

核技术利用建设项目

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实 验室放射性同位素功能实验室建设项目 环境影响报告表

(公开本)

厦门大学 (盖章)

二〇一八年一月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

厦门近海海洋环境科学国家重点实验室 大学放射性同位素功能实验室建设项目 环境影响报告表

(公开本)

建设单位名称：厦门大学

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：翔安区翔安南路厦门大学翔安校区环境与生态学院

邮政编码：361102

联系人：林丽贞

电子邮箱：lizhen8214@xmu.edu.cn

联系电话：15306006041

编号：HP-2017-001-1

此报告仅限于“厦门近海海洋环境科学国家重点实验室大学放射性同位素功能实验室建设项目 环境影响报告表”使用

项目名称：厦门近海海洋环境科学国家重点实验室大学放射性同位素功能实验室建设项目

文件类型：环境影响报告表

适用的评价范围：核与辐射项目

法定代表人：阙足双 (签章)

主持编制机构：核工业二七〇研究所 (签章)

**厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室放射性同位素功能
实验室建设项目环境影响评价报告表编制人员名单表**

编制 主持人	姓名	职（执）业资 格证书编号	登记（注册证） 编号	专业类别	本人签名	
	谢龙军	00018093	B231601110	输变电及广电通讯类		
主要 编制 人员 情况	序号	姓名	职（执）业资 格证书编号	登记（注册证） 编号	编制内容	本人签名
	1	谢龙军	00018093	B231601110	第5、6、7、8、9、10、 11 章节	
	2	熊华	00019031	B231601805	第1、2、3、4、12、 13、14 章节	

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

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



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP00018093
No.



姓名: 谢龙军
Full Name 谢龙军
性别: 男
Sex 男
出生年月: 1988年7月31日
Date of Birth 1988年7月31日
专业类别: /
Professional Type /
批准日期: 2015年5月
Approval Date 2015年5月

****此资质证书仅限于“厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室放射性同位素功能实验室建设项目环境影响报告表”使用****

Signature of the Bearer

管理号: 2015035360352014360728
File No. 000244

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2016年2月1日

Issued on



环境影响评价工程师								
序号	姓名	登记单位	登记证号	登记类别	登记有效期起	登记有效期终	职业资格证书号	诚信信息
					始日期	止日期		
1	谢龙军	核工业二七〇研究所	B251601110	输变电及广电通讯	2016-03-07	2019-03-07	00018093	

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	10
表 3 非密封放射性物质.....	10
表 4 射线装置.....	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	13
表 6 评价依据.....	14
表 7 保护目标与评价标准.....	16
表 8 环境质量和辐射现状.....	20
表 9 项目工程分析与源项.....	22
表 10 辐射安全与防护.....	25
表 11 环境影响分析.....	33
表 12 辐射安全管理.....	45
表 13 结论与建议.....	49
表 14 审批.....	51

附件：

附件 1：委托书

附件 2：关于厦门大学翔安校区建设项目环境影响报告书的批复

附件 3：关于批复厦门大学小动物 PET/CT 和 SPECT/CT 成像仪实验室搬迁建设及原址退役项目环境影响报告表的函

附件 4：关于批准厦门大学放射性药物研发试验项目环境影响报告表批复

附件 5：关于批准厦门大学新建离子注入机项目环境影响报告表批复

附件 6：辐射安全许可证

附件 7：应急预案

附件 8：规章制度

附件 9：监测报告

附件 10：仪器检定证书

附件 11：环评机构备案情况

附表：

建设项目环评审批基础信息表

表 1 项目基本情况

建设项目名称		厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室放射性同位素功能实验室建设项目			
建设单位		厦门大学			
法人代表	张荣	联系人	林丽贞	联系电话	15306006041
注册地址		厦门市思明南路 422 号			
项目建设地点		厦门市翔安区翔安南路厦门大学翔安校区环境与生态学院			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	120	项目环保投资 (万元)	30	投资比例(环保 投资/总投资)	25.0%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	—
应用 类 型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input 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		
其他	—				

项目概述:

1.1 建设单位概况

厦门大学是由著名爱国华侨领袖陈嘉庚先生于 1921 年创办的，是中国近代教育史上第一所华侨创办的大学，也是我国唯一地处经济特区的国家“211 工程”和“985 工程”重点建设的高水平大学。学校拥有完善的教学、科研设备和公共服务体系。目前学校占地近 9000 亩，其中校本部位于厦门岛南端，占地 2500 多亩，漳州校区占地 2568 亩，翔安校区规划建设用地 3645 亩，目前在校生近 40000 人。

厦门大学环境与生态学院正式成立于 2011 年 3 月，目前学院已整体搬迁到厦门大学翔安校区。厦门大学翔安校区位于厦门市翔安区东南侧，总用地面积 243.07hm²，总建筑面积为 161 万 m²。厦门市环境保护局于 2008 年 12 月 17 日对厦门大学翔安校

区建设项目环境影响报告书进行批复，详见附件 2。

1.2 项目由来

厦门大学根据环境与生态学院教学科研和实际工作的需要，拟在环境与生态学院金泉楼一层新建放射性功能实验室。放射性功能实验室拟设置预处理间、β 放射性实验室、γ 放射性实验室、核素储藏间、废物储存间，用于对海水中浮游植物对放射性核素的吸收率进行研究。拟使用 H-3、C-14、Na-22、P-32、S-35、Cr-51、Fe-55、Fe-59、Ni-63、Zn-65、Cu-67、As-73、Se-75、Cd-109、Ag-110m、Hg-203 共计 16 种放射性核素，购置液体闪烁计数器对浮游植物中含有的放射性核素的吸收量进行测定。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，使用放射性同位素的单位应在申请许可证前编制环境影响评价文件。厦门大学于 2017 年 11 月 10 日特委托核工业二七〇研究所对厦门大学放射性同位素功能实验室建设项目进行环境影响评价（委托书见附件 1），我所接受委托后，及时组织了技术人员现场调查与监测，充分收集了相关资料，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评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），编制完成了该项目的环境影响报告表。

1.3 建设项目概况

厦门大学放射性同位素功能实验室拟使用 H-3、C-14、Na-22、P-32、S-35、Cr-51、Fe-55、Fe-59、Ni-63、Zn-65、Cu-67、As-73、Se-75、Cd-109、Ag-110m、Hg-203 共计 16 种放射性核素对海水中浮游植物对放射性核素的吸收率进行研究。本次环评内容见表 1-1。

表 1-1 新增非密封放射性物质一览表（本次环评内容）

序号	核素名称	应用类型	年最大操作量 (Bq)	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	活动种类和范围	应用场所
1	³ H	使用	9.99×10 ⁸	2.74×10 ⁸	2.74×10 ⁶	合计日等效最大操作量为 1.35×10 ⁷ ，丙级工作场所	金泉楼一层新建放射性功能实验室
2	¹⁴ C	使用	3.70×10 ⁹	1.01×10 ⁹	1.01×10 ⁷		
3	²² Na	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
4	³² P	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
5	³⁵ S	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
6	⁵¹ Cr	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁷	5.07×10 ⁵		

7	⁵⁵ Fe	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
8	⁵⁹ Fe	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
9	⁶³ Ni	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
10	⁶⁵ Zn	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
11	⁶⁷ Cu	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
12	⁷³ As	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
13	⁷⁵ Se	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
14	¹⁰⁹ Cd	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
15	^{110m} Ag	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		
16	²⁰³ Hg	使用	1.85×10 ⁸	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵		

1.4 评价目的

(1) 对项目周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，以掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

(2) 通过环境影响评价，预测建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据。

(3) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

(4) 给出明确的环评结论，为有关部门的辐射环境管理提供科学依据。

1.5 评价因子及评价重点

本项目为使用 H-3、C-14、Na-22、P-32、S-35、Cr-51、Fe-55、Fe-59、Ni-63、Zn-65、Cu-67、As-73、Se-75、Cd-109、Ag-110m、Hg-203 共计 16 种放射性核素对海水中浮游植物对放射性核素的吸收率进行研究，因此本项目的主要污染因子为上述放射性核素在使用过程中产生的电离辐射及放射性表面污染。本次评价电离辐射采用 X-γ 辐射剂量率作为评价因子，表面污染采用 β 表面污染作为评价因子，重点评价工作场所使用放射性核素产生的电离辐射、表面污染对职业人员、周围环境敏感点及公众的影响以及放射性三废的处理处置。

1.6 项目周边环保目标及场址情况

本项目所在地理位置为厦门市翔安区翔安南路厦门大学翔安校区环境与生态学院金泉楼一楼（地理位置坐标为东经 118°18'57.45"，北纬 24°36'25.10"）。地理位置

图见图 1-1，厦门大学翔安校区平面布置图详见图 1-2。



图 1-1 项目所在地理位置图



图 1-2 厦门大学翔安校区平面布置图

本项目新建放射性同位素功能实验室东侧为金泉楼一层过道，南侧和西侧为学校空地，北侧为楼梯间。楼下为土壤层，楼上为平台特色实验室。本项目所在楼层平面

布置图详见图 1-3。

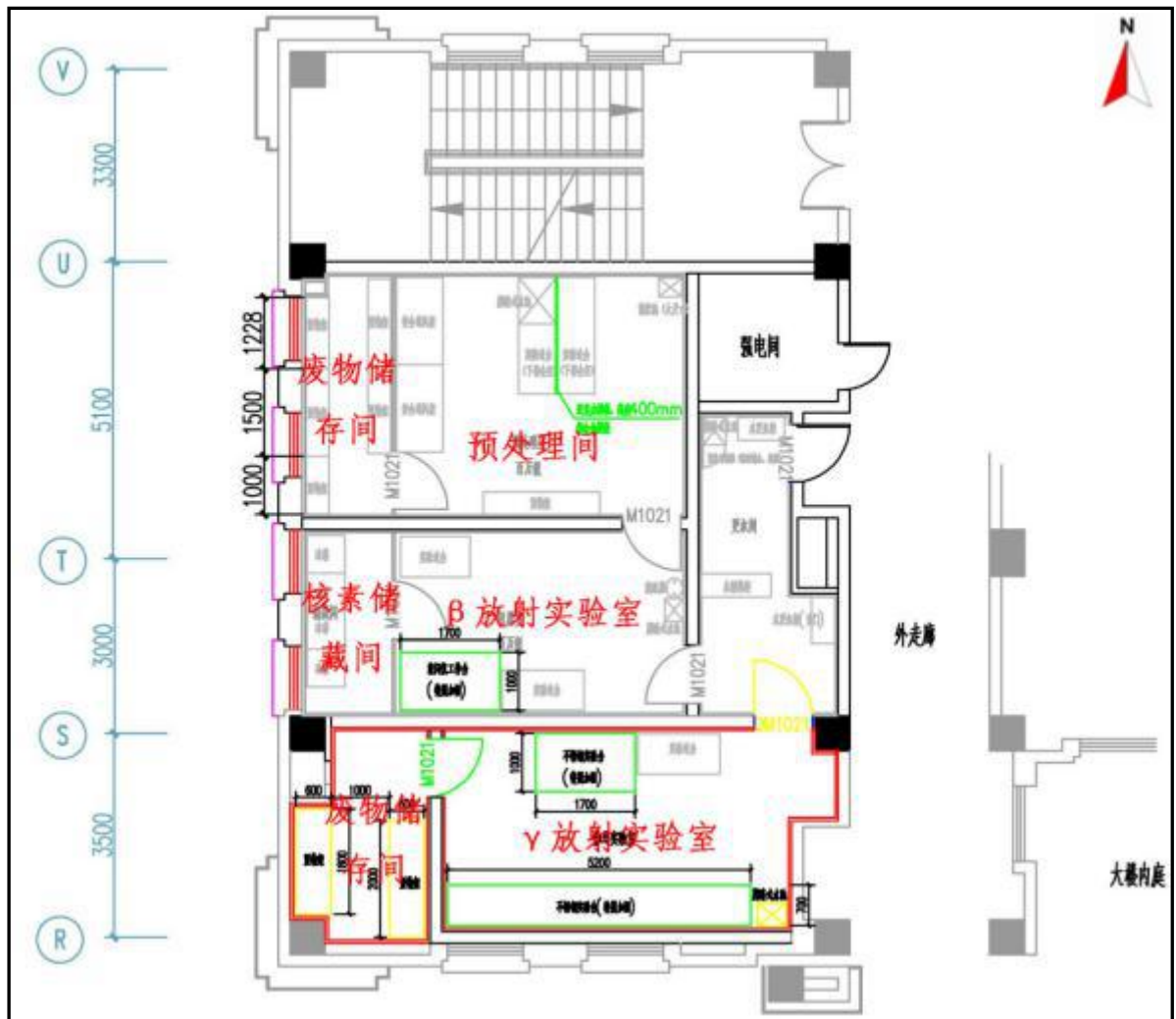


图 1-3 本项目所在楼层平面布置图

1.7 原有核技术利用项目许可情况

厦门大学公共卫生学院分子影像大楼三楼新建小动物 PET/CT 和 SPECT/CT 成像实验室，配套使用 Co-60、Cs-137、Na-22、Br-82、Am-241、Se-75、Ge-68 等放射源各 2 枚共 16 枚 V 类放射源和 2 枚 Co-60IV 类放射源，为校准源，使用 F-18 等 37 种非密封放射性物质，使用 Zn-62/Cu-62 发生器、Ge-68/Ga-68 发生器和 W-188/Re-188 发生器，为乙级非密封放射性物质工作场所，并对原公共卫生学院曾宪梓楼一层的 PET/CT 和 SPECT/CT 成像实验室进行退役，《厦门大学小动物 PET/CT 和 SPECT/CT 成像仪实验室搬迁建设及原址退役项目环境影响报告表》于 2016 年 12 月 18 日取得福建省环保厅的批复，批复文号为闽环辐评[2016]42 号文（详见附件 3）。厦门大学翔安校区分子影像楼使用一台回旋加速器制备 F-18、C-11、Cu-64、I-124、Zr-89、I-123、

N-13、O-15，并购买钼铈发生器分装 Tc-99m，均用于公共卫生学院开展教学和科研。

《厦门大学放射性药物研发试验项目环境影响报告表》于 2015 年 2 月 15 日取得福建省环保厅的批复，批复文号为闽环辐评[2015]9 号文（详见附件 4）。厦门大学翔安校区能源学院 3 号楼二楼的静电实验室内新建 1 台离子注入机，用于辐射环境状态下各种材料的辐射损伤模拟试验，该设备属于 II 类射线装置。《厦门大学新建离子注入机项目环境影响报告表》于 2015 年 6 月 23 日取得福建省环保厅的批复，批复文号为闽环辐评[2015]17 号文（详见附件 5）。厦门大学翔安校区环境与生态学院在金泉楼放射性同位素功能实验室使用 C-14、H-3、Fe-55、P-32 等 V 放射源。该项目于 2017 年 3 月 3 日进行了网上备案，网上备案编号为：201735021300000015。厦门大学于 2016 年 3 月 25 日取得了福建省环保厅颁发的《辐射安全许可证》，证书编号为闽环辐证[00086]（见附件 6）。许可证规定的种类和范围为：使用 V 放射源；使用 II 类、III 类射线装置；乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。涉源部门有生命科学学院、海洋化学实验室、海洋环境重点实验室、衍射实验室、材料系、物理系、小动物实验室和离子束材料实验室。厦门大学已运行的放射源、非密封放射性物质与射线装置的环境环评及竣工环境保护验收具体情况见表 1-2 至表 1-4。

表 1-2 放射源环评及竣工环境保护验收情况一览表

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类	环评情况	验收情况
1	⁵⁷ Co	V	4E+7×2	使用	已环评闽环辐评[2016]42 号文	未验收
2	⁶⁰ Co	V	3E+8×2	使用		
3	¹³⁷ Cs	IV	3E+8×2	使用		
4	²² Na	V	3E+6×2	使用		
5	⁸² Br	V	2E+8×2	使用		
6	²⁴¹ Am	V	4E+8×2	使用		
7	⁷⁵ Se	V	4E+8×2	使用		
8	⁸⁸ Y	V	1E+8×2	使用		
9	⁶⁸ Ge	V	3E+6×2	使用		
10	¹⁴ C	V	1E+7×1	使用	网上备案，编号：201735021300000015	/
11	³ H	V	1E+7×1	使用		
12	⁵⁵ Fe	V	1E+7×1	使用		

13	³² P	V	1E+7×1	使用			
表 1-3 非密封放射性物质环评及竣工环境保护验收情况一览表							
序号	工作场所	核素	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	活动种类	环评情况	验收情况
1	公共卫生学院	³ H	3.7E+7	4.44E+8	使用	已环评 闽环辐 评 [2016]4 2号文	未验收
2	公共卫生学院	¹¹ C	1.85E+9	1.35E+12	使用		
3	公共卫生学院	¹³ N*	3.7E+8	4.44E+12	使用		
4	公共卫生学院	¹⁵ O*	3.7E+8	4.44E+12	使用		
5	公共卫生学院	¹⁸ F	3.7E+8	2.92E+12	使用		
6	公共卫生学院	³² P	3.7E+6	4.44E+9	使用		
7	公共卫生学院	³⁵ S	3.7E+6	1.48E+9	使用		
8	公共卫生学院	⁴⁶ Sc	3.7E+7	3.7E+9	使用		
9	公共卫生学院	⁶² Cu	3.7E+8	1.48E+10	使用		
10	公共卫生学院	⁶⁴ Cu	3.7E+9	1.92E+13	使用		
11	公共卫生学院	⁶⁶ Ga	3.7E+9	7.4E+10	使用		
12	公共卫生学院	⁶⁷ Ga	3.7E+9	1.48E+11	使用		
13	公共卫生学院	⁶⁸ Ga	3.7E+8	5.77E+13	使用		
14	公共卫生学院	⁸² Rb	3.7E+9	4.44E+13	使用		
15	公共卫生学院	⁸⁵ Sr	3.7E+7	3.7E+9	使用		
16	公共卫生学院	⁸⁹ Sr	3.7E+9	1.48E+11	使用		
17	公共卫生学院	⁸⁶ Y	3.7E+9	7.4E+10	使用		
18	公共卫生学院	⁹⁰ Y	3.7E+9	8.88E+12	使用		
19	公共卫生学院	⁸⁹ Zr	3.7E+9	4.44E+12	使用		
20	公共卫生学院	⁹⁵ Nb	3.7E+7	3.7E+9	使用		
21	公共卫生学院	⁹⁹ Tc	3.7E+7	7.4E+9	使用		
22	公共卫生学院	^{99m} Tc	1.11E+9	2.28E+12	使用		
23	公共卫生学院	¹⁰³ Ru	3.7E+7	3.7E+9	使用		
24	公共卫生学院	¹¹¹ In	3.7E+9	1.48E+11	使用		
25	公共卫生学院	¹²³ I	3.7E+8	4.44E+11	使用		
26	公共卫生学院	¹²⁴ I	2.22E+9	2.66E+11	使用		
27	公共卫生学院	¹²⁵ I	2.22E+9	7.99E+11	使用		
28	公共卫生学院	¹³¹ I	2.22E+9	1.07E+12	使用		
29	公共卫生学院	¹⁴¹ Ce	3.7E+7	3.7E+9	使用		

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室放射性同位素功能实验室建设项目

30	公共卫生学院	¹⁵³ Gd	3.7E+7	3.7E+9	使用				
31	公共卫生学院	¹⁵³ Sm	3.7E+9	4.44E+11	使用				
32	公共卫生学院	¹⁶⁶ Ho	3.7E+9	1.48E+11	使用				
33	公共卫生学院	¹⁷⁷ Lu	3.7E+9	1.48E+11	使用				
34	公共卫生学院	¹⁸⁶ Re	3.7E+9	4.44E+11	使用				
35	公共卫生学院	¹⁸⁸ Re	3.7E+9	1.48E+11	使用				
36	公共卫生学院	¹⁹⁸ Au	3.7E+8	1.48E+11	使用				
37	公共卫生学院	²⁰¹ Tl	3.7E+8	1.48E+11	使用				
38	公共卫生学院	⁶² Zn/ ⁶² Cu	/	/	储存				
39	公共卫生学院	⁶⁸ Ge/ ⁶⁸ Ga	/	/	储存				
40	公共卫生学院	¹⁸⁸ W/ ¹⁸⁸ Re	/	/	储存				
41	海洋学院、生物学院实验室	¹⁴ C	1E+7	2E+10	使用			已环评	未验收
42	海洋学院、生物学院实验室	³ H	1E+7	2E+10	使用				
43	海洋学院、生物学院实验室	³⁵ S	1E+7	2E+10	使用				
44	海洋学院、生物学院实验室	³² P	1E+7	2E+10	使用				
45	海洋学院实验室	¹⁴⁷ Pm	2E+6	7.4E+8	使用	已环评	未验收		
46	海洋学院实验室	²³⁷ Np	2E+6	7.4E+8	使用				
47	海洋学院实验室	⁵⁵ Fe	2E+5	7.4E+7	使用				
48	海洋学院实验室	⁵⁹ Fe	2E+5	7.4E+7	使用				
49	海洋学院实验室	¹⁰⁹ Cd	2E+5	7.4E+7	使用				
50	海洋学院实验室	¹³³ Ba	2E+5	7.4E+7	使用				
51	海洋学院实验室	²³² Th	1.5E+4	5.13E+6	使用				
52	海洋学院实验室	²³⁸ U	5E+3	1.27E+6	使用				
53	海洋学院实验室	²²⁹ Th	3E+2	1E+5	使用				
54	海洋学院实验室	²⁰⁹ Po	3E+2	1E+5	使用				
55	海洋学院实验室	²⁰⁸ Po	3E+2	1E+5	使用				
56	海洋学院实验室	²³² U	3E+2	1E+5	使用				
57	海洋学院实验室	²³⁰ Th	3E+2	1E+5	使用				
58	海洋学院实验室	²²⁹ Th	3E+2	1E+5	使用				

表 1-4 射线装置环评及竣工环境保护验收情况一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	环评情况	验收情况
1	PET-CT	Mediso	III	实验研究	分子影像楼	闽环辐评	正在委托

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室放射性同位素功能实验室建设项目

		nanoScan				[2016]42号	开展竣工验收
2	SPECT-CT	Siemens Inveon	III	实验研究	分子影像楼		
3	高频高压加速器	GJ-20	II	改性实验	材料实验室	已环评	正在委托开展竣工验收
4	X射线晶体分析仪	JF-2	III	材料分析	材料实验室		
5	X射线晶体分析仪	JF-2	III	材料分析	材料实验室		
7	X射线晶体分析仪	JF-2	III	材料分析	材料实验室	已环评	正在委托开展竣工验收
8	单晶X射线衍射仪		III	材料分析	材料实验室		
9	单晶X射线衍射仪		III	材料分析	材料实验室		
10	多晶X射线衍射仪		III	材料分析	材料实验室		
11	多晶X射线衍射仪		III	材料分析	材料实验室		
12	X射线光电子能谱仪		III	材料分析	材料实验室		
13	离子注入机		II	辐照或离子注入	翔安校区能源学院C栋2层	已环评闽环辐评[2015]17号文	正在委托开展竣工验收

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	³ H	半衰期：12.33a，液态，低毒	使用	2.74×10 ⁸	2.74×10 ⁶	9.99×10 ⁸	实验研究	简单操作	金泉楼一层新建放射性功能实验室	当天合成或进货，当天使用，暂存在放射性同位素功能实验室储源间
2	¹⁴ C	半衰期：6730a，液态，低毒	使用	1.01×10 ⁹	1.01×10 ⁷	3.70×10 ⁹	实验研究	简单操作		
3	²² Na	半衰期：2.602a，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
4	³² P	半衰期：14.8d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室放射性同位素功能实验室建设项目

5	³⁵ S	半衰期：87.24d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
6	⁵¹ Cr	半衰期：17.7d，液态，低毒	使用	5.07×10 ⁷	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
7	⁵⁵ Fe	半衰期：2.7a，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
8	⁵⁹ Fe	半衰期：44.5d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
9	⁶³ Ni	半衰期：100a，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
10	⁶⁵ Zn	半衰期：244.1d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
11	⁶⁷ Cu	半衰期：61.9h，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
12	⁷³ As	半衰期：80.3d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
13	⁷⁵ Se	半衰期：118.5d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
14	¹⁰⁹ Cd	半衰期：453d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
15	^{110m} Ag	半衰期：249.76d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		
16	²⁰³ Hg	半衰期：46.8d，液态，中毒	使用	5.07×10 ⁶	5.07×10 ⁵	1.85×10 ⁸	实验研究	简单操作		

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

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
去污洗涤液	液态	H-3、C-14、Na-22、Fe-55、Ni-63	/	/	/	/	废液桶	固化处理，有资质单位回收，送城市放射性废物库处置
		P-32、S-35、Cr-51、Fe-59、Zn-65、Cu-67、As-73、Se-75、Cd-109、Ag-110m、Hg-203	/	/	/	/	废液桶	废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网
手套、吸水纸、包裹用具的塑料膜、标记、合成、淋洗放射性药物器皿等	固态	H-3、C-14、Na-22、Fe-55、Ni-63	/	/	/	/	废物桶	固化处理，有资质单位回收，送城市放射性废物库处置
		P-32、S-35、Cr-51、Fe-59、Zn-65、Cu-67、As-73、Se-75、Cd-109、Ag-110m、Hg-203	/	/	/	/	废物桶	放置在放射性废物桶中10个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置
放射性废气	气态	H-3、C-14、Na-22、P-32、S-35、Cr-51、Fe-55、Fe-59、Ni-63、Zn-65、Cu-67、As-73、Se-75、Cd-109、Ag-110m、Hg-203	/	/	/	/	/	经活性炭过滤吸附后通过楼顶排气管排放

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第七十七号，2016 年 7 月修订，2016 年 9 月 1 日起施行）；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令 第 449 号，自 2005 年 12 月 1 日起施行）；</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令 第 31 号，2006 年 3 月 1 日起实施）；</p> <p>7) 《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（国家环境保护部令 第 3 号，2008 年 11 月 21 日发布施行）；</p> <p>8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（国家环境保护部令 第 33 号，2017 年 9 月 1 日起施行）；</p> <p>10) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（环办函 [2006] 629 号，2006 年 9 月 28 日印发）；</p> <p>11) 《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）；</p> <p>12) 《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告，公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日）；</p> <p>13) 《放射性废物安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行）；</p> <p>14) 《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》，闽环保辐射 [2013] 10 号。</p>
------	--

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）； 2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）； 3) 《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； 4) 《医学与生物学实验室使用非密封放射性物质的放射卫生防护基本要求》（WS457-2014）； 5) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 6) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）； 7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61—2001）； 8) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583—93）。
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 本项目委托书； 2) 厦门大学提供的项目相关资料； 3) 《中国环境天然放射性水平》，国家环境保护局，1995年8月。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围：

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件内容的内容和格式》（HJ10.1-2016）中的规定，丙级非密封放射性物质工作场所项目的评价范围为以实体边界为中心，半径 50m 范围的区域。因此本次评价范围确定为新建放射性同位素功能实验室及其周围半径 50m 范围内的区域。

7.2 保护目标：

由图 1-2 本项目的周边环境关系图可知，除本项目所处的金泉楼外，周边半径 50m 范围内均为空地。金泉楼一楼放射性同位素功能实验室周围环境及主要环境保护目标见表 7-1，项目平面布置图见图 1-3，其周围环境现状见图 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

名称	周围环境		主要环境保护目标
放射性同位素功能实验室	东墙外	金泉楼外过道	偶尔停留的公众人员
	南墙外	实验室南侧内庭	偶尔停留的公众人员
	西墙外	金泉楼外学校空地	偶尔停留的公众人员
	北墙外	楼梯间	偶尔停留的公众人员
	楼上	平台特色实验室	实验室工作人员
	实验室内		职业人员



预处理室现状



核素储存室现状



图 7-1 实验室及周围环境现状图

评价标准：

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

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剂量限值

B1 剂量限值（本标准附录 B）

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 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 1/4 即 5mSv 作为职业工作人员的剂量管理值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；本项目取其 1/4 即 0.25mSv/a 作为公众成员的剂量管理值。

②辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

③表面污染控制水平

B2 表面污染控制水平（本标准附录 B）

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表 B11（表 7-2）所列。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面污染		β放射性物质 (Bq/cm ²)
工台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4
工作服		4
手、皮肤		0.4

1) 该区内的高污染因子出除外

④非密封源工作场所的分级

C1 非密封源工作场所的分级（本标准附录 C）

应按表 C1（表 7-3）将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-3 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 $\sim 2 \times 10^7$

C2 放射性核素的日等效操作量的计算

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子及操作方式有关分别见表 C2 (表 7-4) 和表 C3 (表 7-5)。

表 7-4 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 7-5 操作方式与放射源状态修正因子

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

⑤放射性物质向环境排放的控制

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 $10ALI_{\min}$;

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。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

8.1 调查范围及监测点布置

对拟建项目周围环境 50m 范围内进行辐射环境现状监测。监测点位布置见监测报告。

8.2 监测因子

γ 辐射剂量率和 β 表面污染。

8.3 监测仪器及监测方法

监测仪器的参数与规范见表 8-1。相关资质及仪器检定证书见附件 15。

表 8-1 监测仪器与监测规范表

仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	FD-3013H
生产厂家	上海申核电子仪器有限公司
测量范围	0.01 μ Sv/h~200 μ Sv/h
监测规范	《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）
监测单位及证书编号	核工业二七〇研究所（计量认证证书编号：171421180789）
检定证书编号	2017H21-20-1244303003
有效日期	2017.09.20~2018.09.19

8.4 质量保证措施

- ① 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- ② 测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验；
- ③ 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；
- ④ 由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录；
- ⑤ 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。

8.5 监测结果

为了解项目所在地的辐射环境现状，监测单位于 2017 年 11 月 13 日对项目使用场所以及周边辐射环境进行了现状监测。现状监测结果列于表 8-2，监测报告见附件 5。

表 8-2 项目工作场所及周围环境 γ 辐射剂量率现状监测结果

点号	监测点位描述	γ 辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	
		范围值	平均值
1	预处理间	0.18~0.19	0.18
2	β 放射性实验室	0.16~0.18	0.17
3	伽马实验室	0.16~0.17	0.16
4	储源间	0.18~0.19	0.18
5	实验室东侧过道	0.14~0.15	0.14
6	实验室南侧内庭	0.15~0.16	0.16
7	实验室西侧学校空地	0.15~0.17	0.16
8	实验室北侧楼梯间	0.16~0.17	0.17

根据表 8-2 可知，项目评价区内 γ 辐射剂量率现状监测值在 0.14~0.18 $\mu\text{Sv/h}$ 之间，处于福建省区域原野辐射环境正常背景值（25.9~334.3 nGy/h，据《中国环境天然放射性水平》）范围内，项目周围辐射环境现状质量较好，基本未受到辐射影响。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析:

9.1.1 工作原理

自然界中的同位素现象是示踪法赖以生存的基础。同位素示踪法又称为核素示踪技术。它是利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。与其他方法相比，它具有简便、快速、高质、费用低等特点。

本项目主要研究海水中的浮游植物对放射性同位素的吸收效率，通过将放射性同位素加入海水中，海水中的浮游植物由于吸收了带有放射性的核素而具有放射性，因而可以使用液体闪烁计数器来进行放射性核素的追踪，从而确定海水浮游植物中含有的放射性核素的量。液体闪烁计数器主要测定发生 β 核素衰变的放射性核素，尤其对低能 β 更为有效。其基本原理是依据射线与物质相互作用产生荧光效应。首先是闪烁溶剂分子吸收射线能量称为激发态，再回到基态时将能量传递给液闪体分子，液闪体分子由激发态回到基态时，发出荧光光子。荧光光子被光电倍增管（PM）接收转换为光电子，再经倍增，在PM阳极上收集到好多光电子，以脉冲信号形式输送出去。将信号符合、放大、分析、显示，表示出样品液中放射性强弱与大小。

9.1.2 操作流程

本项目主要研究海水中的浮游植物对放射性同位素的吸收效率，本项目实验工艺流程见图 9-1。

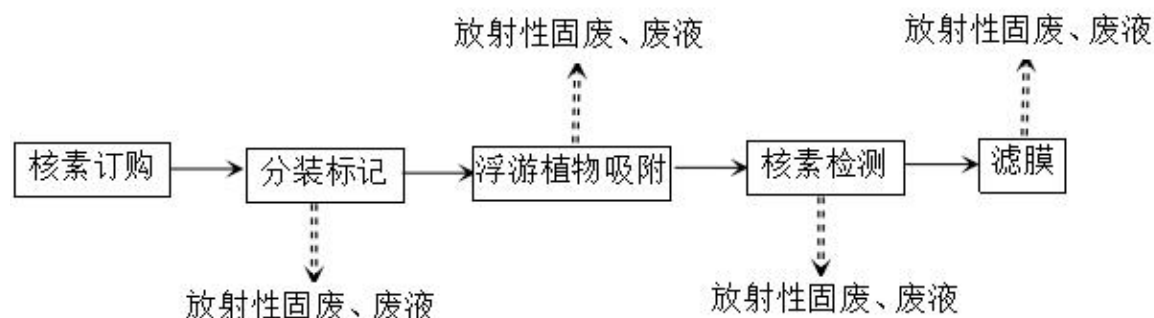


图 9-1 本项目实验工艺流程图

本项目几个重要步骤描述如下：

- ①样品的购入和分装

核素报批后购入，购入后放入核素储存库。每次取用时，在预处理室通风橱分装取用，采用的样品直接用于海水浮游植物吸附研究。

②海水中浮游植物对放射性核素的吸收

本项目将放射性核素加入到20-50ml海水中，放置于培养箱中培养2-4小时后，进行过滤。

③海水中浮游植物对放射性核素吸收量的测定

使用液体闪烁计数器检测滤膜上浮游植物对各种核素的吸收量。

在预处理室通风橱中进行的分装标记工作主要产生放射性固体废物和放射性废液，其中放射性固废主要包括废手套、枪头、吸水纸等；放射性废液主要为去污洗涤水。

在预处理室中进行的浮游植物吸收工作主要产生放射性固体废物和放射性废液，其中放射性固废主要包括废手套、吸水纸等；放射性废液主要为去污洗涤水。

在β放射性实验室中进行的浮游植物放射性核素含量测定，主要产生放射性固体废物和放射性废液，其中放射性固废主要包括废手套、吸水纸、滤膜等；放射性废液主要为去污洗涤水。

污染源项描述：

9.2 非密封放射物质的使用

9.2.1 关键核素分析

拟建放射性同位素功能实验室项目拟使用非密封放射性物质的物理化学性质见表 9-1。

表9-1 本项目使用的非密封放射性物质的物理化学性质一览表

核素名称	放射性半衰期	主要β射线能量 (KeV)	主要γ射线能量 (KeV)	Γ照射量率常数 (R·m ² /h·Ci)	使用频次
³ H	12.33a	18.59	——	/	10次/月
¹⁴ C	6730a	156.47	——	0.6	10次/月
²² Na	2.602a	545.6	1274.55	1.21	2次/年
³² P	14.8d	1710.3	——	/	2次/年
³⁵ S	87.24d	167.47	——	/	2次/年
⁵¹ Cr	27.7d	——	320.08	0.018	2次/年
⁵⁵ Fe	2.7a	——	5.899	/	3次/年

⁵⁹ Fe	44.5d	456.78	1099.2	0.63	2次/年
⁶³ Ni	100a	65.87	—	/	2次/年
⁶⁵ Zn	244.1d	—	338.0	0.314	2次/年
⁶⁷ Cu	61.9h	390.42	184.58	0.12	2次/年
⁷³ As	80.3d	—	53.44	0.45	2次/年
⁷⁵ Se	118.5d	—	264.65	/	2次/年
¹⁰⁹ Cd	453d	—	22.16	1.13	2次/年
^{110m} Ag	249.76d	89.9	884.68	3.000	2次/年
²⁰³ Hg	46.8d	212	279.19	/	2次/年

根据表 9-1 所用放射性核素的半衰期、 Γ 照射量率常数、使用频次情况，结合厦门大学教学、科研的工作实际，本环评选取 ³H、¹⁴C、³²P、⁵⁵Fe、⁶⁵Zn 和 ¹⁰⁹Cd 作为本项目的关键核素。具体见表 9-2。

表 9-2 本项目关键核素汇总表

序号	核素名称	放射性半衰期	毒性分组	日等效最大操作量 (Bq)	Γ 照射量率常数 (R·m ² /h·Ci)	使用频次
1	³ H	12.33a	低毒	2.74×10 ⁶	/	10 次/月
2	¹¹ C	6730a	低毒	1.01×10 ⁷	0.6	10 次/月
3	³² P	14.8d	中毒	5.07×10 ⁵	/	2 次/年
4	⁵⁵ Fe	2.7a	中毒	5.07×10 ⁵	/	3 次/年
5	⁶⁵ Zn	244.1d	中毒	5.07×10 ⁵	0.314	2 次/年
6	¹⁰⁹ Cd	453d	中毒	5.07×10 ⁵	1.13	2 次/年

9.2.2 关键途径分析

本项目放射性同位素功能实验室项目放射性核素使用流程见表 9-3。

表 9-3 放射性核素使用流程

序号	核素名称	项目	简单流程	γ 射线外照射	表面污染	气体废物及处置	液体废物及处置	放射性固体废物及处置
1	^3H	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染	少量滴漏→产生放射性气溶胶→标记室通风橱、排气口活性炭吸附装置吸附→楼顶室外大气	放射性废液桶收集后，有资质单位回收处理。	①含有半衰期较长的放射性核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 、 ^{63}Ni 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物库处置。②含有半衰期较短的放射性核素 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{67}Cu 、 ^{73}As 、 ^{75}Se 、 ^{109}Cd 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{203}Hg 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，10个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置。③定期更换的活性炭，存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单
2	^{14}C	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		放射性废液桶收集后，有资质单位回收处理。	
3	^{22}Na	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		放射性废液桶收集后，有资质单位回收处理。	
4	^{32}P	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	
5	^{35}S	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	
6	^{51}Cr	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室放射性同位素功能实验室建设项目

7	^{55}Fe	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	位回收，固化处理后送城市放射性固体废物库处置。
8	^{59}Fe	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	①含有半衰期较长的放射性核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 、 ^{63}Ni 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物库处置。 ②含有半衰期较短的放射性核素 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{67}Cu 、 ^{73}As 、 ^{75}Se 、 ^{109}Cd 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{203}Hg 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜
9	^{63}Ni	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染	少量滴漏→产生放射性气溶胶→标记室通风	放射性废液桶收集后，有资质单位回收处理。	
10	^{65}Zn	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染	橱、排气口活性炭吸附装置吸附→楼顶室外大气	在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	
11	^{67}Cu	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	
12	^{73}As	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染		在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	

13	⁷⁵ Se	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染	在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	暂存在放射性废物桶中，10个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置。 ③定期更换的活性炭，存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物库处置。
14	¹⁰⁹ Cd	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染	在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	
15	^{110m} Ag	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染	在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	
16	²⁰³ Hg	浮游植物放射性核素吸收率实验	放射性药物购置→吸收实验→放射性核素检定	在放射性药物购置、吸收实验及放射性核素检定时产生的外照射	对实验仪器、地面、墙壁、实验人员手、皮肤、工作服等污染	在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。	

由关键核素分析可知，³H、¹⁴C、³²P、⁵⁵Fe、⁶⁵Zn 和 ¹⁰⁹Cd 是本次评价的关键核素，涉及到关键核素的具体操作、使用流程等是放射性污染的关键途径。

(3) 关键人群分析

由关键核素、关键途径分析，结合本项目实验室平面布置，确定本次评价的关键人群组为涉及到关键核素、关键途径操作的实验人员和周围的公众人员。即在放射性同位素多功能实验室进行实验的工作人员和周围偶尔停留的公众人员。

9.2.3 污染源项描述

本项目运行期主要污染因子是：

- (1) 放射性药品在标记、分装、运送和使用过程中发射的 γ 射线；
- (2) 放射性药品实验、检测过程中产生的 β 表面污染；
- (3) 放射性废水：放射性药品操作过程中偶尔滴漏和去污洗涤液；
- (4) 放射性固体废物：手套、吸水纸、包裹用具的塑料膜；过滤后产生的滤膜，标记、合成、淋洗放射性药物器皿、定期更换的活性炭等；
- (6) 放射性药品配制和实验过程中产生的微量放射性气溶胶。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 非密封放射性物质工作场所

本项目属于丙级非密封放射性物质工作场所，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应采取分区控制方法进行辐射防护管理和职业照射控制。本项目辐射工作场所的分区图及职业人员流动图见图 10-1。

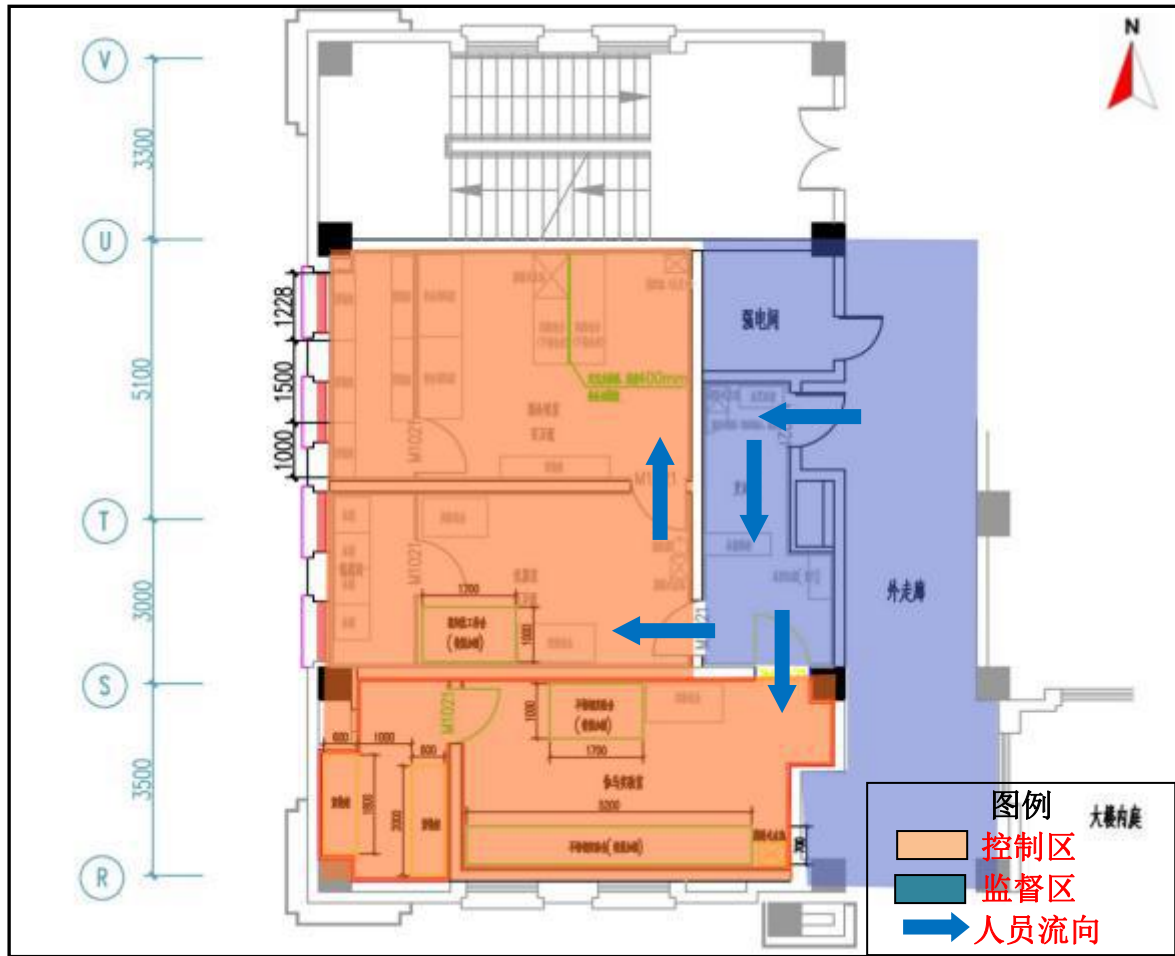


图 10-1 本项目工作场分区及职业人员流向图

本项目丙级非密封放射性物质工作场所，平面布置合理性具体分析如下：

(1) 本项目位于环境与生态学院金泉楼，周边 50m 范围内均无人员较集中的场所，避免了射线对周围公众的辐射影响。

(2) 由本项目辐射工作场所分区图（图 10-1）可知，厦门大学环境与生态学院对放射性工作场所进行了控制区、监督区的明确划分，在进出口均了设置门禁，其他无关人员无法进入，整体布局较为合理。

本项目工作场所的平面布置表明：学院考虑了项目特点和周围环境对本项目可能

存在的影响，使放射性工作场所处于金泉楼西端，公众不常到达。该实践是正当的且符合辐射防护的三原则，因此本项目平面布置较合理。

本项目丙级非密封放射性物质工作场所均采用实体防护，采取的辐射防护与屏蔽措施见表 10-1，本项目实验室拟采用防护设备具体见表 10-2。

表 10-1 本项目工作场所辐射防护与屏蔽措施一览表

功能室名称	墙	顶棚及底板	门	窗	其他
预处理室	30cm 实心砖	20cm 混凝土	/	/	两块(0.4×0.5m)2mm 铅当量玻璃防护屏
β 放射性实验室	30cm 实心砖	20cm 混凝土	/	/	两块(0.4×0.5m)2mm 铅当量玻璃防护屏
伽马实验室	30cm 实心砖+1mm 铅当量硫酸钡	20cm 混凝土	1mm 铅	/	两块(0.4×0.5m)2mm 铅当量玻璃防护屏
储藏间	30cm 实心砖+1mm 铅当量硫酸钡	20cm 混凝土	1mm 铅	/	/
标志及隔离措施	门禁隔断设置电离辐射警告标志。				
废气处置措施	预处理室设置 2 台通风柜，通风橱四周采用 2mm 厚的有机玻璃进行防护，柜内设置排风系统，风速不小于 1.0m/s，且设置活性炭过滤装置；				
废水处置措施	①含有半衰期较长的放射性核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 、 ^{55}Fe 、 ^{63}Ni 的放射性废液，放射性废液桶收集后，有资质单位回收处理。 ②含有半衰期较短的放射性核素 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{67}Cu 、 ^{73}As 、 ^{75}Se 、 ^{109}Cd 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{203}Hg 的放射性废液，在废液桶中滞留衰变 10 个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。				
固废处置措施	①含有半衰期较长的放射性核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 、 ^{55}Fe 、 ^{63}Ni 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物物库处置。 ②含有半衰期较短的放射性核素 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{67}Cu 、 ^{73}As 、 ^{75}Se 、 ^{109}Cd 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{203}Hg 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，10 个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置。 ③定期更换的活性炭，存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物物库处置。				
监测仪器防护装备	配备β表面污染测量仪器 2 台，悬挂式 α、β、γ 污染检测仪 1 台，α、β、γ 多功能辐射玷污剂量仪 1 台，个人剂量仪 5 个，铅衣、铅眼镜各 6 个。				
其他	操作人员佩戴个人剂量计；禁止工作人员在控制区和监督区进食、饮水、吸烟；工作人员离开工作场所前进行表面污染检测，并清洗双手。制定相关的规章制度。				

表 10-2 本项目实验室专用防护设备参数

序号	产品名称	规格型号	配置	备注
----	------	------	----	----

			数量	
1	放射废物储存箱	20 mmPb	10 个	内外不锈钢制，内放废液体桶（H48cm*W36cm*D23cm），上方盖子有提手，带轮子和刹车，设计合理，方便使用
2	放射废物储存箱	20 mmPb	10 个	内外不锈钢制，存放固体废物，内部尺寸建议 H40 x Ø20 cm 或容积不小于该规格的其他设计，带轮子和刹车，设计合理，方便使用
4	铅箱	20 mmPb	5 个	内径 3 cm，内部高度不小于 8 cm，配提手
5	L 型分装防护屏	40 mmPb	1 台	高密度铅玻璃（面积不小于 750 cm ² ），外形设计合理，不锈钢
6	L 型分装防护屏	20 mmPb	2 台	铅玻璃（面积不小于 750 cm ² ），外形设计合理，不锈钢包饰
9	铅胶防护制品	铅衣、铅眼镜	6 套	设计合理，方便使用，不小于 0.5mmPb 防护当量

10.2 三废的治理

本项目放射性废水、废气、固体废物主要来源海水中浮游植物对放射性吸收效率实验，放射性药物的使用过程中，相应的固态放射性废物、放射性废水、气载放射性应按照《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）的相关规定，进行治理。

（1）固态放射性废物

①含有半衰期较长的放射性核素 ³H、¹⁴C、²²Na、⁵⁵Fe、⁶³Ni 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物库处置。

②含有半衰期较短的放射性核素 ³²P、³⁵S、⁵¹Cr、⁵⁹Fe、⁶⁵Zn、⁶⁷Cu、⁷³As、⁷⁵Se、¹⁰⁹Cd、^{110m}Ag、²⁰³Hg 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，10 个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置。

③定期更换的活性炭，存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物库处置。

（2）放射性废水

①含有半衰期较长的放射性核素 ³H、¹⁴C、²²Na、⁵⁵Fe、⁶³Ni 的放射性废液，放射性废液桶收集后，有资质单位回收处理。

②含有半衰期较短的放射性核素 ³²P、³⁵S、⁵¹Cr、⁵⁹Fe、⁶⁵Zn、⁶⁷Cu、⁷³As、⁷⁵Se、¹⁰⁹Cd、^{110m}Ag、²⁰³Hg 的放射性废液，在废液桶中滞留衰变 10 个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。

(3) 放射性废气

通风柜内废气由排放系统直通屋顶高出建筑物屋脊的排放口排放，风速不小于1.0m/s，且设置活性炭过滤装置。

10.3 建设单位从事辐射活动的技术能力评价

通过现场调查，结合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证所要求的申请条件，厦门大学在各方面的执行情况见表 10-3：

表 10-3 使用放射性同位素与射线装置单位申请领取许可证条件对比表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求	单位情况	符合情况
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 名具有大专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。	厦门大学成立了辐射安全管理小组，并有 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。	符合
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。	厦门大学已安排辐射工作人员参加辐射安全和防护培训。	符合
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。	厦门大学的非密封源工作场所均设有视频监控系統，配置储源保险柜及储源铅罐。	符合
放射性同位素与射线装置使用场所有防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	非密封源工作场所出入口设置电离辐射警告标志。	符合
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。	配备β表面污染测量仪器 2 台，悬挂式α、β、γ污染检测仪 1 台，α、β、γ多功能辐射玷污剂量仪 1 台。	符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检维修制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	制定了辐射安全管理规定、安全操作规程、辐射事故应急预案、岗位职责、辐射防护措施、人员培训等制度。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	单位制定了辐射事故应急预案。	符合
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。	非密封放射性物质在通风柜内操作，通风柜风速不小于 1.0m/s，废气经排气管道通过高于本建筑屋脊的排放口排放，设置活性炭过滤器；设有废物衰变桶及废液衰变桶。	符合

综上所述，厦门大学在贯彻执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的过程中做了大量切合实际的工作，厦门大学的辐射防护基本可满足相关标准的要求，辐射管理制度合理可行。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响:

本项目放射性同位素功能实验室项目用房主体部分为厦门大学翔安校区建设项目的组成部分，其施工期环境影响分析已纳入《厦门大学翔安校区建设项目环境影响报告书》之中。并于 2008 年 12 月 17 日取得厦门市环境保护局的批复，批复文号为厦环监[2008]142 号。

11.2 运行阶段对环境的影响:

11.2.1 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，可以计算出各核素综合的日等效最大操作量。

日等效最大操作量的计算公式如下:

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

根据厦门大学提供的核素使用资料，同时根据查得的各核素的毒性因子和操作方式的修正因子。根据上述公式计算得到厦门大学 16 中核素的日等效最大操作量如表 11-1。

表 11-1 厦门大学日等效最大操作量计算表

序号	核素	毒性	日最大使用量 (Bq)	操作方式与修正因子	毒性因子	日等效操作量 (Bq)
1	³ H	低	2.74×10 ⁸	1	0.01	2.74×10 ⁶
2	¹⁴ C	低	1.01×10 ⁹	1	0.01	1.01×10 ⁷
3	²² Na	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
4	³² P	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
5	³⁵ S	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
6	⁵¹ Cr	低	5.07×10 ⁷	1	0.01	5.07×10 ⁵
7	⁵⁵ Fe	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
8	⁵⁹ Fe	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
9	⁶³ Ni	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
10	⁶⁵ Zn	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵

11	⁶⁷ Cu	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
12	⁷³ As	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
13	⁷⁵ Se	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
14	¹⁰⁹ Cd	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
15	^{110m} Ag	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵
16	²⁰³ Hg	中	5.07×10 ⁶	1	0.1	5.07×10 ⁵

由此可得工作场所各核素日等效操作量的叠加值为 1.35×10⁷Bq，为丙级非密封工作场所。参照《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于“按不同级别工作场所室内表面和装备的要求”，见表 11-2。

表 11-2 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

工作场所	地面	表面	通风柜	室内通风	管道	清污及去污设备
丙级	易清洗且不易渗透	易清洗	需要	有较好通风	一般要求	需要

因此，实验室设计上要求各放射性工作场所地面采用塑料地平，各地面光滑平整，比较容易清洗。工作台面用大理石拼接，易清洗。实验室需配备有负压通风橱，通风橱要有足够风速（一般不小于 1m/s）。通风系统需采用独立通风系统设计，各通风管道上还需装有逆止阀，保证有较好的通风，以满足丙级工作场所的管理要求。

11.2.2 理论计算公式

1、 γ 点源的空气比释动能率计算公式如下：

$$D = \frac{A \cdot \Gamma}{K \cdot r^2} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

式中：D—参考点上的剂量当量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

A— γ 点源的活度，Bq；

Γ —空气比释动能率常数， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{Bq} \cdot \text{s})$ ；

由《辐射安全手册》（潘自强主编，2011）可知各关键核素核素的空气比释动能率常数见表 11-1）；

r—考查点离点源的距离(屏蔽体外 30cm)，m。

K—减弱倍数；

$K=2^n$ 或 $K=10^n$ ；

n —半值层厚度 (HVL) 数或十值层厚度数;

^{65}Zn —铅的 HVL 为 0.47mm;

^{55}Fe —铅的 HVL 为 0.47mm (产生的 γ 辐射能量低于 ^{65}Zn , 半值层厚度小于 ^{65}Zn , 为便于计算取 0.47mm);

^{109}Cd —铅的 HVL 为 0.47mm (产生的 γ 辐射能量低于 ^{65}Zn , 半值层厚度小于 ^{65}Zn , 为便于计算取 0.47mm);

2、 β 粒子的射程及 β 粒子所致韧致辐射计算

能量为 $E(\text{MeV})$ β 粒子的射程在低 Z 物质中的射程, 可由下面经验计算公式计算, 即:

$$R = 0.412 \times E^{(1.265 - 0.0954 \times \ln E)} \quad (0.01 < E < 2.5 \text{MeV}) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

R — β 射线在低原子序数中的射程, g/cm^2 ;

能量为 $E(\text{MeV})$ β 粒子与原子序数为 Z 的屏蔽材料相互作用产生的韧致辐射在空气 r (m) 处的吸收剂量率计算公式如下:

$$\dot{D} = 4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z \times \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \times \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

D —距离放射源 r 米处的吸收剂量率;

A —放射源的活度, Bq ;

Z —屏蔽材料的原子序数;

E_b —韧致辐射的平均能量, 为入射 β 粒子最大能量的 1/3, MeV ;

$\frac{\mu_{en}}{\rho}$ —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, $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$;

公式①至③来自《辐射防护导论》。

3、有效剂量计算

由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 可知, 有效剂量的计算公式如下:

$$E = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{T,R} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

w_R ——辐射 R 的辐射权重因子; 由 GB18871-2002 附录 J 可知, 光子 (所有能量) 的辐射权重因子为 1;

w_T ——组织或器官 T 的组织权重因数; 由 GB18871-2002 附录 J 可知, 人体各组

织或器官的组织权重因数 w_T 合计为 1；

$D_{T,R}$ ——辐射 R 在器官或组织 T 内产生的平均吸收剂量，Gy；

由《辐射防护导论》（P20）可知，在辐射防护领域所关心的能量范围内，对于 X、 γ 光子或中子都可以近似的认为吸收剂量同比释动能率在数值上是相等的。空气比释动能=空气比释动能率 \times 受照时间。

本项目在实验前，放射性核素均存放在铅容器中，经铅容器的屏蔽，对周围环境的辐射很弱，放射性废物收集在铅制废物桶中，其活度相对降低，又经过铅容器的屏蔽，对周围环境的辐射更加的弱，因此，本项目不考虑废物储存间和核素储存间对周围环境的影响。

11.2.3 关键核素 ^{55}Fe 、 ^{65}Zn 和 ^{109}Cd 剂量率计算

本项目实验操作过程主要为标记、放射性药物制备及分装，海水中浮游植物吸收实验、放射性同位素含量测定。由于本项目放射性药物均存储于实验室中运送过程时间较短，因此本评价中不考虑运送过程对职业人员的辐射影响。其他各实验过程的附加剂量率根据公式①估算，结果见表 11-3，其中源活度以实际最大操作量计。

表 11-3 关键核素的附加剂量率估算结果

核素	操作过程	源活度 (Bq)	空气比释动能率常数 (Gy·m ² /Bq·s)	距离 (m)	屏蔽物质及厚度	屏蔽后的剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
^{55}Fe	标记、放射性药物制备及分装	5.07×10^6	4.80×10^{-17}	0.3	核素通风柜内，选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	1.29×10^{-3}
	植物吸收实验	5.07×10^5		0.1	选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	1.16×10^{-3}
	同位素含量测定	5.07×10^5		0.1	选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	1.16×10^{-3}
^{65}Zn	标记、放射性药物制备及分装	5.07×10^6	1.77×10^{-17}	0.3	核素通风柜内，选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	4.77×10^{-4}
	植物吸收实验	5.07×10^5		0.1	选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	4.29×10^{-4}
	同位素含量测定	5.07×10^5		0.1	选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	4.29×10^{-4}
^{109}Cd	标记、放射性药物制备及分装	5.07×10^6	2.93×10^{-18}	0.3	核素通风柜内，选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	7.90×10^{-5}
	植物吸收实验	5.07×10^5		0.1	选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	7.11×10^{-5}

同位素含量测定	5.07×10^5	0.1	选用 0.5mm 铅胶衣、铅眼镜防护	7.11×10^{-5}
---------	--------------------	-----	--------------------	-----------------------

11.2.4 关键核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{32}P 剂量率计算

(1) β 粒子的射程及 β 粒子所致韧致辐射计算

本项目关键放射性核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{32}P 的标记、放射性药物制备及分装、浮游植物吸收实验和放射性核素含量测定均在 0.5mm 铅当量防护铅衣后进行。故其辐射影响主要为实验过程对工作人员的影响。

表 11-4 各核素的 β 射线能量

序号	核素名称	β 射线最大能量 (KeV)	β 射线平均能量 (KeV)
1	^3H	18.59	6.19
2	^{14}C	156.47	52.16
3	^{32}P	1710.3	570.1

由上表可知，本项目采用有机玻璃及铅屏风等屏蔽放射性核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{32}P 产生的 β 射线，但 β 射线与物质作用会产生韧致辐射，由公式③计算得到各核素产生的韧致辐射剂量率及屏蔽后的剂量率情况见表 11-5。

表 11-5 β 辐射体与物质作用产生的韧致辐射情况

核素名称	实验过程	源活度 (Bq)	屏蔽物质原子序数	韧致辐射的平均能量 (MeV)	距离 m	空气质量能量吸收系数	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	对应的 Pb 减弱倍数	屏蔽后的剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
^3H	标记、放射性药物制备及分装	2.74×10^8	5.85	6.19×10^{-3}	0.3	2.242	7.01×10^{-2}	2.09	3.35×10^{-2}
	植物吸收实验	2.74×10^7	7.36	6.19×10^{-3}	0.1		7.93×10^{-2}	2.09	3.79×10^{-2}
	同位素含量测定	2.74×10^7	7.36	6.19×10^{-3}	0.1		7.93×10^{-2}	2.09	3.79×10^{-2}
^{14}C	标记、放射性药物制备及分装	1.01×10^9	5.85	5.22×10^{-2}	0.3	4.03×10^{-3}	3.30×10^{-2}	2.09	1.58×10^{-2}
	植物吸收实验	1.01×10^7	7.36	5.22×10^{-2}	0.1		3.74×10^{-3}	2.09	1.79×10^{-3}
	同位素含量测定	1.01×10^7	7.36	5.22×10^{-2}	0.1		3.74×10^{-3}	2.09	1.79×10^{-3}

32P	标记、放射性药物制备及分装	5.07×10 ⁶	5.85	0.570	0.3	2.97×10 ⁻³	2.87×10 ⁻⁴	2.09	1.37×10 ⁻³
	植物吸收实验	5.07×10 ⁵	7.36	0.570	0.1		1.65×10 ⁻⁵	2.09	7.89×10 ⁻⁵
	同位素含量测定	5.07×10 ⁵	7.36	0.570	0.1		1.65×10 ⁻⁵	2.09	7.89×10 ⁻⁵

11.2.5 职业人员附加年有效剂量

本项目各核素实验中浮游植物吸附实验时，通过与建设单位了解到，每批次的浮游植物对放射性同位素吸收实验所需要的时间约为 2-4 小时，其中职业人员操作时间为每批次约 10min。

①对于 ³H 放射性药物，放射性同位素功能实验室每月使用 10 次，放射性职业人员每年工作时间 120 天，每年约使用 120 次，一年内所有标记及分装工作由 3 名放射性职业人员根据课题需要轮流承担。平均每名放射性职业人员每年使用约 40 次。

②对于 ¹⁴C 放射性药物，放射性同位素功能实验室每月使用 10 次，放射性职业人员每年工作时间 120 天，每年约使用 120 次，一年内所有标记及分装工作由 3 名放射性职业人员根据课题需要轮流承担。平均每名放射性职业人员每年使用约 40 次。

③对于 ³²P、⁶⁵Zn、¹⁰⁹Cd 放射性药物，放射性同位素功能实验室每年使用 2 次，放射性职业人员每年标记、分装均为 2 次。

④对于 ⁵⁵Fe 放射性药物，放射性同位素功能实验室每年使用 3 次，放射性职业人员每年标记、分装均为 3 次。

本项目工程分析与源项中“关键核素、关键途径”、表 10-1 和建设单位提供的资料分析，各核素年有效操作时间见表 11-6。

表 11-6 本项目各关键核素职业人员年平均有效操作时间

核素	实验过程	每次有效操作时间	年平均使用次数	有效操作时间(h)	
				年平均	全年
³ H	标记、放射性药物制备及分装	40min	40	26	78
	植物吸收实验	10min		6.7	20.1
	同位素含量测定	30min		20	60
¹¹ C	标记、放射性药物制备及分装	40min	40	26	78
	植物吸收实验	10min		6.7	20.1

	同位素含量测定	30min		20	60
³² P	标记、放射性药物制备及分装	40min	2	1.3	1.3
	植物吸收实验	10min		0.3	0.3
	同位素含量测定	30min		1	1
⁵⁵ Fe	标记、放射性药物制备及分装	40min	3	2	2
	植物吸收实验	10min		0.5	0.5
	同位素含量测定	30min		1.5	1.5
⁶⁵ Zn	标记、放射性药物制备及分装	40min	2	1.3	1.3
	植物吸收实验	10min		0.3	0.3
	同位素含量测定	30min		1	1
¹⁰⁹ Cd	标记、放射性药物制备及分装	40min	2	1.3	1.3
	植物吸收实验	10min		0.3	0.3
	同位素含量测定	30min		1	1

根据厦门大学提供的资料、表 11-1~表 11-4 和式④计算，同时考虑实际职业人员实验时间不可能完全平均，因此在计算附件年有效剂量时，职业人员的年有效操作时间以平均时间的 1.5 倍计，则本项目放射性职业人员所接受的附加有效剂量如表 11-7。

表 11-7 本项目各核素放射性职业人员年附加有效剂量汇总表

核素	实验过程	附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	职业人员年 平均有效操 作时间(h)	职业人员年平 均有效剂量 (mSv)	附加年有 效剂量 (mSv)
³ H	标记、放射性药物制备及 分装	3.35×10^{-2}	26	8.71×10^{-4}	1.88×10^{-3}
	植物吸收实验	3.79×10^{-2}	6.7	2.53×10^{-4}	
	同位素含量测定	3.79×10^{-2}	20	7.58×10^{-4}	
¹¹ C	标记、放射性药物制备及 分装	1.58×10^{-2}	26	4.11×10^{-4}	4.58×10^{-4}
	植物吸收实验	1.79×10^{-3}	6.7	1.20×10^{-5}	
	同位素含量测定	1.79×10^{-3}	20	3.58×10^{-5}	
³² P	标记、放射性药物制备及 分装	1.37×10^{-3}	1.3	1.78×10^{-6}	1.88×10^{-6}
	植物吸收实验	7.89×10^{-5}	0.3	2.36×10^{-8}	
	同位素含量测定	7.89×10^{-5}	1	7.89×10^{-8}	
⁵⁵ Fe	标记、放射性药物制备及 分装	1.29×10^{-3}	2	2.58×10^{-6}	4.90×10^{-6}
	植物吸收实验	1.16×10^{-3}	0.5	5.80×10^{-7}	

	同位素含量测定	1.16×10^{-3}	1.5	1.74×10^{-6}	
^{65}Zn	标记、放射性药物制备及分装	4.77×10^{-4}	1.3	6.20×10^{-7}	1.18×10^{-7}
	植物吸收实验	4.29×10^{-4}	0.3	1.29×10^{-7}	
	同位素含量测定	4.29×10^{-4}	1	4.29×10^{-7}	
^{109}Cd	标记、放射性药物制备及分装	7.90×10^{-5}	1.3	1.03×10^{-7}	1.95×10^{-7}
	植物吸收实验	7.11×10^{-5}	0.3	2.13×10^{-8}	
	同位素含量测定	7.11×10^{-5}	1	7.11×10^{-8}	
合 计					2.34×10^{-3}

计算结果表明，本项目各关键核素实验过程中，6种关键核素实验过程附加年有效剂量累计为 $2.34 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，由于该6种关键核素的使用频次、实际最大操作量、日等效操作量在本项目使用的16种核素中较大的，因此本项目使用16种核素在实验过程中的职业人员最大附加年有效剂量为 $(2.34 \times 10^{-3}/6) \times 16 = 6.24 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，低于辐射工作人员职业照射剂量为 5mSv 的管理限值要求。

11.2.6 辐射源对周围环境公众年附加有效剂量估算

根据表 7-1 本项目的环境保护目标一览表可知，东墙外为金泉楼外走廊、南墙外为金泉楼外学校空地、西墙外为金泉楼外学校空地、北墙外为楼梯间、楼上为平台特色实验室，无地下一层，本项目操作工作场所西侧为储源间和废物间，储源间和废物吉安中的放射性核素存放于铅防护容器中，对外界基本无影响，西侧和南侧人员极少停留，东侧与公众人员活动区域存在两道防护墙隔离，因此本项目重点关注的公众人员为实验室上方的平台特色实验室公众人员。

本项目实验室层高为 4.2m ，核素操作高度以 1.0m 计，则实验室上方的公众人员与放射性物质距离 3.2m 。顶棚均为 20cm 混凝土。各关键核素中 ^{55}Fe 、 ^{65}Zn 和 ^{109}Cd 的实验过程的剂量率根据公式①估算结果见表 11-8，其中源活度以实际最大操作量计。

表 11-8 本项目各核素公众人员屏蔽后剂量率估算表

核素	操作过程	源活度 (Bq)	空气比释动能率常数 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{Bq} \cdot \text{s}$)	距离 (m)	屏蔽物质及厚度	屏蔽后的剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)
^{55}Fe	标记、放射性药物制备及分装	5.07×10^6	4.80×10^{-17}	3.2	顶棚为 20cm 混凝土	1.49×10^{-6}
	植物吸收实验	5.07×10^5		3.2	顶棚为 20cm 混凝土	1.49×10^{-7}

	同位素含量测定	5.07×10^5		3.2	顶棚为 20cm 混凝土	1.49×10^{-7}
^{65}Zn	标记、放射性药物制备及分装	5.07×10^6	1.77×10^{-17}	3.2	顶棚为 20cm 混凝土	5.49×10^{-7}
	植物吸收实验	5.07×10^5		3.2	顶棚为 20cm 混凝土	5.49×10^{-8}
	同位素含量测定	5.07×10^5		3.2	顶棚为 20cm 混凝土	5.49×10^{-8}
^{109}Cd	标记、放射性药物制备及分装	5.07×10^6		2.93×10^{-18}	3.2	顶棚为 20cm 混凝土
	植物吸收实验	5.07×10^5	3.2		顶棚为 20cm 混凝土	9.10×10^{-9}
	同位素含量测定	5.07×10^5	3.2		顶棚为 20cm 混凝土	9.10×10^{-9}

本项目关键核素中 ^3H 、 ^{11}C 、 ^{32}P 各实验过程的屏蔽物质及厚度均与其他核素一致，根据公式③两种核素屏蔽后的剂量率估算结果见表 11-9，其中源活度以实际最大操作量计。

表 11-9 β 辐射体与物质作用产生的韧致辐射情况

核素名称	实验过程	源活度 (Bq)	屏蔽物质原子序数	韧致辐射的平均能量 (MeV)	距离 m	空气质量能量吸收系数	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	对应的混凝土的减弱倍数	屏蔽后的剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
^3H	标记、放射性药物制备及分装	2.74×10^8	5.85	6.19×10^{-3}	3.2	2.242	6.16×10^{-4}	4	1.54×10^{-4}
	植物吸收实验	2.74×10^7	7.36	6.19×10^{-3}	3.2		7.74×10^{-5}	4	1.93×10^{-5}
	同位素含量测定	2.74×10^7	7.36	6.19×10^{-3}	3.2		7.74×10^{-5}	4	1.93×10^{-5}
^{14}C	标记、放射性药物制备及分装	1.01×10^9	5.85	5.22×10^{-2}	3.2	4.03×10^{-3}	2.90×10^{-4}	4	7.25×10^{-5}
	植物吸收实验	1.01×10^7	7.36	5.22×10^{-2}	3.2		3.65×10^{-6}	4	9.13×10^{-7}
	同位素含量测定	1.01×10^7	7.36	5.22×10^{-2}	3.2		3.65×10^{-6}	4	9.13×10^{-7}
^{32}P	标记、放射性药物制备及分装	5.07×10^6	5.85	0.570	3.2	2.97×10^{-3}	2.52×10^{-6}	4	6.30×10^{-6}
	植物吸收实验	5.07×10^5	7.36	0.570	3.2		1.61×10^{-8}	4	4.03×10^{-8}
	同位素含量测定	5.07×10^5	7.36	0.570	3.2		1.61×10^{-8}	4	4.03×10^{-8}

估算公众年附加有效剂量的实际为关键核素各实验过程总时间，对于本项目实验室上方的公众人员，取居留因子为 $T=1$ ，本项目公众人员年附加有效剂量见表 11-10。

表 11-10 本项目各核素公众附加有效剂量汇总表

核素	实验过程	附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年实验 时间(h)	居留 因子	附加有效剂量 (mSv)
^3H	标记、放射性药物制备及分装	1.54×10^{-4}	26	1	4.00×10^{-7}
	植物吸收实验	1.93×10^{-5}	6.7	1	1.29×10^{-7}
	同位素含量测定	1.93×10^{-5}	20	1	3.86×10^{-7}
^{11}C	标记、放射性药物制备及分装	7.25×10^{-5}	26	1	1.88×10^{-6}
	植物吸收实验	9.13×10^{-7}	6.7	1	6.12×10^{-9}
	同位素含量测定	9.13×10^{-7}	20	1	1.83×10^{-8}
^{32}P	标记、放射性药物制备及分装	6.30×10^{-6}	1.3	1	8.19×10^{-9}
	植物吸收实验	4.03×10^{-8}	0.3	1	1.21×10^{-11}
	同位素含量测定	4.03×10^{-8}	1	1	4.03×10^{-11}
^{55}Fe	标记、放射性药物制备及分装	1.49×10^{-6}	2	1	2.98×10^{-9}
	植物吸收实验	1.49×10^{-7}	0.5	1	7.45×10^{-11}
	同位素含量测定	1.49×10^{-7}	1.5	1	2.24×10^{-10}
^{65}Zn	标记、放射性药物制备及分装	5.49×10^{-7}	1.3	1	7.14×10^{-10}
	植物吸收实验	5.49×10^{-8}	0.3	1	1.65×10^{-11}
	同位素含量测定	5.49×10^{-8}	1	1	5.49×10^{-11}
^{109}Cd	标记、放射性药物制备及分装	9.10×10^{-8}	1.3	1	1.18×10^{-10}
	植物吸收实验	9.10×10^{-9}	0.3	1	2.73×10^{-12}
	同位素含量测定	9.10×10^{-9}	1	1	9.10×10^{-12}

计算结果表明，本项目各关键核素实验过程中，标记、放射性药物制备及分装过程公众附加年有效剂量为 $2.88 \times 10^{-6} \text{mSv}$ ；植物吸收实验过程公众附加年有效剂量为 $1.35 \times 10^{-7} \text{mSv}$ ；同位素含量测定过程公众附加年有效剂量为 $4.04 \times 10^{-7} \text{mSv}$ ，可以看出本项目各实验过程的公众附加年有效剂量最大为标记、放射性药物制备及分装过程。由于 5 种关键核素的使用频次、实际最大操作量、日等效操作量在本项目使用的 16 种核素中较大的，因此本项目实践对公众的最大附加年有效剂量为 $(3.42 \times 10^{-6}/6) \times 16 = 9.12 \times 10^{-6} \text{mSv}$ ，低于公众照射剂量为 0.25mSv 的管理限值要求。

11.2.8 β 表面污染

根据表 9-1，本项目使用的放射性核素衰变发射 β 射线的核素会产生少量的 β 表面污染，由于射线能量极低，只要采用相应的防护措施并配备相应的仪器检测，对受污染的手、皮肤、内衣、工作袜、设备、墙壁、地面经采取适当的去污措施，及时清洗，其表面污染水平将不会超过表 7-2 中所列数值，对职业人员和公众人员基本没有影响。

11.2.9 放射性固体废物对环境的影响

(1) 含有半衰期较长的放射性核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 、 ^{63}Ni 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物库处置。

(2) 含有半衰期较短的放射性核素 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{67}Cu 、 ^{73}As 、 ^{75}Se 、 ^{109}Cd 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{203}Hg 废药瓶，手套、一次性垫纸，包裹用具的塑料膜，检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中，10 个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置。

(3) 定期更换的活性炭，存在放射性废物桶中，收集到一定量后由有资质单位回收，固化处理后送城市放射性固体废物库处置。

11.2.10 放射性废水

(1) 含有半衰期较长的放射性核素 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 、 ^{63}Ni 的放射性废液，放射性废液桶收集后，有资质单位回收处理。

(2) 含有半衰期较短的放射性核素 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{51}Cr 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{67}Cu 、 ^{73}As 、 ^{75}Se 、 ^{109}Cd 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{203}Hg 的放射性废液，在废液桶中滞留衰变 10 个半衰期以上，排入厦门大学翔安校区污水处理站，后进入城市污水管网。

事故影响分析

1. 事故分析

非密封放射性物质事故状态下，放射性药品不慎溅洒，对职业人员会产生 γ 外照射和 β 表面污染。职业人员应加强安全管理，熟悉操作规程，若有溅洒，应立即用酒精棉擦拭，用水清洗工作台，直到表面污染监测结果达标。事故处理过程中会产生少量含放射性的固废和清洗废水。

2. 事故风险防范措施

- ① 与当地环保部门密切配合，加强环境剂量和放射性的监督检测。
- ② 不断完善放射性事故应急预案，在项目运行过程中的适当时候进行演习。
- ③ 工作人员按要求穿戴铅衣、铅手套等防护用品，以尽量减少所受的辐射照射。

④ 操作人员均须经培训合格后上岗，严格按照仪器操作程序进行，防止事故照射的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。

⑤ 一旦发生辐射事故，即时启动辐射事故处理应急方案。

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

厦门大学应根据环境保护部令第 3 号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定以及本项目非密封源工作场所的分级所对应的分类管理要求，成立辐射安全与环境保护管理机构，并对各委员职责作出明确规定，明确辐射防护小组各有关人员的管理职责，加强辐射防护监督管理。

拟开展项目投入试运行后，厦门大学应根据自身实际制定和完善相应规章制度。

12.2 辐射安全管理规章制度

厦门大学针对本项目实验室已制定《放射工作人员个人计量管理制度》、《放射性药物与核医学实验室安全卫生管理制度》，《放射性药物与核医学实验室操作规程》、《放射性药物与核医学实验室规则》、《放射性药物与核医学实验室准入制度》、《非密封放射性物质台账》、《辐射安全管理办法》，见附件 7~附件 13。厦门大学还应制定《仪器维护与保养制度》、《放射性药物与核医学实验室放射性污染的紧急处理及报告制度》等相关的辐射安全制度。同时应补充制定非密封放射性物质的购买、使用、处置记录；放射性废物产生、处置记录等规章制度，明确各辐射相关科室的辐射安全防护制度和岗位责任，防止放射性污染扩散，避免工作人员和公众受到意外照射，确保周围辐射环境的安全。

厦门大学还应制定放射工作人员辐射安全健康管理制度，补充制订《职业健康检查与档案管理制度》、《个人剂量监测与档案管理制度》等。建立个人剂量以及上岗资格证与场所监测记录等辐射安全档案。

12.3 辐射监测

本项目应按照《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》(环境保护部 18 号部令，2011 年)的规定，制定完善的监测计划和监测方案。监测方案包括个人剂量监测、工作场所监测及其记录档案等相关内容，对射线装置的安全和防状况进行年度评估，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。

12.3.1 个人剂量监测

厦门大学应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，为辐射工作人员配备个人剂量仪，同时应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量仪，并进行个人剂量监测（1 次/1 季度）和职业健康体检（1 次/2 年），建立个人剂量档案盒职业健康

监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。

12.3.2 辐射工作场所周围环境防护监测

表 12-1 辐射工作场所周围环境监测内容

项目名称	监测因子	监测位置	备注
厦门大学小动物同位素功能实验室	X-γ辐射剂量率	预处理室、β放射性实验室、伽马实验室、实验室周围环境等	
	β表面污染	在预处理室、β放射性实验室、伽马实验室、铅废物桶表面、通风橱、墙壁、工作人员皮肤、手、工作人员工作服	

①厦门大学放射性同位素多功能实验室建设项目工作场所及周边环境进行 X-γ辐射剂量率、β表面污染监测点位设置及监测频次见表 12-2。

表 12-2 X-γ辐射剂量率、β表面污染监测点位及监测频次

监测项目			γ 辐射剂量率			β 表面污染	
序号	监测位置	工况	监测点位描述	监测结果	备注	监测结果	备注
1	预处理室		操作位		两年一次		选取一个具有代表性点，一天测量一次
2			工作台面				
3			西侧墙外				
4			南侧墙外				
5			正上方				
6			地板				
7			工作人员皮肤、手				
8			工作人员工作服				
9	β放射性实验室		操作位		两年一次		选取一个具有代表性点，一天测量一次
10			工作台面				
11			南侧墙外				
12			正上方				
13			地板				
14			工作人员皮肤、手				
15			工作人员工作服				
16	伽马实验室		工作台面		两年一次		选取一个具有代表性点，一天测量一次
17			南侧墙外				
18			正上方				
19			地板				
20			工作人员皮肤、手				

21			工作人员工作服			
----	--	--	---------	--	--	--

②废液桶放射性废液排放口监测

厦门公共卫生学院应对放射性废液桶排放口设置监测点位，对放射性污染总β排放浓度进行监测。监测点位设置及监测频次见表 12-3。

表 12-3 排放口监测点位及监测频次

监测项目			衰变池出口 总β		
序号	设备名称	工况	监测点位描述	监测结果 (单位:)	备注
1	放射性废液桶		废液桶监测点		一年二次

12.4 辐射事故应急

厦门大学已制定《厦门大学辐射事故（件）应急预案》（见附件 6），应定期、具有针对性的对可能发生的放射事故进行演练，演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性。在发生辐射事故时，能够立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，及时向当地人民政府环境保护主管部门报告，同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

12.5 建设项目竣工环境保护验收一览表

建设项目竣工环境保护验收项目一览表见表 12-4。

表 12-4 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

编号	验收项目	验收内容	验收标准及要求
1	辐射防护措施	①厦门大学放射性同位素功能实验室建设项目（主要包括预处理室、β放射性实验室、伽马实验室、储源室、铅废物桶表面、废液桶表面、有铅屏风屏蔽的冰箱表面等位置设置电离辐射警示标志。 ②购置铅衣、铅帽、铅制放射性废物桶、小型铅纸盒等个人防护用品以及专用去污用品。 ③配置 X-γ剂量监测仪、β表面污染监测仪。 ④职业人员配备热释光个人剂量片。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)相关规定。
2	管理制度	①《辐射防护和安全制度》。 ②《职业健康检查与档案管理制度》。 ③《个人剂量监测与档案管理制度》。 ④《放射性药品登记、保管制度》。 ⑤《职业人员的辐射安全与防护培训和再培训制度》。 ⑥《辐射事故应急处理预案》以及其演练记录。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)相关规定。

		⑦《日常监测记录》。	
3	环境监测	厦门大学放射性同位素功能实验室建设项目周围环境 γ 辐射剂量率、 β 表面污染监测。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)职业照射、公众照射限值等相关规定和《污水综合排放标准》(GB8978-1996)的相关规定。
4	放射性固体废物处理	<p>①含有半衰期较长的放射性核素 ^3H、^{14}C、^{22}Na、^{63}Ni 废药瓶,手套、一次性垫纸,包裹用具的塑料膜,检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中,收集到一定量后由有资质单位回收,固化处理后送城市放射性固体废物库处置。</p> <p>②含有半衰期较短的放射性核素 ^{32}P、^{35}S、^{51}Cr、^{59}Fe、^{65}Zn、^{67}Cu、^{73}As、^{75}Se、^{109}Cd、$^{110\text{m}}\text{Ag}$、^{203}Hg 废药瓶,手套、一次性垫纸,包裹用具的塑料膜,检定后含有放射性核素的滤膜暂存在放射性废物桶中,10个半衰期以上,作为一般医疗垃圾处置。</p> <p>③定期更换的活性炭,存在放射性废物桶中,收集到一定量后由有资质单位回收,固化处理后送城市放射性固体废物库处置。</p>	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)有关规定。
5	放射性废水处理	<p>①含有半衰期较长的放射性核素 ^3H、^{14}C、^{22}Na、^{63}Ni 的放射性废液,放射性废液桶收集后,有资质单位回收处理。</p> <p>②含有半衰期较短的放射性核素 ^{32}P、^{35}S、^{51}Cr、^{59}Fe、^{65}Zn、^{67}Cu、^{73}As、^{75}Se、^{109}Cd、$^{110\text{m}}\text{Ag}$、^{203}Hg 的放射性废液,在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上,排入厦门大学翔安校区污水处理站,后进入城市污水管网。</p>	
6	放射性废气处理	通风柜内废气由排放系统直通屋顶高出建筑物屋脊的排放口排放,风速不小于1.0m/s,且设置活性炭过滤装置。	

表 13 结论与建议

结论:

厦门大学根据环境与生态学院教学科研和实际工作的需要,拟在环境与生态学院金泉楼一层新建放射性功能实验室。放射性功能实验室拟设置预处理间、β放射性实验室、α放射性实验室,用于对海水中浮游植物对放射性核素的吸收率进行研究。拟使用 Cr-51、As-73、Ag-110m、Fe-55、Hg-203、Cd-109、Fe-59、Zn-65、P-32、C-14、Cu-67、Na-22、Se-75、H-3、S-35、Ni-63 共计 16 种放射性核素,为乙级工作场所,购置液体闪烁计数器对浮游植物中含有的放射性核素的吸收量进行测定。

(1) 辐射环境质量现状调查分析

项目评价区内γ辐射剂量率现状监测值在 0.14~0.18μSv/h 之间,处于福建省区域原野辐射环境正常背景值(25.9~334.3 nGy/h,据《中国环境天然放射性水平》)范围内,项目周围辐射环境现状质量较好,基本未受到辐射影响。β表面污染在 0.030~0.047Bq/cm² 之间,各工作场所均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)关于工作场所放射性表面污染控制水平中控制区和监督区的工作台、设备、墙壁、地面的β表面污染控制标准,工作场所的β表面污染均达到 0.8Bq/cm² 的清洁解控水平。

(2) 辐射安全与防护措施评价

项目采取的辐射环境管理措施:公司设立专门的辐射安全与环境保护管理机构,并建立完善的规章制度,落实安全、保卫、环保等措施,制定了辐射事故应急预案等。

采取的污染防治措施:各工作场所有满足辐射屏蔽要求的防护墙、防护门、观察窗等;门口设置明显的电离辐射警示标识、照射指示灯,辐射工作人员佩带个人剂量计等。非密封放射性物质工作场所的布局及防护设施等满足《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)等标准的相关要求。

从总体上看,项目的辐射环境保护和污染防治措施考虑到了辐射管理、屏蔽防护、安全保卫等各个方面,满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)中的有关要求。

(4) 辐射环境影响预测分析

根据影响预测及类比监测结果进行估算剂量,本项目运行后对工作人员职业照射的最大附加年有效剂量值低于管理限值 5mSv;对公众照射的最大附加年有效剂量值

低于管理限值 0.25mSv，且均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）的要求。

综上所述，厦门大学放射性同位素功能实验室项目，符合“实践的正当性”要求。非密封放射性物质工作场所的防护设计合理，辐射管理中的各项规章制度和防护措施较健全。只要切实落实并严格执行本评价中所提出的辐射管理、辐射防护、事故应急等各项措施，严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）中的有关规定进行管理，其运行后对放射工作人员和公众及其周围环境造成的辐射污染影响较小。因此，从辐射环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

建议和承诺：

（1）对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，应尽快落实。在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。项目运行后，进行自主验收。

（2）加强对辐射工作场所的管理，每年必须对辐射设施及周围环境进行定期监测和评估，并及时上报环保部门备案。

（3）公司应尽快安排放射工作人员参加辐射安全与防护培训学习，且要求取得合格证，考核不合格的不得上岗。

（4）建设单位若未来如需增加本报告表所涉及之外的放射性核素，则应按要求向有关环保部门进行申报，并按污染控制目标采取相应的辐射防护措施。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公 章

经办人

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人

年 月 日

附件 1 委托书

委 托 书

核工业二七〇研究所：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护分类管理名录》等相关法律法规的规定和福建省环保厅的相关规定，厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室放射性同位素示踪功能实验室建设项目需做辐射环境影响评价报告表，特委托贵单位承担该项目的环境影响评价工作。

根据该项目环境影响评价的需要，我单位将提供项目有关文件、技术资料和协助现场踏勘。

有关该项目环境影响评价的其它事宜，由双方共同协商解决。



附件 11 环评机构备案情况



福建省环境保护厅
Fujian Provincial Department of Environmental Protection

2017年3月10日 星期五 福州: 夜间: 小雨 夜间低温: 12°C

当前位置: 首页 > 政务公开 > 环评审批 > 管理动态

备案省外环评机构汇总表(截至2017年3月6日)

发布时间: 2017-03-06 点击数: 202 字号: T | T

备案省外环评机构汇总表 (截至2017年3月6日, 排名不分先后)

序号	机构名称	证书编号	评价范围	资质有效期 (备案有效期)	备注
36	浦华环保股份有限公司	国环评证 乙字第1027号	环境影响报告书乙级类别—化工石化医药; 社会服务***环境影响报告表类别—一般项目***	2017年1月1日 至2020年12月 31日	闽环保评〔2014〕64号 文责令其限期整改至 2015年11月30日。
37	核工业二七〇研究所	国环评证 乙字第2316号	环境影响报告书乙级类别—交通运输; 输变电及广电通讯***环境影响报告表类别—一般项目; 核与辐射项目***	2016年12月15 日至2020年12 月14日	
38	交通运输部水运科学研究所	国环评证 甲字第1017号	环境影响报告书甲级类别—交通运输*** 环境影响报告书乙级类别—社会服务*** 环境影响报告表类别—一般项目***	至2019年 1月23日	

建设项目环评审批基础信息表

填表单位（盖章）：		厦门大学				填表人（签字）：		项目经办人（签字）：				
建设 项目	项目名称	厦门大学放射性同位素功能实验室建设项目				建设内容、规模		（建设内容： ²²⁶ Rn密封场所，PST-MR， ⁶⁰ Co 规模：— 计量单位：台）				
	项目代码 ¹											
	建设地点	厦门市翔安区翔安南路厦门大学翔安校区环境与生态学院										
	项目建设周期（月）					计划开工时间	2018年1月					
	环境影响评价行业类别	198、核技术利用建设项目				预计投产时间	2018年2月					
	建设性质	新建（迁、建）				国民经济行业类型 ²						
	现有工程排污许可证编号（改、扩建项目）					项目申请类别						
	规划环评开展情况					规划环评文件名						
	规划环评审查机关					规划环评审查意见文号						
	建设地点中心坐标 ³ （非线性工程）	经度	118.315217	纬度	24.607281	环境影响评价文件类别	环境影响报告表					
	建设地点坐标（线性工程）	起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度		工程长度（千米）		
	总投资（万元）	120.00				环保投资（万元）	30.00		所占比例（%）	25.00%		
建设 单位	单位名称	厦门大学		法人代表	朱崇实		评价 单位	单位名称	核工业二七〇研究所		证书编号	国环评证乙字第2316号
	统一社会信用代码（组织机构代码）			技术负责人	林老师			环评文件项目负责人	谢龙军		联系电话	18070499955
	通讯地址	厦门市思明南路422号		联系电话	15306006941			通讯地址	江西省南昌县莲西路508号			
污 染 物 排 放 量	污染物	现有工程 （已建+在建）		本工程 （拟建成调整变更）		总体工程 （已建+在建+拟建成调整变更）				排放方式		
		①实际排放量 （吨/年）	②许可排放量 （吨/年）	③预测排放量 （吨/年）	④“以新带老”削减量 （吨/年）	⑤区域平衡替代本工程 削减量（吨/年）	⑥预测排放总量 （吨/年）	⑦排放增减量 （吨/年）				
	废水	废水量(万吨/年)					0.000	0.000	<input type="radio"/> 不排放 <input type="radio"/> 间接排放： <input type="checkbox"/> 市政管网 <input type="checkbox"/> 集中式工业污水处理厂 <input type="radio"/> 直接排放： 接纳水体_____			
		COD					0.000	0.000				
		氨氮					0.000	0.000				
		总磷					0.000	0.000				
		总氮					0.000	0.000				
	废气	废气量（万标立方米/年）					0.000	0.000	/			
		二氧化硫					0.000	0.000	/			
		氮氧化物					0.000	0.000	/			
颗粒物						0.000	0.000	/				
挥发性有机物						0.000	0.000	/				
项目涉及保护区 与风景名胜区的 情况	影响及主要措施		名称	级别	主要保护对象 （目标）	工程影响情况	是否占用	占用面积 （公顷）	生态防护措施			
	生态保护目标								<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）			
	自然保护区								<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）			
	饮用水水源保护区（地表）				/				<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）			
	饮用水水源保护区（地下）				/				<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）			
风景名胜区				/				<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）				

注：1、国民经济部门审核发的唯一项目代码
 2、分类依据：国民经济行业分类（GB/T 4754-2011）
 3、对多点项目仅提供主体工程的中心坐标
 4、指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减量
 5、②=③-④-⑤，⑥=②-④+⑤