

核技术利用建设项目

使用 X、 γ 射线探伤机项目

环境影响报告表

(公示本)

四川众胜检验检测有限公司

二〇二五年八月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

使用 X、 γ 射线探伤机项目 环境影响报告表



建设单位名称：四川众胜检验检测有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

殷建

通讯地址：四川省自贡市沿滩区高新工业园区龙乡大道

邮政编码：643030

联系人：胡元亮

电子邮箱：1012078536@qq.com 联系电话：13890005697

编制单位和编制人员情况表

项目编号	ilp40q		
建设项目名称	使用X、 γ 射线探伤机项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	四川众胜检验检测有限公司		
统一社会信用代码	91510300MA6BRKAX38		
法定代表人（签章）	殷建		
主要负责人（签字）	胡元亮		
直接负责的主管人员（签字）	胡元亮		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	四川同佳检测有限责任公司		
统一社会信用代码	91510600660266939R		
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
王健旭	2016035510350000003510510108	BH026585	王健旭
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王健旭	全文编制	BH026585	王健旭



统一社会信用代码
91510600660266939R

营业执照

(副本)
副本编号: 1 - 1

扫描二维码
, 了解更多登记、备
案、许可、监管信息。



名称 四川同佳检测有限责任公司
类型 有限责任公司(自然人投资或控股)
法定代表人 潘强
经营范围

注册资本 壹仟柒佰玖拾壹万肆仟壹佰元整
成立日期 2007年04月03日
住所 四川省德阳市经济技术开发区金沙江西路
706号

一般项目: 环境保护监测; 技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广; 环保咨询服务; 节能管理服务; 社会稳定风险评估; 信息技术咨询服务。(除依法须经批准的项目外, 凭营业执照依法自主开展经营活动) 许可项目: 检验检测服务; 放射卫生技术服务; 职业卫生技术服务; 室内环境检测; 安全生产检验检测; 放射性污染监测。(依法须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动, 具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准)

登记机关
2025



国家企业信用信息公示系统网址:
<http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国
家企业信用信息公示系统报送公示年度报告。

国家市场监督管理总局监制

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.

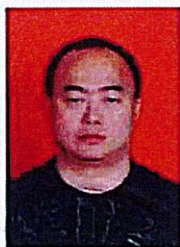


Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00019467
No.



王健旭 00019467

持证人签名:

Signature of the Bearer

2016035510350000003510510108

管理号:
File No.

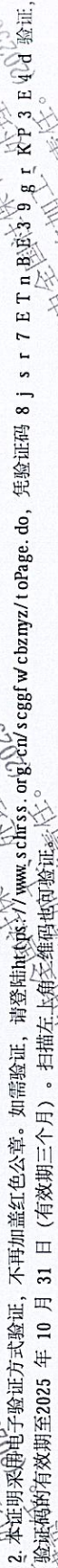


姓名: 王健旭
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1983年05月
Date of Birth
专业类别: /
Professional Type
批准日期: 二〇一六年九月二十五日
Approval Date

签发单位
Issued by

签发日期: 2016年10月08日
Issued on





王健旭

注册时间: 2020-03-04 操作事项: 未办待办

万寿堂
校書堂

湘南地区同属区共同记分

0
2025-03-04~2026-03-03

信用记录

基本情况

鳳信在基

姓名:	王雄星
证件类型:	身份证
职业/资格证书编号:	2016035510350000003510510108
信用编号:	BH026585

从业单位名称: 四川恒信检测有限公司

正牛車頭: 510182198305264813

取得营业执照时间: 2016-09-25

全職情況材料：
王健旭保證書.pdf

官用编号: BH026585

豐田汽車

手机号码: 17369030709

电子邮箱: 45782512@qq.com

编制的环境影响报告书(表)

2015年12月15日

环境影响报告书(表)情况

近三年编制环境影响报告书(表)累计 81 本

提手 2

74

其中：经批准的环境影响报告书（表）累计 21 本

附註

報告表

目 录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	15
表 3	非密封放射性物质	16
表 4	射线装置	17
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6	评价依据	19
表 7	保护目标与评价标准	22
表 8	环境质量和辐射现状	25
表 10	辐射安全与防护	42
表 11	环境影响分析	66
表 12	辐射安全管理	102
表 13	结论与建议	114

附图：

- 附图 1 本项目地理位置图；
- 附图 2 本项目所在区域 1km 范围内平面布局图；
- 附图 3 项目所在厂区平面布局及外环境关系图；
- 附图 4 室内探伤、室外移动式探伤所在区域平面布局图；
- 附图 5 本项目新建探伤室平面布局图；
- 附图 6 本项目新建曝光室墙体剖立面示意图；
- 附图 7 室内探伤人流、物流路径图；
- 附图 8 本项目两区划分图；
- 附图 9 本项目新建探伤室辐射安全防护设施平面布局图；
- 附图 10 本项目铅防护设施和探伤装置布置支架示意图。

附件：

- 附件 1 环评委托书；
- 附件 2 无事故情况说明；
- 附件 3 辐射安全许可证；
- 附件 4 不动产权证；
- 附件 5 本项目厂房租赁协议；
- 附件 6 辐射安全与防护管理领导机构文件；
- 附件 7 资料确认清单；
- 附件 8 关于本项目的承诺书；
- 附件 9 危废处置协议
- 附件 10 辐射环境现状监测报告

表 1 项目概况

建设项目名称		使用 X、γ 射线探伤机项目				
建设单位		四川众胜检验检测有限公司				
法人代表		殷建	联系人	胡元亮	联系电话	13890005697
注册地址		四川省自贡市沿滩区高新工业园区龙乡大道				
项目建设地点		室内探伤位于自贡市沿滩区高新工业园区龙乡大道自贡东晟机械设备制造有限公司租赁厂房曝光室内；室外探伤位于公司租赁厂房划定区域内				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		300	项目环保投资（万元）	157	投资比例（环保投资/总投资）	52.3%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ）	221.25m ²
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
		☒ 使用	☐ I类（医疗使用） ☒ I类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类			
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类			
		☒ 使用	☒ I类 ☐ III类			
	其它	/				

项目概述

一、建设单位简介及项目由来

四川众胜检验检测有限公司（后文简称“众胜检测”）（统一社会信用代码：91510300MA6BRKAX38）成立于2021年，目前有员工50余人，主要从事锅炉、压力容器、长输管道、建筑与桥梁的钢结构检验检测等。

自贡东晟机械设备制造有限公司位于自贡市沿滩区高新工业园区龙乡大道，厂区内有标准化厂房和4F办公楼各1座，其中标准化厂房建筑尺寸为136m（长）×72m（宽）

×15m（高），建筑面积为9875m²，均闲置，本次众胜检测拟整体租赁自贡东晟机械设备制造有限公司全部厂区，已经得到了产权方的同意（租赁协议见附件），并在厂房内新建探伤室及辅助用房，用于开展室内及室外探伤，本项目拟建探伤室建筑面积为221.25m²，建筑尺寸为18.75m（长）×11.8m（宽）×5.9m（高），项目室内及室外探伤共计拟使用5台定向X射线探伤机、2台周向X射线探伤机（均属于Ⅱ类射线装置），1台⁶⁰Co-γ射线探伤机和2台¹⁹²Ir-γ射线探伤机（各含1枚活度为3.7×10¹²Bq放射源，均属于Ⅱ类放射源），用于压力容器焊缝、焊接工件的探伤。

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》、《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定和要求，本项目涉及使用Ⅱ类射线装置、Ⅱ类放射源，需进行环境影响评价。根据《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），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置、使用Ⅱ类放射源”，应编制环境影响报告表，向四川省生态环境厅申请审批，因此，四川众胜检验检测有限公司委托四川同佳检测有限责任公司对该项目开展环境影响评价工作。四川同佳检测有限责任公司接受委托后，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X、γ射线探伤机项目环境影响报告表》。

二、环境影响评价报告信息公开

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，建设单位在网络公开平台上对该项目进行了全文公示。公示网站截图如下：



公示后，未收到任何单位和个人有关项目情况的反馈意见。

三、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令）相关规定，本项目属于鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

四、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：使用 X、 γ 射线探伤机项目

建设单位：四川众胜检验检测有限公司

建设性质：新建

建设地点：室内探伤位于自贡东晟机械设备制造有限公司租赁厂房曝光室内，室

外探伤位于厂房内曝光室外划定区域。

（二）建设内容与规模

四川众胜检验检测有限公司本次拟在厂房西北侧二跨底部位置新建 1 座探伤室，该探伤室包含 X- γ 射线曝光室（以下简称曝光室 1）及 X 射线曝光室（以下简称曝光室 2）各 1 个，其中曝光室 1 包含贮源室 1 间，拟在曝光室 1 内使用定向 X 射线探伤机 2 台（型号分别为 XXG3505 及 XXG3005）， ^{60}Co - γ 射线探伤机、 ^{192}Ir - γ 射线探伤机各 1 台，用于曝光室 1 内压力容器焊缝、焊接工件的探伤；在曝光室 2 内使用 XXG2505 定向 X 射线探伤机 2 台，XXH2505 周向 X 射线探伤机 1 台，用于曝光室 2 内压力容器焊缝、焊接工件的探伤；拟在厂房（探伤室外）内使用型号为 XXH3005 周向 X 射线探伤机 1 台、XXG2505 定向 X 射线探伤机 1 台，用于公司厂房内压力容器焊缝、焊接工件的室外移动式探伤。公司不进行探伤时，曝光室 1 和曝光室 2 内的 X 射线探伤机均保存在各自曝光室内， γ 射线探伤机均保存在曝光室 1 贮源室内，厂房内室外移动式探伤所用探伤机暂存在曝光室 1 贮源室内。曝光室 1 和曝光室 2 室内探伤以及室外移动式探伤的探伤机均分开管理，绝不交叉使用，同时，众胜检测不存在探伤作业中同时使用 2 台或多台探伤装置的情况，也不存在室内探伤和室外移动式探伤同时开展的情况。

表 1-1 本项目射线装置基本情况一览表

序号	装置名称	型号	数量	参数	投照类型	类别	工作场所	年最大曝光时间 (h)
1	X 射线探伤机	XXG-3505	1	350kV、5mA	定向	II	曝光室 1	150
2	X 射线探伤机	XXG-3005	1	300kV、5mA	定向	II		150
3	X 射线探伤机	XXG-2505	2	250kV、5mA	定向	II	曝光室 2	400
4	X 射线探伤机	XXH-2505	1	250kV、5mA	周向	II		100
5	X 射线探伤机	XXG-2505	1	250kV、5mA	定向	II	室外	200
6	X 射线探伤机	XXH-3005	1	300kV、5mA	周向	II		100

表 1-2 本项目拟使用的放射源的相关情况

设备名称	使用放射源核素	使用放射源数量 (枚)	放射源单枚活度 (Bq)	放射源类别	使用场所	年最大曝光时间 (h)
------	---------	-------------	--------------	-------	------	-------------

$^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机	^{192}Ir	2	3.7×10^{12}	II	曝光室 1	100
$^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机	^{60}Co	1	3.7×10^{12}	II		200

①室内探伤

公司拟开展室内探伤，用于对长度小于 7m、直径/宽度小于 2m 的压力容器及工件进行探伤检测。在曝光室 1 内拟使用 XXG3505 型定向 X 射线探伤机（额定管电压为 350kV、额定管电流为 5mA）1 台、XXG3005 型定向 X 射线探伤机（额定管电压为 300kV、额定管电流为 5mA）1 台，2 台射线机年最大曝光时间共计 300h，拟使用 1 台额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机，年最大出源拍片时间约 100h；拟使用 1 台额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机，年最大出源拍片时间约 200h，放射源仅用于曝光室 1 室内探伤。

曝光室 2 内拟使用 XXG2505 型定向 X 射线探伤机（额定管电压为 250kV、额定管电流为 5mA）2 台、XXH2505 型周向 X 射线探伤机（额定管电压为 250kV、额定管电流为 5mA）1 台，3 台射线机年最大曝光时间共计 500h，曝光室 2 不涉及放射源。

根据众胜检测设计方案，众胜检测拟在厂房内新建 1 座探伤室及辅助用房，包括曝光室 1（含迷道）、曝光室 2（含迷道）、操作室、评片室、晾片室、切片室、暗室、危废间、贮源室各 1 间，均为一层建筑，屋顶为人员不可到达。本项目探伤室及辅助用房建筑面积为 221.25m^2 ，其中曝光室 1（含迷道）建筑面积为 105.8m^2 （净空尺寸为：长 $8.1\text{m}\times$ 宽 $6.2\text{m}\times$ 高 5.0m ），四面墙均为 1300mm 厚钢筋混凝土，“L 字形”迷道内外墙均为 1300mm 厚钢筋混凝土，屋顶为 900mm 厚钢筋混凝土，工件进出门为 1300mm 厚电动轨道平移混凝土防护门，工件门门洞尺寸为 4.0m （宽） $\times$ 4.0m （高），北侧迷道门为 20mmPb 钢铅钢结构防护门，拟在曝光室 1 内北侧设一个贮源室，净空尺寸为 1.7m （长） $\times$ 2.0m （宽） $\times$ 2.9m （高），拟设上下两格贮源格。贮源室东北侧、西北侧墙体为贮源室与曝光室 1 共用屏蔽墙体，厚度均为 1300mm 厚混凝土，东南侧、西南侧墙体均为 400mm 钢筋砼，东南侧为 10mmPb 钢铅钢结构防盗门。

曝光室 2（含迷道）建筑面积为 49.1m^2 （净空尺寸为：长 $6.0\text{m}\times$ 宽 $5.05\text{m}\times$ 高 5.45m ），四面墙除东南侧共用墙为 1300mm 厚钢筋混凝土外其余三面墙均为 600mm 厚钢筋混凝土，“L 字形”迷道内外墙均为 600mm 厚钢筋混凝土，屋顶为 450mm 厚钢筋混凝土，工件进出门为 600mm 厚电动轨道平移混凝土防护门，工件门门洞尺寸为 3.0m （宽） $\times$ 3.0m （高），北侧迷道门为 10mmPb 钢铅钢结构防护门。

②室外移动式探伤

众胜检测拟在曝光室外，车间内开展厂房室外移动式探伤。其中尺寸为 $7\text{m} \leq \text{长度} \leq 20\text{m}$ 、 $2\text{m} \leq \text{直径/宽度} \leq 9\text{m}$ 的压力容器或其他工件采用室外移动式探伤。拟使用 1 台 XXG2505 型定向 X 射线探伤机（额定管电压为 250kV、额定管电流为 5mA）、1 台 XXH3005 型周向 X 射线探伤机（额定管电压为 300kV、额定管电流为 5mA），2 台射线机年最大曝光时间共计 300h，室外探伤不涉及放射源。

项目组成及主要环境问题见表 1-3。

表 1-3 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	
			施工期	营运期
主体工程	室内探伤	曝光室 1 结构	扬尘 废水 固体废物 噪声	探伤机工作时产生的 X 射线， γ 射线，臭氧，氮氧化物，换气风机产生的噪声，废放射源
		曝光室 2 结构		
		贮源室		
		曝光室 1 探伤机情况	/	
		曝光室 2 探伤机情况	/	
		存放地点	/	
		曝光时间	/	
室外探伤	探伤机情况	型号为 XXH3005 周向 X 射线探伤机 1 台、XXG2505 定向 X 射线探伤机 1 台，均属于 II 类射线装置，不使用 γ 射线探伤机。	/	探伤机工作时产生的 X 射

	探伤地点	厂房划定区域内（曝光室以外）		线，臭氧，氮氧化物
	设备存放	探伤机在厂房内使用，不使用时 X 射线探伤机放置在曝光室 1 贮源室内		
	曝光时间	X 射线探伤机年曝光时间共计 300h。		
环保工程	依托厂区污水收集处理设施、固体废物收运设施等		扬尘 废水 固体废物 噪声	废显影液 废定影液 废胶片 洗片废水
辅助工程	操作室、评片室、晾片室、切片室、暗室、危废间和贮源室等			
公用工程	依托厂区卫生间等		/	生活污水 生活垃圾
办公及生活设施	依托厂区办公楼（4F）			
仓储其它	厂区其他设施			

（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 1-4。

表 1-4 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
主(辅)料	胶片	15000 张	外购	卤化银
	显影液	150kg/a	外购	溴化钾、无水亚硫酸钠
	定影液	150kg/a	外购	硫代硫酸钠(Na ₂ S ₂ O ₃)、无水亚硫酸钠
能源	煤(T)	—	—	—
	电(度)	探伤用电	2800kWh	—
	气(Nm ³)	—	—	—
水量	地表水	自来水	80m ³	—
	地下水	—	—	—

（四）本项目涉及辐射源装置

本项目涉及射线装置的情况见表 1-5、1-6。

表 1-5 本项目拟使用的射线装置的相关情况

设备型号	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	投射类型	数量(台)	生产厂家	管理类别	使用场所	辐射角度	最大探伤厚度(mm)	备注
XXG3505	350	5	定向	1	待定	II	曝光室 1	40+5°	60	拟购
XXG3005	300	5	定向	1	待定	II		40+5°	50	拟购
XXG2505	250	5	定向	2	待定	II	曝光室 2	40+5°	40	拟购
XXH2505	250	5	周向	1	待定	II		360°	40	拟购
XXH3005	300	5	周向	1	待定	II	室外	360°	50	拟购

XXG2505	250	5	定向	1	待定	II		40+5°	40	拟购
---------	-----	---	----	---	----	----	--	-------	----	----

表 1-6 本项目拟使用的放射源的相关情况

设备名称	使用放射源核素	使用放射源数量（枚）	放射源单枚活度（Bq）	放射源类别	使用场所	最大探伤厚度（mm）	备注
^{192}Ir - γ 射线探伤机	^{192}Ir	2	3.7×10^{12}	II	曝光室 1	100	拟购
^{60}Co - γ 射线探伤机	^{60}Co	1	3.7×10^{12}	II		200	拟购

表 1-6 放射源基本参数情况

放射源种类	活度（Bq）	放射源类别	放射源数量	半衰期	辐射类型	主要射线最大能量	备注
^{192}Ir	$3.7\times 10^{12}\text{Bq}\times 1$ 枚	II类	2 枚	74.3d	β 射线 γ 射线	$E_{\gamma}=0.3165\text{MeV}$ $E_{\beta}=0.6751\text{MeV}$	放射源活度不能达到要求时，联系放射源厂家更换放射源
^{60}Co	$3.7\times 10^{12}\text{Bq}\times 1$ 枚	II类	1 枚	5.27a	β 射线 γ 射线	$E_{\gamma}=1.332\text{MeV}$ $E_{\beta}=0.318\text{MeV}$	

（五）项目外环境关系及选址合理性分析

1、室内探伤和室外移动式探伤

本项目室内探伤、室外移动式探伤区域选址于四川众胜检验检测有限公司租赁的自贡东晟机械设备制造有限公司的厂区，位于沿滩区高新工业园区内，建设内容仅涉及闲置标准厂房及办公用房各 1 座，不涉及生产运营。根据《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），自贡东晟机械设备制造有限公司厂区属于“第四十四项—97 条房地产业—房地产开发、商业综合体、宾馆、酒店、办公用房、标准厂房等”，位于工业园区内不涉及环境敏感区，且不涉及生产运营，故无需开展环境影响评价。所在自贡东晟机械设备制造有限公司厂区用地取得了自贡市自然资源和规划局颁发的不动产权证（编号为川（2024）自贡市不动产权第 0038689 号），用地性质为工业用地。用地性质符合园区规划和准入条件。

从外环境关系角度看，探伤室和室外探伤区域与西北侧厂界的距离为 25m；室内探伤和室外探伤区域与东北、西南侧两侧厂界的最近距离分别为 80m 和 65m；探伤室与东南侧厂界的最近距离为 175m（室外探伤区域与东南侧厂界最近距离为 140m）；室外探伤区域位于曝光室 1 工件门外划定区域内。租赁厂房西南侧厂界 10m 外为自贡市远景模型科技有限公司厂房，东南侧紧邻融汇项目管理有限公司，东北侧紧邻龙乡大道，西北侧为待建空地，对本项目的建设无明显制约因素。本项目总平面布置图

及外环境关系见附图 2、附图 3。

通过本项目外环境分析可知，众胜检测拟开展的室内探伤和室外移动式探伤均位于租赁厂房用地范围内。室内探伤的探伤室布置相对独立，检测过程中产生的X、 γ 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；室外移动式探伤部分为整体项目的配套项目，不新增用地，且厂区内室外移动式探伤有控制区、监督区划分和严格的作业管理制度，监督区范围均在厂区内，产生的辐射对监督区以外的环境影响较小。

总体来看，探伤室外50m范围内公众人员活动较少，屋顶无人员活动，通过实体防护和距离衰减，能够较好地减少电离辐射对探伤室四周公众的影响，使人员所受剂量在尽可能低的水平。室外移动式探伤区域既能满足工件检测的需要，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。

综上所述，本项目用地符合规划和园区准入要求，不新增用地，且室内探伤建设的探伤室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，室外移动式探伤采取了合理可行的辐射防护措施，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管理约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

2、放射源贮源室选址合理性

公司拟建贮源室位于曝光室 1 北侧位置，周围人员较少； γ 射线探伤机从正规厂家采购设计，屏蔽体外辐射剂量率能够满足标准的要求；贮源室西北侧、东北侧墙体与曝光室 1 墙体共用，有足够阻挡射线的屏蔽墙体，经过屏蔽防护后，放射源贮存不会对周围环境产生不良影响。因此，本项目贮源室选址于曝光室 1 北侧是合理的。

（六）实践的必要性和正当性

X、 γ 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用。本次核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的。因此，本项目的实践是必要的。

因公司租赁厂房场地限制，为减小探伤活动对周围环境的影响，已尽可能按照待

检压力容器等工件尺寸进行探伤室设计，但是仍有部分特殊工件不能进入探伤室内进行探伤。建设单位对于能够纳入探伤室内探伤的，纳入探伤室内进行探伤；对于直径和长度过大，无法进入探伤室内的采用室外移动式探伤。因此，开展室内探伤、室外移动式探伤均是必要的。

在探伤过程中探伤机可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误可能造成辐射安全事故。建设单位在开展 X、 γ 射线探伤过程中，对辐射源的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施并建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理辐射源的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，本项目应用的实践具有正当性。

（七）劳动定员及工作制度

本项目拟配备 2 名管理人员（兼探伤机及放射源管理员），9 名探伤机操作人员，本项目操作人员分为室内曝光室 1 探伤、曝光室 2 探伤和室外探伤共 3 组，每组各 3 人，3 组人员均固定不交叉。每天工作时间 8 小时，年工作时间为 250 天，均为公司现有辐射工作人员中调配，不额外新增。分组情况见下表 1-7。

表 1-7 本项目拟配辐射工作人员一览表

开展的项目		操作人员	管理人员（兼探伤机及放射源管理员）
室内探伤	曝光室 1	3 名	2 名
	曝光室 2	3 名	
室外探伤		3 名	
合计	11 名		

今后根据开展的项目、工作量等实际情况适当增加人员编制。公司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国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<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。

五、原有核技术利用情况

（一）公司原有项目辐射安全许可证情况

四川众胜检验检测有限公司已取得由四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（附件 3），川环辐证[00962]，有效期至 2027 年 06 月 13 日，许可的种类和范围为：使用 II 类射线装置。具体情况见表 1-8。

表 1-8 公司已获许可使用射线装置

序号	设备名称	规格型号	类别	数量	辐射活动场所名称	产品序列号
1	X 射线工业探伤机	XXG-2005X	Ⅱ类	1	室外、野外	2211122
2	X 射线工业探伤机	XXG-2005	Ⅱ类	1		HCX052
3	X 射线工业探伤机	XXG-2505	Ⅱ类	1		HCX408
4	X 射线工业探伤机	XXG-2505	Ⅱ类	1		22066
5	X 射线工业探伤机	XXG-2005D	Ⅱ类	1		9722
6	X 射线工业探伤机	XXG-2005	Ⅱ类	1		22020
7	X 射线工业探伤机	XXG-2505	Ⅱ类	1		HCX410
8	X 射线工业探伤机	XXG-2505	Ⅱ类	1		HCX411
9	X 射线工业探伤机	XXG-2505	Ⅱ类	1		22026
10	X 射线工业探伤机	XXG-2505X	Ⅱ类	1		220665
11	X 射线工业探伤机	XXG-2505	Ⅱ类	1		210436
12	X 射线工业探伤机	XXG-2505H	Ⅱ类	1		210663
13	X 射线工业探伤机	XXG-3005	Ⅱ类	1		211099
14	X 射线工业探伤机	XXG-2005	Ⅱ类	1		210102
15	X 射线工业探伤机	XXG-3505H	Ⅱ类	1		30420
16	X 射线工业探伤机	XXG-3505	Ⅱ类	1		90782
17	X 射线工业探伤机	XXG-2005	Ⅱ类	1		HCX051
18	X 射线工业探伤机	XXG-2505X	Ⅱ类	1		220666

(二) 辐射安全管理现状

1、是否发生过辐射安全事故

据了解，公司自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故。

2、辐射管理规章制度管理情况

四川众胜检验检测有限公司成立了辐（放）射安全与防护领导小组，明确了领导小组的主要职责，全面负责全厂辐（放）射安全与防护管理工作。建设单位制定了相关辐射安全管理制度，主要包括辐射安全管理规定、辐射工作设备操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、辐射工作人员岗位职责、射线装置台账管理制度、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、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射事故应急预案等多个管理制度。建设单位辐射安全管理制度的内容符合《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）中的要求。公司制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。在公司辐射安全防护领导小组的领导下，明确各部门人员责任，按照制定的辐射安全管理规章制度严格落实，定期组织对辐射工作场所和设备进行放射防护检测、监测和检查，制度执行情况较好。

3、辐射安全培训情况

四川众胜检验检测有限公司严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。建设单位现有辐射工作人员共 20 人，均参加了辐射安全与防护培训知识的学习，并取得了合格证书或成绩合格单。

根据（生态环境部公告 2021 年第 9 号）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》和《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》（2021 年 3 月 29 日），建设单位应根据辐射安全许可要求和实际工作情况，组织安排仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员参加自行考核；从事其他核技术利用活动的辐射工作人员应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上的考试并取得相应的成绩报告单，申请辐射安全许可证时做到持证上岗。本项目拟配置的辐射工作人员为既有辐射工作人员，在超过培训合格证或成绩报告单有效期后应进行复训。

（三）开展辐射监测的情况

1、个人剂量检测

建设单位现有辐射工作人员 20 名，每名工作人员均配有个人剂量计，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《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 18 号）要求建立个人剂量档案。根据四川鸿源环境检测技术咨询有限公司出具的 2024 年度个人剂量检测报告检测结果，全厂辐射工作人

员年度个人剂量最大值为 0.35mSv，未超过职业人员 5mSv/a 的管理限值。

2、工作场所辐射水平监测

根据原环保部 18 号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，公司每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。从检测数据分析，未发现屏蔽体外 30cm 处超过 2.5 μ Sv/h 的情况。

（四）年度监测

建设单位每年均委托第三方单位对各个基地的辐射环境现状进行检测。2024 年底，建设单位委托四川同佳检测有限责任公司对建设单位的自贡基地辐射场所周围进行了辐射现状检测，检测结果均符合相关标准要求。

（五）年度评估

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“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”。建设单位已编制《2024 年度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》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统 <http://rr.mee.gov.cn> 在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。根据四川众胜检验检测有限公司编制的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2024 年度）》，目前建设单位辐射安全管理情况如下：

- 1、本年度建设单位辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作。
- 2、本年度建设单位制定和完善了辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。
- 3、本年度建设单位辐射工作人员均参加了辐射安全和防护知识培训取证。
- 4、本年度建设单位委托有资质单位开展了辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量，结果表明均满足国家标准要求。
- 5、本年度建设单位对环保部门现场检查提出的整改要求进行了整改落实，在年度评估中对发现的安全隐患及时进行了整改。
- 6、本年度建设单位未发生辐射事故。

六、本项目依托情况

本项目所在场地租赁于自贡东晟机械设备制造有限公司厂区，位于沿滩区高新工

业园区内，建设内容仅涉及标准厂房及办公用房各1座，不涉及生产运营，根据《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），自贡东晟机械设备制造有限公司厂区属于“第四十四项—97条房地产业—房地产开发、商业综合体、宾馆、酒店、办公用房、标准厂房等”，位于工业园区内不涉及环境敏感区，且不涉及生产运营，故无需开展环境影响评价，众胜检测拟在该租赁厂区厂房内开展本项目。

本项目依托的主要环保设施有：

- （1）运营期产生的生活污水经厂区污水预处理池处理后，经市政管网排入。
- （2）产生的生活垃圾依托厂区现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运至城市垃圾填埋场集中处置。

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
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² ×2	II	使用	γ 射线无损检测	曝光室 1	曝光室 1 贮源室内	拟购
2	⁶⁰ Co	3.7×10 ¹² ×1	II	使用	γ 射线无损检测			拟购

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	定向 X 射线 探伤机	Ⅱ类	1	XXG3505	350	5	无损检测	曝光室 1	拟购
2	定向 X 射线 探伤机	Ⅱ类	1	XXG3005	300	5	无损检测		拟购
3	定向 X 射线 探伤机	Ⅱ类	2	XXG2505	250	5	无损检测	曝光室 2	拟购
4	周向 X 射线 探伤机	Ⅱ类	1	XXH2505	250	5	无损检测		拟购
5	周向 X 射线 探伤机	Ⅱ类	1	XXH3005	300	5	无损检测	室外	拟购
6	定向 X 射线 探伤机	Ⅱ类	1	XXG2505	250	5	无损检测		拟购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废胶片	固态	—	—	—	1700 张/a	—	危险废物贮存设施	交由有资质的单位回收处理
废显影液	液态	—	—	—	150kg/a	—	危险废物贮存设施	交由有资质的单位回收处理
废定影液	液态	—	—	—	150kg/a	—	危险废物贮存设施	交由有资质的单位回收处理
洗片废水	液态	—	—	—	10m ³ /a	—	—	经厂区内污水预处理设施处理后排入自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂进行最终处理，达标后排入釜溪河
废放射源	固态	¹⁹² Ir	$< 3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$	—	每年最多 6 枚	—	不暂存	由供源单位回收处理
废放射源	固态	⁶⁰ Co	$< 3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$	—	每 5 年更换一次	—	不暂存	由供源单位回收处理
臭氧及氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	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/m³，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/m³)和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日实施）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日实施）； (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日实施）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令，2005年12月1日实施，2014年7月29日修订）； (6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日实施）； (7) 《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 日起施行； (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； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第 31 号发布，生态环境部令第 20 号第四次修订，自 2021 年 1 月 4 日起施行）； (10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施）； (11) 《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令(第 562 号)，自 2010 年 1 月 1 日起施行）； (12) 《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，原国家环保总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日实施）； (13) 《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，原环保部文件，2012 年 7 月 3 日）； (14) 关于发布《射线装置分类》的公告（原中华人民共和国环境保护部、国家卫生和计划生育委员会第 66 号令，2017 年 12 月 6 日起施行）； (15) 《国家危险废物名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日实施）；
------	--

	(16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行）； (17) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（1995 年 10 月 30 日第八届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议通过，2020 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订）； (18) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行）； (19) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 第 9 号，2021 年 3 月 15 日起施行）； (20) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知（川环函[2016]1400 号）； (21) 《关于印发<四川省生态环境厅（四川省核安全管理局）辐射事故应急预案（2020 版）>的通知》（川环发[2020]2 号）。
技 术 标 准	(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）； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）； (5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2008)； (7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）； (8) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； (9) 《γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023）； (10) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012)； (11) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）； (12) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）； (13) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

其他	(1) 环评委托书; (2) 《辐射防护手册》(第一、第三分册, 原子能出版社, 1987); (3) 《辐射防护导论》(方杰主编); (4) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局)); (5) 《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); (6) 《四川省野外(室外)使用放射性同位素与射线装置辐射安全与防护要求》(川环办发〔2016〕149号)。
----	---

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》（HJ10.1-2016）要求，参照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）对辐射监测技术要求，确定室内探伤以探伤室实体墙为边界，周围 50m 内区域作为评价范围；在按照环评要求设置屏蔽措施的前提下，室外移动式探伤以探伤机为中心周围 100m 范围内。

保护目标

根据曝光室室内探伤和室外移动式探伤区域的平面布局及外环境关系，确定本项目主要环境保护目标为辐射工作人员以及探伤室附近的公众。保护目标情况详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

项目名称	保护目标	相对设备方位	与辐射源最近距离（m）	最大人流量（人次/d）	照射类型	年剂量约束值（mSv）
室内探伤	本项目辐射工作人员	/	0.6	7	职业照射	5.0
	车间内的工作人员	/	1.5	20	公众照射	0.1
	自贡市远景模型科技有限公司厂房内的工作人员	西南侧	70	20	公众照射	0.1
	融汇项目管理有限公司内的人员	东南侧	140	20	公众照射	0.1
室外	职业人员	非主射方向	控制区外，监督区内	3	职业照射	5.0
	公众	不定	监督区外，评价范围内	不定	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和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

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的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：附录 B 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

1、根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关规定，结合本项目辐射防护设备的特点，规定在本项目射线装置使用场所内，在距离探伤室屏蔽体外表面 30cm 处，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 2.5μSv/h。贮源室外关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。

2、对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取为 100μSv/h。本项目所在厂房为平房，探伤室上方无建筑物和行车，无环境保护目标，屋顶不需要人员到达，且不借助工具也无法到达，本次工作间顶部保守按照 100μSv/h 的 1/10 进行控制，即 10μSv/h。

3、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第一条。

（三）密封 γ 放射源容器表面辐射剂量放射防护要求

根据《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）距离装有活度为 $3.7\times 10^{10}\text{Bq}$ 以上的密封 γ 放射源容器外表面100cm处任一点的空气比释动能率不得超过0.2mGy/h。

四、探伤室探伤的其他放射防护要求

1、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曝光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。曝光室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

2、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，以确保曝光室内人员安全离开。“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。

3、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，可监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

4、探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

5、曝光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，应使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6、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。

7、探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

五、臭氧浓度限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）室内臭氧符合最高允许浓度 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求；根据《环境空气质量标准》（GB3095—2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理位置和场所位置

众胜检测涉及使用工业 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机用于室内探伤、室外移动式探伤。室内探伤、室外移动式探伤均位于租赁厂房内。

众胜检测租赁厂房东北侧为龙乡大道，探伤室和室外探伤所在区域自西北向东南布局。探伤室和室外探伤区域与西北侧厂界的距离为 25m；室内探伤和室外探伤区域与东北、西南侧两侧厂界的最近距离分别为 80m 和 65m；探伤室与东南侧厂界的最近距离为 175m（室外探伤区域与东南侧厂界最近距离为 140m）；室外探伤区域位于曝光室 1 工件门外划定区域内。租赁厂房西南侧厂界 10m 外为自贡市远景模型科技有限公司厂房，东南侧紧邻融汇项目管理有限公司，东北侧紧邻龙乡大道，西北侧为待建空地，对本项目的建设无明显制约因素。

本项目探伤室和室外移动式探伤区域位于车间西北侧 2 跨底部，在探伤室和室外移动式探伤区域西南侧、东北侧和东南侧均为空置区域，西北侧为车间外墙，车间外为待建空地。拟在探伤室东北侧自东南向西北建设辅助用房危废间、暗室、切片室、晾片室、评片室、操作室和过道。

在接受本项目环境影响评价委托后，编制人员对项目拟建场所进行了勘察，拟建场所现状见图8-1。



项目所在车间现状



探伤室拟建位置



项目所在车间西南侧



西北侧车间外待建空地

图 8-1 拟建现场现状图

二、本项目拟建场所环境现状监测

众胜检测在车间内开展室内、室外移动式探伤,本项目在运营期对环境空气、水环境和声环境质量影响较小,主要影响为对周围的电离辐射影响。四川同佳检测有限责任公司技术人员于 2025 年 1 月 7 日按照要求对四川众胜检验检测有限公司使用 X、 γ 射线探伤机项目室内探伤和室外移动式探伤拟建场所进行了 X- γ 辐射环境剂量率的布点监测。本次环境影响评价现场监测的监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源

项目	检测方法	检出限	备注
X- γ 辐射 剂量率	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)	10nGy/h	/
	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)		

表 8-2 检测项目及使用设备一览表

监测项目	监测设备				使用环境	
	名称及编号	技术指标		校准情况		
X- γ 辐射剂量率	名称: 环境监测用 X- γ 辐射空气比释动能率仪 型号:NT6101 编号:TJHJ2021-49	①能量响应: 48KeV $\sim$ 3MeV		校准单位:上海市 计量测试技术研 究院 校准字号: 2024H21-20-5549 830001 校准日期: 2024 年 10 月 17 日 有效期至: 2025 年 10 月 16 日	天气:阴 温 度:10.4 $^{\circ}$ C 湿度:55%	
		②测量范围: 10nGy/h $\sim$ 200 μ Gy/h				
		③能量响应:				
		空气比释 动能率 (mGy/h)	X 管电 压 (kV)			校准 因子 (C_f)
		0.05	60			1.26
			80			0.81
			100			0.76
			150			1.33
200	1.14					

		④剂量响应：			
		剂量响应(使用 ^{137}CS 放射源)			
		空气比释动 能率 (mGy/h)	校准因子 (C_f)		
		0.13	0.90		
		0.05	0.99		
		0.01	1.02		
		0.002	1.04		

辐射监测仪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，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，可以作为评价电离辐射环境现状的科学依据。

三、质量保证

本项目监测委托于四川同佳检测有限责任公司，受委托单位均通过了计量认证，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符合国家标准方法的要求，有有效的内国家计量部门的检定/校准合格证书，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。

四川同佳检测有限责任公司质量管理体系：

(1) 计量认证

从事监测的单位四川同佳检测有限责任公司通过了四川省市场监督管理局核发的检验检测机构计量认证证书（计量认证号：222312051472），有效期至2028年11月21日。

(2) 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。

(3) 记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。

(4) 监测人员资质

监测人员均经专门的培训，考核合格持证上岗。

四、监测结果

表 8-3 本项目拟建场所空气吸收剂量率监测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	测量值	标准差	备注
1	探伤室拟建位置	82	4	无
2	探伤室拟建位置西北侧空地	76	4	
3	探伤室拟建位置西南侧厂界	83	5	
4	探伤室拟建位置东北侧厂界	77	2	
5	探伤室拟建位置东南侧厂区空地	71	6	室外探伤所在区域

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值

根据监测数据，本项目所在区域的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值为 71~83nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2021 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.0nGy/h~120.2nGy/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

本项目施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述：

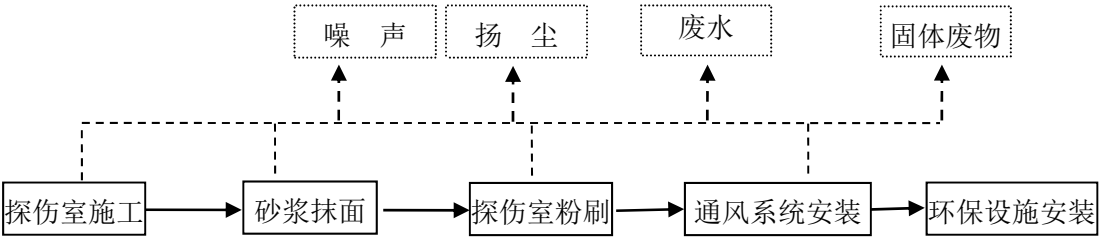


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目施工工序：探伤室和工件大门设计为混凝土结构，拟在门洞前的地沟内安装一条平车轨道，大门门体底部左右两侧安装主动轮箱和从动轮箱，门体上部设有导轮组，在墙体上部设有上部支撑架和上导轨，门体运行的两个终点均设置有软、硬限位及缓冲机构。门体采用摆线针轮减速机作为驱动机构，通过主动轮箱内齿轮间的啮合来实现门体的左右移动，门体上导轨防止门体的左右倾斜，使门体平稳移动，软、硬限位和缓冲机构保证门体精确的行程，以达到门体安全精确的开启和关闭。

为保证曝光室满足辐射防护要求，曝光室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇注。工件大门和防护门应在生产厂家定做和安装，应考虑门因自身重量而发生形变、频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题，防护门应尽可能减小缝隙泄露辐射，通常防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍，墙体与防护门应有足够的搭接宽度，应预留防护门下沉沟槽。

（一）施工期扬尘

探伤室施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，主要是通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

（二）施工期噪声

施工期噪声包括探伤室施工过程、防护设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。

（三）施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水，生活污水经厂区预处理池处理后，排入市政管网进入自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂进行最终处理，达标后排入釜溪河。

（四）施工期固废

施工期固废主要是装修过程中产生的固体废物和施工人员的生活垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用；部分与生活垃圾一同依托厂区现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

二、运营期

众胜检测室内探伤拟在曝光室 1 内使用型号为 XXG3505、XXG3005 定向型 X 射线探伤机各 1 台， ^{192}Ir - γ 射线探伤机、 ^{60}Co - γ 射线探伤机各 1 台，拟在曝光室 2 内使用型号为 XXG2505 定向型 X 射线探伤机 2 台、XXH2505 周向型 X 射线探伤机 1 台；室外探伤拟在室外车间划定区域内使用 XXH3005 周向 X 射线探伤机、XXG2505 定向 X 射线探伤机各 1 台。

曝光室 1 和曝光室 2 室内探伤以及室外移动式探伤的探伤机均分开管理，绝不交叉使用，同时，众胜检测不存在探伤作业中同时使用 2 台或多台探伤装置的情况，也不存在室内探伤和室外移动式探伤同时开展的情况。



图 9-1 X 射线探伤机外观图



图 9-2 γ 射线探伤机外观图

（一）设备组成及工作原理

1、X 射线探伤机设备组成

X 射线探伤机主要由射线管和高压电源组成，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，就会发生轫致辐射，产生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。

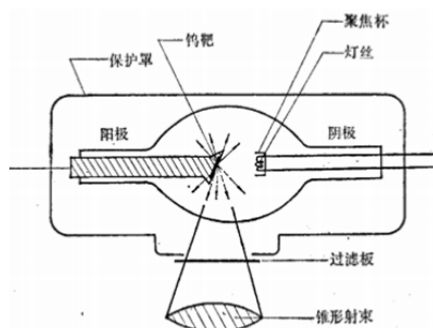


图 9-3 X 射线探伤机工作原理示意图

2、 γ 射线探伤机设备组成

γ 射线探伤机在工作过程中，通过 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 密封源产生的 γ 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像，显示裂缝所在位置。

γ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆，另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置启动延迟时间、输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相

过程。

典型的 γ 射线设备结构图见图 9-4。

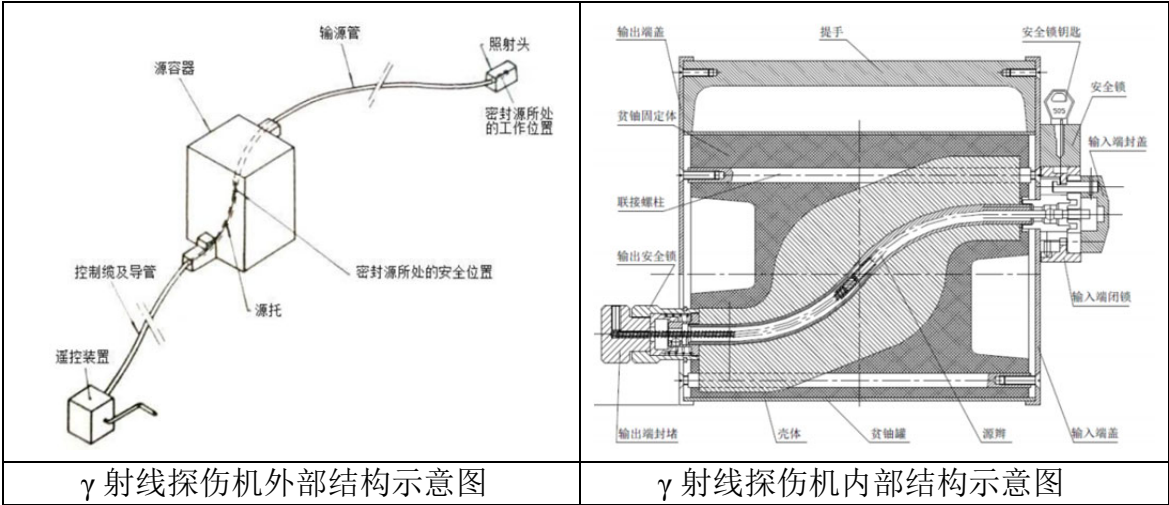


图 9-4 γ 射线探伤机结构示意图

3、设备工作原理

X、 γ 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

（二）项目流程

1、室内探伤流程

（1）X 射线探伤机室内探伤

X 射线探伤时，探伤工作人员在操作室内进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- ①在探伤作业前，操作人员配戴好个人剂量报警仪，打开曝光室进出件大门和迷道大门，打开辐射工作场所固定式辐射剂量报警仪；
- ②将被探伤工件通过导轨送入曝光室；
- ③张贴胶片并加以编号后，将 X 射线探伤机转移到工件附近合适的位置；
- ④检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后，探伤工作人员从迷道门离开曝光室，并关闭工件门及迷道防护门；

⑤设置电压和曝光时间、探伤工作人员开启 X 射线探伤机进行无损检测；
⑥达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，工作人员取下胶片，曝光结束；

⑦工作人员对探伤胶片进行洗片、评片，判断工件焊接质量、缺陷等。

X 射线室内探伤工艺流程及污染物产生环节见图 9-5。

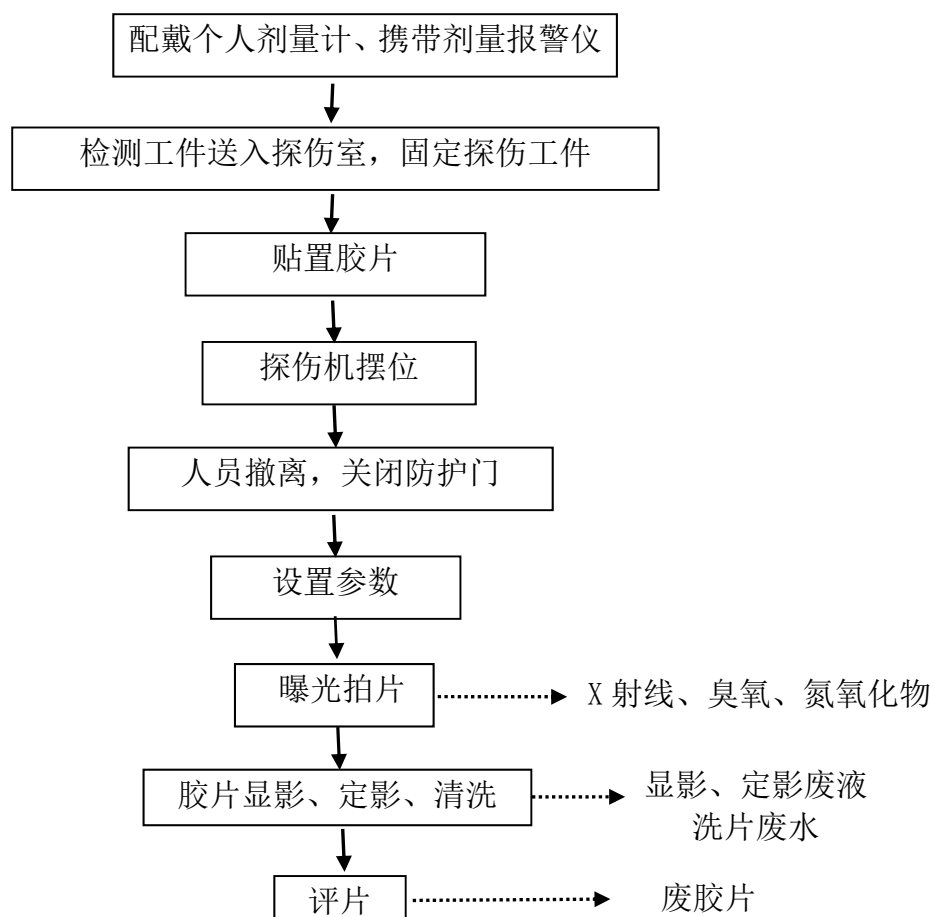


图 9-5 X 射线室内探伤工艺流程及产污环节图

(2) γ 射线探伤机室内探伤

^{192}Ir 、 ^{60}Co 放射源在探伤机出厂时就已安装在探伤机内。 γ 射线探伤机不工作时，放射源位于探伤机内贮存位置，放射源发射的 γ 射线通过探伤机自身的贫铀结构屏蔽和防护。放射源退役和换源均由 γ 射线探伤机生产单位负责。主要工艺流程如下：

①在探伤作业前，操作人员配戴好个人剂量报警仪，打开曝光室进出件大门和迷道大门，打开辐射工作场所固定式辐射剂量报警仪；

②将被探伤工件通过导轨送入曝光室，对探伤工件进行定位，在被探伤工件背面张贴胶片并加以编号；

③将 γ 射线探伤机从贮源室内借出，放置到合适位置，按照操作规程连接输源管

及附属设施；

④开启探伤机闭锁装置，工作人员清场后退出曝光室，关闭曝光室工件进出门和迷道防护门；

⑤人员在控制室内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板或者遥控器电动驱动源鞭，将放射源推送至曝光位置进行照射；

⑥待曝光结束后，操作控制装置再将放射源收回至探伤机贮源位，放射源回位时安全锁自动关闭；

⑦人员打开防护门进入曝光室，将 γ 射线探伤机归还至贮源室内，收取工件背面的感光胶片；

⑧取片、洗片、评片，给出无损检测结果。

γ 射线室内探伤工艺流程及污染物产生环节见图 9-6。

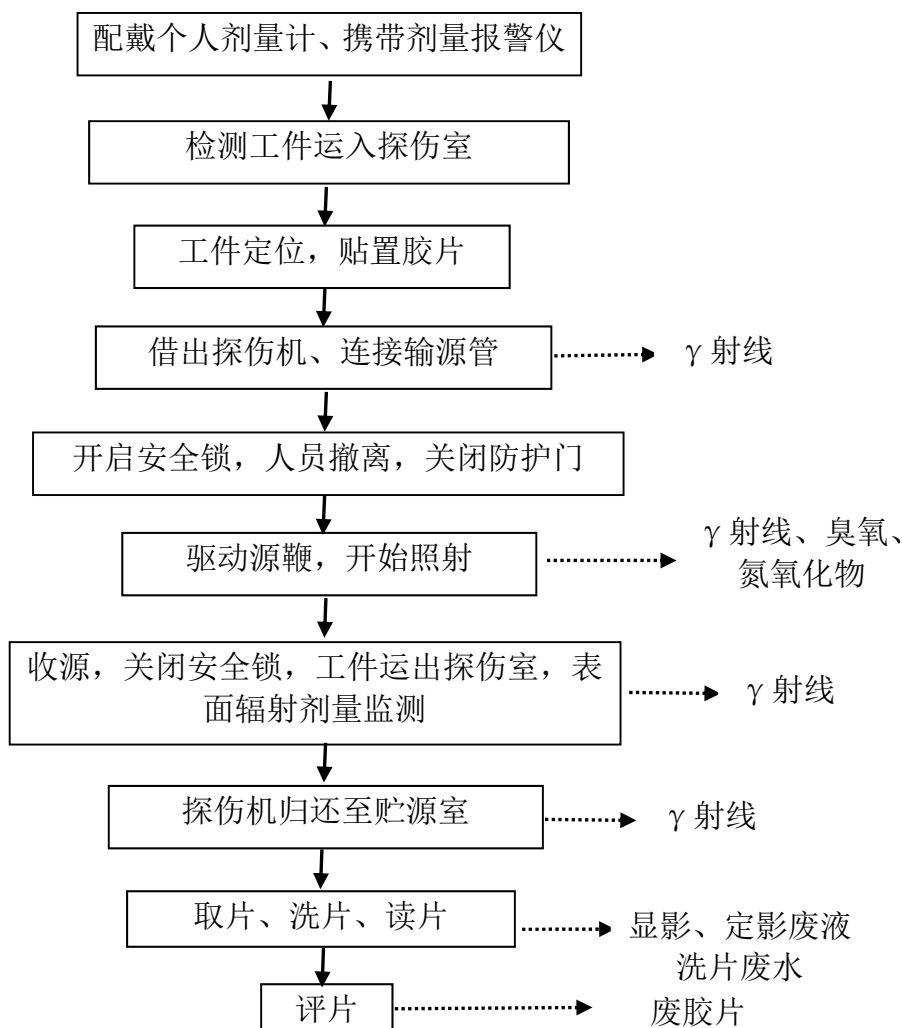


图 9-6 γ 射线室内探伤工艺流程及产污位置图

探伤作业前，由公司放射源保管员和 1 名操作人员开启贮源室，由探伤机操作

人员将 γ 射线探伤机从贮源室取出，放置在专用小推车上，公司放射源保管人员采用便携式 X- γ 剂量率仪对 γ 射线探伤机进行检测，确定外观完好、放射源处于源容器屏蔽位置处后，放射源保管员填写出入库登记表，并由探伤机操作人员签字确认。使用专用小推车将 γ 射线探伤机运至相应作业场所使用；

探伤作业后，探伤机操作人员将 γ 射线探伤机推回曝光室，入室前，放射源保管人员采用便携式 X- γ 剂量率仪对 γ 射线探伤机进行检测，确定放射源处于源容器屏蔽位置，同时对其进行目测检查，确认设备没有被损坏后，填写出入库登记表，并由探伤机操作人员确认签字。然后探伤机操作人员使用专用小推车将 γ 射线探伤机运至贮源室旁，手动将 γ 射线探伤机放入对应贮源格中。

贮源室实行双人双锁管理，众胜检测应制定《放射源使用登记制度》，贮存、领取、使用、归还放射源时，应及时进行登记、检查，做到账物相符，以确保放射源的安全监管，防止放射源意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。出现卡源状况时，可在控制室内通过摇柄手动送源/回源方式驱动放射源回到贮源位，并再次确认放射源回到贮源位。若手动仍不能回源的，通知放射源生产单位到现场处理。

2、室外移动式探伤流程

X 射线室外移动式探伤工艺流程及污染物产生环节见图 9-7。

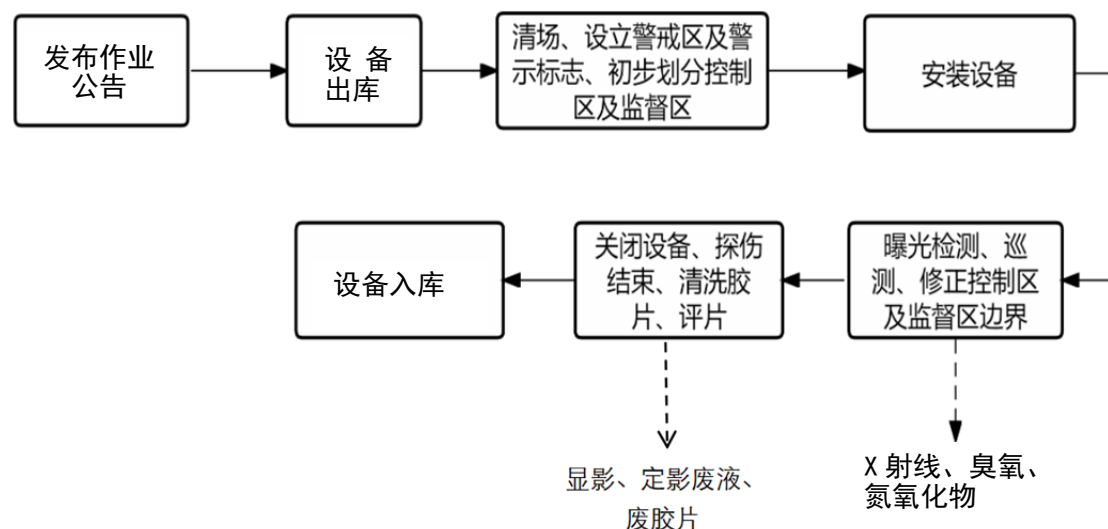


图 9-7 X 射线室外移动式探伤工艺流程及产污位置图

①接受探伤任务后，制定探伤作业方案，该作业方案应包括工况、时间、地点、探制区范围、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工等。

②设备出库。根据 X 射线探伤机管理制度，工作人员持任务单，经过管理员确

认后，领取 X 射线探伤机，并在出入库台账上登记。

③设备运输。在室外移动式探伤前，探伤操作人员将探伤机用小推车推至探伤区域，确保运输过程中设备的安全。

④探伤作业前需要进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制监督区范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。同时对工作场所进行分区管理，在控制区边界拉起临时警戒线并设“禁止进入射线探伤区”，在监督区边界上设警戒线、“无关人员禁止入内”的警示牌，由辐射工作人员负责现场巡查及监督检查，清除控制区和监督区范围内的非探伤工作人员，确保探伤作业时公众成员撤离监督区范围。

⑤设备操作人员检查设备，确认无误后，对设备进行安装。室外探伤前，将探伤工件拟探伤端和探伤机放置到曝光室内划定探伤区域内。探伤机操作人员将 X 射线探伤机使用专用的支架固定，距探伤对象约 0.6m，支架两端与支撑面形成稳固的三角形，同时支架底部应设防滑胶垫，使 X 射线探伤机在探伤工作的过程中不会发生倾倒的情况。在设备安装完毕后，再在探伤机周围采用专用支架搭建铅板进行屏蔽（见附图 10），并在主射方向根据探伤筒体需求设置铅屏风，若直径较大，则使用 2 台液压平车分别升降铅屏风。

⑥曝光拍片。项目探伤作业时，工作人员将设备安装固定好之后到线缆末端操作台，设置曝光参数和延迟曝光时间后撤离至控制区外的区域。现场作业人员均佩戴个人剂量计和剂量警报仪，监护人员确认场内及周边无其他人员且各种辐射安全措施到位后，通知设备操作和数据采集人员开机进行曝光，现场监护人员使用便携式辐射监测仪进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整分区。对划定的非主射方向的控制区和监督区进行修正，保障工作人员操作现场的空气比释动能率小于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，公众位于空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 的区域之外。

⑦探伤结束，关闭机器，清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

⑧室外探伤结束后，操作人员将探伤机搬移至 X 射线探伤机指定存放位置，再根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记入库。

⑨探伤操作人员收取工件上的胶片，室外探伤送至公司暗室洗片，冲洗后进行评片、审片，经洗片、评片、审片后给出无损检测结果。

（三）产污环节

1、X 射线探伤机

由图 9-5、9-7 可知，本项目 X 射线探伤机在运营过程中，产生的主要污染物为 X 射线探伤机曝光拍片过程中产生的 X 射线、少量臭氧和氮氧化物，在洗片过程中产生的废显、定影液、废胶片及洗片废水，室内探伤时风机产生的噪声。

2、 γ 射线探伤机

由图 9-6 可知，本项目 γ 射线探伤机在运营过程中，产生的主要污染物为 γ 射线探伤机取出、归还和照射过程中产生 γ 射线、少量臭氧氮氧化物，在洗片过程中产生的废显、定影液、废胶片及洗片废水，室内探伤时风机产生的噪声。

（四）人流、物流路径

工件进出曝光室：在车间内待检工件经过行车搬运至探伤轨道，经过轨道运入曝光室内合适位置进行探伤；探伤结束后的工件原路径返回车间内。

工作人员路径：工作人员依次经过操作室和迷道后进入曝光室内进行相关操作；完成相关操作后，沿原路径返回。

危险废物路径：本项目产生的危险废物依次由评片室、晾片室、切片室、暗室进入危险废物暂存间内暂存；危险废物暂存达到一定量后，由原路径经操作室后，运出交由有资质的单位进行处理。

本项目人流、物流路径示意图见附图 7。

（五）工况分析

众胜检测拟在曝光室内对长度不超过 7m，最宽/直径不超过 2m 的探伤压力容器及工件开展曝光室室内探伤；对 $7\text{m} \leq \text{长度} \leq 20\text{m}$ 、 $2\text{m} \leq \text{直径/宽度} \leq 9\text{m}$ 工件焊缝开展室外移动式探伤。本项目室外探伤区域尺寸为长 30m×宽 12m，公司待检工件最长为 20m、最大直径、宽度为 9m，可以确保探伤区域位于探伤区域内。因此，本项目室外探伤区域能够满足最大工件的要求。

1、室内探伤

众胜检测拟对长度均不超过 7m，最宽/直径不超过 2m 的探伤压力容器及工件开展曝光室室内探伤。拟在曝光室 1 内使用 XXG3505 型定向 X 射线探伤机（额定管电压为 350kV、额定管电流为 5mA）、XXG3005 型定向 X 射线探伤机（额定管电压为

300kV、额定管电流为 5mA）各一台，用于厚度为 40mm 以下的压力容器焊缝及工件的探伤，2 台射线机年最大曝光时间共计 300h；拟使用 1 台额定装源活度为 3.7×10^{12} Bq 的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机，用于厚度为 30~60mm 的压力容器焊缝及工件的探伤，年最大出源拍片时间约 100h；拟使用 1 台额定装源活度为 3.7×10^{12} Bq 的 ^{60}Co - γ 射线探伤机，用于厚度为 60mm~200mm 的压力容器焊缝及工件的探伤，年最大出源拍片时间约 200h。拟在曝光室 2 内使用 XXG2505 型定向 X 射线探伤机（额定管电压为 250kV、额定管电流为 5mA）2 台、XXH2505 型周向 X 射线探伤机（额定管电压为 250kV、额定管电流为 5mA）1 台，用于厚度为 20mm 以下的压力容器焊缝及工件的探伤，3 台射线机年最大曝光时间共计 500h。

本项目拟建曝光室 1 净空尺寸为 8.1m（长） $\times$ 6.2m（宽） $\times$ 5.0m（高），拟建曝光室 2 净空尺寸为 6.0m（长） $\times$ 5.05m（宽） $\times$ 5.45m（高），工件进出方式均为平车轨道直接输送，曝光室室内净空尺寸能满足工件探伤要求。

2、室外移动式探伤

众胜检测拟开展室外移动式探伤，用于 $7\text{m} \leq \text{长度} \leq 20\text{m}$ 、 $2\text{m} \leq \text{直径/宽度} \leq 9\text{m}$ 压力容器或其他工件焊缝的探伤。拟使用 1 台 XXG2505 型定向 X 射线探伤机（额定管电压均为 250kV、额定管电流为 5mA）、1 台 XXH3005 型周向 X 射线探伤机（额定管电压为 300kV、额定管电流为 5mA），2 台射线机年最大曝光时间共计 300h，室外探伤不涉及放射源。

3、本项目探伤机具体参数如下：

表 9-1 本项目使用的 X 射线探伤机的相关情况

设备型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	数量 (台)	使用场所	辐射角度	探伤材料厚度 (mm)
XXG3505	350	5	定向	1	曝光室 1	40+5°	≤ 40
XXG3005	300	5	定向	1		40+5°	≤ 30
XXG2505	250	5	定向	2	曝光室 2	40+5°	≤ 20
XXH2505	250	5	周向	1		360°	≤ 20
XXG2505	250	5	定向	1	室外	40+5°	≤ 20
XXH3005	300	5	周向	1		360°	≤ 30

表 9-2 本项目使用的 γ 射线探伤机的相关情况

设备名称	使用放射源核素	使用放射源数量 (枚)	放射源单枚活度 (Bq)	放射源类别	使用场所	探伤材料厚度 (mm)
^{192}Ir - γ 射线探伤机	^{192}Ir	2	3.7×10^{12}	II	曝光室 1	10~100

$^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机	^{60}Co	1	3.7×10^{12}	II		40~200
-------------------------------	------------------	---	---------------------	----	--	--------

表 9-3 年最大拍片量及最大照射时间一览表

项目	探伤机类型	探伤钢结构工件厚度 (mm)	年总拍片 (张)	日最长拍片时间 (h/d)	年最大曝光时间 (h/a)
室外探伤	X 射线探伤机	0~40	3000	1.2	300
室内探伤	X 射线探伤机	0~30	6000	3.2	800
	$^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机	10~100	2000	0.4	100
	$^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机	40~200	4000	0.8	200

污染源项描述

一、电离辐射

X 射线探伤机开机工作时产生 X 射线，不开机状态不产生辐射；由 γ 射线探伤机工作原理可知， γ 射线探伤机一直会发出 γ 射线、 β 射线。在运营期内 γ 射线探伤机借出、连接输源管、出源照射、进入曝光室运出工件、归还的过程中，周围工作人员和周围公众均会受到 γ 射线的影响；贮源室内 γ 射线探伤机对辅助操作人员、放射源管理人员、周围公众可能受到 γ 射线的影响； β 射线射程较短，能量较小，对工作人员和周围环境的影响较小。

二、废气

X、 γ 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气产生电离产生臭氧和少量氮氧化物，臭氧和氮氧化物通过曝光室排风管道经穿墙后引至曝光室顶部，通风次数不小于 3 次/h，排风管道高于屋顶排放，经自然分解和空气稀释后，对周围环境影响较小。

三、废水

清洗胶片时产生洗片废水约 $10\text{m}^3/\text{a}$ ，工作人员生活污水产生量约 $6\text{m}^3/\text{a}$ 。本项目产生的废水经现有污水处理池预处理后，排入市政污水管网进入自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂处理。自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂服务对象包含生活污水和工业废水，具备处理工业废水的能力，经处理后的尾水达到排放标准要求后经管道排入釜溪河。

四、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 $3.5\text{kg}/\text{d}$ ，依托厂区现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

五、噪声

本项目噪声源主要为通风设备，建设单位拟采用低噪音风机，其噪声值不超过65dB（A）。

六、危险废物

本项目探伤拍片完成后，在暗室洗片槽洗片过程中将产生废显影液、废定影液，在切片和评片过程中将产生废弃胶片。废显影液中含有溴化钾、无水亚硫酸钠等强氧化剂；废定影液主要含有硫代硫酸钠和无水亚硫酸钠等化学物质。根据《国家危险废物名录（2021 年本）》（生态环境部令 第 39 号，2021 年 1 月 1 日起实施）中的危险废物划分类别，该废显影液、废定影液和废胶片属于感光材料危险废物，其危废编号为 HW16，在危废储存桶外需贴上标识。

危废间及暗室需严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），采取“防渗、防雨、防流失”等措施。具体防渗要求有：危废间及暗室为可密闭房间，具有防雨措施，地面应按照重点防渗区的要求进行防渗处理，暂存间设置围堰，防止危废流失。

本项目产生的危险废物暂存于贴有危废标识的专用容器里，放置于危废间内，应与有相应处理资质的单位签订危险废物收运处置合同，不外排。

七、放射源订购、运输、保存、使用和退役

本项目拟在探伤机内使用钴-60 放射源和 ^{192}Ir 放射源各 1 枚，单枚放射源属于 II 类放射源。

①订购：建设单位根据《辐射安全许可证》许可范围提出订购需求， γ 射线探伤机生产单位提供所有技术参数和文件，并跟踪放射源的生产及探伤机装源进度。

②运输： γ 射线探伤机生产厂家委托具有 II 类放射源运输资质的单位进行运输（放射源运输期间工作人员所受照射不在本评价范围内）。在放射源启运前，托运人应当将放射性物品运输的辐射监测报告，报启运地的省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门备案；收到备案材料的环境保护主管部门应当及时将有关情况通报放射性物品运输的途经地和抵达地的省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门；承运单位应按照《放射性物品运输安全管理条例》的规定，在放射性物品运输容器和运输工具上设置警示标识，配置卫星定位系统，放射性物品运输工具的运输过程实行在线监控；托运单位应将放射性物品托运路线、方案报公安机关批准，按

照指定的时间、路线、速度行驶，并悬挂警示标识，配备押运人员，使放射性物品处于押运人员的监管之下。含源探伤机运输至车间内，在车间内运输过程中，建设单位工作人员距离探伤机较远，且放射源置于探伤机壳体内，运输过程中，含源探伤机对建设单位工作人员的辐射影响较小。

③保存：含源探伤机运抵建设单位后，将由建设单位专人进行签收，放置到曝光室贮源室对应贮源格内进行保存，配备双人双锁管理，实行 24h 视频监控。

④使用：设备正常使用时，由建设单位负责放射源的安保工作。

⑤退役：退役放射源由有资质的单位或者委托γ射线探伤机设备厂家进行回收，不在建设单位暂存。

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

众胜检测拟租赁厂房西北侧为待建空地，探伤室和室外移动式探伤所在区域自西北向东南布局。探伤室和室外探伤区域与西北侧厂界的距离为 25m；室内探伤和室外探伤区域与东北、西南侧两侧厂界的最近距离分别为 80m 和 65m；探伤室与东南侧厂界的最近距离为 175m（室外探伤区域与东南侧厂界最近距离为 140m）；室外探伤区域位于曝光室 1 工件门外划定区域内。租赁厂房西南侧厂界 10m 外为自贡市远景模型科技有限公司厂房，东南侧紧邻融汇项目管理有限公司，东北侧紧邻龙乡大道，西北侧为待建空地，对本项目的建设无明显制约因素。在室内探伤和室外移动式探伤所在厂区内，西北-东南走向的车间南侧为办公楼（4F），车间东南侧部分依次是空坝、停车场、门卫室及厂区大门。拟在探伤室东北侧自东南向西北建设辅助用房危废间、暗室、切片室、晾片室、评片室、操作室和过道。

2、辐射工作场所两区划分

（1）室内探伤

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。

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。

（2）室外移动式探伤

根据《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（四川省环境保护厅，川环办发〔2016〕149 号）：探伤作业前应将无关人员清离出场，划分控制区和监督区，实施“两区”管理。控制区边界空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，边界上设置明显的警戒线，应有清晰可见的电离辐射

警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌。探伤期间专人在边界巡逻、看守，探伤时严禁任何人员在此区域内活动。监督区位于控制区外，监督区边界外空气比释动能率应低于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，边界处应有电离辐射警告标志牌和“无关人员禁止入内”的标牌，公众不得进入该区域。工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，开机状态以探伤机射线管为圆心从 100m 外由远到近用辐射剂量率仪巡测划定。

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
室内探伤	曝光室（含迷道）、贮源室		操作室及过道、工件进出门 1m 的区域、评片室、晾片室、切片室、暗室、危废间
室外移动式探伤	X 射线探伤机	主射方向 10m（有 19mm 铅屏风屏蔽）	主射方向 10~25m（有 19mm 铅屏风屏蔽）
		非主射方向 7m（有 5mm 铅屏蔽）	非主射方向 7~17m（有 5mm 铅屏蔽）
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》（GB22448-2008）规定，控制区标识应清晰可见，应在控制区边界设有红色的“禁止进入”字样。		监督区为工作人员操作设备、洗片、评片等工作场所，禁止非职业人员进入，避免受到不必要的照射，在监督区边界处设置黄色“无关人员禁止入内”字样。

本次环评将室内探伤场所曝光室（含迷道）、贮源室实体区域划为控制区，将操作室及过道、工件进出门 1m 的区域、评片室、晾片室、切片室、暗室、危废间及工件门前 1 米内区域划为监督区，地上用醒目的黄线标识进行划定，在探伤机工作期间不允许非操作人员在此范围内活动。

在室外移动式探伤时，控制区边界空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，边界上设置明显的警戒线，应有清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌。探伤期间专人在边界巡逻、看守，探伤时严禁任何人员在此区域内活动。监督区位于控制区外，监督区边界外空气比释动能率应低于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，边界处应有电离辐射警告标志牌和“无关人员禁止入内”的标牌，公众不得进入该区域。

本项目两区划分示意图见下图 10-1~10-3。

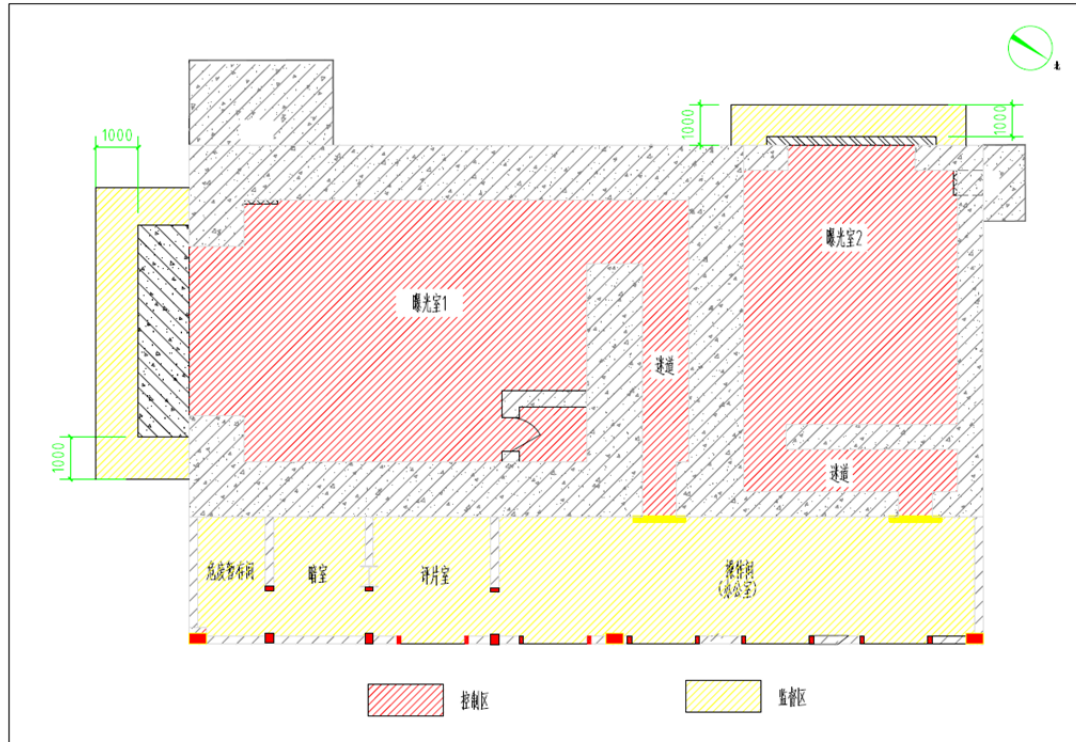


图 10-1 室内探伤两区划分示意图

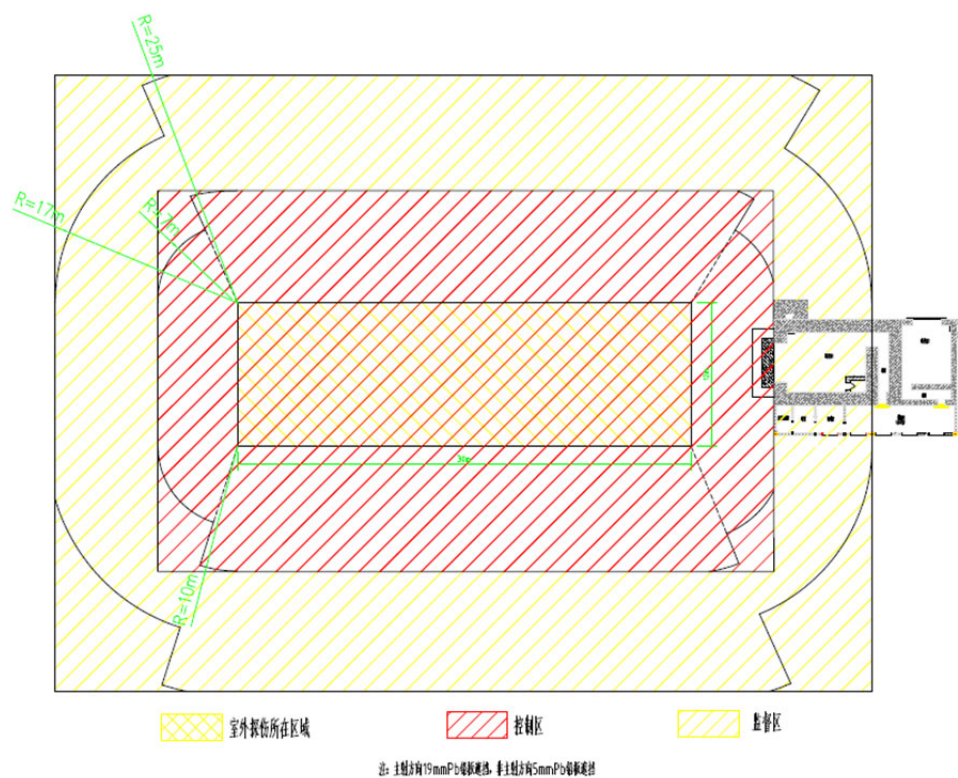


图 10-2 X 射线室外环缝移动式探伤两区划分示意图

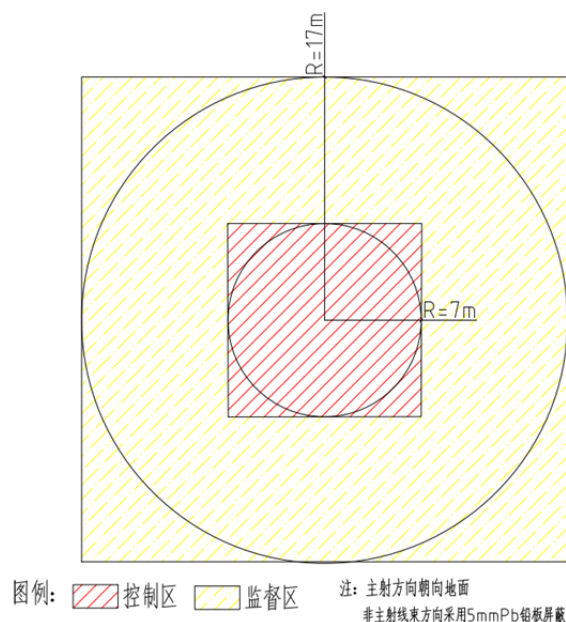


图 10-3 X 射线室外纵缝移动式探伤两区划分示意图

本项目所在厂房为彩钢棚结构,且室外移动式探伤控制区和监督区范围都在该车间内。根据上图所示,在探伤时采取相应屏蔽措施后,能够将控制区和监督区边界限值在租赁厂房实体边界内,便于控制区和监督区的管控,因此,控制区和监督区的划分是合理的。

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 室内探伤实体防护设施表

工作场所	探伤室墙体	工件进出大门	迷道屏蔽门	排风洞口	进风通道	电缆埋管	迷道	通风系统	屋顶
曝光室 1	四面墙体均为 1300mm 厚钢筋混凝土	1300mm 厚电动轨道平移混凝土防护门	20mm 铅当量	南侧墙体底部	南侧墙体顶部采用“L 形”穿墙	电缆预埋通道 (μ 形线缆孔)	1300mm 厚钢筋混凝土	采用轴流风机进行通风换气	900mm 厚钢筋混凝土
曝光室 2	东南侧共用墙 1300mm 厚钢筋混凝土,其余三面墙体均为 600mm 厚钢筋混凝土	600mm 厚电动轨道平移混凝土防护门	10mm 铅当量	西侧墙体底部	西侧墙体顶部采用“L 形”穿墙	电缆预埋通道 (μ 形线缆孔)	600mm 厚钢筋混凝土	采用轴流风机进行通风换气	450mm 厚钢筋混凝土

通排风系统: 曝光室设置有排风机排风,顶部进风通道均采用“L 形”穿墙,

排风洞口分别位于曝光室 1 南侧墙体底部与曝光室 2 西侧墙体底部，并通过排风管道引至高于屋顶排放；设计风机每小时换气次数为 3 次，噪声源强小于 65dB（A）。

考虑到不削弱屏蔽墙的辐射防护效果，本项目进出曝光室的电线、电缆，通道均采用 μ 型管进出。

2、设备固有安全性分析

（1）X 射线探伤机

①开机时系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，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。

②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。

③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。

④设备停止工作一定时数以上，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。

⑤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。

⑥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。

（2） γ 射线探伤机

① γ 射线探伤机具有放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层，能够有效屏蔽放射源产生的 γ 射线。

②源容器的一端有安全联锁装置，可连接控制缆，另一端通过管接头和输源管连接。

③ γ 射线探伤机拟配驱动/遥控装置和输源管道，通过输源管道可将放射源输送到较远的照射头位置，有效减小工作人员与放射源的距离。

④ γ 射线探伤机配置有安全锁钥匙，在探伤作业时，未开启安全锁钥匙，不

能出源；结束探伤照射后，放射源收回至探伤机贮源位，放射源回位时安全锁自动关闭；如需要继续出源照射，则需要再次开启安全锁钥匙。

⑤安全锁锁死时，源鞭不能移动，探伤机不会出源；安全锁打开时，源鞭才能移动，离开探伤机源容器。

⑥ γ 射线探伤机出厂时，探伤机容器已经进行了相关性能检测，表面辐射剂量率满足《 γ 射线探伤机》(GB/T14058)和《工业探伤放射防护标准》(GBZ117)中的相关要求。

⑦ γ 射线探伤机配置有源辫位置指示器系统，具有显示放射源在容器内或容器外、数字显示源辫离开源容器的距离、音响提示源辫已离开源容器的功能。

3、室内探伤拟采取辐射安全防护措施

本项目拟建2座曝光室（1个贮源室、迷道），主要开展X、 γ 射线室内探伤活动。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)、《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发(2007)8号文）及《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012）等要求，本项目探伤室投入使用前，必须具备以下辐射安全防护措施：

（1）本项目曝光室工件门及迷道门应安装门机联锁装置，只有在工件门及迷道门完全关闭时X、 γ 射线探伤机才能出束照射，当X、 γ 射线探伤机正常出束状态下意外打开防护门时，装置应立即停止出束。

（2）本项目曝光室门口应设置带有“准备照射”、“禁止入内”状态的工作状态指示灯箱、门灯联锁和声光提示装置；工件进出门和迷道门外表面、贮源室外表面表面应设置“当心电离辐射”的电离辐射警示标识。

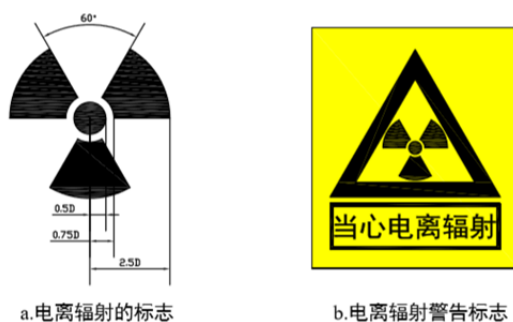


图 10-4 电离辐射警告标志

（3）本项目曝光室控制台及曝光室内四周墙壁均应设置有紧急停机按钮，

并有清晰的中文标记，确保出现紧急事故时，按下按钮能立即停止照射；停电或者意外中断时能够自动回源。

（4）本项目曝光室内设置有通排风口，采用轴流风机排风，有效通排风换气次数不小于 3 次/小时。

（5）本项目进行了监督区和控制区的划分，将曝光室（含贮源室、迷道）实体边界作为本项目的辐射防护控制区边界，将曝光室外的操作室、评片室、暗室等辅助用房作为本项目的辐射防护监督区。

（6）本项目曝光室内拟安装固定式辐射剂量率仪，并将探伤机与防护门进行连锁；

（7）曝光室 1 内设置 1 个专用贮源室，用于储存本项目 γ 射线探伤机，贮源室应安装红外报警装置及远程监控探头，对放射源实行实时监控。

（8）拟安装实时视频监控系统和对讲装置，并连接到操作室操作台上。视频探头安装于曝光室内，能拍到曝光室内探伤机的工作情况，并能看到迷道门和工件大门处的情况，保证曝光室内各个地方都能拍摄到，不留死角；视频监控屏幕位置位于操作室内，工作人员能在操作室内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

（9）公司拟建立放射源使用登记台账，对放射源的使用进行严格登记，强化放射源安全管理。

（10）放射源退役后联系 γ 射线探伤机生产单位或者有资质的单位回收，不随意处置。

（11）拟配备 2 台便携式 X- γ 辐射剂量率监测仪（两个曝光室各一个）、8 台个人剂量报警仪，辐射工作人员均应配戴个人剂量计，定期开展辐射工作场所自我监测，并将监测记录存档。

（12）曝光室每次探伤作业只能使用 1 台探伤设备，不同时使用 2 台及 2 台以上探伤设备。

（13） γ 射线探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置；

（14）设有废显、定影液专用暂存设施，暂存设施应防渗、防水、防倾倒、防腐等功能，公司应与有废显影、定影废液回收处理资质的单位签订危险废物处

置协议，委托其处置探伤过程中产生的洗片废水及废胶片。

(15) 公司应安排专人对探伤室的各项辐射安全措施定期检查，并做好记录；

(16) 本项目曝光室1拟共计使用3枚II类放射源，治安危害潜在风险等级和治安防范级别均为二级，需增设门-剂量联锁、门-回源联锁、紧急止动装置、停电自动回源装置。

①门-剂量联锁：曝光室内安装辐射剂量监测仪探头，控制室安装固定式辐射剂量监测仪系统，显示剂量率水平，并与门机联锁相关联。曝光室内可以通过紧急开门按钮打开防护门。

②门-回源联锁：门与源设置联锁，当防护门打开或者按下紧急停机（开门按钮），将自动触发放射源回源功能，源回收至探伤机内。出源之后，防护门将不能被打开；待源回收完成后，方可开启防护门。

③紧急止动装置：曝光室内墙壁，迷路、控制柜上安装紧急停机按钮，并给出清晰的标记和说明。确保出现紧急事故时，X射线探伤机能立即停机或 γ 探伤机能自动回源。曝光室内任意紧急停机按钮均能控制任意探伤设备，及各紧急停机按钮共用。紧急止动装置触发后需人工检查确认后复位。

④停电自动回源装置（含手动回源功能）：本项目停电自动回源装置配备UPS应急电源， γ 射线探伤机驱动装置与源容器连接，遇到紧急停电可以通过应急电源将源鞭送回源容器内，也可以通过手动将源鞭摇回源容器内。

此外，公司拟采取的措施还应满足以下要求：

①保卫室和监控中心合用，24小时有人值守，曝光室内远程视频监控装置与监控中心联网；

②值守人员应认真履行岗位职责，对进出探伤室的人员进行检查，制止非法侵入，严格执行交接班制度，并有记录；加强夜间和节假日巡逻，做好防盗和防破坏措施；

③公司应制定放射源储存场所安全保卫制度，严防放射源损坏、丢失或恶意破坏等事件的发生；

④曝光室防护门口和贮源室门口应设置入侵报警装置和远程视频监控装置，监视及回放图像应能清楚辨别人员的体貌特征；

⑤贮源室应分格，实行双人双锁，并由2名工作人员负责贮源室的保管工作，

放射源出入贮源室时应进行监测并详细记录；

⑥ γ 射线探伤机应单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并由专人保管、并做好贮存、领取、使用、归还情况的登记，登记资料至少保存1年；

⑦视频图像应实时记录，记录保存时间应不少于30天。当报警发生时，视频监控系统应能对报警现场进行图像复核，记录报警触发前图像信息，预录时间可设定且不少于5s，视频监控系统应设置备用电源，断电时应保证对视频监控设备供电不少于1h。

表10-3 本项目辐射安全装置汇总表

安全设施	数量	位置	备注
门-机联锁	2个	曝光室2	X射线探伤机与工件门和迷路门联锁。
门-灯联锁	2个		工件门和迷路门与各自防护门上方灯箱联锁。
紧急止动按钮装置	3个		按下紧急止动装置，X射线探伤机停止出束。
视频监控系统	6个		监控曝光室2内人员及工件状况。
状态指示灯和声音提示装置	6个		关闭工件门、迷道门、以及探伤时提示相应信号和报警声音。
安全钥匙控制	1个	曝光室2控制柜	钥匙控制控制柜开启，开启后X射线探伤机方能进行探伤作业。
门-机联锁	2个	曝光室1	X射线探伤机、电子直线加速器、与工件门和迷路门联锁
门-回源联锁	1套		迷路门、工件门与 γ 源联锁，出源后不能开启迷路门，若迷路门或工件门被意外打开， γ 源将自动收回源容器。
门-灯联锁	2个		工件门和迷路门与各自防护门上方灯箱联锁。
紧急止动按钮装置	3个		按下任意紧急止动按钮装置，X射线探伤机停止出束； γ 源自动回源；防护门可自动打开。
视频监控系统	6个		监控曝光室1内人员及工件状况。
状态指示灯和声音提示装置	6个		关闭工件门、迷道门、以及探伤时提示相应信号和报警声音。
门-剂量联锁	1套		迷路门、工件门和固定式剂量报警仪联锁。
停电自动回源装置（含手动回源功能）	1套		紧急停电可以通过应急电源将源鞭送回源容器内，也可以通过手动将源鞭摇回源容器内。
X射线机安全钥匙控制	1个	曝光室1控制柜	钥匙控制控制柜开启，开启后X射线探伤机方能进行探伤作业。

γ 探伤机安全钥匙控制	2 个	钥匙控制控制柜开启，开启后 γ 射线探伤机方能进行探伤作业。
--------------------	-----	---------------------------------------

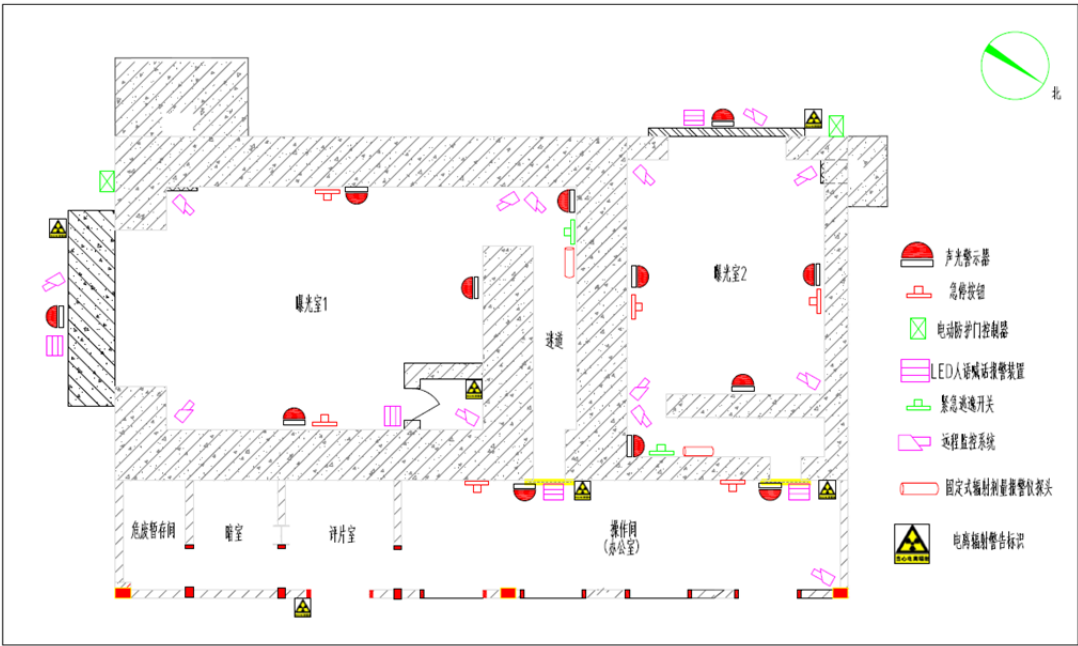


图 10-5 本项目探伤室辐射安全装置布置平面图

4、施工期间辐射安全防护措施

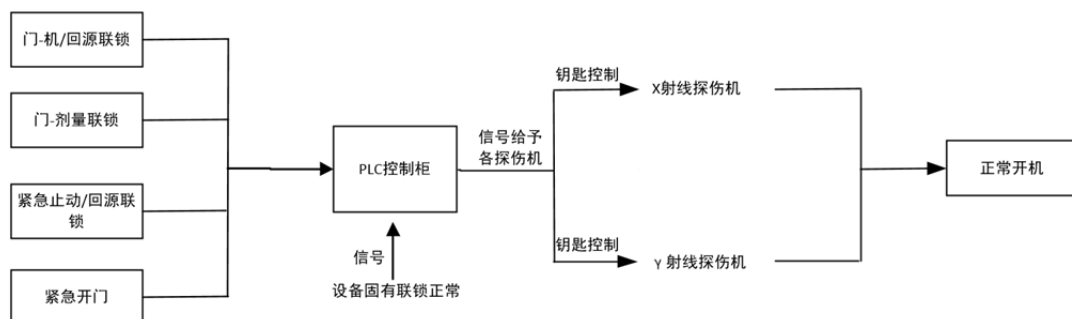
为保证曝光室满足辐射防护要求，曝光室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇注，保证各屏蔽体有效衔接，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的10倍，避免各屏蔽体之间有漏缝产生；曝光室的工件大门设计为钢筋混凝土结构，在门洞前的地沟凹槽内安装一平车轨道，大门门体底部左右两侧安装主动轮箱和从动轮箱，门体上部设有导轮组，在墙体上部设有上部支撑架和上导轨，门体运行的两个终点均设置有软、硬限位及缓冲机构。门体采用摆线针轮减速机作为驱动机构，通过主动轮箱内齿轮间的啮合来实现门体的左右移动，门体上导轨防止门体的左右倾斜，使门体平稳移动，软、硬限位和缓冲机构保证门体精确的行程，以达到门体安全精确的开启和关闭。

5、控制系统联锁逻辑

本项目控制系统将辐射安全工作中“人（操作人员及公众）、机（探伤机）、门（人员和工件进出门）、仪（辐射剂量监测仪）、警（声光警示）”等5种要素集成为系统，实现系统管理，其示控制系统管理意图如图 10-6、图 10-7、图 10-8 所示。

控制系统采用 PLC 智能控制，人机界面显示操作，通过空气断路器、接触

器、继电器等控制元件，根据辐射安全防护的特殊性、复杂性、冗余性。建立多输入多输出函数数学模型，设计控制软件和逻辑程序，实现多重联锁功能。具有兼容接口，能实现电频和通信协议的自动转换。利用 PLC 可编程技术，灵活实现了并口之间的自动切换，串并口的自动转换，并具有电平兼容能力，大大简化接口安装与调试。本项目曝光室 1 联锁装置分别连接 X 射线探伤机、 γ 射线探伤机，曝光室 2 联锁装置连接 X 射线探伤机。当收到急停按钮信号后，控制系统将触发所有探伤装置急停或回源，因曝光室内仅同时使用 1 台探伤装置，故将实现触发该台探伤机的急停或回源功能。曝光室 1 辐射防护安全设施逻辑设计见图 10-6。



注：控制台每次仅插入单个控制钥匙进行开机，若插入多个控制钥匙，整套联锁控制不能运行，且不能开机或出源。

图 10-6 曝光室 1 辐射防护安全设施逻辑设计示意图

曝光室 1 辐射安全防护设施，每个探伤机对应独立钥匙控制；该曝光室 1 辐射安全防护设施运行逻辑可共用于 X 射线探伤机、 γ 射线探伤机。

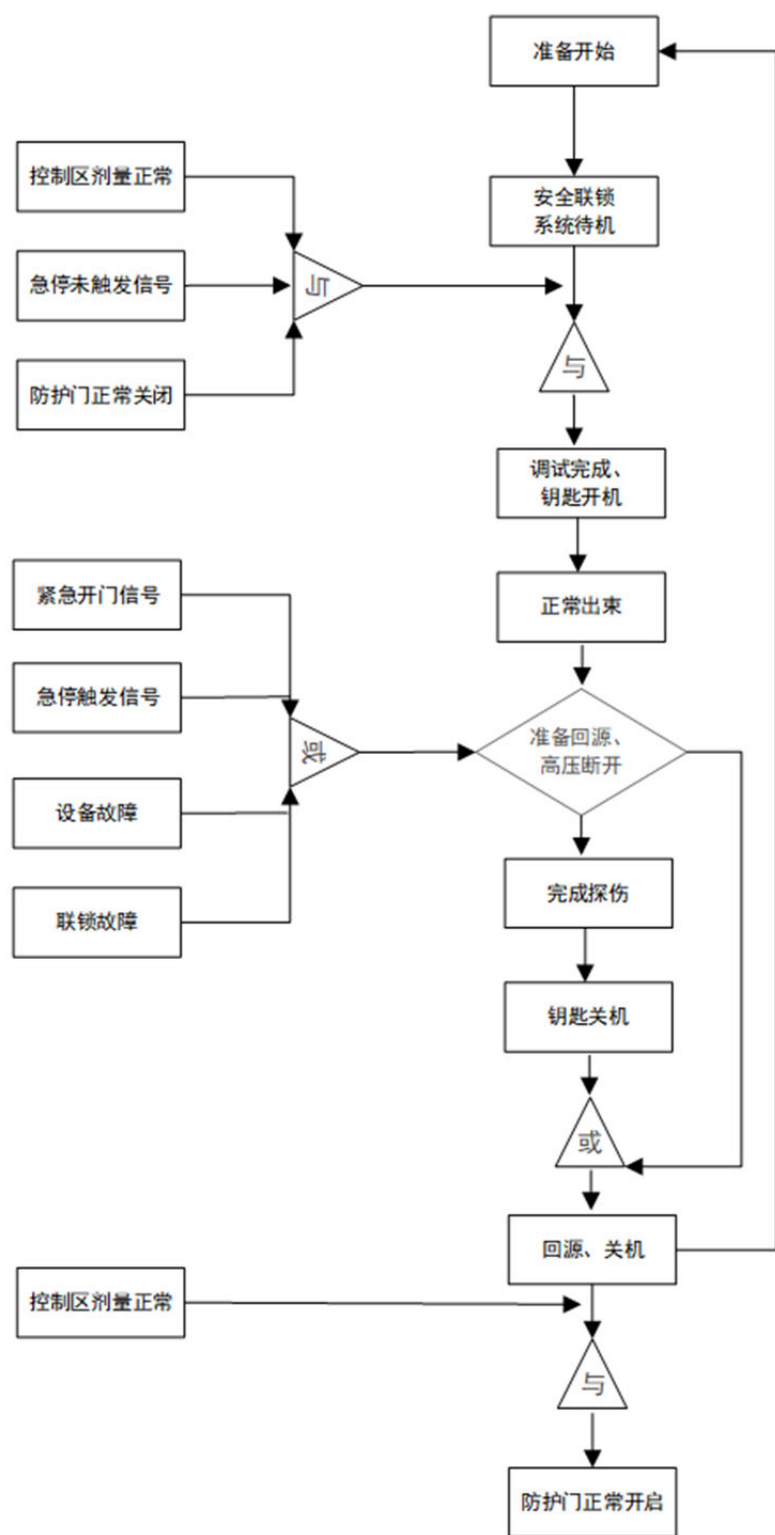


图 10-7 本项目曝光室 1 安全联锁运行逻辑关系图

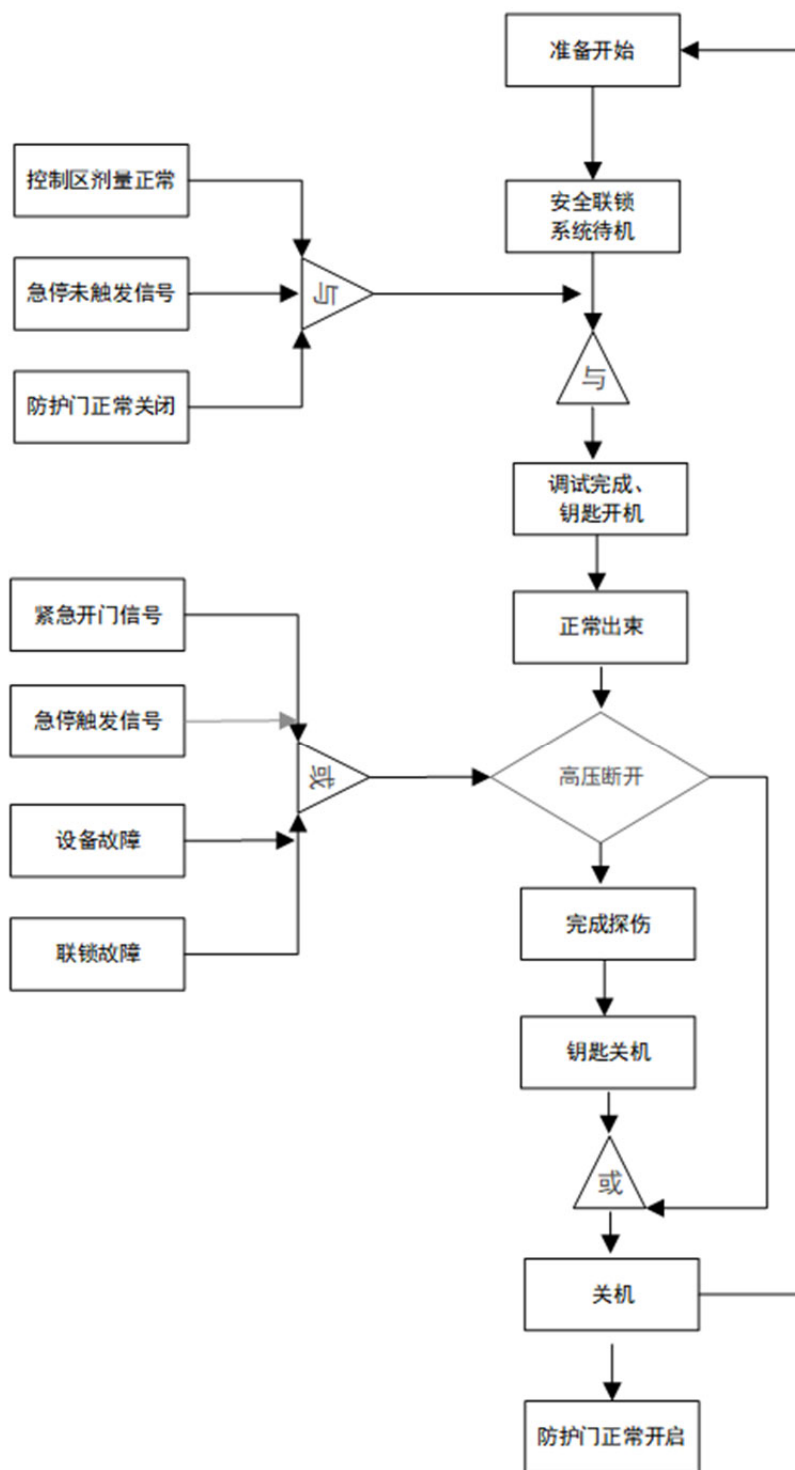


图 10-8 本项目曝光室 2 安全联锁运行逻辑关系图

在探伤作业时，若出现放射源卡源或脱落，曝光辐射剂量异常，人员通道门自锁（紧急事故开关也不能打开）。需在做好各项安全防护措施后，通过系统密

码解锁“卡源开门”功能，可打开人员通道门。

急停开关(具备打开迷路门功能)通过 PLC 控制系统与各探伤设备并行连接，系统收到急停信号后，探伤机自动断高压、放射源自动回源。因探伤设备不存在同时作业情况，急停开关信号为单一路径。按下曝光室内急停开关，可立即打开迷路门，同时探伤机断高压，放射源自动回源。操作室按下急停开关，待探伤机断高压、放射源自动回源，待辐射剂量正常后方打开迷路门。

门机联锁通过系统控制柜的并行线缆分别对应连接各种类型的探伤机，曝光室内不存在同时使用两种探伤设备的情况，所以曝光室内任意一种设备探伤时将自动连接门机、门剂联锁不需要人工转换。

三、室外移动式探伤安全防护措施

室外移动式探伤作业应综合考虑探伤设备的控制器及探伤机和被检测物体的距离、照射时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，以确保进行室外探伤时，人员的受照剂量低于剂量限值，同时操作人员尽可能利用各种屏蔽方式保护自己。X 射线的基本防护原则是远离 X 射线源并加以必要的屏蔽。本项目室外探伤主要从源项、距离、实体防护等方面采取措施。

1、源项控制

本项目的 X 射线探伤机对产生的 X 射线采用铅板进行屏蔽，射线装置泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值。

2、距离防护

由于室外探伤的特殊性质，不可能人为做到实体防护，只能通过控制距离作为室外探伤的主要防护手段，包括划分控制区和监督区、张贴公告、设置警戒线和警戒标识等方式，扩大辐射源与受照射人员的距离，以有效降低人员的受照剂量。

(1) 划分控制区和监督区

依据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)和《四川省野外(室外)使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》(四川省环境保护厅，川环办发〔2016〕149 号)的规定，将现场工作区域划分为控制区和监督区。控制区边界外 X 射线空气比释动能率应大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区位于控制区外，其边界剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，X 射线探伤机开机状态以探伤机射线管为圆心从 100m 外由远到近用剂量率仪巡测划定，应尽量避免现场有大量无关人员时进行现场探伤，无法避免时，应划定工作区域，把无关人员疏散至监督区以外。在无法疏散时，必须采取防护措施，保证无关人员所处位置的空气比释动能率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并设专人警戒，防止无关人员进入监督区和控制区，引起不必要的意外照射。

（2）探伤作业前进行公告

在探伤作业前，应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公告牌。公告牌中应包括辐射安全许可证，公司法人，辐射安全负责人，操作人员和现场安全员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地生态环境主管部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于 2m^2 ，公告信息应采取喷绘（印刷）的方式制作，应具备防水、防风等抵御外界影响的能力，确保信息的清晰辨识。公告信息如发生变化应重新制作，禁止对安全信息公告牌进行涂改、污损。

（3）设置警戒线、设置警戒标识

在控制区、监督区的边界设置警戒线（离地 $0.8\sim 1.0\text{m}$ 左右），并悬挂清晰可见的“探伤作业禁止入内”、“当心电离辐射”等警告牌及电离辐射警示标识，电离辐射警示标识应符合GB18871-2002的要求。夜间进行探伤作业时，必须在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌，必要时设专人警戒。放射工作人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的辐射防护措施，控制区边界必要时安排专人看守；监督区边界附近不应有经常停留的公众。

3、实体防护

众胜检测拟按照设计配备一定铅当量厚度的防护铅板，确保满足在移动式室外探伤时的辐射安全防护要求。

4、探伤机的管理

室外探伤所用的 X 射线探伤机从贮源室借出进行室外探伤完毕送回贮源室时都需进行登记，严格做好记录管理工作，探伤机出库作业前辐射工作人员需报相关领导批准后方可出库开展探伤作业。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、控制缆等存在安全隐患或故障的探伤装置。

5、探伤时辐射防护工作

探伤准备：探伤机架设安装完毕后，再一次对探伤区和防护区进行清场；除探伤机操作人员外，其余工作人员与安全检查员一道分别在监督区边界指定位置放置警示牌，严禁无关人员进入该区域。

探伤操作：进行探伤时，如果探伤机连接线长度不够，采取设定时间后自动开机曝光操作或者遥控曝光操作，操作人员可在该段时间内退至控制区距离外或屏蔽体内，位于控制区边界的辐射工作人员需穿戴铅防护服。

四、贮源室“六防”管控措施

本项目室内探伤使用的 γ 射线探伤机放射源为II类放射源，根据《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012）的相关要求，本项目使用的放射源为治安危害潜在风险等级和治安防范级别均为二级，众胜检测拟采取的防火、防水、防盗、防抢、防破坏和防泄漏措施见表 10-4。

表 10-4 贮源室拟采取“六防”措施一览表

措施类别	应对措施
防火	贮源室位于曝光室内，拟安装烟气报警装置，拟配置干粉式灭火器。
防水	本项目正下方无地下室，防水等级为II级，抗渗等级为 P6，曝光室具有屋顶，且本项目曝光室上方有厂房屋面遮挡，因此，不受雨水及地下水影响。
防盗、防抢和防破坏	①曝光室设远程监控，与保卫室与监控中心合用，一旦发生异常情况，立即报警；②拟设监控摄像头，曝光室（含贮源室）内无死角，实行 24h 实时监控，并设保安巡逻；③安排有专人管理 γ 射线探伤机，并建立放射源台账，一旦发生盗抢事件，立即关闭工件大门，并立即向公安机关报案；④贮源室内不存放易燃、易爆、腐蚀性危险物品；⑤贮源室采用双人双锁管控措施。
防泄漏	①本项目所使用的 γ 探伤机购置于正规厂家，出厂时 γ 射线漏射不会超过《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）的相关规定；②本项目贮源室具有一定的屏蔽效果，距离周围公众较远；③由于漏射射线不易被觉察，曝光室内拟安装固定式剂量报警仪与防护门联锁，曝光室内辐射剂量较高时，防护门无法从打开。

放射源“六防”措施：拟在曝光室1内设置使用1间贮源室，设置2把钥匙，实行双人双锁，以确保探伤机和放射源的安全。建设单位应在曝光室内使用应加设红外防盗报警装置，探伤室还须设置24小时持续有效的视频监控系统，报警装置和视频监控系统与值班室联网。曝光室内应设2个干粉灭火器。贮源室防护门及屏蔽墙体表面应设电离辐射警告标识，建设单位应认真做好防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”工作。

γ 射线探伤机及放射源的管理，还须满足：①明确 2 名以上工作人员专职负

责放射源的保管工作；②探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置；③每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置；④探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备 1 台个人剂量报警仪和个人剂量计，个人剂量计应定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案；⑤每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示、输源管、驱动装置等性能；⑥探伤作业完成后，放射源贮存前，探伤人员对探伤装置进行目测检查，确保设备没有被损坏。采用便携式辐射剂量监测仪对探伤机表面进行检测，确认放射源回到源容器的屏蔽位置；⑦更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。

（1）放射源换源工作必须由放射源生产单位进行，倒源时穿上专门的辐射防护服，并佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

（2）退役或不用的放射源¹⁹²Ir、⁶⁰Co，由放射源生产厂家回收处理，并委托有资质的单位运输，移交前应有详细的交接记录，档案长期保存。

（3）公司须制定相关规章制度，禁止将X、γ射线探伤机移出曝光室外作业。

（4）本项目共计拟使用3枚II类放射源，风险等级及治安防范级别为二级，公司加强贮源室和探伤室的安保措施，须满足：①设置保卫值班室，应24小时有专人值守；②值班人员应认真履行岗位职责，及时制止非法侵入，严格执行交接班制度，并有记录；③曝光室内视频监控系统，应与值班室联网；④加强夜间和节假日巡逻，做好防盗和防破坏措施；⑤配备专人，对治安防范措施开展日常检查，及时发现、整改治安隐患，并保存检查、整改记录；⑥公司制定探伤室（放射源贮存场所）安全保卫制度，严防放射源损坏、丢失或恶意破坏等事件的发生。

五、辐射安全防护设施对照分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第 31 号）、《关于 X 射线探伤装置的辐射安全要求》（川环发[2007]42 号）、《关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求》（原国家环境保护总局文件 环发〔2007〕8

号)、《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局))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)相关要求,将本项目的设施、措施进行对照分析,见表10-5。

表 10-5 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	设备设施	具体要求	本项目实际情况
室内探伤	建筑屏蔽设计	曝光室建筑(包括辐射防护墙、门、迷道)的防护厚度应充分考虑 X、 γ 射线直射、散射效应。	设计中具备
	探伤机	源容器电离辐射标志、探伤机表面金属铭牌文字和标识、放射源编码卡、安全锁和专用钥匙、探伤装置外观无明显缺损、探伤装置在有效期内(10年)、贮存场所安保措施	设备自带
	门机联锁	曝光室工件进出大门和人员通道门应与探伤机联锁。	设计中具备
	门灯联锁	曝光室防护门外侧及控制台上拟设置工作状态指示灯箱,并与门联锁,工作状态指示灯显示“照射”时,防护门不能被打开。	设计中具备
	门剂量联锁	曝光室防护门与固定式辐射剂量监测仪设置联锁,当曝光室内的辐射剂量率超过设定的剂量率限值时,防护门不能从曝光室外部打开。	设计中具备
	紧急止动装置	在曝光室内墙和控制室操作台上易于接触的地方应设置紧急停机开关并有中文标识,各个紧急停机开关(机房内非主射面墙上、迷路口设有按钮,高 1.2~1.5m)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,防护门可从内侧的逃逸开关(迷路出口处铅门内侧墙上拟设按钮,高 1.2~1.5m)打开。	设计中具备
	视频监控系统	曝光室应安装远程实时视频监控系统,连接到操作室操作台和公司保卫室。视频探头安装于曝光室内,能拍到曝光室内探伤机的工作情况,并能看到迷道门和工件大门处的情况,保证曝光室内各个地方都能拍摄到,不留死角;视频监控屏幕位置位于操作室操作台上,工作人员能在操作室内实时监控探伤过程,如果出现异常能迅速启动紧急停机装置。	设计中具备
	喊话报警装置	在曝光室内安装喊话报警装置,发生事故、侵入、人员滞留曝光室内等情况,可立即报警或与曝光室外联系。	设计中具备
	钥匙控制	每台探伤机的电源启动钥匙/安全锁与人员通道门的钥匙以及控制台上的钥匙应牢固连接。该串钥匙应与便携式 X- γ 辐射剂量仪连在一起,随操作员进出曝光室。	该串钥匙应与便携式辐射监测仪连在一起,随操作人员进出铅门。
	警告标志	曝光室工作人员门外、探伤工件出入大门、贮源室外表面外应设置固定的电离辐射警告标志,探伤工件出入大门处应设置工作状态指示灯箱,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。	设计中具备
	通排风系统	根据曝光室空间大小、探伤机的额定参数及探伤作业时间,曝光室内应设置相应排风量的通风系统,使臭氧浓度低于	设计中具备

		国家标准要求。	
	入口处工作状态显示	灯箱应醒目显示“预备”、“照射”，并与防护门联锁	设计中应具备
	危废暂存设施	废显、定影液暂存设施需防渗、防水、防倾倒、防腐等工作。	设计中具备
	监测设备	固定式辐射剂量率仪	拟配备
		便携式辐射剂量监测仪（高量程满足10mSv/h以上）	拟配备
		个人剂量计	拟配备
		个人剂量报警仪	拟配备
	应急物资	灭火器材、个人防护用品、应急处理工具（如长柄夹具等）、放射源应急屏蔽材料	拟配备
	室外探伤场所分区	作业公告：包含作业时间、作业地点、作业内容、拟采取辐射防护措施	拟实施
		场所分区	拟实施
		警戒线及警告标志	拟实施
		专人看守、巡查	拟配备
		移动屏蔽措施（铅屏风、铅板等）	拟配备
	个人监测和防护设备	便携式辐射剂量监测仪	拟配备
		个人剂量计	拟配备
		个人剂量报警仪	拟配备
		个人防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜等）	拟配备
	应急物资	灭火器材	拟配备

建设单位按照表 10-5 中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

六、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，公司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 10-6。

表 10-6 环保设施及投资估算一览表

项目	设备设施	环保设施	数量	投资金额（万元）
室内探伤	探伤机	源容器电离辐射标志（ γ 射线探伤机）	1 个/台	设备自带
		探伤机表面金属铭牌文字和标记	1 个/台	设备自带
		放射源编码卡（ γ 射线探伤机）	1 个/台	设备自带
		安全锁和专用钥匙	1 个/台	设备自带
		探伤装置外观无明显缺损	1 个/台	设备自带
		放射源位置显示（ γ 射线探伤机）	1 个/台	设备自带
		探伤装置生产日期（有效期 10 年）	1 个/台	设备自带
	实体防护	曝光室	2 座	100
		防护门及安全驱动装置	4 套	6.5

	场所设施	联锁装置（门机、门灯联锁、门剂量联锁）	9 个	1.5
		贮源室（源库门双人双锁）	1 套	0.6
		贮源室红外报警装置	1 套	0.5
		控制台紧急回源按钮	2 套	设备自带
		工作状态指示箱	12 套	2.0
		电离辐射警示标志	6 套	0.3
		固定式辐射剂量率报警仪	1 套	2.0
		室内及操作台紧急停止按钮	6 个	1.3
		逃逸开关	2 个	0.3
		控制台钥匙控制	2 套	1.0
		准备出束声光提示	2 套	0.5
		控制区、监督区标识	2 套	0.3
		固定式辐射剂量监测仪	2 套	1.0
		紧急照明或独立通道照明系统	2 套	1.0
		防夹人装置	2 套	0.5
		危险废物暂存间（重点防渗处理）	1 间	1.2
		废定、显影液收集桶	各 2 个	0.2
		废胶片收集箱	1 个	0.1
		通排风系统	2 套	2.5
		视频监控系统（接入保卫室和控制台）	2 套	2.5
	监测设备	个人剂量计	8 套	0.9
		个人剂量报警仪	8 个	1.2
		放射源红外线报警装置（接入保卫室和控制台）	1 套	1.0
		便携式辐射剂量率仪（高量程满足 10mSv/h 以上）	2 台	4.0
	应急物资	喊话报警装置	2 套	0.5
		铅防护衣、铅手套、铅眼镜、铅围脖	6 套	0.5
		应急处理工具（如长柄夹具）	2 套	0.5
		放射源应急屏蔽材料或容器	1 套	0.5
		灭火器材	2 套	0.2
室外探伤	工作场所	作业公告：包含作业时间、作业地点、作业内容、拟采取辐射防护措施	2 个/次	1.0
		电离辐射警告标志	若干	0.2
		现场警示标志若干、安全警示线若干，大功率喊话器1个，对讲机5个	1 套	0.5
		移动屏蔽措施（1.5m×1.6m的19mmPb 铅屏风2张、0.5m×0.5m的5mmPb铅屏风2张，5张组成底部开洞的立方体5mm铅板）	/	2.0
		铅板支架框	2 个	0.2
		三脚支架	2 个	0.2
		液压平车	2 个	7.0
		探伤机存放的保险柜	1 个	1.2
	监测	便携式辐射剂量率仪（高量程满足 10mSv/h 以上）	1 套	2.0

和防 护设 备	个人剂量计	3 套	1.2
	个人剂量报警仪	3 套	2.4
	个人防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜等）	3 套	1.5
应急 物资	灭火器材	1 套	共用
其他	废显、定影液及废胶片处理	---	1.5
	辐射安全与防护学习及考核	---	1.0
合计		/	157

本项目总投资 300 万元，环保投资 157 万元，占总投资的 52.3%。今后公司在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、 废气

探伤机在曝光过程中会产生有害气体臭氧，为防止臭氧在曝光室内不断累积可能导致室内臭氧浓度超标。因此，曝光室内需设置强制通风装置。

通排风系统：根据设计文件，本项目拟分别在曝光室 1 南侧及曝光室 2 西侧屋顶设置进风口，进风通道均采用“L 形”穿墙，下方底部设置排风洞口并采用轴流风机排风，设计排风次数每小时不低于 3 次，项目产生的臭氧经穿墙后的排风管道引至高于屋顶排放。

本项目产生的臭氧经过排风系统排入环境大气后，经自然分解和稀释，能够满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中规定的臭氧最高允许浓度 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ 相关要求以及《室内空气质量标准》(GB/T18883-2022)中规定的 O_3 的最高允许浓度 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求，不会对环境空气造成明显影响。

二、 固体废物

生活垃圾：工作人员产生的生活垃圾约 $3.5\text{kg}/\text{d}$ ，依托厂区现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

废放射源：公司使用的放射源到一定时间后，不能满足无损检测要求，将退役成为废放射源。经与建设单位核实，本项目放射源 ^{192}Ir 最少2个月更换一次， ^{60}Co 约5年更换一次。公司应按照国家有关废放射源处置的相关规定要求，及时与供

源单位签订废放射源回收协议。

三、废水

本项目产生的废水主要为生活污水和清洗胶片产生的废水。项目产生的废水经污水预处理设施处理后排入市政污水管网，通过市政污水管网进入自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂处理达标后，排入釜溪河。自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂服务对象包含生活污水和工业废水，处理达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）限值要求后排入釜溪河，对周围环境产生的影响小。

四、危险废物

本项目产生的废显影液约 150kg/a、定影液约 150kg/a，废胶片约 1700 张/a，根据生态环境部和国家发展改革委联合发布《国家危险废物名录（2021 年版）》中的危险废物划分类别，废显影液、定影液及胶片属于编号为 HW16 的危险废物。公司应与有处理资质的单位签订回收处理协议，在探伤过程中产生的所有危险废物将交由有资质的单位处理，不外排。

探伤洗片过程中产生的废显、定影液、废胶片暂存在专用的、设置了危废标志的容器中，定期交由有资质的单位进行处理并填写危险废物转移联单。同时，危废间及危废处置应做好以下几点：

（1）危废间应严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中规定的要求，采取“防渗、防雨、防流失”等措施。具体防渗要求有：危废间为密闭房间，具有防雨措施，拟采用防渗混凝土+聚氨酯防水层（两道）（2×1.5mm 厚）防渗，暂存间拟设置围堰和专用废液收集桶，防止危废流失。

（2）危险废物贮存设施应按环境保护图形标志《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）的规定设置警示标志。

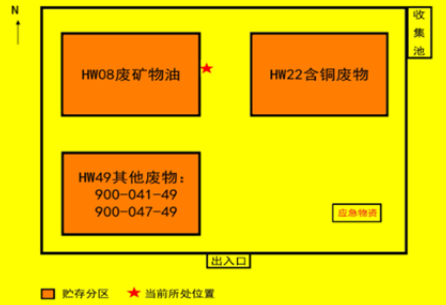
危险废物贮存分区标志  ■ 贮存分区 ★ 当前所处位置	 危险废物 贮存设施 单位名称: _____ 设施编码: _____ 负责人及联系方式: _____  危 险 废 物
危险废物贮存场所分区标识 	危险废物贮存设施  危险废物 处置设施 单位名称: _____ 设施编码: _____ 负责人及联系方式: _____  危 险 废 物
危险特性标识	危险废物处置设施标识

图 10-9 危险废物贮存场所及设施应张贴的标识标牌

(3) 项目产生的危险废物在收集、暂存过程中，应严格遵守下列要求：

①危险废物贮存可分为产生单位内部贮存、中转贮存及集中性贮存。所对应的贮存设施分别为：产生危险废物的单位用于暂时贮存的设施；拥有危险废物收集经营许可证的单位用于临时贮存的设施；以及危险废物经营单位所配置的贮存设施。

②危险废物贮存设施的选址、设计、建设、运行管理应满足 GB18597、GBZ2.1 及修改单的有关要求。

③危险废物贮存设施应配备通讯设备、照明设施和消防设施。

④贮存危险废物时应按危险废物的种类和特性进行分区贮存，每个贮存区域之间宜设置挡墙间隔，并应设置防雨、防火、防雷、防扬尘装置。

⑤危险废物贮存期限应符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的有关规定。

⑥危险废物贮存单位应建立危险废物贮存的台帐制度，危险废物出入库交接

需进行记录。

⑦危险废物贮存设施应根据贮存的废物种类和特性按照 HJ1276 的相关要求设置标识标牌。

⑧危险废物贮存设施的关闭应按照 GB18597 和《危险废物经营许可证管理办法》的有关规定执行。

(4) 危险废物转移应按照《危险废物转移管理办法》的有关要求规定填写危险废物转移联单。同时，要求建设单位加强危险废物的管理，严禁随意露天堆放、随意倾倒和将危险固废混入一般固废中，以避免污染周边环境和防止发生泄漏污染地下水。

表 11 环境影响分析

建设期环境影响分析

一、施工期

本项目包含室内探伤和室外移动式探伤，仅室内探伤涉及施工期。在施工期主要影响为在租赁的厂房内的部分空间新建探伤室及辅助用房，本项目工程量较小，施工期较短，施工结束后对周围环境的影响就可消除。本项目施工期对环境的影响，主要通过以下措施进行防治：

（1）废气：本项目在施工期产生少量地面扬尘，由于工程量不大，涉及的施工作业面较小，通过施工现场封闭施工和采取洒水等措施进行控制，即可很大程度降低施工期的废气污染。

（2）废水：施工期间，有少量含有泥浆的施工废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，经过沉淀处理后，排入厂区污水预处理池处理。

（3）噪声：施工机械在运行中会产生噪声，但由于施工量小，噪声通过选用低噪声设备，合理安排施工时间，对周围环境影响较小。

（4）固体废物：固体废物主要为施工过程中产生的少量建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾收集后堆放于指定地点并及时清运至住建部门指定的弃渣场；生活垃圾收集后交由环卫部门收运处置。做好施工质量保证，加强曝光室施工阶段的质量监督工作，施工时应注意：①曝光室屏蔽墙及屋顶属大体积混凝土浇筑，应尽量保证一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔，影响屏蔽效果；②合理设置通风、电缆等各类管线，不得破坏墙体的屏蔽效果。

二、设备调试阶段

本项目室内探伤涉及到辐射安全防护设施和射线装置联锁的安装调试。由于X射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的X射线是随机器的开、关而产生和消失的，曝光室内拟安装联锁装置。根据《关于〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（原国家环境保护总局文件 环发(2007)8号）的要求：“探伤装置装源（包括更换放射源）应由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作”，本项目 γ 射线探伤机内置放射源将由放射源生产单位定期更换，公司内部不涉及换源工

作，期间换装放射源具体实施过程不会对公司辐射工作人员产生辐射影响。因设备调试时间较短，且 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机均位于曝光室内，因此，本项目设备调试阶段对辐射工作人员的影响较小。

运行期环境影响分析

众胜检测拟开展室内探伤及室外移动式探伤。公司拟在租赁厂房内新建 1 座探伤室及辅助用房，其中探伤室包含曝光室 1 及曝光室 2，在曝光室内对长度不超过 7m，最宽/直径不超过 2m 的工件或压力容器开展室内探伤；对尺寸为 $7\text{m} \leq \text{长度} \leq 20\text{m}$ 、 $2\text{m} \leq \text{直径/宽度} \leq 9\text{m}$ 的工件或压力容器在划定区域内采用室外移动式探伤。室外移动式探伤在公司租赁厂房划定区域内开展。公司不进行探伤时，X 射线探伤机保存在各自曝光室内， γ 射线探伤机及室外探伤所用探伤机均保存在曝光室 1 贮源室内。项目参数情况见下表。

表 11-1 众胜检测拟开展探伤活动使用设备参数一览表

开展项目	探伤设备	型号/放射性核素	额定参数	类别	工件厚度范围	探伤工件尺寸	探伤地点	年照射时间
室内探伤	X 射线探伤机	XXG3505	350kV/5mA	II	0~40mm	$L \leq 7\text{m}$ $\Phi/B \leq 2\text{m}$	曝光室内	800h
		XXG3005	300kV/5mA					
		XXG2505	250kV/5mA					
		XXH2505	250kV/5mA					
	γ 射线探伤机	^{60}Co	$3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$	II	40~200mm			200h
		^{192}Ir	$3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$	II	10~100mm			100h
室外探伤	X 射线探伤机	XXG2505	250kV/5mA	II	0~30mm	$7\text{m} \leq L \leq 20\text{m}$ 、 $2\text{m} \leq \Phi/B \leq 9\text{m}$	厂房内（曝光室外）	300h
		XXH3005	300kV/5mA					

本项目运营期的环境影响因素为：X 射线探伤机工作时产生的 X 射线、 γ 射线探伤机放射源产生的 γ 射线、 β 射线、臭氧，洗片过程中产生的废显影液、废定影液、废胶片、洗片废水，风机产生的噪声。 β 射线能量较小，射程较短，本项目 γ 射线探伤机源容器能够完全屏蔽 β 射线，在探伤过程中人员距离放射源较远，因此后文不再对 β 射线的影响进行分析。

一、辐射环境影响分析

本项目 X 射线仅在 X 射线探伤机曝光出束时才产生， γ 射线由 γ 射线探伤机中放射源产生。众胜检测拟开展室内探伤和室外移动式探伤活动。其中，室内探伤曝光室 1 拟使用 XXG3505、XXG3005 定向 X 射线探伤机各 1 台， ^{60}Co - γ 射线

探伤机、 ^{192}Ir - γ 射线探伤机各 1 台；曝光室 2 拟使用 XXG2505 定向 X 射线探伤机 2 台、XXH2505 周向 X 射线探伤机 1 台。室外移动式探伤拟使用 XXG2505 定向 X 射线探伤机 1 台、XXH3005 周向 X 射线探伤机 1 台，不涉及放射源。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在最大管电流相同、最大管电压越大、距辐射源点（靶点）1m 处输出量越大，距离辐射源点（靶点）1m 处的辐射剂量率越大，对周围环境的影响也越大。

本项目X射线探伤机为拟购，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），偏保守考虑，XXG3505定向X射线探伤机过滤片采用3mmCu，XXG3005、XXH3005过滤片采用3mmAl，XXG2505、XXH2505过滤片采用0.5mmCu进行预测分析。

本项目探伤机用于钢结构压力容器焊缝及工件进行探伤，众胜检测拟在曝光室内探伤的工件长度均不超过 7m，最宽/直径不超过 2m，本项目拟建曝光室 1 净空尺寸为 8.1m（长）×6.2m（宽）×5.0m（高），拟建曝光室 2 净空尺寸为 6.0m（长）×5.05m（宽）×5.45m（高），拟在厂房内（曝光室外）对长度为大于 7m，最宽/直径超过 2m 的工件或压力容器进行探伤。

（一）室内探伤辐射环境影响分析

本项目室内探伤主要针对压力容器等工件，工件进出曝光室均采用平车轨道直接输送。本次预测偏保守考虑，本项目曝光室各方向墙体均按照主射方向、最大工况、年剂量约束值进行考虑，由于本次曝光室均建在地上一层，故曝光室地下不作为关注点，则本项目室内探伤预测点见图 11-1。

1、关注点距离及控制剂量率水平分析

①探伤机靶点的与关注点的距离

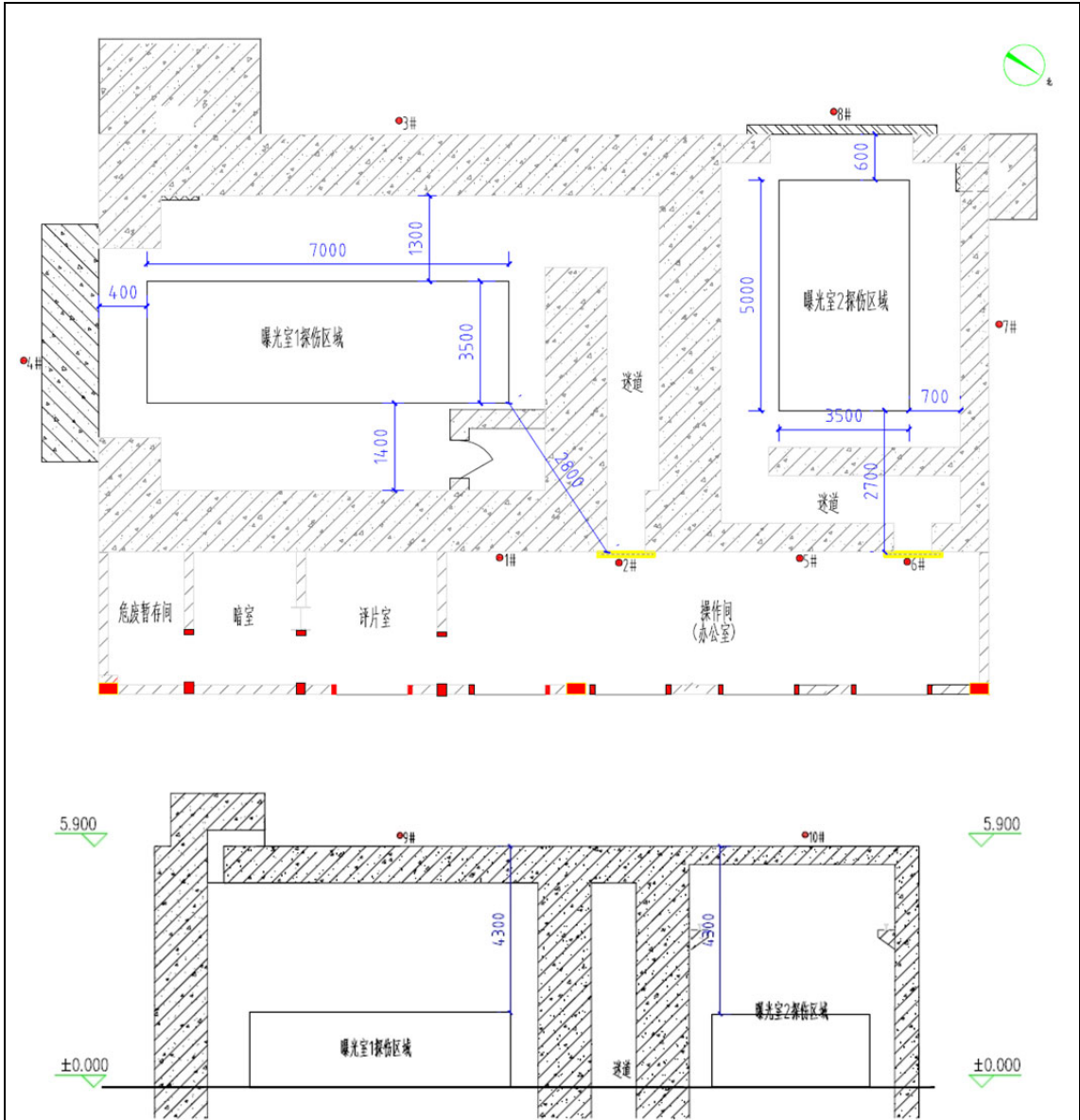


图11-1 本项目预测点位示意图

偏保守考虑，本项目曝光室外各关注点与靶点（放射源）的最近距离见下表。

表 11-2 靶点（放射源）距离关注点处最近距离参数表

序号	关注点相对位置	屏蔽墙外30cm处最小距离（m）	需屏蔽的辐射源
1#	东侧操作室	3.0	主射辐射
2#	曝光室1迷道外过道	3.12	主射辐射
3#	曝光室1西南侧墙体	2.9	主射辐射
4#	曝光室1工件进出门	2.0	主射辐射
5#	东北侧操作室	3.0	主射辐射

6#	曝光室2迷道外过道	3.01	主射辐射
7#	曝光室2西北侧墙体	1.6	主射辐射
8#	曝光室2工件进出门	1.5	主射辐射
9#	曝光室1屋顶	4.3	主射辐射
10#	曝光室2屋顶	4.3	主射辐射

②关注点剂量控制水平

各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， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_c$ — 周剂量参考控制水平，职业人员取 $100\mu\text{Sv/周}$ ，公众取 $5\mu\text{Sv/周}$ ；

μ — 探伤装置向关注点照射的使用因子；

T — 人员在相应关注点驻留的居留因子；

t — 探伤装置周工作时间，15h。

各墙面及屋顶参数选取及计算结果见表 11-3。

表11-3 关注点控制剂量水平参数选取及计算结果表

序号	关注点	受照类型	周剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)	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($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)
1#	东侧操作室	职业	100	1	1	6.67	2.50	2.50
2#	曝光室1迷道外过道	职业	100	1	1/4	26.7	2.50	2.50
3#	曝光室1西南侧墙体	公众	5	1	1/5	1.67	2.50	1.67
4#	曝光室1工件进出门	公众	5	1	1/5	1.67	2.50	1.67
5#	东北侧操作室	职业	100	1	1	6.67	2.50	2.5
6#	曝光室2迷道外过道	职业	100	1	1/4	26.7	2.50	2.5
7#	曝光室2西北侧墙体	公众	5	1	1/5	1.67	2.50	1.67
8#	曝光室2工件进出门	公众	5	1	1/5	1.67	2.50	1.67

9#	曝光室1屋顶	公众	/	/	/	/	10	10
10#	曝光室2屋顶	公众	/	/	/	/	10	10

注：根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），曝光室四周关注点的最高剂量率参考控制水平（ $H_{e,max}$ ）均保守取值为 2.5 μ Sv/h，曝光室顶部无人到达剂量率参考控制水平保守按照 10 μ Sv/h 取值，本次评价参考较小水平进行评价。

2、对保护目标的辐射环境影响

（1）各关注点处的辐射剂量预测分析

1) X射线探伤机

①曝光室墙体各外关注点辐射剂量

众胜检测拟在曝光室内使用周向和定向 X 射线探伤机，在 X 射线探伤机在曝光室内探伤时，偏保守考率，各侧墙体均采用主射方向进行预测，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式进行预测各关注点处的辐射剂量率。

$$\dot{H}_{有} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_3}{R^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-2）}$$

$$B_3 = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots \text{（式 11-3）}$$

$$H = \dot{H}_{有} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式 11-4）}$$

式中：

B_3 —有用线束屏蔽透射因子；

X —屏蔽物质厚度；

TVL —查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录表 B.2，保守取 400kV 时混凝土的什值层厚度为 100mm，250kV 时混凝土的什值层厚度为 90mm；

I —最大管电流，5mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）表 B.1，本项目曝光室 1 保守按照管电压 400 kV，过滤片为 3mmCu 进行考虑，即 X 射线输出量取 23.5mGy·m²/(mA·min)，即 1.41×10⁶ μ Gy·m²/(mA·h)；本项目曝光室 2 保守按照管电压 250 kV，过滤片为 0.5mmCu 进行考虑，即 X 射线输出量取 16.5mGy·m²/(mA·min)，即 9.9×10⁵ μ Gy·m²/(mA·h)；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

t —X 射线探伤机最长曝光时间，800h；

各关注点年辐射剂量预测计算结果见表11-4。

表 11-4 X 射线探伤机探伤时各关注点辐射剂量预测参数及预测结果

序号	关注点位置	屏蔽体材质及厚度	距靶点1m处输出量 $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	屏蔽体的 什值层厚度(mm)	靶点至关注点的距离 (m)	屏蔽透射因子	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年受照射剂量 (mSv/a)	受照类型
1#	东侧操作室	1300mm 混凝土	1.41×10^6	100	3.0	1.00E-13	7.83E-08	1	6.26E-08	职业照射
2#	曝光室 1迷道 外过道	1300mm 混凝土	1.41×10^6	100	3.12	1.00E-13	7.24E-08	1/4	1.16E-08	职业照射
3#	曝光室 1西南 侧墙体	1300mm 混凝土	1.41×10^6	100	2.9	1.00E-13	8.38E-08	1/5	1.34E-08	公众照射
4#	曝光室 1工件 进出门	1300mm 混凝土	1.41×10^6	100	2.0	1.00E-13	1.76E-07	1/5	2.82E-08	公众照射
5#	东北侧 操作室	600mm 混凝土	9.9×10^5	90	3.0	2.15E-07	1.18E-01	1	9.44E-02	职业照射
6#	曝光室 2迷道 外过道	600mm 混凝土	9.9×10^5	90	3.01	2.15E-07	1.17E-01	1/4	2.34E-02	职业照射
7#	曝光室 2西北 侧墙体	600mm 混凝土	9.9×10^5	90	1.6	2.15E-07	4.16E-01	1/5	6.66E-02	公众照射
8#	曝光室 2工件 进出门	600mm 混凝土	9.9×10^5	90	1.5	2.15E-07	4.73E-01	1/5	7.57E-02	公众照射
9#	曝光室 1屋顶	900mm 混凝土	1.41×10^6	100	4.3	1.00E-13	3.81E-08	/	/	公众照射
10#	曝光室 2屋顶	450mm 混凝土	9.9×10^5	90	4.3	2.15E-07	5.75E-02	/	/	公众照射

②迷道防护门辐射处辐射剂量

在X射线探伤机进行探伤作业时，迷道入口处的散射辐射剂量率可通过《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式进行计算：

$$\dot{H}_{\text{散}} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_4}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_o^2} \dots\dots\dots \text{（式11-5）}$$

$$B_4 = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots \text{（式11-6）}$$

式中：

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）表 B.1，本项目曝光室 1 保守按照管电压 400 kV，过滤片为 3mmCu 进

行考虑，即 X 射线输出量取 $23.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.41\times 10^6\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；本项目曝光室 2 保守按照管电压 250 kV，过滤片为 0.5mmCu 进行考虑，即 X 射线输出量取 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $9.9\times 10^5\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

R_s — 散射体至关注点的距离，曝光室 1 为 $OA+AB+BC=10.3\text{m}$ ，曝光室 2 为 $OA+AB+BC+CD=7.6\text{m}$ ；

R_0 — 靶点至探伤工件的距离，均取 0.6m；

I — 最大管电流，本项目最大管电流取 5mA；

F — R_0 处的辐射表面积，取 0.04m^2 ；

α — GBZ/T 250-2014 查表 B.3，取 1.9×10^{-3} ；

X — 屏蔽材质厚度，曝光室 1 和曝光室 2 迷道门厚度分别为 20mmPb 和 10mmPb。

TVL — 查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，曝光室 1 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的值为 250kV，依据附录 B 表 B.2，250kV 时铅的半值层厚度 TVL 为 2.9mm；曝光室 2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的值为 200kV，依据附录 B 表 B.2，200kV 时铅的半值层厚度 TVL 为 1.4mm；

经计算，曝光室 1 及曝光室 2 迷道入口防护门外的辐射剂量率分别为 $1.77\times 10^{-6}\mu\text{Gy/h}$ 、 $1.31\times 10^{-6}\mu\text{Gy/h}$ 。防护门门口除迷道散射辐射外，还受到墙体漏射剂量的叠加，根据表 11-3 得知，曝光室 1 迷道外墙漏射辐射剂量率为 $7.24\times 10^{-8}\mu\text{Gy/h}$ ，可忽略不计，曝光室 2 迷道外墙漏射辐射剂量率为 $0.117\mu\text{Gy/h}$ ，散射辐射可忽略不计。因此，X 射线探伤机探伤时，迷道散射引起曝光室 1 和曝光室 2 迷道入口处的年最大有效剂量分别为 $3.57\times 10^{-7}\text{mSv/a}$ 、 $2.34\times 10^{-2}\text{mSv/a}$ 。

2) γ 射线探伤机

① γ 射线探伤机未探伤时辐射环境影响

当 γ 射线探伤机存放在曝光室 1 贮源室内，未开展探伤作业时，放射源处于 γ 射线探伤机源容器内。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《 γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2008），本项目拟使用的 γ 射线探伤机属于便携式 γ 射线探伤机（P 类），容器外表面周围当量剂量率极限值 $K\leq 2\text{mSv/h}$ ，容器外表面 0.5m 处周围当量剂量率极限值 $K\leq 0.5\text{mSv/h}$ ，容器外表面 1m 处周围当量剂量率极限值 $K\leq 0.02\text{mSv/h}$ 。

a、无屏蔽防护时 γ 射线探伤机源容器外关注点处剂量率

根据而空气比释动能率与距离平方成反比的规律，可计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$\dot{K} = R_0^2 \cdot K / R_l^2 \dots\dots\dots (式11-7)$$

式中：

$\dot{K}$ —距探伤机表面 R_l m 处的空气比释动能率，mSv/h；

K —距离探伤机表面 1m 处的空气比释动能率，0.02mSv/h；

R_0 —源容器表面外 1m；

R_l —关注点与容器表面的距离，m。

表 11-5 距 γ 射线探伤机源容器表面不同距离处的辐射剂量率估算结果

关注点与容器表面的距离 (m)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
空气比释动能率 (mSv/h)	5.00E-01	1.25E-01	5.56E-02	3.13E-02	2.00E-02	8.89E-03	5.00E-03	2.22E-03	1.25E-03

通过上表计算数据可以看出， γ 射线探伤机未工作时，工作人员在曝光室内移动探伤机或进行其他活动的过程中将受到一定的外照射。因此，实际工作过程中，工作人员应注意控制与探伤机接触时间，在曝光室内进行工件调运、摆位、胶片张贴取等活动时，应注意与 γ 射线探伤机和贮源室保持一定的距离。

b、贮源室对周围保护目标的环境影响

本项目拟在曝光室内北侧设一个贮源室，净空尺寸为 1.7m（长）×2.0m（宽）×2.9m（高），拟设上下两格贮源格，用于存放 2 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机，在贮源室内放射源均处于 γ 射线探伤机源容器内。常见便携式 γ 射线探伤机尺寸一般为 600mm（长）×500mm（宽）×350mm（高），本项目贮源室足够存放 3 台探伤机。本项目贮源室东北侧墙体、西北侧为曝光室 1 共用屏蔽墙体，厚度均为 1300mm 厚混凝土，源容器表面的 γ 射线经过至少 10 个半值层厚度衰减后，贮源室内存放的 γ 射线探伤机对曝光室外公众的影响可忽略不计；根据设计文件，贮源室东南侧、西南侧墙体均为 400mm 钢筋砼，东南侧为 10mmPb 钢铅钢结构防盗门。因此，在 γ 射线探伤机位于贮源室内时，主要影响为曝光室内辅助操作的辐射工作人员。

γ 射线探伤机源容器外表面距离辅助操作的辐射工作人员最近距离约 4m，

最大辐射剂量率为 $1.25 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ ，在曝光室内辅助操作的工作人员收到的辐射剂量通过下式进行计算：

$$\dot{H}_{\text{补}} = H_3 \cdot 2^{-X/HVL} \dots\dots\dots \text{（式11-8）}$$

式中：

$\dot{H}_{\text{补}}$ ——源库外距关注点最近的空气比释动能率，uSv/h；

H_3 ——距离探伤机表面关注点处的空气比释动能率， $1.25 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ ；

X ——屏蔽材质的厚度，防护门10mm铅，墙体400mm混凝土；

HVL ——屏蔽材料的半值层厚度，mm。对 ^{192}Ir ，铅的 HVL 为 3mm，混凝土的 HVL 为 50mm；对 ^{60}Co ，铅的 HVL 为 13mm，混凝土的 HVL 为 70mm。

经计算得出，单台 ^{192}Ir 探伤机在贮源室内，对距离 4m 处的辅助操作的工作人员最大辐射剂量率为 $4.84 \times 10^{-4} \text{uSv/h}$ ；单台 ^{60}Co 探伤机在贮源室内，对距离 4m 处的辅助操作的工作人员最大辐射剂量率为 0.014uSv/h 。本项目在开展 X 射线探伤机室内探伤探伤时，最大可能受到贮源室内 3 台 γ 射线探伤机的影响，经过贮源室屏蔽、3 台探伤机影响叠加后，工作人员辅助操作处的最大辐射剂量率为 0.015uSv/h 。

根据众胜检测反馈，每天辅助工作约耗费约 2h，全年辅助操作最长时间约 500h，操作人员与 γ 射线探伤机的最近距离约 4m，则辅助操作的辐射工作人员年最大受照剂量为 7.5uSv 。

c、 γ 射线探伤机搬移过程对操作人员的影响

在使用 γ 射线探伤作业前，操作人员在放射源管理员处做好借出登记后，从贮源室将探伤机取出，等待放射源管理人员检查设备外观和剂量检测后，放置到小推车上，然后推送至探伤区域内。在探伤作业结束后，操作人员将载有 γ 射线探伤机的小车推到贮源室前，等待放射源管理人员检查设备外观和剂量检测后，存入对应的贮源格内。本项目贮源室与室内探伤区域的最远距离为9.5m。每天 γ 射线探伤机取出、存入最多共4次，每次最多2min，则每年 γ 射线探伤机搬移时间最多33.3h，操作人员与 γ 射线探伤机源容器最近距离约60cm，根据表11-10可知，距离源容器0.6m处辐射剂量率为 $5.56 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ ，则操作人员每年搬移 γ 射线探伤机受到最大辐射剂量为 1.85mSv/a 。

d、 γ 射线探伤机借出后辅助操作对操作人员的影响

在探伤作业前，操作人员还要进行输源管连接、附件安装、探伤工件摆位、胶片张贴、照射头固定；探伤作业后，取胶片、移动照射头、更换探伤工件、拆除输源管及附件等工作。根据众胜检测反馈，每天辅助工作约耗费 2h，全年最长辅助操作时间约 500h， γ 射线探伤占全年室内探伤的 2/3，操作人员与 γ 射线探伤机的最近距离约 3m，根据表 11-4 可知，距离源容器 3m 处辐射剂量率为 $2.22 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ ，则操作人员每年搬移 γ 射线探伤机受到最大辐射剂量为 0.74mSv/a。

② γ 射线探伤机探伤时辐射环境影响

根据《辐射防护导论》(方杰主编)，在 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、 ^{60}Co - γ 射线探伤机分别进行探伤作业时，对关注点处的辐射环境影响可以通过下式进行计算：

$$K_2 = \frac{A \cdot \Gamma_k \cdot B_5}{R^2} \dots\dots\dots(\text{式11-9})$$

$$B_5 = 2^{-X/HVL} \dots\dots\dots(\text{式11-10})$$

$$H = K_2 \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(\text{式 11-11})$$

式中：

- K_2 —关注点的空气比释动能率， $\mu\text{Sv/h}$ ；
- A —放射性活度，MBq；
- Γ_k —周围剂量当量率常数，单位为微希沃特平方米每兆贝可每小时 [$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$]，根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)“表 A.1”，对于 ^{192}Ir ， $\Gamma_k=0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；对于 ^{60}Co ， $\Gamma_k=0.35\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；
- R —关注点与放射源的距离，m。
- X —屏蔽体厚度，mm；
- HVL —屏蔽体的半值层厚度，对于 ^{192}Ir ，混凝土的 HVL 取值为50mm，经迷道散射后铅的 HVL 保守按照0.2MeV取值，1.505mm；对于 ^{60}Co ，混凝土的 HVL 取值为70mm，经迷道散射后铅的 HVL 保守按照0.2MeV取值，1.505mm；
- t —年最大出源拍片时间，对于 ^{192}Ir 探伤， t 为100h，对于 ^{60}Co 探伤， t 为200h。

表 11-6 ^{192}Ir 探伤机探伤作业时各关注点处辐射剂量预测结果

序号	关注点	屏蔽体 材质及 厚度	放射源 活度 (MBq)	空气比释动 能率常数 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$	放射源至 关注点的 距离 (m)	屏蔽透 射因子	预测点的空 气比释动能 率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	年最大有 效剂量 (mSv/a)
----	-----	------------------	--------------------	--	------------------------	------------	--	----------	------------------------

				(MBq·h)					
1#	东侧操作室	1300mm 混凝土	3.7×10^6	0.17	3.0	1.49E-08	1.04E-03	1	1.04E-04
2#	曝光室1 迷道外 过道	1300mm 混凝土	3.7×10^6	0.17	3.12	1.49E-08	9.63E-04	1/4	4.84E-05
		20mmPb 防护门	/	/	/	9.99E-05	9.72E-04		
3#	曝光室1 西南侧 墙体	1300mm 混凝土	3.7×10^6	0.17	2.9	1.49E-08	1.11E-03	1/5	2.22E-05
4#	曝光室1 工件进 出门	1300mm 混凝土	3.7×10^6	0.17	2.0	1.49E-08	2.34E-03	1/5	4.68E-05
5#	曝光室1 屋顶	900mm 混凝土	3.7×10^6	0.17	4.3	3.81E-06	1.30E-01	/	/

表 11-7 ^{60}Co 探伤机探伤作业时各关注点处辐射剂量预测结果

序号	关注点	屏蔽体材质及厚度	放射源活度 (MBq)	空气比释动能率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$)	放射源至关注点的距离 (m)	屏蔽透射因子	预测点的空气比释动能率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年最大有效剂量 (mSv/a)
1#	东侧操作室	1300mm 混凝土	3.7×10^6	0.35	3.0	2.57E-06	3.70E-01	1	7.4E-02
2#	曝光室1迷道外过道	1300mm 混凝土	3.7×10^6	0.35	3.12	2.57E-06	3.42E-01	1/4	1.72E-02
		20mmPb 防护门	/	/	/	9.99E-05	2.01E-03		
3#	曝光室1西南侧墙体	1300mm 混凝土	3.7×10^6	0.35	2.9	2.57E-06	3.96E-01	1/5	1.58E-02
4#	曝光室1工件进出门	1300mm 混凝土	3.7×10^6	0.35	2.0	2.57E-06	8.32E-01	1/5	3.33E-02
5#	曝光室1屋顶	900mm 混凝土	3.7×10^6	0.35	4.3	1.35E-04	9.46E+00	/	/

由上表可知，在 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、 ^{60}Co - γ 射线探伤机在曝光室内分别出源探伤拍片时，屏蔽体四周 30cm 处各关注点的辐射剂量率最大为 $0.832\mu\text{Sv/h}$ ，没有人员到达的屋顶辐射剂量率最大为 $9.46\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，没有人员到达的曝光室顶外 30cm 处参考控制水平 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的规定。

3、室内探伤对保护目标的综合分析

在众胜检测室内探伤期间，辐射工作人员和周围保护目标可能受到的辐射剂量见下表。

表11-8 室内探伤对各关注点的保护目标的辐射剂量预测结果

序号	保护目标	关注点位	探伤作业时 (mSv/a)			贮源室 贡献 (mSv/a)	探伤机 搬移 (mSv/a)	辅助 操作 (mSv/a)	年最大辐 射剂量 (mSv/a)
			¹⁹² Ir探伤 机	⁶⁰ Co探伤 机	X射线探 伤				
1#	操作人员	东侧操作室	1.04E-04	7.4E-02	6.26E-08	0.0075	1.85	0.74	2.70
2#	操作人员	曝光室1迷 道外过道	4.84E-05	1.72E-02	3.57E-07				
3#	公众	曝光室1西 南侧墙体	2.22E-05	1.58E-02	1.34E-08	/	/	/	1.60E-02
4#	公众	曝光室1工 件进出门	4.68E-05	3.33E-02	2.82E-08	/	/	/	3.33E-02
5#	操作人员	东北侧操作 室	/	/	9.44E-02	/	/	/	9.44E-02
6#	操作人员	曝光室2迷 道外过道	/	/	2.34E-02	/	/	/	2.34E-02
7#	公众	曝光室2西 北侧墙体	/	/	6.66E-02	/	/	/	6.66E-02
8#	公众	曝光室2工 件进出门	/	/	7.57E-02	/	/	/	7.57E-02

由上表分析可知，本项目建成投用后，室内探伤所致操作人员受年附加有效剂量最大为2.70mSv/a，所致公众年附加有效剂量最大为 7.57×10^{-2} mSv/a。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离曝光室最近关注点可以代表探伤室周围最大可能辐射有效剂量。在本项目投入运行后，X射线探伤机探伤实际管电压、管电流均低于预测工况， γ 射线探伤机中放射源随着时间的推移和衰变，探伤机产生的X、 γ 射线经曝光室墙体和防护门屏蔽、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，对曝光室周围公众影响更小。

（二）室外移动式探伤辐射环境影响分析

众胜检测拟在车间厂房曝光室外划定区域（30m（长）×12m（宽））内开展室外移动式探伤，探伤区域位置见附图。室外移动式探伤工作时间通常为晚上22：00~次日6：00。室外移动式探伤时，拟使用型号为XXG2505、XXH3005的X射线探伤机，最大电压为300kV，最大电流为5mA，设备年室外移动式探伤最大曝光时间为300h。

在开展室外移动式探伤前，先对探伤工作场所内及周围的无关人员进行疏散清场，确保无其他人员后，再开展室外移动式探伤作业。本项目 X 射线探伤机在探伤过程过程中，出束方向分为周向和定向。对环缝探伤根据工件的厚度，选用周向 X 射线探伤机时，一般采取容器内部向外部探伤，拟在主射束方向采用 2 块 $1.6\text{m} \times 1.5\text{m}$ 的方形 19mm 厚移动铅屏风进行屏蔽，下方采用 2 台液压机控制升降高度；非主射方向用限位螺栓在框架上固定 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 的 2 块 5mmPb 铅板进行防护，如下图所示。

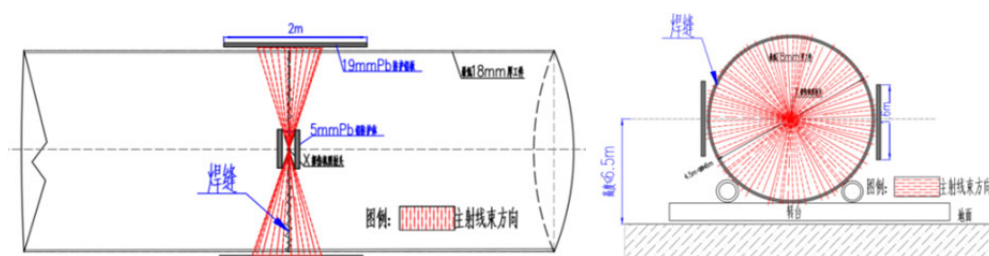


图 11-2 周向 X 射线探伤机移动式筒体环缝探伤场景示意图

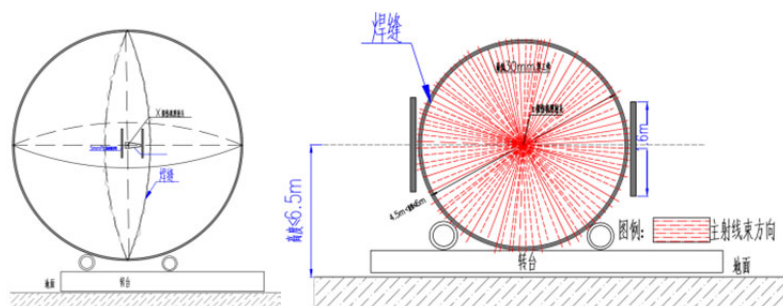


图 11-3 X 射线探伤机移动式球体环缝探伤场景示意图

在开展室外探伤过程中，对纵缝探伤均从压力容器内部向外部进行探伤，X 射线探伤机主射方向有用射线束方向均朝向地面。对纵缝探伤根据工件厚度选择定向 X 射线机时，拟在非主射方向上通过专用可移动框架用 5 块 5mmPb 铅板搭建封闭的屏蔽罩进行防护（框架尺寸为 $0.8\text{m} \times 0.4\text{m} \times 1.0\text{m}$ ），如下图所示。

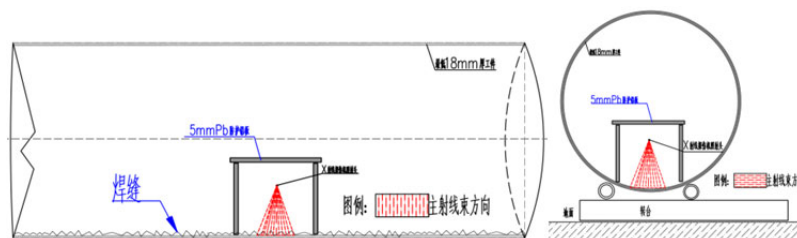


图 11-4 X 射线探伤机移动式纵缝探伤场景示意图

根据建设单位提供设计方案，众胜检测拟开展室外移动式探伤的压力容器或工件尺寸直径在 $2.0 \sim 9.0\text{m}$ 之间。在探伤过程中，X 射线出束口与被探伤焊缝最

远 0.8m，X 射线束最大夹角为 40°，需要铅屏风最小尺寸为 0.55m。因此，本项目拟配置的 1.5m（宽）×1.6m（高）的方形铅屏风完全能够屏蔽主射线束的影响。

1、室外 X 射线探伤两区划分

（1）周向 X 射线探伤机室外环缝探伤控制区和监督区的理论划分

本项目周向 X 射线探伤机射线能量和电流可根据被检工件的厚度进行调节，有用射束被工件所屏蔽，射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），利用辐射剂量率仪将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，严禁公众进入该区域。

根据众胜检测提供的资料，本项目周向 X 射线探伤机控制电缆长度约为 25m，具备延时功能。根据计算结果，本项目控制区范围最小为 7m，操作人员位于 X 射线探伤机非主射方向，电缆长度大于非主射方向控制区范围。因此，本项目电缆长度能够满足人员位于控制区边界外的要求。建设单位在探伤中可通过巡测调整控制区边界位置或者可配合本项目 X 射线探伤机延时出束功能。

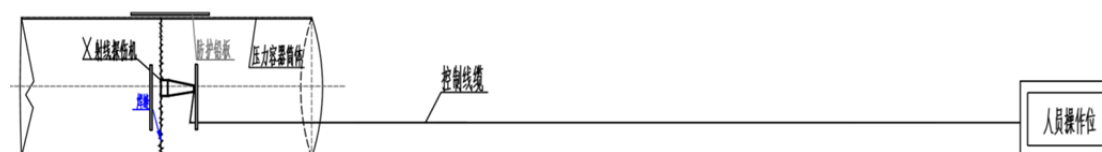


图 11-5 X 射线室外移动式探伤环缝典型现场布置示意图

本次预测按照被探工件最小厚度为 18mm 钢、最大管电压 300kV、管电流 5mA 的典型工况进行保守预测。

①主射线束（主射束方向）

根据《辐射防护导论》（方杰主编，P69，式 3.1），在距离靶 r （m）处由 X 射线探伤机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率计算公式如下：

$$D_1 = I \delta_X / r^2 \dots\dots\dots (\text{式 11-12})$$

$$D_2 = B \times D_1 \dots\dots\dots (\text{式 11-13})$$

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots (\text{式 11-14})$$

公式中：

D_1 —未经屏蔽前空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

D_2 —经屏蔽后空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

I —管电流，mA，本项目探伤机的管电流最大为 5mA；

δ_X —发射率常数， $\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，本项目探伤机过滤片材料为 3mmAl，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，表 B.1），管电压为 300kV 的探伤机 X 射线输出量取 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

r —参考点距 X 射线管焦斑的距离，m；

B —透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，图 B.1），取等效铅当量的对应值，探伤工件厚度在 18mm~30mm，根据《辐射防护手册》（第三分册）P63 页表 3.4，12mm 铁为 1mm 铅当量，20mm 厚铁为 2mm 铅当量，探伤工件保守按照 1.7mm 铅当量进行考虑。

X —屏蔽体厚度；

TVL—铅的什值层厚度，5.7mm。

根据上述，计算结果见下表：

表 11-9 不同距离主射方向空气吸收剂量计算表（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距射线靶的距离（m）	无铅屏风遮挡	有铅屏风遮挡（19mm）
4	197197.74	91.53
6	87643.44	40.68
8	49299.44	22.88
10	31551.64	14.64（控制区）
15	14022.95	6.51
20	7887.91	3.66
25	5048.26	2.34（监督区）
45	1558.11	0.72
90	389.53	0.18
120	219.11	0.10
150	140.23	6.51E-02
240	54.78	2.54E-02
350	25.76	1.20E-02
458	15.04（控制区）	6.98E-03
600	8.76	4.07E-03
650	7.47	3.47E-03
700	6.44	2.99E-03
750	5.61	2.60E-03
800	4.93	2.29E-03
850	4.37	2.03E-03
900	3.90	1.81E-03
1000	3.16	1.46E-03

1125	2.49（监督区）	1.16E-03
------	-----------	----------

②漏射线（非主射方向）

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准中规定：当 X 射线探伤机的管电压大于 200kV 时，要求漏射线 1m 处的比释动能率小于 5mGy/h，根据：

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-15）}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

$\dot{H}$ —预测点剂量率，μSv/h；

R₀ —靶点至关注点的距离，m；

H_L —距靶点1m处泄露辐射剂量率，μSv/h；

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，对应的 X 射线能量见表 11-10。

表 11-10 X 射线探伤机的泄露辐射剂量率

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

③散射线（非主射方向外）

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），非主射方向上的散射辐射剂量率可根据式下式计算。

$$\dot{H}_{散} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-16）}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

$\dot{H}_{散}$ —预测点剂量率（μSv/h）；

R_s —散射体至关注点的距离，m；

R₀ —靶点至探伤工件的距离，均取0.8m；

I—额定管电流，本项目 X 射线探伤机的管电流最大均为 5mA；

H_0 —距辐射源点(靶点)1m处输出量,本项目探伤机过滤片材料为3mmAl,参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014,表B.1),管电压为300kV的探伤机X射线输出量取 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$,即 $1.254\times 10^6\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

F— R_0 处的辐射野面积;

α —散射因子,根据GBZ/T250-2014附录B中表B.3, α_w 保守取 1.9×10^{-3} ,根据B.4.2当X射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时, $R_0^2/(F\cdot\alpha)$ 因子的值为50(200kV~400kV);

经过工件一次散射后,根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表2,对应的X射线能量见表11-11。

表11-11 X射线90°散射辐射最高能量相应的kV值

原始X射线(kV)	散射辐射(kV)
$200 < \text{kV} \leq 300$	200

根据式(11-15)、(11-16)所述,计算结果见下表:

表11-12 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表(无铅屏风)($\mu\text{Sv/h}$)

距射线靶的距离(m)	漏射	散射	合计
5	200	5016	5216
10	50	1254	1304
20	12.50	313.5	326
30	5.56	139.33	144.89
40	3.13	78.38	81.50
50	2.00	50.16	52.16
60	1.26	34.83	36.22
70	1.02	25.59	26.61
80	0.78	19.59	20.38
84	0.71	17.77	18.48
90	0.62	15.48	16.10
94	0.57	14.19	14.76(控制区)
100	0.50	12.54	13.04
150	0.21	5.57	5.80
200	0.13	3.14	3.26
204	0.12	3.01	3.13
229	0.10	2.39	2.49(监督区)
250	0.08	2.01	2.09
300	0.06	1.39	1.45

表11-13 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表(有5mm铅屏风)($\mu\text{Sv/h}$)

距射线靶的距离(m)	漏射	散射	合计
------------	----	----	----

3	73.71	3.74	77.45
5	26.54	1.35	27.88
7	13.54	0.69	14.23（控制区）
10	6.63	0.34	6.97
12	4.61	0.23	4.84
15	2.95	0.15	3.10
17	2.30	0.12	2.41（监督区）
22	1.37	0.07	1.44
28	0.85	0.04	0.89
36	0.51	0.03	0.54
45	0.33	0.02	0.34
50	0.27	0.01	0.28
55	0.22	0.01	0.23
60	0.18	0.01	0.19
65	0.16	0.01	0.16
70	0.14	0.01	0.14

2) 理论计算结果

公司室外移动式探伤每次探伤作业仅限单台 X 射线探伤机开机操作，根据前表，可得出本项目 X 射线探伤机探伤时，控制区和监督区的边界范围，具体见表 11-14。

表 11-14 本项目 X 射线室外对环缝探伤控制区与监督区边界表

主射方向（19mmPb 铅板遮挡）		非主射方向（有 5mmPb 铅板遮挡）	
控制区范围（m）	监督区范围（m）	控制区范围（m）	监督区范围（m）
≤10	≤25	≤7	≤17

为方便管理，控制区、监督区采用矩形划定。

本项目使用的探伤机在探伤作业实施时，其实际使用时最大管电压低于设备设计参数，因此，本项目理论计算结果划定的控制区、监督区相对保守，实际作业时，可根据现场实际情况结合边界巡测结果进行控制区及监督区的划定。

（2）定向 X 射线探伤机室外纵缝移动式探伤控制区和监督区的理论划分

本项目定向 X 射线探伤机对纵缝探伤操作时，操作人员利用延时曝光功能进行曝光拍片操作，有用射束朝向地面，主要考虑非主射方向。在此基础上，建设单位须严格《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），利用辐射剂量率仪将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为

监督区，严禁公众进入该区域。

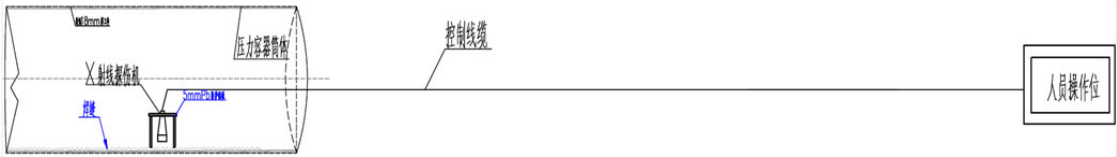


图 11-6 X 射线室外移动式探伤对纵缝典型地面现场布置示意图

本次预测按照最大管电压 250kV、管电流 5mA 的典型工况进行保守预测，探伤工件依旧保守按照 1.7mm 铅当量进行考虑，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，表 B.1），管电压为 250kV 的探伤机 X 射线输出量保守取 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $9.9\times 10^5\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，则根据式 11-12~11-16，预测结果见下表：

表 11-15 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（无铅屏风）（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距射线靶的距离 (m)	漏射	散射	合计
5	200	3960	4160
10	50	990	1040
20	12.50	247.5	260
30	5.56	110	115.56
40	3.13	61.87	65
50	2.00	39.6	41.6
60	1.26	27.5	28.76
70	1.02	20.2	21.22
80	0.78	15.47	16.25
84	0.71	14.0	14.71（控制区）
90	0.62	12.22	12.84
100	0.50	9.9	10.4
150	0.21	4.4	4.61
200	0.13	2.47	2.6
205	0.12	2.36	2.48（监督区）
220	0.10	2.05	2.15
250	0.08	1.58	1.66
300	0.06	1.1	1.16

表 11-16 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（有 5mmPb 铅屏风）（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距射线靶的距离 (m)	漏射	散射	合计
2	165.85	6.68	172.53
4	41.46	1.67	43.13
7	13.54	0.55	14.09（控制区）
10	6.63	0.27	6.9
13	3.93	0.16	4.09
17	2.30	0.09	2.39（监督区）

26	0.98	0.04	1.02
31	0.69	0.03	0.72
35	0.54	0.02	0.56
40	0.41	0.02	0.43
45	0.33	0.01	0.34
50	0.27	0.01	0.28
55	0.22	0.01	0.23
60	0.18	0.01	0.19
65	0.16	0.01	0.17
70	0.14	0.01	0.15

根据上表计算可知，在 X 射线探伤机室外对纵缝移动式探伤时，控制区边界半径为 7m，监督区边界半径为 17m。为方便管理，控制区、监督区采用矩形划定。

本项目使用的 X 射线探伤机在探伤作业实施时，其实际使用时最大管电压低于设备设计参数，因此，本项目理论计算结果划定的控制区、监督区相对保守，实际作业时，可根据现场实际情况结合边界巡测结果对控制区及监督区的划定。

2、室外移动式探伤对保护目标的影响分析

（1）X 射线探伤机室外移动式探伤保护目标受照射剂量影响分析

1) 职业人员

众胜检测室外移动式探伤作业时，操作人员（职业人员）位于探伤机侧面，处于非主射方向，位于控制区边界线，控制区警戒线处有效剂量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ 求。本次预测职业人员的影响保守按照 $15\mu\text{Sv/h}$ 进行考虑，室外移动式探伤按同一组工作人员每年探伤工作时间 300h，居留因子取 1 计算，得出控制区边界警戒人员受照射的年附加有效剂量为 4.5mSv/a 。

2) 公众

众胜检测在租赁厂房划定区域内开展 X 射线室外移动式探伤时，公众位于监督区警戒线外，警戒线处剂量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，按照 X 射线探伤机每年出束曝光 300h 计算，公众居留因子取 1/8，得出监督区边界公众受照射的年附加有效剂量为 $9.37 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ 。

（2）室外移动式探伤对保护目标的综合分析

由以上分析可知，众胜检测室外移动式探伤作业致操作人员年附加有效剂量最大为 4.5mSv/a ，所致公众年附加有效剂量最大为 $9.37 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ 。

3、放射源管理人员的辐射影响分析

众胜检测拟在曝光室 1 贮源室内保存 2 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机，放射源管理人员每次负责对 γ 射线探伤机的借出前外观检查、归还 γ 射线探伤机前屏蔽体外辐射剂量率检测，每天借出和归还总共最多 6 次，每次距离探伤机源容器最近距离为 1m，检查和检测时间每次最多 1min。则放射源管理人员年最长近距离接近 γ 射线探伤机约 25h，根据表 11-5 可知，距离源容器 1m 处辐射剂量率为 $2.00 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ ，则放射源管理人员每年受到最大辐射剂量为 0.50mSv/a。

（三）本项目保护目标辐射影响综合分析

综上预测结果，众胜检测拟开展室内探伤和室外移动式探伤活动，本项目涉及的保护目标年最大有效剂量见下表。

表 11-17 本项目所致各保护目标年最大有效剂量一览表

项目名称	人员类型	探伤作业 (mSv/a)	贮源室的 贡献 (mSv/a)	γ 射线探 伤机押运 (mSv/a)	γ 射线探伤 机搬移 (mSv/a)	辅助操作 (mSv/a)	年最大剂 量 (mSv/a)	备注
室内探伤	操作人员	9.13E-02	0.0075	/	1.85	0.74	2.70	职业
	公众	7.57E-02	/	/	/	/	7.57E-02	公众
室外探伤	操作人员	4.5	/	/	/	/	4.5	职业
	公众	9.37E-02	/	/	/	/	9.37E-02	公众
放射源管理	管理人员	/	/		/	/	0.50	职业

由上表可知，本项目职业人员年最大附加有效剂量为 4.5mSv/a，低于本次评价确定的剂量约束值 5mSv/a 的要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 的要求；本项目周围公众年最大有效剂量为 $9.37 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价确定的剂量约束值 0.1mSv/a 的要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的公众 1mSv/a 的剂量限值的规定。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离曝光室最近关注点可以代表曝光室周围最大可能辐射有效剂量，本项目室内探伤、室外移动式探伤各配置了3名辐射工作人员，在设备摆位、探伤机押运、借还等辅助工作中可进行剂量分摊。此外，X射线探伤机探伤实际管电压、管电流均低于预测工况， γ 射线探伤机中放射源随着时间的推移和衰变，探伤机产生的X、 γ 射线经曝光室墙

体和防护门屏蔽、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，对项目周围公众影响更小。

二、臭氧的环境影响分析

本项目涉及 X 射线探伤机、 γ 射线探伤机开展室内、室外移动式探伤作业，其中室外移动式探伤场所相对为开放的场所，大气扩散条件良好，产生的 O_3 气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。而曝光室较为封闭，空气流通性较差。因此，主要对环境影响较大的为室内探伤。本项目曝光室拟设轴流风机排风，顶部设置进风口，进风通道均采用“L 形”穿墙，排风洞口分别位于曝光室 1 南侧墙体底部与曝光室 2 西侧墙体底部，经排风管道穿墙后引至屋顶排放；风机每小时换气次数为 3 次，换气量为 $3600m^3/h$ 。

X、 γ 射线与空气中的氧气作用会产生臭氧和少量氮氧化物，其中氮氧化物的产额大约是臭氧的 1/3，以臭氧的毒性最高，且臭氧是强氧化物，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，标准中对大气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。因此本报告表主要对 X、 γ 射线电离空气产生的臭氧进行分析。

①X 射线探伤机臭氧产额计算

因 X 探伤机产生的 X 射线能量、辐射剂量率越大，产生的臭氧越多，所以为方便计算保守考虑本次均选用额定管电流和管电压最大的 XXG3505 型 X 射线探伤机进行考虑。根据《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进、姜云，中华放射医学防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期,P101），假设在辐照期间臭氧无分解，臭氧在辐照室内均匀分布，则臭氧的浓度由下式进行计算：

$$P_0 = 2.43 \cdot D_0(1 - \cos\theta) \cdot R \cdot G \dots\dots\dots \text{（式 11-17）}$$

式中：

P_0 —臭氧的产额，mg/h；

D_0 —离辐射源1m处的辐射剂量率， $7.05Gy \cdot m^2/min$ ；

R —射线束中心轴上源点至辐照室内壁的最远距离，本项目取 10m；

G —空气每吸收100eV辐射能量产生的 O_3 的分子数，本项目中取值为10。

θ —射线束的半张角，本项目取值 20° 。

如果照射时间足够长，浓度均匀，则可根据以下公式计算曝光室内臭氧的浓

度:

$$C = \frac{P_0 \cdot T}{V} \dots\dots\dots (11-18)$$

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \dots\dots\dots (11-19)$$

式中:

C —室内臭氧平衡浓度, mg/m^3 ;

P_0 —臭氧产额, mg/h ;

T —臭氧有效清除时间, h ;

V —曝光室室内体积, 曝光室 1 和 2 分别约为 251m^3 、 165m^3 ;

t_v —平均每次换气时间, 0.333h ;

t_d —臭氧分解时间, 0.83h 。

经计算, 使用 X 射线探伤机在本项目曝光室内开展探伤作业时, 曝光室 1 内 O_3 的平衡浓度为 $9.70 \times 10^{-2} \text{mg}/\text{m}^3$, 曝光室 2 内 O_3 的平衡浓度为 $0.147 \text{mg}/\text{m}^3$, 均低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 中规定的臭氧最高允许浓度 $0.30 \text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。而在实际探伤工作中, 曝光室 2 实际使用的额定管电流和管电压最大的探伤机仅为 XXG2505, X 射线能量及辐射剂量率相比更小, 故实际所产生的臭氧更少。

② γ 射线探伤机臭氧产额计算

根据《辐射所致臭氧的估算与分析》(王时进、娄云, 中华放射医学与防护杂志, 1994 年 4 月第 14 卷第 2 期, P101) 中给出的公式, 估算辐射所致臭氧的产额和浓度。

$$P_2 = 3.02 \cdot A \cdot K_r \cdot G \cdot V^{1/3} \dots\dots\dots (11-20)$$

式中:

P_2 —臭氧的产额, mg/h ;

A —放射源的活度, 3.7TBq ;

K_r —放射源的空气比释动能率常数, 本项目曝光室内按照 ^{60}Co 进行取值, 根据《辐射防护导论》(方杰主编) P75 表 3.2 换算后, $K_r = 5.20 \times 10^{-3} \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{TBq}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$;

G —空气每吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 的分子数, 本项目中取值为 10。

V —曝光室 1 室内体积， 251m^3 。

经计算可得，在曝光室 1 内开展 γ 射线探伤时，臭氧的产额为 3.67mg/h ，将参数带入公式 11-18、11-19 可得，曝光室内 O_3 的平衡浓度为 $3.44 \times 10^{-3}\text{mg/m}^3$ ，能够满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的臭氧最高允许浓度 0.30mg/m^3 的要求。

③小结

综上所述，众胜检测在本项目曝光室内开展 X、 γ 射线探伤作业，在探伤过程中曝光室内臭氧平衡浓度能够同时满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的臭氧最高允许浓度 0.30mg/m^3 相关要求以及《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中规定的 O_3 的最高允许浓度 0.16mg/m^3 的限值要求，项目产生的臭氧经排风管道引出曝光室后高于屋顶排放，经大气的稀释和扩散作用后，其浓度进一步的降低，远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中 O_3 的 1 小时平均浓度限值 0.2mg/m^3 的要求，对周围环境的影响较小。

三、危险废物环境影响分析

公司每年探伤作业预计产生废显影液、定影液共 300kg/a 、废胶片 1700张/a 。根据生态环境部和国家发展改革委联合发布《国家危险废物名录（2021 年本）》（生态环境部令 第 39 号，2021 年 1 月 1 日起实施）中的危险废物划分类别，废显影液、定影液及胶片属于编号为 HW16 的危险废物。其显影废液主要成分为无水亚硫酸钠、碳酸钠（ Na_2CO_3 ），定影废液主要成分为溴化钾、无水亚硫酸钠；废胶片主要成分为卤化银。产生的废显影液、定影液及废胶片需用专用的、设置了危险识别标志的容器进行收集贮存，众胜检测应与有处理资质的单位签订回收处理协议，并严格按照要求实施。

废显影液、定影液不得外排，废胶片不得作为一般固体废物处理。产生的废显影液、定影液采用未破损的密封桶包装，包装桶的材质为能够完全防渗漏的钢、铁和高密度塑料，选用的包装容器不能与所装的废显、定影液发生化学反应，所装废显、定影液的液面须距桶盖 10cm ，桶重量不能超过 50kg 。废胶片可用中度强度以上的不破损的塑料编制袋进行包装，装袋完毕，封口严实，每袋重量不超过 50kg 。应在废显、定影液和废胶片的包装物上粘贴包括“危废标识和危废类别、

存放时间、责任人及处置单位”等相关信息标签，并醒目显示收集废液的名称。废液收集桶及废胶片暂存柜放置地点应做好防渗、防水、防倾倒、防腐等工作，防止泄漏后造成二次污染，严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中要求：①产生的废显影液、定影液及废胶片需用专用的容器进行收集贮存，存放容器及暂存间应当设置危险识别标志；②禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装，不相容的危险废物必须分开存放，并设有隔离间隔断；③危险废物贮存容器：应当使用符合标准的容器盛装，容器及材质要满足相应的强度要求，容器必须完好无损，盛装容器的材质和衬里要与危险废物相容（不相互反应）；④危险废物暂存间地面与裙脚要用坚固、防渗的材料建造（建筑材料必须与危险废物相容），必须有耐腐蚀的硬化地面，且表面无裂隙，暂存间要有安全照明设施和观察窗口；⑤应设计堵截泄漏的裙脚，地面与裙脚所围建的容积不低于堵截最大容器的最大储量。

公司需加强废显定影液、废胶片的产生、贮存、转运、处置等环节的管理，由专人负责管理，建立完整的台帐，对产生的数量和去向进行严格登记，填报危废转移联单。

四、噪声环境影响分析

本项目使用轴流式排风机功率较大，且为连续排风。轴流式排风机位于曝光室内，并采取隔声、减振等降噪措施，采取措施后噪声值为 65dB(A)（声功率级）。由于该噪声源为点声源，且处于半自由空间，按照“导则”中的推荐预测模式进行预测计算：

$$L_{A(r)}=L_{WA}-20\lg r-8$$
（式 11-21）

式中：

$L_{A(r)}$ —距噪声源不同距离处的声级值，dB（A）；

L_{WA} —噪声源的声功率级 dB（A），65dB（A）。

表 11-18 噪声源衰减预测结果情况表

距离r（m）	1	2	3	4	5	6	7
$L_{A(r)}$ （dB（A））	57	51	47	45	43	41	40

本项目噪声源距离公司厂界最近约 30m，因此厂界昼间和夜间噪声可以达到

《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348—2008)3类区标准限值的要求,对厂界噪声贡献值很小,不会对周围声环境产生明显影响。

五、废水影响分析

清洗胶片时产生洗片废水约 $10\text{m}^3/\text{a}$, 工作人员生活污水产生量为 $6\text{m}^3/\text{a}$ 。本项目产生的废水经污水预处理设施处理后排入市政污水管网, 通过市政污水管网进入自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂处理达标后, 排入釜溪河。自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂服务对象包含生活污水和工业废水, 采用“预处理+生物池(A^2O)+高效沉淀池+反硝化深床滤池+接触消毒”处理工艺处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB51/2311-2016)限值要求后排入釜溪河, 对周围环境产生的影响小。

六、固体废物影响分析

本项目产生的固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾, 约 $3.5\text{kg}/\text{d}$, 依托厂区现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运, 对周围环境的影响较小。

废放射源: 本项目使用的 γ 射线探伤机放射源由设备厂家更换, 每次更换后放射源由设备厂家回收处置, 公司不擅自更换和处置。

七、射线装置报废处理

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“报废的射线装置应去功能化处理”和《四川省辐射污染防治条例》要求“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 射线探伤机涉及报废时, 必须进行去功能化(如将探伤机高压射线管进行拆卸并破碎处理, 同时将探伤机主机的电源线绞断), 使探伤机不能正常通电, 防止二次通电使用, 造成误照射。

八、放射源报废处理

γ 射线探伤机使用的放射源到一定时间后, 因衰变不能满足无损检测要求, 将退役成为废放射源, 公司应按照国家放射源购买、运输、退役的相关要求, 到省级生态环境主管部门办理相关手续。公司应严格按照国家有关放射源更换和处置的相关规定要求, 与设备厂家签订废放射源回收协议, 由放射源生产厂家或者设备厂家派专业技术人员到公司回收和更换 γ 射线探伤机内的放射源, 完成放射源更

换或者回收后，公司不得擅自处理放射源和更换放射源，每次更换后放射源由设备厂家回收处置。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用 X 射线探伤机属Ⅱ类射线装置， γ 射线探伤机使用的 ^{60}Co 、 ^{192}Ir 放射源属于Ⅱ类放射源，其风险因子为 X 射线、 γ 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 11-19 中。

表11-19 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射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。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表11-20）：

表11-20 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

二、源项分析及最大可能性事故分析

1、X 射线探伤机探伤可能发生的辐射事故

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）安全联锁装置发生故障，防护门未关闭，X射线探伤机工作时无关人员误入，造成人员被误照射；

（2）在探伤检测时门机联锁失灵，人员在检测装置工作时在设备门打开情况下逗留在装置附近，造成有关人员被误照射；

（3）射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关

人员误照射。

2、 γ 射线探伤机可能发生的辐射事故

(1) γ 射线探伤机在对工件进行照射的工况下，曝光室门机联锁失效，工作人员误入曝光室，或铅防护门未完全关闭，至使射线泄漏到曝光室外面，给工作人员及周围活动的人员造成不必要的照射；

(2) 人员滞留曝光室内尚未完全撤出， γ 射线探伤机即对工件进行探伤，造成工作人员受到额外的照射；

(3) 放射源源闸开关出现故障未能及时收回，工作人员在不知情的情况下误入曝光室，将受到较大额外辐射照射，造成严重的安全隐患；

(4) 检修机器时 γ 射线探伤机中的放射源从容器中掉出来，会对操作工人及可能到达的公众产生很强的辐射照射；

(5) 放射源丢失或偷盗事件，将造成严重的安全隐患，可能导致产生重大辐射事故。

3、室外移动式探伤其他可能发生的辐射事故

(1) 在进行现场清场工作时，未清场干净，造成公众滞留在室外移动式探伤现场，进行开机作业时，造成公众被误照射；

(2) 在现场探伤作业时，铅屏风未架设稳定而滑落或者出现偏移，辐射工作人员误入或滞留于主射方向的控制区内，周围公众意外进入主射方向的监督区内；

(3) 在现场探伤作业时，辐射工作人员在有铅屏蔽的情况下，辐射工作人员误入或滞留于主射方向的控制区内，周围公众意外进入主射方向的监督区内（有铅屏风）。

根据上述事故情况分析，本次评价事故分析考虑最大可信事故。即 X 射线探伤机以最大工况运行时，无屏蔽防护遮挡且无防护，主射方向上造成职业人员及公众被误照射； γ 射线探伤机出源拍片时，无屏蔽防护遮挡且无防护，有用射线束方向上造成职业人员及公众被误照射。

三、辐射事故影响分析

1、X 射线探伤机可能发生的事故

本次预测选用额定管电压和额定管电流最大的 X 射线探伤机在假定在事故情况下，人员误入曝光室、误操作、未关闭防护门、铅板偏移、闯入监督区/控制区滞留的等情况下，X 射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与 X 射线探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用式 11-22 计算：

$$D = I\delta_x / r^2 \quad \dots\dots\dots \text{（式 11-22）}$$

式中：

D —空气吸收剂量率， $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

I —管电流， mA ；本项目取 5mA ；

δ_x —距辐射源点（靶点） 1m 处输出量，本项目探伤机过滤片材料为 3mmCu ，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，表 B.1），管电压为 350kV 的探伤机 X 射线输出量取 $23.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.41\times 10^6\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

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下式计算：

$$E = D \bullet t \bullet W_T \bullet W_R \quad \dots\dots\dots \text{（式 11-23）}$$

式中：

E —人员受到的有效剂量率， mSv ；

t —人员受照射时间；

W_T —组织权重因数，全身为 1；

W_R —辐射权重因数，1。

在探伤过程中，发生辐射事故时，相关人员可以立即通过切断探伤机电源结束探伤机出束。本次评价按最不利情况曝光 5min 来计算，辐射事故受照射剂量计算结果见表 11-21。

表11-21 事故情况下受到的剂量估算结果（无防护）

与 X 射线探伤机的距离（m）	受照剂量（mSv）				
	0.5min	1min	2min	3min	5min
1	5.88E+01	1.18E+02	2.35E+02	3.53E+02	5.88E+02
10	5.88E-01	1.18E+00	2.35E+00	3.53E+00	5.88E+00

20	1.47E-01	2.94E-01	5.88E-01	8.81E-01	1.47E+00
30	6.53E-02	1.31E-01	2.61E-01	3.92E-01	6.53E-01
50	2.35E-02	4.70E-02	9.40E-02	1.41E-01	2.35E-01
80	9.18E-03	1.84E-02	3.67E-02	5.51E-02	9.18E-02
120	4.08E-03	8.16E-03	1.63E-02	2.45E-02	4.08E-02
170	4.08E-03	8.16E-03	1.63E-02	2.45E-02	4.08E-02
200	2.03E-03	4.07E-03	8.13E-03	1.22E-02	2.03E-02
240	1.02E-03	2.04E-03	4.08E-03	6.12E-03	1.02E-02

根据上表，本项目探伤作业时在主射方向上最大可能受照剂量为 58.8mSv/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，公众 1mSv/a 的剂量限值，结合表 11-19、11-20 可知，会构成一般辐射事故。

根据上述情况及其危害结果，根据分析，若本项目发生辐射事故，最大可能为一般辐射事故。随着照射时间的增加，可造成事故等级升级。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。

2、γ 射线探伤机可能发生的事故

（1）放射源丢失、被盗、失控受照剂量

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号），II类放射源丢失、被盗、失控，属于重大辐射事故。

本项目涉及的放射源在γ射线探伤机内，在日常工作中，公司拟配专人负责设备管理，定期。并做好设备的日常检查，拟在贮源室门口设置远程监控探头和报警装置，确保放射源安全。因此，本项目放射源被盗或丢失事件发生的概率相对很小，而一旦发生，应立即启动事故应急预案。

假设本项目 1 枚钴-60 放射源丢失，假如在放射源丢失、被盗失控时，可根据下式计算，随着时间的推移人员与放射源不同距离下，最大可能受到的剂量。

$$K_0 = \frac{A \cdot \Gamma_k}{R^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-24）}$$

$$E = K_0 \cdot t \cdot W_T \cdot W_R \dots\dots\dots \text{（式 11-25）}$$

式中：

K_0 —无屏蔽防护时，在距离放射源 R（m）处的空气比释动能率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A —放射源的活度， $3.7 \times 10^6 \text{MBq}$ ；

Γ_k —周围剂量当量率常数， $\Gamma_k=0.35 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ，取自表 A.1。

其余同上。

表 11-22 人员随放射源不同时间、距离处有效剂量估算表（mSv）

距离（m） 时间（min）	0.5	1	2	5	10	15	30	720 (12h)
0.5	4.32E+01	8.63E+01	1.73E+02	4.32E+02	8.63E+02	1.30E+03	2.59E+03	6.22E+04
6	3.00E-01	6.00E-01	1.20E+00	3.00E+00	6.00E+00	8.99E+00	1.80E+01	4.32E+02
14	5.51E-02	1.10E-01	2.20E-01	5.51E-01	1.10E+00	1.65E+00	3.30E+00	7.93E+01
26	1.60E-02	3.19E-02	6.39E-02	1.60E-01	3.19E-01	4.79E-01	9.58E-01	2.30E+01
35	8.81E-03	1.76E-02	3.52E-02	8.81E-02	1.76E-01	2.64E-01	5.29E-01	1.27E+01
50	4.32E-03	8.63E-03	1.73E-02	4.32E-02	8.63E-02	1.30E-01	2.59E-01	6.22E+00
64	2.63E-03	5.27E-03	1.05E-02	2.63E-02	5.27E-02	7.90E-02	1.58E-01	3.79E+00
120	7.49E-04	1.50E-03	3.00E-03	7.49E-03	1.50E-02	2.25E-02	4.50E-02	1.08E+00
180	3.33E-04	6.66E-04	1.33E-03	3.33E-03	6.66E-03	9.99E-03	2.00E-02	4.80E-01
200	2.70E-04	5.40E-04	1.08E-03	2.70E-03	5.40E-03	8.09E-03	1.62E-02	3.89E-01

根据分析，本项目 1 枚钴-60 放射源在丢失后 12 小时内寻回，最大受照剂量为 62.2Sv，根据表 11-20 可知，死亡率超过 99%，则可能发生的故事为重大辐射事故。

（2）人员误入、滞留探伤场所辐射事故影响分析

假设考虑 γ 探伤机出源拍片时，人员误入探伤工作场所，在无其他屏蔽的情况下，位于有用射线束方向，距辐射源 5m 的位置，则事故情况下误入人员随着时间推移受到的辐射剂量见表 11-23。

表 11-23 γ 射线探伤事故状态下随时间推移人员受照射剂量

时间	γ 射线探伤对人员受照射剂量（mSv）
10s	1.44E-01
20s	2.88E-01
50s	7.19E-01
90s	1.30E+00
120s	1.73E+00
180s	2.59E+00
300s	4.32E+00

根据上表可知， γ 射线探伤机在事故状态下可导致误入人员受照射剂量最大为 4.32mSv/次，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

中职业人员 20mSv/a 的剂量限值，超过公众 1mSv/a 的剂量限值。根据表 11-19 可知，导致受照人员急性放射疾病、残疾的概率低于 1%。因此，本项目无关人员误入探伤区域构成一般辐射事故。

(3) 小结

综上所述，本项目使用 X 射线探伤机可能发生的事故为一般辐射事故；使用 γ 射线探伤机最大可能发生的事故为重大辐射事故。

四、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

①定期检查曝光室内的监控系统、联锁系统、门机联锁装置、门灯联锁装置、声光报警装置、通排风系统和固定式辐射剂量监测仪，确保工作场所辐射安全设备设施实时有效。

②每次开机前必须检查曝光室内和探伤工作控制区和监督区内无人员逗留，并派专人巡逻，如有发现，操作人员应立即停机或回源。必须制定探伤机操作安全防护措施，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射。

③定期对本单位放射源的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

④公司将委托有放射性物品道路运输经营资质的单位承担含源探伤机的运输工作。探伤装置运输至探伤现场以及返回公司贮源室过程中，公司和受委托单位对含源探伤机的运输进行在线监控。探伤机必须专车运输，专人押运，押运人员须全程监护探伤装置。

④凡涉及对 γ 射线探伤机进行操作，必须严格按照操作规程执行。探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，并配备现场安全员（可以为现场的两名操作人员之一）。操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

⑤每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

⑥根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号），本项目辐射工作人员须在生态环境部“核技

术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加中级或高级辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。考核成绩合格单到期前应再次通过考核。

⑦在每一次照射前，操作人员都应该确认曝光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。

⑧ γ 射线探伤结束后，应进行辐射水平测量，确认放射源已经回到探伤机的源容器内。

⑨公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作由放射源生产厂家负责，其中倒源的安全责任由放射源生产厂家负责。

⑩探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应关闭探伤室防护门，立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入探伤室。同时，现场的工作人员第一时间联系放射源生产厂家，在专业人员的指导下严格按照生产厂家提供的操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等），佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。如公司不具备能力处理卡源故障，应在放射源生产厂家工作人员到场前务必封锁并保护现场，严禁无关人员靠近，待处理完卡源故障后，尽快对处理卡源故障的工作人员个人剂量计进行监测，一旦发现个人剂量超标显像，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类事故发生。

五、事故应急措施

假若本项目发生了辐射事故，公司应迅速、有效的采取以下应急措施：

①当 γ 射线探伤机探伤过程中事故发生时，设备操作人员应立即回收放射源，若放射源通过回收失败，则在监督区外设置专人看守，疏散人员，立即通知厂家协助回收，并启动事故应急响应程序；当X射线探伤机发生意外事故时，应立即关机断电。并对相关受照人员送至专业医院进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应救护措施，再对仪器设备、设施进行性能检测，确定其状态。

②一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案并采取必要的防范措施。发生辐射事故时，应立即向公司领导及生态环境、公安和卫生部门报告，并在2小时内

填写《辐射事故初始报告表》。由辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

③事故发生后，应立即安排受辐照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员报告情况，以利于估算受照剂量，判定事故等级，提出控制措施，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

④迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

⑤事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

⑥当发生放射源丢失、被盗、失控事件，应立即报告公安部门、生态环境主管部门和卫生行政主管部门。

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

为了贯彻执行国家放射性污染防治的法律法规，落实国家生态环境部颁布的有关辐射安全管理文件精神，加强公司辐射安全管理工作，强化责任意识、安全意识，建设单位特于 2024 年 12 月 17 日成立了辐射安全与防护领导小组（见附件 6），其主要职责是严格执行公司辐射防护管理制度，督促检查各环节辐射防护工作开展情况，及时整改违规行为，机构设置如下：

组长：殷建

副组长：胡元亮

成员：谢建、罗俊涛、谢波、肖期福、冯伟、曾伟超、陈杰夫

1、根据组织机构领导机构文件，已包含以下内容：

- ①日常管理由探伤组组长负责；
- ②辐射安全与防护领导小组组长、副组长及各成员职责。

2、根据文件内容，建设单位应从以下各方面对文件进一步细化：

- ①补充小组成员联系方式；
- ②负责公司辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；
- ③检查公司的环保设施，对公司使用 X 射线探伤机的安全防护情况进行年度评估；
- ④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；
- ⑤定期向生态环境主管部门报告辐射安全相关工作，接受监督检查和指导。

二、辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修正）第十六条规定：“使用放射性同位素或射线装置的单位，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”。根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），有辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fuShe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识；自 2020 年 1 月 1 日起，

新从事辐射活动的人员以及原持有的辐射安全培训合格单到期的人员,应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

本项目配备辐射工作人员 11 人,包括 9 名操作人员及 2 名管理人员兼辐射源设备管理(负责辐射安全管理,不参与探伤操作,并负责放射源的借出前外观检查、归还 γ 射线探伤机前屏蔽体外辐射剂率量率检测等工作)。每天工作时间 8 小时,年工作时间为 250 天。

(1) 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国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上免费学习考核平台(<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。未取得辐射安全与防护培训成绩合格单的人员,不得进行探伤操作。

(2) 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个人剂量计。

(3) 个人剂量计应编号定人佩戴,定期送交有资质的检测部门进行测量,并建立个人剂量档案,完善个人剂量监测及健康档案管理制度。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,查明原因并解决发现的问题。

(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,实际操作中须按安全操作规程行事,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放置。档案资料可分以下包括以下十大类:“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”、“废物处置记录”和“室外探伤一事一档”。

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、辐射安全综合管理要求

本项目涉及使用Ⅱ类放射源、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》（环保部令第3号）“第十六条”、生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）、《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》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，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	已有辐射安全许可证，拟更新	/
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	拟参加学习和考核，持证上岗	/
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“辐射安全与防护管理领导小组”，有专人负责辐射安全管理工作	已落实
4	需配置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，监测记录应存档备查	建设单位拟按照表 10-5 进行辐射防护用品的配备，并严格执行监测计划	拟落实
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 X、 γ 射线探伤机的实体保卫及防护措施	应制定《辐射事故应急预案》，内容应包含室内、室外移动式探伤时的保卫措施	拟落实
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	拟制定《X 射线探伤机操作规程》、《 γ 射线探伤机操作规程》、《辐射安全管理规定》、《辐射安全管理制度》、《X、 γ 射线探伤机使用、保管保养及检测维修制度》、《辐射工作场所监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射人员职业健康管理制度》、《辐射人员培训/再培训管理制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射人员个人剂量管理制度》等制度。	拟落实
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建	拟落实	/

	立健全个人剂量档案和职业健康监护档案		
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示标志	在曝光室工件进出门和迷道防护门设置电离辐射警告标识，进行室外移动式探伤时，必须在划定的探伤区设置明显的警戒线和辐射警示标志	拟落实
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	承诺每年 1 月 31 日前提提交上一年度的年度评估报告，并将年度监测报告作为附件	拟落实
10	年度监测和自我监测	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。	拟落实
11	设定监督区和控制区	进行室外移动式探伤时，应设定控制区和监督区。控制区边界外 X 射线空气吸收剂量率应不大于 15μGy/h，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守。监督区位于控制区外，允许有关人员在此活动。其边界剂量率应不大于 2.5μGy/h。边界处应有“当心电离辐射”警告标识，公众不得进入该区域。	拟落实
12	张贴探伤作业公告	在探伤作业现场应张贴公告。公告中应包括作业性质、时间、地点、控制范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。	拟落实
13	档案记录	必须建立探伤运行、辐射环境监测记录、个人剂量管理及维修记录制度，并存档备查	拟落实
14	公众沟通及安全评估	建设单位在作业期间应做好公众沟通工作，妥善处理群众投诉，维护当地社会稳定	拟落实
15	室外作业的一事一档，包括环保部门现场检查记录、辐射监测报告及现场作业辐射安全措施的影响资料等	公司在室外移动式探伤做好一事一档，包括：①生态环境主管部门现场检查记录及整改要求落实情况；②作业活动期间的相关记录和日志（包括现场公示、射线装置领用记录、设备检查记录、财务复核记录、每次作业的时间、地点、操作人员、每次作业清场、两区划分记录）；③工作场所和周围环境监测记录；④影像资料；⑤作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其它有关情况	拟落实

三、辐射安全管理规章制度要求

根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》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）的相关要求中的相关规定，本项目需制定的规章制度见表 12-2。

表12-2 项目单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	项目	规定的制度	落实情况	具体要求
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	应建立辐射安全管理机构或配备

				专（兼）职管理人员，落实部门和人员全面负责辐射安全管理的具體工作
2		辐射安全与防护管理规定	应制定	应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸不小于 400mm×600mm
3		X 射线探伤机操作规程	应制定	
		γ 射线探伤机操作规程	应制定	
4		辐射工作人员岗位职责	应制定	
5		安全防护设备维护管理制度(包括人员、维护维修内容与频度)	应制定	应定期检查辐射安全防护设施的有效性
6		辐射防护和安全保卫制度	应制定	制定辐射防护和安全保卫制度，严防放射源和射线装置损坏、丢失或恶意破坏等事件的发生
7		放射源储存场所安全保卫制度	应制定	
8		探伤机管理制度（转让、换源、使用、报废）	应制定	/
9		室外移动式探伤工作方案（须存档）	应制定	需明确“探伤工况、时间、地点、控制区范围、监测方案、清场方式等，明确辐射安全管理人员、操作人员、警戒人员的职责和分工”
10		室外作业的一事一档，包括生态环境主管部门现场检查记录、辐射监测报告及现场作业辐射安全措施影像资料等	应制定	/
11		已完成和正在完成室外作业项目清单	应制定	/
12		探伤机台账管理制度	应制定	应包含“X 射线探伤机、γ 射线探伤机”借还登记表
13		放射源管理规定	应制定	放射源台账和国家辐射安全管理系统档案是否一致；台账内容应包括：放射源名称、初始活度、放射源编码、购买时间、收贮时间；射线装置型号、管电压、管电流、购买时间、报废时间等
14	放射源	放射源、射线装置台账管理制度	应制定	
15	监测	监测方案	应制定	每年委托有资质的单位进行 1 次场所年度监测；平时应定期开展自我监测，并做好记录；取得《辐射安全许可证》后 3 个月内完成验收监测
16		监测仪表使用与校验管理制度	应制定	确保监测仪表数据的准确性和有效性
17	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	应制定	应包含“学习、考核方式和考核合格成绩有效期”、“成绩单到期前需再次参加考核”

18		辐射工作人员个人剂量管理制度	应制定	应包含“个人剂量档案终生保存”，明确辐射工作人员个人剂量计佩戴位置
19		辐射工作人员岗位职责	应制定	应包含“辐射工作人员应参加辐射安全与防护专业知识的学习、持证上岗”，并悬挂于墙上
20	应急	辐射事故/事件应急预案	应制定	辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织机构、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。应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸不小于 400mm×600mm
21	危废	危险废物管理规定	应制定	明确危险废物的种类、产生量、处理量、处理方式、危险废物处置单位、危险废物转移联单情况等

公司应认真组织学习《核安全文化宣贯推进专项行动教材——核安全文化培训手册》（国家核安全局二零一四年十一月），重视并加强核安全文化建设。

（1）《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含：对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，公司应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值 5.0mSv 的，公司应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

（2）《辐射工作人员培训制度》中应包括：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，从事辐射活动的人员及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，均应当通过生态环境部培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核，辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

建设单位应根据上表制定完善的辐射安全管理制度，并且指定专门的人员监督各相关部门和人员对规章制度的执行情况。建设单位定期对辐射工作人员进行辐射安全防护知识培训，强化辐射工作人员的辐射安全意识。

需要上墙的规章制度：《辐射安全与防护管理规定》、《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《辐射事故应急预案》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，简单清楚，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

建设单位编制的规章制度应包含以下内容：①应在《辐射工作人员培训制度》中明确“从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年”；②应在《辐射工作人员个人剂量管理制度》中包含“如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字。年剂量超过 5 mSv 的管理限值时，暂停该辐射工作人员继续从事探伤作业，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，本人签字，并上报当地生态环境主管部门。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、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案要永久保存”；③《辐射事故应急预案》中应包含“辐射事故应急处置应急报告、应急措施和步骤、应急联系电话”等。

四、辐射安全许可证发放条件对照分析

结合《辐射安全许可证》发放条件、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修订，原环保部第 31 号令），将本项目采取的辐射安全防护措施列于表 12-3。

表12-3 《辐射安全许可证》发放条件与本项目评价结果

序号	环保部第 3 号令要求	项目实际情况	评价结果
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	建设单位需设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，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	已设立
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	建设单位需尽快组织辐射工作人员通过辐射安全与防护专业知识和相关法律法规的学习和考核	人员通过考核后，满足要求
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	建设单位需在探伤场所配置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等	配置后满足要求
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	建设单位需配备便携式 X-γ 辐射监测仪、个人剂量报警仪、	配备后满足要求

	报警仪、辐射测量仪器等。	铅衣、铅帽和铅眼镜等等	
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	建设单位需按照要求制定各项规章制度	制定后满足要求
6	有完善的辐射事故应急措施	应按照相关要求编制辐射事故应急措施	制定后满足要求
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	/	/
8	使用射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有 1 名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	/	/

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、Ⅱ类放射源的许可条件。

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，包括工作场所监测和个人剂量检测。

一、工作场所监测

1、委托监测：在室内探伤工作、室外移动式探伤工作场所每年应抽检 1 次委托有资质的单位进行监测，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；在居民区开展移动式探伤、发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv 时，应委托有资质的单位进行监测。

2、日常自我监测：公司应定期对曝光室周围进行监测，每次开展室外移动式探伤时，应对其控制区和监督区边界进行监测，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应存档备案。

3、验收监测：公司在取得《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。

公司可以购买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。

二、个人剂量检测

个人监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、剂量监测结果等材料。公司应当将个人剂量档案保存终身。

三、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 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 12-4）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12-4 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
室内探伤	X- γ 空气吸收剂量率	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 1 次/月；验收监测 1 次	曝光室四周墙外 30cm 距离地面 1m 处、曝光室防护门外及门缝 30cm 距离里面 1m 处、曝光室迷道门及门缝 30cm 距离地面 1m 处、操作室、暗室、切片室、评片室、危废间、管线穿墙处、曝光室屋顶 30cm 处、四周人员经常活动位置；源容器表面 5cm、100cm 处；储源室防护门及屏蔽墙体外 30cm 处；
室外探伤	X- γ 空气吸收剂量率	验收监测 1 次；委托有资质的单位监测，周期为 1	控制区边界、监督区边界

		次/年；自行开展辐射监测，验收监测 1 次	
(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。 (4) 监测工况：按照最大额定工况进行监测。 (5) 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。 四、年度监测报告情况 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。公司应按照《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》。公司必须在“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 公司应根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性核素与射线装置安全与防护条例》、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，制定《辐射事故应急预案》，以加强对公司对射线装置的安全管理，预防辐射事故的发生、控制或减轻事故后果。 环评要求：公司应充分结合本项目放射源及射线装置的使用情况，依据国家			

相关法律法规和标准，使制定出来的应急预案具有操作性和可行性。公司应充分考虑到运行中可能出现的辐射事故，对电子直线加速器、X射线探伤机、 γ 射线探伤机使用过程中的事故性出束、人员误入、急停开关失灵、安全联锁系统失效等辐射事故，提出针对性应急措施。同时应加强辐射事故应急预案的演练，提高事故应急处置能力。辐射事故应急预案应报所在地区级生态环境主管部门备案。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源或按下急停开关，停止射线的产生。

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

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

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

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

⑥对可能发生的辐射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。

事故应急预案应包括以下内容：

①应急机构和职责分工；

②应急人员的组织、培训以及应急；

③可能发生辐射事故类别与应急响应措施；

④辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

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，放射工作人员立即停机或者回源，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、县生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委部门报告。

（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配戴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，可减少或避免辐射事故的发生率，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。

公司应当根据以上要求，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，结合公司实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

发生辐射事故时，建设单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫健主管部门报告。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：使用 X、 γ 射线探伤机项目

建设单位：四川众胜检验检测有限公司

建设性质：新建

建设地点：室内探伤位于自贡东晟机械设备制造有限公司租赁厂房曝光室内，室外探伤位于厂房内曝光室外划定区域。

建设内容：四川众胜检验检测有限公司本次拟在厂房西北侧二跨底部位置新建 1 座探伤室，该探伤室包含 X- γ 射线曝光室（以下简称曝光室 1）及 X 射线曝光室（以下简称曝光室 2）各 1 个，其中曝光室 1 包含贮源室 1 间，拟在曝光室 1 内使用定向 X 射线探伤机 2 台（型号分别为 XXG3505 及 XXG3005）， ^{60}Co - γ 射线探伤机、 ^{192}Ir - γ 射线探伤机各 1 台，用于曝光室 1 内压力容器焊缝、焊接工件的探伤；在曝光室 2 内使用 XXG2505 定向 X 射线探伤机 2 台，XXH2505 周向 X 射线探伤机 1 台，用于曝光室 2 内压力容器焊缝、焊接工件的探伤；拟在厂房（探伤室外）内使用型号为 XXH3005 周向 X 射线探伤机 1 台、XXG2505 定向 X 射线探伤机 1 台，用于公司厂房内压力容器焊缝、焊接工件的室外移动式探伤。公司不进行探伤时，曝光室 1 和曝光室 2 内的 X 射线探伤机均保存在各自曝光室内， γ 射线探伤机均保存在曝光室 1 贮源室内，厂房内室外移动式探伤所用探伤机暂存在曝光室 1 贮源室内。曝光室 1 和曝光室 2 室内探伤以及室外移动式探伤的探伤机均分开管理，绝不交叉使用，同时，众胜检测不存在探伤作业中同时使用 2 台或多台探伤装置的情况，也不存在室内探伤和室外移动式探伤同时开展的情况。

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检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令）相关规定，本项目属于鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目室内探伤、室外移动式探伤区域选址于四川众胜检验检测有限公司租赁的自贡东晟机械设备制造有限公司的厂区，属于沿滩区高新工业园区内，所在自贡东晟机械设备制造有限公司厂区用地取得了自贡市自然资源和规划局颁发的不动产权证（编号为川（2024）自贡市不动产权第0038689号），用地性质为工业用地，用地性质符合园区规划和准入条件，拟建场所周围无明显制约因素。本项目不新增用地，且室内探伤建设的探伤室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，室外移动式探伤采取了合理可行的辐射防护措施，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管理约束值的要求，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

根据现状监测报告，本项目所在区域的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值为 71~83nGy/h，属于电离辐射水平处于本底涨落范围内。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目在施工活动中，会产生施工噪声、施工废渣、施工废水，对环境存在一定影响。经过采取合理的防护措施后，对周围环境的影响较小。

2、营运期环境影响分析

（1）电离环境影响

本项目建成后，本项目在正常运行情况下，所致工作人员最大年有效剂量值为 4.5mSv，所致公众最大年有效剂量值为 9.37×10^{-2} mSv，能够满足职业人员 5.0mSv/a 的剂量约束限值，公众 0.1mSv/a 的剂量约束限值，也均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值的规定。

（2）大气环境影响

在曝光室内采用换气系统排入环境大气后，经自然分解和稀释，能够满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）标准限值（ $\leq 0.2 \text{mg/m}^3$ ）的要求；室外移动

式探伤场所相对开放，大气扩散条件良好，产生的 O_3 气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。因此，本项目不会对环境空气造成明显影响。

（3）水环境影响

清洗胶片时产生洗片废水约 $10m^3/a$ ，工作人员生活污水产生量约 $6m^3/a$ 。本项目产生的废水经预处理池处理后，排入市政污水管网进入自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂深度处理。自贡高新区板仓工业集中区污水处理厂服务对象包含生活污水和工业废水，具备处理工业废水的能力，经处理后的尾水达到排放标准要求后经管道排入釜溪河。

（4）固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 $3.5kg/d$ ，依托厂区现有垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

本项目产生的废显影液约 $150kg/a$ 、定影液约 $150kg/a$ ，废胶片约 1700 张/a，属于危险废物，其危废编号为 HW16。众胜检测应与有处理资质的单位签订回收处理协议，探伤过程中产生的所有危险废物将交由有资质的单位处理，不外排。本项目探伤产生危险废物暂存在设置了危废标志的专用容器中，放置于危废间内，已与有相应处理资质的单位签订回收合同，不外排。

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，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

在坚持“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

染防治措施的前提下，本项目室内探伤、室外移动式探伤在四川众胜检验检测有限公司租赁的自贡东晟机械设备制造有限公司厂房内开展，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

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）文件第十一条规定：

（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生态环境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、根据生态环境部《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://kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other>）。

（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）本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经生态环境行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

（5）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，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

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。

根据《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）文件，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>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设备设施	环保设施	数量
室内探伤	探伤机	源容器电离辐射标志（ γ 射线探伤机）	1个/台
		探伤机表面金属铭牌文字和标记	1个/台
		放射源编码卡（ γ 射线探伤机）	1个/台
		安全锁和专用钥匙	1个/台
		探伤装置外观无明显缺损	1个/台
		放射源位置显示（ γ 射线探伤机）	1个/台
		探伤装置生产日期（有效期10年）	1个/台
	实体防护	曝光室	2座
		防护门及安全驱动装置	4套
	场所设施	联锁装置（门机、门灯联锁、门剂量联锁）	9个
		贮源室（源库门双人双锁）	1套
		贮源室红外报警装置	1套
		控制台紧急回源按钮	2套
		工作状态指示箱	12套
		电离辐射警示标志	6套
		固定式辐射剂量率报警仪	1套
		室内及操作台紧急停止按钮	6个
		逃逸开关	2个
		控制台钥匙控制	2套
		准备出束声光提示	2套
		控制区、监督区标识	2套
		固定式辐射剂量监测仪	2套
		紧急照明或独立通道照明系统	2套
		防夹人装置	2套
		危险废物暂存间（重点防渗处理）	1间
		废定、显影液收集桶	各2个
		废胶片收集箱	1个
		通排风系统	2套
		视频监控系统（接入保卫室和控制台）	2套
	监测设备	个人剂量计	8套
		个人剂量报警仪	8个
		放射源红外线报警装置（接入保卫室和控制台）	1套
		便携式辐射剂量率仪（高量程满足10mSv/h以上）	2台
	应急物资	喊话报警装置	2套

室外探伤		铅防护衣、铅手套、铅眼镜、铅围脖	6 套
		应急处理工具（如长柄夹具）	2 套
		放射源应急屏蔽材料或容器	1 套
		灭火器材	2 套
	工作场所	作业公告：包含作业时间、作业地点、作业内容、拟采取辐射防护措施	2 个/次
		电离辐射警告标志	若干
		现场警示标志若干、安全警示线若干，大功率喊话器1个，对讲机5个	1 套
		移动屏蔽措施（1.5m×1.6m的19mmPb 铅屏风2张、0.5m×0.5m的5mmPb铅屏风2张，5张组成底部开洞的立方体5mm铅板）	/
		铅板支架框	2 个
		三角支架	2 个
		液压平车	2 个
		探伤机存放的保险柜	1 个
	监测和防护设备	便携式辐射剂量率仪（高量程满足 10mSv/h 以上）	1 台
		个人剂量计	3 套
		个人剂量报警仪	3 套
		个人防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜等）	3 套
	应急物资	灭火器材	1 套
规章制度		见表 12-2	/

建议和承诺

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核。公司应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再考核，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。

3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。

4、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，安全和防护状况年度评估报告要按照《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；并且年度评估报告的电子档还应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>）。

5、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。

6、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

7、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。