

核技术利用建设项目
南华大学新增乙级放射化学实验室项目

环境影响报告表

(公示稿)

南 华 大 学

2026 年 7 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

南华大学

新增乙级放射化学实验室项目

环境影响报告表

建设单位名称：南华大学

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：湖南省衡阳市蒸湘区常胜西路 28 号

邮政编码：410013

联系人：冯

电子邮箱：

联系电话：1

打印编号：1783480256000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8u4nr6		
建设项目名称	南华大学新增乙级放射化学实验室项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	南华大学		
统一社会信用代码	124300004488048		
法定代表人（签章）	夏昆		
主要负责人（签字）	何辉		
直接负责的主管人员（签字）	冯文东		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	核工业二三〇研究所		
统一社会信用代码	12		
三、编制人员情况			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
雷艳辉	2014C	BH00.0000	雷艳辉
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
雷艳辉	全文	BH00.0000	雷艳辉

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	13
表 3 非密封放射性物质	13
表 4 射线装置	16
表 5 废弃物（重点是放射性废物）	17
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	27
表 9 项目工程分析与源项	31
表 10 辐射安全与防护	40
表 11 环境影响分析	50
表 12 辐射安全管理	63
表 13 结论与建议	70
表 14 审批	73

附件：

附件 1：委托函

附件 2：辐射安全许可证

附件 3：关于调整辐射防护管理领导小组的通知

附件 4：辐射事故应急预案

附件 5：学校相关辐射防护管理制度

附件 6：放射性实验室相关辐射管理制度

附件 7：辐射安全和防护考核合格成绩单

附件 8：职业健康检查报告（总结）

附件 9：个人剂量检测报告（部分）

附件 10：本项目概况

附件 11：南华大学环境辐射现状检测报告

附件 12：放射性废物处理框架协议

附件 13：南华大学红湘校区核技学院高层次人才(何辉)实验室项目环评批复

附图：

附图 1：项目地理位置图

附图 2：南华大学红湘校区平面布局图及本项目所在楼栋示意图

附图 3：本项目所在弘毅楼 2 楼平面布局图现状及本项目改造区域

附图 4：本项目辐射环境评价范围示意图

附图 5：本项目放射化学实验室（215 室、217 室及 218 室）改造后布局图及及
实验室其他废水流向图

附图:6：本项目放射化学实验室（215 室、217 室及 218 室）排风布局图

附件 7：现场照片

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南华大学新增乙级放射化学实验室项目			
建设单位		南华大学			
法人代表			联系人		联系电话 13 8
注册地址		湖南省衡阳市蒸湘区常胜西路 28 号			
项目建设地点		湖南省衡阳市蒸湘区常胜西路 28 号南华大学红湘校区弘毅楼 2 楼东部			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)			项目环保投资 (万元)		投资比例 (环保投资/总投资)
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²) /
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		
	其他				

项目概述

1.1. 学校简介

南华大学由工业和信息化部、生态环境部、国家卫生健康委员会、国家国防科技工业局、中国核工业集团公司与湖南省人民政府共建，是湖南省国内一流大学建设高校，是国家中西部高校基础能力建设工程支持建设高校。

学校形成了以工学、医学为主，哲学、经济学、法学、文学、理学、管理学、艺术学等 9 大学科协调发展的学科专业体系。拥有 15 个国家级一流本科专业，设有直属学院 27 个，有国家级特色专业、国防重点专业和紧缺专业、卓越计划专业、综合改革试点专业 21 个，国家级实验教学示范中心、虚拟仿真实验教学中心、实践教育基地 7 个，省级校企合作人才培养示范基地、创新创业带动就业示范基地、高校大学生创新创业孵化示范基地等 35 个，直属型附属学校 6 所，协作型附属学校 11 所，研究生协作培养单位 23 个。

1.2. 任务由来

为了支持高水平科研团队的工作，南华大学将红湘校区弘毅楼（原名机械楼）二楼改建为核技学院高层次人才（何辉）实验室，该实验室包括办公室、废物处理实验室、分离材料实验室、分离化学实验室、仪器室、干法实验室、其他普通化学实验室及备用仪器室等功能区，该项目已于 2025 年 2 月 10 日取得了衡阳市生态环境局蒸湘分局《关于南华大学红湘校区核技学院高层次人才（何辉）实验室环境影响报告表的批复》。目前，该实验室已基本装修完成。

为加强低中水平放射性废物水泥固化体性能检测热试等领域的研究，南华大学计划将弘毅楼 2 楼核技学院高层次人才（何辉）实验室东部的 215 室（通过间）、217 室（其他普通化学实验室）及 218 室（备用仪器室）进行功能改造，改造为放射化学实验室。该放射化学实验室拟使用 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{201}Po 、 ^{232}Th 、 ^{228}Th 、 ^{99}Tc 、 ^{226}Ra 、 ^{241}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{210}Pb 、 ^{237}Np 、 ^{99}Mo 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{241}Am 、 ^{243}Am 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{224}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{177}Lu 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{153}Sm 、 ^{201}Tl 、 ^{90}Y 共 31 种非密封放射性物质开展同位素示踪实验研究，日等效操作量为 $2.96 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。实验室改造完成后，该放射化学实验室将成为学校低中放射性废物处理研究的重要支撑平台，为后续废物管理、处理技术及安全评价等研究提供基础条件。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）等法律法规要求，本项目应依法开展环境影响评价工作。依据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五核与辐射”中“172 核技术利用建设项目——乙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）”，应编制环境影响报告表。核工业二三 0 研究所受南华大学委托（委托书详见附件 1）承担了本项目的环境影响评价工作。核工业二三 0 研究所接受委托后成立了该项目的评价组，技术人员进行了现场勘察和资料收集，在完成辐射环境现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）编制完成了《南华大学新增乙级放射化学实验室项目环境影响报告表》。

1.3. 项目建设规模

- （1）项目名称：南华大学新增乙级放射化学实验室项目；
- （2）建设单位：南华大学；

(3) 项目性质：改扩建；

(4) 建设地点：湖南省衡阳市蒸湘区常胜西路 28 号南华大学红湘校区弘毅楼 2 楼东部；

(5) 建设内容及规模：南华大学拟对红湘校区弘毅楼 2 楼东部 215 室（通过间）、217 室（普通化学实验室）、218 室（备用仪器室）进行功能改造，改造为放射化学实验室。经现场勘察，该区域已按普通化学实验室完成了基础装修，现有设施包括：两个通风橱、实验桌台（边台、中央台）、仪器台、实验室通风及排水系统等。本项目将充分利用现有的建筑空间，在不新增占地面积和建筑面积的前提下进行改造：215 室改造为卫生通过间；217 室改造为放射化学实验区；218 室改造为 1 间储源间、1 间仪器室和 1 间放射废物暂存间，改造工程将依托现有实验室的墙体结构和门窗等设施进行。实验室改造完成后，主要开展同位素示踪实验研究，并承担一定教学任务。

具体建设内容及规模详见下表：

表 1-1 本项目主要建设内容及规模一览表

项目组成	项目规模		工程内容	备注
主体工程	215 室卫生通过间	1 间，12m ²	现为通过间，内设有淋浴间。本次依托现有通过间内淋浴间作为应急淋浴间，并增加更衣柜、储物柜等。	改造
	217 室放射化学实验区	1 间，58.82m ²	现为普通化学实验室，内已设有两个通风橱、实验桌台（边台、中央台）等设施。本次拟将现有普通化学实验室改建为放射化学实验区。依托现有实验台、通风橱（2 个）等，并在实验区东部增设一套具防护功能的单工位手套箱，用于放射性核素的操作。	改造
	218 室储源间、放射废物间及仪器室	3 间，共 37.6m ²	现为备用仪器室，东部房间已安装仪器台。本次拟将备用仪器室改建为储源间、放射废物间及仪器室。东部房间作为本项目放射化学仪器间；西北部房间改造为储源间，并配置试剂柜；西南部房间改造为放射性废物间。	改造
	合计	106.58m ²	/	/
配套工程	给排水工程	供水系统	市政供水系统	依托
		排水系统	该区域设有独立的排水系统；本次拟将 217 室实验区内西北角集水槽下方现有排水管道截断，下接废液桶用于收集实验结束后的浸出液及第一道实验器皿清洗废水，其余后续实验器皿清洗水依托实验区现有独立的排水管道及弘毅楼东北侧（一层）废水箱收集	依托
		供电系统	依托学校供电系统	依托
环保工程	废水处理设施	实验结束后的浸出液及第一道实验器皿清洗废水	拟在 217 室西南角设置放射性废液储存柜，该部分废水经收集后暂存于铅废液桶，并存放于放射性废液储存柜内，定期交由有资质的单位统一处置	改造
		生活废水	化粪池	依托
		后续实验器皿	依托弘毅楼东北侧（一层）废水箱（本项目专用）收集	改建

	清洗废水		
废气处理设施	放射性废气	该区域已设置 2 套独立排风系统,不与其他实验室排风系统连接:①215 室、217 室及 218 室单独设一套排风系统,排风口(编号:ZPF-202)设置在屋顶,本次拟在屋顶排风口处设置活性炭吸附装置;②通风橱与手套箱设一套排风系统,排风口(编号:PF-202)设置在屋顶,本次拟在通风橱与手套箱上方分别设置活性炭吸附装置;	改建
放射性固废处理设施	放射性废物	拟在 218 室设置 1 间放射性废物暂存间,实验结束后将放射性废物收集后暂存于放射性废物间内,定期由有资质的单位处理	改建

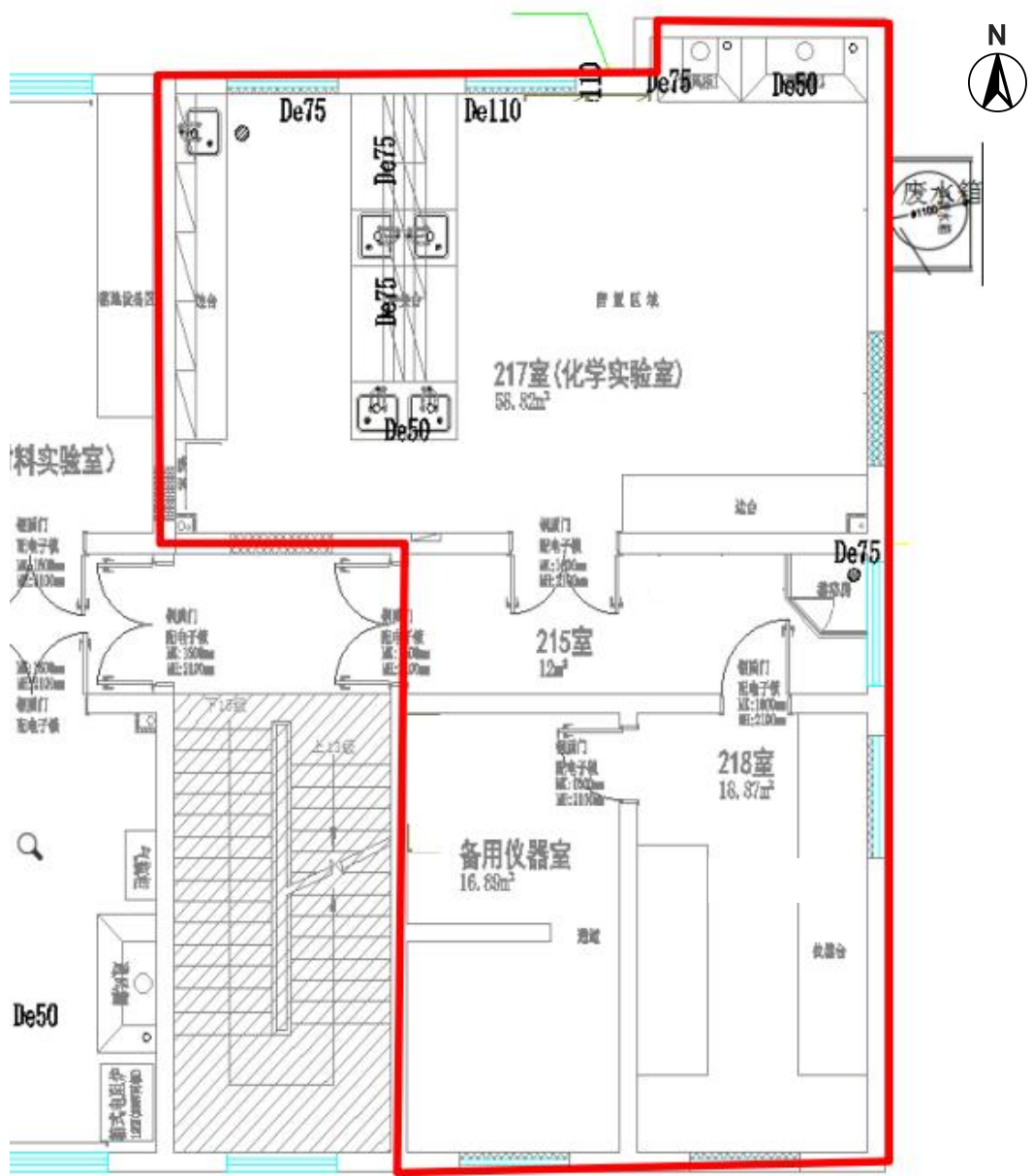


图 1-1 本项目改造区域现状平面示意图

		高毒 T _{1/2} : 29.1a		批次/d, 20d/a	
3	¹³⁷ Cs	液体, 中毒 T _{1/2} : 30a			7
	¹³⁷ Cs	固体(水泥固化体), 高毒 T _{1/2} : 30a			6
4	³ H	液体, 低毒 T _{1/2} : 12.33a			7
5	¹⁴ C	液体, 中毒 T _{1/2} : 5.70E+3a			7
6	²³⁵ U	液体/固体, 低毒 T _{1/2} : 7.04E+8a			5
7	²³⁸ U	液体/固体, 低毒 T _{1/2} : 4.47E+9a			5
8	²¹⁰ Po	液体, 极毒 T _{1/2} : 138d			6
9	²³² Th	液体/固体, 中毒 T _{1/2} : 1.40E+10a			6
10	²²⁸ Th	液体, 极毒 T _{1/2} : 1.91a			7
11	⁹⁹ Tc	液体, 低毒 T _{1/2} : 2.13E+5a			6
12	²²⁶ Ra	液体, 极毒 T _{1/2} : 1600a			7
13	²⁴¹ Pu	液体, 高毒 T _{1/2} : 14.4a			5
14	²³⁹ Pu	液体, 极毒 T _{1/2} : 2.41E+4a			5
15	²¹⁰ Pb	液体, 高毒 T _{1/2} : 22.30a			6
16	²³⁷ Np	液体, 高毒 T _{1/2} : 2.14E+6a			6
17	⁹⁹ Mo	液体, 中毒 T _{1/2} : 2.75d			7
18	¹²⁹ I	液体, 低毒 T _{1/2} : 1.57E+7a			6
19	¹³¹ I	液体, 中毒 T _{1/2} : 8.04d			5
20	²⁴³ Am	液体, 极毒 T _{1/2} : 7.37E+3a			6
21	²⁴¹ Am	液体, 极毒 T _{1/2} : 432a			4
22	²¹² Pb	液体, 中毒 T _{1/2} : 10.622h			7
23	²¹² Bi	液体, 高毒 T _{1/2} : 60.55min			6
24	²²⁴ Ra	液体, 极毒 T _{1/2} : 3.62d			5
25	²²⁸ Ra	液体, 极毒			5

		T _{1/2} : 5.75a	
26	¹⁷⁷ Lu	液体, 中毒 T _{1/2} : 6.71d	7
27	^{99m} Tc	液体, 低毒 T _{1/2} : 6.02h	8
28	¹⁸ F	液体, 低毒 T _{1/2} : 109.74min	7
29	¹⁵³ Sm	液体, 中毒 T _{1/2} : 46.7h	7
30	²⁰¹ Tl	液体, 低毒 T _{1/2} : 73.06h	7
31	⁹⁰ Y	液体、中毒 T _{1/2} : 64.2h	7

根据建设单位提供的资料, 实验室每日最多开展 3 种不同核素的示踪实验、每天最多进行 10 批次实验、每年最多操作 300d, 本项目按最不利情况考虑: 贮存规模按单次采购总量计算; 操作量按每日操作 3 种核素考虑 (取日等效操作量最大的 3 种核素 ⁶⁰Co (液体)、²²⁸Th、²²⁶Ra), 其余所有核素均考虑贮存状态。具体核素操作量详见下表:

表 1-3 本项目非密封放射性物质操作量一览表

序号	核素名称	实验室最大 贮存量 (Bq)	实验室日最大 使用量 (Bq)	年最大操作 量 (Bq)	日等效操作量 (Bq)		备注操作方 式
					源的贮存	简单操作	
1	⁶⁰ Co (液体)				7.50E+06	5.00E+07	源的贮存、简 单操作
	⁶⁰ Co (固体)				1.00E+05	/	源的贮存
2	⁹⁰ Sr (液体)				7.50E+05	/	源的贮存
	⁹⁰ Sr (固体)				1.00E+05	/	源的贮存
3	¹³⁷ Cs (液体)				7.50E+05	/	源的贮存
	¹³⁷ Cs (固体)				1.00E+04	/	源的贮存
4	³ H				1.00E+05	/	源的贮存
5	¹⁴ C				1.25E+06	/	源的贮存
6	²³⁵ U				4.00E+03	/	源的贮存
7	²³⁸ U				4.00E+03	/	源的贮存
8	²¹⁰ Po				2.00E+06	/	源的贮存
9	²³² Th				2.50E+05	/	源的贮存
10	²²⁸ Th				4.00E+06	1.00E+08	源的贮存、简 单操作
11	⁹⁹ Tc				2.50E+04	/	源的贮存
12	²²⁶ Ra				2.00E+07	1.00E+08	源的贮存、简 单操作
13	²⁴¹ Pu				1.00E+04	/	源的贮存
14	²³⁹ Pu				1.00E+05	/	源的贮存
15	²¹⁰ Pb				1.00E+05	/	源的贮存
16	²³⁷ Np				5.00E+05	/	源的贮存

17	⁹⁹ Mo				1.00E+03	/	源的贮存
18	¹²⁹ I				2.00E+04	/	源的贮存
19	¹³¹ I				1.00E+02	/	源的贮存
20	²⁴³ Am				2.50E+06	/	源的贮存
21	²⁴¹ Am				2.00E+04	/	源的贮存
22	²¹² Pb				5.00E+04	/	源的贮存
23	²¹² Bi				1.00E+04	/	源的贮存
24	²²⁴ Ra				2.00E+04	/	源的贮存
25	²²⁸ Ra				6.00E+06	/	源的贮存
26	¹⁷⁷ Lu				1.00E+04	/	源的贮存
27	^{99m} Tc				1.00E+04	/	源的贮存
28	¹⁸ F				2.00E+03	/	源的贮存
29	¹⁵³ Sm				1.00E+04	/	源的贮存
30	²⁰¹ Tl				1.00E+03	/	源的贮存
31	⁹⁰ Y				1.00E+04	/	源的贮存
合计				8.17E+10	2.96E+8	/	

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 的表 C1 中场所等级划分标准，本项目放射化学实验室日等效最大操作量为 2.96E+8Bq，属于乙级非密封源工作场所。

（6）辐射工作人员配置：根据学校提供资料，本项目拟配置 7 名辐射工作人员，其中 4 名为学校现有辐射工作人员，本项目投运后仍从事原放射性工作；新增的 3 名辐射工作人员将在项目投运前完成上岗前的职业健康检查、辐射安全与防护培训及考核，待体检和考核均合格后方可上岗。本项目辐射工作人员配置情况见下表：

表 1-4 本项目辐射工作人员配置一览表

序号	姓名	性别	学历	职称	辐射安全与防护 证书编号	职业健康体检结论	备注
1		男	博士	研究员	/	/	新增
2		男	博士	教授	/	/	新增
3		男	博士	教授	F 28	/	新增
4		男	博士	研究员	F 01	可从事放射工作(2024 年 11 月)	现有
5		女	博士	讲师	F 10	可从事放射工作(2025 年 12 月)	现有
6		男	博士	副教授	F 67	可继续原放射工作(2025 年 12 月)	现有
7		女	博士	讲师	F 77	可继续原放射工作(2024 年 11 月)	现有

因为本项目放射化学实验室将承担有教学任务，参与实验的学生需经课题组及实验室负责人审批，签订安全承诺书后，方可在工作人员监督下进入实验室，教学过程中应为老师（本项目辐射工作人员）演示、学生旁观，每批学生每年参与一次，学生按公众考虑。若有学生长期参与放射性实验，则应按辐射工作人员进行管理。

1.4. 本项目周边环境

本项目位于湖南省衡阳市蒸湘区常胜西路 28 号南华大学红湘校区内。校区东临静园小区和静园路，西接蔡伦大道，南靠解放大道，北邻蒸湘国土苑和船山大道。具体地理位置详见附图 1。

拟建的放射化学实验室选址于南华大学红湘校区弘毅楼 2 楼东部。该建筑东侧依次为校内道路和校外红湘路，南侧隔校内道路为核工程教学实验中心和核学楼，西侧为校内广场，北侧为校内道路、东门绿化带及校外商业区等。校区平面布局及实验室所在位置详见附图 2。

南华大学拟对红湘校区弘毅楼 2 楼东部 215 室（通过间）、217 室（普通化学实验室）、218 室（备用仪器室）进行功能改造，改造为放射化学实验室。该实验室上方为闲置房间，下方为办公休息室及普通实验室；东侧、北侧为校内道路上空，西侧相邻区域为普通实验室（不涉及放射性操作）、楼梯及走廊；南侧为弘毅楼副楼。本项目放射化学实验室所在楼层的平面布局及具体位置详见附图 3。

1.5. 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录》（2024 年本）“鼓励类”中第六项“核能 第 4 条 核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目，符合国家产业政策。

1.6. 选址合理性分析

本项目位于南华大学弘毅楼 2 楼东部 215 室、217 室及 218 室，位置相对独立且封闭，人流较少，项目评价范围不涉及居民住宅区，避开人群集中区域，且经后文分析，项目营运期产生的电离辐射、废水、废气、固体废物等均可得到有效治理，对周边环境影响小，从环境保护角度分析，项目选址可行。

1.7. 实践的正当性

本项目的建设将有效提升南华大学的科研能力，填补本校低中放射性废物处理研究实验条件空缺，为废物管理、处理技术及安全评价提供重要的支撑平台，支撑相关科研及人才培养。在采取完善的辐射屏蔽措施和严格的管理制度后，项目运行对周边环境的辐射影响可控制在较低水平。本项目放射性同位素应用所产生的社会效益和科研价值，显著高于其可能带来的辐射风险，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.8. 现有核技术利用项目情况

1.8.1. 现有核技术利用项目环评情况及许可情况

建设单位目前持有湖南省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（证书编号：湘环辐证[00056]，有效期至2027年8月29日）。其许可范围包括：使用Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类放射源；销售和使用非密封放射性物质；以及乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。南华大学许可使用的放射源、非密封放射性物质分别见表1-5、表1-6：

表 1-5 许可使用放射源情况一览表

序号	核素名称	类别	活度（Bq/枚），数量	活动种类	辐射活动场所	许可情况	验收情况
1	Fe-55	Ⅴ类	7.4E+8Bq/枚，1枚	使用			
2	Co-57	Ⅴ类	7.4E+8Bq/枚，1枚	使用			
3	Co-57	Ⅴ类	1.85E+9Bq/枚，3枚	使用			
4	Co-60	Ⅴ类	7.4E+7Bq/枚，29枚	使用			
5	Co-60	Ⅳ类	1.66E+10Bq/枚，1枚	使用			
6	Ni-63	Ⅴ类	3.7E+9Bq/枚，4枚	使用			
7	Sr-90	Ⅴ类	1.85E+5Bq/枚，47枚	使用			
8	Cs-137	Ⅲ类	4.61E+13Bq/枚，1枚	使用			
9	Cs-137	Ⅳ类	4.07E+10Bq/枚，1枚	使用			
10	Cs-137	Ⅴ类	7.77E+8Bq/枚，61枚	使用			
11	Cs-137	Ⅳ类	1.11E+9Bq/枚，1枚	使用			
12	Cs-137	Ⅴ类	7.4E+8Bq/枚，1枚	使用			
13	Pm-147	Ⅴ类	3.7E+9Bq/枚，1枚	使用			
14	Pm-147	Ⅴ类	1.0E+9Bq/枚，1枚	使用			
15	Tl-204	Ⅴ类	1.99E+6Bq/枚，32枚	使用			
16	Ra-226	Ⅴ类	4.2E+7Bq/枚，7枚	使用			
17	Pu-238	Ⅳ类	1.78E+9Bq/枚，1枚	使用			
18	Pu-239	Ⅴ类	5.67E+5Bq/枚，23枚	使用			
19	Am-241	Ⅴ类	2.38E+6Bq/枚，22枚	使用			
20	Am-Be	Ⅲ类	7.4E+10Bq/枚，1枚	使用			
21	Sn-119m	Ⅴ类	7.4E+8Bq/枚，2枚	使用		2	
22	Cs-137	Ⅴ类	7.4E+8Bq/枚，3枚	使用			
23	Sr-90	Ⅴ类	1.85E+8Bq/枚，2枚	使用			
24	Pu-238/Be	Ⅱ类	7.4E+11Bq/枚，1枚	使用			

表 1-6 已许可的非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	状态	活动种类	使用场所	日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	许可情况	验收情况
1	²²⁶ Ra	液态	使用、销售	军工楼2F氡实验室	106	1.00E+07	1.00E+08	[2]	
2	²³⁵ U	固态	使用	科创楼	507	5.00E+05	1.00E+10		
3	²³⁸ U	固态	使用	4F放	507	5.00E+05	1.00E+10	[2]	

				射化学 实验室					验收
4	²²⁸ Th	液态	使用		1	1.00E+06	2.00E+07		
5	²³² Th	固态	使用		5	5.00E+05	1.00E+10		
6	²³⁹ Pu	液态	使用		1	1.00E+06	2.00E+07		
7	²⁴¹ Pu	液态	使用		5	5.00E+05	1.00E+08		
8	⁹⁰ Sr	液态	使用		1	1.00E+06	2.00E+08		
9	²³⁷ Np	液态	使用		1	1.00E+06	2.00E+08		
10	²⁴¹ Am	液态	使用		1	1.00E+06	2.00E+07		
11	²⁴³ Am	液态	使用		1	1.00E+06	2.00E+07		
12	⁹⁹ Tc	液态	使用		5	5.00E+05	1.00E+10		
13	⁹⁹ Mo	液态	使用		1	1.00E+06	2.00E+09		
14	²¹⁰ Pb	固态	使用		1	1.00E+05	2.00E+07		
15	²¹⁰ Po	固态	使用		6	6.00E+05	1.20E+07		
16	³ H	液态	使用		1	1.00E+06	2.00E+10		
17	⁹⁰ Y	液态	使用		5	5.00E+05	1.00E+09		
18	¹²⁹ I	液态	使用		1	1.00E+05	2.00E+09		
19	¹³⁷ Cs	液态	使用		2	2.00E+06	4.00E+09		
20	U-天然	固体	使用		2	2.50E+6	2.50E+9	20	

1.8.2. 辐射安全管理现状

南华大学严格遵循《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，积极配合各级生态环境部门的监督指导，确保辐射防护设施稳定运行、定期维护与检测，并落实了辐射安全管理制度建设、执行及档案管理等方面。具体如下：

（1）已制定完善的辐射防护管理制度和操作规程，并严格监督执行。

（2）成立由校主要领导任主任、相关部门负责人组成的辐射安全管理委员会，明确各级防护责任，强化对放射性同位素及射线装置的监管。

（3）各放射性工作场所均按要求设置电离辐射警示标识，通风系统符合标准，屏蔽防护措施满足要求，周边环境辐射水平满足国家限值要求。

（4）严格执行辐射工作人员职业健康监护与个人剂量监测制度，为相关人员配备个人剂量计，并建立完整的职业健康档案及剂量监测记录。根据全国核技术利用辐射安全申报系统数据及学校提供的资料，南华大学现有辐射工作人员情况详见下表：

表 1-7 学校辐射工作人员信息一览表

辐射工作人员	共 115 人
个人剂量检测情况	辐射工作人员均按要求配备了个人剂量计，并定期进行个人剂量监测，辐射工作人员年个人剂量检测结果符合学校职业照射约束值和《电离辐射防护与辐射源

	安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员剂量限值要求。
职业健康检查	学校已于 2024 年 12 月及 2025 年 11 月-12 月陆续安排本校辐射工作人员进行了职业健康体检，其中部分需及时复查、补查，学校已暂停其放射工作并安排进行复查及补查，待复查合格后再安排上岗
辐射安全与防护培训	学校现有辐射工作人员均取得了辐射安全与防护培训合格证书，且均在有效期内。

1.8.3. 放射性废物处置情况

南华大学现有放射性废物主要来源于以下两处非密封源工作场所：军工楼氡实验室及科创楼放射化学实验室。其放射性废物处置方式如下：

（1）放射性废气

氡实验室：氡实验室内设有通风系统和 24 小时通风储源柜， ^{226}Ra 衰变放出的气态子体核素 ^{222}Rn 被通风系统抽至楼顶烟囱排放。

科创楼放射化学实验室：各通风橱及实验室内设有独立排风系统；废气经总排风管（沿东侧外墙铺设）引至楼顶排放口，排放前经活性炭过滤装置吸附处理。

（2）放射性废水

氡实验室：氡实验室主要产生含 ^{226}Ra 废液，活度浓度低于 10Bq/L ，经稀释后通过实验室下水道合规排放。

放射化学实验室：废液采用专用容器收集后，通过蒸发方式处置，实现零外排。

（3）放射性固体废物

氡实验室：主要为吸水纸、手套、口罩等清污废物，暂存于源库铅污物桶，定期移交有资质单位处置。

放射化学实验室：包括实验耗材（如一次性用具）及蒸发余渣。分类存放于专用废物间及放射废物收集桶，定期交由资质单位处理。

截止到目前，已许可放射源及非密封放射性物质运行情况良好，无辐射安全事故发生。

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
1	/	/	/	/	/	/	/	/
	以下空白							

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	⁶⁰ Co	液体，高毒 T _{1/2} : 5.27a	使用		7.50E+06		科研	源的贮存	南 华 大 学 红 湘 校 区 弘 毅 楼 2 楼 放 射 化 学 实 验 室	南华大学 红湘校区 弘毅楼 2 楼 218 室 储源间试 剂柜
					5.00E+07			简单操作		
	⁶⁰ Co	固体（水泥固化体）， 高毒，T _{1/2} : 5.27a	使用		1.00E+05		科研	源的贮存		
2	⁹⁰ Sr	液体，高毒 T _{1/2} : 29.1a	使用		7.50E+05		科研	源的贮存		
	⁹⁰ Sr	固体（水泥固化体）， 高毒 T _{1/2} : 29.1a	使用		1.00E+05		科研	源的贮存		
3	¹³⁷ Cs	液体，中毒 T _{1/2} : 30a	使用		7.50E+05		科研	源的贮存		
	¹³⁷ Cs	固体（水泥固化体）， 中毒 T _{1/2} : 30a	使用		1.00E+04		科研	源的贮存		

4	^3H	液体, 低毒 $T_{1/2}$: 12.33a	使用			1.00E+05		科研	源的贮存		
5	^{14}C	液体, 中毒 $T_{1/2}$: 5.70E+3a	使用			1.25E+06		科研	源的贮存		
6	^{235}U	液体/固体, 低毒 $T_{1/2}$: 7.04E+8a	使用			4.00E+03		科研	源的贮存		
7	^{238}U	液体/固体, 低毒 $T_{1/2}$: 4.47E+9a	使用			4.00E+03		科研	源的贮存		
8	^{210}Po	液体, 极毒 $T_{1/2}$: 138d	使用			2.00E+06		科研	源的贮存		
9	^{232}Th	液体/固体, 中毒 $T_{1/2}$: 1.40E+10a	使用			2.50E+05		科研	源的贮存		
10	^{228}Th	液体, 极毒 $T_{1/2}$: 1.91a	使用			4.00E+06		科研	源的贮存		
						1.00E+08			简单操作		
11	^{99}Tc	液体, 低毒 $T_{1/2}$: 2.13E+5a	使用			2.50E+04		科研	源的贮存		
12	^{226}Ra	液体, 极毒 $T_{1/2}$: 1600a	使用			2.00E+07		科研	源的贮存		
						1.00E+08			简单操作		
13	^{241}Pu	液体, 高毒 $T_{1/2}$: 14.4a	使用			1.00E+04		科研	源的贮存		
14	^{239}Pu	液体, 极毒 $T_{1/2}$: 2.41E+4a	使用			1.00E+05		科研	源的贮存		
15	^{210}Pb	液体, 高毒 $T_{1/2}$: 22.30a	使用			1.00E+05		科研	源的贮存		
16	^{237}Np	液体, 高毒 $T_{1/2}$: 2.14E+6a	使用			5.00E+05		科研	源的贮存		
17	^{99}Mo	液体, 中毒 $T_{1/2}$: 2.75d	使用			1.00E+03		科研	源的贮存		

18	¹²⁹ I	液体, 低毒 T _{1/2} : 1.57E+7a	使用		2.00E+04	4.	科研	源的贮存		
19	¹³¹ I	液体, 中毒 T _{1/2} : 8.04d	使用		1.00E+02	3.	科研	源的贮存		
20	²⁴³ Am	液体, 极毒 T _{1/2} : 7.37E+3a	使用		2.50E+06	5.	科研	源的贮存		
21	²⁴¹ Am	液体, 极毒 T _{1/2} : 432a	使用		2.00E+04	2.	科研	源的贮存		
22	²¹² Pb	液体, 中毒 T _{1/2} : 10.622h	使用		5.00E+04	1.	科研	源的贮存		
23	²¹² Bi	液体, 高毒 T _{1/2} : 60.55min	使用		1.00E+04	3.	科研	源的贮存		
24	²²⁴ Ra	液体, 极毒 T _{1/2} : 3.62d	使用		2.00E+04	6.	科研	源的贮存		
25	²²⁸ Ra	液体, 极毒 T _{1/2} : 5.75a	使用		2.00E+04	6.	科研	源的贮存		
26	¹⁷⁷ Lu	液体, 中毒 T _{1/2} : 6.71d	使用		1.00E+04	3.	科研	源的贮存		
27	^{99m} Tc	液体, 低毒 T _{1/2} : 6.02h	使用		1.00E+04	3.	科研	源的贮存		
28	¹⁸ F	液体, 低毒 T _{1/2} : 109.74min	使用		2.00E+03	6.	科研	源的贮存		
29	¹⁵³ Sm	液体, 中毒 T _{1/2} : 46.7h	使用		1.00E+04	3.	科研	源的贮存		
30	²⁰¹ Tl	液体, 低毒 T _{1/2} : 73.06h	使用		1.00E+03	3.	科研	源的贮存		
31	⁹⁰ Y	液体、中毒 T _{1/2} : 64.2h	使用		1.00E+04	3.	科研	源的贮存		

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》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (KV)	最大管电 流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	以下空白								

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序 号	名 称	类 别	数 量	型 号	最大管电 压 (KV)	最大靶电 流 (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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					以下空白								

表 5 废弃物（重点是放射性废物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性固体废物	固态	^{60}Co 、 ^{90}Sr 等 31 种放射性核素	/	/	/	/	放射性废物暂存间内贮存箱	分类收集，定期交由有资质单位回收
放射性废水	液态	^{60}Co 、 ^{90}Sr 等 31 种放射性核素	/	/	/	/	实验产生的浸出液及实验结束后的器皿第一道清洗废水收集至西南角废液暂存柜内；后续实验器皿清洗废水排入弘毅楼东北侧（一层）废水箱暂存	定期由有资质的单位进行处置
放射性废气	气体	^3H 、 ^{129}I 、 ^{210}Po 等	/	/	/	/	/	由放射化学实验室区域独立的排风系统统一收集，经活性炭吸附装置过滤后由屋顶排入大气
以下空白								

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/m^2 ）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》，主席令第 9 号，2014 年修订，2015 年 1 月 1 日实施； 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第 24 号，2014 年修订，2018 年 12 月 29 日实施； 3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日实施； 4. 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起实施； 5. 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号发布，2017 年修订，2017 年 10 月 1 日起施行； 6. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2019 年修订，2019 年 3 月 2 日施行； 7. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），环境保护部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行； 8. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 31 号，2021 年修订，2021 年 1 月 4 号施行； 9. 《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，2011 年施行； 10. 《产业结构调整指导目录》（2024 年本），2023 年第 7 号令。 11. 《辐射工作人员职业健康管理办法》，卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行； 12. 《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； 13. 《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，2006 年 9 月 26 日； 14. 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4 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. 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）； 5. 《辐射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； 6. 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 7. 参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； 8. 参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； 9. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 10. 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 11. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 12. 《表面污染测定 第1部分 β发射体（$E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$）和$\alpha$发射体》（GB/T14056.1-2008）。
其他	1. 项目委托书； 2. 李德平 潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》、《辐射防护手册第三分册 辐射安全》，原子能出版社，1987年； 3. 霍雷 刘剑利 马永和编著《辐射剂量与防护》电子工业出版社，2015。 4. 方杰主编《辐射防护导论》，原子能出版社，1990年； 5. 《辐射防护》（第11卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991年3年）； 6. 建设方提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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》（HJ 10.1-2016）中的相关规定，“以项目实体边界为中心，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围，对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大。”

本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，因此，根据 HJ 10.1-2016，本项目评价范围取放射化学实验室实体边界外 50m 范围，评价范围示意图详见下图。

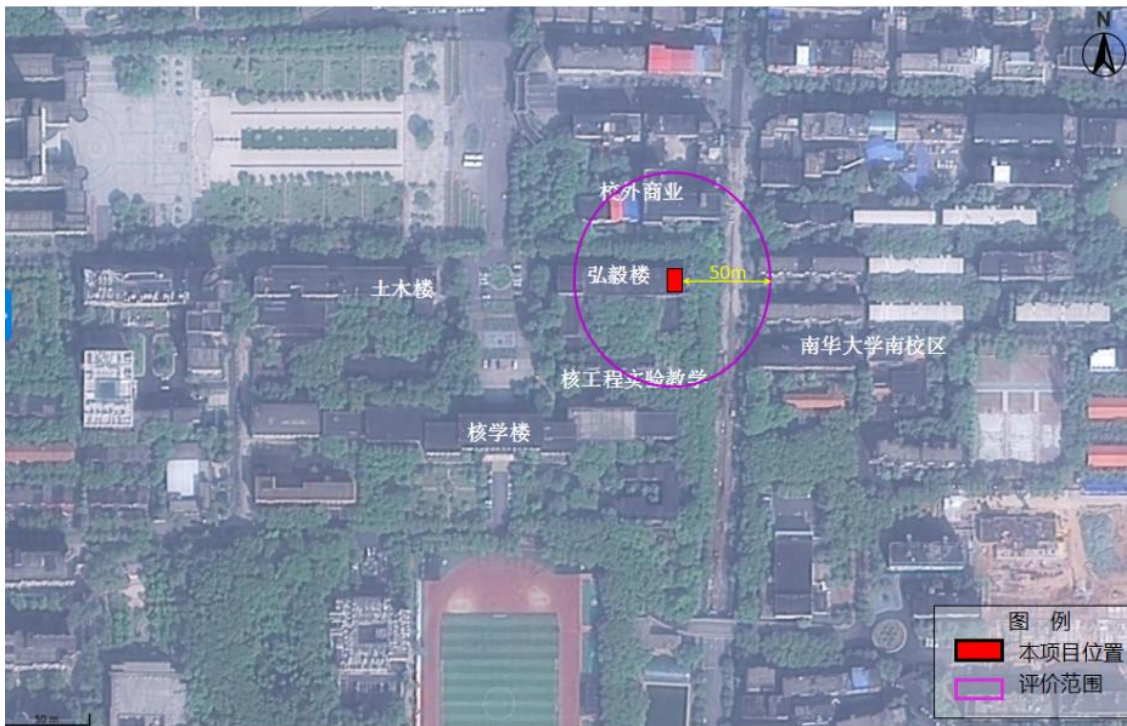


图 7-1 本项目辐射环境评价范围示意图

7.2 保护目标

本次辐射环境影响评价的环境保护目标为：本项目从事辐射工作的人员以及评价范围内相邻区域的公众。根据本项目平面布局及外环境特征确定本项目环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 环境保护目标一览表

污染源	方位	保护目标	距离	影响人群	敏感人数
弘毅楼放射化学实验室	楼上	闲置房间	紧邻	公众	约 1 人
	楼下	办公休息室、通道、普通实验室	紧邻	公众	约 10 人
	东侧	校内道路、红湘路、南华大学南苑	0-50m	公众	约 20 人
	南侧	弘毅楼副楼、校内通道等	0-35m	公众	约 20 人
		核工程实验教学中心	35-50m	公众	约 100 人
	西侧	弘毅楼内实验室、办公室、教室等	0-50m	公众	约 20 人
	北侧	校内道路、绿化	0-16m	公众	约 2 人
		校外商业区	16-50m	公众	约 30 人
	内部	放射化学实验室	/	辐射工作人员 流动实验人员	7 人 约 20 人

注：因学校教学楼内基本为学生及老师，校内道路及校外商业区人有流动人员，人数均不固定，以上敏感人数仅供参考。

7.3 评价标准

1、剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证该标准 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。

根据附录 B 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；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

根据附录 B 第 B1.2.1 款：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；

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

c) 眼晶体的年当量剂量, 15mSv;

d) 皮肤的年当量剂量, 50mSv。

另根据 GB18871-2002 第 11.4.3.2 款规定: 剂量约束值通常应在公众照射剂量的限值 10%~30% (0.1mSv~0.3mSv) 的范围之内, 但剂量约束值的使用不应取代最优化要求, 剂量约束值只能作为最优化值的上限。

根据学校实际情况, 本项目辐射工作人员的**职业年照射有效剂量约束值为 5mSv/a**; 公众的年照射有效剂量约束值为 **0.1mSv/a** 值。

2、工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 6.4 款规定应把辐射工作场所分为控制区和监督区, 以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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防止污染扩散, 并预防潜在照射或限制潜在照射范围。

2) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的电离辐射警告标志, 并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

3) 制定职业防护与安全措施, 包括适用于控制区的规则与程序。

4) 运用行政管理程序和实体屏蔽限制进出控制区。

5) 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的储存柜。

6) 定期审查控制区的实际状况, 以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

6.4.2 监督区

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

2) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

3) 定期审查该区的条件,以确定是否有需要采取防护措施和作出安全规定,或是否需要更改监督区的边界。

3、辐射工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录C给出的非密封源工作场所的分级标准,详见下表:

表 7-2 非密封源工作场所分级

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 $\sim 2 \times 10^7$
注:放射性核素的日等效操作量=放射性核素的实际日操作量(Bq)×该核素毒性组别修正因子/操作方式有关的修正因子。	

4、工作场所辐射剂量率控制水平

参照《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)第 5.3 款工作场所的防护水平要求中:

5.3.1 在核医学控制区外人员可达处,距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$,控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$,宜不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$;核医学工作场所的分装柜或生物安全柜,应采取一定的屏蔽防护,以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$;同时在该场所及周围的公众和辐射工作人员应满足个人剂量限值要求。”

参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)第 6.1 款屏蔽要求中:

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$,如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域,其周围剂量当量率应小于 $10 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构,以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$,放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液

收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30 cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

根据本项目特点，确定本次评价项目放射化学实验室实体屏蔽墙体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ；控制区内屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ；手套箱外表面 5cm 处的周围剂量当量率应不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ，外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ；固体放射性废物收集桶、放射性废液收集罐体外表面 30 cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

5、工作场所表面放射性污染控制水平

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2.1 款规定，工作场所的表面污染控制水平如表 7-3 所示。

表 7-3 工作场所的放射性表面污染控制水平（Bq/cm²）

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4
注：1)该区内的高污染因子除外				

附录 B2.2 条款规定：工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到上述表 7-2 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时，经审管部门或监管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。

6、放射性废物的管理

根据《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）中给出的放射性废物管理要求。

7.2 放射性废液

7.2.1 操作非密封源的单位，一般应建立放射性废液处理系统，确保产生的废液得到妥善处理。不得将放射性废液排入普通下水道，相关控制应遵循 GB 18871-2002 的要求；不允许利用生活污水下水系统洗涤被放射性污染的物品；

不允许用渗井排放废液。

7.2.2 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。

7.3 放射性固体废物

7.3.1 产生放射性固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。

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

7.4 放射性废气排放

7.4.1 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。

7.4.2 凡预计会产生大量放射性废气或气溶胶而可能污染环境的一次性操作，亦应采取有效的防护与安全措施和监测手段。

同时，参照《核医学科辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中给出的放射性废物的放射管理要求。

7 放射性废物的管理

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.1 固体放射性废物收集

7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

7.2.2 固体放射性废物贮存

7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

7.2.3 固体放射性废物处理

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

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

7.3.1 放射性废液收集

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

7.4 气态放射性废物的管理

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

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于南华大学红湘校区弘毅楼 2 楼东部，该实验室上方为闲置房间，下方为办公休息室及普通实验室；东侧、北侧为校内道路上空，西侧相邻区域为普通实验室（不涉及放射性操作）、楼梯及走廊；南侧为弘毅楼副楼。

8.2 辐射现状监测方案

为了解本项目核技术应用区域及周围的辐射环境水平，核工业二三 0 研究所工作人员对项目场址的环境现状辐射水平进行了监测。

- （1）监测因子：环境地表 γ 辐射剂量率； α 、 β 放射性表面污染。
- （2）监测日期：2025 年 2 月 18 日。
- （3）监测仪器：监测仪器信息见表 8-1 和表 8-2：

表 8-1 γ 辐射监测仪器相关信息一览表

仪器名称	X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	主机：FH40G 探头：FHZ672E-10
生产厂家	Thermo
出厂编号	主机：31951 探头：11453
检定单位	湖南省电离辐射计量站
检定有限期限	2024.3.6~2025.3.5
证书编号	hnjln2024036-118
量程	主机：10nSv/h~100 μ Sv/h；探头：1nSv/h~100 μ Sv/h
能量响应	主机：36keV~1.3MeV；探头：40keV~4.4MeV

表 8-2 α 、 β 表面污染仪相关信息一览表

仪器名称	α 、 β 表面污染仪
仪器型号	CoMo-170
生产厂家	NUVIA
出厂编号	9597
检定单位	湖南省电离辐射计量站
检定有限期限	2024.11.6~2025.11.5
证书编号	hnjln2024407-1185

监测点位：根据项目的平面布局和周围环境情况布设监测点。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）相关要求，环境 γ 辐射剂量率测量点位应依据测量目的布设，并结合源和照射途径以及人群分布和人为活动情况仔细选择。本次监测目的是评估拟建场所环境辐射现状水平，分析项目建成后对辐射工作场所周边区域（尤其是人员活动频繁区域）的潜在影响。故结合项目评价范

围内环境情况及平面布局，本次监测点位布置详见图 8-1 及图 8-2。

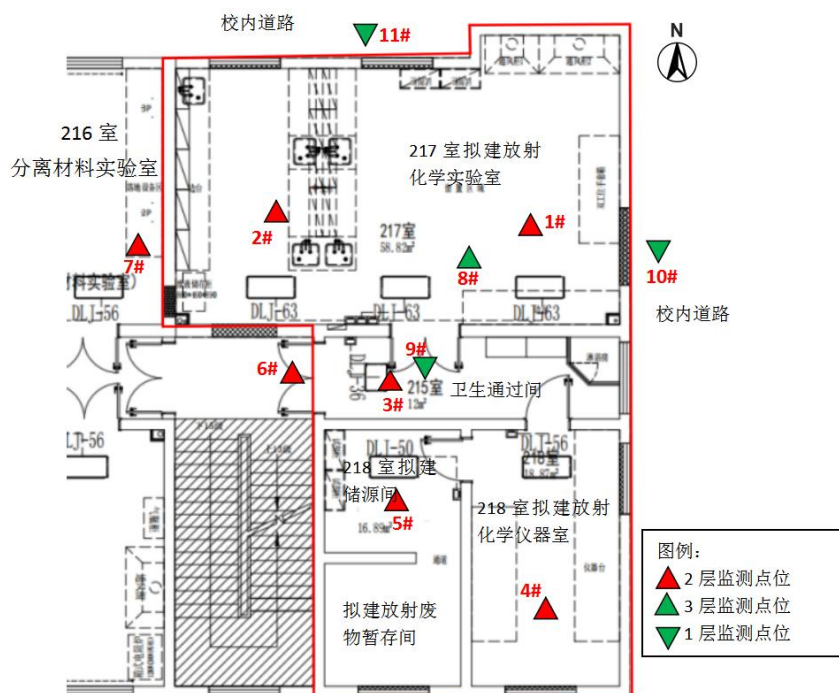


图 8-1 本项目所在地环境地表 γ 辐射剂量率监测点位示意图

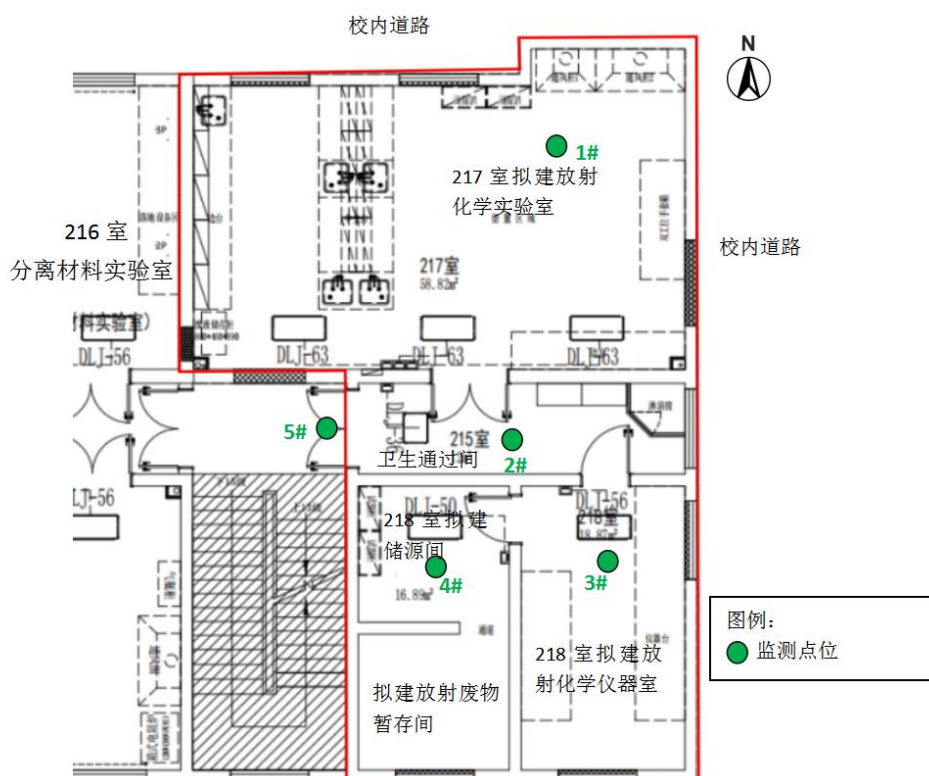


图 8-2 本项目所在场所表面污染监测点位示意图

(4) 监测依据：《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；《表面污染测定第一部分： β 发射体($E\beta_{max}$

>0.15MeV)和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)。

(5) 监测方法: ①采取 γ 外照射测量探头(探测器灵敏体积中心)距地面1m高度,每个测点读取10个数据求平均值;②表污仪探头维持在待测物(场所)表面适当距离测量3组数据求平均。

(6) 质量保证: ①合理布设监测点位,保证各监测点位布设的科学性和可比性;②监测方法采用国家有关部门颁布的标准,监测人员经考核并持有合格证书上岗;③测量所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求,均有有效的国家计量部门检定的合格证书,并有良好的日常质量控制程序。每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常;④由专业人员按操作规程操作仪器,并做好记录;⑤数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法,按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报,监测报告严格实行三级审核制度,经过校对、校核,最后由技术总负责人审定签发。

8.3 辐射现状监测结果

本项目所在场址的环境地表 γ 辐射剂量率和 α 、 β 表面放射性污染水平的监测结果见表8-3和表8-4。

表 8-3 项目拟建场址环境 γ 辐射剂量率监测结果一览表

点位编号	监测点位	监测结果 (nGy/h)
1#	217 室(拟建放射化学实验室)东部	148
2#	217 室(拟建放射化学实验室)西部	147
3#	215 室(拟建卫生通过间)	120
4#	218 室(拟建放射化学仪器室)	125
5#	218 室(拟建储源间)	137
6#	拟建放射化学实验室总出入口	120
7#	216 室(分离材料实验室)	146
8#	217 室楼上(闲置房间)	115
9#	215 室楼下(通道)	122
10#	弘毅楼东侧校内道路	79.5
11#	弘毅楼北侧校内道路	74.6
注: ①本次测量时,仪器探头垂直向下,距地面的参考高度为1m,仪器读数稳定后,以10s为间隔读取10个数据; ②以上检测数据已按照HJ1157-2021中相关要求进行了单位换算,并扣除了设备宇宙射线响应值。		

根据表8-3中的测量结果,本项目所在场址室内环境 γ 辐射剂量率监测结果在115nGy/h~148nGy/h之间,道路环境 γ 辐射剂量率监测结果在74.6nGy/h~79.5nGy/h之间,与湖南省衡阳市贯穿辐射剂量率范围值(《辐射防

护》，第 11 卷，第二期，湖南省环境天然放射性水平调查研究——室内（71.7~203.3）nGy/h）、道路（31.4~107.2）nGy/h）相比，项目所在地环境 γ 辐射剂量率处于衡阳市室内及道路本底水平范围。

表 8-4 项目所在场址表面污染监测结果一览表

点位 编号	监测点位	监测结果（Bq/cm ² ）	
		α 放射性表面污染	β 放射性表面污染
1#	217 室（拟建放射化学实验室）地面	<0.002	0.069
2#	215 室（拟建卫生通过间）地面	<0.002	0.065
3#	218 室（拟建放射化学仪器室）地面	<0.002	0.023
4#	218 室（拟建储源间）地面	<0.002	0.010
5#	拟建放射化学实验室总出入口地面	<0.002	0.039
注：1、以上监测结果未扣除环境本底； 2、表面污染测量仪 α 探测下限：0.002Bq/cm ² ，若校准结果小于探测下限，则记录为<0.002；表面污染仪 β 探测下限：0.004Bq/cm ² ，若校准结果小于探测下限，则记录为<0.004。			

根据表 8-4 中的测量结果，本项目拟建放射性工作场址内各监测点 α 表面污染均小于设备探测下限 0.002Bq/cm²， β 表面污染监测范围值为 0.010Bq/cm²~0.069Bq/cm²。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 工作原理及核素特征

目前，处理长半衰期的放射性废液或废水往往需要进行固化处理，以确保其长期安全存储，固化体性能检测测试是评估固化体稳定性和安全性的重要手段。同位素示踪法可以作为一种有效的监测和分析方法，通过使用放射性同位素或稳定同位素作为示踪剂，标记样品中的特定元素或化合物，追踪其在固化处理过程中的分布和变化，从而研究相关物理化学行为。

本项目采用 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{201}Po 、 ^{232}Th 、 ^{228}Th 、 ^{99}Tc 、 ^{226}Ra 、 ^{241}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{210}Pb 、 ^{237}Np 、 ^{99}Mo 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{241}Am 、 ^{243}Am 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{224}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{177}Lu 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{153}Sm 、 ^{201}Tl 、 ^{90}Y 共 31 种放射性核进行单核素示踪实验，将单一放射性核素标记至待研究样品中，使其与目标物质关联，通过检测标记核素释放的射线（ α 、 β 、 γ 等），分析其动态变化规律，结合数据处理，获得主群体物质的定性、定量及定位信息。

本项目仅进行单一核素的同位素示踪实验，不涉及多核素混合体系，各新增放射性核素的特性如下：

表 9-1 放射性核素特性一览表

序号	核素	半衰期	状态	毒性	衰变方式	主要射线和能量（MeV）
1	^{60}Co	5.27a	液体/固体	高毒	β^-	3
2	^{90}Sr	29.1a	液体/固体	高毒	β^-	
3	^{137}Cs	30.0a	液体/固体	中毒	β^-	%)
4	^3H	12.33a	液体	低毒	β^-	
5	^{14}C	5.73E+3a	液体	中毒	β^-	
6	^{235}U	7.04E+8a	固体/液体	低毒	α	
7	^{238}U	4.47E+9a	固体/液体	低毒	α	
8	^{210}Po	138d	固体	极毒	α	);
9	^{232}Th	1.40E+10a	固体/液体	低毒	α	
10	^{228}Th	1.91a	液体	极毒	α	);
11	^{99}Tc	2.13E+5a	液体	低毒	β^-	、 %)

12	²²⁶ Ra	1600a	液体	极毒	α		)
13	²⁴¹ Pu	14.4a	液体	高毒	β ⁻		
14	²³⁹ Pu	2.41E+4a	液体	极毒	α		)、)
15	²¹⁰ Pb	22.30a	液体	高毒	β ⁻		
16	²³⁷ Np	2.14E+6a	液体	高毒	α		
17	⁹⁹ Mo	2.75d	液体	中毒	β ⁻		);)
18	¹²⁹ I	1.57E+7a	液体	低毒	β ⁻		)
19	¹³¹ I	8.04d	液体	中毒	β		
20	²⁴¹ Am	432a	液体	极毒	α		);)
21	²⁴³ Am	7.37E+3a	液体	极毒	α		);)
22	²¹² Pb	10.622h	液体	中毒	β ⁻		%)、)
23	²¹² Bi	60.55min	液体	高毒	α、β ⁻		)、)
24	²²⁴ Ra	3.62d	液体	极毒	α	α γ:	%)、)
25	²²⁸ Ra	5.75a	液体	极毒	β ⁻	β	
26	¹⁷⁷ Lu	6.71d	液体	中毒	β ⁻	β: 0. 0.	)、)
27	^{99m} Tc	6.02h	液体	低毒	IT	γ:	3%)
28	¹⁸ F	109.74min	液体	低毒	EC, β ⁺	β: γ:	
29	¹⁵³ Sm	46.7h	液体	中毒	β ⁻	β: 0. 0.	、)、)
30	²⁰¹ Tl	73.06h	液体	低毒	E.C.	γ: X	) ;)
31	⁹⁰ Y	64.2h	液体	中毒	β ⁻	β:	

注：衰变方式栏中 E.C.表示轨道电子俘获，T 表示同质异能跃迁。

9.2 工作流程及产污环节

9.2.1 核素订货、存储及领取方式

本项目使用的放射性核素均为外购，建设单位需根据具体使用课题组提出的申请，确定订购核素的类别、用量（不超出许可范围），供药单位在约定的时间负责将核素送至放射化学实验室入库，建设单位安排专人接收登记放射性核素。实验室设置门禁系统与 24 小时监控系统，储源间拟配置 2 个试剂柜，根据各核素的衰变特性分别存放，其中α衰变核素拟单独存放在 1 个试剂柜，β衰变核素以

及发射较高能量 γ 射线的核素拟共同存放在另 1 个试剂柜。储源间与试剂柜均上锁，实现双人双锁（储源间门钥匙及试剂柜钥匙分别由 2 人负责保管）。

放射性核素的使用实行严格的登记制度，使用者应提前制定实验方案，确定核素使用量后，再在管理员处领取并登记使用核素类别、用量以及相关操作内容，领取的核素只能在规定的操作区域使用，严禁带出指定区域。

9.2.2 实验操作流程

一、人员准入及培训要求

所有核素操作人员须完成放射性安全培训并通过考核，掌握相关法规及操作规程；参与实验的学生需经课题组及实验室负责人审批，签订安全承诺书后，方可在工作人员监督下进入实验室。此外，本项目放射性实验室若开展实验教学，在教学前，学生需接受实验室安全教育培训，每场教学需安排至少 2 名辐射工作人员全程监管，核素操作演示仅限辐射工作人员执行，若学生为长期参与放射性实验，按辐射工作人员管理。进入实验室人员须穿戴实验服、口罩、一次性手套，核素操作人员需佩戴个人剂量计，根据实验内容穿戴防护用品。

二、实验操作流程

实验操作流程图及产污环节如下图所示：

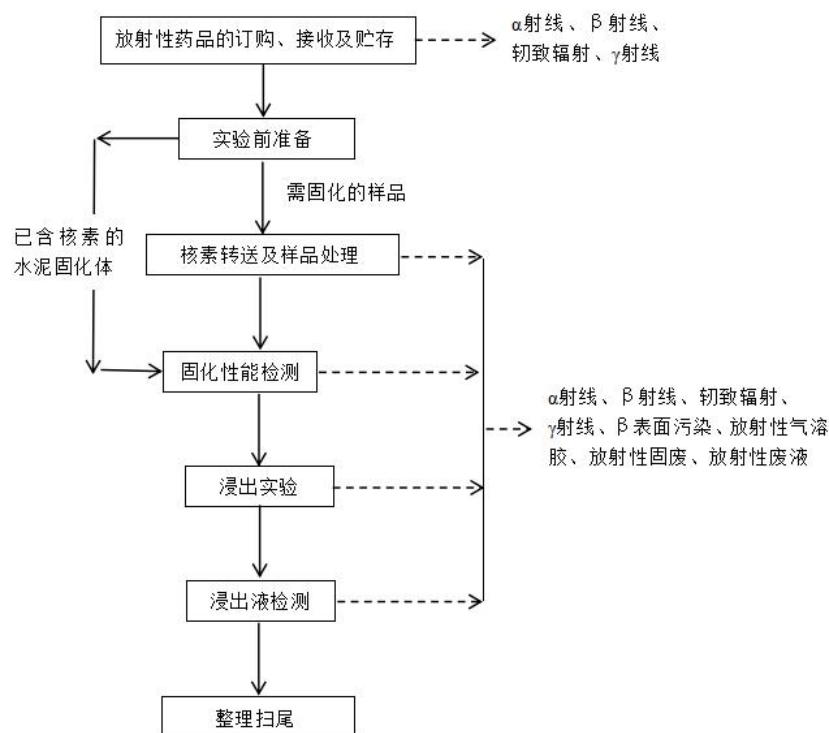


图 9-1 本项目工作流程及产污环节图

操作流程说明：

1、实验前准备

根据实验目的和要求，制定详细的实验计划，明确实验步骤、试剂及器皿需求。提交核素使用申请（确保核素符合许可范围），准备水泥固化材料、溶剂等实验材料；操作人员穿戴实验服、一次性手套、口罩等个人防护用具，确保实验过程中的安全，核素操作人员按要求佩戴个人剂量计，根据实验内容穿戴防护用品。

2、核素转移及样品处理

根据实验目的提前准备相关水泥固化材料、溶剂以及实验核素药品，其中实验核素药品需按照申请单将所需的核素（容器密闭）装入转移箱内由储源室送至217室通风橱或手套箱内，核素取完后密封装入转移箱内再送回至储源室，该转移过程的核素均处于密封状态，且采用相应的转移箱盛放，转移时间很短。

入
多
水

—
。

3、固化性能检测

3、浸出实验

，浸
低，
为：
液进
每天

4、样品检测

入转移
品进行
不超过

1

5、整理扫尾

实验结束后，实验人员将实验器皿进行清洗，第一道清洗废水及浸出液进行收集后放置于废液桶内；其余实验废水排入弘毅楼东北侧（一层）废水箱贮存；实验室内收集的可能沾染放射性核素的实验用品（移液枪头、试剂袋、口罩、手套、吸水纸等）分类（按 α 、 β 核素分类）存放于相应的废物贮存箱内暂存。相关操作人员离开实验室前，应进行表污检测，再告知管理员并进行检查确认。

三、特殊说明

本项目实验室配置 2 台通风橱及 1 台单工位手套箱，其中 1 台单工位手套箱采用 40mmPb 进行防护，主要用于 β 衰变核素以及发射较高能量 γ 射线的核素的操作；2 台通风橱为普通防爆玻璃材质，主要用于 α 衰变核素的操作。

^{60}Co （固体）、 ^{90}Sr （固体）、 ^{137}Cs （固体）为水泥固化体，无需重复固化及养护处理。

9.3 工作负荷

实验室每天最多开展 3 种核素实验研究，每年按 300d 考虑；参与实验教学的学生每年 1 次（即流动参与人员，不操作核素），按公众人员考虑。本项目操作的核素绝大多数为 α 、 β 衰变核素，本评价考虑实验操作人员操作发射较强 γ 射线核素的时间最大不超过年操作核素时间的 1/2。具体受照时间详见下表：

表 9-2 人员受照时间一览表

人员	工作内容	受照时间		备注
		总受照时间	其中操作 γ 射线核素/ α 、 β 射线核素各自时间	
辐射工作人员	样品处理		0.83 h/a	每天最多开展 3 种核素实验研究
	固化性能检测		0.83 h/a	
	浸出实验		1.5 a	
	浸出液检测		0.5 a	
流动参与人员	样品处理	0	/	每年最多参与 1 种核素实验
	固化性能检测	0	/	

	浸出实验	1	/a	/	研究
	浸出液检测	0.3	h/a	/	
注：素转照时250.5					核受： /a。

9.4 本项目人流、物流组织

本项目人流、物流组织示意图如下：

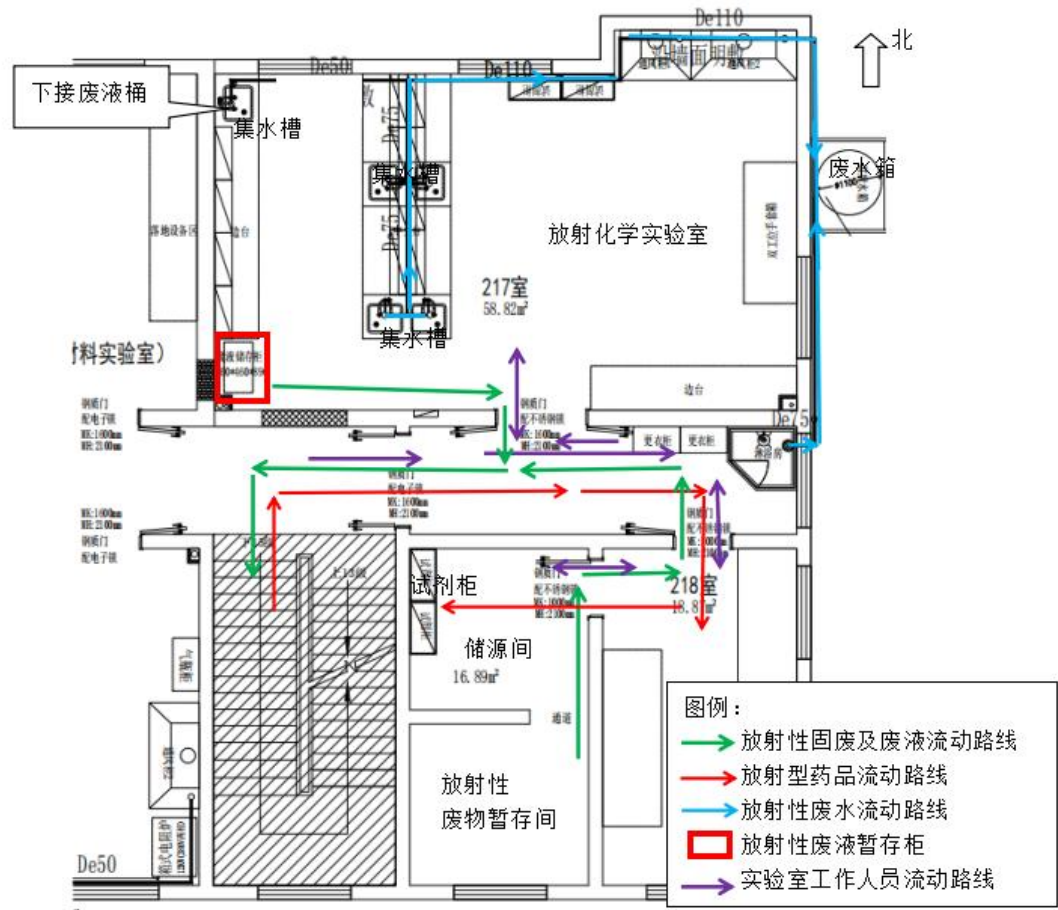


图 9-2 本项目物流组织示意图

- (1) 放射化学实验室工作人员：实验室工作人员可通过弘毅楼东西两侧楼梯上至 2 层，通过走道进入 215 室卫生通过间，再通过 217 室及 218 室门进入各自实验区域，215 室卫生通过间设置储物、更衣、应急淋浴区。
- (2) 放射性药品：学校根据各课题组申请的用量采购放射性药品。供货单位通过弘毅楼东侧楼梯将药品送至 218 室放射化学实验室储源间，存放于指定试剂柜内，运输工作须安排在非工作时间等人流较少的时段进行。使用者申领核素后，将核素采用转移箱盛放，送至 217 室单工位手套箱或通风橱内进行相关操作。

(3) 放射性固废：实验室内拟设置放射性废物桶用于收集实验过程中产生的放射性污染物，实验人员拟于实验结束后对场所进行清洁，并将收集的放射性废物统一转移至放射性废物暂存间内，定期委托有资质的单位进行处置。

(4) 放射性废水：实验产生的浸出液及器皿第一道清洗水收集于放射性废液桶内，暂存于 217 室放射性废液暂存柜内；后续实验器皿清洗废水通过废水管道，排至弘毅楼东北侧（一层）废水箱内收集。收集后的放射性废水委托有资质的单位进行处置（处置协议见附件 12）。

污染源项描述：

一、施工期间污染源项分析

本项目仅对实验室进行简单改造，改造过程依托实验区原有建筑结构（包括墙壁及门窗），不新增占地面积和建筑面积。本次改造仅对实验室内部进行局部改造，并安装试剂柜、手套箱等设施。施工期间产生的生活垃圾及装修垃圾、噪声、扬尘、生活污水等对环境的影响较小。

通过合理安排施工时间，对生活垃圾及装修垃圾统一收集后交由市政环卫部门处理，可有效减轻对外界的影响。生活污水依托现有化粪池处理；施工扬尘量较小，且基本在实验室内沉降，对周边环境影响轻微。

二、运行期间正常工况下污染源分析

主要为进行放射性同位素操作时，核素发出 α 、 β 、 γ 射线、韧致辐射以及实验过程中产生的放射性废物及放射性废水、放射性废气；核素操作过程还可能发生核素洒落，造成场所放射性表面污染。

此外，射线与空气作用，会产生少量的臭氧和氮氧化物，可通过工作场所内通风装置排出，对场所内人员及周围环境影响较小。

(1) α 射线

本项目使用的 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{210}Po 、 ^{232}Th 、 ^{228}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{239}Pu 、 ^{237}Np 、 ^{241}Am 、 ^{243}Am 、 ^{212}Bi 、 ^{224}Ra 等 12 种核素均属于 α 衰变核素，核素发射出的 α 射线在空气中的穿透性弱，实验操作人员在操作放射性药品过程中，可通过佩戴手套防护 α 射线。但其一旦被人体摄入，可产生严重的电离辐射损伤，工作人员可通过规范操作、佩戴口罩、注意场所通风与清污等防护措施最大程度避免 α 核素所致的内照射风险。

(2) β 射线、韧致辐射

本项目使用的 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{99}Tc 、 ^{241}Pu 、 ^{210}Pb 、 ^{99}Mo 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{228}Ra 、 ^{177}Lu 、 ^{153}Sm 、 ^{90}Y 等 17 种核素主要放出 β 射线， β 射线在空气中射程的较强，但其易被铝、有机玻璃、铅等常见物质吸收。 β 射线可与放射源本身以及周围其他物质相互作用产生韧致辐射，因此，主要考虑韧致辐射的影响。

(3) γ 射线

主要考虑操作 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{228}Th 、 ^{237}Np 、 ^{210}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{99}Mo 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{241}Am 、 ^{243}Am 、 ^{212}Pb 、 ^{224}Ra 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{153}Sm 、 ^{201}Tl 等核素或其子体核素衰变放出的 γ 射线对工作人员及周围环境的影响。 γ 射线射程较长，实验室工作人员在操作这部分核素时应注意对 γ 外照射的防护。

(4) 放射性表面污染

实验室在使用放射性核素过程中，可能会发生实验溶液撒落事故，对实验台、地面、墙壁、仪器设备、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染。

(5) 放射性固体废物

实验过程中产生的放射性废物拟于实验结束后统一收集至废物间废物桶内暂存，定期交由有资质单位回收。本项目产生的放射性固体废物主要包括：

①主要为实验过程产生的固化水泥样品、一次性移液枪头、试剂袋、样品管、吸水纸、一次性手套、口罩、废树脂等沾染放射性核素的实验用品。

②实验室通风系统安装的活性炭过滤装置定期更换，更换下来的废活性炭包装好作为放射性固体废物处置。

(6) 放射性废水

放射性废水主要为实验过程浸出液与实验器皿第一道清洗废水、其他实验器皿清洗废水。

根据建设方提供的资料，养护期间的水被固化体吸收或自然蒸发，浸出实验使用水量不超过 100L/a，本次保守按 100L/a 的浸出液计算。此外，操作人员需对实验过程中使用的非一次性实验器皿（绝大多数过程使用一次性实验用品或器皿）进行清洗，拟采用少量水进行多次润洗以减少洗涤废水产生量。本项目所属行业尚无行业污染源强核算技术指南发布，根据南华大学提供的现有实验室的实验仪器清洗用水情况，本项目实验室每天最多进行 10 批次实验，清洁废水量

总量约为 2000mL/d，其中第一道清洁废水产生量约 600mL/d（即 180L/a），其他清洗废水约 1400mL/d（即 420L/a）。

（7）放射性废气

本项目仅有少部分核素（如 ^3H 、 ^{129}I 、 ^{210}Po 等）在操作核素过程中可能产生少量的放射性废气。一般情况下，所有放射性核素均置于密封容器内进行贮存、转移等，仅在通风橱/手套箱等带排风装置的空间内开启使用。实验室内设置 2 套独立通风系统，产生的废气经活性炭吸附装置过滤后再由弘毅楼楼顶排放口排放。

三、运行期事故工况下污染源分析

1) 由于管理不善，放射性物品被盗、丢失，产生严重的环境污染事故。

2) 操作放射性核素时发生容器破碎、核素洒落、喷溅等意外事件，可能会对工作台面、地面、墙面、设备等造成辐射污染，进一步污染工作人员的手、皮肤、实验服等。

3) 实验室发生火灾、爆炸等意外事件造成放射性核素泄露污染周围环境及危害公众生命健康。

4) 辐射工作人员未按要求佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪。

5) 辐射工作人员操作核素时未按要求穿戴个人防护用具或采取防护措施，而受到超剂量外照射。

6) 其他人员误入实验室，受到射线贯穿辐射对人体造成潜在的照射伤害。

7) 工作场所通风装置等防护设施不能正常使用造成工作人员超剂量照射。

辐射安全和防护

10.1.1 工作场所布局

215 室（卫生通过间）位于中部，设储物柜、更衣柜及淋浴间；217 室（放射化学实验区）内西部设中央台及边台（带清洗槽），东北部设 2 个普通通风橱，东部拟设 1 个单工位手套箱，东南部设有边台；218 室东部为仪器室，西部为储源间和放射性废物暂存间。此外，在弘毅楼东北侧（一层）设置一个废水箱。本项目实验室平面布局见图 10-1：

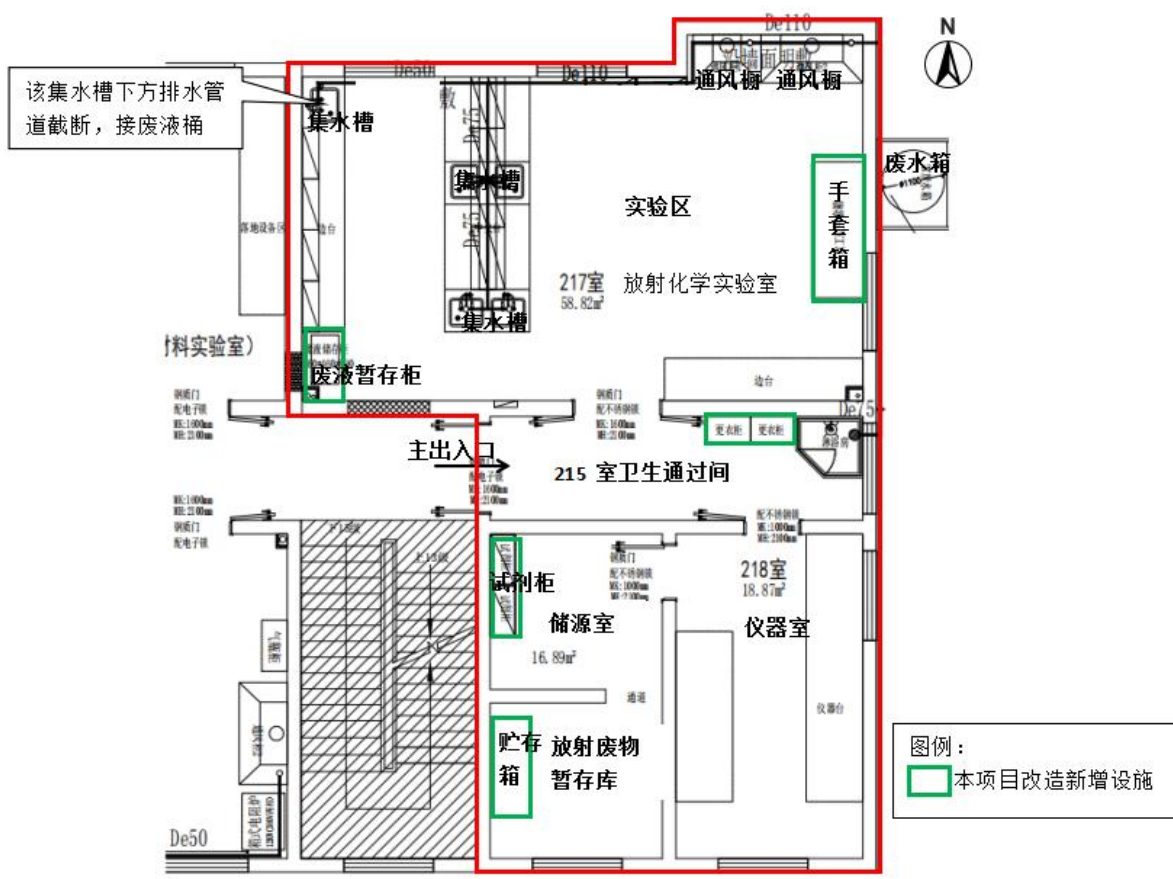


图 10-1 本项目放射化学实验室平面布局示意图

10.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定，将辐射场所分为控制区和监督区，以便辐射安全管理和职业照射控制，因此，建设单位应按如下划分放射性工作场所进行监督管理。

（1）控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。本项目将整个215室、217室及218室所在放射化学实验室区域、废水箱划分为控制区，设置明显的电离辐射警示标志，运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和门禁）限制进出控制区；在控制区的入口提供防护用品、监测设备和个人衣物贮存柜。

（2）监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的指定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作的状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。本项目将与215室、217室及218室放射化学实验室相邻的区域、废水箱相邻区域（一层）划定为监督区。

本项目辐射工作场所分区见图10-2。

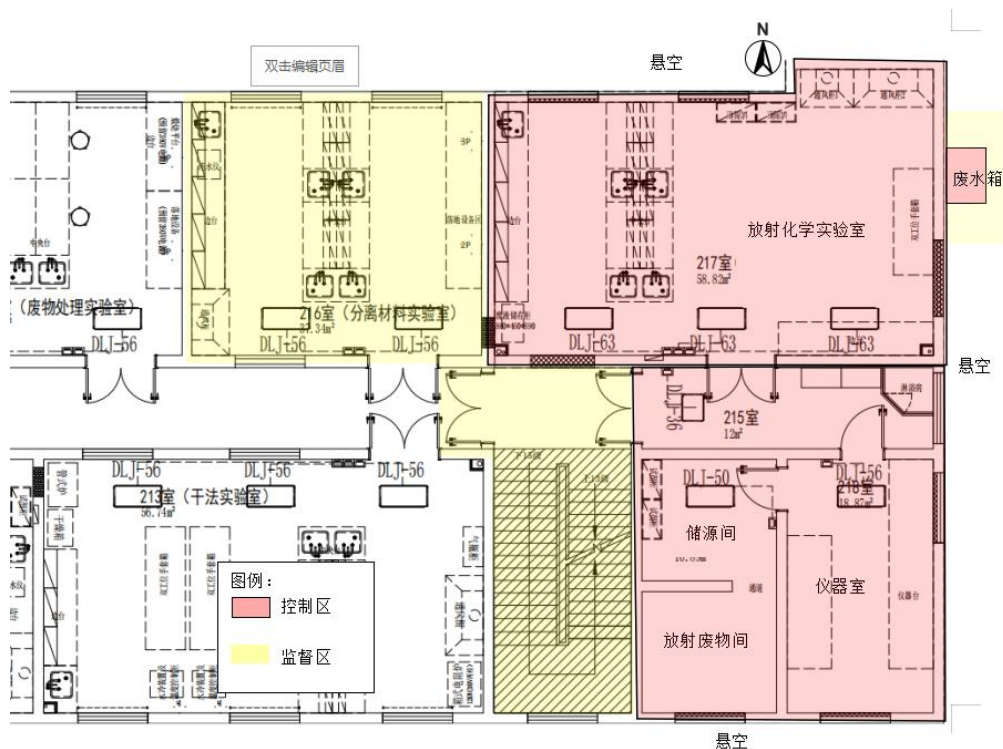


图 10-2 本项目放射化学实验室分区示意图

10.1.3 辐射工作场所分级

(1) 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录C的规定,非密封放射源工作场所分级标准如表10-1。

表 10-1 非密封源工作场所的分级

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

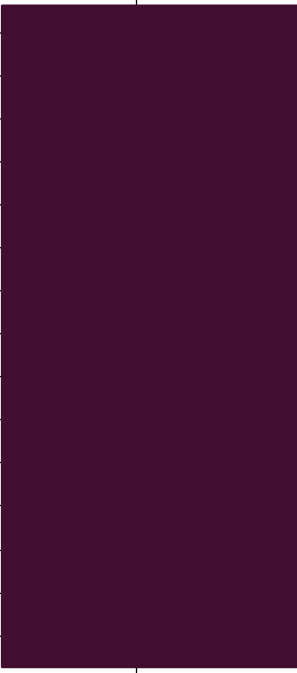
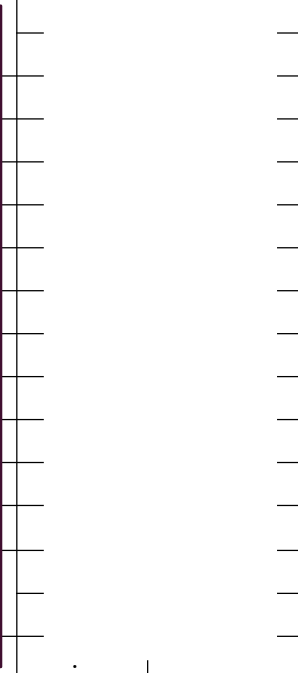
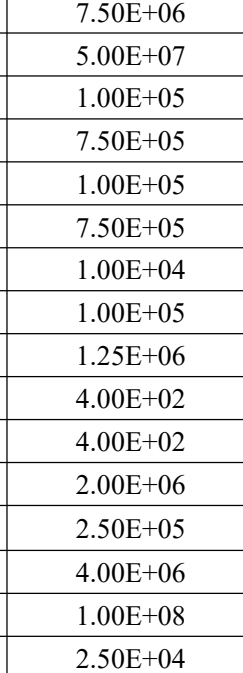
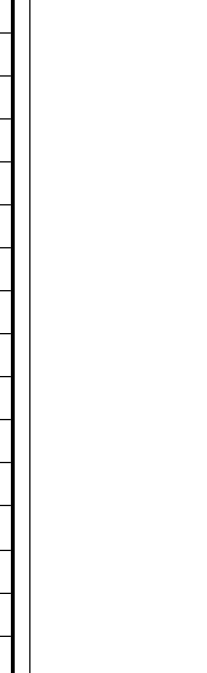
(2) 放射性核素的日等效操作量的计算

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,可以计算出核素的日等效最大操作量。日等效操作量的计算公式如下:

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

日等效操作量、核素毒性因子、操作方式修正因子、年最大等效操作量及工作场所分级见表10-2。

表 10-2 辐射工作场所的分级

序号	核素	日最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	核素毒性因子	操作因子	日等效操作量 (Bq)
1	^{60}Co (液体)					7.50E+06
	^{60}Co (固体)					5.00E+07
	^{90}Sr (液体)					1.00E+05
2	^{90}Sr (固体)					7.50E+05
	^{137}Cs (液体)					1.00E+05
3	^{137}Cs (固体)					7.50E+05
	^3H (液体)					1.00E+04
4	^{14}C (液体)					1.00E+05
5	^{235}U (液体/固体)					1.25E+06
6	^{238}U (液体/固体)					4.00E+02
7	^{210}Po (液体)					4.00E+02
8	^{232}Th (液体/固体)					2.00E+06
9	^{228}Th (液体)					2.50E+05
10	^{99}Tc (液体)					4.00E+06
						1.00E+08
11						2.50E+04

12	^{226}Ra (液体)	—	2.00E+07
			1.00E+08
13	^{241}Pu (液体)		1.00E+04
14	^{239}Pu (液体)		1.00E+05
15	^{210}Pb (液体)		1.00E+05
16	^{237}Np (液体)		5.00E+05
17	^{99}Mo (液体)		1.00E+03
18	^{129}I (液体)		2.00E+04
19	^{131}I (液体)		1.00E+02
20	^{243}Am (液体)		2.50E+06
21	^{241}Am (液体)		2.00E+04
22	^{212}Pb (液体)		5.00E+04
23	^{212}Bi (液体)		1.00E+04
24	^{224}Ra (液体)		2.00E+04
25	^{228}Ra (液体)		6.00E+06
26	^{177}Lu (液体)		1.00E+04
27	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (液体)		1.00E+04
28	^{18}F (液体)		2.00E+03
29	^{153}Sm (液体)		1.00E+04
30	^{201}Tl (液体)		1.00E+03
31	^{90}Y (液体)		1.00E+04
合计			2.96E+08

本项目运行后，实验室每天进行不超过 3 种核素的实验，本评价保守最不利情况考虑：31 种核素中实验日等效操作量最大的 3 种核素（即 ^{60}Co （液体）、 ^{228}Th 、 ^{226}Ra ，）按实验操作考虑，同时，所有核素均考虑贮存情况，则本项目放射化学实验室日等效最大操作量为 $2.96\text{E}+08\text{Bq}$ ，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 的表 C1，本项目放射化学实验室属于乙级非密封源工作场所。

10.2 辐射安全防护措施

10.2.1 辐射防护设计

本项目放射化学实验室为利用现有弘毅楼2楼215室、217室、218室进行改造，房间均利用现有墙体进行防护，同时本项目拟根据操作核素的性质，在相应的通风柜/手套箱中开展实验。实验室内拟安装单工位密封手套箱1台，单工位密封手套箱为核级手套箱，用于 β 衰变核素以及发射较高能量 γ 射线的核素的操作； α 衰变核素的操作利用现已安装的2台通风橱。具体设计见表10-3。

表 10-3 本项目放射化学实验室辐射防护设计一览表

房间		厚度及材质	尺寸	
217 室实验区		四周墙体	240mm 实心砖	长 9.9m×宽 5.71m×高 3.9m
		地板	120mm 混凝土	
		顶板	120mm 混凝土	
		门	钢制门（6mm 厚钢）	
215 室卫生通过间		四周墙体	240mm 实心砖	长 6.58m×宽 1.83m×高 3.9m
		地板	120mm 混凝土	
		顶板	120mm 混凝土	
		门	钢制门（6mm 厚钢）	
218 室	仪器室	四周墙体	240mm 实心砖	长 5.72m×宽 3.1m×高 3.9m
		地板	120mm 混凝土	
		顶板	120mm 混凝土	
		门	6mm 厚钢制门	
	废物暂存间 及储源间	四周墙体	240mm 实心砖	长 5.72m×宽 3.48m×高 3.9m
		地板	120mm 混凝土	
		顶板	120mm 混凝土	
		门	钢制门（6mm 厚钢）	
弘毅楼东北侧（一层）废水箱		3mm 厚钢	2m ³	
密封手套箱		40mmPb	/	
通风橱		普通普通防爆玻璃	/	

注：铅密度 11.3g/cm³、混凝土密度 2.35g/cm³、实心砖密度 1.65g/cm³、钢密度 7.4g/cm³。

10.2.2 辐射安全与防护措施

1) 辐射工作场所实行分区管理。放射化学实验室区域出入口及废水箱区域等控制区悬挂（张贴）辐射警示标志；相邻的216室（普通实验室）、走廊及楼梯间等监督区区域，入口处设立监督区标牌。

2) 安装安全防盗系统。实验室进出门设置门禁，限制无关人员进出；实验室内安装24小时监视系统，与弘毅楼及学校监控系统相连，确保安全。

3) 配备个人防护用品及辐射监测设备。在出入口设置防护用品、辐射监测设备存放区；配备1台便携仪 γ 辐射测量仪（依托现有）、1台表面污染仪等日常监测设备，以及铅衣、铅围裙、铅眼镜、便携式个人剂量报警仪等个人防护用品；每位工作人员配置个人剂量计，并委托有资质单位定期监测。

4) 制度及应急管理。根据核素使用情况制定（或完善）辐射防护制度、风险防范预案，张贴上墙并严格执行；定期进行事故应急预案演练，提高应急响应能力。

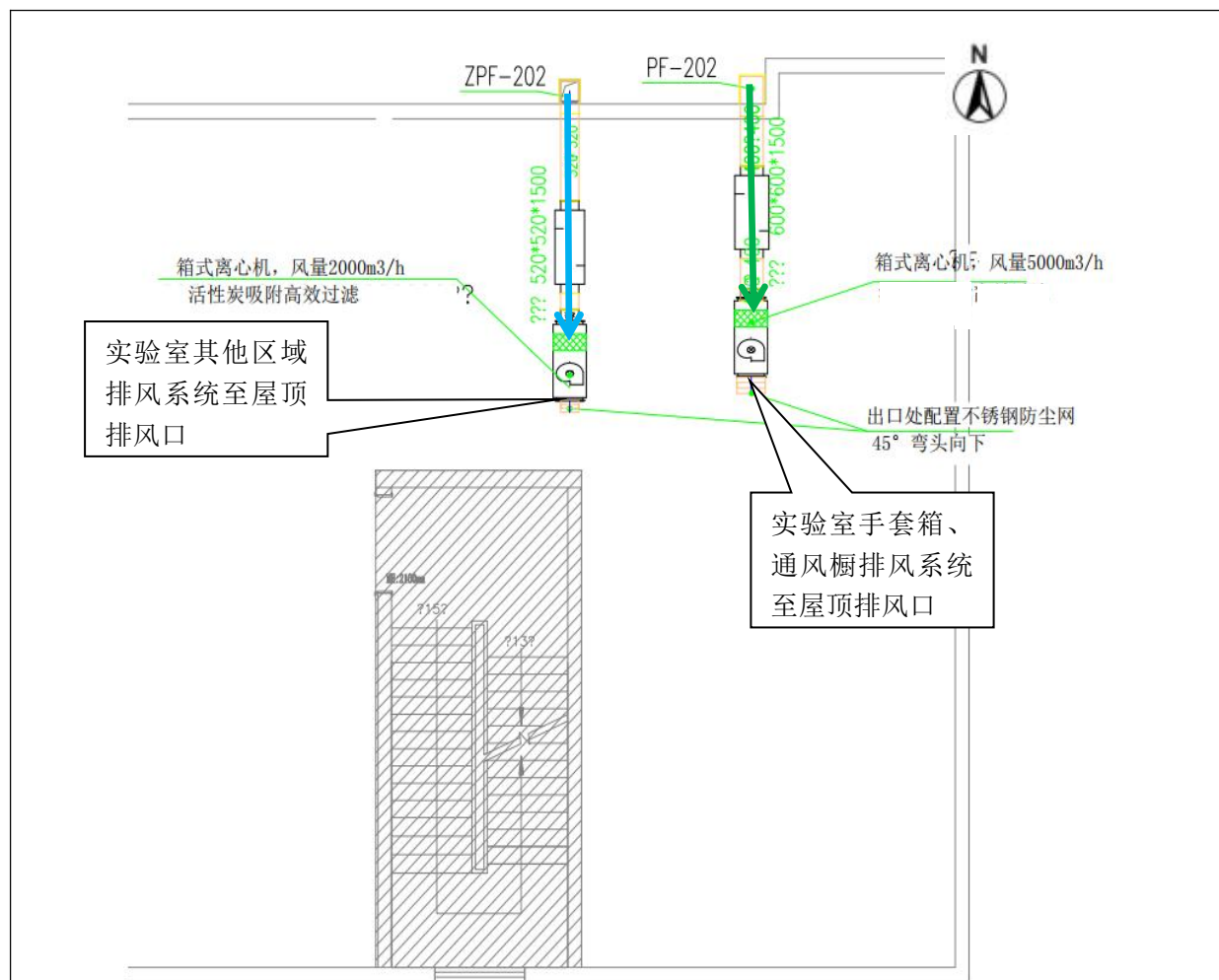


图 10-4 本项目放射化学实验室屋顶排风口示意图

8) 清洁卫生要求: 实验室内拟配备一套独立的清洁工具, 仅可用于放射化学实验室的日常清洁。实验室依托现有实验室墙面及地面, 均已采用水磨石地面并铺设 PVC 卷材, 墙面采用防水且易清洁墙漆, 便于场所的日常清洁。定期清洁实验台面、地面及墙面, 防止放射性物质残留, 清洁后需进行表面污染监测, 确保无放射性污染。

10.2.3 防护用品及监测仪器

学校应严格规定相关辐射工作人员在辐射工作中做好个人的放射防护, 并为其配备充足的防护用品及监测仪器以达到辐射防护的目的, 本项目拟配备的防护用品及检测仪器见下表。

表 10-4 本项目拟配备辐射防护用品及监测仪器一览表

名称	数量	备注
铅衣、铅眼镜等	4 套	拟购
放射性废液贮存柜	1 个	拟安装
放射性废液收集桶	3 个	拟购

放射性废物桶	2 个	拟购
放射废物贮存箱	2 个	拟购
便携式个人剂量报警仪	2 个	拟购
便携仪 γ 辐射测量仪	1 台	拟购
α 、 β 表面污染测量仪	1 台	拟购
个人剂量计	1 个/人	现有调配人员依托, 新增人员拟配置
转移箱	2 个	拟购

三废的治理

1、放射性废气

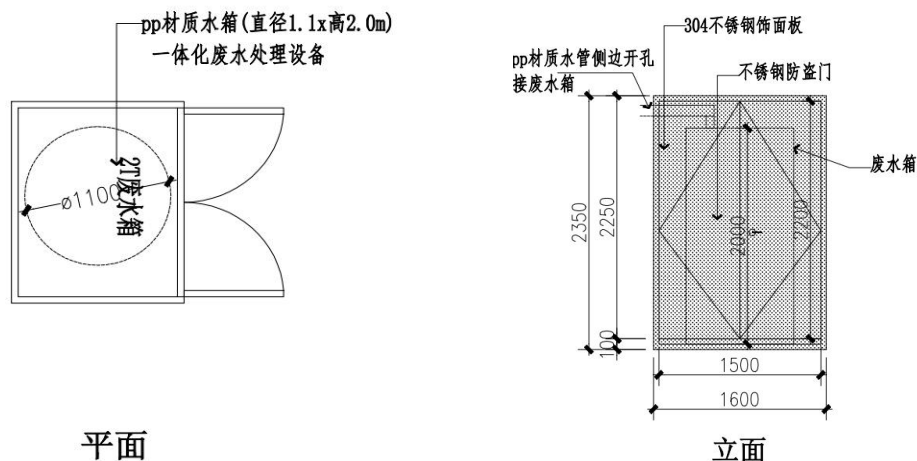
本项目仅有少部分核素, 如 ^3H 、 ^{129}I 、 ^{210}Po 等可能在操作核素过程中可能产生少量的放射性废气。一般情况下, 所有放射性核素均置于密封容器内进行贮存、转移、反应等, 仅在手套箱、通风橱等带排风装置的密封空间内开启使用。

本项目设置 2 套独立通风系统, 不与其他实验室排风系统连接: ①215 室、217 室及 218 室单独设一套排风系统, 排风口 (编号: ZPF-202) 设置在屋顶, 活性炭吸附装置设置在屋顶排风口处; ②通风橱与手套箱设一套排风系统, 排风口 (编号: PF-202) 设置在屋顶, 通风橱与手套箱上方设置活性炭吸附装置。

2、放射性废水

实验产生的浸出液及实验器皿第一道清洗废水采用放射性废液桶收集后暂存于内放射性废液暂存柜内; 产生的其他实验器皿清洗废水由实验室内的排水系统排至弘毅楼东北侧 (一层) 废水箱内暂存。

废水箱有效容积为 2m^3 , 耐酸碱、耐腐蚀、无渗透、防泄漏, 外加 3mm 厚不锈钢板进行防护, 具体设计详见下图:



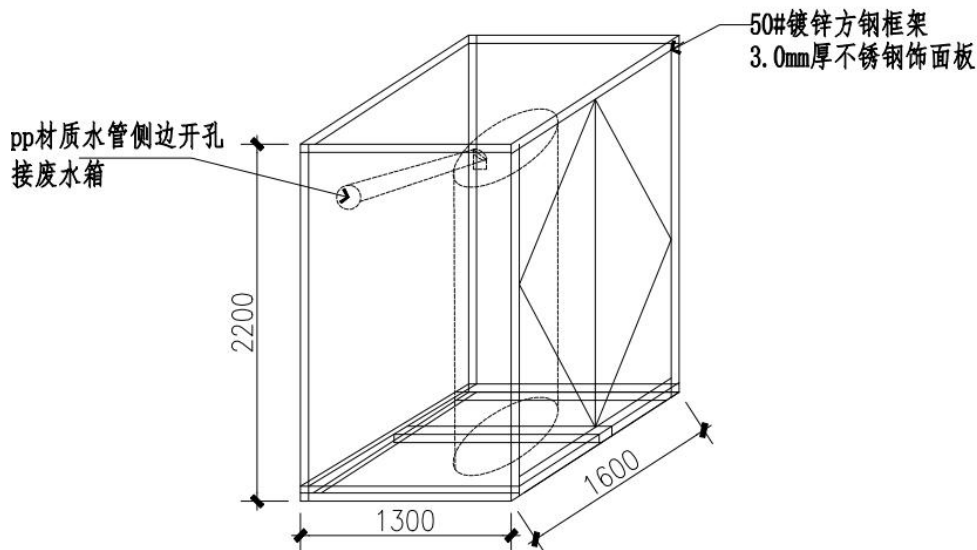


图 10-5 本项目放射性废水箱示意图

本项目放射性废水均经暂存后委托有资质的单位进行处置。根据建设方提供的资料，南华大学核科学技术学院已与中 签订框架协议，可定期处置本项目产生的放射性废水。

3、放射性固体废物

(1) 由污染源分析可知，本项目产生的放射性固体废物主要包括：

①主要为实验过程产生的水泥固化体、一次性移液枪头、试剂袋、样品管、吸水纸、一次性手套、口罩、废树脂等沾染放射性核素的实验用品。

②实验室通风系统安装活性炭过滤装置定期更换，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物进行处置。

学校拟在实验室内设置专用放射性废物桶，收集实验过程中产生的放射性固体废物，于每日实验结束后转到放射性废物暂存间内的放射性废物贮存箱内，正常运行工况下，每 1-2 年委托有资质单位统一回收处置。

(2) 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

(3) 供收集废物的污物桶具有外防护层和电离辐射警示标志。在实验室内放置有放射性废物桶，放射性废物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送放射性废物暂存间，放入专用容器中存储。对可能产生的含尖刺及棱角的放射性废物（如破碎的玻璃器皿等），应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

(4) 放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 4 Bq/cm²、其他 α 发射体应小于 0.4 Bq/cm²。

(5) 放射性废物间设有通风设施，出入口设电离辐射警告标志。废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

(6) 放射性固废应按照放射性废物的管理要求，跟踪固废的处理方式和最终去向，做好产生、衰变时间、数量等相关的记录台账。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要依托现有的化学实验室，改造工程量小，施工周期短，对外界的影响仅为暂时性的，施工结束后影响即消除。通过采用以下措施进一步减轻环境影响：科学安排施工时间，避免噪声扰民；生活垃圾及装修垃圾一并收集后交由市政环卫部门规范处置；生活污水经现有化粪池处理后排入市政污水管网；施工扬尘产生量少，且基本在实验室内沉降，对周边环境影响甚微。

运行阶段对环境的影响

11.1 评价原则

(1) 基本原则：对于符合正当化的放射工作实践，以防护最优化为原则，使各类人员的受照当量剂量不仅低于规定的限值，而且控制到可以合理做到的尽可能低的辐射水平。这一考虑包括正常运行、维修、退役以及应急状态，也包括了具有一定概率导致重大照射的潜在照射情况。

(2) 剂量约束值：辐射工作人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a。

11.2 辐射环境影响分析

通过源项分析可知，对于本项目工作场所的射线屏蔽，主要考虑放射性核素产生的 γ 射线、韧致辐射对工作人员的外照射，以及 α 核素洒落、挥发等引起的场所内照射风险。

根据核素特性可知，该放射化学实验室使用的核素中有主要发射的 α 粒子， α 射线在空气中的穿透性弱，极易屏蔽，且工作人员操作过程均不会直接与放射性物质直接接触，工作人员可通过规范操作、佩戴口罩、注意场所通风与清污等防护措施最大程度避免 α 核素所致的内照射风险，故本报告不分析其对环境的辐射影响。

对于本项目工作场所的射线屏蔽，主要考虑发射的 γ 射线以及 β 射线产生的韧致辐射对周围辐射环境与相关人员的外照射影响。

11.2.1 核素 β 射线所致韧致辐射的辐射环境影响分析

1、计算公式

(1) β 射线最大射程计算公式

β 射线在低 Z 物质中的最大射程计算参考《辐射防护导论》（方杰，原子能出版社，1990）， $0.01 \leq E_{\beta \max} \leq 2.5 \text{MeV}$ ， β 粒子在物质中的射程 R （ g/cm^2 ）为：

$$R = (0.412E_{\max}^{1.265-0.0954\ln E_{\max}}) \quad (\text{式 11-1})$$

式中:

R —— β 粒子在物质中的射程, g/cm^2 ;

$E_{\beta \max}$ —— β 射线最大能量, MeV 。

(2) 无辐射屏蔽时, 韧致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式

韧致辐射影响评价公式参考《辐射防护导论》(方杰, 原子能出版社, 1990):

$$D_0 = 4.58 \times 10^{-14} A Z (E_b/r)^2 \cdot (\mu_{\text{en}}/\rho) \dots \dots \dots (\text{式 11-2})$$

式中:

D_0 ——屏蔽层中 β 粒子产生的韧致辐射在 $r(\text{m})$ 处空气中的吸收剂量率, Gy/h ;

E_b ——韧致辐射平均能量, MeV , 约为入射 β 射线的最大能量的 $1/3$, 即 $E_b \approx E_{\max}/3$;

r ——距离辐射点的距离, m ;

(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, m^2/kg ,

由《辐射防护概论》(2022.7)附表 1 查得;

A ——核素的预期最大放射性活度, Bq ;

Z ——屏蔽材料的有效原子序数, 参考《辐射防护导论》(方杰, 原子能出版社, 1990), 空气取 7.36, 铅取 82, 有机玻璃取 5.85, 普通玻璃取 10.6。

(3) 有辐射屏蔽时, 辐射随距离变化的空气吸收剂量率计算公式:

$$D = D_0 \times 10^{-x/\text{TVL}} = D_0 \times 2^{-x/\text{HVL}} \dots \dots \dots (\text{式 11-3})$$

式中:

D_0 ——无辐射屏蔽时, 在距源 r 米处的空气吸收剂量率, Gy/h

D ——屏蔽减弱后, 在距源 r 米处的空气吸收剂量率, Gy/h

x ——屏蔽层厚度, mm ;

TVL 、 HVL ——分别为 γ 射线在相应屏蔽材料中的什值层、半层值厚度, mm 。

2、 β 射线的辐射环境影响

本项目使用的 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{99}Tc 、 ^{241}Pu 、 ^{210}Pb 、 ^{99}Mo 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{212}Pb 、 ^{212}Bi 、 ^{228}Ra 、 ^{177}Lu 、 ^{153}Sm 、 ^{90}Y 均发射 β 射线, 各核素衰变特性及发射的 β 射线能量见表 11-1。

表 11-1 本项目β核素衰变参数一览表

核素	半衰期	单次实验最大操作量 $A(\text{MBq})$	β射线最大能量 $E_{\text{max}}(\text{MeV})$
^{60}Co			)
^{90}Sr			
^{137}Cs			)
^3H			)
^{14}C			)
^{99}Tc			
^{241}Pu			
^{210}Pb			
^{99}Mo			)
^{129}I			
^{131}I			
^{212}Pb			)
^{212}Bi			)
^{228}Ra			)
^{177}Lu			)
^{153}Sm			)
^{90}Y			)

β粒子能被体外衣服消减、阻挡或一张几毫米厚的铝箔完全阻挡。本项目辐射工作人员不会直接接触放射性核素，在操作时会佩戴手套与使用专用防护用具，使用的β核素采用玻璃瓶封装，并置于铅罐中运输至本项目实验室内，实验室辐射工作人员在操作核素等过程中均在手套箱内进行；核素在实验室内转移等过程均存于密封的塑料、玻璃容器、铅罐内密封，并放置在转移箱中转移；放射性废液桶、废物桶均为塑料材质，外侧采用铅进行屏蔽。

综上，本项目核素产生的β射线可得到有效屏蔽，对本项目放射工作人员及周围环境的影响可以忽略。

3、韧致辐射的辐射环境影响

β射线被放射源本身以及源周围的其他物质阻止时会产生韧致辐射，韧致辐射会对周围产生辐射污染。由式 11-2，无屏蔽时各核素韧致辐射计算参数及结果见表 11-2：

表 11-2 无屏蔽时韧致辐射所致 1m 处剂量率计算一览表

核素	A (MBq)	Z	E_b (MeV)	r (m)	μ_{en}/ρ (m^2/kg)	D_0 ($\mu\text{Gy/h}$)
^{60}Co						4.39E-04
^{90}Sr						1.42E-04
^{137}Cs						1.27E-03
^3H						3.21E-06
^{14}C						2.37E-03

⁹⁹ Tc	4.76E-05
²⁴¹ Pu	1.13E-05
²¹⁰ Pb	7.25E-07
⁹⁹ Mo	1.67E-03
¹²⁹ I	3.49E-06
¹³¹ I	3.67E-06
²¹² Pb	1.62E-03
²¹² Bi	5.48E-04
²²⁸ Ra	3.01E-06
¹⁷⁷ Lu	2.37E-04
¹⁵³ Sm	6.80E-04
⁹⁰ Y	5.66E-03

从上表可以看出，本项目使用的β衰变核素中，由⁹⁰Y产生的韧致辐射所致1m处的空气吸收剂量率最大，且⁹⁰Y的韧致辐射平均能量最大，因此，本次以⁹⁰Y评价本项目工作场所由韧致辐射所致周围辐射剂量率，无屏蔽时不同距离处⁹⁰Y韧致辐射剂量率计算结果见表4.2-10、屏蔽后的计算结果见表11-3：

表 11-3 各关注点距离关系一览表

关注点	与源点距离
手部	0.05m
手套箱外表面 5cm 处	0.5m
手套箱外表面 30cm 处	0.8m
实验室西墙外 30cm 处	9m
实验室总出入口外 30cm 处	2m
楼下地板外 30cm 处	0.46m
楼下 1.7m 高处（普通实验室内）	2.2m
楼上天花板外 30cm 处（闲置房）	2.5m

表 11-4 无屏蔽时不同距离处⁹⁰Y韧致辐射剂量率计算结果一览表

A(M Bq)	距源不同距离处辐射剂量率 D_0 (μGy/h)							
	0.05m	0.5m	0.8m	9m	2m	0.46m	2.2m	2.5m
10(处理阶段)	2.26E+00	2.26E-02	8.85E-03	6.99E-05	1.42E-03	2.68E-02	1.17E-03	9.06E-04
2(浸出液检测)	4.53E-01	4.53E-03	1.77E-03	1.40E-05	2.83E-04	5.35E-03	2.34E-04	1.81E-04

注：样品处理、固化性能检测、浸出实验阶段均简称“处理阶段”；浸出液检测操作量按日最大量的20%考虑。

表 11-5 屏蔽后 ^{90}Y 韧致辐射剂量率计算结果一览表

关注点		D_0 (Gy/h)	X (mm)	D ($\mu\text{Gy/h}$)	Hp ($\mu\text{Sv/h}$)
处理	手部				2.26
	手套箱外表面 5cm 处				1.04E-03
	手套箱外表面 30cm 处				4.06E-04
	实验室西墙外 30cm 处				6.08E-07
	实验室总出入口外 30cm 处				4.93E-05
	楼下地板外 30cm 处				2.33E-04
	楼下 1.7m 高处 (普通实验室内)				1.02E-05
	楼上天花板外 30cm 处 (闲置房)				7.88E-06
取样 检测	人员手部				4.53E-01
	人员操作位 (距源 0.8m)				8.13E-05

注：①HVL 取值参考《辐射剂量与防护》（霍雷等）表 6-10 中 E_γ 为 1.0MeV 对应的半减弱层厚度， $\text{HVL}_{\text{铅}}: 9.0\text{mm}$ 、 $\text{HVL}_{\text{砖}}: 100\text{mm}$ 、 $\text{HVL}_{\text{砼}}: 50\text{mm}$ 、 $\text{HVL}_{\text{钢}}: 15\text{mm}$ ；②实验室西墙外、总出入口及楼上、楼下均考虑手套箱屏蔽厚度；③ $H_p = D \times \text{辐射权重因子}$ ，韧致辐射的辐射权重因子取 1。

根据 11-5 估算结果可知，在考虑屏蔽防护后，本项目实验室在使用 ^{90}Y 等 β 衰变核素时，由 β 射线韧致辐射所致本项目实验室屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大约为 $2.33\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ 、手套箱外表面 5cm 处剂量率为 $1.04\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ 、手套箱外表面 30cm 处剂量率为 $4.06\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足确定本次评价项目放射化学实验室实体屏蔽墙体外表面 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，手套箱、通风橱外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的控制限值要求。

11.2.2 核素 γ 射线所致辐射环境影响分析

1、计算公式

(1) 无辐射屏蔽时， γ 射线所致各关注点的空气吸收剂量率

本次评价将核素当作一个整体的点源进行考虑，参照《辐射防护导论》（方杰，原子能出版社，1990）对放射性工作场所的 γ 射线屏蔽计算的公式，计算无辐射屏蔽时， γ 射线所致各关注点的空气吸收剂量率，具体如下：

$$D_0 = A \times \Gamma_k \times R^{-2} \quad (\text{式 } 11-4)$$

式中：

D_0 —— 无辐射屏蔽时，关注点处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

A —— 核素的预期最大放射性活度，MBq；

Γ_k ——核素的剂量率常数， $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}$ ；

R —— 关注点距辐射源的距离，m；

(2) 有辐射屏蔽时，辐射随距离变化的空气吸收剂量率计算公式详见式 11-3。

2、无屏蔽时， γ 射线所致 1m 处剂量率

根据式 11-4，本次评价选择操作量较大或 Γ_k （核素的剂量率常数）较大的几种核素计算无屏蔽时 γ 射线所致 1m 处剂量率，计算结果见表 11-6。

表 11-6 无屏蔽时 γ 射线所致 1m 处剂量率计算一览表

核素	A (MBq)	Γ_k ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}$)	R (m)	D_0 ($\mu\text{Gy/h}$)
^{60}Co			1	1.54E+01
^{137}Cs			1	4.61E+00
^{237}Np			1	1.05E-01
^{212}Bi			1	2.82E-02
^{212}Pb			1	1.37E+00
$^{99\text{m}}\text{Tc}$			1	3.00E+00
^{18}F			1	2.86E+00
^{153}Sm			1	7.20E-01
^{201}Tl			1	1.98E-01

注： Γ_k 取值参考《发射光子的放射性核素各向同性点源的剂量学常数》（李士俊）、《辐射安全手册》（主编：潘自强）表 6.2、《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 附录 H。

从上表可以看出，本项目新增核素中 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 所致 1m 处的空气吸收剂量率最大，因此，本评价以 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 评价本项目工作场所周围辐射剂量率。

(2) 屏蔽后 γ 射线所致空气中辐射剂量率

根据式 11-4 及 11-3，在经过屏蔽后 γ 射线所致空气中辐射剂量率计算结果见表 11-7~表 11-9：（样品处理、固化性能检测、浸出实验实验阶段均简称“处理”）

表 11-7 屏蔽后 γ 射线所致空气中辐射剂量率计算参数及结果（ ^{137}Cs ）

实验阶段	关注点	计算参数				计算结果	
		A (MBq)	Γ_k ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}$)	R (m)	X (mm)	D ($\mu\text{Gy/h}$)	H_p ($\mu\text{Sv/h}$)
处理	手部					1844	1844

	手套箱外表面 5cm 处		2.80E-01	2.80E-01
	手套箱外表面 30cm 处		1.09E-01	1.09E-01
	实验室西墙外 30cm 处		7.02E-05	7.02E-05
	实验室总出入口外 30cm 处		1.33E-02	1.33E-02
	楼下地板外 30cm 处		6.08E-02	6.08E-02
	楼下 1.7m 高处（普通实验室内）		2.66E-03	2.66E-03
	楼上天花板外 30cm 处（闲置房）		2.06E-03	2.06E-03
取样检测	人员手部		368.8	368.8
	人员操作位（距源 0.8m）		2.19E-02	2.19E-02
注：①TVL 取值参考《辐射防护导论》（方杰，原子能出版社，1990）表 3.6 中 ^{137}Cs 所发射的 γ 射线在相应屏蔽材料中的什值层；钢的 HLV 取值参考《辐射剂量与防护》（霍雷等）表 6-10 中 E_γ 对应的半减弱层厚度， $\text{TVL}_{\text{铅}}: 22\text{mm}$ 、 $\text{TVL}_{\text{砖}}: 220\text{mm}$ 、 $\text{TVL}_{\text{砼}}: 163\text{mm}$ 、 $\text{HVL}_{\text{钢}}: 50\text{mm}$ ；②实验室西墙外、总出入口及楼上、楼下均考虑手套箱屏蔽厚度； $H_p=D\times$ 辐射权重因子，辐射权重因子取 1；③取样检测操作量按日最大量的 20%考虑。				

表 11-8 屏蔽后 γ 射线所致空气中辐射剂量率计算参数及结果（ ^{60}Co ）

实验阶段	关注点	计算参数				计算结果	
		A (MBq)	Γ_k ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}$)	R (m)	X (mm)	D ($\mu\text{Gy/h}$)	H_p ($\mu\text{Sv/h}$)
处理	手部					6140	6140
	手套箱外表面 5cm 处					6.09	6.09
	手套箱外表面 30cm 处					2.38	2.38
	实验室西墙外 30cm 处				)	2.96E-03	2.96E-03
	实验室总出入口外 30cm 处				+6	3.09E-01	3.09E-01
	楼下地板外 30cm 处				)	1.84E+00	1.84E+00
	楼下 1.7m 高处(普通实验室内)				)	8.05E-02	8.05E-02
	楼上天花板外 30cm 处(闲置房)				)	6.23E-02	6.23E-02
检测	人员手部					1228	1228
	人员操作位					6.35E-01	6.35E-01

注： HVL 取值参考《辐射防护导论》（方杰，原子能出版社，1990）表 3.6 及参考《辐射防护手册（第三分册）》表 2.12 中 ^{60}Co 所发射的 γ 射线在相应屏蔽材料中的半值层， $HVL_{\text{铅}}: 12\text{mm}$ 、 $HVL_{\text{砖}}: 100\text{mm}$ 、 $HVL_{\text{砼}}: 150\text{mm}$ 。

砖：90mm、 $HVL_{\text{铅}}$ ：61mm、 $HVL_{\text{钢}}$ ：20mm；② $H_p=D\times$ 辐射权重因子，辐射权重因子取 1；③实验室西墙外、总出入口及楼上、楼下均考虑手套箱屏蔽厚度；取样检测操作量按日最大量的 20%考虑；④门外 30cm 处含总实验室门及 217 室门。

表 11-9 屏蔽后 γ 射线所致空气中辐射剂量率计算参数及结果 (^{18}F)

实验阶段	关注点	计算参数				计算结果	
		A (MBq)	Γ_k ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}$)	R (m)	X (mm)	D ($\mu\text{Gy/h}$)	H_p ($\mu\text{Sv/h}$)
处理	手部					1144	1144
	手套箱外表面 5cm 处					1.78E-01	1.78E-01
	手套箱外表面 30cm 处					1.74E-02	1.74E-02
	实验室西墙外 30cm 处				40	1.68E-05	1.68E-05
	实验室总出入口外 30cm 处				+6	1.63E-03	1.63E-03
	楼下地板外 30cm 处				)	1.09E-02	1.09E-02
	楼下 1.7m 高处(普通实验室内)				)	3.71E-04	3.71E-04
	楼上天花板外 30cm 处(闲置房)				)	8.02E-04	8.02E-04
取样	人员手部					228.8	228.8
	人员操作位				)	3.48E-03	3.48E-03

注：TVL 取值参考《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)， $TVL_{\text{铅}}$ ：16.6mm、 $TVL_{\text{砖}}$ ：263mm、 $TVL_{\text{钢}}$ ：176mm；HVL 取值参考《辐射剂量与防护》(霍雷等)表 6-10 中 E_γ 为 0.6MeV 对应的半减弱层厚度， $HVL_{\text{钢}}$ ：12mm；② $H_p=D\times$ 辐射权重因子，辐射权重因子取 1；③实验室西墙外、总出入口及楼上、楼下均考虑手套箱屏蔽厚度；取样操作量按日最大量的 20%考虑。

根据表 11-7~表 11-9 估算结果可知，在考虑屏蔽防护后，本项目实验室在使用核素时，由 γ 射线所致本项目实验室屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大约为 $1.84\mu\text{Sv/h}$ 、手套箱外表面 5cm 处剂量率为 $6.09\mu\text{Sv/h}$ 、手套箱外表面 30cm 处剂量率为 $2.38\mu\text{Sv/h}$ ，能够均满足确定本次评价项目放射化学实验室实体屏蔽墙体外表面 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，手套箱外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的控制限值要求。

11.3.工作人员和公众剂量估算及评价

1、剂量估算公式

本项目人员受到 X- γ 射线产生的外照射所致的年有效剂量采用以下公式进行估算：

$$H_e = H_p \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

H_e ——X、 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

H_p ——X、 γ 射线空气吸收剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——X、 γ 射线照射时间，h/a；

T ——居留因子。

2、计算参数

①关注点处剂量率取值

关注点处剂量率取表 11-5、表 11-7 估算结果的最大值进行计算。

②受照时间：本项目固定辐射工作人员每天最多开展 3 种核素实验研究，流动研究人员每天最多开展 1 种核素实验研究，主要在配置反应体系、取样检测过程中接触放射性核素。人员受照时间详见表 9-2。

3、职业工作人员及公众年附加有效剂量估算

(1) 本项目辐射工作人员个人剂量估算见下表：

表 11-10 本项目所致辐射工作人员所受年附加有效剂量估算表

保护目标	岗位	影响核素	H ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h)	T	H_d (mSv)	H_d 合计(mSv)
固定辐射工作人员	手部	样品处理	^{60}Co			1.54E+03	1538.64
			^{90}Y			5.67E-01	
		固化性能检测	^{60}Co			1.54E+03	1538.64
			^{90}Y			5.66E-01	
		浸出实验	^{60}Co			2.76E+03	2764.02
			^{90}Y			1.02E+00	
	身体	取样检测	^{60}Co			1.84E+02	184.27
			^{90}Y			6.79E-02	
		样品处理	^{60}Co			5.96E-01	0.60
			^{90}Y			1.02E-04	
		固化性能检测	^{60}Co			5.96E-01	0.60
			^{90}Y			1.02E-04	
		浸出实验	^{60}Co			1.07E+00	1.07
			^{90}Y			1.83E-04	
		取样检测	^{60}Co			9.53E-02	0.10
			^{90}Y			1.22E-05	

由上表可知，本项目所致辐射工作人员所受年附加有效剂量为2.37mSv/a，最大值为浸出实验时受到的剂量（1.07mSv/a），均满足学校设定的职业工作人员年附加有

效剂量约束值5mSv/a；手部所受年附加有效剂量最大值约为2764.02mSv/a，故本项目实验人员在实验过程中应分组进行，保证手部附加有效剂量满足GB18871-2002中四肢年有效剂量500mSv的剂量限值要求。

(2) 实验室流动人员个人剂量估算见下表：

实验室流动人员仅观摩实验操作，不进行操作，故仅考虑身体所受剂量，且按影响最大的核素（ ^{60}Co ）进行估算。

表 11-11 本项目所致实验室流动人员所受年附加有效剂量估算表

保护目标	岗位	影响核素	H ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h)	T	H_d (mSv)	H_d 合计 (mSv)
实验室流动人员	身体	样品处理	^{60}Co			1.33E-03	0.005
		固化性能检测	^{60}Co			1.33E-03	
		浸出实验	^{60}Co			2.26E-03	
		取样检测	^{60}Co			1.77E-04	

由上表可知，本项目所致实验室流动人员所受年附加有效剂量最大值约为0.005mSv/a，满足学校设定的公众年附加有效剂量约束值0.1mSv/a。

(3) 周围公众个人剂量估算见下表：

表11-12 公众年受照剂量估算

保护目标	关注点位描述	影响核素	H ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h)	T	H_d (mSv)	
公众	门外过道（实验室总出入口外 30cm 处）	^{60}Co				2.13E-02	0.021
		^{90}Y				3.39E-06	
	隔壁实验室（实验室西墙外 30cm 处）	^{60}Co				3.26E-03	0.003
		^{90}Y				1.12E-05	
	楼下普通实验室（楼下 1.7m 高处）	^{60}Co				8.86E-02	0.089
		^{90}Y				1.12E-05	
	楼上闲置房（楼上天花板外 30cm 处）	^{60}Co				4.29E-03	0.004
		^{90}Y				5.42E-07	

由上表可知，本项目实验室外其他公众所受年附加有效剂量最大值约为0.089mSv/a，满足学校设定的公众年附加有效剂量约束值0.1mSv/a。

建设单位应合理安排实验操作人员工作岗位以及工作时间，对实验操作人员进行轮岗操作，杜绝实验操作人员长时间接触较大剂量放射性操作，保护从业人员健康。

11.4 放射性废物产生及排放情况

本次放射化学实验室使用的放射性核素有⁶⁰Co、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、³H、¹⁴C、²³⁵U、²³⁸U、²¹⁰Po、²³²Th、²²⁸Th、⁹⁹Tc、²²⁶Ra、²⁴¹Pu、²³⁹Pu、²¹⁰Pb、²³⁷Np、⁹⁹Mo、¹²⁹I、¹³¹I、²⁴¹Am、²⁴³Am、²¹²Pb、²¹²Bi、²²⁴Ra、²²⁸Ra、¹⁷⁷Lu、^{99m}Tc、¹⁸F、¹⁵³Sm、²⁰¹Tl、⁹⁰Y等31种，实验过程产生可能含有上述放射性核素的液态放射性污染物、固体放射性废物和气载放射性污染物。

1、放射性废气

本实验室使用的31种放射性核素中，绝大部分为难挥发物质（如²³⁵U、²³⁸U等），仅³H、¹²⁹I、²¹⁰Po等少数核素在操作过程中可能产生微量放射性废气。所有核素均存放于密封容器内，仅在通风橱或手套箱等密闭排风装置中开启使用。实验废气经实验室排风系统及通风设备统一收集，由活性炭吸附装置过滤后通过楼顶排放口排出。

学校拟通过定期监测工作场所周围环境中核素含量以监测活性炭吸附装置过滤吸附效率，并及时对吸附效率较低的活性炭吸附滤芯进行更换，更换下来的废活性炭包装好作为放射性固体废物处置。

2、放射性废水

根据建设方提供的资料，养护期间的水被固化体吸收或自然蒸发，浸出实验使用水量不超过100L/a，本次保守按100L/a的浸出液计算。此外，操作人员需对实验过程中使用的非一次性实验器皿（绝大多数过程使用一次性实验用品或器皿）进行清洗，拟采用少量水进行多次润洗以减少洗涤废水产生量。本项目所属行业尚无行业污染源强核算技术指南发布，根据南华大学提供的现有实验室的实验仪器清洗用水情况，本项目实验室每天最多进行10批次实验，清洁废水量总量约为2000mL/d，其中第一道清洁废水产生量约600mL/d（即180L/a），其他清洗废水约1400mL/d（即420L/a）。

实验过程中产生的浸出废液经收集后存放于217室西南角的放射性废液暂存柜内，内含3个耐酸碱、防泄漏废液桶，铅皮屏蔽；其他实验器皿清洗废水、去污废水等低活度废水经管道排至弘毅楼东北侧（一层）废水箱暂存。本项目所有的放射性废水均定期委托有资质的单位进行处置。

根据建设方提供的资料，目前学校已与
协
议，放射性废水及废液均委
行处置。

3、放射性固体废物环境影响分析

本项目产生的放射性固体废物主要包含：

①主要为实验过程产生的水泥固化体、一次性移液枪头、试剂袋、样品管、吸水纸、一次性手套、口罩、废树脂等沾染放射性核素的实验用品。

②本实验室通风系统滤芯更换产生的废活性炭。

本项目拟在实验室内放置铅污物桶（内衬塑料），收集的放射性固体废物拟于每日工作结束后转移至放射性废物储存间的贮存箱内分类暂存，废物间拟设放射性贮存箱，箱体采用铅屏蔽射线，正常运行工况下，本项目放射性固体废物每 1-2 年由

。

事故影响分析

一、可能发生的辐射事故

（1）由于管理不善，放射性药物被盗、丢失。

（2）核素转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成台面、地面辐射污染。

（3）工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

二、事故预防措施

（1）制定并落实放射性核素管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。设置防盗门、防盗窗及报警装置等设施，做好防盗工作。

（2）制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，配备必要的防护用品，减少药物操作和运输过程中洒漏事故发生。

（3）加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确了解需配备的防护用品及存放位置。

（4）放射性固体废物贮存箱外应标注内含核素种类、封存时间。学校应加强放射性废水和固废的管理，处理前进行检测后方可进行进一步处理，并做好放射性废物的管理台账。

（5）做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

三、应急方案的启动

a.一旦发生辐射事故，及时启动《辐射事故处理应急预案》。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组成员采取应急相应救助措施。

b.发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行职责，各相关部门应积极协调

配合，以便能妥善处理所发生的辐射事故。

c.各应急救助物质应准备充分、调配及时。

d.发生事故后应在2小时内报告生态环境主管部门。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008 修订）》（环境保护部令第 3 号）第十六条要求：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。

南华大学对辐射环境安全管理十分重视，已成立了以学校主要领导为主任，各部门负责人为成员的辐射安全管理机构，负责学校日常辐射安全监管和协调工作，并安排专业人员负责学校辐射安全管理工作。从学校目前配置的辐射领导小组人员信息看，专兼职人员均为本科以上学历，有一定的管理能力。本项目开展后，目前学校的管理人员也能满足配置要求。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等。本项目建设单位管理制度现状建立如下：

目前，建设单位已成立有辐射安全防护管理机构，并已制定以上表12-1中相关制度，可满足日常工作需要。

学校应在今后工作中按照国家法律法规制定并严格执行辐射安全管理规章制度，加强对核技术利用项目的日常管理，不断总结经验，完善辐射安全管理规章制度。学校根据实际情况，制定有针对性和可操作性的操作规程，对各项制度及时加以完善和补充，并确保各项制度的落实。应根据环保部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改，并从以下几个方面加强管理：

1、学校应加强对辐射工作人员的管理，确保辐射工作人员按要求定期进行职业健康体检、个人剂量检测以及参加辐射安全培训或复训。

2、学校加强对辐射工作场所安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的生态环境主管部门，经生态环境主管部门检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

12.3 辐射环境管理要求

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能地避免事故的发生，学校必须培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，提出如下辐射环境管理要求：

（1）依据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定，本项目环境影响评价办理完成后，该学校必须及时向生态环境部门重新申请办理辐射安全许可证等相关手续。

（2）学校辐射工作人员必须定期经过辐射安全与防护培训，培训合格并取得辐射安全与防护培训考核成绩合格单后可上岗；操作人员必须遵守各项操作规程，检查仪器安全并做好当班记录，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

（3）发生放射性物质丢失、被盗、火灾和放射性污染事故时，应在第一时间内向当地政府、生态环境部门、公安部门报告。

（4）各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；各辐射工作场所必须有电离辐射警告标志，警告标志的张贴应规范。

（5）每年应至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，学校工作人员应持证上岗，定期进行辐射防护知识和法规知识的培训 and 安全教育，检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。对个人剂量超过或接近管理目标的辐射工作人员应暂离

岗位，并在今后的工作中增加监测频率。对辐射工作人员每两年进行身体健康体检并形成制度。进入辐射工作场所的工作人员应按要求佩戴个人剂量计，记录个人所受的射线剂量。

(6) 根据实际情况及时更新事故状态下的应急处理预案，其内容包括事故的报告，事故区域的封闭，事故的调查和处理及工作人员的受照剂量估算和医学处理等。

(7) 对学校辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(8) 建设项目竣工环境保护验收涉及的辐射监测，应委托有相应资质的辐射环境监测机构进行。

12.4 辐射监测

为了及时掌握项目周围的辐射水平，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求，应建立必要的监测计划，包括设备运行期及个人剂量监测计划，要建立监测资料档案。

12.4.1 验收监测

本项目新增的放射化学实验室为乙级非密封放射性工作场所，项目建设竣工后，建设单位应委托有资质的监测单位对辐射工作场所以及周边环境进行竣工环境保护验收监测，并检查各项辐射安全设施的有效性，确保其处于正常的工作状态。验收通过后，实验室方可投入正常使用。若发现问题，及时整改，直到合格为止。

12.4.2 常规监测

建设单位应配备X- γ 辐射空气吸收剂量率仪、 α 、 β 表面污染仪，每年进行计量检定，确保仪器应能够正常使用。本项目运行后，建设单位应按照监测计划安排人员定期对辐射工作场所以及周边环境进行日常监测，做好日常监测记录，存档备查，并编制年度辐射安全防护评估报告上报当地生态环境部门。当测量值高于标准规定值时，应立即查明原因并采取相应的整改措施，确保其剂量率、表面污染控制水平满足标准限值要求。

学校应为每名辐射工作人员配置个人剂量计，安排专人负责个人剂量监测管理，并由有资质单位承担个人剂量监测工作，按每季度1次的频度定期进行个人剂量监测，并按《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部18号令）的要求，建立个人剂量档案，个人剂量档案应当永久保存。如发现个人剂量监测结果异常的，应当立即

核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。如因工作人员短暂离岗进修等特殊情况导致未能按期送检的，应予以说明。

建设单位日常监测要求如下表所示。

表 12-1 日常监测计划要求一览表

监测项目	监测内容/点位	监测频次
个人剂量	X- γ 外照射剂量	每季度一次
X- γ 周围剂量当量率	储源间、放射性废物间、通风橱、手套箱、废物桶外 30cm 处；工作人员操作位；实验室周围环境	核素购入、操作后
放射性表面污染水平	实验室内台面、地面、墙面；工作人员手、皮肤暴露部分以及工作服、手套、鞋表面等可能受到污染位置	核素购入后、核素操作后均自主进行一次表面污染监测
放射性固体废物	废物包装外表面放射性污染水平、周围剂量当量率	处理前
放射性废水	外表面周围剂量当量率、表面放射性污染水平	处理前

12.4.3 年度监测

建设单位每年应委托有资质的监测单位对辐射工作场所以及周边环境进行年度监测，每年至少监测一次，主要监测内容为X- γ 周围剂量当量率、放射性表面污染水平。

12.5 辐射工作人员的配置及管理要求

1、辐射工作人员的健康管理

按照《辐射工作人员健康要求及监护规范》的规定执行，学校应为新增的辐射工作人员建立个人健康档案，档案中详细记录历次医学检查的结果及其评价处理意见，并妥善长期保存。

学校建立放射性工作人员上岗前、在岗期间、离岗时和应急的健康检查制度。辐射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作，对需复查的工作人员应及时安排复查，复查合格后方可继续从事放射工作；项目运行后学校还应当组织辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，学校应当对其进行离岗时的职业健康检查。

本项目拟配置的 7 名辐射工作人员中，4 名辐射工作人员为现有人员调配，且已进行职业健康体检，且在有效期内；新增人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

2、个人剂量监测

学校为每名辐射工作人员配置个人剂量计，按每季度 1 次的频度定期委托有资质的

单位进行个人剂量监测，建立个人剂量档案，并永久保存。

根据建设方提供的资料，学校已为现有的辐射工作人员配备了个人剂量计，辐射工作人员个人剂量监测工作已经委托湖南南华大学工程技术检测中心有限公司进行定期检测，根据学校提供的年度个人剂量检测报告，各放射性工作人员年度个人剂量低于相关标准限值要求，无超标情况。

3、辐射工作人员培训

根据“核技术利用辐射安全与培训考核有关事项的公告”，辐射工作人员上岗前应在国家核技术利用辐射安全与培训平台进行免费学习并参加考试，取得辐射安全与防护考核合格成绩单，持证上岗。

本项目拟设置辐射工作人员7名，现有调配的辐射工作人员均已培训并取得考核成绩合格单，新增辐射工作人员应当及时组织本单位辐射工作人员参加辐射防护和有关法律知识与考核取得成绩合格单后方可上岗操作。对于未取得辐射安全与防护培训合格证的人员，不得进行放射性操作。

12.6 辐射事故应急

为建立健全辐射事故应急机制，及时处置突发辐射事故，提高应急处置能力，最大程度地减少辐射事故及其可能造成的人员伤害和财产损失，防止事故造成影响进一步扩大，南华大学已根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性核素与射线装置安全与防护条例》、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，制定了《辐射事故应急预案》，详见附件4。

12.7 环境保护竣工验收

12.7.1 环境保护投资

南华大学本项目总投资，环保投资，为项目投资额的，环保投资比例适宜。本项目环保投资见表 12-2。

表 12-2 环境保护投资一览表

类别	环保措施	建设费用（万元）
场所防护设计	单工位防护手套箱	
放射性废气	场所内安装排风系统（依托），设置活性炭过滤装置	
放射性固体废物	放射性废物桶统一收集，储存至放射性废物间，经检测后定期交由有资质单位处置	

放射性废水	实验产生的浸出液及器皿第一道清洗水，采用放射性废液桶统一分类收集暂存于 217 室放射性废液暂存柜内；后续器皿清洗废水通过排水系统进入弘毅楼东北侧（一层）废水箱（依托现有废水箱及排水管）。放射性废水均委托有资质的单位进行定期处置	
个人防护用品	配置铅衣、铅眼镜、一次性用品等防护用品	
辐射监测设备	配置表面污染测量仪、个人剂量报警仪等设备，定期委托进行工作场所防护性能及周围辐射环境监测	
人员配置及管理	定期组织工作人员进行职业健康体检及个人剂量检测	
辐射安全防护	配置电离辐射警示标识、门禁系统、监控系统，制定/修订辐射安全相关制定等	
合计		

12.7.2 环境保护竣工验收

本项目建设完成后，建设单位应及时委托有资质机构进行环保竣工验收监测，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定的程序进行环境保护自主验收工作。本项目环保竣工验收要求见表12-3。

表 12-3 本项目环境保护竣工验收一览表

序号	验收内容		验收要求
1	环保文件		项目建设的环评报告文件、环评批复、有资质单位出具验收监测报告应齐全。
2	环境管理制度、应急措施		成立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度、事故应急预案及相应的操作规程，有关制度上墙，且具有可操作性。
3	辐射工作人员管理	辐射防护与安全培训和考核	学校应定期组织管理人员和辐射工作人员参加辐射安全知识培训与考核，对于取得核技术利用辐射安全和防护考核成绩报告单的辐射工作人员，应按要求每 5 年进行一次复考。
		个人剂量监测	应为辐射工作人员以及长期操作核素的流动研究人员配备个人剂量计，每季度对工作人员进行个人剂量监测并送有资质单位检测，建立个人剂量档案。
		职业健康检查	建立职业健康监护档案，辐射工作人员应进行岗前、在岗期间、离岗时职业病健康检查，每 2 年进行 1 次放射人员健康体检，体检合格方可上岗。
4	防护用品		防护监测设备和防护用品按报告中表 10-4 中要求落实。
5	辐射屏蔽设计 及安全防护措施	辐射屏蔽设计	①辐射工作场所屏蔽防护按环评报告中表 10-3 的要求落实到位。②实验室控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h；储源/废物间外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h，宜不大于 2.5 μ Sv/h；手套箱/通风橱外表面 5cm 处的周围剂量当量率不大于 25 μ Sv/h，外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h，非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 μ Sv/h；固体放射性废物收集桶、放射性废液收集罐体外表面 30 cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h； ③实验室内工作台面、地面、墙体、水池表面、人员体表等 α 、 β 表面污染水平满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定限值。

		“三废”处置设施	①实验产生的浸出液及器皿第一道清洗废水，采用放射性废液桶统一分类收集暂存于 217 室放射性废液暂存柜内；其他放射性废水通过排水系统进入弘毅楼（一层）东北侧废水箱内暂存。放射性废水均委托有资质的单位进行定期处置。 ②实验室内设置独立排风系统，本项目废气经活性炭吸附后，通过专用独立管道排放，排放口位于项目所在楼楼顶。 ③放射性废物桶统一收集，分类储存至放射性废物间，经检测后定期交由有资质单位处置。
		安全防护设施	①辐射工作场所设置电离辐射警告标识及中文说明。 ②实验室出入口安装门禁、监控系统等相关辐射安全措施。
6	辐射监测	①每年对工作场所周围环境进行常规监测，有资质单位出具的年度评估报告； ②配备相应的自检防护检查设备、仪器及人员，定时自检。	
7	剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评要求，本项目公众、职业照射约束值分别执行 0.1mSv/a、5mSv/a。	

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

为加强放射性废物固化体性能检测热试等领域的研究，南华大学拟对红湘校区弘毅楼 2 楼东部 215 室（通过间）、217 室（普通化学实验室）、218 室（备用仪器室）进行功能改造，改造为放射化学实验室。该放射化学实验室拟使用 ⁶⁰Co、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、³H、¹⁴C、²³⁵U、²³⁸U、²⁰¹Po、²³²Th、²²⁸Th、⁹⁹Tc、²²⁶Ra、²⁴¹Pu、²³⁹Pu、²¹⁰Pb、²³⁷Np、⁹⁹Mo、¹²⁹I、¹³¹I、²⁴¹Am、²⁴³Am、²¹²Pb、²¹²Bi、²²⁴Ra、²²⁸Ra、¹⁷⁷Lu、^{99m}Tc、¹⁸F、¹⁵³Sm、²⁰¹Tl、⁹⁰Y 共 31 种非密封放射性物质开展同位素示踪实验，日等效操作量为 2.96×10⁸Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

2、实践正当性分析

本项目的建设将有效提升南华大学的科研能力，填补本校低中放射性废物处理研究实验条件空缺，为废物管理、处理技术及安全评价提供重要的支撑平台，支撑相关科研及人才培养。在采取完善的辐射屏蔽措施和严格的管理制度后，项目运行对周边环境的辐射影响可控制在较低水平。本项目放射性同位素应用所产生的社会效益和科研价值，显著高于其可能带来的辐射风险，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

3、产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“鼓励类”第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目，因此，本项目属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

4、选址可行性分析

本项目位于南华大学弘毅楼 2 楼东部 215 室、217 室及 218 室，位置相对独立且封闭，人流较少，项目评价范围不涉及居民住宅区，避开人群集中区域，且项目营运期产生的电离辐射、废水、废气、固体废物等均可得到有效治理，对周边环境影响小，从环境保护角度分析，项目选址可行。

5、辐射环境影响分析结论

（1）放射性“三废”影响分析

实验产生的浸出液及第一道实验器皿清洗水均采用放射性废液桶进行分类收集后暂存于内放射性废液暂存柜内；其他产生的实验器皿清洗水由实验室内的排水系统排至弘毅楼东北侧（一层）废水箱内暂存。本项目放射性废水均经暂存后委托有资质的单位进行处置。

放射化学实验室内安装有两套独立的排风系统，不与其他实验室排风系统连接；①215室、217室及218室单独设一套排风系统，排风口（编号：ZPF-202）设置在屋顶，本次拟在屋顶排风口处设置活性炭吸附装置；②通风橱与手套箱设一套排风系统，排风口（编号：PF-202）设置在屋顶，本次拟在通风橱与手套箱上方设置活性炭吸附装置。

学校拟在实验室内设置专用放射性废物桶，分类收集实验过程中产生的放射性固体废物，收集的废物于每日实验结束后转到放射性废物暂存间内放射性废物贮存箱内，正常运行工况下，每1-2年委托有资质单位统一回收处置。

南华大学核科学技术学院已与 签订框架协议，定期处置放射性废水及放射性固体废物。

（2）周围辐射环境影响分析

经估算，本项目运行以后，项目辐射工作场所周围辐射剂量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，且项目所致辐射工作人员年最大附加有效剂量低于职业人员 5mSv/a 年附加有效剂量约束值，实验室内流动研究人员所受年附加有效剂量及周边公众可能受到的最大照射附加有效剂量均低于公众受照年附加有效剂量约束值 0.1mSv/a 。

6、辐射安全管理

南华大学已成立了放射防护安全管理机构，制定了相关的辐射安全制度、辐射事故应急处理预案、安全操作规程等相应的制度和规程，基本能满足日常工作要求，学校应在今后工作中不断修订、完善各项辐射安全管理规章制度。本项目建成运行后，学校应按报告表中提出的要求增加个人防护用品以满足辐射工作需要，应对所有辐射工作人员进行个人剂量监测、职业健康监护和辐射安全防护知识培训，并建立相应的档案。

综上所述，本项目建设方案已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程如能严格按照设计方案进行施工，建筑施工质量能达到要求，并且学校认真贯彻落实本报告表中提到的环保措施，项目对周围环境产生的辐射影响符合环境保护

的要求；该项目的辐射防护安全措施可行；规章制度基本健全；项目对环境的辐射影响是可接受的；从环境保护的角度来看，该项目建设可行。

13.2 建议和要求

（1）按照报告表中相关要求配备辐射安全设施，定期对辐射安全设施进行维护、维修，确保其正常使用。

（2）建立健全辐射工作人员个人剂量及职业健康监护档案，组织辐射工作人员到有资质的机构进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，定期开展个人剂量监测，接受放射防护知识和法规培训，具备相应条件，取得辐射安全培训合格证后，方可从事放射工作。建立辐射工作人员个人剂量档案、职业健康监护档案，并终生保存。辐射工作人员调动工作单位时，个人剂量、健康监护档案应随其转给调入单位。此外，建议学校根据实际工作内容，补充开展辐射工作人员皮肤和眼晶体的剂量监测。

（3）学校按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自我管理，制定工作场所和周围环境监测、防护性能监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，确保周围环境的辐射安全和职工健康。加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查。

（4）学校应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。学校应根据实际情况修改完善各项制度，及时修订应急预案，要求具有可操作性，并认真落实，严格按照各项规章制度、操作规程执行。应尽快补充本项目放射化学实验准入要求及相关操作规程。

（5）学校应加强对辐射工作人员的统一管理，定期开展辐射防护教育，配备必要的防护用品，并要求辐射工作人员应按照《职业性外照射个人监测规范》的要求正确佩戴剂量计。

（6）加强对放射性核素、放射性废物的管理，按要求建立相应台账，存档备查。

（7）明确专门的部门对学校的辐射工作人员统一管理。

（8）环评取得批复、项目建成且场所达到要求后，及时向相关部门重新申领《辐射安全许可证》。项目投入使用后，学校应按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》完成环保竣工验收工作。

（9）学校每年应对单位放射性同位素和射线装置的安全和防护状况编制相应的年度评估报告，于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

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

附件 1 委托书

委托书

核工业二三〇研究所：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，我公司现委托贵所承担“南华大学新增乙级放射化学实验室项目”的辐射环境影响评价工作，并按有关政策、法律法规的要求编制环境影响评价文件。

特此委托！



附件 2 辐射安全许可证

关于调整南华大学放射性防护 管理委员会的通知

校属各单位、各部门：

为进一步做好我校放射性防护管理工作，确保放射性工作人员及公众的健康与安全，杜绝放射性事故的发生，加强我校电离辐射、核技术应用、放射化学、核燃料、核医学的教学科研工作，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求，学校决定对“南华大学放射性防护管理委员会”机构人员进行调整，调整后成员如下。

主 任： 副校长

副主任： 国有资产与实验室管理处处长

附件 4：辐射事故应急预案

南华大学辐射安全事故应急预案

为在辐射安全事故发生时能够准确掌握情况、正确决策、及时采取必要措施,减少辐射事故造成的损失,防止事故造成影响进一步扩大,根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号令)和《国家突发环境事件应急预案》等相关规定,特制定本预案。

一、事故应急处理小组

学院辐射安全事故应急处理小组,由主管安全工作的学院领导任组长,主要成员包括:学院实验中心主管领导、实验中心负责人、学院保卫人员。辐射安全事故应急处理小组的主要职责为:

- (1) 负责本校辐射环境、放射性废物及辐射工作人员安全的管理;
- (2) 负责编制和修订本校辐射突发环境事件应急预案;
- (3) 建立辐射应急队伍,购置必要的辐射应急装备器材;
- (4) 负责本校辐射工作场所和环境的应急监测;
- (5) 督导检查各学院全面、有序地落实应急防治工作领导小组安排部署的各项工作;
- (6) 负责本校辐射突发环境事件的紧急处置和信息报告,防止事态进一步扩大,对造成或可能造成超剂量照射的人员送到指定医院进行救治;
- (7) 负责本校辐射突发环境事件的处置和恢复重建工作,并承担相应的处置经费;
- (8) 积极配合行政部门的调查处理和定性定级工作;
- (9) 负责组织本校辐射突发环境事件相关应急知识和应急预案的培训,在生态环境行政主管部门的指导下或自行组织演练。
- (10) 定期向有关主管部门汇报医院突发性核事故与辐射事故应急救援相关信息,及时上报重大变更事项。
- (11) 负责本校突发性核事故与辐射事故日常工作。

二、辐射安全事故分类

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)中的辐射事故分级情况,结合我校辐射安全与防护工作的具体情况,将辐射安全事故分为以下四类:

- 1、放射性同位素丢失,包括放射源、非密封放射性物质意外丢失和失窃。
- 2、人员的意外放射性照射,指放射性工作人员或公众受到放射性同位素或射线装置的超剂量照射。
- 3、放射性核素污染,包括人员体表、体内意外受到放射性核素的污染和对环境的污染。
- 4、放射性实验室火灾。

三、事故应急处理

1、放射性同位素丢失

(1) 发现放射源丢失后,应立即报告,报告程序为:本中心实验室工作人员->学院主管领导->学校保卫部门、校辐射安全事故应急处理小组。

(2) 学院辐射安全事故应急处理小组,在接到报告后,立即启动应急预案,小组成员应迅速到达事故现场,保护现场,配合公安机关和环保部门开展调查和侦破工作。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。

2、人员的意外放射性照射

(1) 发现人员受到意外放射性照射后应立即切断辐射源并报告,报告程序为:本中心实验室工作人员->学院主管领导、校保卫部门、校辐射安全事故应急处理小组。

南华大学放射安全管理办法

总 则

第一条 为了加强对南华大学放射性同位素与射线装置安全和防护管理，保障放射工作人员及公众的健康和安全，保护环境，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）等相关法律法规，结合学校实际，制定本办法。

第二条 凡在南华大学所属工作场所内使用放射性同位素的单位和个人，都应当遵守本办法。

第三条 各放射工作场所必须按照国家相关法律法规以及本办法加强管理，落实责任，做到无被盗、无丢失、无违章、无事故、保安全。

组织和职责

第四条 南华大学实验室安全与环保领导小组为学校放射安全管理领导机构，实验室及设备管理处为归口管理部门，代表学校负责相关日常管理工作。

第五条 放射安全工作坚持“安全第一，预防为主”、“谁主管谁负责”的原则。各放射工作场所必须对本单位的放射性同位素的安全和防护工作负责，并依法对其造成的放射性危害承担责任。

第六条 各放射工作场所必须建立专门的安全和防护管理组织，配备具体的专（兼）职管理人员；负责对放射工作人员进行安全防护知识的教育培训。

放射性同位素的管理

第二十二条 各放射工作场所在实施放射性同位素的转入转出、升级改造前，必须事先向实验室及设备管理处提出申请，报经环保部门审批同意后方可实施。

对擅自转入转出、升级改造放射性同位素的行为，将按国家相关法律法规及学校有关规定进行处罚。

第二十三条 放射性同位素在转入转出时，必须妥善包装并使用专用运输工具，严禁擅自随身携带至公共交通工具或公共场所。

第二十四条 放射性同位素因期满终止或确定不再继续使用时，必须及时向实验室及设备管理处申报，依法办理送贮、注销等手续。

对擅自处置、报废放射性同位素的行为，将按国家相关法律法规及学校有关规定进行处罚。

第二十五条 放射性同位素必须指定专(兼)职人员负责具体管理。

放射性同位素必须单独存放，不得与易燃、易爆或腐蚀性物品一起混放，贮存场所必须具有防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施。

放射性同位素必须实行双人保管、双人领取、双人使用、双人双锁、双人记账的“五双”管理制度。

第二十六条 使用放射性同位素的场所，必须按要求认真填写使用记录。

第二十七条 各放射工作场所必须建立本单位放射性同位素的管理台账(含基本信息、库存信息、进出记录和使用记录等)，实行动态管理，定期检查，做到账物相符。

放射工作人员职业健康管理制

根据《放射工作人员职业健康管理办法》的规定，结合本单位实际，对本单位放射工作人员的职业健康检查、个人剂量监测和放射防护知识与相关法规的培训作如下规定。

一 放射工作人员的职业健康检查

- 1、上岗前进行职业健康检查：新聘放射工作人员或调入本单位从事放射工作前，应参加上岗前职业健康检查。
- 2、在岗期间健康检查：定期参加在岗期间的职业健康检查。时间间隔不超过2年。
- 3、离岗时职业健康检查：调离放射岗位或离开单位时，应参加离岗职业健康检查。
- 4、职业健康检查中发现有与放射工作有关的健康损害的工作人员及职业禁忌证者的处理：

（1）上岗前职业健康检查：检查结果符合放射工作人员健康标准的方可上岗，有职业禁忌证或疑似职业病者不得从事该职业。

（2）在岗期间及离岗时的职业健康检查：发现有与放射工作有关的健康损害的人员时，单位应根据《职业病防治法》有关规定，对职业病病人及疑似职业病病人要及时安排其进行职业病诊断，对不宜继续从事放射工作的人员要调离原岗位，妥善安置。

二 个人剂量监测

附件 6：放射性实验室相关辐射管理制度

南华大学放射性实验室安全管理制度

放射性实验室除遵守《实验室安全管理制度》外，还必须遵守如下规定：

- 1、放射性同位素工作，必须在单独的场所进行，在该场所内不得进行与同位素工作无关的实验。
- 2、放射性实验室应划出防护圈，并加明显标志。非本实验室工作人员未经允许不得入内。以免误入其中受到不必要的照射。
- 3、放射性工作场所应符合“放射性工作卫生防护暂行规定”的要求。
- 4、放射性实验室应配备专用的工作服、鞋、帽、口罩、手套等个人防护用品。实验室内应有供工作人员放便服和工作服的衣柜。两类衣物不得混放。
- 5、实验时避免使用易割破皮肤的容器和器皿，凡脸部、手部有伤口或患病工作人员应暂时停止接触放射性的工作。
- 6、工作场所内严禁吸烟，饮水或进食。禁止将食物等用品带入工作场所。
- 7、放射性工作台面以及易被沾污的地方应铺装易除污染的材料(如瓷砖、塑料布、橡皮板、玻璃等)。
- 8、放射性实验室应有放射性元素的有效去污剂(如肥皂、硝酸、柠檬酸、碳酸钠、乙二基四乙酸盐和其他一些去污剂)并备有污物桶、废物贮存瓶和必要的防护用品。
- 9、开放性实验室处理粉末或易挥发的放射性物质时，必须在通风橱内(或手套箱内)进行，身体受到意外沾污时，应立即洗净并通知主管部门检查。
- 10、放射性同位素应存放在专用的房间，并设有相应的防护屏蔽及安全防护措施。
- 11、放射化学实验室的废物与普通垃圾要严格分开，分别处理，含有放射性物质的废水应进行收集。

- 12、放射性同位素禁止与易燃、易爆、剧毒、腐蚀性物品放在一起。
- 13、定期检查源库的仪器设备，确保防盗，剂量报警、防火、通风设备的完好。
- 14、放射性实验室应配备必要的剂量监测仪器、应急工具，以便定期监测工作场所及其相邻环境的辐射剂量。
- 15、工作完毕后，设备、工具放回原处并进行安全检查，关闭水电、门窗。
- 16、对违反安全制度，不遵守实验纪律，工作不负责任或强令他人冒险实验操作，以致造成事故，必须追究责任，按情节轻重给予必要的处分，直至追究刑事责任



南华大学实验室安全与环保检查制度

为进一步建立健全学校实验室安全与环保管理长效机制，加强实验室安全与环保的日常检查，消除实验室安全与环保隐患，创造平安、和谐、健康的校园环境，使实验室安全与环保检查常态化、制度化，根据《南华大学实验室安全与环保管理条例》及学校相关安全工作会议精神和要求，特制定本检查制度。

一、各相关单位要高度重视实验室安全与环保日常管理工作，认真建立本单位实验室安全与环保防范保障体系，将日常安全检查工作作为体系的重要内容固化执行，认真落实实验室安全与环保日常检查工作。

二、实验室及设备管理处统一制作《南华大学实验室安全与环保检查记录本》，由各相关单位实验室安全工作人员到设备处实验室安全与环境管理科领取，分发给各实验室安全与环保工作责任人，用于记录实验室每次检查与隐患整改情况，建立各实验室日常安全与环保检查工作台账。

三、各实验室自主安排日常检查。各相关单位由主管实验室工作的领导负责，组织有关人员对本单位实验室进行例行安全检查，节假日前夕组织专门检查，平时不定期抽查（每学期不少于2次），如实填写检查记录，对安全隐患提出整改要求，跟踪、落实整改情况；学校由实验室及设备管理处负责牵头，会同相关部门对全校实验室安全与环保重点部位进行例行检查，每学期不少于3次，对隐患与问题发“限期整改通知书”，并将检查情况予以网上通报。

四、对于检查中发现的问题，各实验室必须及时采取措施积极整改，整改完成后报学院验收并如实在《南华大学实验室安全与环保检查记录本》上进行登记，以备学校主管部门抽查和考核；对检查中发现的重大安全隐患，学校将对有关实验室实行临时查封，提出整改要求，并对整改情况进行跟踪检查和验收。

南华大学放射性实验室流动人员管理办法

为了规范流动放射性实验室流动人员的管理,进一步促进科研教学交流与合作,提高实验室安全,维护实验室的良好秩序和环境,避免实验室放射性污染及环境污染,特制定本管理办法。

第一条 放射性实验室流动人员包括:1)因参与实验室科研课题,需要短期从事放射性科研工作;2)因实验教学、学术交流等参观人员;3)施工、维修等人员。

第二条 流动人员需向实验室办公室提出申请,办理有关登记手续,经实验室负责人批准后方可取得准入资格。放射性实验室在开展施工、维修、学术交流活动中严禁开展放射性实验。

第三条 流动科研人员入室前,必须通过由实验室组织的入室教育,包括实验室安全、放射性同位素基本知识与操作规程重点、实验室各项规章制度以及实验室组织架构内容。如实验室涉及成果保密问题,还应与实验室签订保密协议。流动研究人员在实验室工作期间,其研究工作由实验室的课题指导人或研究方向负责人负责。

第四条 流动人员进入放射性实验室需由本室人员陪同,并进行登记。流动人员未经授权不得直接或间接操作实验室任何试剂、仪器设备以及器皿等,严禁流动人员独自在放射性实验室停留或开展放射性实验。实验室日常安全检查工作应由实验室固定工作人员负责。

第五条 流动人员应严格遵守实验室的各项规章制度,服从实验室的统一管理,认真完成所承担的各项工作任务,爱护仪器设备和公共设施。

第六条 所有操作放射性物质的人员均应严格遵守实验室放射性物质操作规程,并按要求做好个人防护。

第七条 流动人员申请领用放射性核素前,需取得其课题指导人或负责人签字同意,再根据实验室放射性核素管理制度进行领用、登记。

第八条 所有人员应遵守实验室的考勤制度,无工作任务时严禁在实验室内逗留,严禁超出规定工作时间。如有特殊情况,必须经负责人签字同意,提前报实验室办公室备案。

第九条 对于需连续从事放射性操作3个月以上者,应为其配置个人剂量仪,并参照辐射工作人员个人剂量监测管理规定,定期送检。

第十条 所有人员有义务对本人及他人在实验室从事的研究内容保密,在有关内容尚未对外公开前任意泄漏、传播者,将依照有关条例进行处理,最高可以追究其法律责任。

第十一条 严禁儿童、孕妇或皮肤暴露部位伤口未愈合等人员进入放射性实验室工作区。

第十二条 对违反实验室管理规章制度者，实验室有权取消其准入资格，对于情况严重或造成重大不良影响者将进行通报，最高可依法依规追究其相关责任。

放射性表面污染处理制度

为尽可能避免放射性表面污染造成中心及相关工作人员遭受外照射与内照射的危害，以及通过各种传播途径对环境或公众造成次生危害，特制定本制度：

1.工作人员应严格遵守操作规程，应严格避免发生污染，如发生污染事故（放射性物质的撒漏、喷溅等）应遵守以下原则：应及时封闭被污染的现场和迅速切断污染的来源，防止事故的扩大，对受污染的人员采取必要的去污措施，若污染严重须报告上级有关部门和领导。

2.每日工作前后，需使用辐射检测仪器监测工作场所的辐射水平，应根据核素污染的种类、射线能量，选择相应的仪器测量，记录测量结果。

3.根据被污染的表面性质、污染物特性等，采取适当的去污措施，避免污染扩大。根据我校实际情况，被污染的表面主要有：人员体表、个人防护用品、工作场所、仪器设备、玻璃器具、金属制品等，相应的去污规程如下：

1) 人员体表去污：当体表有放射性核素污染时，立即停止工作，尽快离开污染现场，测量体表污染程度，尽早洗消去污，并尽快脱去污染的衣和鞋，并装入污染物品袋，以备测量。当体表污染较轻，洗消时宜用肥皂软毛刷、温水或自来水，按先低沾染区后高沾染区顺序洗消；如发射严重/大面积污染，应立即在就近放射性水槽、紧急冲淋处，用肥皂、软毛刷、自来水清洗（切勿擦破皮肤）。初步去污后，根据核素的性质再选用合适的皮肤去污剂去污。应注意优先处理人体孔腔处污染。注意皮肤皱折处和指甲缝处去污。

2) 个人防护用品去污：应按照污染程度分组，以免交叉污染。对污染不严重的，可直接用洗衣粉清洗。对局部污染严重的，在清洗之前，应将严重污染部分剪去。否则，可能造成其他工作服的再污染。为提高去污效果，洗涤时最好用软水。

3) 工作场所、仪器设备去污：对于被干的放射性粉尘污染表面，可用吸尘器或湿抹布收集，并注意不要使污染扩展到清洁部分。对于低水平液态放射性物质污染表面，先用干吸水纸或棉花球擦拭，再用湿抹布或湿拖布擦到容许水平以下。若大量放射性液体外溢，可用手提式真空吸引器收集，再用干锯末屑/吸水纸吸干，然后用拖布、去污剂、水擦到容许水平以下。

4) 玻璃器具、金属制品去污染：选用合适去污剂刷洗，或用超声波洗涤器去污染，详见下表：

南华大学放射性核素管理制度

为了加强对放射性核素的安全管理，保证安全使用，保障生命财产安全，保护环境，特制定本制度。

一、放射性核素的订购与领取

1. 国家规定订购与使用放射性核素实行许可证制度。学校应根据工作实际需要，在规定允许使用范围内，制订年度订购计划。

2. 放射性同位素实验室应有专门的核素存放场所，妥善保存，防止丢失或变性。各实验室实行责任人制，由专业技术人员提供技术指导，并安排有专人负责核素的领取、保管、登记，并定期进行检查。

3. 使用者需提前制定使用计划，再在管理员处领取并登记使用核素类别、用量以及相关操作内容，领取的核素只能在规定的操作区域使用，严禁带出指定区域。

二、放射性核素的储存

1. 储源室内放射性核素的放置应合理有序，分门别类，并用标签识别，易于取放，每次取放的放射性核素应限于需要部分。储存的放射性物质应及时登记，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度等。

2. 严禁将放射性同位素与易燃、易爆、腐蚀性物品储存在同一场所，储存场所必须采取有效的防火、防盗、防泄漏等安全防护措施，在保存放射性同位素包括存放放射性废物的场所应悬挂专用电离辐射标志。

3. 当日未用完的放射性核素必须放置在储源室试剂柜中储存，不

附件 7：辐射安全和防护考核合格成绩单



附件 8：职业健康检查报告(总结)



报告编号	QKtj-zy-2025-430
总页数	共 30 页

南华大学
放射工作人员职业健康检查总结报告
Occupational health examine Summary report



衡阳祺康健康体检中心(有限合伙)

二〇二五年十二月十五日

南华大学
放射工作人员职业健康检查总结报告
Occupational health examine Summary report



衡阳祺康健康体检中心(有限合伙)
二〇二五年一月十日

附件 9：个人剂量检测报告（部分）

X-γ 个人剂量检测报告

委托编号：FWJG2025-038

委托单位：南华大学

报告编号：FJG2026-069

报告日期：2026 年 3 月 30 日

湖南南华大学工程技术检测中心有限公司



核工业二三〇研究所

监测报告

[核环监]2502-009

项目名称：南华大学新增乙级放射化学实验室建设项目
辐射环境本底监测

委托单位：南华大学

监测单位：核工业二三〇研究所
检测专用章

签发日期：2025年03月07日

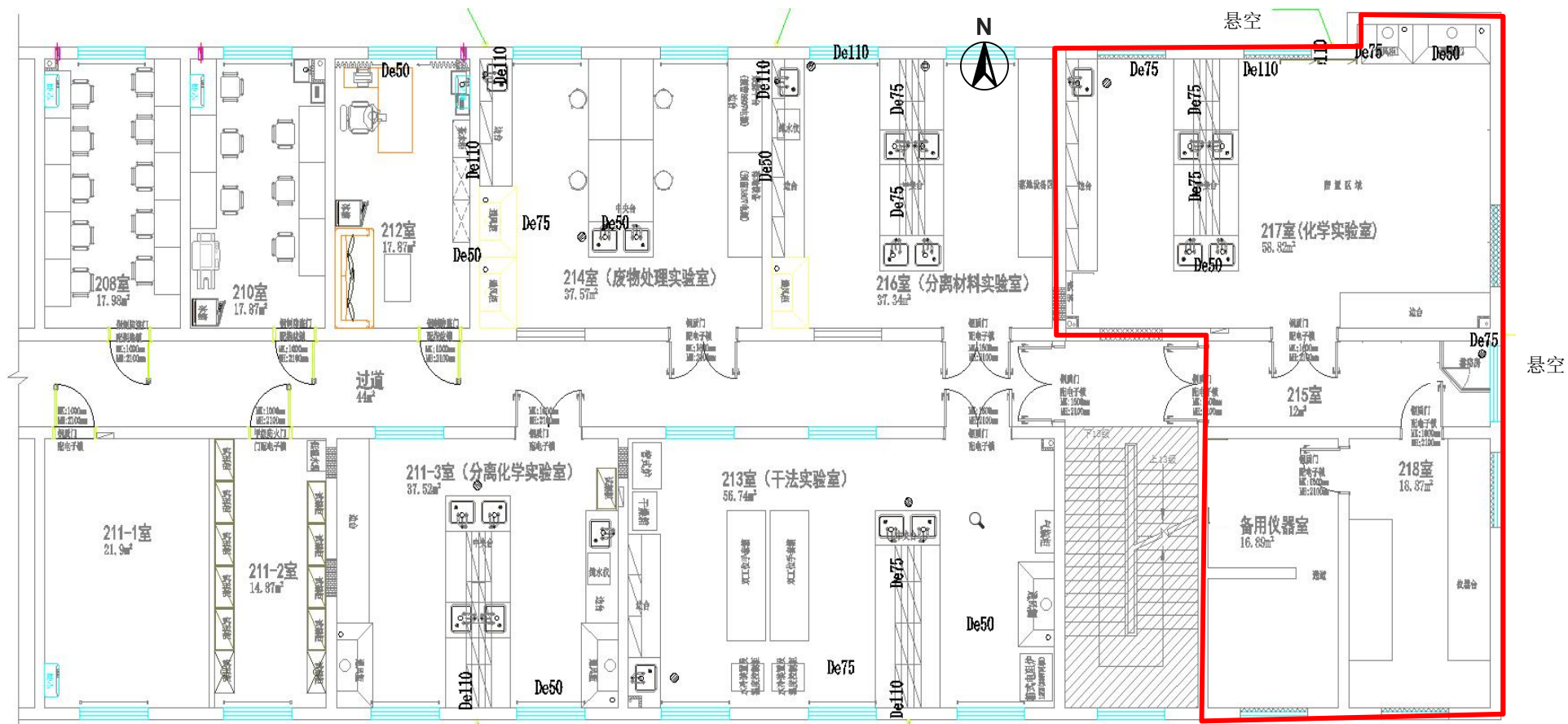
报告编制：周岭华 审核人：张俊 签发人：李正红



附图 1 南华大学红湘校区地理位置图

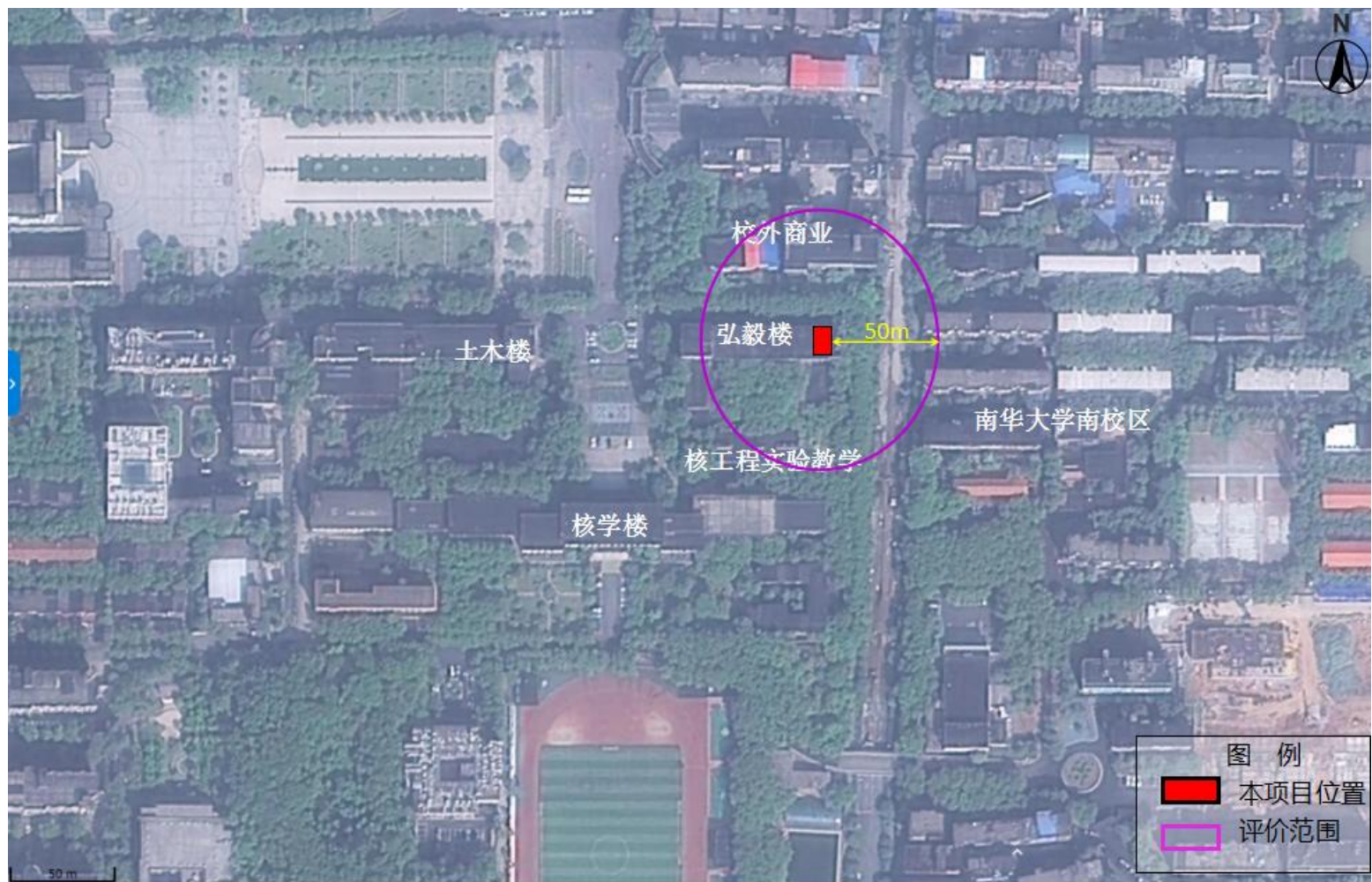


附图 2 南华大学红湘校区平面布局图及本项目所在楼栋示意图

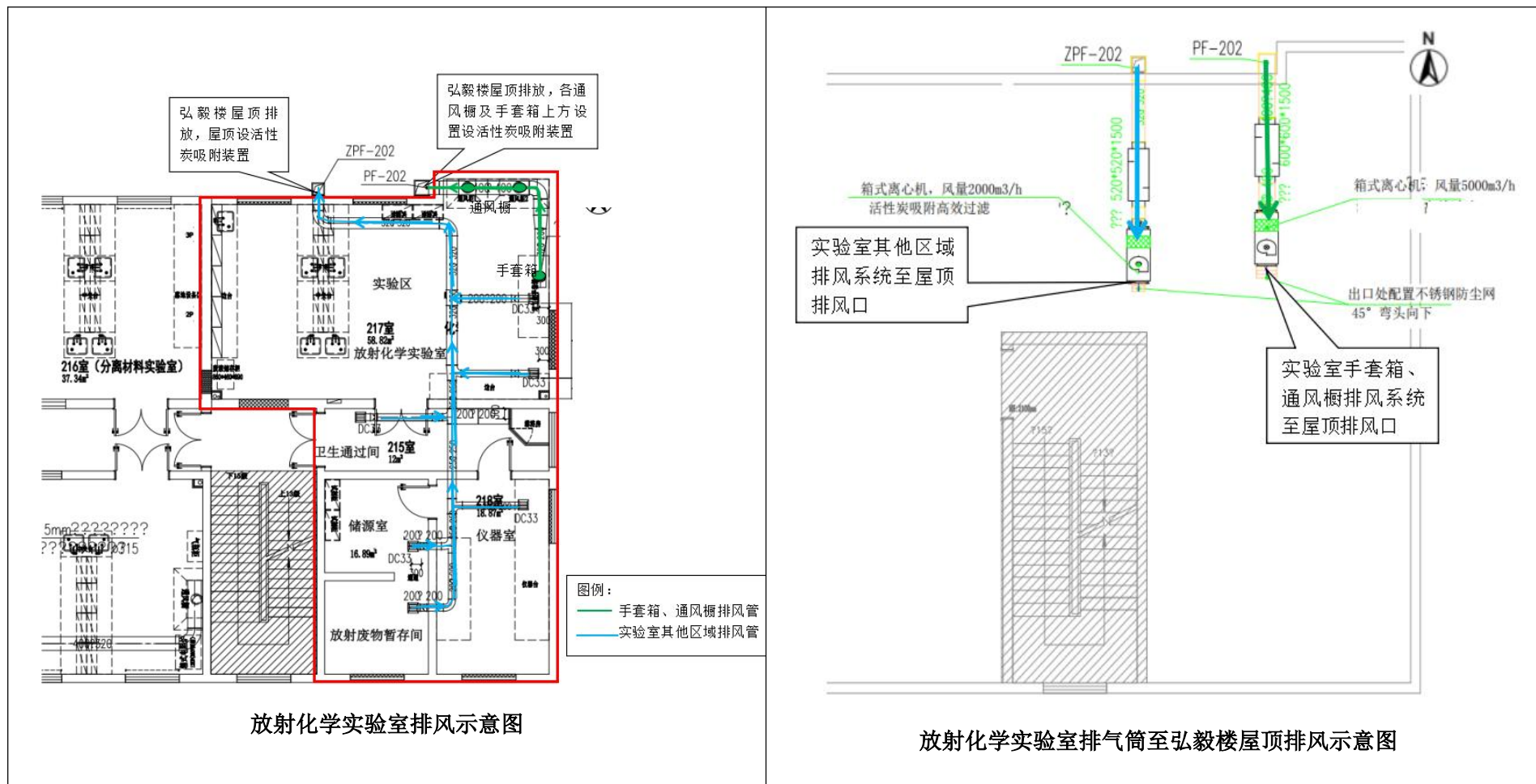


图例: 本项目改造区域

附图3 本项目所在弘毅楼2楼平面布局图现状及本项目改造区域



附图4 本项目辐射环境评价范围示意图



附图 6：本项目放射化学实验室（215 室、217 室及 218 室）排风系统布局示意图



附图 7： 现场照片