

检索号	QQHP-2025-026
商密级别	普通商密

核技术利用建设项目

江苏华兴重工有限公司

新建 2 座 X 射线探伤房项目

环境影响报告表

江苏华兴重工有限公司

2025 年 6 月

生态环境部监制

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	10
表 8 环境质量和辐射现状	14
表 9 项目工程分析与源项	17
表 10 辐射安全与防护	22
表 11 环境影响分析	27
表 12 辐射安全管理	40
表 13 结论与建议	44
表 14 审批	49

附图：

附图 1：江苏华兴重工有限公司地理位置示意图

附图 2：江苏华兴重工有限公司厂区平面及周边概况图

附图 3：公司厂房平面布局图

附图 4：本项目与启东市调整后生态空间管控区域相对位置关系示意图

附图 5：本项目与江苏省生态管控单元相对位置关系图

附件：

附件 1：项目委托函

附件 2：射线装置使用承诺书

附件 3：环境辐射水平检测报告及检测单位计量认证证书

附件 4：销售方辐射安全许可证

表 1 项目基本情况

建设项目名称		江苏华兴重工有限公司新建 2 座 X 射线探伤房项目				
建设单位		江苏华兴重工有限公司				
法人代表	俞晓华	联系人	孙祥伟	联系电话	13962952261	
注册地址		南通市启东市吕四港经济开发区临港东路 33 号				
项目建设地点		南通市启东市吕四港经济开发区临港东路 33 号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	600	项目环保投资 (万元)	420	投资比例(环保 投资/总投资)	70%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 新建 ☐ 其他			占地面积 (m 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) ☐ 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

一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来

1、建设单位基本情况

江苏华兴重工有限公司成立于 2021 年 9 月 27 日，公司位于南通市启东市吕四港经济开发区临港东路 33 号，占地面积 24.35hm²。经营范围包括特种设备制造；特种设备设计；港口经营；炼油、化工生产专用设备制造；金属结构制造等。

本项目拟建的 2 座探伤房均位于公司厂房中部，厂房为一层布置。

2、项目由来及建设规模

因公司生产需要，公司拟于黄石鹿峰检测设备有限公司（辐射安全许可证编号：鄂环辐证[B0163]，详见附件 4）新购置 2 台 XXQ-3505 型 X 射线机（定向机）、2 台 XXQHZ-3505 型 X 射线机（周向机），安置于公司新建的 2 座探伤房内（2 座探伤房各安置 1 台定向机、1 台周向机），用于对公司生产的压力容器、换热器、塔器、储罐等进行无损检测，产品主要材质为碳钢、不锈钢、有色金属等。

本次新增的 X 射线探伤房满足该公司近期生产需求。本项目射线装置基本情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置基本情况一览表

序号	射线装置型号	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	备注
1	XXQ-3505	1	350	5	II	探伤房 1	使用	新建项目 本次环评	定向机
2	XXQHZ-3505	1	350	5	II		使用	新建项目 本次环评	周向机
3	XXQ-3505	1	350	5	II	探伤房 2	使用	新建项目 本次环评	定向机
4	XXQHZ-3505	1	350	5	II		使用	新建项目 本次环评	周向机

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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》、《建设项目环境保护管理条例》、《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》等法律法规的规定，本项目应进行环境影响评价。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（2017 年修订版），本项目新建的 4 台 X 射线探伤装置均属 II 类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），应编制环境影响报告表。受江苏华兴重工有限公司的委托，江苏清全科技有限公司（以下简称“我公司”）承担江苏华兴重工有限公司新建 2 座 X 射线探伤房项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场勘察、初步分析，并委托江苏海尔森检测技术服务有限公司对项目拟建场址及周围环境进行了辐射环境本底监测，在此基础上编制了本项目环境影响报告表。

二、项目周边保护目标及项目选址情况

江苏华兴重工有限公司位于南通市启东市吕四港经济开发区临港东路 33 号，公司地理位置示意图见附图 1。公司东侧为空地，南侧为港口，西侧为海力风电设备科技（启东）有限公司，北侧为临港东路。公司周围环境见附图 2。

本项目新建的 2 座 X 射线探伤房位于厂房中部卷板区内，50m 评价范围内东侧、西侧、北侧及 2 座探伤房之间均为卷板区，南侧为组装区，厂房一层布置，正上方、正下方无建筑，公司厂房平面布局见附图 3。

本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，周围环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、公司内其他工作人员。

本项目评价范围内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，项目拟建址涉及重点管控单元—南通港吕四港区吕四作业区环抱式港池，对照其生态环境准入清单，本项目不涉及违背生态环境准入清单的问题。根据现场监测与环评预测结果，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降，本项目的建设符合江苏省及启东市“三线一单”生态环境分区管控要求。

综上所述，本项目周围无环境制约因素，项目选址合理。

三、本项目实践正当性分析

本项目的建设和运行满足了企业的生产需求，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。

四、现有核技术利用项目情况

本项目为江苏华兴重工有限公司首次开展核技术利用建设项目，尚无辐射安全许可证。

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》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等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 射线机	II	1	XXQ-3505	350	5	无损检测	探伤室 1	定向机
2	X 射线机	II	1	XXQHZ-3505	350	5	无损检测		周向机
3	X 射线机	II	1	XXQ-3505	350	5	无损检测	探伤室 2	定向机
4	X 射线机	II	1	XXQHZ-3505	350	5	无损检测		周向机
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	最终排入大气，臭氧常温下在 50min 内可自行分解为氧气，对环境的影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》(修订版), 2015 年 1 月 1 日起施行 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修正版), 自 2018 年 12 月 29 日起施行 (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日起施行 (4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订版), 国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行 (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 国务院令第 449 号, 2005 年 12 月 1 日起施行; 2019 年修改, 国务院令第 709 号, 2019 年 3 月 2 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 年修正版), 生态环境部令第 20 号, 自 2021 年 1 月 4 日起施行 (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版), 生态环境部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日起施行 (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 原环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行 (9) 《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》, 国家环境保护总局文件, 环发[2006]145 号文 (10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》, 原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日起施行 (11) 关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)》的通知, 环办[2013]103 号, 2014 年 1 月 1 日起施行 (12) 《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 (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 2019 年第 38 号, 2019 年 11 月 1 日起施行 (14) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》, 生态环境部公告 2019 年第 39 号, 2019 年 10 月 25 日生成 (15) 《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
------	--

	(16)《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修正版), 江苏省人大常委会公告第 2 号, 2018 年 3 月 28 日修改, 2018 年 5 月 1 日起施行 (17)《市政府关于印发南通市突发事件总体应急预案(2020 年修订版)的通知》, 南通市人民政府办公室(通政发〔2020〕46 号) (18)《江苏省国家级生态保护红线规划》, 江苏省人民政府(苏政发[2018]74 号), 2018 年 6 月 9 日发布 (19)《江苏省生态空间管控区域规划》, 江苏省人民政府(苏政发[2020]1 号), 2020 年 1 月 8 日发布 (20)《江苏省自然资源厅关于启东市生态空间管控区域调整方案的复函》(苏自然资函〔2021〕1250 号) (21)《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》, 江苏省人民政府(苏政发[2020]49 号), 2020 年 6 月 21 日发布 (22)《市政府办公室关于印发启东市“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》, 启东市人民政府办公室(启政办规〔2022〕2 号), 2022 年 1 月 28 日发布 (23)《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书(表)编制单位监管工作的通知》(苏环办[2021]187 号文)
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 γ 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) 及第 1 号修改单 (8)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128—2019) (9)《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003) (10)《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ98-2020) (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	报告附图： 附图 1：江苏华兴重工有限公司地理位置示意图 附图 2：江苏华兴重工有限公司厂区平面及周边概况图 附图 3：公司厂房平面布局图 附图 4：本项目与启东市调整后生态空间管控区域相对位置关系示意图 附图 5：本项目与江苏省生态管控单元相对位置关系图 附件： 附件 1：项目委托函 附件 2：射线装置使用承诺书 附件 3：环境辐射水平检测报告及检测单位计量认证证书 附件 4：销售方辐射安全许可证
----	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为使用 II 类射线装置，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）的要求，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。故本项目评价范围为 2 座探伤房屏蔽墙外 50m 范围内区域。

本项目评价范围及周边环境示意图见附图 2。

保护目标

江苏华兴重工有限公司位于启东吕四港经济开发区临港东路 33 号，公司地理位置示意图见附图 1。公司东侧为空地，南侧为港口，西侧为海力风电设备科技（启东）有限公司，北侧为临港东路。公司周围环境见附图 2。

本项目新建的 2 座 X 射线探伤房位于厂房中部卷板区内，50m 评价范围内东侧、西侧、北侧及 2 座探伤房之间均为卷板区，南侧为组装区，厂房一层布置，正上方（探伤房顶部不可达）、正下方无建筑，公司厂房平面布局见附图 3。

本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，周围环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、公司内其他工作人员。

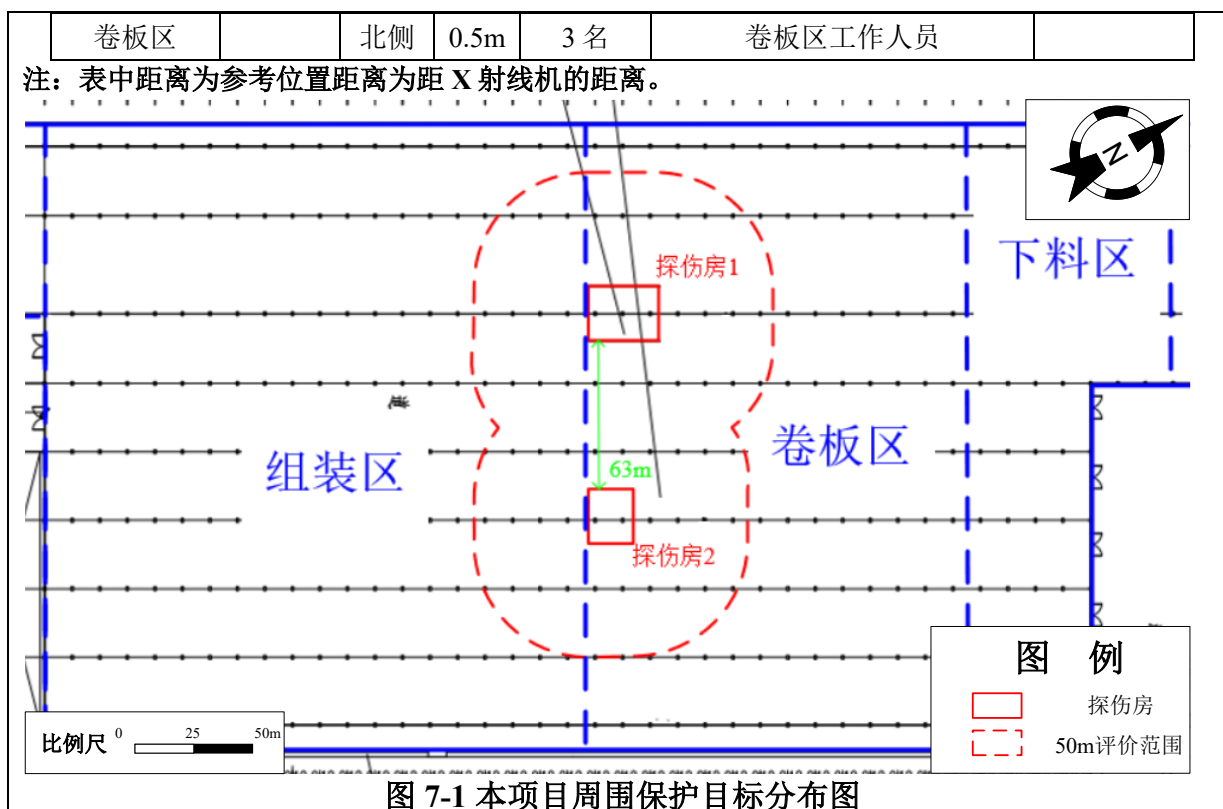
本项目周围环境保护目标分布见表 7-1~表 7-2。

表 7-1 本项目探伤房 1 周围环境保护目标分布情况

保护目标		方位	距离	规模	保护对象	照射类型
名称	类别					
探伤房 1 操作台处	辐射工作人员	南侧	1.48m	2 名	辐射工作人员	职业照射
卷板区	公众	东侧	0.12m	至多 5 名	卷板区工作人员	公众照射
组装区		南侧	2.464m	至多 5 名	卷板区工作人员	
卷板区		西侧	0.12m	5 名	组装区工作人员	
卷板区		北侧	0.5m	3 名	卷板区工作人员	

表 7-2 本项目探伤房 2 周围环境保护目标分布情况

保护目标		方位	距离	规模	保护对象	照射类型
名称	类别					
探伤房 2 操作台处	辐射工作人员	南侧	1.48m	2 名	辐射工作人员	职业照射
卷板区	公众	东侧	0.12m	至多 5 名	卷板区工作人员	公众照射
组装区		南侧	2.464m	至多 5 名	卷板区工作人员	
卷板区		西侧	0.12m	5 名	组装区工作人员	



评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

	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。
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。

11.4.3.2 剂量约束值 通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)

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/T250-2014)

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。

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。

(4) 本项目管理目标

综合考虑 GB 18871-2002 和 GBZ 117-2022，本项目管理目标为：

①**辐射剂量率控制值**：探伤房四周及防护门表面 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；顶部无人到达，其辐射剂量率控制值取 $100\mu\text{Sv/h}$ （底部为土层，不做预测）；

②**关注点的周围剂量当量参考控制水平**：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 $5\mu\text{Sv/周}$ 。

③**年有效剂量约束值**：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 。

(5) 参考资料

①《辐射防护手册》（第一分册），李德平、潘自强主编。

②《医用外照射防护》（ICRP.33）。

③《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月。

江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

项目	原野	道路	室内
测值范围	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

注：测量值已扣除宇宙射线响应值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

江苏华兴重工有限公司位于启东吕四港经济开发区临港东路 33 号，公司地理位置示意图见附图 1。公司东侧为空地，南侧为港口，西侧为海力风电设备科技（启东）有限公司，北侧为临港东路。公司周围环境见附图 2。

本项目新建的 2 座 X 射线探伤房位于厂房中部卷板区内，50m 评价范围内东侧、西侧、北侧及 2 座探伤房之间均为卷板区，南侧为组装区，厂房一层布置，正上方、正下方无建筑，公司厂房平面布局见附图 3。

本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，周围环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、公司内其他工作人员。

本项目 X 射线探伤房拟建场址及周围环境现状见图 8-1。

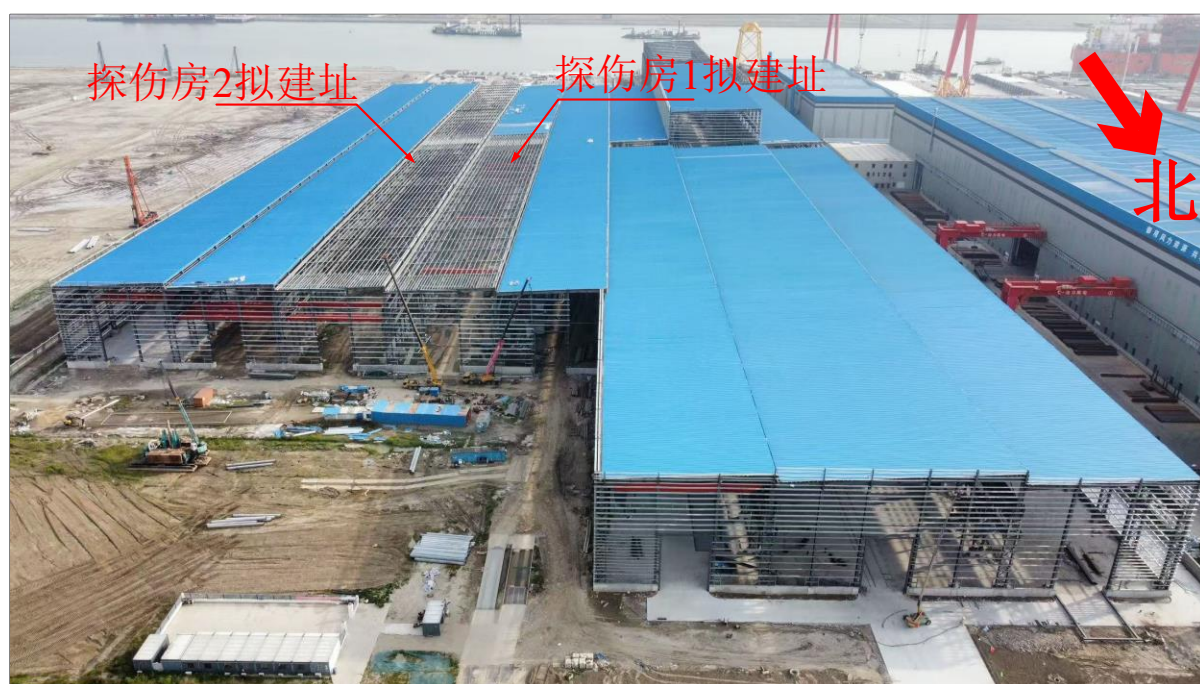


图 8-1 本项目周围现状照片

二、环境现状检测

本项目为使用 II 类射线装置，新建的 2 台 X 射线探伤装置分别安置于公司探伤房 1、探伤房 2 内。根据项目工作原理及特点，项目运行期间主要的环境污染物为 X 射线，项目在进行现状调查时，主要调查 X 射线探伤装置拟建场址及周围环境的辐射水平。

1、检测因子、检测方法

检测因子：X- γ 辐射剂量率

检测方法：按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的要求进行，检测时仪器探头水平距离地面 1m，每组读 10 个数据，取算术平均值计算结果。

2、检测点位布设

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）有关布点原则进行布点，重点调查拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率，具体点位见图 8-2。

3、检测单位、检测时间和检测仪器

检测单位：江苏海尔森检测技术服务有限公司

检测时间：2025 年 5 月 21 日

检测仪器：FH40G+FHZ672E-10

仪器编号：HES053

检定证书编号：DLj12024-15221

检定有效期：2024.10.24~2025.10.23

4、质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，其计量认证证书及检测能力证书见附件 3；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定/校准合格，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核；

⑤检测仪器在使用前、后进行性能检查。

5、检测结果及评价

本项目 X 射线探伤房拟建场址及周围环境 γ 辐射水平检测结果见表 8-1，检测点位见图 8-2，详细检测结果见附件 3。

表 8-1 本项目检测室拟建场址及周围环境辐射水平检测结果

序号	检测点位描述	检测结果 nGy/h	测点位置
1	拟建探伤房 1 区域 1 号位	22.9 $\pm$ 0.2	室内
2	拟建探伤房 1 区域 2 号位	22.3 $\pm$ 0.2	室内
3	拟建探伤房 1 区域 3 号位	22.2 $\pm$ 0.2	室内
4	拟建探伤房 1 区域 4 号位	22.4 $\pm$ 0.4	室内

5	拟建探伤房 1 区域 5 号位	23.2±0.2	室内
6	拟建探伤房 2 区域 6 号位	25.0±0.2	室内
7	拟建探伤房 2 区域 7 号位	25.3±0.4	室内
8	拟建探伤房 2 区域 8 号位	25.8±0.3	室内
9	拟建探伤房 2 区域 9 号位	25.1±0.1	室内
10	拟建探伤房 2 区域 10 号位	25.4±0.4	室内

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值并进行修正（一层厂房取 0.9），仪器宇宙射线响应值为 15.0nGy/h。

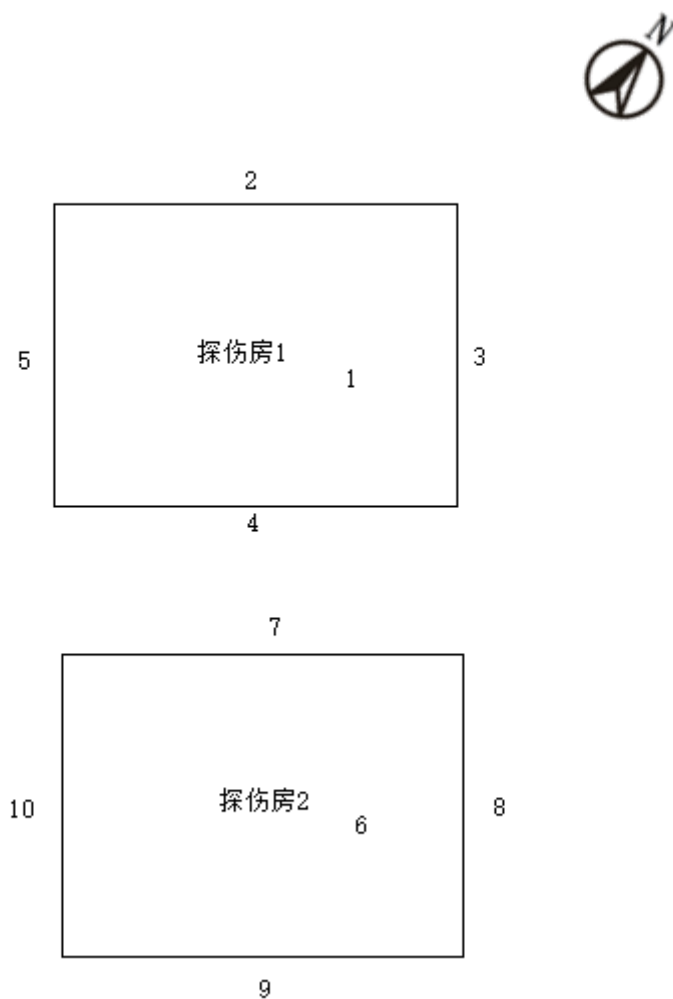


图 8-2 本项目拟建场址及周围辐射环境本底检测点位示意图

根据检测结果可知，本项目 2 座探伤房拟建址及周围环境辐射水平在（22.2～25.8）nGy/h 范围内，可能是现场地面铺装及顶部金属棚顶，导致本项目辐射本底水平低于江苏省天然 γ 辐射水平中室内天然 γ 辐射水平范围。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析 一、工程设备 本项目探伤房主要由曝光室、控制室等组成。2 座 X 射线探伤房均采用硫酸钡水泥对 X 射线进行屏蔽，探伤房 1 外尺寸为 24.4m（长）×20m（宽）×11.77m（高）、内尺寸为 23.2m（长）×18.8m（宽）×11.5m（高），工件门大小为 10.1m×11.77mm；探伤房 2 外尺寸为 18m（长）×20m（宽）×11.77m（高）、内尺寸为 16.8m（长）×18.8m（宽）×11.5m（高），工件门大小为 6m×11.77m；2 座探伤房屏蔽参数相同，东侧及西侧墙体均为 600mm 硫酸钡水泥；南侧、北侧及工件门为 500mm 硫酸钡水泥；顶部为 270mm 硫酸钡水泥，电缆孔及通风口均采用地下“U”形管道过墙，无需额外防护。 本项目检测对象一般为筒体、罐体等，其材质一般为碳钢、不锈钢、或其他有色金属，其直径在 4.65m~9.65m 之间，长度在 4m~18m 之间，厚度在 0.6m 以内。 常见 X 射线探伤机外观示意图见图 9-1。  图 9-1 常见 X 射线探伤机外观示意图 本项目探伤房 1 内，X 射线机距东侧墙体最近约 5.525m，距南侧墙体最近约 3.8m，距西侧墙体最近约 5.725m，距北侧墙体最近约 5.2m，距顶部墙体最近约
--

6.995m。

本项目探伤房 1 内 X 射线管距各侧墙体外最近距离示意图见图 9-2。

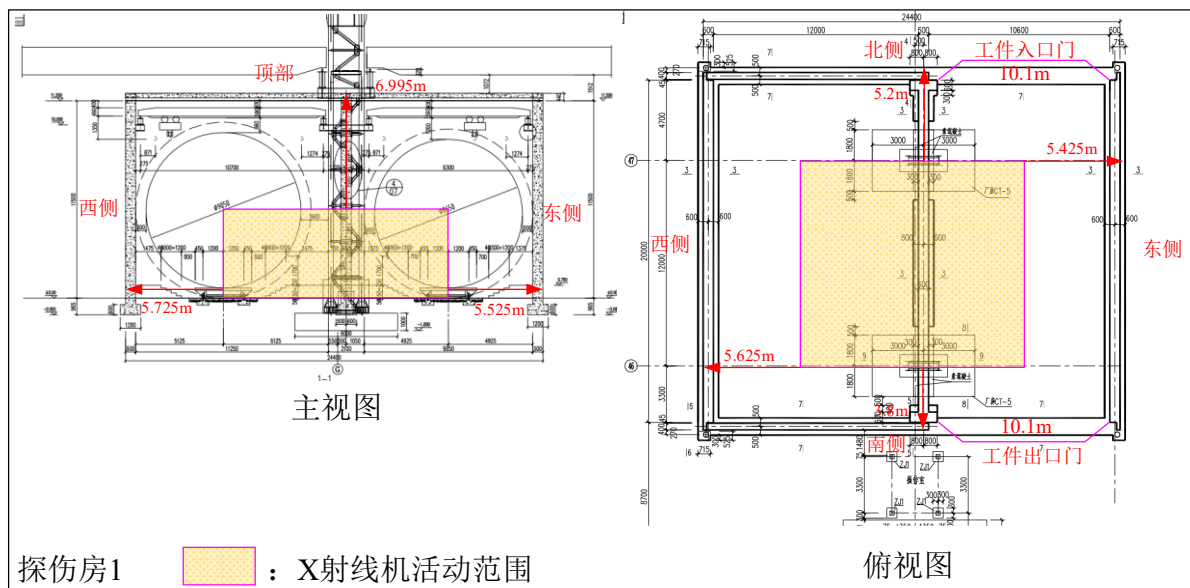


图 9-2 X 射线管距各侧面板距离示意图

本项目探伤房 2 内，X 射线机距东侧墙体最近约 3.525mm，距南侧墙体最近约 3.8m，距西侧墙体最近约 4.525m，距北侧墙体最近约 5.2m，距顶部墙体最近约 8.145m。

本项目探伤房 2 内 X 射线管距各侧墙体外最近距离示意图见图 9-3。

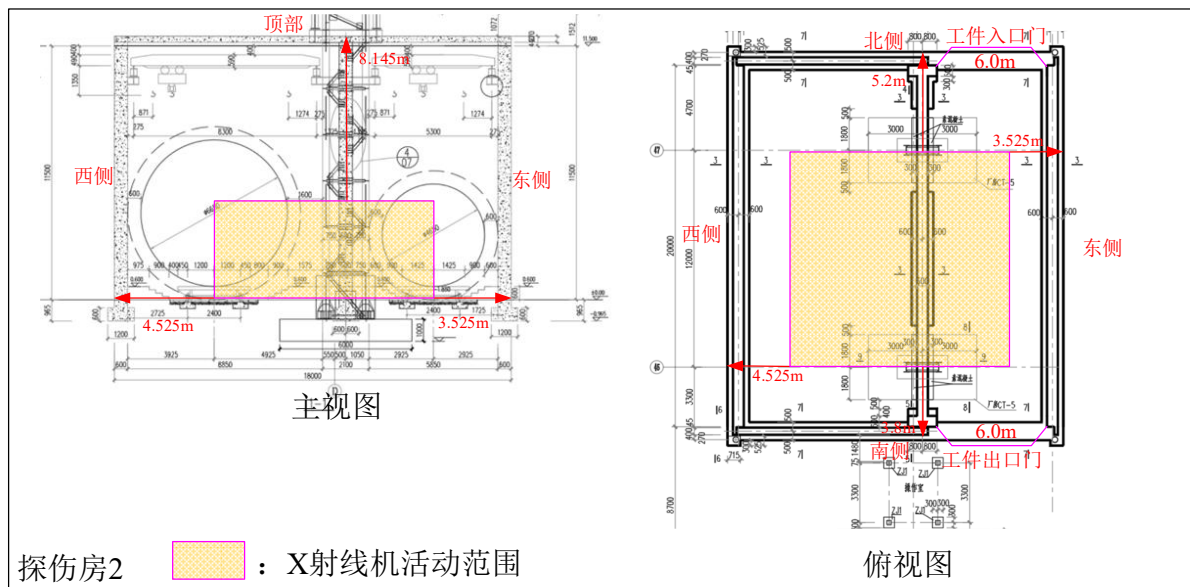


图 9-3 X 射线管距各侧面板距离示意图

二、工作原理

X 射线机的核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能

量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生大量 X 射线。

X 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。

三、工作流程及产污环节

本项目探伤工作流程如下：

（1）探伤工作人员将被探伤工件通过工件进出门运至曝光室内固定，并在探伤部位贴上感光胶片；

（2）人工将X射线机安置于合适的位置，检查门机联锁、声光报警等防护与安全装置系统已启动并正常运行；

（3）检查曝光室内人员滞留情况，确认无人后关闭曝光室工件进出门，工作人员通过人员进出门离开曝光室，关闭人员进出门；

（4）探伤工作人员在操作室内，通过操作台设定管电压、管电流及曝光时间，开始探伤作业，此时会产生X射线、少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；

（5）达到预定照射时间和曝光量后X射线探伤机停机，工作人员由人员进出门进入曝光室，取下胶片，曝光结束；

（6）工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

本项目开展探伤时，其工作流程及产污环节如图9-4所示：

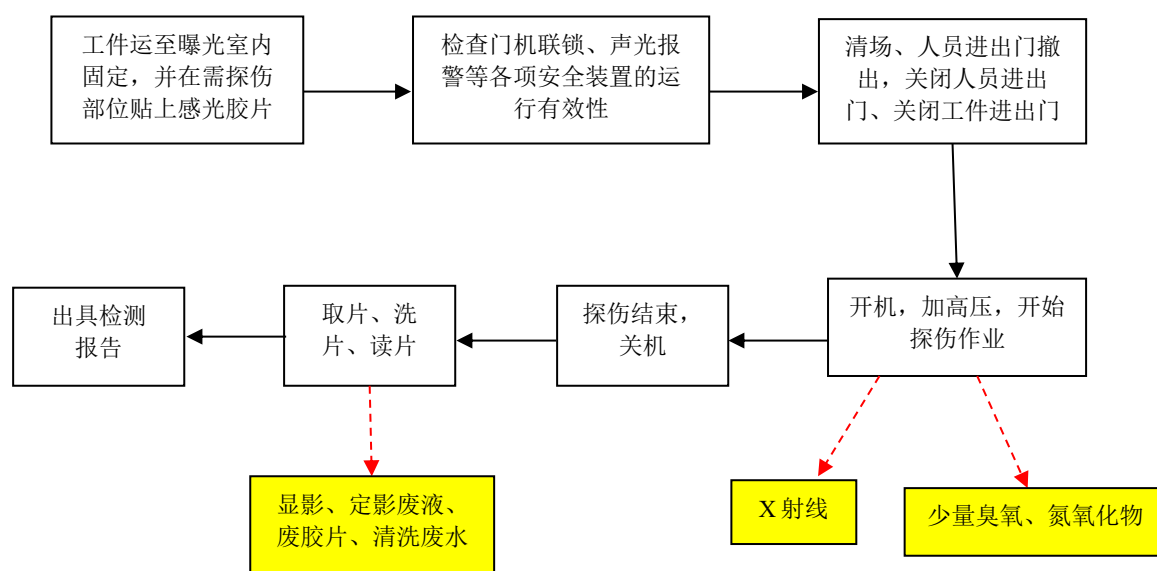


图 9-4 本项目 X 射线探伤房工作流程及产污环节分析示意图

公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员、1 台便携式辐射巡测仪和 4 台个人剂量报警仪。2 名工作人员负责 1 个探伤房的探伤工作，一周工作 5 天，X 射线探伤房每天开机检测约 2 小时，则人均工作时间为 10h/周；全年工作 50 周，则人均工作时间为 500h/年。

探伤任务开始前，探伤工作人员通过工件入口门将待检工件运输进曝光室，随后工作人员在曝光室内巡视一圈，确认各安全设施有效运行及无人滞留，并依次关闭工件入口门及工件出口门后，由工件出口门进入操作室开始探伤作业。探伤作业结束后，探伤工作人员再通过工件出口门进入曝光室将已检工件通过工件出口门运出曝光室。

污染源项描述

1、辐射污染

由本项目工作原理可知，只有在 X 射线机并处于出束状态时才会发出 X 射线，对检测铅房外工作人员和公众产生一定外照射，因此本项目探伤房 X 射线机在开机检测期间，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以下三类：

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《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.1，本项目 X 射线管最大管电压为 350kV，保守取《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1：管电压为 300kV 电压及 400kV 电压下的最大输出量进行内插，得到本项目 X 射线机输出量为： $22.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，即距 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的辐射剂量率约为 $1.332\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

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。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中表 1，X 射线管电压大于 200kV 时，距 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率取 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

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《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 2， $300\text{kV}<\text{初始射线}\leq 400\text{kV}$ 之间时，散射辐射能量以 250kV 计。

根据厂家提供资料，定向机 X 射线主射线方向为朝向东侧或西侧，周向机 X 射线主射线方向为朝向东侧、西侧、顶部及底部，所以本项目保守视探伤房东侧、西侧、顶部及底部墙体主要受到主射线辐射影响，探伤房南侧及北侧墙体主要受到漏射线辐射影响和散射线辐射影响，同一探伤房内配备的 2 台探伤机不同时开机。本项目射线

装置参数见表 9-1。

表 9-1 本项目射线装置参数一览表

射线装置型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	输出量 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
XXQ-3505	350	5	22.2	5×10^3
XXQHZ-3505	350	5	22.2	5×10^3

2、其他污染

(1) 废气

X 射线机在工作状态时，X 射线会使探伤房内空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）。

(2) 固废及废液

本项目投运后，洗片作业时产生的显影、定影废液及废胶片属于《国家危险废物名录》（2025 年版）中 HW16 号感光材料废物（废物代码：900-019-16）。

本项目探伤房预计年产生显影、定影废液 500kg、废胶片 3~5kg、清洗废水 20kg。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局与分区

本项目探伤房设置有操作室和曝光室，操作室和曝光室分开独立设置，操作台避开了 X 射线主射线方向。探伤房外墙无攀爬设施，人员无法到达探伤房顶。本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室与探伤室分开设置的要求；洗片室位于公司综合楼内 1 层西侧，详见附图 3。

公司拟将探伤房作为本项目控制区（图 10-1 中红色区域），并在曝光室外表面及操作室醒目位置设置电离辐射警告标志，禁止非辐射工作人员擅自操作。将操作室设置为监督区（图 10-1 中黄色区域），监督区设置门锁，钥匙由专人保管，非辐射工作人员不得进入，监督区入口处拟设立表明监督区的标牌。本项目控制区和监督区划分示意图见图 10-1。

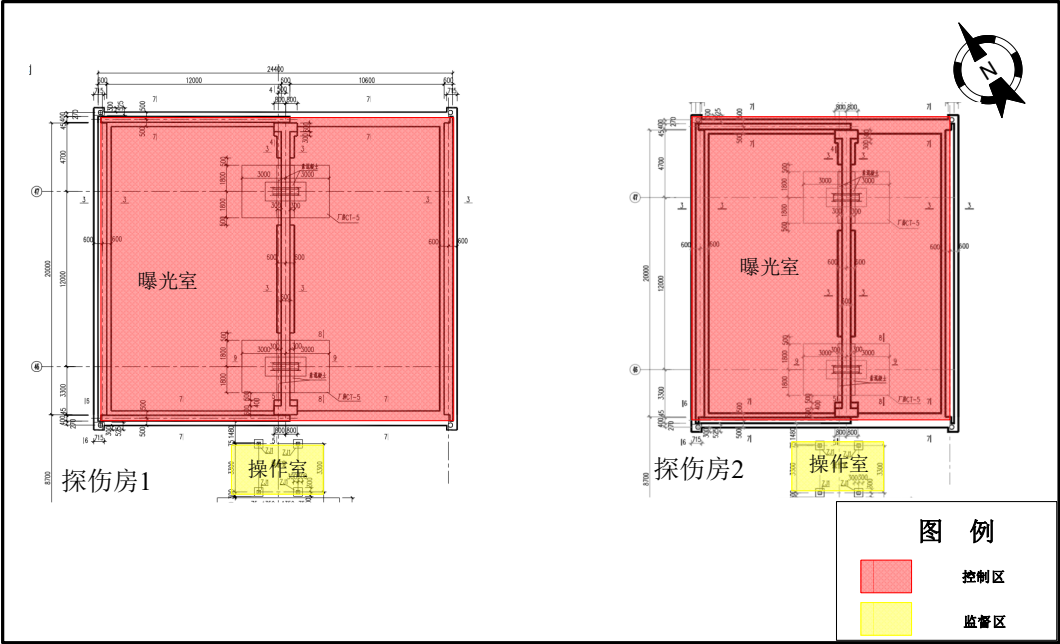


图 10-1 本项目控制区和监督区划分示意图

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。

二、辐射防护屏蔽设计

（1）探伤房屏蔽防护设计

本项目探伤房 1 外尺寸为 24.4m（长）×20m（宽）×11.77m（高）、内尺寸为

23.2m（长）×18.8m（宽）×11.5m（高），工件门大小为 10.1m×11.77mm；探伤房 2 外尺寸为 18m（长）×20m（宽）×11.77m（高）、内尺寸为 16.8m（长）×18.8m（宽）×11.5m（高），工件门大小为 6m×11.77m；2 座探伤房屏蔽参数相同，东侧及西侧墙体均为 600mm 硫酸钡水泥；南侧、北侧及工件门为 500mm 硫酸钡水泥；顶部为 270mm 硫酸钡水泥，电缆孔及通风口均采用地下“U”形管道过墙，无需额外防护。

表 10-1 本项目探伤房各侧墙体屏蔽参数

位置	设计参数	备注
东侧墙体	600mm 硫酸钡水泥	本项目采用的硫酸钡水泥密度为 3.2t/m³
南侧墙体/工件出口门	500mm 硫酸钡水泥	
西侧墙体	600mm 硫酸钡水泥	
北侧墙体/工件入口门	500mm 硫酸钡水泥	
顶部墙体	270mm 硫酸钡水泥	
底部墙体	土层	/

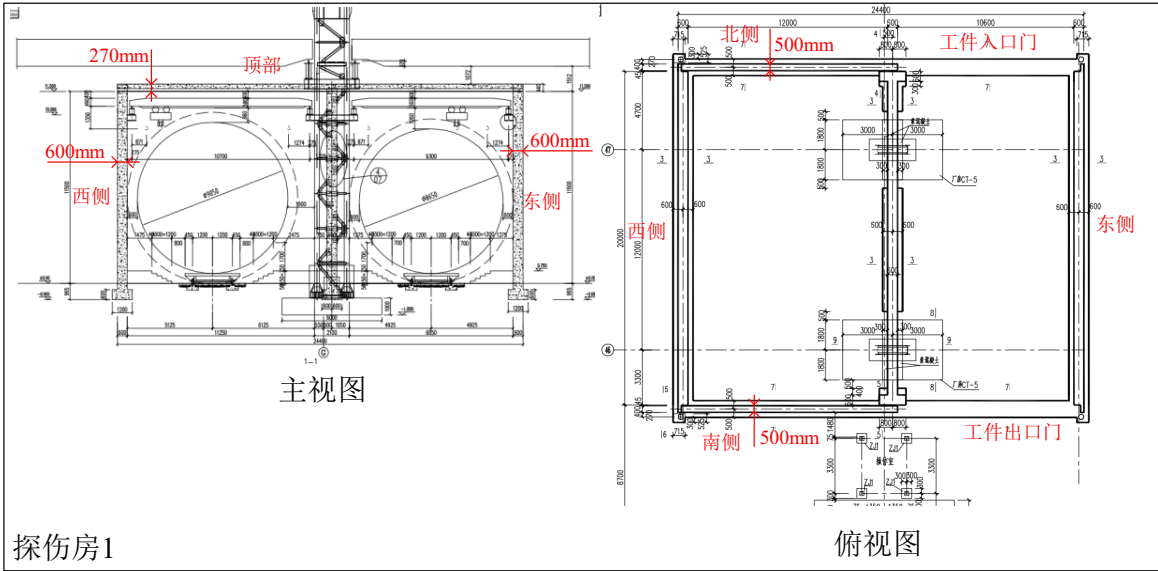


图 10-2 探伤房 1 屏蔽设计示意图

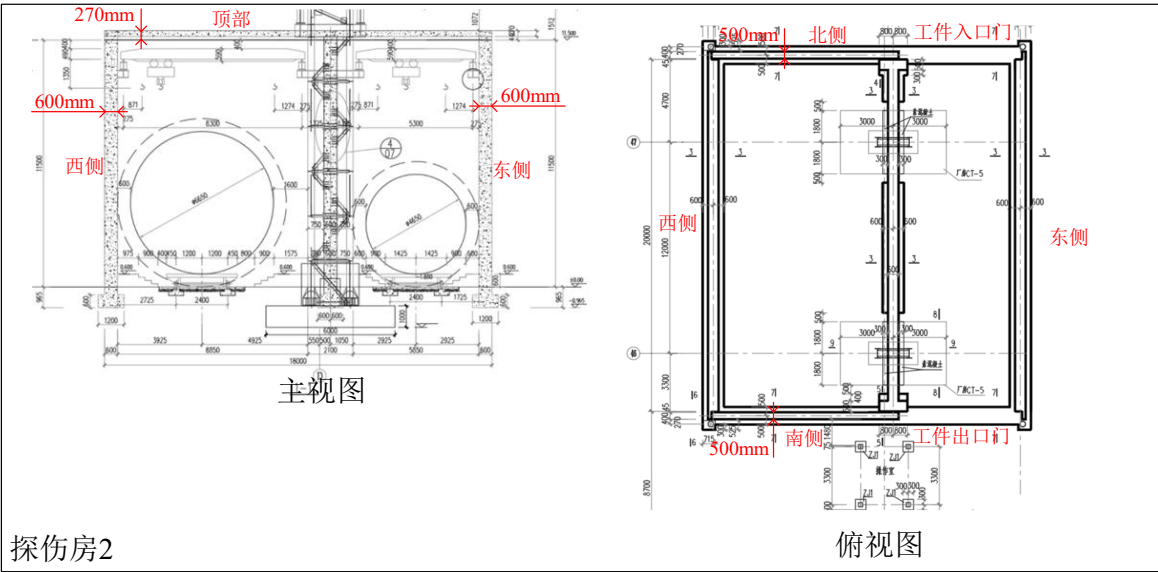


图 10-3 探伤房 2 屏蔽设计示意图

三、辐射安全和防护措施分析

本项目将设置如下辐射安全措施：

（1）操作室操作台上设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X射线机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

（2）曝光室门口和内部应同时设有“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”信号和“照射”信号应有明显的区别，并与厂房内使用的其他报警信号有明显区别。在探房周围醒目位置处应有对“预备”和“照射”信号意义的说明，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。

（3）操作室操作台处设置有高压接通时的指示装置，提醒操作人员设备电源处于接通状态，谨慎操作。

（4）工件进出门设置行程开关，与X射线机联锁形成门机联锁装置，只有当工件进出门均完全关闭后X射线机才能出束，门打开时立即停止X射线照射，关上门不能自动开始X射线照射。

（5）曝光室外表面及操作室内醒目位置上设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。提醒无关人员此处有电离辐射危害。

（6）操作室操作台处及曝光室内各处安装有急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，同时在曝光室内安装紧急开门按钮，确保事故时，人员能及时脱困。

（7）曝光室内和曝光室出入口应安装监视装置，在操作室的操作台上设置专用的监视器，可监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

（8）操作室操作台处、曝光室内部、曝光室外部均设置有声光报警装置，确保工作时，辐射操作人员及周边公众能及时得知。

（9）操作室操作台处设置禁止非授权使用的警示标识，提醒其他人员勿擅自操作。

（10）曝光室内配置固定式辐射探测报警装置。

（11）操作室安装门锁，钥匙由探伤工作人员保管，非工作人员无法进入。

本项目辐射安全和防护措施示意图见图 10-4。

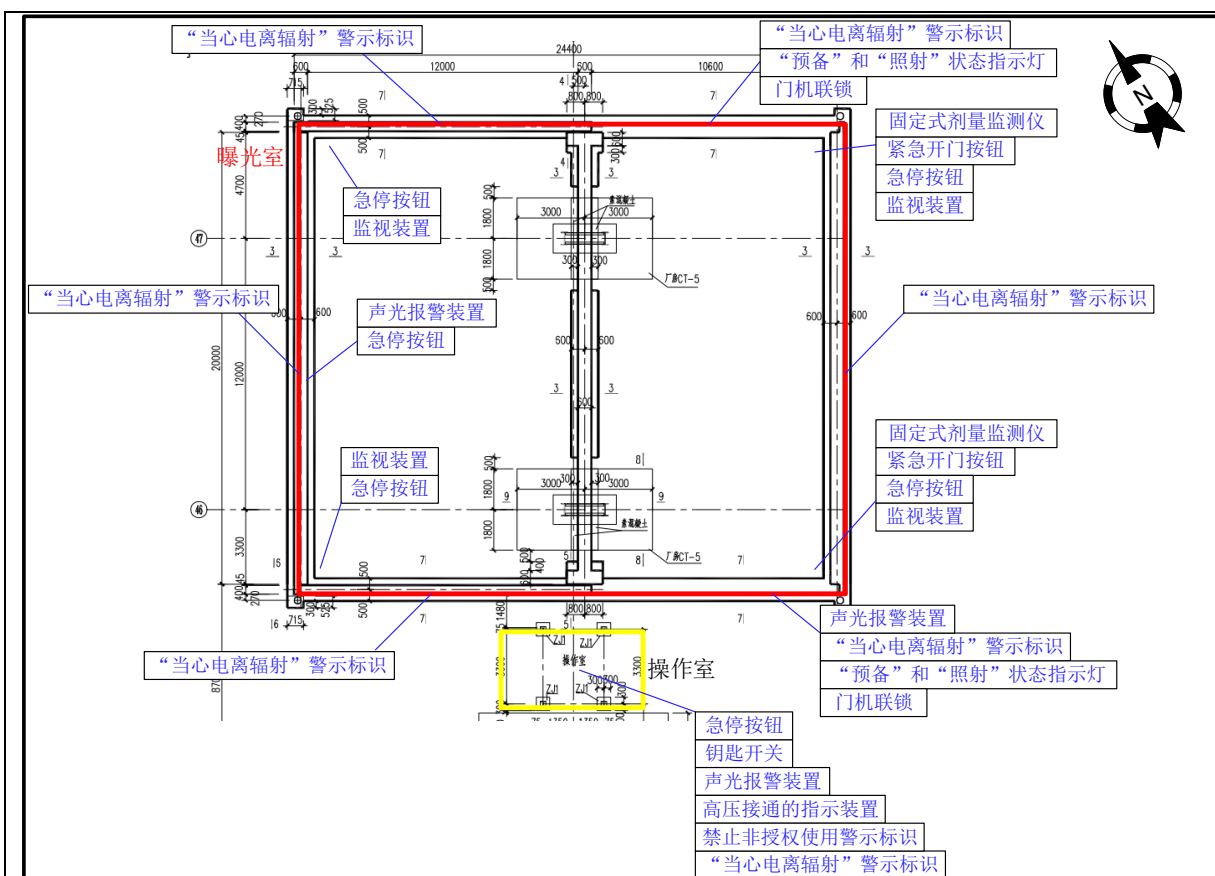


图10-4 本项目辐射安全和防护措施示意图

本项目采取上述辐射安全措施后，能够满足本项目辐射安全的需要。

三废的治理

本项目运行过程中无放射性废水、废气及放射性固体废物产生。X 射线机在工作状态时，会使曝光室中的空气电离产生臭氧和氮氧化物。

本项目拟在曝光室内安装机械通风装置，排风管道“U”型过墙，可保证 X 射线至少散射 3 次才能泄露到曝光室外。排风装置通风量不小于 20000m³/h，经计算得出探伤房 1 每小时通风次数约为 4.0 次（探伤房 1 容积为：23.2m×18.8m×11.5m=5015.84m³），探伤房 2 每小时通风次数约为 5.5 次（探伤房 2 容积为：16.8m×18.8m×11.5m=3632.16m³）。排风外口位于厂房顶部，处于非人员活动密集区，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“排风管道外口避免朝向人员密集区，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

臭氧和氮氧化物经通风系统排出，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目运行后，探伤拍片会产生一定量的显影、定影废液（含重金属）、冲洗废水及废胶片，属于《国家危险废物名录》（2025 年版）中的 HW16 号感光材料废物

(废物代码: 900-019-16)。本项目探伤拍片后将统一送至公司综合楼内 1 层西侧的洗片室内洗片, 产生的显影、定影废液、冲洗废水、废胶片集中贮存后应交由该有资质的单位进行回收处理, 不得擅自处置。

公司拟在厂区西北角拟建设 1 间危废仓库, 占地 9.1m×20m, 本项目危废与公司其他危废共用一处危废仓库。危废仓库应按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023) 相关内容建设, 如: ①危废仓库应具备防风、防雨、防晒、防渗漏条件; ②洗片废液应采用防渗漏的专用容器存放, 妥善放置并防止倾倒, 并设置规范的危险废物标识; ③根据危险废物的产生情况, 建立危险废物进出和处置台账, 移交有资质单位处理前, 在江苏省固体废物管理信息系统申报, 办理相关手续。落实后, 将满足危险废物暂存处置要求。

同时企业应安排对胶片清洗水的监测, 当其相关指标符合危险废物标准时, 清洗水也应按危险废物处置。

本项目建设时, 将参照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023) 完善危废库的建设, 危险废物标识将按照《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276-2022) 设置。

当 X 射线机不再使用, 应实施退役程序, 包括以下程序:

(1) X 射线机应处置至无法使用, 或经监管机构批准后, 转移给其他已获许可机构;

(2) 当所有辐射源从现场移走后, 使用单位按监管机构要求办理相关手续。

(3) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响 本项目探伤房的建设完全位于公司厂房内施工，施工时会产生一定量的施工噪声，将对周围环境产生一定的影响，具体如下： 1、大气：本项目在建设施工期需进行的设备移位就位和铅房底部混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械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：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。 2、噪声：整个建筑施工阶段，如混凝土浇筑及装修工作等施工中都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》（GB12523-2011）的标准，尽量采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，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托由有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中洒落。 4、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的施工废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。 施工期间产生的影响具有时效性，随着施工期的结束，对环境的影响也会消除。公司应在施工阶段采取上述污染防治措施，将施工期影响控制在厂区内。
运行阶段对环境的影响 一、正常运行工况下辐射环境影响分析 根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是 X 射线机工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响，本项目 2 座探伤房各配备 1 台定向机和 1 台周向机（4 台 X 射线机参数相同），定向机固定朝底部照射，周向机朝向顶部、底部、东侧、西侧照射，保守按对周围辐射影响更大的周向机进行预测。本报告对本项目的辐射环境影响采取理论计算的方法来进行分析与评价。 根据公司提供资料，本项目新增的 2 座 X 射线探伤房四周墙体及顶部均采用硫酸钡水泥进行防护，探伤房底部为土层，本项目不做预测。 1、估算模式选取 本项目采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式估算检测铅房表面 30cm 处的辐射水平，估算模式如下：

(1) 有用线束

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

上式中： $\dot{H}$ —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I —X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ，输出量根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1；

B —屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）公式（5）计算得出；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

(2) 非有用线束

①漏射线

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (11-2)$$

上式中： B —屏蔽透射因子；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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

②散射线

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

上式中： I —X 射线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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

B —屏蔽透射因子；

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；

R_0 —辐射源点（靶点）至检测工件的距离，单位为米（m）；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

③屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

由根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式（11-4）计算得出：

$$B=10^{-X/TVL} \quad (11-4)$$

上式中：X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 2，300kV<初始射线≤400kV 时，散射辐射能量以 250kV 计，再根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2 查得对应的 TVL 值。

2、探伤房 1 估算结果

（1）探伤房 1 主射面关注点剂量率计算

根据图 9-2，可知本项目 X 射线机距探伤房 1 东侧墙体外的最小距离为 5.525m，距西侧墙体外的最小距离为 5.725m，距顶部墙体外最小距离为 6.995m；将相关参数带入公式（11-1），可估算出探伤房 1 东侧、西侧及顶部墙体外 30cm 处的剂量率，其屏蔽防护计算参数及计算结果见表 11-1。

表 11-1 探伤房 1 主射面屏蔽防护计算参数及计算结果

屏蔽体		东侧墙体	西侧墙体	顶部墙体
参数				
设计厚度		600mm 硫酸钡水泥	600mm 硫酸钡水泥	270mm 硫酸钡水泥
I (mA)		5	5	5
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})$		1.332×10^6	1.332×10^6	1.332×10^6
B		6.76×10^{-9}	6.76×10^{-9}	2.09×10^{-4}
R (m)		5.825	6.025	7.295
参考点处剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}$ 估算值	0.001	0.001	26.147
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5	100
	评价结果	满足	满足	满足

注：①本项目硫酸钡水泥密度为 3.2t/m³，换算混凝土（2.35t/m³）比例为：1.362：1，则 600mm 硫酸钡水泥等效为 817mm 混凝土、270mm 硫酸钡水泥等效为 368mm 混凝土。

②输出量保守取《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1：管电压为 300kV 及 400kV 下最大输出量进行内插： $22.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，即： $1.332\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ；

③B 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2，300kV 管电压下混凝土的 TVL 值：100mm，则 817mm 混凝土条件下 B 的值为 6.76×10^{-9} 、270mm 混凝土条件下 B 的值为 2.09×10^{-4} ；

④R_{东侧墙体}=X 射线机距东侧墙体最小距离 5.525m+参考点 0.3m=5.825m；

⑤R_{西侧墙体}=X 射线管距西侧墙体最小距离 5.725m+参考点 0.3m=6.025m；

⑥R_{顶部墙体}=X 射线管距顶部墙体最小距离 6.995m+参考点 0.3m=7.295m。

（2）探伤房 1 其他各侧墙体辐射剂量率计算

正常开机检测时，本项目 X 射线机距探伤房 1 南侧墙体/工件出口门的最小距离为 3.8m、距北侧墙体/工件出口门最小距离为 5.2m。计算时，均保守取 X 射线机距各侧墙体的最小距离来评价本项目探伤房 1 运行时的辐射影响。

将相关参数带入公式（11-2）、（11-3）、（11-4），可保守估算出当 X 射线机以最大

管电压 350kV，最大管电流 5mA 运行时，探伤房 1 南侧、北侧屏蔽体外 30cm 处参考点的辐射剂量率，计算结果见表 11-2。

表 11-2 探伤房 1 其他各侧墙体屏蔽防护计算参数及计算结果

屏蔽体		南侧墙体/工件出口门	北侧墙体/工件入口门（北侧）
参数			
泄漏辐射	设计厚度（mm）	500mm 硫酸钡水泥	500mm 硫酸钡水泥
	TVL（mm）	100	100
	B	1×10^{-5}	1×10^{-5}
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	5×10^3	5×10^3
	R（m）	4.1	5.5
	参考点处泄漏辐射剂量率 $\dot{H}$ 估算值($\mu\text{Sv/h}$)	0.003	0.002
散射辐射	TVL（mm）	90	90
	B	2.71×10^{-8}	2.71×10^{-8}
	I（mA）	5	5
	$H_0(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	1.332×10^6	1.332×10^6
	R_s （m）	4.1	5.5
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	1/50	1/50
	参考点处散射辐射剂量率 $\dot{H}$ 估算值($\mu\text{Sv/h}$)	<0.001	<0.001
参考点处复合辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}$ 估算值	0.003	0.002
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足

注：①本项目硫酸钡水泥密度为 3.2t/m^3 ，换算混凝土（ 2.35t/m^3 ）比例为：1.362：1，则 500mm 硫酸钡水泥等效为 681mm 混凝土。

②根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2，350kV 管电压下混凝土的 TVL 值取 100mm；350kV 管电压经 90° 散射后以 250kV 计，250kV 管电压下混凝土的 TVL 值取：90mm；

③ $\dot{H}_L$ 的值根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的表 1 得出，X 射线管电压大于 200kV 时，距 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

④ $R_{\text{南侧墙体}} = R_{\text{南侧墙体}} = R_{\text{工件出口门}} = R_{\text{工件出口门}} = X$ 射线机距南侧墙体/工件出口门最小距离 3.8m+参考点 0.3m=4.1m；

⑤ $R_{\text{北侧墙体}} = R_{\text{北侧墙体}} = R_{\text{工件入口门}} = R_{\text{工件入口门}} = X$ 射线机距北侧墙体/工件入口门最小距离 5.2m+参考点 0.3m=5.5m；

⑥ $R_0^2/F \cdot \alpha$ 的值取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的推荐值 50。

从表 11-1 及表 11-2 中预测结果可知，在探伤房 1 内 X 射线机以最大管电压 300kV，最大管电流 5mA 运行时，探伤房 1 四周屏蔽墙外 30cm 处的最大剂量当量率为 $0.003 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求；顶部 30cm 处的辐射剂量率为 $26.147 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“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 μ Sv/h”的要求。

3、探伤房 2 估算结果

(1) 探伤房 2 主射面关注点剂量率计算

根据图 9-3，可知本项目 X 射线机距探伤房 2 东侧墙体外的最小距离为 3.525m，距西侧墙体外的最小距离为 4.525m，距顶部墙体外最小距离为 8.145m；将相关参数带入公式（1），可估算出探伤房 2 东侧、西侧及顶部墙体外 30cm 处的剂量率，其屏蔽防护计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 探伤房 2 主射面屏蔽防护计算参数及计算结果

屏蔽体		东侧墙体	西侧墙体	顶部墙体
参数				
设计厚度		600mm 硫酸钡水泥	600mm 硫酸钡水泥	270mm 硫酸钡水泥
I (mA)		5	5	5
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})$		1.332×10^6	1.332×10^6	1.332×10^6
B		6.76×10^{-9}	6.76×10^{-9}	2.09×10^{-4}
R (m)		3.825	4.825	8.445
参考点处剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}$ 估算值	0.003	0.002	19.511
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5	100
	评价结果	满足	满足	满足

注：①本项目硫酸钡水泥密度为 3.2t/m³，换算混凝土（2.35t/m³）比例为：1.362：1，则 600mm 硫酸钡水泥等效为 817mm 混凝土、270mm 硫酸钡水泥等效为 368mm 混凝土。

②输出量保守取《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1：管电压为 300kV 及 400kV 下最大输出量进行内插：22.2mGy·m²/mA·min，即： $1.332\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ；

③B 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2，300kV 管电压下混凝土的 TVL 值：100mm，则 600mm 混凝土条件下 B 的值为 1×10^{-6} 、270mm 混凝土条件下 B 的值为 2×10^{-3} ；

④R_{东侧墙体}=X 射线机距东侧墙体最小距离 3.525m+参考点 0.3m=3.825m；

⑤R_{西侧墙体}=X 射线管距西侧墙体最小距离 4.525m+参考点 0.3m=4.825m；

⑥R_{顶部墙体}=X 射线管距顶部墙体最小距离 8.145m+参考点 0.3m=8.445m。

(2) 探伤房 2 其他各侧墙体辐射剂量率计算

正常开机检测时，本项目 X 射线机距探伤房 2 南侧墙体/工件出口门的最小距离为 3.8m、距北侧墙体/工件出口门最小距离为 5.2m。计算时，均保守取 X 射线机距各侧墙体的最小距离来评价本项目探伤房 2 运行时的辐射影响。

将相关参数带入公式（11-2）、（11-3）、（11-4），可保守估算出当 X 射线机以最大管电压 350kV，最大管电流 5mA 运行时，探伤房 2 南侧、北侧屏蔽体外 30cm 处参考点的辐射剂量率，计算结果见表 11-4。

表 11-4 探伤房 2 其他各侧墙体屏蔽防护计算参数及计算结果

屏蔽体		南侧墙体/工件出口门	北侧墙体/工件入口门（北侧）
参数			
泄漏辐射	设计厚度（mm）	500mm 硫酸钡水泥	500mm 硫酸钡水泥
	TVL（mm）	100	100
	B	1×10^{-5}	1×10^{-5}
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	5×10^3	5×10^3
	R（m）	4.1	5.5
	参考点处泄漏辐射剂量率 $\dot{H}$ 估算值($\mu\text{Sv/h}$)	0.003	0.002
散射辐射	TVL（mm）	90	90
	B	2.71×10^{-8}	2.71×10^{-8}
	I（mA）	5	5
	$H_0(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	1.332×10^6	1.332×10^6
	R_s （m）	4.1	5.5
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	1/50	1/50
	参考点处散射辐射剂量率 $\dot{H}$ 估算值($\mu\text{Sv/h}$)	<0.001	<0.001
参考点处复合辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}$ 估算值	0.003	0.002
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足

注：①本项目硫酸钡水泥密度为 3.2t/m^3 ，换算混凝土（ 2.35t/m^3 ）比例为：1.362：1，则 500mm 硫酸钡水泥等效为 681mm 混凝土。

②根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2，300kV 管电压下混凝土的 TVL 值取 100mm；350kV 管电压经 90° 散射后以 250kV 计，250kV 管电压下混凝土的 TVL 值取：90mm；

③ $\dot{H}_L$ 的值根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的表 1 得出，X 射线管电压大于 200kV 时，距 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

④ $R_{\text{南侧墙体}} = R_{\text{南侧墙体}} = R_{\text{工件出口门}} = R_{\text{工件出口门}} = X$ 射线机距南侧墙体/工件出口门最小距离 3.8m+参考点 $0.3\text{m} = 4.1\text{m}$ ；

⑤ $R_{\text{北侧墙体}} = R_{\text{北侧墙体}} = R_{\text{工件入口门}} = R_{\text{工件入口门}} = X$ 射线机距北侧墙体/工件入口门最小距离 5.2m+参考点 $0.3\text{m} = 5.5\text{m}$ ；

⑥ $R_0^2/F \cdot \alpha$ 的值取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的推荐值 50。

从表 11-3 及表 11-4 中预测结果可知，在探伤房 2 内 X 射线机以最大管电压 350kV，最大管电流 5mA 运行时，探伤房 2 四周屏蔽墙外 30cm 处的最大剂量当量率为 $0.003 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求；顶部 30cm 处的辐射剂量率为 $19.511 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

4、天空反散射辐射影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中“3.1.2 b) 1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和, 应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 H_0 ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制”, 天空反散射示意图见图 11-1。

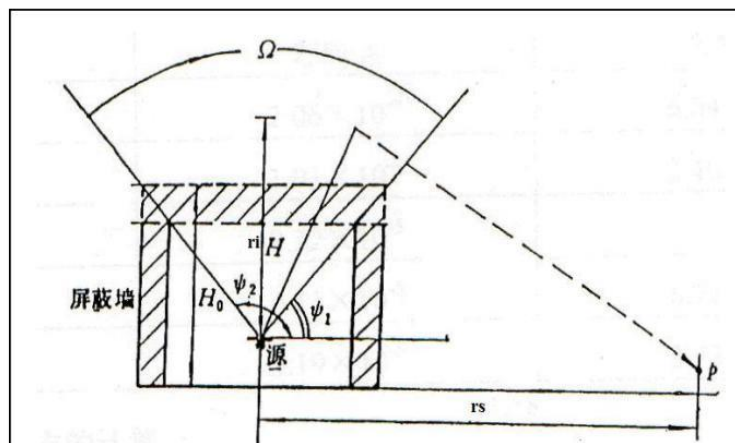


图 11-1 天空反散射示意图

参考《辐射防护导论》(方杰主编) 第六章第一节散射辐射的屏蔽 一、屋顶的屏蔽计算中 1.X 辐射源的公式 6.1 可以演变得到:

$$H_{L, h} = \eta_{r, s} \cdot D_{10} \Omega^{1.3} / (0.67 \cdot r_i^2 \cdot r_s^2) \quad (11-5)$$

上式中: D_{10} —离源上方 1m 处的吸收剂量指数率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$; 对于 X 辐射源,

$D_{10} = I \delta_a$, 其中 I 是电流, mA; δ_a 是 X 射线发射率常数, $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 本项目为 $5 \times 1.332 \times 10^6 = 6.66 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$;

r_i —辐射源到屋顶上方 2m 处的距离, m;

Ω —辐射源对屋顶张的立体角, 单位为球面度, sr, $\Omega = 4 \text{tg}^{-1} (ab/cd)$ (a 是屋顶长度之半; b 是屋顶宽度之半; c 是辐射源到屋顶表面中心的最小距离; d 是源到屋顶边缘的距离, $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$); 探伤房 1 的 a 、 b 、 c 分别取 12.2m、10m、6.995m; 探伤房 2 的 a 、 b 、 c 分别取 9m、10m、8.145m;

$\eta_{r, s}$ —透射比;

r_s —室外参考点到源的水平距离, m,

本项目探伤室 1 东西侧 $r_s = 81\text{m}$;

本项目探伤室 1 南北侧 $r_s = 67.5\text{m}$;

本项目探伤室 2 东西侧 $r_s = 60.75\text{m}$;

本项目探伤室 2 南北侧 $r_s=67.5m$;

$H_{L, h}$ —考察点处剂量率, 这里指本项目关注点处的辐射剂量率, $\mu Sv/h$ 。

表 11-5 天空反散射对于地面关注点处剂量率 (探伤室 1 东西侧)

参数	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	Ω	$\eta_{r, s}$	D_{IO} ($\mu Sv \cdot m^2 \cdot h^{-1}$)	r_i (m)	r_s (m)	$H_{L, h}$ ($\mu Sv/h$)
预测值	12.2	10	6.995	19.5	3.16	2.09×10^{-4}	6.66×10^6	8.995	81	0.017

表 11-6 天空反散射对于地面关注点处剂量率 (探伤室 1 南北侧)

参数	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	Ω	$\eta_{r, s}$	D_{IO} ($\mu Sv \cdot m^2 \cdot h^{-1}$)	r_i (m)	r_s (m)	$H_{L, h}$ ($\mu Sv/h$)
预测值	12.2	10	6.995	19.5	3.16	2.09×10^{-4}	6.66×10^6	8.995	67.5	0.025

表 11-7 天空反散射对于地面关注点处剂量率 (探伤室 2 东西侧)

参数	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	Ω	$\eta_{r, s}$	D_{IO} ($\mu Sv \cdot m^2 \cdot h^{-1}$)	r_i (m)	r_s (m)	$H_{L, h}$ ($\mu Sv/h$)
预测值	9	10	8.145	17.7	2.45	2.09×10^{-4}	6.66×10^6	10.145	60.75	0.018

表 11-8 天空反散射对于地面关注点处剂量率 (探伤室 2 南北侧)

参数	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	Ω	$\eta_{r, s}$	D_{IO} ($\mu Sv \cdot m^2 \cdot h^{-1}$)	r_i (m)	r_s (m)	$H_{L, h}$ ($\mu Sv/h$)
预测值	9	10	8.145	17.7	2.45	2.09×10^{-4}	6.66×10^6	10.145	67.5	0.014

5、辐射环境影响叠加分析

表 11-9 辐射剂量率汇总分析

位置		关注点剂量率 ($\mu Sv/h$)			
		自身探伤室内射线机穿透造成的辐射剂量率	另一探伤房穿透造成的辐射剂量率	天空反散射造成的辐射剂量率	合计
探伤房 1	东侧 30cm	0.001	<0.001	0.018 ^①	0.019
	南侧 30cm	0.003	<0.001		0.021
	西侧 30cm	0.001	<0.001		0.019
	北侧 30cm	0.002	<0.001		0.020
	顶部 30cm	26.147	<0.001	/	26.147
探伤房 2	东侧 30cm	0.003	<0.001	0.017 ^②	0.020
	南侧 30cm	0.003	<0.001		0.020
	西侧 30cm	0.002	<0.001		0.019
	北侧 30cm	0.002	<0.001		0.019
	顶部 30cm	19.511	<0.001	/	19.511
探伤房 1 ^③	东侧 81m	<0.001	<0.001	0.017	0.017
	南侧 67.5m	<0.001	<0.001	0.025	0.025
	西侧 81m	<0.001	<0.001	0.017	0.017
	北侧 67.5m	<0.001	<0.001	0.025	0.025
探伤房 2 ^③	东侧 60.75m	<0.001	<0.001	0.018	0.018

	南侧 67.5m	<0.001	<0.001	0.014	0.014
	西侧 60.75m	<0.001	<0.001	0.018	0.018
	北侧 67.5m	<0.001	<0.001	0.014	0.014

注：①探伤房 1 与探伤房 2 相距最近约 63m，探伤房 1 周围保守叠加探伤房 2 天空反散射对西侧影响的最大值 0.018 μ Sv/h；

②探伤房 2 周围保守叠加探伤房 1 天空反散射对东侧影响的最大值 0.017 μ Sv/h；

③在对应距离外才会产生天空反散射，探伤房对应距离内的关注点保守按 30cm 外的预测值进行评价；探伤房对应距离外的关注点保守按产生天空反散射的最小距离处的预测值进行评价。

根据表 11-9 计算结果可知，本项目 2 座探伤房四周剂量当量率预测值最大为 0.025 μ Sv/h，能够满足《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 μ Sv/h”的要求；顶部 30cm 处的辐射剂量率为 26.147 μ Sv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“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 μ Sv/h”的要求。

6、电缆孔及通风管道辐射影响分析

根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，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”。

本项目 2 座曝光室南侧设置有埋地式电缆管道及通风管道，管道为 U 型设计，埋地深度为 400mm，X 射线经过 U 型电缆沟至少经过 3 次散射才能逃逸，可确保操作室内电缆口处的辐射剂量率能够满足辐射防护要求。

本项目电缆管道及通风管道 X 射线散射路径示意图见图 11-2。

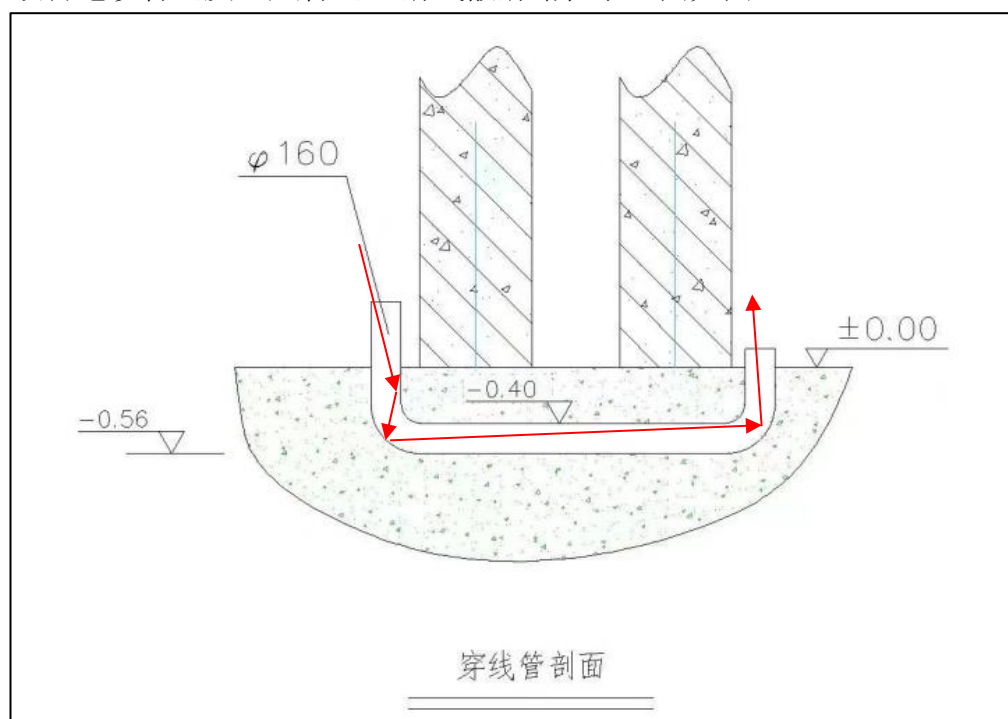


图 11-2 X 射线散射路径示意图

二、辐射工作人员和公众剂量估算及评价

辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式（1）来估算，估算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (11-6)$$

上式中：H—年剂量，μSv/年；

$\dot{H}$ —参考点处剂量率，μSv/h；

U—使用因子；

T—居留因子；

t—年照射时间，(h/年)。

根据公式（11-1）、（11-2）、（11-3），参考点剂量率与距离的平方成反比，可计算出各场所人员所受辐射剂量率，再根据公式（11-6），可估算出本项目所致辐射工作人员和周围公众的周剂量当量及年有效剂量，具体计算参数及计算结果见表 11-10、表 11-11。

表 11-10 本项目所致探伤房周围辐射工作人员和周围公众周剂量估算一览表

保护目标	预测点位	性质	辐射剂量率 (μSv/h)	使用因子 [2]	居留因子 [2]	周工作时间 (h)	周剂量当量 μSv	受照剂量限值 μSv
探伤室 1 辐射工作人员	▲1	辐射工作人员	0.021	1	1	10	0.21	100
探伤室 2 辐射工作人员	▲2		0.020	1	1		0.20	100
探伤房 1 东侧 卷板区工作人员	▲3	公众	0.019	1	1		0.19	5
探伤房 1 南侧 组装区工作人员	▲4		0.021	1	1		0.21	5
探伤房 1 西侧 卷板区工作人员	▲5		0.019	1	1		0.19	5
探伤房 1 北侧 卷板区工作人员	▲6		0.020	1	1		0.20	5
探伤房 2 东侧 卷板区工作人员	▲7		0.020	1	1		0.20	5
探伤房 2 南侧 组装区工作人员	▲8		0.020	1	1		0.20	5
探伤房 2 西侧 卷板区工作人员	▲9		0.019	1	1		0.19	5
探伤房 2 北侧 卷板区工作人员	▲10		0.019	1	1		0.19	5

表 11-11 本项目所致探伤房周围辐射工作人员和周围公众年剂量估算一览表

保护目标	预测点位	性质	辐射剂量率 (μSv/h)	使用因子 [2]	居留因子 [2]	年工作时间 (h)	年有效剂量 mSv	年照剂量限值 mSv
------	------	----	------------------	-------------	-------------	--------------	--------------	---------------

探伤室 1 辐射工作人员	▲1	辐射 工作 人员	0.021	1	1	500	0.010	5
探伤室 2 辐射工作人员	▲2		0.020	1	1		0.010	5
探伤房 1 东侧 卷板区工作人员	▲3	公众	0.019	1	1		0.010	0.1
探伤房 1 南侧 组装区工作人员	▲4		0.021	1	1		0.010	0.1
探伤房 1 西侧 卷板区工作人员	▲5		0.019	1	1		0.010	0.1
探伤房 1 北侧 卷板区工作人员	▲6		0.020	1	1		0.010	0.1
探伤房 2 东侧 卷板区工作人员	▲7		0.020	1	1		0.010	0.1
探伤房 2 南侧 组装区工作人员	▲8		0.020	1	1		0.010	0.1
探伤房 2 西侧 卷板区工作人员	▲9		0.019	1	1		0.010	0.1
探伤房 2 北侧 卷板区工作人员	▲10		0.019	1	1		0.010	0.1

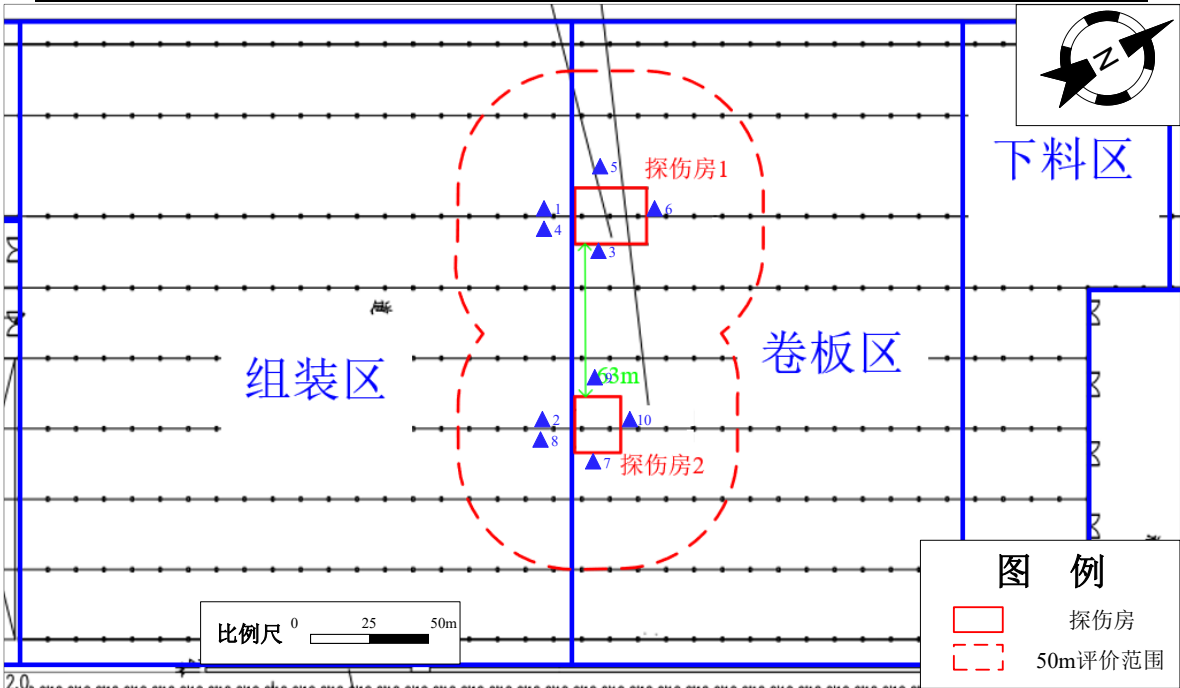


图 11-3 本项目周围预测点位示意图

根据表 11-10、表 11-11 估算结果可知，本项目所致辐射工作人员周剂量当量最大约 0.21μSv，年有效剂量最大约 0.010mSv；所致周围公众周剂量当量最大约 0.21μSv，年有效剂量最大约 0.010mSv。均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（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)。

三、通风措施评价

本项目 2 座探伤房通风口均位于南侧，通过地埋管道排出，避开了主射线方向，曝光室内通风系统通风量不小于 20000m³/h，经计算得出探伤房 1 每小时通风次数约为 4.0 次，探伤房 2 每小时通风次数约为 5.5 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。排风口位于厂房顶部，厂房楼上无建筑。排出探伤房的臭氧和氮氧化物经通风系统排至室外，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

事故影响分析

1、辐射事故分析

本项目探伤房只有在 X 射线机开机出束时才会产生 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 射线机在对工件进行检测时工件入口门或工件出口门未能完全关闭，致使 X 射线泄漏到探伤房外，给周围活动的人员造成不必要的照射。

（2）机器调试、检修时误照。X 射线机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。

（3）X 射线机被盗，他人误开机使周围人员受到误照射。

（4）探伤操作人员未发现曝光室内仍有人员滞留即开始探伤作业，致使人员受到意外照射。

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；

（4）做好 X 射线机的安全保卫工作，如 X 射线机被盗，立即向公司辐射安全管理机构汇报同时向公安部门报告。

江苏华兴重工有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤工作，每次探伤前均检查门机联锁、急停按钮等安全措施的有效性，定期检测探伤房周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。公司辐射安全管理制度应现行有效，同时，公司在实际工作中应不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查探伤设备及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

江苏华兴重工有限公司拟制定辐射事故应急预案，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 本项目新建的2座探伤房使用的X射线机属于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》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员及辐射安全管理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。 江苏华兴重工有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备4名辐射工作人员，新增辐射工作人员应取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核，辐射工作人员持有的原辐射安全培训合格证书到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。
辐射安全管理规章制度 江苏华兴重工有限公司拟根据《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求制定辐射安全管理制度，如《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》、《台账管理制度》、《环境监测方案》及《辐射事故应急预案》、《监测异常报告制度》等。公司拟制定的辐射安全管理规章制度应具有一定的针对性和可操作性，满足本次核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求，同时在实际工作中还应不断对其进行补充和完善。公司将制定如下管理制度： 辐射防护和安全保卫制度：根据单位的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置的安全防护和管理落实到个人。 操作规程：明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是明确射线装置的操作步骤，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：明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，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：明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保射线装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

台账管理制度：对射线装置的使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，对射线装置进行严格管理。

人员培训计划：明确培训对象、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。

个人剂量监测方案：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，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；明确辐射工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：购置辐射巡测仪等监测设备，明确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。定期对个人剂量报警仪、辐射巡测仪进行维护保养和校准，确保仪器可以正常使用。此外，根据环境保护部18号令，使用射线装置的单位应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，将年度评估报告电子版（包含附件）上传至全国核技术利用辐射安全管理系统。

辐射事故应急预案：针对可能产生的辐射事故制定辐射事故应急措施，措施中应明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。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。

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。

设备退役制度：X 射线机应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构，并清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

本次为江苏华兴重工有限公司首次开展核技术利用建设项目，在审批部门批准后将逐步落实管理机构任命文件、管理制度、仪器设备采购等工作。本项目辐射工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预案响应程序等制度应张贴于检测室四周的醒目处。

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。

公司拟为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪和 4 台个人剂量报警仪，配备后将能够满足辐射监测仪器配置要求。

2、监测方案

江苏华兴重工有限公司应根据辐射管理要求，制定如下监测方案：

（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；

（3）所有辐射工作人员上岗前均进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。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），并建立个人职业健康档案。

（4）定期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，并记录档案。

本项目落实上述监测方案后，方能满足辐射安全管理的要求。

辐射事故应急

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目事故多为开机误照射事故，通常情况下属于一般辐射事故。

为加强射线装置在无损检测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，江苏华兴重工有限公司拟制定事故应急预案，应急预案内容应包括：

- （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。

公司应明确辐射事故应急领导小组的组织机构、组成人员及职责；应明确应急人员培训内容及培训周期等；应明确辐射应急救援响应措施；应明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化；应该明确应急演练制度。

公司应在今后的日常工作中加强管理，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习，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，还应经常监测辐射工作场所的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

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》和《江苏省辐射污染防治条例》，发生辐射事故时，事故单位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 13 结论与建议

结论 1、项目概况 因生产需要，江苏华兴重工有限公司拟新购置 2 台 XXQ-3505 型 X 射线机（定向机）、2 台 XXQHZ-3505 型 X 射线机（周向机），安置于公司新建的 2 座探伤房内（2 座探伤房各安置 1 台定向机、1 台周向机），用于对公司生产的压力容器、换热器、塔器、储罐等进行无损检测，4 台 X 射线机最大管电压均为 350kV，最大管电流均为 5mA，均属于Ⅱ类射线装置。 2、实践正当性评价 本项目的建设和运行满足了企业的生产需求，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 江苏华兴重工有限公司位于南通市启东市吕四港经济开发区临港东路 33 号，评价范围均位于公司内部，且内无居民区、学校等环境敏感目标，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，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 2 座探伤房均设置有操作室及曝光室，操作室与曝光室分开独立设置。本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室与探伤室分开设置的要求。 公司拟将 2 座探伤房的曝光室本项目控制区，操作室设置为监督区。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。 4、辐射防护措施评价 本项目新建 2 座 X 射线探伤房均采用硫酸钡水泥对 X 射线进行屏蔽，探伤房 1 外尺寸为 24.4m（长）×20m（宽）×11.77m（高）、内尺寸为 23.2m（长）×18.8m（宽）×11.5m（高），工件门大小为 10.1m×11.77mm；探伤房 2 外尺寸为 18m（长）×20m（宽）×11.77m（高）、内尺寸为 16.8m（长）×18.8m（宽）×11.5m（高），工件门大

小为 6m×11.77m；2 座探伤房屏蔽参数相同，东侧及西侧墙体均为 600mm 硫酸钡水泥；南侧、北侧及工件门为 500mm 硫酸钡水泥；顶部为 270mm 硫酸钡水泥，电缆孔及通风口均采用地下“U”形管道过墙，无需额外防护。

根据估算结果，本项目新建 2 座 X 射线探伤房的辐射防护设计能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

5、辐射安全措施评价

本项目将在 X 射线探伤房设置如下辐射安全措施：

- （1）操作台上设置钥匙开关；
 - （2）曝光室顶部安装工作状态指示灯；
 - （3）操作台处设置有高压接通时的指示装置；
 - （4）工件进出门及人员进出门设置行程开关，与每台 X 射线机联锁形成门机联锁装置；
 - （5）曝光室外表面及操作室醒目位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明；
 - （6）操作台及曝光室安装有急停按钮；
 - （7）操作台处安装声音提示装置；
 - （8）操作台处设置禁止非授权使用的警示标识；
 - （9）曝光室内和出入口安装监视装置；
 - （10）曝光室内设置固定式辐射探测报警装置；
 - （11）操作室设置门锁，钥匙由探伤工作人员保管，非探伤工作人员无法进入。
- 本项目采取的辐射安全措施满足本项目辐射安全防护的要求。

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有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目剂量约束值（职业人员周剂量当量不大于 100μSv/周、年有效剂量不超过 5mSv，公众周剂量当量不大于 5μSv/周、年有效剂量不超过 0.1mSv）的要求。

7、辐射防护监测仪器

公司将为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪和 4 台个人剂量报警仪，配置后将能够满足辐射监测仪器的配置要求。

8、臭氧环境影响分析

本项目 2 座探伤房通风口均位于南侧，通过地埋管道排出，避开了主射线方向，曝光室内通风系统通风量不小于 20000m³/h，经计算得出探伤房 1 每小时通风次数约为 4.0 次，探伤房 2 每小时通风次数约为 5.5 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。排风口位于厂房顶部，厂房楼上无建筑。排出探伤房的臭氧和氮氧化物经通风系统排至室外，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

9、辐射安全管理评价

江苏华兴重工有限公司拟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。公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，均应参加并通过辐射安全和防护的培训及考核。公司应为辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，建立个人剂量档案及职业健康档案。公司还应根据本项目具体情况补充和完善各项管理制度，同时在工作中将其落到实处，确保辐射工作的安全。采取上述措施后，将满足生态环境保护管理要求。

总结论：

综上所述，江苏华兴重工有限公司新建 2 座 X 射线探伤房项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，项目对环境和公众的影响满足 GB 18871-2002 及 GBZ 117-2022 相关要求，其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，该项目的建设运行是可行的。

建议与承诺

（1）公司应定期或不定期针对射线装置的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查，确保仪器的完好和有效。

（2）针对本项目可能出现的辐射事故，公司应加强辐射工作人员的安全思想教育，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故的发生。

（3）企业应定期对射线装置所在场所及周围剂量率进行监测，重点关注设备正上方、工件门处的剂量率水平。

（4）企业应认真保管好射线装置的各种档案资料以及定期的测试报告，做到各种数据有据可查。

(5) 项目建成后企业应及时重新申领辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收。

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	公司拟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： 本项目2座X射线探伤房均采用硫酸钡水泥对X射线进行屏蔽，探伤房1外尺寸为24.4m（长）×20m（宽）×11.77m（高）、内尺寸为23.2m（长）×18.8m（宽）×11.5m（高），工件门大小为10.1m×11.77mm；探伤房2外尺寸为18m（长）×20m（宽）×11.77m（高）、内尺寸为16.8m（长）×18.8m（宽）×11.5m（高），工件门大小为6m×11.77m；2座探伤房屏蔽参数相同，东侧及西侧墙体均为600mm硫酸钡水泥；南侧、北侧及工件门为500mm硫酸钡水泥；顶部为270mm硫酸钡水泥，电缆孔及通风口均采用地下“U”形管道过墙，无需额外防护。	检测铅房的辐射防护设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于 X 射线探伤室的屏蔽防护要求。 辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目剂量约束值要求（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）。	413.0
	安全措施： （1）操作台上设置钥匙开关； （2）曝光室顶部安装工作状态指示灯； （3）操作台处设置有高压接通时的指示装置； （4）工件进出门及人员进出门设置行程开关，与每台 X 射线机联锁形成门机联锁装置； （5）曝光室外表面及操作室醒目位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明； （6）操作台及曝光室安装有急停按钮； （7）操作台处安装声音提示装置； （8）操作台处设置禁止非授权使用的警示标识； （9）曝光室内和出入口安装监视装置； （10）曝光室内设置固定式辐射探测报警装置； （11）操作室设置门锁，钥匙由探伤工作人员保管，非探伤工作人员无法进入。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于X射线探伤室的安全措施的设置要求。	
	通风措施： 本项目 2 座探伤房通风口均位于南侧，通过地埋管道排出，避开了主射线方向，曝光室内通风系统通风量不小于 20000m ³ /h，经计算得出探伤	能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有	

	房 1 每小时通风次数约为 4.0 次，探伤房 2 每小时通风次数约为 5.5 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。排风口位于厂房顶部，厂房楼上无建筑。排出探伤房的臭氧和氮氧化物经通风系统排至室外，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。	效通风换气次数不小于3次的要求。	
人 员 配 备	公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，公司辐射工作人员均应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。	2.0
	公司辐射工作人员均应配备个人剂量计，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的管理要求。	1.0
	公司辐射工作人员均应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》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测的管理	2.0
监 测 仪 器 和 防 护 用 品	拟配备 1 台辐射巡测仪。	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。	2.0
	拟配备 4 台个人剂量报警仪。		
辐 射 安 全 管 理 制 度	拟制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施、监测异常报告制度等辐射安全管理制度，在以后的工作中不断补充完善。	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

表 14 审批

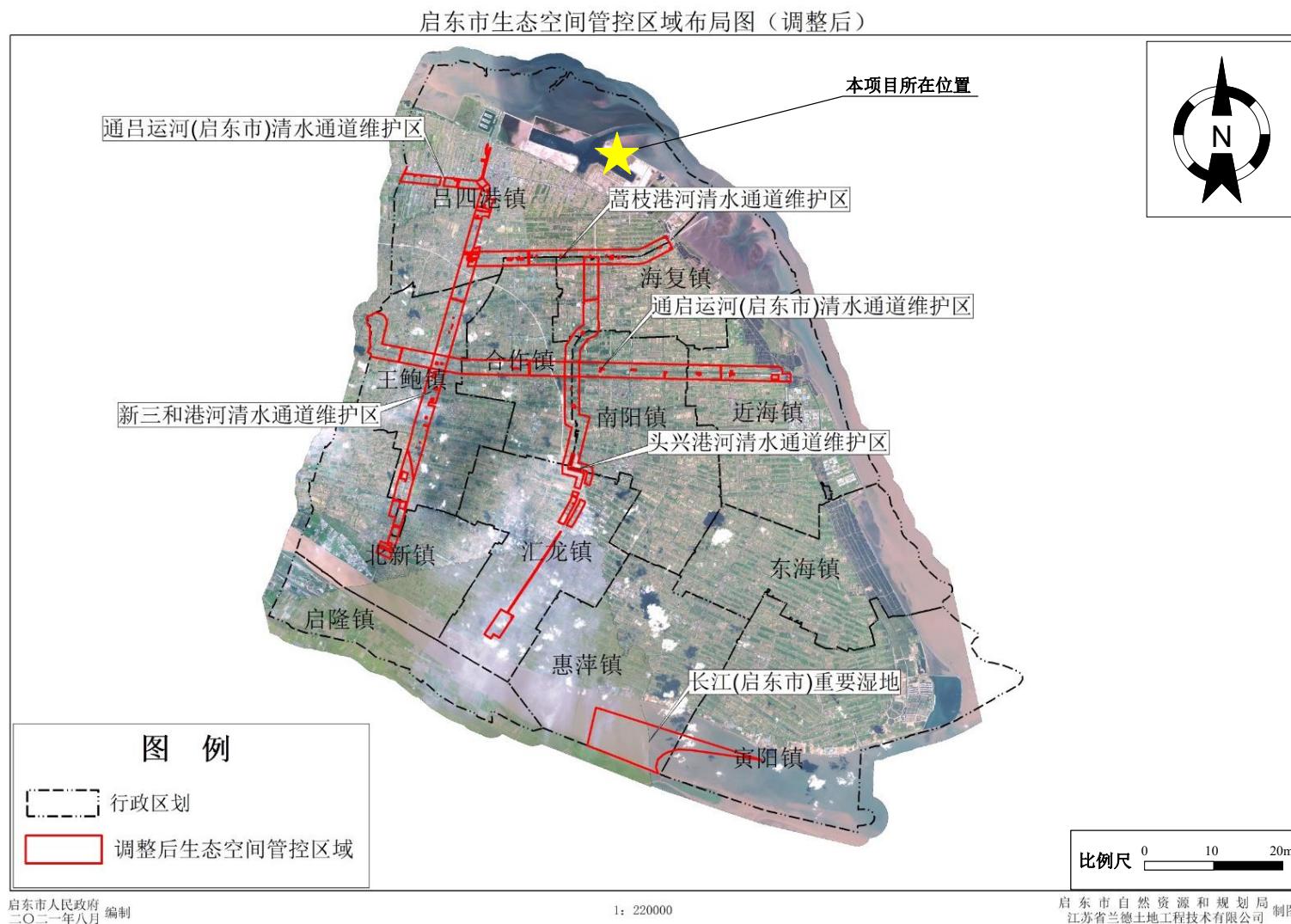
下一级环保部门预审意见	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见	
经办人	公 章 年 月 日



附图 1 江苏华兴重工有限公司地理位置示意图



附图2 江苏华兴重工有限公司厂区平面及周边概况图



附图 4 本项目与启东市调整后生态空间管控区域相对位置关系示意图



附图 5 本项目与江苏省生态管控单元相对位置关系示意图