

编号: XH25EA024

核技术利用建设项目
广东天广能源科技发展有限公司
工业 X 射线移动式探伤项目
环境影响报告表

送审版

广东天广能源科技发展有限公司 (盖章)



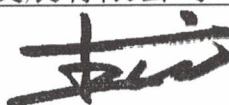
2025 年 04 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目
广东天广能源科技发展有限公司
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： 广东天广能源科技发展有限公司（盖章）

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址： 广东省广州市天河区天河路 116 号

邮政编码： 510620

联系人： 罗云照

电子邮箱：



联系电话：



编制单位和编制人员情况表

项目编号	71xue8		
建设项目名称	广东天广能源科技发展有限公司工业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）	广东天广能源科技发展有限公司		
统一社会信用代码	91440000707669285U		
法定代表人（签章）	李宏亮		
主要负责人（签字）	陈向东		
直接负责的主管人员（签字）	罗云照		
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	91440106M A 59D A A 73A		
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	BH 061992	陈健阳
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈健阳	项目基本情况、评价依据及评价标准、环境质量和辐射现状、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	BH 061992	陈健阳

编制主持人环境影响评价工程师资格证书

中华人民共和国 专业技术人员职业资格证书 (电子证书) 环境影响评价工程师 Environmental Impact Assessment Engineer 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。  制发日期：2022年08月31日	 姓 名：陈健阳 证件号码：[REDACTED] 性 别：男 出生年月：1989年09月 批准日期：2022年05月29日 管 理 号：20220503546000000001 
--	--

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	3
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
1.3.1 辐射实践的正当性	5
1.3.2 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	14
9.1 设备组成	14
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
9.2.3 脉冲式探伤装置工作原理	15
9.3 工作方式	16
9.4 工艺流程和产污环节	16
9.5 工作负荷和人员配置	19
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 设备固有安全性能	26
10.2.5 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 辐射安全与防护实施分案	30
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
11.1.1 垂直向上照射	36
11.1.2 垂直向上照射	37
11.1.3 分区边界距离估算	38
11.2 人员受照剂量分析	40
11.3 事故影响分析	40
11.3.1 辐射事故类型	40
11.3.2 事故预防措施	41
表 12 辐射安全管理	42
12.1 辐射安全与环境管理机构的设置	42
12.2 辐射安全管理规章制度	42
12.3 辐射工作人员	43
12.4 辐射监测计划	44
12.4.1 个人剂量监测	44
12.4.2 工作场所监测	44
12.4.3 辐射检测方案	45
12.5 辐射安全年度评估计划	46
12.6 辐射事故应急	47
12.6.1 辐射事故应急机构	47
12.6.2 人员培训和演习计划	48
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	49
12.7.3 时间节点	49
12.7.4 验收清单	49
表 13 结论与建议	51
13.1 结论	51
13.1.1 辐射安全防护及管理结论	51
13.1.2 环境影响结论	51
13.1.3 可行性分析结论	51

13.2 建议.....	52
表 14 审 批.....	53
附件 1：委托书.....	54
附件 2：参数证明文件.....	55
附件 3：辐射安全管理规章制度.....	57
附件 4：现场探伤工作和日常辐射监测记录表（模板）.....	80

表 1 项目基本情况

建设项目名称		广东天广能源科技发展有限公司工业 X 射线移动式探伤项目			
建设单位		广东天广能源科技发展有限公司			
法人代表	李宏亮	联系人	罗云照	联系电话	██████████
注册地址		广州市天河区天河路 116 号			
项目地点		广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省区内开展移动式探伤， 无固定项目地点 探伤装置及配套设施存放于广东省广州市天河区天河路 116 号 704 房 探伤设备存放间内			
建设项目总投资 (万元)		160	项目环保投 资(万元)	20	投资比例（环保投 资、总投资）
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m²）
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其它	/			
	1.1 项目概况				
1.1.1 建设单位情况					
广东天广能源科技发展有限公司（原广东天广工程监理咨询有限公司，以下简称天广能源公司或建设单位）是中国南方电网有限责任公司的全资子公司，由中国南方电网有限责任公司超高压输电公司代管，成立于 1998 年 12 月 23 日，注册资本 2000					

万元，资信情况“良好”，是一家具有电力（含火电、水电、核电、新能源）工程咨询单位甲级、电力工程监理甲级、水利水电工程监理乙级、房屋建筑工程乙级、输变电设备监理甲级、工程造价咨询甲级于一体的综合性服务企业。

天广能源公司下设总经理部、办公室、财务部、经营部、安生部、监理部、监造部、检修部、咨询部，人员规模 160 人，组织机构完善，人力资源雄厚，拥有大批年龄结构合理、具有国家注册的监理工程师、设备监理工程师、造价工程师、咨询工程师、安全工程师、一级建造师，电力工程高、中级专业技术人员，已通过质量管理体系认证、环境管理体系和职业健康安全管理体系认证，南方电网安全生产风险管理体系认证等级为三钻四星。

天广能源公司自成立以来，参与了西电东送工程建设的工程监理、设备监造、造价咨询等业务，荣获了中国电力建设企业协会授予的“中国建设监理创新发展二十年工程监理先进企业”和“全国电力建设优秀监理企业”称号，连续两届荣获中国设备监理协会授予的“全国优秀设备工程监理单位奖”，企业信用等级为 AAA 级，多次荣获广东省先进工程监理企业，连续九年获“广东省守合同重信用企业”。近年来建设单位服务的工程获得 9 项国家优质工程“金质奖”、2 项中国安装工程优质奖、5 项国家优质工程“银质奖”、25 项“中国电力优质工程奖”、1 项“中国电力科学技术奖二等奖”和 1 项“南方电网科学进步奖”。

1.1.2 项目来由和目的

脉冲式 X 射线探伤装置广泛应用于输变电无损检测，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，为拓展企业的检修业务，天广能源公司拟开展 X 射线移动式探伤工作：通过接受第三方委托的方式，在广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省区内各变电站或输电线路中的输变电设备压接部位进行移动式探伤，以提前发现和及时处理输变电设备压接不牢等情况，避免隐患扩大。为满足工作需求，天广能源公司拟购置 4 台便携式 X 射线探伤装置，用于开展输变电设备压接部位的探伤，根据探伤方式，本项目属于 X 射线移动式探伤。

天广能源公司拟分两期购置 4 台便携式 X 射线探伤装置，首期先行采购 2 台，后期视业务增长需求适时启动二期 2 台设备的补充采购。

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（其他工业用 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，受广东天广能源科技发展有限公司委托（委托书见附件 1），我公司对广东天广能源科技发展有限公司工业 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

天广能源公司拟开展工业 X 射线移动式探伤项目，配套使用 4 台便携式 X 射线探伤装置，探伤地点为广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省区内变电站或输电线路，具体场所不固定，探伤对象主要为输变电设备压接部位，材质为钢、铝，厚度约为 4-15cm。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	脉冲式 X 射线探伤装置	美国高登	XRS3	270kV	脉冲式	Ⅱ类	定向机	4 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，在广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省区内变电站或输电线路开展业务，具体场所不固定，探伤对象主要为输变电设备压接部位，周围环境一般为空地。

探伤装置及配套设施平时存放于广东省广州市天河区天河路 116 号 704 房探伤设备存放间内，探伤设备存放间四周主要为建设单位的检修部、办公室、财务部等场所。探伤设备存放间设有门锁，钥匙由专门的管理人员负责管理，无关人员不能进入探伤设备存放间。探伤设备存放间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。公司所在区域图见图 1-1，探伤设备存放间所在楼层平面布置图见图 1-2。

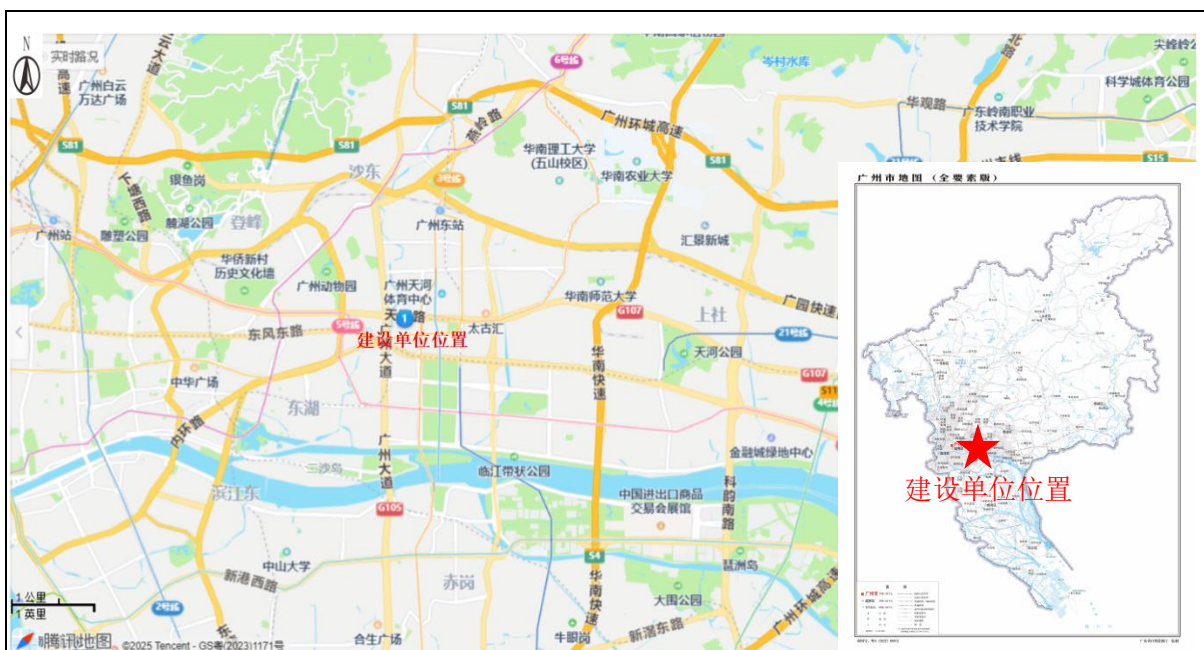


图 1-1 建设单位所在区域图

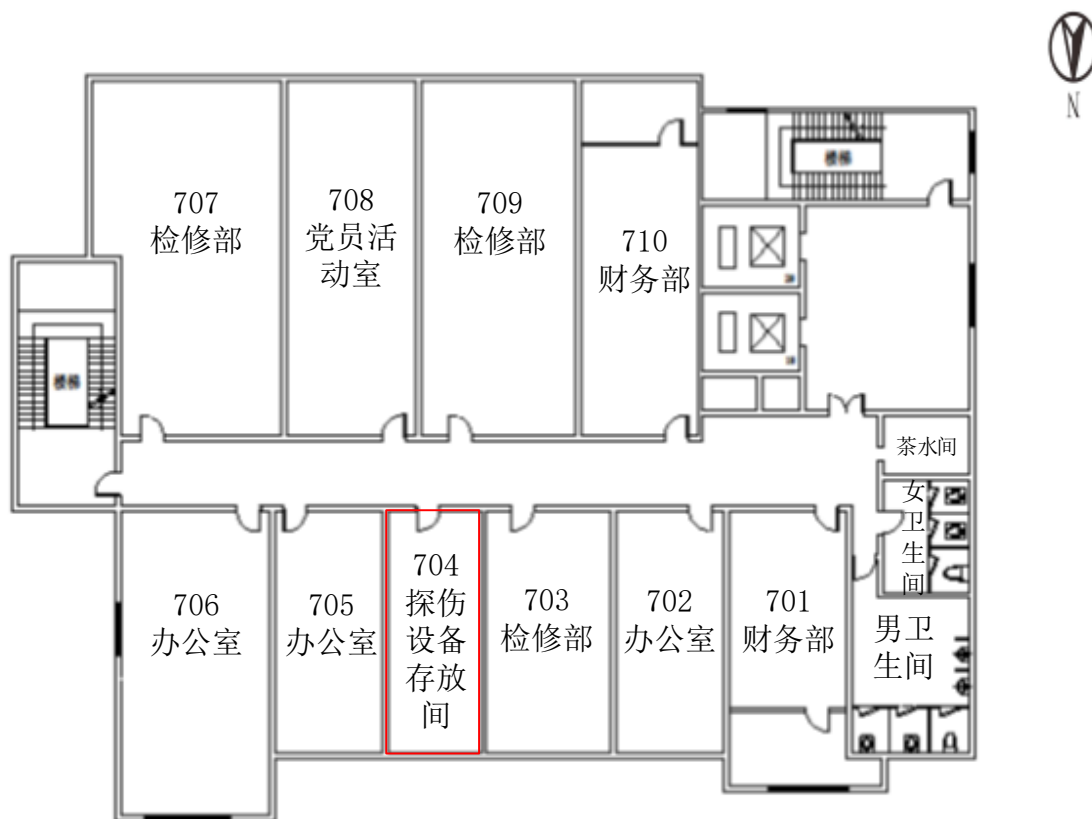


图 1-2 探伤设备存放间所在楼层平面布置图

1.3 辐射实践的正当性和辐射防护最优化

1.3.1 辐射实践的正当性

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。天广能源公司拟开展工业 X 射线移动式探伤项目，对输变电设备压接部位进行无损探伤，可以提前发现和及时处理输变电设备压接不牢等情况，避免隐患扩大，对保障电力设施安全运行具有重要意义。

本项目如能充分利用现场环境条件，合理划分监督区和控制区，采取可靠的现场管理和辐射防护措施，辐射影响可控制在可合理达到的尽可能低的水平。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”的要求。

1.3.2 辐射防护最优化

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。

本项目划分了合理且可操作的分区方式，通过采取距离防护、时间防护、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，将辐射工作人员和公众的辐射照射保持在可合理达到的尽量低水平。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。

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类	4 台	XRS3	270kV	脉冲式	输变电设备压接部位的探 伤检测	不固定	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	(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) (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) (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) (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) (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) (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) (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) (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) (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) (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) (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) (12)《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(2024 年 2 月 1 号实施)
------	--

技术标准	(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016) (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) (3)《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) (4)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单 (国卫通[2017]23 号) (5)《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) (6)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) (7)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) (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) (9)《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)
其他	(1)《中国生态环境状况公报》(2023 年) (2)《辐射防护导论》(方杰, 原子能出版社 1991 年出版) (3)《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲, 北京: 原子能出版社) (4) 建设单位提供的资料

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。根据表 11 理论计算的监督区范围小于 100m，本项目以探伤装置为中心的 100m 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	12 人	5mSv/a
监督区外评价范围内	公众	探伤现场管控人员，周围生产、生活的人群	1/40	人数不定	0.25mSv/a

注：参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 A，监督区外评价范围内公众为偶然居留、探伤周围环境一般为空地且每次作业场所均不固定，因此居留因子取 1/40。

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：

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

式中：

$\dot{H}$ ——控制区边界周围剂量当量率，单位为 μSv/h；

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 100μSv/周；

t——每周实际开机时间，单位为小时（h）。

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。

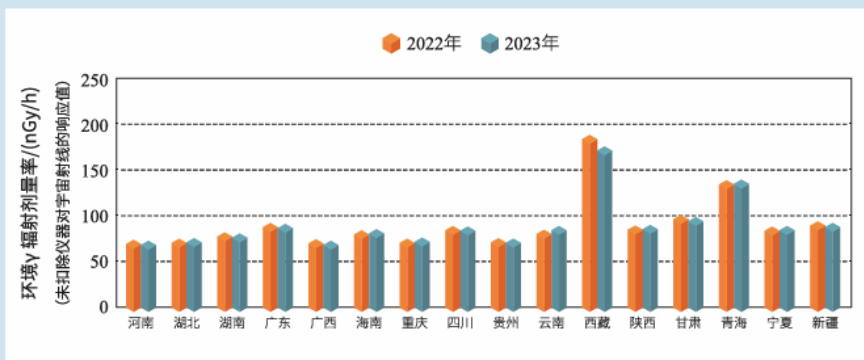
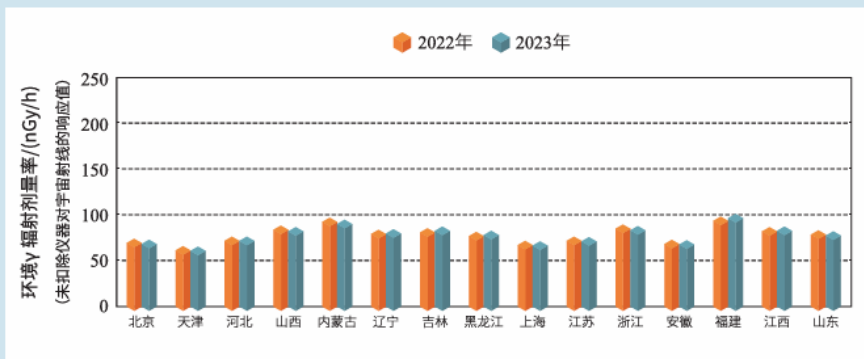
表 8 环境质量和辐射现状

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，探伤地点为广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省区内变电站或输电线路，具体场所不固定，探伤对象主要为输变电设备压接部位，周围环境一般为空地。

8.2 环境质量和辐射现状

建设单位探伤地点为广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省区内变电站或输电线路，引用中国生态环境状况公报（2023 年，<https://www.mee.gov.cn/hjzl/hjzlqt/hyfshj/202406/P020240605581594825690.pdf>）：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，年均值范围为 85.5~88.5nGy/h。广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省，未见异常。引用截图见图 8-1。



2023 年全国环境 γ 辐射剂量率自动监测结果及年际变化

图 8-1 2023 年全国环境 γ 辐射剂量率自动监测结果及年际变化截图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 设备组成

本项目拟购买使用的 XRS3 型脉冲式 X 射线探伤装置是美国高登研发的探伤装置，设备由 X 射线发生器、成像板及笔记本电脑（射线控制器、图像处理系统）组成，其射线发生器与射线控制器的连接方式为无线连接，XRS3 型脉冲式 X 射线探伤装置设备组成图见图 9-1。



图 9-1 XRS3 型脉冲式 X 射线探伤装置设备组成图

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，称之为轭致

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。

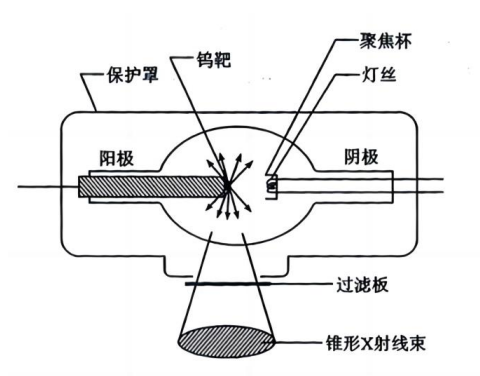


图 9-2 X 射线管示意图

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

脉冲高压发生器产生脉冲高压，向贮能电容充电，当电容上电压上升到 10kV 左

右时，开关自行击穿，贮能电容通过开关向脉冲变压器初级放电；脉冲变压器次级电压上升到上百 kV 时，锐化器自行击穿；一个上升时间很快的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，脉冲频率通常在几十至几百赫兹之间。

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，探伤地点不固定，探伤对象主要为输变电设备压接部位，材质为钢、铝，检测厚度约为 4-15cm。

（2）探伤工作前，辐射工作人员佩戴安全帽、安全带、安全绳、个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 剂量率仪等安防用品。

（3）进行输电线探伤时，需要高空作业，探伤高度在 20m 以上，2 名辐射工作人员（高空作业人员）将射线发生器、成像板分别在工件需要探伤位置的两侧紧贴工件进行安装，然后退至控制区外。1 名辐射工作人员在监督区通过射线控制器控制射线发生器进行出束，有用线束垂直向上照射，有用线束角度为 40°。

（4）进行变电设备探伤时，根据检测需求，2 名辐射工作人员负责将射线发生器、成像板分别在工件需要探伤位置的两侧紧贴工件进行安装，然后退至控制区外。1 名辐射工作人员在监督区通过射线控制器控制射线发生器进行出束，有用线束水平方向照射，有用线束角度为 40°。

（5）本项目成像方式为 DR 数字成像，无须使用胶片，射线发生器、成像板和控制笔记本之间采用无线通讯方式，成像板接收到数字信号后传回笔记本电脑，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）接受委托

根据委托方递交的探伤委托单和相关要求，公司下派现场探伤任务单，每个探伤任务安排一个工作组外出。

(2) 现场评估

结合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。不适合 X 射线探伤则采取其他探伤方式。

适合 X 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、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 X 射线探伤装置的出库手续填写使用登记表，并领取足够的现场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 X- γ 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，将由现场管控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完好，在检测有效期内。核实工作票及安全措施票、接地线拆装登记表等齐全；核实确认输电线路已停电并安装接电线，各项安全措施已落实到位。

召开作业班前会。交代风险点和安全管理事项，包括 X 射线照射、高空坠落、人身触电等风险；检查人员精神状态；交代工作内容并确认签字人员精神状态、是否饮酒进行检查。

(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，拉好安全围栏、警绳，由现场管控人员负责警戒，防止人员误闯被误照射。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，提醒公众勿接近辐射工作区。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，使用的探伤装置具有提示“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；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”警告牌和电离辐射警告标志。

(5) 探伤设备安装

进行输电线探伤时，需要高空作业，探伤高度在 20m 以上，2 名辐射工作人员（高空作业人员）将射线发生器、成像板分别在工件需要探伤位置的两侧紧贴工件进行安装，然后退至控制区外。1 名辐射工作人员在监督区通过射线控制器控制射线发生器进行出束，有用线束垂直向上照射。

进行变电设备探伤时，根据检测需求，2 名辐射工作人员负责将射线发生器、成像板分别在工件需要探伤位置的两侧紧贴工件进行安装，然后退至控制区外。1 名辐射工作人员在监督区通过射线控制器控制射线发生器进行出束，有用线束水平方向照射。

(6) 曝光（涉源环节，产生 X 射线）

X 射线装置开机并进行参数设置，设备无线连接。开始现场曝光前，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，才向操作人员发出曝光指令，通过控制器控制射线出束。

探伤过程中，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。

(7) 现场监测

探伤前，应监测监督区和控制区边界距地 1m 高处环境 γ 辐射剂量率；

初次曝光时，先使用便携式 X- γ 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。

探伤作业期间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。巡测时，应在探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照本报告确定的剂量率值确定控制区边界，以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界。

(8) 探伤结束

探伤结束后，X 射线装置关机，使用便携式 X- γ 剂量率仪确认 X 射线发生器已关闭，设备及高空作业人员先后下塔，工作人员收起设备、撤除警戒。

本项目的工艺流程和产污环节见图 9-3。

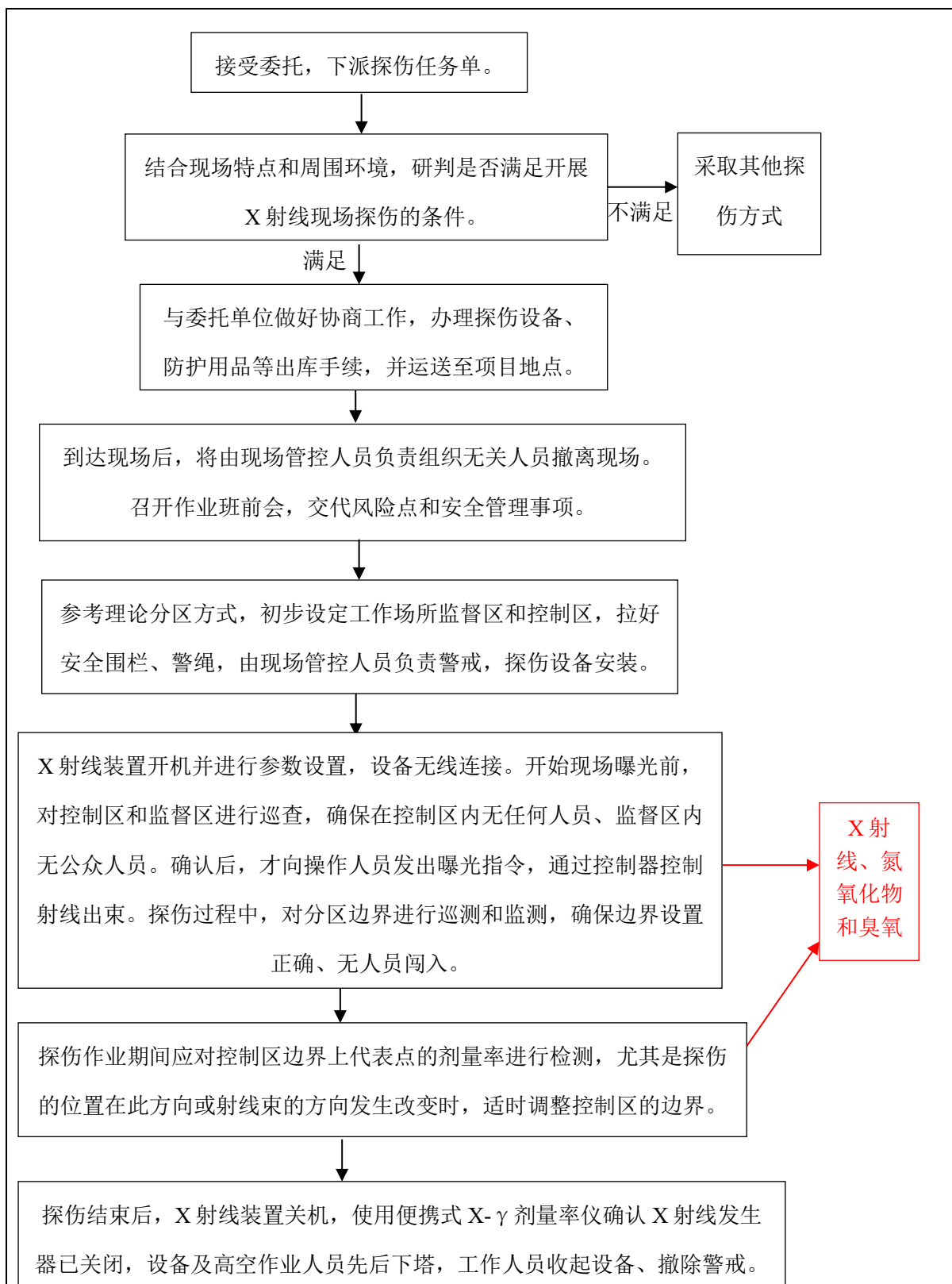


图 9-3 现场探伤工艺流程和产污环节

9.5 工作负荷和人员配置

建设单位拟安排 12 名辐射工作人员，分 4 个现场工作组，每个工作组安排 2 名

人员负责设备安装，1 名人员负责探伤操作。

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，每个工作组每天最多接受一家企业的委托开展移动式探伤。每个工作组每天工作一般不超过 7.5 小时，每天最多探伤 72 个工件，每个工件需拍摄 2-3 张图像，每个工作组每天最多可拍摄 200 张图像。每张图像的出束时间约为 3s。

本项目移动式探伤日最大出束时间为 0.17 小时，周出束时间为 0.85 小时，年出束时间为 42.5 小时。

本项目使用的 XRS3 型脉冲式 X 射线探伤装置不需要进行训机。

工作负荷一览表见表 9-1。

表 9-1 工作负荷一览表

类型	日出束时间/h	周出束时间/h	年出束时间/h
每个工作组	0.17	0.85	42.5

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，X 射线探伤装置只有在开机处于曝光状态下才会发出 X 射线。正常工况下通常分为三种射线，即（i）从 X 射线出束口发射出的有用射线；（ii）从 X 射线管防护套发射的漏射线；（iii）以上这些射线经过散射体（受检工件等）后产生的散射线。有用射线是产生辐射剂量的主要部分，泄漏辐射和散射辐射的占比相对很小。

在正常工况下，距离、受检物体或探伤现场的其他物体会减弱 X 射线强度，但由于 X 射线的直射、反射及散射，可能有衰减后的射线对现场的辐射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。

(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，可能产生辐射事故影响的情形有：

（1）现场探伤人员沟通失误，人员还未撤离控制区，设备已开机出束，使人员受到不必要的照射；

（2）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；

（3）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。

9.7 源强分析和参数

本项目的 XRS3 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，该设备源强有关数据见表 9-2；参数证明文件见附件 2。

表 9-2 XRS3 型探伤装置源项参数

项目	技术参数
型号	XRS3
最大管电压	270kV
最大管电流	脉冲式
最大脉冲率	3000 脉冲/h
距辐射源 0.305m 处的输出剂量	2.0~4.0mR/脉冲
有用线束角	40°
滤过条件	3mmAl
距辐射源 1m 处的最大输出剂量率	9.78mGy/h
距离辐射源 1m 处的泄漏剂量率	331.13μGy/h

注：1. “最大脉冲率”指考虑射线发生器保护机制下，射线发生器 1 小时内可以发出的最大脉冲数量；

2. 该设备最大脉冲率为 3000 脉冲/h, 0.305m 处的输出剂量最大为 4.0mR/脉冲, 1R=8.76mGy, 则可以算得 0.305m 处的剂量率为 $3000 \text{ 脉冲/h} \times 4.0 \text{ mR/脉冲} \times 8.76 \text{ mGy/R} / 1000 = 105.12 \text{ mGy/h}$, 根据“剂量率与距离的平方成反比”反推 1m 处的剂量率 $= 105.12 \times 0.305^2 = 9.78 \text{ mGy/h}$;

3. 漏射剂量率的计算, 根据设备厂家提供的出厂标准, XRS3 型探伤装置在非有用线束方向距离源点 30cm 处的允许最大剂量率为 7.0mR/50 脉冲, 计算出 XRS3 型探伤装置的 1m 处的泄漏剂量率为 $331.13 \mu\text{Gy/h}$ 。

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。核实工作票及安全措施票、接地线拆装登记表等齐全，输变电设备已停电并安装接电线。

(2) 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。

(3) 到达现场后，将由现场管控人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，各项安全措施已落实到位。根据工件情况和曝光条件用便携式 X- γ 剂量率仪确定监督区域，拉好安全围栏、警绳。由现场管控人员负责警戒，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) 拟在控制区边界配备警示灯和警示喇叭，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，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，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) 操作人员位于控制区外操作射线装置。

(3) 将探伤设备安装在待检工件的正确位置，并确定其牢固。

(4) 辐射工作人员监督区通过控制台控制出束时，现场管控人员应通过对讲机等多次确认现场人员已全部撤离控制区外，方可向操作人员下达出束指令。

(5) 探伤机设备出束过程中如果出现异常，操作人员应在控制台确定探伤机停止出束后，并携带个人剂量报警仪、便携式 X- γ 剂量仪缓慢行进到安装点位置执行处置，行进过程中若个人剂量报警仪、便携式 X- γ 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) 每次开始现场探伤前，现场管控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，现场管控人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。

(3) 每个探伤工作组配备 1 台便携式 X- γ 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 X- γ 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，现场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

建立现场探伤工作记录表（见附件 4），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，以便对辐射工作进行全过程记录管理。

本项目的射线装置将放置在探伤设备存放间内，探伤设备存放间专门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

本项目现场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，初次曝光时探伤作业人员携带个人剂量报警仪、个人剂量计和便携式 X- γ 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，确保控制区内没有工作人员，并禁止无关人员进入监督区。曝光时探伤作业人员佩戴个人剂量报警仪、个人剂量计、便携式 X- γ 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，熟悉现场探伤操作规程。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受照时间。

(3) 合理选择探伤时间：选择人少时候进行探伤作业。

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，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) 探伤输电线时，将成像板固定在线路上方，采取向上照射的方式；当探伤变电设备时，一般需要水平方向照射，通过现场勘查、卫星地图等方式，筛选水

平照射的方位，有用线束不得朝有公园、学校、住宅、办公区等有人员居留的方位照射，应尽量往山体、原野等方位进行照射。

10.2.4 设备固有安全性能

本项目拟使用的 XRS3 型 X 射线探伤装置自带有电源开关（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~100s）等辐射安全设施，分布图见图 10-1。本项目的探伤机设有安全联锁功能，所有安全设施均设置了联锁回路。要求主电源开关打开、急停按钮复位、警示灯正常、电源指示灯正常等全部安全联锁设施生效的情况下射线装置才能启动，才能正常出束，一旦其中有一道设施未到位，射线装置则不能启动。X 射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X 射线立即切断出束。



图 10-1 XRS3 型 X 射线探伤装置辐射安全设施分布图

10.2.5 检测仪器和安防用品

建设单位拟为现场探伤的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（ $15\mu\text{Sv/h}$ ）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 4 台便携式 X- γ 剂量率仪（每台探伤装置配备 1 台）用于现场辐射监测，使用便携式 X- γ 剂量率仪对现场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 剂量率仪在现场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。

建设单位拟为现场探伤配备警戒绳、警示灯、警示喇叭、控制区警示牌及监督区警示牌等用于现场分区管理，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；在监督区边界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 X- γ 剂量率仪	4 台	对分区边界的辐射水平进行巡测，确保合理分区。
个人剂量报警仪	12 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	12 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	40m×4 根 200m×8 根	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	12 个	
对讲机	4 套	用移动式探伤现场沟通

10.3 辐射工作场所布局 and 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。

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。保守不考虑高度的影响，以理论的边界计算结果到地面的投影值作为分区范围，本项目探伤装置的监督区和控制区范围示意图见图 10-2 至图 10-3。

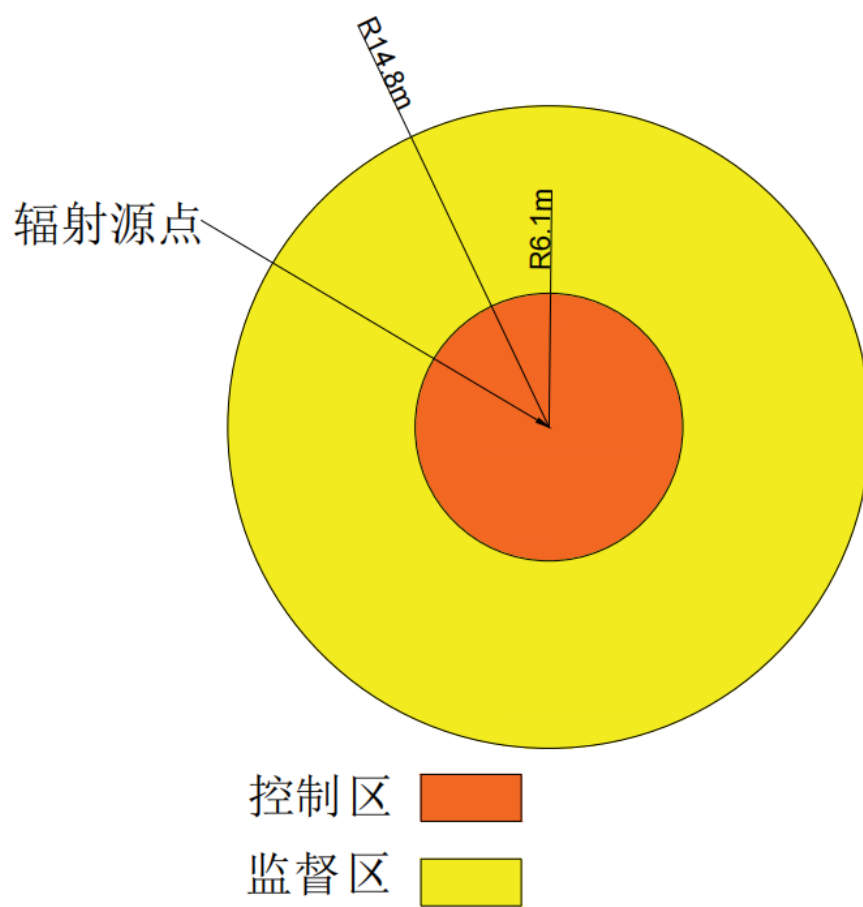


图 10-2 垂直向上照射时监督区和控制区范围示意图

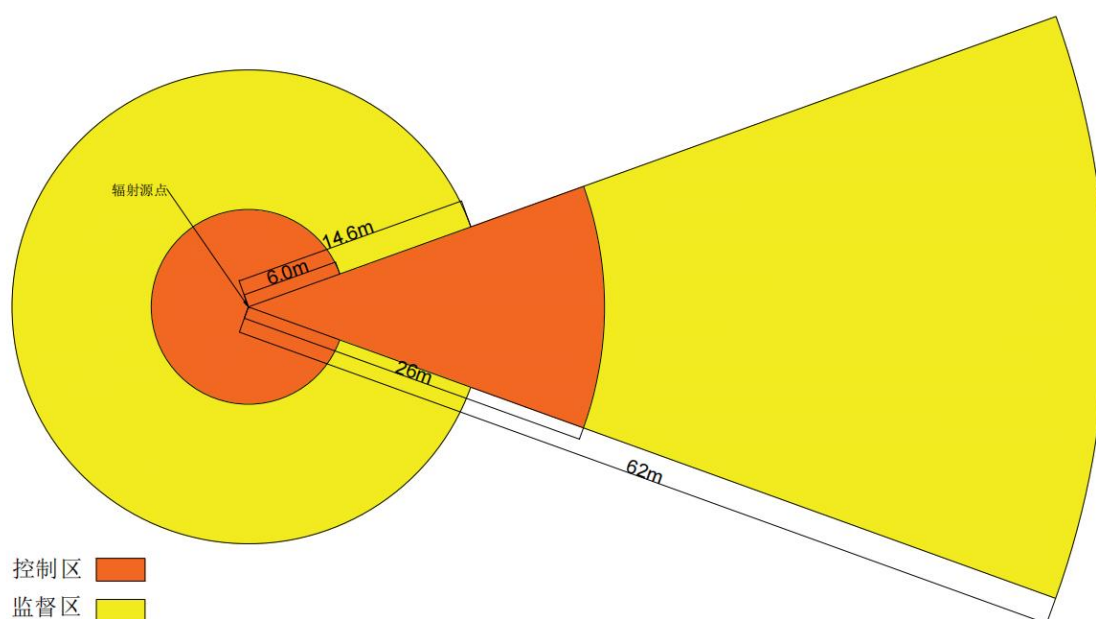


图 10-3 水平照射时监督区和控制区范围示意图

10.4 辐射安全与防护实施分案

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	实施方案	分析
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。	本项目按照 X 射线探伤装置数量设置探伤工作组，最多设置 4 个工作组，每个工作组配置 3 名辐射工作人员，均为专职人员。	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，建设单位与委托单位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 μ 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 μ 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。	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。	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，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，采取向上照射的方式，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，报警仪有实时监测和报警功能；为每个工作组配备 1 台便携式 X-γ 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”警告牌和电离辐射警告标志，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。	满足要求
7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制	本项目的探伤装置的控制装置设置在监	满足要求

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, 以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	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。	本项目探伤装置的警示信号指示装置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清楚听到。	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。	将在监督区边界和建筑物出入口的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。	开始现场探伤前, 现场管控人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, 现场管控人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, 工作期间设有良好的照明, 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	本项目使用便携式 X- γ 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。	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 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常使用。便携式 X-γ 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，现场探伤期间按要求佩戴，同时使用个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。	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）。	本项目设备为定向机，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，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
小结：综上所述，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。 10.5 日常检查与维护 10.5.1 日常安全检查 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： （1）射线装置外观是否完好；		

(2) 钥匙开关闭合、急停按钮复位是否正常；

(3) 报警设备和警示灯是否正常运行；

(4) 螺栓等连接件是否连接良好；

(5) 控制系统是否正常；

(6) 安全联锁是否正常工作。

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，并且至少两人参与维修维护工作。

(2) 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，并经复查确认无电后，开展维修工作。

(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 X 射线管相关的维修，需由 X 射线管生产厂家负责。

(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。

10.6 三废的治理

本项目采用数字成像得到探伤结果，不会产生放射性废水、放射性废气及感光放射性废物。

在现场空旷场地开展 X 射线探伤，由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

建设阶段对环境的影响	
本项目为 X 射线移动式探伤，探伤装置生产和调试均由装置厂家完成，故项目建设阶段不涉及射线装置使用和其他施工建设，对周围环境无影响。	
运行阶段对环境的影响	
11.1 辐射剂量率估算	
通常情况下，移动式探伤无专设的辐射屏蔽设施，只能靠距离防护减少工作人员的受照剂量。探伤装置有用线束在垂直向上或水平方向照射。	
参考《工业 X 射线探伤室屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），有用线束在关注点的剂量率按公式（11-1）计算：	
$\dot{H}_1 = \frac{\dot{H}_0 \times B}{R^2} \quad (11-1)$	
漏射线束在关注点的剂量率按公式（11-2）计算：	
$\dot{H}_2 = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad (11-2)$	
90°散射线束在关注点的辐射剂量率按公式（11-3）计算：	
$\dot{H}_3 = \frac{\dot{H}_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-3)$	
式中：	
$\dot{H}_0$	距辐射源点 1m 处的输出剂量率，单位为 $\mu\text{Gy/h}$ ；
B	屏蔽透射因子，本项目不考虑工件屏蔽，取 1；
R	辐射源点至关注点的距离，单位为 m；
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 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；
F	R_0 处的辐射野面积，单位为 m^2 ；

a	散射因子，入射辐射被单位面积（1m 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 1.9E-03×10000/400；
R ₀	辐射源点至散射体的距离，单位为 m；
$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	根据 GBZ/T250-2014 中 B.4.2，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）。

11.1.1 垂直向上照射

有用线束垂直向上照射时，监督区和控制区边界距离的估算主要考虑工件散射、漏射、天空反散射的辐射影响。

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

$$\dot{H}_4 = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad (11-4)$$

$\dot{H}_4$	在距离 X 射线源 d _s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率，μSv/h；
B _{XS}	X 射线的屏蔽透射比；
Ω	由 X 射线源与射线张角形成的立体角，Ω=2π[1-cos（40°/2）]=0.379；
d _i	在工件上方 2m 处离靶的垂直距离，本项目保守取 2.0m；
d _s	X 射线源至关注点的距离，m；
D ₁₀	距离 X 射线辐射源 1m 处的剂量率，单位为 μGy/h。

计算有关参数列于表 11-1，垂直照射时辐射剂量率的计算结果列于表 11-2。

表 11-1 计算有关参数一览表

项目	参数
$\dot{H}_0$ （mGy/h）	9.78
$\dot{H}_L$ （μGy/h）	331.13

$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	1/50
Ω	0.379
d_i (m)	2.0

表 11-2 垂直照射时的剂量率计算结果

距离 (m)	泄漏射线的剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射射线的剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	天空反散射的剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	331.1	195.6	17.3	544.0
2	82.8	48.9	4.3	136.0
3	36.8	21.7	1.9	60.4
4	20.7	12.2	1.1	34.0
5	13.2	7.8	0.7	21.8
6.1	8.9	5.3	0.5	14.6
10	3.3	2.0	0.2	5.4
14.8	1.5	0.9	0.1	2.5
20	0.8	0.5	0.04	1.4

由表 11-2 可知，本项目的探伤装置向上照射时距离辐射源点 6.1m 处叠加剂量率为 14.6 $\mu\text{Sv/h}$ ，距离辐射源点 14.8m 处叠加剂量率为 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

11.1.2 垂直向上照射

水平照射时，监督区和控制区边界距离的估算主要考虑有用线束、工件散射、漏射的辐射影响。有用线束方向的剂量率计算结果见表 11-3。

表 11-3 有用线束方向剂量率计算结果

距离 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
5	391.2
10	97.8
20	24.5
26	14.5
30	10.9
40	6.1
50	3.9
60	2.7
62	2.5
70	2.0
80	1.5

非有用线束方向的剂量率计算结果见表 11-4。

表 11-4 非有用线束方向剂量率计算结果

距离 (m)	泄漏线束的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射线束的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	331.1	195.6	526.7
5	13.2	7.8	21.1
6	9.2	5.4	14.6
10	3.3	2.0	5.3
14.6	1.6	0.9	2.5
20	0.8	0.5	1.3

根据表 11-3 及表 11-4 的计算结果，本项目探伤装置在水平照射时，有用线束方向距辐射源点约 26m 时，剂量率为 $14.5\mu\text{Sv/h}$ ，有用线束方向距辐射源点约 62m 时，剂量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；非有用线束方向距辐射源点 6m 处剂量率为 $14.6\mu\text{Sv/h}$ ，距离辐射源点 14.6m 处剂量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

11.1.3 分区边界距离估算

《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 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为监督区。

根据上面的剂量率估算，本项目有用线束垂直向上照射时，保守将距离源点 6.1m 处划为控制区边界，距离源点 14.8m 处划为监督区边界。有用线束水平照射时，将有用线束距离源点 26m 处划为控制区边界，距离源点 62m 处划为监督区边界；将非有用线束距离源点 6m 处划为控制区边界，距离源点 14.6m 处划为监督区边界。

垂直照射时的分区示意图见图 11-1，水平照射时的分区示意图见图 11-2。

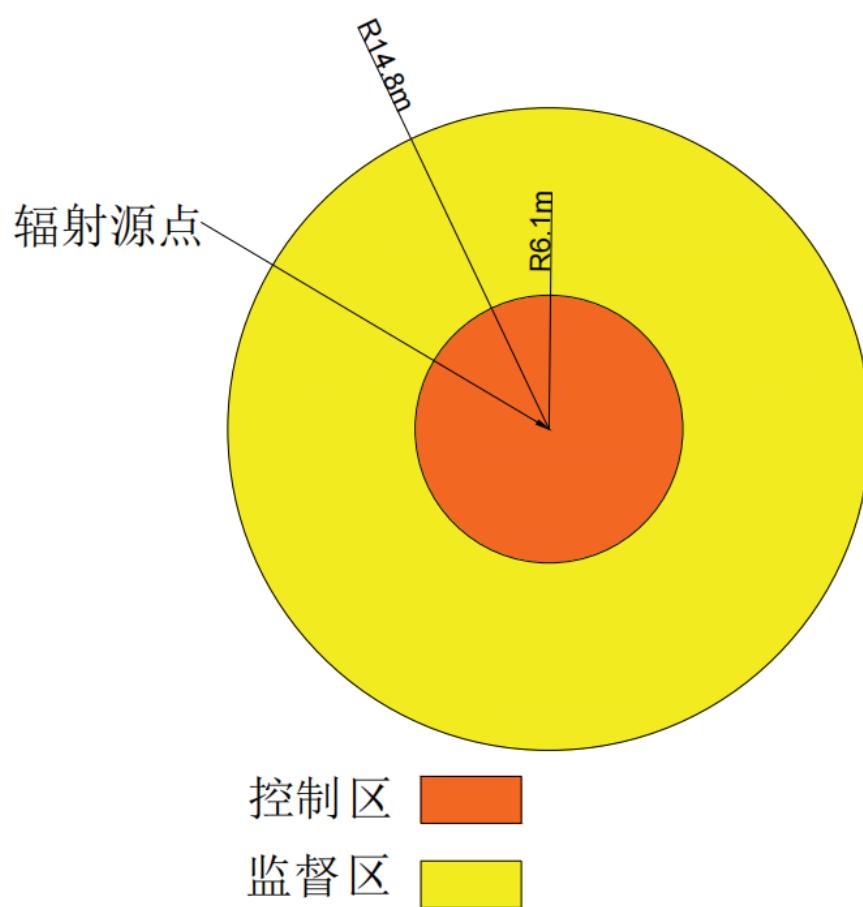


图 11-1 垂直照射时分区示意图

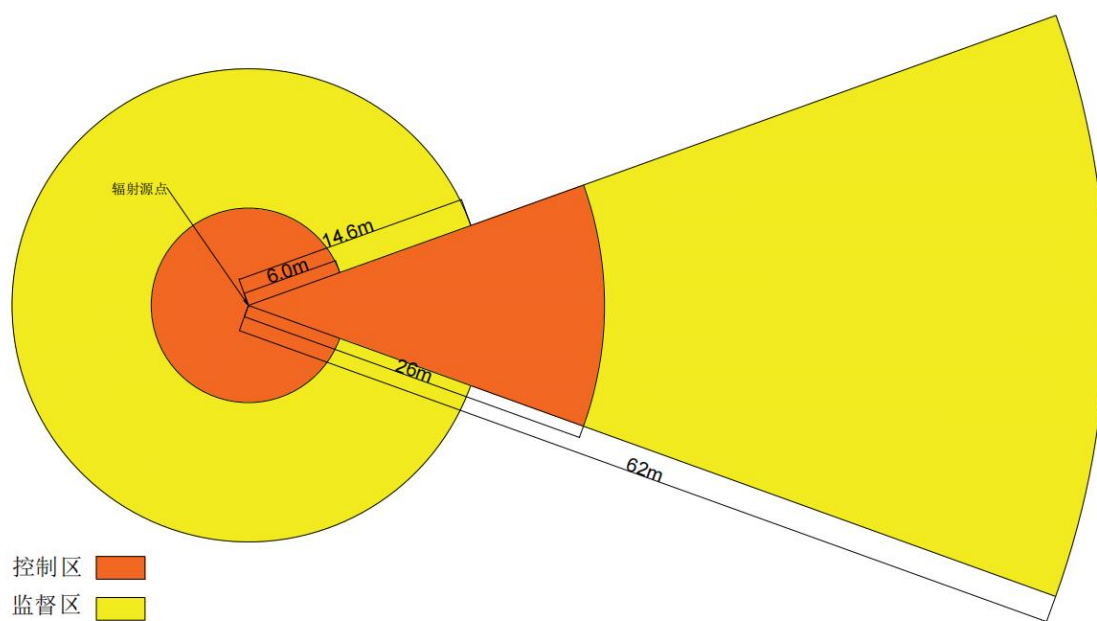


图 11-2 水平照射时分区示意图

11.2 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率进行估算，根据表 9 工作负荷，估算结果见表 11-5。

表 11-5 保护目标受照剂量估算结果

保护目标	照射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周出束时间 (h)	年出束时间(h)	居留因子	周剂量当量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	15	0.85	42.5	1	12.8	0.64
公众	2.5	0.85	42.5	1/40	5.3E-02	2.7E-03

表 11-10 显示，本项目评价范围内辐射工作人员的周最大剂量当量为 $12.8\mu\text{Sv/周}$ ，公众的周最大剂量当量为 $5.3\text{E-}02\mu\text{Sv/周}$ ，满足“辐射工作人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，公众不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的周剂量限值控制要求；辐射工作人员年最大有效剂量为 0.64mSv/a ，公众年有效最大有效剂量为 $2.7\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，满足“辐射工作人员不超过 5mSv/a 、公众不超过 0.25mSv/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。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故类型

（1）现场探伤人员沟通失误，人员还未撤离控制区，设备已开机出束，使人员受到不必要的照射；

（2）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；

（3）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。

本项目发生的辐射事故时，工作人员受到的意外受照剂量可能超过年剂量约

束值，但是致使辐射工作人员发生急性放射病或死亡的概率极小，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。

11.3.2 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，严格遵守制定的现场探伤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。设置现场管控人员岗位，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。

建设单位成立了辐射安全管理机构，落实了机构的成员及其职责。其组成名单见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理机构成员一览表

机构	姓名	职务	电话
组长	罗云照	检修部高级经理	████████
成员	欧国健	安生部经理助理	████████
	陈鹏鹏	检修部经理助理	████████

管理小组职责：

（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 3），包括以下章节：《辐射安全管理机构及职责》、《辐射安全和保卫制度》、《辐射工作岗位职责》、《现场探伤安全操作规程》、《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》、《辐射防护与安全年度评估报告制度》、《射线装置维修维护制度》、《现场探伤工作登记制度》和《辐射事故应急处理预案》。

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 12 名辐射工作人员，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”参加辐射安全与防护知识培训和考核，其中负责管理的人员报考“辐射安全管理”类别，操作人员报考“X 射线探伤”类别，考核通过后方可从事辐射工作。

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，定期回收读出个人有效剂量，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

使用便携式 X- γ 剂量率仪进行移动式探伤工作中的日常监测。

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 X- γ 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，运营单位均要开展监测，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 μ Sv/h，控制区边

界的周围剂量当量率应不超过 15 μ Sv/h。

职业照射剂量约束值：本项目的辐射工作人员的年有效受照剂量应不超过 5mSv/a。

(3) 检测方法

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。

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，定期回收读出个人有效剂量，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

应急机构	姓名	职务	电话
组长	罗云照	检修部高级经理	████████
成员	欧国健	安生部经理助理	████████
	陈鸪鹏	检修部经理助理	████████

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。”建设单位应承担本项目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 5 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 12-4。

表 12-4 竣工环境保护“三同时”验收清单

项目	内容
辐射防护措施	XRS3 型 X 射线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。
	为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 4 台 X-γ 便携式剂量率仪用于现场辐射监测。
	配备警戒绳、警示灯、警示喇叭、警示牌等安防用品。
	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。

辐射安全管理	设立辐射安全管理机构，明确职责与分工。
	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。
	建设单位拟为本项目配置 12 名辐射工作人员。建设单位将按照“使用Ⅱ类射线装置”的要求，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”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。
	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。委托第三方监测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，为每个人配备个人剂量计，定期回收读出个人有效剂量，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。
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 $15\mu\text{Sv/h}$ ，设置控制区边界的周围剂量当量率的控制值为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

表 13 结论与建议

13.1 结论

广东天广能源科技发展有限公司拟开展工业 X 射线移动式探伤项目，配套使用 4 台便携式 XRS3 型脉冲式 X 射线探伤装置，探伤地点为广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省区内变电站或输电线路，具体场所不固定，探伤对象主要为输变电设备压接部位。本项目属于核技术利用新建项目。

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

理论分析表明，按要求对探伤现场进行分区管理后，本项目辐射工作人员及公众的有效受照剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值，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

本项目对电力设施中的关键部件进行无损探伤，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。所造成的辐射影响轻微、可控，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，从代价和利益的角度考虑，符合辐射实践的正当性。

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、尽快组织本项目的辐射工作人员参加辐射安全与防护培训和考核，通过考核后方可从事辐射工作；

2、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》有关法规，现委托贵司承接《广东天广能源科技发展有限公司工业 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《广东天广能源科技发展有限公司工业 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。



附件 2：参数证明文件

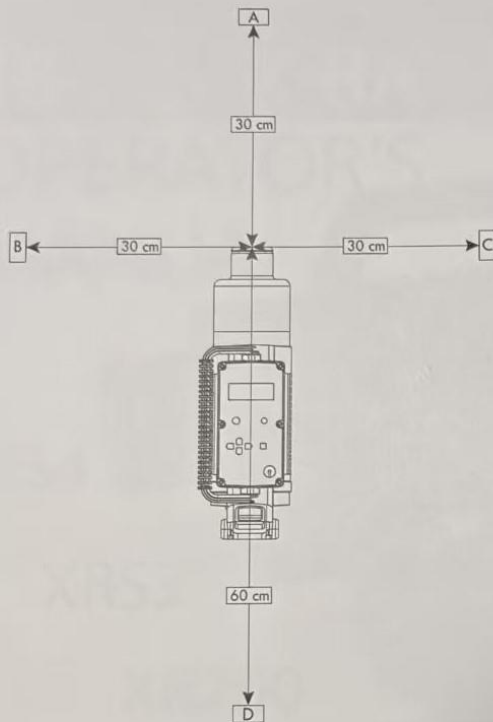
规格

物理尺寸，包括电池组				
模型	XR150	XR200	XR53	XR54
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	75 W	75 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

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

附件 3：辐射安全管理规章制度

广东天广能源科技发展有限公司 辐射安全管理制度



编制时间：2025 年 3 月

广东天广能源科技发展有限公司

辐射安全管理机构及职责

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。

1、辐射安全管理机构及其职责

安全管理机构人员设置：

辐射安全管理机构成员

机构	姓名	职务	电话
组长	罗云照	检修部高级经理	
成员	欧国健	安生部经理助理	
	陈鸱鹏	检修部经理助理	

管理小组职责：

（1）结合单位实际负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，组织制定相关工作制度，并组织实施；

（2）组织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。

广东天广能源科技发展有限公司

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《核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩单》。

(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(如墙体)、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) 探伤机控制器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。

(9) 在实施现场探伤工作之前，应对工作环境进行全面评价，以保证实现安全操作。

(10) 应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

(11) 现场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。

(12) 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。

(13) 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。

(14) 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。

(15) 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。

(16) 开始现场探伤之前，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。

(17) 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。

(18) 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。

(19) 每个探伤项目组配备 1 台便携式 X- γ 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。在现场探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

(20) 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

(21) 建立现场探伤台账，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。

(22) 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。

广东天广能源科技发展有限公司

辐射工作岗位职责

（一）现场管控人员

（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）开始现场探伤前，现场管控人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，现场管控人员将巡查控制区的边界，防止有人进入控制区。

（二）现场探伤人员

（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，实施现场探伤；

（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，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 X- γ 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。在现场探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

（6）现场探伤期间，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式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

广东天广能源科技发展有限公司

现场探伤安全操作规程

一、接受委托

根据委托方递交的探伤委托单和相关要求，公司下派现场探伤任务单，每个探伤任务安排一个工作组外出。

二、现场评估

结合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。不适合X射线探伤则采取其他探伤方式。

适合X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、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X射线探伤装置的出库手续填写使用登记表，并领取足够的现场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X-γ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，将由现场管控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完好，在检测有效期内。核实工作票及安全措施票、接地线拆装登记表等齐全；核实确认输电线路已停电并安装接电线，各项安全措施已落实到位。

召开作业班前会。交代风险点和安全管理事项，包括X射线照射、高空坠落、人身触电等风险；检查人员精神状态；交代工作内容并确认签字人员精神状态、是否饮酒进行检查。

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，拉好安全围栏、警绳，由现场管控人员负责警戒，防止人员误闯被误照射。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，提醒公众勿接近辐射工作区。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，使用的探伤装置具有提示“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；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”警告牌和电离辐射警告标志。

五、探伤设备安装

进行输电线探伤时，需要高空作业，探伤高度在20m以上，2名辐射工作人员（高空作业人员）将射线发生器、成像板分别在工件需要探伤位置的两侧紧贴工件进行安装，然后退至控制区外。1名辐射工作人员在监督区通过射线控制器控制射线发生器进行出束，有用线束垂直向上照射。

进行变电设备探伤时，根据检测需求，2名辐射工作人员负责将射线发生器、成像板分别在工件需要探伤位置的两侧紧贴工件进行安装，然后退至控制区外。1名辐射工作人员在监督区通过射线控制器控制射线发生器进行出束，有用线束水平方向照射。

六、曝光

X射线装置开机并进行参数设置，设备无线连接。开始现场曝光前，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，才向操作人员发出曝光指令，通过控制器控制射线出束。

探伤过程中，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。

七、现场监测

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X- γ 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。

探伤作业期间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。巡测时，应在探伤机处于照射状态，用便携式X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照本报告确定的剂量率值确定控制区边界，以2.5 μ Sv/h为监督区边界。

八、探伤结束

探伤结束后，X射线装置关机，使用便携式X- γ 剂量率仪确认X射线发生器已关闭

，设备及高空作业人员先后下塔，工作人员收起设备、撤除警戒。

广东天广能源科技发展有限公司

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。

广东天广能源科技发展有限公司

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，定期回收读出个人有效剂量，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。

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

使用便携式 X- γ 剂量率仪进行移动式探伤工作中的日常监测。

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 X- γ 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。

广东天广能源科技发展有限公司

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。

广东天广能源科技发展有限公司

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。

广东天广能源科技发展有限公司

射线装置维修维护制度

一、维修维护目的

使用 X 射线探伤机进行现场探伤检测时，应定期对设备进行维修维护，以保证设备的正常运行，延长设备的使用寿命，提高检测的效率和质量。

二、维修维护范围

适用于对 X 射线探伤机进行日常的清洁、检查、调整、润滑、更换等维修维护工作，以及对设备发生故障时进行排查、修复、测试等维修维护工作。

三、维修维护人员要求

维修维护人员应具备相关的专业知识和技能，熟悉 X 射线探伤机的结构、功能、参数、安全要求等，能够正确地拆卸、安装、调试、使用和维护 X 射线探伤机。

维修维护人员应遵守相关的规章制度和操作规程，注意个人防护和设备保护，防止发生事故和故障。

如涉及拆卸探伤机射线源调试的维修应委托具备资质的设备厂家工程师进行，不可自行维修。

四、维修维护步骤

1.清洁工作

(1) 在每次使用前后，应用干净的软布或纸巾擦拭设备的外表面，去除灰尘和污渍。

(2) 每月一次用含有中性清洁剂的湿布或纸巾擦拭设备的外表面，去除油污和污垢。

(3) 在每次清洁后，应用干燥的软布或纸巾擦干设备的外表面，防止水分残留。

(4) 在清洁过程中，不要使用有机溶剂或腐蚀性液体，不要让水分或清洁剂渗入设备内部，不要用力擦拭或刮擦设备表面。

2.检查工作

(1) 在每次使用前，应检查设备是否完好无损，是否符合技术要求，是否连接好电源、信号线等。

(2) 每月一次检查设备的各个部件是否正常工作，是否有松动、磨损、损坏等情况，如有异常情况，应及时处理或更换。

(3) 在检查过程中，应注意观察设备的运行状态和显示屏上的提示信息，及时发现并处理异常情况。

3.调整工作

每月一次，根据设备的使用情况和环境变化，调整好设备的温度、湿度、电压等参数，使其符合技术要求。在调整过程中，应遵守操作规程，不要随意改变设备的参数或模式，不要对设备进行拆卸或改装，不要使用非指定的配件或耗材。

4.更换工作

每季度一次，对设备的易损耗部件进行检查更换，如 X 射线管、探测器、滤波器等，使用指定的型号和规格的部件，按照指定的方法和步骤进行更换，本工作应由设备厂家工程师完成。在更换过程中，应注意防止对设备造成损坏或影响其性能，如有损坏或影响，应及时修复或调整，本工作应由设备厂家工程师完成。

5.故障排查工作

在设备发生故障时，应根据故障现象和提示信息，按照故障排查表进行排查，确定故障原因和故障部位。在排查过程中，应断开电源，注意防止对设备造成进一步的损坏或危险，如有进一步的损坏或危险，应及时停止排查，报修。

6. 修复工作

在确定故障原因和故障部位后，应根据故障处理表进行修复，采用合适的方法和工具进行修复，恢复设备的正常工作。在修复过程中，应注意防止对设备造成其他的损坏或影响其性能，如有其他的损坏或影响其性能，应及时修复或调整。

7. 测试工作

在修复完成后，应对设备进行测试，检查设备是否恢复正常工作，是否符合技术要求，是否有其他异常情况。在测试过程中，应注意观察设备的运行状态和系统上的

提示信息，及时发现并处理异常情况。

五、维修维护注意事项

1.在维修维护前后，应做好设备的清洁和消毒工作。

2.在维修维护过程中，应避免与 X 射线源或探测器直接接触或靠近，防止受到辐射伤害。在维修维护过程中，应遵守操作规程，不要随意改变设备的参数或模式，不要对设备进行拆卸或改装，不要使用非指定的配件或耗材，不要对设备进行非授权的操作或调试。

3.在维修维护后，应关闭设备，断开电源，将设备恢复到原始状态。

广东天广能源科技发展有限公司

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前填写《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) 定期完善射线装置台账登记，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、探伤地点、日期，每次领用均需要管理人员和领用人员同时签名确认。

(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 X- γ 剂量率仪检测控制区和监督区本底值，并记录在登记表中。

(7)工作时，使用便携式 X- γ 剂量率仪检测并记录控制区边界和监督区边界的剂量率，根据实际情况调整控制区和监督区边界。

广东天广能源科技发展有限公司

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：

应急机构	姓名	职务	电话
组长	罗云照	检修部高级经理	████████
成员	欧国健	安生部经理助理	████████
	陈鹄鹏	检修部经理助理	████████

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
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、应急启动程序

发生下列情况之一，应立即启动本预案：

(1) 现场探伤人员沟通失误，人员还未撤离控制区，设备已开机出束，使人员受到不必要的照射；

(2) 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；

(3) 对现场管理不到位，射线出束时有工作人员滞留在控制区，导致工作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。

四、应急处理程序和报告程序

(一) 应急处理：

(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：

(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。

五、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

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。

六、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。

七、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。

附件 4：现场探伤工作和日常辐射监测记录表（模板）

日期	探伤地点	探伤人员	管理人员	使用仪器编号	控制区边界环境 辐射本底值	监督区边界环境 辐射本底值	控制区边界距 离及剂量率	监督区边界距 离及剂量率	领用归还记录		使用情 况记录	备注
									领用 时间	归还 时间		