

核技术利用建设项目

张家港富瑞深冷科技有限公司 扩建 2 套 X 射线成像检测系统项目 环境影响报告表

张家港富瑞深冷科技有限公司

2024 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

张家港富瑞深冷科技有限公司

扩建 2 套 X 射线成像检测系统项目

环境影响报告表

建设单位名称：张家港富瑞深冷科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：张家港市杨舍镇福新（晨新）路 19 号

邮政编码：215000

电子邮箱：zhaohaihua@furuise.com

联系人：赵海花

联系电话：15151592976

21



姓名: 瞿晓怡
Full Name
性别: 女
Sex
出生年月: 1987年12月
Date of Birth
专业类别:
Professional Type
批准日期: 2014年05月
Approval Date

持证人签名:
Signature of the Bearer

2014035320352014320406000422
管理号:
File No.

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2014年09月04日
Issued on

江苏省社会保险权益记录单
(参保人员)



请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

姓名	瞿晓怡	公民身份号码 (社会保障号)	320581198712302629	性别	女
----	-----	-------------------	--------------------	----	---

共1页, 第1页

参加社会保险基本情况								
险种		养老保险		工伤保险		失业保险		
参保状态		参保缴费		参保缴费		参保缴费		
现参保单位全称		苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司			现参保地	虎丘区		
出具证明前13个月缴费情况（202304-202404）								
年	月	单位全称	养老保险		失业保险		工伤保险	备注
			缴费基数（元）	个人缴费（元）	缴费基数（元）	个人缴费（元）	缴费基数（元）	
2023	04	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2023	05	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2023	06	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2023	07	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2023	08	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2023	09	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2023	10	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2023	11	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2023	12	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	4494.00	359.52	4494.00	22.47	4494.00	
2024	01	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	8880.00	710.40	8880.00	44.40	8880.00	
2024	02	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	8880.00	710.40	8880.00	44.40	8880.00	
2024	03	苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司	8880.00	710.40	8880.00	44.40	8880.00	

说明:

- 本权益单信息为打印时参保情况, 供参考, 由参保人员自行保管。
- 本权益单已签具电子印章, 不再加盖鲜章。
- 如需核对真伪, 请使用江苏智慧人社APP, 扫描右上方二维码进行验证 (可多次验证)。



编制主持人现场踏勘照片

拍摄时间：2024 年 1 月 2 日

拍摄地点：张家港富瑞深冷科技有限公司门口和项目拟建场址

编制主持人：瞿晓怡

职业资格证书管理号：2014035320352014320406000422



公司厂区门口



项目拟建场址

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	4
表 3	非密封放射性物质	4
表 4	射线装置	5
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	6
表 6	评价依据	7
表 7	保护目标与评价标准	9
表 8	环境质量和辐射现状	14
表 9	项目工程分析与源项	19
表 10	辐射安全与防护	29
表 11	环境影响分析	36
表 12	辐射安全管理	48
表 13	结论与建议	52
表 14	审批	56
附表		57

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目评价范围及周围环境示意图
- 附图 3 项目车间平面布局图
- 附图 4 项目生态红线图
- 附图 5 张家港市生态空间保护区域分布图

附件

- 附件 1 项目委托书
- 附件 2 射线装置使用情况承诺书
- 附件 3 报批申请书
- 附件 4 项目备案证
- 附件 5 辐射安全许可证正副本
- 附件 6 环境辐射水平现状检测报告
- 附件 7 公司现有辐射工作人员个人剂量检测报告
- 附件 8 公司现有辐射工作人员考核证书
- 附件 9 屏蔽设计参数
- 附件 10 项目主动公开信息一览表
- 附件 11 公示无删减说明
- 附件 12 环境保护措施承诺
- 附件 13 环评技术合同

表 1 项目基本情况

建设项目名称		扩建 2 套 X 射线成像检测系统项目			
建设单位		张家港富瑞深冷科技有限公司			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		张家港市杨舍镇福新（晨新）路 19 号			
项目建设地点		张家港市杨舍镇福新（晨新）路 19 号撬装 8 号车间、9 号车间			
立项审批部门		张家港市行政审批局		批准文号	张行投备〔2023〕1081 号（项目代码：2312-320582-89-05-150348）
建设项目总投资（万元）		150	项目环保投资（万元）	15	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m²）
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） ☐ II 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	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			

项目概述

1、建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况

张家港富瑞深冷科技有限公司成立于 2005 年 06 月 17 日，系专业从事液化天然气（LNG）的液化、储存、运输、装卸及终端应用全产业链一站式整体解决方案和非标重型压力容器生产的高新技术企业。

公司现已开展核技术利用项目，目前，公司现有 2 座固定式 X 射线探伤房，配套有 5 台II类 X 射线探伤机，均已履行相关环保手续，并已取得辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[E0956]”，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效日期至 2028 年 4 月 23 日（辐射

安全许可证正、副本复印件见附件 5)。

现因公司生产需求,拟于公司厂区东侧撬装 8 号车间新增 1 套 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统,对公司生产的工业瓶进行工业 X 射线探伤,每天探伤时间不超过 8h,每天检测工业瓶约 30-50 个,检测累积曝光时间不超过 4h/天,每年工作约 250 天(50 周),累积年曝光时间约为 1000h;于撬装 9 号车间新增 1 套 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统,对公司生产的储罐进行工业 X 射线探伤,每天探伤时间不超过 8h,每天检测储罐约 2-3 个,检测累积曝光时间不超过 3h/天,每年工作约 250 天(50 周),累积年曝光时间约为 750h。

张家港富瑞深冷科技有限公司现有 2 座固定式 X 射线探伤房,配备 5 名辐射工作人员,本项目拟调配 1 名、新增 3 名辐射工作人员专门从事本次新增 2 套 X 射线成像检测系统的辐射工作,不再从事其他辐射工作。

本项目核技术应用情况见表 1-1,张家港富瑞深冷科技有限公司现有核技术应用项目情况见表 1-2。

表 1-1 本项目核技术应用情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	额定功率 W	类别	工作场所名称	活动种类
1	XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统	1	225	8	800W/1800W	II	撬装 8 号车间	使用
2	ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统	1	450	3.3	700W/1500W	II	撬装 9 号车间	使用

表 1-2 张家港富瑞深冷科技有限公司现有核技术应用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	验收情况
1	XXH-3005 型 X 射线探伤机	3	300	5	II	韩中 5 号车间探伤房	使用	已环评	已许可	已验收
2	XXH-3005 型 X 射线探伤机	1	300	5	II	撬装 7 号车间探伤房	使用	已环评	已许可	已验收
3	XXQ-2505 型 X 射线探伤机	1	250	5	II	撬装 7 号车间探伤房	使用	已环评	已许可	已验收

本项目为使用 II 类射线装置项目,对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版),本项目应编制环境影响报告表。受张家港富瑞深冷科技有限公司委托,苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析,编制该项目环境影响报告表。

2、项目周边保护目标及项目选址情况

张家港富瑞深冷科技有限公司位于张家港市杨舍镇福新（晨新）路 19 号。公司厂区东侧为张家港国家再制造产业示范基地；南侧为张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧为张家港富瑞重型装备有限公司；北侧依次为沪宁沿江高速铁路、晨丰公路。本项目地理位置图见附图 1，厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

张家港富瑞深冷科技有限公司厂区东部为撬装车间，撬装车间自北向南设有 1-9 号，共 9 个车间；西部为韩中车间，韩中车间自北向南设有 1-7 号，共 7 个车间。本项目拟于撬装 8 号车间、撬装 9 号车间各新增 1 套 X 射线成像检测系统，撬装 8 号车间、撬装 9 号车间目前为仓库，其中撬装 8 号车间仓库拟改建进行总装生产。

撬装车间为 1 层建筑，无地下建筑，撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统东侧依次为撬装 8 号车间、厂区道路、河道；南侧依次为撬装 8 号车间、撬装 9 号车间、厂区道路、张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧依次为撬装 8 号车间、厂区道路、韩中 6 号车间；北侧为撬装 7 号车间。撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统东侧依次仓库、厂区道路、河道；南侧依次为仓库、厂区道路、张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧依次为仓库、厂区道路、韩中 7 号车间；北侧为撬装 8 号车间。本项目评价范围见附图 3。

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定以 2 套 X 射线成像检测系统铅房实体边界外 50m 范围作为评价范围。本项目 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员及本项目评价范围内的公众。

3、实践正当性

张家港富瑞深冷科技有限公司拟在厂区内扩建 2 套 X 射线成像检测系统对公司生产的储罐、工业瓶进行无损检测。本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加拟建址周围的辐射水平，采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足公司的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

4、产业政策相符性

本项目扩建 2 套 X 射线成像检测系统对公司生产的储罐、工业瓶进行无损检测，确保测试样品质量。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于鼓励类、限制类、淘汰类，属于允许类，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

表 2 放射源

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

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大管电 流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线数字检测成像系统	II	1	XYG22508/3 型	225	8	工业探伤	撬装 8 号车间	使用
2	智能型 X 射线 DR 检测系统	II	1	ZXF C 450 型	450	3.3	工业探伤	撬装 9 号车间	使用
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强 度	用途	工作场 所	氚靶情况			备注
										活度	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	本项目 2 套成像检测系统铅房顶部设置排风装置，使用期间产生的微量废气可通过排风装置排入大气环境，臭氧常温下 50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 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》（2014 年 4 月 24 日修正通过），2015 年 1 月 1 日起实施； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修正本），2018 年 12 月 29 日起实施； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施； 4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订本），2019 年 3 月 2 日； 5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订本），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日公布实施； 7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），2021 年 1 月 1 日起实施； 8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； 9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日印发； 10) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日印发； 11) 《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令第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行； 12) 《江苏省辐射污染防治条例》（修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第 2 号公告公布，2018 年 5 月 1 日起实施； 13) 关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，生态环境部公告第 38 号，2019 年 10 月 25 日印发； 14) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告第 39 号，2019 年 10 月 25 日印发； 15) 《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； 16) 《江苏省国家级生态保护红线规划》，苏政发（2018）74 号，2018 年 6 月 9 日印发；
------	--

	17) 《江苏省生态空间管控区域规划》，苏政发（2020）1号，2020年1月8日印发； 18) 《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》，苏政发（2020）49号，2020年6月21日印发； 19) 《江苏省自然资源厅关于张家港市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2022〕145号）。
技术标准	1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） 2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） 3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 4) 《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） 6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022） 7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014） 8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ T 250 -2014）第 1 号修改单 9) 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ 158-2003） 10) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020） 11) 《无损检测仪器固定式和移动式工业 X 射线探伤机》（GB/T 26837-2011）
其他	报告附件： 1) 项目委托书，附件 1 2) 射线装置使用情况承诺书，附件 2 3) 辐射安全许可证正副本复印件，附件 5 4) 环境辐射水平现状检测报告，附件 6 5) 公司现有辐射工作人员个人剂量检测报告，附件 7 6) 屏蔽设计参数，附件 9

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》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”相关规定，确定本项目评价范围为 2 套 X 射线成像检测系统铅房实体边界外 50m 范围内的区域。

保护目标

本项目建设地点位于张家港市杨舍镇福新（晨新）路 19 号，核对《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发[2018]74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发[2020]1 号）、《江苏省自然资源厅关于张家港市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2022〕145 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发[2020]49 号）后可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域的优先保护单元。同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条中的环境敏感区。本项目 2 套 X 射线成像检测系统铅房实体边界外 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为本项目辐射工作人员及评价范围内的公众。

表 7-1 项目保护目标一览表

主要环境保护目标	方位	场所名称	与铅房边界的最近距离	规模	环境保护要求	备注
辐射工作人员	南侧	操作室	1.5m	2 人	5mSv/a	撬装 8 号车间
项目评价范围内公众	四周	撬装 8 号车间	2m	约 20 人	0.1mSv/a	
	南侧	撬装 9 号车间	20m	约 5 人		
	西侧	室外道路	20m	厂内流动人员		
		韩中 6 号车间	40m	约 5 人		
		韩中 5 号车间	40m	约 5 人		
	北侧	撬装 7 号车间	5m	约 20 人		
撬装 6 号车间		35m	约 20 人			
辐射工作人员	南侧	操作室	1.5m	2 人	5mSv/a	撬装 9 号车间
项目评价	四周	撬装 9 号车间	3m	约 5 人	0.1mSv/a	

范围内公众	南侧	室外道路	18m	厂内流动人员		
		张家港富瑞新能源科技有限公司	40m	约 5 人		
	西侧	撬装 9 号车间	25m	约 5		
		室外道路	45m	厂内流动人员		
	北侧	撬装 8 号车间	5m	约 20 人		
		撬装 7 号车间	30m	约 20 人		

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类型 \ 限值	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，50mSv。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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

6.1 探伤室放射防护要求

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

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

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

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

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

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

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

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

4、本项目辐射剂量管理限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），确定本项目管理目标为：

（1）本项目职业人员剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业人员年有效剂量值的 $1/4$ ，即 **5mSv/a**；

（2）公众活动区域相关人员剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中公众年有效剂量值的 $1/10$ ，即 **0.1mSv/a**；

（3）本项目 X 射线检测系统铅房四周屏蔽体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a、本项目 X 射线检测系统铅房四周屏蔽体和门外关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ；

b、本项目 X 射线检测系统铅房四周屏蔽体和门外 30cm 处、顶部外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5、参考资料

①《中国环境天然放射性水平》：江苏省 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平。

表 7-3 江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0
（均值 $\pm 3s$ ）*	50.4 ± 21.0	47.1 ± 36.9	89.2 ± 42.0

注：*：评价时参考数值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

张家港富瑞深冷科技有限公司位于张家港市杨舍镇福新（晨新）路 19 号。公司厂区东侧为张家港国家再制造产业示范基地；南侧为张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧为张家港富瑞重型装备有限公司；北侧依次为沪宁沿江高速铁路、晨丰公路。本项目地理位置图见附图 1，厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本项目拟于撬装 8 号车间、撬装 9 号车间各新增 1 套 X 射线成像检测系统，撬装 8 号车间、撬装 9 号车间目前为仓库，其中撬装 8 号车间仓库拟改建进行总装生产。撬装车间为一层建筑，无地下建筑，撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统拟建址东侧依次为撬装 8 号车间、厂区道路、河道；南侧依次为撬装 8 号车间、撬装 9 号车间、厂区道路、张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧依次为撬装 8 号车间、厂区道路、韩中 6 号车间；北侧为撬装 7 号车间。

撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统东侧依次仓库、厂区道路、河道；南侧依次为仓库、厂区道路、张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧依次为仓库、厂区道路、韩中 7 号车间；北侧为撬装 8 号车间。本项目评价范围见附图 3。

撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统、撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统拟建场址和周边环境现状见图 8-1。



X 射线数字检测成像系统拟建场址（撬装 8 号车间）



X 射线数字检测成像系统南侧（撬装 8 号车间）



X 射线数字检测成像系统东侧（撬装 8 号车间）



X 射线数字检测成像系统西侧（撬装 8 号车间）



X 射线数字检测成像系统北侧（撬装 7 号车间）

图 8-1 撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统拟建场址和周边环境



智能型 X 射线 DR 检测系统拟建场址（撬装 9 号车间）



智能型 X 射线 DR 检测系统东侧（撬装 9 号车间）



智能型 X 射线 DR 检测系统南侧（撬装 9 号车间）

智能型 X 射线 DR 检测系统北侧（撬装 8 号车间）



智能型 X 射线 DR 检测系统西侧（撬装 9 号车间）

图 8-2 撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统拟建场址和周边环境

2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统、撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统拟建场址周围辐射环境

监测因子：环境 γ 辐射剂量率

监测点位：在拟建址周围布置监测点位，共计 12 个监测点位

3、监测方案、质量保证措施及监测结果

(1) 监测方案

监测项目：环境 γ 辐射剂量率

监测布点：在撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统、撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统拟建场址周围布置监测点位，具体点位见图 8-3

监测时间：2024 年 1 月 11 日

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司

监测仪器：FH40G-L10 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪（探头型号 FHZ 672E-10）
（设备编号：SDWH 3082，检定有效期：2023.08.02~2024.08.01）

监测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

（2）质量保证措施

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检验，监测报告实行三级审核

（3）监测结果

本项目监测仪器为 FH40G-L10 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪（探头型号 FHZ 672 E-10），X- γ 辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源，折算系数为 1.2Sv/Gy。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

评价方法：参照江苏省 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平调查结果，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 6。

表 8-1 本项目撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统、撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率水平

测点位置描述			测量结果 (nGy/h)	
测点编号	位置	属性	平均值	标准差
1	X 射线数字检测成像系统拟建址处	室内 (平房)	58.4	0.6
2	X 射线数字检测成像系统拟建址东侧 (撬装 8 号车间)	室内 (平房)	52.3	0.6
3	X 射线数字检测成像系统拟建址南侧 (撬装 8 号车间)	室内 (平房)	52.3	0.2
4	X 射线数字检测成像系统拟建址西侧 (撬装 8 号车间)	室内 (平房)	54.3	0.7
5	X 射线数字检测成像系统拟建址北侧 (撬装 8 号车间)	室内 (平房)	53.9	0.6
6	X 射线数字检测成像系统拟建址北侧 (撬装 7 号车间)	室内 (平房)	56.0	0.5
7	智能型 X 射线 DR 检测系统拟建址处	室内 (平房)	54.6	0.5
8	智能型 X 射线 DR 检测系统拟建址东侧 (撬装 9 号车间)	室内 (平房)	55.1	0.6
9	智能型 X 射线 DR 检测系统拟建址南侧 (撬装 9 号车间)	室内 (平房)	56.3	0.4
10	智能型 X 射线 DR 检测系统拟建址西侧 (撬装 9 号车间)	室内 (平房)	57.1	0.7
11	智能型 X 射线 DR 检测系统拟建址北侧 (撬装 9 号车间)	室内 (平房)	55.1	0.8
12	智能型 X 射线 DR 检测系统拟建址北侧 (撬装 8 号车间)	室内 (平房)	55.8	1.2

注：测量结果已扣除宇宙射线响应值，检测仪器的宇宙射线响应值为 5.23nGy/h。

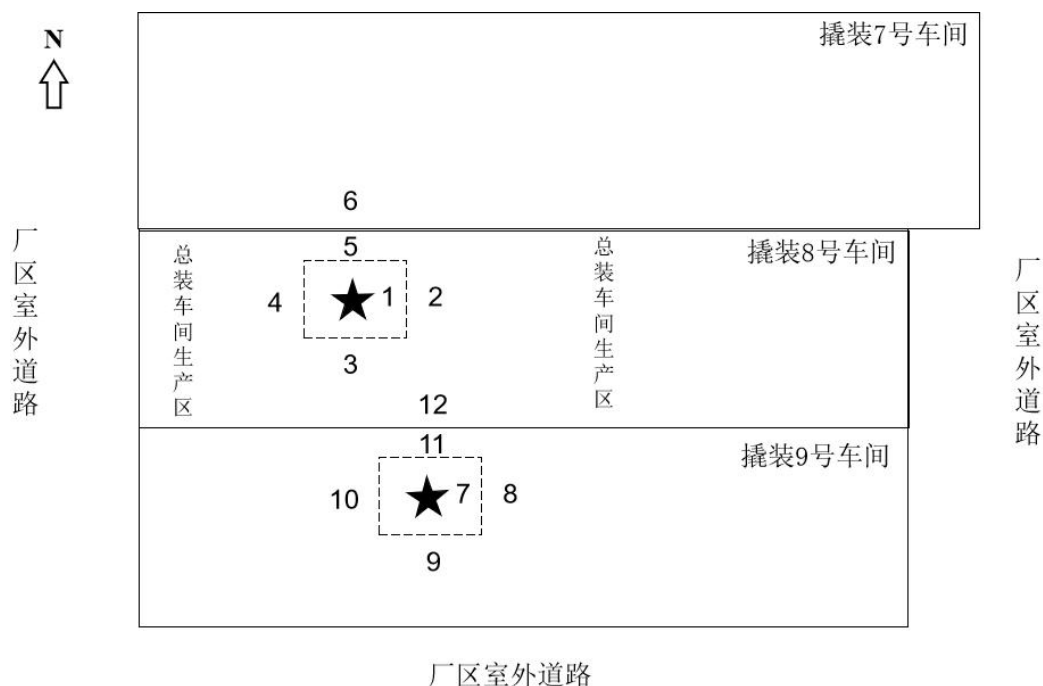


图 8-3 拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图

4、环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目拟建址及周围 γ 辐射空气吸收剂量率为（52.3～58.4）nGy/h，处于江苏省室内环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、工程设备

本项目拟于撬装 8 号车间新增 1 套 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统，用于对公司生产的工业瓶进行无损检测，XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统的主要技术参数见表 9-1，铅房简图见图 9-1、9-2。

表 9-1 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统技术参数

项目	参数	项目	参数
设备名称	XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统	射线类型	X 射线
X 射线管型号	HPX-225/11	额定功率	800W/1800W
最大管电压	225kV	最大管电流	8mA
滤过条件	0.8mmBe	辐射屏蔽结构	铅板
射线出束方向	从前往后（从南向北）	铅房规格尺寸	4500mm(长)×2400mm(宽)×2400mm(高)
铅房屏蔽参数	四面及顶部均为 20mm 厚铅板；地下埋深 240mm		
维修门和进、出工件门	20mm 厚铅板		
排气扇和线缆口	铅房顶部有排风口，迷道设计；铅房东侧设“U”型埋地电缆管道，管道埋地深度约为 240mm		

排气扇位于铅房顶部，为迷道设计；线缆口位于铅房东侧，采用“U”型迷道设计，XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统在安装的同时拟建造以下配套设施：

- 1、建造配套的辐射屏蔽铅房，铅房占地面积约 10.8m²；
- 2、建造配套的操作间和操作台，操作间位于主射束相反的方向（铅房南侧），占地面积约 17.1m²，操作台位于操作间内，距铅房屏蔽体外表面不小于 1.5m；
- 3、建造工业瓶输送辊道，工业瓶输送辊道安装在铅房进、出工件门外，长约 3m，与生产线相接，用于将工业瓶输入和输出铅房。

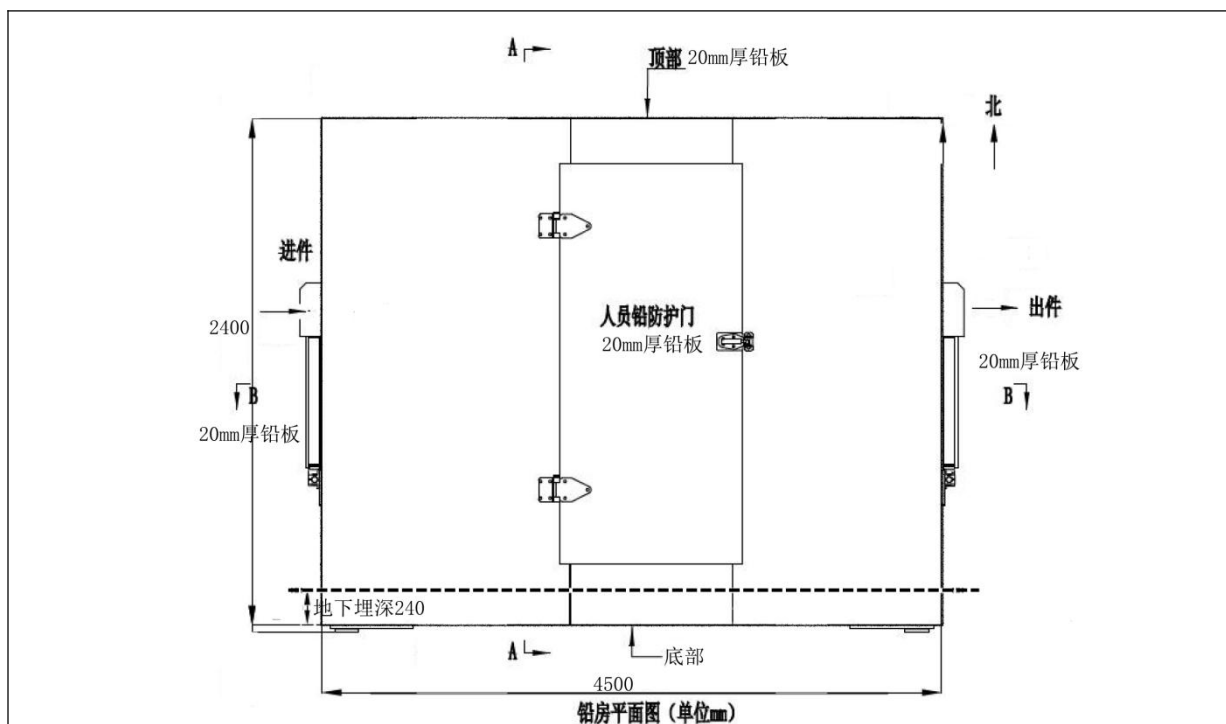


图 9-1 撬装 8 号车间铅房简图-正视图

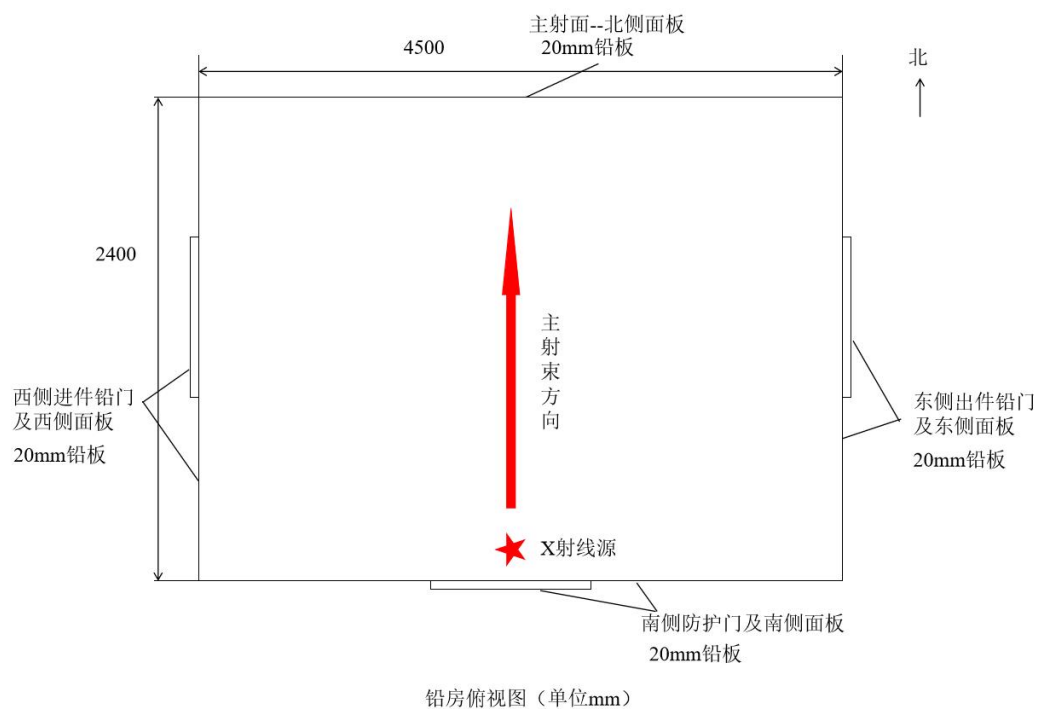


图 9-2 撬装 8 号车间铅房简图-俯视图

本项目拟于撬装 9 号车间新增 1 套 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统，用于对公司生产的工业瓶进行无损检测，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统的主要技术参数见表 9-2，铅房简图见图 9-3。

表 9-2 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统技术参数

项目	参数	项目	参数
设备名称	ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统	射线类型	X 射线
X 射线管型号	HPX-450/11	额定功率	700W/1500W
最大管电压	450kV	最大管电流	3.3mA
滤过条件	5mmBe	辐射屏蔽结构	铅板+钢板
射线出束方向	从前往后（从南向北）	铅房规格尺寸	5680m（长）×5510m（宽）×3740m（高）
铅房屏蔽参数	主射面（北侧面板）：60mm 厚铅板；辅射面（东侧面板）：北部 500mm 部分面板为 60mm 厚铅板，其余部分为 35mm 厚铅板；辅射面（南侧、西侧面板）：35mm 厚铅板；地下埋深 300mm		
前面维修门和进、出工件门	35mm 铅板		
排气扇和线缆口	铅房顶部有排风口，铅房南墙设电缆口，均为迷道设计		

排气扇位于铅房顶部，线缆口位于铅房南墙，均采用迷道设计，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统在安装的同时拟建造以下配套设施：

- 1、建造配套的辐射屏蔽铅房，铅房占地面积约 31.3m²；
- 2、建造配套的操作间和操作台，操作间位于主射束相反的方向（铅房南侧），占地面积约 17.1m²，操作台位于操作间内，距铅房屏蔽体外表面不小于 1.5m；
- 3、建造储罐输送辊道，储罐输送辊道安装在铅房进、出工件门外，长约 3m，与生产线相接，用于将储罐输入和输出铅房。

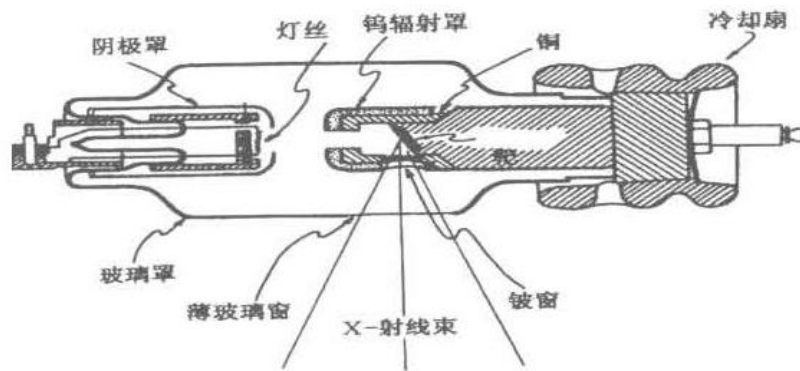


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

(2) X 射线数字检测成像系统工作原理

X 射线穿金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线图像转换为可视图像，转换过程为“光电效应”；进行“模数转换”，再经计算机处理将可视图像转换为数字图像，其方法是用高清晰度电视摄像机摄取可视图像，输入计算机，进行“模数转换”，转换为数字图像，再经计算机处理，以提高图像的灵敏度和清晰度，处理后的图像显示在显示器屏幕上，显示的图像能提供检测材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，在显示器屏幕上直接观察检测结果，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。

(3) X 射线 DR 检测系统工作原理

X 射线 DR 检测系统工作原理是根据选择的环焊缝/纵焊的要求，缝滚轮架上的伺服电机控制旋转辊或射线管运行机构和探臂运行机构同步进行自动定距长度步进，准确控制每次步进距离（每次采集 DR 检测图像有效长度），X 射线数字成像开始自动采集纵焊缝每一张检测 DR 图像；每张 DR 图像采集完成后，自动重复进行定距长度步进---停止---采集---下一张 DR 图像。通过自动控制方式，完成纵焊缝 DR 检测。X 射线数字检测成像系统工作原理是 X 射线穿透金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像；用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行 A/D 转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，再根据图像的灰度对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。

3、工艺流程及产污环节

(1) X 射线数字检测成像系统

本项目 X 射线数字检测成像系统的整个检测过程由设备自动进行，设备开机期间

工作人员在操作台上进行监控。X 射线数字检测成像系统的辐射屏蔽体为配套的成品铅房，X 射线数字检测成像系统位于铅房内，检测时，被检工件由输入辊道输送进入铅房内部行检测，完毕后输出辊道输出，其工作流程如下：

（1）准备：接通电源，进行无损检测前检查，先打开铅房人员防护安全门，并检查铅房内部有无异物，保证无损检测安全，检查后关闭人员防护安全门；

（2）放置工件：将待检工件放置在进件辊道上，由进件助推器将待检工件移动至待进件位，进件防护门打开，进件助推器将待检工件移动至铅房内，待检工件进入检测位同时进件防护门关闭；

（3）曝光检测：打开 X 射线机控制器，调整电压，电流，曝光参数；图像管接收透过物体的 X 射线，图像传送到计算机处理，由计算机经过软件处理输出图像。作业人员根据 X 射线图像情况，对焊缝进行连续检测、分析、处理、评判、储存等。检测期间 X 射线管发出 X 射线电离曝光室中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。

（4）取出工件：检测完成后，先关闭高压 X 射线，打开出件口防护门，出件辊道直接将已检工件送到铅房外，卸下已检工件，再次检测可重复以上步骤。

本项目 X 射线数字检测成像系统工艺流程及产污环节如图 9-5 所示：

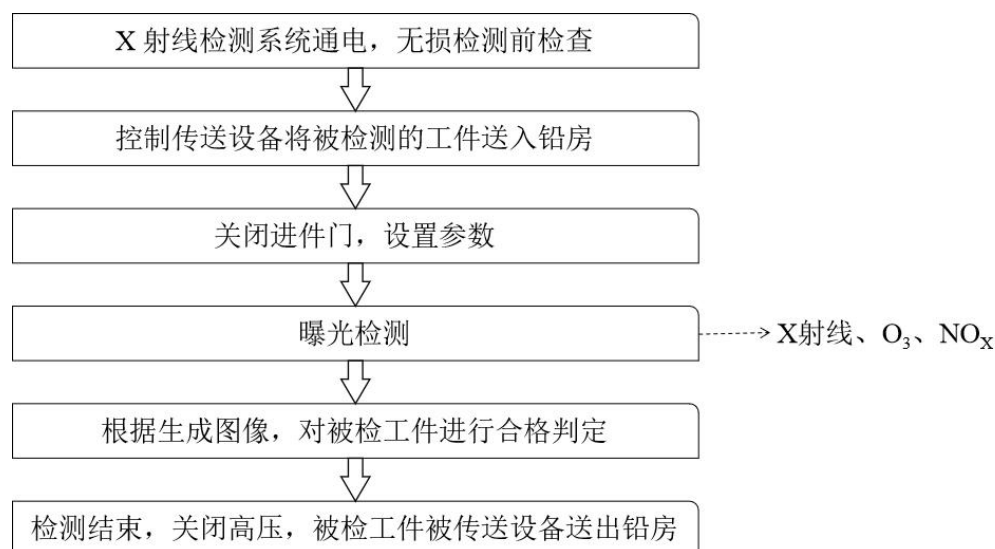


图 9-5 本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统工艺流程及产污环节分析示意图

（2）X 射线 DR 检测系统

本项目 X 射线 DR 检测系统的整个检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在操作台上进行监控。X 射线 DR 检测系统的辐射屏蔽体为配套的成品铅房，X 射线 DR 检测系统位于铅房内，检测时，被检工件由输入辊道输送进入铅房内部行检测，

完毕后输出辊道输出，其工作流程如下：

（1）准备：接通电源，进行无损检测前检查，先打开铅房人员防护安全门，并检查铅房内部有无异物，保证无损检测安全，检查后关闭人员防护安全门；

（2）放置工件：将待检工件放置在进件辊道上，由进件助推器将待检工件移动至待进件位，进件防护门打开，进件助推器将待检工件移动至铅房内，射线机运行机构和探臂运行机构同步移动、摆角复位到达检测位后，同时进件防护门关闭；

（3）曝光检测：打开 X 射线机控制器，调整电压，电流，曝光参数；操作人员在系统中调取预先设定的产品规格，执行此规格产品的自动检测程序，检测装置开始运行，系统根据产品检测配方启动 DR 探伤，计算机图像处理系统自动采集 DR 图片并储存，作业人员对采集图片进行评片。检测期间 X 射线管发出 X 射线电离曝光室中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。

（4）取出工件：检测完成后，先关闭高压 X 射线，打开出件口防护门，出件辊道直接将已检工件送到铅房外，卸下已检工件，再次检测可重复以上步骤。

本项目 X 射线 DR 检测系统工艺流程及产污环节如图 9-5 所示：

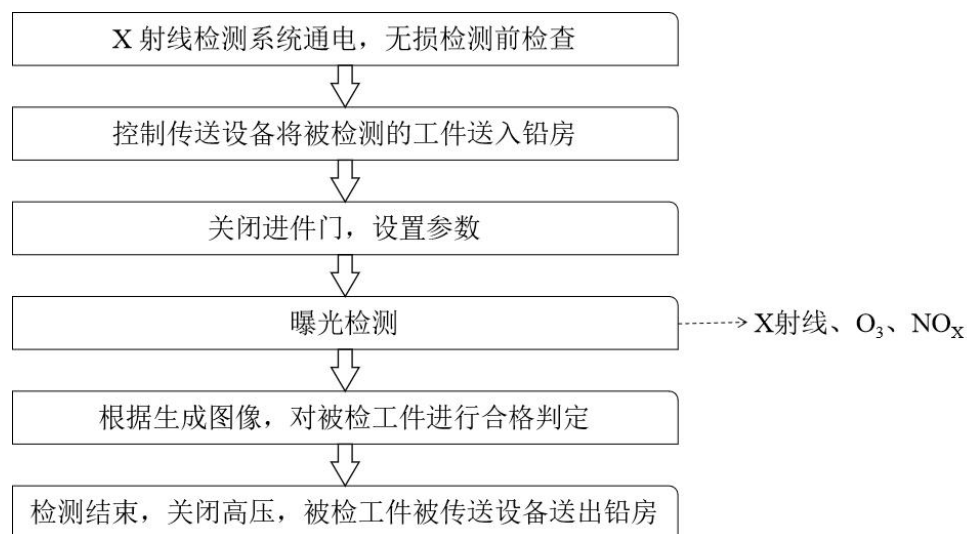


图 9-6 本项目 ZXFC450 型智能型 X 射线 DR 检测系统工艺流程及产污环节分析示意图

4、人员配置及工作制度

本次新增 2 套 X 射线成像检测系统均实行单班制运行，撬装 8 号车间 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统每天探伤时间不超过 8h，每天检测工业瓶约 30-50 个，检测累积曝光时间不超过 4h/天，每年工作约 250 天（50 周），累积年曝光时间约为 1000h；撬装 9 号车间 ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统每天探伤时间不超过 8h，每天

检测储罐约 2-3 个，检测累积曝光时间不超过 3h/天，每年工作约 250 天（50 周），累积年曝光时间约为 750h。

张家港富瑞深冷科技有限公司现有 2 座固定式 X 射线探伤房，配备 5 名辐射工作人员，本项目拟调配 1 名、新增 3 名辐射工作人员专门从事本次新增 2 套 X 射线成像检测系统的辐射工作，不再从事其他辐射工作。

5、原有工艺不足和改进情况

建设单位原许可的辐射工作场所均有完善的环境、辐射安全许可证。根据原有项目竣工验收意见及最近一次该辐射工作场所年检报告可知，原有核技术利用项目均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）相应要求。经过确认，原有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果未出现超标情况，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施及相关制度齐全。辐射工作人员辐射安全与防护培训合格证书均在有效期内，建设单位已为其建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案。

综上所述，原有工艺不存在不足情况。

污染源项描述

1、辐射污染源分析

（1）XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统

本项目于公司厂区东侧撬装 8 号车间新增 1 套 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统，XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统最大管电压为 225kV、最大管电流为 8mA、额定功率为 1800W、滤过条件为 0.8mmBe。

由 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统的工作原理可知，只有在 X 射线检测系统开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，因此正常工况时，在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物，本项目 X 射线辐射类型主要分为有用线束辐射、漏射线辐射、散射线辐射三类：

有用线束辐射：X 射线机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。根据本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统滤过条件为 0.8mmBe，查《辐射防护导论》（方杰主编）附图 3，在曲线上读出发射率常数，计算得出输出量（ H_0 ）数值 $100 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），本项目 X 射线扫描装置

距辐射源点（靶点）1m处的泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，225kV 的 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值取 200kV。

表9-3 XYG22508/3型X射线数字检测成像系统设备技术参数一览表

光管型号	HPX-225/11
最大管电压	225kV
最大管电流	8mA
额定功率	1800W
滤过条件	0.8mmBe
距靶点 1m 处的输出量	$100 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$
距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率	$5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$
90°散射辐射最高能量相应 kV 值	200kV

（2）ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统

本项目于撬装 9 号车间新增 1 套 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统最大管电压为 450kV、最大管电流为 3.3mA、额定功率为 1500W、滤过条件为 5mmBe。

有用线束辐射：X射线机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。本项目 ZXF C 450型智能型X射线DR检测系统滤过条件为5mmBe，根据设备生产厂家提供资料，HPX-450/11型1m处的输出量为 $1650 \mu\text{Gy/s}$ ，即 $5.94 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），本项目X射线扫描装置距辐射源点（靶点）1m处的泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，根据《辐射防护导论》散射线能量计算公式如下：

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos\alpha)}$$

计算得出 450kV 的 X 射线 90°散射辐射最高能量为 239kV。因而，本次预测保守取散射后能量为 250kV。

表9-4 ZXF C 450型智能型X射线DR检测系统设备技术参数一览表

光管型号	HPX-450/11 型
------	--------------

最大管电压	450kV
最大管电流	3.3mA
额定功率	1500W
滤过条件	5mmBe
距靶点 1m 处的输出量	$5.94 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$
距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率	$5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$
90°散射辐射最高能量相应 kV 值	250kV

2、非辐射污染源分析

本项目 X 射线检测系统运行时无放射性废气、放射性废水和放射性固体废物产生。X 射线检测系统在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 $120\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房的体积约为 26m^3 ，每小时约能对铅房进行 4 次换气，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 $650\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房的体积约为 117m^3 ，每小时约能对铅房进行 5 次换气，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤铅房每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。使用期间产生的微量废气可通过排风装置排入大气环境，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、工作场所布局及分区

本项目于撬装 8 号车间新增 1 套 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统、撬装 9 号车间新增 1 套 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统，2 套 X 射线检测系统均通过配套成品铅房提供辐射屏蔽防护，配套设置的操作间均位于铅房南侧，主射线均朝北部照射，本项目布局能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“操作室应避开有用线束照射的方向”的要求。

为防止 X 射线对环境的影响，本项目将铅房边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将铅房边界外 50cm 内、待测工件输入辊道、待测工件输出辊道、操作间作为辐射防护监督区，并在监督区入口处的醒目位置设立标示牌，工作期间禁止无关人员靠近。2 套 X 射线检测系统监督区及控制区示意图见图 10-1、图 10-2。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

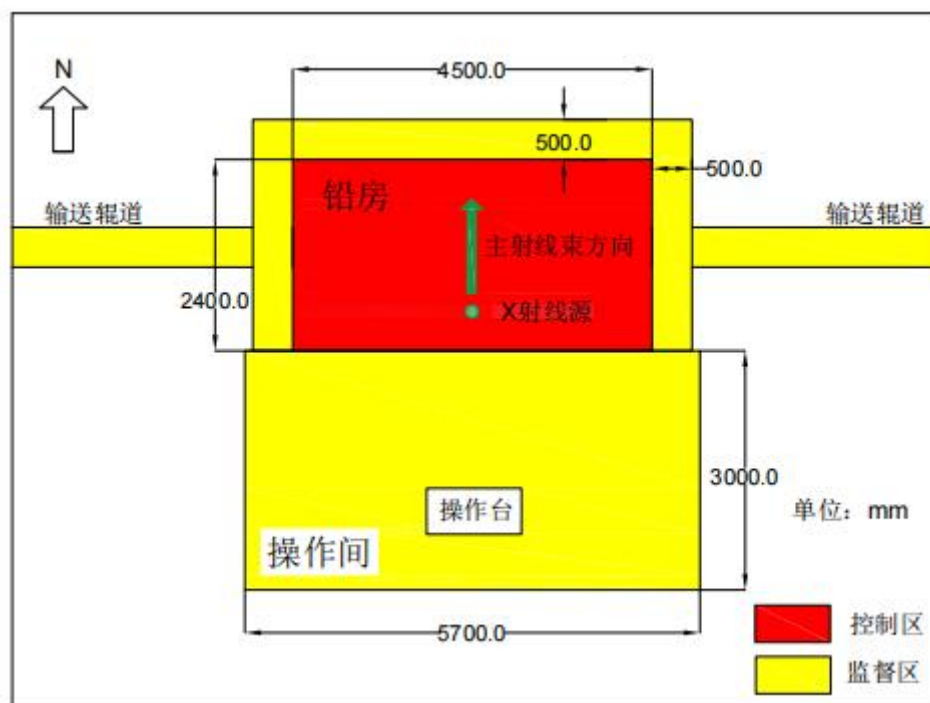


图 10-1 本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统监督区及控制区示意图

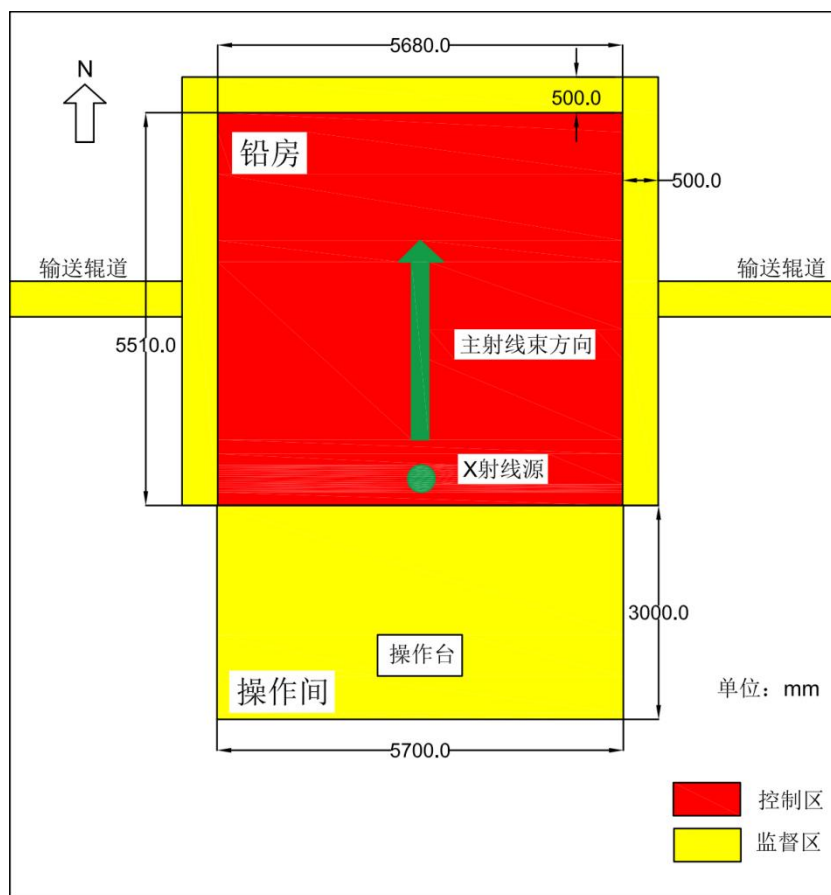


图 10-2 本项目 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统监督区及控制区示意图

2、铅房屏蔽防护设计

(1) XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统

本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房屏蔽防护参数见表 10-1。

表 10-1 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房各侧面板屏蔽参数

X 射线检测 系统型号	铅房屏蔽参数		尺寸参数	主射线方向
	位置	屏蔽体材料 及厚度		
XYG22508/ 3 型	右侧面板及出件门（东）	20mm 铅	4500mm（长） ×2400mm（宽） ×2400mm（高）	从前（南） 向后 （北）， 最大出束 角度为 40°× 30°
	前侧面板及维修门（南）	20mm 铅		
	左侧面板进件门（西）	20mm 铅		
	后侧面板（北）	20mm 铅		
	顶部面板	20mm 铅		
	排风口	20mm 铅		
	电缆孔	20mm 铅		
	左右两侧工件门门洞 900mm（宽）×900mm（高），工件门 1300mm（宽）×1300mm（高），工件门左、右、上、下各搭接 200mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 4mm。			

前面墙体开门洞，维修门洞 780mm（宽）×1680mm（高），维修门 980mm（宽）×1800（高）mm，维修门左、右搭接 100mm，上、下搭接 60mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 4mm。

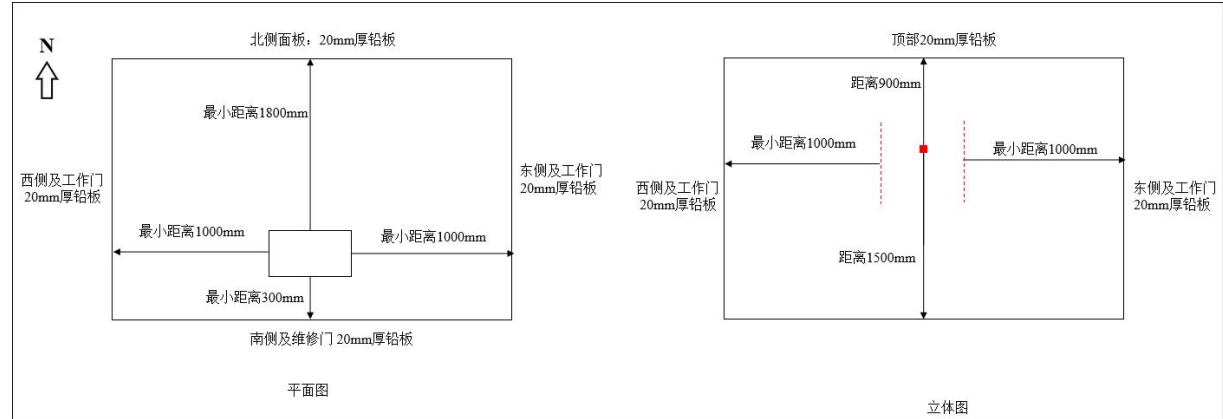


图 10-3 本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房屏蔽参数

(2) ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统

本项目 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房屏蔽防护参数见表 10-1。

表 10-2 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房各侧面板屏蔽参数

X 射线 检测系 统型号	铅房屏蔽参数		尺寸参 数	主射线 方向
	位置	屏蔽体材料及厚度		
ZXF C 450 型	右侧面板（东）	北部 500mm 部分面板为 60mm 铅，其余部分为 35mm 铅板	5680m （长）× 5510m （宽）× 3740m （高）	从前 （南）向 后（北）， 出束角 度为 40° ×30°
	出件门（东）	35mm 铅		
	前侧面板及维修门（南）	35mm 铅		
	左侧面板及进件门（西）	35mm 铅		
	后侧面板（北）	60mm 铅		
	顶部面板	35mm 铅		
	排风口	35mm 铅		
	电缆孔	35mm 铅		
	左右两侧的进、出工件门装有对开式铅门，工件门搭接长度不少于 80mm， 工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 5mm。 前面墙体开门洞，装有平移式维修门，维修门搭接长度不少于 80mm，维 修门与墙体之间的缝隙宽度均为 5mm			

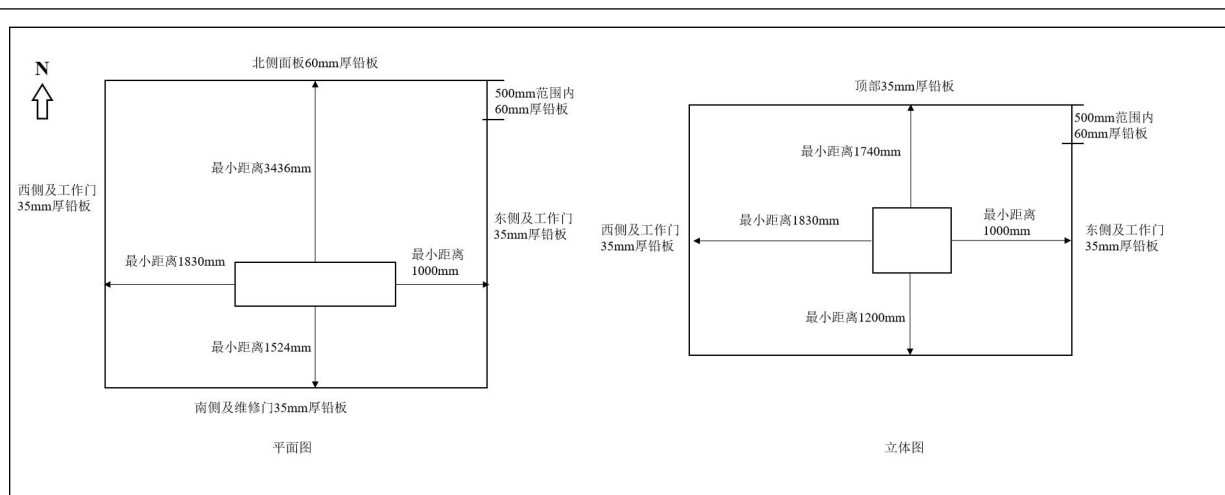


图 10-4 ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房屏蔽参数

3、工作场所辐射安全措施

(1) 本项目 2 套 X 射线成像检测系统通过配套成品铅房进行屏蔽防护。

(2) 门-机联锁：本项目 2 套 X 射线成像检测系统铅房的进、出件铅门和维修铅门均设置安全联锁装置，要求急停按钮、进、出件铅门和维修铅门正常关闭、指示灯正常的情况下射线装置才能启动，才能正常出束，一旦其中有一道设施未到位，射线装置不能启动。X 射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X 射线立即切断出束。

(3) 工作状态指示装置：2 套 X 射线成像检测系统铅房顶部和内部均设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯，并与检测装置联锁。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

(4) 急停按钮：XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统维修门处设有 1 个急停按钮；ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统维修门侧、后墙体、左侧墙体、右侧墙体与控制台处各设有 1 个急停按钮；急停按钮与 X 射线检测系统、防护铅门形成联锁，只要按急停开关，X 射线源则无法开启高压，X 射线源停止工作。

(5) 警示标志：2 套 X 射线成像检测系统铅房的各面均设置符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

(6) 视频监控：2 套 X 射线成像检测系统铅房内与东、西两侧工件进出口均拟安装监视装置，在操作台应有专用的监视器，可监视曝光室内探伤设备的运行情况。

(7) 机械通风：XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 120m³/h，铅房的体积约为 26m³，ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 650m³/h，铅房的体积约为 117m³，每小时有效通风换气次数均大于 3 次。

(8) 辐射探测报警装置：本项目 2 套 X 射线检测系统的铅房内北侧墙体拟配置固定式场所辐射探测报警装置。

(9) 控制分区：本项目将 2 套 X 射线成像检测系统铅房实体边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将 2 套 X 射线成像检测系统铅房实体边界外 50cm 内、待测工件输入辊道、待测工件输出辊道、操作间作为辐射防护监督区，并在监督区入口处的醒目位置设立标示牌，工作期间禁止无关人员靠近。

(10) 本项目 2 套 X 射线成像检测系统铅房门口拟设置“禁止进入”的警示标识和红色警示线。

本项目 2 套 X 射线成像检测系统辐射安全与防护措施分布见图 10-5、图 10-6。

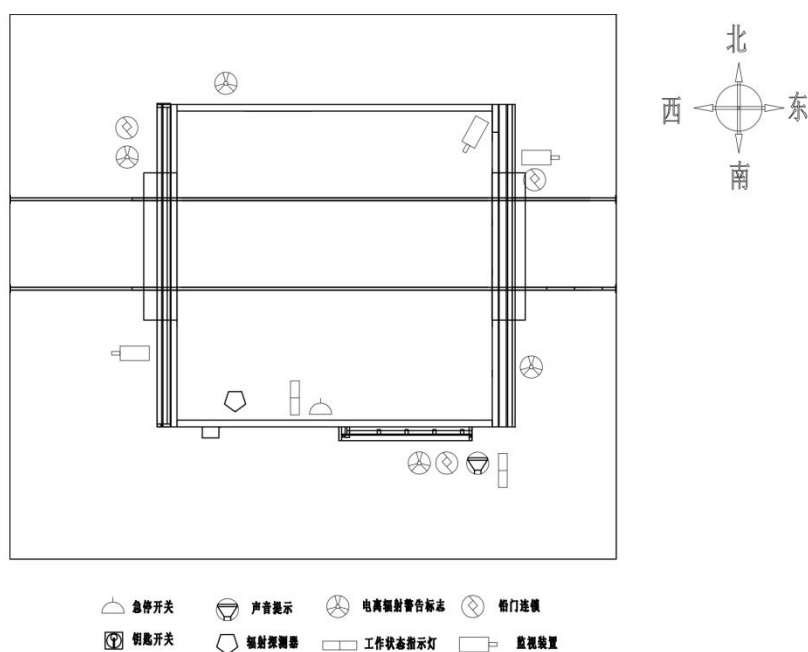
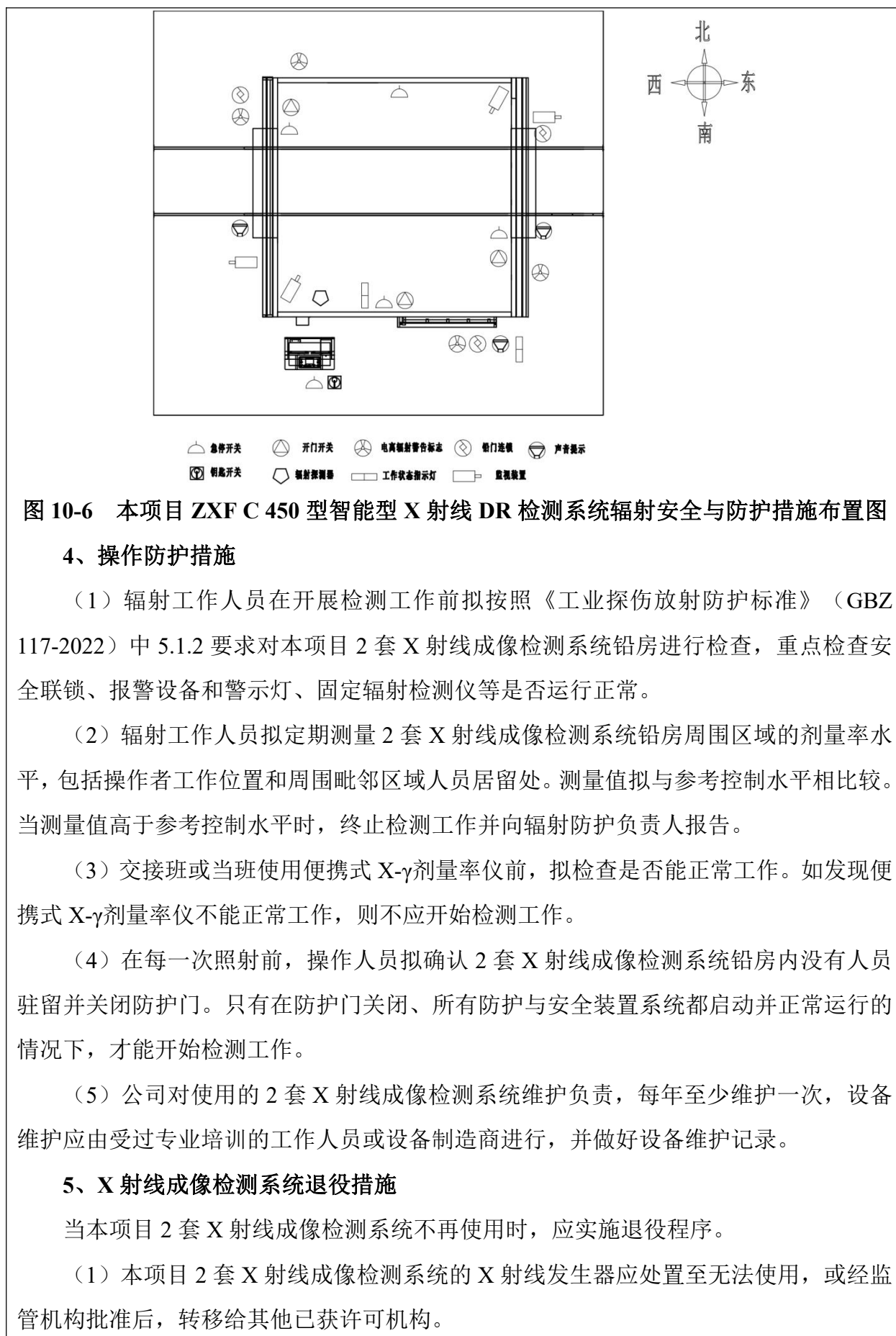


图 10-5 本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统辐射安全与防护措施布置图



(2) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废的治理

1、固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

2、液体废物

本项目运行后不会产生放射性液体废物。

3、气体废物

X 射线检测系统在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），X 射线检测系统的 X 射线能量较低，废气产生量较少，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 120m³/h，铅房的体积约为 26m³，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 650m³/h，铅房的体积约为 117m³，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤铅房每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。使用期间产生的微量废气可通过排风装置排入大气环境，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目预计施工期约 1 个月，由于本项目的施工内容主要为在原有生产车间内安装 X 射线检测系统，安装的主要内容为挖掘地基、混凝土浇筑、设备安放、线缆连接和输送带安装。

(1) 大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2) 噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3) 固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

(4) 废水：项目施工期间，基本无废水产生。

该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是 2 套 X 射线检测系统工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响，本项目 2 套 X 射线检测系统通过配套成品铅房进行屏蔽防护。撬装 8 号车间新建的 X 射线数字检测成像系统与撬装 9 号车间新建的智能型 X 射线 DR 检测系统相距 20m，根据理论估算结果和距离衰减，2 套 X 射线检测系统之间基本无影响，故不考虑 2 套 X 射线检测系统之间的叠加影响。

XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房外尺寸为 4500mm(长)×2400mm(宽)×2400mm(高)，X 射线管距东、西两侧最小距离 1000mm，北侧最小距离 1800mm，南侧最小距离 300mm，距顶部最小距离 900mm，X 射线管出束角度为 $40^{\circ} \times 30^{\circ}$ ，当 X 射线管朝北侧照射时，X 射线在水平方向和竖直方向上产生的照射的最大范围为 $(2400-300) \text{ mm} \times \tan(40^{\circ} / 2) = 764.3.5 \text{ mm}$ ，均小于对应计算位置 X 射线管距离东侧、

西侧及顶部屏蔽体的最近距离，因此 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统朝北侧照射时主射线不会影响到东侧、西侧及顶部屏蔽体。故计算时将铅房北侧（后面）按照有用线束照射进行预测计算，将东侧（右面）、南侧（前侧）、西侧（左面）、顶部按照非有用线束照射进行预测计算。

ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房内净尺寸为 5680m(长)×5510m(宽)×3740m(高)，X 射线管距东侧最小距离 1000mm，南侧最小距离 1524mm，西侧最小距离 1830mm，北侧最小距离 3436mm，距顶部最小距离 1740mm，X 射线管出束角度为 40°×30°（X 射线在西半部分出束角度为 20°，在东半部分出束角度为 10°），当 X 射线管朝北侧照射时，西半部分 X 射线在水平方向和竖直方向上产生的照射的最大范围为 (5510-1524) mm×tan20°=1450.8mm，均小于对应计算位置 X 射线管距离西侧和顶部屏蔽体的最近距离；东半部分 X 射线在水平方向和竖直方向上产生的照射的最大范围为 (5510-1524) mm×tan10°=702.8mm，均小于对应计算位置 X 射线管距离东侧和顶部屏蔽体的最近距离；因此 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统朝北侧照射时主射线不会影响到东侧、西侧及顶部屏蔽体。故计算时将铅房北侧（后面）按照有用线束照射进行预测计算，将东侧（右面）、南侧（前侧）、西侧（左面）、顶部按照非有用线束照射进行预测计算。

本项目预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

1、有用线束屏蔽估算

有用线束屏蔽预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (1)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 或根据公式（2）及附录 B 中表 B.2 计算得出

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

式中：X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位。

TVL：半值层厚度，单位为毫米（mm）；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

2、非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

（1）泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (3)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1；

B：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 或根据公式（2）及附录 B 中表 B.2 计算得出；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

（2）散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (4)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 或根据公式（2）及附录 B 中表 B.2 计算得出；

F： R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ：散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的

散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以用水的 α 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s ：散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

2、屏蔽计算结果

2.1、理论计算结果

（1）XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统

表 11-1 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统有用线束方向屏蔽防护计算参数及计算结果

参数 \ 屏蔽体		后侧面板（北侧）
厚度（X）		20mm 铅
I（mA）		8
H_0 （ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ）		$100\times6\times10^4$
$B^{①}$		4.99×10^{-10}
$R^{②}$ （m）		2.1
关注点处剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	$\dot{H}$ 估算值	5.43×10^{-3}
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5
	评价结果	满足

注：①B 根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，内插法计算得出管电压 225kV 时，对应的 TVL 值为 2.15mm 铅，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 20mm 铅条件下，B 的值为 4.99×10^{-10}

② $R_{\text{后侧面板}}=1.8\text{m}$ （辐射源距北侧外表面最近距离）+0.3m（北侧表面距关注点）=2.1m

表 11-2 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统非有用线束方向关注点屏蔽防护计算参数及计算结果

参数 \ 屏蔽体		右侧面板（东侧）	前侧面板（南侧）	左侧面板（西侧）	顶部/通风口
X 设计厚度		20mmPb	20mmPb	20mmPb	20mmPb
泄漏	$B^{①}$	4.99×10^{-10}	4.99×10^{-10}	4.99×10^{-10}	4.99×10^{-10}
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3

辐射	$R^{②}$ (m)	1.3	0.6	1.3	1.2
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	1.47×10^{-6}	6.92×10^{-6}	1.47×10^{-6}	1.73×10^{-6}
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值	200kV			
	$B^{③}$	5.18×10^{-15}	5.18×10^{-15}	5.18×10^{-15}	5.18×10^{-15}
	I (mA)	8	8	8	8
	$H_0(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h}))$	$100 \times 6 \times 10^4$			
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	取 1/50 (数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T 250-2014) B.4.2)			
	R_s (m)	1.3	$0.9^{④}$	1.3	1.2
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	2.94×10^{-9}	6.14×10^{-9}	2.94×10^{-9}	3.45×10^{-9}
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)		1.48×10^{-6}	6.93×10^{-6}	1.48×10^{-6}	1.73×10^{-6}
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足

注：①B 根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，内插法计算得出管电压 225kV 时，对应的 TVL 值为 2.15mm 铅，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 20mm 铅条件下，B 的值为 4.99×10^{-10}

② $R_{\text{东、西侧}} = 1.0\text{m}$ （辐射源距东、西侧外表面最近距离）+0.3m（东、西侧表面距关注点）=1.3m

$R_{\text{南侧}} = 0.3\text{m}$ （辐射源距南侧外表面最近距离）+0.3m（南侧表面距关注点）=0.6m

$R_{\text{顶部}} = 0.9\text{m}$ （辐射源距顶部外表面最近距离）+0.3m（顶部表面距关注点）=1.2m

③B 根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，管电压 200kV 时，对应的 TVL 值为 1.4mm 铅，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 20mm 铅条件下，B 的值为 5.18×10^{-15}

④ $R_{\text{南侧}} = 0.3\text{m}$ （辐射源距南侧外表面最近距离）+0.3（辐射源至工件的距离）+0.3m（南侧表面距关注点）=0.9m

从表 11-1 及表 11-2 预测结果可以看出，当本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统在管电压为 225kV，管电流为 8mA 的满功率运行时，装置屏蔽体表面 30cm 处的周围剂量当量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的剂量限值要求。

（2）ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统

表 11-3 ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统有用线束方向屏蔽防护计算参数及计算结果

参数	屏蔽体	后侧面板（北侧）
厚度（X）		60mm 铅

I (mA)		3.3
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)		5.94×10^6
$B^{①}$		3.26×10^{-7}
$R^{②}$ (m)		3.736
关注点处剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}$ 估算值	0.458
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5
	评价结果	满足

注：①B 根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，内插法计算得出管电压 450kV 时，对应的 TVL 值为 9.25mm 铅，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 60mm 铅条件下，B 的值为 3.26×10^{-7}

② $R_{\text{后侧面板}}=3.436\text{m}$ （辐射源距北侧外表面最近距离）+0.3m（北侧表面距关注点）=3.736m

表 11-4 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统非有用线束方向关注点屏蔽防护计算

参数及计算结果

屏蔽体 参数		右侧面板（东 侧）/电缆口	前侧面板 （南侧）	左侧面板 （西侧）	顶部/通风 口
X 设计厚度		35mmPb	35mmPb	35mmPb	35mmPb
泄 漏 辐 射	$B^{①}$	1.65×10^{-4}	1.65×10^{-4}	1.65×10^{-4}	1.65×10^{-4}
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3
	$R^{②}$ (m)	1.3	1.824	2.13	2.04
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	0.487	0.247	0.181	0.198
散 射 辐 射	散射后能量对应的 kV 值	250kV			
	$B^{③}$	8.53×10^{-13}	8.53×10^{-13}	8.53×10^{-13}	8.53×10^{-13}
	I (mA)	3.3	3.3	3.3	3.3
	$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	5.94×10^6			
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$	取 1/50（数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2）			
	R_s (m)	1.3	$2.374^{④}$	2.13	2.04
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	1.98×10^{-7}	5.93×10^{-8}	7.37×10^{-8}	8.04×10^{-8}
泄漏辐射和散射辐射的复合 作用($\mu\text{Sv/h}$)		0.487	0.247	0.181	0.198
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足

注：①B 参考《辐射防护导论》（方杰主编）中的表 3.5，内插法计算得出管电压 450kV 时，对应的 TVL 值为 9.25mm 铅，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 35mm 铅条件下，B 的值为 1.65×10^{-4}

- ② $R_{\text{东侧}}=1.0\text{m}$ （辐射源距东侧外表面最近距离）+ 0.3m （东侧表面距关注点）= 1.3m
 $R_{\text{西侧}}=1.83\text{m}$ （辐射源距西侧外表面最近距离）+ 0.3m （西侧表面距关注点）= 2.13m
 $R_{\text{南侧}}=1.524\text{m}$ （辐射源距南侧外表面最近距离）+ 0.3m （南侧表面距关注点）= 1.824m
 $R_{\text{顶部}}=1.74\text{m}$ （辐射源距顶部外表面最近距离）+ 0.3m （顶部表面距关注点）= 2.04m
- ③B 根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，管电压 250kV 时，对应的 TVL 值为 2.9mm 铅，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 35mm 铅条件下，B 的值为 8.53×10^{-13}
- ④ $R_{\text{S 南侧}}=1.524\text{m}$ （辐射源距南侧外表面最近距离）+ 0.55m （辐射源至工件的距离）+ 0.3m （南侧表面距关注点）= 2.374m

从表 11-3 及表 11-4 预测结果可以看出，当本项目 ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统在管电压为 450kV，管电流为 3.3mA 的满功率运行时，装置屏蔽体表面 30cm 处的周围剂量当量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的剂量限值要求。

2.2、通风口、电缆口、防护门搭接设计对散射辐射防护效果分析

本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统通风口和电缆口拟采用 20mm 铅防护罩进行防护，通风口位于铅房顶部，采用迷道设计，电缆口位于东侧，设“U”型埋地电缆管道，管道埋地深度约为 240mm。ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房通风口和电缆口拟采用 35mm 铅防护罩进行防护，通风口位于铅房顶部，电缆口位于东侧，均采用迷道设计。利用散射降低管道口的辐射水平，X 射线进入管道需要至少三次散射才能到达管道口，根据《辐射防护导论》P189“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，由此可以推断，本项目断层扫描装置防护门搭接设计能够满足辐射防护要求。电缆口及通风口散射示意图如图 11-1、11-2、11-3。

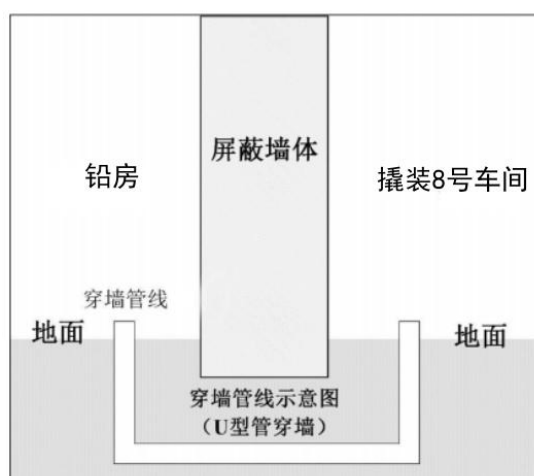


图 11-1 埋地设计电缆口防护罩结构散射示意图

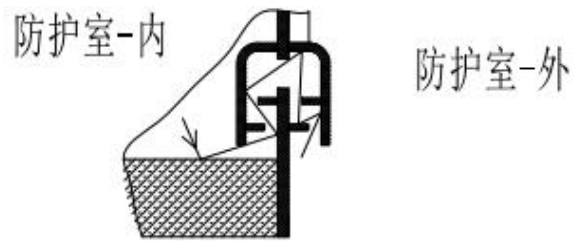


图 11-2 迷道设计电缆口防护罩结构散射示意图

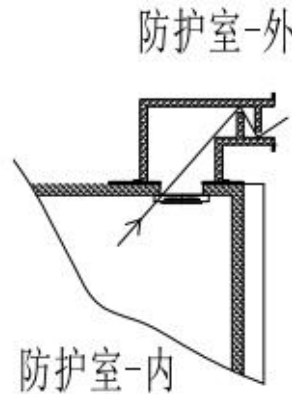


图 11-3 迷道设计通风口防护罩结构散射示意图

本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房左右两侧工件门左、右、上、下各搭接 200mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 4mm；前面维修门左、右搭接 100mm，上、下搭接 60mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 4mm。ZXFC 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房左右两侧的进、出工件门搭接长度不少于 80mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 5mm，前面墙体维修门搭接长度不少于 80mm，维修门与墙体之间的缝隙宽度均为 5mm。工件门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

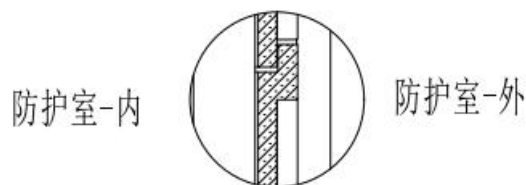


图 11-4 防护门搭接设计示意图

2.3、天空反散射辐射影响分析

根据前述预测计算可知，由于本项目 2 套 X 射线成像检测系统满功率运行时顶部关注点处的周围剂量当量率为 0.198 μ Sv/h，故在经过天空反散射后，其散射值将远小于 2.5 μ Sv/h，叠加天空反散射和底部地面反散射后关注点处辐射剂量率也能够满足评价标准要求。

4、保护目标剂量评价

张家港富瑞深冷科技有限公司现有 2 座固定式 X 射线探伤房，分别位于撬装 7 号车间、韩中 5 号车间，2 座固定式 X 射线探伤房离本项目装置距离较远（均超过 50m），故不考虑现有 2 座固定式 X 射线探伤房对本项目辐射工作人员及周围公众的叠加影响。

（1）关注点处辐射剂量率

本项目辐射工作人员为 2 套 X 射线成像检测系统操作人员，公众主要为 2 套 X 射线成像检测系统拟建址周围 50m 范围内其他人员。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到各关注点处辐射剂量率：

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (5)$$

式中： H_1 —距射线源 R_1 处的剂量率， μ Sv/h；

H_2 —距射线源 R_2 处的剂量率， μ Sv/h；

R_1 —装置各屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R_2 —监督区外各计算点位距射线源的距离，m。

（2）年剂量估算

对辐射工作人员和公众的受照辐射年剂量均按下式计算：

$$H_C = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (6)$$

式中： H_C ：关注点的年剂量水平，mSv/a；

$\dot{H}_{c,d}$ ：关注点处剂量率，mSv/h；

t ：扫描装置年照射时间，h/a；

U ：扫描装置向关注点方向照射的使用因子；

T ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

根据表 11-1 至 11-4 与公式（5），可以得出各参考点位处辐射剂量率水平，再根据公式（6），可估算出本项目所致辐射工作人员和周围公众的年受照剂量，具体计算参数及计算结果见表 11-5，预测参考点位图见图 11-5。

表 11-5 本项目 2 套 X 射线检测系统所致辐射工作人员和周围公众年受照剂量估算表

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
关注点	撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统操作位	撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统西侧焊接点	撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统西侧工件上件点	撬装 8 号车间 X 射线数字检测成像系统东侧工件下件点	撬装 7 号车间	撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统操作位	撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统西侧工件上件点	撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统东侧工件下件点	撬装 8 号车间
人员	职业人员	公众	公众	公众	公众	职业人员	公众	公众	公众
使用因子 U	1	1	1	1	1	1	1	1	1
居留因子 T	1	1	1	1	1	1	1	1	1
距射线源 R_1 处的剂量率 H_1 ($\mu\text{Sv/h}$)	6.93×10^{-6}	1.48×10^{-6}	1.48×10^{-6}	1.48×10^{-6}	5.43×10^{-3}	0.247	0.181	0.487	0.458
与铅房表面最近距离 R_2 (m)	1.5	2	3	3	5	1.5	3	3	5
辐射剂量率取值 H_2 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.77×10^{-7}	3.32×10^{-8}	1.48×10^{-8}	1.48×10^{-8}	1.95×10^{-5}	9.89×10^{-3}	1.81×10^{-3}	4.87×10^{-3}	1.65×10^{-3}
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足
年工作时间 (h)	1000	1000	1000	1000	1000	750	750	750	750
年有效剂量 (mSv)	2.77×10^{-7}	3.32×10^{-8}	1.48×10^{-8}	1.48×10^{-8}	1.95×10^{-5}	7.42×10^{-3}	1.36×10^{-3}	3.65×10^{-3}	1.24×10^{-4}
目标管理值 (mSv/a)	5	0.1	0.1	0.1	0.1	5	0.1	0.1	0.1
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：使用因子均保守取“1”

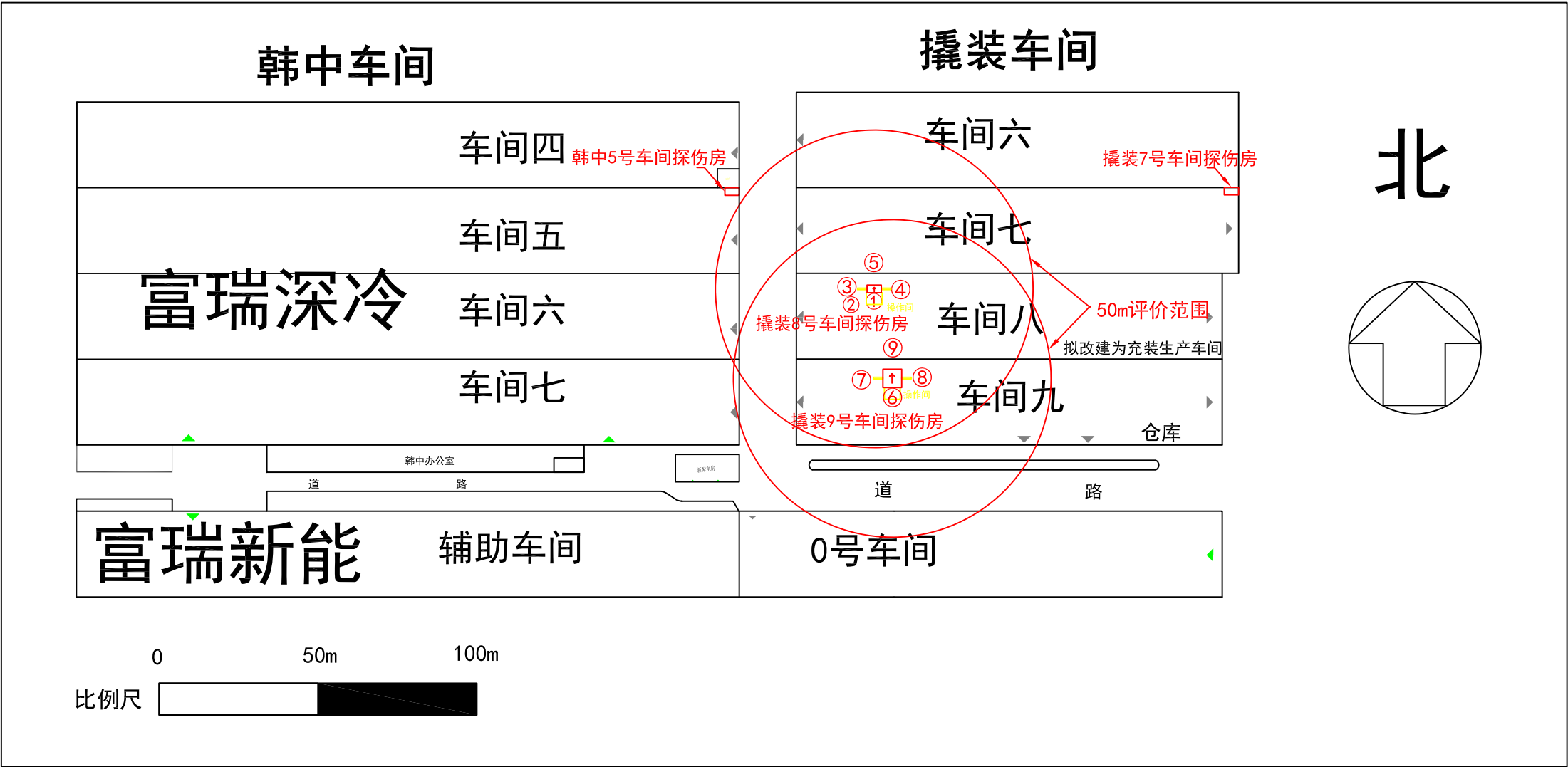


图11-5 预测参考点位图

从表 11-5 中预测结果可知，本项目 2 套 X 射线检测系统辐射工作人员及周围公众的年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

事故影响分析

1、主要事故风险

X 射线检测系统只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于安全联锁装置失灵，X 射线检测系统在对工件进行检测时工件门、维修门未能完全关闭，人员受到误照射；或在探伤过程中，安全联锁装置失灵导致工件门被意外打开时不能立刻停止出束，造成人员误照射。

（2）辐射工作人员脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

（3）机器调试、检修时误照。X 射线检测系统在调试或检修过程中，责任者脱岗，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

2、辐射事故处置方法及预防措施

（1）切断电源，确保 X 射线机停止出束；

（2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（3）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

建设单位应当针对本项目不断完善紧急事故的应急程序，对于可能发生的各种事故，公司方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立公司安全管理领导小组，组织管理辐射应用项目的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定公司重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

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

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《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》等法律法规要求，使用射线装置的单位应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；辐射工作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；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证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。张家港富瑞深冷科技有限公司已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员管理职责。张家港富瑞深冷科技有限公司现有 2 座固定式 X 射线探伤房，配备 5 名辐射工作人员，本项目拟调配 1 名、新增 3 名辐射工作人员专门从事本次新增 2 套 X 射线成像检测系统的辐射工作，不再从事其他辐射工作。

公司应时刻关注辐射工作人员辐射安全和防护培训情况，培训证书到期前，应及时组织本项目辐射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，报考类别为“X 射线探伤”，通过考核后，方能继续从事本项目辐射工作。

辐射安全管理规章制度

公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，根据现有和技术利用项目制定了一系列辐射安全管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

公司还应根据本项目具体情况补充制定《X 射线检测系统操作规程》、《监测异常报告制度》，并对现有的辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性，现对各项辐射安全管理制度需补充和完善的要点提出如下建议：

辐射防护和安全保卫制度：根据单位的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线检测系统的安全防护和管理落实到个人。

操作规程：补充制定 X 射线检测系统操作规程，明确 X 射线检测系统辐射工作人员

的资质条件要求、操作步骤以及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确 X 射线检测系统的操作步骤，工作前的安全检查，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器。

岗位职责：完善岗位职责，明确 X 射线检测系统操作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

设备检修维护制度：完善设备检修维护制度，明确 X 射线检测系统的安全联锁装置、工作状态指示灯等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是 X 射线检测系统的辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确 X 射线检测系统操作人员的培训内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

个人剂量监测和职业健康体检制度：完善个人剂量监测和职业健康体检制度，明确 X 射线检测系统操作人员开展辐射工作时应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，明确 X 射线检测系统操作人员进行职业健康体检的周期，并建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射环境监测方案：完善辐射环境监测方案，明确 X 射线检测系统日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：针对 X 射线检测系统可能产生的辐射事故完善辐射事故应急预案，明确 X 射线检测系统辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，公司应当立即启动事故应急预案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

监测异常报告制度：补充制定监测异常报告制度，明确按照相关标准要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测；当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告；当发现个人剂量监测结果异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

本项目 X 射线检测系统操作人员应在公司辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的安全措施进行检查。此外，对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急方案响应程序等制度应张贴于 X 射线检测系统拟建处附近的醒目处。

辐射监测

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用射线装置的单位应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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。张家港富瑞深冷科技有限公司已配备 1 台 BG9511 辐射巡测仪、5 台个人剂量报警仪，本项目拟增设 2 台 BG9511 辐射巡测仪，3 台个人剂量报警仪。

2、监测方案

张家港富瑞深冷科技有限公司已根据辐射管理要求，制定了如下监测方案：

(1) 请有资质单位定期对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，周期：每年 1~2 次；

(2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案，个人剂量档案应当长期保存；

(3) 所有辐射工作人员上岗前均进行职业性健康体检，以排除职业禁忌证。开展辐射工作后，均定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），确认可继续从事放射工作，并建立个人职业健康档案。

(4) 利用自配备的辐射巡测仪对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行自主监测，建议每季度一次，并记录档案。

本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
2 套 X 射线检测系统铅房	周围剂量当量	验收监测	1 次	①2 套 X 射线检测系统铅房周围各关注点位，如各屏蔽体、工件门、人员门外 30cm 处；特别是电缆口、通风口处。 ②操作位处； ③周围相邻区域人员居留处。
		工作场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	每 3 个月/次	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/

公司现有核技术利用项目已认真落实以上监测方案，每年请有资质监测单位对现有

辐射工作场所及周围环境辐射水平进行了监测，并不定期的进行自主监测。现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，委托有资质单位定期进行监测，现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值 5mSv/a，定期组织辐射工作人员进行了职业健康体检，现有辐射工作人员均可继续原放射工作，并已按相关要求建立了辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。公司已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交了上一年度的评估报告。

本项目运行后，也应落实上述监测方案，方能满足辐射安全管理的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，为加强射线装置在探伤过程中的辐射安全和管理，预防和控制放射性突发事件的发生而造成的危害，保障公司员工及社会公众的健康与安全，张家港富瑞深冷科技有限公司已制定了辐射事故应急方案，应急方案内容主要有：

- (1) 应急机构、组成人员以及职责分工；
- (2) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (3) 应急人员的组织、培训及联系方式；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 应急演习计划。

张家港富瑞深冷科技有限公司已依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。

公司应针对本项目 X 射线检测系统可能产生的辐射事故完善辐射事故应急方案，明确 X 射线检测系统辐射防护措施及事故处理程序等，使其具有一定的操作性。公司应加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，积极开展辐射应急演练，发现问题及时解决，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

现因公司生产需求，拟于公司厂区东侧撬装 8 号车间新增 1 套 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统，对公司生产的工业瓶进行工业 X 射线探伤，XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统最大管电压为 225kV、最大管电流为 8mA、额定功率为 1800W，为 II 类射线装置；于撬装 9 号车间新增 1 套 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统对公司生产的储罐进行工业 X 射线探伤，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统最大管电压为 450kV、最大管电流为 3.3mA、额定功率为 1500W，为 II 类射线装置。

2、产业政策符合性和实践正当性评价

本项目使用 X 射线检测系统对建设单位生产的产品进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于鼓励类、限制类、淘汰类，属于允许类，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

本项目的建设和运行满足了企业的发展需求，提高了产品的质量，在做好辐射防护的基础上，其建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

3、选址、布局合理性评价

张家港富瑞深冷科技有限公司位于张家港市杨舍镇福新（晨新）路 19 号。公司厂区东侧为张家港国家再制造产业示范基地；南侧为张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧为张家港富瑞重型装备有限公司；北侧依次为沪宁沿江高速铁路、晨丰公路。

本项目拟于撬装 8 号车间、撬装 9 号车间各新增 1 套 X 射线成像检测系统，撬装 8 号车间、撬装 9 号车间目前为仓库，其中撬装 8 号车间拟改建进行总装生产。撬装车间为一层建筑，无地下建筑，X 射线数字检测成像系统拟建址东侧依次为撬装 8 号车间、厂区道路、河道；南侧依次为撬装 8 号车间、撬装 9 号车间、厂区道路、张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧依次为撬装 8 号车间、厂区道路、韩中 6 号车间；北侧为撬装 7 号车间。撬装 9 号车间智能型 X 射线 DR 检测系统东侧依次仓库、厂区道路、河道；南侧依次为仓库、厂区道路、张家港富瑞新能源科技有限公司；西侧依次为仓库、厂区道路、韩中 7 号车间；北侧为撬装 8 号车间。

本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，且不涉及江苏省国家级生态保

护红线区域和江苏省生态空间管控区域。根据现场检测与环评预测，本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。因此，本项目周围无环境制约因素，项目选址合理。

本项目撬装 8 号车间新增 1 套 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统，配套有成品铅房与操作间，操作间位于铅房南侧；本项目撬装 9 号车间新增 1 套 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统，配套有成品铅房与操作间，操作间位于铅房南侧，主射线均朝北部照射，本项目布局能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“操作室应避开有用线束照射的方向”的要求。

4、辐射防护措施评价

本项目于撬装 8 号车间新增 1 套 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统、撬装 9 号车间新增 1 套 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统，通过配套成品铅房提供辐射屏蔽防护。经理论预测结果可知，本项目拟配备的 2 套 X 射线检测系统以最大功率运行时其表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的剂量率限值要求（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。

本项目将铅房实体边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将铅房实体边界外 50cm 内、待测工件输入辊道、待测工件输出辊道、操作间作为辐射防护监督区，工作期间禁止无关人员靠近。

5、辐射安全措施评价

本项目 2 套 X 射线成像检测系统通过配套成品铅房进行屏蔽防护；本项目 2 套 X 射线成像检测系统铅房的进、出件铅门和维修铅门均设置安全联锁装置；2 套 X 射线成像检测系统铅房顶部和内部均设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯，并与检测装置联锁；XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统维修门处设有 1 个急停按钮；ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统维修门侧、后墙体、左侧墙体、右侧墙体与控制台处各设有 1 个急停按钮；2 套 X 射线成像检测系统铅房的各面均设置符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；2 套 X 射线成像检测系统铅房内与东、西两侧工件进出口均拟安装监视装置，在操作台应有专用的监视器，可监视曝光室内探伤设备的运行情况；XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 $120\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房的体积约为 26m^3 ，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 $650\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房的体积约为 117m^3 ，每小时有效通风换气次数均大于 3 次；本项目 2 套 X 射线检测系统的铅房内北侧墙体拟配置固定式场所辐射探测报警装置；本项目 2 套 X 射线成像检测系统铅房门口拟设置“禁止进入”的警示标识和红色警示线。

公司已配置有 1 台 BG9511 辐射剂量巡测仪，5 台个人剂量报警仪，拟为本项目 2 台 BG9511 辐射巡测仪、3 台个人剂量报警仪，用于对 X 射线检测系统工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警，以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

6、保护目标剂量评价

根据理论估算结果，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

7、三废处理处置

本项目无放射性三废产生。

X 射线检测系统在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 120m³/h，铅房的体积约为 26m³，每小时约能对铅房进行 5 次换气，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 650m³/h，铅房的体积约为 117m³，每小时约能对铅房进行 3 次换气，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤铅房每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。使用期间产生的微量废气可通过排风装置排入大气环境，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

8、辐射环境管理

- （1）委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- （2）公司配置辐射剂量监测仪器，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- （3）在项目运行前，公司委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案；
- （4）在项目运行前对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。

公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前完善相关的辐射安全管理制度；严格履行管理职能，评价认为企业可具有使用和管理第Ⅱ类射线装置的能力。

综上所述，张家港富瑞深冷科技有限公司扩建 2 套 X 射线成像检测系统项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护

标准》（GBZ 117-2022）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议与承诺

（1）该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

（2）各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

（3）定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

（4）建议项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人

公 章
年 月 日

审批意见

经办人

公 章
年 月 日

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员的管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的管理要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统配套使用专门的铅房，其铅房尺寸为 4500mm（长）×2400mm（宽）×2400mm（高）。设备照射类型为定向照射，其主射照射方向为从前往后，其四周、顶棚、前侧维修门和左右两侧的进、出工件门均采用 20mm 厚铅板。 ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统配套使用专门的铅房，其铅房内净尺寸为 5680m（长）×5510m（宽）×3740m（高）。设备照射类型为定向照射，其主射照射方向为从前往后，其主射面采用 60mm 厚铅板；右侧面板北部 500mm 部分面板为 60mm 厚铅，其余部分为 35mm 厚铅板；左侧面板、前侧面板、顶棚、前侧维修门和左右两侧的进、出工件门均采用 35mm 厚铅板。	装置表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量率限值要求。辐射工作人员及公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》和《工业探伤放射防护标准》中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（工作人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。	10
	安全措施：本项目 2 套 X 射线成像检测系统通过配套成品铅房进行屏蔽防护；本项目 2 套 X 射线成像检测系统铅房的进、出件铅门和维修铅门均设置安全联锁装置；2 套 X 射线成像检测系统铅房顶部和内部均设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯，并与检测装置联锁；YG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统维修门处设有 1 个急停按钮；ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统维修门侧、后墙体、左侧墙体、右侧墙体与控制台处各设有 1 个急停按钮；2 套 X 射线成像检测系统铅房的各面均设置符合 GB	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的管理要求。	

	18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；2 套 X 射线成像检测系统铅房内与东、西两侧工件进出口均拟安装监视装置，在操作台应有专用的监视器，可监视曝光室内探伤设备的运行情况；XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 120m³/h，铅房的体积约为 26m³，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 650m³/h，铅房的体积约为 117m³，每小时有效通风换气次数均大于 3 次；本项目 2 套 X 射线检测系统的铅房内北侧墙体拟配置固定式场所辐射探测报警装置；本项目 2 套 X 射线成像检测系统铅房门口拟设置“禁止进入”的警示标识和红色警示线。 岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。标明控制区、监督区边界。		
污染防治措施	本项目 XYG22508/3 型 X 射线数字检测成像系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 120m³/h，铅房的体积约为 26m³，每小时约能对铅房进行 4 次换气，ZXF C 450 型智能型 X 射线 DR 检测系统铅房内通风装置的通风量拟设置为 650m³/h，铅房的体积约为 117m³，每小时约能对铅房进行 5 次换气，使用期间产生的微量废气可通过排风装置排入大气环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的管理要求。	/
人员配备	公司辐射工作人员均拟参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中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的管理要求。	1
	公司辐射工作人员均配备个人剂量计，每 3 个月定期送检，并建立辐射工作人员个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。	1

	公司辐射工作人员均定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。	1
监测仪器和防护用品	已配备 1 台 BG9511 辐射巡测仪，5 台个人剂量报警仪，拟增设 2 台 BG9511 辐射巡测仪、3 台个人剂量报警仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。	2
辐射安全管理制度	对已制定的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度进行补充和完善。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位需具备有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。