

核技术利用建设项目  
年生产 8 万吨螺旋管项目（探伤部分）

环境影响报告表  
(公示版)

建设单位: 重庆鑫通钢管有限公司

环评单位: 重庆渝辐科技有限公司

编制时间: 二零一四年四月

生态环境部监制

核技术利用建设项目  
年生产 8 万吨螺旋管项目（探伤部分）

环境影响报告表

建设单位名称：重庆鑫通钢管有限公司  
建设单位法人代表：  
通讯地址：重庆市长寿区江南街道江南大道 151 号 10#  
邮政编码：401220 联系人：陈颖  
电子邮箱：  
联系电话：

打印编号：1712133008000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	90ty46
建设项目名称	年生产8万吨螺旋管项目（探伤部分）
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

### 一、建设单位情况

单位名称（盖章）	重庆鑫通钢管有限公司
统一社会信用代码	91500115MA699HRA62
法定代表人（签章）	陆伟
主要负责人（签字）	陈颖
直接负责的主管人员（签字）	陈颖

### 二、编制单位情况

单位名称（盖章）	重庆渝辐科技有限公司
统一社会信用代码	91500000MACB3JXU37

### 三、编制人员情况

1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
张灵	20210503555000000007	BH 000896	张灵
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张灵	项目基本情况、射线装置、结论及建议	BH 000896	张灵
谭双双	评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理	BH 052733	谭双双

**表1 项目基本情况**

建设项目名称	年生产 8 万吨螺旋管项目（探伤部分）							
建设单位	重庆鑫通钢管有限公司							
法人代表	陆伟	联系人	陈颖	联系电话	156*****175			
注册地址	重庆市长寿区江南街道江南大道 151 号 10#样品库房							
项目建设地点	重庆市长寿经济技术开发区江南街道江南片区江南大道 151 号 10#地 块（重庆新崛物流有限公司厂房内）							
立项审批部门	重庆市长寿区发展和改革 委员会	批准文号	2307-500115-04-05-266820					
建设项目总投资 (万元)	50	项目环保投资 (万元)	5	投资比例(环保 投资/总投资)	10%			
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他	占地面积 (m <sup>2</sup> )		170				
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 建设单位简介

重庆鑫通钢管有限公司（以下简称“鑫通公司”）成立于 2023 年 2 月 22 日，公司地址位于重庆市长寿区江南街道江南大道 151 号 10#库房，公司生产场所系租赁重庆新崛物流有限公司（以下简称“新崛物流”）库房，主要生产螺旋焊缝钢管。

## 1.2 项目由来

为便于对公司生产的螺旋焊缝钢管进行无损检测，拟在厂房西北侧新建 1 间 X 射线探伤室和控制室，并拟配置 1 套定向型数字化 X 射线探伤成像系统（最大管电压 160kV，

## 续表 1 项目基本情况

最大管电流 7mA，型号：TK-4018A）。

根据关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生计生委公告，2017 年 12 月 5 日颁布实施）的相关规定，工业用 X 射线探伤装置属于 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”，使用 II 类射线装置的项目应编制环境影响报告表。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。

重庆鑫通钢管有限公司委托重庆渝辐科技有限公司对“年生产 8 万吨螺旋管项目（探伤部分）”进行环境影响评价。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，并按照《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》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了重庆鑫通钢管有限公司《年生产 8 万吨螺旋管项目（探伤部分）环境影响报告表》。

### 1.3 建设规模及工程内容

#### （1）建设规模及内容

在鑫通公司厂房西北侧新建 1 间 X 射线探伤室和 1 间控制室，并拟配置 1 套定向型数字化 X 射线探伤成像系统（型号：TK-4018A，最大管电压 160kV，最大管电流 7mA），用于对公司生产的螺旋焊缝钢管进行 X 射线无损检测。项目用房总建筑面积约 170m<sup>2</sup>。

项目组成见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	探伤室	探伤室位于鑫通公司厂房内，为单层砖混结构，探伤室内长 30m、宽 3.7m、高 3.6m，地面低探伤室外地面约 0.6m，有效使用面积约 111m <sup>2</sup> 。工件门洞宽 1.3m、高 1.9m。人员门门洞宽 0.9m，高 1.9m。	新建
	设备	探伤室内拟配置 1 套定向型数字化 X 射线探伤成像系统（型号：TK-4018A，最大管电压 160kV，最大管电流 7mA），该设备用于业主单位生产的螺旋焊缝钢管无损检测，其组成包括 X 射线	/

**续表 1 项目基本情况**

		球管、成像系统、固定球管和成像系统的支撑结构、工件传输系统等。X 射线球管拟固定在探伤室内，主射线方向朝向顶棚，只能垂直上下移动（最高 1.5m），不能水平移动（X 射线球管在探伤室平面上的位置是固定不动的）。 探伤图像由 X 射线球管上方的影像接收器传输到操作台显示屏上，无需洗片。	
辅助工程	控制室	位于探伤室北侧，拟放置设备控制台、监控显示器等，面积约 14m <sup>2</sup> 。	新建
公用工程	供配电系统	项目位于鑫通公司厂房内部，用电来源于市政供电，厂区配电。	依托
	给水系统	工作人员生活用水依托厂区原有给水设施。	依托
	排水系统	工作人员生活污水依托厂区原有公厕等设施，污水经厂区现有生化池处理达标后排入江南污水处理厂。	依托
环保工程	生活污水	工作人员生活污水依托新崛物流西北侧现有生化池理后进入江南污水处理厂。	依托
	一般固废	项目工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。 报废探伤机去功能化后交有物资回收单位处置。 废阴极射线管交有资质单位处理。	依托
	废气	探伤室东北侧墙体靠东南侧 5m 处拟设置一个排风口，并拟安装 1 个机械排风扇。排风扇设计排风量约为 1500m <sup>3</sup> /h，整体通风次数约为 4 次/h。排风管经探伤室外地面处穿出引至厂房东北侧墙外排出。	新建
	辐射防护	探伤室四周墙体采用实心砖墙和硫酸钡水泥，顶棚采用混凝土和硫酸钡水泥材料，设置人员门和工件门。工作场所拟按照标准要求，在防护门外粘贴电离辐射警告标志，安装监控探头、在防护门外和探伤室内设置工作状态指示灯和语音提示装置，安装固定式剂量报警仪和急停开关等设施。	新建

## (2) 项目工作场所建设情况

本项目探伤室新建在鑫通公司厂房内，X 射线球管拟固定在探伤室中间位置，工作

**续表 1 项目基本情况**

场所屏蔽材料及厚度情况如下表 1-2 所示。

**表 1-2 探伤室屏蔽防护材料及厚度表**

建筑名称	尺寸	屏蔽体	屏蔽方案	备注
探伤室	内空尺寸 长×宽×高： 30m× 3.7m×3.6m	东北墙 西南墙	500mm 实心砖（以 X 射线球管拟固定位置为中线，两侧 4000mm 范围内加 40mm 硫酸钡水泥加厚）	新建
		东南墙 西北墙	500mm 实心砖	新建
		顶棚	300mm 混凝土（以 X 射线球管拟固定位置为中线，顶棚 8000mm 范围内加 40mm 硫酸钡水泥加厚。）	新建
		人员门（西北） 工件门（东南）	6mmPb	新建

备注：①砖密度 1.65g/cm<sup>3</sup>，混凝土 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅 11.3g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡水泥 3.2g/cm<sup>3</sup>。

### (3) 设备概况

本项目设备清单见表 1-3。

**表 1-3 项目设备一览表**

序号	名称	数量	规格型号	用途	备注	购买情况
1	X 射线探伤系统	1	TK4018-A	无损检测	II类射线装置 最大电压 160kV，最大电流 7mA， 最大功率 1120W，过滤板为 0.5mmCu	新购
					包括 X 射线球管、操作台、辅助控制台、机械支撑结构、成像和传输组件、工件车、车行轨道等	
3	X/γ 辐射剂量巡测仪	1	待定	监测探伤室防护	定期监测	拟购
4	排风机	1	/	废气排放	风量为 1500m <sup>3</sup> /h	拟购
5	固定式剂量报警仪	1	待定	监测探伤室内剂量	探头安装在探伤室内，显示器安装在控制室	拟购

**续表 1 项目基本情况**

6	个人剂量报警仪	1	待定	剂量报警	工作人员进入探伤室内随身携带	拟购
7	个人剂量计	1 个	待定	剂量记录	工作期间辐射工作人员佩戴，对个人受到的照射剂量进行记录	拟购

**(4) 探伤工件情况**

重庆鑫通钢管有限公司主要生产的产品为各类钢管，本项目探伤机工作范围为对鑫通公司生产的螺旋焊缝钢管进行无损检测。主要检测工件的参数见表 1-4。

**表 1-4 检测工件的相关参数一览表**

工件类型	材质	最大尺寸	厚度范围	备注
螺旋焊缝钢管	钢	Φ 1200mm×12000mm	6mm~8mm	钢管由钢板螺旋焊接而成，焊缝为螺旋状

**(5) 计划工作负荷**

根据建设单位提供的资料，预计全年检测螺旋焊缝钢管 600 件，设备为连续出束，每个钢管检测完成最长需要连续曝光约 20min。设备年曝光时间最大为 200h。

**(6) 工作制度和劳动定员**

项目拟配置 1 名辐射工作人员从事探伤室无损检测工作，年工作 300 天，共 50 周，8h/天。该名工作人员拟从公司现有人员中培养，不新增工作人员总数。

**1.5 与公司依托可行性**

鑫通公司为钢管生产企业，对产品进行无损检测，有利于控制产品质量，因此，项目建设与公司发展运行相适应。项目依托可行性分析见表 1-5。

**表 1-5 项目与公司厂区依托可行性分析**

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
公用工程	供电、供水等公用工程依托厂区设施	鑫通公司年生产 8 万吨螺旋管项目已获得重庆市长寿区生态环境局环境影响评价文件批准书，本项目供电、供水设施依托厂区公用设施。厂区为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托厂区现有的公用设施可行。	可行
环保工程	依托厂区生活污水处理	项目工作人员依托厂区生活设施，污水依托厂区现有生活污水处理设施进行处理后排入市政管网。本项目不产生	可行

**续表 1 项目基本情况**

	设施	生产废水，不新增工作人员总数，工作人员生活废水依托原有设施处理可行。	
	一般固废	工作人员生活垃圾依托厂区现有生活垃圾处置设施处置，本项目不新增工作人员数量，依托可行。探伤机报废后，金属构件等可回收部分和厂区现有可回收金属废料一起交物质回收单位。废阴极射线管交有资质单位依法依规处置。	可行

由表 1-5 可知，本项目公用工程、环保工程均可依托厂区公用设施。

## 1.6 外环境概况

鑫通公司位于重庆市长寿经济技术开发区江南片区江南大道 151 号，厂房位于新崛物流内部。厂房东北侧紧邻为新崛物流内部道路及材料堆放区，约 50m 为重庆钰昕物流发展有限公司（以下简称“钰昕物流”）厂房；东南侧紧邻为约 25m 为邮政物流厂房，南及西南侧为新崛物流内部道路及材料堆放区；西、西北侧紧邻为新崛物流内部道路（厂区道路）及成品堆放区，偶有桥式行车作业。

因此，项目周边保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及周围区域活动的其他公众成员。公司厂房外环境关系情况见表 1-6。项目四周分布情况见附图 2。

**表 1-6 公司厂房外环境关系一览表**

方位	外环境情况	最近距离	备注
东北	厂区道路及材料堆放区	紧邻	/
	钰昕物流厂房	约 50m	工业企业
东南	厂区道路及材料堆放区	紧邻	/
	邮政物流厂房	约 25m	工业企业
西南、南	厂区道路及材料堆放区	紧邻	道路新崛物流及 鑫通钢管共用
西、西北	厂区道路及成品堆放区	紧邻	

## 1.7 选址可行性

本项目探伤室位于鑫通公司厂房内西北侧，为单层建筑，该厂房仅有一层，探伤室所在区域对应上方为厂房内空，上方桥式吊车采用人工及遥控操作，维修时位于厂房东南侧，偶有人员位于探伤室正上方。探伤室北侧为控制室，其余三面为紧邻为过道、工件传输区、工件转运区、厂房内道路等。探伤室周边基本为公众驻留时间很短的区域，

## 续表 1 项目基本情况

且探伤室工件门朝向工件传输区，便于工件传输。根据后文环境辐射监测结果，本项目所在区域环境  $\gamma$  辐射剂量率在重庆市整体辐射水平的正常涨落范围内。本项目所在厂区符合相关规划及规划环评、“三线一单”的相关要求，因此，项目整体选址合理。

### 1.8 与项目有关的环境保护问题

根据调查，鑫通公司年生产 8 万吨螺旋管项目于 2024 年取得了重庆市长寿区生态环境局下发的环境影响评价文件批准书：渝（长）环准[2024]2 号，项目符合规划及规划环评、“三线一单”的相关要求。目前项目正在建设中。本项目使用用房与厂房同时建设、同时投入使用。本项目系该项目配套生产项目，符合相关规划及规划环评、“三线一单”的相关要求。

鑫通公司为首次开展核技术项目，除本项目拟配置 X 射线装置外，无其他涉及核技术相关的设备设施。

**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
本项目不涉及放射源。								

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	贮存方式与地点
本项目不涉及非密封放射性物质										

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、教学等各种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
本项目不涉及加速器。										

(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射线探伤机(定向)	II	1	TK4018-A	160	7	无损检测	鑫通公司探伤室	/
以下空白。									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电 流 (mA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
本项目不涉及中子发生器													

**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

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>；年排放总量用 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**

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日最新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第682号令，2017年10月1日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》（生态环境部令第16号，2021年1月1日施行）；</p> <p>(6) 《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21日施行；国务院令第653号，2014年7月29日修订实施；国务院令第709号，2019年3月2日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第31号，2021年1月4日第四次修订实施；</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，2011年5月1日施行；</p> <p>(9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日施行；</p> <p>(10) 《重庆市环境保护条例》，2022年11月1日施行修订版；</p> <p>(11) 《重庆市辐射污染防治办法》渝府令第338号，自2021年1月1日起施行。</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024）》。</p>
------	--

**续表 6 评价依据**

技术 标准	<p>(1) 《建设项目环境影响技术导则 总纲》(HJ2.1—2016)；</p> <p>(2) 《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)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)；</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250—2014) 及 2017 年修改单；</p> <p>(6) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(7) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》(GBZ2.1 -2019)；</p> <p>(8) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(10) 《污水综合排放标准》(GB8979-1996)；</p> <p>(11) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021；</p>
其他	<p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 项目投资备案证；</p> <p>(3) 企业环评批准书；</p> <p>(4) 项目辐射环境监测报告；</p> <p>(5) 项目设计等相关资料；</p> <p>(6) 辐射防护手册第三分册、ICRP33 等参考文献。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

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》(HJ10.1-2016)的相关规定，并结合该项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以该项目探伤室边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

### 7.2 环境保护目标

本项目探伤室为单层结构，位于鑫通公司厂房内西北侧，该厂房共 1 层，层高约为 16m。探伤室上方为厂房内空，有桥式吊车，可采用人工及遥控操作，维修时位于厂房东南侧，下方无建筑；北侧为控制室，东北侧紧邻为探伤室与墙壁间通道，约 2m 宽，厂房墙壁外为厂区道路，约 50m 为钰昕物流厂房；东南侧紧邻为工件传输区；南侧约 12m 为补焊区；西侧及西南侧厂房内约 1m 为工件转运区，约 8m 为平头区和水压区，约 22m 为材料堆放区及厂区道路，约 35m 处偶有桥式行车作业；西侧约 18m 为厂内库房，厂房之外拟建一理化实验室，其余区域为厂区道路及材料堆放区，西北侧约 4m 为检验区，约 25m 厂房门口处拟建一库房，之外为厂区道路，约 40m 为成品堆放区。

本项目环境保护目标统计见表 7-1。

#### 表 7-1 环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方位	水平距离	高差	环境特征及主要影响人群
1	控制室	北	紧邻	平层	项目用房，辐射工作人员，约 1 人
2	通道	东北	紧邻	平层	厂房内区域，公众，约 1 人
3	厂区道路、材料堆放区	东北	约 2m	平层	厂区内部道路，公众，约 3 人
4	钰昕物流园区	东北	约 50m	-5m	钰昕物流园区，公众，约 10 人
5	工件传输区	东南	约 0~50m	平层	项目工件传输区域，公众，约 5 人
6	补焊区	南	约 12~50m	平层	厂房内生产区域，公众，约 10 人
7	工件转运区	西/西南	约 1~8m	平层	厂房内生产区域，公众，约 2 人
8	平头和水压区	西/西南	约 8~20m	平层	厂房内生产区域，公众，约 3 人
9	桥式行车操作室	西/西南	约 35~50m	+11m	厂区内部生产区域，公众，约 1 人
10	厂内库房	西	约 18m	平层	厂房内办公区域，公众，约 5 人
11	拟建理化实验室	西	约 24m	平层	厂外辅助用房，公众，约 2 人

12	材料堆放区、厂区道路	西/西南	约 20-50m	平层	厂区共用区域，公众，约 3 人
13	过道	西北	约 0-4m	平层	厂房内区域，公众，约 1 人
14	检验区	西北	约 4~25m	平层	厂房内生产区域，公众，约 1 人
15	库房	西北	约 25~28m	平层	厂外辅助用房，公众，约 1 人
16	厂区道路	西北	约 25~40m	平层	厂区内部道路，公众，约 3 人
17	成品堆放区	西北	约 40~50m	平层	成品堆放区，公众，约 2 人
18	吊车操作室	上方	/	+11m	厂房内生产区域，公众，约 1 人

备注：-表示低于本项目探伤室外地面，+表示高于本项目探伤室外地面。

### 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。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限值，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 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

#### B1 剂量限值

第 B1.1.1.1 款 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 作为职业照射剂量限值。

#### 第 B1.2 款 公众照射

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超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

#### (2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1（本报告表 7-2）的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压, kV	漏射线周围剂量当量率, mSv/h
150~200	<2.5

续表 7 保护目标与评价标准

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  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ , 对公众场所, 其值应不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ;
- b) 屏蔽体外  $30\text{cm}$  处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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  $30\text{cm}$  处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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。

### (3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

第 3.1.1 条 探伤墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求:

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

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:  $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$

第 3.1.2 条 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

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

### 第 3.2 条 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 条 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 当可能存在泄露辐射和散射辐射的复合作用时, 通常分别估算泄露辐射和各项散射辐射, 当它们的屏蔽厚度相差一个半值厚度 (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)。

**(4) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素(一)》(GBZ2.1-2007)**

室内：臭氧浓度的接触限值：0.3mg/m<sup>3</sup>；氮氧化物的接触限值：5mg/m<sup>3</sup>。

**(5) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)**

二级标准：臭氧1小时平均限值为200μg/m<sup>3</sup>（0.2mg/m<sup>3</sup>）。

**(6) 评价标准及相关参数值**

**①年剂量约束值**

根据建设单位提供的资料，本项目取GB18871-2002中工作人员职业照射剂量限值的四分之一即5mSv/a作为放射工作人员的年有效剂量管理目标值，取公众照射剂量限值的十分之一即0.1mSv/a作为公众成员的年有效剂量管理目标值，满足GB18871-2002的规定。

**②探伤室屏蔽体外控制水平核算**

上述标准中《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)对探伤室屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平有规定，本评价按照其相关要求保守计算屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算如下：

**A:居留因子**

根据GBZ/T250-2014附录A，不同场所的居留因子选取如表7-3所示。

**表7-3 不同场所的居留因子**

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

备注：后文计算中的居留因子参照本表取值，后文不再提及。

**B:探伤室屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算**

本项目探伤机每周约检测工件12件，每件工件的设备出束时间约20min，周工作时间约4h。探伤室屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算结果见表7-4，导出剂量率参考控制水平按照GBZ/T250-2014条款3的计算要求进行。

关注点剂量率控制水平计算公式：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

$H_c$ —周剂量参考控制水平(μSv/周)

$t$ —探伤装置周照射时间, h

$U$ —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

表 7-4 剂量率控制水平核算表 单位:  $\mu\text{Sv}/\text{h}$

场所名称	屏蔽体外关注点		$H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	T	$\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	剂量率参考 控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	本项目剂量率 参考控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
	方位	紧邻环境情况					
探伤室	北	控制室	100	1	25	2.5	2.5
	东北	过道	5	1/8	10	2.5	2.5
	东南	工件传输区	5	1/5 <sup>①</sup>	6.25	2.5	2.5
	西南	工件转运区	5	1/5 <sup>①</sup>	6.25	2.5	2.5
		平头区和水压区	5	1	1.25	2.5	1.25
	西北	检验区(过道)	5	1/5 <sup>①</sup>	6.25	2.5	2.5
	上方	顶棚	5	1/5 <sup>①</sup>	6.25	2.5	2.5

注: ①工件传输区、工件转运区、检验区(过道)、顶棚上方吊车控制室考虑偶尔有工人作业情况, 因此其居留因子综合考虑保守取 1/5。

②所有方向上的使用因子保守角度均取 1;

③西南侧工件转运区的剂量率控制要求经距离衰减后满足平头区和水压区的剂量率控制要求, 所需的屏蔽厚度高于平头区和水压区, 故西南侧应以工件转运区剂量率控制要求为本项目剂量率参考控制水平。

根据表 7-4 控制剂量率核算结果, 最终以探伤室外 30cm 处的  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  限值要求作为本项目剂量率参考控制水平。

### ③项目剂量限值与污染物排放指标

综上所述, 结合本项目实际情况, 确定本项目的主要评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值		采用的标准
1	剂量管理 目标值	年	辐射工作人员: $5\text{mSv}$ ; 公众成员: $0.1\text{mSv}$	GB18871-2002 公司管理要求
		周	放射工作场所: $100\mu\text{Sv}$ ; 公众场所: $5\mu\text{Sv}$	GBZ117-2022
2	X 射线探伤机 要求	距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量 当量率: $<2.5\text{mSv}/\text{h}$		GBZ117-2022 (150~200kV)
3	探伤室外剂量 要求	探伤室四周及顶棚屏蔽体外 30cm 处周围剂量 当量率: $\leq2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$		GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
4	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h		GBZ117-2022

## 表 8 环境质量现状

### 8.1 项目地理和场所位置

重庆鑫通钢管有限公司位于重庆市长寿区江南街道江南大道 151 号 10#样品库房，本项目涉及工作场所位于鑫通公司生产厂房内。

项目地理位置见附图 1 和附图 2，项目工作场所见附图 3 等图所示。

### 8.2 辐射环境现状评价

本项目新建在现有厂房内，不改变用厂房现有主体结构，因此直接对项目拟建地及周边环境的辐射环境背景水平进行了监测，监测时间为 2024 年 1 月 8 日，监测结果和监测布点见监测报告：渝辐监（委）[2024]006 号。

#### 8.2.1 监测因子

环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

#### 8.2.2 监测方案

##### (1) 监测方法和依据

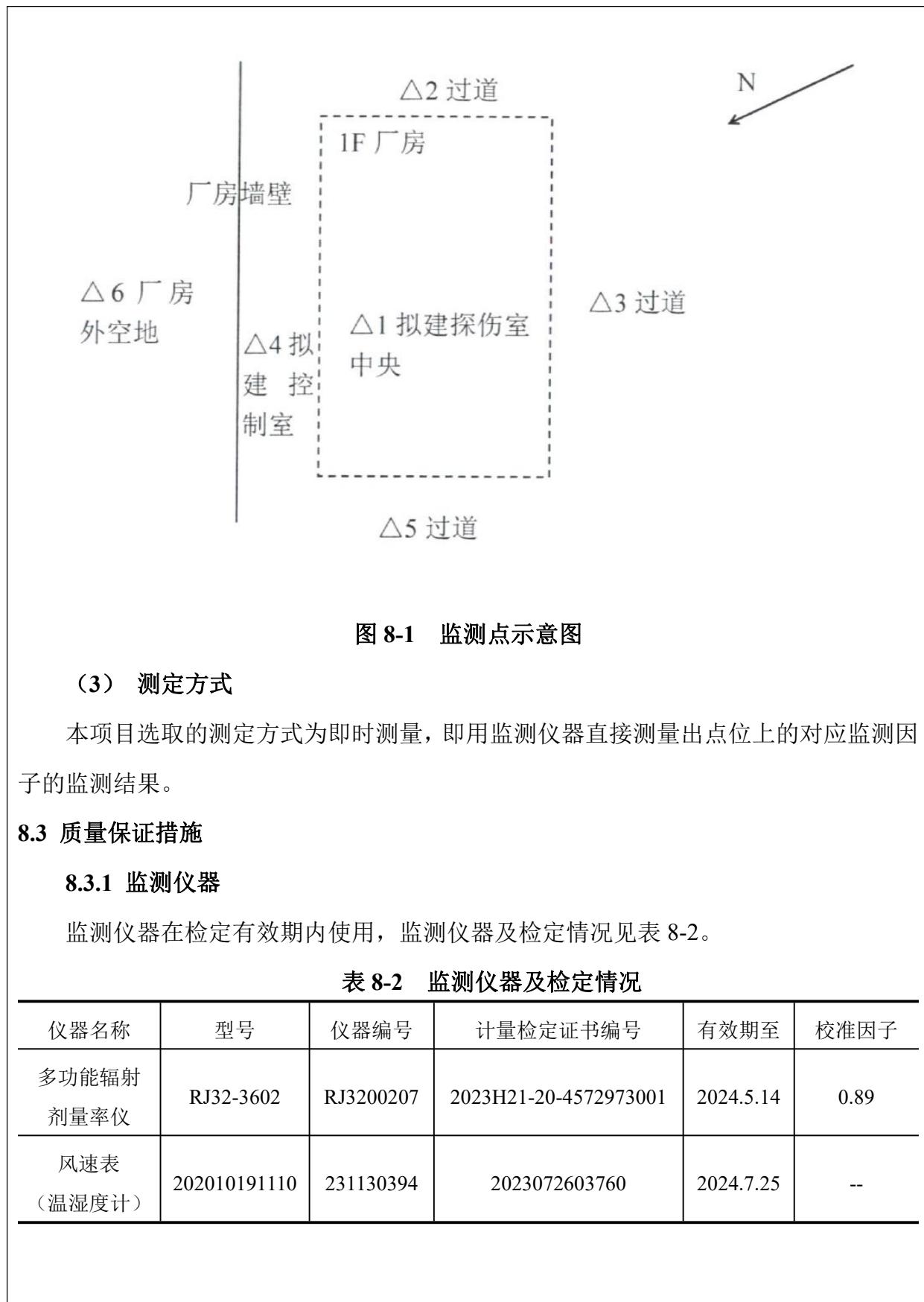
表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 $\gamma$ 辐射剂量率	仪器法	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021

##### (2) 监测点位选取

本项目监测报告布点分别设置在拟建探伤室中央、拟建探伤室四周、拟建控制室和厂房外空地，共设置 6 个监测点位，布点时考虑了项目用房和周围相邻区域，并在靠近环境保护目标一侧布点。监测布点能够反映本项目涉及工作场所的辐射环境背景水平。

监测布点图见图 8-1。



## 续表 8 环境质量现状

### 8.3.2 监测人员及报告审核制度

监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数据量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核、审定，最后由授权签字人签发。

### 8.4 监测结果

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目所在区域辐射环境监测结果统计

序号	监测点位描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量值 (nGy/h)
1	拟建探伤室中央	58
2	过道	56
3	过道	57
4	拟建控制室	58
5	过道	57
6	厂房外空地	59

由监测统计结果可知，项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在 56nGy/h~59nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值）。根据 2022 年重庆市辐射环境质量报告书（简化版），重庆市 2022 年环境 $\gamma$ 辐射水平年均值范围为 78.0~119nGy/h，全市各点位年均值为 94.5nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，项目选址处辐射环境水平在重庆市 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率水平正常涨落范围内。

**表 9 项目工程分析与源项**

**9.1 施工期工艺流程及产污环节**

本项目工作场所新建在已有厂房内，施工主要为，基槽的开挖、墙体的修砌、楼板的浇筑和设备设施的安装等。整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。

施工过程中主要有少量的施工机械噪声、施工粉尘、建筑垃圾、装修垃圾、施工人员生活废物等产生。

**(1) 废气**

施工期的大气污染源主要有燃油废气和施工扬尘两类。

废气：施工期间，燃油动力机械进行运输等作业时产生的少量燃油废气，主要含 CO、NOx。

施工扬尘：少量出渣装卸、建筑材料（白灰、水泥、沙子、石子、砖等）的现场搬运及堆放等施工活动产生扬尘。

**(2) 废水**

施工期废水主要为工人生活污水，项目产生的污水依托厂区现有污水处理设施处理。

**(3) 噪声**

施工过程中的噪声主要是各种施工机械、设备在施工过程中产生的噪声。

**(4) 固体废弃物**

固态垃圾主要为材料外包装、工人生活垃圾等，均统一收集后由当地环卫部门集中处置。

**9.2 营运期工艺流程及产污环节**

**9.2.1 设备组成**

本项目设备主要由 X 射线系统、图像增强器成像单元、计算机图像处理系统、监控系统、机械系统、电气控制系统组成。

**(1) X 射线系统：**

X 射线系统用于产生 X 射线，由 X 射线管、高压电缆、高压发生器、冷却系统、控制单元（安装在总操作台内）、辐射警示系统、低压电缆等构成。

## (2) 图像增强器成像单元:

成像单元是由图像增强器、CCD 相机、光学镜头、监视器、控制单元（安装在总操作台内）以及连接电缆组成的独立系统。图像增强器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，完成光电信号的转换工作。工作过程：首先图像增强器的输入屏将不可见光转换为电子，电子被聚焦和加速撞击到输出屏上，输出屏再将电子能量转换为可见光，完成一次“光→电→光”的转换，然后通过专用的高分辨率 CCD 相机将图像转换为视频信号，输出到终端监视器上，完成图像的拾取过程。

## (3) 图像处理系统:

图像处理系统由计算机、图像采集卡及图像处理软件组成。图像处理系统主要完成图像采集、图像存储、图像处理、图像评定和打印图像等功能。

## (4) 机械系统:

整套机械系统由 X 射线管支撑结构、图像增强器支撑结构、检测工件车等组成。X 射线管支撑结构又称“探臂”，可以在垂直方向上电动升降，水平方向不能移动，最前端用于安装射线管，末端装有配重块，X 射线球管拟由支撑结构水平固定在探伤室内，其距探伤室东北墙距离约 1.8m，距东南墙约 15m，距西南墙约 1.8m，距西北墙约 15m；图像增强器支撑结构上装有图像增强器，电动升降（配合 X 射线管支持结构升降情况）；检测工件车为电动控制，运行在探伤室地下铺设的轨道上（轨道铺设面较探伤室地面和厂房地面相比下沉约 0.6m），车上安装多组输送辊轮和旋转辊轮，主要用于检测钢管在探伤室内的传输，工件车顶部与探伤室地面基本齐平。

## (5) 电气控制系统:

电气控制系统由总操作台、辅助控制台组成，集成了 X 射线机、机械、成像系统的全部操作。操作台上显示屏主要用于显示 X 射线图像，操作台面设置钥匙开关和各种控制按钮，用来操作包含工件车控制、X 射线管支撑机构控制及图像增强器支撑机构升降，X 射线管出束等。辅助控制台安装在探伤室内，主要用于操作人员在检测室内装卸钢管时操控机械系统。

探伤机主要性能参数见表 9-1，探伤机结构见图 9-1。

表 9-1 探伤机主要性能参数

设备类型	定向探伤机	电压可调节范围	20~160kV 连续和可调
最大电压	160kV	X 射线管辐射方向	垂直向上
最大电流	7mA	额定功率	1120w
辐射角	40°	过滤板	0.5mmCu

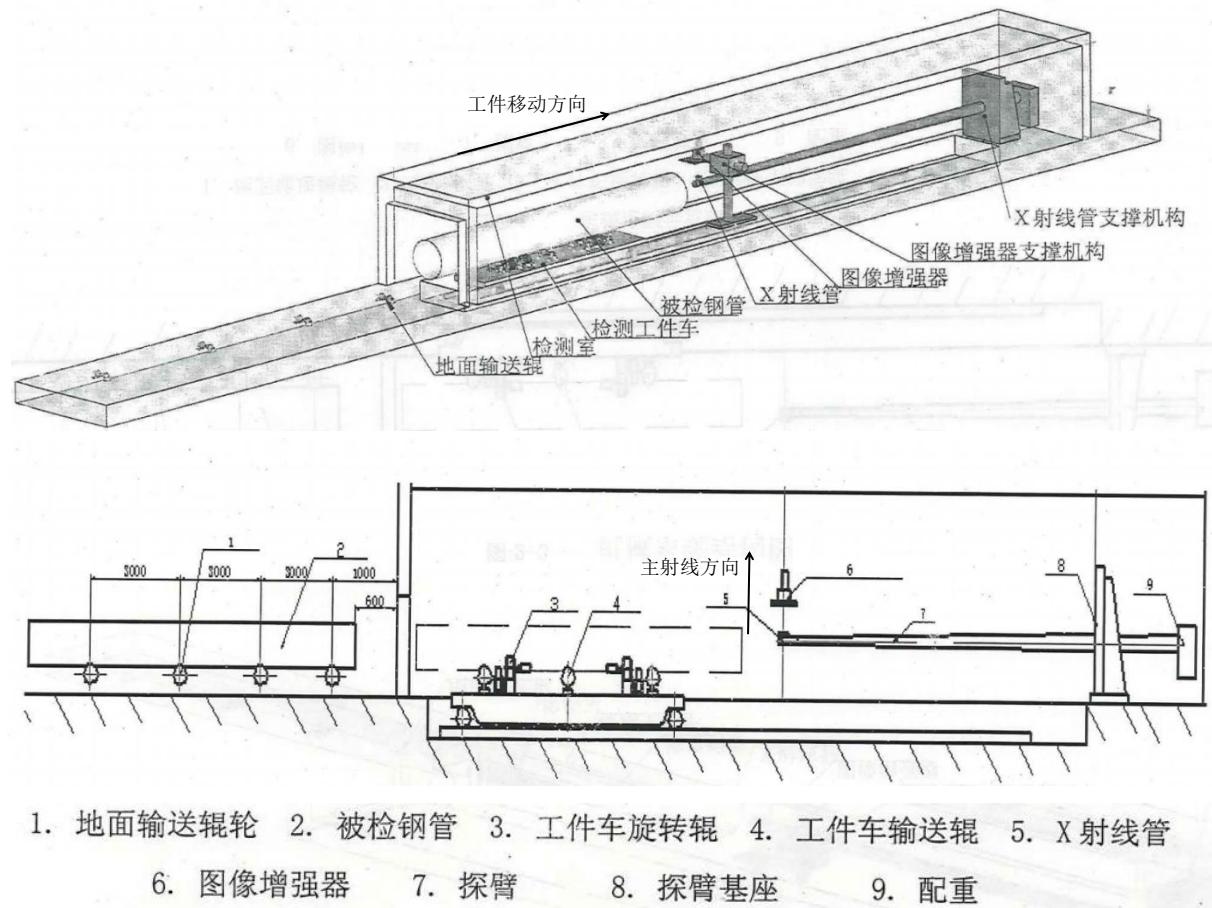


图 9-1 本项目 X 射线探伤系统示意图

## 9.2.2 工作方式

本项目是利用 X 射线探伤室对钢管进行无损检测，工作方式为将探伤室 X 射线球管部分固定在探伤室内，然后通过传输装置，将钢管从室外传输到探伤室内，钢管位于工件车上，工件车通过轨道向探伤室内滑动，使钢管从头到尾通过 X 射线球管区域，达到无损检测的目的。检测时，X 射线球管位于钢管内部且不移动位置，射线连续出束，钢管通过工件车上的旋转辊轮旋转，可以到达对钢管螺旋焊缝进行探伤的目的。位于 X 射线球管上方的图像增强器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，最终输出到

## 续表9 项目工程分析与源项

操作台的显示器上，工作人员在控制室观察检测图像，确认钢管焊缝是否合格。操作台的显示器上，工作人员在控制室观察检测图像，确认钢管焊缝是否合格。设备出束期间，工作人员均在控制室内隔室操作。

### 9.2.3 工作原理及工艺流程

#### ①工作原理

探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空管中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚光杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚光杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 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。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生轫致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。图像增强器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，完成光电信号的转换工作。然后通过专用的高分辨率 CCD 相机将图像转换为视频信号，输出到终端监视器上，完成图像的拾取过程。

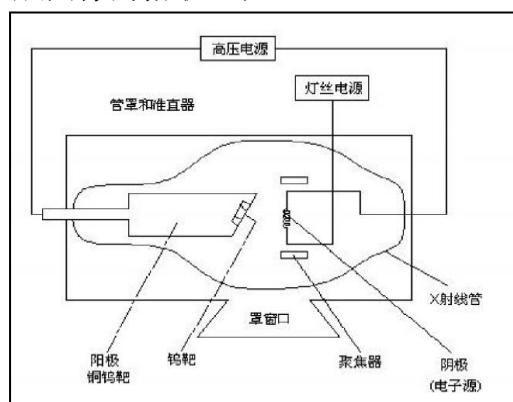


图 9-2 X 射线管原理示意图

#### ②工艺流程

- (1) 待检钢管由工件门外的工件传输区的地面输送辊输送至探伤室工件门口。
- (2) 打开探伤室工件门，探伤工作人员进入探伤室利用辅助控制台（设置在探伤室内，只能操作机械结构运行）按照被检钢管的尺寸将 X 射线管支撑结构和图像增强器结构调整至安全位置（X 射线管离地最高高度不超过探伤室内地面的 1.5m），防止进件时撞击造成探伤机部件的损坏。
- (3) 工件车行进至工件门口，启动输送辊轮将钢管装载到工件车上，将钢管全部

## 续表9 项目工程分析与源项

传输到探伤室内。

(4) 检查探伤室内是否有人员滞留，然后由人员门离开并关闭工件传输门。

(5) 探伤工作人员回到控制室，利用监控确认探伤室内无人员。利用操作台控制工件车行进至X射线管检测区，把X射线管和图像增强器调整至检测状态，并启动检测过程。

(6) 检测过程中，X射线机处于持续工作状态，直焊缝的检测通过工件车的匀速行走完成检测，而螺旋焊缝的检测则通过工件车匀速行走与工件车旋转辊轮旋转结合的方式完成检测。

(7) 检测完毕后，打开工件门，利用工件车将钢管退出探伤室，准备下一次检测。

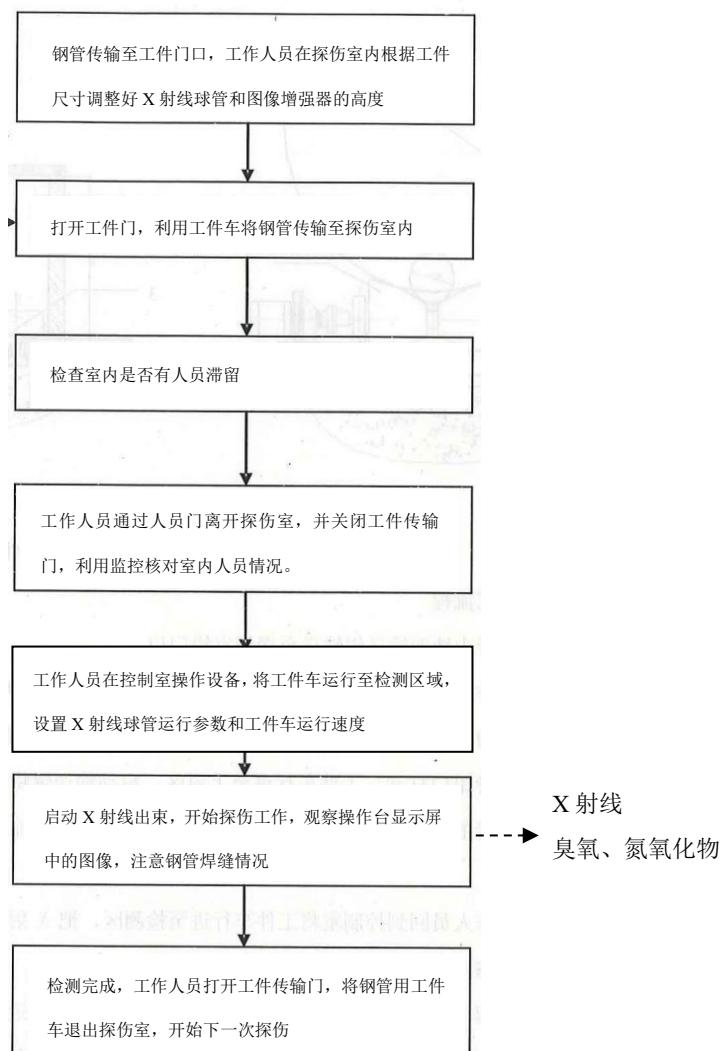


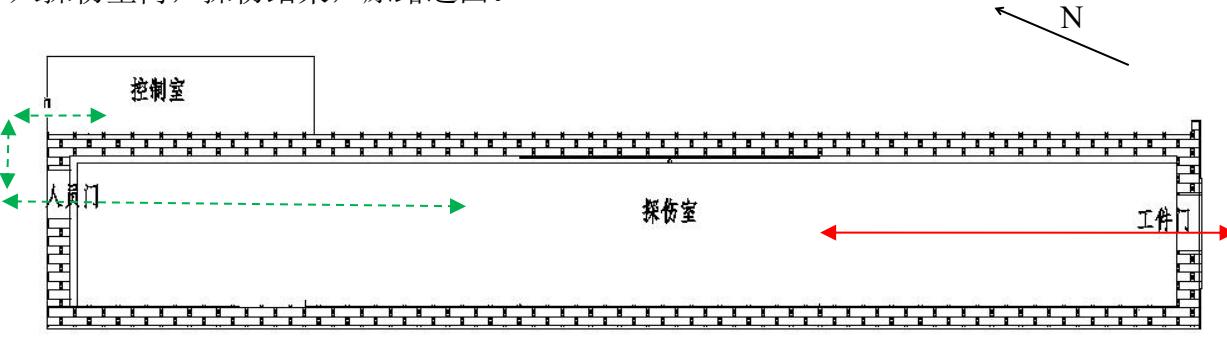
图9-3 项目X射线无损检测工艺流程及产排污简图

续表 9 项目工程分析与源项

### 9.3 工作场所人员、物品路径情况

工作人员路径：设备操作人员由控制室西北侧入口门进入控制室，由探伤室人员门进入探伤室，工作结束原路返回。

工件运输路径：探伤钢管由地面传输轨道传送至探伤室工件门外，再通过工件门进入探伤室内，探伤结束，原路退回。



图例： ←→ 工件传输路径    ←→ 工人员路径

图 9-4 工作场所路径示意图

### 9.4 污染源项分析

根据工艺流程可知，X 射线无损检测工作产生的污染物主要有 X 射线探伤机曝光时的 X 射线、废气（臭氧、氮氧化物）等。

#### 9.4.1 电离辐射

由 X 射线探伤机工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 X 射线探伤工作流程，X 射线探伤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 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压有关。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。根据 ICRP33 图 2（图 9-5），0.5mm 铜过滤板条件下的 160kV 的 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量约为  $5.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{s}$

## 续表 9 项目工程分析与源项

(mA·min)。探伤机射线能量、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。

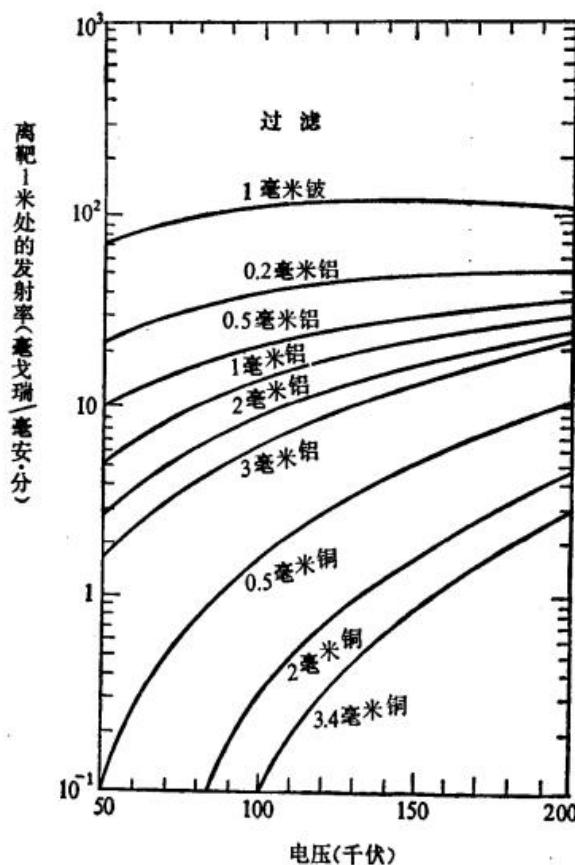


图 2 在各种线束过滤和钨反射靶情况下恒电位 X 线发生器，在离靶 1 米处的发射率

图 9-5 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 1，X 射线管电压位于 150kV-200kV 区间，其距离靶点 1m 处的泄露辐射剂量率为  $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 2，本项目探伤机管电压位于 150kV-200kV 区间，X 射线 90° 散射辐射能量最高为 150kV。

**续表 9 项目工程分析与源项**

**9.4.2“三废”产排情况**

本项目主要是在 X 射线探伤机无损检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性“三废”。

**(1) 废气**

在 X 射线无损检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧 ( $O_3$ ) 和氮氧化物 (主要为  $NO_2$ )。废气经排风机引至厂房东北侧墙外排放，排风口离地面高度约 3m。

**(2) 废水**

本项目废水主要为工作人员产生的生活污水，本项目拟由鑫通公司现有员工培养，不增加人员数量和生活污水产生量。工作人员生活设施依托厂区现有，生活污水依托厂区污水处理设施处理达《污水综合排放标准》三级标准后排入市政污水管网，送入江南污水处理厂进行处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准后外排。

项目无生产废水产生。

**(3) 噪声**

项目用房东墙安装了一个机械排风机，工作时将产生一定的噪声，建设单位采用低噪声设备，噪声值为 65dB(A)。另外，工件移动使用轨道车，运行时会产生一定的噪声。

**(4) 固体废物**

本项目不需要洗片，固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾。

生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

探伤机使用一定年限后，射线装置可能不能正常工作，探伤机报废成为固体废物，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，报废的探伤机交由物质回收部门处置。报废的阴极射线管交有资质单位依法依规处理。

**9.4.3 项目产排污统计**

项目产生的污染因子源强分析总体情况见表 9-2 所示。

续表9 项目工程分析与源项

表9-2 项目污染物产排情况统计表

污染物	污染因子	产生量	处理方式
电离辐射	X射线	能量160kV，距靶1m处主射束的输出量不大于5.9mGy·m <sup>2</sup> /mA·min，漏射线周围剂量当量率小于2.5mSv/h，散射线最大能量150kV。	探伤室四周墙体、防护门及顶棚屏蔽
废气	O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub>	少量	机械抽风引至室外排放
废水	生活污水	不新增	依托厂区生化池处理达标后接入市政污水管网排入江南污水处理厂，污水处理厂处理后达标排放
噪声	设备噪声	65dB(A)	购置低噪声设备
	机械运行噪声	/	厂房隔声、距离衰减
固废	生活垃圾	不新增	统一收集后交环卫处理
	报废的探伤机	1台	设备去功能化后交物资回收单位回收，废阴极射线管交有资质单位依法依规处理。

备注：本项目无生产废水产生。

**表 10 辐射安全与防护**

## **10.1 布局与分区**

### **10.1.1 项目布局合理性分析**

本项目探伤室拟设置在鑫通公司厂房内西北侧区域。探伤室为单层砖混结构，周边相邻区域除北侧为控制室等辐射工作人员工作区域外，周围为厂房内道路、工件传输区、焊接区、补焊区、平头及水压区等。探伤室周边基本为公众驻留时间很短的区域。探伤室和控制室相邻设置，且单独设置工作人员门和工件进出门，项目工件运输大门直接朝向厂房内生产区，便于工件传送。

GBZ/T250-2014 中对于探伤室布局的要求如下：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，可以仅设置人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。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。

GBZ117-2022 中对于探伤室布局的要求如下：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。

本项目探伤室设置独立的工件门和人员门，控制室设置在探伤室外，设备主射线方向固定朝向顶棚，控制室和防护门均不在设备有用线束投照方向。人员门处未采用迷路形式，但人员门并未设置在控制室内，且距离出束点较远，降低了工作人员在控制室工作时的辐射影响。

综上所述，本项目探伤室平面布局合理，满足标准要求。

### **10.1.2 分区**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”因此，本项目分区满足上述要求。

鑫通公司还采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人进入。在出入口

## 续表 10 辐射安全与防护

设置电离辐射警示标识。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，但需加强周边活动人员管理，控制室为工作人员操作仪器时工作场所，无关人员禁止进入。拟在探伤室内外设置声光报警装置，工件传输区全部划为监督区，并在地面设置警示线，提醒人员不要驻留。

③在控制区边界开展定期监测工作，特别需注意防护门、穿墙管线洞口等薄弱部位。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，鑫通公司拟对项目工作区域进行分区管理，控制区即为探伤室，监督区包括控制室以及探伤室其余方向上的相邻区域。项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。除控制室外，探伤室其余相邻区域均为开放式场所，划分分区示意图时，取距探伤室墙体 1m 处为边界线，监督区地面拟画范围地标并设置警示标语。

表 10-1 项目分区管理情况表

类别	用房
控制区	探伤室
监督区	控制室、顶棚上方及探伤室周边相邻区域 1m 内（工件传输区部分、东北侧和西南侧过道）

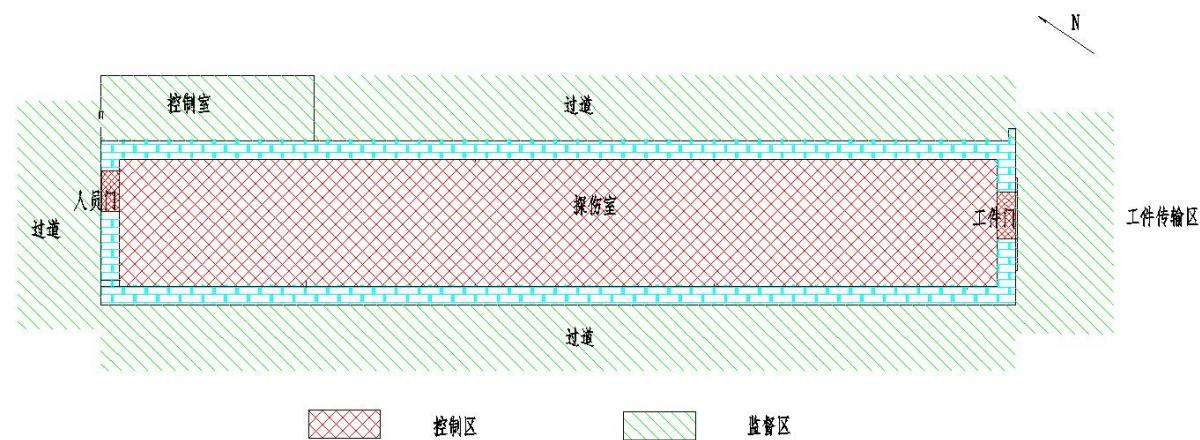


图 10-1 探伤室工作场所分区布置图

### 10.2 辐射安全与防护措施

本项目射线装置主要辐射为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。

#### 10.2.1 探伤室屏蔽防护措施

**续表 10 辐射安全与防护**

探伤室净空尺寸长 30m×宽 3.7m×高 3.6m。探伤室四周墙体拟采用为 500mm 实心砖，顶棚采用 300mm 混凝土，以 X 射线球管拟固定位置为中心线，东北和西南两侧墙体及顶棚拟采用 40mm 硫酸钡水泥进行补偿防护，两侧长度均约 4m；人员门和工件传输防护门为 6mmPb。探伤室为单层结构，上方为厂房内空。根据后文核算，探伤室四周屏蔽体及顶棚 30cm 处的剂量率水平均小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，因此探伤室屏蔽防护厚度满足辐射防护要求。

探伤室的设备电缆拟由探伤室东北侧墙体偏北下探伤室外地面处直穿进入控制室，直径为 159mm，穿墙位置采用侧 U 型防护补偿，穿墙口位置远离 X 射线球管处。排风口位于探伤室东北侧墙体偏南下方探伤室外地面处直穿接至东北侧墙体外，直径为 300mm，再通过管道排放至厂房外，穿墙位置采用侧 U 型防护补偿。穿墙处侧 U 型补偿墙体厚度为 24cm，高度为 60cm，穿墙位置见附图 4，补偿示意图见附图 5，X 射线经过多次散射后对环境影响很小。

### **10.2.2 设备固有安全性**

(1) 故障显示系统：出现故障时，控制台显示屏将显示故障指示：过电压保护、过电流保护、欠电流保护、冷却系统欠流量保护、管头超温保护。当任一铅防护门未关到位时控制台显示屏将显示对应防护门故障。故障排除前 X 射线管不能出束。

(2) 报警装置：控制台上有蜂鸣器，设备出束时，当任一铅门打开的瞬间会发出 3 声蜂鸣以提醒操作人员。

### **10.2.3 安全联锁、紧急停机、工作状态指示灯等**

(1) 门-机联锁：工件进出门和工作人员门均拟设置联锁保护装置，两道门的联锁保护装置为串联结构，其中的任何一个保护装置不到位（门未关好）X 射线管均不能产生 X 射线。如门在 X 射线管正在出束时打开，X 射线管也会立即停止出束。

(2) 钥匙开关：控制台上有高压开停状态切换多重保护按钮，并配钥匙开关，钥匙没有插入或插入但没有旋至接通位置时 X 射线管都不能出束。

(3) 急停开关（急停按钮/拉线开关）：控制台上拟设置急停按钮，当工作人员通过监视器发现探伤室内有任何异常情况时可以按下急停按钮以终止 X 射线管出束，按下的急停按钮必须旋转一定角度才能复位，此时才能重新对 X 射线管进行操作。根据设备

## 续表 10 辐射安全与防护

运行要求和用房现状情况，拟在探伤室西北侧墙和东南侧墙设置紧急拉线开关，且与探伤设备联锁，拉动拉线可以停止设备运行。

(4) 声光报警：探伤室 2 扇防护门门口和探伤室内部均拟设置可以显示“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。预备灯为绿色、照射灯为红色，“预备”信号将持续足够长的时间（约 5min），以确保探伤室内人员安全离开。工作状态指示灯处粘贴中文说明。

(5) 开门装置：2 扇防护门内侧墙壁设置紧急开门装置，遇到意外情况，人员可以在探伤室内打开防护门。

### (6) 监控装置

探伤室呈长方形，内部拟设置 2 个监控探头，分别位于探伤室东北和西南两侧，可以全方位查看探伤室内情况，探伤室 2 扇防护门外拟设置 2 个监控探头。监控显示屏拟设置在控制室，操作人员可通过监视器全方位的观察探伤室内各个部位的情况。

### (7) 控制台安全措施

①控制台拟设置 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，拟设置高压接通时的外部报警或指示装置。

②控制台上拟设置与防护门联锁的接口，当防护门未关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何铅防护门开启时能立即切断。

③控制台拟设置钥匙开关，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。钥匙由探伤机操作人员随身携带保管，防止非工作人员误操作探伤机。

④控制台拟设置紧急停机开关，拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警  
告等标识。

本项目检测系统在铅门关闭、操作台及探伤室内急停开关复位、设备自检正常、工  
作人员确认无人滞留的情况下才能出束，出束时相应状态的指示灯亮，有蜂鸣提示声音。

辐射安全措施拟建位置见附图4-1，工作场所安全措施逻辑图见图10-2。

续表 10 辐射安全与防护

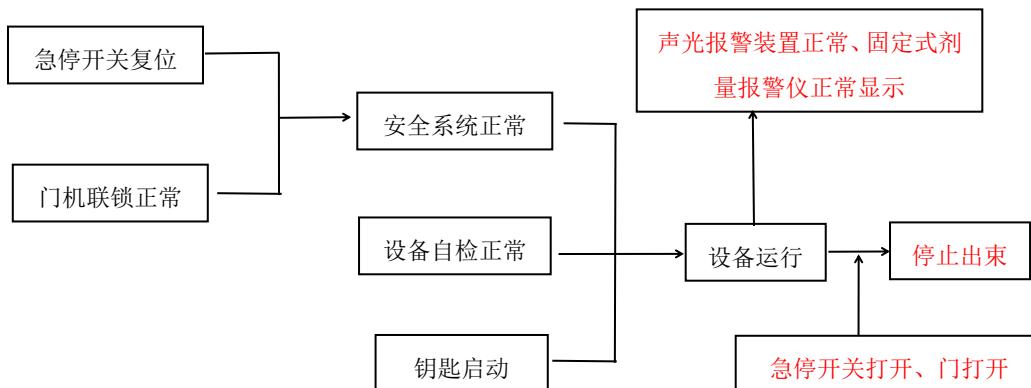


图 10-2 设备辐射安全联锁逻辑关系图

#### 10.2.4 通风

本项目探伤室采用自然进风、机械排风的方式。探伤室东北侧墙体偏南侧下方拟设置 1 个排风口，管径约 30cm，排风口经管道接至厂房外排放，离地高度约 3m。排风口处拟安装一个机械排风机，排风量为 1500m<sup>3</sup>/h，探伤室内容积约 400m<sup>3</sup>，总体通风次数约为 4 次/h，满足标准要求的通风换气量。

#### 10.2.5 其他辐射防护措施

##### (1) 电离辐射警示标志

探伤室 2 扇防护门外均拟粘贴电离辐射警告标志。

##### (2) 监测仪器

探伤室内拟安装 1 台固定式剂量报警仪，安装位置在探伤室靠近控制室一侧墙体，避开了设备主线束方向，显示面板安装在控制室内，另拟配备个人剂量报警仪和辐射巡测仪等仪器。

### 10.3 个人防护用品及监测仪器

项目拟配置的个人防护用品及监测仪器如下表 10-2 所示。

**续表 10 辐射安全与防护**

**表 10-2 个人防护用品及监测仪器**

序号	名称	数量	用途	备注
1	个人剂量报警仪	1 个	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标	拟购
2	个人剂量计	1 个	工作期间辐射工作人员佩戴，对个人受到的照射剂量进行记录	拟购
3	便携式 X-γ 辐射剂量巡测仪	1 台	探伤室屏蔽体外定期进行周围剂量当量率监测，保证屏蔽体的屏蔽效果。	拟购
4	固定式剂量报警仪	1 台	固定在探伤室内，监测探伤室内剂量	拟购

#### **10.4 放射性“三废”的处理**

根据工程分析，本项目不涉及放射性“三废”。

#### **10.5 项目措施与相关要求的符合性分析**

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施其与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-3 所示。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。	公司拟建立辐射安全管理体系，制定相应制度，明确其辐射安全主体责任。
	4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	公司拟在项目运行前成立放射防护管理组织，并明确管理人员及组织职责，制定辐射防护管理制度。
	4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	公司拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计并定期送交监测，辐射工作人员拟按照要求进行职业健康检查。
	4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	本项目拟配备辐射工作人员需取得 X 射线无损检测工作资格证再上岗。
	4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目拟购置 1 台辐射剂量巡测仪和 1 台个人剂量报警仪。
	4.6 应制定辐射事故应急预案。	拟制定辐射事故应急预案。
	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。	拟购买符合要求的探伤设备。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤 放射防护标 准》 (GBZ117-2 022)	5.1 X 射 线探伤 机射防 护要求  5.1.2 工作前检查项目应包括: a) 探伤机外观是否完好; b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损; c) 液体制冷设备是否有渗漏; d) 安全联锁是否正常工作; e) 报警设备和警示灯是否正常运行; f) 螺栓等连接件是否连接良好; g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。  5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求: a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责, 每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行; b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测; c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时, 应保证所更换的零部件为合格产品; d) 应做好设备维护记录。	拟按要求制定相关工作前对各项进行检查的制度。
	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, 控制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。	由生产厂家进行维修, 维修按要求进行。
		项目控制室与探伤室分开布置。探伤室的屏蔽体材料和厚度充分考虑了设备辐射防护要求。设备主射线朝向顶棚, 控制室不在主射线投照范围内, 根据后文核算, 探伤室各屏蔽体材料及厚度均满足防护要求。探伤室防护门防护屏蔽厚度满足要求。

**续表 10 辐射安全与防护**

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业探伤 放射防护标 准》 (GBZ117-2 022)	6.1 探 伤室放 射防护 要求	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。	探伤室工作场所分区管理，分区满足 GB18871 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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ； b) 屏蔽体外 $30\text{cm}$ 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	根据后文核算，探伤室墙体和防护门的屏蔽效 果均满足要求。
		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 $30\text{cm}$ 处的周围剂量当 量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	根据后文核算，探伤室顶棚上方 $30\text{cm}$ 处剂量 率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足要求。
		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。	探伤室拟设置门机联锁装置，只有当防护门关 闭后探伤机高压才能启动产生 X 射线。门打 开状态下，设备无法正常运行，防护门关闭后， 需由工作人员手动开启设备，且运行过程中门 意外打开，自动停止设备运行。在防护门内侧 设置紧急开门装置，人员可以在探伤室内打开 防护门离开探伤室。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-202 2)	6.1 探伤室 放射防护要 求	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。	探伤室 2 扇防护门外及探伤室内均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与设备联锁。“预备”信号灯从设备通电到出束前将一直持续。预备灯为绿色，照射灯为红色，样式与工作场所其他报警信号有明显区别，且有中文说明。
		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。	探伤室内拟安装 2 个监控探头，分别位于探伤室东北墙和西南墙，可以监视探伤室内人员活动和探伤设备运行情况，另在 2 扇防护门外分别设置 1 个监控探头，显示器拟设置在控制室内。
		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。	2 扇防护门外均拟粘贴符合要求的电离辐射警告标志。
		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。	探伤室内拟安装拉线开关，拉下拉线，可以停止设备照射。探伤机主射线方向朝向顶棚，工作人员使用拉线开关可以不需要穿过主射线，拉线开关处拟设置中文标签，注明使用方法。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1 探伤室放射防护要求	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。	探伤室排风口位于厂房东北墙,墙外为厂区外道路,不属于人员活动密集区。排风机排风量约 1500m <sup>3</sup> /h, 探伤室容积约 400m <sup>3</sup> , 每小时换气次数约 4 次, 满足要求。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	探伤室内拟配置 1 台固定式剂量报警仪
	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。	拟制定探伤操作规程, 规定每天工作前, 检查门机联锁装置和工作状态指示灯等防护安全措施是否正常。
		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。	拟配备 1 台个人剂量报警仪和 1 台辐射剂量巡测仪, 要求工作人员工作期间随身携带, 仪器报警, 立刻退出探伤室, 并防止人员误入。
		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。	拟配备 1 台辐射剂量巡测仪, 每季度对探伤室周围剂量率水平进行监测, 探伤室四周及顶棚监测值高于 2.5μSv/h 时, 及时进行整改。
		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。	使用辐射巡测仪前, 检查是否可以正常运行, 发现异常, 及时维修。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022 )	6.2 探伤室 探伤操作的 放射防护要 求	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。	操作规程中拟要求工作人员规范使用辐射防护装置。
		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。	操作规程拟要求工作人员每次操作前，需要确认探伤室内无人员驻留，并关闭防护门。确认所有防护和安全装置都正常运行后，再启动设备。
		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。	本项目是给公司自己生产的工件进行无损检测，探伤室的尺寸满足工件探伤要求，不需要开门探伤。
	6.3 探伤设施 的退役	当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容： c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。 e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。 f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。	本项目不再使用后，设备去功能化交有关机构处置，使用单位按照监管部分要求办理后续手续。清除工作场所内电离辐射警告标志和各类说明。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.1 监测的一般要求	8.1.1 检测计划  使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。	拟制定辐射监测制度，明确每三个月对探伤室外周围剂量当量率进行一次监测并保存监测结果，当剂量超过控制水平时，立即整改。
		8.1.2 检测仪器  应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。	拟配备 1 台辐射剂量巡测仪，按照要求进行定期检定。仪器使用前，检查是否可以正常运行。
	8.2 探伤机检测	8.2.1 防护性能检测  8.2.1.1 检测方法 X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行；  8.2.1.2 检测周期  使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。  8.2.1.3 结果评价  X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。	拟每年委托有资质单位对 X 射线探伤机防护性能进行一次监测。

## 续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.3 探伤室 放射防护检测	<p>8.3.1 检测条件</p> <p>检测条件应符合如下要求:</p> <p>a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置, 如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态; 主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行, 副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。</p>	进行探伤室防护监测时, 使用最大运行条件。主线束方向在没有工件的情况下进行监测, 其余方向在有工件情况下进行监测。
		<p>8.3.2 辐射水平巡测</p> <p>探伤室的放射防护检测, 特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测, 用便携式 X-γ剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30 cm 处的辐射水平, 以发现可能出现的高辐射水平区。</p> <p>巡测时应注意:</p> <p>a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定, 并关注天空反散射对周围的剂量影响;</p> <p>b) 探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能, 应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。</p>	项目运行后, 拟定期使用辐射剂量巡测仪对探伤室外四周墙体、防护门、管线洞口、顶棚等处周围剂量进行巡测。

## 续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)	8.3 探伤室放射防护检测	8.3.3 辐射水平定点检测 一般情况下应检测以下各点： a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置； b) 探伤室外 30 cm 离地面高度为 1 m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点； c) 探伤室墙外或邻室墙外 30 cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点； d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30 cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点； e) 人员经常活动的位置； f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。	监测制度中将规定按照要求对探伤室进行定点监测。
		8.3.4 检测周期 探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当 $\gamma$ 射线探伤放射源的活度增加时，或者 X 射线探伤机额定电压增大时，重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。	按照要求每年委托有资质单位进行一次防护监测，设备变更后，也重新进行监测。
		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	探伤室四周屏蔽体及顶棚 30cm 处监测值高于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时，及时进行整改。
8.5 放射工作人员个人监测	8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。	本项目工作人员将按照要求配备个人剂量计定期进行个人剂量监测。	

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3 探伤室屏蔽要求	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。	探伤室单独设置人员门和工件门，人员门未采用迷路形式，人员门外一般无人驻留，根据后文估算，探伤室所有屏蔽体防护效果均满足要求。
		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。	控制室位于探伤室北侧，人员进出门位于探伤室西北侧，设备主射线方向朝向顶棚，控制室和人员进出门避开了主射线方向。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。	项目电缆穿线孔和通风口于墙体下方探伤室外地面处采用直穿穿墙方式接至控制室和厂房内通道，并都采用侧 U 型补偿防护。
		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。	本项目探伤室主体采用实心砖、混凝土和硫酸钡水泥材料。
《职业性外照射个人监测规范》 GBZ128-2019	监测系统与使用要求	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	项目工作人员主要辐射来自于身体前方，拟为工作人员配备个人剂量计，要求工作人员佩戴在胸口位置。

根据表 10-3 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 的要求。

**表 11 环境影响分析**

<p><b>建设阶段对环境的影响</b></p> <p>本项目施工过程中主要有施工机械噪声、施工粉尘、包装垃圾产生。</p> <p>因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束，因此施工对环境产生的影响小。</p>
<p><b>运行阶段对环境的影响</b></p> <p><b>11.1 探伤室屏蔽能力理论预测</b></p> <p><b>11.1.1 探伤室辐射屏蔽估算公式</b></p> <p>估算公式使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中估算公式。</p> <p>(1) 有用线束</p> <p>a) 关注点达到剂量率参考控制水平 <math>\dot{H}_c</math> 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式(1)计算。</p> $B = \frac{\dot{H}_c \bullet R^2}{I \bullet H_0} \quad \text{式 (1)}$ <p>式中：</p> <p><math>\dot{H}_c</math>—剂量率参考控制水平，单位为微希每小时 (<math>\mu\text{Sv}/\text{h}</math>)；</p> <p>R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米 (m)；</p> <p>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)；</p> <p><math>H_0</math>—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，<math>\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})</math>，以 <math>\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})</math> 为单位的值乘以 <math>6\times 10^4</math>，见附录表 B.1。</p> <p>b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 <math>\dot{H}</math> (<math>\mu\text{Sv}/\text{h}</math>) 按式 2) 计算：</p> $\dot{H} = \frac{I \bullet H_0 \bullet B}{R^2} \quad \text{式(2)}$ <p>式中：</p> <p>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);</p>

续表 11 环境影响分析

$H_0$ ——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  $6\times 10^4$ , 见附录表 B.1;

B——屏蔽透射因子;

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离, 单位为米(m)。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (3) 计算:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{式 (3)}$$

式中:

X——屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL——查表。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B, 所需的屏蔽物质厚度 X 按式 (4) 计算:

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad \text{式 (4)}$$

式中:

TVL——查表;

B——达到剂量参考控制水平  $\dot{H}_c$  时所需的屏蔽透射因子。

(3) 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 按式 (5) 计算, 然后按式 (4) 计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式 (5)}$$

式中:

$\dot{H}_c$ ——剂量率参考控制水平, 单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) ;

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离, 单位为米 (m) ;

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (3) 计算, 然后按式 (6) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率  $\dot{H}$  单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) :

续表 11 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \bullet B}{R^2} \quad \text{式 (6)}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组裝体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）。

#### (4) 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 (7) 计算。然后按式 (4) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \bullet R_s^2}{I \bullet H_o} \bullet \frac{R_o^2}{F \bullet \alpha} \quad \text{式 (7)}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

$R_o$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（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）；

$H_o$ —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  $6 \times 10^4$ ；

F— $R_o$  处的辐射野面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ）；

$\alpha$ —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 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

B—屏蔽透射因子；

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，查表得出  $90^\circ$  散射辐射的 TVL，然后按照式 (3) 计算。关注点的散射辐射剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 按照式 (8) 计算。

$$\dot{H} = \frac{I \bullet H_o \bullet B}{R_s^2} \bullet \frac{F \bullet \alpha}{R_o^2} \quad \text{式 (8)}$$

续表 11 环境影响分析

式中：

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  $6\times 10^4$ ；

B—屏蔽透射因子；

F— $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )；

$\alpha$ —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 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位为米 (m)。

#### (5) 屏蔽材料换算

根据《辐射防护导论》（方杰、李士骏）P88，砖和混凝土的相当厚度可用密度进行换算，具体公式如下：

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad (\text{式 9})$$

式中： $d_1$ 、 $d_2$ —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度，

$\rho_1$ 、 $\rho_2$ —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

### 11.1.2 探伤室防护核算原则及主要技术参数

#### (1) 主要技术参数

##### ①核算距离、方向

本项目拟配置 1 台定向 X 射线探伤设备，探伤机电流随电压变化自动调节。根据项目基本情况，探伤机工作时，主射线方向只朝向顶棚，X 射线管拟固定在探伤室内，只可以上下垂直移动一定范围。探伤室内空高度为 3.6m（探伤室顶至探伤室内地面），根据项目探伤设备情况，X 球管离探伤室内地面距离最高约为 1.5m，顶棚核算距离考虑为  $3.6\text{m}-1.5\text{m}+0.3\text{m}$ （混凝土） $+0.3\text{m}=2.7\text{m}$ 。

探伤室周围各点位估算示意见附图 6-1 和附图 6-2，屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

续表 11 环境影响分析

②其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-1 所示。

表 11-1 屏蔽体核算相关参数

参数	数 值					来 源	
设备基础参数	最高电压 160kV, 电流 7mA					建设单位提供	
G (mGy·m <sup>2</sup> /mA·min)	5.9 (0.5mm 铜过滤条件下) :					ICRP33	
转换系数	$6 \times 10^4$					/	
H <sub>0</sub> ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ )	$3.54 \times 10^5$						
$\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$	60					GBZ/T250-2014 附录 B.4.2 中 150kV 时取值	
泄漏辐射剂量率 H <sub>L</sub> ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	2500					GBZ/T250-2014 表 1	
X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值	150					GBZ/T250-2014 表 2	
什值层 (TVL) 半值层 (HVL)	TVL					辐射防护导论 GBZ/T250-2014 表 B.2, 实心砖和混凝土按照式 9 换算, 160kV 条件下的 TVL 值按照内插法计算得出。	
	电压	铅	实心砖	混凝土	硫酸钡水泥		
	150kV	0.96mm	100mm	70mm	14mm		
	160kV	1.05mm	104mm	73mm	16mm*		
	HVL						
	电压	铅	实心砖	混凝土	硫酸钡水泥		
	150 kV	0.29mm	31mm	22mm	/		
	160 kV	0.32mm	33mm	23mm	/		

备注: \*本文中硫酸钡水泥 160kV 下的防护厚度采用辐射防护手册第三分册中表 3.5 中数据外推得出。

③关注点设置原则

因探伤室墙体和顶棚新增屏蔽为局部增加, 因此, 在屏蔽体射线垂直最短距离和新增屏蔽区边缘处均设置关注点, 计算新增屏蔽体边缘处剂量率时, 因 X 射线球管固定在支撑结构上, 水平位置保持不变, 因此, 在核算新增屏蔽区边沿处及人员门时考虑射线贯穿的实际防护厚度。

根据附图 6-2, 设备主射线辐射角为 40°, 而顶棚新增硫酸钡水泥区边沿与主射线

续表 11 环境影响分析

中心的夹角约为  $62.3^\circ$ ，因此计算顶棚屏蔽体边缘处剂量率时，按照散射线和漏射线考虑。

表 11-2 关注点选取情况一览表

关注点	位置	核算距离 (m)	辐射类型	屏蔽材料
A	东北墙(控制室)	8.7	散射、漏射	500mm 实心砖
B	东北墙 (过道)	6.2	散射、漏射	500mm 实心砖
C	东北墙 (过道)	2.7	散射、漏射	500mm 实心砖 +40mm 硫酸钡
D	东南侧 (工件门)	15.9	散射、漏射	6mmPb 铅门
	东南侧 (工件传输区)	15.9	散射、漏射	500mm 实心砖
E	西南墙 (过道)	2.7	散射、漏射	500mm 实心砖 +40mm 硫酸钡
F	西南墙 (过道)	6.2	散射、漏射	500mm 实心砖
G	西北墙 (过道)	15.9	散射、漏射	500mm 实心砖
	西北墙 (人员门)	15.9	散射、漏射	6mmPb 铅门
H	顶棚	5.2	散射、漏射	300mm 混凝土
I	顶棚	2.7	主射线	300mm 混凝土 +40mm 硫酸钡
J	东北墙 (穿墙线管)	14.5	散射、漏射	2100mm 实心砖
		15.1	散射和漏射的散射	240mm 实心砖
K	东北墙 (穿墙风管)	10.6	散射、漏射	2100mm 实心砖
		11.1	散射和漏射的散射	240mm 实心砖

## (2) 探伤室屏蔽防护效能核算原则

墙体厚度确定原则：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)。

本项目工作场所屏蔽计算选择设备最大参数条件，且不考虑工件本身的防护效果。

本项目的探伤机额定电压为 160kV，过滤材质 0.5mm 铜，在 GBZ/T250-2014 中附录 B.1 的曲线中无对应的曲线，因此采用公式 (1) 和 (4) 进行理论计算。

续表 11 环境影响分析

## 11.1.3 探伤室防护核算结果

本项目探伤室的屏蔽体屏蔽能力核算结果见表 11-3。

表 11-3 探伤室屏蔽效能核算表

关注点		剂量率参考控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	距离 (m)	控制水平下的射线实际屏蔽所需厚度	设计厚度	设计厚度下瞬时剂量 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	是否达到屏蔽要求	
A	散射	2.5 (控制室)	8.7	234mm 实心砖	500mm 实心砖*	$5.46 \times 10^{-3}$	是	
	漏射			117mm 实心砖		$5.14 \times 10^{-4}$		
B	散射	2.5 (东北墙)	6.2	263mm 实心砖	500mm 实心砖*	$1.07 \times 10^{-2}$	是	
	漏射			147mm 实心砖		$1.01 \times 10^{-3}$		
C	散射	2.5 (东北墙)	2.7	50mm 实心砖 +40mm 硫酸钡	500mm 实心砖 +40mm 硫酸钡	$7.87 \times 10^{-5}$	是	
	漏射			-38mm 实心砖 +40mm 硫酸钡		$1.69 \times 10^{-5}$		
D	散射	2.5 (工件传输区)	15.8	182mm 实心砖	500mm 实心砖	$1.65 \times 10^{-3}$	是	
	漏射			62mm 实心砖		$1.56 \times 10^{-4}$		
D	散射	2.5 (工件门)		1.74mm 铅	6mm 铅	$9.30 \times 10^{-5}$	是	
	漏射			0.63mm 铅		$1.93 \times 10^{-5}$		
E	散射	2.5 (西南墙)	6.2	263mm 实心砖	500mm 实心砖*	$1.07 \times 10^{-2}$	是	
	漏射			147mm 实心砖		$1.01 \times 10^{-3}$		
E	散射	2.5 (西南墙)	2.7	50mm 实心砖 +40mm 硫酸钡	500mm 实心砖 +40mm 硫酸钡	$7.87 \times 10^{-5}$	是	
	漏射			-38mm 实心砖 +40mm 硫酸钡		$1.69 \times 10^{-5}$		
F	散射	2.5 (过道)	15.8	182mm 实心砖	500mm 实心砖	$1.65 \times 10^{-3}$	是	
	漏射			63mm 实心砖		$1.56 \times 10^{-4}$		
F	散射	2.5 (人员门)		1.74mm 铅	6mm 铅	$9.30 \times 10^{-5}$	是	
	漏射			0.63mm 铅		$1.93 \times 10^{-5}$		
G	主射	顶棚	2.7	192mm 混凝土 +40mm 硫酸钡	300mm 混凝土 +40mm 硫酸钡	0.08	0.08 是	
H	散射	顶棚	5.8	188mm 混凝土	300mm 混凝土*	$6.36 \times 10^{-2}$	是	
H	漏射			100mm 混凝土		$5.77 \times 10^{-3}$		
I	散射	2.5 (线管)	15.1①	74mm 实心砖	190mm 实心砖	240mm 实心砖*	0.73 是	
	散射			190mm 实心砖		$1.96 \times 10^{-19}$		
	漏射			70mm 实心砖		$7.64 \times 10^{-20}$		
J	散射	2.5 (风管)	11.1①	96mm 实心砖	217mm 实心砖	240mm 实心砖*	1.34 是	
	散射			217mm 实心砖		$3.68 \times 10^{-19}$		
	漏射		10.6	99mm 实心砖	2100mm 实心砖	$1.43 \times 10^{-19}$		

注: \*对于射线斜穿屏蔽体部分的关注点, 从最不利情况考虑, 仅按照直穿屏蔽体计算其穿墙厚度。对于穿墙风管和线管, 因斜穿厚度远大于直穿厚度, 为减小核算误差, 屏蔽厚度采用斜穿实际计算其厚度。对于有两种材质防护情况, 核算针对其中主要屏蔽材质厚度。①计算散射和漏射的散射时, 保守考虑按直穿计算, 实际结果远小于该核算值。

## 续表 11 环境影响分析

综上所述，根据计算结果可知，探伤机工作时，探伤室的四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。探伤室顶棚上方剂量率最高值为  $0.08 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，经过距离衰减后和散射后，该部分剂量率对周围环境的辐射影响是很小的，不考虑天空散射。

### 11.1.4 工作人员年有效剂量估算

#### (1) 估算公式

X- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad \text{式 (10)}$$

式中：

$H_{Er}$ : X 或  $\gamma$  射线外照射人均年有效剂量当量， $\text{mSv}$ ；

$H_{(10)}$ : X 或  $\gamma$  射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$t$ : X 或  $\gamma$  射线照射时间，小时。

#### (2) 估算结果

探伤室外工作人员剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 工作人员工作时剂量估算表

估算人员	工作场所	方位	设计厚度下剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年受照时间 ( $\text{h}$ )	年受照剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
辐射工作人员	控制室	北侧	0.73	200	0.15

设备运行时，工作人员位于控制室内，选择控制室线管处剂量率与控制室 A 点处剂量率叠加估算

根据表 11-4 可得出以下结论：

##### ①辐射工作人员

该项目辐射工作人员所受的年有效剂量不大于  $0.15\text{mSv/a}$ ，低于本评价管理目标值  $5\text{mSv/a}$ ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

##### ②公众成员

根据表 11-5，项目探伤机开展 X 射线无损检测工作时，在探伤室周围活动的公众成

**续表 11 环境影响分析**

员所受的最大年附加有效剂量为 0.03mSv，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

### 11.3 对周围环境保护目标的影响分析

探伤室各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的增加而快速减弱的特性可知，距离 X 射线探伤室更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。

本项目探伤室周围环境保护目标预测结果见表 11-5。

**表 11-5 环境保护目标处公众周围剂量当量率预测结果表**

序号	环境保护目标名称	方位	水平距离	保护目标处剂量率值 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	工作时间	居留因子	年受照剂量 (mSv)
1	厂房内通道	东北	紧邻	1.34 <sup>①</sup>	200	1/8	0.03
2	厂区道路、材料堆放区	东北	约 2m	0.14 <sup>①</sup>	200	1/8	0.03
3	钰昕物流厂房	东北	约 50m	$6.34 \times 10^{-3}$ <sup>①</sup>	200	1	$1.27 \times 10^{-3}$
4	工件传输区	东南	紧邻	$1.81 \times 10^{-3}$	200	1/5	$7.24 \times 10^{-5}$
5	补焊区	南	约 10m	$6.69 \times 10^{-4}$	200	1	$1.34 \times 10^{-4}$
6	工件转运区	西/西南	约 1m	$8.72 \times 10^{-3}$	200	1/5	$3.49 \times 10^{-4}$
7	平头和水压区	西/西南	约 8m	$2.24 \times 10^{-3}$	200	1	$4.48 \times 10^{-4}$
8	桥式行车操作室	西/西南	约 35m	$2.82 \times 10^{-4}$	200	1/40	$1.41 \times 10^{-6}$
9	材料堆放区、厂区道路	西/西南	约 20m	$7.23 \times 10^{-4}$ <sup>②③</sup>	200	1	$1.45 \times 10^{-4}$
10	厂房内库房	西	约 18m	$5.02 \times 10^{-4}$ <sup>②③</sup>	200	1	$1.00 \times 10^{-4}$
11	拟建理化实验室	西	约 24m	$6.20 \times 10^{-4}$ <sup>②③</sup>	200	1	$1.24 \times 10^{-4}$
12	过道	西北	紧邻	$1.81 \times 10^{-3}$	200	1/5	$9.05 \times 10^{-5}$
13	检验区	西北	约 4m	$1.15 \times 10^{-3}$	200	1/5	$4.60 \times 10^{-5}$
14	拟建库房	西北	约 25m	$2.71 \times 10^{-4}$	200	1/5	$1.08 \times 10^{-5}$
15	厂区道路	西北	约 25m	$2.71 \times 10^{-4}$	200	1/8	$6.78 \times 10^{-6}$
16	成品堆放区	西北	约 40m	$1.45 \times 10^{-4}$	200	1/8	$3.63 \times 10^{-6}$
17	吊车操作室	上方	约 8m	$5.32 \times 10^{-3}$	200	1/40	$2.66 \times 10^{-5}$

## 续表 11 环境影响分析

注：①探伤室东北墙侧墙体外敏感目标核算结果为二次散射及该方向其余射线剂量率之和，直穿和斜穿东北侧墙体核算结果远小于保守估算结果，可忽略不计，故未体现在附件 7 中。

②对周围敏感目标进行剂量率核算时，考虑墙体屏蔽材质不同，故选择表 11-3 中的各墙体外剂量率核算结果最大值距离衰减后的数值作为该处环境保护目标的剂量率值，核算距离为最大值处核算距离加上该点到最大值处的距离。

③因距离计算方式不同，实际出束点到敏感目标距离（核算距离）与敏感目标到探伤室边界距离不一致，出现边界距离较远反而核算结果较小情况。

根据表 11-5 结果可知，本项目周围环境保护目标处人员年受照剂量均满足管理目标值要求，且估算结果只考虑了距离的衰减，实际上 X 射线在传播过程中有墙体等各种屏蔽体的阻挡，因此，项目探伤室外 50m 范围内的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求，对环境保护目标的影响很小。

### 11.4 其他影响

#### (1) 废气对环境影响分析

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧 ( $O_3$ ) 和氮氧化物（主要为  $NO_2$ ）。探伤室设置有 1 个排风口，位于探伤室东北侧偏南墙体下方。排风口处安装机械排风机，离地超过 3m，整体换气次数约为 4 次/h，能保证室内空气的流通，使少量的  $O_3$ 、 $NO_x$  得以快速扩散。废气不在室内聚集，曝光时产生的废气不会对室内工作人员造成影响。

项目废气排放口周边 50m 范围均为道路和材料堆放区，无环境保护目标。同时，周围地势开阔，利于  $O_3$ 、 $NO_x$  废气的扩散。故项目产生的废气对周围环境影响小。

#### (2) 废水环境影响

项目无生产废水产生，本项目废水主要为鑫通公司辐射工作人员产生的生活污水。

工作人员生活污水依托厂区现有污水处理设施处理达《污水综合排放标准》三级标准后，接入市政污水管网，送入江南污水处理厂进行处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后外排，对地表水环境影响较小。本项目工作人员属于鑫通公司已有员工，不新增生活污水总量。

#### (3) 噪声影响

本项目拟购的排风系统为低噪声节能排风机，风机风量  $1500m^3/h$ ，其噪声值约为 65dB (A)，噪声源强较小，与厂界有一定距离，对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声学环境影响轻微。

**续表 11 环境影响分析**

**(4) 固废环境影响**

生活垃圾依托厂区现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

报废的探伤机去功能化后交由物资回收单位处置，废阴极射线管交有资质单位依法依规处理。

综上所述，建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，对环境基本无影响。

**11.5 实践正当性分析**

项目使用 X 射线探伤对产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益，同时也将为公司创造更大的经济效益。项目采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。该项目的建设有利于发展社会经济，为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

**11.6 产业政策符合性分析**

项目主要是配置 X 射线探伤机用于对工件无损检测，属于《产业结构调整指导目录》（2024 年本）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 条“科学仪器和工业仪表：工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

**11.7 事故影响分析**

**(1) 风险事故类型**

X 射线探伤机产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。由于本项目电缆线埋地穿墙敷设，操作台体积较大，被盗的可能性较小，仅有 X 射线球管丢失或被盗时，无法开机工作，设备丢失、被盗产生的影响较小。

因此，本项目辐射事故可能有以下三种情况：

①人员滞留在探伤室内

人员进入探伤室后未全部撤离，仍有人滞留在探伤室内某个不易察觉的地方，在开机前，工作人员未完全充分搜寻，从而意外地导致人员滞留了下来，因此受到大剂量照射。

②联锁装置失效

**续表 11 环境影响分析**

由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或探伤机工作时门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

③X 射线球管支撑臂故障

由于 X 射线球管支撑结构不稳或与 X 射线球管连接松动，导致 X 射线球管主射线方向朝向两侧墙体，可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

④设备自身丧失屏蔽

X 射线设备机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将设备管头及探测器上的屏蔽块移走，使 X 射线设备丧失自身屏蔽作用，探伤室四周墙体均为主射墙，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

## (2) 后果分析

①探伤室内人员误照射（风险事故①、③、④或同时发生）

当探伤机工作时，按最不利考虑，风险事故①③或①④同时发生时，考虑人员在距离辐射源点 1m 处受到主射线束误照射。在无屏蔽体屏蔽情况下，人员所在位置的周围剂量当量率为  $2.48 \times 10^6 \mu\text{Sv}/\text{h}$  (160kV 条件下)，探伤室内设置有监控和工作状态指示灯，探伤室及控制台内均设置急停开关，误入探伤室的人员及控制室内工作人员发现误照射后，可按下就近的急停开关紧急停机。在安全联锁设施正常运行的情况下，从设备出束到滞留人员或工作人员发现事故并按下紧急停机按钮的时间为 1min，但考虑极端情况，人员在设备运行过程中均未发现异常，其受照时间取单次设备最大运行时间 20min，经过估算，单次照射下人员吸收剂量最大为  $0.83\text{Gy}$  ( $2.48 \times 10^6 \mu\text{Sv}/\text{h} \times 20\text{min} \div 60 \div 1000000 = 0.83\text{Sv}$ ，转换系数  $\text{Sv/Gy}=1$ ，下同)。

②探伤室外人员误照射（风险事故②、④或同时发生）

探伤室四周屏蔽良好，射线经屏蔽体后衰减，剂量率较小，故考虑风险事故②④同时发生时工件大门外人员受到的误照射。项目两侧防护门在未关闭情况下开展探伤工作，且设备自身丧失屏蔽，四周均为主射方向时，门外周围剂量当量率最大约为  $9.93 \times 10^3 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。防护门上方设置有工作状态指示灯，探伤室内设置有监控，监控位置可以看到工件大门区域情况。一般从设备出束到人员发现事故后远离探伤室区域或者工作人

**续表 11 环境影响分析**

员紧急停机的时间为 1min，考虑极端情况，设备运行中，无人发现异常，使防护门外人员受到长时间照射，照射时间取设备单次运行最大时间 20min，则单次照射下探伤室防护门外停留的人员吸收剂量最大约  $3.31\text{mGy}$  ( $9930\mu\text{Sv}/\text{h} \times 20\text{min} \div 60 \div 1000 = 3.31\text{mSv}$ )。另在安全联锁设施失效的情况下，人员可能误入探伤室内，其单次照射下人员受照剂量同上文滞留探伤室内人员剂量。

### (3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此所造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和确定性效应。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。

项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

不同照射剂量的 X、 $\gamma$  射线对人体损伤估计见表 11-6。

续表 11 环境影响分析

表 11-6 不同照射剂量的 X、 $\gamma$  射线对人体损伤的估计表

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25	/		不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5	/		可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1	/		机能变化，血液学变化，但不伴有临床症象
1~2	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
2~3.5		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
3.5~5.5		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
5.5~10		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。

根据上述后果分析可知，三种事故情景导致单次可能超过人员年有效剂量管理目标值，可能会发生机能变化，血液学变化，但不伴有临床症象。事故后果不会造成确定性效应，不会造成严重辐射损伤，但可能增加发生随机性效应的概率。全年多次误照射的情况基本不存在。

#### (4) 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻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，见表 11-11。

表 11-11 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

**续表 11 环境影响分析**

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，本项目各类辐射事故中，影响最大的为人员误入辐照室受到意外照射，该种情况下，人员受照剂量将超过年剂量限值的要求。

因此，假若本项目发生事故，事故等级为：一般辐射事故。

#### **(5) 辐射事故防范措施**

①设备检修、调试应由专业技术人员进行，不得擅自改变、削弱、或破坏 X 射线探伤室屏蔽防护结构，如开孔洞、砸墙等。

②撤离探伤室时应清点人数，辐射工作人员对探伤室内进行扫视，按搜寻程序进行查找，确认无人停留在内并关闭防护门后才能进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留探伤室内，控制室人员、滞留人员应立即按下急停按钮或拉下拉线开关，停止照射。

③定期检查探伤室的门机联锁、灯机联锁装置、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标示，出现问题时，应就近按下急停按钮或拉下拉线开关。对于本项目涉及的安全控制措施的各机构及电控系统，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，修复后监测合格再投入使用。

④配置 X-γ 辐射剂量率仪，定期巡查探伤室屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡测防护门区域，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探伤作业。

⑤定期检查 X 射线球管与支撑结构的连接部位稳定性，支撑结构本身安全性，发现设备支撑结构部件松动、有裂缝等，及时修复。

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，保证按照要求进行探伤工作。

## 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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：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。

鑫通公司未开展过核技术利用项目，拟成立辐射安全防护领导小组，并设置1名专职辐射安全管理员，负责公司辐射防护日常工作，管理员学历不低于本科，同时在制度中明确组织成员职责。

辐射防护领导小组主要职责为制定公司X射线探伤相关辐射防护管理制度，定期组织辐射工作人员进行培训、体检和个人剂量监测，对工作场所辐射防护安全设施进行定期检查等。

### 12.2 辐射安全管理

#### (1) 辐射安全管理规章制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，鑫通公司必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，公司拟按照相关规定制定相应的管理制度，包括：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、射线置装使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等。

#### (2) 辐射工作人员管理

鑫通公司拟按照规范要求，在本项目建设过程中，组织拟定的辐射工作人员通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识并参加考核，考核合格后再上岗工作。另鑫通公司将委托有资质单位对辐射工作人员进行定期的个人剂量监测，监测周期为3个月并要求工作人员工作期间必须正确佩戴个人剂量计，对个人剂量计严格管理，防止个人剂量计遗失和监测结果异常，并到有放射工作人员体检资质的单位进行职业健康检

## 表 12 辐射安全管理

查。

### (3) 射线装置台账管理

项目建设单位应制定射线装置台账管理制度，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

### (4) 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

公司拟制定《辐射安全防护管理规定》，制度中明确年度评估报告包含内容，并指定专人负责填写和上报，要求如实填写公司辐射防护管理情况，并在每年 1 月 31 日前将上年度报告提交在全国核技术利用辐射安全申报系统上。

### (5) 档案管理

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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

鑫通公司拟在项目运行后，建立放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，并且组织上岗后的放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超过2年。

档案信息和保存等按照环境保护令第18号规定执行。档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。建设单位应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

## 表 12 辐射安全管理

### (6) 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。鑫通公司应建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

- ①建设单位应组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；
- ②建设单位应当建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

### 12.3 从事辐射活动能力评价

建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	拟设置 1 名专职辐射安全管理人员，人员学历为本科。
从事放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。	项目辐射工作人员将在上岗前按照规定参加培训并考核合格。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设备在探伤室内工作，探伤室屏蔽能力满足要求；工作场所拟设置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮等安全防护措施。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	拟配备个人剂量计、个人辐射报警仪和便携式 X-γ 辐射剂量率仪、固定式剂量报警仪等。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使	鑫通公司拟制定全面的辐射防护制度全，满足本项目运行要求，并拟将部分制度张贴上

**表 12 辐射安全管理**

用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	墙。
有完善的辐射事故应急措施。	拟制定辐射事故应急处理相关制度，明确了发生辐射事故后的应急处理要求。

根据上表可知，鑫通公司根据相应管理规定，在落实辐射防护管理和现场设施等要求后，具备从事本项目辐射活动的能力。

### 12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、探伤工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位可配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对探伤室探伤室周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

#### (1) 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：三个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

#### (2) 工作场所外环境监测

建设单位在项目运行后将对探伤室外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收和备大修时进行监测；公司日常巡测每季度一次，每年委托有资质单位每年监测一次；每次探伤工作结束后，使用剂量仪对防护门外剂量进行监测，确保探伤机已停止工作。

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：探伤室周围屏蔽体外、防护门外、顶棚上方 30cm 处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等辐射防护薄弱处。在巡测时发现数值异常高的区域，进行定点监测。监测

## 表 12 辐射安全管理

点位按照防护门左中右侧和门缝四周各一个点、四周墙体至少各 3 个点、顶棚上方主线束范围内至少 5 个点。人员经常活动的区域需要重点关注。

监测开始前确认探伤室内没有人员，确认设备正常，监测使用探伤机最大运行条件，并使用工件。

### 12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

#### 12.4.1 应急处理小组

由公司安全管理等部门、公司主要负责人、辐射工作人员组成了辐射事故应急处理小组，其主要职责是发生辐射事故后，对现场进行及时处理，对受到事故辐射照射的人员剂量进行估算，安排其就医，和上级主管部门报告辐射事故处理情况，事故处理结束后，总结经验，防止事故的发生。

#### 12.4.2 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订）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。

本项目使用 II 类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员滞留探伤室、联锁失效等情况，导则人员受到不必要的误照射，事故情况下，辐射工作人员或公众成员受照剂量可能受到超过年剂量限值，因此，本项目事故等级为一般辐射事故。

#### 12.4.2 事故应急方案与措施

##### （1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，现场人员应迅速电话向公司辐射事故应急小组报告，应急小组需在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市生态环境部门报告。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。

##### （2）辐射事故应急处置措施

## 表 12 辐射安全管理

本项目设备发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮或拉下拉线开关，迅速控制事故发展，消除事故源。

### (3) 辐射事故处理程序

启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生原因，杜绝事故的再次发生。

### (3) 应急演练

组织工作人员根据项目运行过程中可能产生的各类辐射事故定期进行辐射事故演练，提高人员对突发事故的应急处理能力。应急演练过程记录在案，针对演练过程中发现的问题，及时进行整改，避免发生事故后，应急处置工作的不当。

## 12.5 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表 12-2。

### 表 12-2 辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框，上墙	0.5
警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	探伤室灯机联锁、紧急停机按钮、声光警示装置等	2
防护监测设备	个人剂量计、个人辐射报警仪、便携式 X-γ 辐射剂量率仪、固定式剂量报警仪	2.5
合计	/	5

## 12.6 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目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。建设项目正式投产运行前，建设单位应取得辐射安全许可证、进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

**表 12 辐射安全管理****表 12-3 环保设施竣工验收内容和要求一览表**

序号	验收内容	验收要求		备注
1	设备	定向探伤机 1 台，额定电压≤160kV，电流≤7mA。探伤机固定在项目探伤室内		不发生重大变更
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等		齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备维修保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案、人员岗位职责等。		齐全
4	环保措施	探伤室内外安装监视系统（要求无监控死角）、语音设备； 探伤室内设置急停开关，操作台上设置急停按钮。 探伤机与防护门联锁，在防护门未关闭时，探伤机不能出束。设置灯机联锁，工作状态指示灯能正常显示探伤机的工作状态。 探伤室外电离辐射警示标志等设置位置合理；室内及室外声光警示装置等正常运行。 每名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计，配置个人辐射报警仪、便携式 X-γ 辐射剂量率仪和固定式剂量报警仪等，剂量率仪按照要求进行定期校准。 通风：设置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/h。		符合相关要求
5	人员要求	配置不少于 1 名辐射工作人员，持证上岗，定期进行复训。		环境保护令第 3 号、第 18 号
6	电离辐射	剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a 公众成员≤0.1mSv/a	GB18871-2002
		屏蔽体外剂量率控制	探伤室四周屏蔽体及顶棚外 30cm 处周围剂量当量率：≤2.5μSv/h。	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014

### 表 13 结论和建议

#### 13.1 结论

##### 13.1.1 项目概况

鑫通公司拟将在公司厂房西北侧新建 1 间 X 射线探伤室和 1 间控制室，并拟配置 1 套定向型数字化 X 射线探伤成像系统（最大管电压 160kV，最大管电流 7mA），用于对公司生产的螺旋焊缝钢管进行 X 射线无损检测。项目用房总建筑面积约 170m<sup>2</sup>。

项目总投资 50 万元，其中环保投资约 5 万元。

##### 13.1.2 产业政策符合性

项目属于《产业结构调整指导目录》（2024 年本）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 条“科学仪器和工业仪表：工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

##### 13.1.3 实践正当性

项目使用 X 射线探伤的目地是开展螺旋焊缝钢管的无损质量检验，确保产品质量与安全。其为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

##### 13.1.4 辐射环境质量现状

本项目建设位置的环境  $\gamma$  剂量率的监测值在 56nGy/h~59nGy/h（未扣除宇宙射线），与《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版）中全市环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率平均值 94.5nGy/h（未扣除宇宙射线）相比较，在涨落范围内，项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

##### 13.1.5 选址可行性及布局合理性

项目位于鑫通公司厂房内部，且四周均为人员居留时间很少的区域。探伤室周围流动人员很少，有利于探伤室辐射防护的管理，项目选址合理。

项目探伤室功能布置齐全，房间布置紧凑，方便探伤工作操作。项目探伤室分别设置有 1 个工件传输防护门和 1 个工作人员门，便于日常工作，同时满足标准要

### 表 13 结论和建议

求，项目探伤室平面布局合理。

#### 13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对探伤室进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为探伤室，监督区范围为探伤室外的控制室、工件传输区等及探伤室其余相邻区域。

拟采购设备自带多种固有安全性，如：过电压保护、过电流保护、欠电流保护、冷却系统欠流量保护、管头超温保护等，能很好的保证探伤机自身的稳定性和安全性。

探伤室四周墙体拟采用为 500mm 实心砖，顶棚采用 300mm 混凝土，以 X 射线球管拟固定位置为中心线，东南和西南两侧墙体及顶棚拟采用 40mm 硫酸钡水泥进行补偿防护，两侧长度均约 4m；人员门和工件传输防护门为 6mmPb。根据核算，在屏蔽体设计厚度下，探伤机工作时，探伤室四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

防护门与探伤室屏蔽墙体之间有足够的搭接宽度。穿越防护墙的管道（电缆线管、排风口）远离 X 射线球管，且采用侧 U 型防护补偿措施，能有效减少环境保护目标处的辐射影响。

探伤室内外均拟安装紧急停机按钮，拟设置门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、视频监控系统，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。

探伤室安装有机械排风系统，具有良好的通风，每小时换气次数满足标准规定的 3 次/h。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

#### 13.1.7 环境影响分析结论

根据核算，探伤室四周屏蔽体及顶棚外 30cm 处周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

### 表 13 结论和建议

辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

本项目运行时，在周围环境保护目标处的辐射影响很小，对其产生的影响有限，能为环境所接受。若本项目发生事故，事故等级为一般辐射事故。

项目运行不产生放射性废水、放射性废气。

少量的臭氧和氮氧化物经探伤室东北墙排风口排至室外，其周围地势开阔，废气能迅速排出和扩散，不会对周围环境产生不利影响；生活污水依托厂区污水处理装置处理后排入市政污水管网，不会对地表水产生不利影响；生活垃圾依托公司的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理；报废 X 射线机去功能化后交由物资回收单位处置，废阴极射线管交有资质单位依法依规处理，项目固废均能得到妥善处置，不会对周围环境产生不利影响。

拟购低噪声节能排风机，噪声源强较小，经厂房隔声后对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响小。

综上，本项目运行时，在周围环境保护目标处的环境影响较小，对环境产生的影响有限，满足相关要求。

#### 13.1.8 辐射环境管理

本项目运行前，建设单位将按照要求组织辐射工作人员进行辐射防护培训并持证上岗，工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排职业健康体检。建设单位拟制定相关操作流程、管理及辐射防护制度、人员培训、工作场所监测等制度。制定详实、可操作性强的应急预案，配备相关应急物资并定期开展应急演练。

建设单位在完成报告中的承诺事项，严格执行环评报告中提出的建议后，项目辐射风险可防可控，项目的运行安全是有保障的。

公司还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

表 13 结论和建议

**13.1.9 综合结论**

综上所述，重庆鑫通钢管有限公司的年生产 8 万吨螺旋管项目（探伤部分）符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，选址和布局合理。在认真落实制定的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控。项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。因此，从环境保护的角度来看，该建设项目是可行的。

## 附 图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目外环境及 50m 范围示意图

附图 3 鑫通公司厂房平面布置示意图

附图 4 项目平面布置及立面布置示意图

附图 5 穿墙风管与穿墙线管防护示意图

附图 6 项目核算距离示意图

附图 7 项目现场照片

## 附 件

附件 1 环境影响评价委托书

附件 2 项目备案证

附件 3 环境影响评价批复文件

附件 4 项目监测报告

附件 5 计算表格