

# 核技术利用建设项目

## 使用工业 X 射线实时成像检测系统项目

### 环境影响报告表

(公示本)

四川德恩航天科技有限公司

二〇二四年五月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

使用工业 X 射线实时成像检测系统项目

环境影响报告表

建设单位名称：四川德恩航天科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：\*\*\*

通讯地址：四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路9号厂区

邮政编码：

联系人：\*\*\*

电子邮箱：

联系电话：\*\*\*

## 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	8
表 3 非密封放射性物质 .....	8
表 4 射线装置 .....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	10
表 6 评价依据 .....	11
表 7 保护目标与评价标准 .....	13
表 8 环境质量和辐射现状 .....	15
表 9 项目工程分析与源项 .....	18
表 10 辐射安全与防护 .....	25
表 11 环境影响分析 .....	32
表 12 辐射安全管理 .....	53
表 13 结论与建议 .....	60

**附件：**

附件 1 环评委托书

附件2 四川德恩航天科技有限公司厂房租赁合同

附件 3 关于四川德恩航天科技有限公司建设项目环境影响报告

表批复（眉市环建青[2023]5 号）

附件 4 本项目辐射环境现状监测报告

附件 5 本项目成立辐射安全与管理领导小组的通知

附件 6 生产厂家提供出厂检测报告

附件 7 资料确认清单

**附图：**

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目所在单位外环境关系图

附图 3 拟建工作场所周围现场照片

附图 4 本项目所在生产车间平面布局图

附图 5 本项目两区划分示意图

附图 6 本项目自建混凝土探伤室剖面图

附图 7 本项目辐射安全设施布局图

附图 8 本项目人流、物流路径图



表 1 项目概况

建设项目名称		使用工业 X 射线实时成像检测系统项目				
建设单位		四川德恩航天科技有限公司				
法人代表		周宝华	联系人	周宝华	联系电话	13888993187
注册地址		四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路 9 号				
项目建设地点		四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路 9 号厂区				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		240	项目环保投资（万元）	100	投资比例（环保投资/总投资）	41.6%
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（m²）	88.46
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" 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	/				

项目概述

一、建设单位简介及项目由来

四川德恩航天科技有限公司（社会信用代码：91511424MA6BL5NQ5U）（下文简称“该公司”），位于四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路 9 号，于 2020 年 7 月成立，是一家集研发、铸造、3D 打印、机械零件、零部件加工等业务的综合型企业。

为满足客户的需求，提升产品质量和安全性能，该公司拟在生产车间西南侧，

使用两套 UNC160B203 型和一套 UND320 型工业 X 射线实时成像检测系统，对公司生产的产品进行无损探伤。其中两套 UNC160B203 型工业 X 射线实时成像检测系统（后文简称“UNC160B203 型检测系统”）中含一台额定管电压为 160kV、额定管电流为 3mA 的定向探伤机和一套实时成像系统；UND320 型工业 X 射线实时成像检测系统（后文简称“UND320 型检测系统”）中含 1 台额定管电压为 320kV、额定管电流为 15mA 的定向探伤机和一套实时成像系统，均属于Ⅱ类射线装置。本项目所在生产车间已进行了环境影响评价，并取得了眉山市青神生态环境局关于《基于 3D 数字增材技术制造航空航天用大型复杂薄壁高强度铸造精密构件及 3D 打印一体化智能设备生产项目环境影响报告表建设项目环境影响报告表的批复》，文号为眉市环建青[2023]5 号（见附件 3）。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，须对该项目进行环境影响评价。

本项目涉及使用Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（部令第18号）及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行）的相关规定，本项目属于“第五十五—172条核技术利用建设项目中使用Ⅱ类射线装置”的规定，本项目应编制环境影响报告表，并向四川省生态环境厅申请审批，因此，该公司委托四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司对本项目开展环境影响评价工作。四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《使用工业X射线实时成像检测系统项目环境影响报告表》。

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，加大环境影响评价公众参与公开力度，本项目环境影响报告表编制完成后，建设单位在环评互联网上对《四川德恩航天科技有限公司使用工业X射线实时成像检测系统项目》的环境影响报告表进行了全文公示。公示网址为：，公示网站截图如下：

公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

## 二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于工业探伤领域，属高新技术。根据国家发展改革委《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行产业发展政策。

## 三、项目概况

### （一）项目名称、性质、地点

项目名称：使用工业 X 射线实时成像检测系统

建设单位：四川德恩航天科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路 9 号厂区生产车间

### （二）建设内容与规模

四川德恩航天科技有限公司拟在生产车间西南侧使用两套UNC160B203型和一套UND320型检测系统，均属于II类射线装置。据建设单位核实，三套检测系统存在同时使用的情况，均用于铸件（钢、铁、铝）内部缺陷探伤，不涉及室外探伤，不使用定影液、显影液和胶片。

UNC160B203 型检测系统：设备自带铅钢结构屏蔽铅房（铅房外侧为钢-铅-钢夹层结构，内壁为方管焊接而成的框架），定向式 X 射线源固定在屏蔽铅房内，主射方向投向铅房东部墙体，操作台在铅房西侧。其额定管电压为 160kV，额定管电流为 3mA；公司最大年检测工件数量为 6000 件，年曝光时间最长为 1000h。设备自带铅房整体占地尺寸为：2.46m 长×2.42m 宽×2.49m 高，净空尺寸为 2.397m 长×2.40m 宽×2.469m 高。本项目主射方向朝向东侧，屏蔽层厚度为 3mm 内钢板+8mm 铅板+2mm 外钢板；东侧、北侧、南侧屏蔽层厚度均为 3mm 内钢板+5mm 铅板+2mm 外钢板；底部屏蔽层厚度为 3mm 内钢板+5mm 铅板+3mm 外钢板；顶部屏蔽层厚度为 3mm 内钢板+5mm 铅板+2mm 外钢板。工件进出门为电动推拉铅门（长 0.971m×高 1.998m）位于南侧，屏蔽层厚度为 3mm 内钢板+5mm 铅板+2mm 外钢板。铅房顶部设置 2 个排风孔洞，通排风采用轴流式风机通风的方式，采用铅板屏蔽罩方式进行复式补偿屏蔽，其铅层厚度与该侧墙体厚度屏蔽效能相当，为 5mm 铅当量。

UND320 型检测系统：UND320 型检测系统中 X 射线探伤机额定管电压为



320kV，额定管电流为 15mA；公司最大年检测工件数量为 6000 件，年曝光时间最长为 1000h。铅房占地面积约 76.56m<sup>2</sup>（8.8m 长×8.7m 宽×6.6m 高），铅房东侧（含工件进出门（长 2.8m×高 3.5m））、北侧（含人员门）、西侧、顶部墙体采用 600mm 厚钢筋混凝土，铅房南侧（主射方向）墙体采用 700mm 厚钢筋混凝土，底部采用 1000mm 厚钢筋混凝土。

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称		建设内容及规模		可能产生的环境问题		备注
				施工期	运营期	
主体工程	UNC160B203 型检测系统	数量	2 台	噪声、扬尘、生活污水、生活垃圾、固体废物	检测系统工作时产生 X 射线、臭氧、噪声	拟购
		铅房尺寸	2.46m 长×2.42m 宽×2.49m 高			
		铅房结构（设备自带铅房）	UNC160B203 型检测系统铅房占地面积约 5.95m <sup>2</sup> ，铅房西侧、北侧、南侧、顶部墙体采用 3mm 内钢板+5mmPb+2mm 外钢板；铅房东侧（主射方向）墙体采用 3mm 内钢板+8mmPb+2mm 外钢板；底部采用 3mm 内钢板+5mmPb+3mm 外钢板；防护门采用 3mm 内钢板+5mmPb+2mm 外钢板。			
		X 射线探伤机情况	额定管电压为 160kV，额定管电流为 3mA 的 1 台定向 X 射线探伤机。	/		
		探伤地点	X 射线探伤机安装在铅房内使用，不涉及室外（野外）探伤	/		
		曝光时间	1000h/a	/		
	UND320 型检测系统	数量	1 台	噪声、扬尘、生活污水、生活垃圾、固体废物	检测系统工作时产生 X 射线、臭氧、噪声	拟购
		铅房尺寸	长 8.80m×宽 8.80m×高 6.60m			
		铅房结构	UND320 型检测系统铅房占地面积约 76.56m <sup>2</sup> ，铅房东侧（含工件进出门（长 2.8m×高 3.5m））、北侧（含人员门）、西侧、顶部墙体采用 600mm 厚钢筋混凝土，铅房南侧（主射方向）墙体采用 700mm 厚钢筋混凝土，底部采用 1000mm 厚钢筋混凝土。			
		X 射线探伤机情况	额定管电压为 320kV，额定管电流为 15mA 的 1 台定向 X 射线探伤机。	/		
		探伤地点	X 射线探伤机安装在铅房内使用，不涉及室外（野外）探伤	/		
		曝光时间	1000h/a	/		
	环保工程	公司已建污水预处理设备设施、固体废物收运设施等		生活垃圾、	/	依托
	办公及生活设施	利用该公司其他办公及生活设施		生活污水、固体废物、	/	

公用工程	/	噪声	/
辅助工程	/	/	/

（三）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别		名称	年耗量(单位)	来源	主要化学成分
能源	电(度)	探伤用电	2400 度	—	—
水量	水 (m <sup>3</sup> )	—	9m <sup>3</sup>	—	—

（四）本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置的情况见表 1-3。

表 1-3 本项目使用的射线装置的相关情况

设备型号	设备数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	生产厂家	使用场所	辐射角度	最大穿透厚度铝 (mm)	曝光时间 (min/次)
UNC160B203 型检测系统	2 台	160	3	定向	重庆日联科技	铅房	≤30°	110	3~10
UND320 型	1 台	320	15	定向	重庆日联科技	铅房	≤30°	45	3~10

（五）项目选址的合理性

本项目所在生产车间用地已经取得了青神县自然资源局出具的《建设用地规划许可证》（地字第 511425202200005 号）和不动产权证书（川（2022）青神县不动产权第 0000121 号）（附件 2），用地性质为工业用地，本项目所在生产车间已取得眉山市青神生态环境局并取得了眉山市青神生态环境局关于《基于 3D 数字增材技术制造航空航天用大型复杂薄壁高强度铸造精密构件及 3D 打印一体化智能设备生产项目环境影响报告表建设项目环境影响报告表的批复》，文号为眉市环建青[2023]5 号（见附件 3）。本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且项目使用的铅房为专用辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，满足报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（六）劳动定员及工作制度

本项目拟配备辐射工作人员 4 人（3 人操作，1 人管理）。一天工作时间 8 小

时，年工作时间为 300 天。建设单位今后可根据开展的项目和工作量等实际情况适当增加人员编制。

建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在生态环境部网上学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行辐射安全与防护专业知识的学习和考核，考核通过后方可上岗。

#### 四、原有核技术利用情况

本项目为新建项目，该单位未从事过任何核技术应用类项目活动，本次为首次申请辐射安全许可证开展的环境影响评价，不存在原有核技术利用遗留的污染和环境问题。

#### 五、本项目依托情况

该公司已取得眉山市青神生态环境局关于四川德恩航天科技有限公司基于3D数字增材技术制造航空航天用大型复杂薄壁高强度铸造精密构件及3D打印一体化智能设备生产项目环境影响报告表眉市环建青[2023]5号（见附件3）。

本项目依托的主要环保设施有：

（1）项目产生的生活污水依托该公司内的污水预处理池处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，排入市政污水管网，再进入青神县工业开发区污水处理厂处理。

（2）项目产生的生活垃圾依托该公司现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器。

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业X射线实时 成像检测系统	II类	2	UNC160B203	160	3	探伤	公司生产车间西南 角	拟购
2	工业X射线实时 成像检测系统	II类	1	UND320	320	15	探伤	公司生产车间西南 角	拟购
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子机，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	—	—	—	—	少量	不暂存	大气环境
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2019 年 3 月修订；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号），2017 年 11 月 22 日起实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2019 年 8 月 22 日修改，环保部第 3 号令；</p> <p>(10) 《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 日起实施；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日）；</p> <p>(12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，(环发[2012]77 号)，环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日；</p> <p>(13) 《射线装置分类办法》（原环保部 2017 年第 66 号）。</p>
------	--

<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《环境核辐射监测规定》(GB12379-90)；</p> <p>(4) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)；</p> <p>(6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB21848-2008)；</p> <p>(7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)；</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(10) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104 -2017)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987)；</p> <p>(3) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》；</p> <p>(4) 《关于印发&lt;四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)&gt;的通知》(川环办发[2016]1400 号)。</p>



表 7 保护目标与评价标准

### 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2006）要求，参照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）对辐射监测技术要求，确定本项目辐射评价范围为铅房边界外 50m 以内的区域。

### 保护目标

根据本项目外环境关系、铅房的平面布局，确定本项目主要环境保护目标为辐射工作人员以及铅房附近的其他岗位工作人员等。保护目标情况详见表7-1。

表 7-1 UNC160B203 型检测系统（1#）主要环境保护目标

保 护 目 标	相对设备位置	距辐射源最近距离(m)	人数 (人/天)	照射类型	年剂量 约束值 (mSv)
UNC160B203 型检测系统（1#）操作柜旁的辐射工作人员	西侧	1.5	4	职业照射	5.0
UNC160B203 型检测系统（2#）的辐射工作人员	南侧	2			
X 射线检测区（UNC160 型检测系统）	西南侧	5.0			
厂区道路上的工作人员	西侧、北侧、南侧	20	约 30	公众照射	0.1
荧光检测及废水处理区的工作人员	西侧	4.2	约 5	公众照射	0.1
库房的工作人员	西北侧	12.5	约 5	公众照射	0.1
办公楼 1#	西北侧	24.9	约 15	公众照射	0.1
砂型打印区的工作人员、危废间、一般固废间	北侧	6.7	约 5	公众照射	0.1
成品区的工作人员	东侧	7.9	约 5	公众照射	0.1
砂型造型、涂料区、合箱区的工作人员	东侧	34.5	约 15	公众照射	0.1
铸造区的工作人员	东南侧	11.7	约 15	公众照射	0.1
青神全方机械有限公司生产车间内的工作人员	南侧	49	约 80	公众照射	0.1
办公楼 2#	西南侧	20.7	约 15	公众照射	0.1

表 7-2 UNC160B203 型检测系统（2#）主要环境保护目标

保 护 目 标	相对设备位置	距辐射源最近距离(m)	人数 (人/天)	照射类型	年剂量 约束值 (mSv)
UNC160B203 型检测系统（2#）操作柜旁的辐射工作人员	西侧	1.5	4	职业照射	5.0
UNC160B203 型检测系统（1#）的辐射工作人员	北侧	2			
X 射线检测区（UNC160 型检测系统）	西南侧	4.1			
厂区道路上的工作人员	西侧、北侧、南侧	20	约 30	公众照射	0.1
荧光检测及废水处理区的工作人员	西侧	4.2	约 5	公众照射	0.1
库房的工作人员	西北侧	13.5	约 5	公众照射	0.1
办公楼 1#	西北侧	25.9	约 15	公众照射	0.1
砂型打印区的工作人员、危废间、一般固废间	北侧	8.7	约 5	公众照射	0.1
成品区的工作人员	东侧	7.9	约 5	公众照射	0.1
砂型造型、涂料区、合箱区的工作人员	东侧	34.5	约 15	公众照射	0.1
铸造区的工作人员	东南侧	10.7	约 15	公众照射	0.1
青神全方机械有限公司生产车间内的工作人员	南侧	47	约 80	公众照射	0.1
办公楼 2#	西南侧	19.7	约 15	公众照射	0.1

表 7-3 本项目（UND320 型检测系统）主要环境保护目标

保 护 目 标	相对设备位置	距辐射源最近距离(m)	人数 (人/天)	照射类型	年剂量 约束值 (mSv)
UNC160 型检测系统操作柜旁的辐射工作人员	北侧	1.5	4	职业照射	5.0
UNC160B203 型检测系统（1#）的辐射工作人员	东北侧	5.0			
UNC160B203 型检测系统（2#）的辐射工作人员	东北侧	4.1			
厂区道路上的工作人员	西侧、南侧	8.0	约 30	公众照射	0.1
荧光检测及废水处理区的工作人员	北侧	5.0	约 5	公众照射	0.1
库房的工作人员	北侧	16.6	约 5	公众照射	0.1
砂型打印区的工作人员	北侧	16.4	约 5	公众照射	0.1
成品区的工作人员	东北侧	19.8	约 5	公众照射	0.1
砂型造型、涂料区、合箱区的工作	东北侧	48.5	约 15	公众照射	0.1

人员					
铸造区的工作人员	东侧	12.1	约 15	公众照射	0.1
青神全方机械有限公司生产车间内的工作人员	南侧	40	约 80	公众照射	0.1
办公楼 2#	西侧	7.9	约 15	公众照射	0.1
办公楼 1#	西北侧	25.3	约 15	公众照射	0.1

## 评价标准

### 一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准；
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准。

### 二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- (2) 废水：污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准限值；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准；
- (4) 一般固废执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）及原环保部公告【2013】第 36 号修改单。

### 三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

#### （一）剂量限值

(1) 职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4（即 5mSv/a）作为职业人员的年剂量约束值。

(2) 公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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年有效剂量 1mSv。本项目环评取上述标准中规定的公众照射年剂量限值的 1/10（即 0.1mSv/a）作为公众的年剂量约束值。

#### （二）辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）相关规定，在距离铅房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 2.5 $\mu$ Gy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

### 一、项目地理和场所位置

本项目位于四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路 9 号四川德恩航天科技有限公司生产车间西南角。

在 UNC160B203 型检测系统（1#）安装区域内，项目区域西南侧约 5.0m 处为 X 射线检测区（UNC160 型检测系统）；项目区域西侧约 4m 处为荧光检测及废水处理区；项目区域西北侧约 12.5m 处为库房，约 24.9m 处为办公楼 1#；项目区域北侧约 6.7m 处为砂型打印区、危废间、一般固废间；项目区域东侧约 7.9m 处为成品区；项目区域东侧约 34.5m 处为砂型造型、涂料区、合箱区；项目区域东南侧约 11.7m 处为铸造区；项目区域南侧约 1m 处为 X 射线检测区

（UNC160B203 型检测系统（2#）），约 49m 处为青神全方机械有限公司；项目区域西南侧约 20.7m 处为办公楼 2#。

在 UNC160B203 型检测系统（2#）安装区域内，项目区域西南侧约 4.1m 处为 X 射线检测区（UNC160 型检测系统）；项目区域西侧约 4.2m 处为荧光检测及废水处理区；项目区域西北侧约 13.5m 处为库房，约 25.9m 处为办公楼 1#；项目区域北侧约 1m 处为 X 射线检测区（UNC160B203 型检测系统（2#）），约 8.7m 处为砂型打印区、危废间、一般固废间；项目区域东侧约 7.9m 处为成品区；项目区域东侧约 34.5m 处为砂型造型、涂料区、合箱区；项目区域东南侧约 10.7m 处为铸造区；项目区域南侧约 47m 处为青神全方机械有限公司；项目区域西南侧约 19.7m 处为办公楼 2#。

在 UNC160 型检测系统安装区域内，项目区域东北侧约 4.1m 处为 X 射线检测区（UNC160B203 型检测系统（2#）），约 5.0m 处为 X 射线检测区（UNC160B203 型检测系统（1#））；项目区域北侧约 5m 处为荧光检测及废水处理区；项目区域北侧约 16.6m 处为库房；项目区域北侧约 16.4m 处为砂型打印区；项目区域东北侧约 19.8m 处为成品区；项目区域东侧约 12.1m 处为铸造区；项目区域南侧约 40m 处为青神全方机械有限公司；项目区域西侧约 7.9m 处为办公楼 2#。项目区域西北侧约 25.3m 处为办公楼 1#。

在接受本项目环境影响评价委托后，我公司技术人员对项目拟建场所进行了踏勘，拟建场所现状见图8-1。



图8-1 拟建区域现状图

二、本项目所在地 X-γ辐射空气吸收剂量现状监测

受四川德恩航天科技有限公司的委托，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于 2024 年 4 月 23 日按照委托单位要求对本项目进行了环评监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。监测报告见附件 4。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源

项目	监测方法	仪器使用	仪器参数
X-γ辐射剂量率	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》GB/T14583-93	测量范围： 1nGy/h~1.2mGy/h 响应：20keV~3.0MeV	检定/校准单位： 上海市计量测试技术研究院
	《辐射环境监测技术规范》HJ/T61-2001		检定/校准有效期： 2023.9.19~2024.9.18

辐射监测仪器已经由计量部门年检，且在有效期内，测量方法按国家相关标准实施，可以作为电离辐射环境现状的科学依据。

三、质量保证

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司质量管理体系：

### （一）资质认证

从事监测的单位，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于 2023 年 12 月取得了四川省市场监督管理局颁发的计量认证证书，证书编号为：232303100019，有效期至 2029 年 5 月 3 日。

### （二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

### （三）记录与报告

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

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

## 五、监测结果

表 8-2 拟建 X 射线探伤项目周围 X-γ辐射剂量率监测结果 单位：μSv/h

点位	监测位置	测量值	标准差	备注
1	***	***	***	***
2	***	***	***	***
3	***	***	***	***
4	***	***	***	***
5	***	***	***	***
6	***	***	***	***
7	***	***	***	***
8	***	***	***	***
9	***	***	***	***
10	***	***	***	***
11	***	***	***	***

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

根据监测报告可知，本项目所在区域 X-γ辐射剂量率为 71nGy/h~82nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境电离辐射水平（61.9~151.8nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期污染源项分析

本项目施工期主要为整体式铅房及附属设备的安装调试过程中产生的环境影响。铅房的安装、设备安装和调试均由设备厂家完成，施工期工艺流程及产物环节见下图9-1。

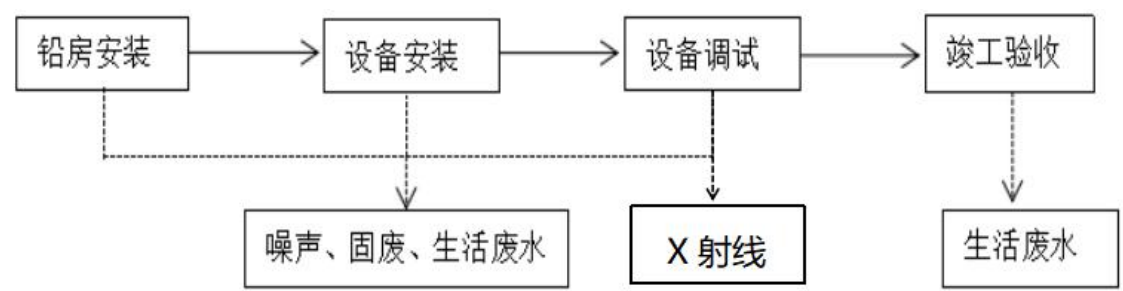


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

本项目X射线探伤机的安装和调试均由生产厂家专业进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在铅房防护门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时铅房上锁并派人看守。

铅房由设备厂家生产、运输，在建设单位进行组装，在组装制作期间会产生少量固体废物、噪声和少量生活污水。固体废物可回收处理部分由厂家安装工人回收处理，不能回收部分与生活垃圾一起集中收集后，交由环卫部门收运处置；铅房和设备安装时间较短，对周围环境影响较小；项目产生的生活污水直接通过现有管网进入厂区污水预处理池处理后，排入青神县工业开发区污水处理厂处理，不会对周围环境造成影响。

二、运营期污染源项分析

1、设备组成及工作原理

工业 X 射线实时成像检测系统主要由 X 射线探伤机、高分辨率实时成像单元、计算机图像处理单元、机械传动单元、电气控制单元、X 射线防护单元等组成。

(1) X 射线探伤机

X 射线探伤机主要由 X 射线管、高压发生器、冷却器组成，见图 9-2。



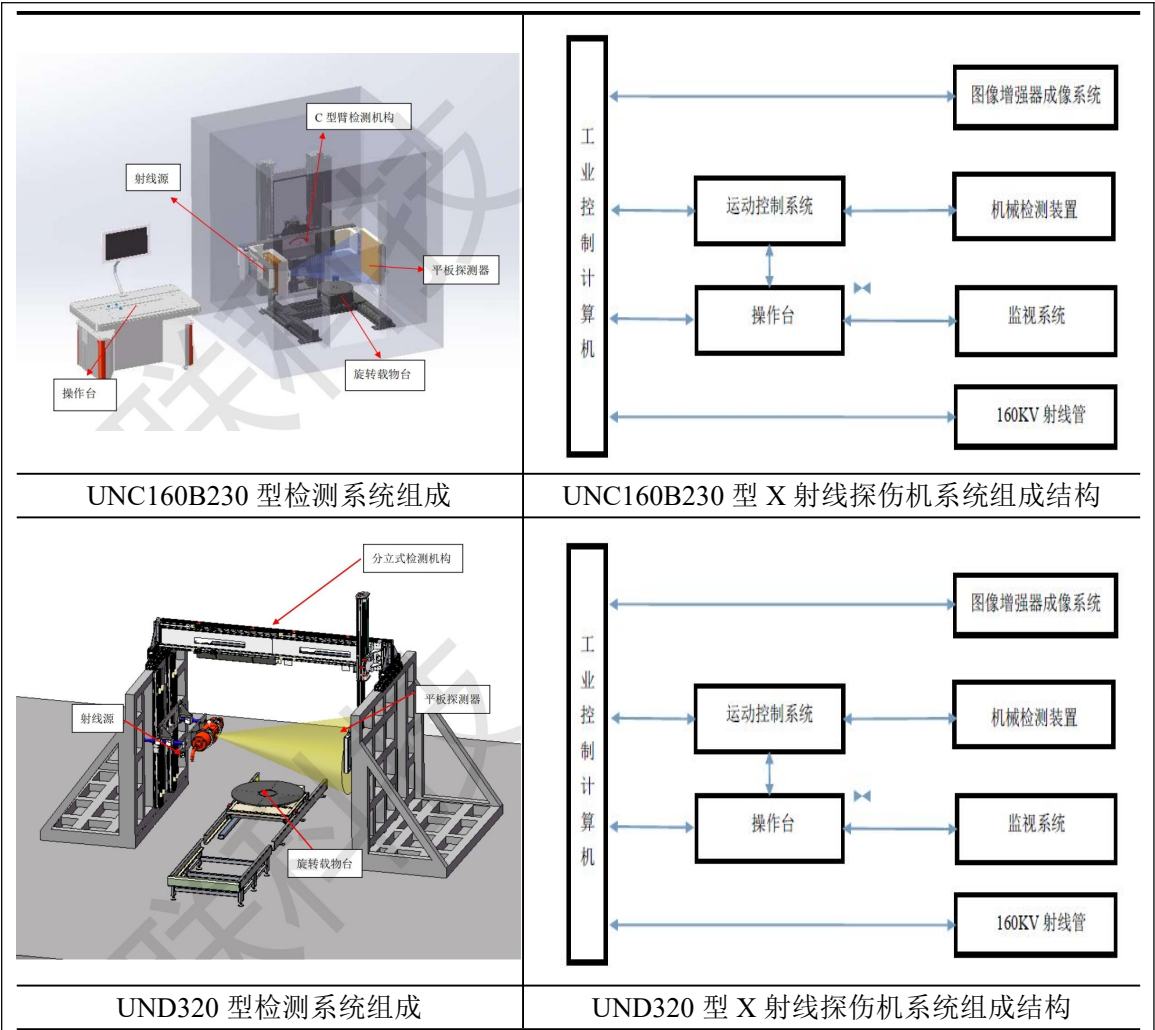


图 9-2 工业 X 射线实时成像检测系统组成示意图

X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦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。其发射率随靶材料原子序数和电子能量的增加而增加。从系统管头组装体窗口发出的 X 射线称为主射束或有用线束；通过管头组装体泄漏出的 X 射线称为泄漏辐射。有用线束和泄漏辐射中，有一部分照射到墙面发生散射，称为散射辐射。通常散射辐射的能量小于泄漏辐射，其在建筑物中的衰减远大于初级 X 射线，X 射线产生原理见图 9-3。

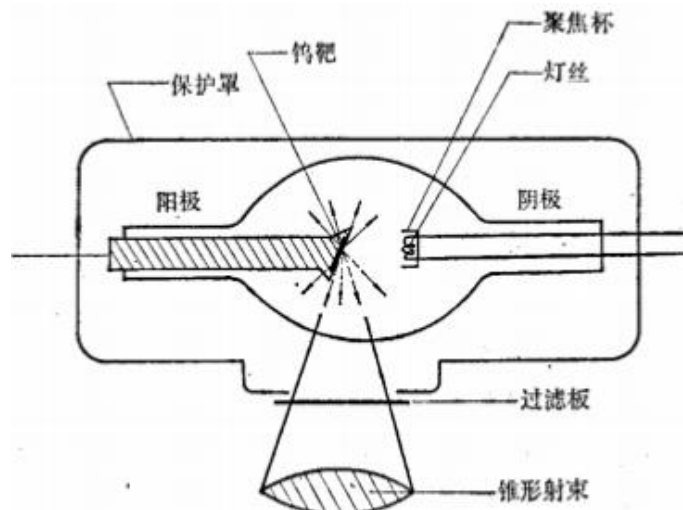


图 9-3 X 射线探伤机工作原理示意图

## (2) 高分辨率实时成像单元

UNC160B230 型检测系统采用奕瑞公司 NDT1717M3 平板探测器，具备  $139\mu\text{m}$  的清晰分辨能力，既可作为固定式平板又可作为移动平板应用；UND320 型检测系统采用奕瑞公司 NDT1012M 平板，具备  $100\mu\text{m}$  的清晰分辨能力。

数字射线成像技术(CR) 采用数字图像通过使用荧光成像板 (IP 板) 代替传统胶片。CR 技术由 3 个步骤组成：①图像（存储）成像板 (IP) 通过 X 射线或  $\gamma$  射线曝光，曝光引起 IP 成像板里的含磷层存储 X 射线图像；②在数字成像扫描仪上阅读的过程期间，聚焦激光束引发存贮的 X 射线图像数据以可视光的形态释放。发射出的光可捕获和探测，然后转换成数字化的电信号，最后以数字图像显示在计算机上；③在内部呈直线的擦除器上清除 IP 板的残留数据，这样就准备好可以进行下次曝光了。

## (3) 计算机图像处理单元

UNC160B230 型和 UND320 型检测系统各配备了一台工控主机和一台灰阶液晶显示屏，通过软件启动操作界面，软件操作系统为全中文操作界面中，具备多种图像处理功能和测量工具，可以将实时成像单元获取的图像处理成为满足分辨率要求的文件。

## (4) 机械传动和电气控制系统单元

### UNC160B230 型检测系统：

机械传动单元由 C 型臂检测机构、旋转载物台两部分组成。检测方式采用 C 型臂升降或摆动，检测工件不动或者旋转，可实现对工件检测，对于标准工件，

检测过程自动完成(手动示教后, 完成 CNC 自动检测)。

C 型臂检测机构总共由 2 个运动轴组成, C 型臂沿 Z 轴升降、绕 Y 轴旋转, C 型臂结构如下图所示, C 型臂沿 Z 轴升降: 方便用户检测工件高度方向上检测;

C 型臂绕 X 轴旋转: C 型臂可绕 Y 轴旋转 $+15^{\circ}$ , 当遇到异形检测工件时, 检测面前面有遮挡会对检测面成像造成干扰, C 型臂绕 Y 轴旋转会避开干扰面, 使成像效果最佳。

旋转载物台总共由 3 个运动轴组成, 载物台旋转、载物台沿 X 轴运动、载物台沿 Y 轴运动; 载物台上安装有夹具工装, 异形工件可用夹具工装固定, 方便调整照射角度, 实现最佳成像效果, 如下图所示:

载物台旋转: 载物台绕 Z 轴可实现  $nX\pm 360^{\circ}$  旋转, 当检测工件需要调整透照角度时, 载物台带动检测工件旋转, 实现 360 度成像;

载物台沿 X 轴运动: 可以实时调整放大比, 使图像效果达到最清晰, 载物台沿 y 轴运动: 方便用户检测工件宽度方向上检测。

DR 成像检测结构电气控制单元, 采用中央集成式控制方式, 以可编程逻辑控制器 PLC 为核心, 现场各传感器的信号反馈给 PLC, 根据检测工艺, PLC 经过逻辑程序运算, 完成相应电机运动控制;达到自动精确运动控制, 同时保证人员和设备安全。

(1)计算机处理系统: PLC 和计算机系统组成通讯网络, 数据相互通讯调用, 可在软件界面实现对各运动轴的控制, 完成 CNC 全自动检测;

(2)安全联锁单元: 维修或紧急情况下, 切断安全联锁单元, 可断开射线源, 各运动轴停止运动为设备及人生安全提供保障措施;

(3)安全报警单元: 铅门上方安装有声光报警器, 当射线开启时, 声光提醒工作人员注意辐射安全。

### **UND320 型检测系统:**

机械传动单元主要包括: 由分立式检测机构、旋转载物台两部分组成。

检测方式采用射线源和探测器联动, 检测工件不动或者旋转, 可实现对工件检测, 对于标准工件检测过程自动完成(手动示教后, 完成 CNC 自动检测)。

检测机构总共由 6 个运动轴组成, 射线管沿 Z 轴升降、沿 Y 轴运动、沿 Y 轴偏转; 探测器沿 Z 轴升降、沿 X 轴运动、沿 Y 轴运动, 沿 Y 轴偏转, 检测机构如

下图所示：

射线管沿 Z 轴升降：沿 Z 轴升降，方便用户检测工件高度方向上检测；

射线管沿 Y 轴伸缩：可以调整焦距，实时调整放大比，调高系统分辨率，可以满足不同大小检测工件成像，使成像效果达到最佳；

射线源沿 Y 轴偏转，可以避开干扰面，使成像达到最佳，探测器沿 Z 轴升降：沿 Z 轴升降，方便用户检测工件高度方向上检测；

探测器沿 Y 轴运动：可以调整焦距，实时调整放大比，调高系统分辨率，可以满足不同大小检测工件成像，使成像效果达到最佳；

探测器沿 Y 轴偏转，与射线源同步，可以避开干扰面，使成像达到最佳；

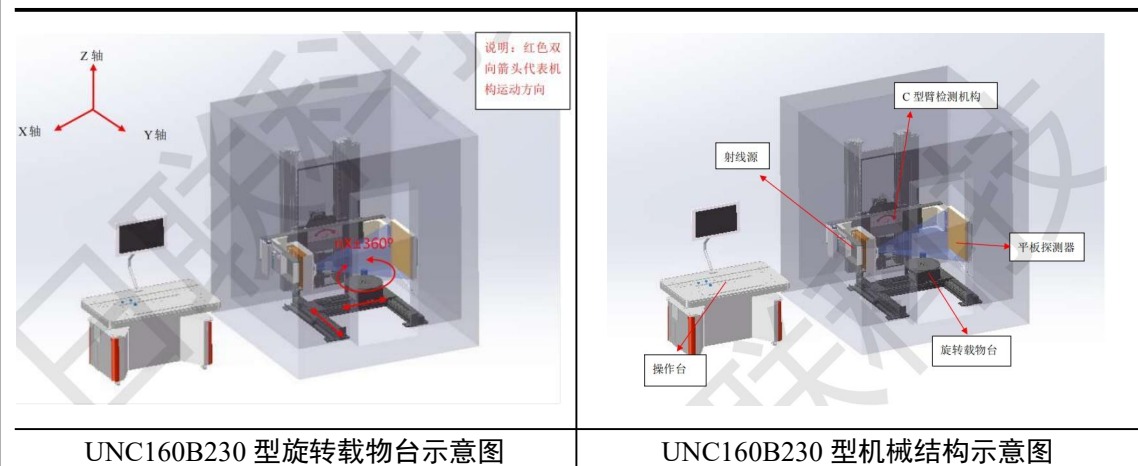
旋转载物台总共由 3 个运动轴组成，载物台旋转、载物台沿 X 轴、Y 轴运动；载物台上安装有夹具工装，异形工件可用夹具工装固定，方便调整照射角度，实现最佳成像效果，如下图所示：

载物台旋转：载物台可实现  $n \times \pm 360^\circ$  旋转，当检测工件需要调整透照角度时，载物台带动检测工件旋转，实现 360 度成像；

载物台沿 X 轴运动：方便用户检测工件长度方向上检测；小车可以出防护室，方便用户上下料；

载物台沿 Y 轴运动：方便调整放大比，满足工件成像要求。

DR 成像检测结构电气控制单元，采用中央集成式控制方式，以可编程逻辑控制器 PLC 为核心，现场各传感器的信号反馈给 PLC，根据检测工艺，PLC 经过逻辑程序运算，完成相应电机运动控制；达到自动精确运动控制，同时保证人员和设备安全。



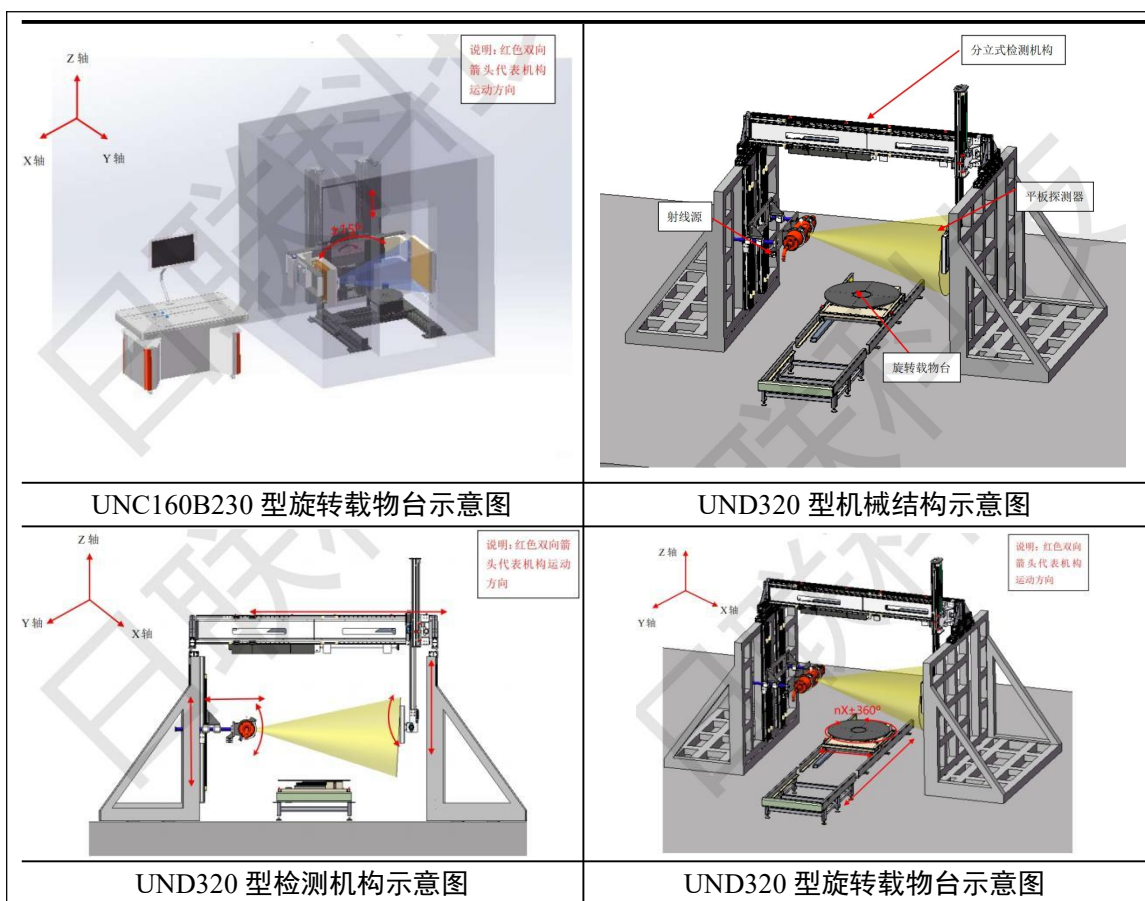


图 9-4 机械传动工作示意图

## 2、工艺流程及产污环节

本项目检测系统在进行 X 射线探伤检测工作时，首先逐一启动工业 X 射线实时成像检测系统高压电源、电气控制系统，开机预热；开机预热 5~10min 后，检测人员打开铅房门；通过电气控制系统（操作台）控制小车到铅房门外，检测人员将检测工件放置于小车平台转盘上；然后通过操作台控制小车进入铅房内；调整固定于 C 臂上的射线管及平板探测器，以实现最佳检测位置；在操作柜前按规程检测工件的具体情况将 X 射线装置的参数调至最佳状态，然后开始进行检测；检测时 X 射线装置机头位置不变，X 射线照射方向不变，固定零部件的托盘或支架旋转，从而完成对检测工件的拍片，此时产生 X 射线和少量臭氧。检测完成后调整角度和图像效果，对检测工件进行判定分析是否合格；检测结束，系统自动关闭 X 射线探伤机出束；打开铅门，取出检测工件，分类摆放。

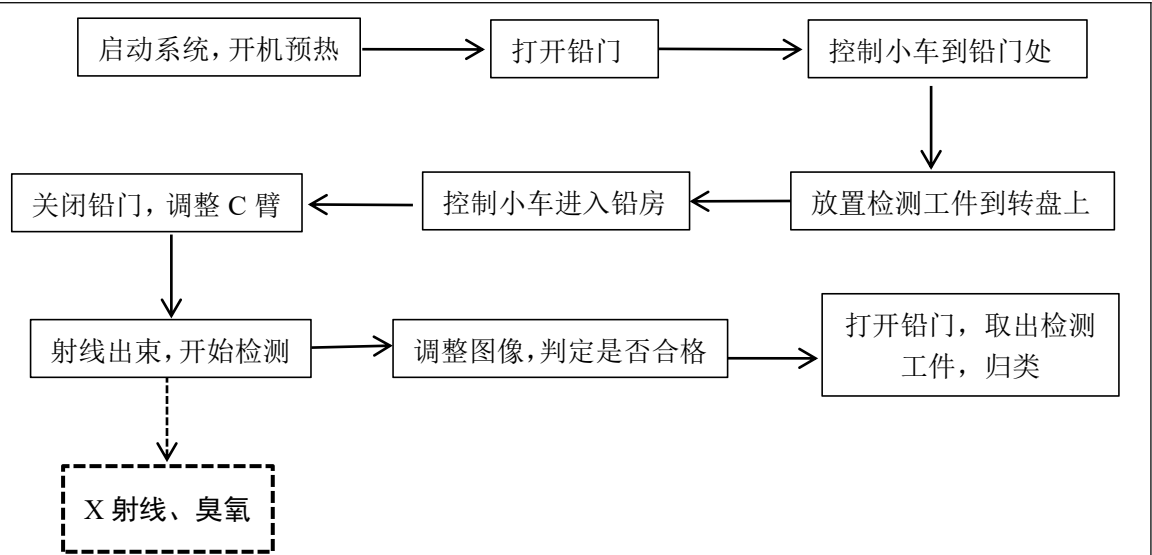


图 9-5 X 射线探伤数字成像系统工艺流程及产污位置图

由图 9-5 可知，本项目营运中产生的主要污染物为探伤机出束检测过程中产生的 X 射线、噪声、臭氧，实时成像检测系统不存在使用定、显影液的情况，所以不产生危险废物。

3、本项目人流、物流路径

本项目三台设备辐射工作人员在探伤检测时，人员停留在操作柜旁，需要检测时，将被检测工件送至铅房门口，放置到小车转盘上，人不进入铅房内。根据本项目实际情况，划定了人流、物流路径，见附图7。

4、工况分析

本项目 UNC160B230 型检测系统铅房净空尺寸为 2.437m（长）×2.400m（宽）×2.469m（高）（自带铅房），在铅房内使用 1 台额定管电压为 160kV，额定管电流为 3mA，最大年曝光时间为 1000h；本项目 UND320 型检测系统铅房空间尺寸为 8.8m（长）×8.7m（宽）×6.6m（高），在铅房内使用 1 台额定管电压为 320kV，额定管电流为 15mA，年最大曝光时间为 1000h。两台 X 射线探伤机均在铅房内实施探伤作业，用于对铸件(钢、铁、铝)内部缺陷探伤检查。本项目 UND320 型检测系统安装于混凝土内北侧，被检测工件进出方式为操作台系统控制，采用机械传送，工作人员不进入铅房，故该单位只开展铅房内的探伤，不涉及野外（室外）探伤项目。

X 射线探伤机具体参数如下：

表 9-1 本项目使用的射线装置的相关情况

设备型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	使用场所	辐射角度	穿透钢板厚度	曝光时间 (分/次)
UNC160B203 型	2	160	3	定向	铅房内	≤30°	110mm	3~10
UND320 型	1	320	15	定向	探伤室内	≤30°	45mm	3~10

**污染源项描述**

**一、电离辐射**

X射线探伤机开机工作时，通过高压机和X光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的X射线，不开机状态不产生辐射。

**二、废气**

空气在强辐射照射下，使氧分子重新组合产生臭氧。

**三、废水**

本项目工作人员产生的生活污水约9m³/a，经厂区预处理池处理后排入市政管网，最后进入青神县工业开发区污水处理厂处理。

**四、固体废物**

本项目营运期不使用胶片，因此无废胶片产生；工作人员产生的生活垃圾约1kg/d，经该公司内垃圾桶统一收集后，交由市政环卫部门统一清运。

**五、噪声**

本项目噪声源主要有工业 X 射线探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪音风机，源强低于 65dB(A)，且所有设备均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对生产车间外界噪声的贡献很小，项目对所在区域声环境影响很小。

**六、危险废物**

本项目使用数字成像系统，利用X射线穿过被检测工件投射到平板探测器上成像，不使用定显影液，不产生危险废物。

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全设施

### 一、平面布局及辐射工作场所两区划分

#### 1、项目平面布局合理性分析

本项目位于四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路9号四川德恩航天科技有限公司生产车间西南角。

在 UNC160B203 型检测系统（1#）安装区域内，项目区域西南侧约 5.0m 处为 X 射线检测区（UNC160 型检测系统）；项目区域西侧约 4m 处为荧光检测及废水处理区；项目区域西北侧约 12.5m 处为库房，约 24.9m 处为办公楼 1#；项目区域北侧约 6.7m 处为砂型打印区、危废间、一般固废间；项目区域东侧约 7.9m 处为成品区；项目区域东侧约 34.5m 处为砂型造型、涂料区、合箱区；项目区域东南侧约 11.7m 处为铸造区；项目区域南侧约 1m 处为 X 射线检测区

（UNC160B203 型检测系统（2#）），约 49m 处为青神全方机械有限公司；项目区域西南侧约 20.7m 处为办公楼 2#。

在 UNC160B203 型检测系统（2#）安装区域内，项目区域西南侧约 4.1m 处为 X 射线检测区（UNC160 型检测系统）；项目区域西侧约 4.2m 处为荧光检测及废水处理区；项目区域西北侧约 13.5m 处为库房，约 25.9m 处为办公楼 1#；项目区域北侧约 1m 处为 X 射线检测区（UNC160B203 型检测系统（2#）），约 8.7m 处为砂型打印区、危废间、一般固废间；项目区域东侧约 7.9m 处为成品区；项目区域东侧约 34.5m 处为砂型造型、涂料区、合箱区；项目区域东南侧约 10.7m 处为铸造区；项目区域南侧约 47m 处为青神全方机械有限公司；项目区域西南侧约 19.7m 处为办公楼 2#。

在 UNC160 型检测系统安装区域内，项目区域东北侧约 4.1m 处为 X 射线检测区（UNC160B203 型检测系统（2#）），约 5.0m 处为 X 射线检测区（UNC160B203 型检测系统（1#））；项目区域北侧约 5m 处为荧光检测及废水处理区；项目区域北侧约 16.6m 处为库房；项目区域北侧约 16.4m 处为砂型打印区；项目区域东北侧约 19.8m 处为成品区；项目区域东侧约 12.1m 处为铸造区；项目区域南侧约 40m 处为青神全方机械有限公司；项目区域西侧约 7.9m 处为办公楼 2#。项目区域西北侧约 25.3m 处为办公楼 1#。生产车间为一层建筑，无地下室，见图 10-1。



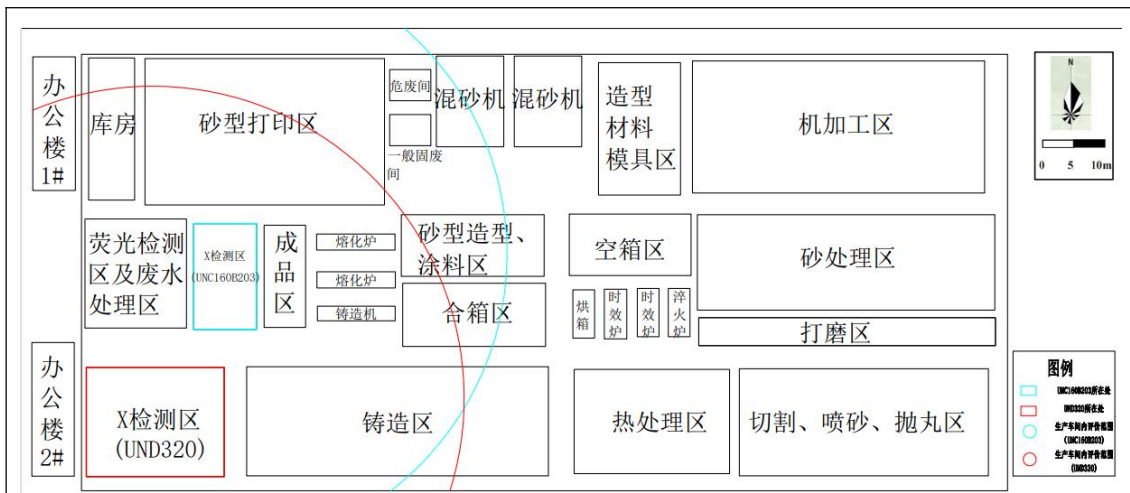


图10-1 本项目平面布局示意图

通过本项目平面布局结合现场勘察可知，本项目拟建区域为生产车间内闲置的角落，铅房布置相对独立，周围人员较少，检测过程中产生的X射线经实体屏蔽防护后对周围环境的辐射影响是可以接受的；此外，本项目位于铸造区和成品区附近，便于经过探伤检测后的产品及时进入下一制程的车间内转移。总体来看，铅房的平面布置既能满足被检测工件检测的需要，又便于进行分区管理和辐射防护，从辐射安全防护的角度分析，其总平布置是合理的。

## 2、辐射工作场所两区划分

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

**监督区：**未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本次环评将铅房内部区域划定为控制区，曝光过程中严禁任何人员进入；

操作柜及铅门外 1m 内区域划为监督区，禁止非辐射工作人员进入，地上用醒目的黄线标识进行划定。在两台设备操作柜周围 1m 的范围内，用隔离带进行实体隔离，防止非操作人员在此范围内活动和操作。

本项目辐射工作场所两区划分见表 10-1。

**表10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况**

项目	控制区	监督区
使用工业 X 射线实时成像检测系统项目	铅房内部区域为控制区，曝光过程中严禁任何人员进入	操作柜及铅门外 1m 内区域划为监督区（地上用醒目的黄线进行划定）
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，探伤机在曝光过程中严禁任何人员进入。根据《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》GB21848-2008 规定，控制区应有明确的标记，并设置红色的“禁止进入”字样的警告标志	监督区为工作人员操作本检测系统的工作场所，禁止非职业人员进入，避免受到不必要的照射，设置黄色“非职业人员禁入”字样，并两台操作柜周围 1m 范围用隔离带进行实体隔离。

两区划分示意图见附图 5。

## 二、工作场所实体辐射防护情况及设备固有安全性分析

### 1、工作场所实体辐射防护情况

**表 10-2 铅房实体防护设施表**

型号	UNC160B203 型（自带铅房）	UND320 型
数量	2 台	1 台
铅房墙体	铅房占地面积约 5.95m <sup>2</sup> ，铅房西侧、北侧、南侧、顶部墙体采用 3mm 内钢板+5mmPb+2mm 外钢板，铅房东侧（主射方向）墙体采用 3mm 内钢板+8mmPb+2mm 外钢板，底部采用 3mm 内钢板+5mmPb +3mm 外钢板，防护门采用 3mm 内钢板+5mmPb +2mm 外钢板。	铅房占地面积约 76.56m <sup>2</sup> ，铅房东侧、北侧、西侧、顶部墙体采用 600mm 厚钢筋混凝土，铅房南侧（主射方向）墙体采用 700mm 厚钢筋混凝土，底部采用 1000mm 厚钢筋混凝土。
铅门	3mm 内钢板+5mmPb+2mm 外钢板	
通风口	铅房顶部设置两个换气通风口，配有风量为 330m <sup>3</sup> /小时的轴流风机。	铅房北侧墙体靠近铅房底部设置一个“U”型排风洞口

本项目三套检测系统均设置有排风口和穿线孔，连接处均设有与墙体铅当量相当的铅防护罩，防止X射线外泄，该铅房设计符合辐射防护要求。

### 2、固有安全性分析

①钥匙控制开关：在设备控制台设置有安全钥匙控制钥匙，操作系统设置有密码，必须钥匙打开，输入正确密码后，设备才能正常曝光运行。

②开机系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，

该探伤机会示意操作者可以进行曝光或训机操作。若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

③启动功能：按下开高压按钮启动曝光后，在产生X射线之前，在延时阶段，会听到“嘀----嘀”警报声，这时用户也可以按下停高压按钮来停止探伤机的启动。

④当X射线发生器接通高压产生X射线后，系统将始终实时监测X射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断X射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断X射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

⑤当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段，在休息阶段将不理睬任何按键，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

⑥设备停止工作5小时以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免X射线发生器损坏。

⑦过流电流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

⑦过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

⑧本项目拟建在一层的生产车间内，项目拟建位置下方无地下室和地下车库，地面经过混凝土硬化，具有一定的承重强度，不会造成地面塌陷。

### **3、应配备的安全装置**

铅房门与探伤机实现门机联锁、与工作状态指示灯实现门灯联锁，铅房物料进出大门入口处应设置有中文标识的电离辐射警示标志，在铅门上方设置工作状态指示灯，并在铅房外安装紧急止动装置和监控装置等，避免工作人员和公众受到误照射。

①门机联锁：铅房防护门与X射线探伤机高压电源联锁，如关门不到位，高压电源不能正常启动，高压电源未关闭，门不能正常打开。

②工作状态指示灯（门灯连锁）：铅房防护门外侧及控制台上拟设置工作状态警示灯，并与门联锁，工作状态指示灯显示正在进行探伤作业时，防护门不能被打开，防止探伤作业期间人员误入发生辐射事故。

③紧急止动装置及紧急逃逸装置：本项目在铅房内墙及操作柜上易于接触的地方各设置1个紧急停机按钮，且相互串联，按下按钮，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束，且防护门可从内侧打开，以便工作人员快速逃离事故现场。

④视频监控系统：铅房内安装1个无死角高清摄像头，并连接到操作台，工作人员能在操作台内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急止动装置。

⑤警告标志：铅房防护门外应在醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯箱，探伤作业时，应有声光警示，控制区边界应设置明显可见的警告标志。

电离辐射警告标志如图 10-2 所示。

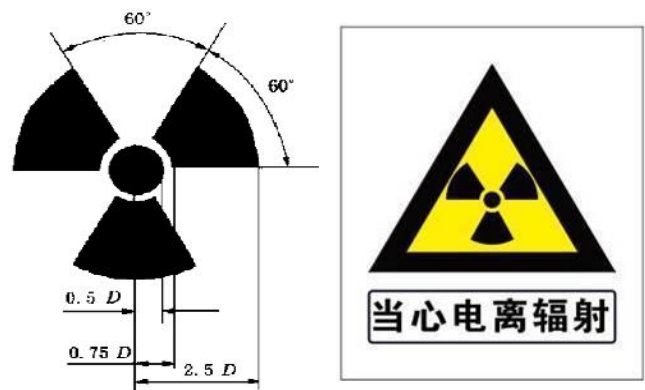


图 10-2 电离辐射警告标志

⑥铅房固有安全性：铅房门洞与铅门之间应有足够的搭接宽度，排风口和线缆空洞均应有铅罩进行屏蔽，铅房四周均应有铅层进行搭接；铅房四周和顶部边框应具有较高的结构强度，不会造成铅房坍塌和顶部下坠的现象。

### 三、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，单位需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-4。

表 10-4 项目环保投资估算一览表

环保设施			投资 (万元)	备注
UNC	UNC160B203 型检测系统(1#)	UNC160B203 型检测系统(2#)		
160B	整体铅房 1 座	整体铅房 1 座	60	新增
203	防护门 1 个	防护门 1 个		

型检测系统安全装置	铅房内通排风系统 1 套	铅房内通排风系统 1 套	
	门机连锁系统 1 套	门机连锁系统 1 套	
	门灯连锁系统 1 套	门灯连锁系统 1 套	
	铅房内监控设备 1 套	铅房内监控设备 1 套	
	紧急停机按钮 3 个（铅房 2 个、操作台 1 个）	紧急停机按钮 3 个（铅房 2 个、操作台 1 个）	
	钥匙控制 1 个	钥匙控制 1 个	
	视频监控装置 1 套	视频监控装置 1 套	
	自带警告标识 1 套	自带警告标识 1 套	
UND320 型检测系统安全装置	混凝土探伤室一座		34
	防护门 2 个		
	门机连锁系统 1 套		
	门灯连锁系统 1 套		
	铅房内监控设备 1 套		
	紧急停机按钮 3 个（铅房 2 个、操作台 1 个）		
	钥匙控制 1 个		
	视频监控装置 1 套		
	警告标识 1 套		
监测仪器	便携式辐射监测仪 1 台		0.5
	个人剂量报警仪 4 个		1.6
	固定式剂量报警仪		0.5
防护用品	个人剂量计 4 套		1.4
其他	射线装置年度辐射环境监测		0.5
	辐射工作人员培训及考核		0.5
	应急及救助的资金、物资准备		1.0
合计			100

本项目总投资 240 万元，环保投资 100 万元，占总投资的 41.6%。今后建设单位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合单位实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

## 三废的治理

### 一、 废气

X 射线探伤机在曝光过程中会产生有害气体臭氧，为防止臭氧在铅房内不断累积导致室内臭氧浓度超标，在UNC160B230型检测系统铅房顶部设置有两个排风口，连接处设置铅防护罩防止X射线外泄，并且在铅房顶部设置一个轴流风机，项目运行产生的臭氧通过排风管道引至生产车间屋顶排出。本项目轴流风

机换气量为 $330\text{m}^3/\text{h}$ ，噪声源强小于 $65\text{dB}(\text{A})$ 。根据辐射剂量预测分析，该铅房换气系统符合辐射防护要求。在UND320型检测系统铅房北侧墙体底部设置有1个“U”型排风口，连接处设置铅防护罩防止X射线外泄。

## 二、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 $1\text{kg}/\text{d}$ ，经该公司内垃圾桶统一收集后，交由市政环卫部门统一清运。

## 三、废水

本项目为工作人员的生活污水约 $9\text{m}^3/\text{a}$ ，经该公司预处理池处理后排入市政管网，最后进入青神县工业开发区污水处理厂处理。

表 11 环境影响分析

## 建设阶段对环境的影响

### 1、施工期的环境影响分析

本项目施工期对环境有影响的因素为施工噪声、固体废弃物及施工废水等。评价提出如下要求：

①对施工时间、时段、施工进度作精心安排、系统规划；对可能受影响和破坏的对象加以保护；

②施工中应防止机械噪声的超标，特别是应避免机械噪声夜间作业；

③施工中产生的废弃物（如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等）应妥善保管、及时处理；

④保持施工场地清洁卫生，封闭施工。

**施工期的环境影响是短期的，并且施工工程量小，施工结束后施工的影响即可消除。**

### 2、设备安装调试期间的环境影响分析

设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，建设单位不进行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在铅房主体铅门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时，工业X射线实时成像检测系统必须关机，设置开机和启动密码。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入铅房，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在铅房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，建设方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。安装结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

## 运行阶段对环境的影响

### 一、屏蔽体厚度校核

UNC160B230 型检测系统铅房内 X 射线管采用美国 VJ 一体射线管，年最大探伤铸件数量约为 6000 件，工件长度最长达 800mm，宽度范围最宽达 800mm，高度最高达 1000mm，厚度最厚达 110mm，工件最长探伤时间约为 10min，年最大曝光时间不超过 1000h。

UND320型检测系统铅房内X射线管采用瑞士COMET分体式双焦点射线管，年最大探伤铸件数量约为6000件，工件长度最长达3000mm，宽度范围最宽达2500mm，高度最高达2500mm，厚度最厚达200mm，工件最长探伤时间约为10min，年最大曝光时间不超

过1000h。

3套检测系统均用于对铸件(钢、铁、铝)内部缺陷探伤检查,仅开展铅房内的探伤,探伤机均固定在C型臂上,不涉及野外(室外)探伤项目,探伤作业时X线束均固定投向铅房东侧墙体,不投向其他方向。

本项目运营期的环境影响因素为:探伤机工作时产生的X射线机、臭氧、风机产生的噪声。

## **1、铅房屏蔽厚度合理性分析**

### **①UNC160B203型检测系统**

UNC160B203型检测系统铅房占地面积约5.95m<sup>2</sup>,铅房西侧、北侧、南侧、顶部墙体采用3mm内钢板+5mmPb+2mm外钢板,铅房东侧(主射方向)墙体采用3mm内钢板+8mmPb+2mm外钢板,底部采用3mm内钢板+5mmPb+3mm外钢板,防护门采用3mm内钢板+5mmPb+2mm外钢板。本项目探伤机采取电动对焦的进行探伤,探伤时探伤机距离铅房内主射方向1814mm。本项目探伤机在探伤作业时,常用管电压30~160kV,常用管电流为0.2~3mA,本次评价按探伤机的最大额定管电压、管电流工况进行预测,根据建设单位提供资料,曝光时间按照最大曝光时间1000h进行预测。

### **②UND320型检测系统**

本项目铅房南侧(主射方向)墙体采用700mm厚钢筋混凝土;铅房东侧、北侧、西侧、顶部墙体采用600mm厚钢筋混凝土;底部采用1000mm厚钢筋混凝土。本项目探伤机采取电动对焦的进行探伤,探伤时探伤机距离铅房内主射方向最近为5625mm。本项目探伤机在探伤作业时,常用管电压110~320kV,常用管电流为3~15mA,本次评价按探伤机的最大额定管电压、管电流工况进行预测,根据建设单位提供资料,曝光时间按照最大曝光时间1000h进行预测。



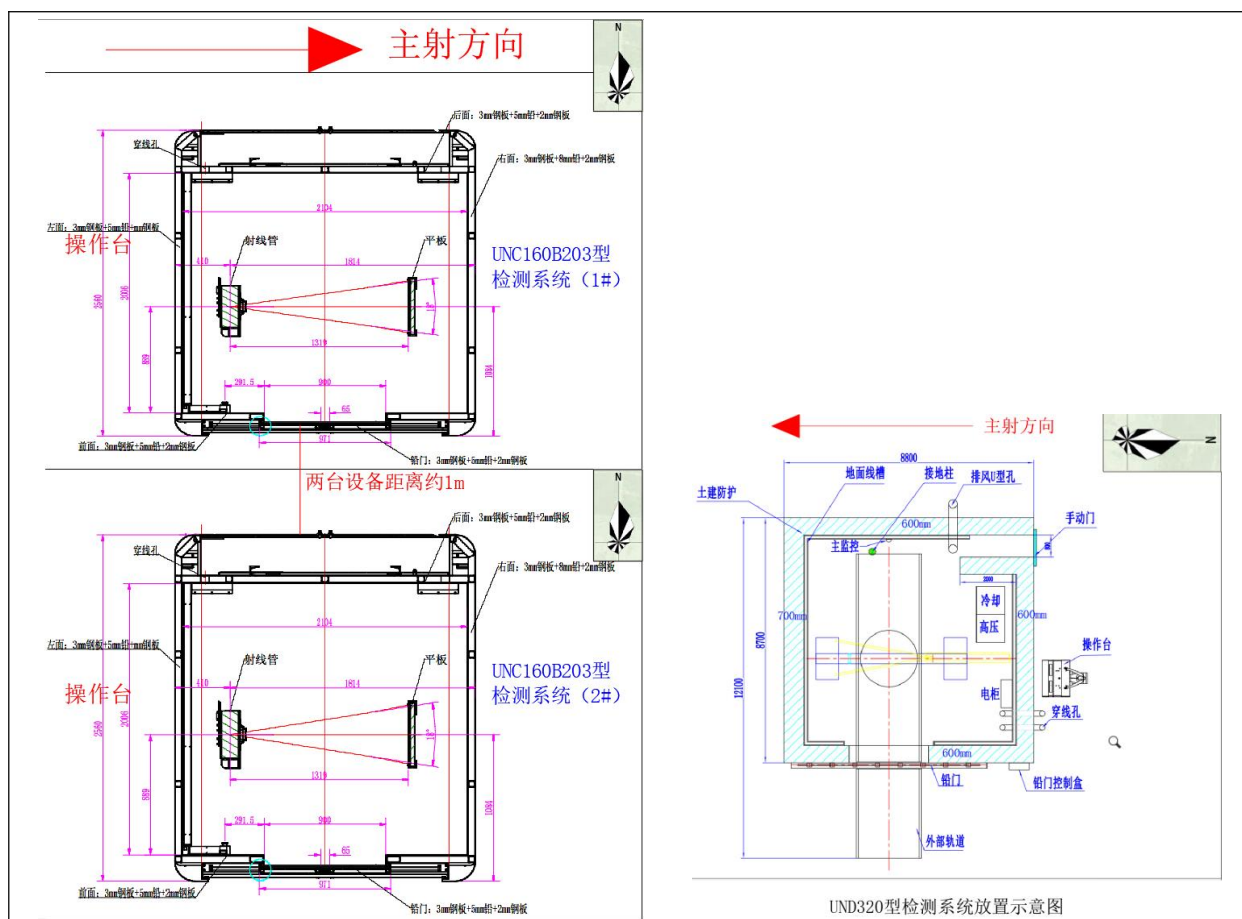


图11-1 铅房内X射线探伤机安置示意图

由上图可知，UNC160B203型检测系统铅房东侧墙体为主射方向，其他方向为非主射方向；UND320型检测系统铅房南侧墙体为主射方向，其他方向为非主射方向。本项目所在车间为一层建筑，无地下室，因此不考虑地面辐射的影响。本项目探伤机靶点距离各墙面最近距离情况详见表11-1。

表 11-1 定向探伤机靶点距离各面墙体最近距离参数表

型号	相对位置	最小距离 (mm)	需屏蔽的辐射源
UNC160B203	铅房东侧墙体（主射方向）	1563	主射辐射和散射辐射
	铅房南侧墙面（非主射方向）	860	漏射辐射和散射辐射
	铅房西侧墙体（非主射方向）	461	漏射辐射和散射辐射
	铅房北侧墙体（非主射方向）	1300	漏射辐射和散射辐射
	铅房顶部（非主射方向）	762.5	漏射辐射和散射辐射
UND320	铅房南侧墙体（主射方向）	830	主射辐射和散射辐射
	铅房西侧墙体（非主射方向）	1690	漏射辐射和散射辐射
	铅房东侧墙面（非主射方向）	480	漏射辐射和散射辐射

	铅房北侧墙面（非主射方向）	1460	漏射辐射和散射辐射
	铅房顶部（非主射方向）	308	漏射辐射和散射辐射

根据表11-1可知，本项目铅房屏蔽厚度合理性分析需要考虑主射辐射、漏射辐射和散射辐射对周围环境的影响。

各侧墙体外关注点导出控制剂量按下式进行计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots(\text{式 11-1})$$

式中：

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

$\dot{H}_c$  —— 年剂量参考控制水平，职业人员取  $5000\mu\text{Sv/年}$ ，公众取  $100\mu\text{Sv/年}$ ；

U —— 探伤装置向关注点照射的使用因子，此处取 1；

T —— 人员在相应关注点驻留的居留因子；经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人  
员驻留的地方取 1/4；

t —— 探伤作业年曝光时间，UNC160B203 型取 1000h，UND320 型取 1000h。

各墙面及屋顶参数选取及计算结果见表 11-2。

表 11-2 关注点控制剂量水平参数选取及计算结果表

序号	型号	关注点	受照类型	使用因子	居留因子	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	关注点的最高剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	本项目剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	UNC 160B 203	铅房东侧墙体（主射方向）	职业	1	1	5.0	2.5	2.5
2		铅房南侧墙面（非主射方向）	职业	1	1	5.0	2.5	2.5
3		铅房北侧墙体（非主射方向）	职业	1	1	5.0	2.5	2.5
4		铅房西侧墙体（非主射方向）	职业	1	1	5.0	2.5	2.5
5		铅房顶部（非主射方向）	职业	1	1	5.0	2.5	2.5
6	UND 320	铅房南侧墙体（主射方向）	职业	1	1	5.0	2.5	2.5
7		铅房西侧墙体（非主射方向）	职业	1	1	5.0	2.5	2.5
8		铅房东侧墙面（非主射方向）	职业	1	1	5.0	2.5	2.5

9		铅房北侧墙面 (非主射方向)	职业	1	1	5.0	2.5	2.5
10		顶部(非主射方向)	职业	1	1	5.0	2.5	2.5

注:根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)①关注点的最高剂量率参考控制水平(He,max)为 2.5μSv/h,本次评价参考较小水平进行评价。

### (1) 主射方向屏蔽厚度核算

有用线束屏蔽投射因子B<sub>1</sub>根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)由式(11-1)、(11-2)、(11-3)计算。

$$B_1 = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{I \cdot H_0} \dots\dots\dots(式11-2)$$

$$X = -TVL \cdot \lg B_1 \dots\dots\dots(式11-3)$$

式中:

B<sub>1</sub>—有用线束屏蔽透射因子;

R—辐射源点(靶点)至关注点的距离, m

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, UNC160B203 型定向 X 射线探伤机最大管电压取 3mA, UND320 型定向 X 射线探伤机最大管电压取 15mA;

H<sub>0</sub>—距辐射源点(靶点)1m 处输送量,根据厂家提供资料, UNC160B203 型定向 X 射线探伤机 X 射线输出量为 5.94mGy·m<sup>2</sup>/(mA·min),即 3.564×10<sup>5</sup>μGy·m<sup>2</sup>/(mA·h), UND320 型定向 X 射线探伤机 X 射线输出量为 13.74mGy·m<sup>2</sup>/(mA·min),即 8.244×10<sup>5</sup>μGy·m<sup>2</sup>/(mA·h);

TVL—屏蔽物的什值层厚度;根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014)附录表 B.2,推算出 160kV 时在铅中的什值层厚度为 0.96mm, 320kV 时在混凝土中的什值层厚度为 100mm;

对于估算出的屏蔽投射因子B<sub>1</sub>,所需的屏蔽物质厚度X按式11-3计算,主照面有用线束辐射屏蔽参数及计算结果见表11-3。

表11-3 有用线束辐射屏蔽厚度(铅当量)计算参数及结果表

型号	关注点	剂量率 参考控 制水平 (μSV/h)	屏蔽物的 什值层厚 度 (mm)	距靶点1m 处输出量 (μGy·m <sup>2</sup> / mA·h)	辐射源点 (靶点)至 关注点的 距离(m)	屏蔽 透射因 子	理论计 算屏蔽 厚度 (mm)	实际设计厚度
UNC 160B 203	铅房东侧墙体 (主射方向) 30cm处	2.5	0.96	3.564×10 <sup>5</sup>	1.863	8.12E -06	4.9	3mm外钢板 +8mmPb+2mm 内钢板
UND	铅房南侧墙体	2.5	100	8.244×10 <sup>5</sup>	1.130	2.58E	658.8	700mm厚钢筋

320	(主射方向) 30cm处					-07		混凝土
-----	-----------------	--	--	--	--	-----	--	-----

注：铅的密度为 11.3g/m<sup>3</sup>，混凝土的密度为 2.35g/m<sup>3</sup>。

## (2) 漏射辐射屏蔽厚度核算

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表1（文中表11-4）：

表11-4 X射线探伤机的泄露辐射剂量率

X射线管电压/kV	距靶点1m处的泄露辐射剂量率H <sub>L</sub> /（μSv/h）
<150	1×10 <sup>3</sup>
150≤kV≤200	2.5×10 <sup>3</sup>
>200	5×10 <sup>3</sup>

漏射辐射屏蔽射线因子根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）由式（11-1）、（11-5）计算。

$$B_2 = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{\dot{H}_L} \dots\dots\dots(\text{式11-4})$$

式中：

B<sub>2</sub>—屏蔽透射因子；

$\dot{H}$  —剂量率参考控制水平，μSv/h；根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），与2.5μSv/h相比较取小值；

$\dot{H}_L$  —距离靶点1m处X射线管组装的漏射辐射剂量率，μSv/h；根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），本项目UNC160B203取2.5×10<sup>3</sup>μSv/h，UND320取5×10<sup>3</sup>μSv/h；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m

对于估算出的屏蔽投射因子B<sub>2</sub>，所需的屏蔽物质厚度X按式(11-5)计算。

$$X = -TVL \cdot \lg B_2 \dots\dots\dots(\text{式11-5})$$

式中：

TVL—见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录表 B.2，推算出 160kV 时在铅中的半值层厚度为 0.96mm；320kV 时在混凝土中的半值层厚度为 100mm。

铅房南侧、铅房西侧、铅房北侧、铅房顶部墙体及铅房进出铅门漏射辐射屏蔽参数选取及计算结果见表11-5。

表11-5 漏射辐射屏蔽厚度（铅当量）计算参数表

型号	关注点参数及结果	剂量率参考控	屏蔽物的半值层厚	漏射辐射剂量率	靶点至关注点	屏蔽透射	理论计算屏蔽	设计厚度（mm）	是否满足
----	----------	--------	----------	---------	--------	------	--------	----------	------

		制水平 (μSV/h)	度(mm)	(μSV/h)	的距离 (m)	因子	厚度 (mm)		屏蔽 要求
UNC 160B 203	铅房南侧墙体 (非主射方 向) 30cm处	2.5	0.96	2.5×10 <sup>3</sup>	1.160	4.49E -04	3.2	3mm内钢板 +5mmPb +2mm外钢板	满足 要求
	铅房西侧墙面 (非主射方 向) 30cm处	2.5			0.761	7.72E -04	3.0	3mm内钢板 +5mmPb+2m m外钢板	满足 要求
	铅房北侧墙面 (非主射方 向) 30cm处	2.5			1.600	3.41E -03	2.4	3mm外钢板 +5mmPb+2m m内钢板	满足 要求
	顶部(非主射 方向) 30cm处	2.5			1.063	1.51E -03	2.7	3mm外钢板 +5mmPb+2m m内钢板	满足 要求
UND 320	铅房西侧墙体 (非主射方 向) 30cm处	2.5	100	5×10 <sup>3</sup>	1.990	1.32E -04	387.9	600mm厚钢 筋混凝土	满足 要求
	铅房东侧墙面 (非主射方 向) 30cm处	2.5			0.780	4.87E -05	431.3	600mm厚钢 筋混凝土	满足 要求
	铅房北侧墙面 (非主射方 向) 30cm处	2.5			1.760	2.48E -04	360.6	600mm厚钢 筋混凝土	满足 要求
	顶部(非主射 方向) 30cm处	2.5			0.608	2.96E -05	452.9	600mm厚钢 筋混凝土	满足 要求

### (3) 散射辐射屏蔽厚度核算

散射辐射屏蔽射线因子根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)由式(11-1)、(11-6)计算。

$$B_3 = \frac{\dot{H} \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \dots\dots\dots (式11-6)$$

式中:

$\dot{H}$ ——剂量率参考控制水平, μSv/h; 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 与 2.5μSv/h 相比较取小值;

$R_s$ ——散射点至关注点的距离, m;

$R_0$ ——靶点至探伤工件的距离, 均取 0.3m;

$I$ ——最大管电流, UNC160B203 最大电流取 3mA, UND320 最大电流取 15mA;

$H_0$ ——距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, 根据厂家提供资料, UNC160B203 型定向 X 射线探伤

机 X 射线输出量为  $5.94\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即  $3.564\times 10^5\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，UND320 型定向 X 射线探伤机 X 射线输出量为  $13.74\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即  $8.244\times 10^5\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

F— $R_0$  处的辐射表面积，均取  $0.40\text{m}^2$ ；

$\alpha$ —散射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）表 2，本项目 UNC160B203 最大管电压 160kV 对应的等效散射辐射管电压取 150kV，查表 B.3，取  $1.6\times 10^{-3}$ ；本项目 UND320 最大管电压 320kV 对应的等效散射辐射管电压取 250kV，查表 B.3，取  $1.9\times 10^{-3}$ 。

对于估算出的屏蔽投射因子 $B_3$ ，所需的屏蔽物质厚度 $X$ 按式11-7计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B_3 \dots\dots\dots(\text{式}11-7)$$

式中：

TVL—屏蔽物的 1/10 值层；依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B.2 中的什值层取 160kV 铅的 1/10 值层厚度为 0.96mm，320kV 混凝土的 1/10 值层厚度为 100mm；

$B_3$ —达到剂量率参考控制水平时所需的屏蔽投射因子。

表11-6 散射辐射屏蔽厚度（铅当量）计算参数表

型号	关注点参数及结果	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{SV/h}$ )	屏蔽物的1/10 值层 (mm)	距靶点1m 处输出量 ( $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ )	散射 因子 $\alpha$	靶点至 关注点 的距离 (m)	屏蔽 透射 因子	理论计 算屏蔽 厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	备注
UNC160B203	铅房南侧墙体（非主射方向）30cm处	2.5	0.96	$3.564\times 10^5$	$1.6\times 10^{-3}$	1.160	$4.42\text{E}-04$	3.2	3mm内钢板+5mmPb+2mm外钢板	满足要求
	铅房西侧墙面（非主射方向）30cm处	2.5				0.761	$1.90\text{E}-04$	3.6	3mm内钢板+5mmPb+2mm外钢板	
	铅房北侧墙体（非主射方向）30cm处	2.5				1.600	$8.42\text{E}-04$	3.0	3mm外钢板+5mmPb+2mm内钢板	
	顶部（非主射方向）30cm处	2.5				1.063	$3.72\text{E}-04$	3.3	3mm外钢板+5mmPb+2mm内钢板	
UND320	铅房西侧墙体（非主射方向）30cm处	2.5	100	$8.244\times 10^5$	$1.9\times 10^{-3}$	1.990	$3.06\text{E}-05$	451.5	600mm厚钢筋混凝土	
	铅房东侧墙	2.5				0.780	$9.48\text{E}-$	402.3	600mm厚钢	

	面（非主射方向）30cm处						05		钢筋混凝土	
	铅房北侧墙面（非主射方向）30cm处	2.5				1.760	1.46E-05	483.7	600mm厚钢筋混凝土	满足要求
	顶部（非主射方向）30cm处	2.5				0.608	7.42E-05	413.0	600mm厚钢筋混凝土	满足要求

#### （4）综合分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），漏射辐射的屏蔽厚度与散射辐射的屏蔽厚度相差一个什值层（TVL）厚度或更大时，采用其中较厚的屏蔽；相差不足一个什值层（TVL）厚度时，在较厚的屏蔽上增加一个半值层（HVL）厚度。

表11-6 本项目铅房屏蔽厚度计算与实际设计厚度（铅当量）汇总表

型号	关注点预测结果	有用线束需屏蔽厚度（mm）	漏射辐射需屏蔽厚度（mm）	散射辐射需屏蔽厚度（mm）	理论计算屏蔽厚度（mm）	设计厚度（mm）	备注
UNC160 B203	铅房东侧墙体（主射方向）30cm处	4.9	/	/	4.9	3mm内钢板+8mmPb+2mm外钢板	满足要求
	铅房南侧墙体（非主射方向）30cm处	/	3.2	3.2	3.68	3mm内钢板+5mmPb+2mm外钢板	满足要求
	铅房西侧墙面（非主射方向）30cm处	/	3.0	3.6	4.08	3mm内钢板+5mmPb+2mm外钢板	满足要求
	铅房北侧墙面（非主射方向）30cm处	/	2.4	3.0	3.48	3mm外钢板+5mmPb+2mm内钢板	满足要求
	顶部（非主射方向）30cm处	/	2.7	3.3	3.78	3mm外钢板+5mmPb+2mm内钢板	满足要求
UND320	铅房南侧墙体（主射方向）30cm处	658.8	/	/	658.8	700mm厚钢筋混凝土	满足要求
	铅房西侧墙体（非主射方向）30cm处	/	387.9	451.5	501.5	600mm厚钢筋混凝土	满足要求
	铅房东侧墙面（非主射方向）30cm处	/	431.3	402.3	481.3	600mm厚钢筋混凝土	满足要求
	铅房北侧墙面（非主射方向）30cm处	/	360.6	483.7	533.7	600mm厚钢筋混凝土	满足要求

	顶部（非主射方向） 30cm处	/	452.9	413.0	502.9	600mm厚钢筋混凝土	满足 要求
--	--------------------	---	-------	-------	-------	-------------	----------

根据表11-6，铅房设计屏蔽厚度能满足屏蔽要求。

## （二）运营期正常工况环境影响分析

### 1、辐射环境影响分析

本项目UNC160B203型检测系统铅房四周及铅房顶采用铅板进行屏蔽，UND320型检测系统探伤室四周及顶部采用混凝土进行屏蔽，根据前述分析，对周围辐射影响主要考虑主射辐射、漏射辐射及散射辐射的综合影响。

#### （1）有用线束（主射）辐射影响

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），由式 11-8~11-10 计算有用线束辐射影响。

$$\dot{H}_{有} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_l}{R^2} \dots\dots\dots (式 11-8)$$

$$B_l = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots (式 11-9)$$

$$H = \dot{H}_{有} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (式 11-10)$$

式中：

B<sub>l</sub>—有用线束屏蔽透射因子；

X—屏蔽物质厚度；

TVL—见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录表 B.2，推算出 160kV 时铅的近似 1/10 值层厚度为 0.96mm，320kV 时混凝土的近似 1/10 值层厚度为 100mm；

I—额定管电流，UNC160B203 最大管电压取 3mA，UND320 最大管电压取 15mA；

H<sub>0</sub>—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，根据厂家提供资料，UNC160B203 型定向 X 射线探伤机 X 射线输出量为 5.94mGy·m<sup>2</sup>/(mA·min)，即 3.564×10<sup>5</sup>μGy·m<sup>2</sup>/(mA·h)，UND320 型定向 X 射线探伤机 X 射线输出量为 13.74mGy·m<sup>2</sup>/(mA·min)，即 8.244×10<sup>5</sup>μGy·m<sup>2</sup>/(mA·h)；

R—参考点离靶点的距离；

t—探伤装置年工作时间，UNC160B203 型为 1000h，UND320 型为 1000h；

关注点有用线束辐射年照射剂量率计算结果见表11-7。

表11-7 有用线束照射剂量率计算参数及结果表

型号	关注点预测结果	探伤装置年工	距靶点1m处输出量	屏蔽物的1/10	靶点至预测点	屏蔽透射因子	预测点剂量	居留因子	年受照射剂量	受照者类
----	---------	--------	-----------	----------	--------	--------	-------	------	--------	------



		作时间 (h)	$\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	值层 (mm)	的距离 (m)		( $\mu\text{Sv/h}$ )		(mSv/a)	型
UNC1 60B20 3(1#)	铅房东侧墙体 (主射方向) 30cm处	1000	$3.564\times 10^5$	0.96	1.863	4.64E-0 9	1.43E-0 3	1	1.43E-0 3	职业 照射
	成品区的工作 人员				7.9	4.64E-0 9	7.95E-0 5	1/4	1.99E-0 5	公众 照射
	砂型造型、涂 料区、合箱区 的工作人员				34.5	4.64E-0 9	4.17E-0 6	1/4	1.04E-0 6	公众 照射
UNC1 60B20 3(2#)	铅房东侧墙体 (主射方向) 30cm处	1000	$3.564\times 10^5$	0.96	1.863	4.64E-0 9	1.43E-0 3	1	1.43E-0 3	职业 照射
	成品区的工作 人员				7.9	4.64E-0 9	7.95E-0 5	1/4	1.99E-0 5	公众 照射
	砂型造型、涂 料区、合箱区 的工作人员				34.5	4.64E-0 9	4.17E-0 6	1/4	1.04E-0 6	公众 照射
UND3 20	铅房南侧墙体 (主射方向) 30cm处	1000	$8.244\times 10^5$	100	1.13	1.00E-0 7	9.68E-0 1	1	9.68E-0 1	职业 照射
	厂区道路				8.0	1.00E-0 7	1.93E-0 2	1/4	4.83E-0 3	公众 照射
	青神全方机械 有限公司生产 车间内的工作 人员				40	1.00E-0 7	7.73E-0 4	1/4	1.93E-0 4	公众 照射

### (2) 漏射辐射影响

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，已知屏蔽体厚度，漏射屏蔽因子可根据(式11-9)进行计算，由(式11-11)和(式11-12)计算漏射辐射对周围环境的影响。

$$\dot{H}_{\text{漏}} = \frac{\dot{H}_L \cdot B_2}{R^2} \dots\dots\dots(\text{式11-11})$$

$$H = \dot{H}_{\text{漏}} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(\text{式11-12})$$

式中：

$B_2$ —漏射屏蔽透射因子；

$\dot{H}_{\text{漏}}$ —预测点剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) ；

$\dot{H}_L$ —距离靶点1m处X射线管组装的漏射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），UNC160B203取 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ，UND320取 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；

R—参考点离靶点的距离，m；

H—年受照射剂量，mSv/a；

t—年受照射时间，UNC160B203型为1000h，UND320型为1000h；

T—居留因子。

各参数取值及各个关注点漏射辐射年照射剂量率计算结果见表11-8。

表11-8 漏射照射剂量计算参数及预测结果表

型号	关注点参数及结果	距离靶点 1m处漏射 辐射剂量 率( $\mu\text{Sv/h}$ )	靶点至 预测点 的距离 (m)	屏蔽透 射因子 $B_2$	预测点 剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留 因子	年受照射 剂量 (mSv/a)	受照 者类 型
UNC 160B 203 (1#)	UNC160B203 型检测系统 (1#) 操作柜旁的辐射工作 人员	$2.5\times 10^3$	1.5	6.19E-06	6.88E-03	1	6.88E-03	职业 照射
	UNC160B203 型检测系统 (2#) 辐射工作人员		2	6.19E-06	3.87E-03	1	3.87E-03	职业 照射
	X 射线检测区 (UND320 型 检测系统)		11.9	6.19E-06	6.19E-04	1	6.19E-04	职业 照射
	厂区道路上的工作人员		20	6.19E-06	3.87E-05	1/4	9.67E-06	公众 照射
	荧光检测及废水处理区的工 作人员		4.2	6.19E-06	8.77E-04	1/4	2.19E-04	公众 照射
	库房的工作人员		12.5	6.19E-06	9.90E-05	1/4	2.48E-05	公众 照射
	办公楼 1#		24.9	6.19E-06	2.50E-05	1/4	6.24E-06	公众 照射
	砂型打印区的工作人员、危 废间、一般固废间		6.7	6.19E-06	3.45E-04	1/4	8.62E-05	公众 照射
	铸造区的工作人员		11.7	6.19E-06	1.13E-04	1/4	2.83E-05	公众 照射
	青神全方机械有限公司生产 车间内的工作人员		49	6.19E-06	6.44E-06	1/4	1.61E-06	公众 照射
	办公楼 2#		20.7	6.19E-06	3.61E-05	1/4	9.03E-06	公众 照射
UNC 160B 203 (2#)	UNC160B203 型检测系统 (2#) 操作柜旁的辐射工作 人员	$2.5\times 10^3$	1.5	6.19E-06	6.88E-03	1	6.88E-03	职业 照射
	UNC160B203 型检测系统		2	6.19E-06	3.87E-03	1	3.87E-03	职业

UND 320	（1#）的辐射工作人员	5.0×10 <sup>3</sup>						照射
	X 射线检测区（UNC160 型检测系统）		10	6.19E-06	9.21E-04	1	9.21E-04	职业照射
	厂区道路上的工作人员		20	6.19E-06	3.87E-05	1/4	9.67E-06	公众照射
	荧光检测及废水处理区的工作人员		4.2	6.19E-06	8.77E-04	1/4	2.19E-04	公众照射
	库房的工作人员		13.5	6.19E-06	8.49E-05	1/4	2.12E-05	公众照射
	办公楼 1#		25.9	6.19E-06	2.31E-05	1/4	5.77E-06	公众照射
	砂型打印区的工作人员、危废间、一般固废间		8.7	6.19E-06	2.04E-04	1/4	5.11E-05	公众照射
	铸造区的工作人员		10.7	6.19E-06	1.35E-04	1/4	3.38E-05	公众照射
	青神全方机械有限公司生产车间内的工作人员		47	6.19E-06	7.01E-06	1/4	1.75E-06	公众照射
	办公楼 2#		19.7	6.19E-06	3.99E-05	1/4	9.97E-06	公众照射
	UND320 型检测系统操作柜旁的辐射工作人员	5.0×10 <sup>3</sup>	1.5	1.00E-06	2.22E-03	1	2.22E-03	职业照射
	UNC160B203 型检测系统（1#）的辐射工作人员		5.0	1.00E-06	2.00E-04	1	2.00E-04	职业照射
	UNC160B203 型检测系统（2#）的辐射工作人员		4.1	1.00E-06	2.97E-04	1	2.97E-04	职业照射
	厂区道路上的工作人员		8.0	1.00E-06	7.81E-05	1/4	1.95E-05	公众照射
	荧光检测及废水处理区的工作人员		5.0	1.00E-06	2.00E-04	1/4	5.00E-05	公众照射
	库房的工作人员		16.6	1.00E-06	1.81E-05	1/4	4.54E-06	公众照射
	砂型打印区的工作人员		16.4	1.00E-06	1.86E-05	1/4	4.65E-06	公众照射
	成品区的工作人员		19.8	1.00E-06	1.28E-05	1/4	3.19E-06	职业照射
	砂型造型、涂料区、合箱区的工作人员		48.5	1.00E-06	2.13E-06	1/4	5.31E-07	公众照射
	铸造区的工作人员		12.1	1.00E-06	3.42E-05	1/4	8.54E-06	公众照射
	办公楼 2#		7.9	1.00E-06	8.01E-05	1/4	2.00E-05	公众照射
	办公楼 1#		25.3	1.00E-06	7.81E-06	1/4	1.95E-06	公众照射

### (3) 散射辐射影响

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），由（式11-13）和（式11-14）计算散射辐射影响。

$$\dot{H}_{\text{散}} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_3}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots(\text{式11-13})$$

$$H = \dot{H}_{\text{散}} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(\text{式11-14})$$

式中：

$B_3$ —散射屏蔽透射因子，散射屏蔽透射因子可根据（式11-9）进行计算；

$\dot{H}_{\text{散}}$ —预测点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，m；

$R_0$ —靶点至探伤工件的距离，均取0.3m；

$I$ —额定管电流，UNC160B203 最大管电压取 3mA，UND320 最大管电压取 15mA；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，根据厂家提供资料，UNC160B203 型定向 X 射线探伤机 X 射线输出量为  $5.94\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $3.564 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，UND320 型定向 X 射线探伤机 X 射线输出量为  $13.74\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $8.244 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

$F$ — $R_0$ 处的辐射野面积，均取 $0.40\text{m}^2$ ；

$\alpha$ —散射因子，本次评价保守取 $90^\circ$ 散射因子，UNC160B203取 $1.6 \times 10^{-3}$ ，UND320取 $1.9 \times 10^{-3}$ ；

$t$ —年受照射时间，UNC160B203型为1000h，UND320型为1000h；

$T$ —居留因子。

各参数取值见表11-9。

表11-9 散射照射剂量计算参数及预测结果表

型号	关注点参数及结果	散射因子 $a$	距靶点1m处 输出量 ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ )	靶点至预 测点的距 离 (m)	屏蔽 透射 因子	预测点剂 量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留 因子	年受照 射剂量 (mSv/a)	受照 类型
UNC 160B 203 (1#)	UNC160B203 型检测 系统（1#）操作柜旁 的辐射工作人员	$1.6 \times 10^{-3}$	$3.564 \times 10^5$	1.5	$6.19\text{E}-06$	$2.09\text{E}-02$	1	$2.09\text{E}-02$	职业 照射
	UNC160B203 型检测 系统（2#）的辐射工 作人员			2	$6.19\text{E}-06$	$1.18\text{E}-02$	1	$1.18\text{E}-02$	职业 照射
	X 射线检测区 (UND320 型检测系			5.0	$6.19\text{E}-06$	$1.88\text{E}-03$	1	$1.88\text{E}-03$	职业 照射

	统)								
	厂区道路上的工作人员			20	6.19E-06	1.18E-04	1/4	2.94E-05	公众照射
	荧光检测及废水处理区的工作人员			4.2	6.19E-06	2.67E-03	1/4	6.67E-04	公众照射
	库房的工作人员			12.5	6.19E-06	3.01E-04	1/4	7.53E-05	公众照射
	办公楼 1#			24.9	6.19E-06	7.59E-05	1/4	1.90E-05	公众照射
	砂型打印区的工作人员、危废间、一般固废间			6.7	6.19E-06	1.05E-03	1/4	2.62E-04	公众照射
	铸造区的工作人员			11.7	6.19E-06	3.44E-04	1/4	8.59E-05	公众照射
	青神全方机械有限公司生产车间内的工作人员			49	6.19E-06	1.96E-05	1/4	4.90E-06	公众照射
	办公楼 2#			20.7	6.19E-06	1.10E-04	1/4	2.75E-05	公众照射
UNC160B203 (2#)	UNC160B203 型检测系统 (2#) 操作柜旁的辐射工作人员	1.6×10 <sup>-3</sup>	3.564×10 <sup>5</sup>	1.5	6.19E-06	2.09E-02	1	2.09E-02	职业照射
	UNC160B203 型检测系统 (1#) 的辐射工作人员			2	6.19E-06	1.18E-02	1	1.18E-02	职业照射
	X 射线检测区 (UND320 型检测系统)			4.1	6.19E-06	2.80E-03	1	2.80E-03	职业照射
	厂区道路上的工作人员			20	6.19E-06	1.18E-04	1/4	2.94E-05	公众照射
	荧光检测及废水处理区的工作人员			4.2	6.19E-06	2.67E-03	1/4	6.67E-04	公众照射
	库房的工作人员			13.5	6.19E-06	2.58E-04	1/4	6.46E-05	公众照射
	办公楼 1#			25.9	6.19E-06	7.02E-05	1/4	1.75E-05	公众照射
	砂型打印区的工作人员、危废间、一般固废间			8.7	6.19E-06	6.22E-04	1/4	1.55E-04	公众照射
	铸造区的工作人员			10.7	6.19E-06	4.11E-04	1/4	1.03E-04	公众照射
	青神全方机械有限公司生产车间内的			47	6.19E-06	2.13E-05	1/4	5.33E-06	公众照射

	工作人员								
	办公楼 2#			19.7	6.19E-06	1.21E-04	1/4	3.03E-05	公众照射
UND 320	UNUND320 型检测系统操作柜旁的辐射工作人员	1.9 ×10 <sup>-3</sup>	8.244×10 <sup>5</sup>	1.5	1.00E-06	4.64E-02	1	4.64E-02	职业照射
	UNC160B203 型检测系统（1#）的辐射工作人员			5.0	1.00E-06	4.18E-03	1	4.18E-03	职业照射
	UNC160B203 型检测系统（2#）的辐射工作人员			4.1	1.00E-06	6.21E-03	1	6.21E-03	职业照射
	厂区道路上的工作人员			8.0	1.00E-06	1.63E-03	1/4	4.08E-04	公众照射
	荧光检测及废水处理区的工作人员			5.0	1.00E-06	4.18E-03	1/4	1.04E-03	公众照射
	库房的工作人员			16.6	1.00E-06	3.79E-04	1/4	9.47E-05	公众照射
	砂型打印区的工作人员			16.4	1.00E-06	3.88E-04	1/4	9.71E-05	公众照射
	成品区的工作人员			19.8	1.00E-06	2.66E-04	1/4	6.66E-05	职业照射
	砂型造型、涂料区、合箱区的工作人员			48.5	1.00E-06	4.44E-05	1/4	1.11E-05	公众照射
	铸造区的工作人员			12.1	1.00E-06	7.13E-04	1/4	1.78E-04	公众照射
	办公楼 2#			7.9	1.00E-06	1.67E-03	1/4	4.18E-04	公众照射
	办公楼 1#			25.3	1.00E-06	1.63E-04	1/4	4.08E-05	公众照射

#### （4）对关注点及保护目标的综合分析

3套检测系统存在同时曝光检测的情况，因此，本项目职业人员和周围的公众可能受到3套检测系统的影响，需要考虑剂量叠加。每套检测系统处于有用线束照射范围内关注点，年照射剂量需考虑有用线束、散射照射产生的辐射量，对处于漏射照射及散射照射范围内关注点年照射剂量考虑此三种照射剂量的叠加值。

表11-10 本项目铅房外关注点处年照射剂量计算结果表

型号	关注点参数及结果	年受有用线束照射剂量 (mSv/a)	年受漏射照射剂量 (mSv/a)	年受散射照射剂量 (mSv/a)	年受照射剂量 (mSv/a)	受照者类型
----	----------	--------------------	------------------	------------------	----------------	-------

UNC 160B 203	铅房东侧墙体（主射方向）30cm处	1.31E-03	/	/	1.31E-03	职业照射
	成品区的工作人员	1.82E-05	/	/	1.82E-05	公众照射
	砂型造型、涂料区、合箱区的工作人员	9.56E-07	/	/	9.56E-07	公众照射
	UNC160B203 型检测系统操作柜旁的辐射工作人员	/	6.30E-03	1.92E-02	2.55E-02	职业照射
	生产车间内铅房周围的辐射工作人员	/	2.22E-02	6.74E-02	8.96E-02	职业照射
	厂区道路上的工作人员	/	8.87E-06	2.70E-05	3.59E-05	公众照射
	荧光检测及废水处理区的工作人员	/	2.01E-04	6.11E-04	8.12E-04	公众照射
	库房的工作人员	/	2.27E-05	6.90E-05	9.17E-05	公众照射
	办公楼 1#	/	5.72E-06	1.74E-05	2.31E-05	公众照射
	砂型打印区的工作人员	/	7.90E-05	2.40E-04	3.19E-04	公众照射
	铸造区的工作人员	/	2.59E-05	7.88E-05	1.05E-04	公众照射
	青神全方机械有限公司生产车间内的工作人员	/	1.48E-06	4.49E-06	5.97E-06	公众照射
	X 射线检测区（UND320 型检测系统）	/	1.00E-04	3.05E-04	4.05E-04	职业照射
	办公楼 2#	/	8.28E-06	2.52E-05	3.35E-05	公众照射
	铅房南侧墙体（主射方向）30cm处	1.78E+00	/	/	1.78E+00	职业照射
UND 320	青神全方机械有限公司生产车间内的工作人员	3.54E-04	/	/	3.54E-04	公众照射
	UND320 型检测系统操作柜旁的辐射工作人员	/	4.07E-03	8.51E-02	8.92E-02	职业照射
	生产车间内铅房周围的辐射工作人员	/	1.43E-02	2.99E-01	3.13E-01	职业照射
	厂区道路上的工作人员	/	3.58E-05	7.48E-04	7.84E-04	公众照射

	荧光检测及废水处理区的工作人员	/	9.17E-05	1.91E-03	2.00E-03	公众照射
	库房的工作人员	/	8.32E-06	1.74E-04	1.82E-04	公众照射
	砂型打印区的工作人员	/	8.52E-06	1.78E-04	1.87E-04	公众照射
	成品区的工作人员	/	5.85E-06	1.22E-04	1.28E-04	公众照射
	X 射线检测区 (UNC160B203 型检测系统)	/	6.47E-05	1.53E-05	8.00E-05	职业照射
	砂型造型、涂料区、合箱区的工作人员	/	9.74E-07	2.03E-05	2.13E-05	公众照射
	铸造区的工作人员	/	1.57E-05	3.27E-04	3.43E-04	公众照射
	办公楼 2#	/	3.67E-05	7.67E-04	8.04E-04	公众照射
	办公楼 1#	/	3.58E-06	7.48E-05	7.84E-05	公众照射

经与建设单位核实，三套检测系统存在同时使用的情况，三套检测系统距离较近，保护目标存在剂量叠加，预测结果见表11-11：

表11-11 本项目保护目标年有效剂量

型号	关注位置		UNC160B203所致最大年受照射剂量 (mSv/a)		UND320所致最大年受照射剂量 (mSv/a)	综合年最大受照射剂量 (mSv/a)
			1	2		
	UNC160B203 型检测系统	操作柜旁的辐射工作人员	2.55E-02	2.55E-02	8.00E-05	5.11E-02
		生产车间内铅房周围的辐射工作人员	8.96E-02	8.96E-02	8.00E-05	1.79E-01
	UND320型检测系统	操作柜旁的辐射工作人员	4.05E-04	4.05E-04	8.92E-02	9.00E-02
		生产车间内铅房周围的辐射工作人员	4.05E-04	4.05E-04	3.13E-01	3.14E-01
公众人员	厂区道路上的工作人员		3.59E-05	3.59E-05	7.84E-04	8.56E-04
	荧光检测及废水处理区的工作人员		8.12E-04	8.12E-04	2.00E-03	3.62E-03
	库房的工作人员		9.17E-05	9.17E-05	1.82E-04	3.65E-04
	办公楼 1#		2.31E-05	2.31E-05	7.84E-05	1.25E-04



砂型打印区的工作人员	3.19E-04	3.19E-04	1.87E-04	8.25E-04
铸造区的工作人员	1.05E-04	1.05E-04	3.43E-04	5.53E-04
青神全方机械有限公司生产车间内的工作人员	5.97E-06	5.97E-06	3.54E-04	3.66E-04
办公楼 2#	3.35E-05	3.35E-05	8.04E-04	8.71E-04
成品区	1.82E-05	1.82E-05	1.28E-04	1.64E-04
砂型造型、涂料区、合箱区的工作人员	9.76E-07	9.76E-07	2.13E-05	2.33E-05

综上，本项目三套检测系统投用后，职业人员最大受照射剂量为 $3.14\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，公众最大受照射剂量为 $3.62\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，分别远低于职业人员 $20\text{mSv/a}$ 和公众 $1\text{mSv/a}$ 的剂量限值，也低于职业人员 $5.0\text{mSv/a}$ 和公众 $0.1\text{mSv/a}$ 的剂量约束值。

根据建设单位反馈，该公司周围评价范围内无其他电离辐射源。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离探伤铅房最近的关注点可以代表探伤铅房周围最大可能辐射有效剂量。在本项目投入运行后，实际管电压、管电流低于预测工况，探伤机产生的X射线经墙体屏蔽、距离衰减后，本项目周围环境保护目标受照剂量远低于预测剂量，对机房周围公众影响更小。

## 2、臭氧的环境影响分析

X射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，且臭氧是强氧化物，能使材料加速老化。UNC160B203型检测系统铅房顶部设有2个排风口，在铅房顶部设置轴流风机（最大排风量为 $330\text{m}^3/\text{h}$ ），排风口采用铅罩进行屏蔽。铅房内的臭氧排出铅房后由排风管道引出，在屋顶排放，经自然分解和稀释，能满足《环境空气质量标准》（GB3095—2012）的二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求，不会对环境空气造成明显影响。UND320型检测系统探伤室北侧墙体下方设有1个“U型”排风口，排风口采用铅罩进行屏蔽，探伤室内的臭氧排出探伤室后由排风管道引出，在屋顶排放，经自然分解和稀释，能满足《环境空气质量标准》（GB3095—2012）的二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求，不会对环境空气造成明显影响。

## 3、危险废物环境影响分析

由于本项目使用数字成像系统，不产生危险废物，故不予评价。

## 4、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目涉及的X射线探伤机报废时，必须进

行去功能化处理，使探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。按照国务院449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第33条要求，报废的射线装置应实施退役。

在射线装置退役后应及时在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上对信息进行更新，并到发证机关更换辐射安全许可证。

## **5、声环境影响分析**

本项目风机工作时将产生一定噪声，本项目拟采用低噪声设备（噪声源强低于 65dB（A）），经过距离衰减和墙体隔声后，使场界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准限值要求。

## **6、一般固废**

本项目产生固体废弃物主要为生活垃圾，工作人员产生的生活垃圾约1kg/d，依托厂区已有垃圾收集设施收集。

## **7、废水**

本项目使用数字成像系统，不进行洗片，因此本项目废水主要为工作人员的生活污水，最大产生量约 9m<sup>3</sup>/a，经该厂区污水处理设施预处理后，排入市政管网后排入青神县工业开发区污水处理厂处理。

## 辐射事故影响分析

本项目使用的3套工业X射线实时成像检测系统，功能用途、设备组成和工作原理均相同（均用于探伤检测），UNC160B203和UND320的X射线管额定管电压、额定管电流不同，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）附录表B.1可知，X射线管管电压越大，距辐射源点（靶点）1m处输出量越大。在相同情景下，UND320型工业X射线实时成像检测系统可能引发的辐射事故更严重。因此，本次辐射事故分析仅对UND320型工业X射线实时成像检测系统最大可能发生的辐射安全事故进行分析。

### 1、事故风险识别

本项目所用探伤机属II类射线装置，其风险因子主要为X射线，按照国务院449号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表11-11中。

表11-12 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

风险因子	辐射伤害程度	事故等级
X射线	X 射线装置失控导致人员受超年剂量限值的照射	一般辐射事故
	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	较大辐射事故

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-12。

表11-13 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	急重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	急重度	/
脑型急性放射病	轻度	10.0Gy~100.0Gy
	中度	
	重度	
	急重度	
	死亡	100Gy

### 2、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为X射线，危害因素为X射线超剂量照射，X

射线探伤机只有在开机状态下才会产生X射线，一旦切断电源，探伤机便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

①在防护门未关闭的情况下即进行探伤操作，可能给工作人员和周围活动的人员造成不必要的照射。

②设备检修时，人员在铅房内，射线装置误开机，造成事故照射。

### 3、最大可能性事故后果计算

#### （1）事故情景分析

本项目设备只有在通电的情况下才有X射线发出，断电后无射线。因此只有在铅防护门、联锁装置或X射线检测设备发生故障的情况下，才可能导致工作人员和周围公众接受意外的X射线外照射。铅房有剂量报警装置，如果联锁失效，剂量报警装置就会报警，操作人员通过设备面板上急停按钮立即停机，切断高压或关闭电源，并组织有关人员进行维修，便可杜绝此类误照的事件发生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

①X射线装置在对工件进行X射线检测时，门-机联锁发生故障，导致在防护门未关闭到位的情况下射线发生器出束，X射线泄露使工作人员受到不必要的照射。

②由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。

#### （2）事故辐射剂量估算结果

##### 事故情景分析：

假定在事故情况下，人员误入屏蔽铅房，X射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与设备产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中设备产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用下式计算：

$$D = I\delta_x / r^2 \quad \dots\dots\dots (11-15)$$

式中：

$D$ ：空气吸收剂量率， $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-2}$ ；

$I$ ：管电流， $\text{mA}$ ；

$\delta_x$ ：距辐射源点（靶点）1m处输出量，根据厂家提供资料，UNC160B203型定向X射线探伤机X射线输出量为 $5.94\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $3.564\times 10^5\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，UND320型定向X射

线探伤机 X 射线输出量为  $13.74\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即  $8.244\times 10^5\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

$r$ ：参考点距 X 射线管焦斑的距离，m。

人员受到的有效剂量可用式 11-20 计算：

$$E = D \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \dots\dots\dots (11-16)$$

式中：

$E$ ：人员受到的有效剂量率， $\text{mSv}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

$W_T$ ：组织权重因数，全身为 1；

$W_R$ ：辐射权因数，X 射线为 1。

由于铅房内和操作台上均安装有紧急止动按钮，当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过房内和操作台上均安装有紧急止动按钮中断电源。本项目按曝光时间1min计算，公众误入曝光室单次辐射事故受照射剂量计算结果见表11-13、表14：

表 11-14 事故情况下周围人员受到的剂量估算结果（UNC160B203 型）

与探伤机靶正面距离 受照射剂量 受照时间 (s) (mSv/次) (m)	1	2	3	4
15	4.46	1.11	0.50	0.28
30	8.91	2.23	0.99	0.56
45	13.37	3.34	1.49	0.84
60	17.82	4.46	1.98	1.11

表 11-15 事故情况下周围人员受到的剂量估算结果（UND320 型）

与探伤机靶正面距离 受照射剂量 受照时间 (s) (mSv/次) (m)	1	2	3	4
15	51.53	12.88	5.73	3.22
30	103.05	25.76	11.45	6.44
45	154.58	38.64	17.18	9.66
60	206.10	51.53	22.90	12.88

根据表11-13，本项目UNC160B203型有用线束方向上最大可能受照剂量为17.32mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员20mSv/a的剂量限值，高于公众1mSv/a的剂量限值，构成一般辐射事故。根据表11-14，本项目UND320型有用线束方向上最大可能受照剂量为206.10mSv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员20mSv/a的剂量限值，

高于公众1mSv/a的剂量限值，构成一般辐射事故。综上所述，若本项目发生辐射事故，最大可能为一般辐射事故。

综上所述，若本项目发生辐射事故，最大可能为一般辐射事故。本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

#### 4、事故预防措施

建设单位采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

##### （1）辐射安全管理

①建设单位需成立辐射防护领导小组，负责全公司辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对辐射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

②建设单位需制定辐射事故预防措施及应急处理预案。根据中华人民共和国原环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位应急方案，做好应急准备”。

应急方案的内容应包括：应急机构和职责分工；应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；辐射事故分级与应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序；辐射事故信息公开、公众宣传方案。”项目建设单位应按上述要求制定辐射事故预防措施及应急处理预案。

③项目建设单位应制定辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。

##### （2）设备固有安全设施

本项目建设单位按照表 10-4 中各项要求落实到位后，工业 X 射线实时成像检测系统自身采取了多重安全措施，可以防止辐射事故的发生，如“紧急停机”按钮、门灯联锁与门机联锁等。

表 12 辐射安全管理

## 辐射安全与环境保护管理机构的设置

### 一、辐射防护与安全管理机构

建设单位已成立了辐射安全与管理领导小组（见附件 5），其职责如下：①全面负责单位辐射安全管理工作；②认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合本单位实际制定安全规章制度并检查监督实施；③负责单位辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；④检查安全环保设施，开展环保监测，对单位使用的射线装置安全防护情况进行年度评估；⑤实施辐射工作人员的个人剂量检测并做好个人剂量的档案管理工作；⑥组织编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；⑦定期向生态环境主管部门报告安全工作，接受环保监督、监测部门检查指导。

### 二、辐射工作人员配置

本项目配备辐射工作人员 4 人（3 人操作，1 人管理）。一天工作时间 8 小时，年工作时间为 300 天。铅房周围不涉及其它辐射工作场所，不存在剂量叠加的问题。

(1)建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在生态环境部网上学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

(2)建设单位应当确保探伤操作时有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备 1 套个人剂量计。

(3)个人剂量计应正确配戴，定期送交有资质的检测单位进行检测。建设单位应为每一名辐射工作人员建立个人剂量档案，完善个人剂量管理制度。个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，调查原因并由当事人签字确认。

(4)辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任探伤实践，而且对安全防护与相关法规知识也需作相应了解，实际操作中须按操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。

## 辐射安全档案资料管理和规章管理制度

### 一、档案管理分类

辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档管理。档案资料可分以下包括以下八大类：“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”、“辐射应急资料”。

建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

### 二、须建立的主要规章制度

本项目建设单位涉及使用 II 类射线装置，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”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函[2016]1400 号)等，建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全与防护管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	备注
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应持有有效的辐射安全许可证	拟办理辐射安全许可证增项	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关规定要求
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目涉及到的 4 名辐射工作人员均为新增人员,均拟参加辐射安全与防护相关学习和考核,确保持证上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专(兼)职管理人员	建设单位已成立“辐射安全管理领导小组”,有专人负责辐射安全管理工作	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
4	需配备必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测,监测记录应存档备案	建设单位按照表 10-4 进行辐射防护设施的配备,制定《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》等制度并严格执行监测计划	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险,制定相应辐射事故应急预案,特别应做好工业 CT 的实体保卫和防护措施,并即使给予修订。	建设单位参照表 11 中事故分析,需制定较完整全面的《辐射事故应急预案》	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求



6	核技术利用单位应建立健全的辐射安全和防护管理规章制度及辐射工作单位基础档案	公司需按照要求制定完善辐射安全和防护管理规章制度	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定要求
7	个人剂量监测、职业健康检查及档案管理	实际投入运营后,建设单位应做好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查,建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	拟在铅房四周、操作台醒目位置粘贴电离辐射警告标志	满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》等相关规定要求
9	监测	建设单位须制定监测方案,开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测,辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告,该监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分,一并提交给发证机关	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
10	年度评估	建设单位于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求

## 二、辐射安全管理规章制度及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环保部令第20号)“第十六条”、《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》及《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环办发[2016]1400号)的相关要求中的相关规定,将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比说明,具体见表12-2:

表 12-2 辐射安全管理规章制度汇总对照表

序号	《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》		公司制定情况	备注
	制度	具体制度要求		
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责,全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作	已制定	将本次新增设备纳入其中
2	辐射安全管理规定	根据单位具体情况制定辐射防护和	需完善	将本次新增设备

	(综合性文件)	安全保卫制度, 重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理		纳入其中
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施	需完善	增加本项目拟新增的射线装置
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中应采取的具体防护措施, 确保射线装置保持良好的工作状态	需完善	增加本项目拟新增的射线装置
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责	已制定	/
6	射线装置台账管理制度	应记载放射性同位素与射线装置台账, 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	需完善	增加本项目拟新增的射线装置
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	需完善	增加本项目拟新增的射线装置辐射工作场所
8	监测仪表使用与校验管理制度	/	需完善	/
9	辐射工作人员培训制度(或培训计划)	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训, 辐射工作人员需通过考核后方可上岗	已制定	/
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置时, 操作人员须佩戴个人剂量计。公司定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量, 并建立个人剂量档案	已制定	/
11	辐射安全与防护年度评估制度	/	需完善	将本次新增设备纳入其中
12	辐射事故应急预案	针对射线装置应用可能产生的辐射事故, 应制定较为完善的事故应急预案或应急措施, 包括: “应急物资的准备和应急责任人员、生态环境主管部门应急电话及发生事故时的辐射事故处理措施”的内容	需完善	将本次新增设备纳入其中
13	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	需完善	将本次新增设备纳入其中
根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》(川环函[2016]1400号)				

的要求，建设单位应根据使用射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函(2016)1400号）的要求，将《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且根据国家发布的新的相关法律法规内容,结合公司实际情况及时对各项规章制度补充修改,使之更能符合实际需要。

### 三、射线装置使用能力综合评价

结合《辐射安全许可证》发放条件、中华人民共和国环境保护部第18号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、生态环境部核技术利用单位现场检查内容及原中华人民共和国环境保护部第3号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求,将本项目采用的辐射安全防护措施列于下表12-2。

表 12-3 本项目辐射安全防护设施要求表

规定的措施和制度		现有情况
固定式 场所设 施	建筑屏蔽	需配置
	射线仪进件门处电离辐射警示标志	需配置
	射线仪顶部机器工作状态灯显示	需配置
	隔室操作	/
	防护门	需配置
	门机联锁	需配置
	门灯联锁系统	需配置
	射线仪内监控设施	需配置
	通风设施	需配置
	紧急停机按钮	需配置
	出口处紧急开门按钮	需配置
	准备出束声光提示	需配置
监测设备	便携式X-γ辐射剂量监测仪	需配备
	个人剂量计	需配备
	个人剂量报警仪	需配备

表 12-4 《辐射安全许可证》发放条件对照分析

序号	原环境保护部令 第 3 号要求	项目实际情况分析
1	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	建设单位成立了辐射安全管理领导小组，具有本科及以上学历的技术人员负责辐射安全与环境保护工作
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	建设单位组织辐射工作人员和管理人员参加辐射安全与防护专业知识学习和考核通过后满足
3	射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	设备有电离辐射警告标志和工作状态指示灯，操作柜上有设置紧急止动开关等
4	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、辐射测量等仪器	建设单位须为每名辐射工作人员配备个人剂量计，个人剂量报警仪，并配备 1 台便携式辐射监测仪，配备后满足
5	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、人员培训计划、监测方案等	建设单位需按要求制定相应的规章制度，要求上墙的规章制度需按具体要求悬挂于辐射工作场所
6	有完善的辐射事故应急措施	建设单位需制定辐射事故应急预案和事故应急响应程序，并及时修订。

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用Ⅱ类射线装置的许可条件。

建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。

## 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括辐射工作场所监测和个人剂量检测。

### 一、辐射工作场所监测

1、年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、自主验收监测：医院在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展 1 次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

3、日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1 次/月。

### （1）公司自我监测

建设单位定期（监测周期为 1 次/月）对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备案。公司可通过采购便携式辐射监测仪自行监测，也可以委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。

### （2）监测内容和要求

1) 监测内容：x- $\gamma$ 空气吸收剂量率。

2) 监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

**表12-5 工作场所监测计划建议**

场所	监测项目	监测周期	监测点位
辐射工作场所	x- $\gamma$ 空气吸收剂量率	自主验收监测 1 次；委托有资质的单位监测，周期为 1 次/年；自行开展辐射监测。	铅房四周墙壁外、铅房防护门门缝处、铅房四周保护目标处

3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

### 4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

## 二、个人剂量检测

个人检测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为 1 次/季。

（1）当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当

全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

（2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

（3）根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

（4）辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、职业健康体检、个人剂量检测结果等材料。公司应将辐射工作人员的个人剂量档案终身保存。

### 三、年度监测报告

公司应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。建设单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn/>)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

### 辐射事故应急

辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

#### （1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即断电停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、省生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健行政部门报告。

## （2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ① 确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ② 根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③ 现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计。

④ 应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤ 事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

单位应当根据以上要求，同时结合本项目来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合单位实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

**表 13 结论与建议**

## 结论

### 一、项目概况

#### 1、项目名称、性质、地点

项目名称：使用工业 X 射线实时成像检测系统项目

建设单位：四川德恩航天科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路 9 号四川德恩航天科技有限公司生产车间

#### 2、建设内容与规模

四川德恩航天科技有限公司拟在生产车间西南侧使用两套 UNC160B203 型和一套 UNC160 型检测系统。其中，UNC160B203 型检测系统包含一座铅房、一台定向型 X 射线探伤机和一套显示控制系统，其 X 射线探伤机额定管电压为 160kV，额定管电流为 3mA，最大曝光时间为 1000h；UND320 型检测系统中 X 射线探伤机额定管电压为 320kV，额定管电流为 15mA，最大曝光时间为 1000h，均属于 II 类射线装置。三套检测系统存在同时使用的情况，均用于铸件(钢、铁、铝)内部缺陷探伤，不涉及室外探伤，不使用定影液、显影液和胶片。

### 二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于工业探伤领域，属高新技术。根据国家发展改革委《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行产业政策。

### 三、本项目选址合理性分析

本项目所在生产车间用地已经取得了青神县自然资源局出具的《建设用地规划许可证》（地字第 511425202200005 号）和不动产权证书（川（2022）青神县不动产权第 0000121 号），用地性质为工业用地，本项目所在生产车间已取得眉山市青神生态环境局关于四川德恩航天科技有限公司建设项目环境影响报告表



的批复（眉市环建青[2023]5号），本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且项目使用的铅房为专用辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

#### 四、工程所在地区环境质量现状

根据四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司的监测报告，本项目周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率为 $\sim\mu\text{Sv/h}$ ，属于正常天然本底辐射水平。

#### 五、环境影响评价分析结论

##### 1、施工期环境影响分析

本项目施工期较短，通过采取相应的防治措施，对周围环境影响较小。

##### 2、营运期环境影响分析

###### （1）电离环境影响

本项目职业人员最大受照射剂量为 $3.14\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，公众最大受照射剂量为 $3.62\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，分别远低于职业人员 $20\text{mSv/a}$ 和公众 $1\text{mSv/a}$ 的剂量限值，也低于职业人员 $5.0\text{mSv/a}$ 和公众 $0.1\text{mSv/a}$ 的剂量约束值。

###### （2）大气环境影响

采用换气系统排入环境大气后，经自然分解和稀释，不会对环境空气造成明显影响。

###### （3）水环境影响

本项目为工作人员的生活污水约 $9\text{m}^3/\text{a}$ ，经该公司污水处理设施预处理后，排入市政管网。

###### （4）固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 $1\text{kg/d}$ ，经该公司内垃圾桶统一收集后，交由市政环卫部门统一清运。

#### 六、环保设施与保护目标

按照要求落实后，建设单位环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的绝大多数保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低

的水平。

## 七、事故风险与防范

建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施后，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

## 八、辐射安全管理的综合能力

按照要求落实后，对本项目辐射设备和场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

## 九、项目环保可行性结论

坚持“三同时”原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本项目在四川省眉山市青神县青竹街道鑫元路9号四川德恩航天科技有限公司生产车间内建设，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

## 十、项目环保竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

环保设施		
UNC160B203 型检测系统安全装置	UNC160B203 型检测系统(1#)	UNC160B203 型检测系统(2#)
	整体铅房 1 座	整体铅房 1 座
	防护门 1 个	防护门 1 个
	铅房内通排风系统 1 套	铅房内通排风系统 1 套
	门机连锁系统 1 套	门机连锁系统 1 套
	门灯连锁系统 1 套	门灯连锁系统 1 套
	铅房内监控设备 1 套	铅房内监控设备 1 套
	紧急停机按钮 3 个（铅房 2 个、操作台 1 个）	紧急停机按钮 3 个（铅房 2 个、操作台 1 个）
	钥匙控制 1 个	钥匙控制 1 个
	视频监控装置 1 套	视频监控装置 1 套
	自带警告标识 1 套	自带警告标识 1 套
UND320 型检测系统安全装置	混凝土探伤室一座	
	防护门 2 个	
	门机连锁系统 1 套	

	门灯连锁系统 1 套
	铅房内监控设备 1 套
	紧急停机按钮 3 个（铅房 2 个、操作台 1 个）
	钥匙控制 1 个
	视频监控装置 1 套
	警告标识 1 套
监测仪器	便携式辐射监测仪 1 台
	个人剂量报警仪 4 个
	固定式剂量报警仪
防护用品	个人剂量计 4 套
其他	射线装置年度辐射环境监测
	辐射工作人员培训及考核
	应急及救助的资金、物资准备

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）规定：

（1）建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://www.mee.gov.cn>）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

(4) 除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，需在 9 个月内完成项目自主验收；②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；③验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#!/pub-message>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

## 要求

1、落实本报告表中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、组织所有辐射工作人员和相关管理人员按照生态环境部2019年第57号公告的要求，参加生态环境部网上学习考核平台（[fushe.mee.gov.cn](http://fushe.mee.gov.cn)）中辐射安全与防护专业知识，考核通过后方能上岗。

3、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，并且年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），安全和防护状况年度评估报告需按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；

4、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

5、单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），完善相关信息。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。