

济南中科核技术研究院
核技术利用项目（核素生产及使用与Ⅱ类射线
装置生产及使用）（一期）
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位/编制单位：济南中科核技术研究院

2025年3月

建设单位/编制单位法人代表： (签字)

项 目 负 责 人：

填 表 人：

建设单位/编制单位： 济南中科核技术研究院（盖章）

电话:15510286339

传真: /

邮编:250000

地址: 济南市新旧动能转换起步区中科新经济科创园 D2 地块 1
号楼 814 室

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 项目建设情况	14
表 3 辐射安全与防护设施/措施	54
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	81
表 5 验收监测质量保证及质量控制.....	88
表 6 验收监测内容.....	90
表 7 验收监测	94
表 8 验收监测结论	120
附件 1 本次验收项目环评批复.....	124
附件 2 辐射安全许可证.....	129
附件 3 辐射安全管理制度及应急演练记录.....	149
附件 4 核技术利用辐射安全与防护考核成绩单.....	218
附件 5 个人剂量监测报告及个人剂量档案表.....	226
附件 6 自行监测记录表.....	230
附件 7 放射性固体废物台账.....	231
附件 8 辐射安全防护设施设备检查维护记录.....	232
附件 9 放射性同位素入库、使用登记记录.....	233
附件 10 竣工环境保护验收监测报告.....	234

建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

表 1 项目基本信息

建设项目名称	核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用（一期）				
建设单位名称	济南中科核技术研究院				
项目性质	☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建				
建设地点	济南市新旧动能转换起步区崔寨街道萃清路中科新经济科创中心，济南中科核技术研究院 5 号楼、6 号楼和 7 号楼内				
源项	放射源		/		
	非密封放射性物质		乙级非密封放射性工作场所（生产及使用）		
	射线装置		II 类射线装置（生产及使用）		
建设项目环评批复时间	2021 年 5 月 25 日		开工建设时间	2021 年 6 月	
取得辐射安全许可证时间	2024 年 6 月 13 日		项目投入运行时间	2025 年 1 月	
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025 年 1 月		验收现场监测时间	2025 年 3 月 13 日	
环评报告表审批部门	济南市生态环境局		环评报告表编制单位	山东省波尔辐射环境技术有限公司	
辐射安全与防护设施设计单位	天津市医药设计院有限公司		辐射安全与防护设施施工单位	中国建筑第八工程局有限公司	
投资总概算	15000 万元	辐射安全与防护设施投资总概算	200 万元	比例	1.33%
实际总概算	10000 万元	辐射安全与防护设施实际总概算	400 万元	比例	4.00%
验收依据	一、法律、法规和规章制度 1. 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号公布，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日施行；				

	(GB/T 14056.1-2008)； 10. 《水质 总β放射性的测定 厚源法》(HJ 899-2017)； 11. 《水质总α放射性的测定厚源法》(HJ 898-2017)； 12. 《水中总β放射性的测定 蒸发法：总α和总β的测量》(EJ/T 900-1994)； 13. 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)； 14. 《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB 37/596-2020)。 三、环境影响报告表及其审批部门审批决定 1. 《济南中科核技术研究院核技术利用项目(核素生产及使用与Ⅱ类射线装置生产及使用)环境影响报告表》，山东省波尔辐射环境技术有限公司，2021年4月； 2. 《济南中科核技术研究院核技术利用项目(核素生产及使用与Ⅱ类射线装置生产及使用)环境影响报告表》审批意见，济南市生态环境局，济环辐表审[2021]11号。 四、其他相关文件 1. 单位辐射安全许可证； 2. 单位辐射安全管理规章制度等支持性资料。
验收执行标准	一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录B内剂量限值要求。 1、人员剂量 (1) 职业照射 ①职业照射剂量限值 a) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)，20mSv； b) 任何一年中的有效剂量，50mSv； c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv； d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量，500mSv。

验收执行标准

(2) 公众照射

①公众照射剂量限值

a) 年有效剂量, 1mSv;

b) 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

c) 眼晶体的年当量剂量, 15mSv;

d) 皮肤的年当量剂量, 50mSv。

2、表面放射性污染

职业人员体表、内衣、工作服以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循 GB 18871-2002 附录 B 中表 B11 所规定的限制要求。

工作场所的表面污染控制水平如下表所示:

表 1-1 工作场所的放射性表面污染控制水平 (Bq/cm²)

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
注: 1) 该区内的高污染子区除外。				

B2.2 款“工作场所中的某些设备与用品, 经去污使其污染水平降低至表 1-1 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时, 经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后, 可当作普通物品使用。”

3、非密封源工作场所分级

根据GB 18871-2002 附录C中对非密封源工作场所分级原则及计算方法规定如下:

①非密封源工作场所分级原则

验收执行
标准

表 1-2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

②放射性核素的日等效操作量的计算

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}}$$

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式的修正因子所得的商。

4、放射性物质向环境排放的控制

根据GB 18871-2002 中 8.6.2 条款规定：不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 $10 \text{ ALI}_{\min}$ ($\text{ALI}_{\min}$ 是相应于职业照射的食入和吸入ALI值中的较小者，其具体数值可按B1.3.4 和B1.3.5 条的规定获得)；

b) 每一次排放的活度不超过 $1 \text{ ALI}_{\min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

根据B1.3.4 和B1.3.5 条规定，对于职业照射，在一定的假设下可将 $I_{j,L}$ 用作ALI。由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素j的年摄入量限值 $I_{j,L}$ 计算公式：

$$I_{j,L} = \frac{DL}{e_j}$$

其中：DL—相应的有效剂量的年剂量限值, 取 6mSv/a；

e_j —GB 18871-2002 给出的放射性核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值。本项目放射性核素排放导出限值见下表：

验收执行 标准	表 1-3 放射性核素排放导出限值						
	放射 性 核素	职业照射待积有效剂量(Sv/Bq)				ALI _{min} 一次排放限 值 (Bq)	10ALI _{min} 月排放限 值 (Bq)
		吸入 e(g) _{j.ing}	转移因子f 1	食入 e(g) _{j.inh}	转移因子f 1		
	¹⁸ F	9.3E-11	1.0E+00	4.9E-11	1.0E+00	5.4E+07	5.4E+08
	¹¹ C	/	/	2.4E-11	1.0E+00	2.08E+08	2.08E+09
	¹³ N	/	/	/	/	/	/
	¹⁵ O	/	/	/	/	/	/
	⁶⁸ Ga	8.1E-11	1.0E-03	1.0E-10	1.0E-03	5.0E+07	5.0E+08
	⁶⁴ Cu	1.5E-10	5.0E-01	1.2E-10	5.0E-01	3.3E+07	3.3E+08
	⁸⁹ Zr	7.2E-10	2.0E-03	7.9E-10	2.0E-03	6.3E+06	6.3E+07
	⁸⁶ Y	8.1E-10	1.0E-04	9.6E-10	1.0E-04	5.2E+06	5.2E+07
	⁴⁴ Sc	3.0E-10	1.0E-04	3.5E-10	1.0E-04	1.4E+07	1.4E+08
	¹²⁴ I	6.3E-09	1.0E+00	1.3E-08	1.0E+00	3.8E+05	3.8E+06
	⁵² Mn	1.8E-09	1.0E-01	1.8E-09	1.0E-01	2.8E+06	2.8E+07
	⁴⁸ V	2.7E-09	1.0E-02	2.0E-09	1.0E-02	1.9+05	1.9+04
	^{94m} Tc	8.0E-11	8.0E-01	1.1E-10	8.0E-01	4.5E+07	4.5E+08
	⁷⁶ Br	5.8E-10	1.0E+00	4.6E-10	1.0E+00	8.6E+06	8.6E+07
	⁵⁵ Co	8.3E-10	5.0E-02	1.1E-09	5.0E-02	4.5E+06	4.5E+07
	^{99m} Tc	2.9E-11	8.0E-01	2.2E-11	8.0E-01	1.7E+08	1.7E+09
	¹²³ I	1.1E-10	1.0E+00	2.1E-10	1.0E+00	2.4E+07	2.4E+08
	⁶⁷ Ga	2.8E-10	1.0E-03	1.9E-10	1.0E-03	1.8E+07	1.8E+08
	¹¹¹ In	3.1E-10	2.0E-02	2.9E-10	2.0E-02	1.6E+07	1.6E+08
	²⁰¹ Tl	7.6E-11	1.0E+00	9.5E-11	1.0E+00	5.3E+07	5.3E+08
	¹⁷⁷ Lu	1.1E-09	5.0E-04	5.3E-10	5.0E-04	4.5E+06	4.5E+07
	¹⁸⁸ Re	7.4E-10	8.0E-01	1.4E-09	8.0E-01	3.6E+06	3.6E+07
	⁹⁰ Y	1.7E-09	1.0E-04	2.7E-09	1.0E-04	1.9E+06	1.9E+07
	¹²⁵ I	7.3E-09	1.0E-00	1.5E-08	1.0E-00	7.5E+05	7.5E+04
	¹³¹ I	1.1E-08	1.0E+00	2.2E-08	1.0E+00	2.3E+05	2.3E+06
	²²⁵ Ac	6.6E-06	5.0E-04	2.4E-08	5.0E-04	7.6E+02	7.6E+01
	²¹³ Bi	4.1E-08	5.0E-02	2.0E-10	5.0E-02	1.2E+05	1.2E+06
	²²⁷ Th	6.2E-06	5.0E-04	8.4E-09	5.0E-04	8.1E+02	8.1E+01
	²²³ Ra	5.7E-06	2.0E-01	1.0E-07	2.0E-01	8.8E+02	8.8E+01
	¹⁶¹ Tb	1.2E-09	5.0E-04	7.2E-10	5.0E-04	4.2E+06	4.2E+07

验收执行标准	二、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021） 4.1.4 开展核医学活动的工作场所应实行分级管理。 4.1.5 开展核医学活动的辐射工作场所应划分出控制区和监督区，合理布局工作场所，规划好人流、物流、气流路径，妥善收集、暂存和处理核医学活动中产生的放射性废物。 第 4.2 款 辐射工作场所分级 应按照 GB 18871 的规定，将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲级、乙级和丙级。 4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。 4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。 4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。 4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。 4.4.1 剂量限值 核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。 4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a； 4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。 4.4.3 放射性表面污染控制水平核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB 18871 执行。 5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。 6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10 μSv/h。 6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 μSv/h。 6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性
--------	--

验收执行标准	6.1 探伤室放射防护要求 6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。 6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。 6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\ \mu\text{Sv}/\text{周}$，对公众场所，其值应不大于 $5\ \mu\text{Sv}/\text{周}$； b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\ \mu\text{Sv}/\text{h}$。 6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。 6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。 6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。 6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。 参照上述标准、《核技术利用项目（核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用）》评价内容及环评批复要求，本期验收执行标准如下： （1）以 5.0mSv 作为职业人员的年剂量约束值，以 125mSv 作为职业人员四肢的年剂量约束值，以 0.1mSv 作为公众成员的年剂量约束值。 （2）以 $2.5\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为控制区内屏蔽体外 30cm 处和控制区边界屏蔽体外 30cm 处剂量率目标控制值；以 $2.5\ \mu\text{Sv}/\text{h}$、$25\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ 分别作为放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备操作位一侧外表面 30cm 处和非正对人员操作位表面的剂量当量率控制目标值；以 $2.5\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为放射性
--------	---

验收执行标准	废物桶、曝露于地面且人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道外表面 30cm 处的剂量当量率控制目标值。以 2.5 μSv/h 作为回旋加速器机房及显微 CT（显微 CL）四周、顶部、防护门、观察窗外 30cm 处的剂量率目标控制值。															
	（3）以 4Bq/cm ² 、0.4Bq/cm ² 分别作为控制区和监督区(工作台、设备、墙壁、地面)的 α 表面污染控制水平；以 40Bq/cm ² 、4Bq/cm ² 分别作为控制区和监督区(工作台、设备、墙壁、地面)的 β 表面污染控制水平。															
	（4）以 1Bq/L、10Bq/L 分别作为衰变池末端排放口废水中总 α 、总 β 控制目标值。															
	（5）本期项目环境影响评价报告表未涉及土壤的放射性水平评价，本次验收参照《南水北调东线山东段沿线土壤的放射性水平》（邓大平等，中国辐射卫生 2006 年 12 月第 15 卷 第 4 期），南水北调山东段沿线土壤中的总 β 放射性水平[总 β （510～858）Bq/kg]进行评价。															
	五、环境天然放射性水平 根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，济南市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 1-5。 表 1-5 济南市环境天然辐射水平（×10⁻⁸Gy/h） <table><tr><td>监测内容</td><td>范 围</td><td>平均值</td><td>标准差</td></tr><tr><td>原野</td><td>4.43～8.08</td><td>6.26</td><td>0.77</td></tr><tr><td>道路</td><td>1.84～6.88</td><td>4.12</td><td>1.40</td></tr><tr><td>室内</td><td>6.54～12.94</td><td>8.94</td><td>1.91</td></tr></table>	监测内容	范 围	平均值	标准差	原野	4.43～8.08	6.26	0.77	道路	1.84～6.88	4.12	1.40	室内	6.54～12.94	8.94
监测内容	范 围	平均值	标准差													
原野	4.43～8.08	6.26	0.77													
道路	1.84～6.88	4.12	1.40													
室内	6.54～12.94	8.94	1.91													

表 2 项目建设情况

2.1 项目建设内容

一、项目基本情况

中国科学院高能物理研究所是我国从事高能物理、先进加速器物理、先进射线技术应用的综合性研究基地，是我国国际影响最大的国立研究机构之一，承建了北京正负电子对撞机、中国散裂中子源、大亚湾中微子实验、江门中微子实验等国家重大科学设施，目前正在运营和建设的大科学装置共 10 余项。中国科学院高能物理研究所为助力济南快速实施国家新旧动能转换战略，加快推进济南新旧动能转换先行区建设，“济南市先行区管委会”和“中国科学院高能物理研究所”合作，建立济南中科核技术研究院。济南中科核技术研究院的目标是建设成为一个集前沿技术研究、核心技术攻关和工程化开发于一体的、国际一流的核技术应用研发平台。

济南中科核技术研究院（以下简称“研究院”）位于济南市新旧动能转换起步区中新经济科创中心。院内主要建筑包含科研楼（1 号楼、2 号楼及 4 号楼），综合楼（3 号楼），中试实验室（5 号楼），核医学实验大厅（6 号楼）和 X 射线实验大厅（7 号楼）等建筑。

2021 年 4 月，研究院委托山东省波尔辐射环境技术有限公司编制了《核技术利用项目（核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用）环境影响报告表》，项目建设内容为：（1）在核医学实验大厅内，使用回旋加速器（属 II 类射线装置）生产 PET 放射性核素；建设 1 处非密封放射性核素工作场所（日等效最大操作量 $2.37\text{E}+09\text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所），该场所使用生产的 PET 核素及外购的 SPECT 核素（ ^{18}F 等 15 种 PET 用核素， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 核素， ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置）进行科研实验。属生产制备 PET 用放射性药物，乙级非密封放射性物质工作场所；（2）在 X 射线实验大厅内使用加速器工业 CT 设备 1 台，工业 CT 设备 1 台，显微 CT（显微 CL）设备 3 台，属使用 II 类射线装置；（3）在中试实验室内生产组装加速器工业 CT、工业 CT 和显微 CT（显微 CL），年产量均为 10 台。出厂前在射线实验大厅相应机房内出束调试。属生产 II 类射线装置。2021 年 5 月 25 日，济南市生态环境局以“济环辐表审【2021】11 号”文对该项目进行了审批。

研究院于 2023 年新增 15 枚放射源，同时研究院对加速器工业 CT、工业 CT 和显微 CT（CL）的销售工作进行了环境影响备案登记，以上项目备案号为 202337012500000115，属使用 IV 类、V 类放射源，销售 II 类射线装置。

2024 年研究院开展了“济南中科核技术研究院核医学工作场所新增 ^{22}Na 核素应用项目”辐射安全分析工作，项目涉及于原核医学工作场所新增 ^{22}Na 核素，日等效最大操作量约为 $4.63 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大用量为 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$ ；本次新增 ^{22}Na 正电子源后核医学实验大厅放射性核素日等效最大操作量为 $2.3746 \times 10^9 \text{Bq}$ ，仍属于乙级非密封性放射性物质工作场所。

2024 年研究院新增 1 台 uColorSA 型小动物能谱 CT 和 1 台 Eplus 型全景动物 PET/CT，新增 19 种放射源使用和销售应用项目，新增 15 种放射性放射性同位素销售应用项目，以上项目备案号为 202437012500000046，属销售使用 IV 类、V 类放射源，使用 II 类射线装置，销售非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

济南中科核技术研究院现持有辐射安全许可证（鲁环辐证[01187]），许可种类和范围为销售、使用 IV 类、V 类放射源；生产、销售、使用 II 类射线装置，使用 III 类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2029 年 6 月 12 日。本期验收的相关项目均已进行辐射安全许可证许可登记。

二、项目建设内容及规模

环评规模：（1）在核医学实验大厅内，使用回旋加速器（属 II 类射线装置）生产 PET 放射性核素；建设 1 处非密封放射性核素工作场所（日等效最大操作量 $2.37 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所），该场所使用生产的 PET 核素及外购的 SPECT 核素（ ^{18}F 等 15 种 PET 用核素， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 核素， $^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置）进行科研实验。属生产制备 PET 用放射性药物，乙级非密封放射性物质工作场所；（2）在 X 射线实验大厅内使用加速器工业 CT 设备 1 台，工业 CT 设备 1 台，显微 CT（显微 CL）设备 3 台，属使用 II 类射线装置；（3）在中试实验室内生产组装加速器工业 CT、工业 CT 和显微 CT（显微 CL），年产量均为 10 台。出厂前在射线实验大厅相应机房内出束调试。属生产 II 类射线装置。

验收规模：济南中科核技术研究院对项目进行了分期建设，分期验收；本次验收为第一期验收内容：（1）在核医学实验大厅内，使用回旋加速器（属 II 类射线装置）生产 PET 放射性核素；建设 1 处非密封放射性核素工作场所（日等效最大操作量 $2.37 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所），该场所使用生产的 PET 核素及外购的 SPECT 核素（ ^{18}F 等 15 种 PET 用核素， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 核素， $^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置）进行科研实验。属生产制备 PET 用放射性药物，乙级非密封放射性物质工作场所；（2）在 X 射线实验大

厅内使用显微 CT(显微 CL)设备 3 台,属使用 II 类射线装置;(3)在中试实验室内生产组装显微 CT(显微 CL),年产量均为 10 台,出厂前在射线实验大厅相应机房内出束调试。属生产 II 类射线装置。验收监测时乙级非密封放射性物质工作场所、显微 CT(显微 CL)均正常运行。本期验收涉及的放射性同位素及射线装置一览表详见表 2-1~表 2-2。

表 2-1 本期验收涉及的放射性同位素情况

序号	核素名称	活动种类	日等效最大操作量 (Bq)	年等效最大使用量 (Bq)	工作场所	贮存方式与地点
1	^{18}F	生产、使用	7.4E+08	1.85E+13	6 号楼核医学实验大厅	热室铅罐
2	^{11}C	生产、使用	3.7E+08	9.25E+12		不储存,即产即用
3	^{13}N	生产、使用	1.85E+08	4.6E+12		不储存,即产即用
4	^{15}O	生产、使用	1.85E+08	4.6E+12		不储存,即产即用
5	^{68}Ga	生产、使用	7.4E+07	1.85E+12		不储存,即产即用
6	^{64}Cu	生产、使用	7.4E+07	1.85E+12		不储存,即产即用
7	^{89}Zr	生产、使用	7.4E+08	1.85E+13		热室铅罐
8	^{86}Y	生产、使用	3.7E+08	9.25E+12		不储存,即产即用
9	^{44}Sc	生产、使用	3.7E+07	9.25E+11		不储存,即产即用
10	^{124}I	生产、使用	3.7E+08	9.25E+12		热室铅罐
11	^{52}Mn	生产、使用	3.7E+08	9.25E+12		热室铅罐
12	^{48}V	生产、使用	3.7E+08	9.25E+12		热室铅罐
13	$^{94\text{m}}\text{Tc}$	生产、使用	3.7E+07	9.25E+11		不储存,即产即用
14	^{76}Br	生产、使用	3.7E+07	9.25E+11		不储存,即产即用
15	^{55}Co	生产、使用	3.7E+08	9.25E+12		不储存,即产即用
16	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	使用	7.4E+06	1.85E+12		储源间
17	^{123}I	使用	7.4E+06	1.85E+11		储源间
18	^{67}Ga	使用	7.4E+06	1.85E+12		储源间
19	^{111}In	使用	7.4E+06	1.85E+12		储源间
20	^{201}Tl	使用	7.4E+05	1.85E+11		储源间
21	^{177}Lu	使用	7.4E+06	1.85E+12		储源间
22	^{188}Re	使用	7.4E+06	1.85E+12		储源间
23	^{90}Y	使用	7.4E+06	1.85E+12		储源间
24	^{125}I	使用	7.4E+07	1.85E+12		储源间
25	^{131}I	使用	7.4E+07	1.85E+12		储源间
26	^{225}Ac	使用	7.4E+07	7.4E+09		储源间
27	^{213}Bi	使用	7.4E+07	7.4E+09		储源间
28	^{227}Th	使用	7.4E+07	7.4E+09		储源间
29	^{223}Ra	使用	7.4E+07	7.4E+09		储源间

续表 2-1 本期验收涉及的放射性同位素情况

序号	核素名称	活动种类	批准的日等效最大操作量（Bq）	批准的年等效最大使用量（Bq）	工作场所	贮存方式与地点
30	¹⁶¹ Tb	使用	7.4E+06	7.4E+08	6 号楼核医学实验大厅	储源间
31	⁶⁸ Ge	使用	7.4E+06	7.4E+10		储源间（淋洗手套箱内
32	⁹⁹ Mo	使用	7.4E+06	7.4E+10		
33	¹⁸⁸ W	使用	7.4E+06	7.4E+10		
本期验收核素的日等效最大操量计算结果						
序号	核素	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日实际最大操作量 Bq	日等效最大操作量 Bq	备注
1	¹⁸ F	0.01	1	7.4E+10	7.4E+08	核素生产
2	¹¹ C	0.01	1	3.7E+10	3.7E+08	
3	⁸⁹ Zr	0.1	1	7.4E+09	7.4E+08	
4	⁸⁶ Y	0.1	1	3.7E+09	3.7E+08	
5	¹³¹ I	0.1	1	7.4E+08	7.4E+07	使用
6	²¹³ Bi	1	10	7.4E+08	7.4E+07	
7	⁹⁹ Mo	0.1	100	7.4E+09	7.4E+06	
8	¹⁸⁸ W	0.1	100	1.85E+09	1.85E+06	
工作场所日等效最大操作量		2.37E+09Bq				/

注：1. 本期验收涉及的放射性同位素情况：1-15 号核素为 PET 用核素，主要来源于回旋加速器生产，其中 ^{68}Ga 也偶尔由 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器淋洗产生；16-30 号核素为 SPECT 核素，主要来源于成品核素外购， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{188}Re 也偶尔分别由 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{188}W - ^{188}Re 发生器淋洗产生；31-33 号为发生器淋洗装置内核素；1-15 核素日实际操作量按照回旋加速器可能制造日最大量考虑，日实际用量远小于生产量，相差两个数量级以上，可忽略；16-30 核素日实际操作量为单日最大购进量，实际单日使用量小于购进量。

2. 本期验收核素的日等效最大操量计算结果：回旋加速器每天最多生产上述 15 种 PET 核素中的 4 种，15 种 SPECT 核素中每天最多使用 2 种，非密封放射性工作场所的核素利用类型包括生产、使用（含使用中的各种操作）和贮存，根据建设单位提供的上述 30 种核素，所以核素不会同一天都生产和使用，故选择其中 4 种日等效最大操作量的 PET 核素和 2 种 SPECT 核素来计算本期项目实际日等效最大操作量。

表 2-2 本期验收涉及的射线装置情况

序号	装置名称	型号	数量	类别	活动种类	用途	工作场所	备注
1	回旋加速器	PETtrace840	1	II 类	使用	核素制备	6 号楼核医学实验大厅	/

续表 2-2 本期验收涉及的射线装置情况

序号	装置名称	型号	数量	类别	活动种类	用途	工作场所	备注
2	显微 CT(显微 CL)	XTomo-M-160 (XLam-160)	20	II 类	生产、销售	工业无损检测	销售部	/
3	显微 CT(显微 CL)	XTomo-M-160 (XLam-160)	3 台	II 类	使用	工业无损检测	7 号楼 X 射线实验大厅	/

三、项目总平面布置、建设地点和周围环境敏感目标分布情况

济南中科核技术研究院注册地址位于济南市新旧动能转换起步区中科新经济科创园 D2 地块 1 号楼 814 室，本期项目位于济南市新旧动能转换起步区崔寨街道萃清路中科新经济科创中心内。院内主要建筑包含科研楼（1 号楼、2 号楼及 4 号楼），综合楼（3 号楼），中试实验室（5 号楼），核医学实验大厅（6 号楼）和 X 射线实验大厅（7 号楼）等建筑。本次核技术利用项目位于 6 号楼核医学实验大厅和 7 号楼 X 射线实验大厅内，射线装置的组装生产位于 5 号楼中试实验室内，5 号楼为 2 层单体建筑，6 号楼为单体建筑，回旋加速器区域为 1 层，其余区域为 2 层，1 层为乙级非密封放射性核素应用区，2 层为设备夹层。7 号楼也为单体建筑，加速器工业 CT 及工业 CT 区域为 1 层，其余区域为 2 层，1 层为实验室、洁净区及更衣区等，2 层为设备夹层。本期项目所在地理位置见图 2-1，周边关系影像见图 2-2。

经现场勘查，本期项目场所四周毗邻关系见表 2-3。本期项目总平面布置见图 2-3，6 号楼一层核医学实验大厅平面布置见 2-4，7 号楼 X 射线实验大厅见图 2-5，回旋加速器机房平面布置图及剖面图见图 2-6。

本期项目 50m 评价范围内除存在研究院 1 号和 2 号科研楼外，无其它集中居民区、政府、事业单位办公楼、学校等环境敏感目标。

图2-4 本期项目中科新经济科创中心6号楼一层平面布置及分区图 比例尺1:310

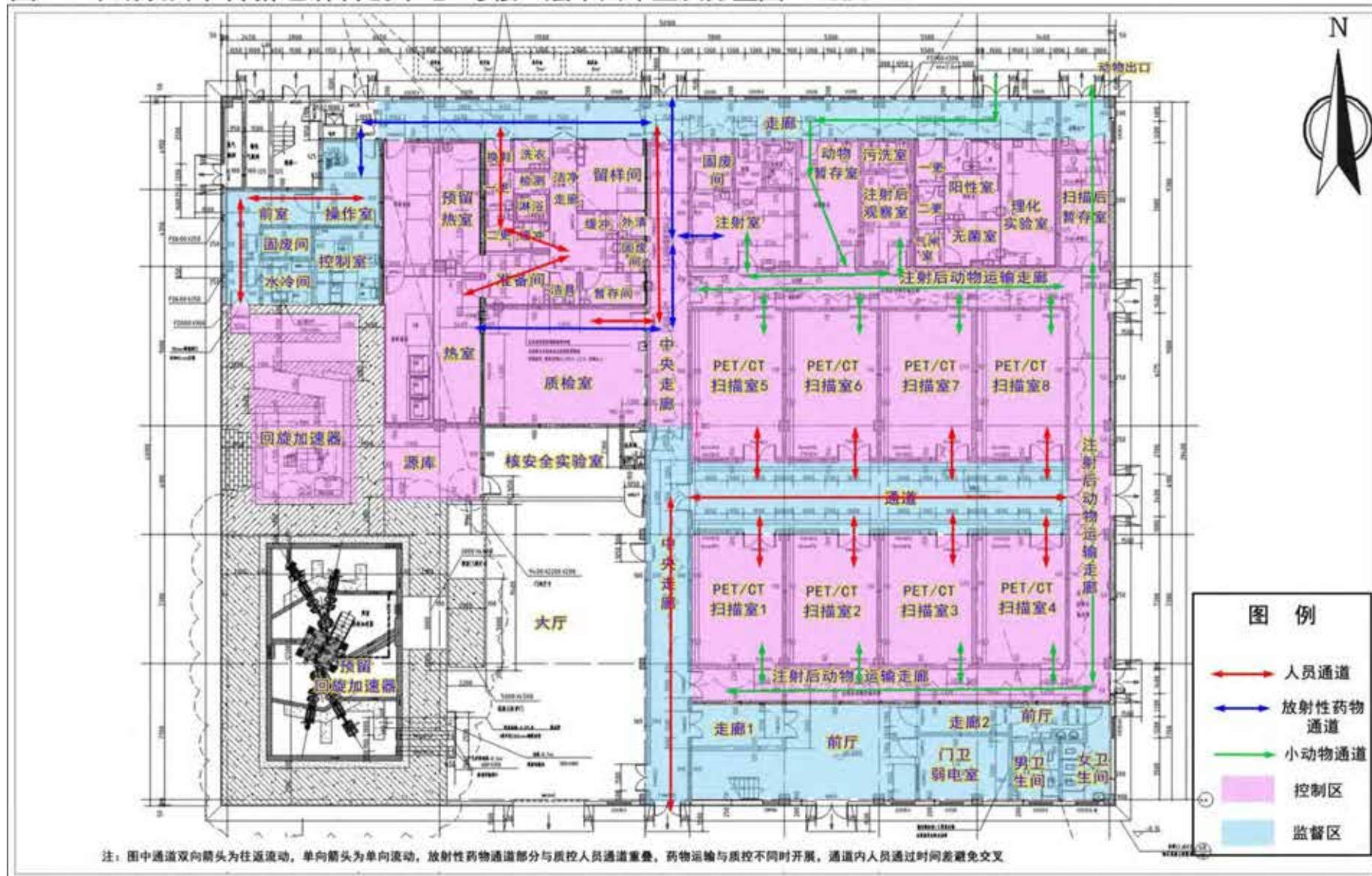
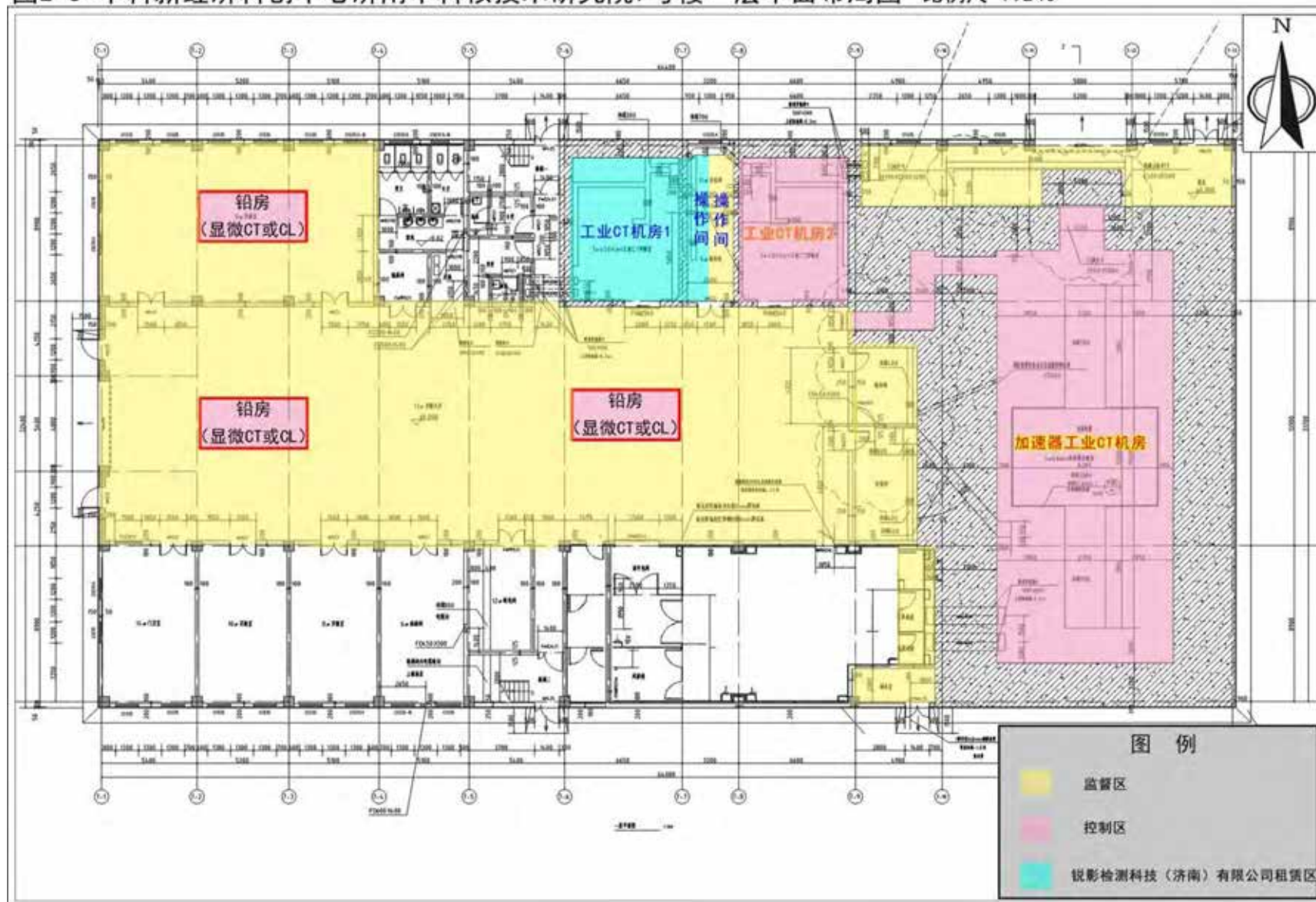


图2-5 中科新经济科创中心济南中科核技术研究院7号楼一层平面布局图 比例尺 1:240



本期项目 6 号楼核医学实验大厅、7 号楼 X 射线实验大厅现场勘查情况见图 2-7 所示。

表 2-3 本期项目场所四周比邻关系一览表

名称	方向	场所名称（0~50m）
6 号楼核医学实验大厅	北侧	院内道路、5 号楼中试实验室
	东侧	院内道路、运动场
	南侧	院内道路、7 号楼 X 射线实验大厅
	西侧	院内道路、萃清路
	顶部	设备夹层
	楼下	土层
7 号楼 X 射线实验大厅	北侧	院内道路、6 号楼核医学实验大厅
	东侧	院内道路、运动场
	南侧	院内道路、1 号楼科研楼、院内道路
	西侧	院内道路、萃清路
	顶部	设备夹层
	楼下	土层



5号楼中试实验室生产组装区



6号楼核医学实验大厅北侧院内道路、5号楼

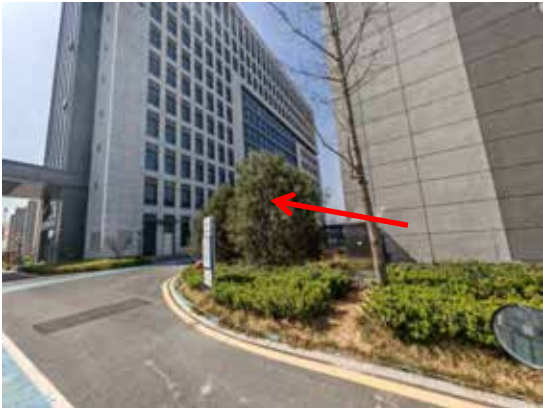


6号楼核医学实验大厅西侧院内道路、萃清路



6号楼核医学实验大厅南侧院内道路、7号楼

图2-7 本期项目5号楼、6号楼、7号楼现状照片

	
6号楼核医学实验大厅东侧院内道路、活动场地	6号楼核医学实验大厅楼上设备夹层
	
7号楼X射线实验大厅东侧院内道路、活动场地	7号楼X射线实验大厅南侧院内道路、1号楼
	
7号楼X射线实验大厅西侧院内道路、萃清路	7号楼X射线实验大厅北侧院内道路、6号楼
	
7号楼X射线实验大厅楼上设备夹层	6号楼核医学实验大厅注射室
续图2-7 本期项目5号楼、6号楼、7号楼现状照片	

四、环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容一览表

本期项目环境影响报告表建设内容与现场验收情况对比见表 2-4，环境影响报告表批复建设内容与现场验收情况对比见表 2-5。

表 2-4 本期项目环境影响报告表建设内容与验收情况对比表

名称	环评内容	现场状况	备注
项目位置	济南市济阳区崔寨街道孙大庄村西南约 1.2km，青银高速南约 0.9km，京沪高速南延段东约 0.85km，济南中科核技术研究院院内西侧	济南市新旧动能转换起步区崔寨街道萃清路济南中科核技术研究院院内西侧	与环评一致
内容	本项目放射性核素工作场所(含回旋加速器生产量)日等效最大操作量为 2.37E+9Bq,属乙级非密封放射性物质工作场所；使用 1 台 PETtrace840 型回旋加速器,1 台加速器工业 CT,2 台工业 CT,带自屏蔽的显微 CT 和显微 CL 设备 3 台，均属使用 II 类射线装置；年生产调试加速器工业 CT、工业 CT 显微 CT 和显微 CL 各 10 台，属于生产 II 类射线装置。	本期项目为一期建设项目，本期项目为放射性核素工作场所(含回旋加速器生产量)日等效最大操作量为 2.37E+9Bq,属乙级非密封放射性物质工作场所；使用 1 台 PETtrace840 型回旋加速器,3 台带自屏蔽的显微 CT 和显微 CL 设备，均属使用 II 类射线装置；年生产调试显微 CT 和显微 CL 各 10 台，属于生产 II 类射线装置。	本期项目与环评一致

表 2-5 本期项目环境影响报告表批复建设内容与验收情况对比表

环境影响报告表批复意见	验收时落实情况	备注
一、该项目位于济南市济阳区崔寨街道孙大庄村西南约 1.2km，青银高速南约 0.9km，京沪高速南延段东约 0.85km，济南中科核技术研究院院内西侧。主要建设内容为在核医学实验大厅使用 PETtrace840 型回旋加速器(属 II 类射线装置)生产 PET 放射性核素；建设 1 处非密封放射性核素工作场所(日等效最大操作量 2.37E+09Bq,属乙级非密封放射性物质工作场所)，使用生产的 PET 用核素及外购的 SPECT 核素(^{18}F 等 15 种 PET 用核素、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 用核素、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置)进行科研实验。在中试实验室内生产组装加速器工业 CT、工业 CT 和显微 CT(显微 CL)，年产量均为 10 台(均属 II 类射线装置)。在 X 射线实验大厅内拟使用加速器工业 CT 设备 1 台，工业 CT 设备 2 台，带自屏蔽的显微 CT 和显微 CL 设备 3 台。	济南中科核技术研究院对项目进行了分期建设，分期验收，本期项目为一期验收项目。本期项目位于济南市新旧动能转换起步区崔寨街道萃清路济南中科核技术研究院院内。主要建设内容为在核医学实验大厅使用 PETtrace840 型回旋加速器(属 II 类射线装置)生产 PET 放射性核素；建设 1 处非密封放射性核素工作场所(日等效最大操作量 2.37E+09Bq,属乙级非密封放射性物质工作场所)，使用生产的 PET 用核素及外购的 SPECT 核素(^{18}F 等 15 种 PET 用核素、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 用核素、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置)进行科研实验。在中试实验室内生产组装显微 CT(显微 CL)，年产量均为 10 台(均属 II 类射线装置)。在 X 射线实验大厅内使用带自屏蔽的显微 CT 和显微 CL 设备 3 台。	本期项目与批复意见一致

2.2 源项情况

本期项目涉及的非密封放射性物质和射线装置参数见表 2-6~表 2-7。

表 2-6 非密封放射性物质主要参数一览表

序号	核素名称	物理状态	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年操作量 (Bq)	毒性因子	操作方式
1	^{18}F	液态	7.4E+10	7.4E+08	1.85E+13	0.01	简单的操作
2	^{11}C	液态	3.7E+10	3.7E+08	9.25E+12	0.01	简单的操作
3	^{13}N	液态	1.85E+10	1.85E+08	4.6E+12	0.01	简单的操作
4	^{15}O	液态	1.85E+10	1.85E+08	4.6E+12	0.01	简单的操作
5	^{68}Ga	液态	7.4E+09	7.4E+07	1.85E+12	0.01	简单的操作
6	^{64}Cu	液态	7.4E+09	7.4E+07	1.85E+12	0.01	简单的操作
7	^{89}Zr	液态	7.4E+09	7.4E+08	1.85E+13	0.1	简单的操作
8	^{86}Y	液态	3.7E+09	3.7E+08	9.25E+12	0.1	简单的操作
9	^{44}Sc	液态	3.7E+09	3.7E+07	9.25E+11	0.01	简单的操作
10	^{124}I	液态	3.7E+09	3.7E+08	9.25E+12	0.1	简单的操作
11	^{52}Mn	液态	3.7E+09	3.7E+08	9.25E+12	0.1	简单的操作
12	^{48}V	液态	3.7E+09	3.7E+08	9.25E+12	0.1	简单的操作

续表 2-6 非密封放射性物质主要参数一览表

序号	核素名称	物理状态	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年操作量 (Bq)	毒性因子	操作方式
25	^{131}I	液态	7.4E+08	7.4E+07	1.85E+12	0.1	简单的操作
26	^{225}Ac	液态	7.4E+07	7.4E+07	7.4E+09	10	很简单的操作
27	^{213}Bi	液态	7.4E+08	7.4E+07	7.4E+09	1	很简单的操作
28	^{227}Th	液态	7.4E+07	7.4E+07	7.4E+09	10	很简单的操作
29	^{223}Ra	液态	7.4E+07	7.4E+07	7.4E+09	10	很简单的操作
30	^{161}Tb	液态	7.4E+08	7.4E+06	7.4E+08	0.1	很简单的操作
31	^{68}Ge	液态	1.85E+09	1.85E+06	1.85E+10	0.1	源的贮存
32	^{99}Mo	液态	7.4E+09	7.4E+06	7.4E+10	0.1	源的贮存
33	^{188}W	液态	1.85E+09	1.85E+06	1.85E+10	0.1	源的贮存

表 2-7 本期项目涉及的射线装置技术参数

设备名称	设备型号	类型	射线种类	管电压 (kV)	管电流 (mA)	束流强度	最大能量	射线管辐射角	备注
回旋加速器	PETtrace840	核素制备	II 类	/	/	60 μ A	16.5MeV	/	/
显微 CT	XTomo-M-160	工业无损检测	II 类	160	1.0	/	/	40°	射束定向向右照射
显微 CL	XLam-160	工业无损检测	II 类	160	1.0	/	/	40°	射束定向向上照射

2.3 工程设备与工艺分析

一、非密封放射性物质工作场所

本期项目非密封放射性物质工作场所涉及 33 种非密封放射性核素的应用（发生器的 3 种核素用于淋洗生产其他核素），具体见表 2-1、表 2-6。

1、核素制备、订购及使用剂量

（1）核素制备及订购方案

表 2-1 中 1-15 号核素为 PET 核素，主要来源于回旋加速器生产，其中 ^{68}Ga 也偶尔由购买的 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器淋洗产生，生产后依托 PET-CT 开展科研实验工作；16-30 号核素为 SPECT 核素，主要来源于成品核素外购， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{188}Re 也偶尔分别由购买的 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{188}W - ^{188}Re 发生器淋洗产生，再依托 SPECT-CT 开展科研实验工作或者通过核素开展系列化的编码孔径相机研发工作。上述外购核素均由销售方利用铅罐运送至单位手套箱内暂存，淋洗发生器暂存于储源间内，需要使用时按需分装或淋洗使用。

（2）核素使用方案

①PET 核素

本期项目中共 15 种 PET 核素，用于科研实验的核素主要为 ^{18}F ， ^{15}O ， ^{11}C ， ^{13}N ，另外 11 种 PET 核素仅偶尔使用， ^{18}F 及其它 PET 核素科研成像的动物主要为大鼠、小鼠，每只小鼠注射剂量 3.7MBq~18.5MBq (0.1mCi~0.5mCi)，大鼠为 11.1MBq~37MBq (0.3mCi~1mCi)，远期规划偶尔使用猴子做实验，猴子做实验主要是用到 ^{18}F ， ^{11}C 和 ^{68}Ga 三种核素，每只猴子注射量为 185MBq (5mCi)。注射后暂存间内以及成像后暂存间的最大动物数量大致都在 20~30 只左右(包含注射 SPECT 核素动物)。除了动物之外，在 PET 机房还有可

能进行模体成像的研究，模体成像的研究是将放射性核素注射至相应模体中，对研发的核成像设备进行校准、测试，主要使用 ^{18}F ， ^{15}O ， ^{11}C ， ^{13}N 核素，单次使用的剂量要高于动物，最大 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ （50mCi）左右。

本期项目每年科研实验天数约为 250 天，每天实验用到的大鼠和小鼠各不超过 5 只，实验用到猴子一月不会超过一只，模体成像研究一天不会超过 1 次。则日最大使用量（考虑使用猴子实验）为 $2.3125\text{E}+09\text{Bq}$ （62.5mCi）。

②SPECT 核素

本期项目中共 15 种 SPECT 核素，用于科研实验的 SPECT 核素主要是 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，另外 14 种 SPECT 核素仅偶尔使用， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及其它 SPECT 核素科研成像的动物主要也为大鼠、小鼠。每只小鼠注射剂量 $11.1\text{MBq}\sim 37\text{MBq}$ （0.3mCi $\sim$ 1mCi），大鼠为 $18.5\text{MBq}\sim 74\text{MBq}$ （0.5mCi $\sim$ 2mCi）。注射后暂存间内以及成像后暂存间的最大动物数量大致也都在 20 $\sim$ 30 只左右（包含注射 PET 核素动物）。除了动物之外，在 SPECT 机房还有可能进行模体成像的研究，主要使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素，单次使用的剂量要高于动物，一般为 $3.7\text{E}+8\text{Bq}$ （10mCi），最大 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ （50mCi）左右。本期项目研究院未购置 SPECT-CT，但研发团队长期开展系列化的编码孔径相机研发工作。

本期项目每年科研实验天数约为 250 天，每天实验用到的大鼠和小鼠各不超过 5 只，模体成像研究一天不会超过 1 次。则日最大使用量为 $2.405\text{E}+09\text{Bq}$ （65mCi）。编码孔径相机研发工作用量较少，一般为 $1.85\text{E}+8\text{Bq}$ （0.5mCi），最大 $1.85\text{E}+08\text{Bq}$ （5mCi）左右。

2、使用放射性核素工作原理及工作流程

（1）使用 PET 核素进行 PET-CT 扫描成像实验

1) PET-CT 工作原理

PET 其全称是正电子发射型计算机断层扫描显像仪 (positron emission tomography, 简称 PET)，是反映病变的基因、分子、代谢及功能状态的现象设备。它是利用正电子核素标记葡萄糖等生物体代谢物作为显像剂，通过病灶对显像剂的摄取来反映其代谢变化，从而为临床提供疾病的生物代谢信息。

CT 是常用的断层显像技术，可以清楚地获得病变的解剖结构信息，但仅靠结构特点难以作出准确的判断。PET-CT 是将 PET 与 CT 整合在一台仪器上，组成一个完整的显像系统，被称作 PET-CT 系统。在检查时经过快速的全身扫描，可以同时获得 CT 图像，以及

分子电离子产生等离子体，偏压下提取出氢负离子，进入加速区域，不断得到能量，直到达到需要的能量并被引出。

（4）真空系统

真空系统包括磁辄之间的真空仓，用于抽气的泵，仪表和控制部分。真空仪表和控制部分用于监测仓室的压力及在系统出现故障时对仪器起到保护作用。真空仓连续不断的抽取以排除来源于离子源及真空室内表面的气体。真空系统通常要求每天 24 小时不停的工作以保证真空仓内残留的气体达到最小，加速器的性能最优化，这将有利于提高离子的提取效率，减少加速器内部的活化。真空泵分为两种：机械泵用于初级真空的获得，扩散泵用于高真空的获得。当维修时或有提前通知停电时，需要手动关闭真空系统，此时需要先关闭扩散泵，等冷却后才能关机械泵。

（5）束流引出系统

引出系统的作用主要是将加速器加速到一定能量的束流靶体上，与相应原料发生核反应。现代很多回旋加速器都使用 H 离子源，因此，引出系统相对简单。这种引出系统仅使用一块很薄的碳膜（微米量级），当 H 经过碳膜时，H 中 2 个电子被剥离，是束流从负离子变成正离子 H^+ ，结果使其受到的磁场作用力相反，带正电荷的束流偏向预定的出口并轰击靶体。本项目加速器支持双束流引出，可服务于多达 5 个靶位。

（6）靶系统

回旋加速器的靶系统包括准直器、装靶接口和对应靶体支持单元。循环的冷却水和氦气，通过换靶装置流动，用于排除靶内的热量。靶支持单元模块安装在加速器旁的橱柜内，这些模块含有使用每个靶所必需的控制与检测仪器、用于轰击的原材料传输、阀门等。

（7）冷却系统

加速器运行中产生的热量有三种方式加以排出，第一种是用 He 冷，第二种是水冷，第三种是风冷。在回旋加速器中，对靶窗的冷却采用 He 冷却，而对其他很多系统产生的热量，如：磁体、D 盒、真空泵、离子源等，则采用水冷却。风冷则主要使用在一些不方便或者不能使用水冷却的系统，如高频以及集成电路板等。

2、工作原理

回旋加速器工作原理如下图所示。它由一个具有高度真空的对称分成两侧的 D 型盒

施（铅房）、连接电缆及附件组成。

2、工作原理

X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面作用的轫致辐射即为 X 射线。典型的 X 射线管结构见图 2-11。

本期项目铅房内部构件主要包括 X 射线管、载物台及 X 射线探测器；其中 X 射线管及 X 射线探测器分别位于铅房的两侧，载物台位于两者之间。X 射线管发射的 X 射线对载物台上的受检工件进行照射，当射线在穿过气孔、夹渣等时其衰减明显减少，从而 X 射线的穿透量不同。受检工件与其中缺陷对 X 射线吸收衰减不同从而形成 X 射线强度分布的潜像，X 射线探测器将 X 射线图像转换成标准视频图像，即转换为可见像，在实时成像显示器上产生较强的图像显示工件表面气孔的大小，使用厂家根据气孔判断产品是否合格，据此实现无损检测的目的。

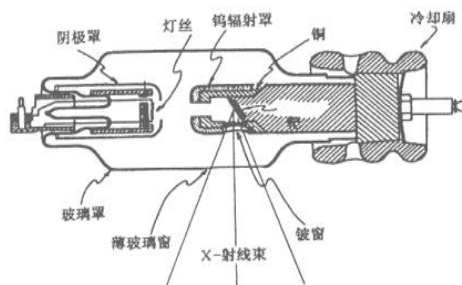


图 2-11 典型的 X 射线管结构图

3、探伤原理

显微 CT、显微 CL 是将电子枪产生的电子经加速后形成高速运动的电子束，它利用电子束与靶物质相互作用时的轫致辐射产生 X 射线束，对受检工件进行照射，探测器接收 X 射线穿透受检工件后的信号，经过变换还原出物体内部的密度结构图，通过结构图发现物体内部是否有缺陷等。

显微 CT、显微 CL 是以不损害检测对象的使用性质为前提，对各种工件进行有效的检测、测试，从而获知工件中缺陷的性质、形状、大小、位置、取向、分布等信息，以及工件的局部密度分布情况，进而对工件的使用性能作出评价。

4. 生产、销售及售后维修流程

研究院接到订单后，外购组装所需要的配件，然后 5 号楼（中试实验室）内进行组装，于在 7 号楼实验大厅调试，调试合格后即装箱、发货，然后在买方工作场所安装和调试。3 台设备用于显微 CT、显微 CL 对外检测服务使用区域。研究院对所生产产品进行售后维修，售后维修时需将显微 CT、显微 CL 返回研究院工作场所进行维修，维修后调试合格再发回至客户。

本期项目外购屏蔽铅房、探测器、X 射线管、运动平台、控制系统、控制电缆等配件，将各配件根据要求进行组装。组装过程不涉及焊接，仅为简单的人工组装工序，组装过程无废水及废气产生，仅产生少量固废及噪声。

本期项目生产、销售、维修工艺流程见图 2-12。

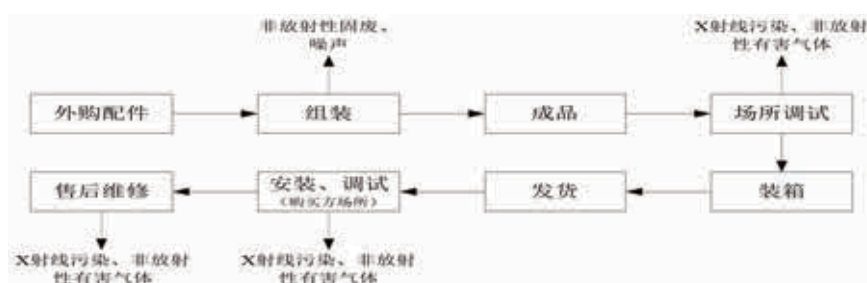


图 2-12 项目生产、销售及维修工艺流程图

5. 调试、使用流程

（1）调试流程

显微 CT、显微 CL 组装完成后需进行调试，本期项目包括厂内调试及销售后的现场调试及检修。厂内调试前先检查设备各项装置是否完好，确认安装完好后进行调试：（1）调试光机热机是否正常，人工将样品工件放置在载物台上，关闭工作门，查看光机指示灯状态是否正常；（2）调试运动系统是否正常，上下料门关闭是否正常；（3）调试扫描流程和探测器成像是否正常，放置样品工件在光机和探测器之间，使样品接受 X 射线扫描，接收器接收透过样品的 X 射线，设置电压电流，X 射线扫描后探测器采集图像，照相后输出模拟信号至计算机，由计算机经过软件处理输出图像；（4）图像检验完成后关机，工作门开启，人工取出样品工件，完成调试。

销售后的现场调试流程前期与厂内调试流程一致，工程师现场安装后于建设单位进行调试培训，培训客户使用设备及软件，客户进行现场调试一次。客户调试演练后完成交付。

调试工作流程示意图见图 2-13。

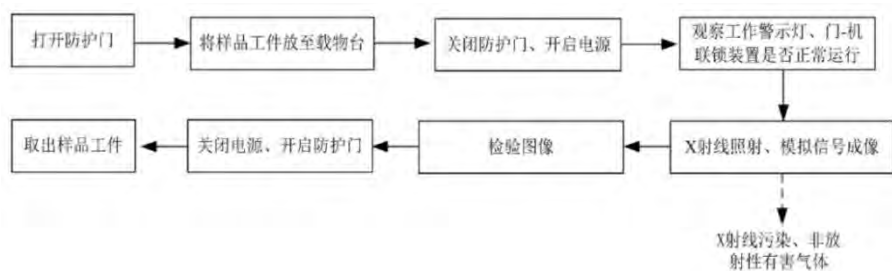


图 2-13 显微 CT、显微 CL 调试工作流程示意图

(2) 使用流程：

工作人员在使用显微 CT、显微 CL 时，先检查各项装置是否完好。

1) 将需要检测的产品运至铅房内，并转移至载物台，摆好产品位置。

2) 在开机前对铅房进行巡检清场，确保铅房内无人员滞留，然后人员撤离至操作台，关闭铅房防护门。

3) 开始准备工作，连接图像接受器，以确认射线源是否运行异常。设备运行正常，则设置检查工件所需参数，开启系统曝光出束，并记录检测结果。

4) 检测结束后，关闭射线源电源，然后开启铅房工件进出防护门，作业人员取出测试工件。

本期项目使用工艺流程见图 2-14。

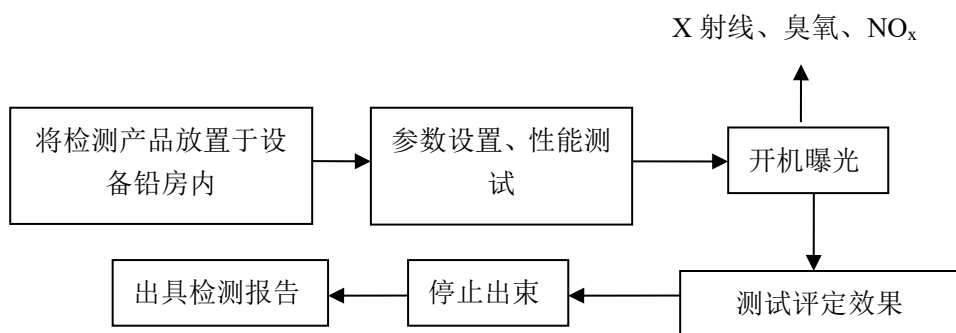


图 2-14 显微 CT、显微 CL 使用工艺流程图

2.4 主要放射性污染物和污染途径

一、放射性核素使用工作场所

本期项目涉及的核素按照成像原理主要分为两大类：PET 核素和 SPECT 核素。涉及的核素的特性见表 2-9。

表 2-9 放射性核素的特性

序号	核素	半衰期	主要衰变类型	衰变产生的主要粒子	主要粒子能量 (MeV)	主要份额 γ 射线能量 (MeV)	主要份额 γ 射线发射几率	照射量率常数 (aC/kg) m ²
1	¹⁸ F	1.83 小时	EC, β^+	β^+	0.634	0.511	1.935	1.14
2	¹¹ C	20.38 分钟	EC, β^+	β^+	0.960	0.511	1.995	1.14
3	¹³ N	9.965 分钟	EC, β^+	β^+	1.199	0.511	1.996	1.14
4	¹⁵ O	122.2 秒	EC, β^+	β^+	1.732	0.511	1.998	1.14
5	⁶⁸ Ga	68 分钟	EC, β^+	β^+	1.899	0.511	1.778	1.05
6	⁶⁴ Cu	12.7 小时	EC, β^+ 和 β^-	β^+ 和 β^-	0.00084 (β^-) 0.653 (β^+)	0.511	0.357	0.21
7	⁸⁹ Zr	78.43 小时	EC, β^+	β^+	0.904	0.909	0.990	1.55
8	⁸⁶ Y	14.74 小时	EC, β^+	β^+	1.254	1.076	0.825	3.55
9	⁴⁴ Sc	3.927 小时	EC, β^+	β^+	1.476	0.511	1.887	2.27
10	¹²⁴ I	4.18 天	EC, β^+	β^+	2.135	0.603	0.590	1.22
11	⁵² Mn	5.591 天	EC, β^+	β^+	0.575	1.434	1.000	3.54

续表 2-9 放射性核素的特性

25	¹³¹ I	8.04 天	β ⁻	β ⁻	0.606	0.364	0.812	0.423
26	²²⁵ Ac	10 天	α	α	5.829	0.012	0.213	0.167
27	²¹³ Bi	45.65 分钟	β ⁻ 和 α	β ⁻ 和 α	5.870(α) 1.420(β ⁻)	0.440	0.280	0.146
28	²²⁷ Th	18.72 天	α	α	6.038	0.012	0.418	0.457
29	²²³ Ra	11.43 天	α	α	5.715	0.012	0.2474	0.352
30	¹⁶¹ Tb	6.91 天	β ⁻	/	/	/	/	9.27E-2

注：“/”为未查询到相关核素对应参数，“-”为不存在该项数据。

根据核素特性，衰变产生的粒子主要有 β^+ 、 β^- 和 α 三种粒子，虽然上述三种粒子能量相对较大，但是 γ 射线的穿透性要远远大于 β^+ 、 β^- 和 α 的穿透性，在外照射辐射防护的时候主要考虑 γ 射线的影响。而对于产生 β 和 α 的核素还可能造成内照射的影响。根据表 2-9，SPECT 核素的主要 γ 射线的能量均要小于 PET 核素主要 γ 射线的能量。

① γ 射线

本期项目 PET 核素在衰变过程中发射（产生）正电子，正电子与原子核周围的轨道电子（负电子）发生结合，同时释放两个能量相等方向相反的 γ 光子（0.511MeV），即 γ 射线，同时，SPECT 核素（除 ^{90}Y ）在衰变过程中也释放出 γ 射线。 γ 射线穿透能力很强，可能会对周围环境会造成一定的辐射影响。

② β 射线和轫致辐射

本期项目 PET 核素和 SPECT 核素在衰变过程中释放出 β 射线， β 射线在空气及人体组织中射程均较短，且电离作用相对较弱，较容易防护，注射时药剂为液体，一般不会造成挥发形成气溶胶，工作人员操作佩戴手套和防护口罩，相关核素不会造成明显的内照射影响，不会对环境产生辐射污染。

虽然 β 射线穿透能力弱，在空气及人体组织中射程较短，但核素盛放在玻璃容器中时易产生轫致辐射，轫致辐射可能会对周围环境会产生辐射污染。

③ α 粒子

本期项目部分 SPECT 核素（ ^{225}Ac 、 ^{227}Th 和 ^{223}Ra ）在衰变过程中释放出 α 粒子， α 粒子短射程对外照射正常组织影响较小（ α 粒子的射程仅 43 μm ），穿透范围短，不会伤害皮肤以下组织；假如上述核素进入工作人员体内会使接触的人体组织物质产生电离，从而破坏人体组织。本期项目含有 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 和 ^{223}Ra 核素的分装手套箱内操作，注射时药剂为液体，一般不会造成挥发形成气溶胶，工作人员操作佩戴手套和防护口罩，能有效避免 ^{225}Ac 、 ^{227}Th 和 ^{223}Ra 吸入或侵入体内，从而上述核素产生的 α 粒子造成的内照射影响很小，几乎可以忽略。

④表面污染

工作人员在操作非密封放射性物质时，不可避免地会引起工作台、地面等放射性沾污，造成 α 、 β 放射性表面污染。

⑤放射性固体废物

该项目产生的放射性固废可分为四类，第一类为剩余放射性药物、废旧 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等3类发生器；第二类为被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭污染地面的物品、过滤活性炭和小动物垫料和粪便等排泄物；第三类为扫描后被处死的小动物尸体；第四类为清理放射性废水衰变池时产生的沉积物污泥。

⑥放射性废水

动物注射放射性药物后，所产生的排泄物、冲洗水及模体成像结束后等废水含有放射性核素。另外，清洗去污可产生放射性废液。在质控室、注射室、污洗室等均设有专用下水管道通往衰变池内。

⑦放射性废气

由于注射室等控制区场所操作和使用含碘的核素，会产生含碘的放射性废气，放射性废气通过排风系统进入环境中会产生一定的放射废气。

综合所述，放射性核素工作场所主要影响因子为 γ 射线、 β 射线和韧致辐射、 α 粒子、表面污染、放射性固体废物、放射性废水和放射性废气等。

二、回旋加速器

(1) 质子

回旋加速器将 H^+ 离子加速，到达末端时经过靶膜后成为能量为16.5MeV的质子(p)，被聚焦为直径不大于0.6mm的一股束流射向靶，在空间所占体积很小，质子的穿透性很弱（在物质中的射程很短，仅为同等能量电子射程的几十分之一到百分之一），很易被物质所阻挡。因此，对这种作为内束应用的质子束，其外照射的防护不必考虑。

(2) 中子

当质子的能量大于10MeV时，作用于任何一种物质均可引起核反应而释放出中子。中子具有很强的穿透能力，对加速器周围环境产生辐射影响。以制备 ^{18}F 为例，当质子的能量为11MeV时， $^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$ 反应所释放中子的最大能量为5MeV，中子的散率为 $1.2 \times 10^{11}\text{n/s}$ 。中子的强穿透能力使其可能穿过屏蔽体，对加速器周围环境产生辐射影响。

(3) γ 射线

回旋加速器生产放射性核素(p, n)反应所释放的大量中子与靶周围部件、准直器、自屏蔽体等物质相互作用将释放出平均能量为8MeV的 γ 射线。俘获反应有(n, γ)、(n, α)、(n, p)等，但以释放 γ 射线为主。大多数核素俘获 γ 射线的最高能量多在7~10MeV的范围内分布，如水泥中的主要成份硅的俘获 γ 辐射最高能量达10.6MeV、铁达10.16MeV、钙达7.83MeV、铝达7.72MeV等，只有少数元素的俘获 γ 射线的能量较低。

(4) β 或 β^+

如上所述，回旋加速器运行过程中产生的感生放射性核素多为 β 或(β^+)衰变，由于 β 或(β^+)穿透能力较弱，影响范围仅限于回旋加速器机房，对外环境不会产生明显的影响。

(5) 放射性固体废物

主要有以下几种：

- 1) 放射性药物制取时，更换的放射性残留物如硅胶、树脂、氧化铝、碳柱、滤膜等；
- 2) 放射性药物常规操作和药物质检等产生的注射器、针头、一次性手套等；
- 3) 回旋加速器产生的放射性固体废物，包括过滤网、靶膜等。

(6) 放射性废水

回旋加速器的生产运行过程中不产生废水，只有在设备维护的过程中冲洗靶才会产生冲靶后的废水，一年最多维护两次，每次的水量大约 2L。定期对相关仪器进行清洗也会产生一定的废水，场所设置专用的洁具间（水池）。上述废水进入衰变池，衰减达标后按照生态环境主管部门要求排入市政污水综合管网。

(7) 放射性废气

回旋加速器运行后进入放化合成操作过程，在化学合成时会产生少量放射性气体，但由于整个过程在密封的化学合成模块内进行，而化学合成模块安装在“带有屏蔽”和“独立排风管道”的防护热室内，加上正电子核素的半衰期非常短，通过设有活性炭高效过滤器等独立通风排风系统来降低室内放射性浓度，并使排放的放射性气体浓度很低，不会对环境造成污染。

(8) 非放射性气体

空气在射线强辐射下，吸收辐射能量并通过电离产生臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，它们是具有刺激作用的有害气体，房间内通风方式以机械通风为主，本期项目回旋加速器室、分装热室均已设置通风系统，确保通风换气次数达到一般每小时 3~4 次。

综合上述分析，主要影响因子为中子、 γ 射线、放射性废水、放射性固体废物、非放射性气体等。

三、显微 CT 和显微 CL

1. 放射性废物

显微 CT、显微 CL 不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

2. X 射线

显微 CT、显微 CL 开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

3. 非放射性废气

显微 CT、显微 CL 产生的 X 射线会使空气电离。空气电离产生臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，在 NO_x 中以 NO_2 为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体，本期项目中臭氧和氮氧化物的产生量均较小，显微 CT、显微 CL 设备均设置专门的排风口，各通风口均进行了屏蔽补偿设计，均设置有迷道，且避开有用射束照射，通风口处屏蔽能力与所在防护面防护能力相同。显微 CT 于铅房顶部边角处设置 2 处通风口，设计通风量 $108m^3$ ，铅房净容积约为 $3.60m^3$ ，有效换气次数远大于 3 次/h；显微 CL 于铅房顶部边角处设有 1 处通风口，设计通风量 $127m^3$ ，铅房净容积约为 $4.77m^3$ ，有效换气次数远大于 3 次/h。本期项目显微 CT、显微 CL 设备所在 X 射线实验大厅调试、使用区域均设置专用机械通风装置，废气均通过通风装置排至 X 射线实验大厅顶部外，排放口区域少有人员居留，不属于人员活动密集区，对环境影响较小。

综上分析，主要考虑为 X 射线、非放射性废气。

2.5 工作负荷和人员配置

2.5.1 人员配置

本期项目配置了 16 名辐射工作人员，其中 6 号楼核医学试验大厅配备 14 名辐射工作人员，7 号楼（X 射线实验大厅）配备 2 名工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，且均处于有效期内。

2.5.2 工作时间

1. 放射性核素工作场所

使用 PET 过程中，研究院使用的 PET 核素自己生产、经过合成、分装，通过工作人员传递到注射室，由注射室工作人员进行注射，故 PET-CT 工作场所工作人员操作过程主要是注射、摆位指导过程、扫描，传送过程带有屏蔽保护、质控用药量少，均对工作人员的剂量影响可忽略，实际操作过程中操作时间其中注射 30s/例，取药过程约 10s/例，摆位 1min/例、扫描 20min/例，运输至扫描间 5min/例，年工作 250d，每天最多扫描 5 只小鼠和 5 只大鼠，一月扫描一只猴子，每天最多模体扫描 1 次，职业人员注射时间为 23h/a、取药时间为 7.67h/a、摆位时间为 46h/a、扫描时间为 921h/a，运输时间 230h/a，

质控时间 125h。

使用 SPECT 核素过程中，职业人员进行分装、取药和注射、摆位过程、扫描，偶尔进行淋洗，其中淋洗过程为 10s（插入负压药瓶后人员离开），分装过程 60s/次、取药过程约 5s/例、注射过程约 30s/例、摆位指导约 1min/例、扫描过程约 20min/例，运输至扫描间取 5min/例，年工作 250d，每天最多扫描 5 只小鼠和 5 只大鼠，每天最多模体扫描 1 次，则职业人员淋洗时间为 7.64h/a、分装时间为 45.8h/a、取药时间为 3.82h/a、注射时间为 22.9h/a、摆位指导过程时间为 45.8h/a、扫描过程时间为 917h/a，运输时间 229h/a，质控时间 125h。

本期项目研究院未购置 SPECT-CT，但研发团队长期开展系列化的编码孔径相机研发工作。编码孔径相机研发工作用量较少，一般为 $1.85\text{E}+8\text{Bq}$ (0.5mCi)，最大 $1.85\text{E}+08\text{Bq}$ (5mCi) 左右，低于依托 SPECT-CT 开展科研实验工作操作量，本期项目放射性核素工作场所通过 SPECT-CT 开展科研实验工作进行计算。

本期项目放射性核素工作场所配备 12 名工作人员，分为 3 组根据需要轮换开展科研工作。

当 PET-CT 或 SPECT 处于 CT 工作状态时，会产生一定的 X 射线辐射，但 X 射线的能量远低于 γ 射线，机房外周围环境的附加剂量率非常低，断电后 X 射线随机消失，基本可以忽略。因而，对于工作人员不再考虑 X 射线影响。

2. 回旋加速器核素生产场所

从事回旋加速器制药工作的辐射工作人员受照射环节主要为回旋加速器制药过程中。分装为自动进行，质控维护和药物传递属于放射性核素工作人员负责。

启动回旋加速器生产 PET 核素的单天平均开机时间不超过 5 小时，一般为制备常用核素 ^{18}F ，制备 ^{18}F 单次开机不超过 1 小时，全年最多开机 250 天，回旋加速器中心的药物生产配备 2 名工作人员，分为 2 组开展工作。

本期项目加速器换靶为自动化传送换靶，且加速器内有五个靶位，每天最多换靶 1 次，平均一次换靶工作人员接触靶的时间不超过 1 分钟，全年工作 250 天，一年换靶最长时间为 4.2 小时。

3. 显微 CT、显微 CL

研究院年生产显微 CT、显微 CL 各 10 台，研究院收到订单后每台设备出厂前厂内均调试 1 次，每台显微 CT、显微 CL 厂内开机调试时间分别为 15min/台、30min/台，则 10 台显微 CT、10 台显微 CL 院内年开机调试时间分别为 2.5h、5h；每台显微 CT、显微 CL

外售后在买方场地开机调试 2 次，则买方场地调试时间分别为 5h/a、10h/a；外售后设备检修时，在院内和买方场地均进行 1 次调试，则 10 台显微 CT、10 台显微 CL 外售后设备检修时全年受照时间分别为 5h/a、10h/a。则显微 CT、显微 CL 年总调试时间分别为 12.5h/a、25h/a。

研究院于 7 号楼 X 射线大厅开展显微 CT、显微 CL 对外检测服务工作，预计开展检测次数最大分别约为 1800 次/年和 1000 次/年，单次照射时间分别为 15min/次、30min/次，则显微 CT、显微 CL 对外检测服务年使用时间分别约为 450h/a、500h/a。

综上所述，研究院显微 CT、显微 CL 开机调试、使用、维修时间分别约为 462.5h/a、525h/a，其中研究院厂区内显微 CT、显微 CL 开机调试、使用时间分别约为 455h/a、510h/a。

研究院共 2 名辐射工作人员，每人参加厂内调试、买方场地调试、售后检修调试、对外检测服务的概率相等计算，则辐射工作人员开机调试、使用显微 CT、显微 CL 时全年受照时间最大分别为 462.5h/a、525h/a。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 辐射防护设施/措施落实情况

本期项目放射性核素工作场所均落实了实体屏蔽，实施了分级分区，设置了实验小动物通道、药物研发及生产工作人员通道、核医学影像研究工作人员通道。本期项目 6 号楼（核医学实验大厅）一层平面布置及分区布局见图 2-4，辐射安全与防护设施现场照片见图 3-1。

显微 CT、显微 CL 设置有门-机联锁装置、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、通风系统、紧急停机按钮、钥匙开关。本期项目配备了相应防护仪器设备，辐射安全与防护措施能有效运行。本期项目 7 号楼（X 射线实验大厅）一层平面布置及分区布局见图 2-5，辐射安全设施现场照片见图 3-2。

本期项目环境影响报告表防护设施/措施现场验收情况与环评内容对比见表 3-1，本期项目实体屏蔽建设情况验收情况与环评内容对比见表 3-2，环境报告表批复与现场验收情况对比表见表 3-3。

表 3-1 本期项目环境影响报告表防护设施/措施现场验收情况与环评内容对比表

名称	环评内容	现场实际建设内容
放射性核素工作场所		
位置	6 号楼（核医学实验大厅）一层	经现场勘查，与环评一致
分级	乙级非密封放射性物质工作场所	乙级非密封放射性物质工作场所
分区管理	将工作场所各房间划分为“控制区”和“监督区”两区管理。 ①控制区：合成热室、质检室、注射室、注射后观察、PET-CT/SPECT-CT 机房、注射后动物运输通道、中央走廊（北部）、扫描后暂存室、注射室的污洗室、动物暂存室、理化实验室（含实验室辅助更衣室等）、储源室和固废室等室内划为控制区。控制区内防护及管理措施如下：a、设置门禁系统，非有关职业人员严禁入内；b、在控制区出入口及其他适当位置处设置电离辐射警告标志，并应给出相应的辐射水平和污染水平的指示；c、对职业工作人员配备个人防护用品、个人衣物贮存柜、被污染衣物贮存柜，配备辐射防护监测仪、表面污染仪；d、工作场所严格按照 GB18871-2002 附录 B 中“表 B11 表面放射性物质污染控制水平”的有关规定执行；e、及时清理放射性固废，动物排泄物等入专用收集容器。②监督区：PET-CT/SPECT-CT 机房控制室、中央走廊（南部）等；以及与控制区毗邻的设备夹层和周围其他有关毗邻的区域。监督区防护及管理措施如下：a、其他无关公众人员严禁入内；b、在监督区入口处设立表明监督区的标牌。	与环评一致。 将工作场所各房间划分为“控制区”和“监督区”两区管理。①控制区：合成热室、质检室、注射室、注射后观察室、PET-CT/SPECT-CT 机房、注射后动物运输通道、中央走廊（北部）、扫描后暂存室、注射室的污洗室、动物暂存室、理化实验室（含实验室辅助更衣室等）、储源室和固废室等室内划为控制区。②监督区：PET-CT/SPECT-CT 机房控制室、中央走廊（南部）等；以及与控制区毗邻的设备夹层和周围其他有关毗邻的区域。

续表 3-1 本期项目环境影响报告表防护设施/措施现场验收情况与环评内容对比表

名称	环评内容	现场实际建设内容
放射性核素工作场所		
实验小动物通道	小动物由动物暂存间→注射室注射→注射后观察室→注射后动物运输走廊→PET-CT/SPECT-CT 机房扫描→注射后动物运输走廊→注射后动物暂存间；注射后动物处死→固废间。小动物于注射后动物暂存间最多暂存 7 日。实验小动物通道见图 2-4。	与环评一致。小动物由动物暂存间→注射室注射→注射后观察室→注射后动物运输走廊→PET-CT/SPECT-CT 机房扫描→注射后动物运输走廊→注射后动物暂存间；注射后动物处死→固废间。小动物于注射后动物暂存间最多暂存 7 日。实验小动物通道见图 2-4。
药物研发及生产工作人员通道	北侧走廊→换鞋、一更、二更、缓冲间→准备间→合成热室→检测、一更、换鞋返回；中央走廊→质检室→返回	与环评一致。北侧走廊→换鞋、一更、二更、缓冲间→准备间→合成热室→检测、一更、换鞋返回；中央走廊→质检室→返回；药物研发及生产工作人员通道见图 2-4。
影像研究工作人员通道	北侧走廊→更衣→注射室注射→原路返回；中央走廊→控制室操作成像设备	与环评一致。北侧走廊→更衣→注射室注射→原路返回；中央走廊→控制室操作成像设备；影像研究工作人员通道见图 2-4。
场所布局	放射性核素相关场所主要有 PET-CT/SPECT-CT 机房（PET-CT 机房与 SPECT-CT 机房不区分，机房内设备可以拆卸替换，拆下临时存放在机房内，拆卸下来的主要为 X 射线发生器和探测器）、合成热室（含 PET 核素合成和分装）、质检室、储源室、注射室（含 SPECT 核素分装通风橱）、注射后观察室、扫描后暂存室、固废间、清洁走廊、放化室、污洗室、缓冲间、更衣室、淋浴间、准备间等、注射后动物运输走廊、工作人员通道，布局基本合理。	与环评一致。放射性核素相关场所主要有 PET-CT/SPECT-CT 机房（PET-CT 机房与 SPECT-CT 机房不区分，机房内设备可以拆卸替换，拆下临时存放在机房内，拆卸下来的主要为 X 射线发生器和探测器）、合成热室（含 PET 核素合成和分装）、质检室、储源室、注射室（含 SPECT 核素分装手套箱）、注射后观察室、扫描后暂存室、固废间、清洁走廊、放化室、污洗室、缓冲间、更衣室、淋浴间、准备间等、注射后动物运输走廊、工作人员通道，布局基本合理。
房间四周墙体及室顶、防护门等	具体屏蔽参数见表 3-2	与环评一致 (具体屏蔽参数见表 3-2)
其他安全防护措施	在控制区入口及其他适当位置处设置电离辐射警告标志	放射性核素工作场所边界、控制区进出口等醒目位置处均张贴了电离辐射警告标志。PET-CT（SPECT-CT）机房小动物进出防护门均设置了工作状态指示灯，张贴了电离辐射警告标志，机房与控制室之间设置观察窗。控制室操作台均安装了紧急停机按钮。

续表 3-1 本期项目环境影响报告表防护设施/措施现场验收情况与环评内容对比表

名称	环评内容	现场实际建设内容
回旋加速器机房		
场所布局	本项目回旋加速器中心主要包括回旋加速器机房、操作室、合成热室（在放射性核素场所中已包括）、控制柜室、气瓶间、固废间和前室等。回旋加速器机房东侧为危化品库和合成热室；南侧为预留回旋加速器机房（不在本工程评价范围内）；西侧为院区内道路和绿化带；北侧为控制柜室、前室和操作室，该场所分布集中，布局基本合理。	与环评一致。本期项目回旋加速器中心主要包括回旋加速器机房、操作室、合成热室（在放射性核素场所中已包括）、控制室、气瓶间、固废间和前室等。回旋加速器机房东侧为源库和热室；南侧为预留回旋加速器机房；西侧为院内道路和绿化带；北侧为控制室、前室和操作室，该场所分布集中，布局基本合理。
房间四周墙体等实体屏蔽	具体屏蔽参数见表 3-2	与环评一致 (具体屏蔽参数见表 3-2)
工作通道、物流	工作通道：工作人员经专用通道进入回旋加速器机房、控制室、设备间等工作场所；经一更、二更室(卫生通过间)。缓冲进入合成热室。物流：合成后的放射性药物经质控检验后，置于铅罐内运至注射室内	与环评一致。工作通道：工作人员经专用通道进入回旋加速器机房、控制室、设备间等工作场所；经一更、二更室(卫生通过间)。缓冲进入合成热室。物流：合成后的放射性药物经质控检验后，置于铅罐内运至注射室内。
分区管理	控制区：回旋加速器机房划为控制区，禁止无关人员进入，并安装电离辐射警告标志和工作状态指示灯。监督区：控制室、控制柜室、气瓶间、前室等与回旋加速器毗邻区域划为监督区	与环评一致。控制区：回旋加速器机房划为控制区，禁止无关人员进入，并安装电离辐射警告标志和工作状态指示灯。监督区：操作室、控制室、气瓶间、前室等与回旋加速器毗邻区域划为监督区。
合成与分装装置	合成热室提供PET正电子放射性药物合成的过程保护。拟配备1个合成分装柜，合成分装柜采用负压设计通风，合成工作柜辐射屏蔽能力为75mmPb，玻璃视窗与柜体具有相同防护能力。	与环评基本一致。已配备 1 个合成分装柜，合成分装柜采用负压设计通风，合成工作柜辐射屏蔽能力为 75mmPb，玻璃视窗与柜体具有相同防护能力。
传输管道	回旋加速器制备的放射性同位素经管道自动传输到合成分装柜中，此管道设置在地沟内，地沟两侧及上方设置放射性药物传输产品管线的屏蔽防护，地沟内管道上敷设50mm厚铅砖。	与环评一致。回旋加速器制备的放射性同位素经机房东侧管道自动传输到合成分装柜中，此管道设置在地沟内，地沟两侧及上方设置放射性药物传输产品管线的屏蔽防护，地沟内管道上敷设 50mm 厚铅砖。
放射性核素工作场所、回旋加速器机房		
其他安全防护措施	在回旋加速器防护门上拟设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯、安全监测与报警装置、紧急停机开关及回旋加速器机房固定式实时剂量监测系统安全措施。在回旋加速器机房门口内侧墙面处安装紧急停机按钮；控制区内合成热室，注射后动物运输走廊，注射室，注射后观察室和扫描后暂存室内均安装监控；控制区门边界防护门安装有门禁系统；控制区出、入口均设计张贴电离辐射警告标志	与环评一致。回旋加速器防护门设置有电离辐射警告标志、工作状态指示灯、安全监测与报警装置、紧急停机开关及固定式实时剂量监测系统等安全措施。回旋加速器机房门口内侧墙面处安装紧急停机按钮；控制区内合成热室，注射后动物运输走廊，注射室，注射后观察室和扫描后暂存室内均安装有监控；控制区门边界防护门均安装有门禁系统；控制区出、入口均设置有电离辐射警告标志

续表 3-1 本期项目环境影响报告表防护设施/措施现场验收情况与环评内容对比表

名称	环评内容	现场实际建设内容
放射性核素工作场所、回旋加速器机房		
放射性废水系统	放射性废水经专用管道排放至拟建衰变池，经衰变至一定时间后，从检修口采水样经检测达到排放标准，且经生态环境部门同意后，通过动力水泵抽出（同时启动搅拌装置，防止衰变池内沉淀污泥）排入污水综合管网。衰变池位于 6 号楼（核试验大厅北侧）北侧地下，放射性废水处理系统包括 1 个沉淀池和 3 个衰变池，3 个衰变池为独立并联，即通过自动监测系统，当沉淀池内水量达到设定高度时自动将水抽至第一个衰变池，第一个衰变池满了以后关闭第一个衰变池阀门，水进入第二个衰变池，第二个衰变池水满以后关闭阀门，水进入第三个衰变池，三个衰变池并联循环使用，沉淀池的容积为 8 立方米，三个衰变池的有效容积均不小于 5 立方米。	放射性废水经专用管道排放至衰变池，经衰变至一定时间后，从检修口采水样经检测达到排放标准，通过动力水泵抽出（同时启动搅拌装置，防止衰变池内沉淀污泥）排入污水综合管网。衰变池位于 6 号楼（核试验大厅北侧）北侧地下，放射性废水处理系统包括 1 个沉淀池和 3 个衰变池，3 个衰变池为独立并联，即通过自动监测系统，当沉淀池内水量达到设定高度时自动将水抽至第一个衰变池，第一个衰变池满了以后关闭第一个衰变池阀门，水进入第二个衰变池，第二个衰变池水满以后关闭阀门，水进入第三个衰变池，三个衰变池并联循环使用，沉淀池的容积为 8m³，三个衰变池的有效容积为 6m³。放射性废液处理系统、衰变池平面布置图、剖面图见图 3-6。
放射性固体废物系统	根据放射性核素工作场所设计，拟对长半衰期核素和短半衰期核素固废进行分别收集，以满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）4.7 款要求。 本项目拟配置 5 个放射性废物箱（屏蔽厚度为 10mm 铅当量，容积为 30L），收集每日注射药品及小动物垫料和排泄物等产生的含放射性核素的固废。具体为注射室 1 个，注射后观察室 1 个，扫描后暂存室 1 个，北侧扫描室共用 1 个，南侧扫描室共用 1 个。每天工作完毕转入固体废物间，短半衰期核素废物置于置物架上，长半衰期核素置于衰变槽内，并在显著位置设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后在装入专用塑料袋内。吸附用废活性炭在衰变箱内，衰变一段时间后，如未达到解控水平转入衰变槽内继续暂存衰变。 衰变箱内的放射性废物经设定周期存放后可达到解控水平，经监管部门确认或批准，可按免管废物处理。 废旧淋洗装置发生器在产生时暂存于废物间，最后由供源厂家回收处理。 回旋加速器中心拟配置 1 个衰变箱（容积 40L，40mmPb 当量），放置于回旋加速器机房内，主要用于收集放射性药物制取产生过滤网、靶膜等。在箱体外表面张贴电离辐射警告标志，衰变箱内设置专用塑料袋直接收纳废物。 本项目回旋加速器药物制取等产生的过滤网、靶膜含有的放射性核素半衰期相对较长，短时间内暂存难以达到解控水平，在收集足够的量以后应该统一送至送山东省城市放射性废物库处置。	研究院对长半衰期核素和短半衰期核素固废进行分别收集，分别贮存。本期项目配置 3 个放射性废物箱（屏蔽厚度为 20mm 铅当量，容积为 30L），收集每日注射药品及小动物垫料和排泄物等产生的含放射性核素的固废。具体为注射室 1 个，注射后观察室、扫描后暂存室共用 1 个、扫描室共用 1 个。每天工作完毕转入固体废物间，短半衰期核素废物和长半衰期核素均置于不同的衰变箱内，并在显著位置设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后在装入专用塑料袋内。吸附用废活性炭在衰变箱内，衰变一段时间后，衰减十个半衰期及以上后交由资质的单位处置。 衰变箱内的放射性废物经设定周期存放后经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，作为医疗废物处理。 废旧淋洗装置发生器产生时暂存于废物间，最后由供源厂家回收处理。 回旋加速器中心配置 1 个衰变箱（容积 30L，20mmPb 当量），放置于回旋加速器机房内，主要用于收集放射性药物制取产生过滤网、靶膜等。在箱体外表面张贴电离辐射警告标志，衰变箱内设置专用塑料袋直接收纳废物。 本期项目回旋加速器药物制取等产生的过滤网、靶膜含有的放射性核素半衰期相对较长，短时间内暂存难以达到解控水平，在收集足够的量以后应该统一送至送山东省城市放射性废物库处置。

续表 3-1 本期项目环境影响报告表防护设施/措施现场验收情况与环评内容对比表

名称	环评内容	现场实际建设内容
显微 CT（显微 CL）		
场所选址及布局	显微 CT（显微 CL）位于 7 号楼（X 射线实验大厅）一层的实验大厅和洁净间内，用于开展工业影像成像（无损检测），根据设计，共设计 3 间显微 CT（显微 CL），其中 2 间位于实验大厅内，1 间位于洁净间内，显微 CT（显微 CL）均自带铅房屏蔽系统，生产的显微 CT（显微 CL）调试主要在实验大厅。 显微 CT（显微 CL）机房东侧为工业加速器 CT 机房，南侧为楼外及道路，西侧为更衣室和实验大厅其他区域，北侧为工业 CT 机房及控制室。显微 CT（显微 CL）设备主要由自带铅屏蔽系统，操作位等构成。本项目的 50m 评价范围内有南侧 20 米为科研楼（1 号楼）1 处环境保护目标，为院内建设单位拟建建筑，选址布局较为合理。	与环评基本一致。本期项目为一期建设项目，显微 CT（显微 CL）位于 7 号楼（X 射线实验大厅）一层的实验大厅和实验室内，用于开展工业影像成像（无损检测），共设置 3 套显微 CT（显微 CL），其中 2 间位于实验大厅内，1 间位于实验室内，显微 CT（显微 CL）均自带铅房屏蔽系统，生产的显微 CT（显微 CL）调试工作主要在实验大厅开展。 显微 CT（显微 CL）机房东侧为工业加速器 CT 机房（锐影检测科技（济南）有限公司租赁），南侧为 7 号楼其他实验室，西侧为更衣室和实验大厅其他区域，北侧为工业 CT 机房及控制室。显微 CT（显微 CL）设备主要由自带铅屏蔽系统，操作位等构成。本期项目的 50m 评价范围内有南侧 1 号科研楼和东南侧 2 号科研楼 2 处环境保护目标，为院内建设单位建筑，选址布局较为合理。
分区管理	将显微 CT（显微 CL）自带铅屏蔽系统内区域作为控制区，将铅屏蔽系统外操作位等紧临的四周存在人员可到达、活动的区域作为监督区。	与环评一致。将显微 CT（显微 CL）自带铅房作为控制区，将铅房外操作位等紧临的四周存在人员可到达、活动的区域作为监督区。
铅房四周防护面等	具体屏蔽参数见表 3-2	与环评一致 (具体屏蔽参数见表 3-2)
通风系统	显微 CT（显微 CL）设备铅房未设计了专门的排风系统，因为设备较小，人员通过防护门将被检测工件放置进设备内检测，显微 CT（显微 CL）设备所在的实验大厅和洁净间设置有机机械通风装置，排风均通过独立管道排至该建筑屋顶外。	显微 CT 于铅房顶部边角处设置 2 处通风口，设计通风量 108m ³ ，铅房净容积约为 3.53m ³ ，有效换气次数远大于 3 次/h；显微 CL 于铅房顶部边角处设有 1 处通风口，设计通风量 127m ³ ，铅房净容积约为 4.77m ³ ，有效换气次数远大于 3 次/h
其他防护措施	显微 CT（显微 CL）设备铅房自带紧急停机按钮，急停按钮位于操作台。设备铅房防护门自带门机联锁装置、工作状态指示灯，建设单位将在设备显著位置处张贴电离辐射警告标志。	显微 CT（显微 CL）各个铅房防护门内侧均设置了门机联锁装置，各铅房顶部均安装工作状态指示灯，各铅房防护门外侧均设置了电离辐射警告标志，操作台均设置紧急停机按钮。调试区设置有监控装置和 1 套固定式辐射剂量率仪。
放射性核素工作场所、回旋加速器机房、显微 CT、显微 CL		
检测设备	拟配备辐射监测仪 2 台（6 号楼核试验大厅 1 台，7 号楼 X 射线大厅 1 台）、表面污染检测仪 1 台、中子剂量当量仪 1 台、个人剂量报警仪 12 台（6 号楼核试验大厅 9 台，7 号楼 X 射线大厅 3 台），另外所有辐射工作人员均配备个人剂量计。	研究研配备辐射监测仪 2 台（6 号楼核试验大厅 1 台，7 号楼 X 射线大厅 1 台）、表面污染检测仪 1 台、中子剂量当量仪 1 台、个人剂量报警仪 12 台（6 号楼核试验大厅 9 台，7 号楼 X 射线大厅 3 台），另外所有辐射工作人员均配备个人剂量计。

表 3-2 本期项目环境影响报告表工作场所实体屏蔽建设情况与环评内容对比表

名称	环评内容			现场实际建设内容		
放射性核素工作场所						
屏蔽建设情况和屏蔽效能				与环评一致。		
	房间	屏蔽体	防护厚度设计（mm 或 mm 铅当量）	房间	屏蔽体	防护厚度设计（mm 或 mm 铅当量）
	PET-CT/SPECT-CT 机房	墙体	与控制室（通道）共用墙体混凝土 300mm，其余墙体 220mm	PET-CT/SPECT-CT 机房	墙体	与控制室（通道）共用墙体混凝土 300mm，其余墙体 220mm
		铅玻璃观察窗	12mm 铅当量铅玻璃		铅玻璃观察窗	12mm 铅当量铅玻璃
		铅防护门(2 个)	含 10mm 铅当量铅防护门		铅防护门（2 个）	含 10mm 铅当量铅防护门
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	PET-CT/SPECT-CT 操作室	墙体	与 PET-CT/SPECT-CT 机房共用墙体混凝土 300mm，其余墙体 220mm	PET-CT/SPECT-CT 机房	墙体	与 PET-CT/SPECT-CT 机房共用墙体混凝土 300mm，其余墙体 220mm
		铅防护门(2 个)	含 10mm 铅当量铅防护门		铅防护门(2个)	含 10mm 铅当量铅防护门
		室顶	与 PET-CT/SPECT-CT 机房共用墙体混凝土 300mm，其余墙体 220mm		室顶	与 PET-CT/SPECT-CT 机房共用墙体混凝土 300mm，其余墙体 220mm
	注射后动物运输走廊(南侧)	墙体	北侧墙体 220mm，南侧墙体 200mm	注射后动物运输走廊(南侧)	墙体	北侧墙体混凝土 220mm，南侧墙体混凝土 200mm
		铅防护门(2 个)	含 10mm 铅当量铅防护门		铅防护门(2个)	含 10mm 铅当量铅防护门
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	注射后动物运输走廊(东侧)	墙体	西侧墙体 220mm，东侧墙体 250mm	注射后动物运输走廊(东侧)	墙体	西侧墙体混凝土 220mm，东侧墙体混凝土 250mm
		铅防护门(2 个)	含 10mm 铅当量铅防护门		铅防护门(2个)	含 10mm 铅当量铅防护门
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	注射后动物运输走廊(北侧)	墙体	南侧墙体 220mm，北侧墙体 250mm	注射后动物运输走廊(北侧)	墙体	南侧墙体混凝土 220mm，北侧墙体混凝土 250mm
		铅防护门(1 个)	含 10mm 铅当量铅防护门		铅防护门(1个)	含 10mm 铅当量铅防护门
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	扫描后暂存间	墙体	东和西墙混凝土 360mm，南和北墙混凝土 250mm	扫描后暂存间	墙体	东和西墙混凝土 360mm，南和北墙体混凝土 250mm
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
		铅防护门(2 个)	北侧防护门 20mm 铅当量，南侧防护门 20mm 铅当量		铅防护门(2个)	北侧防护门 20mm 铅当量，南侧防护门 20mm 铅当量
	污洗间	墙体	北墙混凝土 200mm，东墙 250mm，南墙和西墙 300mm	污洗间	墙体	北墙混凝土 200mm，东墙混凝土 250mm，南墙和西墙混凝土 300mm
		普通门	/		普通门	/
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm

续表 3-2 本期项目环境影响报告表实体屏蔽建设情况与环评内容对比表

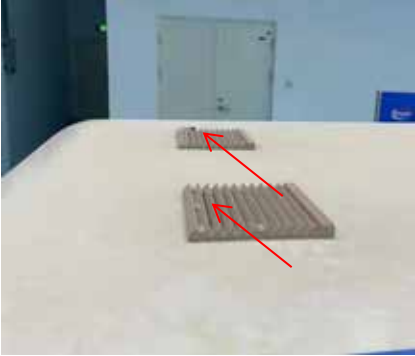
名称	环评内容			现场实际建设内容		
放射性核素工作场所						
屏蔽建设情况和屏蔽效能				与环评一致。		
	房间	屏蔽体	防护厚度设计（mm 或 mm 铅当量）	房间	屏蔽体	防护厚度设计（mm 或 mm 铅当量）
	注射后观察室	墙体	北墙混凝土 300mm，东墙和西墙混凝土 350mm，南墙混凝土 250mm	注射后观察室	墙体	北墙混凝土 300mm，东墙和西墙混凝土 350mm，南墙混凝土 250mm
		防护门	含 12mm 铅当量铅防护门		防护门	含 12mm 铅当量铅防护门
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	注射室	墙体	混凝土 250mm	注射室	墙体	混凝土 250mm
		防护门（2个）	含 8mm 铅当量铅防护门		防护门（2个）	含 8mm 铅当量铅防护门
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	固废室	墙体	南墙混凝土 250mm，其余墙体混凝土 200mm	固废室	墙体	南墙混凝土 250mm，其余墙体混凝土 200mm
		防护门（1个）	含 8mm 铅当量铅防护门		防护门（1个）	含 8mm 铅当量铅防护门
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	中央走廊	墙体	西墙混凝土 200mm，东墙混凝土 220mm	中央走廊	墙体	西墙混凝土 200mm，东墙混凝土 220mm
		防护门（2）	含 8mm 铅当量铅防护门		防护门（2）	含 8mm 铅当量铅防护门
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	质检室	墙体	混凝土 200mm	质检室	墙体	混凝土 200mm
		普通门	/		普通门	/
		与合成热室传递窗	/		与合成热室传递窗	/
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	热室	东、南和北墙体	混凝土 200mm	合成热室	东、南和北墙体	混凝土 200mm
		西墙体	混凝土 200mm（与回旋加速器共墙体部分墙厚大于 200mm）		西墙体	混凝土 200mm（与回旋加速器共墙体部分墙厚 2300mm）
		普通门防盗门	/		普通门防盗门	/
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm
	预留合成热室	墙体	混凝土 200mm	预留合成热室	墙体	混凝土 200mm
		普通门防盗门	/		普通门防盗门	/
		室顶	混凝土 220mm		室顶	混凝土 220mm

续表 3-2 本期项目环境影响报告表实体屏蔽建设情况与环评内容对比表

名称	环评内容							现场实际建设内容	
回旋加速器机房									
墙体屏蔽建设情况和屏蔽效能	东墙和西墙均为 2300mm 混凝土，南墙、北墙室顶分别为 2600mm 混凝土、500mm 混凝土；第一层、第二层、第三层迷道墙分别为 900-1400mm 混凝土、511-1085mm 混凝土、500mm 混凝土；地下药物传输管道屏蔽为 50mm 厚铅砖。							与环评一致。东墙和西墙均为 2300mm 混凝土，南墙、北墙室顶分别为 2600mm 混凝土、500mm 混凝土；第一层、第二层、第三层迷道墙分别为 900-1400mm 混凝土、511-1085mm 混凝土、500mm 混凝土；地下药物传输管道屏蔽为 50mm 厚铅砖。	
防护门	防护门为 10mm 铅板铅门内加 10cm 石蜡							与环评一致。防护门为 10mm 铅板铅门内加 10cm 石蜡	
显微 CT									
屏蔽建设情况和屏蔽效能	铅房尺寸	无						2189×1677×982（长×宽×高 mm）	
	铅房四周、室顶及底部防护	Pb 厚度（mm）						铅房屏蔽能力与环评一致。	
		前侧	左侧	右侧	后侧	顶部	底部		
		4.5	4.5	6.5	4.5	4.5	4.5		
	操作位	位于前方左侧						与环评一致	
显微 CL									
屏蔽建设情况和屏蔽效能	铅房尺寸	无						1750×1298×2100（长×宽×高 mm）	
	铅房四周、室顶及底部防护	Pb 厚度（mm）						铅房屏蔽能力与环评一致。	
		前侧	左侧	右侧	后侧	顶部	底部		
		6	6	6	6	9	6		
	操作位	位于观察窗前侧						与环评一致	

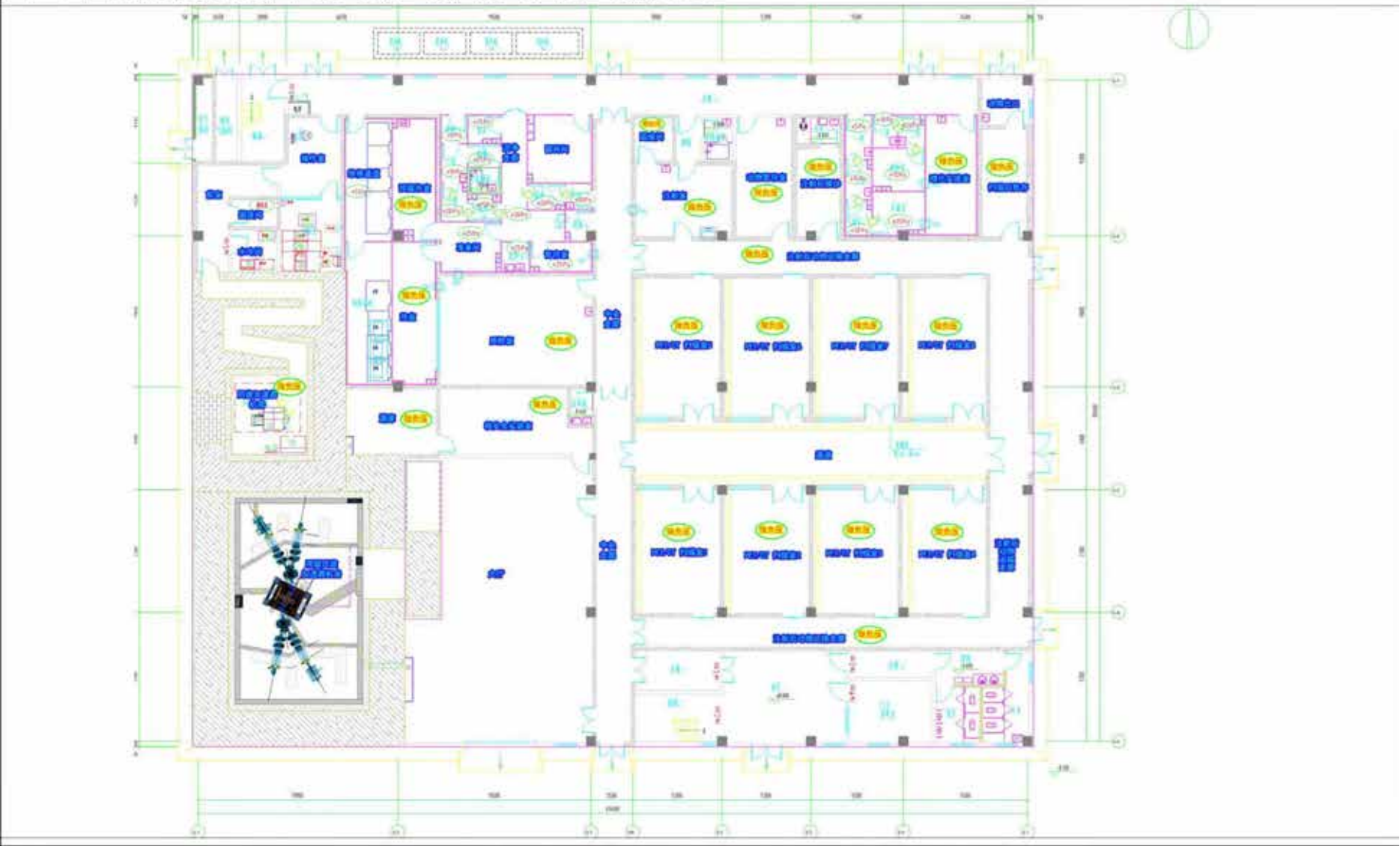
	
6 号楼核医学实验大厅注射室手套箱	6 号楼核医学实验大厅注射室注射窗
	
6号楼核医学实验大厅质检室通风橱	6号楼核医学实验大厅PET-CT机房操作台急停按钮
	
6号楼核医学实验大厅PET-CT机房内视频监控	6 号楼核医学实验大厅活度计
	
6号楼核医学实验大厅PET-CT机房防护门	6号楼核医学实验大厅回旋加速器操作室、控制室

图 3-1 放射性核素工作场所、回旋加速器机房辐射安全防护设施现场照片

	
显微 CL 门机联锁装置及工作状态指示灯	显微 CL 防护门电离辐射警告标志
	
显微 CT 通风口	制度上墙

续图 3-2 显微 CT、显微 CL 辐射安全防护设施现场照片

图3-4 中科新经济科创中心6号楼一层压差平面图 比例尺1:330



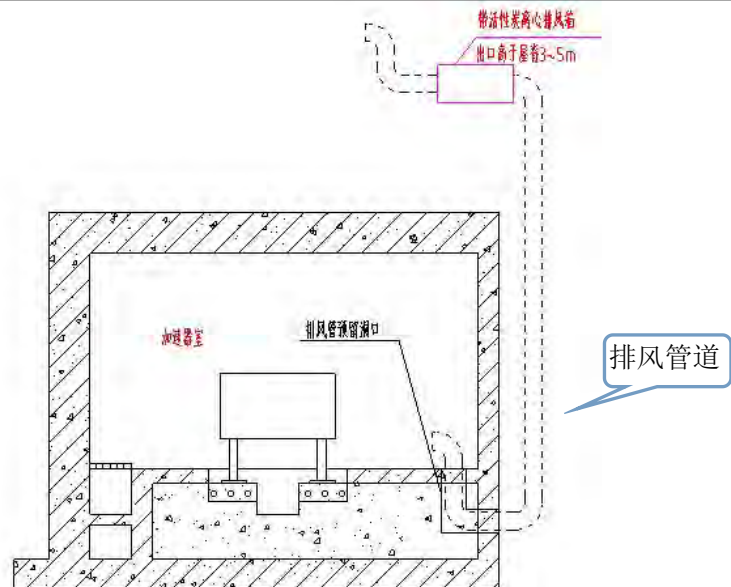


图 3-5 (a) 回旋加速器机房排风穿墙设置图

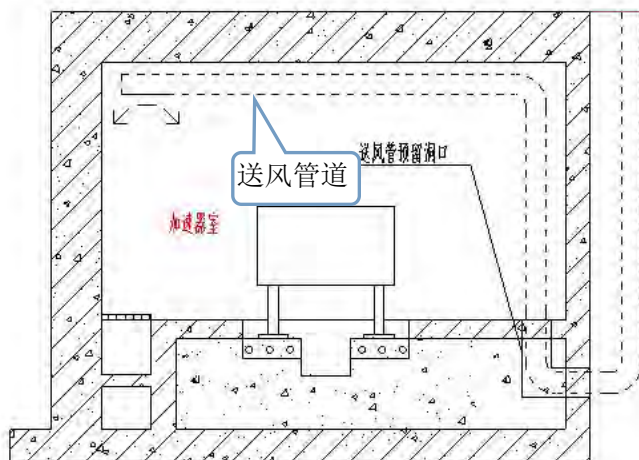


图 3-5 (b) 回旋加速器机房送风穿墙设置图

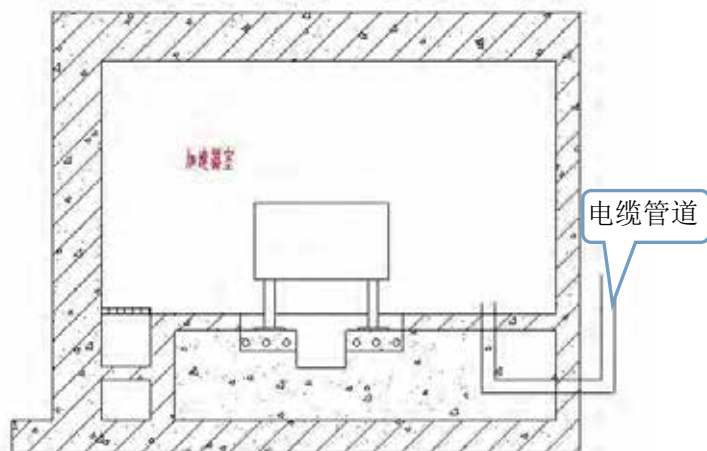


图 3-5 (c) 回旋加速器机房电缆管线穿墙设置图

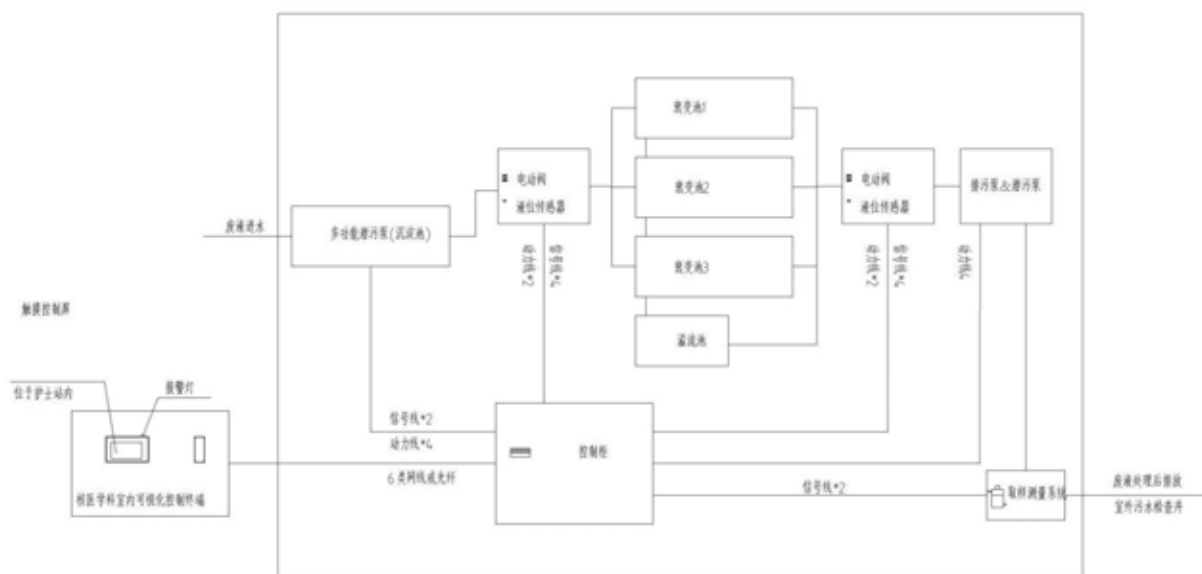


图 3-6 (a) 放射性废液处理系统

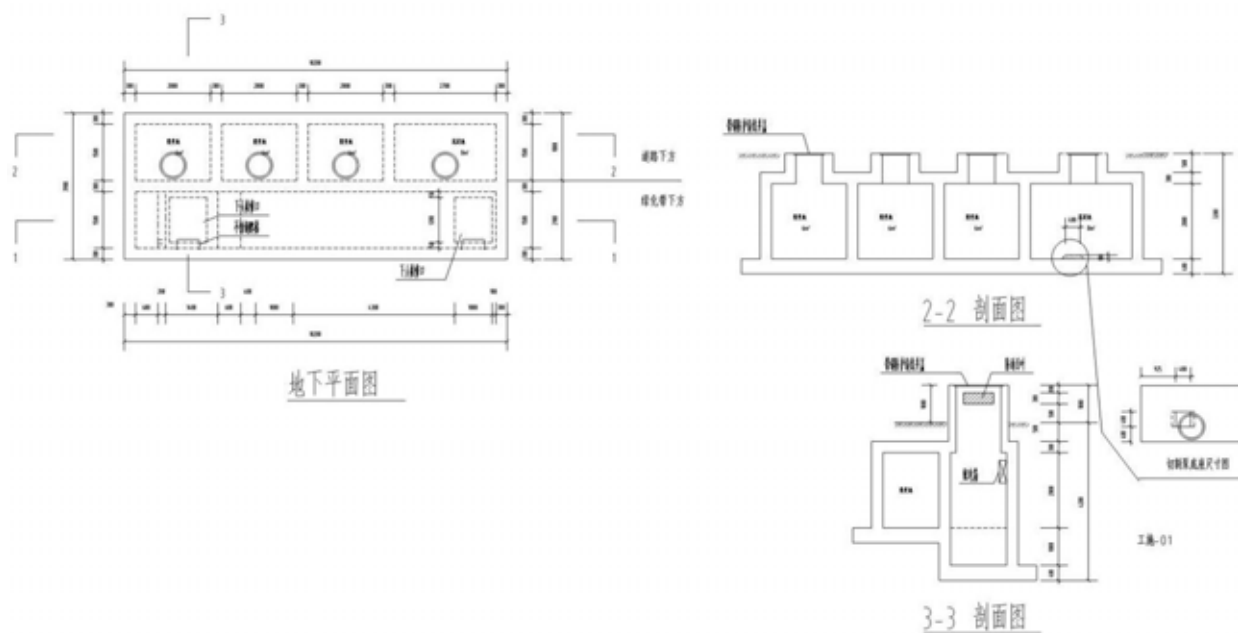


图 3-6 (b) 衰变池平面布置图、剖面图

表 3-3 环境影响报告表批复与现场情况对比表

	环境影响报告表批复意见(综述)	验收落实情况
二、项目建设和运行中应重点做好的工作	(一)做好辐射工作场所的环境安全防护工作。 1、落实放射性核素工作场所、回旋加速器机房及加速器工业 CT、工业 CT、显微 CT 和显微 CL 机房的实体屏蔽防护措施,确保放射性核素工作场所控制区内部各主要房间外的剂量率低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率目标控制值,放射性核素工作场所控制区边界外及加速器工业 CT 机房、显微 CT(显微 CL)、工业 CT 机房和回旋加速器机房四周墙体、室顶、防护门外的剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率目标控制值。 2、对放射性核素工作场所、回旋加速器工作场所、加速器工业 CT、工业 CT、显微 CT 和显微 CL 工作场所分别进行分区管理,划分控制区和监督区,在控制区边界及醒目位置设置电离辐射警告标志,安装工作状态指示灯、门禁系统、视频监控等防护设施,禁止无关人员进入,对各设施定期巡检。按要求配备防护用品,确保工作人员和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》(GB18871-2002)的相关要求。 3、放射性废气的处置。①在注射室内安装通风橱、合成分装柜和通风橱的排风管道经专门排风管道排至该建筑物屋脊上方,排风系统前端设计有活性炭过滤系统;②放射性核素工作场所的所有走廊、质控室、注射室、注药后观察室、SPECT-CT/PET-CT 机房以及储源室等场所设计专门排风管道和风机,在排风系统前端设计有活性炭过滤系统,经排风管道排至该建筑物屋脊上方;③回旋加速器的废气处理排放系统,由埋置在机房地沟通风系统经高效活性炭过滤后经通风管道排向室外;④合成分装装置的屏蔽箱有管道连接通风系统,放射性废气经高效活性炭过滤由通风管道排出室外;⑤加速器工业 CT、工业 CT、显微 CT 和显微 CL 机房均设置动力排风装置。 4、放射性废水的处置。放射性废水经暂存衰变后,确保满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《污水综合排放标准》(GB8978-1996)的相关要求。	1. 研究院落实了放射性核素工作场所、回旋加速器机房及显微 CT、显微 CL 的自带铅房屏蔽防护措施,根据验收监测结果,放射性核素工作场所控制区内部各主要房间外的剂量率低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率目标控制值;放射性核素工作场所控制区边界外、显微 CT(显微 CL)铅房和回旋加速器机房四周墙体、室顶、防护门外的剂量率满足 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。 2. 研究院对放射性核素工作场所、回旋加速器工作场所、显微 CT 和显微 CL 工作场所分别进行了分区管理,划分控制区和监督区,在控制区边界及醒目位置均设置电离辐射警告标志,安装工作状态指示灯、门禁系统、视频监控等防护设施,禁止无关人员进入,对各设施定期巡检。已按要求配备了相关的防护用品,有效地确保工作人员和公众年有效剂量符合相关要求。 3. 研究院按照环评报告表内容及环评批复要求设置了放射性废气的处置设施。①在注射室内手套箱、合成分装柜和手套箱的排风管道设置专门排风管道排至该建筑物屋脊上方,排风系统前端设置有活性炭过滤系统;②放射性核素工作场所的所有走廊、质控室、注射室、注药后观察室、SPECT-CT/PET-CT 机房以及储源室等场所均设置专门排风管道和风机,在排风系统前端设置有活性炭过滤系统,经排风管道排至该建筑物屋脊上方;③回旋加速器的废气处理排放系统,由埋置在机房地沟通风系统经高效活性炭过滤后经通风管道排向室外;④合成分装装置的屏蔽箱设置有管道连接通风系统,放射性废气经高效活性炭过滤由通风管道排出室外;⑤显微 CT 和显微 CL 机房均设置机械排风装置。 4. 研究院按照环评报告表内容及环评批复要求设置了放射性废水的处置设施。放射性废水经衰变池贮存衰变后,确保满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)的相关要求。

续表 3-3 环境影响报告表批复与现场情况对比表

	环境影响报告表批复意见(综述)	验收落实情况
二、项目建设和运行中应重点做好的工作	5、放射性固体废物的处置。剩余放射性药物、废旧⁹⁹Mo-^{99m}Tc发生器等3类发生器，由供源厂家回收；场所内设置放射性固废衰变箱，待放射性废物活度衰变达到解控水平后按照医疗废物进行处理；产生的废活性炭，与回旋加速器产生的过滤网及废靶膜妥善收集后送有资质的单位进行处置。	5. 研究院按照环评报告表内容及环评批复要求对放射性固体废物进行处置。剩余放射性药物、废旧⁹⁹Mo-^{99m}Tc发生器等3类发生器，由供源厂家回收；场所内设置放射性固废衰变箱，待放射性废物活度衰变达到解控水平后按照医疗废物进行处理；产生的废活性炭，与回旋加速器产生的过滤网及废靶膜妥善收集后送有资质的单位进行处置。
	(二) 建立并完善监测、评估、应急、培训等各项管理制度并组织实施。 1、完善辐射环境监测方案，配备与该项目辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警辐射监测等仪器。放射性辐射工作场所还应当配备表面污染监测仪。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局济阳分局。 辐射工作人员应佩戴个人剂量计，并进行个人剂量监测安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查。建立辐射工作人员个人剂量档案做到一人一档。 2、按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，年度评估报告于每年1月31日前报济南市生态环境局济阳分局。 3、修订辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。 4、加强辐射工作人员的辐射安全培训和再培训。制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全培训和考核；考核不合格的，不得上岗。 5、放射性药物设专人管理，严格落实辐射安全管理责任制以及放射性同位素和射线装置使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度等。	1. 研究院制定了《环境及场所辐射剂量监测规定》，研究院配备2台HRD-100型辐射检测仪、1台SRM-100表面污染仪、1台NRD-100型便携式中子剂量率仪、1台HFC-100型手足污染监测仪、2台NAR-100型固定中子剂量率仪、12部PDG-100型个人剂量报警仪、32套GAR-100型固定式辐射剂量率仪等检测设备。研究院定期开展监测，监测结果将及时上报生态环境相关部门。 研究院为工作人员每人配备1支个人剂量计，并委托山东省医学科学院放射医学研究所定期对个人剂量进行检测，建立了个人剂量档案，做到了一人一档。 2. 研究院将按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，年度评估报告于每年1月31日前上报系统。 3. 研究院制定了《辐射事故应急预案》，并开展了2025年辐射事故应急演练。 4. 研究院制定了《辐射工作人员培训计划》，本期项目16名职业人员均通过了国家核技术利用辐射安全与防护考核，取得了合格成绩单，做到了持证上岗；研究院委托有资质的单位定期对个人剂量进行检测，建立了个人剂量档案，做到了一人一档。 5. 研究院制定了《放射性同位素及射线装置安全与防护管理规定》《放射性同位素、射线装置安全保卫管理规定》、《个人剂量监测管理规定》《环境及场所辐射剂量监测规定》《放射性同位素使用操作规程》《回旋加速器操作和维护规程》《工业CT、显微CT（CL）操作规程及设备维护制度》《设备维修保养管理制度》《台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射事故应急预案》《放射性废物处置方案》，放射性药物设专人管理，严格落实辐射安全管理责任制以及放射性同位素和射线装置使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度等制度。

3.2 辐射安全管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部第 3 号令)及生态环境主管部门的要求,放射性同位素和射线装置使用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。本次验收对研究院的辐射环境管理和安全防护措施进行了检查。

(一)组织机构

研究院签订了辐射工作安全责任书,明确研究院法定代表人为本单位辐射工作安全第一责任人,成立辐射安全领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作,指定专人负责放射性同位素和射线装置的安全和防护工作。

(二)辐射安全管理制度及其落实情况

1. 工作制度。制定了《辐射防护管理层职责》《辐射防护负责人职责》《辐射防护工作人员职责》《放射性同位素及射线装置安全与防护管理规定》《放射性同位素、射线装置安全保卫管理规定》《环境及场所辐射剂量监测规定》《设备维修保养管理制度》《台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》等制度。

2. 操作规程。制定了《放射性同位素使用操作规程》《回旋加速器操作和维护规程》《工业 CT、显微 CT (CL) 操作规程及设备维护制度》。

3. 应急预案。制定了《辐射事故应急预案》,并开展了应急演练。

4. 人员培训。制定了《辐射工作人员培训计划》,本期项目工作人员均已参加核技术利用辐射安全与防护考核,考核成绩合格,且成绩单均在有效期内。

5. 监测方案。制定了《环境及场所辐射剂量监测规定》,研究院配备了 2 台 HRD-100 型辐射检测仪,用于定期开展巡检工作;委托山东省医学科学院放射医学研究所对辐射工作人员进行个人剂量检测,建立了辐射工作人员个人剂量档案。

6. 年度评估。研究院于每年 1 月 31 日前编制辐射安全和防护状况年度评估报告,并于规定的时间内按要求上报。

7. 配备了监测设备、个人剂量报警仪,详见表 3-4。防护仪器照片见图 3-7。

表 3-4 防护仪器配置情况一览表

仪器名称	型号	仪器状态	数量
X-γ辐射检测仪	HRD-100 型	正常	2 台
个人剂量报警仪	PDG-100 型	正常	12 台
固定式辐射剂量率仪	GAR-100	正常	32 套
表面污染监测仪	SRM-100	正常	1 台
手足污染监测仪	HFC-100	正常	1 台
固定式中子剂量率仪	NAR-100	正常	2 台（6 号、7 号各 1 个）
便携式中子剂量率仪	NRD-100	正常	1 台
个人剂量计	/	正常	16 支
			
X-γ辐射检测仪		个人剂量报警仪	
			
手足污染监测仪		7 号楼 X 射线实验大厅固定式辐射剂量率仪	
			
便携式中子剂量率仪		6 号楼核医学实验大厅固定式辐射剂量率仪	

图 3-7 本期项目配置防护仪器照片



表面污染监测仪



固定式中子剂量率仪

续图 3-7 本期项目配置防护仪器照片

3.3 三废的治理

本期项目显微 CT（显微 CL）机房在运行时，产生的射线能量与空气作用均可产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO、NO₂），其自带铅房均设置有通风装置，通风次数的设置满足相关标准要求，可明显降低非放射性有害气体的浓度，减轻其对工作场所的环境污染。本次重点论述核医学工作场所和回旋加速器在运行过程中产生的放射性废气、废水和固体废物以及放射性固体废物。

1、放射性废气治理

对于合成热室 PET 药物合成与分装及 SPECT 核素分装工序放射性废气，合成热室设置了合成柜，全自动进行，核素分装室内设置了手套箱，项目所用核素的活度测定和分装均在手套箱内进行，合成柜和手套箱为负压工况操作，且操作人员佩戴防护口罩，可避免职业人员吸入放射性废气造成内照射影响。且合成柜和手套箱设有专门的通风管道，管道出口设置活性炭过滤装置，最终排至排气筒排出，排气筒高出楼顶，对周围人员和环境影响较小。该通风管道只用于合成柜和手套箱通风，不与其他通风管道混用，屋顶设有抽风机，排风系统设置有过滤装置，风机运行后管道风速不低于 1.0m/s。

对于取送药、注射等各工序产生的放射性废气，研究院于放射性工作场所内设置 1 套独立通风系统，采用负压抽风方式，负压区域包括：质控室、固废间、PETCT/SPECT 机房、注射室、储源室、注射后观察室、扫描后暂存室、注射后小动物运输通道等；废气经活性炭过

滤后从独立排风管道排至该建筑物屋脊上方,对周围人员和环境影响较小。该通风系统不与手套箱专用管道及其他公共通风道混用,风机运行后管道风速也不低于 1.0m/s。

回旋加速器机房和热室等房间均设置负压排风系统,回旋加速器中心气压设置原则为非放射性区气压>监督区气压>控制区气压,使气体由非放射性区域流向监督区,再流向控制区。分别配置放射性气体专用高效活性炭过滤装置,回旋加速器机房设置有 1 套排风管道,采取 U 型地沟下穿墙防护设置。回旋加速器机房内进风口设置在西侧顶板处,排风口设置在设备东侧的地面附近;回旋加速器机房的穿墙电缆、通风、水冷、空调以及地漏等所有穿墙管道均采用地下“U”行穿墙防护设置,并加强了局部的防护措施,外开口处避开了人员居留处。研究院每 3 个月定期更换活性炭。

本期项目通风系统将放射性核素工作场所各房间与活度较高的手套箱通风管道分开设置,气流各自经风道通向楼顶,通风设置可满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)、《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)要求。

2、放射性废水治理

研究院于 6 号楼北侧建设地下放射性废水处理系统,用于处理放射性核素工作场所及回旋加速器维护时的冲靶过程产生的放射性废水,产生的放射性废水经专用管道一并汇集至放射性废水处理系统,衰变池前端设置 1 沉淀池,经沉淀后放射性废水进入衰变池,衰变池管道机房四周及室顶均采用 250mm 混凝土,专用管道设置在楼体地下,通过地下土层及混凝土防水层进行防护。北侧放射性废水衰变池单个有效容积为 6 立方米,3 个衰变池并联单独使用,本期项目放射性废水经专用管道进入放射性废水处理系统,系统内各衰变池为并联式运行,各衰变池均设有水位传感控制器,自动化运行,电脑控制,通过以上措施及手段可确保衰变池中放射性废水存放达到要求。

研究院委托山东嘉源检测技术股份有限公司对放射性废水中总 α 、总 β 进行了监测,放射性核素工作场所和回旋加速器机房放射性废水中总 α 、总 β 分别为未检出、0.067Bq/L,低于《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB 37/596-2020)中规定的医疗机构污水处理系统放射性衰变池出口总 α 1Bq/L 的排放标准和总 β 10Bq/L 的排放标准。自本期项目运行开始研究院暂未开展 ^{131}I 核素的科研实验,截止到 2025 年 3 月研究院未对衰变池废水进行排放。研究院自 2025 年 1 月试运行起,截止到 2025 年 3 月份,衰变池的贮存废水量约为 1.5m³。

3、放射性固体废物治理

(1) 核医学工作场所

第一类为剩余放射性药物、废旧 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 类发生器；第二类为被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭污染地面的物品、过滤活性炭和小动物垫料和粪便等排泄物；第三类为扫描后被处死的小动物尸体；第四类为清理放射性废水衰变池时产生的沉积物污泥。

第一类剩余放射性药物、废旧 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 类发生器主要由供源厂家进行回收。废旧淋洗装置发生器在产生时暂存于废物间，最后由供源厂家回收处理。

对于第二类被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭污染地面的物品、过滤活性炭和小动物垫料和粪便等排泄物，研究院根据放射性核素相关技术参数，对长半衰期核素和短半衰期核素固废进行分别收集。本期项目配置 3 个放射性废物箱（屏蔽厚度为 20mm 铅当量，容积为 30L），收集每日注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布及小动物垫料和排泄物等产生的含放射性核素的固废；具体为注射室 1 个，注射后观察室、扫描后暂存室共用 1 个、扫描室共用 1 个。辐射工作人员每天工作完毕后将被污染的注射器、针头、手套等含放射性核素的固废转入固体废物间，短半衰期核素和长半衰期废物分别置于不同的衰变箱内，并在显著位置设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋内。吸附用废活性炭收集后于固废间暂存，交有资质的单位处置。

第三类扫描后被处死的小动物尸体存放于扫描后暂存间内的冰柜内，小动物尸体单独打包抽真空冷存，包装外贴有放射性标志，并标明废物种类，比活度范围和存放日期等说明，达到停留衰变周期后交有资质的单位处置。

对于第四类清理放射性废水衰变池时产生的沉积物污泥，放射性废水处理系统沉淀池和衰变池内均设置了电动搅拌装置，经搅拌后沉渣随水流排出。放射性废水沉淀池时产生的沉积物污泥一般随放射性废水一起停留衰变后排放。

(2) 回旋加速器

回旋加速器中心配置 1 个衰变箱（容积 30L，20mmPb 当量），放置于回旋加速器机房

内，主要用于收集放射性药物制取产生过滤网、靶膜等。在箱体外表面张贴电离辐射警告标志，衰变箱内设置专用塑料袋直接收纳废物。

本期项目回旋加速器药物制取等产生的过滤网、靶膜达到停留衰变周期后交有资质的单位处置。

本期项目所用放射性废物衰变箱均按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关规定，于衰变箱上设置放射性标志并在显著位置设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。此外，在衰变箱内放置有专用塑料袋直接收纳废物，对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后在装入专用塑料袋内，放射性废物每袋重量不超过 20kg。本期项目固废间衰变箱内的放射性废物经设定周期存放后经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，作为医疗废物处理。

研究院自 2025 年 1 月试运行起，暂未产生所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物；待产生核素半衰期大于 24 小时的放射性废物收集后经设定周期存放后经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，作为医疗废物处理。截止到 2025 年 3 月份，工作场所产生了 2 个放射性衰变桶，废物收集完全暂存 30 天后按照一般医疗废物处理。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响报告表的主要结论与建议

1、项目概况

中国科学院高能物理研究所为满足科研，产业和教学需求，在济南新旧动能转换区成立建设济南中科核技术研究院，项目位于济南市济阳区崔寨街道孙大庄村西南约 1.2km，青银高速南约 0.9km，京沪高速南延段东约 0.85km。研究院主要包括主要包含科研楼（1 号楼），教学、行政楼（2 号和 4 号楼），综合楼（3 号楼），中试实验室（5 号楼），核医学实验大厅（6 号楼）和 X 射线实验大厅（7 号楼）等建筑，拟开展核技术利用项目，在核医学实验大厅内，拟使用回旋加速器生产 PET 放射性核素；拟建设 1 处非密封放射性核素工作场所，该场所拟使用生产的 PET 核素及外购的 SPECT 核素进行科研实验。在 X 射线实验大厅内拟使用加速器工业 CT 设备 1 台，工业 CT 设备 2 台，带自屏蔽的显微 CT 和显微 CL 设备 3 台。在中试实验室内生产加速器工业 CT、工业 CT 和显微 CT，年产量均为 10 台，生产的加速器工业 CT 出厂前拟在 X 射线实验大厅内加速器工业 CT 机房内出束调试，工业 CT 出厂前拟在 X 射线实验大厅内的工业 CT 机房内出束调试。显微 CT 出厂前在 X 射线实验大厅带自屏蔽的铅屏蔽体内出束调试。

2、项目规模

本项目放射性核素工作场所(含回旋加速器生产量)日等效最大操作量为 $2.37\text{E}+9\text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所；使用 1 台回旋加速器，1 台加速器工业 CT，2 台工业 CT，带自屏蔽的显微 CT 和显微 CL 设备 3 台，均属使用 II 类射线装置；年生产调试加速器工业 CT、工业 CT 显微 CT 和显微 CL 各 10 台，属于生产 II 类射线装置。

3、产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会印发的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中“鼓励类”中“六、核能”中“6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”和“十四、机械”中“6、工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”属于国家“鼓励类”建设项目，符合国家产业政策鼓励类发展项目的要求。

4、实践正当性分析

该院投资建设本项目，可以提高整体核技术项目研发水平及科研成果到生产的转换水平，具有明显的经济效益和社会效益。根据上文分析，本项目采取辐射防护措施，保证治各场所

剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，具有较为明显的环境效益。

因此，从代价和利益方面分析，本项目具有明显的经济效益、社会效益和环境效益，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

5、项目选址与敏感目标

建设单位对核试验大厅和 X 射线实验大厅进行了科学、合理的布局，两个大厅均为单体建筑，考虑了辐射防护与安全管理。本项周围 50m 评价范围内仅有院内两处环境敏感目标，项目选址、布局等基本合理。

6、辐射环境本底状况

贯穿辐射现状检测结果表明，本项目拟建址处周围环境 γ 空气吸收剂量率为 76.5～81.8nSv/h，处于济南市天然辐射本底水平范围内。

根据《山东省辐射环境质量报告》（2019 年度），济南市检测点位气溶胶样品中 I-131 均为未检出，未检出对应的最小可探测浓度为（1.56～4.39） $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ；地表水中总 α 放射性为 0.0883Bq/L，总 β 放射性为 0.138Bq/L；地下水中总 α 放射性为 0.0470Bq/L，总 β 放射性为 0.0520Bq/L。

7、放射性核素工作场所环境影响分析结论

（1）放射性核素工作场所分级与分区

该院放射性核素工作场所属乙级非密封放射性物质工作场所，根据 GB18871-2002 及 GBZ120-2006 的有关规定，工作场所划分为“控制区”和“监督区”两区进行管理。

（2）放射性核素工作场所辐射屏蔽

经估算，在按照建设单位规划使用的最大剂量操作各核素的过程中，放射性核素工作场所控制区内主要房间四周屏蔽墙、铅防护门及观察窗外辐射剂量率可满足本次评价提出的 25 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的限值要求，核医学工作场所控制区边界外的辐射剂量率可满足 2.5 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的限值要求。

（3）人员所受辐射剂量估算

放射性核素工作场所运行过程中，工作场所内辐射工作人员及周围公众成员受照射的年有效剂量均低于本评价年管理剂量约束值。

（4）放射性废水

本项目放射性核素工作场所产生的放射性废水衰变池的停留衰变，停留时间能保证达到 10 个半衰期以上，废水排放能满足相关要求。

（5）放射性废物

本项目放射性核素工作场所产生的放射性废物，如剩余放射性药物、废旧 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等三类发生器，由供源厂家回收；被污染的注射器、针头、手套、导管、药棉、纱布、吸水纸、破碎杯皿、擦拭污染地面的物品和动物尸体等放射性废物按设计置于废物衰变箱、槽内或防护冰柜内，等放射性废物经设定周期存放后可达到解控水平，可按免管废物处理；放射性废气过滤活性炭在设定周期存放后可达到解控水平，经审管部门确认或批准，可作为免管废物处理。

（6）放射性废气

对于合成热室 PET 药物合成与分装及 SPECT 核素分装工序放射性废气，合成热室设置了合成柜，全自动进行，核素分装室内设置了通风橱，项目所用核素的活度测定和分装均在通风橱内进行，合成柜和通风橱为负压工况操作，且操作人员佩戴防护口罩，可避免职业人员吸入放射性废气造成内照射影响。且合成柜和通风橱设有专门的通风管道，管道出口设置活性炭过滤装置，最终排至排气筒排出，排气筒高出楼顶。该通风管道只用于合成柜和通风橱通风，不与其他通风管道混用，屋顶设有抽风机，排风系统设置有过滤装置，根据设计参数，风机运行后管道风速不低于 1.0m/s。

对于取送药、注射等各工序产生的放射性废气，建设单位拟于放射性工作场所内设置 1 套独立通风系统，采用负压抽风方式，负压区域包括：质控室、固废间、PETCT/SPECT 机房、注射室、储源室、注射后观察室、扫描后暂存室、注射后小动物运输通道等；废气经活性炭过滤后从独立排风管道排至该建筑物屋脊上方，对周围人员和环境影响较小。该通风系统不与通风橱专用管道及其他公共通风道混用，风机运行后管道风速也不低于 1.0m/s。

对于回旋加速器内生产 PET 核素时候产生的少量放射性废气，建设单位拟于加速器机房内设置 1 套独立通风系统，采用加速回旋器机房负压抽风方式，废气经活性炭和高效滤膜过滤后从独立排风管道排至该建筑物屋脊上方，对周围人员和环境影响较小。该通风系统不与通风橱专用管道及其他公共通风道混用，设计风机运行后管道风速不低于 1.0m/s。

本项目通风系统将核医学工作场所各房间与活度较高的通风橱通风管道分开设计，气流各自经风道通向楼顶，通风设计可满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）要

求。同时废气排放口排放浓度满足导出排放限值要求。

8、回旋加速器环境影响分析结论

(1) 回旋加速器机房墙体、防护门外剂量率均低于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 剂量率目标控制值。

(2) 职业工作人员手部及身体受照剂量分别低于本次评价采用的职业人员四肢(手和脚)或皮肤管理剂量约束值、身体管理剂量约束值。公众成员所受年有效剂量也低于本报告提出的公众年有效剂量约束值。

(3) 本项目回旋加速器产生的过滤网、靶膜等放射性固体废物置于靶防护储存衰变箱内暂存,达到一定的量以后送山东省城市放射性废物库。

9、加速器工业 CT 环境影响分析结论

(1) 加速器工业 CT 屏蔽墙及防护门外参考点辐射水平,均低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制目标。

(2) 工作人员年有效剂量均低于本报告中年有效剂量约束限值;公众成员年有效剂量也低于本报告公众成员年有效剂量约束限值。

(3) 速器工业 CT 在开机运行时,产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧(O_3)和氮氧化物(NO , NO_2),加速器工业 CT 机房设置机械强制通风管道系统,排至该建筑外,通过通风系统,可明显降低其浓度,通风次数满足相关标准要求。

10、工业 CT 环境影响分析结论

(1) 工业 CT 屏蔽墙及防护门外参考点辐射水平,均低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制目标。

(2) 工作人员年有效剂量均低于本报告中年有效剂量约束限值;公众成员年有效剂量也低于本报告公众成员年有效剂量约束限值。

(3) 工业 CT 在开机运行时,产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧(O_3)和氮氧化物(NO , NO_2),工业 CT 机房设置机械强制通风管道系统,排至该建筑外,通过通风系统,可明显降低其浓度,通风次数满足相关标准要求。

11、显微 CT (显微 CL) 环境影响分析结论

(1) 根据建设单位资料本项目显微 CT(显微 CL)屏蔽体表面 5cm 处剂量率不超过 $1 \mu\text{Sv/h}$,均低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制目标。

(2) 工作人员年有效剂量均低于本报告中年有效剂量约束限值;公众成员年有效剂量也

低于本报告公众成员年有效剂量约束限值。

12、在已有的风险防范措施和相应的事故应急救援预案条件下，通过进一步完善、补充该院辐射事故应急预案应急处理措施，按要求进行演练，本项目环境风险是可控的。

13、建设单位拟制定相关制度，在相关制度制定并落实后，可以满足本项目辐射安全管理的要求。

14、建设单位辐射工作人员均未取得辐射防护与安全合格证书，需安排辐射工作人员参加考试，只有通过了考试的辐射工作人员才能上岗工作，确保持证上岗。

4.2 审批部门审批决定

一、该项目位于济南市济阳区崔寨街道孙大庄村西南约 1.2km，青银高速南约 0.9km，京沪高速南延段东约 0.85km，济南中科核技术研究院院内西侧。主要建设内容为在核医学实验大厅使用 PETtrace840 型回旋加速器(属 II 类射线装置)生产 PET 放射性核素；建设 1 处非密封放射性核素工作场所(日等效最大操作量 $2.37\text{E}+09\text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所)，使用生产的 PET 用核素及外购的 SPECT 核素（ ^{18}F 等 15 种 PET 用核素、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 用核素、 $^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置）进行科研实验。在中试实验室内生产组装加速器工业 CT、工业 CT 和显微 CT(显微 CL)，年产量均为 10 台(均属 II 类射线装置)。在 X 射线实验大厅内拟使用加速器工业 CT 设备 1 台，工业 CT 设备 2 台，带自屏蔽的显微 CT 和显微 CL 设备 3 台。

二、项目建设及运行中应重点做好的工作

(一)做好辐射工作场所的环境安全防护工作。

1、落实放射性核素工作场所、回旋加速器机房及加速器工业 CT、工业 CT、显微 CT 和显微 CL 机房的实体屏蔽防护措施，确保放射性核素工作场所控制区内部各主要房间外的剂量率低于 $25\ \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率目标控制值，放射性核素工作场所控制区边界外及加速器工业 CT 机房、显微 CT(显微 CL)、工业 CT 机房和回旋加速器机房四周墙体、室顶、防护门外的剂量率低于 $2.5\ \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率目标控制值。

2、对放射性核素工作场所、回旋加速器工作场所、加速器工业 CT、工业 CT、显微 CT 和显微 CL 工作场所分别进行分区管理，划分控制区和监督区，在控制区边界及醒目位置设置电离辐射警告标志，安装工作状态指示灯、门禁系统、视频监控等防护设施，禁止无关人员进入，对各设施定期巡检。按要求配备防护用品，确保工作人员和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)的相关要求。

3、放射性废气的处置。①在注射室内安装通风橱、合成分装柜和通风橱的排风管道经专门排风管道排至该建筑物屋脊上方，排风系统前端设计有活性炭过滤系统；②放射性核素工作场所的所有走廊、质控室、注射室、注药后观察室、SPECT-CT/PET-CT 机房以及储源室等场所设计专门排风管道和风机，在排风系统前端设计有活性炭过滤系统，经排风管道排至该建筑物屋脊上方；③回旋加速器的废气处理排放系统，由埋置在机房地沟通风系统经高效活性炭过滤后经通风管道排向室外；④合成分装装置的屏蔽箱有管道连接通风系统，放射性废气经高效活性炭过滤由通风管道排出室外；⑤加速器工业 CT、工业 CT、显微 CT 和显微 CL 机房均设置动力排风装置。

4、放射性废水的处置。放射性废水经暂存衰变后，确保满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《污水综合排放标准》(GB8978-1996)的相关要求。

5、放射性固体废物的处置。剩余放射性药物、废旧 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器等 3 类发生器，由供源厂家回收；场所内设置放射性固废衰变箱，待放射性废物活度衰变达到解控水平后按照医疗废物进行处理；产生的废活性炭，与回旋加速器产生的过滤网及废靶膜妥善收集后送有资质的单位进行处置。

（二）建立并完善监测、评估、应急、培训等各项管理制度并组织实施。

1、完善辐射环境监测方案，配备与该项目辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警辐射监测等仪器。放射性辐射工作场所还应当配备表面污染监测仪。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局济阳分局。

辐射工作人员应佩戴个人剂量计，并进行个人剂量监测安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查。建立辐射工作人员个人剂量档案做到一人一档。

2、按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，年度评估报告于每年 1 月 31 日前报济南市生态环境局济阳分局。

3、修订辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。

4、加强辐射工作人员的辐射安全培训和再培训。制定培训计划，组织辐射工作人员参加辐射安全培训和考核；考核不合格的，不得上岗。

5、放射性药物设专人管理，严格落实辐射安全管理责任制以及放射性同位素和射线装置使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度等。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

5.1 验收单位验收监测质量保证及控制措施

1. 验收自查

研究院开展验收工作前，按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》、《核医学辐射防护与安全要求》、《工业探伤放射防护标准》等标准要求开展验收自查工作。自查工作主要包括环保手续履行情况、项目情况、辐射安全与防护设施建设情况等工作。

通过全面自查，本期项目环境保护审批手续齐全、不涉及重大变动情况，落实了环境影响报告书表及环评批复要求；研究院不存在在审批辐射安全许可证时提出整改意见的问题。

2. 验收单位内部质量保证及控制措施

（1）研究院制定培训计划，组织辐射工作人员认真学习《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》、《核医学辐射防护与安全要求》、《工业探伤放射防护标准》等标准要求，严格按照标准要求开展验收监测工作；研究院严格要求辐射工作人员必须通过国家核技术利用辐射安全与防护考核，做到持证上岗。

（2）制定并完善辐射安全各类规章制度，并按要求实施。

（3）制定仪器设备和辐射安全与防护设施/措施维护计划，并定期对仪器设备、辐射安全与防护设施/措施进行维护，做好维护记录。做好仪器设备使用、辐射安全与防护设施/措施维护记录，做好设备、辐射安全与防护设施/措施正常运行的质量控制工作。

（4）编制验收监测方案。研究院根据验收自查结果，明确核技术利用辐射场所实际建设情况和辐射安全与防护设施/措施落实情况，在此基础上根据环境影响报告表及环评批复要求确定验收工作范围、验收评价标准，明确监测期间工况记录方法，明确验收监测点位、监测因子、监测方法、频次等内容。

3. 验收单位外部质量保证及控制措施

为掌握本期项目正常运行情况下周围的环境水平，研究院委托有资质的单位对相关场所及周围环境开展现场监测工作。

5.2 验收监测单位监测质量保证及质量控制

本次验收由具备检测资质的山东鼎嘉环境检测有限公司开展监测，检验检测机构资质认定证书编号 241512346859。

1. 质量管理体系

验收监测单位建立了由组织机构、程序、过程和资源构成且具有一定活动规律的质量管理体系。

2. 质量保证计划

验收监测单位将质量保证贯穿于从监测方案制定到监测结果评价的全过程。

3. 组织机构和人员

针对监测特点，验收监测单位建立组织机构，明确本单位质量管理体系建立、运行、维护和持续改进方面的责任、权力和工作程序。监测质量保证工作覆盖监测过程中每个环节、所有工作人员；对该公司或人员在贯彻执行质量保证计划时承担的责任和义务作出了明确规定；现场监测保证不少于 2 名监测人员共同开展。

4. 计量器具

本期项目验收监测采用了与监测目标要求相适应的测量仪器和设备；监测计量器具已实行检定。本期项目验收监测所有的仪器设备检定周期均为一年，验收监测单位各种计量器具均进行定期维护、期间核查和（或）稳定性控制，使其计量学特性维持在规定限度内。

5. 监测点位和点位数量的质量控制

验收监测单位依据建设单位提供的验收监测方案、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求和方法实施验收监测工作。本期验收监测方案采用的具有代表性的监测点位和点位数量，均满足验收监测的需求。

6. 原始记录

验收监测单位原始记录满足记录控制程序的要求。

7. 数据处理和监测报告

验收监测单位监测人员均正确理解监测方法中的计算公式；数字修约遵守 GB/T 8170 的规定；监测结果使用法定计量单位；该单位在其资质认定证书规定的监测能力范围内出具本次验收监测数据。

表 6 验收监测内容

1. 监测对象

放射性核素工作场所、回旋加速器机房、显微 CT、显微 CL 铅房周围辐射环境水平。

2. 监测单位

本次验收由具备辐射检测资质的山东鼎嘉环境检测有限公司开展监测，检验检测机构资质认定证书编号 241512346859。

3. 监测项目

X- γ 辐射剂量率。

4. 监测时间与环境条件

(1) X- γ 辐射剂量率、中子剂量当量率、 α 、 β 表面污染

监测时间：2025 年 3 月 13 日

环境条件：天气：阴 温度：19.5℃ 相对湿度：15.6%。

(2) 衰变池放射性废水总 α 、总 β

取样时间：2025 年 3 月 7 日

测试时间：2025 年 3 月 10 日~2025 年 3 月 13 日。

(3) 土壤中总 β

取样时间：2025 年 3 月 3 日

收样时间：2025 年 3 月 5 日

5. 监测依据及监测方法

X- γ 辐射剂量率、 α 、 β 表面污染监测由两名检测人员共同进行现场监测，依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)、《表面污染测定第一部分 β 发射体 ($E_{\beta \text{ MAX}} > 0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008) 等相关要求进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，设置好测量程序，仪器自动读取 10 个数据，计算监测值和标准偏差。

实验室依据《水质总 α 放射性的测定厚源法》(HJ 898-2017)、《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》(HJ 899-2017) 等相关要求对放射性废水进行检验，经浓缩、蒸干、碳化、灰化后在水质 总 α 、总 β 放射性的测定厚源法上测量总 α 、总 β ，计算得最终结果。

土壤中总 β 依据《水中总 β 放射性的测定 蒸发法》（EJ/T 900-1994）进行检测。

6. 监测仪器

本次验收监测仪器设备（仅对本期项目 X- γ 辐射剂量率、中子剂量当量率、及 α 、 β 表面污染等检测因子涉及的使用设备）参数及技术指标见表 6-1。

表 6-1 本次验收监测使用的监测仪器一览表

设备名称	设备型号	技术指标	检定/校准单位	检定/校准证书编号	检定/校准有效期至
便携式多功能射线检测仪	BG9512P/BG7030	吸收剂量率：10nGy/h~200 μ Gy/h 能量范围：25keV~3MeV	山东省计量科学研究院	Y16-20240687	2025 年 3 月 27 日
辐射检测仪	AT1123	吸收剂量率：50nSv/h~10Sv/h 能量范围：15keV~3MeV， 60keV~10MeV		Y16-20240924	2025 年 4 月 28 日
α - β 表面污染仪	BG9621/BG7040	α ：0.1-99999cps β ：0.1-99999cps		Y15-20240069	2025 年 3 月 31 日
中子剂量当量率仪	XH-3028	测量范围：0 nSv/h~1 Sv/h 能量范围：0.025ev~14Mev	中国辐射防护研究院放射性计量站	检字第 [2025]-N0106	2026 年 2 月 24 日

7. 监测点位

本次验收根据现场实际情况布设监测点位：

本期项目中共 15 种 PET 核素，用于科研实验的核素主要为 ^{18}F ， ^{15}O ， ^{11}C ， ^{13}N ，另外 11 种 PET 核素仅偶尔使用， ^{18}F 是日等效最大操作量最大且主要份额 γ 射线能量及照射率常数较大的 PET 核素；本期项目共 15 种 SPECT 核素，用于科研实验的 SPECT 核素主要是 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，另外 14 种 SPECT 核素仅偶尔使用， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 是日等效最大操作量最大且主要份额 γ 射线能量及照射率常数较大的 SPECT 核素；对于 SPECT 核素，产生的占主要份额 γ 射线能量均小于 PET 核素的占主要份额的最小能量 0.511MeV 的光子，即占主要份额 SPECT 核素 γ 射线穿透能力要小于 PET 核素。本次验收监测选取有代表性的 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 作为核医学实验大厅的验收监测使用核素。开机状态下，于放射性核素工作场所、回旋加速器机房、显微 CT（显微 CL）铅房周围各个屏蔽体、室顶等外 30cm 处和操作位、通风口、环境敏感目标处距离射线最近、

表 7 验收监测

7.1 验收监测期间运行工况记录

2025 年 3 月 13 日验收监测期间，核医学实验大厅放射性核素工作场所、回旋加速器机房、显微 CT（显微 CL）辐射安全与防护设施已建成并正常运行，设备正常运转。检测时，放射性核素工作场所选取有代表性的 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 作为核医学实验大厅的验收监测使用核素、回旋加速器 $50\ \mu\text{A}$ 束流（ $^{18}\text{O} \rightarrow ^{18}\text{F}$ ）、显微 CT（显微 CL）运行工况均为管电压 160kV、管电流 1mA，以上工况持续稳定运行，符合验收监测工况要求。

7.2 验收监测结果

本次验收监测选取有代表性的 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 作为核医学实验大厅的验收监测使用核素，以上核素为场所主要使用核素，日等效最大操作量最大且主要份额 γ 射线能量及照射率常数较大的核素。核医学实验大厅、X 射线实验大厅 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 7-1～表 7-4， α 、 β 表面污染水平监测结果见表 7-5，核医学工作场所衰变池排放口废水中总 α 、总 β 分析结果见表 7-6，土壤中总 β 检测结果表 7-7。

表 7-1 回旋加速器机房、显微 CT（显微 CL）铅房周围 X- γ 辐射剂量率监测结果(关机状态)

序号	点位描述	监测值（单位：nGy/h）	
		监测值	标准偏差
1#	回旋加速器机房西墙外 30cm 处	74.4	1.2
2#	回旋加速器机房北墙外 30cm 处（控制室）	69.4	1.5
3#	回旋加速器机房北墙外 30cm 处（水冷间）	68.0	1.4
4#	回旋加速器机房东墙外 30cm 处（热室）	66.2	1.3
5#	回旋加速器机房东墙外 30cm 处（源库）	78.4	1.2
6#	回旋加速器机房南墙外 30cm 处	78.5	1.5
7#	回旋加速器机房防护门中间位置外 30cm 处	79.5	1.3
8#	控制室操作位	75.7	1.2
9#	管线口（控制室）	66.9	1.1
10#	回旋加速器机房楼上距地面 30cm 处	63.9	1.1
11#	显微 CT 铅房前侧屏蔽体外 30cm 处	55.2	1.7
12#	显微 CT 铅房右侧屏蔽体外 30cm 处	54.0	1.3
13#	显微 CT 铅房后侧屏蔽体外 30cm 处	55.6	1.2
14#	显微 CT 铅房左侧屏蔽体外 30cm 处	53.8	1.4
15#	显微 CT 铅房室顶外 30cm 处	54.8	1.1
16#	显微 CT 铅房小防护门中间外 30cm 处	55.0	1.3
17#	显微 CT 铅房检修门中间外 30cm 处	56.1	1.3

续表 7-3 核医学实验大厅 X-γ 辐射剂量率监测结果

序号	点位描述	监测值（单位： nSv/h）	标准偏 差	备 注
PET-CT 扫描室 5				
L5	西墙外 30cm 处	122.0	1.6	50mCi ¹⁸ F 放 置于 PET-CT 扫描室
L6	北墙外 30cm 处	115.5	1.1	
L7	东墙外 30cm 处	116.6	1.7	
L8	南墙外 30cm 处	126.5	1.0	
L9	管线口外 30cm 处	124.7	1.4	
L10	机房楼上距地面 1m 处	95.5	1.1	
PET-CT 扫描室 2				
M1	控制室操作位	119.0	1.1	50mCi ¹⁸ F 放 置于 PET-CT 扫描室
M2	观察窗外 30cm 处	148.8	1.2	
M3	南侧小防护门外 30cm 处（巡测最大值）	117.5	1.2	
M4	北侧大防护门外 30cm 处（巡测最大值）	155.3	1.3	
M5	西墙外 30cm 处	127.3	1.1	
M6	北墙外 30cm 处	134.1	1.2	
M7	东墙外 30cm 处	123.9	1.2	
M8	南墙外 30cm 处	117.6	1.2	
M9	管线口外 30cm 处	122.5	1.1	
M10	机房楼上距地面 1m 处	99.0	1.3	
PET-CT 扫描室 7				
N1	控制室操作位	118.8	1.3	50mCi ¹⁸ F 放 置于 PET-CT 扫描室
N2	观察窗外 30cm 处	137.3	1.7	
N3	南侧防护门外 30cm 处（巡测最大值）	137.1	1.5	
N4	北侧防护门外 30cm 处（巡测最大值）	113.9	1.1	
N5	西墙外 30cm 处	122.1	1.6	
N6	北墙外 30cm 处	115.1	1.3	
N7	东墙外 30cm 处	123.6	1.3	
N8	南墙外 30cm 处	130.7	1.5	
N9	管线口外 30cm 处	125.8	1.3	
N10	机房楼上距地面 30cm 处	95.5	1.5	
PET-CT 扫描室 8				
01	控制室操作位	121.3	1.4	50mCi ¹⁸ F 放 置于 PET-CT 扫描室
02	观察窗外 30cm 处	132.4	1.3	
03	南侧防护门外 30cm 处（巡测最大值）	110.3	1.4	
04	北侧防护门外 30cm 处（巡测最大值）	131.2	1.5	

续表 7-5 核医学实验大厅场所 α 、 β 表面污染监测结果

序号	分区	点位描述	监测值 (Bq/cm^2)	
			α 表面污染	β 表面污染
b94	监督区	控制室地面	0	0.036
b95		控制室墙面	0	0.021
b96		控制室台面	0	0.029
b97		固废间地面	0	0.054
b98		固废间墙面	0	0.022
b99		固体废物表面	0	0.119
b100		北侧走廊地面	0	0.032
b101		北侧走廊墙面	0	0.023
b102		通道地面	0	0.033
b103		通道墙面	0	0.019
b104		南侧中央走廊地面	0	0.060
b105		南侧中央走廊墙面	0	0.036
b106		前厅地面	0	0.024
b107		前厅墙面	0	0.022
b108		女卫生间地面	0	0.032
b109		女卫生间墙面	0	0.026
b110		男卫生间地面	0	0.033
b111		男卫生间墙面	0	0.021
b112		御洗室地面	0	0.058
b113		御洗室墙面	0	0.033
b114		御洗室台面	0	0.060
b115	控制区	核医学实验大厅工作人员工作服表面	0	0.222
b116		核医学实验大厅工作人员手部	0	0.091
b117		核医学实验大厅工作鞋表面	0	0.067

表 7-6 放射性废水总 α 、总 β 放射性检测结果

序号	点位	总 α 放射性 (Bq/L)	总 β 放射性 (Bq/L)
1	衰变池排放口	未检出	0.067

表7-7 土壤中总 β 检测结果

点位编号	点位描述	总 β 放射性 (Bq/kg)
1	核医学实验大厅西南侧-下风向	595

(1) 根据表 7-1~表 7-3 监测结果可知, 关机状态下, 回旋加速器机房、显微 CT (显微 CL) 铅房周围 X- γ 辐射剂量率为 (52.4~79.5) nGy/h, 敏感目标处 X- γ 辐射剂量率为 (75.9~77.1) nGy/h, 均处于济南市环境天然放射性水平波动范围内; 放射性核素工作场所控制区内、外房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处辐射剂量率为 89.0 nSv/h~1.273 μ Sv/h, 回旋加速器机房屏蔽墙及防护门外 30cm 处辐射剂量率为 (86.1~142.2) nSv/h, 满足辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的限值要求。放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗外表面 30cm 处人员操作位的辐射剂量率为 96.3nSv/h~0.477 μ Sv/h, 小于《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 规定的 2.5 μ Sv/h 的限值要求, 放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的辐射剂量率为 (98.0~136.1) nSv/h, 小于《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 规定的 25 μ Sv/h 的限值要求; 固体放射性废物收集桶外 30cm 处辐射剂量率为 (88.0~128.1) nSv/h, 小于《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 规定的 2.5 μ Sv/h 的限值要求。

(2) 根据表 7-4 监测结果可知, 开机条件下, 显微 CT (显微 CL) 铅房周围 X- γ 辐射剂量率范围为 (55.7~58.9) nGy/h, 其中最大值为 58.9nGy/h (即 $1.2 \times 58.9 \times 10^{-3} \approx 0.071 \mu$ Sv/h, 其中 1.2 为采用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源时的换算系数, 单位 Sv/Gy), 满足辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的限值要求; 环境保护目标处的 X- γ 辐射剂量率范围为 (77.1~78.6) nGy/h, 满足辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的限值要求, 同时也处于济南市环境天然放射性水平波动范围内。

(3) 根据表 7-5 监测结果可知, 放射性核素工作场所及回旋加速器机房 α 表面污染未检出; 控制区内 β 表面污染水平为 (0.023~1.134) Bq/cm², 监督区内 β 表面污染水平为 (0.019~0.119) Bq/cm², 分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 控制区 (40Bq/cm²) 和监督区 (4Bq/cm²) 的表面污染控制水平; 工作人员手部 β 表面污染水平为 0.091Bq/cm², 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 规定的手部 0.4 Bq/cm² 的表面污染控制水平; 医护人员工作服表面、鞋子等 β 表面污染水平为 (0.067~0.222) Bq/cm², 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 规定的工作服、手套、工作鞋 β 表面污染控制水平 4 Bq/cm²。

(4) 根据表 7-6, 衰变池排放口污水中总 α 为未检出、总 β 为 0.067Bq/L, 满足《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB 37/596-2020) 中规定的医疗机构污水处理系统放射性衰

变池出口总 α 1 Bq/L 的排放标准和总 β 10 Bq/L 的排放标准。

(5) 根据表 7-7，本期项目核医学实验大厅西南侧土壤中总 β 为 595 Bq/kg，参考《南水北调山东段沿线土壤的放射性水平》（邓太平、许家昂等，中国辐射卫生，2006 年 12 月第 15 卷第 4 期），南水北调东线山东段沿线土壤中总 β 水平为（510~858）Bq/kg，总体上处在本底水平。因此，本期项目相关场所周围土壤放射性水平处于本底水平。

根据辐射工作场所和周围环境辐射水平监测结果可知，本期项目辐射场所辐射安全与防护设施的防护效果达标。

7.3 职业和公众受照剂量

1. 年有效剂量估算公式

$$H = D_r \times T \quad (\text{式 7-1})$$

式中：H——年有效剂量当量，Sv/a；

T——年受照时间，h；

D_r ——X 剂量率，Sv/h。

2. 居留因子

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021），具体见表 7-8。

表7-8 居留因子的选取

场所	居留因子（T）		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2-1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8-1/40	1/8：各治疗室门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

3. 照射时间确定

根据“表 2 项目建设情况 2.5 工作负荷和人员配置”P17“2. 工作时间”内容可知，①放射性核素工作场所使用 PET 过程中，职业人员注射时间为 23.0h/a、取药时间为 7.67h/a、

摆位时间为 46h/a、扫描时间为 921h/a，运输时间 230h/a，质控时间 125h；使用 SPECT 核素过程中，职业人员淋洗时间为 7.64h/a、分装时间为 45.8h/a、取药时间为 3.82h/a、注射时间为 22.9h/a、摆位指导过程时间为 45.8h/a、扫描过程时间为 917h/a，运输时间 229h/a，质控时间 125h。②回旋加速器生产 PET 核全年最长时间为 1250h，一年换靶最长时间为 4.2h。③显微 CT、显微 CL 开机调试、使用、维修时间分别约为 462.5h/a、525h/a，其中研究院厂区内显微 CT、显微 CL 开机调试、使用时间为 455h/a、510h/a。

4. 职业人员年有效剂量

因本期项目实际运行时间较短，故本次验收采用监测数据来计算工作人员的年有效剂量。

①放射性核素工作场所

根据项目使用过程的近距离操作时间以及剂量率验收监测结果，估算工作人员手部和身体所受剂量：

表 7-9 放射性核素工作场所职业人员手部和身体剂量

科室	项目	序号	操作工序	操作时间	年工作日	年最大受照时间 (h)	手部最大剂量率 μ Sv/h	身体最大剂量率 μ Sv/h	手部年有效剂量 mSv	身体年有效剂量 mSv
spe ct 核 素 (^{99m} Tc)	模体实验 50mCi	1	淋洗	10s/次	250 天, 1 次/天	0.69	9730	0.0977	6.757	6.78E-05
		2	分装	60s/次		4.17	7640	34.7	31.833	0.145
		3	取药	5s/次		0.35	7640	34.7	2.653	0.012
		4	注射	30s/次		2.08	7640	34.7	15.917	0.072
		5	摆位	1min/次		4.17	7640	1.069	31.833	0.004
		6	扫描	20min/次		83.33	0.1163	0.1163	0.010	0.010
		7	运输	5min/次		20.83	1.069	1.069	0.022	0.022
	大鼠实验 2mCi	1	淋洗	10s/次	250 天, 5 只/天,	3.47	9730	0.0977	33.785	3.39E-04
		2	分装	60s/次		20.83	171.4	1.178	3.571	0.025
		3	取药	5s/次		1.74	171.4	1.178	0.298	0.002
		4	注射	30s/次		10.42	171.4	1.178	1.785	0.012
		5	摆位	1min/次		20.83	171.4	0.2231	3.571	0.005
		6	扫描	20min/次		416.67	0.1163	0.1163	0.048	0.048
		7	运输	5min/次		104.17	0.2231	0.2231	0.023	0.023

放射性核素工作场所运行过程中，职业人员参加全部科研情况下手部年当量剂量最大值为 323.17mSv，放射性核素工作场所共配备 12 名辐射工作人员，分为三组根据需要轮换开展科研工作，由上表可知放射性核素工作场所辐射工作人员手部所受剂量最大为 107.72mSv/a，辐射工作人员所受剂量最大为 0.53mSv/a。

综上所述，本期项目放射性核素工作场所周围职业人员手部和身体接受的最大年有效剂量分别约为 107.72mSv 和 0.53mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员手部和身体的个人剂量限值要求，也满足环评报告提出的职业人员四肢（手和脚）或皮肤 125mSv 年管理剂量约束值、5.0mSv 年管理剂量约束值。

②回旋加速器机房

从事回旋加速器制药工作的辐射工作人员受照射环节主要为回旋加速器制药过程。分装为自动进行，质控维护和药物传递属于放射性核素工作人员负责。回旋加速器最大年打靶时间为 1250 小时，工作人员位于北侧的操作室内，操作室内辐射剂量率为 106.9nSv/h，则年受照剂量为： $1250\text{h} \times 106.9\text{nSv/h} = 0.134\text{mSv}$ 。

本期项目加速器洗靶和设备维护、维修由回旋加速器厂家工程师负责。加速器换靶为自动化传送换靶，且加速器内有五个靶位，每天最多换靶 1 次，平均一次换靶工作人员接触靶的时间不超过 1 分钟，全年工作 250 天，一年换靶最长时间为 4.2 小时，根据验收监测数据表 7-2 可知，靶前（即卸靶人手部）辐射剂量率为 $237 \mu\text{Sv/h}$ ，距靶 50cm（即卸靶人身体）剂量率约为 $24.0 \mu\text{Sv/h}$ 。则卸下靶盒和过滤膜过程工作人员手部当量剂量为 0.995mSv/a，工作人员的年有效剂量为 0.101mSv/a。

综合估算职业人员年有效剂量，详见下表。

表 7-10 回旋加速器机房职业人员剂量估算详情（mSv）

过程	打靶制药	换靶和滤膜	总和
手部 (mSv/a)	0.134	0.995	1.129
身体 (mSv/a)	0.134	0.101	0.235

由上表可知，回旋加速器机房职业工作人员手部、身体年有效剂量最大分别为 1.129mSv 和 0.235mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的工作人员手部和身体的个人剂量限值要求，也满足环评报告提出的职业人员四肢（手和脚）或皮肤 125mSv 年管理剂量约束值和 5.0mSv 年管理剂量约束值。

告提出的的公众人员 0.1mSv 年管理剂量约束值。

②回旋加速器机房

本期项目回旋加速器工作场所周围公众成员年有效剂量计算结果详见表 7-12。

表 7-12 回旋加速器工作场所周围公众成员年有效剂量计算结果

位置	对应区域场所名称	剂量率最大值 (扣除本底值)(μ Sv/h)	居留因子 (T)	时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)
回旋加速器机房 东侧	源库	0.0958	1/8	1250h	0.015
回旋加速器机房 南侧	预留回旋加速器机 房	0.1167	1/8	1250h	0.018
回旋加速器机房 北侧	水冷间、控制室	0.1422	1/8	1250h	0.022
回旋加速器机房 西侧	科创中心道路	0.1216	1/40	1250h	0.004
回旋加速器机房 楼上	夹层	0.1111	1/8	1250h	0.017

综上所述，本期项目回旋加速器工作场所周围公众年有效剂量最大为 0.022mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中规定的公众 1mSv 的年有效剂量限制，同时低于环评报告提出的的公众人员 0.1mSv 年管理剂量约束值。

③X 射线实验大厅

a. 周围公众成员（可到达区域）

显微 CT、显微 CL 在生产（调试）、使用时，对公众成员影响的区域主要为铅房四周活动的区域，根据表 7-4，本期项目显微 CT、显微 CL 屏蔽体外 30cm 处剂量率最大值分别为 58.9nGy/h、58.5nGy/h，采用此剂量率进行估算；居留因子取 1/2，年运行时间分别为 455h、510h，由公式（7-1）估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为：

$$H = (58.5 \times 455 + 58.5 \times 510) \times 1/2 \approx 0.028 \text{mSv/a}$$

b. 周围环境保护目标处公众成员

显微 CT、显微 CL 生产（调试）、使用区域周围环境保护目标为南侧 20m 处 1 号科研楼、

东南侧 38m 2 号科研楼，根据表 7-4 所示，运行期间环境保护目标处最大剂量率为 78.6nGy/h，居留因子取 1，年运行时间分别为 455h、510h；由公式（7-1）估算出该区域活动的环境保护目标处公众成员的年有效剂量为：

$$H = (78.6\text{nGy/h} \times 455 + 78.6\text{nGy/h} \times 510) \times 1 \approx 0.076\text{mSv/a}$$

由以上估算结果可以看出，X 射线实验大厅周围公众成员的年有效剂量最大为 0.076mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

综上所述，本期项目核医学实验大厅、X 射线实验大厅周围公众成员的年有效剂量最大为 0.076mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

表 8 验收监测结论

8.1 验收监测结论

按照国家有关环境保护的法律法规,济南中科核技术研究院核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用进行了环境影响评价和履行了环境影响审批手续。

1、项目基本概况

济南中科核技术研究院注册地点位于济南市新旧动能转换起步区中科新经济科创园 D2 地块 1 号楼 814 室。研究院对项目进行了分期建设,分期验收;本次验收为一期验收。一期验收内容为于济南市新旧动能转换起步区崔寨街道萃清路中科新经济科创中心建设工程如下:(1)在核医学实验大厅内,使用回旋加速器(属 II 类射线装置)生产 PET 放射性核素;建设 1 处非密封放射性核素工作场所(日等效最大操作量 $2.37\text{E}+09\text{Bq}$,属乙级非密封放射性物质工作场所),该场所使用生产的 PET 核素及外购的 SPECT 核素(^{18}F 等 15 种 PET 用核素, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 核素, $^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置)进行科研实验。属生产制备 PET 用放射性药物,乙级非密封放射性物质工作场所;(2)在 X 射线实验大厅内使用显微 CT(显微 CL)设备 3 台,属使用 II 类射线装置;(3)在中试实验室内生产组装工业 CT 和显微 CT(显微 CL),年产量均为 10 台,出厂前在射线实验大厅相应机房内出束调试。属生产 II 类射线装置。

2021 年 4 月,研究院委托山东省波尔辐射环境技术有限公司编制了《核技术利用项目(核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用)环境影响报告表》,项目建设内容为:(1)在核医学实验大厅内,使用回旋加速器(属 II 类射线装置)生产 PET 放射性核素;建设 1 处非密封放射性核素工作场所(日等效最大操作量 $2.37\text{E}+09\text{Bq}$,属乙级非密封放射性物质工作场所),该场所使用生产的 PET 核素及外购的 SPECT 核素(^{18}F 等 15 种 PET 用核素, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 核素, $^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置)进行科研实验。属生产制备 PET 用放射性药物,乙级非密封放射性物质工作场所;(2)在 X 射线实验大厅内使用加速器工业 CT 设备 1 台,工业 CT 设备 1 台,显微 CT(显微 CL)设备 3 台,属使用 II 类射线装置;(3)在中试实验室内生产组装加速器工业 CT、工业 CT 和显微 CT(显微 CL),年产量均为 10 台。出厂前在射线实验大厅相应机房内出束调试。属生产 II 类射线装置。2021 年 5 月 25 日,济南市生态环境局以“济环辐表审【2021】11 号”文对该项目进行了审批。

研究院现持有辐射安全许可证（鲁环辐证[01187]），许可种类和范围为销售、使用 IV 类、V 类放射源；生产、销售、使用 II 类射线装置，使用 III 类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2029 年 6 月 12 日。本期验收的相关项目均已进行辐射安全许可证许可登记。

2、现场监测结果

关机状态下，回旋加速器机房、显微 CT（显微 CL）铅房周围 X- γ 辐射剂量率为（52.4~79.5）nGy/h，环境敏感目标处 X- γ 辐射剂量率为（75.9~77.1）nGy/h，均处于济南市环境天然放射性水平波动范围内。

核医学实验大厅放射性核素工作场所控制区内、外房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处辐射剂量率为 89.0 nSv/h~1.273 μ Sv/h，回旋加速器机房屏蔽墙及防护门外 30cm 处辐射剂量率为（86.1~142.2）nSv/h，满足辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的限值要求。放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗外表面 30cm 处人员操作位的辐射剂量率为 96.3 nSv/h~0.477 μ Sv/h，小于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的 2.5 μ Sv/h 的限值要求，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的辐射剂量率为（98.0~136.1）nSv/h，小于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的 25 μ Sv/h 的限值要求；固体放射性废物收集桶外 30cm 处辐射剂量率为（88.0~128.1）nSv/h，小于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）规定的 2.5 μ Sv/h 的限值要求。

开机条件下，显微 CT（显微 CL）铅房周围 X- γ 辐射剂量率范围为（55.7~58.9）nGy/h，其中最大值为 59.4 nGy/h（即 $1.2 \times 58.9 \times 10^{-3} \approx 0.071 \mu$ Sv/h，其中 1.2 为采用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源时的换算系数，单位 Sv/Gy），满足辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的剂量率要求；环境保护目标处的 X- γ 辐射剂量率范围为（77.1~78.6）nGy/h，满足辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的剂量率要求，同时也处于济南市环境天然放射性水平波动范围内。

放射性核素工作场所及回旋加速器机房 α 表面污染未检出；控制区内 β 表面污染水平为（0.023~1.134）Bq/cm²，监督区内 β 表面污染水平为（0.019~0.119）Bq/cm²，分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）控制区（40Bq/cm²）和监督区（4Bq/cm²）的表面污染控制水平；工作人员手部 β 表面污染水平为 0.091 Bq/cm²，低

于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的手部 0.4 Bq/cm^2 的表面污染控制水平;医护人员工作服表面、鞋子等 β 表面污染水平为 $(0.067 \sim 0.222) \text{ Bq/cm}^2$, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的工作服、手套、工作鞋 β 表面污染控制水平 4 Bq/cm^2 。

衰变池排放口污水中总 α 为未检出、总 β 为 0.067 Bq/L , 满足《山东省医疗机构污染物排放控制标准》(DB 37/596-2020)中规定的医疗机构污水处理系统放射性衰变池出口总 α 1 Bq/L 的排放标准和总 β 10 Bq/L 的排放标准。

项目核医学实验大厅西南侧土壤中总 β 为 595 Bq/kg , 参考《南水北调山东段沿线土壤的放射性水平》(邓大平、许家昂等, 中国辐射卫生, 2006 年 12 月第 15 卷第 4 期), 南水北调东线山东段沿线土壤中总 β 水平为 $(510 \sim 858) \text{ Bq/kg}$, 总体上处在本底水平。因此, 本期项目相关场所周围土壤放射性水平处于本底水平。

3、职业与公众受照结果

据估算, 职业人员最大年受照剂量为 0.53 mSv , 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20 mSv/a , 也低于环评报告提出的年管理剂量约束值 5.0 mSv 。

据估算, 各场所周围公众成员最大年受照剂量为 0.076 mSv , 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定 1 mSv/a 的剂量限值, 也低于环评报告表提出的年管理约束限值 0.1 mSv 。

4、现场检查结果

(1) 研究院签订了辐射工作安全责任书, 明确了法人代表为本单位辐射安全工作责任人, 成立了辐射安全领导小组, 指定专人负责并执行研究院的辐射防护安全管理工作。

(2) 研究院制定了《放射性同位素及射线装置安全与防护管理规定》《放射性同位素、射线装置安全保卫管理规定》《个人剂量监测管理规定》《环境及场所辐射剂量监测规定》《放射性同位素使用操作规程》《回旋加速器操作和维护规程》《工业 CT、显微 CT (CL) 操作规程及设备维护制度》《设备维修保养管理制度》《台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射事故应急预案》《放射性废物处置方案》, 已开展了 2025 年度辐射事故应急演练。并在规定时间内生态环境部门提交年度评估报告。

(3) 研究院辐射工作人员全部通过了核技术利用辐射安全与防护考核, 且均处于有

效期内；已委托有相关资质的单位为辐射工作人员佩戴个人剂量计，并每 3 个月进行检测并出具个人剂量检测报告，建立个人剂量档案，做到 1 人 1 档。

（4）研究院配备有 2 台 HRD-100 型辐射检测仪（6 号楼核试验大厅 1 台，7 号楼 X 射线大厅 1 台）、1 台 SRM-100 表面污染仪、1 台 NRD-100 型便携式中子剂量率仪、1 台 HFC-100 型手足污染监测仪、2 台 NAR-100 型固定中子剂量率仪、12 部 PDG-100 型个人剂量报警仪、32 套 GAR-100 型固定式辐射剂量率仪、2 台 CRC-25R 型活度计。铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜各 16 件，均为 0.5mmPb；2 个注射钨合金防护套（20mmPb）；1 个手套箱（30mmPb）、1 个通风橱（30mmPb）；4 个储源铅罐（40mmPb）；3 个 30L 放射性废物废物桶（20mmPb）、2 个放射性废物衰变桶（20mmPb）；1 个注射防护窗（40mmPb）和 1 个传递窗（40mmPb）；1 个操作防护台（20mmPb）。

（5）核医学实验大厅划分为监督区和控制区进行管理，实验小动物通道和药物研发及生产工作人员通道分开，控制区入口张贴有电离辐射警告标志。核医学实验大厅各个房间均落实了实体屏蔽，控制区的入口设置了电离辐射警告标志，PET-CT/SPECT-CT 机房设置了视频监控和观察窗，PET-CT/SPECT-CT 机房、回旋加速器机房外防护门上方均设置了工作状态指示灯，各防护门外均张贴了电离辐射警告标志，核医学实验大厅回旋加速器机房内、热室、走廊等均安装了固定式剂量率报警仪，回旋加速器机房设置了门机联锁装置，机房内和操作间均设置了紧急停机按钮。

（6）显微 CT(显微 CL)进行了分区管理，将自带铅房划为控制区，与铅房相邻区域操作位等划为监督区，并在边界设置有警示标识。设置有紧急停机按钮、工作状态指示灯，防护门与设备设置有门机联锁装置。

综上所述，济南中科核技术研究院核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用（一期）落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，该项目对辐射工作人员和公众人员是安全的，具备建设项目竣工环境保护验收条件。

8.2 建议

1、做好核医学分区控制工作，加强表面污染和剂量率监测，发现高于要求的地方立即按规范擦拭清理，降低污染。

济南市生态环境局

济南市生态环境局关于济南中科核技术研究院核技术利用项目（核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用）环境影响报告表的批复

济环辐表审（2021）11 号

济南中科核技术研究院：

你单位《核技术利用项目（核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用）环境影响报告表》收悉。经审查，批复如下：

一、项目主要建设内容

该项目位于济南市济阳区崔寨街道孙大庄村西南约 1.2km，青银高速南约 0.9km，京沪高速南延段东约 0.85km，济南中科核技术研究院院内西侧。主要建设内容为在核医学实验大厅使用 PETtrace840 型回旋加速器（属 II 类射线装置）生产 PET 放射性核素；建设 1 处非密封放射性核素工作场所（日等效最大操作量 $2.37\text{E}+09\text{Bq}$ ，属乙级非密封放射性物质工作场所），使用生产的 PET 用核素及外购的 SPECT 核素（ ^{18}F 等 15 种 PET 用核素、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 15 种 SPECT 用核素、 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等 3 种淋洗装置）进行科研实验。在中试实验室内生产组装加速器工业 CT、

三、项目建设必须严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投用的“三同时”制度。项目建成后要按规定进行建设项目竣工环境保护验收,并依法向社会公开验收报告,经验收合格后方可正式投入使用。

四、济南市生态环境局济阳分局要加强对该建设项目的日常监督检查,市生态环境保护综合行政执法支队做好监督抽查工作。

五、依据《中华人民共和国行政复议法》和《中华人民共和国行政诉讼法》,公民、法人或者其他组织认为该审批决定侵犯其合法权益的,可以自接到该批复之日起六十日内提起行政复议,也可以自接到该批复之日起六个月内提起行政诉讼。

济南市生态环境局
2021年5月25日

抄送:济南市生态环境局济阳分局、市生态环境保护综合行政执法支队。

附件 2 辐射安全许可证



辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称： 济南中科核技术研究院

统一社会信用代码： 12370100MB28910896

地 址： 山东省济南市天桥区大桥镇马店村东大桥供销合作社13 栋1层101 室

法定代表人： 魏龙

证书编号： 鲁环辐证[01187]

种类和范围： 销售、使用Ⅳ类、Ⅴ类放射源；生产、销售、使用Ⅱ类射线装置；使用Ⅲ类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所（具体范围详见副本）。

有效期至： 2029年06月12日



发证机关： 山东省生态环境厅

（公章）

发证日期： 2024年06月13日

中华人民共和国生态环境部监制



辐射安全许可证



中华人民共和国生态环境部监制



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	济南中科核技术研究院			
统一社会信用代码	12370100MB28910896			
地 址	大桥镇马店村东大街供销社作社13-楼1层101室			
法定代表人	姓 名	魏龙	联系方式	15611938019
辐射活动场所	名 称	场所地址		负责人
	6号楼核医学实验室	山东省济南市济阳区崔寨街道中科新经济科创园6号楼		杨文江
	院销供加	山东省济南市济阳区崔寨街道中科新经济科创园1号楼		刘华
	核安全实验室	山东省济南市济阳区崔寨街道中科新经济科创园1、2、4~7号楼		胡婷婷 刘彦阳
	5号楼一层生产车间	山东省济南市济阳区崔寨街道中科新经济科创园5号楼		刘宝东
	7号楼调试、海试车间	山东省济南市济阳区崔寨街道中科新经济科创园7号楼		阮玉芳
证书编号	鲁环辐射[04]187			
有效期至	2029年08月12日			
发证机关	山东省生态环境厅			(盖章)
发证日期	2024年06月11日			



(一) 放射源

证书编号: 鲁环辐证[01187]

使用台账													
活动种类和范围													
序号	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/ 活度(贝可) × 枚数	编码	出厂活度 (贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请 单位	监管 部门
1	核安全实 验室	Th- 232	V类	使用	9E+3*2								
2		Th- 232	IV类	使用	6.9E+8*2								
3		Sr- 90(Y -90)	V类	使用	9.25E+9*3								
4		Ra- 226	IV类	使用	3.7E+7*2								
5		Ra- 226	V类	使用	9E+3*2								
6		Na- 22	IV类	使用	3.7E+9*3								
7		Ge- 68	V类	使用	3.7E+9*3								
8		Fe- 55	V类	使用	7.4E+10*3								
9		Eu-	V类	使用	3.7E+8*3								



(一) 放射源

证书编号: 鲁环辐证[01187]

序号	活动种类和范围				使用台账						备注	
	辐射活动 场所名称	核素 类别	活动 种类	总活度(贝可)/ 活度(贝可) × 枚数	编码	出厂活度 (贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请 单位	监管 部门
19		Am- 241 IV类	使用	5.55E+10*3								
20	院销售部	Th- 232 IV类	销售	6.9E+8*2								
21		Th- 232 V类	销售	9E+3*2								
22		Sr- 90(Y -90) V类	销售	9.25E+9*3								
23		Ra- 226 IV类	销售	3.7E+7*2								
24		Ra- 226 V类	销售	9E+3*2								
25		Na- 22 IV类	销售	3.7E+9*3								
26		Ge- 68 V类	销售	3.7E+9*3								
27		Fe- 55 V类	销售	7.4E+10*3								
28			Eu- V类	销售	3.7E+8*3							

辐射工作安全责任书

为防治放射性污染，保护环境，保障人体健康，落实辐射工作安全责任，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》有关规定，济南中科核技术研究院承诺：

一、法定代表人魏龙为辐射工作安全责任人。

二、设置专职机构辐射安全领导小组或指定专人张宇轩负责放射性同位素与射线装置的安全和防护工作。

三、在许可规定的范围内从事辐射工作。

四、健全安全、保安和防护管理规章制度，制定辐射事故应急方案，并采取措施防止辐射事故的发生。一旦发生事故将立即报告当地环保部门。

五、建立放射性同位素的档案，并定期清点。

六、指定专人杨文江负责放射性同位素保管工作。放射性同位素单独存放，不与易燃、易爆、腐蚀性等物品混存。确保贮存场所具有有效防火、防水、防盗、防丢失、防泄漏的安全措施。贮存、领取、使用、归还放射性同位素时及时进行登记、检查，做到账物相符。

七、保证其辐射工作场所安全、防护和污染防治设施符合国家有关要求，并确保这些设施正常运行。

八、发生任何涉及放射性同位素的转让、购买行为时，在规定时间内办理备案登记手续。

济南中科核技术研究院

济核发〔2022〕 2 号

关于成立辐射安全领导小组及辐射安全办公室的通知

各部门:

根据工作需要,经 2022 年 12 月 1 日院长办公会研究决定,成立济南中科核技术研究院辐射安全领导小组,全面负责我院辐射安全管理相关工作。领导小组下设辐射安全办公室,具体负责日常辐射安全管理工作。具体人员安排如下:

组长:魏龙

副组长:魏存峰、章志明、蔡北平

组员:刘华、张宇轩、李力、李光浩

辐射安全办公室主任:刘华

特此通知。

附件:《济南中科核技术研究院辐射安全管理体系和职责》

济南中科核技术研究院

2022 年 12 月 26 日

1

济南中科核技术研究院综合事务部

2022 年 12 月 26 日印发

2

辐射防护管理层职责

1. 建立责任机制。建立、健全我研究院辐射防护责任制，设置与辐射防护任务相适应的辐射防护机构，选定配齐辐射防护机构组成人员和专职、兼职辐射防护人员，并将辐射防护机构的设置和人员的配备情况报主管环保机关备案。

2. 制定规章制度。组织制定我研究院辐射防护制度和操作规程，具体包括场所、库房、值班、监测等相关辐射防护管理制度。

3. 提供投入保障。保证我研究院辐射防护投入的有效实施。建设、完善并维护适应本单位具体情况的辐射防护措施和设施；运用新技术并投入资金及时整改辐射防护案事件隐患；

4. 组织督促检查。督促、检查我研究院的辐射防护工作，每季度听取一次我研究院辐射防护工作情况汇报，并对我研究院辐射防护规章制度落实情况及防护措施、设施有效情况进行监督、检查，及时消除辐射事故隐患。

5. 制定应急预案。组织制定并实施我研究院的辐射防护事件应急预案；建立应急处置组织或者配备应急处置人员，储备必要的应急处置设备、器材。

6. 主动报告情况。组织我院人员主动发现、主动抵制辐射类物品违法、违规情况，并主动、及时、如实向主管环保机构报告辐射防护案事件。

本管理职责自公布之日起实施。

辐射防护负责人职责

1. 落实责任机制。实施落实我研究院辐射防护责任制，管理辐射防护机构人员和专职、兼职辐射防护人员。
2. 落实规章制度。组织落实我研究院辐射防护制度和操作规程，具体包括场所、库房、值班、监测等相关辐射防护管理制度。
3. 提供投入保障。落实我研究院辐射防护投入的有效实施。建设、完善并维护适应本单位具体情况的辐射防护措施和设施；
4. 落实督促检查。督促、检查我研究院的辐射防护工作，每季度听取一次我研究院辐射防护工作情况汇报，并对我研究院辐射防护规章制度落实情况及防护措施、设施有效情况进行监督、检查，及时消除辐射事故隐患。
5. 落实应急预案。协助法人代表组织制定并实施我研究院的辐射防护事件应急预案；建立应急处置组织或者配备应急处置人员，储备必要的应急处置设备、器材。
6. 落实情况报送。协助法人代表组织我研究院人员主动发现、主动抵制辐射类物品违法、违规情况，并主动、及时、如实向主管环保机构报告辐射防护案事件。
7. 本管理职责自公布之日起实施。

辐射防护工作人员职责

1. 掌握岗位情况。记录本岗位辐射防护工作情况，做好本岗位辐射类物品账簿登记，及时记录本岗位危险物品安全管理的相关信息。

2. 执行规章制度。严格执行本岗位辐射防护工作要求，落实辐射防护规章制度和操作规程。

3. 发现岗位隐患。及时发现并整改消除本岗位辐射防护事件隐患，消除不了的，要采取有效措施并报告主管责任人；严格落实本岗位辐射防护措施，使用、维护本岗位辐射防护设施，并按规定做好相关记录。

4. 掌握岗位技能。参加有关法律知识和辐射防护业务、技能以及相关专业知识培训、考核，熟悉本岗位辐射防护工作任务、工作要求，熟练掌握本岗位辐射防护工作所需的知识和技能；

5. 实施应急处置。熟悉我研究院辐射事故应急处置预案，能熟练操作应急设备、器材，并参加本单位辐射防护案事件应急处置预案演练和实施；本岗位遇有紧急情况和发生险情时，要按预定的处置方案先期进行处理，并及时报告主管责任人。

6. 及时请示报告。主动发现、主动抵制危辐射类物品违法、违规情况，并主动、及时、如实向我研究院主管领导、院长和坊子区环保机关报告辐射事故，不得瞒报、漏报、迟报。

7. 本管理职责自公布之日起实施。

3. 如发现装置丢失、损坏，使用人应立即报告本单位负责人和辐射安全办公室和安保办公室，并做好现场保护工作。

第七条 值班、巡逻制度

1. 值班、巡逻人员必须严守岗位，不得迟到早退，不得擅离职守。
2. 巡逻人员必须按规定时间勤巡视、勤检查，认真作好值班记录和交接手续；
3. 值班巡逻期间，发现可疑情况要及时查报，发生案件要保护好现场，发现犯罪分子要积极制止，立即报警；
4. 认真检查重点、要害部位和技术防范部位，发现问题及时处置并报告主管领导。

第八条 消防管理

1. 严格执行《消防法》、《机关团体企事业单位消防安全管理规定》的有关规定。
2. 放射性同位素贮存、使用场所，射线装置使用场所均为重点防火部位，设严禁吸烟和使用明火防火标记。
3. 配备必要灭火设施。
4. 不得占用安全出口（通道）、消防通道，不得埋压、圈占或者损毁、挪用消防器材、设备。
5. 发生火灾应及时报警，积极救助，扑救初期火灾，保护火灾现场，查明原因，作好善后处理。

第九条 事故应急

1. 放射性同位素和射线装置工作场所配置必要的辐射应急用具，如应急处理的长柄工具、警戒线和警示标志；应急物品存放有明显标识；并对对应急物品做定期检查，确保齐全、有效。
2. 熟练掌握应急措施和应急处理器材的使用方法。
3. 熟记突发事故应急流程及应急电话（报警：110，火警：119，急救：120），一旦发生放射性同位素或射线装置丢失、破坏或有人员伤亡事故，立即报告单位负责人、辐射安全办公室和安保办公室。

济南中科核技术研究院个人剂量监测管理规定

第一条 为加强我院辐射工作人员职业健康管理,规范个人剂量监测工作,根据国家对辐射工作人员个人剂量监测的相关要求和技术规范,特制定本规定。

第二条 本规定适用于全院辐射工作人员、研究生、需进入辐射工作场所的参观者、来访者、检查人员和实习人员的个人剂量监测管理。

辐射(放射、职业照射)工作人员是指从事射线装置专职操作、运行值班、检修人员;射线装置工作人员,包括辅助设备检修人员、射线装置的实验人员和离子源实验工作人员、放射性同位素使用及保管人员、辐射剂量检测人员等。

第三条 我院放射工作人员的个人剂量监测管理委托高能物理研究所进行,包括个人剂量监测工作的制订、实施、管理及评价。

第四条 综合办负责本院辐射工作人员个人剂量计的管理:应安排专人负责个人剂量计的收发,及时申报辐射工作人员的辐射工作变化和人员变化状况;本部门出现超剂量人员时应及时配合高能物理研究所对其辐射工作状况进行调查核实。

第五条 个人剂量监测申请和审批

(一) 全院从事辐射工作人员必须在具有资质的医院进行职业健康检查,同时必须参加环保局组织的辐射防护安全培训,安监局组织的职业卫生培训,均获得合格后方可参加辐射工作。

济南中科核技术研究院环境及场所辐射剂量监测规定

第一条 为了规范全院辐射工作场所内及环境的辐射剂量水平监测，确保工作人员、公众和周围环境的辐射安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《辐射环境监测技术规范》等法规、标准，规定济南中科核技术研究院（下称研究院）在正常辐射工况下环境和场所辐射剂量监测的管理要求和程序，以确保全院辐射监测工作有效组织和开展。

第二条 本规定适用于研究院射线装置运行、放射性同位素使用等正常运行情况下的辐射场所及环境监测工作。

第三条 机构及职责

辐射监测机构由院辐射安全领导小组、辐射安全办公室（下称辐安办）和院内各单位组成。职责具体如下：

1. 院辐射安全领导小组负责监督检查全院辐射环境监测工作，；负责批准和组织落实各项监测制度和措施。提出全院辐射监测规划，监督实施辐射防护监测相关的法律、法规、标准的执行，为研究院的辐射防护发展提供科学依据。

2. 辐安办负责监督检查全院辐射环境监测工作，并依规委托资质监测机构对全院辐射场所的定期的监测和评价。认真执行辐射防护监测相关的法律、法规、标准。组织辐射监测新技术、新方法的推广和应用。负责研究院辖区内射线装置的辐射防护监测数据等资料的汇总、分析；承担对院内各单位监测工作的技术指导；承担院内固定监测点测量工作。负责院内射线装置运行及放射性同位素使用场所日常辐射环境监测的具体实施：布点、监测，定期对数据统计分析，监测设备的运行和维护。

3. 各单位具体承担本部门的辐射监测工作，按照院级监测计划要求完成具体的监测工作任务；根据自身实际情况，合理设置辐射监测点并具体实施监测工作。定期将监测资料进行汇总存档备查。

第四条 研究院的环境及场所辐射剂量监测分为外部监测和内部监测两种类型。外部监测指的是委托资质监测机构每年对全院的辐射工作场所及环境进行监测和评价；内部监测包括各在研、在用类射线装置运行及各放射源（密封性和非密封性放射性同位素）使用场所日常辐射监测。

第五条 辐安办负责监督研究院环境及场所辐射监测，负责委托具有《资质认定计量认证证书》（CMA）或《中国合格评定国家认可委员会实验室认可证书》

放射性同位素使用操作规程

为了更好利用放射性同位素和辐射技术、加强对由此产生的放射性废物的管理、保障工作人员身体健康、保护环境，根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》之规定，特制定本操作规程。

本规程所指放射性同位素包括密封性放射源和非密封性放射性物质。

1. 放射性同位素工作，必须在单独的场所进行，在该场所内不得进行与同位素工作无关的实验。

2. 放射性同位素实验室应划出防护区，并加明显标志。非本实验室工作人员未经允许不得入内，以免误入其中受到不必要的照射。

3. 工作场所内严禁吸烟、饮水或进食。禁止将食物带入工作场所。

4. 放射性实验室应配备专用的工作服、鞋、帽、口罩、手套等个人防护用品。实验室内应备有供工作人员放便服和工作服的衣柜。两类衣物不得混放。

5. 操作人员必须接受业务和防护技术培训，必须持证上岗。

6. 工作期间必须穿着工作服，戴手套，佩戴个人剂量仪和个人计量报警仪等，在相应的防护条件下操作。

7. 使用放射性同位素工作时，工作人员与放射性同位素应保持规定的安全距离，避免不必要接近放射源，在保证安全前提下进行操作。

8. 实验时避免使用易割破皮肤的容器和器皿，凡脸部、手部有伤口或患病工作人员应暂时停止接触放射性工作。

9. 实验室的废物与普通垃圾要严格分开，分别处理，含有放射性物质的废水应装入废物贮存瓶内。

10. 放射性同位素禁止与易燃、易爆、剧毒、腐蚀性物品放在一起。

11. 严格交接班制度，做好工作记录和台账登记，做好保卫安全工作，防止发生放射性同位素丢失、破坏等事故，发生事故应立即上报。

12. 工作完毕后，设备、工具放回原处并进行安全检查，关闭水电、门窗。定期检查放射源库的仪器设备，确保防盗、剂量报警、防火、通风设备的完好。

13. 定期监测工作场所及其相邻地区的剂量。

14. 对违反安全制度，不遵守实验纪律，工作不负责任或强令他人冒险实验操作，以致造成事故，必须追究责任，按情节轻重给予必要的处分，直至追究刑事责任。

回旋加速器操作和维护规程

1. 目的

为了有效规范回旋加速器的使用和维护，保障回旋加速器的正常运转，特制定本规程。

2. 范围

本规定仅适用于回旋加速器加速器系统运行、维护的管理。

3. 职责

使用人员自觉遵守本规程，严格按照操作规程操作回旋加速器，保障回旋加速器的正常运转。

4. 规程

4.1 说明

4.1.1 质子回旋加速器属于核医学专业设备，只有经过专业培训人员才可进行操作。加速器系统是由离子源系统，磁场系统，水冷系统，靶系统，控制系统，射频系统，传输系统，真空系统等多个部分组合而成，操作人员需对加速器整个系统进行充分的认识，并对所进行的操作具有十足的把握，否则需与 GE 工程师联系确认后再进行操作。

4.1.2 加速器操作流程是在主系统及辅助系统均正常工作的情况下进行核素 F-18 的制备的标准流程，如有任何异常请在确保安全的情况下及时停机。随后与 GE 工程师报修机器故障情况，并将记录信息予以总结汇报。

4.2 涉及辐射安全防护及操作

4.2.1 PETtrace 加速器产生两种带电粒子：16.5MeV 的质子和 8.4MeV 的氦核。当粒子主束流和靶相互作用时，将产生中子和瞬时 γ 射线，具有一定的放射性，由于该加速器不带自屏蔽，有一定的辐射防护要求。

4.2.2 PETtrace 回旋加速器采用 2.5 米厚密度大于 2.3g/cm² 的混凝土防护。

4.2.3 加速器大厅内传送放射性液体的管路上方采用 50mm 厚的铅盖板，维修通道采用 50mm 厚的铅盖板。

4.2.4 设备电缆、水冷管道、压缩空气管道、通风管道、气体管道等的穿墙洞倾斜一定角度防止辐射泄露。

4.2.5 加速器机房设置四道“Z”字形迷走通道，防护中子散射。

4.2.6 联动互锁装置。防护门安装联动互锁装置，与加速器装置联动。只有在防护门关闭时，加速器装置才能够启动。

4.2.7 报警装置在操作室、控制室入口处，设有放射性标志及警示灯。在加速

工业 CT、显微 CT (CL) 操作规程及设备维护制度

一、操作规程

1、总则

(1) 辐射安全防护管理小组的负责人，专门负责辐射技术安全工作。所有上机操作人员，必须要经过剂量防护和安全培训，并认定合格，还要经过设备操作规程的培训，认真阅读过操作手册后，方可上机。

(2) 根据不同的调试运行任务，每次开机运行时负责人要做出统一安排，提前做好调试或试验任务的准备。

(3) 每次开机前，检查各安全措施是否完善。每次开机时，要检查设备各部分是否运转正常，开机前后作监测记录。

(4) 参加调试的运行人员进入放射性场地要携带剂量仪。工作人员全年受辐照剂量当量不得超过：5mSv。为便于控制，允许的剂量当量率： $2.5 \mu\text{Sv/h}$ (0.25mrem/hr)。

(5) 进行安装、检修、调试带电操作时，必须有两人以上在场。射线装置的铅屏蔽打开时严禁开启装置电源，避免造成不必要的辐射。

(6) 要清楚现场消防器材安放的地点，并会使用消防器材。实验场地严禁烟火，禁止吸烟。

(7) 运行值班人员要认真负责，不得擅自离岗。射线装置要有专人负责，作到专人专管专用，出现故障，要及时处理。

(8) 关机时，要严格按照操作规程关机。切忌匆忙关机，以免造成不必要的损失。关机后，要全面检查，并完善监测记录。

2、工业 CT 操作规程

工作人员在调试、使用工业 CT 时，将工业 CT 放置机房内中间位置，先检查各项装置是否完好，然后关闭防护门进行开机出束，设置参数进行性能测试，测试完成停止出束。

(1) 将需要检测的工件运至曝光室内，并转移至载物台，摆好工件位置。

(2) 在开机前对曝光室进行巡检清场，确保检测室内无人员滞留，然后人员撤离至控制室，关闭检测室防护门。

(3) 开始准备工作，连接图像接受器，以确认射线源是否运行异常。设备运行正常，则设置检查工件所需参数，开启系统曝光出束，并记录检测结果。

(4) 检测结束后，关闭射线源电源，然后开启曝光室工件进出防护门，作业人员进入检测室运走测试工件。

设备维修保养管理制度

1、各实验室设备出现故障,必须当天报告办公室维修。对使用科室提出的设备维修申请,维修技术人员应及时登记并予以处理。维修完毕后,维修技术人员应详细填写维修记录,并通知使用实验室恢复使用。各科室辐射安全责任人需具备判断安全和防护设施有效的能力。

2、维护保养分类:常规日检、常规月检、常规半年检查

常规日检项目	常规月检项目	常规半年检查项目
工作状态指示灯是否正常	固定式辐射监测仪是否正常	放射性污染监测
门机连锁装置是否正常	紧急停机按钮是否正常	环境辐射水平
个人剂量报警仪和 X-γ 巡检仪显示是否正常	水系统是否正常	设备和系统系统是否正常
通风系统是否正常	各开关电源、数字电源是否正常	防卡源设施及辅助设施是否正常
各控制柜、箱钥匙开关及按钮是否正常	视频监控录像机工作是否正常	各设备设施连接螺栓紧固程度是否正常
各控制箱上电是否正常	检查就绪按钮与自动检测运行的限制条件是否正常	各种设备电气类压力变是否正常

3、维修技术人员按照设备类别分工协作,严格履行岗位责任制,重点关注可能引起辐射事故或运行故障的设备,保证设备正常运转。设备故障三天内不能修好的应及时向使用科室解释说明并向维修负责人报告。由维修负责人组织会诊或联系外援维修。

4、对于大型设备,由器械维修工程师分工负责,按照大型医学设备分级维护保养制度,认真执行相关维护保养计划。

5、设备使用科室应按规定做好设备的日常保养工作,应保持工作区域的安全、整洁,定期检查执行落实情况。

6、设备主管部门应定期对设备进行安全巡检,发现问题及时处理,防止发生意外事故。

7、应积极创造条件开展预防性维修,以降低设备故障发生的概率。

8、设备如需更换价格较高的零配件,应及时按规定报告相关领导审批后方可办理。

9、对有关设备的技术改造,科室须事先写出书面报告,交办公室审批,规模较大的技术改造须由使用科室和办公室共同确认并报院领导批准方可执行。

10、应做好休息时间和节假日期间的维修值班安排,确保节假日和休息时间均能处理突发性的维修要求。

放射性废物处置方案

1. 生产部门工作场所内的放射性‘三废’（废气、液废和固废），应当按规定及时处理，因上述废物形成安全隐患或安茜生产事件（事故）的，将严肃追究责任主体领导和当事人的经济或行政责任。

2. 放射性废气主要通过专用排风管道经过滤后排除。各单位每月定期检查相应工作场所内的通风管道过滤系统及压差进行检查等，确保对空气进行有效过滤处理，保持管道通畅。

3. 生产过程中产生的放射性废液，集中排放至衰变池处理系统，待衰变十个半衰期以上，经审管部门或审管授权部门批准后，方可通过城市污水系统进行排放。

4. 放射性固体废物分为短半衰期废物和加速器维修维护产生的废物两类。短半衰期废物包括： ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等放射性药品生产产生的放射性废物；加速器维修维护产生的废物包括：换靶、处理活化部件乙级加工和焊接时所产生的放射性废物。

(1) 对于短半衰期废物，要求生产结束后，转移收贮至废物暂存库，待衰变至低于解控水平时（暂存一个月以上），经审管部门或审管授权部门批准后，方可作为一般废物或医疗废物处理。

(2) 对于加速器维修维护产生的废物，要求集中收贮后，存放于专用容器内，经审管部门或审管授权部门批准后，送交城市放射性废物库。

(3) 对于使用完成的钼靶或其他应由厂家回收的放射性废物，由厂家回收。

(4) 废物交接记录登记。对于需要移交的放射性废物，废物交送人和接收人应做好交接工作，接收人应按照送交人提供的废物基础信息填写收贮台账。移交完成后，辐安办及时更新废物收贮台账。

5. 严禁将放射性废物储存在走廊、实验室操作区及无安全保证的非制定场所。

6. 严禁将易燃、易爆、易腐蚀和其他非放射性物质，乙级放射性液体物质与固体放射性废物混装处理。

7. 禁止将泥沙、棉线头、纸张、废手套等固体物质混入排放通道，保持放射性废物排放通道畅通。

8. 对需包装放射性废物，必须采取安全、可靠的包装措施，并作出明确标记，防止产生不必要的环境辐射，保证人员受照不超过剂量当量限值，并达到尽可能低的水平。

台账管理制度

为加强研究院放射性同位素和射线装置的辐射安全管理工作，依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环保总局令第 31 号）等相关规定，结合研究院实际情况，特制定本规定。

第一条 院辐射安办公室负责全院放射性同位素（放射源、非密封放射性物质统称）和射线装置的台账管理。

第二条 各涉源单位（x-线检测厅、核医学实验厅、中试大厅）辐射防护小组指定专人作为本单位放射性同位素与射线装置的台账管理员，负责本单位放射性同位素与射线装置的台账建管理，并报院辐安办备案。

第三条 院辐安办和涉源单位辐射防护小组应采取定期和不定期结合的方式对放射性同位素和射线装置的台账进行检查。

第四条 台账建立。涉源单位依国家法律法规核院相关规定购置放射性同位素时，应在到货后立即将同位素入库存放并建立相应的台账；射线装置应在安装完成后，通电运行前，建立相应的台账。

第五条 放射源台账。放射源台账应登记核素名称、活度、数量、放射源编码、购买时间等信息。使用时应填写放射源使用登记表，记录出、入库时间、出库活度、入库活度、用途、使用场所和使用人等详细内容；使用登记表按月汇总交由辐射安全办公室存档。

第六条 非密封放射性物质台账。非密封放射性物质台账应登记核素名称、购买（生产）时间、购买量（生产量）、等详细内容。使用时应填写非密封放射性物质使用登记表，记录使用时间、使用量、用途、使用场所、剩余量处置和使用人等详细内容；使用登记表按月汇总交由辐射安全办公室存档。

第七条 射线装置台账。射线装置台账应登记射线装置名称、型号、技术参数、存放场所等详细内容。使用时应填写射线装置使用登记表，记录开、关机时间、用途、设备使用状况，记录使用过程中出现的问题。使用登记表按月汇总交由辐射安全办公室存档。

第八条 放射性同位素和射线装置销账。闲置、废弃的放射性同位素和报废的射线装置应按照国家及院相关规定及时处理，在办理完所有手续之后方可销账。

第九条 台账管理员变更。当台账管理员发生变更时，原台帐管理员应对台帐和所管理的放射性同位素和射线装置进行仔细检查，经涉源单位辐射防护小组和院辐安办人员核查无误后方可将台帐和库房钥匙等转交给新台帐管理员，交接

辐射工作人员培训计划

第一条 为了提高从事辐射工作人员的安全防护意识和工作技能，加强辐射安全管理，预防辐射伤害事故发生，依照环境保护部 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，结合研究院实际工作情况，特制定本培训计划。

第二条 通过培训，提升人员的辐射安全防护意识，使相关人员掌握辐射防护知识和有关法规以及单位内部相关规章制度，在日常工作中预防辐射事故的发生，掌握在紧急情况时能够采取适当的应急措施。

第三条 研究院辐射安全办公室负责全院辐射工作人员的培训计划。按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核。

第四条 辐射安全办公室每年统一组织本单位新增辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训考核；组织安排辐射安全防护合格证书到期人员的再培训。

第五条 辐射工作人员必须持有相关专业的学历证明，具备专业技术工作能力。

第六条 辐射工作人员必须参加国家核技术利用辐射安全与防护培训考核，取得合格成绩单后方可上岗。

第七条 取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每五年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。不参加再培训的人员或者再培训考核不合格的人员，其辐射安全培训合格证书自动失效，不得上岗。

第八条 辐射工作人员每年进行研究院辐射安全防护知识培训考核一次，考核合格方可上岗。

第九条 辐射安全管理人员每年要进行专业知识培训一次，并考核合格方可从事辐射安全管理工作。

第十条 辐射安全办公室组织每年一次开展内部培训及新员工到岗前培训；根据设备特点、操作类型对员工进行有针对性地进行培训，包括辐射防护基本知识、辐射区域的划分、操作规程和事故应急处置等。

第十一条 在单独培训的基础上，辐射安全办公室对辐射工作和管理人员进行日常辐射安全教育，以专题研讨会等形式，提高员工安全防护意识，做到安全教育常抓不懈。

第十二条 辐射安全办公室统一收集和管理辐射安全防护培训记录、考核成绩和证书等；建立培训档案、培训记录、培训考核试卷，并妥善保管和存档。

辐射事故应急预案

一、总则

目的根据国家有关规定和要求，鉴于辐射事故所具有的突发性和危害性，应急响应的复杂性，及其政治、社会影响等方面的敏感性，必须做好应急响应准备工作。一旦发生事故，即可根据本预案及时采取必要的响应行动。

二、工作原则

统一指挥、明确职责、大力协同、常备不懈、保护公众、保护环境。

三、适用范围

辐射事故主要指除核设施事故以外的放射性物质丢失、被盗、失控，或者射线装置、放射性物质造成工作人员受到意外的异常照射或环境放射性污染事件。主要包括：

负责事故发生后的舆论报道工作，公开公正，如实报道和正确引导舆论。

五、辐射事故的应急响应

（1）应急准备

按照常备不懈，保护人员和环境的方针，应急响应工作应融入在平时的日常工作中，并做好相应准备。研究院辐射事故应急日常准备工作由应急办负责，进入应急状态时，辐射事故应急工作自动转入所辐射应急事故处理领导小组指挥进行。院应急办日常工作中应做好以下几项应急准备工作：

1) 建立事故应急值班制度；

2) 配合环保部门定期进行常规监测，保管本院环境放射性水平的资料，包括天然放射性水平、人工放射性核素浓度、 γ 空气吸收剂量率以及各种环境介质中总放射性水平等。

（2）辐射应急组织的启动

各类事故的责任单位(非密封性放射性同位素使用单位、密封放射源使用单位、放射装置研制和运行单位)在发生事故后,必须及时通知应急办,应急办应迅速报告院辐射应急事故处置领导小组，根据事故类别启动应急预案。

（3）辐射应急组织的联络

应急期间工作联络原则是：

1) 各岗位任务明确、尽职尽责，联络渠道明确、固定；

2) 联络用语规范，严格执行记录制度。

（4）应急响应程序

辐射事件（事故）分级：

辐射事故主要包括：放射行同位素使用中发生的辐射事故和射线装置使用中发生的辐射事故。按照辐射事故的危害程度分为四级：特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故。

1) 特别重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。

2) 重大辐射事故，是指Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。

3) 较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射性病、局部器官残疾。

2) 应急终止程序。放射性污染事故和射线装置事故所导致的应急状态的终止,由院辐射应急办负责向院辐射应急处置领导小组提出,经领导小组组长批准,报环保主管部门应急办核准;

3) 应急终止后的行动。应急终止后,院应急办还应配合环保部执行下列行动:

a) 评价所有应急日志、记录、产生过程,书面信息等;

b) 回顾评价造成应急状态的事故产生过程,责令有关部门和事故责任单位查出原因,防止重复出现类似事故;

c) 回顾评价应急期间所采取的一切行动(补救性的和运行性的);

d) 根据实践的经验,修改现有的应急方案和程序;

e) 应急终止后,院辐射应急领导小组提交总结报告给生态环保部门。对造成环境污染的辐射事故的后期恢复,综合部要配合生态环保部门组织、指导有计划的辐射环境监测,审批、管理必要的区域去污计划和因事故及去污产生的放射性废物的处理和处置计划,并监督实施。

六、应急装备保障

应急办负责日常事故应急处置,应急物资配备,主要有:

(1) 研究院园区平面图

(2) 研究院电话本

(3) 应急通讯手册

(4) 事故登记表、记录本等

(5) 对讲机 4 部、传真电话 1 部、录音笔 2 支、照相机 1 部

(6) 个人剂量报警仪 4 台

(7) 防护衣具(防护服、帽子、鞋套、手套等) 10 套

(8) 隔离带、标识物等若干

(9) 便携式辐射剂量仪, 1 台

(10) 便携式中子辐射剂量仪, 1 台

(11) 气溶胶采样器 1 台

(12) 表面污染仪, 2 台

七、培训和演习

全院各有关部门要按照职责分工和预案做好辐射事故的应对工作,做好应急物资保障,每年积极开展辐射应急培训和宣贯,定期开展辐射事故综合演练,检验应急队伍的快速反应能力,提高各专业队伍之间现场响应能力和协作能力,及时修订更新辐射应急预案。

(1) 应急培训

应急办负责组织应急人员的日常培训工作和指导,使各应急组织及成员明确各自在应急准备和响应中承担的任务和职责,了解和掌握应急知识和技能,掌握辐射防护基础知识、应急预案和执行程序、国家和行业有关法规,确保其在应急过程中完成各自的任务,妥善处理事故,保障安全。

(2) 应急演练

应急办负责组织全院辐射应急演练,演习内容根据我院辐射应急状态开展,每年至少组织一次,演习做好记录和总结,并将有关文件存档。每2年根据情况修订本预案,或必要时,根据每次演习经验修订本预案。

附则:

本预案自发布之日起执行,由综合部负责解释。

附件:

1. 济南中科核技术研究院辐射事故应急处理程序
2. 辐射事故(件)初始报告表
3. 辐射事故(件)后续报告表

辐射事故应急演练

济南中科核技术研究院			
辐射事故应急演练记录			
演练科目	密封性放射源丢失安全应急演练	演练单位	济南中科核技术研究院
演习时间	2025 年 3 月 12 日	演习地址	6 号实验厅 PET/CT 室
参加人员	放射性工作人员、安全工作人员及相关人员		
演练过程记录	 上午 10 点 49 分，工作人员报告应急办放射源丢失。		

	2. 改善沟通机制 - 建立更有效的沟通渠道，确保信息能够快速准确地传达给所有相关人员。 - 定期进行沟通演练，提高团队成员之间的沟通效率。 3. 优化资源配置 - 根据演练结果，评估并优化应急资源的配置，确保资源充足且易于获取。 - 定期检查和维护应急设备，确保其处于良好状态。 4. 增强演练实效 - 增加演练的频率和多样性，以覆盖更多的应急情景。 - 通过模拟真实事件来提高演练的真实性和压力测试。 5. 反馈和持续改进 - 建立反馈机制，收集演练参与者的意见和建议。 辐射安全办公室: 刘江 日期: 2025.3.12
--	--

附件 4 核技术利用辐射安全与防护考核成绩单

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



丁毅，男，1989年06月01日生，身份证：370125198906012319，于2021年06月参加 科研、生产及其他 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS21SD2300159 有效期：2021年06月22日至 2026年06月22日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



李力，男，1992年06月06日生，身份证：370921199206062713，于2021年07月参加 科研、生产及其他 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS21SD2300185 有效期：2021年08月02日至 2026年08月02日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



附件 5 个人剂量监测报告及个人剂量档案

 231512348056	 No. TL240188
检 测 报 告	
检 测 项 目：个人剂量监测	
委 托 单 位：济南中核技术研究院	
检 测 类 别/目的： 委托/常规监测	
山东省医学科学院放射医学研究所	

山东省医学科学院放射医学研究所

检测 报 告

样品受理编号: TL240188

共 2 页 第 1 页

检测项目	个人剂量监测	检测方法	热释光测量法
用人单位	1032 济南中核技术研究院	委托单位	1032 济南中核技术研究院
检测/评价依据	《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)		
检测室名称	放射防护检测室	检测类别/目的	委托/常规监测
检测仪器名称/型号/编号	热释光剂量仪/RGD-6/SC1604	探测器	热释光剂量计(TLD)

检测结果:

编号	姓名	性别	职业类别	剂量计佩戴 起始日期	佩戴天 数(天)	个人剂量当量 H _v (10) (mSv)
1032001	张宇轩	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032002	袁萌	女	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032003	李光浩	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032004	王琳琦	女	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032005	郭玉玺	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032006	朱钧崧	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.08
1032007	李勇哲	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032008	范兴鑫	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032009	刘正磊	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032010	宋绍阳	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032011	王汉路	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032012	丁毅	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032013	龙兴旺	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.05
1032014	张志	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.02*
1032015	赵言	男	其它(3G)	2023-12-11	85	0.08

个人计量档案（示例）

辐射工作人员个人剂量档案表

姓名	张宇轩	性别	男		
出生年月	1993.10.30	政治面貌	群众		
参加工作时间	2021	职务职称	工程师		
部门、岗位	工程项目化中心	档案号	1032001		
毕业院校及专业	南华大学核工程与核技术	身份证号	620103199310305012		
固定电话	无	手机	17615852288		
个人剂量监测情况					
序号	监测时间	监测结果	本人签字	年度累计	记录人
1	2023.12.11~2024.3.5	0.01mSv	张宇轩	0.01mSv	刘XX
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					

附件 6 自行监测记录表

工作场所辐射监测记录

序号	场所	测量点位	剂量率 mSv/h 或表面污染水平 Bq/cm ²			备注
1	回旋加速器	加速器控制室 (γ)	0.10	0.11	0.12	
2		屏蔽门外 (γ)	0.11	0.10	0.10	
3		加速器控制室 (中子)	0	0	0	
4		屏蔽门外 (中子)	0	0	0	
5	热室	合成热室前	0.11	0.12	0.11	
6		合成热室储罐口	0.10	0.10	0.11	
7		分装热室前	0.12	0.11	0.11	
8		分装热室储罐口	0.11	0.10	0.11	
9		不锈钢台面 (表面污染水平 (Bq/cm ²))	0	0	0	
10		地面(表面污染水平 (Bq/cm ²))	0	0	0	
11	注射室	手套箱前	0.11	0.10	0.11	
12		一体化注射防护窗口	0.12	0.11	0.12	
13		工作台面(表面污染水平 (Bq/cm ²))	0	0	0	
14		地面(表面污染水平 (Bq/cm ²))	0	0	0	
15	质检室	通风橱前	0.12	0.09	0.10	
16		TLC 质检设备前	0.09	0.10	0.11	
17		工作台面(表面污染水平 (Bq/cm ²))	0	0	0	
18		地面(表面污染水平 (Bq/cm ²))	0	0	0	

根据使用设备情况填写，需在对应处填写，未使用设备可不填写。

监测人：张中好

监测时间：2025.03.12

监测设备：中子仪、表面污染仪、剂量率仪

附件 8 辐射安全防护设施设备检查维护记录

辐射安全防护设施设备检查维护记录

序号	设施/设备名称	检查内容	检查结果	备注
1	加速器屏蔽门	检查屏蔽门开关是否正常	☒ 是 ☐ 否	
2	门机连锁	检查门机连锁功能是否正常	☒ 是 ☐ 否	
3	PET/CT 平移屏蔽门	检查屏蔽门开关是否正常	☒ 是 ☐ 否	
4	铅 L 屏	检查铅 L 屏是否稳固, 无破损	☒ 是 ☐ 否	
5	手套箱	检查手套箱各开关是否正常	☒ 是 ☐ 否	
6	铅衣	检查铅衣是否完好无损	☒ 是 ☐ 否	
7	固定式剂量率仪	检查设备工作是否正常	☒ 是 ☐ 否	
8	个人剂量报警仪	检查设备工作是否正常	☒ 是 ☐ 否	
9	空调及通风系统	检查设备工作是否正常	☒ 是 ☐ 否	
10	铅垃圾桶	检查是否完好无损坏	☒ 是 ☐ 否	
11	铅罐	检查是否完好无损坏	☒ 是 ☐ 否	
12	注射器防护套	检查是否完好无损坏	☒ 是 ☐ 否	

检查日期: 2025.03.04

检查人: 张中折



检测报告

山东鼎嘉辐检【2025】065 号

项目名称： 济南中科核技术研究院核技术利用项目（核素生产及使用与Ⅱ类射线装置生产及使用）（一期）竣工环境保护验收监测

委托单位： 济南中科核技术研究院

检测类别： 委托检测

报告日期： 2025 年 3 月 17 日



说 明

- 1 报告无本单位检测报告专用章、骑缝章及  章无效。
- 2 复制报告未重新加盖本单位检测报告专用章无效。
- 3 报告涂改无效。
- 4 自送样品的委托测试，其检测结果仅对来样负责；对不可复现的检测项目，结果仅对采样（或检测）当时所代表的时间和空间负责。
- 5 对检测报告如有异议，请于报告发出之日起的两个月之内以书面形式向本公司提出，逾期不予受理。

单位名称：山东鼎嘉环境检测有限公司

单位地址：中国（山东）自由贸易试验区济南片区

高新万达广场 2 号写字楼 1512 室

电 话：0531-59803517

邮政编码：250100

电子邮件：sddj2018@126.com

检测报告

山东鼎嘉辐检【2025】065 号

检测项目	X-γ 辐射剂量率、α-β 表面污染、中子剂量当量率				
委托单位	济南中科核技术研究院				
联系人	刘华		联系电话	15510286339	
检测类别	委托检测		委托日期	2025 年 3 月 12 日	
检测地点	济南市先行区崔寨街道中科新经济科创中心济南市中科核技术研究院 6 号楼和 7 号楼。				
检测日期	2025 年 3 月 13 日				
环境条件	天气：阴 温度：19.5℃ 相对湿度：15.6%				
检测主要仪器设备	设备名称	便携式多功能射线检测仪	辐射检测仪	α-β 表面污染仪	中子剂量当量率仪
	设备型号	BG9512P/BG7030	AT1123	BG9621/BG7040	XH-3028
	设备编号	A-2203-01	A-1804-02	A-1804-03	A-2203-02
	测量范围	吸收剂量率： 10nGy/h~200 μ Gy/h 能量范围： 25keV~3MeV	吸收剂量率： 50nSv/h~10Sv/h 能量范围： 15keV~3MeV, 60keV~10MeV	α：0-99999cps β：0-99999cps 相对基本误差： ≤±15%	测量范围：0 nSv/h~1 Sv/h 能量范围： 0.025ev~14Mev
	检定单位	山东省计量科学研究院	山东省计量科学研究院	山东省计量科学研究院	中国辐射防护研究院放射性计量站
	检定证书编号	Y16-20240687	Y16-20240924	Y15-20240069	检字第 [2025]-N0106
	检定有效期至	2025 年 3 月 27 日	2025 年 4 月 28 日	2025 年 3 月 31 日	2026 年 2 月 24 日
	检测依据	1.《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 2.《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 3.《表面污染测定 第一部分 β 发射体（最大 β 能量大于 0.15MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）。			
解释与说明	受济南中科核技术研究院委托，山东鼎嘉环境检测有限公司依据相关规范要求布点，对济南中科核技术研究院核技术利用项目（核素生产及使用与 II 类射线装置生产及使用）（一期）进行竣工环境保护验收监测。 监测结果及监测布点图见正文第 2~25 页； 项目现场照片及监测照片见正文第 26 页。				

检测报告包括：封面、说明、正文（附页），并盖有计量认证章（CMA）、检测专用章和骑缝章。

检测报告

山东鼎嘉辐检【2025】065 号

表 1 回旋加速器机房、显微 CT（显微 CL）铅房周围 X-γ 辐射剂量监测结果（关机状态下）			
序号	点位描述	监测值（单位：nGy/h）	
		监测值	标准偏差
1#	回旋加速器机房西墙外 30cm 处	74.4	1.2
2#	回旋加速器机房北墙外 30cm 处（控制室）	69.4	1.5
3#	回旋加速器机房北墙外 30cm 处（水冷间）	68.0	1.4
4#	回旋加速器机房东墙外 30cm 处（热室）	66.2	1.3
5#	回旋加速器机房东墙外 30cm 处（源库）	78.4	1.2
6#	回旋加速器机房南墙外 30cm 处	78.5	1.5
7#	回旋加速器机房防护门中间位置外 30cm 处	79.5	1.3
8#	控制室操作位	75.7	1.2
9#	管线口（控制室）	66.9	1.1
10#	回旋加速器机房楼上距地面 30cm 处	63.9	1.1
11#	显微 CT 铅房前侧屏蔽体外 30cm 处	55.2	1.7
12#	显微 CT 铅房右侧屏蔽体外 30cm 处	54.0	1.3
13#	显微 CT 铅房后侧屏蔽体外 30cm 处	55.6	1.2
14#	显微 CT 铅房左侧屏蔽体外 30cm 处	53.8	1.4
15#	显微 CT 铅房室顶外 30cm 处	54.8	1.1
16#	显微 CT 铅房小防护门中间外 30cm 处	55.0	1.3
17#	显微 CT 铅房检修门中间外 30cm 处	56.1	1.3
18#	显微 CT 铅房观察窗外 30cm 处	54.9	1.2

检 测 报 告

山东鼎嘉辐检【2025】065 号

续表 5 核医学实验大厅场所 α、β 表面污染监测结果				
序号	分区	点位描述	监测值 (Bq/cm²)	
			α 表面污染	β 表面污染
b101	监督区	北侧走廊墙面	0	0.023
b102		通道地面	0	0.033
b103		通道墙面	0	0.019
b104		南侧中央走廊地面	0	0.060
b105		南侧中央走廊墙面	0	0.036
b106		前厅地面	0	0.024
b107		前厅墙面	0	0.022
b108		女卫生间地面	0	0.032
b109		女卫生间墙面	0	0.026
b110		男卫生间地面	0	0.033
b111		男卫生间墙面	0	0.021
b112		御洗室地面	0	0.058
b113		御洗室墙面	0	0.033
b114		御洗室台面	0	0.060
b115	控制区	核医学实验大厅工作人员工作服表面	0	0.222
b116		核医学实验大厅工作人员手部	0	0.091
b117		核医学实验大厅工作鞋表面	0	0.067



2025 0115 00001
TESTING
CNAS L0982

核工业北京地质研究院分析测试研究中心

核工业地质分析测试研究中心

分析测试报告

报告编号：2025-0115

委托单位：济南中科核技术研究院

分析项目：总 β

样品名称：土壤

样品数量：1 个

检测类别：委托检测

报告签发人：闫峻 闫峻

签发日期：2025 年 03 月 12 日

分析测试报告

报告编号： 2025-0115

委托单位	济南中科核技术研究院			送样人	张工		
样品特性	粉末			收样日期	2025-03-05		
样品数量(个)	1	温度(℃)	23.1	相对湿度(%)	20.6		
检测方法和依据	EJ/T 900-1994 《水中总β放射性的测定 蒸发法》						
仪器型号及名称	MPC9604 低本底αβ计数器			仪器编号	17019477		
检测项目与参数	总β						
测试结果汇总							
序号	统一编号	样品原号	总β Bq/kg				
1	00233	核医学实验大厅西南侧 土壤	595				
备注	无						

编制人：王铁健 王铁健 审核人：朱明燕 朱明燕 报告日期：2025-03-12





检验检测报告

NO. JY25003318HJ

样品类型:	废水
委托单位:	济南中科核技术研究院
检测类别:	委托检测

山东嘉源检测技术股份有限公司
Shandong Cayon Testing Technology CO.,LTD

山东嘉源检测技术股份有限公司

检验检测报告

一、基础信息

委托单位	名称	济南中科核技术研究院		
	地址	济南市天桥区大桥镇马店村东大桥供销合作社 13 栋 1 层 101 室		
	联系人	刘华	电话	15510286339
检测日期	2025-03-10~2025-03-13			
评价标准	-			
评价结论	-			
备注	委托单位送样			

二、检测内容

类别	样品名称	样品数	检测指标	样品描述
废水	衰变池废水	1	总 β 放射性、总 α 放射性	无色、透明、液体
备注	客户自采日期：2025-03-07，样品接收日期：2025-03-10，塑料桶一桶 2500mL，冷藏保存。 根据样品保存方法标准要求，样品检测结果可能产生一定偏离。			

三、检测方法及仪器

类别	检测项目	检测方法依据	所用仪器及编号	检出限	单位
废水	总 α 放射性	水质 总 α 放射性的测定 厚源法 HJ 898-2017	WIN-8A 低本底 αβ 测量仪 A-1504-ZX66	4.3×10 ⁻²	Bq/L
	总 β 放射性	水质 总 β 放射性的测定 厚源法 HJ 899-2017		1.5×10 ⁻²	Bq/L

四、检测结果

1、废水

样品名称	接收日期	样品编码	检测项目	单位	检测结果
衰变池废水	2025-03-10	FS250310039	总 α 放射性	Bq/L	ND
			总 β 放射性	Bq/L	0.067
备注			ND 表示未检出		

——报告结束——

编制： 郑婷 审核： 徐艳娇 批准： 李晨丽

签发日期：2025 年 03 月 21 日



建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位（盖章）： 济南中科核技术研究院

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建 设 项 目	项目名称	济南中科核技术研究院核技术利用项目（核素生产及使用与Ⅱ类射线装置生产及使用）（一期）竣工环境保护验收监测					项目代码	/			建设地点	济南市济阳区崔寨街道萃清路中科新济科创中心，济南中科核技术研究院5号楼、6号楼和7号楼内					
	行业类别（分类管理名录）	五十五、核与辐射，172、核技术利用建设项目					建设性质	√新建 □改扩建 □技术改造					项目中心 经度/纬度	N：36.83442° E：117.08771°			
	设计规模	(1) 在核医学实验大厅内，使用回旋加速器（属Ⅱ类射线装置）生产PET放射性核素；建设1处非密封放射性核素工作场所（日等效最大操作量2.37E+09Bq，属乙级非密封放射性物质工作场所），该场所使用生产的PET核素及外购的SPECT核素（ ¹⁸ F等15种PET用核素， ^{99m} Tc等15种SPECT核素， ^{99m} Mo- ^{99m} Tc等3种淋洗装置）进行科研实验。属生产制备PET用放射性药物，乙级非密封放射性物质工作场所； (2) 在X射线实验大厅内使用加速器工业CT设备1台，工业CT设备1台，显微CT(显微CL)设备3台，属使用Ⅱ类射线装置；（3）在中试实验室内生产组装加速器工业CT、工业CT和显微CT(显微CL)，年产量均为10台。出厂前在射线实验大厅相应机房内出束调试。属生产Ⅱ类射线装置。					实际建设规模	本次验收为一期验收内容：（1）在核医学实验大厅内，使用回旋加速器（属Ⅱ类射线装置）生产PET放射性核素；建设1处非密封放射性核素工作场所（日等效最大操作量2.37E+09Bq，属乙级非密封放射性物质工作场所），该场所使用生产的PET核素及外购的SPECT核素（ ¹⁸ F等15种PET用核素， ^{99m} Tc等15种SPECT核素， ^{99m} Mo- ^{99m} Tc等3种淋洗装置）进行科研实验。属生产制备PET用放射性药物，乙级非密封放射性物质工作场所；（2）在X射线实验大厅内使用，显微CT(显微CL)设备3台，属使用Ⅱ类射线装置；（3）在中试实验室内生产组装显微CT(显微CL)，年产量均为10台，出厂前在射线实验大厅相应机房内出束调试。属生产Ⅱ类射线装置。					环评单位	山东省波尔辐射环境技术有限公司			
	环评文件审批机关	济南市生态环境局					审批文号	济环辐表审【2021】11号					环评文件类型	环境影响报告表			
	开工日期	2021年8月					竣工日期	2025年1月					排污许可证申领时间	/			
	环保设施设计单位	/					环保设施施工单位	/					本工程排污许可证编号	/			
	验收单位	济南中科核技术研究院					环保设施监测单位	山东鼎嘉环境检测有限公司					验收监测时工况	/			
	投资总概算（万元）	15000					环保投资总概算	200					所占比例（%）	1.33			
	实际总投资	10000					实际环保投资	400					所占比例（%）	4.00			
	废水治理（万元）	/	废气治理（万元）	/	噪声治理（万元）	/	固体废物治理（万元）	/	固废治理（万元）	/	绿化及生态	/	其他（万元）	/			
新增废水处理设施能力	/					新增废气处理设施	/					年平均工作时	337				
运营单位		济南中科核技术研究院				运营单位社会统一信用代码(或组		12370100MB28910896			验收时间		2025年3月				
污 染 物 排 放 达 标 与 总 量 控 制 （ 工 业 建	污染物	原有排放量(1)	本期工程实际排放浓度(2)	本期工程允许排放浓度(3)	本期工程产生量(4)	本期工程自身削减量(5)	本期工程实际排放量(6)	本期工程核定排放总量(7)	本期工程“以新带老”削减量(8)	全厂实际排放总量(9)	全厂核定排放总量(10)	区域平衡替代削减量(11)	排放增减量(12)				
	废水																
	化学需氧量																
	氨氮																
	石油类																
	废气																

	二氧化硫												
	烟尘												
	工业粉尘												
	氮氧化物												
	工业固体废物												
与项目有关 的其他特征 污染物	X-γ 辐射剂 量率	<2.5 μ Sv/h	<2.5 μ Sv/h										

注：1、排放增减量：（+）表示增加，（-）表示减少。2、(12)=(6)-(8)-(11)，（9）= (4)-(5)-(8)- (11) +（1）。3、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水
 污染物排放浓度——毫克/升

济南中科核技术研究院

核技术利用项目（核素生产及使用与Ⅱ类射线装置生产及使用）

（一期）竣工环境保护验收监测报告表

其他需要说明事项

1. 辐射安全许可证持证情况

济南中科核技术研究院现持有辐射安全许可证（鲁环辐证[01187]），许可种类和范围为销售、使用Ⅳ类、Ⅴ类放射源；生产、销售、使用Ⅱ类射线装置，使用Ⅲ类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所，有效期至2029年6月12日。本期验收的相关项目均已进行辐射安全许可证许可登记。

2. 辐射安全与环境保护管理机构运行情况

济南中科核技术研究院成立了辐射安全领导小组，指定该机构专职和专人负责研究院放射性同位素和射线装置的安全和防护工作。该小组持续稳定运行。

3. 防护用品和检测仪器配备情况

济南中科核技术研究院配备有2台HRD-100型辐射检测仪（6号楼核试验大厅1台，7号楼X射线大厅1台）、1台SRM-100表面污染仪、1台NRD-100型便携式中子剂量率仪、1台HFC-100型手足污染监测仪、2台NAR-100型固定中子剂量率仪、12部PDG-100型个人剂量报警仪、32套GAR-100型固定式辐射剂量率仪、2台CRC-25R型活度计。铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜各16件，均为0.5mmPb；2个注射钨合金防护套（20mmPb）；1个手套箱（30mmPb）；1个通风橱（30mmPb）；4个储源铅罐（40mmPb）；4个30L放射性废物废物桶（20mmPb）、1个放射性废物衰变桶（20mmPb）；1个注射防护窗（40mmPb）和1个传递窗（40mmPb）；一个操作防护台（20mmPb）。

4. 人员配备及辐射安全与防护考核情况

济南中科核技术研究院配备了1名辐射安全管理人员，为本项目配备了16名辐射工作人员，16名工作人员均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，并

取得合格成绩单，且均在有效期内。

5. 放射源及射线装置台账管理情况

济南中科核技术研究院建立了放射性同位素入库、使用管理台账和射线装置管理台账，制定了《台账管理制度》，研究院严格落实该制度。

6. 放射性废物台账管理情况

济南中科核技术研究院建立了放射性废物台账管理台账。制定了《《放射性废物处置方案》，研究院严格落实该制度。

7. 辐射安全管理制度执行情况

公司制定了《放射性同位素及射线装置安全与防护管理规定》《放射性同位素、射线装置安全保卫管理规定》、《个人剂量监测管理规定》《环境及场所辐射剂量监测规定》《放射性同位素使用操作规程》《回旋加速器操作和维护规程》《工业 CT、显微 CT（CL）操作规程及设备维护制度》《设备维修保养管理制度》《台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射事故应急预案》等制度并依照实施，落实了各制度要求。

济南中科核技术研究院

2025 年 3 月 23 日