

核技术利用建设项目

浙江秦钍纪元科技有限公司

同位素分离纯化项目

环境影响报告表

(报批稿)

浙江秦钍纪元科技有限公司

2026年5月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江秦钍纪元科技有限公司

同位素分离纯化项目

环境影响报告表

建设单位名称：浙江秦钍纪元科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市钱塘区下沙街道福城路 400 号 2 幢 101 室

邮政编码：310000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：181*****937

编制主持人职业资格证书（复印件）



姓名: _____
Full Name 李亚飞

性别: _____
Sex 男

出生年月: _____
Date of Birth 1984年05月

专业类别: _____
Professional Type _____

批准日期: _____
Approval Date 2015年05月24日

持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 20150353303520
File No. 13332704000134

签发单位盖章:
Issued by 

签发日期: 2015年05月24日
Issued on _____

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.


approved & authorized
by
Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China


approved & authorized
by
Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00016672
No. _____

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江秦钿纪元科技有限公司同位素分离纯化项目			
建设单位		浙江秦钿纪元科技有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市钱塘区下沙街道福城路 400 号 2 幢 101 室			
项目建设地点		浙江省杭州市钱塘区杭州医药港小镇福城路 400 号安和药谷 2 幢 101 室、102 室			
立项审批部门		钱塘区行政审批局	批准文号	2604-330114-89-02-575903	
建设项目总投资(万元)		2000	项目环保投资(万元)	323.5	投资比例(环保投资/总投资) 16.18%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	139m ²
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	Pb-212		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
<p>1.1 建设单位简介</p> <p>浙江秦钿纪元科技有限公司(以下简称“公司”)成立于 2025 年 05 月,位于浙江省杭州市钱塘区,是一家专业从事医学研究和试验发展、技术转让、医用同位素销售的科技型企业,注册资金 1000 万元。公司主要从事 α 和 β 放射性同位素创新治疗药物的研发,致力于探索、研发和商业化用于放射性配体疗法靶向同位素提取技术的研究,公司依托中国原子能科学研究院技术力量,开拓性创立了从天然核素 Th-232 中提取核素 Pb-212 的分离纯化技术,该分离纯化技术将助力建立先进的放射性药物平台。</p> <p>公司拟租用浙江安控科技有限公司位于浙江省杭州市钱塘区杭州医药港小镇安</p>					

和药谷 2 幢一层和二层西南侧现有闲置厂房（一层 101 室和 102 室、二层 201 室和 202 室，一层为实验室，二层为办公区），每层租赁建筑面积约 139m²（含公摊面积 231.7 m²），共租赁建筑面积 278m²，构建一条从天然核素 Th-232 分离纯化核素 Pb-212 技术研发平台，将分离纯化得到的核素 Pb-212 溶液销售给下游客户，用于开发放射性配体疗法靶向药物。

1.2 项目建设目的和任务由来

Pb-212 是目前最具应用前景的医用法尔法 (α) 放射性核素之一，由于其合适的半衰期及良好的辐射生物学效应，可以应用于多种恶性肿瘤等靶向 α 核素治疗，代表了放射性药物研发领域的下一个前沿方向，Pb-212 放射性药物在精准靶向肿瘤组织的同时，能有效减少对健康组织的脱靶辐射损伤，拥有更宽的治疗窗口。为抓住市场机遇，适应市场的需求，浙江秦钍纪元科技有限公司依托中国原子能科学研究院提供的技术支持，借助杭州市钱塘区长三角区位优势条件，结合杭州医药港小镇特色医药产业链优势，选址在钱塘区杭州医药港小镇安和药谷 2 幢现有厂房一层，开展从硝酸钍中分离纯化同位素 Pb-212 的研究，并销售给下游客户用于放射性靶向药物的开发。本项目同位素 Pb-212 目标客户对象主要为科研院所或放射性药物研发类企业，主要用于开发含核素 Pb-212 靶向药物的前期研发或药效试验，不直接用于核药的生产。

本项目拟在杭州市钱塘区杭州医药港小镇安和药谷租赁现有闲置厂房，建设原料间、分离间、纯化间、检测间、成品暂存间、固废间等实验室功能用房，构建从硝酸钍中分离纯化核素 Pb-212 技术研发平台。项目结合市场需求，“以需定产”方式，以六水合硝酸钍为原料，投料量为 0.5 吨，分批次从中分离纯化核素 Pb-212 并销售给下游客户。

本项目采用离子交换的方法从天然核素 Th-232 中分离并富集其子体核素 Pb-212，不涉及核反应堆和加速器使用，硝酸钍原料为外购，因此本项目从硝酸钍中分离纯化核素 Pb-212 不属于放射性同位素生产，活动种类属于“使用”。经计算，项目场所等级为乙级非密封放射性物质工作场所。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用非密封放射性物质、乙级非密封放射性物质工作场所”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表。

受浙江秦钍纪元科技有限公司委托，卫康环保科技（浙江）有限公司对“浙江秦钍纪元科技有限公司同位素分离纯化项目”开展环境影响评价工作。在接受委托后，环评单位组织技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，结合本项目特点，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）相关要求，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 项目建设内容及规模

1.3.1 项目建设内容

浙江秦钍纪元科技有限公司拟投资 2000 万元，租用杭州市钱塘区杭州医药港小镇安和药谷 2 幢一层和二层西南侧现有闲置厂房，总建筑面积 278m²，建设原料间、分离间、纯化间、检测间、成品暂存间、固废间等实验室功能用房及办公区，构建从硝酸钍中分离纯化核素 Pb-212 技术研发平台。本项目使用原料为六水合硝酸钍，不使用钍废矿、伴生矿等废料。项目拟研发产品方案见表 1.3-1。

表 1.3-1 项目研发产品方案及规模一览表

序号	核素	半衰期	衰变类型	毒性	年最大销售量 (Bq)	核素状态	用途	使用/存放地点
1	²¹² Pb	10.64h	β ⁻	中	7.40×10 ⁹	液态	靶向药物研发	成品暂存间

注：本项目不涉及放射性药物的研发，仅涉及用于放射性药物研发用原料核素 Pb-212 的分离纯化技术研发。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于非密封放射性物质工作场所分级的相关规定，本项目实验室非密封放射性物质日等效最大操作量计算见表 1.3-2。

表 1.3-2 非密封放射性物质日等效最大操作量

核素名称	日最大操作量 (Bq)	毒性组别	毒性组别修正因子	用途	操作方式	状态	操作方式及状态修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
Th-232	8.02×10 ⁸	低毒	0.01	分离纯化 Pb-212	简单操作	液态/固态	1	8.02×10 ⁶
Pb-212	2.07×10 ⁸	中毒	0.1	药物研发	简单操作	液态	1	2.07×10 ⁷
Pb-212	7.40×10 ⁷	中毒	0.1	产品暂存	源的贮存	液态	100	7.40×10 ⁴
合计								2.87×10 ⁷

经计算实验室放射性同位素日等效最大操作量为 2.87×10⁷Bq，为乙级非密封放

射性物质工作场所。

本项目原料六水合硝酸钍通过外购获得，不使用钍的伴生矿等原料，公司购置原料应签订相关供货协议，并严格执行硝酸钍原料来源的合法、合规管理。本项目工程内容详见表 1.3-3。

表 1.3-3 建设项目工程组成一览表

组成	规模		
主体工程	乙级非密封放射性物质工作场所	建筑面积约 139m ² ，建设原料间、分离间、纯化间、检测间、成品暂存间、固废间等实验室，构建从天然核素 Th-232 中分离纯化核素 Pb-212 的技术研发平台。	
配套工程	办公区	办公区位于二层，建筑面积约 139m ² ，建设办公室、会议室、仓库等。	
公用工程	给水工程	自来水来自市政给水管网，去离子水外购获得。	
	排水工程	本项目排水实行雨污分流制。雨水收集后由雨水管网排放。生活污水经依托现有化粪池预处理达标后排入市政污水管网，由杭州七格污水处理厂集中处理。	
	供电工程	由当地市政供电系统供应。	
环保工程	废水	非放射性废水	生活污水依托现有化粪池预处理达标后排入市政污水管网。
		放射性废水	放射性应急去污废水经专用收集容器收集，经检测达标后排入市政污水管网；如检测不达标，则委托有资质单位处置。
	废气	非放射性废气	试剂配制在通风柜内进行，通风柜设置局部排风，与各实验室房间排风最终汇入总管引至楼顶高空排放。排放末端设置高效过滤器+活性炭吸附装置处理后排放。
		放射性废气	各实验室均设置排风口，经排风管道至北侧排风井引至楼顶排放；核素 Pb-212 检测在通风柜完成，通风柜设置高效过滤器和单独通风管道，风速不低于 0.5m/s，经过滤后在排风井与实验室排风管道汇成一支总管，引至楼顶高空排放。总管排风口排放末端设置高效过滤器+活性炭吸附装置处理后排放，风机总风量 8000m ³ /h。
	噪声治理		选用低噪声设备，设备室内安装，对高噪声设备设置减振或消声措施，加强设备的维护和保养。
	危废暂存	危险废物	项目危废主要为少量试剂瓶和实验器具，危废暂存间面积约 2.0m ² ，设置密闭容器收集，定期委托有资质单位处置。
		放射性废物	项目放射性废物暂存间（固废间）设置在控制区实验室西侧，建筑面积约 20.56m ² ，暂存库内设置专用收集桶，收集放射性固体废物和放射性废液，定期委托有资质单位固化、整备、处置。
仓储工程		设置 1 间试剂间，用于酸碱原料的储存。	
依托工程	杭州七格污水处理处理厂	项目生活污水经现有化粪池预处理达标后纳入市政污水管网，依托杭州七格污水处理处理厂处理达标后排放。	

1.4 项目选址及周边环境保护目标

1.4.1 项目地理位置

本项目位于杭州市钱塘区杭州医药港小镇福城路 400 号安和药谷 2 幢一层的西南侧，租赁浙江安控科技有限公司安和药谷现有闲置厂房。

1.4.2 项目周边环境关系

本项目位于安和药谷 2 幢一层（-1F-12F，总高 49.5m）；2 幢东侧为 1 号楼安和公寓，距离本项目约 66m；北侧为 4 号楼和 6 号楼，距离本项目最近约 16m；西侧为福城路，隔路为和达药谷，与达药谷 16 号楼（伙伴公寓）距离本项目最近约 65m。

本项目辐射工作场所位于 2 幢一层西南角，租赁 101 室和 102 室，建筑面积共 139m²。项目场所东侧为闲置厂房；南侧为绿化、幸福河；西侧为内部道路、福城路；北侧为过道，隔过道为闲置厂房；楼上为办公区（其中原料间上方投影区域为库房），楼下为闲置库房及停车场。

综上，本项目辐射工作场所实体屏蔽边界外 50m 范围内主要为安和药谷内部厂房、绿化及道路。

项目地理位置见附图 1，项目周边环境概况见附图 2。

1.4.3 环境保护目标

本项目辐射环境保护目标为本项目辐射工作人员、周边工业企业人员及其他公众。

1.4.4 项目选址合理性分析

本项目位于钱塘区杭州医药港小镇福城路 400 号安和药谷 2 幢一层，根据不动产权证，用地性质为工业用地。本项目辐射工作场所边界外周围 50m 范围主要为安和药谷的现有厂房、绿化及道路，无居民区、医院、学校等环境保护敏感目标，周边不毗邻饭店或食堂等，无明显环境制约因素。项目产生的废气、固废、废水（废液）均采用合理可行的处理措施后对周围环境及人员的影响是可以接受的，因此，从环境保护和辐射安全与防护的角度来看，本项目选址是合理的。

1.5 实践的正当性

本项目将在一定程度上实现我国医用放射性同位素 Pb-212 自主化研发和供应，推动杭州市及杭州医药港小镇核医疗产业链的完善和快速发展，对我国核医学技术水平提升有积极作用。项目实施后，将产生积极的社会效益、可观的经济效益，同时在采取各种环境保护、环境风险防控措施的前提下，项目对环境的影响是可以接受的，对辐射工作人员和公众产生的影响可以控制在根据最优化原则设置的项目剂量管理约束值以下，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

1.6 产业政策符合性

1、根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》(国家发展改革委令2023年第7号),本项目属于“鼓励类”中“六、核能”中的“4.核技术应用:同位素、加速器及辐照应用技术开发,辐射防护技术开发与监测设备制造”,属于国家鼓励类产业,符合国家产业政策。

2、本项目不属于国家发展改革委、商务部、市场监管总局印发的《市场准入负面清单(2025年版)》(发改体改规[2025]466号)中规定的禁止准入类与许可准入类事项,为准入行业。

3、根据《杭州市产业发展导向目录(2024年本)》(杭发改产业[2024]34号),本项目属于“鼓励类”中“新能源”中的“同位素、加速器及辐照应用技术开发,辐射防护技术开发与监测设备制造”。

1.7 相关规划及规划环评符合性分析

1.7.1 《杭州东部医药港小镇概念性规划》符合性

《杭州东部医药港小镇总体规划》概况

“十四五”期间,为深入贯彻习近平总书记在长三角一体化发展座谈会中关于“要集合科技力量,聚焦生物医药等重点领域和关键环节,尽早取得突破”的重要指示精神,落实省委省政府关于打造生命健康高地的重要部署,以及市委市政府实施“新制造业计划”、“加快生物医药产业高质量发展”的工作要求,充分利用钱塘区产业集聚、科技创新资源、医疗资源、完善产业的配套等优势,围绕构建全领域生物医药产业生态体系的目标,浙江省发改委同意医药港小镇进行扩区调整,以浙发改城镇〔2024〕143号予以批复,杭州医药港小镇原规划面积3.4平方公里,拟调出0.28平方公里,调入1.7平方公里。调整后小镇规划范围为4.92平方公里,范围东至文渊北路,北至新建河,西南至绕城高速之间的合围区域。

且随着杭州全面实施“新制造业计划”和“杭州城东智造大走廊”的加快建设,生物医药作为战略性新兴产业,将成为杭州经济高质量发展的一个重点支撑;同时,随着钱塘新区战略规划、杭州医药港小镇城市设计、杭州医药港拓展区城市设计等规划编制落实,本次规划可以明确上位规划要点与要求、理清法定规划控制与引导,便于指导下一步小镇内地块开发与建设,做到既能有效、合理的开发土地,又能进一步改善、优化环境,达到社会效益、经济效益、环境效益三方面协调统一。因此,在医药港小镇扩区后,目前的管理单位杭州医药港管理办公室针对扩区后的医药港

小镇，委托编制了《杭州医药港小镇总体规划》。

(1) 规划范围

规划范围：杭州医药港小镇位于杭州经济技术开发区（下沙）西北部，根据省发改委批复，本次规划范围为东至文渊北路，北至新建河，西南至绕城高速之间的合围区域。《杭州医药港小镇总体规划》进一步明确了规划四至范围：东至文渊北路，北至新建河与银海街，西至乔下线，南至绕城高速公路，总面积约 4.92 平方公里。

杭州医药港小镇专项规划

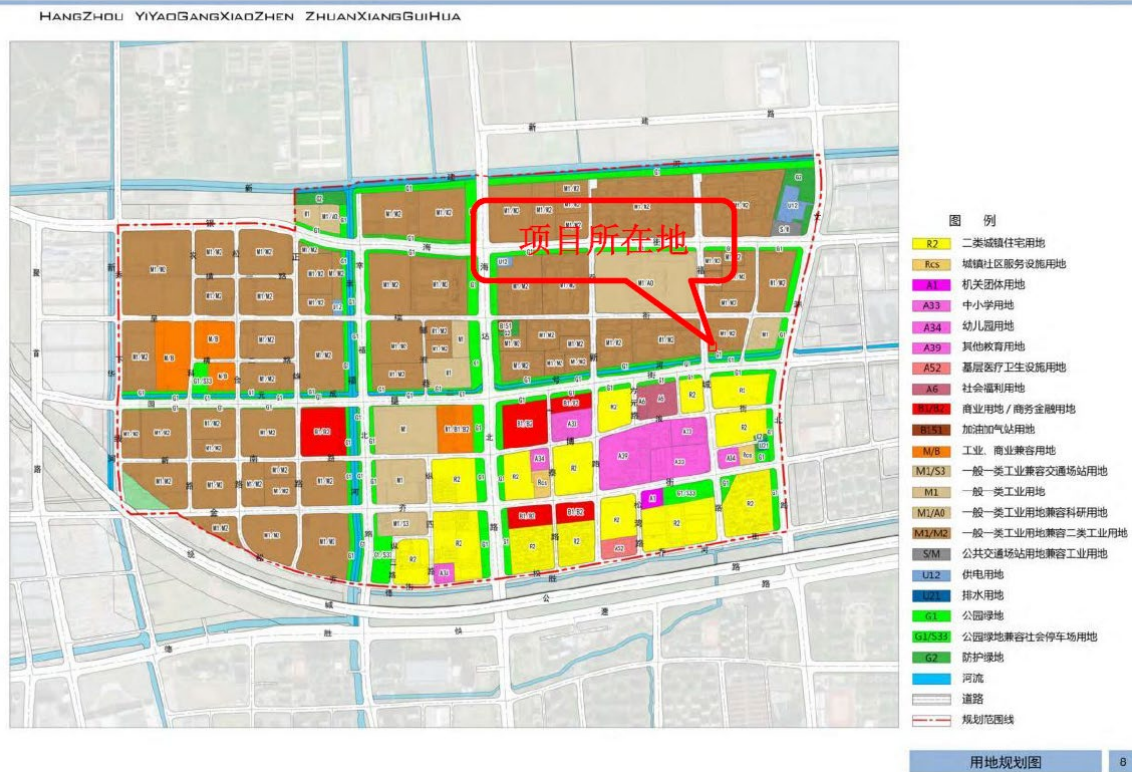


图 1.7-1 杭州东部医药港小镇规划图

(2) 规划目标

通过对医药港小镇功能定位及范围内用地结构的明确、路网系统的完善和整体环境状况的提升，积极引导各功能区块的有序发展，建设成为钱塘区乃至杭州市功能拓展区和经济增长点，建设成为交通便捷、设施完善的城市新型工业集聚区，建设成为宜居、宜业的产城融合新区。

(3) 功能定位

以工业为主要职能，集居住、公共服务、科研等功能于一体的创新创业综合功能区。

(4) 产业引导与发展

①聚焦增长前景良好的高科技领域，集聚高端产业链

立足区域产业基础，未来重点打造以生物技术为主导的医药产业，吸引生物技术制药与生物医学工程两大产业领域，形成开发区生物医药产业的总体格局。

积极引进全球生物医药龙头、权威性科研院所，打造国内重要的生物医药技术研发与产业化基地。为高成长科技企业、中小微创企业、大学生创业团体等不同发展空间、商业模式、资本运作、人力资源、技术合作等方面支持。

②提高产业准入门槛，提升研发浓度，打造共生“科创森林”

提高项目准入门槛，设定重点招商产业类别：

国际医药巨头——全球创新药研发及生产部门、高端研究院、基因细胞中心、高端医疗器械超级工厂；

国内医药龙头——创新药研发中心及产业化基地、医疗数据中心、基因细胞中心、高端医疗器械超级工厂、销售中心；

国内外研究机构及初创医药公司——大学生化细胞研究院、医学院附属研究所、已有进入临床试验药品的初创生物技术及医药公司。

本次规划制定的主导产业分为五大产业，分别为生物技术和制药、医疗器械、基因科技、医疗大数据、智慧健康，具体如下表所示。

表 1.7-1 产业结构一览表

行业类别	具体领域
生物技术和制药	重点发展创新药，聚焦单抗、抗体毒素偶联药物、双抗药物，蛋白及多肽药物等创新生物药
医疗器械	聚焦创新型治疗类、诊断类、康复类、植入类等高端医疗器械以及制药所需的关键设备，布局临床急需和国产化率低的高端整机装备、关键技术、核心零部件，以及高端分析仪器等
基因科技	基因技术临床检测、药物筛选、分离纯化设备等产业
医疗大数	现代信息技术整合各类生物样本库等医药信息资源，形成数据库
智慧健康	健康管理、可穿戴健康监测设备研发及生产

(5) 功能结构布局

构建“一横两纵双心”的医药港空间结构。

对接区域发展框架，依托幸福河景观廊道构建幸福北路景观中轴，对接区域中央景观金沙湖绿心，依托未来沿江快线构建海达北路功能中轴，连接医药港与金沙湖商业商务中心，依托北部快线构建围垦街产业创新轴，形成一条东西向的创新服务带，在廊道交汇处构建 TOD 节点及临幸福北路的小镇水平地标节点。

此外，整个医药港小镇规划为三片区，分别为宜居生活片区、创新研发片区、生

物医药智造片区。其中宜居生活片区主要设置居住用地和商业用地，为商住功能；创新研发片区设置工业用地，布局生物医药、医疗器械等的研发产业；生物医药智造片区布置工业用地，布局生物医药、医疗器械等的生产产业。

杭州医药港小镇专项规划

HANGZHOU YIYAO GANGXIAOZHEN ZHUANXIANG GUIHUA

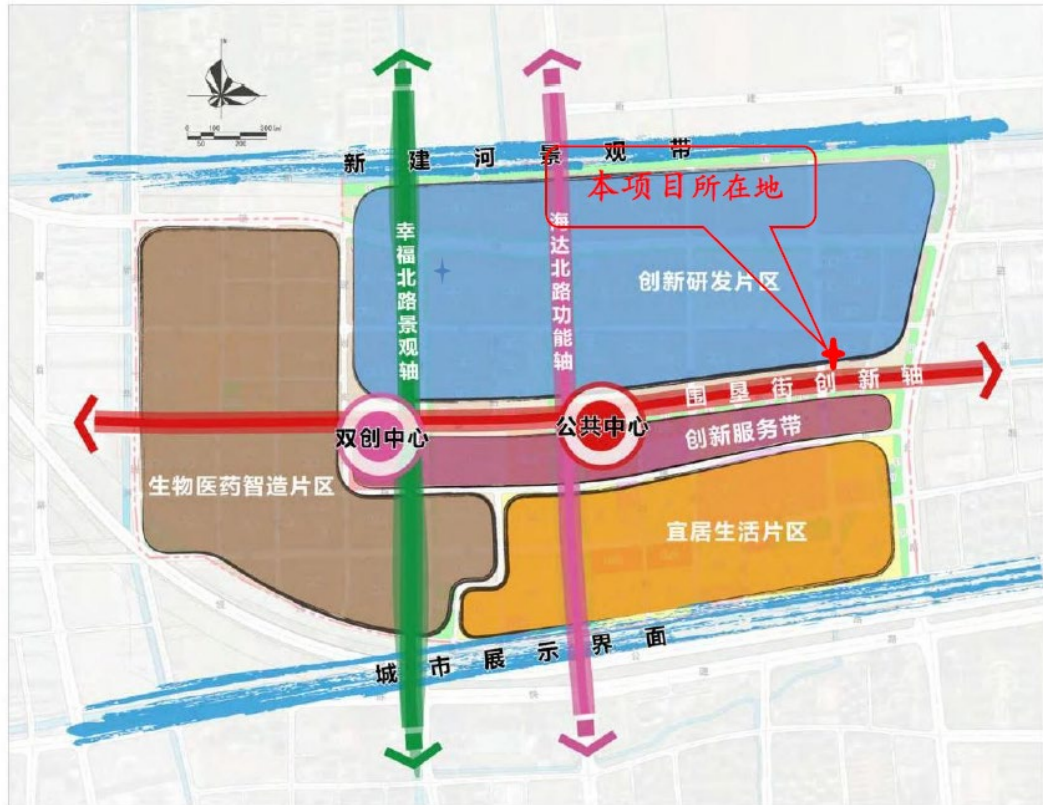


图 1.7-2 杭州医药港小镇功能结构布局图

符合性分析：本项目建设地点位于钱塘区杭州医药港小镇安和药谷，属于规划中的创新研发片区，用地性质为 M1/M2 一类工业兼容二类工业用地。项目租用现有厂房，不新增用地，符合杭州医药港小镇用地规划。项目主要从事医用放射性同位素的分离纯化研究和销售，属于国内开创性从天然核素 Th-232 中分离纯化核素 Pb-212 的技术研发，项目核技术应用类型为使用和销售非密封放射性物质，本项目虽不属于规划发展的主导产业，但也不属于禁止准入产业，且项目已取得钱塘区行政审批局备案信息表（项目代码：2604-330114-89-02-575903），因此总体上符合《杭州医药港小镇总体规划》相关要求。

1.7.2 规划环评符合性

2025 年 1 月，医药港小镇现管理单位杭州医药港管理办公室委托浙江省环境科技股份有限公司编制完成了《杭州医药港小镇总体规划环境影响报告书》，并通过

审查小组审查。

根据《杭州医药港小镇总体规划环境影响报告书》，本项目所在地位于钱塘区下沙南部、下沙园区北部产业集聚重点管控单元（ZH33011420003），属于产业集聚重点管控单元，该区块生态空间管控清单、环境准入条件清单具体情况见表 1.7-2、表 1.7-3。

表 1.7-2 产业发展区生态空间管控清单

生态空间名称及编号	钱塘区下沙南部、下沙园区北部产业集聚重点管控单元（ZH33011420003）
生态空间范围及示意图	
空间布局约束	禁止三类工业项目，根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。所有企业实现雨污分流。
环境风险防控	强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。
用地现状	以工业用地为主，涉及少量仓储用地。

表 1.7-3 产业发展区环境准入条件清单

<p>规划分区</p>		
<p>分类</p>	<p>禁止准入类产业</p>	<p>限制准入类产业</p>
<p>行业清单</p>	<p>C271 化学药品原料药制造（涉及《杭州市生物医药产业实验室级生产及相关产业环评制度改革方案》的环评改革项目除外）；以及其他三类工业项目</p>	<p>涉及恶臭废气排放的工业项目</p>
<p>工艺清单</p>	<p>涉及化学合成或半发酵半合成的医药类生产型项目、有化学反应的化工类项目、试验基地（不含多肽合成或偶联合成、大分子合成或半合成、大分子与小分子的合成或半合成等主要利用生物技术的工艺）</p>	<p>涉及化学合成或半发酵半合成的医药研发中试、有化学反应的化工类研发中试项目（不含多肽合成或偶联合成、大分子合成或半合成、大分子与小分子的合成或半合成等主要利用生物技术的工艺）</p>
<p>产品清单</p>	<p>《产业结构调整指导目录》等限制类、淘汰类产品</p>	<p>/</p>
<p>制定依据</p>	<p>《国务院关于开展营商环境创新试点工作的意见》（国发〔2021〕24号）、《杭州市人民政府办公厅关于加快生物医药产业高质量发展的若干意见》（杭政办函〔2021〕39号）、《浙江省化工医药试验基地和试验项目安全管理办法（试行）》、《浙江省化工园区评价认定管理办法》</p>	<p>上一轮规划环评</p>
<p>备注</p>	<p>原规划环评禁止所有化学合成工艺，根据《杭州市生物医药产业实验室级生产及相关产业环评制度改革方案》，多肽合成或偶联合成、大分子合成或半合成、大分子与小分子的合成或半合成等主要利用生物技术的工艺属于环境影响很小的工艺，因此在上一轮规划环评准入要求的基础上，适当放宽实验室级生产项目及相应工艺。</p>	
<p>符合性分析：本项目不涉及有机化学反应，不属于禁止类和严格限制类工艺清单和产品清单。同时项目试剂用量较少，且试剂配制过程均在通风柜内进行，废气收集效率较高，产生的废气可得到有效收集和有效处理，处理后排放量较少；项目为核素提取研发，属于核技术利用项目，因此不属于工业项目；项目租用杭州市钱</p>		

塘区杭州医药港小镇安和药谷 2 幢一层，用地性质为工业用地，未新增用地，产业用地规模不会突破原规划的 55 公顷。

1.8 杭州市生态环境分区管控方案符合性分析

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》（杭环发[2024]49 号），生态环境分区管控是以改善生态环境质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。

表 1.8-1 项目生态环境分区管控符合性分析表

内容	符合性分析
生态保护红线	根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“钱塘区下沙南部、下沙园区北部产业集聚重点管控单元（编号：ZH33011420003）”，属于重点管控单元（见附图 9）。与杭州市“三区三线”图（见附图 10）对比，此区域不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等生态保护目标，未触及生态保护红线。
环境质量底线	经现场检测，根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于正常本底水平，环境空气、地表水以及土壤中的钍核素活度浓度未见异常。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可以做到达标排放，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，不会突破当地环境质量底线。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
生态环境准入清单	<p>根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于“钱塘区下沙南部、下沙园区北部产业集聚重点管控单元（编号：ZH33011420003）”，属于重点管控单元，该管控单元的环境准入清单要求如下：</p> <p>1、空间布局约束 根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。</p> <p>2、污染物排放管控 严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。所有企业实现雨污分流。</p> <p>3、环境风险防控 强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。</p> <p>4、资源开发效率要求 /</p> <p>符合性分析： 本项目为医用同位素分离纯化的核技术利用项目，主要内容为从事从硝酸钍中分离纯化核素 Pb-212 的技术研发，属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》</p>

<p>(2021年版)中“五十五、核与辐射”，不属于工业类项目。项目租赁厂房与周边厂房之间设置有防护绿地、生活绿地等隔离带。项目不涉及工业污染物总量排放，项目产生的废水（废液）、废气及固废均采用可行有效的收集、处置和收储措施，符合污染物排放管控要求。项目租赁现有厂房，已实现雨污分流，项目不涉及土壤和地下水污染途径。公司拟按要求编制突发环境事件应急预案和辐射事故应急预案，建立常态化隐患排查机制。项目资源仅为市政给水和市政供电，不涉及煤炭等高污染燃料消耗。因此，本项目的实施符合《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》的管控要求，符合生态环境准入清单的要求。</p>
--

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，本项目的建设符合杭州市生态环境分区管控方案的要求。

1.9 原有核技术利用项目情况

本项目为新建项目，浙江秦钿纪元科技有限公司无原有核技术利用项目。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	²³² Th	液态/固态，低毒，半衰期 1.405E+10a	使用	8.02×10 ⁸	8.02×10 ⁶	8.02×10 ⁸	分离纯化核素 Pb-212 原料	简单操作	原料间、分离间	原料间 不锈钢储罐
2	²¹² Pb	液态，中毒，半衰期 10.64h	使用	2.07×10 ⁸	2.07×10 ⁷	6.21×10 ¹⁰	纯化核素 Pb-212	简单操作	纯化间、分离间	纯化间、分离间 不锈钢储罐
3	²¹² Pb		销售	7.40×10 ⁷	7.40×10 ⁴	7.40×10 ⁹	销售核素 Pb-212	源的贮存	检测间、成品暂存间	即产销售

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。上表未包含操作过程中核素衰变产生的子体核素。

表 4 射线装置

(7) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	主束区中心线上，距 靶 1m 处最大剂量率	用途	工作场所	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废水 (应急去污的淋洗废水)	液态	²³² Th、 ²¹² Pb	/	/	<50L	总 α <1Bq/L 总 β <10Bq/L	废水专用收集容器暂存	经监测满足排放标准后排入市政污水管网；不满足排放标准则委托有资质单位处置。
放射性废液	液态	²³² Th、 ²¹² Pb	/	/	1m ³	/	专用收集桶收集后暂存于固废间	定期交由有资质的单位整备、处置
	液态	²¹² Pb			10m ³	/	专用收集桶收集后暂存于固废间	满足清洁解控水平后，作为普通危险废物委托有资质单位处置
放射性固体废物 (经检测确实沾染放射性物质的器具、沾污物品等、填料等)	固态	²³² Th、 ²¹² Pb	/	/	50kg	/	放射性固体废物专用收集桶收集后暂存于固废间	定期交由有资质的单位整备、处置
放射性废气	气态	²³² Th 及其子体	/	/	/	/	不暂存	经实验室通风系统引至楼顶，经高效过滤器+活性炭吸附装置处理后排放。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法 律 法 规</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，自 2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第 24 号，自 2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》，中华人民共和国主席令第 43 号，自 2020 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国大气污染防治法（2018 年修正）》，根据 2018 年 10 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第六次会议《关于修改〈中华人民共和国野生动物保护法〉等十五部法律的决定》第二次修正。</p> <p>(5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，中华人民共和国主席令第 104 号，自 2022 年 6 月 5 日起施行。</p> <p>(6) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号，自 2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，自 2017 年 10 月 1 日修订并施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(12) 关于发布《放射性废物分类》的公告（原环保部公告 2017 年第 65 号）；</p> <p>(13) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令第 562 号，2010 年 1 月</p>
-----------------------------------	---

1日起施行；

(15) 《放射性物品运输安全许可管理办法（2021年修改）》，生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行；

(16) 《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，环办辐射函〔2017〕609号，原环境保护部办公厅，2017年4月21日起施行；

(17) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145号，原国家环保总局、公安部、卫生部文件），自2006年9月26日起施行；

(18) 《国家危险废物名录（2025年版）》，2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，自2025年1月1日起施行；

(19) 《危险废物转移管理办法》，2021年11月30日生态环境部、公安部、交通运输部令第23号公布，2022年1月1日起施行；

(20) 《关于发布<建设项目危险废物环境影响评价指南>的公告》，原环境保护部公告2017年第43号，2017年9月1日印发；

(21) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》中华人民共和国国家发展和改革委员会第7号令，2024年2月1日起施行；

(22) 《浙江省生态环境保护条例》，2022年5月27日浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第71号通过，2022年8月1日起施行；

(23) 《浙江省固体废物污染环境防治条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第80号，2006年3月29日通过，2022年9月29日修订通过，2023年1月1日起施行；

(24) 《浙江省建设项目环境保护管理办法（2021年修正）》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行；

(25) 《浙江省辐射环境管理办法（2021年修正）》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行；

(26) 《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024年本）>的通知》，浙环发[2024]67号，浙江省生态环境厅，2025年2月2日起施行；

	<p>(27) 《杭州市生态环境局关于调整环境影响评价文件审批权限有关事项的通知》，杭环发[2025]4号，杭州市生态环境局，2025年2月2日起实施；</p> <p>(28) 《杭州市生态环境局关于印发<杭州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，杭环办[2024]49号，杭州市生态环境局，2024年7月10日起实施。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）；</p> <p>(4) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>(5) 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(8) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(10) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）；</p> <p>(11) 《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313号）；</p> <p>(12) 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019），2019年4月1日实施；</p> <p>(13) 《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》（EJ 1042-2014）；</p> <p>(14) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；</p> <p>(15) 《可免于辐射防护监督的物料中放射性活度浓度》（GB27742-2011）；</p> <p>(16) 《制药工业大气污染物排放标准》（DB33/310005-2021）；</p> <p>(17) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；</p> <p>(18) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）。</p>

其他	<p>(1) 《辐射防护导论》（方杰主编，原子能出版社，1991）；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》（李德平主编，原子能出版社，1990）；</p> <p>(3) 《杭州东部医药港小镇概念性规划》及《杭州东部医药港小镇概念性规划环境影响报告书》；</p> <p>(5) 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，生态环境部辐射源安全监管司，辐射函[2023] 20号，2023年9月11日；</p> <p>(6) 建设单位提供的其它相关技术资料。</p>
----	---

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

(1) 电离辐射

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的相关规定：“对于放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围”，本项目场所为乙级非密封放射性物质工作场所，按照导则的要求，确定评价范围为场所屏蔽实体边界外周围 50m 的范围。

(2) 大气环境、噪声

参照《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）（试行）》，需明确厂界外 500m 范围内的大气环境保护目标和厂界外 50m 范围内声环境保护目标。

7.2 保护目标

(1) 电离辐射保护目标

本项目辐射工作场所边界外周围 50m 评价范围内主要为安和药谷现有厂房、绿化和道路，无居住区、医院、学校等环境敏感目标。因此，环境保护目标为本项目辐射工作人员、办公区非辐射工作人员、二层及以上和周边企业人员及其他公众。环境保护目标信息详见表 7.2-1。

表 7.2-1 电离辐射环境保护目标信息表

辐射工作场所	环境保护目标	方位	距离实验室边界最近距离	规模	人员类别	剂量约束值
实验室	辐射工作人员	内部	/	6 人	职业	5mSv/a
	2 幢其他厂房	东侧	8m	50 人	公众	0.1 mSv/a
	内部道路	南侧	3m	20 人次/d		
	内部道路	西侧	3m	20 人次/d		
	福城路	西侧	15m	100 人次/d		
	保安亭	西北侧	20m	约 2 人		
	2 幢内部廊道	北侧	0m	20 人次/d		
	2 幢及安和药谷其他厂房	北侧	3m	约 50 人		
	4 号楼和 6 号楼	北侧	16m	约 30 人		
	二楼办公区及以上厂房	楼上	0	约 50 人		
负一层库房及停车场	楼下	0	约 60 人次/d			

(2) 大气环境保护目标

表 7.2-2 大气环境保护目标一览表

目标名称	坐标		保护对象	规模	保护内容	环境功能区	方位	相对厂界距离/m
	经度 (X)	纬度(Y)						
和达药谷伙伴公寓	120.333404	30.331303	居住区	1幢, 约350人	居民人体健康	二类区	W	65
安和公寓	120.335071	30.331355		1幢, 约300人			E	66
规划二类城镇住宅用地	120.334574	30.329858		/			S	120
	120.333615	30.330007		/			SW	125
杭州康复医院	120.331969	30.329374	医院	249张床位			SW	230
下沙第二小学	120.333150	30.328180	文化教育	约1200人			SW	300
杭州文汇学校	120.330961	30.327957		约500人			SW	460
松韵雅轩	120.330076	30.329240	居住区	约300户			SW	405

(3) 声环境

厂界 50m 范围内无声环境保护目标。

(4) 地下水

厂界外 500 米范围内无地下水集中式饮用水水源和热水、矿泉水、温泉等特殊地下水资源。

(5) 生态环境

本项目建设用地范围内无生态环境保护目标。

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值

剂量限值执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定,工作人员的照射和公众照射的剂量限值如下:

(1) 职业照射

应对任何工作人员职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

- 1) 审管部门决定连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv;
- 2) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;

(2) 公众照射

实践使公众中关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

1) 年有效剂量，1mSv；

2) 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；

7.3.2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值的10%-30%范围之内。同时参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），结合项目实际情况，并遵循辐射防护最优化的原则，本项目职业照射和公众照射的剂量约束值取值情况见表7.3-1。

表 7.3-1 本项目剂量约束值

剂量约束值（mSv/a）		取值依据
职业照射	公众照射	
5.0	0.1	参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

7.3.3 辐射工作场所评价标准

(1) 分区

根据《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB18871-2002），辐射工作场所分区按以下要求进行分区管理。

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

(2) 辐射工作场所屏蔽体外剂量率水平

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）以及“关于核医学标准相关条款咨询的复函”（辐射函[2023]20号）中相关规定，本项目辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平详见表 7.3-2。

表 7.3-2 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

位置	周围剂量当量率控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处 (人员居留因子 $\geq 1/2$)	<2.5
控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所(人员 居留因子 $< 1/2$)	<10
放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设 备外表面 30cm 处人员操作位	<2.5
放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面 30cm 处	<25
固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接 近的放射性废液收集罐体和管道外表面 30cm 处	<2.5

(3) 表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》（GB18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）相关规定，辐射工作场所的放射性表面污染控制水平详见表 7.3-3。

表 7.3-3 辐射工作场所放射性表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质 (Bq/cm^2)		β 放射性物质 (Bq/cm^2)
		极毒	其他	
工作台、设备、墙壁、地 面	控制区 ¹⁾	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	0.4	0.4	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4

1) 该区内的高污染子区除外

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 7.3-3 所列设备类的控制水平的五分之一以下时，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。

(4) 放射性废水

放射性废水排放执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 8.6.2 款要求。

8.6.2 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 $10ALI_{min}$ (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 B.1.3.4 和 B.1.3.5 条的规定获得);

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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002), 本项目涉及核素的 ALI_{min} 值见下表。

表 7.3-4 放射性废水排放导出限值

核素	E_j (Sv/Bq)	一次排放限值 (Bq)
Th-232	4.2E-05	4.76E+02
Pb-212	3.3E-08	6.06E+05

另外根据《污水综合排放标准》(GB8978-1996), 第一类污染物最高允许排放浓度详见下表:

表 7.3-5 第一类污染物最高允许排放浓度(日均值)

序号	污染物	最高允许排放浓度
12	总 α (Bq/L)	1
13	总 β (Bq/L)	10

(5) 放射性固废排放控制要求

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录 A, 本项目涉及核素的豁免水平见表 7.3-6。

表 7.3-6 放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度一览表

核素	活度 (Bq)	活度浓度 (Bq/g)
Th-232	1E+03	1E+00
Pb-212	1E+05	1E+01

另外参考《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中相关规定, 固体放射性废物暂存和处理应满足以下要求:

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的, 经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平, α 表面污染小于 $0.08Bq/cm^2$ 、 β 表面污染小于 $0.8Bq/cm^2$ 的, 可对废物清洁解控并作为医疗废物处理:

- 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天;
- 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的

10 倍。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备,并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h,表面污染水平对和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 4Bq/cm²、其他 α 发射体应小于 0.4Bq/cm²。

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责,并建立废物存储和处理台账,详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

(6) 放射性废气排放控制要求

放射性废气排放控制要求执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)相关要求,并参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)相关规定:

7.4 气态放射性废物的管理

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统,合理组织工作场所的气流,对排出工作场所的气体进行过滤净化,避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性,及时更换失效的过滤器,更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

7.3.4 《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)

5.3 辐射水平限值

5.3.1 货包或集合包装的外表面任一点的最高辐射水平应不超过 2mSv/h,满足下列任何一项情况除外:

a) 按独家使用方式通过铁路或公路运输的货包或集合包装,在满足下述条件时可超过 2mSv/h,但不可超过 10mSv/h;

1) 车辆采取实体防护措施防止未经批准的人员在常规运输条件下接近托运货物;

2) 对货包或集合包装采取了固定措施,在常规运输条件下他们在车辆内的位置能够保持不变;

3) 运输期间,无任何装载或卸载作业。

b) 使用船舶运输的货包或集合包装,按独家使用方式装载在车辆内或车辆上,且始终不从车辆上卸下;

c) 按特殊安排方式使用船舶或航空运输的货包或集合包装。

5.3.2 按独家使用方式运输，货包或集合包装的外表面任一点的最高辐射水平应不超过 10mSv/h。

5.4 表面污染水平限值

应使任何货包外表面的非固定污染保持在实际可行的尽量低的水平，在常规运输条件下，这种污染不得超过下述限值：

- a) 对 β 或 γ 发射体以及低毒性 α 发射体为 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；
- b) 对所有其他 α 发射体为 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

可以用在表面的任意部位任何 300cm^2 面积上取的非固定污染平均值来判断是否符合这一要求。

8.4 运输和途中贮存的要求

8.4.2.3 应按下述要求控制货物集装箱的装载及货包、集合包装和货物集装箱的存放：

a) 除独家使用的情况外，应限制单件运输工具上的货包、集合包装和货物集装箱的总数，以使运输工具上的运输指数总和不大于表 8 所示数值，对托运的 ISA-I 物品，不限制其运输指数总和；

b) 在常规运输条件下，运输工具外表面上任一点的辐射水平应不超过 $2\text{mSv}/\text{h}$ ，在距运输工具外表面 2m 处的辐射水平应不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，车辆周围的辐射水平应低于 8.4.8.3b) 和 c) 的限值，按独家使用方式运输的托运货物除外。

c) 货物集装箱内和运输工具上的临界安全指数总和应不超过表 9 所示限值。

8.5.1 货包、集合包装和货物集装箱应按照表 7.3-7 中规定的条件并按下述要求划分为 I 级（白）、II 级（黄）或 III 级（黄）。

表 7.3-7 货包、集合包装和货物集装箱的分级

条件		分级
运输指数 (TI)	外表面上任一点的最高辐射水平 H (mSv/h)	
0^a	$H \leq 0.005$	I 级 (白)
$0 < TI \leq 1^a$	$0.005 < H \leq 0.5$	II 级 (黄)
$1 < TI \leq 10$	$0.5 < H \leq 2$	III 级 (黄)
$10 \leq TI$	$2 < H \leq 10$	III 级 (黄) ^b

注：^a若测得的 TI 值不大于 0.05，此数值可取为零。^b除集合包装外，需按独家使用方式运输，见表 8。

7.3.5 非放污染物排放控制标准

(1) 废气

本项目使用的化学试剂部分具有挥发性，在实验过程中存在化学试剂的挥发，挥发废气通过实验室通风柜通风系统收集后，经不低于 53m 排气筒排放。本项目属于研究、试验项目，氯化氢有组织排放标准参考执行《制药工业大气污染物排放标准》（DB33/310005-2021）表 2 中的规定的排放限值，废气无组织排放标准执行《制药工业大气污染物排放标准》（DB33/310005-2021）表 7 规定的浓度限值，氮氧化物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 新污染源大气污染物排放限值，详见表 7.3-8~表 7.3-10。

表 7.3-8 大气污染物基本项目和特征项目最高允许排放限值

序号	污染物项目	排放限值 (mg/m ³)	污染物排放监控
1	氯化氢	10	车间或生产设施排气筒

表 7.3-9 企业边界大气污染物浓度限值

序号	污染物项目	限值 (mg/m ³)
1	氯化氢	0.20

表 7.3-10 大气污染物综合排放标准

序号	污染物	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率 (kg/h)		无组织排放监控浓度限值 (mg/m ³)	
			排气筒高度	二级	监控点	浓度
1	氮氧化物	240	53m	13.2	周界外浓度最高点	0.12

(2) 废水

本项目工艺废液均采样专用密闭容器单独收集，定期委托处置。生活污水经化粪池预处理后纳入市政管网，纳管标准执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准，其中氨氮、总磷执行《工业企业废水氮、磷污染物间接排放标准》（DB33/887-2025）中的相关标准，最终由杭州七格污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准排放。具体标准限值见表 7.3-11。

表 7.3-11 污水排放标准 单位：除 pH 值外，mg/L

污染因子标准	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准	《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准
pH	6~9	6~9
化学血氧量 (COD _{Cr})	50	500
五日生化需氧量 (BOD ₅)	10	300

悬浮物 (SS)	10	400
氨氮	5 (8) ^①	35 ^②
总磷	0.5	8 ^②
总氮	15	70 ^②
石油类	1	20
动植物油	1	100

注：①括号外数值为水温>12℃时的控制指标，括号内数值为≤12℃时的控制指标。

②氨氮、总磷和总氮排放执行浙江省地方标准《工业企业废水氮、磷污染物间接排放标准》(DB33/887-2025)。

(3) 噪声

本项目施工期噪声执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)，具体指标详见表 7.3-12。

表 7.3-12 建筑施工噪声排放标准 单位：dB(A)

昼间	夜间
70dB(A)	55dB(A)

根据《杭州市钱塘区声环境功能区划分方案的通知》(钱政办发[2025]10号)，本项目位于 3 类声环境功能区。项目营运期四周厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 3 类标准，具体标准值见表 7.3-13。

表 7.3-13 工业企业厂界环境噪声排放标准 单位：dB(A)

时段 声环境功能区类别	昼间	夜间	执行标准
3 类	65	55	(GB12348-2008) 3 类标准

(4) 固体废物

项目产生的固体废物的处理、处置应满足《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中的有关规定要求。项目一般固废暂存间位于厂区内，根据《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)，采用库房、包装工具(罐、桶、包装袋等)贮存一般工业固体废物过程的污染控制，不适用该标准，其贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求。危险废物执行《国家危险废物名录(2025 年版)》和《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。危险废物还应满足《危险废物收集贮存运输技术规范》(HJ2025-2012)、《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276-2022)、《环境保护图形标志一固体废物贮存(处置)场》(GB15562.13-1995)修改单等相关要求。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目位于杭州市钱塘区杭州医药港小镇安和药谷 2 幢一层，租赁 2 幢 101 室和 102 室，项目场所东侧为闲置厂房；南侧为绿化、幸福河；西侧为内部道路、福城路；北侧为过道，隔过道为闲置厂房；楼上为办公区和库房，楼下为闲置库房。项目地理位置见附图 1，项目周边环境概况见附图 2。

8.2 环境质量现状

8.2.1 环境空气

(1) 项目所在区域达标判定

根据《2024 年度杭州市生态环境状况公报》公布的监测数据显示，2024 年度杭州市属于空气环境质量不达标区。

(2) 基本污染物环境空气质量现状

为了解项目所在区域的大气环境质量现状，本环评引用《2024 年度杭州市生态环境状况公报》公布的监测数据来评价周边区域基本污染物的环境质量现状，2024 年杭州市环境空气质量数据汇总见表 8.2-1。

表 8.2-1 杭州市 2024 年环境空气质量汇总表

污染物	年评价指标	现状浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	占标率 (%)	达标 情况
SO ₂	年平均质量浓度	6	60	10.00	达标
NO ₂	年平均质量浓度	28	40	70.00	达标
PM ₁₀	年平均质量浓度	47	70	67.14	达标
PM _{2.5}	年平均质量浓度	30	35	85.71	达标
CO	百分位数(95%)日平均质量浓度	900	4000	22.50	达标
O ₃	百分位数(90%)8h 平均质量浓度	164	160	102.5	不达标

(3) 区域减排计划

为切实做好杭州市主要污染物总量减排工作，根据《杭州市人民政府办公厅关于印发杭州市大气环境质量限期达标规划的通知》(杭政办函[2019]2 号)要求，特制定以下达标计划。

① 规划期限及范围

规划范围：整体规划范围为杭州市域，规划总面积为 16596km²。规划期限：规划基准年为 2015 年。规划期限分为近期(2016 年-2020 年)、中期(2021 年-2025 年)和远期

(2026年-2035年)。目标点位：市国控监测站点(包含背景站)，同时考虑杭州大江东产业集聚区、富阳区、临安区及桐庐县、淳安县、建德市的点位。

②主要目标

通过二十年努力，全市大气污染物排放总量显著下降，区域大气环境管理能力明显提高，大气环境质量明显改善，包括CO、NO₂、SO₂、O₃、PM_{2.5}、PM₁₀等6项主要大气污染物指标全面稳定达到国家环境空气质量二级标准，全面消除重污染天气，使广大市民尽情享受蓝天白云、空气清新的好天气。

到2025年，实现全市域大气“清洁排放区”建设目标，大气污染物排放总量持续稳定下降，基本消除重污染天气，市区PM_{2.5}年均浓度稳定达标的同时，力争年均浓度继续下降，桐庐、淳安、建德等3县(市)PM_{2.5}年均浓度力争达到30微克/立方米以下，全市O₃浓度出现下降拐点。

到2035年，大气环境质量持续改善，包括O₃在内的主要大气污染物指标全面稳定达到国家空气质量二级标准，PM_{2.5}年均浓度达到25μg/m³以下，全面消除重污染天气。此外，根据《杭州市生态环境保护“十四五”规划》、《杭州市建设全市域大气“清洁排放区”的实施意见》等有关文件，杭州市正积极致力于从能源结构与产业布局调整、加快重污染企业转型升级和重点企业整治提升、绿色低碳交通推进、工业废气污染防治、扬尘污染防治、农村废气污染控制、餐饮及其他生活源废气污染防治等多个方面加强大气污染防治，推动大气环境质量持续改善。

综合以上分析，随着区域大气污染防治工作的持续有效推进，预计区域整体环境空气质量将会有所改善。

8.2.2 地表水环境质量

本项目周边主要地表水体为幸福河，根据《浙江省水功能区、水环境功能区划分方案》，幸福河未分级；根据《杭州医药港小镇总体规划环境影响报告书》，幸福河执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中相应的IV类水质标准。

根据《2024年度杭州市生态环境状况公报》地表水环境质量状况：全市水环境质量状况总体稳定，市控以上断面水环境功能区达标率以及水质达到或优于III类标准比例均为100%。钱塘江水环境功能达标率为100%，干、支流水质达到或优于III类标准比例为100%。运河、苕溪水环境功能达标率为100%，水质达到或优于III类标准的比例为100%。

同时，根据《杭州医药港小镇总体规划环境影响报告书》“第 3.6.1 章节-水环境质量现状调查及变化趋势分析”可知，2024 年 1 月~2024 年 9 月，幸福河水质均能满足 IV 类水体要求，能满足水环境功能要求。

表 8.2-1 2024 年幸福河学林街断面地表水内河水质统计数据 单位：mg/L

监测日期	pH	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	TP	等级
2024-01	7.5	10.2	1.7	0.173	0.065	II 类
2024-02	6.9	9.6	3.1	1.18	0.139	IV 类
2024-03	7.8	9.9	1.6	1.45	0.062	IV 类
2024-04	6.9	9.8	3.2	1.15	0.108	IV 类
2024-05	7.7	9.2	2.1	0.336	0.071	II 类
2024-06	7.7	10.8	3	0.635	0.091	III 类
2024-07	7.9	8	2.1	0.257	0.085	II 类
2024-08	7.6	8.4	2.3	0.152	0.085	II 类
2024-09	7.1	9.4	9	0.465	0.229	IV 类

综上，幸福河水质满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)规定的 IV 类水质标准。

8.2.3 声环境

本项目建设地点周边 50m 范围内无声环境保护目标，无需进行声环境现状监测。

8.2.4 生态环境

本项目位于杭州市钱塘区杭州医药港小镇安和药谷，无新增用地，因此，无需进行生态环境现状调查。

8.2.5 地下水和土壤环境

根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）》（试行），本项目配套完善的污染防治措施，基本上不存在土壤和地下水环境污染途径，不开展地下水和土壤环境质量现状调查。

8.3 环境电离辐射现状

根据浙江省生态环境厅发布的《浙江省生态环境状况公报（2024年）》，全省环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。空气中天然放射性核素活度浓度处于本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。钱塘江、曹娥江、甬江、椒江、甌江、飞云江、鳌江、苕溪八大水系以及京杭运河、西湖和新安江水库中天然放射性核素活度浓度处于本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。地下水天然放射性核素浓度处于本底水平，总 α 、总 β 活度浓度符合《地下水水质

量标准》（GB/T14848-2017）的III类水质标准。城市集中式饮用水水源地水中总 α 、总 β 活度浓度处于本底水平。土壤中天然放射性核素活度浓度处于本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。

因此，本项目所在区域不同环境介质中放射性核素含量均处于本底水平，未见异常。

8.4 辐射环境质量现状监测及评价

8.4.1 监测目的

本次监测目的为了解项目拟建地及周围辐射环境背景水平。

8.4.2 监测因子

X- γ 辐射空气吸收剂量率、 α/β 表面污染；地表水中 Th-232 核素活度浓度、总 α 和总 β 放射性；环境空气中总 α 和总 β 放射性、Th-232 核素活度浓度；土壤中总 α 和总 β 放射性、Th-232 核素活度浓度。

8.4.3 监测点位

根据《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 1 部分： β 发射体（ $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）等要求，结合现场条件，对实验室拟建址及周围环境进行布点。项目 X- γ 辐射空气吸收剂量率和 β 表面污染监测点位详见图 8.4-1。地表水、土壤及空气监测点位详见图 8.4-2。

8.4.4 监测仪器

表 8.4-1 辐射剂量当量率仪参数

检测仪器	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H（外置探头：6150 AD-b/H 主机：6150 AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量程	外置探头：10nSv/h~99.99 μ Sv/h；主机：0.1 μ Sv/h-10mSv/h
能量范围	外置探头：20keV-7MeV；主机：60keV-1.3MeV
鉴定证书编号	NJYF-20260350086
鉴定证书有效期	2026年3月2日至2027年3月1日
检定单位	浙江省质量科学研究院

表 8.4-2 表面污染监测仪器参数

α、β 表面污染仪	
仪器型号	CoMo-170
仪器编号	9950
生产厂家	NUVIA
量程	α: 0-2500cps; β/γ: 0-20000cps
检定证书编号	2025H21-20-6032754001
检定证书有效期	2025 年 07 月 25 日-2026 年 07 月 24 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

表 8.4-3 低本底 α/β 计数器

仪器名称	低本底 α/β 计数器	低本底 α/β 计数器
仪器型号	MPC9604	MPC9604
仪器编号	GF-12-2-2019	GF-12-2-2019
计数效率	α 源 (²⁴¹ Am) ≥65%; β 源 (⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y) ≥65%	α 源 (²⁴¹ Am) ≥65%; β 源 (⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y) ≥65%
本底计数率	α<0.08cpm; β<0.60cpm	α<0.08cpm, β<0.60cpm
检定单位	浙江省质量科学研究院	浙江省质量科学研究院
检定有效期	至 2027.11.27	至 2028.3.12

表 8.4-4 高纯锗 γ 谱仪

仪器名称	高纯锗 γ 谱仪	高纯锗 γ 谱仪
仪器型号	GEM-S8530P4	GC5019
仪器编号	GF-11-1-2016	GF-11-2-2019
能量分辨率	⁶⁰ Co 1.33MeV 的分辨率: 1.63keV	⁶⁰ Co 1.33MeV 的分辨率: 2.003keV
本底计数率	0.970cps	0.977cps
校准单位	浙江省质量科学研究院	浙江省质量科学研究院
校准有效期	2025.11.30 至 2027.11.29	2025.11.30 至 2027.11.29

表 8.4-5 高纯锗 γ 谱仪

仪器名称	高纯锗 γ 谱仪	高纯锗 γ 谱仪
仪器型号	GMX40-76-LB-B	GMX40-76-LB-B
仪器编号	GF-11-4-2019	GF-11-5-2019
能量分辨率	⁶⁰ Co 1.33MeV 的分辨率: 1.90keV	⁶⁰ Co 1.33MeV 的分辨率: 1.82keV
本底计数率	0.979cps	0.975cps
校准单位	浙江省质量科学研究院	浙江省质量科学研究院
校准有效期	2026.3.24 至 2028.3.23	2025.11.30 至 2027.11.29

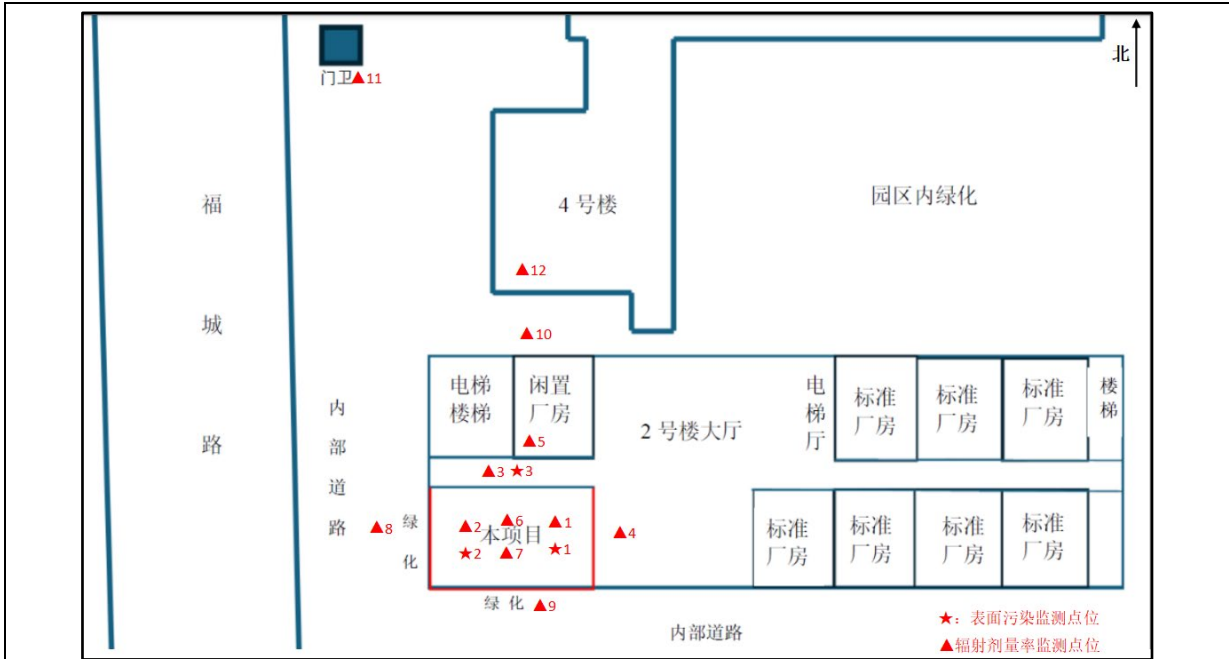


图 8.4-1 表面污染和辐射剂量率监测点位布点图

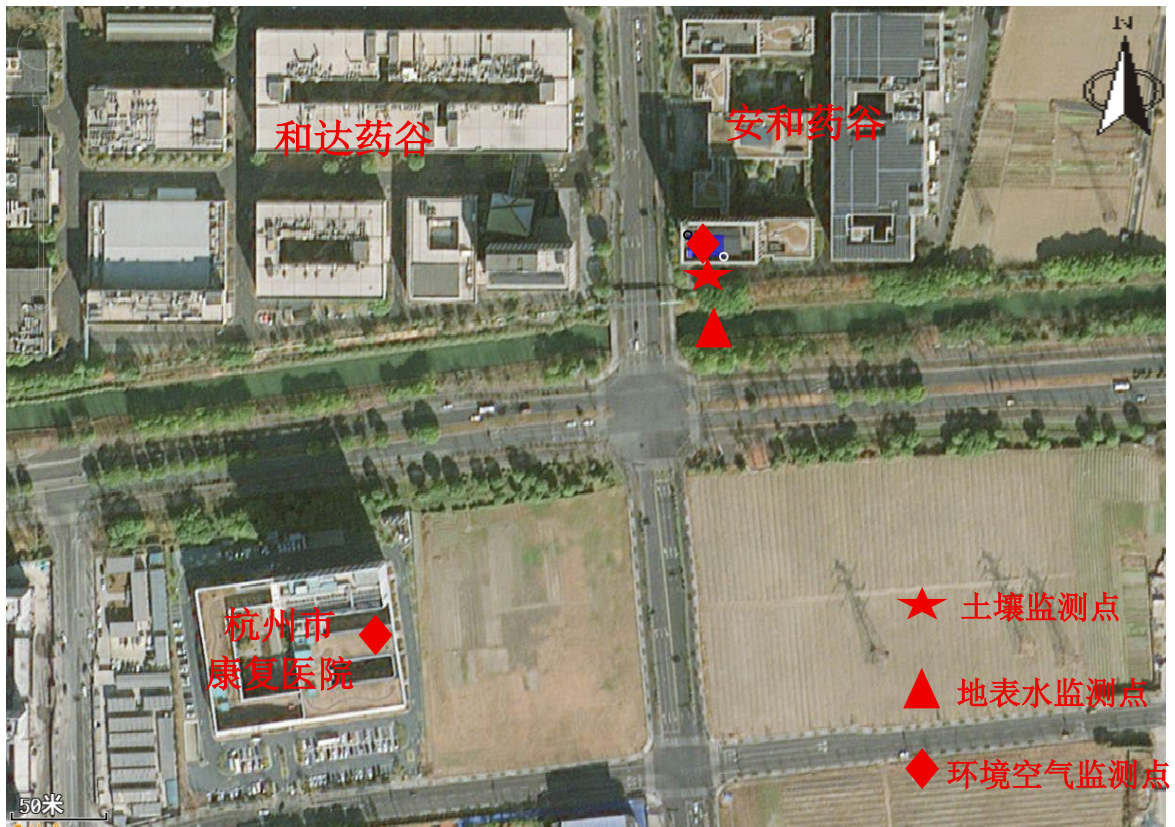


图 8.4-2 监测点位布点图

8.4.5 监测方案

表 8.4-6 监测方案

监测项目 项目情况	X-γ 辐射剂量率、α、β 表面污染	地表水中总 α、总 β 放射性及 Th-232； 空气中总 α、空气中总 β 放射性及 Th-232； 土壤中总 α、固体中总 β 放射性及 Th-232
监测单位	浙江亿达检测技术有限公司	浙江国辐环保科技有限公司
监测日期	2026 年 04 月 08 日	采样日期：2026.04.08-04.16 接样日期：2026.04.08-04.16
监测方式	现场检测	实验室分析
监测地址	浙江省杭州市钱塘区福城路 400 号	浙江省杭州市余杭区仓前街道文一西路 1378 号 1 幢 D 座 6 楼、1 幢 D102、1 幢地下室/F 座货 007 室
监测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157-2021) 《表面污染测定 第 1 部分：β 发射体 ($E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》 (GB/T 14056.1-2008)	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 《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) 环境中放射性核素测量-土壤-第六部分：总 α 和总 β 活度测量 IS018589-6：2019 环境中放射性核素测量-土壤-第六部分：总 α 和总 β 活度测量 IS018589-6：2019 环境气溶胶总 α、总 β 放射性浓度的测定 DB13/T 5646-2022 环境气溶胶总 α、总 β 放射性浓度的测定 DB13/T 5646-2022 环境气溶胶总 α、总 β 放射性浓度的测定 DB13/T 5646-2022 环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法 GB/T 16145-2022 环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法 GB/T 16145-2022 空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法 WS/T 184-2017
监测频次	依据标准予以确定	依据标准予以确定
监测工况	辐射环境本底	辐射环境本底
天气环境条件	天气：多云；室内温度：23℃；室外温度 21℃；相对湿度：55%	/

8.4.6 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

8.5 监测结果

表 8.4-7 X-γ 辐射剂量率和 β 表面污染监测结果

环境条件	天气：多云		环境温度：21~23℃		相对湿度：55%		备注
	点位编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率(nGy/h)		α 表面污染 (Bq/cm ²)	β 表面污染 (Bq/cm ²)	
平均值			标准差				
1#	本项目拟建址 (1)	101	2	<N _{D1}	<N _{D2}	室内	
2#	本项目拟建址 (2)	98	3	<N _{D1}	<N _{D2}	室内	
3#	2 幢一层走廊	117	2	<N _{D1}	<N _{D2}	室内	
4#	2 幢一层大厅	102	2	/	/	室内	
5#	2 幢一层闲置厂房	109	3	/	/	室内	
6#	本项目拟建址正下方 (闲置库房)	119	2	/	/	室内	
7#	本项目拟建址正上方 (二层 201 室)	108	3	/	/	室内	
8#	2 幢西侧道路	83	3	/	/	室外	
9#	2 幢南侧道路	84	3	/	/	室外	
10#	4 号楼南侧道路	113	3	/	/	室外	
11#	门卫室门口	104	2	/	/	室外	
12#	4 号楼一层厂房	107	2	/	/	室内	

注：1、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 中第 5.4 条款，本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 中第 5.5 条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ¹³⁷Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 3lnGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，8#~11#点位取 1；其余点位取 0.8。

4、当日工作结束，打扫卫生后开展检测；测量 α、β 表面污染时使用直接测量方法表内结果均已扣除本底值；经计算当地 α 表面污染本底计数率平均值为 0.02cps，该表污检测仪的 α 表面污染测量下限为 0.006Bq/cm²，记为 N_{D1}；经计算当地 β 表面污染本底计数率平均值为 5.36cps，该表污检测仪的 β 表面污染测量下限为 0.05Bq/cm²，记为 N_{D2}。

5、“/”表示未进行监测。

表 8.4-8 空气中核素活度浓度检测结果

采样地点	核素含量		
	总 α	总 β	Th-232
安和药谷 2 幢 1001 室 (项目拟建址)	0.034mBq/m ³	0.751mBq/m ³	17.4L μ Bq/m ³
杭州康复医院 (项目西南侧 230m)	0.037mBq/m ³	0.689mBq/m ³	14.0L μ Bq/m ³

注：L 表示低于检测限。

表 8.4-9 地表水中总 α 、总 β 放射性检测结果

采样地点	核素含量		
	总 α (Bq/L)	总 β (Bq/L)	水中 Th-232 活度浓度
南侧河流	0.038	0.212	5.04L mBq/L

注：L 表示低于检测限。

表 8.4-10 土壤中总 α 、总 β 放射性检测结果

采样地点	核素含量 (Bq/kg·干)		
	总 α	总 β	Th-232
2 幢南侧土壤	577	813	39.9

由表 8.4-7 可知：本项目拟建址及周围各监测点位室内的 γ 辐射空气吸收剂量率在 (98~119) nGy/h 之间；室外的 γ 辐射空气吸收剂量率在 (83~113) nGy/h。根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，杭州市室内 γ 辐射空气吸收剂量率在 (56~443) nGy/h 之间，道路上的 γ 辐射空气吸收剂量率在 (28~220) nGy/h 之间。因此，本项目拟建址及周围各监测点位的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常， α/β 放射性表面污染水平均低于检测限，未见异常。

根据《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》(浙江省环境监测中心站，1985 年 12 月)，杭州市土壤中天然放射性核素 Th-232 活度浓度在 29.2~96.9Bq/kg。由表 8.4-8 至表 8.4-10 可知，土壤 Th-232 核素浓度处于杭州市土壤中天然放射性核素浓度的本底水平；环境空气和地表水中 Th-232 核素浓度均小于设备的检出限，无明显异常；环境空气、土壤及地表水中的总 α 、总 β 放射性浓度均未见明显异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺分析及产污环节

本项目租赁位于杭州市钱塘区杭州医药港小镇安和药谷 2 幢现有厂房作为辐射工作场所，建筑面积约为 139m²。该大楼已经建成，施工期工程建设内容主要为房间装修、实验仪器的安装、调试等，另外考虑到环保设施的建设，但建设内容施工量较小，基本不会对外环境产生明显影响且是短期暂时性影响。因此，本环评对项目施工期的环境影响不作具体分析。

9.2 工程设备和工艺分析

本项目建设内容包括原料间、分离间、纯化间、检测间、成品暂存间、固废间等实验室及配套监控室、试剂间、危废间等辅助设施，构建从天然核素 Th-232 中分离纯化核素 Pb-212 技术研发平台，主要从事从硝酸钍（Th-232）原料中利用树脂吸附分离技术研发分离纯化其子体核素 Pb-212，并将其销售给下游客户用于开发放射性靶向治疗药物。本项目不开展放射性靶向药物的研发。

9.2.1 项目产品销售方案

本项目购买六水硝酸钍（²³²Th(NO₃)₆·6H₂O）从中采用离子交换树脂分离纯化工艺提取其子体核素 ²¹²Pb，然后将纯化回收的核素 ²¹²Pb 溶液包装后出售。本项目主要目的是进行核素 ²¹²Pb 分离纯化工艺的验证，属于研究型范畴。

考虑到核素 Pb-212 的半衰期，项目“以需定产”模式开展，项目根据客户需求批次从硝酸钍原料中提取核素 Pb-212。根据企业提供的资料，项目研发产品方案详见表 9.2-1。

表 9.2-1 研发产品方案

序号	产品	状态	规格	年销售量	包装形式
1	²¹² Pb	液态，含 EDTA 溶液	≤7.40×10 ⁷ Bq/瓶	7.4×10 ⁹ Bq (0.2Ci)	不锈钢瓶，内衬 5mm 铅

9.2.2 工程设备和原辅材料

项目原辅材料消耗清单详见表 9.2-2，主要设备清单详见表 9.2-3。

表 9.2-2 项目原辅材料消耗清单表

序号	原辅料名称	规格	用量	存放地点	用途说明	存储量
1	六水合硝酸钍	40kg/桶	500kg/a	提取间地上储罐	原料一次性购入，循环使用	0.5t
2	氢氧化钠	分析纯，500g/瓶	1kg/a	试剂间	用于再生树脂	2瓶

3	氢氧化钾	分析纯, 500g/瓶	1kg/a	试剂间	用于再生树脂	2瓶
4	浓硝酸	分析纯, 5L/桶	10L/a	试剂间	溶解原料, 洗脱	1桶
5	浓盐酸	分析纯, 500mL/瓶	100mL/a	试剂间	溶解原料	1瓶
6	乙二胺四乙酸钠	分析纯, 500g/瓶	5kg/a	试剂间	产品洗脱	5瓶
7	去离子水	20L/瓶	26t/a	试剂间	外购, 用于原料溶解	10瓶
8	冠醚树脂	/	15kg/a	试剂间	树脂填料	15kg

表 9.2-3 项目主要设备清单表

序号	名称	规格/型号	数量 (台)	备注
1	放射性铅分离装置	非标设备	1	核素Pb-212分离
2	放射性铅提纯装置	非标设备	1	核素Pb-212纯化
3	活度计	/	1	测量活度
4	酸度计	/	1	测量溶液酸度
5	不锈钢储罐	304不锈钢	8	原料、树脂、洗脱液储存

9.2.3 项目工艺原理及源项分析

9.2.3.1 工艺原理及核素特性

钍系为天然放射性衰变系, 其衰变历程中主要放射性核素为Th-232 → Ra-228 → Ac-228 → Th-228 → Ra-224 → Rn-220 → Po-216 → Pb-212 → Bi-212 → Po-212 (或Tl-208, 支比36%) → Pb-208 (稳定), 本项目主要从硝酸钍中提取Pb-212。钍及其子体放射性特性如下:

表9.2-4 钍及其子体的放射性特性

核素	比活度 (Bq/g)	半衰期	衰变方式 (分支比, %)	主要射线能量 (MeV) 及分支比			空气比释动能率常数 (Gy·m ² /(Bq·s))
				α	β	γ	
Th-232	4.07E+03	1.405 E+10a	α (~100) SF(<10E-9=	4.01(76.8%)、 3.95(23%)、 3.83(0.2%)	/	0.059(0.19%)、 0.0126(0.04%)、 0.0123(8.39%)	2.26E-18
Ra-228	1.01E+13	5.75a	β (100)	/	0.0389(100%)	0.0067(6.21E-5%)	/
Ac-228	8.29E+16	6.15h	β (~100)	/	1.17(32%)、 1.74(12%) 2.08(8%)、 1.11(3.4%)、 1.01(6.6%)、 0.983(7%)、 0.606(8%)、 0.491(4.9%)、 0.449(2.4%)	0.338(12%)、 0.911(29%)、 0.969(17.5%)、 1.588(3.71%)	3.99 E-17

Th-228	1.92E+13	1.9116a	α (100)	5.42 (72.7%)、5.34 (26.7%)	/	0.084(1.19%)、0.132 (0.12%)、0.216 (0.27%)	2.82E-18
Ra-224	5.92 E+15	3.66d	α (100)	5.45(4.9%)、5.686 (95.1%)	/	0.241(3.95%)	4.96E-19
Rn-220	3.41E+19	55.6s	α (100)	6.288(99.9%)	/	0.55(0.07%)	2.41E-20
Po-216	1.29 E+22	0.145s	α (100)	6.78(~100%)	/	0.805(0.002%)	5.66E-22
Pb-212	5.14E+16	10.64h	β (100)	/	0.158 (5.2%)、0.334 (85.1%)、0.573(9.9%)	0.239(44.6%)、0.3 (3.4%)、0.077 (18%)	1.09E-17
Bi-212	5.40E+17	60.55min	α (36) β (64) 缓发 α	6.09(9.6%)、6.05 (25%)	1.52(8%)、2.246 (48.4%)	0.04(1%)、0.727 (11.8%)、0.785(1.99%)、1.62 (2.755%)	7.05E-18
Po-212	6.44 E+27	2.99E-7s	α (100)	8.785(100%)	/	/	/
Tl-208	/	3.053min	β (100)	/	1.79(49.3%)、1.52 (22.7%)、1.28 (23.2%)	2.614(99.8%)、0.277 (6.8%)、0.5108 (21.6%)、0.583(85.8%)、0.86 (12%)	1.02E-16
Pb-208	/	稳定	/	/	/	/	/

注：以上参数引自《辐射安全手册》（潘自强，科学出版社，2011年11月），其中分支比指的是核素自身蜕变的百分比，而非在该系所占的原始百分比。 γ 分支指的是测出的射线的百分比，而不是跃迁的百分比。

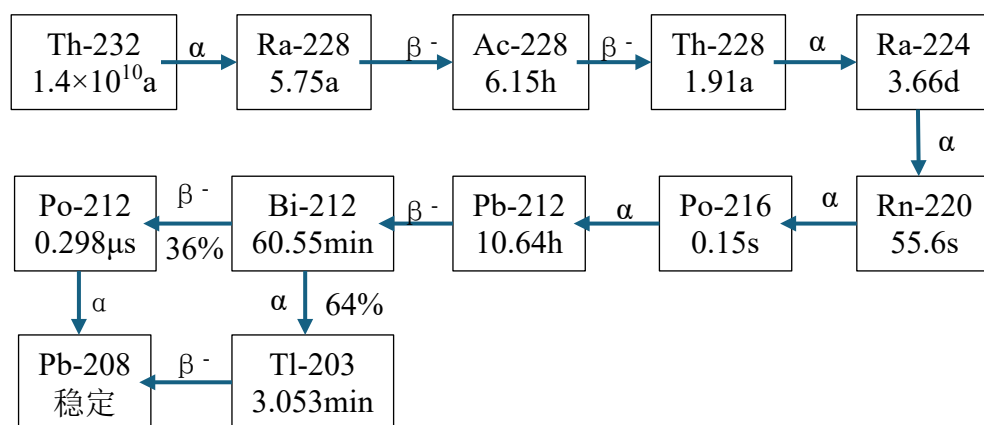


图 9.2-1 钍系核素衰变链示意图

9.2.3 放射性核素使用量

表 9.2-5 项目放射性同位素用途情况

序号	核素	年使用（销售）量
1	Th-232	1.6×10 ⁹ Bq (21.65mCi)

2	Pb-212	7.40×10 ⁹ Bq (0.2Ci)
---	--------	---------------------------------

9.2.4 项目工艺流程及产污环节

浙江秦钍纪元科技有限公司是一家专业从事 Pb-212 放射性核素提取和销售科技型企业，企业根据客户需求，从六水合硝酸钍中进行放射性核 Pb-212 的提取并出售给客户。

企业外购六水合硝酸钍为固态原料，纯度大于 99.99%。六水硝酸钍，化学式 $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，是一种具有放射性的无色或白色六方片状结晶，易溶于水。



硝酸钍样品照片

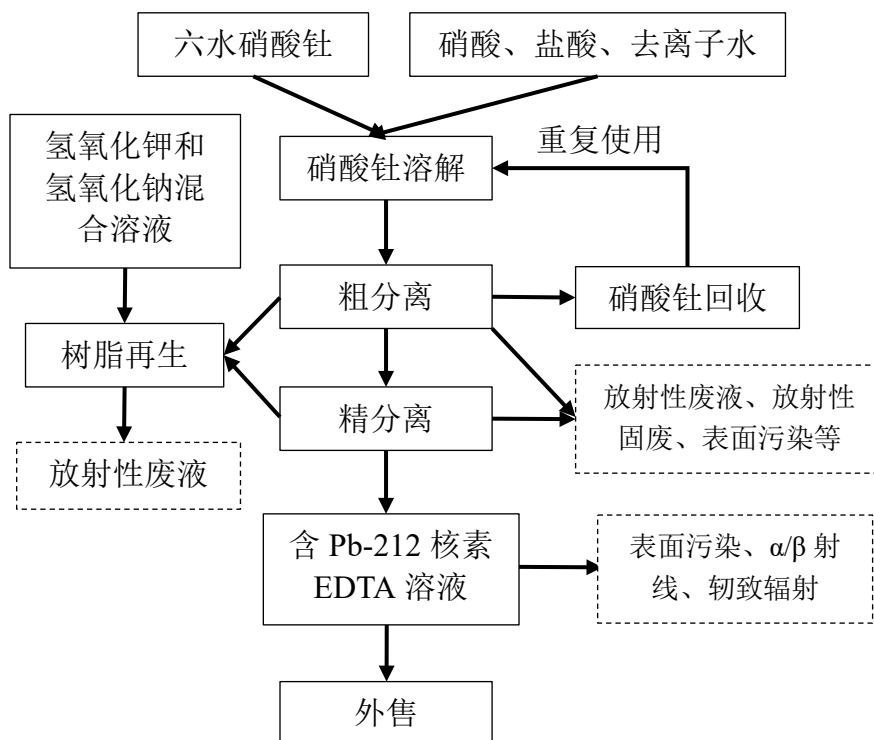


图 9.2-2 项目总体工艺流程及产污环节图

图 9.2-3 工艺设备流程图

根据天然钍系核素衰变链纲图，Pb-212 经过 Rn-220 衰变得得到。Rn-220 俗称钍射气，容易析出形成放射性气溶胶，因此本项目工艺设备，包括储罐、管道及泵体均采用气密性设备，防止 Rn-220 外溢。Rn-220 的半衰期仅有 55.6s，因此其很快衰变得得到 Pb-212。

(1) 硝酸钍溶解

考虑硝酸钡投料过程中的粉尘。

(2) 粗分离

硝酸钡由均质混合器内，经输送机到粗分离及回收自行，作为粗分离及回收。

(3) 精分离

粗分离后的物料经输送机到精分离及回收自行，作为精分离及回收。

粗分离及回收自行，作为粗分离及回收。

本项目提取一个批次总用时约 3 天，项目年工作 300 天，共 100 个批次。

特别说明的是，由于母核核素 Th-232 的半衰期比子核核素 Pb-212 半衰期长得多，达到长期平衡后，母核和子核的数目比例保持不变，即子体按母体的衰变常数衰变。因此可以近乎认为子体核素放射性浓度不会发生变化；根据钍系衰变链，本工艺仅提取子体核素 Pb-212，不会破坏其上游衰变链结构。本次环评仅以批次理论上可以分离纯化得到的核素 Pb-212 放射性活度最大值进行保守估算。

(3) 包装、销售

对 8#洗脱的含核素 Pb-212 的 EDTA 溶液进行活度测量后，包装，记录包装表面辐射剂量率和表面污染水平，委托有资质单位运输至下游客户。

公司分离纯化核素 Pb-212 均根据客户订单开展，公司采用“以销定制”的方式批次从硝酸钍溶液中分离纯化 Pb-212 核素。

①公司接受客户的订单；根据用户提供的《辐射安全许可证》、同位素转让审批手续及其它相关资料进行使用资格认定，确认合格后与客户签订销售协议和分责协议；

②根据客户订单进行核素 Pb-212 的分离纯化，然后进行标签、外包装，包装规格 $\leq 10\text{mCi}$ 。

③包装好的核素 P-212 溶液经货包外表面检查和表面污染监测后，委托有资质单位装车运输至客户。

销售过程，建设单位浙江秦钍纪元科技有限公司应做到以下几点：

①建设单位应向持有《辐射安全许可证》的客户销售核素 Pb-212，与客户签订销售协议书，明确双方辐射安全责任。客户《辐射安全许可证》许可范围和种类至少应包含使用非密封放射性同位素 Pb-212。

②建设单位出售放射性同位素 Pb-212 应委托持有《辐射安全许可证》的资质运输单位进行运输，签订运输协议，明确双方辐射安全责任。

③货包发货前进行包装检查和表面污染监测，并做好相应台账记录，并提前通知客户做好准备。

在销售过程中，相关单位的职责各不相同，需要在合同签订中各自明确，具体职责划分情况见表 9.2-6。

表 9.2-6 使用、销售过程中相关单位责任划分表

	相关单位	职责
非密封放射性物质购买、使用销售	浙江秦钍纪元科技有限公司	A、负责非密封放射性物质销售的商务谈判，与购买方签订合同。 B、负责审查购买方是否具有相应非密封放射性物质的使用资质，确保非密封放射性物质销售到具有相应使用资质的单位。 C、负责委托有资质单位将非密封放射性物质运输至购买方（或使用方）指定地方。 D、负责非密封放射性物质在项目场所内贮存安全、使用安全。
	接受委托的运输单位	负责安全运输非密封放射性物质到客户指定地方，并办理相关非密封放射性物质运输的相关审批手续，承担非密封放射性物质运输过程中的辐射安全责任。
	购买方	A、负责向浙江秦钍纪元科技有限公司提供真实的非密封放射性物质许可使用资质。 B、并办理相关放射性同位素转让审批手续。 C、负责非密封放射性物质的日常安全使用。 D、对于未使用完的非密封放射性物质，由购买方负责安全处理处置。

9.2.5 人流、物流路径

(1) 辐射工作人员通道：实验室场所监督区与控制区之间均采用物理实体边界隔离，并安装电子门禁系统。辐射工作人员由场所东侧前厅经缓冲间更衣后，进入控制区内走廊，根据操作过程进入相关实验室进行相关操作。完成相关操作后，再原路返回。在返回监督区前，在人员出入口的缓冲间进行表面污染监测（包括工作鞋服，手套等全身监测），如无污染则经人员出口门禁离开控制区。若有污染，则须在缓冲间的淋浴间进行淋洗清洁去污，并将污染个人防护用品留在缓冲间的贴有醒目标志的污衣桶内，再次检测无污染后方可离开控制区。

(2) 物流通道：购入的六水硝酸钍由 2 幢楼西侧门厅进入，经出口缓冲进入控制区，转移至原料间的储罐中进行投料溶解备用；经分离纯化的核素 Pb-212 溶液在检测间测活包装，临时暂放在成品暂存间内，出货时经货包表面检查和表面污染及辐射剂量率监测后，然后通过西侧门禁离开控制区，装车后委托有资质运输单位运输至目标客户；放射性废物从各功能实验室收集后，转移至放射性固废间贮存，每半年经整备包装后，进行表面污染监测，确保表面无污染后方可委托有资质的单位由西侧门禁运出控制区。

(3) 气流通道：控制区内通风柜设计独立通风系统，经通风柜自带高效过滤器处理后与实验室场所排气管道在排风井汇总一支总管，引至楼顶排放；实验室各房间气

流经专用管道引至排风井，与通风柜排放管道汇合后，引至楼顶排放，排放口高出所在建筑屋脊。

综上所述，本项目工作场所控制区和监督区分开，控制区设计集中，人员、物流、气流通道设计合理，防止交叉污染。各功能房间设置齐全，该非密封放射性物质工作场所设计合理。本项目人员路径和物流通道详见附图 4，排风管道见附图 6。

9.3 劳动定员及工作制度

本项目工艺设备自动化程度较高，除配料、投料、测活、产品转运、包装、更换树脂外，生产过程均为自动化操作，不需要人工干预，日常仅需要定期巡检和在监控室进行监控。

本项目拟安排 8 名工作人员，其中涉及操作放射性同位素的辐射工作人员约 6 名，管理、行政、销售人员 2 名。管理、行政及销售每天工作 8 小时，辐射工作岗实行 3 班制，每班 8h，每年工作 300 天。项目厂区内不设食堂和住宿。

表 9.3-1 项目辐射工作人员配置及工作负荷

岗位	主要工作内容	拟配置人员数量	工作时间	年工作日	年工作时间
辐射工作岗	原料配置、投料、更换树脂	2 人/班，共 3 班	2h/d	3 天	6h
	产品转运、测活、包装等		1.5h/d	300 天	450h
	场所内定期巡检		0.5h/d		150h
	监控室监控		8h/d		2400h

公司应尽快确定辐射工作人员名单，安排其进行职业健康上岗前职业健康检查、辐射安全与防护培训和个人剂量监测。

9.4 放射性污染源项

9.4.1 核素特性及源项

对于 Th-232 衰变链来说，由于母体半衰期长达 141 亿年，而子体半衰期相对短很多，整个衰变链将在约 40 年内达到长期平衡。根据其衰变链可以建立贝特曼方程，给出重量 500kg 六水合硝酸钍贮存 5 年后的母核及其子体的放射性活度详见表 9.4-1。

表 9.4-1 ^{232}Th 衰变 5 年后相应的核素活度和典型的 γ 射线能量及绝对强度

核素	半衰期	活度/mCi	主要 γ 射线能量 (keV)	绝对强度 (%)
^{232}Th	1.405×10^{10} 年	21.65	63.81	26.3
			140.88	~0.5
^{228}Ra	5.75 年	9.80	/	/
^{228}Ac	6.13 小时	9.80	911.2	28.6
			968.97	17.5

			338.3	12.1
			463.0	4.6
			794.9	4.5
			1558.2	3.9
^{228}Th	1.931 年	5.63	84.4	1.3
			215.9	0.5
			131.6	0.4
			93.3	0.3
^{224}Ra	3.661 天	5.61	240.9	4.0
			300.9	3.0
^{220}Rn	55.6 秒	5.61	549.6	0.11
^{216}Po	0.15 秒	5.61	/	/
^{212}Pb	10.64 小时	5.61	238.6	43.6
			115.2	0.6
			300.1	3.30
^{212}Bi	60.6 分钟	5.61	727.3	6.58
			39.9	1.06
			785.4	1.10
			1620.5	1.49
			1078.6	0.56
^{212}Po	299ns	3.59	微弱 γ	/
^{208}Tl	3.053 分钟	2.01	2614.5	99.16
			583.2	84.5
			510.8	22.6
			860.6	12.4
			277.4	6.31
			763.1	1.81

相应的 Th-232 的 γ 能谱如下图所示：

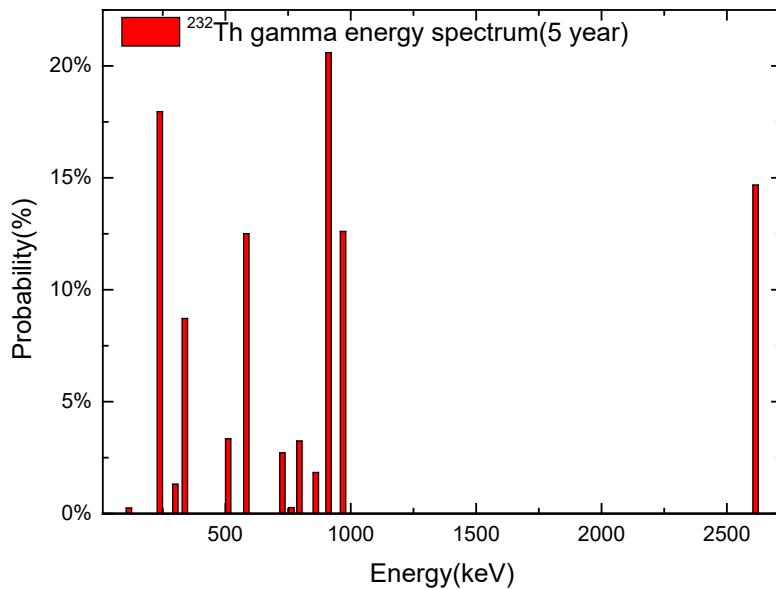


图 9.4-1 ^{232}Th 衰变 5 年后其发射的 γ 能谱

9.4.1 放射性废水/废液

(1) 放射性废液

本项目分离纯化过程中产生的放射性废液主要包括树脂再生废液、离子交换洗脱废液等。为保证树脂吸附效率，根据工艺要求，每半年对吸附罐中的冠醚树脂进行冲洗再生或更换，产生树脂再生废液。本项目研发实验室冠醚树脂 1 和冠醚树脂 2 每年共再生 2 次，更换 2 次，单次产生的再生废液为 250L，则每年产生放射性废液 1000L，主要含核素 Th-232、核素 Pb-212 等。初始硝酸钍溶液中 Pb-212 活度约 5.6mCi，Th-232 活度为 21.65mCi，冠醚树脂上残留活度按 0.1%考虑，则 Pb-212 核素活度浓度约 $4.1 \times 10^2 \text{Bq/L}$ ；Th-232 活度浓度为 $1.6 \times 10^3 \text{Bq/L}$ 。

树脂再生废液收集于专用收集桶，暂存于固废间。树脂再生废液成分为含氢氧化钠/氢氧化钾的水溶液，主要含核素包括 Th-232 和 Pb-212，由于 Th-232 的半衰期较长，因此不能通过贮存衰变解控，此部分废液均委托第三方有资质单位转运处置。

精分离过程每批次产生洗涤废液约 100L，一年 100 批次，则洗涤废液年产生量约 10000L，主要含核素 Pb-212。根据洗脱效率估算，核素 Pb-212 的活度浓度约为 $5.0 \times 10^5 \text{Bq/L}$ 。精分离过程产生的洗涤液主要成分为稀硝酸/稀盐酸，主要含核素为 Pb-212，此部分废液经暂存超过 5 天，经监测放射性核素 Pb-212 活度和活度浓度满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 A 中清洁解控水平后，可作为普通危险废物，委托有资质单位处置。

（2）应急去污废水

辐射工作人员操作实验过程均穿有工作服和防护手套，离开工作场所前对工作服、工作鞋及手部表面污染监测后脱掉防护手套，将污染手套等作为放射性固体废物进行收集暂存。辐射工作人员均须经表面污染检查，确认无污染后可离开控制区。一般情况下不会产生洗手和淋浴废水。

本项目所述放射性废水特指仅在突发人员沾污情况时，需在更衣缓冲间紧急清洁去污，应急去污产生的废水，通常情况下不产生。根据建设单位提供的同类实验室经验数据，每年产生的应急去污废水不超过 50L。公司拟在淋浴间下方设置 3 个并联的专用容器，经专用容器收集，经监测满足排放标准后方可排入市政污水管网；如经监测不满足排放标准，则作为低活度放射性废液委托有资质单位处置。

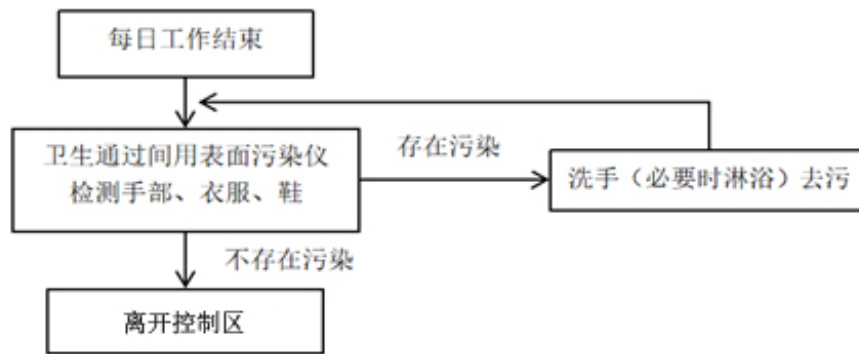


图 9.4-2 去污流程图

控制区和监督区保洁分开进行，相互不交叉。控制区各房间应保持清洁，保洁工作由辐射工作人员轮值负责，遵从“定点定清洁”的原则，以局部清洁为主，清洁采用无水清洁方式，工作人员采用无水酒精或去污剂，利用一次性抹布或拖布对地面或台面进行清洁，一次性抹布或拖布纳入到放射性废物进行管理。

由于辐射工作人员进入控制区前需更衣，穿戴工作服和工作鞋，且每日工作结束后，工作人员对工作台面、地面等需进行表污监测，如发现表面污染则进行去污，通常情况下控制区内各房间无需进行日常清洁，因此清洁产生的一次性抹布或拖布量很少，将其与实验室去污物品一起纳入放射性废物进行管理。

建设单位应建立实验室保洁规章制度，负责保洁的工作人员严格按制度执行清洁工作。

9.4.2 放射性固废

本项目产生的放射性固体废物主要为更换的废冠醚树脂，实验或去污过程产生一次性用品，如污染的器具、手套、纸张、工作服等，另外包括废气处理设施更换的废活性炭和过滤器。

根据工艺需求，冠醚树脂每年更换一次，每次更换量为 15kg，则废树脂年产生量为 15kg；放射性固废主要有经检测确实沾染放射性物质的器具、沾染的物品（纸张、手套等），年产生量约 10kg。

本项目废气处理装置采用高效过滤+活性炭吸附二级处理工艺，通风柜和废气末端处理装置过滤器每年更换一次，过滤器重量共约 2.5kg；活性炭填装量 10kg，每半年更换一次，则每年更换产生的废活性炭和废过滤器共约 25kg。

放射性固废用专门收集桶分类收集后暂存于固废间，定期交由有资质的单位整备、处置。

9.4.3 放射性废气

本项目六水硝酸钍原料均以溶液形式存储，硝酸钍的溶解、暂存、吸附工艺等均在密封的槽罐或气密性较好的管道内进行，考虑产生的放射性气溶胶经设备槽罐呼吸口排出，再由房间强制排风系统收集，产生的气溶胶主要来自 Th-232 及其衰变链中气态子体核素 Rn-220 的影响；由于本项目硝酸钍用量不大，且以溶液形式存在，因此挥发性较小，经排风管道由楼顶排入大气环境，不作定量计算，其影响基本可忽略。

本项目排气口位于 2 幢楼顶，排口高度高出周围建筑，因此本项目排气口设置较为合理。

9.4.4 放射性表面污染

根据核素 Th-232 及其子体核素特性，其衰变过程释放 α 射线或 β 射线，项目在提取过程中可能对器皿或者地面、实验器材等产生放射性表面污染。

9.4.5 γ 射线和韧致辐射

根据核素 Th-232 及其子体核素特性，Th-232 在衰变过程中会伴生产生少量 γ 射线；子体核素 β 衰变会产生 β 射线，同时 β 射线在高原子序数屏蔽体阻挡下会产生韧致辐射，本项目采用低原子序数材料屏蔽，因此产生的韧致辐射对周围环境影响很小。

9.4.6 内照射

除了上述放射性影响因素，还应关注核素 Th-232 及其子体经摄入、吸入或经皮肤、伤口等渗入而进入人体内部，进而产生内照射。本项目硝酸钍状态为均液态，所有涉及放射性溶液均存在于密封的槽罐或管道内，设备采用自动化控制，且辐射工作人员操作过程均穿戴个人防护用品，如穿工作服、工作鞋、口罩和防护眼镜。发射辐射事故人员进入污染区须戴过滤型呼吸器或活性炭口罩，可有效防止职业人员的内照射，在规范操作的情况下，对辐射工作人员产生内照射影响很小。

9.5 非放射性污染源项

9.5.1 实验废气

项目在溶液配置过程中涉及挥发性试剂的使用，主要为浓盐酸、浓硝酸等酸性气体；试剂购买后均在密闭细口容器内存储，并设置专门的独立试剂间。项目试剂使用和配置操作均在通风柜中完成。

本项目硝酸钍溶解或洗脱液需要使用浓硝酸和浓盐酸配置溶液，在溶液配置过程中，浓硝酸会产生少量的氮氧化物，浓盐酸会产生少量挥发的氯化氢，浓盐酸使用量为

100mL/a，使用量很小，挥发的氯化氢可忽略。浓硝酸主要用量为一次性溶解硝酸钚，其余过程浓硝酸使用量比较小，且硝酸溶液浓度很低，因此环评不作定量计算。

9.5.2 废水

项目废水主要为员工生活污水。

本项目劳动定员 8 人，不设食宿。人均用水量按 100L/人/天计，年工作 300 天，则生活用水量为 240m³/a。生活污水产污系数取 0.9，则生活污水产生量约为 216m³/a。生活污水水质一般情况为：COD_{Cr} 350mg/L、SS 200mg/L、氨氮 35mg/L，则生活污水中主要污染物年产生量为：COD_{Cr}0.076t/a、SS 0.043t/a、氨氮 0.008t/a。

生活污水依托安和药谷已有化粪池预处理后纳入市政污水管网，最终由杭州七格污水处理厂集中处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准排入钱塘江。

9.5.3 噪声

项目噪声主要为风机和泵等设备噪声，类比同类型设备，噪声源强声功率级在 70~75dB（A）。

9.5.4 固废

本项目产生的非放射性固废主要为试剂瓶、实验器具和职工生活垃圾。项目固废产生及处置情况详见表 9.5-1。

表 9.5-1 项目非放射性固体废物

序号	固废名称	产生环节	形态	主要成分	预测产生量（t/a）
1	废试剂瓶、实验器具	溶液配置	固态	无机酸、玻璃、塑料等	0.1
2	生活垃圾	员工生活	固态	生活垃圾	2.4

根据《固体废物鉴别标准通则》（GB34330-2017）进行判定，判断每种副产物是否属于固体废物。根据《国家危险废物名录》（2025 年版）、《危险废物鉴别标准 通则》，判定项目固废是否属于危险废物。判定结果详见表 9.5-2。

表 9.5-2 项目固废属性判定表

序号	固废名称	产生工序	形态	主要成分	产生量（t/a）	是否属固体废物	判定依据	是否属于危险废物	代码	危险特性
1	废试剂瓶、实验器具	溶液配置	固态	玻璃、塑料、无机酸	0.1	是	4.1h	是	HW49 (900-041-49)	T/In
2	生活垃圾	员工生活	固态	生活垃圾	2.4	是	4.1d	否	900-999-99	/

项目危险废物汇总表详见表9.5-3。

表9.5-3 危险废物汇总表

序号	危险废物名称	危废类别	危废代码	产生量(t/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产生周期	危险性	污染防治措施
1	废试剂瓶、实验器具	HW49	900-041-49	0.1	溶液配置	固态	玻璃、塑料、无机酸	沾染危化品	每天	T/In	包装桶或包装袋密闭暂存于危险废物暂存间，定期委托有资质单位处置

9.6 污染源项汇总

项目产生的污染源项汇总详见表 9.6-1。

表 9.6-1 项目“三废”污染物产排汇总表

污染物名称	主要成分	产生量	排放量	防治措施及去向
氯化氢、氮氧化物	氯化氢、氮氧化物	微量	微量	通风柜统一收集后，经高效过滤器+活性炭吸附处理引至楼顶排气筒（DA001）高空排放
废水	COD _{Cr} 、NH ₃ -N	216m ³ /a	216m ³ /a	经化粪池预处理后纳入市政污水管网，最终由杭州七格污水处理厂集中处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准排入钱塘江
危险废物	废试剂瓶、实验器具	0.1t/a	0.1t/a	委托有资质单位处置
放射性废水	含 ²³² Th 及 ²¹² Pb 核素应急去污废水	<50L/a	0	专用收集容器暂存，经监测满足排放标准后排入市政污水管网，否则委托有资质单位处置。
放射性固体废物	沾染放射性物质的器具、色谱填料、等	50kg/a	0	由专用收集桶收集暂存在放射性废物暂存库，定期委托有资质单位进行整备处置。
放射性液态废物	树脂再生废液、洗脱废液等	11m ³ /a	0	由专用收集桶收集暂存在放射性物质暂存库，定期委托有资质单位进行处置。
放射性废气	含 ²³² Th 及其子体核素废气	微量	微量	由各实验室房间强制排风系统收集后经高效过滤器+活性炭吸附处理引至楼顶排气筒（DA001）高空排放

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射工作场所布局

项目租用位于杭州市钱塘区下沙街道福城路 400 号 2 幢 101 和 102 室，位于 2 幢 1 层西南侧，楼上二层部分为办公区域。

根据项目平面布局，本项目根据工艺流程，设置 1 间更衣缓冲间（含淋浴）、1 间原料间、1 间分离间、1 间纯化间、1 间检测间、1 间成品暂存间、1 间放射性固废间以及试剂间、危废间和监控室等。实验室依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），划分为控制区与监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。实验室控制区进出口安装电子门禁系统，进出口及内部适当位置须张贴醒目且符合 GB18871-2002 标准规定的电离辐射警告标志，工作区内设置可视化监控系统，禁止无关人员进入工作场所。实验室工作场所设有 2 个出入口，对人流通道和物流通道进行了区分，有利于辐射的防护，平面布局合理可行。项目平面布置见附图 4。

10.2 工作场所分区管理情况

为控制实验室辐射工作场所的辐射水平和表面放射性污染水平，加强实验室的防护，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，实行监督区和控制区两区分区管理。

10.2.1 控制区

（1）划分依据

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），注册者和许可证持有者应把需要或可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射的范围。

（2）划分结果

本项目控制区包括：原料间、分离间、纯化间、检测间、成品暂存间、固废间等房间及内部走廊。

本项目控制区如附图 4 中红色区域所示。

（3）控制区防护及管理措施

- ①非辐射工作人员不允许进入；
- ②控制区出入口及其他适当位置处设置电离辐射警告标志；

③控制区出入口：配备个人防护用品、监测仪器、表面污染监测仪器、污染衣物暂存桶；

④工作场所严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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；

⑤及时清理放射性固体废物；

⑥控制区设置指示“控制区”的标识。

10.2.2 监督区

（1）划分依据

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

（2）划分结果

监督区包括：更衣缓冲（含淋浴）、监控室、试剂间、危废间、出口缓冲等。

本项目监督区如附图 4 中黄色区域所示。

（3）监督区防护及管理措施

①其他无关人员严禁入内；

②监督区与控制区分割处设置有门禁，将控制区监督区分开；

③监督区设置指示“监督区”的标识。

10.3 工作场所分级情况

根据预估的放射性核素使用量，核算实验室内放射性核素日最大操作量。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）得到核素的毒性组别修正因子及操作方式修正因子，基于核素的日计划最大操作量，经过核素的毒性组别修正因子及操作方式修正因子的双重修正，计算得到放射性核素的日等效最大操作量，并判断其工作场所等级。

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性组别修正因子}}{\text{操作方式与放射源状态修正因子}}$$

10.3.1 核素日最大操作量

（1）硝酸钍原料储存

六水硝酸钍原料为一次性购入，最大暂存量 500kg，循环使用。原料中钍的含量为 394g/kg（Th-232 的天然丰度近乎为 100%，其比活度约为 4.08E+03Bq/g，则原料中 Th-

232 的比活度为 43.7mCi/t)。第一次投料后溶解后，后续硝酸钍溶液循环重复使用，因此投料 Th-232 日最大操作量为 21.65mCi。

(2) 分离纯化

根据工艺流程，项目一个批次设备自动化运行 3 天，理论上分离纯化可得到核素 Pb-212 最大活度为 5.6mCi，根据工艺验证，最终分离纯化获得约 2mCi 的核素 Pb-212，拟分离纯化后立即包装外售，即核素 Pb-212 日最大操作量按 5.6mCi 考虑。

(4) 包装销售

每批次分离纯化获得的 2mCi 的核素 Pb-212，盛装在专用容器中，包装好暂存于成品暂存间，即刻委托有资质单位运输至客户。此步骤按源的贮存考虑。

10.3.2 修正因子的选取

(1) 核素毒性组别修正因子

核素毒性组别修正因子依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录表 C2 选取，核素毒性分组依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 D 判定，本项目涉及核素的毒性分组及修正因子如下：

表 10.3-1 本项目核素毒性组别修正因子

毒性组别	核素	核素毒性组别修正因子
中毒	Pb-212	0.1
低毒	Th-232	0.01

(2) 操作方式修正因子选取

操作方式修正因子依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录表 C3 选取。

表 10.3-2 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态		
	表面污染水平较低的固体	液体，溶液，悬浮液	气体，蒸汽，粉末，压力很高的液体，固体
源的贮存	1000	100	1
很简单的操作	100	10	0.1
简单操作	10	1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.001

根据《辐射防护册第三分册》第 143-144 页，各种操作类型的具体方式可以举例如下：

①贮存：把盛装在容器内的放射性溶液、样品和废液等密封后存放于工作场所的通风柜、手套箱、样品架、工作台和专用贮存柜内等属贮存操作。这类操作可能的危

害最小。

②很简单的操作：例如少量稀溶液的合并、分装或稀释，污染不严重的器皿和工具等的洗涤等。这类操作，会有少量的放射性物质散布开来，主要是要防止洒漏。

③简单的操作：例如溶液的取样、转移、沉淀、过滤或离心分离，萃取或反萃取，离子交换，色层分离，吸移或滴定放射性溶液等。这类操作，可能会有较多的放射性物质散布开来，除了会有表面污染外，还会有空气污染出现。

④有特别危险的操作：例如对溶液加热蒸馏或蒸发，热烤烘干，强放溶液的取样或转移，粉末料样的称重、溶解、干沉淀物的收集与转移等。操作过程中均会产生少量气体或气溶胶。更危险的操作还有干式操作和发尘操作，例如破碎研磨样品，粉末物质剧烈混合或包装等。因此这类操作，不发生意外时并不一定有较多的放射性物质散布开来，但发生事故的几率较多，而且后果较严重。

本项目六水硝酸钍原料的使用除开始以固体投料形式溶解，后续使用均以硝酸钍溶液开展吸附分离等，且通过自动化远程控制和设计冗余，降低操作人员受照剂量并实现事故风险可控。分离纯化的核素 Pb-212 为 EDTA 溶液，立即包装后出售，因此本项目工艺过程操作均视为简单操作，操作方式修正因子取 1，包装后暂存按源的贮存，操作方式修正因子取 100。

实验室拟使用的放射性核素日计划最大操作量及日等效最大操作量见表 10.3-3。

表 10.3-3 本项目放射性核素日等效最大操作量

核素名称	日最大操作量 (Bq)	毒性组别	毒性组别修正因子	用途	操作方式	状态	操作方式及状态修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
Th-232	8.02×10^8	低毒	0.01	分离纯化 Pb-212	简单操作	液态/固态	1	8.02×10^6
Pb-212	2.07×10^8	中毒	0.1	药物研发	简单操作	液态	1	2.07×10^7
Pb-212	7.40×10^7	中毒	0.1	产品暂存	源的贮存	液态	100	7.40×10^4
合计								2.87×10^7

由表可知，经计算实验室日等效最大操作量为 2.87×10^7 Bq，为乙级非密封放射性物质工作场所，属于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中乙级非密封放射性物质工作场所范围（ $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ Bq）。

10.4 工作场所分类情况

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 G 核医学的工作场所分类，

根据日操作最大量放射性核素的加权活度将场所分为三类，见表 10.4-1。

表 10.4-1 工作场所分类一览表

分类	日操作最大量放射性核素的加权活度, MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

注：加权活度=（计划的日最大操作活度×核素毒性权重因子）/操作性质修正因子

本项目放射性核素毒性权重因子和操作性质修正因子见表 10.4-2 和 10.4-3。

表 10.4-2 放射性核素毒性权重因子

类别	放射性核素	权重系数
B	Th-232	1
A	Pb-212	100

表 10.4-3 不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	修正系数
贮存	100
废物处理；闪烁法计数和显像；候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药；简单放射性药物制备；治疗病床区	1
复杂放射性药物配置	0.1

按照表 10.4-2 和 10.4-3，本项目实验室核素权重活度计算结果见表 10.4-4。

表 10.4-4 非密封放射性物质（核素）加权活度

场所类型	核素	毒性权重因子	操作性质修正因子	日操作最大活度 (Bq)	放射性核素加权活度 (Bq)	场所分类
原料间、分离间	Th-232	1	1	8.02×10^8	8.02×10^8	II
纯化间、检测间	Pb-212	100	1	2.07×10^8	2.07×10^{10}	II
成品暂存间	Pb-212	100	10	7.40×10^7	7.40×10^8	II
放射性固废间	Th-232	1	10	8.02×10^6	2.15×10^7	III
	Pb-212	100	10	2.07×10^6		

注：放射性废物间取日操作最大活度的 1%保守计算。

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中关于“不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求”，各类工作场所要求见下表。

表 10.4-5 不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类	
	II	III
结构屏蔽	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗
分装柜	需要	不必须
通风	良好通风	一般自然通风
管道	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b

b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

综上所述，通过计算分析，本项实验室为II类场所，固废间为III类场所。公司应按上表的要求，按II类和III类工作场所用房建设，在辐射工作场所的地面采取易清洁、不易渗透的材料，如PVC胶；墙面表面和工作台面采取易清洁材质，地板和墙壁接缝采用无缝隙设计；工作台表面采用易清洗材料；实验室内控制区不设下水，采用专用桶收集对放射性废液离线收集，卫生通过间内设置有洗手盆和去污设备。

10.5 辐射防护屏蔽设计

实验室控制区地面拟采用厚耐酸碱、易清洗的PVC地胶板，地板和墙壁接缝无缝设计。各实验室墙体表面易于去污、无缝隙。实验室层高约4.2m，实验室楼上为150mm混凝土结构板，地面为180mm混凝土结构板；实验室出入口设门禁系统。实验室检测间配备1台通风柜。

本项目构建的核素Pb-212提取技术研究平台流程主要在槽罐和密闭箱室内进行，各槽罐及槽罐间连接管道均采用5mm不锈钢。

表 10.5-1 实验室屏蔽设计方案

场所	屏蔽体	屏蔽材质和厚度
原料间	四侧墙体	240mm 实心混凝土砌块
	顶棚	150mm 混凝土结构板
	底板	180mm 混凝土结构板
	防护门（1扇）	2mm 铅板
分离间	四侧墙体	240mm 实心混凝土砌块
	顶棚	150mm 混凝土结构板
	底板	180 mm 混凝土结构板
	防护门	4mm 不锈钢板
纯化间、检测间、成品暂存库	四侧墙体	240mm 实心混凝土砌块
	顶棚	150mm 混凝土结构板
	底板	180 mm 混凝土结构板
	防护门	4mm 不锈钢板
固废间	四侧墙体	240mm 实心混凝土砌块
	顶棚	150mm 混凝土结构板
	底板	180 mm 混凝土结构板
	防护门（2扇）	2mm 铅板

注：混凝土密度 2.35g/cm³，铅密度 11.3g/cm³，钢密度 7.9 g/cm³

10.6 辐射安全措施设计

10.6.1 硝酸钍原料包装屏蔽设计

本项目外购的六水硝酸钍原料货包由其生产厂家按《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定的II级（黄）A型货包进行包装，原料货包外表面任意一点的最高辐射水平不超过 $500\mu\text{Sv/h}$ ；硝酸钍原料购入后即刻投料溶解，储存在 5mm 厚不锈钢储罐内。

10.6.2 研发产品屏蔽设计

本项目研发产品为含核素 Pb-212 的 EDTA 溶液，含量 $\leq 2\text{mCi}$ ，10L/瓶，采用不锈钢瓶（双层不锈钢），内衬 5mm 铅皮。

10.6.3 辐射安全与防护措施

本项目为非密封放射性物质工作场所，工作人员会收到吸入气溶胶的内照射危害，针对辐射危害，通过采取放射性分区、屏蔽设计、区域强制排风、出入口门禁管理、提高自动化水平，控制工作人员受照辐射剂量，保证工作人员职业健康。

（1）门禁、监控系统：本项目各房间均采用实心混凝土砖实体墙体，公司出入口和实验室各房间内均拟设置视频监控系统，防止非法人员进入，视频监控接入本项目监控室和安和药谷保卫值班室（24h 值守），监控数据存储容量不低于 30 天。

控制区出入口设置门禁卡系统，只有授权人员方可刷卡进入。

（2）电离辐射警告标志：本项目拟在控制区出入口防护门、控制区内各房间防护门、设备表面及其他相关房间张贴醒目且符合 GB18871-2002 标准规定的警告标志。控制区和监督区设置醒目标识。

（3）卫生通过和去污：控制区出入口更衣缓冲间配备辐射监测设备和去污设施。项目工艺过程采用高度自动化控制设备，平常实验室内无需人员看管，仅在监控室内通过监控观察设备运行情况；同时公司拟为辐射工作人员配备口罩、防护面罩、防护眼镜、橡胶手套和实验工作服等防护用品，工作人员进入实验室时须正确穿戴工作服、工作鞋（或鞋套）等个人防护装备，并随身佩戴个人剂量计，并尽可能缩短操作时间。

（4）本项目非密封放射性工作场所内不得安排与放射性无关的工作。

（5）在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作及存放无关物件。工作人员由指定通道进入控制区，严禁将无关物品带入控制区，进入控制区实验室均需先更衣，操作结束后，在出入口卫生通过间进行表面污染监测，确认无放射性污染方可更衣离开。工作服、工作手套、工作鞋污染水平超过 0.4 Bq/cm^2 、

$\beta 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，手部、皮肤、内衣、工作袜污染水平超过 $\alpha 0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，则应采取去污措施，视污染情况不同，采取清洗或作为放射性废物处置；辐射工作人员手部或身体受到放射性污染，应洗手去污（必要时淋浴去污）。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

（6）本项目控制区内实验室的地面进行防水、防渗处理，地面及实验台表面均拟采用易清洗、不渗透的材料进行敷设，表面光滑不易污染，并易于清洁和去污，墙面与地面交接作圆角处理，并保证其边缘高出地面约 10cm。场所门窗及内部结构拟尽量简单，不设置地漏和下水，冲洗废液用专用收集桶进行收集。放射性原料及其他原料储罐采用密闭性良好的储罐盛装，储罐下面设置围堰，围堰高度能够满足最大一个储罐的容积。

（7）项目设置有 1 间固废间存放放射性废物。固废间采用防盗门，设置双人双锁，安装视频监控设施，门上张贴醒目的电离辐射警示标志。同时，固废间建设时应满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求，做到防渗、防风、防雨、防晒。放射性废物采用专用的收集桶进行分类收集，收集桶张贴电离辐射警示标志。建立放射性废物储存和处置台账。

放射性废物暂存库应认真做好防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”工作。

（8）火灾报警系统

实验室拟安装烟雾报警装置和消防栓，且各个房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014），同时人员易接触的地方拟配备灭火器。

10.6.4 表面污染防治措施

（1）对辐射工作人员进行岗前培训，使其具备熟练的操作技能及丰富的防护知识，取得辐射防护与安全考核合格成绩单，持证上岗；加强对辐射工作人员相关监测仪表使用的培训，监测仪表定期进行校准。

（2）公司制定严格的安全操作规程，工作人员正确穿戴个人防护用品，如工作服、口罩、橡胶手套等，防止对人员皮肤、肢体表面造成污染。

（3）操作放射性核素在易去污的工作台面上进行。

（4）工作人员离开控制区前，须仔细对实验台面、通风柜、仪器设备、实验装置、工作鞋服和手套等进行表面污染监测，如存在污染，则按相关规程进行清洁去污。去

污用品收集至专门的收集桶内，控制区和监督区内表面污染水平应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求。

10.6.5 操作过程防护措施

本项目在操作放射性物质过程中，主要采用隔离、屏蔽及辐射工作人员个人防护等措施。

（1）六水硝酸钍原料外面的辐射水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的相关要求，原料送达后采用小车及时投料、溶解。

（2）项目工艺设备如原料储罐、树脂罐、管道均为密闭 5mm 厚不锈钢材质的设备，采用高度自动化控制，无需近室操作。

（3）研发产品采用专用防护容器包装，产品包装容器的屏蔽设计使包装容器外表面任一点辐射水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的相关要求。

（4）公司拟为本项目配置应急及去污用品，包括一次性防水手套、气溶胶防护口罩、去污剂或喷雾、酒精湿巾、标签、镊子、等试剂等应急去污用品和应急容器，并在缓冲间设置储柜。

（5）公司拟配置 1 台 α/β 表面污染仪和 1 台辐射剂量率巡测仪，用于场所定期自主监测；辐射工作人员配个人剂量计，定期送第三方进行检测，建立个人剂量档案。

10.6.6 放射性药物包装、销售、运输过程防护措施

本项目实验室使用的放射性同位素原料和销售的核素Pb-212均由有资质的放射性物品运输单位负责运输，放射性物品运输应满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求，确保运输安全。

（1）本项目对外销售的放射性同位素Pb-212属于三类放射性物品。放射性同位素使用专用容器（防震、防漏）进行包装，包装应满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的规定货包进行包装，装车前应对货包表面剂量率和表面污染监测，符合《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）要求的限值后发车运输。运输使用适当的运输容器，并配必要的辐射监测设备、防护用品和防盗、防破坏设备，编制运输说明书、辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南。

（2）建立放射性同位素销售台账，销售给用户时，建设单位应详细核对用户《辐射安全许可证》的有效性和合法性，购买单位拟购买的非密封放射性物质的种类和活度应在其《辐射安全许可证》的许可范围内。在销售过程中，公司应按《辐射安全许

可证》许可的种类和范围从事销售活动，并按销售台账记录表格进行记录，记载放射性同位素的出库时间、名称、活度、类别、购销数量、采购商名称、采购商的《辐射安全许可证》编号、记录人、记录时间、审核人、审核日期等事项，接受生态环境主管部门的检查。

(3) 应在放射性物品运输容器和运输工具上设置电离辐射警告标志。

(4) 应对直接从事放射性物品运输的工作人员进行运输安全和应急响应知识的培训，并进行考核；考核不合格的，不得从事相关工作。

(5) 销售过程中如涉及同位素的邮运及空运，应严格按照《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）及相关规定中的要求进行运输及管理。

10.6.7 服务期满后的环境保护措施

本项目建设单位已详细告知出租方所租赁建筑的用途，并说明本项目新建放射性同位素实验室的退役手续由浙江秦钜纪元科技有限公司承担。因此，待本项目非密封放射性物质工作场所服务期满并拟退役作其他用途使用前，建设单位应按照《核技术利用设施退役》（HAD 401/14-2021）的要求实施场所退役活动，妥善处置放射性废物及硝酸钍原料，并根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的规定，及时办理相应的退役环境影响评价手续，确保退役场所满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中限值要求，方可无限制开放使用。

10.6.8 辐射安全与管理措施符合性分析

本项目符合《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）要求，具体分析如下：

表10.6-1 与《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2020）符合性分析

序号	标准要求	本项目设计情况	是否符合
1	非密封源工作场所应实行严格的分区、分级管理，分区分级管理的措施，应遵循GB18871-2002的要求。	本项目拟对辐射工作场所进行控制区和监督区划分。	符合
2	宜在辐射工作场所的醒目位置悬挂(张贴)辐射警告标志，人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定，防止发生交叉污染。应制定严格的辐射防护规程和操作规程。	本项目拟在控制区进出口及控制区内各房间门、设备表面等张贴醒目的辐射警告标志；项目合理设计了人流和物流线路，确保不交叉；项目拟制定严格的辐射防护规程和操作规程。	符合
3	非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性，选择符合安全和防护要求的条	本项目设备及管道均采用密闭性良好的设备，工艺	符合

	件，尽可能在通风橱、工作箱或手套箱内进行。	过程采用自动化操作。各实验室内均设置有良好的通风系统。	
4	操作过程中所用的设备、仪器、仪表、器械和传输管道等应符合安全和防护要求。吸取液体的操作应使用合适的负压吸液器械，防止放射性液体溅出、溢出，造成污染。储存放射性溶液的容器应由不易破裂的材料制成。	本项目拟采购符合安全和防护要求的设备、仪器、仪表、器械和传输管道；采用合适的负压吸液器械吸取液体；采用不易破裂的材料制成的容器储存放射性溶液。	符合
5	有可能造成污染的操作步骤应在铺有塑料或不锈钢等易于去污的工作台面上或搪瓷盘内进行。	本项目涉及有可能造成污染的操作均安排在铺有不锈钢等易于去污的工作台面上进行。	符合
6	对工作场所放射性废气或气溶胶的排放系统，应经常检查其净化过滤装置的有效性。凡预计会产生大量放射性废气或气溶胶而可能污染环境的一次性操作，亦应采取有效的防护与安全措施和监测手段。	项目气溶胶经高效过滤+活性炭吸附装置处理后排放；建设单位拟建立设备维修和维护制度，经常检查吸附装置的有效性，定期更换，确保高效过滤装置正常运行。	符合
7	操作非密封源的单位一般应建立放射性废液处理系统，确保产生的废液得到妥善处理。不得将放射性废液排入普通下水道，相关控制应遵循 GB18871的要求；不允许利用生活污水下水系统洗涤被放射性污染的物品；不允许用渗井排放废液。经过处理的废液在向环境排放前，应先送往监测槽逐槽分析，符合排放标准后方可排放。	本项目设计有放射性废液暂存罐及废水处置系统，处理达标且监测后再排放。	符合
8	产生放射性固体废物的单位应建立固体废物暂存库，确保储存的废物可回取；操作非密封源的单位产生的废物应按要求送指定的废物库暂存，送贮的废物应符合送贮条件。对于半衰期短的废物可用放置衰变的方法，将放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。	本项目设置有固体废物暂存间，固废经暂存后委托有资质单位处置。	符合

10.7 放射性“三废”的治理

本次评价重点考虑实验过程中产生的放射性废液、放射性固废和放射性废气。

10.7.1 放射性废水/废液

(1) 放射性废水

本项目控制区内不设下水，树脂再生及洗涤废液由专用收集桶分类收集，仅在更衣缓冲间设置有紧急淋浴等应急去污设施，突发人员沾污情况时，人员需在更衣缓冲间紧急清洁去污，应急喷淋产生的淋洗废水。应急状况下产生的放射性废水在专用收集容器暂存，经监测满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

第 8.6.2 款要求和《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中第一类污染物总 α 和总 β 排放标准后，排入市政污水管网；若监测不达标，则作为低放废液委托处置。

本项目拟在更衣缓冲间淋浴间下面设 3 个并联、容积为 50L 的专用收集池，为不锈钢材质，内衬有机涂层，用于收集应急去污废水。收集容器仅用于收集应急情况下放射性沾污去污产生的废水。在充分考虑建设单位提供的其他同类实验室经验数据基础上，去污废水产生量不超过 50L/a。本项目收集容器设计容量为 150L（三个容积为 50L 并联收集容器），收集容器容积和数量设置合理。

（2）放射性废液

本项目实验过程中产生的放射性废液主要为树脂再生冲洗废液和精分离过程树脂洗脱废液。放射性废液采用专用桶分别收集，待桶内废液存满后转移至固废间进行暂存。放射性废液专用桶外具有符合 GB18871-2002 规范的“当心电离辐射”标志，并在显著位置标有废液类型、核素种类、活度浓度和存放日期等说明。

放射性废液专用桶具体配置计划见表 10.7-1。

表 10.7-1 本项目放射性液体废物专用桶配置计划表

名称	规格	数量	场所位置	用途	标志规范	备注
放射性液体废物 HDPE 桶 A	容积 200L	50 个	实验室	收集含核素 Pb-212 洗脱废液	1)符合 GB18871-2002 规范的“当心电离辐射”标志； 2) 在放射性废物标签上载明核素种类、放射性活度、活度浓度、主要成分、体积等必要信息.	根据《放射性废物分类》（公告 2017 年 第 65 号）要求分类后暂存,由资质单位整备、处置。
放射性液体废物 HDPE 桶 B	容积 50L	2 个	实验室	收集树脂再生废液		
放射性液体废物 HDPE 桶 C	容积 200L	2 个	实验室	收集树脂再生废液		

根据放射性废液产生情况，本项目配置放射性废液收集桶可以满足收集贮存一年放射性废液量。常用 50L 和 200L 塑料桶直径分别为 40mm 和 600mm，本项目配置收集桶的占地面积需要 15m²，本项目固废间面积约 20.56m²，基本满足贮存一年放射性废液的面积。

本次预测仅以最大运行工况预测，实际废液产生量比理论计算小，企业可以根据实际产生情况，至少每半年一次委托第三方有资质单位进行处置。

以上放射性废液收集桶仅表示在实验区内临时用于分类收集各类放射性废液的数量，待收集桶收集满后封存转移至放射性废物暂存库暂存，同时购置新桶收集。

建设单位拟将全部含核素 Th-232 的放射性废液每半年委托第三方有资质单位转运处置一次。仅含核素 Pb-212 放射性废液经贮存衰变 5 天以上，经监测废液中核素活度和活度浓度满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 A 规定的清洁解控水平后，作为普通危险废物委托第三方有资质单位处置。

10.7.2 放射性固废

本项目产生的放射性固体废物主要有经检测确实沾染放射性物质的器具、色谱填料、沾污的物品（吸水纸、手套等）等。放射性固体废物采用专门收集桶分类收集后，连同垃圾袋转移至固废间，放射性固体废物专用桶外具有符合 GB18871-2002 规范的“当心电离辐射”标志，并在显著位置标有固废类型、核素种类、活度浓度和存放日期等说明，定期交由有资质的单位整备处置。

放射性固体废物专用桶具体配置计划见表 10.7-2。放射性固体废物专用桶的规格等参数均符合《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》（EJ 1042-2014）中的相关标准。

表 10.7-2 本项目放射性固体废物专用桶配置计划表

名称	规格	数量	场所位置	用途	标志规范	备注
放射性固体废物专用镀锌不锈钢桶 A	容积 10L	4 个	实验室	收集废旧树脂、废活性炭等	1、符合 GB18871-2002 规范的“当心电离辐射”标志； 2、在放射性废物标签上载明核素种类、放射性活度、活度浓度、主要成分、重量等必要信息	根据《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）要求分类暂存，由资质单位整备、处置。
放射性固体废物专用镀锌不锈钢桶 B	容积 5L	2 个	实验室	收集沾染物品、器具等		

以上放射性固体废物收集桶仅表示在实验区内用于分类收集各类放射性固废的数量，待收集桶收集满后封存转移至固废间，同时购置新桶收集。封存的固废定期集中委托第三方有资质单位整备和处置。

10.7.3 放射性废物处置方案可行性

实验室设有 1 间放射性固废间，建筑面积约 20.56m²，封存的放射性废液收集桶和放射性固废收集桶暂存于暂存间内，可以满足一年放射性废物贮存量。

放射性废物暂存库须实行双人双锁，专人管理，门上显著位置设置电离辐射警告标志，并在平时工作中对该房间及周围环境加强辐射剂量的监督监测。另外，放射性废物送至放射性废物暂存库以及暂存库的放射性废物外运处理，尽量避开周边企业人员流动高峰期。

放射性废物暂存库的建设须满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）及其修改单的要求，做好“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”工作，地面须硬化处理，四周设围堰，采用防盗门窗，上锁并由专人管理。同时，公司应建立放射性废物废物管理台账。

本项目放射性废物主要为低水平、长半衰期放射性废物，建设单位已与浙江国辐环保科技有限公司签订了放射性废物整备及转运委托处置协议，委托其对本项目放射性废物进行转运处置。浙江国辐环保科技有限公司成立于2001年，为浙江生态环境集团有限公司一级子公司，立足浙江，面向全国，已经形成全国辐射技术咨询服务（含放射性废物污染治理）、实验室分析等业务领域，浙江国辐环保科技有限公司同时为浙江省生态环境厅技术支持单位，放射性废物由浙江国辐环保科技有限公司转运处置。

因此项目放射性废物处置方案总体可行。

10.7.4 放射性废气

公司拟于实验室设置2套独立的排风系统，检测间设置1台通风柜，主要用于成品Pb-212的测活和盐酸、硝酸溶液的配置，通风柜设置独立的排风管道，风速不低于0.5m/s，排风管道引至北侧排风井；实验室其他各房间均设有排风口，设置1套专用排风管道，最终排风管道与通风柜排风管道汇合后，由北侧预留井道引至本建筑屋顶，高出屋脊排放，排放口（DA001）高度约53m，总排风量约8000m³/h，排放口风机前端设置高效过滤器+活性炭吸附装置，引出废气经吸附处理排放。

实验期间实验室窗户均为密闭，且通风系统处于常开状态，可以保障实验室内负压环境，室内环境空气不会外溢。

本项目废气排放口设置在所在建筑物的楼顶，并高出所在建筑屋脊，排放口位置设置尽量远离周边建筑物。同时加强控制区工作场所放射性废气排口监测，定期1次/年委托有资质单位对排气口Th-232核素活度浓度进行监测。

10.9 非放射性“三废”防治措施

10.9.1 废水治理措施

项目废水主要为员工生活污水。生活污水依托安和药谷现有化粪池预处理后排入市政污水管网，送杭州七格污水处理厂集中处理达标后排钱塘江。

本项目拟建地已具备纳管条件，本项目生活污水产生量很小，水质简单，不会对污水处理厂造成影响。

10.9.2 废气治理措施

试剂配制在实验室检测间通风柜中进行，通风柜设置局部排风，通风柜自带高效过滤装置，设置单独排风管道和控制系统，风速不低于 0.5m/s；尾气与实验室各房间排风系统在排风井处汇合；废气处理系统风机风量为 8000m³/h，末端设置有高效过滤器+活性炭吸附装置，经吸附处理后引至所在建筑楼顶高高空排放，本项目无机废气排放量很小，可以满足达标排放要求。活性炭吸附装置填装量为 10kg，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间，推荐半年更换一次。高效过滤器每年更换一次。

10.9.3 噪声治理措施

项目噪声主要为泵和风机等运行时产生的噪声，采用低噪声设备，并对各类设备采取基础减振、隔声、合理布局等措施，同时加强设备维护保养和管理。

10.9.4 固废治理措施

根据平面设计图，项目在实验室内设置有 1 间危废暂存间，建筑面积约 2.0m²。企业按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求设计、建设封闭式危废暂存场所，做到防渗、防风、防雨、防晒要求。生活垃圾设有垃圾桶分类收集。

根据工程分析，项目危险废物产生量约 0.1t/a，每年清理一次，年产量约为 0.1 吨。企业危废暂存间总面积约 2.0m²，贮存能力为 0.5 吨/年。本项危废暂存设施概况如下表 10.9-1。

表 10.9-1 项目危险废物贮存场所（设施）基本情况表

序号	贮存场所名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积 (m ²)	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危废暂存间	废试剂瓶、实验器具	HW49	900-041-49	实验室内	2.0	桶装	0.5 吨	1 年

根据上表统计，本项目年产生的危险废物约 0.1t，占地面积约 2.0m²，可以满足管理和贮存需要。

固体废物执行《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》和《浙江省固体废物污染环境防治条例》中的有关规定。危险废物贮存、转运、处置执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求。

要求企业履行申报的登记制度、建立台账管理制度。根据《危险废物转移管理办法》的规定，企业应与有资质单位签订危险废物运输、处置合同，并约定相关责任，

填写、运行危险废物转移联单，危险废物电子转移联单数据应在当地信息系统中至少保存十年。

危险废物暂存间应按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）执行，主要用于堆放危险废物等。本项目新建危险废物暂存间须做到以下几点：

a 危险废物要根据其成分，用符合国家标准的专门容器分类收集。

b 存放危险废物的容器应根据危险废物的不同特性而设计，不易破损、变形、老化，能有效地防止渗漏、扩散。装有危险废物的容器必须贴有标签，在标签上详细标明危险废物的名称、重量、成分、特性以及发生泄漏、扩散污染事故时的应急措施和补救方法。

c 禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装。无法装入常用容器的危险废物可用防漏胶袋等盛装。

d 危险废物暂存间地面必须进行硬化处理，四周设截污沟收集可能的渗滤液，地面与裙脚用坚固、防渗的材料建造。危废仓库建议采用密封设计，并设置抽风设施，设施中应装填一定量的活性炭，起到保护作用，防止意外发生时，有机废气外泄。该排气筒为保护措施，不作为固定源排气筒考虑。设立危险废物标志，做好危险废物的入库、存放、出库记录，不得随意堆置。

10.9.5 地下水和土壤

正常情况下本项目不存在土壤、地下水污染途径。企业需做好土壤、地下水污染防治措施，具体措施如下：

（1）源头控制

采取先进的实验工艺，实验过程中加强管理，尽量做到密闭化，封闭所有不必要的开口，减少“跑、冒、滴、漏”，采取严格的污染治理措施，减少污染物的排放量。

（2）防渗漏措施

实验室、危险废物暂存间、收集容器等单元进行地面硬化、防腐、防渗处理，按照防渗标准要求进行合理设计，建立防渗设施的检漏系统。在认真采取以上措施的基础上，一旦发生溢出与泄漏事故，会被及时发现，不会对地下水及土壤造成影响。

（3）分区防渗

为防止本项目对地下水造成不利影响，应采取分区防渗措施，对危险废物暂存间、收集容器、放射性废物暂存库等区域定为污染防治区，严格按照相关防腐、防渗要求

进行规范化设计施工，加强管理；其他区域做一般地面硬化即可。

10.10 投资概算一览表

本项目总投资约 2000 万元，估算环保投资 323.5 万元，占总投资额的 16.18%。项目环保投资估算见表 10.10-1。

表10.10-1 污染防治防护设施（措施）及投资估算一览表

要素	环保措施	预期效果	预计投资(万元)
辐射安全管理机构	以文件形式明确管理职责	拟成立辐射安全管理领导小组，指定专门人员负责辐射安全管理工作，并以文件形式明确其管理职责。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施	实验室拟采用耐酸碱、易清洗的PVC地坪，地板和墙壁接缝无缝设计。控制区各房间采用实心砖隔离，墙体刷环氧树脂漆，墙面无缝隙、易去污。工艺设备储罐和管道均为密闭性良好的设备，厚度为5mm不锈钢。	100
	辐射分区管理	控制区：将涉及核素使用的分离间、纯化间、原料间、检测间、成品暂存间和固废间及内部走廊等划为控制区，并在地面上醒目标识该区域范围。控制区出入口设电子门禁，各实验室功能房间及主要通道设置可视化监控系统。监督区：更衣缓冲间、监控室、试剂间、危废间及出口缓冲等划为监督区，在监督区边界设置监督区标识，提示除工作需要外，其他人员不得进入。	30
	安全措施	独立的通风系统、设置负压通风柜以及为所有辐射工作人员配备个人防护用品；配备相关事故应急和消防设施。	15
放射性“三废”	放射性废气	设置机械排风系统，收集废气引至建筑物屋顶排放；排放口设置高效过滤器+活性炭吸附装置处理后排放。	10
	放射性废水	设置3个并联收集容器，每个容器50L，及收集管道。	5
	放射性固废（废液）	设置1间放射性废物暂存库，面积约20.56m ² ，暂存库内设置专用固废（废液）收集桶，定期委托有资质单位对项目产生的放射性废物进行处置。	80
非放射性“三废”	废水	生活污水依托现有化粪池。	/
	废气	实验室设置通风柜收集，通风柜设置局部通风	2
	噪声	采用低噪声设备，合理进行空间布局，采用减振、隔声等降噪措施。	4
	固废	设置1间危险废物暂存间，面积约2.0m ² ，暂存间设置专用收集桶或收集袋，定期委托有资质单位处置；生活垃圾设置垃圾桶分类收集，委托环卫部门清运。	5
	土壤、地下水	分区防渗措施	2
人员配备	辐射防护与安全培训考核	辐射工作人员定期参加辐射防护安全培训及复训，并考核合格。	1
	个人剂量监测	为所有辐射工作人员配备个人剂量计并建立个人剂量档案。	0.5
	人员职业健康监护	为所有辐射工作人员建立人员职业健康档案，定期进行辐射工作人员体检。	2
监测仪器和防护用	环境辐射剂量仪	配备1台环境X-γ剂量率仪、2台个人剂量报警仪	1
	表面污染测量仪	配备1台表面污染监测仪	1

品			
	辐射安全管理制度	建立操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备使用登记制度、人员培训计划、监测方案、完善的辐射事故应急措施。相关制度并上墙。	1
环境影响	环境影响评价	委托有资质单位编制环境影响评价报告	15
竣工验收	竣工验收监测	委托有资质单位开展竣工验收监测，编制验收监测表	10
	环境监测	自主或委托有资质单位对场所、废水、废气排放口等进行监测	20
	环境应急	辐射事故应急演练、人员培训、灭火器材等	2
合计			323.5

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目主体大楼已建成,本次建设只涉及工作场所的内部装饰工程和设备的安装调试,故本次不对建设期影响进行分析。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

11.2.1.1 核素特性

本项目涉及使用的核素 Th-232 和核素 Pb-212 均为天然放射性钍系核素,天然钍系核素主要发生 α 衰变和 β 衰变,衰变过程伴随释放不同能量的 γ 射线, Th-232 自身衰变产生的 γ 射线能量较低,但其子体衰变产生的 γ 射线能量相对较高,且随着时间推移,各子体的活度逐渐增加至达到平衡状态,故在进行辐射环境影响分析时,还应考虑其子体的辐射影响。

表 11.2-1 钍系核素的放射性特性

核素	半衰期	衰变方式 (分支比, %)	α 粒子最大能量, MeV	β 粒子最大能量, MeV	γ 射线最大能量, MeV	空气比释动能率常数, Gy·m ² /(Bq·s)
Th-232	1.405E+10a	α (~100)	4.01 (76.8%)	-	0.059 (0.19%)	2.26E-18
Ra-228	5.75a	β (100)	-	0.0389 (100%)	0.0067(6.2 1E-5%)	2.66E-18
Ac-228	6.15h	β (~100)	-	2.08(8%)	1.588 (3.71%)	3.99E-17
Th-228	1.9116a	α (100)	5.42 (72.7%)	-	0.216 (0.27%)	3.99E-17
Ra-224	3.66d	α (100)	5.686 (95.1%)	-	0.241 (3.95%)	2.82E-18
Rn-220	55.6s	α (100)	6.288 (99.9%)	-	0.55 (0.07%)	4.96E-19
Po-216	0.145s	α (100)	6.78 (~100%)	-	0.805 (0.002%)	5.66E-22
Pb-212	10.64h	β (100)	-	0.573 (9.9%)	0.3 (3.4%)	1.09E-17
Bi-212	60.55min	α (36) β (64)	6.09 (9.6%) 6.05(25%)	2.246 (48.4%)	1.62 (2.75%)	7.05E-18
Po-121	2.99E-7s	α (100)	8.785 (100%)	-	-	-
Tl-208	3.053min	β (100)	-	1.79 (49.3%)	2.614 (99.8%)	1.03E-16

11.2.1.2 α 粒子的辐射影响

当屏蔽材料的厚度等于或大于 α 粒子在该材料中的最大射程时,即可将 α 粒子

完全挡住。根据《辐射防护手册（第一分册） 辐射源与屏蔽》（P419）， α 粒子在某材料的射程计算公式：

$$\text{在标准状态下的空气中的射程： } R = 0.323E_{\alpha}^{3/2} \quad \text{式 11.2-1}$$

$$\text{对其他材料： } R' = 3.2 \times 10^{-4} \cdot \frac{R\sqrt{A}}{\rho} \quad \text{式 11.2-2}$$

式中： R — α 粒子在标态下空气中的射程，cm；

E_{α} — α 粒子的能量，MeV；

R' — α 粒子在某材料中的射程，cm；

ρ —材料密度，g/cm³；

A —某材料的平均质量数。

根据核素放射性特性，其中子体核素 Po-212 衰变时释放的 α 射线能量最大，为 8.785MeV，根据上式计算结果详见下表：

表 11.2-2 α 射线最大射程计算结果

α 射线能量 (MeV)	屏蔽材料	材料密度 ρ (g/cm ³)	材料的平均质量 数 A	在屏蔽材料中的最大射 程 (cm)
8.785	不锈钢	6.8	~56	3.00E-03
	铅	11.34	207	3.46E-03
	水	1	18	1.16E-02
	空气	/	/	8.4

由上表可知，钚系元素衰变产生的 α 射线在空气中射程为 8.4cm，在不锈钢、铅中的所穿透的最大射程仅为几十 μm 量级，项目硝酸钚溶液均在重质材料不锈钢或铅进行屏蔽，即使不考虑 α 射线在溶液中水的吸收，本项目储源容器和设备厚度远大于 α 射线最大射程，因此可认为 α 射线被完全屏蔽，可以忽略 α 射线的外照射影响。

12.2.1.3 β 粒子的辐射影响

当屏蔽材料的厚度等于或大于 β 粒子在该材料中的最大射程时，即可将 β 粒子完全挡住。

根据《辐射防护手册（第三分册） 辐射安全》P22， β 粒子射程：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{\beta\text{max}} \quad \text{式 11.2-2}$$

式中：

d —为粒子在屏蔽材料中的最大射程，cm；

$E_{\beta\text{max}}$ —为 β 粒子最大能量，MeV。

ρ —为屏蔽材料密度，g/cm³。

根据核素放射性特性，其中子体核素 Bi-212 衰变时释放的 β 射线能量最大，为 2.246MeV，根据上式计算结果详见下表则用不同材料做屏蔽时，所需厚度如下表所示：

表 11.2-3 屏蔽 β 粒子所需厚度 (mm)

β 射线能量 (MeV)	屏蔽材料	材料密度 (g/cm^3)	最大射程 d(cm)
2.246	普通玻璃	2.5	4.49E-01
	不锈钢	7.9	1.42E-01
	铅	11.34g	9.90E-02
	水	1	1.12

由上表可知，钍系元素衰变产生的 β 射线在不锈钢、铅中所能穿透的最大射程分别为 1.42mm 和 0.99mm，本项目实验设备等拟采用重质材料不锈钢或铅进行屏蔽，即使不考虑 β 射线在放射源自身以及溶液中水的吸收，本项目实验设备设计的辐射屏蔽厚度（不小于 5mm）均大于 β 射线最大射程，因此可认为 β 射线被完全屏蔽，不会对周围环境产生明显影响。

11.2.1.4 外照射的辐射剂量估算

(1) 体源剂量率计算

对于硝酸钍原料暂存、硝酸钍溶解吸附等工序，辐射源均匀分布在储罐内，应视为半无限大体源，主要考虑原料间和分离间两个房间的储罐视为体源。拟采用 FLUK 程序建立相应模型模拟硝酸钍溶液储罐外的辐射剂量率分布。由于硝酸钍原料均以液态形式储存， β 射线在水中射程较短，因此不考虑韧致辐射，仅考虑 γ 射线的影响。

①源强：原料间设有 1 个储罐，材质 304 不锈钢，密度取 $7.93\text{g}/\text{cm}^3$ ，尺寸为直径为 1m、高度为 1.0m，厚度 5mm。储罐存储 1000kg 硝酸钍溶液（六水硝酸钍质量 500kg，硝酸钍活度约 21.65mCi）；分离间储罐材质 304 不锈钢，密度取 $7.93\text{g}/\text{cm}^3$ ，尺寸为直径为 1.3m、高度为 1.9m，厚度 5mm，储罐内为盘型管，填充树脂填料，正常运行时存在 50kg 硝酸钍溶液保守考虑。

采用 FLUK 模拟软件建模，原料间硝酸钍溶液 1#储罐和分离间 7#储罐建模模型详见下图。

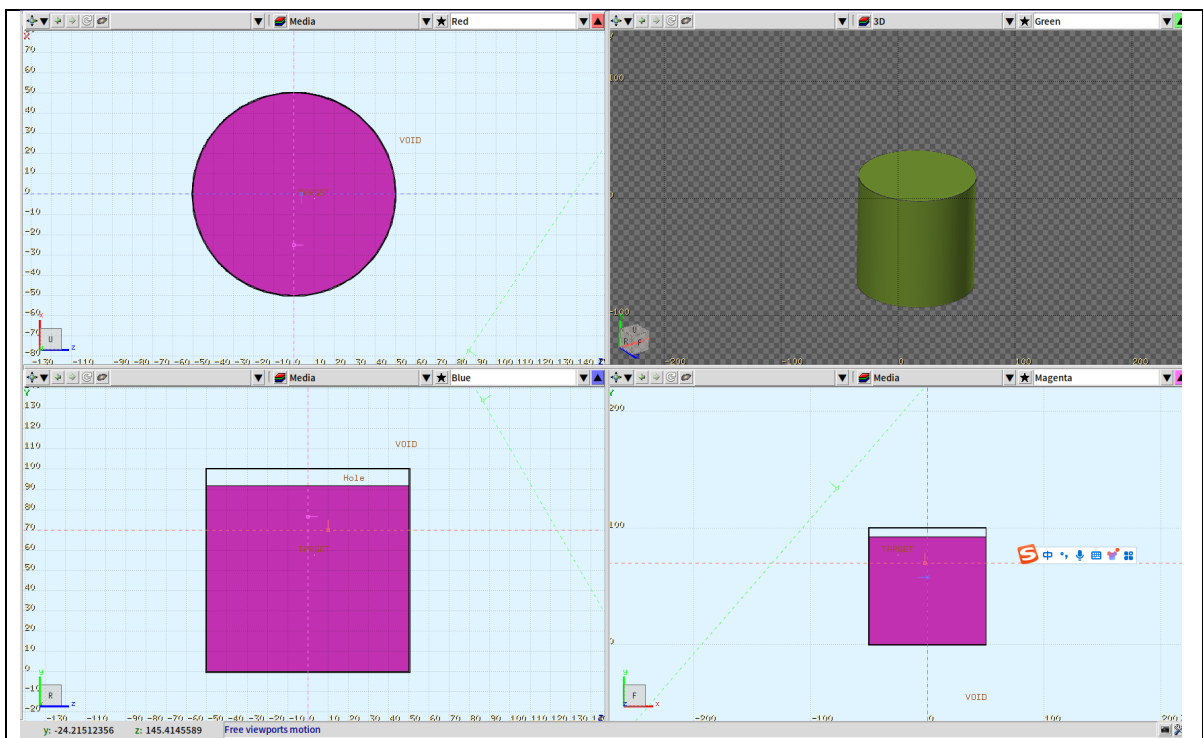


图 11.2-1 原料间硝酸钍溶液 1#储罐蒙卡预测建模模型图

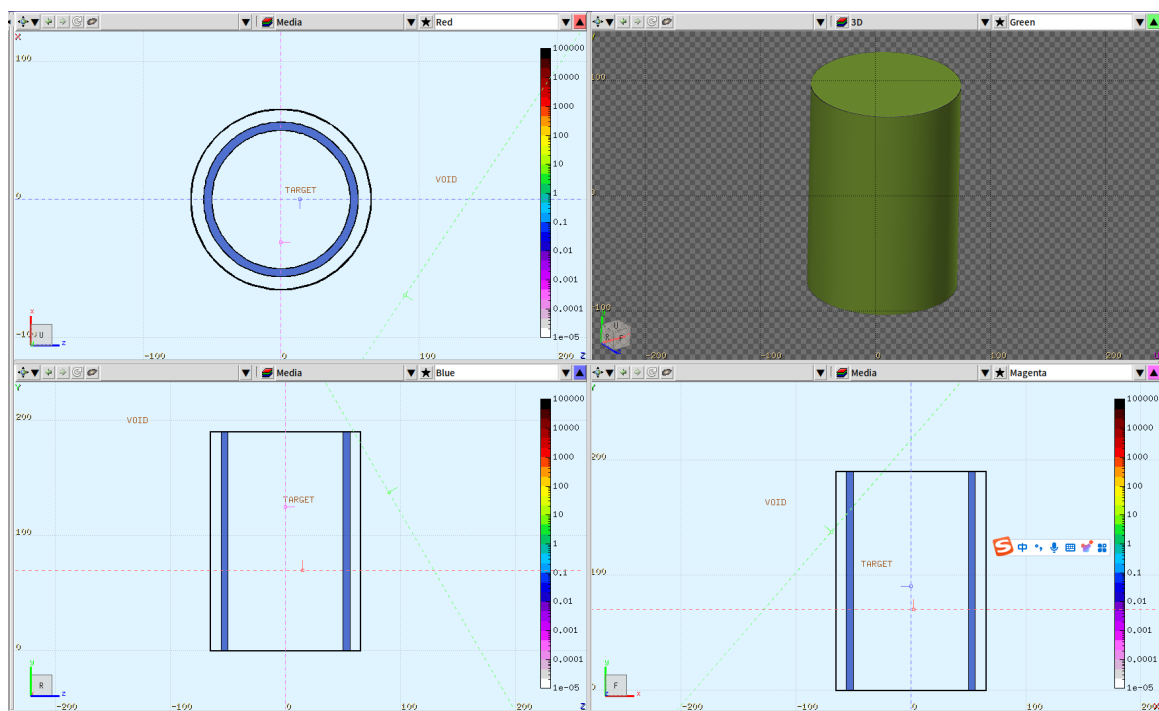


图 11.2-2 分离间粗分离 7#储罐蒙卡预测建模模型图

根据模拟，原料间储罐外剂量率分布如下：

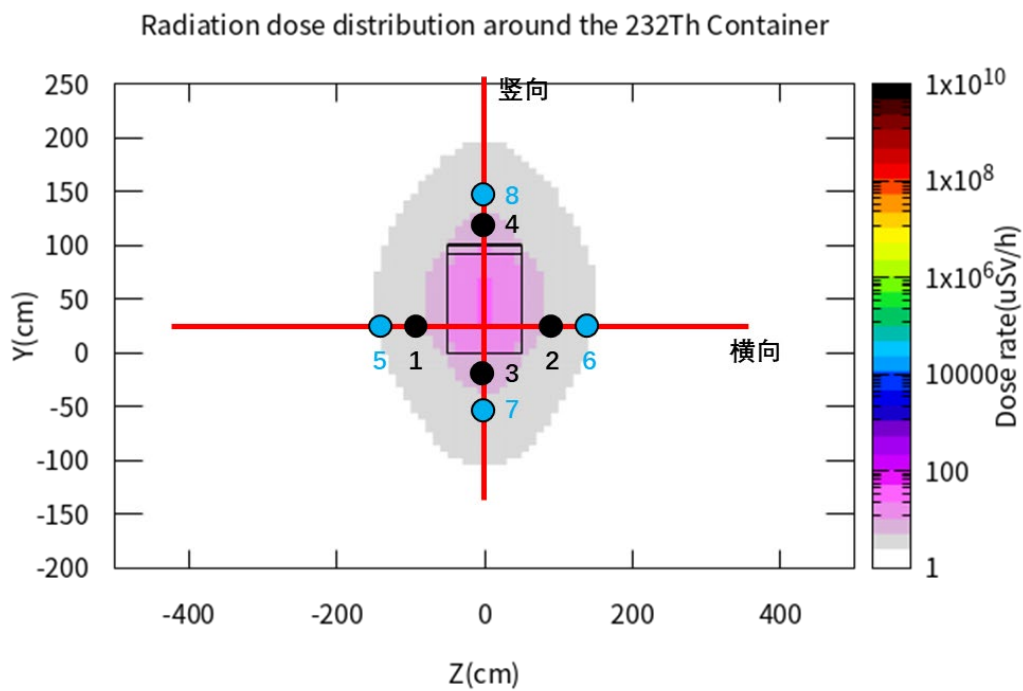


图 11.2-3 原料间硝酸钍溶液 1#储罐剂量率分布图

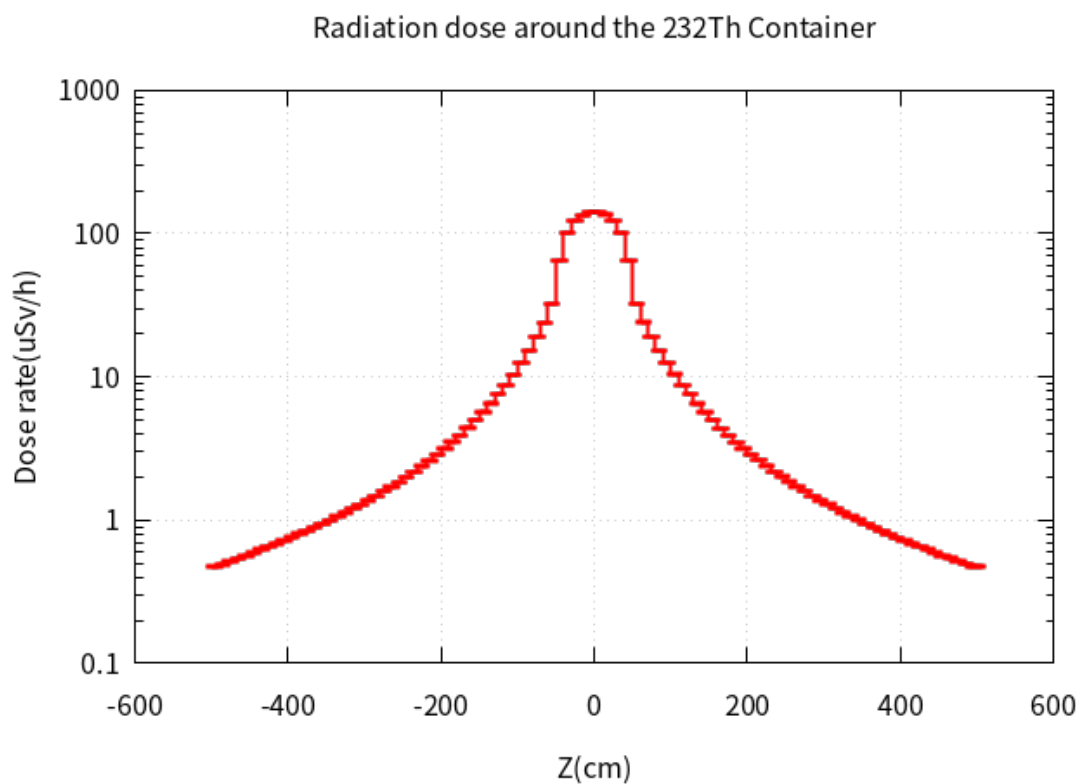


图 11.2-4 原料间 1#罐体横向方向一维剂量率分布图

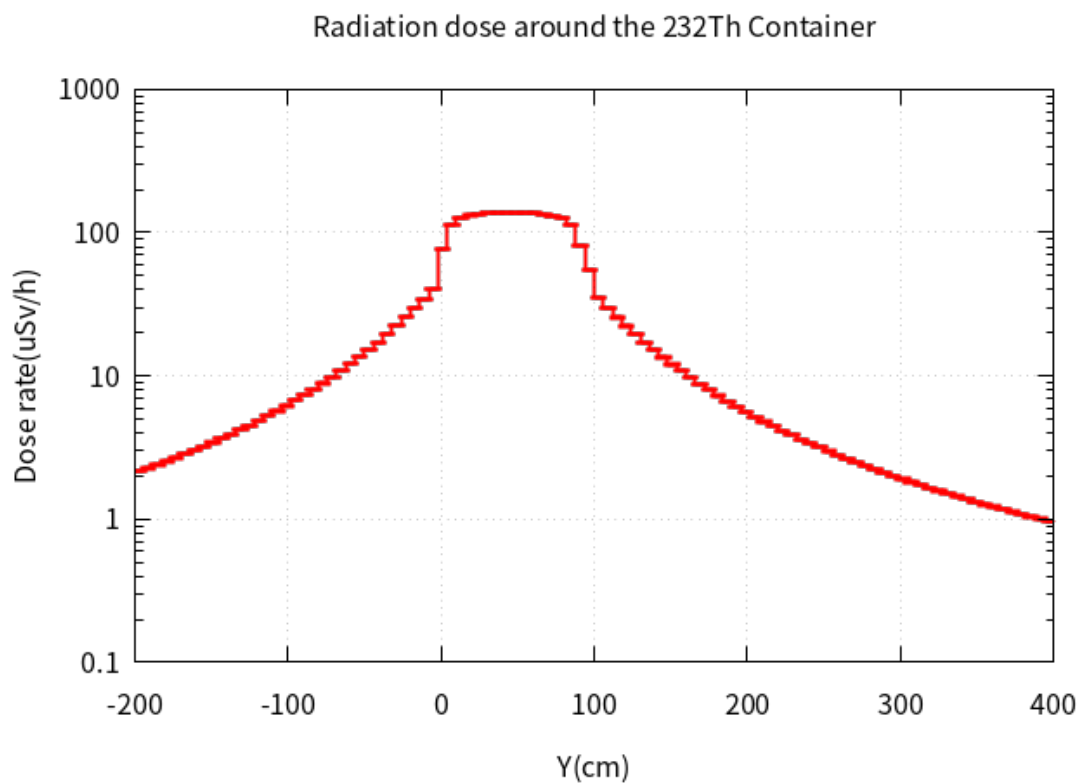


图 11.2-5 原料间 1#罐体竖向一维剂量率大小

分别选取原料间 1#储罐典型的四个位置（距离罐体 30cm 处）和距离溶液中心 100cm 处给出剂量率的大小，相应的剂量率大小如下表所示：

表 11.2-4 1#储罐外辐射剂量率水平

位置	储罐四周外表面 30cm 处	储罐四周距溶液中心 1m 处	储罐底部外表面 30cm 处	储罐底部距溶液中心 1m 处	储罐顶外表面 30cm 处	储罐底部距溶液中心 1m 处
剂量率 (μSv/h)	15.5	11.6	22.5	13.7	18.1	13.5

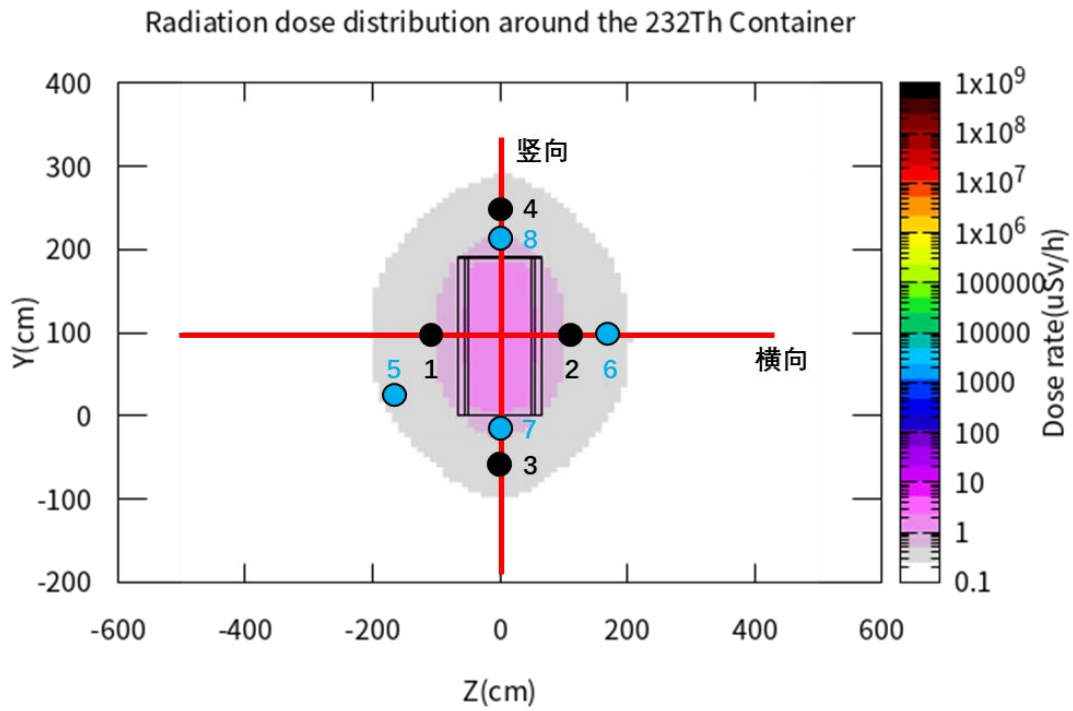


图 11.1-2 分离间粗分离 7#储罐剂量率分布图

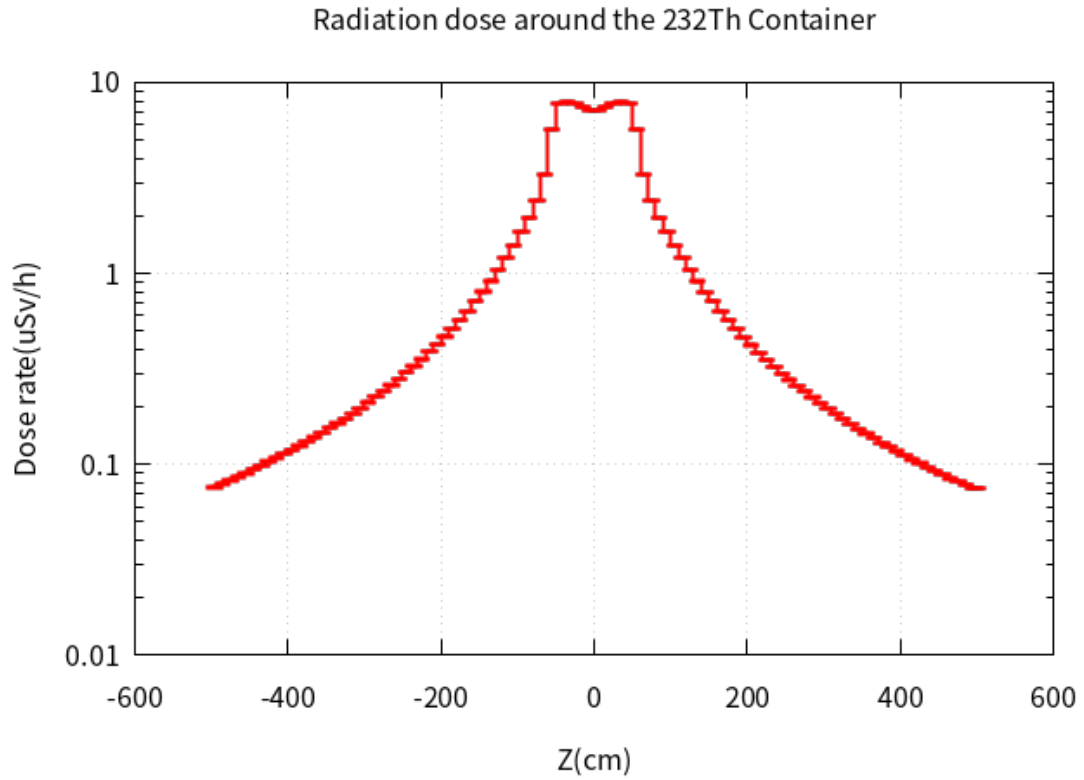


图 11.1-3 分离间 7#罐体横向方向一维剂量率分布图

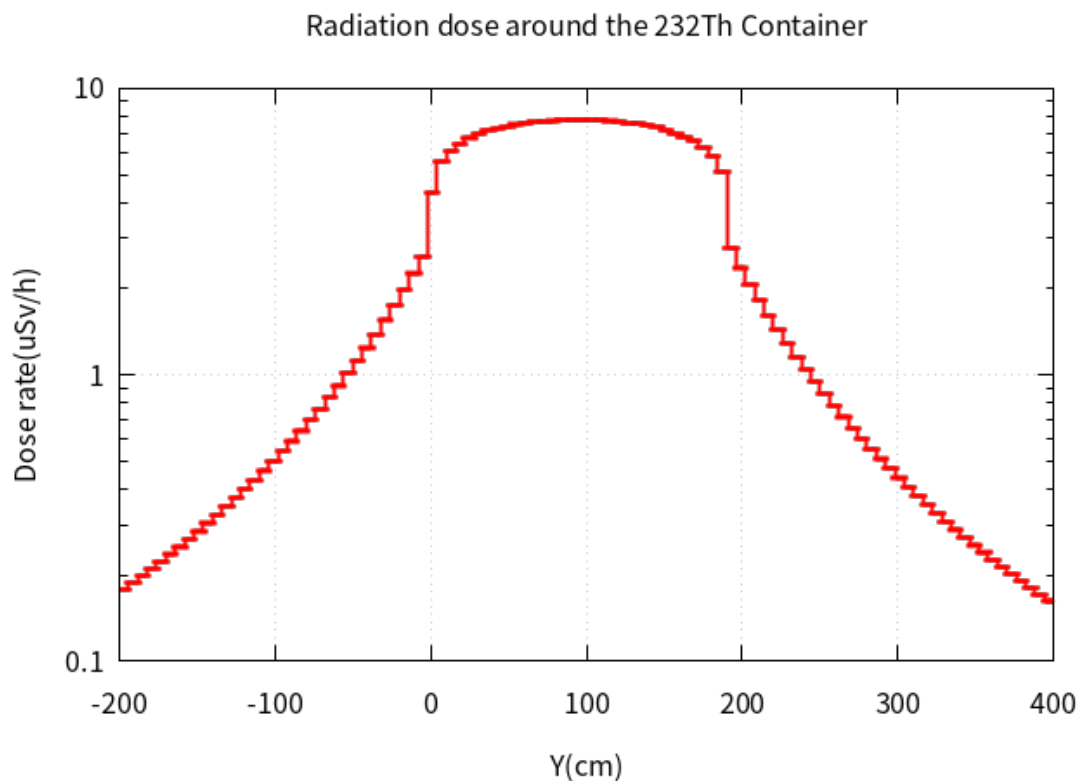


图 11.2-4 分离间 7#罐体竖向一维剂量率大小

分别选取分离间 7#储罐典型的四个位置（距离罐体 30cm 处）和距离溶液中心 100cm 处给出剂量率的大小，相应的剂量率大小如下表所示：

表 11.2-5 7#储罐外辐射剂量率水平

位置	储罐四周外表面 30cm 处	储罐四周距溶液中心 1m 处	储罐底部外表面 30cm 处	储罐底部距溶液中心 1m 处	储罐顶外表面 30cm 处	储罐顶部距溶液中心 1m 处
剂量率 (μSv/h)	1.6	1.4	1.5	2.6	1.5	2.6

对房间墙体外 30cm 处的辐射剂量率估算采样以下公式：

$$H = H_0 \times \frac{r_0^2}{R^2} \times B \times e^{-\mu d} \quad \text{式 11.2-4}$$

式中：H 关注点的辐射剂量率，μSv/h；

H₀ 参考点辐射剂量率，μSv/h；

r₀ 参考点到源点（溶液中心）的距离，m；

R 关注点到源点（溶液中心）的距离，m；

B 积累因子；B 值与源的形状、光子能量、屏蔽介质的原子序数及其厚度等因素有关，当屏蔽层厚度 d=0 时，B 为 1，其余情况下 B>1，查《辐射防护导论》(方杰主

编、李士骏主审)附表 6, 选择对剂量率贡献最大的 2.61MeV γ 射线能量查询相关参数;

μ 放射源对 γ 射线的线减弱系数, cm^{-1} ;

d 屏蔽厚度, cm;

表 11.2-6 线减弱系数一览表

μ (cm^{-1})		2MeV	3MeV	2.61MeV
混凝土	2.35g/cm ³	0.105	0.085	0.093
铅	11.3g/cm ³	0.516	0.476	0.492
水	1g/cm ³	0.049	0.040	0.044
不锈钢	7.9g/cm ³	0.335	0.285	0.305
实心砖	1.8g/cm ³	0.08	0.065	0.071

注:以上数据引用自《Chapter 2:Interaction of Radiation with Matter - interaction of Photons with Matter》(NPRE 441, Principles of Radiation Protection, 2021); *2.61MeV 对应参数数据内插法求得, 实心砖参数根据已知密度近似材料换算求得。

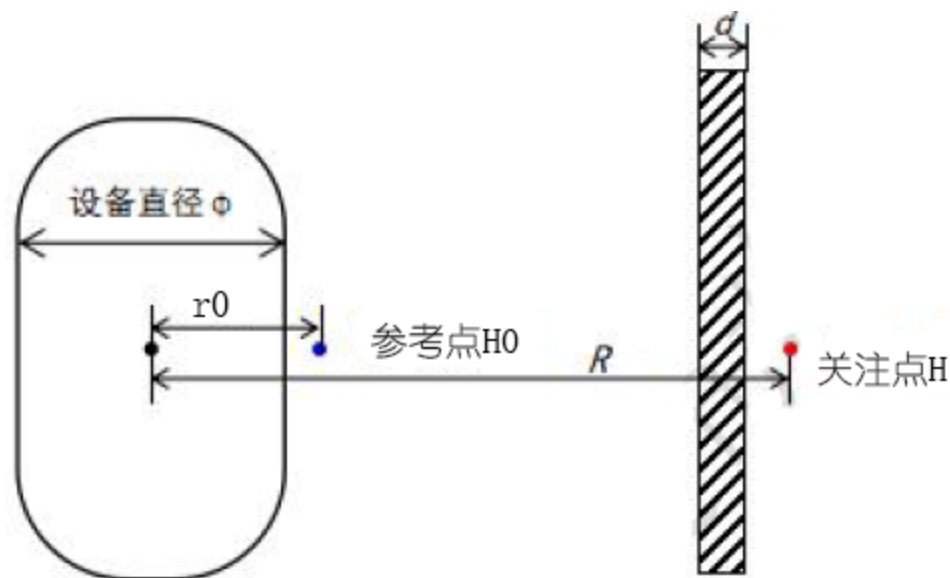


图 11.3-2 关注点剂量率估算示意图

表 11.2-7 硝酸钚溶液原料间和分离间功能用房外 30cm 处剂量率

关注点		屏蔽体厚度 d	μ (cm^{-1})	B	关注点距源点距离(m)	参考点距源点距离(m)	参考点剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
原料间	东墙外 30cm 处	240mm 实心混凝土砖	0.093	2.44	2.5	1	11.6	0.49
	南墙外 30cm 处	240mm 实心混凝土砖	0.093	2.44	1.9	1	11.6	0.84
	西墙外 30cm 处	240mm 实心混	0.093	2.44	2.2	1	11.6	0.63

		凝土砖						
	北墙外 30cm 处	240mm 实心混 凝土砖	0.093	2.44	2.3	1	11.6	0.57
	顶棚外 30cm 处	150mm 混凝土	0.093	1.69	5.0	1	13.7	0.23
	楼下距 地面 1.7m 处	180mm 混凝土	0.093	2.35	3.6	1	13.5	0.46
	北侧防 护门外 30cm 处	2mm 铅	0.492	1	2.3	1	11.6	1.99
分离间	东墙外 30cm 处	240mm 实心混 凝土砖	0.093	2.44	1.8	1	1.4	0.11
	南墙外 30cm 处	240mm 实心混 凝土砖	0.093	2.44	2.0	1	1.4	0.09
	西墙外 30cm 处	240mm 实心混 凝土砖	0.093	2.44	1.8	1	1.4	0.11
	北墙外 30cm 处	240mm 实心混 凝土砖	0.093	2.44	2.3	1	1.4	0.07
	顶棚外 30cm 处	150mm 混凝土	0.093	1.69	5.0	1	2.6	0.04
	楼下楼 板外 30cm 处	180mm 混凝土	0.093	2.35	4.0	1	2.6	0.07
	北侧防 护门外 30cm 处	4mm 不 锈钢	0.305	1	2.3	1	1.4	0.27

注：一楼层高 4.2m，负一楼层高 4.8m。层高指地面至二层底板的距离。1#罐溶液中心高度为 46mm；7#罐溶液距地高度为 80mm。

(2) 点源剂量率计算

对于核素 Pb-212 分离纯化后，辐射源尺寸相对很小，或纯为 Pb-212 核素，可视为点源。参考《辐射防护导论》（方杰主编，P75、P96） γ 射线点源的剂量率计算公式如下：

$$H_0 = A \times \Gamma_k \times R^{-2} \quad \text{式 11.2-5}$$

H_0 关注点处空气比释动能率，Gy/h；

A 放射源的预期最大放射性活度，Bq；

Γ_k 空气比释动能率常数，Gy·m²/(Bq·h)；

R 关注点距离辐射源的距离，m；

纯化间和检测间周围辐射剂量率估算详见下表：

表 11.2-8 纯化间和检测间场所屏蔽体外 30cm 处剂量率

核素	场所	活度 A(Bq)	空气比释动能率常数 Gy·m ² /(Bq·h)	屏蔽厚度	B	R(m)	关注点处空气比释动能率 μGy/h
Pb-212	纯化间墙体 外 30cm 处	2.07×10 ⁸	3.924×10 ⁻¹⁴	240mm 混凝土	20	1.5	0.18
	防护门外 30cm 处			4mm 不 锈钢板	1		3.61
Pb-212	检测间墙体 外 30cm 处	7.40×10 ⁷	3.924×10 ⁻¹⁴	240mm 混凝土	20	1.5	0.06
	防护门外 30cm 处			4mm 不 锈钢板	1		1.29
Pb-212	产品包装容 器外表面 30cm 处	7.40×10 ⁷	3.924×10 ⁻¹⁴	2mm 钢 板+5mm 铅	20	0.3	1.62
Pb-212	通风柜表面 30cm 处	7.40×10 ⁷	3.924×10 ⁻¹⁴	2mm 钢 板+5mm 铅	20	0.8	0.23

B: 为衰减倍数, 查《辐射防护导论》(方杰主编, P75、P96)附表 9 经内插计算所得。Pb-212 伽玛射线能量按 0.25MeV 取值。

综上, 根据估算, 本项目实验室等功能用房四侧墙体屏蔽体外 30cm 处的剂量率均小于 2.5μSv/h, 控制区内防护门外 30cm 处辐射剂量率小于 10μSv/h, 通风柜表面 30cm 处的剂量率小于 2.5μSv/h, 各关注点辐射剂量率均满足相关标准要求。

放射性固废间暂存的放射性废物中核素 Th-232 和核素 Pb-212 中的放射性活度远小于各实验室操作活度, 因此放射性固废间屏蔽体外辐射剂量率远低于其他实验室房间外剂量率, 也能满足屏蔽体外 30cm 处的剂量率均小于 2.5μSv/h 标准要求。

11.2.2 个人剂量分析

(1) 年有效剂量估算公式

人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中公式计算, 计算公式如下:

$$D_{Eff} = D_r \times t \times T \times U \quad (\text{式11.2-6})$$

式中:

D_{Eff} ——辐射外照射人均年有效剂量, Sv;

D_r ——辐射剂量率, Sv/h;

t ——年工作时间, h;

T ——居留因子;

U ——使用因子, 放射性核素以点源考虑, U 取 1。

(2) 年有效剂量估算

① 职业人员

辐射工作人员操作距离按 0.3m 计，根据公司提供资料，实验室年工作 300 天，辐射工作人员工作负荷及所受剂量如下表所示：

表 11.2-9 本项目所致辐射工作人员有效剂量

操作	参考关注点	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年接触时间 (h)	年有效剂量 (mSv)	合计 (mSv)	人均年有效剂量 (mSv)
原料配置、投料、更换树脂	1#储罐外表面 30cm 处	15.5	6	0.093	3.93	共 3 组，每组人员受照剂量 1.31
产品转运、测活、包装等	产品包装容器外表面 30cm 处	1.62	450	0.729		
场所内定期巡检	1#储罐外距溶液中心 100cm 处	11.6	150	1.74		
监控室监控	原料间北侧墙体外 30cm 处	0.57	2400	1.368		

根据估算，工作人员年有效剂量最大为 1.31mSv，低于本评价提出的职业人员年有效剂量约束值 5mSv 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 20mSv 的年剂量限值要求。

② 公众人员

非辐射工作人员以及其他公众禁止进入辐射工作场所。

表 11.2-10 本项目所致公众人员有效剂量

公众	参考关注点	参考值剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	参考点与源的距离 (m)	关注点与源的距离 (m)	居留因子	受照时间	有效剂量(mSv)
楼上办公区 库房	原料间顶棚外 30cm 处	0.23	5	5	1/16	2000	0.03
楼上办公室	分离间顶棚外 30cm 处	0.04	5	5	1	2000	0.08
南侧道路	原料间南侧墙体外 30cm	0.84	1.9	4.9	1/16	2000	0.016
2 幢其他厂房	原料间北侧墙体外 30cm	0.57	2.3	10.3	1/2	2000	0.028
2 幢北侧廊道		0.57	2.3	7.3	1/16	2000	0.007

西侧道路	原料间西侧墙体外30cm	0.63	2.2	17.2	1/16	2000	0.001
保安亭	原料间西侧墙体外30cm	0.63	2.2	27.2	1	2000	0.008
4号楼公众	原料间北侧墙体外30cm	0.57	2.3	23.3	1/2	2000	0.006
负一层库房及停车场	原料间楼下距地面1.7m处	0.46	3.6	3.6	1/16	2000	0.058

由上表可知，本项运行后，周围公众年最大受照剂量为 0.08mSv，为楼上办公区，其他公众年受照剂量最大为 0.058 mSv，均满足本评价提出的公众年有效剂量约束值 0.1mSv 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 1mSv 的年剂量限值要求。

本项目预测已以硝酸钚子体核素中最大能量进行保守预测，实际运行过程中，硝酸钚溶液在水、不锈钢储罐及距离衰减作用下，实际辐射剂量率低于理论预测值。且项目实验室四周紧邻内部道路，人员偶然居留，因此本项目运行不会对周围公众人员产生额外的外照射剂量。

11.2.3 吸入内照射和浸没外照射

（1）工作人员内照射影响

根据工程分析源项分析，本项目吸入所致职业内照射主要考虑氡（Rn-220）的贡献值。根据 GB18871-2002 中表 B2，吸入 Rn-220 剂量转换因子为 $8E-10Sv/(Bq \cdot h \cdot m^{-3})$ 。由于本项目硝酸钚存放形式为液态，并在密闭性良好的储罐内暂存，项目各房间设置有机排风设施，核素 Rn-220 半衰期极短，因此氡气不会在房间内聚集，并且项目设备自动化程度较高，日常仅在监控室内监控设备运行，进入控制区需穿戴个人防护用品和戴口罩，因此可忽略内照射和浸没外照射对辐射工作人员的影响。

（2）公众内照射影响

对于公众，公众人员不能进入实验室内部，产生的内照射主要途径为吸入。项目实验期间，实验室门窗均为关闭状态，通风柜均处于开启状态，实验室内处于微负压环境，因此放射核素不会外溢。项目设备自动化程度较高，实验室废气经高效过滤器+活性炭吸附处理后引至所在建筑物楼顶排放，因此，本项目气态核素高空排放对公众吸入内照射剂量极小，不会对周围公众造成不良影响。

11.2.4 β 表面污染影响分析

本项目辐射工作人员在对放射性核素的操作中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等发生放射性沾污，造成放射性表面污染。由于射线能量低，只要采用相应的防护措施并配备相应的仪器检测，对受污染的手、皮肤、内衣、工作袜、设备、墙壁、地面经采取适当的去污措施，及时清洗，其表面污染水平将不会超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作场所的表面污染控制水平要求。

11.2.5 放射性核素 Pb-212 销售辐射影响分析

项目使用的六水硝酸钍拟由生产厂家负责运输至实验室原料库，由专人进行交接、登记入库。项目实验分离纯化的核素 Pb-212 销售过程的运输，建设单位拟委托有资质的单位运输至客户指定场所，由第三方有资质运输单位选派有运输资质的车辆和从业人员负责运输。项目销售放射性同位素为核素 Pb-212 的 EDTA 溶液，均采用专用包装容器进行包装，单个货包放射性物品活度不高于 2mCi，根据《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019），项目货包为例外货包，例外货包外表面任一点的辐射水平不得超过 5 μ Sv/h。建设单位配有环境 X- γ 剂量率仪和表面污染仪，对包装后的货包进行辐射水平和表面污染水平监测，并将放射源资料和货包监测结果等提供给运输单位，销售之前接收客户应完成放射性同位素转让审批与备案手续，建设单位应在销售活动完成之日起 20 日内向浙江省生态环境厅备案。

由于核素 Pb-212 及其子体均为纯 β 射线或 α 射线，经包装容器、运输车辆等屏蔽作用，项目放射性同位素运输过程对外环境的辐射影响可忽略。

11.3 放射性“三废”影响分析

11.3.1 放射性废水

本项目所涉及分离纯化实验仅在突发人员沾污情况时，需在缓冲间紧急清洁去污，会产生应急去污废水。应急状况下产生的放射性废水在收集池中收集暂存，经监测废水中放射性核素活度满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 8.6.2 款要求和总 α 、总 β 满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）规定的第一类污染物最高允许排放浓（ $\alpha < 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta < 10\text{Bq/L}$ ）标准后，则排入市政污水管网；如不能满足排放标准，则应作为放射性废液委托处置。

通过以上措施，放射性废水得以妥善处置，不会对周围水环境影响造成影响。

11.3.2 放射性废液

本项目分离纯化实验过程中产生的放射性废液主要包括树脂洗脱废液和树脂再生废液。放射性废液采样专用收集桶分类收集后暂存于固废间。放射性废液专用桶外具有符合 GB18871-2002 规范的“当心电离辐射”标志，并在显著位置标有废液类型、核素种类、活度浓度和存放日期等说明。含核素 Th-232 和核素 Pb-212 的放射性废液，由于 Th-232 的半衰期较长，因此不能通过贮存衰变解控，此部分废液均定期交由浙江国辐环保科技有限公司进行转运处置。仅含核素 Pb-212 的放射性废液，此部分废液经暂存超过 5 天，经放射性核素 Pb-212 活度和活度浓度满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 A 中清洁解控水平后，可作为普通危险废物，委托有资质单位处置。

通过以上措施，放射性废液得以妥善处置，对周围环境影响较小。

11.3.3 放射性固废

本项目产生的放射性固体废物主要有经检测确实沾染放射性物质的器具、沾染物品（手套、吸水纸等）、树脂填料、废活性炭和废过滤器等。放射性固体废物用专门收集桶分类收集后，连同垃圾袋存放在固废间，放射性固体废物专用桶外具有符合 GB18871-2002 规范的“当心电离辐射”标志，并在显著位置标有固废类型、核素种类、活度浓度和存放日期等说明。项目产生的放射性固体废物定期交由浙江国辐环保科技有限公司进行转运处置。

固废间须实行双人双锁，专人管理，门上显著位置设置电离辐射警告标志，并在平时工作中对该房间及周围环境加强辐射剂量的监督监测。另外，放射性废物送至固废间以及放射性废物整备、转运处理，尽量选在周边公众人员流动量较少的时间段进行。

本项目放射性固废主要含有 Th-232 及 Pb-212 天然钍系核素，为低水平放射性废物。建设单位已与浙江国辐环保科技有限公司签订放射性废物的委托放射性废物整备转运技术服务协议，由浙江国辐环保科技有限公司提供技术支持，每半年一次进行转运处置。

通过以上措施，放射性废弃物得以妥善处置，对周围环境影响较小。

11.3.3 放射性废气

本项目实验均在密闭程度较高的储罐或管道内进行，且硝酸钍均以溶液状态存

在，分离纯化过程均在常温常压条件下进行，不涉及高温操作，微量含放射性核素气态组分经由专用排风管道抽排至所在建筑的屋顶排放，排放口高出建筑物屋脊。楼顶上方无人员停留，对周围环境影响较小。

11.4 非放射性“三废”影响分析

11.4.1 废气

1、废气达标排放分析

本项目非放射性废气主要为实验室内产生的氮氧化物和氯化氢等。实验室内均设置有通风柜，所有溶液配置操作均在通风柜内进行，通风柜废气经收集后经活性炭吸附处理后由 53m 高排气筒排放。NO_x 的排放浓度可以满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 标准要求，氯化氢的排放可以满足《制药工业大气污染物排放标准》（DB33 310005-2021）标准要求。

企业在落实环评所提出的废气防治措施后，各污染物均能达标排放，企业正常运行不会对周边环境造成较大影响。

11.4.2 废水

本项目需要纳管的废水为主要为生活污水。生活污水水质较简单，冲厕污水经化粪池预处理后，符合市政污水管网纳管标准。

项目生活污水依托现有化粪池预处理后纳入市政污水管网，由杭州七格污水处理厂进一步处理后最终排放，废水属于间接排放。生活污水经化粪池预处理后水质能达到纳管标准。经查阅相关资料，本项目所在地在杭州七格污水处理厂的截污范围内，市政污水管网已接通至污水处理厂。同时，项目废水量小且水质简单，不会对污水处理厂造成冲击。可见，项目依托杭州七格污水处理厂可行。因此，项目生活污水经化粪池预处理后可达到后纳管标准，再经过杭州七格污水处理厂处理后，项目废水污染物得到进一步削减，对地表水环境影响较小。

11.4.3 噪声

本项目主要声源为排风风机和泵。本项目泵均安装在室内，风机安装在楼顶。噪声源强声功率级 70~75dB（A）。一般消声百叶窗的隔声量约 10dB，框架结构楼层隔声量约 20~30dB，本项目建筑物隔声量取 20dB。则本项目实验室产生的噪声经墙体隔声后对四周边界噪声贡献值可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准限值要求，对周围环境影响不大。

11.4.4 固废

(1) 固废废物产生情况及处置方案

本项目固废主要为废试剂瓶、实验器具及职工生活垃圾等。废试剂瓶、实验器具为危险废物，均委托有资质单位处置，生活垃圾委托当地环卫部门清运。

表 11.4-1 项目固废处置方案

序号	固体废物名称	产生环节	形态	主要成分	废物代码	预测产生量 (t/a)	处置去向
1	废试剂瓶、废实验器具	普化实验	固态	无机物、玻璃等	HW49 (900-041-49)	0.1	
2	生活垃圾	员工生活	固态	生活垃圾	/	2.4	环卫部门清运

(2) 危险废物贮存场所（设施）影响分析

企业实验室拟建设 1 个危险废物暂存库，位于实验室内东侧，占地面积约 2.0m²，总贮存能力约为 0.5t。企业按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求设计、建设密闭式危废堆场，做到防渗、防风、防雨、防晒要求。总体上项目选取的危废暂存库位置相对合理，较为可行。企业将根据危废产生量、危废种类和暂存周期对危废暂存库进行了分区规划，危险废物暂存间面库可以满足管理和贮存需要。

危险废物暂存库为永久建筑，密闭设计，地面经防腐防渗处理，符合“防风、防雨、防晒、防渗漏”要求。危险固废暂存库的危险固废分质收集、分类存放。危废暂存间内用于存放危险废物的容器必须与所存放的危废具有良好的相容性，暂存间地面设置良好的防渗漏处理，使得暂存过程中万一泄漏出来的废液能得到有效收集，不会经地面渗入地面下，污染土壤和地下水环境，不会对周边地表水、地下水以及土壤环境产生影响。

(3) 危险废物运输过程环境影响分析

本项目危废均采用包装桶密封包装，委托有危废资质的机构进行运输及处置，运输车辆为专用车辆。危废运输车辆均按照规定计划路线行驶，正常情况下，危废运输过程不会对周边环境敏感点产生影响。

(4) 危险废物委托利用或处置的环境影响分析

本项目危险废物产生量不大，危废类别为 HW49，杭州区域内危废处置单位完全有能力处置本项目的危废，因此项目危废委托处置具有环境可行性。

综上所述，本项目固废处置符合“减量化、资源化、无害化”为基本原则，在自

身加强利用的基础上,按照规定进行合理处置的前提下,本项目的固体废物不会对周围环境产生明显不利影响

11.4.5 土壤和地下水

经分析,本项目实施过程中对地下水、土壤环境可能造成影响的污染源主要是实验室、危废暂存间等区域,主要污染物为事故状态下泄漏的实验废液、危险废物等。根据设计及环评要求,项目工艺设备和地下水各环保设施均达到设计要求条件,防渗系统完好。正常运行情况下,不会有实验废液、危险废物、废水泄漏情况发生。本项目实验室、危废暂存间等区域均设围堰、PVC胶板等防漏、防渗措施,可有效防止事故状态下对土壤、地下水造成影响。建设单位切实落实好废水的收集输送及危险废物等的贮存工作,做好各类设施及地面的防腐、防渗措施,本项目的建设对地下水、土壤环境影响是可接受的。

11.4.6 环境风险分析

1、风险物质识别

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018),本项目风险物质主要为化学试剂、危险废物等,根据调查,本项目化学试剂及危险物质存储情况见表 11.4-2。

表 11.4-2 项目物料存储情况表

序号	物质名称	单元实际存储量(t)	临界量(t)	q/Q
1	危险废物	0.1	50	0.01
2	浓硝酸	0.01	10	0.001
3	浓盐酸	0.0001	10	0.00001
4	氢氧化钠	0.001	10	0.0001
5	氢氧化钾	0.001	10	0.0001
合计				0.011

根据以上分析,项目总 Q 值小于 1,故环境风险潜势为 I,各风险物质均未超其临界量。

2. 风险源分布情况

经分析,本项目风险源分布主要为实验室、试剂间、危废暂存库等,具体见表 11.4-3。

表 11.4-3 风险源分布一览表

序号	风险源	潜在环境风险	风险物质
1	实验室	泄漏	硝酸钍溶液、氢氧化钠/钾溶液
2	危废暂存间	泄漏	危险废物
3	试剂间	泄漏	浓硝酸、浓盐酸
4	废气治理设施	设施故障，非正常排放	氮氧化物、氯化氢等
5	/	恶劣天气、火灾等	厂内所有风险物质

3. 环境风险简单分析

本项目环境风险简单分析内容见表 11.4 -4。

表 11.4-4 建设项目环境风险简单分析内容表

建设项目名称	浙江秦钍纪元科技有限公司同位素分离纯化项目			
建设地点	浙江省	杭州市	下沙街道	福城路 400 号 2 幢一层
地理坐标	经度	120.33423841	纬度	30.33130538
主要危险物质及分布	本工程主要危险物质为各类实验用化学品，故火灾、爆炸、泄漏是本工程最重要的风险。本项目的危险物质主要在实验室中使用。			
环境影响途径及危害后果（大气、地表水、地下水等）	<p>本工程主要危险物质为各类实验用化学品，故火灾、泄漏是本工程最重要的风险。本项目的危险物质主要在实验室中使用。结合工程特点和项目实验室布局分析，实验原料储存过程中主要可能影响环境的途径主要为化学品泄漏对周边大气、水体和土壤的影响。</p> <p>1、对大气环境的影响 本项目中由于容器、接头密闭不严或人为破坏、操作失误，发生化学品泄漏，会对大气造成污染。</p> <p>2、对水环境和土壤的影响 本项目中由于化学品容器、接头密闭不严或人为破坏、操作失误，发生泄漏，但因实验室药剂浓度均为分析纯，泄漏的化学品渗入地下水后对地下水水质和土壤的影响较小。</p>			
风险防范措施要求	<p>化学品泄漏事故应急措施</p> <p>(1) 通知消防队，监护泄漏区域，防止引起火灾、爆炸。</p> <p>(2) 确定泄漏源的位置，采取相应措施以尽量控制、减少化学品的泄漏量。</p> <p>(3) 停止实验作业。</p> <p>(4) 组织抢修人员进行抢修。</p> <p>(5) 对泄漏出的化学品及时进行清理。</p>			

11.5 辐射事故影响分析

11.5.1 事故风险因素

本项目主要为放射性核素提取纯化研制实验，可能出现的辐射事故有：

- (1) 管理不善，发生放射性核素丢失、被盗事故；
- (2) 辐射工作人员在操作放射性核素过程中违反操作规程或发生误操作，致使

放射性核素泼洒、溢出到工作台和地面，造成辐射污染事故；

(3) 实验室内机械排风装置失效，导致工作场所内局部浓度偏高，造成内照射。

(4) 销售运输过程车辆侧翻导致放射性同位素撒漏。

本项目事故工况产生的污染物及污染途径为表面污染，可能因吸入或误食造成内照射影响。

11.5.2 事故防范与应急措施

针对以上可能发生的事故风险，浙江秦钰纪元科技有限公司应根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，制定辐射事故应急方案。环评建议采用以下预防措施，避免辐射事故的发生和尽量减轻辐射事故的后果：

(1) 凡涉及放射性同位素操作的台面、墙面及地面等，均采用易于去污及拆除的材质，当发生液态放射性同位素泼洒导致的表面玷污事故时，应及时去污，尽量将放射性同位素转移至放射性固体废物，如：迅速用吸附衬垫或滤纸吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。

应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。去污结束后，需用表面污染仪测量污染区，如果 α 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到去污控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于控制区对表面污染的要求为止。

(2) 放射性同位素、放射性废物由专人管理。放射源库及放射性废物暂存库实行双人双锁管理。控制区出入口设置门禁，控制区内各房间均设置有监控。

(3) 制定和完善放射性同位素安全管理制度，在日常工作中，应设置专人负责放射性同位素管理；放射性核素的入库和出库，都由专人进行登记，设立使用台账；建立放射性核素入库及领用台账，登记时注明使用人、使用数量和剩余数量。做好日常检查，防止放射性同位素被盗、丢失。

(4) 实验室通风柜通风系统进行定期检查、维护和维修，建立维护维修制度。实验过程，通风柜通风系统均应保持开启状态，通风柜不能正常工作，应立即停止实验室，不得在通风柜通风系统故障情况下开展实验。

(5) 委托有资质单位选派有运输资质的车辆和从业人员进行运输。货包由专人交接，运输过程对货包采取固定措施，在运输的常规条件下其在车辆内的位置保持不变；运输车辆采取实体防护措施，防止未经批准的人员在运输的常规条件下接近托运

货物；运载期间，无任何装载或卸载作业，运输人员严格遵守公司规定，加强对放射性同位素物品的管理。制定完备的放射性同位素转运规范及应急预案，确保转运过程的安全。一旦发生车辆侧翻导致放射性物品撒漏，运输单位应第一时间通知建设单位，并向单位高层和相关主管部门上报。尽量控制现场，同时采取措施防止放射性同位素扩散。公司派专业人员配合当地生态环境主管部门，清理受污染现场。

通过上述措施，能够有效避免辐射事故的发生或尽量减轻辐射事故的后果。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《浙江省辐射环境管理办法》，当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用放射性同位素的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

根据上述要求，浙江秦钜纪元科技有限公司拟成立辐射安全管理领导小组，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，明确管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。本项目辐射工作人员均至少一名为本科学历以上技术人员，因此辐射安全管理领导小组人员满足要求。

12.2 辐射工作人员管理

（1）个人剂量监测

本项目配备辐射工作人员 6 人，公司拟为辐射工作人员配置个人剂量计。个人剂量计常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

（2）辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求，所有辐射工作人员，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上岗。

公司拟组织 6 名新增辐射工作人员到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全与防护培训并参加考核，考核类别为“科研、生产及其他”，经考核合格后方可上岗。辐射安全管理人员也应参加辐射安全与防护培训并参加考核，考核类别为“辐射安全管理”。

（3）辐射工作人员职业健康体检

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作

岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。职业健康检查项目应包括排泄物中放射性核素分析。

公司拟组织 6 名新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并建立个人健康档案。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应终生保存。公司应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.3年度评估

公司核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

12.4 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律法规要求，使用和销售放射性同位素的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度等，还应有完善的辐射应急措施”。

为了保护辐射工作人员、公众及环境的安全，促进辐射实践的正当性，辐射防护的最优化，规范工作人员的操作规程，根据相关法律、法规、规范的要求，公司拟制定相关辐射防护管理制度与《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》中的相关要求对照如下。

表 12.4-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	应制定的制度		本项目情况
1	A 综合	辐射安全与防护管理大纲	拟制定
3	B 放射性物质	非密封放射性物质的管理规定	拟制定
4		物料平衡管理规定	拟制定

5	C 场所管理	场所分区管理规定	拟制定
6		操作规程	拟制定
7		安保管理规定	拟制定
8		去污操作规程	拟制定
9		安全与防护设施等维修与维护制度	拟制定
10	D 监测	监测方案	拟制定
11		监测仪表的使用和校验管理制度	拟制定
12	E 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	拟制定
13		辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定
14	F 应急	辐射事故/事件应急预案	拟制定
15	G 三废	放射性“三废”管理制度	拟制定
16	H 销售	放射性同位素销售及进出口管理制度	拟制定
17		放射性同位素台账管理制度	拟制定
18	I 贮存、运输和监测	暂存场所管理制度	拟制定
19		放射性货包监测制度	拟制定

公司应在项目运行前，按以上要求制定的符合项目实际情况的辐射安全管理制度，以满足本项目运行期的管理要求。并在项目建成后将《辐射安全与防护管理大纲》《场所分区管理规定》《操作规程》和《辐射事故应急响应程序》及应急联系电话等制作标牌，悬挂于辐射工作场所。项目运行后，公司应根据规章制度内容认真组织实施，并根据国家发布的新的相关法规内容，结合公司的实际情况及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

12.5 环境监测

12.5.1 辐射环境监测

12.5.1.1 监测仪器和防护设备

本项目实验室属于乙级非密封放射性工作场所，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括表面污染仪、环境X- γ 剂量率仪等仪器；对直接从事使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。辐射监测主要包括个人剂量监测、辐射工作场所验收监测和检查、常规监测和检查以及相关记录档案等内容。

浙江秦钰纪元科技有限公司拟配备1台环境X- γ 剂量率仪、1台表面污染仪、2台个人剂量报警仪，能够满足相关辐射防护要求。

12.5.1.2 监测计划

公司可委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底须向生态环境主管部门上报备案。

表 12.5-1 本项目运行期间辐射监测计划

工作场所	监测对象	监测范围	监测项目	自行监测	委托监测
实验室	X-γ辐射空气吸收剂量率	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面	X-γ辐射空气吸收剂量率	1次/季度	1次/年
	表面污染	控制区内地面、墙面、工作台面、通风柜/手套箱表面、废物专用桶表面、各类设备仪器表面；工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。	α/β表面污染	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	1次/年
	土壤	以工作场所为中心，半径50m以内	²³² Th	/	1次/年
	地表水	附近地表水	²³² Th	/	1次/年
	废气	控制区废气排放口	²³² Th	/	1次/年
	废水	废水贮存池或排放口	总α、总β，如总α>0.5Bq/L，总β大于1 Bq/L，应分析 ²³² Th	/	排放前
	放射性固体废物	贮存容器外表面	X-γ辐射空气吸收剂量率和α/β表面污染	/	1次/年
个人剂量监测	个人剂量当量	每个辐射工作人员配备的个人剂量计	H _p (10)	/	最长不超过3个月

12.5.1.3 监测要求

(1) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立个人剂量档案；若发现个人剂量有异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门和卫生部门调查处理。

(2) 项目运行时公司辐射安全管理人员定期对辐射工作场所周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应立即停产查找原因，并进行整改。

12.5.2 非放射性环境要素监测

根据《排污单位自行监测技术指南总则》（HJ819-2017），本项目非放射性环境要素监测计划详见表 12.5-2。

表 12.5-2 非放射性环境要素监测计划表

序号	环境要素	监测点位	监测点位名称	监测因子	年监测频次
1	废气	DA001 厂界四周	气排放口、厂界四周	氯化氢	2
				氮氧化物	2
2	废水	DW001	废水排放口	pH 值、COD、 BOD ₅ 、SS、NH ₃ -N、 TP	1
3	噪声	厂界外 1m 处	厂界外 1m 处	等效连续 A 声级	1 次/季度

12.6 排污许可证管理和总量控制

根据《固定污染源排污许可分类管理名录》（2019 年版），本项目不属于名录中第 1 至 107 类行业的排污单位，也不属于名录第 109 至 112 类规定的锅炉、工业炉窑、表面处理、水处理等通用工序。综上所述，本项目无需纳入排污许可证管理。

根据《关于印发<浙江省建设项目主要污染物总量准入审核办法（试行）>的通知》（浙环发[2012]10 号），本项目不需要进行总量削减替代。项目建议企业总量控制值为 COD 0.076t/a、NH₃-N 0.008t/a。

12.7 竣工环境保护验收

本项目竣工后，公司应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南—污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）和《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的相关要求和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，可自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.8 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，浙江秦钰纪元科技有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；

- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

公司依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《浙江省辐射环境管理办法》的要求，已制定辐射事故应急预案，在预案中明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

12.9 从事辐射活动能力分析

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中关于应用放射性同位素单位使用条件的规定，结合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求》（2020版）中的相关要求，结合项目实际，对公司从事辐射活动能力进行分析评估，并就不足之处提出完善要求。

12.9.1 辐射安全管理基本要求

本项目涉及使用放射性同位素，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，公司需具备的辐射安全管理基本要求见表 12.9-1。

12.9-1 辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	环评要求
1	从事使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	暂未持有辐射安全许可证	严格落实本次环评报告表和批复提出的各项环保措施，并在取得环评批复后及时向发证机关申领辐射安全许可证
2	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	公司拟成立辐射防护与安全管理领导小组	/

3	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	项目建成前公司拟组织辐射工作人员参加生态环境部辐射安全与防护培训平台在线培训，并考核合格后上岗	制定人员培训计划，公司需积极组织本项目辐射工作人员参加生态环境部辐射安全与防护培训平台进行在线培训，并严格落实《辐射工作人员培训制度》
4	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案。特别应做好放射源的防火、防水、防盗、防抢、防破坏、防射线泄漏的实体保卫及防护措施	项目建成前公司拟制定辐射事故应急预案；拟设置相应的实体保卫及防护措施	在项目实施后，公司应根据项目实际运营情况，适时对《辐射事故应急预案》进行修订
5	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	项目建成前公司拟建立相关的规章制度，并将对其进行完善	/
6	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	公司拟配置 1 台 X-γ 辐射监测仪，2 台个人剂量报警仪，1 台表面污染监测仪，配备 6 支个人剂量计	做好监测记录并存档
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	公司拟制定辐射人员个人剂量监测制度与健康管理制度	项目投入运行后将剂量计定期送检，建立个人剂量档案和职业监控档案，并长期保存
8	辐射工作单位应建立放射性同位素与射线装置销售、购入、保管、使用台帐，做到账物相符	公司对拟购放射性同位素做好相关准备工作	拟建立放射性核素购入、保管、使用台账
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	/	项目运行后，按期向发证机构提交《辐射安全与防护年度评估报告》
10	应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	公司拟设置废水收集池，配备专门收集放射性液体废物及固体废物的密闭容器；设废气末端高效过滤器+活性炭吸附装置。	/

12.9.2 辐射安全管理综合要求

本项目涉及使用和销售放射性同位素，根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术

程序的相关要求》中的相关规定，公司需具备的辐射安全管理综合要求见表 12.9-2。

表 12.9-2 辐射安全防护设施汇总对照分析表

序号	检查项目	安全控制措施设计情况	评价	
1*	A 场所 设施	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	场所控制区与监督区划分合理，拟张贴电离辐射标志	符合
2*		场所门外电离辐射警示标志	场所门外拟张贴电离辐射标志	符合
3*		独立的通风设施（流向）	拟设计独立通风系统	符合
4*		有负压和过滤的工作箱/通风柜（乙级以上场所）	拟配备负压通风柜和手套箱	符合
5		易去污的工作台面和防污染覆盖材料	实验台拟使用易去污材料	符合
6*		放射性同位素暂存库或设施	实验室设有放射性物质库	符合
7*		放射性固体废物收集容器和放射性标识	拟配备废物桶，且贴有放射性标识	符合
8		安全保卫设施（贮存场所必须）	视频监控、双人双锁	符合
9*	B 监测 设备	便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）	配备表面污染检测仪	符合
10*		个人剂量计	配备个人剂量计	符合
11		个人剂量报警仪	配备个人剂量报警仪	符合
12	C 放射 性废 物和 废液	放射性下水系统及标识	拟设特殊下水系统并贴有标识	符合
13*		放射性固体废物暂存间（设施）	实验室设有放射性废物暂存库	符合
14		废物暂存间屏蔽措施	设有专用放射性废物暂存间，放射性废物暂存于专用桶密闭暂存。	符合
15		废物暂存间通风系统	拟设计独立的通风管道	符合
16*	D 防护 器材	个人防护用品	拟配备乳胶手套、防护工作服、防护工作鞋、口罩等个人防护用品	符合
17*		放射性表面去污用品和试剂	拟配备放射性表面去污用品和试剂	符合
18		灭火器材	拟设置灭火器和消防栓等消防器材，实验室内设置火灾报警仪	符合
19*	E 库房	入口处电离辐射警示标志	拟设置电离辐射警告标志	符合
20*		双人双“锁”	拟设置双人双“锁”	符合
21*		非法入侵报警装置	/	/
22		监视系统	拟设置视频监控	符合
23*		防盗装置	拟采取防盗措施	符合
24		火灾报警仪	拟设置火灾报警仪	符合
25		应急出口	拟设置应急出口	符合
26*	F 应急 物资	应急处理工具（如剑式机械手等）	/	/
27*		灭火器材	拟配备灭火器、消火栓等灭火装置	符合
28*		放射源应急包装容器	拟设放射性同位素应急包装容器	符合

注：加*的项目是重点项。

12.9.3 结论

浙江秦钜纪元科技有限公司目前具备的能力分析如下：

(1) 拟成立辐射安全管理领导小组和制定有完善的辐射防护管理制度，有领导分管、机构健全。

(2) 拟配备与乙级非密封放射性实验室相符的足量辐射工作人员。

(3) 辐射工作场所的拟设置的防护设施效能符合辐射防护要求。

(4) 事故应急预案可行，辐射安全规章制度较全，基本适应现行辐射工作需要。

通过以上分析，浙江秦钜纪元科技有限公司按照本环评提出的辐射安全防护设施和管理制度进行完善后，公司具备乙级非密封放射性物质工作场所的综合管理能力。

12.10 竣工环境保护验收一览表

表12.10-1 竣工验收一览表

项目	验收内容	验收要求
建设内容	与报告一致	取得环评批复和辐射安全许可证
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	建设单位已成立辐射安全管理领导小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。
辐射安全和防护措施	实验室内控制区地面拟采用厚耐酸碱、易清洗的PVC地胶板，地板和墙壁接缝无缝设计。实验室各房间墙体为240mm实心混凝土砌块，墙体表面易于去污、无缝隙。 实验室实行分区管理，控制区出入口设置门禁系统及电离辐射警告标志；控制区内设置可视化监控系统；设置固废间，并设双人双锁等防盗、防爆、防泄漏等措施。实验室内设通风柜。	满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关剂量率水平和表面污染控制水平要求。
人员配备	新增辐射工作人员拟参加辐射防护培训，均应取得成绩报告单，并按时再培训。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中管理要求。
	本项目新增辐射工作人员拟配置个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量监测档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。
	本项目新增辐射工作人员均应定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。
监测仪器和防护用品	1台环境X-γ剂量率仪和1台表面污染监测仪；6枚个人剂量计，2台个人剂量报警仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。

辐射安全管理		制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备维修制度、台账管理制度、监测制度、辐射事故应急预案等辐射管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求
放射性“三废”处理措施	废水	实验室内设置离线收集桶；去污应急废水设3个有效容积为50L并联收集池。	委托有资质单位处置
	废气	实验室设通风柜；实验室设1套废气管道引至楼顶排放。	达标排放
	固废	设1间放射性废物暂存库；设若干专用固废收集桶	委托有资质单位处置
非放射性废水		生活污水经化粪池（依托）预处理后纳管。	满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准纳管标准
非放射性废气		设通风柜和1套废气处理系统，废气处理系统末端设高效过滤器+活性炭吸附装置，经处理后由屋顶排气筒高空排放	满足《制药工业大气污染物排放标准》(DB33/310005-2021)中标准要求
非放射性固废		设置1间2.0m ² 危废暂存间，定期委托有资质单位处置；生活垃圾设垃圾桶，由环卫部门清运。	妥善处置，不排放
噪声		采用低噪设备，产生设备集中布置，高噪设备如风机等设基础减振、隔声等措施。	满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的3类标准

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

浙江秦钿纪元科技有限公司拟租用位于杭州市钱塘区杭州医药港小镇福城路 400 号安和药谷 2 幢一层西南侧现有厂房，租赁建筑面积约 139m²，投资 2000 万元，建设原料间、分离间、纯化间、检测间、成品暂存间、固废间等实验室，构建从硝酸钍中分离纯化核素 Pb-212 技术研发平台，开展从天然核素硝酸钍中分离纯化核素 Pb-212 的技术研发和销售工作。其中实验室涉及使用放射性核素 ²³²Th 和 ²¹²Pb 开展分离纯化技术研究，为乙级非密封放射性物质工作场所。

13.1.2 选址、布局合理性

本项目实验室位于杭州市钱塘区福城路 400 号安和药谷 2 幢一层，本项目实验室边界外周围 50m 范围主要为安和药谷标准厂房及道路，无居民区、学校等环境保护敏感目标，无明显环境制约因素。因此，从辐射安全与防护的角度来看本项目选址是合理的。

本项目所在建筑物为 12 层建筑，本项目实验室位于 1 层，实验室正上方为公司办公区域，其他区域及以上层均为其他标准厂房。根据项目平面布局，实验室位于 1 层西南侧位置，其东侧为其他厂房，南侧为绿化和内部道路，西侧为绿化和内部道路，北侧为 2 幢内部走廊。实验室依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），划分为控制区与监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。控制区进出口设有实体边界，并安装电子门禁系统，进出口及内部适当位置须张贴醒目且符合 GB18871-2002 标准规定的警告标志，工作区内设置可视化监控系统，禁止无关人员进入工作场所。因此，从辐射安全与防护的角度来看本项目分区和布局是合理的。

13.1.3 辐射安全与防护措施评价

本项目实验室拟采用实心混凝土砌块墙实体屏蔽，墙面及地面拟采用表面易去污、无缝隙材质，场所建设满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中 II 和 III 类工作场所要求。场所实行分区管理，并设置电离警告标志、门禁系统、视频监控系统、火灾报警系统等辐射安全与防护措施；实验室设置有通风柜，控制区出入口设具有表面污染检测和去污功能的卫生通过间，配套有原料暂存间、固废间及废水、固废收集等设施。项目辐射安全与防护措施合理可行，满足相关要求。

13.1.4 辐射安全管理结论

公司拟成立辐射安全管理领导小组，并在运行期前制定一系列的辐射工作管理制度，其中包括《辐射安全与防护管理大纲》、《操作规程》、《非密封放射性物质的管理规定》、《个人剂量监测制度》、《设备检修维护制度》、《人员培训制度》、《辐射场所监测管理制度》、《台账管理制度》、《分区管理规定》、《突发辐射事故的应急处理预案》、《放射性同位素销售管理制度》、《销售台账管理制度》、《放射性物品运输管理制度》等。

公司拟组织项目辐射工作人员参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加重新考核；为所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检有资质单位，建立个人剂量档案并终生保存；辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案并长期保存。

13.1.5 环境影响分析结论

13.1.5.1 辐射影响分析结论

本项目主要辐射污染因子为 α/β 射线、 γ 射线、韧致辐射、放射性表面污染、放射性废气、放射性废水和放射性固废等。

(1) 辐射影响结论

经预测，本项目运行后实验室控制区内工作人员操作位、控制区外人员可到达区域的辐射剂量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制目标值，控制区内防护门外辐射剂量率均低于 $10\mu\text{Sv/h}$ 的控制目标值，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）标准要求。

(2) 保护目标剂量

经预测计算，项目正常运行后，辐射工作人员年受照辐射剂量满足职业人员年有效剂量约束值不超过 5mSv 的要求；公众人员禁止进入辐射工作场所，因此项目运行不会对周围公众人员产生额外的外照射剂量，低于本评价提出的公众人员年有效剂量管理约束值 0.1mSv 的要求。因此，本项目运行过程中对辐射工作人员和周边公众造成的有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员及公众照射剂量限值的要求和项目剂量约束值要求。

(3) 放射性“三废”影响结论

本项目放射性废气经通风柜收集系统经排风管道引至所在建筑物屋顶排入大气环境，对周围环境空气影响较小。

本项目放射性废水主要来自于实验过程中工作人员特殊情况下去污清洗废水，应急去污废水经专用收集容器收集后，经监测总 α 和总 β 满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）规定的第一类污染物最高允许排放浓（ $\alpha < 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta < 10\text{Bq/L}$ ）排放标准后排入市政污水管网，否则应按放射性废物委托有资质单位处置。则放射性废水不会对周围环境产生影响。

项目放射性废物均收集在专业密闭桶内，暂存于放射性废物暂存库，定期委托浙江国辐环保科技有限公司转运处置。放射性废物均得到妥善处置，不会对周围环境产生影响。

13.1.5.2 非放射性“三废”影响结论

项目非放射性“三废”污染因子主要为生活污水、无机废气、固废及噪声。

(1) 废水

项目生活污水经化粪池预处理达标后纳入市政污水管网，经杭州七格污水处理厂统一处理后排钱塘江，因此项目废水不会排入附近地表水，不会对附近地表面造成影响。

(2) 废气

经预测，项目无机废气可以做到达标排放，对周围环境空气影响较小。

(3) 固废

项目固废均可得到妥善处置，危险废物委托有资质单位处置，生活垃圾委托当地环卫部门清运，因此固废对周围环境影响较小。

(4) 噪声

经预测，本项目运行后设备噪声对厂界噪声影响较小，能够满足《工业企业噪声环境排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准。

13.1.6 可行性分析结论

(1) 实践的正当性

浙江秦钿纪元科技有限公司拟建设放射性同位素分离纯化项目，使用硝酸钍从天然钍中分离纯化核素 Pb-212 ，本项目实施后，可推动杭州市及杭州医药港小镇核医疗

产业链的完善和快速发展,对我国核医学技术水平提升有积极作用,具有较好的经济、社会效益和环境效益。本项目对其工作人员和公众产生的影响可以控制在根据最优化原则设置的项目剂量管理约束值以下,其获得的利益远大于辐射所造成的损害,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

(2) 产业政策符合性

本项目将促进我国医用放射性同位素 Pb-212 自主化研发和供应,对照国家以及地方产业政策,属于同位素应用技术开发,为鼓励类产业。因此本项目建设符合相关的产业政策要求。

(3) 杭州市生态环境分区管控方案符合性

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》和杭州市三区三线图,项目所在地属于“钱塘区下沙南部、下沙园区北部产业集聚重点管控单元”,环境管控单元编码为 ZH33011420003,不涉及生态环境保护红线,本项目属于实验室研发和核技术利用项目,项目建设符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单,因此符合生态环境分区管控的要求。

(4) 规划和规划环评符合性

本项目位于杭州市钱塘区福城路 400 号,项目主要从事从硝酸钍中分离纯化核素 Pb-212 的工艺研究和放射性同位素的销售,与医药港小镇规划的主导产业不冲突,符合规划环评环境准入条件清单,因此项目符合相关规划和规划环评要求。

(5) 项目可行性

综上所述,浙江秦钍纪元科技有限公司同位素分离纯化建设项目选址符合国家相关法律法规,符合规划及规划环评要求,符合杭州市生态环境分区管控方案要求,项目平面布局合理可行,公司在落实本报告提出的各项污染防治措施后,其辐射工作场所辐射安全措施及安全管理措施符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)、《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)等标准要求,辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,营运期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围内,因此本项目运行时对周围环境的影响能符合环境保护的要求,故从环境保护角度论证,该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

- (1) 根据实际情况，严格落实辐射安全管理制度；
- (2) 加强对辐射工作人员的教育培训以及再培训，避免辐射事故的发生；
- (3) 建议采用定期对辐射工作人员内照射进行监测；
- (4) 对辐射工作人员要求熟知防护知识，规范辐射工作人员在实验室行为，以减少人员内照射影响。

13.2.2 承诺

- (1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作；
- (2) 严格落实和完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行，并接受生态环境主管部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题；
- (3) 按《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求开展个人剂量监测、工作场所监测和环境监测工作；
- (4) 公司应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的内容和要求，对本项目开展竣工环保验收工作；
- (5) 落实辐射工作人员辐射安全与防护培训、职业健康检查、个人剂量监测等；
- (6) 项目建设和运行过程中，加强内部监督管理，不违规操作、不弄虚作假，并接受生态环境部门的监督检查。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公 章

年 月 日