

编号: XH25EA091

核技术利用建设项目
广州市赛皓达智能科技有限公司
工业 X 射线移动式探伤项目
环境影响报告表

送审版

广州市赛皓达智能科技有限公司 (盖章)



环境保护部监制

核技术利用建设项目
广州市赛皓达智能科技有限公司
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： 广州市赛皓达智能科技有限公司（盖章）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址： 广州市海珠区聚德路 223 号世联空间 D 栋 4 层

邮政编码： 510220

联系人： 陈彩铃

电子邮箱：

编制单位和编制人员情况表

项目编号	xa0f84		
建设项目名称	广州市赛皓达智能科技有限公司工业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）	广州市赛皓达智能科技有限公司		
统一社会信用代码	91440104MA59BY5178		
法定代表人（签章）	湛江超		
主要负责人（签字）	邓家荣		
直接负责的主管人员（签字）	邓家荣		
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

<p>中华人民共和国 专业技术人员职业资格证书 (电子证书)</p> <p>环境影响评价工程师 Environmental Impact Assessment Engineer</p> <p>本证书由中华人民共和国人力资源 和社会保障部、生态环境部批准颁发， 表明持证人通过国家统一组织的考试， 取得环境影响评价工程师职业资格。</p> <p>制发日期：2022年08月31日</p>	 <p>姓名：陈健阳</p> <p>证件号码：</p> <p>性别：男</p> <p>出生年月：1989年09月</p> <p>批准日期：2022年05月29日</p> <p>管理号：</p>
--	--

建设单位责任声明

我单位广州市赛皓达智能科技有限公司（统一社会信用代码：91440104MA59BY5178）郑重声明：

一、我单位对《广州市赛皓达智能科技有限公司工业 X 射线移动式探伤项目环境影响报告表》（报告编号：XH25EA091，以下简称“报告表”）承担主体责任，并对报告表内容和结论负责。

二、在本项目环评编制过程中，我单位如实提供了该项目相关基础资料，加强组织管理，掌握环评工作进展，并已详细阅读和审核过报告表，确认报告表提出的污染防治、生态保护与环境风险防范措施，充分知悉、认可其内容和结论。

三、本项目符合生态环境法律法规、相关法定规划及管理政策要求，我单位将严格按照报告表及其批复文件确定的内容和规模建设，并在建设和运营过程严格落实报告表及其批复文件提出的防治污染、防止生态破坏的措施，落实环境环保投入和资金来源，确保相关污染物排放符合相关标准和总量控制要求。

四、本项目将按照《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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和防护管理办法》有关规定，在启动生产设施之前申请取得辐射安全许可证。

五、本项目建设将严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度，并按规定接受生态环境主管部门日常监督检查。在正式投产前，我单位将对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，向社会公开验收结果。

建设单位（盖章）：广州市赛皓达智能科技有限公司

法定代表人（签字）：



2025 年 11 月 25 日

编制单位责任声明

我单位广州星环科技有限公司（统一社会信用代码 91440106MA59DAA73A）郑重声明：

一、我单位符合本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于该条第二款所列单位。

二、我单位受广州市赛皓达智能科技有限公司（建设单位）的委托，主持编制了《广州市赛皓达智能科技有限公司工业 X 射线移动式探伤项目环境影响报告表》（报告编号：XH25EA091，以下简称“报告表”）。在编制过程中，坚持公正、科学、诚信的原则，遵守有关环境影响评价法律法规、标准和技术规范等规定。

三、在编制过程中，我单位建立和实施了覆盖本项目环境影响评价全过程的质量控制制度，落实了环境影响评价工作程序，并在现场踏勘、现状监测、数据资料收集、环境影响预测等环节以及环境影响报告表编制审核阶段形成了可追溯的质量管理机制。

四、我单位对报告表的内容和结论承担直接责任，并对报告表内容的真实性、客观性、全面性、规范性负责。

编制单位（盖章）

法定代表人（签字）：



广州星环科技有限公司

2025 年 11 月 25 日

建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

承诺单位(公章):  2025年11月25日



广东省社会保险个人参保证明

该参保人在广东省参加社会保险情况如下：

姓名			宁锦清			证件号码		
参保险种情况								
参保起止时间			单位			参保险种		
						养老	工伤	失业
202501	-	202510	广州市:广州星环科技有限公司			10	10	10
截止			2025-11-25 17:25 , 该参保人累计月数合计			实际缴费10个月, 缓缴0个月	实际缴费10个月, 缓缴0个月	实际缴费10个月, 缓缴0个月

备注：
本《参保证明》标注的“缓缴”是指：《转发人力资源社会保障部办公厅 国家税务总局办公厅关于特困行业阶段性实施缓缴企业社会保险费政策的通知》（粤人社规〔2022〕11号）、《广东省人力资源和社会保障厅 广东省发展和改革委员会 广东省财政厅 国家税务总局广东省税务局关于实施扩大阶段性缓缴社会保险费政策实施范围等政策的通知》（粤人社规〔2022〕15号）等文件实施范围内的企业申请缓缴三项社保费单位缴费部分。



证明机构名称（证明专用章） 证明时间 2025-11-25 17:25

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	2
1.1.3 项目建设规模	2
1.2 项目选址和周边关系	3
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	13
9.2.1 X 射线产生原理	13
9.2.2 工业 X 射线探伤原理	14

9.2.3 脉冲式探伤装置工作原理	14
9.3 工作方式	15
9.4 工艺流程和产污环节	15
9.5 工作负荷和人员配置	19
9.6 污染源项描述	19
9.6.1 正常工况	19
9.6.2 事故工况	20
9.7 源强分析和参数	20
表 10 辐射安全与防护	22
10.1 现场管理和操作安全措施	22
10.1.1 作业前准备	22
10.1.2 安全信息和警告标志	22
10.1.3 安全操作	22
10.1.4 作业的边界巡查与监测	23
10.1.5 使用台账登记和设备保管措施	23
10.2 辐射防护措施	23
10.2.1 距离防护	23
10.2.2 时间防护	24
10.2.3 照射方向选取	24
10.2.4 设备的固有安全性能	24
10.2.5 辅助设备的安全性能	27
10.2.6 检测仪器和安防用品	27
10.3 辐射工作场所布局和分区	28
10.4 辐射安全与防护对照分析	29
10.5 日常检查与维护	33
10.5.1 日常安全检查	33
10.5.2 设备维修维护	34
10.6 三废的治理	34
表 11 环境影响分析	35
11.1 辐射剂量率估算	35

11.2 理论分区方式	37
11.3 人员受照剂量分析	38
11.4 事故影响分析	39
11.4.1 辐射事故类型	39
11.4.2 事故预防措施	40
表 12 辐射安全管理	41
12.1 辐射安全与环境管理机构的设置	41
12.2 辐射安全管理规章制度	42
12.3 辐射工作人员	42
12.4 辐射监测计划	43
12.4.1 个人剂量监测	43
12.4.2 工作场所监测	43
12.4.3 辐射检测方案	44
12.5 辐射安全年度评估计划	45
12.6 辐射事故应急	46
12.6.1 辐射事故应急机构	46
12.6.2 人员培训和演习计划	47
12.7 竣工环境保护验收要求	48
12.7.1 责任主体	48
12.7.2 工作程序	48
12.7.3 时间节点	48
12.7.4 验收清单	48
表 13 结论与建议	50
13.1 结论	50
13.1.1 辐射安全防护及管理结论	50
13.1.2 环境影响结论	50
13.1.3 可行性分析结论	50
13.2 建议	51
表 14 审批	52

附件 1：委托书.....	53
附件 2：设备技术参数.....	54
附件 3：辐射安全管理规章制度.....	57

表 1 项目基本情况

建设项目名称	广州市赛皓达智能科技有限公司工业 X 射线移动式探伤项目				
建设单位	广州市赛皓达智能科技有限公司				
法人代表	湛江超	联系人	陈彩铃	联系电话	
注册地址	广州市黄埔区科学大道 182 号创新大厦 C1 栋 701 房				
项目地点	全国范围内开展移动式探伤，无固定项目地点 设备存放：广州市黄埔区科学大道 182 号创新大厦 C1 栋 206 房				
建设项目总投资(万元)	50	项目环保投资(万元)	10	投资比例（环保投资、总投资）	20%
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 ² ）	/
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	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<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

广州市赛皓达智能科技有限公司（以下简称“赛皓达公司”或“建设单位”）成立于 2016 年，是润建股份（股票代码：002929）控股子公司，专注于无人机、智能感知、高精度定位、电力物联网产品与技术，集产品研发、制造、销售及服务于一体的高新技术企业。赛皓达公司开发了全自主知识产权的大载荷无人直升机、无人机机巢、虚拟仿真培训系统、智能作业管控平台、光伏自主巡检系统等，产品技术应用于

电力、光伏、林业、水利、交通等行业，服务于广东、云南、贵州、内蒙古、山东、海南、福建、吉林、湖南等地。自主研发轻小型北斗监测终端、杆塔倾斜沉降监测装置、边坡监测系列产品等，实现静态毫米级、动态厘米级的高精度位置实时监测，应用于电力、交通、国土等领域高精度倾斜、形变、位移、地质史害实时监测，服务于广东、云南、贵州、广西等地。自主研发配电房智能网关及监测装置、电缆隧道网关及综合监测装置，作为中国电科院成果转化合作方，承接智慧输电监测终端及平台的转化实施。产品应用于电力、高铁、光伏电站、用户侧配电房等电力设备状态实时监测预警，服务于广东、陕西、贵州、广西、河北等地。

1.1.2 项目来由和目的

脉冲式 X 射线探伤装置是广泛应用于架空输电线路无损检测的探伤装置，具有射线强度高、穿透性强、质量和体积小而轻便、辐射泄漏极小等优点，根据市场需求，为进一步提高建设单位在输电线路检测领域的竞争力，提高线路运检质量，维护输电线路“零缺陷”安全运行，建设单位拟开展 X 射线移动式探伤工作：接受电网运营单位委托，在全国范围内各电网输电线路路上，对耐张线夹等金具进行 X 射线移动式探伤，以了解金具内部结构情况，排除金具内部老化、裂痕等在长时间运行过程中产生的、影响电网正常运行的风险因素，确保电网安全、稳定运行。为满足工作需求，建设单位拟购置 2 台脉冲式 X 射线探伤装置，用于开展输电线路 X 射线探伤工作，根据探伤方式，本项目属于 X 射线移动式探伤。

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，受广州市赛皓达智能科技有限公司委托（委托书见附件 1），广州星环科技有限公司对广州市赛皓达智能科技有限公司工业 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 2 台脉冲式 X 射线探伤装置，在全国范围内开展 X 射线移动式探伤工作，无固定的项目地点。主要探伤对象为输电线的耐张线夹等金具，探伤对

象材质主要为钢，厚度一般为 0.1mm~25mm，作业高度为 5m 以上。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	平均管电流	类别	类型	数量
1	脉冲式 X 射线探伤装置	美国高登 XR150	150kV	脉冲式	0.5mA	II类	定向机	1 台
2	脉冲式 X 射线探伤装置	美国高登 XRS3	270kV	脉冲式	0.25mA	II类	定向机	1 台

注：本项目使用的射线装置属于脉冲式设备，无最大管电流参数。

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，在全国范围内进行移动式探伤，无固定项目地点，典型作业场所为输电线铁塔。根据探伤对象，作业地点周边环境一般为道路、空地、山林等场所，主要作业时间段为日间（8:00~18:00），项目主要环境保护目标为辐射工作人员及移动式探伤时监督区范围内偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员。

进行移动式探伤前，工作人员将充分评估探伤现场环境，划定控制区和监督区范围，在进行探伤过程中，采取必要的安全防护措施，如设置警戒绳、警示灯及电离辐射警告标志等，并安排现场管理员负责现场安全和警戒等工作，以减少对周围公众成员的辐射影响。

探伤装置及配套设施不作业时存放于广州市黄埔区科学大道 182 号创新大厦 C1 栋 206 房设备贮存间，并设置专用设备柜进行保管，设备贮存间四周主要为办公场所及仓库。设备贮存间及设备柜设有安全锁，钥匙由专门的管理人员负责管理，无关人员不能进入设备贮存间。设备贮存间只用于存放本项目设备及配套设施，任何情况下都不会在该场所使用射线装置。

建设单位所在区域图见图 1-1，建设单位办公场所平面布局图见图 1-2。

广州市地图



图 1-1 建设单位所在地区域图

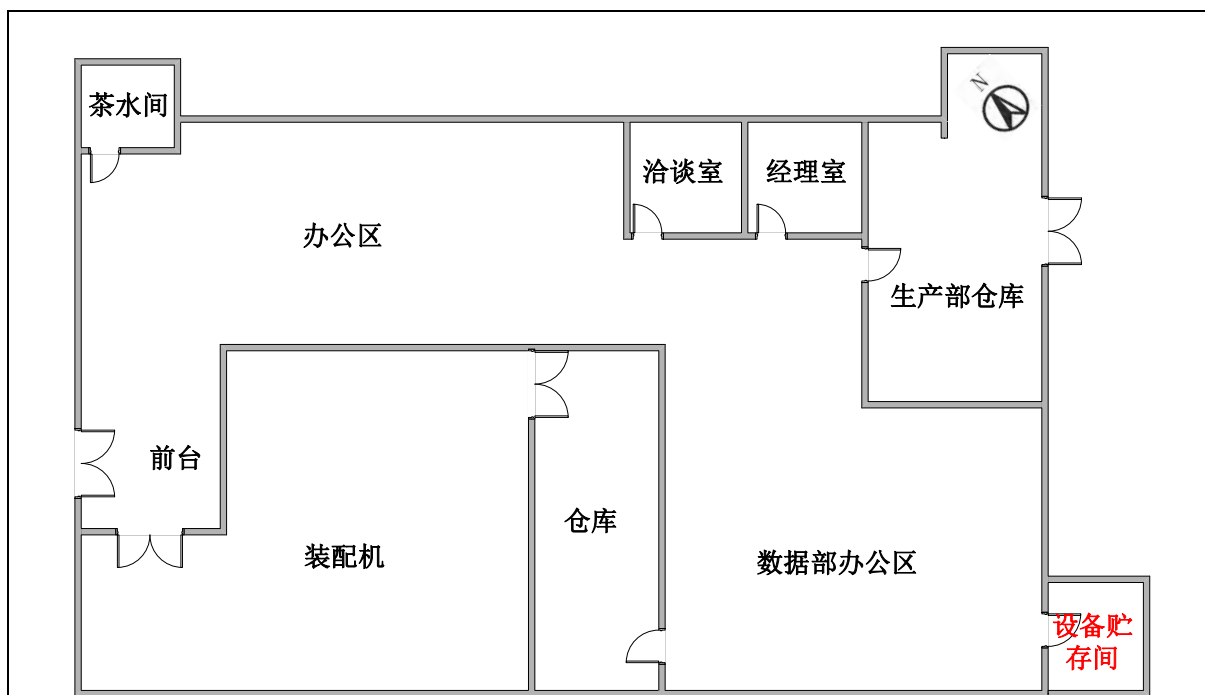


图 1-2 建设单位办公场所平面布局图

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，对电力设施中的耐张线夹等工件进行无损探伤，可以降低电力设施检测成本、提高检测效率，为消除缺陷隐患奠定基础，对保障电力设施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	脉冲式 X 射线探伤装置	II	1	XR150	150kV	脉冲式	工业探伤	移动式探伤，无固定项目地点	定向机
2	脉冲式 X 射线探伤装置	II	1	XRS3	270kV	脉冲式	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
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/m³ ; 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/m³）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) 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 γ 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) 《中国生态环境公报》（生态环境部）</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。根据理论计算，本项目计算监督区范围小于 100m，以探伤装置为中心，100m 的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 15μSv/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 μSv/h；

τ ——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 100μSv/周。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/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 15μSv/h 的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于 2.5μSv/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，在全国范围内各电网输电线路，对耐张线夹等金具进行无损探伤，无固定项目地点，典型的作业场所为输电线路铁塔，作业地点周边环境一般为道路、空地、山林等场所。

8.2 环境质量和辐射现状

建设单位在全国范围内开展移动式探伤，无固定项目地点。根据生态环境部发布的中国生态环境公报（网址：<https://www.mee.gov.cn/hjzl/hjzlqt/hyfshj/>）：2016~2023 年，全国环境电离辐射水平处于本底涨落范围内，环境 γ 辐射剂量率自动监测结果保持稳定，年均值范围在 85.5~88.5nGy/h。

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 2 台脉冲式 X 射线探伤装置，除参数不同外，其结构组成一致，探伤装置主要由 X 射线发生器、成像板、控制笔记本组成，辅助设备有安装支架、无人机等。探伤装置及辅助设备组成见图 9-1。



图 9-1 探伤装置及辅助设备组成图

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。

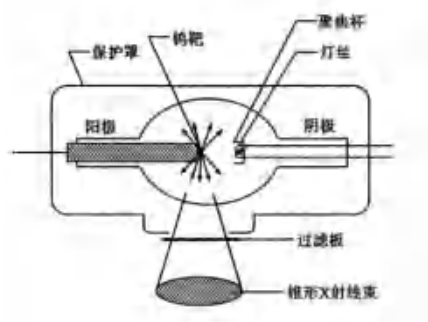


图 9-2 X 射线管示意图

9.2.2 工业 X 射线探伤原理

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。把闪烁体成像板放置在工件另一侧合适位置，入射射线在闪烁体内损耗并沉积能量，引起闪烁体中粒子的电离激发，之后受激粒子退激发出波长接近于可见光的闪烁光子。闪烁光子通过光导射入光电倍增管的光阴极并打出光电子，光电子受打拿级之间强电场的作用加速运动并轰击下一打拿级，打出更多光电子，由此实现光电子的倍增，直到最终到达阳极并在输出回路中产生电信号。电信号经笔记本电脑图像软件的处理，形成能够反映工件内部缺陷的数字图像，评片人员据此可以判断工件内部缺陷情况。

9.2.3 脉冲式探伤装置工作原理

当辐射工作人员启动型脉冲式 X 射线探伤装置时，控制系统向探伤装置内的转换器发送信号，使其开始振荡，并通过转换器将部分直流电逆变成 22kHz 的交流电，同时将高压电容器充电。高压电容器充电至峰值电压后，火花间隙将放出电弧，同时，脉冲检测器向控制系统发出信号，表明设备已脉冲就绪。当高压开关启动时，将产生持续 10nS~30nS 的脉冲高压，脉冲电压加到阴极和阳极之间，引起阴极等离子体场发射，产生大量电子，在电场作用下打到阳极产生脉冲 X 射线。

9.3 工作方式

本项目 X 射线探伤工作方式如下：

（1）本项目探伤工作属于移动式探伤，在全国范围内各电网输电线路，对耐张线夹等金具进行无损探伤，无固定项目地点。主要探伤对象为耐张线夹等金具，探伤对象材质主要为钢，厚度一般为 0.1mm~25mm，探伤作业高度在 5m 以上。在同一个场所中，每次探伤只根据工件的厚度选择 1 台设备进行探伤，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。辐射工作人员将 X 射线发生器安装固定在安装支架下方，成像板固定在安装支架上方。X 射线发生器与成像板的距离固定为 0.5m，有用线束方向固定朝上方照射，有用线束角度为 40 度。

（3）探伤过程由 3 名辐射工作人员共同完成。其中包括设备两名操作人员及一名现场管理人员。进行探伤时，一名操作人员操控无人机将安装好射线发生器、成像板的安装支架运输至输电线上指定的位置并自锁固定。另外一名辐射控制人员通过地面上的控制笔记本的控制系统控制射线发生器进行出束，现场管理人员负责对现场的辐射剂量率进行巡检。

（4）本项目成像方式为 DR 数字成像，无须使用胶片。成像板接收到的数字信号，通过无线中继器传输至笔记本电脑，经软件处理，得到探伤图像。

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

根据公司承接的探伤任务，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) 并领取足够的所需防护用品，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。

(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

辐射工作人员将 X 射线发生器安装固定在安装支架下方，成像板固定在安装支架上方。操作人员操控无人机将安装好射线发生器、成像板的安装支架运输至输电线上指定的位置并自锁固定。

(6) 曝光（涉源环节，产生 X 射线）

探伤装置安装完毕后，辐射工作人员在地面通过笔记本电脑的控制系统设置出束

的参数，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 γ 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曝光指令。

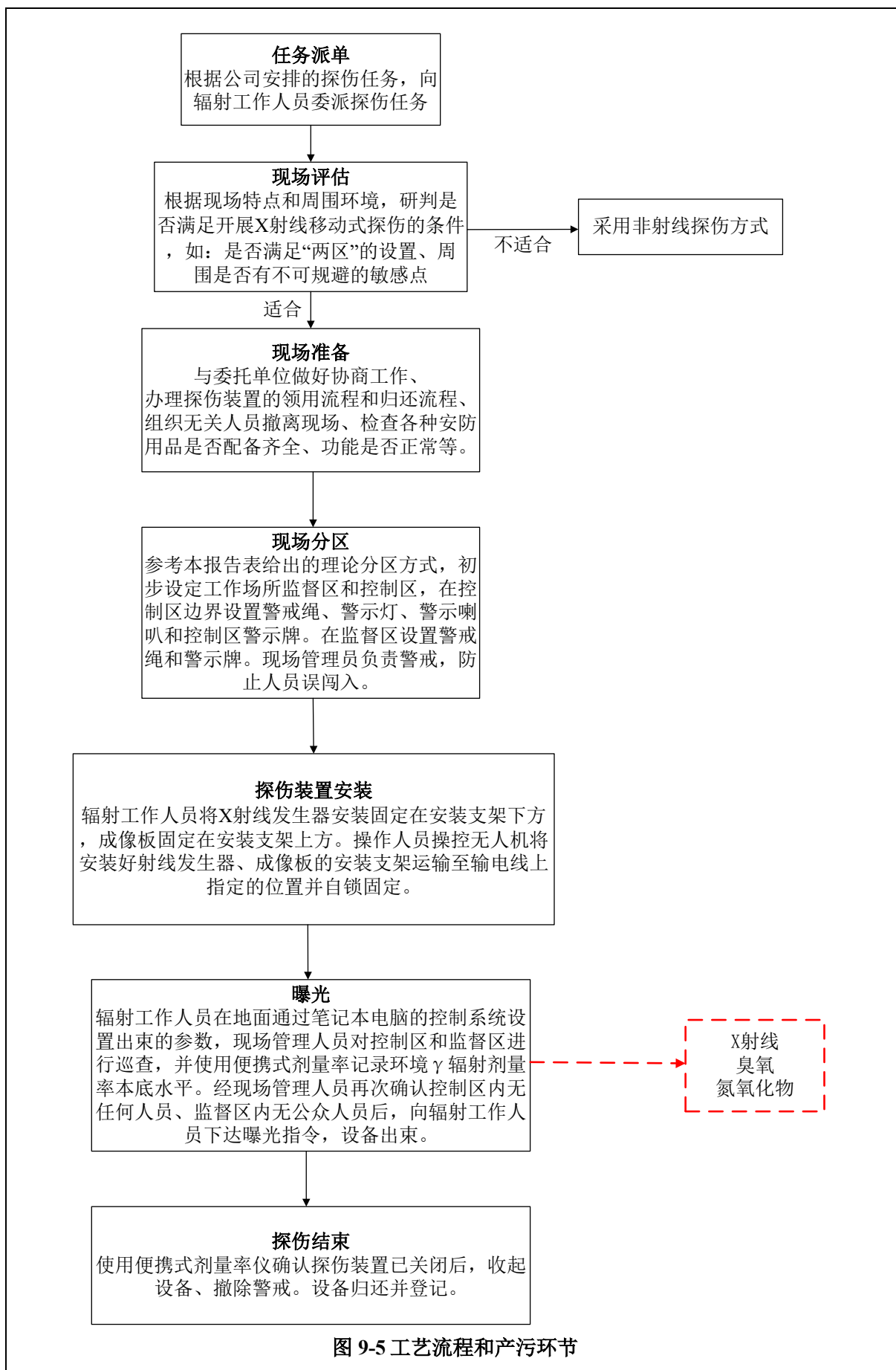
辐射工作人员点击出束指令，待延时出束时间倒数完毕后，开始初次曝光，现场管理人员使用便携式剂量率仪进行巡测确认分区合理性，并根据巡测结果调整分区方案。曝光过程中，现在管理人员对控制区和监督区的边界进行巡检，确保边界无人员闯入。

本项目使用的脉冲式 X 射线探伤装置不需要进行训机。

(7) 探伤结束

探伤结束后，使用便携式剂量率仪确认已停止出束，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。

本项目的工艺流程和产污环节见图 9-5。



9.5 工作负荷和人员配置

建设单位拟安排 3 名工作人员经辐射安全与防护培训和考核后成为辐射工作人员。进行探伤时，一名操作人员操控无人机将安装好射线发生器、成像板的安装支架运输至输电线上指定的位置并自锁固定。另外一名辐射控制人员通过地面上的控制笔记本的控制系统控制射线发生器进行出束，现场管理人员负责对现场的辐射剂量率进行巡检。在同一个场所中，每次探伤只根据工件的厚度选择 1 台设备进行探伤，不会多台设备同时进行探伤。

根据建设单位规划，项目开展后，每年工作 50 周，每周工作 5 天。计划每天巡检 1 条输电线路，约 30 个检测点位，每个检测点位拍摄 1 张图像，每张图像出束时间为 6s。则人员配置和工作负荷一览表见表 9-1。

表 9-1 人员配置和工作负荷一览表

人员配置	日出束时间/h	周出束时间/h	年出束时间/h
3 人	0.05	0.25	12.5

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 射线源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

本项目采用成像板成像，不需要进行洗片，不会产生显影剂、定影剂及废胶片等危险废物。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不必要的照射；

（2）对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员受到不必要的照射；

（3）探伤装置未到达既定位置已开机出束，使人员受到不必要的照射；

（4）设备控制系统发生故障，无法停止出束，造成人员不必要的照射。

9.7 源强分析和参数

本项目脉冲式探伤装置的最大管电压、最大管电流、有用线束角度、滤过条件、脉冲率、最大脉冲剂量、单次最大发射脉冲数、距辐射源 1m 处剂量率、距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率等由设备厂家提供，本项目的源强有关数据见表 9-2，参数说明见附件 2。

表 9-2 源强参数

项目	技术参数	
探伤装置型号	XR150 型	XRS3 型
最大管电压	150kV	270kV
最大管电流	脉冲式	脉冲式
最大脉冲率	3000 脉冲/h	3000 脉冲/h

单次脉冲最大发射量	200 脉冲	200 脉冲
距辐射源 0.305m 处的输出剂量	1.8~3.0mR/脉冲	2.0~4.0mR/脉冲
有用线束角	40°	40°
滤过条件	2mmAl	3mmAl
距辐射源 1m 处的最大输出剂量率	7.34mGy/h	9.78mGy/h
距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率	40.21μGy/h	331.13μGy/h
<p>注：1.“最大脉冲率”是指考虑射线发生器保护机制情况下，1 小时最多可以发出的脉冲数；</p> <p>2.换算参数 1R=8.76mGy；以 XR150 型探伤装置为例，最大脉冲率为 3000 脉冲/h，0.305m 处的输出剂量最大为 3.0mR/脉冲，则可以算得 0.305m 处的剂量率为 3000 脉冲/h×3.0mR/脉冲×8.76mGy/R/1000=78.84mGy/h，根据“剂量率与距离的平方成反比”反推 1m 处的剂量率=78.84×0.305²=7.34mGy/h；同理 XRS3 型探伤装置的剂量率可以算得为 9.78mGy/h；</p> <p>3.漏射剂量率的计算，根据设备厂家提供的实测数据，XR150 型探伤装置在非有用线束方向在距离源点 30cm 处允许最大剂量率为 0.85mR/50 脉冲；XRS3 型在非有用线束方向距离源点 30cm 处允许最大剂量率为 7.0mR/50 脉冲，可以分别计算出 XR150 型的 1m 处的泄漏剂量率为 40.21μGy/h、XRS3 型探伤装置的 1m 处的泄漏剂量率为 331.13μGy/h。</p>		

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，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、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具备指示灯和声音提醒功能，建设单位拟另外配置 2 个警示灯和 2 个警示喇叭，警示信号足够清晰，确保控制区的所有边界都可以听到。

(2) 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，有用线束固定朝上方照射。

(2) 操作人员位于控制区外操作探伤装置，探伤装置和控制台通过无线中继器进行连接，并尽可能利用现场掩体进行防护。

(3) 辐射工作人员监督区通过控制台控制出束时，现场管理员应通过对讲机

等多次确认现场人员已全部撤离，方可向操作人员下达出束指令。

(4) 探伤出束过程中如果出现异常，操作人员应在控制台确定探伤装置停止出束后，并携带个人剂量报警仪、便携式剂量仪缓慢行进到无人机降落位置执行处置，行进过程中若个人剂量报警仪、便携式剂量仪出现剂量异常报警，应立即停止行进，并退至安全区域。

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) 配备 1 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。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，移动式探伤期间按要求佩戴。

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，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) 探伤装置将放置在设备贮存间的设备存放柜内，设备贮存间为本项目探伤设备及配套设施的存放场所，任何情况下都不会在该场所使用射线装置。钥匙由专人负责保管，未经允许的情况下不能使用钥匙。

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携带个人剂量报警仪、个人剂量计和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。曝光时现场管理人员佩戴个人剂量报警仪、个人剂量计、便携式剂量率仪在探伤机控制区外巡测。

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的限值以内。

(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) 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，从而对现场进行更好的管控。通过现场勘查、无人机、卫星地图等方式勘查周围环境，确保监督区范围内不会有公园、学校、住宅、办公区等有人员密集场所。

(2) 进行探伤时，将射线发生器安装固定在安装支架下方，成像板固定在安装支架上方，确保有用线束方向固定朝上方照射，减少控制区和监督区的范围。

10.2.4 设备的固有安全性能

本项目拟使用的 XR150 型探伤装置设备自带急停按钮（按下立即停止出束）、警示灯（出束时进行声光警示）、电源指示灯（指示供电正常）、延时按钮（可设置延时为 5s~240s）、远程电缆连接器（可以连接控制线缆进行有线控制，也可以连接无线发射器进行无线控制）等辐射安全设施。XRS3 型探伤装置自带电

源开关（打开才能工作）、急停按钮（按下立即停止出束）、警示灯（出束时进行声光警示）、电源指示灯（指示供电正常）、延迟发射按钮（可设置延时 5s~240s）等辐射安全设施。XR150 型探伤装置辐射安全设施分布图见图 10-1，XRS3 型探伤装置辐射安全设施分布图见图 10-2，设备安全联锁逻辑图见图 10-3。





图 10-2 XRS3 型探伤装置辐射安全设施分布图

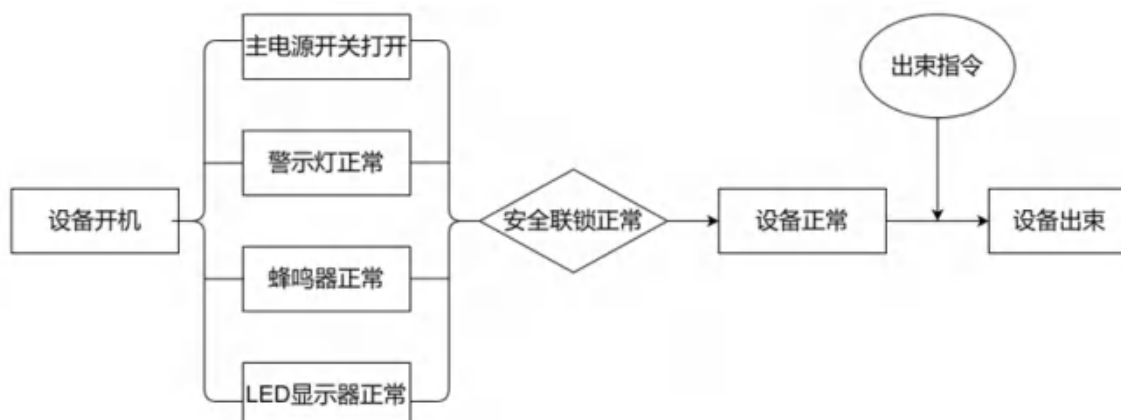


图 10-3 安全联锁逻辑图

10.2.5 辅助设备的安全性能

本项目配套的辅助设施有安装支架、无人机。无人机将安装支架吊装到输电线上指定位置后，卡扣会自动锁止，防止安装支架的偏移和走位，射线发生器安装盒设置了安全锁，射线发生器安装在里面后进行上锁，可以防止射线发生器在吊装、出束过程发生倾倒。无人机设置了监控摄像头，可以对安装支架位置、出束过程以及现场地面等进行实时监控。并搭载了精准导航与避障系统，可以快速定位至需要进行电网需要进行探伤的位置，并且可以有效避开飞行过程中的障碍物，防止带有射线发生器的安装支架发生碰撞导致倾倒。

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（ $15\mu\text{Sv/h}$ ）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。

建设单位拟配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪用于现场辐射监测，使用便携式 X- γ 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- γ 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- γ 剂量率仪将设置剂量率报警阈值（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。

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 10-1。

表 10-1 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	1 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	3 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	3 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	4 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	4 个	
警示喇叭	4 个	
控制区警示牌	4 个	
监督区警示牌	8 个	
对讲机	1 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》（GBZ117-2002）的要求：一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。控制区的边界应临时拉起警戒线（绳）等。

根据上述分区要求和表 11 的理论分析，结合探伤高度制定本项目的分区范围。由于最小探伤高度仅 5m，较矮，因此保守不考虑高度的影响，以源点在地面的投影为圆心，以理论的边界计算结果到地面的投影值作为分区范围。本项目移动式探伤理论监督区和控制区示意图见图 10-4。

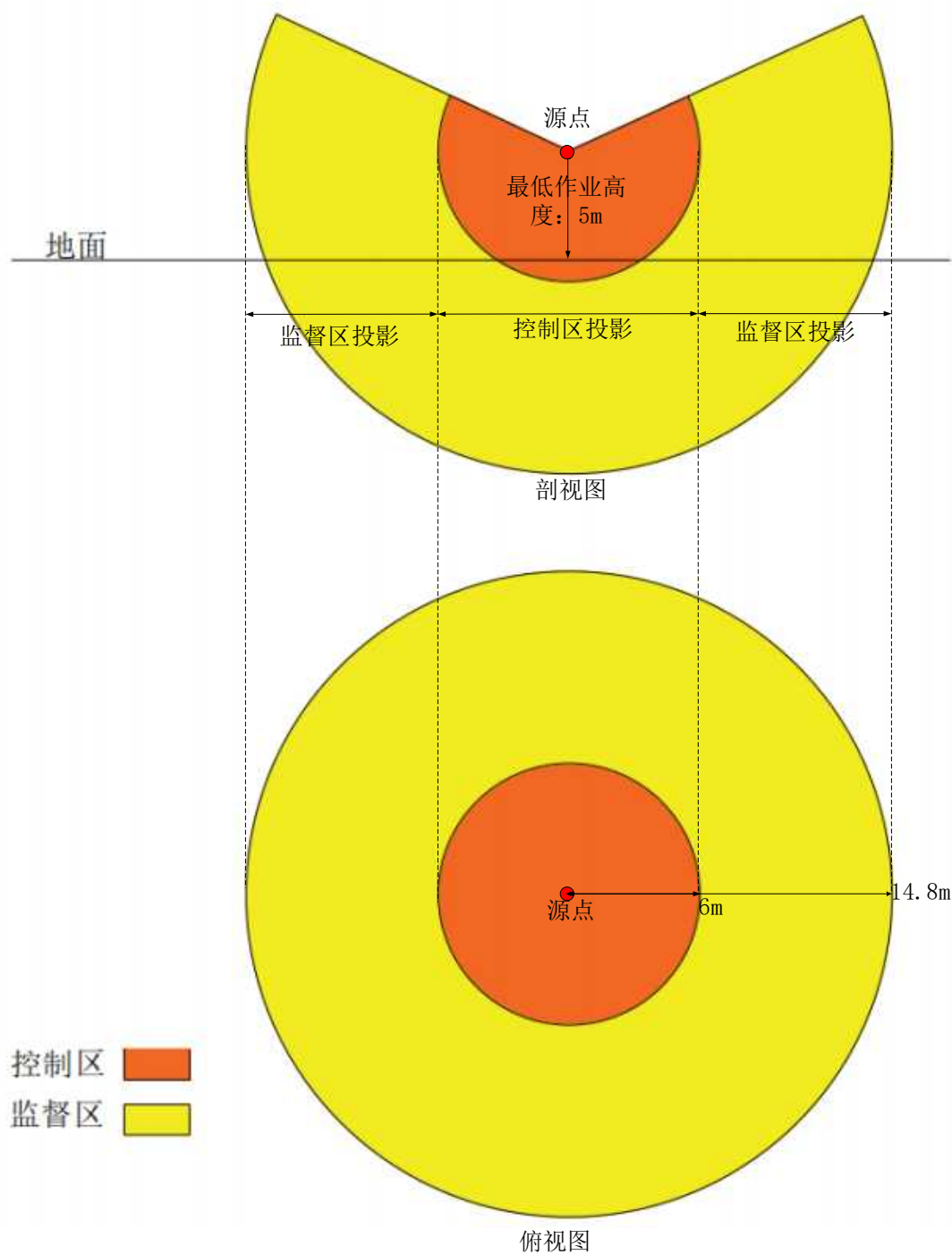


图 10-4 理论监督区和控制区示意图

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 and 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）。	在每次探伤工作之前，建设单位会对工作环境、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。	满足要求
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。	本项目每次开展移动式探伤仅使用一台探伤机，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。	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 $15\mu\text{Sv/h}$ 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 $15\mu\text{Sv/h}$ 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，尽可能利用现场的设施、天然屏障等作为控制区的边界；并在控制区边界临时拉起警戒绳。	满足要求
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，采取向下照射的方式，减小控制区和监督区的范围，从而对现场进行更好的管控。	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- γ 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 1 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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（探伤装置控制面板或 γ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低	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	满足要求

操作人员的受照剂量。	降低操作人员的受照剂量。	
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。	本项目拟使用的探伤装置具备指示灯和声音提醒功能。建设单位拟另外配置 2 个警示灯和 2 个警示喇叭，警示信号足够清晰，确保控制区的所有边界都可以听到。本项目不在夜间进行作业。	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。	本项目探伤装置的警示信号与探伤装置进行联锁。	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。	本项目将确保配置的警示灯和警示喇叭信号足够清晰，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。必要时调整控制区的范围	本项目配备 1 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 个人剂量计和 1 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。	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>小结：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> <p>10.5 日常检查与维护</p> <p>10.5.1 日常安全检查</p> <p>射线装置使用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辐射工作，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>		

- (1) 探伤装置外观是否完好；
- (2) 电池是否有老化、鼓包以及破损；
- (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，需由射线发生器生产厂家负责。

(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。

(6) 做好设备维修维护记录。

10.6 三废的治理

本项目采用数字成像式得到探伤结果，不会产生感光材料废物。

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。

表 11 环境影响分析

<p>建设阶段对环境的影响</p> <p>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。</p>
<p>运行阶段对环境的影响</p> <p>11.1 辐射剂量率估算</p> <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 15μSv/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 2.5μSv/h 的范围内划为监督区。</p> <p>进行探伤时，探伤装置有用线束固定向上照射，地面主要受到漏射、工件散射、天空反散射的辐射影响。本项目选取管电压和输出剂量均较大的 XRS3 型探伤装置进行估算。</p> <p>参考《工业 X 射线探伤室屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）：</p> <p>漏射线束在关注点的剂量率按公式（11-1）计算：</p> $\dot{H}_2=\frac{\dot{H}_L\times B}{R^2} \quad (11-1)$ <p>90°散射线在关注点的辐射剂量率按公式（11-2）计算：</p> $\dot{H}_3=\frac{\dot{H}_0\times B}{R_s^2}\times\frac{F\times a}{R_0^2} \quad (11-2)$ <p>式中：</p> <p>\dot{H}_0 距辐射源点 1m 处输出剂量率，μGy/h；</p> <p>B 屏蔽透射因子，本项目不考虑工件的屏蔽，取 1；</p> <p>R 辐射源点至关注点的距离，单位为 m；</p> <p>R_s 散射体至关注点的距离，单位为 m；</p> <p>\dot{H}_L 距辐射源点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 μSv/h；</p> <p>F R_0 处的辐射野面积，单位为 m²；</p>

- a 散射因子，入射辐射被单位面积（1 m²）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-03×10000/400；
- R₀ 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的夹角为 20°时，可取 1/50（200kV~400kV）。

有用线束垂直向上方照射时，射线会因受大气的反散射作用而造成周围地面附近辐射场增强，故还需要考虑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：

$$\dot{H}_3 = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad (11-4)$$

- \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，μSv/h；
- B_{XS} 屏蔽透射因子，取 1；
- Ω 由 X 射线源与射线张角形成的立体角， $\Omega=2\pi[1-\cos(40^\circ/2)]$ =0.379；
- d_i 在工件上方 2m 处离靶的垂直距离，本项目取 2.5m；
- d_s 辐射源点至关注点距离，m；
- D₁₀ 距辐射源点 1m 处剂量率。

不同距离的剂量率计算结果见表 11-1。

表 11-1 不同距离的的剂量率计算结果

距离 (m)	泄漏射线的 剂量率 (μSv/h)	散射射线的 剂量率 (μSv/h)	天空反散射 的剂量率 (μSv/h)	叠加剂量率 (μSv/h)
1	331.1	195.6	11.1	537.8
2	82.8	48.9	2.8	134.5
3	36.8	21.7	1.2	59.8
4	20.7	12.2	0.7	33.6
5	13.2	7.8	0.4	21.5

6	9.2	5.4	0.3	14.9
10	3.3	2.0	0.1	5.4
14.8	1.5	0.9	0.1	2.5
20	0.8	0.5	0.03	1.3

由表 11-1 可知，本项目使用的探伤装置正常工作时，在非有用线束方向上，距离辐射源点 6m 处叠加剂量率为 14.9 μ Sv/h，距离辐射源点 14.8m 处叠加剂量率为 2.5 μ Sv/h。

11.2 理论分区方式

《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 μ Sv/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 μ Sv/h 的范围内划为监督区。

根据上面的剂量率估算结果，以源点在地面的投影为圆心，水平距离 6m 处划为控制区边界，水平距离 14.8m 处划为监督区边界，分区示意图如图 11-1 所示。

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 μ Sv/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 μ Sv/h 的范围划为监督区。

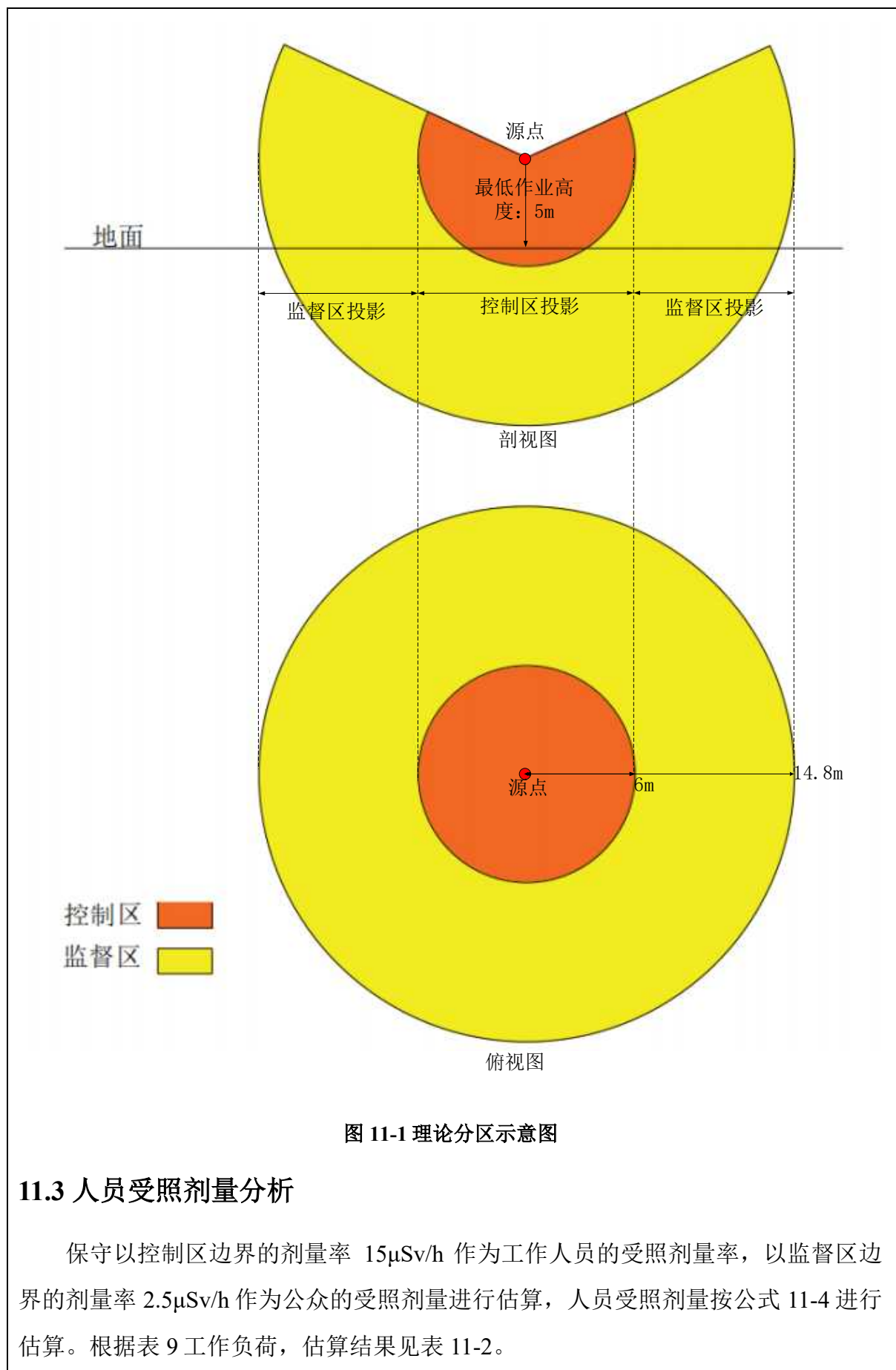


图 11-1 理论分区示意图

11.3 人员受照剂量分析

保守以控制区边界的剂量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 作为工作人员的受照剂量率，以监督区边界的剂量率 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为公众的受照剂量进行估算，人员受照剂量按公式 11-4 进行估算。根据表 9 工作负荷，估算结果见表 11-2。

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

其中：

E：保护目标的受照剂量， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ 或 $\text{mSv}/\text{年}$ ，以 $\text{mSv}/\text{年}$ 为单位时还应 $\times 10^{-3}$ ；

\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 11-2 保护目标受照剂量估算结果

保护目标	受照剂量率	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	$15\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.25h	12.5h	1	3.8	$1.9\text{E}-01$
公众	$2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	0.25h	12.5h	1/40	$1.6\text{E}-02$	$7.8\text{E}-04$

表 11-2 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 $3.8\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众场所的周最大剂量当量为 $1.6\text{E}-02\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，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 $1.9\text{E}-01\text{mSv}/\text{a}$ ，公众年最大有效剂量为 $7.8\text{E}-04\text{mSv}/\text{a}$ ，满足“辐射工作人员不超过 $5\text{mSv}/\text{a}$ 、公众不超过 $0.25\text{mSv}/\text{a}$ ”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不必要的照射；

（2）对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员受到不必要的照射；

（3）探伤装置未到达既定位置已开机出束，使人员受到不必要的照射；

(4) 设备控制系统发生故障，无法停止出束，造成人员不必要的照射。

本项目最严重的事故情景为：(3) 进行移动式探伤时，探伤装置未到达既定位置已开机出束，使人员受到不必要的照射。假设设备在地面直接出束，辐射工作人员距离出束口位置约 1 米，意外出束时间按探测 1 个工件 (6s) 进行估算，则人员在该情景下受到的意外照射剂量为： $6s \times 9.78\text{mGy/h} = 0.0163\text{mGy}$ 。

本项目发生的辐射事故时，工作人员受到的意外受照剂量未超过年剂量约束值，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保守为“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 所示。

表 12-1 辐射安全管理小组人员

岗位	姓名	职务
辐射防护负责人	秦毅	资深开发工程师
成员	邹韦	经理
	麦俊轩	中级交付工程师
	刘迪辉	中级交付工程师
	罗家健	高级交付工程师

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》（详见附件 3），包括以下章节：《辐射安全管理机构》、《辐射防护和安全保卫制度》、《岗位职责》、《安全操作规程》、《工作人员培训制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员职业健康检查》、《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 3 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。

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 1 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 γ 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 2.5μSv/h，控制区边界的周围剂量当量率应不超过 15μSv/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 5mSv/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
组长	秦毅	资深开发工程师
成员	邹韦	经理
	麦俊轩	中级交付工程师
	刘迪辉	中级交付工程师
	罗家健	高级交付工程师

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 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	XR150 型探伤装置设备自带有急停按钮、警示灯、电源指示灯、延时按钮、远程电缆连接器等辐射安全设施。
	XRS3 型探伤装置自带有电源开关、急停按钮、警示灯、电源指示灯、

	延迟发射按钮等辐射安全设施。
	3 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 1 台便携式剂量率仪用于现场辐射监测。
	配备 4 条警戒绳、4 个警示灯、4 个警示喇叭、4 个控制区警示牌、8 个监督区警示牌、1 套对讲机。
	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。
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 15 μ Sv/h，监督区边界的周围剂量当量率的控制值为 2.5 μ Sv/h。

表 13 结论与建议

13.1 结论

广州市赛皓达智能科技有限公司拟使用 2 台脉冲式 X 射线探伤装置，开展输电线路的 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

本项目对电网输电线路上的耐张线夹等金具进行无损探伤，可以降低电力设备检测成本、提高检测效率，为消除缺陷隐患奠定基础，对保障电力设施安全运行具有重要意义。在落实本次评价提出的各项污染防治措施后其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”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，以避免辐射事故的发生；

2、应定期或不定期针对 X 射线探伤装置的各种管理、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	
经办人	公章 年 月 日
审批意见	
经办人	公章 年 月 日

附件 1: 委托书

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《广州市赛皓达智能科技有限公司工业 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《广州市赛皓达智能科技有限公司工业 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。

广州市赛皓达智能科技有限公司

2025 年 10 月 20 日



附件 2：设备技术参数

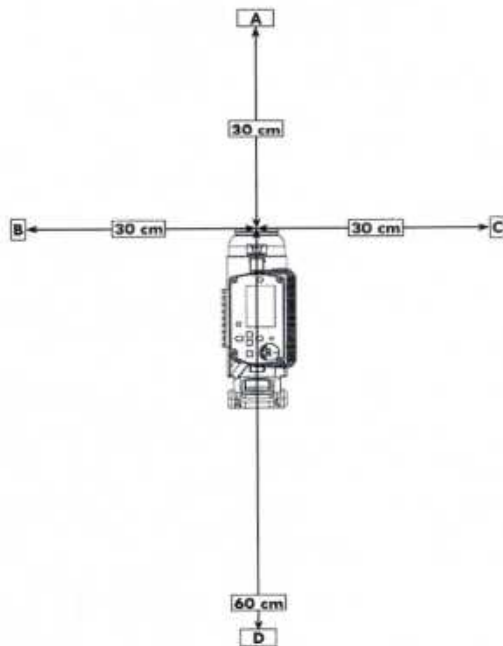
规格

物理尺寸，包括电池组				
模型	XR150	XR200	XRS3	XRS4
长度 (带电池)	10.49 在 (26.65 cm)	12.17 在 (30.91 cm)	15.42 在 (39.17 cm)	19.26 在 (48.92 cm)
宽度 (带壁板钢轨)	3.54 在 (8.99 cm)	4.26 英寸 (10.82 厘米)	4.26 英寸 (10.82 厘米)	4.80 英寸 (12.19 厘米)
高度 (无钥匙)	4.71 英寸 (11.96 厘米)	5.83 英寸 (14.81 厘米)	5.83 英寸 (14.81 厘米)	7.05 英寸 (17.91 厘米)
权重 (带电池)	5.7 lb (2.58 kg)	11.00 lb (5.00 kg)	11.80 lb (5.40 kg)	18.30 lb (8.30 kg)
X射线输出				
每脉冲X射线剂量 (单位 前12英寸)	1.8 至3 mR	2 mR至4 mR	2 mR至4 mR	4 mR至8.5 mR
每个电池充电的脉冲	9000 +	6000	5500	3000
每秒脉冲数	11 (名义)	10 (名义)	21 (名义)	9 (名义)
预期试管寿命 (玻璃 管)	30000脉冲	60000脉冲	100000脉冲	50000脉冲
X射线源大小	1/8英寸 (3mm)	1/8英寸 (3mm)	1/8英寸 (3mm)	1/8英寸 (3mm)
最大光子能量	150 kV	150 kV	270 kV	370 kV
输出功率	7.5 W	7.5 W	67.5 W	92.5 W
X射线脉冲宽度 (FWHM)	50 纳秒	50 纳秒	25 纳秒	10 纳秒
电气和热特性				
蓄电池电压	18-20 V	18-20 V	18-20 V	18-20 V
电池类型	锂离子	锂离子	锂离子	锂离子
电池充电时间	1 小时	1 小时	1 小时	1 小时
当前的画	13A @ 18-20 V	9A @ 18-20 V	20A @ 18-20 V	13A @ 18V
平均x射线管电流	0.5 mA	0.5 mA	0.25 mA	0.25 mA
储存温度	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)
工作温度	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)	-4° 至158° F (-20至70° C)
最大占空比	200 每 4 min 脉 冲 (每小时3000次 脉冲)	200 每 4 min 脉 冲 (每小时3000次 脉冲)	200 每 4 min 脉 冲 (每小时3000次 脉冲)	200 每 4 min 脉 冲 (每小时3000次 脉冲)
高温或高使用占空比	每50个脉冲休息30 秒, 每200个脉冲 休息4个min	每50个脉冲休息30 秒, 每200个脉冲 休息4个min	每50个脉冲休息30 秒, 每200个脉冲 休息4个min	每50个脉冲休息30 秒, 每200个脉冲 休息4个min
IP评级	IP 54	IP 54	IP 54	IP 54
最小备用时间	10 小时	10 小时	10 小时	10 小时
热身运动	不需要	不需要	不需要	不需要

*输出和表征测量是基于全电电池FWHM =全宽半最大值的脉冲

XR150

X-Ray Leakage Test



Test Pulses 50

Probe	Radiation Measured	Radiation Allowed	
		Min	Max
A	98 mR	90	150
B	0.28 mR		0.85
C	0.28 mR		0.85
D	BDL mR		0.20

Radiation Probe: Radcal 10X6-6

* Radiation measured in milliroentgens (mR)

BDL = Below Detectable Limits
which is 0.03 mR for this probe.

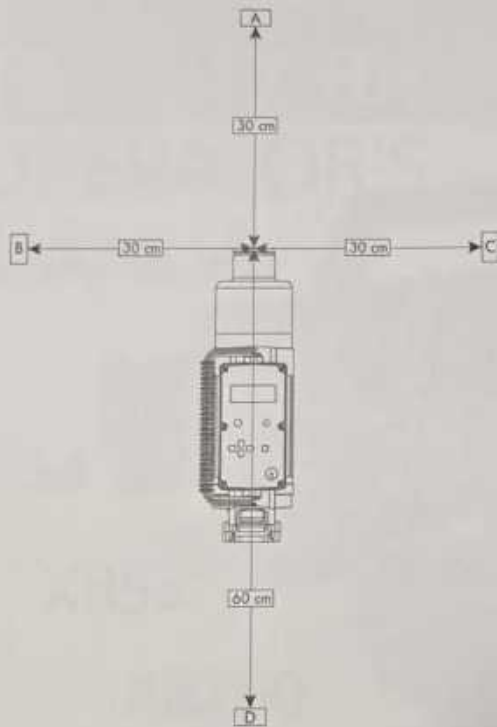
Tested By	Jerry Wright
Test Date	28 Oct 2024
Serial Num	8038
Head Num	142409044
Tube Code	240826310

Golden Engineering, Inc.
www.goldenengineering.com

6364 Means Road, Box 185
Centerville, IN 47330
(765) 855-3493
FAX: (765) 855-3492

XRS3

X-Ray Leakage Test



Test Pulses 50

Probe	Radiation Measured	Radiation Allowed	
		Min	Max
A	170 mR	100	200
B	3.20 mR		7.00
C	3.27 mR		7.00
D	BDL mR		0.70

Radiation Probe: Radcal 10X6-6

* Radiation measured in milliroentgens (mR)

BDL = Below Detectable Limits
which is 0.03 mR for this probe.

Tested By Jeff Weesner

Test Date 20 May 2024

Serial Num 12117

Head Num 352405003

Tube Code 240226223

Golden Engineering, Inc.
www.goldenengineering.com

6364 Means Road, Box 185
Centerville, IN 47330
(765) 855-3493
FAX: (765) 855-3492

广州市赛皓达智能科技有限公司 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。

辐射安全管理小组

辐射安全管理小组设置：

岗位	姓名	职务
辐射防护负责人	秦毅	资深开发工程师
成员	邹韦	经理
	麦俊轩	中级交付工程师
	刘迪辉	中级交付工程师
	罗家健	高级交付工程师

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 $15\mu\text{Sv/h}$ 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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 and 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）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

根据公司安排的抽查任务，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) 并领取足够的所需防护用品，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。

五、探伤装置安装

辐射工作人员将 X 射线发生器安装固定在安装支架下方，成像板固定在安装支架上方。操作人员操控无人机将安装好射线发生器、成像板的安装支架运输至输电线上指定的位置并自锁固定。

六、曝光（涉源环节，产生X射线）

探伤装置安装完毕后，辐射工作人员在地面通过笔记本电脑的控制系统设置出束的参数，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 γ 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曝光指令。

辐射工作人员点击出束指令，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，现在管理人员对控制区和监督区的边界进行巡检，确保边界无人员闯入。

本项目使用的脉冲式 X 射线探伤装置不需要进行训机。

七、探伤结束

探伤结束后，使用便携式剂量率仪确认已停止出束后，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。

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防护负责人应持证上岗，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。

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制件；

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。

辐射防护与安全年度评估报告制度

根据《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》、《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）的要求，辐射安全许可证持证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。

我单位应按照法律法规执行，于每年 1 月 31 日前通过国家核技术利用辐射安全申报系统向发证机关提交上一年度的评估报告。

1、辐射安全和防护年度评估报告应包含以下内容：

- （1）单位基本信息；
- （2）相关法律法规执行情况；
- （3）放射性同位素进出口、转让或者送贮情况及放射性同位素和射线装置台帐；
- （4）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （5）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实；
- （6）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况；
- （7）辐射工作人员管理；
- （8）档案管理；
- （9）辐射事故和应急响应；
- （10）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （11）存在的安全隐患及其整改情况；
- （12）评估结论。

2、有关要求

（1）辐射环境检测报告要求

辐射环境检测报告作为《辐射安全和防护年度评估报告》的附件上报，必需由具有 CMA 资质的单位出具（其中，环境 X、 γ 辐射剂量率检测方法应执行 HJ1157-2021 和 GBZ117-2022 标准要求）。

（2）报送要求

应于每年 1 月 31 日前通过国家核技术利用辐射安全申报系统向原发证机关提交上一年度的评估报告。

（3）其他要求

①应当从保障工作人员、公众健康和环境安全的高度，充分认识到辐射安全工作的社会责任，认真开展自我评估工作，重点清查安全隐患，自觉整改；

②评估报告须加盖骑缝章；

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，需由射线发生器生产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。

广州市赛皓达智能科技有限公司

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
组长	秦毅	资深开发工程师
成员	邹韦	经理
	麦俊轩	中级交付工程师
	刘迪辉	中级交付工程师
	罗家健	高级交付工程师

外部相关

:

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不必要的照射；

(2) 对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留控制区，导致工作人员受到不必要的照射；

(3) 探伤装置未到达既定位置已开机出束，使人员受到不必要的照射；

(4) 设备控制系统发生故障，无法停止出束，造成人员不必要的照射。

(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、重大辐射事故和特别重大辐射事故：

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 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、过程和人员伤亡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。