

# 核技术利用建设项目

## 放射性实验室同位素应用项目 环境影响报告表

福州大学

2019年5月

环境保护部监制

表 1 项目概况

建设项目名称		福州大学放射性实验室同位素应用项目			
建设单位		福州大学			
法人代表	付贤智	联系人	吴再生	15705935729	
注册地址		福州市闽侯县大学新区学園路 2 号			
项目建设地点		福州大学国家大学科技园阳光科技大厦北 602 室			
立项审批部门		福建省发展和改革委员会	批准文号	闽发改备[2018]K000058 号	
建设项目总投资(万元)		200	项目环保投资(万元)	60	投资比例(环保投资/总投资) 30.00%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它	占地面积(m <sup>2</sup> )		
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 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					
<p><b>1.1 建设单位情况</b></p> <p>福州大学是国家“211 工程”重点建设高校，福建省人民政府与国家教育部共建高校。创建于 1958 年，现已发展成为一所以工为主、理工结合，理、工、经、管、文、法、艺等多学科协调发展的重点大学。</p> <p>学校拥有福州旗山、怡山、铜盘和厦门集美、鼓浪屿以及泉州泉港、晋江等多个校区，占地 7000 余亩。办学主体位于福州地区大学新区旗山校区，现有公共用房总面积 123 余万平方米，运动场地 14 余万平方米。固定资产总值 33 亿余元，其中教学科研仪器设备值 10 亿余元。图书馆藏书 322 万余册，电子图书 227 万册，所属网络中心实验室是中国教育和科研计算机网福州主节点。</p> <p>学校大力开展对外合作交流，与清华大学、北京大学、中国人民大学等知名高校、</p>					

科研院所建立了良好的校际、校所协作关系，并与美、英、日、德、意、加、澳等国家和港澳台地区的 140 多所高校建立了校际合作关系。积极开展中外科教文化交流，是中国政府奖学金留学生接收院校，目前已面向近 30 个国家招收来华留学生，聘请了 50 余名海外专家学者长期在校任教，并建立了国内首个西方文献典籍中心—“西观藏书楼”。现有中外合作项目 3 个，各类学生长短期访学项目 40 多个，涵盖本科、硕士、博士等高等教育层次。对台交流向纵深发展，交流规模日益扩大，现为闽台合作办学国家改革试点重点项目单位。学校已成为福建省与国际及台、港、澳地区科教文化交流的一个重要窗口。

福州大学肿瘤转移的预警和预防研究所隶属于福州大学，福州大学肿瘤转移的预警和预防研究所（CMAPC）聚集了药学学科的优秀人才，建立了生物化学研究室、分子细胞学研究室、肿瘤药理学研究室、细胞培养-分选工作站、药化合成室、植物和海洋药物研究室、生物纳米制剂室、药物分析、药代动力学、生物分析化学室，涵盖了药学领域的全部分支，构成了我校省级药学重点学科的核心，开辟了多门与现代生物医药研发相关的课程。

## 1.2 建设目的及规模

福州大学放射性实验室同位素应用项目由福州大学肿瘤转移的预警和预防研究所具体实施，福州大学肿瘤转移的预警和预防研究所围绕恶性肿瘤预防与治疗等重大领域，积极开展生物学、药学、化学等基础研究工作。

福州大学拟在福州大学国家大学科技园阳光科技大厦北 602 室设立放射性实验室以便建设核素（同位素）相关研究技术平台，主要利用  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$  等核素对细胞生物学、分子生物学进行研究。实验室拟配置美国 GE 公司生产的型号为 GE Amersham Typhoon 的多功能激光扫描成像仪，仪器主要用于敏感、定量的蛋白印迹检测、多重荧光（可见光区和近红外激发）、2-D DIGE、同位素标记检测、以及比色法染色（如考染和银染胶成像）等应用。

本项目已在福建省发展和改革委员会进行备案，备案文号为闽发改备[2018]K000058 号，项目编号为 2018-350121-82-03-067007，详见附件 2。

福州大学此次环评情况详见表 1-1。

表 1-1 福州大学此次环评情况一览表

序号	放射性同位素	年使用量 (Bq/a)	日最大等效操作量 (Bq)	所在场所	管理类别
1	$^3\text{H}$	$1.85 \times 10^7$	$1.85 \times 10^3$	放射性实验室	丙级场所
2	$^{14}\text{C}$	$1.85 \times 10^7$	$1.85 \times 10^3$		
3	$^{32}\text{P}$	$1.11 \times 10^9$	$3.7 \times 10^5$		

### 1.3 项目选址和周边环境概况

福州大学位于福建省福州市闽侯县大学新区学园路 2 号,项目区域位置图见图 1-1。



图 1-1 放射性实验室同位素应用项目所在区域图

放射性实验室同位素应用项目拟建在福州大学国家大学科技园阳光科技大厦北 602 室，福州大学国家大学科技园阳光科技大厦大楼北为空地、东北侧拟建 9#楼、东侧为 8#号楼、南侧为广场、西侧福建中海创集团研究院办公楼，该项目周边环境关系图见图 1-2。

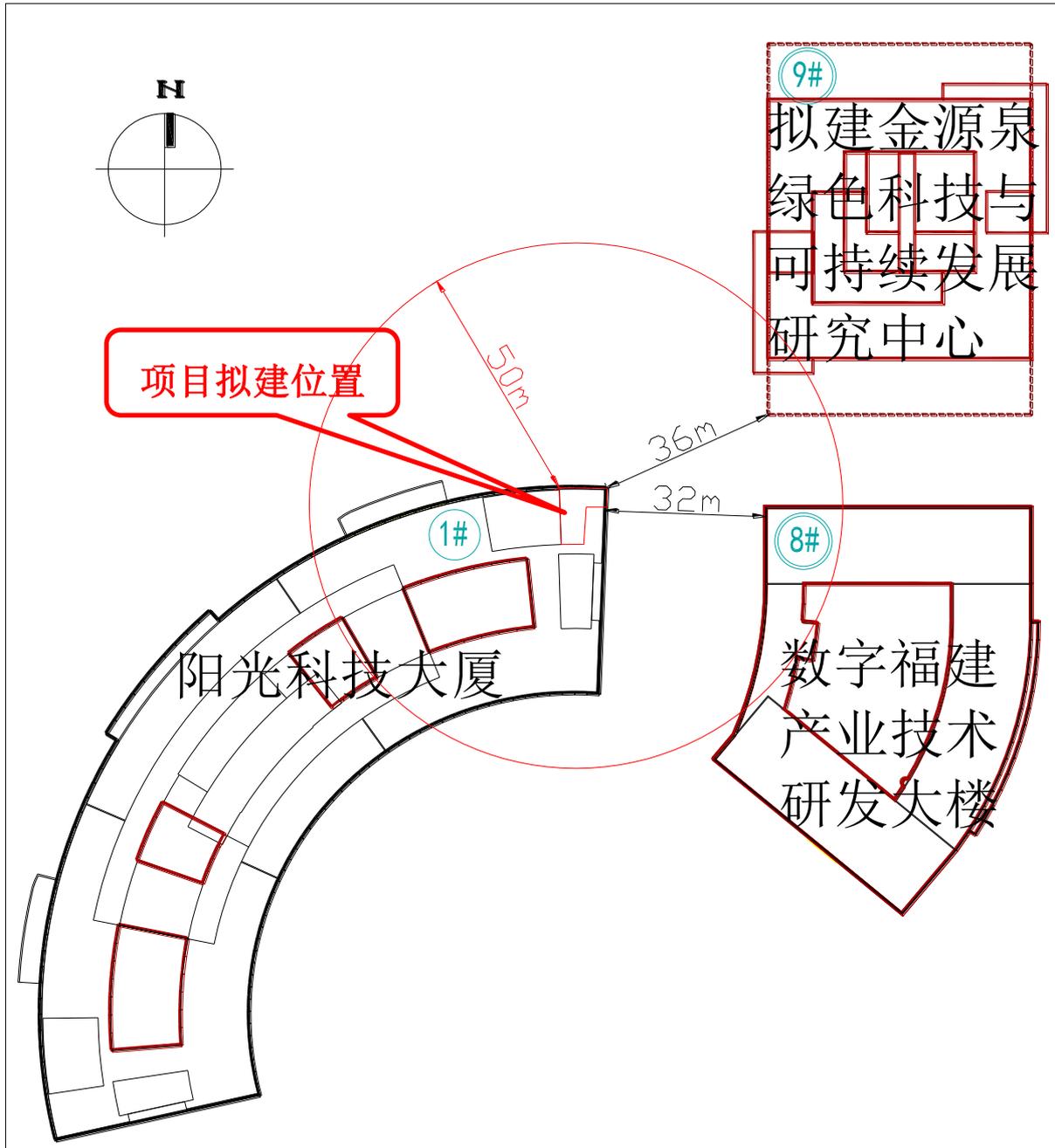


图 1-2 放射性实验室同位素应用项目周边环境关系图

放射性实验室北 602 北侧临空、东侧为自习室、南侧为过道、西南侧隔过道为博士办公区、西侧为楼梯、楼下为产学研协作研究室、楼上为逆向工程研究室。

#### 1.4 环境保护目标

该项目保护目标为从事核技术实验的工作人员和项目应用场所周围其他非辐射工作人员（阳光科技大楼其他工作人员、东侧约 32 米 8#楼、东北侧约 36 米 9#楼）。

#### 1.5 实践正当性分析

同位素技术具有投资少、见效快、收益大、耗能少的特点，它具有灵敏、准确、迅速和使用方便等优点，可以帮助人们解决用其他方法无法解决的特殊疑难问题，已在现实生活及生产中得到了广泛的应用。福州大学拟在福州大学国家大学科技园阳光科技大厦北 602 室设置放射性实验室用于细胞生物学、分子生物学进行研究，符合高校实验教学需要，能有效提高高校科研水平。

因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

#### 1.6 任务由来

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，使用丙级非密封放射性物质工作场所的单位应当在申请许可证前编制环境影响评价文件。受福州大学委托（委托书见附件一），核工业二七〇研究所承担该项目环境影响评价，核工业二七〇研究所接受委托后，组织了工程技术人员进行现场踏勘与调查，充分收集了有关资料，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。

#### 1.7 原有核技术应用概况

福州大学暂无核技术应用项目。



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	<sup>3</sup> H	半衰期： 12.33a，液态，低毒组	使用	$1.85 \times 10^5$	$1.85 \times 10^3$	$1.85 \times 10^7$	实验研究	简单操作	福州大学国家大学科技园阳光科技大厦北 602 室	实验室通风柜或铅罐内
2	<sup>14</sup> C	半衰期： 5692a，液态，低毒组	使用	$1.85 \times 10^5$	$1.85 \times 10^3$	$1.85 \times 10^7$	实验研究	简单操作		
3	<sup>32</sup> P	半衰期： 14.26d，液态，中毒组	使用	$3.7 \times 10^6$	$3.7 \times 10^5$	$1.11 \times 10^9$	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
以下无内容										

(二) X射线机，包括工业检测、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
以下无内容									

(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 ( $\mu$ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
以下无内容													

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废水（废弃溶液、洗涤废水等）	液态	$^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$	/	/	/	/	废液桶	吸水纸固化处理，送城市放射性废物库处置
	液态	$^{32}\text{P}$	/	/	/	/	废液桶	在废液桶中滞留衰变10个半衰期以上，经监测合格，排入福州大学污水处理站，后进入城市污水管网
手套、一次性垫纸（注射台上）、注射器、吸水纸、包裹用具的塑料膜、标记物	固态	$^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$	/	/	/	/	放射性废物桶	送城市放射性废物库处置
	固态	$^{32}\text{P}$	/	/	/	/	放射性废物桶	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	$^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$	/	/	/	/	/	通风橱送至楼顶直接进入大气

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<sup>3</sup>；年排放总量用kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m<sup>3</sup>）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》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》自 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》2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国大气污染防治法》2016 年 1 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》国务院令第 449 号，自 2005 年 12 月 1 日起施行。根据 2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》修订。</p> <p>(6) 《建设项目环境保护管理条例》中华人民共和国国务院令第 682 号，自 2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布；根据 2008 年 11 月 21 日环境保护部 2008 年第二次部务会议通过的《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》修正；根据 2017 年 12 月 12 日环境保护部第五次部务会议通过的《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部第 18 号令，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》，环境保护部令第 44 号；《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，于 2018 年 4 月 28 日经生态环境部第 3 次部务会议通过，自 2018 年 4 月 28 日起施行；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，原国家环保总局，环发[2006]145 号；</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 3 月 23 日经卫生部部务会议讨论通过，自 2007 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《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>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016);</p> <p>(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);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)。</p>
<p>其 他</p>	<p>项目相关文件</p> <p>(1) 福州大学环境影响评价委托书。</p> <p>(2) 福州大学辐射安全培训证书等;</p> <p>(3) 福州大学辐射相关规章制度等。</p>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价原则

此次评价遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 4.3 的辐射防护“三原则”

- (1) 实践的正当性；
- (2) 剂量限值和潜在照射危险限值；
- (3) 防护与安全的最优化。

### 7.2 评价内容及目的

- (1) 对项目施工期和运行期的非辐射环境影响进行评价分析。
- (2) 对项目拟建地址进行辐射环境质量本底现状监测，以掌握场所及周围的辐射环境质量本底现状水平，并对项目进行辐射环境影响预测评价。
- (3) 对不利影响提出防治措施，把辐射影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”。
- (4) 满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

### 7.3 评价范围

按照 HJ10.1-2016《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》的规定，并结合项目特点，确定辐射环境评价范围为该项目核技术应用场所周围 50m 的区域。

### 7.4 评价重点

根据本项目的特点和国家标准及要求，本次评价的重点是福州大学放射性实验室拟购入使用的  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$  等核素产生的电离辐射与表面污染对周围环境敏感点、职业人员以及公众的影响，分析论证上述实验室设计是否满足辐射防护的需要，并对上述核素的使用提出应采取的辐射管理和防护措施。

### 7.5 保护目标

该项目保护目标为从事核技术实验的工作人员和项目应用场所周围其他非辐射工作人员（阳光科技大楼其他工作人员、东侧约 32 米 8#楼、东北侧约 36 米 9#楼）。

表 7-1 各保护目标与项目关系一览表

保护目标	方位	距离 (m)	人数
项目所在大楼内其他非辐射工作人员	/	/	约 50 人
8#楼	东	32	约 150 人
9#楼	东北	36	约 100 人

## 7.6 评价标准

### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

① 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。

#### 关于公众照射：

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

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。

同时，应对剂量限制进行约束，约束值通常应在公众照射剂量限值 10%-30%（即 0.1mSv/a-0.3mSv/a 范围之内）。

#### 关于职业照射：

应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

b) 任何一年中的有效剂量 50mSv。

本项目公众年有效剂量取 GB18871-2002 中年有效剂量的 10%即 0.1mSv/a 作为公众照射剂量限值的管理限值；工作人员职业照射年有效剂量取 GB18871-2002 中年有效剂量的 25%，即 5mSv/a 作为工作人员职业照射剂量限值的管理限值。

### ② 表面放射性污染的控制

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

#### B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表 7-2 所列。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		B 放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> )
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-1</sup>

1) 该区内的低污染子区除外

③ 非密封源工作场所的分级应按附录C（标准的附录）的规定进行。

C1 应按表 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。

$$\text{放射性核素日等效最大操作量} = \frac{\text{日实际操作量} \times \text{放射性核素毒性组别修正因子}}{\text{操作方式与放射源状态修正因子}}$$

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	>4×10 <sup>9</sup>
乙	2×10 <sup>7</sup> —4×10 <sup>9</sup>
丙	豁免活度值以上—2×10 <sup>7</sup>

表 7-4 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

④ 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 10ALlmin；

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

(2) 《放射性废物的分类》（GB9133-1995）

根据《放射性废物的分类》（GB9133-1995）规定：

5 放射性液体废物的分级

5.1 第Ⅰ级（低放废液）：浓度小于或等于  $4 \times 10^6 \text{Bq/L}$ 。

5.2 第Ⅱ级（中放废液）：浓度大于  $4 \times 10^6 \text{Bq/L}$ ，小于或等于  $4 \times 10^{10} \text{Bq/L}$ 。

5.3 第Ⅲ级（高放废液）：浓度大于  $4 \times 10^{10} \text{Bq/L}$ 。

6 放射性固体废物的分级

6.2.1 含有半衰期小于或等于 60d（包括核素碘-125）的放射性核素的废物，按其放射性比活度水平分为二级。

6.2.1.1 第Ⅰ级（低放废物）：比活度小于或等于  $4 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ 。

6.2.1.2 第Ⅱ级（中放废物）：比活度大于  $4 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ 。

**(3)《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）。**

**参考资料：**

1) 根据《福建省环境状况公报》（2017年）中数据显示：全省环境地表  $\gamma$  辐射处于当地天然本底水平涨落范围内，其中辐射环境自动监测站实时连续空气吸收剂量率小时均值范围为 66.1~193.6 纳戈瑞/小时。

表 8 环境质量和辐射现状

## 8.1 项目地理和场所位置

福州大学位于福建省福州市闽侯县大学新区学园路 2 号，地理位置图详见附图 1。

放射性实验室同位素应用项目拟建在福州大学国家大学科技园阳光科技大厦北 602 室，福州大学国家大学科技园阳光科技大厦大楼北为空地、东北侧拟建 9#楼、东侧为 8#号楼、南侧为广场、西侧福建中海创集团研究院办公楼。

放射性实验室北 602 北侧临空、东侧为自习室、南侧为过道、西南侧隔过道为博士办公区、西侧为楼梯、楼下为产学研协作研究室、楼上为逆向工程研究室，放射性实验室同位素应用项目场所位置图见图 8-1。

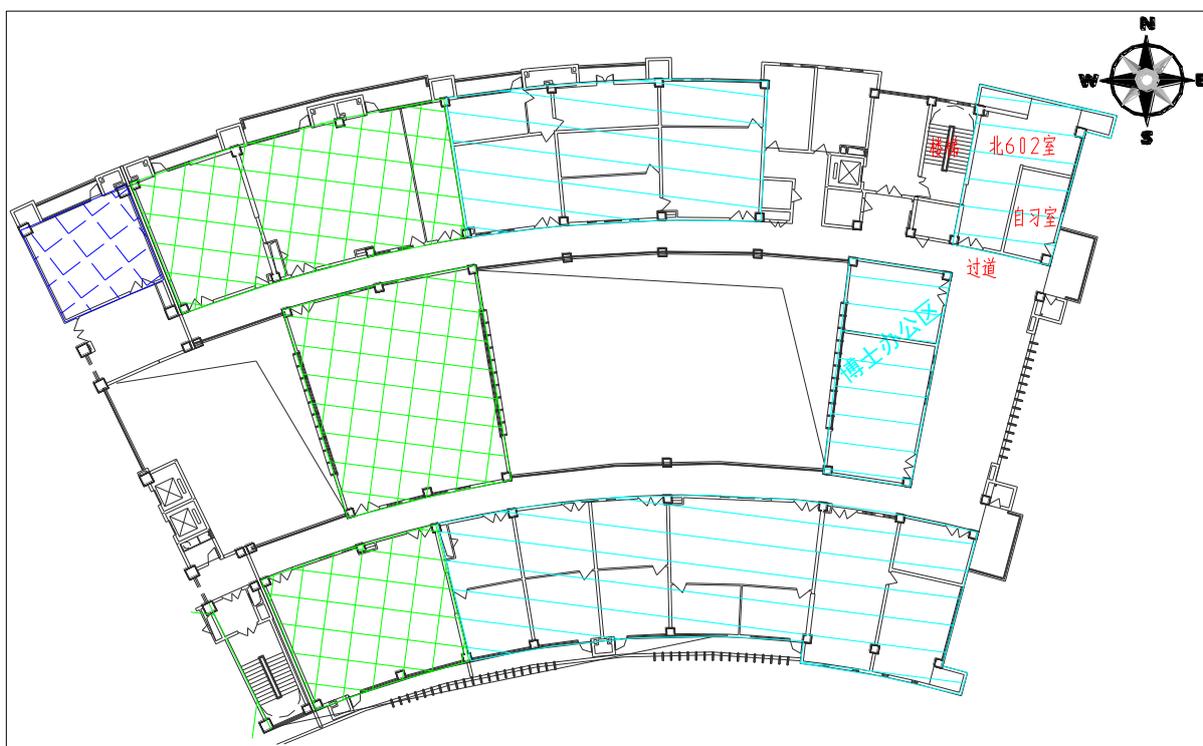


图 8-1 放射性实验室同位素应用项目场所位置图

## 8.2 环境质量和辐射现状

为掌握福州大学放射性实验室同位素应用项目周围辐射现状，核工业二七〇研究所监测人员于 2018 年 11 月 20 日对该项目周围环境进行了监测，监测报告见附件 6。

## 8.2.1 监测因子

$\gamma$  剂量率、 $\beta$  表面污染。

## 8.2.2 监测内容

对福州大学放射性实验室同位素应用项目周围辐射水平进行本底调查。

### 8.2.3 监测方案

#### 8.2.3.1 监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》(HJ-T61-2001)中的方法布设监测点,根据项目周围环境现状,监测点位的选取覆盖放射性实验室同位素应用项目区域及周围公众人员工作区域。根据上述布点原则与方法,本项目监测点位布置如图 8-2、图 8-3、图 8-4 所示。

#### 8.2.3.2 监测仪器

辐射环境监测仪器为 FD-3013H X- $\gamma$  辐射仪,仪器参数见表 8-1。

表 8-1 辐射环境测量仪器主要技术参数一览表

仪器名称	X- $\gamma$ 辐射仪	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪
仪器型号	FD-3013H	QX-200
生产厂家	上海申核电子仪器有限公司	群星集团
测量范围	0.01~200 $\mu$ Sv/h	$\alpha$ :0-999999cps $\beta$ :0-999999cps
监测规范	《辐射环境监测技术规范》 (HJ/T61-2001)	《表面污染测定第一部分 $\beta$ 发射体 (最大 $\beta$ 能量大于 15MeV) 和 $\alpha$ 发射体》 (GB/T 14056.1-2008)
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
有效日期	2019 年 9 月 29 日~2019 年 9 月 28 日	2018 年 4 月 02 日~2019 年 4 月 01 日

#### 8.2.4 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位,保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准,监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年按规定定期经计量部门检定。检定合格后方可使用。
- (4) 对监测仪器进行各种比对。
- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器,并做好记录。
- (7) 监测报告严格实行三级审核制度。

### 8.3 监测结果

#### 8.3.1 辐射环境监测布点图



图 8-2 放射性实验室同位素应用项目场所位置  $\gamma$  剂量监测布点示意图

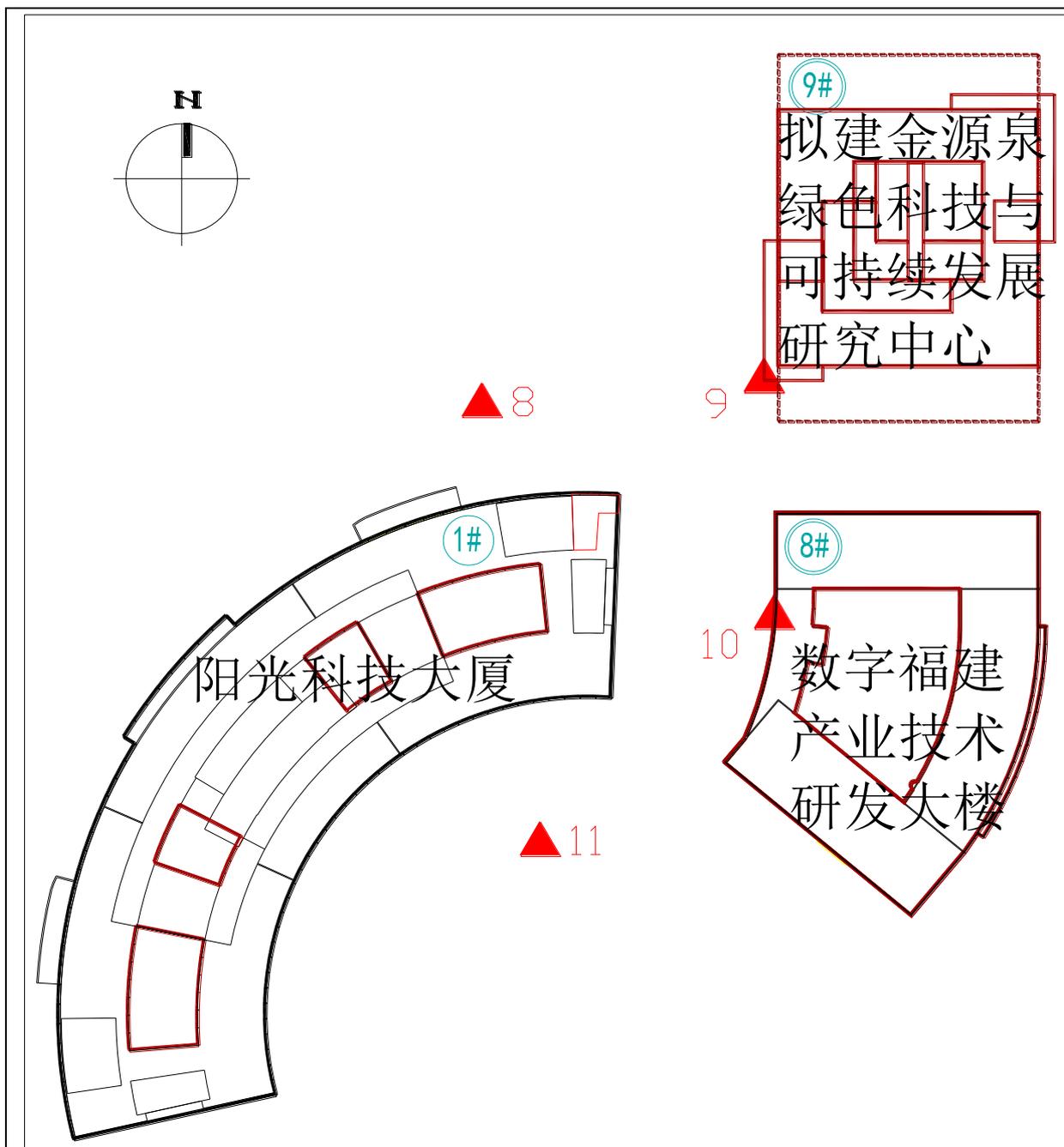


图 8-3 项目周边敏感点辐射质量现状监测布点图



图 8-4 放射性实验室同位素应用项目拟建位置  $\beta$  表面污染环境监测布点示意图

### 8.3.2 辐射环境监测结果

表 8-2 放射性实验室同位素应用项目  $\gamma$  剂量率监测结果

场所名称	放射性实验室	
序号	测量点位置	$\gamma$ 剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
1	放射性实验室中心拟建位置	0.10
2	放射性实验室上方逆向工程研究室	0.12
3	放射性实验室下方产学研协作研究室	0.10
4	放射性实验室西侧楼梯	0.10
5	放射性实验室东侧自习室	0.13
6	放射性实验室南侧过道	0.09
7	放射性实验室西南侧办公区	0.11
8	福州大学福州大学科技园北侧空地	0.12
9	福州大学福州大学科技园东侧空地	0.11
10	福州大学福州大学科技园南侧空地	0.10
11	福州大学福州大学科技园西南侧空地	0.09

由表 8-2 可知，放射性实验室同位素应用项目拟建位置周围环境监测值在 0.09~0.13  $\mu\text{Gy/h}$  之间，根据《福建省环境状况公报》（2016 年）中数据显示：福建省实时连续空气吸收剂量率小时均值范围为 66.1~193.6 纳戈瑞/小时。由此可知，本项目周

围环境监测值与福建省天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围。

表 8-3 放射性实验室同位素应用项目  $\beta$  表面污染监测结果

场所名称	放射性实验室	
序号	测量点位置	$\beta$ 表面污染 (Bq/cm <sup>2</sup> )
1	放射性实验室北侧墙面	0.032
2	放射性实验室东侧墙面	0.035
3	放射性实验室南侧墙面	0.033
4	放射性实验室西侧墙面	0.030
5	放射性实验室地面	0.029

由表 8-3 可知，放射性实验室同位素应用项目  $\beta$  表面污染在 0.029~0.035Bq/cm<sup>2</sup> 之间，其背景值很低，属于正常本底范围。

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 施工期工艺分析

本项目涉及的用房现有房间。因此本项目评价过程中不考虑施工期的影响。

### 9.1.2 营运期工艺分析

#### (1) 工作原理

本项目是根据利用的放射性核素（或稳定性核素）及它们的化合物，与自然界存在的相应普通元素及其化合物之间的化学性质和生物学性质是相同的，只是具有不同的核物理性质，因而作为一种标记，制成含有同位素的标记化合物（如标记生物探针、药物和代谢物质等）代替相应的非标记化合物，进行同位素示踪的方法。利用放射性同位素不断地放出特征射线的核物理性质，就可以用核探测器随时追踪它在体内或体外的位置、数量及其转变等，对被标记的物质进行定位、定量或代谢过程研究，筛选出新探针、新药物或新生命代谢机理；另外，稳定性同位素虽然不释放射线，但可以利用它与普通相应同位素的质量之差，通过质谱仪，气相层析仪，核磁共振等质量分析仪器来测定。

放射性同位素示踪法能准确定量地测定代谢物质的转移和转变，与某些形态学技术相结合（如病理组织切片技术，电子显微镜技术等），可以确定放射性示踪剂在组织器官中的定量分布，并且对组织器官的定位准确度可达细胞水平、亚细胞水平乃至分子水平。

#### (2) 设备组成

本项目所使用的仪器是 GE Amersham Typhoon 的多功能激光扫描成像仪，分为三个部分，核酸收集器—液体闪烁计数器—磷屏扫描。

#### (3) 操作流程及产污流程

将放同位素药品在通风橱分装，分装好后对核酸进行标记，对标记物进行培养，然后通过核酸收集器将 24 或 96 孔样品同步收集到固态过滤支撑物上或微孔板中，将对滤模板、试管和微孔板进行计数，采用最新的激光共聚焦光学系统和螺旋式扫描系统，用高效储磷屏检测成像，达到示踪检测。

操作流程及产污流程图见 9-2。

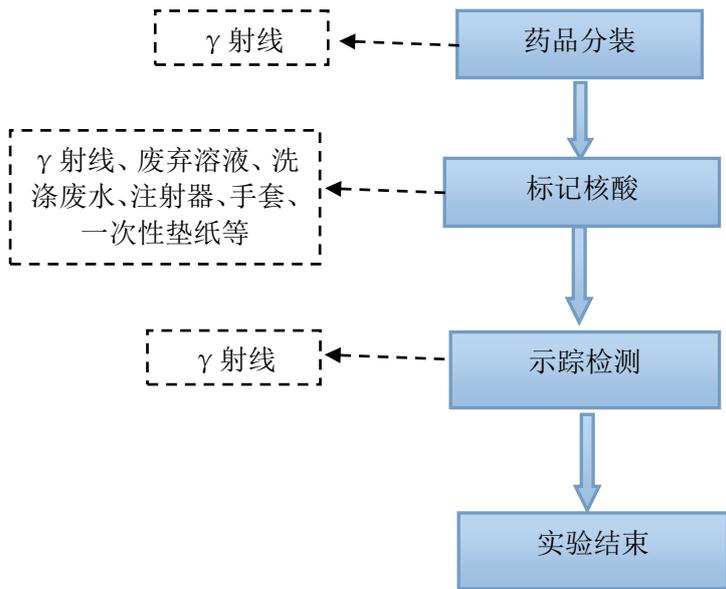


图 9-2 项目操作流程及产污环节示意图

### 9.1.3 非密封放射物质的使用

本项目拟使用非密封放射源性质见表 9-1。

表9-1 拟使用非密封放射源性质

序号	核素名称	放射性半衰期	毒性分组	衰变方式及(分支比)	主要射线及能量(MeV)(分支比)
1	<sup>3</sup> H	12.33a	低毒	β <sup>-</sup> (100%)	β <sup>-</sup> 0.01861
2	<sup>14</sup> C	5692a	低毒	β <sup>+</sup> (100%)	B <sup>-</sup> 0.155
3	<sup>32</sup> P	14.26d	中毒	β <sup>-</sup> (100%)	β <sup>-</sup> 1.711

### 9.1.4 放射性工作场所的分级

根据建设单位规划，建设单位拟使用量为：

对于 <sup>32</sup>P 放射性药物，福州大学每天最多使用 10 次，一次使用 3.7×10<sup>5</sup> Bq，每年约使用 3000 次，一年内所有标记及分装工作由 8 名辐射工作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 375 次。

对于 <sup>3</sup>H 放射性药物，福州大学每天最多使用 1 次，一次使用 1.85×10<sup>5</sup> Bq，每年约使用 100 次，一年内所有标记及分装工作由 3 名辐射工作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 33 次。

对于 <sup>14</sup>C 放射性药物，福州大学每天最多使用 1 次，一次使用 1.85×10<sup>5</sup> Bq，每年约使用 100 次，一年内所有标记及分装工作由 3 名辐射工作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 33 次。

三种放射性核素操作不在一天进行操作。

表 9-2 本项目拟使用的放射性核素量

序号	放射性同位素	单次最大使用量 (Bq)	年最大使用次数	日最大使用次数	年使用量 (Bq/a)	日最大使用量 (Bq)
1	$^3\text{H}$	$1.85 \times 10^5$	100	1	$1.85 \times 10^7$	$1.85 \times 10^5$
2	$^{14}\text{C}$	$1.85 \times 10^5$	100	1	$1.85 \times 10^7$	$1.85 \times 10^5$
3	$^{32}\text{P}$	$3.7 \times 10^5$	3000	10	$1.11 \times 10^9$	$3.7 \times 10^6$

根据国家《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(18871-2002)附录 C 非密封源工作场所的分级规定,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 (Bq) 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所得的商。本评价项目使用的各放射性核素的毒性组别修正因子、操作方式修正因子、日实际操作量和日等效操作量见表 9-2。

表 9-2 本项目使用的放射性核素日等效最大操作量计算

序号	核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
1	$^3\text{H}$	$1.85 \times 10^5$	0.01	1	$1.85 \times 10^3$
2	$^{14}\text{C}$	$1.85 \times 10^5$	0.01	1	$1.85 \times 10^3$
3	$^{32}\text{P}$	$3.7 \times 10^6$	0.1	1	$3.7 \times 10^5$

因此,建设单位三种核素不在同一天开展,因此此项目工作场所日等效最大操作量为  $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ , 处于豁免活度值以上  $\sim 2 \times 10^7 \text{Bq}$  之间,因此,本项目放射性工作场所属于丙级工作场所。

福州大学拟采取以下措施保证日等效操作量不超出丙级非密封放射性物质工作场所限定的范围:

① 实验室统筹安排,制定合理科研进度,错开不同核素使用时间。保证日等效操作量低于丙级实验室限值。

② 如果因特殊情况必须同时使用几种核素的,福州大学应经过仔细计算、制定合理的核素使用量,保证所有核素的日等效操作量之和不超过丙级实验室上限。

③ 分区域操作,尽可能降低辐射量的叠加。而且保证每日所用操作量之和低于丙级实验室限值。如果因特殊需要用到大量某一种核素时,就不再安排另一种核素的相关实验。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 污染因子

(1) 放射性污染

本项目所涉及的放射性同位素均为 $\beta$ 衰变,所以污染因子主要为 $\beta$ 粒子及 $\beta$ 粒子产生的韧致X射线。

(2) 废气

本项目废气主要是放射性药品配制和实验过程中产生的微量放射性气溶胶。

(3) 固体废物

本项目涉及的固体废物主要是实验中产生的手套、一次性垫纸(注射台上)、注射器、吸水纸、包裹用具的塑料膜、标记物以及工作人员工作中产生的生活垃圾。

(4) 废水

本项目产生的废水主要为废弃溶液、洗涤废水以及工作人员在工作中所产生的生活污水。

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 工作区域管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基标准》(GB 18871-2002) 中的要求在放射性工作场所内划分控制区以及监督区，结合本项目辐射防护以及环境情况等特点，将放射性实验室同位素应用项目废物室、通风柜间、实验室、盥洗间、划分为控制区，将通过间等区域划分为监督区。

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，要求专门的防护手段和安全措施的限定区域。在控制区域进出口及其他可能行人过往位置处设立醒目的警示标志，运用工作人员工作卡进出和采取门锁及联锁装置等限制进出控制区。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下无需采用专门的防护手段或安防措施，但要经常检查其职业照射状况的限定区域。拟在监督区入口及人员路过的合适位置处张贴辐射危险警告标志，定期检查工作状况，自行巡测确定时候需要防护及安防措施，或是否需要更改监督区的边界。

本项目辐射工作场所的分区图见图 10-1。

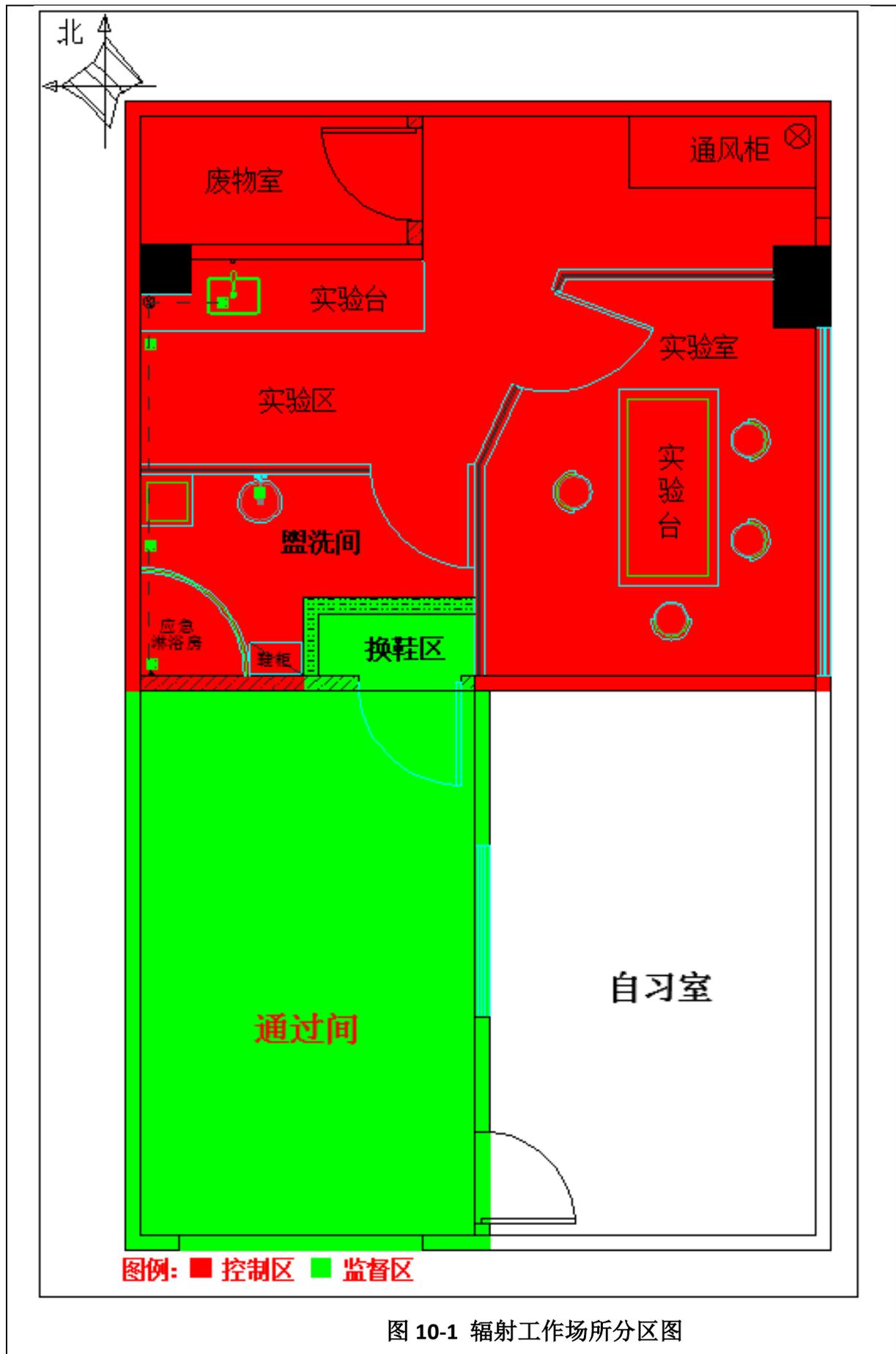


图 10-1 辐射工作场所分区图



表 10-2 放射性实验室的防护情况一览表

功能室名称	墙	地板、顶棚	窗
实验室	150mm 厚空心砖墙体	12cm 混凝土现浇板	普通玻璃
通风柜	标记室各设置通风柜，各壁铅防护 10 mmPb 当量，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；		
标志及隔离措施	门禁隔断设置电离辐射警告标志。		

### 10.2 环保措施

福州大学放射性实验室同位素应用项目已（拟）采取的环保措施见表 10-3。

表 10-3 放射性实验室同位素应用项目环保措施

项目	内容	已（拟）采取措施
辐射安全管理机构	辐射防护管理	建立以辐射分管领导为第一责任人的辐射安全管理机构，配备经过相关部门培训合格的辐射防护技术人员
辐射安全防护措施	屏蔽措施	四周墙体采用 150mm 厚空心砖墙体；顶棚及地坪采用 12cm 混凝土现浇板
	安全措施（警示标志、工作指示灯等）	1、实验室外拟张贴警示标志 2、岗位职责和操作规程等工作制度拟在合适位置张贴上墙
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员均参加辐射安全与防护培训取得培训合格证。
	个人剂量监测	拟对所有辐射工作人员佩戴个人剂量计，并开展个人剂量监测
	辐射工作人员的健康体检	拟对所有从事辐射工作人员进行放射体检
监测仪器防护用品	环境辐射剂量巡测仪 个人剂量报警仪	拟购置 2 台个人剂量报警仪，拟购置一台表面沾污仪
辐射安全管理制度	操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，登记制度、台帐管理制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急措施	学校拟制定辐射安全管理制度、辐射防护与安全保卫制度、辐射工作人员岗位职责、登记制度、辐射工作人员教育培训制度、监测方案、辐射事故应急预案、个人剂量监测管理制度等一系列规章制度

### 10.3 三废的治理

本项目放射性废水、废气、固体废物的产生主要来源实验过程中使用放射性药物的过程，相应的固态放射性废物、放射性废水应按照《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。

### 10.3.1 废气治理措施

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。

### 10.3.2 固体废弃物治理措施

①废药瓶连同包装铅罐由供货厂家回收；

②手套、一次性垫纸(注射台上)、注射器、吸水纸、包裹用具的塑料膜、一次性吹气管等含 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 的固体放射性可单独采用放射废物储物箱存放，存放一定量在压缩固化处理后送城市放射性固体废物库处置；其他核素分类存放，放置在放射固体储存箱中10个半衰期以上，经监测合格后作为普通垃圾处置；

③实验使用的放射性药物器皿、实验器材以及定期更换的活性炭，委托管理部门监测，监测达标后再循环利用，监测不达标需处置的交有资质单位处置。

### 10.3.3 废水治理措施

对于 $^3\text{H}$ 产生的去污洗涤液在收集到一定量后固化处理后送城市放射性固体废物库处置；对于 $^{32}\text{P}$ 产生的放射性废液收集存放于放射性废液储存箱中10个半衰期以上，经监测达标后，作为一般废水处置，排入福州大学污水处理站，后进入城市污水管网，因此，其所含有的极少量放射性对环境基本没有影响。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期的环境影响

本项目涉及的用房现有房间。因此本项目评价过程中不考虑施工期的影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

本环评采用理论计算的方法对核素  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$  辐射环境影响分析，因  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$  均为  $\beta$  衰变，我们采用《辐射防护导论》中  $\beta$  粒子的射程及  $\beta$  粒子所致韧致辐射公式进行计算。

11.2.1 理论计算公式

①、 $\beta$  粒子的射程计算

能量为  $E(\text{MeV})$   $\beta$  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：

$$R = 0.412 \times E^{(1.265 - 0.0954 \ln E)} \quad (0.01 < E < 2.5 \text{MeV}) \dots\dots\dots ①$$

$R$ — $\beta$  射线在低原子序数中的射程， $\text{g}/\text{cm}^2$ ；

②、 $\beta$  粒子所致韧致辐射计算

能量为  $E(\text{MeV})$   $\beta$  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：

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

$D$ —距离放射源  $r$  米处的吸收剂量率；

$A$ —放射源的活度， $\text{Bq}$ ；

$Z$ —屏蔽材料的原子序数，人体软组织取 7.43；

$E_b$ —韧致辐射的平均能量，为入射  $\beta$  粒子最大能量的 1/3， $\text{MeV}$ ；

$\frac{\mu_{en}}{\rho}$ —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②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：

$$E = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{T,R} \dots\dots\dots ③$$

$w_R$ —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、 $\gamma$  光子或中子都可以近似的认为吸收剂量和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。

### 11.2.2 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$ 剂量率计算

#### (1) $\beta$ 粒子的射程及 $\beta$ 粒子所致韧致辐射计算

根据建设单位规划，本项目建设单位用量如下：

对于  $^{32}\text{P}$  放射性药物，福州大学每天最多使用 10 次，一次使用  $3.7 \times 10^5$  Bq，每年约使用 3000 次，一年内所有标记及分装工作由 8 名辐射工作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 375 次。

对于  $^3\text{H}$  放射性药物，福州大学每天最多使用 1 次，一次使用  $1.85 \times 10^5$  Bq，每年约使用 100 次，一年内所有标记及分装工作由 3 名辐射工作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 33 次。

对于  $^{14}\text{C}$  放射性药物，福州大学每天最多使用 1 次，一次使用  $1.85 \times 10^5$  Bq，每年约使用 100 次，一年内所有标记及分装工作由 3 名辐射工作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 33 次。

三种放射性核素操作不在一天进行操作。

本项目  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$  的标记、放射性药物制备及分装在 10mmPb 通风橱屏蔽后进行，故其辐射影响主要为实验过程对工作人员的影响。核素  $\beta$  射线能量及在铅中的射程由公式计算，计算结果见表 11-1。

表 11-1 各核素的  $\beta$  射线能量及在铅中的射程

序号	核素名称	$\beta$ 射线最大能量 (MeV)	$\beta$ 射线平均能量 (MeV)	在铅中的射程 (mm)
1	$^3\text{H}$	0.0186	0.00571	0.0005
3	$^{14}\text{C}$	0.1561	0.0493	0.024
2	$^{32}\text{P}$	1.711	0.695	0.697

由上表可知，本项目采用铅玻璃及铅屏风等屏蔽放射性核素  $^{32}\text{P}$  产生的  $\beta$  射线，但  $\beta$  射线与物质作用会产生韧致辐射，由公式②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 11-2：

表 11-2  $\beta$  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 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
$^3\text{H}$	分装、标记	1.85E+05	82	0.00571	0.3	5.36E+01	1.35E+01	1000	1.35E-05
	显像实验	1.85E+05	82	0.00571	0.1	5.36E+01	6.74E-04	1000	1.35E-05
$^{14}\text{C}$	分装、标记	1.85E+05	82	0.0493	0.3	7.18E-01	1.35E+01	900	1.50E-05
	显像实验	1.85E+05	82	0.0493	0.1	7.18E-01	6.73E-04	900	1.50E-05
$^{32}\text{P}$	分装、标记	3.7E+06	82	0.695	0.3	6.04E-03	2.25E+01	15	3.00E-02
	显像实验	3.7E+05	82	0.695	0.1	6.04E-03	1.13E-03	15	3.00E-03

## 11.2.3 职业人员及公众附加年有效剂量

本项目放射性职业人员所接受的附加有效剂量如表 11-3。

表 11-3 本项目各核素放射性职业人员年附加有效剂量汇总表

核素名称	实验过程	屏蔽后的剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	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)
$^3\text{H}$	分装、标记	1.35E-05	30	4.05E-07	4.05E-07
	显像实验	1.35E-05	60	8.09E-07	
$^{14}\text{C}$	分装、标记	1.50E-05	30	4.49E-07	4.49E-07
	显像实验	1.50E-05	60	8.97E-07	
$^{32}\text{P}$	分装、标记	3.00E-02	120	3.60E-03	5.41E-04
	显像实验	3.00E-03	240	7.21E-04	
合计					5.42E-04

计算结果表明, 本项目各关键核素实验过程中,  $^3\text{H}$  职业人员所接受的最大附加年有效剂量为 4.05E-07mSv。 $^{14}\text{C}$  职业人员所接受的最大附加年有效剂量为 4.49E-07mSv;  $^{32}\text{P}$  职业人员所接受的最大附加年有效剂量为 5.41E-04mSv; 该 3 种核素实验过程附加年有效剂量累计为 5.42E-04mSv, 因此本项目使用 3 种核素在实验过程中的职业人员最大附加年有效剂量低于辐射工作人员职业照射剂量为 5mSv 的管理限值要求。

对于项目周围公众人员, 加上放射性实验室有墙体等的防护, 公众最大附加年有效剂量低于公众照射剂量为 0.1mSv 的管理限值要求。

#### 11.2.4 $\beta$ 表面污染

本项目使用的  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$  等衰变发射  $\beta$  射线的核素会产生少量的  $\beta$  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，手、皮肤、内衣、工作袜、设备、墙壁、地面经采取适当的去污措施污染时，及时清洗，清洗到本底水平，其表面污染水平将不会超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于非密封源工作场所的放射性表面污染控制水平，对职业人员和公众人员基本没有影响。

#### 11.2.5 放射性固体废物对环境的影响

放射性固体废物主要包括手套、一次性垫纸(注射台上)、注射器、吸水纸、包裹用具的塑料膜、注射药物后的标记物，标记放射性药物器皿等实验器材以及定期更换的活性炭；废药瓶、注射器、棉签、棉球、手套等放射性固体废物。

对于手套、一次性垫纸(注射台上)、注射器、吸水纸、包裹用具的塑料膜、一次性吹气管、标记物，根据本项目各核素的半衰期长短，各放射性固体废物可分类处置： $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  半衰期分别为 12.33a、5692a，其产生的放射固体废物可单独采用放射废物储存箱存放，暂存于放射性废物库，存放一定量后经压缩固化处理送城市放射性固体废物库处置；对于  $^{32}\text{P}$  半衰期在 14.26d，产生的放射固体废物可统一存放于同一放射废物储存箱中，暂存在放射性废物仓库内，经 10 个半衰期以上后，经监测达标后可作为一般垃圾处置。标记放射性药物器皿等实验器材以及定期更换的活性炭，委托管理部门监测，如果达到相关要求后再循环利用，如果不达标则交由有资质单位处理。

#### 11.2.6 放射性废水

福州大学实验室使用放射性同位素每年产生的放射性液体废物较少，主要来自于操作过程中，各种放射性药物会产生微量的残留废液，废水主要来自用于工作人员操作过程中手部可能受到微量标记液或药品污染的洗手水，清洗室内地面、工作台和一些重复使用的医疗器械的清洗水。根据《医用放射性废物的卫生防护管理》，本项目所使用的放射性核素其日等效最大操作量之和小于  $2 \times 10^7 \text{Bq}$ ，故可不设置放射性污水池。该放射性同位素实验室参照《城市放射性废物管理办法》中的要求，对于  $^3\text{H}$  产生的去污洗涤液在收集到一定量后固化处理后送城市放射性固体废物库处置；对于  $^{32}\text{P}$  产生的放射性废液收集存放于放射性废液储存箱中 10 个半衰期以上，经监测合格后作为一般废水处

置，排入福州大学污水处理站，后进入城市污水管网，因此，其所含有的极少量放射性对环境基本没有影响。

### 11.2.7 放射性废气

福州大学实验室在使用放射性药物  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$  等时，会产生少量的气载放射性废物，放射性药物在分装、取药、配药的过程中可能存在溅洒现象，造成环境污染，因而操作均在密闭通风柜中操作。产生的少量气载废物通过抽风的方式将室内废气排出室外。不会对周围环境造成影响。

### 11.3 选址合理性分析

该项目位于福州大学国家大学科技园 6 楼，为保护该项目周边其他工作人员和公众，对实验室加强了防护，从环境影响分析结果可知，项目周围公众年所受附加剂量满足项目管理限值 0.1mSv 的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。故该项目选址合理。

### 11.4 辐射事故风险分析

该放射性同位素实验室主要使用放射性核素进行课题研究实验，可能出现辐射事故分析如下：

- 1) 废弃物未按规定储存到期即处理，使普通污染物受到放射性沾污，扩大污染面；
- 2) 放射性同位素被盗、丢失等。

该放射性同位素实验室应对同位素实验室定期进行表面沾污监测，对放射环境进行检查，工作环境受到表面放射性污染时，应进行清除。

针对以上可能发生的事故风险，福州大学应根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，依照国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发【2006】145 号文)中的有关要求，制定辐射事故应急预案。辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大事故、较大事故和一般辐射事故。当发生事故时，应当立即启动单位的辐射事故应急预案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 2 小时内向当地环境保护部门和公安部门报告，发生超剂量照射还需向卫生部门报告。

表 12 辐射安全管理

## 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

### 12.1.1 辐射防护安全工作领导小组

福州大学已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）的要求成立了以辐射负责人为第一责任人的辐射安全领导小组，负责全单位辐射安全监督管理工作，保障辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门，在框架上基本符合要求。小组具体成员见附件 3。

在日后的工作实践中，建设单位应根据核技术应用情况及时对已有辐射防护安全工作领导小组成员作相应调整，确保调整后的辐射安全工作领导小组的基本组成涵盖当时核技术应用所涉及的相关部门。

### 12.1.2 辐射安全和防护知识培训

福州大学已安排 1 人从事辐射工作人员参加了辐射安全与防护知识培训学习并取得了辐射安全与防护培训合格证书（见附件 4）。在今后的工作中建设单位还应不断加强对职业人员的有关技能和辐射安全防护知识的再教育或培训，进一步提高对专业技能和放射防护工作重要性的认识。

需指出的是，新增的辐射工作人员同样须参加相关部门举办的有关法律、法规、规章、专业技术、安全防护和应急响应等知识的培训教育，并通过考核取得工作上岗证，考核不合格的不得上岗。

### 12.1.3 职业健康体检

福州大学应按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）和《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部第 55 号令）要求，为保护辐射工作人员身体健康，学校拟安排从事辐射工作人员进行健康体检。

需要指出的是，学校对于新上岗人员、离岗人员需进行体检，并对检查记录妥善长期保留。在岗人员需定期进行放射职业健康体检，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，避免出现不检漏检的现象。

### 12.1.4 年度安全状况评估

福州大学应按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）的要求，于每年 1 月 31 日前向当地环保部门上报上一年度年度评估报告，年度评估报告应当包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；核技术应用台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；核技术利用项目新建、改扩建和退役情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

### 12.2.1 操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度

福州大学根据现有核技术应用情况，制定了《福州大学辐射安全与环境保护管理办法》，办法中有许可管理制度、辐射安全与放射性污染防治制度、辐射应急制度等，各规章制度详情见附件 5。学校还应制定辐射安全管理制度、辐射工作人员岗位职责、登记制度、设备维修制度、辐射工作人员教育培训制度、监测方案、个人剂量监测管理制度等一系列规章制度。

在日后的工作实践中，还应根据单位核技术应用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并按照《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）的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度执行。

## 12.3 辐射监测

福州大学应按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2008 修正版（国家环境保护部令第 3 号）和《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）的要求对辐射工作人员所受辐射剂量进行控制，按规定周期送检（一般为 30 天，最长不应超过 90 天），不允许漏测和不交个人剂量计的情况，建立剂量管理限值和剂量评价制度，对受到超过剂量管理限值的和个人剂量检测结果突然升高的进行评价，跟踪分析原因，优化实践行为。

福州大学为对辐射工作场所及周围辐射水平进行控制拟购置 1 台表面沾污仪，建设单位应定期送检，及时开展日常监测工作，并保存现场监测记录结果。

### 12.3.1 个人剂量监测

福州大学拟委托有资质的单位对学校从事辐射工作人员进行个人累积剂量监测。

### 12.3.2 场所监测

①、外部监测计划

- 1) 委托有资质单位定期对项目周围环境辐射剂量进行监测，周期：1~2次/年；
- 2) 出现放射事故，及时申报市环保行政主管部门和相关部门，进行现场监测；
- 3) 该项目退役后，应进行退役监测。

②、内部监测计划

目前，福州大学拟根据核技术应用现状，制定辐射环境监测计划容。为对辐射工作场所及周围辐射水平进行控制，拟配置 1 台表面沾污仪。监测场所及监测项目见表 12-1。

表 12-1 监测场所及监测项目

监测因子	监测位置
X-γ 辐射剂量率、β 表面污染	铅废物桶表面、污物间地板、通风橱、注射操作位、注射台、墙壁、工作人员皮肤、手、工作人员工作服

12.4 辐射事故应急

为做好放射应急管理工作，提高放射事故的应急处理能力，最大限度的减少人员财产损失、环境破坏和社会影响，福州大学制定辐射事故应急预案，一旦发生事故在第一时间向环保、公安和卫生等部门报告。

12.5 项目防护措施“三同时”验收一览表

表 12-2 污染防治措施“三同时”验收一览表

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主要包括放射性实验室、铅废物桶表面、废液桶表面等位置设置电离辐射警示标志。 ②购置专用注射台、铅制放射性废物桶等个人防护用品以及专用去污用品。 ③配置 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》及其演练记录。 ⑦《日常监测记录》。 ⑧福州大学对放射性实验室同位素应用项目工作场所分区管理，职业人员持证上岗。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)相关规定。
3	环境	①福州大学放射性实验室同位素应用项目周围环境 β 表面	符合《电离辐射防护

	监测	污染监测。	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	①放射性铅废物桶。 ②排气口定时更换的活性炭存放 10 个半衰期后,再循环利用。 ③手套、一次性垫纸(注射台上)、注射器、吸水纸、包裹用具的塑料膜、标记物等分类存放在等废物桶内。	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	对于 $^3\text{H}$ 产生的去污洗涤液在收集到一定量后固化处理后送城市放射性固体废物库处置;对于 $^{32}\text{P}$ 、 $^{14}\text{C}$ 产生的放射性废液收集存放于放射性废液储存箱中 10 个半衰期以上,作为一般废水处置,排入福州大学污水处理站,后进入城市污水管网,因此,其所含有的极少量放射性对环境基本没有影响。	
6	放射性废气处理	①福州大学放射性实验室同位素应用项目核素通风柜、排气口活性炭吸附装置。 ②排气口活性炭定时更换,通风排气管道通往楼顶。	

## 12.6 环保投资一览表

该项目总投 200 万元,主要用于实验室防护和装修等施工,以及防护用品采购,其中安排用于环境保护方面的投资约 60 万元,占项目总投资的 30%。该项目具体环保投资估算详见表 12-3。

表 12-3 环保投资估算一览表

序号	环保措施	环保投资 (万元)
1	实验室防护和装修等施工	30
2	工作指示灯及警示标志	1
3	通风厨、废物桶、防护用品	8
4	环评及验收	16
5	个人剂量监测、环境监测及辐射安全培训	5
合计		60

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 实践正当性

同位素技术具有投资少、见效快、收益大、耗能少的特点，它具有灵敏、准确、迅速和使用方便等优点，可以帮助人们解决用其他方法无法解决的特殊疑难问题，已在现实生活及生产中得到了广泛的应用。福州大学拟在福州大学国家大学科技园阳光科技大厦北 602 室设置放射性实验室用于细胞生物学、分子生物学进行研究，符合高校实验教学需要，能有效提高高校科研水平。

因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

#### 13.1.2 辐射安全与防护分析结论

##### 13.1.2.1 辐射安全管理分析

福州大学建立了以辐射分管领导为第一责任人的安全管理机构，统筹领导全校辐射防护与安全的管理工作。

福州大学拟制定了各项规章制度，满足辐射安全的相关要求，在实际使用中，应严格执行本次环评提出的辐射防护和管理要求。

在日后的工作实践中，学校应根据核技术应用情况及时对已有辐射防护安全工作领导小组成员作相应调整，确保调整后的辐射防护安全工作领导小组的基本组成涵盖核技术应用所涉及的相关部门。新增的辐射工作人员同样须参加相关部门举办的有关法律、法规、规章、专业技术、安全防护和应急相应等知识的培训教育，并通过考核取得工作上岗证，考核不合格的不得上岗。学校还应不断加强对辐射工作人员的有关技能和辐射安全防护知识的再教育或培训，进一步提高对专业技能和放射防护工作重要性的认识。

##### 13.1.2.2 人员培训及健康管理

学校按照国家关于个人健康管理的规定，定期对辐射工作人员进行职业健康检查，并建立职业健康管理档案，为工作人员保存职业照射记录，同时应按照国家关于个人剂量监测的规定，对辐射工作人员进行个人剂量检测（一般为 30 天，最长不应超过 90 天），建立了个人剂量档案。

#### 13.1.3 环境影响分析结论

### 13.1.3.1 环境现状评价

放射性实验室同位素应用项目拟建位置周围环境监测值在 0.09~0.13  $\mu\text{Gy/h}$  之间，与福建省天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围。

### 13.1.3.2 环境影响评价

福州大学放射性实验室同位素应用项目已采取和拟采取的辐射安全和防护措施适当，能满足标准的屏蔽防护要求。

### 13.1.4 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2011 年本）》（2013 年修正版），该项目属于国家鼓励类的全科医疗服务、医疗卫生服务设施建设项目，符合国家产业政策。

### 13.1.5 代价利益分析

福州大学放射性实验室同位素应用项目能有效提高校科研水平，可以帮助学校在恶性肿瘤预防与治疗等重大领域，以及生物学、药学、化学等基础研究工作中解决用其他方法无法解决的特殊疑难问题，该项目实验研究方面创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众，对实验室加强了防护，从环境影响分析结果可知，项目周围公众年所受附加剂量满足项目管理限值 0.1mSv 的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

综上所述，福州大学放射性实验室同位素应用项目符合实践正当性原则，已采取和拟采取的辐射安全和防护措施适当，辐射工作人员及周围公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。在认真落实环评提出的要求，进一步完善辐射安全与环境保护管理机构和各项制度的前提下，从辐射安全和环境影响的角度而言，福州大学放射性实验室同位素应用项目的建设是可行的。

## 13.2 建议和承诺

1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测, 对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患, 把辐射影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”。

表 14 审批

县（区）环保部门意见

经办人签字  
年 月 日

单位盖章  
年 月 日

市（地区）环保部门意见

经办人签字  
年 月 日

单位盖章  
年 月 日