

表 1 项目基本情况

建设项目名称		陕西卫峰核电子有限公司新建校准实验室核技术利用项目				
建设单位		陕西卫峰核电子有限公司				
法人代表		曲广卫	联系人	翟炜峰	电话	18991991314
注册地址		陕西省西安市高新区上林苑一路 15 号先导院二期 3 号楼一层				
项目建设地点		西安市高新区上林苑一路 15 号 3#厂房西北角一层				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		1000	环保投资 (万元)	100	投资比例	10%
项目性质		新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/>			占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input checked="" type="checkbox"/> IV 类 <input checked="" type="checkbox"/> V 类			
		<input checked="" 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 type="checkbox"/> 丙			
	射线装 置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他	/					
项目概述						
1.建设单位简介						
<p>陕西卫峰核电子有限公司成立于 2003 年，注册资金 1500 万。公司专注于核辐射监测与防护领域，集研发、生产、销售、集成、工程服务为一体，同时代理国外品牌辐射产品。公司秉承“科学管理、技术创新、关注客户、持续改进”的质量方针，先后通过了 ISO9001、2008 质量体系认证、民营科技型企业认证、高新技术企业认证、制造计量器具许可证认证、软件企业认证等，并拥有多项辐射监测技术专利、辐射监测软件著作权。公司坚持“诚信、求实、创新”的理念，经过十余年努力，公司产品种类从单一设备，发展环境及区域放射性监测设备、表面污染监测设备、便携式仪表、实验室仪表、取样设备、辐照站场所专用辐射监测设备、核工艺及排出流辐射监测设备、环境及应急辐射监测系统等八大种类的设备。产品质量可靠、性能稳定，已在国</p>						

内多家核电站、核工业、科研机构、环保、核医学、海关、辐照站、军事等领域广泛应用，并出口到六十多个国家和地区。陕西卫峰核电子有限公司地理位置见附图 1。

2.项目背景

陕西卫峰核电子有限公司因业务需要，满足辐射仪表校准和相关试验的合理配置，拟在西安市高新区上林苑一路 15 号新建校准源实验室，且为了满足市场需求，拟新增放射源、校准装置及 X 射线机，为有需求的企业提供仪器校准和探伤服务。

3.工作过程概述

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，陕西卫峰核电子有限公司新建校准实验室核技术利用项目应进行环境影响评价；本项目使用 II 类、III 类、IV 类、V 类放射源和 II 类射线装置，销售 IV 类、V 类放射源和 II 类射线装置。根据《建设项目环境保护分类管理名录》（2021 年版）中“五十五、核与辐射”、“172、核技术利用建设项目”中“制备 PET 用放射性药物的；医疗使用 I 类放射源的；**使用 II 类、III 类放射源的；生产、使用 II 类射线装置的；**乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）；在野外进行放射性同位素示踪试验的”，应编制环境影响报告表。

2021 年 6 月 30 日陕西卫峰核电子有限公司委托我公司承担该项目的环评工作。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘、资料收集、现场监测等工作，对项目的建设等情况进行初步分析，并根据项目的应用类型及项目所在地周围区域的环境特征，在现场踏勘、资料调研、预测分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的基本要求，编制了《陕西卫峰核电子有限公司新建校准实验室核技术利用项目环境影响报告表》。

4.实践正当性

陕西卫峰核电子有限公司新建校准实验室，购置放射源和 X 射线机进行辐射仪表的校准，项目建成后可提高公司对辐射仪表的校准能力，在综合考虑社会、经济和其他因素之后，本项目建设所带来的利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”的原则。

5、项目建设规模与内容

(1) 建设规模

陕西卫峰核电子有限公司根据市场发展需求，拟开展辐射仪表校准和相关试验，拟在公司1楼西北角建设2间 γ 实验室、1间中子实验室、1间X射线实验室、1间放射源源库、1间表面实验室及相关辅助房间；购置1台X射线机用于辐射仪表校准和探伤、2台单源装置（分别内置1枚 ^{60}Co 源）和2台多源装置（分别内置3枚 ^{137}Cs 源、1枚 ^{241}Am 源和1枚 ^{60}Co 源）用于辐射仪表校准、1台中子源校准装置（内含2枚 $^{241}\text{Am-Be}$ 源、1枚 ^{252}Cf 源）用于开展辐射仪表校准业务。本项目主要建设内容一览表见表1-1。

表 1-1 本项目主要建设内容一览表

序号	实验室	建设内容	
1	γ 实验室一	1台单源装置（1枚 ^{60}Co 源）、1台多源装置（1枚 ^{241}Am 源、3枚 ^{137}Cs 源、1枚 ^{60}Co 源）	
2	γ 实验室二	1台单源装置（1枚 ^{60}Co 源）、1台多源装置（1枚 ^{241}Am 源、3枚 ^{137}Cs 源、1枚 ^{60}Co 源）	
3	中子实验室	1台中子源校准装置	2枚 $^{241}\text{Am/Be}$ 源、1枚 ^{252}Cf 源
4	X射线实验室	1台X射线机	
5	放射源源库	/	
6	表面实验室	/	

(2) 建设内容

①本次评价涉及的密封源基本情况见表1-2。密封源特性见表1-3。

表 1-2 本次评价涉及的密封源一览表

实验室	序号	核素名称	放射性活度 (Bq)	放射源类别	数量	活动种类	使用场所	存放位置
γ 实验室一	1	^{137}Cs	7.4×10^{10}	IV类	1枚	销售、使用	多源装置	密封、 γ 实验室一
	2	^{137}Cs	7.4×10^9	IV类	1枚	销售、使用		
	3	^{137}Cs	2.22×10^{11}	III类	1枚	使用		
	4	^{60}Co	2.22×10^{10}	IV类	1枚	销售、使用		
	5	^{241}Am	3.7×10^{11}	III类	1枚	使用		
	6	^{60}Co	2.96×10^{13}	II类	1枚	使用	单源装置	
γ 实验室二	1	^{137}Cs	7.4×10^{10}	IV类	1枚	销售、使用	多源装置	密封、 γ 实验室二
	2	^{137}Cs	7.4×10^9	IV类	1枚	销售、使用		
	3	^{137}Cs	2.22×10^{11}	III类	1枚	使用		
	4	^{60}Co	2.22×10^{10}	IV类	1枚	销售、使用		
	5	^{241}Am	3.7×10^{11}	III类	1枚	使用		
	6	^{60}Co	2.96×10^{13}	II类	1枚	使用	单源装置	
中子实验室	1	$^{241}\text{Am/Be}$	2.0498×10^9	IV类	1枚	销售、使用	中子源校准装置	密封、中子实验室
	2	$^{241}\text{Am/Be}$	5.92×10^{11}	III类	1枚	使用		
	3	^{252}Cf	2.74×10^8	IV类	1枚	销售、使用		

表 1-3 本次评价涉及的密封源特性表

序号	核素名称	半衰期 (a)	主要衰变方式 (分支比)	主要射线	射线能量 (MeV)	空气比释动能率常数 (Gy·m ² /(Bq·s))
1	¹³⁷ Cs	30.17	β ⁻ (100%)	γ	0.66	2.12×10 ⁻¹⁷
2	²⁴¹ Am	432.6	α (100%)	γ	0.059	4.13×10 ⁻¹⁸
3	⁶⁰ Co	5.27	β ⁻ (100%)	γ	1.17/1.33	8.67×10 ⁻¹⁷
4	²⁵² Cf	2.65	α (96.9%)	n、γ	2.13 (n) /0.8(γ)	/
5	²⁴¹ Am/Be	433	α (100%)	n	4.5	/

②本次拟新增使用 X 射线机基本信息见表 1-4。

表 1-4 本项目拟新增 X 射线机基本情况一览表

项目	参数
设备名称及型号	MGi320 型 X 射线机
最大管电压/最大管电流	320 kV/13.125 mA
射线装置类别	II 类
用途	辐射仪表校准、探伤
工作场所	X 射线实验室
设备尺寸	375mm×910mm×640mm
防护门	120mm 铅门
主射方向	定向 (向西)
辐射泄漏率	<5mSv/h
射线管束射角	40°
固有滤波片	3mmBe+3mmAl+0.5mmCu
冷却方式	油
产品备注	实时成像系统

③本次项目所在校准实验室为钢筋混凝土结构，占地面积 277.8m²，包括 2 间 γ 实验室、1 间中子实验室、1 间 X 射线实验室、1 间源库、2 间控制室和 1 间放射源库，平面布置见附图 3。各房间尺寸见表 1-5。

表 1-5 校准实验室尺寸一览表

房间名称	房间尺寸
γ 实验室一	长 9.9m 宽 4.5m 高 4.0m
γ 实验室二	长 10.0m 宽 4.5m 高 4.0m
中子实验室	长 8.7m 宽 4.0m 高 4.0m
X 射线实验室	长 8.9m 宽 4.0m 高 4.0m
控制室一	长 9.42m 宽 2.94m 高 3.2m
控制室二	长 9.42m 宽 2.94m 高 3.2m
放射源库	长 4.0m 宽 2.45m 高 4.0m

④公司本次新增的 γ 源校准装置包括 2 台单源装置和 2 台多源装置，技术规格详见表 1-6。

表 1-6 γ 源校准装置设备技术规格一览表

序号	技术指标		设备规格	
			单源装置	多源装置
1	γ 实验室一	可装源数量	1	5
		装源活度	^{60}Co 源: $2.96 \times 10^{13}\text{Bq}$	^{60}Co 源: $2.22 \times 10^{10}\text{Bq}$ ^{137}Cs 源: $7.4 \times 10^{10}\text{Bq}$ ^{137}Cs 源: $7.4 \times 10^9\text{Bq}$ ^{137}Cs 源: $2.22 \times 10^{11}\text{Bq}$ ^{241}Am 源: $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$
	γ 实验室二	可装源数量	1	5
		装源活度	^{60}Co 源: $2.96 \times 10^{13}\text{Bq}$	^{60}Co 源: $2.22 \times 10^{10}\text{Bq}$ ^{137}Cs 源: $7.4 \times 10^{10}\text{Bq}$ ^{137}Cs 源: $7.4 \times 10^9\text{Bq}$ ^{137}Cs 源: $2.22 \times 10^{11}\text{Bq}$ ^{241}Am 源: $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$
2	屏蔽	泄露辐射水平	离装置表面 5cm 处的泄露辐射水平小于 $5\mu\text{Sv/h}$	离装置表面 5cm 处的泄露辐射水平小于 $5\mu\text{Sv/h}$
		最小屏蔽厚度	330mm 铅	190mm 铅
3	快门		采用气动主快门和电动辅快门结合双快门结构	采用铅-钨合金气动推拉式结构
4	准直器		圆锥形准直器采用 ISO 4037-1 的标准设计, 1m 处的均匀区 (与射束中心剂量率偏差小于 $\pm 5\%$) 直径约为 20cm, 光阑材料选用钨合金	圆锥形准直器采用 ISO 4037-1 的标准设计。准直器由至少六个的多个顺序排列光阑组成, 光阑之间彼此由 20mm 的空隙隔开, 每一个空隙作为前一光阑边缘散射射线的捕集器。准直器的总厚度约为 90mm, 最后一个光阑厚度为 3mm, 其孔径略大该点的射线束截面。1m 处的均匀区 (与射束中心剂量率偏差小于 $+5\%$) 直径约为 20cm, 光阑材料选用钨合金。
5	衰减器		采用自动切换方式; 通过组合可实现约 (4~64) 倍的衰减	采用自动切换方式; 衰减器包括一套三个吸收片, 可单独使用也可组合使用, 三个衰减吸收片单独使每个衰减倍数均为 5 倍(相对于 ^{137}Cs), 通过组合可实现约 (5~125) 倍的衰减
6	装置主体重量		3200kg	2500kg
7	装置外形尺寸		750mm \times 900mm \times 1150mm	700mm \times 900mm \times 860mm

⑤本次拟在中子实验室中新增 1 台中子源校准装置。中子源校准装置技术规格详见表 1-7。

表 1-7 中子源校准装置设备技术规格一览表

序号	技术指标		设备规格
			多源装置
1	可装源数量		3
2	最大装源活度		$^{241}\text{Am/Be}$ 源: $2.0498 \times 10^9 \text{Bq}$ $^{241}\text{Am/Be}$ 源: $5.92 \times 10^{11} \text{Bq}$ ^{252}Cf 源: $2.74 \times 10^8 \text{Bq}$
3	屏蔽	泄露辐射水平	离装置表面 5cm 处的泄露辐射水平小于 $5 \mu\text{Sv/h}$
		屏蔽厚度	550mm 含硼聚乙烯
4	快门		采用气动主快门和电动辅快门结合双快门结构 采用含硼聚乙烯气动水平式结构
5	照射方向及角度		向东出束、辐射角 12°
6	装置外形尺寸		屏蔽体 (高 2300mm, 直径 1100mm) 升降屏蔽体 (高 2050mm, 直径 50mm) 移动屏蔽体 (长 2560mm, 厚度 266mm)

⑥本次拟建 1 间源库, 为日后新购放射源提供贮存场所。源库基本信息详见表 1-8。

表 1-8 源库技术规格一览表

技术指标	基本信息
尺寸	4.0m×2.45m×4.0m
活动种类	销售、使用
装源种类	IV类、V类
放射源贮存	铅罐
安全措施	双人双锁、台账管理、防盗管理、声光报警器、电离标志等

6、工作人员及工作制度

根据公司提供的资料, 本项目工作人员从现有 17 名辐射工作人员中调配, 每间实验室 2 人, 共计 10 人。项目设备年运行时间详见表 1-9。

表 1-9 设备年运行时间

设备名称	照射时间 (h/d)	周工作天数 (d)	年工作天数 (d)	运行时间 (h/a)
γ 校准源装置	4	5	250	1000
中子源校准装置	4	5	250	1000
X 射线机	2	5	250	500

7、项目周边环境

本项目位于西安市高新区上林苑一路 15 号 3#厂房, 3#厂房东侧为化粪池和 5#厂

房，南侧为 2# 厂房，西侧为 7# 消防水池，北侧为毕原一路。拟建实验室位于 3# 厂房西北角。各实验室周边环境关系如下：

(1) γ 实验室一：东侧为 γ 实验室二，南侧为机械区域，西侧为控制室一和表面实验室，北侧为中子实验室、走廊，东北侧为源库、X 射线实验室、电磁实验室和环境实验室。

(2) γ 实验室二：东侧为控制室二和空地，南侧为机械区域，西侧为 γ 实验室一，西北侧为中子实验室和源库，北侧为 X 射线实验室、走廊和电磁实验室，东北侧为环境实验室。

(3) 中子实验室：东侧为源库、X 射线实验室，东南侧为 γ 实验室二，南侧为 γ 实验室一，西侧为控制室一和表面实验室，北侧为前厅、收发室、走廊、卫生间、休息室和电磁实验室。

(4) X 射线实验室：东侧为控制室二和环境实验室，南侧为 γ 实验室二，西南侧为 γ 实验室一，西侧为源库、中子实验室，北侧为前厅、收发室、卫生间、休息室和电磁实验室。

拟建校准实验室周边环境关系图见附图 2，校准实验室平面布置图见附图 3。

8、现有核技术利用项目回顾

(1) 核技术利用项目

① 环保手续履行情况

陕西卫峰核电子有限公司现有核技术利用项目环保手续见表 1-10，批复见附件。

表 1-10 现有核技术利用项目环保手续履行情况

序号	项目名称	环评审批部门	环评批复内容及日期		验收批复内容及日期	
1	陕西卫峰核电子有限公司使用销售 V 类密封放射源核技术应用项目环境影响登记表	西安市环境保护局	市环批复 (2009) 176 号 2009 年 8 月 10 日	使用销售 V 类密封放射源	市环批复 (2012) 24 号 2012 年 2 月 16 日	使用销售 V 类密封放射源
2	陕西卫峰核电子有限公司 γ 源校准实验室核技术利用项目	陕西省生态环境厅 (原陕西省环境保护厅)	陕环批复 (2018) 5 号 2018 年 1 月 5 日	1 台单源装置 (内置 1 枚 II 类放射源), 1 台多源装置 (内置 3 枚 III 类、2 枚 IV 类放射源)	2019 年 7 月 9 日进行自主验收	1 台单源装置 (内置 1 枚 II 类放射源), 1 台多源装置 (内置 3 枚 III 类、2 枚 IV 类放射源)

3	陕西卫峰核电子有限公司销售、使用密封放射源及生产、销售、使用三类射线装置项目	备案号（202061011600000317） 2020年11月13日
---	--	--

②现有辐射安全许可证

陕西卫峰核电子有限公司于 2021 年 1 月重新申领了辐射安全许可证的换证工作，许可证号：陕环辐证[00158]，有效期至 2026 年 1 月 14 日。种类和范围：销售、使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类、IV 类放射源；生产、销售、使用 III 类射线装置。辐射安全许可证台账明细见表 1-11 和 1-12 所示。

表 1-11 现有辐射安全许可证核准的放射源一览表

序号	核素	类别	总活度 (Bq) /活度×枚数	活动种类
1	²⁰⁴ Tl	V 类	1.0×10 ⁸ Bq / 1.0×10 ⁷ Bq×10	销售、使用
2	⁹⁰ Sr/Y	V 类	1.0×10 ⁸ Bq / 1.0×10 ⁷ Bq×10	销售、使用
3	²³⁹ Pu	V 类	1.0×10 ⁸ Bq / 1.0×10 ⁷ Bq×10	销售、使用
4	¹²⁹ I	V 类	1.0×10 ⁹ Bq / 1.0×10 ⁸ Bq×10	销售、使用
5	¹³⁷ Cs	V 类	1.5×10 ⁸ Bq / 5.0×10 ⁶ Bq×30	销售、使用
6	¹³⁷ Cs	V 类	5.0×10 ⁷ Bq / 5.0×10 ⁷ Bq×1	销售、使用
7	¹³⁷ Cs	V 类	7.0×10 ⁸ Bq / 7.0×10 ⁸ Bq×1	销售、使用
8	¹³⁷ Cs	III 类	2.22×10 ¹¹ Bq / 2.22×10 ¹¹ Bq×1	使用
9	¹³⁷ Cs	IV 类	3.7×10 ⁹ Bq / 3.7×10 ⁹ Bq×1	使用
10	¹³⁷ Cs	IV 类	2.22×10 ¹⁰ Bq / 2.22×10 ¹⁰ Bq×1	使用
11	⁶⁰ Co	V 类	1.0×10 ⁸ Bq / 1.0×10 ⁷ Bq×10	销售、使用
12	⁶⁰ Co	II 类	2.96×10 ¹³ Bq / 2.96×10 ¹³ Bq×1	使用
13	⁶⁰ Co	IV 类	1.11×10 ¹⁰ Bq / 1.11×10 ¹⁰ Bq×1	使用
14	¹⁴ C	V 类	1.0×10 ¹¹ Bq / 1.0×10 ¹⁰ Bq×10	销售、使用
15	¹³³ Ba	V 类	1.0×10 ⁸ Bq / 1.0×10 ⁷ Bq×10	销售、使用
16	²⁴¹ Am	V 类	1.0×10 ⁸ Bq / 1.0×10 ⁷ Bq×10	销售、使用
17	²⁴¹ Am/Be	IV 类	3.7×10 ⁹ Bq / 3.7×10 ⁹ Bq×1	使用
18	²⁴¹ Am	V 类	3.7×10 ⁹ Bq / 3.7×10 ⁸ Bq×10	销售、使用
19	²⁴¹ Am	III 类	7.4×10 ¹⁰ Bq / 7.4×10 ¹⁰ Bq×1	使用

表 1-12 现有辐射安全许可证核准的射线装置一览表

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	自发 X 射线荧光分析仪	III 类	20	生产、销售、使用
2	自动能量色散 X 射线荧光分析仪	III 类	15	生产、销售、使用
3	石墨晶体预衍射 X 射线荧光分析仪	III 类	15	生产、销售、使用

(2) 辐射安全防护现状

陕西卫峰核电子有限公司在现有场所有 1 座放射源暂存库和 1 间 γ 源校准实验室，其中放射源库安装了防盗门和声光报警器，并设置“电离辐射”警示标志，IV类、V类和 γ 源均在源库的铅罐内贮存。源库实行双人双锁管理，并建立了规范的台帐。 γ 源校准实验室采用建筑迷道，在线监测系统自行对实验室各工作场所进行监测，并配有安全联锁装置、门控按钮及工作指示灯等。

陕西卫峰核电子有限公司现所在工作场所的 2020 年度监测报告表明，陕西卫峰核电子有限公司大厅 X、 γ 周围当量剂量率测量值范围为 $0.07\sim 0.20\mu\text{Sv/h}$ ，环境本底值属天然正常水平。校准实验室控制区内各监测点位 X、 γ 周围当量剂量率测量值范围为 $0.06\sim 1.60\mu\text{Sv/h}$ ；校准实验室各屏蔽体（墙体、隔离门）外表面各监测点位 X、 γ 周围当量剂量率测量值范围为 $0.07\sim 0.20\mu\text{Sv/h}$ ；放射源储存库各屏蔽体（墙体、隔离门）外表面各监测点位 X、 γ 周围当量剂量率测量值范围为 $0.01\sim 0.15\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 辐射安全管理情况

①辐射防护管理制度

陕西卫峰核电子有限公司成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，组长为曲广卫，组员为高丰蕾、曲锐等共计 20 人，全面负责公司的辐射安全防护管理工作，并设有安全防护责任人，该领导小组主要负责组织实施各项辐射安全防护制度、监督检查辐射工作人员的医疗保健和身体健康、定期组织辐射工作人员体检并且负责新上岗人员辐射防护知识的培训。

②规章制度建设及落实情况

陕西卫峰核电子有限公司目前已制定了一系列辐射环境管理规章制度，其中包括《辐射安全防护设备维护制度》、《辐射工作人员职业健康管理制》、《辐射环境监测管理制度》、《放射源操作规程》、《放射源事故应急预案》等辐射设备操作规程、辐射防护管理制度，确保辐射作业中的安全防护。

③工作人员培训情况

目前，陕西卫峰核电子有限公司在岗辐射工作人员共 17 人，均已参加生态环境部认可的部门组织的辐射安全与环境保护培训，并取得了辐射安全与防护培训合格证书，见附件。

④个人剂量检测

陕西卫峰核电子有限公司为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量检测工作，由专人负责收集个人剂量计，监测频度为3个月1次。根据陕西秦州核与辐射安全技术有限公司出具的职业性外照射个人剂量监测报告，2020年3月至2021年3月期间，陕西卫峰核电子有限公司放射工作人员个人剂量当量为0.08~0.23mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值，每季度的个人剂量检测结果和每年度的个人体检报告均存档备案。

⑤工作场所及辐射环境监测情况

陕西卫峰核电子有限公司配备有表面污染测量仪、便携式 γ 剂量率仪和多通道X、 γ 剂量率监测仪，按照指定的监测计划定期对辐射工作场所进行自行监测，并将监测数据记录存档。同时委托有资单位对工作场所及周围辐射环境剂量率每年进行一次定期监测，将监测数据记录存档。

⑥职业健康检查情况

根据核工业四一七医院出具的2020年度陕西卫峰核电子有限公司现有辐射工作人员的职业健康检查结果报告显示，17名工作人员均“可以从事放射性作业”，人员体检报告见附件。每年度的个人体检报告存档备案。

7.评价目的

(1) 对该公司新建及拟购 γ 源校准装置、中子源校准装置和X射线机工作时产生的辐射环境影响进行预测，分析拟建实验室墙体、屋顶、防护门防护效果是否满足国家标准相关要求；

(2) 对该项目运行过程中对周围环境可能产生的不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

(3) 满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

表 2 放射源

序号	核素名称	活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式及地点	备注
1	¹³⁷ Cs	7.4×10 ¹⁰ ×2	IV类	销售、使用	辐射仪表校准	γ 实验室一	密封, γ 实验室一、γ 实验室二	新增
2	¹³⁷ Cs	7.4×10 ⁹ ×2	IV类	销售、使用	辐射仪表校准	γ 实验室一	密封, γ 实验室一、γ 实验室二	新增
3	¹³⁷ Cs	2.22×10 ¹¹ Bq×2	III类	使用	辐射仪表校准	γ 实验室一	密封, γ 实验室一、γ 实验室二	新增
4	⁶⁰ Co	2.22×10 ¹⁰ Bq×2	IV类	销售、使用	辐射仪表校准	γ 实验室一	密封, γ 实验室一、γ 实验室二	新增
5	²⁴¹ Am	3.7×10 ¹¹ Bq×2	III类	使用	辐射仪表校准	γ 实验室一	密封, γ 实验室一、γ 实验室二	新增
6	⁶⁰ Co	2.96×10 ¹³ ×2	II类	使用	辐射仪表校准	γ 实验室一	密封, γ 实验室一、γ 实验室二	新增
7	²⁴¹ Am-Be	2.0498×10 ⁹	IV类	销售、使用	辐射仪表校准	中子实验室	中子实验室	新增 1.11E+05 (n/s) ^①
8	²⁴¹ Am-Be	5.92×10 ¹¹ Bq×1	III类	使用	辐射仪表校准	中子实验室	密封, 中子实验室	新增 3.2E+07 (n/s) ^①
9	²⁵² Cf	2.74×10 ⁸ Bq×1	IV类	销售、使用	辐射仪表校准	中子实验室	密封, 中子实验室	新增 3.2E+07 (n/s) ^①

注: ①密封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)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式及地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

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

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、分析仪等用途

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	X 射线机	II 类	1	MGi320	320	13.125	使用	X 射线实验室	定向
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (mA)	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
退役放射源	固态	/	/	/	目前无废源	/	/	厂家回收
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固态为 mg/kg，气态单位为 mg/kg；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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，2021 年 1 月 1 日；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院 449 号令，2005 年 12 月 1 日实行；国务院令第 709 号修订，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年修订；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(9) 《放射源分类办法》国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>(10) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日；</p> <p>(11) 《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修正）》，2019 年 11 月 6 日；</p> <p>(12) 《关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》，陕环办发〔2018〕29 号文。</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》(GB14500-2002);</p> <p>(3) 《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>(4) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015);</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单;</p> <p>(6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(8) 《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ161-2004), 参照第 5.2.1 和 6.1.3 条;</p> <p>(9) 《含密封源仪表的放射卫生防护要求》(GB125-2009), 参照第 4.7 条;</p> <p>(10) 《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 陕西卫峰核电子有限公司新建校准实验室核技术利用项目环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 陕西卫峰核电子有限公司新建校准实验室核技术利用项目辐射环境现状监测报告(报告编号: XAZC-JC-2021-391, 编制单位: 西安志诚辐射环境检测有限公司);</p> <p>(3) 其它资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围						
<p>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“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(无实体边界项目视具体情况而定,应不低于 100m 的范围)”的要求,确定本项目评价范围为校准实验室实体屏蔽物边界外 50m 区域。本项目评价范围见附图 2。</p>						
保护目标						
<p>陕西卫峰核电子有限公司新建校准实验室核技术利用项目环境保护目标主要为放射源库、校准实验室工作人员及周围公众。本项目校准实验室环境保护目标见表 7-1。</p>						
表 7-1 本项目主要环境保护目标一览表						
序号	工作场所	保护目标名称	规模(人)	相对校准实验室位置相对关系		年有效剂量控制水平
				方位	距离(m)	
1	控制室一	实验室操作人员	4	/	0~10	职业人员 ≤5mSv
2	控制室二	实验室操作人员	4		0~10	
3	源库及其周围	源库管理人员	2		0~5	
4	环境实验室	实验室操作人员	2	东北侧	5~18	公众人员 ≤0.25mSv
5	拟机械区域	机械工作人员	15	南侧	2~23	
6	表面实验室	实验室操作人员	2	西侧	5~12	
7	前厅	公司工作人员	1	西北侧	7~14	
8	收发室	公司工作人员	1	西北侧	4~10	
9	卫生间	公司工作人员	/	北侧	3~7	
10	休息室	公司工作人员	/	北侧	3~9	
11	电磁实验室	实验室操作人员	5	北侧	3~12	
12	某公司(未租售)	办公楼工作人员	/	东侧	16~50	
13	厂区内部道路	来往行人	/	南侧	27~44	
14	2#丙类厂房	办公楼工作人员	/		44~50	
15	厂区内部道路	来往行人	/	西侧	12~32	

16	7#消防水池	办公楼工作人员	/		32~50	
17	厂区内道路	来往行人	/	北侧	7~18	
18	毕原一路	来往行人	/		18~50	
19	楼上（陕西卫峰核电子有限公司）	办公楼工作人员	50	/	/	

评价标准

本项目电离辐射防护要求执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》中“刻度用 γ/n 源场所监督检查技术程序（程序编号：FY1-3）”中引用的标准和文件，本项目校准 γ 源场电离辐射防护参考《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》（GBZ161-2004）；校准中子源场电离辐射防护执行《含密封放射源仪表的放射卫生防护要求》（GBZ 125-2009）执行；X射线探伤电离辐射防护执行《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）执行；放射源源库电离辐射防护执行《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）执行。标准适用性分析见表7-2。

表 7-2 评价标准适用性分析表

标准名称	标准适用范围	本项目情况	标准适用性
《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	本标准规定了对电离辐射防护和辐射源安全（以下简称“防护与安全”）的基本要求。 本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全	本项目校准实验室共使用 15 枚放射源：II类放射源 2 枚，III类放射源 5 枚，IV类放射源 8 枚	适用
《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》（GBZ161-2004）	本标准规定了医用 γ 射束远距治疗设备和放射治疗实践的放射防护与辐射安全的技术要求及检测方法。 本标准适用于钴-60 γ 远距治疗设备的生产、放射治疗的实施和放射防护与安全管理及检验检测。	本项目建设 2 间 γ 实验室，使用 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 和 ^{241}Am γ 放射源，利用单/多源装置产生 γ 射线对远距辐射仪表进行校准	参考 5.2.1 和 6.1.3 条 本次项目 γ 实验室的装置以及使用放射源类型与（GBZ161-2004）规定类似，仅使用用途不同；目前暂无针对 γ 实验室的安全防护标准

续表 7-2 评价标准适用性分析表

标准名称	标准适用范围	本项目情况	标准适用性
《含密封放射源仪表的放射卫生防护要求》(GBZ 125-2009)	本标准规定了源容器和含密封放射源的检测仪表的放射防护与安全要求, 以及放射防护检验和检查要求。 本标准适用于基于粒子注量测量的含密封放射源的检测仪表, 包括料位计、密度计、湿度计、核子称等。	本项目建设 1 间中子实验室, 使用 $^{241}\text{Am-Be}$ 和 ^{252}Cf 中子放射源, 利用中子源校准装置利用中子对辐射仪表进行校准	适用
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)	本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。 本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室	本项目建设 1 间 X 射线实验室, 使用 1 台 320kV 的 X 射线机	适用
《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)	本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。 本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置进行探伤的工作	本项目建设 1 间 X 射线实验室, 使用 1 台 320kV 的 X 射线机	适用
《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)	本标准规定了使用密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护要求。 本标准适用于 $3.7 \times 10^4\text{Bq} \sim 3.7 \times 10^{16}\text{Bq}$ ($1\mu\text{Ci} \sim 1\text{MCi}$) 量级密封源	本项目建设 1 间放射源源库, 计划贮存 300 枚 IV 类、V 类密封放射源	适用

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

(1) 标准相关内容摘要

标准附录 B 剂量限值 and 表面污染控制水平

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的的职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值:

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

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;

- c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;
- d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估算值不应超过下述限值:

- a) 年有效剂量, 1mSv;
- b) 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv;

- c) 眼晶体的年当量剂量, 15mSv;
- d) 皮肤的年当量剂量, 50mSv。

(2) 环评要求年剂量管理约束值

综合考虑陕西卫峰核电子有限公司核技术利用项目的现状, 并着眼于长期发展, 为其它辐射设施和实践活动留有余地, 本次评价分别对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了设定:

(1) 取职业照射年有效剂量限值的 1/4, 作为放射性工作人员的年受照剂量约束值, 即 5mSv/a;

(2) 取公众照射年有效剂量限值的 1/4, 作为周围公众的年受照剂量约束值, 即 0.25mSv/a。

2、《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ161-2004)相关内容

5.2.1 放射源置于贮存位置时, 放射源防护屏蔽周围杂散辐射空气比释动能率的限值为: 距放射源防护屏蔽表面 5cm 的任何可接近位置不大于 0.2mGy/h; 距放射源 1m 的任何位置上, 不大于 0.02mGy/h。

6.1.3 治疗室的墙壁及顶棚必须有足够的屏蔽厚度, 使距墙体外表面 30cm 的可达界面处, 由穿透辐射产生的平均剂量当量率低于 2.5×10^{-3} mSv/h。屏蔽厚度计算方法可参见 GBZ/T152。

3、《含密封放射源仪表的放射卫生防护要求》(GBZ 125-2009)

4.7 检测仪表在不同场所使用时, 见附录 A 所标示的位置的周围剂量当量率应满足表 7-3 要求。

表 7-3 不同使用场所对检测仪表外围辐射的剂量控制要求

检测仪表使用场所	下列不同距离的周围剂量当量率 H^* 的控制值, $\mu\text{Sv/h}$	
	5cm	100cm
对人员的活动范围不限制	$H^* < 2.5$	$H^* < 0.25$
在距源容器外表面 1m 的区域内很少有人停留	$2.5 \leq H^* < 25$	$0.25 \leq H^* < 2.5$
在距源容器外表面 3m 的区域内不可能有人进入或放射工作场所设置监督区 ¹⁾	$25 \leq H^* < 250$	$2.5 \leq H^* < 25$
只能在特定的放射工作场所使用, 并按控制区、监督区 ¹⁾ 分区管理	$250 \leq H^* < 1000$	$25 \leq H^* < 250$

1) 监督区边界剂量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

4、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 相关内容

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示, 以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体应设置与探伤室防护门联锁的接口, 当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压; 已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关, 只有在打开控制钥匙开关后, X 射线管才能出束; 钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

4.1 防护安全要求:

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全, 操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

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。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足:

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平, 对职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$, 对公众不大于 $5\mu\text{Sv/周}$;

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁临近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时, 探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3;

b) 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置, 并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射, 关上门不能自动开始 X 射线照射。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间, 以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别, 并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳, 确保出现紧急事故时, 能立即停止照射。按钮或拉绳的安装, 应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签, 标明使用方法。

4.1.11 探伤室应设置机械通风装置, 排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

5、《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)

5 密封 γ 放射源容器的放射防护要求

5.2 活度小于 3.7×10^{12} Bq 和能量在 0.5MeV 以下的密封 γ 放射源容器应采用铅、铁作为屏蔽防护材料, 活度大于 3.7×10^{12} Bq 和能量在 0.5MeV 以上的密封 γ 放射源容器应采用铅、铁为主, 辅以适当厚度的钨和贫铀或其合金作为防护层, 以利于提高辐射防护效果, 减少容器的体积和质量。并确保能经受正常的运输条件和可能的事故(如撞击、火灾和爆照等)条件。源容器的整体结构及其防护性能, 不会因剧烈震动和温度变化而发生变化。

5.8 距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以下的密封 γ 源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.05mGy/h；距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.2 mGy/h。

6、《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

辐射场内 O_3 、 NO_x 的排放执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准，标准值见表 7-4。

表 7-4 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	O_3	日最大 8 小时平均	100	160	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 小时平均	160	200	
2	NO_x	年平均	50	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 小时平均	100	100	
		1 小时平均	250	250	

表 8 环境质量和辐射现状

1.项目地理位置和场所位置

(1) 项目地理位置

陕西卫峰核电子有限公司拟建地位于西安市高新区上林苑一路 15 号。地理位置见附图 1。

(2) 项目场所位置

校准实验室位于陕西卫峰核电子有限公司 3#厂房西北角一层，见附图 2。

2.环境质量现状

本项目由陕西卫峰核电子有限公司委托西安志诚辐射环境检测有限公司对拟建场所辐射环境质量进行现状监测，监测时间为 2021 年 7 月 21 日，监测地点为西安市高新区上林苑一路 15 号，监测单位按照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《环境监测用 X、 γ 辐射测量仪 第一部分 剂量率仪型》(EJ/T 984-1995) 等有关要求进行监测。监测报告详见附件。

3.监测因子

X、 γ 辐射剂量率。

4.监测点位

拟建表面实验室、拟建校准实验室及邻近场所各功能房间。监测点位见图 8-1。

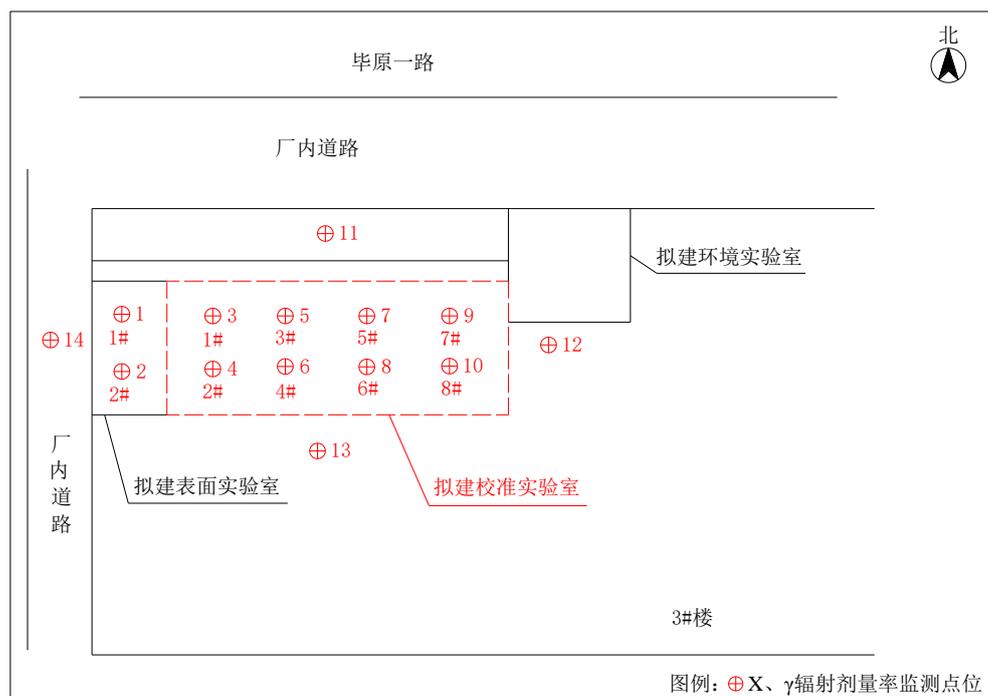


图 8-1 拟建校准实验室工作场所 X、 γ 辐射剂量率监测点位示意图

5.监测概况

(1) 监测日期

2021年7月21日。

(2) 监测仪器

监测仪器为环境监测用 X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪，参数详见表 8-1。

表 8-1 监测仪器设备一览表

仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪
仪器型号	FD-3013H
仪器编号	XAZC-YQ-003
测量范围	0.01 μ Gy/h~200 μ Gy/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书	2020H21-20-2762311001
检定/校准有效期	2020.9.23~2021.9.22

(3) 质量保证

按照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《环境监测用 X、 γ 辐射测量仪 第一部分 剂量率仪型》(EJ/T 984-1995)的要求，实施监测全过程质量控制。合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性和可比性。所用监测仪器全部经过计量部门检定，并在有效期内。监测数据严格实行三级审核制度。

6.辐射环境质量现状

项目辐射环境质量现状监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建校准实验室工作场所 X、 γ 辐射剂量率监测结果

监测点位	监测点位描述	X、 γ 辐射剂量率 (μ Gy/h)	
		测值范围	均值
1	拟建表面实验室 1#	0.08~0.10	0.09
2	拟建表面实验室 2#	0.07~0.09	0.08
3	拟建校准实验室 1#	0.07~0.10	0.09
4	拟建校准实验室 2#	0.08~0.10	0.09
5	拟建校准实验室 3#	0.08~0.10	0.10
6	拟建校准实验室 4#	0.08~0.10	0.09
7	拟建校准实验室 5#	0.08~0.10	0.09
8	拟建校准实验室 6#	0.08~0.10	0.09
9	拟建校准实验室 7#	0.08~0.11	0.10
10	拟建校准实验室 8#	0.08~0.10	0.09
11	拟建校准实验室北侧	0.08~0.10	0.09
12	拟建校准实验室东侧	0.08~0.11	0.10
13	拟建校准实验室南侧	0.07~0.10	0.09
14	厂内道路	0.06~0.08	0.07

—	拟建校准实验室楼上	0.09~0.11	0.10
---	-----------	-----------	------

由表 8-2 监测结果表明，陕西卫峰核电子有限公司拟建校准实验室工作场所室内各监测点位 X、 γ 辐射剂量率测量值范围为 (0.07~0.11) $\mu\text{Gy/h}$ ，即 (70~110) nGy/h ；厂内道路监测点位 X、 γ 辐射剂量率测量值范围为 (0.06~0.08) $\mu\text{Gy/h}$ ，即 (60~80) nGy/h 。

参考《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》中“西安市道路 γ 辐射剂量率范围为 (52.0~121.0) nGy/h ，西安市室内 γ 辐射剂量率为 (79.0~130.0) nGy/h ；宇宙射线所致室外剂量率（按点平均）均值为 37.0 nGy/h ，宇宙射线所致室内剂量率（按点平均）均值为 33.0 nGy/h ”。经比较，本项目拟建校准实验室工作场所辐射环境现状监测结果属于天然辐射环境本底波动水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

本项目内容主要包括 γ 源实验室、中子实验室和 X 射线实验室三部分。

1. γ 实验室

(1) 设备组成

陕西卫峰核电子有限公司本次新建 2 间 γ 源实验室，在 γ 实验室一和 γ 实验室二分别购置相同的 1 台单源装置和 1 台多源装置，使用 II 类、III 类、IV 类放射源进行探测器生产调试、探测器剂量校准。 γ 源校准装置设备中拟放置的放射性同位素情况见表 9-1。

表 9-1 γ 源校准装置设备放射性同位素概况

序号	技术指标		设备规格					
			单源装置	多源装置				
1	核素名称		^{60}Co	^{60}Co	^{241}Am	^{137}Cs	^{137}Cs	^{137}Cs
2	类型		II 类	IV 类	III 类	III 类	IV 类	IV 类
3	装源数量		1	1	1	1	1	1
4	放射性活度	Bq	2.96×10^{13}	2.22×10^{10}	3.7×10^{11}	2.22×10^{11}	7.4×10^{10}	7.4×10^9
		Ci	800	0.6	10	6	2	0.2
5	分类		γ 校准源					

(2) γ 源校准装置的工艺原理

① 1000Ci Co-60 单源装置

1000Ci Co-60 单源装置主要由调平调角底座、屏蔽主体、气动主快门驱动机构、光阑系统、源仓机构、电动组合衰减器组、电动辅快门、快门/衰减器驱动机构等组成。单源装置屏蔽厚度及材料为 330mm 铅。

1000Ci Co-60 单源装置外形见图 9-1，基本构造见图 9-2。



图 9-1 1000Ci Co-60 单源装置外形图

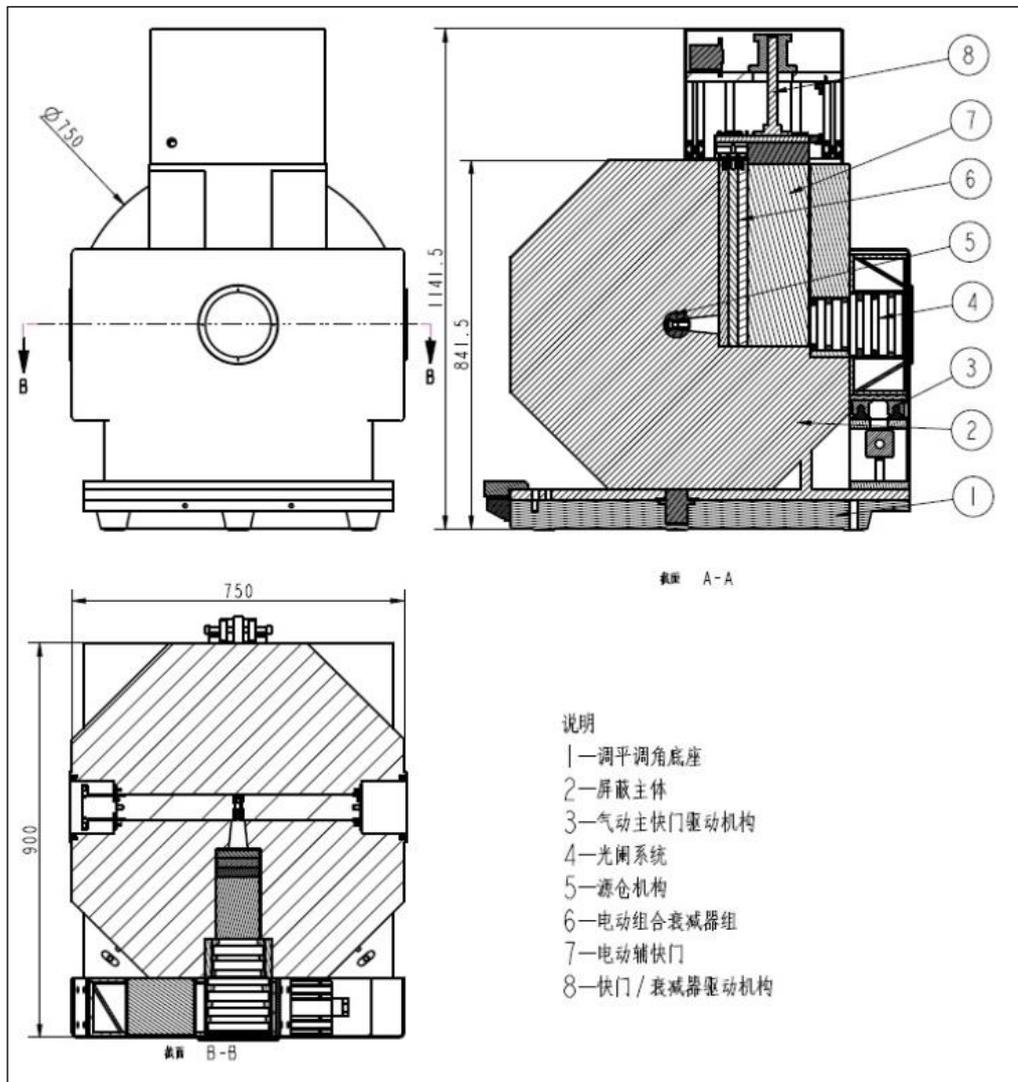


图 9-2 1000Ci Co-60 单源装置基本构造示意图

1000Ci Co-60 单源装置工作基本原理见图 9-3。

采用干法储源的方式，存储 1 枚防护级别放射源。通过校准装置释放出来的 γ 射线来为核探测系统灵敏度标定、核仪器仪表检定等，评定测量装置的示值误差，通过校准可以了解测量仪器的修正值或校准因子，从而对于日常的测量具有指导作用。

放射源布置在一储源芯体上，非工作期间照射器准直口对准芯体的空源位（非出束位置），同时照射器快门体处于关闭状态。工作时，首先由控制系统通过齿轮传动机构，驱动芯体转动，使该放射源转到射线出射口（准直器轴线上）并靠狭缝式光耦开关实现精确定位，在满足安全联锁条件时，在气缸驱动下推动滚轴滑动式光闸快门体实现照射功能，源出射射线通过内外准直光阑限束后，直射或穿过衰减器衰减后形成满足实验要求的参考辐射场。实验完毕后，关闭快门、空源位转至出射口照射位时，安全指示灯亮，工作过程完毕照射器处于安全状态。

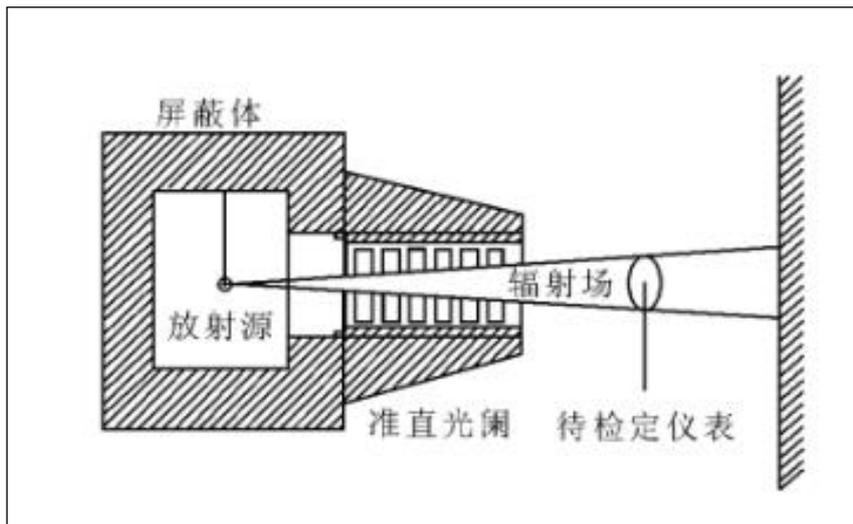


图 9-3 准直 ^{60}Co 源照射装置原理示意图

② 多源装置

多源装置主要由后屏蔽体、前屏蔽体、转子、自动衰减器系统、快门系统、光阑系统、换源驱动系统、调平调角底座等组成。多源装置屏蔽厚度及材料为 330mm 铅。多源装置外形见图 9-4，基本构造见图 9-5 和图 9-6。

多源装置采用干法储源的方式，同时存储多枚防护级别放射源。通过选择不同的放射源以及快门的开闭控制来为核探测系统灵敏度标定、核仪器仪表检定等试验提供不同能量和强度范围的标准 γ 射线辐射场。

位于同一圆周上的多枚放射源对称分散布置在一储源芯体上，非工作期间照射器准直口对准芯体的空源位（圆周上两源的中间），同时照射器快门体处于关闭状态。工作时，首先由控制系统选择预定放射源，通过齿轮传动机构由步进电机驱动芯体转动，使该放射源转到射线出射口（准直器轴线上）并靠狭缝式光耦开关实现精确定位，在满足安全联锁条件时，在气缸驱动下推动滚轴滑动式光阑快门体实现照射功能，源出射射线通过内外准直光阑限束后，直射或穿过衰减器衰减后形成满足实验要求的参考辐射场。实验完毕后，关闭快门、空源位转至出射口照射位时，安全指示灯亮，工作过程完毕照射器处于安全状态。

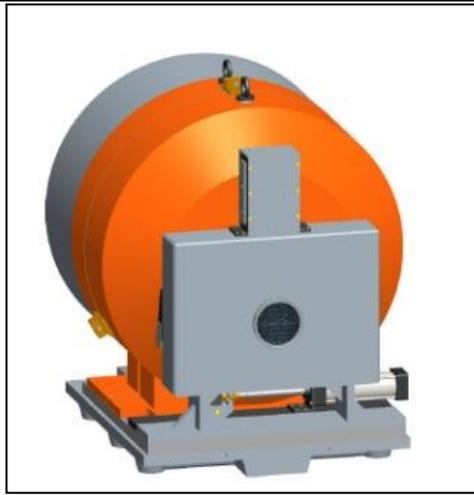


图 9-4 多源装置外形图

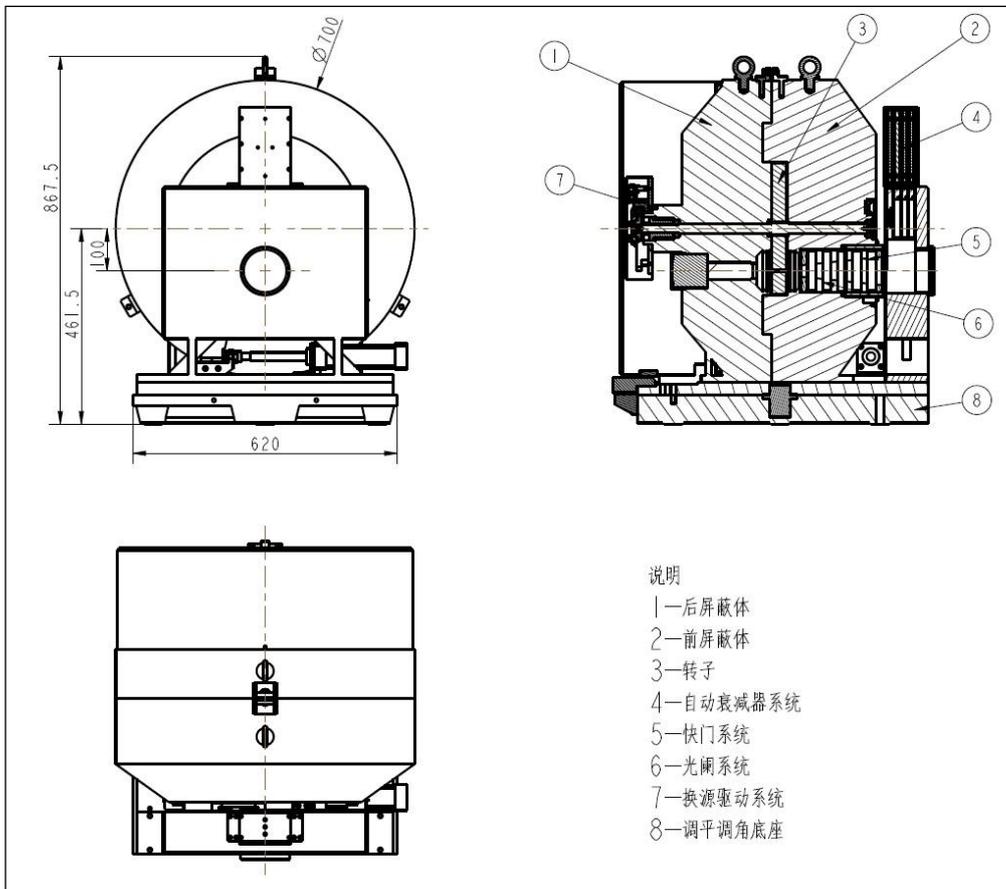


图 9-5 多源装置基本构造示意图

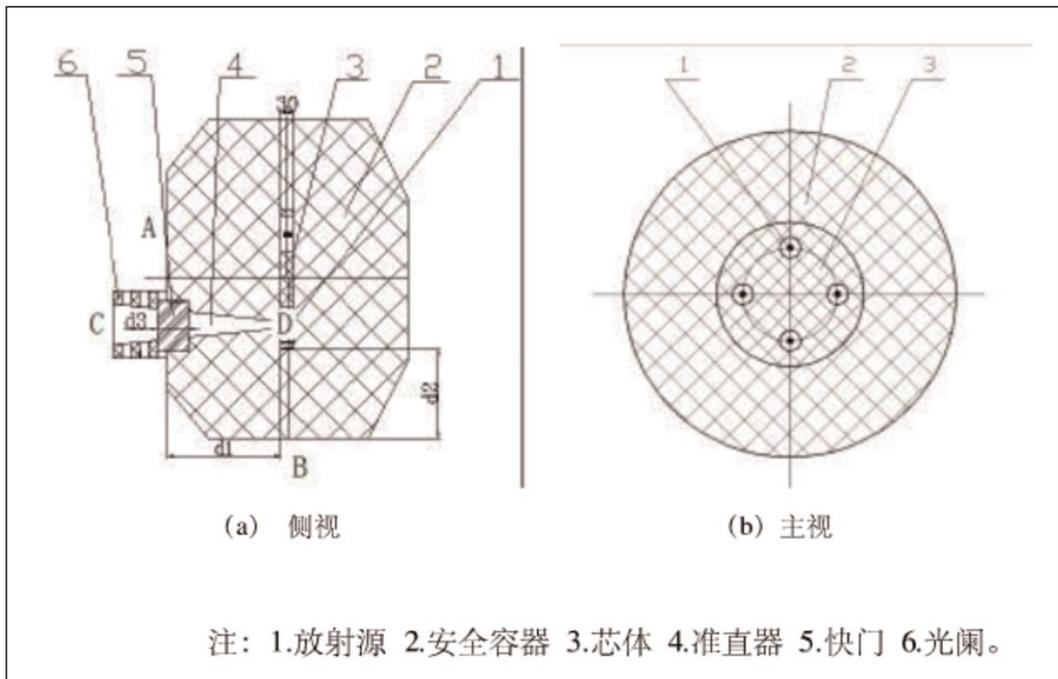


图 9-6 γ 射线多源照射装置结构模型

(3) γ 源校准装置的工艺流程及产污节点

γ 源校准装置的工艺流程及产污节点见图 9-7。

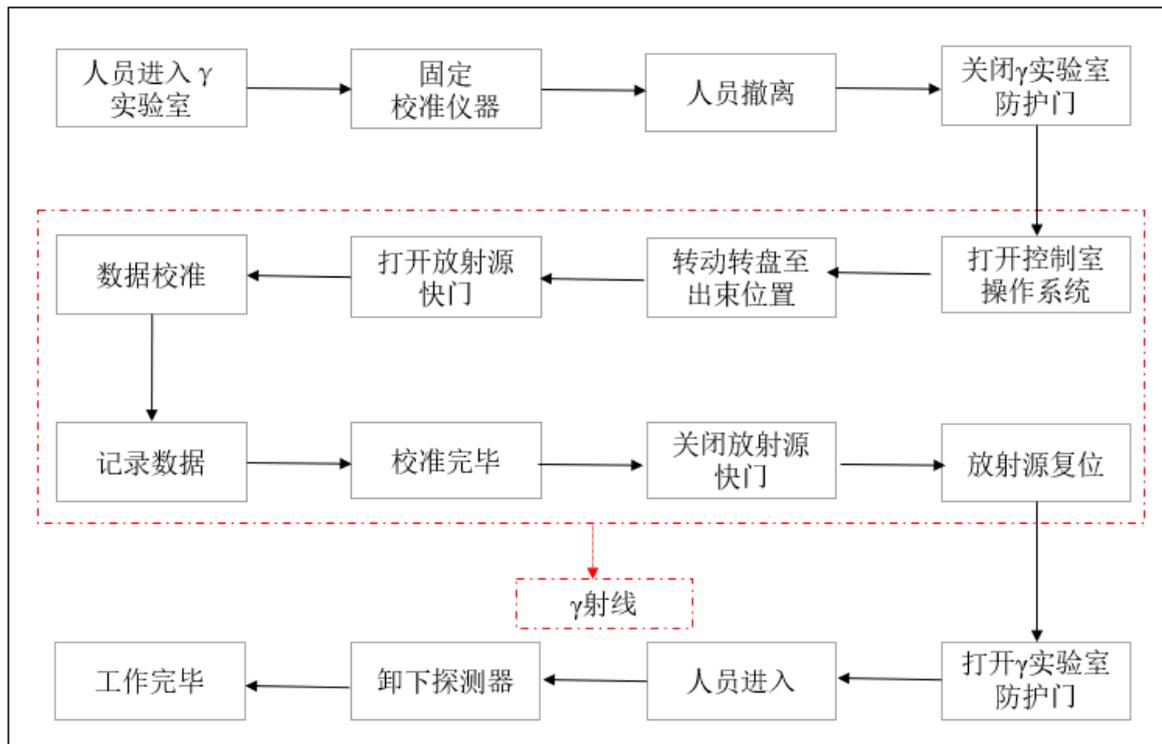


图 9-7 γ 源校准装置工艺流程及产污节点图

工艺流程简述如下：

- ①将待校准仪器固定在工作平台上，检查摄像装置是否正常；

- ②对 γ 实验室进行清场，确认无人员停留，关闭 γ 实验室防护门；
- ③通过视频监控系统，再次确认 γ 实验室内无人员停留，打开控制室操作系统；
- ④转到转盘将所需源，置于出束位置；
- ⑤打开快门，射线出束；
- ⑥记录工作数据；
- ⑦关闭快门，源复位；
- ⑧人员进入 γ 实验室，卸下探测器，完成一次校准工作。

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。

2.中子实验室

(1) 设备组成

本项目在中子实验室购置 1 台中子源校准装置，主要由调平调角底座、屏蔽体、升降屏蔽体、移动屏蔽体、升降控制系统和平移控制系统组成。其外形结构见图 9-8。

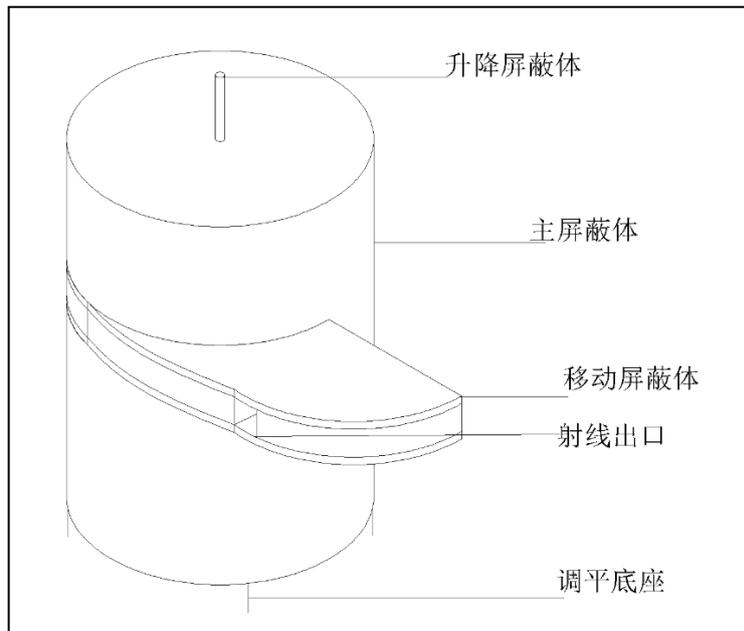


图 9-8 中子源校准装置结构示意图

(2) 中子源校准装置工作原理

本项目中子源校准装置采用干法储源的方式，同时存储 3 枚防护级别放射源。中子源校准装置贮源状态示意图见图 9-9。通过升降屏蔽体选择不同的放射源和移动屏蔽体来为核探测系统灵敏度标定、核仪器仪表检定等试验提供不同能量和强度范围的标准 N 射线辐射场。

位于同一轴线上多枚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，首先由控制系统选择预定放射源，通过升降控制系统，使该放射源升降到射线出口，在满足安全联锁条件时，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。中子源校准装置出束状态示意图见图 9-10。

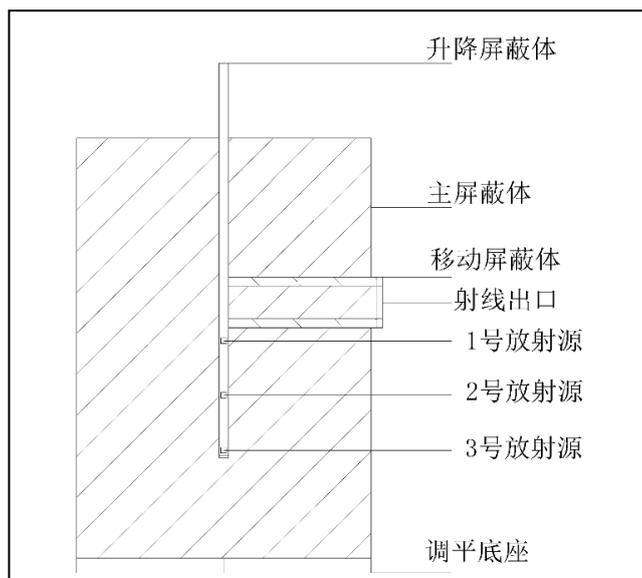


图 9-9 中子源校准装置贮源状态结构示意图

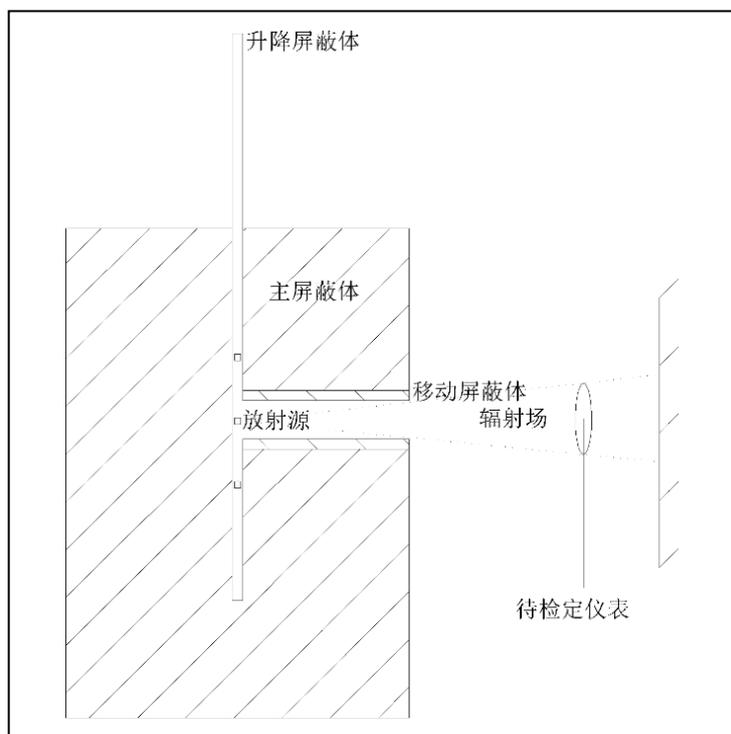


图 9-10 中子源校准装置出束状态结构示意图

(3) 中子源校准装置的工艺流程及产污节点

中子源校准装置的工艺流程及产污节点见图 9-11。

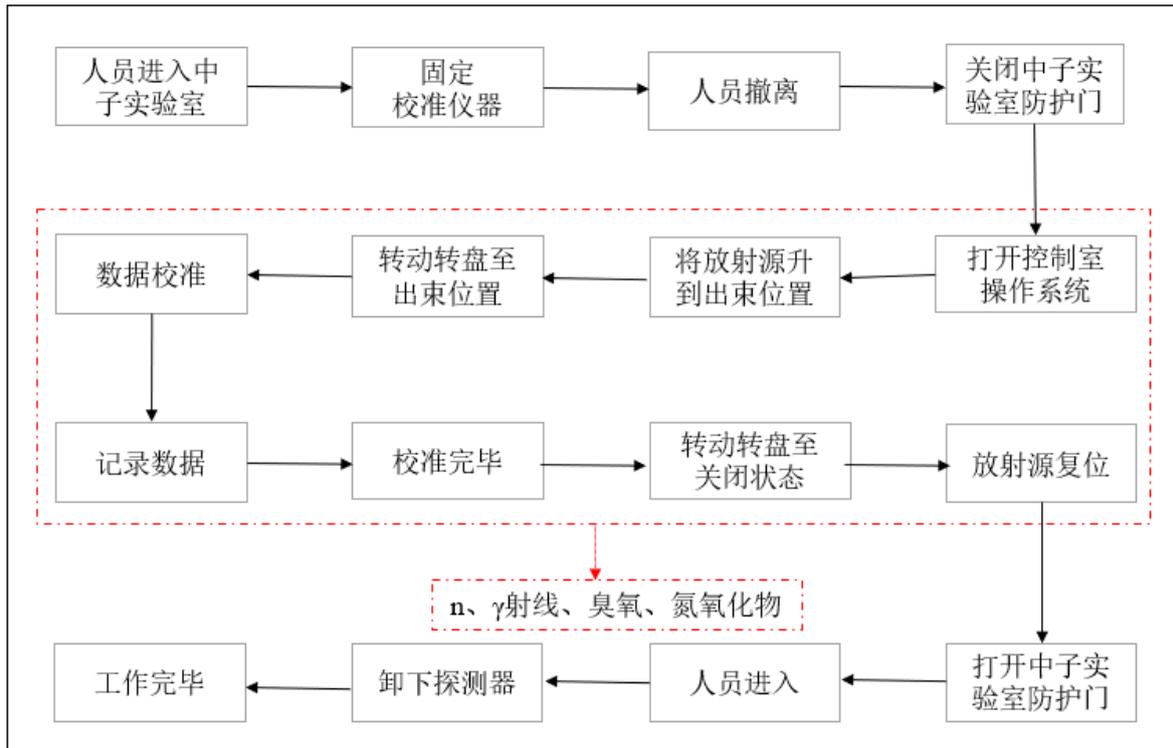


图 9-11 中子源校准装置工艺流程及产污节点图

工艺流程简述如下：

- ①将待校准仪器固定在工作平台上，检查摄像装置是否正常；
- ②对中子实验室进行清场，确认无人员停留，关闭中子实验室防护门；
- ③通过视频监控系统，再次确认中子实验室内无人员停留，打开控制室操作系统；
- ④将中子源校准装置中所需要的放射源提到出束位置；
- ⑤旋转挡板水平方向含硼聚乙烯挡板至出束口位置，射线出束；
- ⑥记录工作数据；
- ⑦曝光结束，旋转挡板至出口束关闭；
- ⑧人员进入中子实验室，卸下探测器，完成一次校准工作。

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。

3.X 射线实验室

(1) 设备组成

工业 X 射线机由 X 射线管和高压电源组成，核心部件是 X 射线管。本项目工业 X 射线机属于便携式 X 射线探伤机，具体图片见图 9-12。



图 9-12 拟购 MGi320 型 X 射线机

(2) X 射线机工艺原理

本项目所用 X 射线机采用实时成像系统，通过 X 射线机产生的 X 射线透过被检测物体后衰减规律，利用 X 射线束穿过被检工件被吸收、散射、透射特性，一旦工件局部区域存在缺陷或结构差异，将使不同部位透射强度不同，再利用图像增强方法把由探测器接受到透射线强度分布图像转换为视频图像，经计算机数字化图像处理，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测目的；同时通过控制系统选择不同能量射线为核探测系统灵敏度标定、核仪器仪表检定等试验提供标准 X 射线辐射场。

X 射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝。阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接射向嵌在金属阳极中的靶体，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-13。

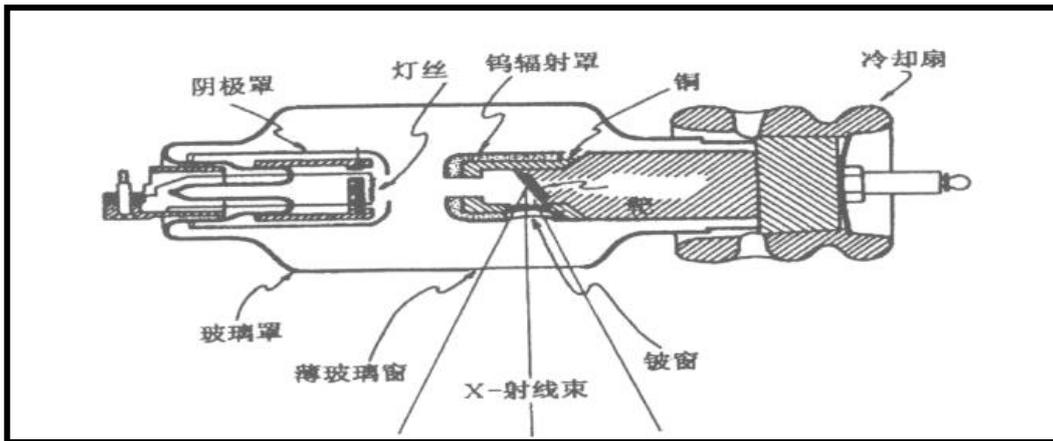


图 9-13 典型的 X 射线管结构图

(3) X 射线机的工艺流程及产污节点

X 射线机的工艺流程及产污节点见图 9-14。

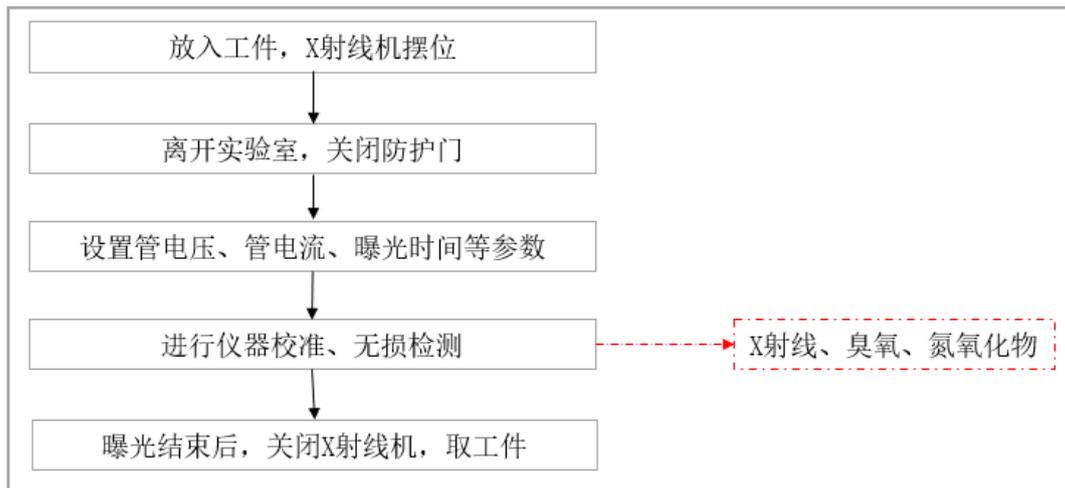


图 9-14 X 射线机工艺流程及产污节点图

工艺流程简述如下：

- a. 工作人员将需要探伤的工件搬入 X 射线实验室，人工摆放好待检工件，固定 X 射线机位置，此时 X 射线机处于断电状态；
- b. 前期准备工作完成并检查无误后，工作人员离开实验室，关闭防护门；
- c. 工作人员到达操作台，确认实验室无人后接通 X 射线机电源，“预备”指示灯（绿色）开启，X 射线机进行自检，自检结束后进行曝光参数时设定，根据仪表检测范围、探伤工件的性质设定管电压、管电流和曝光时间等参数，核对无误后开始曝光，曝光时“照射”指示灯（红色）开启；
- d. 工件在 X 射线照射情况下进行仪表剂量校准、无损检测，获得工件的实时剂量、检测图象，进行判定；

e.曝光结束后，关闭 X 射线机的电源，指示灯灭，取下控制开关钥匙，开启防护门，工作人员进入 X 射线实验室，取下工件，完成一个工作流程。

污染源项描述

1. γ 源实验室

(1) 污染源分析

γ 源校准装置内存储的放射源有 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 和 ^{241}Am 。

本项目放射源的衰变方式主要有 α 衰变、 β 衰变，主要产生 α 射线、 β 射线、 γ 射线。本项目主要放射源的衰变纲图见图 9-15。

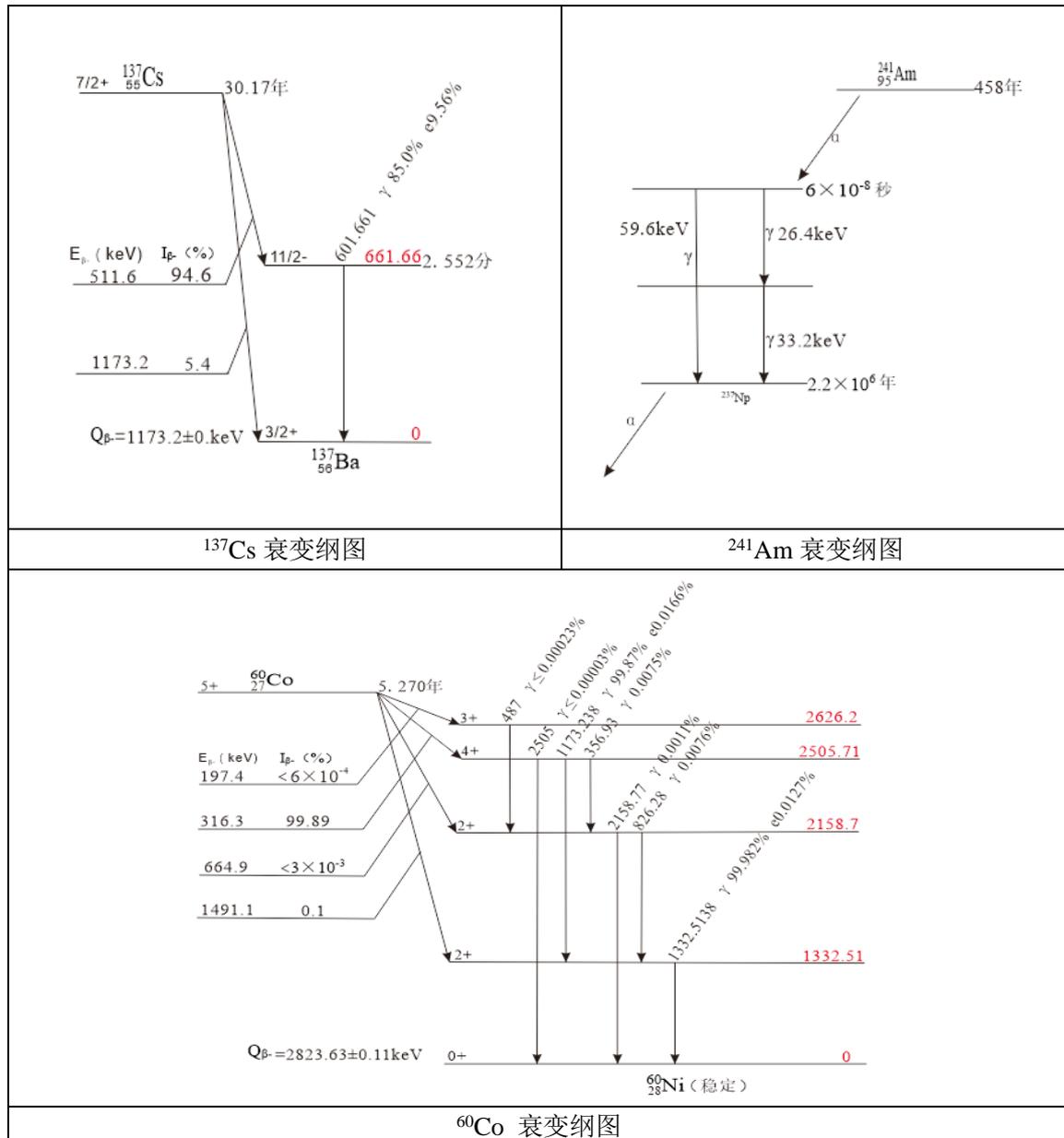


图 9-15 本项目使用放射性同位素衰变纲图

本项目拟使用的 II 类、III 类、IV 类放射源均置于单源/多源装置的安全容器内。由于 α 、 β 射线较易屏蔽，放射源安全容器基本将 α 、 β 射线完全屏蔽，但 γ 射线穿透力较强，其穿透安全容器后对周围环境产生一定的辐射影响，该项目主要污染因子是放射源产生的 γ 射线。

(2) 正常工况污染途径

本次评价的单源装置和多源装置在进行探测器生产调试和探测器剂量校准，主要污染物为：在仪器校准过程之产生的 γ 射线对周围环境产生的外照射； γ 射线穿过空气时可以产生二次电子，二次电子和空气分子作用，使空气电离产生少量 O_3 、 NO_x ；在放射源退役时产生的废旧放射源。

① γ 射线

由表 9-1 可知，本项目单源装置使用 1 枚 II 类放射源 (^{60}Co)，多源装置使用 2 枚 III 类放射源 (^{60}Co 和 ^{137}Cs)、3 枚 IV 类放射源 (^{137}Cs 和 ^{241}Am)。 ^{60}Co 在其衰变过程中产生 γ 射线，能量为 1.17MeV 和 1.33MeV，平均能量为 1.25MeV； ^{137}Cs 在其衰变过程中产生 γ 射线，能量为 0.662MeV； ^{241}Am 在其衰变过程中产生 γ 射线，能量为 0.059MeV。多源装置每次在探测器的剂量校准过程中只使用 1 枚放射源，故根据放射源的种类及放射性活度，本次评价主要考虑单源装置和多源装置中的 ^{60}Co 放射源和多源装置中活度最大的 1 枚 III 类放射源 (^{137}Cs) 在产生的辐射影响。

由 γ 源校准装置的工作原理可知， γ 射线在开机期间（出束状态下）， γ 射线成为污染环境的主要污染因子。

② O_3 和 NO_x

γ 实验室在贮源时， γ 射线经过校准装置的屏蔽，空气会电离产生少量 O_3 和 NO_x 。

γ 实验室在进行仪器校准时，在 γ 射线的作用下，空气会电离产生 O_3 和 NO_x 。 NO_x 的产额约为 O_3 的一半。

③ 废弃放射源

根据《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)，放射性废弃是指来自实践或干预的、预期不会再利用的废弃物（不管其物理形态如何），它含有放射性物质或被放射性物质污染，并且其活度或活度浓度大于审管部门规定的清洁解控水平。废旧放射源应进行安全处置。

在放射源退役时产生的废旧放射源交由厂家回收或者送至城市放射性废物库。根据现场调查，陕西卫峰核电子有限公司运营至今尚未产生废旧放射源，与现有V类放射源供应厂家签订的合同中约定，放射源使用单位自行处置废旧放射源；故该公司拟将现有V类放射源退役后送至城市放射性废物库处置。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第18号）的要求：“生产、进口放射源的单位销售I类、II类、III类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议”。本项目新增使用II类、III类、IV类、V类放射源，其退役时产生废旧放射源。评价要求建设单位在新购置放射源时与厂家签订废旧放射源返回协议（尤其是II类、III类放射源）；确实无法交回生产单位的，送交城市放射性废物库。

2.中子实验室

(1) 污染源分析

中子源校准装置内存储的放射源有 $^{241}\text{Am-Be}$ 和 ^{252}Cf 。

$^{241}\text{Am-Be}$ 中子源由 ^{241}Am 和 Be 均匀混合压制而成。 ^{241}Am 衰变时主要发射能量为 5.486MeV 的 α 粒子和 0.059MeV 的 γ 能量，其 α 粒子轰击靶材 Be 发生核反应 (α, n)，产生平均能量 4.5MeV 的中子。反应式为：



^{252}Cf 中子源有 96.9% 的概率进行 α 衰变，剩余 3.1% 的概率进行自发裂变产生平均能量为 2.13MeV 的中子。 ^{252}Cf 中子源的衰变纲图见图 9-16。

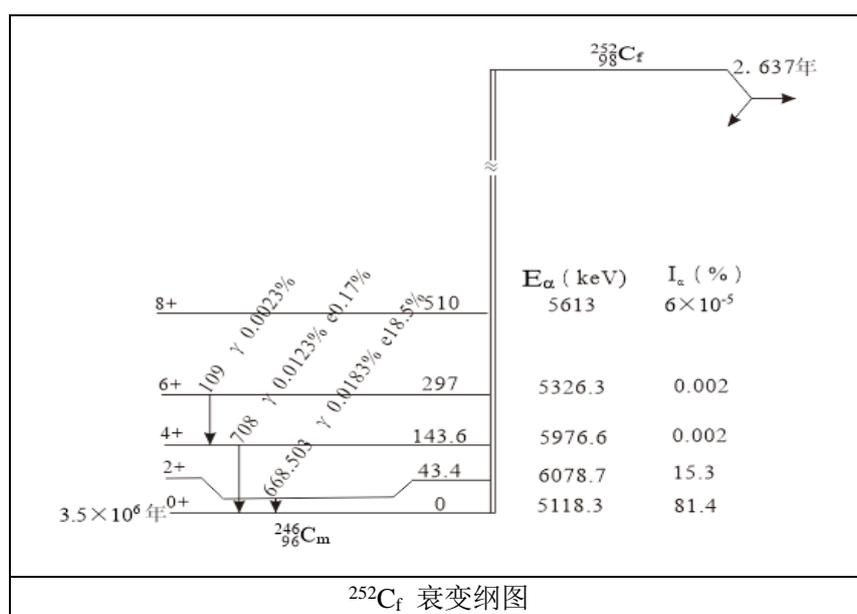


图 9-16 本项目拟新增使用中子源衰变纲图

本项目拟使用的中子源均放置于中子源校准装置内。由于衰变过程中释放出来的 α 粒子以及感生放射性物质衰变过程中释放出 β 射线，射程短，很容易被屏蔽，且会产生 γ 射线能量对环境产生的影响。

(2)正常工况污染途径

中子源衰变放出大量的中子，在运行状态下， ^{252}Cf 衰变释放出来的中子被全部吸收、屏蔽。对环境无影响；同时， β 、 γ 、 α 与空气作用产生 O_3 和 Nox 量极少，通过室内空调即可满足实验室通风换气需要，不会影响环境空气质量的等级。

3.X 射线实验室

(1) 污染源分析

本项目校准作业时，经电离空气产生少量 O_3 和 NOx ；本项目探伤作业时采用实时成像系统，不产生废显（定）影液和废胶片。

(2) 正常工况污染途径

①X 射线

X射线机在开机工作时产生的主要放射性污染物为X射线，污染途径为外照射。

② O_3 和 NOx

X射线机在照射过程中会使空气中的氧气发生电离产生 O_3 和少量 Nox 。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1.辐射工作场所分区及布局合理性分析

(1) 布局合理性分区

本项目控制室一位于 γ 源实验室一和中子实验室的西侧， γ 源实验室一和中子实验室的主射束方向向东；控制室二位于 γ 源实验室二和 X 射线实验室的东侧， γ 源实验室二和 X 射线实验室的主射束方向向西。符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向”的要求。

(2) 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。本次环评中根据国际放射防护委员会第 103 号出版物对控制区和监督区的定义：

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

监督区：未被确定为控制区、通常不需采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

根据实际工作环境，本项目将 γ 实验室一、 γ 实验室二、中子实验室、实验室和源库实体屏蔽墙体内划分为控制区；将控制室一、控制室二、源库入口区域和校准实验室北侧、南侧外 30cm 内划分为监督区。控制区和监督区划分见图 10-1。

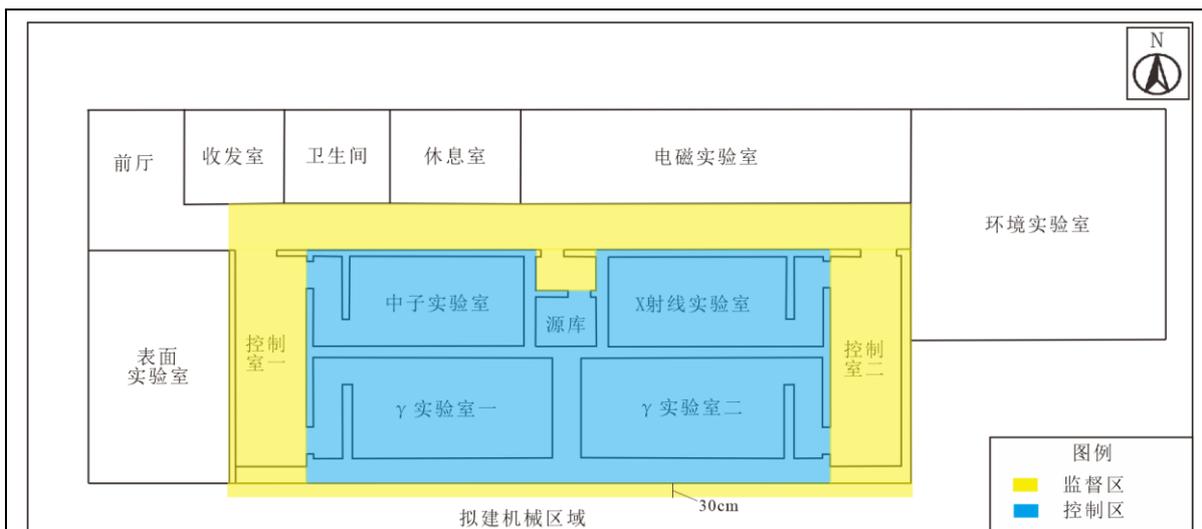


图 10-1 项目区域划分示意图

2. 辐射防护屏蔽设施

(1) 校准实验室屏蔽情况

根据《 γ 源校准实验室及使用销售密封放射源核技术利用项目初步设计方案》，拟建校准实验室屏蔽设施情况见表 10-1，各墙体屏蔽厚度示意图见附图 3。

表 10-1 校准实验室屏蔽情况一览表

实验室	序号	屏蔽措施	规格
γ 实验室一	1	实验室（内：长×宽×高）	9.9m×4.5m×4.0m
	2	实验室墙体材料	混凝土，密度 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$
	3	东侧墙体	1200mm
	4	北侧墙体	500mm
	5	南侧墙体	600mm
	6	实验室顶部	500mm
	7	西侧迷道内墙	400mm
	8	西侧迷道外墙	300mm
	9	迷道宽度	1.2m
	10	通风设计	南墙面安装有排气扇 1 个，通风频率约为 6 次/h，排入厂房总通风管道，最终通过高于本建筑 2m 的烟囱排至室外
	11	电缆通道	电缆通过地坪下电缆沟进入实验室
	12	报警装置	γ 实验室一东墙装有 WF-1000-SD 伽玛射线报警仪
	13	监控设备	γ 实验室一内部、门口均安装有摄像装置

续表 10-1 校准实验室屏蔽情况一览表

实验室	序号	屏蔽措施	规格
γ 实验室二	1	实验室（内：长×宽×高）	10.0m×4.5m×4.0m
	2	实验室墙体材料	混凝土，密度 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$
	3	西侧墙体	1200mm
	4	北侧墙体	500mm
	5	南侧墙体	600mm
	6	实验室顶部	500mm
	7	东侧迷道内墙	400mm
	8	东侧迷道外墙	300mm
	9	迷道宽度	1.2m
	10	通风设计	南墙面安装有排气扇 1 个，通风频率约为 6 次/h，排入厂房总通风管道，最终通过高于本建筑 2m 的烟囱排至室外
	11	电缆通道	电缆通过地坪下电缆沟进入实验室
	12	报警装置	γ 实验室二西墙装有 WF-N-K 中子报警仪
	13	监控设备	γ 实验室二内部、门口均安装有摄像装置
中子实验室	1	实验室（内：长×宽×高）	8.7m×4.0m×4.0m
	2	实验室墙体材料	混凝土，密度 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$
	3	东侧墙体	500mm
	4	北侧墙体	300mm
	5	南侧墙体	500mm
	6	实验室顶部	500mm
	7	西侧迷道内墙	300mm
	8	西侧迷道外墙	300mm
	9	迷道宽度	1.2m
	10	通风设计	北墙面安装有排气扇 1 个，通风频率约为 3 次/h，排入厂房总通风管道，最终通过高于本建筑 2m 的烟囱排至室外
	11	电缆通道	电缆通过地坪下电缆沟进入实验室
	12	报警装置	中子实验室东墙装有 WF-1000-SD 伽玛射线报警仪
	13	监控设备	中子实验室内部、门口均安装有摄像装置
X 射线实验室	1	实验室（内：长×宽×高）	8.9m×4.0m×4.0m
	2	实验室墙体材料	混凝土，密度 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$
	3	西侧墙体	550mm
	4	北侧墙体	300mm
	5	南侧墙体	500mm
	6	实验室顶部	500mm
	7	东侧迷道内墙	300mm

续表 10-1 校准实验室屏蔽情况一览表

实验室	序号	屏蔽措施	规格
X 射线实验室	8	东侧迷道外墙	300mm
	9	迷道宽度	1.2m
	10	通风设计	北墙面安装有排气扇 1 个，通风频率约为 3 次/h，排入厂房总通风管道，最终通过高于本建筑 2m 的烟囱排至室外
	11	电缆通道	电缆通过地坪下电缆沟进入实验室
	12	报警装置	X 射线实验室西墙装有 WF-1000-SD 伽玛射线报警仪
	13	监控设备	X 射线实验室内部、门口均安装有摄像装置
放射源源库	1	源库（内：长×宽×高）	4.0m×2.45m×4.0m
	2	墙体材料	混凝土，密度 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$
	3	西侧墙体	500mm
	4	北侧墙体	300mm
	5	南侧墙体	500mm
	6	东侧墙体	550mm
	7	源库顶部	500mm
	8	防护门	防盗门
	9	报警装置	放射源源库西墙装有 WF-1000-SD 伽玛射线报警仪
	10	监控设备	放射源源库内部放射源源库安装有摄像装置

(2) γ 源校准装置屏蔽情况

本项目拟在 γ 实验室一和二内各放置 1 台单源装置和 1 台多源装置，用于探测器生产调试、探测器剂量校准。根据 γ 源校准装置厂家提供信息，单源装置最小铅屏蔽厚度为 330mm，多源装置最小铅屏蔽厚度为 190mm。

(3) 中子源校准装置屏蔽情况

本项目拟在中子实验室内放置 1 台多源装置，用于探测器生产调试、探测器剂量校准。根据设计单位提供信息，校准装置含硼聚乙烯屏蔽体厚度为 550mm。中子源校准装置屏蔽设计及结构见图 10-2。

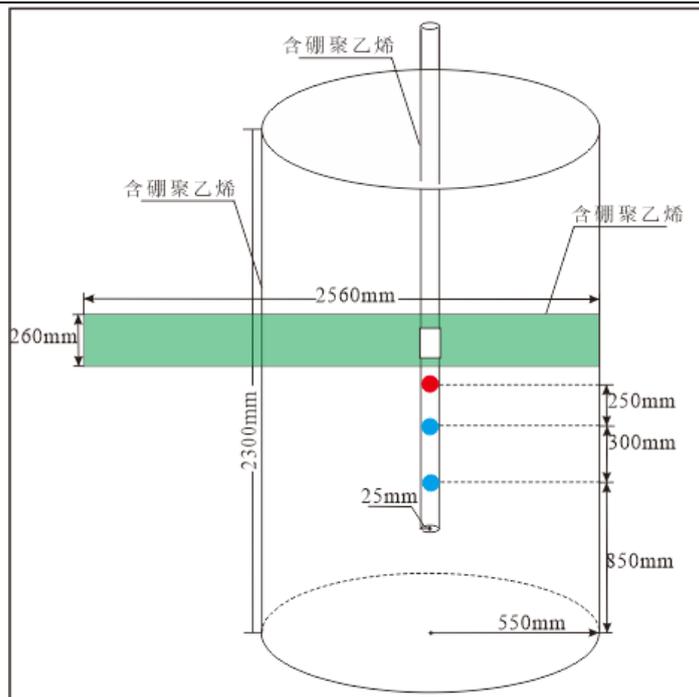


图 10-2 中子源校准装置屏蔽设计及结构示意图

3.本项目拟采取的辐射安全防护设施

(1) γ 实验室和中子实验室

根据建设单位提供的资料， γ 实验室与中子实验室拟采取相同的辐射防护设施，如下：

①信号警示装置。 γ 实验室与中子实验室的控制台位置设置有安全讯号灯显示放射源处于“照射”或“贮存”位置的状态，且防护门上方设置有三色警报灯，且与放射源联锁，红色信号表示紧急终止非预期运行状态，绿色信号灯表示非出束状态，黄色表示出束状态。在 γ 实验室与中子实验室入口、操作台和装源装置张贴电离辐射警示标志。

②通风系统。 γ 实验室与中子实验室设置有单独的机械通风系统，2 间 γ 实验室的通风频率为 6 次/h。中子实验室的通风频率为 3 次/h。自然补风平时排风机不启动。当实验室使用时开启排风机排风，风机开关设置在控制台。

③门机联锁装置。本项目当放射源处于刻度状态时，门处于关闭状态，当门处于开启状态时，放射源处于储存状态，强行开门时，源会自动回到贮源罐中。

④急停装置。实验室内墙面和控制台均设置有急停按钮，在工作人员在被意外关闭在实验室内部时，工作人员可通过自行开启急停按钮，使放射源返回放射源贮存装置中，确保工作人员的辐射安全。

⑤掉电保护装置。放射源提升装置设计有断电落源功能，在停电情况下，放射源可自行返回贮存装置中。

⑥防人误入装置。 γ 实验室和中子实验室门口内侧有红外探测装置，当放射源在工作状态，有人闯入时，源会自动回到校准源装置中。

⑦视频监控装置。 γ 实验室和中子实验室内均设置两台视频设备，工作人员在操作台上，可全景看到实验室内的情况，避免人员受到误照射。

(2) X 射线实验室

①操作台

本项目在控制台内拟配置有自动化控制操作平台。

自动化控制操作平台主要有操作台、控制主机和相关控制系统及程序模块组成。

a) 设置有探测器定位装置的自动化控制和探测器定位，可控制放射源的提升、降落和定位，还控制通风系统、应急落源系统和固定式剂量率检测系统。

b) 设置有指示装置，确保工作人员确定放射源是否处于高压运行状态。

c) 设置有门机连锁系统的自动化控制，当实验室防护门未全部关闭，不能接通 X 射线管管电压。

d) 操作台设置钥匙开关，只有打开钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机时才能拔出。

e) 安装 1 个紧急停机按钮，可确保出现紧急事故时，操作台可立即停止照射。

f) 设置电离辐射警告，出束指示和禁止非授权使用的警告标识。

②实验室

a) 本项目 X 射线机出束定向出束，朝向西侧，由于工业 X 射线机属于便捷式，在未固定的情况下，可以在实验室内移动使用，照射方向多变，建设单位应制定相关操作规程，严禁将 X 射线机移动位置或搬出实验室使用。

b) 对 X 射线实验室进行分区管理，X 射线实验室屏蔽体内为控制区，北侧走廊和东侧控制室二为监督区。

c) 实验室设置门-机连锁装置，保证在防护门关闭后 X 射线机才能进行校准、探伤作业。

d) 实验室防护门外上方拟设置工作状态警示灯，“预备”用绿色，“照射”用红色，并与探伤装置连锁。X 射线机工作时，警示灯自动开启，警告无关人员勿靠近检

测装置或在检测装置周围作不必要的逗留。同时在控制室内张贴工作状态警示灯工作的说明。

e) X 射线实验室防护门上拟设电离辐射警告标识和中文警示说明。

f) 防护门处安装 1 个紧急停机按钮，实验室内部四侧墙体均设置紧急停机按钮，工作人员在任何位置处均可使 X 射线机停止工作。

g) X 射线实验室拟设置机械通风装置，其通风频率为 3 次/h。

h) X 射线实验室内拟安装 2 个摄像头，操作台上设置显示屏，确保辐射工作人员操作时，可以监控实验室情况，防止出现误照射。

本项目校准实验室内部辐射防护设施示意图见附图 4。

(3) 监测仪器及防护用品

陕西卫峰核电子有限公司新增辐射防护用品及辐射监测仪器如下表 10-2。

表 10-2 公司已有监测仪与防护用品一览表

名称	型号	数量
放射性监测仪	WF-LEP-02/WF-N-K	1
个人剂量报警仪	WF-1000-SD	16
表面污染测量仪	WF-PRM-203	2
便携式 γ 剂量率仪	WF-PRM-102	3
多通道 X、 γ 剂量率监测仪	WF-1000-4B	4
铅帽	/	2
铅手套	/	2
铅眼镜	/	2
铅围脖	/	2
铅围裙	/	2
个人剂量计	WF-EPM03	8

三废的治理

1. 废旧放射源

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号）的要求：“生产、进口放射源的单位销售 I 类、II 类、III 类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议”。

在放射源退役时产生的废旧放射源交由厂家回收或者送至城市放射性废物库。根据现场调查，陕西卫峰核电子有限公司运营至今尚未产生废旧放射源，与现有 V 类放射源供应厂家签订的合同中约定，放射源使用单位自行处置废旧放射源；故该公司拟将现有 V 类放射源退役后送至城市放射性废物库处置。

本项目新增使用 II 类、III 类、IV 类放射源，其退役时产生废旧放射源。评价要求建设单位在新购置放射源时与厂家签订废旧放射源返回协议（尤其是 II 类、III 类放射源）；确实无法交回生产单位的，送交城市放射性废物库。

2. O₃ 和 NO_x

本项目 γ 实验室在进行仪器校准时，在 γ 射线的作用下，空气会电离产生 O₃ 和 NO_x。中子实验室在进行仪器校准时， β 、 γ 、 α 与空气作用产生 O₃ 和 Nox 量。本次拟建的 2 间 γ 实验室屋顶设置有排气扇，通风频率均为 6 次/h，中子实验室的通风频率为 3 次/h。

本项目射线装置在工作状态时，使屏蔽体内的空气产生电离产生少量 O₃ 和 NO_x，本次拟建 X 射线实验室屋顶设置有排气扇，通风频率为 3 次/h。

4 间实验室产生的少量废气通过通风装置直接排到室内，最后从厂房屋顶排。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目建设期间对环境的影响主要是校准实验室及其它辅助房间土建施工所产生的扬尘、噪声、建筑垃圾以及工人生活废水。扬尘主要来源于建筑材料运输、施工过程，运输、施工过程使用篷布对建筑材料进行覆盖可有效降低扬尘。本项目施工现场位于公司厂区车间内，且周围为工业区，无村庄居民点，施工噪声造成的影响不大。本项目工程量小，施工时间短，固体废物和生活污水产生量较小，其中生活污水依托公司现有污水处理设施处理，生活垃圾纳入公司现有生活垃圾收集处理设施处理，建筑垃圾由建设单位施工结束后统一运至建筑垃圾填埋场处置。综上所述，本项目建设阶段对环境产生影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射工作场所屏蔽计算分析

1、 γ 实验室辐射环境影响分析

根据厂家提供资料，单源装置的屏蔽铅块厚度不小于 330mm，多源装置的屏蔽铅块厚度不小于 190mm。 γ 源在出束（校准）状态下，装置放置于 γ 实验室中。 γ 实验室四侧墙体及屋顶均采用混凝土墙作为防护，辐射装置在出束（校准）状态时，启动门机联锁。

在放射源出束状态下，无屏蔽时，距离放射源 R（m）处空气吸收剂量率按 γ 点源估算模式（公式 11-1）进行计算：

$$\dot{H} = \frac{A\Gamma_k}{R^2} \quad (11-1)$$

式中： \dot{H} ——无辐射屏蔽时，在距离源 r 处的剂量率（Gy/h）；

A——放射源的放射性活度（Bq）；

Γ_k ——放射源的空气比释动能常数（Gy·m²/(Bq·s)）；

R——距源的距离（m）。

在放射源出束状态下，有屏蔽时，距离放射源 R（m）处空气吸收剂量率按 γ 点源估算模式（11-2）进行计算：

$$H = \frac{A\Gamma_k\eta r}{R^2} \quad (11-2)$$

式中：H——有辐射屏蔽时，在距离源 r 处的剂量率（Gy/h）；

A——放射源的放射性活度 (Bq);

Γ_k ——放射源的空气比释动能常数 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{Bq}\cdot\text{s})$);

R——距源的距离 (m);

η_r ——铅对 γ 射线的透射比。根据放射防护导论 (方杰) P96 “透射比与减弱倍数互为倒数, 即 $\eta=1/K$ 、 $K=1/\eta$ ”, 利用什值层法计算 γ 射线经过屏蔽体后的减弱倍数

$$K=10^n \quad (11-3)$$

$$n=d/d_{1/10} \quad (11-4)$$

式中: K——屏蔽体的有效减弱倍数;

n——什值层的数目;

d——屏蔽材料的厚度, cm;

$d_{1/10}$ ——屏蔽材料的什值层厚度, cm。

参考 ICRP33 号报告 79 页 Table 4 表可得 ^{60}Co 对铅的 TVL=4cm, 对混凝土的 TVL=20.3cm; ^{137}Cs 对铅的 TVL=2.2cm, 对混凝土的 TVL=16.3cm。

(1) 辐射场屏蔽厚度设计合理性分析

本项目 2 个 γ 实验室所使用的装源装置、放射源和实验室辐射屏蔽厚度均相同, 故本次对 γ 实验室二的屏蔽效果进行计算、分析, γ 实验室一屏蔽效果参考 γ 实验室二计算结果。 ^{241}Am 产生 γ 射线的能量 (0.059MeV) 小于 ^{137}Cs (0.66MeV), 故本次评价认为 ^{241}Am 屏蔽体外剂量率较 ^{137}Cs 小, 不对其进行核算。

本项目 4 台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 3 和图 9 可知, γ 实验室一东墙体为主辐射区, 南、北、西及屋顶均为非主射区; γ 实验室二西墙体为主辐射区, 南、北、西及屋顶均为非主射区。

γ 实验室二的 γ 源校准装置在储源状态下的屏蔽厚度核算见表 11-1。

表 11-1 γ 源校准装置在源状态下的屏蔽厚度核算

装置名称	单源装置	多源装置			
核素名称	^{60}Co	^{137}Cs	^{137}Cs	^{137}Cs	^{60}Co
放射性活度 (Bq)	2.96×10^{13}	2.22×10^{11}	7.4×10^{10}	7.4×10^9	2.22×10^{10}
空气比释动能率常数 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{Bq}\cdot\text{s})$)	8.67×10^{-17}	2.12×10^{-17}			8.67×10^{-17}
源距参考距离 (m)	0.05				
装置表面 50cm 处剂量约束值 (mGy/h)	0.2				

减弱倍数 K	3.2×10^5	1.47×10^3	4.9×10^2	4.9×10^1	3.01×10^2
理论厚度下什值层的数目 n	19	11	9	7	10
理论计算厚度 (mm) —铅	194.76	57.82	49.16	30.88	98.32
设计厚度 (mm) —铅	330	190			
屏蔽厚度符合性	符合	符合	符合	符合	符合

由表 11-1 可见，本项目 γ 源校准装置在储源状态下的设计厚度满足屏蔽要求。

γ 实验室二四周和顶部墙体屏蔽厚度核算见表 11-2。本项目放射源不同时使用，故本次评价仅针对活度最大的单源装置 ^{60}Co (2.96×10^{13}) 在出束状态下的四周墙壁和顶部厚度是否满足要求进行分析。

表 11-2 γ 源校准装置在出束状态下的四周及顶部屏蔽墙体核算

装置名称				单源装置				
核素名称				^{60}Co				
放射性活度 (Bq)				2.96×10^{13}				
空气比释动能率常数 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{Bq} \cdot \text{s})$)				8.67×10^{-17}				
关注点	距离	参考点吸收剂量当量 (mGy/h)	剂量限值 ($\mu\text{Gy/h}$)	B	理论屏蔽厚度 (mm)	设计厚度	符合性	
有用线束	西墙体 0.3m 处	9.104	111	2.5	2.24×10^{-5}	944	1200	符合
	南墙体 0.3m 处	2.358	1.6614		1.505×10^{-3}	573	600	符合
散射辐射	北墙体 0.3m 处	3.842	0.6258		3.995×10^{-3}	487	500	符合
	东墙体 0.3m 处	10.3	0.122		2.053×10^{-2}	345	700	符合
	顶部 0.3m 处	4.3	0.50		5.004×10^{-3}	468	500	符合

由表 11-2 可见，本项目 γ 源校准装置在出束状态下，四周及顶部设计厚度满足屏蔽要求。

(2) 各关注点受照剂量合理性分析

①主射区受照剂量合理性分析

储源状态下校准装置外表面空气比释动能率估算见表 11-3。

表 11-3 储源状态下屏蔽体外空气比释动能率估算

装置名称		单源装置	多源装置			
核素名称		⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co
放射性活度 (Bq)		2.96×10 ¹³	2.22×10 ¹¹	7.4×10 ¹⁰	7.4×10 ⁹	2.22×10 ¹⁰
空气比释动能率常数 (Gy·m ² /(Bq·s))		8.67×10 ⁻¹⁷	2.12×10 ⁻¹⁷			8.67×10 ⁻¹⁷
距放射源 防护 屏蔽 表面 5cm 处	无屏蔽时空气比释动能率 (Gy/h)	640	0.294	0.0981	0.00981	0.12
	透射比	5.62×10 ⁻⁹	2.31×10 ⁻⁹	2.31×10 ⁻⁹	2.31×10 ⁻⁹	1.78×10 ⁻⁵
	有屏蔽时空气比释动能率 (μGy/h)	0.360	6.8×10 ⁻⁴	2.27×10 ⁻⁴	2.27×10 ⁻⁵	2.14
	剂量约束值 (μGy/h)	200	200	200	200	200
	符合标准	符合	符合	符合	符合	符合
距放射源 防护 屏蔽 表面 1m 处	无屏蔽时空气比释动能率 (Gy/h)	50	0.201	0.0672	0.00672	0.0824
	透射比	5.62×10 ⁻⁹	2.31×10 ⁻⁹	2.31×10 ⁻⁹	2.31×10 ⁻⁹	1.78×10 ⁻⁵
	有屏蔽时空气比释动能率 (μGy/h)	0.281	4.65×10 ⁻⁴	1.55×10 ⁻⁴	1.55×10 ⁻⁵	1.47
	剂量约束值 (μGy/h)	20	20	20	20	20
	符合标准	符合	符合	符合	符合	符合

由表 11-3 可见，γ 实验室装置内置的放射源贮存状态下，屏蔽体外 5cm 处的空气比释动能率为 2.27×10⁻⁵~2.14μGy/h，屏蔽体外 1m 处的空气比释动能率为 1.55×10⁻⁵~1.47μGy/h，均符合本次评价参考的《医用 γ 射线远距治疗设备放射卫生防护标准》(GB16351-1996)、《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ161-2004) 的要求。可见本项目拟使用的单源装置和多源装置的安全容器的辐射防护性能良好。

γ 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表 11-4。其中 γ 实验室一长 9.9m，宽 4.5m，γ 实验室二长 10.0m，宽 4.5m，则 2 间实验室尺寸几乎相同，故本次评价选取 γ 实验室二中 γ 源校准装置距离各参考点的吸收剂量率进行计算。

11-4 γ 源校准装置在出束状态下主射束方向吸收剂量率估算

装置名称		单源装置	多源装置	
放射源种类		⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co
放射性活度 (Bq)		2.96×10 ¹³	2.22×10 ¹¹	2.22×10 ¹⁰
空气比释动能率常数 (Gy·m ² /(Bq·s))		8.67×10 ⁻¹⁷	2.12×10 ⁻¹⁷	8.67×10 ⁻¹⁷
源至参考点距离 (m)		9.104	9.104	9.104

西墙体外 30cm 处	无屏蔽时, 参考点吸收剂量率 (mGy/h)	111	0.204	0.084
	设计墙体厚度 (mm)	1200	1200	1200
	透射比	1.23×10^{-6}	4.35×10^{-8}	1.23×10^{-6}
	有屏蔽时, 参考点吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	0.0137	8.88×10^{-6}	1.03×10^{-4}
	剂量约束值 ($\mu\text{Gy/h}$)	2.5	2.5	2.5
备注		符合防护要求	符合防护要求	符合防护要求

由表 11-4 可见, γ 源校准装置在出束状态下, 西墙体外 30cm 处的最大吸收剂量率为 $0.0137\mu\text{Gy/h}$, 符合本次评价参考的《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ161-2004) 的要求。可见本项目拟建 γ 源剂量校准室的主射墙体的辐射防护性能良好。

②非主射范围(南墙体、东墙体、北墙体、屋顶及迷道)屏蔽合理性分析

非主射范围屏蔽厚度主要由辐射装置的漏射辐射、一次散射、二次散射、漏射一次散射决定。由于漏射辐射发生的概率极小, 本次评价不予考虑。根据《 γ 源校准实验室及使用销售密封放射源核技术利用项目初步设计方案》, 由于在本项目屋顶防护设计时与侧墙的辐射防护级别作统一考虑, 均采用一定厚度的混凝土墙作为屏蔽材料, 故本次评价将不再考虑天空散射的影响。

由于 γ 射线散射反照率较小, 因此, 通常以最少散射次数的径迹来估算 γ 射线的多次散射, 并按该散射角初次散射的 γ 光子能量作为整个散射 γ 谱的近似代表, 散射面上的源也看成是均匀的点源。本项目 γ 射线的散射路径见图 11-1。

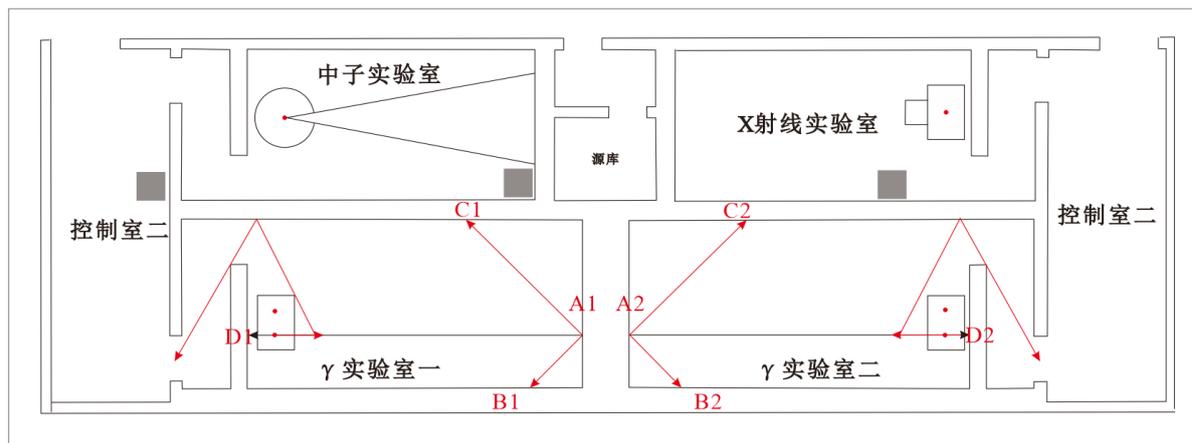


图 11-1 γ 实验室散射路径示意图

对于一次散射射线, 其计算公式(出自《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009) 和《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》) 参见:

$$\dot{D}_s = \frac{D_0 \times \alpha_d \times \cos \theta_0 \times S}{r^2} \quad (11-5)$$

式中： \dot{D}_s ——经一次散射后某测点位置处的反散射剂量率，Sv/h；

S——散射面积， m^2 ；本项目的散射面积为 $2.969m^2$ ；

r——散射点到测点的距离，m；

D_0 ——入射到面积元 S 处的剂量率，Sv/h；

α_d ——微分反照率，见公式 11-4。

$$\alpha_d = \frac{c \times k(\theta_s) \times 10^{26} + c'}{1 + \frac{\cos \theta_0}{\cos \theta}} \quad (11-6)$$

式中： θ_0 ——入射 γ 射线的入射角，本项目为垂直入射，入射角取 0° ；

θ ——散射 γ 射线的反射角，（详见散射路径示意图）；

$K(\theta_s)$ ——公式换算中间量，见公式 11-7；

c、 c' ——与入射 γ 射线能量和散射介质有关的系数，见表 11-5。

表 11-5 混凝土介质的 c 和 c' 值

入射 γ 射线能量 (MeV)	0.06	0.10	0.20	0.15	0.28	0.66	1.25
c, $\times 10^{-2}$	0.93	1.51	2.04	2.39	2.78	4.00	5.94
c' , $\times 10^{-2}$	3.52	4.89	4.09	3.38	2.77	1.71	1.22

注：参考《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009) 附录 A 表 A.2。

$$k(\theta_s) = \frac{r_0^2}{2} p [1 + p^2 - p(1 - \cos^2 \theta_s)] \quad (11-7)$$

式中： r_0 ——经典电子半径，取 $2.818 \times 10^{-13} \text{cm}$ ；

p——公式换算中间量，计算见公式 11-8；

θ_s ——散射方向与入射方向的夹角， $\theta_s = 180^\circ - (\theta_0 + \theta)$ 。

$$p = \frac{E}{E_0} \quad (11-8)$$

式中： E_0 ——入射 γ 射线能量，本项目为 1.25MeV ；

E——一次散射后 γ 射线能量，MeV，计算公式见 11-9；

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos \theta_s)} \quad (11-9)$$

根据公式 11-5 可计算辐射装置在墙体表面处瞬时空气吸收剂量当量率，再由透射比计算各屏蔽墙体外剂量率。计算参数及计算结果见表 11-6。

表 11-6 单源辐射装置非主射区混凝土墙体屏蔽厚度计算参数与计算结果

墙体	南墙体	北墙体	西墙体	屋顶
散射路径	O→A→B	O→A→C	O→A→D	O→A→顶
入射到面积元 S 处的剂量率 (mSv/h)	114	114	114	114
微分反照率	0.019	0.019	0.0265	0.019
散射点到测点的距离 (m)	2.358	3.842	10.3	4.3
墙体测点处反散射剂量率 (无屏蔽) (mSv/h)	1.6614	0.6258	0.122	0.50
设计墙体厚度 (mm)	600	500	400+300	500
透射比 ^①	3.8×10^{-4}	1.7×10^{-3}	7.5×10^{-4}	1.7×10^{-3}
墙体外 30cm 处剂量率 (有屏蔽) ($\mu\text{Sv/h}$)	0.631	1.06	0.091	0.849
剂量约束值 ($\mu\text{Sv/h}$) ^②	2.5	2.5	2.5	2.5
备注	符合要求	符合要求	符合要求	符合要求

注：① 根据《辐射防护导论》中附图 23 保守取值，散射角取 47° ，其中西墙体参照附图 5 保守取值；②参考《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ161-2004) 中关于放射防护的要求

由表 11-6 可见， γ 源校准装置在出束（校准）状态下，非辐射区域屏蔽体外 30cm 处的最大散射剂量率为 $1.06\mu\text{Sv/h}$ ，符合本次评价参考的《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ161-2004) 的要求。可见本项目拟建 γ 源剂量校准室的安全防护墙体的辐射防护性能良好。

③ 迷道屏蔽性能分析

本项目 2 间 γ 实验室入口采用迷路形式，迷路内墙体均为 400mm，外墙体厚度均为 300mm。根据本项目平面布置及散射路径示意图（图 11-1）， γ 实验室一射束直射 1m 处待测辐射仪表后散射至西墙体， γ 实验室二射束直射 1m 处待测辐射仪表后散射至东墙体至少再经迷路 2 次以上散射方能到达门口。根据《放射卫生学》（苏州大学）P88 “表 3.10—X、 γ 射线的发射率— ^{60}Co （ γ 射线）距散射点 1m 处的最大散射率为 1%，r 距离处的散射线剂量服从平方反比定律”。在出束状态下， γ 实验室二迷道口 30cm 处吸收剂量率见表 11-7。

表 11-7 单源辐射装置出束状态下迷道口 30cm 处吸收剂量率估算

装置名称	单源装置
核素名称	^{60}Co
放射性活度 (Bq)	2.96×10^{13}
空气比释动能率常数 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{Bq} \cdot \text{s})$)	8.67×10^{-17}
散射至 1m 处散射率	1%
散射路径长度 (m)	3.525、4.272
第一次散射处剂量率 (mSv/h)	0.6258
迷道口 30cm 处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.3557
备注：假设待校准辐射仪表位于主射束方向 1m 处	

由表 11-7 可见， γ 实验室二单源装置在出束状态下，迷道口 30cm 处的吸收剂量率为 $0.3557\mu\text{SV/h}$ 。

(2) γ 实验室辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目 γ 源校准装置所使用的同位素 ^{60}Co 比 ^{137}Cs 的活度大 2 个数量级，本次评价仅以放射源活度最大的单源装置（内置核素为 ^{60}Co ）来说明在工作状态下对环境及人群健康产生的影响。

① 关注点的选择

如图 11-2 所示，在 2 间 γ 实验室外选择了 10 个点作为辐射剂量计算的关注点。这 10 个点中，2、3、5、6、9 号点属于本项目 γ 实验室、中子实验室、放射源源库和 X 射线实验室工作人员可能停留位置；1、7 号点为 2 间 γ 实验室控制台位置，本项目 γ 源实验室工作人员停留的地方；4、8 号点属于公司机械区域人员，10 号点为校准实验室二楼公众可能停留的地方。

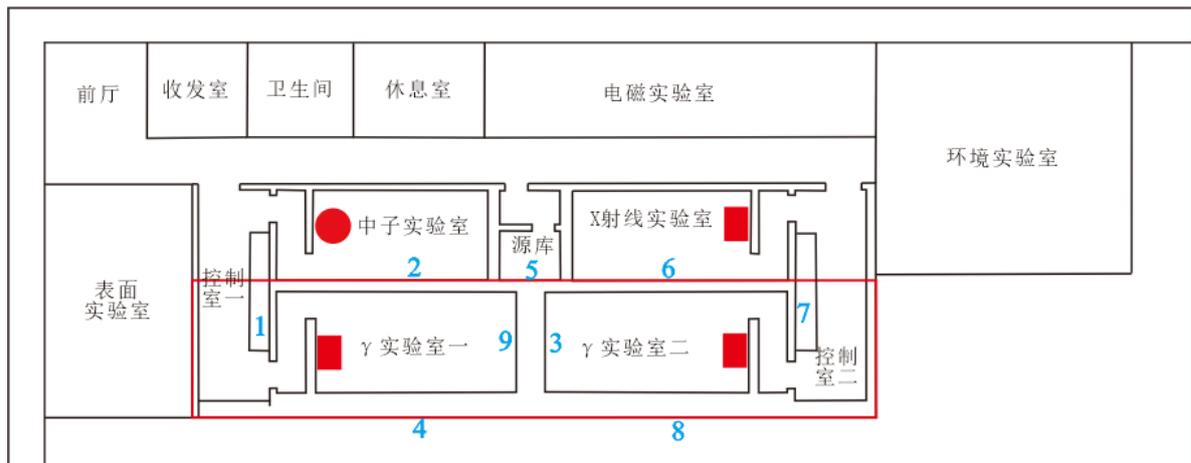


图 11-2 评价关注点位示意图

② γ 实验室关注点剂量计算

对关注点的剂量率进行理论估算。探测器校准时，射线正对关注点 3 和 9 方向照射，即关注点 3、9 为直射辐射，关注点 1、2、4、5、6、7、8、10 均为散射辐射、折射辐射影响。 γ 源校准装置在出束状态下， γ 剂量校准室周边起屏蔽作用的为各方向的混凝土墙体，密度大于 2.3g/cm^3 的混凝土。

关注点的剂量率按公式 11-10 计算：

$$H = \frac{A\Gamma_k\eta r}{R^2} \quad (11-10)$$

式中：H——有辐射屏蔽时，在距离源 r 处的剂量率（C/(kg·s)）；

A——放射源的放射性活度 (Bq);

Γ_k ——放射源的空气比释动能常数 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{Bq}\cdot\text{s})$);

R——关注点距源的距离 (m);

η_r ——混凝土对 ^{60}Co 宽束 γ 射线的透射比。

年有效剂量=剂量率 \times 年工作时间 \times 居留因子。

根据《 γ 源校准实验室及使用销售密封放射源核技术利用项目初步设计方案》，实验室的年工作时间为 250d，源在校准状态的时间为 4h/d，其它时间源都处于贮存状态；实验室内校准装置不同时使用，在屏蔽计算中只考虑一个最大活度的放射源处于校准状态。各关注点年附加剂量估算见表 11-8。

表 11-8 γ 实验室各关注点年附加剂量估算表

关注点	无屏蔽时关注点剂量率 (mGy/h)	透射比	居留因子	工作时间 h/a	有屏蔽时各关注点处年附加有效剂量 mSv/a	GB18871-2002 剂量约束值 (mSv/a)	符合标准
关注点 1	0.12	7.50×10^{-4}	1	1000h	0.091	5.0	符合
关注点 2	0.63	1.70×10^{-3}	1/4	1000h	0.266	5.0	符合
关注点 3	114.03	3.50×10^{-6}	1/4	1000h	0.010	5.0	符合
关注点 4	1.21	3.80×10^{-4}	1/4	1000h	0.115	0.25	符合
关注点 5	0.51	1.70×10^{-3}	1/4	1000h	0.128	5.0	符合
关注点 6	0.51	1.70×10^{-3}	1/4	1000h	0.128	5.0	符合
关注点 7	0.30	7.50×10^{-4}	1	1000h	0.091	5.0	符合
关注点 8	1.66	3.80×10^{-4}	1/4	1000h	0.158	0.25	符合
关注点 9	111.47	3.50×10^{-6}	1/4	1000h	0.098	5.0	符合
关注点 10	0.23	1.70×10^{-3}	1/4	1000h	0.096	0.25	符合
迷道口	3.557×10^{-4}	/	1/4	1000h	0.00889	0.25	符合

注：关注点 1、3、7、9 透射比依据《辐射防护导论》中附图 5 取值，关注点 2、4、5、6、8、10 依据其中的附图 23 取值。

② γ 实验室辐射工作人员年附加有效剂量

根据表 11-7 估算结果可以看出， γ 实验室周边职业工作人员年受照射剂量最大为 0.266 mSv/a，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（职业人员 20mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（职业人员 5.0mSv）。

③ γ 实验室周围公众年有效剂量

公众人员因该项目可能导致累积年受照射剂量最大为 0.158 mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员 0.25mSv）。

2、中子实验室辐射环境影响分析

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”。

(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, $^{241}\text{Am-Be}$ 源伴随 γ 辐射“低”,故不考虑 $^{241}\text{Am-Be}$ 源的 γ 射线防护。 ^{252}Cf 的 γ 射线能量是0.8MeV,由“表 5.2 ^{252}Cf 自发裂变中子源的物理特性”可知 γ 发射率为 $1.3 \times 10^7 \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{g}^{-1}$,且 γ 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 从慧玲)“1.2.4 1居里放射性核素的质量”中公式如下:

$$m=3.19 \times 10^{-10} TQ \quad (11-11)$$

$$1 \text{ 居里 (Ci)} = 3.7 \times 10^{10} \text{Bq} \quad (11-12)$$

式中: m ——1居里放射性核素的质量(g);

T ——半衰期(h), ^{252}Cf 的半衰期为23200h;

Q ——质量数, ^{252}Cf 的质量数为252。

由以上公式所得,本项目 ^{252}Cf 的质量为13.8 μg ,故本次 ^{252}Cf 中子源产生的 γ 射线在空气中距离中子源1m处的剂量率为 $19.32 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

(2) 中子剂量核算

贮存状态设备表面剂量率水平按公式计算:

$$\dot{H} = (1.3 \times 10^{-7} \cdot S \cdot f) / 4\pi R^2 \quad (11-13)$$

式中: \dot{H} ——剂量当量率(mSv/h);

1.3×10^{-7} ——中子注量率-剂量当量率转换因子;

S ——源的中子发射率(中子/s),根据《辐射防护导论》中可查得相应核素中子产额。

本项目 $^{241}\text{Am-Be}$ 源活度为 $5.92 \times 10^{11} \text{Bq}$,查表得 $^{241}\text{Am-Be}$ 源中子产额为 $54.1 \times 10^6 (\text{s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1})$,故 $^{241}\text{Am-Be}$ 源的中子发射率为 $S=5.92 \times 10^{11} \times 54.1 \times 10^{-6} = 3.2 \times 10^7 (\text{s}^{-1})$;本项目 ^{252}Cf 源活度为 $2.74 \times 10^8 \text{Bq}$,查表得 ^{252}Cf 源中子产额为 $2.32 \times 10^6 (\text{s}^{-1} \cdot \mu\text{g}^{-1})$,经计算活度为 $2.74 \times 10^8 \text{Bq}$ 的 ^{252}Cf 源的质量为 $1.38 \times 10^{-5} \text{g}$,则中子发射率为 $S=1.38 \times 10^5 \times 2.32 \times 10^6 \times 10^6 = 3.2 \times 10^7 (\text{s}^{-1})$ 。因此, $^{241}\text{Am-Be}$ 源和 ^{252}Cf 源的中子发射率相同, $^{241}\text{Am-}$

Be 源的中子平均能量为 4.5MeV,比 ^{252}Cf 源的大,故本次评价以 $5.92 \times 10^{11}\text{Bq}$ 的 $^{241}\text{Am-Be}$ 源作输入源项;

R——离源的距离 (m);

f——在屏蔽材料中的中子减弱因子。本项目中子源校准装置材料为含硼聚乙烯,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 8.3×10^{22} 原子/ cm^2 ,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。本项目屏蔽材料中的中子减弱因子计算公式如下:

$$f_{\text{含硼聚乙烯}} = 0.829e^{-0.129 \times 8.3E+22 \times t} + 0.108 e^{-0.091 \times 8.3E+22 \times t}$$

$$f_{\text{混凝土}} = e^{-0.083t}$$

其中 t 为屏蔽材料厚度,单位 cm。

(1) 辐射场屏蔽厚度设计合理性分析

中子源校准装置在储源状态下的屏蔽厚度核算见表 11-9。

表 11-9 中子源校准装置储源状态下屏蔽厚度核算

核素名称	$^{241}\text{Am-Be}$
放射性活度 (Bq)	5.92×10^{11}
中子发射率 (n/s)	3.20×10^7
距装置表面距离 (m)	0.05
剂量约束值 (mSv/h)	0.25
理论计算厚度 (mm)	198.5
设计厚度 (mm)	550
符合性	满足
距装置表面距离 (m)	1
剂量约束值 (mSv/h)	0.025
理论计算厚度 (m)	176.1
设计厚度 (mm)	550
符合性	满足

由表 11-9 可见,本项目中子源校准装置的设计厚度满足屏蔽要求。

(2) 各关注点受照剂量合理性分析

本项目中子源实验室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,中子源实验室东墙体为主辐射区,南、北、西及屋顶均为非主辐射区。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 11-10 储源状态下屏蔽体外空气比释动能率估算

核素种类	²⁴¹ Am-Be		²⁵² Cf
放射性活度 (Bq)	2.0498×10^9	5.92×10^{11}	1.85×10^{10}
中子发射率 (n/s)	1.11×10^5	3.2×10^7	3.2×10^7
屏蔽厚度	550mm 含硼聚乙烯		
距源距离 (m)	0.60 (屏蔽体外 5cm)		
减弱因子	1.26×10^{-4}		
剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	4.03×10^{-4}	0.116	0.116
总剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.232		
距源距离 (m)	1.55 (屏蔽体外 100cm)		
剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	6.04×10^{-5}	1.74×10^{-2}	1.74×10^{-2}
总中子剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.0348		
距源 1m 处俘获 γ 剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	19.32		
装置表面 1m 处总剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	19.3548		

由表 11-10 可见, 中子源校准实验室装置内置的放射源贮存状态下, 屏蔽体外 5cm 处的中子剂量当量率为 $0.232\mu\text{Sv/h}$, 屏蔽体外 1m 处的中子剂量当量率为 $0.0348\mu\text{Sv/h}$, 屏蔽体外 100cm 处的总剂量当量率为 $19.3548\mu\text{Sv/h}$, 满足《含密封源仪表的放射卫生防护要求》(GBZ125-2009) 中距源 5cm 处的周围剂量当量率约束值小于 $250\mu\text{Sv/h}$, 1m 处的周围剂量当量率约束值小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 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表 11-11。本项目中子源距四周墙体距离以及散射路径见图 11-3。

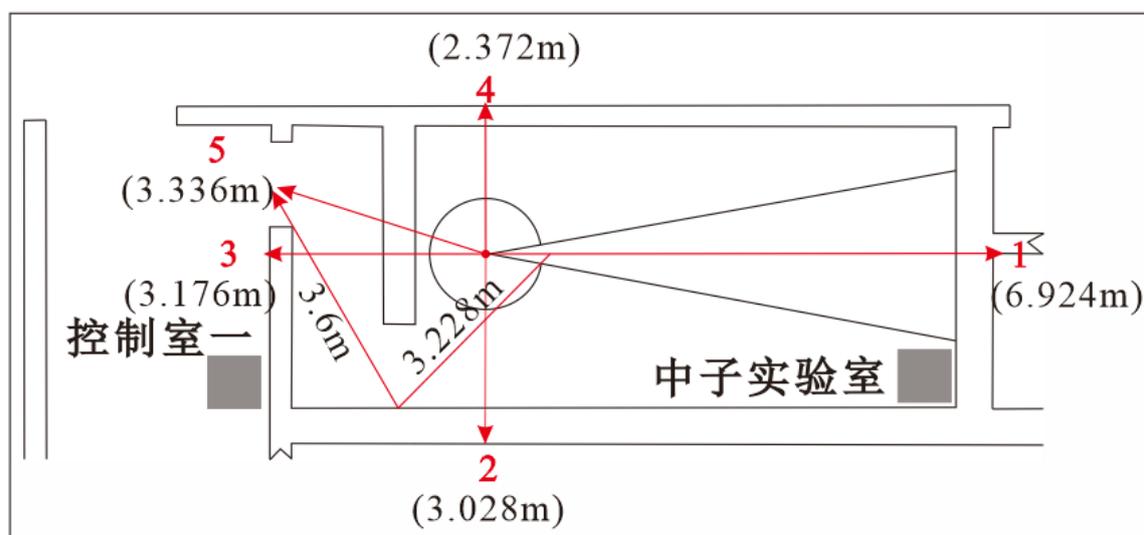


图 11-3 本项目中子源校准装置距各关注点距离平面图

表 11-11 运行状态各区域参考点吸收剂量率估算

序号	核素种类		²⁴¹ Am-Be	
	放射性活度 (Bq)		5.92×10^{11}	
	中子发射率 (n/s)		3.2×10^7	
1	东墙外 30cm (主射束)	屏蔽厚度	500mm 混凝土	
		距源距离	6.924m	
		剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.109	
2	南墙外 30cm	屏蔽厚度	550mm 含硼聚乙烯+500mm 混凝土	
		距源距离	3.028m	
		剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	7.2×10^{-5}	
3	西墙外 30cm (控制台)	屏蔽厚度	550mm 含硼聚乙烯+600mm 混凝土	
		距源距离	3.176m	
		剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.85×10^{-5}	
4	北墙外 30cm	屏蔽厚度	550mm 含硼聚乙烯+300mm 混凝土	
		距源距离	2.372m	
		剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	6.17×10^{-4}	
5	防护门 30cm	泄露	屏蔽厚度	550mm 含硼聚乙烯+300mm 混凝土
			距源距离	3.336m
			剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	3.12×10^{-4}
		散射	屏蔽厚度	550mm 含硼聚乙烯
			距源距离	7.128m
			剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	8.24×10^{-4}
6	顶部外 30cm	屏蔽厚度	550mm 含硼聚乙烯+500mm 混凝土	
		距源距离	6.4m	
		剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.61×10^{-5}	

由表 11-11 可见，中子源校准装置在出束（校准）状态下，东墙体外 30cm 处的最大吸收剂量率为 $0.109\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 中子实验室辐射工作人员和公众剂量估算及评价

①关注点的选择

如图 11-3 所示，在中子实验室外选择了 5 个点作为辐射剂量计算的关注点。这 5 个点中，1、2 号点属于本项目 γ 实验室和源库工作人员可能停留位置；3 号点为中子实验室控制台位置，本项目中子实验室工作人员停留的地方；4 号点属于公司流动人员，6 号点为校准实验室二楼公众可能停留的地方。

根据建设单位提供的资料，中子实验室的年工作时间为 250d，源在校准状态的时间为 4h/d，其它时间源都处于贮存状态；实验室内辐射装置不同时使用，在屏蔽计算中只考虑一个最大活度的放射源处于校准状态。各关注点年附加剂量估算见表 11-12。

表 11-12 中子实验室各关注点年附加剂量估算

关注点	无屏蔽时关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	工作时间 h/a	有屏蔽时各墙体处剂量率 mSv/a	GB18871-2002 剂量约束值 (mSv/a)	符合标准
关注点 1	0.109	1/16	1000h	6.81×10^{-3}	5.0	符合
关注点 2	7.2×10^{-5}	1/16	1000h	4.5×10^{-6}	5.0	符合
关注点 3	2.85×10^{-5}	1	1000h	2.85×10^{-5}	5.0	符合
关注点 4	6.17×10^{-4}	1/8	1000h	7.71×10^{-5}	0.25	符合
关注点 5	1.136×10^{-3}	1/4	1000 h			
关注点 6	1.61×10^{-5}	1	1000h	1.61×10^{-5}	0.25	符合

② 中子实验室辐射工作人员年附加有效剂量

根据表 11-12 估算结果可以看出，中子实验室周边职业工作人员年受照射剂量最大为 $6.81 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（职业人员 20mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（职业人员 5.0mSv）。

③ 中子实验室周围公众年有效剂量

公众人员因该项目可能导致累积年受照射剂量最大为 $7.71 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员 0.25mSv）。

3、X 射线实验室辐射环境影响分析

计算模式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），该标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室防护性能计算。本项目 X 射线实验室相当于探伤室，因此主要对实验室的屏蔽性能及周边关注点进行预测。

(1) 剂量率参考控制水平

① 确定 X 射线实验室各方向外关注点的导出剂量率参考控制水平

相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 11-12 计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-12)$$

式中： H_c ——周剂量参考控制水平，单位为 $\mu\text{Sv/周}$ ，职业工作人员 $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ，公众 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ ；

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子，取 $U=1$ ；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为 h/周。

t 按公式 11-13 计算：

$$t=W/(60 \cdot I) \quad (11-13)$$

式中：W——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“mA·min”值），mA·min/周；

60——小时与分钟的换算系数；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。本项目取 13.125mA。

② 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ：

$$\dot{H}_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h} \quad (11-14)$$

③ 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

\dot{H}_c 为上述①中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和②中的 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

(2) 有用线束的屏蔽

有用线束所致剂量率按公式 11-15 计算：

$$\dot{H}=I \cdot H_0 B/R^2 \quad (11-15)$$

$$B=10^{-X/TVL} \quad (11-16)$$

式中：I——X 射线装置在最高管电压下的最大管电流 mA；

H_0 ——距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，根据设计单位提供的资料，本项目 X 射线机的输出量约为 $21\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，经转换后为 $1.344 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B——屏蔽透射因子，X 为屏蔽体厚度；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；

TVL——屏蔽物质的什值层厚度，mm。

(4) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽

① 泄漏辐射屏蔽

漏射线所致剂量率可由公式 11-17 估算得到。

$$\dot{H}=H_L \cdot B/R^2 \quad (11-17)$$

式中： \dot{H} ——关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_L ——距离辐射源点（靶点）1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中 X 射线探伤机

的泄露辐射剂量率见表 11-13。本项目 X 射线机距离辐射源点 1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率为 5000 μ Sv/h；

表 11-13 X 射线探伤机的泄露辐射剂量率

X 射线管电压 (kV)	距靶点 1m 处的泄露辐射剂量率 H_L (μ Sv/h)
<150	1×10^3
$150 \leq kV \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

B——屏蔽透射因子；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

③ 散射辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

散射线所致关注点的剂量率可由公式 11-18 计算。关注点的散射辐射剂量 \dot{H} ：

$$\dot{H} = I \cdot H_0 \cdot B / R_s^2 \cdot (F \cdot a / R_0^2) \quad (11-18)$$

式中： \dot{H} ——关注点的剂量率， μ Sv/h；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 ——距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， μ Sv \cdot m²/(mA \cdot h)，以 mSv \cdot m²/(mA \cdot min) 为单位的值乘以 6×10^4 ；

B——屏蔽透射因子；

F—— R_0 处的辐射野面积，m²，根据建设单位提供资料，1m 处的辐射野面积为 0.0628 m²（直径为 20cm 圆）；

a——散射因子，入射辐射被单位面积散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.3，本项目 a 值取 1.9×10^{-3} ；

R_s ——散射体至关注点的距离，m；

R_0 ——辐射源点至探伤工件的距离，m。

X 射线射束直射 1m 处待测辐射仪表后散射至东墙体至少再经迷路 2 次以上散射方能到达门口。根据《放射卫生学》（苏州大学）P88 “表 3.10—X、 γ 射线的发射率—工业用 X 射线机距散射点 1m 处的最大散射率为 3.6%，r 距离处的散射线剂量服从平方反比定律”。

⑤ 泄露辐射和散射辐射的复合作用

分别估算泄露辐射和散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度或更大时，采用其中较厚的屏蔽；当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值

层厚度 (HVL)。

⑥ 年有效剂量可按下式计算：

$$P_{\text{年}}=H \cdot U \cdot T \cdot t \quad (11-19)$$

式中： $P_{\text{年}}$ ——一年有效剂量，mSv/a；

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t ——一年工作时间，h。

(5) X 射线实验室屏蔽厚度设计合理性分析

根据建设单位提供资料，X 射线机工作时间为每周 10h，MGi320 型 X 射线探伤机为定向向西曝光，根据建设单位提供的资料，探伤机工作位置固定。本项目 X 射线探伤机距各关注点距离见图 11-4。

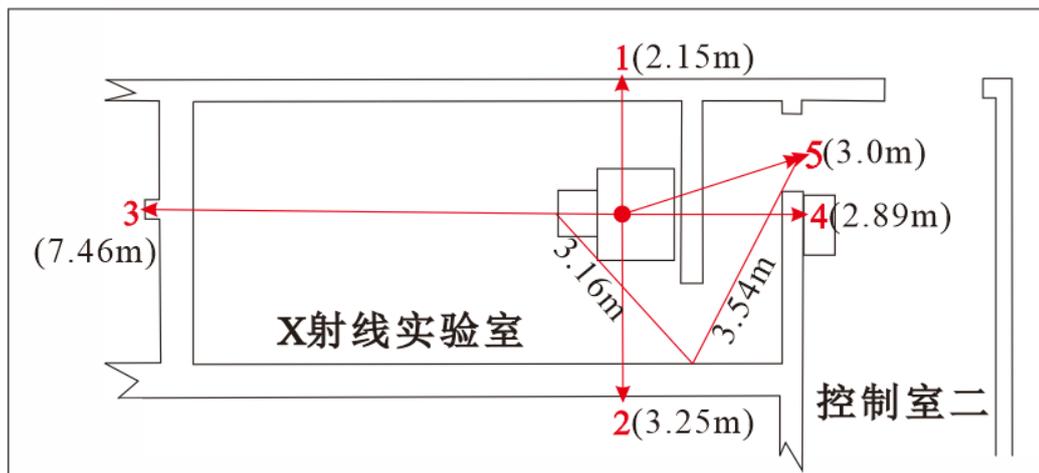


图 11-4 本项目 X 射线机距各关注点距离平面图

X 射线实验室各点位剂量参考控制水平见表 11-14。

表 11-14 X 射线实验室各关注点剂量参考控制水平

序号	点位	T	U	R (m)	剂量率参考控制 ($\mu\text{Sv/h}$)	需屏蔽的辐射源
1	北墙外 0.3m	1/8	1	2.15	1.86	泄露辐射、散射辐射
2	南墙外 0.3m	1/16	1	3.25	2.46	泄露辐射、散射辐射
3	西墙外 0.3m	1/16	1	7.46	1.07	有用线束
4	东墙外 0.3m	1	1	2.89	2.5	泄露辐射、散射辐射
5	防护门外 0.3m	1/4	1	3.0	2.5	泄露辐射
		1/4	1	3.16、3.54		散射辐射
6	顶部外 0.3m	1	1	6.4	0.08	泄露辐射、散射辐射

表 11-15 X 射线实验室屏蔽体核算相关参数

参数	数值		
电压 (kV)	320		
电流 (mA)	13.125		
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	1344000		
90° 散射辐射最高能量相应的电压 (kV)	250		
$R_0^2/F\cdot a$	8381		
泄露辐射剂量率 HL ($\mu\text{Sv/h}$)	5000		
什值层 (TVL) 和半值层 (HVL)	混凝土		
	电压等级 kV	TVL (mm)	HVL (mm)
	250	90	28
	300	100	30
	400	100	30
	铅		
	电压等级 kV	TVL (mm)	HVL (mm)
	250	2.9	0.86
	300	5.7	1.7
	400	8.2	2.5

表 11-16 X 射线实验室屏蔽厚度理论估算结果

屏蔽面		屏蔽透射因子 B	估算防护厚度 (mm)		设计防护厚度 (mm)	符合性
北墙外 0.3m	泄露	1.72×10^{-3}	276.45	276.45	300	符合
	散射	4.13×10^{-3}	214.98			
南墙外 0.3m	泄露	5.20×10^{-3}	228.40	228.40	500	符合
	散射	1.25×10^{-2}	171.74			
西墙外 0.3m	有用线束	3.55×10^{-6}	545.34		550	符合
顶部外 0.3m	泄露	6.4×10^{-4}	319.38	319.38	500	符合
	散射	1.53×10^{-3}	253.62			
迷道外墙外 0.3m	泄露	4.17×10^{-3}	237.92	237.92	600	符合
	散射	1.0×10^{-2}	180.31			

根据表 11-16 的理论预测结果可知, X 射线机在最大功率运行时, 实验室四周屏蔽体及迷道防护门表面 30cm 处的设计厚度满足屏蔽要求。

(2) 各关注点屏蔽剂量合理性分析

实验室四周及顶部外 30cm 处剂量当量率估算见表 11-17。

表 11-17 射线装置所致屏蔽墙外剂量率

点位	屏蔽设计厚度 (mm)	R(m)	泄露辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价结果
北墙外 0.3m	300	2.15	1.08	0.211	1.291	满足
南墙外 0.3m	500	3.25	4.73×10^{-3}	5.54×10^{-4}	0.005	满足

西墙外 0.3m	550	7.46	/	/	1.002	满足
顶部外 0.3m	500	6.4	0.001	1.43×10^{-4}	0.001	满足
迷道防护门外 0.3m	300+1.2mm 铅门	3.0	5.56×10^{-4}	/	1.44	满足
		3.16、 3.54	/	1.44		
东墙外 0.3m	600	2.89	5.99×10^{-4}	5.43×10^{-5}	6.53×10^{-4}	满足

根据表 11-17 的理论预测结果可知，X 射线机在最大功率运行时，实验室四周屏蔽体及迷道防护门表面 30cm 处的辐射剂量率为 $6.53 \times 10^{-4} \sim 1.44 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(3) X 射线实验室辐射工作人员和公众剂量估算及评价

① 关注点的选择

如图 11-4 所示，在 X 射线实验室外选择了 5 个点作为辐射剂量计算的关注点。这 5 个点中，2、3 号点属于本项目 γ 实验室和源库工作人员可能停留位置；4 号点为 X 射线实验室控制台位置，本项目 X 射线实验室工作人员停留的地方；1 号点属于公司流动人员，6 号点为 X 射线实验室二楼公众可能停留的地方。

根据建设单位提供的资料，X 射线实验室的年工作时间为 250d，运行时间为 2h/d，其它时间源都处于贮存状态。各关注点年附加剂量估算见表 11-18。

表 11-18 X 射线实验室各关注点年附加剂量估算表

关注点	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	工作时间 h/a	总剂量率 mSv/a	GB18871-2002 剂量约束值 (mSv/a)	符合标准
关注点 1	1.291	1/8	500h	0.081	0.25	符合
关注点 2	0.005	1/16	500h	0.0002	5.0	符合
关注点 3	1.002	1/16	500h	0.031	5.0	符合
关注点 4	6.53×10^{-4}	1	500h	0.0003	5.0	符合
关注点 5	1.44	1/4	500h	0.180	5.0	符合
关注点 6	0.001	1	500h	0.0007	0.25	符合

② X 射线实验室辐射工作人员年附加有效剂量

根据表 11-18 估算结果可以看出，本项目周边职业工作人员年受照射剂量最大为 0.180mSv/a ，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（职业人员 20mSv ）及本次评价所取的年剂量约束值（职业人员 5.0mSv ）。

③ X 射线实验室公众年有效剂量

公众人员因该项目可能导致累积年受照射剂量最大为 0.081mSv/a ，满足《电离辐

射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员 0.25mSv）。

4、放射源源库辐射环境影响分析

本项目拟建 1 间放射源源库，用于后续放射源的存放。放射源计划放入贮源桶内，贮源桶位于保险柜内，并且使其满足《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）中密封 γ 源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.05mGy/h 的要求。由于源库内存源保险柜及贮源桶外表面的周围剂量当量率较小，经过源库四周墙壁的屏蔽防护，对周围公众产生的辐射影响较低，故不考虑源库放射源对周围人员的辐射影响。

5、辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目辐射工作人员和公众剂量应包括 2 间 γ 实验室、中子实验室和 X 射线实验室的的累积剂量。

(1) 辐射工作人员年附加有效剂量

本项目辐射工作人员年附加有效剂量估算见表 11-19。

表 11-19 辐射工作人员年附加有效剂量估算

关注点		关注点剂量率 (mGy/a)	总剂量率 mSv/a	GB18871-2002 剂量 约束值 (mSv/a)	符合 标准			
控制室一 操作位	γ 实验室一	0.091	0.091	5.0	符合			
	中子实验室	2.85×10^{-5}						
控制室二 操作位	γ 实验室二	0.091	0.0913		5.0	符合		
	X 射线实验室	0.0003						
防护门	γ 实验室一	0.00889	0.198			5.0		
	γ 实验室二	0.00889						
	中子实验室	0.000284						
	X 射线实验室	0.180						
源库	γ 实验室一	0.128	0.294				5.0	符合
	中子实验室	6.81×10^{-3}						
	γ 实验室二	0.128						
	X 射线实验室	0.031						

根据表 11-19 估算结果可以看出，本项目 4 间实验室对周围职业人员年受照剂量最大为 0.294mSv，本项目工作人员在现有辐射工作人员中调配，根据陕西秦州核与辐射安全技术有限公司出具的职业性外照射个人剂量监测报告，2020 年 3 月至 2021 年 3 月期间，陕西卫峰核电子有限公司放射工作人员个人剂量当量为 0.08~0.23mSv，故本项目职业人员累积年受照剂量最大为 0.524mSv，可以满足《电离辐射防护与辐射源

安全基本标准》的年剂量约束限值要求（职业人员 20mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（职业人员 5.0mSv）。

(2) 公众年有效剂量

本项目周边公众人员年附加有效剂量估算见表 11-20。

表 11-20 公众人员年附加有效剂量估算

关注点		关注点剂量率 (mGy /a)	总剂量率 mSv /a	GB18871-2002 剂量 约束值 (mSv/a)	符合 标准
北侧公司 走廊	中子实验室	7.71×10^{-5}	0.081	0.25	符合
	X 射线实验室	0.081			
南侧机械 区域	γ 实验室一	0.115	0.23		符合
	γ 实验室二	0.115			
楼上公众 区域	γ 实验室一	0.096	0.1927		符合
	γ 实验室二	0.096			
	中子实验室	1.61×10^{-5}			
	X 射线实验室	0.0007			

根据表 11-20 估算结果可以看出，本项目 4 间实验室对周围职业人员年受照剂量最大为 0.23mSv，可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员 0.25mSv）。

可见本项目建成运行后对工作人员及公众的影响较小。

6、固体废物环境影响分析

本项目产生的退役放射源直接交由放射源生产厂家进行回收或交由陕西省城市放射性废物库进行回收，不外排，对周围环境不产生影响。

在放射源退役时产生的废旧放射源交由厂家回收或者送至城市放射性废物库。根据现场调查，陕西卫峰核电子有限公司运营至今尚未产生废旧放射源，与现有 V 类放射源供应厂家签订的合同中约定，放射源使用单位自行处置废旧放射源；故该公司拟将现有 V 类放射源退役后送至城市放射性废物库处置。

本项目新增使用 II 类、III 类、IV 类放射源，其退役时产生废旧放射源。评价要求建设单位在新购置放射源时与厂家签订废旧放射源返回协议（尤其是 II 类、III 类放射源）；确实无法交回生产单位的，送交城市放射性废物库。

7、大气环境影响分析

(1) γ 实验室

γ 实验室在进行仪器校准时，在 γ 射线的作用下，空气会电离产生 O₃ 和 NO_x。

①O₃

O₃产生率及室内平均浓度计算公式如下：

$$^{60}\text{Co} \quad Q_0 = 1.70 \times 10^{-2} \cdot AGV^{\frac{1}{3}} \quad (11-19)$$

$$^{137}\text{Cs} \quad Q_0 = 4.27 \times 10^{-3} \cdot AGV^{\frac{1}{3}} \quad (11-20)$$

$$Q_t = \frac{Q_0 \bar{T} \cdot (1 - e^{-t_d/\bar{T}})}{V} \quad (11-21)$$

$$\bar{T} = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-22)$$

式中： Q_t ——室内 O₃ 浓度，mg/m³；

Q_0 ——O₃ 的辐射化学产额，mg/h；

A——放射性活度，TBq；

G——气吸收 100eV 的 γ 射线能量产生的 O₃，取 6；

V——室内体积，m³；

\bar{T} ——有效清除时间；

t_v ——每次换气时间，h；

t_d ——O₃ 分解时间，h，取 0.83h；

V——室内体积，m³。

剂量校准过程中，NO_x 的产额约为 O₃ 的一半。由公式 11-19~11-22 可知， γ 源剂量校准室 O₃、NO_x 产生情况，详见表 11-21。

表 11-21 γ 源实验室 O₃ 产生情况一览表

序号	技术指标	设备规格						
		单源装置	多源装置					
1	核素名称	⁶⁰ Co	⁶⁰ Co	²⁴¹ Am	¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs	
2	放射性活度 (Bq)	2.96×10 ¹³	1.11×10 ¹⁰	7.4×10 ¹⁰	2.22×10 ¹¹	2.22×10 ¹⁰	3.7×10 ⁹	
3	γ 实验室体积 (m ³)	294.03						
4	每次换气时间	18min						
5	O ₃	产生率 (mg/h)	0.6354	0.0458	0.0217	0.0312	0.0145	0.0080
		连续排风室内浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3011	0.0217	0.0103	0.0148	0.0069	0.0038
6	NO _x	产生率 (mg/h)	0.3177	0.0229	0.0108	0.0156	0.0073	0.0040
		连续排风室内浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1510	0.0109	0.0051	0.0074	0.0034	0.0019

由工程分析表 11-21 可知， γ 源校准装置在运行过程中产生 O₃、NO_x 的量较小，

经自然分解及 γ 剂量校准室内的通风系统排入大气后，辐射场内 O_3 、 NO_x 的最高浓度仅为 $0.3011\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.1510\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，远小于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的二级标准限值（ O_3 ： $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ； NO_x ： $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。即 γ 源校准装置运行过程中产生的废气对大气环境造成的影响较小。

(2) 中子实验室

本项目中子源校准时，空气在射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生 O_3 、 NO_x 等有害气体，其中以 O_3 为主。中子实验室放射源辐射水平较低，与空气作用产生的量十分有限，实验室设置机械通风系统，换气次数为 9 次/小时，排入空气中后很快得到分解，对工作人员及周围环境造成的影响可忽略。

(3) X 射线实验室

本项目 X 射线机作业时，空气在射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生 O_3 、 NO_x 等有害气体，其中以 O_3 为主。X 射线机运行最大管电压为 320KV，辐射水平较低，与空气作用产生的量十分有限，根据《X 射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》（郝海鹰、刘容、王玉海编著）及《X 射线工作场所空气中臭氧氮氧化物浓度调查》（张大薇编著）资料显示，屏蔽体射线装置工作场所 O_3 浓度范围为 $0.026\sim 0.090\text{mg}/\text{m}^3$ 、 NO_x 浓度范围为 $0.019\sim 0.061\text{mg}/\text{m}^3$ 。远小于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的二级标准限值（ O_3 ： $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ； NO_x ： $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。

实验室设置机械通风系统，换气次数为 9 次/小时，排入空气中后很快得到分解，对工作人员及周围环境造成的影响可忽略。

事故影响分析

1、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-22。

表 11-22 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射源同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡
重大辐射事故	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
较大辐射事故	III 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 9 人以上（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV 类、V 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人员受到超过年剂量限值的照射

本项目包括 II 类、III 类、IV 类放射源和 II 类射线装置，可能发生放射源丢失、被盗、失控、射线装置失控等事故导致人体受到超过剂量限值的照射或急性重度放射病、局部器官残废，属于重大辐射事故、较大辐射事故、一般辐射事故。

2、辐射事故识别

(1) 放射源

①实验室安全联锁装置或者报警系统发生故障状态下，人员误实验室内，造成职业人员误照射；

②实验室在出束工作时因门-机联锁装置失灵导致防护门未能完全关闭，致使中子和 γ 射线泄露到防护门外，给周围工作人员造成不必要的照射；

③工作人员未撤离实验室，外面人员启动设备，造成职业人员误照射。

④放射源丢失、被盗等情况下会给周围人员造成照射；

⑤校准装置旋转门未关闭，工作人员误入实验室受到照射。

⑥校准装置在调试、检修时发生误照射。设备在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射；

⑦校准装置故障或外力作用，放射源安全容器破损，造成裸源事故。

⑧操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

(2)射线装置

①X 照射装置在出束工作时因门-机联锁装置失灵导致防护门未能完全关闭，致使 X 射线泄露到防护门外，给周围工作人员造成不必要的照射；

②设备在调试、检修时发生误照射。设备在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射；

③操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

④如果设备发生丢失，也可能导致潜在照射事故。

3、辐射事故影响分析

(1) 放射源

陕西卫峰核电子有限公司制定了《放射源、实验室安全管理规定》，制定专人负责实验室及设备的管理。同时实验室安装防盗门，仅有指定人员可进入实验室内，故放射源基本不存在丢失以及被盗事故。

①最大可信事故

本项目最大可信事故为：人员误入实验室内，放射源处于校准状态，造成人员误照射。

②事故假设

a.事故状态下，工作人员位于实验室内，且放射源处于校准状态；

b.假设事故持续时间为 10min（校准 1 台探测器时间）；

c.误照射发生后，人员立即撤入迷道内。

③事故后果计算与评价

本次评价以活度最大的 1 枚 II 类放射源 ^{60}Co 发生职业人员误照射事故考虑，根据公式 11-3，事故状态下有效剂量率计算结果见表 11-23。该事故状态人员滞留位置见图 11-5。

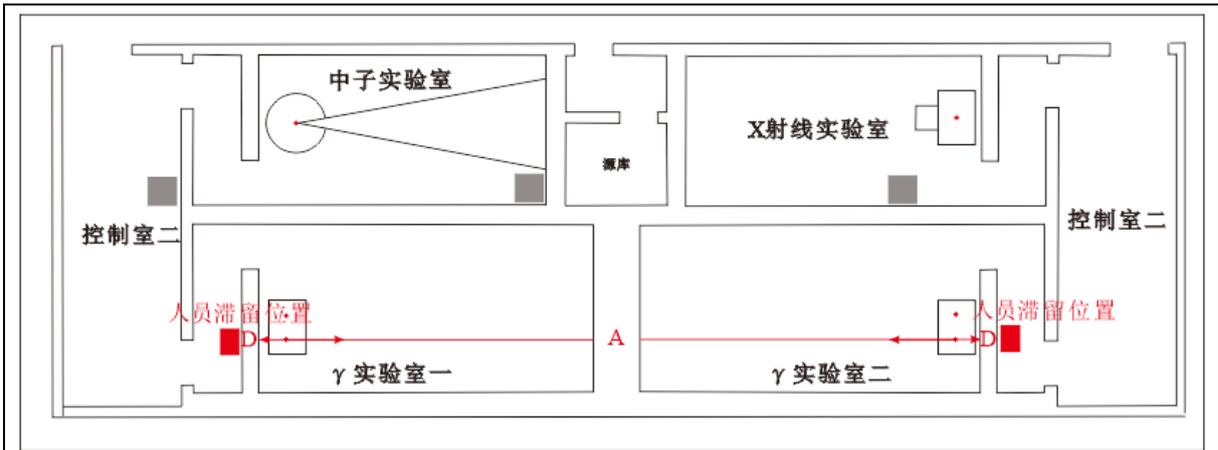


图 11-5 事故状态下 γ 实验室人员滞留位置示意图

表 11-23 γ 实验室二放射源失控情况下有效剂量率计算结果

墙体	东墙体迷道内
散射路径	O→A→D
入射到面积元 S 处的剂量率 (mSv/h)	107.98
微分反照率	0.0265
散射点到测点的距离 (m)	8.8
墙体测点处反散射剂量率 (无屏蔽) (mSv/h)	0.122
设计墙体厚度 (mm)	400
透射比 ^①	3.0×10^{-3}
西墙体外迷道内剂量率 (有屏蔽) ($\mu\text{Sv/h}$)	0.365
事故状态下职业人员可能受到的有效剂量 (μSv)	0.0609

注：① 根据《辐射防护导论》中附图 23 保守取值，散射角取 47° 。

由表 11-23 可知，在放射源失控出现误照射情况下，1 次事故持续 10min 时间，其中 ^{60}Co II 类放射源在 γ 剂量校准室范围内可能造成作业人员受照射剂量为 $0.0609\mu\text{Sv}$ ，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中职业工作人员年剂量约束限值 (5mSv/a)，该事故所造成的影响较小。

在事故状态下，职业人员应立即进入迷道中，按下紧急控制按钮，出源装置不能工作，使室内人员避免受到误照射。

单(多)源照射装置应用时可能发生的辐射事故及风险的发生主要是在管理上出问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前确认剂量校准室内无人员停留，并定期检查剂量校准室的性能及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在出束的剂量校准室。

(2) 射线装置

本次环评假设射线装置出现以上事故对控制室处工作人员产生误照射，根据设备

实际情况，主要考虑受到泄露和散射剂量。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）有关规定，工作人员连续 5 年接受的有效剂量不应超过 20mSv，任何一年接受有效剂量不应超过 50mSv。

射线装置在最大管电压工作条件下不同距离、不同接触时间下的泄露和散射剂量估算结果见表 11-24。

表 11-24 X 射线机在最大管电压 320kV 工作条件下不同距离、不同接触时间的泄露有效剂量（单位：mSv）

时间 \ 距离		1m	1.5m	2m	2.5m	3m
		1min	泄露 0.083	0.037	0.021	0.013
	散射 0.035	0.015	0.009	0.006	0.004	
2min	泄露 0.167	0.074	0.041	0.027	0.019	
	散射 0.039	0.031	0.017	0.011	0.008	
3min	泄露 0.250	0.111	0.063	0.040	0.028	
	散射 0.104	0.046	0.026	0.017	0.011	
4min	泄露 0.333	0.148	0.083	0.053	0.037	
	散射 0.139	0.062	0.035	0.022	0.015	
5min	泄露 0.417	0.185	0.105	0.067	0.046	
	散射 0.174	0.078	0.043	0.028	0.019	

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）有关规定，工作人员连续 5 年接受的有效剂量不应超过 20mSv，任何一年接受有效剂量不应超过 50mSv。表 11-25 给出了在 X 射线机侧向不同的距离受到 20mSv 和 50mSv 有效剂量的时间。

表 11-25 在 X 射线机出束口不同距离受到剂量当量的时间

距离 (m)		1	1.5	2	2.5	3
时间 (min)	20mSv	815.6	1835.1	3262.4	5097.5	5180.5
	50mSv	2039.0	4587.8	8156.1	12743.9	18351.1

从表 11-25 可以看出，在最大管电压 320kV 工作条件下的工业 X 射线机探伤过程中，在控制室方向 1m 处停留 815.6min 时所接受的泄露剂量才能达到 20mSv，在设备控制室方向 1m 处停留 2039.0min 时所接受的泄露剂量才能达到 50mSv。因此应加强放射工作人员的管理，严格按照相关规程操作，防止辐射事故的发生。

4、事故处理措施

(1) 放射源

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及原国家环境保护总局文件《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》（环发〔2006〕

145号)之规定,发生辐射事故时,生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案,采取应急措施,并立即向当地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

针对本项目可能产生的辐射事故,采取的事故处理措施如下:

①立即停止出束,防止事故继续蔓延和扩大。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量,如果受照剂量较高,应及时安置受照人员就医检查。

③及时处理,出现事故后,应尽快集中人力、物力,有组织、有计划的进行处理。这样,可缩小事故影响,减少事故损失。

④在事故处理过程中,要在可合理做到的条件下,尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应累计资料,及时总结报告。公司对于辐射事故进行记录:包括事故发生的时间和地点,所有涉及的事故责任人和受害者名单;对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果;所做的任何医学检查及结果;采取的任何纠正措施;事故的可能原因;为防止类似事件再次发生所采取的措施。

据现场调查,陕西卫峰核电子有限公司已制定的《放射源事故应急预案》,评价要求公司需根据本项目情况,更新完善公司现有的事故应急预案,并报所在地县级环境保护行政主管部门备案。

(2) 射线装置

①操作人员须严格按照操作规程操作设备,如出现设备不能正常运行停止照射时,应立即切断总电源,强制停止照射;

②为防止人员误留辐射工作场所受到误照射,工作人员操作时须携带个人剂量报警仪,并在每次照射前进行巡查,确保无人员靠近屏蔽体;

③定期检查辐射安全管理制度落实情况,发现问题及时纠正;如发生辐射事故,应立即启动本单位的辐射事故应急预案,采取必要的应急措施。

陕西卫峰核电子有限公司应制定的《射线装置事故应急预案》,评价要求公司需根据本项目情况,更新完善公司现有的事故应急预案,并报所在地县级环境保护行政主管部门备案。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据陕西卫峰核电子有限公司已制定的《辐射安全与环境保护管理机构岗位职责》，该公司已成立管理机构和事故应急小组。其中管理机构负责人为公司主要领导，配备 6 名专职人员和 4 名兼职人员；事故应急小组以管理机构专职人员为组长和副组长，并配备组员 6 名。

1、管理机构职责

(1) 管理机构负责人职责

- ① 对放射源的采购、使用、销售进行有效控制，防止非预期使用、销售。
- ② 开展放射源的日常管理、监督、检查和考核工作。
- ③ 组织编制放射源相关规章制度、文件，并做好实施工作。
- ④ 对报废放射源的处置，具有审批权力，其他人员不得擅自处理。
- ⑤ 对放射源的事故应急处理及事故原因调查具有领导责任，对事故应急预案具有批准权利，其他人员不得干涉。

⑥ 对事故发生具有向有关部门上报责任，一旦事故发生不得隐瞒。

⑦ 负责上报事故调查报告与处理结果。

(2) 管理机构专职人员职责

- ① 负责新购置放射源的验收工作。
- ② 负责放射源的安全和防护管理工作。
- ③ 负责放射源的量值传递工作。
- ④ 负责辐射场的维护管理工作；负责辐射场的卫生工作。
- ⑤ 负责安全防护监测仪器仪表的送检工作。
- ⑥ 负责培训、指导使用人员正确操作放射源。
- ⑦ 定期进行辐射场的检测，并填写《辐射场剂量测量结果》，发现问题及时处理。
- ⑧ 参与放射源应急事故处理及预防工作。
- ⑨ 负责办理放射性物质运输前的包装设计、包装、检测工作。
- ⑩ 负责放射源的倒源操作工作；负责报废放射源的申报、包装工作。

(3) 管理机构兼职人员职责

- ① 负责放射源的产品证书、校准证书、编码卡及相关资料的备案。

- ② 负责对公司所有放射源统一登记造册、建立台帐、做好标识。
- ③ 负责放射源的贮存、借用、归还，日常维护、定期检查及盘点工作。
- ④ 负责编制、修改放射源有关规章制度。
- ⑤ 负责辐射安全许可证的取证/换证工作。
- ⑥ 负责放射源转入/转出/豁免申请的申报、备案等工作。
- ⑦ 负责编制、上报“放射性同位素与射线装置安全和防护状况”年度评估报告。
- ⑧ 负责与环保长安分局以上相关部门进行相关工作的联系；负责报废放射源的处置联络工作。
- ⑨ 负责组织相关人员的培训及定期进行健康检查，建立《职业健康监护档案》。
- ⑩ 负责视频监控设备、消防设备的监督检查工作；负责源库、辐射场的卫生监督检查工作。

2、事故应急小组职责

- (1) 事故发生后，由组长或副组长及时向管理机构负责人报告。
- (2) 组长或副组长组织制定应急处理预案，并报管理机构负责人审查。
- (3) 指导管理机构其他成员依据已批准的应急处理预案进行事故处理。
- (4) 对事故处理进行记录。
- (5) 根据事故处理结果，参与评估应急预案，依据评估结果修订应急预案。
- (6) 协助管理机构负责人进行事故原因调查。
- (7) 事故原因调查结束由组长或副组长编制调查报告，上报管理机构负责人，制定预防措施，以防事故再次发生。

辐射安全管理规章制度

1、辐射安全管理制度

针对公司使用、销售的放射源类别，陕西卫峰核电子有限公司制定了一系列的辐射安全管理制度和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度和人员培训，确保放射性同位素的安全使用及运行。目前已制定制度有：《放射源安全和防护管理规定》、《放射源（物质）管理规定》、《放射源监控管理规定》、《放射源使用操作规程》、《放射源事故应急预案》、《辐射安全与环境保护管理机构岗位职责》等。

根据陕环办发〔2018〕29号关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》可知，建设单位需补充全国核技术利用辐射安全申报系统运行

管理制度和辐射工作人员培训管理制度及培训计划，同时本项目操作人员需进行岗前体检与培训，为操作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪。运行过程中应严格按照规章制度执行，按照监测计划对辐射环境进行监测，编制年度辐射安全与环境管理评估报告。

针对本项目新增 X 射线机，公司应及时制定新增设备的操作规范，管理制度个岗位职责，并将新增射线装置纳入《放射源事故应急预案》、监测制度、设备管理制度等制度中。

2、人员培训管理制度

陕西卫峰核电子有限公司目前在岗辐射工作人员共计 17 人，均已参加陕西省核安全辐射工作单位人员技术培训，并取得合格证书。本项目每间实验室配备 2 名工作人员均从原工作人员中调配。

3、核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据陕环办发〔2018〕29 号关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知，核技术利用单位应进行辐射安全管理标准化建设。根据建设单位提供资料，陕西卫峰核电子有限公司辐射安全管理实际建设情况详见表 12-1；本项目拟采取的辐射安全防护措施详见表 12-2。

表 12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

管理内容		管理要求	是否符合
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作	是
		年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容	是
		明确涉辐部门和岗位的辐射安全职责	是
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障	是
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识	是
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告	
		建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责	
		建立辐射环境安全管理档案	
		对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有巡查及整改记录	

续表 12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

管理内容		管理要求	是否符合
人员管理	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常	是
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗	是
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺	是
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理	是
机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人	是	
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	否	
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账	是	
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案	是	
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案	否	
	建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性	是	
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容），并建立维护、维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）	是	
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案	是	
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案	是	
应急管理	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练	是	
	应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序。		

表 12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）
辐射安全防护措施部分—仪器仪表类

项目		具体要求	是否符合
含密封源仪器仪表	源容器	源容器设有源闸。	是
		源闸具有明显的开、关状态指示，并在相应位置可分别锁定。	是
		应有源闸自动开启、关闭设施或手动关闭源闸的设施。	是
		外表面设有牢固的标牌并清晰地标明电离辐射警示标志、出厂日期、产品型号、密封源活度及活度的测量日期、检测仪表类别等内容。	是

续表 12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）

辐射安全防护措施部分——仪器仪表类

项目		具体要求	是否符合
含密封源 仪器仪表	仪表	当需要以远距离控制的方式把密封源输送到源容器外部时，检测仪表应具有在控制台和源容器上醒目显示密封源工作状态的指示部件；配有监视密封源工作状态的剂量测量仪器。	是
	使用场所	检测仪表应设固定使用场所。	
		源容器安装牢固、可靠，具有防丢失、防止人员进入射线出束区域的安全防护措施。	是
		使用场所醒目位置设置电离辐射警示标志。	是
	贮存、检修临时存放辐射安全措施	贮存室符合屏蔽防护标准要求。	是
		设置醒目的电离辐射警示标志。	是
		单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放。	是
		具有防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄露等安全防护措施。	是
	指定专人负责，双人双锁，建立台帐、登记、检查、检测及定期盘点等记录档案。	是	
监控	III类以上放射源建立放射源在线监控系统。	是	

表 12-3 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）

辐射安全防护措施部分——工业探伤类

项目		具体要求	
工业 X 射线探伤	控制台安全性能	X 射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志	
		控制台设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置	
		控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置	
		控制台或 X 射线管头组装体上设置探伤室门联锁接口	
		控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束	
		控制台设有紧急停机开关	
	固定式探伤作业场所	分区	按标准要求划分控制区、监督区
			控制区：探伤室墙围成的内部区域
			监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域
		布局	操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向
		通风	探伤室设置机械通风装置，排风管道外口避开朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次
		标志及指示灯	探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明
			探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与 X 射线探伤装置联锁
			探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明
	辐射安全与联锁	探伤室设置门-机联锁装置	
		探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法	
监测设备及个人防护		X-γ 剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、铅衣、铅手套等	

辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)等的要求,公司针对此次核技术应用项目制定相应的辐射监测计划,包括:

(1) 公司给辐射工作人员配备个人剂量计,并定期(每季度1次)送检,每季度的个人剂量检测结果和每年度的个人体检报告均存档备案,工作人员进入实验室携带个人剂量报警仪。

(2) 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测,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。

(3) 公司利用已有在线监测系统自行对公司各工作场所进行监测。

具体监测计划见表 12-4:

表 12-4 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
校准 实验室	防护 性能	γ 实验室四周及顶部屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、电缆先管道孔、通风孔位置等	X-γ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
			X-γ 辐射剂量率	不定期	自行监测
		中子实验室四周及顶部屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、电缆先管道孔、通风口位置等	中子剂量率、γ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
			中子剂量率、γ 辐射	不定期	自行监测
		X 射线实验室四周及顶部屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、电缆先管道孔、通风口位置等	X-γ 辐射剂量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
			X-γ 辐射剂量率	不定期	自行监测
	安全 联锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检测
辐射工作人员	佩带个人辐射剂量计	年有效剂量	操作时, 每季度送检 1 次	送有资质单位检测	
外环境	实测	X-γ 辐射剂量率、中子剂量率	每年 1 次	委托有资质单位监测	

环境保护投资与“三同时”环保验收一览表

1、环境保护投资

本项目总计投资 1000 万元，其中环保投资 100 万元，占总投资的 10%，具体见环保投资一览表 12-5。

表 12-5 环保投资一览表

实施时段	类别	污染源	污染防治措施或设施	费用
运营期	电离辐射	γ 射线、中子、X 射线	门机联锁、警示灯、电离辐射标志、急停按钮等	30.0
	人员培训、制度补充	完善 X 射线实验室相关制度		5.0
	退役放射源	供应商回收	纳入工程投资	/
	废气	O ₃ 、NO _x	排风系统	10.0
	防护用品	中子剂量率仪		20
运行维护费用	环境监测费用			20.0
	环境管理费用			10.0
	应急保障设施			15.0
总投资（万元）				100.0

2、竣工环境保护验收内容及要求

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），本项目竣工后，建设单位应按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，及时对本项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格后申领辐射安全许可证，方可投入生产或使用。

本项目竣工环境保护验收清单（建议）见表 12-6。

表 12-6 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	项目	内容	验收效果和环境预期目标
1	辐射防护设施验收	实验室墙体、迷道、屋顶、满足防护技术要求	实验室周围各关注点剂量满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》的要求；对工作人员、公众所致有效剂量低于相应人员年剂量限值（工作人员 5mSv/a，公众 0.25 mSv/a）
2	安全设施	门机联锁装置、监视设备、实验室和控制室分别设置急停开关、实验室入口处安装醒目的照射指示灯及辐射标志、实验室内设置急停按钮等	实验室周围各关注点剂量满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》和《医用 γ 射线远距治疗设备放射卫生防护标准》（GB16351-1996）、《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》（GBZ161-2004）等要求、避免辐射事故的发生

续表 12-6 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	项目	内容	验收效果和环境预期目标
3	通风设施	4 间实验室内均安装通风设施	实验室通风系统排风量应满足《医用 γ 射线远距治疗设备放射卫生防护标准》（GB16351-1996）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的要求，机械通风时的换气次数，一般每小时 3~4 次
4	辐射监测	对工作人员、公众活动区域辐射水平进行监测；工作人员按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；配备可监测中子剂量的个人剂量计	根据监测计划定期对辐射工作场所进行监测，避免对环境造成辐射污染，保护职业人员、公众免受不必要的辐射
5	档案管理	定期对工作场所进行监测；定期对个人剂量进行检测；定期安排工作人员进行体检	建立监测档案、个人剂量档案和健康档案
6	管理机构	成立辐射安全管理机构，落实相对管理职责	本项目纳入现有辐射安全管理机构进行管理
7	建立健全规章制度	完善中子实验室及 X 射线探伤机相关《岗位职责》、《操作规程》、《辐射安全制度》，完善《放射源事故应急预案》并进行备案	根据标准化建设要求补充完善相关规章制度和应急预案，并张贴上墙
8	培训及人员配备	制定培训计划，辐射工作人员按要求参加辐射安全和防护知识培训	提高辐射工作人员的技术人员，取得培训合格证后方可上岗

辐射事故应急

陕西卫峰核电子有限公司已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）和《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）编制了《放射源事故应急预案》，一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，并采取必要的应急措施。公司辐射安全与环境保护管理机构成立事故应急小组，负责事故应急处理。

1、应急响应机构的设置

事故应急小组以管理机构专职人员为组长 1 名、副组长 10 名和组员 8 名。

2、辐射事故应急预案

《放射源事故应急预案》已落实内容如下：

(1) 放射源事故类型

放射源事故主要分为以下类型：

- ① 放射源被盗丢失；
- ② 放射源污染事故；
- ③ 人员受超剂量照射；
- ④ 灾害（火灾、地震、洪水等）发生。

(2) 应急小组成员分工

- ① 应急小组组长：统一协调事故的处理，负责对内、对外的联系。
- ② 应急小组副组长：负责协调所需装备、人员。
- ③ 组员：负责按照组长、副组长的安排，实施应急工作。

(3) 放射源被盗丢失事故预案

① 若发生放射源丢失事故，事故发现人第一时间通知应急小组组长，并在现场警戒，防止他人进入。

② 应急小组组长接到事故发生信息后，立即向管理机构负责人报告并报警。同时通知副组长协调人员、装备进行事故应急处理。

③ 副组长对参与事故应急处理的人员，发放携带热释光片或个人剂量计，协调事故应急小组成员，对现场外围进行辐射监测，并树立警示牌。

④ 应急小组成员应保护好现场，并密切配合环保行政部门、公安部门迅速查找、侦查，尽快追回丢失的放射性物质。

⑤ 事故处理全过程要有专职辐射工作人员进行监测和记录。

⑥ 事故应急处理完成后，应急小组组长应查找事故发生原因，对暴漏出来的问题进行分析、处理，形成事故调查报告，对本预案的合理性进行评估并结合实际情况进行修订。

(4) 放射源污染事故预案

① 发生工作场所、地面、设备放射性污染事故时，事故发现人第一时间通知应急小组组长，并在现场警戒，防止他人进入。

② 应急小组组长接到事故发生信息后，立即向管理机构负责人报告并上报环保行政部门、公安部门。同时通知副组长协调人员、装备进行事故应急处理。

③ 应急小组副组长组织人员，配置相应监测、防护设备，对现场进行控制，禁止人员出入。

④ 若现场有人员受超剂量照射,应第一时间拨打 120 或长安区疾病预防控制中心电话: 029-85292228, 说明疾病类型, 并指定专人在厂区门口迎接。

⑤ 环保行政部门、公安部门到场后, 事故应急小组应配合对污染的范围、水平的进行确定。

⑥ 副组长组织辐射工作人员, 配合相关部门尽快采取相应的去污措施, 控制放射源, 防止继续扩散。

⑦ 辐射工作人员应尽快配合相关部门对放射性污染工作场所、地面、设备进行隔离、标识、处理。

⑧ 事故处理全过程要有专职辐射工作人员进行监测和记录。

⑨ 事故应急处理完成后, 应急小组组长应查找事故发生原因, 对暴漏出来的问题进行分析、处理, 形成事故调查报告, 对本预案的合理性进行评估并结合实际情况进行修订。

(5) 人员受超剂量照射事故预案

① 发生人员受超剂量照射事故时, 发现人应第一时间通知应急小组组长, 并拨打 120 或长安区疾病预防控制中心电话: 029-85292228, 说明疾病类型, 并在现场警戒, 防止他人进入。

② 应急小组组长接到事故通知后, 应立即通知管理机构负责人, 并组织副组长及组员进行事故处理。

③ 应急小组到场后, 对放射事故发生场所进行隔离、标识、处理, 严禁独自救援。

④ 救援人员应佩戴个人剂量计, 至少两人一组, 进入救援。

⑤ 救援组通过个人剂量计或其它设备、方法迅速估算受照人员的受照剂量, 在医生到达时立即反馈人员受照射剂量情况。

⑥ 应急小组副组长及时组织场所内其他人员进行剂量监测, 做到安全撤离, 防止事故的扩大蔓延。

⑦ 事故处理全过程要有专职辐射工作人员进行监测和记录。

⑧ 事故应急处理完成后, 应急小组组长应查找事故发生原因, 对暴漏出来的问题进行分析、处理, 形成事故调查报告, 对本预案的合理性进行评估并结合实际情况进行修订。

(6) 灾害事故预案

① 自然灾害发生后, 第一发现人应立即通知应急小组组长, 报告事故类型。

② 若发生较大火灾, 第一发现人应立刻拨打火警电话 119 报警, 报警时说明事故地点

及类型。

③ 应急小组组长接到事故信息后，及时通知管理机构负责人，并通知副组长组织应急小组配置相应监测、防护设备赶赴现场。

④ 应急小组到场后，首先应树立警示牌，禁止人员出入。

⑤ 其次对现场进行污染监测，判定是否有污染物扩散。

⑥ 若有污染物流出，应及时告知现场人员，并控制放射源，防止继续扩散。

⑦ 若事故超出处理范围，应向环保部门报警，报警电话 12369，其他报警电话详见 4.1.2。

⑧ 事故处理全过程要有专职辐射工作人员进行监测和记录。

⑨ 事故应急处理完成后，应急小组组长应查找事故发生原因，对暴露出来的问题进行分析、处理，形成事故调查报告，对本预案的合理性进行评估并结合实际情况进行修订。

针对本项目新增 X 射线机，陕西卫峰核电子有限公司应完善现有应急预案，并且包含以下内容：

(1) 可能发生的辐射事故及危害程度分析

(2) 应急组织指挥体系和职责分工

(3) 应急人员培训和应急物资准备

(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

4、应急预案执行情况

根据现场调查，陕西卫峰核电子有限公司成立运行至今尚未发生放射源相关事故，未启动过《放射源事故应急预案》。

本项目新增 1 台 X 射线机，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和防护管理办法》的要求，将本次新增设备纳入现有应急预案，进一步完善以下几点：

(1) 针对新增射线装置完善事故类型和危害程度、应急处置基本原则，补充其预防与预警流程、信息报告程序和应急处置措施，补充设备运行过程中的应急物资和装备保障。

(2) 针对新增射线装置，进一步完善信息报告程序、应急处置措施和应急物资保障等部分。

(3) 明确本项目应急救援各成员的职责，辐射防护领导小组和应急救援指挥部应定

期开会，总结公司辐射防护管理方面的经验并不断改进相关管理制度。

(4) 应急预案完善后应及时备案，运行期定期进行应急演练并总结演练结果。

(5) 公司至少应有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：陕西卫峰核电子有限公司新建校准实验室核技术利用项目

建设单位：陕西卫峰核电子有限公司

建设性质：新建

建设地点：陕西省西安市高新区上林苑一路 15 号，3#厂房西北角。

建设内容：

① 拟新增的 2 台单源装置和 2 台多源装置分别放置在拟建的 γ 实验室一和 γ 实验室二内，单源装置内置 1 枚 II 类放射源 (^{60}Co)，多源装置内置 5 枚放射源：3 枚 IV 类放射源 (1 枚 ^{60}Co 、2 枚 ^{137}Cs)、2 枚 III 类放射源 (1 枚 ^{137}Cs 、1 枚 ^{241}Am)；

② 拟新增 1 台 MG320 型 X 射线机，同时新建 1 间 X 射线实验室；

③ 拟新增 2 枚 $^{241}\text{Am-Be}$ 和 1 枚 ^{252}Cf 中子源放置于新建中子实验室的中子源校准装置中；

④ 拟建设 1 座放射源源库，用于后续放射源的贮存。

2、本项目选址及平面布置合理性分析

本项目校准实验室位于陕西卫峰核电子有限公司一楼西北角，北侧为厂区内部道路，南侧为公司机械区，西侧为厂区内部道路，东侧为其它公司所用地。校准实验室均设置迷道，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素，选址和平面布置基本合理。

3、实践正当性结论

陕西卫峰核电子有限公司根据公司发展需求，拟建校准实验室，购置放射源和 X 射线机符合辐射防护实践的正当性要求，项目建设的目的是可行的。公司对该项目拟采取的辐射防护措施，使辐射影响达到了尽可能低的水平，可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和参考标准《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》(GBZ161-2004)的相关要求；中子实验室可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和参考标准《含密封源仪表的放射卫生防护要求》(GBZ125-2009)的要求；X 射线实验室可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的相关要

求。

4、辐射环境影响评价结论

(1) 根据对 γ 源校准装置自身屏蔽情况及 γ 实验室二墙体、屋顶防护性能的核算： γ 实验室二装置内置的放射源贮存状态下，屏蔽体外 5cm 处的空气比释动能率为 $0.000522\sim 49.3\mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽体外 1m 处的空气比释动能率为 $1.3\times 10^{-6}\sim 0.123\mu\text{Gy/h}$ ； γ 源校准装置在出束（校准）状态下，主射区屏蔽体（西侧墙体）外 30cm 处的最大吸收剂量率为 $0.137\mu\text{Gy/h}$ ，非主射区屏蔽体（南侧、北侧、东侧墙体及屋顶）外 30cm 处的最大吸收剂量率为 $1.06\mu\text{Sv/h}$ ，均能够满足本次评价参考的《医用 γ 射束远距治疗防护与安全标准》（GBZ161-2004）的要求。

根据对中子源校准装置自身屏蔽情况及中子实验室墙体、屋顶防护性能的核算：中子实验室装置内置的放射源贮存状态下，屏蔽体外 5cm 处的剂量当量率为 $0.232\mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽体外 1m 处的剂量当量率为 $0.0348\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足本次评价参考的满足本项目选取《含密封源仪表的放射卫生防护要求》（GBZ125-2009）的要求；中子源校准装置在出束（校准）状态下，主射区屏蔽体（东侧墙体）外 30cm 处的最大吸收剂量率为 $0.109\mu\text{Sv/h}$ 。

根据对 X 射线机装置自身屏蔽情况及 X 射线实验室墙体、屋顶防护性能的核算：X 射线机在最大功率运行时，实验室四周屏蔽体及迷道防护门表面 30cm 处的辐射剂量率为 $6.53\times 10^{-4}\sim 1.291\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(2) 个人年有效剂量分析

根据 4 间实验室防护厚度对周围环境进行吸收剂量估算，辐射工作人员可能受到的累积年有效剂量最大为 0.524mSv ，公众可能受到的年有效剂量最大为 0.23mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值及本次评价提出的管理要求。

5、辐射安全管理

本项目建成投入运行前，建设单位应成立相应的辐射安全管理机构，补充完善相关辐射安全和环境管理制度，做好人员培训及健康管理。放射性工作场所设置相应标识、指示灯、门灯联锁装置、通风设施等。配备 X- γ 剂量率和表面污染监测仪器和防护用品，制定日常监测制度，定期对辐射工作场所进行监测，并建立监测档案。本项

目辐射工作人员应配备个人剂量计，建立个人剂量档案。

综上所述，该公司切实落实本报告表中提出的污染防治措施和建议，严格按照国家有关辐射防护规定执行，完善相关规章制度、应急预案并严格落实执行，则该项目对辐射工作人员和公众产生的辐射影响就可以控制在国家标准允许的范围之内，从辐射环境保护角度分析，本项目建设可行。

建议和承诺

(1) 评价要求建设单位在新购置放射源时与厂家签订废旧放射源返回协议（尤其是II类、III类放射源）；确实无法交回生产单位的，送交城市放射性废物库，并承担相关费用。

(2) 公司需根据本项目情况，更新完善公司现有的事故应急预案及其他管理制度，并将完善后的应急预案报所在地县级环境保护行政主管部门备案。

(3) 加强对员工的核与辐射安全知识培训，增强员工的安全意识和自我保护意识。每年开展一次辐射事故应急演练，增强事故应急能力，常备不懈。辐射操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，考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，严禁无证上岗。

(4) 严格按操作规程操作，每次校准作业前，应仔细检查门机连锁装置、急停开关、报警装置的性能，确保其处于正常的工作状态。

(5) 该公司应根据 γ 源校准装置的实际运行情况，制定并不断完善操作规程、相关规章制度。 γ 剂量校准室外应安装警示灯、张贴醒目的警示标志及中文警示说明，经常巡视确保校准过程中警示灯能正常工作。

(6) 定期对辐射工作人员进行个人剂量检测和健康体检，对个人剂量检测报告、体检报告中出现问题及时查明原因，采取有效措施妥善处理，并留档案备查。

(7) 公司应定期对现有放射源库、 γ 剂量校准室及其周围辐射水平进行监测；应于每年1月31日前向当地环境保护主管部门报送辐射环境年度评估报告。

表 14 审批

预审意见:

经办人:

单位公章

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见：

经办人：

单位公章

年 月 日