

编号: XH25EA093

核技术利用建设项目  
深圳市水务工程检测有限公司  
工业 X 射线移动式探伤项目  
环境影响报告表

报批版

深圳市水务工程检测有限公司 (盖章)

2025 年 12 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目  
深圳市水务工程检测有限公司  
工业 X 射线移动式探伤项目  
环境影响报告表

建设单位名称： 深圳市水务工程检测有限公司（盖章）

建设单位法人代表（签名或签章）：王之勇

通讯地址： 深圳市龙华区观湖街道鹭湖社区观乐路 5 号多彩科  
创园 A 座 101

邮政编码： 518100 联系人： 梁嘉新

电子邮箱： 联系电话：

# 编制单位和编制人员情况表

项目编号	ak5ox5
建设项目名称	深圳市水务工程检测有限公司工业X射线移动式探伤项目
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表

## 一、建设单位情况

单位名称 (盖章)	深圳市水务工程检测有限公司
统一社会信用代码	91440300778765995E
法定代表人 (签章)	吴文鑫
主要负责人 (签字)	吴文鑫
直接负责的主管人员 (签字)	余炎威

## 二、编制单位情况

单位名称 (盖章)	广州星环科技有限公司
统一社会信用代码	91440106MA59DAA73A

## 三、编制人员情况

### 1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陈健阳	20220503546000000001	BH061992	陈健阳

### 2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
宁锦清	项目基本情况、评价依据及评价标准、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论	BH048062	宁锦清

# 编制主持人环境影响评价工程师资格证书



## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
1.1 项目概况 .....	1
1.1.1 建设单位情况 .....	1
1.1.2 项目来由和目的 .....	1
1.1.3 项目建设规模 .....	2
1.2 项目选址和周边关系 .....	2
1.3 辐射实践的正当性和辐射防护最优化 .....	5
表 2 放射源 .....	6
表 3 非密封放射性物质 .....	6
表 4 射线装置 .....	6
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	7
表 6 评价依据 .....	8
表 7 评价标准与保护目标 .....	10
7.1 评价范围 .....	10
7.2 保护目标 .....	10
7.3 评价标准 .....	10
7.3.1 职业照射及公众照射剂量控制要求 .....	10
7.3.2 工作场所剂量率控制和分区要求 .....	11
表 8 环境质量和辐射现状 .....	12
8.1 项目地理和场所位置 .....	12
8.2 环境质量和辐射现状 .....	12
表 9 项目工程分析与源项 .....	13
9.1 设备组成 .....	13
9.2 工作原理 .....	14
9.2.1 X 射线产生原理 .....	14
9.2.2 工业 X 射线探伤原理 .....	15

9.3 工作方式 .....	16
9.4 工艺流程和产污环节 .....	17
9.5 工作负荷和人员配置 .....	20
9.6 污染源项描述 .....	20
9.6.1 正常工况 .....	20
9.6.2 事故工况 .....	21
9.7 源强分析和参数 .....	21
表 10 辐射安全与防护 .....	23
10.1 现场管理和操作安全措施 .....	23
10.1.1 作业前准备 .....	23
10.1.2 安全信息和警告标志 .....	23
10.1.3 安全操作 .....	23
10.1.4 作业的边界巡查与监测 .....	24
10.1.5 使用台账登记和设备保管措施 .....	24
10.2 辐射防护措施 .....	25
10.2.1 距离防护 .....	25
10.2.2 时间防护 .....	25
10.2.3 照射方向选取 .....	25
10.2.4 附加屏蔽设施 .....	26
10.2.5 设备的固有安全性能 .....	26
10.2.6 检测仪器和安防用品 .....	28
10.3 辐射工作场所布局和分区 .....	29
10.4 辐射安全与防护对照分析 .....	31
10.5 日常检查与维护 .....	35
10.5.1 日常安全检查 .....	35
10.5.2 设备维修维护 .....	36
10.6 三废的治理 .....	36
<b>10.6.1 废气 .....</b>	<b>36</b>
<b>10.6.2 感光材料废物 .....</b>	<b>36</b>
表 11 环境影响分析 .....	39

11.1 辐射剂量率估算 .....	39
11.1.1 计算公式 .....	39
11.1.2 定向机剂量率估算结果 .....	40
11.1.3 周向机剂量率估算结果 .....	41
11.2 理论分区方案 .....	45
11.3 人员受照剂量分析 .....	46
11.4 事故影响分析 .....	47
11.4.1 辐射事故类型 .....	47
11.4.2 事故预防措施 .....	48
<b>表 12 辐射安全管理 .....</b>	<b>49</b>
12.1 辐射安全与环境管理机构的设置 .....	49
12.2 辐射安全管理规章制度 .....	50
12.3 辐射工作人员 .....	50
12.4 辐射监测计划 .....	51
12.4.1 个人剂量监测 .....	51
12.4.2 工作场所监测 .....	51
12.4.3 辐射检测方案 .....	52
12.5 辐射安全年度评估计划 .....	53
12.6 辐射事故应急 .....	54
12.6.1 辐射事故应急机构 .....	54
12.6.2 人员培训和演习计划 .....	55
12.7 竣工环境保护验收要求 .....	56
12.7.1 责任主体 .....	56
<b>12.7.2 工作程序 .....</b>	<b>56</b>
12.7.3 时间节点 .....	56
12.7.4 验收清单 .....	57
<b>表 13 结论与建议 .....</b>	<b>58</b>
13.1 结论 .....	58
13.1.1 辐射安全防护及管理结论 .....	58
13.1.2 环境影响结论 .....	58

13.1.3 可行性分析结论 .....	58
13.2 建议 .....	59
表 14 审 批 .....	60
附件 1：委托书 .....	61
附件 2：辐射安全管理规章制度 .....	62

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	深圳市水务工程检测有限公司工业 X 射线移动式探伤项目				
建设单位	深圳市水务工程检测有限公司				
法人代表	吴文鑫	联系人	梁嘉新	联系电话	
注册地址	深圳市罗湖区黄贝街道文华社区深南东路 1001 号深润大厦 4209				
项目建设地点	广东省范围内开展移动式探伤，无固定项目地点 设备存放：深圳市龙华区观湖街道鹭湖社区观乐路 5 号多彩科创园 A 座 3 楼金结设备房				
立项审批部门	无		批准文号	无	
建设项目总投资(万元)	100	项目环保投资(万元)	10	投资比例(环保投资/总投资)	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它	占地面积(m <sup>2</sup> )		/	
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		
	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			/
	其它	/			

## 1.1 项目概况

### 1.1.1 建设单位情况

深圳市水务工程检测有限公司前身为深圳市水利工程质量检测站，成立于 1995 年 5 月，并于 2005 年 8 月改制更名为深圳市水务工程检测有限公司，为深圳市国资委间接持股的混合所有制企业，公司目前主要从事水务工程质量安全检测、环境检测、测量和监测业务。

### 1.1.2 项目来由和目的

在现代水利工程建设过程中，钢结构是的重要一环，钢结构焊缝质量是否合格对水利工程的安全起到至关重要的影响。根据行业相关标准要求，钢结构的主要对接焊

缝需要抽选一定比例的焊缝进行 X 射线探伤，以验证焊缝质量是否合格。因此，为适应市场需求，拓展业务范围，提升综合技术服务能力，建设单位拟购置 6 台工业 X 射线探伤装置开展移动式 X 射线探伤项目，对水利工程中的管状钢、工型钢及箱型钢等钢结构工件焊缝进行无损探伤。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，第 66 号）对射线装置的分类，本项目属于使用 II 类射线装置（工业用 X 射线探伤装置），根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日实施），本项目应编制环境影响报告表，受深圳市水务工程检测有限公司委托（委托书见附件 1），广州星环科技有限公司对深圳市水务工程检测有限公司工业 X 射线移动式探伤项目进行环境影响评价。

### 1.1.3 项目建设规模

建设单位拟使用 6 台工业 X 射线探伤装置，在广东省范围内进行 X 射线移动式探伤工作，无固定的项目地点。其中定向机的探伤对象为工型钢、箱型钢及管状钢的纵向焊缝，周向机的探伤对象为管状钢的环向焊缝焊缝，工件均为 10mm~30mm 厚的钢材。拟用射线装置的基本参数信息见表 1-1。

表 1-1 拟使用装置信息一览表

序号	名称	厂家	型号	最大管电压	最大管电流	类别	类型	数量
1	X 射线探伤装置	丹东佰汇达	XXG-3505Z	350kV	5mA	II类	周向机	1 台
2	X 射线探伤装置	丹东佰汇达	XXG-3005Z	300kV	5mA	II类	周向机	1 台
3	X 射线探伤装置	丹东佰汇达	XXG-3005D	300kV	5mA	II类	定向机	1 台
4	X 射线探伤装置	黄石上方	XXG2505L	250kV	5mA	II类	定向机	1 台
5	X 射线探伤装置	黄石上方	XXG2505L	250kV	5mA	II类	定向机	1 台
6	X 射线探伤装置	黄石上方	XXG3005L	300kV	5mA	II类	定向机	1 台

### 1.2 项目选址和周边关系

本项目的工作场所主要根据公司承接的业务地点，进行移动式探伤，无固定项目地点，典型的作业地点为工厂或水利工程施工现场，周边环境一般为空地、道路、河流等场所。主要作业时间段为夜间（夜间 23:00~次日 05:00），项目主要环境保护目标为监督区的辐射工作人员及监督区范围外偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员。

在广东省内进行移动式探伤时，探伤地点应满足《广东省未成年人保护条例》第三十二条的规定要求，200m 范围内无中小学和幼儿园等未成年人学校。在省外进行移动式探伤时，应参照广东省地方要求，确保探伤地点 200m 范围内无中小学和幼儿园等未成年人学校，同时还应根据探伤地点属地地方要求，制定相关的管控要求。

探伤装置及配套设施不作业时拟存放于深圳市龙华区观湖街道鹭湖社区观乐路 5 号多彩科创园 A 座 3 层金结设备房，金结设备房四周主要为排风机房、污水间、实验室等场所。金结设备房设有安全锁，钥匙由专门的管理人员负责管理，无关人员不能进入金结设备房。金结设备房只用于存放本项目设备，任何情况下都不会在该场所使用射线装置。拟在深圳市龙华区观湖街道鹭湖社区观乐路 5 号多彩科创园 A 座 1 层设置洗片室，洗片室用于胶片冲洗以及感光材料废物的暂存。

建设单位所在地区域图见图 1-1，建设单位办公场所 1 层平面布局图见图 1-2，3 层平面布局图见图 1-3。

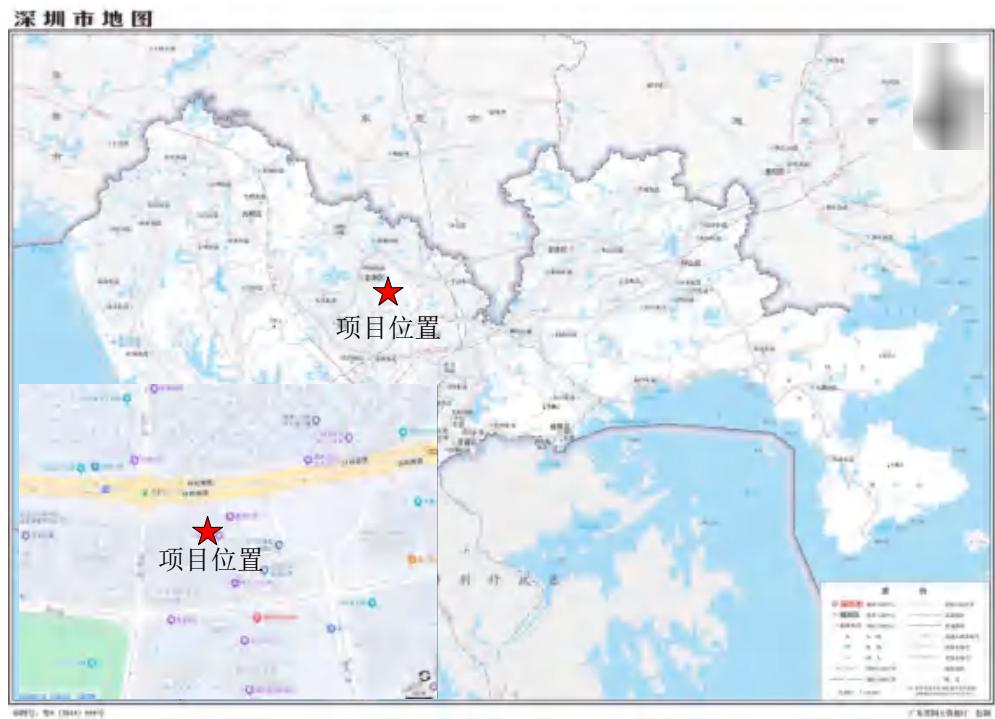


图 1-1 建设单位所在地区域图

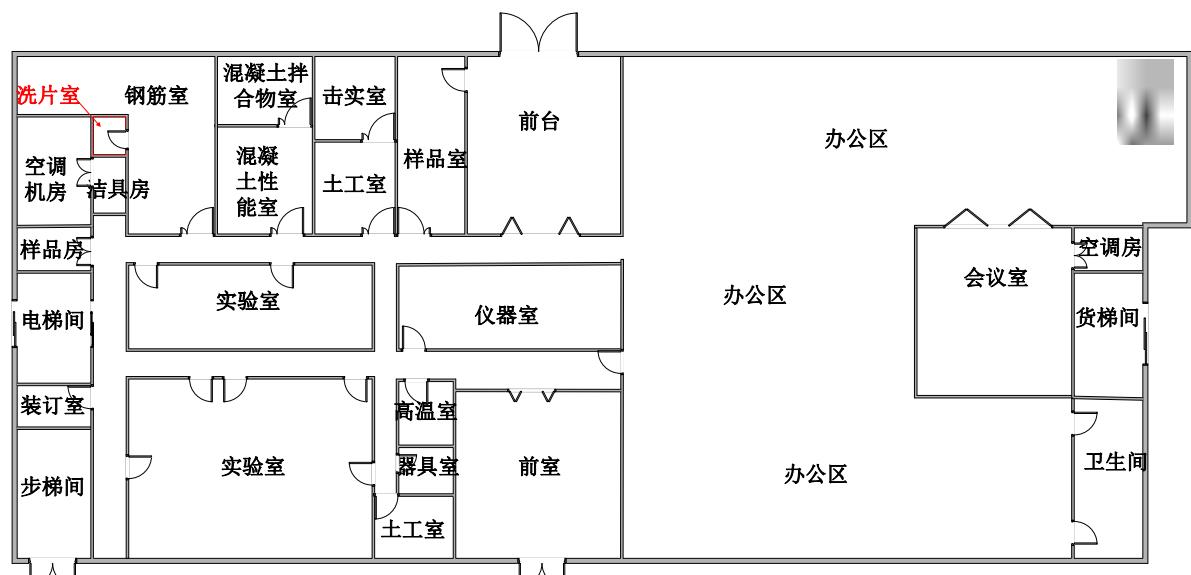


图 1-2 建设单位办公场所 1 层平面布局图

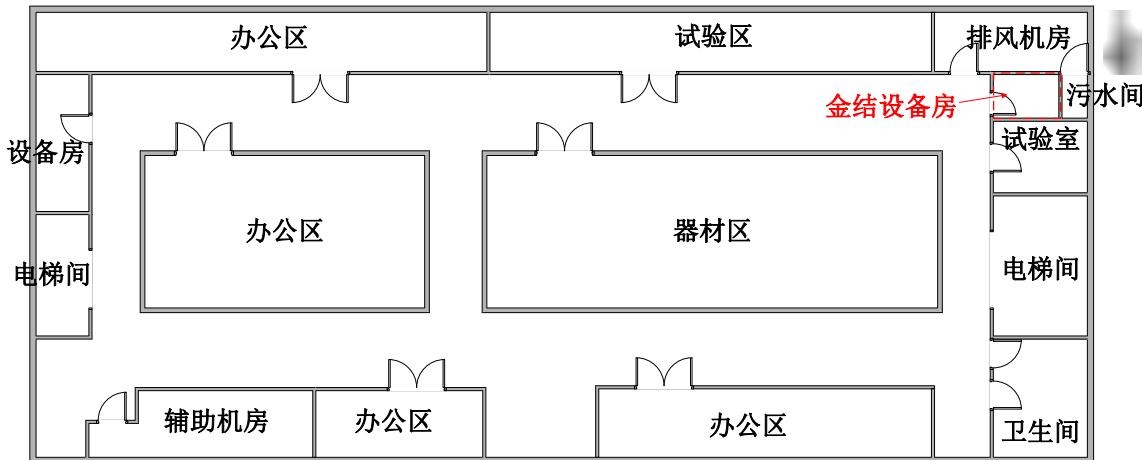


图 1-3 建设单位办公场所 3 层平面布局图

### 1.3 辐射实践的正当性和辐射防护最优化

对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。辐射防护最优化是指进行辐射实践时，考虑经济和社会因素之后，应保证将辐射照射保持在可合理达到的尽量低水平的原则。

本项目 X 射线探伤装置用于移动式探伤，对钢结构的对接焊缝进行 X 射线探伤，为消除缺陷隐患奠定基础，对钢结构工程的安全运行具有重要意义。本项目使用 X 射线探伤装置进行移动式探伤，在充分利用现场环境条件，合理划分监督区和控制区，通过采取距离防护、时间防护、附加屏蔽、合理选择照射方向、设备自带的安全设施、配备检测仪器与安防用品等，根据表 11 理论估算，辐射工作人员和公众的年有效剂量均满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。从而，以较小的环境影响获得较大的社会效益。本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“三十一、科技服务业 5. 检验检测认证服务”类别，为鼓励类产业，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于辐射“实践的正当性”与“辐射防护最优化”的要求。

**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
	无							

**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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	无									

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额度电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	无									

(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	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	X射线探伤装置	II类	1台	XXG-3505Z	350kV	5mA	工业探伤	移动式探伤，无固定项目地点	周向机
2	X射线探伤装置	II类	1台	XXG-3005Z	300kV	5mA	工业探伤	移动式探伤，无固定项目地点	周向机
3	X射线探伤装置	II类	1台	XXG-3005D	300kV	5mA	工业探伤	移动式探伤，无固定项目地点	定向机
4	X射线探伤装置	II类	1台	XXG2505L	250kV	5mA	工业探伤	移动式探伤，无固定项目地点	定向机
5	X射线探伤装置	II类	1台	XXG2505L	250kV	5mA	工业探伤	移动式探伤，无固定项目地点	定向机

6	X射线探伤装置	II类	1台	XXG3005L	300kV	5mA	工业探伤	移动式探伤,无固定项目地点	定向机
---	---------	-----	----	----------	-------	-----	------	---------------	-----

(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 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度	贮存方式	数量	
	无												

表 5 废弃物 (重点是放射性废弃物)

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废显(定)影液	液态	/	/	/	600kg	/	在洗片室暂存	交由有资质的危险废物处置单位回收处置
废胶片	固态	/	/	/	2.4kg	/	在洗片室暂存	交由有资质的危险废物处置单位回收处置
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	微量	/	/	外环境

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

2.含有放射性的废弃物要注明,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》（主席令第九号，2015年1月1日实施）</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（主席令第二十四号，2018年12月29日修正）</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（主席令第六号，2003年10月1日实施）</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令，2005年12月1日施行，2019年3月2日修订）</p> <p>(5) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院令第682号，2017年10月1日实施）</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部第20号令，2021年1月4日修改）</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部18号令，2011年5月1日实施）</p> <p>(8) 《关于发布射线装置分类的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告第66号，2017年12月6日发布）</p> <p>(9) 《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）</p> <p>(10) 《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）</p> <p>(11) 《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2019年12月24日印发）</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2024年2月1号实施）</p>
------	---

	<p>(13) 《深圳市建设项目环境影响评价审批和备案管理名录（2021 年版）》（深环规〔2020〕3 号，2021 年 1 月 1 日实施）</p> <p>(14) 《广东省未成年人保护条例》（2009 年 1 月 1 日实施）</p> <p>(15) 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 12 月 22 日印发）</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</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》（HJ10.1-2016）</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其修改单</p> <p>(6) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>(8) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326—2023）</p>
其他	<p>(1) 《广东省辐射环境质量监测季报（2025 年第 2 季度）》（广东省生态环境厅）</p> <p>(2) 建设单位提供的资料</p>

## 表 7 评价标准与保护目标

### 7.1 评价范围

本项目属于 X 射线移动式探伤，无固定使用场所，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》(HJ10.1-2016)的相关规定：无实体边界的项目评价范围应不低于 100m。本项目以理论计算的监督区范围确定为本项目的评价范围。

### 7.2 保护目标

结合本项目的评价范围，该项目将评价范围内的辐射工作人员和公众列为保护目标，具体保护目标分布情况见表 7-1。

表 7-1 评价范围内保护目标分布一览表

分布位置	保护目标	人员类型	居留因子	人数	剂量约束值
监督区	辐射工作人员	现场工作人员	1	3 人	5mSv/a
监督区外评价范围内	公众	探伤现场周围生产、生活的人群	1/40	流动人员	0.25mSv/a

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 职业照射及公众照射剂量控制要求

##### (1) 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

①工作人员的职业照射水平不应超过下述限值：

a) 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实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

##### (2) 剂量约束值

①工作人员：

本项目取职业照射年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目的职业照射剂量

约束值，即本项目的辐射工作人员的年有效受照剂量应不超过 5mSv/a。

②公众：

取公众中有关关键人群年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目的公众照射剂量约束值，即本项目的公众的年有效受照剂量不超过 0.25mSv/a。

### 7.3.2 工作场所剂量率控制和分区要求

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区。对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按以下公式计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau}$$

式中：

$\dot{H}$ ——控制区边界周围剂量当量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\tau$ ——每周实际开机时间，单位为小时（h）；

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即  $100\mu\text{Sv/周}$ 。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

本项目每周实际开机时间小于 7h，根据辐射防护最优化的原则，本项目将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的范围划为监督区。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

本项目的工作场所主要根据公司承接的业务地点，进行移动式探伤，无固定项目地点，典型的作业地点为工厂或水利工程施工现场，周边环境一般为空地、道路、河流等场所。

### 8.2 环境质量和辐射现状

建设单位在广东省范围内开展移动式探伤，无固定项目地点。根据广东省生态环境厅发布的《广东省辐射环境质量监测季报（2025 年第 2 季度）》：2025 年第 2 季度各自动站环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率月均值范围为 65.0~142.2 nGy/h，监测结果均在各站点历史范围值内，未见异常，辐射环境质量良好。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 设备组成

本项目拟购置使用的 6 台工业 X 射线探伤装置中，包括 4 台定向机和 2 台周向机，除参数差异外，其结构组成一致。工业 X 射线探伤装置主要由 X 射线发生器、控制台、电缆线三部分组成；定向机采用阳极靶平面产生的 X 射线束为固定单方向照射，呈圆锥形；周向机采用锥形阳极靶，阳极靶平面与电子束垂直，产生的 X 射线束是在与 X 射线管轴线成垂直方向的 360° 圆周上同时辐射 X 射线。定向机设备组成图见图 9-1，周向机设备组成见图 9-2。



图 9-1 定向机设备组成图



图 9-2 周向机设备组成图

## 9.2 工作原理

### 9.2.1 X 射线产生原理

射线装置通过 X 射线管产生射线，X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线管示意图如图 9-2 所示。X 射线管阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击，灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为轫致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。

从 X 射线装置阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线装置两极上的高压即为管电压。X 射线装置产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子

序数、电子流强度和管电压的平方。所以 X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线机保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉，准直性较高。

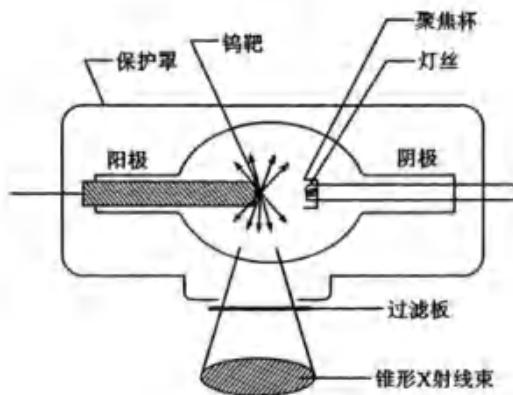


图 9-3 X 射线管示意图

### 9.2.2 工业 X 射线探伤原理

工业 X 射线探伤装置是利用 X 射线穿透物质和在物质中有衰减的特性，来发现其中缺陷的一种无损探伤方法。X 射线可以检查金属材料及其制品的内部缺陷，例如焊缝中的气孔、夹渣、未焊透等体积性缺陷。

工业 X 射线探伤装置的工作方式是根据被检工件与其内部缺陷介质对射线能量衰减程度的不同，使得射线透过工件后的强度不同，使缺陷能在底片上显示出来的方法。如图 9-4 所示，从 X 射线机发射出来的 X 射线透过工件时，由于缺陷内部介质对射线的吸收能力和周围完好部位不一样，因而透过缺陷部位的射线强度不同于周围完好部位。把胶片放在工件适当位置，在感光胶片上，有缺陷部位和无缺陷部位将接受不同的射线曝光。再经过洗片室处理后，得到底片。然后把底片放在观片灯下就可以明显观察到缺陷处和无缺陷处具有不同的黑度，评片人员据此可以判断工件内部缺陷等情况。

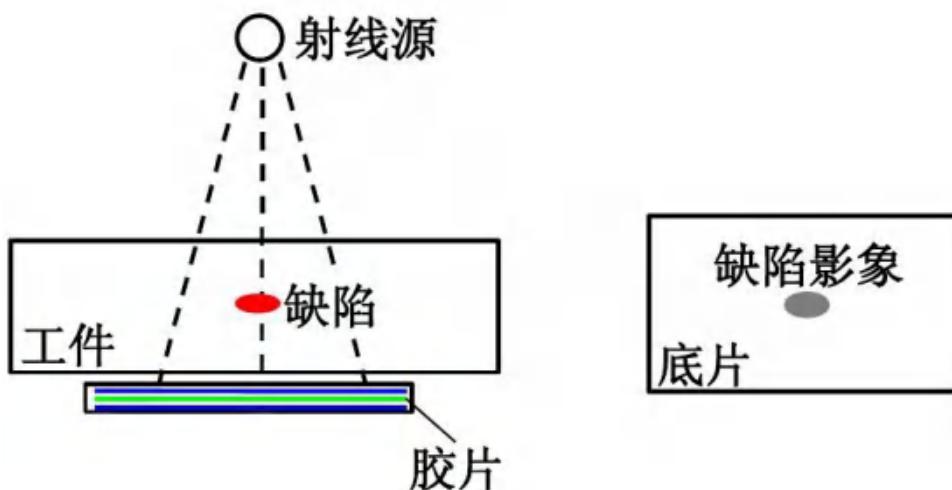


图 9-4 X 射线胶片成像示意图

### 9.3 工作方式

本项目 X 射线探伤工作方式如下：

- (1) 在广东省范围内开展 X 射线移动式探伤工作，无固定的项目地点。主要探伤对象为钢结构的对接焊缝，其中定向机的探伤对象为工型钢、箱型钢及管状钢的纵向焊缝，周向机的探伤对象为管状钢的环向焊缝焊缝，工件均为 10mm~30mm 厚的钢材。在同一个场所中，辐射工作人员根据探伤的工件类型，每次探伤只操作 1 台设备，不会多台设备同时进行探伤。
- (2) 进行探伤工作前，辐射工作人员佩戴反光衣、安全帽、个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式剂量率仪等安防用品。根据探伤的工件类型选择定向机或者周向机。选择定向机进行探伤时，辐射工作人员将定向机安装在工件上方，采用劳保安全带进行捆扎固定，并采用 1 张 1mm 铅毯进行包裹覆盖，有用线束固定朝地面照射，线束角度为 40°。选择周向机进行探伤时，辐射工作人员根据工件的管径选择合适的支架，将周向机采用劳保安全带捆扎固定在支架中间，再通过支架连同周向机一起传入工件内部需要进行探伤的位置，周向机有用线束在工件内部朝外照射，有用线束的环形线束与地面垂直，线束角度为 30° × 360°。在管状工件两端加盖与工件同等厚度的钢板，并在有用线束在水平方向的照射区域各安装 1 块铅板进行屏蔽。

- (3) 探伤工作由一个工作组的 3 名辐射工作人员共同完成，其中包括两名设备

操作人员及一名现场管理人员。现场管理人员负责对周边的人群进行疏散、设置控制区和监督区、以及探伤过程中两区边界的剂量率检测、人员管控等工作。两名操作人员共同完成工件位置调整、探伤装置安装、探伤操作等工作。

(4) 本项目成像方式为胶片成像，检测后得到的胶片送回建设单位洗片室进行洗片与评片。

## 9.4 工艺流程和产污环节

本项目移动式探伤的操作流程和产污环节如下：

### (1) 任务派单

根据公司安排的探伤任务，向辐射工作人员委派探伤任务。

### (2) 现场评估

根据现场特点和周围环境，研判是否满足开展 X 射线移动式探伤的条件，如：是否满足“两区”的设置、周围是否有不可规避的敏感点。如现场不适宜采用射线探伤，则选用其他非射线探伤方式。适合射线探伤的，还需对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作，评估内容包括现场环境特点、附近人群、天气条件、探伤时间、作业空间、操作方式和安全措施等。

### (3) 现场准备

与委托单位做好协商工作，协商内容包括适当的探伤地点和探伤时间、现场通告、警告标识和报警信号等。辐射工作人员根据探伤计划办理探伤装置的领用流程和归还流程，包括 1) 填写使用登记表，按照探伤计划，填写探伤设备的领用情况，包括领用时间、使用人员、作业时间、作业地点、计划探伤工件对象、数量等情况。2) 并领取足够的移动式探伤所需的防护用品，包括个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式剂量率仪、对讲机、测距仪、警戒线、电离辐射警告标志、警告牌、警示灯、警示喇叭等。

到达现场后，由现场管理人员负责组织无关人员撤离现场。工作人员进入现场前需检查防护用品是否准备齐全，佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪。核实各类作业文件齐全，检查安全器具和作业设备是否完好，确认各项安全措施是否已落实到位。

### (4) 现场分区

参考本报告表给出的理论分区方式，初步设定工作场所监督区和控制区，在控制区边界设置警戒绳、警示灯、警示喇叭和控制区警示牌，防止人员误入。在监督区设

置警戒绳和警示牌。警示灯和警示喇叭在探伤工作期间保持开启，由现场管理员负责警戒，防止人员误闯入。

### **(5) 探伤装置安装**

根据探伤的工件类型，选择定向机和周向机进行探伤。选择定向机进行探伤时，辐射工作人员将定向机安装在工件上方，采用劳保安全带进行捆扎固定，并采用 1 张 1mm 铅毯进行包裹覆盖，有用线束固定朝地面照射。选择周向机进行探伤时，辐射工作人员根据工件的管径选择合适的支架，将周向机采用劳保安全带捆扎固定在支架中间，再通过支架连同周向机一起传入工件内部需要进行探伤的位置，在管状工件两端加盖与工件同等厚度的钢板，并在有用线束在水平方向的照射区域各安装 1 块铅板进行屏蔽。探伤装置安装完成后，需要再次确认探伤装置的安装是否牢固，确认无误后，通过电缆线将探伤装置和控制台进行连接，控制台需设置在控制区外的区域，并尽可能利用现场掩体进行防护。

### **(6) 训机和曝光（涉源环节，产生 X 射线）**

探伤装置安装完毕后，辐射工作人员退至控制台位置，开启控制台电源，待设备自检完成后，依次设置曝光时间、延迟出束时间、管电压等参数，现场管理人员对控制区和监督区进行巡查，并使用便携式剂量率记录环境  $\gamma$  辐射剂量率本底水平。经现场管理人员再次确认控制区内无任何人员、监督区内无公众人员后，向辐射工作人员下达训机或者初次曝光指令。

探伤装置超过 48 小时未使用时，控制台通电后，控制台上的“自动训机”状态灯会常亮，进入自动训机待机状态，此时按下高压开关会自动进入自动训机模式，训机过程会自动步进“kV”值，直至完成训机。如需训机先不安装胶片，待训机结束后再安装胶片。

如果不需要训机，辐射工作人员启动探伤装置高压，待延时出束时间倒数完毕后，开始初次曝光，现场管理人员使用便携式剂量率仪进行巡测确认分区合理性，并根据巡测结果调整分区方案。曝光过程中，现场管理人员对控制区和监督区的边界进行巡检，确保边界设置正确、无人员闯入。

### **(7) 探伤结束**

探伤结束后，使用便携式剂量率仪确认探伤装置已停止出束后，工作人员收起设备、撤除警戒。设备归还并登记，包括：设备使用情况、现场安全分区情况、辐射事

故发生情况、设备状态等，在建设单位的洗片室进行洗片和评片，洗片和评片过程会产生废胶片、废定影液和废显影液。

本项目的工艺流程和产污环节见图 9-4。

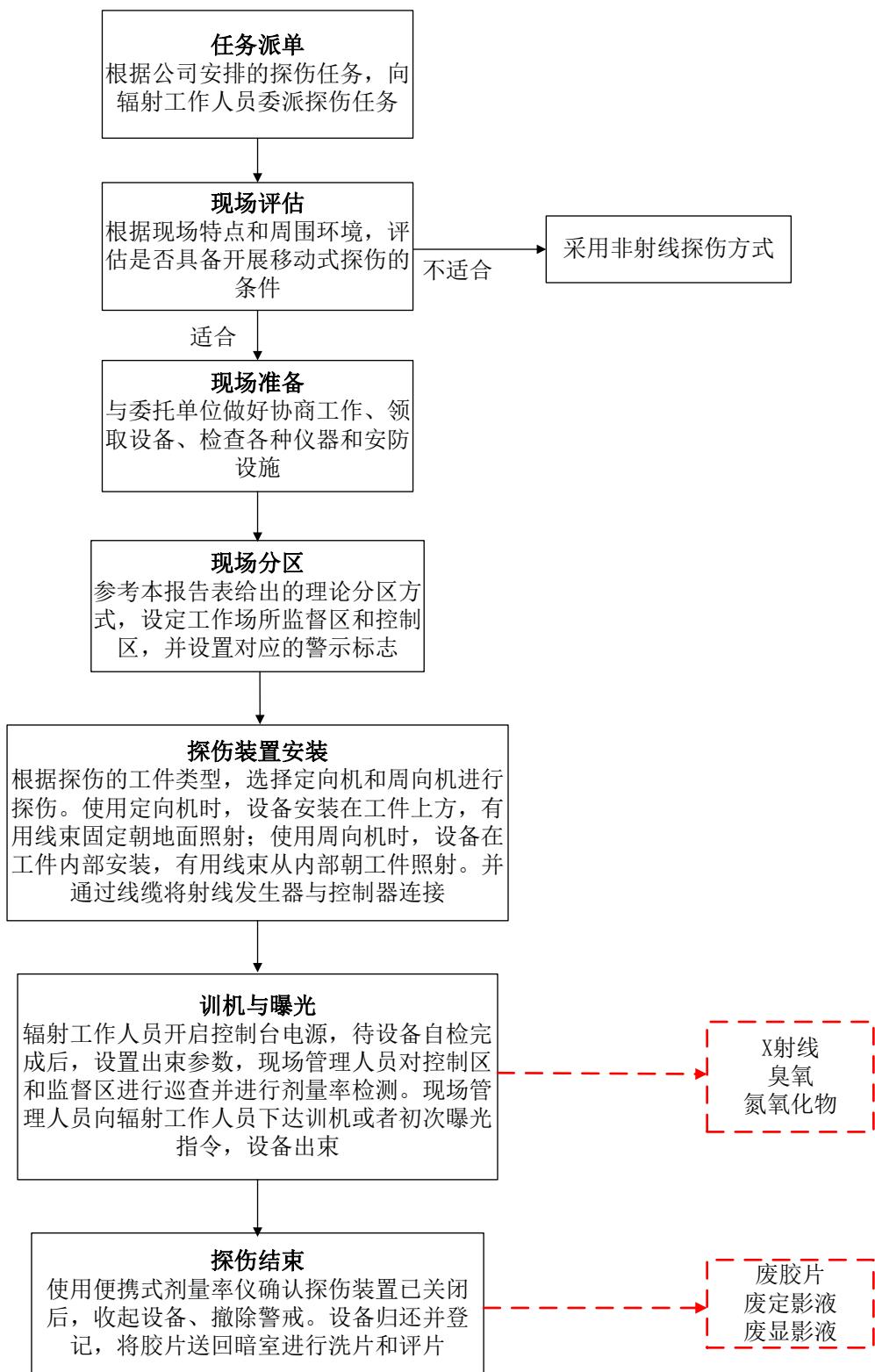


图 9-4 工艺流程和产污环节

## 9.5 工作负荷和人员配置

建设单位共设置 2 个工作组，每个工作组 3 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员为现场管理人员，负责现场安全管理，2 名辐射工作人员负责探伤操作。根据建设单位规划，每年工作 50 周，每周工作 5 天。

根据建设单位提供资料，本项目拟使用的探伤装置拍摄一张胶片曝光时间为 3~5 分钟，保守按 5 分钟计算。探伤作业时间安排在夜间 23:00~次日 05:00，每次进行探伤时，每个工件的探伤全流程（包括现场布置、设备安装、设备出束、设备拆除等）约需要 1 小时，则每天最多探伤 6 个工件，每周最多探伤 30 个工件。每个工件曝光一次，其中定向机每次曝光可拍摄 1 张胶片，周向机每次曝光可根据工件大小拍摄 3~8 张胶片。每周约进行一次训机，每次训机出束时长为 30min。检测任务由两个工作组平分，则工作负荷一览表见表 9-1。

表 9-1 工作负荷一览表

产污环节	总工作负荷 (h)		每个工作组工作负荷 (h)	
	周出束时间	年出束时间	周出束时间	年出束时间
探伤过程	2.5	125	1.25	62.5
训机	0.5	25	0.25	12.5
累计	3	150	1.5	75

## 9.6 污染源项描述

### 9.6.1 正常工况

#### (1) 辐射污染源

本项目的主要污染因子是 X 射线，随 X 射线发生器的开和关而产生和消失。在正常工况下，设备出束过程中产生的射线可以得到屏蔽体的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。辐射场中的 X 射线包括有用线束、泄漏线束和散射线束。

有用线束：直接由射线发生器产生的电子通过打靶获得的 X 射线，X 射线用于照射工件。X 射线的能量、强度与射线发生器靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，加在射线发生器的管电压、管电流越高，光子束流越强。

泄漏线束：由射线发生器发射的透过 X 射线管组装体的射线。

散射线束：由有用线束及泄漏线束在各种散射体上散射产生的射线，一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、射线装置的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

## （2）非辐射污染源

本项目采用胶片感光成像，正常工况下，胶片成像会产生感光材料废物（废定影液、废显影液、废胶片等），属危险废物。X 射线照射会使空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物。

### 9.6.2 事故工况

本项目在事故工况下，可能产生辐射影响的情形有：

- (1) 探伤现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界辐射水平进行监测，导致工作人员和周围公众受到误照射；
- (2) 对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员被误照射；
- (3) 出束过程中，未对探伤现场进行有效管控，导致公众闯入探伤现场，受到误照射；
- (4) 设备控制系统发生故障，无法停止出束，致工作人员和周围公众被误照射。

## 9.7 源强分析和参数

本项目的射线装置最大管电压、最大管电流、有用线束角度、滤过条件等由建设单位提供。距辐射源 1m 处输出量、距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率根据 GBZ T250-2014 及《辐射防护导论》选取，本项目的源强有关数据见表 9-2。

表 9-2 探伤装置源项参数

项目	参数					
型号	XXG-3505Z	XXG-3005Z	XXG-3005D	XXG2505L	XXG2505L	XXG3005L
设备类型	周向机	周向机	定向机	定向机	定向机	定向机
最大管电压	350kV	300kV	300kV	250kV	250kV	300kV
最大管电流	5.0mA	5.0mA	5.0mA	5.0mA	5.0mA	5.0mA
有用线束角	30°×360°	30°×360°	40°	40°	40°	40°
滤过条件	0.5mmCu	3mmAl	3mmAl	3mmAl	3mmAl	3mmAl
距辐射源 1m 处的最大输出量 (mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min))	33	20.9	20.9	13.9	13.9	20.9
距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率 (μSv/h)	5000	5000	5000	5000	5000	5000

注：350kV 设备的 1m 处输出量根据《辐射防护导论》P343 附图 4 选取。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 现场管理和操作安全措施

#### 10.1.1 作业前准备

(1) 每次探伤工作前，先对工作环境进行全面评估，评估内容包括现场环境特点、附近人群、探伤时间、作业空间、操作方式和安全措施等。

(2) 与现场施工单位做好协商工作，协商内容包括适当的探伤地点和探伤时间、现场通告、警告标识和报警信号等。

(3) 到达现场后，将由现场管理员负责组织无关人员撤离现场，无关人员一律不得在监督区范围内。工作人员进入现场前需检查防护用品、警袖、警绳是否准备齐全。根据工件情况和曝光条件用便携式剂量率仪确定监督区域，拉好安全围栏、警绳。由现场管理员负责警戒，防止人员误闯被误照射。

#### 10.1.2 安全信息和警告标志

(1) 本项目拟使用的探伤装置控制台具有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，警示信号与探伤装置联锁且足够清晰，确保控制区的所有边界都可以听到。

(2) 拟在控制区边界设置警示灯和警示喇叭，警示灯和警示喇叭在探伤工作期间保持开启，警示人员勿进入控制区。

(3) 在控制区边界上悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警示牌和电离辐射警告标志，在监督区边界上和建筑物出入口的醒目位置悬挂清晰可见的“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警示牌和电离辐射警告标志。

#### 10.1.3 安全操作

(1) 将充分评估现场环境，选取最佳的设备布置方式，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。根据探伤的工件类型，选择定向机或周向机进行探伤。选择定向机进行探伤时，辐射工作人员将定向机安装在工件上方，采用劳保安全带进行捆扎固定，并采用 1 张 1mm 铅毯进行包裹覆盖，有用线束固定朝地

面照射。选择周向机进行探伤时，辐射工作人员根据工件的管径选择合适的支架，将周向机采用劳保安全带捆扎固定在支架中间，再通过支架连同周向机一起传入工件内部需要进行探伤的位置，周向机有用线束在工件内部朝外照射，在管状工件两端加盖与工件同等厚度的钢板，并在有用线束在水平方向的照射区域各安装 1 块铅板进行屏蔽。

(2) 操作人员位于控制区外操作探伤装置，通过电缆线将探伤装置和控制台进行连接，并尽可能利用现场掩体进行防护。

(3) 探伤机设备出束过程中如果出现异常，操作人员在控制台确定探伤机停止出束后，携带便携式剂量率仪、个人剂量报警仪向划定的控制区缓慢行进，如果行进过程中仪器出现剂量异常报警，应立即停止行进并向管理员报告。

#### **10.1.4 作业的边界巡查与监测**

(1) 每次开始移动式探伤前，现场管理人员对控制区和监督区进行巡查和清场，使用扩音器进行全面清场，确保在控制区内无任何人员、监督区内无公众人员。确认后，才向操作人员发出操作指令。

(2) 监督区和控制区的边界设置初步参照环评报告表提出的范围，每次探伤过程中，现场管理员将对分区边界进行巡查和监测，确保边界设置正确、无人员闯入。

(3) 共配置 2 台便携式剂量率仪，每个工作组配备 1 台，用于确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。便携式剂量率仪在探伤期间保持开机状态，防止 X 射线出束异常或不能停止出束。

(4) 为每个现场辐射工作人员各配备 1 个个人剂量计和 1 个个人剂量报警仪，个人剂量报警仪具有直读式剂量率显示功能，工作期间按要求佩戴。

#### **10.1.5 使用台账登记和设备保管措施**

(1) 建立探伤工作记录表（见附件 2 现场探伤工作登记制度），记录每次外出探伤工作组的成员、携带仪器，探伤时间、地点，监督区和控制区的设置和剂量率等信息，并保存探伤作业的影像资料，以便对辐射工作进行全过程记录管理。

(2) 探伤装置将放置在金结设备房，设备房设有安全锁，钥匙由专门的管理人员负责管理，无关人员不能进入设备房。设备房只用于存放本项目设备，任何情况下都不会在该场所使用射线装置。

## 10.2 辐射防护措施

### 10.2.1 距离防护

本项目移动式探伤通过划分监督区和控制区，实施分区管理。根据探伤计划初步进行“二区划分”后，初次曝光时现场管理人员使用便携式剂量率仪对控制区、监督区边界进行巡测，验证和修正，必要时重新确定控制区和监督区边界。监督区和控制区边界均设置防护隔离警戒线，确保控制区范围内没有工作人员，并禁止无关人员进入监督区。

### 10.2.2 时间防护

(1) 熟练操作：本项目辐射工作人员上岗前均需取得无损检测人员资格证书并通过辐射安全与防护培训并取得合格成绩单，熟悉移动式探伤操作规程。探伤人员熟练操作可尽可能地缩短照射时间，减少重复照射的几率。每次探伤作业前，辐射工作人员均提前制定探伤计划，做好充分准备，操作时力求熟练、迅速。如果工作量大，工作人员应采取轮流、替换的办法，严格限制每个人的操作时间，将每个人所受照的剂量控制在规定限值以内。

(2) 优化曝光时间：在保证探伤质量的前提下，根据实际要求制定最优的探伤方案，选择合理的方案尽量缩短出束时间，减少工作人员和公众的照射时间。

### 10.2.3 照射方向选取

(1) 作业前通过现场勘查、卫星地图等方式勘查周围环境，确保有用线束照射方向朝向山体、地面、天空等场所，避开公园、学校、住宅、办公区等有人员密集场所。

(2) 选择定向机进行探伤时，定向机在工件上方进行安装，有用线束固定朝地面照射，减少控制区和监督区的范围。选择周向机进行探伤时，周向机在工件内部进行安装，有用线束在工件内部朝外照射，经工件屏蔽可有效减少控制区和监督

区的范围。

#### 10.2.4 附加屏蔽设施

本项目拟配置 2 张铅毯，用于定向机照射时的附加屏蔽，以减少控制区和监督区的范围。将定向机、工件、胶片用铅毯包裹，并在两端使用扎带捆绑。铅毯质地柔软、可塑性高，适用场景较广，包裹探伤设备和工件、胶片后，可以有效降低漏射线和杂散线的辐射影响。拟配置 4 块铅板，用于周向机照射时的附加屏蔽，以减少控制区和监督区的范围。将周向机安装在工件内部，铅板分别安装在工件外有用线束照射的方向，以减少周向机有用线束的辐射影响。

附加屏蔽设施参数见表 10-1。

表 10-1 附加屏蔽设施参数

名称	尺寸	铅当量	数量
铅毯	1.2m×1.5m	1mmPb	2
铅板	0.8m×1.5m	6mmPb	4

#### 10.2.5 设备的固有安全性能

本项目拟使用的探伤装置具有以下安全功能：

(1) 控制台：带有 LED 显示屏，可以实时显示探伤装置的准备状态、故障状态、电压电流参数等；

(2) 曝光时间按钮：设置 0~5min 的出束时间；

(3) 内置蜂鸣器：开启控制台电源开关后，蜂鸣器会发出“滴”的一声响，进入自检状态，自检完成后，再次发出“滴”的蜂鸣声，并且“启动准备”指示灯常亮，进入待机状态，出束过程中发生故障，会持续发出蜂鸣并停止出束；

(4) 高压启动开关：控制射线装置高压电源的开启与关闭，即出束控制按钮；

(5) 高压停止开关/延时设置按钮：射线装置在出束状态时，按下高压停止开关，射线装置会紧急停止出束。当控制台处于待机状态时，长按该按钮 1.5s，时间

显示闪烁，可以通过曝光时间按钮设置 0~5min 的延迟出束时间；

(6) 警示灯插口：可以外接警示灯，实现警示灯与射线装置联锁；

(7) 主电源开关：控制台的总电源控制；

(8) 安全联锁：控制台可以根据应用场景设置安全联锁情景，在本项目移动式探伤时，只有主电源开关打开、警示灯正常、蜂鸣器正常、LED 显示器正常，才能启动出束开关，使探伤装置正常出束。控制台安全设施分布图见图 10-1，安全联锁逻辑图见图 10-2。



图 10-1 控制台安全设施分布图

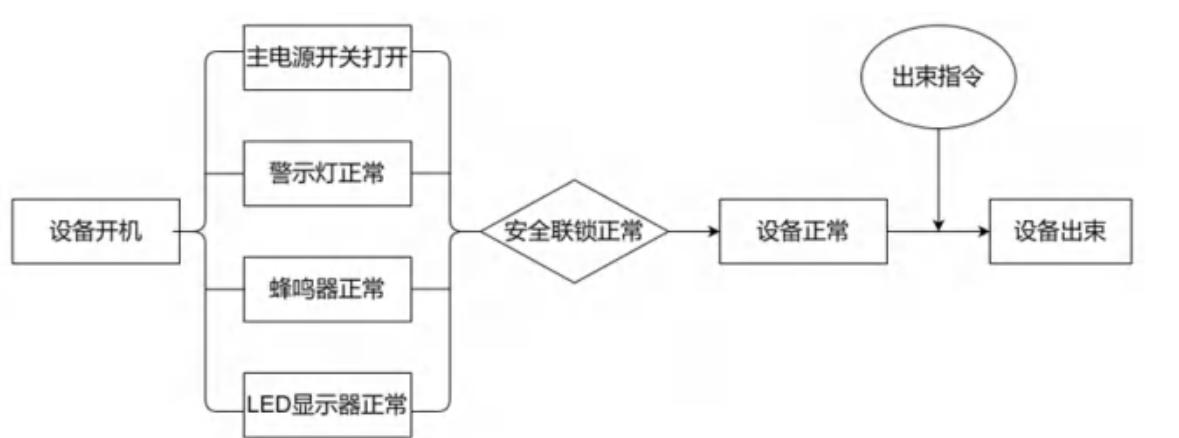


图 10-2 安全联锁逻辑图

#### 10.2.6 检测仪器和安防用品

建设单位拟为辐射工作人员每人配备 1 个个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪工作期间保持开机状态，个人剂量计定期送检。个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，个人剂量报警仪将设置剂量率阈值（ $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）与剂量阈值（ $100\mu\text{Sv}$ ），可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入探伤工作区域，并立即向辐射工作负责人报告。当累积剂量超过剂量阈值时，辐射工作人员本周内不得继续从事探伤工作。

共配置 2 台便携式剂量率仪，即每个工作组配备 1 台便携式剂量率仪用于现场辐射监测，使用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪对移动式探伤监督区和控制区边界周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。便携式 X- $\gamma$  剂量率仪在探伤工作期间保持开机状态，防止射线曝光异常或不能终止。便携式 X- $\gamma$  剂量率仪将设置剂量率报警阈值（ $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）。

建设单位拟配备警戒绳、警示灯、警示喇叭、警示牌等用于现场分区管理，在移动式探伤的控制区设置警戒绳、警示灯、警示喇叭和警示牌，防止人员误入。并在监督区设置警戒绳和警示牌，提醒公众勿接近辐射工作区。

本项目拟配备的检测仪器与安防用品见表 10-2。

表 10-2 检测仪器与安防用品配备一览表

名称	数量	用途
便携式剂量率仪	2 台	对分区边界的辐射水平进行巡测，确保合理分区，防止 X 射线出束异常或不能停止出束。
个人剂量报警仪	6 台	现场工作人员随身携带，具有直读式剂量率显示和报警功能。
个人剂量计	6 个	现场工作人员随身携带，记录辐射工作人员的累计受照剂量。
警戒绳	8 条	用于现场分区管理，在移动式探伤的控制区边界设置警戒绳、警示灯、警示喇叭和控制区警示牌，防止人员误入。并在监督区设置警戒绳和警示牌，提醒公众勿接近辐射工作区。
警示灯	8 个	
警示喇叭	8 个	
控制区警示牌	8 个	
监督区警示牌	8 个	
对讲机	2 套	用于移动式探伤现场沟通。

### 10.3 辐射工作场所布局和分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），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。

对于控制区：应采用实体边界划定控制区，采用实体边界不现实时也可以采用其他适当的手段。在控制区的进出口及其他适当位置处应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌。运用行政管理程序，如进入控制区的工作许可证制度和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。

对于监督区：采用适当的手段划出监督区的边界，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：一般应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$  的区域划为控制区。应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围划为监督区。控制区的边界应临时拉起警戒线（绳）等。

本项目选择定向机进行探伤时，定向机在工件上方进行安装，有用线束固定朝地面照射。选择周向机进行探伤时，周向机在工件内部进行安装，有用线束在工件内部朝外照射。根据上述分区要求和表 11 的理论分析，制定本项目的分区范围。本

项目移动式探伤监督区和控制区范围平面示意图见图 10-3 至图 10-4。

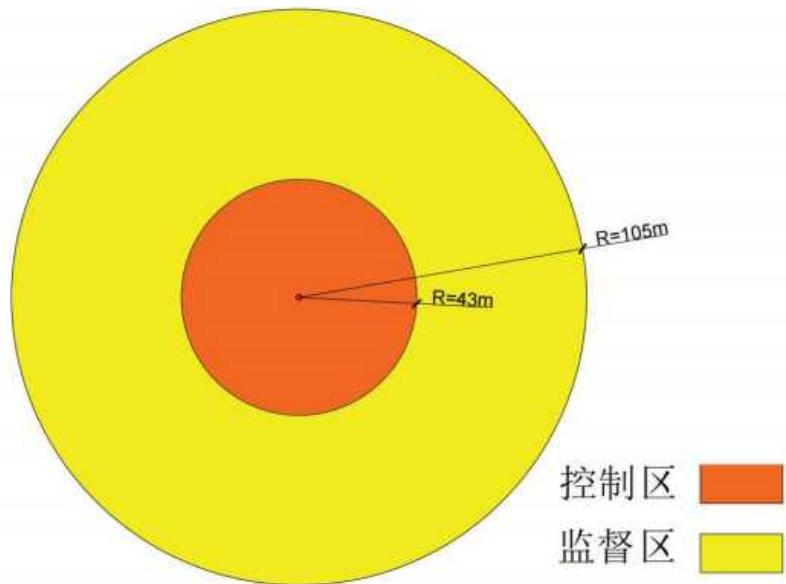


图 10-3 定向机分区示意图

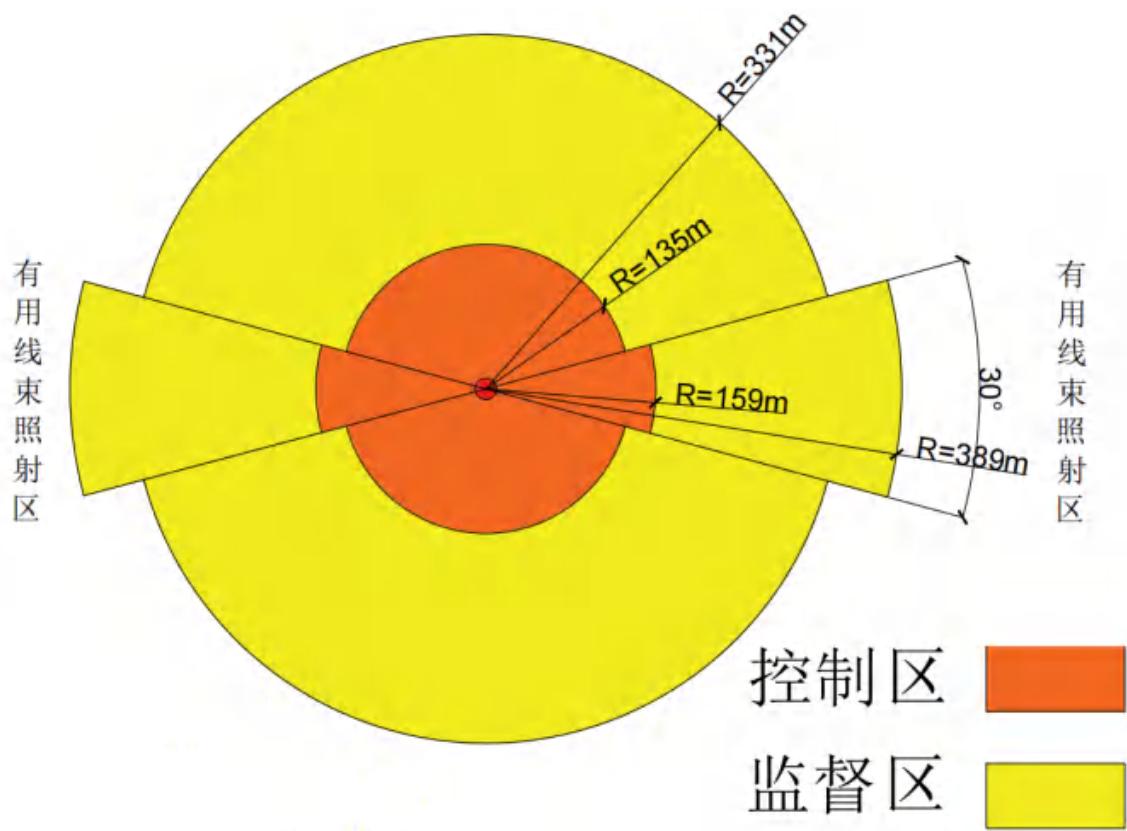


图 10-4 周向机分区示意图

由于本项目的典型作业地点为厂房或空旷场所，在空旷场所进行探伤时，可参考上述理论分区进行分区的设置。在厂房进行探伤时，应根据探伤现场厂房的大小

和屏蔽效能合理设置控制区和监督区，当厂房边界周围剂量当量率不大于  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$  时，可直接采用厂房实体边界作为控制区的实体屏障，厂房边界外延伸一定距离，将周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围划为监督区，并在试运行或第一次曝光期间，借助便携式剂量率仪进行检测确认，典型厂房分区与现场布置示意图见图 10-5。当厂房边界周围剂量当量率超过  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$  时，应扩大控制区的范围，确保最终分区方案满足 GBZ 117-2022 的要求。

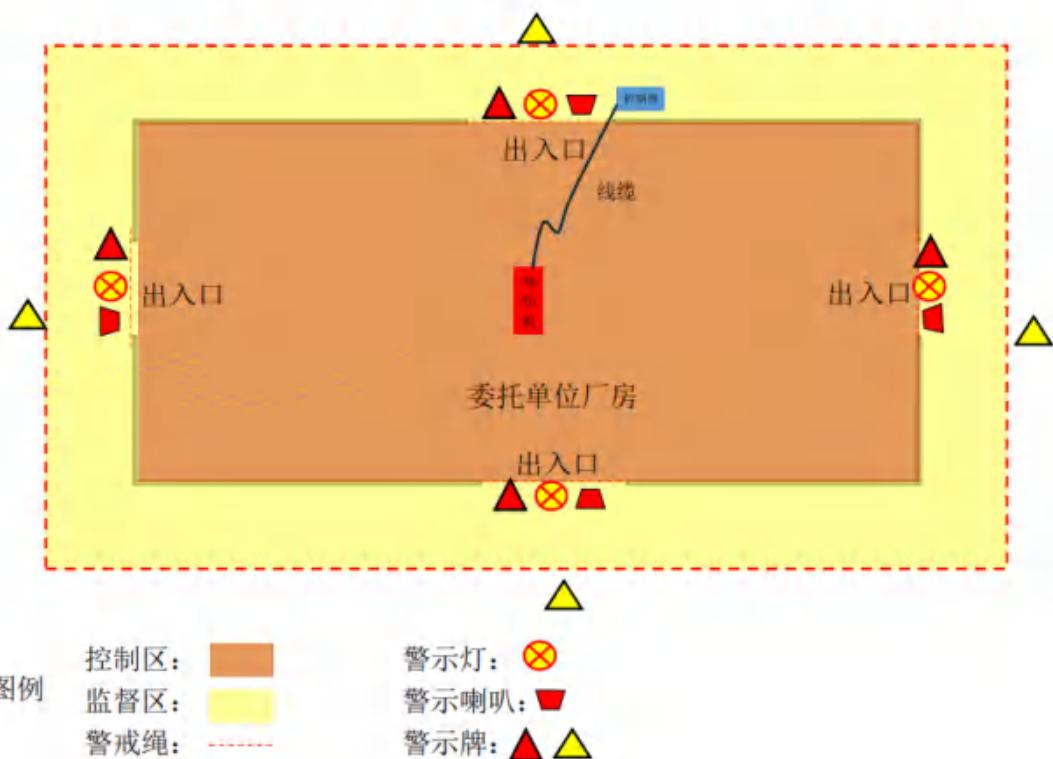


图 10-5 典型工作场所分区示意图

## 10.4 辐射安全与防护对照分析

对照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对本项目的作业前准备、辐射工作场所布局和分区、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求进行分析，对照分析表见表 10-2。

表 10-2 辐射安全与防护对照分析表

(GBZ117-2022) 要求	措施	结论
7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使	在每次探伤工作之前，建设单位会对	满足要求

用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。	工作环境、地点、探伤附近的人员、探伤时间、是否高空作业、作业空间等进行全面评估，并对探伤时对其他辐射探测装置的影响做评估。	
7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	本项目配置了 2 个工作组，每个工作组配置了 2 名操作人员和 1 名现场管理人员，均为专职辐射工作人员，每个工作组开展移动式探伤仅使用一台探伤机。	满足要求
7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。	在每次探伤工作前，建设单位与现场协商适当的探伤地点和时间，现场的通告、警告标识和报警信号均与委托单位区分开，避免混淆。	满足要求
7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。	建设单位将参考国家标准的要求将工作场所合理划分为控制区和监督区，并按要求设置警示标识。	满足要求
7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的区域划为控制区。	建设单位将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的范围内划为控制区。	满足要求
7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。	建设单位将按要求在控制区边界上悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，辐射工作人员在控制区外操作探伤设备。	满足要求
7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。	建设单位将充分研判现场环境，在厂房内进行移动式探伤时，利用厂房的实体墙作为控制区边界。在空地、山地等场所进行移动式探伤时，尽可能的利用现	满足要求

	场岩石、山体等天然屏障作为控制区边界。并在控制区边界临时拉起警戒绳。	
7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。	在探伤过程中，控制区内不同时安排其他工作。充分评估现场环境，选取最佳的设备布置方式，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。使用定向机时，采用铅毯包裹作为局部屏蔽措施，使用周向机时，使用铅板作为局部屏蔽措施，以减少控制区和监督区的范围。	满足要求
7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	建设单位拟为每个工作人员配备个人剂量报警仪，报警仪具有实时监测和报警功能，配备 2 台便携式剂量率仪，并定期对其进行校准。	满足要求
7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。	探伤期间，辐射工作人员将对控制区边界进行剂量率检测，确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。	满足要求
7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。	本项目将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的范围划为监督区，在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。	满足要求
7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。	根据本项目探伤对象，开展移动式探伤工作时，一般为露天场所。本项目配备了现场管理员进行巡查，防止人员进入控制区。	满足要求
7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 $\gamma$ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降	本项目的探伤装置的控制台设置在监督区，并具有延时出束功能，可根据实际需要设置延时时间，可最大程度降低操	满足要求

低操作人员的受照剂量。	作人员的受照剂量。	
7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。	本项目探伤装置设有“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，并在控制区边界配置警示灯。	满足要求
7.3.3 X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。	本项目探伤装置的控制台具备警示灯联锁插口，在插口上外接警示灯可以实现警示灯与探伤装置联锁。	满足要求
7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。	本项目将确保探伤装置“预备”信号和“照射”信号足够清晰，在控制区的所有边界都可以听到。	满足要求
7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	将在监督区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志和警告标语。	满足要求
7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。	开始探伤前，现场管理员对控制区和监督区进行巡查，确保在控制区内无任何人员、监督区内无公众人员。确认后，才向操作人员发出操作指令。监督区和控制区的边界设置初步参照环评报告表提出的范围，探伤过程中，现场管理员将对分区边界进行巡测和监测，确保边界设置正确、无人员闯入。	满足要求
7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。	本项目采用警戒绳设置控制区边界，范围清晰可见，确保没有人员进入控制区。本项目将安排人员对现场分区边界进行巡查。	满足要求
7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围	本项目配备 2 台便携式剂量率仪，用于确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案。	满足要求

和边界。		
7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。	开始探伤前，先对便携式剂量率仪进行检查，确认能正常使用。便携式剂量率仪在探伤期间保持开机状态，防止 X 射线出束异常或不能停止出束。	满足要求
7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。	为每个现场辐射工作人员各配备 1 个个人剂量计和 1 个个人剂量报警仪，个人剂量报警仪具有直读式剂量率显示功能，探伤期间按要求佩戴，并配备便携式剂量率，用于现场剂量率检测。	满足要求
7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。	本项目的定向机，设备自带准直器。使用周向机时，置于工件内部进行照射，不作定向使用。	不适用
7.5.1.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。	建设单位将充分评估现场环境，选取最佳的设备布置方式，利用现场物体作为屏蔽物，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。	满足要求
<p><b>小结：</b>综上分析，建设单位拟为本项目采取的作业前准备、辐射工作场所布局和分区、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 的要求。</p>		
<h2>10.5 日常检查与维护</h2> <h3>10.5.1 日常安全检查</h3> <p>日常工作时应检查控制系统以及出束信号指示灯等辐射安全与防护措施，若发现任意一项安全措施异常应立刻停止探伤工作，排除异常后才能继续工作。每次工作开始前应进行检查的项目包括：</p> <p>(1) 探伤装置外观是否完好；</p>		

- (2) 线缆是否有老化以及破损;
- (3) 安全联锁是否正常工作;
- (4) 报警设备和警示灯是否正常运行;
- (5) 螺栓等连接件是否连接良好。

### **10.5.2 设备维修维护**

(1) 射线装置的维修维护由建设单位辐射安全管理机构进行监督和管理，做好设备维修维护记录。设备维修维护应由具备资质的设备厂家专业人员负责，按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并至少两人参与维修维护工作。

(2) 维修维护前应断开设备的电源，并经启动复查确认无电后，做好现场管控。

(3) 射线装置每年至少维护一次，设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。

(4) 当发现设备有故障或损坏需更换维修时，应保证所更换的零部件为合格产品。与射线发生器相关的维修，需由射线发生器厂家或其授权单位的相关人员负责。

(5) 建设单位应与维修维护单位签订维修维护合同，在合同中明确双方的安全责任。

## **10.6 三废的治理**

### **10.6.1 废气**

本项目开展 X 射线移动式探伤，项目现场空气电离产生的少量氮氧化物和臭氧将在环境中迅速稀释、分解，基本不会对环境造成污染。

### **10.6.2 感光材料废物**

由于使用到胶片感光成像，本项目还会产生废显影液、废定影液和废胶片等感光材料废物。根据《国家危险废物名录（2025 年版）》，废显影液、废定影液和废胶片属于“HW16 感光材料废物”，废物代码为“900-019-16”，需委托有资质的危险废物处置单位进行回收处置。

### **(1) 产生量**

根据建设单位的工作负荷，每年最多拍摄胶片 12000 张（按周向机每次拍摄 8 张计算），平均每张胶片产生废显影、定影液约 0.05kg，全年产生废液约 600kg。胶片作废率约 2%，全年产生的废胶片数量约 240 张，每张胶片重约 0.01kg，则废胶片年产生量约为 2.4kg。

### **(2) 暂存和处置措施**

建设单位拟采取的感光材料废物暂存措施如下：

1) 建设单位拟在洗片室内设置专门的废物区用于暂存感光材料废物。拟在废物区放置 2 个 20L 容量的塑料桶，用于装载废液，塑料桶顶部与液体表面之间至少保留 100 毫米的空间。每当装满 2 个塑料桶时，将与回收单位预约上门回收处理，并由回收单位返回 2 个空桶用于下一轮的废液收集。

2) 按照 HJ1276 的要求在洗片室门口张贴危险废物贮存场所标志、危险废物贮存分区标志，塑料桶和塑料盒箱上设置危险废物标签。

3) 建设单位承诺在正式开展探伤工作前与具备 HW16 危险废物处置资质的单位签订危险废物转移处置协议，由其定期上门回收处理感光材料废物。建设单位将制定感光材料废物产生和转移处置台账，记录好危险废物的名称、数量、转移日期及回收单位名称等信息，信息应保存 3 年。

### **(3) 暂存设施要求**

1) 废物区拟设置 0.3m 高的围堰，并采用 2 mm 厚高密度聚乙烯膜进行防渗处理，并在底部设置渗滤液收集设施。

2) 塑料桶与危险废物相容，能有效防渗、防漏、防腐，塑料桶和塑料盒均带盖，封口密封存放。存放时容器内部预留适当的空间，防止收缩膨胀导致容器渗漏和变形，容器表面保持清洁。

3) 定期检查危险废物的贮存情况，及时清理地面，更换破损泄漏的容器，保证危废暂存间的设施功能完善。

综上分析，建设单位制定的感光材料废物处置措施合理，满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求，能有效避免感光材料废物随意排放、污染环境。

#### （4）应急和预防措施

本项目感光材料废物暂存的事故情况主要包括：

- a) 暂存废液的塑料桶老化破损，导致废液流出；
- b) 未定时清运废液，导致废液满溢流出；
- c) 防渗层破损，导致塑料桶外溢的废液渗出。

当发生危险废物泄漏事故时，建设单位拟采取以下应急措施：

- a) 当泄漏事故发生后，现场人员要立即报告企业负责人，并佩戴相应的护具（如防毒口罩、手套等）采用吸水毡、沙等对泄漏的废液进行吸收，防止进一步的外溢；
- b) 如并发火情，应第一时间通知消防、公安等部门，请求援助；

本项目感光材料废物暂存时拟采取的事故预防措施如下：

- a) 按照相关法律法规要求，制定完善的危险废物台账；
- b) 定期检查废液暂存容器，如发现破损应及时更换；
- c) 定期维护废液暂存区、洗片室的防渗层，如有破损应重新敷设防渗层；
- d) 加强应急演练，定期进行应急培训。

## 表 11 环境影响分析

<b>建设阶段对环境的影响</b> 本项目为移动式 X 射线探伤，探伤装置生产和调试均由装置厂家完成，故本项目建设阶段不涉及射线装置使用和其他施工建设，不存在建设阶段的环境影响。
<b>运行阶段对环境的影响</b>
<h3>11.1 辐射剂量率估算</h3> <p>根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对移动式探伤的辐射防护分区的规定：一般将作业时被检物体周围剂量当量率大于 <math>15\mu\text{Sv}/\text{h}</math> 的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率大于 <math>2.5\mu\text{Sv}/\text{h}</math> 的范围内划为监督区。</p> <h4>11.1.1 计算公式</h4> <p>参考《工业 X 射线探伤室屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），对于散射线束和泄漏射线束，给定屏蔽物质厚度 X 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式（11-1）计算：</p> $B=10^{-X/TVL} \quad (11-1)$ <p>有用线束在关注点的剂量率按公式（11-2）计算：</p> $\dot{H}_1=\frac{\dot{H}_0 \times B \times I}{R^2} \quad (11-2)$ <p>泄漏射线束在关注点的剂量率按公式（11-3）计算：</p> $\dot{H}_2=\frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad (11-3)$ <p>90°散射线在关注点的辐射剂量率按公式（11-4）计算：</p> $\dot{H}_3=\frac{\dot{H}_0 \times I \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-4)$ <p>式中：</p> <p><math>\dot{H}_0</math> 距辐射源点 1m 处输出量，单位为 <math>\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})</math>，参考 GBZ/T250 附表 B.1，以等量的 <math>\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})</math> 进行计算；</p> <p>I 最大管电压下的管电流，保守按 5mA 计算；</p> <p>B 屏蔽透射因子；</p> <p>R 辐射源点至关注点的距离，单位为 m；</p>

$R_s$	散射体至关注点的距离, 单位为 m;
X	屏蔽物质厚度, 单位为 mm;
TVL	屏蔽物质的什值层, 单位为 mm;
$\dot{H}_L$	距辐射源点 1m 处 X 射线管组裝体的泄漏辐射剂量率, 单位为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;
F	$R_0$ 处的辐射野面积, 单位为 $\text{m}^2$ ;
a	散射因子, 入射辐射被单位面积 ( $1 \text{ m}^2$ ) 散射体到其 1m 处的散射辐射剂量率的比。根据 (GBZ/T250-2014) 附录 B 表 B.3 保守取值 $1.90E-03 \times 10000 / 400$ ;
$R_0$	辐射源点至探伤工件的距离, 单位为 m;
$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	根据 GBZ/T250-2014, 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为 $20^\circ$ 时, 可取 $1/50$ ( $200\text{kV} \sim 400\text{kV}$ )。

### 11.1.2 定向机剂量率估算结果

本项目使用的定向机最大管电压  $300\text{kV}$ , 根据本项目定向机的工作方式, 在进行探伤时, 有用线束固定朝地面照射, 监督区和控制区边界距离的估算主要考虑工件散射、漏射线束的辐射影响。为减少控制区和监督区的范围, 采用 1 张  $1\text{mm}$  铅毯将工件和探伤机覆盖。铅毯质地较柔软, 包裹后可以有效衰减漏射线束和散射线束。

定向机透射因子的计算参数和计算结果见表 11-1, 计算源项参数见表 9, 不同距离的剂量率计算结果见表 11-2。

表 11-1 定向机透射因子的计算参数及计算结果

线束类型	X (mmPb)	TVL (mmPb)	B
漏射线束	1.0	5.7	6.7E-01
散射线束	1.0	1.4	1.9E-01

注: 什值层按照 GBZ/T250 附录 B 表 B.2 选取, 漏射线束取  $300\text{kV}$  的对应值, 散射线束取  $200\text{kV}$  对应值。

表 11-2 定向机不同距离的剂量率计算结果

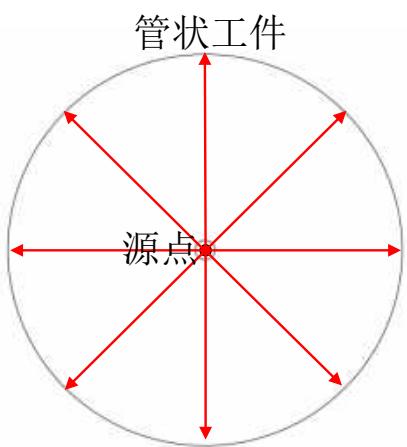
距离 (m)	泄漏线束的剂量 率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	散射线束的剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	叠加剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
10	33.4	242.1	275.5
20	8.3	60.5	68.9
30	3.7	26.9	30.6
40	2.1	15.1	17.2
<b>43</b>	<b>1.8</b>	<b>13.1</b>	<b>14.9</b>
50	1.3	9.7	11.0
60	0.9	6.7	7.7
70	0.7	4.9	5.6
80	0.5	3.8	4.3
90	0.4	3.0	3.4
100	0.3	2.4	2.8
<b>105</b>	<b>0.3</b>	<b>2.2</b>	<b>2.50</b>
120	0.2	1.7	1.9
150	0.1	1.1	1.2

由表 11-2 可知，本项目使用的定向机正常工作时，距离辐射源点 43m 处叠加剂量率为  $14.9\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，距离辐射源点 105m 处叠加剂量率为  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

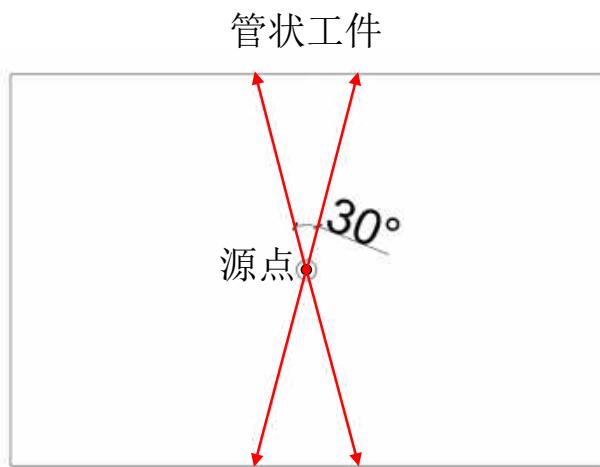
### 11.1.3 周向机剂量率估算结果

选取最大管电压为 350kV 的探伤装置进行估算，根据本项目周向机的工作方式，周向机置于工件内部，有用线束在工件内部朝外照射，有用线束环形线束与地面垂直，线束角度为  $30^\circ \times 360^\circ$ ，在管状工件两端加盖与工件同等厚度的钢板（保守按 10mm 钢板考虑），即漏射线束和散射线束均考虑 10mm 钢板的屏蔽，并在有用线束照射区域安装 6mmPb 铅板进行屏蔽，即有用线束考虑钢板与 6mmPb 铅板的屏蔽。管壁两侧考虑夹角为  $30^\circ$  有用线束环射的辐射影响，其他区域考虑有用线束的散射和漏射辐射以及有用线束照射天空引起的天空反散射影响。

周向机在工件内部的照射示意图见图 11-1。



正视图



侧视图（俯视图）

图 11-1 周向机在工件内部的照射示意图

天空反散射对地面影响，参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》  
(HJ979-2018) 的关于天空反散射的计算公式：

$$\dot{H}_3 = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad (11-5)$$

$\dot{H}_3$  在距离 X 射线源  $d_s$  处地面，天空反散射的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$B_{XS}$  屏蔽透射因子，按公式 11-1 计算；

$\Omega$  由 X 射线源与射线张角形成的立体角， $\Omega=2\pi[1-\cos(30^\circ/2)]=0.214$ ；

$d_i$  在工件上方 2m 处离靶的垂直距离，取 2.5m；

$d_s$  辐射源点至关注点距离，m；

$D_{10}$  距辐射源点 1m 处剂量率，单位为  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

有用线束屏蔽透射因子保守按公式 11-1 计算。周向机透射因子的计算参数及计算结果见表 11-3，计算源项参数见表 9，有用线束不同距离的剂量率计算结果见表 11-4，散射剂量率计算参数见表 11-5，非有用线束不同距离的剂量率计算结果见表 11-6。

表 11-3 透射因子的计算参数及计算结果

线束类型	X	TVL	B
有用线束	6mm 铅	6.95mm	3.8E-02
	10mm 钢	18mm	
天空反散射	10mm 钢	18mm	2.8E-01
漏射线束	10mm 钢	18mm	2.8E-01
散射线束	10mm 钢	13mm	1.7E-01

注：1.铅的什值层根据 GBZ/T250 表 B.2，采用插值法求得。

2.钢的什值层参考《辐射安全手册》P146 图 6.4（见附图 11-2），在天空反散射及漏射线束的 TVL 取 350kV 的对应值 18mm，散射线束的 TVL 取 250kV 的对应值 13mm。

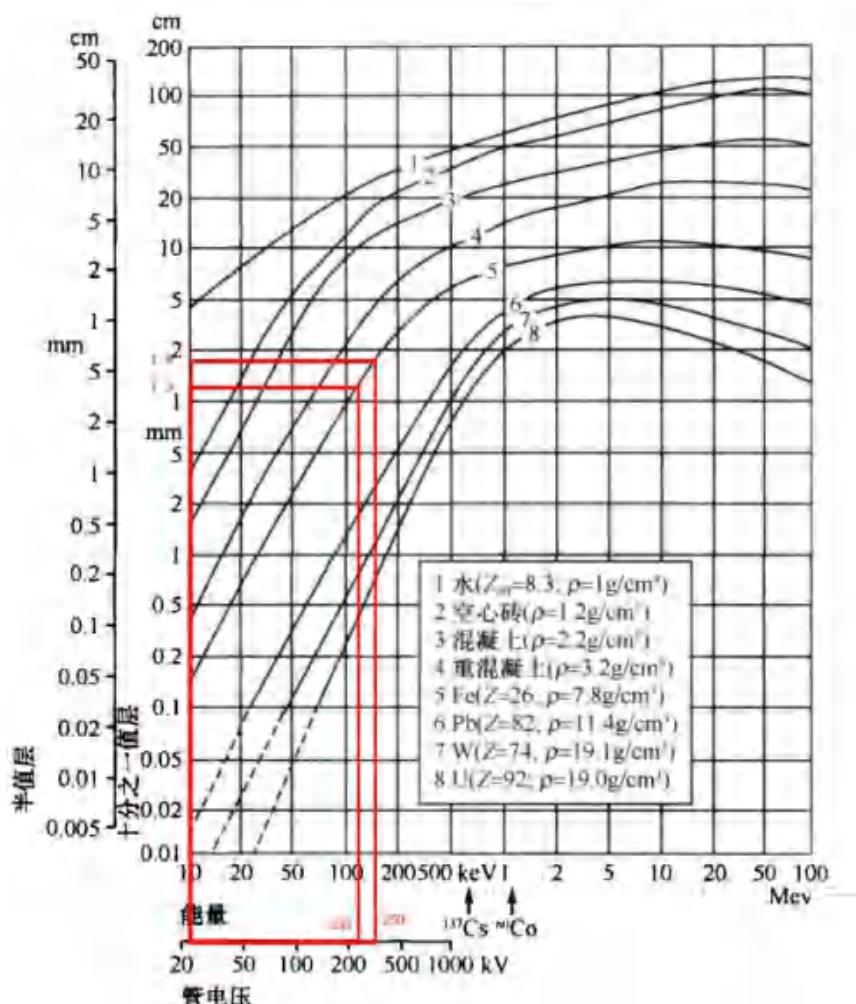


图 11-2 不同屏蔽材质的什值层

表 11-4 周向机有用线束方向的剂量率计算结果

距离 (m)	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
25	603.8
50	150.9
75	67.1
100	37.7
125	24.2
150	16.8
<b>159</b>	14.9
200	9.4
300	4.2
350	3.08
<b>389</b>	2.49
400	2.4

表 11-5 周向机散射剂量率计算参数

项目	$R_0$ (m)	F (m <sup>2</sup> )	a
参数	0.5	0.842	0.0475

注：1.考虑了支架、探伤装置安装等因素， $R_0$ 取最小成像距离 0.5m；

2.F 根据有用线束角度，取  $R_0$  为 0.5m 时，照射在工件上的环状面积：有用线束在工件上的圆环宽度为  $0.5\text{m} \times \tan 15^\circ \times 2 = 0.268\text{m}$ ，圆环周长为  $2 \times 0.5\text{m} \times \pi = 3.14\text{m}$ ，则照射面积为  $0.268 \times 3.14 = 0.842\text{m}^2$ 。

3. a 根据 (GBZ/T250-2014) 附录 B 表 B.3 保守取值  $1.90\text{E-}03 \times 10000/400 = 0.0475$ 。

表 11-6 周向机非有用线束的剂量率计算结果

距离 (m)	泄漏线束的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射线束的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	天空反散射的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	叠加剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
10	13.9	2694.4	14.8	2723.2
30	1.5	299.4	1.6	302.6
50	0.6	107.8	0.6	108.9
100	0.1	26.9	0.1	27.2

120	0.1	18.7	0.1	18.9
<b>135</b>	<b>0.1</b>	<b>14.8</b>	<b>0.1</b>	<b>15.0</b>
150	0.1	12.0	0.07	12.1
200	0.0	6.7	0.04	6.8
300	0.0	3.0	0.02	3.0
<b>331</b>	<b>0.01</b>	<b>2.46</b>	<b>0.01</b>	<b>2.48</b>
400	0.01	1.7	0.01	1.9

由表 11-4 可知，本项目使用周向机进行探伤时，有用线束方向距离辐射源点 159m 处剂量率为  $14.9\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，距离辐射源点 389m 处叠加剂量率为  $2.49\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。由表 11-6 可知，本项目使用周向机进行探伤时，非有用线束方向距离辐射源点 135m 处叠加剂量率为  $15.0\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，距离辐射源点 331m 处叠加剂量率为  $2.48\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

## 11.2 理论分区方案

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对移动式探伤的辐射防护分区的规定：一般将作业时被检物体周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围内划为监督区。

根据上面的剂量率估算结果，因此本项目使用定向机时保守将距离源点 43m 处划为控制区边界，距离源点 105m 处划为监督区边界，定向机分区示意图如图 11-2 所示。使用周向机时，保守将有用线束方向距离源点 159m 处划为控制区边界，距离源点 389m 处划为监督区边界。非有用线束方向距离源点 135m 处划为控制区边界，距离源点 331m 处划为监督区边界。周向机分区示意图见图 11-3。

理论计算结果仅为本项目 X 射线移动式探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的降低、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量率水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。

在实际探伤过程中探伤工作人员应根据 GBZ117-2022 的要求，在第一次曝光开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标识出控制区边界，在第一次曝光期间，借助便携式剂量率仪进行检测或修正，将移动式探伤作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围划为控制区，将控制区边界外作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围划为监督区。

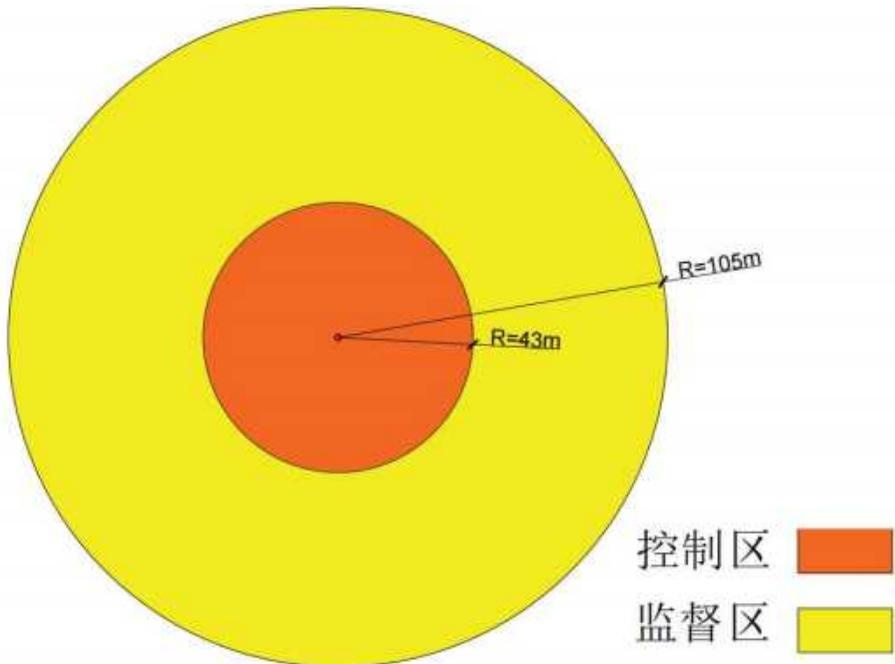


图 11-2 定向机分区示意图

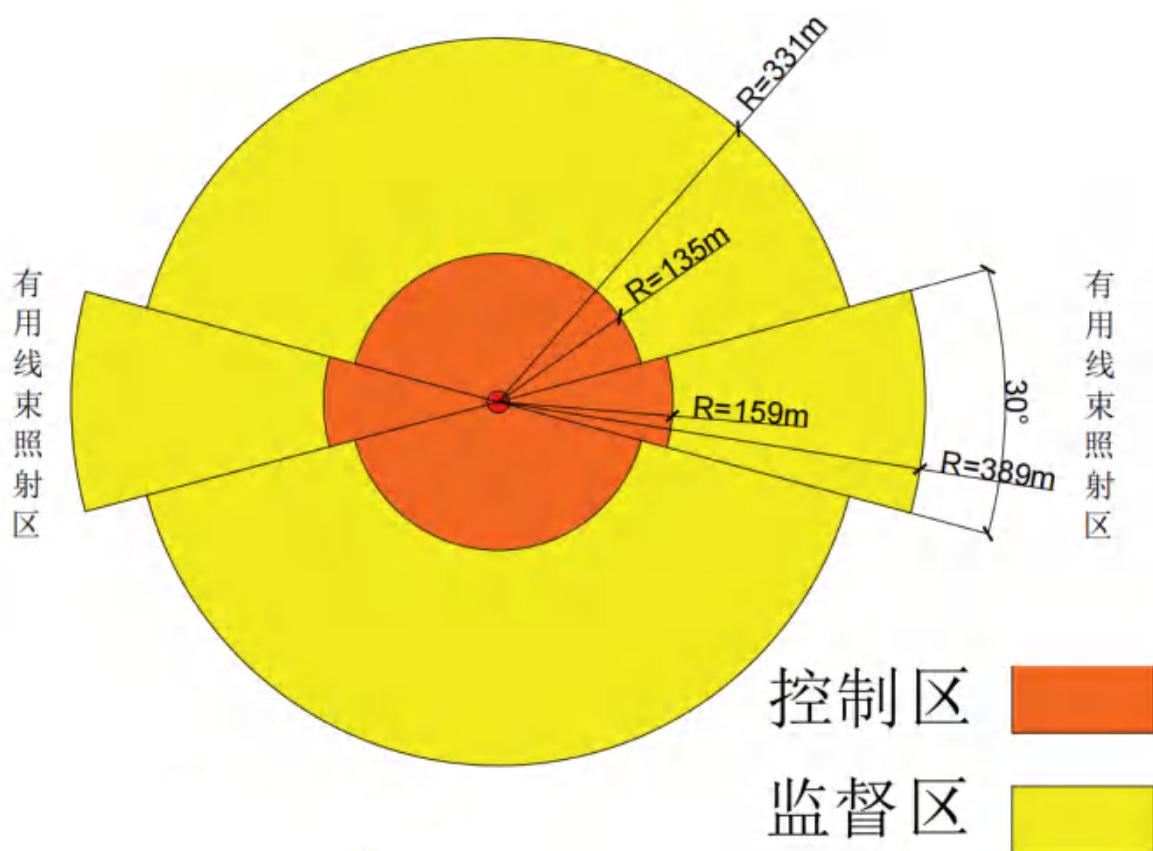


图 11-3 周向机分区示意图

### 11.3 人员受照剂量分析

保守以控制区边界的剂量率  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$  作为工作人员的受照剂量率，以监督区边界的剂量率  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  作为公众的受照剂量进行估算，人员受照剂量按公式 11-6 进行估算。根据表 9 工作负荷，估算结果见表 11-7。

$$E = \dot{H} \times t \times T \quad (11-4)$$

其中：

E：保护目标的受照剂量， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ 或  $\text{mSv}/\text{年}$ ；

$\dot{H}$ ：保护目标的受照剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t：本项目周出束时间或年出束时间，h；

T：保护目标的居留因子。

表 11-7 保护目标受照剂量估算结果

保护目标	受照剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	周出束时间	年出束时间	居留因子	周剂量当量 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	年有效剂量 ( $\text{mSv}/\text{年}$ )
辐射工作人员	15	3h	150h	1/2	22.5	1.1
公众	2.5	3h	150h	1/40	1.9E-01	9.4E-03

表 11-7 显示，本项目评价范围内辐射工作场所的周最大剂量当量为  $22.5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众场所的周最大剂量当量为  $1.9\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的“对放射工作场所，其值不大于  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ”的要求。本项目评价范围内辐射工作人员年最大有效剂量为  $1.1\text{mSv/a}$ ，公众年最大有效剂量为  $9.4\text{E-03}\text{mSv/a}$ ，满足“辐射工作人员不超过  $5\text{mSv/a}$ 、公众不超过  $0.25\text{mSv/a}$ ”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

## 11.4 事故影响分析

### 11.4.1 辐射事故类型

(1) 探伤现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界辐射水平进行监测，导致工作人员和周围公众受到误照射；

(2) 对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员被误照射；

(3) 出束过程中，未对探伤现场进行有效管控，导致公众闯入探伤现场，受到误照射；

(4) 设备控制系统发生故障，无法停止出束，致工作人员和周围公众被误照射。

本项目最严重的事故情景为：(2) 工作人员在控制区内受到有用线束的直接照射。假设辐射工作人员距离出束口位置约 1 米，从发现意外出束后约 10s 发现并停止出束，则人员的受照剂量约为  $33 \times 60 \times 5 \times 10 / 3600 = 27.5 \text{mSv}$ 。

则本项目发生的辐射事故时，工作人员受到的意外受照剂量超过年剂量约束值，参照《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）第 40 条的分级规定评估各种事故可能的类别，本项目可能发生的辐射事故为“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”的类别，属于一般辐射事故。

#### 11.4.2 事故预防措施

本项目发生辐射事故的风险主要于现场是否能规范作业、有效管理，应做好如下的防止误照射的措施：

(1) 充分评估现场环境，尽量利用现场的实体屏障作为分区边界，选取最佳的设备布置方式，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。

(2) 探伤过程中，操作人员应实时打开辐射监测报警仪器，加强辐射水平的巡测，当发现辐射水平异常时，应立即停止探伤工作，寻找原因。

(3) 工作人员在工作中应确保控制区、监督区划分合理，做好现场管控。

(4) 定期对设备进行检查，发现异常不得使用。

(5) 为防止事故的发生，必须严格执行各项管理制度，严格遵守制定的操作流程和作业指导书，探伤过程中工作人员绝不能随便离岗，要密切观察探伤作业的现场情况。设置现场管理员岗位，专门负责边界巡查、作业规范监督。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用II类射线装置的工作单位，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。

为保证项目运营期的辐射防护措施的有效落实，建设单位设立了专门的辐射安全管理机构，成立了辐射安全管理小组，辐射安全管理小组人员设置如表12-1。

表 12-1 辐射安全管理小组人员设置一览表

岗位	姓名	职务	部门	联系电话
辐射防护负责人	吴文鑫	总经理	/	
成员	余炎威	副总经理	/	
	梁嘉新	安全监督	质量安全技术部	
	陈锦涛	部门副总工	质量安全技术部	
	任亚昌	主管	工程检测中心	

辐射安全管理领导小组职责：

- (1) 结合单位实际负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施；
- (2) 做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作；
- (3) 组织实施辐射工作人员的职业健康检查和个人剂量监测，按要求建立个人剂量档案；
- (4) 定期对辐射安全与防护工作进行检查，检查本公司辐射工作人员的辐射安全操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

**小结：**建设单位按照相关法规的要求成立了辐射安全管理机构，明确了管理机构人员职责。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

为规范管理本单位的辐射工作，有效预防和控制可能发生的辐射事故，强化辐射事故危害意识和责任意识，建设单位制定了《辐射安全管理规章制度》（详情见附件 2），包括以下章节：《辐射安全管理机构及其职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作岗位职责》、《移动式探伤安全操作规程》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射监测计划》、《辐射工作人员职业健康监护和个人剂量管理要求》、《射线装置维修维护制度》、《现场工作探伤登记制度》和《辐射事故应急预案》。

**小结：**建设单位制定的《辐射安全管理规章制度》较全面，易实行，可操作性强，一旦发生辐射事故时，可有效应对，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的要求。

## 12.3 辐射工作人员

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照生态环境部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。对于从事使用II类射线装置活动的辐射工作人员，应当接受辐射安全培训。

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《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》的规定：自 2020 年 1 月 1 日起，辐射安全上岗培训应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习、报名并参加考核，考核成绩单有效期 5 年。

建设单位拟配置 6 名现场辐射工作人员，将在项目筹备阶段安排本项目的辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”按照“X 射线探伤”专

业参加辐射安全与防护知识培训和考核，考核通过后方可从事辐射工作。

此外，建设单位还需按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，安排辐射防护负责人通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加X射线探伤或辐射安全管理专业的辐射安全与防护考核。

**小结：**建设单位制定的辐射工作人员培训计划满足相关法律法规的要求。

## 12.4 辐射监测计划

### 12.4.1 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：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。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复印件。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作。委托有资质的第三方检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人剂量当量  $H_p(10)$ ，作为相关人员个人有效剂量的估算值，监测周期为3个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

**小结：**建设单位制定的个人剂量监测计划满足相关法律法规的要求。

### 12.4.2 工作场所监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：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。

### (1) 年度监测

委托检测机构对在用的核技术利用项目进行辐射防护年度检测，每年一次，年度检测数据应作为本单位的射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年1月31号前上报环境主管部门。

### (2) 日常监测

配备2台便携式剂量率仪，用于移动式探伤过程中的日常监测：

探伤前，应监测监督区和控制区边界距地1m高处的环境 $\gamma$ 辐射剂量率；

初次曝光时，先使用便携式剂量率仪确认分区的合理性，并根据巡测结果调整分区方案；

探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

**小结：**建设单位制定的工作场所辐射监测计划满足相关法律法规的要求。

## 12.4.3 辐射检测方案

### (1) 监测周期

建设单位制定的辐射监测周期一览表见表12-2。

表 12-2 监测周期一览表

类型	内容	频率	方式
个人剂量	辐射工作人员外照射剂量	1次/三个月	委托检测
工作场所年度检测	监督区和控制区边界周围剂量当量率	1次/年	委托检测
工作场所日常检测	监督区和控制区边界周围剂量当量率	每次探伤现场分区时，或者调整照射条件后	自行检测

每次移动式探伤作业时，运营单位均要监测，凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：

a) 新开展现场射线探伤的单位；

b) 每年抽检一次；

- c) 在居民区进行的移动式探伤;
- d) 发现个人季度剂量（3个月）可能超过 1.25mSv。

## （2）控制要求

周围剂量当量率控制值：根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，本项目现场划分的监督区边界的周围剂量当量率应不超过  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，控制区边界的周围剂量当量率应不超过  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

职业照射剂量约束值：本项目的辐射工作人员的年有效剂量应不超过  $5\text{mSv/a}$

## （3）工作场所检测方法

- ① 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。
- ② 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料，规格，形状）、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线；
- ③ 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的；
- ④ 探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

## （4）个人剂量监测方法

工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人剂量当量  $H_p(10)$ ，作为相关人员个人有效剂量的估算值，监测周期为 3 个月。剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置。

## 12.5 辐射安全年度评估计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：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 日前向相关机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

- (1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况;
- (2) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况;
- (3) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况;
- (4) 射线装置台账;
- (5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据;
- (6) 辐射事故及应急响应情况;
- (7) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况;
- (8) 存在的安全隐患及其整改情况;
- (9) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

## 12.6 辐射事故应急

为使本单位一旦发生紧急辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众及环境的安全，建设单位制定了《辐射事故应急预案》，该《预案》包括：辐射事故应急处理机构与职责、预警机制、事故应急处理程序、事故调查和后期处理等。

### 12.6.1 辐射事故应急机构

建设单位成立了辐射事故应急小组，人员组成见表 12-3。

表 12-3 辐射事故应急小组成员一览表

岗位	姓名	职务	部门	联系电话
组长	余炎威	副总经理	/	
成员	梁嘉新	安全监督	质量安全技术部	
	陈锦涛	部门副总工	质量安全技术部	
	任亚昌	主管	工程检测中心	
	孙元双	试验员	工程检测中心	
	许文豪	试验员	工程检测中心	
	黄基程	试验员	工程检测中心	

	周慕	试验员	工程检测中心	
	缪锦标	试验员	工程检测中心	

应急职责：

辐射事故应急小组的组长为辐射事故应急第一责任人。主要职责为：

- (1) 贯彻执行国家和辐射事故应急处理工作的法律、法规及方针政策；
- (2) 负责公司辐射事故应急处理预案的审定和组织实施；
- (3) 组织、协调和指挥公司应急准备和应急响应工作，包括组织事故调查、评价，审定事故应急处理报告等工作；
- (4) 发生辐射应急处理事故时，向生态环境主管部门和卫生部门报告工作。

其他成员主要职责为：

- (1) 定期组织开展辐射应急培训及演练。
- (2) 发生辐射应急处理事故时，及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查，出现事故后应尽快有组织有计划的处理，减少事故损失。
- (3) 向辐射事故应急小组和公司最高主管报告应急处理工作情况提出控制辐射事故危害，保障员工安全与健康，保护环境等措施建议
- (4) 协助上级应急监测组开展辐射监测和评价工作。
- (5) 事故处理后对于辐射事故进行记录及整理相关资料。

## 12.6.2 人员培训和演习计划

为使参加应急处理的人员能熟悉和掌握应急预案的内容，保持迅速、正确、有效地执行应急技能和知识，提高辐射工作人员应付突发事件的能力，应进行培训和演练。

### (1) 人员培训

培训对象包括应急预案成员、辐射工作人员；

培训内容包括应急原则和实施程序，辐射安全与防护专业知识，可能出现的辐射事故及辐射事故经验和教训，辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案

执行步骤等。

## (2) 演练计划

辐射安全事故应急处理小组须定期（每年一次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

**小结：**建设单位按要求成立了辐射事故应急机构，明确了应急分工和职责，制定的《辐射事故应急预案》具有可操作性，保证在发生辐射事故时，做到责任和分工明确，能够迅速、有序处理。

## 12.7 竣工环境保护验收要求

### 12.7.1 责任主体

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院令第682号）：“编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。”建设单位应承担竣工环境保护验收的主体责任。

### 12.7.2 工作程序

根据《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326—2023），核技术利用项目竣工环境保护验收工作流程主要包括：验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段。后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公开相关信息并建立档案四个阶段。

### 12.7.3 时间节点

本项目竣工后，建设单位应按照相关程序和要求，在项目竣工后组织自主竣工环保验收，除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月，需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，验收报告公示期满20个工作日后应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台进行备案。

#### 12.7.4 验收清单

本项目竣工环境保护验收“三同时”清单见表 12-5。

表 12-5 竣工环境保护“三同时”验收清单

项目	内容
辐射防护措施	射线控制台自带显示屏、曝光时间按钮、蜂鸣器、高压启动开关、高压停止开关/延时设置按钮、警示灯插口、主电源开关等辐射安全设施。
	6名辐射工作人员每人配备1个个人剂量计和1个个人剂量报警仪。
	配备2台便携式剂量率仪用于现场辐射监测。
	配备8条警戒绳、8个警示灯、8个警示喇叭、8个控制区警示牌、8个监督区警示牌、1套对讲机、2张1mmPb铅毯、4块6mmPb铅板等安防用品。
三废的处理	在实际划分两区时，根据GBZ117要求，在控制区边界设置警戒绳、警示灯、警示喇叭和控制区警示牌，防止人员误入，并在监督区设置警戒绳和警示牌，提醒公众勿接近辐射工作区。
	在洗片室设置废物区，采用2个20L塑料桶对感光材料废物进行暂存，定期委托有资质的危险废物处置单位回收处置。
辐射安全管理	设立辐射安全管理机构，明确职责与分工。辐射防护负责人通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加考核，持证上岗。
	制定相应的辐射规章制度和应急预案，规章制度应张贴在设备存放间墙面显眼位置。
	辐射防护负责人和辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加考核，持证上岗。
	对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查。 为每个辐射工作人员配备个人剂量计，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。
周围剂量当量率监测情况	本项目属于移动式探伤，控制区边界的周围剂量当量率的控制值为15μSv/h，监督区边界的周围剂量当量率的控制值为2.5μSv/h。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

深圳市水务工程检测有限公司拟使用 6 台工业 X 射线探伤装置，在广东省范围内进行 X 射线移动式探伤工作，无固定的项目地点。核技术利用类型为使用 II 类射线装置，属于首次开展核技术利用项目。

#### 13.1.1 辐射安全防护及管理结论

辐射安全防护分析表明，本项目拟采取的现场管理和操作安全措施、辐射防护措施、工作场所布局和分区方案、日常检查与维护措施等较合理，满足辐射防护最优化原则及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

辐射安全管理分析表明，建设单位设置了辐射安全管理机构，制定的辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案、辐射工作人员培训计划、辐射监测计划等较合理，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求。

#### 13.1.2 环境影响结论

通过理论估算结果表明，本项目正常运行时，辐射工作人员职业照射的最大年有效剂量和公众最大年有效剂量分别低于职业照射约束值 5mSv/a 和公众照射剂量约束值 0.25mSv/a 的要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

#### 13.1.3 可行性分析结论

本项目 X 射线探伤装置用于移动式探伤，对钢结构的对接焊缝进行 X 射线探伤，为消除缺陷隐患奠定基础，对钢结构工程的安全运行具有重要意义。本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“三十一、科技服务业 5. 检验检测认证服务”类别，为鼓励类产业，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于辐射“实践的正当性”的要求。

综上所述，在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，本项目对环境的辐射影响能够满足国家有关法规和标准的要求，从环境保护的角度考虑，该核技术利用建设项目是可行的。

## 13.2 建议

- 1、项目运行过程中应严格按照操作规程操作，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意的思想，以避免意外事故的发生；
- 2、应定期针对 X 射线探伤机的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查，确保人员和环境的安全；
- 3、结合后期运行和管理情况，不断完善辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，使之更具有实操性和针对性。

## 表 14 审 批

下一级环保部门预审意见

公章

经办人

年 月 日

审批意见

公章

经办人

年 月 日

## 委托书

广州星环科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等有关法规，现委托贵司承接《深圳市水务工程检测有限公司工业 X 射线移动式探伤项目》环境影响评价工作，并按照相关规定编制《深圳市水务工程检测有限公司工业 X 射线移动式探伤项目环境影响报告表》，完成后提交我单位，便于我单位报送环境主管部门办理环评审批手续。

特此委托。



# 深圳市水务工程检测有限公司

## 辐射安全管理制度

为贯彻环境主管部门对使用射线装置安全管理的有关要求，根据国务院《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、生态环境部《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法规文件，为保护辐射工作人员及场所周围公众的健康权益，制定本制度。

## 辐射安全管理机构及其职责

辐射安全管理小组设置：

岗位	姓名	职务	部门	联系电话
组辐射防护负责人	吴文鑫	总经理	/	
成员	余炎威	副总经理	/	
	梁嘉新	安全监督	质量安全技术部	
	陈锦涛	部门副总工	质量安全技术部	
	任亚昌	主管	工程检测中心	

辐射安全领导小组职责：

- (1) 结合单位实际负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施；
- (2) 做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作；
- (3) 组织实施辐射工作人员的职业健康检查和个人剂量监测，按要求建立个人剂量档案；
- (4) 定期对辐射安全与防护工作进行检查，检查本公司辐射工作人员的辐射安全操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

## 辐射安全和保卫制度

- (1) 辐射操作人员及辐射安全管理人员应持证上岗，按时按计划参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的辐射防护相关培训，加强理论学习，掌握基本的辐射安全防护知识和自救技能，并取得《辐射安全考核合格成绩单》。
- (2) 严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，委托相关单位对直接操作射线装置的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，监测周期为3个月，建立了个人剂量档案和职业健康档案。
- (3) 进行移动式探伤时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。
- (4) 应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围内划为控制区。
- (5) 控制区边界上应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。
- (6) 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构(如山体)、临时屏障或临时拉起警戒线(绳)等。
- (7) 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。
- (8) 探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。
- (9) 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。
- (10) 在实施探伤工作之前，应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。
- (11) 应确保开展探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。
- (12) 探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。
- (13) 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。
- (14) 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。
- (15) 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

(16) 应考虑控制台与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

(17) 开始探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

(18) 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

(19) 在试运行(或第一次曝光)期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确，必要时应调整控制区的范围和边界。

(20) 每个探伤项目组配备1台便携式剂量率仪。开始探伤工作前，应对剂量率仪进行检查，确认剂量率仪能正常工作。在探伤工作期间，便携式剂量率仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

(21) 探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

(22) 建立探伤台账，记录每次外出探伤工作组的成员、携带设备，探伤时间、地点，监督区和控制区的设置和边界剂量率等信息，以便对辐射工作进行全过程记录管理。

(23) 探伤机应存放在单独的房间或保险箱中，应配备防盗和防误操作设施，房间应设置门锁，钥匙由专人保管。

## 辐射工作岗位职责

### （一）现场管理员

- (1) 组织安全检查，督促辐射工作人员对隐患进行整改，并协助制订防范措施，检查监督隐患整改工作的完成情况；
- (2) 随同到现场监督检查，督促并协助解决有关安全问题，纠正违规作业，遇有违规的紧急情况，有权令其停止探伤作业，并立即报告有关负责人；
- (3) 开始探伤前，现场管理员将对控制区进行巡查，确认控制区没有人员后，才向操作人员发出操作指令。探伤过程中，管理员将巡查控制区的边界，防止有人进入控制区。

### （二）探伤人员

- (1) 根据委托要求和工作现场的实际情况，确定探伤工艺、现场分区方案，实施探伤；
- (2) 认真做好探伤原始记录，对自己的探伤结果负责，为客户负责；
- (3) 探伤人员（特别有证人员）要认真学习和掌握各种探伤方法的基本原理，熟练掌握各种探伤方法的实际操作技能，对自己的检测结果负责，并要不断地提高自己的理论和实际业务水平；
- (4) 要学习和了解各种 X 射线探伤装置的基本性能和使用方法，要严格按设备使用说明书和安全操作规程，调试或使用仪器设备；
- (5) 每个探伤项目组配备 1 台便携式剂量率仪。开始探伤工作之前，应对剂量率仪进行检查，确认剂量率仪能正常工作。在探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。
- (6) 探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

# 移动式探伤安全操作规程

## 一、接受委托

根据公司安排的探伤任务，向辐射工作人员委派探伤任务。

## 二、现场评估

根据现场特点和周围环境，研判是否满足开展X射线移动式探伤的条件，如：是否满足“两区”的设置、周围是否有不可规避的敏感点。如现场不适宜采用射线探伤，则选用其他非射线探伤方式。适合射线探伤的，还需对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作，评估内容包括现场环境特点、附近人群、天气条件、探伤时间、作业空间、操作方式和安全措施等。

## 三、现场准备

与委托单位做好协商工作，协商内容包括适当的探伤地点和探伤时间、现场通告、警告标识和报警信号等。辐射工作人员根据探伤计划办理探伤装置的领用流程和归还流程，包括1) 填写使用登记表，按照探伤计划，填写探伤设备的领用情况，包括领用时间、使用人员、作业时间、作业地点、计划探伤工件对象、数量等情况。2) 并领取足够的移动式探伤所需的防护用品，包括个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式剂量率仪、对讲机、测距仪、警戒线、电离辐射警告标志、“禁止进入X射线区”警告牌、“当心电离辐射，无关人员禁止入内”警告牌、警示灯、警示喇叭等。

到达现场后，由现场管理人员负责组织无关人员撤离现场。工作人员进入现场前需检查防护用品是否准备齐全，佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪。核实各类作业文件齐全，检查安全器具和作业设备是否完好，确认各项安全措施是否已落实到位。

## 四、现场分区

参考环评报告表给出的理论分区方式，初步设定工作场所监督区和控制区，在控制区边界设置警戒绳、警示灯、警示喇叭和控制区警示牌，防止人员误入。在监督区设置警戒绳和警示牌。警示灯和警示喇叭在探伤工作期间保持开启，由现场管理员负责警戒，防止人员误闯入。

## 五、探伤装置安装

根据探伤的工件类型，选择定向机和周向机进行探伤。选择定向机进行探伤时，辐射工作人员将定向机安装在工件上方，采用劳保安全带进行捆扎固定，并采用1张1mm铅毯进行包裹覆盖，有用线束固定朝地面照射。选择周向机进行探伤时，辐射工

作人员根据工件的管径选择合适的支架，将周向机采用劳保安全带捆扎固定在支架中间，再通过支架连同周向机一起传入工件内部需要进行探伤的位置，利用支架的自锁卡扣将支架固定在工件内部，从而固定周向机，周向机有用线束在工件内部朝外照射，照射时，在管状工件两端加盖与工件同等厚度的钢板，并在有用线束在水平方向的照射区域各安装1块铅板进行屏蔽。探伤装置安装完成后，需要再次确认探伤装置的安装是否牢固，确认无误后，通过电缆线将探伤装置和控制台进行连接，控制台需设置在控制区外的区域，并尽可以利用现场掩体进行防护。

## 六、训机和曝光（涉源环节，产生X射线）

探伤装置安装完毕后，辐射工作人员退至控制台位置，开启控制台电源，待设备自检完成后，依次设置曝光时间、延迟出束时间、管电压等参数，现场管理人员对控制区和监督区进行巡查，并使用便携式剂量率记录环境 $\gamma$ 辐射剂量率本底水平。经现场管理人员再次确认控制区内无任何人员、监督区内无公众人员后，向辐射工作人员下达训机或者初次曝光指令。

探伤装置超过48小时未使用时，控制台通电后，控制台上的“自动训机”状态灯会常亮，进入自动训机待机状态，此时按下高压开关会自动进入自动训机模式，训机过程会自动步进“kV”值，直至完成训机。如需训机先不安装胶片，待训机结束后再安装胶片。

如果不需要训机，辐射工作人员启动探伤装置高压，待延时出束时间倒数完毕后，开始初次曝光，现场管理人员使用便携式剂量率仪进行巡测确认分区合理性，并根据巡测结果调整分区方案。曝光过程中，现场管理人员对控制区和监督区的边界进行巡检，确保边界设置正确、无人员闯入。

## 七、探伤结束

探伤结束后，使用便携式剂量率仪确认X射线发生器已关闭，工作人员收起设备、撤除警戒。设备归还并登记，包括：设备使用情况、现场安全分区情况、辐射事故发生情况、设备状态等，在建设单位内的洗片室进行洗片和评片，洗片和评片过程会产生废胶片、废定影液和废显影液。

## 辐射工作人员培训制度

辐射工作人员培训的目标是使工作人员了解辐射的基本知识、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法规文件，以及辐射安全知识和辐射事故应急知识。

1、根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《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》的规定：自 2020 年 1 月 1 日起，辐射安全上岗培训应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址 <http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识、报名并参加考核。

2、辐射工作人员及辐射安全管理人员应持证上岗，按时按计划参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的辐射防护相关培训，加强理论学习，掌握基本的辐射安全防护知识。考核通过后方可从事辐射工作。

3、对于新增辐射工作人员，应进行岗前职业健康体检，体检合格后方可参加辐射安全与防护培训。

4、建立辐射安全与防护培训档案，妥善保存档案，培训档案应包括每次培训的内容、培训时间、考核成绩等资料。

5、辐射安全培训的有效期为 5 年，到期后应重新参加培训和考核。

# 辐射监测计划

## 一、个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用射线装置的单位，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。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

委托有相应 CMA 检测资质的检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人剂量当量  $H_p(10)$ ，作为相关人员个人有效剂量的估算值，监测周期为 3 个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

## 二、年度监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：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，并当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

应委托有相应 CMA 检测资质的检测机构对运行的核技术利用项目进行辐射防护年度检测，每年一次，年度检测数据应作为本单位的射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 号前上报环境行政主管部门。

## 三、日常监测

日常监测按照移动式探伤操作规程进行。

# **辐射工作人员职业健康监护和个人剂量管理要求**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关要求，制定该要求。

## **一、职业健康监护要求**

根据《放射工作人员健康要求及监护规范》的相关要求：职业健康检查包括上岗前、在岗期间、离岗时、应急照射和事故照射后的健康检查。放射工作人员上岗前，应进行上岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康要求的，方可参加相应的放射工作；放射工作单位不得安排未经上岗前职业健康检查或者不符合放射工作人员健康要求的人员从事放射工作。放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定，不得超过2年，必要时，可适当增加检查次数，在岗期间因需要而暂时到外单位从事放射工作，应按在岗期间接受职业健康检查。

## **二、个人剂量管理要求**

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，委托具备资质的个人剂量监测技术服务机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，监测周期最长不超过3个月，按要求建立个人剂量档案。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。

## **三、档案管理要求**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求，职业照射的记录必须为每一位工作人员都保存职业照射记录，职业照射记录应包括：

①涉及职业照射的工作的一般资料；达到或超过有关记录水平的剂量和摄入量等资料，以及剂量评价所依据的数据资料；对于调换过工作单位的工作人员，其在各单位工作的时间和所接受的剂量和摄入量等资料；

②因应急干预或事故所受到的剂量和摄入量等记录，这种记录应附有有关的调查报告，并应与正常工作期间所受到的剂量和摄入量区分开；

③应按国家审管部门的有关规定报送职业照射的监测记录和评价报告，准许工作人员和健康监护主管人员查阅照射记录及有关资料；当工作人员调换工作单位时，向新用人单位提供工作人员的照射记录的复印件；

④当工作人员停止工作时，应按审管部门或审管部门指定部门的要求，为保存工

作人员的职业照射记录做出安排；停止涉及职业照射的活动时，应按审管部门的规定，为保存工作人员的记录做出安排；

⑤职业照射个人剂量档案应终身保存。

## **射线装置维修维护制度**

- (1) 射线装置的维修维护由建设单位辐射安全管理机构进行监督和管理，做好设备维修维护记录。设备维修维护应由具备资质的设备厂家专业人员负责，按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并至少两人参与维修维护工作。
- (3) 维修维护前应采取可靠的断电措施，切断需检修设备的电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志，做好现场管控。
- (3) 射线装置每年至少维护一次，设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。
- (4) 当发现设备有故障或损坏需要维修时，应保证所更换的零部件为合格产品。与射线发生器相关的维修，需由射线发生器厂家或其授权单位的相关人员负责。
- (5) 建设单位应与维修维护单位签订维修维护合同，在合同中明确双方的安全责任。

## 现场探伤工作登记制度

- (1) 管理机构负责射线装置使用台账的建立和管理，做到台账清晰，账物对应。射线装置台账实行动态管理，及时更新，准确记录设备变更情况。
- (2) 操作人员在使用射线装置填写《现场探伤工作和日常辐射监测记录表》。操作过程中如遇到故障或异常情况，必须详细记录在《现场探伤工作和日常辐射监测记录表》的使用情况记录栏中。《现场探伤工作和日常辐射监测记录表》所有内容务必如实填写，不得模糊不清。
- (3) 完善定期射线装置射线装置台账登记，加强管理。
- (4) 射线装置的领用和归还需要进行登记，登记内容包括领用的时间、设备编号、型号、探伤地点、探伤时间，每次领用均领用人员签名确认。
- (5) 每次使用完毕后应及时归还，归还时还需要管理人员和归还人员同时签名确认归还。
- (6) 工作前，需要使用便携式剂量率仪检测控制区和监督区的本底值，并记录在登记表中。
- (7) 工作时，使用便携式剂量率仪检测并记录控制区边界和监督区边界的剂量率，根据事情情况调整控制区和监督区边界。

### 附表：现场探伤工作和日常辐射监测记录表（模板）

# 深圳市水务工程检测有限公司

## 辐射事故应急处理预案

### 一、总则

为有效处理辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，制定本预案。

### 二、事故应急机构及其职责

#### 1.事故应急机构及应急联系电话

成立辐射事故应急处置小组，组织、开展生产过程发生的辐射事故应急救援工作，人员名单见下表：

岗位	姓名	职务	部门	联系电话
组长	余炎威	副总经理	/	
成员	梁嘉新	安全监督	质量安全技术部	
	陈锦涛	部门副总工	质量安全技术部	
	任亚昌	主管	工程检测中心	
	孙元双	试验员	工程检测中心	
	许文豪	试验员	工程检测中心	
	黄基程	试验员	工程检测中心	
	周真	试验员	工程检测中心	
	缪锦标	试验员	工程检测中心	

外部相关单位应急联系电话：

相关单位	应急联系电话
生态环境咨询热线电话	12345
卫生咨询热线电话	12320
公安局、消防救援大队	110、119
医疗急救	120

#### 2.人员职责

辐射事故应急小组的组长为辐射事故应急第一责任人。主要职责为：

- (1) 贯彻执行国家和辐射事故应急处理工作的法律、法规及方针政策；
- (2) 负责公司辐射事故应急处理预案的审定和组织实施；
- (3) 组织、协调和指挥公司应急准备和应急响应工作，包括组织事故调查、评价，审定事故应急处理报告等工作；
- (4) 发生辐射应急处理事故时，向生态环境主管部门和卫生部门报告工作。

其他成员主要职责为：

- (1) 定期组织开展辐射应急培训及演练。
- (2) 发生辐射应急处理事故时，及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查，出现事故后应尽快有组织有计划的处理，减少事故损失。
- (3) 向辐射事故应急小组和公司最高主管报告应急处理工作情况提出控制辐射事故危害，保障员工安全与健康，保护环境等措施建议
- (4) 协助上级应急监测组开展辐射监测和评价工作。
- (5) 事故处理后对于辐射事故进行记录及整理相关资料。

### **三、应急处理程序和报告程序**

#### **(一) 发生下列情况之一，应立即启动本预案：**

- (1) 探伤现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界辐射水平进行监测，导致工作人员和周围公众受到误照射；
- (2) 对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员被误照射；
- (3) 出束过程中，未对探伤现场进行有效管控，导致公众闯入探伤现场，受到误照射；
- (4) 设备控制系统发生故障，无法停止出束，致工作人员和周围公众被误照射。

#### **(二) 应急处理程序**

(1) 事故发生后，当事人应立即切断射线装置的电源，立即报告辐射事故应急小组，由应急小组有关部门和人员进行辐射事故应急处理，负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作。

(2) 辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量报警仪或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量。

(3) 对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施，其次对设备、设施进行检查，确定其功能和安全性能。

(4) 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延，防止演变成公共事件。

(5) 应急小组组长应立即召集成员，根据具体情况迅速制定事故处理和善后方案。事故处理必须在单位负责人的领导下，在经过培训验的辐射事故应急人员的参与下进行。

## （二）事故报告程序

(1) 事故发生后，第一时间将事故情况通过电话上报当地生态环境局。

(2) 有人员受到辐射照射，应第一时间卫生健康部门报告，请求医疗专业的救助。

(3) 在两个小时内填写《辐射事故初始报告表》，交分管生态环境部门，请求协助处理事故。

(4) 如涉及射线装置被盗或被故意伤害等，应立即上报公安机关请求协助。

## 四、辐射事故分类与应急原则

使用射线装置可能发生的辐射事故，根据人员受照剂量和伤亡人数分为一般辐射事故、较大辐射事故、重大辐射事故和重大辐射事故：

事故等级	事故情形
一般辐射事故	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限制的照射
较大辐射事故	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度辐射病、局部器官残疾
重大辐射事故	射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人（含 10 人）以上急性重度辐射病、局部器官残疾

特别重大辐射事故	射线装置失控导致 3 人（含 3 人）以上急性死亡
----------	---------------------------

本单位可能发生的辐射事故使人员受到的意外照射量未超过年剂量限值，参照《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）第 40 条的分级规定评估各种事故可能的类别，事故类型不超过一般辐射事故。

辐射事故应急救援应遵循的原则：

- 1、迅速报告原则；
- 2、主动抢救原则；
- 3、生命第一的原则；
- 4、科学施救，防止事故扩大的原则；
- 5、保护现场，收集证据的原则。

## 五、人员培训和演习计划

（一）辐射安全事故相关应急人员须经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等；

（二）辐射安全事故应急处理小组须定期（每年一次）组织应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

## 六、辐射事故的调查

（一）本单位发生重大辐射事故后，应立即成立由安全第一责任人或主要负责人为组长的，有工会负责人、安全部负责人参加的事故调查组、善后处理组。

（二）调查组要遵循实事求是的原则对事故的发生时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录要妥善保管。

（三）配合应急救援小组编写、上报事故报告书方面的工作，同时，协助环境行政部门、公安部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

**本预案自发布之日起生效，实施过程中如有与国家、省、市应急救援预案相抵触之处，以国家、省、市应急救援预案的条款为准。**

## 附表 1:

辐射事故初始报告表

事故单位 名 称	(公章)					
法定代表人		地 址				邮 编
电 话			传 真			联系人
许可证号			许可证审批机关			
事 故 发生时间			事故发生地点			
事 类 故 型	<input type="checkbox"/> 人员受照 <input type="checkbox"/> 人员污染		受照人数	受污染人数		
	<input type="checkbox"/> 丢失 <input type="checkbox"/> 被盗 <input type="checkbox"/> 失控		事故源数量			
	<input type="checkbox"/> 放射性污染		污染面积( $m^2$ )			
序号	事故源核 素名称	出厂 活度 (Bq)	出厂日期	放射源编码	事故时活度 (Bq)	非密封放射性物质 状态 (固/液态)
序号	射线装置 名称	型 号	生产厂家	设备编号	所在场所	主要参数
事故经过 情况						
报告人签字			报告时间	年 月 日 时 分		

注：射线装置的“主要参数”是指 X 射线机的电流 (mA) 和电压 (kV)、加速器线束能量等主要性能参数。



建设项目环境影响报告表审批基础信息表

填表单位(盖章):	深圳市水务工程检测有限公司				填表人(签字):	宁锦丽	项目经办人(签字):	宁锦丽	
项目名称	深圳市水务工程检测有限公司工业X射线移动式探伤项目				建设内容	使用Ⅱ类射线装置			
项目代码	4403111920160525								
环评信用平台项目编号					建设规模	开展工业X射线移动式探伤项目，配套使用6台工业X射线探伤装置			
建设地点	深圳市龙华区观湖街道鹭湖社区观乐路5号多影科创园A座3楼金结设备房				计划开工时间	2026年2月			
项目建设周期(月)	1.0				预计投产时间	2026年3月			
建设性质	新建				国民经济行业类型及代码	M74专业技术服务业			
环境影响评价行业类别	55-172核技术利用建设项目								
现有工程排污许可证或排污登记表编号(改、扩建项目)	现有工号	现有工号排污许可管理类别(改、扩建项目)		项目申请类别	新申项目				
规划环评开展情况	不需开展				规划环评文件名	/			
规划环评审查机关					规划环评审查意见文号	/			
建设地点中心坐标(非线性工程)	经度	114.060630	纬度	22.690620	占地面积(平方米)	/	环评文件类别	环境影响报告表	
建设地点坐标(线性工程)	起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度	工程长度(千米)	
总投资(万元)	100.00				环保投资(万元)	10.00	所占比重(%)	10.00%	
建设单位	单位名称	深圳市水务工程检测有限公司		法定代表人	吴文鑫	单位名称	广州星环科技有限公司	统一社会信用代码	91440106MA59DA73A
	统一社会信用代码(组织机构代码)	91440300778765995E		主要负责人		姓名	陈健阳	联系电话	02038343615
	通讯地址	深圳市龙华区观湖街道鹭湖社区观乐路5号多影科创园A座101				信用编号	BHD61992		
						职业资格证书 管理号	2022050354600000 0001		
						通讯地址	广州市海珠区南洲路365号二层216号铺自编236		
污染物	现有工程 (已建+在建)	本工程 (拟建或调整变更)	总体工程 (已建+在建+拟建或调整变更)						区域削减量来源(国家、省市级批项目)
	①排放量 (吨/年)	②许可排放量 (吨/年)	③预测排放量 (吨/年)	④“以新带老”削减量(吨/年)	⑤区域平衡替代本工程削减量(吨/年)	⑥预测排放总量 (吨/年)	⑦排放增量 (吨/年)		
废水	废水量(万吨/年)								
	CO <sub>2</sub>								
	氯氮								
	总磷								
	总氮								
	铅								
	镉								
	汞								
	类金属砷								
	其他特征污染物								
	废气量 (万标立方米/年)								
	二氧化硫								

废气	氯化物													
	颗粒物													
	挥发性有机物													
	铅													
	汞													
	镉													
	铬													
	类金属砷													
其他特征污染物														
项目涉及法律法规规定的保护区情况	影响及主要措施	名称		级别	主要保护对象(目标)	工程影响情况	是否占用	占用面积(公顷)	生态防护措施					
	生态保护目标								<input type="checkbox"/> 避让	<input type="checkbox"/> 减缓	<input type="checkbox"/> 补偿	<input type="checkbox"/> 重建	(多选)	
	生态保护红线								<input type="checkbox"/> 避让	<input type="checkbox"/> 减缓	<input type="checkbox"/> 补偿	<input type="checkbox"/> 重建	(多选)	
	自然保护区								<input type="checkbox"/> 避让	<input type="checkbox"/> 减缓	<input type="checkbox"/> 补偿	<input type="checkbox"/> 重建	(多选)	
	饮用水水源保护区(地表)	一般监管区		/		否			<input checked="" type="checkbox"/> 避让	<input type="checkbox"/> 减缓	<input type="checkbox"/> 补偿	<input type="checkbox"/> 重建	(多选)	
	饮用水水源保护区(地下)	一般监管区		/		否			<input checked="" type="checkbox"/> 避让	<input type="checkbox"/> 减缓	<input type="checkbox"/> 补偿	<input type="checkbox"/> 重建	(多选)	
	风景名胜区								<input type="checkbox"/> 避让	<input type="checkbox"/> 减缓	<input type="checkbox"/> 补偿	<input type="checkbox"/> 重建	(多选)	
其他								<input type="checkbox"/> 避让	<input type="checkbox"/> 减缓	<input type="checkbox"/> 补偿	<input type="checkbox"/> 重建	(多选)		
主要原料及燃料信息	主要原料							主要燃料						
	序号	名称		年最大使用量	计量单位		有毒有害物质及含量(%)		序号	名称	灰分(%)	硫分(%)	年最大使用量	计量单位
大气污染治理与排放信息	有组织排放(主要排放口)	序号(编号)	排放口名称	排气筒高度(米)	污染防治设施工艺			生产设备		污染物排放				
					序号(编号)	名称	污染防治设施处理效率	序号(编号)	名称	污染物种类	排放浓度(毫克/立方米)	排放速率(千克/小时)	排放量(吨/年)	排放标准名称
无组织排放	序号		无组织排放源名称					污染物排放						
								污染物种类	排放浓度(毫克/立方米)	排放标准名称				
车间或生产设施排放口	序号(编号)	排放口名称	废水类别	污染防治设施工艺			排放去向	污染物排放						
				序号(编号)	名称	污染防治设施处理水量(吨/小时)		污染物种类	排放浓度(毫克/升)	排放量(吨/年)	排放标准名称			
	序号	受纳污水处理厂					污染物排放							

