

中国医学科学院放射医学研究所
改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：中国医学科学院放射医学研究所

编制单位：长润安测科技有限公司

2025年9月18日

建设单位法人代表：

编制单位法人代表：

项目负责人：

填表人：

建设单位：中国医学科学院放射医学研究所（盖章）

电话：022-85682375

传真：/

邮编：300110

地址：天津市南开区白堤路 238 号

编制单位：长润安测科技有限公司（盖章）

电话：0951-5968869

传真：010-68207515

邮编：750016

地址：宁夏银川市金凤区丰登镇阅海湾中央商务区大连路林带北侧力德财富大厦第 23 层 2303 号

目录

前 言	1
表 1 项目基本情况	3
表 2 项目建设情况	7
表 3 辐射安全与防护设施/措施	25
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	31
表 5 验收监测质量保证及质量控制	45
表 6 验收监测内容	46
表 7 验收监测	48
表 8 验收监测结论	56
附件 1 委托书	58
附件 2 天津市生态环境局对本项目的批复	59
附件 3 《辐射安全许可证》正、副本复印件	64
附件 4 竣工验收检测报告	78
附件 5 辐射安全与防护考核合格证书	90
附件 6 辐射安全管理规章制度	96

附件 7 辐射工作人员个人剂量监测报告..... 197

附件 8 竣工环境保护验收意见..... 202

前言

中国医学科学院放射医学研究所（以下简称“建设单位”）是中国卫生系统最早从事放射医学与核医学研究的专业机构，于 1959 年 6 月在北京成立，1969 年迁往四川简阳，1984 年迁至天津市南开区白堤路 238 号，占地面积 1.9 万 m²；建设单位是卫生部核事故医学应急中心第一临床部，同时也是中国核事故应急临床救治及后备技术研究的重要基地。

建设单位于 2025 年 2 月呈报了委托联合泰泽环境科技发展有限公司编制的“中国医学科学院放射医学研究所改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目”环境影响报告表，天津市生态环境局于 2025 年 3 月 17 日对该项目给予了同意建设的批复（津环辐许可表[2025]011 号，见附件 2）。

中国医学科学院放射医学研究所位于天津市南开区白堤路 238 号，拟投万元人民币（其中环保投 改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目。主要建设内容为：对科研楼 C 座一层现有标准室、仓库、控制室进行改造：

（1）标准室改造为 X 射线标准计量实验室（以下简称“X 标准室”），新增使用 1 套 X 射线标准装置（内含 1 台 MG1320 型 X 射线探伤机，最大管电压 320kV，最大管电流 22.5mA），用于辐射监测仪器的检定/校准等。

（2）仓库改造为 γ 射线标准计量实验室（以下简称“γ 标准室”），新增使用 1 套 γ 射线标准装置，（内含 3 枚放射源，其中 1 枚Ⅲ类放射源 ¹³⁷Cs 活度：7.4 × 10¹¹Bq；1 枚Ⅲ类放射源 ²⁴¹Am 活度：1.11 × 10¹¹Bq、1 枚Ⅳ类放射源 ⁶⁰Co 活度：1.85 × 10¹⁰Bq），用于辐射探测仪及个人剂量计刻度和防护产品检测，并将原标准室内 ²⁴¹Am 放射源装置（含 1 枚Ⅲ类放射源 ²⁴¹Am 活度：1.85 × 10¹¹Bq）搬迁至 γ 标准室内，用于个人剂量计核查与筛选。

（3）原控制室改造为 X 标准室和 γ 标准室的共用控制室，控制室北侧和南侧各新设一扇推拉式防护门。

2025 年 6 月，建设单位依照“中国医学科学院放射医学研究所改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目”环评报告表及环评批复（津环辐许可表[2025]011 号）提出的相关要求，完成了项目机房屏蔽、辐射安全与防护设施的建设，建立了相关规章制度，并配置了辐射工作人员。

建设单位于 2025 年 07 月 09 日重新申领了辐射安全许可证（津环辐证[00233]，见附件 3），本次验收的 X 标准室和 γ 标准室获得了使用许可。

2025年6月25日和2025年7月4日，建设单位委托长润安测科技有限公司对本次验收的X标准室和 γ 标准室开展了辐射环境竣工验收检测，检测报告见附件4。

目前，本次验收的X标准室和 γ 标准室已完成试运行，拟正式投入使用。根据原环境保护部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）和《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）等相关法律法规的要求，建设单位委托长润安测科技有限建设单位编写了竣工环境保护验收监测报告表，并自行组织中国医学科学院放射医学研究所改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目（津环辐许可表[2025]011号）所含全部建设内容的竣工环境保护验收。

表 1 项目基本情况

建设项目名称	中国医学科学院放射医学研究所 改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目				
建设单位名称	中国医学科学院放射医学研究所				
项目性质	☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建				
建设地点	天津市南开区白堤路 238 号				
源项	放射源			使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源	
	非密封放射性物质			/	
	射线装置			使用Ⅱ类射线装置	
建设项目环评批复时间	2025 年 3 月 17 日	开工建设时间	2025 年 3 月		
取得辐射安全许可证时间	2025 年 7 月 9 日	项目投入运行时间	2025 年 6 月		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025 年 6 月	验收现场监测时间	2025 年 6 月 25 日/2025 年 7 月 4 日		
环评报告表审批部门	天津市生态环境局	环评报告表编制单位	联合泰泽环境科技发展有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	天津市万木辐射防护工程有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	天津市万木辐射防护工程有限公司		
投资总概算	辐射安全与防护设施投资总概算		比例	12.4%	
实际总概算	辐射安全与防护设施实际总概算		比例	12.4%	
验收依据	1.1 建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度： 1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行）； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日修订，2018 年 12 月 29 日起施行）； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 6 月 28 日通过，自 2003 年 10 月 1 日起施行）； 4) 《放射性废物安全管理条例》（中华人民共和国国务院令[2011]第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行）； 5) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第				

	253 号，1998 年 11 月 29 日，2017 年 10 月 1 日起施行）； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令 第 449 号，2005 年 9 月 14 日发布，2019 年 3 月 2 日第二次修订并施行）； 7) 《关于发布<放射源分类>办法的公告》（原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日）； 8) 《放射性废物分类》（原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号，2017 年 11 月 30 日）； 9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日）； 10) 《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）； 11) 《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，2021 年 1 月 4 日生态环境部令 第 20 号修改）； 12) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令 第 16 号，2020 年 11 月 30 日发布，2021 年 1 月 1 日起施行）； 13) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（原国家环保总局（环发〔2006〕145 号），2006 年 9 月 26 日）； 14) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（原环境保护部办公厅（环办辐射函[2016]430 号），2016 年 3 月 7 日； 15) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日）； 16) 《天津市生态环境保护条例》（2019 年 1 月 18 日通过，自 2019 年 3 月 1 日起施行）； 17) 《天津市人民政府关于印发<天开高教科创园建设规划方案>的通知》（天津市人民政府（津政发〔2023〕8 号），2023 年 3 月 28 日）。
--	--

1.2 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》（GB 18871—2002）
- 2) 《放射性废物管理规定》（GB 14500—2002）
- 3) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128—2019）
- 4) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素（一）》（GBZ 2.1—2019）
- 5) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）
- 6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）
- 7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）
- 8) 《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）
- 9) 《医疗、工业、农业、研究和教学中产生的放射性废物管理》（HAD 401/16—2023）
- 10) 《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）生态环境部公告2023年第40号，2024年2月1日实施
- 11) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）

1.3 建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定：

天津市生态环境局《关于中国医学科学院放射医学研究所改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目环境影响报告表的批复》，津环辐许可表[2025]011号，2025年3月17日。

1.4 其他相关文件：

- 1) 联合泰泽环境科技发展有限公司编制的《中国医学科学院放射医学研究所改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目》，2025年2月；
- 2) 长润安测科技有限公司检测出具的辐射环境竣工验收检测报

	告(CR-HJ-1220250008-001 和 CR-HJ-1220250008-002)。				
验收执行标准	1.5 依据环境影响评价文件中采用的各种标准和审批部门审批决定列出验收执行的标准名称、标准号、标准限值等。 剂量限值执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的规定： 表 1-1 个人剂量限值 <table border="1"> <thead> <tr> <th>辐射工作人员</th><th>公众关键人群组成员</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>连续 5 年的年平均有效剂量不超出 20mSv，且任何一年中的有效剂量不超出 50mSv。</td><td>年有效剂量不超出 1mSv，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。</td></tr> </tbody> </table> 本项目对职业照射和公众分别设定了年受照剂量约束值： 本项目所有辐射工作人员年受照剂量约束值均取 2mSv。本项目对周围公众的年受照剂量约束值取 0.1mSv。 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117—2022) 规定，本项目中，γ标准室和 X 标准室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h；关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周。 1.6 周边环境保护目标 本项目γ标准室和X标准室实体屏蔽边界外50m内无医院、居民区等类型环境敏感目标。评价范围内涉及的环境敏感点为控制室，评价范围内的其他辐射工作场所（如科研楼C座的Cs-137照射室、放射性实验室、活度实验室、X光机辐照仪室，科研楼D座的放射源库、同位素实验室）和非辐射工作场所（科普基地、科研楼A座、科研楼B座、科研楼C座、科研楼D座、所史馆、F楼），涉及人员为辐射工作人员和周边公众，其中辐射工作人员为控制室工作人员及评价范围内的其他辐射工作场所的工作人员，公众为评价范围内非辐射工作场所的人员及途经公众。	辐射工作人员	公众关键人群组成员	连续 5 年的年平均有效剂量不超出 20mSv，且任何一年中的有效剂量不超出 50mSv。	年有效剂量不超出 1mSv，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。
辐射工作人员	公众关键人群组成员				
连续 5 年的年平均有效剂量不超出 20mSv，且任何一年中的有效剂量不超出 50mSv。	年有效剂量不超出 1mSv，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。				

表 2 项目建设情况

2.1 建设单位基本情况

中国医学科学院放射医学研究所是中国卫生系统最早从事放射医学与核医学研究的专业机构，于1959年6月在北京成立，1969年迁往四川简阳，1984年迁至天津市南开区白堤路238号，占地面积1.9万m²。建设单位是卫生部核事故医学应急中心第一临床部，同时也是中国核事故应急临床救治及后备技术研究的重要基地。

建设单位具有检验检测机构资质认定证书（CMA）、放射卫生技术服务机构资质（甲级）、职业卫生技术服务机构资质、放射性疾病诊断资质、职业健康体检资质（辐射工作人员及其他职业健康体检）以及天津市科委认证的屏障级实验动物生产（使用）许可资质等，拥有多年对外技术服务经验，主要开展放射医学和核医学研究、辐射损伤医学应急救治研究、核战争及核事故辐射远后效应研究、辐射及核素治疗生物学和剂量学基础研究、实验核医学基础研究、放射病基础和临床研究等。

2.2 项目审批和验收情况

本次验收的项目建设地点位于天津市南开区白堤路 238 号，“中国医学科学院放射医学研究所改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目”批复（津环辐许可表[2025]011 号）的建设内容为：对科研楼 C 座一层现有标准室、仓库、控制室进行改造。

（1）标准室改造为X射线标准计量实验室（以下简称“X标准室”），新增使用1套X射线标准装置（内含1台MGi320型X射线探伤机，最大管电压320kV，最大管电流22.5mA），用于辐射监测仪器的检定/校准等。

（2）仓库改造为γ射线标准计量实验室（以下简称“γ标准室”），新增使用1套γ射线标准装置，（内含3枚放射源，其中1枚Ⅲ类放射源¹³⁷Cs活度： 7.4×10^{11} Bq；1枚Ⅲ类放射源²⁴¹Am活度： 1.11×10^{11} Bq、1枚Ⅳ类放射源⁶⁰Co活度： 1.85×10^{10} Bq），用于辐射探测仪及个人剂量计刻度和防护产品检测，并将原标准室内²⁴¹Am放射源装置（含1枚Ⅲ类放射源²⁴¹Am活度： 1.85×10^{11} Bq）搬迁至γ标准室内，用于个人剂量计核查与筛选。

（3）原控制室改造为X标准室和γ标准室的共用控制室，控制室北侧和南侧各新设一扇推拉式防护门。

实际建设内容：与批复一致，无变动。

2.3 本次验收的项目情况

2.3.1 项目地理位置及周围环境

本次验收的项目位于天津市南开区白堤路 238 号，地处天开园的核心区。建设单位中心坐标为：东经 $117^{\circ} 9' 17.220''$ ，北纬 $39^{\circ} 6' 25.270''$ ，四周情况如下：东侧为白堤路，南侧为大学道，西侧为科研东路，北侧为中国医学科学院生物医学工程研究所。地理位置和平面布局示意图见图 2-1 和图 2-2 所示。



图 2-1 地理位置示意图



图 2-2 中国医学科学院放射医学研究所平面布局示意图

本次对现有标准室、仓库、控制室进行改造。将现有标准室改造为 X 标准室、将现有仓库改造为 γ 标准室、对控制室进行改造。

(1) X 标准室

①将 X 标准室西南侧原有的防护门（990mm×2100mm）采用混凝土（密度 2.35g/cm^3 ）进行封堵，接口处采用左右两边错开搭接各 20mm。

②在 X 标准室的北侧墙新设一扇推拉式防护门（1200mm×2100mm），防护门采用钢铅钢材质（2mmFe+10mmPb+2mmFe）。

③在 X 标准室东南侧墙预留排风口（280mm×280mm，其中预留洞口 $\Phi 350\text{mm}$ ），通过风机引至科研楼 C 座外排放。

(2) γ 标准室

①将 γ 标准室东南侧原有防护门（1500mm×2100mm）采用混凝土（密度 2.35g/cm^3 ）进行封堵，接口处采用左右两边错开搭接各 20mm。

②在 γ 标准室西南侧墙新开一扇推拉式防护门（1200mm×2100mm），防护门采用钢铅钢材质（2mmFe+20mmPb+2mmFe）。

(3) 控制室

将控制室西侧现有向内开的平开门更换为钢材质的推拉门（1500mm×2100mm）。原防护门处封堵示意图见图 2-3。



图 2-3 原防护门封堵示意图

X 标准室、 γ 标准室、控制室改建前平面布局和改造示意图见图 2-4。

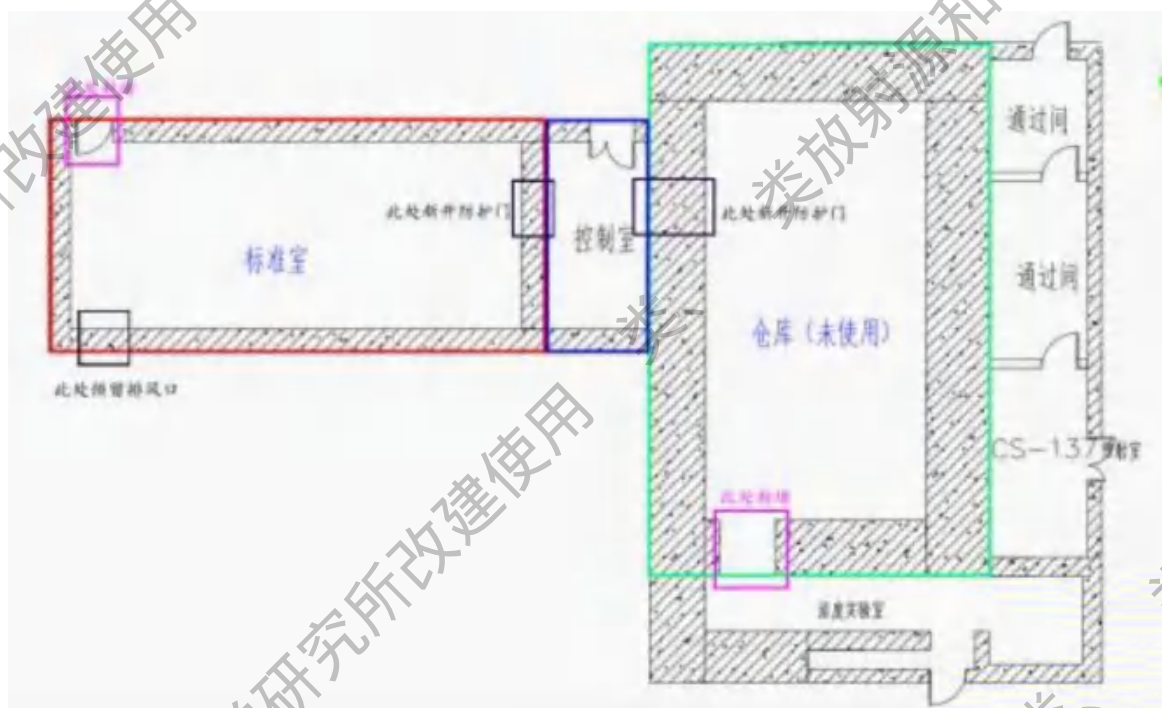


图 2-4 改造前改建前平面布局和改造设计示意图



图 2-5 改造中照片



图 2-6 改造后照片

本次验收的 X 标准室和 γ 标准室均位于科研楼 C 座。

X 标准室中心坐标为：东经 117°9'17.710"，北纬 39°6'24.640"，四至情况为：东侧为库房（化学品）和给水泵房，南侧为质谱室，西侧为走廊，北侧为控制室，楼上为放射性核素标记区、样品处理室和样品接收室，楼下无建筑。

γ 标准室中心坐标为：东经 117°9'17.880"，北纬 39°6'25.090"，四至情况为：东侧为活度实验室，南侧为库房（化学品）、控制室和走廊，西侧为放射卫生办公室和通过间，北侧为 Cs-137 照射室和通过间，楼上为放射性实验室、接收室和准备室，楼下无建筑。

X 标准室、 γ 标准室、控制室改建前平面布局图见图 2-7，改造后平面布局图见图 2-8，控制区与监督区划分示意图见图 2-9。

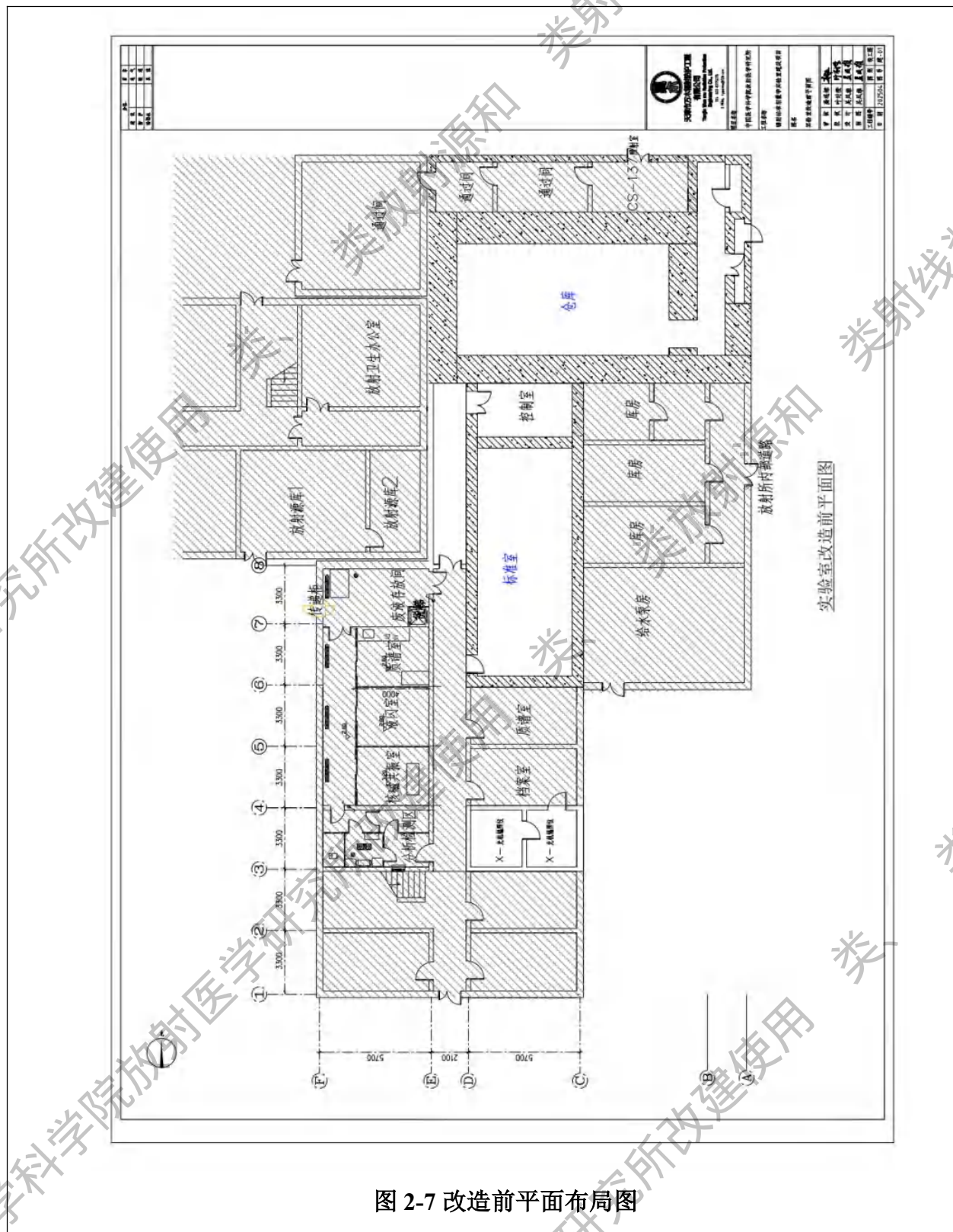


图 2-7 改造前平面布局图



图 2-9 控制区与监督区划分示意图

2.3.2 本次验收的建设内容

本次验收“津环辐许可表〔2025〕011 号”批复的建设内容：对科研楼 C 座一层现有标准室、仓库、控制室进行改造。

（1）标准室改造为 X 射线标准计量实验室（以下简称“X 标准室”），新增使用 1 套 X 射线标准装置（内含 1 台 MG1320 型 X 射线探伤机，最大管电压 320kV，最大管电流 22.5mA），用于辐射监测仪器的检定/校准等。

（2）仓库改造为 γ 射线标准计量实验室（以下简称“γ 标准室”），新增使用 1 套 γ 射线标准装置，（内含 3 枚放射源，其中 1 枚 III 类放射源 ^{137}Cs 活度： $7.4 \times 10^{11}\text{Bq}$ ；1 枚 III 类放射源 ^{241}Am 活度： $1.11 \times 10^{11}\text{Bq}$ 、1 枚 IV 类放射源 ^{60}Co 活度： $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ ），用于辐射探测仪及个人剂量计刻度和防护产品检测，并将原标准室内 ^{241}Am 放射源装置（含 1 枚 III 类放射源 ^{241}Am 活度： $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$ ）搬迁至 γ 标准室内，用于个人剂量计核查与筛选。

（3）原控制室改造为 X 标准室和 γ 标准室的共用控制室，控制室北侧和南侧各新设一扇推拉式防护门。

本次验收的建设内容与环评批复一致，无变化。

建设单位于 2025 年 07 月 09 日重新申领了辐射安全许可证（津环辐证[00233]），本次验收的 γ 标准室和 X 标准室获得了使用许可，辐射安全许可证正、副本以及台帐见

附件 3。

2.4 工程设备与工艺分析

2.4.1 工作原理

2.4.1.1 X 射线产生原理

本项目所用 X 射线探伤机为实时成像系统，是利用 X 射线穿透试件、以平板探测器接收电信号作为记录信息的无损检测方法。

本项目 X 射线探伤机的核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同材料制成各种形状，一般采用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚焦成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡而产生 X 射线。典型 X 射线管结构图见下图。

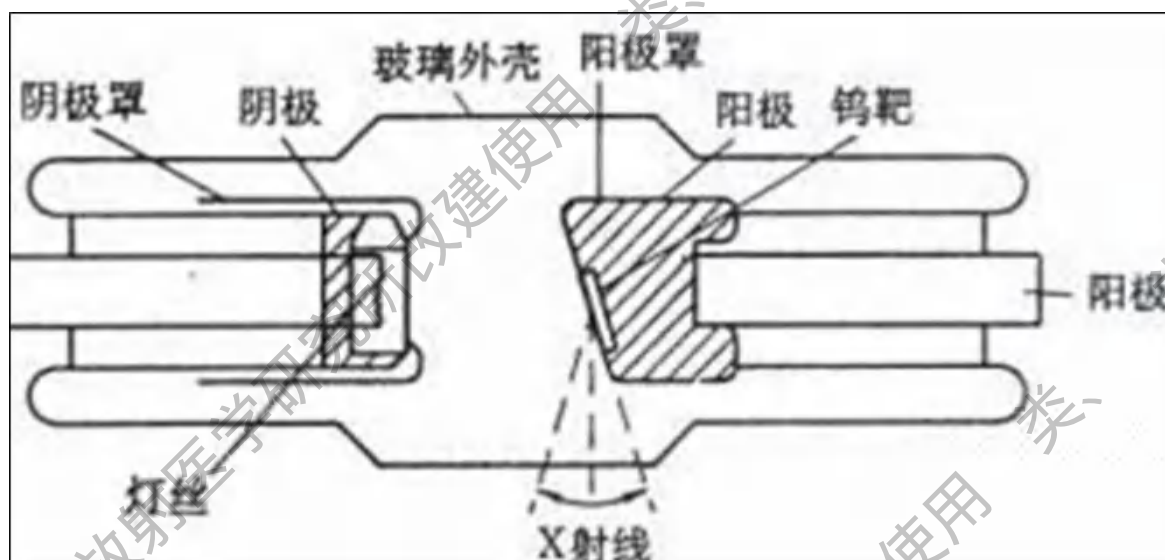


图 2-10 X 射线管示意图

2.4.1.2 刻度原理

本项目 X 标准室主要工作是利用建立的标准辐射场进行量值传递，能力覆盖治疗水平、防护水平、环境水平各类辐射剂量测量（或监测）仪器的计量检定。建设单位使用 X 射线装置作为标准源进行辐射监测仪器的检定/校准等。在非照射状态下，X 射线装置处于关机状态；X 射线随着设备的开、关而产生和消失；照射时，在设定的时间内 X 射线装置对计量仪进行 X 射线定量照射，然后与标准计量仪进行比对，从而对刻度计量仪的量程、能量响应进行校准。

本项目 γ 射线标准装置使用 3 枚密封放射源，通过其产生的 γ 射线为刻度辐射探测仪及个人剂量计提供均匀辐射场。根据使用放射源的特性，可以计算出辐射场内各检验点的辐射强度，将首检的仪器放进辐射场内，参考点与检验点重合，读取辐射仪器仪表的指示值与检验点的计算值相比较，给出刻度因子，计算相对固有误差，进行检定。

^{241}Am 放射源装置使用 1 枚密封放射源，通过其产生的 γ 射线对剂量计进行核查与筛选。

2.4.2 工作流程

2.4.2.1 γ 射线装置

(1) γ 射线标准装置

γ 射线标准装置装载着多枚不同活度的放射源，放射源装载在源容器中，非工作状态时放射源位于源容器底部储存位置， γ 射线标准装置的发射窗口关闭， γ 标准室的防护门也关闭。其工作流程示意图如图 2-11 所示。

a) γ 标准室初步检查，确认工作场所固定剂量报警仪显示数值正常，通过控制台安全联锁 PLC 确认 ^{241}Am 放射源装置的放射源位于源容器内，确认射线发射窗口关闭。

b) γ 射线标准装置初步检查，确实放射源处于屏蔽位置，射线发射窗口关闭。

c) 进行仪器检定时，通过控制台操作程序打开 γ 标准室的防护门，工作人员（佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪并携带巡测仪）将待检仪器送入 γ 标准室内，并按要求放置在规定的区域，仪器探头正对着射线装置发射窗口。做好各项相应的检查后，工作人员撤出 γ 标准室，并关闭防护门。

d) 用钥匙打开主机控制台电源开关，电源安全指示灯（绿色）应亮。开机前，首先确认 γ 标准室内无人存在，摄像头、监视器系统工作正常。打开电源检查固定式剂量报警装置、安全联锁装置，确认其工作正常。

e) 设置照射剂量，在电脑控制软件窗口选择放射源、衰减倍数、预置照射时间和调定 X、Z、R 轴。

f) 按压“照射”按钮。当源到达照射位时，则相应计时器灯亮， γ 标准室防护门上方的（红色）出源指示灯点亮，计时器开始计时，工作人员在控制室通过视频监控系统读取受检仪器的显示值。

h) 照射结束，源将自动回到屏蔽位置，源在安全屏蔽位置指示灯（绿色）亮。确认 γ 标准室内辐射水平降至正常水平后，通过控制台的操作程序打开 γ 标准室的防护门，

工作人员（佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪并携带巡测仪）进入，取出受检仪器，关闭 γ 标准室防护门。还有其他待检测的仪器时，根据需要重新摆放仪器，设置照射剂量，重复操作。

i) 所有受检仪器检测完毕后，关上电源开关，并把钥匙取下，放到指定的安全位置。在控制室或办公室进行后期的检定数据处理。



图 2-11 γ 射线标准装置工作流程示意图

(2) ^{241}Am 放射源装置

^{241}Am 放射源装置放射源装载在源容器中，放射源位于源容器中间，非工作状态时发射窗口关闭， γ 标准室的防护门也关闭。 ^{241}Am 放射源装置工作流程示意图如图 2-12 所示。

a) γ 标准室初步检查，确认工作场所固定剂量报警仪显示数值正常，通过控制台安全联锁 PLC 确认 γ 射线标准装置的放射源位于源容器内，确认射线发射窗口关闭。

b) 进行个人剂量计核查与筛选时，通过控制台操作程序打开 γ 标准室的防护门，工作人员（佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪并携带巡测仪）将待检个人剂量计送入 γ 标准室内，并按要求放置在照射架上。做好各项相应的检查后，工作人员撤出 γ 标准室，并关闭防护门。

c) 用钥匙打开主机控制台电源开关，电源安全指示灯（绿色）应亮。开机前，首先确认 γ 标准室内无人存在，摄像头、监视器系统工作正常。打开电源检查固定式剂量报警装置、安全联锁装置，确认其工作正常。

d) 按照规定时间对个人剂量计进行照射。

e) 照射结束，指示灯（绿色）亮。确认 γ 标准室内辐射水平降至正常水平后，通过控制台的操作程序打开 γ 标准室的防护门，工作人员（佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪并携带巡测仪）进入，取下照射完成的个人剂量计，退出 γ 标准室，关闭 γ 标准室防护门。还有其他个人剂量计时，根据需要重新摆放、照射，重复操作。

f) 所有受检个人剂量计照射完毕后，关上控制台电源开关，并把钥匙取下，放到指定的安全位置。

γ 射线标准装置与 ^{241}Am 放射源装置均安装在 γ 标准室内，两套装置采用不同时操作的工作制度，从管理上避免同时操作，同时控制台设置控制系统，只能开启一套装置，从技术上避免同时操作。



图 2-12 ^{241}Am 放射源装置工作流程示意图

2.4.2.2 X 射线标准装置

X 射线标准装置采用的是 MG320 型 X 射线探伤机，主要由 X 射线管、控制装置等组成，其工作流程示意图如图 2-13 所示。

(1) 进入控制室的操作区，接通动力电源，打开装置钥匙开关（钥匙由专人保管），启动控制台仪器；启动装置进行预热，确定设备可正常工作。

(2) 确认工作场所固定剂量报警仪显示正常后打开防护门，工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪并携带巡测仪，确保安全装备齐全后，方可进入 X 标准室。工作人员将待校准仪器摆放至预先设置点位，清场，确认 X 标准室内无人，关闭 X 标准室防护门回到操作位。

(3) 辐射工作人员在控制台上选择 X 射线出束装置，设置照射时间等参数。

(4) 打开快门进行照射；校准过程中，通过调整待刻度探测器与靶点之间的距离，分别对不同距离处探测器的剂量率进行校准和记录，直到所有待刻度点全部校准完毕。

(5) 校准作业结束后，快门自动关闭，X 射线探伤机关闭，固定剂量报警仪显示 X 标准室内剂量达到本底水平，工作人员打开防护门进入 X 标准室内，将被校准仪器取出，确定一切正常后，清场撤出 X 标准室并关闭防护门。还有其他待检测的仪器

时，根据需要重新摆放仪器，设置照射参数，重复操作。

（6）所有受检仪器检测完毕后，关上电源开关，并把钥匙取下，放到指定的安全位置。在控制室或办公室进行后期的检定数据处理。



图 2-13 X 射线标准装置工作流程示意图

2.4.3 本项目设备信息

本项目中的装置包括γ射线标准装置、²⁴¹Am 放射源装置 3 枚 III 放射源、X 射线探伤机，涉及 3 枚 III 类放射源、1 枚 IV 类放射源和 1 台 II 类射线装置，主要信息见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 放射源信息表

序号	装置名称	名称	出厂活度 (Bq)	出厂日期	类别	数量	活动种类	用途	贮存方式
1	γ射线标准装置	¹³⁷ Cs	7.40×10 ¹¹	2025.6.12	III 类	1 枚	使用	辐射探测仪及个人剂量计刻度和防护产品检测	γ射线标准装置源容器内，源容器为 160mmPb
2		⁶⁰ Co	1.85×10 ¹⁰	2025.6.12	IV 类	1 枚	使用		
3		²⁴¹ Am	1.11×10 ¹¹	2025.6.12	III 类	1 枚	使用		
4	²⁴¹ Am 放射源装置	²⁴¹ Am	1.85×10 ¹¹	1995.1.1	III 类	1 枚	使用	个人剂量计核查与筛选	²⁴¹ Am 放射源装置源容器内，源容器为 30mmPb

表 2-2 X 射线探伤机信息表

序号	装置名称	型号	类别	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	最大功率 (W)	使用地点	用途	活动种类	有用线束
1	X 射线探伤机	MGi320	II 类	320	22.5	4200	X 标准室	辐射监测仪器的检定/校准	使用	定向向南

2.4.4 使用规划

本项目投入运行后， γ 标准室年接触时间为 1118.1h（摆放和取样时间为 171.4h，室外操作时间为 946.7h），周接触时间最大时间为 24.5h（摆放和取样时间为 3.8h，室外操作时间为 20.7h）；X 标准室年曝光时间为 383.4h，周曝光时间最大时间为 8.4h。

本项目实施后，X 标准室配备 3 名辐射工作人员，均为现有人员，无新增辐射工作人员。配备的 3 名工作人员工作时 2 人一组，照射开始前 1 人负责摆放样品，1 人负责在控制室查看监控，照射时 2 人均位于控制室。本项目建成后，3 名辐射工作人员不参与其他辐射工作； γ 标准室配备 3 名辐射工作人员，均为现有人员，无新增辐射工作人员。配备的 3 名工作人员工作时 2 人一组，照射开始前 1 人负责摆放样品，1 人负责在控制室查看监控，照射时 2 人均位于控制室。本项目建成后，3 名辐射工作人员负责 γ 标准室和活度实验室的相关照射工作， γ 标准室和活度实验室不同时开展工作。

辐射工作人员信息见表 2-3，辐射安全与防护考核合格证书见附件 5。

表 2-3 该项目辐射工作人员信息

序号	姓名	工种	证书编号	有效期
1		伽马射线辐照		2024.01.13-2029.01.13
2		伽马射线辐照		2021.12.9-2026.12.9
3		伽马射线辐照		2021.12.6-2026.12.6
4		非医学其他		2023.08.29-2028.08.29
5		非医学其他		2023.06.27-2028.06.27
6		非医学其他		2024.01.07-2029.01.07

2.4.5 污染源项描述

1. 主要的放射性污染物

本项目为辐射刻度装置均不洗片，根据工艺流程可知，辐射刻度装置工作产生的污染物主要有 γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置出源时和 X 射线标准装置出束曝光时的

电离辐射影响、废气（ O_3 和 NO_x ）。

2. 正常工况的污染途径

根据工艺流程可知，工作产生的污染物为 α 射线、 β 射线以及韧致辐射、 γ 射线、X射线、 O_3 和 NO_x 。

2.1 辐射

（1） α 射线

本项目使用 ^{241}Am 过程中会产生 α 射线。

（2） β 射线及其韧致辐射

本项目使用 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 过程中会产生 β 射线， β 射线穿过周围物质时将产生韧致辐射。

（3） γ 射线

本项目使用 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{241}Am 过程中会产生 γ 射线。

（4）X射线

正常开机工况下，当X射线管发射的电子轰击靶物质时，产生X射线。X射线经有用线束、漏射和散射对工作场所及其周围环境产生辐射影响。

2.2 O_3 和 NO_x

γ 射线标准装置、 ^{241}Am 放射源装置、X射线探伤机运行中产生的 γ 射线X射线会使空气中的氧气发生电离继而产生 O_3 和 NO_x 。

2.3 放射性三废

（1）放射性废水、放射性废气

本项目正常运行过程中不产生放射性废水、放射性废气。

（2）放射性固体废物

① 更换的放射源

本项目使用的放射源不能满足工作需要时，须更换新的放射源，更换下来无使用价值及不继续使用的退役放射源作为放射性固体废物。其中 ^{60}Co 放射源一般6~8年更换一次， ^{137}Cs 放射源一般15~20年更换一次， ^{241}Am 不更换。

② 退役放射源

项目退役后，会产生 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{241}Am 废放射源。

3. 事故工况的污染途径

3.1 γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置

γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置的检修和保养均委托有资质单位进行。根据工程分析和装置情况， γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置可能发生的事故工况主要有以下几种：

(1) 运行过程中误照射

① γ 标准室门-机联锁装置发生故障或联锁失效的情况下，防护门处于开启状态， γ 射线标准装置仍能运行，人员进入 γ 标准室内而受到照射。

② ^{241}Am 放射源装置机头尾部的常开接近开关失效，信号无法正常接入安全联锁 PLC，工作人员无法判断 ^{241}Am 放射源装置和 γ 射线标准装置的放射源状态，人员进入受到意外照射。

③工作人员进入 γ 标准室后，未全部撤离，工作人员未仔细从查看视频监控，启动 γ 射线标准装置或者 ^{241}Am 放射源装置，致使滞留人员受到误照射。

(2) 放射源卡源

γ 射线标准装置卡源是指放射源离开贮存位置无法回位的现象或是指同轴旋转的准直器不能回归零位，即 γ 射线标准装置自身放射源防护门故障，无法关闭，照射结束后源始终处于照射状态，致使 γ 标准室内剂量率高，人员受到不必要的附加剂量。

(3) 换源源罐跌落

放射源在安装或取出时，可能存在源罐跌落破损事故，导致放射源大剂量照射等情况。

(4) 放射源丢失、被盗

装源、换源等过程中管理不善，或者建设单位对更换下来的废源管理不善，造成放射源被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

3.2 X 射线标准装置

X 射线标准装置的检修和保养均委托有资质单位进行。根据工程分析和装置情况，X 射线标准装置可能发生的事故工况主要有以下几种：

(1) X 标准室门-机联锁装置发生故障或联锁失效的情况下，防护门尚未完全关闭，辐射工作人员即开启 X 射线探伤机出束，致使 X 射线发生泄漏，给 X 标准室周围人员造成不必要照射。

(2) 尚有人员未撤出 X 标准室，辐射工作人员未对 X 标准室内进行检查即开启 X 射线探伤机出束，致使室内人员受到超剂量照射。

(3) X 标准室屏蔽结构磨损，防护屏蔽能力下降，X 射线标准装置出束对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

(4) 由于操作不当的原因，导致周围工作人员及公众的误照事故。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 本次验收的 2 间标准室屏蔽防护实施情况

本项目 2 间标准室的辐射防护屏蔽设施具体情况见表 3-1。

表 3-1 实体屏蔽措施一览表

场所名称	四侧墙体/材料	室顶/材料	地面/材料	防护门
γ标准室	东侧：950mm 混凝土	1500mm 混凝土	混凝土	/
	南侧：1500mm 混凝土			/
	南侧：1280mm 混凝土 (防护门内嵌处墙体)			2mmFe+20mm 铅 +2mmFe
	西侧：1500mm 混凝土			/
	北侧：1700mm 混凝土			/
X 标准室	东侧：600mm 混凝土	600mm 混凝土	混凝土	/
	南侧：600mm 混凝土			/
	西侧：600mm 混凝土			/
	北侧：600mm 混凝土			/
	北侧：380mm 混凝土 (防护门内嵌处墙体)			2mmFe+10mm 铅 +2mmFe

注：γ标准室防护门为内嵌式，左右搭接各 150mm，上下搭接各 150mm，均大于 10 倍门缝宽度（10mm）。X 标准室防护门左右搭接各 150mm，上下搭接各 150mm，均大于 10 倍门缝宽度（10mm）。

2 间标准室的辐射防护屏蔽与环评报告表计划实施情况一致。

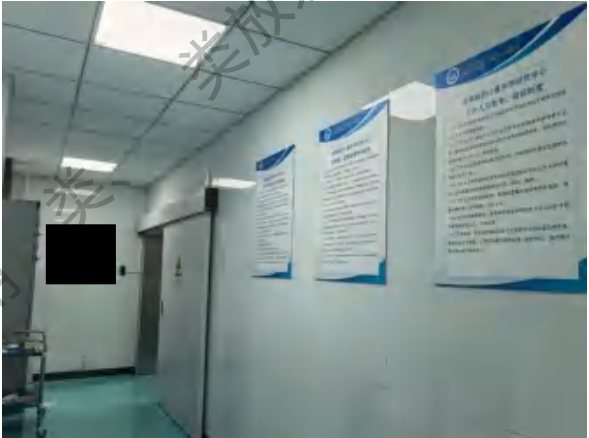
3.2 本次验收的 2 间标准室辐射安全与防护设施/措施落实情况

现场检查结果表明，建设单位已按项目环评报告表及批复中所提出的要求建设各项辐射防护设施，并采取了有效的安全控制措施。本项目辐射安全与防护设施落实情况见表 3-2。

表 3-2 本次验收 2 间标准室辐射安全与防护设施/措施落实情况

序号	环评报告中要求的环境保护措施	环境保护措施的落实情况	是否落实
1	γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置的放射源均位于源容器内，其中 γ 射线标准装置放射源源容器采用 160mm 铅/10mm 铅屏蔽， ^{241}Am 放射源装置源容器采用 30mm 铅/40mm 铅屏蔽；X 射线标准装置屏蔽箱体采用 6mm 铅进行屏蔽。	本项目射线装置和放射源，已严格按照环评报告中屏蔽措施方案进行防护。	已落实
2	γ 标准室和 X 标准室均采取了屏蔽防护设施，采用混凝土、铅钢门进行屏蔽防护，对辐射工作人员和公众的辐射影响较小。	γ 标准室和 X 标准室已严格按照环评报告中屏蔽防护方案进行施工。	已落实
3	γ 标准室和 X 标准室均划分为控制区和监督区进行管理。	γ 标准室和 X 标准室均已划分为控制区和监督区进行管理。	已落实
4	γ 标准室和 X 标准室拟设置门机联锁、门灯联锁、门剂量联锁、紧急停机按钮、紧急开门按钮、红外对射探测器、视频监控等安全措施。拟在 γ 标准室和 X 标准室防护门外设有电离辐射警告标志及中文警示说明。	γ 标准室和 X 标准室已设置门机联锁、门灯联锁、门剂量联锁、紧急停机按钮、紧急开门按钮、红外对射探测器、视频监控等安全措施。已在 γ 标准室和 X 标准室防护门外设有电离辐射警告标志，标准计量实验室门外已张贴职业危害告知卡。	已落实
5	γ 标准室和 X 标准室设置通风换气系统，确保每小时通风换气不少于 3 次。	γ 标准室和 X 标准室已设置通风换气系统，已确保每小时通风换气不少于 3 次。	已落实
6	建设单位已为辐射工作人员配备个人剂量计，拟配备 4 台个人剂量报警仪、1 台 X- γ 剂量率仪、2 套固定式辐射剂量报警装置。	建设单位已为辐射工作人员配备个人剂量计，已配备 4 台个人剂量报警仪、2 台 X- γ 剂量率仪、2 套固定式辐射剂量报警装置。	已落实

	
X 标准实验室设备外观	γ 标准实验室设备外观
	
γ 标准实验室电离辐射警告标识	X 标准实验室电离辐射警告标识
	
γ 标准实验室固定式剂量报警仪	X 标准实验室固定式剂量报警仪

	
控制台	便携式辐射防护巡测仪
	
个人剂量报警仪	上墙制度
	
γ标准实验室通风装置	X 标准实验室通风装置

	
警示说明	急停按钮

3.3 辐射安全与防护设施调试运行效果

经现场验证，本项目辐射安全与防护设施调试运行效果及辐射安全管理措施实行效果见表 3-3。

表3-3 辐射安全与防护设施调试运行效果及辐射安全管理措施实行效果

验收项目	辐射安全与防护设施	运行效果
分区管理	2间标准室及其周围区域实行分区管理，将2间标准室屏蔽墙内区域划为控制区，屏蔽墙外相邻的区域（除Cs-137照射室）划为监督区。	本次验收的X标准室和 γ 标准室分区合理。
电离辐射标志和中文警示说明	2间标准室防护门上已张贴电离辐射警告标志；标准计量实验室门外已张贴警示说明。	2间标准室防护门外设置的电离辐射警告标志；电离辐射标准计量实验室门外已张贴职业危害告知卡均能够起到警示作用。
警示灯	2间标准室内部和外部防护门上方已设置工作状态指示灯和声音提示装置，并于标准装置联锁。	2间标准室防护门上方的警示灯工作正常有效。
防护与安全设施	2间标准室设置门机联锁、门灯联锁、门剂量联锁、紧急停机按钮、紧急开门按钮、红外对射探测器、视频监控等安全措施。	2间标准室设置门机联锁、门灯联锁、门剂量联锁、紧急停机按钮、紧急开门按钮、红外对射探测器、视频监控等安全措施均工作正常。
辐射监测仪器	2间标准室每个机房分别配备了1套固定式报警仪，2间标准室各配备1台便	固定式报警仪、便携式辐射防护巡测仪和个人剂量报警仪均工作正

	携式辐射防护巡测仪和2台个人剂量报警仪。	常。
通风系统	2间标准室采取机械通风的方法对进行通风换气，防止机房空气中有害气体累积。	2间标准室通风换气装置设动力排风，工作正常。
辐射安全管理机构	成立辐射安全与环境保护管理小组，设有专职管理人员，落实安全责任制。	建设单位成立了辐射安全管理小组，该机构设有专职管理人员，机构内部职责明确。
规章制度	建设单位制定的规章制度有：辐射安全管理规定、操作规程、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、环境监测制度、辐射工作人员健康管理制度、辐射工作人员辐射安全培训制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、台账管理制度等，以及辐射事故应急制度。规范编写、按时上报年度评估报告。	辐射安全与防护相关管理运行有效。
辐射安全培训考核	参与工作的6名辐射工作人员均通过加辐射安全与防护培训考核。	参与工作的辐射工作人员全部通过辐射安全与防护培训与考核，持有合格证书，并在有效期内。
辐射监测	定期开展场所辐射水平监测，建设单位每年委托有资质单位对放射工作场所进行1次辐射水平监测。	建设单位已制定了工作场所辐射监测方案，按方案委托有资质的单位进行场所辐射水平监测，满足管理要求。
个人剂量计管理	配备个人剂量计，进行个人剂量监测；建立个人剂量档案。	6名辐射工作人员均配备了个人剂量计，能够正确佩戴；已建立了个人剂量档案，满足管理要求。
应急预案	建立有相应的放射性事故应急预案。	建设单位建立有辐射事故应急预案，预案涵盖了本项目可能发生的非正常工况。
辐射安全许可证	建设单位已于2025年7月9日重新申领了辐射安全许可证。见附件3。	重新申领了辐射安全许可证，本次验收的2间标准室获得了使用许可。

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 本项目采取的辐射安全与防护措施（摘自环评文件）

4.1.1 γ 标准室辐射安全和防护措施

(1) 屏蔽

本项目已建 γ 标准室位于建设单位科研楼一层， γ 标准室四周区域均为辐射工作场所和公众人员不可长时间居留的场所，充分考虑了周围的辐射安全。 γ 标准室内安装的 γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置的有用线束方向（向东），有用线束的照射方向避开了控制室（南侧）。 γ 标准室的屏蔽墙厚度已充分考虑辐射源项大小、照射、屏蔽物材料和结构等各种因素。本项目 γ 标准室四周屏蔽墙体采用混凝土，防护门采用铅板和钢板进行防护，防护门的防护性能与同侧屏蔽墙的防护性能相同。

(2) 分区

建设单位对 γ 标准室及其周围区域实行分区管理，将 γ 标准室屏蔽墙内区域划为控制区，屏蔽墙外相邻的区域（除 Cs-137 照射室）划为监督区。

(3) 钥匙开关

γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置的控制台有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，放射源射线才被允许远程控制出束，源装置各放射源之间互相联锁，每次只能有一个放射源照射。钥匙由专人保管，且只有在停机或待机状态时才能拔出。已张贴禁止非授权使用的警告标识。

(4) 门机联锁

γ 标准室已设置门-机联锁装置，保证在防护门关闭后 γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置才能进行作业。门-机联锁装置的设置可确保内部的人员在紧急情况下离开 γ 标准室。在操作过程中，若防护门被意外打开时 γ 射线标准装置或 ^{241}Am 放射源装置统立即关闭源快门，自动控制放射源回位，确保人员安全。

(5) 门灯联锁

γ 标准室内部和外部防护门上方已设置工作状态指示灯和声音提示装置，并于 γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置联锁。

(6) 门-剂量联锁

建设单位已为 γ 标准室配置 1 个固定式场所辐射探测报警装置，2 个探头分别位于 γ 标准室内部西侧和东侧墙上、显示装置位于控制室墙上（即控制室北侧墙）。固定式场所辐射探测报警装置（阈值均设定为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）与防护门联锁，当剂量超过设定限值时，

防护门无法从外部开启。

(7) 红外人体探测器与 γ 射线标准装置联锁

已在 γ 标准室内部设置红外对射探测器，红外对射感应器与 γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置联锁；当探测到 γ 标准室内部有人员活动时，无法操作 γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置；如果在放射源照射时，一旦发现 γ 标准室内部有人员活动，系统将立即关闭快门，自动控制放射源回位，确保人员安全。

(8) 视频监控

已在 γ 标准室内部安装 4 个摄像头（对角线设置），可实现 γ 标准室全景监视，导轨标尺读数、仪表读数，配备 1 台显示终端安装在控制室，配备的录像机可存储读数场景图片。控制室监控连接至建设单位门卫，由建设单位保安人员 24h 视频监控以防放射源被盜。

(9) 电离辐射警告标志

γ 标准室防护门上已张贴电离辐射警告标志。

(10) 紧急停机按钮

γ 标准室内部（3 个）、控制室墙上（1 个）已设置紧急停机按钮。紧急停机按钮的设置可确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，可使人员处在 γ 标准室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮带有标签，已标明使用方法。

(11) 紧急开门开关

γ 标准室内部防护门附近已设置 2 个紧急开门开关。紧急开门开关的设置方便内部的维修人员在紧急情况下离开 γ 标准室。

(12) 通风

γ 标准室内已设置机械通风装置，排风管道位于吊顶内，通过管道引至科研楼 C 座屋顶排放，排风管道外口避开了人员活动密集区。排风机风量为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ， γ 标准室体积约为 252m^3 ，每小时有效通风换气次数约为 7.9 次，已确保 γ 标准室每小时有效通风换气次数不小于 3 次。排风管道穿墙位置避开主射线方向，其穿墙采用 10mm 铅皮补偿屏蔽的设计能够保证避免破坏墙壁屏蔽，可防止射线的漏射和散射。

(13) 常开接近开关联锁

γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置不同时使用，两者通过 ^{241}Am 放射源装置机头尾部的常开接近开关进行控制。 ^{241}Am 放射源装置工作时，接近开关有信号输出， γ 标准室防护门无法开启， γ 射线标准装置无法启用； ^{241}Am 放射源装置关闭时，接近开关无信号

输出， γ 标准室防护门可以开启， γ 射线标准装置可以启用。

(14) 安全联锁逻辑

只有在所有安全联锁装置正常的情况下，设备才能启动；设备运行过程中，如果任何一个联锁装置被触动或出现问题，设备会立即停止运行。

γ 标准室和 X 标准室安全联锁逻辑图见图 4-1。

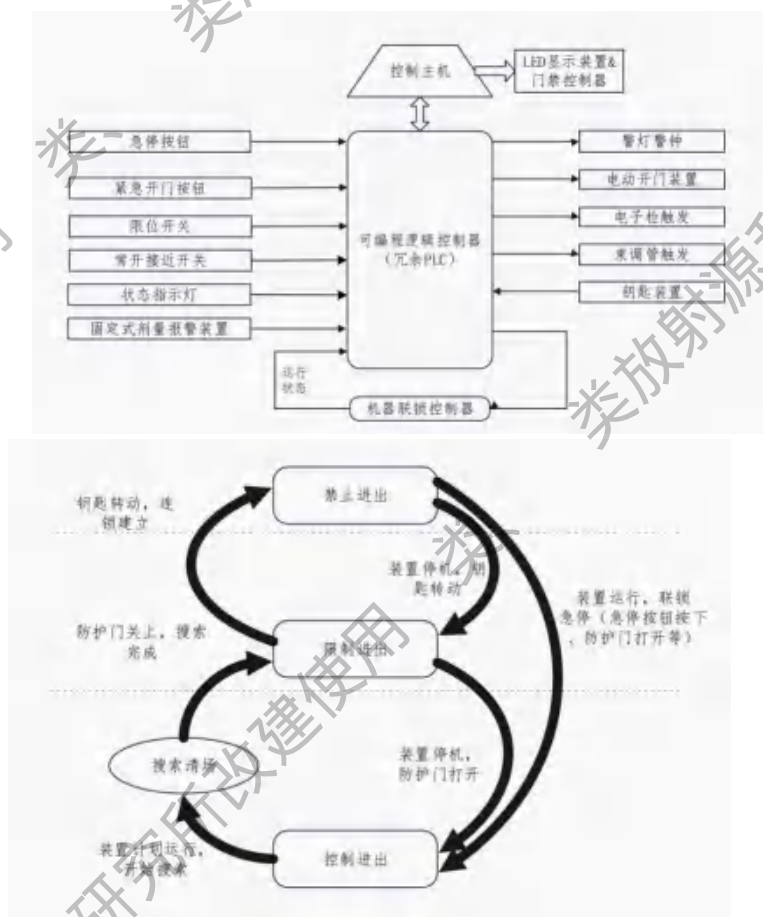


图4-1 γ 标准室和X标准室安全联锁逻辑图

(15) γ 标准室的电缆线采用“U”型向下穿越屏蔽墙体。

γ 标准室辐射安全与防护措施图见图 4-2。 γ 标准室排风示意图见图 4-3。

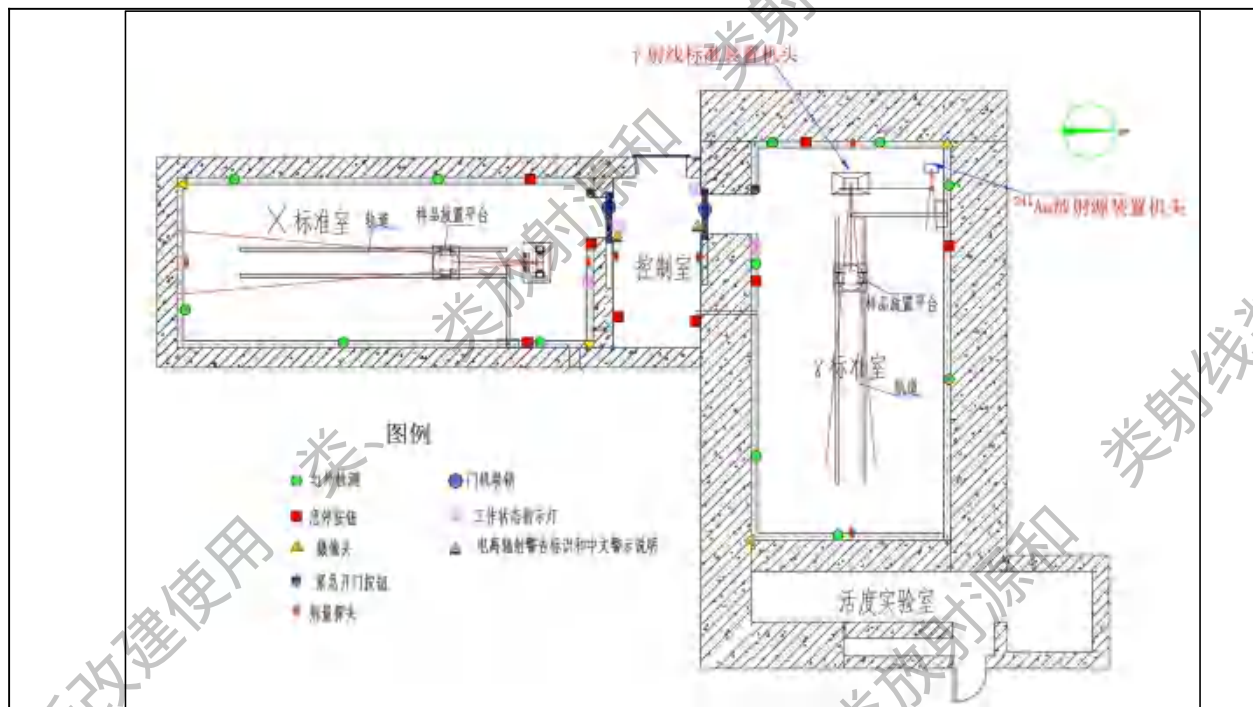


图4-2 γ 标准室和X标准室辐射安全与防护措施图

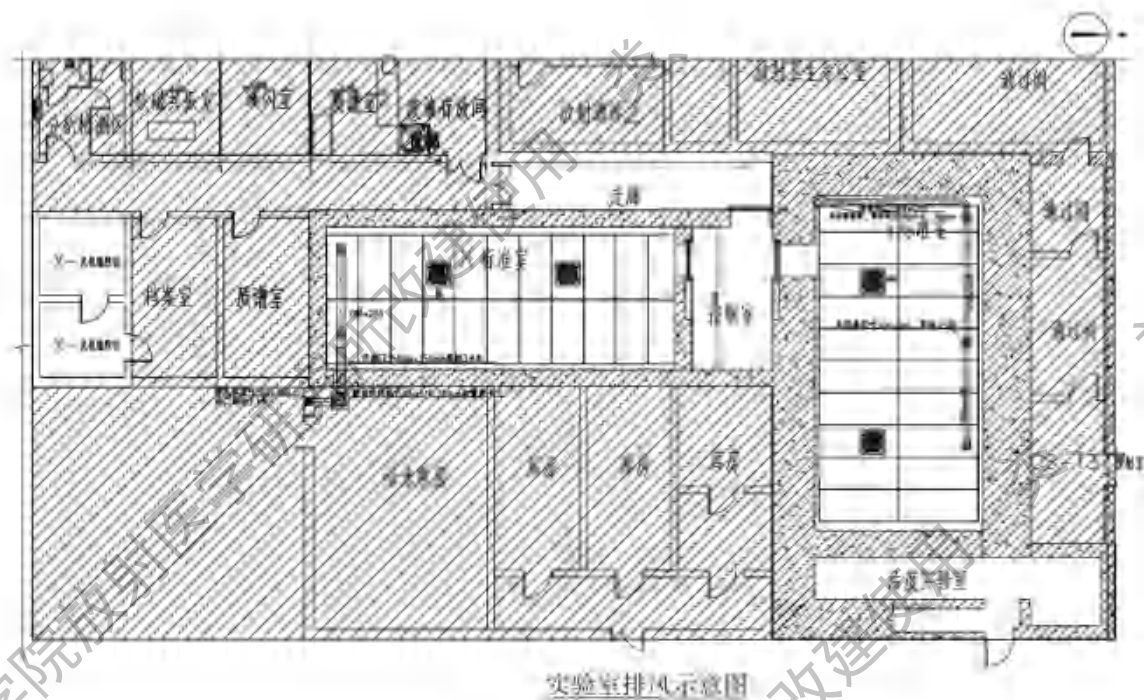


图4-3 γ 标准室和X标准室排风示意图

4.1.2 X 射线标准室辐射安全和防护措施

(1) 本项目已建 X 标准室位于建设单位科研楼一层，X 标准室四至区域均为辐射工作场所和公众人员不可长时间居留的场所，充分考虑了周围的辐射安全。X 射线探伤机的有用线束方向（向南），有用线束的照射方向避开了控制室（北侧）。

X 标准室的屏蔽墙厚度已充分考虑辐射源项大小、照射、屏蔽物材料和结构等各种

因素。本项目 X 标准室四周屏蔽墙体采用混凝土，防护门采用铅板和钢板进行防护，防护门的防护性能与同侧屏蔽墙的防护性能相同。

(2) 分区

建设单位对 X 标准室及其周围区域实行分区管理，将 X 标准室屏蔽墙内区域划为控制区，屏蔽墙外相邻的区域划为监督区。

(3) 钥匙开关

X 射线标准装置设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线标准装置才被允许远程控制出束。钥匙由专人保管，且只有在停机或待机状态时才能拔出。张贴禁止非授权使用的警告标识。

(4) 门机联锁

X 标准室已设置门-机联锁装置，保证在防护门关闭后 X 射线标准装置才能进行作业。门-机联锁装置的设置可确保内部的人员在紧急情况下离开 X 标准室。在操作过程中，若防护门被意外打开时，X 射线标准装置立刻停止出束，并在关门复位后不能自动开始 X 射线照射。

(5) 门灯联锁

X 标准室内部和外部防护门上方已设置工作状态指示灯和声音提示装置，并于 X 射线标准装置联锁。

(6) 门-剂量联锁

建设单位已为 X 标准室配置 1 个固定式场所辐射探测报警装置，2 个探头分别位于 X 标准室内部北侧和南侧墙上、显示装置位于控制室墙上（即控制室南侧墙）。固定式场所辐射探测报警装置（阈值均设定为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）与防护门联锁，当剂量超过设定限值时，防护门无法从外部开启。

(7) 红外人体探测器与γ射线标准装置联锁

已在 X 标准室内部设置红外对射探测器，红外对射感应器与 X 射线标准装置联锁；当探测到 X 标准室内部有人员活动时，无法操作 X 射线标准装置；如果在 X 射线照射时，一旦发现 X 标准室内有人员活动，立即自动关闭 X 射线照射。

(8) 视频监控

已在 X 标准室内部安装 2 个摄像头（对角线设置），可实现 X 标准室全景监视、导轨标尺读数、仪表读数，配备 1 台显示终端安装在控制室，配备的录像机可存储读数场景图片。

(9) 电离辐射警告标志

X 标准室防护门上已张贴电离辐射警告标志。

(10) 紧急停机按钮

X 标准室内部（3 个）、控制室墙上（1 个）已设置紧急停机按钮。紧急停机按钮的设置可确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，可使人员处在 X 标准室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮带有标签，已标明使用方法。

(11) 紧急开门开关

X 标准室内部防护门附近已设置 2 个紧急开门开关。紧急开门开关的设置方便内部的维修人员在紧急情况下离开 X 标准室。

(12) 通风

X 标准室内已设置机械通风装置，排风管道位于吊顶内，通过管道引至科研楼 C 座楼外东墙侧排放，排风管道外口避开了人员活动密集区。排风机风量为 $1500\text{m}^3/\text{h}$ ，X 标准室体积约为 223m^3 ，每小时有效通风换气次数约为 6.7 次，已确保 X 标准室每小时有效通风换气次数不小于 3 次。排风管道穿墙位置避开主射线方向，其穿墙采用 10mm 铅皮补偿屏蔽的设计能够保证避免破坏墙壁屏蔽，可防止射线的漏射和散射。

(13) X 标准室的电缆线采用“U”型向下穿越屏蔽墙体。

(14) 安全联锁逻辑

只有在所有安全联锁装置正常的情况下，设备才能启动；设备运行过程中，如果任何一个联锁装置被触动或出现问题，设备会立即停止运行。

X 标准室安全联锁逻辑图见图 4-1（其中 X 标准室的设备无接近开关）。

X 标准室辐射安全与防护措施图见图 4-2。X 标准室排风示意图见图 4-3。

4.2 辐射安全管理具体要求（部分摘自环评文件）

一、辐射安全管理机构

建设单位根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律、法规的要求已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，由所长担任辐射安全工作第一责任人，对辐射安全工作领导负责；指定焦玲为专职核辐射防护负责人，具体负责辐射安全与防护工作。

二、辐射安全管理规章制度

建设单位根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定相应的规章制度，包括：《辐射安全管理规定》、《辐

射事故应急预案》、《辐射环境监测方案》、《放射性废物处理方案》、《非密封放射性场所分区管理规定》、《非密封放射性物质的管理规定》、《物料平衡管理规定》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射防护监测仪表使用与校验管理制度》、《放射性设备检修与维护制度》、《非密封放射性物质安全操作规程》、《放射性工作场所保安管理规定》、《非密封放射性物质去污操作规程》、《放射源安全操作规程》、《射线装置安全操作规程》、《放射工作人员岗位职责》、《放射性工作人员健康监护管理制度》、《放射工作人员个人剂量管理制度》、《放射工作人员培训管理制度》、《辐射场所记录管理要求》、《换源制度》、《放射性粒子源收储使用管理制度》、《辐射场所出入管理制度》。

建设单位已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求，完善、健全放射源和射线装置的使用、操作及管理等相关制度。

三、工作场所/设施安全管理

本项目标准计量实验室，为加强辐射安全管理，将辐射工作场所与其他工作区隔离，控制室钥匙由专人管理，并在标准计量实验室门口显著位置设置放射性警告标识和中文警示说明。

四、人员管理及培训

辐射工作人员进行无损探伤作业时均需佩戴个人剂量计，现有 6 名辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，并取得合格证书。

五、监测计划

本项目标准计量实验室按照辐射防护最优化的原则制定适当的监测计划，开展辐射防护监测，发现异常情况随时报告。

①工作场所监测

操作人员需定期对标准计量实验室周围进行常规辐射水平监测，监测周期 1 次/月，重点监测 γ 标准室和 X 标准室四侧屏蔽墙体外、防护门外、顶棚上方（楼上）、工作人员操作位处辐射水平。

建设单位委托有资质的监测单位进行工作场所监测。监测频次为 1 次/年。同时，为加强辐射安全管理，建设单位配置一台 X/ γ 剂量率仪用于工作场所自测。

②环境辐射水平监测

委托有资质的单位对 γ 标准室和 X 标准室周围环境辐射水平进行监测，监测频次为 1

次/年，按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）执行。

③个人剂量监测

建设单位已为所有辐射工作人员配备个人剂量计，并指定专人负责个人剂量计收发、送检、统计的管理工作，每3个月开展一次监测，并为辐射工作人员建立个人剂量监测档案，档案齐全。当发现个人剂量监测结果异常时及时上报，查明原因。

④职业健康检查

建设单位定期安排辐射工作人员开展职业健康检查，辐射工作人员在岗期间职业健康检查周期为1~2年，但不得超过2年，必要时可适当增加检查次数。已安排专人负责职业健康检查，建立个人职业健康检查档案并终生保存。

⑤其他监测要求

（1）工作场所屏蔽措施等关键条件发生改变时，应请有资质的单位对相关工作场所进行全面辐射监测和辐射安全评价。

（2）发生辐射事故，及时申报生态环境主管部门和相关部门，进行现场监测。

（3）项目退役后，按照相关法律法规要求，及时开展项目退役验收监测。

六、辐射监测仪器及防护用品

根据DB11/T 1033—2013等相关要求，2间标准室已配置2台X/ γ 剂量率仪和4台个人剂量报警仪。委托有资质的单位进行辐射环境监测和工作场所监测，委托中国医学科学院放射医学研究所进行个人剂量监测。

七、辐射事故应急管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和国家环境保护总局<2006>145号通知《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》的规定，一旦发生辐射事故，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施。

所有事故都应报告环境保护主管部门，有关射线装置或放射源丢失、被盗和故意引起的辐射事故都应同时报告公安部门，如果发生人员受照剂量可能达到人体产生危害时，应同时报告卫生主管部门。

4.3 环境影响报告书（表）主要结论与承诺（摘自环评报告）

一、结论

1. 项目概况

由于现有标准室的多源装置老化，内含的 2 枚放射源（ ^{137}Cs 、 ^{60}Co ）活度不能够满足仪器测定工作需求，同时为扩大建设单位检定/校准范围，增加 X 射线检定/校准能力，建设单位拟投资 650 万元对科研楼 C 座一层现有标准室、仓库、控制室进行改造：

（1）将现有标准室改造为 X 标准室，拟在 X 标准室内新增使用 1 套 X 射线标准装置，内含 1 台 MGi320 型 X 射线探伤机(II类射线装置，最大管电压 320kV，最大管电流 22.5mA)，用于辐射监测仪器的检定/校准等。

（2）将现有仓库改造为 γ 标准室，拟在 γ 标准室内新增使用 1 套 γ 射线标准装置（内含 3 枚放射源，1 枚 III 类 ^{137}Cs 放射源、1 枚 III 类 ^{241}Am 放射源、1 枚 IV 类 ^{60}Co ，活度分别为 $7.4 \times 10^{11}\text{Bq}$ 、 $1.11 \times 10^{11}\text{Bq}$ 、 $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ ），用于辐射探测仪、个人剂量计刻度和防护产品检测；在 γ 标准室使用 1 套 ^{241}Am 放射源装置（含 1 枚 ^{241}Am 放射源，III 类，活度 $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$ ），用于个人剂量计核查与筛选；

（3）将现有控制室进行改造，在控制室北侧和南侧墙上各新设一扇防护门， γ 标准室和 X 标准室共用控制室。

2. 辐射安全与防护设施与措施

2.1 装置

γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置的放射源均位于源容器内，其中 γ 射线标准装置放射源源容器采用 160mm 铅/10mm 铅屏蔽， ^{241}Am 放射源装置源容器采用 30mm 铅/40mm 铅屏蔽；X 射线标准装置屏蔽箱体采用 6mm 铅进行屏蔽。

2.2 场所

（1） γ 标准室和 X 标准室均采取了屏蔽防护设施，采用混凝土、铅钢门进行屏蔽防护，对辐射工作人员和公众的辐射影响较小。

(2) γ 标准室和 X 标准室均划分为控制区和监督区进行管理。

(3) γ 标准室和X标准室拟设置门机联锁、门灯联锁、门剂量联锁、紧急停机按钮、紧急开门按钮、红外对射探测器、视频监控等安全措施。拟在 γ 标准室和X标准室防护门外设有电离辐射警告标志及中文警示说明。

(4) γ 标准室和X标准室设置通风换气系统，确保每小时通风换气不少于 3 次。

(5) 建设单位已为辐射工作人员配备个人剂量计，拟配备4台个人剂量报警仪、1台X- γ 剂量率仪、2套固定式辐射剂量报警装置。

(6) 本项目运行不产生放射性废水、放射性废气。

(7) 废放射源交生产厂家回收处理。

3. 环境影响分析

(1) 根据预测，各关注点处的周围剂量当量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(2) 根据预测，辐射工作人员及公众的周受照剂量、年受照剂量均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）中“关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的要求；也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）规定的职业照射剂量限值 20mSv/a 、关键组公众成员照射剂量限值 1mSv/a 和本报告提出的辐射工作人员辐射剂量约束值 2mSv/a 、公众人员辐射剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

4. 可行性分析

(1) 实践的正当性

本项目通过改造现有辐射设施，升级 γ 射线和X射线标准装置，旨在解决设备老化问题、扩展检定/校准范围及提升个人剂量计核查能力。改造后技术服务体系将增强计量标准资质（如 CNAS 校准检测能力），满足行业计量需求。本项目在采取辐射防护措施后，对工作人员及公众的辐射影响符合GB 18871—2002剂量限值要求，符合“辐射

防护正当性”原则。

（2）产业政策符合性

本项目核心业务属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“科技服务业”的鼓励类范畴，且未列入《市场准入负面清单（2022 年版）》禁止类事项，政策支持明确，合规性充分。

（3）选址可行性

本项目选址于天开园核心区的建设单位科研楼C座一层，与园区功能定位及建设单位主营业务（辐射实验、检测）高度契合，可实现原有辐射场所再利用，便于集中安全管理。

综上所述，本项目通过设施改造升级，在技术提升、政策合规、辐射安全及选址布局方面均具备合理性与可行性，能够有效支撑建设单位技术服务能力扩展及行业计量需求，同时满足辐射防护与环境保护要求。

5. 辐射安全管理

建设单位已成立辐射安全管理小组负责辐射安全与环境保护管理，已建立并制定辐射安全管理规章制度，已制订辐射事故应急预案，本项目建成后对现有规章制度进行修改完善。

辐射工作人员均参加核技术利用辐射安全与防护考核，持证上岗；已配备 X- γ 剂量率仪、个人剂量报警仪等辐射测量仪器设备。

6. 结论

综上所述，在落实各项辐射防护和环保措施，加强环境管理的情况下，中国医学科学院放射医学研究所将具备从事本项目辐射工作的技术能力。因此，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设具有环境可行性。

二、承诺

为保护环境，促进射线监测装置的安全应用，保障公众和工作人员身体健康，预防事故发生，郑重承诺：

（1）配备与辐射工作相适应的监测仪器，严格落实监测计划；

(2) 本项目重新取得《辐射安全许可证》后方可开展后方可开展辐射工作；

(3) 建设项目竣工后，按照《建设项目环境保护管理条例》、《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）要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

4.4 天津市生态环境局对本项目的批复内容

2025年3月17日取得天津市生态环境局关于同意该项目实施的批复文件（津环辐许可表〔2025〕011号），主要批复内容如下：

一、中国医学科学院放射医学研究所位于天津市南开区白堤路238号，拟投资650万元人民币(其中环保投资80.5万元)改建使用Ⅲ类、Ⅳ类放射源和Ⅱ类射线装置项目。主要建设内容为：对科研楼C座一层现有标准室、仓库、控制室进行改造：

1.标准室改造为X射线标准计量实验室（以下简称“X标准室”），新增使用1套X射线标准装置（内含1台MGi320型X射线探伤机，最大管电压320kV，最大管电流22.5mA），用于辐射监测仪器的检定/校准等。

2.仓库改造为γ射线标准计量实验室（以下简称“γ标准室”），新增使用1套γ射线标准装置，（内含3枚放射源，其中1枚Ⅲ类放射源 ^{137}Cs 活度： $7.4 \times 10^{11}\text{Bq}$ ；1枚Ⅲ类放射源 ^{241}Am 活度： $1.11 \times 10^{11}\text{Bq}$ 、1枚Ⅳ类放射源 ^{60}Co 活度： $1.85 \times 10^{10}\text{Bq}$ ），用于辐射探测仪及个人剂量计刻度和防护产品检测，并将原标准室内 ^{241}Am 放射源装置（含1枚Ⅲ类放射源 ^{241}Am 活度： $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$ ）搬迁至γ标准室内，用于个人剂量计核查与筛选。

3.原控制室改造为X标准室和γ标准室的共用控制室，控制室北侧和南侧各新设一扇推拉式防护门。

2025年02月28日-03月06日，我局将该项目环境影响报告表全本在天津市生态环境局官网进行了受理公示，公示期间未收到公众对该项目的意见和建议。你单位在全面落实报告表和批复提出的各项污染防治措施的前提下，我局同意该项目环境影响报告表结论。

二、加强施工期环境管理。严格落实环境影响报告表提出的各项污染防治措施，优化施工工艺，合理安排施工时间，最大限度减少施工期间扬尘、废水、噪声、固体废物对周围环境的影响。

三、你单位在项目实施和运行过程中应对照环境影响报告表，认真落实各项环境保

护措施，并重点做好以下工作：

1.认真贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律、法规的要求。

2. 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和该项目环境影响报告表预测，该项目辐射职业人员照射剂量约束值执行 2mSv/a，公众照射剂量约束值执行 0.1mSv/a。

3.对直接从事放射源和射线装置使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

4.依据环境影响报告表对辐射工作场所实行分区管理，划分控制区、监督区。在控制区及其出入口应设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871—2002)要求的电离辐射警告标识和中文警示说明。

X 射线标准装置控制台应设置有钥匙开关、紧急停机按钮；X 射线标准室应设有门机联锁，内部和外部防护门上方应设置“预备”和“照射”的工作状态指示灯、声音提示装置与 X 射线标准装置联锁，应设置固定式场所辐射探测报警装置与防护门联锁，视频监控、紧急停机按钮、紧急开门开关、通风装置等。

γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置控制台应设置有钥匙开关、紧急停机按钮； γ 射线标准室应设有门机联锁，内部和外部防护门上方应设置“预备”和“照射”的工作状态指示灯、声音提示装置并与 γ 射线标准装置和 ^{241}Am 放射源装置联锁，应设置固定式场所辐射探测报警装置与防护门联锁，应设置视频监控、紧急停机按钮、紧急开门开关、通风装置等。防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。

5.设立专门的辐射安全与环境保护管理机构；建立健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划和监测方案等；配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。本项目应新增配备不少于 2 套固定式场所辐射探测报警装置、1 台 X- γ 剂量率仪、4 台个人剂量报警仪。

四、你单位在项目建成后投入使用之前，须依法重新申请领取《辐射安全许可

证》，禁止不按照许可证规定的种类和范围从事放射性同位素和射线装置的使用活动。

五、本项目配套建设的环境保护设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。项目竣工后，你单位应按照《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)要求，做好项目验收工作。验收合格后，方可投入使用。

六、你单位应建立健全辐射事故应急预案，如发生辐射事故立即启动应急预案，采取应急措施，并向主管部门报告。

七、建设项目环境影响评价文件自批准之日起满五年，项目方开工建设的，建设单位应将该环境影响报告表报我局重新审核。

八、你单位应在收到本批复后 5 个工作日内，将批准的项目环境影响报告表分别送天津市生态环境保护综合行政执法总队和天津市南开区生态环境局，并依法接受各级生态环境主管部门的监督检查。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

中国医学科学院放射医学研究所委托长润安测科技有限公司对本次验收的 γ 标准室和 X 标准室辐射工作场所进行了工作场所辐射防护检测，检测报告（编号 CR-ZW-122025008-001 和编号 CR-ZW-122025008-002）见附件 4。

检测单位：长润安测科技有限建设单位通过了中国认可检测（TESTING CNAS L18475），所检测项目为通过了计量认证的项目，并在有效期内。

验收检测和评价依据为《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022），采用的标准现行有效。

检测仪器：AT1121 型号的辐射剂量测量仪，仪器通过计量检定，并在有效期内。

检测人员进行了设备检测技术培训，持有合格证书，具有相应的能力。

表 6 验收监测内容

6.1 检测单位

长润安测科技有限公司通过了中国认可检测（CNAS L18475）。

6.2 验收监测内容和控制水平

检测内容为：周围剂量当量率。

6.3 控制水平

依照环评批复，本次验收对公众、职业人员的剂量约束值，辐射工作场所实体屏蔽外 30cm 处的辐射剂量率水平执行下列标准：

γ 标准室和 X 标准室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ 。

6.4 监测仪器

剂量率仪，设备型号 AT1121，仪器编号 CR-YQ-083。

6.5 监测分析方法

按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）的要求，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。

6.6 辐射监测点位

γ 标准室及其周围场所监测点位分别见图 6-1 和图 6-2；X 标准室及其周围场所监测点位分别见图 6-3 和图 6-4。

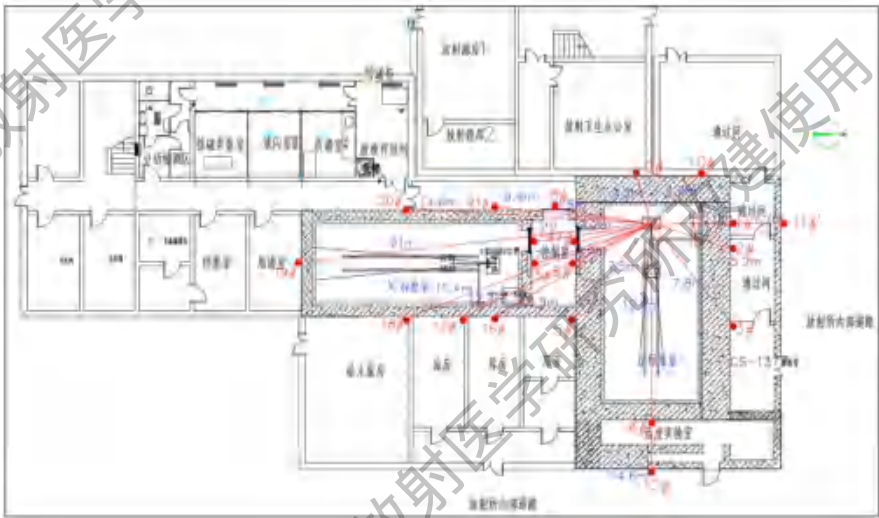


图 6-1 示意图 1



图 6-2 示意图 2

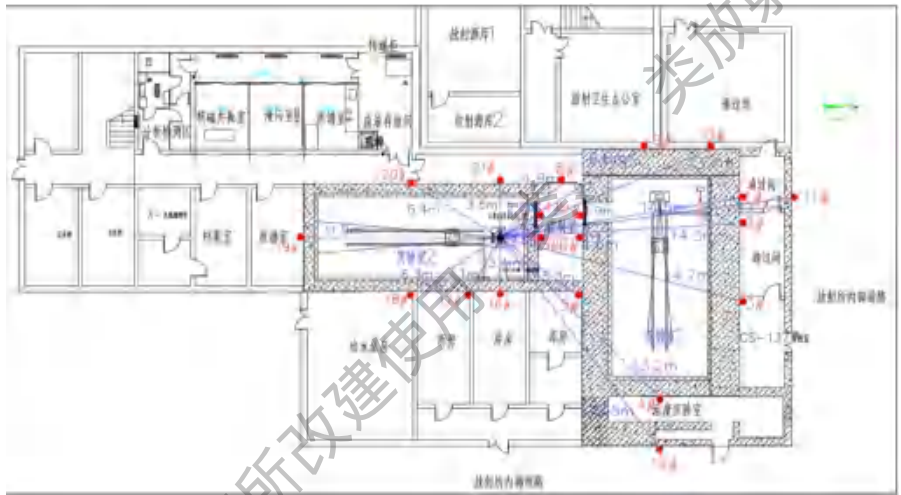


图 6-3 示意图 3



图 6-4 示意图 4

表 7 验收监测

7.1 运行工况

中国医学科学院放射医学研究所标准计量实验室具备验收条件，竣工验收检测是在建设完成后的设备调试阶段进行的，为了保守估计辐射剂量影响， γ 标准室选用源活度最大的 ^{137}Cs 作为检测用源，具体见表 7-1 和表 7-2。

表 7-1 放射源信息表

序号	装置名称	名称	活度 (Bq)	类别	数量	活动种类	用途	贮存方式
1	γ 射线标准装置	^{137}Cs	7.40×10^{11}	III类	1 枚	使用	辐射探测仪及个人剂量计刻度和防护用品检测	γ 射线标准装置源容器内，源容器为 160mmPb

表 7-2 X 射线探伤机信息表

序号	装置名称	型号	类别	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	最大功率 (W)	使用地点	用途	活动种类	有用线束
1	X 射线探伤机	MGi320	II类	320	22.5	4200	X 标准室	辐射监测仪器的检定/校准	使用	定向向南

7.2 监测结果达标情况

标准计量实验室及其周围场所环境辐射剂量率监测结果见表 7-3 和表 7-4。

表 7-3 γ 标准室及其周围场所辐射环境监测结果

一、辐射环境监测结果			
1.1 未出束时			
检测点位	关注点	检测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	备注
1	γ 标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.070 ± 0.001	——
2	γ 标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.080 ± 0.001	——
3	γ 标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.081 ± 0.001	——
4	γ 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.078 ± 0.001	——

5	γ 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.067 $\pm$ 0.001	——
6	γ 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.067 $\pm$ 0.001	——
7	γ 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.067 $\pm$ 0.001	——
8	实验室西南侧走廊	0.067 $\pm$ 0.001	——
9	γ 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.084 $\pm$ 0.002	——
10	γ 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.084 $\pm$ 0.002	——
11	γ 标准室北侧放射所内部道路	0.069 $\pm$ 0.001	——
12	γ 标准室东侧放射所内部道路	0.072 $\pm$ 0.001	——
13	γ 标准室顶部屏蔽墙外 0.3m 处	0.084 $\pm$ 0.002	——
14	X 标准室北侧防护门外 0.3m 处	0.065 $\pm$ 0.001	——
15	X 标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066 $\pm$ 0.001	——
16	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.065 $\pm$ 0.001	——
17	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.065 $\pm$ 0.001	——
18	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.064 $\pm$ 0.001	——
19	X 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066 $\pm$ 0.001	——
20	X 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066 $\pm$ 0.001	——
21	X 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.065 $\pm$ 0.001	——
22	X 标准室顶部屏蔽墙外 0.3m 处	0.066 $\pm$ 0.001	——
23	科普基地	0.066 $\pm$ 0.001	——
24	科研楼 B 座	0.065 $\pm$ 0.001	——
25	科研楼 A 座	0.065 $\pm$ 0.001	——
26	科研楼 D 座	0.066 $\pm$ 0.001	——
27	实验动物楼	0.065 $\pm$ 0.001	——
28	所史馆	0.066 $\pm$ 0.001	——

29	F 楼	0.066±0.001	——
30	门卫	0.065±0.001	——
31	中国医学科学院生物医学工程研究所	0.065±0.001	——
1.2 出束时			
检测点位	关注点	检测结果 (μGy/h)	备注
1	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.075±0.002	——
2	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.083±0.001	——
3	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.084±0.001	——
4	γ标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.081±0.001	——
5	γ标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.070±0.001	——
6	γ标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.070±0.001	——
7	γ标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.069±0.001	——
8	实验室西南侧走廊	0.070±0.001	——
9	γ标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.115±0.001	——
10	γ标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.114±0.001	——
11	γ标准室北侧放射所内部道路	0.072±0.001	——
12	γ标准室东侧放射所内部道路	0.075±0.001	——
13	γ标准室顶部屏蔽墙外 0.3m 处	0.112±0.002	——
14	X 标准室北侧防护门外 0.3m 处	0.068±0.001	——
15	X 标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
16	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
17	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
18	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.067±0.001	——
19	X 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——

20	X 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
21	X 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
22	X 标准室顶部屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
23	科普基地	0.067±0.001	——
24	科研楼 B 座	0.066±0.001	——
25	科研楼 A 座	0.066±0.001	——
26	科研楼 D 座	0.066±0.001	——
27	实验动物楼	0.065±0.001	——
28	所史馆	0.067±0.001	——
29	F 楼	0.067±0.001	——
30	门卫室	0.066±0.001	——
31	中国医学科学院生物医学工程研究所	0.066±0.001	——

1.3 源容器

32	¹³⁷ Cs 源容器外表面 5cm 处	10.2±3.94	——
33	¹³⁷ Cs 源容器外表面 1m 处	0.530±0.150	——

注：1、出束检测条件：¹³⁷Cs 活度：7.4×10¹¹Bq。2、以上相应检测位置不少于十个点。3、以上空气比试动能率监测结果数据均未扣除宇宙射线响应值。

表 7-4 X 标准室及其周围场所辐射工作场所检测结果

一、辐射环境监测结果

1.1 未出束时

检测点位	关注点	检测结果 (μGy/h)	备注
1	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.067±0.001	——
2	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.077±0.001	——
3	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.078±0.001	——
4	γ标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.075±0.001	——
5	γ标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——

6	γ 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——
7	γ 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——
8	实验室西南侧走廊	0.066±0.001	——
9	γ 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.077±0.001	——
10	γ 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.077±0.001	——
11	γ 标准室北侧放射所内部道路	0.066±0.001	——
12	γ 标准室东侧放射所内部道路	0.070±0.001	——
13	γ 标准室顶部屏蔽墙外 0.3m 处	0.082±0.002	——
14	X 标准室北侧防护门外 0.3m 处	0.069±0.001	——
15	X 标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——
16	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——
17	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.065±0.001	——
18	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.065±0.001	——
19	X 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——
20	X 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——
21	X 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——
22	X 标准室顶部屏蔽墙外 0.3m 处	0.066±0.001	——
23	科普基地	0.065±0.001	——
24	科研楼 B 座	0.064±0.001	——
25	科研楼 A 座	0.064±0.001	——
26	科研楼 D 座	0.065±0.001	——
27	实验动物楼	0.064±0.001	——
28	所史馆	0.065±0.001	——
29	F 楼	0.065±0.001	——

30	门卫	0.064±0.001	——
31	中国医学科学院生物医学工程研究所	0.064±0.001	——
1.2 出束时			
检测点位	关注点	检测结果 (μGy/h)	备注
1	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.070±0.001	——
2	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.080±0.001	——
3	γ标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.081±0.001	——
4	γ标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.078±0.001	——
5	γ标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
6	γ标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
7	γ标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.068±0.001	——
8	实验室西南侧走廊	0.069±0.001	——
9	γ标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.084±0.002	——
10	γ标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.084±0.002	——
11	γ标准室北侧放射所内部道路	0.069±0.001	——
12	γ标准室东侧放射所内部道路	0.072±0.001	——
13	γ标准室顶部屏蔽墙外 0.3m 处	0.084±0.002	——
14	X 标准室北侧防护门外 0.3m 处	0.071±0.001	——
15	X 标准室北侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.069±0.001	——
16	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.102±0.001	——
17	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.104±0.001	——
18	X 标准室东侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.105±0.001	——
19	X 标准室南侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.791±0.197	——
20	X 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.120±0.001	——

21	X 标准室西侧屏蔽墙外 0.3m 处	0.113±0.001	——
22	X 标准室顶部屏蔽墙外 0.3m 处	0.095±0.001	——
23	科普基地	0.066±0.001	——
24	科研楼 B 座	0.065±0.001	——
25	科研楼 A 座	0.065±0.001	——
26	科研楼 D 座	0.066±0.001	——
27	实验动物楼	0.065±0.001	——
28	所史馆	0.066±0.001	——
29	F 楼	0.066±0.001	——
30	门卫室	0.065±0.001	——
31	中国医学科学院生物医学工程研究所	0.065±0.001	——

注：1、出束检测条件：320kV、13.12mA、>60s；定向、主射束向南。2、以上相应检测位置不少于十个点。3、以上空气比试动能率监测结果数据均未扣除宇宙射线响应值。

7.3 工程建设对环境的影响分析

根据检测结果，实验室四周墙外、物品进出门外 30cm 处辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h（μSv、μGy 转换因子取 1），对放射工作场所，其值不大于 100μSv/周，对公众场所，其值不大于 5μSv/周。符合本项目剂量率要求，符合环评报告的预测值以及批复的限值要求。

中国医学科学院放射医学研究所制订了辐射工作人员个人剂量监测的管理要求，并将辐射工作人员个人剂量监测工作作为辐射监测计划体系的管理目标之一，要求所有辐射工作人员均配备个人剂量计，进行个人剂量监测，按要求接受个人剂量监测，并建立相应的个人剂量监测档案。

中国医学科学院放射医学研究所对该项目辐射工作人员进行个人剂量监测工作。本次根据工作时间、监测结果对γ标准实验室和 X 标准实验室辐射工作人员及公众成员受照射情况进行推算。

由建设单位提供资料可知，该建设单位γ标准室年接触时间为 1118.1h（摆放和取样时间为 171.4h，室外操作时间为 946.7h），周接触时间最大时间为 24.5h（摆放和取样时间为 3.8h，室外操作时间为 20.7h）。从偏保守角度考虑，建设单位使用活度最高的γ射

线标准源 ^{137}Cs 进行辐射剂量评估。

由 2025 年 6 月 25 日现场监测报告可知：工作状态下，辐射工作人员摆放和取样在距源容器 1m 处可接触最大平均剂量水平为 $0.530\mu\text{Gy/h}$ ，机房外可接触最大平均剂量水平为 $0.115\mu\text{Gy/h}$ ；按照接触情况，场所周围的辐射工作人员和本单位非辐射工作人员(属于公众)的居留因子分别取 1 和 1/40，可估算出每名辐射工作人员最大平均年受照剂量为 0.200mGy ；公众的最大平均年受照剂量为 $4.99\mu\text{Gy}$ ；辐射工作人员最大平均周受照射剂量为 $4.39\mu\text{Gy}$ ；公众最大平均周受照射剂量为 $0.110\mu\text{Gy}$ ；小于建设单位提出的管理目标值和标准的要求。

由建设单位提供资料可知，该建设单位 X 标准室年曝光时间为 383.4 小时，周曝光时间最大时间为 8.4 小时。

由 2025 年 7 月 4 日现场监测报告可知：工作状态下，辐射工作人员可接触到最大平均剂量水平为 $0.791\mu\text{Gy/h}$ ；按照接触情况，场所周围的辐射工作人员和本单位非辐射工作人员(属于公众)的居留因子分别取 1 和 1/40，可估算出每名辐射工作人员最大平均年受照剂量为 0.303mGy ；公众的最大平均年受照剂量为 $7.58\mu\text{Gy}$ ；辐射工作人员最大平均周受照射剂量为 $6.64\mu\text{Gy}$ ；公众最大平均周受照射剂量为 $0.166\mu\text{Gy}$ ；小于建设单位提出的管理目标值和标准的要求。

考虑到场所叠加影响，保守估算每名辐射工作人员最大平均年受照剂量为 0.503mGy ；公众的最大平均年受照剂量为 $12.6\mu\text{Gy}$ ；辐射工作人员最大平均周受照射剂量为 $11.0\mu\text{Gy}$ ；公众最大平均周受照射剂量为 $0.276\mu\text{Gy}$ ；也小于建设单位提出的管理目标值和标准的要求。

根据计算结果显示，公众成员因该项目所受的有效剂量符合公众人员年有效剂量小于 0.1mSv/a 剂量约束值要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）的要求。

中国医学科学院放射医学研究所标准计量实验室的屏蔽措施满足环评报告表及批复的要求。

表 8 验收监测结论

8 验收结论

8.1 环保设施调试运行效果及管理措施实行效果

1、本次验收的标准计量实验室分区合理。 γ 标准室防护门和 X 标准室防护门上已张贴电离辐射警告标志。

2、 γ 标准室防护门和 X 标准室防护门顶部的警示灯工作正常有效。标准计量实验室的安全联锁功能、急停按钮均工作正常。

3、固定式报警仪、便携式辐射防护巡测仪和个人剂量报警仪均工作正常。

4、 γ 标准室和 X 标准室通风换气装置设动力排风，工作正常。

5、建设单位成立了辐射安全管理小组，该机构设有专职管理人员，机构内部职责明确。

6、辐射安全与防护相关管理运行有效。

7、参与工作的辐射工作人员全部通过辐射安全与防护培训与考核，持有合格证书，并在有效期内。

8、建设单位已制定了工作场所辐射监测方案，按方案委托有资质的单位进行场所辐射水平监测，满足管理要求。

9、6 名辐射工作人员均配备了个人剂量计，能够正确佩戴；已建立了个人剂量档案，满足管理要求。

10、建设单位建立有辐射事故应急预案，预案涵盖了本项目可能发生的非正常工况。

11、重新申领了辐射安全许可证，本次验收的 γ 标准室和 X 标准室获得了使用许可。

8.2 工程建设对环境的影响

根据本项目实测结果，项目所致公众的年受照剂量平均为 $1.26 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ (μSv 、 μGy 转换因子取 1)，满足本项目设定的 0.1mSv 的年剂量约束要求。本项目所致职业人员的年受照剂量平均为 0.503mSv/a (μSv 、 μGy 转换因子取 1)，满足本项目设定的 2mSv 的年剂量约束要求。

综上所述，建设单位按照国家相关法律、法规及标准要求，严格执行配套的放射防护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度，成立了辐射安全防护管理小组，制定、落实了各项相关制度。对环评和批复文件提出的

辐射安全与环保设施要求均已落实，结合长润安测科技有限公司出具的验收监测结果，建设单位落实了环评报告表及环评批复等要求，满足竣工环保验收条件。