

表 1 项目基本情况

建设项目名称		国网陕西省电力有限公司电力科学研究院工业 X 射线探伤核技术利用建设项目			
建设单位		国网陕西省电力有限公司电力科学研究院			
法人代表	尚勇	联系人	左风光	联系电话	██████████
注册地址		陕西省西安市国家民用航天产业基地航天中路 669 号			
项目建设地点		陕西省西安市国家民用航天产业基地航天中路 669 号电网环保综合实验用房负一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		50	项目环保投资 (万元)	13.2	投资比例 (环保投资/总投资) 26.4%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m²) 12.1
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input 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 type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
1.1 单位简介					
<p>国网陕西省电力有限公司电力科学研究院主要从事电力科学研究、试验、电力技术开发、监督服务，新材料、新产品的研制、生产、销售，电力工程及设备设计、安装、监理、调试、改造与技术考核，电力工程总包、管理，电网规划及研究、电网接入服务、电网建设勘察、可行性分析研究，电力行业技术检测与鉴定等服务。</p>					
1.2 项目由来					
<p>本项目建设内容为：拟将西安市长安区陕西七力市政工程有限公司周家庄闲置仓库内的 2 台 X 射线探伤机（均为定向）搬迁至电网环保综合实验用房负一层，并建设一座铅室及其配套设施，用于工件的无损检测。</p>					

根据《射线装置分类》（公告 2017 第 66 号），工业用 X 射线探伤装置（工业用 X 射线探伤装置分为自屏蔽式 X 射线探伤装置和其他工业用 X 射线探伤装置，后者包括固定式 X 射线探伤系统、便携式 X 射线探伤机、移动式 X 射线探伤装置和 X 射线照相机等利用 X 射线进行无损探伤检测的装置）属于 II 类射线装置。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）相关规定，本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响评价报告表。2023 年 12 月国网陕西省电力有限公司电力科学研究院正式委托核工业二〇三研究所对该项目进行环境影响评价工作。接受委托后，核工业二〇三研究所即组织工程专业技术人员对项目场地及周围环境进行实地调查，收集相关基础资料，根据国家、省市的有关环保法规和《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），编制了该项目环境影响报告表。

1.3 编制目的

（1）对拟建项目的辐射防护设施进行评价、预测并论证其可行性。

（2）为建设单位改进和完善辐射防护设计、安全防护措施和辐射管理提供建议，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

（3）满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定，为生态环境主管部门和单位的辐射环境保护管理提供科学依据。

1.4 原有核技术利用情况

（1）辐射安全许可证

国网陕西省电力有限公司电力科学研究院已于 2022 年 9 月 8 日取得西安市生态环境局核发的辐射安全许可证，证书编号：陕环辐证[A2221]，有效期至 2027 年 9 月 7 日。辐射安全许可证核准的种类和范围为：使用 II 类射线装置。

（2）环保手续履行情况

1) 国网陕西省电力有限公司电力科学研究院现有核技术利用项目环保手续履行情况见表 1-1。2020 年 11 月委托西安桐梓环保科技有限公司编制了《工业 X 射线探伤室和现场探伤项目》环境影响报告表，并于 2021 年 4 月 30 日取得环评批复（市环批复（2021）45 号），并于 2022 年 3 月进行自主验收。

（3）辐射安全管理现状

根据建设单位提供的资料,国网陕西省电力有限公司电力科学研究所的辐射安全管理现状如下:

1) 辐射防护管理机构设置情况

已成立了辐射安全与环境保护领导小组,并明确人员组成和工作职责,同时设置 1 名专职辐射安全与防护管理人员负责公司的辐射安全与环境保护管理工作。

2) 规章制度建设及落实情况

《辐射事故应急预案》、《辐射安全管理制度》、《X 射线探伤操作规程》、《辐射设备维护、维修制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《人员培训制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射环境自主监测制度》、《核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《仪器定期检定制度》、《职业健康检查制度》等规章制度。并严格按照规章制度执行。

3) 工作人员培训情况

目前,公司在岗辐射工作人员 4 人,全部参加了辐射安全与防护培训,接受辐射防护安全知识和法律法规教育,并取得了成绩报告单。

4) 个人剂量检测情况

本公司参与个剂检测的工作人员共 4 名,包含 4 名辐射工作人员,根据公司 2023 年个人剂量检测报告(ZHS(2023)0026FW、ZHS(2023)0349FW、ZHS(2023)1179FW、WT0480-G-23996),2023 年辐射工作人员累积剂量最大值为 0.115mSv,满足 GB18871-2002 中职业人员的年附加剂量要求。

1.5 项目概述

(1) 项目概况

项目全称:国网陕西省电力有限公司电力科学研究所工业 X 射线探伤核技术利用建设项目

建设地点:陕西省西安市国家民用航天产业基地航天中路 669 号电网环保综合实验用房负一层

建设内容:拟将西安市长安区陕西七力市政工程有限公司周家庄闲置仓库内的 2 台 X 射线探伤机(均为定向)搬迁至电网环保综合实验用房负一层,并建设一座铅室及其配套设施

(2) 交通地理位置

国网陕西省电力有限公司电力科学研究院位于陕西省西安市国家民用航天产业基地航天中路 669 号，所在位置优越，路网发达，交通便利。研究院交通地理位置图见图 1-1。



图 1-1 研究院交通地理位置图

(3) 周边环境关系

国网陕西省电力有限公司电力科学研究院北侧为飞天路，南侧为航天中路，东侧为神舟六路，西临建筑工地，其四邻关系图见图 1-2



图 1-2 研究院四邻关系图

(4) 国网陕西省电力有限公司电力科学研究院电网环保综合实验用房平面布局
 国网陕西省电力有限公司电力科学研究院电网环保综合实验用房平面布局图见图
 1-3、1-4 所示。

1.6 本次环评涉及射线装置和机房参数

本项目具体组成情况见表 1-1，射线装置技术参数见表 1-2。

表 1-1 项目组成一览表

序号	类别	工程名称	主要内容	备注
1	主体工程	铅室	铅室外轮廓尺寸为：2550mm×2400mm×2350mm（长×宽×高）；屏蔽体和防护门铅当量为 30mmPb，顶棚 28mmPb。	新建
		工业 X 射线机	ERESCO65MF4 型便携式工业 X 射线机、ERESCO42MF4 型便携式工业 X 射线机	搬迁
2	辅助工程	操作室	位于铅室西侧面积 6m ² 。	新建
3	公用工程	供电	依托国网陕西省电力有限公司电力科学研究院供配电系统。	依托
		供水	依托国网陕西省电力有限公司电力科学研究院供水系统。	依托
		生活污水	辐射工作人员生活污水依托国网陕西省电力有限公司电力科学研究院化粪池处理，处理后排入市政污水管网。	依托
		生活垃圾	工作人员生活垃圾依托国网陕西省电力有限公司电力科学研究院生活垃圾分类收集箱收集后交由城管部门统一处理。	依托
	环保工程	机械通风装置	铅室内设置机械通风装置，排风口位于铅室东北角，室内产生的臭氧、氮氧化物等有害气体经铅室自带的排风系统，连接排风管道排出。	新建

表 1-2 射线装置主要技术参数一览表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类型
1	便携式工业 X 射线机	II 类	1 套	ERESCO65 MF4 型	300	6	定向
2	便携式工业 X 射线机	II 类	1 套	ERESCO42 MF4 型	200	10	定向

铅室平面布局图见图 1-5。

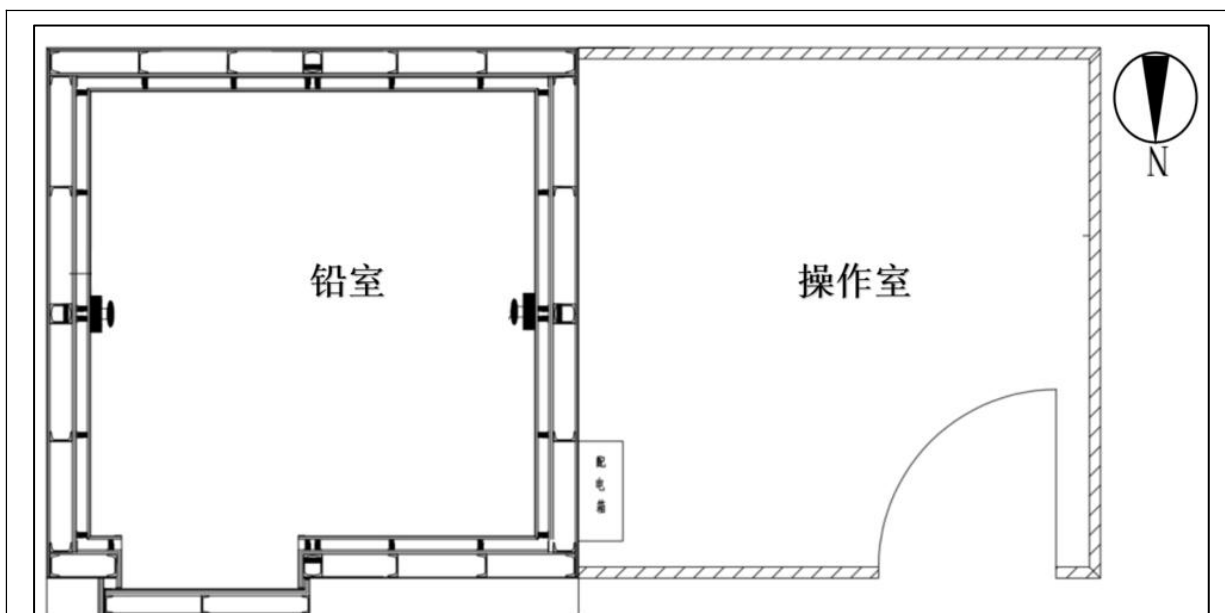


图 1-5 铅室平面布局图

1.7 工作人员配备及工作制度

(1) 辐射工作人员

本项目配置 4 名辐射工作人员，从现有辐射工作人员中进行调配，均已取得辐射安全防护培训合格证。

(2) 探伤工件情况

本项目室内探伤工件为入网电力物资，主要包括电网金具、导线、电缆、塔材等，工件材质为铁/钢、铝、铜等，厚度 4~30mm

(3) 计划工作量

工作量根据公司接到的订单安排，预计全年曝光次数不大于 500 次，每次曝光时间根据工件的厚度确定，通常每次曝光时间不超过 5 分钟，年曝光时间约 41.7h。项目计划工作量见表 1-3 所示。

表 1-3 项目计划工作量

工作场所	探伤机型号	最大管电压	U 为最大时的管电流	工作量	年工作时间(最大)	周工作时间(最大)
铅室	ERESCO65 MF4 型	300kV	3mA	年曝光次数 250 次; 每次曝光时间 1-5min	1250min (20.83h)	0.417h
	ERESCO42 MF4 型	200kV	4.5mA	年曝光次数 250 次; 每次曝光时间 1-5min	1250min (20.83h)	0.417h

注：年工作时间和周工作时间按每次曝光最大时间 5min 计算。

1.8 项目符合性分析

1) 项目产业政策符合性

本项目新增 1 间铅室和搬迁的工业 X 射线机，是核技术利用建设项目在工业领域内的运用。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中“四十七、智能制造—2、智能检测装备和仪器：数字化非接触精密测量、在线无损检测、激光跟踪测量等智能检测装备和仪器中的“在线无损检测”，符合国家产业政策。

2) 项目实践正当性分析

本项目在使用工业 X 射线机进行无损检测时中对工作人员及周围环境造成一定的辐射影响。建设单位在开展无损检测过程中对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并对射线装置的安全管理建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，该项目对周围环境和人员产生辐射影响可以控制在相关标准允许范围之内。该项目的开展所带来的利益远大于其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》（GB 18871-2002）规定的“实践的正当性”原则。

3) 选址合理性分析

本项目位于，本项目新增的铅室拟安装在国网陕西省电力有限公司电力科学研究院电网环保综合实验用房地下一层。根据现场调查，项目评价范围内环境保护目标主要为研究院的工作人员、周围短暂流动人员，无居民生活区，项目运行对周围环境影响较小，选址合理。

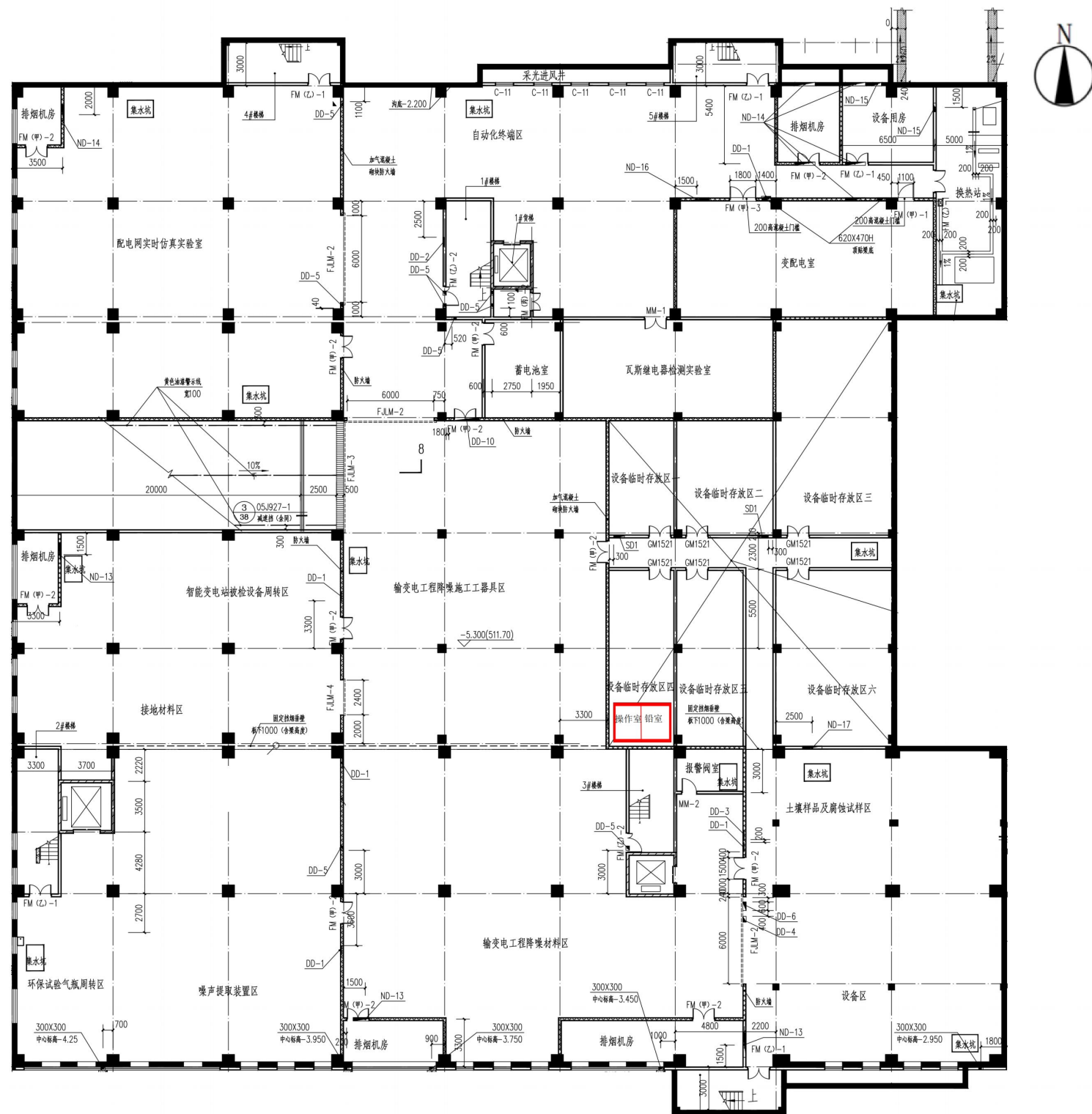


图 1-3 国网陕西省电力有限公司电力科学研究院电网环保综合实验用房地下一层平面布局图

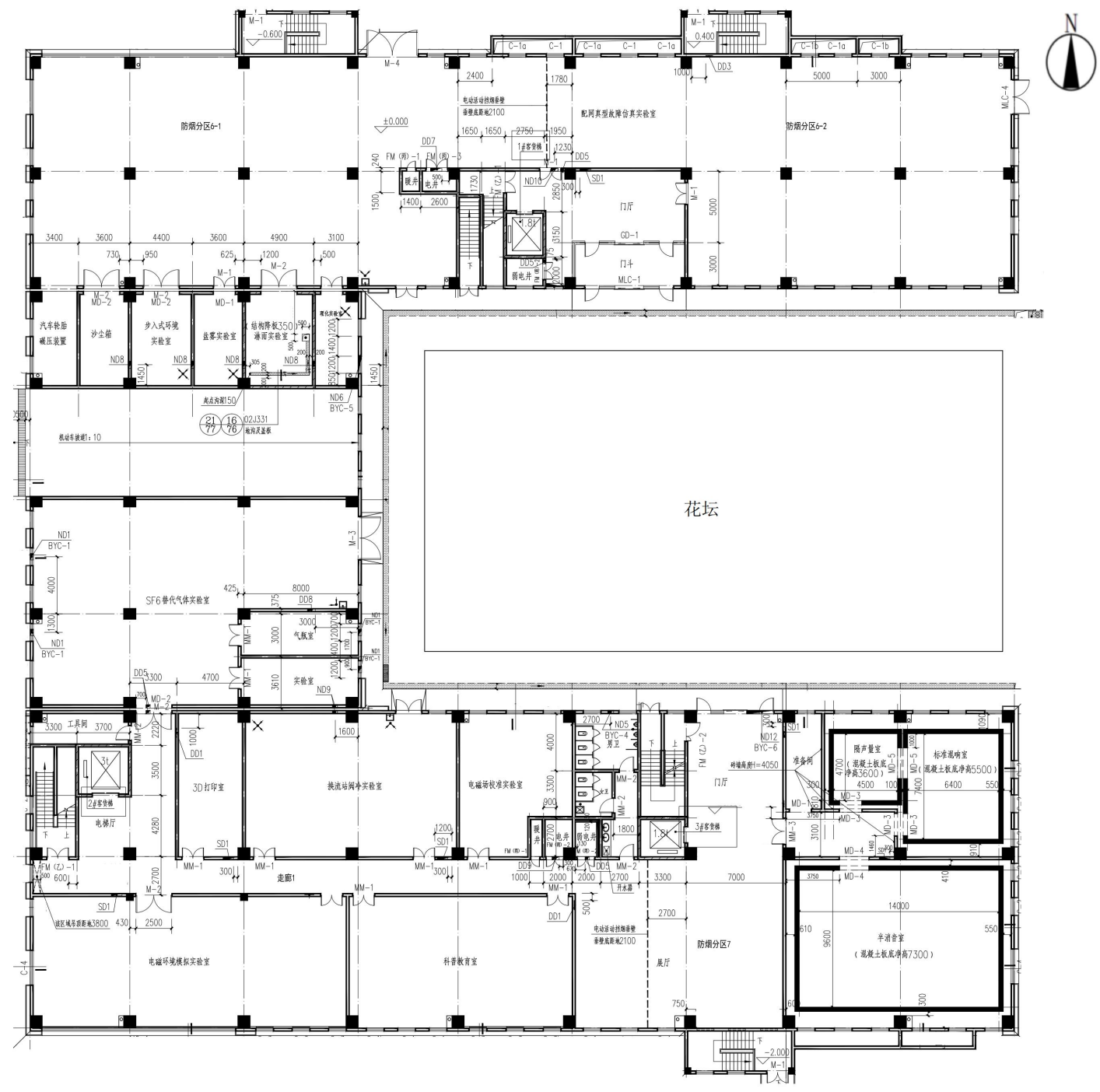


图 1-4 国网陕西省电力有限公司电力科学研究院电网环保综合实验用房一层平面布局图

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	贮存方式及地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: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》(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	便携式工业 X 射线机	II 类	1 套	ERESCO65 MF4 型	300	6	无损检测	铅室内	/
2	便携式工业 X 射线机	II 类	1 套	ERESCO42 MF4 型	200	10	无损检测	铅室内	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (μA)	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
本项目运行过程中不产生放射性“三废”，仅有少量的 O ₃ 、NO _x	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态单位为 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

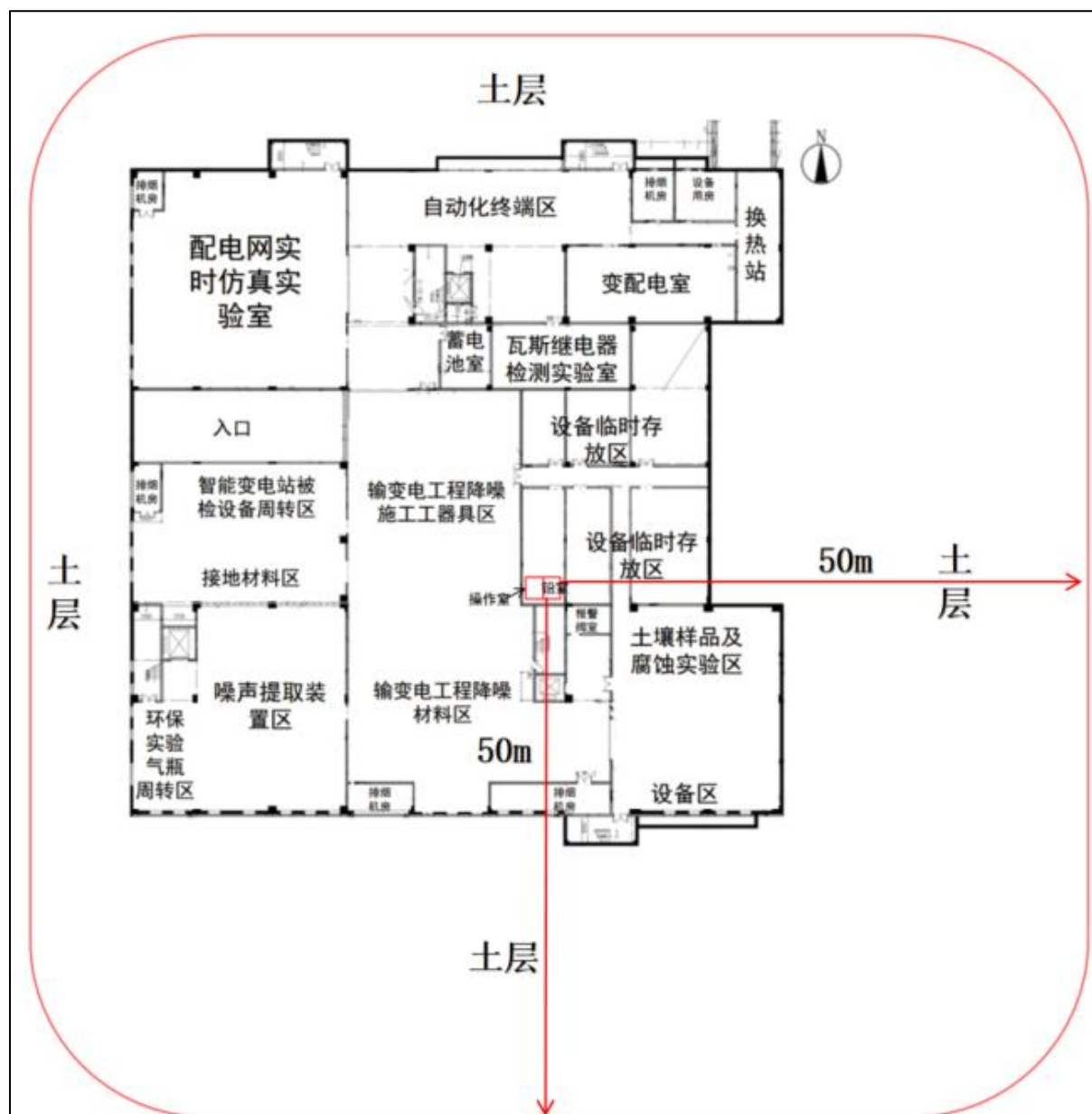
法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，（修订），2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（修订），国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2005 年 12 月 1 日施行；国务院令第 709 号《关于修改<放射性同位素与射线装置安全和防护条例>的决定》修正，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局第 31 号令，2006 年 3 月 1 日施行；环境保护部第 3 号令《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》第一次修正，2008 年 12 月 6 日施行；根据环境保护部第五次部务会议关于修改部分规章的决定第二次修正，2017 年 12 月 20 日；环境保护部第 7 号令第三次修正，2019 年 8 月 22 日；生态环境部令第 20 号第四次修改，2021 年 1 月 4 日。</p> <p>(8) 关于发布《射线装置分类》的公告，国家环保部、国家卫生和计划生育委员会总局 2017 年第 66 号公告，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理目录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日；</p> <p>(10)《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，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(11) 《陕西省放射性污染防治条例》，陕西省第十三届人民代表大会常务委员会第十二次会议《关于修改〈陕西省产品质量监督管理条例〉等二十七部地方性法规的决定》第二次修正，2019 年 7 月 31 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，陕西省环境保护厅陕环办发〔2018〕29 号文，2018 年 6 月 6 日。</p>
------------------	---

	<p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部 2019 年第 57 号公告，2019 年 12 月 23 日。</p> <p>(14) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（修订），2020 年 9 月 1 日。</p> <p>(15) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），2016 年 4 月 1 日；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽设计规范》（GBZ250-2014）及修改单；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 国网陕西省电力有限公司电力科学研究院工业 X 射线探伤核技术利用建设项目环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 研究院提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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“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”要求，确定本项目评价范围以铅室屏蔽体边界外 50m 范围内的区域，详见图 7-1。



7.2 保护目标

本项目环境保护目标主要为从事射线装置操作的辐射工作人员及周围 50m 区域的公众环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

序号	人员类型	保护目标名称	规模/人	相对位置关系		年有效剂量约束值
				方位	最近距离/m	
1	职业人员	辐射工作人员	2	/	0.3	≤5mSv
2	公众人员	配电网实时仿真实验室工作人员	约 4	NW	约 29.2	≤0.1mSv
3		自动化终端区工作人员	约 2	N	约 34.3	
4		蓄电池室工作人员	约 1	N	约 21.2	
5		变配电室工作人员	约 1	NE	约 27.0	
6		瓦斯继电器检测实验室工作人员	约 3	N	约 20.4	
7		换热站工作人员	约 1	NE	约 31.3	
8		设备临时存放区偶然经停人员	/	E	约 0.3	
9		输变电工程降噪施工工器具区偶然经停人员	/	E	约 5.9	
10		智能变电站被检设备周转区偶然经停人员	/	W	约 21.3	
11		接地材料区偶然经停人员	/	W	约 20.9	
12		环保实验气瓶周转区偶然经停人员	/	SW	约 37.7	
13		噪声提取装置区工作人员	约 2	SW	约 20.9	
14		输变电工程降噪材料区偶然经停人员	/	S	约 5.9	
15		报警阀室偶然经停人员	/	S	约 0.4	
16		土壤样品及腐蚀试样区工作人员	约 3	SE	约 7.3	
17		设备区偶然经停人员	/	SE	约 17.9	
18		排烟机房偶然经停人员	/	S	约 9.0	
19		花坛偶然经停人员	/	楼上	约 2.7	
20		研究院及其附近道路停留的其他人员（50m 范围内）				

备注：1、表中保护目标距离以铅室屏蔽墙体外表面作为起点进行计算。

7.3 评价标准

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

“本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中的安全。

标准附录 B 剂量限值 and 表面污染控制水平：

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

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

本项目取其四分之一，即 5mSv 作为职业工作人员的年有效剂量约束值。

“B1.2.1 条规定：实践使公众中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：年有效剂量 1mSv。”

本项目取其十分之一，即 0.1mSv 作为公众人员的年有效剂量约束值。

(2) 参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求

“本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600kV及以下的X射线探伤机和γ射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的探伤检测参考使用。

根据标准中第6项固定式探伤的放射防护要求，对项目探伤室要求如下：

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X射线探伤室的屏蔽计算方法参见GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周；

b) 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。

6.1.4 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邻近建筑物在自辐射源点到探伤室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6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100μSv/h。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。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。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”信号和“照射”状态的指示灯和声音

提示装置，并与探伤机联锁。“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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装急停开关或拉绳，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。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作,如工件过大等特殊原因必须开门探伤的,应遵循本标准第 7.1 条~第 7.4 条的要求。”本标准适用于使用 600 kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作(包括固定式探伤和移动式探伤),工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)

“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。

根据标准中第 3 项规定,对项目探伤室辐射屏蔽及设计作出如下要求:

3 探伤室屏蔽要求

3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率(以下简称剂量率)和每周周围剂量当量(以下简称周剂量)应满足下列要求:

a) 周剂量参考控制水平(H_c)和导出剂量率参考控制水平($\dot{H}_{c,d}$):

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下:

职业工作人员: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$;

公众: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)按式(1)计算:

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (1)$$

式中:

H_c ——周剂量参考控制水平,单位为微希每周($\mu\text{Sv}/\text{周}$);

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 ——探伤装置周照射时间,单位为小时每周($\text{h}/\text{周}$)。

t 按式(2)计算:

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (2)$$

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 ——小时与分钟的换算关系；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下常用的最大管电流，单位为毫安（mA）。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c\text{-max}}$ ：

$$\dot{H}_{c\text{-max}} = 2.5\mu\text{Sv/h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c\text{-d}}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c\text{-max}}$ 二者的较小值

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射，该项辐射和穿出探伤室的透射辐射在相应关注点的剂量率总和应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c （ $\mu\text{Sv/h}$ ）加以控制。

2) 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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）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）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门，对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门，探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射方

向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。”

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目拟建地辐射环境现状监测

2023 年 12 月 15 日，受国网陕西省电力有限公司电力科学研究院委托，核工业二〇三公司分析测试中心对研究院项目拟建地进行 X- γ 辐射剂量率监测，监测内容如下：

- (1) 监测项目：X- γ 辐射剂量
- (2) 监测仪器

本项目使用的监测仪器、仪器检定情况见表 8-1。

表 8-1 监测仪器、测量范围、监测方法以及检定情况

项目	监测方法	仪器名称及型号，设备编号	测量范围	检定单位	检定证书编号	检定证书有效期
X- γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)	多功能辐射测量仪 FH40G-10 (主机)+FHZ672E-10 (探头)	1nSv/h ~ 100 μ Sv/h	中国计量科学研究院	DLj12023-11685	2023.9.7 ~ 2024.9.6

- (3) 质量保证措施

监测按照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)等监测方法，实施全过程质量控制。

- 1) 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；
- 2) 监测分析方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；
- 3) 所用监测仪器全部经过计量部门检定并在有效期内；
- 4) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- 5) 监测数据严格实行审核制度。

- (4) 监测结果

本项目拟建地以及周边环境 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目拟建地及周围环境 X- γ 辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	均值 (nGy/h)	标准差	备注
1	拟建铅室地面	114	1.9	
2	配电网实时仿真实验室地面	122	2.3	
3	自动化终端区地面	122	2.3	
4	蓄电池室地面	112	3.0	
5	变配电室地面	124	1.2	

续表 8-2 项目拟建地及周围环境 X-γ辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	均值 (nGy/h)	标准差	备注
6	瓦斯继电器检测实验室地面	123	1.4	
7	换热站地面	125	1.1	
8	设备临时存放区地面	117	1.3	
9	输变电工程降噪施工工器具区地面	117	1.0	
10	智能变电站被检设备周转区地面	121	3.1	
11	接地材料区地面	121	1.6	
12	环保实验气瓶周转区地面	121	2.4	
13	噪声提取装置区地面	118	2.1	
14	输变电工程降噪材料区地面	120	1.5	
15	报警阀室地面	119	1.1	
16	土壤样品及腐蚀试样区地面	122	1.7	
17	设备区地面	118	1.8	
18	排烟机房地面	123	1.8	
19	花坛地面	119	2.5	

说明：1、表中监测结果已扣除仪器对宇宙辐射响应值；

2、按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数为 1.20Sv/Gy；

3、本报告仅对本次监测点位及结果负责。

(5) 监测布点图

本项目拟建地以及周边环境 X-γ辐射剂量率监测点位示意图见图 8-1。

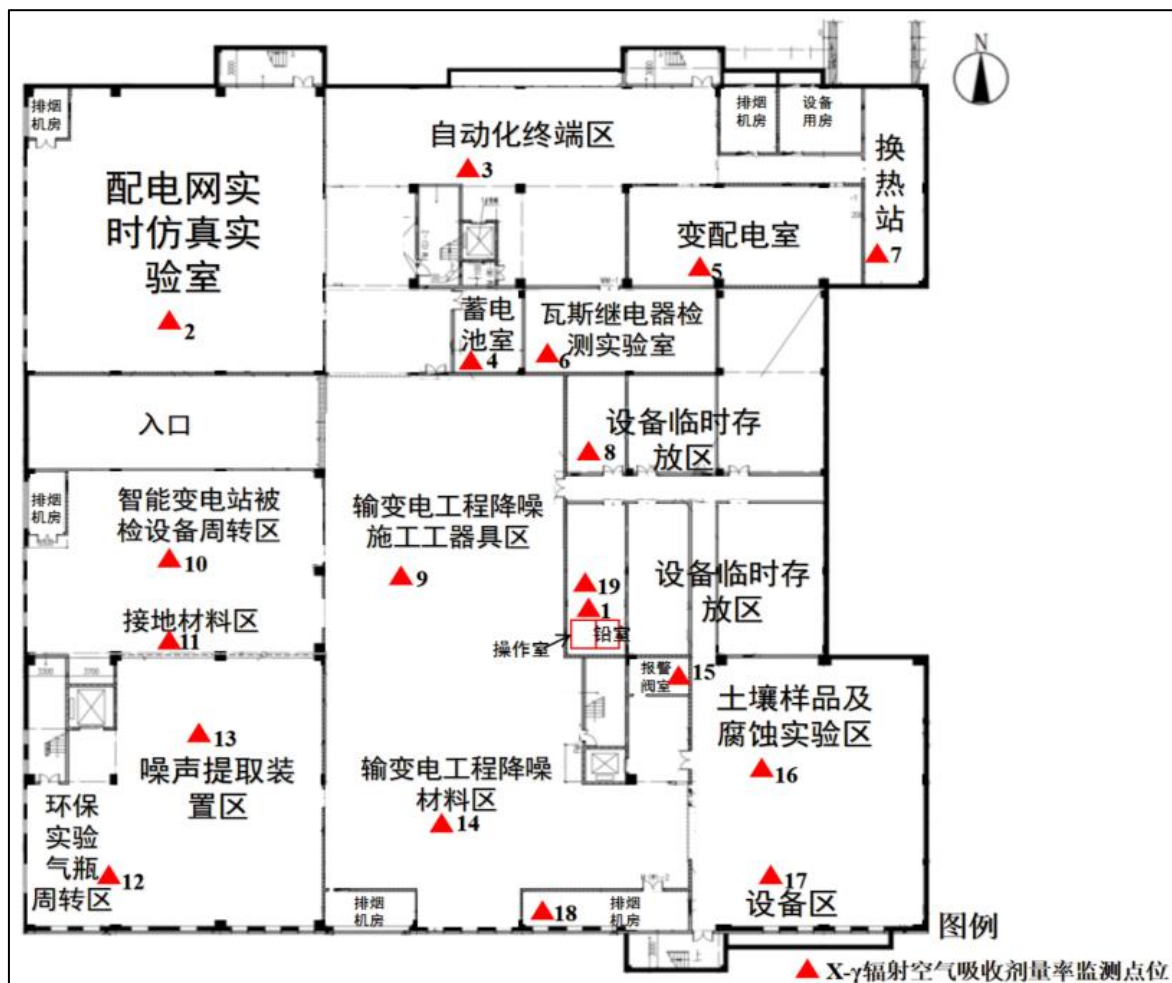


图 8-1 项目拟建地及周边环境 X-γ辐射空气吸收剂量率监测点位示意图

由表 8-2 可知，本项目拟建地及周边环境 γ 辐射剂量率室内监测结果为 112~125nGy/h，室外监测结果为 119nGy/h。

监测结果表明，项目所在地与西安市室内天然 γ 辐射剂量率（79~130nGy/h），西安市道路天然 γ 辐射剂量率（52~121nGy/h）处于同一水平，《数据来源：摘自国家环境保护局 1995 年 8 月编制的《中国环境天然放射性水平》，见表 8-3），项目所在地辐射环境现状质量良好。

表 8-3 西安市环境天然贯穿辐射所致剂量率调查结果（nGy/h）

项目	原野	道路	室内
范围	50~117	52~121	79~130
均值	71	76	111
标准差	17	20	19

表 9 项目工程分析及源项

9.1 工程设备和工作原理

工业X射线探伤机是利用X射线进行透射拍片的检测装置。其工作原理为：利用工业X射线探伤机 X 射线管产生的 X 射线对不同厚度材料或工件进行照射,通过不同材料、厚度对 X 射线吸收程度的差异,进行 X 射线透视摄片,获得照射后的胶片,将胶片进行冲洗后,可直接从胶片上显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷。依据胶片上影像资料缺陷的形状、大小和部位来评定材料或工件的质量。

工业X射线探伤机主要由X射线管和高压电源组成。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,由不同材料制成各种形状,一般用高原子序数的难融金属(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,直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在出来,而聚焦杯使这些电子聚集成束,直接向嵌在金属阳极中的靶体进行射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间,使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度,这些高速电子到达靶面,被靶所阻挡从而产生X射线。典型 X 射线管结构见图 9-1。

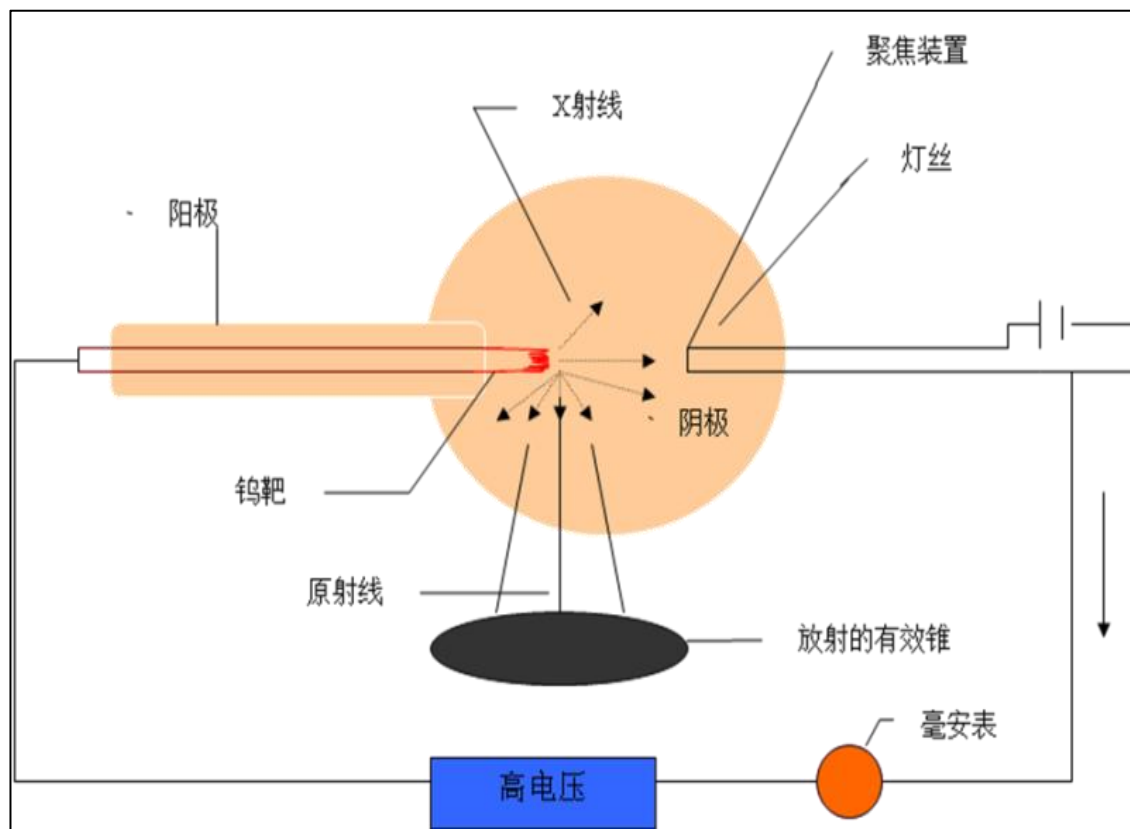


图 9-1 典型 X 射线管结构图

9.2 操作流程及产污环节

(1) 探伤室内探伤工艺流程

本项目采用射线成像技术，辐射工作人员在控制台进行远距离操作 X 射线探伤机，对拟检测的工件进行 X 射线无损检测，其工作流程如下：

- ①待检工件送入探伤室内。
- ②调整 X 射线发生器支架到合适位置，调整探伤机照射方向。
- ③人员撤离探伤室，关闭铅门。
- ④再次检查探伤室内外无异常情况后开启 X 射线机进行无损检测。
- ⑤达到预定的曝光量后关闭 X 射线探伤机。

⑥通过数据线和电缆连接至笔记本电脑工作站，将探伤结果直接反映到非晶硅面阵列平板数字探测器，连接存入电脑，数据采集人员启动图片处理程序，填写检测报告以及设备运行记录。

(2) 产污环节

射线装置工作流程及产污环节图见图 9-2。

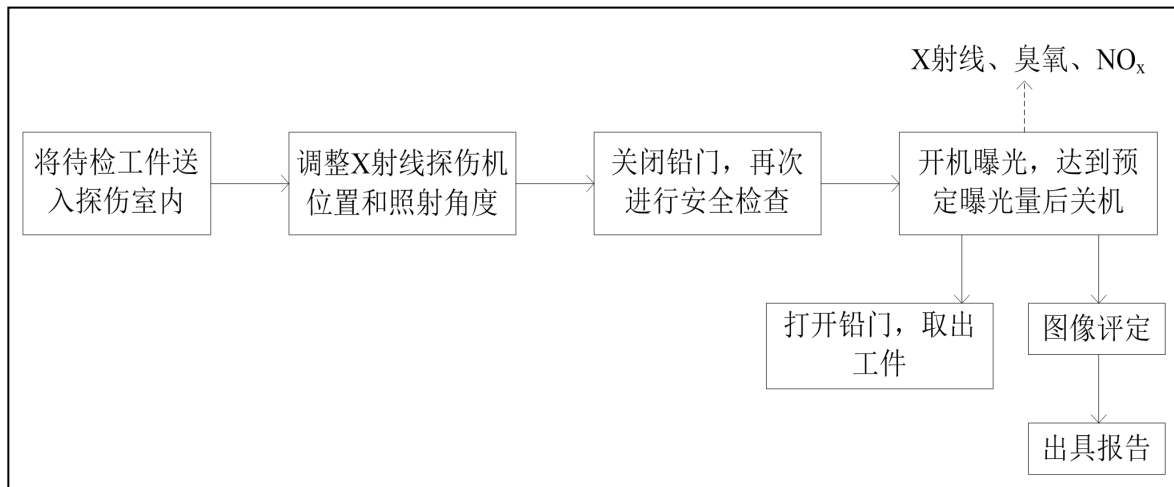


图 9-2 工作流程及产污环节图

9.3 源项分析与污染途径

(1) 源项分析

根据工艺流程可知，项目运行期产生的污染物主要有 X 射线机出束时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）。

1) 电离辐射

由 X 射线机工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目维修的

X 射线机只有在开机状态，并且其 X 射线机组件处于出束状态时才会发出 X 射线，因此，在开机出束期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目探伤流程，X 射线机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤片有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

1、有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。其射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

2、漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。

3、散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、工业 X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

2) 臭氧和氮氧化物

X 射线机维修时产生的 X 射线会使铅室内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，但是产生量较少，可以通过机械排风排入外环境中。

(2) 污染途径

本项目 X 射线机位于铅室内，铅室屏蔽体及防护门均采用铅进行防护，出束时，辐射工作人员在控制台进行操作。设置相应管电压、管电流、曝光时间，严格按照规程操作，完成维修工作；本项目作业时，其污染物主要为射线装置工作时所产生的 X 射线，污染途径主要为：由于铅室的屏蔽体和防护门的破损而导致 X 射线外泄，从而对周边人群、环境产生辐射影响。安全联锁装置出现故障，设备屏蔽体维修铅门、防护铅门未完全关闭就出束，造成门外泄漏射线量大大增加，导致工作人员受到额外的照射。

对于 X 射线检测过程中产生的少量臭氧和氮氧化物，可通过排风装置排入外环境中。根据建设单位提供的资料，铅室自带排风系统，风机风量 72m³/h，铅室体积为 14.4m³通风换气次数为 5 次/h。排风口满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定“每小时通风换气次数应不小于 3 次”要求。

由于本项目及工业 X 射线机实时成像，无损检测过程中不使用显影液和定影液进行洗片等工作。因此，本项目无废显影液、废定影液和废胶片产生。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射防护屏蔽设施

(1) 铅室概况

根据建设单位提供的铅房设计资料可知，本项目拟购一间整体铅房，2550mm×2400mm×2350mm（长×宽×高），铅房顶部设置排风扇，风机风量 72m³/h，铅室体积为 14.4m³通风换气次数为 5 次/h，满足通风需求。铅防护门设计门-机连锁装置，在探伤室门口和内部同时设有显示“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 射线探伤机连锁，探伤室防护门上设置电离辐射警告标识和中文警示说明。铅房设计图见图 10-2，各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 铅房设计屏蔽情况一览表

项目	内容
长×宽×高	铅室外轮廓尺寸为：2550mm×2400mm×2350mm（长×宽×高）
四周立面屏蔽体厚度	30mmPb
铅防护门厚度	30mmPb
顶部厚度	28mmPb
通风口	排风机设置在顶部，墙外侧设有铅防护罩

10.2 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有关条款的要求，本项目应对设备工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。其中控制区要求或可能要求采取专门的防护手段和措施；监督区通常不需要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。

根据实际情况，本项目将铅室内部划为控制区，将铅室所在设备临时存放区 4 处划为监督区。本项目辐射工作场所分区如图 10-1、所示：

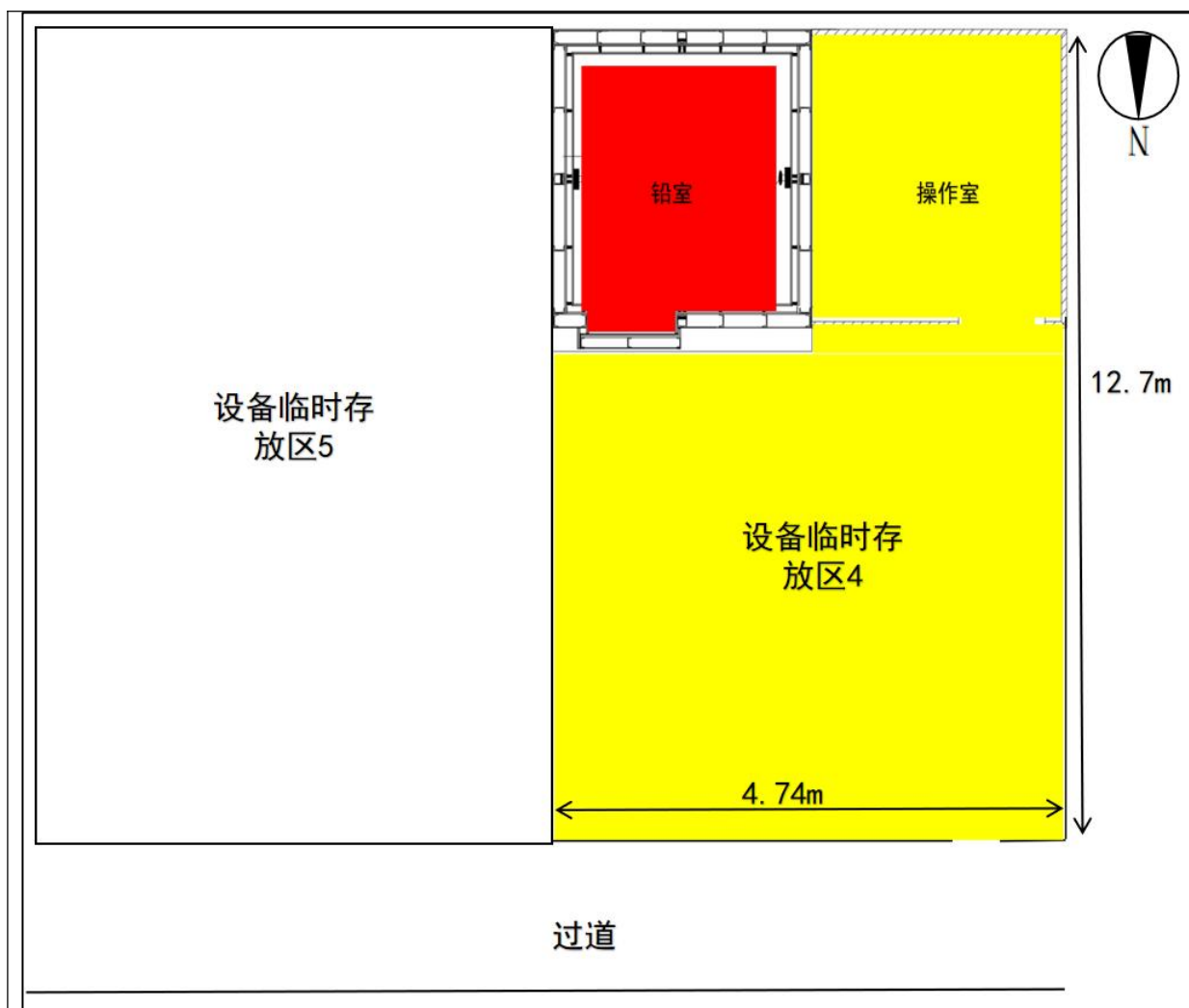


图 10-1 辐射工作场所分区示意图

根据上述分区，建设单位须采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

（1）控制区：设置门-机联锁装置、工作状态指示灯和声音提示装置等设施，严格限制人员随意进入控制区。

（2）监督区：X 射线间外设置电离辐射警示标识，警告无关人员远离该区域。对该区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检查其周围剂量当量率。

10.3 辐射安全措施

为保障工作场所以及周边环境的辐射安全，减轻无损检测过程中对周边环境的影响程度，预防辐射事故发生，本项目设备参照《工业探伤放射防护标准》

（GBZ117-2022）的相关要求，采取辐射安全设施包括：急停开关、门机联锁开关、安全联锁钥匙开关、声光报警器、警示标识、视频监控设备等，辐射安全设施分布图见图 10-2、10-3、10-4 所示。

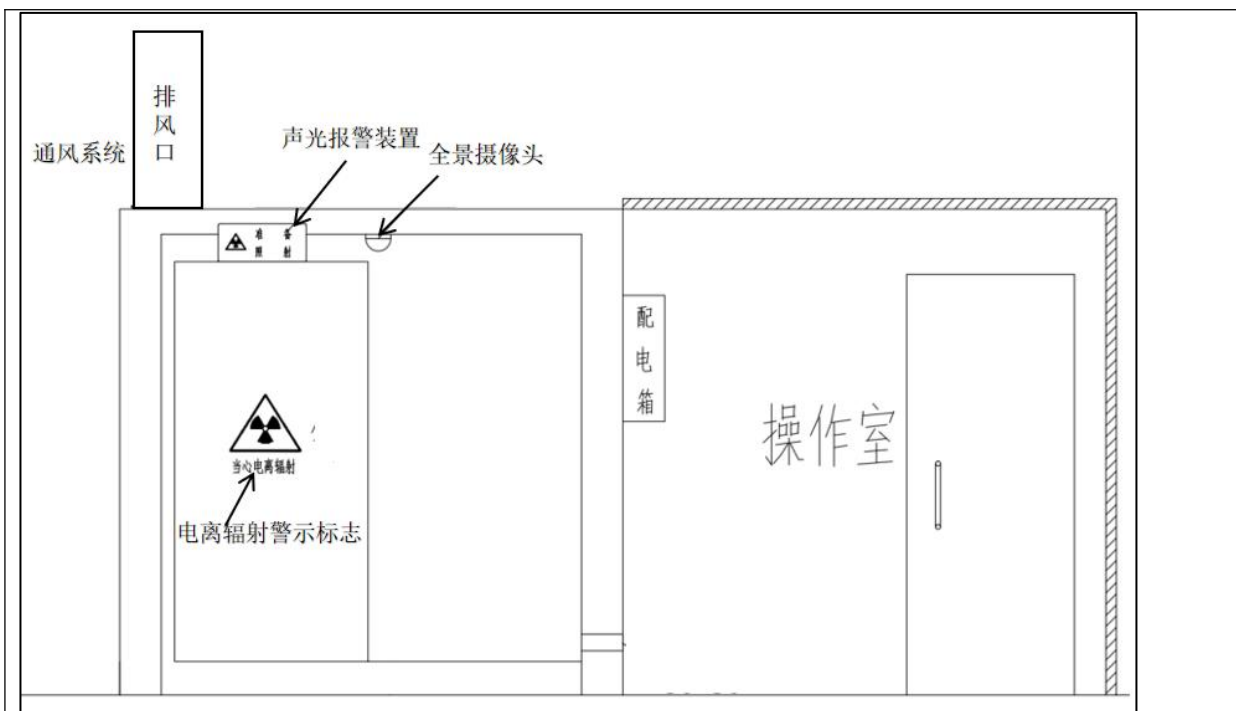


图 10-2 铅房部分防护设施示意图

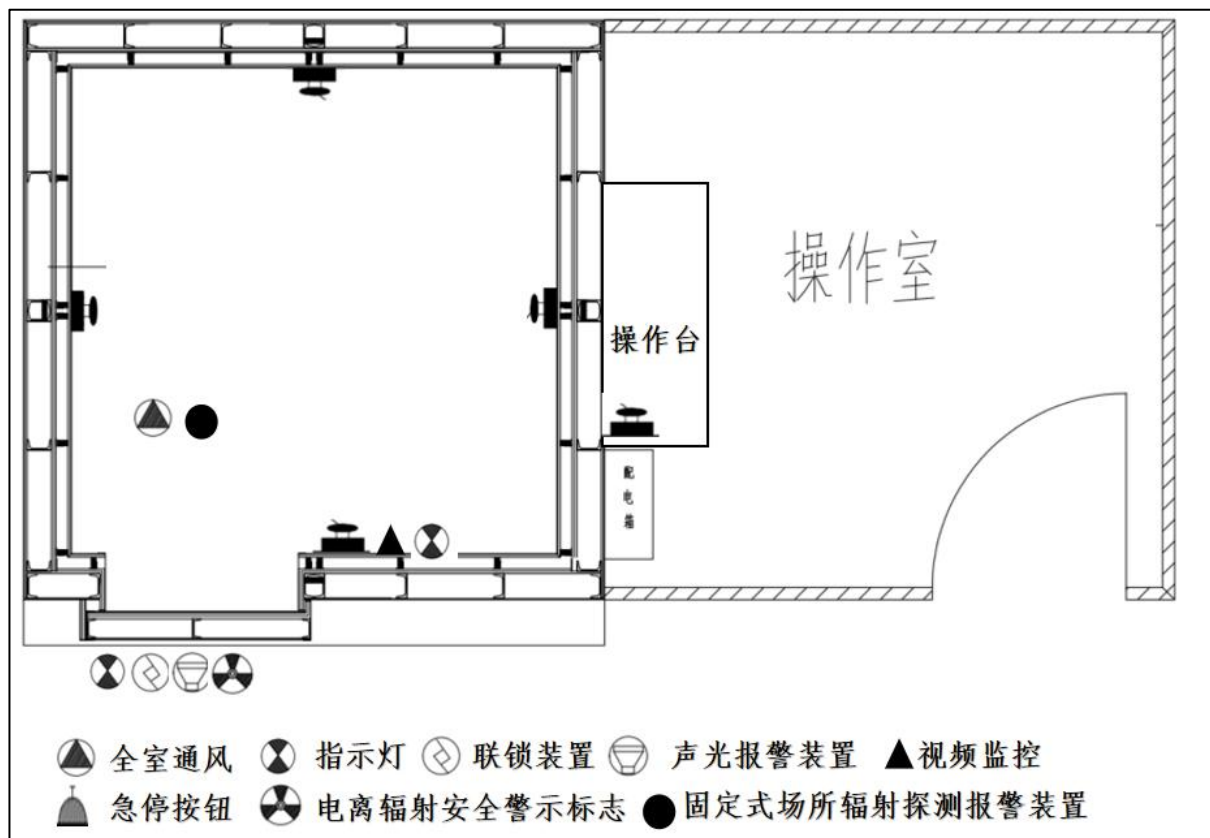


图 10-3 铅房部分防护设施示意图

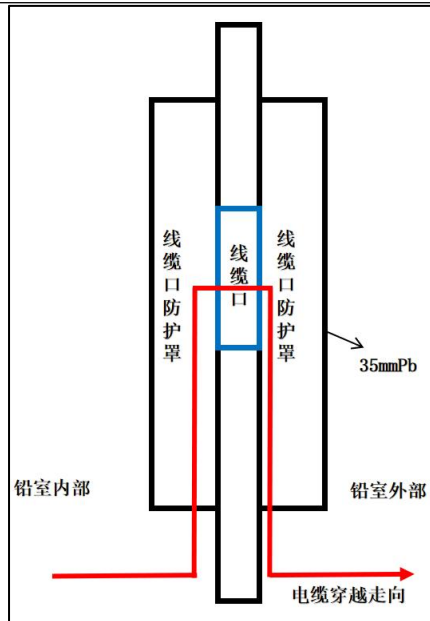


图 10-4 电缆防护局部示意图

(1) 门机联锁开关：铅室设置门-机联锁装置，保证防护门处于关闭状态下设备才能进行出束检测，防护门打开时设备无法开启；

(2) 急停开关：在铅室内部墙壁、系统控制台上等处安装有急停按钮开关，任何一个急停开关被按下时，射线源停束、扫描装置停止运动，切断射线源安全联锁信号与伺服驱动器电源，急停开关必须手动复位才能重启系统。

(3) 安全联锁钥匙开关：系统控制台上安装安全联锁钥匙，直接与射线源联锁，作为出束授权。具有关闭、就绪、待机等功能。

(4) 声光报警器：作用是提醒工作人员在射线源出束前撤出铅室，在射线源出束期间不进入铅室。声光报警器安装在防护门外，根据射线源不同的工作状态提供声音和灯光提示。系统上电时显示绿灯，安全联锁就绪时显示黄灯并蜂鸣预警，出束时显示红灯及蜂鸣报警。

(5) 警示标识：在铅室内外安装电离辐射、紧急停止等警示标牌。

(6) 视频监控：在铅室内安装 1 台摄像机，确保室内无盲区，监视器按装在控制台旁，供操作人员对铅室内的设备、工件和人员情况进行远程监视。

(7) 通风装置：风机风量 $72\text{m}^3/\text{h}$ ，铅室体积为 14.4m^3 通风换气次数为 5 次/h。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定“每小时通风换气次数应不小于 3 次”要求。

(8) 工作人员需要随身携带个人剂量报警仪，当铅室辐射剂量超过标准时，仪器

发出警报声，提示工作人员。

(9) 对铅室防护门、急停开关、声光报警装置等设施应进行经常性的检查、维护，防止设备带故障运行。

(10) 固定式场所辐射探测报警装置：在铅室内外安装固定式场所辐射探测报警装置。

对于安全操作要求，操作人员应做到：

(1) 操作人员必须遵守各项操作规程，认真检查安全连锁，禁止任意去除安全连锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全连锁的情况下开机。

(2) 辐射工作人员在工作时，必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪。当辐射水平过高时，剂量仪报警，工作人员应立即离开铅室，同时阻止其他人进入铅室，并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 工作期间认真做好当班记录，严格执行交接班制度。交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。

(4) 严禁操作人员擅自离开岗位，密切注视控制台仪表及设备状况，发现异常及时处理。

(5) 工作期间，除工作人员外，检测室内不得有其他人员。

(6) 只有通过专用钥匙才能使设备出束，钥匙由专人保管。操作人员离开检测室时，拔出专用钥匙，妥善保管，以防他人误操作而发出射线。

(7) 在每次工作开始前，工作人员应检查的设备安全连锁是否正常工作、铅室的辐射防护设施是否完好等。

10.4 防护用品及其它

根据原陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号），对照拟采取的辐射安全防护措施情况，见表 10-2。

表 10-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）-工业 X 射线探伤

项目		要求	本项目情况
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。	X射线管头已设置铭牌标明相关参数；控制台设置钥匙开关、紧急停机开关、外部报警或指示装
		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连锁接口。	

固定式探伤作业场所*		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。	置等安全装置，安全性能符合相关要求
		控制台设有紧急停机开关。	
	分区	按标准要求划分控制区、监督区。	已划分控制区和监督区
		控制区：铅室墙围成的内部区域。	
		监督区：铅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。	符合
	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。	符合
	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。	拟设置
		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。	拟设置
	标志及指示灯	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。	拟设置
辐射安全与连锁	探伤室设置门-机联锁装置。	拟设置	
	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。	拟设置	
监测设备及个人防护用品	X-γ剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等	已配备X-γ剂量率监测仪、个人剂量报警仪，现有工作人员已配备个人剂量计	

(1) 公司配备 2 台个人剂量报警仪，工作人员按照要求佩戴个人剂量报警仪。进入辐射作业环境时，当辐射水平超过设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，辐射工作人员应立即离开铅室，同时阻止其他人员进入铅室，并立即向辐射防护负责人报告。

(2) 公司配备 1 台便携式辐射剂量率监测仪器，仪器每年送有资质单位检定或校准，确保仪器处于正常的工作状态。除此之外，公司还应定期按照监测计划对设备铅室以及人员容易到达位置处进行周围剂量当量率监测、做好监测记录，存档备查。

(3) 公司对每名辐射工作人员配备个人剂量计，定期送有资质单位进行检测（每季度送检一次），随时掌握受照剂量，使作业人员接受到的年附加有效剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关要求。

10.5 三废治理设施

本项目只有在设备开机并出束状态下才产生 X 射线，无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

(1) 废气

本项目使用的 X 射线装置工作时能够电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，但产生量较少，可通过排风装置，连接地下室通风系统排入外环境中。根据建设单位提供的资料，铅室自带排风系统，排风管外包铅罩。排风局部示意图见图 10-5。风机风量 $72\text{m}^3/\text{h}$ ，铅室体积为 14.4m^3 通风换气次数为 5 次/h。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定“每小时通风换气次数应不小于 3 次”要求。

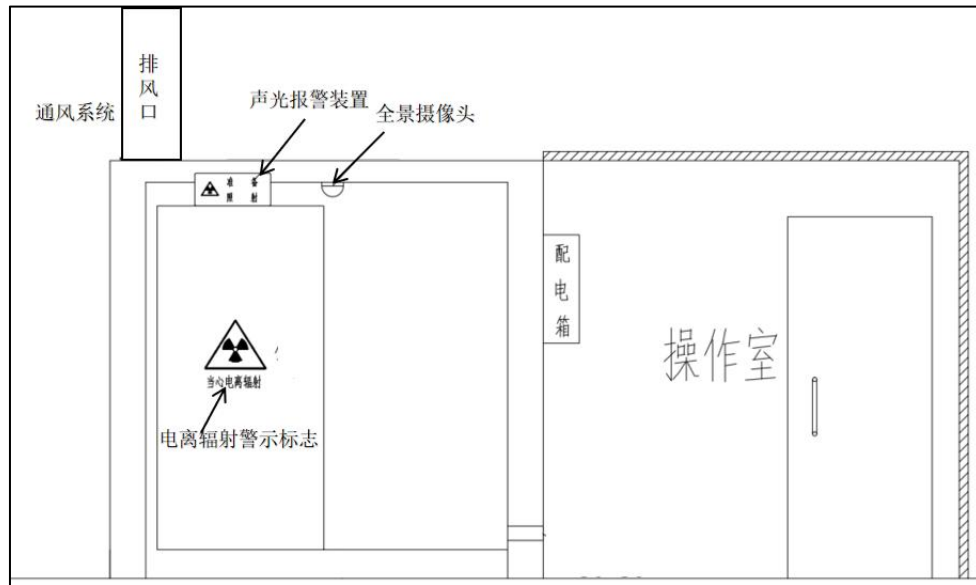


图 10-5 排风局部示意图

(2) 废水

本项目检测过程中不使用显影液和定影液进行洗片操作，无洗片废水、废定（显）影液产生。工作人员产生的生活污水依托市政管网进行收集处理。

(3) 固废

本项目采用电子阅片形式进行工作，不会产生废胶片；工作人员生活垃圾经垃圾桶分类收集后，由城管部门统一清运。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

建设期间对环境的影响主要为安装设备过程产生的噪声以及工人生活污水、生活垃圾。项目施工现场位于陕西省西安市国家民用航天产业基地航天中路 669 号电网环保综合实验用房负一层，安装过程方便，施工噪声造成的影响较小，生活垃圾和生活污水产生量较小，生活污水依托研究院内的公用卫生间，生活垃圾纳入研究院现有垃圾清运系统。

综上所述，本项目工程量较小，施工期短，施工人员少，合理安排施工秩序，施工时间，本项目对周围环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

11.2 运行阶段环境影响分析

本项目铅房安装于陕西省西安市国家民用航天产业基地航天中路 669 号电网环保综合实验用房负一层，本项目拟将探伤机安放于铅室正中央，采用升降支架固定探伤机，主射方向垂直向地下照射。通过控制升降支架，探伤机离地高度可在 1m~1.5m 范围内变动 ERESO65MF4 型工业 X 射线机，设备最大管电压为 300kV，最大管电压下的管电流为 3mA，ERESCO42MF4 型工业 X 射线机，设备最大管电压为 200kV，最大管电压下的管电流为 4.5mA，项目运行期间产生的放射性污染物主要为 X 射线。

对于本项目，主要照射方向下方为地面，本次对铅室考虑屏蔽体四周、防护门、顶部、考虑漏射线、散射线屏蔽。

根据铅室内所使用的设备曝光类型以及照射方向，本次铅室辐射屏蔽能力计算主要参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的公式进行计算，计算理论依据如下：

（1）环境辐射剂量估算

1) 理论计算依据

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），对本项目设备铅室屏蔽能力进行理论预测，其辐射屏蔽的剂量参考控制水平如下：

“（1）铅室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ H_c ）和导出剂量率参考控制水平（ \dot{H}_{cd} ）：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 \dot{H}_{cd} (μSv) 按式 11-1 计算：

$$\dot{H}_{cd} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-1)$$

式中：

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)；

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——探伤装置周照射时间，单位为小时每周 (h/周)。

t 按式 11-2 计算：

$$t = \frac{W}{60I} \quad (11-2)$$

式中：

W——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累计“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)；

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 \dot{H}_{cmax} ；

$$\dot{H}_{cmax} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h} \quad (11-3)$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 \dot{H}_{cd} 和 b) 中的 \dot{H}_{cmax} 二者的较小值。

(2) 防护铅室室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 铅室上方已建、拟建建筑物或铅室旁邻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，距铅室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同（1）。

b) 除 a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 穿过铅室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按（1）的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 加以控制。

2) 对不需要人员到达的铅室顶，铅室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可

取为 100 μ Sv/h。

本次设备屏蔽体顶部辐射屏蔽的剂量参考控制水平按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中相关规定取 2.5 μ Sv/h。

依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），对铅室屏蔽厚度进行理论校核，铅室辐射屏蔽估算公式如下：

（1）有用线束辐射屏蔽

a) 利用下列公式对进行屏蔽计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c \times R^2}{\dot{H}_0 \times I} \quad (11-4)$$

式中：

B——屏蔽透射因子，无量纲；

\dot{H}_c ——关注点处确定的剂量率控制水平， μ Sv/h；

\dot{H}_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， μ Sv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/（mA·min）为单位的值乘以 6 $\times 10^4$ ；

R——辐射源点至关注点的距离，m；

I——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA。

b) 屏蔽透射因子 B 和辐射屏蔽厚度 X 计算

对于估算出的屏蔽因子 B，所需要的屏蔽物质厚度 X 按下式进行估算：

$$X = TVL \times \lg B^{-1} \quad (11-5)$$

式中，TVL——十分之一值层厚度，cm；

X——关注点达到参考剂量率控制水平所需要的厚度，cm；

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），对于给定屏蔽物质厚度X时，可由透射曲线图查出相应屏蔽透射因子B，计算出屏蔽墙体外关注点的剂量率，计算公式如下：

c) 对于给定屏蔽物质厚度X时，相应的辐射屏蔽透射因子B为：

$$B = 10^{-\frac{X}{TVL}} \quad (11-6)$$

式中，TVL——什值层厚度，cm；

X——屏蔽物质厚度，cm；

d) 有用线束辐射剂量率计算公式：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \times I \times B}{R^2} \quad (11-7)$$

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

\dot{H}_0 ——距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ;

R——辐射源点至关注点的距离, m;

I——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA。

(2) 泄漏辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子 B 按 (11-8) 计算:

$$B_1 = \frac{\dot{H} \times R^2}{\dot{H}_L} \quad (11-8)$$

式中: B——屏蔽透射因子, 无量纲;

\dot{H} ——剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的漏射辐射剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

R——辐射源点至关注点的距离, m;

b) 对于估算出的屏蔽因子 B, 所需要的屏蔽物质厚度 X 按式 (11-9) 进行估算:

$$X = TVL \times \lg B^{-1} \quad (11-9)$$

式中, TVL——十分之一值层厚度, cm;

X——关注点达到参考剂量率控制水平所需要的厚度, cm;

c) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (11-10) 计算, 然后按 (11-11) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为 $\mu\text{Sv/h}$:

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

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (11-11)$$

B——屏蔽透射因子, 无量纲;

\dot{H} ——剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的漏射辐射剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

R——辐射源点至关注点的距离, m;

(3) 散射辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考水平 \dot{H}_c 时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (11-12) 计算。另确定 90° 散射辐射的 TVL, 然后计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B_2 = \frac{\dot{H} \times R_s^2 \times R_0^2}{H_0 \times I \times F \times \alpha} \quad (11-12)$$

式中： \dot{H} ——剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_s ——散射点至关注点的距离， m ；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离， m ；

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 ）；

H_0 ——距辐射源点（靶点） 1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，以水散射体的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} 按式（11-13）计算：

$$\dot{H} = \frac{B \cdot I \cdot H_0}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-13)$$

式中： \dot{H} ——剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_s ——散射点至关注点的距离， m ；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离， m ；

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 ）；

H_0 ——距辐射源点（靶点） 1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，以水散射体的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3。”

2) 铅室屏蔽能力理论校核

对于本项目，有用线束照射方向为下方，下方为地面。本次对铅室考虑屏蔽体四周、防护门、顶部、考虑漏射线、散射线屏蔽。当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射、散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽厚度，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）。

本项目 ERESO65MF4 型工业 X 射线机，最大管电压为 300kV，距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，此管电压下产生的 X 射线对应的铅什值层 $\text{TVL}=5.7\text{mm}$ ，铅半值层 $\text{HVL}=1.7\text{mm}$ ；对于泄漏辐射，管电压 $>200\text{kV}$ 的 X 射线机，距靶 1m 处最大泄露辐射剂量率为 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；对于散射辐射，散射过程中 X 射线能量会降低，300kV 的 X 射线经过散射后最大能量为 200kV 管电压的能量，此能量状态下的 X 射线对应的铅什值层 $\text{TVL}=1.4\text{mm}$ ，铅半值层 $\text{HVL}=0.42\text{mm}$ 。

ERESCO42MF4 型工业 X 射线机，最大管电压为 200kV，最大管电压下的管电流为 4.5mA，距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 $8.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，此管电压下产生的 X 射线对应的铅什值层 $\text{TVL}=1.4\text{mm}$ ，铅半值层 $\text{HVL}=0.42\text{mm}$ ；对于泄漏辐射，管电压 $150\leq\text{kV}\leq 200$ 的 X 射线机，距靶 1m 处最大泄露辐射剂量率为 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；对于散射辐射，散射过程中 X 射线能量会降低，200kV 的 X 射线经过散射后最大能量为 150kV 管电压的能量，此能量状态下的 X 射线对应的铅什值层 $\text{TVL}=0.96\text{mm}$ ，铅半值层 $\text{HVL}=0.29\text{mm}$ 。

本项目每周预计开机累计时间最长为 0.834h，在正常工作期间，其它非辐射工作人员不能进入铅室内，因此本项目在进行关注点的导出剂量率参考控制水平估算时，主要考虑职业工作人员： $H_c\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ，因此根据公式 11-1、11-2 计算出本项目导出剂量率参考控制水平，具体见表 11-1。

表 11-1 剂量率参考控制水平核算表

序号	方向	使用因子 U	居留因子 T	周照射时间 t (h/周)	关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	需屏蔽的辐射
1	铅室北屏蔽体外 30cm 处	1	1	120	120	2.5	泄漏辐射、散射辐射
2	铅室北铅防护门外 30cm 处	1	1	120	120	2.5	泄漏辐射、散射辐射
3	铅室南侧屏蔽体外 30cm 处	1	1	6	6	2.5	泄漏辐射、散射辐射
4	铅室东侧屏蔽体外 30cm 处	1	1	6	6	2.5	泄漏辐射、散射辐射
5	铅室西侧屏蔽体外 30cm 处	1	1	120	120	2.5	泄漏辐射、散射辐射
6	距离楼上地面 1m 处	1	1	6	6	2.5	泄漏辐射、散射辐射

本项目铅室辐射屏蔽厚度估算结果见表 11-2、11-3 所示。

表 11-2 ERESO65MF4 型工业 X 射线机使用时本项目铅室辐射屏蔽厚度估算结果

关注点	辐射类型	屏蔽透射因子	计算厚度	理论计算厚度	设计厚度	符合性
铅室北屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射	1.24E-03	16.57mmPb	16.57mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	8.24E-05	5.72mmPb			
铅室北铅防护门外 30cm 处	泄露辐射	1.24E-03	16.57mmPb	16.57mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	8.24E-05	5.72mmPb			
铅室南侧屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射	1.24E-03	16.57mmPb	16.57mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	8.24E-05	5.72mmPb			
铅室东侧屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射	1.13E-03	16.81mmPb	16.81mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	7.48E-05	5.78mmPb			
铅室西侧屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射	1.13E-03	16.81mmPb	16.81mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	7.48E-05	5.78mmPb			
距离楼上地面 1m 处	泄露辐射	3.65E-03	13.90mmPb	13.90mmPb	28mmPb+ 200mm 混凝土	符合
	散射辐射	2.42E-04	5.06mmPb			

备注：1、辐射屏蔽厚度估算时，考虑铅室墙体对 X 射线辐射屏蔽效果。

2、本次估算时，保守考虑距离选取关注点距离辐射源最近的距离；

表 11-3 ERESO42MF4 型工业 X 射线机使用时本项目铅室辐射屏蔽厚度估算结果

关注点	辐射类型	屏蔽透射因子	计算厚度	理论计算厚度	设计厚度	符合性
铅室北屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射	2.48E-03	3.65mmPb	4.15mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	1.29E-04	3.73mmPb			
铅室北铅防护门外 30cm 处	泄露辐射	2.48E-03	3.65mmPb	4.15mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	1.29E-04	3.73mmPb			
铅室南侧屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射	2.48E-03	3.65mmPb	4.15mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	1.29E-04	3.73mmPb			
铅室东侧屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射	2.25E-03	3.71mmPb	4.19mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	1.17E-04	3.77mmPb			
铅室西侧屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射	2.25E-03	3.71mmPb	4.19mmPb	30mmPb	符合
	散射辐射	1.17E-04	3.77mmPb			
距离楼上地面 1m 处	泄露辐射	7.29E-03	2.99mmPb	3.7mmPb	28mmPb+ 200mm 混凝土	符合
	散射辐射	3.79E-04	3.28mmPb			

备注：1、辐射屏蔽厚度估算时，考虑铅室墙体对 X 射线辐射屏蔽效果。

2、本次估算时，保守考虑距离选取关注点距离辐射源最近的距离；

理论估算结果表明，本项目铅室在其最大管电压工作状态下，其配套屏蔽墙体设计厚度均大于理论估算厚度，铅室能够有效屏蔽 X 射线，其辐射屏蔽能力满足相关辐射防护要求。

本项目铅室在屏蔽防护情况下，对关注点进行辐射剂量率估算，选择距铅室四面屏蔽体、顶部及防护门外表面 30cm 处以及周边人员停留处作为关注点，依据公式计算得到各关注点剂量率。铅室各关注点示意图见图 11-1 所示；设备工作期间各关注点和环境保护目标辐射剂量率计算结果见表 11-4、表 11-5、表 11-6 所示；

表 11-4 ERESO65MF4 型工业 X 射线机工作期间各关注点和环境保护目标辐射剂量率计算结果

序号	关注点	类别	距离 m	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	铅室北屏蔽体外 30cm 处	泄漏辐射、 散射辐射	1.575	1.10E-02
2	铅室北铅防护门外 30cm 处		1.575	1.10E-02
3	铅室南侧屏蔽体外 30cm 处		1.575	1.10E-02
4	铅室东侧屏蔽体外 30cm 处		1.5	1.21E-02
5	铅室西侧屏蔽体外 30cm 处		1.5	1.21E-02
6	配电网实时仿真实验室		31	2.84E-05
7	自动化终端区		36	2.10E-05
8	蓄电池室		23	5.16E-05
9	变配电室		28	3.48E-05
10	瓦斯继电器检测实验室		21.6	5.85E-05
11	换热站		33	2.50E-05
12	设备临时存放区		1.5	1.21E-02
13	输变电工程降噪施工工器具区		7.1	5.41E-04
14	智能变电站被检设备周转区		23	5.16E-05
15	接地材料区		22.1	5.59E-05
16	环保实验气瓶周转区		39	1.79E-05
17	噪声提取装置区		22	5.64E-05
18	输变电工程降噪材料区		7	5.57E-04
19	报警阀室		2	6.82E-03
20	土壤样品及腐蚀试样区		9	3.37E-04
21	设备区		20	6.82E-05
22	排烟机房		10.6	2.43E-04
23	花坛		2.7	8.37E-05

备注：1、本次估算时，保守考虑距离选取关注点距离辐射源最近的距离；

- 2、表中关注点辐射剂量率除有用线束外，其它关注点均为泄漏辐射、散射辐射共同贡献结果。
- 3、由于本项目屏蔽体设计中内壁钢板、外壁钢板的折算铅当量均较小，因此，在本次计算中屏蔽设计铅当量的辐射防护效果，仅按照铅板的铅当量进行计算；
- 4、关注点剂量率估算时不考虑被照射工件的屏蔽作用；
- 5、经计算在管电压 200kV 下，200mm 混凝土相当于 3.26mmPb，在管电压 300kV 下 200mm 混凝土相当于 11.4mmPb。

表 11-5 ERESO42MF4 型工业 X 射线机工作期间各关注点和环境保护目标辐射剂量率计算结果

序号	关注点	类别	距离 m	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	铅室北屏蔽体外 30cm 处	泄漏辐射、 散射辐射	1.575	3.76E-19
2	铅室北铅防护门外 30cm 处		1.575	3.76E-19
3	铅室南侧屏蔽体外 30cm 处		1.575	3.76E-19
4	铅室东侧屏蔽体外 30cm 处		1.5	4.14E-19
5	铅室西侧屏蔽体外 30cm 处		1.5	4.14E-19
6	配电网实时仿真实验室		31	9.70E-22
7	自动化终端区		36	7.19E-22
8	蓄电池室		23	1.76E-21
9	变配电室		28	1.19E-21
10	瓦斯继电器检测实验室		21.6	2.00E-21
11	换热站		33	8.56E-22
12	设备临时存放区		1.5	4.14E-19
13	输变电工程降噪施工工器具区		7.1	1.85E-20
14	智能变电站被检设备周转区		23	1.76E-21
15	接地材料区		22.1	1.91E-21
16	环保实验气瓶周转区		39	6.13E-22
17	噪声提取装置区		22	1.93E-21
18	输变电工程降噪材料区		7	1.90E-20
19	报警阀室		2	2.33E-19
20	土壤样品及腐蚀试样区		9	1.15E-20
21	设备区		20	2.33E-21
22	排烟机房		10.6	2.43E-04
23	花坛		2.7	8.37E-05

- 备注：1、本次估算时，保守考虑距离选取关注点距离辐射源最近的距离；
- 2、表中关注点辐射剂量率除有用线束外，其它关注点均为泄漏辐射、散射辐射共同贡献结果。
- 3、由于本项目屏蔽体设计中内壁钢板、外壁钢板的折算铅当量均较小，因此，在本次计算中屏蔽设计铅当量的辐射防护效果，仅按照铅板的铅当量进行计算；
- 4、关注点剂量率估算时不考虑被照射工件的屏蔽作用；

5、经计算在管电压 200kV 下，200mm 混凝土相当于 3.26mmPb，在管电压 300kV 下 200mm 混凝土相当于 11.4mmPb。

表 11-6 工业 X 射线机工作期间各关注点和环境保护目标辐射剂量率计算结果

序号	关注点	类别	距离 m	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	铅室北屏蔽体外 30cm 处	泄漏辐射、 散射辐射	1.575	1.10E-02
2	铅室北铅防护门外 30cm 处		1.575	1.10E-02
3	铅室南侧屏蔽体外 30cm 处		1.575	1.10E-02
4	铅室东侧屏蔽体外 30cm 处		1.5	1.21E-02
5	铅室西侧屏蔽体外 30cm 处		1.5	1.21E-02
6	配电网实时仿真实验室		31	2.84E-05
7	自动化终端区		36	2.10E-05
8	蓄电池室		23	5.16E-05
9	变配电室		28	3.48E-05
10	瓦斯继电器检测实验室		21.6	5.85E-05
11	换热站		33	2.50E-05
12	设备临时存放区		1.5	1.21E-02
13	输变电工程降噪施工工器具区		7.1	5.41E-04
14	智能变电站被检设备周转区		23	5.16E-05
15	接地材料区		22.1	5.59E-05
16	环保实验气瓶周转区		39	1.79E-05
17	噪声提取装置区		22	5.64E-05
18	输变电工程降噪材料区		7	5.57E-04
19	报警阀室		2	6.82E-03
20	土壤样品及腐蚀试样区		9	3.37E-04
21	设备区		20	6.82E-05
22	排烟机房		10.6	2.43E-04
23	花坛		2.7	8.37E-05

备注：1、本次估算时，保守考虑距离选取关注点距离辐射源最近的距离；

2、表中关注点辐射剂量率除有用线束外，其它关注点均为泄漏辐射、散射辐射共同贡献结果。

3、由于本项目屏蔽体设计中内壁钢板、外壁钢板的折算铅当量均较小，因此，在本次计算中屏蔽设计铅当量的辐射防护效果，仅按照铅板的铅当量进行计算；

4、关注点剂量率估算时不考虑被照射工件的屏蔽作用；

5、经计算在管电压 200kV 下，200mm 混凝土相当于 3.26mmPb，在管电压 300kV 下 200mm 混凝土相当于 11.4mmPb。

由表 11-6 理论计算结果可知：公司设备在其最大管电压工作状态下，其配套的铅室

四周屏蔽墙体及防护门表面 30cm 处的周围剂量当量率为 $1.10 \times 10^{-2} \sim 1.21 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，周围剂量当量率估算结果均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，铅室距楼上 1m 处周围剂量当量率为 $8.37 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，估算结果小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）“剂量限值”要求。理论估算结果表明，本项目铅室具有较好的辐射屏蔽能力，满足标准相关屏蔽要求。

（2）职业人员及公众剂量分析

1) 辐射工作人员

根据公司提供的资料可知，本项目配备辐射工作人员 4 人，采取两班制。本项目 X 射线机曝光时间为 5min，每天最多维修 1 台，设备每天最长照射时间为 5min，每周最长照射时间 0.416h，年照射 50 周，年最长照射时间 20.83h。

根据表 11-3 理论估算结果，从保守角度考虑，取辐射工作人员操作位处的剂量率“ $6.81 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ”作为该铅室辐射工作人员停留位置处附加剂量率。根据 X 射线机的曝光时间、人员停留位置处周围剂量当量率、居留因子（取 1）进行剂量估算。其中，个人年有效剂量计算公式如下：

$$H = \dot{H} \times T \times Q \times 10^{-3} \quad (11-14)$$

式中，H——职业照射实践所致工作人员个人年附加有效剂量，mSv；

\dot{H} ——照射时，工作人员停留处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T——X 射线探伤机累计曝光时间；

Q——居留因子；

经计算，该项目设备最大工作状态下，所致辐射工作人员最大年附加有效剂量为 $2.53 \times 10^{-4} \text{mSv}$ 。理论估算结果表明，该项目设备运行所致辐射工作人员的年附加有效剂量小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的年有效剂量基本限值 20mSv，远低于本次评价剂量约束值 5mSv/a。

2) 公众人员

X 射线机检测期间，对公众的辐射影响对象主要考虑 50 米评价范围内，考虑公众的停留位置，根据公式 11-14 可计算出该项目所致公众最大附加有效剂量，计算结果见表 11-7。

表 11-7 项目所致公众年附加有效剂量计算结果

序号	公众关注目标	最大剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	曝光时间h	居留因子	年附加剂量 mSv/a
1	配电网实时仿真实验室工作人员	2.84E-05	41.7	1	1.18E-06
2	自动化终端区工作人员	2.10E-05	41.7	1	8.78E-07
3	蓄电池室工作人员	5.16E-05	41.7	1	2.15E-06
4	变配电室工作人员	3.48E-05	41.7	1/5	2.90E-08
5	瓦斯继电器检测实验室工作人员	5.85E-05	41.7	1	2.44E-06
6	换热站工作人员	2.50E-05	41.7	1/5	2.09E-08
7	设备临时存放区偶然经停人员	1.21E-02	41.7	1/5	1.01E-05
8	输变电工程降噪施工工器具区偶然经停人员	5.41E-04	41.7	1/5	4.51E-07
9	智能变电站被检设备周转区偶然经停人员	5.16E-05	41.7	1/5	4.30E-08
10	接地材料区偶然经停人员	5.59E-05	41.7	1/5	4.66E-08
11	环保实验气瓶周转区偶然经停人员	1.79E-05	41.7	1/5	1.50E-08
12	噪声提取装置区工作人员	5.64E-05	41.7	1	2.35E-06
13	输变电工程降噪材料区偶然经停人员	5.57E-04	41.7	1/5	4.64E-07
14	报警阀室偶然经停人员	6.82E-03	41.7	1/5	5.69E-06
15	土壤样品及腐蚀试样区工作人员	3.37E-04	41.7	1	1.40E-05
16	设备区偶然经停人员	6.82E-05	41.7	1/5	5.69E-08
17	排烟机房偶然经停人员	2.43E-04	41.7	1/5	2.02E-07
18	花坛偶然经停人员	8.37E-05	41.7	1/8	6.98E-08

备注：1、由于本次公众关注目标主要为园区内其它工位的工作人员，因此从保守角度考虑，本次针对该部分公众的居留因子取 1。

2、本次在公众年有效剂量计算中，忽略墙体屏蔽作用；

3、公众处的剂量率估算时不考虑被照射工件的屏蔽作用。

由表 11-7 可知，本项目铅室内设备运行时所致公众最大年附加有效剂量为 $2.90 \times 10^{-8} \sim 2.44 \times 10^{-6} \text{mSv}$ 均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定年有效剂量 1mSv 基本限值和本次评价公众剂量 0.1mSv 约束值。

（3）废气对环境影响分析

在对工件进行检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（主要为 NO_2 ）。对于 X 射线检测过程中产生的少量臭氧和氮氧化物，可通过排风装置排入外环境中。根据建设单位提供的资料，铅室自带排风系统，风机风量 $12 \text{m}^3/\text{h}$ ，铅室体积为 2.66m^3 通风换气次数为 4.5 次。排风口满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定“每小时通风换气次数应不小于 3 次”要求。

（4）废水对环境影响分析

本项目废水主要包括人员生活废水，根据建设单位提供资料可知，本项目人员产生的废水均依托市政管网污水处理后达标排放。

(5) 噪声对环境影响分析

本项目拟使用的通排风系统对铅室进行通排风，风机运行将产生一定的噪声，其噪声级≤60dB（A），对环境影响造成较低。

(6) 固废对环境影响分析

本项目工作人员生活垃圾依托公司现有的生活垃圾收集系统收集后交由城管部门统一处理。

11.3 事故影响分析

(1) 事故风险类型识别

据查阅我国辐射事故发生原因和我国不同类别辐射事故情况统计结果，结合本项目设备运行的实际情况分析，发生辐射事故的类型主要可以归纳为以下几种情况：

1) X 射线机在铅室内进行曝光时，防护门被意外打开，人员误入铅室，使其受到额外的照射；或者防护门未完全关闭，致使 X 射线泄漏到铅室外，给防护门附近活动的人员造成不必要的照射。

2) 工作人员滞留铅室内尚未完全撤出，其他工作人员即开启 X 射线机，对工件进行照射，导致室内工作人员受到额外的照射。

3) 检修人员在设备未关闭的情况下，误入铅室内，导致检修工作人员受到额外的照射。

(2) 事故风险及后果分析

本项目为工业 X 射线无损检测项目，检测作业时，待检测工件被放置于铅室内，采取声光报警装置、门-机联锁安全装置、急停开关等安全设施后，加强安全设施的维修、维护，一般情况下不会发生门-机联锁失效情况，不会对操作人员、附近公众产生较大的辐射影响。

考虑到当射线装置处于工作状态时，铅室内人员尚未撤离、控制台工作人员即开机进行扫描状态下的误照射事故，铅室内人员受照射剂量可根据距工业 X 射线机不同距离剂量率以及照射时间进行计算，其距工业 X 射线机不同距离处剂量率计算公式如下：

$$X = \frac{I \times X_0}{R^2} \quad (11-15)$$

式中：X₀—X 射线装置 1m 米处的输出量，mGy·m²/（mA·min）；

R—计算点距 X 射线装置辐射源的距离，m；

I—X 射线装置最大管电流，mA；

本次计算时，考虑工业 X 射线机产生的 X 射线能量与管电压的关系，从保守角度，选择 ERESO65MF4 型工业 X 射线机最大管电压 300kV、管电流为 3mA 进行计算，对于

有用线束，工业 X 射线机该管电压下距靶 1m 处输出量取 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，ERESCO42MF4 型工业 X 射线机最大管电压 200kV、管电流为 4.5mA 进行计算，对于有用线束，工业 X 射线机该管电压下距靶 1m 处输出量取 $8.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，代入公式进行估算，估算结果见表 11-8、11-9。

表 11-8 ERESCO65MF4 型工业 X 射线机出束状态下不同距离、不同接触时间的有效剂量 (mGy)
(管电压为 300kV，管电流为 3mA 状态下，位于有用线束方向下事故照射)

距离 (m) 时间 (min)	0.3	0.5	0.8	1	1.2	1.5
0.5	348.3	125.4	49.0	31.4	21.8	13.9
1	696.7	250.8	98.0	62.7	43.5	27.9
2	1393.3	501.6	195.9	125.4	87.1	55.7
3	2090.0	752.4	293.9	188.1	130.6	83.6
4	2786.7	1003.2	391.9	250.8	174.2	111.5

表 11-9 ERESCO42MF4 型工业 X 射线机出束状态下不同距离、不同接触时间的有效剂量 (mGy)
(管电压为 200kV，管电流为 4.5mA 状态下，位于有用线束方向下事故照射)

距离 (m) 时间 (min)	0.3	0.5	0.8	1	1.2	1.5
0.5	222.5	80.1	31.3	20.0	13.9	8.9
1	445.0	160.2	62.6	40.1	27.8	17.8
2	890.0	320.4	125.2	80.1	55.6	35.6
3	1335.0	480.6	187.7	120.2	83.4	53.4
4	1780.0	640.8	250.3	160.2	111.3	71.2

由表 11-8、11-9 所接受的剂量估算结果可以看出，当工业 X 射线装置处于工作状态，门-机连锁失效并且人员滞留铅室内情况下时，人员将会接受大剂量辐射照射，可能产生辐射损伤情形。故在射线装置在工作期间，应加强射线装置的安全维护，保证门机连锁处于良好的工作状态，防止人员误入以减小对人员产生的辐射影响。另外，铅室内外均设置急停按钮，误入铅室的人员及控制室内工作人员发现误照射后，通过急停按钮紧急停机，以此避免发生人员在铅室周边环境受到超剂量照射的事故。

(3) 事故防范措施

1) 检修、调试应由专业技术人员进行。工作人员按要求佩戴个人剂量报警仪，不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线铅室的屏蔽墙体和防护门。

2) 撤离铅室时应清点人数，辐射工作人员应确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留铅室内，控制室人员、铅室滞留人员应立即按下急

停按钮，停止照射。

3) 定期检查铅室的门-机联锁装置、指示灯和声音提示装置的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关完成显著的标识，出现问题时，应就近按下急停按钮。对于本项目涉及的安全控制措施及各机构及电控系统，制定有定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

4) 配置便携式 X- γ 辐射剂量率仪，定期巡查（每周）铅室屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡查管线口及通风口接缝处，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续作业。

5) 定期认真的对本单位 X 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，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故发生。

另外，辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照要求进行工作。

(4) 辐射应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则为：

1) 发生误照射事故时，辐射工作人员应立即切断电源，将误照人员撤出铅室，关闭机房门，同时向公司主管领导报告。

2) 根据估算的照射剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

3) 一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报生态环境主管部门和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告，并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

(1) 辐射安全管理机构设置

根据《中华人民共和国环境保护法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条“使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，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环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作”的要求，为了加强射线装置的安全和防护监督管理，以正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命和财产安全。国网陕西省电力有限公司电力科学研究院已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并安排专业人员负责单位辐射安全工作。

(2) 辐射安全与环境保护管理小组主要职责

- 1) 认真贯彻落实国家法律法规的有关规定；
- 2) 对本公司使用的射线装置的安全和防护工作负责，并依法对其造成的放射性危害承担责任；
- 3) 组织制定并落实辐射防护相关管理制度；
- 4) 按照国家有关规定，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，发现安全隐患的应及时进行整改，确保设备正常使用；
- 5) 组织对放射性操作人员进行辐射与安全防护培训，进行个人剂量检查、职业健康检查，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案；
- 6) 制定辐射事故应急预案并定期组织演练；
- 7) 记录该单位发生的放射事故并及时报告卫生行政部门、环境保护主管行政部门。

(3) 辐射人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的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。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

公司为本项目配备 4 名辐射工作人员，作为 X 射线机操作人员，辐射工作人员已根据《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》（公告 2019 年 第 57 号）要求，需参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并通过考核，取得成绩报告单。

12.2 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》中第十六条第六款的要求，使用射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；第七款的要求，使用射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。

本项目建成后，国网陕西省电力有限公司电力科学研究院应对照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号），进一步完善相关辐射安全管理制度要求，详见表 12-1。

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	有\无	
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	有
		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	
		明确涉辐部门和岗位辐射安全职责	
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障	
	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	有
		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	
	直接从事放射工作的作业人员	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	有
		岗前进行职业健康体检，结果无异常	
		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	
		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	
	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		

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	有\无
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	有
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	有
	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	有
	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	有
	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	有
	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	有
	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）	有
	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	有
	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	有
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	有
	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	

根据相关法律法规和《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）要求，国网陕西省电力有限公司电力科学研究院已制定《辐射事故应急预案》、《辐射安全管理制度》、《X射线探伤操作规程》、《辐射设备维护、维修制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《人员培训制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射环境自主监测制度》、《核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《仪器定期检定制度》、《职业健康检查制度》等规章制度。

12.3 个人剂量监测与职业健康检查

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定:生产、销售、

使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。

公司已建立辐射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查。符合放射工作人员健康标准的方可上岗。辐射工作单位应当组织上岗后的辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，并建立职业健康监护档案。

12.4 辐射监测

本项目辐射监测和检查计划应满足如下要求：

(1) 设备正式投运前，公司应委托有资质的监测单位对其铅室以及周边环境进行竣工环境保护验收监测，并检查各项辐射安全设施的有效性，确保其处于正常的工作状态。验收通过后，该射线装置方可投入正常使用。

(2) 本项目投运后，公司每年应委托有资质的监测单位对其工作场所以及周边环境进行常规监测，每年监测一次；公司应利用配备的辐射剂量率监测仪器，对铅室以及周边环境进行日常监测，每个季度至少监测一次，并将监测数据记录存档保存。

(3) 设备和铅室屏蔽墙体进行重大维修后，应及时委托有资质单位进行重新监测，经监测合格后，方可继续投入使用。

(4) 放射性工作人员必须按照相关要求佩戴个人剂量计，个人剂量计每季度送有资质单位检测一次，并建立个人剂量档案。

(5) 操作人员上岗前、在岗、离岗前均应接受职业健康检查，并建立个人健康档案。

(6) 公司放射操作人员应定期对预警灯、急停开关、钥匙开关等辐射安全设施进行检查，及时排除安全隐患，杜绝事故发生。

(7) 公司每年应对铅室安全设施的状态和防护进行一次安全评估，安全评估报告应对存在的安全隐患及时提出整改方案，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。

(8) 当射线装置设备的结构、屏蔽设施、位置发生变更时，及时委托有资质的监测单位进行监测和重新评价。进行监测合格和重新评价后，方可继续使用。

(9) 异常监测：当个人剂量超过年剂量限值、辐射工作场所出现异常情况时，应

进行监测，查明原因。发生意外事故，应按辐射事故管理规定，及时监测和处理。

项目运行前，委托有资质的监测单位对辐射工作场所和防护设施进行全面的验收监测，监测合格后方可投入使用。本项目辐射监测计划、检查计划见表 12-2。

表 12-2 本项目工作场所辐射监测计划、检查计划一览表（建议）

监测或检查项目	监测点或检查内容	监测周期
周围剂量当量率	射线装置辐射工作人员操作位置	竣工验收监测：设备投入前监测 1 次； 常规监测：每年委托有资质单位监测一次； 自主监测：建设单位每季度至少监测 1 次；
	铅室屏蔽墙体外表面 30cm 处，防护门及缝隙外表面 30cm 处，管线口位置处	
	铅室周边人员停留位置、射线装置周边环境	
个人剂量计	辐射工作人员佩戴的个人剂量计	每 3 个月送有资质单位检测 1 次
职业健康检查	对放射性工作人员进行职业病健康检查	至少每 2 年进行 1 次
辐射安全设施检查	警示标识、安全联锁、声光报警装置	每天检查一次
	急停开关	每天检查一次

环评要求：按照监测计划定期对铅室屏蔽墙体及防护门表面、操作位置及周边环境进行日常监测，将监测结果与参考控制水平进行比较，做好日常监测记录，存档备查。当测量值高于参考控制水平时，终止工作并向辐射防护负责人报告。

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院令第 709 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。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订，国务院第 709 号令）第四十一条的规定：“使用射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备”。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订，国务院第 709 号令）第四十条规定以及原陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）相关规定，公司应设立辐射事故应急领导小组作为应急响应机构，明确机构组长、成员相关职责；针对可能发生辐射事故类型，指明了环境风险因素，严格按照事故应急处理程序进行事故处理，采取的应急处置措施；明确了事故状态下信息报告与联系方式；日常工作中，加强对公司辐射事故应急机构成员的培训，提高领导小组成员应对辐射突

发公共事件的知识和能力。针对辐射工作人员，加强教育，严格按照规程操作，提高核安全文化素养。

环评要求：为确保在发生事故时能够及时启动应急预案，公司应不定期组织相关部门开展辐射事故应急演练，总结演练中存在的问题，及时修订事故应急预案，确保应急预案能及时、有效得到应用。今后在应急预案实施过程中，应根据国家发布的最新法律法规、标准内容，结合公司实际情况，不断对应急预案补充修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性，提高事故应急处置能力。

12.6 环保投资及竣工环境保护验收清单

(1) 环保投资

本项目总投资 50 万元，环保投资额为 13.2 万元，占核技术项目投资的 26.4%。环保投资主要包括辐射工作人员个人剂量计和辐射检测仪购买、职业健康体检费用、辐射工作场所周边环境监测费用等。

表 12-3 环保投资估算表

序号	环境保护设施或措施	数量	费用（万元）
1	配套铅室门-机联装置、声音报警装置 1 套、急停按钮 5 个、工作状态指示灯 1 台、固定式场所报警装置 1 套、视频监控等	/	2.8
2	购置个人报警仪	2 台	利用原有
3	职业健康检查费用	4 人	1.2
4	个人剂量计配备以及检查费用	4 个	1.2
5	监测仪器检定费用	1 台	1.5
7	工作场所以及周边环境监测费用		0.5
8	环评及验收技术服务		6
合计			13.2

(2) 项目竣工环境保护验收

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），工程建设执行污染治理设施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。建设单位应对本项目进行竣工环保验收。

建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。本项目竣工环境保护验收清单见表 12-4。

表 12-4 环保验收清单（建议）

验收项目	验收内容	验收指标
年有效剂量	辐射工作人员、公众年有效剂量	辐射工作人员、公众年有效剂量分别小于 5mSv、0.1mSv
铅室外周围剂量当量率	屏蔽墙体外表面 30cm、防护门表面及缝隙表面 30cm 处、工作人员操作位置处、铅室周边人群容易到达位置处周围剂量当量率	各监测点位处周围剂量当量率满足 GBZ 117-2022 标准限值要求
分区管理	控制区、监督区划分范围	按照 GBZ117-2022 标准进行划分控制区、监督区
安全设施	急停开关 5 个、门机联锁开关 1 一套、安全联锁钥匙开关一个、声光报警器一套、警示标识、视频监控设备 1 套、通风装置、固定式场所辐射探测报警装置 1 套等	各安全设施能够正常有效运行,且具备 GBZ117-2022 标准要求的功能
个人防护用品	个人剂量计、个人剂量报警仪、辐射监测仪	剂量计根据操作人员进行配备、个人剂量报警仪 2 台,辐射监测仪 1 台
辐射安全与环境保护机构	机构是否完整、职责是否明确	机构完整、人员配备到位、职责分明
监测计划	监测项目、频次、监测点位依据表 12-1 中进行制定	监测仪器在有效期范围内,按照监测计划对工作场所及周边环境进行监测
环保管理规章及制度	辐射安全与环境保护领导机构及职责、《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《射线装置管理制度》、《X 射线机操作规程》、《射线装置负责人岗位制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康体检管理制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射监测设备使用与检定管理制度》、《辐射事故应急处理预案》等规章制度	各项辐射环境管理制度依据项目实际情况进行制定,可操作性强、能够较好地贯彻落实。
应急预案	制定辐射事故应急预案,明确应急领导机构和人员职责,明确人员组织与培训、物资准备、应急响应程序、辐射事故报告和处理程序等内容。	应急预案符合项目实际情况,应急预案切实可行,具备可操作性
人员培训	辐射工作人员	经辐射防护和安全培训合格,持证上岗
剂量档案和职业健康档案	是否建立个人剂量档案、职业健康监护档案	档案是否完整

表 13 结论与建议

13.1 环境影响分析结论

(1) 公司为满足业务发展需要，确保产品质量，计划在陕西省西安市国家民用航天产业基地航天中路 669 号电网环保综合实验用房负一层，修建一座铅室，并搬迁两台工业 X 射线机用于无损检测。该项目符合国家产业政策，该项目产生的经济效益、社会效益远大于其辐射影响，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”要求。

(2) 铅室拟放置电网环保综合实验用房负一层，其评价范围内无常住居民点，无环境制约因素，选址合理。

(3) 项目所在地及周边环境 X-γ 辐射剂量率现状监测值为 112~125nGy/h，与当地天然环境本底处于同一水平，项目所在地辐射环境质量良好。

(4) 公司设备在其最大管电压工作状态下，其配套的铅室四周屏蔽墙体及防护门表面 30cm 处的周围剂量当量率为 $1.10 \times 10^{-2} \sim 1.21 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，周围剂量当量率估算结果均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，铅室距楼上 1m 处周围剂量当量率为 $8.37 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，估算结果小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)“剂量限值”要求。理论估算结果表明，本项目铅室具有较好的辐射屏蔽能力，满足标准相关屏蔽要求。

(5) 本项目运行过程中，该项目设备最大工作状态下，所致工作人员最大年附加有效剂量为 $2.53 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ；所致周围公众最大年附加有效剂量为 $2.44 \times 10^{-6} \text{mSv}$ ；该项目运行所致辐射工作人员的年附加有效剂量小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的年有效剂量基本限值 20mSv 和本次评价 5mSv 剂量约束值；所致公众最大年附加有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定年有效剂量 1mSv 基本限值和本次评价公众 0.1mSv 剂量约束值。

(6) 公司在对铅室采取了一些有效的辐射安全设施和管理措施后，项目在充分落实环评相关要求前提下，该项目可使其对环境的辐射影响降到合理尽可能低的水平，符合《辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 标准中规定要求和“辐射防护最优化原则，项目采用的辐射防护措施适用、可行。

综上所述，本项目利用 X 射线进行无损检测，以提高产品质量，项目开展具有积极的意义，符合辐射防护实践正当性原则；项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环

境的辐射影响降到了尽可能合理低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则；从辐射环境保护角度，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下，项目对环境的影响是可以接受的。

13.2 要求

(1) 严格按照原陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》，完善辐射防护与环境保护管理机构、人员管理、规章制度等管理要求。

(2) 利用配备辐射剂量率监测仪器，定期对射线装置工作场所及周边环境进行监测，所有监测数据归档备查。

(3) 辐射工作人员和辐射管理人员通过辐射安全和防护培训考核，持证上岗。放射操作人员严格按照操作规程操作，每天作业前，应仔细检查射线装置安全设施性能（如：门-机联锁、急停开关、声光报警装置等），确保其处于正常的运行状态；定期对射线装置安全设施进行维修、维护，保证其安全性和可靠性。

(4) 公司辐射工作人员应定期进行职业病检查，建立个人职业病健康监护档案；所有辐射工作人员均应配备个人剂量计，每季度检测一次，建立个人剂量档案。

(5) 公司应针对工业 X 射线机可能发生的事故，依据国家相关法律法规，制定《辐射事故应急预案》，并根据运行实际情况，不断完善该预案，确保在发生事故能及时启动应急预案。

13.3 建议

(1) 按照国家相关要求进行标准化建设，该设备安装到位投入运行前，应委托有资质的监测单位对铅室的辐射防护设施进行全面的验收监测，监测合格并办理辐射安全许可证后方可开展工作。

(2) 定期对铅室及其周围辐射水平进行监测；辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，并进行岗前职业健康检查工作。

(3) 辐射工作人员必须取得辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训合格证后才能上岗，严禁无证上岗。

(4) 培养并提高辐射工作人员的辐射防护安全意识，严格按照 X 射线无损检测操作规程操作，每次无损检测作业前，应仔细检查门-机联锁装置、急停开关、声光报警装置的性能，确保其处于正常的工作状态。

(5) 不断完善各项辐射安全管理规章制度和对事故的预防、处理等措施，定期开展辐射事故应急演练，并总结演练过程中出现的问题，不断细化和完善辐射事故应急预案，确保其具有较好的适用性和可操作性。

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