

核技术利用建设项目

嘉兴福斯达气体设备有限公司  
X 射线室内探伤技改项目环境影响  
报告表  
(报批稿)

嘉兴福斯达气体设备有限公司

2024年10月

生态环境部监制

## 核技术利用建设项目

# 嘉兴福斯达气体设备有限公司 X 射线室内探伤技改项目环境影响 报告表



建设单位名称：嘉兴福斯达气体设备有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市临平区东湖街道兴起路 398 号

邮政编码：311100 联系人：

电子邮箱：/ 联系电话：1

打印编号: 1729731862000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	6z1571		
建设项目名称	嘉兴福斯达气体设备有限公司X射线室内探伤技改项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	嘉兴福斯达气体设备有限公司		
统一社会信用代码	91330424MACJYYYJ6X		
法定代表人 (签章)	葛水福		
主要负责人 (签字)	许金松		
直接负责的主管人员 (签字)	徐华杰		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	杭州旭辐检测技术有限公司		
统一社会信用代码	913301035930579416		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
徐冰锋	09353343506330279	BH010613	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
徐冰锋	表8-表14	BH010613	
陈雪	表1-表7	BH056986	

# 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	7
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	11
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	21
表 10 辐射安全与防护.....	28
表 11 环境影响分析.....	44
表 12 辐射安全管理.....	65
表 13 结论与建议.....	69
表 14 审批.....	73

## 表 1 项目基本情况

建设项目名称		嘉兴福斯达气体设备有限公司 X 射线室内探伤技改项目			
建设单位		嘉兴福斯达气体设备有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道（海盐经济开发区）海港大道 1817 号 201-5 室			
项目建设地点		浙江省嘉兴市海盐县经济开发区海港大道与洋北西路交叉口嘉兴福斯达气体设备有限公司生产厂房内			
立项审批部门		海盐县经济和信息化局	批准文号	2406-330424-07-02-611564	
建设项目总投资（万元）		951	项目环保投资（万元）	350	投资比例（环保投资/总投资） 37%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积（m <sup>2</sup> ）	—
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		
其它	/				
<h3>1.1 项目简介</h3> <h4>1.1.1 公司情况</h4> <p>嘉兴福斯达气体设备有限公司成立于 2023 年（以下简称“公司”，营业执照见附件 1），位于浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道（海盐经济开发区）海港大道 1817 号 201-5 室。经营范围包括一般项目：通用设备制造（不含特种设备制造）；气体、液体分离及纯净设备制造；气体、液体分离及纯净设备销售；通用零部件制造；机械零件、零部件加工；机械零件、零部件销售。2023 年，嘉兴福斯达气体设备有限公司建设年产 10 套大型模块化深冷化工装备绿色智能制造建设项目，并取得了浙江省企业投资项目备案（赋码）信息表（2306-330424-04-01-955691），主体项目环境影响报告</p>					

表正在编制阶段。嘉兴福斯达气体设备有限公司 X 射线室内探伤技改项目已于海盐县经济和信息化局备案，项目代码为 2406-330424-07-02-611564，项目备案（赋码）信息表见附件 2。

### 1.1.2 项目建设目的和任务由来

现因生产发展需要以及保证产品质量、生产安全，建设单位计划在浙江省嘉兴市海盐县经济开发区海港大道与洋北西路交叉口嘉兴福斯达气体设备有限公司生产厂房内新建两间探伤室并配置 9 台 X 射线探伤机和 1 台 X 射线数字成像检测系统，均用于工件的无损检测，所有探伤作业仅限探伤室内使用，不开展任何形式的现场探伤。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年版）：辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。对照《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目配置的工业用 X 射线探伤机及 X 射线数字成像检测系统均属于 II 类射线装置。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。

为保护生态环境、保障公众健康，嘉兴福斯达气体设备有限公司委托杭州旭辐检测技术有限公司对本项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件 3）。

接受委托后，杭州旭辐检测技术有限公司组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、辐射环境现状监测等工作，并结合项目特点，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）的要求，编制该项目的辐射环境影响报告表。

## 1.2 项目建设规模

经与建设单位核实，公司 5 年内辐射活动规模即为本次评价规模：拟在现有生产车间内新建两间探伤室，在探伤室一配置 1 台 MXR-320HP/11 型 X 射线数字成像检测系统；在探伤室二配置 9 台 X 射线探伤机（3 台 XXG-1605 型 X 射线探伤机（定向）、1 台 XXHG-1605 型 X 射线探伤机（周向）、1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机（定向）、1 台 XXHG-2505 型 X 射线探伤机（周向）、1 台 XXG-3205 型 X 射线探伤机（定向）、1 台 XXHG-3205 型 X 射线探伤机（周向）和 1 台 MXR-451/26 型 X 射线探伤机（定

向），设备均不同时使用）。探伤室一内的 X 射线探伤机探伤工件最大直径约为 4800mm，长度约为 10000mm，厚度约为 40mm；探伤室二内的 X 射线探伤机探伤工件最大直径约为 6000mm，长度约为 23000mm，厚度约为 150mm；年拍片数约 50000 张。

### **1.3 项目选址及周边保护目标**

#### **1.3.1 地理位置**

项目建设地址位于浙江省嘉兴市海盐县经济开发区海港大道与洋北西路交叉口嘉兴福斯达气体设备有限公司生产厂房内。

建设单位厂区北侧为洋北西路，隔路为空地；东侧为海港大道，隔路为泰山石膏（嘉兴）有限公司；南侧为河道，隔路为浙江海重重工有限公司；西侧为空地。拟建探伤室一位于生产厂房北侧，拟建探伤室二位于生产厂房南侧，生产厂房为一层建筑。项目地理位置图见附图 1。

拟建探伤室一 50m 范围内，北侧为道路和空地，东侧为不锈钢容器，南侧为纵缝焊接区、套装区、坡口加工、酸洗钝化、大型绕管机和石化撬块，西侧为控制室、评片室、焊材一级库、焊材二级库、卫生间、茶水间和标准件区。拟建探伤室二 50m 范围内，北侧为纵缝焊接区、大型绕管机、酸洗钝化、石化撬块和套装区，东侧为管道预制区，南侧为碳钢容器、道路和河道，西侧为控制室、评片室、暗室、储片间、型材下料区。厂区总平面布置示意图见附图 2，厂区周围环境示意图见附图 3。

#### **1.3.2 选址合法性、合理性分析**

##### **(1) 土地利用总体规划符合性、区域规划符合性分析**

本项目位于浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道，属于 ZH33042420008 海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元，符合土地利用要求。项目为核技术利用项目，不属于二类、三类工业项目，符合土地利用及区域规划的要求。

#### **1.2.3 产业政策符合性分析**

本项目为通用设备制造业配套核技术利用项目。经对照查询国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目的建设属于国家鼓励类产业，不属于国家限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策。

#### **1.3.2 “三线一单”符合性分析**

##### **(1) 生态保护红线**

根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函（2022）2080号）及《自然资源部办公厅关于依据“三区三线”划定成果报批建设项目用地用海有关事宜的函》（自然资办函（2022）2072号），三区三线中“三区”是指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间。“三线”分别对应城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。项目位于嘉兴市海盐县西塘桥街道，用地性质为工业用地。经调查，本项目不在生态空间划定的生态保护红线及永久基本农田范围内，且周边无自然生态红线区，不触及生态保护红线。因此，本项目的建设符合生态保护红线的要求。

### （2）环境质量底线

本项目主要为辐射影响，区域辐射环境质量现状良好，项目运营后满足剂量限值的管理要求，对区域环境质量影响很小。根据环境质量现状监测结果可知，本项目拟建场址周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，不会突破环境质量底线。因此，本项目的建设符合环境质量底线的要求。

### （3）资源利用上线

本项目两间探伤室拟建址位于生产厂房内部，不新增土地指标，运营过程中会消耗一定量的电能、水资源等，主要来自工作人员的日常办公，但项目资源消耗量相对于区域资源利用总量较少，不会突破该地区能源、水、土地等资源消耗上限。因此，本项目的建设符合资源利用上线的要求。

### （4）环境准入负面清单

本项目为核技术利用建设项目，主要用于工件的无损检测，不属于管控措施中禁止新建、扩建项目，符合“海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元”（环境管控单元编码：ZH33042420008）的准入清单，详见表 1-3，海盐县环境管控单元分类图详见附件 5。

表 1-3 本项目所在环境管控单元的环境准入清单

环境管控单元		管控要求			
类型	区域	空间布局引导	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求

<p>产业集聚重点管控单元</p>	<p>海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元</p>	<p>1.根据产业集聚区块的功能定位,实施分区差别化的产业准入条件。 2.优化产业布局 and 结构,合理规划布局三类工业项目,控制三类工业项目布局范围和总体规模,鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和升级改造。 3.提高电力、化工、印染、造纸、化纤等重点行业环保准入门槛,控制新增污染物排放量。 4.新建涉 VOCs 排放的工业企业全部进入工业功能区,严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求。 5.所有改、扩建耗煤项目,严格执行相关新增燃煤和污染物排放减量替代管理要求,且排污强度、能效和碳排放水平必须达到国内先进水平。 6.合理规划居住区与工业功能区,在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带。</p>	<p>1. 严格实施污染物总量控制制度,根据区域环境质量改善目标,削减污染物排放总量。 2.新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。 3.加快落实污水处理厂建设及提升改造项目,推进工业园区(工业企业)“污水零直排区”建设,所有企业实现雨污分流。 4.加强土壤和地下水污染防治与修复。</p>	<p>1.定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。 2.强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管,加强重点环境风险管控企业应急预案制定,建立常态化的企业隐患排查整治监管机制;加强风险防控体系建设。</p>	<p>推进工业集聚区生态化改造,强化企业清洁生产改造,推进节水型企业、节水型工业园区建设,落实煤炭消费减量替代要求,提高资源能源利用率。</p>
-------------------	---------------------------	---	--	---	--

综上所述,本项目的实施符合《海盐县人民政府办公室关于印发海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》相关要求。

### 1.3 原有核技术利用项目许可情况

#### 1.3.1 原有核技术利用许可情况

嘉兴福斯达气体设备有限公司在此项目之前未开展过核技术利用项目。

### 1.4 实践正当性分析

嘉兴福斯达气体设备有限公司使用 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统主要用于工件的无损检测。X 射线探伤机具有体积小、重量轻、价格实惠、自动化程度高等特点, X 射线数字成像检测系统具有成像质量高、消耗资源少、检测速度快、探测效率高等特点,公司针对不同厚度的工件需要用不同能量的射线来穿透,采用不同的射线源,故配备多台不同管电压的探伤机。本项目的运行可提高公司技术水平,具有良好的社会效益和经济效益。公司对射线装置的辐射工作场所采取满足相关标准要求的辐射安全防护措施,对射线装置的安全管理将建立相应的操作规程和辐射安全规章

制度。因此，在正确生产、销售、使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
	此表空白							

**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	贮存方式与地点
	此表空白									

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各类加速器

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

(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	X 射线数字成像检测系统	II 类	1	MXR-320HP/11	320	5	工业探伤	探伤室一	/
2	X 射线探伤机 (定向)	II 类	3	XXG-1605	160	5	工业探伤	探伤室二	/
3	X 射线探伤机 (周向)	II 类	1	XXHG-1605	160	5	工业探伤	探伤室二	/
4	X 射线探伤机 (定向)	II 类	1	XXG-2505	250	5	工业探伤	探伤室二	/

5	X射线探伤机（周向）	II类	1	XXHG-2505	250	5	工业探伤	探伤室二	/
6	X射线探伤机（定向）	II类	1	XXG-3205	320	5	工业探伤	探伤室二	/
7	X射线探伤机（周向）	II类	1	XXHG-3205	320	5	工业探伤	探伤室二	/
8	X射线探伤机（定向）	II类	1	MXR-451/26	450	10	工业探伤	探伤室二	/

（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 ( $\mu$ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
	此表空白												

**表5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	/	通过通风口排出，通风口接入暖通风管并通到厂房外进行排放
废显（定）影液	液态	/	/	/	约 1000kg	/	暂存于危废仓库	交由有资质的单位处理
废胶片	固态	/	/	/	约 45050 张	/	暂存于危废仓库	交由有资质的单位处理
第一遍、第二遍 冲洗废水	液态	/	/	/	约 10t	/	暂存于危废仓库	与废显、定影液一起交由有资质的单位处置

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，气态为 mg/m<sup>3</sup>，年排放总量为 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

**表 6 评价依据**

<p><b>法规文件</b></p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 01 月 01 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（第二次修正）》，国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日修正；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，于 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021 年修正），浙江省人民政府令第 364 号，2021 年 2 月 10 日起施行；</p> <p>(10) 《浙江省辐射环境管理办法》（2021 年修正），省政府令第 289 号，2021 年 2 月 10 日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，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 5 日；</p> <p>(12) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行。</p> <p>(13) 《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2023 年本）》，浙环发〔2023〕33 号，2023 年 8 月 9 日。</p>
<p><b>技术标准</b></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》（HJ 10.1-2016）；</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规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单；</p>

	<p>(5) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(6) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)；</p> <p>(7) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)；</p> <p>(8) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(9) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。</p>
其它	<p>(1) 营业执照，见附件1；</p> <p>(2) 浙江省企业投资项目备案(赋码)信息表，见附件2；</p> <p>(3) 委托书，见附件3；</p> <p>(4) 检测报告，见附件4；</p> <p>(5) 专家意见及修改索引，见附件5。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本项目污染为能量流污染，根据能量流的传播与距离相关的特性，结合《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）的相关规定，确定以两间探伤室边界外 50m 作为评价范围，评价范围图见附图 5。

### 7.2 保护目标

本项目的环境保护目标主要为两间探伤室周围活动的辐射工作人员以及其他非辐射工作人员和公众人员。本项目主要考虑 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线对周围环境产生的辐射影响，拟建两间探伤室边界外 50m 评价范围内均无居民区、学校等环境敏感目标，其张立角范围内均无环境保护目标。本项目主要环境保护目标一览表见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标一览表

环境保护目标	方位及名称		距离 (m)	数量 (人)	辐射剂量约束值
辐射工作人员	探伤室一西侧	控制室、评片室、焊材一级库	紧邻	6 人	5mSv/a
		焊材二级库	3m		
	探伤室二西侧	控制室、评片室、暗室	紧邻		
		储片间	紧邻		
公众、非辐射工作人员	探伤室一北侧	道路	1m	不定	0.25mSv/a
		空地	20m	/	
	探伤室一南侧	纵缝焊接区	3m	约 2 人	
		套装区	10m	约 5 人	
		坡口加工	3m	约 2 人	
		酸洗钝化	48m	/	
		大型绕管机	34m	约 3 人	
		石化撬块	36m	约 10 人	
	探伤室一西侧	卫生间	7m	不定	
		茶水间	10m	不定	
		标准件区	16m	/	
	探伤室一东侧	不锈钢容器	9m	/	
	探伤室二北侧	纵缝焊接区	7m	约 2 人	
		大型绕管机	7m	约 3 人	
酸洗钝化		50m	/		

		石化撬块	11m	约 10 人
		套装区	48m	约 5 人
	探伤室二南侧	碳钢容器	11m	/
		道路	20m	不定
		河道	35m	/
	探伤室二西侧	型材下料区	16m	/
	探伤室二东侧	管道预制区	9m	约 5 人

## 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)

本标准规定了对电离辐射防护和辐射源安全的基本要求。

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。

### 4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制,以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外,由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录)中规定的相应剂量限值。不应将辐射剂量约束值应用于获准实践中的医疗照射。

### 4.3.3 防护与安全的最优化

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

#### 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。

本项目取其四分之一即 5mSv 作为辐射剂量约束值。

##### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限

值：

a) 年有效剂量，1mSv。

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为辐射剂量约束值。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

本标准规定了 X 射线和 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

## 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 100 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ Sv/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 2.5 $\mu$ Sv/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 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 100 $\mu$ Sv/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”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- $\gamma$  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- $\gamma$  剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$  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。

## 8 放射防护检测

### 8.3 探伤室放射防护检测

#### 8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。

(3) 《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 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

#### 3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤室墙和入口处周围剂量当量率(以下简称剂量率)和每周剂量当量(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( $H_{c,d}$ ): 人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  如下: 职业工作人员:  $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ; 公众:  $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$ :  $H_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

c) 关注点剂量率参考控制水平  $H_c$ :  $H_c$  为上述 a) 中  $H_{c,d}$  和 b) 中的  $H_{c,max}$  二者的较小者。

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、拟建建筑物或者探伤室旁邻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 3.1.2 a) 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房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 3.1.1 c) 的剂量率参考控制水平  $H_c$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 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  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  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的方向。

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。

### 5.1 典型条件

探伤室探伤工作的典型条件如下：

a) 探伤室外表面 30cm 外的剂量率控制值为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

b) X 射线管电流 (I) 为 5mA，X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为  $20^\circ$ 。

c) X 射线探伤机的泄漏辐射在距靶点 1m 处的剂量率。

综上，本项目探伤室各侧屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平取  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；考虑到生产厂房为一层建筑，探伤室一净高度为 9.4m，探伤室二净高度 10.1m，故人员无法到达两间探伤室顶部，探伤室上方已建、拟建建筑物或者探伤室旁邻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无人员驻留，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取  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 辐射环境现状检测

#### (1) 检测目的

掌握该公司探伤室拟建址周围的辐射环境质量背景水平，为现状评价提供基础数据。

#### (2) 检测内容

根据污染因子分析，建设单位委托杭州旭辐检测技术有限公司于 2024 年 5 月 20 日对本项目拟建址周围进行辐射环境背景水平检测。

#### (3) 检测点位

按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》的要求，结合现场条件，对探伤室拟建址周围进行布点检测，检测点位示意图见图 8-1。

#### (4) 检测仪器与规范

检测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1  $\gamma$ 辐射剂量当量率仪参数与规范

仪器名称	环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	JC-5000
能量回应	48keV~3MeV $\leq$ ±30%（相对于 $^{137}\text{Cs}$ ）
量程	1nGy/h~200 $\mu$ Gy/h, 1nSv/h~200 $\mu$ Sv/h
检定证书	上海市计量测试技术研究院 (检定证书编号: 2023H21-20-4835729001 号) 有效期: 2023 年 9 月 21 日-2024 年 9 月 20 日
检测规范	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》 HJ 1157-2021

#### (5) 质量保证措施

- a 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- b 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 检测仪器每年定期经有相应资质的计量部门检定，并在有效期使用期内。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，确保仪器正常后方可进行监测。

e 检测人员经过省级培训机构的监测技术培训，并经考核合格，做到持证上岗。

f 检测人员按操作规程操作仪器，测量方法选用质量手册有关本次检测项目的检测实施细则，并做好记录。

g 检测单位已通过了浙江省质量技术监督局计量认证。

#### (6) 监测结果

本项目辐射工作场所周围的 $\gamma$ 辐射剂量率背景水平检测结果见表 8-2（环境本底检测报告见附件 4）。

表 8-2 探伤室拟建址周围辐射环境现状检测结果

检测点 位号	点位描述	辐射剂量率（nGy/h）	
		平均值	标准差
▲1	拟建探伤室一北侧	80	9.29
▲2	拟建探伤室一东侧	90	8.91
▲3	拟建探伤室一南侧	89	8.69
▲4	拟建探伤室一西侧	91	8.45
▲5	拟建探伤室二北侧	78	9.02
▲6	拟建探伤室二东侧	85	6.95
▲7	拟建探伤室二南侧	89	5.76
▲8	拟建探伤室二西侧	85	7.18

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上检测结果均已对宇宙射线的响应值修正；

3、环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值 $\times$ 校准因子  $k_1$  $\times$ 仪器检验源效率因子  $k_2$  $\div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子  $k_3$  $\times$ 测量点宇宙射线响应值  $D_c$ ，校准因子  $k_1$  为 1.03，仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准，效率因子  $k_2$  取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， $k_3$  楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 15nGy/h；

4、室内检测点为平房， $k_3$  取 0.9。

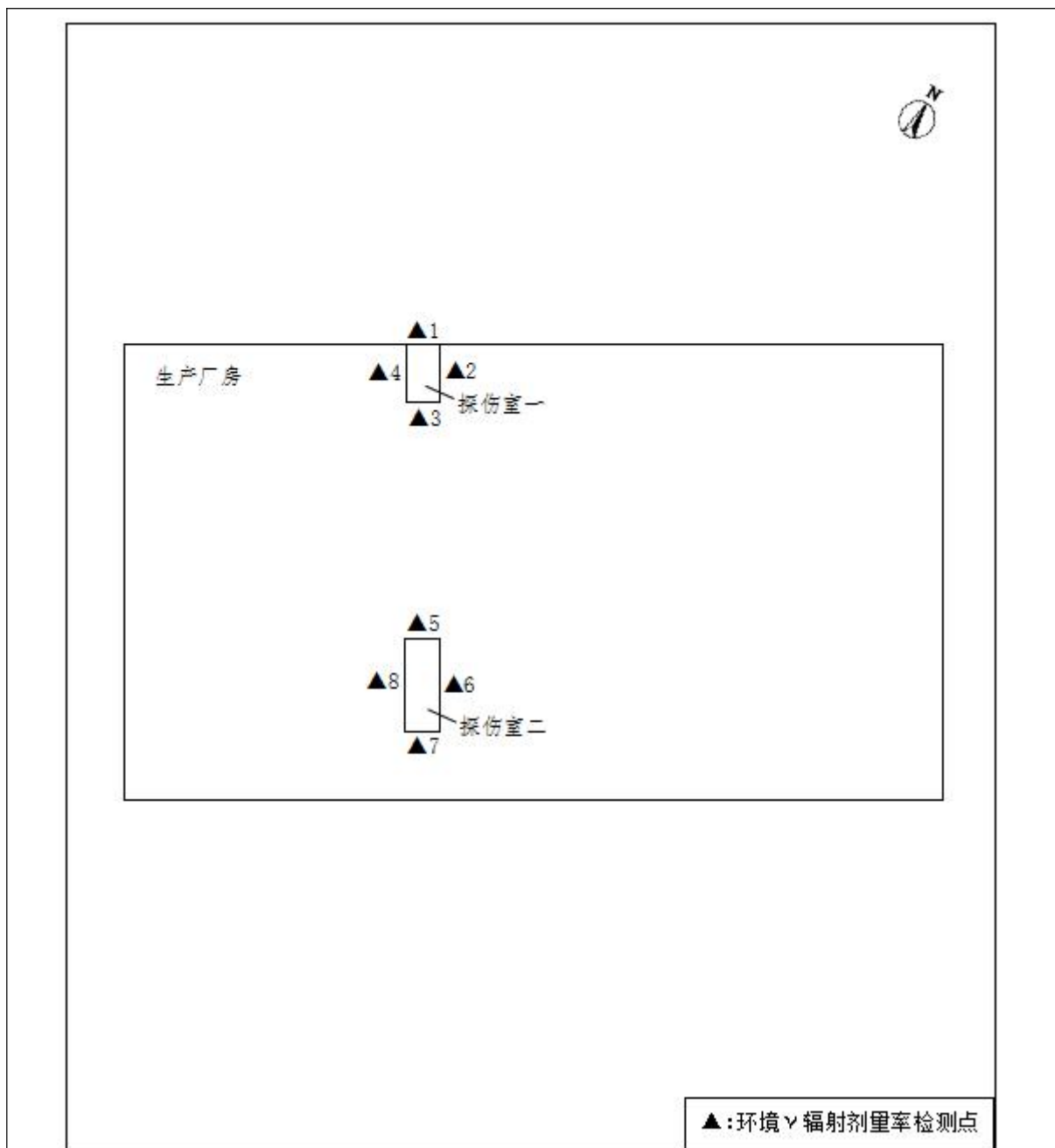


图 8-1 检测点位示意图

## 8.2 现状评价

由表 8-2 的检测结果可知，该公司探伤室拟建址周围各检测点位的辐射剂量率为 78~91nGy/h。根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，嘉兴市建筑物室内 $\gamma$ 辐射剂量率在 76~271nGy/h 之间，可见该探伤室拟建址 $\gamma$ 辐射水平处于当地本底水平范围之内，未见异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 9.1.1 室内探伤的特点及作业方式

##### 1.X 射线探伤机

本项目探伤室配备的 X 射线探伤机具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min，为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1: 1 方式工作和休息，确保 X 射线管充分冷却，防止过热。X 射线探伤机主要由 X 射线发生器、控制器、连接电缆及附件组成。X 射线探伤机外观结构见图 9-1。



图 9-1 X 射线探伤机外观结构图

##### 2.X 射线数字成像检测系统

X 射线数字成像检测系统具有电压范围宽（0-320kV）、波纹小、体积小、重量轻、故障率低等优点，主要由高频恒压 X 射线探伤机、数字平板成像系统、计算机图像处理系统、防护系统、电气控制系统、机械系统和现场监控系统等组成。该系统可进行 X 射线拍片和数字成像显示两种方式工作。

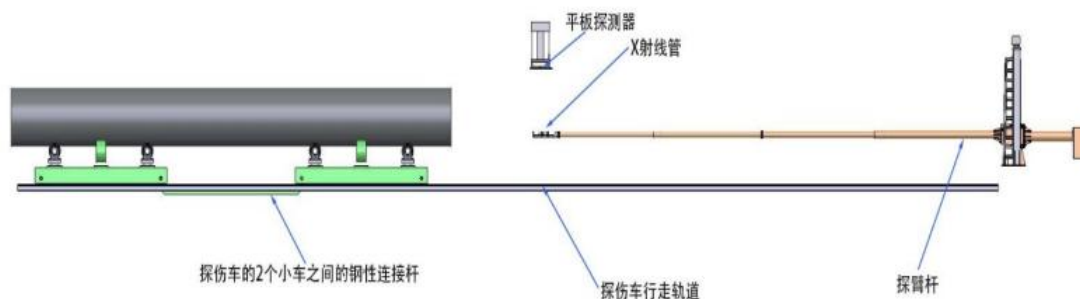


图 9-2 X 射线数字成像检测系统外观结构图

### 3.工作负荷及人员配置

该公司拟配备 6 名辐射工作人员负责两间探伤室探伤工作，两间探伤室内的设备可分别同时开机使用 1 台，探伤室二内 9 台 X 射线探伤机均不同时使用，每间探伤室每天最大使用时长为设备开机探伤 5h，设备每年工作 300 天。

#### 9.1.2 工作原理

##### 1.X 射线探伤机探伤工作原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对被探伤工件或管材进行透射拍片的检测装置。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机就据此实现探伤目的。X 射线探伤机探伤工作原理图见图 9-3。

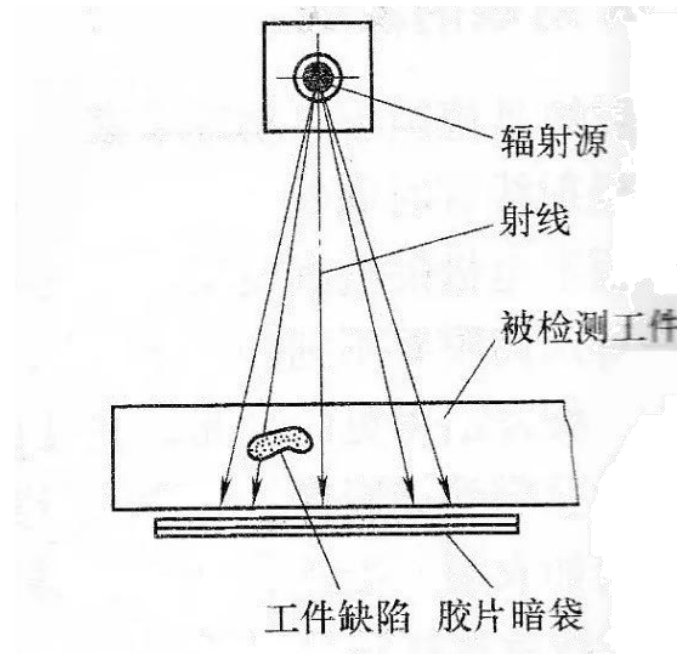


图 9-3 X 射线探伤机探伤工作原理图

##### 2.X 射线数字成像检测系统探伤工作原理

X 射线数字成像检测系统运用计算机数字成像原理。由 X 射线机产生的 X 射线对公司生产的工件进行照射，当射线在穿透工件时，由于材料的厚薄不等或者生产质量各异，从而使 X 射线的穿透量不同。材料与其中裂缝对 X 射线吸收衰减不同而形成 X 射线强度分布的潜像，再通过图像增强器将 X 射线图像转换成标准视频图像，即转换为可见像，从而实现检测缺陷的目的，如果工件质量有问题，在成像中显示裂缝所在的位置，从而实现无损探伤的目的。X 射线数字成像检测系统探伤工作原理图

见图 9-4。

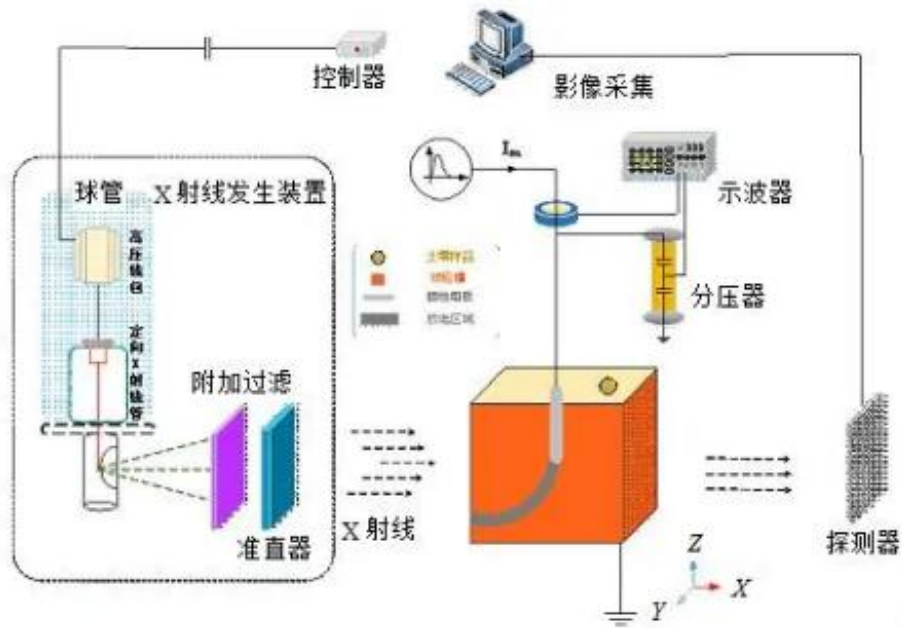


图 9-4 X 射线数字成像检测系统探伤工作原理图

### 3.X 射线产生原理

X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统主要由 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、钽等）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 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为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 9-5。

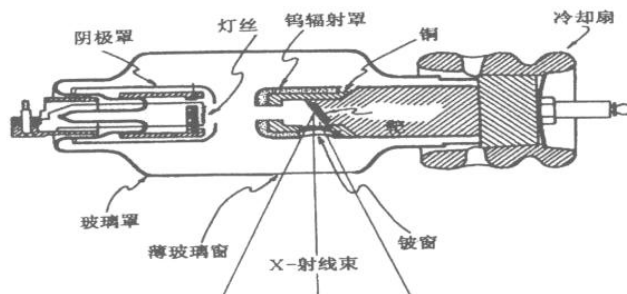


图 9-5 典型的 X 射线管结构图

### 9.1.3 探伤过程

X 射线探伤机：该公司使用 X 射线探伤机进行探伤时，将需要进行射线探伤的工

件送入探伤室，设置适当位置，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将工件门关闭，然后按照无损检测标准选择单壁单影、双壁单影透照方式，根据工件规格选择一次透照长度及张数，根据曝光曲线选择合适的管电压以及曝光时间，检查无误即进行曝光，当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

**X 射线数字成像检测系统：**进行 X 射线探伤前，工作人员先通过控制台打开防护门，将工件小车移动至探伤室外，把被检测工件装夹在工件小车上，再将工件小车连同被检测工件推进探伤室内相对固定的检测位置，关闭防护门。工作人员开机，通过控制台操作位处的按钮调整好检测平台上高压跳线终端的位置后，X 射线管开启后，发出警报声，且警示灯亮起，X 射线管发射 X 射线。X 射线对放置在探伤室内检测平台上的工件进行检测，图像管接收透过物体的 X 射线，图像传送到计算机处理，由计算机经过软件处理输出图像。工作人员根据 X 射线图像情况，对探伤工件进行连续检测、分析和判断，检测完成后关机。该系统照射方向为定向向北，完成一次检测后，X 射线管不变动位置，工作人员通过控制台操作位上的按钮来调控检测平台，从而调整探伤工件的探伤位置，重复探伤操作直至完成整个探伤工件的探伤。检测完成后，工作人员打开铅防护门并取出工件，完成一轮探伤。检验完成后关机，检查全部完成后，关闭电脑、探伤室电源和总电源。

#### 9.1.4 工艺流程图及产污位置图

X 射线探伤机室内探伤工艺流程图及产污位置图见图 9-6。



图 9-6 X 射线探伤机室内探伤工艺流程图及产污位置图

X 射线数字成像检测系统室内探伤工艺流程图及产污位置图见图 9-7。

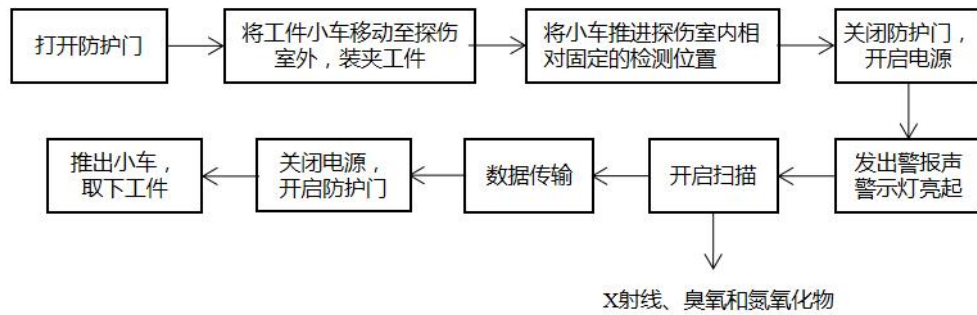


图 9-7 X 射线数字成像检测系统探伤工艺流程图及产污位置图

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 辐射污染源分析

X 射线：由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统只有在开机并处于出线状态（曝光状态）时，才会发出 X 射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机曝光期间，X 射线辐射是本项目的主要环境污染因子。

### 9.2.2 非辐射污染源分析

#### 1.X 射线探伤机

（1）臭氧和氮氧化物：探伤机工作时产生射线，会造成探伤室内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。少量臭氧和氮氧化物经探伤室通风口排出（探伤室通风换气次数不低于 3 次/h），通风口接入暖通风管并通到厂房外进行排放，臭氧量在环境中大概经 50 分钟自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/3，故有害气体对周围环境影响较小。

（2）第一遍和第二遍冲洗废水：本项目后续胶片冲洗在暗室内完成，先把胶片放到显影液（5-10 分钟）、沥干（约 5-10 分钟）、再把显影后的胶片放入定影液里浸泡（5-15 分钟），然后将定影后的胶片拿出、沥干（约 10-15 分钟）。由于胶片表面仍附着较高浓度的 AgBr、定影剂及强氧化物等化学物质，需用少量清水多次冲洗胶片。第一遍冲洗后间隔 10s 进行第二遍冲洗，经过两遍冲洗可基本洗去胶片表面附着的化学物质，两遍冲洗后沥干胶片，再次进行冲洗，洗去表面沾附的微量悬浮物 SS。最终冲洗后的胶片晾干后给予评片，完成一次检测任务，洗片工艺流程图见图 9-8。

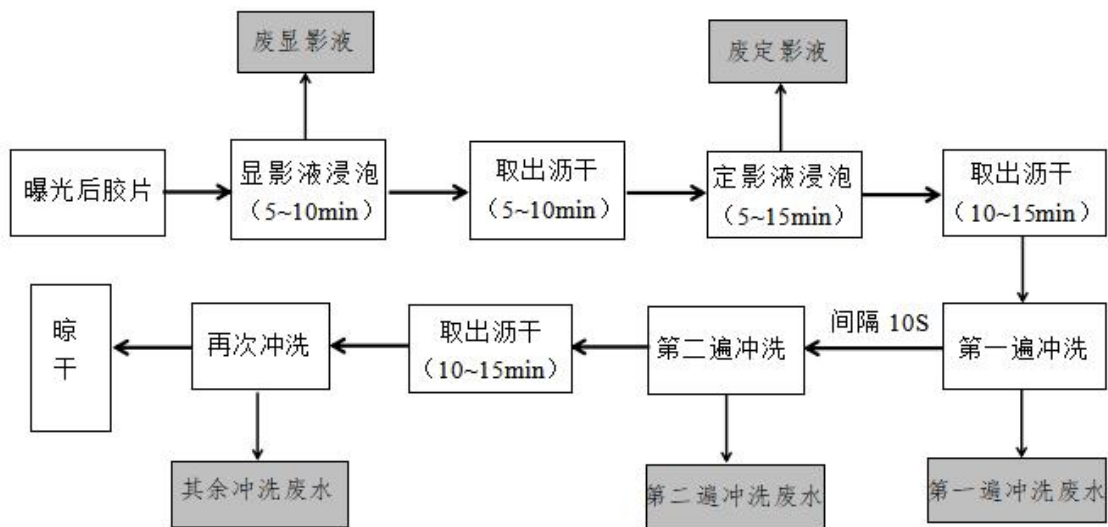


图 9-8 洗片工艺流程图

其中，主要洗片原辅材料用料成分见表 9-1。

表 9-1 主要原辅材料物料成分表

名称	规格	来源	主要化学成分
胶片	浅蓝色，尺寸：360*80mm/ 180*80mm/360*140mm	外购	溴化银感光胶片
显影液	桶装	外购	溴化银(AgBr)、硫代硫酸钠(Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O)、 醋酸(CH <sub>3</sub> COOH)
定影液	桶装	外购	米吐尔(N-甲基对氨基苯酚硫酸盐)、菲 尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )、 碳酸钠(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )

本项目每次冲洗 50 张胶片，年冲洗 1000 次。第一遍和第二遍冲洗每次用水 10kg，年产生第一遍和第二遍冲洗废水约 10t。参考同类项目的经验数据，由于第一遍和第二遍冲洗废水含有较高浓度的 AgBr、定影剂及强氧化物，需做危废处理，不得外排；后续冲洗每次用水 65kg，年用水量约 65t。其余冲洗废水中污染因子主要为微量的悬浮物 SS，先将其余冲洗废水排入集水槽中，再对沉淀后的上清液进行回用（冲洗胶片对回用的水质无要求，该冲洗水除自然蒸发外无损耗）。综上所述，第一遍和第二遍冲洗废水产生量为 10t/a，每年定期和废显、定影液一起交由有资质的单位处置。

(3) 废显（定）影剂及胶片：X 射线探伤过程中产生的废显（定）影液及胶片属于国家危险废物名录中的 HW16 感光材料废物，废物代码为 900-019-16，危险特性为 T（生态环境和人体健康具有有害影响的毒性），并无放射性。本项目每年 X 射线探伤机拍片数大约为 50000 张，按洗 1000 张片用 20kg 显（定）影液，经估算项目工

作过程中每年产生的废显（定）影液约 1000kg，每年产生废胶片约 500 张（废片率按 1%计算），产生的废显（定）影液及胶片集中存放在生产厂房西侧危废仓库。废显影液、定影液的暂存应对贮存容器进行双重保护（防腐容器和不锈钢托盘），防止泄漏，由专人保管，并与有资质的单位签订回收协议，建立台账。当危废仓库储存量达 90% 时，送交由有资质的单位处理，以此来满足公司危废仓库的危废液存放能力。

建设单位应根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）和《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）布置危废仓库。

根据《承压设备无损检测 第 1 部分：通用要求》（NB/T 47013.1-2015）中第 7.3.3 条款要求，无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于 7 年。7 年后若用户需要，可将原始检测数据转交用户保管。经与建设单位核实，本项目完好的胶片约 49500 张，存档期限为 7 年。存档满 7 年后的胶片最终处理方案分两种：①如用户需要，公司将此类胶片转交用户保管，占比约 10%，即 4950 张胶片；②如用户不需要，公司将此类胶片作为危废交有资质单位处理处置，占比约 90%，即 44550 张胶片。基于本项目运行的第 8 年开始，同一年既有探伤洗片产生的废胶片，又有存档期满后产生的废胶片，本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量，即 45050 张，公司可将此类胶片作为危险固废交有资质单位处理处置。

## 2.X 射线数字成像检测系统

（1）臭氧和氮氧化物：X 射线数字成像检测系统工作时产生射线，会造成探伤室内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。少量臭氧和氮氧化物经探伤室通风口排出（探伤室通风换气次数不低于 3 次/h），通风口接入暖通风管并通到厂房外进行排放，臭氧量在环境中大概经 50 分钟自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/3，故有害气体对周围环境影响较小。

（2）本项目使用的 X 射线数字成像检测系统为数字成像装置，图像直接在显示屏上显示，不使用胶片，不会废显（定）影液及胶片等固废。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 工作场所布局及分区管理

本项目拟建探伤室一 50m 范围内，北侧为道路和空地，东侧为不锈钢容器，南侧为纵缝焊接区、套装区、坡口加工、酸洗钝化、大型绕管机和石化撬块，西侧为控制室、评片室、焊材一级库、焊材二级库、卫生间、茶水间和标准件区。拟建探伤室二 50m 范围内，北侧为纵缝焊接区、大型绕管机、酸洗钝化、石化撬块和套装区，东侧为管道预制区，南侧为碳钢容器、道路和河道，西侧为控制室、评片室、暗室、储片间、型材下料区。本项目两间探伤室是一个独立的工作区域，辐射工作人员有独立的操作位，位于两间探伤室西侧控制室内。两间探伤室的设置避开了公司内部人流较多的工作场所，且与该区域其他非辐射工作人员活动区避开一定距离，两间探伤室边界外 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。

本项目辐射工作场所的布置既便于探伤各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布局基本合理。

根据《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)中关于辐射工作场所的分区规定，企业拟将探伤室屏蔽墙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。控制区应仅限辐射工作人员入内，并应设置明显的电离辐射警告标志及中文警示说明。监督区应设置电离辐射标志及警示标志，并经常进行剂量监督，以确认是否需要专门的防护措施。

#### 10.1.2 X 射线探伤室概况

##### (1) 探伤室一

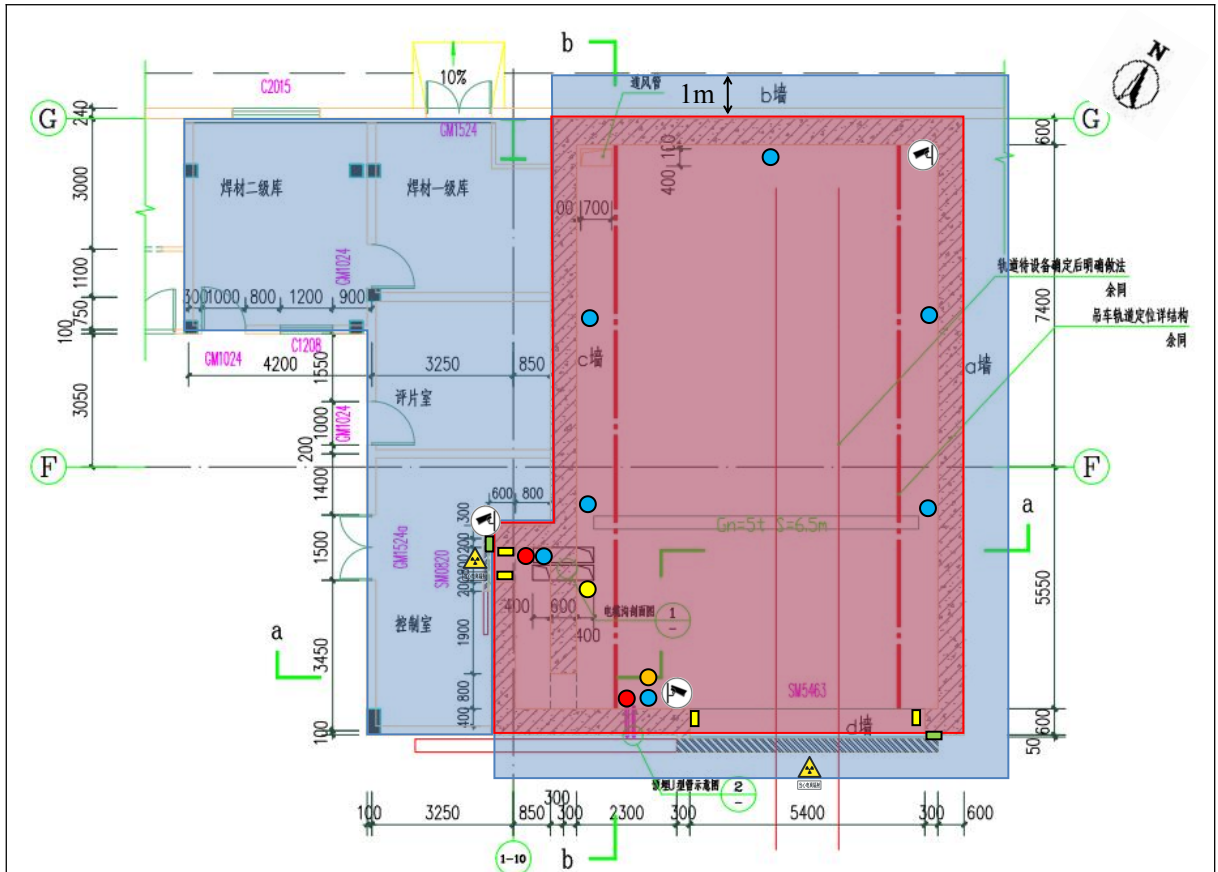
根据建设单位提供的探伤室资料可知，本项目拟建的探伤室一各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1。

该探伤室一净高度为 9.4m，有效使用面积约为  $12.95\text{m}\times 8.3\text{m}=107.49\text{m}^2$ 。探伤室一西北侧顶部设置通风管道，每小时通风换气次数不小于 3 次，满足通风需求。穿线管采用地下 U 型穿墙方式。工件门设计门-机联锁装置，并设置开机工作警示灯、电离辐射警告标志。探伤室一平面布置及分区示意图见图 10-1，探伤室一剖面布置图见

图 10-2，电缆沟示意图及预埋 U 型管示意图见图 10-3，通风管示意图见图 10-4。

表 10-1 探伤室一屏蔽情况一览表

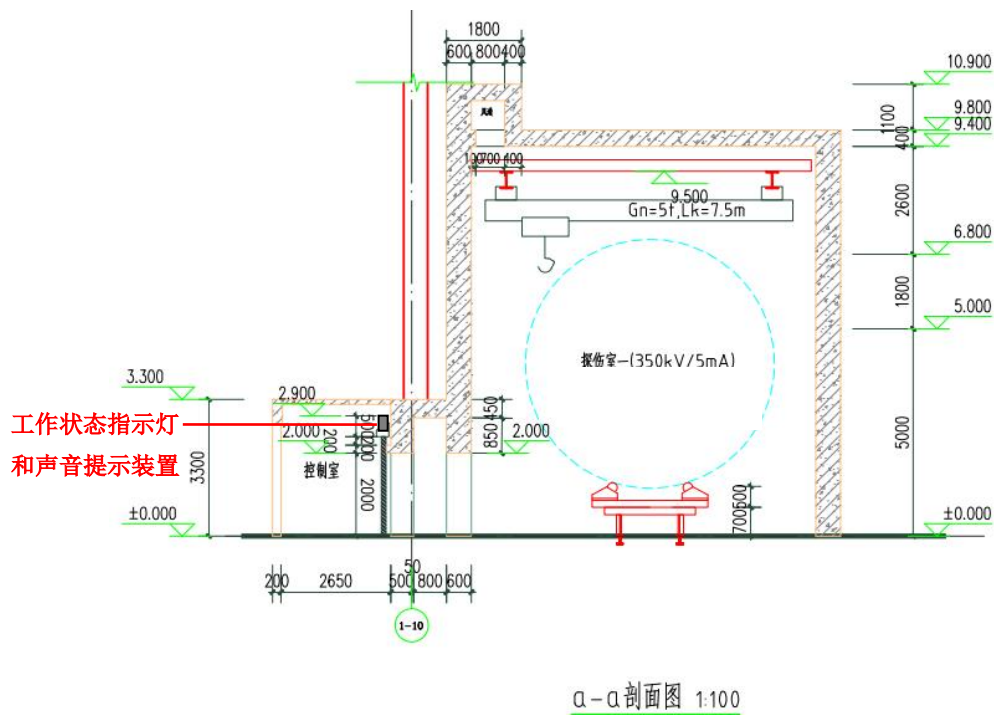
项目	内容
探伤室规格	长 14150mm×宽 9500mm×高 9800mm（内径尺寸长 12950mm×宽 8300mm×高 9400mm，不包含迷道尺寸）
各侧屏蔽厚度	600mm 混凝土墙
顶棚厚度	400mm 混凝土墙
工件门	门洞尺寸为 5.4m×6.3m，工件门尺寸为 6m×6.8m，敷设 35mm 厚铅板，采用断开平车轨道的钢轨平移门方式(下承重，重约 24t)，与门洞侧向间隙<10mm，两侧搭接 300mm，上部搭接 300mm，下部搭接 200mm
工作人员出入口	门洞尺寸为 0.8m×2m，工作人员出入口尺寸为 1.2m×2.3m，敷设 10mm 厚铅板(上承重，重约 0.4t)，与门洞侧向搭接间隙<10mm，两侧搭接 200mm，上部搭接 200mm，下部搭接 100mm
迷道	Z 型迷道，内径尺寸长 3.7m×宽 0.8m×高 2.9m，西墙、南墙和东墙均为 600mm 厚混凝土墙，北墙为 500mm 厚混凝土墙，顶部为 450mm 厚混凝土墙
通风管道	通风口设置风机，暖通外墙开洞并设置百叶，位于探伤室北墙西侧顶部
穿线管	地下 U 型电缆沟，位于探伤室西墙南侧底部



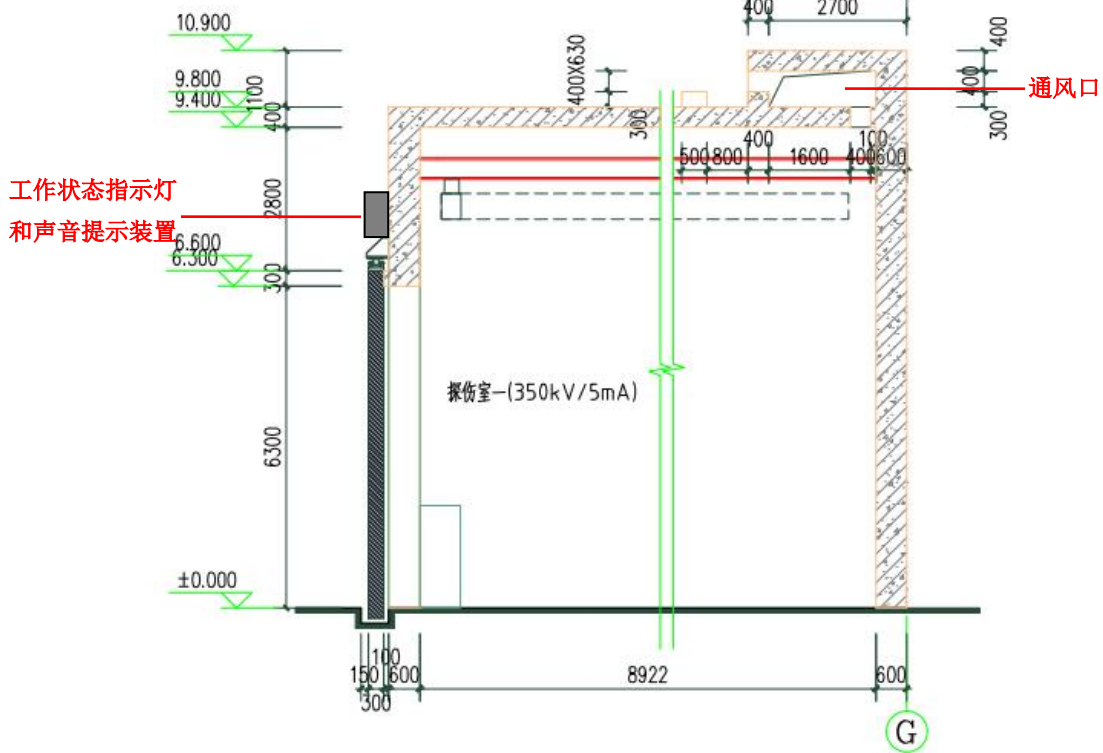
**图例：**

- 监督区
- 控制区
- 电离辐射警告标志（防护门上，距地面高1.5m处）
- 固定辐射剂量检测仪
- 门-机联锁安全装置
- 监控
- 急停按钮
- 紧急开门装置
- 防夹装置
- 声光报警装置

图 10-1 探伤室一平面布置及分区示意图

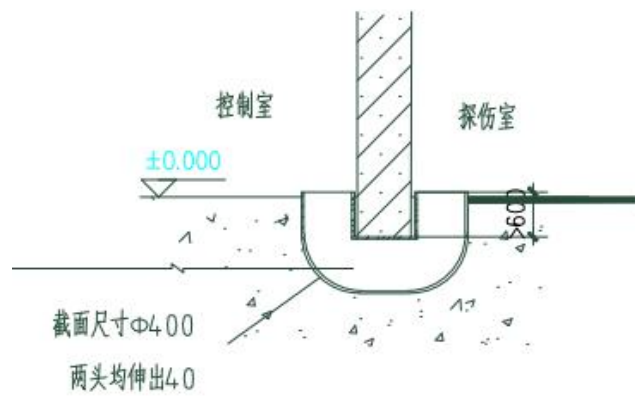


a-a 剖面图 1:100

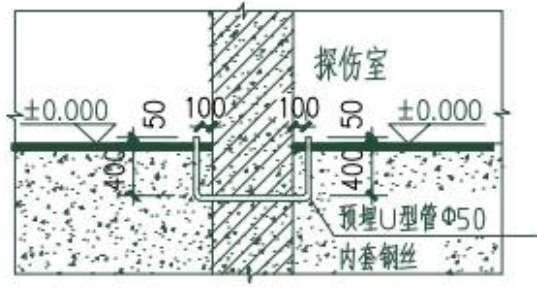


b-b剖面图 1:100

图 10-2 探伤室一剖面布置图



1 电缆沟剖面图 1:50



② 预埋U型管示意图 1:50

图 10-3 电缆沟示意图及预埋 U 型管示意图

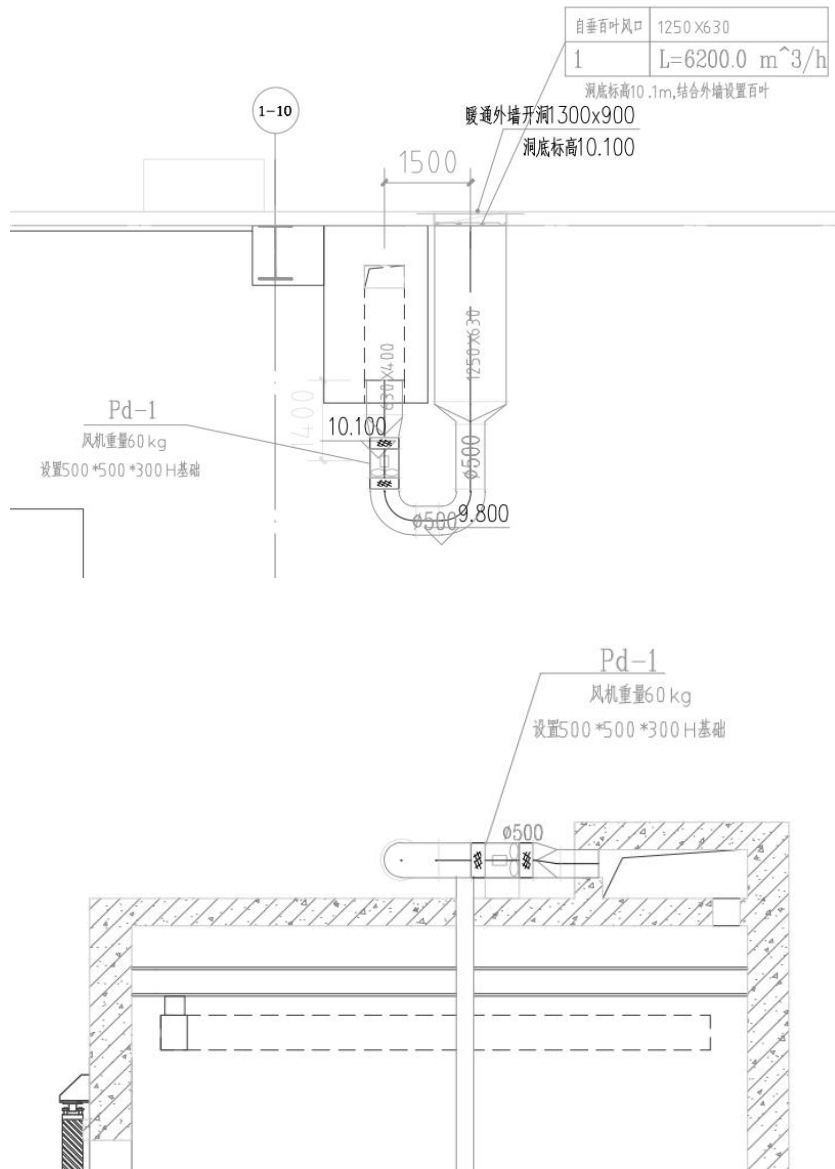


图 10-4 通风管示意图

## (2) 探伤室二

根据建设单位提供的探伤室资料可知，本项目拟建的探伤室二各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-2。

该探伤室二净高度 10.1m，有效使用面积约为  $25.375\text{m}\times 9.3\text{m}=235.988\text{m}^2$ 。探伤室二东南侧设置地下 U 型通风管道，每小时通风换气次数不小于 3 次，满足通风需求。穿线管采用地下 U 型穿墙方式。工件门设计门-机联锁装置，并设置开机工作警示灯、电离辐射警告标志，探伤室二平面布置及分区示意图见图 10-5。储片间位于探伤室二的控制室、评片室和暗室的上层，其平面布置图见图 10-6。探伤室二剖面布置图见图 10-7，电缆沟示意图及预埋 U 型管示意图见图 10-8，通风管示意图见图 10-9。

表 10-2 探伤室二屏蔽情况一览表

项目	内容
探伤室规格	长 26775mm×宽 10700mm×高 10500mm（内径尺寸长 25375mm×宽 9300mm×高 10100mm，不包含迷道尺寸）
各侧屏蔽厚度	700mm 混凝土墙
顶棚厚度	400mm 混凝土墙
工件门	门洞尺寸为 6.5m×7.5m，工件门尺寸为 7.1m×8m，敷设 40mm 厚铅板，采用断开平车轨道的钢轨平移门方式(下承重，重约 39t)，与门洞侧向间隙<10mm，两侧搭接 300mm，上部搭接 300mm，下部搭接 200mm
工作人员出入门	门洞尺寸为 0.8m×2m，工作人员出入门尺寸为 1.2m×2.3m，敷设 12mm 厚铅板(上承重，重约 0.6t)，与门洞侧向搭接间隙<10mm，左右搭接 200mm，上部搭接 200mm，下部搭接 100mm
迷道	Z 型迷道，内径尺寸长 4.7m×宽 0.8m×高 2.4m，西墙为 650mm 厚混凝土墙，北墙和顶部均为 500mm 厚混凝土墙，南墙和东墙均为 700mm 厚混凝土墙
通风管道	地下 U 型通风管，通风口内部尺寸为 1.6m×0.45m，罩钢丝网，沿通风口周边砌墙，高出地面 5m，位于探伤室东墙南侧底部
穿线管	地下 U 型电缆沟，位于探伤室西墙南侧底部

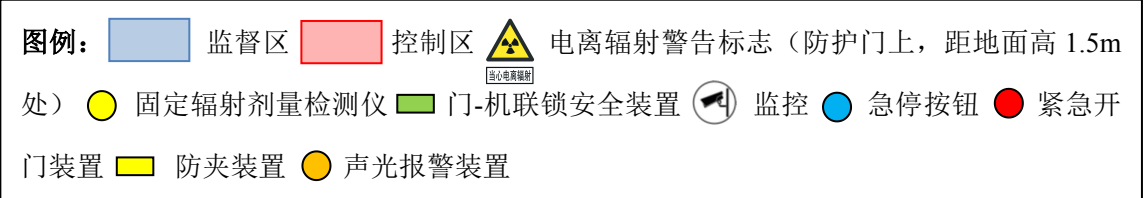
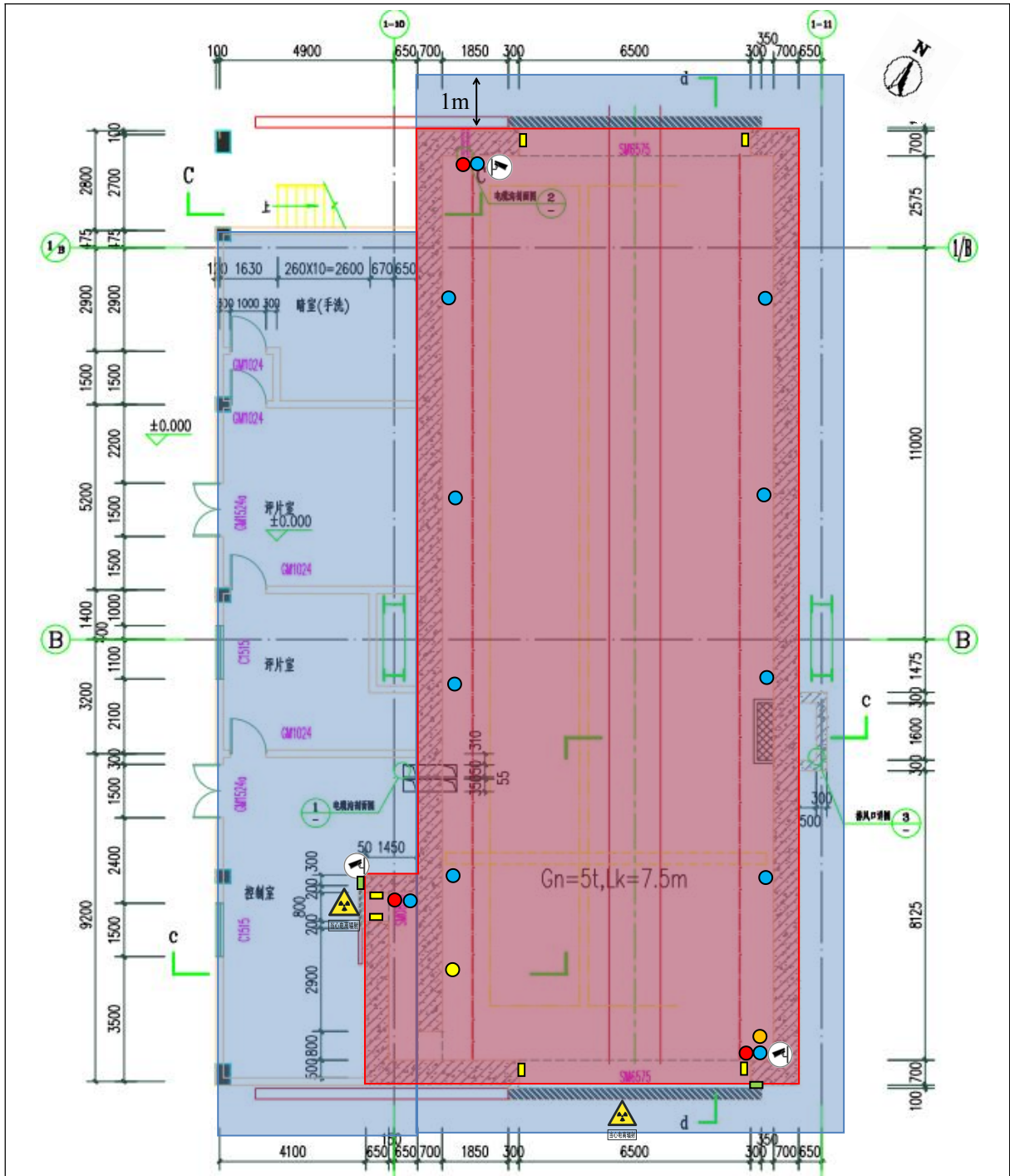
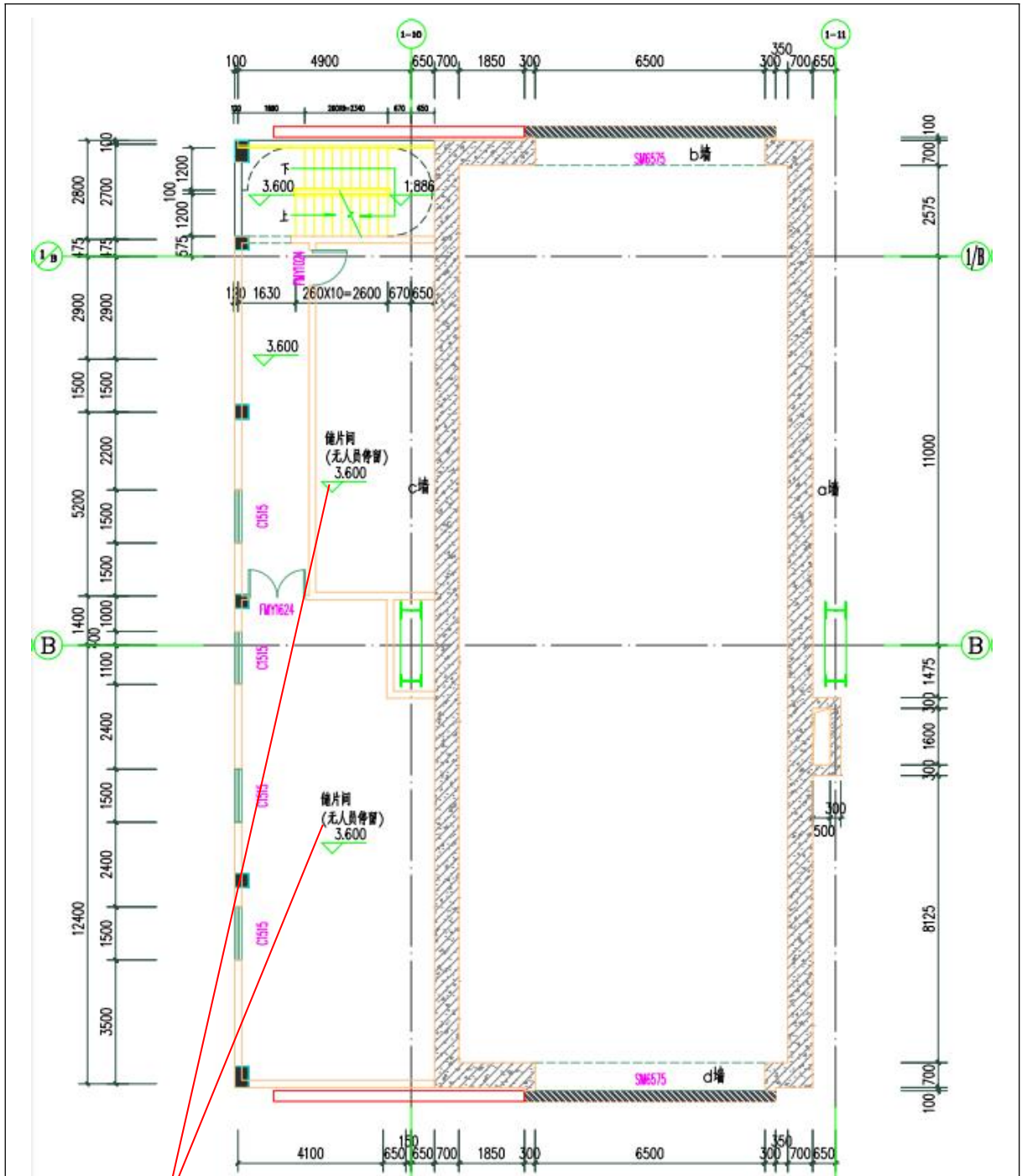
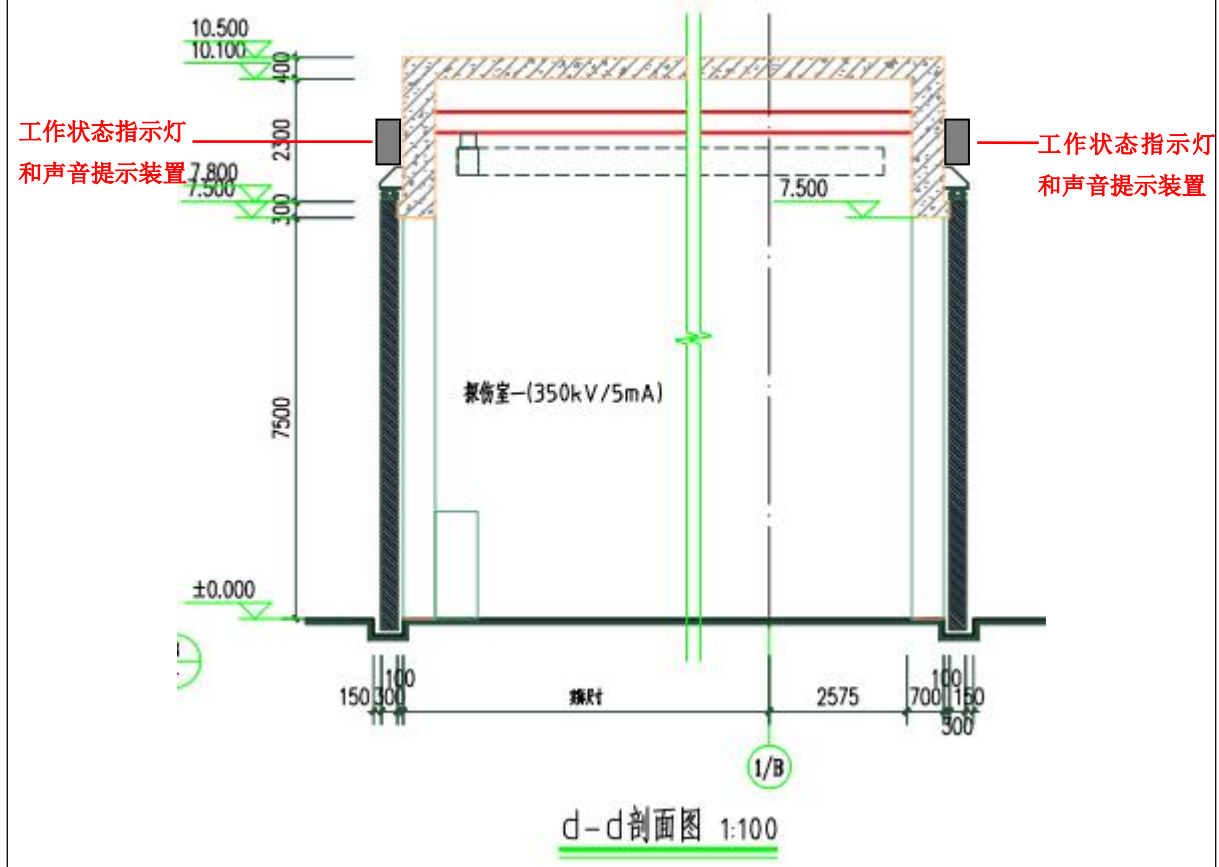
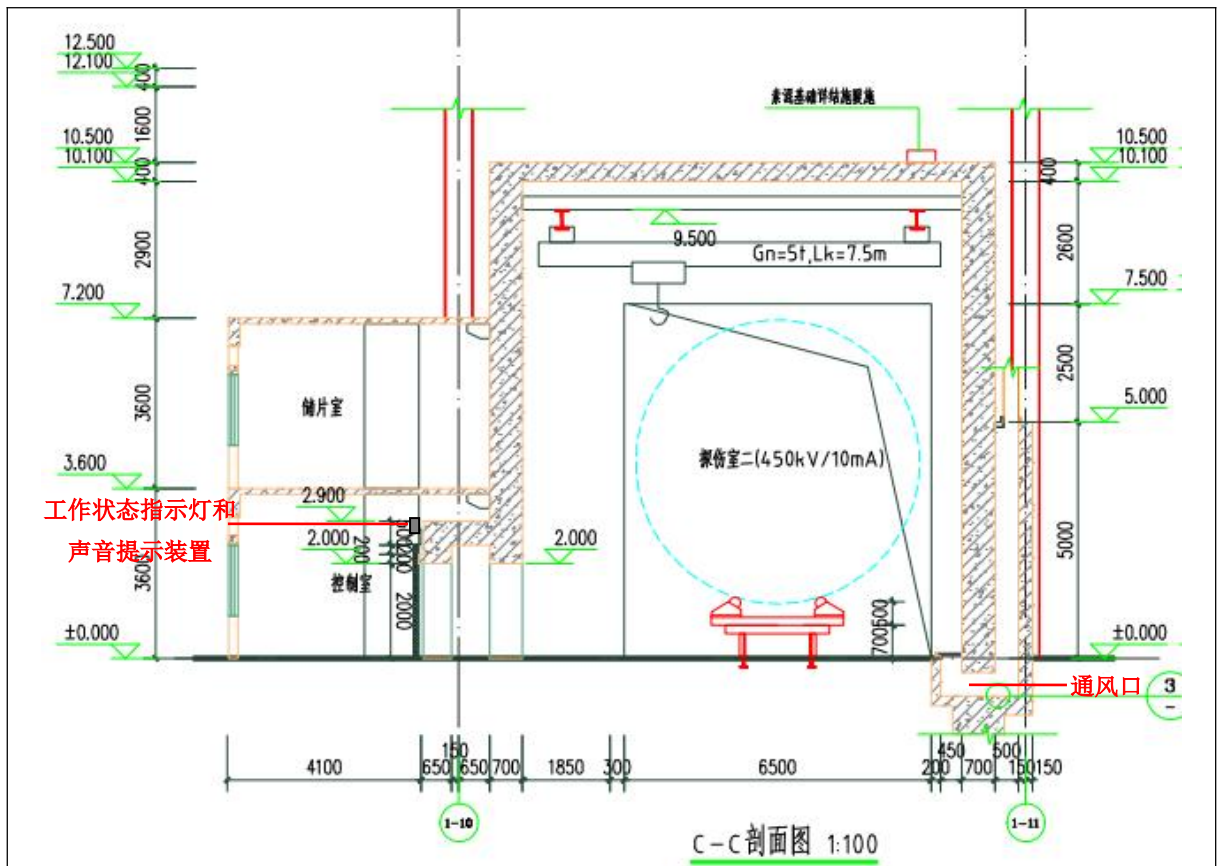


图 10-5 探伤室二平面布置及分区示意图



位于探伤室二控制室、评片室和暗室的上层

图 10-6 储片间平面布置图



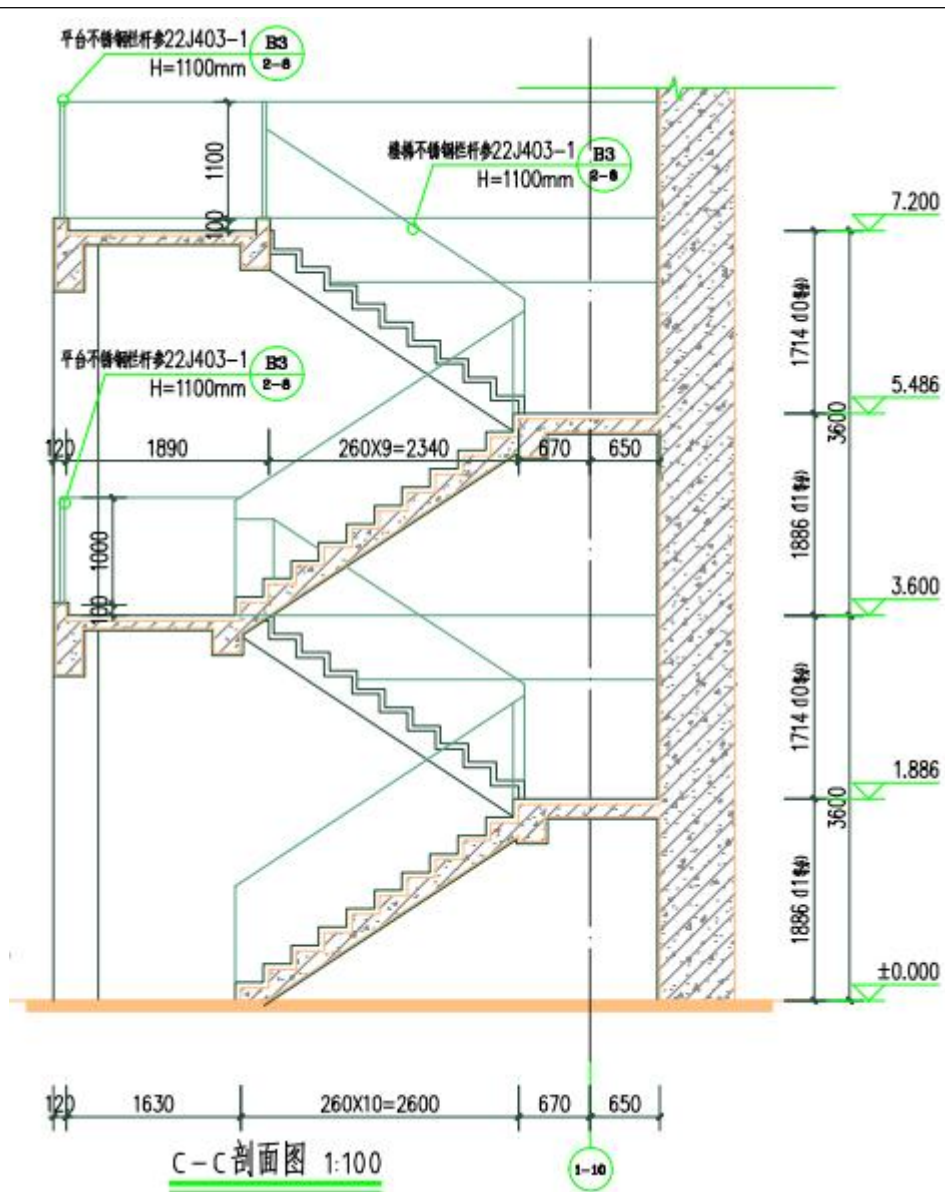
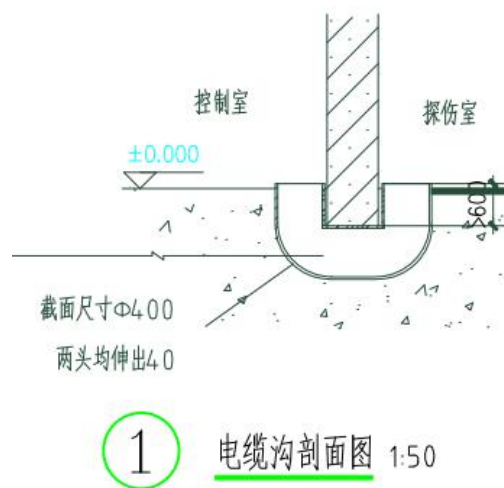


图 10-7 探伤室二剖面布置图





### 10.1.3 安全防护装置及污染防治措施

本项目为新建项目，公司于海盐县经济和信息化局备案的项目名称为 X 射线室内探伤技改项目。本项目须具备以下污染防治措施：

(1) 对辐射工作场所实行分区管理，将探伤室一实体边界作为本项目的辐射防护控制区边界，将探伤室一周围 1m 处和相邻的控制室、评片室、焊材一级库和焊材二级库作为本项目的辐射防护监督区边界；将探伤室二实体边界作为本项目的辐射防护控制区边界，将探伤室二周围 1m 处和相邻的控制室、评片室、暗室和储片间作为本项目的辐射防护监督区边界。上述符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

(2) 两间探伤室工件门和工作人员出入门上方设有工作状态指示灯和声音提示装置，两间探伤室内设置声光报警装置。指示灯显示屏表面有“预备中”和“照射中”两种工作状态，当门打开时，显示屏无字样显示；当门关闭到射线机具备出束条件时，显示屏显示“预备中”的工作状态且有提示音和报警音；当两间探伤室内射线机出束时，显示屏则显示“照射中”的工作状态且有提示音和报警音。

(3) 两间探伤室工件门和工作人员出入门与两侧屏蔽墙有搭接，搭接的长度大于等于 10 倍的门缝间隙，防止射线外泄。

(4) 两间探伤室工件门和工作人员出入门均设置有门-机联锁安全装置，只有当工件门和工作人员出入门完全关闭后 X 射线机才能出束，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

(5) 两间探伤室内 X 射线探伤机能实现门机、工作状态指示灯及声音提示装置等联锁的功能。

(6) 探伤室一内安装 7 个紧急停机按钮，探伤室二内安装 11 个紧急停机按钮，防护门的内侧设置有紧急开门装置，能够满足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，并明显标识，一旦发生意外，立即按下靠近的紧急停机按钮或紧急开门装置，X 射线机的高压即被切断，可有效的保证工作人员的安全。

(7) 两间探伤室防护门的内侧均设置防夹装置，能有效保护工作人员的安全，防止在防护门关闭过程中因误操作或意外情况导致夹伤。

(8) 两间探伤室外设置电离辐射警告标志，并用中文注明“当心电离辐射”，

两间探伤室外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。相关辐射环境管理规章制度张贴于工作现场处。

(9) X 射线探伤机控制台设置有 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；设置高压接通时的外部报警或指示装置。控制台设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，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。控制台设置紧急停机开关、辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(10) X 射线数字成像检测系统控制台上集成 X 射线机、机械、成像、计算机和监控系统的全部操作，方便操作人员进行操作；控制台上镶嵌着一台彩色液晶（显示工作状态和现场环境），一台液晶显示器（显示检测图像和检测图像评定）；设置有总电源开关，机械运动旋钮；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；设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(11) 两间探伤室各设置有 3 个监控探头，并连接到控制台，工作人员能在控制台实时监控探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况，如果出现异常能迅速启动紧急停机装置。

(12) 两间探伤室内 X 射线机操作电缆设计均为地下 U 型穿线管系统，均位于探伤室西墙南侧底部；

(13) 探伤室一北墙西侧顶部设置通风口和风机，探伤室二东墙南侧底部设置地下 U 型通风管和风机，每小时通风换气次数均不小于 3 次。

(14) 建立 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统的档案和台账，贮存、使用 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统时及时进行登记、检查，做到账物相符，并要求有专人负责保管。

(15) 公司制定制度，禁止将 X 射线探伤机移出探伤室外作业。

(16) 暗室内设置一个体积不小于 1m<sup>3</sup> 集水池（槽），用作冲洗废水沉淀回用的容器。

(17) 两间探伤室内各配置 1 个固定辐射剂量检测仪。

#### **10.1.4 其他防治措施**

建设单位拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪和 x-γ 辐射剂量率仪，来满足工业

探伤的需求。工作人员在辐射工作场所工作时，均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

表 10-2 拟配备防护用具清单

序号	防护用品名称	数量
1	个人剂量计	6+1（本底）
2	个人剂量报警仪	6
3	X-γ辐射剂量率仪	2

## 10.2 三废的治理

(1) 探伤室一北墙西侧顶部设置通风口和风机，其通风量不小于 3031.23m<sup>3</sup>/h，本项目探伤室一体积约为 1010.41m<sup>3</sup>；探伤室二东墙南侧底部设置地下 U 型通风管和风机，其通风量不小于 7150.44m<sup>3</sup>/h，本项目探伤室二体积约为 2383.48m<sup>3</sup>。因此，两间探伤室满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。工作期间保证探伤作业后进行机械排风，从而降低探伤室内臭氧和氮氧化物的浓度。

(2) 本项目第一遍和第二遍冲洗废水产生量约 10t/a，其余冲洗废水产生量约 65t/a。其中第一遍和第二遍冲洗废水需做危废处理，不向周边地表水体直接排放；其余冲洗废水排入集水槽中，沉淀后进行回用。该公司产生的第一遍和第二遍冲洗废水集中存放在危险废物暂存间内，每年定期与废显、定影液一起交由有资质的单位处置。

(3) 本项目每年 X 射线探伤机拍片数大约为 50000 张，按洗 1000 张片用 20kg 显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 1000kg，每年产生废胶片约 500 张（废片率按 1%计算），产生的废显（定）影液及胶片集中存放在生产厂房西侧危废仓库内。废显影液、定影液的暂存应对贮存容器进行双重保护（防腐容器和不锈钢托盘），防止泄漏，由专人保管，并与有资质的单位签订回收协议，建立台账。当危废仓库储存量达 90%时，送交由有资质的单位处理，以此来满足公司危废仓库的危废液存放能力。

建设单位应根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）和《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）布置危废仓库。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）总体要求：

①产生、收集、贮存、利用、处置危险废物的单位应建造危险废物贮存设施或设置贮存场所，并根据需要选择贮存设施类型。

②贮存危险废物应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和环境风险等因素，确定贮存设施或场所类型和规模。

③贮存危险废物应根据危险废物的类别、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类贮存，且应避免危险废物与不相容的物质或材料接触。

④贮存危险废物应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取措施减少渗滤液及其衍生废物、渗漏的液态废物（简称渗滤液）、粉尘、VOCs、酸雾、有毒有害大气污染物和刺激性气味气体等污染物的产生，防止其污染环境。

⑤危险废物贮存过程产生的液态废物和固体废物应分类收集，按其环境管理要求妥善处理。

⑥贮存设施或场所、容器和包装物应按 HJ 1276 要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。

⑦HJ 1259 规定的危险废物环境重点监管单位，应采用电子地磅、电子标签、电子管理台账等技术手段对危险废物贮存过程进行信息化管理，确保数据完整、真实、准确；采用视频监控的应确保监控画面清晰，视频记录保存时间至少为 3 个月。

⑧贮存设施退役时，所有者或运营者应依法履行环境保护责任，退役前应妥善处理处置贮存设施内剩余的危险废物，并对贮存设施进行清理，消除污染；还应依据土壤污染防治相关法律法规履行场地环境风险防控责任。

⑨在常温常压下易爆、易燃及排出有毒气体的危险废物应进行预处理，使之稳定后贮存，否则应按易爆、易燃危险品贮存。

⑩危险废物贮存除应满足环境保护相关要求外，还应执行国家安全生产、职业健康、交通运输、消防等法律法规和标准的相关要求。

本项目危废仓库要求如下：

①场所为专用的封闭建筑，专用于贮存危险废物。

②场所有门锁（防盗），避免无关人员进入室内。

③场所内将废胶片 and 废显（定）影液进行分类贮存，避免与不相容的物质或材料接触。废显（定）影液进行桶装（防腐容器和不锈钢托盘），废胶片进行包装且不得散装，贮存容器应完好无损。

④场所和贮存容器按 HJ 1276 要求设置危险废物场所标志、危险废物贮存分区标

志和危险废物标签等危险废物识别标志。

⑤场所地面须硬化处理，须防腐、防渗。

⑥场所门内须有围堰（缓坡），防止废物向外泄漏，地面应保持干净整洁。

根据《承压设备无损检测 第1部分：通用要求》（NB/T 47013.1-2015）中第7.3.3条款要求，无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于7年。7年后若用户需要，可将原始检测数据转交用户保管。经与建设单位核实，本项目完好的胶片约49500张，存档期限为7年。存档满7年后的胶片最终处理方案分两种：①如用户需要，公司将此类胶片转交用户保管，占比约10%，即4950张胶片；②如用户不需要，公司将此类胶片作为危废交有资质单位处理处置，占比约90%，即44550张胶片。基于本项目运行的第8年开始，同一年既有探伤洗片产生的废胶片，又有存档期满后产生的废胶片，本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量，即45050张，公司可将此类胶片作为危险固废交有资质单位处理处置。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在 X 射线探伤室建设过程中，其未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算的评价方法来预测 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统投入使用时的辐射环境影响。

#### 11.2.1 室内探伤项目

##### 1. 计算公式及参数的选取

为评价拟建两间探伤室的辐射屏蔽设计方案，采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中关于探伤室辐射屏蔽的估算方法。

本项目利用拟建探伤室一配备了 1 台 MXR-320HP/11 型 X 射线数字成像检测系统，利用拟建探伤室二配备了 9 台 X 射线探伤机（3 台 XXG-1605 型 X 射线探伤机（定向）、1 台 XXHG-1605 型 X 射线探伤机（周向）、1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机（定向）、1 台 XXHG-2505 型 X 射线探伤机（周向）、1 台 XXG-3205 型 X 射线探伤机（定向）、1 台 XXHG-3205 型 X 射线探伤机（周向）和 1 台 MXR-451/26 型 X 射线探伤机（定向），设备均不同时使用）。

本项目两间探伤室内的设备可分别同时开机使用 1 台，其中探伤室一使用技术参数最大的设备为 MXR-320HP/11 型 X 射线数字成像检测系统（主射方向为东侧墙体），探伤室二使用技术参数最大的设备为 MXR-451/26 型 X 射线探伤机（主射方向为东侧墙体）和 XXHG-3205 型 X 射线探伤机（主射方向为西侧墙体、东侧墙体、顶部及底部），故本次环评预测分析在探伤室一开 1 台 MXR-320HP/11 型 X 射线数字成像检测系统（最大管电压为 320kV，最大管电流为 5mA），在探伤室二开 1 台 MXR-451/26 型 X 射线探伤机（最大管电压为 450kV，最大管电流为 10mA）或 1 台 XXHG-3205 型 X 射线探伤机（最大管电压为 320kV，最大管电流为 5mA），在上述情况下对两间探伤室周围环境的影响。

两间探伤室均位于地上一层，地下无建筑，底部为混凝土材料，因此不对地面进行屏蔽计算。

(1) 有用线束

在给定屏蔽物质厚度  $X$  时，由附录 B.1 曲线查相应的屏蔽透射因子  $B$ ，关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按 (11-1) 式计算：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

$\dot{H}$  ——辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$  ——X 射线装置的常用最大管电流，mA，本项目取  $I=5\text{mA}$ ；

$H_0$  ——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  $6 \times 10^4$ ，查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1 可知，以保守计算的 400kV 管电压时的最大输出量为  $23.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $1.41 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ；见《医用外照射源的辐射防护（ICRP33 号）》中第 56 页图 3 查得，450kV 管电压时的最大输出量为  $35\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $2.1 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

$B$  ——屏蔽透射因子。本项目探伤室内设备最大管电压为 320kV，为保守计算，设备管电压选取 400kV；探伤室二内设备最大管电压为 450kV 和 320kV（为保守计算，设备管电压选取 400kV）；因此查管电压查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 图 B.2 可知：探伤室一：600mm 混凝土的屏蔽透射因子可取  $3.2 \times 10^{-6}$ ；探伤室二：设备管电压为 450kV 时，700mm 混凝土的屏蔽透射因子可取  $2 \times 10^{-6}$ ；设备管电压为 400kV 时，700mm 混凝土的屏蔽透射因子可取  $4 \times 10^{-7}$ ，400mm 混凝土的屏蔽透射因子可取  $3.7 \times 10^{-4}$ ；

$R$  ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

(2) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽因子

对于给定的屏蔽物质厚度  $X$ ，相应的屏蔽透射因子  $B$  按 (11-2) 式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——什值层厚度，单位 mm。

对于散射辐射：查表 2，X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值，本项目探伤室一 X 射线机最大管电压为 320kV，即散射辐射取 250kV；探伤室二 X 射线机最大管电压为 450kV 和 320kV，即散射辐射取 300kV 和 250kV。查（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2，对于混凝土屏蔽材料，250kV 射线的什值层厚度为 90mm，300kV 射线的什值层厚度为 100mm；对于铅屏蔽材料，250kV 射线的什值层厚度为 2.9mm，300kV 射线的什值层厚度为 5.7mm；

对于泄漏辐射：查（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2，对于混凝土屏蔽材料，以保守计算的 400kV 管电压的什值层厚度为 100mm；对于铅屏蔽材料，以保守计算的 400kV 管电压的什值层厚度为 8.2mm；查《医用外照射源的辐射防护（ICRP33 号）》中第 78 页表 3，对于混凝土屏蔽材料，450kV 管电压的什值层厚度为 109.5mm；对于铅屏蔽材料，450kV 管电压的什值层厚度为 9.25mm；

（3）散射辐射屏蔽

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

$\dot{H}$ ——关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R_s$ ——散射体至关心点的距离，单位 m；

$R_0$ ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位 m；

$F$ —— $R_0$  处的辐射野面积，单位  $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ——散射因子，入射辐射被单位面积( $1\text{m}^2$ )散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 $\alpha$ 值时，可以用水的 $\alpha$ 值保守估计，见《工业 X 射线探伤

室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B.4.2， $\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$  因子的值可以取 50；

$B$ ——屏蔽透射因子;

$H_0$ ——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  $6 \times 10^4$ , 查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录 B 表 B.1 可知, 以保守计算的 400kV 管电压时的最大输出量为  $23.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ , 即  $1.41 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ; 见《医用外照射源的辐射防护(ICRP33号)》中第 56 页图 3 查得, 450kV 管电压时的最大输出量为  $35\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ , 即  $2.1 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ;

$I$ ——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: mA;

(4) 泄漏辐射屏蔽

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中:

$\dot{H}$ ——关注点处的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$R$ ——辐射源点(靶点)至关注点的距离, 单位 m;

$\dot{H}_L$ ——距辐射源点(靶点)1m处 X 射线组装体的泄漏辐射剂量当量率, 单位为  $\mu\text{Sv/h}$ , 查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 1, 320kV 管电压时的  $\dot{H}_L$  为  $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ; 450kV 管电压时的  $\dot{H}_L$  为  $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ;

(5) 迷道散射辐射屏蔽

探伤室一:

X 射线迷道散射剂量率按(11-5)式计算, 为保守估计, 选择散射次数较少的路径进行估算, 散射路径示意图见图 11-1。

$$H_m = \frac{H_0 \cdot \alpha_1 \cdot A_1 \cdot (\alpha_2 \cdot A_2) \cdot \dots \cdot (\alpha_n \cdot A_n)}{(d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n)^2} \dots\dots\dots (11-5)$$

式中:

$H_m$ ——X 射线在关注点处的吸收剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$H_0$ ——第一次散射面上的吸收剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ; 以  $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的

值乘以  $6 \times 10^4$ ，查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1 可知，以保守计算的 400kV 管电压时的最大输出量为  $23.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $1.41 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

$\alpha$  —— 散射系数； $\alpha_1$  为 X 射线第一次散射系数， $\alpha_2$  和  $\alpha_n$  分别为 X 射线第二次散射系数和第  $n$  次散射系数；

$d$  —— 散射距离，m； $d_1$  为 X 射线第一次散射距离， $d_2$  和  $d_n$  分别为 X 射线第二次散射距离和第  $n$  次散射距离；

$A$  —— 散射面积， $\text{m}^2$ ； $A_1$  为第一次散射的散射面积， $A_n$  为迷道的截面积。

查辐射防护手册可知， $\alpha_1$  为  $5 \times 10^{-3}$ ， $\alpha_2$  为  $2 \times 10^{-2}$ ， $\alpha_3$  保守取  $2 \times 10^{-2}$ 。当辐射源点位于如图 11-1 的位置时，故  $d_1 \sim d_3$  分别为 6.23m、3.88m、0.81m， $A_1$  为  $2 \text{m}^2$ ， $A_2 \sim A_3$  为  $2.28 \text{m}^2$ 。根据本项目探伤室一设计，散射射线经过三次及以上散射到达迷道口。同时根据南大方杰版的《辐射防护导论》中“迷道的屏蔽计算是比较复杂的，一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上的散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能够保证迷道口工作人员的安全，这时，迷道口也只需采用普通门”所说，那么计算迷道散射时主要考虑漏射线的散射。

### 探伤室二：

X 射线迷道散射剂量率按（11-5）式计算，为保守估计，选择散射次数较少的路径进行估算，散射路径示意图见图 11-3。

查辐射防护手册可知， $\alpha_1$  为  $5 \times 10^{-3}$ ， $\alpha_2$  为  $2 \times 10^{-2}$ ， $\alpha_3$  保守取  $2 \times 10^{-2}$ 。当辐射源点位于如图 11-3 的位置时，故当最大管电压为 450kV 时， $d_1 \sim d_3$  分别为 4.38m、4.71m、0.94m， $A_1$  为  $1.72 \text{m}^2$ ， $A_2 \sim A_3$  为  $1.92 \text{m}^2$ ；当最大管电压为 320kV 时， $d_1 \sim d_3$  分别为 3.35m、4.71m、0.94m， $A_1$  为  $1.72 \text{m}^2$ ， $A_2 \sim A_3$  为  $1.92 \text{m}^2$ 。根据本项目探伤室设计，散射射线经过三次及以上散射到达迷道口。同时根据南大方杰版的《辐射防护导论》中“迷道的屏蔽计算是比较复杂的，一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上的散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能够保证迷道口工作人员的安全，这时，迷道口也只需采用普通门”所说，那么计算迷道散射时主要考虑漏射线的散射。

散射射线穿过工作人员出入防护门后，在防护门外造成的剂量率  $H'$  可以用下式计算：

$$H' = H_m \times B \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：

$H_m$ ——无迷道外口防护门情况下的空气吸收剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$B$ ——迷道外口防护门透射因子，本项目探伤室一内设备最大管电压为 320kV，为保守计算，设备管电压选取 400kV，因此查管电压查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录 B 图 B.1 可知：10mm 铅的屏蔽透射因子可取  $6.5 \times 10^{-3}$ ；探伤室二内设备最大管电压为 450kV 和（为保守计算，设备管电压选取 400kV）；因此查管电压查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录 B 图 B.1 可知：设备管电压为 450kV 时，12mm 铅的屏蔽透射因子可取  $9 \times 10^{-3}$ ；设备管电压为 400kV 时，12mm 铅的屏蔽透射因子可取  $3.4 \times 10^{-3}$ ；

## 2. 拟建探伤室屏蔽效果的估算及符合性分析

本项目拟建探伤室一长、宽、高分别为 14.15m、9.5m 和 9.8m，X 射线数字成像检测系统平面摆放范围示意图及迷道散射路径示意图见图 11-1，立面摆放范围示意图见图 11-2；拟建探伤室二长、宽、高分别为 26.775m、10.7m 和 10.5m，X 射线探伤机平面摆放范围示意图及迷道散射路径示意图见图 11-3，立面摆放范围示意图见图 11-4；拟建两间探伤室辐射屏蔽计算相关参数见表 11-1。

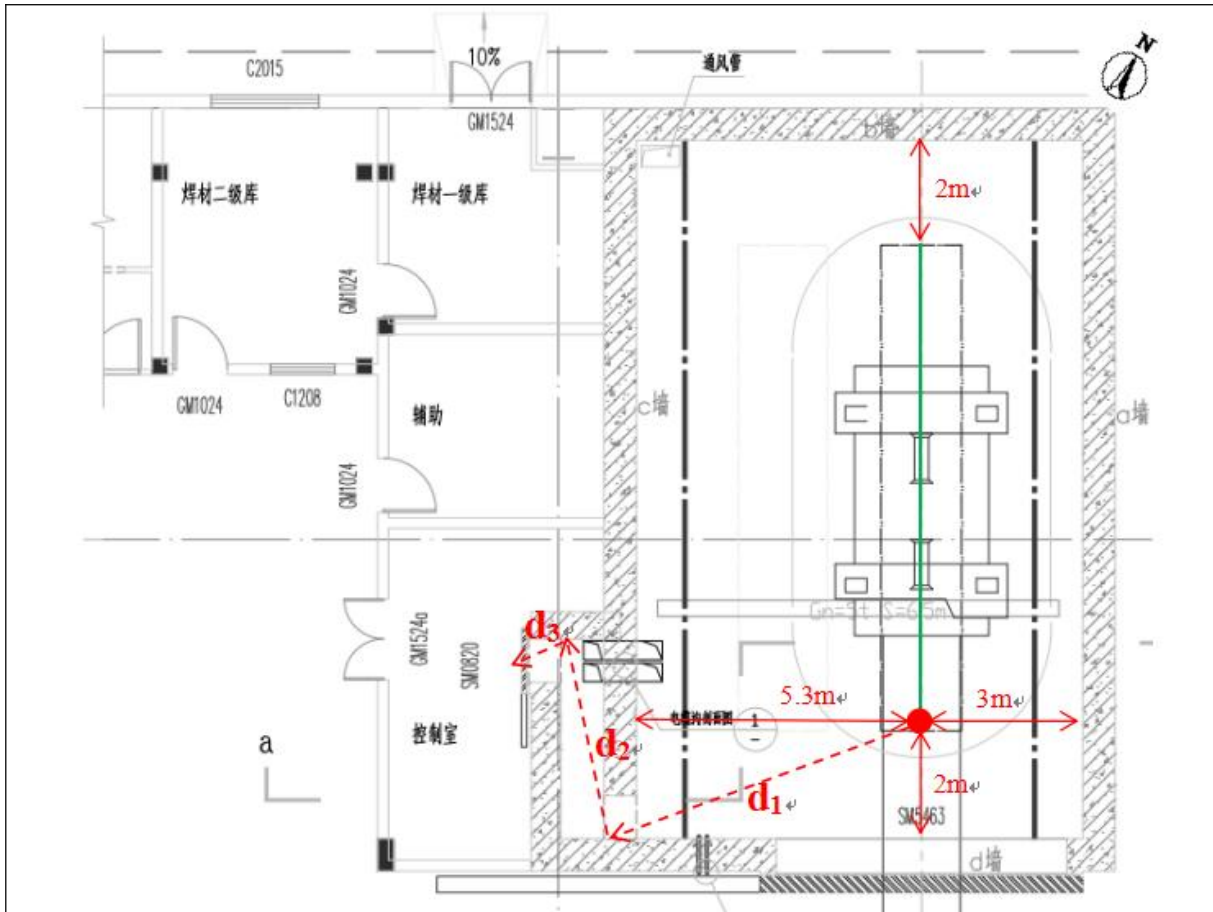


图 11-1 平面摆放范围示意图及迷道散射路径示意图（探伤室一）

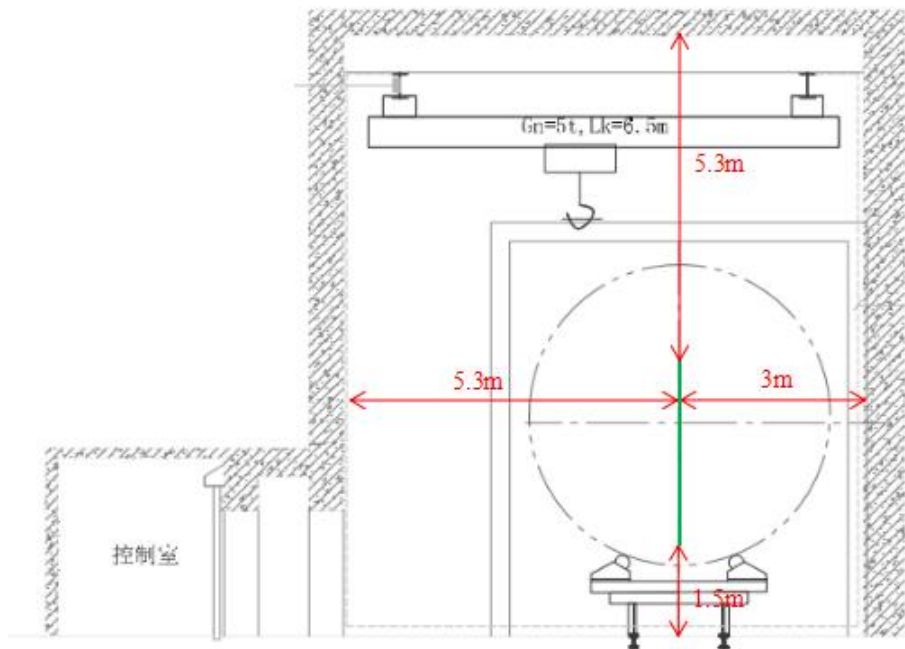


图 11-2 立面摆放范围示意图（探伤室一）

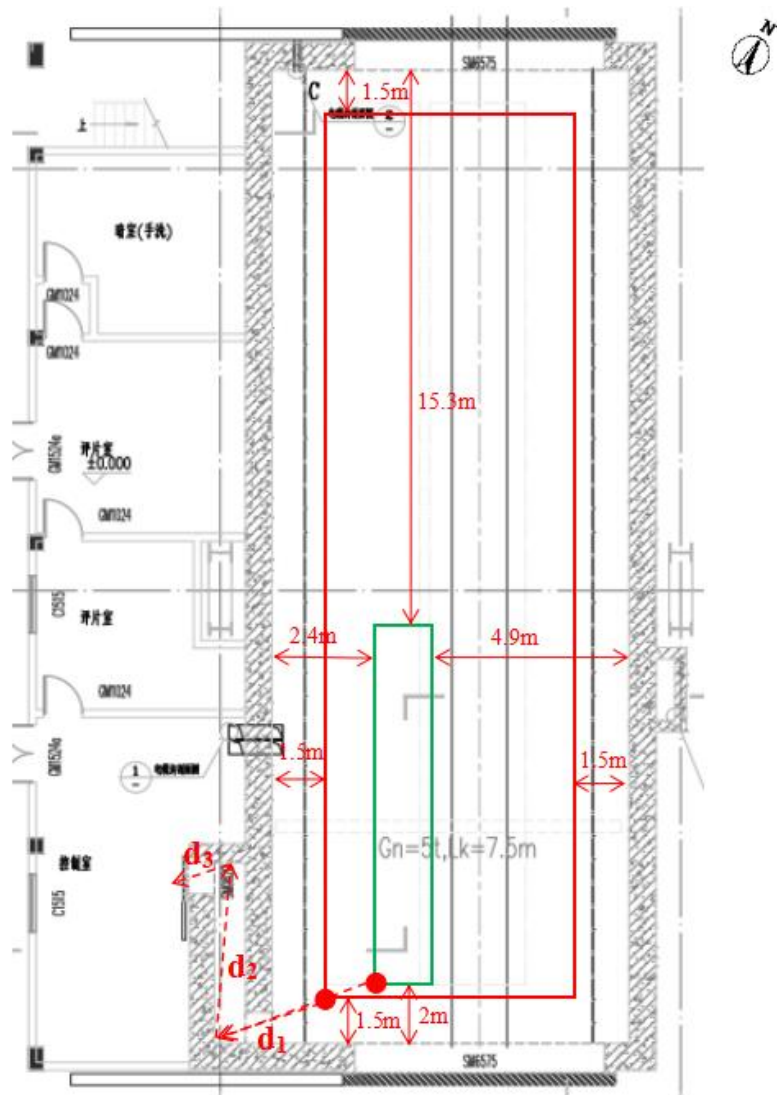


图 11-3 平面摆放范围示意图及迷宫散射路径示意图（探伤室二）

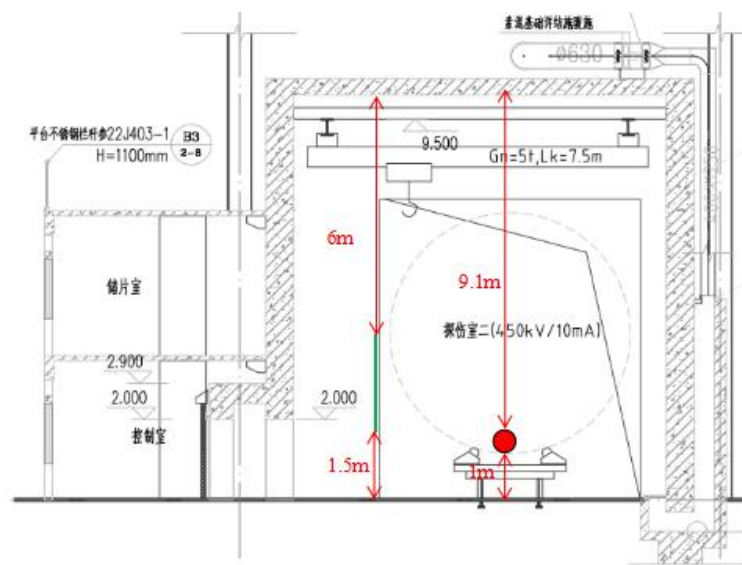


图 11-4 立面摆放范围示意图（探伤室二）

表 11-1 辐射屏蔽计算相关参数一览表

关注点		与辐射点的最小距离(m)	屏蔽参数	需考虑的屏蔽辐射类型
探伤室一 (MXR-3 20HP/11 型 X 射线 数字成像 检测系 统)	东墙外 30cm 处	3.9m	600mm 混凝土	有用线束
	西墙外 30cm 处	6.2m		泄漏辐射、散射辐射
	南墙外 30cm 处	2.9m		
	北墙外 30cm 处	2.9m		
	南侧工件门外 30cm 处	2.9m	35mm 铅	散射辐射
	工作人员出入门外 30cm 处	/	10mm 铅	
	顶棚外 30cm 处	6.0m	400mm 混凝土	泄漏辐射、散射辐射
探伤室二 (MXR-4 51/26 型 X 射线探伤 机)	东墙外 30cm 处	5.9m	700mm 混凝土	有用线束
	西墙外 30cm 处	3.4m		泄漏辐射、散射辐射
	南墙外 30cm 处	3.0m		
	北墙外 30cm 处	16.3m		
	南侧工件门外 30cm 处	3.0m	40mm 铅	散射辐射
	北侧工件门外 30cm 处	16.3m		
	工作人员出入门外 30cm 处	/	12mm 铅	泄漏辐射、散射辐射
探伤室二 (XXHG- 3205 型 X 射线探伤 机)	东墙外 30cm 处	2.5m	700mm 混凝土	有用线束
	西墙外 30cm 处	2.5m		泄漏辐射、散射辐射
	南墙外 30cm 处	2.5m		
	北墙外 30cm 处	2.5m		
	南侧工件门外 30cm 处	2.5m	40mm 铅	散射辐射
	北侧工件门外 30cm 处	2.5m		
	工作人员出入门外 30cm 处	/	12mm 铅	有用线束
	顶棚外 30cm 处	9.8m	400mm 混凝土	有用线束

本项目射线机有用线束屏蔽计算相关参数一览表见表 11-2，泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果见表 11-3，散射辐射剂量率水平预测参数及结果见表 11-4，辐射屏蔽理论计算结果分析一览表见表 11-5。

表 11-2 射线机有用线束屏蔽计算相关参数一览表

关注点	I (mA)	H <sub>0</sub> μSv·m <sup>2</sup> /(mA·h)	R (m)	X (mm)	B	$\dot{H}$
-----	-----------	--	----------	-----------	---	-----------

							( $\mu\text{Sv/h}$ )
探伤室一 (MXR-320 HP/11 型 X 射线 数字成像 检测系统)	东墙外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	3.9	600mm 混凝土	$3.2 \times 10^{-6}$	1.48
探伤室二 (MXR-451 /26 型 X 射线 探伤机)	东墙外 30cm 处	10	$2.1 \times 10^6$	5.9	700mm 混凝土	$2 \times 10^{-6}$	1.21
探伤室二 (XXHG-320 5 型 X 射线探 伤机)	东墙外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	2.5	700mm 混凝土	$4 \times 10^{-7}$	0.45
	西墙外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	2.5	700mm 混凝土	$4 \times 10^{-7}$	0.45
	顶棚外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	9.8	400mm 混凝土	$3.7 \times 10^{-4}$	27.16

表 11-3 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点		$\dot{H}_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	X (mm)	B	TVL (mm)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
探伤室一 (MXR-320 HP/11 型 X 射线数字 成像 检测 系统)	西墙外 30cm 处	$5 \times 10^3$	6.2	600mm 混凝土	$1 \times 10^{-6}$	100mm 混 凝土	$1.30 \times 10^{-4}$
	南墙外 30cm 处	$5 \times 10^3$	2.9	600mm 混凝土	$1 \times 10^{-6}$	100mm 混 凝土	$5.95 \times 10^{-4}$
	北墙外 30cm 处	$5 \times 10^3$	2.9	600mm 混凝土	$1 \times 10^{-6}$	100mm 混 凝土	$5.95 \times 10^{-4}$
	南侧工件门外 30cm 处	$5 \times 10^3$	2.9	35mm 铅	$5.39 \times 10^{-5}$	8.2mm 铅	$3.21 \times 10^{-2}$
	顶棚外 30cm 处	$5 \times 10^3$	4.3	400mm 混凝土	$1 \times 10^{-4}$	100mm 混 凝土	$2.70 \times 10^{-2}$
探伤室二 (MXR-451 /26 型 X 射 线探 伤机)	西墙外 30cm 处	$5 \times 10^3$	3.4	700mm 混凝土	$4.05 \times 10^{-7}$	109.5mm 混凝土	$1.75 \times 10^{-4}$
	南墙外 30cm 处	$5 \times 10^3$	3.0	700mm 混凝土	$4.05 \times 10^{-7}$	109.5mm 混凝土	$2.25 \times 10^{-4}$
	北墙外 30cm 处	$5 \times 10^3$	16.3	700mm 混凝土	$4.05 \times 10^{-7}$	109.5mm 混凝土	$7.62 \times 10^{-6}$
	南侧工件门外 30cm 处	$5 \times 10^3$	3.0	40mm 铅	$4.74 \times 10^{-5}$	9.25mm 铅	$2.63 \times 10^{-2}$
	北侧工件门外 30cm 处	$5 \times 10^3$	16.3	40mm 铅	$4.74 \times 10^{-5}$	9.25mm 铅	$8.92 \times 10^{-4}$
	顶棚外 30cm 处	$5 \times 10^3$	6.7	400mm 混凝土	$2.22 \times 10^{-4}$	109.5mm 混凝土	$2.48 \times 10^{-2}$

探伤室二 (XX HG-3 205 型 X 射线探伤机)	南墙外 30cm 处	$5 \times 10^3$	2.5	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-7}$	100mm 混凝土	$8.00 \times 10^{-5}$
	北墙外 30cm 处	$5 \times 10^3$	2.5	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-7}$	100mm 混凝土	$8.00 \times 10^{-5}$
	南侧工件门外 30cm 处	$5 \times 10^3$	2.5	40mm 铅	$1.32 \times 10^{-5}$	8.2mm 铅	$1.06 \times 10^{-2}$
	北侧工件门外 30cm 处	$5 \times 10^3$	2.5	40mm 铅	$1.32 \times 10^{-5}$	8.2mm 铅	$1.06 \times 10^{-2}$

表 11-4 散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点		I (m A)	$H_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ )	R (m)	X (mm)	B	TVL (mm)	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
探伤室一 (MX R-320 HP/11 型 X 射线数字成像检测系统)	西墙外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	6.2	600mm 混凝土	$2.15 \times 10^{-7}$	90mm 混凝土	1/50	$7.90 \times 10^{-4}$
	南墙外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	2.9	600mm 混凝土	$2.15 \times 10^{-7}$	90mm 混凝土	1/50	$3.61 \times 10^{-3}$
	北墙外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	2.9	600mm 混凝土	$2.15 \times 10^{-7}$	90mm 混凝土	1/50	$3.61 \times 10^{-3}$
	南侧工件门外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	2.9	35mm 铅	$8.53 \times 10^{-13}$	2.9mm 铅	1/50	$1.43 \times 10^{-8}$
	顶棚外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	4.3	400mm 混凝土	$3.59 \times 10^{-5}$	90mm 混凝土	1/50	0.27
探伤室二 (MX R-451 /26 型 X 射线探伤机)	西墙外 30cm 处	10	$2.1 \times 10^6$	3.4	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-7}$	100mm 混凝土	1/50	$3.63 \times 10^{-3}$
	南墙外 30cm 处	10	$2.1 \times 10^6$	3.0	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-7}$	100mm 混凝土	1/50	$4.67 \times 10^{-3}$
	北墙外 30cm 处	10	$2.1 \times 10^6$	16.3	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-7}$	100mm 混凝土	1/50	$1.58 \times 10^{-4}$
	南侧工件门外 30cm 处	10	$2.1 \times 10^6$	3.0	40mm 铅	$9.60 \times 10^{-8}$	5.7mm 铅	1/50	$4.48 \times 10^{-3}$
	北侧工件门外 30cm 处	10	$2.1 \times 10^6$	16.3	40mm 铅	$9.60 \times 10^{-8}$	5.7mm 铅	1/50	$1.52 \times 10^{-4}$
顶棚外 30cm 处	10	$2.1 \times 10^6$	6.7	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-7}$	100mm 混凝土	1/50	$9.36 \times 10^{-4}$	
探伤室二 (XX HG-3 205 型 X 射	南墙外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	2.5	700mm 混凝土	$1.67 \times 10^{-8}$	90mm 混凝土	1/50	$3.76 \times 10^{-4}$
	北墙外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	2.5	700mm 混凝土	$1.67 \times 10^{-8}$	90mm 混凝土	1/50	$3.76 \times 10^{-4}$
	南侧工件门外	5	$1.41 \times 10^6$	2.5	40mm 铅	$1.61 \times 10^{-14}$	2.9mm 铅	1/50	$3.63 \times 10^{-10}$

线探伤机)	30cm 处								
	北侧工件门外 30cm 处	5	$1.41 \times 10^6$	2.5	40mm 铅	$1.61 \times 10^{-14}$	2.9mm 铅	1/50	$3.63 \times 10^{-10}$

表 11-5 辐射屏蔽理论计算结果分析一览表

关注点		有用线束辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	H 总 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否满足控制要求
探伤室一 (MXR-320HP/11 型 X 射线数字成像检测系统)	东墙外 30cm 处	1.48	/	/	1.48	2.5	是
	西墙外 30cm 处	/	$1.30 \times 10^{-4}$	$7.90 \times 10^{-4}$	$9.20 \times 10^{-4}$		是
	南墙外 30cm 处	/	$5.95 \times 10^{-4}$	$3.61 \times 10^{-3}$	$4.21 \times 10^{-3}$		是
	北墙外 30cm 处	/	$5.95 \times 10^{-4}$	$3.61 \times 10^{-3}$	$4.21 \times 10^{-3}$		是
	南侧工件门外 30cm 处	/	$3.21 \times 10^{-2}$	$1.43 \times 10^{-8}$	$3.21 \times 10^{-2}$		是
	工作人员出入口门外 30cm 处	/	/	$4.97 \times 10^{-4}$	$4.97 \times 10^{-4}$	是	
	顶棚外 30cm 处	/	$2.70 \times 10^{-2}$	0.27	0.30	100	是
探伤室二 (MXR-451/26 型 X 射线探伤机)	东墙外 30cm 处	1.21	/	/	1.21	2.5	是
	西墙外 30cm 处	/	$1.75 \times 10^{-4}$	$3.63 \times 10^{-3}$	$3.81 \times 10^{-3}$		是
	南墙外 30cm 处	/	$2.25 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-3}$	$4.90 \times 10^{-3}$		是
	北墙外 30cm 处	/	$7.62 \times 10^{-6}$	$1.58 \times 10^{-4}$	$1.66 \times 10^{-4}$		是
	南侧工件门外 30cm 处	/	$2.63 \times 10^{-2}$	$4.48 \times 10^{-3}$	$3.08 \times 10^{-2}$		是
	北侧工件门外 30cm 处	/	$8.92 \times 10^{-4}$	$1.52 \times 10^{-4}$	$1.04 \times 10^{-3}$	是	
	工作人员出入口门外 30cm 处	/	/	$6.37 \times 10^{-4}$	$6.37 \times 10^{-4}$	是	
顶棚外 30cm 处	/	$2.48 \times 10^{-2}$	$9.36 \times 10^{-4}$	$2.57 \times 10^{-2}$	100	是	

探伤室二 (XXH G-3205 型 X 射线探伤 机)	东墙外 30cm 处	0.45	/	/	0.45	2.5	是
	西墙外 30cm 处	0.45	/	/	0.45		是
	南墙外 30cm 处	/	$8.00 \times 10^{-5}$	$3.76 \times 10^{-4}$	$4.56 \times 10^{-4}$		是
	北墙外 30cm 处	/	$8.00 \times 10^{-5}$	$3.76 \times 10^{-4}$	$4.56 \times 10^{-4}$		是
	南侧工件门 外 30cm 处	/	$1.06 \times 10^{-2}$	$3.63 \times 10^{-10}$	$1.06 \times 10^{-2}$		是
	北侧工件门 外 30cm 处	/	$1.06 \times 10^{-2}$	$3.63 \times 10^{-10}$	$1.06 \times 10^{-2}$		是
	工作人员出 入门外 30cm 处	/	/	$2.76 \times 10^{-4}$	$2.76 \times 10^{-4}$		是
	顶棚外 30cm 处	27.16	/	/	27.16	100	是

根据表 11-5 计算结果可知：X 射线数字成像检测系统在最大工况运行时，探伤室一周围环境辐射剂量率最大值为  $1.48\mu\text{Sv/h}$ ，顶棚的辐射剂量率最大值为  $0.30\mu\text{Sv/h}$ ；X 射线探伤机在最大工况运行时，探伤室二周围环境辐射剂量率最大值为  $1.21\mu\text{Sv/h}$ ，顶棚的辐射剂量率最大值为  $27.16\mu\text{Sv/h}$ 。因此本项目拟建探伤室防护性能能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室墙体和门的屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求和“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  $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

### 3. 天空反散射的影响分析

根据 NCRP-151 号报告，计算公式为

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中：

$H$ ——在距离 X 射线辐射源  $d_s$  处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率，Sv/h；

$B_{XS}$ ——X 射线屋顶的屏蔽透射比；

$D_{10}$ ——距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率，Sv/h；

$\Omega$ ——由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角, Sr;

$d_i$ ——在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离, m;

$d_s$ ——X 射线源至 P 点的距离, m。

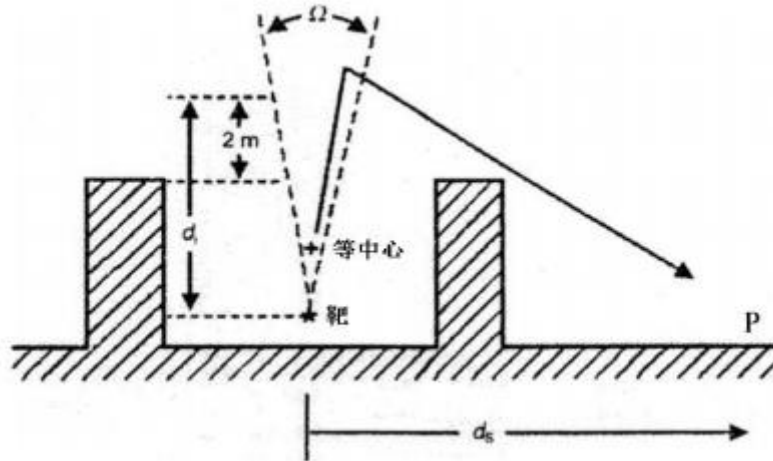


图 11-5 X 射线天空反散射示意图

表 11-6 天空反散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	$B_{xs}$	$D_{10}$ (Sv/h)	$\Omega$ (Sr)	$d_i$ (m)	$d_s$ (m)	H ( $\mu\text{Sv/h}$ )
探伤室一	$3.59 \times 10^{-5}$	451.2	8.40	6	2.9	$2.72 \times 10^{-6}$
探伤室二	$3.7 \times 10^{-4}$	945	3.17	11.5	2.5	$1.55 \times 10^{-5}$

注：探伤室二选取辐射屏蔽理论计算结果最大值时的参数进行估算。

由理论计算结果可知, 本项目探伤室一天空反散射的 X 射线周围剂量当量率为  $2.72 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$ ; 探伤室二天空反散射的 X 射线周围剂量当量率为  $1.55 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ; 保守考虑该项辐射对探伤室外地面附近的辐射剂量率与穿出探伤室墙透射的辐射剂量率在相应关注点的剂量率总和小于本项目的控制值  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ , 符合辐射防护的要求。

### 11.2.2 辐射叠加影响分析

本项目以拟建两间探伤室边界外 50m 作为评价范围, 因探伤室一与其南侧约 81m 处探伤室二有叠加区域, 故需考虑两处场所同时工作时环境辐射剂量率最大值出现的情况。根据上述计算结果可知, 探伤室一南墙外 30cm 处辐射剂量率最大值为  $4.21 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ , 天空反散射的辐射剂量率最大值为  $2.72 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$ ; 探伤室二北墙外 30cm 处辐射剂量率最大值为  $4.56 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ , 天空反散射的辐射剂量率最大值为  $1.55 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ 。因此, 两处场所同时工作时四周辐射剂量率最大值保守估算为  $4.67 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ , 天空反散射的辐射剂量率最大值保守估算为  $1.82 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ 。两处场所距

离约 81m，在设备同时运行时，考虑距离衰减，相互之间的辐射叠加影响均低于辐射剂量率最大值。

综上所述，本项目两间探伤室的设备在同时运行的情况下，两间探伤室周围各关注点位的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室墙体和门的屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”的要求和“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”的要求。

### 11.2.3 剂量分析

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A，X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$P_{\text{年}} = \dot{H} \times U \times T \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：

$P_{\text{年}}$ ——年受照剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ ——关注点辐射剂量率，μSv/h；

$U$ ——使用因子，本项目均取 1；

$T$ ——居留因子；

$t$ ——年受照时间，h/a。

根据建设单位提供的资料，两间探伤室内的设备可分别同时开机使用 1 台，每间探伤室每天最大使用时长为设备开机探伤 5h，设备每年工作 300 天。为保守计算，以 1 名探伤操作人员完成所有探伤工作进行计算，平均每年开机探伤的累积时间为 1500h/a。

根据各关注点的辐射剂量率贡献值和设备的出束年累积时间，并考虑相关的居留因子计算了工作人员和公众的年剂量，结果见表 11-7。

表 11-7 辐射工作人员和公众年有效剂量保守估算一览表

关注点			剂量率 (μSv/h)	使用 因子 $U$	居留 因子 $T$	设备工 作时间 $t$	年有效剂 量(mSv/a)
辐射 工作	探伤室一 西侧	控制室、评片室、焊材 一级库	$9.20 \times 10^{-4}$	1	1	1500h/a	$1.38 \times 10^{-3}$

人员		焊材二级库	$4.18 \times 10^{-4}$	1	1	$6.27 \times 10^{-4}$
	探伤室二 西侧	控制室、评片室、暗室	0.45	1	1	0.68
		储片间	0.45	1	1/8	0.08
公众、非 辐射 工作 人员	探伤室一 北侧	道路	$2.33 \times 10^{-3}$	1	1/8	$4.37 \times 10^{-4}$
		空地	$6.75 \times 10^{-5}$	1	1/16	$6.33 \times 10^{-6}$
	探伤室一 南侧	纵缝焊接区	$7.74 \times 10^{-3}$	1	1	$1.16 \times 10^{-2}$
		套装区	$1.62 \times 10^{-3}$	1	1	$2.43 \times 10^{-3}$
		坡口加工	$7.74 \times 10^{-3}$	1	1	$1.16 \times 10^{-2}$
		酸洗钝化	$1.04 \times 10^{-4}$	1	1/16	$9.75 \times 10^{-6}$
		大型绕管机	$1.98 \times 10^{-4}$	1	1/8	$3.71 \times 10^{-5}$
		石化撬块	$1.78 \times 10^{-4}$	1	1/16	$1.67 \times 10^{-5}$
	探伤室一 西侧	卫生间	$2.03 \times 10^{-4}$	1	1/8	$3.81 \times 10^{-5}$
		茶水间	$1.35 \times 10^{-4}$	1	1/8	$2.53 \times 10^{-5}$
		标准件区	$7.18 \times 10^{-5}$	1	1/8	$1.35 \times 10^{-5}$
	探伤室一 东侧	不锈钢容器	0.14	1	1/8	$2.63 \times 10^{-2}$
	探伤室二 北侧	纵缝焊接区	$3.16 \times 10^{-5}$	1	1	$4.74 \times 10^{-5}$
		大型绕管机	$3.16 \times 10^{-5}$	1	1/8	$5.93 \times 10^{-6}$
		酸洗钝化	$1.03 \times 10^{-6}$	1	1/16	$9.70 \times 10^{-8}$
		石化撬块	$1.56 \times 10^{-5}$	1	1/8	$2.93 \times 10^{-6}$
		套装区	$1.12 \times 10^{-6}$	1	1	$1.68 \times 10^{-6}$
	探伤室二 南侧	碳钢容器	$2.25 \times 10^{-4}$	1	1/8	$4.22 \times 10^{-5}$
		道路	$8.68 \times 10^{-5}$	1	1/8	$1.63 \times 10^{-5}$
		河道	$3.05 \times 10^{-5}$	1	1/16	$2.86 \times 10^{-6}$
探伤室二 西侧	型材下料区	$8.24 \times 10^{-3}$	1	1/8	$1.55 \times 10^{-3}$	
探伤室二 东侧	管道预制区	0.19	1	1/8	$3.56 \times 10^{-2}$	

注：1.探伤室二选取辐射屏蔽理论计算结果最大值时的参数进行估算；

2.计算时已考虑两间探伤室内的设备在同时运行时的叠加影响。

由表 11-7 估算结果表明：探伤室一辐射工作人员最大可能年照射剂量为  $1.38 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，公众最大可能年照射剂量为  $2.63 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ；探伤室二辐射工作人员最大可能年照射剂量为  $0.68 \text{mSv/a}$ ，公众最大可能年照射剂量为  $3.56 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。辐射工作人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求以及项目管理目标中对辐射工作人员剂量约束值  $5 \text{mSv/a}$  的要求。公众人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(18871-2002)中剂量限值要求和项目管理目标中对公众成员剂量约束值  $0.25 \text{mSv/a}$  的要求。

#### 11.2.4 屏蔽能力分析

依据《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）的规定，结合该公司拟建两间探伤室初步设计数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司拟建两间探伤室的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，两间探伤室的设置已充分考虑周围的放射安全，且两间探伤室与控制室分开；探伤室一工件出入门（35mm 厚铅板）、各侧墙体（600mm 厚混凝土墙）、顶棚（400mm 厚混凝土墙）、迷道（600mm 厚混凝土墙、500mm 厚混凝土墙和 450mm 厚混凝土墙）及工作人员出入门（10mm 厚铅板）的防护性能均结合理论计算结果可知，其已能满足辐射防护要求；探伤室二工件出入门（40mm 厚铅板）、各侧墙体（700mm 厚混凝土墙）、顶棚（400mm 厚混凝土墙）、迷道（650mm 厚混凝土墙、500mm 厚混凝土墙和 700mm 厚混凝土墙）及工作人员出入门（12mm 厚铅板）的防护性能均结合理论计算结果可知，其已能满足辐射防护要求。

（2）由辐射环境影响预测分析可知，辐射工作人员和公众成员所受辐射照射能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“辐射剂量约束值”的要求。

因此，该公司拟建探伤室一屏蔽能力能达到管电压不大于 320kV、管电流不大于 5mA 的 X 射线数字成像检测系统正常工作时的辐射防护要求；拟建探伤室二屏蔽能力能达到管电压不大于 450kV、管电流不大于 10mA 的 X 射线探伤机（定向）或管电压不大于 320kV、管电流不大于 5mA 的 X 射线探伤机（周向）正常工作时的辐射防护要求。

### 11.3 臭氧及氮氧化物环境影响分析

本项目拟建探伤室一体积约为 1010.41m<sup>3</sup>，其北墙西侧顶部设置通风口和风机，拟建探伤室二体积约为 2383.48m<sup>3</sup>，其东墙南侧底部设置地下 U 型通风管和风机，每小时通风换气次数均不小于 3 次。建设单位每天开机探伤时间最多为 5h，因此探伤室内产生的臭氧量十分有限，其通风口接入暖通风管并通到厂房外进行排放，在环境中大概经 50 分钟后自动分解为氧气。

#### （1）臭氧产额

臭氧来源包括有用线束的臭氧产额和泄漏辐射的臭氧产额两部分，本次评价依据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994

年 4 月第 14 卷第 2 期) 中给出的方法和公式估算臭氧产额。

①有用线束的臭氧产额  $P_1$

$$P_1=2.43 \times D_0 (1-\cos\theta) RG \dots\dots\dots (11-9)$$

式中:

$P_1$ ——有用线束的臭氧产额, mg/h;

$D_0$ ——有用束在距辐射源点(靶点) 1m 处的输出量,  $Sv \cdot m^2/(mA \cdot min)$ , 查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 表 B.1 可知, 以保守计算的 400kV 管电压时的最大输出量为  $23.5mSv \cdot m^2/(mA \cdot min)$ , 即  $0.0235Sv \cdot m^2/(mA \cdot min)$ ; 见《医用外照射源的辐射防护 (ICRP33 号)》中第 56 页图 3 查得, 450kV 管电压时的最大输出量为  $35mSv \cdot m^2/(mA \cdot min)$ , 即  $0.035Sv \cdot m^2/(mA \cdot min)$ ;

$R$ ——辐射源点(靶点)到屏蔽物(墙)的距离, m, 本项目探伤室一  $R_{max}$  为 5m, 探伤室二  $R_{max}$  为 9.5m;

$G$ ——空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数 ( $G=10$ );

$\theta$ ——有用束的半张角, 本项目  $\theta$  为  $22.5^\circ$ 。

经计算, 本项目探伤室一有用线束的臭氧产额为 0.22mg/h, 探伤室二有用线束的臭氧产额为 0.62mg/h。

②泄漏辐射的臭氧产额  $P_2$

将泄漏辐射看作  $4\pi$  方向均匀分布的点源(包括有用束区限定的空间区), 并考虑机房壁的散射线使室内的臭氧产额增加 10%, 泄漏辐射的臭氧的产额  $P_2$  可按下列公式计算:

$$P_2=3.32 \times 10^{-3} D_0 G V^{1/3} \dots\dots\dots (11-10)$$

式中:

$P_2$ ——泄漏辐射的臭氧产额, mg/h;

$V$ ——探伤室体积,  $m^3$ , 本项目探伤室一  $V$  为  $1010.41m^3$ , 探伤室二  $V$  为  $2383.48m^3$ ; 其余符号同公式 (11-9)。

经计算, 本项目探伤室一泄漏辐射的臭氧产额为  $7.83 \times 10^{-3}mg/h$ , 探伤室二泄漏辐射的臭氧产额为  $1.55 \times 10^{-2}mg/h$ 。

故探伤室一内臭氧总产额为  $P_{总}$  约为 0.23mg/h, 探伤室二内臭氧总产额为  $P_{总}$  约为 0.64mg/h。

(2) 臭氧饱和浓度

探伤室内臭氧的饱和浓度 Q 可按下列公式计算：

$$Q = \frac{P_{\text{总}}}{V} \times T \dots\dots\dots (11-11)$$

式中：

Q——臭氧的饱和浓度，mg/m<sup>3</sup>；

P<sub>总</sub>——臭氧总产额，mg/h，本项目探伤室一 P<sub>总</sub> 为 0.23mg/h，探伤室二 P<sub>总</sub> 为 0.64mg/h；

V——探伤室体积，m<sup>3</sup>，本项目探伤室一 V 为 1010.41m<sup>3</sup>，探伤室二 V 为 2383.48m<sup>3</sup>；

T——臭氧的有效清除时间，h。

其中，有效清除时间 T 可由下列公式计算：

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \dots\dots\dots (11-12)$$

式中：

t<sub>v</sub>——换气一次所需要的时间，h，本项目探伤室内通风换气周期为 3 次/h，即 t<sub>v</sub> 为 0.33h；

t<sub>d</sub>——臭氧的有效分解时间，常取 0.83h。

经计算，臭氧的有效清除时间 T 为 0.24h。

故探伤室一内臭氧的饱和浓度 Q 为 5.46×10<sup>-5</sup>mg/m<sup>3</sup>，探伤室二内臭氧的饱和浓度 Q 为 6.44×10<sup>-5</sup>mg/m<sup>3</sup>。

假设探伤室一内没有通风口（此时室内浓度最高）：当 T=t<sub>d</sub>=0.83h，V=1010.41m<sup>3</sup> 时，Q=1.89×10<sup>-4</sup>mg/m<sup>3</sup>，探伤室二内没有通风口（此时室内浓度最高）：当 T=t<sub>d</sub>=0.83h，V=2383.48m<sup>3</sup> 时，Q=2.23×10<sup>-4</sup>mg/m<sup>3</sup>，上述值远低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的臭氧最高允许浓度 0.3mg/m<sup>3</sup> 的限值要求。两间探伤室内的臭氧通过通风系统排出后会在 50 分钟后自动分解，因此臭氧对周围大气环境的影响是可以接受的。

(3) 氮氧化物分析

本项目运行产生的各种氮氧化物中，以 NO<sub>2</sub> 为主，其产额约为臭氧的一半，则探

伤室一约为  $2.73 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$ ，探伤室二约为  $3.22 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$ ，远低于《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的  $\text{NO}_2$  最高允许浓度  $5 \text{mg/m}^3$  的限值要求。因此，氮氧化物对周围大气环境影响也是可以接受的。

## 11.4 水环境影响分析

本项目产生的废水主要是第一遍和第二遍冲洗废水，其产生量约为  $10 \text{t/a}$ 。每次冲洗 50 张胶片，年冲洗 1000 次。第一遍和第二遍冲洗每次用水  $10 \text{kg}$ ，年产生第一遍和第二遍冲洗废水约  $10 \text{t}$ ，需做危废处理，不得外排。后续冲洗每次用水  $65 \text{kg}$ ，年用水量约  $65 \text{t}$ 。其余冲洗废水中污染因子主要为微量的悬浮物 SS，先将其余冲洗废水排入集水槽中，再对沉淀后的上清液进行回用（冲洗胶片对回用的水质无要求，该冲洗水除自然蒸发外无损耗）。本项目产生的第一遍和第二遍冲洗废水集中存放在危废仓库内，每年定期和废显、定影液一起交由有资质的单位处置。

因此，本项目产生的废水不会对项目所在区域周边地表水环境产生影响。

## 11.5 事故影响分析

### 11.5.1 事故工况

该公司拟使用的射线装置属 II 类射线装置，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

(1) X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统在作业时，门-机联锁失效，致使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到探伤室外，给周围活动的人员造成不必要的照射；或工作人员误入探伤室，使其受到额外的照射。

(2) 人为故意引起的辐射照射。

(3) 维修过程中也可能出现事故。

### 11.5.2 事故后果

X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统均属于 II 类射线装置，为中危险射线装置，事故可能引起急性放射性损伤。长时间、大剂量照射甚至导致死亡。

### 11.5.3 事故预防措施

为了杜绝事故发生，公司分析事故发生的原因，此类事故大部分是忽视辐射安全管理，违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生，建议企业采取以下事故预防措施：

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进

行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

(2) 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，建设单位须制定《放射防护安全管理机构及职责》、《岗位职责》、《射线装置使用登记制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《操作规程》、《事故应急预案》、《人员培训计划》、《监测方案》等制度。

凡涉及对 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

(3) 每月检查探伤室的门机联锁装置和门灯联锁装置，确保在防护铅门关闭后，X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统才能进行照射；

(4) 每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

(5) 公司所有辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

发生辐射事故时，现场操作人员或工作人员应当立即切断电源、保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成超剂量照射的，还应当同时向当地卫生行政部门报告。对于射线装置被盗事故还应向公安部门报告。

## 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

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及生态环境主管部门的要求，使用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，制订辐射环境管理规章制度，并在取得相应的《辐射安全许可证》后射线装置方可正式使用。具体如下：

公司须制定的《放射防护安全管理机构及职责》内容包括：

①该公司确定本单位辐射工作安全责任人，设置以建设单位负责人为组长的辐射安全与环境保护管理机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。

②辐射安全与环境保护管理机构规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

③辐射安全与环境保护管理机构加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

#### 12.2.1 辐射安全管理制度

(1) 制定《安全防护管理工作制度》。

a. 公司按法律法规要求，尽快向有权限的生态环境部门申请办理《辐射安全许可证》，领取许可证且办理登记手续后方可从事许可范围内的放射工作，需改变许可登记内容或终止放射工作时，按规范向审批部门办理变更或注销手续；

b. 公司在从事辐射操作前，制订《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作安全责任书》等规章制度；同时公司组织辐射工作人员进行上岗培训和辐射安全防护知识的培训，并进行个人剂量监测和职业健康检查。

(2) 制定《操作规程》。

a. 凡涉及对射线装置进行的操作，都有明确的操作规程（包括开机检查、门机连锁检查等一系列工作），操作人员按操作规程进行操作；

b. 操作人员熟悉 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统的性能和使用方法，并做好相应的个人防护，操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作。

(3) 制定《岗位职责》。

公司明确评片人员职责、拍片操作人员职责和暗室处理人员职责。

(4) 制定《辐射防护和安全保卫制度》。

a. 射线装置的使用场所，有门-机联锁安全装置、工作指示灯、电离辐射警示标志及中文警示说明等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

b. 建立射线装置的档案和台账，贮存、使用射线装置时及时进行登记、检查，做到账物相符。

(5) 制定《设备检修维护制度》。

对可能引起操作失灵的关键零配件及时进行更换。设备检修时禁止开启探伤机，待检修完毕，开启探伤机试探伤，确认检修完成。大修后主要性能未达到仪器基本参数时不准重新投入使用。并且每年将射线装置送交有资质的单位进行检定，检定合格后方可继续使用。

(6) 制定《自行检查和年度评估制度》。

a. 定期对 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，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，避免事故的发生。如每天进行门-机联锁安全装置、工作指示灯和电离辐射标志检查，每月核实规章制度执行情况，每季度进行个人剂量档案归档及检查，每年进行身体健康档案归档及检查等。

b. 根据环保部第 18 号令的要求，公司应当对本单位的辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向《辐射安全许可证》发证机关提交上一年度的评估报告。

### **12.2.2 安全培训及健康管理**

(1) 公司对本项目配备了 6 名辐射工作人员，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考核，考核合格后方可上岗。

(2) 公司对 6 名辐射工作人员配备了个人剂量计，个人剂量计每 3 个月送有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理。个人剂量档案保存至辐射工作人员年满 75 周岁或停止辐射工作满 30 年。

(3) 公司组织 6 名辐射工作人员进行上岗前的职业健康检查，放射工作人员在岗期间职业健康检查的周期为 1 年~2 年，但不得超过 2 年，必要时，可适当增加检查次数。在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。公司为辐射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

## 12.3 辐射监测

### （一）辐射工作场所监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。公司制定了检测计划，检测数据每年年底向当地生态环境局上报备案，具体内容为：

（1）检测项目：X- $\gamma$ 辐射剂量率检测。

（2）检测频度：每年常规检测一次。

（3）检测范围：两间探伤室屏蔽墙外、防护门及缝隙处、工作人员操作位、电缆孔及排风口等。

（4）检测依据：《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）和《辐射环境检测技术规范》（HJ/T61-2021）

（5）检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

### （二）个人剂量监测

建设单位辐射工作人员佩戴的个人剂量计，每三个月送有资质的单位检测一次，并建立完整的个人剂量档案。

## 12.4 辐射事故应急

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《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）、其它有关法律法规的规定和职能管理部门要求，企业结合了自身实际，建立《辐射事故应急预案》。

对突发放射性事故，企业坚持以预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，建立和加强相应的监测、应急制度，做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。同时要不断完善应急反应机制，增强应急处理能力，实现应急工作的科学化、规范化。

### （一）组织机构及职责

①由辐射安全与环境保护管理机构全面负责辐射事故的应急处理，保障事故处理的有效性、快捷性。

②由总经理或行政主管领导担任总指挥。其职责：听取事故情况汇报，并组织放射防护安全管理领导小组会议，制定处理方案，并及时向生态环境部门、卫生部门和公安部门报告。

③辐射安全与环境保护管理机构其它成员在总指挥的统一领导下，开展事故现场救援、调查处理和善后处理工作。

## （二）应急处置程序

①发生放射性事故时，现场工作人员立即采取切断射线装置电源，并报告公司领导。

②公司领导接到报告立即赶往现场，并采取封闭现场等有效措施，防止事故的进一步扩大和蔓延，2小时内填写辐射事故初始报告表，明确事故类型（丢失、被盗、误照射等），并根据事故类型及时（两小时内）向当地生态环境、卫生、公安等职能部门报告。

③生态环境部门、卫生部门、公安部门接到辐射事故报告后立即赶赴现场，进行处理，企业积极配合，做好相关工作。

④事故发生后，企业认真配合生态环境部门进行调查。

（三）还需包括辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

（四）该公司每年至少组织一次事故应急演练，演习报告存盘。

## 12.5 其他

本项目环评报批后，公司及时向相关部门申领辐射安全许可证。公司在取得辐射安全许可证后，才能进行工业 X 射线室内探伤的试运行，并在投入试运行 3 个月内申请竣工验收。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 实践的正当性

嘉兴福斯达气体设备有限公司开展 X 射线室内探伤技改项目，目的是实现对工件的无损检测，提高产品质量与生产安全，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“辐射剂量约束值”的要求。因而，只要按规范操作，该公司使用 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统进行室内无损检测符合辐射防护“正当实践”的原则。因此，本项目目的是正当可行的。

#### 13.1.2 选址、布局的合理性

嘉兴福斯达气体设备有限公司在浙江省嘉兴市海盐县经济开发区海港大道与洋北西路交叉口嘉兴福斯达气体设备有限公司生产厂房内新建两间探伤室。目前，公司北侧为洋北西路，隔路为空地；东侧均为海港大道，隔路为泰山石膏（嘉兴）有限公司；南侧为河道，隔路为浙江海重重工有限公司；西侧为空地。拟建探伤室一位于生产厂房北侧，拟建探伤室二位于生产厂房南侧，生产厂房为一层建筑。

公司拟建探伤室一北侧为道路和空地，东侧为不锈钢容器，南侧为纵缝焊接区、套装区、坡口加工、酸洗钝化、大型绕管机和石化撬块，西侧为控制室、评片室、焊材一级库、焊材二级库、卫生间、茶水间和标准件区；拟建探伤室二北侧为纵缝焊接区、大型绕管机、酸洗钝化、石化撬块和套装区，东侧为管道预制区，南侧为碳钢容器、道路和河道，西侧为控制室、评片室、暗室、储片间、型材下料区。本项目两间探伤室的设置避开了公司内部人流较多的工作场所，且与该区域其他非辐射工作人员活动区避开一定距离，两间探伤室边界外 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射工作场所的布置既便于探伤各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布局基本合理。

#### 13.1.3 辐射防护屏蔽能力分析

探伤室一四侧墙体为 600mm 厚混凝土墙，顶棚为 400mm 厚混凝土墙，迷道为 600mm 厚混凝土墙、500mm 厚混凝土墙和 450mm 厚混凝土墙，工件出入门有 35mm

厚铅板做防护，工作人员出入门有 10mm 厚铅板做防护；探伤室二四侧墙体为 700mm 厚混凝土墙，顶棚为 400mm 厚混凝土墙，迷道为 650mm 厚混凝土墙、500mm 厚混凝土墙和 700mm 厚混凝土墙，工件出入门有 40mm 厚铅板做防护，工作人员出入门有 12mm 厚铅板做防护。根据理论计算结果可知，X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统室内正常运行时，两间探伤室的辐射防护屏蔽性能能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相关规定要求（探伤室墙体和门的屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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  $100\mu\text{Sv/h}$ ）。

#### 13.1.4 主要污染因子和辐射环境影响评价

本项目的污染因子为 X 射线，该公司通过混凝土墙、顶棚及防护门来屏蔽 X 射线。根据理论计算结果，两间探伤室屏蔽设计符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，该公司从事辐射操作的工作人员和公众成员所受到的辐射照射，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“辐射剂量约束值”的要求。

本项目运行产生的少量臭氧及氮氧化物室内浓度均满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的限值要求；经排风系统排入大气后，臭氧会在 50 分钟内自动分解，氮氧化物的排放浓度远低于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定的氮氧化物排气筒高度为 20m 时的有组织排放浓度限值（ $0.77\text{kg/h}$ ），故臭氧及氮氧化物对大气环境的影响是可以接受的。

本项目第一遍和第二遍冲洗废水产生量约 10t/a，其余冲洗废水产生量约 65t/a。其中第一遍和第二遍冲洗废水需作危废处理，不向周边地表水体直接排放；其余冲洗废水排入集水槽中，沉淀后进行回用。该公司产生的第一遍和第二遍冲洗废水集中存放在危废仓库内，每年定期与废显、定影液一起交由有资质的单位处置。

该公司每年 X 射线探伤机拍片数大约为 50000 张，每年产生的废显（定）影液约 1000kg，每年产生废胶片约 45050 张。废显（定）影液及胶片并无放射性，需要单独存储。产生的废显（定）影液及胶片要求集中存放在生产厂房西侧危废仓库内。废显影液、定影液的暂存应对贮存容器进行双重保护（防腐容器和不锈钢托盘），防止泄漏，由专人保管，并与有资质的单位签订回收协议，当危废仓库储存量达 90%时，送交由有资质的单位处理，建立台账。

### **13.1.5 辐射环境管理制度**

公司在从事辐射操作前，必须成立辐射防护安全管理机构，并以文件的形式明确各成员的管理职责，还须制定《辐射防护安全管理工作制度》、《操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《自行检查和年度评估制度》、《设备检修和维护制度》、《监测方案》、《辐射事故应急预案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员健康管理和培训制度》等相关规章制度。

上述制度须符合国家法律法规的要求且企业应根据实际生产情况不断补充完善各种辐射环境管理规章制度，相关辐射安全管理规章制度应张贴于辐射工作现场。

### **13.1.6 安全培训及健康管理**

(1) 公司对本项目配备了 6 名辐射工作人员，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考核，考核合格后方可上岗。

(2) 公司对 6 名辐射工作人员配备了个人剂量计，个人剂量计每 3 个月送有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理。个人剂量档案保存至辐射工作人员年满 75 周岁或停止辐射工作满 30 年。

(3) 公司组织 6 名辐射工作人员进行上岗前的职业健康检查，放射工作人员在岗期间职业健康检查的周期为 1 年~2 年，但不得超过 2 年，必要时，可适当增加检查次数。在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

综上所述，嘉兴福斯达气体设备有限公司 X 射线室内探伤技改项目在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，该公司将具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，两间探伤室内 X 射线探伤机和 X 射线数字成像检测系统分别开机运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

## **13.2 建议与承诺**

### **13.2.1 建议**

(1) 建设单位应加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

(2) 建设单位在两间探伤室内应配置大排风量风机。

### **13.2.2 承诺**

(1) 承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

(3) 承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

(4) 承诺制定各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。

(5) 承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(6) 承诺本项目环评审批后，及时申领辐射安全许可证。

(7) 承诺在本项目正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），在规定的验收期限内（一般不超过3个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

# 表 14 审批

建设单位意见:

以上环境影响评价报告内容已认真阅读,情况属实,同意报告建议的各项污染防治措施,并按环评报告要求落实,严格执行“三同时”制度,做到达标排放。



(公章)  
法人代表(签字):  
年 月 日

预审意见:

同意



经办人(签字)

(公章)  
24年 10月 31日

审批意见:

(公章)

经办人(签字):

年 月 日