

# 核技术利用建设项目

## 厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机项目 环境影响报告表

(公示版)

厦门双瑞海洋环境工程有限公司

2024 年 1 月



# 核技术利用建设项目

## 厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机项目 环境影响报告表



建设单位名称：厦门双瑞海洋环境工程有限公司

建设单位法人代表：付洪田

通讯地址：厦门火炬高新区（翔安）产业区海鸣路 1001 号

邮政编码：361100

联系人：范\*\*\*

电子邮箱：fa\*\*\*.net

联系电话：158\*\*\*

# 目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	11
表 8 环境质量和辐射现状.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	24
表 10 辐射安全与防护.....	29
表 11 环境影响分析.....	38
表 12 辐射安全管理.....	46
表 13 结论与建议.....	53

## 附件

附件 1 委托书（已删除）

附件 2 管理制度（已删除）

附件 3 环境现状检测报告（已删除）

附件 4 检测资质（已删除）

**表1 项目基本情况**

项目名称	厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机项目				
建设单位	厦门双瑞海洋环境工程有限公司				
法人代表	付洪田	联系人	范***	联系电话	1589***
注册地址	厦门火炬高新区（翔安）产业区海鸣路 1001 号之 2-102 室				
项目建设地点	厦门市翔安区翔安西路和海翔大道交叉口东北侧 B4#厂房				
立项审批部门	/			批准文号	/
建设项目总投资（万元）	300	项目环保投资（万元）	100	投资比例	33.3%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ）	224
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
<b>1.建设单位情况</b>					
<p>厦门双瑞海洋环境工程有限公司（以下简称“双瑞海洋”）注册地址位于厦门火炬高新区（翔安）产业区海鸣路 1001 号之 2-102 室，本项目建设地点位于厦门市翔安区翔安西路和海翔大道交叉口东北侧 B4#厂房。双瑞海洋主要从事海洋工程关键配套系统开发；船用配套设备制造；船舶自动化、检测、监控系统制造；国际船舶管理业务；海洋工程设计和模块设计制造服务；海洋工程装备制造；海洋工程装备销售；海洋环境服务；特种设备制造；特种设备安装改造修理；特种设备检验检测服务等。</p> <p>双瑞海洋厂区已办理相关环境影响评价手续，已通过审批，审批文号为厦翔环审[2023]041 号；目前正在建设中。</p>					
<b>2.目的和任务由来</b>					
<p>厦门双瑞海洋环境工程有限公司无原有核技术利用设备应用，本次属于首次开展核技术利用建设项目。</p> <p>为提高产品质量，厦门双瑞海洋环境工程有限公司拟在 B4#厂房东侧新建一座探伤室，使用 5 台工业 X 射线探伤机，开展室内探伤业务，均为固定探伤（不涉及移动式探伤业务），主要用于不锈钢管道、焊接钢材产品等的无损检测。根据《中华人民共和</p>					

国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》以及《建设项目环境保护管理条例》（国务院 682 号令）等法律法规，厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机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》（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 6 日发布），双瑞海洋使用的工业 X 射线探伤机属于 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），“使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。

因此，厦门双瑞海洋环境工程有限公司于 2023 年 9 月委托厦门华和元环保科技有限公司（以下简称“我公司”）对其 5 台工业 X 射线探伤机项目进行环境影响评价工作（委托书见附件 2）。我公司接受委托后，组织技术人员于 2023 年 9 月对厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机项目工作场所防护情况和辐射工作人员的防护情况进行了调查，充分收集了有关资料，在完成辐射环境质量现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求编制完成了《厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机项目环境影响报告表》。

### 3.项目建设规模

在 B4# 厂房东北侧新建一座探伤室及其控制室等配套用房，使用 5 台工业 X 射线探伤机，开展室内探伤业务，均为固定探伤（不涉及移动式探伤业务），主要用于不锈钢管道、焊接钢材产品（外管径 21.3mm~457.0mm，管壁厚 2.11mm~15.24mm，长度 50mm~4m）等的无损检测。建设内容主要包含：探伤室（曝光室）、操作室、评片室、暗室（洗片室）、废液储存室及电控室等，其中探伤机均存放在探伤室内（不设仓库），操作室及探伤室均由专人管理；洗片在暗室中进行，洗片过程中产生的废显（定）影液及废胶片使用专用桶收集后暂存于废液储存室；本项目辐射工作的种类和范围为使用 II 类射线装置。本项目拟用工业 X 射线探伤机详细情况见表 1-1。

**表 1-1 本项目射线装置使用情况**

序号	射线装置	型号	数量 (台)	最大管电 压 (kV)	最大管电 流 (mA)	类别	使用场所	检测对象	备注
1	X 射线探伤机	CP300D	1	300	3	II 类	探伤室	不锈钢管 道、焊接钢 材产品等	拟购
2	X 射线探伤机	CP160D	2	160	5.6	II 类			拟购
3	X 射线探伤机	XXG-3005	1	300	5	II 类			拟购
4	X 射线探伤机	XXG-1605	1	160	5	II 类			拟购

### 4.项目选址及周边保护目标

本项目探伤室位于 B4#厂房内，B4#厂房位于中船重工七二五所厦门双瑞新材料产业园内南部 B 区东侧，分为主房（共 1 层）与东侧辅房（共 3 层）。厂房北侧为 B2#厂房，东侧为园区规划道路，南侧为 B7#综合保障楼，西侧为 B5#、B6#、B3#厂房。

本项目探伤室位于 B4#厂房主房东北角，其东侧为通道及厂房外空地及道路等，南侧为操作室、评片室、电控室、暗室、废液储存室、通道、酸洗钝化房等区域，东南侧为辅房（试验室、空压站等），西侧为工件待检区、通道、管材切割区、人机预制焊接作业区等区域，北侧为资料室、暂存区、待检区、卸货区及 B2#厂房；探伤室为一层建筑物，楼上楼下无建筑物，与其他生产区域相对独立，选址符合要求。

本项目使用的工业 X 射线探伤机在工作过程中产生的 X 射线经探伤室屏蔽体屏蔽后并通过距离衰减，同时在该公司各项辐射安全防护措施有效的条件下，对周边环境人员造成的辐射影响较小，本项目拟建辐射工作场所周边 50m 范围内无以居住、医疗卫生、文化教育、科研等为主要功能的环境影响敏感区域，故项目选址可行。

本项目现状照片见图 1-1，厂区平面图详见图 1-2。本项目的周边保护目标主要是操作射线装置的辐射工作人员和周边公众人员（包含一般工作人员）。





图 1-1 周边现状照片

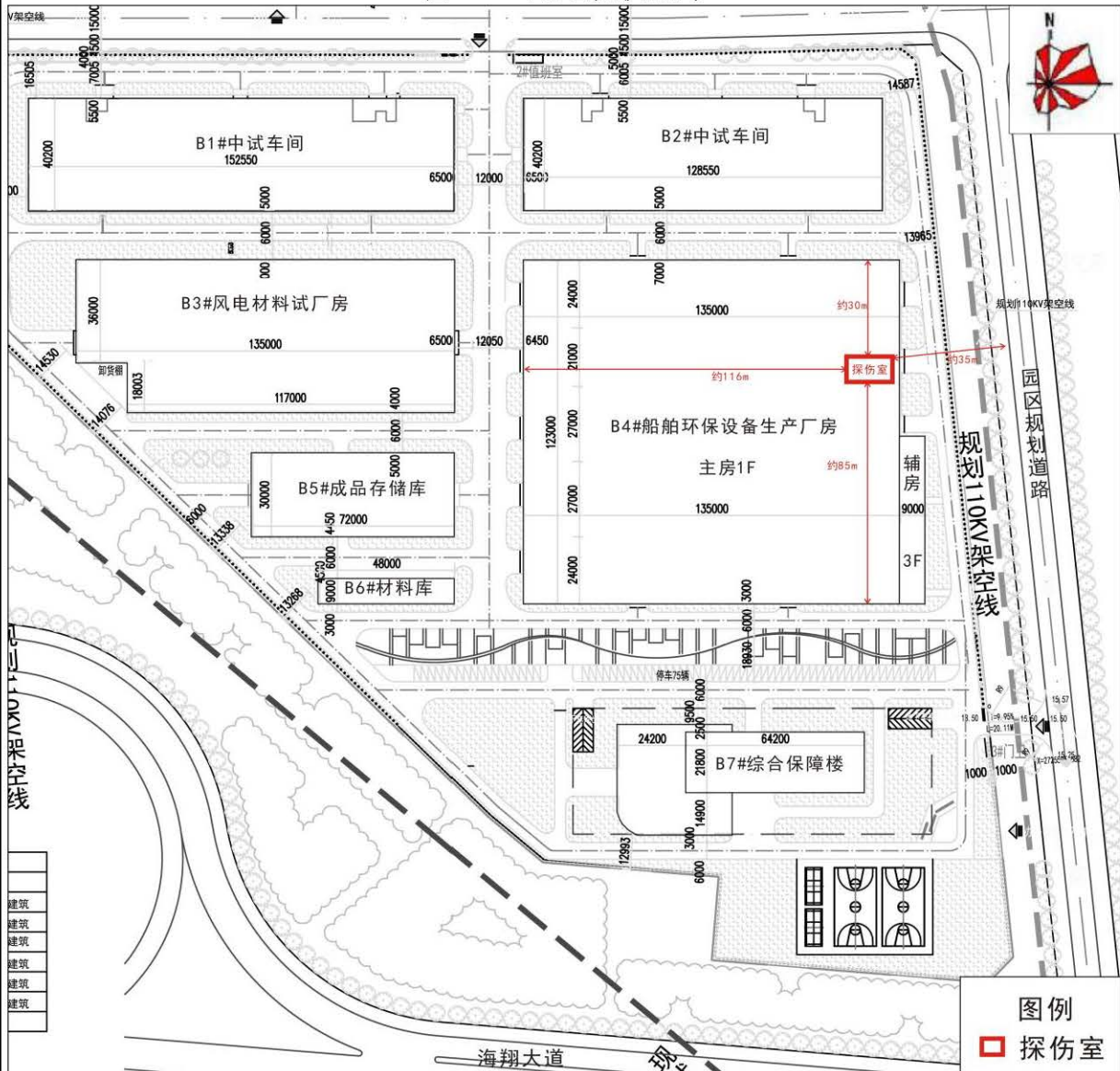


图 1-2 厂区平面布局示意图

### 5.项目位置及周边保护目标情况

本项目探伤室位于自有厂房 B4#厂房内，厂区位于中船重工七二五所厦门双瑞新材料产业园内南部 B 区，周边均为其他企业厂区。

本项目探伤室位于 B4#厂房内东北角，除了本项目辐射工作人员外，四周环境保护目标见表 1-2。

**表 1-2 环境保护目标情况一览表**

辐射场所	东侧	南侧	西侧	北侧
探伤室	厂房内通道、厂房外空地及道路	通道、酸洗钝化房、高压打压区域等区域	通道、管材切割区、人机预制焊接作业区等区域	资料室、暂存区、待检区、卸货区及 B2#厂房

### 6.实践正当性分析

项目投入使用主要用于不锈钢管道、焊接钢材产品等的无损检测，保证产品合格，符合辐射防护“实践的正当性”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机项目实施后，经过无损检测检查可发现产品缺陷，能起到提前预防事故发生，在保证安全使用的同时，也创造了更大的经济效益和社会效益。

### 7.国家产业政策符合性分析

本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的“第一类 鼓励类”——“十四、机械”——“1.科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，因此本项目符合国家产业政策。



**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》(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射线探伤机	II类	1	CP300D	300	3	不锈钢管道、焊接钢材产品等的无损检测	探伤室	拟购
2	X射线探伤机	II类	2	CP160D	160	5.6			拟购
3	X射线探伤机	II类	1	XXG-3005	300	5			拟购
4	X射线探伤机	II类	1	XXG-1605	160	5			拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

**表5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	微量	微量	/	无	大气环境中
氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	无	大气环境中
阴极射线管	/	/	/	/	/	/	无	待设备报废后由厂家回收处置或有资质单位回收处置
废显（定）影液	/	/	/	/	800L	/	暂存于公司专用桶内，置于废液储存室内	交由有资质单位回收处置
废胶片	/	/	/	/	2000 张	/	暂存于公司专用桶内，置于废液储存室内	交由有资质单位回收处置

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>，年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表6 评价依据

法规文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(2014年4月修订),中华人民共和国主席令第九号,2015年1月1日起施行;</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过,根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改&lt;中华人民共和国劳动法&gt;等七部法律的决定》修正);</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》,中华人民共和国主席令第六号,2003年10月1日起施行;</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》,中华人民共和国国务院令第253号,2017年10月1日起施行(根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订);</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,中华人民共和国国务院令 第449号,2005年12月1日起施行,2019年3月18日第二次修订;</p> <p>(6)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》,中华人民共和国生态环境部令 第16号,2021年1月1日起施行;</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年1月修订),原国家环保总局令 第31号,2006年3月1日起施行;</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,中华人民共和国环境保护部令 第18号,2011年5月1日起施行;</p> <p>(9)《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》,环发[2012]98号文;</p> <p>(10)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》,环发[2012]77号文;</p> <p>(11)《关于发布《射线装置分类》的公告》,环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告(公告2017年第66号),2017年12月6日发布;</p> <p>(12)《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》,国环规环评【2017】4号,2017年11月20日施行。</p>
------	--

<p>技 术 标 准</p>	<p>(1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(2)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(3)《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(4)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022);</p> <p>(6)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 本项目委托书;</p> <p>(2) 厦门双瑞海洋环境工程有限公司提供的本项目相关资料。</p>

表7 保护目标与评价标准

评价范围

参考《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) 中环境影响报告书相关要求, 即“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(无实体边界项目视具体情况而定, 应不低于 100m 的范围)”, 结合本项目特点, 本项目的评价范围为探伤室(曝光室) 墙体外 50m 的范围。

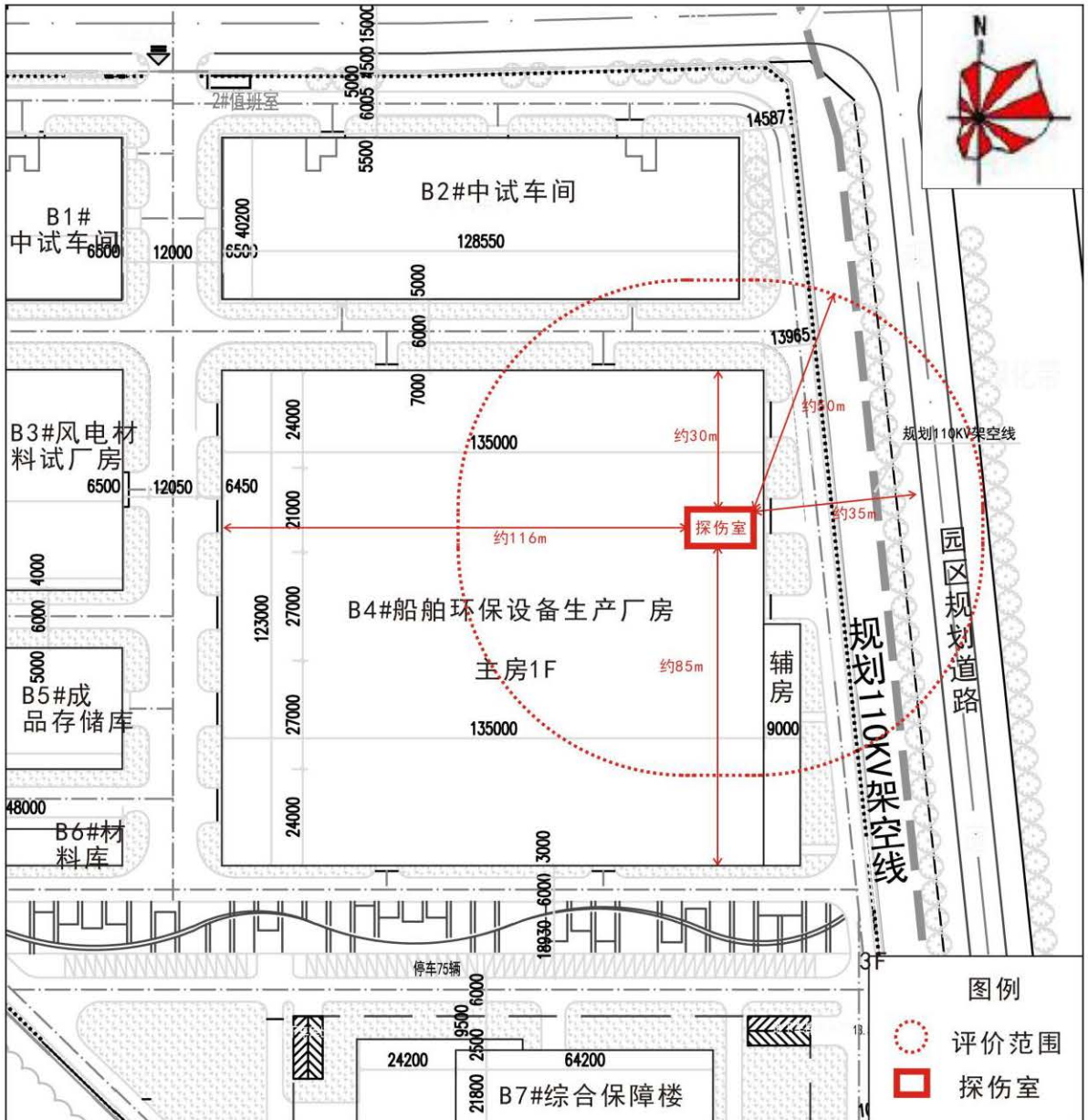


图 7-1 本项目评价范围示意图

## 保护目标

根据对本项目周围环境的调查，本项目周边保护目标为辐射工作场所屏蔽体边界外 50m 范围内的辐射工作人员及周边公众成员。本项目辐射工作人员为工业 X 射线探伤机操作人员，公众成员为厂区内其他工作人员等。本项目评价范围内的环境保护目标具体见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

序号	点位描述	环境保护对象	方位及距离	人数	剂量约束值 (mSv)
1	操作室	辐射工作人员	南侧；紧邻	2~4 人	5
2	评片室		南侧；紧邻	2 人	
3	暗室		南侧；紧邻	2 人	
4	通道及厂房外道路	公众成员	东侧；0~35m	流动人群	0.25
5	园区规划道路		东侧；35m	流动人群	
6	辅房		东南侧；约 20m	约 10 人	
7	通道及酸洗钝化房等其他区域		南侧；5~50m	约 10 人	
8	工件待检区、通道、管材切割区		西侧；0~50m	约 30 人	
9	资料室、暂存区、待检区、卸货区		北侧；0~30m	约 10 人	
10	B2#厂房		北侧；30m	约 10 人	

注：本项目辐射工作人员共 8 人。

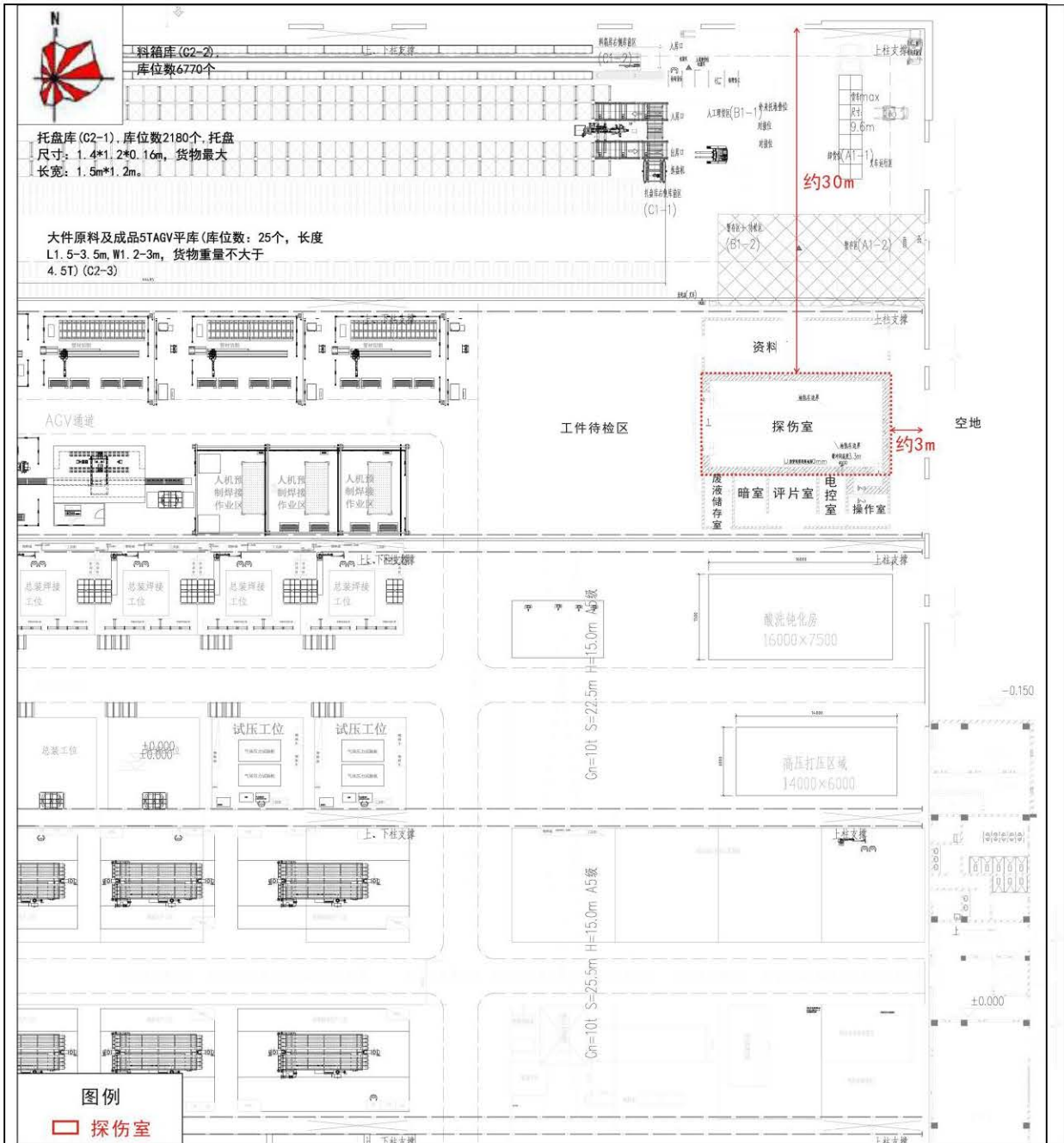


图 7-2 B4#厂房东北角局部平面布局示意图



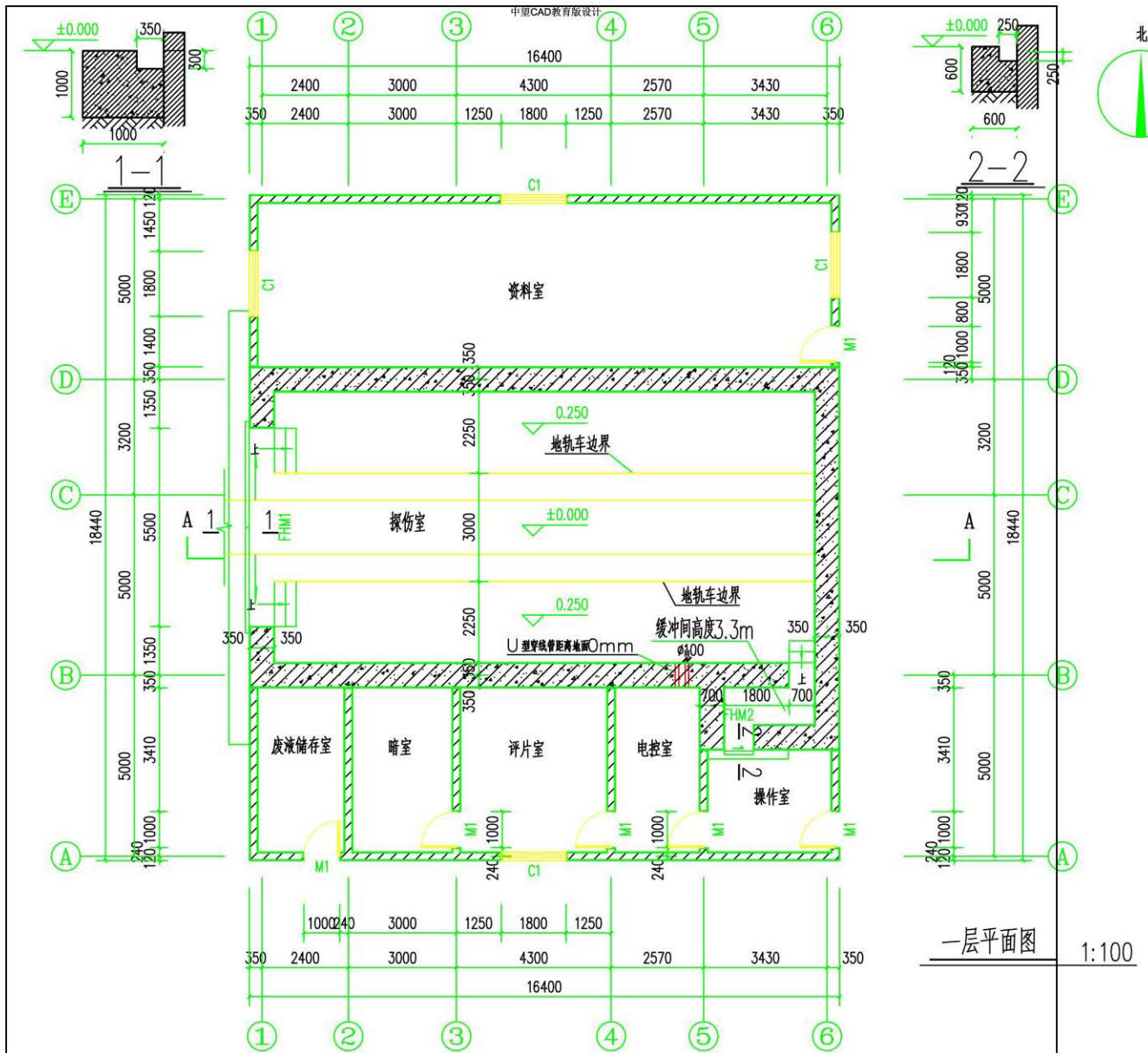


图 7-3 探伤室及配套用房平面布局示意图

一层平面图 1:100

## 评价标准

### (1) 剂量限值和剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的要求,本项目相关限值采用标准见表 7-2。

表 7-2 本项目相关标准限值

内容	项目	剂量限值	标准名称
连续五年平均有效剂量限值	辐射工作人员	20mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
年有效剂量限值	公众成员	1mSv	
剂量约束值	辐射工作人员	5mSv/a	辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为管理限值
	公众成员	0.25mSv/a	公众成员取年有效剂量限值的 1/4 作为管理限值

### (2) 剂量当量率控制水平

依据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中的要求,本项目相关剂量当量率控制水平见表 7-3。

表 7-3 本项目相关剂量当量率控制水平

内容	项目	控制水平	标准名称
周围剂量当量率控制目标值	关注点最高周围剂量当量率参考控制水平	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
剂量率参考控制水平	关注点最高剂量率参考控制水平	$H_{c, \max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)
	关注点剂量率参考控制水平 <sup>注</sup>	$2.5\mu\text{Sv/h}$	

注: 本项目关注点剂量率参考控制水平详见表 11-1。

### (3) 辐射安全防护措施要求

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)对工作场所辐射防护要求、安全装置和警示标志要求做了明确规定:

表 7-4 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)相关内容

相关条款	具体内容(节选, 不适用于本项目的条款未给出)
4 使用单位放射防护要求	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。 4.2 应建立放射防护管理组织, 明确放射防护管理人员及其职责, 建立和实施放射防护管理制度和措施。 4.3 应对从事探伤工作的人员按GBZ 128的要求进行个人剂量监测, 按GBZ 98的要求进行职业健康监护。

	<p>4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。</p> <p>4.6 应制定辐射事故应急预案。</p>
5 探伤机的放射防护要求	<p>5.1.2 工作前检查项目应包括：</p> <p>a) 探伤机外观是否完好；</p> <p>b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；</p> <p>c) 液体制冷设备是否有渗漏；</p> <p>d) 安全连锁是否正常工作；</p> <p>e) 报警设备和警示灯是否正常运行；</p> <p>f) 螺栓等连接件是否连接良好；</p> <p>g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。</p> <p>5.1.3 X射线探伤机的维护应符合下列要求：</p> <p>a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；</p> <p>b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；</p> <p>c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；</p> <p>d) 应做好设备维护记录。</p>
6.1 探伤室放射防护要求	<p>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。</p> <p>6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871的要求。</p> <p>6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：</p> <p>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 <math>\mu\text{Sv}/\text{周}</math>，对公众场所，其值应不大于5 <math>\mu\text{Sv}/\text{周}</math>；</p> <p>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 <math>\mu\text{Sv}/\text{h}</math>。</p> <p>6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：</p> <p>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；</p> <p>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 <math>\mu\text{Sv}/\text{h}</math>。</p> <p>6.1.5 探伤室应设置门-机连锁装置，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-机连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连锁。</p> <p>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，并与探伤机连锁。“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。</p> <p>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。</p> <p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>
6.2 探伤室探伤操作的放	<p>6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。</p>

射防护要求	<p>6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式X-<math>\gamma</math>剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。</p> <p>6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。</p> <p>6.2.4 交接班或当班使用便携式X-<math>\gamma</math>剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式X-<math>\gamma</math>剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。</p> <p>6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。</p> <p>6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。</p>
6.3 探伤设施的退役	<p>当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：</p> <p>c) X射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。</p> <p>e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。</p> <p>f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。</p> <p>g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。</p>

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

重点引用：3.1.1 探伤室墙和入口处周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ $H_c$ ）和导出剂量率参考控制水平（ $H_{c,d}$ ）：人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu Sv/周$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu Sv/周$ 。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平， $H_{c,max}$ ： $H_{c,max} = 2.5 \mu Sv/h$

c) 关注点剂量率参考控制水平， $H_c$ 。 $H_c$  为上述 a) 中  $H_{c,d}$  和 b) 中的  $H_{c,max}$  二者的较小者。

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或者探伤室旁邻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，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2 a) 的条件外，应考虑下列情况：

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透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1 c) 的剂量率参考控制水平， $H_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

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

### 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  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  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什值层厚度 (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，探伤室人员门宜采用迷路形式。

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该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。

## 表8 环境质量和辐射现状

### 1.项目的地理和场所位置

本项目位于厦门市翔安区翔安西路和海翔大道交叉口东北侧 B4#厂房。本项目地理位置示意图见图 8-1。

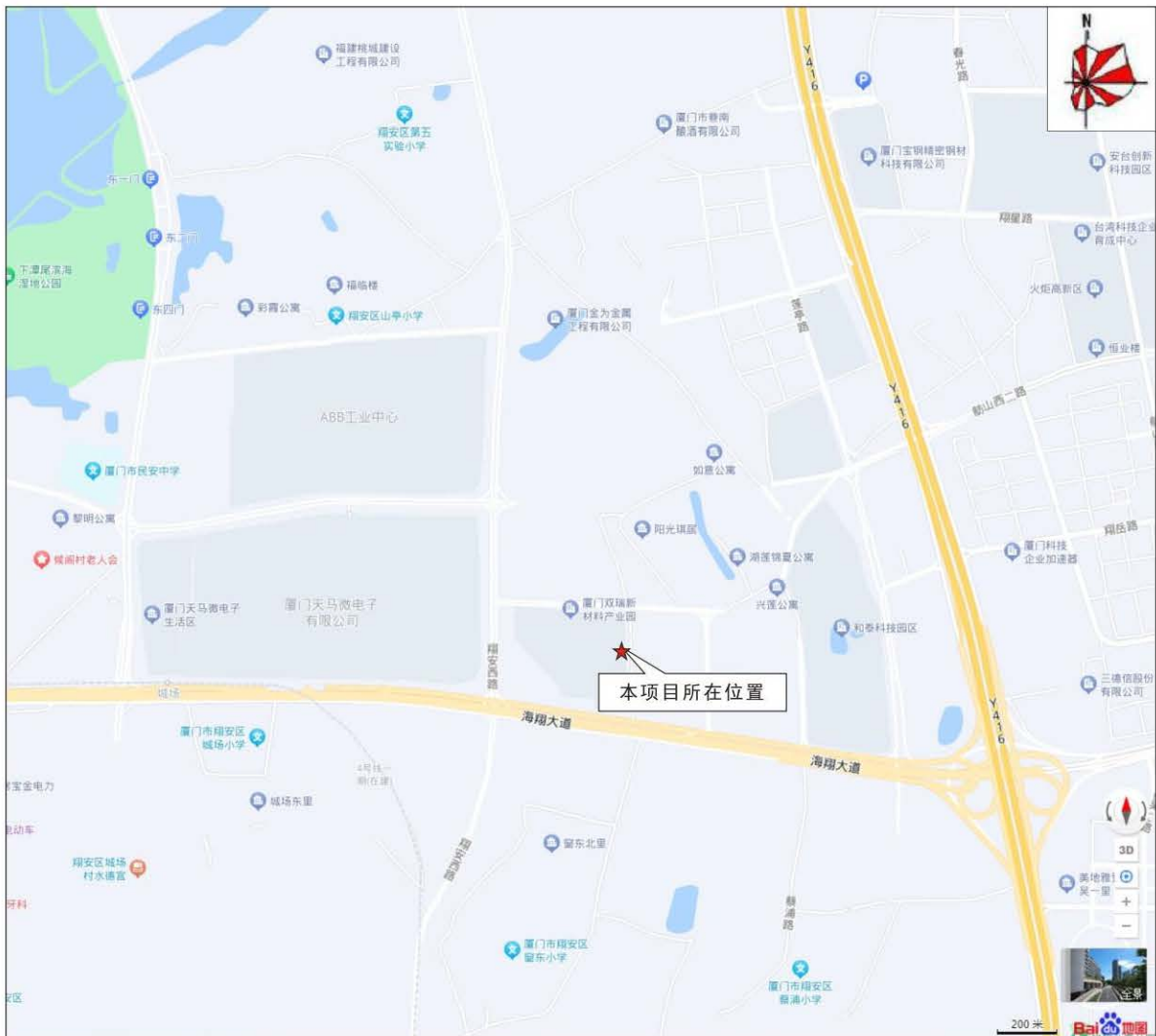


图 8-1 本项目地理位置示意图

### 2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

#### (1) 环境现状评价的对象

本次环境现状评价的对象为拟建辐射工作场所周边环境。

#### (2) 监测因子

$\gamma$  辐射空气吸收剂量率

#### (3) 监测点位

按《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)及《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)中有关布点原则和方法,并结合本项目的实际情况,本项目辐射水平

背景值监测点位见图 8-2。

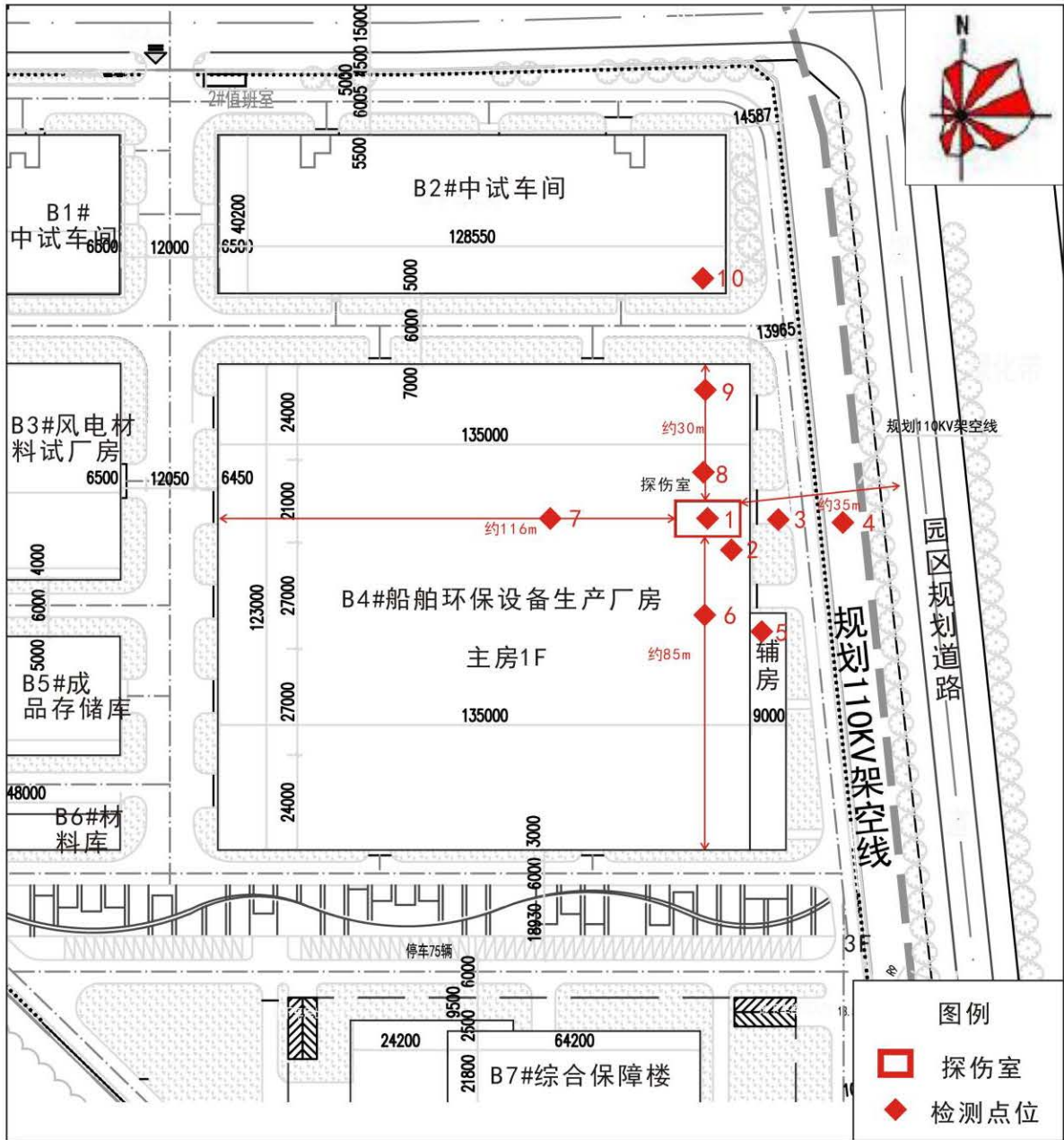


图 8-2 拟建辐射工作场所周边辐射水平背景值监测点位示意图

### 3. 监测方案、质量保证措施和监测结果

#### (1) 监测方案

##### ① 监测单位

湖北君邦检测技术有限公司

##### ② 监测时间及环境条件

监测时间：2023 年 11 月 9 日

天气情况：多云

温度：23.5℃

相对湿度：62.1%

### ③监测方法

本次  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率现状检测方法依据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）提供的方法。节选有关内容见表 8-1。

具体测量步骤如下：

- a) 开机预热。
- b) 手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。
- c) 仪器读数稳定后，通常以约 10s 的间隔（可参考仪器说明书）读取/选取 10 个数据，记录在测量原始记录表中。

**表 8-1 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》相关内容**

仪器指标	通用要求
量程	量程下限应不高于： $1 \times 10^{-8}$ Gy/h；量程上限按照辐射源的类型和活度进行选择，应急测量情况下，应确保量程上限符合要求，一般不低于： $1 \times 10^{-2}$ Gy/h
相对固有误差	$< \pm 15\%$
能量响应	50KeV~3MeV，相对响应之差 $< \pm 30\%$ （相对 $^{137}\text{Cs}$ 参考 $\gamma$ 辐射源）
角响应	$0^\circ \sim 180^\circ$ 角响应平均值（R）与刻度方向上的响应值（R）的比值应大于等于 0.8（对 $^{137}\text{Cs}$ $\gamma$ 辐射源）
使用温度	-10~40℃（即时测），-25~50℃（连续测量）
使用相对湿度	$< 95\%$ （35℃）

### ④检测仪器

本次监测仪器为环境 X、 $\gamma$  辐射剂量仪，该仪器由上海市计量测试技术研究院·华东国家计量测试中心检定，仪器参数见表 8-2。

**表 8-2 环境现状监测仪器及参数一览表**

仪器名称	环境 X、 $\gamma$ 辐射剂量仪
仪器型号	PN98（PN-1）
生产厂家	上海何亦仪器仪表有限公司
能量响应	主机能量范围：45KeV-3MeV； 外置探测器能量范围：20KeV-7MeV
量程	主机测量范围：0.1 $\mu$ Sv/h-10mSv/h 外置探测器测量范围：10nGy/h-100 $\mu$ Gy/h，
相对固有误差	不超过 $\pm 15\%$
检定证书编号	2023H21-20-4774697001
仪器检定有效期限	2023 年 8 月 15 日-2024 年 8 月 14 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院·华东国家计量测试中心



## (2) 质量保证措施

①本项目监测单位已取得了湖北省市场监督管理局的检验检测机构资质认定（CMA 认证），具备有完整、有效的质量控制体系；

②根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）制定监测方案及实施细则，布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；

③监测仪器经计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，对仪器进行校验；

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

⑥建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据等全部保留，以备复查；

⑦监测时获取足够的的数据量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑧监测报告严格实行三级审核制度，经过复核，最后由授权签字人签发。

## (3) 监测结果

拟建辐射工作场所周边  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景值监测结果见表 8-3，检测报告见附件 3。

表 8-3 拟建辐射工作场所周边  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景值监测结果

序号	测点名称	测量值 (nGy/h)	监测工况
1	拟建探伤室处（室内）	85.05	背景检测
2	拟建操作室处（室内）	77.64	
3	东侧厂房外空地（室外）	92.72	
4	东侧园区规划道路（室外）	91.68	
5	东南侧辅房一楼（室内）	80.39	
6	南侧拟建高压打压区（室内）	72.70	
7	西侧拟建人机预制焊接作业区（室内）	85.14	
8	北侧拟建资料室处（室内）	89.89	
9	北侧卸货区（室内）	91.89	
10	北侧 B2#厂房内（室内）	74.60	

## 4.环境现状调查结果评价

由表 8-3 的监测结果可知，拟建探伤室及所在厂房周边环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量

率检测结果在 72.70~92.72nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值），处于当地天然本底水平涨落范围内（根据《中国环境天然放射性水平》给出已扣除宇宙射线响应值的检测结果，厦门市原野  $\gamma$  辐射剂量率范围为 72.7~85.6nGy/h，道路  $\gamma$  辐射剂量率范围为 78.2~129.4nGy/h，室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为 161.9~193.5nGy/h）。

表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1.工作原理

(1) 设备参数

本项目所使用的 X 射线探伤机的最大管电压为 160kV 和 300kV，对应的最大管电流为 5.6mA 和 5mA。

(2) 设备组成

X 射线探伤机通常由操纵台、高压发生器、射线管头、冷却装置、高压电缆和低压电缆等组成。

(3) 工作原理

X 射线探伤机的工作原理是 X 射线探伤机通电时通过高压发生器、X 光管产生电子束，电子束撞击靶，产生 X 射线。利用不同物质和不同的物体结构对 X 射线衰减系数不相同。当 X 射线照射工件时，胶片放在工件的底面，由于有缺陷的材料与没缺陷的材料吸收射线不同，所以工件的缺陷显影在底片上，借助于缺陷的图像可以判断工件缺陷的性质、大小、形状和部位。

本项目所使用的 X 射线探伤机共计 5 台均在探伤室内使用，不存在同时使用两台或以上的情况，X 射线探伤机工作通常是间断进行的，每次平均曝光时间 2min，单次最大曝光时间为 5min。

2.工艺流程及产污环节

X 射线探伤机工艺流程及产污环节示意图见图 9-1。

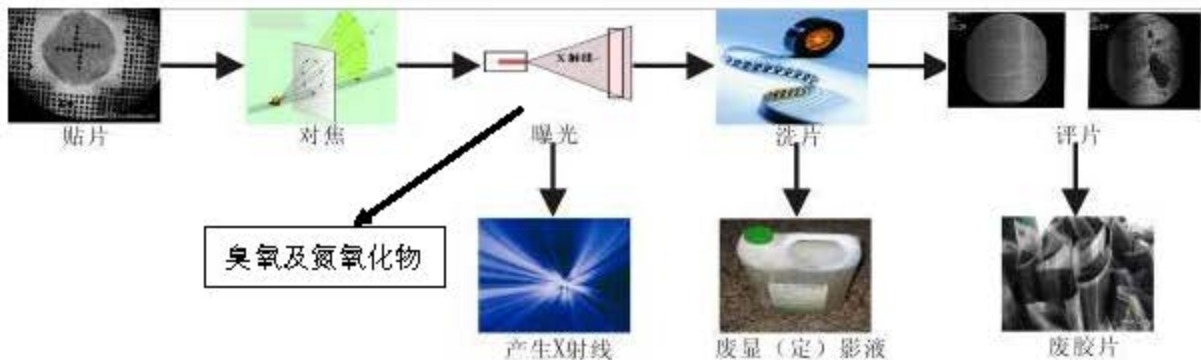


图 9-1 X 射线探伤机工艺流程及产污环节示意图

(1) 主要污染物

在探伤工作期间，曝光过程中产生的 X 射线是主要污染物。

(2) 室内探伤工作工艺流程

具体流程为：

- ①待操作准备完毕后，组织进行拍片；
- ②对被探伤工件贴置胶片，将贴好胶片的工件送探伤室，固定位置；
- ③根据探伤要求设置曝光管电压和曝光时间；
- ④根据需探伤的具体位置调整焦距；
- ⑤探伤室内的辐射工作人员进行撤离、清场，并启动联锁装置；
- ⑥打开 X 射线探伤机，按键曝光进行探伤，曝光结束后，关闭 X 射线探伤机；
- ⑦取下胶片，送入暗室进行冲洗，冲洗后的胶片用清水清洗，然后进行评片、审片。

项目工作过程中主要产生的污染物为 X 射线、臭氧、氮氧化物，以及废显（定）影液、废胶片。

### **3.工作量预计**

根据建设单位提供数据，本项目每年约检测 40000 条焊缝，每条焊缝拍片 1~3 张，每条焊缝曝光 0.5~2 分钟，每年工作 250 天；可估算得，本项目 X 射线探伤机总的年最大出束时间为 1333.34 小时，一年按 50 周计算，则每周受照射最大时间为 26.67h；每年总的最大拍片量约为 120000 张。

## 污染源项描述

### 1.建设阶段的污染源项

本项目施工期主要是探伤室建设中的墙体混凝土浇筑等施工活动。施工期主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

#### (1) 废气

本项目的环境空气影响有扬尘，项目采用商品混凝土，少量散装水泥和建筑材料运输等施工活动将产生扬尘。如遇干旱无雨季节扬尘则更为严重。

#### (2) 噪声

本项目产生噪声影响的主要是施工设备机械、运输、混凝土浇注及现场处理等。施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

#### (3) 废水

施工期废水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。本项目施工量小，施工废水产生量少。施工人员按5人计，根据《城市居民生活用水标准》（GBT50331-2002，2023年修订），每人每天产生生活污水按人均日用水量120L计，总计产生量为0.6m<sup>3</sup>/d。

#### (4) 固体废弃物

施工期的固体废弃物主要为建筑垃圾、施工人员产生的生活垃圾。

其工艺流程及产污环节见图 9-2。

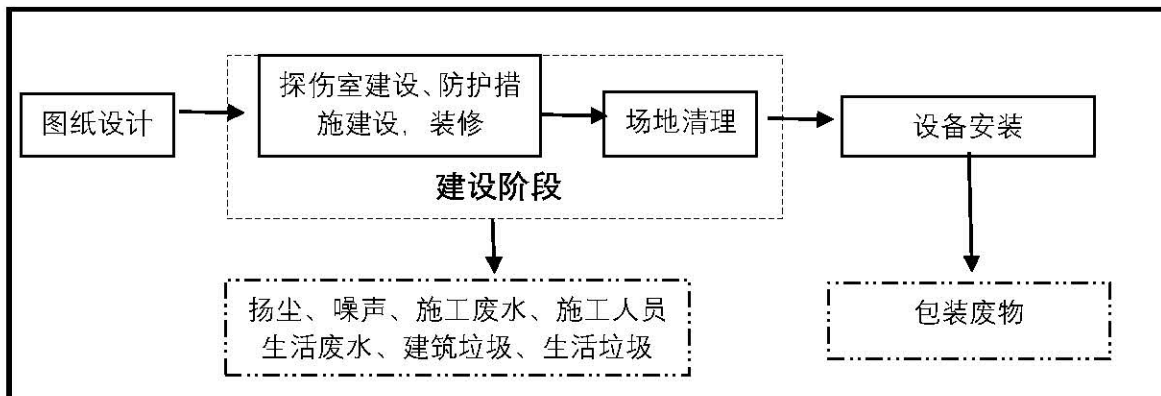


图 9-2 项目建设阶段工艺流程及产污环节示意图

### 2.运行阶段污染源项

#### (1) 正常工况下

##### ① 电离辐射

根据 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。

本次项目所使用的 X 射线探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。因此，在开机曝光期间，X 射线是该项目的主要污染因子。

在 X 射线探伤机开机曝光期间，对工件进行无损探伤时，X 射线对辐射工作人员及监督区周边的其他人员造成影响。

### ②废气

本项目拟使用的 X 射线探伤机最大管电压为 300kV，本项目运行时将产生极少量的臭氧和氮氧化物。

### ③废水

本项目在洗片过程将产生废显（定）影液，根据国家危险废物名录中的危险废物划分类别，本项目所产生的废显（定）影液废物类别为 HW16 感光材料废物，其废物代码为 266-019-016。根据建设单位提供的资料，项目 X 射线探伤每年拍片约 120000 张，按洗 1000 张片用 5 加仑（约 20L）显影定影液，经估算项目每年产生的废显影、定影液约 2400L。

### ④固体废物

本项目在洗片及评片过程中产生废胶片，根据国家危险废物名录中的危险废物划分类别，本项目所产生的废胶片废物类别为 HW16 感光材料废物，其废物代码为 266-019-016。根据建设单位提供的资料，项目 X 射线探伤每年拍片 120000 张，每年产生废胶片约 6000 张（废片率 5%计算）。

## （2）非正常工况

①X 射线探伤机在工作状态，防护屏蔽又达不到要求情况下，给周围活动人员及工作人员造成不必要的照射；

②在门-机、门-灯联锁失效的情况下，探伤机在工作状态下，人员误入探伤室，使其受到额外的照射；

③X 射线探伤机在工作状态下，铅防护门未完全关闭，致使射线泄漏到探伤室外，给周围活动的人员造成不必要的照射；

④视频监控系统失效，人员未全部撤离探伤室，辐射工作人员开启 X 射线探伤机，对人员造成误照射；

⑤废显（定）影液及废胶片未暂存在指定的地方，随意倾倒或丢弃，对周围环境造成污染。

本项目探伤机事故状态下污染源项同正常工况。

**表10 辐射安全与防护**

**项目安全设施**

**1.工作场所布局和分区**

**(1) 工作场所布局**

本项目探伤室位于 B4#厂房主房东北角，其东侧为通道及厂房外空地及道路等，南侧为操作室、评片室、电控室、暗室、废液储存室、通道、酸洗钝化房等区域，东南侧为辅房（试验室、空压站等），西侧为工件待检区、通道、管材切割区、人机预制焊接作业区等区域，北侧为资料室、暂存区、待检区、卸货区及 B2#厂房；探伤室为一层建筑物，楼上楼下无建筑物，与其他生产区域相对独立，通过探伤室屏蔽实体的有效屏蔽，不会对外环境人员造成影响，该项目的辐射工作场所布局是合理可行的。

**(2) 工作场所分区**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“6.4 辐射工作场所的分区：应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。”、“6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区。”和“6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。”

控制区：将探伤室、迷路区域划为控制区。

监督区：将操作室、暗室、评片室、电控室及资料室等探伤室紧邻其他区域划为监督区。

本次辐射工作场所分区见表 10-1。

**表 10-1 本项目辐射工作场所分区**

序号	辐射工作场所	控制区	监督区
1	探伤室	探伤室（曝光室）、迷路	操作室、暗室、评片室、电控室及资料室等探伤室紧邻其他区域划为监督区

本项目探伤室与其四周厂房内其他区域相对较为独立，在自屏蔽体的屏蔽防护有效的条件下，不会对外环境人员造成影响，从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的辐射工作场所布局和分区是合理可行的。



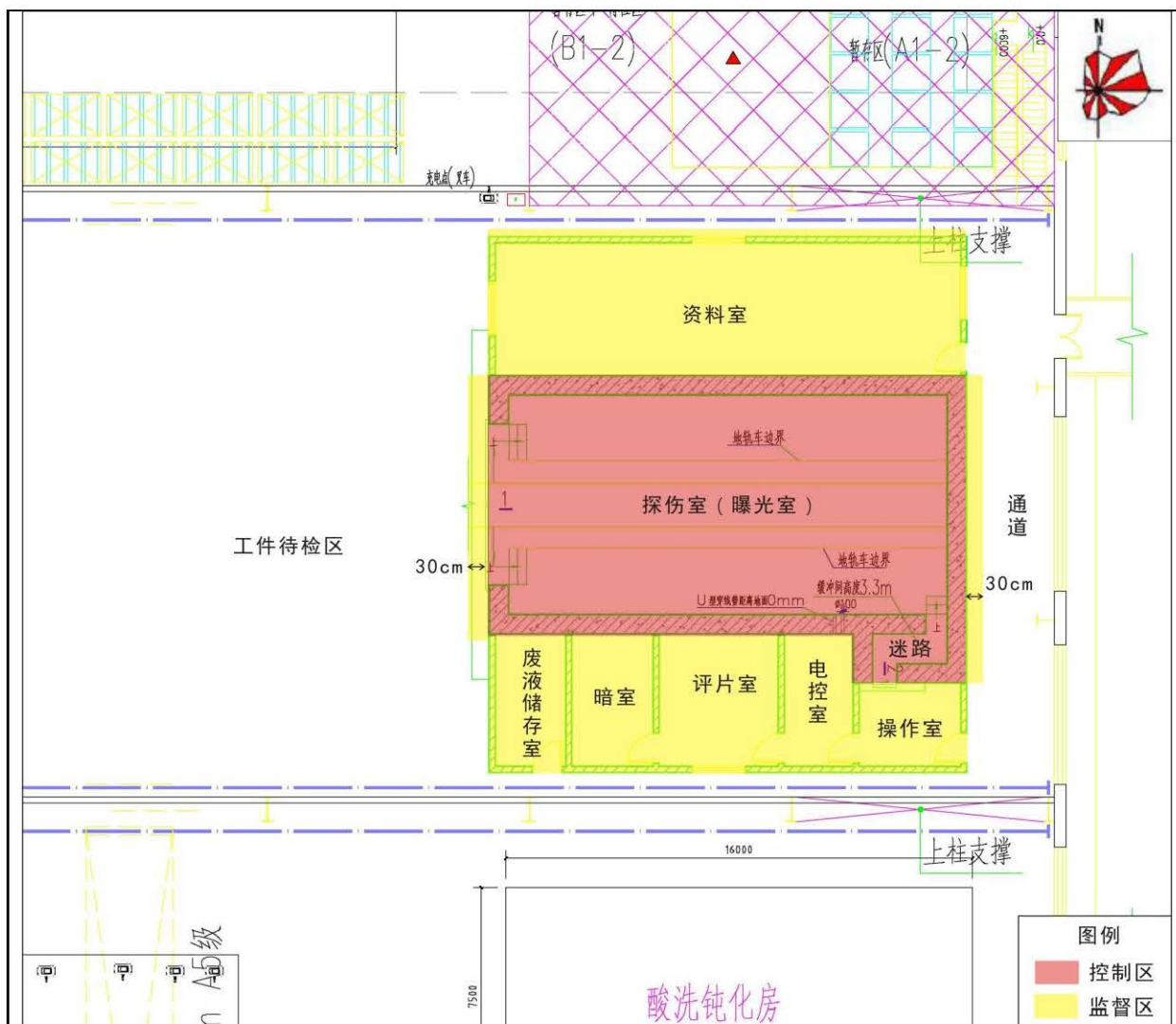


图 10-1 辐射工作场所分区图

## 2.工作场所辐射安全和防护

### (1) 工作场所辐射屏蔽防护

本项目探伤室屏蔽体材料及厚度详见下表 10-2。

表 10-2 本项目探伤室的设计参数一览表

序号	防护位置	位置	屏蔽防护设计	
			材料及厚度	规格
1	探伤室	四周墙体	700mm 混凝土现浇	长 16.4m, 宽 8.9m, 高 7m
2		迷路内墙	700mm 混凝土现浇	
3		迷路外墙	700mm 混凝土现浇	
4		顶棚	400mm 混凝土现浇	
5	防护门	辐射工作人员进出门	35mm 铅板	宽 2.8m, 高 5.8m
6		工件进出门	16 mm 铅板	宽 1.2m, 高 2.3m

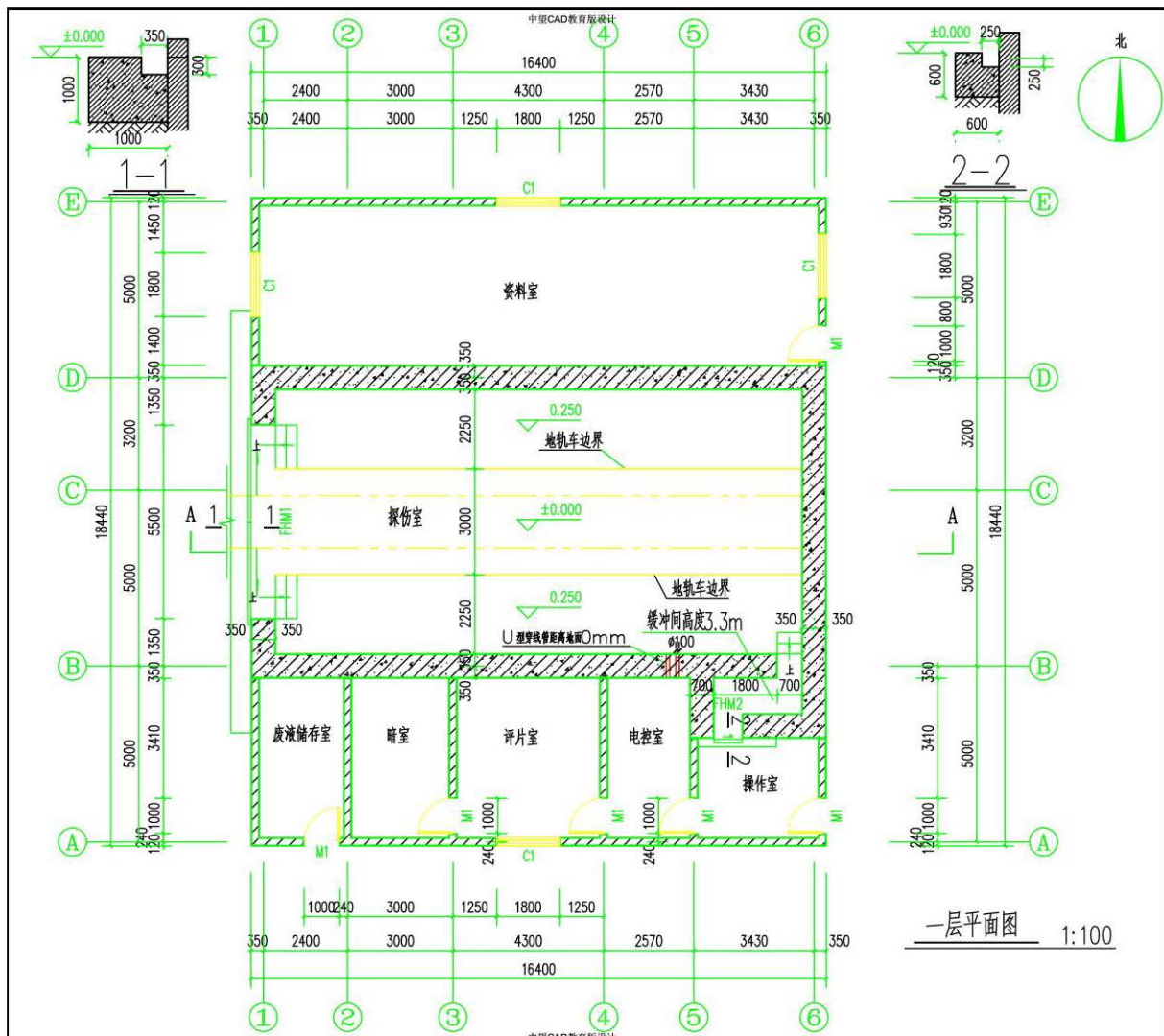


图 10-2 探伤室及配套用房平面设计图

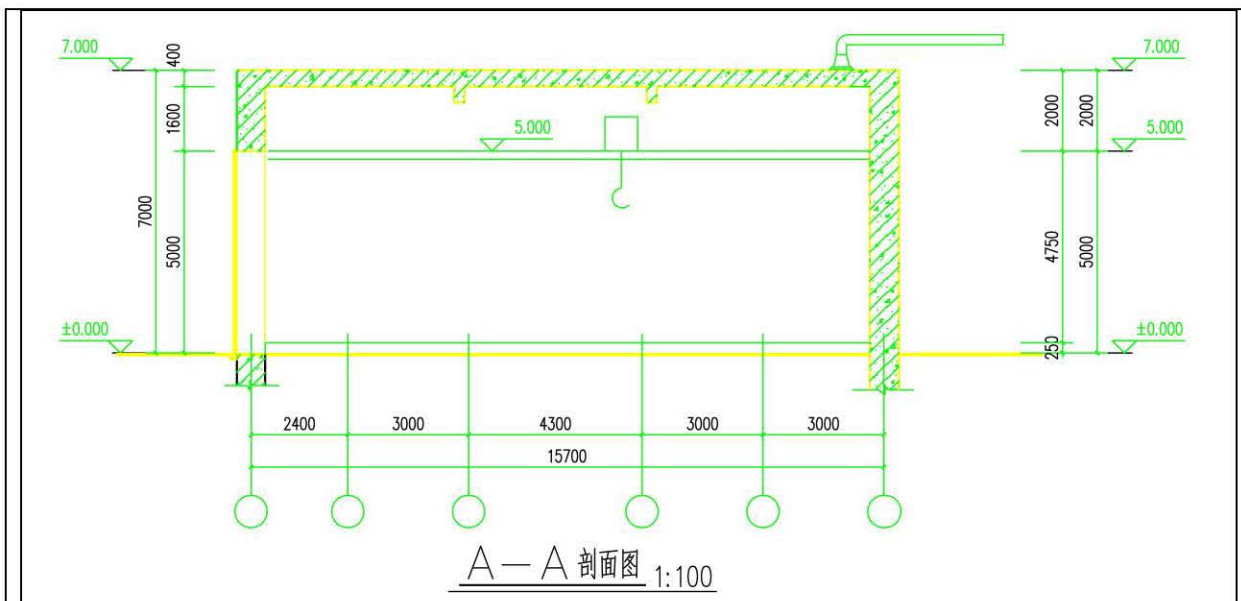


图 10-3 探伤室立面（剖面）图

## (2) 辐射工作场所拟采取的辐射安全措施

为确保辐射工作人员的工作环境和探伤室外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，本项目辐射工作场所拟设置多重安全防护措施。拟设置的辐射安全措施具体如下：

### ①门-机联锁

探伤室拟安装门-机联锁装置，在防护门(包括人员门和货物门)完全关闭后探伤机才能进行探伤作业。防护门打开或未完全关闭时探伤机无法开机产生 X 射线，关上门不能自动开始 X 射线照射。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。

### ②指示灯和声音提示装置

拟在探伤室工件进出门顶部和辐射工作人员防护门顶部同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，指示灯和声音提示装置与探伤机联锁。“预备”信号有持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。

### ③紧急停机装置

拟在操作室和探伤室内设置紧急停机按钮，拟张贴说明标签及使用方法。当人员发生误照射时，可立即停止探伤机。

### ④视频监控设施

拟安装视频监控设施，便于在探伤工作时，观察有无人员误逗留在探伤室内。

### ⑤警告标志

防护门外拟张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明。

### ⑥通风设施

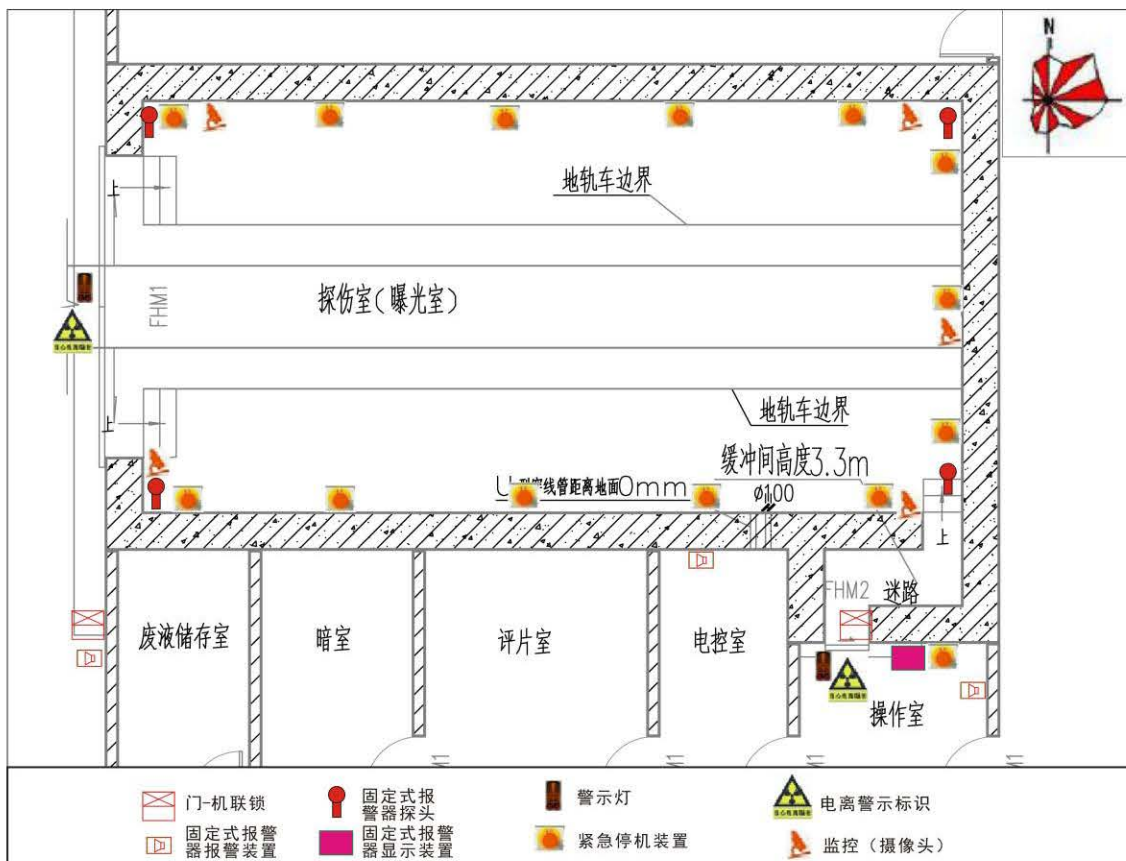
拟在探伤室内安装独立的动力通风装置，排风量应能满足每小时有效通风换气次数应不小于3次。

### ⑦监测报警设备

拟为辐射工作人员（8人）配备8枚个人剂量计和6台个人剂量报警仪；拟配备一套固定式辐射探伤报警装置，探头位于探伤室四个角落顶部，报警发声装置拟安装于探伤室工件进出门右侧（南侧）外墙上、电控室及操作室内，剂量显示装置位于操作室内。

### ⑧探伤机的退役

建设单位在后期的使用过程中，若因出现探伤机设备的停用或退役，应将探伤机设备中的X射线发生器处置至无法使用的状态，或者经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。当设备移走后，建设单位应办理辐射安全许可证中的探伤机设备辐射场所注销手续，同时清除该场所的所有电离辐射警告标志和安全告知。



### 3.辐射安全防护措施符合性分析

本项目辐射工作场所拟配置的各项辐射安全防护措施及管理制度与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局令第31号）、《放射性同位素与射线装

置安全和防护管理办法》(中华人民共和国环境保护部令 第 18 号)中的相关要求进行了对比,均符合该标准要求,符合性分析情况见表 10-3。

**表 10-3 辐射防护制度对照 31 号令及 18 号令等法规要求的对照表**

31 号令及 18 号令等法规条文规定	项目实际情况	符合情况
使用Ⅱ类射线装置,应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	建设单位已成立辐射安全管理委员会,负责管理单位的辐射安全工作,确保辐射工作场所的正常运行	符合
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。取得辐射安全培训合格证书的人员,应当每四年/五年接受一次再培训	本项目拟配置的辐射工作人员,将参与生态环境部门认可的辐射安全与防护培训的考核,考核合格者方可上岗	符合
放射性同位素与射线装置使用场所应当设置明显的放射性标志和中文警示说明,入口处应设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号,有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射安全措施	本项目辐射工作场所拟设置电离辐射警示标识、视频监控,可防止工作人员和公众受到意外照射	符合
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	本项目辐射工作人员拟配备个人剂量计,场所拟配备个人剂量报警仪、辐射监测仪	符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	建设单位已制定一套辐射管理规章制度文件,并严格实施	符合
有完善的辐射事故应急措施	建设单位已根据项目情况制定辐射事故应急预案	符合
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估,并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告	建设单位将在本项目正式运行后,编制辐射安全和防护状况年度评估报告,并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统备案	符合
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测;发现个人剂量监测结果异常的,应当立即核实和调查,并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关	建设单位拟为辐射工作人员配备个人剂量计,并为辐射工作人员建立个人剂量和职业健康档案	符合
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责;不具备自行监测能力的,可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测	本项目在建成并运行后,建设单位将委托有资质单位对辐射工作场所进行监测,并出具监测报告	符合

本项目辐射工作场所拟配置的各项辐射安全防护措施与《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的相关要求进行了对比,均符合该标准要求,符合性分析情况见表 10-4。

**表 10-4 各项辐射安全防护措施与 GBZ 117-2022 相关要求的对照表**

标准要求	本项目拟配置情况	符合性
4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪	本项目拟配置 1 台便携式 X-γ 剂量率仪和 6 台个人剂量报警仪	符合
6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避免有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	本项目操作室位于探伤室东南角，避开了有用线束照射的方向	符合
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	已根据 GB18871 的要求，将本项目探伤室工作场所划分了控制区和监督区管理	符合
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	探伤室拟安装门-机联锁装置，在防护门(包括人员门和货物门)完全关闭后探伤机才能进行探伤作业。防护门打开或未完全关闭时探伤机无法开机产生 X 射线，关上门不能自动开始 X 射线照射。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	符合
6.1 探伤室放射防护要求 6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明	拟在探伤室工件进出门顶部和辐射工作人员防护门顶部同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，指示灯和声音提示装置与探伤机联锁。“预备”信号有持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开	符合
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	拟安装视频监控设施，便于在探伤工作时，观察有无人员误逗留在探伤室内，并监视探伤设备的运行情况	符合
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明	防护门外拟张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明	符合
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	拟在操作室和探伤室内设置紧急停机按钮，以使辐射工作人员在日常检测工件时或维护保养状态下，发生紧急情况，按下紧急停机按钮就令设备停机，紧急停机按钮旁拟张贴说明标签及使用方法	符合

**4.环保措施投资情况**

本项目总投资 300 万元，其中环保投资 100 万元，环保措施投资一览表见表 10-5。

**表 10-5 环保措施投资一览表**

序号	环保措施	投资估算（万元）
1	探伤室建设、紧急停机按钮、门锁/门禁设置等	90
2	管理制度张贴、电离辐射警示标志等设置	2
3	个人剂量报警仪、个人剂量计、辐射监测仪、职业健康体检等	8
合计		100

## 5.项目安全设施可行性

根据本项目辐射工作场所拟设置的各项辐射安全与防护措施可知，本项目探伤室为固定的辐射工作场所，且场所均设有相应的辐射安全和防护措施。本项目辐射工作场所拟设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目探伤室采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽其辐射源产生的 X 射线，对辐射工作场所采取的辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

## 三废的治理

### 1.电离辐射

根据 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的 X 射线探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。因此，在开机曝光期间，X 射线是该项目的主要污染因子。

在 X 射线探伤机开机曝光期间，对工件进行无损检测时，X 射线对辐射工作人员及监督区周边的其他人员将造成影响。

### 2.废气

拟在探伤室内安装独立的动力通风装置，排风量为 6801m<sup>3</sup>/h，能满足每小时有效通风换气次数应不小于 3 次要求。

### 3.废水

本项目探伤过程中所拍胶片，在洗片过程将产生废显（定）影液，废显（定）影液使用专用桶（具备防腐防渗功能）收集后暂存于废液储存室，暂存到一定量时，最终统一交由有资质单位回收处置（根据实际产生量选择半年或一年一次）。

### 4.固体废物

本项目探伤过程中所拍胶片，洗片过程中产生的废胶片暂存于废液储存室，暂存到一定量时，最终统一交由有资质单位回收处置（根据实际产生量选择半年或一年一次），拟签订危废回收处置协议。

## 5.废液储存室

(1) 拟设置满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)要求废液储存室,要求如下:①贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造,表面无裂缝。②贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施;表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容,可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存危险废物直接接触地面的,还应进行基础防渗,防渗层为至少 1m 厚黏土层(渗透系数不大于  $10^{-7}$  cm/s),或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料(渗透系数不大于  $10^{-10}$  cm/s),或其他防渗性能等效的材料。③贮存库内不同贮存分区之间应采取隔离措施。隔离措施可根据危险废物特性采用过道、隔板或隔墙等方式。④使用容器盛装液态、半固态危险废物时,容器内部应留有适当的空间,以适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀,防止其导致容器渗漏或永久变形。

(2) 设置危险废物专管员,由专人(部门)对危废进行管理,并建立了危险废物管理制度。

## 6.显(定)影液及胶片管理措施

(1) 建设单位建立了显(定)影液及胶片使用登记制度,对显(定)影液及胶片;领用等进行登记,对废显(定)影液及废胶片的产生及其回收处置情况进行登记。

(2) 规定探伤工作人员需将废显(定)影液、废胶片暂存在危险废物暂存间指定的容器中,严禁将废显(定)影液直接外排,废胶片严禁与生活垃圾或其他垃圾混装,并应定期检查暂存容器是否完好,建立登记台账制度,每次探伤均应严格填写该台账,并安排专人负责管理,以确保该污染物不会丢失或泄露,当污染物储存到一定量时,交由有资质单位回收处置;

(3) 拟与有资质单位签订废显(定)影液及废胶片处置协议。



**表11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

本项目探伤室在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是探伤室建造时，施工产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，有抑尘措施，施工期短，合理安排施工秩序和施工时间，本项目对周边环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

本项目施工期主要是探伤室建设中的墙体混凝土浇筑等施工活动。施工期主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

**(1) 废气**

本项目的环境空气影响有扬尘，项目采用商品混凝土，少量散装水泥和建筑材料运输等施工活动将产生扬尘。如遇干旱无雨季节扬尘则更为严重。

**(2) 噪声**

本项目产生噪声影响的主要是施工设备机械、运输、混凝土浇注及现场处理等。施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

**(3) 废水**

施工期废水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。本项目施工量小，施工废水产生量少。施工人员按5人计，根据《城市居民生活用水标准》（GBT50331-2002，2023年修订），每人每天产生生活污水按人均日用水量120L计，总计产生量为0.6m<sup>3</sup>/d。

**(4) 固体废弃物**

施工期的固体废弃物主要为建筑垃圾、施工人员产生的生活垃圾。

**运行阶段对环境的影响**

**1.辐射屏蔽设计环境影响分析**

**(1) 辐射工作场所周围关注点的辐射水平估算**

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”并结合本项目情况及特点对屏蔽防护体的屏蔽效果进行计算。本项目探伤室按照所使用的探伤机最大参数进行计算，计算时电压取 300kV，电流取与电压对应的 5mA，建设单位提供的设备每周工作的时间为 26.67h。

本项目使用的 5 台工业 X 射线探伤机，均在探伤室（曝光室）内使用，均为固定探

伤，不涉及移动式探伤（室外现场探伤），结合本项目情况为方便计算，选取探伤室内探伤机曝光位置范围作为参考点进行预测，由于探伤机摆放位置受到工件焊缝位置的影响，根据本项目工件尺寸最大外管径（宽）0.457m，最大管长（长）4m，可知探伤室内探伤机南北方向上移动的距离不超过 1m，东西方向上移动不超过 5m，因此，预测时可取以探伤室中心点为中点宽 1m，长 5m 的矩形为探伤机曝光位置范围，详见图 11-1。

### ①关注点剂量率参考控制水平的确定

取探伤室墙体表面 30cm 处作为关注点，计算公式如下：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-1)$$

式中：

$H_c$ ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}\cdot\text{wk}^{-1}$ ），本项目周剂量控制水平辐射工作人员取  $100\mu\text{Sv}\cdot\text{wk}^{-1}$ ，公众取  $5\mu\text{Sv}\cdot\text{wk}^{-1}$ （每年按 50 周计算，辐射工作人员和公众对应的年有效剂量限值分别为 5mSv、0.25mSv）。

$\dot{H}_{c,d}$ ——导出剂量率参考控制水平。

$H_c$ ——关注点剂量率参考控制水平，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的“3.1.1”进行取值。

$t$ ——X 射线装置周照射时间，单位为小时每周（h/周），本项目每周工作的时间为 26.67h。

$U$ ——使用因子：X 射线装置向关注点方向照射的使用因子；有用射线出束方向四周均有可能，因此探伤室四面墙体外使用因子取 1，考虑最不利因素，操作室、顶棚使用因子取 1/4。

$T$ ——居留因子：人员在相应关注点驻留的居留因子，参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值；按照本项目对辐射工作人员最不利的情况分析，探伤室南侧为操作室等，辐射工作人员居留因子取 1；其余侧面为工件进出门及其他关注点（通道、资料室等）人员为部分停留居留因子取 1/4；探伤室顶人员无法到达，且探伤室上方无建筑物或探伤室旁邻近建筑物不在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内，因此探伤室顶剂量控制水平取  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-1 关注点剂量率参考控制水平计算结果

关注点	位置描述	R (m)	U	T	$H_c$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{wk}^{-1}$ )	t (h)	$\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A	东侧墙体外 30cm 处	6	1	1/4	5	26.67	0.75	0.75

B	东南侧墙体外 30cm 处(操作 室)	8.3	1/4	1	100	15.00	2.50
C	南侧墙体外 30cm 处(评片 室)	4.25	1	1	100	3.75	2.50
D	西侧防护门外 30cm 处	6	1	1/4	5	0.75	0.75
E	北侧墙体外 30cm 处	4.25	1	1/4	5	0.75	0.75
F	顶棚	6.3	/	/	/	100	100

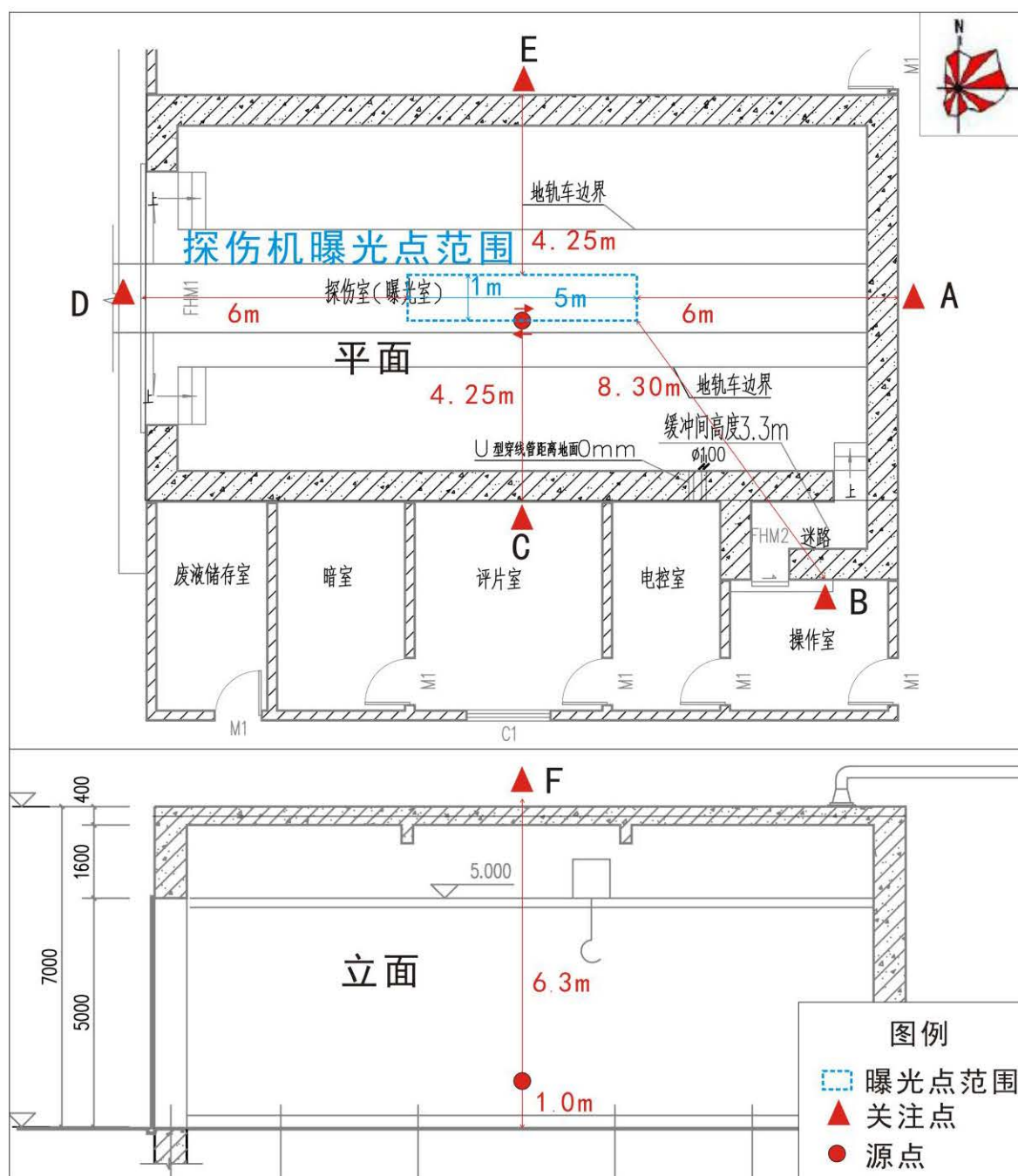


图 11-1 关注点示意图

## ②屏蔽体防护厚度估算

根据本项目实际情况，有用射线出束方向为四周，四周墙体均采用有用线束进行估算，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）可得“有用线束”的辐射能量大于“泄漏辐射”和“散射辐射”的能量，故在有用线束照射条件下四周墙体屏蔽能满足要求，侧在泄漏辐射和散射辐射照射的条件下四周墙体屏蔽也能满足要求；同时按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.2.1”的要求，四周墙体屏蔽可不再考虑散射辐射；因此，不再进行泄漏辐射和散射辐射的屏蔽估算。

$$\text{屏蔽透射因子: } B = (H_c \cdot R^2) / (I \cdot H_0) \quad (11-2)$$

式中：

B——屏蔽透射因子，查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的图 B.1 得。

$H_c$ ——关注点剂量率参考控制水平，单位是  $\mu\text{Sv/h}$ 。

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点的取值：考虑工件大小及最不利情况，取探伤室探伤机工作位到屏蔽体四周、顶棚表面 30cm 处作为关注点。

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），本项目取最大管电压对应的最大管电流 5mA。

$H_0$ ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位是  $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，根据建设单位提供工业探伤机的参数查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1X 射线输出量，得  $H_0 = 20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

表 11-2 探伤室屏蔽估算

关注点	估算点位置	距离	屏蔽材料及厚度	衰减因子 B	电流 I (mA)	屏蔽后剂量率估算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A	东侧墙体外 30cm 处	6	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-6}$	5	0.17
B	东南侧墙体外 30cm 处 (操作室)	8.3	>700mm 混凝土	$1 \times 10^{-6}$		0.09
C	南侧墙体外 30cm 处 (评片室)	4.25	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-6}$		0.35
D	西侧防护门外 30cm 处	6	35mm 铅板	$1 \times 10^{-6}$		0.17
E	北侧墙体外 30cm 处	4.25	700mm 混凝土	$1 \times 10^{-6}$		0.35
F	顶棚	6.3	400mm 混凝土	$3 \times 10^{-4}$		47.39

注：表中铅的密度为  $11.3\text{t/m}^3$ ，混凝土的密度为  $2.35\text{t/m}^3$ 。

由表 11-2 的计算结果可知，探伤室四周关注点剂量率最大值为  $0.35\mu\text{Sv/h}$ ，顶棚关注

点剂量率为 47.39 $\mu$ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平”的要求，同时满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应满足关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”和“对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的最高参考控制水平不大于 100 $\mu$ Sv/h”的要求。

## （2）年附加有效剂量计算

### ①年附加有效剂量估算

本评价按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X- $\gamma$  射线产生的外照射人均年附加剂量采用下式进行计算：

本评价采用以下进行估算：

$$D=ZH/1000 \quad (11-3)$$

式中：

D——一年受外照的剂量，mSv；

H——照射剂量率， $\mu$  Sv/h；

Z——受照时间，h/a·人，Z=射线装置年曝光时间 $\times$ 人员居留因子。

工作时间以双瑞海洋提供的目前 X 射线检测系统最大照射时间进行估算，根据公司提供信息，一年探伤机最大曝光时间为 1333.34 小时，对于公众，根据人员居留因子确定实际受照时间。辐射工作人员及公众成员年有效剂量见表 11-3。

表 11-3 辐射剂量计算结果

保护目标		剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	年曝光时 间	居留因子	受照时间 (h/a)	年附加剂量 (mSv)
辐射 工作 人员	操作室	0.09	1333.34	1	1333.34	0.121
	评片室等区域	0.35	1333.34	1	1333.34	0.463
公众 人员	东侧通道	0.17	1333.34	1/4	333.34	0.058
	北侧资料室	0.35	1333.34	1/4	333.34	0.116
	西侧工件待检区	0.17	1333.34	1/4	333.34	0.058

根据剂量估算结果，双瑞海洋辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.463mSv，周边公众人员年附加有效剂量为 0.116mSv，可知，本项目在建成投入运行后，辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和

公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

## 2.三废治理措施后的环境影响分析

### (1) 电离辐射

根据探伤机的工作原理可知，X 射线是随探伤机的开、关而产生、消失。本次项目所使用的探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。本项目在采取对辐射工作场所分区、配备警示设施及个人剂量计等相关辐射安全防护措施后，对周围环境的影响较小。

### (2) 废气

拟在探伤室内安装独立的动力通风装置，排风量为 6801m<sup>3</sup>/h，本项目探伤室容积约为 1021.72m<sup>3</sup>，则每小时换气 6.6 次，能满足每小时有效通风换气次数应不小于 3 次要求，对周围辐射工作人员及其他人员的影响较小。

### (3) 废水

根据建设单位提供的资料，项目 X 射线探伤每年拍片约 120000 张，洗 1000 张片用 5 加仑（约 20L）显影定影液，经估算项目每年产生的废显影、定影液约 2400L，本项目在洗片过程将产生废显（定）影液，该公司拟设置满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）要求且通风良好的废液储存室，洗片过程中产生的废显（定）影液使用专用桶收集后暂存于废液储存室，最终统一交由有资质单位回收处置（拟与有资质单位签订废显（定）影液及废胶片处置协议），同时设置危险废物专管员，由专人（部门）对危废进行管理，并建立了危险废物管理制度，建设单位建立了显（定）影液及胶片使用登记制度，对显（定）影液及胶片；领用等进行登记，对废显（定）影液及废胶片的产生及其回收处置情况进行登记，对周围环境的影响较小。

### (4) 固体废物

根据建设单位提供的资料，项目 X 射线探伤每年拍片 120000 张，每年产生废胶片约 6000 张（废片率 5%计算），本项目在洗片及评片过程中产生废胶片，该公司拟设置满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）要求且废液储存室，洗片过程中产生的废胶片使用专用桶收集后暂存于废液储存室，最终统一交由有资质单位回收处置（拟与有资质单位签订废显（定）影液及废胶片处置协议），同时设置危险废物专管员，由专人（部门）对危废进行管理，并建立了危险废物管理制度，建设单位建立了显（定）影液及胶片使用登记制度，对显（定）影液及胶片；领用等进行登记，对废显（定）影液及废胶片的产生及其回收处置情况进行登记，对环境的影响较小。

## 事故影响分析

### (1) 事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

根据原国家环保总局 2006 年 145 号《辐射事故分级》规定，“一般辐射事故是指IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。”“较大辐射事故是指III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。”

本项目 X 射线探伤机若辐射安全管理不当，可能发生一般辐射事故。

### (2) 可能发生的辐射事故及预防措施

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》（原国家环境保护总局 环发<2006>145 号文件）等相关规定，发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。针对可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如表 11-4。

表 11-4 本项目辐射工作场所拟采取预防措施

序号	可能产生的辐射事故	拟采取的预防措施
1	探伤机在工作状态，防护屏蔽又达不到要求情况下，给周围活动人员及工作人员造成不必要的照射。	探伤室四周墙体、顶棚及工件进出铅防护门的设计厚度均大于理论计算值，同时满足本报告的参考标准《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）对辐射源周边屏蔽防护的相关要求。
2	在门-机、门-灯连锁失效的情况下，探伤机在工作状态下，人员误入探伤室，使其受到额外的照射。	①建立了完善的规章制度，在工作中落实规章制度，每次探伤前辐射工作人员必须严格按照操作程序对探伤室进行诊断，检查门-机、门-灯连锁装置、警示灯、紧急停机按钮、视频监控系统等防护装置是否正常，如果失灵，应立即修理，确保探伤工作人员的安全。
3	探伤机在工作状态下，铅防护门未完全关闭，致使射线泄漏到探伤室外，给周围活动的人员造成不必要的照射。	②计划定期进行环境监测，发现问题及时整改，防止环境风险的发生。
4	视频监控系统失效，人员未全部撤离探伤室，辐射工作人员开启探伤机，对人员造成误照射。	③制定了应急预案并加强应急演练，防止环境风险的发生。
5	废显（定）影液及废胶片未暂存在指定的地方，随意倾倒或丢弃，对周围环境造成不必要的影响。	①拟设置满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）要求危险废物暂存间，要求如下：a、贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。b、贮存设施地面与裙脚

	<p>应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗。c、贮存库内不同贮存分区之间应采取隔离措施。隔离措施可根据危险废物特性采用过道、隔板或隔墙等方式。d、使用容器盛装液态、半固态危险废物时，容器内部应留有适当的空间，以适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀，防止其导致容器渗漏或永久变形。</p> <p>②拟配备废显（定）影液及废胶片专用收集桶，建设单位规定探伤工作人员需将废显（定）影液、废胶片暂存在危险废物暂存间指定的容器中，严禁将废显（定）影液直接外排，废胶片严禁与生活垃圾或其他垃圾混装，并应定期检查暂存容器是否完好，建立登记台账制度，每次探伤均应严格填写该台账，并安排专人负责管理，以确保该污染物不会丢失或泄露，当污染物储存到一定量时，交由有资质单位回收处置。</p> <p>③拟与有资质单位签订废显（定）影液及废胶片处置协议。</p>
--	--



## 表12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 1.辐射安全与环境保护管理机构

厦门双瑞海洋环境工程有限公司成立了以高春斌为组长，徐钰钦为副组长，刘刚、张鑫为成员的辐射安全领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）中规定的：“使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有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”。

领导小组职责：

- (1) 辐射安全许可证的申请、颁发、续发、换发、变更内容；
- (2) 射线装置设备和放射性同位素的引入和场地的新建、改建、扩建均先上报各行政主管部门，取得相应级别行政许可后，方可购入或施工；
- (3) 组织辐射工作人员参加辐射防护相关培训及考核；
- (4) 组织辐射工作人员开展个人剂量检测和职业健康检查，建立人员职业健康档案。
- (5) 定期组织对辐射工作场所进行日常监测，同时按要求每年委托有资质单位对辐射工作场所开展年度监测，并取得相应的监测报告；
- (6) 领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障，并向当地生态环境、卫生健康、公安等主管部门报告；
- (7) 负责单位辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理，每年12月31日前对单位辐射工作场所进行年度评估，并编制年度评估报告，上交管理部门备案。

综上，建设单位的辐射安全管理满足相关规定及要求，此外，建设单位在X射线探伤机运行后，应注重设备安全及人员的辐射安全管理，设备安全的安全管理主要包括定期对设备安全连锁系统、警示灯等措施进行检查及记录，人员的安全管理主要包括个人剂量计的配备管理、定期进行辐射安全培训、个人剂量监测及职业健康体检等。

#### 2.辐射工作人员配置

厦门双瑞海洋环境工程有限公司拟配备辐射工作人员共8名，辐射工作人员均为新调派人员，未参加核技术辐射安全与防护考核，建设单位已制定考核计划。因此，在人员配备到位且通过核技术辐射安全与防护考核后，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

本项目拟配备8名辐射工作人员，公司应根据要求安排本项目辐射工作人员和辐射

防护负责人在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上学习“X 射线探伤”和“辐射安全管理”相关知识，并在辐射安全与防护培训平台上网络报名参加考核，考核合格，取得培训合格证书，持证上岗。

在今后的工作中公司还应不断加强对职业人员的有关技能和辐射安全防护知识的再教育或培训，进一步提高对专业技能和放射防护工作重要性的认识。

### 辐射安全管理规章制度

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局令第 31 号）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）相关规定，建设单位制定了《辐射安全防护和安全保卫制度》、《辐射事故/事件应急预案》、《岗位职责》、《辐射监测计划》、《设备维修维护制度》、《辐射工作人员培训考核制度》、《个人剂量管理制度》、《职业健康检查制度》等辐射安全管理制度，相关制度见表 12-1 和附件 2。

**表 12-1 建设单位已建立的管理制度**

序号	要求建立的管理制度	公司对应建立的管理制度
1	辐射防护和安全管理 制度	公司制定了《辐射防护和安全保卫制度》对公司辐射工作人员职责、检测工作程序和个人防护做出要求
2	应急预案	公司制定了《辐射事故/事件应急预案》，规定了发生辐射事故时公司相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小
3	岗位职责	公司制定的《岗位职责》明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任
4	监测计划	公司制定的《辐射环境监测方案》中规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对检测结果存档保留
5	培训计划	公司制定的《辐射工作人员培训制度》中规定了辐射工作人员必须参加生态环境部门组织的辐射安全与防护培训，持证上岗，并对内部培训做了要求
6	操作规程	公司制定的《射线装置操作规程》中规定了辐射工作人员操作探伤机的详细流程，能减少辐射事故的发生
7	设备检修维护制度	公司制定的《设备检修维护制度》中提出了对安全防护设备和探伤机的定期检修和维护要求，能防止因设备损坏造成辐射事故
8	使用登记、台账制度	公司制定的《射线装置管理台账制度》中提出了探伤机使用情况进行登记
9	职业健康监护制度	公司制定的《个人剂量监测计划、职业健康体检及管理规定》中

10	辐射工作人员个人剂量档案制度	提出对辐射工作人员个人剂量检测和体检的要求,且档案终身保存
----	----------------	-------------------------------

公司应严格执行辐射安全管理规章制度,并根据公司的发展,及时对辐射安全管理规章制度进行补充完善,在此基础上公司的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

## 辐射监测

### (1) 环境监测

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)中的相关规定,项目正常运行后,建设单位应该对辐射工作场所周围的环境进行背景监测,不具备自行监测能力的,可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。

具体监测方案如下:

①监测内容:对该建设单位辐射工作场所四周环境进行辐射水平监测。

②监测频度:项目正常运行后进行监测,以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围:主要对辐射工作场所周围的环境进行监测,重点对辐射工作场所周围的人员流动较多的地方进行监测。

④监测项目:X-γ辐射空气吸收剂量率。

### (2) 场所辐射防护监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原国家环保总局令第31号)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(中华人民共和国环境保护部令第18号)中的相关要求,应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责;不具备自行监测能力的,可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门,以便了解和监护防护设施的运行情况,为主管部门下一步辐射防护决策提供科学技术依据。

具体监测方案如下:

①检测内容:对该建设单位辐射工作场所四周环境进行常规监测。监测数据每年年底向审批部门上报备案。

②监测频度:在项目建成运行后应进行项目的验收监测,以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围：主要对探伤室墙体外 30cm 及周围进行监测，重点对设备周围、防护门及缝隙处、操作台等处进行监测。

④监测项目：X-γ 辐射空气吸收剂量率。

### (3) 个人剂量监测

建设单位应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，为辐射工作人员配备个人剂量计，并进行个人剂量监测（90 天/次）和职业健康体检（2 年/次），建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为辐射工作人员长期保存职业照射记录。建设单位应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计。

**表 12-2 本项目辐射监测计划**

监测因子	监测项目	监测频次	监测点位	控制要求
X-γ 辐射空气吸收剂量率	竣工环保验收监测	竣工后调试阶段开展竣工环保验收监测	①探伤室墙体外及门缝 30cm 处； ②设备操作台； ③探伤室周边人员经常活动的位置； (参考 GBZ117-2022 中“8.3.3 辐射水平定点检测”的内容)	剂量率不大于 2.5μSv/h
	年度监测	1 次/年		
	自主监测	1 次/季度		
个人剂量	个人剂量计实测	1 次/季度	辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计，佩戴于左胸前	5mSv/a

### (4) 验收监测

建设单位应在建设项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期，并在调试期间应开展验收监测；验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

**表 12-3 “三同时”验收一览表**

类别	验收内容		验收要求
辐射防护设计及辐射安全防护设施	设备屏蔽区域墙体、底板及顶棚	四周墙体：700mm 混凝土现浇 迷路内墙：700mm 混凝土现浇 迷路外墙：700mm 混凝土现浇 顶棚：400mm 混凝土现浇 辐射工作人员进出门：35mm 铅板 工件进出门：16mm 铅板	本项目探伤室墙体外 0.3m 周围关注点剂量率应不大于 2.5μSv/h
	通风系统	探伤室设备配备了通风系统	已配备列出的辐射安全防护措施
	监测、报警仪器	配备 6 台个人剂量报警仪、1 台辐射监测仪，并能正常使用	
	电离辐射警告标识及视频监控	检测室出入口处及本项目探伤室设置规范的电离辐射警告标识及警戒线，同时探伤室内安装了视频监控装置	

	设备工作状态显示与联锁装置	设探伤室安装门-机联锁装置，在防护门(包括人员门和货物门)完全关闭后探伤机才能进行探伤作业。防护门打开或未完全关闭时探伤机无法开机产生X射线，关上门不能自动开始X射线照射。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	
	紧急停机装置	在操作室和探伤室内设置紧急停机按钮，拟张贴说明标签及使用方法。当人员发生误照射时，可立即停止探伤机	
	个人剂量计及监测、报警仪器	为辐射工作人员（8人）配备8枚个人剂量计和6台个人剂量报警仪；配备一套固定式辐射探伤报警装置，并能正常使用	个人剂量监测每年不少于4次，场所日常监测每周1次，场所年度监测1年1次；有检测记录和检测报告原件存档；年有效剂量限值（辐射工作人员：5mSv，公众年有效剂量：0.25mSv）
管理制度	辐射安全管理机构	成立辐射安全领导小组并明确职责	根据建设单位实际情况制定并完善规章制度；按制度执行到位
	辐射事故应急预案	制定了辐射事故应急预案	
	辐射安全与防护培训	全部辐射工作人员均需取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单	
	职业健康体检管理	全部辐射工作人员均需进行职业健康体检，约每2年1次	
	监测制度	制定《辐射环境监测计划》并严格执行	
	台账制度	落实设备使用台账管理制度及辐射环境监测台账管理	
	年度评估报告制度	每年1月31日前提提交辐射安全年度评估报告	
	操作规程、岗位职责、检修维护等制度	制定完善的操作规程、岗位职责、检修维护制度等辐射安全管理制度	

## 辐射事故应急

### 1.辐射事件应急处理机构与职责

#### (1) 辐射事件应急处理领导小组

该公司成立了辐射事件应急处理领导小组，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作，领导小组组成如下：

组长：高春斌

副组长：徐钰钦

成员：刘刚、张鑫、周兴、张旭明、尹茂会

应急联系方式：18712798768

## **(2) 应急处理领导小组职责**

①定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至公司领导层并落实整改措施；

②事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

③负责向公司及时报告事故情况；

④负责辐射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

⑤辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

⑥负责迅速安置受照人员就医，组织人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

## **2.辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划**

### **(1) 辐射事故应急预案**

①发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；应当立即撤离有关工作人员，封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节。并在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，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告；

②依据应急预案，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护监测人员的允许不得进入事故区；

④各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。并编写事故发生的基本情况，原因分析及处理结果的书面报告报生态环境部门，凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

### **(2) 应急人员的培训演习计划**

#### **①应急培训**

(I) 公司辐射工作人员上岗前应参加辐射安全与防护知识的考核，通过后才能上岗。

(II) 公司将积极开展辐射安全防护知识的内部学习，提高辐射工作人员的防护意识，避免辐射事故的发生。同时将定期邀请生态环境主管部门的专家讲课，主要包括辐射安全的基础知识、核技术应用项目的防护安全、辐射事故应急等内容。

## ②应急演练

(I) 辐射安全防护领导小组根据需要，每年至少组织一次辐射事故应急演练，辐射事故演练分为专业性演练和综合性演练，专业性演练由辐射事故应急小组的成员参加，综合性演练除了辐射事故应急小组外，公司其他部门的相关成员也应参加。

(II) 演练过程中应注重人员救助、物资援助的演练。同时应急演练前建设单位应制定相应的方案和程序，演练完成后对演练情况作出总结，发现问题及时整改。

**表13 结论与建议**

**结论**

**1.辐射安全与防护分析结论**

**(1) 项目安全设施**

本项目所涉及的辐射工作场所，设有相应的辐射安全和防护措施，辐射工作场所设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第18《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目各辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

**(2) 三废的治理**

**①电离辐射**

本项目 X 射线探伤机运行产生的 X 射线，经铅屏蔽体屏蔽后，对周围环境影响较小。

**②废气**

本项目运行时产生极少量的臭氧和氮氧化物，本项目运行时产生的极少量的臭氧和氮氧化物经排风系统排至室外，对周围辐射工作人员及其他人员的影响较小。

**③废水**

本项目在洗片过程将产生废显（定）影液，该公司置通风良好的废液储存室，洗片过程中产生的废显（定）影液使用专用桶收集后暂存于废液储存室，最终统一交由有资质单位回收处置，对周围环境的影响较小。

**④固体废物**

本项目在洗片及评片过程中产生废胶片，该公司拟设置废液储存室，洗片过程中产生的废胶片暂存于废液储存室，最终统一交由有资质单位回收处置，对环境的影响较小。

**2.环境影响分析结论**

**(1) 建设阶段对环境的影响**

本项目探伤室在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是探伤室进行改造时，施工产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工



人员较少，有抑尘措施，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，本项目对周边环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

根据监测结果可知，拟建探伤室及所在厂房周边环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果在 72.70~92.72nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值），处于当地天然本底水平涨落范围内（根据《中国环境天然放射性水平》给出已扣除宇宙射线响应值的检测结果，厦门市原野  $\gamma$  辐射剂量率范围为 72.7~85.6nGy/h，道路  $\gamma$  辐射剂量率范围为 78.2~129.4nGy/h，室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为 161.9~193.5nGy/h）。

## （2）运行阶段对环境的影响

### ①辐射工作场所屏蔽防护设计

经计算分析可知，本项目 X 射线探伤机在正常运行时能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平”的要求，同时满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“X 射线探伤室墙和门的辐射屏蔽应满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”和“对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 $\mu$ Sv/h”的要求。

### ②年有效剂量估算

经过剂量估算，本项目辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

## 3.可行性分析结论

（1）项目投入使用主要用于不锈钢管道、焊接钢材产品等的无损检测，保证产品合格，符合辐射防护“实践的正当性”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的“第一类 鼓励类”——“十四、机械”——“1.科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微

米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，因此本项目符合国家产业政策。

## （2）代价利益分析

厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机项目实施后，经过无损检测检查可发现产品缺陷，能起到提前预防安全事故发生，在保证安全使用的同时，也创造了更大的经济效益和社会效益。

综上所述，建设单位具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，厦门双瑞海洋环境工程有限公司 5 台工业 X 射线探伤机项目是可行的。

## 建议

（1）建设单位应在本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

（2）建设单位应在本项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期，并在调试期间应开展验收监测；

（3）建设单位应在本项目验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上生态环境主管部门报送相关信息。