西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目竣工环境保护先行验收监测报告表

杭卫环（2025 年）验字第 064 号

建设单位：西湖大学

编制单位：卫康环保科技（浙江）有限公司

编制日期：二〇二六年九月·杭州

目 录

表一　项目基本情况 1
表二 项目建设情况 19
2.1 项目建设内容 19
2.2 源项情况 32
2.3 工程设备与工艺分析 33
2.4 污染源 47
2.5 人员配置情况及工作负荷 52
表三 辐射安全与防护设施/措施 54
3.1 工作场所布局及分区管理 54
3.2 屏蔽防护设施 56
3.3 辐射安全与防护措施 56
3.4 辐射安全管理措施 62
3.5 外来人员的管理和措施落实情况 63
3.6 放射性废物处理设施 64
3.7 非放射性废物处理设施 68
表四 环境影响评价报告表主要结论及审批部门审批决定 74
4.1 环境影响评价报告表的主要结论 74
4.2 环境影响报告表审批部门批复的主要内容 78
4.3 环评要求及批复落实情况 79
表五 验收监测质量保证和质量控制 81
5.1 监测单位 81
5.2 监测项目 81
5.3 监测技术规范 81
5.4 监测人员资格 81
5.5 监测分析过程中的质量保证和质量控制 82
表六 验收监测内容 83
6.1 监测因子及频次 83
6.2 监测布点 83
6.3 监测仪器 91
6.4 监测日期及条件 93

表七 验收监测结果 94
7.1 验收监测期间生产工况 94
7.2 验收监测结果 94
7.3 剂量监测和估算结果 109
表八 验收监测结论 113
8.1 安全防护、环境保护“三同时”制度执行情况 113
8.2 污染物排放监测结果 113
8.3 工程建设对环境的影响 113
8.4 辐射安全防护、环境保护管理 113
8.5 后续要求 114

表一　项目基本情况

<table>
<tr><td>建设项目名称</td><td colspan="5">西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目</td></tr>
<tr><td>建设单位名称</td><td colspan="5">西湖大学</td></tr>
<tr><td>建设项目性质</td><td colspan="5">扩建</td></tr>
<tr><td>建设项目地点</td><td colspan="5">浙江省杭州市西湖区墩余路600号云谷校区基础医学楼B1层</td></tr>
<tr><td rowspan="3">源项</td><td colspan="2">放射源</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">非密封放射性物质</td><td colspan="3">^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{35}S、^{125}I</td></tr>
<tr><td colspan="2">射线装置</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td>建设项目环评批复时间</td><td colspan="2">2024 年 9 月 12 日</td><td>开工建设时间</td><td colspan="2">2024 年 10 月 28 日</td></tr>
<tr><td>取得辐射安全许可证时间</td><td colspan="2">2025 年 6 月 12 日</td><td>项目投入运行时间</td><td colspan="2">2025 年 9 月 1 日</td></tr>
<tr><td>辐射安全与防护设施投入运行时间</td><td colspan="2">2025 年 9 月 1 日</td><td>验收现场监测时间</td><td colspan="2">2025 年 9 月 3 日、2026 年 3 月 10 日、2026 年 8 月 12 日
采样时间：2026 年 8 月 13 日~8 月 16 日</td></tr>
<tr><td>环评报告表审批部门</td><td colspan="2">杭州市生态环境局</td><td>环评报告表编制单位</td><td colspan="2">卫康环保科技（浙江）有限公司</td></tr>
<tr><td>辐射安全与防护设施设计单位</td><td colspan="2">上海核工程研究设计院股份有限公司</td><td>辐射安全与防护设施施工单位</td><td colspan="2">浙江祥意泰环境工程有限公司</td></tr>
<tr><td>投资总概算（万元）</td><td>700</td><td>辐射安全与防护设施投资总概算（万元）</td><td>130</td><td>比例</td><td>18.6%</td></tr>
<tr><td>实际总概算（万元）</td><td>680</td><td>辐射安全与防护设施实际总概算（万元）</td><td>170</td><td>比例</td><td>25.0%</td></tr>
<tr><td>验收依据</td><td colspan="5">1、建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度：
（1）《中华人民共和国生态环境法典》，中华人民共和国第七十号主席令，2026 年 8 月 15 日起施行；
（2）《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年 11 月 29 日；2017 年 7 月 16 日国务院第 682 号令修改；
（3）《生态环境监测条例》，国务院令第 820 号，2026 年 1 月 1 日起施行；
（4）《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；</td></tr>
</table>

续表一　项目基本情况

验收依据	（5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； （8）《放射性废物的分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行； （9）《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，原国家环保总局、公安部、卫生部文件），自 2006 年 9 月 26 日起施行； （10）《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第 23 号，2022 年 1 月 1 日起施行； （11）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发； （12）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4 号，原环境保护部，2017 年 11 月 20 日； （13）《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》，生态环境部公告 2018 年第 9 号，2018 年 5 月 15 日； （14）《浙江省建设项目环境保护管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行； （15）《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行； （16）《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会第 71 号公告，2022 年 5 月 27 日。 **2、建设项目竣工环境保护验收技术规范：** （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，GB18871-2002； （2）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》，HJ 1326-2023；

续表一　项目基本情况

验收依据	（3）《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）； （4）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）； （5）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； （6）《辐射环境监测技术规范》，HJ61-2021； （7）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》，HJ1157-2021； （8）《表面污染测定 第 1 部分：β发射体（E_{β}max＞0.15MeV）和α发射体》，GB/T14056.1-2008； （9）《环境气溶胶总α、总β放射性浓度的测定》，DB 13/T 5646-2022； （10）《环境中放射性核素测量-土壤-第六部分：总α和总β活度测量》，ISO18589-6:2019； （11）《职业性外照射个人监测规范》，GBZ 128-2019； （12）《危险废物识别标志设置技术规范》，HJ 1276-2022； （13）《危险废物贮存污染控制标准》，GB 18597-2023； （14）《固定污染源废气总烃甲烷和非甲烷总烃的的测定气相色谱法》，HJ38-1017； （15）《大气污染物综合排放标准》，GB16297-1996。 **3、建设项目环境影响报告表及其审批部门的审批决定：** （1）《西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目环境影响报告表》，卫康环保科技（浙江）有限公司，2024 年 8 月； （2）关于西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目环境影响报告表的审查意见，杭州市生态环境局，杭西环辐评批[2024]4 号，2024 年 9 月 12 日。 **4、其他相关文件** （1）验收委托书； （2）辐射安全许可证； （3）辐射安全管理机构文件及各项辐射安全管理规章制度； （4）辐射防护与安全知识培训证书； （5）个人剂量检测报告； （6）职业健康体检报告；

续表一　项目基本情况

<table>
<tr><td>验收依据</td><td>（7）危险废物委托处置协议；
（8）前期建设项目验收意见；
（9）本项目检测报告及资质相关文件。</td></tr>
<tr><td>验收执行标准</td><td>

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中的源的安全。

4.2.4 豁免

4.2.4.1 如果源符合下列条件之一，并经审管部门确认和同意，则该源或利用该源的实践可以被本标准的要求所豁免：

a）符合本标准附录 A（标准的附录）中所规定的豁免要求；

b）符合审管部门根据本标准附录 A（标准的附录）规定的豁免准则所确定的豁免水平。

4.2.4.2 对于尚未被证明为正当的实践不应予以豁免。

4.2.5 解控

4.2.5.1 已通知或已获准实践中的源（包括物质、材料和物品），如果符合审管部门规定的清洁解控水平，则经审管部门认可，可以不再遵循本标准的要求，即可以将其解控。

4.2.5.2 除非审管部门另有规定，否则清洁解控水平的确定应考虑本标准附录 A（标准的附录）所规定的的豁免准则，并且所定出的清洁解控水平不应高于本标准附录 A（标准的附录）中规定的或审管部门根据该附录规定的准则所建立的豁免水平。

表 1-1　作为申报豁免基础的豁免水平：放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度

<table>
<tr><td>核素名称</td><td>活度浓度（Bq/g）</td><td>活度值（Bq）</td><td>核素名称</td><td>活度浓度（Bq/g）</td><td>活度值（Bq）</td></tr>
<tr><td>^{14}C</td><td>1E+04</td><td>1E+07</td><td>^{3}H</td><td>1E+06</td><td>1E+09</td></tr>
<tr><td>^{32}P</td><td>1E+03</td><td>1E+05</td><td>^{35}S</td><td>1E+05</td><td>1E+08</td></tr>
<tr><td>^{125}I</td><td>1E+03</td><td>1E+06</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr>
<tr><td colspan="6">注：放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度来源于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中附录 A。</td></tr>
</table>

</td></tr>
</table>

续表一　项目基本情况

验收执行标准

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量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）中的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。

4.3.2.2 应对个人所受到的潜在照射危险加以限制，使来自各项获准实践的所有潜在照射所致的个人危险与正常照射剂量限值所相应的健康危险处于同一数量级水平。

4.3.3 防护与安全的最优化

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

6.2.3 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）B2 所规定的限制要求。

表 1-2　工作场所的放射性表面污染控制水平　　单位：Bq/cm²

表面类型		α 放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 1)	4	4×10	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-1}
1）该区内的高污染子区除外。				

6.4 辐射工作场所的分区

续表一　项目基本情况

验收执行标准

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。

第 6.4.1 款，控制区

第 6.4.1.1 款，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。

第 6.4.2 款，监督区

第 6.4.2.1 款，注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区，这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

B1 剂量限值

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

本项目取其四分之一即 5mSv 作为个人剂量约束值。

第 B1.2 款 公众照射实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a）年有效剂量，1mSv；

本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为个人剂量约束值。

附录 C 非密封源工作场所的分级

C1 非密封源工作场所的分级

第 C1 款，应按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 1-3　非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4\times10^9$
乙	2×10^7～4×10^9
丙	豁免活度值以上$<2\times10^7$

续表一　项目基本情况

验收执行标准	8.6 放射性物质向环境排放的控制 8.6.1 注册者和许可证持有者应保证，由其获准的实践和源向环境排放放射性物质时符合下列所有条件，并已获得审管部门的批准： a) 排放不超过审管部门认可的排放限值，包括排放总量限值和浓度限值； b）有适当的流量和浓度监控设备，排放是受控的； c）含放射性物质的废液是采用槽式排放的； d）排放所致的公众照射符合本标准附录 B（标准的附录）所规定的剂量限制要求； e）已按本标准的有关要求使排放的控制最优化。 8.6.2 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，方可直接排人流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录： a）每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$（ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3. 4 和 B1.3.5 条的规定获得）； b）每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。 **2、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）** 本标准规定了医疗机构利用放射性药物开展临床核医学诊疗、实验研究以及放射性药物制备活动中的辐射防护与安全要求。本标准适用于医疗机构核医学工作场所的设计、建设及开展核医学相关活动的辐射防护与安全管理。 4.4 剂量限值与剂量约束值 4.4.1 剂量限值 核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。

续表一　项目基本情况

验收执行标准	4.4.2 剂量约束值 4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a； 4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。 4.4.3 放射性表面污染控制水平 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平按照 GB18871 执行。 **7 放射性废物管理** **7.1 一般要求** 7.1.1 应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。 7.1.2 应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。 7.1.3 核医学实践中产生的短寿命放射性废物，应尽量利用贮存衰变的方法进行处理，待放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。不能解控的放射性废物，应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。 7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。 **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

续表一　项目基本情况

验收执行标准

7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

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。

7.2.2.4 含放射性的实验动物尸体或器官应装入废物袋做好防腐措施（如存放至专用冰柜内），并做好屏蔽防护。不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性常用核素的上限值见表 1-4。

表 1-4 不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性核素活度上限值

放射性核素	解剖/防腐（MBq）	掩埋（MBq）	火化（MBq）
^{131}I	10	400	400
^{125}I	40	4000	4000
^{89}Sr	50	2000	20
^{32}P	100	2000	20
^{90}Y	200	2000	70

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

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm^2、β表面污染小于 0.8Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；b）所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；c）含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

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

续表一　项目基本情况

验收执行标准	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 4Bq/cm^2、其他α发射体应小于 0.4Bq/cm^2。 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 液态放射性废物的管理** 7.3.1 放射性废液收集 7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。 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。 7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。 7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。 7.3.2 放射性废液贮存 7.3.2.1经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、

续表一　项目基本情况

验收执行标准	内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。 7.3.2.2 含碘-131 治疗病房的核医学工作场所应设置槽式废液衰变池。槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为 2 组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。 7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为 3-5 级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。 7.3.3 放射性废液排放 7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；b）所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总α不大于 1Bq/L、总β不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。 7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB18871 附录 A 表 A1 的要求。 7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。 **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

续表一　项目基本情况

验收执行标准

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。

3、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）

本标准适用于医疗机构开展核医学诊断、治疗、研究和放射性药物制备中使用放射性物质时的防护。非医疗机构的相关实践活动参照本标准执行。

5.2 放射防护措施要求

5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 1-5，核医学工作场所分类的加权活度计算方法见附录 G。

表 1-5　不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道[a]	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆[b]和去污设备	洗手盆[b]和去污设备	洗手盆

[a] 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。
[b] 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 7.3-5 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性

续表一　项目基本情况

验收执行标准	核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。 5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。 5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。 5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。 5.3 工作场所的防护水平要求 5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。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控制目标值应不大于 2.5μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/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控制目标值应不大于 25μSv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。 5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附录 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。 6.2 放射性药物操作的放射防护要求 6.2.1 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。

续表一　项目基本情况

验收执行标准	6.2.2 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。 6.2.3 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。 6.2.4 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风柜内进行。通风柜保持良好通风，并按操作情况必要时进行气体或气溶胶放射性浓度的监测；操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体的工作人员宜使用过滤式口罩。 6.2.5 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。 6.2.6 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 2 规定值，应采取相应去污措施。 6.2.7 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 2 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。 6.2.9 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。 6.2.10 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。 6.2.11 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。 6.2.12 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。 6.2.13 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。 6.2.14 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用 6.1.2 和附录 K 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给

续表一　项目基本情况

验收执行标准	予医学处理。 6.2.15 核医学放射工作人员应按 GBZ 128 的要求进行外照射个人监测，同时对于近距离操作放射性药物的工作人员，宜进行手部剂量和眼晶状体剂量监测，保证眼晶状体连续 5 年期间，年平均当量剂量不超过 20mSv，任何 1 年中的当量剂量不超过 50mSv；操作大量气态和挥发性物质的工作人员，例如近距离操作 ^{125}I 的工作人员，宜按照 GBZ 129 的要求进行内照射个人监测。 8 医用放射性废物的放射防护管理要求 8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。核医学常用放射性核素的物理特性参见附录 H。 8.2 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。 8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。 8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。 8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。 8.6 污物桶内应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，及时转送存储室，放入专用容器中存储。 8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。 8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg。 8.9 储存场所应具有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。

续表一　项目基本情况

验收执行标准	8.10 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。 8.11 废物包装体外表面的污染控制水平：β＜0.4Bq/cm^2。 **4、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）** 本标准适用于放射性同位素生产和应用中操作非密封源的实验室活动；其他操作非密封源的活动可参照使用。 7 放射性废物管理 7.1 一般要求 7.1.1 放射性废物的管理应遵循 GB 18871-2002、GB 14500 的相关规定，进行优化管理。 7.1.2 应从源头控制，减少放射性废物的产生，防止污染扩散。 7.1.3 应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。 7.1.4 应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。 7.2 放射性废液 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，相应控制应遵循 GB 18871-2002 的要求；不允许利用生活污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。 7.2.3 经过处理的废液在向环境排放前，应先送往监测槽逐槽分析，符合排放标准后方可排放。 7.2.4 使用少量或短寿命放射性核素的单位，可设立采取衰变方法进行放射性废液处理处置系统，该系统应有足够的防渗漏能力。

续表一　项目基本情况

验收执行标准

7.3 放射性固体废物

7.3.1 产生放射性固体废物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），应按照要求送指定的废物暂存库暂存。送贮的废物应符合送贮条件。

7.3.3 对于半衰期短的废物可用放置衰变的办法，待放射性物质衰变到清洁解控水平后作普通废物处理，以尽可能减少放射性废物的数量。

7.4 放射性废气排放

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督手段。

5、非放射性污染物排放标准

（1）废气

项目产生的废气主要为小动物饲养过程产生的异味以及实验、消毒产生的有机废气，主要污染物为非甲烷总烃、甲醇、氨、硫化氢、臭气浓度。

废气中臭气浓度、硫化氢、氨的排放执行《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）表 1、表 2 中的相关标准；非甲烷总烃、甲醇的排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中表 2 中的二级标准。详见表 1-6~表 1-7。

表 1-6　《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）

污染物	最高允许排放浓度（mg/m³）	排气筒高度（m）	最高允许排放速率（kg/h）	无组织排放监控浓度限值	
				监控点	浓度（mg/m³）
非甲烷总烃	120	30	53	厂界排放限值	4.0
甲醇	190	30	29		12.0

*注：项目周围 200m 半径范围内最高建筑为南侧基础医学楼 4 层 23.1m，故项目排气筒高度满足标准规定要求。

续表一　项目基本情况

验收执行标准

表 1-7　《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）

控制项目	厂界标准值	排气筒高度（m）	有组织最高允许排放限值	排放速率（kg/h）
	二级/新扩改建 mg/m^3			
氨	1.5	30	/	20
硫化氢	0.06	30	/	1.3
臭气浓度	20（无量纲）	15	2000（无量纲）	/

（2）固废

项目危险废物的排放执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

（3）噪声

西湖大学云谷校区场界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准（昼间≤60dB（A）、夜间≤50dB（A））。

表二 项目建设情况

2.1 项目建设内容

2.1.1 项目概况

西湖大学是一所社会力量举办、国家重点支持的新型高等学校，前身为浙江西湖高等研究院，于 2018 年 2 月 14 日正式获教育部批准设立，举办方是杭州市西湖教育基金会，首任校长由施一公教授担任。学校分为云栖校区和云谷校区，其中云栖校区位于西湖区云栖小镇石龙山街 18 号（本项目不涉及）；云谷校区位于杭州市西湖区墩余路 600 号。

西湖大学利用云谷校区基础医学楼 B1 层已有建筑建设放射性同位素实验室，实验室建筑面积约 200m^2，拆除实验室现有墙体，新建 1 间β操作间、1 间γ操作间、1 间动物房、1 间细胞培养室、1 间仪器室、1 间储源室、1 间β废物间、1 间γ废物间、1 间辅助间（含淋浴和去污设备）、1 间衰变室等附属用房，使用 5 种放射性同位素：^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{35}S、^{125}I，日等效最大操作量为 1.31×10^{7}Bq，为丙级非密封放射性物质工作场所，用于开展细胞代谢实验、探针杂交实验、体外蛋白翻译实验、细胞摄取实验和动物实验。项目实验不涉及对人体和环境造成潜在危害的病毒、微生物等，不属于 P2 及以上实验室。本项目动物房暂未投入使用，暂未开展动物实验，本次验收范围不包括动物房和动物实验。

2024 年 8 月，卫康环保科技（浙江）有限公司编制了《西湖大学放射性同位素实验室项目环境影响报告表》；2024 年 9 月 12 日，杭州市生态环境局对该项目进行了审批，审批文号为：杭西环辐评批[2024]4 号。

西湖大学已于 2025 年 6 月 12 日重新申领了《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[A3899]，种类和范围：使用 III 类射线装置，使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2030 年 6 月 11 日。

本项目于 2025 年 8 月 10 日竣工，于 2025 年 9 月 1 日投入调试。西湖大学在放射性同位素实验室门口处进行了竣工公示和调试公示。

西湖大学委托卫康环保科技（浙江）有限公司开展西湖大学放射性同位素实验室项目竣工环境保护验收工作。在现场监测、检查和查阅相关资料的基础上，编制项目竣工环境保护验收监测报告表。

2.1.2 原有核技术利用项目概况

西湖大学分为云栖校区和云谷校区，云栖校区前期已购置 5 台 III 类射线装置，

表二 项目建设情况

并建成 1 个放射性同位素公共实验室，使用 ^{3}H、^{35}S、^{32}P、^{14}C 共 4 种放射性同位素开展生物代谢示踪实验，为丙级非密封放射性物质工作场所。云谷校区前期已购置 10 台 III 类射线装置。西湖大学已建成的非密封放射性物质工作场所使用核素内容及规模见表 2-1，已购置的 III 类射线装置参数一览表见表 2-2。

表 2-1 西湖大学前期已有非密封放射性核素应用内容及规模一览表

序号	核素	工作场所等级	活动种类	物理状态	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	环评批复情况	验收情况
1	^{3}H	丙级	使用	液态	2.96×10^{4}	2.96×10^{8}	杭环辐评批[2022]8号	2023 年 7 月通过了自主验收
2	^{35}S		使用	液态	5.55×10^{6}	5.55×10^{9}		
3	^{32}P		使用	液态	1.38×10^{6}	2.76×10^{9}		
4	^{14}C		使用	液态	2.96×10^{5}	2.96×10^{8}		

表 2-2 西湖大学已购置的 III 类射线装置参数一览表

序号	设备名称	数量	型号	最大管电压/最大管电流	工作场所	生产厂家
1	X 射线显微镜	1 套	Xradia 610 Versa	160kV、0.1875mA	云谷校区 E1-110 室	蔡司
2	X 射线显微镜	1 套	Xradia 610 Versa	160kV、0.1875mA	云谷校区 E10-111 室	蔡司
3	X 射线光电子能谱	1 套	PHI GENESIS 900	20kV、10mA	云谷校区 E10-127 室	ULVAC-PHI，Inc
4	近常压 X 射线光电子能谱	1 套	SPECS	15kV、66mA		SPECS
5	X 射线 CT	1 套	Xradia 620 Versa	160kV、0.15mA	云谷校区 E10-128 室	蔡司
6	X 射线吸收光谱仪	1 套	RapidXA FS 2M	50kV、22.5mA	云谷校区 E10-141 室	安徽吸收谱仪器设备有限公司
7	劳厄背散射仪	1 套	MWL120	25kV、20mA	云谷校区 E10-B106 室	海埃飞电子科技有限公司
8	生物学 X 射线辐照仪	1 套	RS2000pro	160kV、25mA	云谷校区 E11-E317 室	瑞德索斯
9	显微 X 射线活体小动物断层扫描仪	1 套	SkyScan1276	100kV、0.2mA	云谷校区 E11-W209 室	布鲁克

表二 项目建设情况

续表 2-2 西湖大学已购置的 III 类射线装置参数一览表

序号	设备名称	数量	型号	最大管电压/最大管电流	工作场所	生产厂家
10	生物学 X 射线辐照仪	1 套	RS2000pro	160kV、25mA	云谷校区 E8-B104L 室	瑞德索斯
11	小动物活体成像系统	1 套	Optima	45kV、0.18mA	云栖校区三号楼 716 室	奥蒂玛
12	生物学 X 射线辐照仪	1 套	RS2000	160kV、25mA	云栖校区三号楼 732 室	瑞德索斯
13	双能 X 射线骨密度测量仪	1 套	Discovery Wi	140kV、0.3mA	云栖校区一号楼 120 室	好乐
14	超高辉度 X 射线单晶衍射仪	1 套	XtaLAB Synergy Custom	60kV、48mA	云栖校区一号楼 225-3 室	日本理学公司
15	车载双能 X 射线骨密度测量仪	1 套	Horizon Wi	140kV、0.3mA	云栖校区一号楼北侧检测车	豪洛捷

2.1.3 项目建设内容及规模

西湖大学利用云谷校区基础医学楼 B1 层已有建筑建设放射性同位素实验室，实验室建筑面积约 200m^2，拆除实验室现有墙体，新建 1 间β操作间、1 间γ操作间、1 间动物房、1 间细胞培养室、1 间仪器室、1 间储源室、1 间β废物间、1 间γ废物间、1 间辅助间（含淋浴和去污设备）、1 间衰变室等附属用房，使用 5 种放射性同位素：^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{35}S、^{125}I，日等效最大操作量为 1.31×10^{7}Bq，为丙级非密封放射性物质工作场所，用于开展细胞代谢实验、探针杂交实验、体外蛋白翻译实验、细胞摄取实验和动物实验。项目实验不涉及对人体和环境造成潜在危害的病毒、微生物等，不属于 P2 及以上实验室。本项目动物房暂未投入使用，暂未开展动物实验，本次验收范围不包括动物房和动物实验。

放射性同位素内容及规模见表 2-3。由表 2-3 可知，本次验收项目内容和规模符合环评审批要求。

续表二 项目建设情况

表 2-3 环评和验收阶段非密封放射性同位素应用内容及规模对照表

环评阶段				验收阶段					备注		
序号	核素名称	设计日最大操作量（Bq）	设计年最大使用量（Bq）	序号	核素名称	实际日最大操作量（Bq）	实际日等效最大操作量（Bq）	实际年最大使用量（Bq）	核素形态	用途	备注
1	^{14}C	5.92×10^{6}	1.48×10^{9}	1	^{14}C	5.92×10^{6}	5.92×10^{5}	1.48×10^{9}	液态	细胞代谢示踪实验	暂存在储源室，按需取用，使用在各放射性同位素实验室
		2.04×10^{7}	1.02×10^{9}			/	/	/		动物实验，暂未开展	
2	^{3}H	5.92×10^{6}	1.48×10^{9}	2	^{3}H	5.92×10^{6}	5.92×10^{4}	1.48×10^{9}		细胞代谢示踪实验	
3	^{32}P	1.38×10^{7}	3.45×109	3	^{32}P	1.38×10^{7}	1.38×10^{6}	3.45×10^{9}		探针杂交实验	
4	^{35}S	5.55×10^{7}	1.38×10^{10}	4	^{35}S	5.55×10^{7}	5.55×10^{6}	1.38×10^{10}		体外蛋白翻译实验	
5	^{125}I	5.55×10^{7}	5.55×10^{9}	5	^{125}I	5.55×10^{7}	5.55×10^{6}	5.55×10^{9}		细胞摄取实验	

2.1.4 工程地理位置

西湖大学分为云栖校区和云谷校区，其中云栖校区位于西湖区云栖小镇石龙山街 18 号，云谷校区位于杭州市西湖区墩余路 600 号。本项目位于云谷校区，本项目地理位置见图 2-1。西湖大学云谷校区东侧为云创路，隔路为绿地、西湖云创智辰园、联东云谷生物医药制造基地；东南侧紧邻为双桥幼儿园、杭州市三墩小学（双桥校区）；南侧为墩余路，隔路为杭州市电子信息职业学校、绿城熙海棠小区、杭铁万科云耀之城小区；西侧为谷智路，隔路为西湖大学附属学校、在建小区、云兰府小区、云澜雅著小区及空地；北侧为农地及杭长高速。本放射性同位素实验室顶部为校内广场（消防回车场），无地下层。西湖大学云谷校区周围环境关系见图 2-2。

续表二 项目建设情况

2.1.5 本项目周边情况及平面布置

本项目位于杭州市西湖区墩余路600号西湖大学云谷校区基础医学楼B1层东北侧，基础医学楼由南北两幢单体楼组成，单体楼中部为校内广场（消防回车场）。实验室所在建筑东侧为学术环主楼，距离实验室边界约15m；南侧为生命科学楼，距离实验室边界约60m，西侧为校内道路，距离实验室边界约46m，北侧为校内道路和非机动车库，距离实验室边界约45m。

放射性同位素实验室位于基础医学楼B1层东北侧，所在区域东侧为展厅、空调机房、配电房、泵房等公辅用房；南侧为质谱与代谢平台实验室及办公室；西侧为过道，隔过道为步梯间和设备间、生活垃圾装卸平台、生活垃圾中转站等；北侧为过道，隔过道为地下物流通道；无地下层，实验室顶部为内部广场（消防回车场）。西湖大学云谷校区平面布置图见图2-3，基础医学楼B1层平面布置图见图2-4。

本项目放射性同位素实验室由辅助间（含淋浴和去污设备）、衰变池间、细胞间、γ操作间、γ废物间、储源室、β废物间、动物房、β操作间、仪器室等附属用房构成，沿过道由东向西依次布置，所有功能用房分别位于中间通道的两侧，各房间功能明确，根据操作核素的种类、操作活度浓度在不同的功能用房内开展实验室。储源室设置在实验室最西侧，与各功能用房临近，降低了放射性核素转移过程的撒漏风险和人员安全。实验室东侧为辐射工作人员出入口，出入口设置有辅助间（含淋浴、监测设备和去污用品等），西侧为污物及放射性同位素出入口，设置有储源室、β废物间、γ废物间，用于放射性废物的暂存，东西两侧出入口均设置门禁系统，确保独立安全与其它区域隔离。实验室出入口设置有淋浴区，设有洗手盆和应急喷淋设施。放射性同位素储源室由实墙分隔，实行双人双锁管理，并安有监控摄像以及与110联网的红外入侵报警装置，确保储源室安全。

整个工作场所进行两区划分，严格实行规范化的“两区”管理，分为监督区和控制区，实验室外四周及缓冲走廊外过道为监督区，实验室更衣区设置于缓冲走廊内，工作人员经更衣后进入实验室。放射性同位素实验室平面布置图见图2-5。

本项目实际建设中工作场所与环评布局一致。本项目非密封放射性同位素示踪实验室按照丙级工作场所的标准进行装修，符合相关标准要求。

续表二 项目建设情况

2.1.6 环境保护目标

（1）电离辐射保护目标

本项目放射性同位素实验室验收调查 50m 范围内主要为西湖大学内部基础医学楼、学术环主楼、校内道路等，无居民区、医院等环境敏感保护目标。本项目环境保护目标主要为从事放射性同位素操作的辐射工作人员及校内其他师生等公众。

（2）非放射性环境保护目标

1、大气环境保护目标：本项目验收调查 500m 范围内主要为双桥幼儿园、杭州市三墩小学（双桥校区）、杭州电子信息职业学校、西湖大学附属学校、云兰府小区、云澜雅著小区、绿城熙海棠小区、杭铁万科云耀之城小区等。

2、声环境保护目标：本项目验收调查 50m 范围内主要为双桥幼儿园、杭州市三墩小学（双桥校区）、杭州电子信息职业学校、西湖大学附属学校、云兰府小区、云澜雅著小区、绿城熙海棠小区、杭铁万科云耀之城小区等。

3、本项目不涉及地下水环境保护目标、生态环境保护目标。

2.1.7 项目变动情况

经现场调查、查阅资料，并与环评批复作对比，本项目放射性同位素核素使用种类与环评一致，放射性同位素实验室平面布局未发生变化。本项目动物房暂未投入使用，暂未开展动物实验，本次验收范围不包括动物房和动物实验。学校放射性同位素实验室分阶段投入使用，因此分阶段进行竣工环境保护验收。本次对本项目放射性同位素实验室（除动物房外）进行竣工环境保护先行验收。后续待动物房投入使用后，及时对动物房进行竣工环境保护验收。

对照《核技术利用建设项目重大变动清单》（环办辐射函〔2025〕313 号）的规定，详见表 2-4。本项目无重大变动。

表2-4 项目变动情况一览表

序号	项目	结论	是否属于重大变动
1	由核技术利用建设项目变更为其他类别建设项目	与环评一致，均为核技术利用建设项目	否
2	重新选址	放射性同位素实验室所在位置未发生变化	否
3	调整辐射工作场所位置(包括总平面布置变化)导致调整后评价范围内出现新的环境保护目标	本项目辐射工作场所位置及总平面布置未发生调整	否

续表二 项目建设情况

续表2-4 项目变动情况一览表

序号	项目	结论	是否属于重大变动
4	放射源类别升高	本项目不涉及	否
5	射线装置类别升高	本项目不涉及	否
6	非密封放射性物质工作场所级别升高	本项目非密封放射性物质工作场所级别未升高	否
7	放射源的总活度或放射源数量增加50%及以上	本项目不涉及	否
8	射线装置额定功率或输出剂量率或中子产生率增大50%及以上	本项目不涉及	否
9	放射性核素活度或种类增加导致非密封放射性物质工作场所的日等效最大操作量增加50%及以上	本项目放射性核素种类与环评阶段一致，因动物实验未开展，^{14}C 使用活度略有减少	否
10	增加新的辐射工作场所	本项目不涉及	否
11	生产工艺或使用方式变化导致不利影响加重，含主要工艺装置、配套设备及放射性三废处理设施任何一项变化	本项目未变化	否
12	辐射防护措施改变导致不利影响加重	辐射防护措施未发生改变	否
13	辐射安全联锁系统的联锁方式、联锁逻辑发生改变导致联锁功能减弱	本项目未变化	否
14	非密封放射性物质工作场所功能和布局变化导致增加控制区	本项目非密封放射性物质工作场所功能和布局未变化	否
15	新增放射性液态流出物排放口或气载流出物排放口	本项目未新增放射性液态流出物排放口或气载流出物排放口	否

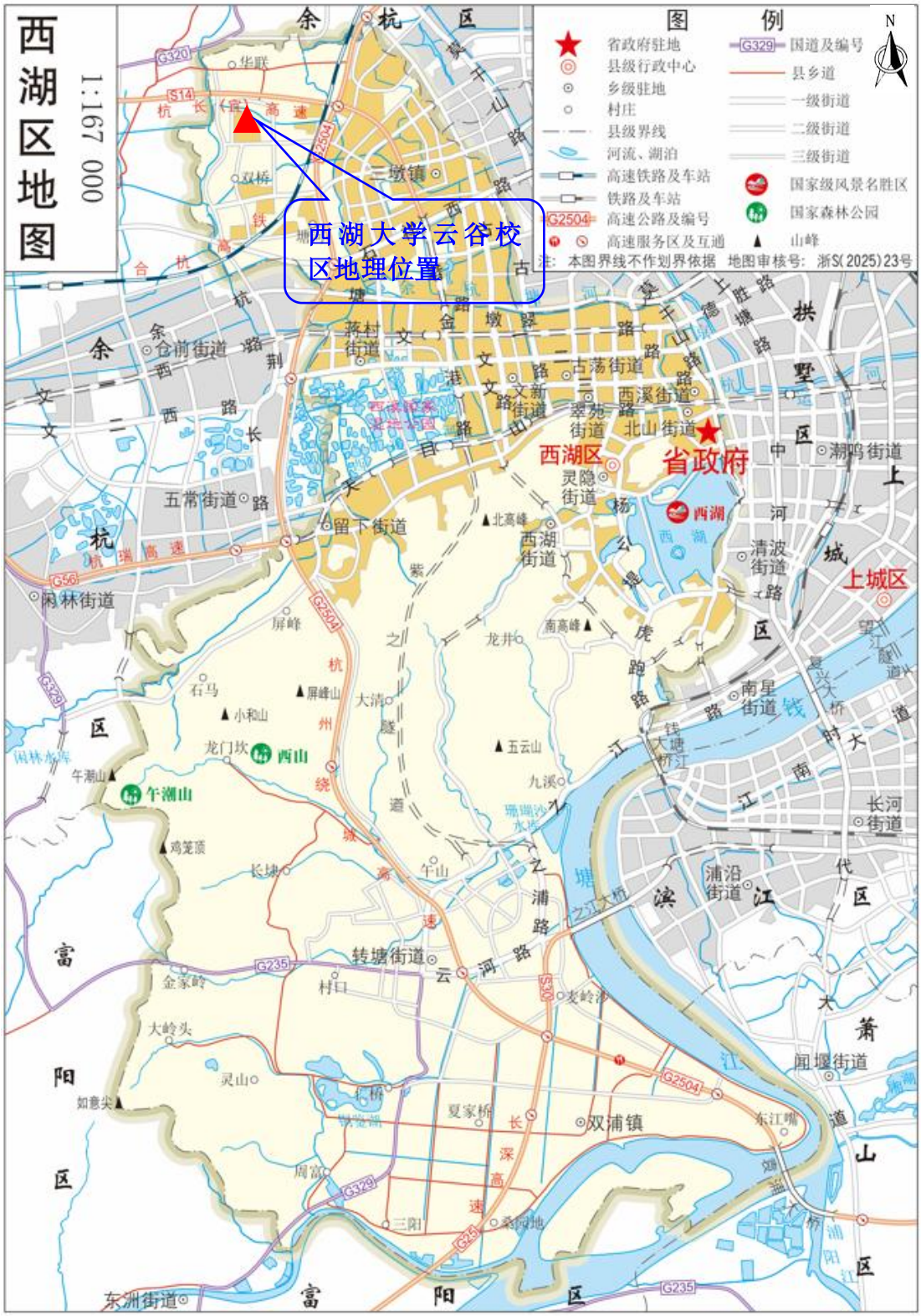


图 2-1 西湖大学云谷校区地理位置示意图

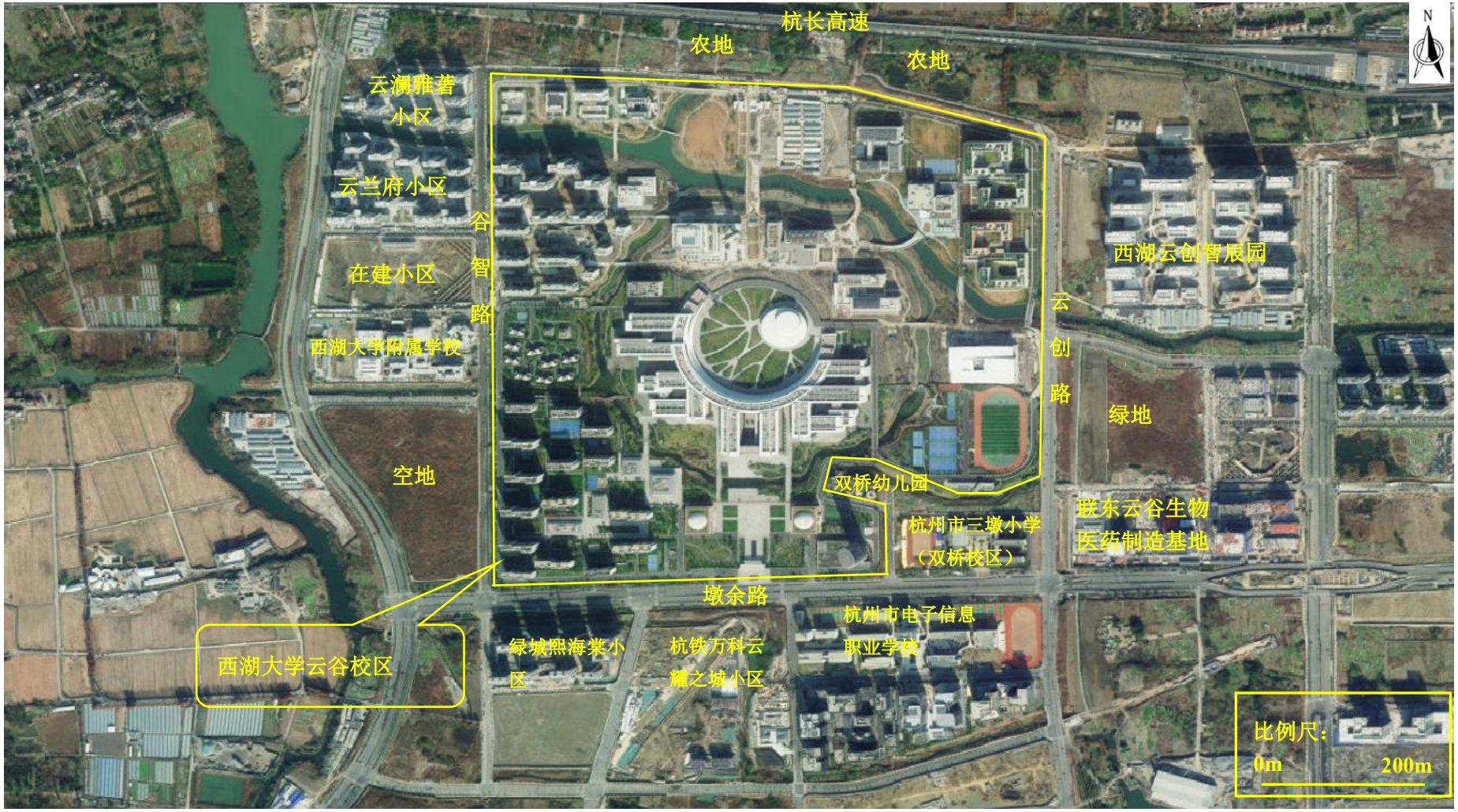


图 2-2 西湖大学云谷校区周围环境关系图

图 2-3 西湖大学云谷校区总平面布置图

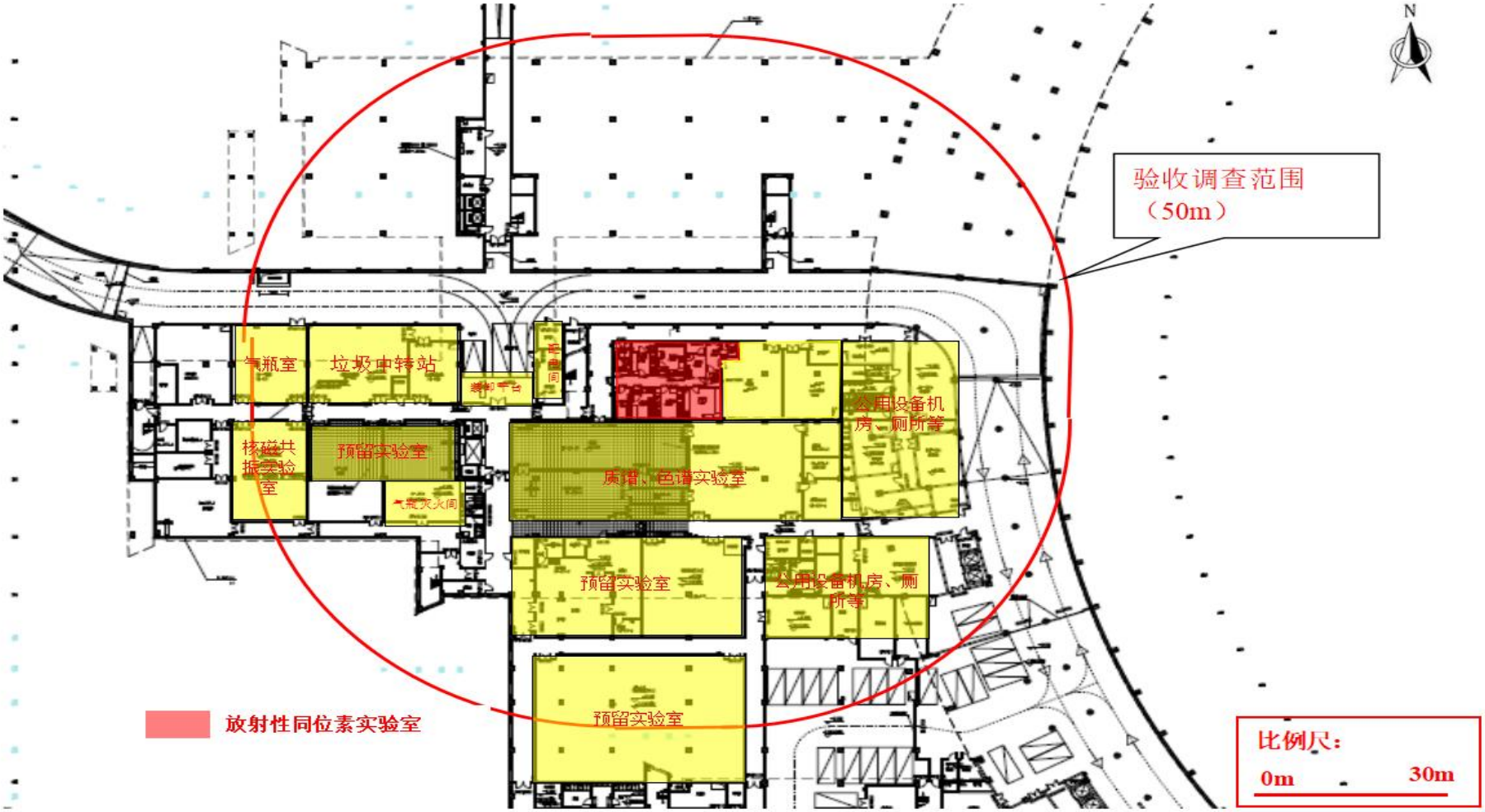


图 2-4 云谷校区基础医学楼 B1 层平面图（局部）

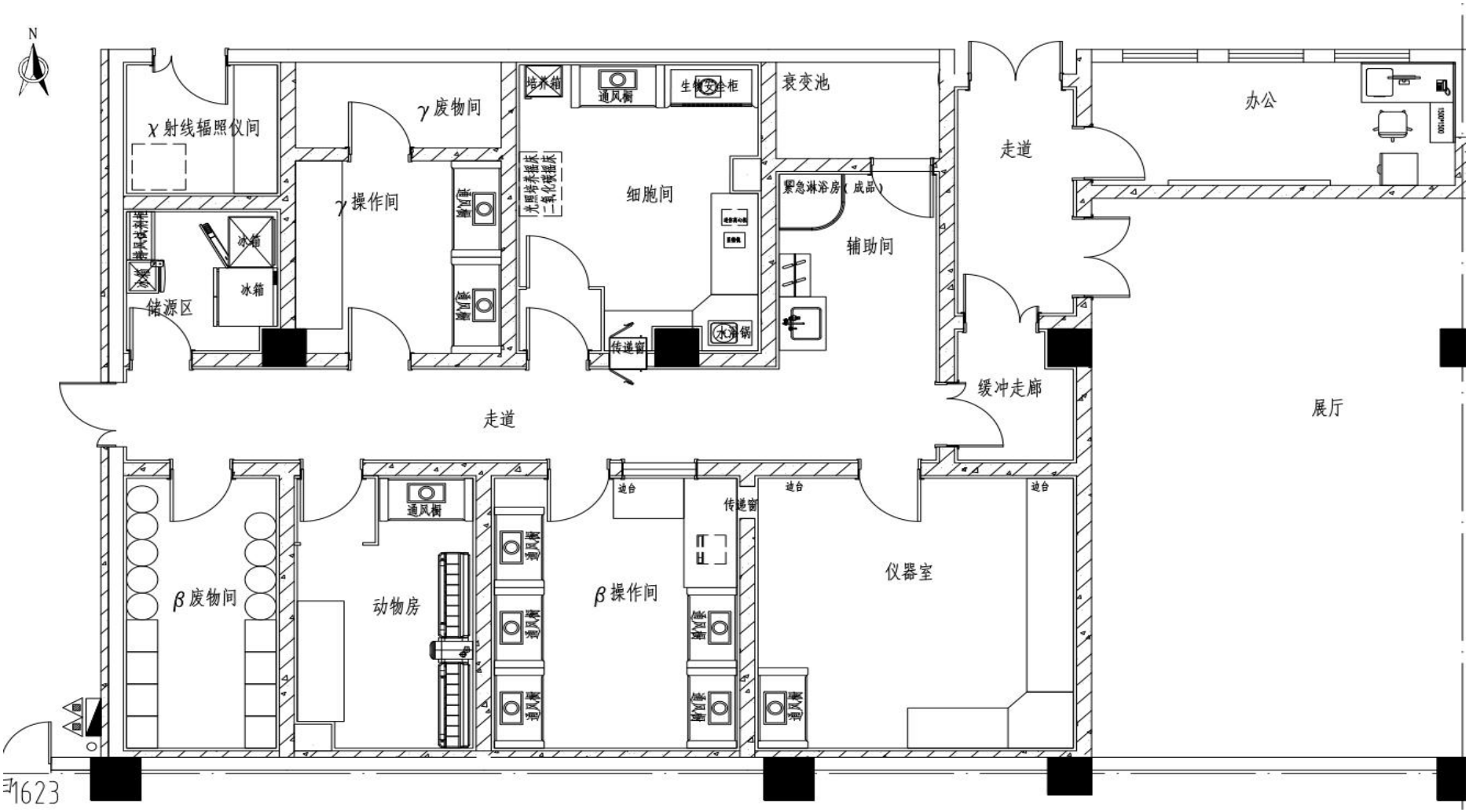


图 2-5 本项目放射性同位素实验室平面布置图

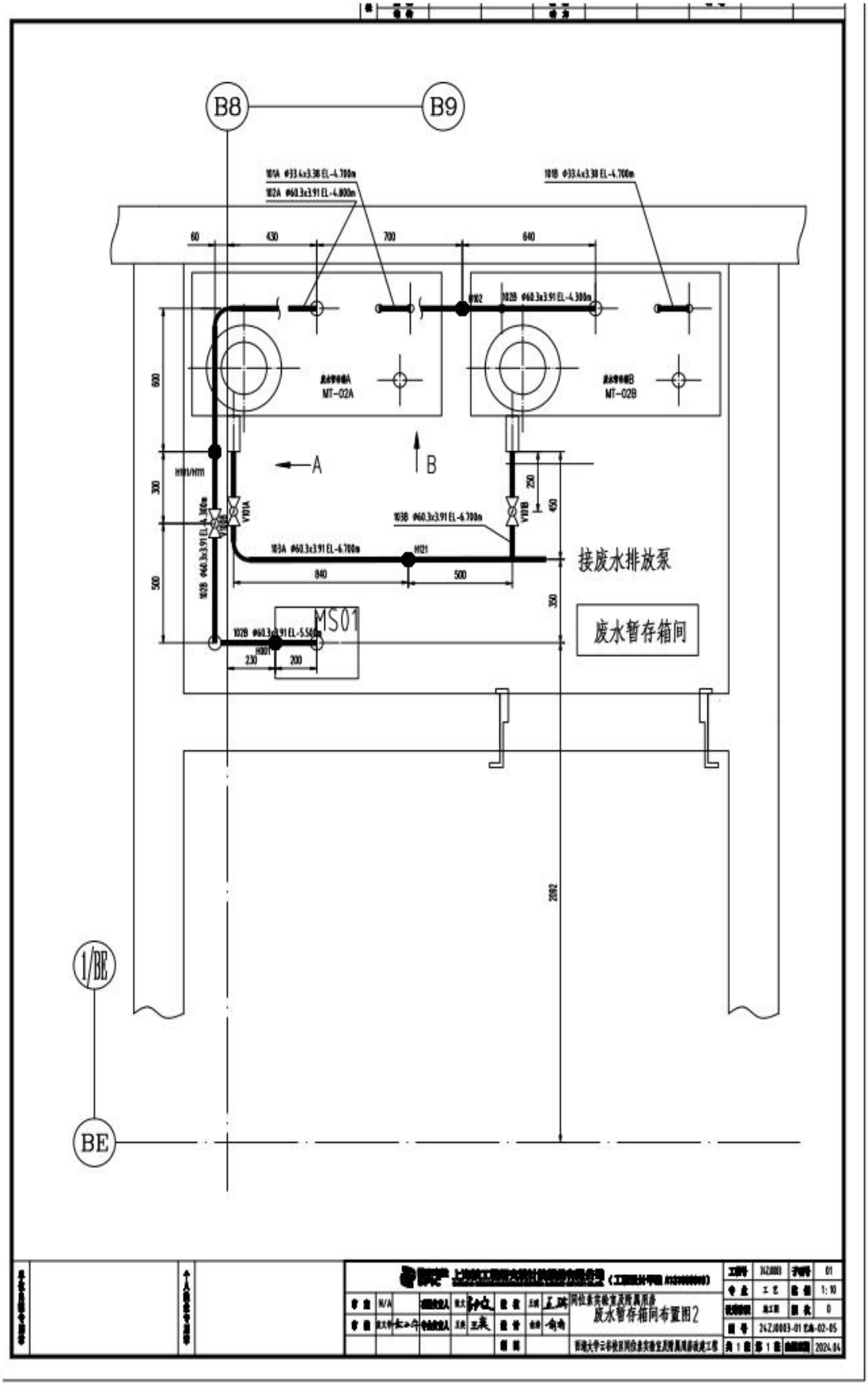


图 2-6　衰变池间平面布置图

续表二 项目建设情况

2.1.8 辐射安全与防护设施实际总投资

本次竣工环保验收项目实际总投资额约 680 万元，其中辐射安全与防护设施实际总概算 170 万元，辐射安全与防护设施总概算占总投资额 25%。本次竣工环保验收项目辐射安全与防护设施具体环保投资详见表 2-5。

表 2-5 辐射安全与防护设施投资一览表

序号	项目	投资金额（万元）
1	放射性同位素实验室屏蔽措施、辐射分区管理标识、安全措施等	57
2	放射性三废治理措施及整备收储	72
3	非放射性废物委托处置	6
4	辐射防护与安全培训考核、个人剂量监测、职业健康体检	4
5	监测仪器和防护用品	12
6	辐射安全管理规章制度	1
7	环境影响评价及竣工环保验收	18
合计		170

2.2 源项情况

本项目非密封放射性物质技术参数见表 2-6。

表 2-6 非密封放射性物质技术参数表

核素名称	物理状态	实际日等效最大操作量（Bq）	实际年最大使用量（Bq）	半衰期	衰变类型	毒性组别修正因子	操作方式	用途
^{14}C	液态	5.92×10^{5}	1.48×10^{9}	5730a	β^{-}	0.1	简单操作	细胞代谢示踪实验
^{3}H		5.92×10^{4}	1.48×10^{9}	12.33a	β^{-}	0.01		细胞代谢示踪实验
^{32}P		1.38×10^{6}	3.45×10^{9}	14.3d	β^{-}	0.1		探针杂交实验
^{35}S		5.55×10^{6}	1.38×10^{10}	87.4d	β^{-}	0.1		体外蛋白翻译实验
^{125}I		5.55×10^{6}	5.55×10^{9}	59.4d	EC	0.1		细胞摄取实验

续表二 项目建设情况

2.3 工程设备与工艺分析

2.3.1 设备组成

本项目使用5种放射性同位素开展相关的科学研究，目前主要开展4类研究：细胞代谢实验、探针杂交实验、体外蛋白翻译实验、细胞摄取实验。本项目设备组成及使用放射性核素汇总见表2-7。

表 2-7 项目设备及涉及放射性核素汇总表

序号	设备	数量（台）	涉及放射性核素	用途	位置
1	液体闪烁计数器	1	^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{125}I	检测分析	仪器室
2	激光共聚焦磷屏扫描仪	1	^{32}P、^{35}S、^{14}C、^{125}I	检测分析	仪器室
3	通风橱	10	^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{35}S、^{125}I	核素操作	仪器室、β操作间、细胞间、γ操作间
4	杂交炉	1	^{32}P、^{125}I	探针杂交	β操作间
5	电泳仪	2	^{32}P、^{35}S	蛋白电泳	β操作间、γ操作间
6	二氧化碳培养箱	1	^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{35}S、^{125}I	细胞培养	细胞间

2.3.2 原辅材料

表 2-8 实验室原辅材料消耗清单

原料名称	原料类型	主要用途	单次实验用量	年用量
细胞代谢实验				
100ml 三角玻璃摇瓶	耗材、塑料材质固体	培养细胞	8 个	16000 个
250ml 三角玻璃摇瓶	耗材、塑料材质固体	培养细胞	2 个	4000 个
50ml 离心管	耗材、塑料材质固体	离心收集细胞	4 个	8000 个
200μl 枪头	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	1 个	2000 个
20ml 移液管	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	7 根	14000 根
1ml 枪头	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	4 个	8000 个
Sillica G60 层析板	耗材、玻璃材质固体	用于薄层层析	10 片	20000 片
5ml 收集管	耗材、塑料材质固体	闪烁计数	3 个	6000 个
$^{3}H/^{14}C$ 标记的碳水化合物溶液或盐类溶液	核素试剂，液体	用于同位素示踪	40μL	80mL
TAP 培养基	试剂，液体	用于细胞培养	320ml	640L

续表二 项目建设情况

续表 2-8 实验室原辅材料消耗清单

原料名称	原料类型	主要用途	单次实验用量	年用量
TAP-N 培养基	试剂，液体	用于细胞培养	80ml	160L
Modified TAP 培养基	试剂，液体	用于细胞培养	80ml	160L
提取缓冲液（甲醇-氯仿-88%甲酸，2:1:0.1）	试剂，液体	用于脂类提取	10ml	20L
1M KCl 溶液	试剂，液体	用于脂类提取	5ml	10L
0.2M H_3PO_4 溶液	试剂，液体	用于脂类提取	5ml	10L
有机溶液 1（石油醚-二乙醚-醋酸）	试剂，液体	用于薄层层析	10ml	20L
有机溶液 2（氯仿-甲醇-醋酸-水）	试剂，液体	用于薄层层析	10ml	20L
碘溶液	试剂，液体	用于薄层层析	2ml	4L
探针杂交实验				
1.5 ml 离心管	耗材、塑料材质固体	反应体系容器，和试剂存放等	5 个	1250 个
0.2ml PCR 管	耗材、塑料材质固体	探针处理	4 个	1000 个
20 μl 枪头	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	20 个	5000 个
200 μl 枪头	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	11 个	2750 个
1 ml 枪头	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	6 个	1500 个
^{32}P 标记的核苷酸溶液	核素试剂，液体	同位素标记	2μl	0.5ml
标记试剂盒	试剂，液体	用于同位素 DNA 探针的制备	1 reaction	250 reaction
目标 DNA 片段	试剂，液体	用于同位素 DNA 探针的制备	2μl（总量 0.5μg）	0.5ml（总量 125μg）
6XSSC/预杂交液/杂交液	试剂，液体	用于探针杂交	约 100 ml	约 25L
2XSSC	试剂，液体	用于探针杂交清洗	约 100 ml	约 25L
0.1X SSC	试剂，液体	用于探针杂交清洗	约 200 ml	约 50L
含靶 DNA 的膜	试剂，液体	用于探针杂交	1 张（20-100cm^2）	250 张（20-100cm^2）
10% SDS	试剂，液体	用于探针杂交	约 15ml	约 3750ml

续表二 项目建设情况

续表 2-8 实验室原辅材料消耗清单

原料名称	原料类型	主要用途	单次实验用量	年用量
体外蛋白翻译实验				
200 μl 枪头	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	10 个	12500 个
20 μl 枪头	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	120 个	150000 个
1.5 ml 离心管	耗材、塑料材质固体	反应体系容器，和试剂存放等	10 管	12500 管
SDS 预制胶	耗材、混合材质固体	蛋白电泳	1 块	1250 块
玻璃膜	耗材、塑料材质固体	干胶用	4 张	5000 张
^{35}S 标记的氨基酸溶液	核素试剂，液体	同位素标记	20μl	25000μl
兔红细胞体外翻译试剂盒	试剂，液体	体外翻译	10 个反应	12500 个反应
提取的 RNA	试剂，液体	体外翻译	10μg	12500μg
1 X SDS-PAGE 电泳缓冲液	试剂，液体	电泳	1.5L	1875L
1X 转膜液	试剂，液体	转膜	1.0L	1250L
细胞摄取实验				
24 孔样品板	耗材、塑料材质固体	细胞培养	3 个	600 个
移液枪（200μL 和 50μL，含枪头）	耗材、塑料材质固体	反应试剂的添加和移除等	100 个	20000 个
计数板	耗材、塑料材质固体	样品检测	3 个	600 个
^{125}I 标记物	核素试剂、液体	同位素标记	3.75mL	750mL
30μM 的 $NaClO_4$ 溶液	试剂、液体	用于细胞摄取	约 500μL	100mL
细胞培养液	试剂、液体	细胞培养	约 36 mL	7.2L
pH8.0 的 200 mm 磷酸盐缓冲溶液	试剂、液体	探针清洗	约 36 mL	7.2L
Triton 裂解缓冲液	试剂、液体	细胞裂解	约 7 mL	1.4L
闪烁液	试剂、液体	样品检测	约 7 mL	1.4L
Ep 管	耗材、塑料材质固体	反应体系容器，和试剂存放等	15 个	3000 个
封板膜	耗材、塑料材质固体	样品封存	3 个	600 个

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

续表二 项目建设情况

2.4 污染源

2.4.1 放射性污染源

（1）β外照射及轫致辐射

根据项目使用核素特性，^{3}H、^{14}C、^{32}P 及^{35}S 四种核素均为纯β衰变，^{32}P 发生衰变产生的射线最大能量为 1.709MeV，未见γ射线。其产生的β射线穿透能力较弱，影响较小。β射线在高原子序数屏蔽体阻挡下会产生轫致辐射。

（2）β表面污染

项目使用的 ^{3}H、^{14}C、^{32}P 及^{35}S 四种核素为纯β放射性核素，其在取药、使用过程中可能对器皿或者地面、试验器材等产生放射性表面污染。

（3）γ射线

根据项目使用核素特性，^{125}I 为纯γ衰变，衰变产生的射线最大能量为 0.036MeV，周围剂量当量率常数为 0.0165μSv·m^{2}/MBq·h。本项目考虑 ^{125}I 的γ射线影响。

（4）放射性废水

本项目所述放射性废水特指仅在突发人员沾污情况时，需在淋洗间紧急清洁去污，应急喷淋产生的淋洗废水。通常情况下不产生。按照年最大应急 2 次淋洗预估，应急淋洗产生的去污废水不超过 100L。应急淋洗废水收集至衰变池。

辐射工作人员操作实验过程均穿有实验工作服、工作鞋和乳胶手套，离开工作场所前对工作服、工作鞋及手部表面污染监测后脱掉防护手套，若手套存在污染，将污染的手套等作为放射性固体废物进行收集暂存。辐射工作人员均须经表面污染检查，确认无污染后方可离开。一般情况下不会产生洗手和淋浴废水。

实验室日常清洁由实验室工作人员负责，实验室工作人员在每日实验操作结束后，对场所内进行表面污染检测，确认表面污染满足标准后，开展保洁工作；若存在污染的，则先进行去污操作，然后再进行保洁操作。保洁过程，场所已不再进行核素的操作实验，且辐射工作人员已确认场所内污染水平满足标准要求，故保洁过程产生的少量清洁废水不作为放射性废水管理。

放射性废水由紧急淋浴间→衰变池间，具体见图 2-17。

续表二 项目建设情况

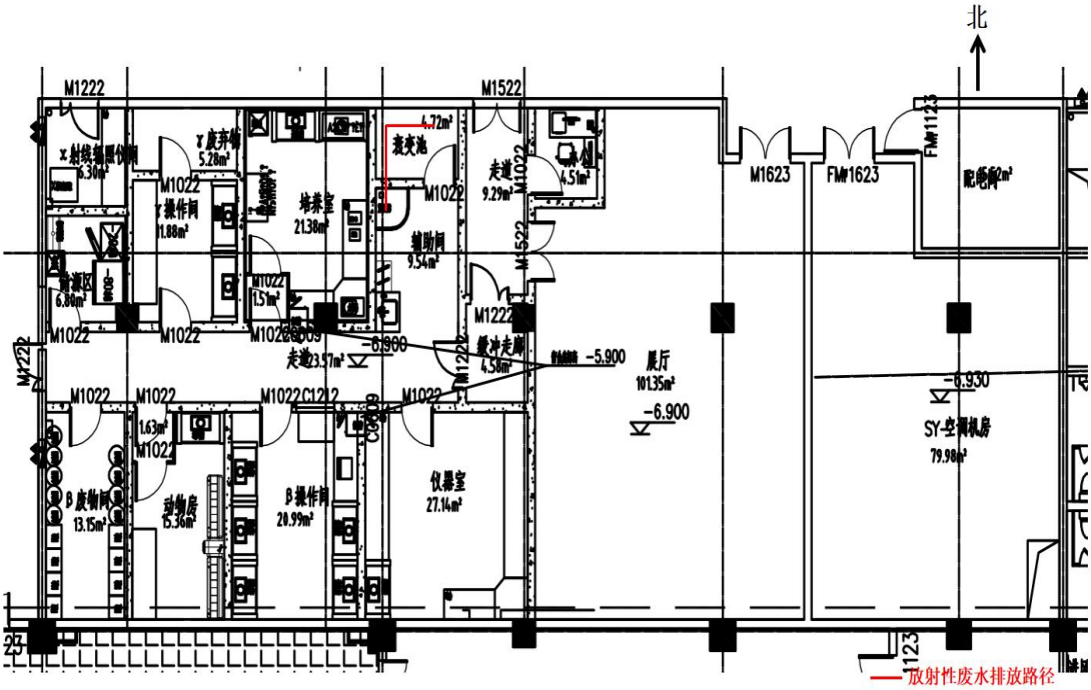


图 2-17　放射性废水排放路径示意图

（5）放射性废液

本项目放射性废液主实验过程产生少量容器、医疗器械洗涤废液、培养基、电泳液/转膜液、闪烁液、有机样品溶液、层析液等。实验产生的放射性废液按有机/水相、核素种类分类采用专用的收集桶收集，转移至放射性废物暂存间暂存。其中含 ^{32}P 核素废液在放射性废物暂存间贮存衰变 150 天、含 ^{35}S 核素放射性固体废物贮存 874 天、含 ^{125}I 核素废液在放射性废物暂存间贮存 594 天后，经检测符合清洁解控标准按危险废物委托有资质单位处置。含 ^{14}C 和 ^{3}H 核素废液暂存于放射性废物暂存间，定期委托有资质单位整备（固化）收储。各个实验过程产生的放射性废液产生量保守估算详见表 2-9。

表 2-9 实验过程产生的放射性废液保守汇总表

废液名称	核素	每日产生量	每年产生量	实验类型	废物种类
洗涤废液	^{14}C	480g	120kg	细胞代谢	细胞间、β操作间、γ操作间产生的放射性废液
培养基		640g	160kg		
层析废液		184g	46kg		
有机样品液		16g	4kg		
闪烁液		20g	5kg		
小计		1340g	335kg		

续表二 项目建设情况

续表 2-9 实验过程产生的放射性废液保守汇总表

废液名称	核素	每日产生量	每年产生量	实验类型	废物种类
洗涤废液	^{3}H	480g	120kg	细胞代谢	细胞间、β操作间、γ操作间产生的放射性废液
培养基		640g	160kg		
层析废液		184g	46kg		
有机样品液		16g	4kg		
闪烁液		20g	5kg		
小计		1340g	335kg		
电泳液/转膜液	^{35}S	1500g	375kg	体外蛋白翻译	
洗涤废液		1000g	250kg		
小计		2500g	625kg		
纯化、质检废液	^{32}P	0.255g	6.37×10^{-2}kg	探针杂交	
洗涤废液（膜）		600g	150kg		
容器洗涤废液		1600g	400kg		
小计		2200g	550kg		
洗涤废液	^{125}I	296.4g	29.6kg	细胞摄取实验	
闪烁液		28g	2.8kg		
小计		324.4g	32.4kg		

（6）**放射性固体废物**

各个实验过程产生的放射性固体废物产生量保守估算详见表 2-10。

表 2-10 实验室产生的放射性固体废物保守估算汇总表

实验名称		固体废物	
		每日	每年
细胞代谢实验	^{3}H	实验耗材（枪头和各类离心管等）13g、样品废渣 8 克、薄片 400g、基底 600g、实验纸 60g	实验耗材 3.25kg、废渣 2kg、薄片 100kg、基底 150kg、实验纸 15kg
	^{14}C	实验耗材（枪头和各类离心管等）13g、样品废渣 8 克、薄片 400g、基底 600g、实验纸 60g	实验耗材 3.25kg、废渣 2kg、薄片 100kg、基底 150kg、实验纸 15kg
探针杂交实验（^{32}P）		实验耗材 5g（枪头和各类离心管等）、实验纸 25g、废膜 50g	实验耗材 1.25kg、实验纸 6.25kg、废膜 1.25kg
体外蛋白翻译实验（^{35}S）		实验耗材 10g（枪头和各类离心管等）、膜及废胶 50g、实验纸 40g	实验耗材 2.5kg、膜及废胶 12.5kg、实验纸 10kg
细胞摄取实验（^{125}I）		实验耗材 10g（枪头、西林瓶和各类离心管等）、实验纸 40g	实验耗材 1kg、实验纸 4kg

续表二 项目建设情况

续表 2-10 实验室产生的放射性固体废物保守估算汇总表

实验名称	固体废物	
	每日	每年
通用工序	操作人员一次性乳胶手套 300g、吸附有溅出的放射性液体的吸水纸、硅胶层析纸、一次性垫纸（注射台上）及实验、保洁等过程产生的少量擦拭废物 500g	操作人员一次性乳胶手套 75kg、吸附有溅出的放射性液体的吸水纸、硅胶层析纸、一次性垫纸（注射台上）、擦拭废物 125kg
	3 套二级过滤装置，每套过滤材料及活性炭填装量 0.25t	废过滤材料及废活性炭 1.5t

（7）放射性废气

本项目使用的放射性同位素均为外购，其中 $^{14}C/^{3}H$ 为标记的碳水化合物或盐溶液，^{32}P 为标记的核苷酸溶液，^{35}S 为标记的氨基酸溶液，^{125}I 为标记的盐溶液，所使用的放射性核素标记化合物均为液态，且不属于挥发性的物质。

本项目所有放射性核素的操作均在负压的通风橱内进行，燃烧产生的 $^{14}CO_2$ 经闪烁液捕集后，排放浓度很低，经活性炭吸附除臭处理后设 30m 高排气筒至屋顶高空排放。

本项目实验室的控制区设置 3 套独立的排气系统，主要包括：①β操作间通风橱经支管 1、支管 2 进入总风管 1，室内通风经带有止回阀的支管 3 进入总风管 1；②仪器室通风橱经带有止回阀的支管 4、进入总风管 1，室内通风经带有止回阀的支管 5 进入总风管 1；③γ操作间通风橱经支管 6 进入总风管 2，室内通风经带有止回阀的支管 7 进入总风管 2；④辅助间、衰变间经室内通风经带有止回阀的支管 8 进入总风管 2；⑤总风管 1、总风管 2 合并为总风管 3，最终引至竖井至基础医学楼屋顶经二级过滤系统吸附处理后排放于大气环境中。⑥储源室、β废物间、γ废物间室内通风经带有止回阀的支管 9、支管 10、支管 11 进入总风管 4，最终引至竖井至基础医学楼屋顶经二级过滤系统吸附处理后排放于大气环境中。⑦动物房通风橱经支管 12 进入总风管 5，室内通风经带有止回阀的、支管 13 进入总风管 5；⑧细胞培养室通风橱经支管 14 进入总风管 5，室内通风经带有止回阀的、支管 15 进入总风管 5，最终引至竖井至基础医学楼屋顶经二级过滤系统吸附处理后排放于大气环境中。本项目放射性同位素实验室排风管线示意图见表 2-18。

续表二 项目建设情况

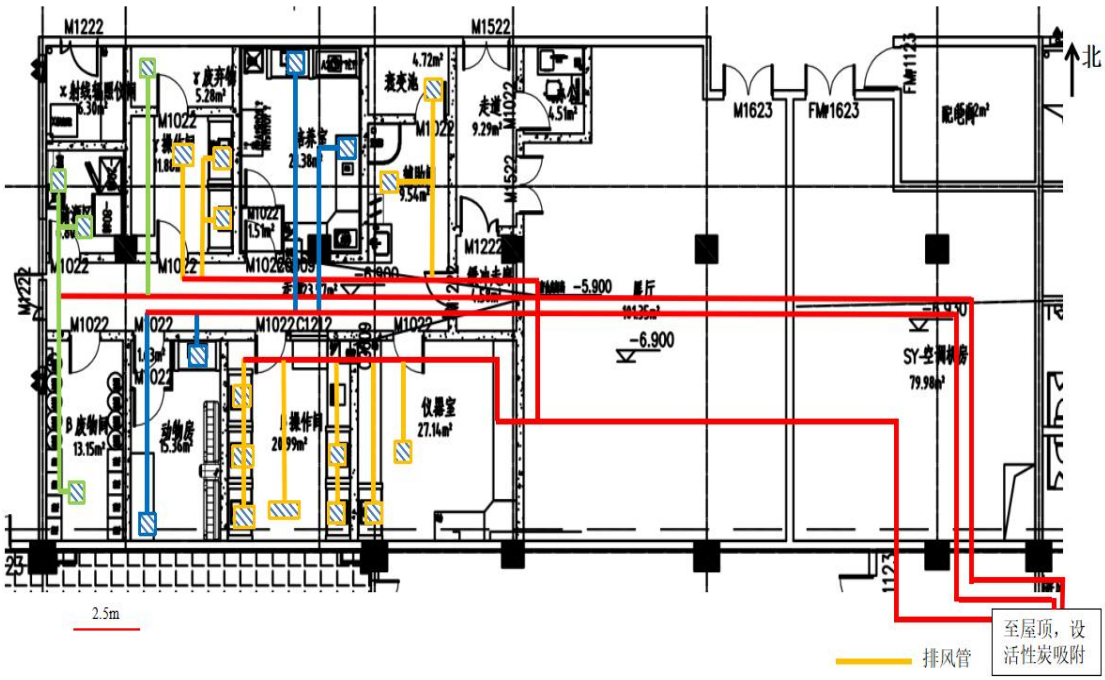


图 2-18 放射性同位素实验室实验室排风管线图

2.4.2 非放射性污染源

（1）废水

项目废水主要为员工生活污水，项目辐射工作人员为西湖大学在职员工，由在职员工经辐射防护与安全培训后上岗，因此无新增人员，因此本项目实施不会产生额外的生活污水。

（2）固废

项目固废主要为员工生活垃圾和实验过程产生的危险废物。

项目辐射工作人员为西湖大学在职员工，由在职员工经辐射防护与安全培训后上岗，因此无新增人员，因此不会产生额外的生活垃圾。

项目试验过程会产生少量危险废物，其中液态危险废物主要为废培养基、有机提取液、缓冲液等；固态危险废物主要为试验耗材。保守估算产生量详见表2-11。

续表二 项目建设情况

表 2-11 实验过程产生的非放射性危废保守估算汇总表

实验名称	产生固态危废（单次）	产生液态危废（单次）	总共（每年）	备注
细胞代谢	8 件 40g	320ml	固态危废 8000 件约 40kg；液态危废 320L（按 1000 次/年计算）	固态危废主要为枪头、离心管、移液管；液态危废主要为培养基和有机抽提液
细胞代谢	8 件 40g	320ml	固态危废 8000 件约 40kg；液态危废 320L（按 1000 次/年计算）	固态危废主要为枪头、离心管、移液管；液态危废主要为培养基和有机抽提液
探针杂交	4 个 0.4g	20ml	固态危废 1000 件约 0.1kg；液态危废 5L（按 250 次/年计算）	固态危废主要为枪头；液态危废主要为杂交缓冲液
体外蛋白翻译	70 个，7g	0	固态危废 87500 件约 8.75kg（按 250 次/年）	固态危废主要为枪头
细胞摄取	10 个，1g	/	固态危废 1000 件约 0.1kg（按 100 次/年）	固态危废主要为枪头
汇总	/	/	固态危废 10.45 万件约 88.95kg；液态危废 645L	/

本项目产生的普通危险废物由实验室内专用收集桶收集，当天转运至西湖大学现有的危废暂存设施暂存，定期委托有资质单位处置。

（3）废气

项目试验过程使用薄层分析过程会使用有机溶剂，主要成分为氯仿、醇类和醚类，由于薄层分析过程在通风橱内进行，VOCs 废气量很小，实验过程在通风橱中操作，经通风橱排风管引至基础医学楼楼顶，经活性炭吸附处理后排放，故有机废气对周围环境影响很小。

（4）噪声

本项目噪声主要为通风橱及实验室场所通风设施风机产生的设备噪声。

2.5 人员配置情况及工作负荷

本项目涉及辐射工作人员 12 名。12 名辐射工作人员均参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，且考核合格，持证上岗，详见附件 5。12 名辐射工作人员负责实验室具体各工艺环节工作，2 名辐射工作人员专门负责核素原料转运、废物转运、淋洗废水转运工作；其他 10 名辐射工作人员负责细胞代谢示踪实验、动物实验、探针杂交实验、体外蛋白翻译实验、细胞摄取实验，各实验过程安排辐射工作人员参与操作和指导学生进行

续表二 项目建设情况

实验，岗位不固定具体的辐射工作人员。辐射工作人员岗位配置情况及工作负荷见表 2-12。

表 2-12 辐射工作人员工作负荷表

工作场所	工艺环节	年作业时间	岗位人数	年操作时间/人	备注
储源室	核素原料转运	100h	2 人	100h	/
β废物间、γ废物间	废物转运	10h		10h	
衰变池间	淋洗废水转运	1h		1h	
动物房、仪器室	动物实验	600h	各实验操作人员不固定	300h	该环节目前暂未开展
细胞间、β操作间、仪器室	细胞代谢示踪实验	2000h		1000h	/
β操作间、仪器室	探针杂交实验	1000h		500h	
β操作间、仪器室	体外蛋白翻译实验	2000h		1000h	
γ操作间、仪器室	细胞摄取实验	800h		400h	

表三 辐射安全与防护设施/措施

3.1 工作场所布局及分区管理

3.1.1 工作场所布局

本项目放射性同位素实验室由辅助间（含淋浴和去污设备）、衰变室、细胞间、γ操作间、γ废物间、储源室、β废物间、动物房、β操作间、仪器室等附属用房构成，沿过道由东向西依次布置，所有功能用房分别位于中间通道的两侧，各房间功能明确，根据操作核素的种类、操作活度浓度在不同的功能用房内开展实验室。储源室设置在实验室最西侧，与各功能用房临近，降低了放射性核素转移过程的撒漏风险和人员安全。实验室东侧为辐射工作人员出入口，出入口设置有辅助间（含淋浴、监测设备和去污用品等），西侧为污物及放射性同位素出入口，设置有储源室、β废物间、γ废物间，用于放射性废物的暂存，东西两侧出入口均设置门禁系统，确保独立安全与其它区域隔离。实验室出入口设置有淋浴区，设有洗手盆和应急喷淋设施。放射性同位素储源室由实墙分隔，实行双人双锁管理，并安有监控摄像以及与110联网的红外入侵报警装置，确保储源室安全。整个工作场所进行两区划分，严格实行规范化的“两区”管理，分为监督区和控制区，实验室外四周及缓冲走廊外过道为监督区，实验室更衣区设置于缓冲走廊内，工作人员经更衣后进入实验室。

综上所述，项目平面布局合理可行。

3.1.2 分区管理

为了便于加强管理，做好辐射安全防范工作，本项目按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

本项目将放射性同位素实验室分为控制区和监督区。本项目控制区包括：辅助间、细胞间、γ操作间、γ废物间、储源室、β废物间、动物房、β操作间、仪器室、衰变室，各房间防护门须张贴电离辐射警告标志，实验室入口设置门禁系统；监督区为走道、实验室北侧和西侧过道、实验室南侧墙体和东侧墙体外1m范围内。本项目非密封放射性工作场所控制区、监督区划分见图3-1。

备注：X射线辐照仪为III类射线装置，储源室北侧的X射线辐照仪间设置为控制区进行管理。本项目放射性同位素实验室不包括X射线辐照仪间。

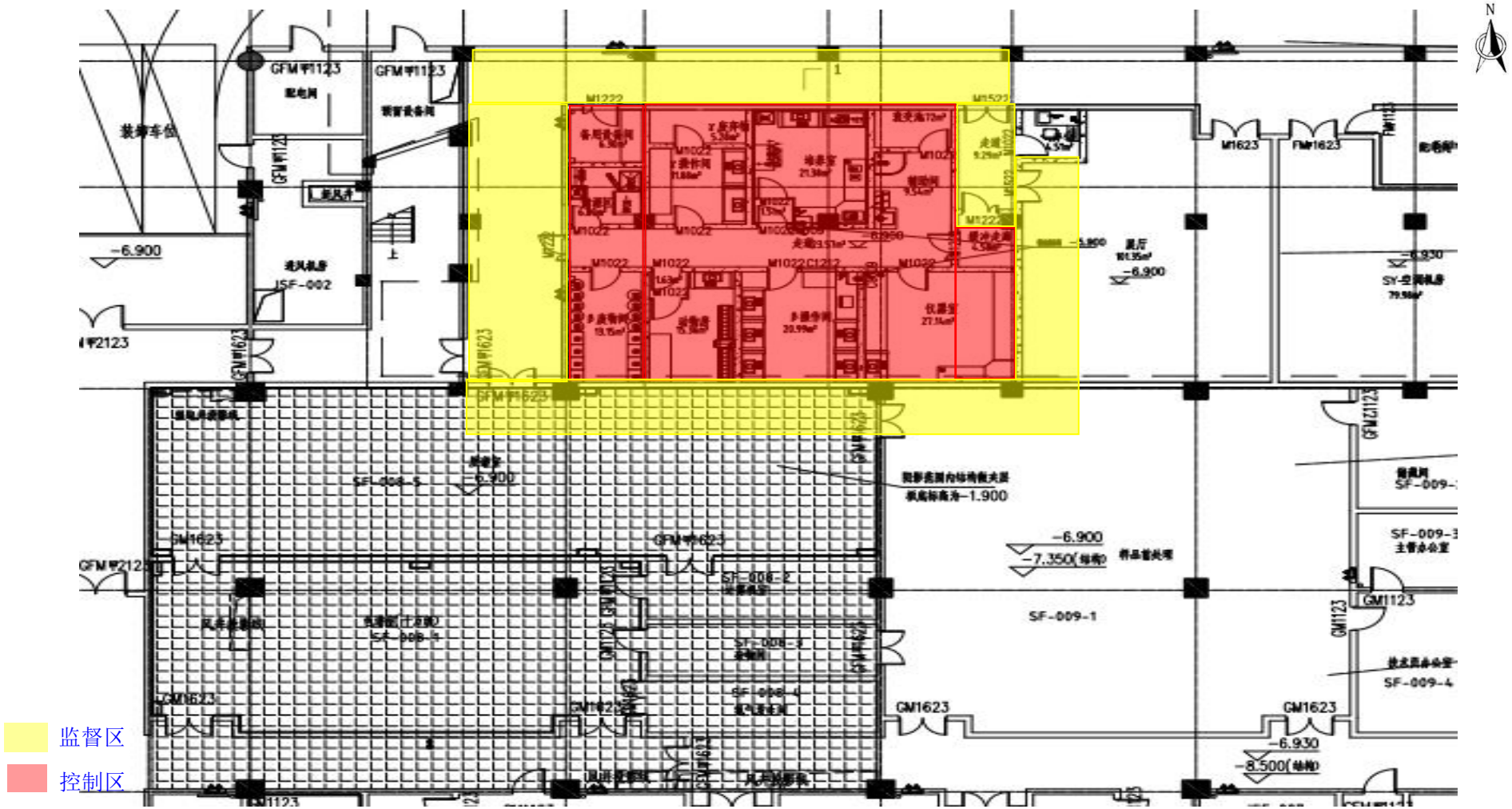


图 3-1 本项目放射性同位素实验室控制区和监督区分区管理示意图

续表三 辐射安全与防护设施/措施

3.2 屏蔽防护设施

本项目放射性同位素实验室屏蔽防护情况见表 3-1。由表 3-1 可知，本项目放射性同位素实验室屏蔽防护情况符合环评文件及相关标准要求。

表 3-1 放射性同位素实验室屏蔽设计技术参数情况一览表

场所名称	内容	技术参数	
		环评阶段	验收阶段
放射性同位素实验室（包括 1 间细胞培养间、1 间 γ 操作间、1 间 β 操作间、1 间动物房、1 间储源室、1 间 β 废物间、1 间 γ 废物间）	实验室四侧墙体	240mm 混凝土实心砌块墙体	240mm 混凝土实心砌块墙体
	实验室内部墙体	120mm 混凝土实心砌块墙体	120mm 混凝土实心砌块墙体
	顶棚	200mm 混凝土	200mm 混凝土
	地坪	200mm 混凝土	200mm 混凝土
	各房间出入门	5mm 钢板	5mm 钢板
	各房间内通风橱	钢板厚 5mm，操作过程中使用厚度 10mm 有机玻璃隔离屏蔽罩或厚度 10mm 铅玻璃隔离屏蔽罩。	钢板厚 5mm，操作过程中使用厚度 10mm 有机玻璃隔离屏蔽罩或厚度 10mm 铅玻璃隔离屏蔽罩。

3.3 辐射安全与防护措施

本项目环评文件中辐射安全与防护措施落实情况见表 3-2。由表 3-2 可见，项目基本落实了环评文件中提出的要求。

表 3-2 环评文件要求及落实情况

环评文件要求	环评文件要求落实情况
1、同位素实验室用房装修时应参照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中相应标准来进行设计施工，场所内放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。 2、**实验室辐射安全管理措施** （1）实验室的出入口大门外、各同位素实验室、储源室、β 废物间、γ 废物间门口均应设置符合 GB18871-2002 标准要求的规范的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。 （2）实验室的出入口大门拟设置双向门禁系统，仅辐射工作人员具有开门权限，通过刷卡进入，出门时可按门内侧的开	1、已落实。本项目放射性同位素实验室按照《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的标准要求进行设计和施工。放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑。实验室均采用 2.5mm 厚耐酸碱、易清洗的 PVC 地坪，地板和墙壁接缝采用无缝设计。工作场所内配备了清洗和去污设备，设置了应急淋浴室。工作场所符合丙级工作场所标准要求。 2、**实验室辐射安全管理措施** （1）已落实。实验室的出入口大门外、细胞培养间、γ 操作间、β 操作间、动物房、储源室、β 废物间、γ 废物间门口均设置符合电离辐射警告标志和中文警示说明，警示人员注意安全。 （2）已落实。实验室的出入口大门设置了双向的门禁系统，并且设置为仅辐射工作人员具有

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-2 环评文件要求及落实情况

环评文件要求	环评文件要求落实情况
门按钮，该设计能够有效避免公众误入实验室。 （3）实验室的出入口大门、走廊、各同位素实验室、储源室、β废物间、γ废物间等拟设置视频监控系统，实现场所治安防控“全覆盖、无死角”，便于及时观察和了解实验室的情况。 （4）工作人员进入实验室均需要先更衣；实验结束后，实验室人员出口配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，确认无污染后方可离开。如表面污染水平超出控制标准，应及时采取相应的去污措施。 （5）根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），学校制定了辐射监测计划，并委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底须向生态环境主管部门上报备案。 （6）实验室拟安装烟雾报警装置和消防栓，且各个房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014），同时人员易接触的地方拟配备干粉式灭火器。 （7）本项目各同位素实验室不同核素实验结束后必须执行严格的清场程序，确保设备和工作场所内没有遗留与本次放射性实验有关的物料，确认无误后方可进行下一场实验。同时，西湖大学应保存详细的清场记录。 **3、放射性药物运输过程中的防护措施** 本项目外购的放射性核素均由有资质的放射性药品运输单位负责运输到校区内，放射性药品运输应满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求，确保运输安全。 **4、放射性药物贮存过程中的防护措施** （1）储源室拟设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网；拟设置 24 小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间为 30 天，并与值班室联网；储源室拟采	开门权限，通过刷卡进入，出门时可按门内侧的开门按钮，有效的避免公众误入实验室。 （3）已落实。实验室的出入口大门、走廊、细胞培养间、γ操作间、β操作间、动物房、储源室、β废物间、γ废物间均设置了视频监控系统，实验室落实了场所治安防控“全覆盖、无死角”，便于及时观察和了解实验室的情况。 （4）已落实。工作人员进入实验室均先进行更衣。实验室人员出口处设置有表面污染监测仪，实验结束后，从控制区离开的人员和物品必须进行表面污染监测，确认无污染后方可离开。若监测时表面污染水平超出控制限值，辐射工作人员立即采取相应的去污措施。 （5）已落实。西湖大学制定了《辐射防护工作场所监测制度》，每年委托有资质的单位对辐射工作场所及周围环境进行辐射监测。公司每年编制辐射安全和防护评估报告，年度辐射工作场所监测报告作为附件，一并按照规定时间上报当地生态环境部门。 （6）已落实。实验室安装了烟雾报警装置和消防栓，实验室各房间满足《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）的要求。实验室出入口及各房间内配备了干粉式灭火器。 （7）已落实。本项目各同位素实验室不同核素实验结束后必须执行严格的清场程序，辐射工作人员必须确保设备和工作场所内没有遗留与本次放射性实验有关的物料，确认无误后方可进行下一场实验。辐射工作人员填写清场记录，并建立档案保存。 **3、放射性药物运输过程中的防护措施** 本项目放射性核素均为外购，均由有资质的放射性药品运输单位负责运输到学校放射性同位素实验室内。放射性药品运输单位按照《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求落实各项防护措施，确保运输安全。 **4、放射性药物贮存过程中的防护措施** （1）已落实。储源室设置了红外线报警装置，并与当地的公安“110”联网。设置了 24 小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间为 30 天，并与值班室联网；储源室采用防盗门

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-2 环评文件要求及落实情况

用防盗门和保险箱，无窗设计；防护门外拟设置电离辐射警告标志，并实行双人双锁制度；应认真做好防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”工作。 （2）明确 2 名以上辐射工作人员负责储源室内放射性药物的保管工作。 （3）人员出入口设置办公室，严格执行交接班制度，并有记录。 （4）储源室内严禁烟火，并配备干粉灭火器。 （5）储源室内严禁贮存易燃、易爆、腐蚀性和其它危险物品。 （6）储源室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。 （7）储源室内拟设置机械通风设施，保证库内空气环境质量。 （8）西湖大学应建立放射性核素的出入库登记制度，贮存、领取、使用和归还放射性药物时，应当进行登记、检查，做到账物相符，登记资料至少保存 1 年。 （9）应加强安全保卫措施，严防放射性核素被盗或丢失等事件的发生。尤其节假日等特殊日期，应建立值班制度并加强夜间巡逻工作。 **5、放射性药物操作过程中的防护措施** （1）操作放射性药物应有专门场所，且放射性核素使用前应适当屏蔽。 （2）装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。 （3）操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。 （4）操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风橱内进行。放射性同位素在实验室与储源室之间转移时放置在专用的转移盒内，移取核素时在厚度 1cm 有机玻璃隔离屏蔽罩下进行操作，可有效阻止β射线外照射；在厚度 1cm 铅玻璃隔离	和保险箱，同时采用无窗设计。防护门外设置了电离辐射警告标志，并实行双人双锁制度；储源室满足“防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的要求。 （2）已落实。安排了 2 名辐射工作人员负责储源室内放射性药物的保管工作。 （3）已落实。人员出入口处设置了办公室，严格执行交接班制度，并及时填写记录。 （4）已落实。储源室内严禁烟火，同时配备了干粉灭火器。 （5）已落实。储源室内未发现贮存易燃、易爆、腐蚀性和其它危险物品。 （6）已落实。辐射工作人员定期对储源室进行辐射水平监测。储源室禁止无关人员进入。 （7）已落实。储源室内设置了机械通风系统。 （8）已落实。西湖大学已建立了放射性核素的出入库登记制度。辐射工作人员在进行贮存、领取、使用和归还放射性药物时，及时进行登记、检查，做到了账物相符。登记资料归档保存。 （9）已落实。西湖大学加强了安全保卫，在节假日等特殊日期，建立了值班制度并加强了夜间巡逻工作。在投入使用至今，未发生放射性核素被盗或丢失等事件。 **5、放射性药物操作过程中的防护措施** （1）已落实。放射性药物设置了专门的通风橱进行操作。放射性核素在使用前设置了铅罐/含有机玻璃的放射性药盒进行屏蔽。 （2）已落实。装有放射性药物的给药注射器，设置了专门屏蔽措施。 （3）已落实。辐射工作人员在操作放射性药物时，经过培训后熟练掌握操作流程，根据实际情况，缩短工作时间，同时配备相应的个人防护用品，有效的减少了受照剂量。 （4）已落实。辐射工作人员在操作放射性核素时均在通风橱内进行。放射性同位素在实验室与储源室之间转移时放置在专用的转移盒内。移取核素时在厚度 1cm 有机玻璃隔离屏蔽罩下进行操作，有效的阻止β射线外照射；在厚度 1cm 铅玻璃隔离屏蔽罩下进行操作，

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-2 环评文件要求及落实情况

屏蔽罩下进行操作，可有效阻止γ射线外照射。通风橱保持良好通风，并按操作情况必要时进行气体或气溶胶放射性浓度的监测；操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体的工作人员宜使用过滤式口罩。本项目动物实验均拟在负压通风橱内进行。 （5）实验室操作室台面和地面应无渗漏易于清洗，放射性同位素操作均应在操作点下面垫托盆，操作过程中使用长柄镊子，轻拿轻放，不应直接用手拿取放射性同位素。 （6）拿取掉落的放射性同位素应使用长柄器具（如镊子），尽可能增加放射性同位素与操作人员之间的距离。在整个工作期间，应快速完成必要的操作程序，所有无关人员尽可能远离放射源。 （7）操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平如超过《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）表 2 要求，应采取相应去污措施。 （8）从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过 GBZ 120-2020 表 2 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。 （9）放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。 （10）贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。 （11）贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。 （12）所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。 （13）当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用 GBZ 120-2020 中 6.1.2 和	有效的阻止γ射线外照射。通风橱在操作放射性核素时采取良好的通风措施。操作放射性核素的辐射工作人员均使用过滤式口罩。 （5）已落实。实验室操作台面和地面均装修无渗漏，同时易于清洗。操作放射性核素时均在操作位置下面垫拖盆，操作过程中使用长柄镊子，禁止直接用手拿取放射性同位素。 （6）已落实。在拿取掉落的放射性同位素使用长柄镊子，增加放射性同位素和操作人员之间的距离。在拿取掉落的放射性同位素期间，禁止无关人员靠近放射源。 （7）已落实。操作放射性核素的工作人员，在离开放射性同位素实验室时必须洗手和进行表面污染检测。若检测出污染水平超过标准限值要求时，则必须立即采取相应的去污措施。 （8）已落实。工作人员从控制区取出物品时必须进行表面污染检测，检测结果必须满足标准限值要求后才能带出控制区。 （9）已落实。放射性核素贮存在储源室内，储源室设置了冰箱，在冰箱内贮存时使用铅罐进行屏蔽。放射性核素的放置合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质只限于需用的部分。 （10）已落实。在放射性物质运输时，放射性物质运输单位设置了贮存容器，并在运输过程中对贮存容器采取相应措施进行了固定。 （11）已落实。工作人员在对放射性物质进行贮存时及时进行了登记，并建立了档案。登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。 （12）已落实。放射性物质不再进行使用时，立即送储源室内进行贮存。 （13）已落实。当发生放射性物质溢出、散漏事故时，辐射工作人员根据制定的辐射事故应急响应预案中的流程和措施，并参照使用 GBZ 120-2020 中所列的用品，及时控制、

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-2 环评文件要求及落实情况

附录 K 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。 （14）辐射工作人员应进行外照射个人监测。 **6、内照射防护措施** （1）放射性药物使用均在通风橱中进行，通风橱通风速率不低于 0.5m/s，且设置了活性炭过滤器，可以有效降低工作场所空气中的放射性物质浓度。通风橱内用移液器移取核素时，应在 1cm 厚有机玻璃屏蔽隔离罩和铺有吸水纸的托盘内完成。涉及到可能有溶液撒漏的检测仪器如杂交炉、电泳槽等仪器使用过程也应在铺有吸水纸的托盘内完成。在操作过程中严防器皿破裂和溶液飞溅。 （2）对辐射工作人员进行岗前培训，使其具备熟练的操作技能及丰富的防护知识，取得辐射安全与防护培训合格成绩单，持证上岗；严格按操作规程进行放射性工作实践；严格规范辐射工作人员工作和生活习惯，控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆。 （3）辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，尽量避免放射性药物撒漏，并经常用湿法清洁台面、地面及设备等表面。 （4）严格遵守个人卫生制度和安全操作规程，穿戴个人防护用品和器材，如工作服、手套、口罩、帽子、防护眼镜等，防止放射性核素沾染手和体表。接触放射性物品时必须带上乳胶手套，配备表面污染监测仪和个人剂量计进行剂量监测和控制。工作人员身体有创伤时，禁止从事各种放射性实验操作。 （5）严禁带着放射性污染的手套任意操作公用仪器和接触非放射性器皿；辐射工作人员离开同位素实验室的控制区时必须监测手、鞋、工作服等表面污染情况，	消除放射性污染。若发生人员皮肤、伤口被污染时必须立即进行去污措施，并给予医学处理。 （14）已落实。辐射工作人员在实验室内均佩戴个人剂量计。个人剂量计委托杭州普洛赛斯检测科技有限公司进行监测，每季度监测一次。 **6、内照射防护措施** （1）已落实。放射性药物使用均在通风橱内进行，通风橱内通风速率大于 0.5m/s，同时设置了活性炭过滤器，有效的降低了实验室内空气中的放射性核素的浓度。通风橱内用移液器移取核素时，在 1cm 厚有机玻璃屏蔽隔离罩和铺有吸水纸的托盘内完成。涉及到可能有溶液撒漏的检测仪器使用过程均在铺有吸水纸的托盘内完成。 （2）已落实。本项目配备 12 名辐射工作人员均取得辐射安全与防护培训合格成绩单，持证上岗。对辐射工作人员进行岗前培训，严格落实按照操作过程进行放射性核素操作。严禁辐射工作人员在控制区内进食、饮水、吸烟、化妆。 （3）已落实。辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，避免放射性药物撒漏，并经常用湿法清洁台面、地面及设备等表面。 （4）已落实。辐射工作人员严格遵守个人卫生制度和安全操作规程，穿戴个人防护用品，防止放射性核素沾染手和体表。接触放射性物品时必须带上乳胶手套，配备表面污染监测仪和个人剂量计进行剂量监测和控制。工作人员身体有创伤时，禁止从事各种放射性实验操作。 （5）已落实。学校严禁操作人员带着放射性污染的手套任意操作公用仪器和接触非放射性器皿；辐射工作人员离开同位素实验室的控制区时必须监测手、鞋、工作服等表面污染情况，如有放射性污染必须清洗干净后方能离开去污用品收集至专门收集桶内。经检测，实验

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-2 环评文件要求及落实情况

如有放射性污染必须清洗干净后方能离开去污用品收集至专门收集桶内，控制区和监督区内表面污染水平应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求。	室控制区和监督区各监测点位表面污染水平符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关的限值要求。

为进一步保证非密封放射性物质工作场所的辐射安全，本项目放射性同位素实验室配备的辐射监测设备和辐射防护用品见表 3-3。

表 3-3 本项目同位素实验室辐射监测设备与防护用品配置一览表

工作场所	环评阶段计划配置监测设备和防护用品	验收阶段实际配置监测设备和防护用品	备注
储源室	4 个放射性药物盒	4 个放射性药物盒	用于 ^{14}C、^{3}H、^{32}P、^{35}S 核素药物的临时存放和转移。
	1 个铅罐	1 个铅罐（10mmPb）	用于 ^{125}I 核素药物的临时存放和转移。
β 废物间	塑料桶/塑料袋、放射性固废收集盒共 10 个	12 个约 150mL 放射性固废储存不锈钢柜（10mm 有机玻璃内嵌在不锈钢内）	分别设置 3 个不锈钢柜分类储存 ^{14}C、^{3}H、^{32}P、^{35}S 实验时产生的放射性固体废物
	1 个超低温冰箱（-80℃）	1 个超低温冰箱（-80℃）	用于动物实验室的动物尸体及组织的贮存。
	11 个放射性废液收集罐	5 个放射性废液储存柜	^{14}C、^{3}H、^{32}P、^{35}S 实验时产生的放射性废液在各房间内储存在放射性废液桶内，待收集满后转移至放射性废液储存柜里进行储存。
γ 废物间	2 个 50L 的不锈钢桶	1 个约 100L 的铅箱（10mmPb）	用于贮存 ^{125}I 实验室产生的放射性固废；
细胞培养室	2 个 10L 有机玻璃收集盒	2 个约 10L 有机玻璃收集盒	/
β 操作间	2 个 10L 有机玻璃收集盒	10 个约 10L 有机玻璃收集盒、1 个约 50L 铅废物桶（10mmPb）	/
动物实验室	1 个 10L 有机玻璃收集盒	2 个约 10L 有机玻璃收集盒	/
仪器室	5 个 10L 有机玻璃收集盒	5 个约 10L 有机玻璃收集盒	/
γ 操作间	3 个 20L 不锈钢桶	2 个约 20L 的铅废物桶（8mmPb）、1 个约 50L 铅废物桶（10mmPb）	/
公共应急设施	紧急辐射泄漏处理包 1 个	紧急辐射泄漏处理包 1 个	/
	远距离取物夹 6 个	远距离取物夹 6 个	/

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-3 本项目同位素实验室辐射监测设备与防护用品配置一览表

个人防护用品	11 枚个人剂量计	12 枚个人剂量计	/
	2 台个人剂量报警仪	2 台个人剂量报警仪	/
辐射监测仪器	1 台 X-γ辐射巡测仪	1 台 X-γ辐射巡测仪	主要用于场所的日常辐射剂量检测。
	1 台表面污染监测仪	1 台表面污染监测仪	主要用于场所的日常表面污染检测和物品离开实验室的控制区时的表面污染检测。

3.4 辐射安全管理措施

本项目环评文件中辐射安全管理措施落实情况见表 3-4。由表 3-4 可见，项目落实了环评文件中提出的要求。

表 3-4 环评文件辐射安全管理措施要求及落实情况

环评文件要求	环评文件要求落实情况
（1）辐射安全管理机构 西湖大学已成立辐射安全管理领导小组，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。 （2）辐射工作人员辐射安全培训、健康管理与剂量监测。 西湖大学拟组织新增辐射工作人员到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全与防护培训并参加考核，经考核合格后方可上岗。 西湖大学拟为辐射工作人员配置个人剂量计。个人剂量计常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。 西湖大学拟组织辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并建立个人健康档案。 （3）辐射安全管理制度 西湖大学云栖校区已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求制定了一系列较为完善的辐射安全管理制	（1）辐射安全管理小组 学校已成立西湖大学辐射安全与防护管理工作小组，负责辐射安全与防护监督管理工作，明确了管理小组的成员和成员各自的职责内容。 （2）辐射工作人员辐射安全培训、健康管理与剂量监测 西湖大学云谷校区放射性同位素实验室共配备 12 名辐射工作人员，均在生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全与防护培训并参加考核，经考核合格后持证上岗。 本项目 12 名辐射工作人员均配备了个人剂量计，委托杭州普洛赛斯检测可以有限公司每季度进行一次个人剂量监测，建立了个人剂量档案。 学校组织 12 名辐射工作人员定期到杭州市职业病防治院进行职业健康检查，结论均为可以从事放射工作。建立了职业健康监护档案。 （3）辐射安全管理制度 西湖大学已经按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求制定了《西湖大学同位素实验室非密封放射性同位素管理规定》《西湖大学同位素实验室操作规程云谷》《放射性物质操作规程》《西湖大学同

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-4 环评文件辐射安全管理措施要求及落实情况

度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、放射性核素台账和使用登记制度、监测方案、事故应急制度等。本项目在从事辐射操作前，应结合现行法律法规要求及实际工作情况，对上述辐射安全管理规章制度进行修订，将本项目场所纳入制度管理范围内，形成完善的管理体系，为本项目的安全开展、辐射防护和环境保护提供有力保障。 （4）辐射监测仪器和防护设备 西湖大学已配备 1 台环境 X-γ剂量率仪，拟新增 1 台β表面污染监测仪、11 支个人剂量计及 2 台个人剂量报警仪，能够满足相关辐射防护要求。 （5）监测计划 西湖大学可委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底须向生态环境主管部门上报备案。	位素实验室工作场所分区管理规定（试行）》《同位素实验室预约制度》《西湖大学同位素实验室校外人员管理办法》《西湖大学同位素废物处理》《西湖大学同位素实验室三废处理预案》《西湖大学辐射防护事故应急方案》《西湖大学放射性事故应急预案》《西湖大学辐射事故应急响应程序》。 （4）辐射监测仪器 西湖大学已配备 1 台环境 X-γ剂量率仪，新增 1 台表面污染监测仪、12 支个人剂量计及 2 台个人剂量报警仪，能够满足相关辐射防护要求。 （5）监测计划 西湖大学每年委托有资质的单位对云谷校区放射性同位素实验室及周边环境进行辐射监测。监测数据作为年度辐射安全与防护状况评估报告上报给当地生态环境主管部门。

3.5 外来人员的管理和措施落实情况

本项目放射性同位素实验室为开放性实验室，外来人员可根据项目实验需求与实验室进行预约。放射性同位素实验室为保障实验过程的安全和人员的健康，加强对外来人员的管理，并落实了辐射安全防护措施。具体管理和措施落实情况如下：

1、放射性同位素实验室制定了预约制度，外来人员根据预约制度进行预约实验，并落实预约制度中的相关要求。

2、进入同位素实验室独立进行辐射操作的校外人员，按照辐射工作人员进行管理，在开展实验前必须取得辐射安全与防护培训合格证，并提供岗前体检合格报告。学生必须在同位素实验室的辐射工作人员带领和指导下进行实验。

3、在进行实验前，外来人员必须接受仪器操作和实验流程的培训，做到能正确使用仪器和熟悉实验流程。

4、进入同位素实验室，必须按照规定穿好实验服、戴口罩和乳胶手套、并佩戴个人剂量计。

5、外来人员在实验时严格遵守辐射工作场所的管理规定，遵照实验安全技

续表三 辐射安全与防护设施/措施

术规范操作，并配合实验室管理人员的监督和检查。

6、做好核素申领和仪器使用的记录填写。

7、实验结束，做好实验室的清理工作，对使用过的仪器、台面和衣物等进行污染检查，确保无污染。

8、外来人员在离开同位素实验室前必须进行全身放射性沾污检测，检测合格后，方可离开实验室。

3.6 放射性废物处理设施

本项目环评文件中放射性废物处理设施落实情况见表 3-5。由表 3-5 可见，项目落实了环评文件中提出的要求。

表 3-5 环评文件放射性三废处理设施

环评文件要求	环评文件要求落实情况
1、放射性废水： （1）本项目衰变室拟建于紧急淋浴房北侧，衰变室位于监督区域范围内，衰变室内设备需检修时方可进入维修，无关人员禁止进入。 （2）本项目紧急淋浴房与衰变室相邻，放射性淋洗废水通过自流方式由废水管道流向衰变室内集水池，经泵提升进入衰变池。 放射性废水收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废水集聚，便于检测和维修。 （3）本项目拟建的放射性废水处理系统由 2 个不锈钢衰变池组成，各池净尺寸均为 1.2m（长）×0.6m（宽）×1.7m（深），考虑到水位线距衰变池底部约 1.5m（按设计深度的 90%计），则单池有效容积为 1.08m^3，衰变池体为不锈钢池体，设置有液位显示器和压力传感器，系统各池内壁光滑并防腐防渗。应急去污淋洗废水通过专用管道排放至衰变池内，2 个衰变池并联运行，池内均设有液位报警系统。 （4）所有放射性废液衰变池的表面应张贴电离辐射标志，衰变池需设立明显的电离辐射警告标志。 （5）安排专人负责建立废水暂存和处理台账，详细记录淋洗废水所含的核素名称、体	**1、放射性废水：** （1）本项目衰变池间位于紧急淋浴房北侧，衰变池间位于监督区范围内。衰变池间内设备在需要检修时才允许维修人员进入维修，无关人员禁止进入。 （2）本项目紧急淋浴房与衰变池间相邻，放射性淋洗废水通过自流方式由废水管道流向衰变池间内集水池，经泵提升进入衰变池。放射性废水管道走向简洁，管道较短，并设置了放射性废水的标记，便于检测和维修。 （3）本项目衰变池间由 2 个不锈钢衰变池组成，各池净尺寸均为 1.2m（长）×0.6m（宽）×1.7m（深），单池有效容积为 1.08m^3。衰变池体为不锈钢池体，设置有液位显示器和压力传感器，系统各池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑、防泄漏可靠。应急去污淋洗废水通过专用管道排放至衰变池内，2 个衰变池并联运行，池内均设有液位报警系统。本项目运行至今，未发生应急事故。实验室按每次应急状况下淋洗废水产生量不超过 50L 计，一年按照最大应急 2 次淋洗预估，应急淋洗产生的去污废水不超过 100L，衰变池间有效容积能够满足贮存要求。 （4）衰变池表面均张贴了电离辐射警告标志和中文警示说明。

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-5 环评文件放射性三废处理设施

环评文件要求	环评文件要求落实情况
积、废液产生起始日期、监测结果等信息并建档。 （6）衰变后的废水需经过有监测资质的单位监测达标（总β<10Bq/L）并经过监管部门核准后方可作为危险废物委托有资质单位处置。 **2、放射性废气** （1）本项目实验室的控制区设置 3 套独立的排气系统，3 套排风系统排风管内保持负压，拟各支管均安装电动密闭阀、回止阀进行自动控制，防止气流倒流，出口处设置二级过滤装置（根据实际使用情况进行更换，本项目共 3 套，拟设于基础医学楼屋顶），安装活性炭过滤器，每套装置活性炭填装量为 0.25t，过滤装置对气溶胶、有机废气过滤效率可达 90.0%以上，排风系统的末端均设置 1 台风机（本项目共 3 台）。总排风口（DA001、DA002、DA003）高出本项目所在的基础医学楼屋顶 7m，距离地面高度约 30m，位于基础医学楼楼顶的北侧。 （2）整个同位素实验室通风系统不与其他非放射性工作场所的公共通风管道混用。同位素实验室的控制区均采用有梯度的微负压通风，监督区均采用正压通风，使气流由清洁区向控制区流动。进排风口的设置满足高进（靠近室顶）低排（靠近地板），且排风口靠近污染源，进风口远离污染源。排风管道设电动密闭阀，防止排风反流。本项目排气口高度均为 30m，排气口位置高于周围建筑高度，经过滤的废气排放到大气环境中，对周围环境的影响非常小。 （3）活性炭过滤装置的更换应根据不同季节和气候、温湿度条件下的吸附效率不同的特点、生产厂家设计的高效滤材规格和活性炭一次性最大装填量及实际使用情况，找出适时更换的频率，更换下来的废滤材和活性炭吸附材料应作为放射性固废进行管理和处理。如有必要，活性炭过滤装置每半年至少更换一次。 （4）为保证过滤效率的可行性，建设单位需委托设备厂家定期根据设备特性定期进行过	（5）学校安排专人负责放射性废水暂存和处理台账，详细记录淋洗废水所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、监测结果等信息，并建立档案。 （6）衰变池间里的放射性废水经衰变后委托有资质的检测单位检测，放射性废水浓度达到标准限值（总β<10Bq/L）并经过监管部门核准后，作为危险废物委托有资质单位处置。 **2、放射性废气** （1）本项目实验室的控制区设置了 3 套独立的排风系统，3 套排风系统排风管内均保持负压。β操作间、γ操作间、仪器室相应通风橱所对应的 1#排风系统排风量为 20000m^3/h，储源室、β废物间、γ废物间室内通风及室内通风所对应的 2#排风系统排风量为 1500m^3/h，细胞培养室通风橱及室内通风对应的 3#排风系统排风量为 7000m^3/h。各支管均安装电动密闭阀，各房间支管均安装回止阀进行自动控制，防止气流倒流。出口处设置二级过滤装置，安装活性炭过滤器，每套装置活性炭填装量为 0.25t，过滤装置对气溶胶、有机废气过滤效率可达 90.0%以上，排风系统的末端均设置 1 台风机（本项目共 3 台）。总排风口（DA001、DA002、DA003）高出本项目所在的基础医学楼屋顶 7m，距离地面高度约 30m，位于基础医学楼楼顶的北侧。 （2）整个同位素实验室通风系统不与其他非放射性工作场所的公共通风管道混用。辐射工作人员在操作放射性核素时均在通风橱内进行，通风橱内均保持负压通风。同位素实验室的控制区均采用有梯度的微负压通风，监督区均采用正压通风，使气流由清洁区向控制区流动。进排风口的设置满足高进（靠近室顶）低排（靠近地板），且排风口靠近污染源，进风口远离污染源。排风管道设电动密闭阀，防止

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-5 环评文件放射性三废处理设施

环评文件要求	环评文件要求落实情况
滤器检查维护，每半年对过滤器的过滤效率进行校核，确保过滤效率满足设计要求。更换滤材操作时执行辐射监测制度，并采取个人防护措施等。 **3、放射性固体废物** （1）应根据同位素实验中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。 （2）应按照废物最小化的原则区分放射性废物和解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。 （3）同位素实验中产生的较短半衰期放射性废物，应尽量利用贮存衰变的方法进行处理，待放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。不能解控的放射性废物，应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。 （4）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，并建档备查。 （5）对所有放射性固废采用先收集在各自相关工作场所的放射性固废收集盒内，再将放射性固废收集盒内的固体废弃物连同专用塑料包装袋，存放到放射性废物间的衰变暂存容器内，集中收储一段时间后（视不同的核素，控制不同的收贮时间，以减少放射性废物的收贮量）再分类处理。不同核素污染的固体废物分开收储，每次收集时专用塑料包装袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间，内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加不易刺破的外套（如硬牛皮纸外套）。每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg；废物包装体外表面污染水平β＜0.4Bq/cm^2。	排风反流。本项目排气口高度均为 30m，排气口位置高于周围建筑高度，经活性炭吸附装置过滤的放射性废气排放到大气环境中，对周围环境的影响非常小。 （3）活性炭过滤装置每年更换一次，更换下来的废滤材和活性炭吸附材料作为放射性固废进行管理和处理。 （4）为保证过滤效率的可行性，设备生产厂家定期对活性炭吸附装置进行过滤器的检查和维护，检查和维护，定期对过滤器的过滤效率进行校核，确保过滤效率满足相关要求。生产厂家工作人员更换滤材操作时，必须做好个人辐射防护措施。 **3、放射性固体废物** （1）工作人员根据同位素实验中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集，并分别送至废物间暂存，定期委托有资质的单位处置处理。 （2） 辐射工作人员按照废物最小化的原则区分放射性废物和解控废物，在工作中控制和减少放射性废物产生量。 （3）使用 ^{32}P、^{35}S 进行实验时产生的放射性废物，集中收集后转入β废物间贮存，经贮存衰变后待放射性核素活度浓度满足解控水平，实施解控。实验中产生的不能解控的放射性废物，集中收集后转入β废物间贮存，定期送交有资质的单位进行处理。 （4）学校安排专人负责固体放射性废物的存储和处理，同时建立了固体放射性废物存储和处理的台账。台账上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。学校同时建立了档案进行保存。 （5）各房间设置可放射性固废收集盒用于收集实验中产生的放射性固体废物，待收集满后将放射性固废收集盒内的固体废弃物连同专用塑料包装袋，贮存到衰变间内，集中贮存后再进行分类处理。不同种类核素的污染

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-5 环评文件放射性三废处理设施

环评文件要求	环评文件要求落实情况
（6）β废物间、γ废物间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。同时，该场所应采用双人双锁的管理制度，必须 24h 监控。 （7）放射性废物的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号）的相关规定。 （8）待放射性废物贮存衰变并满足清洁解控水平后，按照危险废物处理。学校现已在动物中心西侧设有单独的危废暂存间（约 50m^2），该场所的建设应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）相关规定，满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，地面须硬化处理，采用防盗门窗，门上应设置显著的危废标识并上锁。指定专人负责管理，并建立危废管理台账。同时，建设单位应尽快与有资质的单位签订危废委托处置协议。危废转移过程中应严格执行转移联单管理制度，并加强转移联单的保管，联单保存期限为五年。 **4、放射性废液** 放射性废液按核素种类进行分类收集、分类贮存。其中含 ^{14}C 和 ^{3}H 核素的废液收集在专用的收集桶内，转移至放射性废物暂存间贮存，定期委托有资质单位进行整备（固化）收储。 西湖大学已与浙江省辐射环境监测站签订了放射性废物收贮意向书，放射性废液经固化整备后，放射性固体废物经分类整备后委托收贮。与杭州大地维康医疗环保有限公司和杭州立佳环境服务有限公司签订了普通危险废物处置协议。	的固体废物分类分开进行收储，每次收集时专用塑料包装袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间，内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋附加不易刺破的外套。辐射工作人员对收集的废物进行检测，每袋废物的表面剂量率不超过 0.1mSv/h，质量不超过 20kg；废物包装体外表面污染水平β＜0.4Bq/cm^2。 （6）β废物间、γ废物间均安装了通风换气装置。放射性废物中含有易挥发放射性核素的，β废物间和γ废物间通风换气装置设置了单独的排风管道，排风管入口处设置了电离辐射警告标志，能够满足防火、防丢失、防射线泄漏的要求。β废物间和γ废物间采用双人双锁的管理制度，落实了 24 小时监控。 （7）放射性同位素实验室产生的放射性废物的收集、暂存和处置严格执行《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号）的相关规定。 （8）放射性固废经贮存衰变后，经检测满足清洁解控水平后，按照危险废物处理。学校现已在动物中心西侧设有单独的危废暂存间。危废暂存间地面进行硬化处理，采用了防盗门窗，门上设置显著的危废标识并上锁。危险暂存间满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）相关规定。学校指定专人负责管理，并建立危废管理台账。学校与杭州大地维康医疗环保有限公司和杭州立佳环境服务有限公司签订危废委托处置协议。危废转移过程中严格执行转移联单管理制度，并加强转移联单的保管，联单保存期限为五年。 **4、放射性废液** 放射性废液主要为细胞间、β操作间、γ操作间产生的放射性废液（包括洗涤废液、培养基、层析液、电泳液/转膜液、杂交液、有机样品液、闪烁液等）。放射性废液按核素种类进行分类收集、分类贮存。其中含 ^{14}C 和 ^{3}H 核素的废液收集在专用的收集桶内，转移至β废物间贮存，定期委托有资质单位进行整备（固化）收储。 西湖大学已与浙江省辐射环境监测站签订了放

续表三 辐射安全与防护设施/措施

续表 3-5 环评文件放射性三废处理设施

环评文件要求	环评文件要求落实情况
/	射性废物收贮意向书，放射性废液经固化整备后，放射性固体废物经分类整备后委托收贮。西湖大学与杭州大地维康医疗环保有限公司和杭州立佳环境服务有限公司签订了普通危险废物处置协议。整备固化流程如下： （1）接收的放射性废物应为固体废物，且无易挥发、易燃、易爆等不稳定性物质，无病原体、强氧化剂、腐蚀剂等物质。 （2）应对劳保用品、塑料等可压缩放射性废物压实处理；植物、动物尸体等易腐烂物质脱水、干化处理后，进一步固定。 （3）对于易发生污染扩散的放射性废物，如放射性废液、粉末状或颗粒状放射性固体废物、放射性湿废物（泥浆、废树脂等），可采用水泥固化处理。水泥固化体质量参照 GB14569.1 第 5 章要求。 （4）整备后的废物包尺寸、重量宜满足废物库运行单位专用包装容器设计要求。 （5）废物包外应有含核素名称、活度浓度、重量等信息的标签及电离辐射标志。

3.7 非放射性废物处理设施

（1）废水

本项目非放射性废水主要为员工生活污水，员工产生的生活污水经西湖大学现有化粪池预处理后排入市政污水管网。

（2）固废

本项目固废主要为员工生活垃圾和实验室产生危险废物。生活垃圾依托西湖大学现有生活垃圾收集设施分类收集后定期由环卫部门清运；实验室产生的非放射性危险废物由专用收集桶分类收集后，转移至西湖大学危险废物暂存点（位于动物中心西侧），定期委托有资质单位清运处置，并执行申报和转移联单制度。

（3）废气

本项目各房间设置了通风橱，实验过程在通风橱中操作，产生的废气经通风橱排风管引至基础医学楼楼顶，经活性炭吸附处理后排放，则有机废气对周围环境影响很小。

（4）噪声

本项目产噪设备主要为通风设施风机产生的设备噪声，实验室排风机设置在基础医

续表三 辐射安全与防护设施/措施

学楼楼楼顶，设备设置基础减振和消声措施。西湖大学对西湖大学建设项目进行竣工环保自主验收，结论为西湖大学场界四周噪声能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准限值要求（昼间 60dB）。

图 1 实验室门口电离辐射警告标志、门禁系统

图 2 监督区标识

图 3 控制区标识

图 4 辐射安全管理制度上墙

图 5 β 操作间门口电离辐射警告标志

图 6 紧急淋浴间

续表三 辐射安全与防护设施/措施

图 7 衰变池间门口电离辐射警告标志

图 8 ^{14}C 实验台电离辐射警告标志、隔离屏蔽罩、放射性废物收集盒

图 9 ^{3}H 实验台电离辐射警告标志、隔离屏蔽罩、放射性废物收集盒

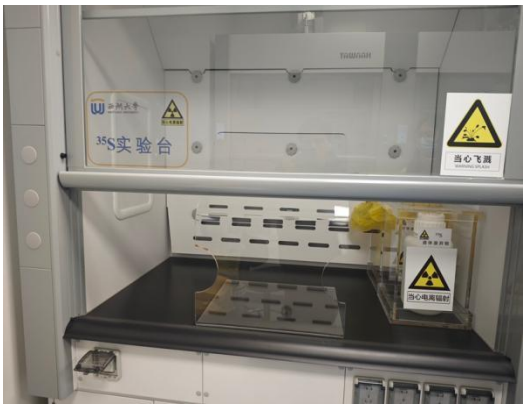


图 10 ^{35}S 实验台电离辐射警告标志、隔离屏蔽罩、放射性废物收集盒

图 11 ^{32}P 实验台电离辐射警告标志及隔离屏蔽罩

图 12 β 废物间电离辐射警告标志、双人双锁

续表三 辐射安全与防护设施/措施

图 13 通风橱及电离辐射警告标志

图 14 ^{125}I 实验台电离辐射警告标志及隔离屏蔽罩、放射性废物收集盒

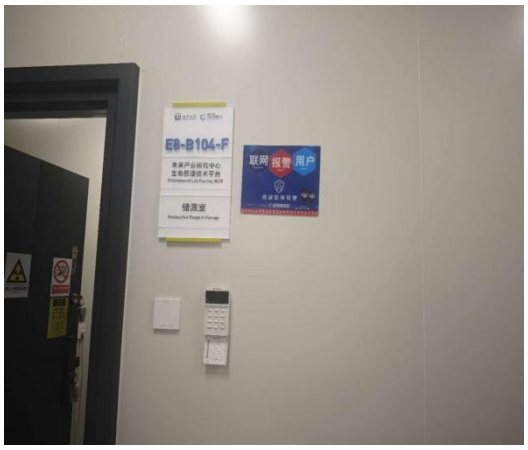
图 15 γ 废物间电离辐射警告标志、双人双锁

图 16 放射性固体废物收集桶

图 17 γ 废物储存箱及电离辐射警告标志

图 18 ^{125}I 操作时隔离屏蔽罩

续表三 辐射安全与防护设施/措施

图 19 放射性废液收集桶	图 20 放射性固废收集桶
	
图 21 储源室电离辐射警告标志及双人双锁	图 22 储源室红外报警装置及与“110”联网
图 23 通风排气装置	图 24 通风橱的通风管道

续表三 辐射安全与防护设施/措施

图 25 表面污染监测仪

图 26 环境 X-γ剂量率仪

图 27 紧急辐射泄漏处理包

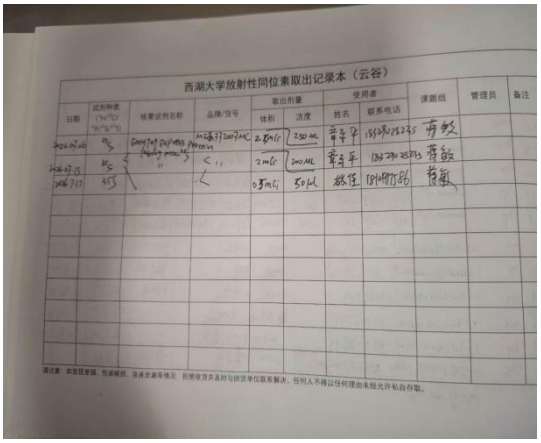


图 28 储源室放射性核素申领台账

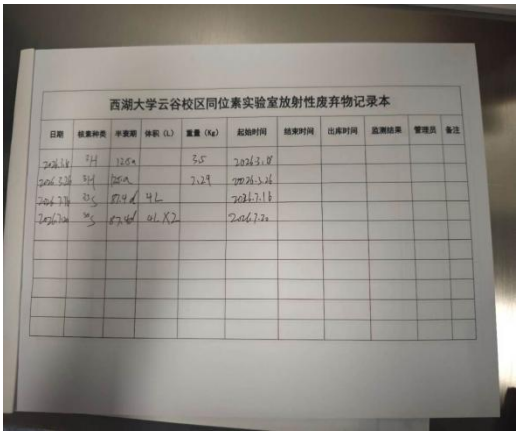


图 29 放射性废物贮存登记台账

表四 环境影响评价报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响评价报告表的主要结论

本次验收项目环评文件《西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目环境影响报告表》由卫康环保科技（浙江）有限公司编制。该项目主要环评结论：

1、项目概况

西湖大学拟在云谷校区基础医学楼 B1 层东北侧建设丙级非密封放射性同位素实验室，使用放射性核素 ^{14}C、^{3}H、^{32}P、^{35}S、^{125}I 开展细胞代谢实验、探针杂交实验和体外蛋白翻译实验、细胞摄取实验、动物实验等科研实验。

2、辐射安全和防护分析结论

（1）工作场所安全防护措施

放射性同位素实验室地坪采用 2.5mm 厚耐酸碱、易清洗的 PVC 卷材铺装，地板和墙壁接缝无缝设计。操作间配备有 10 台通风橱，通风良好。实验室控制区各房间及主要通道均设有可视化监控系统。储源室和放射性废物暂存间设有双人双锁，各防护门张贴电离辐射警示标志，各项辐射防护措施满足丙级工作场所的管理要求。

（2）工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，放射性同位素实验室依据管理的需要，可分为控制区和监督区。放射性同位素实验室采用门禁隔离，放射工作人员在监督区更衣后进入控制区。

（3）放射性废水

项目设有 2 个放射性废水衰变池，单池有效容积为 1.08m^3。项目放射性废水仅在突发人员沾污情况时，需在淋洗间紧急清洁去污，应急喷淋产生的淋洗废水。应急状况下产生的放射性废水在衰变池暂存，经检测衰变池出口的废水总β满足标准要求后作为危险废物委托有资质单位处置，若总β无法满足标准要求，则作为放射性废物定期委托有资质单位整备收储。

（4）放射性废气

本项目使用的放射性同位素均为外购，其中 $^{14}C/^{3}H$ 为标记的碳水化合物或盐溶液，^{32}P 为标记的核苷酸溶液，^{35}S 为标记的氨基酸溶液，^{125}I 为标记的盐溶液，溶液介质为水，实验过程操作简单，不存在加热等操作，单次核素使用量很

续表四 环境影响评价报告表主要结论及审批部门审批决定

小，可不考虑放射性废气。动物实验过程中，根据实验需要将采集的脑、心、肺、胃壁、脾、肾、骨骼肌、脂肪、卵巢、子宫、睾丸、胰腺、小肠、大肠、眼睛、皮肤、血浆、全血等部分器官或组织置于燃烧舟中，再在氧化燃烧仪中完全燃烧，燃烧产生的 $^{14}CO_2$ 经闪烁液捕集后，排放浓度很低，经活性炭吸附除臭处理后，也可不考虑放射性废气。同时项目采取了一系列措施，严防放射性物质通过呼吸道、口腔食入、皮肤进入人体内，避免了食入、吸入等内照射影响。

同时排气口设置在所在建筑物的楼顶并高出屋脊，在顶部排风口加装活性炭过滤装置，在管道出口设置雨帽。

（5）放射性废物

同位素示踪实验相关工作场所的放射性废物收集在专用收集桶或收集盒内。用来收集放射性固态废物的专用收集桶和收集盒须贴上电离辐射警告标志，并把受不同核素污染的废物分开收储，收集袋表面应贴上标签，标明核素种类、收集时间。放射性污物暂存库须实行双人双锁，专人管理，门上显著位置设置电离辐射警告标志。

短半衰期放射性废物（^{32}P、^{35}S、^{125}I）让其自行衰变，贮存 10 个半衰期以上，经检测达到清洁解控水平后按普通危险废物委托有资质单位处置。含长半衰期放射性废物（^{14}C 和 ^{3}H）在暂存间暂存，作为放射性废物定期委托有资质单位整备收储。

3、环境影响分析结论

（1）电离辐射

本项目运行过程中放射性核素对通风橱表面和工作场所各墙体外表面产生的韧致辐射剂量率远小于 2.5μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）相关要求，项目运行对辐射工作人员和周边公众造成的有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员及公众照射剂量限值的要求和本环评提出的剂量约束值要求。

项目运行过程中放射性核素 ^{125}I 对通风橱外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值能满足不大于 25μSv/h 的要求（最大 0.17μSv/h），控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率能满足不大于 2.5μSv/h 的要求（最大 1.83μSv/h，

续表四 环境影响评价报告表主要结论及审批部门审批决定

位于γ废物间人员门外30cm处），不会对周围环境产生明显影响。

（2）放射性“三废”影响分析结论

项目实验室设置有放射性废物暂存间和放射性废水衰变池。含^{32}P、^{35}S的核素放射性固体废物贮存10个半衰期以上，经检测达到清洁解控水平（废物袋或收集桶表面辐射剂量率处于环境本地水平，β表面污染小于0.8Bq/cm^2）后按普通危险废物委托有资质单位处置；含^{125}I核素放射性固体废物贮存594天，放射性固废中核素比活度满足清洁解控水平要求后按普通危险废物委托有资质单位处置。含长半衰期放射性废物（^{14}C和^{3}H）在暂存间暂存，作为放射性废物定期委托有资质单位整备（固化）收储，则放射性废物不会对周围环境产生影响。放射性废水达到清洁解控水平后按危险废物委托有资质单位处置，不排放，不会对周围水环境产生影响。本项目氧化燃烧仪产生的燃烧烟气（$^{14}CO_2$）全部有组织收集，经闪烁液捕集后，放射性废气排放量很少，引至所在建筑物楼顶，经活性炭过滤装置净化处理后高空排放，废气排放口设有雨帽，放射性废气排放对周围环境影响较小。

（3）非放射性“三废”影响分析结论

员工生活污水经西湖大学现有生活污水处理设施处理后排入市政污水管网；实验室产生的少量有机废气经活性炭吸附装置吸附处理后对周围环境影响很小；生活垃圾经分类收集，定期委托环卫部门清运，实验室危险废物定期委托有资质单位处置，固废均可得到妥善处置，对周围环境影响很小。

4、辐射安全管理结论

管理机构：西湖大学已成立了辐射安全管理小组、明确了相关职责，并将加强监督管理。

西湖大学已制定了包括《辐射事故应急措施》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。学校应根据本单位核技术应用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行；学校按要求安排辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，考核合格后方能上岗，并且按时安排人员参加复训。

5、可行性分析结论

（1）实践的正当性

西湖大学拟建设非密封放射性同位素实验室，使用放射性核素^{14}C、^{3}H、^{32}P、^{35}S、

续表四 环境影响评价报告表主要结论及审批部门审批决定

^{125}I 开展细胞代谢示踪实验、体外蛋白酶翻译实验、探针杂交实验、细胞摄取实验等同位素示踪实验及动物实验，旨在揭示生命物质在体内和细胞内的代谢研究，对探索生命和健康具有十分重要的科研价值。本项目对其工作人员和公众产生的影响可以控制在根据最优化原则设置的项目剂量管理限值以下，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

（2）产业政策符合性

本项目利用放射性同位素开展科学研究，对照国家以及地方产业政策，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“六、核能 4 同位素、加速器及辐照应用技术开发”，为鼓励类产业。对照《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引》（2019 年本），不属于其禁止类和淘汰类项目，因此项目符合国家和地方产业政策。

（3）杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》（杭环发[2024]49 号），项目所在地属于“西湖区三墩产业集聚重点管控单元”，环境管控单元编码为 ZH33010620003。本项目属于核技术利用项目，不属于工业项目，因此符合杭州市生态环境分区管控动态更新方案的要求。

（4）相关规划符合性

本项目建设地点位于浙江省杭州市西湖区墩余路 600 号云谷校区基础医学楼 B1 层，为西湖大学已有建筑物，不新增用地。西湖大学云谷校区所在地属于规划高等教育用地，因此项目符合杭州市土地利用总体规划。

（5）项目可行性

综上所述，西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目选址符合国家相关法律法规，符合相关规划，符合杭州市生态环境分区管控动态更新方案要求，项目选址和平面布局合理可行。学校在落实本报告提出的各项污染防治措施后，其辐射工作场所辐射安全措施及安全管理措施满足从事相应辐射活动的要求，辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，营运期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围内，因此本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境

续表四 环境影响评价报告表主要结论及审批部门审批决定

保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

4.2 环境影响报告表审批部门批复的主要内容

2024 年 9 月 12 日杭州市生态环境局对该项目环境影响报告表进行了批复，批复文号为“杭西环辐评批[2024]4 号”，该项目环评批复的主要内容：

由你单位送审，卫康环保科技（浙江）有限公司编制的《西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目环境影响报告表》（以下简称“《报告表》”）收悉。根据《中华人民共和国环境影响评价法》第二十二条、《建设项目环境保护管理条例》第九条等有关法律法规，经审查，意见如下:

一、根据专家函审意见和《报告表》结论，原则同意你单位在杭州市西湖区墩余路 600 号云谷校区基础医学楼 B1 层建设放射性同位素实验室，新增使用 5 种放射性核素：^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{35}S、^{125}I（核素用量详见《报告表》），日等效最大操作量为 $1.52\times10^{7}Bq$，为丙级非密封放射性物质工作场所，用于开展细胞代谢实验、探针杂交实验、体外蛋白翻译实验、细胞摄取实验和动物实验。

二、项目须严格落实法律法规的规定，以及《报告表》提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求等，认真执行环保“三同时”制度。项目建成后应按规定的标准和程序开展竣工环境保护验收。

三、使用射线装置和放射性同位素应当依法申领《辐射安全许可证》，并在许可范围内从事相关活动。

四、健全辐射安全和防护管理机构，建立并完善各项规章制度，加强射线装置和放射性同位素的安全管理，定期检查射线装置和放射性同位素的使用情况，严格按照有关规定使用，防止辐射事故的发生。

五、每年对辐射安全工作进行评估；发现安全隐患的，应当立即整改，并建立相关档案。年度评估报告定期上报生态环境部门。

六、建设项目的性质、规模、地点或者污染防治措施发生重大变动的，须重新报批建设项目环评文件。自本批准之日超过五年，方决定该项目开工建设的，其环评文件应当报我局重新审核。

七、本审批为辐射环评审批。根据《浙江省建设项目环境保护管理办法》等法律法规要求，该项目如涉及其他部门行政许可或确认的事项，请自行向相关部门申请办理。

续表四 环境影响评价报告表主要结论及审批部门审批决定

八、你单位对本意见（本许可）如有不同意见，可在接到本决定书之日起六十日内向杭州市人民政府申请行政复议，也可在六个月内依法向杭州市上城区人民法院起诉。

4.3 环评要求及批复落实情况

项目环评文件要求和环评批复要求落实情况见表 4-1。

表 4-1 环评批复要求及落实情况

环评批复要求	环评批复要求落实情况
一、根据专家函审意见和《报告表》结论，原则同意你单位在杭州市西湖区墩余路 600 号云谷校区基础医学楼 B1 层建设放射性同位素实验室，新增使用 5 种放射性核素：^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{35}S、^{125}I（核素用量详见《报告表》），日等效最大操作量为 $1.52\times10^{7}Bq$，为丙级非密封放射性物质工作场所，用于开展细胞代谢实验、探针杂交实验、体外蛋白翻译实验、细胞摄取实验和动物实验。 二、项目须严格落实法律法规的规定，以及《报告表》提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求等，认真执行环保“三同时”制度。项目建成后应按规定的标准和程序开展竣工环境保护验收。 三、使用射线装置和放射性同位素应当依法申领《辐射安全许可证》，并在许可范围内从事相关活动。 四、健全辐射安全和防护管理机构，建立并完善各项规章制度，加强射线装置和放射性同位素的安全管理，定期检查射线装置和放射性同位素的使用情况，严格按照有关规定使用，防止辐射事故的发生。 五、每年对辐射安全工作进行评估；发现安全隐患的，应当立即整改，并建立相关档案。年度评估报告定期上报生态环境部门。	一、西湖大学在杭州市西湖区墩余路 600 号云谷校区基础医学楼 B1 层建设放射性同位素实验室，同时新增使用 5 种放射性核素：^{3}H、^{14}C、^{32}P、^{35}S、^{125}I，日等效最大操作量为 $1.31\times10^{7}Bq$，为丙级非密封放射性物质工作场所，用于开展细胞代谢实验、探针杂交实验、体外蛋白翻译实验、细胞摄取实验和动物实验。本项目动物房暂未投入使用，暂未开展动物实验，本次验收范围不包括动物房和开展动物实验。 二、本项目严格落实了环境影响报告表提出的各项污染防治措施，并落实了辐射环境管理要求。本项目执行了环保“三同时”制度，目前正按规定程序进行验收。 三、西湖大学按规定申领了《辐射安全许可证》，许可证编号：浙环辐证[A3899]，发证日前为 2025 年 6 月 12 日。 四、西湖大学完善了辐射安全与保护管理工作小组，完善了各项辐射安全规章制度。建立了射线装置和放射性同位素使用登记制度，定期对放射性同位素使用情况进行检查。该公司严格按环评报告表中提及的有关要求，落实了污染防治措施、辐射环境管理计划，杜绝污染事故的发生，有效地避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。 五、公司每年委托有资质的单位对放射性同位素实验室进行工作场所辐射水平监测，定期委托浙江国辐环保科技有限公司对大气和土壤中的总β进行检测。在监测和检查的基础上，对该项目辐射安全工作进行评估，并按规定期限将年度评估报告上报当地生态环境部门。本项目验收由浙江亿达检测技术有限公司和浙江国辐环保科技有

续表四 环境影响评价报告表主要结论及审批部门审批决定

续表 4-1 环评批复要求及落实情况

环评批复要求	环评批复要求落实情况
六、建设项目的性质、规模、地点或者污染防治措施发生重大变动的，须重新报批建设项目环评文件。自本批准之日超过五年，方决定该项目开工建设的，其环评文件应当报我局重新审核。	限公司、浙江虹翔环保科技有限公司进行检测。 六、本项目无重大变动发生。本项目于 2024 年 10 月 28 日开工建设，在本项目环评批复时间 5 年内。

表五 验收监测质量保证和质量控制

5.1 监测单位

（1）委托浙江亿达检测技术有限公司对西湖大学云谷校区放射性同位素实验室工作场所 X-γ辐射剂量率和β表面污染进行监测。

（2）委托浙江国辐环保科技有限公司对西湖大学云谷校区放射性同位素实验室周围环境的土壤中总β、空气中总β进行监测。

（3）委托浙江虹翔环保科技有限公司对西湖大学云谷校区放射性同位素实验室产生的有组织废气进行监测。

5.2 监测项目

X-γ辐射剂量率；β表面污染；土壤中总β、气溶胶中总β；有组织废气（非甲烷总烃）。

5.3 监测技术规范

检测布点和测量方法选用目前国家和行业有关规范和标准。本次验收监测方法依据的规范、标准：

（1）《辐射环境监测技术规范》，HJ61-2021；

（2）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》，HJ1157-2021；

（3）《表面污染测定第 1 部分：β 发射体（$E_{\beta max}$>0.15MeV）和α发射体》，GB/T 14056.1-2008；

（4）《环境气溶胶总α、总β放射性浓度的测定》，DB 13/T 5646-2022；

（5）《环境中放射性核素测量-土壤-第六部分：总α和总β活度测量》，ISO18589-6:2019；

（6）《固定污染源废气总烃甲烷和非甲烷总烃的的测定气相色谱法》，HJ38-1017。

5.4 监测人员资格

参加本次现场监测的人员，均经过监测技术培训，并经考核合格，持证上岗。监测报告审核人员均经受权。

续表五 验收监测质量保证和质量控制

5.5 监测分析过程中的质量保证和质量控制

验收监测单位浙江亿达检测技术有限公司、浙江国辐环保科技有限公司、浙江虹翔环保科技有限公司建立了质量管理体系，通过了计量认证。验收监测工作遵循本单位质量手册、程序文件、实施细则、操作规程。制定并组织实施年度监测质量保证和质量控制计划。监测报告实行三级审查制度。

表六 验收监测内容

6.1 监测因子及频次

为掌握西湖大学云谷校区放射性同位素实验室环境辐射水平，委托浙江亿达检测技术有限公司监测人员分别于 2025 年 9 月 3 日、2026 年 3 月 10 日和 2026 年 8 月 12 日对西湖大学云谷校区放射性同位素实验室环境辐射剂量率和表面污染进行了监测；委托浙江国辐环保科技有限公司对西湖大学云谷校区放射性同位素实验室周围环境的大气及土壤中的放射性核素进行监测，于 2026 年 8 月 13 日~8 月 16 日进行了采样，于 2026 年 8 月 18 日~8 月 21 日进行了分析；委托浙江虹翔环保科技有限公司于 2026 年 8 月 13 日~8 月 14 日对西湖大学云谷校区放射性同位素实验室产生的有组织废气进行监测，于 2026 年 8 月 14 日对样品进行了检测分析。

据本项目源项特点，确定本次验收监测因子及频次：

（1）监测因子：γ射线周围剂量当量率；β表面污染；土壤中总β；气溶胶中总β。监测频次：在正常工况下监测 1 次。

（2）监测因子：有组织废气（非甲烷总烃）；

监测频次：在正常工况下连续 2 天，每天监测 3 次。

6.2 监测布点

监测点位布设说明：

（1）γ射线周围剂量当量率、β表面污染

①γ射线周围剂量当量率：各房间操作台和通风橱、各房间墙体及门外 30cm 处、实验室过道和走廊、水槽、紧急淋浴间等；控制区和监督区边界、废物收集桶表面等；

②β表面污染：各房间内地面、墙壁、操作他和通风橱表面等、控制区内过道和走廊、水槽、紧急淋浴间等、各废物收集桶表面等。

（2）土壤中总β、气溶胶中总β

①气溶胶中总β放射性：基础医学楼楼顶废气总排风口；

②土壤样品中总β放射性：基础医学楼周边空地土壤。

（3）有组织废气（非甲烷总烃）

废气排放口 DA001、废气排放口 DA002、废气排放口 DA003。

现场检测点位图详见图 6-1~6-7。

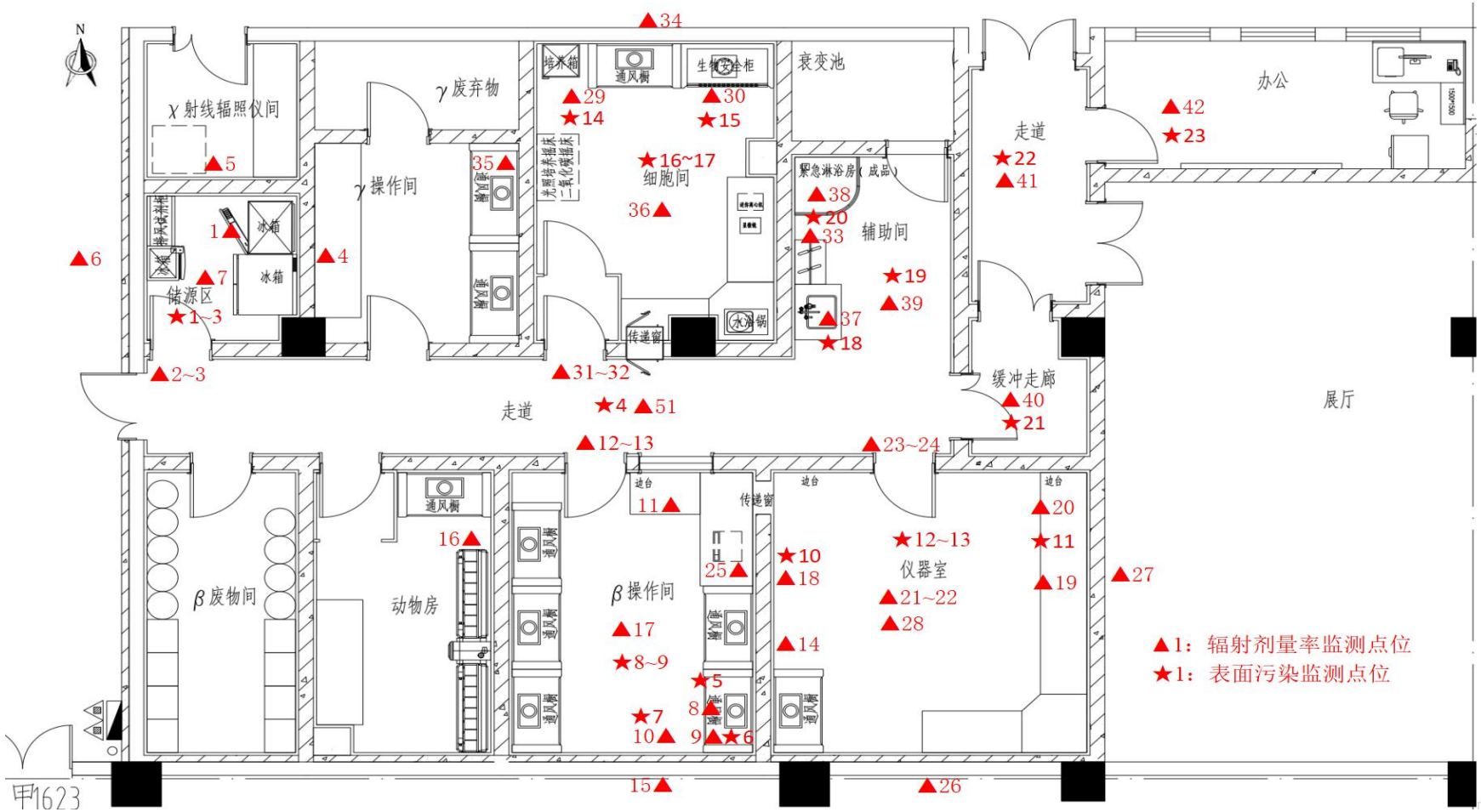


图 6-1　放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率及β表面污染检测布点示意图（使用 ^{32}P 实验时）

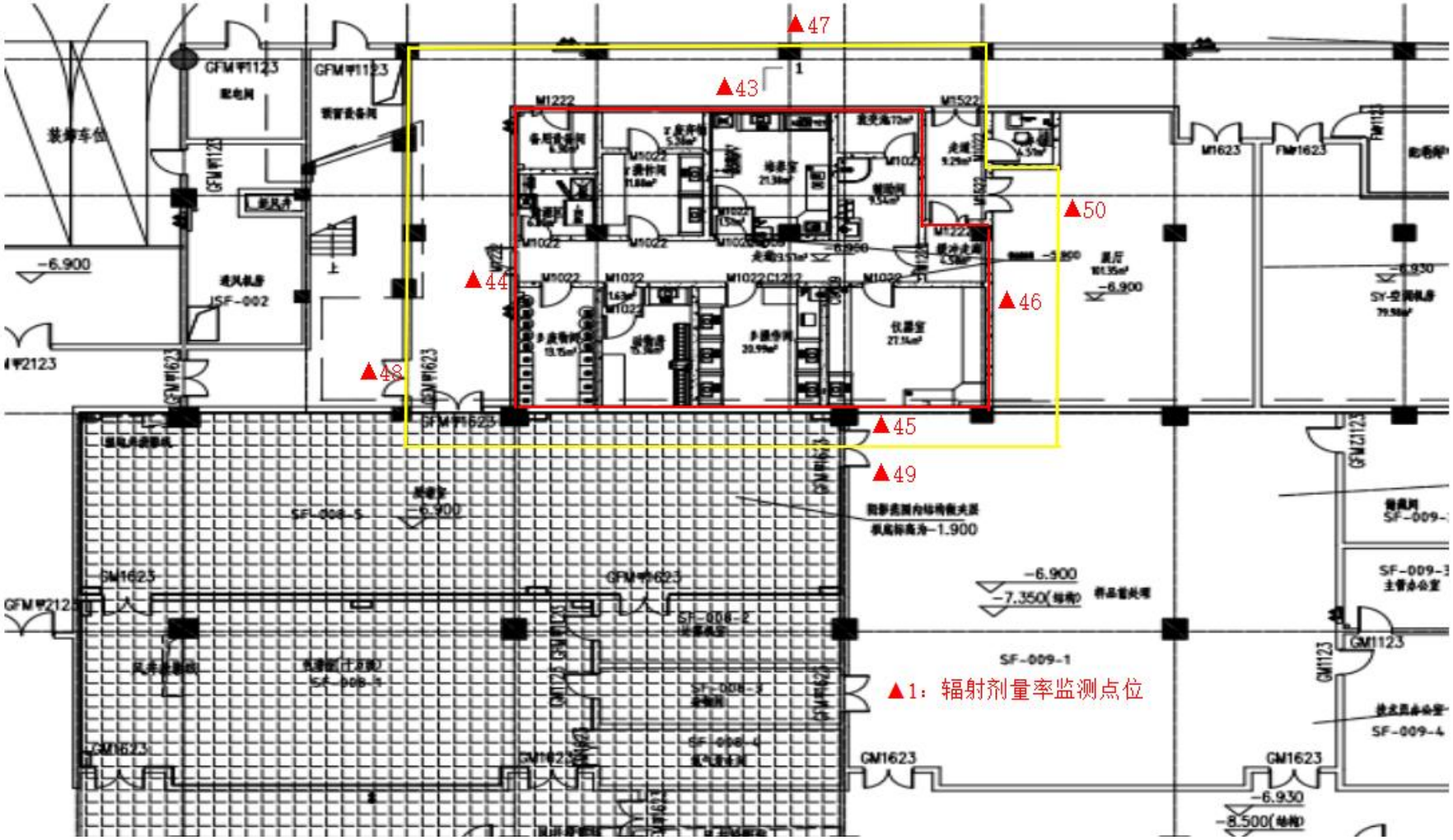


图 6-2　放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测布点示意图（使用 ^{32}P 实验时）

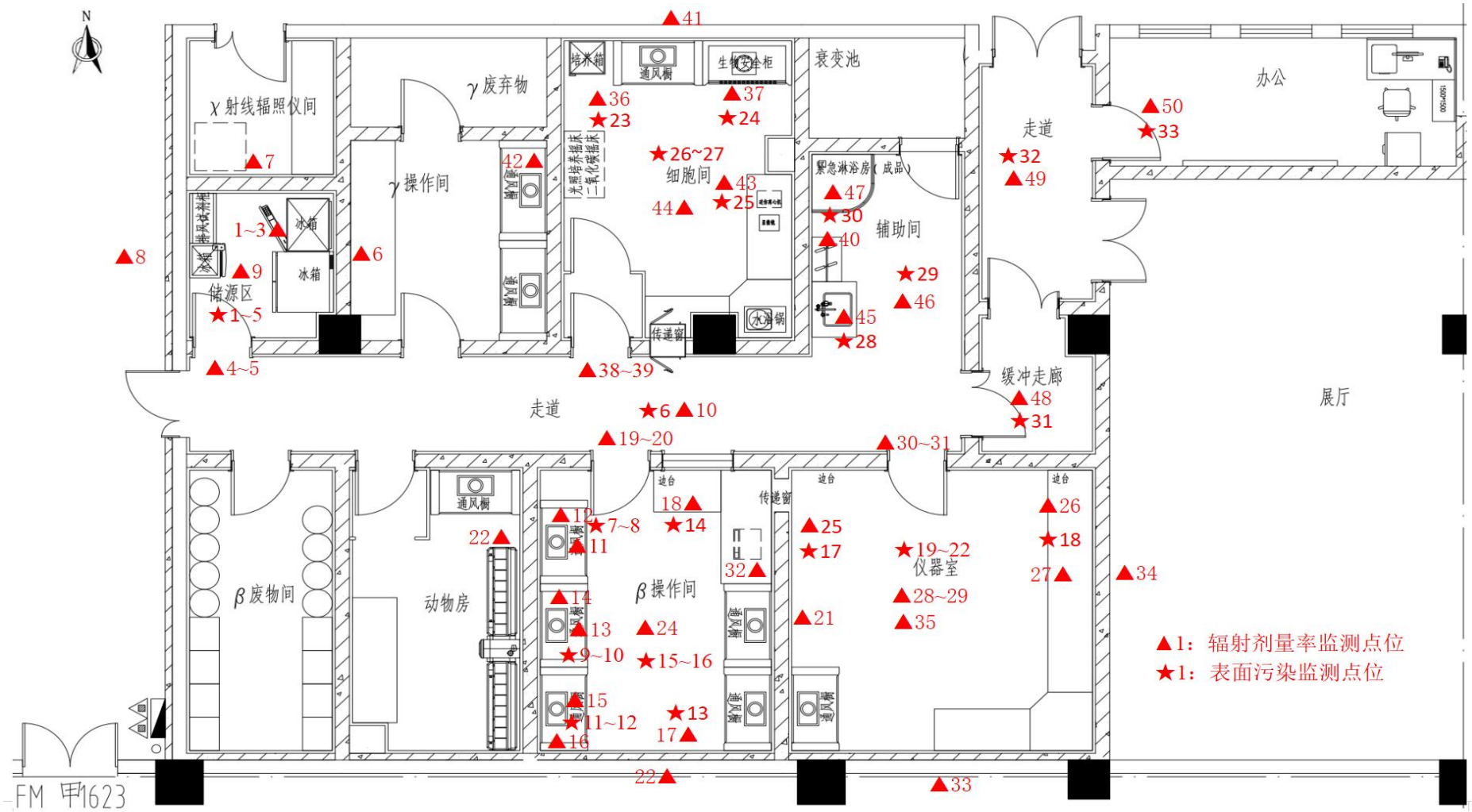


图 6-3　放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率及β表面污染检测布点示意图（使用 ^{14}C、^{35}S、^{3}H 实验时）

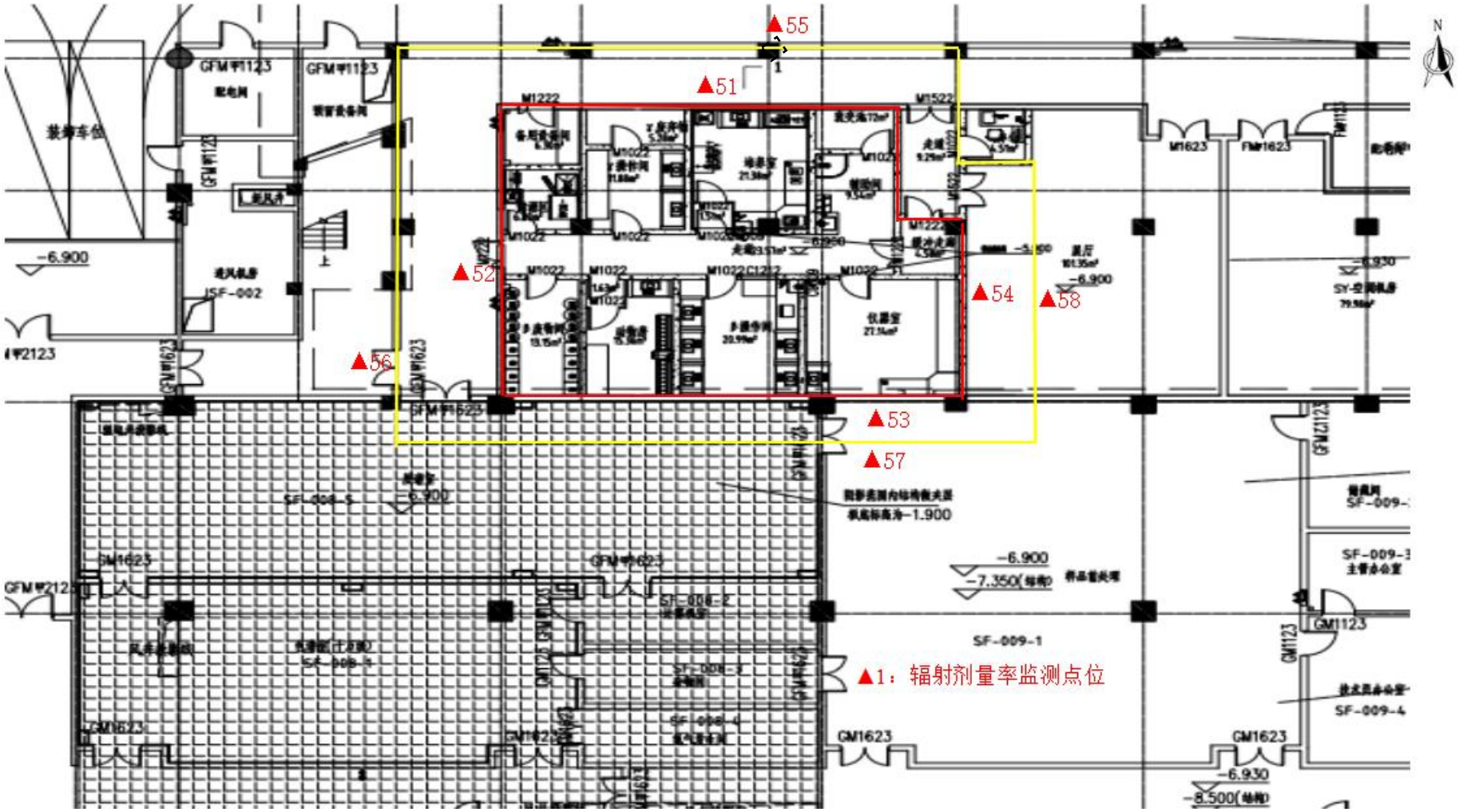


图 6-4　放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测布点示意图（使用 ^{14}C、^{35}S、^{3}H 实验时）

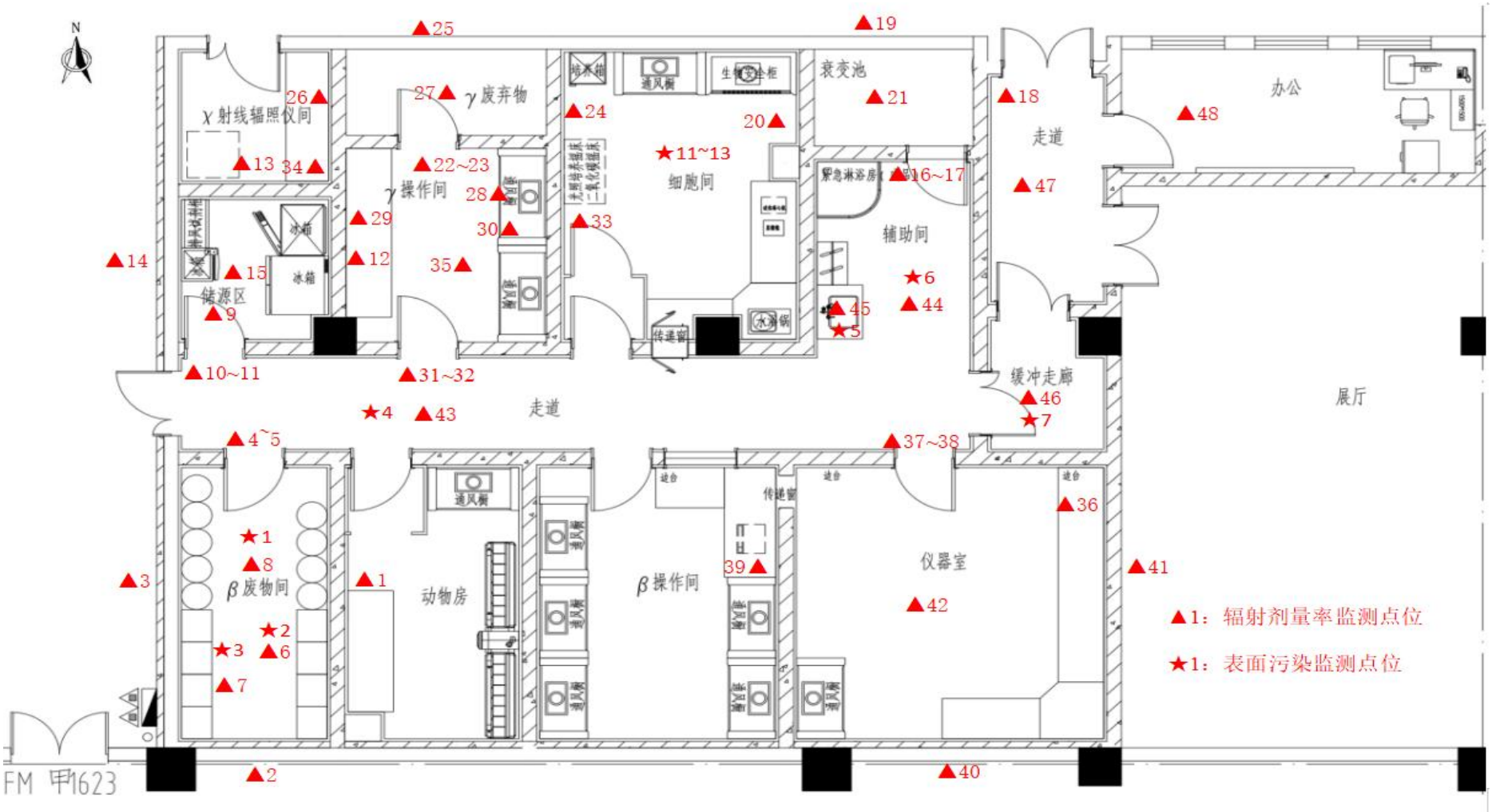


图 6-5　放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率及表面污染检测布点示意图（使用 ^{125}I 实验时及β废物间储存放射性废物时）

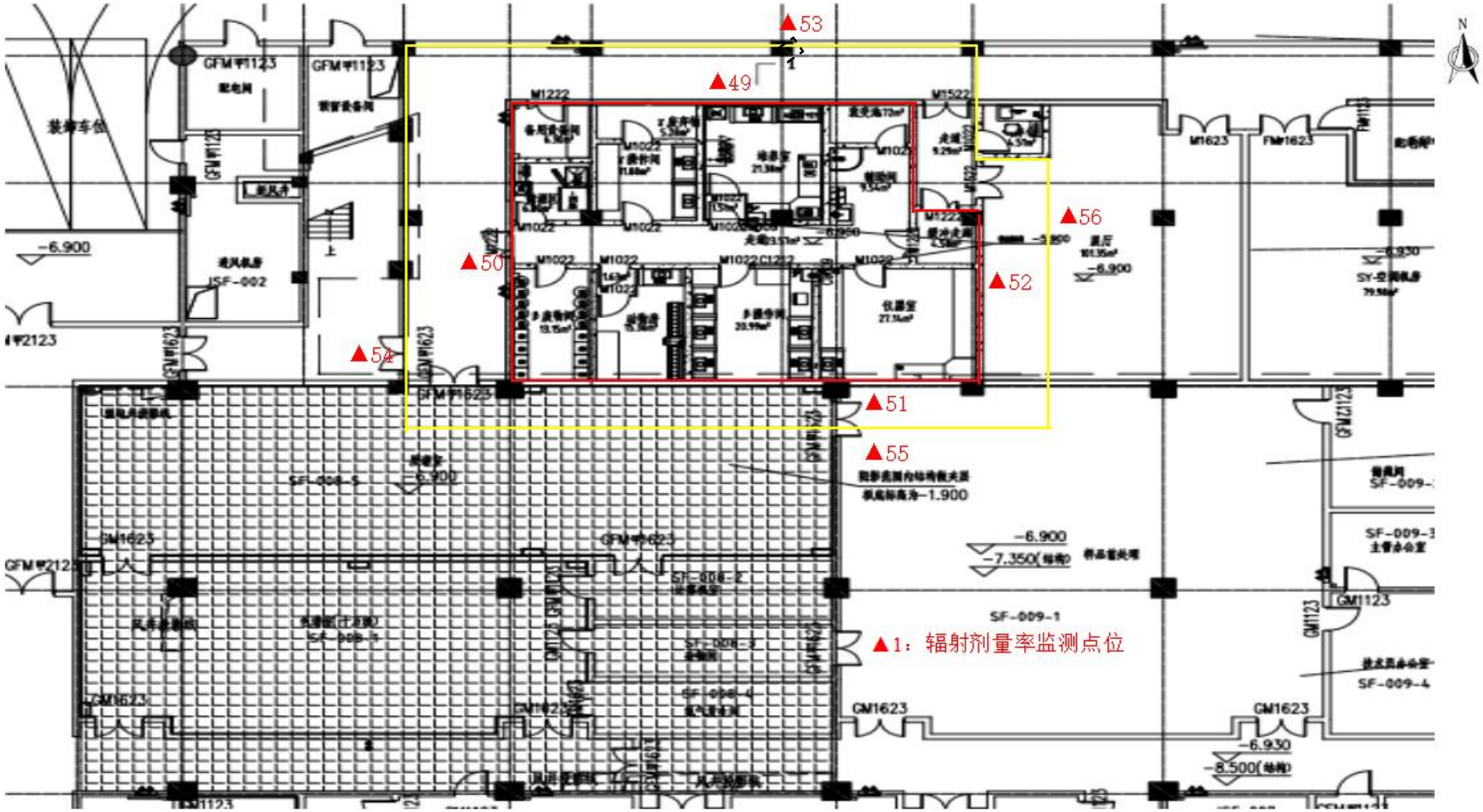


图 6-6　放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测布点示意图（使用 ^{125}I 实验时及 β 废物间储存放射性废物时）

■1：气溶胶采样点位　　■2：土壤采样点位　　■3：有组织废气采样点位

图 6-7　本项目土壤和气溶胶、有组织废气样品采样布点示意图

续表六 验收监测内容

6.3 监测仪器

（1）2025 年 9 月 3 日使用 6150 AD 6/H 型 X、γ辐射周围剂量当量率仪和α、β表面污染仪进行监测。监测仪器参数及检定情况见表 6-1~6-2。

表 6-1 γ射线周围剂量当量率检测仪器基本情况

检测仪器	X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H（外置探头：6150 AD-b/H 主机：6150 AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量　　程	外置探头：10nSv/h～99.99μSv/h；主机：0.1μSv/h～10mSv/h；
能量范围	外置探头：20keV-7MeV；主机：60keV-1.3MeV；
检定证书编号	2025H21-20-5773017001
检定证书有效期	2025 年 2 月 28 日~2026 年 02 月 27 日
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
校准因子 C_f	1μSv/h：1.06

表 6-2 表面污染检测仪器基本情况

检测仪器	α、β表面污染仪
仪器型号/编号	CoMo-170/9950
生产厂家	德国 NUVIA
量程	α：0-2500cps；β/γ：0-20000cps
检定证书编号	2025H21-20-6032754001
检定证书有效期	2025 年 07 月 25 日~2026 年 07 月 24 日
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
表面发射率响应	β：0.44（T1-204 电镀平面板源）；

（2）2026 年 3 月 10 日使用 451P-DE-SI 型辐射剂量测量仪和α、β表面污染仪进行监测。监测仪器参数及检定情况见表 6-3~6-4。

表 6-3 γ射线周围剂量当量率检测仪器基本情况

检测仪器	辐射剂量测量仪
仪器型号	451P-DE-SI
仪器编号	0000006177
生产厂家	Fluke Biomedical
量　　程	0~50mSv/h
能量范围	20 keV ~ 2 MeV

续表六 验收监测内容

续表 6-3 γ射线周围剂量当量率检测仪器基本情况

检定证书编号	NJYF-20251151592
检定证书有效期	2025 年 11 月 28 日~2026 年 11 月 27 日
检定单位	浙江省质量科学研究院
校准因子 C_f	7.15μSv/h：1.05

表 6-4 表面污染检测仪器基本情况

检测仪器	α、β表面污染仪
仪器型号/编号	CoMo-170/9950
生产厂家	德国 NUVIA
量程	α：0-2500cps；β/γ：0-20000cps
检定证书编号	2025H21-20-6032754001
检定证书有效期	2025 年 07 月 25 日~2026 年 07 月 24 日
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
表面发射率响应	β：0.44（T1-204 电镀平面板源）；

（2）2026 年 8 月 12 日使用 451P-DE-SI 型辐射剂量测量仪和α、β表面污染仪进行监测。监测仪器参数及检定情况见表 6-5~6-6。

表 6-5 γ射线周围剂量当量率检测仪器基本情况

检测仪器	辐射剂量测量仪
仪器型号	451P-DE-SI
仪器编号	0000006177
生产厂家	Fluke Biomedical
量　　程	0~50mSv/h
能量范围	20 keV ~ 2 MeV
检定证书编号	NJYF-20251151592
检定证书有效期	2025 年 11 月 28 日~2026 年 11 月 27 日
检定单位	浙江省质量科学研究院
校准因子 C_f	7.15μSv/h：1.05

表 6-6 表面污染检测仪器基本情况

检测仪器	α、β表面污染仪
仪器型号/编号	CoMo-170/9950
生产厂家	德国 NUVIA
量程	α：0-2500cps；β/γ：0-20000cps
检定证书编号	NJYF-20260751280

续表六 验收监测内容

续表 6-6 表面污染检测仪器基本情况

检定证书有效期	2026 年 07 月 29 日~2027 年 07 月 28 日
检定单位	浙江省质量科学研究院
表面发射率响应	β：Cl-32：表面发射率响应：0.52

6.4 监测日期及条件

（1）γ 射线周围剂量当量率、β 表面污染

监测日期：2025 年 9 月 3 日、2026 年 3 月 10 日、2026 年 8 月 12 日；

监测条件：2025 年 9 月 3 日：天气（晴）；室外温度：（33℃）；室内温度（26℃）；相对湿度（58%）；

2026 年 3 月 10 日：天气（晴）；室外温度：（14℃）；室内温度（15℃）；相对湿度（66%）；

2026 年 8 月 12 日：天气（晴）；室外温度：（27℃）；室内温度（23℃）；相对湿度（54%）；

（2）土壤中总β、空气中总β

采样时间：2026 年 8 月 13 日~8 月 16 日。

（3）有组织废气

采样时间：2026 年 8 月 13 日~8 月 14 日。

表七 验收监测结果

7.1 验收监测期间生产工况

γ射线周围剂量当量率、β表面污染监测时间：2025 年 9 月 3 日、2026 年 3 月 10 日、2026 年 8 月 12 日。

（1）2025 年 9 月 3 日：实验时 ^{32}P 操作量为 $2.96\times10^{5}Bq$，储源室储源柜内储存 $3.33\times10^{6}Bq$ 的 ^{32}P。β废物间未储存放射性废物，衰变池间未储存放射性废水。

（2）2026 年 3 月 10 日：实验时 ^{14}C 操作量为 $7.4\times10^{4}Bq$；^{3}H 操作量为 $2.96\times10^{5}Bq$；^{35}S 操作量为 $3.52\times10^{4}Bq$；储源室储源柜 1 内储存 $7.4\times10^{4}Bq$ 的 ^{14}C；储源室储源柜 2 内储存 2.96×10^{5} 的 ^{3}H；储源室储源柜 3 内储存 $1.64\times10^{8}Bq$ 的 ^{35}S；β废物间未储存放射性废物，衰变池间未储存放射性废水。

（3）2026 年 8 月 12 日：分装 ^{125}I 操作量为 $3.7\times10^{7}Bq$ 的 ^{125}I（1mCi）；^{125}I 实验时操作量为 $1.85\times10^{5}Bq$（5μCi）；储源室储源柜 4 内储存 $3.7\times10^{7}Bq$ 的 ^{125}I（1mCi）。β废物间：^{3}H 核素实验产生的放射性固体废物 5.79kg，^{35}S 核素实验产生的和放射性废液 12L。衰变池间未储存放射性废水。

验收时，该放射性同位素实验室均为正常实验状况，因此验收在放射性同位素实验室的正常实验条件下进行监测。

7.2 验收监测结果

（1）辐射剂量水平监测结果

放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率监测布点见图 6-1~图 6-6，监测结果见表 7-1~表 7-3。

1、使用 ^{32}P 实验

由表 7-1 可知，未进行实验时，放射性同位素实验室各房间检测点位γ射线周围剂量当量率为 121nSv/h~150nSv/h；进行实验时放射性同位素各房间检测点位γ射线周围剂量当量率为 123nSv/h~155nSv/h。放射性废物桶表面γ射线周围剂量当量率为 130nSv/h~139nSv/h。

续表七 验收监测结果

2、使用 ^{14}C、^{35}S、^{3}H 实验

由表 7-2 可知，未进行实验时，放射性同位素实验室各房间检测点位 γ 射线周围剂量当量率为 0.10μSv/h~0.15μSv/h；进行实验时放射性同位素各房间检测点位 γ 射线周围剂量当量率为 0.10μSv/h~0.16μSv/h。放射性废物桶表面 γ 射线周围剂量当量率为 0.13μSv/h~0.18μSv/h。

3、使用 ^{125}I 实验

由表 7-3 可知，未进行实验时，放射性同位素实验室各房间检测点位 γ 射线周围剂量当量率为 0.15μSv/h~0.17μSv/h；进行实验时放射性同位素各房间检测点位 γ 射线周围剂量当量率为 0.15μSv/h~1.12μSv/h。放射性废物桶表面 γ 射线周围剂量当量率为 0.17μSv/h。

放射性同位素实验室各监测点位辐射剂量率均符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的标准要求，也符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的标准要求。

（2）β 表面污染监测结果

放射性同位素实验室 β 表面污染监测布点见图 6-1、图 6-3、图 6-5，监测结果见表 7-4~表 7-6。

放射性同位素实验室工作场所分区管理。

根据表 7-4 可知，控制区各监测点位的 β 表面污染为<N_D~0.09Bq/cm^2，监督区各监测点位的 β 表面污染均为<N_D Bq/cm^2。

根据表 7-5 可知，控制区各监测点位的 β 表面污染在<N_D~0.25Bq/cm^2 之间，监督区各监测点位的 β 表面污染均为<N_D Bq/cm^2。

根据表 7-6 可知，控制区各监测点位的 β 表面污染为<N_D Bq/cm^2，监督区各监测点位的 β 表面污染均为<N_D Bq/cm^2。

放射性同位素实验室控制区和监督区各监测点位 β 表面污染水平均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“工作台、设备、墙壁、地面工作场所放射性表面污染控制区控制水平为 40Bq/cm^2；监督区控制水平为 4Bq/cm^2”的标准限值要求。

续表七 验收监测结果

（3）放射性核素浓度监测结果

放射性同位素实验室放射性核素监测布点见图 6-7，放射性核素浓度监测结果见表 7-7~表 7-8。

根据表 7-7 可知，顶楼总排楼气溶胶中总β放射性浓度为 0.245±0.001mBq/m^3。

根据表 7-8 可知，实验室一层空地土壤中总β放射性浓度为 486±11Bq/kg.干。与该项目环境影响报告表中辐射环境质量现状相比较，放射性同位素实验室周边环境土壤和气溶胶中的总β放射性均处于正常水平，无异常变化。

（4）有组织废气

根据表 7-9~表 7-11 可知，有组织废气（非甲烷总烃）排放满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中表 2 中的二级标准。

续表七 验收监测结果

表 7-1 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果（使用 ^{32}P 实验时）

序号	监测点位置		检测结果（nSv/h）		备注
			实验时	未实验时	
▲1	储源室	储源柜 1 外表面 30cm	/	132	储存 3.33×10^{6}Bq（90μCi）的 ^{32}P
▲2		防护门外表面 30cm	/	131	
▲3		南墙外表面 30cm	/	142	
▲4		东墙外表面 30cm	/	136	
▲5		北墙外表面 30cm	/	143	
▲6		西墙外表面 30cm	/	146	
▲7		正上方外表面 30cm	/	136	
▲8	β 操作间	^{32}P 实验台操作位	155	150	操作量为 2.96×10^{5}Bq
▲9		放射性废液桶 1 外表面 30cm	/	130	内有若干放射性废液
▲10		放射性固废桶外表面 30cm	/	139	内有若干放射性固废
▲11		辅助操作台	137	133	/
▲12		防护门外表面 30cm	134	130	
▲13		北墙外表面 30cm	143	141	
▲14		东墙外表面 30cm	146	142	
▲15		南墙外表面 30cm	144	148	
▲16		西墙外表面 30cm	142	137	
▲17		正上方外表面 30cm	133	133	
▲18	仪器室	操作台 1 表面	134	131	/
▲19		同位素磷屏扫描仪外表面 30cm	126	122	正常工作情况下
▲20		液闪外表面 30cm	123	121	
▲21		放射性固废桶外表面 30cm	/	133	内有若干放射性固废
▲22		放射性废液桶外表面 30cm	/	133	内有若干放射性废液

续表七 验收监测结果

续表 7-1 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果（使用 ^{32}P 实验时）

序号	监测点位置		检测结果（nSv/h）		备注
			实验时	未实验时	
▲23	仪器室	防护门外表面 30cm	136	135	/
▲24		北墙外表面 30cm	143	140	
▲25		西墙外表面 30cm	139	139	
▲26		南墙外表面 30cm	149	148	
▲27		东墙外表面 30cm	148	143	
▲28		正上方外表面 30cm	133	130	
▲29	细胞间	培养箱外表面 30cm	133	132	/
▲30		生物安全柜操作位	138	135	
▲31		防护门外表面 30cm	137	135	
▲32		南墙外表面 30cm	142	142	
▲33		东墙外表面 30cm	136	135	
▲34		北墙外表面 30cm	141	148	
▲35		西墙外表面 30cm	137	137	
▲36		正上方外表面 30cm	133	131	
▲37	水槽表面		/	133	/
▲38	紧急淋浴间		/	136	
▲39	辅助区		131	129	
▲40	缓冲走廊		127	124	
▲41	实验室入口走道		128	127	
▲42	办公室		129	128	
▲43	控制区北侧边界		147	147	
▲44	控制区西侧边界		138	137	
▲45	控制区南侧边界		140	139	
▲46	控制区东侧边界		133	131	

续表七 验收监测结果

续表 7-1 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果
（使用 ^{32}P 实验时）

序号	监测点位置	检测结果（nSv/h）		备注
		实验时	未实验时	
▲47	监督区北侧边界	133	133	
▲48	监督区西侧边界	140	138	
▲49	监督区南侧边界	135	135	
▲50	监督区东侧边界	139	138	
▲51	走道	134	131	

注： 以上检测结果未扣除宇宙射线响应值。

表 7-2 放射性同位素实验室 γ 射线周围剂量当量率检测结果
（使用 ^{14}C、^{35}S、^{3}H 实验时）

序号	监测点位置		检测结果（μSv/h）		备注
			实验时	未实验时	
▲1	储源室	储源柜 1 外表面 30cm	/	0.11	储源室储源柜 1 内储存 7.4×10^{4}Bq 的 ^{14}C；储源室储源柜 2 内储存 2.96×10^{5} 的 ^{3}H；储源室储源柜 3 内储存 1.64×10^{8}Bq 的 ^{35}S；
▲2		储源柜 2 外表面 30cm	/	0.12	
▲3		储源柜 3 外表面 30cm	/	0.14	
▲4		防护门外表面 30cm	/	0.11	
▲5		南墙外表面 30cm	/	0.13	
▲6		东墙外表面 30cm	/	0.12	
▲7		北墙外表面 30cm	/	0.13	
▲8		西墙外表面 30cm	/	0.14	
▲9		正上方外表面 30cm	/	0.12	
▲10	走道		0.12	0.10	/
▲11	β 操作间	^{14}C 实验台操作位	0.13	0.14	操作量为 7.4×10^{4}Bq
▲12		放射性废液桶 2 外表面 30cm	/	0.18	内有若干放射性废液
▲13		^{3}H 实验台操作位	0.16	0.13	操作量为 2.96×10^{5}Bq
▲14		放射性废液桶 3 外表面 30cm	/	0.15	内有若干放射性废液

续表七 验收监测结果

续表 7-2 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果
（使用 ^{14}C、^{35}S、^{3}H 实验时）

序号	监测点位置		检测结果（μSv/h）		备注
			实验时	未实验时	
▲15	β操作间	^{35}S 实验台操作位	0.15	0.14	操作量为 3.52×10^{4}Bq
▲16		放射性废液桶 4 外表面 30cm	/	0.13	内有若干放射性废液
▲17		放射性固废桶外表面 30cm	/	0.15	内有若干放射性固废
▲18		辅助操作台	0.14	0.13	/
▲19		防护门外表面 30cm	0.12	0.11	
▲20		北墙外表面 30cm	0.13	0.12	
▲21		西墙外表面 30cm	0.13	0.12	
▲22		南墙外表面 30cm	0.14	0.13	
▲23		东墙外表面 30cm	0.14	0.13	
▲24		正上方外表面 30cm	0.10	0.11	
▲25	仪器室	操作台 1 表面	0.15	0.11	/
▲26		同位素磷屏扫描仪外表面 30cm	0.14	0.14	正常工作情况下
▲27		液闪外表面 30cm	0.14	0.14	
▲28		放射性固废桶外表面 30cm	/	0.15	内有若干放射性固废
▲29		放射性废液桶外表面 30cm	/	0.17	内有若干放射性废液
▲30		防护门外表面 30cm	0.13	0.13	/
▲31		北墙外表面 30cm	0.14	0.13	
▲32		西墙外表面 30cm	0.15	0.14	
▲33		南墙外表面 30cm	0.15	0.15	
▲34		东墙外表面 30cm	0.15	0.16	
▲35		正上方外表面 30cm	0.11	0.11	
▲36	细胞间	培养箱外表面 30cm	0.13	0.12	/
▲37		生物安全柜操作位	0.14	0.15	
▲38		防护门外表面 30cm	0.13	0.11	
▲39		南墙外表面 30cm	0.13	0.13	

续表七 验收监测结果

续表 7-2 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果
（使用 ^{14}C、^{35}S、^{3}H 实验时）

序号	监测点位置		检测结果（μSv/h）		备注
			实验时	未实验时	
▲40	细胞间	东墙外表面 30cm	0.14	0.13	/
▲41		北墙外表面 30cm	0.14	0.13	
▲42		西墙外表面 30cm	0.14	0.13	
▲43		放射性废物桶外表面 30cm	/	0.13	
▲44		正上方外表面 30cm	0.11	0.11	
▲45	水槽表面		/	0.13	
▲46	辅助区		0.13	0.13	
▲47	紧急淋浴间		/	0.14	
▲48	缓冲走廊		0.15	0.14	
▲49	实验室入口走道		0.13	0.13	
▲50	办公室		0.13	0.13	
▲51	控制区北侧边界		0.13	0.12	
▲52	控制区西侧边界		0.14	0.13	
▲53	控制区南侧边界		0.13	0.13	
▲54	控制区东侧边界		0.14	0.14	
▲55	监督区北侧边界		0.14	0.13	
▲56	监督区西侧边界		0.13	0.14	
▲57	监督区南侧边界		0.14	0.13	
▲58	监督区东侧边界		0.14	0.14	

注： 以上检测结果未扣除宇宙射线响应值。

表 7-3 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果
（使用 ^{125}I 实验时及β废物间储存放射性废物时）

序号	监测点位置		检测结果（μSv/h）		备注
			实验时	未实验时	
▲1	β废物间	东墙外表面 30cm	/	0.15	内有若干放射性废液和放射性固体废物（^{3}H 和 ^{35}S）
▲2		南墙外表面 30cm	/	0.17	
▲3		西墙外表面 30cm	/	0.16	

续表七 验收监测结果

表 7-3 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果
（使用 ^{125}I 实验时及β废物间储存放射性废物时）

序号	监测点位置		检测结果（μSv/h）		备注
			实验时	未实验时	
▲4	β废物间	北墙外表面 30cm	/	0.17	内有若干放射性废液和放射性固体废物（^{3}H 和 ^{35}S）
▲5		门外表面 30cm	/	0.16	
▲6		放射性固体废物储存柜表面	/	0.15	
▲7		放射性废液储存柜表面	/	0.15	
▲8		正上方 30cm 处	/	0.17	
▲9	储源室	储源柜外表面 30cm	/	0.16	储源柜内储存 3.7×10^{7}Bq 的 ^{125}I（1mCi）
▲10		南墙外表面 30cm	/	0.16	
▲11		门外表面 30cm	/	0.17	
▲12		东墙外表面 30cm	/	0.15	
▲13		北墙外表面 30cm	/	0.17	
▲14		西墙外表面 30cm	/	0.16	
▲15		正上方 30cm 处	/	0.15	
▲16	衰变池间	门外表面 30cm	/	0.17	检测时无放射性废水
▲17		南墙外表面 30cm	/	0.15	
▲18		东墙外表面 30cm	/	0.17	
▲19		北墙外表面 30cm	/	0.17	
▲20		西墙外表面 30cm	/	0.15	
▲21		正上方 30cm 处	/	0.17	
▲22	γ废物间	南墙外表面 30cm	/	0.15	检测时无放射性废物储存
▲23		门外表面 30cm	/	0.17	
▲24		东墙外表面 30cm	/	0.15	
▲25		北墙外表面 30cm	/	0.17	
▲26		西墙外表面 30cm	/	0.17	
▲27		正上方 30cm 处	/	0.16	

续表七 验收监测结果

续表 7-3 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果
（使用 ^{125}I 实验时及β废物间储存放射性废物时）

序号	监测点位置		检测结果（μSv/h）		备注
			实验时	未实验时	
▲28	γ操作间	通风橱工作人员操作位	1.12	0.17	操作量为 3.7×10^{7}Bq
▲29		放射性废物收集箱外表面 30cm	/	0.17	内有若干放射性废液
▲30		操作台	0.19	0.15	操作量为 3.7×10^{7}Bq
▲31		南墙外表面 30cm	0.19	0.17	
▲32		门外表面 30cm	0.19	0.15	
▲33		东墙外表面 30cm	0.17	0.17	
▲34		西墙外表面 30cm	0.18	0.16	
▲35		正上方 30cm 处	0.17	0.17	
▲36	仪器室	液闪外表面 30cm	0.19	0.16	操作量为 1.85×10^{5}Bq
▲37		北墙外表面 30cm	0.19	0.15	
▲38		门外表面 30cm	0.19	0.17	
▲39		西墙外表面 30cm	0.18	0.16	
▲40		南墙外表面 30cm	0.19	0.17	
▲41		东墙外表面 30cm	0.17	0.15	
▲42		正上方 30cm 处	0.18	0.15	
▲43	过道		0.17	0.17	/
▲43	辅助区		0.19	0.17	
▲44	水槽表面		0.18	0.16	
▲45	缓冲走廊		0.19	0.17	
▲46	实验室入口		0.18	0.15	
▲47	办公区		0.18	0.17	
▲48	过道		0.17	0.17	
▲49	控制区北侧边界		0.17	0.16	

续表七 验收监测结果

续表 7-3 放射性同位素实验室γ射线周围剂量当量率检测结果
（使用 ^{125}I 实验时及β废物间储存放射性废物时）

序号	监测点位置	检测结果（μSv/h）		备注
		实验时	未实验时	
▲50	控制区西侧边界	0.18	0.15	/
▲51	控制区南侧边界	0.17	0.17	
▲52	控制区东侧边界	0.19	0.15	
▲52	监督区北侧边界	0.18	0.17	
▲54	监督区西侧边界	0.19	0.15	
▲55	监督区南侧边界	0.18	0.15	
▲56	监督区东侧边界	0.19	0.15	

注： 以上检测结果未扣除宇宙射线响应值。

表 7-4 放射性同位素实验室β表面污染监测结果（使用 ^{32}P 实验时）

序号	监测点位置		检测结果	
			（cps）	（Bq/cm²）
★1	储源室	储源柜 1 表面	1.6	<N_D
★2		地面	1.8	<N_D
★3		墙体表面	1.7	<N_D
★4	走道地面		0.6	<N_D
★5	β操作间	^{32}P 实验台表面	8.4	0.09
★6		放射性废液桶 1 表面	1.9	<N_D
★7		放射性固废桶表面	1.7	<N_D
★8		地面	1.8	<N_D
★9		墙体表面	2.2	<N_D
★10	仪器室	操作台 1 表面	4.3	<N_D
★11		操作台 2 表面	0.8	<N_D
★12		地面	2.6	<N_D
★13		墙体表面	2.0	<N_D

续表七 验收监测结果

续表 7-4 放射性同位素实验室β表面污染监测结果（使用 ^{32}P 实验时）

序号	监测点位置		检测结果	
			（cps）	（Bq/cm²）
★14	细胞间	培养箱表面	1.4	<N_D
★15		生物安全柜表面	2.8	<N_D
★16		地面	1.2	<N_D
★17		墙体表面	1.9	<N_D
★18	水槽表面		4.1	<N_D
★19	辅助区地面		1.1	<N_D
★20	紧急淋浴间地面		0.6	<N_D
★21	缓冲走廊地面		2.4	<N_D
★22	实验室入口走道地面		1.6	<N_D
★23	办公室地面		2.0	<N_D

注：1、α、β表面污染仪对β表面污染的探测限为 0.04 Bq/ cm²，检测结果小于该值的记为<N_D。

2、检测结果已扣除β表面污染本底值 0.09Bq/cm²。

表 7-5 放射性同位素实验室 β 表面污染监测结果（使用 ^{14}C、^{35}S、^{3}H 实验时）

序号	监测点位置		检测结果	
			（cps）	（Bq/cm²）
★1	储源室	储源柜 1 表面	1.3	<N_D
★2		储源柜 2 表面	1.1	<N_D
★3		储源柜 3 表面	1.2	<N_D
★4		地面	2.3	<N_D
★5		墙体表面	2.1	<N_D
★6	走道地面		3.4	<N_D
★7	β 操作间	^{32}P 实验台表面	8.1	0.08
★8		放射性废液桶 2 表面	0.6	<N_D
★9		^{3}H 实验台操作位	7.0	0.06
★10		放射性废液桶 3 表面	1.3	<N_D
★11		^{35}S 实验台操作位	8.6	0.09
★12		放射性废液桶 4 表面	0.7	<N_D

续表七 验收监测结果

续表 7-5 放射性同位素实验室β表面污染监测结果（使用 ^{14}C、^{35}S、^{3}H 实验时）

序号	监测点位置		检测结果	
			（cps）	（Bq/cm²）
★13	β操作间	放射性固废桶表面	1.6	<N_D
★14		辅助操作台表面	5.1	<N_D
★15		地面	1.1	<N_D
★16		墙体表面	4.1	<N_D
★17	仪器室	操作台 1 表面	1.4	<N_D
★18		操作台 2 表面	2.1	<N_D
★19		放射性废液桶表面	2.3	<N_D
★20		放射性固废桶表面	1.9	<N_D
★21		地面	2.0	<N_D
★22		墙体表面	2.1	<N_D
★23	细胞间	培养箱表面	1.6	<N_D
★24		生物安全柜表面	2.9	<N_D
★25		放射性废物桶	1.1	<N_D
★26		地面	3.4	<N_D
★27		墙体表面	1.3	<N_D
★28	水槽表面		15.9	0.25
★29	辅助区地面		4.7	<N_D
★30	紧急淋浴间地面		4.6	<N_D
★31	缓冲走廊地面		2.2	<N_D
★32	实验室入口走道		2.3	<N_D
★33	办公室地面		1.9	<N_D

注：1、α、β表面污染仪对β表面污染的探测限为 0.04 Bq/ cm²，检测结果小于该值的记为 <N_D。

2、检测结果已扣除β表面污染本底值 0.09Bq/cm²。

续表七 验收监测结果

表 7-6 放射性同位素实验室β表面污染监测结果（β废物间储存放射性废物时）

序号	监测点位置		检测结果	
			（cps）	（Bq/cm²）
★1	β废物间	地面	1.0	＜N_D
★2		放射性固体废物储存柜表面	1.3	＜N_D
★3		放射性废液储存柜表面	1.7	＜N_D
★4	过道表面		1.6	＜N_D
★5	水槽表面		1.6	＜N_D
★6	辅助区地面		1.4	＜N_D
★7	缓冲走廊地面		1.2	＜N_D

注：1、α、β表面污染仪对β表面污染的探测限为 0.04 Bq/ cm^2，检测结果小于该值的记为 $<N_D$。

2、检测结果已扣除β表面污染本底值 0.09Bq/cm^2。

表 7-7 空气中总β放射性检测分析结果

序号	样品名称	采样地点	总β检测结果(mBq/m^3)	备注
▲1	气溶胶	顶楼楼顶总排口	0.245±0.001	验收阶段
	气溶胶	实验室过道	0.76±0.01	环评阶段

表 7-8 土壤中总β放射性检测分析结果

序号	样品名称	采样地点	总β检测结果(Bq/kg.干)	备注
●1	土壤	实验室一楼空地	486±11	验收阶段
	土壤	实验室一楼空地	895±13	环评阶段

续表七 验收监测结果

表 7-9 有组织废气监测结果（1）

工艺设备名称及型号		废气排放口 DA001					
净化方式		活性炭			活性炭		
采样日期		2026.8.13			2026.8.14		
排气筒高度		30			30		
测试断面		出口			出口		
管道截面积（m^2）		0.1400			0.1400		
测点烟气温度（℃）		23.2			22.5		
烟气含湿量（%）		3.38			3.08		
测点烟气流速（m/s）		17.0			17.2		
实测烟气量（m^3/h）		8566			8667		
标干烟气量（m^3/h）		7507			7654		
采样周期		第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
非甲烷总烃	污染物排放浓度（mg/m^3）	0.58	0.71	0.62	0.56	0.46	0.59
	污染物平均排放浓度（mg/m^3）	0.64			0.54		
	污染物平均排放速率（kg/h）	4.80×10^{-3}			4.13×10^{-3}		

表 7-10 有组织废气监测结果（2）

工艺设备名称及型号	废气排放口 DA002	
净化方式	活性炭	活性炭
采样日期	2026.8.13	2026.8.14
排气筒高度	30	30
测试断面	出口	出口
管道截面积（m^2）	0.1050	0.1050
测点烟气温度（℃）	26.9	26.4
烟气含湿量（%）	3.28	3.04
测点烟气流速（m/s）	3.6	3.9
实测烟气量（m^3/h）	1347	1484
标干烟气量（m^3/h）	1166	1293

续表七 验收监测结果

续表 7-10 有组织废气监测结果（2）

采样周期		第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
非甲烷总烃	污染物排放浓度（mg/m³）	0.50	0.50	0.60	0.54	0.28	0.29
	污染物平均排放浓度（mg/m³）	0.53			0.37		
	污染物平均排放速率（kg/h）	6.18×10^{-4}			4.78×10^{-4}		

表 7-11 有组织废气监测结果（3）

工艺设备名称及型号		废气排放口 DA003					
净化方式		活性炭			活性炭		
采样日期		2026.8.13			2026.8.14		
排气筒高度		30			30		
测试断面		出口			出口		
管道截面积（m²）		0.1800			0.1800		
测点烟气温度（℃）		27.6			28.7		
烟气含湿量（%）		3.03			2.93		
测点烟气流速（m/s）		4.6			4.6		
实测烟气量（m³/h）		2974			2988		
标干烟气量（m³/h）		2577			2598		
采样周期		第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
非甲烷总烃	污染物排放浓度（mg/m³）	2.57	2.49	2.30	0.58	0.54	0.54
	污染物平均排放浓度（mg/m³）	2.45			0.55		
	污染物平均排放速率（kg/h）	6.31×10^{-3}			1.43×10^{-3}		

7.3 剂量监测和估算结果

7.3.1 剂量估算公式

辐射工作人员和公众人员外照射年有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中公式计算，计算公式如下：

续表七 验收监测结果

$$D_{Eff} = Dr \times t \times T \times U \qquad (式 1)$$

式中：

D_{Eff}——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

Dr——辐射剂量率，Sv/h；

t——年工作时间，h；

T——居留因子，保守取 1；

U——使用因子，放射性核素以点源考虑，U 取 1。

7.3.2 辐射工作人员附加剂量

1、外照射附加剂量

根据监测结果 7-1~7-3 可知，辐射工作人员所受到的附加年有效剂量主要来自使用 ^{125}I 实验时和 ^{3}H 实验时所受的辐射照射，因此本项目采用辐射工作人员使用 ^{125}I 实验时和 ^{3}H 实验时过程中所受到的辐射照射进行估算。

辐射工作人员在γ操作间和仪器室进行细胞摄取实验室由 2 人负责操作，年操作时间为 800h，每人年操作时间为 400h。保守估计每人在γ操作间通风橱内使用 ^{125}I 年操作时间为 200h，在仪器室内年操作时间为 200h。

辐射工作人员在β操作间、仪器间、细胞间进行细胞代谢示踪实验由 2 人负责操作，年操作时间为 2000h，每人年操作时间为 1000h。保守估计每人在γ操作间通风橱内使用 ^{3}H 年操作时间为 400h，在仪器室内年操作时间为 400h，细胞间内年操作时间为 200h。

根据表 7-3 检测结果可知，γ操作间通风橱操作位γ射线周围剂量当量率为 1.12μSv/h，扣除未实验时γ射线周围剂量当量率后，增量为 0.95μSv/h。在仪器室内使用液闪时γ射线周围剂量当量率为 0.19μSv/h，扣除未实验时γ射线周围剂量当量率后，增量为 0.03μSv/h。

由公式（1）保守估算辐射工作人员在使用 ^{125}I 实验时所受的附加年有效剂量为 0.95×200+0.03×200=0.196mSv。

根据表 7-2 检测结果可知，β操作间 ^{3}H 通风橱操作位γ射线周围剂量当量率为 0.16μSv/h，扣除未实验时γ射线周围剂量当量率后，增量为 0.03μSv/h。在仪器室内操作台 1 表面γ射线周围剂量当量率为 0.15μSv/h，扣除未实验时γ射线

续表七 验收监测结果

周围剂量当量率后，增量为 0.04μSv/h。在仪器室内操作台 1 表面γ射线周围剂量当量率为 0.13μSv/h，扣除未实验时γ射线周围剂量当量率后，增量为 0.01μSv/h。

由公式（1）保守估算辐射工作人员在使用 ^{3}H 实验时所受的附加年有效剂量为 0.03×400+0.04×400+0.01×200=0.030mSv。

因此保守估算辐射工作人员所受的附加年有效剂量为 0.196+0.030=0.226mSv。

2、内照射附加剂量

内照射主要是放射性同位素通过吸入、食入及皮肤吸收等途径进入人体内。本项目在放射性物质进行分装和操作时均在通风柜中进行，通风柜由专用排风管道抽排至楼顶排放。为防止放射性核素通过食入或通过皮肤渗透进入体内，本项目辐射工作人员在核素操作过程全程需佩戴口罩、手套、防护眼镜及工作实验服等防护用品，辐射工作人员不得在控制区内吸烟、喝水及进食，防止被食入体内造成内照射。因此通过吸入途径对辐射工作人员产生内照射很小，可忽略不计。

综上所述，辐射工作人员年有效剂量小于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定职业工作人员 5mSv 的个人剂量约束值，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业照射限值要求。

7.3.3 公众人员附加剂量

1、外照射附加剂量

本项目放射性同位素实验室验收调查 50m 范围内主要为西湖大学内部基础医学楼、学术环主楼、校内道路等，无居民区等环境敏感保护目标。本项目环境保护目标主要为从事放射性同位素操作的辐射工作人员及校内其他师生等公众。

本项目放射性同位素实验室是相对封闭的区域，具有严格的“三区”管理制度，学校非辐射工作人员不会到达控制区内，可能到达控制区边界。学校周边其他单位工作人员及周围过往人员不会到达监督区内。

监测结果表明，在正常进行实验和未进行实验时， 本项目放射性同位素实验室周围环境辐射剂量率无明显变化。

根据以上情况，公众成员所受额外辐射照射所致的附加剂量可忽略不计。

续表七 验收监测结果

2、内照射附加剂量

公众人员不能进入实验室内部，产生内照射的主要途径为吸入。本项目气溶胶中放射性总β与环评阶段的环境质量现状相比较，处于正常水平，无异常变化。因此公众人员的内照射可以忽略不计。

综上所述，公众人员年有效剂量小于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定的公众剂量约束值 0.1mSv/a，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众人员照射限值要求。

表八 验收监测结论

8.1 安全防护、环境保护“三同时”制度执行情况

本项目建设落实了安全防护、环境保护“三同时”制度。有关本项目放射性同位素实验室安全防护设计、放射性废物收集存贮设施、放射性物质储存场所、个人防护用品配置、辐射监测仪器等配置按相关标准规范要求进行设计、建设，并与主体工程同时投入使用；环境影响评价文件及其审批文件中要求的防护安全和环境保护措施已落实。

8.2 污染物排放监测结果

（1）放射性同位素实验室各监测点位辐射剂量水平均符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）的标准要求，也符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的标准要求。

（2）放射性同位素实验室控制区和监督区各监测点位β表面污染水平均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于控制区和监督区表面污染控制水平限值的要求。

（3）西湖大学放射性同位素实验室周边环境土壤中总β、空气中总β放射性监测数据处于正常水平，未见异常变化。

（4）有组织废气（非甲烷总烃）排放满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中表 2 中的二级标准。

8.3 工程建设对环境的影响

（1）根据实验期间的调试运行情况，本项目各项环保设施均能正常运行。项目竣工环保验收监测数据均能达到相关标准要求。本项目环境保护设施建设情况及排放基本落实了环评及审批要求，对周边环境不会造成明显的影响。

（2）环境监测结果表明，本项目周边环境辐射水平、土壤中总β、空气中总β放射性核素的监测数据未见明显异常。

（3）根据公众照射估算结果表明，公众照射的剂量可忽略不计，满足环评文件中公众照射的剂量约束值和 GB 18871—2002 中公众成员剂量限值的相关规定。

8.4 辐射安全防护、环境保护管理

续表八 验收监测结论

（1）西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目落实了环境影响报告评价制度，该项目环境影响报告表及其批复中要求的辐射防护和安全措施已落实。

（2）本项目目前使用的放射性同位素种类和规模，依照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，取得了辐射安全许可证。

（3）本项目现场检查结果表明，西湖大学辐射安全管理机构健全，辐射防护和安全管理制度、设备操作规程基本完善；制订了监测计划、辐射事故应急预案；落实了本单位放射性同位素实验室的安全防护措施；辐射防护和环境保护相关档案资料齐备；西湖大学辐射防护管理工作基本规范。

（4）落实了辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案；

（5）落实了放射性同位素和被放射性污染的物品单独存放，专人负责保管，台帐管理，出入库登记等制度。放射性同位素贮存场所采取了防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏等安全措施，设置了明显的放射性标志。放射性同位素安全防护和管理基本符合相关法律、法规要求。

（6）落实了辐射工作场所分区管理制度；落实了放射性固体废物、放射性废水和废液、放射性废气处理制度。

8.5 后续要求

（1）验收时放射性废水衰变池内暂无放射性废水，若产生放射性废水，应按要求委托有资质的单位整备收储。

（2）后续待动物房投入使用后，及时开展竣工环境保护验收工作，同时对空气中 ^{3}H、^{14}C 及臭气浓度等进行监测。

（3）加强对实验室外来人员的培训和宣教工作，在实验过程中严格落实对学生和校外人员的管理和各项辐射安全防护措施。

综上所述 ，西湖大学云谷校区放射性同位素实验室项目符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）的有关规定，具备竣工环境保护先行验收条件。