

眉山市中医医院新建核医学科项目已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施，经现场监测和核查表明：

1) 本项目建设地点、周围外环境及环境保护目标与环评及其批复一致，本项目设备实际建设技术参数与环评及其批复一致。

2) 本项目工作场所监督区划分明显，能有效避免周围公众误入或非正常受照。

3) 本项目工作场所的屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实，在正常工作条件下运行时，工作场所周围及辐射敏感点所有监测点位的 X- γ 辐射剂量率满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 及《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 等相关标准要求；

4) 眉山市中医医院已在核医学工作场所的防护门上设置了电离辐射警告标志，已设置急停按钮、工作状态指示灯、监控系统及对讲系统等安全设施。

5) 眉山市中医医院已为本项目配备辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 6 台、表面沾污仪 1 台、个人剂量计若干。

6) 眉山市中医医院已根据实际工作需求为本项目配备 6 名辐射工作人员，6 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训学习，并取得辐射安全与防护培训合格证书，合格证在有效期内。

7) 本项目辐射工作人员已开展个人剂量监测和个人职业健康体检，并建立个人剂量和职业健康档案。

8) 眉山市中医医院具有辐射安全管理机构，并建立内部辐射安全管理规章制度。

综上所述，眉山市中医医院新建核医学科项目满足环评及批复中有关辐射管理的要求，配套的环保设施与主体工程符合“三同时”制度，环境保护设施满足辐射防护与安全的要求，监测结果符合国家标准，满足《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定要求，验收合格。

建议

1) 认真学习《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关法律法规，不断提高核安全文化素养和安全意识；

2) 每年请有资质单位对项目周围辐射环境水平监测 1~2 次，监测结果上报生态环境主管部门；

3) 积极配合生态环境部门的日常监督检查，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，并上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”；

4) 进一步完善辐射事故应急处理预案和辐射防护管理制度。定期检查安全防护设施，保证设备正常运行。