

核技术利用建设项目
扩建电离辐射标准实验室项目
环境影响报告表
(脱密公示本)

中国测试技术研究院 (公章)

2022 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
扩建电离辐射标准实验室项目
环境影响报告表

建设单位名称：_____中国测试技术研究院_____

建设单位法人代表（签字或盖章）：_____

通讯地址：_____成都市玉双路 10 号_____

邮政编码：_____610056_____ 联系人：_____

电子邮箱：_____ / _____ 联系电话：_____

附图：

- 1) 附图 1 中国测试技术研究院本项目地理位置图
- 2) 附图 2 中国测试技术研究院本部院区平面布置图
- 3) 附图 3 中国测试技术研究院基地实验室院区平面布置图
- 4) 附图 4-1 中国测试技术研究院本部院区扩建实验室改造前平面布置图
- 5) 附图 4-2 中国测试技术研究院本部院区扩建实验室改造后平面布置图
- 6) 附图 5 中国测试技术研究院本部院区扩建实验室立面图
- 7) 附图 6 中国测试技术研究院本部院区扩建实验室人流物流路径图
- 8) 附图 7 中国测试技术研究院本部院区扩建实验室排风系统示意图
- 9) 附图 8 中国测试技术研究院本部院区扩建实验室辐射安全与防护措施示意图
- 10) 附图 9-1 中国测试技术研究院基地实验室院区扩建实验室改造前平面布置图
- 11) 附图 9-2 中国测试技术研究院基地实验室院区改造后扩建实验室平面布置图
(1F)
- 12) 附图 9-3 中国测试技术研究院基地实验室院区改造后扩建实验室平面布置图
(2F)
- 13) 附图 10 中国测试技术研究院基地实验室院区扩建实验室立面图
- 14) 附图 11 中国测试技术研究院基地实验室院区扩建实验室人流物流路径图
- 15) 附图 12 中国测试技术研究院基地实验室院区扩建实验室排风系统示意图
- 16) 附图 13 中国测试技术研究院基地实验室基地实验室院区扩建实验室辐射安全
与防护措施示意图

附件：

- 1) 附件 1 委托书
- 2) 附件 2 放射源、射线装置及非密封放射性物质使用承诺书
- 3) 附件 3 事业单位法人证书
- 4) 附件 4 辐射安全许可证正副本扫描件
- 5) 附件 5 国有土地使用证及补充说明
- 6) 附件 6 原有核技术利用项目环评批复及验收证明材料（1）
- 7) 附件 7 原有核技术利用项目环评批复及验收监测证明材料（2）
- 8) 附件 8 本项目辐射环境本底监测报告

- 9) 附件 9 本项目拟购射线装置说明书节选
- 10) 附件 10 本项目放射性废物处置承诺书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		扩建电离辐射标准实验室项目				
建设单位		中国测试技术研究院				
法人代表		██████████	联系人	██████████	联系电话	██████████
注册地址		成都市玉双路 10 号				
建设项目地点		成都市玉双路 10 号；大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		██████████	项目环保投资 (万元)	██████████	投资比例（环保 投资/总投资）	61.3%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	286
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类 <input checked="" type="checkbox"/> IV类 <input checked="" type="checkbox"/> V类			
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类			
	其他					
	<p>1. 项目概述：</p> <p>1.1 建设单位基本情况</p> <p>中国测试技术研究院（以下简称中测院或建设单位）是四川省人民政府直属公益二类科研事业单位，<u>业务归口四川省市场监督管理局</u>，是集法定计量技术机构、第三方检测与校准机构、测试技术与标准研究机构三位一体的国家级综合性研究院。中测</p>					

院下设力学研究所、流量研究所、电子研究所、化学研究所、声学研究所、**辐射研究所**、光学研究所、机械研究所、生物研究所 9 个专业研究所，面向全社会企事业单位提供计量检定校准、产品检验检测、工程测试与评价等技术服务，为企业提升产品质量和技术创新提供服务；受政府委托承担计量检定、计量比对、产品抽检、型式评价等法制计量工作，为政府履行市场监管职能，依法科学行政提供技术支撑。

中测院的前身是中国计量科学研究院分院，1965 年于国家三线建设时期作为国家计量基标准战略备份，始建于四川省大邑县鹤鸣乡，1980 年与国家西南计量测试中心合并，迁址成都，1986 年更名为中国测试技术研究院，2000 年底由原国家质量监督检验检疫总局移交四川省人民政府属地管理。现有职工 596 余名，高级职称以上 114 人。其中，中国工程院院士 1 名，享受国务院政府特殊津贴专家 19 名，国家级有突出贡献的中青年专家 6 人，四川省突出贡献的优秀专家 9 人，四川省学术和技术带头人 6 人。

中测院主要业务领域有以下四个方面：

1.国家计量基标准研究：

建院以来共建立和保存了涉及几何量（长度）、热工（温度）、力学、电磁、无线电、时间与频率、光学、化学、声学、**电离辐射**等十大计量领域的国家基准、副基准 38 项，社会公用计量标准 316 项。

2.计量检定与校准：

作为国家法定计量技术机构、西南国家计量测试中心的技术依托单位，依据国家计量授权依法开展计量检定服务；依据中国国家认证认可监督管理委员会（CNCA）资质认定、中国合格评定国家认可委员会（CNAS）认可的资质能力为全国各地计量技术机构、科研单位、第三方实验室和数万家企业提供校准技术服务；承担政府部门指定的计量器具强制检定任务和政府委托的型式评价任务。

3.产品检验与检测：

获得中国国家认证认可监督管理委员会（CNCA）资质认定、中国合格评定国家认可委员会（CNAS）认可，专业从事传感器、计量器具产品、食品安全、环境保护、无损检测、元器件、新材料、机电工程、能效评价等领域的检验检测工作。

4.工程测试与评价：

针对国民经济建设和民生工程领域需求，充分发挥学科齐全的综合优势，为重大工程提供测试与评价服务。

中国测试技术研究院院区包括本部（成都市玉双路 10 号）、川大实验室（成都市武侯区望江路 29 号四川大学原子核科学技术研究所（即四川大学 720 所内）、基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）。建设单位国有土地使用证及相应说明见附件 5。

主要负责本项目运营工作的辐射研究所是中国测试技术研究院直属二级法人事业单位，围绕电离辐射、医学和工业无损检测领域开展计量测试技术研究。研究所自 2001 年成立以来，先后承担并完成了国家重大科学仪器设备开发专项“新型电离辐射检测仪器和关键部件开发及应用”、“医疗仪器安全运行与计量标准研究”、“电离辐射及超声类医疗仪器计量标准研究”和“X 射线诊断设备量值溯源体系建立与完善”等 7 个国家级以及 10 多项省级科研项目，多次获得省部级重大科技成果奖励。

辐射研究所建立和保存了“(10~60) kV X 射线空气比释动能副基准装置”、“(60~250)kV X 射线空气比释动能副基准装置”、“ $2\pi\alpha$ 、 $2\pi\beta$ 粒子发射率副基准装置”等 5 项国家基准和 ^{60}Co 射线空气比释动能等 18 项计量标准。

辐射研究所开展各种 X、 γ 、 β 、n 射线放射性剂量测量仪器、活度检测仪器和各类医电生理检测仪器计量标准仪器检定校准，也承担高风险医疗设备如心电监护仪、呼吸机除颤器，各类无损检测仪器（X、 γ 射线探伤机、超声探伤仪、磁粉探伤仪等）现场检定校准服务。

辐射研究所下设所办公室、前沿计量技术研究室、探伤仪表及软件检测实验室、电离辐射剂量实验室、电离辐射活度实验室、医学工程实验室，全所共有 38 人，其中研究员 5 人、副研究员 7 人、助理研究员 5 人、高级工程师 6 人、工程师 9 人、其他 6 人，硕士、博士共 14 人。

中国测试技术研究院统一社会信用代码为 [REDACTED]，事业单位法人证书见附件 3。开展核技术利用项目应用已有多年，最新的辐射安全许可证编号为“国环辐证[00433]”，种类和范围为“使用 I 类、II 类、III 类、VI 类、V 类放射源，使用 II 类、III 类射线装置”，有效期至：2026 年 6 月 30 日。原有辐射安全许可证正副本复印件见附件 4。涉源部门包括（1）实验室-四川省成都市成华区中国测试技术研究院（2）放射源源库-大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源源库（3）射线装置-四川成都市大邑县鹤鸣乡基地实验室。

1.2 项目由来

目前作为中国测试技术研究院直属二级法人事业单位的辐射研究所因业务所需，将在本部及基地实验室扩建电离标准实验室，扩建的实验室将使用放射源、射线装置及非密封放射性物质。放射源及射线装置一部分为原有，另部分为本项目拟购，非密封放射性物质为本次新增项目。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目应编制环境影响报告表。受中国测试技术研究院委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场查勘、现场监测（委托四川省永坤环境监测有限公司，单位在四川省生态环境监测业务公开系统中资质编号为：510106001405）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。建设单位委托书见附件 1，放射源、射线装置及非密封放射性物质使用承诺书见附件 2。

1.3 项目概况

1.3.1 项目名称、性质、建设地点

- (1) 项目名称：扩建电离辐射标准实验室项目
- (2) 建设单位：中国测试技术研究院
- (3) 建设性质：扩建

①在成都市玉双路 10 号的本部扩建 γ 射线防护标准实验室及其辅房（原址改造，将四川大学 720 所的序号为 65 的 IV 类放射源 Cs-137 迁入使用）、 γ 射线防护标准辐射实验室（原址改造，放射源为新购入）、X 射线诊断/防护标准实验室（原址改造，将四川大学 720 所的序号为 7 的 III 类射线装置诊断水平 X 射线标准装置迁入使用；使用 II 类射线装置防护水平 X 射线标准装置（拟新购入））；

②在大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村的基地实验室扩建放射性同位素实验室及其辅房（原址改造，丙级非密封放射性物质工作场所）、 γ 射线防护基准辐射实验室（原址改造，将四川大学 720 所的序号为 61 的 II 类放射源 Co-60 迁入使用，建设单位已重新测定该放射源活度；拟新购入 1 枚 III 类放射源 Cs-137 在该实验室内使用）、中子强度测量标准实验室（原址改造，用于检测客户送检的 III 类放射源 Am-241/Be 及 V 类放射源 Cf-252，使用的豁免放射源 Mn-56 为新购入的锰浴装置在检定过程中产生的物

质)、中子/ γ 射线辐射标准实验室(原址改造,使用的III类放射源 Cs-137 及III类放射源 Am-241/Be 均为新购入)。

(4) 建设地点:本部(成都市玉双路10号)、基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)。

项目地理位置见附图1。

1.3.2 项目建设内容与建设规模

本项目扩建的实验室均为原有建筑改造而成。本部扩建的实验室位于机械所工厂,将封堵原有砖混结构外墙的门窗后在内部浇筑混凝土墙体进行房间分隔。基地实验室扩建的实验室位于20号楼,将拆除原有部分墙体后在内部浇筑混凝土墙体进行房间分隔。原址均为闲置房间,目前尚未开展改造工作。改造设计后的辐射工作场所及配套辅房的建筑尺寸、屏蔽情况见表1-1。改造前平面布局图见附图4-1及附图9-1,改造后平面布局图、立面图及排风系统图见附图4-2、附图5、附图7、附图9-2、附图9-3、附图10及附图12。

表1-1 本项目实验室设计及建设情况一览表

本部(成都市玉双路10号)				
γ 射线防护标准实验室				
屏蔽体	西侧南侧紧贴原有外墙	240mm 页岩多孔砖		保留原有
	四周墙体	东墙	500mm 现浇混凝土	未建
		南墙	700mm 现浇混凝土	
		西墙	400mm 现浇混凝土	
		北墙	400mm 现浇混凝土	
	顶棚	200mm 现浇混凝土		保留原有
	地坪	下方无建筑为土层		保留原有
防护门(1扇)	由10mm一级防辐射铅板及2mm厚双面不锈钢钢板制成的防护门(2mm钢-10mm铅-2mm钢结构)		未建	
实验室尺寸	长5.405m×宽3.20m,层高4.65m,吊顶高度3.80m		未建	
配套辅房	控制廊(与X射线诊断/防护标准实验室共用)		未建	
通风系统	排风系统及新风系统		未建	
X射线诊断/防护标准实验室				
屏蔽体	东侧北侧紧贴原有外墙	240mm 页岩多孔砖		保留原有
	四周墙体	东墙	350mm 现浇混凝土	未建
		南墙	400mm 现浇混凝土	
		西墙	400mm 现浇混凝土	

		北墙	350mm 现浇混凝土	
	顶棚	200mm 现浇混凝土+15mm 硫酸钡水泥砂浆		保留原有并补涂硫酸钡水泥砂浆
	地坪	下方无建筑为土层		保留原有
	防护门（1扇）	由 10mm 一级防辐射铅板及 2mm 厚双面不锈钢钢板制成的防护门（2mm 钢-17mm 铅-2mm 钢结构）		未建
	实验室尺寸	长 6.125m×宽 3.96m，层高 4.65m，吊顶高 3.6m		未建
	配套辅房	控制廊（与γ射线防护标准实验室共用）		未建
	通风系统	排风系统及新风系统		未建
基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）				
放射性同位素实验室				
屏蔽体	南侧、西侧及北侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖		保留原有，拆除部分留出门窗位置
	四周墙体	东墙	250mm 现浇混凝土	未建
		南墙	250mm 现浇混凝土	
		西墙	250mm 现浇混凝土	
		北墙	550mm 现浇混凝土	
	顶棚	200mm 现浇混凝土		保留原有
	地坪	下方无建筑为土层		保留原有
	普通门（3扇）	实验室门		未建
	顶棚	废物暂存间门		未建
通风橱	40mm		未建	
	实验室尺寸	夹层结构，长 7.05m×宽 3.75m，净高 7.30m		未建
	配套辅房	放射性废液暂存间及放射性固废暂存间		未建
	通风系统	通风橱、排风系统及新风系统		未建
γ射线防护基准辐射实验室				
屏蔽体	西侧及东侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖		保留原有，拆除部分留出门窗位置
	四周墙体	东墙	550mm 现浇混凝土	未建
		南墙	550mm 现浇混凝土	
		西墙	800mm 现浇混凝土	
		北墙	550mm 现浇混凝土	
	顶棚	550mm 现浇混凝土		未建
	地坪	下方无建筑为土层		保留原有
防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板及 2mm 厚双面不锈钢钢板制成的防护门（2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构）		未建	

实验室尺寸	长 6.20m×宽 3.95m, 层高 4.25m, 净高 3.75m		未建	
配套辅房	控制室（与中子 γ 射线辐射标准实验室共用）		未建	
通风系统	排风系统及新风系统		未建	
中子强度测量标准实验室				
屏蔽体	西侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖		保留原有
	四周墙体	东墙	50mm8%含硼聚乙烯板 +300mm 现浇混凝土	未建
		南墙	50mm8%含硼聚乙烯板 +300mm 现浇混凝土	未建
		西墙	400mm 现浇混凝土	未建
		北墙	400mm 现浇混凝土	未建
	顶棚	50mm8%含硼聚乙烯板+200mm 现浇混凝土		未建
	地坪	下方无建筑为土层		保留原有
防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板、2mm 厚双面不锈钢钢板及 80mm 的 8%含硼聚乙烯板制成的防护门（80mm 的含硼聚乙烯板-2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构）		未建	
实验室尺寸	长 2.50m×宽 2.00m, 层高 4.25m, 净高 4.05m		未建	
配套辅房	控制室		未建	
通风系统	排风系统及新风系统		未建	
中子 γ 射线辐射标准实验室				
屏蔽体	西侧及东侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖		保留原有
	四周墙体	东墙	120mm8%含硼聚乙烯板 +400mm 现浇混凝土	未建
		南墙	120mm8%含硼聚乙烯板 +400mm 现浇混凝土	未建
		西墙	38mm8%含硼聚乙烯板 +400mm 现浇混凝土	未建
		北墙	120mm8%含硼聚乙烯板 +600mm 现浇混凝土	未建
		迷道墙	120mm8%含硼聚乙烯板	未建
	顶棚	200mm 现浇混凝土（上方为不上人屋面）		未建
地坪	下方无建筑为土层		保留原有	
防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板、2mm 厚双面不锈钢钢板及 80mm 的 8%含硼聚乙烯板制成的防护门（80mm 的含硼聚乙烯板-2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构）		未建	
实验室尺寸	长 9.00m×宽 6.75m, 层高 7.25m, 吊顶 6.00m		未建	
配套辅房	控制室（与 γ 射线防护基准辐射实验室共用）		未建	
通风系统	排风系统及新风系统		未建	

本项目使用的非密封放射性物质、放射源及射线装置情况见表 1-2。本项目拟建址改造前平面布置图见附图 4-1 及附图 6-1，改造设计平面布置图及立面图见附图 4-2、

附图 5、附图 6-2、附图 6-3 及附图 7。本项目建成后由中国测试技术研究院直属二级法人事业单位的辐射研究所管理。

本项目拟迁至扩建的辐射工作场所使用的射线装置及放射源目前仍在使用中，待本项目获批后再行迁出。未来原有辐射工作场所内如再使用原获批项目，建设单位将在全国核技术利用辐射安全申报系统进行台账维护，并在重新申领辐射安全许可证时一并更换台账，如不再使用原有辐射工作场所，将按照《建设项目环境影响评价分类管理名录》进行相应退役工作。

表 1-2 本项目核技术利用项目情况一览表

放射源						
核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
Cs-137	3.70E+09 (Bq) ×1 枚	IV	用于辐射监测 仪器的校准和 检定	本部γ射线防护标准实验室	γ射线空气比释动能 (防护水平) 计量装置 内	自有
Mn-56	3.83E+04 (Bq)	豁免	检定客户送检 的中子源	基地实验室中子强度测量标准实验室	密封锰池内	拟购
Co-60	1.15E+12 (Bq) ×1 枚	II	用于辐射监测 仪器的校准和 检定	基地实验室γ射线防护基准辐射实验室	γ射线空气比释动能 (防护水平) 计量装置 内	自有, 台账为II类放 射源, 建设单位已 重新测定活度仍为 II类放射源
Cs-137	1.85E+11 (Bq) ×1 枚	III	用于辐射监测 仪器的校准和 检定	基地实验室中子/γ射线辐射标准实验 室	γ射线空气比释动能 (防护水平) 计量装置 内	拟购
Cs-137	1.85E+11 (Bq) ×1 枚	III	用于辐射监测 仪器的校准和 检定	基地实验室γ射线防护基准辐射实验室	γ射线空气比释动能 (防护水平) 计量装置 内	拟购
Am-241/Be	1.85E+11 (Bq) ×1 枚	III	用于辐射监测 仪器的校准和 检定	基地实验室中子/γ射线辐射标准实验 室	中子辐照装置	拟购
Am-241/Be	8.47E+11 (Bq) ×1 枚	III	检定客户送检 的中子源	基地实验室中子强度测量标准实验室	送源铅罐	客户送检
Cf-252	8.06E+05 (Bq) ×1 枚	V	检定客户送检 的中子源	基地实验室中子强度测量标准实验室	送源铅罐	客户送检

非密封放射性物质（丙级非密封放射性物质工作场所）								
核素名称	理化性质	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大操作量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
F-18	液态、低毒				用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Fe-59	液态、中毒				用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Co-60	液态、高毒				用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Co-60	液态、高毒				/	源的贮存	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Tc-99m	液态、低毒				用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双

					同位素实验室	锁储源铅罐内
I-131	液态、中毒			用于辐射监测仪器的 校准和检定	简单 操作	基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室 基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Cs-134	液态、中毒			用于辐射监测仪器的 校准和检定	简单 操作	基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室 基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Cs-134	液态、高毒			//	源的 贮存	基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室 基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Eu-152	液态、高毒			用于辐射监测仪器的 校准和检定	简单 操作	基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室 基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Eu-152	液态、高毒			//	源的 贮存	基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室 基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
Au-198	液态、中毒			用于辐射监测仪器的	简单	基地实验室 基地实验室(大邑

					校准和检定	操作	(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室	县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
<p>由于单次实验用量极少，每次实验仅持续 1 天，针对长半衰期核素单瓶用量可供多次使用，针对较短半衰期核素单瓶用量在考虑核素衰减的情况下后足够当日使用。故每种核素每次采购仅需购入 1 瓶，日最大操作量即为实验当日取出时瓶内原始活度。因此在统计场所等级时，较短半衰期核素不考虑贮存量，长半衰期核素按照 1 瓶药物使用+1 瓶药物贮存进行日等效活度合计。</p>								
射线装置								
名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	
中能 X 射线源	II	1	COMET iXRS-320(MXR-320/26)	320	22.5	射线发生器	本部(成都市玉双路 10 号)X 射线诊断/防护标准实验室	
诊断水平 X 射线标准装置	III	1	加拿大 CPI 公司 INDICO-100	150	630	射线发生器	本部(成都市玉双路 10 号)X 射线诊断/防护标准实验室	

1.3.3 项目组成及主要环境影响

项目组成及主要环境影响见表 1-3。

表 1-3 项目组成及主要的环境影响一览表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境影响	
			施工期	运营期
主体工程	本部(成都市玉双路 10 号) γ 射线防护标准实验室	将封堵原有砖混结构外墙的门窗后在内部浇筑混凝土墙体进行房间分隔及防护门安装，并安装 1 台含源装置。 屏蔽设计为： 东墙为 500mm 现浇混凝土		

		<p>南墙为 700mm 现浇混凝土 西墙为 400mm 现浇混凝土 北墙为 400mm 现浇混凝土 顶棚为 200mm 现浇混凝土+15mm 硫酸钡水泥砂浆 地坪下方无建筑，为土层 防护门为 2mm 钢-10mm 铅-2mm 钢结构</p> <p>将安装 1 台γ射线空气比释动能（防护水平）计量装置，内有 1 枚IV类放射源 Cs-137（$3.70E+09Bq$）。</p>	<p>施工过程将产生：施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾；</p> <p>安装调试过程将产生：X射线、γ射线、β射线、中子、臭氧及氮氧化物、噪声、固体废物</p>	<p>使用过程将产生：α射线、X射线（含韧致辐射）、γ射线、β射线、中子、臭氧及氮氧化物、噪声、放射性固体废物、放射性液体废物、放射性气体废物、退役废源、退役射线装置</p>
<p>本部（成都市玉双路 10 号）X 射线诊断/防护标准实验室</p>	<p>将封堵原有砖混结构外墙的门窗后在内部浇筑混凝土墙体进行房间分隔及防护门安装，并安装射线装置。</p> <p>屏蔽设计为： 东墙为 350mm 现浇混凝土 南墙为 400mm 现浇混凝土 西墙为 400mm 现浇混凝土 北墙为 350mm 现浇混凝土 顶棚为 200mm 现浇混凝土+15mm 硫酸钡水泥 地坪下方无建筑，为土层 防护门为 2mm 钢-17mm 铅-2mm 钢结构</p> <p>将安装 1 台II类射线装置中能 X 射线源以及 1 台III类射线装置诊断水平 X 射线标准装置（不同时开机）。</p>			
<p>基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室</p>	<p>将拆除原有部分墙体后在内部浇筑混凝土墙体进行房间分隔及防护门、通风橱等安装，并使用非密封放射性物质。</p> <p>屏蔽设计为： 东墙为 250mm 现浇混凝土 南墙为 250mm 现浇混凝土 西墙为 250mm 现浇混凝土 北墙为 550mm 现浇混凝土</p>			

	<p>顶棚为 200mm 现浇混凝土 地坪下方无建筑，为土层 安装2扇普通门（实验室门及放射性废物暂存间门）</p>		
<p>基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村） γ射线防护基准辐射实验室</p>	<p>将使用 F-18、Fe-59、Co-60、Tc-99m、I-131、Cs-134、Eu-152、Au-198 八种非密封放射性物质。</p> <p>将封堵原有砖混结构外墙的门窗后在内部浇筑混凝土墙体进行房间分隔及防护门安装，并安装 1 台含源装置。</p> <p>屏蔽设计为： 东墙为 550mm 现浇混凝土 南墙为 550mm 现浇混凝土 西墙为 800mm 现浇混凝土 北墙为 550mm 现浇混凝土 顶棚为 550mm 现浇混凝土 地坪下方无建筑，为土层 防护门为 2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构</p> <p>将安装 1 台γ射线空气比释动能（防护水平）计量装置，内有 1 枚II类放射源 Co-60（$7.40E+12Bq$）。</p>		
<p>基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村） 中子强度测量标准实验室</p>	<p>将封堵原有砖混结构外墙的门窗后在内部浇筑混凝土墙体进行房间分隔及防护门安装，并安装 1 台循环式锰浴装置。</p> <p>屏蔽设计为： 东墙为 50mm8%含硼聚乙烯板+300mm 现浇混凝土 南墙为 50mm8%含硼聚乙烯板+300mm 现浇混凝土 西墙为 400mm 现浇混凝土 北墙为 400mm 现浇混凝土 顶棚为 50mm8%含硼聚乙烯板+200mm 现浇混凝土 地坪下方无建筑，为土层</p> <p>每次检测 1 枚III类放射源 Am-241/Be（活度不超过 $8.47E+11Bq$）或 1 枚V类放射源</p>		

		Cf-252（活度不超过 8.06E+05Bq），检测过程将生成密封于镓池内的 Mn-56（与容器一并视作放射源）。		
	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）中子/ γ 射线辐射标准实验室	将封堵原有砖混结构外墙的门窗后在内部浇筑混凝土墙体进行房间分隔及防护门安装，并安装 1 台中子辐照装置以及 1 台 γ 射线空气比释动能（防护水平）计量装置（不同时开机）。		
		屏蔽设计为： 东墙为 120mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土 南墙为 120mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土 西墙为 38mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土 北墙为 120mm8%含硼聚乙烯板+600mm 现浇混凝土 顶棚为 50mm8%含硼聚乙烯板+200mm 现浇混凝土 地坪下方无建筑，为土层		
		将安装 1 台中子辐照装置，内有 III 枚 V 类放射源 Am-241/Be (1.85E+11Bq)；以及 1 台 γ 射线空气比释动能(防护水平)计量装置,内有 1 枚 III 类放射源 Cs-137(1.85E+11Bq)		
辅助工程	本部（成都市玉双路 10 号） γ 射线防护标准实验室	控制廊（与 X 射线诊断/防护标准实验室共用）		
	本部（成都市玉双路 10 号）X 射线诊断/防护标准实验室	控制廊（与 γ 射线防护标准实验室共用）		
	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	放射性废液暂存间及放射性固废暂存间		

	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村) γ射线防护基准辐射实验室	控制室(与中子/γ射线辐射标准实验室共用)		
	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村) 中子强度测量标准实验室	控制室		
	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村) 中子/γ射线辐射标准实验室	控制室(与γ射线防护基准辐射实验室共用)		
公用工程	各实验室的给排水、配电、供电和通讯系统等依托本部及基地实验室已有的相应工程。			
办公及生活设施	各辐射工作人员的日常办公及生活依托本部及基地实验室已有建筑。			
环保工程	废气处理依托本项目新建的通风系统处理(未建); 废水处理依托本部和基地实验室已有污水管道、污水处理站和化粪池(原有); 办公、生活垃圾依托院区已有生活垃圾收集系统进行处理(原有)。放射性固体及液体废物依托本项目新建的放射性废物暂存间(未建)暂存后进行监测, 按照是否达到清洁解控水平报审管部门确认后交由有资质单位处置或对应解控。能够解控的危险废物(活性炭)送有资质单位处置。			生活废水、生活垃圾、臭氧及氮氧化物、危险废物

1.3.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-4。

表1-4 本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	数量	来源	用途	备注
能源	电		城市电网	机房用电	/
水	生活用水		城市生活用水管网	生活用水及实验室用水	/
活性炭	排风系统填充用活性炭		每年供应商招标	吸附非密封放射物质气溶胶	/
实验室 耗材	氯乙烯醋酸乙烯共聚物 (VYNS)		每年供应商招标	放射性同位素实验室制作薄膜源原料	其中醋酸乙烯含量为 20%~25%
实验室 耗材	色层硅胶		每年供应商招标	放射性同位素实验室制作薄膜源原料	分析纯
实验室 耗材	十八烷基二甲基羟乙基 硝酸铵		每年供应商招标	放射性同位素实验室制作薄膜源原料	分析纯
实验室 耗材	1,2-二氯乙烷		每年供应商招标	放射性同位素实验室制作薄膜源原料	分析纯
实验室 耗材	无水乙醇		每年供应商招标	放射性同位素实验室制作薄膜源原料	分析纯
实验室 耗材	金丝或金箔		每年供应商招标	放射性同位素实验室制作薄膜源原料	纯度不低于99.9%
实验室 耗材	容量瓶、移液管、试剂 瓶、塑料瓶等		每年供应商招标	放射性同位素实验室制作薄膜源使用	/
水	去离子水		每年供应商招标	放射性同位素实验室制作薄膜源使用	/
实验室 耗材	防护服、护目镜、手套 及口罩		每年供应商招标	辐射工作人员实验时穿戴	/

1.3.5 主要设备配置及主要技术参数

本项目放射源主要技术参数见表 1-5:

表 1-5 本项目放射源要技术参数

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度 (%)	周围剂量当量率常数 (裸源) Gy · m ² /(Bq·s)	毒性组别	平均β射线能量 (keV)	来源	
Mn-56							拟购	
Co-60							自有	
Cs-137							自有 1 枚, 拟购 1 枚	
核素名称	半衰期	反应	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度 (%)	中子最大能量 (MeV)	中子平均能量 (MeV)	中子产额 / (×10 ⁻⁶ s ⁻¹ ·Bq ⁻¹)	比活度 (GBq/g)	来源

Am-241/Be		客户送检
Cf-252		客户送检

表 1-6 本项目非密封放射性物质主要技术参数

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度 (%)	周围剂量当量率常数 (裸源)	来源	规格
F-18					北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/瓶
Mn-56					北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/瓶

Fe-59								北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/瓶
Co-60								北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/瓶
Tc-99m								北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/瓶
I-131								北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/瓶
Cs-134								北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/瓶

Eu-152		北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/瓶
Au-198		北京树诚科技发展有限公司	50 μ Ci/ 瓶

表 1-6 本项目射线装置主要技术参数								
设备名称	厂家型号	数量	管电压	管电流	功率	过滤材料	出束角度	照射野
中能 X 射线源	COMET iXRS-320(MXR-320/26)	1	320kV	22.5mA				
诊断水平 X 射线标准装置	加拿大 CPI 公司 INDICO-100	1	150kV	630mA				

1.3.6 工作人员及工作制度

中国测试技术研究院辐射研究所原有从事核技术利用项目相关辐射工作人员及管理人员共计 11 人，扩建本项目后，本项目仍由上述人员负责相关工作。上述人员除本项目外，将兼顾原有核技术利用项目相关工作。辐射工作人员相应信息见表 1-7

表 1-7 本项目辐射工作人员信息表

序号	姓名	性别	证书编号	证书级别	有效期
1				/	2025.10.26
2				/	2025.10.26
3				/	2025.10.13
4				/	2027.06.16
5				/	2027.06.16
6				中级	2022.12.03
7				中级	2022.12.03
8				中级	2022.12.03
9				中级	2022.12.03
10				中级	2023.10.31
11				/	2025.10.16

部分证书临期人员正在积极备考，由于疫情原因考位紧张，待考位名额开放后将及时报名考试。根据建设单位工作安排，每日使用每间实验室人员为 1-3 人。预计每间实验室每年使用情况见表 1-8。

表 1-8 本项目辐射工作人员及公众受影响情况一览表

实验室	数量	平均单人每日受辐射影响时间 (h)		工作天数 (d)	平均单人每年受辐射影响时间 (h)	
本部 (成都市玉双路 10 号) γ 射线防护标准实验室	11	0.2		250	50	
本部 (成都市玉双路 10 号) X 射线诊断/防护标准实验室		诊断	0.0133	250	诊断	3.33
		防护	0.267		防护	66.7
基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村) 放射性同位素实验室		Co-60、I-131	0.133	30	4	
		F-18、Tc-99m、Eu-152、Cs-134、Mn-56、Fe-59、Au-198	0.1332	25	3.33	
基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村) γ 射线防护基准辐射实验室		Co-60	0.2	250	50	
		Cs-137	0.2		50	
基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村) 中子强度测量标准实验室		3.6		20	72	
基地实验室 (大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村) 中子/ γ 射线辐射标准实验室		Am-241/Be	0.2	250	50	
		Cs-137	0.2		50	

本项目原有的辐射工作人员均已建立职业健康档案以及个人剂量监测档案，且未出现体检不合格或是剂量超标情况，辐射安全与防护培训/考核合格证书均处于有效期内。届时若有新增的辐射工作人员需参与工作，建设单位同样要求其完成学习后通过考核上岗，并将为其建立剂量监测档案以及职业健康档案

1.3.7 产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改，国家发展和改革委员会2021年令49号）中第三十一项“科技服务业”中第1条的“1、工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”项目，属于国家鼓励类产业，其建设符合国家现行产业政策。

1.4 项目选址、外环境关系、实践正当性分析

1.4.1 外环境关系分析

本项目拟建于成都市玉双路10号本部的2间实验室位于院区机械所工厂区域。 γ 射线防护标准实验室及X射线诊断/防护标准实验室周围50m内建筑情况见表1-9。

表1-9 本项目本部实验室外环境情况一览表

实验室	方位	建筑	建筑信息	范围
X射线诊断/防护标准实验室	东侧	四川省市场监督管理局1号楼	1栋、最高3~9F	5.63~50.0m
	西南侧	四川省市场监督管理局2号楼	1栋、最高5F	39.4m~50.0m
	西南侧	建设单位的第一实验楼	1栋及附楼、最高3F	14.1~50.0m
	西侧、西北侧	建设单位的机械所工厂	3栋、最高1~2F	0~50m
	北侧	52号院2栋	1栋、最高7F	48.4~50m
	东北侧	建设单位的室内环境监测站	1栋、最高2F	23.5~41.0m
	东北侧	建设单位的综合楼	1栋、最高6F	41.3~50m
	四周	道路	/	0~50m
γ 射线防护标准实验室	东侧	四川省市场监督管理局1号楼	1栋、最高3~9F	8.48~50m
	西南侧	四川省市场监督管理局2号楼	1栋、最高5F	31.5~50m
	西南侧	建设单位的第一实验楼	1栋及附楼、最高3F	8.80~50m
	西侧、西北侧	建设单位的机械所工厂	2栋、最高1~2F	0~50m
	东北侧	建设单位的室内环境监测站	1栋、最高2F	30.2~47.4m
	东北侧	建设单位的综合楼	1栋、最高6F	47.4~50m
	四周	道路	/	0~50m

*建设单位为四川省市场监督管理局业务归口单位

本项目拟建于大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村基地实验室的4间实验室位于院区20号楼，放射性同位素实验室、 γ 射线防护基准辐射实验室、中子强度测量标准实验室及中子/ γ 射线辐射标准实验室周围50m内建筑情况见表1-10。

表1-10 本项目基地实验室外环境情况一览表

实验室	方位	建筑	建筑信息	范围
放射性同位素实验室	东侧	配电所	1栋、最高2F	15.8~50m
	东南侧	计量基准实验室	1栋、最高1F	38.8~50m
	南侧	仓库2	1栋、最高1F	3.27~50m
	北侧	流体实验室（待建）	1栋、最高1~2F	21.1~50m
	东侧	道路	/	0~50m
γ射线防护基准辐射实验室	东侧	配电所	1栋、最高2F	16.8~50m
	东南侧	计量基准实验室	1栋、最高1F	42.8~50m
	南侧	仓库2	1栋、最高1F	7.48~50m
	北侧	流体实验室（待建）	1栋、最高2F	16.9~50m
	东侧	道路	/	0~50m
中子强度测量标准实验室	东侧	配电所	1栋、最高2F	23.5~50m
	南侧	仓库2	1栋、最高1F	15.1~50m
	北侧	流体实验室（待建）	1栋、最高1~2F	10.6~50m
	东侧	道路	/	0~50m
中子γ射线辐射标准实验室	东侧	配电所	1栋、最高2F	19.1~49.8m
	南侧	仓库2	1栋、最高1F	18.0~50m
	北侧	流体实验室（待建）	1栋、最高1~2F	0.4~40.8m
	北侧	招待所	1栋、最高3F	47.0~50m
	东侧	道路	/	0~50m

1.4.2 项目选址合理性分析

本项目建设地点位于建设单位国有土地使用证中宗地图区域内，本项目将用于科研实践工作，符合国有土地使用证用地用途。

位于本部的实验室周围主要为建设单位院区及其所属管理部门，另涉及家属院外墙及靠近围墙部分（居留人员较少）。因周围保护目标主要为科研人员、管理人员以及少数公众，且机械所工厂与院区其他区域均由实体金属大门或栅栏分隔，因此公众误入的可能性较小。项目所在地院区运营多年，基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

基地实验室地处大邑县郊外，位于此处的实验室周围均为院区内实验室、仓库、配电用房或山体，另涉及招待所副楼靠近外墙部分（居留人员较少）。周围保护目标主要为科研人员、管理人员以及少数到访公众。周围保护目标主要为科研人员、管理人员以及少数公众。项目所在地院区运营多年，基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

在确保核技术利用项目选址地点周围保护目标尽可能少的同时，建设单位也将通

过采取相应有效治理和屏蔽措施减少对周围的环境影响。

综上所述，本项目为实验室建设项目，与用地性质相符。实验室选址时亦尽可能考虑了周围保护目标最少化，且辐射工作场所集中分布，在有良好的实体屏蔽设施和防护措施及管理制度情况下，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，**本项目选址是合理的。**

1.4.3 与周边环境的兼容性分析

本项目所在的两个院区均接入城市污水管网，本项目实验室产生废水将接现有管网送污水处理厂处理。医疗废物严格按照国家《医疗废物管理条例》的要求妥善处理，生活垃圾由环卫部门统一清运。

针对本项目产生的放射性气体，已相应设计有通风橱及专业的排风系统进行处理，确保排口活度浓度及年总活度满足相应国家标准；针对本项目产生的放射性固体及液体废物，将依托本项目新建的放射性液体/固体暂存间进行暂存，定期监测后按照对应清洁解控达标情况进行相应处置。

本项目产噪设备不多（主要为通风系统），声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。且风机等设备均位于吊顶上方夹层内，噪声源通过使用合理布局、使用低噪声设备、安装减震垫、建筑物隔声等措施降噪，对周围环境影响较小。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

1.4.4 实践正当性分析

本项目的建设除可以更好地满足市场检定需求外，亦能助力辐射研究所完成各项科研工作，促进科技成果的转化。本项目核技术应用项目的开展，对电离辐射、医学和工业无损检测领域的进步具有正向作用，因此，该项目的实践是必要的。

建设单位在日常工作中对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对各类辐射源的安全管理将完善原有规章制度并针对新增项目建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理各类辐射源的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性。**符合辐射防护“实践的正当性”原则。**

1.5 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

1.5.1 辐射安全许可证及主体建筑环评审批情况

目前，中国测试技术研究院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》，编号为“国环辐证[00433]”，种类和范围为“使用I类、II类、III类、VI类、V类放射源，使用II类、III类射线装置”，有效期至：2026年6月30日。

1.5.2 原有核技术利用项目

中国测试技术研究院于2013年7月30日获得原四川省环境保护厅《关于中国测试技术研究院校准实验室密封源和射线装置项目环境影响报告表的批复》（川环审批（2013）433号，见附件6），使用II类、III类、IV类、V类放射源及V类以下放射源和II类、III类射线装置用于校准和刻度，其中II类放射源1枚、III类放射源1枚、IV类放射源32枚、V类放射源50枚，V类以下放射源1枚，共计85枚放射源；II类射线装置6台，III类射线装置2台，共计8台射线装置。该项目已于2019年1月完成自主验收（由四川省福安环境监测有限公司完成，见附件6）。

后于2014年10月14日获得原四川省环境保护厅《关于关于中国测试技术研究院钴60及直线加速器核技术应用项目环境影响报告书的批复》（川环审批（2014）550号，见附件7），获批使用I类放射源（序号81，Co-60，编码0316CO000901）及II类射线装置直线加速器（序号5，山东新华医疗器械股份有限公司XHA1400（10MV）电子直线加速器），该项目已取得发证机关许可并在2021年延续辐射安全许可证时获得延续。此外，该项目已完成验收监测（由四川省福安环境监测有限公司完成，见附件7），目前正在进行自主验收。建设单位目前已召开会议重新制定档案管理计划，厘清历史材料，确保日后档案规范存档。

根据中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号《射线装置分类》，建设单位在取得辐射安全许可证后陆续在重新申领辐射安全许可证时对部分射线装置分类进行更正并获得许可。此外，针对扩建或更换的III类射线装置及IV类、V类放射源，建设单位均已根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》在建设项目环境影响登记表备案系统中进行备案登记并重新申领辐射安全许可证。目前建设单位获得许可使用11台III类射线装置，3台II类射线装置，59枚V类放射源，31枚IV类放射源，1枚III类放射源，1枚II类放射源，1枚I类放射源。原有核技术利用项目均已履行环评、许可手续，获得环评批复的放射源及射线装置已通过验收或正在开

展自主验收。

经核查建设单位《2021年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，未发现有辐射环境遗留问题，不存在辐射安全及辐射环境保护问题。同时，经建设单位证实截至目前未发生过辐射安全事故。建设单位原有核技术利用情况见表1-11。

表 1-11 中国测试技术研究院辐射安全许可证现有核技术利用项目台账

放射源									
序号	核素	出厂日期	出厂活度 (Bq)	编码	类别	用途	场所	环评情况	许可情况
1	Ra-226					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
2	Ra-226/Be					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
3	Ra-226					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
4	Ra-226					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
5	Co-60					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院	已环评	已验收

6	Co-60					刻度/校准源	基地放射源库 大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
7	Ra-226					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
8	Cs-137					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
9	Am-241					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
10	Am-241					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收

11	Cs-137		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
12	Cs-137		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
13	Ra-226		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
14	Ra-226		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
15	Am-241		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
16	Ra-226/Be		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡	已环评	已验收

					中测院 基地放 射源库		
17	Am-241				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收
18	Am-241				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收
19	Ra-226				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收
20	Ra-226				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收
21	Ra-226				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收

							射源库			
22	Cs-137						刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
23	Ra-226						刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
24	Ra-226						刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
25	Ra-226						刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
26	Sr-90						刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收

27	Sr-90		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
28	Sr-90		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
29	Sr-90		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
30	Sr-90		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
31	Am-241		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
32	Sr-90		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡	已环评	已验收

					中测院 基地放 射源库		
33	Cs-137				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收
34	Cs-137				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收
35	Cs-137				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收
36	Co-60				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收
37	Cs-137				刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评 已验收

				射源库		
38	Cs-137		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
39	Co-60		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
40	Ra-226		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
41	Ra-226		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
42	Co-60		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收

43	Co-60		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
44	Cs-137		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
45	Cs-137		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
46	Cs-137		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
47	Co-60		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
48	Co-60		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡	已环评	已验收

				中测院 基地放 射源库		
49	Am-241/Be		刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评	已验收
50	Am-241/Be		刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评	已验收
51	Am-241/Be		刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评	已验收
52	Am-241/Be		刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放 射源库	已环 评	已验收
53	Am-241/Be		刻度/校准 源	大邑县 鹤鸣乡 中测院 基地放	已环 评	已验收

							射源库		
54	Sr-90					刻度/校准源	本部	已环评	已验收
55	Sr-90					刻度/校准源	本部	已环评	已验收
56	Sr-90					刻度/校准源	本部	已环评	已验收
57	Am-241					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
58	Am-241					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
59	Sr-90					刻度/校准源	本部	已环评	已验收
60	Sr-90					刻度/校准源	本部	已环评	已验收
61	Co-60	19820518	7.40E+12	0082COD01772	II	刻度/校准源	四川大学 720 所	已环评	已验收, 拟迁入本项目扩建场所, 已重新测定

									活度, 仍属II类放射源
62	Co-60					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
63	Co-60					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
64	Co-60					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
65	Cs-137	19911014	3.70E+09	0091CSD01944	IV	刻度/校准源	四川大学 720 所	已环评	已验收, 迁入本次扩建场所
66	Cs-137					刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收

67	Am-241		刻度/校准源	本部	已环评	已验收
68	Cs-137		刻度/校准源	本部	已环评	已验收
69	Co-60		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
70	Co-60		刻度/校准源	本部	已环评	已验收
71	Ra-226		刻度/校准源	本部	已环评	已验收
72	Cs-137		刻度/校准源	本部	已环评	已验收
73	Cs-137		刻度/校准源	本部	已环评	已验收
74	Co-60		刻度/校准源	本部	已环评	已验收
75	Cs-137		刻度/校准源 (备用)	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评	已验收
76	Ra-226		刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院	已环评	已验收

					基地放射源库		
77	Am-241				刻度/校准源	本部	已环评 已验收
78	Am-241				刻度/校准源	本部	已环评 已验收
79	Sr-90 (Y-90)				刻度/校准源	本部	已环评 已验收
80	Co-60				刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评 已验收
81	Co-60				刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评 已验收监测
82	Kr-85				刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评 已验收
83	Sr-90				刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放	已环评 已验收

								射源库		
84	PM-147							刻度/校准源	大邑县鹤鸣乡中测院基地放射源库	已环评 已验收
射线装置										
序号	射线装置名称、型号	数量	管电压(kV)	管电流(mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	备注
1	(20~40kV) 钼靶乳腺X光机 (射线管 C339/XM-1016T)	1				大邑县鹤鸣乡中测院基地实验室	使用	已环评	已许可	/
2	治疗水平 X 射线标装置 (射线管 GX320)	1				四川大学 720 所	使用	已环评	已许可	已验收
3	(60~250) kV 中能副基准装置 (中国测试技术研究院自制)	1				大邑县本部第一恒温楼	使用	已环评	已许可	已验收
4	(10~60) kV 低能副基准装置 (中国测试技术研究院自制)	1				大邑县本部第一恒温楼	使用	已环评	已许可	/
5	(10MeV) 电子直线加速器 (山东新华医疗器械股份有限公司 XHA1400)	1				大邑县鹤鸣乡中测院基地实验室	使用	已环评	已许可	已验收 监测
6	CRDR光机 (Communications & Power Industries CMP200)	1				大邑县鹤鸣乡中测院基地实验室	使用	已环评	已许可	/
7	诊断水平X射线标准装置 (加拿大CPI公司 INDICO-100)	1	150	630	III	四川大学 720 所	使用	已环评	已许可	拟迁入 本项目

									扩建场所	
8	(50~120) kV诊断高频X光机 (成都普健医用设备制造有限公司 KM-300MA)	1				大邑县鹤鸣乡 中测院基地实 验室	使用	已环评	已许 可	/
9	(50~150) kV诊断高频X光机 (加拿大CPI公司 INDICO-100)	1				大邑县鹤鸣乡 中测院基地实 验室	使用	已环评	已许 可	/
1 0	(20~40) kV钨靶乳腺X光机 (GE Senographe DS)	1				大邑县鹤鸣乡 中测院基地实 验室	使用	已环评	已许 可	/
1 1	全景牙科机 (德国卡瓦 Pan eXam Plus)	1				大邑县鹤鸣乡 中测院基地实 验室	使用	已环评	已许 可	/
1 2	全景牙科机 (福建梅生医疗科技股份有限公司 MSQJ2000-1)	1				大邑县鹤鸣乡 中测院基地实 验室	使用	已环评	已许 可	/
1 3	(20~40) kV钨靶乳腺X光机 (射线管C339/XM-1016T)	1				大邑县鹤鸣乡 中测院基地实 验室	使用	已环评	已许 可	/

*浅灰色为拟迁入本项目扩建实验室使用的放射源和射线装置。

1.5.3 原有辐射场所环境监测

根据建设单位2021年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知，目前各辐射场所辐射控制水平符合国家标准的剂量率要求，机器符合仪器相关质控评价标准。

建设单位已在各院区均配备有便携式辐射监测仪及足够数量的个人剂量报警仪。

表 1-12 建设单位现有监测仪器一览表

序号	仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量
1	个人剂量报警仪			在用	15
2	便携式辐射巡测仪			在用	2
3	便携式辐射监测报警仪			在用	2
4	个人剂量仪			在用	15
5	固定式辐射监测报警仪			在用	9

1.5.4 原有辐射工作人员职业健康体检及个人剂量监测情况

中国测试技术研究院原有登记在册的辐射工作人员11名，建设单位对于所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。所有辐射工作人员2021年四个季度及2022年前三个季度个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值情况。部分人员未在岗，故未进行剂量监测。持证情况见表1-8，个人剂量统计结果见表1-13。建设单位已根据辐射工作场所数量和辐射工作人员数量配备足够数量的防护用品。

表1-13 原有辐射工作人员过去连续三个季度剂量监测一览表

序号	姓名	性别	个人剂量监测结果（mSv）				全年
			21年一季 (1001-1231)	22年一季 (0101-0331)	22年二季 (0401-0630)	22年三季 (0701-0931)	
1							/
2							0.478
3							/
4							0.227
5							0.173
6							0.143
7							0.178
8							/

9		/
10		0.152
11		0.053
12		0.362
备注	2022年第四季度个人剂量正在监测中	

1.5.5 辐射安全与防护培训证书

中国测试技术研究院目前登记辐射工作人员11名，均持有有效期内的辐射安全与防护培训或考核证书或自主考核证书。

1.5.6 年度评估报告及应急演练

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。中国测试技术研究院已编制《2021年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。2021年11月30日中国测试技术研究院在成都市玉双路10号第一实验楼一楼中能X射线副基准实验室进行了辐射事故应急演练，模拟辐射工作人员在进行电离计量工作时发生地震的情形，演练过程中各部门采取应急行动，最终确认设备安全无故障，防护设施完好，结束应急后建设单位及时进行了会议总结并形成了演练报告。

现建设单位辐射安全管理情况如下：

- （1）现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- （2）辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- （3）辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求。

（4）建设单位自从事核技术利用项目相关工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

1.6 环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家生态环境部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》（试行）的规定：建设单位在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息。

根据以上要求，建设单位于 2022 年 XX 月 XX 日-XX 月 XX 日，在建设单位官方网站上公示了《中国测试技术研究院迁建及扩建电离辐射标准实验室项目环境影响报告表》全本信息，以征求公众意见，公示网址为：

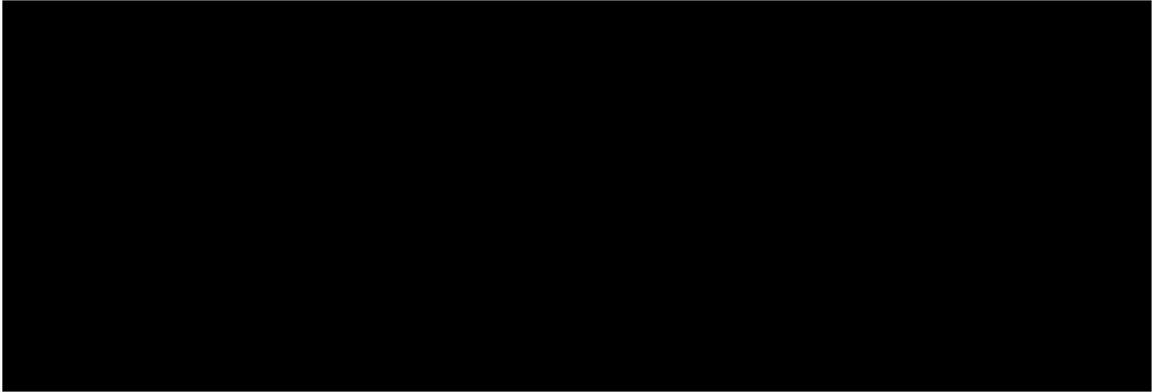


表2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动 种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	Cs-137	3.70E+09 (Bq) ×1 枚	IV	使用	用于辐射监测仪器的校 准和检定	本部γ射线防护标准实验室	γ射线空气比释动能 (防护水平) 计量装置内	原有
2	Co-60	4.20E+10 (Bq) ×1 枚	II	使用	用于辐射监测仪器的校 准和检定	本部γ射线防护基准辐射实验室	γ射线空气比释动能 (防护水平) 计量装置内	原有
3	Cs-137	1.85E+11 (Bq) ×1 枚	III	使用	用于辐射监测仪器的校 准和检定	基地实验室中子/γ射线辐射标准实验室	γ射线空气比释动能 (防护水平) 计量装置内	拟购
4	Cs-137	1.85E+11 (Bq) ×1 枚	III	使用	用于辐射监测仪器的校 准和检定	基地实验室γ射线辐射标准实验室	γ射线空气比释动能 (防护水平) 计量装置内	拟购
5	Am-241/Be	1.85E+11 (Bq) ×1 枚	V	使用	用于辐射监测仪器的校 准和检定	基地实验室γ射线辐射标准实验室	中子辐照装置内	拟购
6	Mn-56	3.83E+04 (Bq)	IV	使用	检定客户送检的中子源	基地实验室中子强度测量标准实验室	密封于铅制锰池内	拟购
7	Am-241/Be	8.47E+11 (Bq) ×1 枚	III	使用	检定客户送检的中子源	基地实验室中子强度测量标准实验室	送源铅罐	客户 送检
8	Cf-252	8.06E+05 (Bq) ×1 枚	V	使用	检定客户送检的中子源	基地实验室中子强度测量标准实验室	送源铅罐	客户 送检

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

表3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大操作量(Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	F-18	液态、低毒	使用				用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
2	Mn-56	液态、中毒	使用				用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
3	Fe-59	液态、中毒	使用				用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
4	Co-60	液态、高毒	使用				用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室	基地实验室(大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村)放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内

5	Co-60	液态、高毒	使用		/	源的贮存	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
6	Tc-99m	液态、低毒	使用		用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
7	I-131	液态、中毒	使用		用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
8	Cs-134	液态、中毒	使用		用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
9	Cs-134	液态、中毒	使用		/	源的贮存	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内

10	Eu-152	液态、高毒	使用		用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
11	Eu-152	液态、高毒	使用		/	源的贮存	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内
12	Au-198	液态、中毒	使用		用于辐射监测仪器的校准和检定	简单操作	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室	基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）放射性同位素实验室双人双锁储源铅罐内

*日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

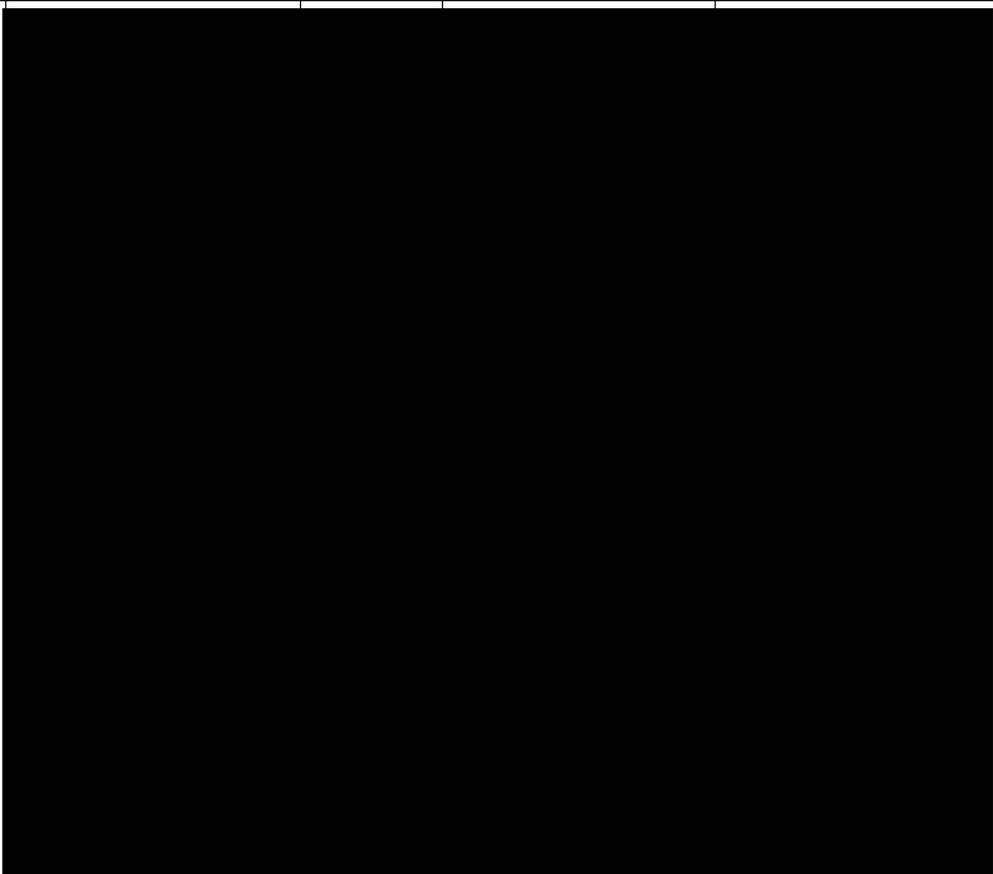
序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	中能 X 射线源	II	1	COMET iXRS-320(MX	320	22.5	射线发生器	本部（成都市玉双路 10 号）X 射线 诊断/防护标准实验室	拟购
2	诊断水平 X 射线标 准装置	III	1	加拿大 CPI 公司	150	630	射线发生器	本部（成都市玉双路 10 号）X 射线 诊断/防护标准实验室	原有

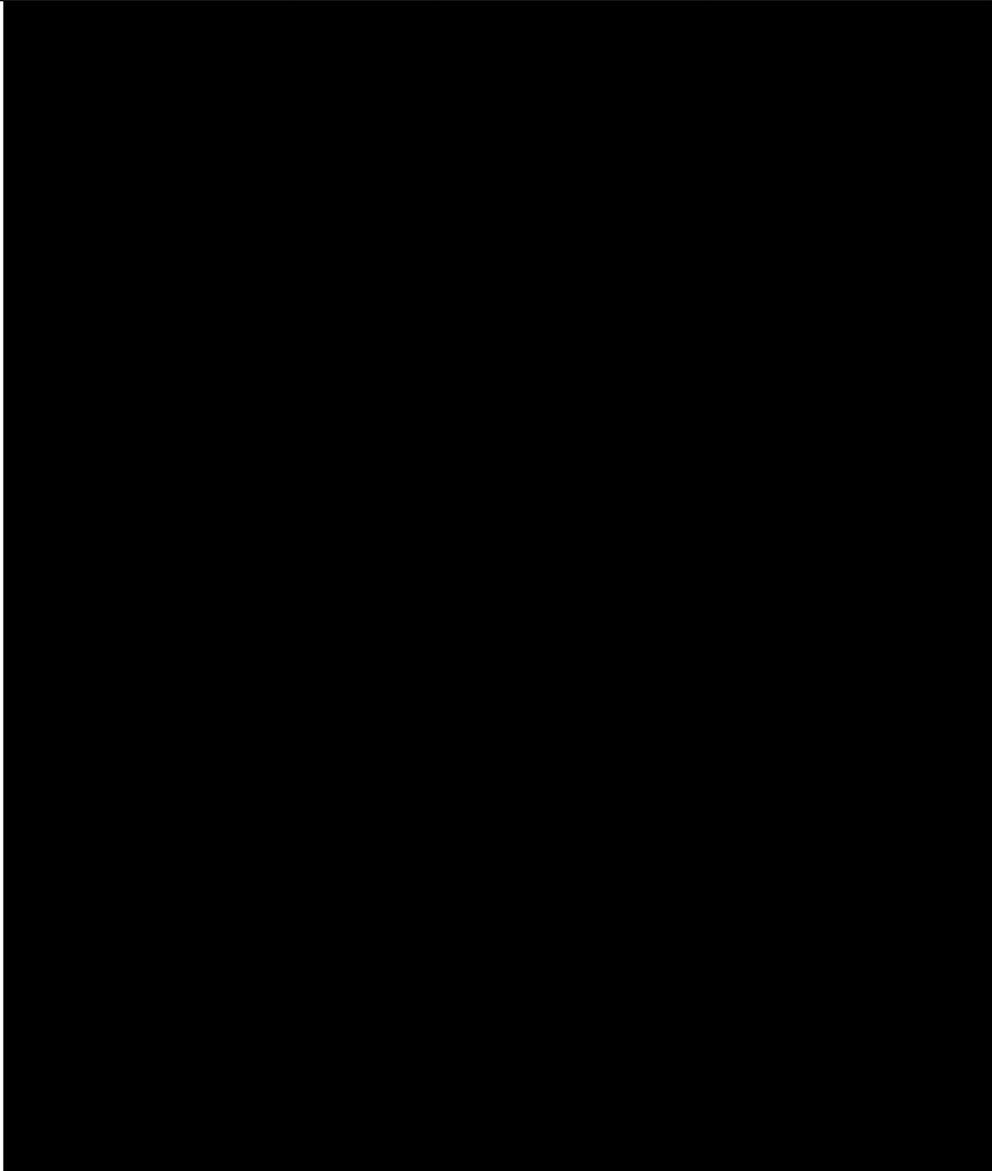
(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

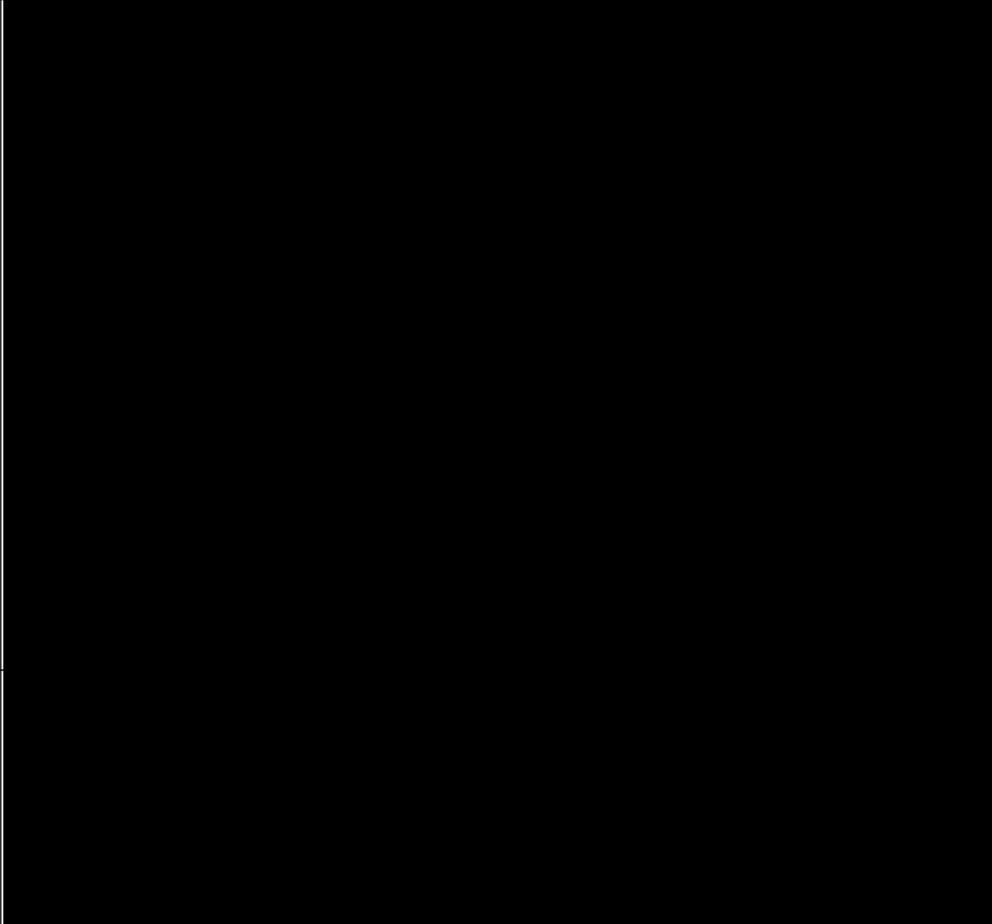
序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/					不暂存	直接进入大气，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为50分钟，可自动分解为氧气。
含有放射性核素的挥发气体	气态	F-18、I-131、 Tc-99m、 Eu-152、 Cs-134、 Mn-56、Fe-59、 Au-198、Co-60					不暂存	通过通风管道引至屋顶，经活性炭过滤后排至室外。

<p>沾有放射性核素的废移液枪枪头、试验手套、注射器、擦拭废纸、药品包装及实验薄膜源等</p>	<p>固态</p>	<p>F-18、I-131、 Tc-99m、 Eu-152、 Cs-134、 Mn-56、Fe-59、 Au-198、Co-60</p>		<p>分类收集后暂存于放射性废物的铅桶内。</p>	<p>贮存衰变至不同的计划周期，经监测达到清洁解控水平推荐限值，经确认后作为医疗废物，由有资质单位统一处理。</p>
---	-----------	--	---	---------------------------	--

<p>含有Co-60、Cs-134、Eu-152以外放射性核素的洗涤废水、废液</p>	<p>液态</p>	<p>F-18、Mn-56、Fe-59、Tc-99m、I-131、Au-198</p>		<p>暂存于放射性废液暂存间</p>	<p>达到暂存周期后进行监测，根据是否达到清洁解控水平，或解控，或送有资质单位处置</p>
---	-----------	---	---	--------------------	---

<p>含有 Co-60、 Cs-134、 Eu-152 的 洗涤废水、 废液固化后 产物</p>	<p>固态</p>	<p>Co-60、Cs-134、 Eu-152</p>		<p>分类收 集后暂 存于放 射性固 废暂存 间的铅 桶内。</p>	<p>监测是否达标， 经计算无法通 过固化达标的 在进行固化后， 定期送有资质 单位处置；经计 算固化能够达 标的，固化后经 审管部门确认 后作为普通废 物处置。</p>
<p>更换的活 性炭</p>	<p>固态</p>	<p>F-18、I-131、 Tc-99m 、 Eu-152 、 Cs-134 、 Mn-56、Fe-59、 Au-198、Co-60</p>		<p>收集 贮存 于放 射性 固废 暂存 间</p>	<p>每年更换下的 活性炭在贮存 至计划周期后 作为危废送有 资质单位处置</p>

生活废水	液态	/		不暂存	依托院区已建的污水污水管网处理
生活垃圾	固态	/		暂存于院区垃圾用房	由院区统一收集后交由环卫部门统一清运

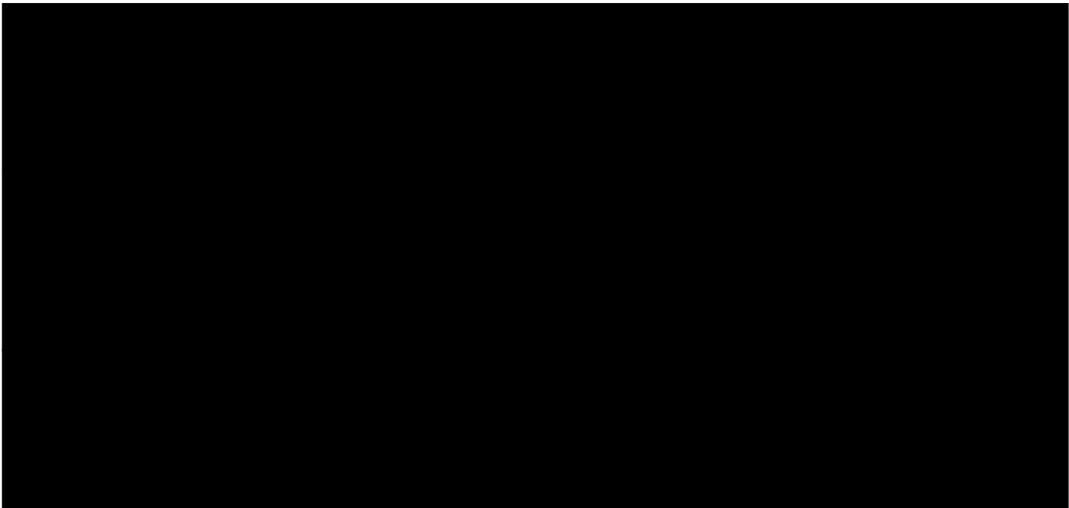
*1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自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2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行； 5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自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管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； 8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部2020年部令第16号，自2021年1月1日起施行； 10) 《放射源分类办法》，原国家环境保护总局公告2005年第62号，自2005年12月23日起施行； 11) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； 12) 《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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； 13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；
------	---

	<p>14) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>15) 《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>16) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，自2021年3月15日起施行；</p> <p>17) 《国家危险废物名录》(2021年版)，生态环境部令第15号，2020年11月5日通过，自2021年1月1日起施行；</p> <p>18) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)》，中华人民共和国环境保护部环办[2013]103号，2014年1月1日试行；</p> <p>19) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号，2016年6月1日实施；</p> <p>20) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序(第三版)》，2012年3月发布实施；</p> <p>21) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(NNSA/HQ-08-JD-PP-020) 辐射源安全监管司核技术利用处于2017年9月26日发布实施；</p> <p>22) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函[2016]1400号。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>2) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002)；</p> <p>3) 《密封放射源 一般要求和分级》(GB 4075-2009)；</p> <p>4) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)；</p> <p>5) 《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》(GB 27742-2011)；</p> <p>6) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>7) 《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)；</p> <p>8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>9) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021)；</p>

	<p>10) 《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）；</p> <p>11) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）；</p> <p>12) 《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分:450kV 以下的 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z 41476.3-2022）；</p> <p>13) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）（2023 年 3 月 1 日实施，建成后监测方案参考执行）；</p> <p>14) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）；</p> <p>15) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>16) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>17) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>18) 《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）</p> <p>19) 《中子参考辐射 第 1 部分：辐射特性和产生方法》（GB/T 14055.1-2008）；</p> <p>20) 《表面污染测定 第 1 部分：β发射体（$E_{\beta \max} > 0.15\text{MeV}$）和$\alpha$发射体》（GB/T 14056.1-2008）；</p> <p>21) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；</p> <p>22) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）；</p> <p>23) 《辐射防护仪器 中子周围剂量当量（率）仪》（GB/T 14318-2019）</p> <p>24) 《中子源强度基准操作技术规范》（JJF 1349-1990）；</p> <p>25) 《核技术利用放射性废物最小化》（核安全导则 HAD 401/11-2020）。</p>
<p>其他</p>	<p>参考资料：</p> 

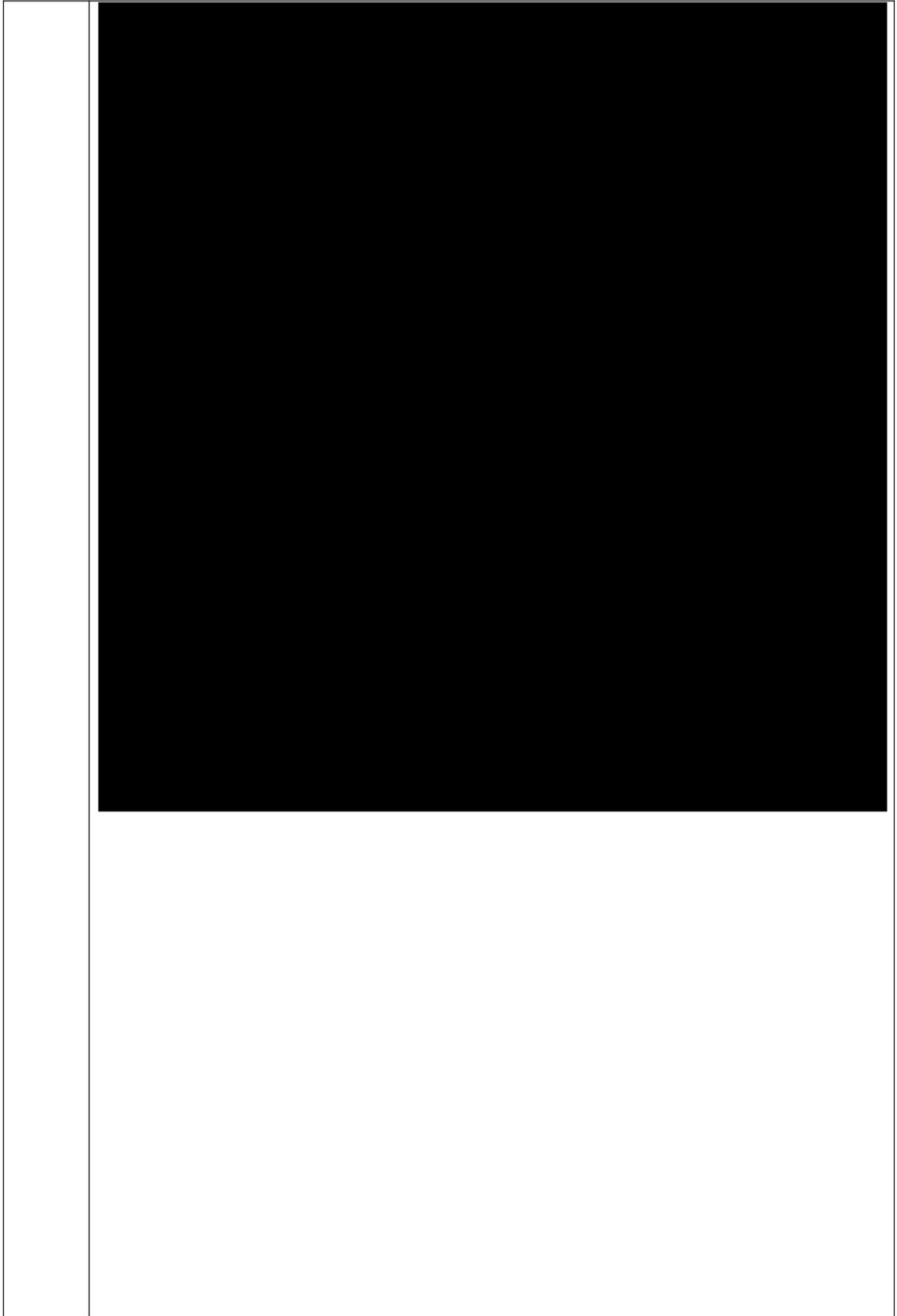


表 7 保护目标与评价标准

本部的 γ 射线防护标准实验室				
保护目标	方位与最近距离	规模	类型	剂量约束值 (mSv/a)
控制廊	东侧、北侧 紧邻	预计4人/天	辐射工作人员	5.0
建设单位的机械所工厂	西侧 紧邻	2栋、最高1~2F, 预计11人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
道路	南侧 紧邻	预计4人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
四川省市场监督管理局 1号楼	东侧 最近 8.48m	1栋、最高3~9F, 预计280人/天	周围公众	0.1
四川省市场监督管理局 2号楼	西南侧 最近 31.5m	1栋、最高5F, 预计150人/天	周围公众	0.1
建设单位的 第一实验楼	西南侧 最近 8.80m	1栋及附楼、最高3F, 预计70人/天	周围公众	0.1
建设单位的 室内环境监测站	东北侧 最近 30.2m	1栋、最高2F, 预计3人/天	周围公众	0.1
建设单位的 综合楼	东北侧 最	1栋、最高6F, 预计	周围公众	0.1

评价范围

本项目为使用II、III、IV、V类及豁免放射源，使用II、III类射线装置以及丙级非密封放射性物质工作场所项目，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径50m的范围；放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为本项目拟建的各实验室屏蔽体边界外50m区域。本项目本部的实验室屏蔽体边界外50m区域内主要包括建设单位的第一实验楼、建设单位的机械所工厂、建设单位的室内环境监测站、建设单位的综合楼、四川省市场监督管理局1号楼、四川省市场监督管理局2号楼、周围家属院52号院2栋及周边道路；本项目基地实验室的实验室屏蔽体边界外50m区域内主要包括院区内流体实验室、配电所、仓库2、计量基准实验室、招待所及周边道路。具体50m范围区域见附图2、附图3。

保护目标

本项目拟建址周围50m范围内环境保护目标为：

- 1、本项目负责核技术利用项目操作及相关的辐射工作人员（含管理人员）；
- 2、本项目屏蔽体周围50m内院区内外的公众。

本项目评价范围内保护目标与项目的相对空间位置关系见附图2、附图3。

表7-1 本项目环境保护目标情况一览表

本部的 γ 射线防护标准实验室				
保护目标	方位与最近距离	规模	类型	剂量约束值 (mSv/a)
控制廊	东侧、北侧 紧邻	预计4人/天	辐射工作人员	5.0
建设单位的机械所工厂	西侧 紧邻	2栋、最高1~2F, 预计11人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
道路	南侧 紧邻	预计4人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
四川省市场监督管理局 1号楼	东侧 最近 8.48m	1栋、最高3~9F, 预计280人/天	周围公众	0.1
四川省市场监督管理局 2号楼	西南侧 最近 31.5m	1栋、最高5F, 预计150人/天	周围公众	0.1
建设单位的 第一实验楼	西南侧 最近 8.80m	1栋及附楼、最高3F, 预计70人/天	周围公众	0.1
建设单位的 室内环境监测站	东北侧 最近 30.2m	1栋、最高2F, 预计3人/天	周围公众	0.1
建设单位的 综合楼	东北侧 最	1栋、最高6F, 预计	周围公众	0.1

	近47.4m	10人/天		
道路	四周	预计20人/天	周围公众	0.1
本部的X射线诊断/防护标准实验室				
保护目标	方位与最近距离	规模	类型	剂量约束值(mSv/a)
道路	东侧、北侧 紧邻	预计20人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
控制廊	南侧紧邻	预计4人/天	辐射工作人员	5.0
建设单位的机械所工厂	西侧紧邻	3栋、最高1~2F, 预计20人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
道路	北侧紧邻	预计4人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
四川省市场监督管理局1号楼	东侧 最近 5.63m	1栋、最高3~9F, 预计300人/天	周围公众	0.1
四川省市场监督管理局2号楼	西南侧 最近 39.4m	1栋、最高5F, 预计100人/天	周围公众	0.1
建设单位的实验楼	西南侧 最近 14.1m	1栋及附楼、最高3F, 预计50人/天	周围公众	0.1
52号院2栋	北侧 最近 48.4m	1栋、最高7F, 预计1人/天	周围公众	0.1
建设单位的室内环境监测站	东北侧 最近 23.5m	1栋、最高2F, 预计5人/天	周围公众	0.1
建设单位的综合楼	东北侧 最近 41.3m	1栋、最高6F, 预计30人/天	周围公众	0.1
道路	四周	预计20人/天	周围公众	0.1
基地实验室的放射性同位素实验室				
保护目标	方位与最近距离	规模	类型	剂量约束值(mSv/a)
道路	东侧 紧邻	预计10人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
γ 射线防护基准辐射实验室	北侧 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
配电所	东侧 最近 16.8m	1栋、最高2F, 预计2人/天	周围公众	0.1
计量基准实验室	东南侧 最近 42.8m	1栋、最高1F, 预计1人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
仓库2	南侧 最近 7.48m	1栋、最高1F, 预计10人/天	周围公众	0.1
流体实验室	北侧 最近 16.9m	1栋、最高1~2F在, 预计11人/天	周围公众	0.1
γ射线防护基准辐射实验室				
保护目标	方位与最近距离	规模	类型	剂量约束值(mSv/a)
道路	东侧 紧邻	预计10人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
放射性同位素实验室	南侧 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
中子强度测量标准实验室控制室	北侧 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0

配电所	东侧 最近 16.8m	1栋、最高2F, 预计 2人/天	周围公众	0.1
计量基准实验室	东南侧 最近 42.8m	1栋、最高1F, 预计 2人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
仓库2	南侧 最近 7.48m	1栋、最高1F, 预计 10人/天	周围公众	0.1
流体实验室	北侧 最近 16.9m	1栋、最高2F, 预计 10人/天	周围公众	0.1
基地实验室的中子强度测量标准实验室				
保护目标	方位与最近 距离	规模	类型	剂量约束值 (mSv/a)
中子强度测量标准实验室 控制室	东侧、南侧 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
中子 γ 射线辐射标准实验室 放射性固体废物暂存间	北侧 紧邻 楼上 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
中子 γ 射线辐射标准实验室的 控制室	东侧 最近 0.95m	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
道路	东侧, 最近 6.75m	预计11人/天	周围公众	0.1
配电所	东侧 最近 23.5m	1栋、最高2F, 预计 2人/天	周围公众	0.1
γ 射线防护基准辐射实验室	南侧 最近 2.18m	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
放射性同位素实验室	南侧 最近 6.68m	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
仓库2	南侧 最近 15.1m	1栋、最高1F, 预计 10人/天	周围公众	0.1
流体实验室	北侧 最近 10.6m	1栋、最高1~2F, 预 计20人/天	周围公众	0.1
基地实验室的中子γ射线辐射标准实验室				
保护目标	方位与最近 距离	规模	类型	剂量约束值 (mSv/a)
道路	东侧 紧邻	预计10人/天	周围公众/ 辐射工作人员	0.1/5.0
中子强度测量标准实验室	南侧 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
中子强度测量标准实验室的 控制室	南侧 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
中子 γ 射线辐射标准实验室的 控制室	南侧 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
放射性液体废物暂存间	楼上 紧邻	预计2人/天	辐射工作人员	5.0
流体实验室	北侧 最近 0.4m	1栋、最高1~2F, 预 计30人/天	周围公众	0.1
配电所	东侧 最近 19.1m	1栋、最高2F, 预计 2人/天	周围公众	0.1
仓库2	南侧 最近 18.0m	1栋、最高1F, 预计 2人/天	周围公众	0.1
招待所	北侧 最近 47.0m	1栋、最高1~2F, , 预计10人/天	周围公众	0.1
*考虑到本项目各实验室辐射源不同, 涉及评价范围亦存在院区内外之分, 故本项目评价时根据每间实验室屏蔽体划分50m评价范围。				

评价标准

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②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。

4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险值的值。

表 7-3 表面污染控制水平 单位: Bq/cm²

表面类型	β放射性物质	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹
该区内的高污染子区除外。		

表 7-4 非密封源工作场所的分级

级 别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 ⁷

8.5 放射性废物管理

8.5.1 注册者和许可证持有者应确保在现实可行的条件下，使其所负责实践和源所产生的放射性废物的活度与体积达到并保持最小。

8.5.2 注册者和许可证持有者应按照国家其他有关法规与标准的要求，对

其所负责实践和源所产生的放射性废物实施良好的管理，进行分类收集、处理、整备、运输、贮存和处置，确保：

- a) 使放射性废物对工作人员与公众的健康及环境可能造成的危害降低到可以接受的水平；
- b) 使放射性废物对后代健康的预计影响不大于当前可以接受的水平；
- c) 不给后代增加不适当的负担。

8.5.3 注册者和许可证持有者进行放射性废物管理时，应充分考虑废物的产生与管理各步骤之间的相互关系，并应根据所产生废物中放射性核素的种类、含量、半衰期、浓度以及废物的体积和其他物理与化学性质的差别，对不同类型的放射性废物进行分类收集和分别处理，以利于废物管理的优化。

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。

2) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）

5.1 一般要求

5.1.1 为开展辐射防护管理工作并对职业照射进行控制，非密封源工作场所应实行严格的分区、分级管理，分区、分级管理的措施，应遵循 GB18871-2002 的要求。

5.1.2 宜在辐射工作场所的醒目位置悬挂（张贴）辐射警告标志，人员通行和放射性物质传递的路线应严格执行相关规定，防止发生交叉污染。应制定严格的辐射防护规程和操作规程。

5.1.3 操作非密封源的单位应制定辐射防护大纲并对其实施和评价负全面责任。单位应设立相应的安全与防护机构（或专、兼职安全与防护人员），并用文件的形式明

明确规定其职责。

5.1.4 应建立安全与防护培训制度，培植和保持工作人员良好的安全文化素养，自觉遵守规章制度，掌握辐射防护基本原则、防护基本知识及辐射防护技能。

5.1.5 辐射工作人员对某些操作程序必要时应事先进行模拟试验、冷试验、热试验，当熟练掌握操作技能后方可正式开展工作。

5.1.6 如果操作过程中发现异常情况，应及时报告，并分析原因，采取措施，防止重复发生类似事件。

5.1.7 应定期检查工作场所各项防护与安全措施的有效性，针对不安全因素制定相应的补救措施，并认真落实，确保工作场所处在良好的运行状态。

5.1.8 在原有设施条件下开展新工作（包括工艺流程的重大改变和提高放射性核素日等效最大操作量），如果计划操作的放射性核素种类、操作量、操作方式以及防护设施和设备的要求超出原设计规范，应事先向主管部门提交防护与安全分析报告，经主管部门审查批准后方可进行。

5.1.9 如进行存在临界安全问题的操作，应同时遵守国家有关临界安全的规定。

5.2 操作条件

5.2.1 非密封源的操作应根据所操作的放射性物质的量和特性，选择符合安全与防护要求的条件，尽可能在通风柜、工作箱或通风橱内进行。

5.2.2 操作过程中使用的设备、仪器、仪表、器械和传输管道等应符合安全与防护要求。吸取液体的操作应使用合适的负压吸液器械，防止放射性液体溅出、溢出，造成污染。储放射射性溶液的容器应由不易破裂的材料制成。

5.2.3 有可能造成污染的操作步骤，应铺在有塑料或不锈钢等易去除污染的工作台面或搪瓷盘内进行。

5.2.4 操作中使用的容器，必要时应在其外面加一个能足以容纳其全部放射性溶液的不易破裂的套桶。

5.2.5 操作易燃易爆物质，或操作中使用高温、高电压和高气压设备时，应有可靠的防止过热或超压的保护措施，并遵守国家有关安全规定。

5.2.6 伴有强外照射的操作，应尽可能缩短操作时间，利用合适的屏蔽或使用长柄操作机械等防护措施。

5.2.7 若需要进行开启密闭工作箱门放入或取出物品及其他危险性较大的操作时，应采取安全与防护措施，并在防护人员监督下进行。

5.2.8 进行污染设备检修时，应当事先拟出计划。主要的工作内容及采取的防护措施，经现场防护人员审查同意并落实辐射防护措施后方可进行。

3) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ；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。

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。

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。

8.5 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，出入口设电离辐射警告标志。

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： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

4) 《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)

表 7-5 第一类污染物最高允许排放浓度 单位：mg/L

序号	污染物	最高允许排放
13	总 β 放射性	10Bq/L

本项目管理目标，

建设单位综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等评价标准，结合计划工作量，从而确定本项目的管理目标，职业人员年有效剂量按上述标准中规定的约束限值的1/4执行：职业人员年有效剂量不超过**5mSv**；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为**125mSv**；眼晶体的年当量剂量约束值为**37.5mSv**。公众年有效剂量约束限值按照上述标准的1/10执行，即不超过**0.1mSv**。根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）要求，使用非密封放射性物质的单位应加强个人剂量的监督检查，对每季度检测数据超过**1.25mSv**的建设单位要求进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认。当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关。建设单位中国测试技术研究院辐射管理限值承诺书见附件8。

辐射剂量率控制水平：本项目各X射线及中子相关实验室屏蔽体表面外30cm处剂量率不超过**2.5 $\mu\text{Sv/h}$** ；各 γ 射线相关实验室屏蔽体表面外30cm处剂量率不超过剂量率参考控制水平（详见表11）。

针对放射性同位素实验室：

在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**2.5 $\mu\text{Sv/h}$** ；控制区内屏蔽体外表面0.3m处的周围剂量当量率控制目标值应不大于**25 $\mu\text{Sv/h}$** ，宜不大于**2.5 $\mu\text{Sv/h}$** ；考虑到本项目使用核素辐射影响较小故将本项目该处管理目标定为**2.5 $\mu\text{Sv/h}$** ；

工作场所的通风橱柜体外表面5cm处的周围剂量当量率控制目标值应不大于**25 $\mu\text{Sv/h}$** 。考虑到本项目使用核素辐射影响较小故将本项目管理目标该处定为

2.5 μ Sv/h。

运行后表面污染检测要求：工作台、设备、墙壁、地面控制区：**4 \times 10¹⁰Bq/cm²**

工作台、设备、墙壁、地面监督区：**4Bq/cm²**

工作服、手套、工作鞋控制区、监督区：**4Bq/cm²**

手、皮肤、内衣、工作袜：**4 \times 10⁻¹Bq/cm²**

可解控的固体放射性废物：放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过

0.1mSv/h， β 表面污染小于0.8Bq/cm²

不可解控的固体放射性废物：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 发射体应小于4Bq/cm²

● **辐射剂量控制水平：**职业人员年有效剂量不超过**5mSv**

职业人员四肢（手和足）或皮肤年当量剂量约束值为

125mSv；职业人员眼晶体的年当量剂量为37.5mSv；职业

人员单季度剂量约束值为1.25mSv

公众年有效剂量不超过**0.1mSv**

表7-6 本项目放射性三废清洁解控指标

5) 中华人民共和国生态环境部《2021年全国辐射环境质量报告》中四川全省环境X- γ 空气吸收剂量率为67.0nGy/h~120.2nGy/h。

6) 结合现行最新国家标准，本项目应执行的非放环境保护标准如下。

一、环境质量标准

(一) 地表水执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准；

- (二) 环境空气执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的二级标准;
- (三) 声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准。

二、污染物排放(控制)标准

- (一) 废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准;
- (二) 一般工业固体废物贮存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020);
- (三) 营运期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中2类标准。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

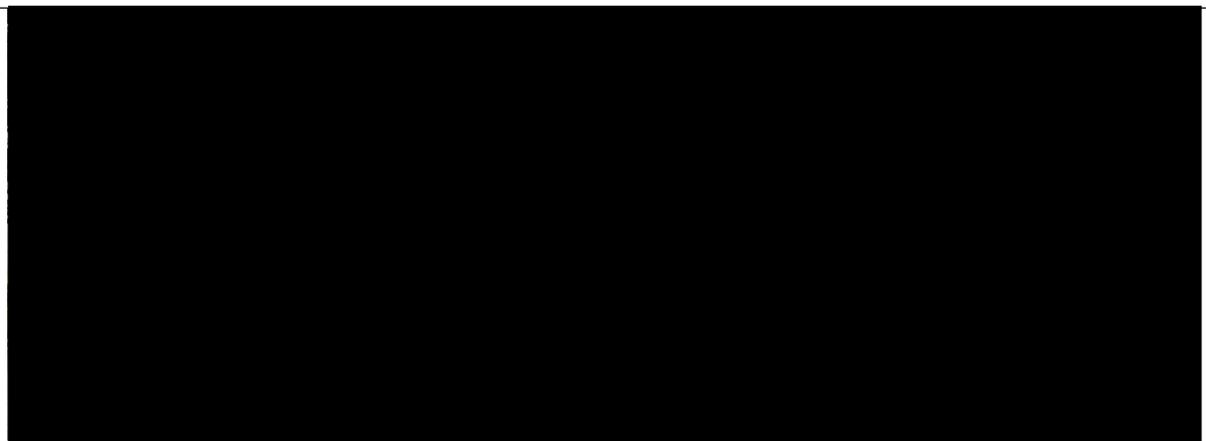
1. 项目地理和场所位置

中国测试技术研究院本部的院区东侧为居民区及四川省市场监督管理局，南侧为四川省市场监督管理局及其宿舍楼，西侧为成都市川剧研究院、成都市成华区特殊教育学校、酒店及居民区，北侧为玉双路，院区周边环境概况图见附图 2。改造前拟建址平面布局图见附图 4-1。

中国测试技术研究院基地实验室的院区周围均为山体、道路及小河，院区周边环境概况图见附图3。改造前拟建址平面布局图见附图7-1。

表 8-1 本项目辐射工作场所及所在主体建筑周边概况

辐射工作场所及所在建筑	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
本部扩建的实验室	道路	道路及第一实验室	机械所工厂	道路	半空	土层
基地实验室扩建的实验室	院区道路	仓库 2	悬崖	流体力学实验室	半空	土层



本部院区扩建实验室拟建址东侧

本部院区扩建实验室拟建址南侧

本部院区扩建实验室拟建址西侧	本部院区扩建实验室拟建址北侧
本部院区扩建实验室拟建址	
拟建址周围机械所工厂、52号院2栋、综合楼及室内环境监测站	

[Redacted]	
拟建址周围四川省市场监督管理局1号楼	拟建址周围四川省市场监督管理局2号楼
[Redacted]	
基地实验室院区扩建实验室拟建址东侧	基地实验室院区扩建实验室拟建址南侧
[Redacted]	
基地实验室院区扩建实验室拟建址西侧	基地实验室院区扩建实验室拟建址北侧

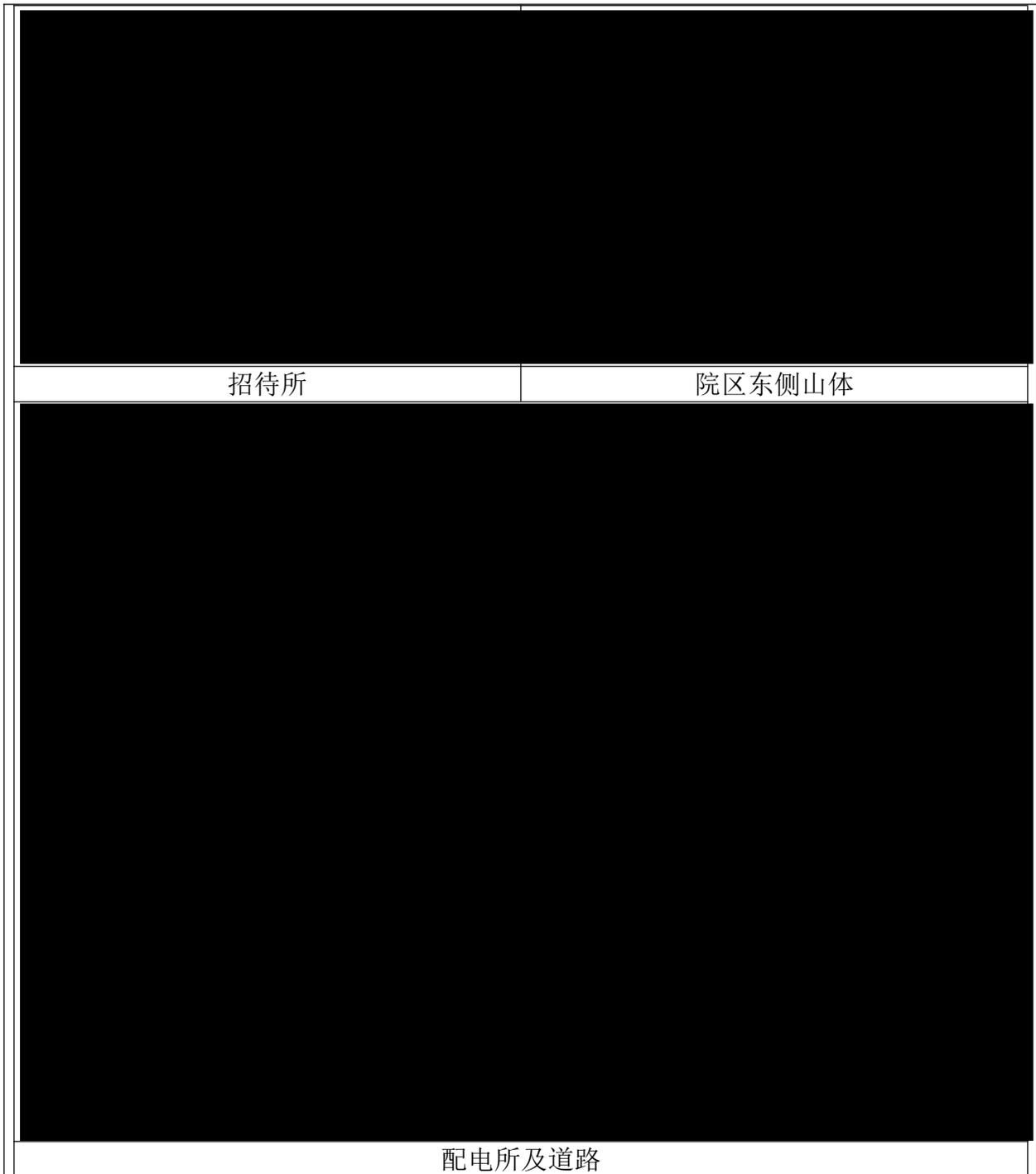


图8-1 本项目拟建址现状照片

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目拟建址周围辐射环境。
- 监测因子：X- 辐射剂量率、 表面污染、 中子剂量当量率
- 监测点位：在拟建址内部、四周及楼上布置监测点位；
在院区内外保护目标处布置监测点位。

- 布点原则：原则上在屏蔽体周围紧邻的房间内距离屏蔽体表面 30m 处距离处以及机头拟设置位置进行布点，六面墙取距离机头拟设置位置最近的方位进行布点。在建筑物内测量，考虑建筑物的类型与层次，在室内中央距地面 1m 高度处进行。另在保护目标处设置监测点位。

3. 监测方案、质量保证措施

- 监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在实验室周围及实验室内布设监测点位，测量实验室周围及实验室内天然贯穿辐射剂量率。
- 质量保证措施：委托的检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威机构组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行多级审核。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：四川致胜创科环境监测有限公司

四川省生态环境监测业务系统项目编号：[REDACTED]

（一）计量认证

从事监测的单位，四川致胜创科环境监测有限公司于2018年1月取得了原四川省质量技术监督局颁发的计量认证证书，证书编号为：[REDACTED] 有效期至2024年1月28日。

（二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（三）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

表8-2 监测仪器及监测环境

项目	监测方法	方法来源	使用仪器
X- γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	HJ1157-2021	名称：X/ γ 剂量率仪 型号：XH-3512E 编号：H01 能量相应范围：25keV~7MeV 测量范围：10nSv/h~200 μ Sv/h 校准因子：1.08 校检有效期：2022.11.28 证书编号：检字第[2021]-L1308
	《辐射环境监测技术规范》	HJ61-2021	
β 表面污染	《表面污染测定》第1部分： β 发射体（ $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体	GB/T 14056.1-2008	名称：表面沾污仪 型号：COMMO170 编号：H04 表面发射率响应： $\alpha:35.5\text{s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}$ $\beta:55.9\text{s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}$
	辐射环境监测技术规范	HJ61-2021	校检有效期：2023.01.23 证书编号：检定字第 202201004756
中子剂量当量率	《辐射防护仪器中子周围剂量当量（率）仪》	GB/T14318-2019	名称：中子周围剂量当量（率）仪 型号：XH-3028 编号：H05 校准因子：0.98
	《辐射环境监测技术规范》	（HJ61-2021）	校检有效期：2022.12.30 证书编号：检字第[2021]-N1578

监测结果：本项目实验室拟建址周围辐射环境见下图下表。（报告见附件13）。

表8-3 本项目实验室周围环境 X- γ 辐射剂量率监测结果

点位号	监测位置	X- γ 辐射剂量率（ μ Sv/h）		扣除设备宇宙射线响应值（ μ Sv/h）	备注
		平均值	标准差		
1	本部院区实验室拟建址东部（北）	0.1529	0.0013	0.1224	室内
2	本部院区实验室拟建址东部（中）	0.1513	0.0010	0.1211	室内
3	本部院区实验室拟建址东部（南）	0.1535	0.0026	0.1229	室内
4	本部院区实验室拟建址中部（北）	0.1476	0.0007	0.1180	室内
5	本部院区实验室拟建址中部（南）	0.1464	0.0008	0.1170	室内
6	本部院区实验室拟建址西部（北）	0.1450	0.0009	0.1158	室内
7	本部院区实验室拟建址西部（中）	0.1525	0.0006	0.1220	室内
8	本部院区实验室拟建址西部（南）	0.1461	0.0007	0.1167	室内
9	本部院区实验室拟建址东侧	0.1386	0.0009	0.1104	室外

10	本部院区实验室拟建址南侧	0.1380	0.0012	0.1099	室外
11	本部院区实验室拟建址西侧	0.1371	0.0019	0.1092	室内
12	本部院区实验室拟建址北侧	0.1388	0.0006	0.1106	室外
13	四川省市场监督管理局 2 号楼北侧楼前	0.1315	0.0031	0.1040	室外
14	建设单位的第一实验楼 1F 东北侧楼内	0.1317	0.0029	0.1047	室内
15	院区道路	0.1325	0.0029	0.1048	室外
16	四川省市场监督管理局 1 号楼西侧楼前	0.1375	0.0219	0.1090	室外
17	建设单位的机械所工厂东部楼内	0.1506	0.0025	0.1205	室内
18	建设单位的室内环境监测站西南部楼内	0.1557	0.0019	0.1247	室内
19	建设单位的综合楼西南部楼内	0.1505	0.0030	0.1198	室内
20	52 号院 2 栋西南部楼外	0.1509	0.0015	0.1207	室外
21	52 号院 2 栋东南部楼内	0.1506	0.0017	0.1199	室内
22	环境背景值	0.1269	0.0032	0.1002	于院区内北部道路取点（室外）

注：1、扣除设备宇宙射线响应值换算依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；2、X- γ 辐射剂量率的设备宇宙射线响应值引用 ZSCK20220103 号报告数据，本次监测所用设备宇宙射线响应值为：0.0056 $\mu\text{Gy/h}$ ，室内修正系数为 0.8、地下室为 0.9、室外为 1.0；3、监测布点图见附图 1、附图 2。

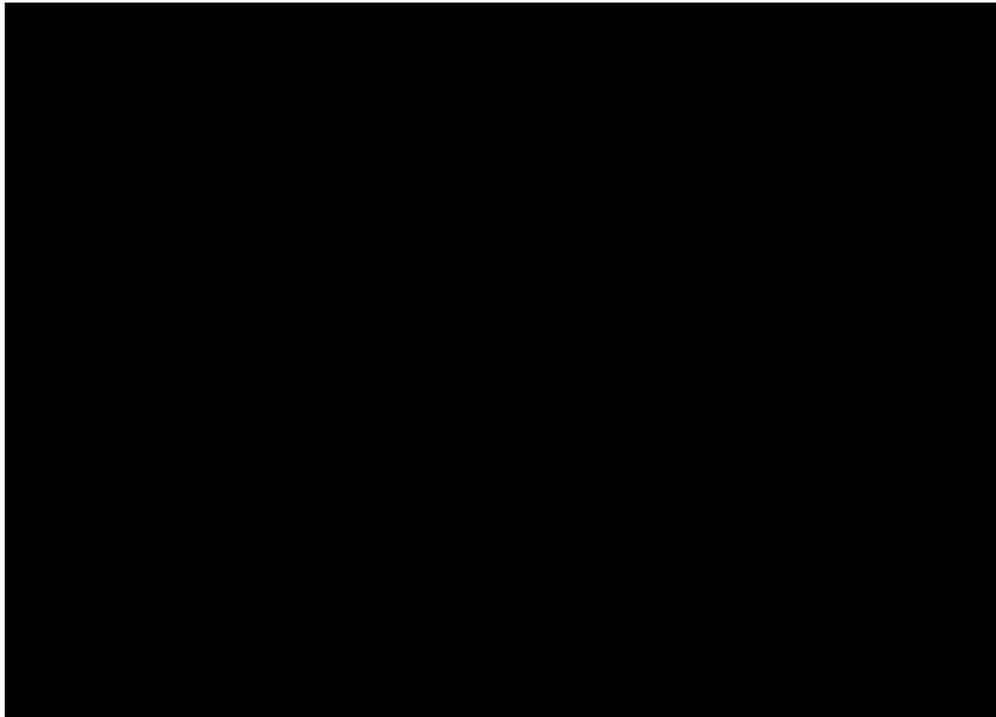


图 8-2 本项目拟建址周围及内部辐环境监测点位（1）



图 8-2 本项目拟建址周围及内部辐射环境监测点位（2）

表 8-4 本项目实验室周围环境 X-γ辐射剂量率监测结果

点位号	监测位置	X-γ辐射剂量率（μSv/h）		扣除设备宇宙射线响应值（μSv/h）	备注
		平均值	标准差		
1	基地实验室实验室拟建址东部（北）	0.1413	0.0289	0.1127	室内
2	基地实验室实验室拟建址东部（中）	0.1275	0.0023	0.1012	
3	基地实验室实验室拟建址东部（南）	0.1074	0.0035	0.0844	
4	基地实验室实验室拟建址中部（北）	0.1074	0.0021	0.0844	
5	基地实验室实验室拟建址中部（南）	0.1229	0.0014	0.0974	
6	基地实验室实验室拟建址西部（北）	0.1215	0.0014	0.0962	
7	基地实验室实验室拟建址西部（中）	0.1292	0.0014	0.1026	
8	基地实验室实验室拟建址西部（南）	0.1199	0.0012	0.0949	
9	20号楼东侧	0.1322	0.0021	0.1045	室外
10	仓库2北部室内	0.1177	0.0014	0.0930	室内
11	流体实验室南部室内	0.1265	0.0020	0.1004	

12	招待所南部室内	0.1140	0.0048	0.0900	
13	仓库 1 北部室内	0.1260	0.0012	0.0994	
14	院区道路	0.1175	0.0016	0.0923	室外
15	计量基准实验室 西北部室内	0.1197	0.0026	0.0942	室内
16	配电所西部室内	0.1238	0.0014	0.0975	
17	环境背景值	0.1209	0.0013	0.0957	于大邑基地 内道路取点 (室外)

注：1、扣除设备宇宙射线响应值换算依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；2、X- γ 辐射剂量率的设备宇宙射线响应值引用 ZSCK20220103 号报告数据，本次监测所用设备宇宙射线响应值为：0.0056 $\mu\text{Gy/h}$ ，室内修正系数为 0.8、地下室为 0.9、室外为 1.0；3、监测布点图见附图 1、附图 2。

表 8-5 本项目实验室周围环境 β 表面污染监测结果

点位号	监测位置	β 表面污染	备注	
1	放射性同位素实验室拟建址东部（北）	0.33Bq/cm ²		
2	放射性同位素实验室拟建址东部（南）	≤LLD		
3	放射性同位素实验室拟建址中部（北）	≤LLD		
4	放射性同位素实验室拟建址中部（南）	0.35Bq/cm ²		
5	放射性同位素实验室拟建址西部（北）	≤LLD		
6	放射性同位素实验室拟建址西部（南）	≤LLD		
7	基地实验室中子强度测量标准实验室 东部（北）	0.34Bq/cm ²		/
8	基地实验室中子强度测量标准实验室 东部（南）	≤LLD		
9	基地实验室中子强度测量标准实验室 西部（北）	≤LLD		
10	基地实验室中子强度测量标准实验室 西部（南）	0.32Bq/cm ²		
11	放射性同位素实验室拟建址东侧	0.10Bq/cm ²		
12	放射性同位素实验室拟建址南侧	≤LLD		
13	环境背景值	0.23CPS		于 20 号楼东北侧道 路取点（室外）

注：1、以上数据已扣除环境背景值。2、LLD=0.05Bq/cm²。3、监测布点图见附图 3。

表 8-6 本项目实验室周围环境 neutron 剂量当量率监测结果

点位号	监测位置	中子周围剂量当量率		备注
		平均值	标准差	
1	基地实验室中子 γ 辐射标准实验室拟建址东部（北）	<LLD	/	
2	基地实验室中子 γ 辐射标准实验室拟建址东部（南）	<LLD	/	
3	基地实验室中子 γ 辐射标准实验室拟建址中部	<LLD	/	
4	基地实验室中子 γ 辐射标准实验室拟建址西部（北）	<LLD	/	
5	基地实验室中子 γ 辐射标准实验室拟建址西部（南）	<LLD	/	
6	基地实验室控制室拟建址	<LLD	/	
7	基地实验室中子强度测量标准实验室拟建址北部	<LLD	/	
8	基地实验室中子强度测量标准实验室拟建址南部	<LLD	/	
9	20 号楼东侧	<LLD	/	
10	流体实验室南部室内	<LLD	/	
11	配电所西部室内	<LLD	/	
12	招待所南部室内	<LLD	/	
13	仓库 2 北部室内	<LLD	/	
14	院区道路	<LLD	/	
15	环境背景值	<LLD	/	

注：1、以上数据均未扣除环境背景值。2、监测布点图见附图 4，附图 5。3、LLD=0.01 μ Sv/h。

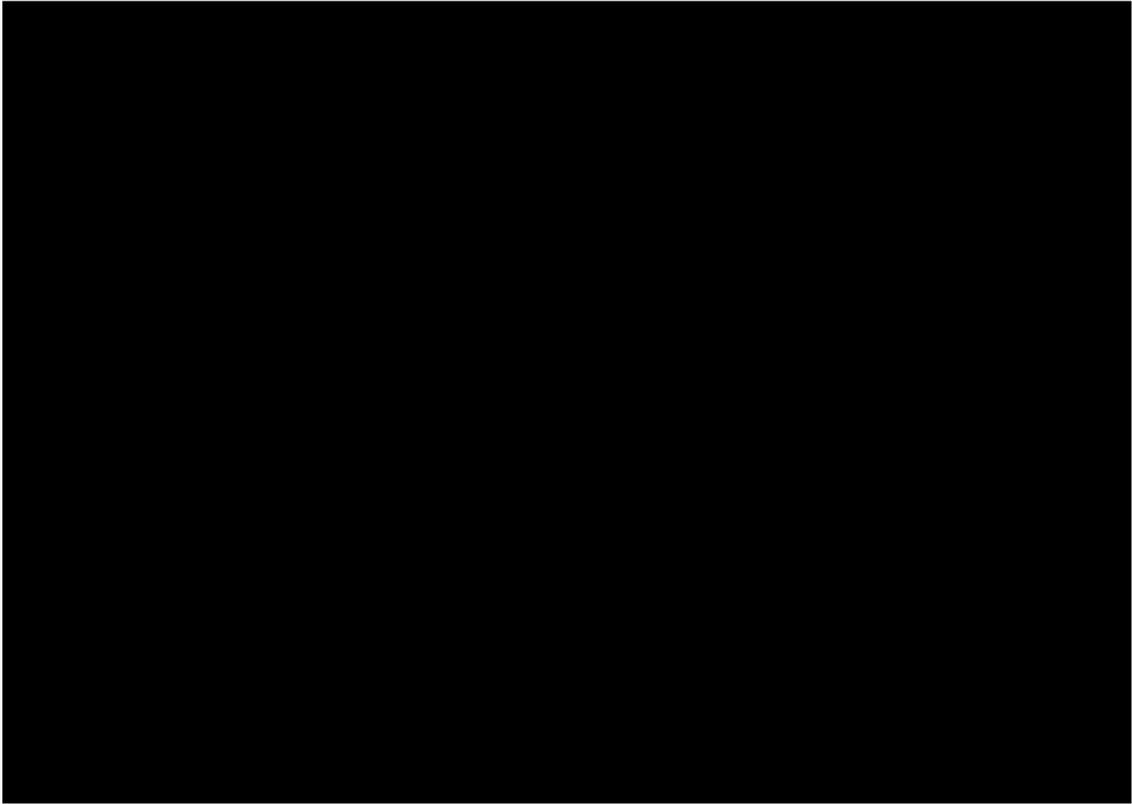


图 8-3 本项目实验室拟建址周围及内部辐射环境监测点位（1）

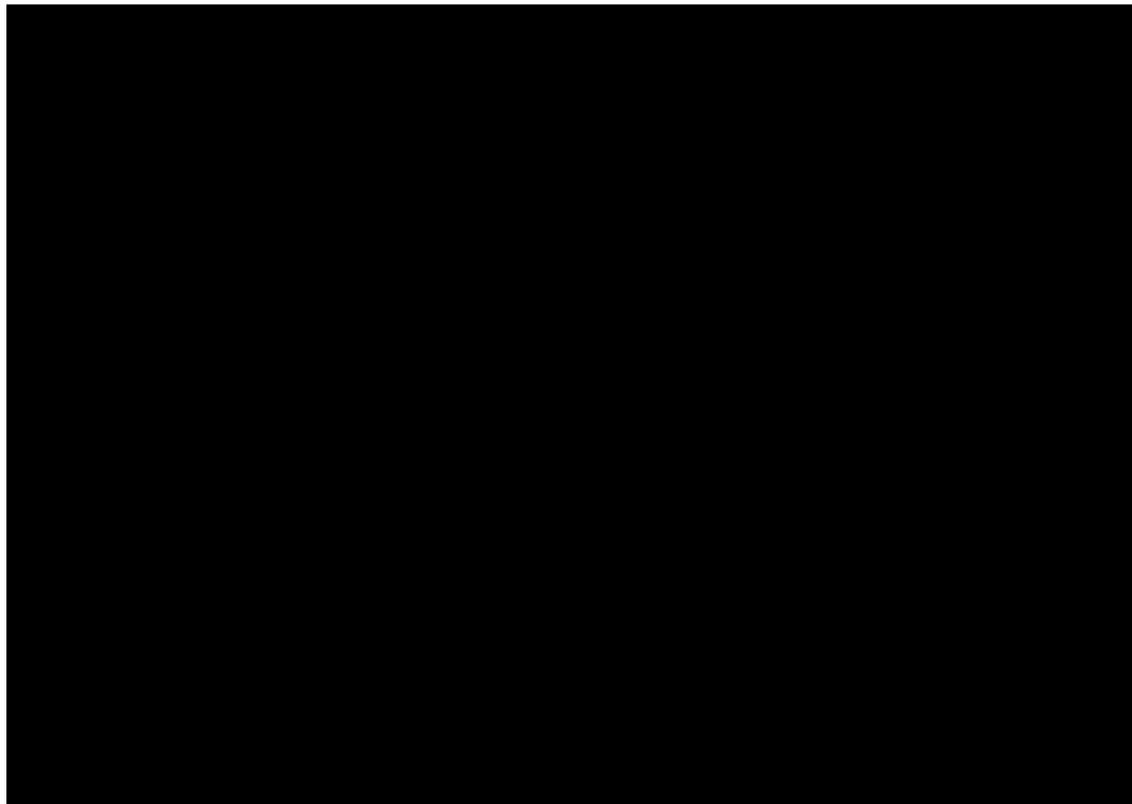


图 8-3 本项目实验室拟建址周围及内部辐射环境监测点位（2）



图 8-3 本项目实验室拟建址周围及内部辐射环境监测点位（3）

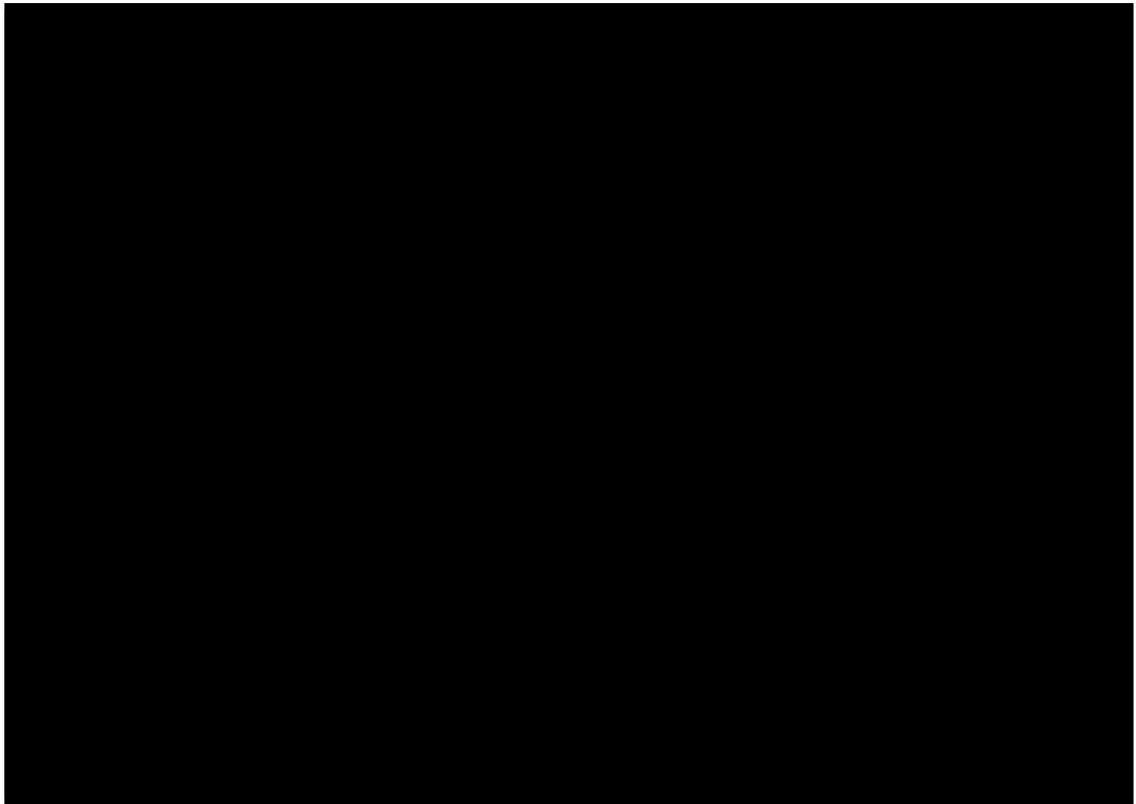


图8-3 本项目实验室拟建址周围及内部辐射环境监测点位（4）

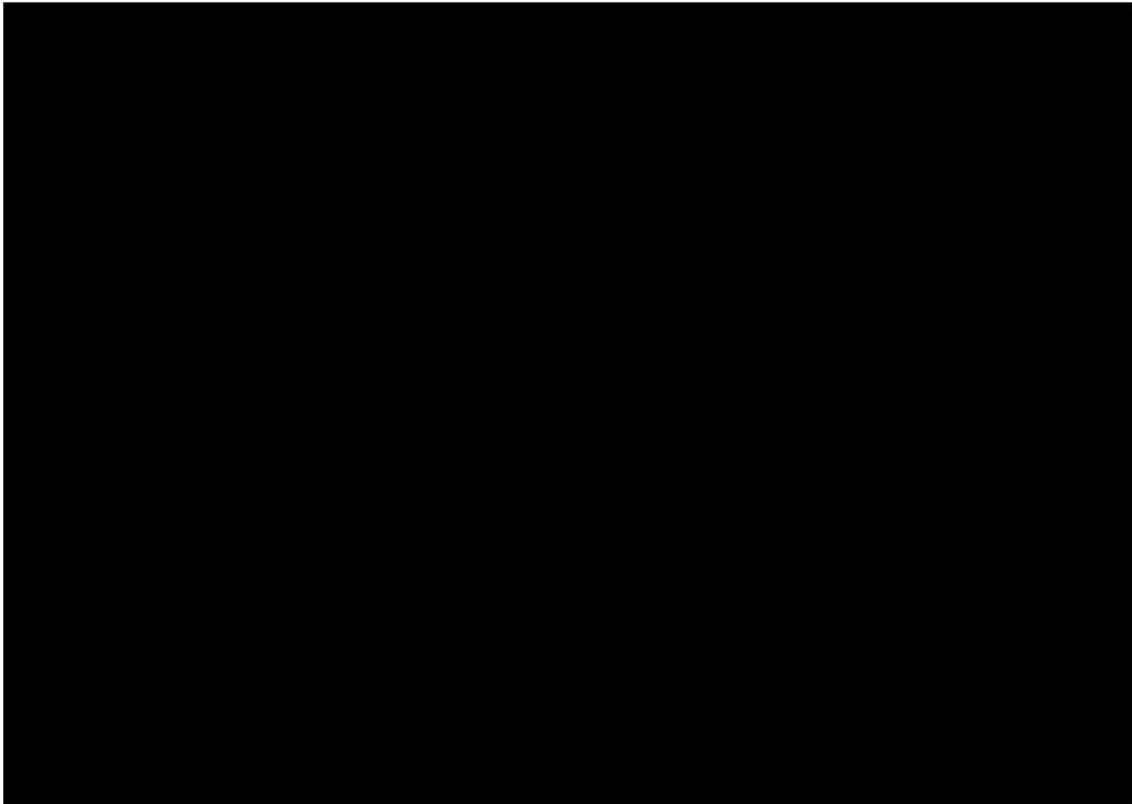


图8-3 本项目实验室拟建址周围及内部辐射环境监测点位（5）

根据中华人民共和国生态环境部《2020年全国辐射环境质量报告》中全省环境 X- γ 空气吸收剂量率为 67.5nGy/h~121.3nGy/h。由监测结果可知：在当前检测工况下（本底检测），中国测试技术研究院扩建电离辐射标准实验室项目拟建址及周围环境 X- γ 辐射剂量率与全省环境电离辐射水平基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、本部

1、 γ 射线防护标准实验室

1.1 工程设备

该计量标准配备含源装置一台，装置内有放射源一枚，信息见下表：

表9-1 放射源信息

核素	活度	照射方向	类别	管理等级
Cs-137	3.70E+09Bq	实验室南墙	密封源	IV类

表 9-2 物理特性

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度 (%)	周围剂量当量率常数(裸源) Gy·m ² /(Bq·s)	毒性组别	平均 β 射线能量 (keV)	来源
Cs-137							自有

1.2 辐照器

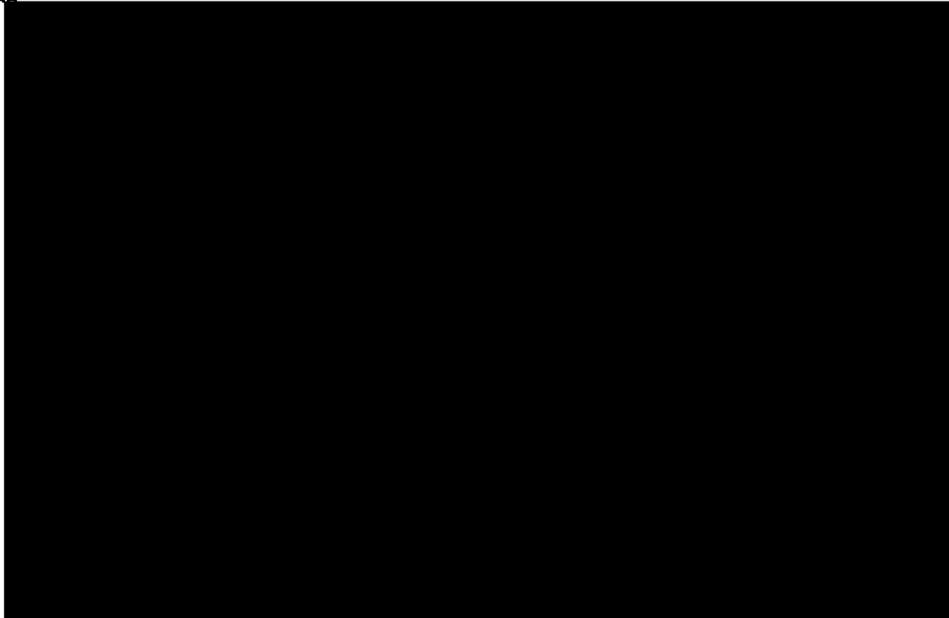


图 9-1 辐照器结构示意图

γ 水平空气比释动能（防护水平）计量标准使用的含源装置叫做双源辐照器（本项目只装一枚 Cs-137），用于存储放射源和提升放射源至出束口进行照射。铅室由

金属铅构成，外部为不锈钢罩，储位铅当量 $\geq 250\text{mmPb}$ 。中间源棒为钨合金材料，用于携带放射源进行垂直方向上的运动。铅室设计装源活度通常不大于 20Ci ，放射源处于储位时，装置外表面 30cm 处辐射水平能够确保低于 $0.5\mu\text{Gy/h}$ 。

设备入场完成安装后，双源辐照器固定于地面不可移动。射线为定向准直束，向远离防护门的方向进行照射（**朝向实验室南墙**），射角约为 .

1.3 工作流程

非工作状态下，放射源位于辐照器储位，辐射工作人员可自由进出实验室。

进行辐射监测仪器的检定时，辐射工作人员打开实验室防护门，将待检定的仪器放置在校准平台上，仪器的探头正对辐照器的出束口，位于射束的轴线上。

调整好仪器各项参数，人员撤出实验室，关闭防护门。工作人员在控制室内通过计算机软件控制辐照器进行出源。在出源前，安全系统将自动检测实验室内是否有人人员驻留以及防护门是否关闭。仅有确认实验室无人且防护门关闭，控制软件才能下发照射指令。

出源以后， γ 射线照射被检定仪器，工作人员通过视频读取仪器上的读数，完成检定工作。在出源时，位于实验室内射线报警仪探测器会检测到射线，位于控制室内的主机则发出声光报警用于警示。工作人员在控制室内还可通过监控视频观察实验室内情况。

1.4 工作量

检定一台仪器所需的照射时间约为 5 分钟，年检定量不超过 3000 台。

1.5 产污环节

工作流程及产污环节见图 9-2。

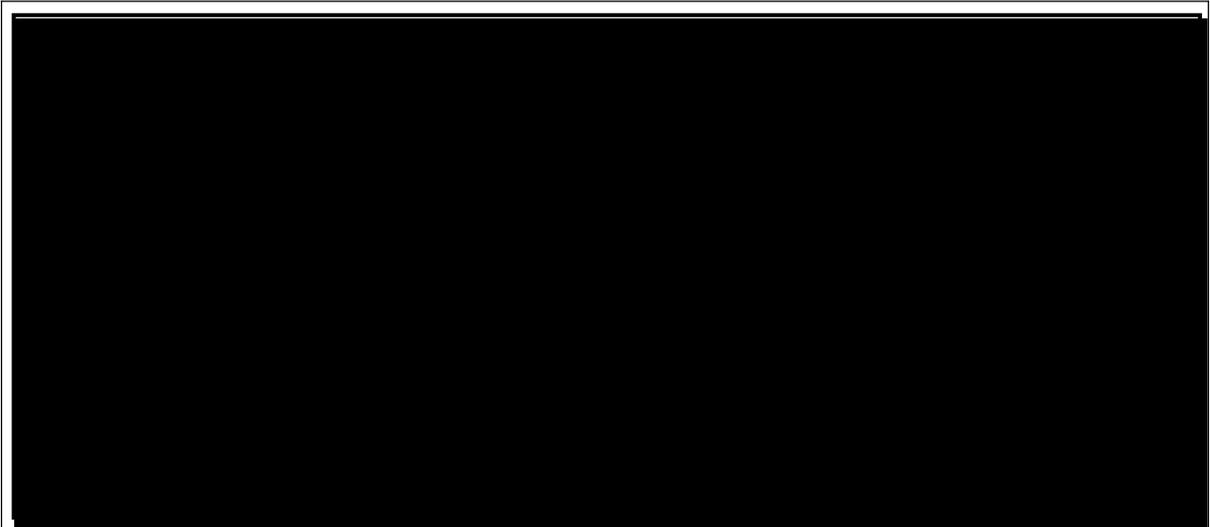


图 9-2 γ 防护标准实验室工作流程及产污环节

2、本部 X 射线诊断/防护标准实验室（诊断）

2.1 工程设备

该计量标准配备 X 射线源一台，信息见下表：

表9-3 射线装置信息

名称	照射方向	参数	管理等级
诊断 X 射线辐射源	垂直向下		III 类

2.2 X 射线源



图 9-3 射线源结构示意图

射线源的屏蔽罩铅当量约为 [redacted] 设备安装完成后，固定在地面上使用。射束为定向准直束，**竖直向地面照射**，射角约为 [redacted]。

其中，诊断 X 射线辐射源最大管电压 150kV，最大管电流为 630mA，最大功率 [redacted]

2.3 工作流程

非工作状态下辐射工作人员可自由进出实验室。

进行辐射监测仪器的检定时，辐射工作人员打开实验室的防护门，将待检定的仪器放置在校准平台上，仪器的探头正对出束口，位于射束的轴线上。

调整好仪器各项参数，人员撤出实验室，关闭防护门。工作人员在控制室内，通过计算机软件控制射线装置出束。在出束前，安全系统会自动检测实验室内是否有人员驻留，防护门是否关闭，只有确认实验室无人且防护门关闭，控制软件才能下发照射指令。

出束后，X 射线照射被检定仪器，工作人员通过视频读取仪器上的读数，完成检定工作。在出源时，位于实验室内的射线报警仪探测器会检测到射线，位于控制室内的主机则发出声光报警用于警示。工作人员在控制室内，还可以通过监控视频观察实验室内的情况。

2.4 工作量

检定一台仪器所需的照射时间约为 5 分钟，年检定量不会超过 200 台。

2.5 产污环节



图 9-4 X 射线诊断标准实验室工作流程及产污环节

3、本部 X 射线诊断/防护标准实验室（防护）

3.1 工程设备

该计量标准配备 X 射线源一台，信息见下表：

表9-3 射线装置信息

名称	照射方向	参数	管理等级
X 射线辐射源	实验室西墙		II 类

3.2 X 射线辐射源

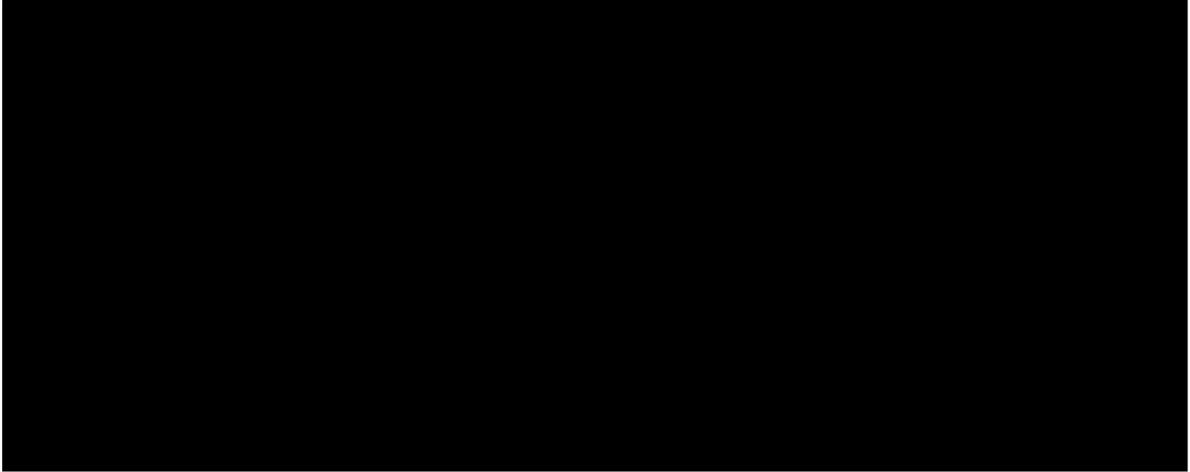


图 9-5 射线源结构示意图

X 射线空气比释动能（治疗水平/防护水平）计量标准使用的射线源，最大管电压为 320kV，最大管电流为 22.5mA，最大工作功率为 [REDACTED]，射线出束时经过 [REDACTED] 的固有过滤。射线管外有屏蔽罩，屏蔽罩铅当量 [REDACTED]。

设备入场完成安装后，射线源固定在地面上不可移动。射束为定向准直束，向远离防护门的方向进行照射（**朝向实验室西墙**），辐射角为 [REDACTED]。

3.3 工作流程

非工作状态下人员可自由进出实验室。

进行辐射监测仪器的检定时，辐射工作人员打开实验室的防护门，将待检定的仪器放置在校准平台上，仪器的探头正对出束口，位于射束的轴线上。

调整好仪器各项参数，人员撤出实验室，关闭防护门。工作人员在控制室内，通过计算机软件，控制辐照器进行出束。在出束前，安全系统会自动检测实验室内是否有人驻留，防护门是否关闭，只有确认实验室无人且防护门关闭，控制软件才能下发照射指令。

出束以后，X 射线照射被检定仪器，工作人员通过视频读取仪器上的读数，完成检定工作。在出源时，位于实验室内射线报警仪探测器会检测到射线，位于控制室内的主机则发出声光报警用于警示。工作人员在控制室内，还可以通过监控视频观察实验室内情况。

3.4 工作量

检定一台仪器所需的照射时间约为 10 分钟，年检定量不会超过 2000 台。

本项目X射线装置辐射影响影响伴随开关机产生或消失，仅在出束过程中将产生X射线、臭氧及氮氧化物。人员进出实验室过程不会受到辐射影响。

3.5 产污环节



图 9-6 X 射线防护标准实验室工作流程及产污环节

二、基地实验室

1、放射性同位素实验室

本项目放射性同位素实验室内使用 F-18、Mn-56、Fe-59、Co-60、Tc-99m、I-131、Cs-134、Eu-152、Au-198 共计 9 种核素，均用于检定及校准。涉及到检测装置为 $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 数字符合装置。

1.1 非密封放射性物质用量及物理特性

表 9-4 本项目非密封放射性物质利用情况一览表

核素名称	性状	规格	贮藏	包装	批准文号	购置企业
F-18	无色澄清液体	50 μ Ci/瓶	置于铅盒内的玻璃容器中，容器表面辐射水平应符合规定。	玻璃瓶	/	北京树诚科技发展有限公司
Mn-56	淡粉色的胶体溶液	50 μ Ci/瓶		玻璃瓶	/	
Fe-59	深棕色的胶体溶液	50 μ Ci/瓶		玻璃瓶	/	

Co-60	红色的胶体溶液	50 μ Ci/瓶		玻璃瓶	/	
Tc-99m	无色澄清液体	50 μ Ci/瓶		玻璃瓶	/	
I-131	无色澄清液体	50 μ Ci/瓶		玻璃瓶	/	
Cs-134	无色澄清液体	50 μ Ci/瓶		玻璃瓶	/	
Eu-152	无色澄清液体	50 μ Ci/瓶		玻璃瓶	/	
Au-198	樱红色胶体液体	50 μ Ci/瓶		玻璃瓶	/	

表 9-5 物理性质

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度 (%)	周围剂量当量率常数 (裸源)
F-18				
Mn-56				
Fe-59				
Co-60				
Tc-99m				

I-131	
Cs-134	
Eu-152	
Au-198	

1.2 $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 数字符合装置工作原理和 4π 薄膜源制备工艺流程

(1) 工作原理

$4\pi\beta\text{-}\gamma$ 数字符合装置的工作原理是利用定标器分别记录 β 探测器和 γ 探测器的计数率，再利用符合电路和定标器记录两种探测器的符合事件计数率，一般使用三路定标

器来同时测量 β 计数率、 γ 计数率和符合计数率，是通过高速数据采集卡将 β 信号和 γ 信号转化为数字信号并保存在硬盘中，然后通过离线符合软件对保存的数字信号进行处理得到符合计数。由探测器以及 NIM 插件、基于 PXI 机箱的数据采集系统和基于个人剂量计的数字符合计算软件组成，其结构框图如下：

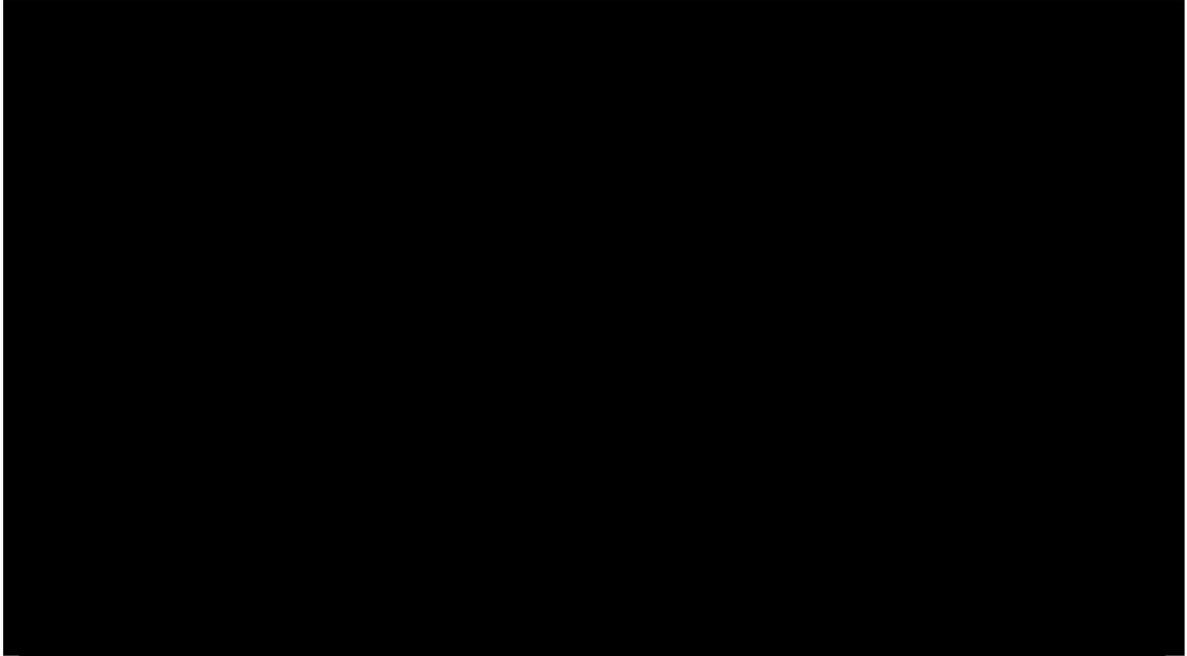
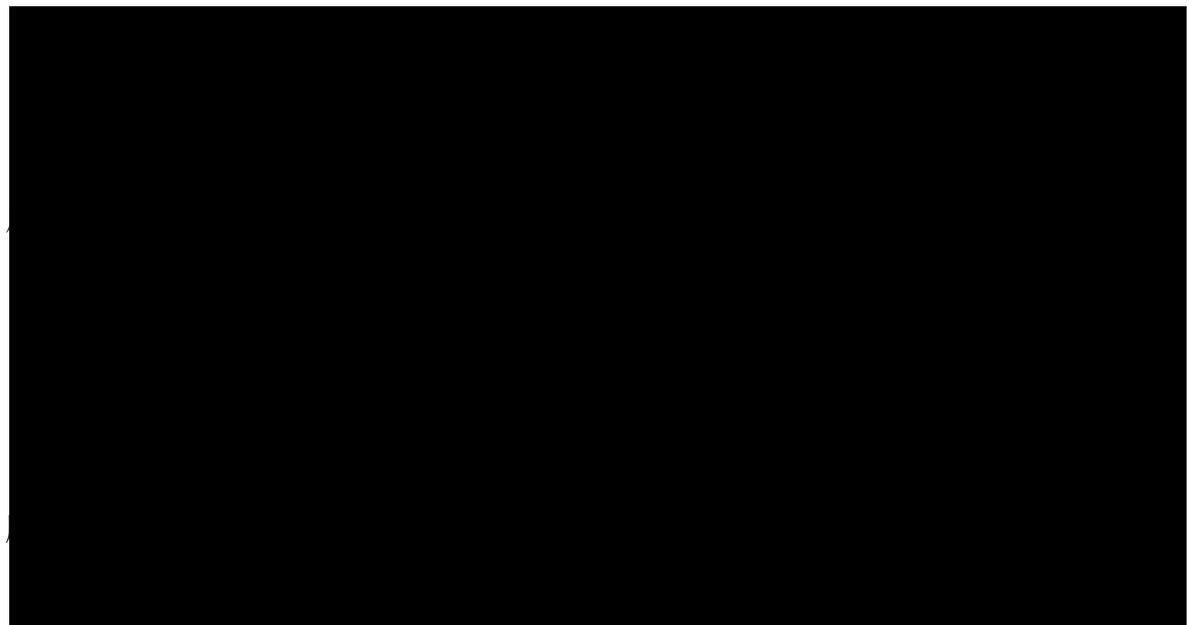


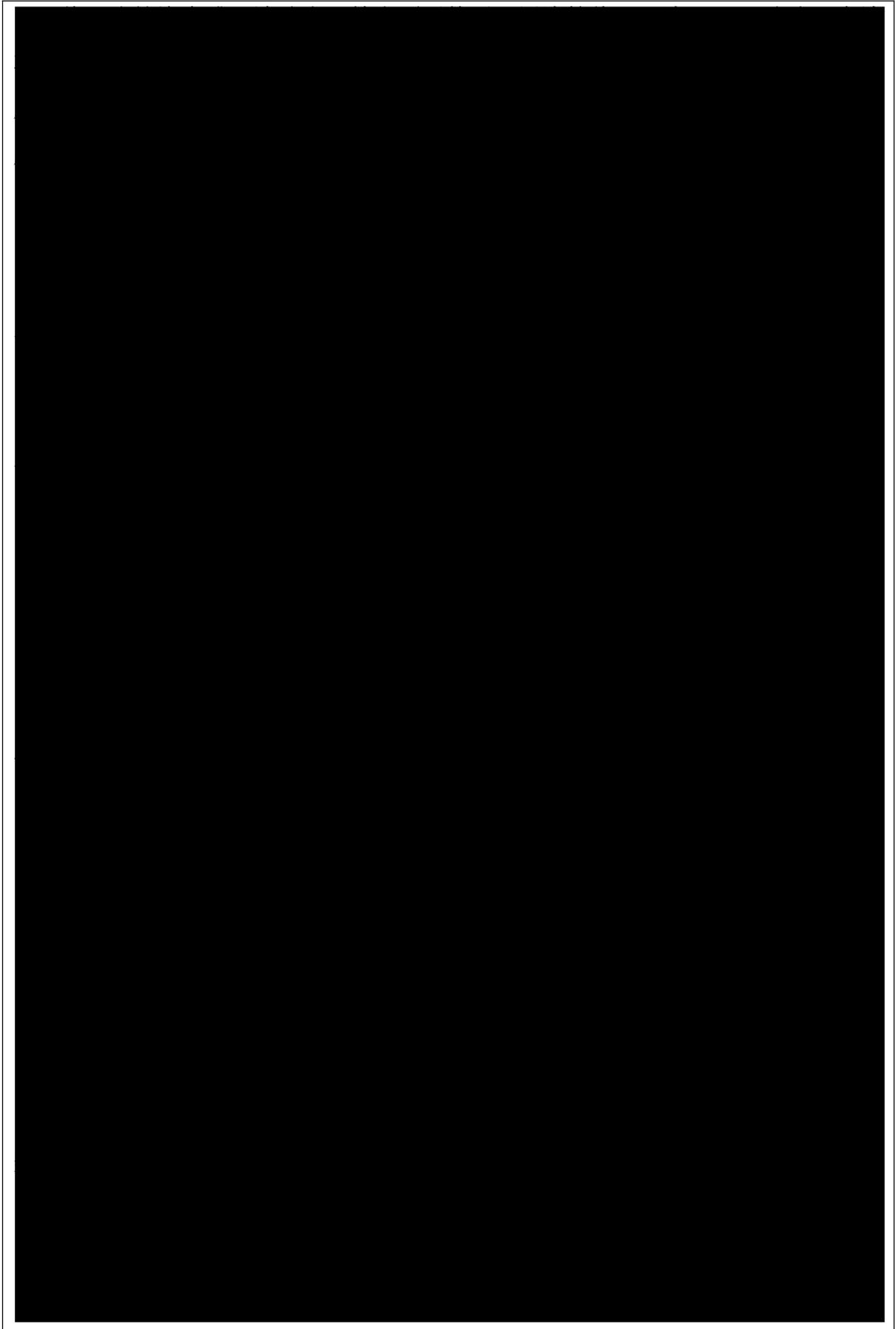
图 9-7 $4\pi\beta$ - γ 数字符合装置结构框图

(3) 工作流程及产污环节分析

用 $4\pi\beta$ - γ 符合装置绝对测量时，待测溶液要求制成薄膜源，薄膜源活度为 $1.00\text{E}+03\sim 1.00\text{E}+04\text{Bq}$ ，其工作流程如下：

(一) 薄膜制备





c.每种样品至少测量六个薄膜源，测量结束后重复 a 项，确认测量数据有效。

(四) 数据处理

对测量结果数据进行计算及分析。

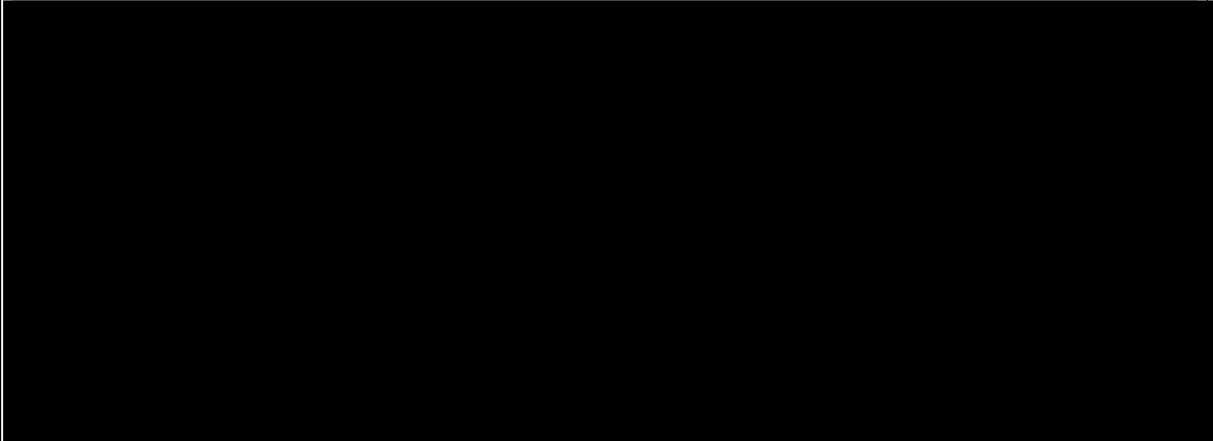


图 9-8 工作流程及产物环节图

(五) 工作量

表 9-6 职业及公众受照射时间核算表

核素	操作方式		每日操作时间 (min)	年操作天数 (d)	受影响时间(h)
F-18/ Mn-56/ Fe-59/ Tc-99m/ Cs-134/ Eu-152/ Au-198	职业	取药	1	25	0.42
		配制	9		3.75
		实验	20		8.33
		处理废弃物/清洁	10		4.17
	公众	预计每日不超过 40min			16.67
核素	操作方式		每日操作时间 (min)	年操作天数 (d)	受影响时间(h)
Co-60/ I-131	职业	取药	1	30	0.5
		分药及配制	9		4.5
		实验	20		10
		处理废弃物/清洁	10		5
	公众	预计每日不超过 40min			20

(4) 非密封放射性物质用量

根据建设单位提供信息，本项目各核素实验频率和用量情况见表9-3。

表9-7 非密封放射性物质用量一览表

核素名称	单块薄膜最大用量(Bq)	最多核素使用量/次	最多实验次数/日	最多核素使用量/日	实验天数/年	最多核素使用量/年
F-18						
Mn-56						
Fe-59						
Co-60						
Tc-99m						
I-131						
Cs-134						
Eu-152						
Au-198						

*因单个薄膜源活度不定，选取范围内最大值进行估算。由每日核素最大用量乘以实验天数获得年最大用量。实际每日各核素用量远远小于单瓶定制的总活度（日最大操作量），因而即使考虑使用的短半衰期核素的衰变过程，实验时活度亦能满足需求。

2、 γ 射线防护基准辐射实验室**2.1 工程设备**

因辐射防护监测仪器检定需求，中国测试技术研究院拟在 γ 射线防护基准辐射实验室内配备含源装置2台。其中1台装置内将放置1枚Co-60放射源（建设单位原有，目前暂存于四川大学720所，本项目获批后将搬迁至此），另1台在装置内将放置1枚Cs-137放射源（拟购），信息见下表：

表9-8 放射源信息

核素	许可活度	现有活度	照射方向	类别	管理等级
Co-60	7.4E+12Bq	1.15E+12Bq	实验室西墙	密封源	II类
Cs-137	1.85E+11Bq		实验室西墙	密封源	III类

表9-9 物理性质

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度(%)	周围剂量当量率常数(裸源) Gy·m ² /(Bq·s)	毒性组别	平均 β 射线能量(keV)	来源
Co-60							自有
Cs-137							拟购

--	--	--	--	--	--	--	--

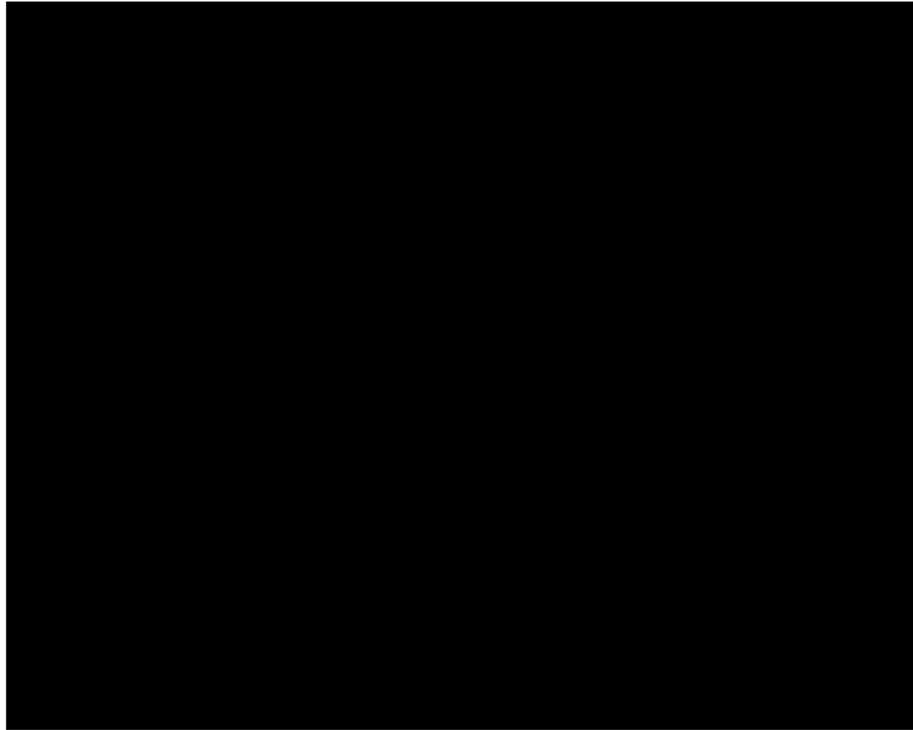


图 9-9 含源装置结构示意图

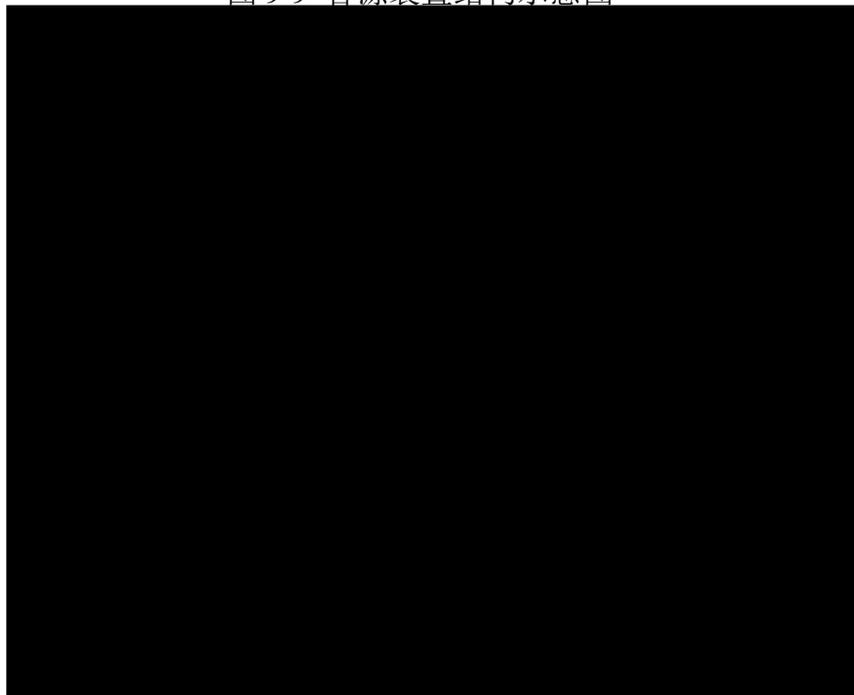


图 9-10 类似 γ 射线含源装置外观图

γ 水平空气比释动能（防护水平）计量标准使用的含源装置叫做双源辐照器（本项目只装一枚 Co-60），用于存储放射源和提升放射源至出束口进行照射。铅室由金属铅构成，外部为不锈钢罩，储位铅当量 [REDACTED] 中间源棒为钨合金材料，用于携带放射源进行垂直方向上的运动。铅室设计装源活度不大于 20Ci,放射源处于储位时，装置外表面 30cm 处辐射水平低于 0.5 μ Gy/h。设备入场完成安装后，双源辐照器会固定在地面上，不可移动。射线是定向准直束，向远离防护门的方向进行照射（朝向实验室西墙），射角约为 [REDACTED]

（2）工作原理

为了保证监测数据的准确、有效，辐射监测仪器需要定期检定，检定是指检查仪器的示值与相应的被测量的已知值之间的偏移是否小于标准、规程或技术规范规定的最大允许误差。根据检定的结果，可对辐射监测仪器作出继续使用、调整、修理或声明报废的决定。

辐射监测仪器的检定方法有标准源法和标准仪器法两种，本评价项目使用的是标准仪器法。

标准仪器法是指，由稳定放射源提供辐照背景，使用标准仪器测量参考点位的辐射强度，将被检仪器置于参考点位测量辐射强度，比较标准仪器的测值和被检仪器的测值，给出校准/刻度因子，计算相对固有误差，进行检定。

（3）工作流程及产污环节分析

①非工作状态下：放射源位于含源装置储位，辐射工作人员可自由进出实验室。

②工作状态下：

a、进行辐射监测仪器的检定时，辐射工作人员打开实验室的防护门，将待检定的仪器放置在校准平台上，仪器的探头正对含源装置的出束口，位于射束的轴线上。

b、调整好仪器各项参数，人员撤出实验室，关闭防护门。

c、辐射工作人员在控制室内，通过计算机软件，控制含源设备进行出源。在出源前，安全系统会自动检测实验室内是否有人驻留，防护门是否关闭，只有确认实验室无人且防护门关闭，控制软件才能下发照射指令。

d、出源以后， γ 射线照射被检定仪器，工作人员通过视频读取仪器上的读数，完成检定工作。在出源时，位于实验室内射线报警仪探测器会检测到射线，位于控制室内的主机则发出声光报警用于警示。辐射工作人员在控制室内，还可以通过监控视

频观察实验室内的情况。此时产生主要污染物，为 γ 射线、 β 射线、少量的臭氧和氮氧化物。

e、检定工作结束后，辐射工作人员通过计算机软件关闭含源设备的发射窗口，并将放射源降至储源器内，此时实验室内的射线报警仪探测器检测不到射线，控制室内的主机则停止发出声光报警，然后打开防护门，携带辐射剂量率报警仪或监测仪器进入实验室，通过报警仪或监测仪器进一步确认实验室内的辐射水平降至正常水平后才进入实验室内部。

f、取出被检仪器，关闭实验室的防护门，在控制室或办公室进行后期的数据处理。

工作流程及产污环节见图 9-11

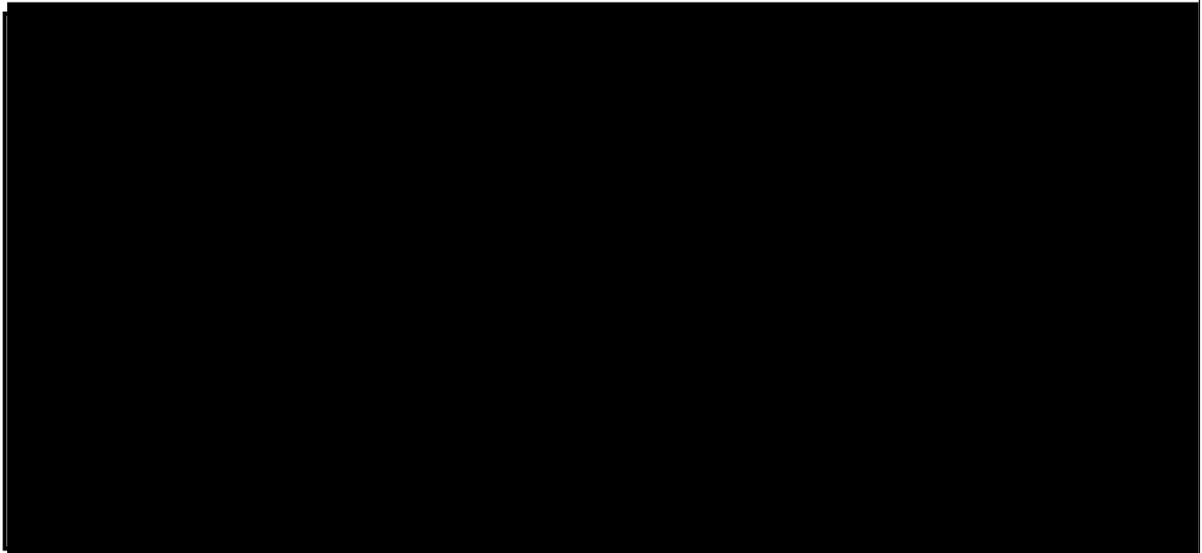


图 9-11 γ 防护标准实验室工作流程及产污环节

(4) 工作量

检定一台仪器所需的照射时间约为 5 分钟，每台计量装置年检定量不超过 3000 台。

3、中子强度测量标准实验室

(1) 工程设备

因中子源强度测量需求，中国测试技术研究院拟在中子强度测量标准实验室及控制室配备锰浴装置一台，用于中子源强度进的测量，测量源强范围为 $5E+05\sim 5E+07s^{-1}$ 。

装置内中子源为客户送检中子源 Am-241/Be 及 Cf-252。Am-241/Be 活度不大于 $1.85E+11Bq$ ，为 III 类放射源；Cf-252 活度不大于 $8.06E+5Bq$ ，为 V 类放射源。

锰浴装置中装满硫酸锰溶液，经中子辐照后形成 Mn-56 放射性核素溶液，最大活度可达到 3.83E+04Bq。根据《密封放射源 一般要求和分级》（GB 4075-2009）定义，密封放射源指“密封在包壳内与某种材料紧密结合的放射性物质。在规定的使用条件和正常磨损下，这种包壳或结合材料足以保持源的密封性。”，本项目锰浴装置中的 Mn-56 自使用起至退役均包裹于装置坩埚内与外界隔绝，故符合密封放射源定义。由《放射源分类办法》提及的“参照国际原子能机构的有关规定”，根据

结合 Mn-56 活度计算可知，该密封源为豁免源。

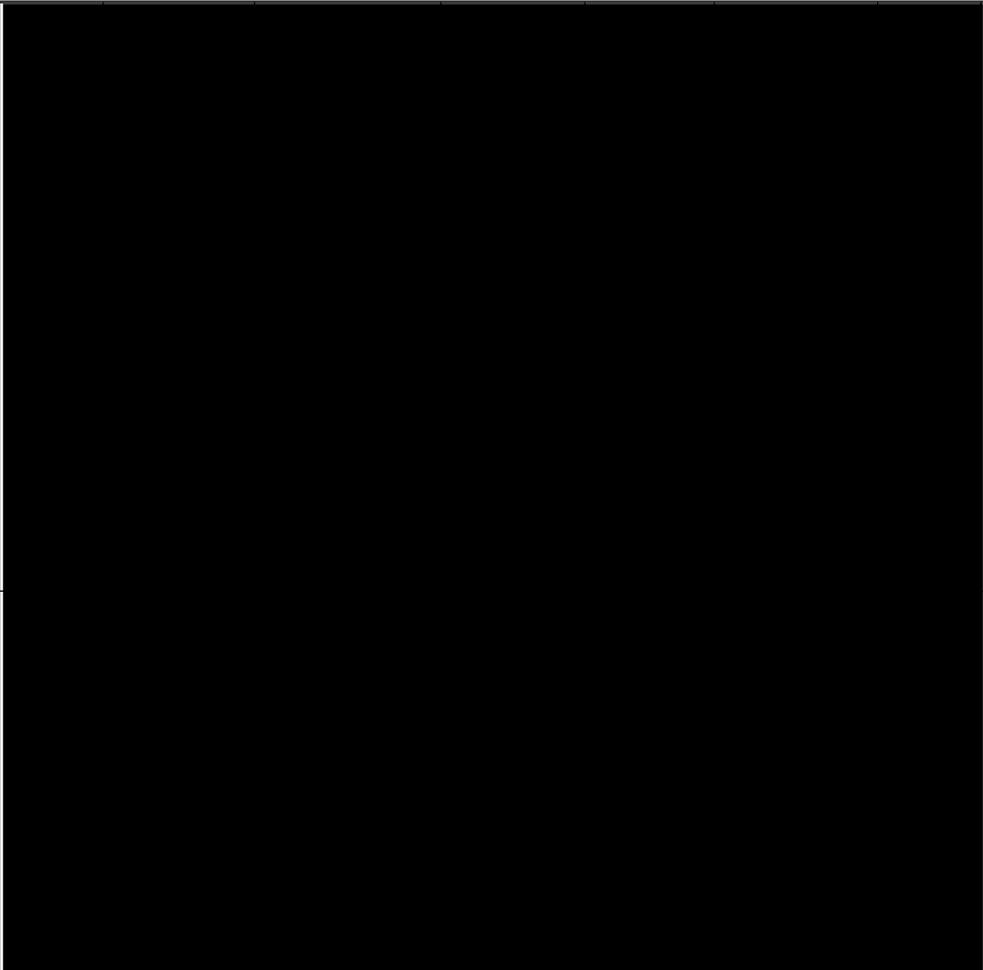
信息见下表：

表 9-10 放射源信息

核素	活度	照射方向	类别	管理等级
Mn-56	3.83E+04Bq	球形源	密封源	豁免
Am-241/Be	8.47E+11	放置于球形坩埚内	密封源	III类
Cf-252	8.06E+05	放置于球形坩埚内	密封源	V类

表 9-11 物理性质

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度(%)	周围剂量当量率常数(裸源) Gy·m ² /(Bq·s)	毒性组别	平均β射线能量(keV)	来源	
Mn-56							拟购锰浴装置中生成	
核素名称	半衰期	反应	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度(%)	中子最大能量(MeV)	中子平均能量(MeV)	中子产额 / (×10 ⁻⁶ s ⁻¹ ·Bq ⁻¹)	比活度(GBq/g)	来源
Am-241/Be								客户送

		检
Cf-252		客户送检

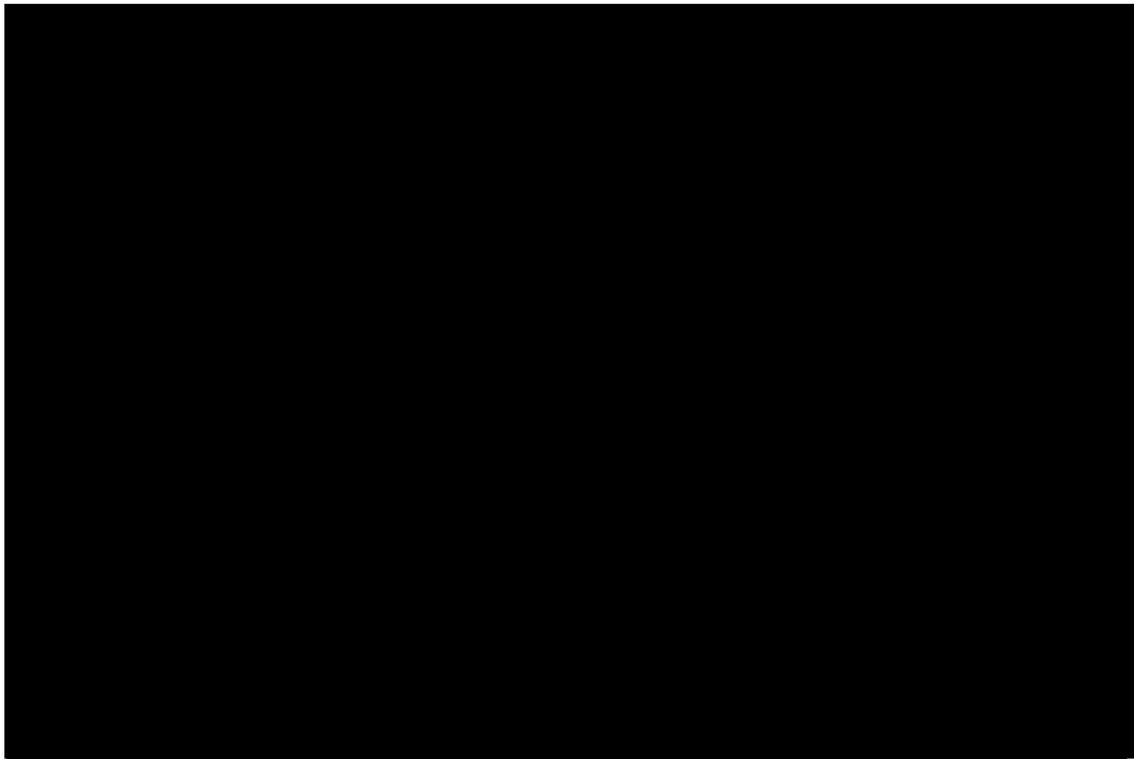
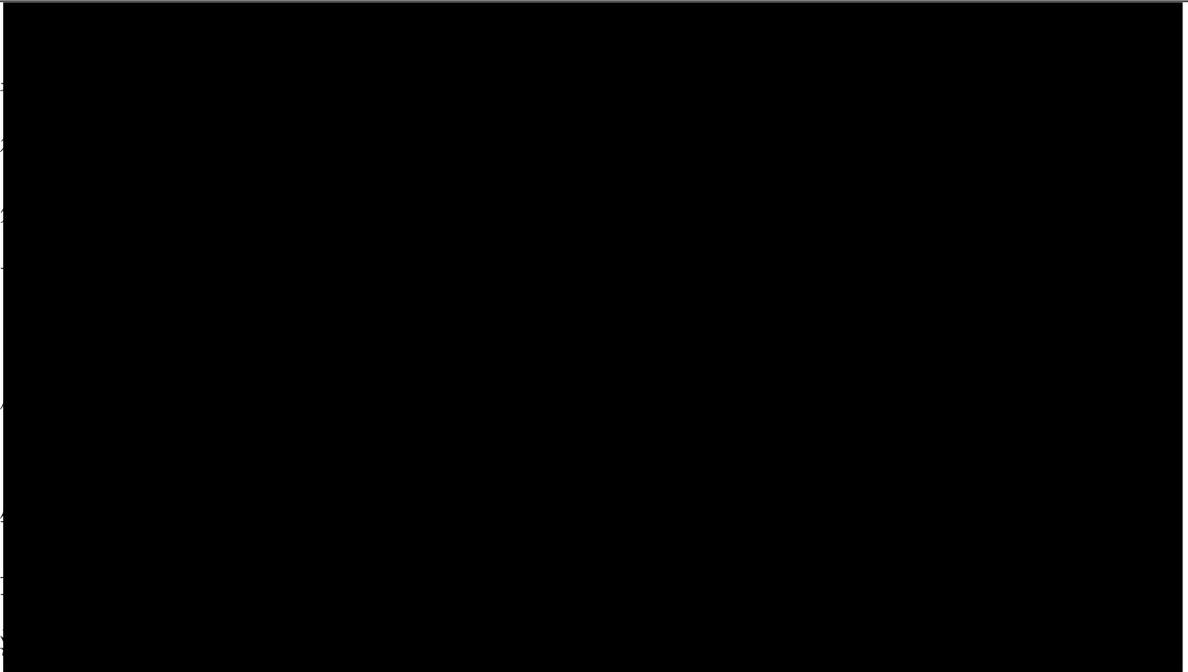


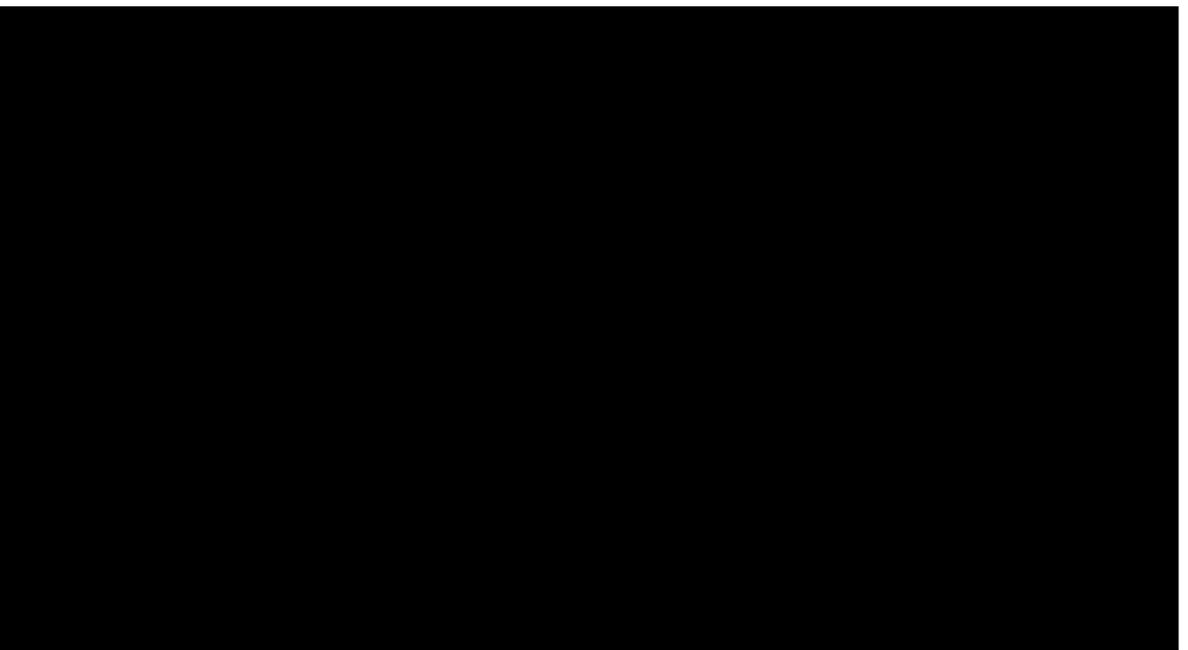
图 9-10 锰浴装置示意图

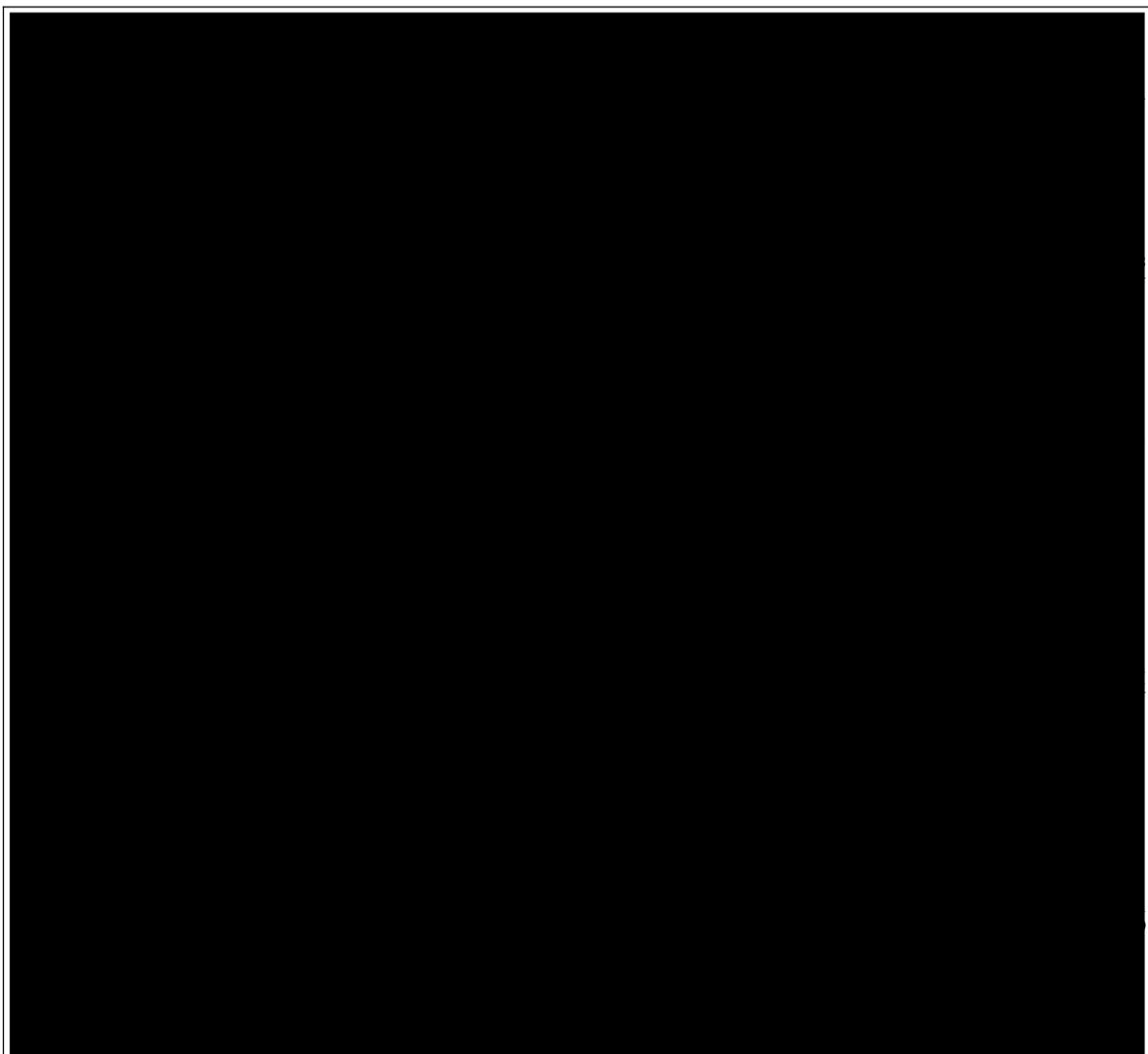


(2) 工作原理

锰浴法测量中子源强度用于标定各种便携式中子源的发射率，是国际上普遍采用的绝对测量方法，有较高的准确度。它是将待测中子源置于体积很大的装有 MnSO_4 溶液的容器中心，中子在水中充分慢化后被俘获，溶液中的 Mn-55 吸收热中子后，生成放射性核素 Mn-56 ，通过 $(\text{Mn-56}) \rightarrow (\text{Fe-56}) + \beta^- + \gamma$ 发生衰变，半衰期为 $(2.579 \pm 0.003)\text{h}$ 。当中子源在锰浴中放置足够长时间后，锰池中的中子数将达平衡状态，通过测量此时锰液中 Mn-56 发射出的 γ 射线，即可得出中子源发射率。

(3) 工作流程及产物环节分析





工作流程及产污环节见图 9-11。

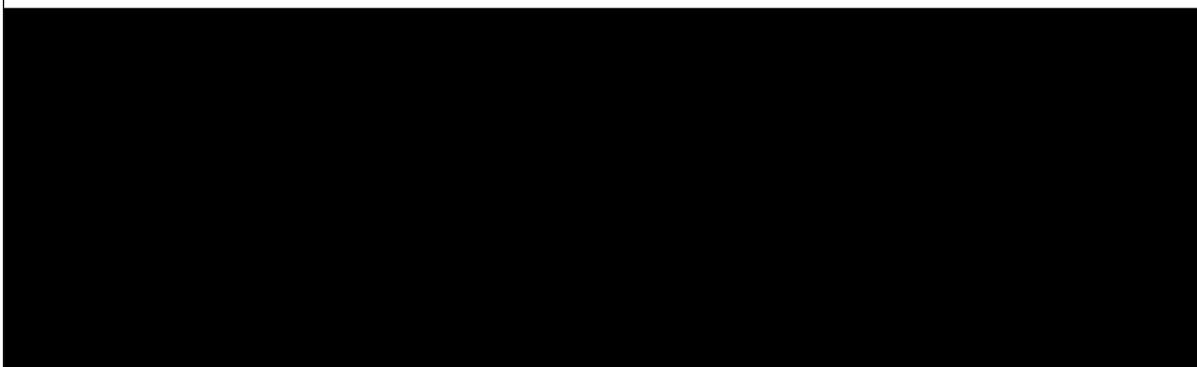


图 9-11 中子强度测量工作流程及产污环节

(4) 工作量

每年接收客户送检的 Am-241/Be 中子源 5 枚，Cf 中子源 5 枚。

4、中子/ γ 辐射标准实验室

中子/ γ 辐射标准实验室内配备有两套装置，一套是中子辐照装置，配备 1 枚

Am-241/Be 放射源，活度为 1.85E+11Bq，为Ⅲ类放射源；另一套是γ辐照装置（构造及屏蔽同γ防护标准实验室中含源装置一致），配备 1 枚 Cs-137 放射源，活度为 1.85E+11Bq，为Ⅲ类放射源。信息见下表：

表9-12 放射源信息

核素	活度	照射方向	类别	管理等级
Cs-137	1.85E+11Bq	实验室北墙	密封源	Ⅲ类
Am-241/Be	1.85E+11Bq	实验室北墙	密封源	Ⅲ类

表 9-13 核素特性一览表

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要射线类型、能量 (KeV)及绝对强度 (%)	周围剂量当量率常数 (裸源) Gy·m ² /(Bq·s)	毒性组别	平均β射线能量 (keV)
Cs-137						
核素名称	半衰期	反应	主要射线类型、能量 (KeV)及绝对强度 (%)	中子最大能量 (MeV)	中子平均能量 (MeV)	中子产额 (×10 ⁻⁶ s ⁻¹ ·Bq ⁻¹)
Am-241/Be						

*中子发射率为 ██████████，建设单位计量数据。

4.1 中子辐照装置

(1) 工程设备

本项目中子辐照装置主要由中子源、屏蔽体、升降控制系统、激光传感器及控制绳组成。其结构示意图见图 9-12。



图 9-12 中子辐照装置结构示意图

(2) 工作原理

放射源布置在一升降屏蔽体上，非工作期放射源处于储存位，同时移动屏蔽体处于初始状态。工作时，首先通过升降控制系统，使放射源升降到射线出射口，在满足安全连锁条件时，通过平移系统推动移动屏蔽体实现照射功能，直射后形成满足实验要求的参考辐射场。实验完毕后，移动屏蔽体转回初始位置，升降屏蔽体落回初始位置，安全指示灯亮，工作过程完毕照射器处于安全状态。

(3) 工作流程及产污环节分析

本项目中子辐射标准装置采用 Am-241-Be 中子源，数量 1 枚、为 III 类源。在辐射仪表校准的整个工作过程中，放射源主要处于以下两种状态：储存状态、校准状态。工作流程简述如下：

- ①检查工作场所辐射监测和安全连锁装置；
- ②将待检仪器安放至适当位置；
- ③对中子辐射场进行清场，确认无人员停留，辐射工作人员返回操作室，关闭中子辐射场防护门；
- ④打开操作系统，将中子源辐照装置中所需要的中子源提到出束位置；
- ⑤射线出束；
- ⑥通过视频进行观察及读取数据；
- ⑦曝光结束，收回中子源；
- ⑧辐射工作人员进入中子辐射场，取出送检仪器，完成一次校准工作。

中子辐照装置的工艺流程及产污节点见图 9-13。

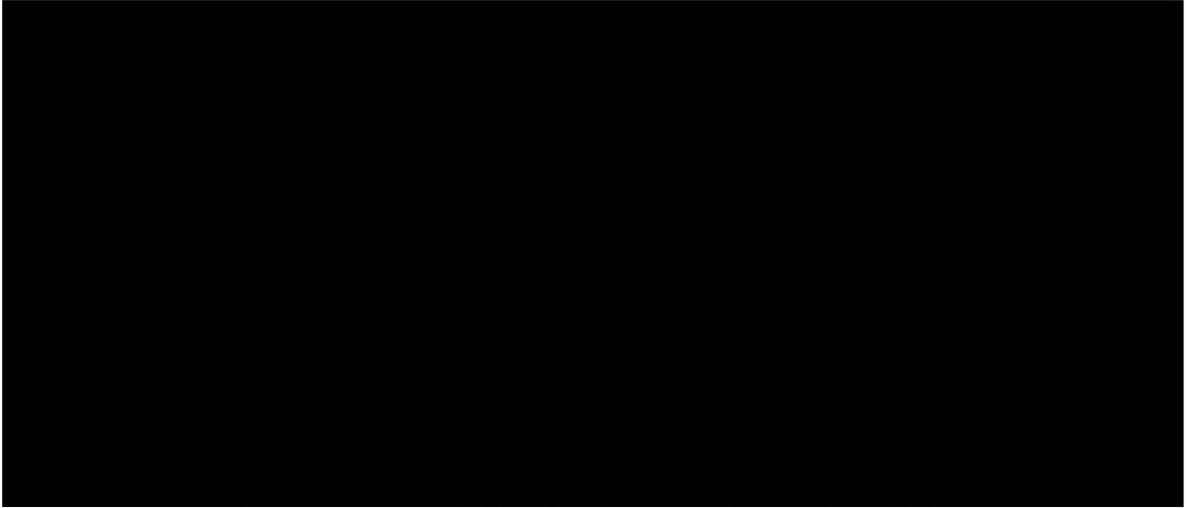


图 9-13 中子辐射装置操作流程及产污环节示意图

(4) 工作量

检定一台仪器所需的照射时间约为 5 分钟，年检定量不超过 3000 台。

4.2 γ 辐照装置

中子/ γ 辐射标准实验室中放置的 1 台 γ 辐照装置构造及屏蔽同 γ 防护标准实验室中一致，且均使用 Cs-137 放射源，故工作流程、产污环节及工作量与前文一致。

三、退役放射源、多余非密封放射性物质及射线装置

产污环节：本项目放射源在使用至一定年限后将衰变至较低活度，退役放射源将在终止使用之日起三个月内根据回收承诺书返回原生产单位、原出口方或者送交放射性废物集中贮存单位；无法返回的，将当送交有相应许可证的放射性废物贮存单位收贮，并承担相应费用。由于本项目非密封放射性物质用量相较单瓶规格较小，故瓶内多余非密封放射性物质将交还厂家；本项目射线装置在使用至一定年限后将进行退役及去功能化。

四、人流物流路径

(一) 本部扩建电离实验室人流物流路径规划

人流：

本项目辐射工作人员由南侧入口门进出辐射工作场所进行日常工作。

物流：

本项目放射源固定存储与实验室中装置内，待检设备随工作人员带入带出辐射工作场所。

（二）基地实验室扩建电离实验室人流物流路径规划

人流：

本项目辐射工作人员由东侧入口门进入辐射工作场所进行日常工作。

物流：

本项目非密封放射性物质在送药当日基地实验室统一上班前，由放射性同位素实验室 1F 门送入放射性同位素实验室区域；放射性固体及液体废物在结束每日工作后由 1F 送往 2F 放射性固废暂存间及放射性废液暂存间进行分类和贮存，在解控或送贮时，清场后在基地实验室统一下班后由放射性同位素实验室 1F 门送出放射性同位素实验室区域；待检设备及放射源随工作人员带入带出辐射工作场所。

人流物流路径图见附图 6 及附图 11。

五、原有工艺不足及改进情况

建设单位原有辐射工作场所均有完善的环评及射安全许可证（见附件 4、6、7）。部分竣工验收建议尽快完成

原有工艺流程与本项目工艺流程基本一致，建设单位核技术利用项目投运以来未发生过辐射事故，日常工作过程辐射工作人员遵守操作规程及岗位职责。

根据原有项目竣工验收报告及最近一次该辐射工作场所年检报告可知，原有核技术利用项目均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相应要求。经过确认，原有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果未出现超标情况，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施及相关制度齐全并已落实。11 名辐射工作人员辐射安全与防护培训/考核合格证书均在有效期内，建设单位已为其建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案。

综上所述，原有工艺不存在不足和需要改进情况。

污染源项描述

1、施工期污染源项分析

本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，本项目的所有实验室均在主体建筑上进行改造，主要包括墙体拆除及新墙隔断，安装防护门及通风系统和电气系统，产生的环境影响主要是施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述：

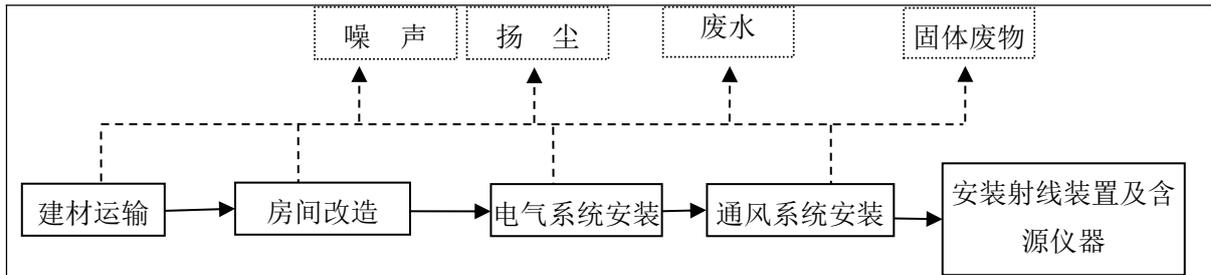


图 9-14 施工期工艺流程及产污环节图

（一）施工期扬尘

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，针对上述大气污染拟采取以下措施：**a**、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；**b**、车辆在运输建筑材料时已采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；**c**、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（二）施工期噪声

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内均为企业，公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。在施工时拟严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

（三）施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水和施工废水。施工废水拟先经简易沉淀设施进行沉淀处理后，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制；施工人员产生的生活污水拟依托院区内现有的污水处理设施处理后排放。

（四）施工固废

施工期固废主要是装修过程中产生的固体废物和施工人员的办公垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托院区现有垃圾收集设施收集。

该单位在施工期间认真做好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在公司内局部区域，对周围环境影响较小。

2、运营期污染源项分析

2.1 本部 γ 射线防护标准实验室

2.1.1 电离辐射

本项目 γ 辐照装置使用 1 枚放射源 Cs-137 放射源，Cs-137 放射源在衰变过程中

会产生 γ 射线、 β 射线。 β 粒子通过物质时，与物质原子的原子核产生非弹性碰撞而损失能量。根据经典电磁理论， β 粒子(电子)接近原子核时，受到库仑场的作用，使速度迅速减低；一部分动能转变为电磁波。该过程即轫致辐射（X射线）。

2.1.2 废水

本项目不产生放射性废水，只产生少量生活污水。

2.1.3 固废

本项目不产生放射性固废，只产生少量生活垃圾。放射源退役时将产生退役废源。

2.1.4 废气

本项目不产生放射性废气，射线会电离实验室内的空气产生少量臭氧和氮氧化物。

2.4.5 噪声

本项目采用管道式离心风机、嵌入式室内机及多联式空调室外机（吊顶式空调）。根据设计单位暖通参数，管道式离心风机噪声声压级为53dB（A），嵌入式室内机机组噪声声压级为32dB（A）或33dB（A）多联式空调外机噪声声压级 ≤ 60 dB（A）。由于暖通设施均采用片式消音器，因此噪声源强较小。

2.2 X射线诊断/防护标准实验室

2.2.1 电离辐射

实验室内放置2台X射线装置，出束过程产生X射线。

2.2.2 废水

本项目不产生放射性废水，只产生少量生活污水。

2.2.3 固废

本项目不产生放射性固废，只产生少量生活垃圾。

2.2.4 废气

本项目不产生放射性废气，射线会电离照射区域内的空气产生少量臭氧和氮氧化物。

2.2.5 噪声

本项目采用管道式离心风机、嵌入式室内机及多联式空调室外机（吊顶式空调）。根据设计单位暖通参数，管道式离心风机噪声声压级为53dB（A），嵌入式室内机机

组噪声声压级为32dB (A) 或33dB (A) ,多联式空调外机噪声声压级 \leq 60dB (A) 。
由于暖通设施均采用片式消音器, 因此噪声源强较小。

2.3 基地实验室放射性同位素实验室

2.3.1 电离辐射

(1) 外照射

放射性同位素实验室根据涉及使用的放射性核素的物理特性, 运行过程可产生的电离辐射包括: β 射线、X射线(韧致辐射)、 γ 射线。主要来源: 贮存的放射性核素、操作放射性核素时的放射性核素样品、操作放射性核素的器皿和器械、放射性核素的容器包装、沾染或者含有放射性核素的固废、废水。但主要是来自放射性核素的分取、配制和实验过程。

(2) 表面污染

放射性同位素实验室辐射工作人员操作放射性核素时, 有可能出现溢出、滴洒等, 均会造成工作台面、地面、设备表面和操作器械的放射性污染; 这些表面污染如果及时发现、处理, 会对人员产生外照射。

(3) 内照射

在操作核素的过程中可能产生微量的放射性废气, 有极小的概率会被戴了过滤型口罩的辐射工作人员吸入或经通风系统在楼顶排出落地后被地面的公众吸入, 可能对人体产生极小的内照射影响。

(4) 活度平衡

表 9-14 本项目非密封放射性物质去向一览表

易挥发								
废物类型	清洗废水 (Bq)	废液 (Bq)	活性炭吸附 (Bq)	吸附后排放气体 (Bq)	辐射工作人员吸入气体 (Bq)	固体废物 (Bq)	多余药品 (Bq)	合计 (Bq)
比例								
每日活度								
每年活度								
每日活度								
每年活度								
每日活度								
每年活度								
每日活度								
每年活度								
废物类型								
比例								
每日活度								
每年活度								
每日								

活度	
每年活度	
每日活度	
每年活度	

2.3.2 废水

本项目器皿均为一次性用品，清洁场所时使用试剂及一次性清洁用品，故而仅有冲洗和少数情况将产生清洗废水。本项目涉及使用非密封放射性物质产生的废水

本项目实验每次实验仅使用 1 种核素，不产生混合有多种核素的放射性废水。

表 9-15 本项目实验室各类核素放射性废水排放汇总表

核素名称	半衰期	产生来源	日产生量 (L/d)	天数	年产生量 (m ³ /a)
F-18	109.77min	清洗废水	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
		废液			
Mn-56	2.5789h	清洗废水			
		废液			
Fe-59	44.495d	清洗废水			
		废液			
Co-60	1925.28d	清洗废水			
		废液			
Tc-99m	6.0067h	清洗废水			
		废液			
I-131	8.0252d	清洗废水			
		废液			
Cs-134	2.0652y	清洗废水			
		废液			
Eu-152	13.517y	清洗废水			
		废液			
Au-198	2.6941d	清洗废水			
		废液			
合计					

非放射性废水

本项目辐射工作人员日常将产生少量生活污水。

2.3.3 放射性固废

根据建设单位提供信息，将本项目可能沾染非密封放射性物质的固废情况汇总如下：

表 9-16 本项目实验室各类核素放射性固废产量汇总表

核素	产生来源	产生量 kg/d	天数	每日合计 kg/d	年产生量 kg/a
F-18	塑料试剂瓶	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

	废移液枪枪头
	试验手套和口罩
	擦拭废纸
	药品包装
	废薄膜源
Mn-56	塑料试剂瓶
	废移液枪枪头
	试验手套和口罩
	擦拭废纸
	药品包装
Fe-59	废薄膜源
	塑料试剂瓶
	废移液枪枪头
	试验手套和口罩
	擦拭废纸
Co-60	药品包装
	废薄膜源
	塑料试剂瓶
	废移液枪枪头
	试验手套和口罩
Tc-99m	擦拭废纸
	药品包装
	废薄膜源
	塑料试剂瓶
	废移液枪枪头
I-131	试验手套和口罩
	擦拭废纸
	药品包装
	废薄膜源
	塑料试剂瓶
Cs-134	废移液枪枪头
	试验手套和口罩
	擦拭废纸
	药品包装
	废薄膜源
Eu-152	塑料试剂瓶
	废移液枪枪头
	试验手套和口罩
	擦拭废纸
	药品包装
Au-198	废薄膜源
	塑料试剂瓶

	废移液枪枪头		
	试验手套和口罩		
	擦拭废纸		
	药品包装		
	废薄膜源		
活性炭			
合计			

非放射性固废

本项目辐射工作人员日常将产生少量生活垃圾。

2.3.4 放射性废气

本项目涉及使用的大部分核素不属于易挥发性核素，但在使用过程中仍可能会产生一定量的气载性流出物。考虑到本项目使用的绝大部分核素不易挥发且基本都在通风橱中进行操作，故按 0.1%统计废气中不易挥发的放射性核素的份额，按 1%统计废气中易挥发的放射性核素的份额。

活性炭的过滤比例保守按 85%计算。

工作人员佩戴的口罩过滤系数参考《医用防护口罩技术要求》（GB 19083-2010）取 95%，故预计挥发气体中 5%可能被工作人员吸入了。

每日通风橱内操作时间 1h，其他辐射工作场所内居留时间 5h，通风橱单次仅操作 1 种核素。预计进入通风橱排风系统的核素比例为排风系统内放射性废气的 90%，预计进入其他场所排风系统的核素比例为排风系统内放射性废气的 10%。

表 9-17 每日使用不同非密封放射性物质时最大排口浓度

核素	通风橱排口排放量 (Bq/d)	其余场所排口排放量 (Bq/d)	排风量 (m ³ /h)	其余场所排风量 (m ³ /h)	通风橱排口最大排放浓度 Bq/m ³	其余场所排口最大排放浓度 Bq/m ³	年排放时间(h)	年排放量(Bq/a)
F-18					≈2	≈1		
Mn-56					≈1	≈1		
Fe-59					≈1	≈1		
Co-60					≈1	≈1		
Tc-99m					≈1	≈1		
I-131					≈2	≈1		
Cs-134					≈2	≈1		
Eu-152					≈1	≈1		
Au-198					≈1	≈1		

*排放量为活性炭过滤后排放量

2.3.5 非放射性气体废物

射线会电离放射性同位素实验室区域内的空气产生少量臭氧和氮氧化物。

2.3.6 噪声

本项目主要噪声源是通排风系统风机产生的噪声。

本项目采用的低噪声管道风机噪声预计 $<35\text{dB(A)}/45\text{dB(A)}$ ，静音型管道风机噪声预计 $<45\text{dB(A)}/46\text{dB(A)}/48\text{dB(A)}$ ，服务于1层放射性同位素实验室区域的位于顶部的风机箱的噪声范围在 $76\text{dB(A)}\sim 78\text{dB(A)}$ 。

2.4 基地实验室 γ 射线防护基准辐射实验室、中子强度测量标准实验室及中子 γ 辐射标准实验室

2.4.1 电离辐射

本项目2台 γ 辐照装置各使用1枚放射源，分别为1枚Co-60放射源、1枚Cs-137放射源，Co-60放射源和Cs-137放射源在衰变过程中会产生 γ 射线、 β 射线。锰浴装置使用Am-241-Be、Cf-252及Mn-56（密封在罐体内）放射源，Am-241-Be放射源在衰变过程中会产生 α 射线、 γ 射线、 β 射线，Cf-252放射源在衰变过程中会产生 α 射线、 γ 射线、 β 射线，Mn-56在衰变过程中会产生 γ 射线、 β 射线。中子辐照装置使用1枚中子源为Am-241-Be衰变过程中会产生 α 射线、 γ 射线、 β 射线。根据经典电磁理论， β 粒子(电子)接近原子核时，受到库仑场的作用，使速度迅速减低；一部分动能转变为电磁波。该过程即轫致辐射（X射线）。

根据《辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽》第9章 α 和 β 粒子的屏蔽， α 粒子和 β 粒子在介质中运行，迅速失去能量，穿透力较弱，对周围辐射环境影响是很小，因此轫致辐射及 γ 射线为本次主要评价对象。

2.4.2 废水

本项目不产生放射性废水，只产生少量生活污水。

2.4.3 固废

本项目不产生放射性固废，只产生少量生活垃圾。放射源退役时将产生退役废源。

2.4.4 废气

本项目不产生放射性废气，射线会电离实验室内空气产生少量臭氧和氮氧化物。

2.4.5 噪声

本项目均采用机械排风的方式，排风口均位于楼顶，本项目选用低噪声设备，风机工作时噪声值较小，噪声源强最大为 54dB(A)。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1. 工作场所布局和分区

1.1 工作场所布局

本部

本项目辐射工作场所由 γ 射线防护标准实验室、X射线诊断/防护标准实验室及控制廊组成。 γ 射线防护标准实验室长5.405m \times 宽3.20m，层高4.65m，吊顶高度3.80m。照射方向朝南墙，墙外为道路；X射线诊断/防护标准实验室长6.125m \times 宽3.96m，层高4.65m，吊顶高3.6m。电流较小的II类射线装置模拟探伤设备，照射方向朝向西墙，墙外为机械所工厂实验室。电流较大的III类射线装置模拟医用诊断设备，照射方向朝向地面。

表 10-1 本项目辐射工作场所分布情况一览表

辐射工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
γ 射线防护标准实验室	控制廊	道路	机械所工厂	控制廊	半空	土层
X射线诊断/防护标准实验室	道路	控制廊	机械所工厂	道路	半空	土层

基地实验室

本项目非密封放射性物质辐射工作场所由放射性同位素实验室、放射性废液暂存间及放射性固废暂存间组成，放射性同位素实验室为夹层结构，长7.05m \times 宽3.75m，净高7.30m，辐射工作人员主要操作位置在西侧，墙外为悬崖；放射源辐射工作场所由 γ 射线防护基准辐射实验室、中子强度测量标准实验室、中子/ γ 射线辐射标准实验室及控制室组成。 γ 射线防护基准辐射实验室长6.20m \times 宽3.95m，层高4.25m，净高3.75m，照射方向朝向西墙，墙外为悬崖。中子强度测量标准实验室长2.50m \times 宽2.00m，层高4.25m，净高4.05m。中子/ γ 射线辐射标准实验室长9.00m \times 宽6.75m，层高7.25m，吊顶6.00m，照射方向朝向北墙，墙外为流体力学实验室外墙。

表 10-2 本项目辐射工作场所分布情况一览表

辐射工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
放射性同位素实验室	道路	仓库 2	悬崖	γ 射线防护基准辐射实验室	半空	土层
γ 射线防护基准辐射实验室	道路	放射性同位素实验室	悬崖	中子强度测量标准实验室控制室及中子/ γ 辐射标准实验室实验室	放射性固废暂存间	土层

中子强度测量标准实验室	中子强度测量标准实验室控制室	中子强度测量标准实验室控制室	悬崖	中子/ γ 辐射标准实验室	放射性废液暂存间	土层
中子/ γ 辐射标准实验室	道路	中子强度测量标准实验室、中子强度测量标准实验室控制室及中子/ γ 辐射标准实验室控制室	悬崖	流体力学实验室	半空	土层

1.2 布局合理性分析

本部

各实验室均能实现隔室操作，且两间实验室由控制廊分隔，能够减少互相之间叠加影响。实验室区域东、南、北侧三面紧邻机械所内道路，周围停留人员较少。射线照射方向在符合备检仪器使用情景的同时，均朝向管理部门所在的机械工厂内部人流稀少区域，能够减少对周围公众的辐射影响。

基地实验室

本项目放射源所在实验室均能实现隔室操作，由于西墙外的悬崖基本无人居留，因此 γ 射线防护基准辐射实验室照射方向朝向西墙。中子/ γ 辐射标准实验室北侧除实验室墙体外，亦有 20 号楼原有混凝土外墙及北侧流体力学实验室外墙相隔，可进一步对辐射影响进行屏蔽。由南往北方向上，所有放射源未安置在同一直线，未设置为相对照射，通过错位排布减少了互相之间叠加影响。

(1) 放射性同位素实验室场所选择已充分考虑周围公众的安全，东侧为道路，西侧为悬崖；南侧紧邻建筑为仓库，日常少有人员居留；北侧墙外紧邻 γ 射线防护基准辐射实验室，日常辐射工作人员在实验室内停留时间较短。

本项目操作场所设置于建筑物的底层南端，建筑物为局部两层建筑，无负一楼。放射性废物暂存间设置于2F且仅与1F放射性同位素实验室相连。

(2) 放射性同位素实验室仅有1个进出口，且设置有门禁，能够预防辐射工作人员以外的人员误入放射性同位素实验室。

(3) 放射性同位素实验室配套设施齐全，能够兼顾更衣、清洁、仓储、废物贮

存等多重功能。

(4) 放射性同位素实验室配套的废物贮存间面积较大，放射性废液暂存间面积为38m²，放射性固废暂存间为30m²，能够满足较长的贮存需求。

(5) 放射性同位素实验室独立设置通风系统，不与20号楼内其他区域共用。在能够保持良好的通风条件的同时，能够保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染。操作非密封放射性物质的通风橱采用专用的排风装置，风速为0.5m/s。通风橱与放射性同位素实验室其他区域的废气在20号楼楼顶不同风机分别处理后送往两个排口（高于楼顶2m，不上人屋顶），能够方便未来对放射性实验室排口浓度进行监测。

(6) 装修的墙面、天花板、地板和实验台面使用光滑、耐酸碱、耐腐蚀、便于去放射性污染，场所配有相应清洁设施。

(7) 放射性同位素实验室各房间具体功能见表10-1。

表10-3 本项目辐射工作场所功能一览表

房间	用途
放射性同位素实验室	操作及贮存非密封放射性物质
放射性废液暂存间	暂存放射性液体废物
放射性固废暂存间	暂存放射性固体废物

综上所述，以上放射性同位素实验室设计能够符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）设计要求，布局合理。

1.3 工作场所分区

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，要求对项目划定控制区和监督区进行分区管理。划区方式、划分依据及管理要求见下表：

表 10-3 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	本部： γ射线防护标准实验室、X射线诊断/防护标准实验室	本部： 控制廊
	基地实验室： 放射性同位素实验室、放射性废液暂存间、放射性固废暂存间；γ射线防护基准辐射实验室；中子强度测量标准实验室；中子/γ射线辐射标准实验室	基地实验室： 中子强度测量标准实验室控制室、中子/γ射线辐射标准实验室控制室
划分依据	①《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）：4.1.2“应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻	①《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）：4.1.2“应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区”；

	区域划为监督区”； ②《核医学放射防护要求》(GBZ 120—2020) 5.1.4； ③《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)6.4.1。	②《核医学放射防护要求》(GBZ 120—2020) 5.1.4； ③根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)：6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定位控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。6.4.2.2 a)“采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，出束过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	实验室防护门外粘贴电离辐射警告标识。	控制廊/室入口门外粘贴监督区标牌。

辐射工作场所分区示意图见图 10-1、图 10-2。

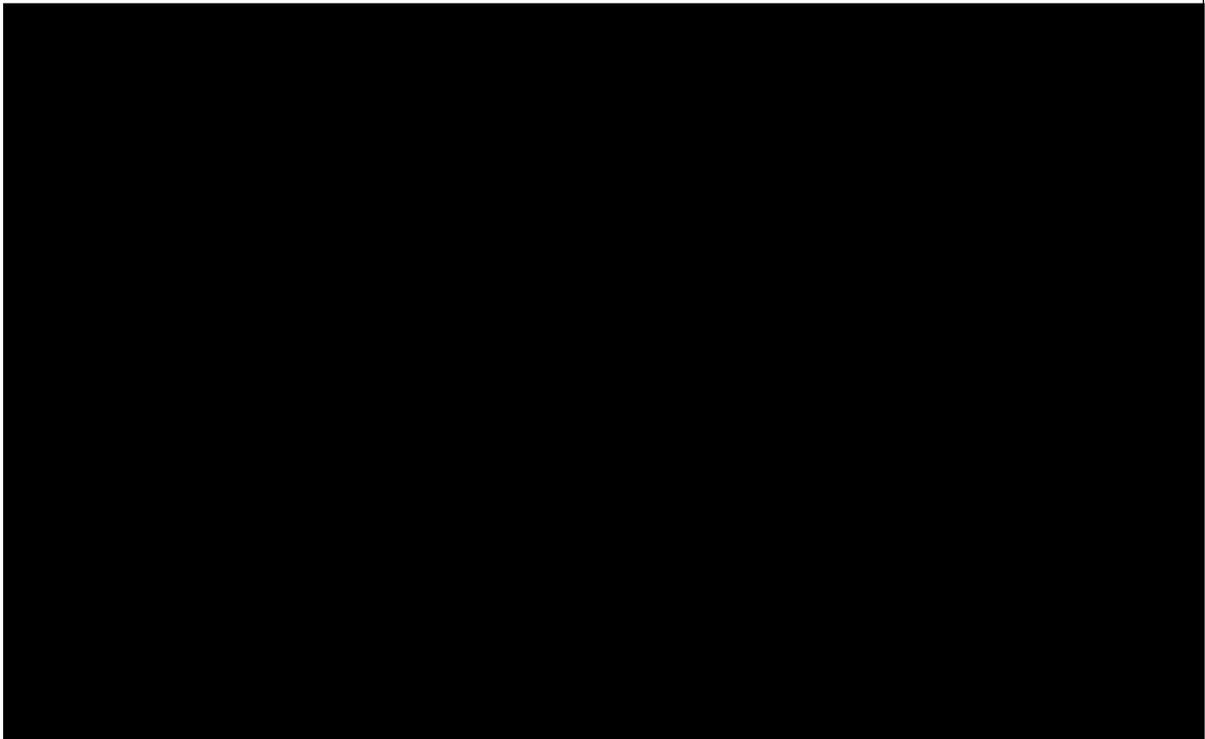
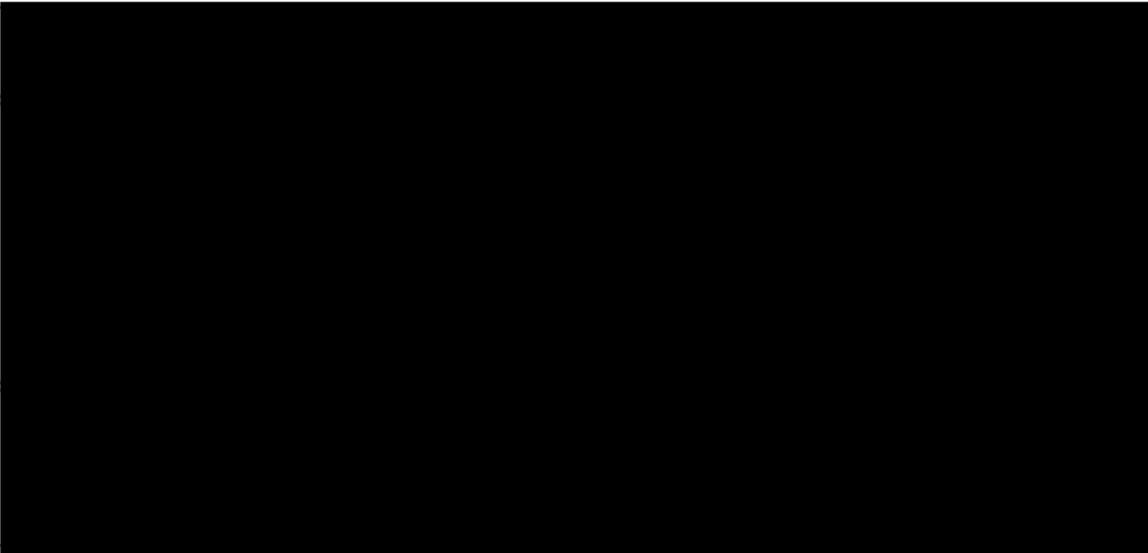


图10-1 本部实验室两区划分图



1F



2F

图 10-2 基地实验室两区划分图

1.4 工作场所分级

根据国家《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《辐射防护手册》第三分册 P143-P144 的 5.3.2 工作场所分级可确定本评价项目的非密封放射源使用的各放射性核素的毒性组别修正因子、操作方式修正因子、日实际操作量和日等效

操作量见表 10-4。

表 10-4 本项目非密封放射性物质工作场所分级

序号	核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 (Bq)
1	F-18	[REDACTED]	低毒, 0.01	液体、简单操作, 1	[REDACTED]
2	Mn-56		中毒, 0.1	简单操作, 1	
3	Fe-59		高毒, 1	简单操作, 1	
4	Co-60		低毒, 0.01	简单操作, 1	
5	Co-60		低毒, 0.01	液体、源的贮存, 100	
6	Tc-99m		中毒, 0.1	简单操作, 1	
7	I-131		中毒, 0.1	简单操作, 1	
8	Cs-134		高毒, 1	简单操作, 1	
9	Cs-134		高毒, 1	液体、源的贮存, 100	
10	Eu-152		中毒, 0.1	简单操作, 1	
11	Eu-152		中毒, 0.1	液体、源的贮存, 100	
12	Au-198		低毒, 0.01	简单操作, 1	
合计					

由表 10-4 可见，本项目非密封放射性物质工作场所日等效最大操作量为 [REDACTED] Bq。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 A 中“A2.2 C)如果存在一种以上的放射性核素，仅当各种放射性核素的活度或活度浓度与其相应的豁免活度或豁免活度浓度之比的和小于 1 时，才可能考虑豁免。”由上表可知，除 Fe-59 外，其余放射性核素的活度与相应豁免活度之比均大于 1，因此本项目辐射工作场所的非密封放射性物质日等效活度在豁免活度值以上~2×107Bq 范围，属于丙级非密封放射性物质工作场所。

2、工作场所辐射安全和防护措施分析

2.1 本部部分实验室工作场所辐射防护屏蔽设计达标分析

考虑到本部X射线诊断/防护标准实验室中放有模拟医用诊断设备的X射线辐射源，因此根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表3，诊断机房屏蔽防护铅当量厚度应满足标称电压下等效铅当量要求。

本项目实验室设计的屏蔽参数见表 1-1。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.1、C.2 以及附录表 C.2、C.3 可知。

辐射透射因子 B:

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \text{-----公式 1}$$

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——材质厚度（mm）；

α ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

β ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

γ ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

铅当量厚度 X:

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln\left(\frac{B^{-\gamma} - \beta}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}\right) \text{ -----公式 2}$$

B——给定材质

厚度的屏蔽透射因子；

X——铅厚度（mm）；

α ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

β ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

虽然根据机器特性，针对 X 射线机主要考虑散射线和泄漏射线影响，但保守估计，在折合铅当量时，仍按照主射线管电压（150kV）进行铅当量折算。

表 10-5 铅、混凝土、钢对额定管电压的 X 射线（主束）辐射衰减拟合参数
管电压 150kV

材料	α (mm ⁻¹)	β (mm ⁻¹)	γ (mm ⁻¹)
铅			
混凝土			
钢			

从而可根据公式 1、2 将各屏蔽材料折算成对应管电压下等效屏蔽铅当量。此外，针对机房有效使用面积及最小单边长评价结果见表 10-6。

表 10-6 本项目 X 射线诊断/防护标准实验室合规评价

屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度		等效屏蔽效果	屏蔽要求	评价
四周墙体	东墙	350mm 现浇混凝土	4.37mmPb	标称 125kV 以	满足
	南墙	400mm 现浇混凝土	5.34mmPb		

	西墙	400mm 现浇混凝土	5.34mmPb	上的摄影 机房屏蔽 防护铅当 量厚度要 求：有用 线束方向 铅当量 3mm，非 有用线束 方向铅当 量 2mm。	
	北墙	350mm 现浇混凝土	4.37mmPb		
顶棚	200mm 现浇混凝土+15mm 硫酸钡水泥		1.11mmPb+1.39mmPb=2.50mmPb		满足
地坪	下方无建筑为土层		/		满足
防护门 (1扇)	2mm 钢-17mm 铅-2mm 钢		0.25mmPb+17mm Pb+0.25mmPb=17.5mmPb	满足	
尺寸	有效使用面积为 24.2m ² 最小单边长 3.96m			机房内最小有效使用面积为 20m ² ，机房内最小单边长度为 3.5m	满足

2.2 基地实验室部分工作场所辐射防护屏蔽设计达标分析

由于基地实验室设置有放射同位素实验室，故根据《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)“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。”参考《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)附录 G 可计算各房间分级情况及防护要求。

表10-7 工作场所分级

分级	权重活度, MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

*权重活度=(计划的日最大操作活度×核素毒性权重系数)/操作性质修正系数。

表 10-8 放射性核素的毒性权重系数

类别	放射性核素	毒性权重因子
A	Fe-59、Co-60、I-131、Cs-134、Eu-152、Au-198	100
B	F-18、Mn-56、Tc-99m	1

表10-9 不同操作性质的修正系数

操作方式和地区	修正系数
贮存	100
废物处理；闪烁法计数和显像	10
配药、分装以及施给药；简单放射性药物制备	1

按照表 10-7~10-9，本项目各个核素权重活度计算结果见表 10-10。

表10-10 权重活度计算结果

工作场所	核素	日最大操作量 (Bq)	操作方式和地区修正系数	毒性权重系数	计算结果 (MBq)	防护分级
放射性同位素实验室	F-18	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	II
	Mn-56					
	Fe-59					
	Co-60					
	Tc-99m					
	I-131					
	Cs-134					
	Eu-152					
	Au-198					
	F-18					
	Mn-56					
	Fe-59					
	Co-60					
	Tc-99m					
	I-131					
	Cs-134					
	Eu-152					
	Au-198					
放射性固废暂存间	F-18	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	III
	Mn-56					
	Fe-59					
	Co-60					
	Tc-99m					
	I-131					
	Cs-134					
	Eu-152					
	Au-198					
放射性废液暂存间	F-18	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	III
	Mn-56					
	Fe-59					
	Co-60					
	Tc-99m					
	I-131					
	Cs-134					
	Eu-152					
	Au-198					

根据表 10-10 计算结果, 可以得出不同级别工作场所室内防护要求, 见表 10-11。

表 10-11 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

场所分级	工作场所	结构屏蔽	地面	表面	分装柜	通风	管道	盥洗与去污
II	放射性同位素实验室	需要	墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	良好通风 (风速不小于 0.5m/s)	普通管道	洗手盆* 和去污设备
III	放射性固废暂存间	不需	易清	易清洗	不必需	一般自	普通	洗手盆*

放射性废液暂存间	要	洗		然通风	管道
*下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测					
*洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制					

综上所述，通过计算分析放射性同位素实验室需达到II级场所防护要求；放射性固废暂存间、放射性废液暂存间需达到III级场所防护要求。

本项目采取了符合标准的辐射防护措施，充分考虑周围场所的人员防护和安全，工作场所拟采用的防护设计见表 10-12，对照表 10-11 进行达标分析。

表 10-12 放射性同位素实验室设计一览表

基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）				
放射性同位素实验室			达标情况	
屏蔽体	四周墙体	东墙	250mm 现浇混凝土	是
		南墙	250mm 现浇混凝土	
		西墙	250mm 现浇混凝土	
		北墙	550mm 现浇混凝土	
	顶棚	200mm 现浇混凝土+		是
	地坪	下方无建筑为土层		/
	防护门(3扇)	实验室门		是
	废物暂存间门		是	
配套辅房	放射性废液暂存间及放射性固废暂存间		是	
通风系统	通风橱（用于分装，风速不小于 0.5m/s）、排风系统及新风系统		是	
地面	墙壁接缝无缝隙		是	
表面	易清洗		是	
管道	普通管道（废水不直接排放，均收集后按照解控流程贮存监测后对应处置）		是	
盥洗与去污	洗手盆*和去污设备（废水不直接排放，均收集后按照解控流程贮存监测后对应处置）		是	

2.3 本部及基地实验室其余工作场所辐射防护屏蔽设计

表10-13 其余实验室设计一览表

本部（成都市玉双路 10 号）				
γ射线防护标准实验室				
屏蔽体	西侧南侧紧贴原有外墙	240mm 页岩多孔砖		保留原有
	四周墙体	东墙	500mm 现浇混凝土	未建
		南墙	700mm 现浇混凝土	
		西墙	400mm 现浇混凝土	
		北墙	400mm 现浇混凝土	
	顶棚	200mm 现浇混凝土		保留原有
	地坪	下方无建筑为土层		保留原有
防护门(1扇)	由 10mm 一级防辐射铅板及 2mm 厚双面不锈钢钢板制成的防护门（2mm 钢-10mm 铅-2mm 钢结构）		未建	
实验室尺寸	长 5.405m×宽 3.20m，层高 4.65m，吊顶高度 3.80m		未建	
配套辅房	控制廊（与 X 射线诊断/防护标准实验室共用）		未建	

通风系统		排风系统及新风系统		未建
基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）				
γ射线防护基准辐射实验室				
屏蔽体	西侧及东侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖		保留原有，拆除部分留出门窗位置
	四周墙体	东墙	550mm 现浇混凝土	未建
		南墙	550mm 现浇混凝土	
		西墙	800mm 现浇混凝土	
		北墙	550mm 现浇混凝土	
	顶棚	550mm 现浇混凝土		未建
	地坪	下方无建筑为土层		保留原有
防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板及 2mm 厚双面不锈钢钢板制成的防护门（2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构）		未建	
实验室尺寸	长 6.20m×宽 3.95m，层高 4.25m，净高 3.75m		未建	
配套辅房	控制室（与中子/γ射线辐射标准实验室共用）		未建	
通风系统	排风系统及新风系统		未建	
中子强度测量标准实验室				
屏蔽体	西侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖		保留原有
	四周墙体	东墙	50mm8%含硼聚乙烯板+300mm 现浇混凝土	未建
		南墙	50mm8%含硼聚乙烯板+300mm 现浇混凝土	未建
		西墙	400mm 现浇混凝土	未建
		北墙	400mm 现浇混凝土	未建
	顶棚	50mm8%含硼聚乙烯板+200mm 现浇混凝土		未建
	地坪	下方无建筑为土层		保留原有
防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板、2mm 厚双面不锈钢钢板及 80mm 的 8%含硼聚乙烯板制成的防护门（80mm 的含硼聚乙烯板-2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构）		未建	
实验室尺寸	长 2.50m×宽 2.00m，层高 4.25m，净高 4.05m		未建	
配套辅房	控制室		未建	
通风系统	排风系统及新风系统		未建	
中子/γ射线辐射标准实验室				
屏蔽体	西侧及东侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖		保留原有
	四周墙体	东墙	120mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土	未建
		南墙	120mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土	未建
		西墙	38mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土	未建
		北墙	120mm8%含硼聚乙烯板+600mm 现浇混凝土	未建
		迷道墙	120mm8%含硼聚乙烯板	未建
	顶棚	200mm 现浇混凝土（上方为不上人屋面）		未建
地坪	下方无建筑为土层		保留原有	

防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板、2mm 厚双面不锈钢钢板及 80mm 的 8%含硼聚乙烯板制成的防护门（80mm 的含硼聚乙烯板-2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构）	未建
实验室尺寸	长 9.00m×宽 6.75m，层高 7.25m，吊顶 6.00m	未建
配套辅房	控制室（与γ射线防护基准辐射实验室共用）	未建
通风系统	排风系统及新风系统	未建

2.4 工作场所污染防治措施

2.4.1 本部辐射工作场所工作场所污染防治措施

建设单位参照《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）、《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《生态环境部II类非医用X线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）、《生态环境部III类医用射线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-036）、《工业γ射线探伤监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-016）、《刻度用γ/n源场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-012）以及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400号）将设置如下辐射安全措施：

表10-14 本项目拟设置的辐射安全措施一览表

γ射线防护标准实验室			
序号	措施	位置	是否满足要求
1	辐照器		是
2			是
3			是
4			是
5			是
6			是
7			是
8	控制器		是
9	固定式		是
10			是
11			是
12			是
13			是
14			是
15			是
16			是
17			是

18			
19			是
20			是
21	监测设备		是
22			是
23	应急物资		是
24			是
25			是
X射线诊断/防护标准实验室			
序号	措施	位置	是否满足要求
1	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标志		是
2	单独机房		是
3	机房门窗防护		是
4	出入口处电离辐射警告标志		是
5	场所设施 工作状态指示灯、灯机联锁及准备出束声光提示		是
6	隔室操作		是
7	防护门		是

8		控制台有钥匙控制(防止非工作人员操作的锁定开关)		是
9		闭门装置		是
10		防夹装置		是
11		门机联锁系统		是
12		通风设施		是
13		实验室出口处紧急停机按钮		是
14		控制台上紧急停机按钮		是
15		出口处紧急开门开关		是
16	监测设备	便携式辐射监测仪		是
		个人剂量报警仪		是
		个人剂量计		是
17	应急物资	灭火器材		是
18	制度	辐射安全与环境保护管理机构及相应制度		是

2.4.2 基地实验室辐射工作场所工作场所污染防治措施

建设单位参照《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）、《工业γ射线探伤监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-016）、《丙级非密封放射性物质操作场所监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-007）以及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400号）将设置如下辐射安全措施：

表10-15 本项目拟设置的辐射安全措施一览表

放射性同位素实验室			
序号	措施	位置	是否满足要求
1	工作场所功能、设置及分区布局		是
2	场所分区的管控措施及标识		是
3	独立的通风设施		是
4	场所设施 电离辐射警告标志		是
5	通风柜		是
6	防止放射性液体操作造成污染的措施		是
7	放射性物料与成品暂存场所或设施		是
8	放射性液体/固体废物暂存场所或设施		是

				是
				是
9		安保设施		是
10	监测设备	便携式辐射监测仪		是
11		表面沾污仪		是
12		个人剂量报警仪		是
13		个人剂量计		是
14	防护用品	个人辐射防护用品		是
15	应急物资	去污用品和应急物资		是
16		放射性同位素使用记录		是
17	台帐记录	放射性废物处置记录		是
γ射线防护基准辐射实验室				
同表10-14				

中子强度测量标准实验室					
1	场所设施	场所和源容器均应有电离辐射警示标志		是	
2		含源设备具有屏蔽防护措施,对于类放射源应实行场所分区管理		是	
3		出入口电离辐射警告标志		是	
4		监视设备		是	
5		中子屏蔽设施(n源场所)		是	
6		防护门		是	
7		通风设施		是	
8		灭火器材		是	
9	监测设备	固定式辐射监测仪		是	
10		便携式辐射监测仪		是	
11		个人剂量报警仪		是	
12		个人剂量计		是	
中子/γ射线辐射标准实验室(γ射线辐射标准实验室部分同表10-14)					
1	场所设施	放射源编码应与源一一对应			是
2		放射源具有固定可靠的安装方式和防盗装置			是
3		场所和源容器均应有电离辐射警示标志	是		
4		含源设备具有屏蔽防护措施,对于III类放射源应实行场所分区管理	是		
5		出入口电离辐射警告标志	是		
6		出入口源工作状态显示	是		
7		防止非工作人员操作的锁定开关	是		
8		门与源升降联锁	是		
9		控制台紧急停止照射按钮	是		
10		紧急回源装置	是		
11		监视设备	是		
1		中子屏蔽设施	是		

2		(n源场所)		
1		防护门		是
3		通风设施		是
1		灭火器材		是
4		固定式辐射监测仪		是
1	监测设备	便携式辐射监测仪		是
5		个人剂量报警仪		是
1		个人剂量计		是
6				

辐射安全与防护措施分布图见附图 8 及附图 13。

三废的治理

1. 施工期三废治理

1.1 废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，主要通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

1.2 噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。且已禁止夜间施工，也已尽可能选用噪音较小的施工设备。

1.3 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，生活污水产量较小，已依托建设单位污水处理设施处理。

1.4 固体废物

施工中固体废物主要为建筑废料、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾，施工垃圾和生活垃圾均已由建设单位统一收集并移交环卫部门清运。

2. 运营期三废治理

2.1 废气（本部）

本项目 γ 射线防护标准实验室及 X 射线诊断/防护标准实验室将采用管道式离心风机加吸顶空调，通风条件良好。其中新风口均设置于吊顶层，排风口设置于实验室东墙，洞顶贴梁底。

表 10-16 本项目实验室通风情况一览表

实验室	吊顶层下方室内体积	达到 3/4 次/h 的换气需求需要的通风量	本项目设计空调/排风量 m ³ /h		能否满足良好通风要求
			空调	排风	
γ射线防护标准实验室	65.7m ³	197m ³ (3 次)	900	560	能
X 射线诊断/防护标准实验室	87.3m ³	349m ³ (4 次)	485+540	560	能

由表 10-16 可知，各实验室通风次数符合标准中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”要求。本项目装置工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至楼外。臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，因此运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。本项目本部暖通设备信息一览表见表 10-17

表 10-17 暖通设备信息一览表

设备编号	服务区域	风机类型	风机规格	数量	风量	全压	转速	功率	电压	噪声
P-1-1	γ射线防护标准实验室	管道式离心风机	GDF2.5-6	1	560 m ³ /h	142 Pa	900 rpm	0.09kW	220V	53dB (A)
P-1-2	控制廊	管道式离心风机	GDF2.5-6	1	560 m ³ /h	142 Pa	900 rpm	0.09kW	220V	53dB (A)
P-1-3	X 射线诊断/防护标准实验室	管道式离心风机	GDF2.5-6	1	560 m ³ /h	142 Pa	900 rpm	0.09kW	220V	53dB (A)
设备名称			参考型号		风量	电源		机组噪声		
嵌入式室内机			SM2.2		485m ³ /h	220V-50Hz		32dB (A)		
嵌入式室内机			SM4		540m ³ /h	220V-50Hz		33dB (A)		
嵌入式室内机			SM4.5		900m ³ /h	220V-50Hz		33dB (A)		
嵌入式室内机			SM5.6		950m ³ /h	220V-50Hz		33dB (A)		
设备类型	设备编号	服务区域	安装位置	型号	数量	电压		噪声		
多联式空调室外机	VRF-1-1	本次扩建的实验室	室外	H140	1	380V		≤60dB (A)		
排口位置				东墙外离地 3.6m 处						

本部实验室暖通设计见附图 7。

2.2 噪声（本部）

本项目运行后噪声源主要为暖通设备噪声、进出院区的机动车辆产生的交通噪声及人群活动噪声，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。

所有设备选用低噪声设备，使用过的片式消声器有效长度 1m 时 A 声级消声量大于 15dB，1.5m 时 A 声级消声量大于 19dB，2m 时 A 声级消声量大于 25dB，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声预计可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

2.3 废水（本部）

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员产生的生活污水，仍旧依托院区连接的市政污水管网处置。由于本项目无新增辐射工作人员，故未增加生活污水处理量。

2.4 固废（本部）

本项目运行后不会产生放射性固体废物，辐射工作人员产生的生活垃圾分类统一集中收集后，由当地环卫部门统一清运。由于本项目无新增辐射工作人员，故未增加生活垃圾处理量。

2.5 废气（基地实验室）

非放射性气体

表 10-18 本项目实验室通风情况一览表

实验室	吊顶层下方室内体积	达到 3 次/h 的换气需求需要的通风量	本项目设计空调/排风量 m ³ /h		能否满足良好通风要求
			空调	排风	
放射性同位素实验室	193m ³	579m ³	空调	750	能
			排风	700	
γ射线防护基准辐射实验室	104m ³	312m ³	空调	500	能
			排风	450	
中子强度测量标准实验室	21.4m ³	63.8m ³	空调	150	能
			排风	100	
中子/γ射线辐射标准实验室	441m ³	1323m ³	空调	1600	能
			排风	1500	

由表 10-18 可知，各实验室设计的通风次数符合标准中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”要求。本项目装置工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至楼外。臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，因此运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

通排风系统维持合理的气流流向和气流组织，具体暖通图纸（含排风口）见附图 12。室内废气通过排风管道引至楼外排放，排风口距地面高度见表 10-19。

表 10-19 本项目排风口距地高度一览表

实验室	排口距地高度	朝向
放射性同位素实验室	10m	西

γ射线防护基准辐射实验室	6m	东
中子强度测量标准实验室	6m	东
中子γ射线辐射标准实验室	10m	东

放射性气体

涉及非密封放射性物质的分装或配置操作均在通风橱中进行，工作人员全程将佩戴过滤性口罩。本项目单个通风橱设计负压为 50Pa，操作口平均面风速 0.5m/s，排风量为 1500m³/h，符合《排风柜》（JB/T 6412-1999）中排风量范围。

根据设计单位提供资料，本项目放射性同位素实验室（含放射性固废暂存间及放射性废液暂存间）将设置一套新风系统和两套独立的排风系统。

表10-20 放射性同位素实验室风机参数一览表

设备	服务区域	风量 (m ³ /h)	风机参考余静压(Pa)	功率 (Kw)	备注	型号规格
送风设备	放射性同位素实验室及辅房	5000	1400	15	组合式新风空调箱(叠式)	箱内静压为 1000Pa 时,漏风率≤2%,低噪型,自带 20#槽钢基础,左式;
排风设备	通风橱	1500	1500	11	中高效活性炭排风机(H13过滤器)	室外防雨 低噪型,自带20#槽钢,风机过滤器:二级活性炭+H13+F6,防爆型
排风设备	其余区域	2500	900	1.1	中高效排风机箱(H13过滤器)	室外防雨 低噪型,自带20#槽钢,风机过滤器:H13+F6,采用变频专用电机

表 10-21 放射性同位素实验室通风橱参数一览表

立管 (mm)	风量(m ³ /h)	接屋顶风机
Φ	1500	接至屋面排口

通风橱能够保持良好通风，通风橱内废气将通往楼顶接通风橱排风口（**高于本建筑屋顶，排气口高度为 10m**），其余区域将在二楼汇总至另一管道口，通往楼顶其余场所排口（**高于本建筑屋顶，排气口高度为 10m**）。放射性同位素实验室的废气将通过各自配套的专用排风管道**经过滤后通往两个排口**。为除去放射性废气，在通风橱风机出口处和其余辐射工作场所的风机出口安装活性炭过滤器。

每路系统管道进入风井前均拟设置止回阀，废气总体由低活性区向高活性区流动，主管道内拟保持负压且各支管均设置防倒灌装置，避免废气倒灌和泄漏。两套独立系统排风系统分别汇总至不同风井排往楼顶（结构高度10m，为不上人屋面）。排口朝向西侧悬崖，各实验室顶部亦非上人屋面。

本工程拟采用的活性炭过滤器主要是用于去除放射性气溶胶颗粒，过滤器内部呈Z字型的排布以保证密封性。本项目所使用的活性炭过滤器为浸渍活性炭过滤器，该过滤器经过特殊的浸渍剂浸渍处理，可加大对空气中挥发的气溶胶等进行吸附。

本项目非密封放射性物质的排放速率、核素种类、排放浓度、年排放时间、年排放量等见表9。

环评要求：为保证过滤效率的有效性，建设单位需根据设备特性定期进行活性炭过滤器和高效过滤器维护，每半年对过滤器的过滤效率进行校核，如果有必要需每季度进行一次更换，以防止过滤器失效，造成放射性污染事故，且更换下的过滤器需作为放射性固废进行管理和处理。针对活性炭的更换周期不超过3个月，故每年更换4次活性炭。在贮存至清洁解控水平后，活性炭作为危废送有资质单位处置。

2.7 噪声（基地实验室）

本项目运行后噪声源主要为暖通设备噪声、进出院区的机动车辆产生的交通噪声及人群活动噪声，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。所有设备选用低噪声设备，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声预计可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

2.8 废水（基地实验室）

非放射性废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员产生的生活污水，仍旧依托院区连接的市政污水管网处置。由于本项目无新增辐射工作人员，故未增加生活污水处理量。

放射性废水

根据《核技术利用放射性废物最小化》（核安全导则 HAD 401/11-2020）放射性废物减容原则，建设单位在实验过程中对于塑料瓶、移液枪枪头等实验用品将尽量一次性使用，日常清洁桌面地面尽可能采用擦拭方式进行清洁，实验室人员将使用一次性手套，从而达到减少清洗废水的目的。

由于本项目使用的部分核素半衰期较长，故针对本项目含有放射性核素的废液将专门收集存放。根据标准要求，经确认后的低放废液可直接排入流量大于10倍排放流量的普通下水道；每月排放活度或每一次排放活度不超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中8.6.2规定的限值要求（每月排放的总活度不超过 $10A_{L\min}$ ；每一次排放的活度不超过 $1A_{L\min}$ ，并且每次排放后用不少于3倍排放量的

水进行冲洗。），且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗，每次排放应做记录并存档。

本项目产生的放射性废水包括：

(1) 人员及设备台等清洗废水等

本项目实验室内设置有洗手池，洗手池内放置收集桶。需要清洗的器皿或辐射工作人员的手均将用纸拭去多余液体后再在洗手池内清洗。辐射工作人员每日将各收集桶中废液标记好，集中到废弃物暂存间废液桶内。

因实验过程中，辐射工作人员均穿戴实验服以及实验手套、实验服、口罩，因而放射性洗涤废液主要来源于实验人员洗手和洗涤少量器皿产生的放射性废液，在按计划周期贮存后经监测和确认可按要求排放。针对不能贮存解控的 Co-60、Eu-152、Cs-134 相应废液将定期固化后送有资质单位处置。

(2) 实验结束后的废弃溶液

对于配置的多余放射性核素溶液将专门收集，集中存放至废弃物暂存间，在按计划周期贮存后经监测和确认可按要求排放。针对不能贮存解控的 Co-60、Eu-152、Cs-134 相应废液将定期固化后送有资质单位处置。

如检测后未能达标，根据《放射性废物安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 612 号）第十一条：核技术利用单位应当对其产生的不能经净化排放的放射性废液进行处理，转变为放射性固体废物。将配置的多余实验溶液统一进行固化（如水泥固化）处理，再作为相应放射性固体废物处置。如溶液含有多种放射性核素，统一按照所含半衰期最长的核素处置。

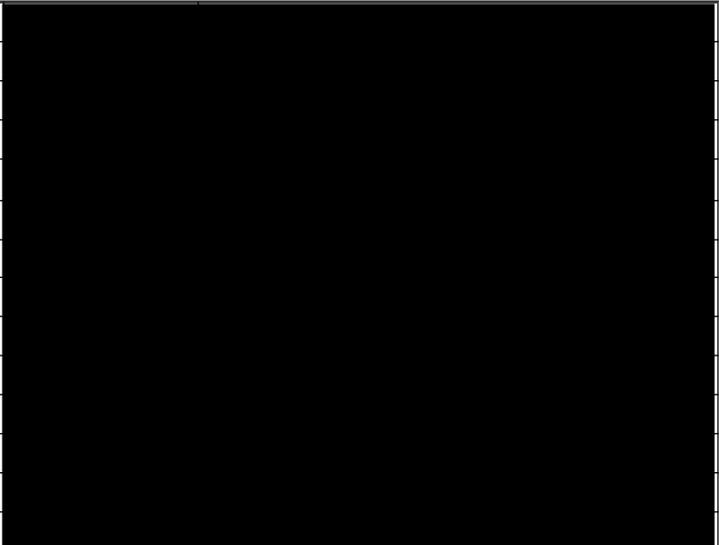
(3) 微量泄漏的废放射性试剂

无法收集的微量废液，用吸水纸清理后收集作为放射性固废处置。可以收集的微量废液，收集到塑料瓶后密封并贴上标签分类按照日期放入废弃物暂存间。

建设单位根据本项目核素用量设计了不同核素的放射废水的存放周期，无法通过贮存解控的放射性废液需固化后由有资质单位收贮，达标分析见表11。

表10-22 本项目放射性废水计划存放周期一览表

核素	种类	核素半衰期	存放周期
F-18	清洗废水	[REDACTED]	[REDACTED]
	废液		
Mn-56	清洗废水		
	废液		

Fe-59	清洗废水	
	废液	
Co-60	清洗废水	
	废液	
Tc-99m	清洗废水	
	废液	
I-131	清洗废水	
	废液	
Cs-134	清洗废水	
	废液	
Eu-152	清洗废水	
	废液	
Au-198	清洗废水	
	废液	

由于上述所有放射性废水均在密封容器中暂存，在达到存放周期后，将联系签订合同的有资质单位到现场对容器中废液进行取样。考虑到存放和运输的安全因素，尽可能使用容积较小的耐腐蚀的废液桶，储存清洗废水的桶容积为  储存废液的桶容积为 

2.9 固废（基地实验室）

非放射性固废

辐射工作人员产生的生活垃圾分类统一集中收集后，由当地环卫部门统一清运。由于本项目无新增辐射工作人员，故未增加生活垃圾处理量。

放射性固废

放射性固废

1、放射性固废处理措施

本项目产生的放射性固体废物主要是实验服、手套等医疗器具以及封装药物的包装等实验耗材。本项目实验室内拟设置张贴有电离辐射警告标志的放射性固废收集桶（10mm铅当量），用于收集产生的放射性固废，工作结束后即进行标记，存入废弃物暂存间进行暂存衰变，本次要求建设单位将定期更换下的活性炭和高效过滤器作为放射性固废进行暂存处理。根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）针对放射性固废的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

（1）放射性固体废物收集

- ①放射性固废收集桶应避开工作人员和经常走动的区域；
- ②放射性固废收集桶内应放置于专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密

封，不破漏，并及时转运至放射性固废间进行衰变处置；

③对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其它包装材料中，然后在装入专用塑料袋内；

④每袋废物的表面剂量不超过0.1mSv/h，重量不超过20kg。

(2) 放射性固废临时贮存和最终处理

①建立放射性废物收集、暂存、转运、回收台帐，确保放射性固废不乱丢、不乱弃；②衰变计划周期后经检测达标后，按照医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理；

③放射性固废收集桶封存时应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明；

④废物包装体表面污染控制水平 $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

⑤废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

2、解控后的医疗废物处理措施

本项目贮存达标的废物根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。

3、废弃活性炭处理措施

本项目经贮存达标的活性炭拟交由有资质处置危废的单位处置。

4、贮存能力分析

本项目一年产生的小塑料瓶、移液枪枪头、手套及封装药物的包装等实验耗材和废薄膜源总计重量达到188kg，保守按照平均密度 $1 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ 进行统计，则每年固废体积约为 0.188m^3 。另外考虑到换下的活性炭同样在废物暂存间贮存，颗粒柱状活性炭密度一般都在 $0.45 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ - $0.65 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ ，则预计本项目每年产生的废弃活性炭体积为 2.667m^3 。建设单位根据本项目核素用量设计了不同核素的存放周期，达标分析见表11。

表10-23 本项目放射性固体废物计划存放周期一览表

核素名称	半衰期	计划存放周期
F-18		
Mn-56		
Fe-59		
Co-60		
Tc-99m		

I-131	
Cs-134	
Eu-152	
Au-198	
活性炭	

储存固体废物的包装计划使用3种规格，对应约可装入[]的固体废物，废物暂存间内将配有电子秤以供日常分类放射性固体废物时确认单袋废物重量。

3. 解控/处置方案

本项目的放射性固体和液体废物都将按照核素种类和废物类型分别使用不同容积的包装物包装后按照表10-5及表10-6时间进行贮存，并在入库时贴好带有核素种类、重量及当日使用的核素总活度和生产日期的标签。

表10-24 放射性三废处置流程一览表

废物类型	活度确认	限值	经审管部门认可
可以解控的放射性固体废物			<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
无法解控的放射性固体废物			<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
可以解控的放射性液体废物			<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
无法解控的放			<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否

射性液体废物		
放射性废气		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否

针对可以解控的相应废物，在监测不达标时将继续贮存。符合审管部门规定的清洁解控水平的相应废物，向监管部门申请解控则经审管部门认可实施解控。不能解控的放射性废物，送交有资质的放射性废物收贮或处置单位进行处理。

4. 贮存可行性分析

本项目用于存放放射性固废暂存间和放射性废液暂存间面积为 30m³、37m³，总体积为 67m³。本项目每年产生的放射性废水总体积为 0.2585m³，需要固化的放射性废水总体积为 0.088m³，每年产生的废弃活性炭体积为 2.667m³，每年其他放射性固废体积约为 0.188m³，总计体积约 3.2015m³。拟定制的单个货架长 1500mm×宽 700mm×高 2000mm，材质为 304 不锈钢，单个货架有 4 层。本项目废物暂存间最少可放置 16 个货架，可容纳 33.6m³ 废物（>3.2015m³）。拟定制的货架单层可承受 600kg，因此共计能承受 38400kg 废物，本项目固体和液体废物总重量预计不超过 1650kg（含包装），能够满足安全要求。建设单位废物处置承诺书见附件 7，建设单位在制定辐射安全管理制度时将强调货架上不允许堆叠废物袋、废物桶或废液桶。

由表 10-23 可知，本项目固体废物处理频次最低可达到 1 月 1 清，由表 10-22 可知，除 Co-60、Eu-152、Cs-134 的放射性液体废物需贮存 1 年以上外，其余放射性液体废物均可在 2 年内完成 1 轮清理。在库存无法满足周转情况时建设单位该放射性实验室将停止运营，与有资质单位签订补充协议，对于无法达到解控水平的放射性废水进行固化处置后送贮。参考放射性同位素实验室处理前例，建设单位计划将院区空地清场后作为临时处置场所，届时合同单位将在基地道路铺设防水材料并搭设专用帐篷并设置对应警示标志，在该场所对放射性废水进行固化。

在落实以上处理措施后，本项目的放射性废物的处理及处置均符合相关标准要求，根据其辐射水平严格分类收集、处理及处置，严格做到去向明确，满足放射性废物安全管理遵循“减量化、无害化处理处置和永久安全”的基本原则，符合相关标准中对于放射性废物的处理要求，其处理措施合理、合规，能够满足辐射安全管理

的要求。

5. 射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

环评要求：本项目使用的X射线辐射源在进行报废处理时，将射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

6. 放射源退役处置

根据《四川省辐射污染防治条例》：对废弃放射源，使用单位应当在终止使用之日起三个月内根据回收承诺书返回原生产单位、原出口方或者送交放射性废物集中贮存单位；无法返回的，应当送交有相应许可证的放射性废物贮存单位收贮，并承担相应费用。

环评要求：本项目使用的放射源在购买时与销售单位签订合同应包含回收条款。因历史遗留原因无法返回的应当送交有相应许可证的放射性废物贮存单位收贮，

7. 多余放射性同位素药物处置

针对不再使用的多余放射性同位素药物（包装在原容器内），建设单位将在生产单位再次送药时送交生产单位。

3、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，建设单位需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器，本项目环保投资估算见表 10-2。本项目总投资 60 万元，环保投资 46.83 万元，占总投资的 78.05%。今后建设单位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合建设单位实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

表 10-2 辐射安全与环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量	投资金额（万元）
本部			
γ射线防护标准实验室			
1	屏蔽体		
2	通风		
3	辐照器		
4			

5			
6			
7			
8	控制器		
9	固定式		
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19	监测设备		
20			
21			
22	应急物资		
23			
24			
25			
26	制度		
X 射线诊断/防护标准实验室			
1	屏蔽体		
2	通风		
3	场所措施		
4			

5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13	监测设备	
14	应急物资	
15	制度	
基地实验室		
放射性同位素实验室		
1	屏蔽体	
2	通风	
3	通风柜	
4	场所分区的 管控措施及 标识	
5		
6	电离辐射警 告标志	
7	防止放射性 液体操作造 成污染的措 施	
8	放射性物料 与成品暂存 场所或设施	
9	放射性液体 /固体废物 暂存场所或	

	设施			
10				
11				
12	安保设施			
13	监测设备			
14				
15				
16				
17	个人辐射防护用品			
18	去污用品和 应急物资			
19				
γ射线防护基准辐射实验室				
1	屏蔽体	墙体修建、防护门	/	100
2	通风			
3	辐照器			
4				
5				
6				
7				
8	控制器			
9	固定式			
10				
11				
12				

13		
14		
15		
16		
17		
18		
19	监测设备	
20		
21		
22	应急物资	
23		
24		
25		
26	制度	
中子强度测量标准实验室		
1	屏蔽体	
2	通风	
3	场所设施	
4		
5		
6		
7		
8	监测设备	
9		
10		
11		
中子/γ射线辐射标准实验室		
1	屏蔽体	
2	通风	
γ射线辐射标准实验室		
3	辐照器	
4		

5			
6			
7			
8	控制器		
9	固定式		
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19	监测设备		
20			
21			
22	应急物资		
23			
24			
25			
26	制度		
中子辐射标准实验室			
1	场所措施		
2			
3			
4			
1	其他		
2			
合计			

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目建设施工时对环境会产生如下影响：

1.施工期扬尘

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，针对上述大气污染拟采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、车辆在运输建筑材料时已采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

2.施工期噪声

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内均为企业，公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。在施工时拟严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

3.施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水和施工废水。施工废水拟先经简易沉淀设施进行沉淀处理后，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制；施工人员产生的生活污水院区临时修建的预处理池进行处理后排入市政管网送雒南污水处理厂处理。

4.施工固废

施工期的固体废物主要是建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建设单位拟在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。建筑材料可回收利用部分重新利用后剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门制定的垃圾堆放场。

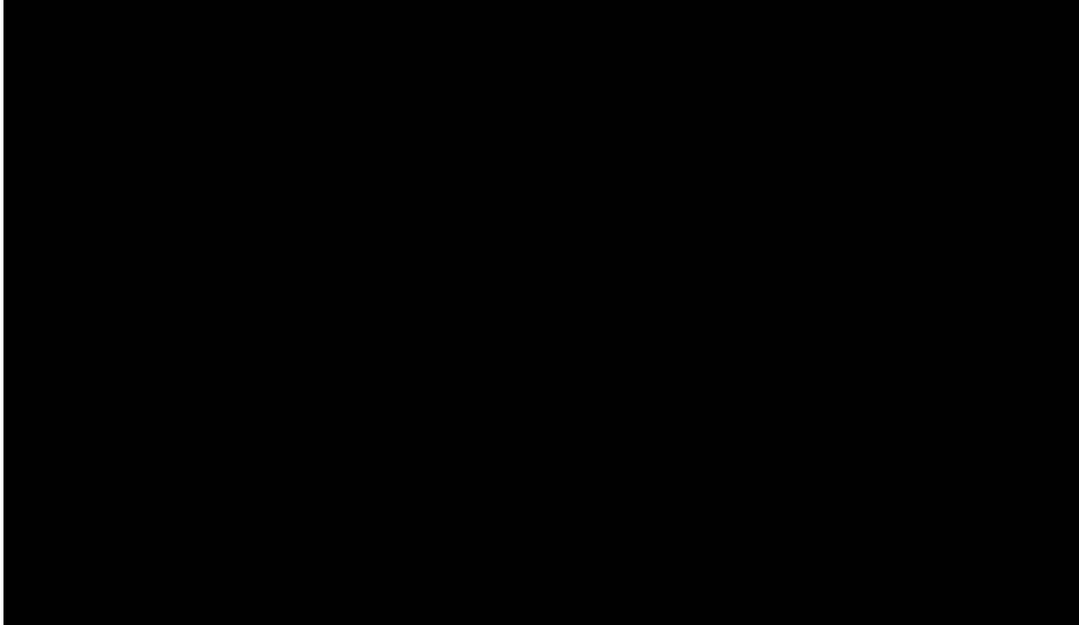
建设单位在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在公司内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

1. 本部 γ 射线防护标准实验室

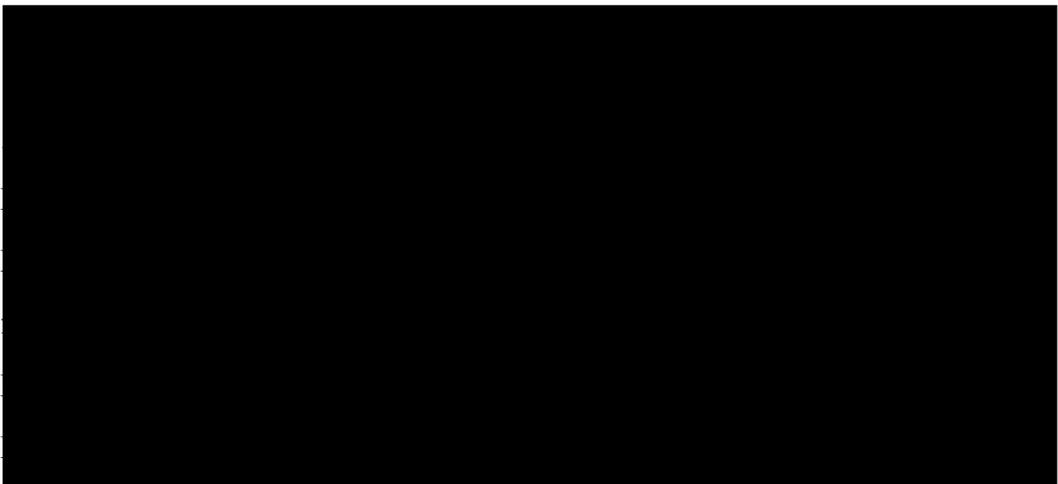
1.1 主屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）5.1.2.1，有用线束照射方向按有用线束估算，计算公式如下：



1.2 侧屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）5.1.2.3，侧屏蔽墙厚度可不考虑对散射辐射的屏蔽，而应按装置的泄漏辐射估算，计算公式如下：

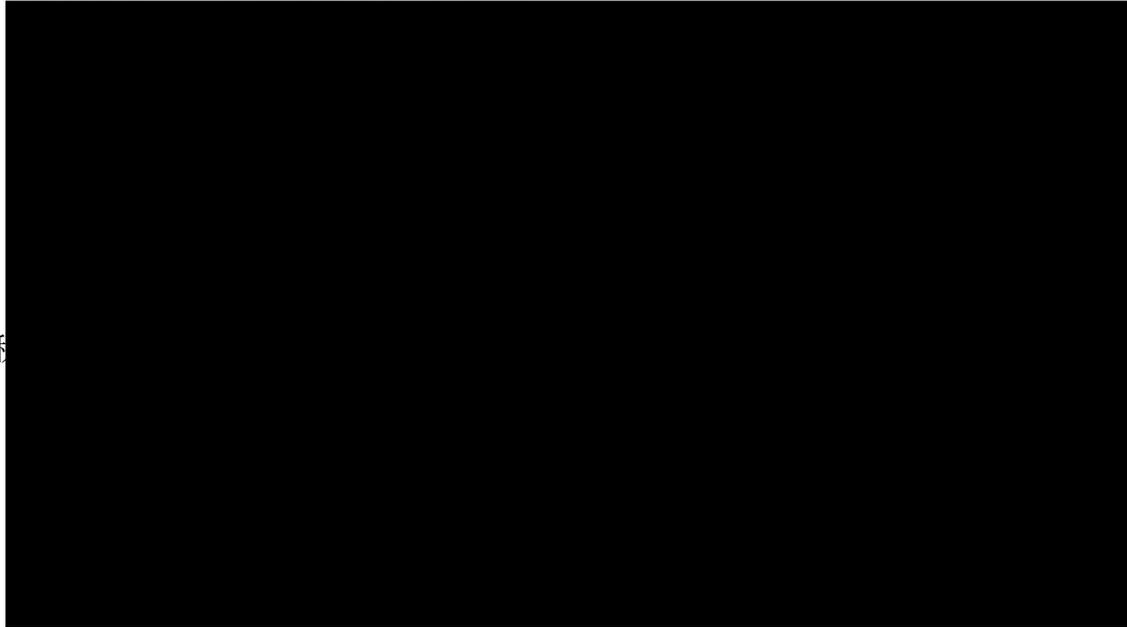


1.3 实验室入口门屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》

(GBZ/T201.3-2014) 5.1.2.5, 入口门考虑泄漏辐射以及在主屏蔽墙上和被检仪器上的散射辐射影响, 散射辐射计算公式如下:

面积



1.4 γ 射线防护标准实验室理论计算

1.4.1 预测点位选择

理论计算时, 选取 γ 射线防护基准辐射实验室四面墙壁、顶部及防护门外表面30cm处作为预测点位。

1.4.2 放射源参数

本项目 γ 射线防护标准实验室使用1枚Cs-137放射源, 放射源辐射特性参数见表11.1。

表 11.1 放射源辐射特性参数

核素	放射源活度(Bq)	周围剂量当量率常数(裸源) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)	1m处周围剂量当量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	TVL (mm)		
				铅	钢	混凝土
Cs-137	3.70E+09					

1.4.3 居留因子选取

表 11.2 γ 射线防护标准实验室关注点居留因子选取一览表

关注点	点位描述	居留因子	备注
①	东墙外30cm处(控制廊)	1	全居留, 控制室
②	南墙外30cm处(室外道路)	1/4	部分居留, 保守按走廊取值
③	西墙外30cm处(机械所工厂仓库)	1/5	全居留, 周边建筑物中的驻留区
④	北墙外30cm处(控制廊)	1	全居留, 控制室

⑤	防护门外 30cm 处（控制廊）	1/8	偶然居留，防护门
⑥	楼上地面 30cm 处（半空）	1/40	偶然居留，半空，仅有空调外机

1.4.4 工作时间

本项目单台送检仪器设备所需照射时间约 5min，每周共检定 60 台，则周照射时间 t 为 5h，年照射时间为 250h。

1.4.5 导出剂量率参考控制水平

参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）附录 A.1 导出剂量率 $H_{c,d}$ 计算公式如下：

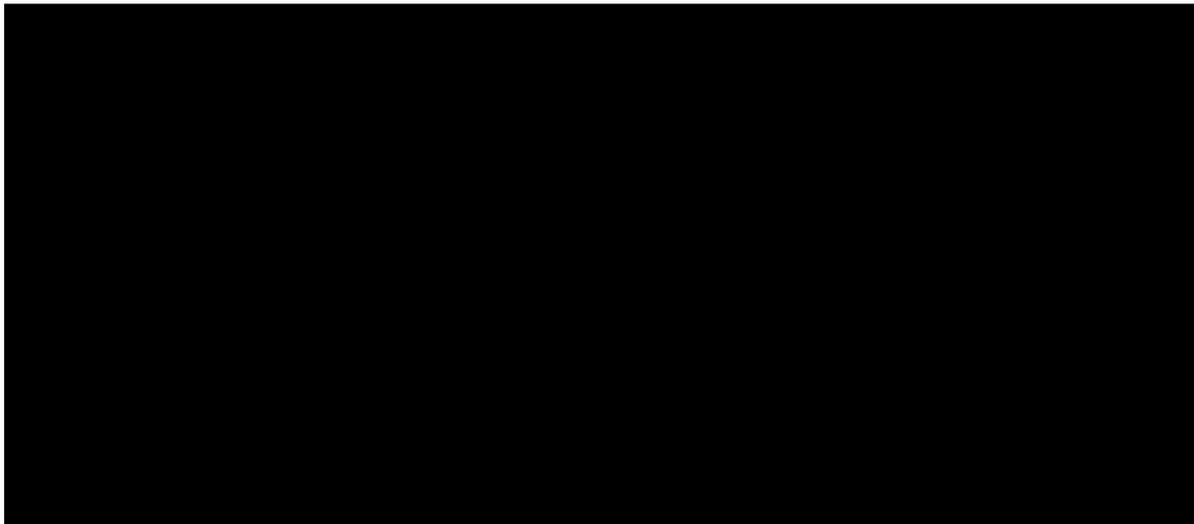


表 11-3 周围剂量当量率参考控制水平

位置	关注点	居留因子	周参考剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	使用因子	周照射时间 (h)	导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
东墙外 30cm 处（控制廊）						20
南墙外 30cm 处（室外道路）						4
西墙外 30cm 处（机械所工厂仓库）						5
北墙外 30cm 处（控制廊）						20
防护门外 30cm 处（控制廊）						160
楼上 30cm 处（半空）						40

1.4.6 最高剂量率参考控制水平

- 1) 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；
- 2) 人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

1.4.7 周围剂量当量率参考控制水平

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）第 4.1.1 条，由上述导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和最高剂量率

参考控制水平 $H_{c,max}$ ，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)。

另参考《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)第6.1点，将屏蔽墙外30cm处最高剂量率参考控制水平统一为不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

综上所述， γ 射线防护基准辐射实验室各关注点剂量率参考控制水平见表11-4。

表11-4 关注点周围剂量当量率参考控制水平一览表

点位描述	导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)
东墙外30cm处 (控制廊)	20	2.5	2.5
南墙外30cm处 (室外道路)	4	2.5	2.5
西墙外30cm处 (机械所工厂仓库)	5	2.5	2.5
北墙外30cm处 (室外道路)	20	2.5	2.5
防护门外30cm处 (控制廊)	160	2.5	2.5
楼上30cm处 (半空)	40	2.5	2.5

1.4.8 贮存状态下 γ 射线防护标准实验室周围剂量当量率

本项目 γ 射线防护标准实验室使用的含源装置储位铅室由金属铅构成，外部为不锈钢罩，储位铅当量 $\geq 250\text{mmPb}$ 。铅室设计装源活度 $3.70\text{E}+09\text{Bq}$ ，放射源处于储位时，1m处周围剂量当量率为 $284.9\mu\text{Sv/h}$ 。保守以此为源强计算贮存状态下实验室外周围剂量当量率。屏蔽体选取最薄的400mm混凝土，源距墙0.4m，则 $r=0.4+0.4+0.3=1.1\text{m}$ ，根据距离衰减公式得到实验室外周围剂量当量率最大为 $2.93\text{E}-10\mu\text{Sv/h}$ ，满足周围剂量当量率参考控制水平限值，且可忽略此时对于职业和工作的年有效剂量的贡献。

1.4.9 工作状态下 γ 射线防护标准实验室屏蔽厚度预测

1.4.9.1 有用线束屏蔽厚度核算

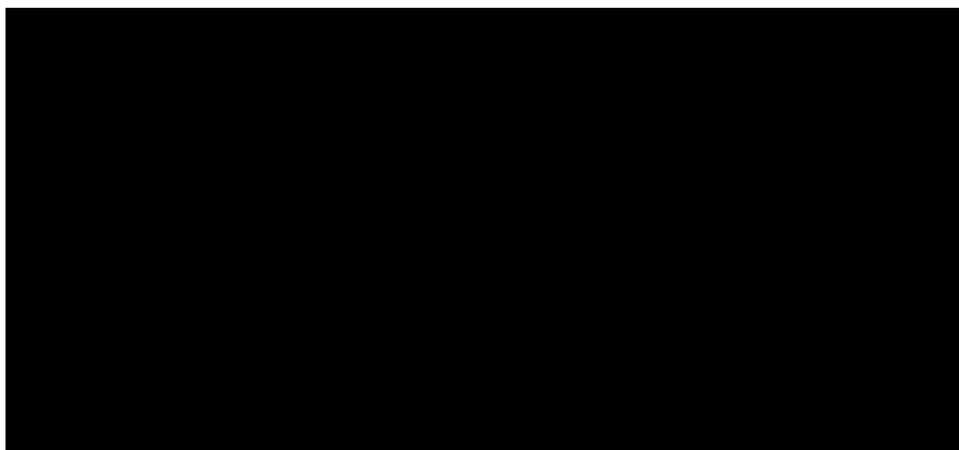




表11-5 本项目有用线束方向屏蔽厚度计算参数及设计参数对比一览表

核素	屏蔽体	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	1m 处空气比释动能 ($\mu\text{Gy/h}$)	距离关注点 (m)	透射因子	理论计算屏蔽厚度	实际设计厚度	是否满足屏蔽要求
Cs-137	南墙	2.5				11.0mm 混凝土	700mm 混凝土	满足

*南墙 $r=5.405\text{m}-0.4\text{m}+0.7\text{m}+0.3\text{m}=6.01\text{m}$ 。

1.4.9.2 非有用线束方向屏蔽厚度核算

表 11-6 侧屏蔽墙屏蔽厚度计算参数及设计参数对比一览表

屏蔽体	东墙	西墙	北墙	顶棚
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5
R				
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)				
f				
TVL (mm)				
TVL ₁ (mm)				
理论计算屏蔽厚度 X_c (mm)	0	0	0	0
实际设计屏蔽厚度 X (mm)	500mm混凝土	400mm混凝土	400mm混凝土	200mm混凝土
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足

*东墙 $r=1.6\text{m}+0.5\text{m}+0.3\text{m}=2.40\text{m}$ ；西墙 $r=1.6\text{m}+0.4\text{m}+0.3\text{m}=2.30\text{m}$ ；北墙 $r=0.4\text{m}+0.4\text{m}+0.3\text{m}=1.10\text{m}$ ；顶棚 $r=(4.65-3.80\text{m} \div 2)+0.2\text{m}+0.3\text{m}=3.25\text{m}$ （《电离辐射计量》P182“放射源应以低原子序数物质支撑在房间一半高度上”）。

表 11-7 入口门屏蔽厚度计算参数及设计参数对比一览表

辐射类型	在主屏蔽墙上的散射辐射	在被检仪器上的散射辐射	泄漏辐射
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)			
α_w			
S_w (m^2)			
R_1 (m)			
R_2 (m)			

H ₁ (μSv/h)	
入口屏蔽前周围剂量当量率 (μSv/h)	
剂量率参考控制水平H _c (μSv/h)	
理论计算屏蔽厚度 X _e (mm)	0
实际设计屏蔽厚度 X (mm)	2mm钢-10mm铅-2mm钢
是否满足屏蔽要求	满足

本项目防护设计在满足屏蔽要求的情况下未造成过度防护，也考虑到污染防患问题尽量少使用铅制品，符合防护最优化原则。

1.4.10 工作状态下γ射线防护标准实验室周围剂量当量率

本项目工作状态时主射线方向固定朝南墙照射，准直器能够确保射线束为窄束。东墙、西墙、北墙、防护门及屋顶均按一次 90°散射进行核算。

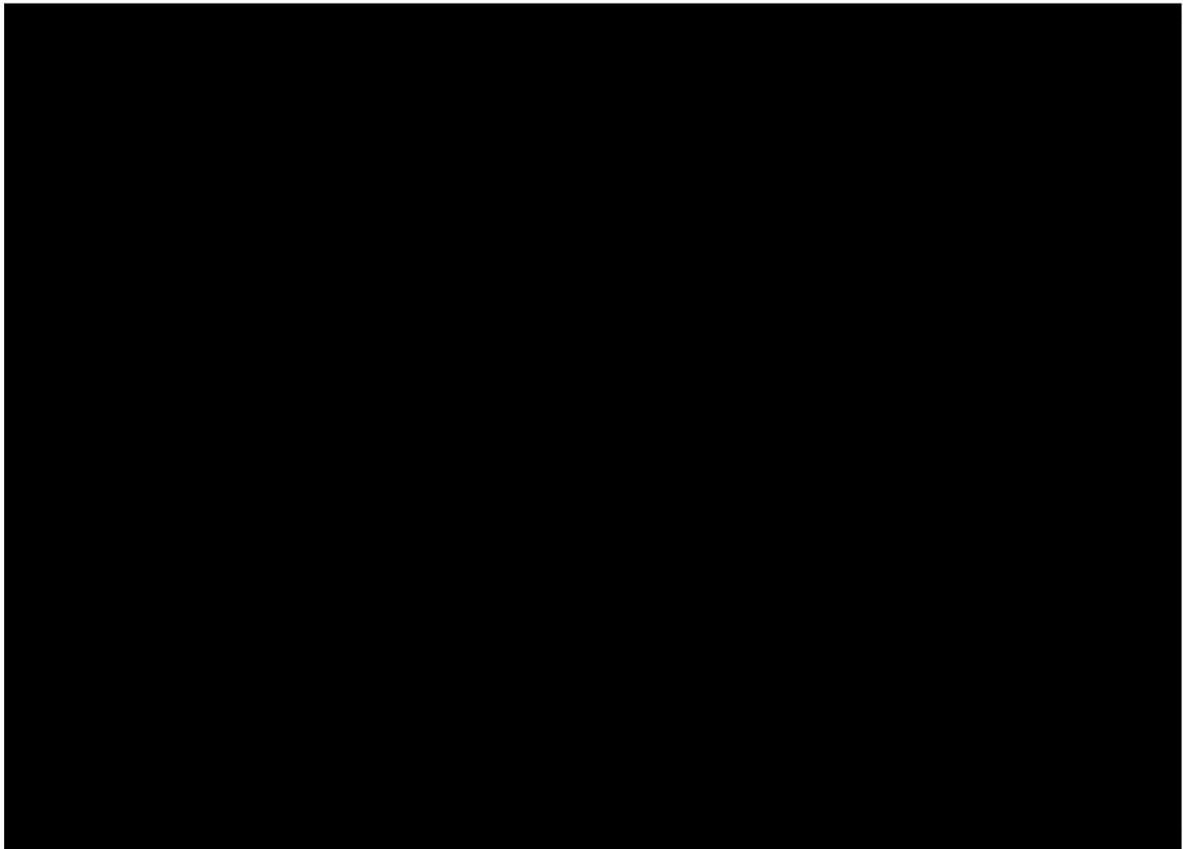


图 11-1 γ防护标准实验室四周关注点位示意图

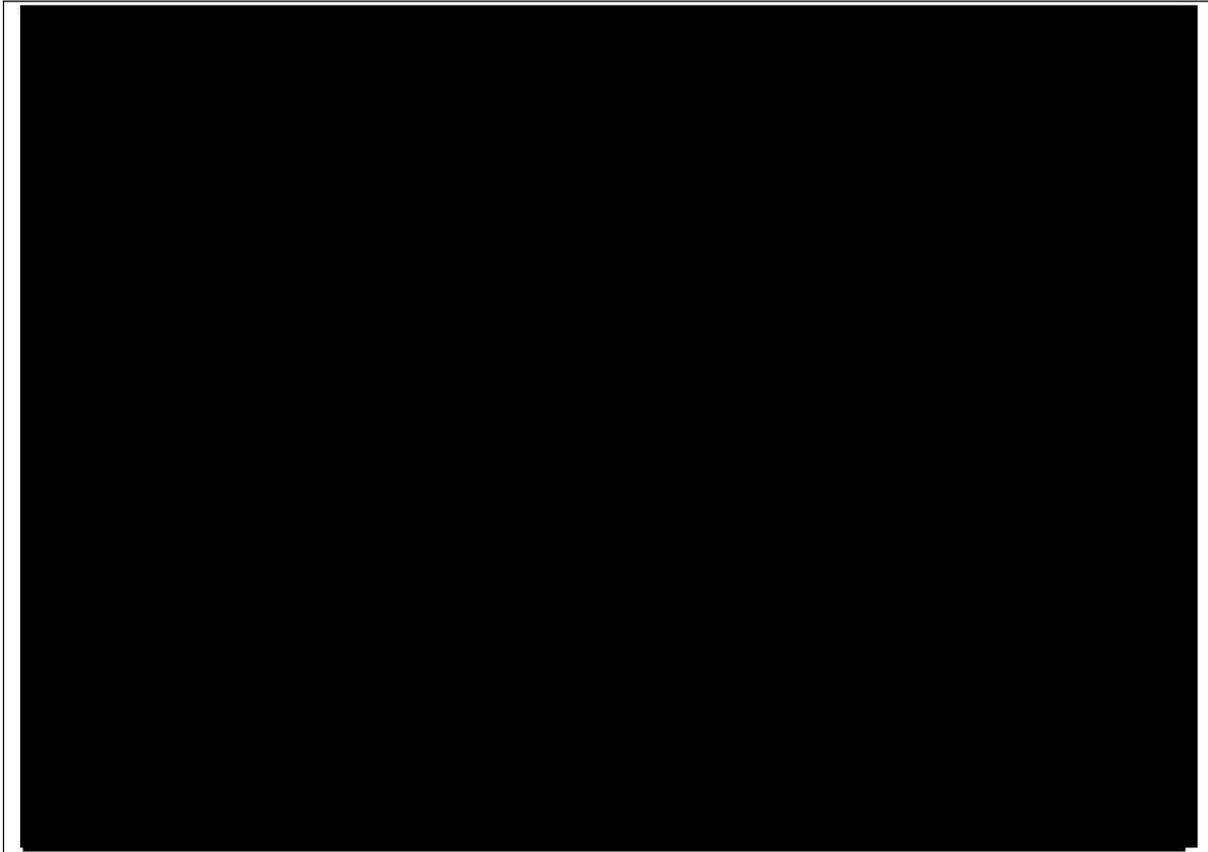


图 11-2 γ 防护标准实验室顶部关注点位示意图

表 11-8 有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	屏蔽厚度	透射因子	1m处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离关注点 (m)	周围剂量当量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
南墙外30cm处 (控制廊) ②	700mm 混凝土				7.89E-04	2.5	满足

*西墙 $r=5.2\text{m}+0.8\text{m}+0.3\text{m}=6.3\text{m}$ 。

表 11-9 非有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	东墙外30cm处 (控制廊) ①	西墙外30cm处 (机械所工厂) ③	北墙外30cm处 (控制廊) ④	楼上30cm处 (半空) ⑥
屏蔽厚度X	500mm 现浇混凝土	400mm 现浇混凝土	400mm 现浇混凝土	200mm 现浇混凝土
斜射角 $\theta(^{\circ})$				
有效屏蔽厚度 X_e (mm)				
TVL ₁ (mm)				
TVL (mm)				
B				
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)				

f				
R				
周围剂量当量率H ($\mu\text{Sv/h}$)	6.87E-05	1.53E-04	6.70E-04	1.44E-03
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5
是否满足要求	满足	满足	满足	满足
防护门⑤				
辐射类型	在主屏蔽墙上 散射辐射	在被检仪器上 散射辐射	泄漏辐射	
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)				
α_w				
S_w (m^2)				
R_1 (m)				
R_2 (m)				
屏蔽厚度X				
TVL				
B				
H_1 ($\mu\text{Sv/h}$)				
周围剂量当量率H ($\mu\text{Sv/h}$)				0.0206
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)				2.5
是否满足要求				满足

根据表 11-8、表 11-9 中预测结果，本项目 γ 防护标准实验室表面外 30cm 周围剂量当量率均能够满足周围剂量当量率参考控制水平的要求。

1.4.10 年有效剂量理论计算

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000年报告附录A公式计算实验室周围各关注点辐射工作人员和公众受到的X射线产生的外照射人均年有效剂量：

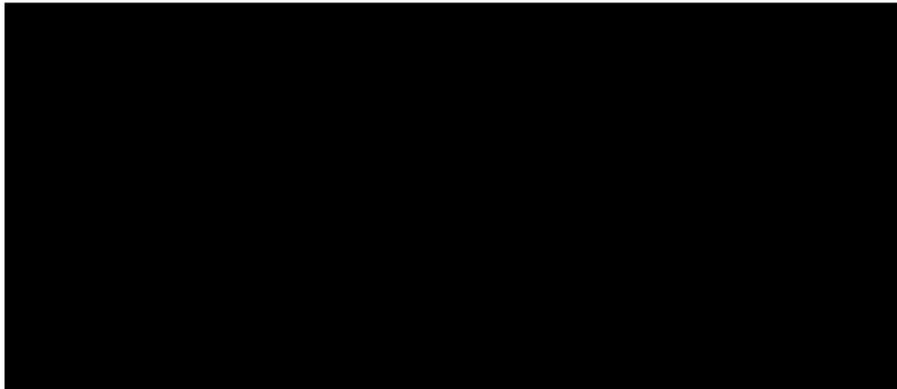


表 11-10 γ 射线防护标准实验室辐射影响理论计算结果

点位描述	参考点周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	出束时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价结果
东墙外 30cm 处 (控制廊)				5.15E-03	5	满足
南墙外 30cm 处 (室外道路)				4.93E-05	0.1	满足
西墙外 30cm 处 (机械所工厂仓库)				7.65E-06	0.1	满足
北墙外 30cm 处 (控制廊)				1.68E-04	5	满足
四川省市场监督管理局1号楼				7.16E-05	0.1	满足
四川省市场监督管理局2号楼				1.99E-07	0.1	满足
建设单位的第一实验楼				2.55E-06	0.1	满足
建设单位的室内环境监测站				1.84E-07	0.1	满足
建设单位的综合楼				7.46E-08	0.1	满足

1.4.11 换装源过程的影响

如果需更换放射源，源提供单位负责将销售的放射源运入实验室，并装入屏蔽材料，完成整个安装放射源过程。建设单位日常会将放射源取出进行活度测定等实验，取源过程约 5min，实验完后安装至源装置中约 5min，共计 10min，每年一次，则该过程 Cs-137 辐射工作人员受照剂量为 $284.9 \times 10 / 60 / 1000 = 0.0475 \text{mSv}$ (假设未穿戴防护用品)。运输时，按照相关规定要求的运输罐将放射源封装运输。计量院负责协助设备厂家进行换装源操作，在换装源过程中，严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关规定，做好安全与防护工作；安装放射源后须请有监测资质的单位对剂量进行监测，换装源过程的影响是可控的。

1.4.12 退役放射源的影响

γ 射线空气比释动能计量装置正常工作过程中，不产生放射性固体废弃物，但经一定使用年限后，会产生报废或退役的放射源。按照《放射性废物安全管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，未经批准不得擅自处理。使用放射源单位应当与生产放射源单位签订废旧放射源返回合同，在放射源废弃后 3 个月内将废放射源交回生产单位进行安全处置，废放射源回收参照放射源转让程序办

理。废放射源送贮完成之日起 20 日内，应及时向四川省生态环境主管部门备案，申请办理放射源注销手续。

1.4.13 辐射环境影响及年有效剂量汇总

表 11-11 辐射影响汇总

辐射影响	计算结果	评价结果
周围剂量当量率最大值	0.0206 μ Sv/h	满足
职业年有效剂量最大值	$5.15E-03/5+0.0237+0.0475=0.0722$ mSv	满足
公众年有效剂量最大值	1.68E-04mSv	满足

2. 本部 X 射线诊断/防护标准实验室

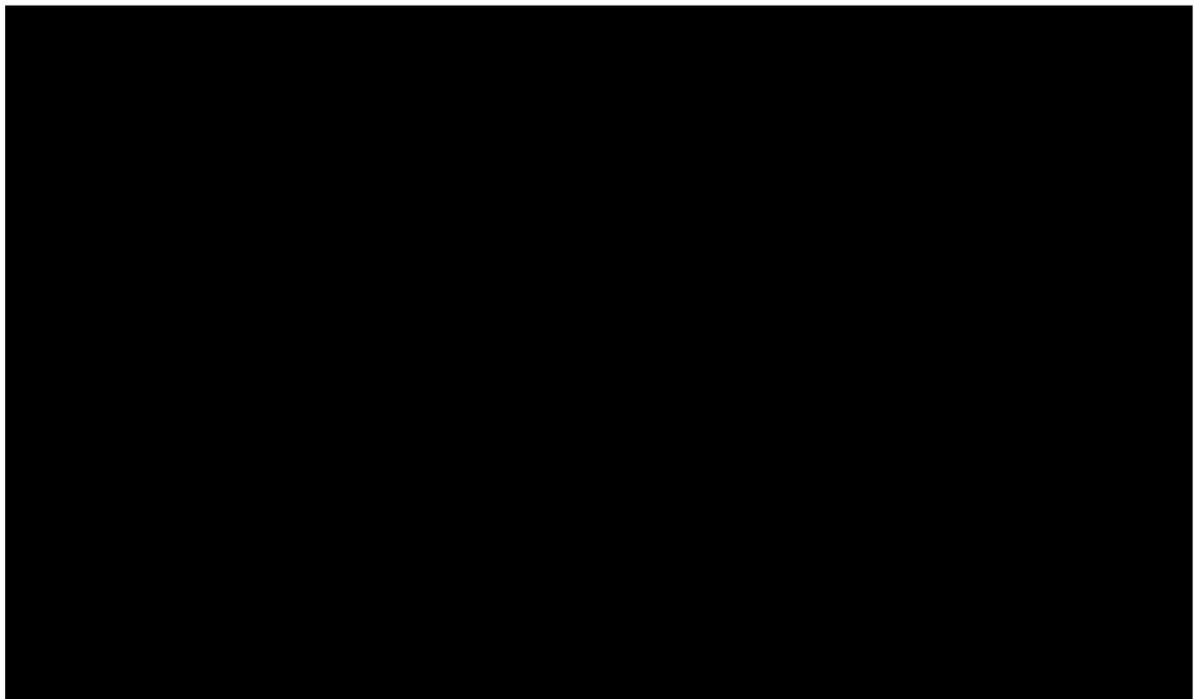
2.1 本部 X 射线诊断/防护标准实验室（诊断）

2.1.1 屏蔽体铅当量

由表 10-6 可知，屏蔽体等效铅当量能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）“标称 125kV 以上的摄影机房屏蔽防护铅当量厚度要求：有用线束方向铅当量 3mm，非有用线束方向铅当量 2mm。”的要求。本项目防护设计在满足屏蔽要求的情况下未造成过度防护，也考虑到污染防治问题尽量少使用铅制品，符合防护最优化原则。

2.1.2 本部 X 射线诊断/防护标准实验室（诊断）理论计算

2.1.2.1 辐射种类和计算方法



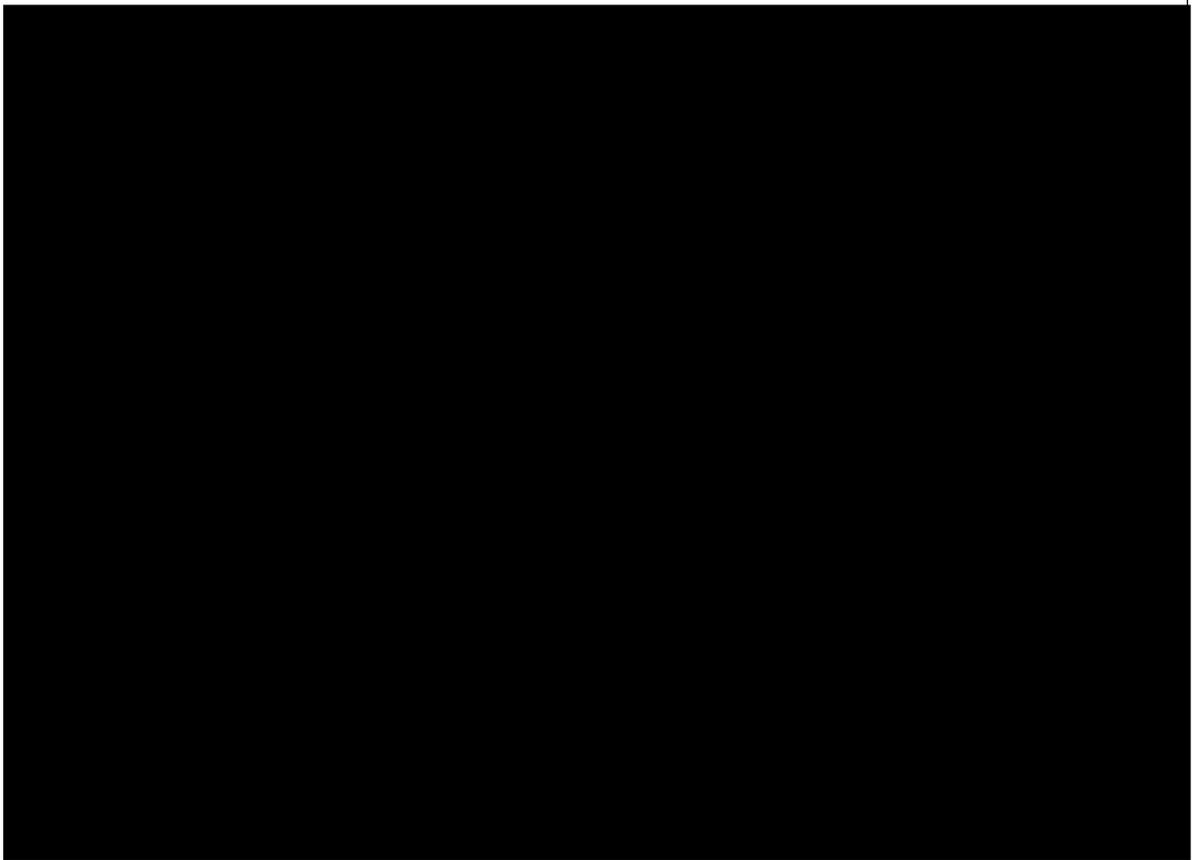
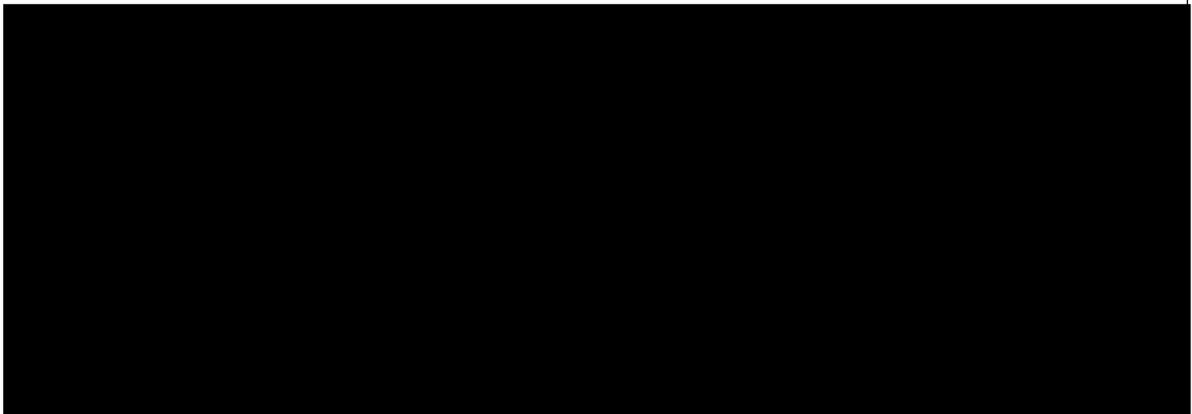


图11-3 ICRP33中不同管电压在不同滤过下X射线输出量

(1) 有用线束



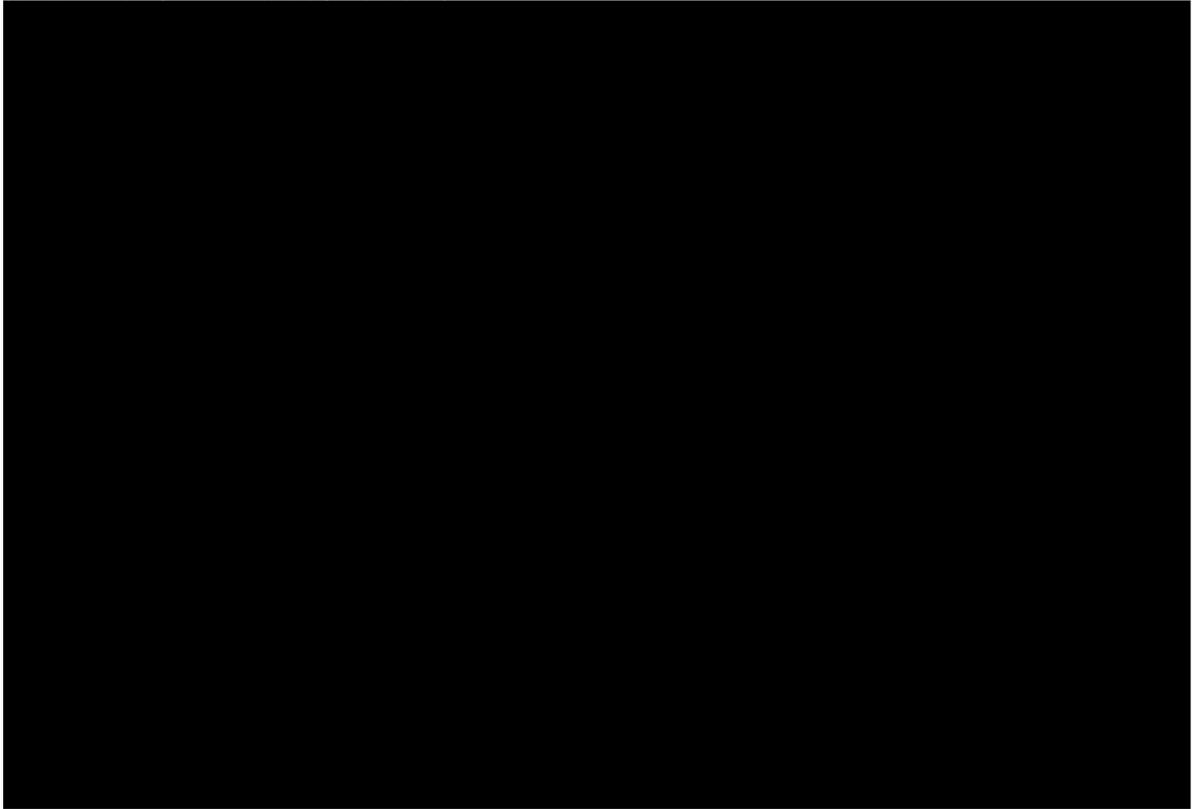
(2) 非主束方向:

根据 NCRP 于 2004 年出版的第 147 号报告《针对医用 X 射线影像设备的结构防护设计》4.1.7 (P45)：次屏蔽的设计目标为，将放射成像装置产生的散射线及泄露射线的空气比释动能限制在适当或较低水平。考虑到操作过程中有用线束方向固定为由上往下，因此四周和顶棚的非主束方向主要考虑散射线和泄漏射线的复合影响。

散射线

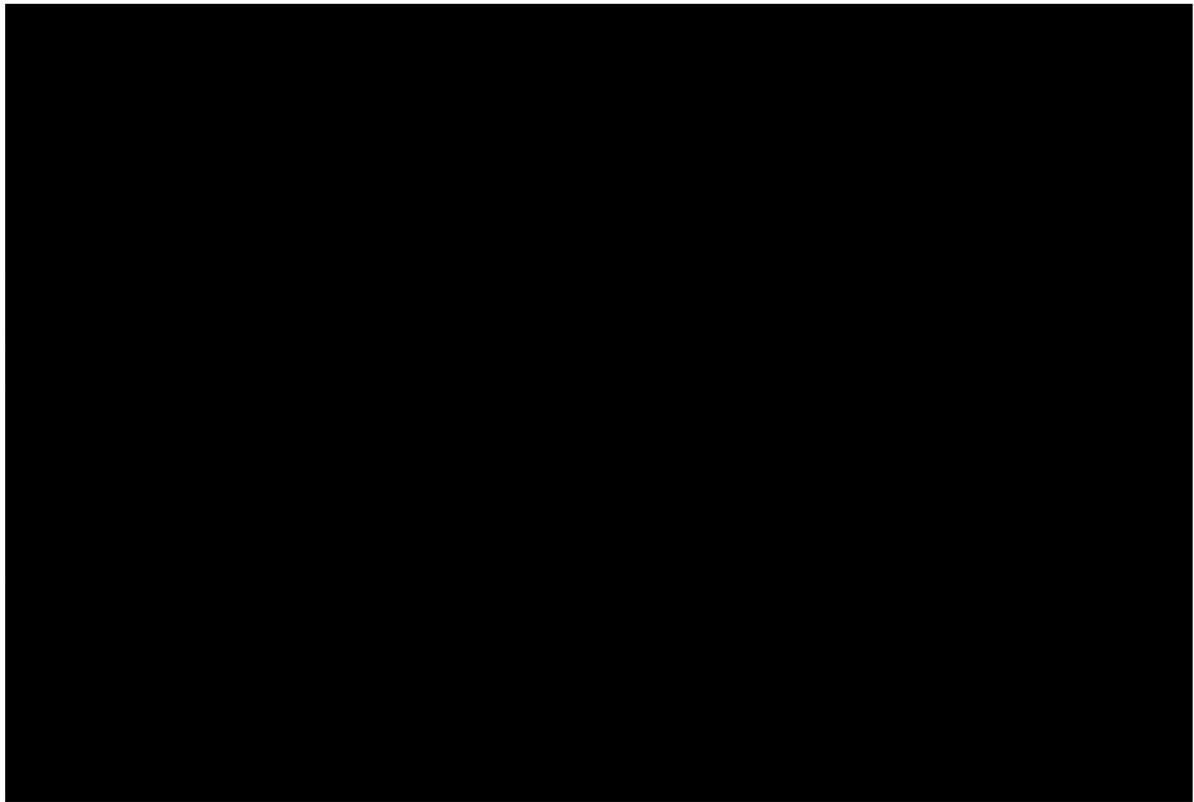
散射线在关注点的造成的空气比释动能率计算，可参照《辐射防护手册》（第一

分册) 公式 10.10 采用以下公式:



(3) 泄漏射线

各预测点的泄漏辐射剂量率可用下式进行计算:



2.1.2.2 工作状态下本部 X 射线诊断/防护标准实验室（诊断）周围剂量当量率

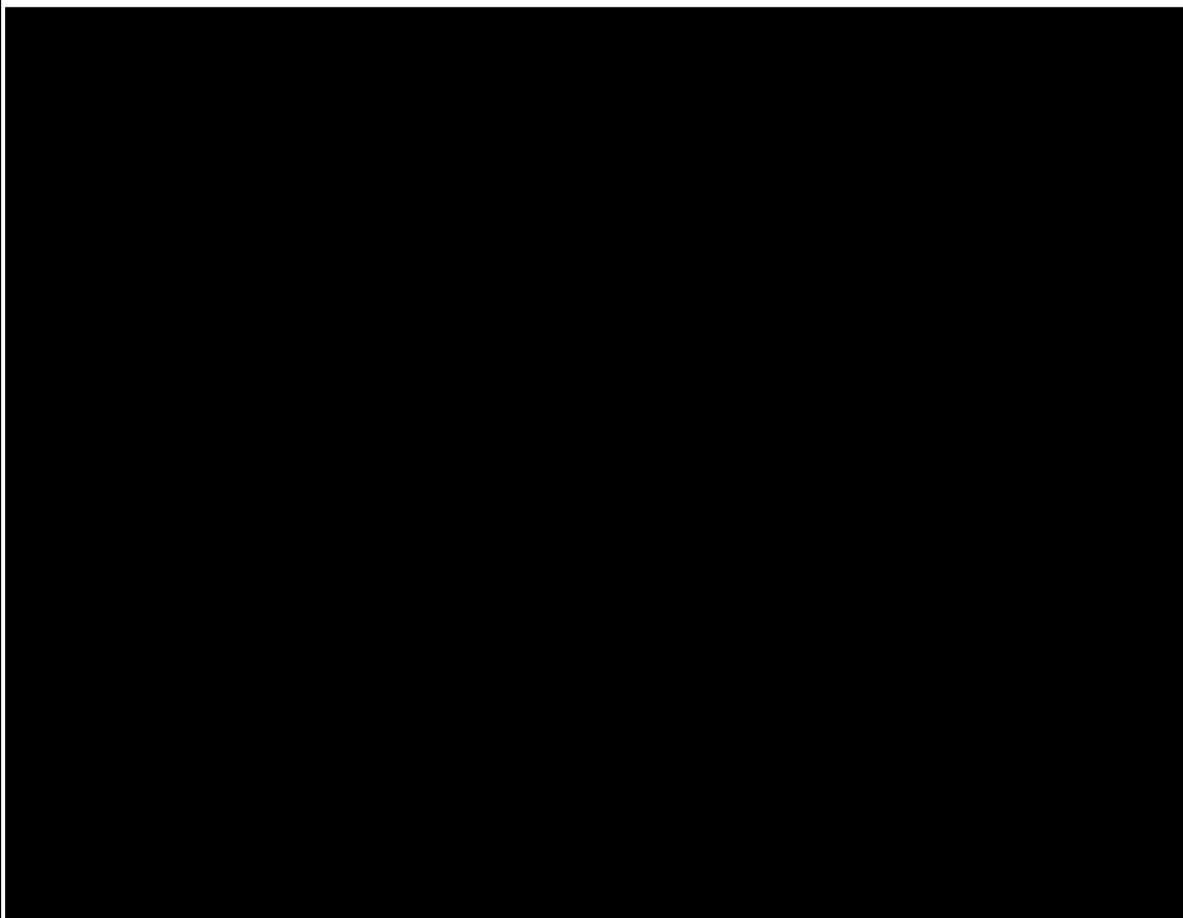


图11-4 X射线诊断/防护标准实验室（诊断）四周关注点位示意图

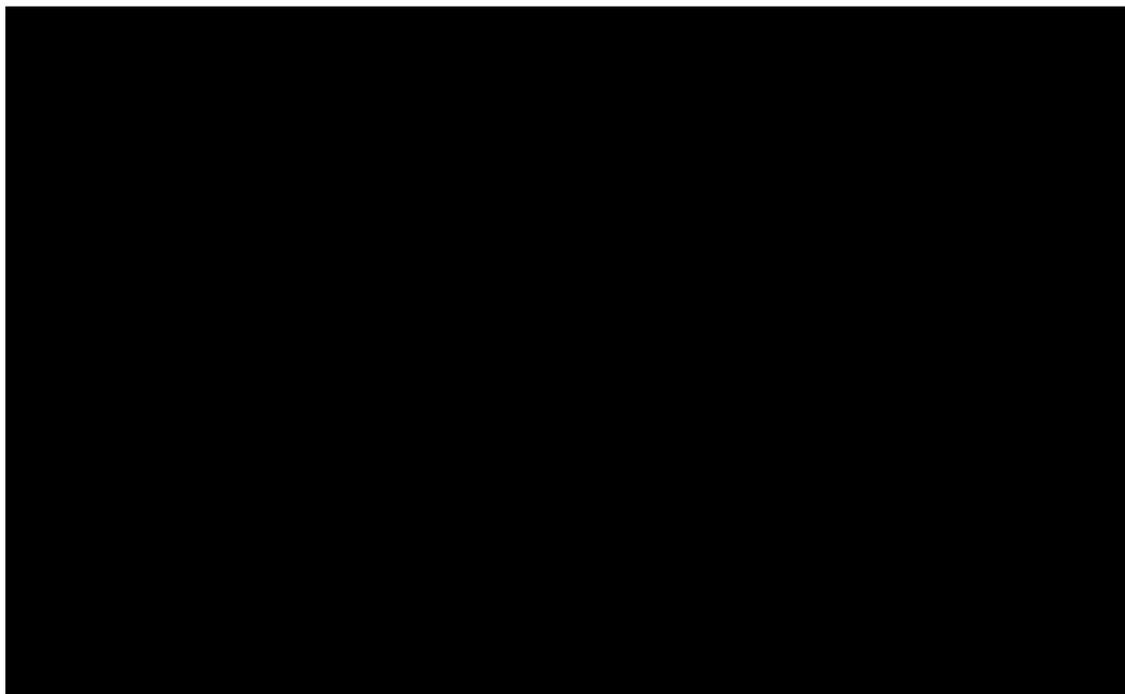


图11-5 X射线诊断/防护标准实验室（诊断）顶部关注点位示意图

表11-12 非有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	关注点	距离(m)	屏蔽材料	透射因子	转换系数 Sv/Gy	周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)
①	东墙外30cm处 (室外道路)					2.90E-04
	散射辐射					
②	南墙外30cm处 (控制廊)					1.93E-03
	泄漏辐射					
③	西墙外30cm处 (机械所工厂 仓库)					1.93E-03
	散射辐射					
④	北墙外30cm处 (室外道路)					6.67E-04
	泄漏辐射					
⑤	防护门外30cm 处(控制廊)					4.28E-14
	散射辐射					
⑥	楼上30cm处 (半空)					0.342
	泄漏辐射					

2.1.2.3 年有效剂量理论计算

根据公式 7 可计算辐射工作人员及公众年有效剂量，计算结果见下表：

表 11-13 本项目 X 射线诊断/防护标准实验室（诊断）辐射影响理论计算结果

点位描述	参考点关注点剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	出束时间(h/a)	年有效剂量(mSv/a)	目标管理值(mSv/a)	评价结果
东墙外30cm处 (室外道路)				8.39E-06	0.1	满足
南墙外30cm处 (控制廊)				3.22E-05	5	满足
西墙外30cm处 (机械所工厂仓库)				6.45E-06	0.1	满足
北墙外30cm处 (室外道路)				1.92E-05	0.1	满足
四川省市场监督管理局1号楼				1.06E-06	0.1	满足
四川省市场监督管理局2号楼				2.08E-08	0.1	满足
建设单位的第一实验楼				1.62E-07	0.1	满足
52号院2栋				3.295E-08	0.1	满足

建设单位的 室内环境监测站		1.39E-07	0.1	满足
建设单位的 综合楼		4.51E-08	0.1	满足

2.1.2.4 辐射环境影响及年有效剂量汇总

表 11-14 辐射影响汇总

辐射影响	计算结果	评价结果
周围剂量当量率最大值	0.342 μ Sv/h	满足
职业年有效剂量最大值	3.22E-05/5=6.44E-06mSv	满足
公众年有效剂量最大值	1.92E-05mSv	满足

2.2 本部 X 射线诊断/防护标准实验室（防护）

2.2.1 关注点剂量率参考控制水平

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）3.1，各侧屏蔽体外关注点导出控制剂量按下式进行计算：

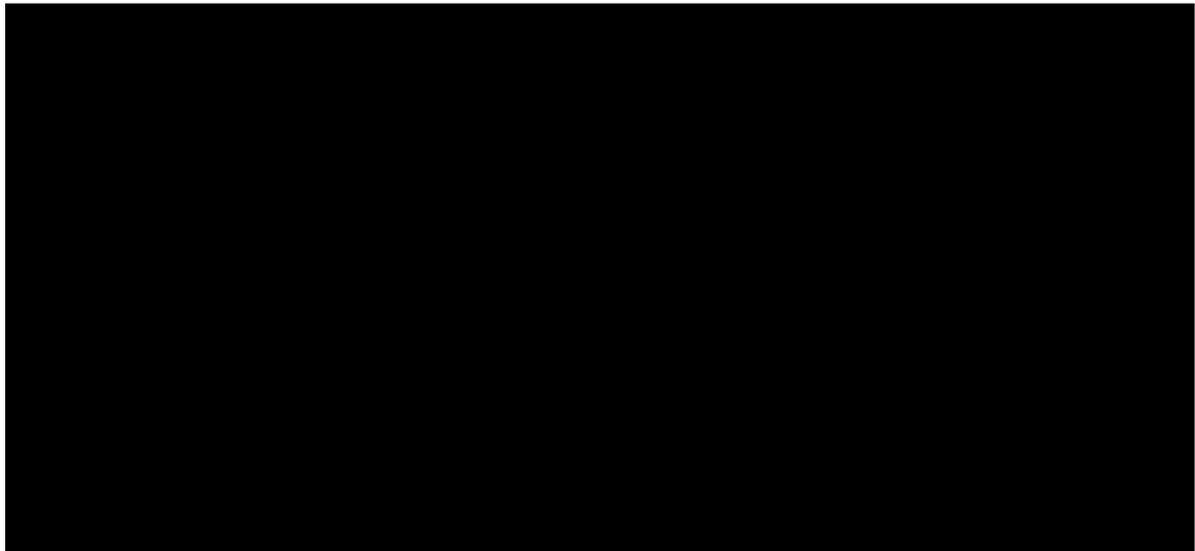


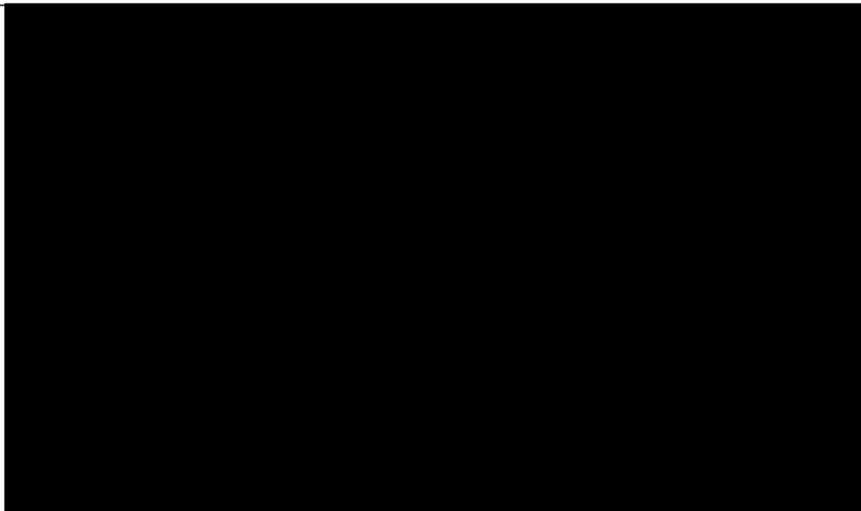
表11-15 各关注点剂量率参考水平

关注点	对象	居留因子	剂量率参考控制水平（ μ Sv/h）		
			H _{c,d}	H _{c,max}	H _c
东墙外30cm处（室外道路）	公众		3.00	2.5	2.5
南墙外30cm处（控制廊）	辐射工作人员		15.0	2.5	2.5
西墙外30cm处 （机械所工厂仓库）	公众		3.75	2.5	2.5
北墙外30cm处（室外道路）	公众		3.00	2.5	2.5
防护门外30cm处（控制廊）	公众		6.00	2.5	2.5
楼上30cm处（半空）	公众		/	/	100

*顶部人员不可达，亦不需要人员到达。

2.2.2 有用线束屏蔽厚度核算

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）4.1，有用线束方向屏蔽按下式进行计算：



考虑到《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及ICRP33号报告未见320kV/3mmBe相关输出量数据，故参考《无损检测仪器 1MV以下X射线设备的辐射防护规则 第3部分：450kV以下的X射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z 41476.3-2022）表6获得有用线束最大特殊剂量率。

表 11-16 距靶 1m 处 X 射线周围剂量当量率核算

管电压	管电流	有用线束	
		距靶 1m 处 X 射线输出量	距靶 1m 处 X 射线周围剂量当量率
320kV (最大)	13.1mA		
186kV	22.5mA (最大)		

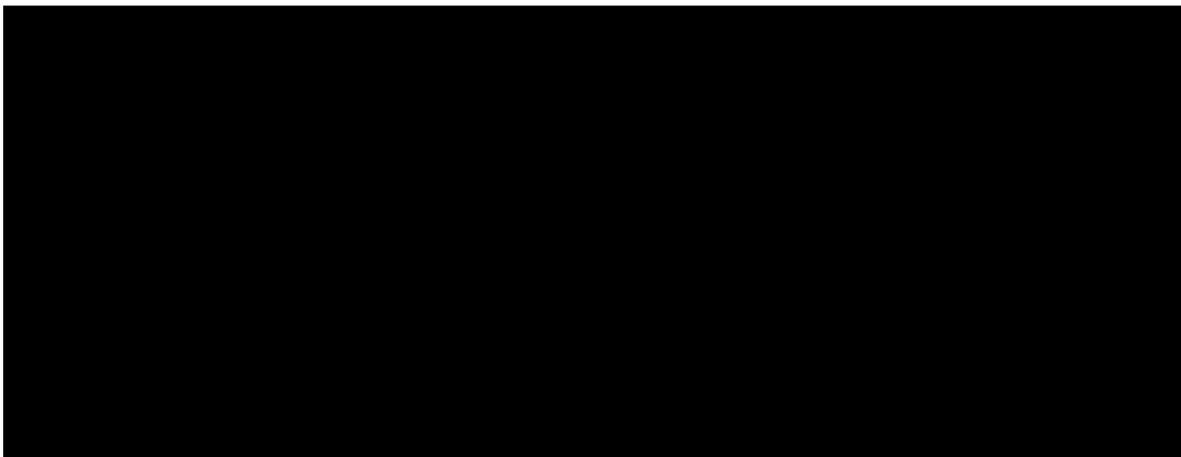
考虑高电压透视因子与源强均更大，故采用最大管电压下管电流进行相应评价。对于估算出的屏蔽透射因子B，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表B.2，得出本项目理论计算厚度。

表11-17 本项目主射线方向屏蔽厚度计算参数及计算对比一览表

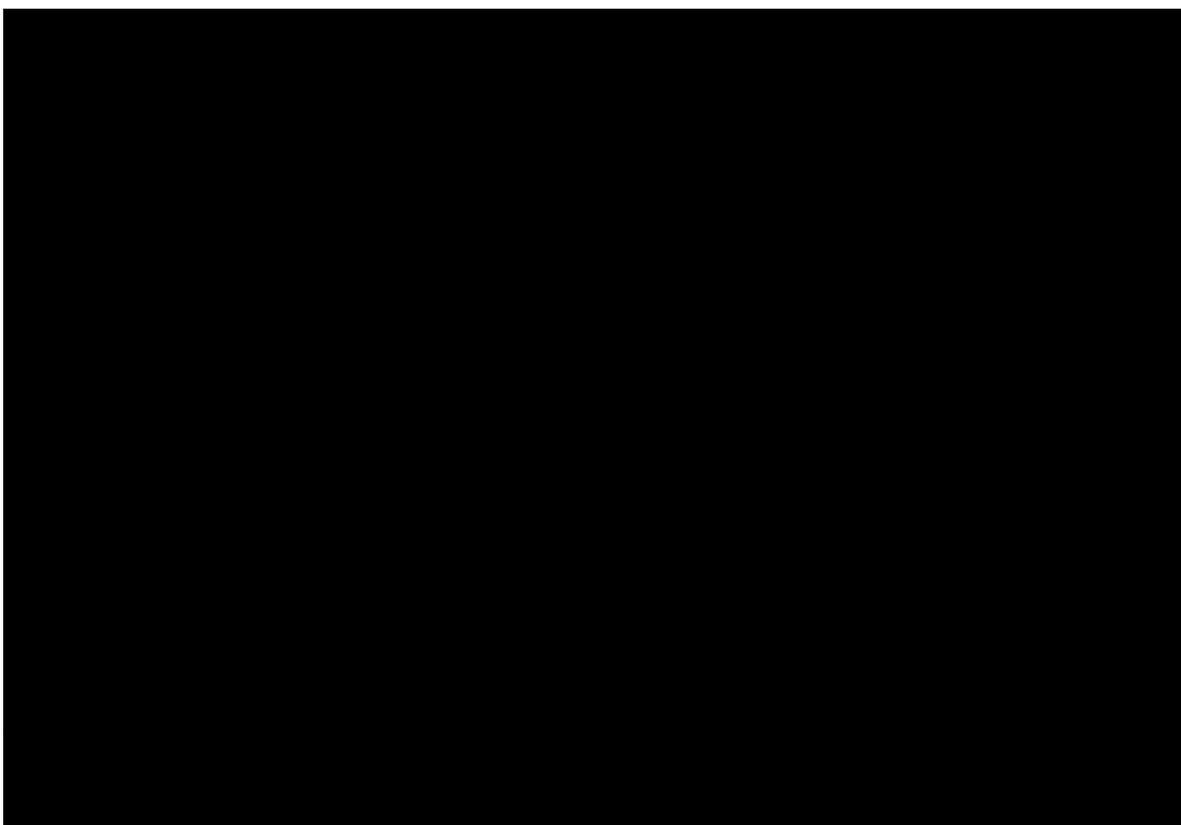
屏蔽体	周围剂量当量率参考控制水平 H _c (μSv/h)	1m 处周围剂量当量率 (μSv/h)	距离关注点 (m)	透射因子	理论计算屏蔽厚度	实际设计厚度	是否满足屏蔽要求
西墙	2.5				457mm 混凝土	400mm 混凝土 +240mm 页岩多孔砖 (折合为 133mm 混凝土)	满足

2.2.3 非有用线束屏蔽厚度核算

泄漏辐射：



散射辐射：



非主射方向上的辐射影响考虑的是泄漏辐射以及散射辐射的综合影响，因此本项目将泄漏辐射以及散射辐射的影响叠加起来分析本项目装置的屏蔽设计厚度。

表11-18 本项目非有用线束方向屏蔽厚度计算参数及计算比对一览表

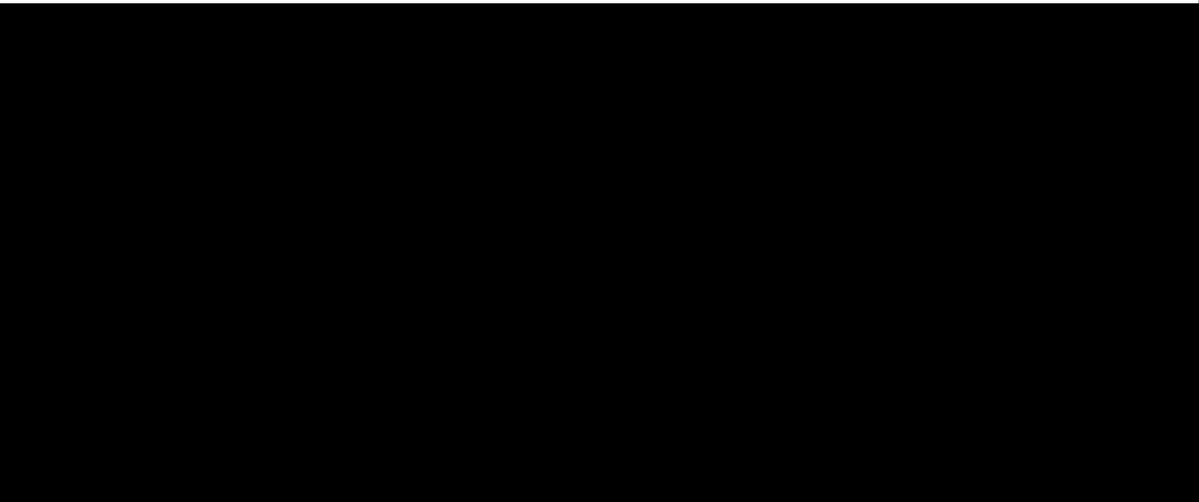
屏蔽体	参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	与关注点 最近距离 (m)	理论计算屏蔽 厚度	实际设计厚度	是否满足屏 蔽要求
东墙	2.5		332mm 现浇混凝土	350mm 现浇混凝土+240mm 页 岩多孔砖 (折合为 133mm 混凝土) =483mm 现浇混凝土	满足
南墙	2.5		252mm 现浇混凝土	400mm 现浇混凝土	满足
北墙	2.5		254mm 现浇混凝土	350mm 现浇混凝土+240mm 页 岩多孔砖 (折合为 133mm 混凝土) =483mm 现浇混凝土	满足
顶棚	100		78mm 现浇混凝土	200mm 现浇混凝土 +15mm 硫酸钡水泥砂 浆 (折合为约 219mm 现浇混凝土)	满足
防护门	2.5		16.1mmPb	2mm 钢-17mm 铅-2mm 钢	不满足

本项目防护设计在满足屏蔽要求的情况下未造成过度防护，也考虑到污染防患问题尽量少使用铅制品，符合防护最优化原则。

2.2.4 工作状态下本部 X 射线诊断/防护标准实验室 (防护) 周围剂量当量率

2.2.4.1 有用线束屏蔽

装置四周及顶部预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的计算公式：

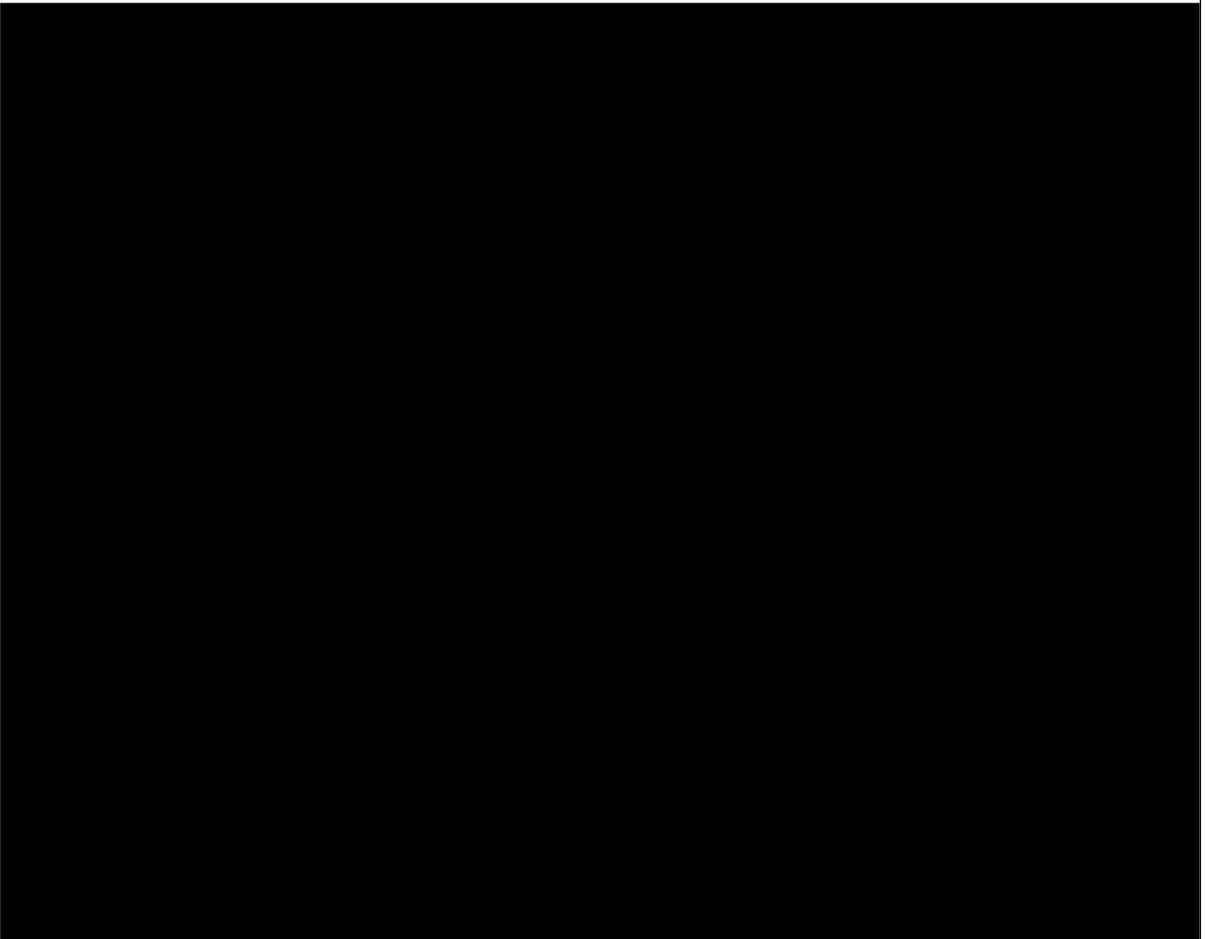


2.2.4.2 非有用线束的屏蔽:

① 泄漏辐射



② 散射辐射



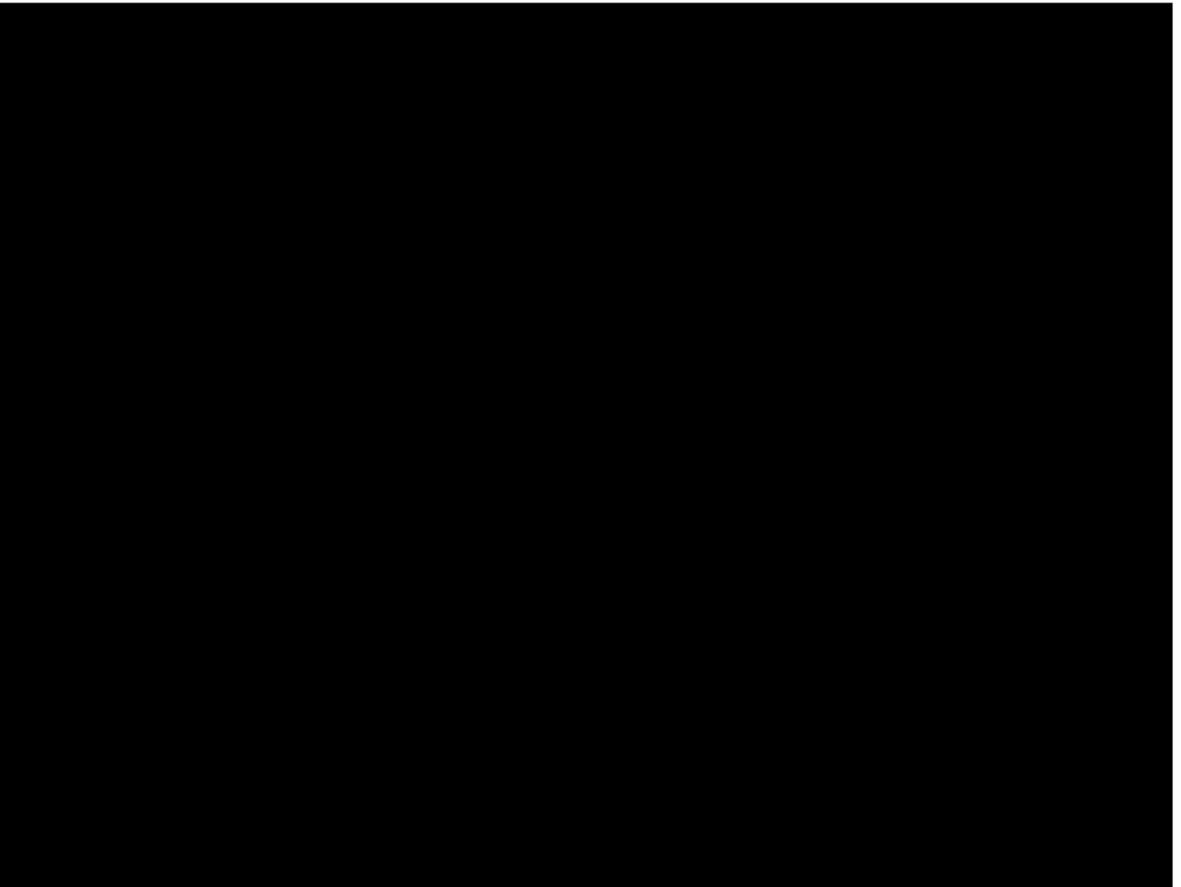


图 11-7 X 射线诊断/防护标准实验室（防护）四周关注点位示意图

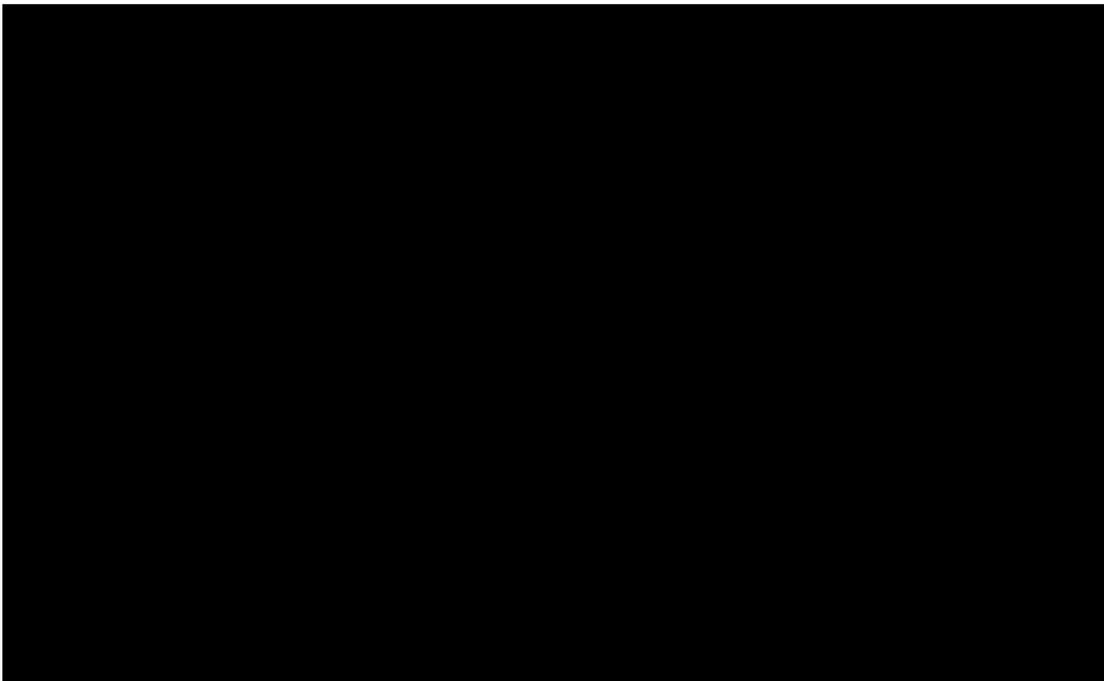


图 11-8 X 射线诊断/防护标准实验室（防护）四周关注点位示意图

表 11-19 有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	位置	屏蔽设计	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	B	R^* (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
③	西墙外30cm处(机械所工厂仓库)	折合533mm现浇混凝土					0.588	2.5	满足

表 11-20 非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位				
		①	②	④	⑥	⑤
		东墙外30cm处(室外道路)	南墙外30cm处(控制廊)	北墙外30cm处(室外道路)	楼上30cm处(半空)	防护门外外30cm处(控制廊)
屏蔽设计		483mm 现浇混凝土	400mm 现浇混凝土	483mm 现浇混凝土	200mm 现浇混凝土+15mm 硫酸钡水泥砂浆	2mm 钢-10mm 铅-2mm 钢
泄漏辐射	B					
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)					
	R^* (m)					
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)					
散射辐射	B					
	I (mA)					
	H_0 ($\mu\text{SV}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)					
	F (m^2)					
	α					
	R_0 (m)					
	R_s^* (m)					
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		0.0722	0.0768	0.0115	3.41	1.74
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	100	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

2.2.5 周/年有效剂量理论计算

表 11-21 本项目保护目标辐射影响理论估算结果汇总表

点位描述	距离 (m)	参考点点处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	使用因子	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv/w}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年剂量估算值 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/年)
东墙外30cm处(室外道路)					0.120	5 (公众)	6.01E-03	0.1 (公众)

南墙外30cm处 (控制廊)		11.6	100 (工作人员)	0.579	5 (工作人员)
西墙外30cm处 (机械所工厂仓库)		0.784	5 (公众)	0.0392	0.1 (公众)
北墙外30cm处 (室外道路)		0.0192	5 (公众)	9.57E-04	0.1 (公众)
四川省市场监督管理局1号楼		1.52E-05	5 (公众)	7.59E-04	0.1 (公众)
四川省市场监督管理局2号楼		7.48E-06	5 (公众)	3.73E-04	0.1 (公众)
建设单位的第一实验楼		5.84E-05	5 (公众)	2.91E-03	0.1 (公众)
52号院2栋		3.27E-08	5 (公众)	1.63E-06	0.1 (公众)
建设单位的 室内环境监测站		8.72E-07	5 (公众)	4.35E-05	0.1 (公众)
建设单位的 综合楼		2.82E-07	5 (公众)	1.41E-05	0.1 (公众)

2.2.6 辐射环境影响及年有效剂量汇总

表 11-22 辐射影响汇总

辐射影响	计算结果	评价结果
周围剂量当量率最大值	1.74 μ Sv/h	满足
职业周/年有效剂量最大值	11.6/5=2.32 μ Sv/w 0.579/5=0.116mSv/a	满足
公众周/年有效剂量最大值	0.784 μ Sv/w 0.0392mSv/a	满足

3. 叠加剂量分析

当两个实验室同时运行时，取周围剂量当量率最大值，采用屏蔽体外 0.3m 处相距的最短距离，由距离衰减可得周围剂量当量率叠加情况，以及公众年有效剂量叠加情况。

表 11-23 辐射影响汇总

辐射影响		计算结果	评价结果
γ 射线防护标准 实验室	周围剂量当量 率最大值	0.456 μ Sv/h	满足
	职业年有效剂 量最大值	0.0940mSv	满足
X 射线诊断/防 护标准实验室	周围剂量当量 率最大值	1.75 μ Sv/h	满足
	职业年有效剂 量最大值	2.44 μ Sv/w 0.116mSv/a	满足
本部及周围	公众年有效剂 量最大值	7.84E-04 μ Sv/w 0.0392mSv/a	满足

*X 射线诊断/防护标准实验室内设备不同时开机，故周围剂量当量率仅叠加影响较大者，在计算年有效剂量时则

分别计算。

4. 本部非放射性环境影响分析

4.1 臭氧环境影响分析

本项目装置工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，且本项目暖通设计能够实现良好通风，因此对周围环境影响较小。

4.2 水环境影响分析

项目运行后，废水主要为辐射工作人员产生的生活污水。本项目未新增辐射工作人员，已有的处理能力能够兼容。

4.3 固体废物环境影响分析

项目运行后，固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾。本项目未新增辐射工作人员，已有的垃圾处理能力能够兼容。

4.4 声环境影响分析

本项目噪声源主要为暖通设备噪声，所有设备选用低噪声设备，各设备声源强度均小于 60dB（A）。通风设施均采取了隔声消声措施、对风机设备和空调机组进行基础减震；与噪声要求较高的房间相邻的，其房间所有的隔墙和顶板均做吸声、隔声处理。因此本项目噪声源通过降噪措施及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

5. 基地实验室放射性同位素实验室

5.1 工作场所辐射屏蔽预测分析

（一）本项目 β 射线辐射影响分析

日常工作中本项目辐射工作人员将采取一定的防护措施，如穿戴辐射防护服、防护眼镜以及防护手套。操作核素的器械材质最基础为有机玻璃。根据射线能量查阅 NIST estar 数据库，采用公式 19，计算射线在各类物质中的射程，结果见表 11-24。

表 11-24 各种核素β射线在不同屏蔽物质中的最大射程

核素	主要β粒子能量 (keV)	CSDA Range (g/cm ²)	ρ (g/cm ³)	R (cm)
F-18				2.12E+02
				5.13E-03
				3.30E-02
				1.17E-01
				3.74E-02
Mn-56				1.38E+03
				1.32E+00
				2.23E-01
				7.67E-01
Fe-59				2.10E-01
				1.43E+02
				1.32E-01
				2.57E-02
Co-60				1.15E+00
				2.58E-02
				6.56E+02
				6.14E-01
Tc-99m				1.26E-01
				3.62E-01
				1.07E-01
				5.99E+01
I-131				5.50E-02
				9.22E-03
				3.32E-02
				1.13E-02
Cs-134				2.12E+02
				5.13E-03
				3.30E-02
				1.17E-01
Eu-152				3.74E-02
				2.60E+02
				2.40E-01
				4.06E-02
Au-198				1.43E-01
				4.54E-02
				6.56E+02
				6.14E-01
Au-198				1.04E-01
				3.49E+00
				1.07E-01
				6.56E+02
Au-198				6.14E-01
				1.04E-01
				3.62E-01
				1.07E-01

由上表可知在核素操作过程中，本项目使用的非密封放射性物质在有机玻璃中射程普遍小于1.32cm。在穿戴好防护设备后，经过操作器械和防护设备两次屏蔽后基本可以消除β射线影响，屏蔽体外不受到β射线辐射影响。

(二) 本项目韧致辐射影响分析

根据《辐射防护手册》（潘自强主编）5.3：β粒子被自身源物质及周围其他物质阻止时分部产生内、外韧致辐射。在估算外照射剂量时，必须考虑外韧致辐射。韧致辐射产生的总剂量率公式为（McLintock，1994）：

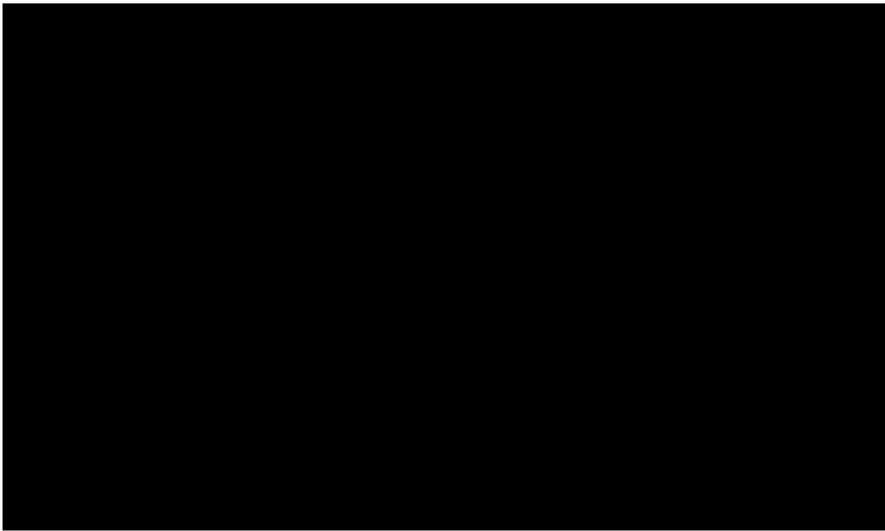


表11-25 韧致辐射所致1m外辐射剂量率

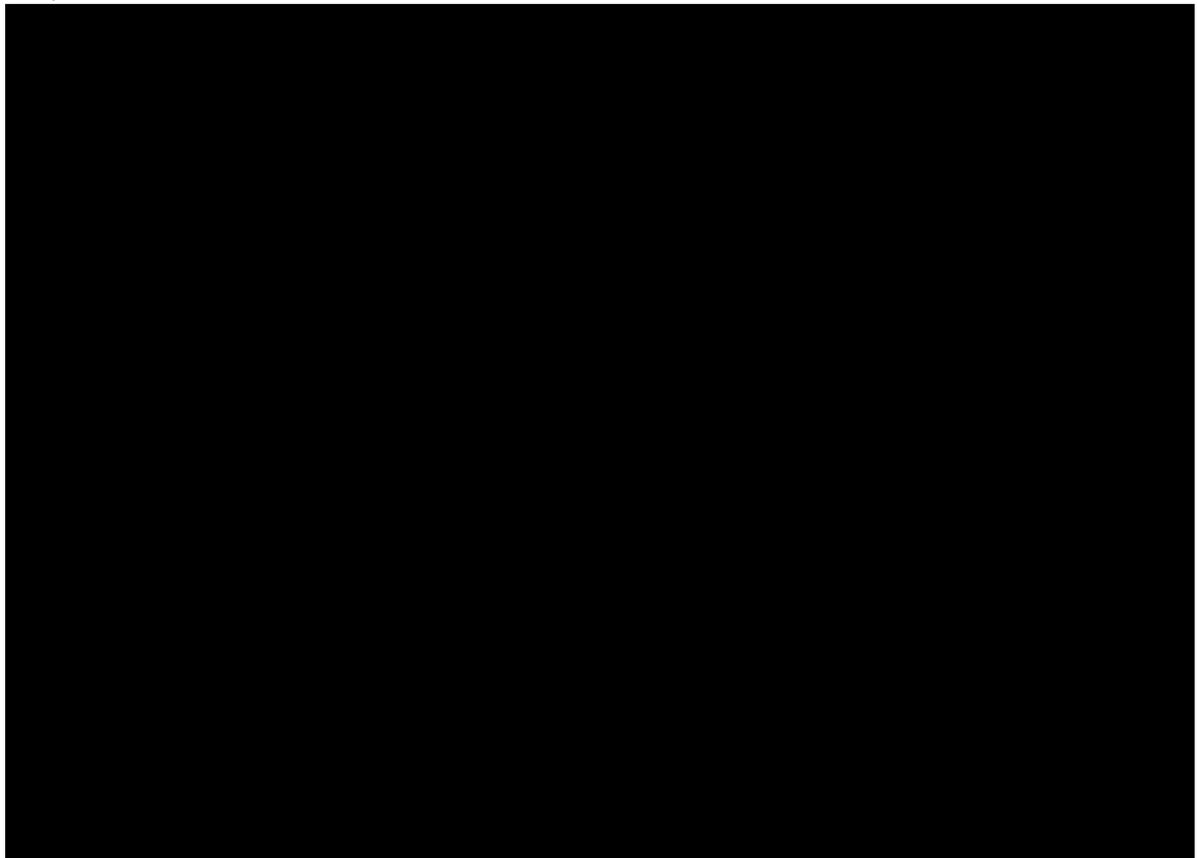
核素	E_{β} (MeV)	A(MBq)	μ_{en} (cm^2/g)	D($\mu Sv/h$)	透射 因子	铅罐外 1m 处周 围剂量当 量率 ($\mu Sv/h$)	年操 作时 间 (h)	年有效 剂量 (mSv)
F-18								1.71E-06
Mn-56								5.28E-04
Fe-59								1.60E-06
Co-60								7.27E-05
Tc-99m								3.17E-17
I-131								9.19E-07
Cs-134								5.88E-06
Eu-152								3.96E-06
Au-198								1.14E-05
合计								2.62E-0

根据表 11-24 结果表明，韧致辐射所致分药制膜的辐射工作人员受到的年有效剂量最大为 $2.62E-04mSv$ 。

(三) 本项目 γ 射线辐射影响分析

(1) 计算公式

本项目使用的放射性核素会释放 γ 射线，在进行辐射环境影响预测时，将放射性药物、已滴定的样品及储存的放射性废物等简化成点源，则周围空气比释动能率近似按照点源模式估算，参考方杰主编的《辐射防护导论》中的公式估算关注点周围剂量当量率：



(2) 参数选择

建设单位考虑到使用核素的半衰期以及使用习惯，核素购置量及频次见表11-26。

表11-26 核素贮存情况一览表

核素	半衰期	日最大操作 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	贮存(Bq)	购买频次
F-18					每次购置当日使用量
Mn-56					每次购置当日使用量
Fe-59					每次购置当日使用量
Co-60					半年购置一次

Tc-99m		每次购置当日使用量
I-131		每次购置当日使用量
Cs-134		半年购置一次
Eu-152		半年购置一次
Au-198		每次购置当日使用量

周围剂量当量率计算结果见表11-27。

表11-27 周围剂量当量率计算参数一览表

核素	活度 (Bq)	周围剂量当量率常数 (裸源)	转换 系数	1m 处周围剂量 当量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$)
F-18				1.43E-03
				1.43E-02
				2.65E-01
				2.36E-02
Mn-56				2.32E-03
				2.32E-02
				4.29E-01
				3.86E-02
Fe-59				1.60E-03
				1.60E-02
				2.95E-01
				2.65E-02
Co-60				9.89E-07
				9.89E-06
				1.83E-04
				2.47E-04
Tc-99m				3.03E-04
				3.03E-03
				5.61E-02
				5.04E-03
I-131				5.95E-04
				5.95E-03
				1.10E-01
				9.81E-03
Cs-134				2.41E-03
				2.41E-02
				4.47E-01
				5.17E-01
Eu-152				1.76E-03
				1.76E-02
				3.26E-01
				3.80E-01
Au-198				6.49E-04
				6.49E-03

1.85E+06 (单次最大买药量)		1.20E-01
166333.5 (单袋放射性固体废物)		1.08E-02

表 11-28 本项目核素在不同材料中的什值层 (mm)

核素	铅 (11.3g/cm ³)	混凝土 (2.2g/cm ³)
	TVL	TVL
F-18		
Mn-56		
Fe-59		
Co-60		
Tc-99m		
I-131		
Cs-134		
Eu-152		
Au-198		

表 11-29 职业及公众受照射时间核算表

核素	操作方式		每日操作时间 (min)	年操作天数 (d)	受影响时间(h)
F-18/ Mn-56/ Fe-59/ Tc-99m/ Cs-134/ Eu-152/ Au-198	职业	取药	1	25	0.42
		配制	9		3.75
		实验	20		8.33
		处理废弃物/清洁	10		4.17
	公众	预计每日不超过 40min			16.67
核素	操作方式		每日操作时间 (min)	年操作天数 (d)	受影响时间(h)
Co-60/ I-131	职业	取药	1	30	0.5
		分药及配制	9		4.5
		实验	20		10
		处理废弃物/清洁	10		5
	公众	预计每日不超过 40min			20

表11-30 本项目屏蔽材料透射比计算结果

核素	材质及厚度				
	250mm 混凝土	1mmPb移液枪 防护套	10mmPb 废物桶	10mmPb储 药铅桶	0.25mm铅当量 防护设备
F-18					
Mn-56					
Fe-59					
Co-60					
Tc-99m					
I-131					
Cs-134					
Eu-152					
Au-198					

位置	核素	周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	透射比	周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	
通风橱	F-18			4.73E-02	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
储藏间铅桶				2.65E+01	铅桶表面 5cm
废物暂存间				6.63E-02	铅桶表面 1m
分药时辐射工作人员手握移液枪位置				5.53E-01	/
辐射工作人员取药位置				1.02E+02	/
通风橱	Mn-56			7.67E-02	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
储藏间铅桶				1.17E+02	铅桶表面 5cm
废物暂存间				2.92E-01	铅桶表面 1m
分药时辐射工作人员手握移液枪位置				2.63E-02	铅废物桶表面 1m
辐射工作人员取药位置				9.92E-01	/
通风橱	Fe-59			1.70E+02	/
储藏间铅桶				5.29E-02	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
废物暂存间				7.45E+01	铅桶表面 5cm
分药时辐射工作人员手握移液枪位置				1.86E-01	铅桶表面 1m
辐射工作人员取药位置				1.67E-02	铅废物桶表面 1m
通风橱	Co-60			6.79E-01	/
储藏间铅桶				3.27E-05	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
废物暂存间				4.11E-02	铅桶表面 5cm
分药时辐射工作人员手握移液枪位置				1.03E-04	铅桶表面 1m
辐射工作人员取药位置				1.39E-04	铅废物桶表面 1m
通风橱	Tc-99m			4.15E-04	/
储藏间铅桶				7.22E-02	/
废物暂存间				1.00E-02	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
分药时辐射工作人员手握移液枪位置					
辐射工作人员取药位置					

储藏间铅桶			2.24E-09	铅桶表面 5cm
			5.61E-12	铅桶表面 1m
废物暂存间			5.04E-13	铅废物桶表面 1m
分药时辐射工作人员手握移液枪位置			1.35E-02	/
辐射工作人员取药位置			1.26E+01	/
通风橱	I-131		1.97E-02	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
储藏间铅桶			5.41E+00	铅桶表面 5cm
废物暂存间			1.35E-02	铅桶表面 1m
分药时辐射工作人员手握移液枪位置			1.21E-03	铅废物桶表面 1m
辐射工作人员取药位置			2.14E-01	/
通风橱	Cs-134		4.18E+01	/
储藏间铅桶			7.97E-02	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
废物暂存间			1.18E+02	铅桶表面 5cm
分药时辐射工作人员手握移液枪位置			2.94E-01	铅桶表面 1m
辐射工作人员取药位置			3.40E-01	铅废物桶表面 1m
通风橱	Eu-152		1.03E+00	/
储藏间铅桶			1.77E+02	/
废物暂存间			5.82E-02	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
分药时辐射工作人员手握移液枪位置			4.86E+00	铅桶表面 5cm
辐射工作人员取药位置			1.22E-02	铅桶表面 1m
通风橱	Au-198		1.42E-02	铅废物桶表面 1m
储藏间铅桶			5.63E-01	/
废物暂存间			1.20E+02	/
分药时辐射工作人员手握移液枪位置			2.15E-02	假设裸源距离通风橱表面 5cm 处距离为 0.55m
储藏间铅桶			5.90E+00	铅桶表面 5cm
废物暂存间			1.48E-02	铅桶表面 1m
分药时辐射工作人员手握移液枪位置			1.33E-03	铅废物桶表面 1m
			2.34E-01	/

位置			
辐射工作人员 取药位置		4.56E+01	/

*辐射工作人员所有操作过程中将穿戴 0.25mm 铅当量防护设备。

综上所述：经过器皿器械和防护服的屏蔽后，β射线的外照射影响基本可以消除；使用的核素致辐射所致1m外辐射剂量率最大为**1.26μSv/h**；装有药物的储存容器表面5cm周围剂量当量率最大为**118μSv/h**，表面1m周围剂量当量率最为**0.294μSv/h**；在通风橱内分装药物时，通风橱表面5cm处剂量率最大为**7.67E-02μSv/h**。由此可知，在室内未经屏蔽和距离衰减时，1m处周围剂量率即满足本项目管理限值，在经过进一步距离衰减和屏蔽体屏蔽后，在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均远小于2.5μSv/h。

综上所述，本项目控制区内屏蔽体外表面0.3m处的周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h；工作场所的通风橱柜体外表面5cm处的周围剂量当量率不大于2.5μSv/h，满足标准要求以及本项目管理目标。

5.2 辐射工作人员和公众剂量估算

结合上述诸表及居留因子可以计算得到本项目职业人员年有效剂量，建设单位使用该实验室的共计有11名辐射工作人员，每次实验室内不超过2人，由此计算结果见表11-32。

表11-32 γ射线累积影响一览表

核素	操作方式		周围剂量当量率 (μSv/h)	年受影响 时间 (h)	居留 因子	年有效剂量 (mSv)
F-18	职业	取药	[REDACTED]	[REDACTED]	1	8.57E-03
		分药及配制			1	4.15E-04
		实验			1	9.21E-04
		处理废弃物/清洁			1	4.92E-06
Mn-56	职业	取药			1	1.43E-02
		分药及配制			1	7.44E-04
		实验			1	1.65E-03
		处理废弃物/清洁			1	2.19E-05
Fe-59	职业	取药			1	9.83E-03
		分药及配制			1	5.09E-04
		实验			1	1.13E-03
		处理废弃物/清洁			1	1.39E-05
Co-60	职业	取药			1	7.22E-06
		分药及配制			1	3.74E-07
		实验			1	8.30E-07
		处理废弃物/清洁			1	1.39E-07
Tc-99m	职业	取药	1	1.06E-03		
		分药及配制	1	1.01E-05		

		实验		1	2.25E-05
		处理废弃物/清洁		1	4.20E-16
I-131	职业	取药		1	4.18E-03
		分药及配制		1	1.93E-04
		实验		1	4.28E-04
		处理废弃物/清洁		1	1.21E-06
Cs-134	职业	取药		1	1.49E-02
		分药及配制		1	7.73E-04
		实验		1	1.72E-03
		处理废弃物/清洁		1	2.84E-04
Eu-152	职业	取药		1	1.01E-02
		分药及配制		1	4.22E-04
		实验		1	9.38E-04
		处理废弃物/清洁		1	1.18E-05
Au-198	职业	取药		1	3.83E-03
		分药及配制		1	1.76E-04
		实验		1	3.90E-04
		处理废弃物/清洁		1	1.11E-06
合计					7.75E-02

①职业人员年有效剂量预测

本项目通常为多人协同工作，保守按照一人完成所有流程预计：

由上表可知，未考虑核素衰减因素情况下本项目**辐射工作人员**所受的年有效剂量（外照射）最大为**7.75E-02mSv**。

②公众年有效剂量预测

结合上述诸表对于本项目处于不同位置的公众受到的年有效剂量进行统计，计算结果见表11-33。

表11-33 本项目公众年有效剂量估算结果

位置	1m处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$, 核素贡献)	屏蔽透 射因子	距离参考 点距离(m)	居留 因子	受影响时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
东侧 道路	F-18					2.19E-08
	Mn-56					1.80E-07
	Fe-59					9.48E-08
	Co-60					2.93E-11
	Tc-99m					6.52E-10
	I-131					9.72E-09
	Cs-134					1.60E-07
	Eu-152					1.52E-08
	Au-198					3.69E-09
合计						4.87E-07
东侧 配 电 所	F-18					2.10E-09
	Mn-56					1.73E-08
	Fe-59					9.11E-09
	Co-60					2.81E-12
	Tc-99m					6.27E-11

	I-131		9.35E-10
	Cs-134		1.54E-08
	Eu-152		1.47E-09
	Au-198		3.54E-10
	合计		4.68E-08
计量 基准 实验 室	F-18		4.07E-09
	Mn-56		3.35E-08
	Fe-59		1.76E-08
	Co-60		5.44E-12
	Tc-99m		1.21E-10
	I-131		1.81E-09
	Cs-134		2.98E-08
	Eu-152		2.83E-09
	Au-198		6.85E-10
	合计		9.04E-08
南侧 仓库 2	F-18		1.87E-07
	Mn-56		1.54E-06
	Fe-59		8.09E-07
	Co-60		2.50E-10
	Tc-99m		5.57E-09
	I-131		8.30E-08
	Cs-134		1.37E-06
	Eu-152		1.30E-07
	Au-198		3.15E-08
	合计		4.15E-06
北侧γ 辐照 室	F-18		1.87E-07
	Mn-56		1.54E-06
	Fe-59		8.09E-07
	Co-60		2.50E-10
	Tc-99m		5.57E-09
	I-131		8.30E-08
	Cs-134		1.37E-06
	Eu-152		1.30E-07
	Au-198		3.15E-08
	合计		4.15E-06
北侧 流体 实验 室	F-18		1.98E-08
	Mn-56		1.63E-07
	Fe-59		8.58E-08
	Co-60		2.65E-11
	Tc-99m		5.91E-10
	I-131		8.81E-09
	Cs-134		1.45E-07
	Eu-152		1.38E-08
	Au-198		3.34E-09
	合计		4.41E-07
*废弃物暂存间位于二楼，且摆放位置位于西侧靠近悬崖，距离公众较远，故忽略废弃物暂存间内辐射源叠加影响。			
由上表可知，未考虑核素衰减因素情况下本项目公众所受的年有效剂量(外照射)			
最大为 4.15E-06mSv 。			
综上所述，本项目辐射工作人员的年有效剂量最大为 7.75E-02mSv （外照射），			

50m范围内周围公众的年有效剂量最大为4.15E-06mSv（外照射）。

5.3 大气环境影响分析

臭氧及氮氧化物：本项目总排风量能够达到██████████，每小时换气次数较高，产生的O₃通过空调抽排至大气环境中，经自然分解和稀释对周围大气环境中臭氧浓度影响甚微。

放射性气溶胶

放射性流出物所致剂量

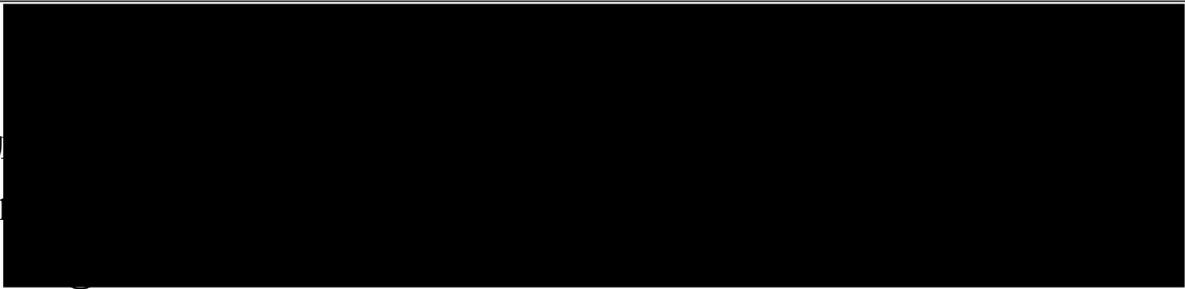
根据本报告表 11-34 放射性废气源项分析，本项目放射性同位素实验室气体排放源项如下：

表 11-34 分装中心放射性气体源项汇总

放射性气溶胶	产量 Bq/a	排放量 Bq/a	排放速率 Bq/s
F-18	██████████	██████████	██████████
Mn-56			
Fe-59			
Co-60			
Tc-99m			
I-131			
Cs-134			
Eu-152			
Au-198			

(1) 地面空气浓度计算模式





经计算，距离排放源不同距离处，气溶胶地面空气浓度见下表 11-35。

表 11-35 不同距离处各核素地面空气浓度

核素	距离 (m)	地面空气浓度 (Bq/m ³)
F-18	136	6.39203E-05
Mn-56	136	6.39203E-06
Fe-59	136	6.39203E-06
Co-60	136	7.67044E-06
Tc-99m	136	6.39203E-06
I-131	136	7.67044E-06
Cs-134	136	6.39203E-05
Eu-152	136	6.39203E-06
Au-198	136	6.39203E-06

公众：参考《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS/T613-2018）规定的公众成员食入放射性核素年摄入量限值（本项目保守取幼儿限值）进行评估。假设公众在实验期间每日有2h居留于道源圣城周围，在不考虑大气模型情况下进行保守计算，结果如下：

表 11-36 放射性核素公众最大年摄入量汇总

核素	保护目标处年最大摄入量(吸入)(Bq)	年摄入量最小限值(Bq)	备注
F-18	1.15E-02	1.9E+06	满足
Mn-56	1.15E-03	3.7E+05	满足
Fe-59	1.15E-03	2.5E+04	满足
Co-60	1.84E-03	1.8E+04	满足
Tc-99m	1.15E-03	5.0E+06	满足
I-131	1.84E-03	5.5E+03	满足
Cs-134	1.15E-02	3.8E+04	满足
Eu-152	1.15E-03	6.2E+04	满足
Au-198	1.15E-03	1.0E+05	满足

根据表11-9，在保守情况下能满足保护目标处的公众成员的放射性核素年摄入量最小限值，对周围公众附加年有效剂量满足管理目标。

根据GBZ120-2020附录D中的公式D.1可推算工作人员吸入污染空气可致肺部内照射剂量：

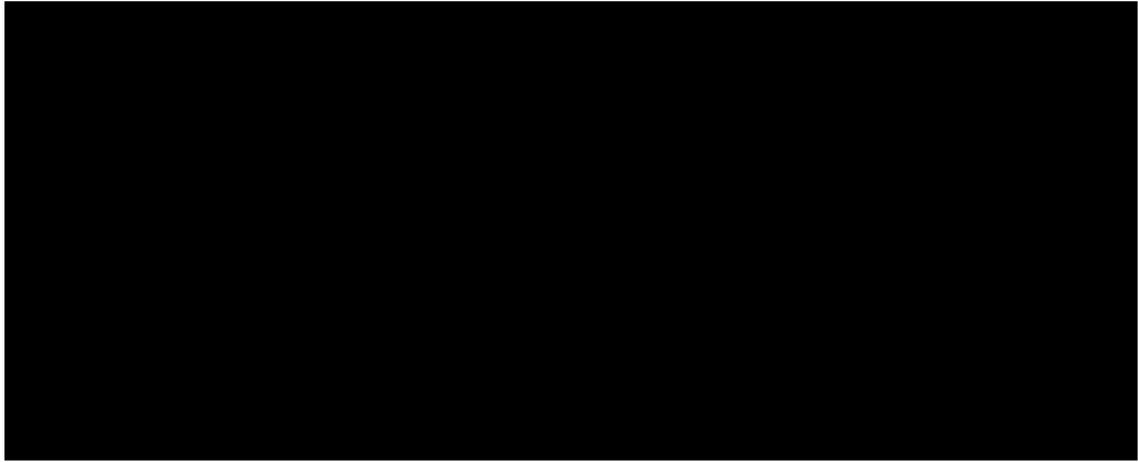


表11-37 公众吸入内照射年有效剂量

核素	年最大摄入量(吸入)(Bq)	DRF _{inh} (Sv/Bq)	D _i ^{inh} (mSv)		
F-18			6.90E-10		
Mn-56			1.50E-10		
Fe-59			4.03E-09		
Co-60			5.34E-08		
Tc-99m			2.19E-11		
I-131			1.40E-08		
Cs-134			7.82E-08		
Eu-152			4.49E-08		
Au-198			8.74E-10		
合计			1.96E-07		

职业：不考虑大气模型情况进行保守计算，结果如下：

表11-38 工作人员吸入内照射年有效剂量

核素	年吸入活度 (Bq)	DRF _{inh} (Sv/Bq)	D _i ^{inh} (mSv)		
F-18			2.78E-04		
Mn-56			6.01E-05		
Fe-59			1.62E-03		
Co-60			1.61E-02		
Tc-99m			8.79E-06		
I-131			4.22E-02		
Cs-134			3.15E-02		
Eu-152			1.80E-02		
Au-198			3.52E-04		
合计			1.10E-01		

5.4 综合性辐射影响

表11-39 本项目保护目标年有效剂量汇总

保护目标	γ 外照射(mSv)	韧致辐射(mSv)	内照射(mSv)	汇总(mSv)
职业	7.75E-02/5	2.62E-04/5	1.10E-01/5	3.76E-02
公众	4.15E-06	/	1.96E-07	4.35E-06

*公众内照射剂量由公式24获得。

因此叠加吸入后内照射影响，假设所有工作均由1名辐射工作人员完成，辐射工作人员受到的最大年有效剂量（外照射、内照射）为**1.88E-01mSv/a**（**<5mSv/a**）。同理可得，周围公众受到的最大年有效剂量（外照射、内照射）为**4.35E-06mSv/a**（**<0.1mSv/a**）。以上数值符合本项目管理限值，因此本项目排放的放射性气体对周围辐射环境影响较小。

表 11-40 辐射影响汇总

辐射影响	计算结果		评价结果
周围剂量当量率最大值 ($\mu\text{Sv/h}$)	<2.5 $\mu\text{Sv/h}$		满足
职业年有效剂量最大值 (mSv/a)	控制室	3.76E-02	/
	基地实验室 γ 射线防护基准辐射实验室辐射影响	$0.49 * (40 * 7 * 25 / 60 + 40 * 2 * 30 / 60) / 5 = 1.54E-02$	
	合计	5.30E-02	
公众年有效剂量最大值 (mSv/a)	4.35E-06		满足

因此综合来看，本项目运行后，本项目的辐射工作场所内外周围剂量当量率、辐射工作人员以及周围公众受到的年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中对周围剂量当量率、职业人员和公众年有效剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值。

5.5 水环境影响分析

项目运行后，所有放射性废水均将进行收集暂存或固化处理。暂存到计划周期后进行监测，确认是否达标。当月排放活度或每一次排放活度不超过按照GB18871-2002中8.6.2规定的限值要求计算的值，且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗，每次排放应做记录并存档。



(1) 通过暂存可以达到清洁解控水平的放射性废水：

表 11-41 暂存的废水中放射性核素排放导出限值

核素名称	e_j (Sv/Bq)	$I_{j,L}$ (Bq/年)	$1ALI_{min}$ (Bq/次)	$10ALI_{min}$ (Bq/月)
F-18			3.33E+08	3.33E+09
Mn-56			1.54E+08	1.54E+09
Fe-59			5.71E+06	5.71E+07
Tc-99m			1.05E+09	1.05E+10
I-131			2.63E+06	2.63E+07
Au-198			2.63E+07	2.63E+08

*由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)B1.3.5：对于职业照射，可将 $I_{j,L}$ 用作 AL。

Co-60与I-131每年实验30天，每月实验最多3天；F-18、Mn-56、Fe-59、Tc-99m、Cs-134、Eu-152、Au-198每年实验25天，每月实验最多2天；因此，本项目日常废水较少，建设单位计划使用的单个废液桶容积规格为30L、25L、10L，根据表9废水统计情况可知，单桶容纳情况如下：

表11-42 可解控废液的废液桶使用情况一览表

核素	半衰期	种类	单日废水量(L)	每月实验天数(d)	每年实验天数(d)	存放时间	废水量(L)	废液桶容积(L)
F-18	109.77min	清洗废水 废液						
Mn-56	2.5789h	清洗废水 废液						
Fe-59	44.495d	清洗废水 废液						
Tc-99m	6.0067h	清洗废水 废液						
I-131	8.0252d	清洗废水 废液						
Au-198	2.6941d	清洗废水 废液						

预计不同种类废水的在分类贮存后剩余活度情况见下表：

表 11-43 暂存至计划周期时单桶活度情况一览表

种类	排入量 (Bq)	核素半衰期	存放时间	剩余核素活度 (Bq)	每次/每月排入废水中核素活度 (Bq)
F-18					
清洗废水					19
废液					2
Mn-56					
清洗废水					18
废液					2
Fe-59					
清洗废水					157
废液					23
Tc-99m					
清洗废水					19
废液					2
I-131					
清洗废水					24
废液					16
Au-198					
清洗废水					21
废液					1

*以最后一天废水装满单个桶为时间节点开始计时存放时间

表 11-44 暂存至计划周期后预计达标情况

核素名称	废水种类	每次/每月排入废水中核素活度 (Bq)	1ALI _{min} (Bq/次)	10ALI _{min} (Bq/月)	是否满足排放导出限值	活度浓度 (Bq/L)	是否满足 10Bq/L 污水排放限值
F-18	清洗废水	19	3.33E+08	3.33E+09	满足	9.5	是
	废液	2			满足	10	是
Mn-56	清洗废水	18	1.54E+08	1.54E+09	满足	9	是
	废液	2			满足	10	是
Fe-59	清洗废水	157	5.71E+06	5.71E+07	满足	6.28	是
	废液	23			满足	9.2	是
Tc-99m	清洗废水	19	1.05E+09	1.05E+10	满足	9.5	是
	废液	2			满足	10	是
I-131	清洗废水	24	2.63E+06	2.63E+07	满足	0.8	是
	废液	16			满足	5.33	是
Au-198	清洗废水	21	2.63E+07	2.63E+08	满足	0.84	是
	废液	1			满足	0.4	是

因此可知在分类暂存至不同的计划周期后，单桶排出的核素总活度小于ALI_{min}，每月排出的放射性废水总活度不超过10ALI_{min}，排放时总β活度浓度低于放射性废水排放限值（总β≤10Bq/L）。因此可知，本项目的存放周期设计在废弃物暂存间容积能够满足要求的同时，也能够使得排水时废水的活度浓度、总活度均能够满足要求，预

计本项目废水对周边水环境影响是可以接受的。

(2) 需要固化的放射性废水

表 11-45 废水中放射性核素排放导出限值

核素名称	$e_j(\text{Sv/Bq})$	$I_{j,L}(\text{Bq/年})$	$1\text{ALI}_{\min}(\text{Bq/次})$	$10\text{ALI}_{\min}(\text{Bq/月})$
Co-60			6.90E+05	6.90E+06
Cs-134			2.94E+06	2.94E+07
Eu-152			5.13E+05	5.13E+06

表11-46 不可解控废液的废液桶使用情况一览表

核素	半衰期	种类	单日废水量(L)	每月实验天数(d)	每年实验天数(d)	存放时间	废水量(L)	废液桶容积(L)
Co-60	1925.28d	清洗废水 废液						
Cs-134	2.0652y	清洗废水 废液						
Eu-152	13.517y	清洗废水 废液						

表11-47 不可解控废液的废液桶使用情况一览表

核素名称	废水种类	单桶核素活度(Bq)	$1\text{ALI}_{\min}(\text{Bq/次})$	$10\text{ALI}_{\min}(\text{Bq/月})$	是否满足排放导出限值	活度浓度(Bq/L)	是否满足10Bq/L污水排放限值
Co-60	清洗废水		6.90E+05	6.90E+06	是	1848.15	否
	废液				是	166333.5	否
Cs-134	清洗废水		2.94E+06	2.94E+07	是	2289.375	否
	废液				是	206043.75	否
Eu-152	清洗废水		5.13E+05	5.13E+06	是	2310.1875	否
	废液				是	207916.875	否

在固化后，废水体积将进一步增大，放射性固体废物的活度浓度将不高于表11-18中数值（固化将委托专业公司进行，通常40L放射性废液加入50kg水泥后将形成0.2m³固体）。

5.6 固体废物环境影响分析

(1) 放射性固体废物

考虑到《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）8.8要求每袋废物重量不超过20kg，因此建设单位计划使用不同规格的废物袋暂存固体废物（分别可容纳5kg、15kg及20kg）结合表11-48可知收纳不同核素的废物袋情况如下：

表11-48 放射性固体废物收集情况一览表

核素	废物总量 (kg)	单袋重量 (kg)	实验天数 (d)	单袋沾污废物活度 (Bq)
F-18				
Mn-56				
Fe-59				
Co-60				
Tc-99m				
I-131				
Cs-134				
Eu-152				
Au-198				
活性炭等过滤材料				

表11-49 本项目放射性固废衰变后达标情况分析

核素名称	单袋重量 (g)	沾染活度 (Bq)	计划存放周期	达到存放周期后活度 (Bq)	活度浓度 (Bq/g)	豁免活度浓度 (Bq/g)	豁免活度 (Bq)	是否达标
F-18				7956.309232	9.94538654	1E+01	1.00E+06	是
Mn-56				6610.63225	8.263290313	1E+01	1.00E+05	是
Fe-59				6312.902769	7.891128461	1E+01	1.00E+06	是
Co-60				8771.14111	0.730928426	1E+01	1.00E+05	是
Tc-99m				74160.01384	92.7000173	1E+02	1.00E+07	是
I-131				75762.46782	94.70308478	1E+02	1.00E+06	是
Cs-134				9972.013617	0.958847463	1E+01	1.00E+04	是
Eu-152				99699.88206	9.586527121	1E+01	1.00E+06	是
Au-198				74266.94237	92.83367797	1E+02	1.00E+06	是
活性炭等				9588.896539	0.479444827	1E+03	1E+05	是

因此可知，F-18、Mn-56、Tc-99m、I-131、Au-198在贮存半个月后单袋废物均能达到豁免活度及活度浓度，可统一交由有资质单位处置。Fe-59需贮存7个月后，交由危废处置单位处置。活性炭在换下来后需在废弃物暂存间暂存9个月后，交由危废处置单位处置。Co-60、Cs-134、Eu-152在贮存2年后，送城市放射性固废处进行贮存。

表11-50 部分废水固化后转变为的放射性固废达标情况分析

核素名称	固化的废水种类	单桶核素活度 (Bq)	废水量 (kg)	活度浓度 (Bq/g)	豁免活度浓度 (Bq/g)	豁免活度 (Bq)	是否达标

Co-60	清洗 废水		1.84815	1E+01	1.00E+05	是
	废液		166.3335			否
Cs-134	清洗 废水		1.8315	1E+01	1.00E+04	是
	废液		164.835			否
Eu-152	清洗 废水		1.84815	1E+01	1.00E+06	是
	废液		166.3335			否

*按照1L水质量1000g进行换算

由上表可知，固化后的Co-60、Cs-134、Eu-152的清洗废水单桶活度及活度浓度预计能够满足清洁解控水平要求，可作为普通废物处置。含有Co-60、Cs-134、Eu-152的废液固化后可交由危废处置单位处置。

根据《放射性废物分类》第四章第十一条“极低水平放射性废物的活度浓度下限值为解控水平，上限值一般为解控水平的10~100倍”，因此本项目无法通过贮存达到清洁解控水平的Co-60、Cs-134、Eu-152属于极低水平放射性废物，应该填埋处置。在本项目产生的Co-60、Cs-134、Eu-152废液积攒到一定数量时，建设单位将与获得放射性废物处理、贮存、处置许可的单位签订合同，将固化后的废液交由合同单位做填埋处置，固化体严格执行《低水平放射性废物包特性鉴定 一水泥固化体》（GB 41930—2022）相应要求。

（2）非放射性固体废物

本项目工作人员产生的少量生活垃圾经院区统一集中回收并交由环卫部门统一处理。达到清洁解控水平的医疗废物和危废将交由有资质单位统一处置。

以上处理方式对当地环境影响程度较小。

5.7 声环境影响分析

本项目产生噪声设备主要是通风系统，风机排风口均拟安装管式消声器（离心玻璃棉填充）（消声器消声约25dB）、减震基础、接头处拟采用软性接头、安装隔声消音箱（约减少25dB），极大减少风机产生的噪声，同时类比同类工程风机噪声级，本项目排风机经过降噪后其声功率级预计将小于70dB(A)。经距离衰减后声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。

6、基地实验室 γ 射线防护基准辐射实验室

6.1 主屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）5.1.2.1，有用线束照射方向按有用线束估算，计算公式采用公式（3）、公式（4）。

6.2 侧屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）5.1.2.3，侧屏蔽墙厚度可不考虑对散射辐射的屏蔽，而应按装置的泄漏辐射估算，计算公式采用公式（5）。

6.3 实验室入口门屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）5.1.2.5，入口门考虑泄漏辐射以及在主屏蔽墙上和被检仪器上的散射辐射影响，散射辐射计算公式采用公式（6）。

6.4 基地实验室 γ 射线防护标准实验室理论计算

6.4.1 预测点位选择

理论计算时，选取 γ 射线防护基准辐射实验室四面墙壁、顶部及防护门外表面30cm处作为预测点位。

6.4.2 放射源参数

本项目 γ 射线防护标准实验室使用2枚放射源，放射源辐射特性参数见表11-51。

表 11-51 放射源辐射特性参数

核素	放射源活度(Bq)	周围剂量当量率常数(裸源) ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)	1m处周围剂量当量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	TVL (mm)		
				铅	钢	混凝土
Cs-137	1.85E+11					
Co-60	1.15E+12					

6.4.3 居留因子选取

表 11-52 γ 射线防护基准辐射实验室关注点选取一览表

关注点	点位描述	居留因子	备注
①	东墙外 30cm 处	1/8	偶然居留，基地道路
②	南墙外 30cm 处	1	全居留，放射性同位素实验室
③	西墙外 30cm 处	1/40	偶然居留，悬崖
④	北墙外 30cm 处	1	全居留，控制室
⑤	防护门外 30cm 处	1/8	偶然居留，基地道路
⑥	楼上地面 30cm 处	1/8	偶然居留，危废暂存间

6.4.4 工作时间

本项目单台送检仪器设备所需照射时间约 5min，每周共检定 60 台，则周照射时间 t 为 5h，年照射时间为 250h。

6.4.5 导出剂量率参考控制水平

根据公式（7）计算：

表 11-53 周围剂量当量率参考控制水平

位置	关注点	居留因子	周参考剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	使用因子	周照射时间 (h)	导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
东墙外 30cm 处 (基地道路)						8
南墙外 30cm 处 (放射性同位素实验室)						20
西墙外 30cm 处 (悬崖)						40
北墙外 30cm 处 (控制室)						20
防护门外 30cm 处 (基地道路)						8
楼上地面 30cm 处 (危废暂存间)						160

6.4.6 最高剂量率参考控制水平

- 1) 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；
- 2) 人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.4.7 周围剂量当量率参考控制水平

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）第 4.1.1 条，由上述导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)。

另参考《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）第 6.1 点，将屏蔽墙外 30cm 处最高剂量率参考控制水平统一为不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

综上所述， γ 射线防护基准辐射实验室各关注点剂量率参考控制水平见表 11-54。

表 11-54 关注点周围剂量当量率参考控制水平一览表

点位描述	导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)
东墙外 30cm 处 (基地道路)	8	2.5	2.5
南墙外 30cm 处 (放射性同位素实验室)	20	2.5	2.5
西墙外 30cm 处 (悬崖)	40	2.5	2.5
北墙外 30cm 处 (控制室)	20	2.5	2.5
防护门外 30cm 处 (基地道路)	8	2.5	2.5
楼上地面 30cm 处 (危废暂存间)	160	2.5	2.5

6.4.8 贮存状态下 γ 射线防护基准辐射实验室周围剂量率

①Cs-137: 本项目 γ 射线防护标准实验室使用的含源装置储位铅室由金属铅构成，外部为不锈钢罩，储位铅当量 $\geq 250\text{mmPb}$ 。铅室设计装源活度 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ ，放射源处于储位时，1m 处周围剂量当量率为 $14245\mu\text{Sv/h}$ 。保守以此为源强计算储存状态下实验室外周围剂量当量率。屏蔽体选取最薄的 550mm 混凝土，源距墙 1m，则 $r=1+0.55+0.3=1.85\text{m}$ ，根据距离衰减公式得到实验室外周围剂量当量率最大为 $1.30\text{E}-11\mu\text{Sv/h}$ ，满足周围剂量当量率参考控制水平限值，且可忽略此时对于职业和工作的年有效剂量的贡献。

②Co-60: 本项目 γ 射线防护标准实验室使用的含源装置储位铅室由金属铅构成，外部为不锈钢罩，储位铅当量 $\geq 250\text{mmPb}$ 。铅室设计装源活度 $1.15\text{E}+12\text{Bq}$ ，放射源处于储位时，1m 处周围剂量当量率为 $3.542\text{E}+05\mu\text{Sv/h}$ 。保守以此为源强计算储存状态下实验室外周围剂量当量率。屏蔽体选取最薄的 550mm 混凝土，源距墙 1m，则 $r=1+0.55+0.3=1.85\text{m}$ ，根据距离衰减公式得到实验室外周围剂量当量率最大为 $2.48\text{E}-04\mu\text{Sv/h}$ ，满足周围剂量当量率参考控制水平限值，且可忽略此时对于职业和工作的年有效剂量的贡献。

6.4.9 工作状态下 γ 射线防护标准实验室屏蔽厚度预测

6.4.9.1 有用线束屏蔽厚度核算

采用公式 (7)、公式 (8)。

表11-55 本项目有用线束方向屏蔽厚度计算参数及设计参数比对一览表

核素	屏蔽方位	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	1m 处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离关注点 (m)	透射因子	理论计算屏蔽厚度	实际设计厚度	是否满足屏蔽要求
Cs-137	西墙③	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	366mm 混凝土	800mm 混凝土	满足
Co-60	西墙③					788mm 混凝土	800mm 混凝土	满足

*西墙 $r=5.7\text{m}+0.8\text{m}+0.3\text{m}=6.8\text{m}$ 。

6.4.9.2 非有用线束方向屏蔽厚度核算

表 11-56 Cs-137 侧屏蔽墙屏蔽厚度计算参数及设计参数比对一览表

屏蔽体	东墙①	南墙②	北墙④	顶部⑥
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5
R	[Redacted]			
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	[Redacted]			
f	[Redacted]			
TVL (mm)	[Redacted]			
TVL_1 (mm)	[Redacted]			
B	[Redacted]			
理论计算屏蔽厚度 X_c (mm)	87mm 混凝土	0mm 混凝土	0mm 混凝土	0mm 混凝土
实际设计屏蔽厚度 X (mm)	550mm 混凝土	550mm 混凝土	550mm 混凝土	500mm 混凝土
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足

表 11-57 Co-60 侧屏蔽墙屏蔽厚度计算参数及设计参数比对一览表

屏蔽体	东墙①	南墙②	北墙④	顶部⑥
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5
R	[Redacted]			
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	[Redacted]			
f	[Redacted]			
TVL (mm)	[Redacted]			
TVL_1 (mm)	[Redacted]			
B	[Redacted]			
理论计算屏蔽厚度 X_c (mm)	440mm 混凝土	396mm 混凝土	236mm 混凝土	310mm 混凝土
实际设计屏蔽厚度 X (mm)	550mm 混凝土	550mm 混凝土	550mm 混凝土	500mm 混凝土
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足

表 11-58 Cs-137 入口门屏蔽厚度计算参数及设计参数比对一览表

辐射类型	在主屏蔽墙上散射	在被检仪器上散射	泄漏辐射
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)			
α_w			
S_w (m^2)			
R_1 (m)			
R_2 (m)			
H_1 ($\mu\text{Sv/h}$)			
入口屏蔽前周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)			
理论计算屏蔽厚度 X_e (mm)	8mm 铅 (泄漏采用主射什值层, 散射采用散射什值层)		
实际设计屏蔽厚度 X (mm)	2mm钢-20mm铅-2mm钢		
是否满足屏蔽要求	满足		

表 11-59 Co-60 入口门屏蔽厚度计算参数及设计参数比对一览表

辐射类型	在主屏蔽墙上散射	在被检仪器上散射	泄漏辐射
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)			
α_w			
S_w (m^2)			
R_1 (m)			
R_2 (m)			
H_1 ($\mu\text{Sv/h}$)			
入口屏蔽前周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)			
理论计算屏蔽厚度 X_e (mm)	15mm 铅 (泄漏采用主射什值层, 散射采用散射什值层)		
实际设计屏蔽厚度 X (mm)	2mm钢-20mm铅-2mm钢		
是否满足屏蔽要求	满足		

综上所述, 本项目 γ 射线防护基准辐射实验室各个方位的屏蔽设计厚度均满足屏蔽要求。

6.4.10 工作状态下 γ 射线防护基准辐射实验室周围剂量率

6.4.10.1 Cs-137 γ 射线辐照装置剂量率核算

本项目工作状态时仅使用 1 枚放射源, γ 辐照装置工作状态时主射线方向固定朝向西墙照射, 且具有准直器确保射线束为窄束。这里西墙按主屏蔽核算; 其余方向按非主射屏蔽核算。



图 11-10 γ 射线防护基准辐射实验室四周关注点位示意图

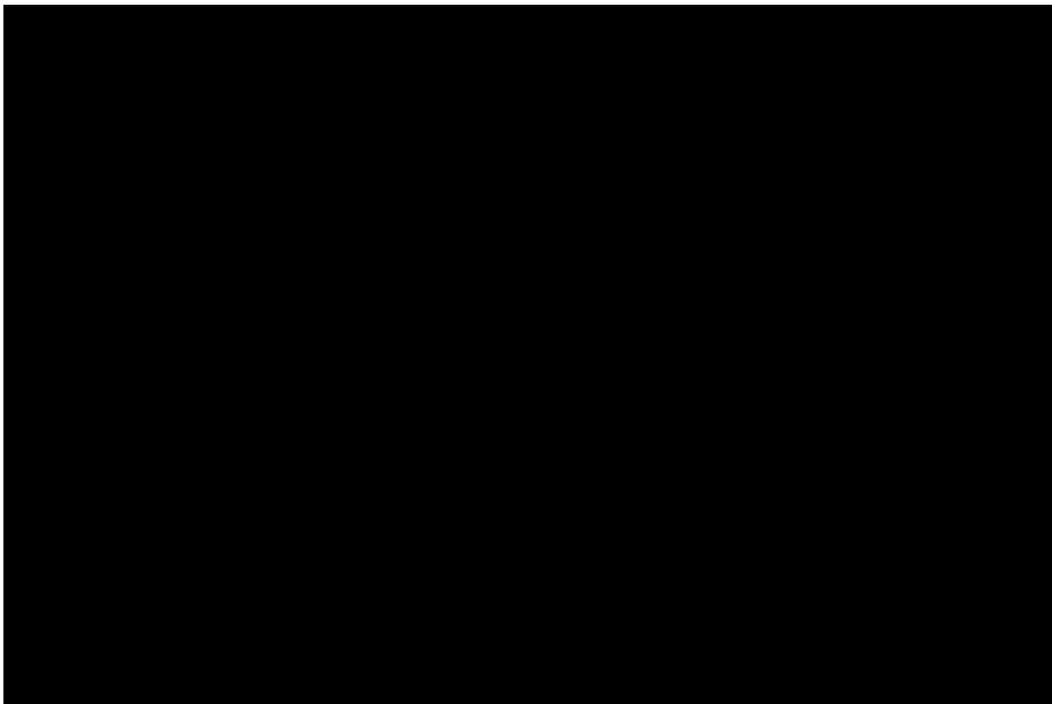


图 11-11 γ 射线防护基准辐射实验室顶部关注点位示意图

表 11-60 Cs-137 有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	屏蔽厚度	透射因子	1m 处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离关注点 (m)	周围剂量当量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
西墙外 30cm 处 (悬崖)	800mm 混凝土				8.26E-03	2.5	满足

表 11-61 非有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	东墙外30cm处 (基地道路)	南墙外30cm处 (放射性同位素实验室)	北墙外30cm处 (控制室)	楼上30cm处 (危废暂存间)	
屏蔽厚度X	550mm 现浇混凝土	550mm 现浇混凝土	550mm 现浇混凝土	500mm 现浇混凝土	
斜射角 $\theta(^{\circ})$					
有效屏蔽厚度 X_e (mm)					
TVL (mm)					
TVL ₁ (mm)					
B					
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)					
f					
R					
周围剂量当量率H ($\mu\text{Sv/h}$)	5.63E-03	1.41E-03	1.18E-03	2.77E-03	
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	
防护门					
辐射类型	在主屏蔽墙上散射	在被检仪器上散射	泄漏辐射		
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)					
α_w					
S_w (m^2)					
R_1 (m)					
R_2 (m)					
屏蔽厚度X					
TVL					铅
					钢
B					

H ₁ (μSv/h)	
周围剂量当量率H (μSv/h)	5.50E-01
剂量率参考控制水平H _c (μSv/h)	2.5
是否满足要求	满足

6.4.10.2 Co-60 γ射线辐照装置剂量率核算

本项目工作状态时仅使用 1 枚放射源，γ辐照装置工作状态时主射线方向固定朝向西墙照射，且具有准直器确保射线束为窄束。这里西墙按主屏蔽核算；其余方向按非主射屏蔽核算。

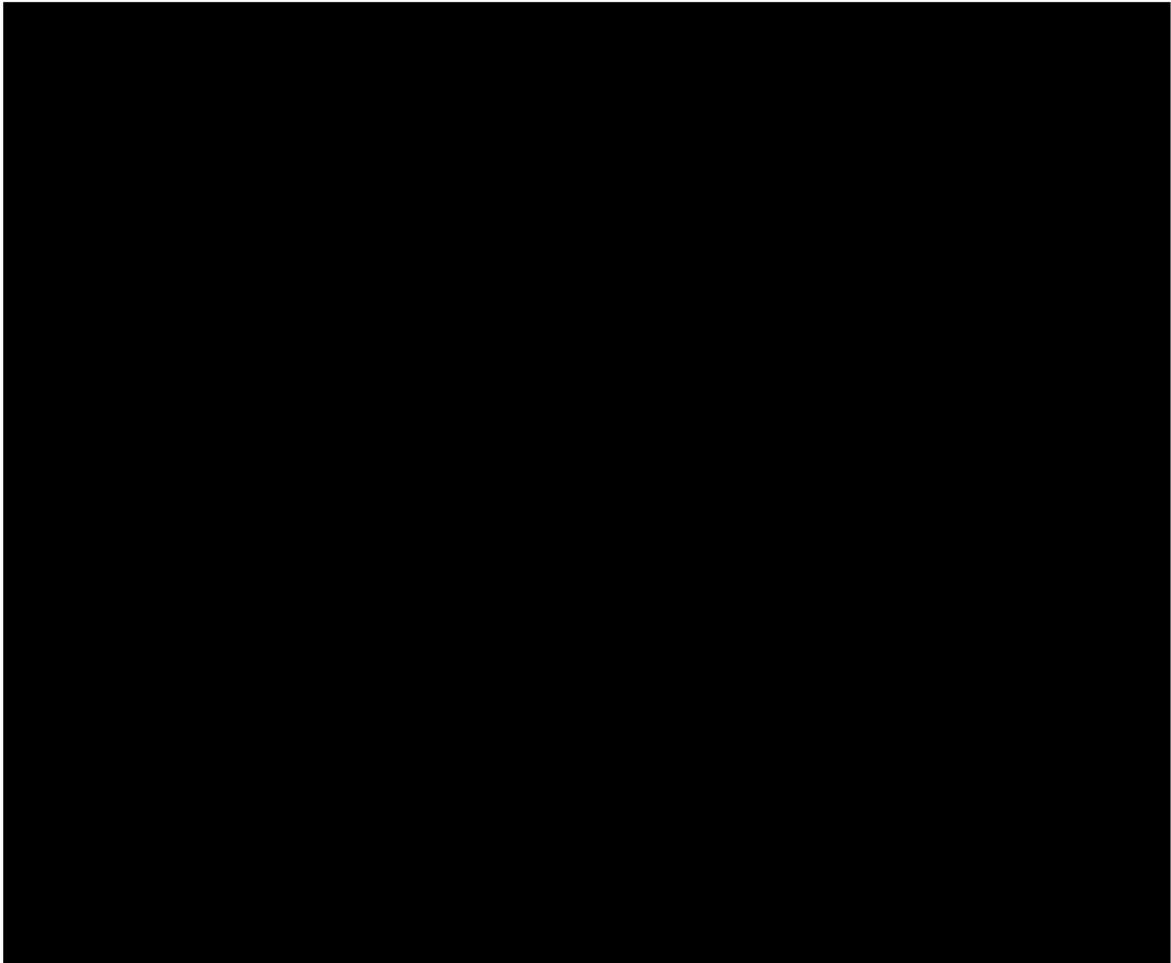


图 11-12 γ防护标准实验室四周关注点位示意图



图 11-13 γ 射线防护基准辐射实验室顶部关注点位示意图

表 11-62 Co-60 有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	屏蔽厚度	透射因子	1m处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离关注点 (m)	周围剂量当量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
西墙外30cm处(悬崖)	800mm 混凝土				2.18	2.5	满足

*西墙 $r=5.7\text{m}+0.8\text{m}+0.3\text{m}=6.8\text{m}$ 。

表 11-63 非有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	东墙外30cm处(基地道路)	南墙外30cm处(放射性同位素实验室)	北墙外30cm处(控制室)	楼上30cm处(危废暂存间)
屏蔽厚度X	550mm 现浇混凝土	550mm 现浇混凝土	550mm 现浇混凝土	500mm 现浇混凝土
斜射角 $\theta(^{\circ})$				
有效屏蔽厚度 X_e (mm)				
TVL (mm)				
TVL_1 (mm)				
B				
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)				
f				
R				
周围剂量当量率H ($\mu\text{Sv/h}$)	0.78	0.49	0.09	0.33
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5

是否满足要求	满足	满足	满足	满足	
防护门					
辐射类型	在主屏蔽墙上 散射	在被检仪器上 散射	泄漏辐射		
H ₀ (μSv/h)					
α _w					
S _w (m ²)					
R ₁ (m)					
R ₂ (m)					
屏蔽厚度X					
TVL					铅
					钢
B					
H ₁ (μSv/h)					6.38E-02
周围剂量当量率H (μSv/h)			5.52E-01		
剂量率参考控制水平H _c (μSv/h)			2.5		
是否满足要求			满足		

*东墙 r=0.5m+0.55m+0.3m=1.35m；南墙 r=0.85m+0.55m+0.3m=1.7m；北墙 r=3.1m+0.55m+0.3m=3.95m；顶部 r=3.75m/2+0.5m+0.3m=2.675m。（《电离辐射计量》P182“放射源应以低原子序数物质支撑在房间一半高度上”）。

根据预测结果，本项目γ射线防护基准辐射实验室表面外 30cm 处辐射剂量率均能够满足辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

6.4.11 年有效剂量理论计算

本项目单台γ辐照装置检定一台仪器所需的照射时间约为 5 分钟，年检定量最大约为 3000 台，年出束照射时间约为 250h，周围辐射工作人员及公众年有效剂量计算结果如下，计算公式采用公式（7）。

表 11-64 Co-60 γ射线防护基准辐射实验室辐射剂量理论计算结果

序号	点位描述	参考点关注 点剂量率 (μSv/h)	居留 因子	工作 时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价 结果
1	东墙外 30cm 处 (基地道路)				2.44E-02	0.1	满足
2	南墙外 30cm 处(放 射性同位素实验室)				1.23E-01	5	满足
3	北墙外 30cm 处 (控制室)				2.25E-02	5	满足
4	二楼危废暂存间				1.03E-02	5	满足
5	东侧 16.8m 配电所				8.64E-05	0.1	满足

6	东南侧 42.8m 计量 基准实验室		1.06E-04	0.1	满足
7	南侧 7.48m 仓库 2		2.74E-04	0.1	满足
8	北侧 16.9m 流体实验室		7.88E-05	0.1	满足

表 11-65 Cs-137 γ 射线防护基准辐射实验室辐射剂量理论计算结果

序号	点位描述	参考点关注 点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	工作 时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价 结果
1	东墙外 30cm 处 (基地道路)				1.76E-04	0.1	满足
2	南墙外 30cm 处(放 射性同位素实验室)				3.53E-04	5	满足
3	北墙外 30cm 处 (控制室)				2.95E-04	5	满足
4	二楼危废暂存间				8.66E-05	5	满足
5	东侧 16.8m 配电所				6.23E-07	0.1	满足
6	东南侧 42.8m 计量 基准实验室				7.68E-07	0.1	满足
7	南侧 7.48m 仓库 2				7.88E-07	0.1	满足
8	北侧 16.9m 流体实验室				1.03E-06	0.1	满足

6.4.12 换装源过程的影响

如果需更换放射源，源提供单位负责将销售的放射源运入实验室，并装入屏蔽材料，完成整个安装放射源过程。建设单位日常会将放射源取出进行活度测定等实验，取源过程约 5s，实验完后安装至源装置中约 5s，共计 10s，每年一次，则该过程 Co-60 辐射工作人员受照剂量为 $3.542\text{E}+05 \times 10/3600/1000=0.98\text{mSv}$ （假设未穿戴防护用品），Cs-137 辐射工作人员受照剂量为 $14245 \times 10/3600/1000=0.04\text{mSv}$ （假设未穿戴防护用品）。运输时，按照相关规定要求的运输罐将放射源封装运输。计量院负责协助设备厂家进行换装源操作，在换装源过程中，严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关规定，做好安全与防护工作；安装放射源后须请有监测资质的单位对剂量进行监测，换装源过程的影响是可控的。

6.4.13 退役放射源的影响

γ 射线空气比释动能计量装置正常工作过程中，不产生放射性固体废弃物，但经一定使用年限后，会产生报废或退役的放射源。按照《放射性废物安全管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，未经批准不得擅自处理。使用放射源单位应当与生产放射源单位签订废旧放射源返回合同，在放射源废弃后 3 个月内将废放射源交回生产单位进行安全处置，废放射源回收参照放射源转让程序办

理。废放射源送贮完成之日起 20 日内，应及时向四川省生态环境主管部门备案，申请办理放射源注销手续。

6.4.14 辐射环境影响及年有效剂量汇总

表 11-66 辐射影响汇总

辐射影响	计算结果			评价结果	
周围剂量当量率最大值 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.78			满足	
职业年有效剂量最大值 (mSv/a)	放射源	Co-60	Cs-137	合计	满足
	控制室	2.25E-02	2.95E-04		
	换装源	0.98	0.04		
	合计 1	1.04/5=0.208mSv			
	中子/ γ 射线 辐射标准实 验室辐射影 响	(1.24*250/1000+1.98E-01*250/1000) /5=0.0719		0.2799	
公众年有效剂量最大值 (mSv/a)	2.44E-02+1.76E-04=2.46E-02			满足	

7、中子强度测量标准实验室

因中子源发射率测量需求，中国测试技术研究院拟在中子强度测量标准实验室（含中子强度测量室及控制室）配备锰浴装置一台，用来对中子源发射率进行测量，一般测量源强范围为 $5\text{E}+05\sim 5\text{E}+07\text{s}^{-1}$ 。装置内中子源为外来中子源 Am-241/Be 及 Cf-252；Am-241/Be 活度不大于 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ ，为 II 类放射源；Cf-252 活度不大于 $8.06\text{E}+5\text{Bq}$ ，为 V 类放射源。锰浴装置中装满硫酸锰溶液，经中子照射后形成 Mn-56 放射性核素溶液，最大活度可达到 $3.83\text{E}+04\text{Bq}$ ，可作为密封放射源考虑，为豁免源。核素特性见表 11-67。

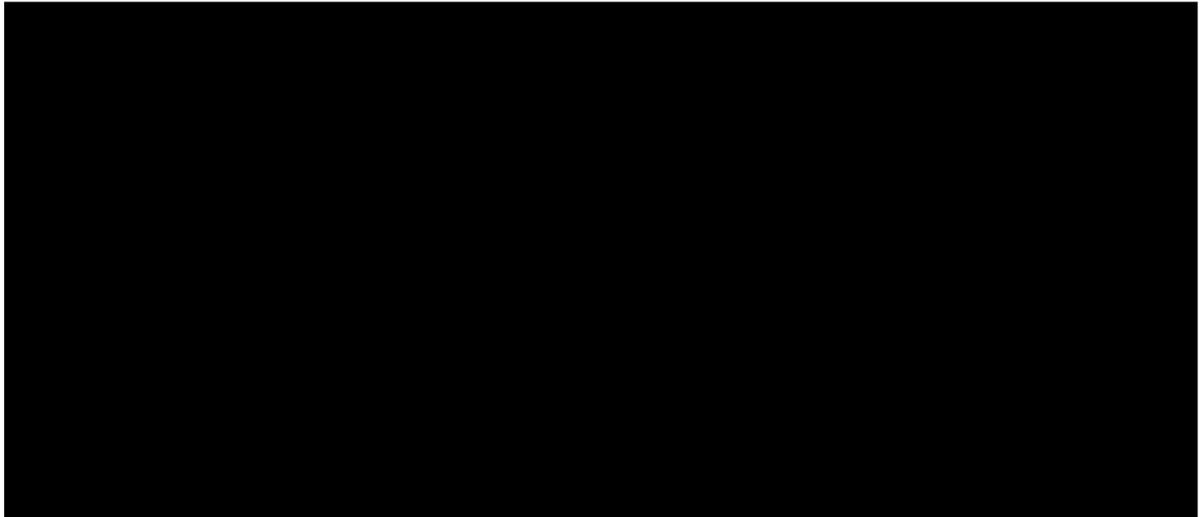
表 11-67 核素特性一览表

核素名称	半衰期	反应	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度 (%)	中子最大能量 (MeV)	中子平均能量 (MeV)	中子产额 ($\times 10^{-6}\text{s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}$)	比活度 (GBq/g)
Am-241/Be							

Cf-252				
核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要射线类型、能量(KeV)及绝对强度 (%)	周围剂量当量率常数 (裸源)
Mn-56				

7.1 剂量核算

评估点的中子剂量当量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)为:



7.1.1 直接辐射屏蔽估算

①距中子源 1.0m 处的剂量当量率为:



表 11-68 核素一览表

核素	放射源活度(Bq)	中子产额 ($\times 10^{-6} \text{s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$)	中子发射率 S (n/s)	f	H_0 (mSv/h)
Am-241/Be					0.52
Cf-252					0.52

②经过 550mm 锰液的屏蔽后，距源 1m 处的剂量当量率为：

H=

=0.76 μ Sv/h

③实验室四周墙外 30cm 处剂量当量率

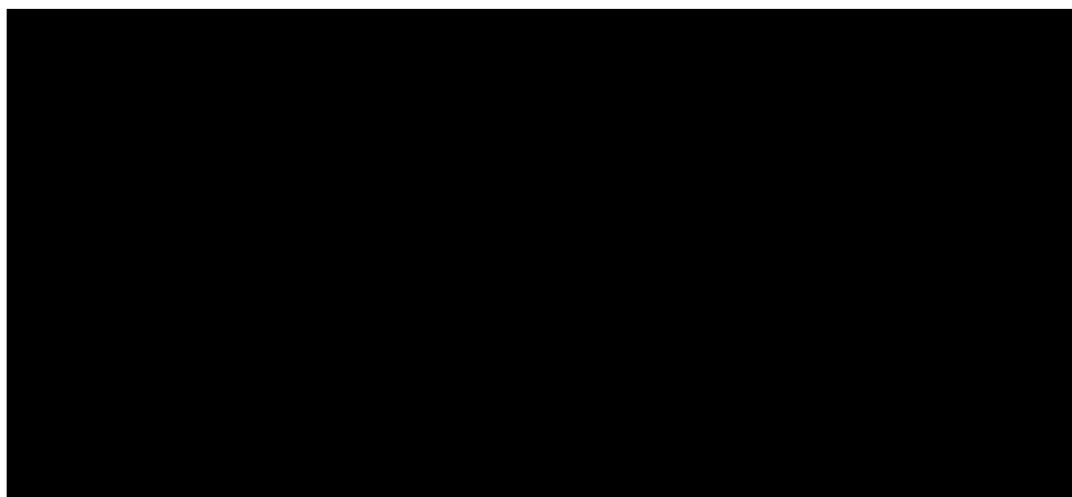


图11-14 中子强度测量标准实验室预测点位示意图

根据《辐射剂量与防护》(霍雷、刘剑利、马永和)第 148 页，表 8-9 中子屏蔽材料中的含氢量中聚乙烯的含氢原子数为 $8.3\text{E}+22$ 原子/cm²，未查到含硼聚乙烯的含氢原子数，故本项目按聚乙烯的含氢原子数核算，相对水的含氢比为 $8.3\text{E}+22/6.7\text{E}+22=1.24$ 。故本项目含硼聚乙烯屏蔽材料中的中子透射因子为：

$$f_{\text{含硼聚乙烯}} =$$

式中：t 为屏蔽材料厚度 (cm)。

表 11-69 中子强度测量标准实验室四周中子屏蔽效果预测

关注点	屏蔽材料	$f_{\text{混凝土}}$	$f_{\text{含硼聚乙烯}}$	H (μ Sv/h)	r (m) *	\dot{H} (μ Sv/h)
东墙外 30cm 处①	300mm 现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 50mm					1.14E-02

南墙外 30cm 处②	300mm现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板50mm		8.51E-03
西墙外 30cm 处③	400现浇混凝土		9.51E-03
北墙外 30cm 处④	400现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板120mm		1.15E-03
防护门外 30cm 处⑤	80mm 的 8%含硼聚乙烯板-2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构		1.13E-01
顶部 30cm 处⑥	200mm 现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 50mm		6.13E-03

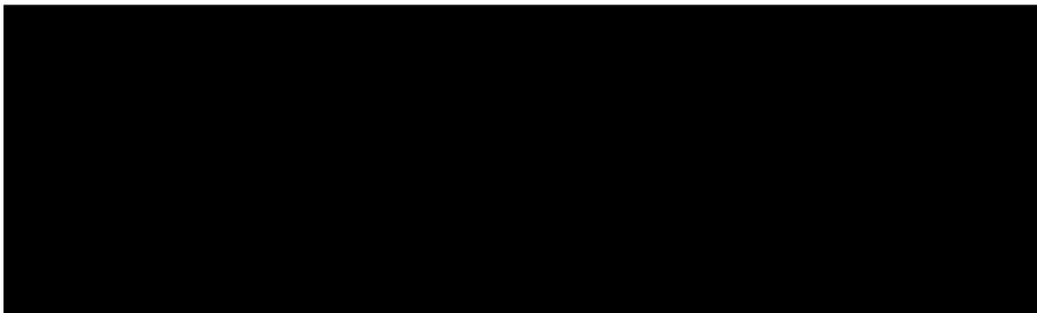
④工作人员将中子源从源罐放入锰池中心受照剂量

$$H=I \times t = 173 \mu\text{Sv}$$

7.1.2 俘获 γ 射线剂量核算

根据《辐射防护导论》（方杰）P138“表 5.1 放射性核素中子源的特性”可知，Am-241/Be 源伴随 γ 辐射“低”，故不考虑 Am-241/Be 源的 γ 射线防护。Cf-252 的 γ 射线能量是 0.8MeV，由“表 5.2 Cf-252 自发裂变中子源的物理特性”可知 γ 发射率为可知 γ 发射率为 $1.3E+07s^{-1} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ ，且 γ 射线在空气中射线在空气中 1m 处的剂量率（无屏蔽情况）为 $1.4\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \mu\text{g}^{-1}$ 。

根据《实用辐射安全手册》（第二版 根据《实用辐射安全手册》（第二版 从慧玲）“从慧玲）“1.2.4 1 居里放射性核素的质量”中公式如下：



由以上公式所得，本项目 Cf-252 中子源（8.06E+05Bq）的质量为 0.04μg，故本次 Cf-252 中子源（8.06E+05Bq）产生的γ射线在空气中距离中子源 1m 处的剂量率为 0.056μGy·h⁻¹。

表 11-70 中子强度测量标准实验室四周γ屏蔽效果预测（1）

关注点	屏蔽材料	B	H (μSv/h)	r (m) *	\dot{H} (μSv/h)
东墙外 30cm 处①	300mm 现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 50mm				2.30E-02
南墙外 30cm 处②	300mm现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板50mm				1.72E-02
西墙外 30cm 处③	400现浇混凝土				8.68E-03
北墙外 30cm 处④	400现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板120mm				6.60E-03
防护门外 30cm 处⑤	80mm 的 8%含硼聚乙烯板-2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构				9.15E-02
顶部 30cm 处⑥	200mm 现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 50mm				1.27E-02

7.1.3 锰池γ辐射

本项目锰浴装置中装满硫酸锰溶液，经中子照射后形成 Mn-56 放射性核素溶液，达到饱和放射性时，溶液活度为 3.83E+04Bq，可作为密封放射源考虑，为豁免源。

①距锰池 1.0m 处的剂量当量率为：

$$H_0 = \text{[Redacted]} = 8.88E-3 \mu\text{Sv/h}$$

表 11-71 中子强度测量标准实验室四周 γ 屏蔽效果预测 (2)

关注点	屏蔽材料	B	H ($\mu\text{Sv/h}$)	r (m) *	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
东墙外 30cm 处①	300mm 现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 50mm				4.82E-04
南墙外 30cm 处②	300mm现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板50mm				3.61E-04
西墙外 30cm 处③	400现浇混凝土				2.21E-04
北墙外 30cm 处④	400现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板120mm				1.68E-04
防护门外 30cm 处⑤	80mm 的 8%含硼聚乙烯板 -2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构				1.89E-03
顶部 30cm 处⑥	200mm 现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 50mm				2.19E-04

表 11-72 剂量叠加

关注点	中子源			合计 ($\mu\text{Sv/h}$)
	中子剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	γ 剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) (1)	γ 剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) (2)	
东墙外 30cm 处①				3.49E-02
南墙外 30cm 处②				2.61E-02
西墙外 30cm 处③				1.84E-02
北墙外 30cm 处④				7.92E-03
防护门外 30cm 处⑤				2.06E-01
顶部 30cm 处⑥				1.90E-02

7.2 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目测量一枚中子源所需的照射时间约为 36 小时，年测量最大约为 10 次，年出束照射时间约为 360h。

表 11-73 实验室辐射剂量理论计算结果

序号	点位描述	预测关注点 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	工作 时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价 结果
1	东墙外 30cm 处 (γ 射线防护基准实验室控制室)				1.26E-02	5	满足
2	南墙外 30cm 处 (控制室)				9.40E-03	5	满足
3	北侧外 30cm 处 (中子/ γ 实验室)				3.56E-04	5	满足
4	二楼危废暂存间				8.55E-04	5	满足
5	东侧 1.2m (中子/ γ 控制室)				8.73E-03	5	满足
6	东侧 23.5m 配电所				2.84E-06	0.1	满足
7	南侧 18m 仓库 2				3.63E-06	0.1	满足
8	北侧 10.6m 流体实验室				2.54E-05	0.1	满足

7.3 辐射环境影响及年有效剂量汇总

表 11-74 辐射影响汇总

辐射影响	计算结果		评价结果
周围剂量当量率最大值 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.06E-01		满足
职业年有效剂量最大值 (mSv/a)	控制室	9.40E-03/5=1.88E-03	/
	γ 射线防护基准辐射实验室辐射影响	0.09*360/1000/5=6.48E-03	
	合计	8.36E-03	
公众年有效剂量最大值 (mSv/a)	2.54E-05		满足

8、中子/ γ 辐射标准实验室

中子/ γ 辐射标准实验室配备有两套装置，一套是中子辐照装置，配备 Am-241/Be 中子源一枚；一套是 γ 辐照装置，配备 Cs-137 放射源一枚。

8.1 中子辐照装置

中子辐射标准实验室配备中子辐照装置一套，配备 Am-241/Be 中子源一枚。本项目核素特性见表 11-75。

表 11-75 Am-241-Be 核素特性一览表

核素名称	半衰期	反应	主要射线类型、能量 (KeV) 及绝对强度 (%)	中子最大能量 (MeV)	中子平均能量 (MeV)	中子产额 ($\times 10^{-6}\text{s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}$)	比活度 (GBq/g)
Am-241/Be							



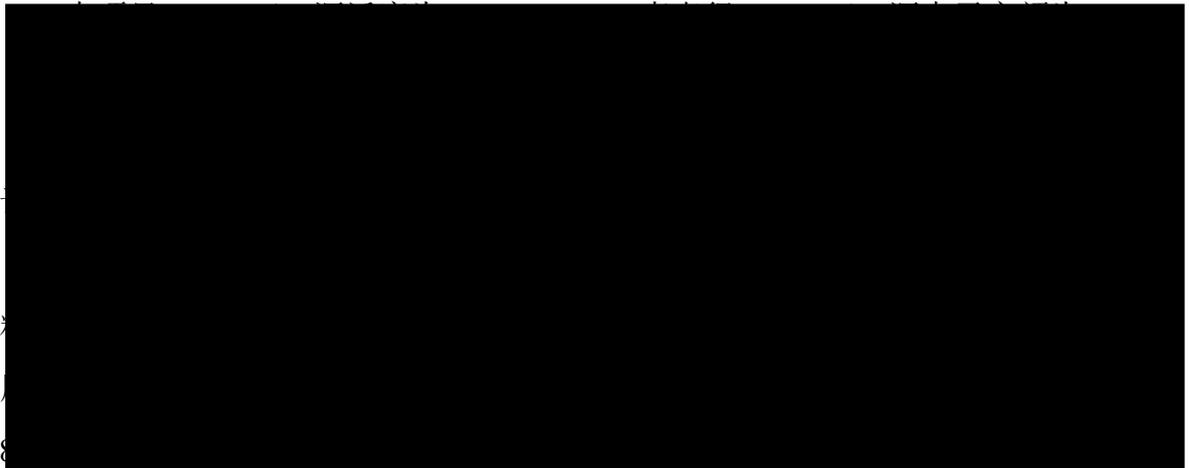
计算模式参考《辐射剂量与防护》（霍雷、刘剑利、马永和）中“第八章中子的防护-8.3 同位素中子源的屏蔽”。

8.1.1 俘获 γ 射线剂量核算

根据《辐射防护导论》（方杰）P138“表 5.1 放射性核素中子源的特性”可知，Am-241-Be 源伴随 γ 辐射“低”，故不考虑 Am-241-Be 源的 γ 射线防护。

8.1.2 中子剂量核算

贮存状态设备表明剂量率水平按公式（9）计算：



$$f_{\text{含硼聚乙烯}} = \dots$$

式中：t 为屏蔽材料厚度（cm）。

本项目中子源校准装置为固定式辐射装置，在剂量校准过程中为定向照射，根据图可知，中子辐射标准实验室西南墙为主辐射区，东、南、西侧及屋顶均为非主射区。储源状态下中子源校准装置外表面空气比释动能率估算见表11-10。

表11-76 储源状态下屏蔽体外空气比释动能率估算

核素种类	Am-241-Be
放射性活度（Bq）	1.85E+11
中子发射率（n/s）	
屏蔽厚度	550mm含硼聚乙烯
距源距离（m）	0.60（屏蔽体外5cm）
透射因子	3.43E-04

中子剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.18E-04
距源距离 (m)	1.55 (屏蔽体外100cm)
中子剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.78E-05

由上表可见，中子源辐照装置在放射贮存状态下，屏蔽体外5cm处的中子剂量当量为1.18E-04 $\mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽体外1m处的中子剂量当量为1.78E-05 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《含密封源仪表的放射卫生防护要求》(GBZ125-2009)中距源5cm处的周围剂量当率处的周围剂量当率约束值小于250 $\mu\text{Sv/h}$ ，1m处的周围剂量当率约束值小于25 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

中子源校准装置在出束状态下，距离放射源R (m) 处空气吸收剂量率见下表。本项目中子源距四周墙体距离以及散射路径见图11-15。

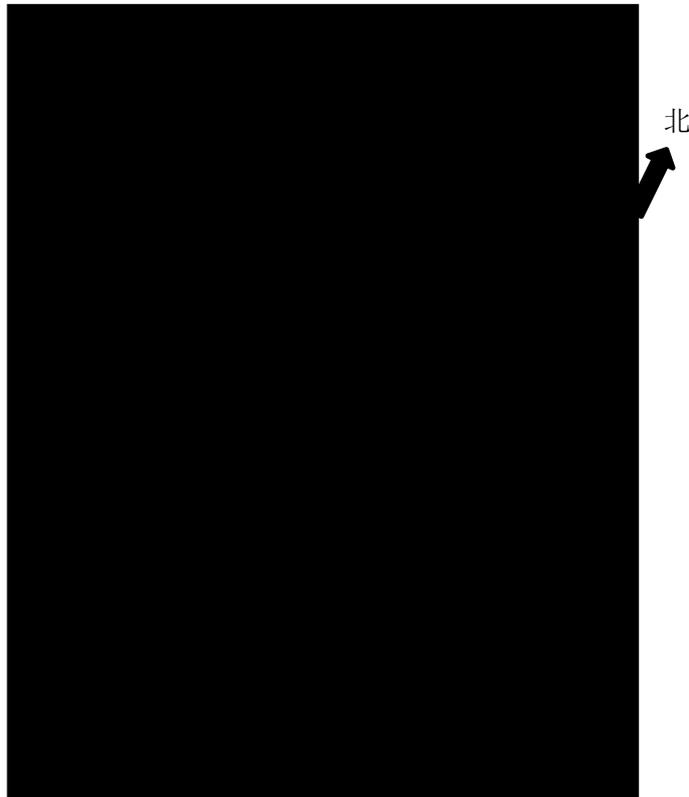


图11-15 本项目中子源校准装置关注点位示意图

①距中子源 1.0m 处的剂量当量率为：

表 11-77 距中子源 1.0m 处的剂量当量率

核素	放射源活度(Bq)	中子产额 ($\times 10^{-6}\text{s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}$)	中子发射率 S (n/s)	f	H_0 (mSv/h)
Am-241/Be	1.85E+11	59	1.202E+7	1	0.12

②中子辐照装置四周中子屏蔽效果预测

表 11-78 中子辐照装置四周中子屏蔽效果预测

关注点	屏蔽材料	f 混凝土	f 含硼聚乙烯	中子发射率 S (n/s)	r (m) *	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
东墙外 30cm 处 ①	400mm现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 120mm					
南墙外 30cm 处 ②	400mm现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 120mm					
西墙外 30cm 处 ③	400现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板38mm					
北墙外 30cm 处 ④ (主束)	600mm现浇混凝土+8%含硼聚乙烯板 120mm					
防护门外 30cm 处⑤	8%含硼聚乙烯板 120mm (泄漏)					
	80mm 的 8%含硼聚乙烯板 -2mm 钢 -20mm 铅 -2mm 钢结构 (散射)					
顶部 30cm 处 ⑥	200mm 现浇混凝土					

8.1.3 辐射工作人员和公众剂量估算

本项目检定一台仪器所需的照射时间约为 5 分钟，年检定量最大约为 3000 台，年出束照射时间约为 250h，

表 11-79 实验室辐射剂量理论计算结果

序号	点位描述	预测关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	工作时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价结果
1	东墙外 30cm 处 (基地道路)				2.65E-03	0.1	满足
2	南墙外 30cm 处 (控制室)				3.10E-01	5	满足
3	北墙外 30cm 处 (流体实验室)				8.28E-04	0.1	满足
4	东侧 19.1m 配电所				5.82E-05	0.1	满足
5	南侧 18m 仓库 2				1.20E-04	0.1	满足
6	北侧 47m 招待所				3.75E-07	0.1	满足

8.1.4 换装源过程的影响

计量院购买放射源后，源提供单位负责将购买的放射源运入实验室，并装入屏蔽材料，完成整个安装放射源过程。计量院日常会将放射源取出进行活度测定等实验，取源过程约 5s，实验完后安装至源装置中约 5s，共计 10s，每年一次，则取、安 Am-241/Be 辐射工作人员受照剂量为 $0.12 \times 10 / 3600 = 3.33\text{E-}04\text{mSv}$ 。运输时，按照相关规定要求的运输罐将放射源封装运输。计量院负责协助设备厂家进行换装源操作，在换装源过程中，严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关规定，做好安全与防护工作；安装放射源后须请有监测资质的单位对剂量进行监测，换装源过程的影响是可控的。

8.1.5 退役放射源的影响

中子辐照装置正常工作过程中，不产生放射性固体废弃物，但经过 5~7 年的使用年限后，会产生报废或退役的放射源。按照《放射性废物安全管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，未经批准不得擅自处理。使用放射源单位应当与生产放射源单位签订废旧放射源返回合同，在放射源废弃后 3 个月内将废放射源交回生产单位进行安全处置，废放射源回收参照放射源转让程序办理。废放射源送贮完成之日起 20 日内，应及时向四川省生态环境主管部门备案，申请办理放射源注销手续。

8.1.6 辐射环境影响及年有效剂量汇总

表 11-80 Am-241/Be 辐射影响汇总

辐射影响	计算结果	评价结果
周围剂量当量率最大值	1.24 μ Sv/h	满足
职业年有效剂量最大值	3.10E-01mSv/a	满足
公众年有效剂量最大值	2.65E-03mSv/a	满足

8.2 γ 辐照装置

8.2.1 主屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）5.1.2.1，有用线束照射方向按有用线束估算，计算公式采用公式（3）、公式（4）。

8.2.2 侧屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）5.1.2.3，侧屏蔽墙厚度可不考虑对散射辐射的屏蔽，而应按装置的泄漏辐射估算，计算公式采用公式（5）。

8.2.3 实验室入口门屏蔽

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）5.1.2.5，入口门考虑泄漏辐射以及在主屏蔽墙上和被检仪器上的散射辐射影响，散射辐射计算公式采用公式（6）。

8.2.4 中子/ γ 辐射标准实验室理论预测计算

8.2.4.1 预测点位选择

理论计算时，选取中子/ γ 辐射标准实验室四面墙壁、顶部及防护门外表面 30cm 处作为预测点位。

8.2.4.2 放射源参数

本项目中子/ γ 辐射标准实验室使用 1 枚放射源，放射源辐射特性参数见表 11-81。

表 11-81 放射源辐射特性参数

核素	放射源活度(Bq)	周围剂量当量率常数(裸源) (μ Sv·m ² /MBq·h)	1m 处周围剂量当量率(μ Sv/h)	TVL (mm)		
				铅	钢	混凝土
Cs-137						

8.2.4.3 居留因子选取

表 11-82 关注点选取一览表

关注点	点位描述	居留因子	备注
①	东墙外 30cm 处	1/8	偶然居留，基地道路
②	南墙外 30cm 处	1	全居留，控制室
③	西墙外 30cm 处	1/40	偶然居留，悬崖
④	北墙外 30cm 处	1	全居留，流体实验室
⑤	防护门外 30cm 处	1/8	全居留，控制室
⑥	楼上地面 30cm 处	/	顶上无建筑

8.2.4.4 工作时间

本项目单台送检仪器设备所需照射时间约 5min，每周共检定 60 台，则周照射时间 t 为 5h，年照射时间为 250h。

8.2.4.5 导出剂量率参考控制水平

根据公式（7）计算：

表 11-83 周围剂量当量率参考控制水平

位置	关注点	居留因子	周参考剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	使用因子	周照射时间 (h)	导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
东墙外 30cm 处 (基地道路)						8
南墙外 30cm 处 (控制室)						20
西墙外 30cm 处 (悬崖)						40
北墙外 30cm 处 (流体实验室)						1
防护门外 30cm 处 (基地道路)						8
楼上地面 30cm 处 (空中)						/

8.2.4.6 最高剂量率参考控制水平

- 1) 人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$;
- 2) 人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

8.2.4.7 周围剂量当量率参考控制水平

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）第 4.1.1 条，由上述导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 和最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ，选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)。

另参考《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）第 6.1 点，将屏蔽墙外 30cm 处最高剂量率参考控制水平统一为不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

综上所述， γ 射线防护基准辐射实验室各关注点剂量率参考控制水平见表 11-4。

表 11-84 关注点周围剂量当量率参考控制水平一览表

点位描述	导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)
东墙外 30cm 处 (基地道路)	8	2.5	2.5
南墙外 30cm 处 (控制室)	20	2.5	2.5
西墙外 30cm 处 (悬崖)	40	2.5	2.5
北墙外 30cm 处 (流体实验室)	1	2.5	1
防护门外 30cm 处 (基地道路)	8	2.5	2.5
楼上地面 30cm 处 (空中)	/	2.5	2.5

8.2.4.8 贮存状态下 γ 射线防护基准辐射实验室周围剂量率

Cs-137: 本项目 γ 射线防护标准实验室使用的含源装置储位铅室由金属铅构成，外部为不锈钢罩，储位铅当量 $\geq 250\text{mmPb}$ 。铅室设计装源活度 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ ，放射源处于储位时，1m 处周围剂量当量率为 $14245\mu\text{Sv/h}$ 。保守以此为源强计算储存状态下实验室外周围剂量当量率。屏蔽体选取最薄的 550mm 混凝土，源距墙 1m，则 $r=1+0.55+0.3=1.85\text{m}$ ，根据距离衰减公式得到实验室外周围剂量当量率最大为 $1.30\text{E}-11\mu\text{Sv/h}$ ，满足周围剂量当量率参考控制水平限值，且可忽略此时对于职业和工作的年有效剂量的贡献。

8.2.4.9 工作状态下中子/ γ 辐射标准实验室屏蔽厚度预测

8.2.4.9.1 有用线束屏蔽厚度核算

采用公式 (7)、公式 (8)。

表11-85 本项目有用线束方向屏蔽厚度计算参数及设计参数比对一览表

核素	屏蔽方位	周围剂量当量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	1m 处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离关注点 (m)	透射因子	理论计算屏蔽厚度	实际设计厚度	是否满足屏蔽要求
Cs-137	北墙外 30cm 处 ④					413mm 混凝土	600mm 混凝土	满足

*北墙 $r=7.0\text{m}+0.6\text{m}+0.3\text{m}=7.9\text{m}$ 。

8.2.4.9.2 非有用线束方向屏蔽厚度核算

表 11-86 侧屏蔽墙屏蔽厚度计算参数及设计参数对比一览表

屏蔽体	东墙外30cm处 ①	南墙外30cm处 ②	西墙外30cm处 ③	顶部外30cm处 ④
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)				
R				
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)				
f				
TVL (mm)				
TVL_1 (mm)				
B				
理论计算屏蔽厚度 X_e (mm)	0mm混凝土	0mm 混凝土	0mm 混凝土	0mm 混凝土
实际设计屏蔽厚度X (mm)	400mm混凝土	400mm 混凝土	400mm 混凝土	200mm 混凝土
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足

* 东墙 $r=2.2\text{m}+0.4\text{m}+0.3\text{m}=2.9\text{m}$ ；南墙 $r=2.0\text{m}+0.4\text{m}+0.3\text{m}=2.7\text{m}$ ；西墙 $r=4.5\text{m}+0.4\text{m}+0.3\text{m}=5.2\text{m}$ ；顶部 $r=3\text{m}+1.25\text{m}+0.2\text{m}+0.3\text{m}=4.75\text{m}$ 。（《电离辐射计量》P182“放射源应以低原子序数物质支撑在房间一半高度上”）。

表 11-87 入口门屏蔽厚度计算参数及设计参数对比一览表

辐射类型	在主屏蔽墙上散射	在被检仪器上散射	泄漏辐射
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)			
α_w			
S_w (m^2)			
R_1 (m)			
R_2 (m)			
H_1 ($\mu\text{Sv/h}$)			
入口屏蔽前周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)			
理论计算屏蔽厚度 X_e (mm)	2mm 铅（泄漏采用主射什值层，散射采用散射什值层）		
实际设计屏蔽厚度X (mm)	2mm钢-20mm铅-2mm钢		
是否满足屏蔽要求	满足		

综上所述，本项目中子/ γ 辐射标准实验室各个方位的屏蔽设计厚度均满足屏蔽要求。

8.4.10 工作状态下中子/ γ 辐射标准实验室周围剂量率

本项目工作状态时仅使用 1 枚放射源， γ 辐照装置工作状态时主射线方向固定朝向北墙照射，且具有准直器确保射线束为窄束。这里北墙按主屏蔽核算；其余方向按非主射屏蔽核算。

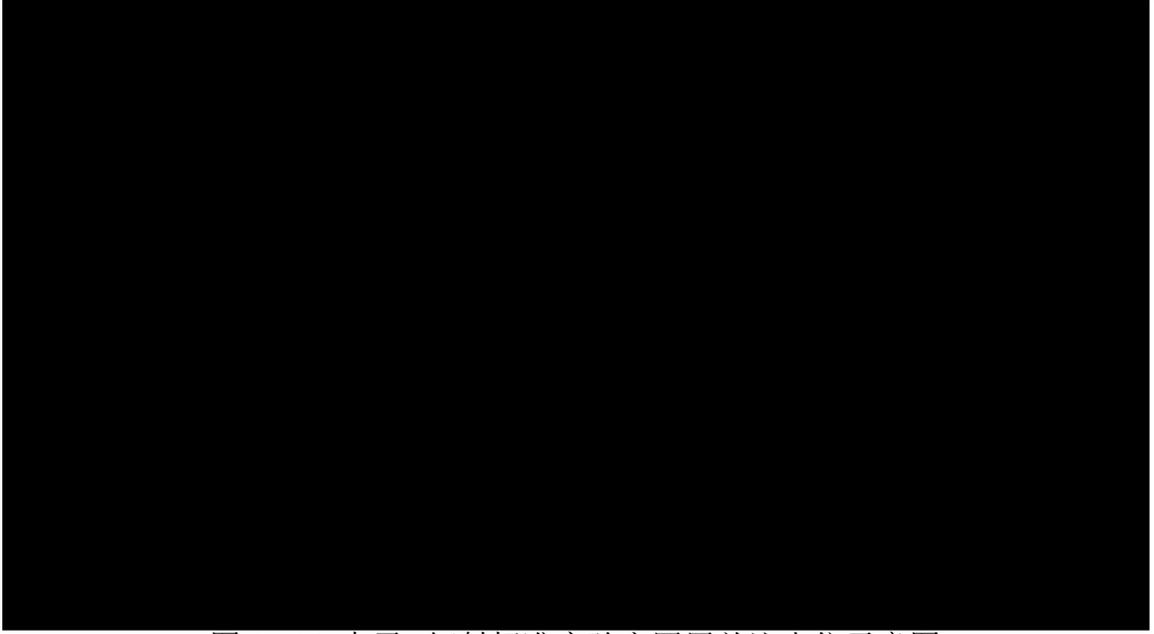


图 11-16 中子/ γ 辐射标准实验室四周关注点位示意图

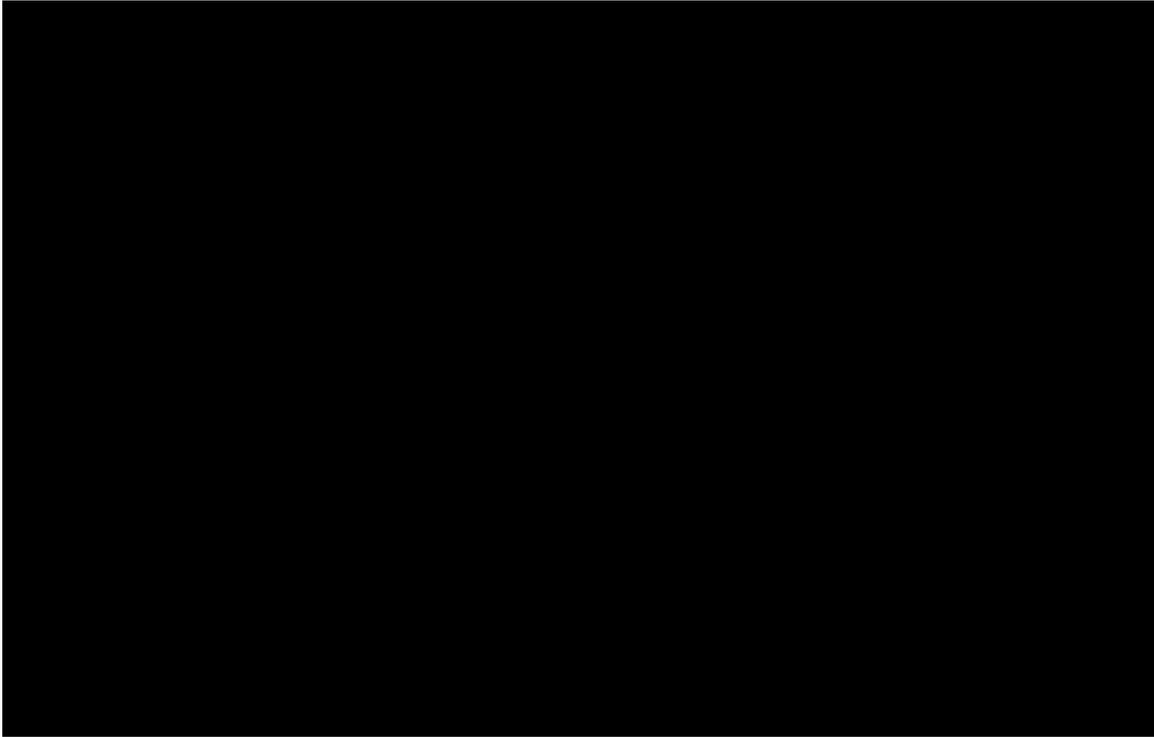


图 11-17 中子/ γ 辐射标准实验室顶部关注点位示意图

表 11-88 有用线束方向屏蔽效果预测表

--	--	--	--	--

表 11-89 非有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	东墙外30cm处 (基地道路)	南墙外30cm处 (控制室)	西墙外30cm 处(悬崖)	楼上30cm处 (空中)	
屏蔽厚度X					
斜射角 $\theta(^{\circ})$					
有效屏蔽厚度 X_e (mm)					
TVL (mm)					
TVL ₁ (mm)					
B					
H ₀ (μSv/h)					
f					
R					
周围剂量当量率H (μSv/h)					8.77E-03
剂量率参考控制水平H _c (μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	
防护门					
辐射类型	在主屏蔽墙上 散射	在被检仪器上 散射	泄漏辐射		
H ₀ (μSv/h)					
α_w					
S _w (m ²)					
R ₁ (m)					
R ₂ (m)					
屏蔽厚度X					
TVL					铅
					钢
B					
H ₁ (μSv/h)					3.06E-04
周围剂量当量率H (μSv/h)			1.98E-01		
剂量率参考控制水平H _c (μSv/h)			2.5		
是否满足要求			满足		

8.4.11 年有效剂量理论计算

本项目单台 γ 辐照装置检定一台仪器所需的照射时间约为 5 分钟，年检定量最大约为 3000 台，年出束照射时间约为 250h，周围辐射工作人员及公众年有效剂量计算结果如下，计算公式采用公式（7）。

表 11-90 中子/ γ 辐射标准实验室辐射剂量理论计算结果

序号	点位描述	参考点关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	工作时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价结果
1	东墙外 30cm 处 (基地道路)				2.74E-04	0.1	满足
2	南墙外 30cm 处 (控制室)				2.53E-03	5	满足
3	北墙外 30cm 处 (流体实验室)				2.13E-02	0.1	满足
4	东侧 19.1m 配电所				7.51E-07	0.1	满足
5	南侧 18m 仓库 2				9.74E-07	0.1	满足
6	北侧 47m 招待所				9.63E-06	0.1	满足

8.4.12 换装源过程的影响

如果需更换放射源，源提供单位负责将销售的放射源运入实验室，并装入屏蔽材料，完成整个安装放射源过程。建设单位日常会将放射源取出进行活度测定等实验，取源过程约 5s，实验完后安装至源装置中约 5s，共计 10s，每年一次，则该过程 Cs-137 辐射工作人员受照剂量为 $14245 \times 10 / 3600 / 1000 = 0.04 \text{mSv}$ （假设未穿戴防护用品）。运输时，按照相关规定要求的运输罐将放射源封装运输。计量院负责协助设备厂家进行换装源操作，在换装源过程中，严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关规定，做好安全与防护工作；安装放射源后须请有监测资质的单位对剂量进行监测，换装源过程的影响是可控的。

8.4.13 退役放射源的影响

γ 射线空气比释动能计量装置正常工作过程中，不产生放射性固体废弃物，但经一定使用年限后，会产生报废或退役的放射源。按照《放射性废物安全管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，未经批准不得擅自处理。使用放射源单位应当与生产放射源单位签订废旧放射源返回合同，在放射源废弃后 3 个月内将废放射源交回生产单位进行安全处置，废放射源回收参照放射源转让程序办

理。废放射源送贮完成之日起 20 日内，应及时向四川省生态环境主管部门备案，申请办理放射源注销手续。

8.4.14 辐射环境影响及年有效剂量汇总

表 11-91 Cs-137 辐射影响汇总

辐射影响	计算结果	评价结果
周围剂量当量率最大值 ($\mu\text{Sv/h}$)	8.51E-02	满足
职业年有效剂量最大值 (mSv/a)	2.53E-03	满足
公众年有效剂量最大值 (mSv/a)	2.74E-04	满足

表 11-92 中子/ γ 辐射标准实验室辐射影响汇总

辐射影响	计算结果			评价结果	
周围剂量当量率最大值 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.24			满足	
职业年有效剂量最大值 (mSv/a)	放射源	Am-241/Be	Cs-137	合计	满足
	控制室	3.10E-01	2.53E-03		
	换装源	3.33E-04	0.04		
	合计	7.06E-02			
γ 射线防护基准辐射实验室辐射影响	(1.41E-03*250/1000+0.49*250/1000)/5=2.46E-02		9.51E-02		
公众年有效剂量最大值 (mSv/a)	2.65E-03+2.74E-04=2.92E-03			满足	

9、基地实验室 γ 射线防护基准辐射实验室、中子强度测量标准实验室、中子/ γ 射线辐射标准实验室非放射性环境影响分析

9.1 臭氧环境影响分析

本项目装置工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，且本项目暖通设计能够实现良好通风，因此对周围环境影响较小。

9.2 水环境影响分析

项目运行后，废水主要为辐射工作人员产生的生活污水。本项目未新增辐射工作人员，已有的处理能力能够兼容。

9.3 固体废物环境影响分析

项目运行后，固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾。本项目未新增辐射工作人员，已有的垃圾处理能力能够兼容。

9.4 声环境影响分析

本项目噪声源主要为暖通设备噪声，所有设备选用低噪声设备，各设备声源强度

均小于 60dB (A)。通风设施均采取了隔声消声措施、对风机设备和空调机组进行基础减震；与噪声要求较高的房间相邻的，其房间所有的隔墙和顶板均做吸声、隔声处理。因此本项目噪声源通过降噪措施及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

10、基地实验室保护目标剂量统计汇总

本项目辐射工作人员和公众剂量应包括放射性核素实验室、 γ 实验室、中子实验室的的累积剂量。

表 11-93 辐射工作人员年附加有效剂量估算汇总

保护目标名称	职业年有效剂量最大值 (mSv/a)
放射性同位素实验室辐射工作人员	5.30E-02
γ 射线防护基准辐射实验室辐射工作人员	0.2799
中子强度测量标准实验室辐射工作人员	8.36E-03
中子/ γ 射线辐射标准实验室辐射工作人员	9.51E-02
合计	4.36E-01

表 11-94 公众年附加有效剂量估算汇总

保护目标名称	年有效剂量最大值 (mSv/a)				合计 (mSv/a)
	放射性同位素实验室	γ 射线防护基准辐射实验室	中子强度测量标准实验室	中子/ γ 射线辐射标准实验室	
配电所、计量基准实验室、仓库2、流体实验室（待建）、招待所	4.35E-06	2.46E-02	2.54E-05	2.92E-03	2.75E-02

*保守选取各实验室对周围公众的最大辐射影响值叠加计算。

11、本项目职业及公众年有效剂量汇总

表 11-95 汇总一览表

辐射影响	计算结果	评价结果
职业周/年有效剂量最大值	1.28mSv	满足
本部院区本项目附近公众年有效剂量最大值	0.784 μ Sv/w 0.0392mSv/h	满足
基地实验室院区本项目附近公众年有效剂量最大值	2.75E-02mSv/a	满足

*已叠加原有辐射工作人员最大年有效剂量（有个人剂量监测最大值乘以 GBZ 128-2019 中转换系数后为 0.631mSv）

环境影响风险分析

1. 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

2. 风险识别

本项目为使用II、III、IV、V类及豁免放射源，使用II、III类射线装置以及丙级非密封放射性物质工作场所，在操作过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触的人员造成放射性损伤和环境污染。

主要事故风险：

- 1) 辐射源正常工作时，人员误留、误入实验室，导致发生误照射；
- 2) 辐射源控制系统失灵，发生误照射；
- 3) 检修维护等过程中，检修维护人员误操作，造成有关人员误照射；
- 4) 射线装置或放射源丢失、被盗，造成有关人员误照射；
- 5) 放射性药物丢失、被盗或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，从而形成环境介质的放射性污染；
- 6) 在放射性药品的分装、注射等操作，会产生撒漏的可能性，这样就会使室内的设备、地面等受到放射性污染

3. 源项分析及事故等级分析

本项目主要的环境风险因子为辐射源工作时产生的各类射线及放射性三废。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》对于事故的分级原则，现将事故等级列于表 11-96 中

表 11-96 辐射事故等级一览表

潜在危害	事故等级
射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
是指I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	重大辐射事故
是指I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射	特别重大辐射事故

污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表1的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值4.0~6.0Gy界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）表2-13急性效应与剂量关系中以4Gy作为重度放射病的阈值，以及表后“对低LET辐射，皮肤损伤的阈值量3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见表11-14），从而以是否达到3.5Gy界定是否会发生较大辐射事故。另按照死亡率99%的辐射剂量5.5Gy界定是否会发生重大辐射事故和特别重大辐射事故。

表 11-97 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

4. 风险事故情形设定

事故假设：

(1) 辐射源正常工作时，人员未穿戴防护用品停留于实验室内；

在计量过程中，出束时有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的公众误留实验室。

(2) 辐射源控制系统失灵，发生误照射；

若控制系统失灵持续出束，而此时实验室内人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

(3) 维修射线装置时，人员受意外照射。

设备维护人员在维护设备时，出束状态下指示灯和声音装置均失效。此时维护人

员位于主射束方向或散射站立区方向，无任何屏蔽措施。

剂量估算：

(1) (2) 维修射线装置时，人员受意外照射

考虑到本项目 Co-60 源强最大，故以 Co-60 参数作为放射源事故最大可信事故评估对象。假设 1 名设备维修人员在维护辐射源时，设备正处于出束状态，指示灯和声音装置均失效，室内还有另一名维修人员站在设备旁，此时两位辐射工作人员均未采取防护措施。1m 处无铅衣铅屏风遮挡的情况下比释动能率为 3.799E+06μSv/h。

表11-98 持续出束情况下检修人员受到累积剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	3s	6s	9s	10s	15s	30s
主射线方向 0.1m处						
主射线方向 0.3m处						
主射线方向 0.6m处						
站立区0.3m						
站立区0.6m						
站立区0.9m						
站立区2m						
站立区3m						
最大可能事故						

(3) 维修射线装置时，人员受意外照射

考虑到本项目II类射线装置源强最大，故以中能 X 射线源 COMET iXRS-320 参数作为射线装置事故最大可信事故评估对象。假设 1 名设备维修人员在维护辐射源时，设备正处于出束状态，指示灯和声音装置均失效，室内还有另一名维修人员站在设备旁，此时两位辐射工作人员均未采取防护措施。。

表11-99 持续出束情况下检修人员受到累积剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	3s	6s	9s	10s	15s	30s
主射线方向 0.1m处						
主射线方向 0.3m处						

主射线方向 0.6m处	
站立区0.3m	
站立区0.6m	
站立区0.9m	
站立区2m	
站立区3m	
最大可能事故	较大辐射事故

4 事故后果:

对于本项目最大可信事故为较大辐射事故。针对较大辐射事故建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关。

(4) 放射性药物意外泄漏事故

事故情景假设

事故情景假设

- ①药瓶在分药室丢失，丢失时内装活度最大日操作量；
- ②假设丢失后在整个事故持续时间瓶内未发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；
- ③保守假设事故持续时间内，周围人员无任何屏蔽措施；
- ④事故持续时间为 2h。

剂量估算

在假设事故情景下，计算携带人员在事故持续时间内的受照剂量，计算结果见表 11-100。

表11-100 事故状态不同时间段所致辐射剂量计算表

核素	F-18	Mn-56	Fe-59	Co-60	Tc-99m	I-131	Cs-134	Eu-152	Au-198
活度 (mCi)									
周围剂量当量常数									
周围剂量当量 (μSv/h)									
核素									
F-18									
Mn-56									

Fe-59	
Co-60	
Tc-99m	
I-131	
Cs-134	
Eu-152	
Au-198	

事故后果

在上述事故情景假设条件下，靠近 药物的人员在事故持续时间内已受到超过公众和职业人员的年剂量限值的照射但未达到伤残致死剂量。

事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条的内容，假如本项目发生此种事故，事故等级为一般辐射事故。

(5) 放射性物质泄漏造成空气、水环境、地表、土壤污染时（以铯-90 当量为标准）

空气污染：本项目使用的碘-131 日用量最大为 $3.29\text{E}+10\text{Bq}$ （该用量为易挥发核素中最大用量），根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：事故造成气态放射性物质的释放量小于 $5.0\text{E}+11\text{Bq}$ 的碘-131 当量，因此最多达到一般辐射事故。

水环境、地表、土壤污染：本次评价以各核素单日最大操作量为事故状态下的释放量，各核素在完全释放的状态下对应的锶-90 当量释放量计算结果见表 11-101。

表 11-101 事故状态下锶-90 当量释放量计算表

核素	日最大用量 (Bq)	食入所致待积有效剂量 (Sv/Bq) *	锶-90 食入所致 待积有效剂量 (Sv/Bq) *	锶-90 当量释放量 (Bq)
F-18				
Mn-56				
Fe-59				
Co-60				
Tc-99m				
I-131				
Cs-134				
Eu-152				
Au-198				
合计				2641639.13

*注：食入所致待积有效剂量根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B6 查得 1 岁以下对象参数；锶-90 当量释放量=评价核素释放量（Bq）×评价核素食入待积有效剂量（Sv/Bq）/锶-90 食入待积有效剂量（Sv/Bq）。

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 $1.0\text{E}+11\text{Bq}$ 的锶-90 当量时或者事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量小于 $1.0\text{E}+12\text{Bq}$ 的锶-90 当量时为一般辐射事故。根据表 11-32 计算结果，本项目发生辐射事故，各核素事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量均小于上述限值，为一般辐射事故。

汇总：

表 11-102 本项目环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X 射线、β射线、 γ射线	放射源、非密封放射性物质、射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
	放射源、非密封放射性物质、射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故

5. 事故处理方法及预防措施：

事故处理方法

针对以上可能发生的事故风险，该建设单位已根据可能发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围制定了辐射事故应急方案。

与此同时，建设单位应加强辐射安全管理，在项目运行时严格遵循已制定的相关操作规程和辐射安全管理制度，并在实际工作中不断对其完善；建设单位应定期对 C 型臂进行检查、维护，发现问题及时维修，并应定期监测 C 型臂工作场所周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》（环发<2006>145 号）规定，发生辐射事故时，建设单位应立即启动建设单位内部的事态应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内向所在地生态环境部门（四川省生态环境厅）和公安部门（四川省公安厅）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（四川省卫生健康委员会应急办）报告。事故发生后建设单位应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

5. 应急情况处理措施

5.1 源丢失

对于这种类型的事件来说，至关重要的是盘存最新的库存，以便能够立即确定哪些源丢失，它的类型和活度是什么，最后了解何时何地 and 最后一个拥有它的人。另一种重要情况，是购买的源在预期时间。检查源在预期的收货时间内是否到达应包括在程序性文件内。应急预案中应包括下列行动：

- a) 从辐射防护管理人员获得援助；
- b) 进行本地搜索；
- c) 检查并确保其他源的安全和控制；
- d) 排查院区的所有可能性；
- e) 如果仍然没有找到，致电销售源的公司并告知他们有关情况，以便他们追踪货物并找出放射性物质的位置；
- f) 如果没有找到，则按照监管机构的规定报告丢失材料。

5.2 铊-99m 发生器损坏

发生器含有相对大量的放射性。在铊-99m 发生器损坏的情况下，采取的措施是：

- g) 立即撤离该地区；
- h) 通知放射防护管理人员确认泄漏，并监督去污和监测程序实施；
- i) 记录事件并根据监管机构的规定进行报告。

5.3 少量放射性溢出

在发生这种溢出之后，应采取以下行动：

- j) 使用防护服和一次性手套；
- k) 用吸水垫快速吸收溢出物，防止其蔓延；
- l) 从泄漏处取下垫子；
- m) 用毛巾从污染区边缘向中心擦拭；
- n) 干燥区域并进行擦拭物测试；
- o) 继续清洁和擦拭测试循环，直到擦拭样品显示已经清理了溢出物；
- p) 使用塑料袋来容纳污染的物品，应提供合适的袋子以及湿纸巾。

5.4 溢出大量的放射性物质

在发生这种溢出之后，应采取以下行动：

- q) 应立即通知放射防护管理人员并直接监督清理工作；
- r) 将吸收垫放在溢出物上以防止其进一步污染蔓延；
- s) 所有非参与泄漏事故处置的人都应立即离开该场所；
- t) 在离开污染区时监测所有涉及泄漏的人是否受到污染；
- u) 如果衣服被污染，请将其取出并放入标有“放射性”的塑料袋中；
- v) 如果发生皮肤污染，请立即清洗；
- w) 如果发生眼睛污染，请用大量的水冲洗。

2. 事故情况下的防范应对措施

本项目放射性同位素实验室属于丙级非密封放射性物质工作场所。按国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，分别参照II类密封型放射源工作场所的相关要求，实施辐射安全管理。由于核素的操作量较大，一旦发生事故有可能导致环境的放射污染。较常见的事故有：

（1）放射性药物丢失、被盗或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，从而形成环境介质的放射性污染。

应对措施：放射性药物签收、储存和发放等环节有详细的程序和记录，实行专人专锁专管，切实做好防火防盗，以此避免此类事故的发生。

（2）射性药品注射操作时，会产生撒漏的可能性，这样就会使工作室内的设备、

地面等受到放射性污染。

应对措施：当发生放射性药物洒漏事故时，发现者应保护现场，同时先向应急办报告，应急救援小组接到报告后立即启动本单位辐射事故应急预案疏散现场无关人员，设置警戒区并在边界设置警示标志，禁止无关人员进入现场；事故处理人员在采取了防护措施的情况下进入事故区域，首先用滤纸等覆盖污染区域，控制表面扩散；对事故现场开展应急监测，掌握污染程度和污染范围；事故处理人员在清污时先用滤纸将洒漏的药剂吸干，再进行擦拭，清污产生的废滤纸、一次性手套等按放射性废物管理和处理，产生的少量冲洗器皿、台面等的废水应收集排入放射性废水衰变池；清污完成后再次对工作区域环境中的 γ 辐射剂量率和 β 表面污染水平进行监测，当监测值达到本底水平后，事故处理完毕。

预防措施

建设单位严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，拟采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

（1）辐射安全管理措施

①建设单位已成立辐射安全与放射防护管理委员会，负责全院辐射防护监督与检查工作。建设单位应进一步完善各种辐射安全防护制度、防护工作计划、辐射事故应急预案并定期组织演练；全面贯彻落实辐射防护法律法规、行政规章和行业标准；完善辐射安全和放射防护相关职责、制度、流程、操作技术规范及相关质量控制方案；定期检查各种制度、防护措施的贯彻落实情况；组织实施辐射工作人员和领导小组一起定期在国家培训平台上学习关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识；定期组织对辐射工作场所的防护效果检测，检查辐射工作人员是否按照有关规定佩戴个人剂量计并定期进行个人剂量检测结果存档，组织本院辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，并分别建立辐射工作人员个人剂量检测、职业健康管理、培训管理档案。

②建设单位需根据法律法规继续完善辐射事故预防措施及应急处理预案，包括应急机构的设置与职责及联系电话、应急响应程序、应急响应措施、条件保障等。

③建设单位需根据法律法规继续完善辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。

环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查,完善各项管理制度并严格按照要求执行,对发现的安全隐患立即进行整改,避免事故的发生。

②建设单位已制定辐射工作设备操作规程。凡涉及对辐射源进行操作,必须按操作规程执行,并做好个人的防护,并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

③定期对辐射安全与防护措施进行维护、保养,对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换,并建立维护、维修台账;

④建设单位所有辐射工作人员需在系统学习后,报名参加国家生态环境部组织的辐射安全与防护考试,均需持证上岗;

⑤项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围,增加建设单位内部应急领导小组成员电话。

(2) 设备固有安全设施

本项目各类设备自身采取了多重安全措施,以防止辐射事故的发生,以上各种事故的防范与对策措施,可减少或避免辐射事故的发生率,从而保证项目的正常运营,也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与生态环境管理机构的设置

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》等法律法规要求，建设单位应设有专门的辐射安全与生态环境管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与生态环境管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

中国测试技术研究院已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立了辐射安全管理领导小组负责相关辐射安全监督管理工作，领导小组职责明确，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。管理领导小组名单如下：

表12-1 管理领导小组名单

序号	职务	姓名	性别	专业	职称	专/兼职	注册核安全工程师	
1	组长						兼职	否
2	副组长						兼职	否
3	辐射防护负责人						专职	否
4	成员						兼职	是
5	成员						兼职	否
6	成员						兼职	否
7	成员						兼职	否
8	成员						兼职	否

辐射安全管理规章制度

- 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，中国测试技术研究院应制定辐射安全管理制度，制度清单及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求见表 12-1，环评要求运行本项目的中国测试技术研究院在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新、完善的制度的可操作性。

- 根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm。建设单位原有实验室已张贴符合规范的制度，本项目拟在新增的实验室内墙上和控制室内墙上显著位置补充张贴大小和字体都足够醒目的以上相应制度。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已落实，许可证在有效期内	待本项目环评工作完成，项目建设完成后向发证机关提交重新申领辐射安全许可证的申请材料
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目原有辐射工作人员均持证且证书均在有效期内。	未来如新增无证人员，需通过考试后持证上岗
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	已落实，并设置人员专职管理各院区核技术利用项目	/
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	已落实	/
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案，特别应做好辐射源的实体保卫及防护措施	原有核技术利用项目已落实	需将本项目各辐射源纳入管辖范围
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已建立	需将本项目各辐射源纳入管辖范围
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查,建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	原有辐射工作人员已落实	未来如有新增辐射工作人员应在上岗前一并落实
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	原有辐射工作场所均已落实	新增辐射工作场所投运前应落实
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	每年均委托有资质单位完成场所环境检测	新增辐射工作场所运行后应落实
10	辐射信息网络	原有项目已落实	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐

			射安全申报系统”(网址 http://rr.mep.gov.cn/) 中实施申报登记。申领、延续、变更许可证,新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台账,放射性同位素与射线装置应做到账物相符,并及时更新。	原有项目已落实	需将本项目各辐射源纳入台账管理范围

表12-2 建设单位管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	《关于调整核辐射安全与环境保护管理领导小组成员的通知》	/
2	辐射安全管理规定(综合性文件)	《辐射工作场所安全管理要求》 《辐射安全管理规定》	/
3	辐射工作设备操作规程	《辐射工作设备操作规程》	/
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射防护设施设备 维护维修制度》	/
5	辐射工作人员岗位职责	不同核技术利用项目已单独制定	/
6	放射源与射线装置台账管理制度	《放射源与射线装置台账管理制度》	/
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	《辐射工作场所和环境辐射水平 监测方案》	/
8	监测仪表使用与校验管理制度	《监测仪表使用与校验管理制度》	/
9	辐射工作人员培训制度(或培训计划)	《辐射工作人员辐射安全与防护 培训制度》	/
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员 个人剂量管理制度》	/
11	辐射事故应急预案	《辐射事故应急处理预案》 《辐射事故应急响应程序》	/
12	质量保证大纲和质量控制检测计划(使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位)	不同核技术利用项目已单独制定	/
13	其他	/	/

辐射监测

1. 监测方案

- 1) 请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测,每年1~2次;请有资质的单位对产生辐射的仪器设备进行防护监测,包括仪器设备防护性能的检测,每年1~2次。
- 2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计及佩戴个人剂量报警仪。个人剂量计定期(根

据《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019规定，常规监测周期最长不应超过3个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；

3) 定期自行开展辐射监测，制定定期监测制度，监测数据存档，建议监测周期为1次/月。

2. 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，建设单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警仪、辐射监测等仪器。针对放射性同位素实验室，建设单位将购入表面沾污仪1台。另根据《职业性外照射个人监测规范》：5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。5.3.3 对于5.3.2所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计）。

故本项目建议为本项目所有参与放射性同位素实验室工作的辐射工作人员每人配备3个剂量计（一个佩戴在铅橡胶防护服内的腰部，另一个佩戴在铅防护服的领部外侧，一个佩戴于腕部或指部），应起码为其配备2个个人剂量计（一个佩戴在铅橡胶防护服内的腰部，另一个佩戴在铅防护服的领部外侧）。不参与放射性同位素实验室工作的辐射工作人员要求佩戴1个剂量计，用于监控其受到的有效剂量。项目运行后建设单位应定期对各辐射工作场所周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

本报告针对所有参与放射性同位素实验室工作的人员的个人剂量计管理提出如下建议：

对于佩戴于不同部位的个人剂量计，请发放剂量计的检测单位提供不同颜色的剂量计用于区分，并用佩戴人的姓名进行文字标签标记。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中8.2.2要求，职业照射个人监测档案应终生保存。保证每名辐射工作人员的个人剂量计专人专用，每个季度及时送检。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）要求，应加强辐射工作人员个人剂量的监督检查，对每季度检测数据超过1.25mSv的建设单位要求进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认。当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，

经本人签字确认后上报发证机关；当连续5年的平均个人剂量超过20mSv或单年个人剂量超过50mSv时，建设单位应展开调查查明原因，确定为辐射安全事故时，应启动辐射事故应急预案。

(1) 监测内容和要求

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）监测项目运行前环境本底、运行后X-γ辐射剂量率、β表面沾污、废水总β、土壤总β、空气放射性污染。

(2) 监测范围：控制区、监督区及周围关注点、排口及通风橱、废水、实验室周围土壤。

(3) 监测点位和数据管理

非密封放射性物质工作场所主要监测控制区人员易接触的工作台、地面、墙面、桌椅、非密封放射性药物贮存场所等表面沾污，以及控制区内所有场所及控制区外邻近房间的γ辐射剂量率和β表面沾污。委托监测每年至少1次，自行监测建议每月至少1次。此外应委托有资质单位每年对项目周围土壤及本项目废水和废气进行至少1次监测。本项目监测数据应当存档。

表12-3 定期监测要求

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	非密封放射性物质工作场所	β表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、桌椅等、工作服及人员体表； 每个废物袋表面	每次工作开始前和结束后（记录监测数据存档）	β表面沾污仪
	放射源辐射工作场所	X-γ辐射剂量率	控制区内所有场所、控制区外邻近房间、放射性药物或废物贮存容器	每月定期、工作中（记录监测数据存档）	X-γ辐射剂量率监测仪
		中子周围剂量当量率	控制区内所有场所、控制区外邻近房间	每月定期、工作中（记录监测数据存档）	X-γ辐射剂量率监测仪 中子周围剂量当量率
	射线装置辐射工作场所	X-γ辐射剂量率	控制区内所有场所、控制区外邻近房间	每月定期、工作中（记录监测数据存档）	X-γ辐射剂量率监测仪
委托监测或自主监测	非密封放射性物质工作场所	β表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、桌椅等	(1) 竣工环保验收监测； (2) 编制辐射防护年度评估报告（每年）	β表面沾污仪
	放射源	X-γ辐射剂量率	控制区、监督区		X-γ辐射剂量率监测仪
		X-γ辐射剂量率	控制区、监督区		X-γ辐射

辐射工作场所	中子周围剂量当量率	控制区、监督区		剂量率监测仪
	X-γ辐射剂量率			X-γ辐射剂量率监测仪
其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计委托监测
	废水总β	拟排放的废水	每次排放前	委托监测
	空气放射性污染	排口及通风橱	定期	委托监测
	土壤总β	工作场所为中心，半径50~300 m 以内	一年一次	委托监测

监测质保：确保执行已有的《监测仪表使用与校验管理制度》，并利用委托监测获得的监测数据进行比对并建立比对档案。监测须采用国家颁布的标准方法或推荐方法并制定辐射环境监测管理制度。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

在开始运营本项目实验室后，应密切注意辐射工作人员个人剂量数值，根据累积剂量及时调整工作量，防止个人剂量超标。

辐射事故应急

中国测试技术研究院针对可能产生的辐射事故情况已制定事故应急预案，应急预案内容包括有：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 应急演习计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

实施本项目的中国测试技术研究院应依据《中华人民共和国放射性污染防治法》《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145号文）要求，发生辐射事故时，建设单位应立即启动建设单位内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，

造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后建设单位应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。从而保证一旦发生辐射意外事件时，即能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理辐射事故，保护工作人员和公众的健康与安全。建设单位应加强管理，严格执行安全操作规程，并确认经常确认辐射工作场所周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论**1. 实践正当性**

中国测试技术研究院扩建电离辐射标准实验室项目符合四川省计量服务需要。因此该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

2. 产业政策相符性与代价利益分析

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改，国家发展和改革委员会2021年令49号）中第三十一项“科技服务业”中第1条的“1、工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”项目，属于国家鼓励类产业，其建设符合国家现行产业政策。

3. 选址、布局**项目地理和场所位置**

中国测试技术研究院本部的院区东侧为居民区及四川省市场监督管理局，南侧为四川省市场监督管理局及其宿舍楼，西侧为成都市川剧研究院、成都市成华区特殊教育学校、酒店及居民区，北侧为玉双路。

中国测试技术研究院基地实验室的院区周围均为山体、道路及小河。

表 13-1-1 本项目辐射工作场所及所在主体建筑周边概况

辐射工作场所及所在建筑	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
本部扩建的实验室	道路	道路及第一实验室	机械所工厂	道路	半空	土层
基地实验室扩建的实验室	院区道路	仓库2	悬崖	流体力学实验室	半空	土层

工作场所布局**本部**

本项目辐射工作场所由 γ 射线防护标准实验室、X射线诊断/防护标准实验室及控制廊组成。 γ 射线防护标准实验室长5.405m×宽3.20m，层高4.65m，吊顶高度3.80m。照射方向朝南墙，墙外为道路；X射线诊断/防护标准实验室长6.125m×宽3.96m，

层高4.65m，吊顶高3.6m。电流较小的II类射线装置模拟探伤设备，照射方向朝向西墙，墙外为机械所工厂实验室。

表 13-2 本项目辐射工作场所分布情况一览表

辐射工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
γ射线防护标准实验室	控制廊	道路	机械所工厂	控制廊	半空	土层
X射线诊断/防护标准实验室	道路	控制廊	机械所工厂	道路	半空	土层

基地实验室

本项目非密封放射性物质辐射工作场所由放射性同位素实验室、放射性废液暂存间及放射性固废暂存间组成，放射性同位素实验室为夹层结构，长7.05m×宽3.75m，净高7.30m，辐射工作人员主要操作位置在西侧，墙外为悬崖；放射源辐射工作场所由γ射线防护基准辐射实验室、中子强度测量标准实验室、中子/γ射线辐射标准实验室及控制室组成。γ射线防护基准辐射实验室长6.20m×宽3.95m，层高4.25m，净高3.75m，照射方向朝向西墙，墙外为悬崖。中子强度测量标准实验室长2.50m×宽2.00m，层高4.25m，净高4.05m。中子/γ射线辐射标准实验室长9.00m×宽6.75m，层高7.25m，吊顶6.00m，照射方向朝向北墙，墙外为流体力学实验室外墙。

表 13-3 本项目辐射工作场所分布情况一览表

辐射工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
放射性同位素实验室	道路	仓库 2	悬崖	γ射线防护基准辐射实验室	半空	土层
γ射线防护基准辐射实验室	道路	放射性同位素实验室	悬崖	中子强度测量标准实验室控制室及中子/γ辐射标准实验室实验室	放射性固废暂存间	土层
中子强度测量标准实验室	中子强度测量标准实验室控制室	中子强度测量标准实验室控制室	悬崖	中子/γ辐射标准实验室	放射性废液暂存间	土层
中子/γ辐射标准实验室	道路	中子强度测量标准实验室、中子强度测量标准实验室控制室及中子/γ辐射标准实验室控制室	悬崖	流体力学实验室	半空	土层

布局合理性分析

本部

各实验室均能实现隔室操作，且两间实验室由控制廊分隔，能够减少互相之间叠加影响。实验室区域东、南、北侧三面紧邻机械所内道路，周围停留人员较少。射线照射方向在符合备检仪器使用情景的同时，均朝向管理部门所在的机械工厂内部人流稀少区域，能够减少对周围公众的辐射影响。

基地实验室

本项目放射源所在实验室均能实现隔室操作，由于西墙外的悬崖基本无人居留，因此 γ 射线防护基准辐射实验室照射方向朝向西墙。中子/ γ 辐射标准实验室北侧除实验室墙体外，亦有20号楼原有混凝土外墙及北侧流体力学实验室外墙相隔，可进一步对辐射影响进行屏蔽。由南往北方向上，所有放射源未安置在同一直线，未设置为相对照射，通过错位排布减少了互相之间叠加影响。

(8) 放射性同位素实验室场所选择已充分考虑周围公众的安全，东侧为道路，西侧为悬崖；南侧紧邻建筑为仓库，日常少有人员居留；北侧墙外紧邻 γ 射线防护基准辐射实验室，日常辐射工作人员在实验室内停留时间较短。

本项目操作场所设置于建筑物的底层南端，建筑物为局部两层建筑，无负一楼。放射性废物暂存间设置于2F且仅与1F放射性同位素实验室相连。

(9) 放射性同位素实验室仅有1个进出口，且设置有门禁，能够预防辐射工作人员以外的人员误入放射性同位素实验室。

(10) 放射性同位素实验室配套设施齐全，能够兼顾更衣、清洁、仓储、废物贮存等多重功能。

(11) 放射性同位素实验室配套的废物贮存间面积较大，放射性废液暂存间面积为 38m^2 ，放射性固废暂存间为 30m^2 ，能够满足较长的贮存需求。

(12) 放射性同位素实验室独立设置通风系统，不与20号楼内其他区域共用。在能够保持良好的通风条件的同时，能够保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染。操作非密封放射性物质的通风橱采用专用的排风装置，风速为 0.5m/s 。通风橱与放射性同位素实验室其他区域的废气在20号楼楼顶不同风机分别处理后送往两个排口（高于楼顶 2m ，不上人屋顶），能够方便未来对放射性实验室排口浓度进行监测。

(13) 装修的墙面、天花板、地板和实验台面使用光滑、耐酸碱、耐腐蚀、便于去放射性污染，场所配有相应清洁设施。

4. 辐射屏蔽能力分析

表13-4 本项目辐射工作场所屏蔽设计一览表

本部（成都市玉双路10号）			
γ射线防护标准实验室			
屏蔽体	西侧南侧紧贴原有外墙	240mm 页岩多孔砖	
	四周墙体	东墙	500mm 现浇混凝土
		南墙	700mm 现浇混凝土
		西墙	400mm 现浇混凝土
		北墙	400mm 现浇混凝土
	顶棚	200mm 现浇混凝土	
	地坪	下方无建筑为土层	
防护门（1扇）	由10mm一级防辐射铅板及2mm厚双面不锈钢钢板制成的防护门（2mm钢-10mm铅-2mm钢结构）		
实验室尺寸	长5.405m×宽3.20m，层高4.65m，吊顶高度3.80m		
配套辅房	控制廊（与X射线诊断/防护标准实验室共用）		
通风系统	排风系统及新风系统		
屏蔽体	东侧北侧紧贴原有外墙	240mm 页岩多孔砖	
	四周墙体	东墙	350mm 现浇混凝土
		南墙	400mm 现浇混凝土
		西墙	400mm 现浇混凝土
		北墙	350mm 现浇混凝土
	顶棚	200mm 现浇混凝土+15mm 硫酸钡水泥砂浆	
	地坪	下方无建筑为土层	
防护门（1扇）	由10mm一级防辐射铅板及2mm厚双面不锈钢钢板制成的防护门（2mm钢-10mm铅-2mm钢结构）		
实验室尺寸	长6.125m×宽3.96m，层高4.65m，吊顶高3.6m		
配套辅房	控制廊（与γ射线防护标准实验室共用）		
通风系统	排风系统及新风系统		
基地实验室（大邑县鹤鸣乡三丰村、新民村）			
放射性同位素实验室			
屏蔽体	南侧、西侧及北侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖	
	四周墙体	东墙	250mm 现浇混凝土
		南墙	250mm 现浇混凝土
		西墙	250mm 现浇混凝土
		北墙	550mm 现浇混凝土
	顶棚	200mm 现浇混凝土	
	地坪	下方无建筑为土层	
	普通门（2扇）	实验室门	
顶棚	废物暂存间门		
通风橱	40mm		
实验室尺寸	夹层结构，长7.05m×宽3.75m，净高7.30m		
配套辅房	放射性废液暂存间及放射性固废暂存间		

通风系统		通风橱、排风系统及新风系统	
屏蔽体	西侧及东侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖	
	四周墙体	东墙	550mm 现浇混凝土
		南墙	550mm 现浇混凝土
		西墙	800mm 现浇混凝土
		北墙	550mm 现浇混凝土
	顶棚	550mm 现浇混凝土	
	地坪	下方无建筑为土层	
防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板及 2mm 厚双面不锈钢钢板制成的防护门（2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构）		
实验室尺寸		长 6.20m×宽 3.95m，层高 4.25m，净高 3.75m	
配套辅房		控制室（与中子 γ 射线辐射标准实验室共用）	
通风系统		排风系统及新风系统	
屏蔽体	西侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖	
	四周墙体	东墙	50mm8%含硼聚乙烯板+300mm 现浇混凝土
		南墙	50mm8%含硼聚乙烯板+300mm 现浇混凝土
		西墙	400mm 现浇混凝土
		北墙	400mm 现浇混凝土
	顶棚	50mm8%含硼聚乙烯板+200mm 现浇混凝土	
	地坪	下方无建筑为土层	
防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板、2mm 厚双面不锈钢钢板及 80mm 的 8%含硼聚乙烯板制成的防护门（80mm 的含硼聚乙烯板-2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构）		
实验室尺寸		长 2.50m×宽 2.00m，层高 4.25m，净高 4.05m	
配套辅房		控制室	
通风系统		排风系统及新风系统	
屏蔽体	西侧及东侧靠近原有外墙	200mm 页岩多孔砖	
	四周墙体	东墙	120mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土
		南墙	120mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土
		西墙	38mm8%含硼聚乙烯板+400mm 现浇混凝土
		北墙	120mm8%含硼聚乙烯板+600mm 现浇混凝土
		迷道墙	120mm8%含硼聚乙烯板
	顶棚	200mm 现浇混凝土（上方为不上人屋面）	
	地坪	下方无建筑为土层	
防护门（1扇）	由 20mm 一级防辐射铅板、2mm 厚双面不锈钢钢		

		板及 80mm 的 8%含硼聚乙烯板制成的防护门 (80mm 的含硼聚乙烯板-2mm 钢-20mm 铅-2mm 钢结构)
实验室尺寸		长 9.00m×宽 6.75m, 层高 7.25m, 吊顶 6.00m
配套辅房		控制室 (与γ射线防护基准辐射实验室共用)
通风系统		排风系统及新风系统

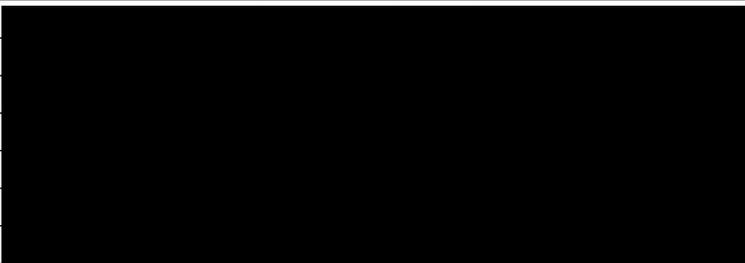
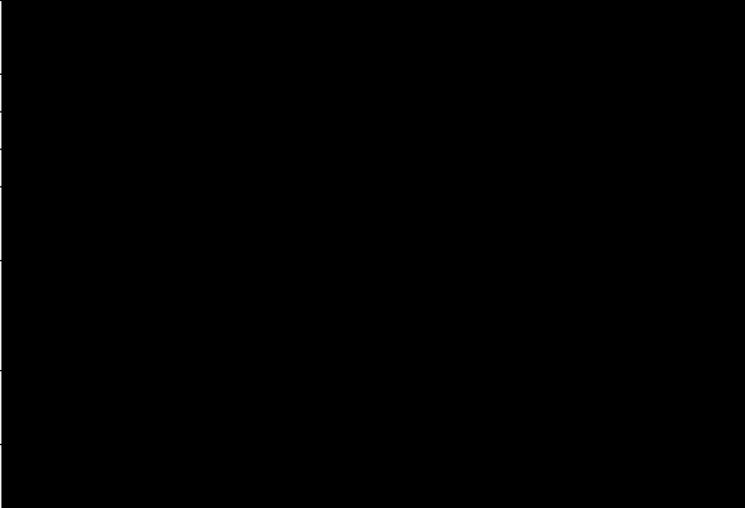
经核对各屏蔽体屏蔽厚度, 均能实现本项目管理目标值。

5. 周围剂量当量率及保护目标年有效剂量

根据理论计算, 各辐射工作场所四周墙体、防护门、顶棚的屏蔽条件均能满足辐射屏蔽的要求, 屏蔽体外表面 0.3m 外的周围剂量当量率均满足各项标准要求。本项目辐射工作人员、周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 剂量限值和本项目管理目标限值的要求(职业人员年有效剂量不超过 5mSv; 职业人员四肢(手和足)或皮肤年当量剂量约束值为 125mSv; 职业人员眼晶体的年当量剂量为 37.5mSv; 职业人员单季度剂量约束值为 1.25mSv; 公众年有效剂量不超过 0.1mSv)。

6. 辐射安全措施

表13-5 本项目拟设置的辐射安全措施一览表(1)

γ射线防护标准实验室			
序号	措施	位置	是否满足要求
1	辐照器		是
2			是
3			是
4			是
5			是
6			是
7			是
8	控制器		是
9	固定式		是
10			是
11			是
12			是
13			是
14			是
15		是	

16			是
17			是
18			
19	监测设备		是
20			是
21			是
22	应急物资		是
23			是
24			是
25			是
X射线诊断/防护标准实验室			
序号	措施	位置	是否满足要求
1	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标志		是
2	单独机房		是
3	机房门窗防护		是
4	出入口处电离辐射警告标志		是
5	场所设施 工作状态指示灯、灯机联锁及准备出束声光提示		是
6	隔室操作		是
7	防护门		是

8		控制台有钥匙控制(防止非工作人员操作的锁定开关)		是
9		闭门装置		是
10		防夹装置		是
11		门机连锁系统		是
12		通风设施		是
13		实验室出口处紧急停机按钮		是
14		控制台上紧急停机按钮		是
15		出口处紧急开门开关		是
16	监测设备	便携式辐射监测仪		是
		个人剂量报警仪		是
		个人剂量计		是
17	应急物资	灭火器材		是
18	制度	辐射安全与环境保护管理机构及相应制度		是

表13-6 本项目拟设置的辐射安全措施一览表（2）

放射性同位素实验室			
序号	措施	位置	是否满足要求
1	工作场所功能、设置及分区布局		是
2	场所分区的管控措施及标识		是
3	独立的通风设施		是
4	电离辐射警告标志		是
5	通风柜		是
6	防止放射性液体操作造成污染的措施		是
7	放射性物料与成品暂存场所或设施		是
8	放射性液体/固体废物暂存场所或设施		是
		是	

				是
9		安保设施		是
10	监测设备	便携式辐射监测仪		是
11		表面沾污仪		是
12		个人剂量报警仪		是
13		个人剂量计		是
14	防护用品	个人辐射防护用品		是
15	应急物资	去污用品和应急物资		是
16	台帐记录	放射性同位素使用记录		是
17		放射性废物处置记录		是
γ射线防护基准辐射实验室				
同表10-14				
中子强度测量标准实验室				
1	场所设施	场所和源容器均应有电离辐射警示标志		是
2		含源设备具有屏蔽防护措施，对于类放射源应实行场所分区管理		是
3		出入口电离辐射警告标志		是
4		监视设备		是
5		中子屏蔽设施		是

		(n源场所)		
6		防护门		是
7		通风设施		是
8		灭火器材		是
9	监测设备	固定式辐射监测仪		是
10		便携式辐射监测仪		是
11		个人剂量报警仪		是
12		个人剂量计		是
中子/γ射线辐射标准实验室				
1	场所设施	放射源编码应与源一一对应		是
2		放射源具有固定可靠的安装方式和防盗装置		是
3		场所和源容器均应有电离辐射警示标志		是
4		含源设备具有屏蔽防护措施，对于III类放射源应实行场所分区管理		是
5		出入口电离辐射警告标志		是
6		出入口源工作状态显示		是
7		防止非工作人员操作的锁定开关		是
8		门与源升降联锁		是
9		控制台紧急停止照射按钮		是
10		紧急回源装置		是
11		监视设备		是
12		中子屏蔽设施(n源场所)		是
13		防护门		是
14		通风设施		是
15		灭火器材		是
16	监测设备	固定式辐射监测仪		是
17		便携式辐射监测仪		是
18		个人剂量报警仪		是
19		个人剂量计		是

7. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2) 建设单位将定期使用已有仪表对工作场所辐射水平进行检测，将增配表面沾污仪；

3) 建设单位已自行开展个人剂量监测，所有在职辐射工作人员已佩戴个人剂量计。建设单位应及时跟监测单位核实数据原因，及时发现、解决问题。建设单位已根据现有核技术应用情况完善辐射环境监测方案。

中国测试技术研究院预计为本项目配备辐射工作人员共计 11 名，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射工作人员职业健康管理暂行办法》的要求，为保护辐射工作人员身体健康，建设单位已（拟）定期委托体检检验中心对在职辐射工作人员进行职业健康体检。如今后有新增辐射工作人员，建设单位将尽快安排相关辐射工作人员进行职业健康体检，确认是否适合从事放射性工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》以及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》的要求，中国测试技术研究院将不断完善相关管理制度。

8. 辐射安全许可证重新申领

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》“有下列情形之一的，持证单位应当按照原申请程序，重新申请领取许可证：改变所从事活动的种类或者范围的；新建或者改建、扩建生产、销售、使用设施或者场所的。前款规定之外的单位的许可证，由省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门审批颁发。国务院环境保护主管部门向生产放射性同位素的单位颁发许可证前，应当将申请材料印送其行业主管部门征求意见。环境保护主管部门应当将审批颁发许可证的情况通报同级公安部门、卫生主管部门”。

在本项目环境影响评价文件取得遂宁市生态环境局批复后，建设单位需准备相应文件并提交审管部门（四川省生态环境厅核发），重新申领辐射安全许可证。

办理流程：受理、审查、决定、制证、颁发和送达

9. 项目环保竣工验收检查内容

表 13-2 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保措施	
辐射防护与安全措施	四周、顶棚和地坪防护工程	
	γ射线防护标准实验室	
	X 射线诊断/防护标准实验室	
	放射性同位素实验室	
	γ射线防护基准辐射实验室	
	中子强度测量标准实验室	
	中子/γ射线辐射标准实验室	
	γ射线防护标准实验室	
X 射线诊断/防护标准实验室 放射性同位素实验室		

	<p>γ射线防护基准辐射实验室 中子强度测量标准实验室 中子/γ射线辐射标准实验室</p>	
<p>γ射线防护标准实验室 X 射线诊断/防护标准实验室 放射性同位素实验室 γ射线防护基准辐射实验室 中子强度测量标准实验室 中子/γ射线辐射标准实验室</p>		
<p>门诊大楼 1F 的介入实验室 2、门诊大楼 1F 的复合实验室 2、门诊大楼 4F 的 ERCP 实验室、门诊大楼 4F 的介入实验室 3</p>		
<p>γ射线防护标准实验室</p>		

	X 射线诊断/防护标准实验室	
	放射性同位素实验室	
	γ射线防护基准辐射实验室	
	中子强度测量标准实验室	
	中子/γ射线辐射标准实验室	
	本项目新增场所各一	
防护用品	γ射线防护标准实验室 X 射线诊断/防护标准实验室 放射性同位素实验室 γ射线防护基准辐射实验室 中子强度测量标准实验室 中子/γ射线辐射标准实验室	
监测	本部院区/基地实验室院区	
	基地实验室院区	
	11 名辐射工作人员	
	个人剂量计	

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》，工程建设执行污染治理设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，项目投入运行后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

综上所述，中国测试技术研究院扩建电离辐射标准实验室项目符合实践正当化原则，（已）拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”

的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

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

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

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，如发现监测结果超过管理限值，应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日