

核技术利用建设项目

浙江省农业科学院放射性同位素实验室 环境影响报告表

(报批稿)

浙江省农业科学院

2022 年 11 月

环境保护部监制

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	14
表 3 非密封放射性物质.....	14
表 4 射线装置.....	14
表 5 废弃物.....	16
表 6 评价依据.....	18
表 7 保护目标与评价标准.....	20
表 8 环境质量和辐射现状.....	30
表 9 项目工程分析与源项.....	37
表 10 辐射安全与防护.....	54
表 11 环境影响分析.....	68
表 12 辐射安全管理.....	68
表 13 结论与建议.....	88

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江省农业科学院放射性同位素实验室			
建设单位		浙江省农业科学院			
法人代表		***	联系人	***	联系电话 0571-8527****
注册地址		浙江省杭州市石桥路 198 号			
项目建设地点		浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所生物评价楼 (杭州市石桥路 198 号)			
立项审批部门		—		批准文号	—
建设项目总投资 (万元)		500	项目环保 投资 (万元)	50	投资比例 (环保投资 /总投资) 10
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²) 700 (建筑面积)
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类 (医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 使用	☐ II类 ☐ III类		
	其它	无			

1.1 建设单位基本情况

浙江省农业科学院（以下简称“农科院”）是浙江省人民政府直属的综合性公益农业科研机构，创办于 1911 年，主要承担着浙江省农业应用基础研究、高新技术应用及开发研究和科技兴农服务。现有员工 1068 人，专业技术人员 918 人，其中高级职称 446 人、博士（后）456 人，共享院士 1 人。

农科院设有畜牧兽医、作物与核技术利用、植物保护与微生物、农村发展、蔬菜（含农业新品种引进中心）、蚕桑、农产品质量标准、环境资源与土壤肥料、园艺、病毒学与生物技术、食品科学、数字农业、农业装备、水生生物、园林植物与花卉、玉米、柑桔、亚热带作物等 18 个专业研究所和浙江农科实业集团有限公司等院属企业。

全院土地面积 4362 亩，其中海宁、海南、乔司等科研基地土地面积 3528.93 亩；建有办公、科研及科研设施用房 25 万余平方米，其中科研及科研设施用房 23 万余平方米。

目前农科院现有核技术利用项目为浙江省农业科学院作物与核技术利用研究辐照中心。建设单位现持有有效的《辐射安全许可证》，证书编号国环辐证[00183]，种类和范围使用 I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类放射源，发证日期 2020 年 9 月 28 日，有效期至 2023 年 3 月 31 日。

1.2 项目由来

为开展放射性同位素示踪实验等科学实验工作，农科院拟在杭州市石桥路 198 号院内农产品质量安全与营养研究所生物评价楼三、四两层西部建设放射性同位素实验室，建设 1 处非密封源工作场所，为放射性同位素应用项目，开展放射性同位素示踪实验等科学实验工作，具体是将同位素引入土壤或植物实验系统，研究示踪剂在植物和土壤内迁移转化规律。该项目具体由农产品质量安全与营养研究所实施。

根据科研的需要，本项目拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 等 5 种放射性同位素，规模为乙级非密封放射性物质工作场所，实验地点均在同位素实验室内。本项目不涉及野外放射性同位素示踪实验。

根据《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），该放射性同位素应用项目属于“五十五、核与辐射”——“172 核技术利用建设项目”——“乙级非密封放射性物质工作场所”，需编制环境影响报告表。建设单位还应向有权限的生态环境部门重新申请《辐射安全许可证》。为保护环境，保障公众健康，建设单位委托浙江省环境科技有限公司对本项目进行辐射环境影响评价。评价单位按照《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）等规范要求，在工程分析和环境影响筛选的基础上，实施环境现状监测，在此基础上编制了《浙江省农业科学院放射性同位素实验室环境影响报告表》（送审稿）（以下简称“报告表”）。浙江环能环境技术有限公司于 2022 年 6 月 23 日召开《浙江省农业科学院放射性同位素实验室环境影响报告表》技术咨询会，形成专家组意见，同意报告表经修改完善后可上报审批。环评单位根据专家组意见对报告进行修改完善，编制完成《浙江省农业科学院放射性同位素实验室环境影响报告表》（报批稿），供上报审查。

1.3 项目建设内容与规模

1.3.1 项目概况及方案

项目名称：浙江省农业科学院放射性同位素实验室

建设单位：浙江省农业科学院

建设性质：新建

建设地点：浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所生物评价楼（杭州市石桥路 198 号）

建设规模：利用现有生物评价楼闲置实验室约 700 平方米，拟建乙级非密封放射性物质工作场所 1 处，作为放射性同位素实验室，购置数十套实验仪器，主要从事放射性同位素土壤和植物示踪实验。拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 等 5 种放射性同位素，各核素日最大操作量及年操作时间见表 1.3-2。本项目不使用密封放射源和射线装置。本项目具体由浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所建设和运营管理。

本项目放射性同位素实验地点均在同位素实验室内，不涉及放射性同位素室外操作和野外示踪实验。

1.3.2 项目组成

本项目主要组成情况见表 1.3-1。

表 1.3-1 项目组成一览表

工程类别		工程内容
主体工程	实验室	利用现有生物评价楼空置用房，建设放射性同位素实验室 1 处，实验室面积约 700m ² 。
辅助工程	/	无。
公用工程	给水	由市政自来水管网供给。
	排水	市政污水管网已经接通，含短寿命核素放射性废水经衰变池处理后，

环保工程		与其他污废水一并由生物评价楼化粪池预处理后，纳入市政污水管网。
	供电	由所在生物评价楼现有供电设施就近接入
	辐射防护	本项目采用分级管理、分区管理、辐射安全防护措施、配备防护用品和监测仪器（具体见 10.1-5）、设置辐射安全管理机构和制定相关规章制度等措施，能够有效控制辐射影响。
	废水	含 ^{32}P 、 ^{33}P 放射性废水经收集后进衰变池处理后，与生活污水和其他实验室清洗废水排入化粪池，经预处理后排入市政污水管网；含 ^{35}S 放射性废水收集暂存衰变后，可解控；其他核素放射性废水分类收集后，按放射性固废相应要求处置，不排放。
	废气	本项目有机废气产生量较少，放射性核素含量很小，经通风柜收集、活性炭吸附处理后，由生物评价楼南北两个排气口排放。实验室设 12 个通风柜，每个通风柜排放量 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，屋顶设置 2 套活性炭吸附装置，实验室楼南北 2 条排放管，排放口高度不低于 15m。
	固废	实验室内设放射性废物暂存间 1 间，面积约 16.3m^2 ；设非放射性废物间 1 间，面积约 6.1m^2 ；生物评价楼北侧设危险废物暂存间 1 间，面积约 27.5m^2 。
	噪声	采取隔声降噪措施。
储运工程	储源室	在实验室内设放射源储源室 1 间，面积 9.5m^2 ，内设储源铅罐和储源柜。
依托工程	/	依托生物评价楼现有化粪池，尺寸 $4.6\text{m} \times 3\text{m} \times 3.15\text{m}$ 。

1.3.3 原辅材料用量

本项目放射性同位素使用规模见表 1.3-2，本项目还涉及到的实验器材和药品、物质主要见表 1.3-3。

表 1.3-2 各核素操作量及操作时间一览表

序号	核素名称	物理形态	毒性	半衰期	衰变类型	毒性组别修正因子	操作方式与放射源状态修正因子	实际日最大操作量	实际最大年用量(Bq)	年最大使用天数	来源
1	^{32}P	液态/固态	中毒	14.3d	β^-	0.1	1	4×10^9	8×10^{11}	200	外购
2	^{33}P	液态/固态	中毒	25.4d	β^-	0.1	1	4×10^8	8×10^{10}	200	外购
3	^{35}S	液态/固态	中毒	87.4d	β^-	0.1	1	2×10^9	4×10^{11}	200	外购
4	^{14}C	液态/固态	中毒*	5730a	β^-	0.1	1	4×10^9	8×10^{11}	200	外购
5	^3H	液态/固态	低毒*	12.34a	β^-	0.0.1	1	4×10^9	8×10^{11}	200	外购

注：*根据 GB18871-2002，未对液态、固态的 ^3H 、 ^{14}C 毒性分组，本项目保守考虑，参考气

态或蒸汽态毒性分组。

表 1.3-3 原辅材料清单

序号	名称	规格型号	单位	年使用量	最大暂存量	备注
1	甲醇	500mL，分析纯	瓶	150L(300 瓶)	4L	/
2	甲醇	4L，色谱纯	瓶	120L (30 瓶)	12L	/
3	乙腈	500mL，分析纯	瓶	150L(300 瓶)	4L	/
4	乙腈	4L，色谱纯	瓶	120L (30 瓶)	12L	/
5	丙酮	500mL，分析纯	瓶	150L(300 瓶)	4L	/
6	丙酮	4L，色谱纯	瓶	120L (30 瓶)	12L	/
7	乙酸乙酯	500mL，分析纯	瓶	100L(200 瓶)	4L	/
8	正己烷	500mL，分析纯	瓶	100L(200 瓶)	4L	/
9	乙醇	500mL，分析纯	瓶	100L(200 瓶)	4L	/
10	氯化钙	50g，分析纯	瓶	50g (1 瓶)	50g	/
11	闪烁液	/	瓶	20L	4L	/
12	实验土壤	干重	kg	5	/	/
13	实验植物	土培	株	约 84 株	/	/

表 1.3-4 本项目主要原辅材料理化性质表

名称	理化性质
甲醇	分子式为 CH_4O，分子量 32.04。沸点 64.8°C，熔点 -97.8°C，密度为 $0.79\text{g}/\text{cm}^3$，蒸汽压 $13.33\text{kPa}/21.2^\circ\text{C}$，闪点 11°C。无色澄清液体，有刺激性气味。溶于水，可混溶于醇、醚等多数有机溶剂。易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸，与氧化剂接触发生化学反应或引起燃烧。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。主要用于制甲醛、香精、染料、医药、火药、防冻剂等。 CAS 号：67-56-1。
乙腈	分子式为 $\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$，分子量 41.05。沸点 81.1°C，熔点 -45.7°C，密度为 $0.79\text{g}/\text{cm}^3$。蒸汽压 $13.33\text{kPa}/27^\circ\text{C}$，闪点 2°C。无色液体，有刺激性气味，与水混溶，溶于醇等多数有机溶剂。易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物。遇明火、高热或与氧化剂接触，有引进燃烧爆炸的危险。与氧化剂能发生强烈反应。用于制维生素 B1 等药物，及香料、脂肪酸萃取等。 CAS 号：75-05-8。
丙酮	分子式为 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$，分子量 58.08。沸点 56.5°C，熔点 -94.6°C，密度为 $0.8\text{g}/\text{cm}^3$，蒸汽压 $53.32\text{kPa}/39.5^\circ\text{C}$，闪点 -20°C。无色透明易流动液体，有芳香气味，极易挥发。与水混溶，可混溶于乙醇、乙醚、氯仿、油类、烃类等多数有机溶剂。其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸，与氧化剂能发生强烈反应。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。作为有机原料和低沸点溶剂。 CAS 号：67-64-1。

乙酸乙酯	分子式为 $C_4H_8O_2$，分子量 88.10。沸点 $77.2^{\circ}C$，熔点 $-83.6^{\circ}C$，密度为 $0.9g/cm^3$，蒸汽压 $13.33kPa/27^{\circ}C$，闪点 $-4^{\circ}C$。无色澄清液体，有芳香气味，易挥发。微溶于水，溶于醇、酮、醚、氯仿等多数有机溶剂。易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸，与氧化剂接触会猛烈反应。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。主要用作溶剂，及用于染料和一些医药中间体的合成。 CAS 号：141-78-6。
正己烷	分子式为 C_6H_{14}，分子量 86.17。沸点 $68.7^{\circ}C$，熔点 $-95.6^{\circ}C$，密度为 $0.66g/cm^3$，蒸汽压 $13.33kPa/15.8^{\circ}C$，闪点 $-25.5^{\circ}C$。无色液体，有微弱的特殊气味。不溶于水，溶于乙醇、乙醚等多数有机溶剂。极易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸，与氧化剂接触发生强烈反应，甚至引起燃烧。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。用于有机合成，用作溶剂、化学试剂、涂料稀释剂、聚合反应的介质等。 CAS 号：110-54-3。
乙醇	分子式为 C_2H_6O，分子量 46.07。沸点 $78.3^{\circ}C$，熔点 $-114.1^{\circ}C$，密度为 $0.79g/cm^3$，蒸汽压 $5.33kPa/19^{\circ}C$，闪点 $12^{\circ}C$。无色液体，有酒香。与水混溶，可混溶于醚、氯仿、甘油等多数有机溶剂。易燃，其蒸气与空气可形成爆炸性混合物。遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氧化剂接触发生化学反应或引起燃烧。在火场中，受热的容器有爆炸危险。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。用于制酒工业、有机合成、消毒以用作溶剂。 CAS 号：64-17-5。

1.3.4 主要设备清单

实验室拟配备主要仪器设备清单见表 1.3-5。

表 1.3-5 本项目主要仪器设备清单

序号	名 称	单位	数量	备注
1	高分辨液质联用仪	台	1	/
2	高分辨气质联用仪	台	1	/
3	超高效液相串联质谱仪	台	1	/
4	气质联用仪	台	1	/
5	液相色谱	台	1	/
6	氧化燃烧仪	台	2	电加热
7	液体闪烁仪	台	2	/
8	同位素成像仪	台	1	/
9	烘箱	台	2	电加热
10	通风柜	台	12	一体化设备。风机属于设备的一部分，安装在通风柜上部，在实验室内。

1.3.5 公用工程

供水系统：本项目用水由当地市政自来水管网供给。

排水系统：含 ^{32}P 、 ^{33}P 放射性废水经收集后进衰变池处理后，与实验室清洗废水（不含放射性核素）、职工生活污水一并排入化粪池（依托生物评价楼）预处理后，排入市政污水管网；含 ^{35}S 放射性废水收集暂存衰变后，可解控；其他核素放射性废水分类收集后，按放射性废物相应要求处置，不排放。

供电系统：本项目用电由所在生物评价楼现有供电设施就近接入。

1.3.6 生产组织和劳动定员

本项目拟配备员工 15 人，其中辐射安全工作人员 8 人，全年工作约 220 天，年开展放射性核素实验天数约 200 天，每天 8 小时，不设餐饮及住宿。

1.4 项目选址及相关规划符合性分析

1.4.1 项目选址

浙江省农业科学院位于浙江省杭州市石桥路 198 号，单位下属研究院较多，与周围边界不明显。本项目拟建址位于浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所院内在用生物评价楼三、四两层西部。该楼东侧为所内道路，再往东为所内蚕桑楼（为办公、仓储用房）和食品所大楼，南侧为所内道路和停车场，再往南为农科院实验田，西侧为所内道路和绿化带、车棚，再往西为围墙外为农科院院内部道路和试验田，北部为所内绿化带和道路、配电房，再往北为农科院院内道路和钱家河。生物评价楼周边建筑均为浙江省农业科学院院内设施，农田为院内试验田，均已建成，无进改建规划。

本项目拟建址位于三、四两层西部，拟建址东侧为强电间、楼梯和走廊，再往东为其他实验室，南侧、西、北侧均为建筑边界。对应一层、二层为其他实验室，四楼正上方为斜坡式楼顶，正常情况下人不可达。

项目具体的地理位置图见附图 1，实验室平面布置见附图 7。

表 1.4-1 本项目所在生物评价楼周边现状

位置	现状
生物评价楼东侧	所内道路，再往东为所内蚕桑楼、食品所大楼
生物评价楼南侧	所内空地和停车场，再往南为院内试验田
生物评价楼西侧	所内道路、绿化带，再往西为院内道路和试验田
生物评价楼北侧	所内绿化带和道路、配电房，再往北为院内道路和钱家河

表 1.4-2 本项目拟建址周边现状

位置	三楼	四楼
本项目拟建址东侧	强电间、楼梯、走廊，再往东为楼内其他实验室	强电间、楼梯、走廊，再往东为楼内其他实验室
本项目拟建址南侧	建筑边界	建筑边界
本项目拟建址西侧	建筑边界	建筑边界
本项目拟建址北侧	建筑边界	建筑边界
正下方	一楼、二楼均为实验室	

1.4.2 产业政策符合性

本项目属于核技术在农业科学研究领域内的运用。根据《国民经济行业分类》（GB/T4754-2017），本项目属于 M7330 农业科学研究和试验发展行业。根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》相关规定，本项目为其中“六、核能，6 同位素、加速器及辐照应用技术开发”，为鼓励类项目，符合国家产业政策；本项目不属于《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引（2019 年本）》中限制类和禁止类项目，符合杭州市产业政策。因此，本项目的实施符合国家及地方产业政策的要求。

1.4.3 杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案符合性

根据《杭州市生态环境局关于印发<杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案>的通知》（杭环发[2020]56 号），本项目所在区域属于江干区下沙城镇生活重点管控单元（编码 ZH33010420001），该单元的管控要求如下。

表 1.4-3 项目区域所属环境管控单元的管控要求

内容	管控要求
空间布局引导	禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得增加污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。
污染物排放管控	推进生活小区“零直排区”建设。加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管。
环境风险防控	合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。
资源开发效率要求	/
重点管控对象	江干区及下沙新城（下沙街道、白杨街道、九堡街道、丁兰街道、笕桥街道、彭埠街道、闸弄口街道、凯旋街道、四季青街道、采荷街道）城镇生活区。小微企业园一个，即西子智慧产业园。乔司农场产业集聚点（钱塘新区管委会）。

本项目“三线一单”符合性判定情况见表 1.4-4。

表 1.4-4 项目“三线一单”符合性分析

内容	符合性分析
生态保护红线	本项目所在地属于江干区下沙城镇生活重点管控单元（ZH33010420001），周边无自然保护区、饮用水水源保护区等生态保护目标，符合生态保护红线要求。项目的建设符合《浙江省生态保护红线》（浙政发〔2018〕30 号文）相关要求，未触及生态保护红线。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电能、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和试验，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。
环境质量底线	经现场监测，本项目相关辐射工作场所拟建址及周围环境的 X-γ 辐射本底水平未见异常，未见β表面污染。经环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与辐射工作人员、公众的辐射影响满足相关标准要求，是可接受的。“三废”污染物均采取了合理的处理措施，可以做到达标排放，符合环境质量底线要求。
环境准入负面清单	本项目为核技术利用项目，主要用于农业科学同位素示踪试验，不属于生产类项目，符合所在环境管控单元的管控要求。

本项目为科研实验室建设，不属于生产类项目。项目利用现有建筑开展工作，不改变土地现状。项目运行过程中污染物简单，排放量较小，在落实本报告提出的各项污染防治措施基础上，“三废”污染物皆可控制和处理，故项目运营后对周围环境不会产生较大影响。同时，农科院已制定《浙江省农科院辐射事故应急预案》，并设置辐射事故应急小组和应急物资，具备完善的风险防范措施。本项目运行前，建设单位将根据本项目事故类型，完善应急预案，重新申领《辐射安全许可证》。在此基础上，本项目的实施符合杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案的要求。

1.4.4 控规符合性分析

本项目为科研实验室建设，拟建址位于浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所现有生物评价楼内。根据《杭州市石桥单元（XC08）控制性详细规划（修编）》，本项目拟建址位于石桥单元（XC08）内，项目所在楼用地规划为 A35，属于科研用地。根据浙江省农业科学院国有土地使用证（杭江国用（97）字第 261 号），本项目拟建址所在楼土地使用性质为科研用地。本项目为农业科研项目，不改变建筑物用地属性，符合控规用地性质要求。

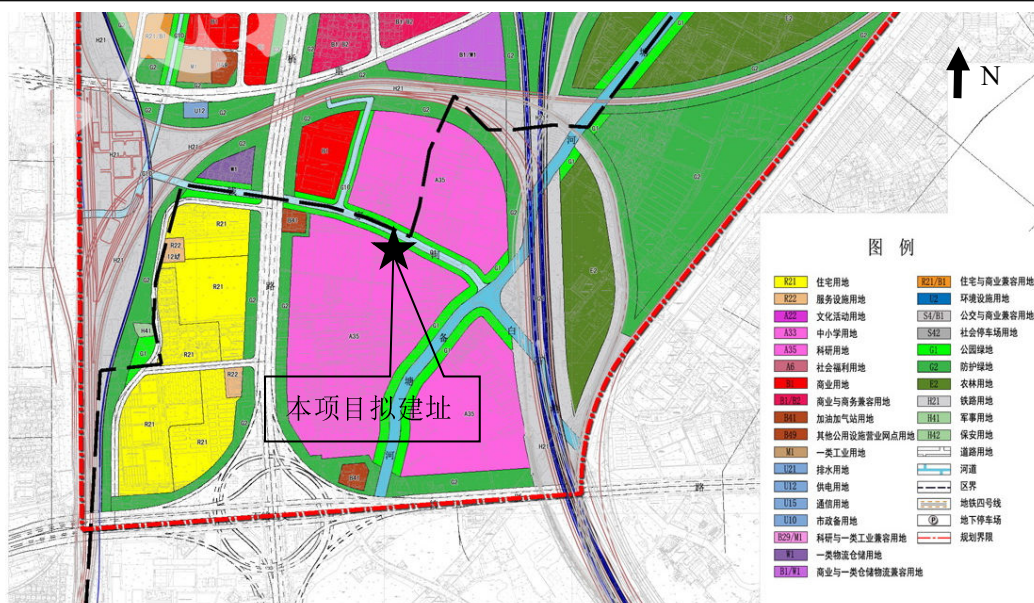


图 1.4-1 石桥单元控规用地规划图（局部）

1.4.5 建设项目环境保护管理条例符合性分析

对照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号），“四性五不批”符合性见表 1.4-5。

表 1.4-5 “四性五不批”符合性分析

建设项目环境保护管理条例		符合性分析
四性	建设项目的环境可行性	本项目位于江干区下沙城镇生活重点管控单元（编码 ZH33010420001），项目建设符合《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150 号）中“三线一单”要求（详见本报告相关章节）。
	环境影响分析预测评估的可靠性	本项目根据《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）对环境影响依据进行了定量或定性分析和评价，环境影响分析预测评估是可靠的。
	环境保护措施的有效性	本项目产生的污染物均有较为成熟的技术进行处理，从技术上分析，只要切实落实本报告提出的污染防治措施，本项目对周围环境与辐射工作人员、公众的辐射影响满足相关标准要求，废气、废水可做到达标排放，固废有合理的处置去向。
	环境影响评价结论的科学性	本环评结论客观、过程公开、评价公正，并综合考虑建设项目实施后对各种环境因素可能造成的影响，环评结论是科学的。
五不批	（一）建设项目类型及其选址、布局、规模等不符合环境保护法律法规和相关法定规划；	项目符合当地控制性详细规划，符合国家和地方产业政策，项目营运过程中各类污染源均可得到有效控制并能做到达标排放，符合环境保护法律法规和相关法定规划。
	（二）所在区域环境质量未达到国家或者地方环境质量标准，且建设项目拟采取的措施	结合生态环境质量公报数据和监测结果，表明本项目所在地 X-γ 辐射水平、α、β 表面污染、相关核素等均处于本底水平，辐射环境质量现状均较好。项目营运过程中各类污染源均可得到有

不能满足区域环境质量改善目标管理要求；	效控制，固体废弃物依法合规处置，各类污染物做到达标排放，对当地环境质量影响不大，不会使环境质量出现降级情况，预计当地环境质量仍能维持在现有水平。
（三）建设项目采取的污染防治措施无法确保污染物排放达到国家和地方排放标准，或者未采取必要措施预防和控制生态破坏；	项目营运过程中各类污染源均可得到有效控制并能做到达标排放。
（四）改建、扩建和技术改造项目，未针对项目原有环境污染和生态破坏提出有效防治措施；	本项目为新建项目，拟建址为建设单位现有生物评价楼空置用房，无原有环境污染和生态破坏问题。
（五）建设项目的环境影响报告书、环境影响报告表的基础资料数据明显不实，内容存在重大缺陷、遗漏，或者环境影响评价结论不明确、不合理。	建设项目环境影响报告表的基础资料数据真实可靠，内容不存在缺陷、遗漏，环境影响评价结论明确、合理。

综上所述，本项目符合环境可行性、环境影响分析预测评估的可靠性、环境保护措施的有效性、环境影响评价结论的科学性的相关要求，不属于“五不批”的情况，符合《建设项目环境保护管理条例》相关要求。

1.5 实践的正当性

放射性同位素的应用在我国是一门成熟的技术，它同位素示踪方面有其他技术无法替代的特点。浙江省农业科学院使用放射性同位素开展同位素示踪等科学实验工作，对提升我国农业科研领域研发进度、对保障生态环境安全、农产品质量和国民生命健康具有重要意义，具有较好的经济、社会效益和环境效益。本项目运行所至辐射工作人员和周围公众成员的附加年有效剂量符合项目剂量约束限值要求，其获得的利益远大于辐射所造成的损害。只要按规范操作，严格管理，本项目符合《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“正当实践”的原则。因此，本项目的实践是正当可行的。

1.6 现有核技术利用项目情况

1.6.1 现有项目环评、验收和取证情况

建设单位现有核技术利用项目为浙江省农业科学院作物与核技术利用研究辐照中心，即国家水稻改良中心辐射育种研究室辐照装置改扩建项目，该项目具体由浙江省农科院作物与核技术利用研究所建设和运营管理。该中心共有4个辐照室，其中1号、2号辐照室设

计装源均为 ^{60}Co 15 万居里（1 居里= $3.7\times 10^{10}\text{Bq}$ ），3 号辐照室设计装源为 ^{137}Cs 5 万居里，4 号辐照室设计装源 ^{60}Co 49 万居里。辐照中心环评文件于 2000 年 5 月 23 日取得原浙江省环境保护局批复意见（浙环开建[2000]58 号），其并于 2005 年 7 月 19 日取得原浙江省环境保护局验收意见（浙环辐验[2005]3 号）。目前该项目正常运行。

建设单位已取得由生态环境部核发的《辐射安全许可证》，证书编号国环辐证[00183]，种类和范围使用 I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类放射源，发证日期 2020 年 9 月 28 日，有效期至 2023 年 3 月 31 日。根据密封放射源登记情况，辐照中心现有放射源 ^{137}Cs I 类源 1 枚，V 类源 2 枚，其余均为 ^{60}Co I 类源，建设单位现有辐射活动的环评规模、验收规模与许可规模一致。

1.6.2 辐射安全管理现状

1、现有辐射安全领导小组设立情况

建设单位已成立辐射安全防护管理领导小组，以浙江省农业科学院作物与核技术利用研究所所长为领导小组组长，负责单位的辐射安全与防护监督管理工作。小组成员组成上涵盖了现有核技术利用项目涉及的部门，明确了相关负责人和各成员及其职责，内容较为完善。

2、现有辐射安全规章制度的制定与落实

建设单位已根据相关法规要求制定了一系列的辐射安全防护管理规章制度，包括《核安全文化学习与实践》、《来客登记和安全保卫制度》、《人事管理和职工培训制度》、《辐照装置安全防护管理规章制度》、《辐照装置运行管理人员岗位责任制》、《辐照室运行人员值班纪律和奖惩制度》、《放射源更换加装管理制度》、《辐照装置（I II III 号）控制系统操作规程》、《IV 号辐照装置控制系统操作规程》、《辐照装置安全防护设施维护检修制度》、《辐射环境检测制度》、《检测仪器使用和校验管理制度》、《“三废”管理制度》、《订购、退役时运输管理制度》、《个人计量检测和职业健康检查制度》、《浙江省农科院辐射事故应急预案》等。

农科院现有辐射管理制度较为全面，符合相关要求。农科院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、监测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

3、现有在岗辐射工作人员管理

农科院现有辐射工作人员合计 8 名，均已取得辐射安全与防护知识考核合格证书，并

按期开展个人剂量检测和职业健康体检。2021 年度个人剂量检测，各辐射工作人员周期有效剂量最大值为 0.12mSv/a。

4、现有辐射监测仪器和防护用品

农科院现有辐射监测仪器与防护用品统计清单见表 1.6-1。

表 1.6-1 农科院现有辐射监测仪器和防护用品清单

序号	仪器名称	型 号	购置日期	仪器状态	数量
1	辐射剂量报警仪	GHZ 100	2021.5	正常	4
2	便携式 X-γ辐射监测仪	Rp6000	2019.8	正常	1
3	固定式剂量多通道剂量率监测仪	GEM	2016.12	正常	1
4	固定式剂量多通道剂量率监测仪	GEM	2014.7	正常	2
5	便携式 X-γ辐射监测仪	Rp6000	2016.7	正常	1
6	便携式 X-γ辐射监测仪	Rp6000	2015.12	正常	1
7	手持式 X-γ辐射巡检仪	GHZ 1000	2021.5	正常	1
8	个人剂量计	热释光	/	正常	10

5、场所监测与年度评估

农科院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测。经与建设单位核实，公司已委托浙江建安检测研究院有限公司于 2021 年 10 月 29 日对现有辐射工作场所开展了 2021 年度辐射监测工作，监测结果均满足《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关要求。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及原环保部信息化管理要求，公司应在每年的 1 月 31 号前上报上一年度评估报告并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。经与建设单位核实，公司已于 2022 年 1 月出具本单位的辐射安全与防护状况年度评估报告（2021 年度），并按要求在全国核技术利用辐射安全申报系统上进行网上申报。

6、辐射事故应急

建设单位已制定《浙江省农科院辐射事故应急预案》。建设单位自辐射活动开展以来，无辐射事故发生。建设单位事故应急小组处于正常运行状态，定期组织应急演练。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	³² P	半衰期为 14.3d，常温下为液态或固态，毒性分组为中毒组。	使用	4.0×10 ⁹	4.0×10 ⁸	8×10 ¹¹	同位素示踪科学实验	简单操作	同位素实验室内	暂存在储源室内
2	³³ P	半衰期为 25.4d，常温下为液态或固态，毒性分组为中毒组。	使用	4.0×10 ⁸	4.0×10 ⁷	8×10 ¹⁰	同位素示踪科学实验	简单操作	同位素实验室内	暂存在储源室内
3	³⁵ S	半衰期为 87.4d，常温下为液态或固态，毒性分组为中毒组。	使用	2.0×10 ⁹	2.0×10 ⁸	4×10 ¹¹	同位素示踪科学实验	简单操作	同位素实验室内	暂存在储源室内
4	¹⁴ C	半衰期为 5730a，常温下为液态或固态，毒性分组为中毒组*。	使用	4.0×10 ⁹	4.0×10 ⁸	8×10 ¹¹	同位素示踪科学实验	简单操作	同位素实验室内	暂存在储源室内
5	³ H	半衰期为 12.34a，常温下为液态或固态，毒性分组为低毒组*。	使用	4.0×10 ⁹	4.0×10 ⁷	8×10 ¹¹	同位素示踪科学实验	简单操作	同位素实验室内	暂存在储源室内

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)。*GB18871-2002，未对液态、固态的 ³H、¹⁴C 毒性分组，本项目保守考虑，参考气态或蒸汽态毒性分组。

表 4 射线装置

表 4-1 加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 4-2 X 射线机

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 4-3 中子发生器

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 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
实验废气	气态	^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H	微量	/	/	/	/	设立通风柜,拟设置活性炭吸附处理装置,经吸附处理后外排
实验清洗废水	液体	/	/	/	/	/	/	经化粪池预处理后达标纳管
生活污水	液体	/	/	/	/	/	/	
放射性废水	液体	^{32}P	7.52×10^{-15}	7.52×10^{-15}	7.52×10^{-15}	总 β : <10Bq/L	衰变池衰变处理	经衰变处理后,送至化粪池预处理后达标纳管(排入大于 10 倍流量的普通下水道)
		^{33}P	1.56×10^{-5}	1.56×10^{-5}	1.56×10^{-5}			
		^{35}S	根据实际使用情况	不排放	不排放	不排放	分类收集,暂存在放射性废物间	衰变处理,满足清洁解控水平后,按危险废物处置要求,委托有资质单位安全处置。危废代码 900-047-49。
		^{14}C 、 ^3H	根据实际使用情况	不排放	不排放	不排放	分类收集,暂存在放射性废物间	按放射性废物要求,定期交有资质机构处理
放射性废液	液体	^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S	根据实际使用情况	不排放	不排放	不排放	分类收集,暂存在放射性废物间	衰变处理,满足清洁解控水平后,按危险废物处置要求,委托有资质单位安全处置。危废代码 900-047-49。
		^{14}C 、 ^3H	根据实际使用情况	不排放	不排放	不排放	分类收集,暂存在放射性废物间	按放射性废物要求暂存和管理,定期交有资质机构处理
放射性废物	固态	^{32}P	根据实际使用情况	不排放	不排放	不排放	废物间暂存 219 天后可解控	暂存若干个半衰期后解控,按危险废物处置要求,委托有资质单位安
		^{33}P					废物间暂存 51 天后可解控	

		³⁵ S					废物间暂存 378 天后可解控	全处置。危废代码 900-047-49。
		¹⁴ C					暂存于放射性废物间	按放射性废物要求暂存和管理，定期交有资质机构处理
		³ H					暂存于放射性废物间	
废活性炭	固态	³² P、 ³³ P、 ³⁵ S、 ¹⁴ C、 ³ H	根据实际使用情况	不排放	不排放	不排放	暂存于放射性废物间	根据鉴定结果确定处理去向。若总活度、活度浓度高于清洁解控水平，按放射性废物处置要求，需定期交有资质机构处理；若满足清洁解控要求，则按危险废物处置要求，委托有资质单位安全处置。危废代码 900-039-49。
危险废物	固态	/	/	/	/	/	暂存于危废暂存间	委托有资质单位安全处置。危废代码 900-047-49、900-039-49。

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

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）。 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）。 (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）。 (4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）。 (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日）。 (6) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）。 (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护令第 18 号（2011 年 5 月 1 日）。 (8) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号（2018 年 1 月 1 日）。 (9) 《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）。 (10) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号）。 (11) 《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）。 (12) 《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）。 (13) 《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。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）。 (2) 《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）。 (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。 (4) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）。 (5) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）。 (6) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）。 (7) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599- 2020）。 (8) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单。 (9) 《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）。

	(10) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ61-2021) 。 (11) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021) 。
其他	(1) 事业单位法人证书。 (2) 辐射安全许可证。 (3) 国有土地使用证。 (4) 房屋所有权证。 (5) 城镇污水排入排水管网许可证。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目拟建放射性同位素实验室 1 处，拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 等 5 种放射性同位素，规模为乙级非密封放射性物质工作场所。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，确定本项目的辐射评价范围为非密封放射性物质工作场所边界外 50m 的范围。

本项目为报告表项目，大气环境影响评价范围取项目边界外 500m 范围，声环境影响评价范围取边界外 50m 范围。

7.2 环境保护目标

本项目拟建址位于浙江省农业科学院农产品质量与安全研究所内在用的生物生物评价楼三、四两层西部。本项目拟建址东部为楼梯和走廊，三层、四层东部以及一层、二层均为所内其他实验室。

1、辐射环境保护目标

本项目非密封放射性物质乙级场所边界外 50m 范围内主要为所内其他实验室、内部道路、院内实验田，无居民区等环境敏感保护目标，辐射评价范围内示意图详见附件 8。本次评价范围内主要环境保护目标为本项目职业人员，院内其他工作人员以及公众人员。

表 7.2-1 主要辐射环境保护目标

保护目标	人数	方位	最近距离 (m)	照射类型	居留因子	剂量约束 限值 (mSv/a)
辐射工作人员	8 人	场所内	/	职业照射	1	5
楼内其他工作人员	50 人	东侧	10	公众照射	1	0.25
		正下方	2	公众照射	1	
		南侧	19	公众照射	1	
楼内过道、楼梯公众	100 人次/ 天	东侧	2	公众照射	1/16	
院内道路公众	200 人次/ 天	西侧	11	公众照射	1/16	
		北侧	24	公众照射	1/16	
院内试验田公众	10 人次/天	南侧	40	公众照射	1/16	
		西侧	20	公众照射	1/16	

2、地表水、大气、声环境保护目标

本项目废水纳管，不涉及饮用水水源保护区，无地表水环境保护目标。项目周围 50m 范围建筑物均为建设单位用房，无声环境保护目标。主要环境空气环境保护目标见表 7.2-2。

表 7.2-2 主要环境空气环境保护目标

序号	名称	相对位置	最近距离（m）	规模	保护级别
1	农科院社区	南	175	11 幢，约 2200 人	大气二级
2	金禾嘉苑	西南	410	6 幢，约 3800 人	大气二级
3	农科院幼儿园	西南	260	1 处，约 500 人	大气二级
4	汇丰里住宅小区	北	470	在建	大气二级
5	规划居住用地	西	310	规划	大气二级

3、地下水、生态环境保护目标

本项目边界外 500m 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。本项目在建设单位现有范围内实施，不新增用地，无须调查生态环境保护目标。

7.3 评价标准

7.3.1 辐射环境

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

（1）防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

（2）剂量限值

第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

第 B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关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：

a) 年有效剂量，1mSv；

表 7.3-1 个人剂量限值

适用范围	年有效剂量限值 (mSv/a)
辐射职业照射	20
公众照射	1

遵循辐射防护最优化原则，在考虑了经济和社会因素后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；根据项目特点，本项目取职业和公众剂量限值的四分之一作为剂量约束限值，具体如下。

表 7.3-2 个人剂量约束限值

适用范围	本项目个人剂量约束限值 (mSv/a)
辐射职业照射	5
公众照射	0.25

(3) 表面放射性污染的控制

6.2.3 工作人员体表、内衣、工作服以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限制要求。

B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表 7.3-3 所列。

表 7.3-3 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手、工作鞋	控制区 监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹

注：1) 该区内的污染子区除外。

(4) 分区管理

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。

（5）非密封源工作场所的分级

第 6.4.3 款规定，非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

第 C1 款规定，非密封源工作场所的分级应按表 7.3-4 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7.3-4 非密封源工作场所的分级

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

（6）放射性物质向环境排放的控制

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

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

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

（7）豁免

根据 GB18871-2002 附录 A，本项目涉及的放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度见表 7.3-5。

表 7.3-5 本项目涉及的放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度

核素	活度浓度(Bq/g)	活度 Bq
^{32}P	1E+03	1E+05
^{33}P	1E+05	1E+08
^{35}S	1E+05	1E+08
^{14}C	1E+04	1E+07
^3H	1E+06	1E+09

2、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）

本标准适用于放射性同位素生产和应用中操作非密封源的实验室活动；其他操作非密封源的活动可参照使用。

5.2 操作条件

第 5.2.1 款规定，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件，尽可能在通风柜、工作箱或者手套箱内进行。

第 5.2.3 款规定，有可能造成污染的操作步骤，应在铺有塑料或不锈钢等易去污的工作台面上或者搪瓷盘内进行。

7 放射性废物管理

7.1 一般要求

第 7.1.2 款规定，应从源头控制，减少放射性废物的产生，防止污染扩散。

第 7.1.3 款规定，应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。

第 7.1.4 款规定，应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。

7.2 放射性废液

第 7.2.1 款规定，操作非密封源的单位，一般应建立放射性废液处理系统；不得将放射性废液排入普通下水道；不允许利用生活污水系统洗涤被放射性污染的物品。

第 7.2.2 款规定，废液应妥善地收集在密闭的容器内。盛装废液的容器，除了其材质应不易吸附放射性物质外，还应采取适当措施保证在容器万一破损时其中的废液仍能收集处理。遇有强外照射时，废液收集地点应有外照射防护措施。

第 7.2.3 款规定，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。

第 7.2.4 款规定，使用少量或短寿命放射性核素的单位，可设立采取衰变方法进行

放射性废液处理处置系统，该系统应有足够的防渗漏能力。

7.3 放射性固体废物

第 7.3.1 款规定，产生放射性物体废物较多的单位应当建立固体废物暂存库，确保储存的废物可回取。

第 7.3.2 款规定，操作非密封源的单位产生的废物（包括废弃的放射源），应当要求送指定的废物库暂存。送贮的废物应符合送贮条件。

第 7.3.3 款规定，对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法，待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。

7.4 放射性废气排放

第 7.4.1 款规定，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。

9 非密封放射源的管理

第 9.2 款规定，非密封放射源应放在具备防火、防盗等安全防范措施的专用贮存场所妥善保管，不得将其与易燃、易爆及其他危险物品放在一起。

第 9.4 款规定，贮存非密封放射源的保险柜和容器在使用前应经过检漏。容器外应贴有明显的标签（注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起始时间和存放负责人等）。

第 9.5 款规定，存放非密封放射源的库房应采取安保措施，严防被盗、丢失。

3、《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）

本标准适用于核燃料循环各环节和核技术应用与铀、钍伴生矿开发利用所产生的放射性废物的管理。其他实践所产生的放射性废物的管理亦可参照执行。

10 废物的处理

10.2.1.3 款规定，对从事开放性操作的工作项、设备室或区域应考虑分别设置独立的排放处理系统，或净化后并入总的排风系统，以防交叉污染和影响通风系统的正常运行。

10.2.1.6 款规定，过滤器、吸附器、洗涤器等要定期检查其净化效率和压力降，并及时更换净化截止或部件。

11 废物的整备

第 11.2.1 款规定，应将放射性废液庄边陈固态废物体，并封闭在容器中。应根据

放射性废液的特性（化学组成、放射性核素和活度浓度等）和后续贮存、运输或处置的要求选择合适的固体基质（如水泥、沥青、聚合物、玻璃、陶瓷体等）。

第 11.2.5 款规定，应尽可能采用标准包装容器（如废物容器、屏蔽容器、运输容器或外包装），以便于装卸、运输、贮存和处置。

12 废物的贮存

12.2.3 少量核技术应用废物的临时贮存

12.2.3.1 医院、学校、研究所和其他放射性同位素应用单位产生的少量放射性废物（包括废放射源），经审管部门批准可以临时贮存在许可的场所和专用容器中。贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值。

12.2.3.2 应采用安全可靠的贮存容器，建立必要的管理办法，并配备管理人员，防止废物丢失或污染周围环境。

12.2.3.3 临时贮存期满前应把废物送往贮存库或废物处理、处置单位。

12.2.3.4 如果需要较长期（如几年）的就地贮存，应考虑保持废物包在此期间的完整性。必要时应考虑将废物固定或把废物转移到耐辐照、耐侵蚀的容器中，并保证不对工作人员和环境造成危害。

16 免管废物的管理

16.1 目标

按照清洁解控准则，尽量将可免管的废物从其他的放射性废物中分拣或分离出来作为非放射性废物处理、处置，以减少放射性废物的处理、处置费用。

16.2 基本要求

16.2.1 废物的免管须经审管部分确认并以书面文件形式予以批准。

16.2.2 被确认为免管的废物不再作为放射性废物处理、处置，不需要进行辐射安全方面的监督管理。

18 核技术应用废物的管理

18.2.4 核技术应用废物应送往城市放射性废物贮存库集中收贮。对含有较短半衰期核素的废物应实行衰变贮存，直至衰变为免管废物或极低放废物；对动物尸体应进行干燥或无机化处理，以防腐烂变质导致病菌传染；对含有较长半衰期核素的废物，应在完成必要的处理和整备步骤后送低、中放废物处置场处置。城市放射性废物贮存库的选址、设计、建造和运行应满足有关标准和审管部门规定的要求。

18.2.5 医院、学校、研究所和其他放射性同位素应用单位产生的少量放射性废物（包括废放射源）的短期贮存应符合 12.2.3 的规定。

18.2.6 拟排入下水道的免管废液，排放前应单独收集，经衰变并监测合格后才能排放。

4、《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）

8.5 货包和集合包装分级

8.5.1 货包、集合包和货物集装箱应按照表 7.3-6 中规定的条件并下要求划分为I级(白)、II级(黄)或III级(黄)。

表 7.3-6 货包、集合包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
^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。		

7.3.2 水环境

1、地表水环境质量标准

本项目附近地表水体为钱家河。根据《浙江省人民政府关于浙江省水功能区水环境功能区划分方案（2015）的批复》（浙政函〔2015〕71号），钱家河未进行水功能区水环境功能区划分，参照附近水功能区水环境功能划分情况，按目标水质为 IV 类考虑，执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 IV 类标准，具体标准值见表 7.3-7。

表 7.3-7 地表水环境质量标准

序号	水质指标	量纲	IV 类水质标准
1	pH	无量纲	6~9
2	COD _{Cr} ≤	mg/L	30
3	溶解氧 ≥		3
4	氨氮 ≤		1.5
5	总磷 ≤		0.3（湖库 0.1）
6	石油类 ≤		0.5

2、污水排放标准

本项目废水纳管执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的三级标准，NH₃-N、总磷执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）中的 B 级标准。污水

送七格污水厂处理，污水厂尾水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级 A 标准。具体数值见表 7.3-8 和表 7.3-9。

表 7.3-8 《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 单位：除 pH 外为

污染物	pH	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	SS (mg/L)	总磷 (mg/L)	总β放射性 (Bq/L)
纳管标准	6~9	≤500	≤300	≤45*	≤400	≤8*	≤10

注：总 β 放射性为第一类污染物，在处理设施排放口采样；*氨氮、总磷执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）中的 B 级标准。

表 7.3-9 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）

污染物	pH	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	SS (mg/L)
污水厂尾水排放标准	6~9	≤50	≤10	≤5（8）	≤10

注：括号外数值为水温>12℃的控制指标值，括号内数值为水温≤12℃控制值。

7.3.3 环境空气

1、环境空气质量标准

根据杭州市区环境空气质量功能区划，本项目拟建址位于环境空气二类功能区。环境空气基本项目执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及其修改单(生态环境部公告 2018 年第 29 号)中二级浓度限值。根据《大气污染物综合排放标准详解》，非甲烷总烃环境质量标准一次值取 2000μg/m³；丙酮采用《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）附录 D 中的标准。具体见下表。

表 7.3-10 环境空气质量执行标准

污染物	取值时间	二级标准浓度限值 (μg/m ³)	采用标准
PM ₁₀	年平均	70	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 及其修改单
	24 小时平均	150	
PM _{2.5}	年平均	35	
	24 小时平均	75	
TSP	年平均	200	
	24 小时平均	300	
NO ₂	年平均	40	
	24 小时平均	80	
	1 小时平均	200	
NO _x	年平均	50	
	24 小时平均	100	
	1 小时平均	250	
SO ₂	年平均	60	

	24 小时平均	150	
	1 小时平均	500	
CO	24 小时平均	4000	
	1 小时平均	10000	
O ₃	日最大 8 小时平均	160	
	1 小时平均	200	
丙酮	1 小时平均	800	《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2018）附录 D
非甲烷总烃	一次值	2000	《大气污染物综合排放标准详解》

2、污染物排放标准

本项目设置 2 个实验室废气排放口，排放高度大于 15m。由于本项目排放口高度不满足高于周围 200m 建筑 5m 的要求，故实验室废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中表 2 新污染源排放限值，其中排放速率标准值严格 50%执行，具体见表 7.3-11。

表 7.3-11 大气污染物综合排放标准

污染物	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率		无组织排放监控浓度限值	
		排气筒 (m)	速率 (kg/h)	监控点	浓度 (mg/m ³)
非甲烷总烃	120	15	10 (5)	周界外浓度最高点	4.0
甲醇	190	15	5.1 (2.55)	周界外浓度最高点	12

备注：排气筒高度应高出周围 200m 半径范围的建筑 5m 以上，不能达到该要求的排气筒，应按其高度对应的表列排放速率标准值严格 50% 执行。本项目排气筒高度未高出周围建筑 5m 以上，因此须严格 50% 执行，括号内数值为严格 50% 后的数值。

7.3.4 声环境

根据杭州市主城区声环境功能区划，本项目位于 2 类声功能区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。项目场界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准，昼间为 60dB(A)，夜间为 50dB(A)。施工期噪声控制标准执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），昼间为 70dB(A)，夜间为 55dB(A)。

7.3.5 固体废物

本项目一般固体废物参照《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）要求进行处理处置。危险废物的贮存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单规定等有关规定。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目拟建址位于浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所内在用的生物评价楼三、四两层西部。

生物评价楼东侧为所内道路，再往东为所内桑蚕楼和食品所大楼，南侧为所内道路和停车场，再往南为农科院实验田，西侧为所内道路和绿化带、车棚，再往西为围墙外为农科院院内部道路和试验田，北部为所内绿化带和道路、配电房，再往北为农科院院内道路和钱家河。生物评价楼周边建筑均为浙江省农业科学院院内设施，农田为院内试验田，均已建成，无改建规划。

本项目拟建址位于三、四两层西部，拟建址东侧为强电间、楼梯和走廊，再往东为其他实验室，南侧、西、北侧均为建筑边界。对应一层、二层为其他实验室，四楼正上方为斜坡式楼顶，正常情况下人不可达。

项目具体的地理位置图见附图 1，实验室平面布置见附图 7。

8.2 辐射环境质量现状调查和评价

本项目使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 等 5 种放射性同位素，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）第 2.3 条规定，考虑到本项目使用的 ^{14}C 、 ^3H 为长寿命核素，产生的放射性废水单独收集暂存，不会排入衰变池，且项目在三、四楼， ^{14}C 、 ^3H 长寿命核素没有污染地表水、地下水 and 土壤的途径。 ^{35}S 、 ^{32}P 、 ^{33}P 为短寿命核素，一般水中、土壤中或空气中的这些核素的难以监测。故本次辐射环境质量现状评价考虑引用公报数据和现场监测相结合。

8.2.1 环境质量公报

根据《浙江省环境质量报告书（2016-2020）》，2020 年全省空气（水蒸气）和降水中氡的监测点位设置在杭州市的三义村站自动站，监测结果见表 8.2-1。

监测结果表明，空气（水蒸气）和降水中氡活度浓度均未检出，未见异常。

表 8.2-1 空气（水蒸气）和降水中氡监测结果

监测项目	单位	点位数	n/m*	范围
空气（水蒸气）中氡	mBa/m ³	1	0/1	——
降水中氡	Bq/L	1	0/4	——

注：*m 是测量样品总数量，n 是高出探测限的样品数量。

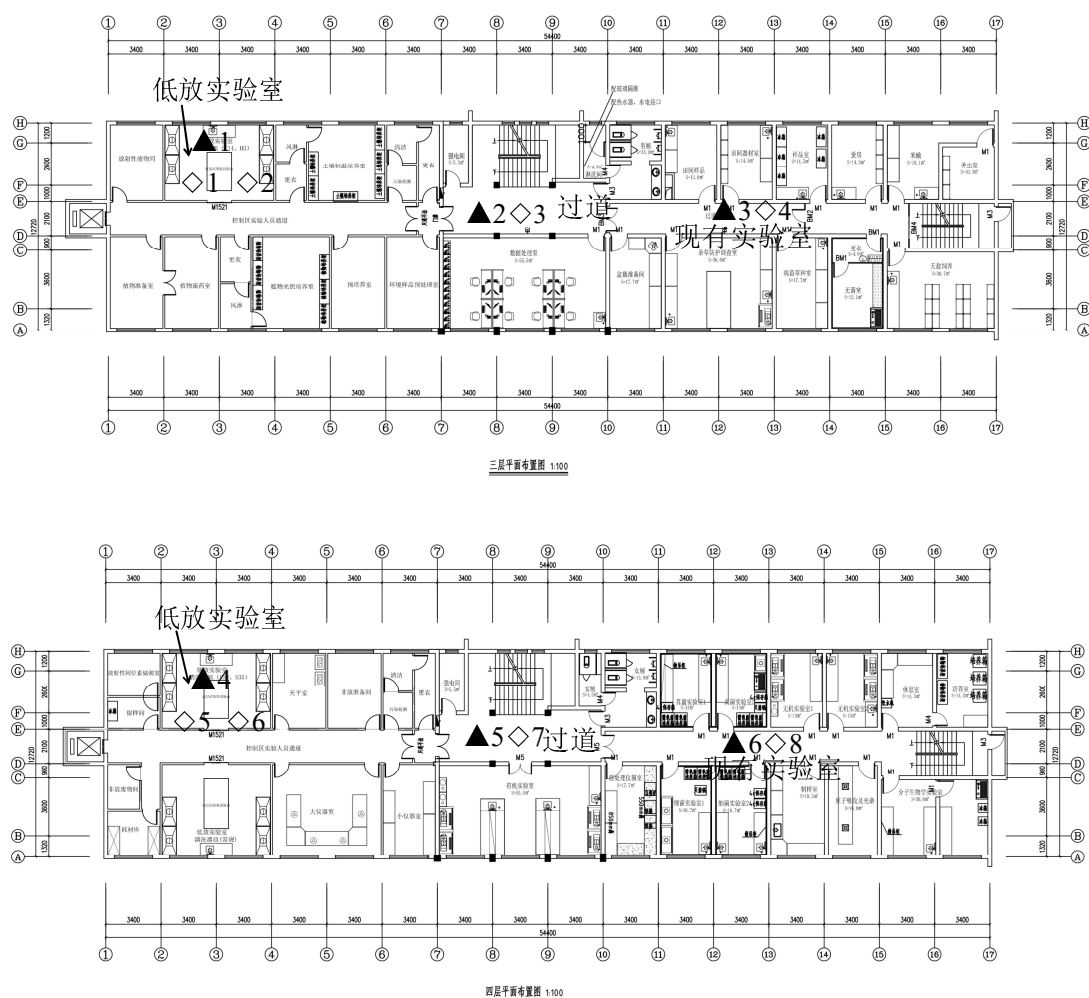
8.2.2 辐射环境质量现状监测与评价

(1) 监测目的、对象和因子

为掌握本项目拟建址的辐射环境背景水平，本次评价由有资质单位浙江国辐环保科技有限公司于2022年1月7日对项目拟建址周围进行了X- γ 辐射剂量率和 α 、 β 表面污染、空气中C-14背景水平监测。

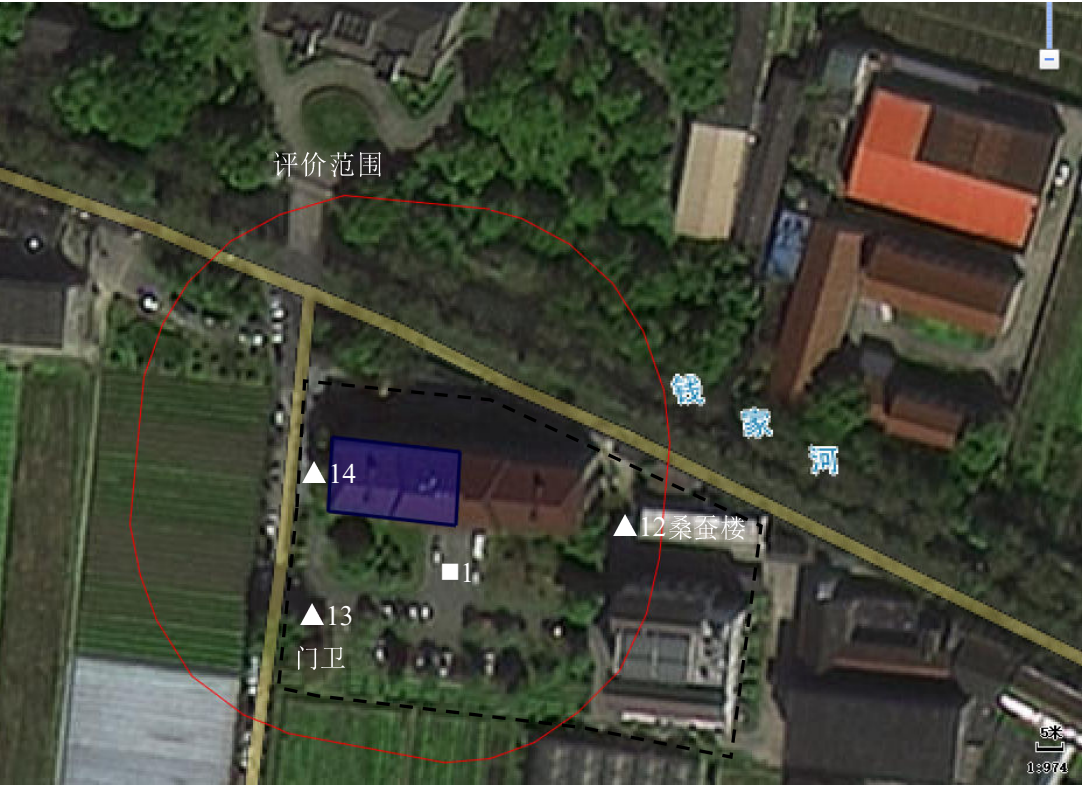
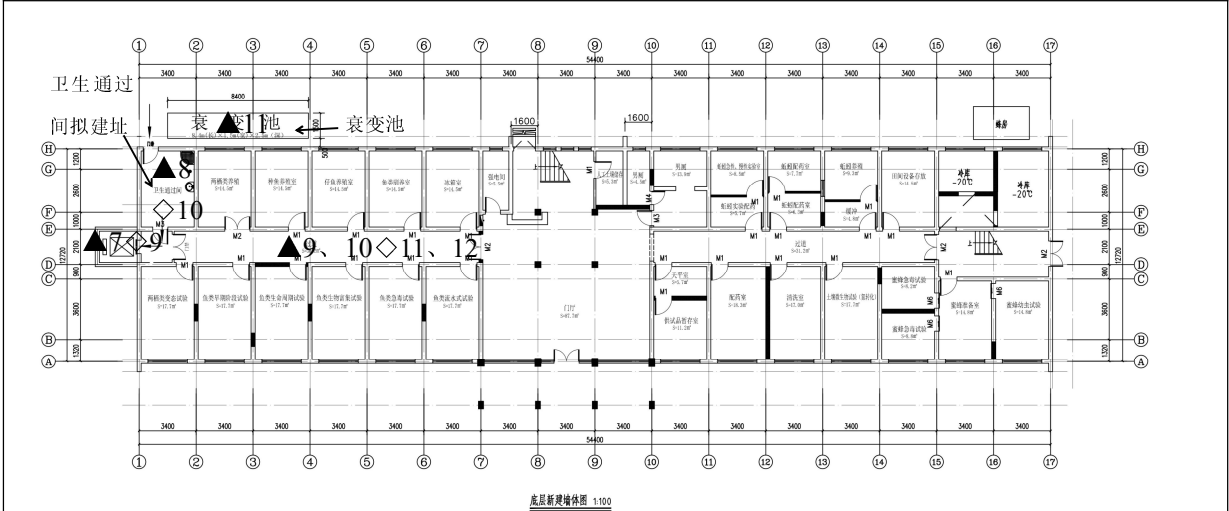
(2) 监测点位

共布14个X- γ 剂量率监测点位，12个 α 、 β 表面污染监测点位，1个空气中 ^{14}C 监测点具体见图8.2-1。



注：“▲”X- γ 辐射剂量率监测点位；“◇”表面污染监测点位。

图 8.2-1 监测点位图



注：“▲”X-γ辐射剂量率监测点位；“◇”表面污染监测点位；“■”¹⁴C 监测点位。

续图 8.2-1 监测点位图

(3) 监测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 8.2-2。

表 8.2-2 监测仪器参数与规范

仪器名称	辐射剂量当量率仪	α 、 β 表面污染仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10	LB124
生产厂家	Thermo	BERTHOLD
能量响应	主机：36keV $\sim$ 1.3MeV 探头：40keV $\sim$ 4.4MeV	表面发射响应： α 发射率响应=0.27 (^{241}Am) β 发射率响应=0.39 (^{204}Tl)
量 程	主 机：10nSv $\cdot$ h $^{-1}$ $\sim$ 1Sv $\cdot$ h $^{-1}$ 探 头：1nSv $\cdot$ h $^{-1}$ $\sim$ 100 μ Sv $\cdot$ h $^{-1}$	α 通道：0-5000cps β 通道：0-50000cps
检定情况	上海市计量测试技术研究院 (证书编号：2021H21-20-3420372001) 有效期：2021 年 7 月 19 日-2022 年 7 月 18 日	上海市计量测试技术研究院 (证书编号：2021H21-20-3212832001) 有效期：2021 年 4 月 26 日-2022 年 4 月 25 日
监测规范	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002)； 《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 ($E_{\beta\text{max}}>0.15\text{MeV}$)和 α 发射体》 (GB/T 14056.1-2008)
探测下限	/	α : 0.0004Bq/cm 2 β : 0.2346Bq/cm 2

表 8.2-3 C-14 监测仪器参数与规范

仪器名称	低本底液闪谱仪
仪器型号	Quantulus 1220
生产厂家	美国 perkin elmer
技术指标	C-14: 测量道宽 5~320, 探测效率 23.3%, 本底计数率: 1.402min $^{-1}$, 探测下限: 0.09Bq/g·碳
检定情况	中国计量科学研究院, 检定有效期至 2023.3.12
监测规范	《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》(EJ/T 1008-1996)

(4) 监测结果

本项目拟建址测量结果见表 8.2-4。

表 8.2-4 本项目拟建址及周围 X- γ 辐射环境现状监测结果一览表^{*}

点位号	测点描述	辐射当量剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
1	三楼拟建址 (低放实验室)	98.1	2.5
2	三楼拟建址东侧过道	93.1	1.7
3	三楼东部现有实验室	108	2
4	四楼拟建址 (低放实验室)	104	2
5	四楼拟建址东侧过道	96.0	0.9
6	四楼东部现有实验室	109	2

7	电梯	56.1	0.7
8	一楼卫生通过间拟建址	100	2
9	一楼实验室走廊	104	2
10	二楼实验室走廊	104	2
11	楼北侧衰变池拟建址	89.4	0.8
12	楼东侧办公楼（桑蚕楼）旁	69.1	0.5
13	门卫	69.7	0.2
14	西侧道路	66.0	1.7

※监测结果未扣除宇宙射线的响应。

表 8.2-5 本项目拟建址及周围 α 、 β 表面污染监测结果

点位号	测点描述	α 表面污染 (Bq/cm ²)	β 表面污染 (Bq/cm ²)
1	三楼拟建址 1（低放实验室）	0.001	<LLD
2	三楼拟建址 2（低放实验室）	0.001	<LLD
3	三楼拟建址东侧过道	0.001	<LLD
4	三楼东部现有实验室	0.001	<LLD
5	四楼拟建址 1（低放实验室）	0.001	<LLD
6	四楼拟建址 2（低放实验室）	0.001	<LLD
7	四楼拟建址东侧过道	0.001	<LLD
8	四楼东部现有实验室	0.001	<LLD
9	电梯	0.001	<LLD
10	一楼卫生通过间拟建址	0.001	<LLD
11	一楼实验室走廊	0.001	<LLD
12	二楼实验室走廊	0.001	<LLD

注：LLD 为探测下限。

表 8.2-6 本项目拟建址周围空气中 ^{14}C 监测结果

点位号	测点描述	核素含量
		CaCO_3 粉末 ^{14}C 活度浓度 (Bq/g 碳)
1	农业科学院南侧空地	0.24±0.09

由表 8.2-4 的监测结果可知，本项目拟建址周围环境的 γ 辐射剂量率，室内在 56.1～109nGy/h 之间，室外在 66.0～89.4nGy/h 之间，根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，杭州市室内 γ 辐射剂量率在 0.056～0.443 $\mu\text{Gy/h}$ ，道路 γ 辐射剂量率在 0.028～

0.220 μ Gy/h，本项目拟建址 γ 辐射剂量率的范围在所在地区 γ 辐射剂量率本底范围内。

由表 8.2-5 监测结果可知，本项目拟建址 α 表面污染为 0.001Bq/cm²， β 表面污染监测值低于检测下限，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的标准限值。由表 8.2-6 监测结果可知，本项目拟建址周围空气中 ¹⁴C 核素活度浓度为 0.24Bq/g·碳。

以上监测结果表明拟建址辐射环境质量未见异常。

8.3 环境空气质量现状

本次评价引用《2021 年度杭州市生态环境状况公报》、《浙江省生态环境质量报告书（2021 年度）》数据，具体各项污染物浓度见下表。

表 8.3-1 杭州市 2021 年常规大气污染物公报数据

评价因子	评价指标	现状浓度/ (μ g/m ³)	标准限值/ (μ g/m ³)	占标率/%	达标情况
SO ₂	年平均浓度	6	60	10	达标
	98%保证率日均值	9	150	6	达标
NO ₂	年平均浓度	34	40	85	达标
	98%保证率日均值	65	80	81	达标
颗粒物(粒径 小于等于 10 μ m)	年平均浓度	55	70	79	达标
	95%保证率日均值	111	150	74	达标
CO	95%保证率日均值	900	4000	23	达标
O ₃	90%保证率 8h 均值	162	160	101	超标
颗粒物(粒径 小于等于 2.5 μ m)	年平均浓度	28	35	80	达标
	95%保证率日均值	57	75	76	达标

公报分析，二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）和一氧化碳（CO）达到国家环境空气质量一级标准，可吸入颗粒物（PM₁₀）和细颗粒物（PM_{2.5}）达到国家二级标准，臭氧（O₃）略超过国家二级标准。与 2020 年相比，PM_{2.5}、NO₂ 年均浓度、CO 日均浓度第 95 百分位数均有下降，幅度分别为 6.7%、10.5%、18.2%；可吸入颗粒物（PM₁₀）、二氧化硫（SO₂）年均浓度持平；臭氧（O₃）日最大 8 小时平均浓度第 90 百分位数上升，幅度为 7.3%。

从以上数据分析，项目所在区域大气环境质量现状超过 GB3095-2012《环境空气质量标准》中的二级标准，属于不达标区，主要超标因子为臭氧。

根据《杭州市大气环境质量限期达标规划》（杭政办函〔2019〕2 号），明确空气质量达标的指导思想，杭州市将坚持绿色发展、质量导向、源头防治、全民共治等基本原则，通过推进调整优化产业结构，统筹区域环境资源；深化调整能源结构，加强

能源清洁利用；全面治理燃煤烟气，强化工业废气治理；实施 VOCs 专项整治，强化臭气异味治理；积极调整运输结构，加快治理“车船尾气”；调整优化用地结构，强化治理“扬尘灰气”；深入治理“城乡排气”，重点推进源头防治；加强区域联防联控，积极应对重污染天气等重点工程，最终实现 2025 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，全市 O₃ 浓度出现下降拐点的目标。

8.4 地表水环境质量现状

本项目附近地表水体为钱家河，是城市河道，属于运河水系。本项目位于钱家河南侧约 30m。

根据《浙江省人民政府关于浙江省水功能区水环境功能区划分方案（2015）的批复》（浙政函〔2015〕71 号），钱家河未进行水功能区水环境功能区划分，参照附近水功能区水环境功能划分情况，按目标水质为Ⅳ类考虑。

根据《2021 年度杭州市生态环境状况公报》，杭州市运河水质状况为优，水环境功能达标率为 100%，达到或优于Ⅲ标准比例为 100%。城市河道水质状况为优，水环境功能达标率为 100%，达到或优于Ⅲ标准比例为 100%。故本项目所在区域地表水属于达标区，地表水环境质量较好。

8.5 声环境质量现状

本项目边界外 50 米范围内均为建设单位自有建筑，因此不进行声环境质量现状的评价。

8.6 生态环境

本项目拟建址位于建设单位已有生物评价楼三、四楼，不新增用地，故不进行生态现状调查。

8.7 电磁辐射

本项目不涉及。

8.8 地下水、土壤环境

本项目拟建址位于建设单位已有生物评价楼三、四楼，衰变池应设计有足够防渗性能防止废水渗漏，废水纳管处理，正常工况下不存在土壤、地下水污染途径。故不开展地下水、土壤环境质量现状调查。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目拟使用农产品质量安全与营养研究所现有空置生物评价楼，设置放射性同位素实验室，项目不新增用地，不涉及土建。施工期主要是实验室室内装修和设备安装、调试。因此本工程施工期主要污染因子有：施工废气、施工废水、噪声和固体废物。设备调试过程中，不使用放射性同位素，不产生电离辐射。

(1) 施工废气：主要来自现状室内装修拆除、清理等产生的粉尘，装修粉刷期间产生的油漆废气。

(2) 施工废水：主要来自施工人员生活污水。

(3) 噪声：主要来自装修设备噪声、作业噪声和运输车辆噪声。

(4) 固体废物：装修期间的装修垃圾，以及施工队伍产生的生活垃圾。

9.2 营运期工程分析

9.2.1 性能参数

本项目实验室内拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 等 5 种放射性同位素开展示踪实验。放射性核素的性能参数见表 9.2-1，实际日最大操作量为保守估计的规划用量。

表 9.2-1 各同位素性能参数

序号	核素名称	物理形态	毒性	半衰期	衰变类型	实际日最大操作量 (Bq)	实际最大年用量 (Bq)	年最大使用天数	来源
1	^{32}P	液态/固态	中毒	14.3d	β^-	4×10^9	8×10^{11}	200	外购
2	^{33}P	液态/固态	中毒	25.4d	β^-	4×10^8	8×10^{10}	200	外购
3	^{35}S	液态/固态	中毒	87.4d	β^-	2×10^9	4×10^{11}	200	外购
4	^{14}C	液态/固态	中毒	5730a	β^-	4×10^9	8×10^{11}	200	外购
5	^3H	液态/固态	低毒	12.34a	β^-	4×10^9	8×10^{11}	200	外购

9.2.2 工作原理

自然界中的同位素现象是示踪法赖以存在的基础。素示踪技术是用示踪剂研究被追踪物质运动、转化规律的技术方法，它为人类认识客观事物提供了特有的、精确的

技术手段，与其它方法相比，它具有简便、快速、高质、易行、费用低等特点。在农业和生物科学研究中常用的核素有 ^{14}C 、 ^3H 、 ^{32}P 等二十余种。

核素示踪技术在农业科学中应用虽然很广，但就其类型而言大体可分为三类：①同位素示踪；②非同位素示踪；③放射性示踪。在实验系统中，作为示踪剂的核素或其标记化合物与被追踪的物质将遵循相同的化学和生物学途径转化。放射性同位素示踪技术与放射性自显影结合，可以提供直观的、示踪剂在生物体的器官、组织，甚至细胞内的分布图象，从而能对物质在生物体内的分布进行定位，进而研究物质在生物体内的功能。由于上述特点，自其诞生以来，在短短的数十年间，它在许多领域中得到了广泛的应用，并取得了丰硕的成果，推动了科学的发展。

技术优势如下：①灵敏度高，目前常规化学分析方法，灵敏度约为 10^{-12}g 。放射性同位素示踪法可以测定活度为 1Bq 的放射性或更低，如测 ^{32}P 的灵敏度达 10^{-17}g 。高灵敏度在生物科学研究中具有十分重要的意义，它使得一些研究有可能在正常的生理状态下进行。②样品制备相对简便、测定快速。③能溯源追踪物质的来源：示踪技术能区分被追踪的物质是实验系统中原有的还是实验过程中加入的。④可进行定位和基本功能研究。放射性同位素示踪技术与放射性自显影结合，可以为我们提供示踪剂在生物体/环境中的直观分布图象。

9.2.3 实验操作流程

放射性示踪研究因研究目的、所用的示踪剂、分析测量方法等方面不同，具体操作会有差别，但在研究过程中，一些基本的实验程序是必不可少的。本项目同位素示踪相关操作仅限于实验室内。具体操作流程见图 9.2-1。

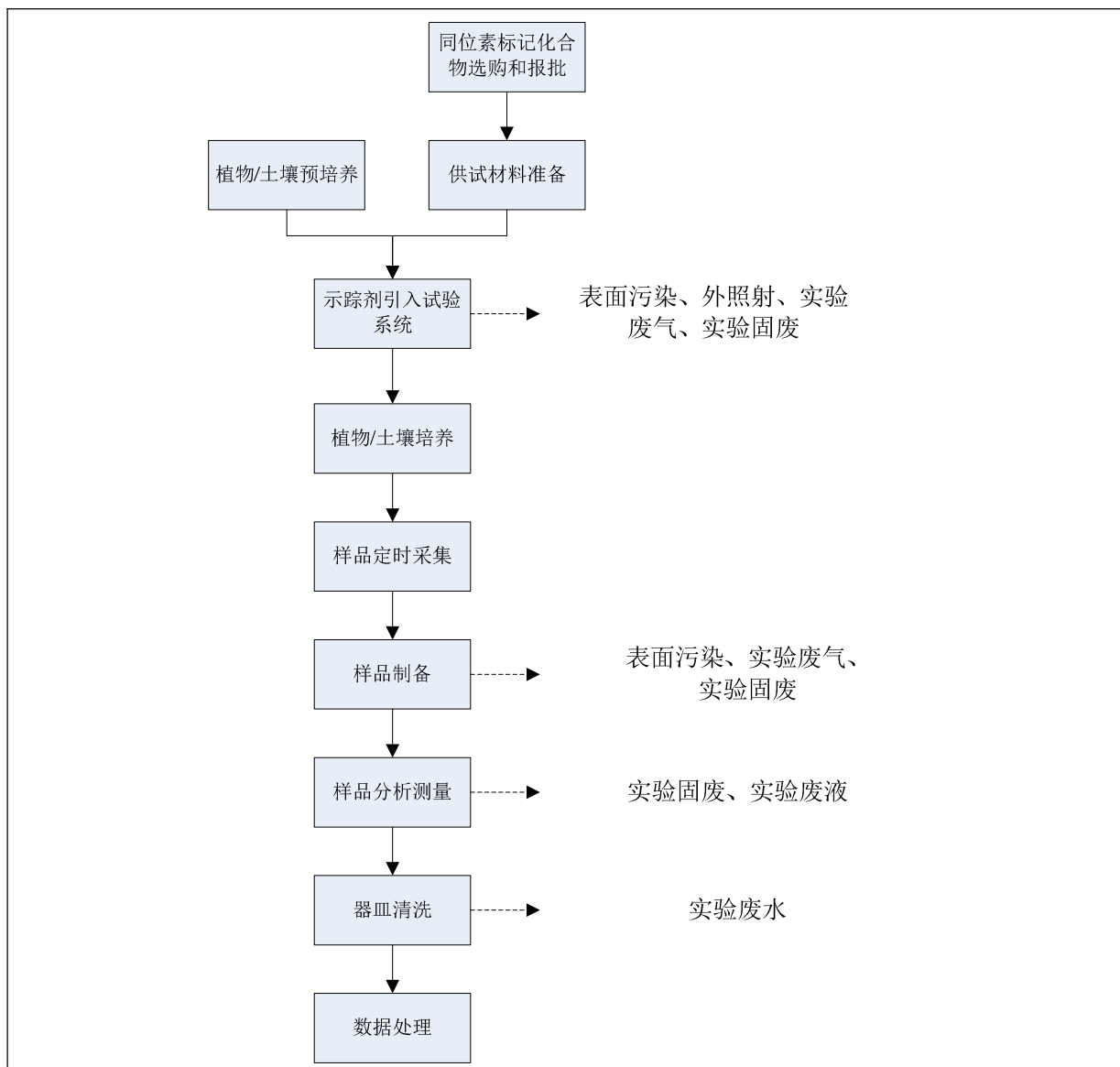


图 9.2-1 操作流程和产污环节分析图

实验操作流程描述如下：

1、植物、土壤预培养

培养实验模型需要的植物植株。土壤培养主要是在干重的土壤中加入适量水，培养土壤中的微生物，为后续降解实验做准备，一般一份土壤取干重 45g 进行预培养。全年土壤用量约为 5kg（干重），年植物培养规模预计在 84 株左右。该环节不涉及放射性同位素。

2、供试材料准备

核素报批后购入，购入后存入暂存库。每次取用时，在实验室通风柜分装取用，取用的样品直接用于实验示踪。

3、示踪剂引入实验系统

核素或标记化合物通过不同方式引入实验。植物主要通过涂抹的方法引入、土壤采用拌土的方法。土壤实验年土壤用量约为 5kg（干重）。每次土壤实验，一般取用 50g 土壤，其中 45g 加入适量水进行预培养后备用，5g 土壤与示踪剂拌合均匀后，再混入完成预培养的土壤中。核素引入实验后，都将置于密闭循环的实验系统进行实验。

4、样品采集

按照实验取样标准和操作规范，采集土壤、植物样品。一般取土壤样品 10g，植物样品 1g 进行样品制备。

5、样品制备

将标记化合物或放射样品（植物和土壤）制备成溶液或闪烁液吸收，为下一步测量做准备。

土壤样品制备：取 10 g 土壤样品进行提取分析，将土壤样品置于 100 mL 离心管中，分别用 50 mL 的 0.01 mol/L CaCl_2 水溶液、乙腈水溶液（v/v=9:1）、甲醇置于 25 °C 的摇床上震荡提取 1h，随后超声 30 min，10000 r 离心 5 min 后，收集上清液，用液体闪烁计数器测量放射性活度，通过质量法得到该取样点的可提取残留总量。

植物样品制备：转移实验中称取植株标记叶片 1 g，代谢实验中采用标记植株整体，放入事先用液氮预冷后的研钵和研杵中研磨成粉末，放入 50 °C 烘箱中烘干，待烘至恒重时取出称重并记录干重。烘干后的样品用生物氧化燃烧仪以 900 °C 燃烧温度和 680 °C 催化温度充分燃烧 4 min，燃烧所释放的 ^{14}C - CO_2 用装有过量闪烁液闪烁瓶吸收，收集后用液体闪烁测量计数器测定其放射性活度。

植物样品处理方式可利用氧化燃烧仪，在封闭或循环回路中，将标记化合物和/或放射样品（植物和土壤）转化成溶液可吸收的物质，如将各种碳-14 样品转化成 ^{14}C - CO_2 （气态），用含 NaOH 或碱性乙醇胺的闪烁液吸收，根据实验精度要求，需要采用过量的闪烁液来吸收转化后的放射性同位素，该步骤按全部转化吸收考虑。氧化燃烧仪设在通风柜内。

6、样品分析测量

经制备处理后的样品放射性同位素已经进入上清液或闪烁液中。本项目采用液闪仪、同位素成像仪、质谱、色谱等仪器进行测量分析。

9.2.4 产污环节分析

以上实验流程中，主要产污环节为示踪剂引入、样品制备、分析测量和器皿清洗

等环节。

由于本项目使用的同位素均为 β 放射性同位素，暂存阶段其产生贯穿辐射可被储源室周围墙体阻挡。 β 射线产生的韧致辐射（X射线）外照射主要发生在涉及核素实验环节工作人员近距离操作中，其中以示踪剂引入阶段为主。

实验过程中若操作不慎，示踪剂洒出，可能会对工作台面、地面、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。实验室地面、工作台如果被放射性同位素标记液沾污，一般先用纸巾擦拭，再用同位素清洗剂喷涂后擦拭，此环节不产生清洗废水。

本项目实验过程中，使用乙腈、甲醇等易挥发有机物，会产生实验废气，含有机物。氧化燃烧仪设在通风柜内，为电加热，不产生燃料燃烧废气。此外同位素的引入、样品处理等操作均在通风柜内完成，操作时通风柜运行产生废气。本项目示踪剂均为液体，考虑操作过程中液体可能存在挥发现象、土壤拌合产生微量粉尘，实验废气中可能会产生少量放射性核素。

样品制备过程完成后产生的上清液、闪烁液进入下一环节测量，剩余物如剩余土壤、燃烧残留物等，为实验固体废弃物。由于放射性核素已基本经转移到上清液、闪烁液中，该类固废中放射性同位素含量很少，但保守起见，仍按放射性废物考虑。

样品测量完成后产生的废液，含有放射性同位素的，为放射性废液。

器皿清洗过程，对涉及放射性同位素器皿的清洗将产生放射性废水，对不涉及同位素器皿的清洗产生的废水，为一般清洗废水。

此外实验中使用到的一次性耗材，产生的沾污了放射性核素的废一次性实验手套、废玻璃器皿、拭擦过放射性废液的纸巾、核素废试剂瓶等物品，统称为废实验耗材，属于放射性固体废物。

9.2.5 水平衡

本项目水平衡如下。

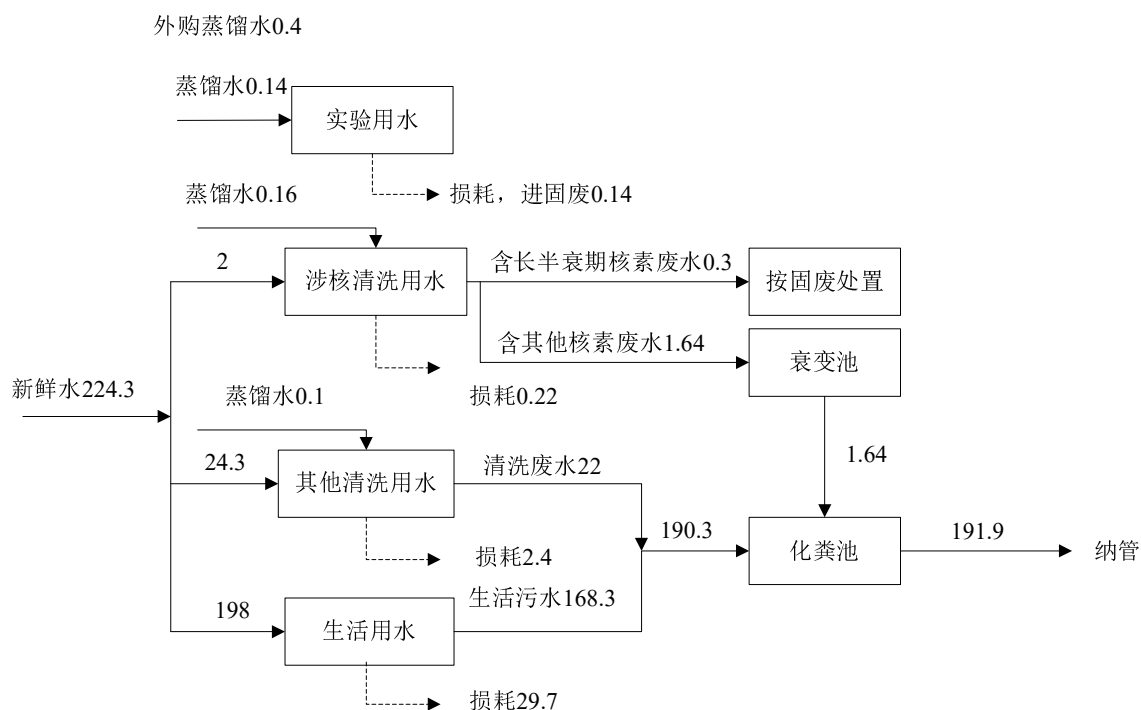


图 9.2-2 本项目水平衡（单位：t/a）

9.2.6 污染源项描述

本项目主要污染源项是 X 射线、β表面污染、废水、废气、噪声、固体废物等，具体如下。

1、X-γ射线

本项目使用的放射性核素标记的示踪剂均不属于挥发性物质，且其理化性质常温下均为液态，样品处理过程中采用非放射性物质过量吸收处理方式，且涉及核素的操作安排在通风柜内完成，故正常工况下，不存在食入、吸入等内照射影响。

本项目用于同位素示踪的放射性同位素主要有 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H ，其衰变可放出β射线。β射线在空气中的射程因其能量的不同有较大差异，但一般仪器外壳能将其屏蔽，高能β粒子需考虑韧致辐射（X 射线）。因此在正常操作情况下，对辐射工作人员产生的影响是以 X 射线为主要的照射。各放射性同位素特征表见表 9.2-2。

表 9.2-2 放射性同位素特征表

序号	核素	半衰期	β粒子最大能量及分支比 (MeV)	β粒子平均能量 (MeV)	γ射线能量 (MeV)	韧致辐射平均能量 (MeV)
1	^{32}P	14.3d	1.711 (100%)	0.695	--	0.570
2	^{33}P	25.4d	0.25 (100%)	--	--	0.083
3	^{35}S	87.4d	0.1674 (100%)	0.0488	--	0.056

4	^{14}C	5730a	0.1561 (100%)	0.0493	--	0.052
5	^3H	12.34a	0.0186 (100%)	0.00571	--	0.006

2、 β 表面污染

操作过程中还会对实验室内的工作台面、地面、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。相关核素特征见表 9.2-2。

3、废水

(1) 废水源强核算

1) 放射性废水

放射性废水主要来自涉及放射性核素的可重复使用的实验器皿清洗，按核素种类可以分为含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 的放射性废水。根据水平衡分析，每天每种核素放射性废水产生量约为 0.5L。其中短半衰期核素 ^{32}P 、 ^{33}P 放射性废水进入衰变池处理，1L/d；其余核素放射性废水分类单独收集，作为放射性废物处理，约 1.5L/d，0.3m³/a。同时考虑应急淋浴产生的水量，按每月 1 次，一次产生废水量约 120L，7.2L/d。进入衰变池的放射性废水水量合计约 8.2L/d，1.64m³/a。该股废水主要含有放射性核素， β 放射性活度约 $5.37 \times 10^6 \text{Bq/L}$ ，污染物 COD_{Cr} 500mg/L，pH 6~9，SS 50mg/L。则污染物 COD_{Cr} 产生量为 0.001t/a，SS0.0001t/a。

2) 放射性废液

放射性废液主要来自样品处理、测量过程中产生的废液，为放射性废液。根据原辅材料使用情况，产生放射性废液约为 6L/d，1.2m³/a。该类废液，需按核素分类收集，暂存在放射性废物间内，经暂存衰变后（具体暂存时间要求见表 5），经检测满足解控水平后，作为危险废物委托处置；含 ^{14}C 、 ^3H 的放射性废液经检测无法解控的作为放射性废物委托处置。

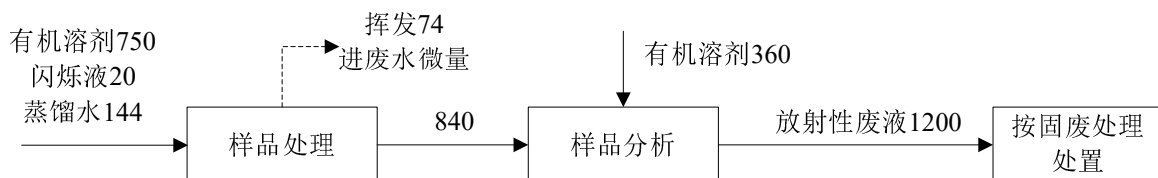


图 9.2-3 本项目有机溶剂使用平衡图（单位：L/a）

3) 实验室清洗废水

实验室正常运行中，还会产生常规的清洗废水，包括常规器皿、保洁清洗等，不

涉及放射性核素，约 0.1m³/d，22m³/a。该类清洗废水，污染物浓度较低，类比其他实验室清洗废水，污染物 COD_{Cr} 500mg/L，pH 6~9，SS 50mg/L。则污染物 COD_{Cr} 产生量为 0.011t/a，SS0.0011t/a。

4) 生活污水

此外还有工作人员生活污水，根据《浙江省用（取）水定额（2015 年）》，参照国家机构人均用水量约 60L/d，按 15 人，生活污水产生率 85%计，则生活污水产生量约为 0.77m³/d，168.3m³/a。生活污水水质参照城市生活污水水质，主要污染物及其含量一般约为 COD_{Cr}350 mg/L、NH₃-N35mg/L、SS200mg/L，则产生量分别为 COD_{Cr}0.059 t/a、NH₃-N0.006t/a。

(2) 废水排放情况

根据以上分析，本项目产生废水量共计 191.9t/a。其中经衰变池处理的放射性废水排入化粪池，与经化粪池处理后的实验室清洗废水、生活污水，一并纳入市政污水管网，纳管达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准，其中 NH₃-N 参照执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）中相应标准，最终送七格污水处理厂处理达标后排放。污水处理厂的出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准。

废水污染物产生及排放情况详见下表。

表 9.2-3 废水污染物产生及排放情况一览表

污染物名称		产生情况		纳管情况		排放情况	
		浓度 (mg/L)	产生量 (t/a)	浓度 (mg/L)	纳管量 (t/a)	浓度 (mg/L)	排 环 境 量 (t/a)
放射性废 水(短半衰 期核素)	废水量	/	1.64	/	/	/	1.64
	β放射性	5.37×10 ⁶ Bq/L	/	/	/	<1Bq/L	/
	pH	6~9	/	/	/	6~9	/
	COD _{Cr}	500	0.001	/	/	50	0.0001
	SS	50	0.0001	/	/	10	0.00002
放射性废 水(长半衰 期核素)	β放射性	/	0.3	/	0	/	/
放射性废 液	放射性核 素、有机 溶剂	/	1.2	/	0	/	/
实验室清 洗废水	废水量	/	22	/	/	/	22
	pH	6~9	/	/	/	6~9	/
	COD _{Cr}	500	0.011	/	/	50	0.001
	SS	50	0.0011	/	/	10	0.0002

生活污水	废水量	/	168.3	/	/	/	168.3
	COD _{Cr}	350	0.059	/	/	50	0.008
	SS	200	0.034	/	/	10	0.002
	NH ₃ -N	35	0.006	/	/	5	0.001
合计	废水量	/	191.9	445	191.9	/	191.9
	COD _{Cr}	368.5	0.071	368.5	0.071	50	0.008
	SS	181.5	0.035	181.5	0.035	10	0.002
	NH ₃ -N	30.7	0.006	30.7	0.006	5	0.001

(3) 废水处理设施可行性

项目短半衰期放射性废水采用衰变池处理，与实验室清洗废水、生活污水一并排入实验室化粪池预处理后纳管。本项目属于研究和试验发展，目前暂无该行业可行技术指南。根据《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ942-2018），废水污染治理工艺主要为沉淀、厌氧等，是可行的处理工艺。放射性废水采用衰变池处理符合《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010），经分析能够达标纳管，故该技术可行。项目废水治理设施及废水排放口信息如下。

表 9.2-4 废水类别、污染物及污染治理设施信息表

废水类别	污染物种类	污染治理设施					
		编号	名称	工艺	处理能力	治理效率 (%)	是否为可行技术
放射性废水	β放射性、COD _{Cr} 、SS	TW001	衰变池	衰变停留	容积 12m ³ ，停留时间大于 1096 天	/	是
实验室清洗废水	COD _{Cr} 、SS	TW002	化粪池（依托）	沉淀/厌氧	/	/	是
生活污水、	COD _{Cr} 、NH ₃ -N、SS 等						

备注：项目属于研究和试验发展，目前暂无该行业可行技术指南。根据《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ942-2018），废水污染治理工艺主要为沉淀、厌氧等，是可行的处理工艺。放射性废水采用衰变池处理符合《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010），经分析能够达标纳管，故该技术可行。

表 9.2-5 废水间接排放口基本情况表

序号	排放口编号	排放口地理坐标		废水排放量 (m ³ /a)	排放去向	排放规律	间歇排放时段	受纳污水处理厂信息		
		经度	纬度					名称	污染物种类	污染物排放标准浓度限值 (mg/L)
1	DW001	120.191584	30.213700	191.9	纳管	间歇	日间	七格污水处理厂	COD _{Cr}	50
									NH ₃ -N	5
									SS	10

表 9.2-6 废水达标纳管执行标准

序号	排放口 编号	排放口名 称	污染物种 类	国家或地方污染物排放标准	
				名称	浓度限值
1	DW001	企业废水 总排口	COD _{Cr}	《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) 中的三级标 准	500mg/L
			SS		400mg/L
			总β放射性		10Bq/L
			NH ₃ -N	《污水排入城镇下水道水质 标准》(GB/T31962-2015) 中的 B 级标准	45mg/L

表 9.2-7 废水污染物排放信息表

序号	排放口编号	污染物种类	排放浓度（mg/L）	日排放量(kg/d) （排环境量）	年排放量（t/a） （排环境量）
1	DW001	COD _{Cr}	50	0.036	0.008
		SS	10	0.008	0.002
		NH ₃ -N	5	0.005	0.001
排放口合计		COD _{Cr}			0.008
		SS			0.002
		NH ₃ -N			0.001

含短半衰期器的放射性废水经衰变池处理符合《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 中的三级标准和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 放射性废水排放要求, 与其他实验室清洗废水、生活污水经化粪池预处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准, 氨氮符合《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015) 中的 B 级标准后, 一并纳入市政污水管网, 最终由七格污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准后排放。各污染物纳管量为 COD_{Cr} 0.071 t/a、NH₃-N 0.006t/a、SS 0.035 t/a, 环境排放量为 COD_{Cr} 0.008 t/a、NH₃-N 0.001 t/a、SS 0.002t/a。

4、废气

(1) 废气源强

1) 放射性废气

本项目实验废气中可能会产生少量放射性核素。由于本项目使用的核素中, ¹⁴C 半衰期最长, 且用量属于较大者, 放射性废气核算以 ¹⁴C 为主要分析对象。本项目利用生

物氧化燃烧仪对植物样品进行催化转化（将所有含碳物质催化转化为二氧化碳），该步骤一般为全部转化吸收。实验过程中，由于同位素的引入、样品处理等环节，在通风柜内操作，废气中可能带有少量放射性核素。若以风险最大化评估，按万分之一的核素进入废气中，则项目实施过程中产生的气态 ^{14}C 排放量情况如下表所示。

表 9.2-8 实验室气态 ^{14}C 产生量估算表

核素	日最大操作量 (Bq)	日最大气态 ^{14}C 产生活度 (Bq)	年操作天数 (天)	年最大气态 ^{14}C 产生活度 (Bq)
^{14}C	4.00E+09	4.00E+05	200	8.00E+07

本项目共设置 12 个通风柜，每台通风柜风量 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，平均每天运行 4 小时，年排风量至少为 $1.92 \times 10^7\text{m}^3$ ，废气经收集后送至屋顶活性炭吸附处理，废气处理效率按 80% 考虑，则本项目最大气态 ^{14}C 排放活度浓度为 $0.83\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

2) 有机废气

根据产污环节分析，本项目实验室废气主要来自实验过程中有机溶剂的挥发。用于色谱分析的有机溶剂由于使用过程中基本处于密闭系统中，不易挥发。根据建设单位提供的资料，其他实验步骤中有机溶剂使用情况见表 9.2-8，在使用过程中有机溶剂的挥发量约为使用量的 10%。本项目共设置 12 个通风柜，每台通风柜风量 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，平均每天运行 4 小时，废气收集效率以 98% 计，废气处理效率按 80% 考虑，则有机废气产生和排放情况见下表。

表 9.2-9 实验室有机废气产生和排放情况

污染物	用量 (L/a)	密度 (kg/L)	原料使用量 (kg/a)	废气产生量 (kg/a)	处理后有组织排放		无组织排放
					排放速率 (kg/h)	排放浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)
甲醇	150	0.7917	118.76	11.9	0.0029	0.121	0.0003
乙腈	150	0.7768	116.52	11.7	0.0029	0.119	0.0003
丙酮	150	0.7899	118.49	11.8	0.0029	0.121	0.0003
乙酸乙酯	100	0.902	90.2	9.0	0.0022	0.092	0.0002
正己烷	100	0.66	66	6.6	0.0016	0.067	0.0002
乙醇	100	0.789	78.9	7.9	0.0019	0.081	0.0002
合计 (按非甲烷总烃计)	/	/	/	58.9	0.0144	0.601	0.0015

(2) 废气处理措施可行性

生物评价楼南北两侧屋顶共设置 2 个排放口，北侧排放口服务 8 台通风柜，南侧排口服务 4 台通风柜，各配备一套活性炭吸附处理装置。废气经通风柜收集，经活性炭吸附设施处理后，于屋顶排气口高空排放，排放高度大于 15m。废气收集效率不低于 98%，处理效率应不低于 80%。

项目废气治理设施主要采用活性炭吸附工艺。项目属于研究和试验发展，目前暂无该行业可行技术指南。根据《排污许可证申请与核发技术规范 总则》（HJ942-2018），项目采用活性炭吸附为可行的处理工艺。项目废气治理设施及废气排放口信息如下。

表 9.2-10 项目废气治理设施相关参数一览表

污染源		有机废气			
产生位置		实验室（北侧）		实验室（南侧）	
产排污环节		实验过程		实验过程	
污染物种类		非甲烷总烃、甲醇		非甲烷总烃、甲醇	
排放形式		有组织		有组织	
废气治理设施概况	治理工艺	活性炭吸附		活性炭吸附	
	收集方式	通风柜收集（8 台）		通风柜收集（4 台）	
	处理能力（m3/h）	16000		8000	
	收集效率（%）	98		98	
	去除率（%）	80		80	
	是否为可行技术	是		是	
排放口基本情况	编号	DA001		DA002	
	名称	P1 排气口（北）		P2 排气口（南）	
	类型	一般排放口		一般排放口	
	地理坐标	N 120.191513° E 30.313697°		N 120.191504° E 30.313546°	
	高度（m）	15		15	
	内径（m）	0.36		0.36	
	温度（℃）	25		25	
排放执行标准	污染物种类	非甲烷总烃	甲醇	非甲烷总烃	甲醇
	排放速率（kg/h）	5	2.55	5	2.55
	排放浓度（mg/m³）	120	190	120	190
	排放标准	《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996），排放速率严格 50%执行			
备注：项目属于研究和试验发展，目前暂无该行业可行技术指南。根据《排污许可证申请与核发技术规范总则》（HJ942-2018），项目废气污染治理设施主要为活性炭吸附，为可行的处理工艺。					

5、固体废物

本项目固体废物可分为放射性废物、危险废物和生活垃圾，此外废活性炭。

放射性固体废物主要有实验产生的废实验样品、废实验耗材、放射性废液。废实验样品包括含放射性核素的土壤样品、样品处理残留物，约为 10kg/a。废实验耗材，如一次性实验手套、废玻璃器皿、拭擦过废液的纸巾、核素废试剂瓶等物品，约 0.5kg/d，0.11t/a。放射性废液约 6kg/d，1.2t/a；不进入衰变池处理的放射性废水约 1.5kg/d，0.3t/a。合计放射性废物约 1.62t/a，其中含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 放射性废物能够经暂存衰变后解控，约为 0.882t/a，最终作为放射性废物委托处置量约为 0.738t/a。

通风柜配备了活性炭过滤箱 2 套，每年更换一次活性炭。根据设计单位提供资料，活性炭处理设施装填量分别为 1t（风量 8000m³/h）和 1.5t（风量 16000m³/h），合计 2.5t。故废活性炭产生量约 2.5t/a。废活性炭可能含有微量放射性核素，应开展放射性废物鉴定，根据鉴定结果决定其处理处置要求。若放射性高于清洁解控水平，则按放射性废物管理要求进行处理处置，若放射性满足清洁解控要求，则按危险废物管理要求进行处理处置。保守考虑，该清洁解控水平根据表 7.3-5 中 5 种核素中最低限值，即活度浓度为 $1 \times 10^3 \text{Bq/g}$ ，活度为 $1 \times 10^5 \text{Bq}$ 。后文数据统计暂按危险废物考虑。

危险废物主要来自衰变处理清洁解控后的放射性废物，包括废实验样品、废实验耗材、放射性废水、废液等，约为 0.882t/a；废活性炭产生量约为 2.5t/a；此外还有非放射性药品的试剂瓶，产生量约 0.2t/a。危险废物合计约 3.582t/a。

此外员工生活垃圾，按人均 1kg 产生计算，年产生量约 3.3t/a。

本项目产生固废产生情况和固废属性判定见表 9.2-11~表 9.2-15。

表 9.2-11 固废产生情况汇总表

序号	名称	产生工序	形式	主要成分	预测产生量 (t/a)
1	废实验样品	实验过程	固态	土壤、样品处理残留物（具有放射性）	0.01
2	废实验耗材	实验过程	固态	一次性实验手套、废玻璃器皿、拭擦过废液的纸巾、核素废试剂瓶（具有放射性）	0.11
3	放射性废液	测量残留	液态	放射性核素、有机物等	1.2
4	放射性废水	器皿清洗	液态	放射性核素、COD 等	0.3
5	废活性炭	通风柜	固态	废活性炭（放射性待鉴定）	2.5
6	废试剂瓶	试剂包装	固态	试剂包装瓶	0.2
7	生活垃圾	员工生活	固态	生活垃圾	3.3

表 9.2-12 固废属性判定表

序号	名称	产生工序	形式	主要成分	是否属固体废物	判定依据
1	废实验样品	实验过程	固态	土壤、样品处理残留物（具有放射性）	是	丧失原有使用价值的物质
2	废实验耗材	实验过程	固态	一次性实验手套、废玻璃器皿、拭擦过废液的纸巾、核素废试剂瓶（具有放射性）	是	
3	放射性废液	测量残留	液态	放射性核素、有机物等	是	
4	放射性废水	器皿清洗	液态	放射性核素、COD 等	是	
5	废活性炭	通风柜	固态	废活性炭（具有放射性）	是	
6	废试剂瓶	试剂包装	固态	试剂包装瓶	是	
7	生活垃圾	员工生活	固态	生活垃圾	是	

表 9.2-13 本项目放射性废物及危险废物属性

序号	名称	产生工序	是否属于放射性废物	是否属于危险废物	危废类别/危废代码
1	废实验样品	实验过程	是	解控后属于	HW49/ 900-047-49 （解控后）
2	废实验耗材	实验过程	是	解控后属于	
3	放射性废液	测量残留	是	解控后属于	
4	放射性废水	器皿清洗	是	解控后属于	
5	废活性炭	通风柜	待鉴定	是	HW49/ 900-039-49
6	废试剂瓶	试剂包装	否	是	HW49/ 900-047-49
7	生活垃圾	员工生活	否	否	/

表 9.2-14 本项目固体废物分析结果汇总表

序号	名称	产生工序	形式	主要成分	属性	预测产生量 (t/a)
1	废实验样品	实验过程	固态	土壤、样品处理残留物（具有放射性）	放射性废物	0.01
2	废实验耗材	实验过程	固态	一次性实验手套、废玻璃器皿、拭擦过废液的纸巾、核素废试剂瓶（具有放射性）	放射性废物	0.11
3	放射性废液	测量残留	液态	放射性核素、有机物等	放射性废物	1.2
4	放射性废水	器皿清洗	液态	放射性核素、COD 等	放射性废物	0.3
5	废活性炭	通风柜	固态	废活性炭（放射性待鉴定）	待鉴定	2.5
6	废试剂瓶	试剂包装	固态	试剂包装瓶	危险废物	0.2

7	生活垃圾	员工生活	固态	生活垃圾	一般固废	3.3
---	------	------	----	------	------	-----

表 9.2-15 固体废物处置去向汇总表

序号	名称	来源	形态	主要成分	属性	产生量 (t/a)	处置方式
1	废实验样品	实验过程	固态	土壤、样品处理残留物（具有放射性）	放射性废物	0.01	暂存在放射性废物间，含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 的放射性废物经衰变后能够解控，解控后按危险废物委托有资质单位处理处置。剩余无法解控的放射性废物委托有资质单位处置。
2	废实验耗材	实验过程	固态	一次性实验手套、废玻璃器皿、拭擦过废液的纸巾、核素废试剂瓶（具有放射性）	放射性废物	0.11	
3	放射性废液	测量残留	液态	放射性核素、有机物等	放射性废物	1.2	
4	放射性废水	器皿清洗	液态	放射性核素、COD 等	放射性废物	0.3	
5	废活性炭	通风柜	固态	废活性炭（放射性待鉴定）	放射性待鉴定	2.5	根据鉴定结果处理处置。若为放射性废物，解控后按危险废物委托有资质单位处理处置。若非放射性废物，则按危险废物委托处置。
6	废试剂瓶	试剂包装	固态	试剂包装瓶	危险废物	0.2	委托有资质单位处理
7	生活垃圾	员工生活	固态	生活垃圾	一般固废	3.3	委托环卫清运
合计						7.62	/

表 9.2-16 危险废物汇总表

序号	名称	危废类别	危废代码	产生量 (t/a)	产生工序	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废活性炭	HW49 其他废物	900-039-49	2.5	废气处理	固态	活性炭	有机物	每年更换一次	T	定期委托有资质单位安全处置
2	废试剂瓶	HW49 其他废物	900-047-49	0.2	试剂包装	固态	试剂包装瓶	残留试剂	每天产生，约 1kg/d	T/C/I/R	定期委托有资质单位安全处置

3	解控后的放射性能废物	HW49 其他废物	900-047-49	0.882	实验	固态/业态	废实验样品、废实验耗材、实验废液等	试剂	每天产生，约4.4kg/d	T/C/I/R	定期委托有资质单位安全处置
---	------------	--------------	------------	-------	----	-------	-------------------	----	---------------	---------	---------------

6、噪声

本项目噪声主要为风机运行时产生的噪声，为室内声源，主要噪声源强见下表。

表 9.2-17 主要噪声源强（室内声源）

序号	声源名称	型号	声压级/ 距声源 距离）/ （dB(A) (m)	声源控制措施	空间相对位置 /m			距室内 边界距离 (m)	室内边 界声级 dB (A)	运行 时段	建筑物 插入损 失 dB (A)	建筑物室外 噪声	
					X	Y	Z					声压 级 dB (A)	建筑 物外 距离
1	通风柜 风机 1	/	70/1	减振措施、 安置在室内	6	12	9	1	70	间歇	20	50	0.5
2	通风柜 风机 2	/	70/1	减振措施、 安置在室内	6	10	9	3	60	间歇	20	40	0.5
3	通风柜 风机 3	/	70/1	减振措施、 安置在室内	7	12	9	1	70	间歇	20	50	0.5
4	通风柜 风机 4	/	70/1	减振措施、 安置在室内	7	10	9	3	60	间歇	20	40	0.5
5	通风柜 风机 5	/	70/1	减振措施、 安置在室内	6	12	12	1	70	间歇	20	50	0.5
6	通风柜 风机 6	/	70/1	减振措施、 安置在室内	6	10	12	3	60	间歇	20	40	0.5
7	通风柜 风机 7	/	70/1	减振措施、 安置在室内	7	12	12	1	70	间歇	20	50	0.5
8	通风柜 风机 8	/	70/1	减振措施、 安置在室内	7	10	12	3	60	间歇	20	40	0.5
9	通风柜 风机 9	/	70/1	减振措施、 安置在室内	4	3	12	3	60	间歇	20	40	0.5
10	通风柜 风机 10	/	70/1	减振措施、 安置在室内	4	1	12	1	70	间歇	20	50	0.5
11	通风柜 风机 11	/	70/1	减振措施、 安置在室内	10	3	12	3	60	间歇	20	40	0.5
12	通风柜 风机 12	/	70/1	减振措施、 安置在室内	10	1	12	1	70	间歇	20	50	0.5

注：以生物评价楼西南角为原点。

9.2.7 放射性同位素去向分析

经调查，本项目放射性同位素实验主要有两种方式。一种是土壤实验，将放射性同位素通过拌合的方式加入到土壤中，放置一段时间后，取样分析。另一种是植物实验，将放射性同位素涂抹在准备好的实验植物本体上，实验植物培养过程中核素在植物内发生转移，待一段时间后，少量样品经收集、处理后进行测定，得到实验数据。

实验过程中，少数粘附在实验玻璃器皿上的放射性核素清洗后进入废水中，产生放射性废水；其余部分在操作过程中进入放射性废物、废液中；放射性废气产生量很少，忽略不计。本项目 ^{32}P 、 ^{33}P 放射性废水进入衰变池处理； ^{35}S 放射性废水单独收集衰变处理后可解控，作为危废委托有资质单位安全处置； ^{14}C 、 ^3H 放射性废水收集后作为放射性废物处理。故本项目放射性同位素去向见表 9.2-18。

表 9.2-18 放射性同位素去向分析一览表

		^{32}P	^{33}P	^{35}S	^{14}C	^3H
半衰期		14.3d	25.4d	87.4d	5730a	12.34a
实际日最大操作量 (Bq)		4.00E+09	4.00E+08	2.00E+09	4.00E+09	4.00E+09
核素去向 (%)	固废 (含废液)	99	99	100	100	100
	废水	1	1	0	0	0
	废气	微量	微量	微量	微量	微量

注：上表中 4.00E+09 表示 4.00×10^9 ，下同。

9.2.8 项目污染物产生及排放情况汇总

本项目主要污染物产生及排放情况汇总详见下表。

表 9.2-19 项目污染物产生及排放情况汇总 单位：t/a

污染源名称		本项目		
		产生量	削减量	排放量
废水	废水量	191.9	0	191.9
	COD	0.071	0.063	0.008
	SS	0.035	0.033	0.002
	氨氮	0.006	0.005	0.001
废气	非甲烷总烃	0.0589	0.0462	0.0127
	甲醇	0.0119	0.0093	0.0026
	放射性核素	微量	/	/
固体废物	放射性废物	0.738	0.738	0
	可解控的放射性废物	0.882	0.882	0
	危险废物	2.7	2.7	0
	生活垃圾	3.3	3.3	0

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 放射性同位素工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法，可以计算出各核素的日等效最大操作量。

日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (10-1)$$

建设单位提供的保守规划的实际日最大操作量见表 3。根据 GB18871-2002 附录 C 中表 C2、C3 查得的各核素的毒性因子和操作方式与放射源状态修正因子，根据式(10-1)计算得到的本项目核素日等效操作量结果，对照非密封源工作场所分级标准确定的分级结果，具体见表 10.1-1。

表 10.1-1 非密封源工作场所分级

核素名称	毒性	实际日最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式与放射源状态修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所分级
³² P	中毒	4×10 ⁹	0.1	1	4×10 ⁸	日等效最大操作量 叠加值 1.08×10 ⁹ Bq，乙级
³³ P	中毒	4×10 ⁸	0.1	1	4×10 ⁷	
³⁵ S	中毒	2×10 ⁹	0.1	1	2×10 ⁸	
¹⁴ C	中毒	4×10 ⁹	0.1	1	4×10 ⁸	
³ H	低毒	4×10 ⁹	0.01	1	4×10 ⁷	

从表 10.1-1 可见，根据使用放射性核素的类型和用量，可得到工作场所各核素日等效最大操作量叠加值 1.08×10⁹Bq，对照非密封源工作场所分级标准，本项目工作场所应按照乙级工作场所进行管理。

10.1.2 平面布置、出入口设置和气流组织

(1) 平面布置

本项目非密封放射性物质工作场所的设计布局如附图 7 所示，放射性同位素实验室位于生物评价楼三楼、四楼西部，在三楼、四楼入口处通过走廊与其他普通实验室相连。

根据设计方案，在同位素实验室分两层布置，之间可通过电梯、楼梯连通。三楼北部由东向西分别布置卫生通过间、土壤恒温培养室、低放实验室、放射性废物间，南部由东向西分别布置数据处理室、非放准备间、供试品室、植物光照培养室、植物施药室、植物准备室；四楼北部由东向西分别布置卫生通过间、器皿清洗室、天平室、低放实验室、放射性同位素储源室、留样间，南部由东向西分别布置有机实验室、小仪器室、大仪器室、低放实验室、耗材库、非放废物间。在生物评价楼北侧设危险废物暂存间。

平面布置具体见附图 7。

（2）出入口设置

同位素实验室三楼、四楼实验室入口门禁设置为只进不出。通过所有出入口离开实验室，必须通过卫生通过间方可离开。

生物评价楼西部有一部电梯，目前可供四个楼层使用。本项目建设后，将调整电梯使用方案，电梯仅供放射性同位素实验室使用。具体设计方案为：在一楼设置电梯出入生物评价楼专用卫生通过间，并隔断一楼走廊到电梯的途径；通过控制系统设置二楼电梯不停留，禁止二楼使用电梯；连通三楼、四楼同位素实验室，并作为进出同位素实验室的通道。

表 10.1-2 电梯使用功能设置和管理要求

楼层	功能设置和管理要求
一楼	仅供实验室辐射工作人员使用。一楼卫生通过间东侧走廊处封闭，避免一楼其他工作人员使用电梯
二楼	不使用。采用电梯自动控制设置，禁止在二楼停留。
三楼	仅供实验室辐射工作人员使用。
四楼	仅供实验室辐射工作人员使用。

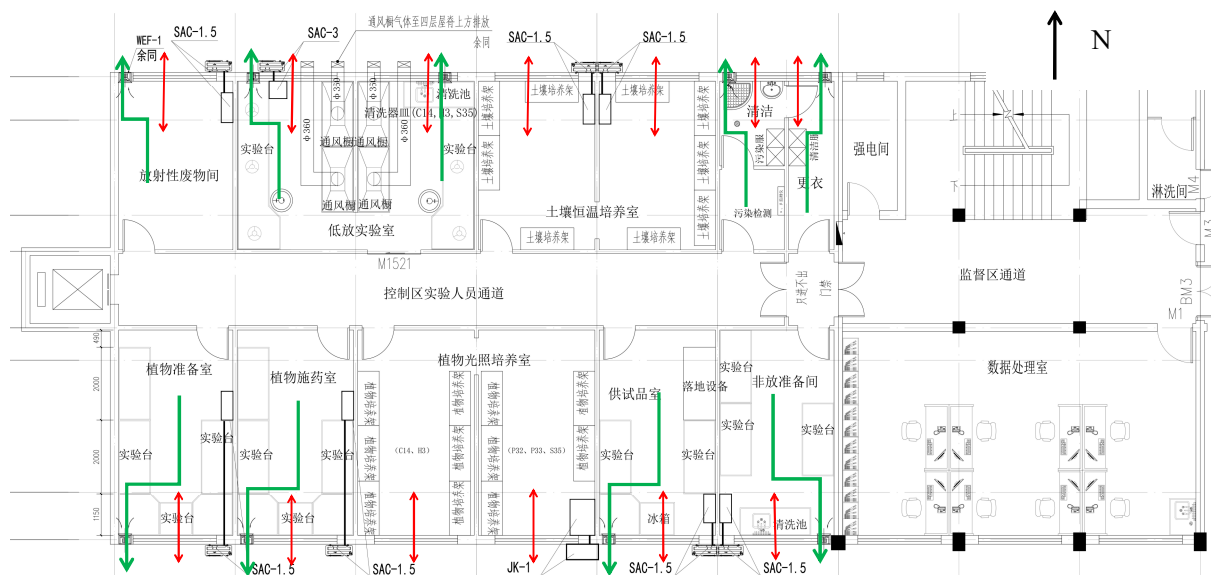
采购的放射性同位素通过一楼电梯送入实验室，放置在放射性同位素储源室源箱内。取用时，将同位素转移至通风柜内进行操作，操作完成后再将同位素送回储源室源箱，安全保管。

辐射工作人员可以电梯及相应楼层进入本项目实验室，离开时必须通过卫生通过间监测、清洁等操作，确认无异常后方可离开。

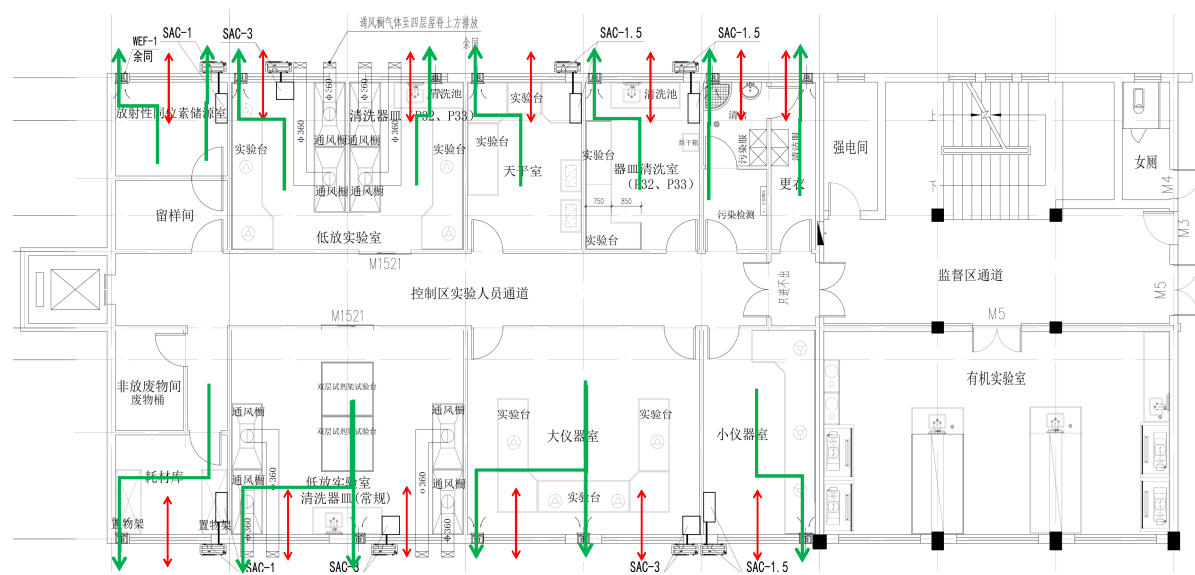
在此基础上，放射性同位素不使用公共通道出入实验室所在建筑物，进出通道设置合理。

3、气流组织

本项目实验室通风采用机械通风和自然通风相结合的方式，设计在实验室南北两侧墙壁上安装 23 个排气扇，用于机械通风，也可通过窗户自然对流通风。具体气流组织图见下。



三楼



四楼

注：WEF-1 为机械排气扇，绿色箭头为机械通风流向，红色箭头为自然对流通风。

图 10.1-1 本项目气流组织示意图

10.1.3 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，非密封源工作场所依据管理的需要，可分为控制区和监督区。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指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的区域。

对实验室进行分区管理，控制区、监督区划分方案见表 10.1-3。监督区处告诫无关人员不得靠近，从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平监测，控制区相关辐射防护措施见下文 10.1.4 节。

表 10.1-3 监督区、控制区划分方案

楼层	控制区	监督区
一楼	卫生通过间、电梯及其等候区、衰变池	电梯等候区隔断处
三楼	土壤恒温培养室、低放实验室、放射性废物间、供试品室、植物光照培养室、植物施药室、植物准备室、卫生通过间、电梯	数据处理室、非放准备间、实验室门口走廊、弱电间
四楼	器皿清洗室、天平室、低放实验室、放射性同位素储源室、留样间、小仪器室、大仪器室、低放实验室、耗材库、非放废物间、卫生通过间、电梯	有机实验室、实验室门口走廊、弱电间

建设单位在日常管理中应严格按照上述分区进行管理，保障放射性工作场所的辐射安全。在此基础上，本项目工作场所分区设置是合理的。

10.1.4 辐射安全防护措施

1、乙级场所装备要求

根据《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）和《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）等标准要求，非密封源操作场所应符合以下要求，具体见表 10.1-4。

表 10.1-4 乙级工作场所装备的要求

工作场所	非密封源操作场所/开放性操作场所标准要求	标准依据	本项目设计方案及符合性
非密封放射源暂存	设置专用贮存场所	GB11930-2010, 9.2、9.4 款	符合。设计了放置放射性同位素储源室，并应有专人负责其安全管理，双人双锁，确保其具备“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的功能，定期监测，无关人员不得入内。储源室内配备保险柜和专用容器（拟采用内置塑料层的铅罐），放射性药物放置合理有序、易于取放。
操作区域表面	易去污	GB11930-2010, 5.2.3 款	符合。实验室地面拟采用塑胶地板铺设，地面若有接缝，须做到光滑平整，容易清洗；工作台面拟采用不锈钢台面，无明显缝隙，

			易清洗。操作区域配备搪瓷盘。
通风柜	应设置	GB11930-2010, 5.2.1 款	符合。设置 12 个通风柜。
通风排放处理系统	设置独立的排放处理系统,或净化后并入总的排风系统	GB14500-2002, 第 10.2.1.3 款	符合。设置活性炭吸附处理系统,废气经通风柜收集后,由建筑物南北两侧两个排放口外排,排放高度大于 15m。
放射性废水处理系统	不得排入普通下水道,可采用衰变防范处理放射性废液	GB11930-2010 第 7.2.1、7.2.4 款	符合。设置放射性污染器皿专用清洗水槽和收集管道,设置衰变池,满足防渗要求,配备取样口和排放槽。含短半衰期放射性核素清洗废水经衰变池处理后送至化粪池,与其他废水一起排至污市政污水管网。
放射性废液收集	专用容器收集	GB11930-2010 第 7.2.2 款	符合。在实验室产生放射性废液、含长半衰期放射性核素废水的环节设置放射性废液收集容器,拟采用塑料桶、外包铅皮的专用收集桶,能够加盖密闭,且容积满足使用要求。
放射性废物暂存	设置暂存场所	GB11930-2010 第 7.3.1 款	符合。设计放射性废物室,容积应满足使用要求,并应有专人负责其安全管理,双人双锁,确保其具备“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的功能,定期监测,无关人员不得入内。

实验室目前处于设计阶段,实验室拟采用塑胶地板,操作台面采用易清洗材质,满足易去污要求;设立放射性废水收集和处理系统,包括专用清洗水槽、收集管道、衰变池,将废水分类收集处理,含放射性物质的器皿洗涤在专用放射性实验室水槽内清洗,产生的含 ^{32}P 、 ^{35}P 短半衰期放射性废水由专门的下水管道收集后排入衰变池,经衰变池处理后排放,含 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 等核素的放射性废水经操作人员手动收集,暂存于收集桶内,作为放射性废物处理;配备 12 个通风柜,通风柜设专用排风通道,废气经活性炭吸附处理后排放,排放口高度高于 15m。实验室出入口设计有卫生通过间,以便离开场所人员进行监测、清洁。

2、涉及放射性核素操作总体要求

本项目操作过程中拟采取一系列措施,提高放射性同位素回收率,具体如下:

- (1) 对需要使用的玻璃仪器进行前处理,减少器皿表面对放射性同位素的吸附;
- (2) 加入适量的载体,提高常量物质浓度,减少放射性胶体的形成,最大限度减少操作过程中的损耗,提高放射性物质的回收率;
- (3) 每操作一步进行放射性的测量,回收各种放射性组份以保持放射性物料的守

恒。

3、外照射、内照射防护措施

在各种放射性操作过程中，采取科学的措施进行内照射防护，严防放射性物质通过呼吸道、口腔食入、皮肤进入人体内。主要的内照射防护措施如下：

（1）工作人员必须熟练掌握辐射安全操作知识和技能，严格按操作规程进行放射性工作实践；

（2）工作人员操作时应注意个人防护，进入放射性工作区前，需穿戴工作服、工作鞋、佩带必要的个人防护用品和器材，严禁孕期妇女进行放射性同位素操作；

（3）不准将无关物品带入放射性工作区，严禁在放射性实验室内进食、饮水、吸烟或存放物品；

（4）工作人员身体有创伤时，禁止从事各种放射性实验操作。

（5）接触放射性物品时必须带上乳胶手套，配备表面污染监测仪和个人剂量计进行剂量监测和控制。涉及放射性物质的所有操作必须在通风柜或密封的手套箱内进行，同时带上适宜的防毒面具或含吸附剂的多层口罩，努力实现防护的最优化。

（6）放射性核素操作、样品氧化燃烧处理都必须在通风柜内进行。吸取放射性液体的操作应使用合适的负压吸液器械，防止溅出、溢出，造成污染，在操作过程中严防器皿破裂。

（7）在操作发射能量较高的 β 粒子的放射性物质时，须有防护屏和通风柜等，应先戴上有机玻璃质，再戴上铅质设备进行防护。对高能 β 粒子的防护必须考虑韧致辐射，应注意正确放置屏蔽材料的顺序，先放置低原子序数的屏蔽材料（如塑料、有机玻璃、金属铝等），再放置高原子序数的屏蔽材料（如铅质防护材料）。

（8）严禁带着放射性污染的手套任意操作公用仪器和接触非放射性器皿。

（9）离开操作现场时必须认真洗手清洁，并经测量仪器监测，如有放射性污染必须清洗干净后方可离开。

4、控制区辐射防护措施

（1）电离辐射警告标志：同位素实验门口及控制区出入口须张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明，即用中文注明“当心电离辐射”，告戒周围的公众注意电离辐射。

（2）卫生通过间：在控制区和监督区之间设置卫生通过间，确保工作人员操作后离开非密封源工作场前应洗手和进行表面污染监测，如其污染水平超过 GB18871 规定

值，应采取相应的去污措施。

(3) 建立非密封放射性物质工作场管理台账制度，出入场所应登记，并做好清洁、监测记录。

(4) 须完善各项规章制度、操作规程，并张贴于工作现场处。

5、储源室的辐射安全措施

(1) 放射性同位素示踪剂应向厂商按需订购，生产厂商根据订购合同，按时定量将放射性同位素示踪剂送达本项目储源室，使用时工作人员从储源室内拿出，连同铅罐包装放置于通风柜内。

(2) 储源室应防火、防盗功能，设保险柜、防盗门、双人双锁、房间内设置视频监控并入科室和 110 监控系统、门口设置红外报警系统和电离辐射标志。

(3) 应建立放射性核素的出入库登记制度，贮存、领取、使用放射性核素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。

(4) 应定期检查放射性核素的实际库存数量及贮存场所。

(5) 储源室内设施和措施应满足“六防（防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏）”的防护要求。

6、放射性表面污染控制

为保证非密封物质工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，建设单位应做到以下管理措施和要求：

(1) 放射性同位素示踪剂应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

(2) 操作放射性核素示踪剂时，须在有负压的通风柜内进行，防止放射性物质飞散；所有涉及放射性物质操作都必须在铺衬有吸水纸的瓷盘内进行。

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

(4) 操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

7、防护设备与防护用品

建设单位应根据需要配备符合防护要求的辅助防护用品，配备储源铅罐、辐射监测

仪等设施 and 仪器，具体如下。

10.1-5 本项目拟配置的防护设备用品和监测仪器表

序号	种类名称	设置场所	数量	备注
1	储源铅罐	储源室	2 个	50mmPb，内衬塑料层
2	脚踏式铅桶	低放实验室、器皿清洗室	4 个	10mmPb，内衬塑料层
3	废水、废液收集罐	低放实验室	按需配置	内层为塑料，外层为 1.2mm 不锈钢，内衬 5mmPb
4	移动式铅屏风	低放实验室	2 个	4mmPb
5	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅橡胶手套、铅防护眼镜	低放实验室	2 套	0.5mmPb
6	工作服、工作帽、胶鞋、一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜	/	按需配置	/
7	α/β 表面污染仪	卫生通过间、低放实验室	3 台	/
8	便携式 X- γ 射线巡测仪	/	1 台	/
9	活度计	/	1 台	/
10	个人剂量报警仪	/	2 台	/
11	个人剂量计	/	8 个	/
12	应急及去污用品	低放实验室	按需配置	包括去污剂、喷雾（至少为加入清洗洗涤剂 and 硫代硫酸钠的水）、酒精湿巾、吸水纸、小刷子、毡头标记笔、塑料袋、胶带、标签、不透水的塑料布

10.2 三废的治理

本项目三废主要有来自实验室运营产生的废水、废气、固废。为确保三废排放符合相关标准要求，拟采取以下污染防治措施。

10.2.1 废水

1、废水处理措施

（1）放射性废水

本项目短半衰期放射性核素（半衰期 $\leq 60d$ ），主要为含 ^{32}P 、 ^{33}P 的放射性废水，经收集后由衰变池衰变处理。长寿命核素（半衰期 $>60d$ ）废液（废水），主要为含 ^{35}S 、 ^{14}C 、 3H 废水，采用专用桶分类收集后，作为放射性废物处理，具体处理要求，见放射性废物。

1）衰变池设置

建设单位拟在生物评价楼大楼北侧绿化带下设放射性衰变池，容积约为 $3\text{m}^3 \times 4$ ，设计方案见图 10.2-1。衰变池四壁、池底要求坚固、抗压、耐酸碱腐蚀、防渗措施完善。

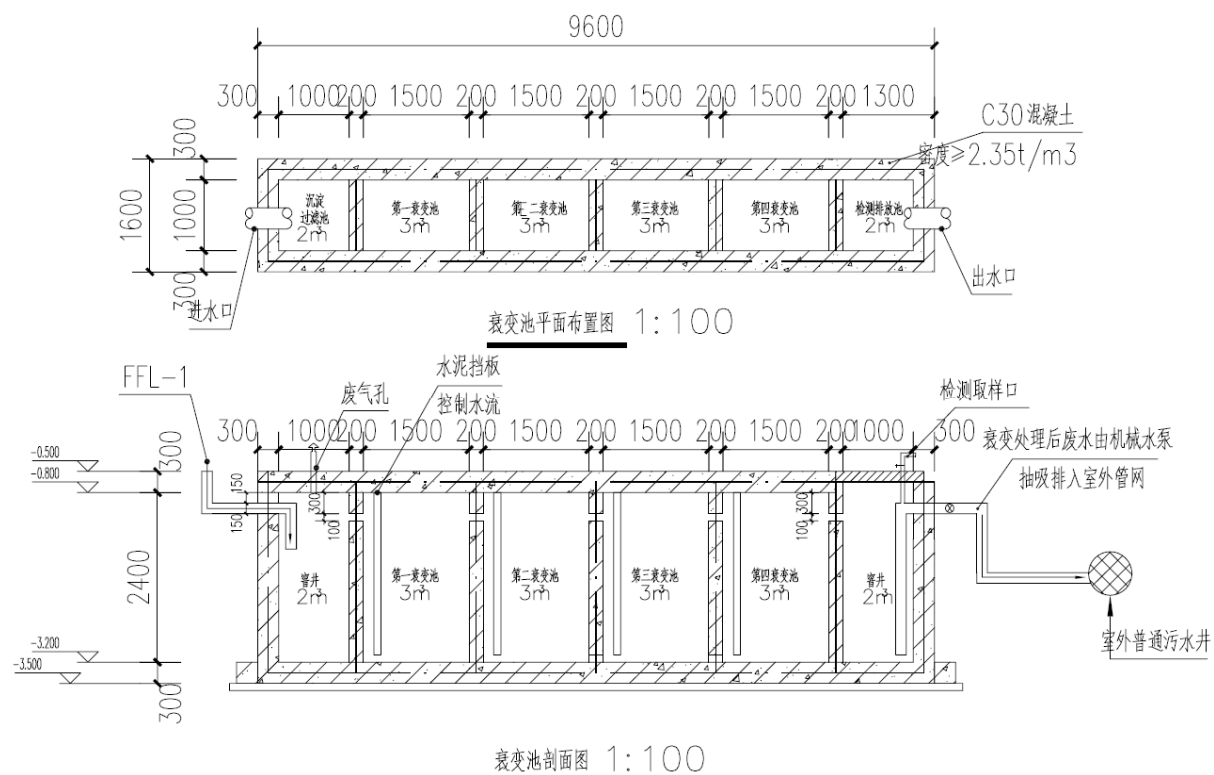


图 10.2-1 衰变池设计方案

2) 放射性废水排放要求

本项目将新设立独立的放射性废水收集管道，将可衰变处理的放射性废水送入衰变池处理。

①对每次放射性废水排放作好记录，包括排放浓度，排放总活度，其废水排放需满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 8.6.2 款规定的：

a) 每月排放的总活度不超过 $10\text{ALI}_{\min}$ （ $\text{ALI}_{\min}$ 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 GB18871-2002 中的 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）；

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

经影响分析，本项目每日放射性废水排放活度小于各核素的 $\text{ALI}_{\min}$ 值，每月排放量小于 $10\text{ALI}_{\min}$ 值，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准要求 and 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）等标准要求，不会对周围地表水环境造成影响。故本项目衰变池设置合理。

本项目衰变池排放口处设取样口，使排放是受控的，放射性废水的排放须经审管部门批准，并做好排放记录。

(2) 非放射性废水

本项目非放射性废水，包括实验室清洗废水和生活污水，经收集后排入本项目所在生物评价楼化粪池，经处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准，其中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 参照执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）中相应标准，纳入市政污水管网，最终送七格污水处理厂处理达标后排放。污水处理厂的出水水质达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准后排放。

10.2.2 实验废气

本项目实验过程中产生实验废气，主要为有机废气，含微量放射性核素。实验废气经通风柜收集后，送至屋顶活性炭吸附装置，经处理后由屋顶排放口排放。每台通风柜排风量设计为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 。拟设置 2 支排风管道，分别设置生物评价楼南侧、北侧，1 支连接北侧 8 个通风柜，最大风量 $16000\text{m}^3/\text{h}$ ，1 支连接南侧 4 个通风柜，最大风量 $8000\text{m}^3/\text{h}$ 。相应设南北两个排气口，高度大于 15m，内径均为 360mm。

本项目所在楼为 4 层建筑，东侧所内食品所大楼为 4 层建筑，所内其余建筑均为 1~2 层建筑，目前可以保证本项目废气排放口远离周围高层建筑。未来农科院应控制本单位内建筑物建设布局，确保本项目废气排放口远离周围高层建筑物。

各排风管道内保持负压，拟安装防回流装置，共配备 2 套活性炭吸附装置，一级活性炭吸附装置对放射性气溶胶及有机废气吸附效率不小于 80%。所使用的活性炭需每年更换一次，更换下来的活性炭需经鉴定，根据鉴定结果判断是否放射性固体废物进行处理。

10.2.3 固体废弃物

1、放射性废物

(1) 放射性废水、废液

① 含长半衰期核素放射性废水

根据《放射性废物分类》，本项目放射性废水属于低水平放射性废物，根据《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）要求，长半衰期放射性废水应用专用容器进行分类收集后保存，定期移交有资质单位收贮，并作好移交记录。

含长半衰期核素（半衰期>60d）废水手动分类收集，其中含 ^{14}C 、 ^3H 废水收集后进入专用桶，作为放射性废物处理。其中含 ^{35}S 废水经衰变后可解控。

日常操作中，在清洗接触放射性核素器皿的水槽侧放置专用收集容器 2 个，含 ^{35}S 废水单独一个收集容器，含 ^{14}C 、 ^3H 废水可共用一个收集容器。一般情况下，实验室不同时操作两种以上的核素，不同的核素分时段操作，工作人员在清洗器皿时，可手动将含 ^{35}S 和 ^{14}C 、 ^3H 的清洗废水倒入收集容器，分类收集。

容器使用后，密封暂存放于放射性废物间，并应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间。

② 放射性废液

在产生放射性废液的位置专用容积，根据核素种类，分类收集放射性废液。

含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 放射性废液用专用容器分类收集，经衰变暂存后，监测其放射性水平满足清洁解控水平后，可解控，按危险废物相关要求处理处置。

含 ^{14}C 、 ^3H 放射性废液用专用容器收集后暂存，作为放射性废物，委托有资质单位处理处置。

③ 专用容器要求

专用容器材质除不易吸附放射性物质外，应具有一定外照射防护功能的材料，并满足存放的容量要求。材质可选用塑料材质，外设置铅套。容器外表面醒目处张贴电离辐射警告标志，并注明核素类型。

（2）其他放射性废物

其他放射性废物，包括废实验样品、废实验耗材等。针对这些放射性废物的污染防治措施如下。

①严格区分放射性固体废物与非放射性固体废物，不可混同处理，力求控制和减少放射性固体废物产生量。

②在实验室产生的放射性废物处设置专用污物桶。放射性废物先收集在专用污物桶内，桶内放置专用塑料袋收纳废物，按核素种类将受污染的固体废物分别收储，连同污物桶内的收集袋分期存放到放射性废物间内，集中收储一段时间后（应视核素控制收贮时间，以减少放射性废物的收贮量）再分类处理。

③本项目总平面设计中已设置放射性废物间。放射性废物间出入口处设电离辐射警告标志，专人管理，无关人员不得入内。废物间内废物袋、废物桶及其他存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等

说明。

④按照清洁解控准则，尽量将可免管的放射性废物从其他的放射性废物中分拣或分离出来作为非放射性废物处理、处置，以减少放射性废物的处理、处置费用。妥善处理免管废物，并作好处理记录。

⑤若产生含有尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其它包装材料中，然后再放入塑料袋内。

⑥专用污物桶要求：污物桶采用脚踏式铅桶，具有外防护层和电离辐射警告标志，放置于相关工作场所或废物间内，应避开工作人员作业和经常走动的地方。

⑦清洁解控措施要求

本项目放射性废物可分为含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 的放射性废物。

经分析，含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 的放射性废物分别存放 15.3 个、2 个、4.3 个半衰期后，其活度浓度均将满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.2.5 款规定的解控水平，可作为免管废物处理。

含 ^{14}C 、 ^3H 的放射性废物，使用专用容器暂存，定期移交有资质单位收贮，并作好移交记录。

在采取上述措施后，本项目 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 放射性废物满足清洁解控要求，可作为免管废物处理，含 ^{14}C 、 ^3H 的放射性废物应定期移交有资质单位收贮，并作好移交记录。故本项目放射性废物的处理处置将符合《放射性废物安全管理条例》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）等要求。

2、危险废物

在本项目所在生物评价楼北侧设危险废物暂存间，具体见附图 7。

根据源项分析，危险废物主要为解控后的免管废物、不涉及放射性同位素的实验过程中产生的固体废弃物，主要成分为废实验耗材、实验废液、废试剂瓶等。根据《国家危险废物名录（2021 年版）》，该类固废属于危险废物，废物类别为 HW49 其他废物，废物代码 900-047-49。危险废物将暂存于危废暂存间，危废暂存间按照相应规范要求进行设计建设，做到密闭化及“防风、防雨、防晒”要求，危险废物分质、分类、分区储存，并设立危险固废标识牌。危险废物委托有资质单位处理，并执行危废转移联单制度。

废活性炭根据鉴别结果判定其放射性。若放射性活度和活度浓度均满足清洁解控要求，则可免管，按危险废物相关处理要求处理；若不满足清洁解控要求，则按放射性废

物要求处理,可暂存一定时间后再清洁解控。保守考虑,该清洁解控水平要求根据表 7.3-5 中 5 种核素中最低值,即活度浓度为 $1 \times 10^3 \text{Bq/g}$, 活度为 $1 \times 10^5 \text{Bq}$ 。

3、生活垃圾

员工生活垃圾分类收集,由环卫统一清运。

4、汇总小结

固体废弃物处置汇总表如下。

表 10.2-1 本项目固废处置去向汇总表

名称		来源	形态	主要成分	属性	产生量（t/a）		处置方式
						不可解控	可解控	
放射性废物	废实验样品	实验过程	固态	土壤、样品处理残留物（具有放射性）	放射性废物	0.004	(0.006)	暂存在放射性废物间，含 ³² P、 ³³ P、 ³⁵ S 的放射性废物经衰变后能够解控，解控后按危险废物相关要求处理处置，委托有资质单位处理处置。在满足暂存时间的前提下，可每年委托处理一次。剩余无法解控的放射性废物，委托有资质单位处理处置，可每年委托处理一次。
	废实验耗材	实验过程	固态	一次性实验手套、废玻璃器皿、拭擦过废液的纸巾、核素废试剂瓶	放射性废物	0.044	(0.066)	
	放射性废液	测量残留	液态	放射性核素、有机物等	放射性废物	0.48	(0.72)	
	放射性废水	器皿清洗	液态	放射性核素、COD 等	放射性废物	0.2	(0.1)	
	小计	/	/	/	/	0.738	(0.882)	
废活性炭		通风柜	固态	废活性炭	放射性待鉴定，危险废物	2.5		根据鉴定结果确定处理去向。若总活度、活度浓度高于清洁解控水平，按放射性废物处置要求，需定期交有资质机构处理；若满足清洁解控要求，则按危险废物处置要求，委托有资质单位安全处置。可每年委托处理一次。
废试剂瓶		试剂包装	固态	试剂包装瓶	危险废物	0.2		委托有资质单位处理。可每年委托处理一次。
废实验样品		实验过程	固态	土壤、样品处理残留物（放射性废物解控后）	实验过程	0.006		

废实验耗材	实验过程	固态	一次性实验手套、废玻璃器皿、拭擦过废液的纸巾、核素废试剂瓶（放射性废物解控后）	实验过程	0.066	
实验废液	测量残留	液态	有机物等（放射性废物解控后）	测量残留	0.72	
实验废水	器皿清洗	液态	COD 等（放射性废物解控后）	器皿清洗	0.1	
生活垃圾	员工生活	固态	生活垃圾	一般固废	3.3	委托环卫清运，日清日运。
合计					7.62	/

注：括号内数据，按解控后作为危废考虑，不计入放射性废物，不重复计算。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响 在项目建设过程中，未使用放射性核素，故本项目建设阶段不会对周围环境造成电离辐射环境影响。放射性核素根据建设单位需求用量由供货单位提供，并由供货单位承担运输等安全责任。因此，本项目建设阶段及提供放射性核素的过程不对本项目辐射工作人员及周围公众成员产生辐射影响。 根据工程分析，施工阶段主要影响因素为施工废气、施工废水、装修噪声和装修垃圾等固废。 施工废气主要来现状室内装修拆除、清理等产生的粉尘，装修粉刷期间产生的油漆废气，由于本项目施工基本为室内装修，施工废气产生在局部区域，且工程量较小，工期短，对周围环境影响很小，且将随着施工期结束后消失。 施工废水主要是施工人员生活污水，依托生物评价楼现有污水收集设施，施工废水排污市政管道，不会都周围地表水环境产生影响。 本项目施工噪声主要各种机械设备产生，主要噪声源包括切割机、空压机和各种运输车辆等。施工机械是重要的临时性噪声源，在实际施工过程中，往往是多种施工机械同时作业，各种噪声源相互叠加后声级更高。施工作业噪声主要指一些零星敲打声、装卸建材的撞击声、作业噪声等，多为瞬间噪声；施工车辆的噪声属于交通噪声。由于工期较短，且大部门为室内装修，工程量较小，施工设备简单，施工噪声产生的影响是短暂的、局部的、有限的，且将随着施工结束而消失。
11.2 运行阶段对环境的影响 11.2.1 辐射环境影响分析 1、β 射线辐射环境影响分析 本项目使用的放射性核素衰变过程中会有 β 射线产生， 根据《放射防护实用手册》（主编：赵兰才、张丹枫）， β 射线在空气中的射程按下列公式计算，计算结果见表 11.2-1。 $d = \frac{1}{2\rho} \cdot E_{MAX} \dots\dots\dots (11-1)$ 式中，d 为β射线在介质中射程，单位 cm； ρ为介质的密度，单位 g/cm³； E_{MAX}

为 β 射线的最大能量，单位 MeV。

表 11.2-1 核素衰变产生的 β 射线在各介质中的理论最大射程

	^{32}P	^{33}P	^{35}S	^{14}C	^3H
β 射线能量 (MeV)	1.711	0.25	0.1674	0.1561	0.0186
空气密度 (g/cm^3)	0.00129	0.00129	0.00129	0.00129	0.00129
空气中的射程 (cm)	663.2	96.9	64.9	60.5	7.2
铅密度 (g/cm^3)	11.34	11.34	11.34	11.34	11.34
铅中的射程 (cm)	0.075	0.011	0.007	0.007	0.001
铅玻璃密度 (g/cm^3)	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
铅玻璃中射程 (cm)	0.186	0.027	0.018	0.017	0.002

由上表可知，本项目核素产生的 β 射线在空气中的射程最大为 663.2cm。考虑本项目非密封源工作场所设置了足够的空间，且有墙体和铅罐进行屏蔽，同时各核素 β 射线在铅中的射程最大为 0.075cm，工作人员在操作过程中穿戴 0.5mm 铅当量的防护服，且有铅玻璃进行屏蔽，故放射性核素产生的 β 射线对周围环境影响很小。

根据设计资料，本项目收集放射性废水管道使用 PVC 材质管道，为聚氯乙烯高分子材料，对 β 射线具有一定的屏蔽作用。由于产生的放射性废水活度浓度较低，通过管道屏蔽，废水中放射性核素产生的 β 射线对周围环境影响很小。仍建议加强运行期跟踪监测，若存在局部剂量率较高的情况，可在管道外增加铅防护层。

2、 β 表面污染

本项目运行阶段 β 表面污染影响采用类比监测的评价方法进行评价。类比对象选取浙江大学核农所原有的实验室，数据引用《浙江大学紫金港校区西区生物物理科研用房乙级非密封放射性实验室及电子加速器机房项目环境影响报告表》。类比项目实验室与本项目实验室都为乙级非密封放射性实验室，类比项目所用核素包括了本项目所用核素，实验方法过程相似，核素用量相近，均为乙级场所。区别在于本项目核素使用种类较类比项目少，使用方式更简单，不具备合成新的标记化合物环节，所有放射性同位素购进后直接使用。因此类比项目具有一定的可比性。其类比监测结果见表 11.2-2。

表 11.2-2 类比项目在用放射性核素实验室表面污染监测结果

序号	测点描述	β 表面污染 (Bq/cm^2)
1	各实验室工作台面	<0.4
2	各实验室地面	<0.4
3	各实验室墙面	<0.4

4	操作工作人员衣服	<0.4
5	操作工作人员手	<0.4

从表 11.2-2 的类比监测结果可以看出，类比项目实验室操作台表面、地面、墙面、操作工作人员衣服和操作工作人员手等各个有可能造成表面污染的场所均未测出有表面污染。

由此可以预测，本项目运行阶段β表面污染水平也能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于β表面污染的要求。

3、内照射影响分析

（1）辐射共工作人员内照射影响

本项目操作过程中采取了一系列措施，使放射性同位素尽可能回收。同时在各种放射性操作过程中，采取科学的措施进行内照射防护，严防放射性物质通过呼吸道、口腔食入、皮肤进入人体内。同位素操作严格在负压通风柜内进行，且工作人员采取了严格的措施，因此，操作放射性核素对工作人员产生的内照射影响可以忽略不计。

（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。

公众吸入内照射待积有效剂量公式如下：

$$H_r = H \times T \dots\dots\dots (11-2)$$

式中 H_r 为受照剂量限值，mSv/a； H 为公众年吸入量，Bq； T 为吸入放射性核素 i 产生的待积有效剂量转换因子。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附表 B7 “吸入：公众成员吸入单位摄入量所致的待积有效剂量”，对于公众人员， ^{14}C 最保守值为 $5.8 \times 10^{-9} \text{Sv/Bq}$ 。

根据工程分析，项目放射性废气中 ^{14}C 浓度活度约 0.83Bq/m^3 。按成年人呼吸量为 $1.2 \text{m}^3/\text{h}$ ，按一年 365 天，每天 24h 计，则成人年呼吸量为 $1.05 \times 10^4 \text{m}^3$ ，则公众年吸入量为 $8.76 \times 10^3 \text{Bq}$ ，经计算公众吸入内照射剂量为 0.05mSv 。实际废气经大气扩散，放射性废气落地浓度更低，且每天排放时间主要集中在通风柜运行 4h 内排放，其余非排放时间段内周围环境中 ^{14}C 浓度活度更低，公众吸入内照射剂量比计算值更小。因此，本项目气态 ^{14}C 排放对公众的附加剂量贡献较小，公众吸入内照射剂量很小，不会对周围公众造成不良影响。

4、外照射剂量估算

射线对辐射工作人员及公众成员的外照射影响采用理论计算的方式进行评价。

(1) 剂量率的选取与估算

对于本项目而言，所有核素操作均在通风柜内进行，操作人员应佩戴有机玻璃质设备进行防护，因此能够有效阻挡β粒子辐射影响，主要考虑韧致辐射。根据《辐射防护导论》，可以用下列公式对β粒子产生的韧致辐射吸收剂量率进行估算：

$$D = 4.58 \times 10^{-14} A Z_e \left(\frac{E_b}{r} \right)^2 \cdot (\mu_{en} / \rho) \dots\dots\dots (11-3)$$

式中，D 为辐射剂量率水平，单位 Gy/h；A 为辐射源放射性活度，单位 Bq；r 为预测点离源的距离，单位 m；Z_e 是吸收β粒子的屏蔽材料（或靶核）的有效原子序数，按空气考虑，为 7.36；E_b 为韧致辐射的平均能量，一般可取入射β粒子最大能量的 1/3，单位为 MeV；μ_{en}/ρ 是平均能量为 E_b 的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数，单位 m²/kg，取值查《辐射防护导论》附表 1。

年有效剂量当量可按下式计算：

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = D_r \times t \times 10^{-6} (mSv) \dots\dots\dots (11-4)$$

其中：H_{E,r}: X 射线外照射人均年有效剂量当量, mSv/a;

D_r: X 射线空气吸收剂量率, nGy/h;

t: X 射线照射时间, h/a。

(2) 辐射工作人员

根据《γ射线屏蔽参数手册》（中国科学院工程力学研究所，原子能出版社）和《辐射防护导论》，本项目使用的放射性同位素特征见表 11.2-3。

表 11.2-3 β放射性同位素特征

序号	核素	半衰期	β粒子最大能量及分支比 (MeV)	β粒子平均能量 (MeV)	γ射线能量 (MeV)
1	³² P	14.3d	1.711 (100%)	0.695	--
2	³³ P	25.4d	0.25 (100%)	--	--
3	³⁵ S	87.4d	0.1674 (100%)	0.0488	--
4	¹⁴ C	5730a	0.1561 (100%)	0.0493	--
5	³ H	12.34a	0.0186 (100%)	0.00571	--

保守估算，每次核素最大操作量为日最大操作量，按公式（11-3）计算在距其 30

cm 处参考点的空气比释动能率。假设每种核素每次实验近距离接触约为 30min，按年近距离接触工作时间 100h 计，根据式（11-4），可以估算出各同位素实验的辐射工作人员每年所受的附加年有效剂量，具体见表 11.2-4。

表 11.2-4 各核素操作年附加有效剂量估算结果

序号	核素	活度 (Bq)	韧致辐射平均能量 (MeV)	μ_{en} / ρ (m ² /kg)	吸收剂量率 (Gy/h)	外照射附加有效剂量 (mSv/a)
1	³² P	4.00E+09	0.570	2.966E-03	1.445E-05	1.445
2	³³ P	4.00E+08	0.083	2.393E-03	2.490E-08	0.002
3	³⁵ S	2.00E+09	0.056	4.031E-03	9.402E-08	0.009
4	¹⁴ C	4.00E+09	0.052	4.031E-03	1.635E-07	0.016
5	³ H	4.00E+09	0.006	2.242E+00	1.291E-06	0.129
合计		/	/	/	/	1.603

本项目运行时，建设单位配备 8 名辐射工作人员承担示踪实验工作，则平均每位辐射工作人员所受的附加年有效剂量约为 0.2mSv。本评价项目以 5mSv 作为剂量约束限值，相比之下，辐射工作人员所接受剂量低于剂量约束限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

（3）公众成员

建设单位对放射性同位素实验室严格管理，使公众成员不会到达控制区。楼内公众成员距离本项目最近距离约 2m，按此计算，其年附加有效剂量最大约为 0.03mSv，非本楼内其他公众成员一般不会靠近本项目实验室，不会受到显著的额外辐射照射。故本项目公众成员年附加有效剂量符合本次评价 0.25mSv 的剂量约束限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

5、与现有核技术利用项目叠加影响分析

农科院现有核技术利用项目为辐照中心，由浙江省农业科学院作物与核技术利用研究所运营。辐照中心位于本项目拟建址北侧，距离约 115m，不在本项目辐射环境影响范围内。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），放射源应用项目的评价范围取所在场所屏蔽边界外 50m 的范围。本项目与辐照中心距离大于两者评价范围之和，故无叠加影响。

11.2.2 水环境影响分析

1、放射性废水排放达标分析

根据工程分析，进入衰变池的放射性废水量约为 8.2L/d，1.64m³/a，含有 ³²P、³³P 短半衰期核素。这些核素中半衰期最长的核素为 ³³P，其半衰期为 25.4d，则 10 个半衰期为 254d。根据衰变池设计方案，废水在衰变池内停留时间约为 1096 天。具体停留时间见表 11.2-5。

表 11.2-5 衰变池最小停留时间分析

衰变池	第一格	第二格	第三格	第四格	合计
停留时间(天)	1~365	365	365	365	≥1096

放射性废水排放应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 8.6.2 款规定，不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，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 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；

b) 每一次排放的活度不超过 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) 附录 B 的规定，对于放射性核素 j，可由相应的食入和吸入单位摄入量所致的待积有效剂量 $e(g)_{j,ing}$ 和 $e(g)_{j,inh}$ 计算该核素的年摄入量限值， $I_{j,L}$ ：

$$I_{j,L}=DL/e_j \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：
 DL ——相应的有效剂量的年剂量限值，Sv；
 e_j ——放射性核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值，Sv/Bq。
 对于职业照射，在一定的假设下，可将 $I_{j,L}$ 用作 ALI。
³²P、³³P 两种放射性核素 ALI_{min} 值，对比根据以上经计算所得、《辐射源和实践的豁免管理原则》(GB13367-92)、《医用放射性废物管理卫生防护标准》(GBZ133-2002) 中的取值，本次评价 ALI_{min} 取三者中最小者，见表 11.2-6。

表 11.2-6 ³²P、³³P 的 ALI_{min} 取值分析

核素	根据 GB18871-2002 计算所得			GB13367-92 取值	GBZ133-2002 取值	本次 ALI _{min}
	吸入 ALI	食入 ALI	ALI _{min}			
³² P	2.50E+07	8.33E+06	8.33E+06	1E+07	1E+07	8.33E+06

³³ P	2.08E+08	8.33E+07	8.33E+07	1E+08	/	8.33E+07
-----------------	----------	----------	----------	-------	---	----------

本项目放射性同位素不会交叉使用，保守估算进入衰变池的洗涤废水中放射性核素含量为日使用量的 1%，各核素经过衰变处理后产生的短寿命核素废水排放情况计算表见表 11.2-7。

表 11.2-7 放射性废水排放方式表

	³² P	³³ P
半衰期	14.3d	25.4d
实际日最大操作量 (Bq)	4.0×10^9	4.0×10^8
日废水中核素的含量 (Bq)	4.0×10^7	4.0×10^6
预测衰变池停留时间 (天)	≥ 1096	≥ 1096
衰变处理后日废水中核素的含量 (Bq)	3.39×10^{-16}	4.10×10^{-7}
每月排放量 (Bq)	5.76×10^{-15}	6.97×10^{-6}
总β放射性活度浓度 (Bq/L)	0.0	0.0
ALI _{min} (Bq)	8.33×10^6	8.33×10^7
10ALI _{min} (Bq)	8.33×10^7	8.33×10^8
达标情况	达标	达标
排放标准	每次排放活度 < 1ALI _{min} ，每月排放总活度 < 10ALI _{min} ，总β放射性 ≤ 10Bq/L	

由表 11.2-7 可知，经衰变池处理后单次及每月短寿命核素废水排放均满足 GB18871-2002 的相关限值规定，衰变池排放口总 β 放射性活度浓度小于 10Bq/L，满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 相关要求，可以达标纳管。

经过衰变处理的放射性废水送大楼化粪池，再排入市政污水管网。在衰变池出口处设取样口，建设单位应按监测计划落实日常和年度监测，使排放是受控的，并做好排放记录工作。

在采取上述措施后，本项目放射性废水的排放暂存、处理处置将满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《放射性废物管理规定》(GB14500-2002) 和《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 等标准要求，不会对周围地表水环境造成影响。

2、废水纳管可行性分析

建设单位已取得城镇污水排入排水管网许可证。本项目放射性废水经衰变池处理后，排入单位下水管道与其他清洗废水、生活污水一同排入市政管网，最终送七格污水处理厂处理。本项目纳管水量约 191.9m³/a，以生活污水为主。由于本项目水量小，不会对七格污水处理厂带来较大的水量压力。水质方面，废水以生活污水为主，水质

较简单，根据源项分析，本项目废水可以满足污水处理厂的纳管标准，故不会对七格污水处理厂水质带来波动冲击。项目排放的废水对七格污水处理厂的影响很小，本项目废水纳管至七格污水处理厂是可行的。

3、地表水环境影响分析

项目废水经纳管最终进入七格污水处理厂，经污水处理厂集中处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标后排放，不会对周边环境造成不利影响。

11.2.3 大气环境影响分析

(1) 废气达标分析

由于本项目两个排放口距离小于其几何高度之和，故应考虑为等效排气筒。本项目排气口及等效排气口排放源强见表 11.2-8。

表 11.2-8 项目点源参数表

编号	名称	排气筒高度 (m)	内径 (m)	烟气流速 (m/s)	烟气温度 (°C)	年排放小时数 (h)	排放工况	污染物排放速率 (kg/h)		污染物排放浓度 (mg/m³)	
								NMHC	甲醇	NMHC	甲醇
DA001	P1 排气口 (北)	15	0.36	43.7	15	800	正常	0.0096	0.0019	0.601	0.121
DA002	P2 排气口 (南)	15	0.36	21.8	15	800	正常	0.0048	0.0010	0.601	0.121
/	等效排气口	15	0.36	65.5	15	800	正常	0.0144	0.0029	0.601	0.121

表 11.2-9 项目矩形面源参数表

编号	名称	面源海拔高度 (m)	面源长度 (m)	面源宽度 (m)	与正北向夹角 (°)	面源有效排放高度 (m)	年排放小时数 (h)	污染物排放速率 (kg/h)	
								NMHC	甲醇
1	实验室	8	20.4	12.7	100	12	1600	0.0007	0.0001

经分析，DA001、DA002 的非甲烷总烃、甲醇排放速率和排放浓度均可满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定的“新污染源”二级标准要求，其中排放速率严格 50% 的标准要求。

本项目等效排气口污染物排放速率为非甲烷总烃 0.0144kg/h，甲醇 0.0029kg/h，排放浓度为非甲烷总烃 0.601 mg/m³，甲醇 0.121 mg/m³，均可满足《大气污染物综合

排放标准》（GB16297-1996）中规定的“新污染源”二级标准，其中排放速率严格50%的标准要求。

（2）放射性废气影响分析

根据工程分析本项目排放口最大气态 ^{14}C 排放活度浓度为 0.83Bq/m^3 ，经公众内照射剂量估算分析，保守考虑，按上述浓度计算，经计算公众吸入内照射剂量为 0.05mSv 。实际废气经大气扩散，放射性废气落地浓度更低，且每天排放时间主要集中在通风柜运行 4h 内排放，其余非排放时间段内周围环境中 ^{14}C 浓度活度更低，公众吸入内照射剂量比计算值更小。因此，本项目气态 ^{14}C 排放对公众的附加剂量贡献较小，公众吸入内照射剂量很小。本项目放射性废气不会对周围大气环境影响较小。

（3）大气影响分析

本项目废气污染物排放量不大，且配备了技术可行的废气处理装置，在正常工况下，各废气污染物均可达标排放。

综上，本项目在严格落实各项废气污染治理措施、制定完善的环境管理制度并有效执行的前提下，本项目废气排放对周边环境及敏感点影响很小。本项目废气中仅含微量放射性核素，含量远低于有机物含量，经活性炭吸附处理后，对周围环境影响很小。

11.2.4 固体废物影响分析

1、放射性废物影响分析

由工程分析可知，放射性废物主要为含长半衰期核素的放射性废水、放射性废液、废实验样品、废实验耗材等。

根据《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）第 18.2.4 款，对含有较短半衰期核素的废物应实行衰变贮存，直至衰变为免管废物或极低放废物；对含有较长半衰期核素的废物，应在完成必要的处理和整备步骤后送低、中放废物处置场处置。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.2.5 款，物质、材料和物品如果符合审管部门的清洁解控水平，经认可后可将其解控。根据《放射性废物分类》第九条规定，豁免废物或解控废物废物中放射性核素的活度浓度极低，满足豁免水平或者解控水平，不需要采取或者不需要进一步采取辐射防护控制措施。豁免或解控废物的处理、处置应当满足国家固体废物管理规定。

经核算，放射性废物产生量约 1.62t/a 。短半衰期核素按 99%的放射性同位素进

入固体废弃物中，长半衰期核素按 100%进入固体废弃物中进行估算，其放射性同位素含量见表 11.2-10。

表 11.2-10 放射性废物处置方式表

	³² P	³³ P	³⁵ S	¹⁴ C	³ H
半衰期	14.3d	25.4d	87.4d	5730a	12.34a
实际日最大操作量 (Bq)	4.00E+09	4.00E+08	2.00E+09	4.00E+09	4.00E+09
进入放射性废物的量 (Bq)	3.96E+09	3.96E+08	2.00E+09	4.00E+09	4.00E+09
固废产生量 (g)	1.32E+03	1.32E+03	1.82E+03	1.82E+03	1.82E+03
固废核素比活度 (Bq/g)	3.00E+06	3.00E+05	1.10E+06	2.20E+06	2.20E+06
存放天数	219 (15.3 个半衰期)	51 (2 个半衰期)	378 (4.3 个半衰期)	/	/
存放后的活度 (Bq)	9.82E+04	9.85E+07	9.98E+07	4.00E+09	4.00E+09
清洁解控水平 (Bq)	1×10 ⁵	1×10 ⁸	1×10 ⁸	1×10 ⁷	1×10 ⁹
存放后的比活度 (Bq/g)	7.44E+01	7.46E+04	5.48E+04	2.20E+06	2.20E+06
清洁解控水平 (Bq/g)	1×10 ³	1×10 ⁵	1×10 ⁵	1×10 ⁴	1×10 ⁶
达标情况	达标	达标	达标	不达标	不达标
处置方式	储存衰变至免管废物，清洁解控	储存衰变至免管废物，清洁解控	储存衰变至免管废物，清洁解控	按放射性废物委托有资质单位收贮	按放射性废物委托有资质单位收贮
清洁解控标准	放射性核素活度浓度小于或等于清洁解控水平				

经分析，含 ³²P、³³P、³⁵S 的放射性废物分别存放 15.3 个、2 个、4.3 个半衰期后，其活度浓度均将满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.2.5 款规定的清洁解控水平，可作为免管废物处理，按危险废物相关要求管理。含 ¹⁴C、³H 的放射性废物，应定期移交有资质单位收贮，并作好移交记录。

根据《放射性废物安全管理条例》、《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）要求，放射性废物需用专用容器存放，并应贴上标签，标明废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期。专用容器应为密闭容器，应具有外防护层和电离辐射警告标志，桶内放置专用塑料袋直接收纳废物，应按核素种类将受污染的固体废物分别收储，除

了其材质应不易吸附放射性物质外，并满足存放的容量要求。对破碎玻璃器皿等含刺尖及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋内。装满后废物袋应密封，不破漏，并及时转送废物间，放入专用容器中贮存。

在采取上述措施后，本项目含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 的放射性废物经暂存衰变后可作为免管废物，含 ^{14}C 、 ^3H 的放射性废物定期移交有资质单位收贮，其处理处置将符合《放射性废物安全管理条例》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）等标准要求。

2、废活性炭管理要求

通风柜配备的活性炭过滤箱年更换一次活性炭，废活性炭产生量约 2.5t/a，需开展放射性监测，鉴定是否属于放射性废物，以实际监测值为依据进行判定。若监测结果废活性炭放射性活度和活度浓度均满足清洁解控要求，则按免管废物处理去向，列为危险废物，按危险废物相关要求处理处置；若不满足清洁解控要求，则按放射性废物要求处理。

3、危险废物影响分析

危险废物主要为解控后的免管废物、不涉及放射性同位素的实验过程中产生的固体废弃物，主要成分为实验废物、废实验耗材、废试剂瓶等。

（1）危险废物贮存场所（设施）

危险废物贮存场所（设施）：本项目应建立独立的危废暂存间，贮存能力应满足危险废物最大贮存量要求，与其他区域分隔开来，地面进行防腐防渗处理，禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装；不同危险废物采用单独容器收集，整个暂存过程按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单（环保部公告 2013 年第 36 号）的相关要求执行。

（2）运输过程

建设单位应遵照国家管理规定，建立健全规章制度及操作流程，确保危废收集过程的安全、可靠，应派专人负责，采用单独容器收集，避免危险废物在实验室散落、泄漏；厂外运输、处置均由有资质单位负责，从事危险废物运输、处置经营活动的单位应具有危险废物经营许可证，在收集、贮存、运输危险废物时，应根据危险废物收集、贮存、处置经营许可证核发的有关规定建立相应的规章制度和污染防治措施，包括危险废物分析管理制度、安全管理制度、污染防治措施等。

(3) 委托处置

危险废物需委托有资质单位处置，并应执行申报和转移联单制度。

在此基础上，本项目危险废物暂存、运输、处置过程中不会发生二次污染，对周围环境基本无影响。

4、生活垃圾影响分析

生活垃圾分类收集，由环卫统一清运，对周围环境基本无影响。

故在规范管理的基础上，本项目各类固体废弃物依法合规处置，不会对周围环境产生影响。

11.2.5 声环境影响分析

本项目夜间不运行。本项目主要声源为通风柜的排风风机。本项目噪声设备每日运行时间较短，且均安装在室内。噪声源强见表 9.2-17。一般消声百叶窗的隔声量约 10dB，双层中空玻璃窗隔声量约 25dB，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 2 类标准限值要求，对周围环境影响不大。

11.2.6 本项目环境影响预测分析小结

综上所述，浙江省农业科学院放射性同位素实验室，在浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所生物评价楼内建设放射性同位素实验室，拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 等 5 种放射性同位素开展放射性同位素示踪实验等科学实验工作，规模为乙级非密封物质工作场所。该项目在按设计完全建造，正常运营条件下，辐射工作人员年附加有效剂量约为 0.2mSv，实验室楼内公众成员年附加有效剂量最大约为 0.03mSv，其余公众成员基本不会受到额外的辐射照射，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的关于“剂量限值”的要求，亦符合本次评价剂量约束限值要求（职业剂量限值 5mSv，公众剂量限值 0.25mSv）。

11.3 选址合理性分析

本项目拟建址位于浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所生物评价楼三楼、四楼西部，拟建址东侧为强电间、楼梯和走廊，南、西、北三侧为建筑边界。所在建筑共四层，拟建址对应二楼、一楼均为实验室、办公室。非密封放射性物质工作场所周围 50 米范围均属于建设单位范围内。

根据环境影响分析，本项目辐射工作人员年附加有效剂量约为 0.2mSv，拟建址楼内公众成员年附加有效剂量最大约为 0.03mSv，其余公众成员基本不会受到额外的辐射照射，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的关于“剂量限值”的要求，亦符合本次评价剂量约束限值要求（职业剂量限值 5mSv，公众剂量限值 0.25mSv）。

经影响分析，本项目废水能够达标纳管，废气、噪声等均能达标排放，固废依法合规处理处置，项目对周围环境影响很小。

因此，本项目其选址是合理可行的。

11.4 事故影响分析

本项目主要风险物质为放射性核素和实验中使用的危险化学品。由于用量不大，暂存量很小，不构成重大风险源。主要风险事故类型如下。

- （1）装有放射性核素物品的货包未按预定的时间到达时的事故。
- （2）由于管理不善，发生放射性物品失窃，造成放射性污染事故。
- （3）由于操作不慎，有少量的液态危险化学品溅洒。

（4）由于操作不慎，有少量的液态放射性同位素溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

（5）氧化燃烧仪发生故障，或吸收液不足量，导致放射性气体吸收不完全，发生废气事故排放。发生该类事故，应迅速关闭氧化燃烧仪，停止实验进程，降低放射性废气产生量。考虑到本项目植物样品处理量较小，废气量很小，且氧化燃烧仪放置在通风柜内，工作状态下打开通风柜，可有效避免事故状态下造成内照射。

为避免辐射事故的发生，要求工作人员每次上班时首先要检查各防护设施是否正常。如果发生防护设施故障失灵等现象，应立即修理，恢复正常，并严格按照各设备操作程序进行操作作业。建设单位应按相关规定要求，完善和加强管理，使放射性同位素始终处于监控状态。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和《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）文件之规定，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，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。

11.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修改）第十六条规定，使用放射性同位素的单位应具备相应的条件。对建设单位从事辐射活动能力的评价见表11.5-1。

表 11.5-1 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	已成立管理机构。并将根据本项目要求，由实际运营部门成立管理机构。
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	现有辐射工作人员已通过考核，持证上岗。新增辐射工作人员将参加考核，通过后持证上岗。
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	设计有放射性同位素专用的防护通风柜和放射性同位素储源室。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	场所应张贴电离辐射警告标志，配套防护用品和监测仪器，将设置放射性同位素专用的防护通风柜。
（五）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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	建设单位将配备 β 射线表面污染监测仪。将按辐射类型和辐射水平配备防护用品和辐射监测仪等设施 and 仪器。
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已按要求制定管理制度。将根据本项目特征，完善相应辐射环境管理制度。

(七) 有完善的辐射事故应急措施。	已按要求制定应急预案。将根据本项目特征，完善相应辐射事故应急预案。
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还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。	废气经活性炭吸附处理后排放，对周围环境影响很小；将按照核素分别收集放射性废水、放射性废物。建设适当的流量和浓度监控设备，使放射性废水排放受控，满足 GB18871-2002 的要求。放射性废液、长半衰期放射性废水经分类收集后按放射性废物处理。其中含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 放射性废物储存衰变满足清洁解控水平后，按照国家固废管理规定处理处置，含 ^{14}C 、 ^3H 放射性废物定期移交有资质单位收贮，并做好移交记录。

以上分析表明，该建设单位在按要求落实完善各项措施后，其从事辐射活动的技术能力将符合相应法律法规的要求。

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

按照《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》（2021 年修改）及环境保护主管部门的要求，建设应设立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，并制订相应的辐射环境管理规章制度，并向有审批权限的生态环境行政主管部门申领《辐射安全许可证》。

农科院现有核技术项目运营部门农业科学院作物与核技术利用研究所已设立辐射安全与环境保护管理机构，已根据相关法律、法规及文件的要求，制定了各项规章制度，农科院已取得《辐射安全许可证》（国环辐证[00183]）。

本项目将由农科院下属部门浙江省农业科学院农产品质量与安全研究所实施建设，并运行管理，建设单位应进一步完善各项规章制度和管理机构，根据相关要求尽快成立辐射安全与环境保护管理机构，具体可以由农产品质量与安全研究所落实，以满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。本项目投运前，建设单位应及时向有权限的生态环境行政主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

12.2 辐射安全管理规章制度

建设单位已根据现有核技术利用项目制定辐射环境管理规章制度，包括《核安全文化学习与实践》、《来客登记和安全保卫制度》、《人事管理和职工培训制度》、《辐照装置安全防护管理规章制度》、《辐照装置运行管理人员岗位责任制》、《辐照室运行人员值班纪律和奖惩制度》、《放射源更换加装管理制度》、《辐照装置（I II III 号）控制系统操作规程》、《IV 号辐照装置控制系统操作规程》、《辐照装置安全防护设施维护检修制度》、《辐射环境检测制度》、《检测仪器使用和校验管理制度》、《“三废”管理制度》、《订购、退役时运输管理制度》、《个人计量检测和职业健康检查制度》、《浙江省农科院辐射事故应急预案》。

建设单位还必须在本项目正式投入运行前，根据目前法律法规的相关要求，制订以下规章制度。

- （1）应制定《乙级非密封放射性物质工作场所辐射安全防护管理工作制度》，内

容应包括：

a 环评报批后，应及时重新申领《辐射安全许可证》，领取许可证且办理登记手续后方可从事许可范围内的放射工作，需改变许可的内容或终止放射工作时，必须按规定向审批部门办理变更或注销手续；

b 在从事辐射操作前，制定各辐射装置和场所的《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《自行检查和年度评估制度》、《定购、转让、运输及退役处理制度》、《使用登记制度》等规章制度；同时须组织辐射工作人员进行辐射安全防护知识考核，并进行个人剂量监测和职业健康检查。

c 每年进行一次辐射场所使用的安全和防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前上报许可证审批机关备案，接受行政机关的监督检查。

(2) 必须制定《操作规程》，内容应包括：

a 凡涉及对放射性同位素进行的操作，都有明确的操作规程（包括放射性同位素取用、实验操作等一系列工作），操作人员按操作规程进行操作。

b 辐射工作人员熟悉各放射性同位素性质，实验原理和步骤，并做好相应的个人防护，操作规程应张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作。

(3) 必须制定《岗位职责》，内容应包括：

必须制定各类辐射工作人员和辐射防护安全管理机构成员职责。

(4) 必须制定《辐射防护和安全保卫制度》，内容应包括：

放射性同位素的使用场所，应有电离辐射警示标志及中文警示说明等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

(5) 必须制定《自行检查和年度评估制度》，内容应包括：

a 定期对非密封放射性物质工作场所安全装置和防护措施、安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。

如每天进行电离辐射标志检查，每月核实规章制度执行情况，每季度进行个人剂量档案归档及检查，每年进行职业健康体检档案归档及检查等。

b 将编写非密封放射性物质工作场所安全和防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前上报许可证审批机关备案，接受行政机关的监督检查。

(6) 必须制定《定购、转让、运输及退役处理制度》。

应明确放射性同位素的订购、转让、运输符合国家相应管理要求。本项目实施退役的，应当依法编制和报批退役环境影响评价文件，按照环境保护行政主管部门的批复要求落实各项退役措施并接收验收检查。

(7) 应制定《使用登记制度》。

应明确放射性同位素使用登记的相关要求、程序和管理制度，建立相应台账，明确登记要求，规范放射性同位素的使用管理。

建设单位在重新申请《辐射安全许可证》前，根据目前法律法规的相关要求，继续完善各项规章制度。在日常运行中，应组织工作人员认真学习上述规章制度，实落并持续完善各项管理制度，规范放射性同位素的使用和管理工作。

12.3 监测要求

12.3.1 辐射监测要求

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应该配置与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。

根据以上要求，建议本项目辐射工作场所辐射仪器配置情况详见表 12.3-1。

表 12.3-1 本项目辐射工作场所辐射监测仪器拟配置情况

序号	监测仪器	配置情况说明
1	α/β 表面污染仪	实验室 3 处卫生通过间各 1 台，三、四层低放实验室各 1 台，共 5 台
2	便携式 X- γ 射线巡测仪	配备 1 台
3	活度计	配备 1 台
4	个人剂量报警仪	三、四层低放实验室各 1 台，共 2 台
5	个人剂量计	每个辐射工作人员各配备 1 个，共 8 个

2、年度监测

建设单位已委托有资质的机构对现有辐射工作场所进行年度监测。

本项目建成后，建设单位应委托有资质的单位对辐射工作场所的辐射剂量水平、 β 表面放射性污染、废水总 β 放射性、固废放射性水平进行监测，监测周期为 1 次/年。对本项目工作场所为中心，半径 50m 范围内土壤环境开展跟踪监测，监测因子为 ^{14}C ，如 ^{14}C 难以分析，可用总 β 放射性替代，监测点位可位于所内常年主导下风向，点位相对

固定，监测周期为 1 次/年。年度监测报告应作为《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。

3、日常监测

根据《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）要求，结合本项目规模和源项特征，建设单位应建立日常监测制度，定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测）。本项目辐射监测主要包括环境监测、场所监测以及个人剂量监测，监测计划详见表如下。建设单位应按计划落实，监测数据应存档备案。

表 12.3-2 本项目运行期间辐射监测计划

场所	监测对象	监测因子	监测范围	自行监测	委托监测
放射性同位素实验室	γ 辐射	X- γ 辐射空气吸收剂量率	控制区、监督区、工作人员操作位、下水管道处以及周围其它关心点位	1 次/2 周	1 次/年
	表面污染	β 表面放射性污染	实验室工作台、设备、墙壁、地面，各类设备仪器表面等，工作人员工作服、手套、工作鞋、帽、手、皮肤等。	每次工作完毕（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	1 次/年
	废气	$^{14}\text{C}^a$	排放口	/	1 次/年
	废水	总 β 放射性	放射性废水衰变池排放口	/	1 次/年
	放射性固废	总放射性	贮存容器外表面	处置前	1 次/年
周围环境	土壤	$^{14}\text{C}^a$	以工作场所为中心，半径 50m 范围内	/	1 次/年
个人剂量	个人剂量当量	个人剂量当量	每个辐射工作人员上岗工作期间均配备的个人剂量计	/	1 次/季度

注：a，如 ^{14}C 难以分析，可用总 β 放射性替代。

12.3.2 废水、废气、噪声监测要求

根据《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ819-2017）等，本项目废水、废气、噪声监测计划如表 12.3-3 所示。

表 12.3-3 项目废水、废气、噪声监测计划表

监测对象	监测点位		监测因子	自行监测	委托监测
废水	DW001	污水总排口	COD_{Cr} 、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、总 β 放射性	/	1 次/年
废气	DA001	P1 排气口（北）	非甲烷总烃、甲醇	/	1 次/年
	DA002	P2 排气口（南）	非甲烷总烃、甲醇	/	1 次/年
	项目边界		非甲烷总烃、甲醇	/	1 次/年

噪声	四侧边界	等效连续 A 声级 (Leq)	/	1 次/季度
12.4 辐射事故应急 建设单位已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条之规定，结合单位的实际情况，制定《浙江省农科院辐射事故应急预案》。建设单位应根据实际运行情况，持续完善并继续落实应急预案。发生辐射事故时，事故单位应当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，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地环境保护部门报告，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。 12.5 辐射工作人员管理要求 (1) 辐射安全上岗证管理 本项目将按需要新增 8 名辐射工作人员。本项目新增辐射工作人员应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：http://fushe.mee.gov.cn）参加培训并考核合格后上岗，并按时接受再培训。 辐射工作人员应掌握辐射安全与防护相关法律、法规和专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。考核不合格的人员，未取得合格证书，不得从事辐射工作。 (2) 个人剂量监测 建设单位应为新增辐射工作人员配备个人剂量计，个人剂量计每 3 个月到有资质的单位检测一次，公司应建立个人剂量档案，加强档案管理。 (3) 健康管理 建设单位应组织新增辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康体检。在岗期间，所有辐射工作人员至少每 2 年进行一次职业健康体检，并建立个人健康档案。在建设单位从事过辐射工作的人员在上岗前和离开该工作岗位时要进行健康体检。				

表 13 结论与建议

13.1 实践正当性

放射性同位素的应用在我国是一门成熟的技术，它同位素示踪方面有其他技术无法替代的特点，具有明显的科研效益。浙江省农业科学院使用放射性同位素开展同位素示踪等科学实验工作，具有较好的经济、社会效益和环境效益。本项目运行所至辐射工作人员和周围公众成员的附加年有效剂量符合项目剂量约束限值要求，其获得的利益远大于辐射所造成的损害。只要按规范操作，严格管理，本项目符合《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“正当实践”的原则。因此，本项目的实践是正当可行的。

13.2 选址合理性

本项目位于杭州市石桥路 198 号，浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所生物评价楼三、四两层西部。本项目乙级非密封放射性物质场所边界外 50m 范围内主要为所内其他实验室、所内桑蚕楼、食品所大楼、内部道路、院内实验田，均属于建设单位范围内。

根据环境影响分析，本项目辐射工作人员年附加有效剂量约为 0.2mSv，拟建址楼内公众成员年附加有效剂量最大约为 0.03mSv，其余公众成员基本不会受到额外的辐射照射，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的关于“剂量限值”的要求，亦符合本次评价剂量约束限值要求（职业剂量限值 5mSv，公众剂量限值 0.25mSv）。

经影响分析，本项目废水能够达标纳管，废气、噪声等均能达标排放，固废依法合规处理处置，项目对周围环境影响很小。

因此，本项目其选址是合理可行的。

13.3 辐射安全与防护分析结论

13.3.1 辐射安全防护措施

- 1、本项目工作场所应按照乙级非密封放射性物质工作场所进行管理。
- 2、分区管理：对实验室进行分区管理，划分控制区和监督区。从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平监测。
- 3、乙级场所装备要求：实验室地板、操作台面采用易清洗材质，满足易去污要求；

设立放射性废水收集和处理系统，包括专用清洗水槽、收集管道、衰变池，将废水分类收集处理，短半衰期放射性废水经衰变池处理后排放；操作放射性同位素应在通风柜内，通风柜设专用排风通道，废气经活性炭吸附处理后排放，排放口高度高于 15m。实验室出入口设计有卫生通过间，以便离开场所人员进行监测、清洁。

4、涉及放射性核素操作，拟采取一系列措施，提高放射性同位素回收率，包括对玻璃仪器进行前处理，减少器皿表面对放射性同位素的吸附；加入适量的载体，提高常量物质浓度，提高放射性物质的回收率；进行放射性的测量，回收各种放射性组份。

5、外照射、内照射防护措施：工作人员熟练掌握辐射安全操作知识和技能，规范操作；操作时佩戴口罩、乳胶手套、工作服、工作鞋、佩带必要的个人防护用品和器材；严禁在放射性实验室内进食、饮水、吸烟或存放物品；配备表面污染监测仪和个人剂量计；放射性核素操作、样品氧化燃烧处理都必须在通风柜内进行；采用必要的屏蔽防护措施；离开场所时进行清洁和监测。

6、控制区辐射防护措施：同位素实验门口及控制区出入口张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明，在控制区和监督区之间设置卫生通过间，确保工作人员操作后离开非密封放射性物质工作场前应洗手和进行表面污染监测。

7、储源室的辐射安全措施：储源室内设施和措施应满足“六防”的防护要求，配备储源室保险柜、储源铅罐，设置视频监控并入科室和 110 监控系统、门口设置红外报警系统和电离辐射标志；应定期检查放射性核素的实际库存数量及贮存场所。

8、放射性表面污染控制：放射性同位素示踪剂外包装良好，妥善储存及转移；所有涉及放射性物质操作都应在有负压的通风柜内，在铺衬有吸水纸的瓷盘内进行，使用射性表面去污用品和试剂进行去污。

9、根据需要配备防护设备与防护用品，包括储源铅罐、脚踏式铅桶、移动式铅屏风、个人防护用品、监测仪器和个人剂量计。

13.3.2 三废的治理

1、放射性废水

(1) 本项目设 1 座衰变池，容积约为 12m³。衰变池四壁、池底要求坚固、抗压、耐酸碱腐蚀、防渗措施完善。

(2) 本项目短寿命核素，主要为含 ³²P、³³P 的放射性废水，经收集后由衰变池衰变处理。对每次放射性废水排放作好记录，包括排放浓度，排放总活度，其废水排

放需满足标准要求。

(3) 长半衰期放射性废水应用专用容器进行分类收集后保存，按放射性废物相关要求处理。

2、实验废气

实验废气经通风柜收集后，送至屋顶活性炭吸附装置，经处理后由屋顶排放口排放，设南北两个排放口，排放高度大于 15m。

3、固体废物

(1) 放射性废物

设置放射性废物暂存间 1 处。含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 放射性核素的放射性废液、固废分类收集，经衰变暂存，经检测其放射性水平满足清洁解控水平后，可解控，按危险废物相关要求处理处置。含长半衰期核素 ^{14}C 、 ^3H 的放射性废水、废液、固废，分类收集后，作为放射性废物处理，委托有资质单位处理处置。废活性炭根据鉴定结果判定，放射性活度和活度浓度均满足清洁解控要求，则可免管，可按危险废物相关处理要求处理，若不满足清洁解控要求，则按放射性废物要求处理。放射性废物应定期移交有资质单位收贮，并作好移交记录。

(2) 危险废物

设置危险废物暂存间 1 处。危废暂存间按照相应规范要求设计建设，做到密闭化及“防风、防雨、防晒”要求，危险废物分质、分类、分区储存，并设立危险固废标识牌。危险废物委托有资质机构处理，厂外运输、处置均由有资质单位负责，并执行危废转移联单制度。

(3) 生活垃圾分类收集，由环卫统一清运。

13.4 辐射环境管理

建设单位已制定辐射环境管理规章制度，包括《核安全文化学习与实践》、《来客登记和安全保卫制度》、《人事管理和职工培训制度》、《辐照装置安全防护管理规章制度》、《辐照装置运行管理人员岗位责任制》、《辐照室运行人员值班纪律和奖惩制度》、《放射源更换加装管理制度》、《辐照装置（I II III 号）控制系统操作规程》、《IV 号辐照装置控制系统操作规程》、《辐照装置安全防护设施维护检修制度》、《辐射环境检测制度》、《检测仪器使用和校验管理制度》、《“三废”管理制度》、《订购、退役时运输管理制度》、《个人计量检测和职业健康检查制度》、《浙江省

农科院辐射事故应急预案》。

建设单位还必须在本项目正式投入运行前，根据目前法律法规的相关要求，制定非密封放射性物质工作场所相应的《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《自行检查和年度评估制度》、《定购、转让、运输及退役处理制度》、《使用登记制度》等制度，以及监测计划、人员培训管理计划，同时应切实落实并持续完善各项管理制度，规范放射性同位素的使用和管理工作。

13.5 人员培训及健康管理

（1）辐射安全上岗证管理

本项目新增辐射工作人员应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）参加培训并考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

辐射工作人员应掌握辐射安全与防护相关法律、法规和专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。考核不合格的人员，未取得合格证书，不得从事辐射工作。

（2）个人剂量监测

建设单位应为新增辐射工作人员配备个人剂量计，个人剂量计每 3 个月到有资质的单位检测一次，公司应建立个人剂量档案，加强档案管理。

（3）健康管理

建设单位应组织新增辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康体检。在岗期间，所有辐射工作人员至少每 2 年进行一次职业健康体检，并建立个人健康档案。在建设单位从事过辐射工作的人员在上岗前和离开该工作岗位时要进行健康体检。

13.6 结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则。只要严格按照国家有关法规及标准完善，加强运行管理，落实防护措施，建设单位具备对本项目的使用和管理能力。在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施、污染防治措施和环境管理计划后，正常运行过程中本项目对周围环境的影响能符合环境保护的要求，对辐射工作人员和公众造成的年附加有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对相应剂量限值要求。因此，从辐射安全和环境保护角度论证，本项目建设是可行的。

附表

建设项目污染物排放量汇总表

分类 \ 项目	污染物名称	现有工程 排放量（固体废物产 生量）①	现有工程 许可排放量 ②	在建工程 排放量（固体废物产 生量）③	本项目 排放量（固体废物 产生量）④	以新带老削减量 （新建项目不填）⑤	本项目建成后 全厂排放量（固体废 物产生量）⑥	变化量 ⑦
废气	非甲烷总烃				0.0127		0.0127	0.0127
	甲醇				0.0026		0.0026	0.0026
废水	废水量				191.9		191.9	191.9
	COD				0.008		0.008	0.008
	SS				0.002		0.002	0.002
	氨氮				0.001		0.001	0.001
一般工业 固体废物								
危险废物					3.582		3.582	3.582
放射性废物					0.738		0.738	0.738

注：⑥=①+③+④-⑤；⑦=⑥-①，单位 t/a。