

核技术利用建设项目

放射性同位素应用项目

环境影响报告表

(报批稿)

杭州师范大学

2018年11月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

放射性同位素应用项目

环境影响报告表

(报批稿)

建设单位名称：杭州师范大学

建设单位法人代表（签名或签章）：***

通讯地址：浙江省杭州市余杭区余杭塘路2318号

邮政编码：310000

联系人：***

电子邮箱：wangshang0205@126.com

联系电话：1515806****

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	5
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	10
表 8 环境质量和辐射现状.....	14
表 9 项目工程分析与源项.....	17
表 10 辐射安全与防护.....	22
表 11 环境影响分析.....	26
表 12 辐射安全管理.....	36
表 13 结论与建议.....	39
表 14 审批.....	44

表 1 项目基本情况

建设项目名称		放射性同位素应用项目			
建设单位		杭州师范大学			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	1515806****
注册地址		浙江省杭州市余杭区余杭塘路 2318 号			
项目建设地点		浙江省杭州市余杭区余杭塘路 2318 号 仓前校区生命和环境科学学院 2 号附楼 4 楼			
立项审批部门		—	批准文号	—	
建设项目总投资 (万元)		80	项目环保 投资 (万元)	10	投资比例(环 保投资/总投 资)
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	151.2
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	制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" 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		
	其它	无			

1.1 项目简介

杭州师范大学拟在仓前校区投资建设放射性同位素应用项目，建设 1 处非密封源工作场所，即放射性同位素实验室，开展放射性同位素示踪实验等科学实验工作。同位素示踪法又称为核素示踪技术，它是利用放射性同位素及其标记化合物作为示踪剂，研究被追踪物质的迁移、转归、代谢降解等行为规律。

杭州师范大学下沙校区八号楼现有同位素实验室规模为丙级非密封源工作场所。该项目已于 2014 年 5 月编制环境影响评价文件，并于 2014 年 7 月 14 日取得杭州市环保局批复意见（杭环辐评批[2014]5 号），于 2017 年 4 月 7 日取得杭州市环保局验收意见（杭环辐验[2017]8 号）。建设单位已取得由浙江省环保厅核发的《辐射安全许可证》，证书编号浙环辐证[A3272]，发证日期 2015 年 3 月 30 日，有效期至 2020 年 3 月 29 日。

根据杭州师范大学科研的需要，拟在杭州市余杭区余杭塘路 2318 号杭州师范大学仓前校区建设放射性同位素应用项目，项目拟建址位于仓前校区在建的生命与环境科学院 2 号附楼 4 楼西南角同位素实验室内，5 年内辐射活动规模为：拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{14}C 、 ^3H 等 6 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，规模为丙级非密封源工作场所，实验地点均在同位素实验室内。该实验室建成投用后，杭州师范大学下沙校区同位素实验室将停用。

根据国家有关辐射环境管理规定，该放射性同位素应用项目需编制环境影响评价文件，并向有权限的环保部门重新申请《辐射安全许可证》。为保护环境，保障公众健康，建设单位已正式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。评价单位按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制该项目的辐射环境影响报告表。

1.2 建设单位概况

杭州师范大学是以教师教育、艺术教育和文理基础学科为主，医、工、经、管、法协调发展的综合性、开放性和交叉融合性的学科结构体系的大学，学校现有仓前、下沙、玉皇山等多个校区，占地面积 198.9 万平方米。

仓前校区总占地面积 3250 亩左右（含余杭塘河），建设总投资近百亿元。校区建设分二期进行，规划成 A、B、C、D 四个区块，由西至东、由南至北逐步伸展。目前施工完成的是一期工程，占地约 880 亩，建筑面积约 42.3 万平方米，建有恕园教学楼、恕园餐厅、博文苑学生公寓等。本项目拟建址所在的仓前校区 C 区块目前正在建设中。

1.3 项目地理位置

本项目拟建址位于杭州师范大学仓前校区 C 区块在建的生命与环境科学院 2 号附楼 4 楼西南角。

杭州师范大学仓前校区位于杭州市余杭区余杭塘路 2318 号，其东至常二路，南至海曙路，西至良睦路，北至护校河，再往北为城北路。

杭州师范大学仓前校区生命与环境科学院 2 号附楼位于该校区北部 C 区块，其东、西两侧分别与生命与环境科学院主楼和动物实验中心相连，其北侧为校内空地，再往北为校内道路和护校河，南侧为校内空地和校内河道，再往南为医学院。

本项目拟建址东侧为走廊，南侧为建筑边界，西侧部分为建筑边界，部分与动物实验中心相邻，北侧为办公室。本项目由南往北布置同位素实验室、普通分子实验区和植物种植区，丙级非密封源工作场所即同位素实验室，布置在实验室南部，其对应三楼为实验室、办公室和教室，对应五楼为楼顶空地。

项目具体的地理位置图见附图 1，项目周边环境规划见附图 2，实验室平面布置见附图 3。

表 1-1 本项目拟建址周边现状

位置	规划情况
本项目拟建址	由南往北布置同位素实验室、普通分子实验区和植物种植区
本项目拟建址东侧	走廊，再往东办公用房
本项目拟建址南侧	建筑边界
本项目拟建址西侧	部分为建筑边界，部分与动物实验中心相邻
本项目拟建址北侧	办公用房

1.4 现有项目情况

建设单位已取得由浙江省环保厅核发的《辐射安全许可证》，证书编号浙环辐证[A3272]，发证日期 2015 年 3 月 30 日，有效期至 2020 年 3 月 29 日。

已建杭州师范大学放射性同位素应用项目，建设地点位为杭州市下沙高教园区学林街 16 号杭州师范大学下沙校区，规模为丙级放射性同位素应用项目，具体见表 1-2。该项目环评文件于 2014 年 7 月 14 日取得杭州市环保局批复意见（杭环辐评批[2014]5 号）。目前项目已建成运行，实际使用核素为 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{14}C 、 ^3H 四种，使用规模均未超过环评规模，已取得杭州市环保局验收意见（杭环辐验[2017]8 号）。

由于该项目放射性废液产生量较少，目前均暂存在实验室废物间内。杭州师范大学已与有资质的机构签订委托运输协议。

表 1-2 现有核技术利用项目情况一览表

项目名称	场所等级	放射性同位素	环评情况			建设情况			验收情况	
			实际日最大操作量 (Bq)	地点	批复	实际日最大操作量 (Bq)	地点	时间		批建相符性
杭州师范大学放射性同位素应用项目	丙级	³² P	5.55×10 ⁷	下沙校区	杭环辐 评批 [2014]5 号	5.55×10 ⁷	下沙校区	2016 年	已实施, 未超过环评规模	杭环辐 验 [2017]8 号
		³³ P	1.85×10 ⁷			/				
		¹³¹ I	1.85×10 ⁶			/				
		³⁵ S	5.55×10 ⁷			5.55×10 ⁷				
		⁴⁵ Ca	1.85×10 ⁶			/				
		¹⁴ C	1.85×10 ⁶			1.85×10 ⁶				
		³ H	7.4×10 ⁶			7.4×10 ⁶				

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 14.28d, 常温下为液态, 毒性分组为中毒组。	使用	5.55×10^7	5.55×10^6	3.33×10^9	同位素示踪等科学实验	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 25.34d, 常温下为液态, 毒性分组为中毒组。	使用	1.85×10^7	1.85×10^6	3.7×10^8	同位素示踪等科学实验	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, 毒性分组为中毒组。	使用	5.55×10^7	5.55×10^6	1.85×10^9	同位素示踪等科学实验	简单操作	同位素实验室内	暂存在储源室内
4	^{45}Ca	半衰期为 163d, 常温下为液态, 毒性分组为中毒组。	使用	1.85×10^6	1.85×10^5	1.11×10^8	同位素示踪等科学实验	简单操作	同位素实验室内	暂存在储源室内
5	^{14}C	半衰期为 5730a, 常温下为液态, 毒性分组为中毒组。	使用	1.85×10^6	1.85×10^5	1.11×10^8	同位素示踪等科学实验	简单操作	同位素实验室内	暂存在储源室内
6	^3H	半衰期为 12.3a, 常温下为液态, 毒性分组为低毒组。	使用	7.4×10^6	7.4×10^4	2.96×10^8	同位素示踪等科学实验	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)。

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 (μ A)	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
放射性废水	液体	^{32}P	5.55×10^6	2.8×10^7	3.33×10^8	总 β : $<10\text{Bq/L}$	暂存在废物间	排入大于 10 倍流量的普通下水道
		^{33}P	1.85×10^6	3.7×10^6	3.70×10^7			
		^{35}S	5.55×10^6	1.7×10^7	1.83×10^8			
		^{45}Ca	1.85×10^5	9.3×10^{45}	1.11×10^7			
放射性废液	液体	^{14}C 、 ^3H	根据实际使用情况	不排放	不排放	不排放	分类收集, 暂存在废物间	定期交有资质单位收贮
放射性固废 (废干胶)	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 115 天后可解控	暂存若干个半衰期后解控, 作为一般固废处理
		^{33}P					废物间暂存 51 天后可解控	
		^{35}S					废物间暂存 175 天后可解控	
		^{45}Ca					废物间暂存 652 天后可解控	
放射性固废(废实验器材, 如乳胶手套、离心管、枪头、吸水纸、纸巾等)	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 43 天后可解控	暂存若干个半衰期后解控, 作为一般固废处理。
		^{33}P					废物间暂存, 可解控	
		^{35}S					废物间暂存, 可解控	
		^{45}Ca					废物间暂存, 可解控	
		^{14}C					废物间暂存, 可解控	
		^3H					废物间暂存, 可解控	

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/m^3 ; 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/m^3) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日)。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2016 年 9 月 1 日)。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日)。</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年 10 月 1 日)。</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2014 年 7 月 29 日)。</p> <p>(6) 《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)。</p> <p>(7) 《放射性废物安全管理条例》(2012 年 3 月 1 日)。</p> <p>(8) 《放射性废物分类》，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)。</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2017 年修正)。</p> <p>(10) 《浙江省建设项目环境保护管理办法(修正)》，浙江省人民政府令第 364 号(2018 年 3 月 1 日)。</p> <p>(11) 《浙江省辐射环境管理办法》，浙江省政府令第 289 号(2012 年 2 月 1 日)。</p> <p>(12) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 1 号(2018 年 4 月 28 日)。</p> <p>(13) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430 号。</p>
<p>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》(HJ10.1-2016)。</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。</p> <p>(3) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)</p> <p>(4) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)</p> <p>(5) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 事业单位法人证书。</p> <p>(2) 环评批复。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{14}C 、 ^3H 等 6 种放射性同位素，规模为丙级非密封源工作场所。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，确定本项目的评价范围为非密封源工作场所边界外 50m 的范围。

7.2 保护目标

本项目非密封源工作场所位于杭州师范大学仓前校区在建的生命与环境科学院 2 号附楼 4 楼西南角，拟建址东侧为走廊，南侧为建筑边界，西侧部分与动物实验中心相邻，北侧为办公室。拟建址对应三楼为实验室、办公室和教室，对应五楼为楼顶空地。本项目评价范围内（拟建址周围 50m）均为杭州师范大学校内用地，涉及生命与环境科学院、医学院小部分用房。故本项目环境保护目标主要为辐射工作人员和其他工作人员，同时也考虑一般公众成员。

7.3 评价标准

(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 剂量限制

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

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，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；

本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

第 B1.2 款 公众照射

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;

本项目取其四分之一即 **0.25mSv** 作为管理限值。

② 表面放射性污染的控制

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。

第 B2 款 表面污染控制水平

第 B2.1 款, 工作场所的表面污染控制水平如表 7-1 所列。

表 7-1 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位: Bq/cm²

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10
	监督区	4
工作服、手、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工 袜		4×10 ⁻¹
1) 该区内的高污染子区除外。		

③非密封源工作场所的分级

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, 应按表 7-2 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 7-2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 ⁷

④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 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。

(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。

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，尽可能在通风橱、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。

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。

第 7.2.1 款规定，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。

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。

(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。

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 拟排入下水道系统的免管废液, 排放前应单独收集, 经衰变并检测合格后才能排放。

(4) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)

放射性废水, 总 β 放射性最高允许排放浓度为 10Bq/L。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目拟建址位于杭州师范大学仓前校区在建的生命与环境科学院 2 号附楼 4 楼西南角。

杭州师范大学仓前校区生命与环境科学院 2 号附楼位于该校区北部，其东、西两侧分别与生命与环境科学院主楼和动物实验中心相连，其北侧为校内空地，再往北为校内道路和护校河，南侧为校内空地和校内河道，再往南为医学院。

本项目拟建址东侧为走廊，南侧为建筑边界，西侧部分为建筑边界，部分与动物实验中心相邻，北侧为办公室。本项目由南往北布置同位素实验室、普通分子实验区和植物种植区，丙级非密封源工作场所即同位素实验室，布置在实验室南部，其对应三楼为实验室、办公室，对应五楼为楼顶空地。

项目具体的地理位置图见附图 1，项目周边环境规划见附图 2，各楼层平面布置见附图 3。

8.2 环境质量和辐射现状监测

(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，委托有资质单位杭州市环境检测科技有限公司于 2018 年 6 月 26 日对项目拟建址周围进行了辐射 X- γ 剂量率背景水平检测。

(2) 监测点位

共布 9 个监测点位，具体见图 8-1。

(3) 监测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数与规范

仪器名称	X- γ 辐射剂量率仪
仪器型号	JB5000
生产厂家	上海精博工贸有限公司
能量响应	在 48keV~3MeV 范围内误差 $\leq\pm 30\%$
量 程	X- γ : 0.01 μ Sv/h~10mSv/h
检定证书	华东国家计量测试中心上海市计量测试技术研究院 (检定证书编号: 2017H21-20-1203663001) 有效期: 2017 年 08 月 10 日~2018 年 08 月 09 日
监测规范	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)

(4) 监测结果

本项目拟建址测量结果见表 8-2。

表 8-2 本项目拟建址及周围辐射环境背景监测结果[※]

点位号	测点描述	辐射当量剂量率 (μ Sv/h)	
		平均值	标准差
1	同位素实验室拟建址	0.148	0.013
2	普通分子试验区拟建址	0.147	0.013
3	拟建址北侧办公室	0.140	0.008
4	拟建址东侧过道	0.142	0.013
5	拟建址西侧实验室	0.147	0.012
6	同位素拟建址对应三楼位置	0.143	0.014
7	同位素拟建址对应楼顶位置	0.091	0.015
8	普通分子试验区对应楼顶位置	0.081	0.008
9	普通分子试验区对应三楼位置	0.144	0.013

[※]监测结果未扣除宇宙射线的响应。

由表 8-2 的监测结果可知, 本项目拟建址周围环境的 γ 辐射剂量率在 0.081~0.148 μ Sv/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 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, 表明拟建址辐射环境质量未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 性能参数

本项目实验室内拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{14}C 、 ^3H 等 6 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 9-1，实际日最大操作量为保守估计的规划用量。

表 9-1 各同位素性能参数

序号	核素名称	物理性态	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)	年使用天数	来源
1	^{32}P	液态	中	14.28d	β^-	5.55×10^7	3.33×10^9	60	外购
2	^{33}P	液态	中	25.34d	β^-	1.85×10^7	3.7×10^8	20	外购
3	^{35}S	液态	中	87.4d	β^-	5.55×10^7	1.85×10^9	33	外购
4	^{45}Ca	液态	中	163d	β^- 、 γ	1.85×10^6	1.11×10^8	60	外购
5	^{14}C	液态	中	5730a	β^-	1.85×10^6	1.11×10^8	60	外购
6	^3H	液态	低	12.43a	β^-	7.4×10^6	2.96×10^8	40	外购

9.2 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。

9.3 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，一些基本的试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 9-1。

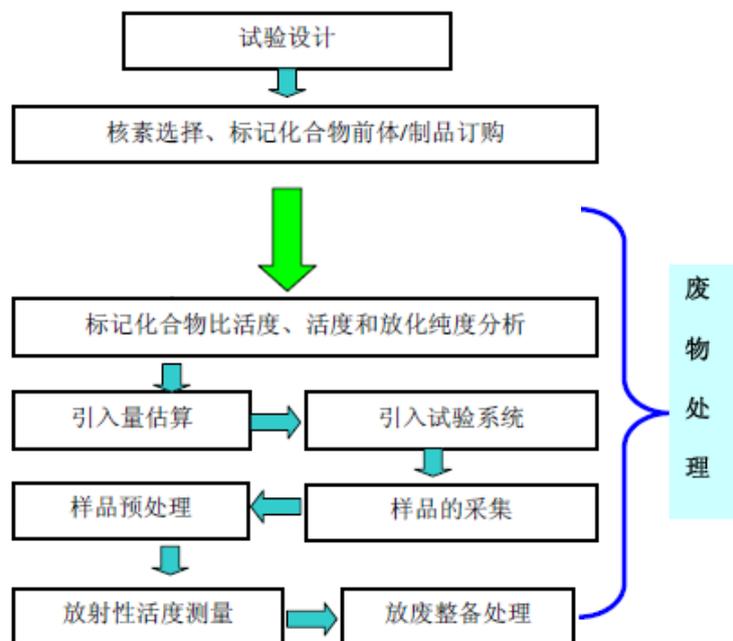


图 9-1 操作流程示意图

本项目操作过程中采取了一系列措施，使放射性同位素回收率 95%以上，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；同时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工作人员进入放射性工作区前，需穿戴工作服、换工作鞋、佩带必要的个人防护用品和器材。

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。涉及放射性粉尘、液体和气体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放射性溶液加热、蒸发、浓缩和烘干等操作都必须在通风柜内进行。在操作过程中严防器皿破裂和溶液飞溅。

⑦在操作发射 γ 射线及能量较高的 β 粒子的放射性物质时，须有防护屏和手套箱等，戴上有机玻璃质及铅质设备进行防护。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，并经测量仪器检测，如有放射性污染必须清洗干净后方能离开。

9.4 污染源项描述

9.4.1 X- γ 射线

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 、 ^{45}Ca 、 ^{14}C 、 ^3H ，其衰变可放出 α 射线、 β 射线、 γ 射线。 α 射线射程较短，通常人类的皮肤或一张纸已能隔阻 α 粒子； β 射线贯穿本领较大，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）； γ 射线则贯穿本领很大。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、 γ 射线为主要的照射。

9.4.2 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。

9.4.3 放射性废液（废水）

该场所放射性同位素实验开展后，产生放射性废液（废水）。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。故放射性废水主要为带有微量放射性同位素的可重复使用的实验器械的清洗水以及培养基试验产生的试验废水。放射性废液主要是含放射性同位素实验废液。

9.4.4 放射性固体废物

由污染源分析可知，放射性固体废弃物主要有实验后产生的被放射性同位素污染的废实验器材，如使用过的一次性乳胶手套、离心管、枪头、吸水纸、纸巾等；以及实验废弃物，主要由实验培养基干化而产生的废干胶。

9.4.5 放射性废气

由污染源分析可知，本项目使用的放射性核素均不属于挥发性核素，且其理化性质常温下均为液态，故本项目不产生放射性废气，不存在食入、吸入等内照射影响。

因此，本项目主要污染因子是： X - γ 射线、 β 表面污染、含有 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{14}C 、 ^3H 等放射性同位素的放射性废液（废水）和放射性固体废弃物。本项目不产生放射性废气。

9.4.6 放射性同位素去向分析

经调查，本项目放射性同位素试验主要有两种方式。

（1）制备培养基：将放射性同位素原液加入到胶液里面，制成培养基后再进行试验测定，一般 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{45}Ca 、 ^{35}S 四种核素采用该方式进行试验。培养基干化后形成废干胶，故放射性同位素约 90% 留在废干胶中，极少部分进入废实验器材等放射性固废中，约 10% 进入培养基试验废水，极少部分粘附在培养基的载体玻璃器皿上，清洗后进入放射性废水中。故放射性同位素 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{45}Ca 、 ^{35}S 90% 进入固体废物，10% 进入放射性废水中。

（2）制备细胞悬液：配置放射性同位素溶液，加入细胞制成细胞悬液，进行试验。一般 ^3H 、 ^{14}C 两种核素采用该方式进行试验。试验后，细胞悬液废弃成为放射性废液。

故放射性同位素 ^3H 、 ^{14}C 超过 99% 进入放射性废液中，极少部分进入废实验器材等放射性固废。该方式不产生其他放射性废水。

本项目放射性同位素去向见表 9-2。

表 9-2 放射性同位素去向分析一览表

		^{32}P	^{33}P	^{35}S	^{45}Ca	^{14}C	^3H
半衰期		14.28d	25.34d	87.4d	163d	5730a	12.3a
试验方式		培养基	培养基	培养基	培养基	悬液	悬液
实际日最大操作量 (Bq)		5.55×10^7	1.85×10^7	5.55×10^7	1.85×10^6	1.85×10^6	7.40×10^6
日废干胶最大产生量 (g)		225	75	203	19	0	0
日悬液最大产生量 (L)		0	0	0	0	0.2	0.08
年使用天数 (天)		60	20	33	60	60	40
年废干胶最大产生量 (g)		13500	1500	6701	1125	0	0
年悬液最大产生量 (L)		0	0	0	0	12	3
核素去向 (%)	固废	90	90	90	90	1	1
	废液	0	0	0	0	99	99
	废水	10	10	10	10	0	0

以上数据根据本项目各放射性同位素日规划最大用量估算得到。根据学校下沙校区实验室运行情况，目前学校放射性同位素用量远低于环评规模，全年约产生废干胶约 100 块，共约 150 克，远小于表 9-2 以同位素规划实际日最大操作量估算得到的数据。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

(1) 电离辐射警告标志：同位素实验室门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) 放射性同位素储源室和废物间：实验室内须设置放射性同位素储源室和废物库，并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，定期检测，无关人员不得入内。放射性同位素的贮存容器或储源柜应有适当屏蔽，放射性药物放置合理有序、易于取放。

(3) 非密封源工作场所地面、操作台面须做到光滑平整、容易清洗。本项目实验室地面拟采用 PVC 防静电地板铺设，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。

(4) 分区管理：对实验室进行分区管理，将同位素实验室墙壁围成的内部区域，划为控制区，与墙壁外部相邻区域，即卫生通过间和普通分子试验区划为监督区，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检测。

(5) 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。

(6) 放射性废液（废水）

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 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 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 1ALI_{\min} ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

放射性废水的排放须经审管部门批准，并做好排放记录。

②放射性废液应用专用容器进行分类收集保存，定期移交有资质单位收贮，并作好移交记录。专用容器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。专用容器应为密闭容器，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，并满足存放的容量要求。

(7) 放射性固废

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实验室产生的放射性固体废弃物先收集在专用污物桶内，再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。本项目总平面设计中已设置放射性废物间。

③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。

④供收集的专用污物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，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明核素种类及最后一天的收集时间。

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污物桶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。污物桶应具有外防护层和电离辐射警告标志。

(8) 本项目所有放射性核素操作均在负压通风橱内进行，通风橱工作中应有足够风速（一般风速不低于 1m/s），排气口应高于本建筑屋脊。

(9) 辐射工作人员操作时应注意个人防护，严禁孕期妇女进行放射性同位素操作。对于发射 β 射线的放射性同位素，应佩戴有机玻璃质设备进行防护，不宜直接采用铅质防护设备。对高能 β 粒子的防护必须考虑韧致辐，须有防护屏和手套箱等，戴上有机玻璃质及铅质设备进行防护。此时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）。

(10) 学校应持续完善放射性同位素台账，内容包括使用人、使用时间、使用核素、使用量增减等信息；出入非密封源工作场所应登记。

(11) 须完善各项规章制度、操作规程，并张贴于工作现场处。

(12) 建设单位已配备 β 射线表面污染监测仪，并为所有辐射工作人员配备个人剂量计。本项目建成后，还应根据需要配备符合防护要求的辅助防护用品，配备贮源保险柜或带锁、辐射监测仪等设施 and 仪器。

10.2 三废的治理

本项目三废主要有来自同位素示踪 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{14}C 、 ^3H 等 6 种放射性同位素使用产生的含放射性同位素的放射性废液（废水）和放射性固体废弃物，不产生放射性废气。按照清洁解控准则，应尽量将可免管的废物从其他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。

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。

（1）放射性废液（废水）

经分析，本项目每日放射性废水排放活度小于各核素的 ALI_{min} 值，每月排放量小于 $10\text{ALI}_{\text{min}}$ 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。本项目需建设适当的流量和浓度监控设备，使排放是受控的，并做好排放记录工作。

根据《放射性废物分类》，本项目放射性废液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，应用专用容器进行分类收集保存，定期移交有资质单位收贮，并作好移交记录。专用容器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。专用容器应为密闭容器，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，并满足存放的容量要求。

在采取上述措施后，本项目放射性废水的排放和放射性废液的处理处置将满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）等标准要求。

（2）放射性固体废物

经分析，含 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{14}C 、 ^3H 的实验器材类放射性固废和存放 3 个半衰期后的含 ^{32}P 的实验器材类放射性固废，活度浓度将满足《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，可作为免管固体废物处理。

本项目废干胶可分为含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 的废干胶，经分析，须分别存放 8 个、2 个、2 个和 4 个半衰期后，其活度浓度将满足《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，可作为免管固体废物处理。

本项目产生的放射性固体废弃物应收集在专用污物桶内，集中贮存于放射性废物间内。放射性固体废弃物专用污物桶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，每次收集时收集袋

表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间。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。

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。

在采取上述措施后，本项目放射性固体废弃物满足清洁解控要求，可作为一般固体废弃物处理，故本项目放射性固体废弃物的处理处置将符合《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。

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，未使用放射性同位素，故本项目建设阶段不会对周围环境造成电离辐射影响。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同位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。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 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：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \quad (11-1)$$

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 (11-1) 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 11-1。

表 11-1 非密封源工作场所分级

核素名称	实际日最大操作量 (Bq)	毒性组别	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*	工作地点
³² P	5.55×10 ⁷	0.1	1	5.55×10 ⁶	丙	同位素实验室
³³ P	1.85×10 ⁷	0.1	1	1.85×10 ⁶	丙	
³⁵ S	5.55×10 ⁷	0.1	1	5.55×10 ⁶	丙	
⁴⁵ Ca	1.85×10 ⁶	0.1	1	1.85×10 ⁵	丙	
¹⁴ C	1.85×10 ⁶	0.1	1	1.85×10 ⁵	丙	
³ H	7.4×10 ⁶	0.01	1	7.4×10 ⁴	丙	

注：本项目同一天仅操作一种核素。

从表 11-1 可见，根据使用放射性核素的类型和用量，本项目工作场所应按照丙

级工作场所进行管理。根据《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)要求建设单位在设计建设过程中,应做到非密封源工作场所的操作台面和地面光滑易清洗,各台面无明显缝隙,以确保该非密封源工作场所不易渗透。本项目实验室地面拟采用PVC防静电地板铺设,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。

11.2.2 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。

本项目非密封源工作场所的设计布局如附图3所示,其中同位素实验室(包括储源室、放射性固废废物间、培养间、暗室)须张贴电离辐射标志,监督区为实验室门口卫生通过间和普通分子试验区。由附图3可知,本项目工作场所分区设置是合理的,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。

11.2.3 放射性废液(废水)

由污染源分析可知,本项目放射性废水主要为培养基试验产生的试验废水和含微量核素可重复使用的实验器械的清洗水。放射性废液主要是含放射性同位素的废细胞悬液废。

根据《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。

放射性废水主要来自培养基试验产生的试验废水和含微量核素可重复使用的实验器材清洗水,主要是含 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 四种核素的废水。由于本项目放射性同位素不会交叉使用,根据学校下沙实验室实际调查情况做如下保守假设:实验过程中约有10%的放射性同位素进入试验废水,1/1000的放射性同位素沾到玻璃器皿等器材上,转移至清洗水中。则保守估算,每种核素选取规划的实际日最大操作量作为单次操作量,每次排放量约为单次操作量的百分之十,这些废水中放射性同位素的含量见表11-2。

计算结果表明，本项目放射性废水单日核素排放量小于各核素的 ALI_{min} 值，按每月操作的次数累积，每月排放量小于 $10ALI_{min}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 相关要求。本项目需建设适当的流量和浓度监控设备，使排放是受控的，并做好排放记录工作。

表 11-2 放射性废水排放方式表

	^{32}P	^{33}P	^{35}S	^{45}Ca
半衰期	14.28d	25.34d	87.4d	163d
实际日最大操作量 (Bq)	5.55×10^7	1.85×10^7	5.55×10^7	1.85×10^6
日废水中核素的含量 (Bq)	5.55×10^6	1.85×10^6	5.55×10^6	1.85×10^5
ALI_{min} (Bq)	1.0×10^7	1.0×10^8	8×10^7	3×10^7
达标情况	达标	达标	达标	达标
每月最大操作天数	5d	2d	3d	5d
每月排放量 (Bq, 未经过衰变时)	2.78×10^7	3.70×10^6	1.67×10^7	9.25×10^5
$10ALI_{min}$ (Bq)	1.0×10^8	1.0×10^9	8×10^8	3×10^8
达标情况	达标	达标	达标	达标
排放标准	每次排放活度 $< 1ALI_{min}$ ，每月排放总活度 $< 10ALI_{min}$ 。			

制备细胞悬液的实验操作完毕后，可能产生少量的实验废液，主要是含 ^{14}C 、 3H 的废细胞悬液。 ^{14}C 、 3H 半衰期长，根据《放射性废物管理规定》(GB14500-2002) 要求，需用专用容器存放，定期移交有资质单位收贮，并作好移交记录。专用容器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。专用容器应为密闭容器，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，并满足存放的容量要求。

在采取上述措施后，本项目放射性废水的排放和放射性废液的暂存、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) 和《放射性废物管理规定》(GB14500-2002) 等标准要求。

11.2.4 放射性固体废弃物

由污染源分析可知，放射性固体废弃物包括被放射性同位素污染的废实验器材，如使用过的一次性乳胶手套、离心管、枪头、吸水纸、纸巾等，以及含放射性核素的废干胶。

根据《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)，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、材料和物品若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。

现根据本项目规划的最大操作量作保守假设,每次实验完毕后,各同位素分别产生废实验器材固体废弃物均约为0.1kg。保守估算,按1%的放射性同位素进入废实验器材固体废弃物中进行估算,其放射性同位素含量见表11-3。

表 11-3 废实验器材固体废弃物处置方式表

	³² P	³³ P	³⁵ S	⁴⁵ Ca	¹⁴ C	³ H
半衰期	14.28d	25.34d	87.4d	163d	5730a	12.3a
实际日最大操作量 (Bq)	5.55×10 ⁷	1.85×10 ⁷	5.55×10 ⁷	1.85×10 ⁶	1.85×10 ⁶	7.4×10 ⁶
进入废实验器材的量 (Bq)	5.55×10 ⁵	1.85×10 ⁵	5.55×10 ⁵	1.85×10 ⁴	1.85×10 ⁴	7.4×10 ⁴
日废实验器材产生量 (g)	100	100	100	100	100	100
废实验器材核素比活度 (Bq/g)	5.55×10 ³	1.85×10 ³	5.55×10 ³	1.85×10 ²	1.85×10 ²	7.40×10 ²
存放天数	43d (3个半衰期)	1d	1d	1d	1d	1d
存放后的比活度 (Bq/g)	6.94×10 ²	1.85×10 ³	5.55×10 ³	1.85×10 ²	1.85×10 ²	7.40×10 ²
清洁解控水平 (Bq/g)	1×10 ³	1×10 ⁵	1×10 ⁵	1×10 ⁴	1×10 ⁴	1×10 ⁶
达标情况	达标	达标	达标	达标	达标	达标
处置方式	储存衰变至免管废物	按免管废物处理	按免管废物处理	按免管废物处理	按免管废物处理	按免管废物处理
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³³P、³⁵S、⁴⁵Ca、¹⁴C、³H的实验器材类放射性固废和存放3个半衰期后的含³²P的实验器材类放射性固废,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,可作为免管固体废物处理。

本项目将产生为含³²P、³³P、³⁵S、⁴⁵Ca的废干胶。每次实验完毕后,约90%的放射性同位素进入废干胶中。每种核素选取规划的实际日最大操作量作为单次操作量,保守估算,以最大操作量100%进入废干胶进行计算,见表11-4。

表 11-4 废干胶固体废弃物处置方式表

	³² P	³³ P	³⁵ S	⁴⁵ Ca
半衰期	14.28d	25.34d	87.4d	163d
实际日最大操作量 (Bq)	5.55×10 ⁷	1.85×10 ⁷	5.55×10 ⁷	1.85×10 ⁶
日废干胶产生量 (g)	225	75	203	19
废干胶核素比活度 (Bq/g)	2.47×10 ⁵	2.47×10 ⁵	2.73×10 ⁵	9.87×10 ⁴
存放天数	115d (8 个半衰期)	51d (2 个半衰期)	175d (2 个半衰期)	652d (4 个半衰期)
存放后的比活度 (Bq/g)	9.64×10 ²	6.17×10 ⁴	6.83×10 ⁴	6.17×10 ³
清洁解控水平 (Bq/g)	1×10 ³	1×10 ⁵	1×10 ⁵	1×10 ⁴
达标情况	达标	达标	达标	达标
处置方式	储存衰变至免管废物	储存衰变至免管废物	储存衰变至免管废物	储存衰变至免管废物
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，³²P、³³P、³⁵S、⁴⁵Ca 的废干胶，须分别存放 8 个、2 个、2 个和 4 个半衰期后，其活度浓度将满足《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，可作为免管固体废物处理。

在采取上述措施后，本项目放射性固体废物可作为免管废物，其处理处置将符合《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。

11.2.5 放射性废气

本项目不产生放射性废气。本项目实验室将设置新风系统或其他通风装置来提高实验室通风水平，将设置负压通风柜，所有放射性同位素操作均在通风柜内进行，其排风口将设置在该建筑楼顶。

11.2.6 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。类比对象选取杭州师范大学下沙校区现有同位素实验室，其可比性分析见表 11-5，类比项目监测结果见表 11-6。

表 11-5 β 表面污染可比性分析

核素	类比项目		本项目	
	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所分级	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所分级
³² P	5.55×10 ⁶	丙	5.55×10 ⁶	丙
³³ P	/		1.85×10 ⁶	
³⁵ S	5.55×10 ⁶		5.55×10 ⁶	
⁴⁵ Ca	/		1.85×10 ⁵	
¹⁴ C	1.85×10 ⁵		1.85×10 ⁵	
³ H	7.4×10 ⁴		7.4×10 ⁴	

由表 11-5 可知，相关放射性同位素的日等效最大操作量与本项目相同，同属丙级，具有可比性。

表 11-6 类比项目监测结果

序号	测点描述	β 表面污染 (Bq/cm ²)
1	操作台表面	<0.4
2	实验室地面	<0.4
3	废物间	<0.4
4	培养间	<0.4
5	各放射性固废桶表面	<0.4

从表 11-6 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、废物间、培养间、各放射性固废桶表面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。

11.2.7 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

放射性同位素无屏蔽时剂量率可按下式计算：

$$D = \frac{A \cdot \Gamma}{R^2} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中 D: γ 辐射剂量率水平

A: 辐射源放射性活度

Γ: 各种核素的 γ 照射率常数

R: 预测点离源的距离

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：

$$H_{E,r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv) \dots\dots\dots (11-3)$$

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;

0.7: 剂量换算系数, Sv/Gy。

(2) 辐射工作人员

根据公式 11-2，各同位素对周围环境产生的 γ 辐射剂量率水平与 Γ 成正比。本项目使用的 6 种同位素中， ^{45}Ca 的 Γ 为 $1 \times 10^{-5} \text{ R} \cdot \text{m}^2/\text{h} \cdot \text{Ci}$ ($6.55 \times 10^{-22} \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)，其余核素未见 γ 射线，因此，本次剂量估算以 ^{45}Ca 为主。

保守估算，每次 ^{45}Ca 最大操作量为 $1.85 \times 10^6 \text{ Bq}$ ($5 \times 10^{-5} \text{ Ci}$)，按点源公式计算在距其 30 cm 处参考点的空气比释动能率应为 0.048 nGy/h ；1m 处 $4.36 \times 10^{-3} \text{ nGy/h}$ 。根据建设单位统计，每次实验近距离接触约为 240min，按年工作时间 240h 计，根据式 11-3，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约为 $8.06 \times 10^{-6} \text{ mSv}$ 。

本项目运行时，建设单位配备 3 名辐射工作人员承担示踪实验工作，则每位辐射工作人员所受的附加年有效剂量约为 $2.69 \times 10^{-6} \text{ mSv}$ 。本评价项目以 5 mSv 作为管理限值，相比之下，辐射工作人员所接受剂量低于管理限值，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与监督区，因此公众成员不会受到显著的额外辐射照射。

11.2.8 本项目辐射环境影响预测分析

综上所述，杭州师范大学拟在杭州市余杭区余杭塘路 2318 号杭州师范大学仓前校区建设放射性同位素应用项目，拟使用 ^{32}P 、 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、 ^{14}C 、 ^3H 等 6 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，规模为丙级非密封源工作场所，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

2.69×10⁻⁶mSv，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，亦符合本次评价管理限值要求（职业剂量限值 5mSv，公众剂量限值 0.25mSv）。

11.3 选址合理性分析

本项目非密封源工作场所位于杭州师范大学仓前校区在建的生命与环境科学院 2 号附楼 4 楼西南角，拟建址东侧为走廊，南侧为建筑边界，西侧部分为建筑边界，部分与动物实验中心相邻，北侧为办公室。拟建址对应三楼为实验室、办公室和教室，对应五楼为楼顶空地。非密封源工作场所周围 50 米范围均属于学校范围。

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 2.69×10⁻⁶mSv，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，亦符合本次评价管理限值要求（职业剂量限值 5mSv，公众剂量限值 0.25mSv）。

因此，本项目其选址是合理可行的。

11.4 事故影响分析

（1）装有放射性核素药物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 40Bq/cm²，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 40Bq/cm² 为止。

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。在日常生产中设备发生故障时，应由生产厂家专业维修人员进行维修。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和国家环境保护总局环发[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》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 11-7。

表 11-7 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。
（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。	辐射工作人员已参加培训，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。	建设单位已配备 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。
（七）有完善的辐射事故应急措施。	已按要求制定应急预案。
（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。	不产生放射性废气。将按照核素分别收集放射性废水废液、放射性固废。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。放射性废液定期交有资质单位收

	贮，并做好移交记录。设置专用的放射性废物间，放射性废物暂存，满足清洁解控水平后作为一般固体废物处理。
--	--

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》及环境保护主管部门的要求，学校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，并向有审批权限的环境保护行政主管部门申领《辐射安全许可证》。

学校已设立辐射安全与环境保护管理机构，即实验室安全工作委员会辐射安全工作小组，已根据相关法律、法规及文件的要求，制定了各项规章制度，已取得《辐射安全许可证》（浙环辐证[A3272]）。本项目环评报批后，学校需及时向有权限的环保管理部门重新申领《辐射安全许可证》。

12.2 辐射安全管理规章制度

建设单位已制定辐射环境管理规章制度，包括《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《岗位职责》、《操作规程》、《使用登记制度》、《检修维护制度》、《场所分区管理规定》、《学生进出同位素实验室管理办法》、《使用场所安全措施》、《废源处理方案》、《人员培训监测制度》、《监测方案》以及《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) 必须制定《自行检查和年度评估制度》，内容应包括：

a 定期对非密封源工作场所防护措施、设施的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 将编写非密封源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。

(2) 必须制定《定购、转让、运输及退役处理制度》，内容应包括：

应明确放射性同位素和射线装置的订购、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。

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，学校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 辐射监测

建设单位须定期（每年一次）请有资质的单位对非密封源工作场所周围环境进行辐射环境监测，建立监测技术档案。

（1）监测频度：每年常规监测一次。

（2）监测范围：非密封源工作场所、工作人员操作位以及周围其它关心点位、废水排放口等。

（3）监测项目：X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染，放射性废水总 β 放射性。

（4）监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

建设单位已委托有资质机构对下沙校区现有核技术利用项目开展年度监测。待本项目实施后，需持续开展年度监测工作。

12.4 辐射事故应急

学校已根据《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《辐射事故应急预案》。学校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，应首先向当地生态环境部门报告，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 安全培训及健康管理

学校已配备 3 名辐射工作人员，本项目不新增辐射工作人员。

（1）辐射安全和防护知识培训

学校已组织现有辐射工作人员，参加有资质单位组织的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证；应组织所有辐射工作人员参加有资质单位举办的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。

所有辐射工作人员应当每四年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈

等内容。不参加再培训的人员或者再培训考核不合格的人员，其辐射安全培训合格证书自动失效，不得再从事辐射工作。

（2）个人剂量监测

学校已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，进行剂量检测，并建立个人剂量档案。每3个月到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理。

（3）健康管理

学校已组织现有辐射工作人员进行健康体检，建立健康档案；应组织所有辐射工作人员进行职业健康体检。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。在该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，它在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。杭州师范大学使用放射性同位素开展同位素示踪等科学实验工作，其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《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。只要按规范操作，严格管理，该项目是符合辐射防护“正当实践”原则。因此，本项目的实践是正当可行的。

13.2 选址合理性

本项目位于杭州师范大学仓前校区在建的生命与环境科学院 2 号附楼 4 楼西南角，拟建址东侧为走廊，南侧为建筑边界，西侧部分与动物实验中心相邻，北侧为办公室。拟建址对应三楼为实验室、办公室和教室，对应五楼为楼顶空地。非密封源工作场所周围 50 米均属于学校范围。

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 $2.69 \times 10^{-6} \text{mSv}$ ，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，亦符合本次评价管理限值要求（职业剂量限值 5mSv，公众剂量限值 0.25mSv）。

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 项目安全设施

（1）电离辐射警告标志：同位素实验室门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）放射性同位素储源室和废物间：实验室内须设置放射性同位素储源室和废物库，并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，定期检测，无关人员不得入内。放射性同位素的贮存容器或储源柜应有适当屏蔽，放射性药物放置合理有序、易于取放。

（3）非密封源工作场所地面、操作台面须做到光滑平整、容易清洗。本项目实验室地面拟采用 PVC 防静电地板铺设，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。

(4) 分区管理：对实验室进行分区管理，将同位素实验室墙壁围成的内部区域，划为控制区，与墙壁外部相邻区域，即卫生通过间和普通分子试验区划为监督区，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检测。

(5) 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。

(6) 放射性废液（废水）

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 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 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 1ALI_{\min} ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

放射性废水的排放须经审管部门批准，并做好排放记录。

②放射性废液应用专用容器进行分类收集保存，定期移交有资质单位收贮，并做好移交记录。专用容器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。专用容器应为密闭容器，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，并满足存放的容量要求。

(7) 放射性固废

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实验室产生的放射性固体废弃物先收集在专用污物桶内，再连同污物桶内的收集袋分期存放于放射性废物间内，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。本项目总平面设计中已设置放射性废物间。

③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。

④供收集的专用污物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，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明核素种类及最后一天的收集时间。

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污物桶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。污物桶应具有外防护层和电离辐射警告标志。

(8) 本项目所有放射性核素操作均在负压通风橱内进行，通风橱工作中应有足够风速（一般风速不低于 1m/s），排气口应高于本建筑屋脊。

(9) 辐射工作人员操作时应注意个人防护，严禁孕期妇女进行放射性同位素操作。对于发射 β 射线的放射性同位素，应佩戴有机玻璃质设备进行防护，不宜直接采用铅质防护设备。对高能 β 粒子的防护必须考虑韧致辐，须有防护屏和手套箱等，戴上有机玻璃质及铅质设备进行防护。此时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）。

(10) 学校应持续完善放射性同位素台账，内容包括使用人、使用时间、使用核素、使用量增减等信息；出入非密封源工作场所应登记。

(11) 须完善各项规章制度、操作规程，并张贴于工作现场处。

(12) 建设单位已配备 β 射线表面污染监测仪，并为所有辐射工作人员配备个人剂量计。本项目建成后，还应根据需要配备符合防护要求的辅助防护用品，配备贮源保险柜或带锁、辐射监测仪等设施 and 仪器。

13.3.2 三废治理措施

(1) 放射性废液（废水）

经分析，本项目每日放射性废水排放活度小于各核素的 ALI_{min} 值，每月排放量小于 $10ALI_{min}$ 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。本项目需建设适当的流量和浓度监控设备，使排放是受控的，并做好排放记录工作。

根据《放射性废物分类》，本项目放射性废液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，应用专用容器进行分类收集保存，定期移交有资质单位收贮，并做好移交记录。专用容器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。专用容器应为密闭容器，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，并满足存放的容量要求。

在采取上述措施后，本项目放射性废水的排放和放射性废液的处理处置将满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）等标准要求。

（2）放射性固体废弃物

非密封源工作场所的放射性固体废弃物收集在专用污物桶内，拟集中贮存于放射性废物间，按要求暂存一定半衰期其活度浓度满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.2.5 款规定的解控水平后，作为一般固体废弃物处理。故本项目放射性固体废弃物的处理处置将符合《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。

（3）放射性废气

本项目不产生放射性废气。实验室内将设置负压通风柜，所有放射性同位素操作均在通风柜内进行，通风橱工作中应有足够风速（一般风速不低于 1m/s），其将排风口设置在该建筑楼顶。

13.4 辐射环境管理

学校已制定辐射环境管理规章制度，包括《辐射安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《岗位职责》、《操作规程》、《使用登记制度》、《检修维护制度》、《场所分区管理规定》、《学生进出同位素实验室管理办法》、《使用场所安全措施》、《废源处理方案》、《人员培训监测制度》、《监测方案》以及《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《自行检查和年度评估制度》、《定购、转让、运输及退役处理制度》等制度，同时应切实落实并持续完善各项管理制度，规范放射性同位素和射线装置的使用和管理工作。

13.5 人员培训及健康管理

学校已配备 3 名辐射工作人员，本项目不新增辐射工作人员。

（1）辐射安全和防护知识培训

学校已组织现有辐射工作人员，参加有资质单位组织的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证；应组织所有辐射工作人员参加有资质单位举办的

辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。

所有辐射工作人员应当每四年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。不参加再培训的人员或者再培训考核不合格的人员，其辐射安全培训合格证书自动失效，不得再从事辐射工作。

(2) 个人剂量监测

学校已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，进行剂量检测，并建立个人剂量档案。每 3 个月到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理。

(3) 健康管理

学校已组织现有辐射工作人员进行健康体检，建立健康档案；应组织所有辐射工作人员进行职业健康体检。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。在该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，杭州师范大学拟在仓前校区建设放射性同位素应用项目，在按设计要求完全建设，并落实本评价报告所提出的各项辐射安全与防护措施和辐射环境管理计划后，其对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，本项目建设是可行的。

13.7 要求和建议

学校下沙校区现有丙级非密封源工作场所停用后，学校应按《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和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）要求，对该场所依法实施退役，在实施退役前编制环境影响评价文件，并按现行相关法律法规要求报批或备案，退役后按相关法律法规要求对退役项目进行验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

审批意见：

经办人

公章

年 月 日