

核技术利用建设项目

南京优能特电力科技发展有限公司

新增移动式 X 射线探伤项目

环境影响报告表

南京优能特电力科技发展有限公司

2024 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南京优能特电力科技发展有限公司

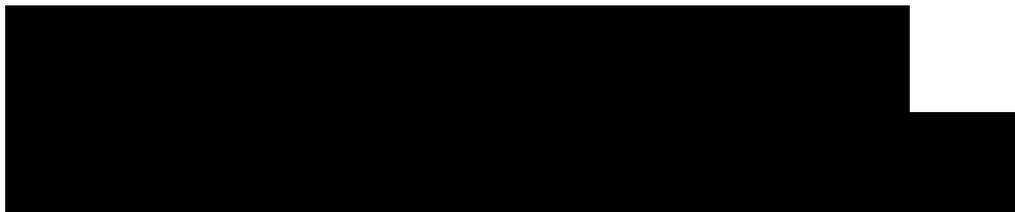
新增移动式 X 射线探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：南京优能特电力科技发展有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：南京市江宁区胜太路 68 号



目 录

表 1	项目基本概况	- 1 -
表 2	放射源	- 4 -
表 3	非密封放射性物质	- 4 -
表 4	射线装置	- 4 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 5 -
表 6	评价依据	- 6 -
表 7	保护目标与评价标准	- 9 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 14 -
表 9	项目工程分析与源项	- 15 -
表 10	辐射安全与防护	- 20 -
表 11	环境影响分析	- 25 -
表 12	辐射安全管理	- 32 -
表 13	结论与建议	- 36 -
表 14	审批	- 41 -

表 1 项目基本概况

建设项目名称		南京优能特电力科技发展有限公司新增移动式 X 射线探伤项目				
建设单位		南京优能特电力科技发展有限公司 (统一社会信用代码: 91320115686708133L)				
法人代表		■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		南京市江宁区胜太路 68 号				
项目建设地点		移动探伤现场: 客户指定区域 储存场所: X 射线探伤机无探伤检测任务时存放于专用仓库 (江苏省南京市建邺区贤坤路 60 号 C3 栋 3 楼南京优能特电力科技发展有限公司仓库)				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		■	项目环保总投资 (万元)	■	投资比例 (环保投资/总投资)	■
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			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			
其他	/					
<p>项目概述</p> <p>一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来</p> <p>南京优能特电力科技发展有限公司成立于 2009 年, 注册地址位于南京市江宁区胜太路 68 号。公司的主要业务为一二次设备在线监测、变压器电压控制以及带电检测服务。</p>						

因公司业务发展，南京优能特电力科技发展有限公司租用位于江苏省南京市建邺区贤坤路 60 号 C3 栋写字楼 3 楼部分场地作为办公场所（租赁合同附件 3），原江宁区胜太路办公场地不再使用。为更好的服务客户，拓展业务范围，满足客户需求，公司拟新增 X 射线移动探伤技术服务项目，在客户指定区域内进行现场作业，为客户提供 X 射线无损探伤检测技术服务，主要用于大型变电站电气接头（GIS 设备）探伤检测。拟将南京市建邺区贤坤路 60 号 C3 栋写字楼 3 楼 1 间空房间作为移动式 X 射线探伤机仓库并新增使用 1 台定向 X 射线探伤机（型号：RT-3005D，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，属 II 类射线装置）。本项目成像装置为工业平板探测器，探伤时平板探测器成像系统与探伤机连接，通过无线方式将图像传输至电脑上，不需要进行洗片操作。本项目共配备 2 名辐射工作人员，探伤机出束时间不超过 100h/a。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，南京优能特电力科技发展有限公司新增移动式 X 射线探伤项目需进行环境影响评价。受南京优能特电力科技发展有限公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位新增移动式 X 射线探伤项目的环境影响评价工作。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部部令第 16 号），本次新增移动 X 射线探伤属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“生产、使用 II 类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司通过资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。新增移动式 X 射线探伤项目情况见下表：

表 1-1 新增移动式 X 射线探伤项目情况一览表

序号	名称	型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	射线装 置类别	工作场 所名称	使用情况	备注
1	X 射线探 伤机	RT-3005D	1	300	5	II	移动探 伤现场	拟购	定向机

二、项目选址情况

南京优能特电力科技发展有限公司贤坤路办公场所（以下简称公司）位于江苏省南京市建邺区贤坤路 60 号仁恒置地广场 C3 栋 3 楼，公司四周为办公楼。本项目地理位置示意图见附图 1，公司所在位置及周边环境见附图 2。

本项目 X 射线探伤机专用仓库位于公司东侧中部（面积约 4.4m²），本项目 X 射

线探伤机无探伤检测任务时存放于公司专用仓库内，公司在此区域内不使用、不调试射线装置。本项目 X 射线探伤机专用仓库周围环境示意图见附图 3。

公司在客户指定区域内实施现场探伤之前，拟对工作环境进行全面的评估，评估内容包括工作地点的选择、警戒的安全距离、附近的公众、探伤时间等，以保证探伤过程中的辐射安全，确保进行现场探伤的选址合理可行。

本项目运行后的环境保护目标主要是移动探伤现场辐射工作人员和周围公众等。

本项目利用 X 射线进行无损检测，不占用资源，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。

三、原有核技术利用项目许可情况

南京优能特电力科技发展有限公司尚未开展过核技术利用项目，未取得过辐射安全许可证。本项目属于新建项目，是公司首次开展核技术利用项目。

四、实践正当性分析

该项目建成后，有利于公司发展，具有良好的社会效益和经济效益。在落实本次环评所要求的辐射防护和辐射安全管理措施后，其获得的利益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素已经产生的中子流强度 (n/s)

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	1	RT-3005D	300	5	无损检测	移动探伤现场	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 (μ A)	用途	工作场所	操作方式			备注
									活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物 (重点是放射性废弃物)

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	微量	微量	不暂存	直接进入大气, 臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: 1. 常规废弃物排放浓度, 对于液态单位为 mg/L, 固体为 mg/kg, 气态为 mg/m³; 年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废物要注明, 其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令第九号，2015年1月1日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），中华人民共和国主席令第二十四号，2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订版），国务院令 第682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部部令 第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部第16号令，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告2017年 第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施；</p> <p>(11) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函[2016]430号，2016年3月7日起施行；</p> <p>(12) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年10月25日发布；</p> <p>(13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019年 第39号，2019年10月25日发布；</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019年 第57号，2019年12月24日发布；</p>
------------------	--

	<p>(15) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部部令 第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(16) 《江苏省关于加强生态红线监督管理的通知》，苏自然资函〔2023〕880号，2023年10月10日发布；</p> <p>(17) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书(表)编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布；</p> <p>(18) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知(试行)》，自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日发布；</p> <p>(19) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日；</p> <p>(20) 《江苏省国土空间规划(2021—2035年)》，国函〔2023〕69号，2023年7月25日；</p> <p>(21) 《江苏省辐射事故应急预案》(2020年修订版)，苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布；</p> <p>(22) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号，2024年2月1日起施行。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(3) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(6) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(8) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及其第1号修改单；</p> <p>(9) 《X射线探伤单位辐射安全管理建设指南》(DB3201/T1169-2023)。</p>
其他	<p>附图：</p> <p>(1) 本项目地理位置图；</p> <p>(2) 南京优能特电力科技发展有限公司周围环境关系图；</p>

(3) 南京优能特电力科技发展有限公司平面布置示意图。

附件：

- (1) 项目委托书；
- (2) 射线装置使用承诺书；
- (3) 房屋租赁合同。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”以及本项目辐射特性，本项目评价范围确定为 X 射线探伤机为中心周围 151m 范围以内区域。

保护目标

对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），本项目评价范围内可能涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标，公司拟采取有效方式，如增加屏蔽或调整设备参数等措施减少控制区及监督区的范围，确保控制区和监督区不涉及生态保护目标。本项目利用 X 射线进行无损检测，不占用资源，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本次新增移动式 X 射线探伤项目在客户委托的工作地点内实施，在进行探伤作业时，应设定控制区和监督区。本项目的探伤地点主要为室外，大部分为周围人口稀少的地方，控制区外监督区内的探伤机操作人员、安全员、监督区外的邻近公众均应划定为保护目标；当探伤工作区域有敏感目标的且主射方向无法避开敏感目标时，建设单位则需在保护目标和探伤机间增设辐射防护屏障，减小控制区和监督区的范围，确保两区内无公众的情况下方可进行探伤工作，监督区边界处放置“无关人员禁止入内”的警告牌。

本项目环境保护目标为移动探伤现场辐射工作人员和周围公众等，详见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

████████	████████	██	████████	██	████████
████████	████████	████████	████████	█	████████
	████████		████████		
██	████████	████████	██	████████	████████
	████████		██		

评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

对象	要求
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

辐射工作场所的分区：

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

二、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）：

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

7.1 作业前准备

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)。

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。

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。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

7.2 分区设置

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。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

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。

a) 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公式(1)计算：

$$H = \frac{100}{t} \quad (1)$$

式中：

H ——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)；

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

t ——每周实际开机时间，单位为小时 (h)。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

7.2.10 探伤机控制台(X 射线发生器控制面板或 γ 射线绕出盘)应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

7.3 安全警示

7.3.1 委托单位 (业主单位)应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

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。

7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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。

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。

7.4 边界巡查与检测

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。

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。

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。

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。

三、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）。

四、《X 射线探伤单位辐射安全管理建设指南》（DB3201/T1169-2023）

五、辐射环境评价标准

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T

250-2014) 等评价标准:

(一) 辐射剂量率控制水平: 本项目控制区边界的周围剂量当量率为 $15\mu\text{Sv/h}$, 监督区边界的周围剂量当量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(二) 剂量约束值: 本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a , 公众剂量约束值不超过 0.1mSv/a 。

六、参考资料:

《辐射防护导论》, 方杰主编。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

南京优能特电力科技发展有限公司贤坤路办公场所位于江苏省南京市建邺区贤坤路 60 号仁恒置地广场 C3 栋 3 楼，公司所在楼四周为办公楼。

本项目 X 射线探伤机专用仓库位于公司东侧中部，本项目 X 射线探伤机无探伤检测任务时存放于公司专用仓库内，公司在此区域内不使用、不调试射线装置。

公司在客户指定区域内实施现场探伤之前，拟对工作环境进行全面的评估，评估内容包括工作地点的选择、警戒的安全距离、附近的公众、探伤时间等，以保证探伤过程中的辐射安全，确保进行现场探伤的选址合理可行。

本项目运行后的环境保护目标主要是移动探伤现场辐射工作人员和周围公众等。

本项目 X 射线探伤机专用仓库拟建址如图 8-1 所示。

图 8-1 本项目 X 射线探伤机专用仓库拟建址

二、辐射环境现状调查

本项目为 X 射线探伤机移动探伤项目，探伤地点主要为输变电场所，无固定作业场所，为流动式作业，故本次评价未开展辐射环境现状监测。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

南京优能特电力科技发展有限公司拟新增使用 1 台 X 射线探伤机（型号：RT-3005D，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，属于 II 类射线装置），开展移动式 X 射线无损探伤检测技术服务。本项目成像装置为工业平板探测器，探伤时平板探测器成像系统与探伤机连接，通过无线方式将图像传输至电脑上，不需要进行洗片操作。

二、工作原理及工作流程

（一）工作原理

1、X 射线产生原理

X 射线探伤机设备主要由以下各部分组成：X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆。

X 射线探伤机核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。本项目 X 射线探伤机见图 9-1。

2、成像原理

本项目拟采用 DR 成像技术，将数字化平板探测器成像系统与探伤机连接，通过无线方式将图像传输至电脑上，不进行洗片操作。

在使用 DR 实时成像系统进行无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大。X 射线穿透金属材料后被图像增强器所接受，图像增强器把不可见的 X 射线监测信号转换为光学图像，称为“光电转换”，用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行 A/D 转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上，显示出材料内的缺陷性质、大小、位置信息，从而达到检测目的。DR 实时成像系统工作原理示意图见图 9-3。

3、检测布置

(1) X 射线机应尽可能设置在 GIS 设备的侧面，并优先按图 9-4 所示方法进行布置。

(2) 若空间不足或 GIS 设备侧面具有妨碍成像结构，则按照图 9-5 方式进行检测布置。

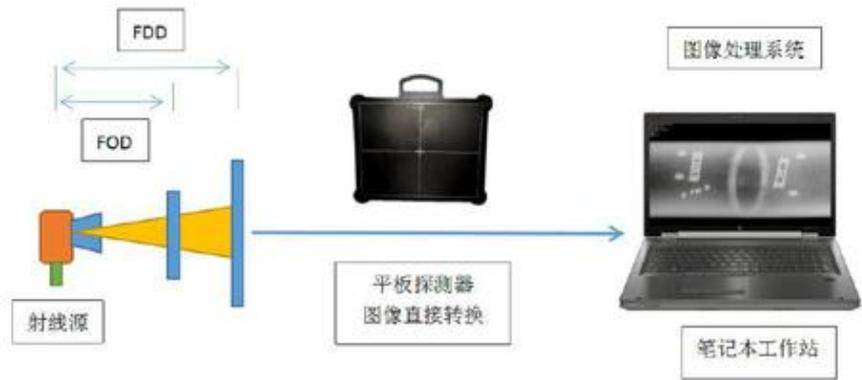


图 9-1 本项目 X 射线探伤装置

图 9-2 X 射线数字成像原理

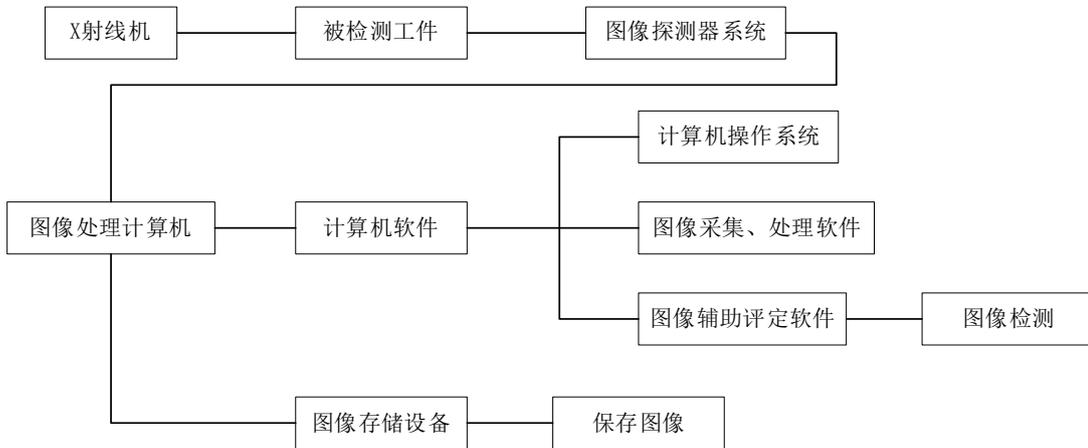


图 9-3 DR 实时成像系统工作原理示意图

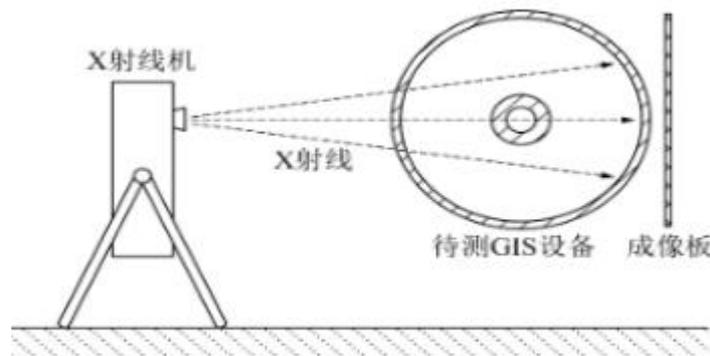


图 9-4 现场布置方法

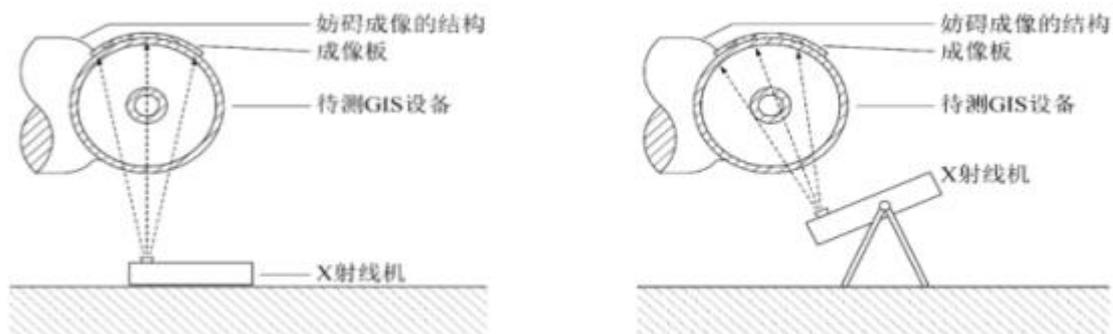


图 9-5 空间不足或存在遮挡物时 X 射线机的布置方法

(二) 工作流程

本项目移动 X 射线探伤工作流程如下：

1、公司在现场探伤工作之前，对客户单位的检测现场工作环境进行全面评估，在满足现场探伤的条件下，与客户单位协商适当探伤时间，辐射工作人员开具探伤作业票；若探伤现场环境不能满足探伤要求即监督区范围内有公众人员时，严禁进行 X 射线现场探伤，此时采用其他方法进行无损检测；

2、发布 X 射线探伤通知；

3、辐射工作人员将探伤设备放到指定位置，初步划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施；

4、对探伤现场进行清场，确信控制区及监督区内无其他人员且各种辐射安全措施到位后进行定位，连接好 X 射线探伤机控制部件；

5、新投入使用或长期不用（停机超过 72 小时左右）的 X 射线探伤机使用前将在探伤现场进行训机，以提高 X 射线管真空度，保证仪器工作稳定。打开电源时数码显示“CL”，同时“嘟嘟”鸣叫两声，则该机进入自动训机状态，此时开高压，机器自动开始训机，直到训毕（如训机时间超过 5 分钟，休息结束则第二次开始高压为自动开起，直至训练结束）。此过程会产生 X 射线、少量臭氧及氮氧化物；

6、探伤工作人员远距离操作探伤机进行试曝光，首先打开电源空气开关，预置千伏，延时时间选择（0.3、0.6、0.9 分），曝光时间选择 0.1—9.9 分钟，该机连续曝光时间为 5 分钟，超过 5 分钟部分，该机自动休息 5 分钟后接着余下时间曝光，在 2 次曝光前 18 秒发出警告声予提示 2 次曝光开始。探伤工作人员携带辐射巡测仪对监督区及控制区边界进行修正，重新确定监督区及控制区边界，探伤人员远离控制区，然后开始无损检测。在试曝光和曝光检测过程中均会产生 X 射线、少量臭氧及氮氧化

物；

7、达到预定照射时间和曝光量，曝光结束，关闭探伤机后，探伤人员携带个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区，收回 X 射线探伤机，探伤工作人员解除警戒并离场；

8、辐射工作人员对成像进行分析，判断检验 GIS 设备潜在缺陷，并出具检测报告。移动式 X 射线探伤工作流程及产物环节示意图见图 9-6。

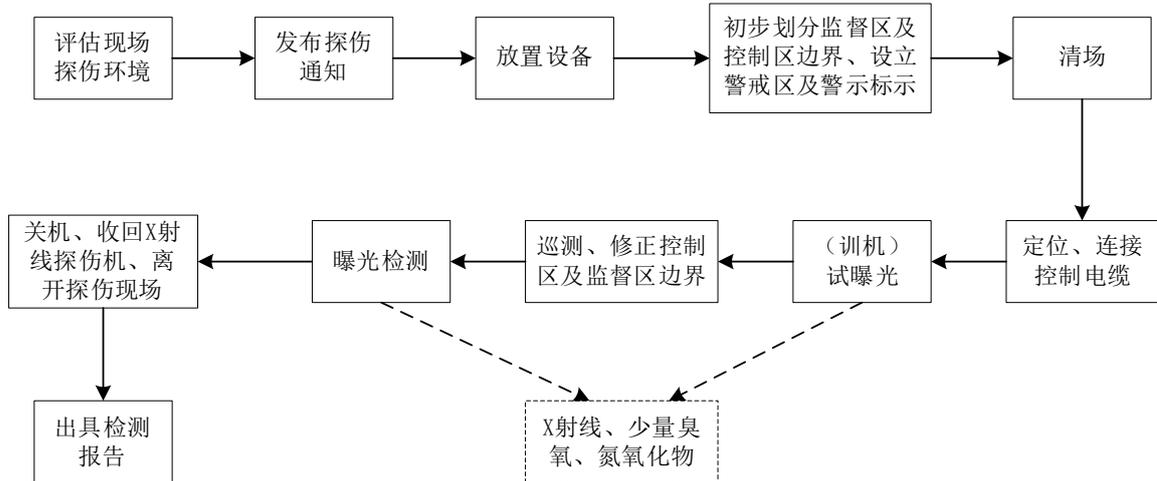


图 9-6 本项目 X 射线移动探伤作流程及产污环节示意图

(三) 人员配备情况

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员（设备维护由设备制造商进行），X 射线探伤机年出束时间约 100h。

污染源项描述

一、辐射污染源

由 X 射线探伤机工作原理可知，探伤机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对探伤现场工作人员和公众产生一定外照射，因此探伤机在开机曝光期间，X 射线是本项目主要污染物。

有用线束辐射：X 射线探伤机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1，本项目拟使用 X 射线探伤机 1m 处的输出量见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线探伤机技术参数情况一览表

■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

*：发射率常数取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中值。

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表 1，本项目 300kV 的 X 射线探伤机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中 300kV X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。

二、非辐射污染源

（一）废气

X 射线探伤机在工作状态时，会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

（二）废水

本项目运行期间工作人员会产生少量生活污水。

（三）固体废物

本项目运行期间工作人员会产生少量生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、项目工作场所布局合理性分析

依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）：探伤作业时，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。一般应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。控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

应将控制区边界外、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，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。

本项目根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分，本项目移动式 X 射线探伤“两区”划分与管理详见表 10-1，辐射防护分区示意图见图 10-1。

表 10-1 本项目移动式 X 射线探伤“两区”划分与管理

室外探伤	控制区	监督区
“两区”划分范围	作业场所中剂量率大于 15 μ Sv/h 的范围内，可根据当地实际情况设置控制区	剂量率在 2.5 μ Sv/h~15 μ Sv/h 之间的范围，根据移动探伤的地形、建筑物实际情况确定
辐射防护措施	人员不能在该区域停留，设置明显的警戒线，并设置明显的电离辐射标志，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警示标志	监督区，设置电离辐射警示标识和警示标语，限制公众在该区域滞留，边界处悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置专人巡视

二、辐射安全和防护措施

为确保射线装置安全，避免在进行移动式 X 射线探伤期间人员误留或误入控制区或监督区而发生误照射事故，公司在开展移动式 X 射线探伤工作时拟根据相关标准要求配备辐射安全措施，其与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）标准中相关要求的对照如下：

表 10-2 本项目拟采取的辐射安全措施及其与标准对照

	<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	
<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>
<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>
<p>[REDACTED]</p>			

图 10-1 本项目现场探伤作业辐射防护设施布设及分区示意图

三、防护用品和监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的要求，企业配备的防护用品和检测仪器需满足探伤工作的要求，对从事射线装置有关的职业人员要求随身佩戴个人剂量计，以监督个人剂量的变化情况，控制受照剂量，保证职业人员的健康。

公司根据法规要求，将为每个辐射工作人员配备个人剂量计，为本项目配备 1 台辐射巡检仪，2 台个人剂量报警仪。

公司拟为本项目配备的防护用品和监测仪器见表 10-3。

表 10-3 移动式 X 射线探伤拟配备的防护用品和监测仪器一览表

██████████	██████████
██████████	██
██████████	██
██████████	██
██████	██████████
████████████████████	██
██████████████████	██
██████████████████	██
██████████	██
██████	██████████

四、射线探伤装置管理

X 射线探伤机存放库房需具备防盗和安全等功能，周围有摄像头 24 小时监控，并设置专人看管 X 射线探伤机存放库房，存放库房钥匙交由专人进行保管，库房安装防盗门，并实行双人双锁管理。X 射线探伤机从存放库房出库、入库时都需进行登记，严格做好记录管理工作，X 射线探伤机出库作业前辐射工作人员需报相关领导批准后方可出库开展探伤作业，X 射线探伤机在探伤完毕后，探伤机需及时送回公司仓库内进行保管。在移动探伤任务期间，未进行探伤时，X 射线探伤机由专人对探伤机进行保管。

五、项目投资

本项目环保投资情况见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射安全防护设施/措施投资（环保）一览表

■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■
■	■	■

三废的治理

X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤现场的空气电离产生臭氧和氮氧化物，移动探伤现场在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧约 50 分钟内可自行分解为氧气。本项目辐射工作人员生活污水排入城市污水管网，生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理。

本项目采用 DR 成像技术，因此在开展探伤工作过程中不会产生废显、定影液、废胶片等危险废物。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本次南京优能特电力科技发展有限公司新增移动式 X 射线探伤项目拟建址依托现有建筑，无施工期影响。

运行阶段对环境的影响

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是移动探伤过程中，X 射线探伤机工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。

一、辐射环境影响分析

本项目移动式 X 射线探伤主要针对大型变电站电气接头探伤检测。公司按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，将周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于 2.5 μ Sv/h 的范围内划为监督区。现根据该公司配备的 X 射线探伤机的参数及对应探伤材料的厚度，给出控制区及监督区的参考划分范围。

在预测本项目 X 射线移动探伤机进行正常作业控制区和监督区的边界时，按该探伤机最高管电压和相应管电压下的最大管电流（即管电压为 300kV，管电流 5mA）运行工况进行预测评价。

（一）估算模式

1、有用线束

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

$$R = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{H}} \quad \text{式 11-1}$$

式中： H —关注点处剂量率， μ Sv/h；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， μ Sv \cdot m²/(mA h)；

B —屏蔽透射因子，由于 GBZ/T 250-2014 中无本项目球管对应电压及滤过条件下的 B 值，故按公式 11-2 计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{式 11-2}$$

TVL —屏蔽材料的十分之一值层，查《辐射安全手册》表 6.7 与图 6.4，本

项目 300kV 电压下铅、铁的 TVL 值见表 11-1;

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m)。

2、非有用线束

(1) 漏射线

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 标准中规定: 当 X 射线探伤机的管电压大于 200kV 时, 要求探伤机 1m 处的漏射线空气比释动能率小于 5mGy/h, 一般情况下出厂合格的 X 射线探伤机都将满足该要求。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中公式 (8) 推导得出:

$$R = \sqrt{\frac{H_L \cdot B}{H}} \quad \text{式 11-3}$$

式中: H —关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

H_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 取值《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中表 1;

B —屏蔽透射因子, 本项目保守取 1;

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m。

(2) 散射线

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中公式 (10) 推导得出:

$$R_s = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B_s}{H} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}} \quad \text{式 11-4}$$

式中: H —参考点处 X 辐射剂量率, Sv/h; 控制区边界取 $1.5 \times 10^{-5} \text{Sv/h}$, 监督区边界取 $2.5 \times 10^{-6} \text{Sv/h}$;

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

$F \cdot \alpha / R_0^2$ —根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中“B.4.2: 当 X 射线探伤装置圆锥中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时, 4.2.3 式 (9) 的 $F \cdot \alpha / R_0^2$ 因子的值为: 60 (150kV) 和 50 (200kV~400kV)”, 本项目取 50;

R_s —散射体至关注点的距离, m;

B —屏蔽透射因子。

(3) 漏射线+散射线的叠加影响

非主射线方向上的关注点，上述两种非有用射束的叠加，仍然是要求低于控制区/监督区辐射剂量率限值。即：

$$\frac{I \cdot H_0 \cdot B_s}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} + \frac{H_L \cdot B}{R^2} \leq 15 \mu\text{Sv/h} \text{ (控制区)}$$

$$\frac{I \cdot H_0 \cdot B_s}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} + \frac{H_L \cdot B}{R^2} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h} \text{ (监督区)}$$

此时， R 与 R_s 一致，其他参数代入，可由此推算出漏射线+散射线的叠加影响下控制区边界范围、监督区边界范围。

(二) 估算结果

本项目 RT-3005D 型 X 射线探伤机最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，主要针对输变电 GIS 设备进行无损检测，被测工件多为不锈钢材质管道，材料厚度（10~30）mm。本项目估算时保守取探伤机满功率运行，被测工件（Fe）单侧厚度为 10mm。本项目探伤作业为空中作业和地面作业（本项目空中作业指主射线朝向天空或者天空与平行于地面之间的方向（图 9-5），地面作业指主射线朝向平行于地面的方向（图 9-4）），地面作业时在 X 射线探伤机有用线束照射方向采用 3mm 铅板进行遮挡，以减少 X 射线对环境的影响。将相关参数带入式 11-1~式 11-4，可以估算出本项目 X 射线探伤机经探伤材料后，探伤时控制区和监督区的边界范围，估算结果分别见表 11-1~表 11-2。

表 11-1 本项目主射线方向控制区与监督区边界范围估算结果

██████	██████████	█	█	██████████	██████	██████	██████
██████	██████████	██████	██████	██████	█	█	██████
██████	██████████	██████	██████	██████	█	█	██████

表 11-2 本项目漏射线方向、散射线方向控制区与监督区边界范围叠加估算结果

██████████	██████	██████	██████	█	██████████	█	█
██████████	██████	█	██████	█	██████	█	█
██████████	██████	█	██████	█	██████	█	█

由上表估算结果可知，本项目 RT-3005D 型 X 射线探伤机 X 射线探伤机满功率开机条件下运行时（管电压为 300kV，管电流为 5mA），空中作业时主射线方向朝向天

空，故未设置其作业点地面或附近建筑主射线方向控制区和监督区的范围，本项目建议地面上控制区、监督区范围按照空中非主射方向范围最大值在地面上的投影（空中作业距地面距离依据现场情况而定，本报告保守按照设备贴地放置时的最大范围进行划分）进行管控，即控制区范围半径最大约为 94m，监督区范围半径最大约为 229m；地面作业时有用线束照射方向控制区范围最大约为 76m，监督区范围最大约为 186m；非有用线束方向控制区范围最大约为 94m，监督区最大约为 229m。上述理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。

结合主射线、漏射线和散射线的分析，划定控制区及监督区。本项目在实际的探伤过程中，为了方便工作人员划定控制区及监督区的操作，将 RT-3005D 型 X 射线探伤机主束方向 76m 内的区域划为控制区；76~186m 的区域划为监督区，其他方向 94m 内的区域划为控制区；94~229m 的区域划为监督区。上述理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。

本项目 RT-3005D 型探伤机工作时的控制区和监督区划分如下图所示。

图 11-1 本项目 X 射线探伤机控制区和监督区划分示意图

综上所述：上述理论计算结果仅为本项目 X 射线现场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、射线水平照射角度的改变、被检测工件（GIS 设备）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水平改变。公司在进行移动 X 射线探伤过程中应注意加强对控制区和监督区的管理和控制，对 X 射线探伤机附加一定的防护装置如集光筒、活动防护罩、防护挡板、限束板等或采取其他防护措施，限制射线束中的无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，从而缩小控制区和监督区的范围。

因此，在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在第一次探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标出控制区和监督区边界；在试运行或第一次探伤期间，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将空气比释动能率在 15 μ Sv/h 以上的范围内划为控制区，控制区边界外空气比释动能率在 2.5 μ Sv/h 以上的范围内划为监督区。

（三）辐射工作人员剂量估算及分析

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

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \text{式 11-5}$$

式中： H —年剂量， μ Sv/a；

\dot{H} —参考点处剂量率， μ Sv/h；

t —年照射时间，h/a；

U —使用因子；

T —居留因子。

本项目的 X 射线探伤机控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆均不短于 25m，便于移动探伤时，辐射工作人员延时开机后退至控制区外操作。控制区边界辐射剂量率不超过 15 μ Gy/h。

本项目共配备辐射工作人员 2 名，操作探伤机工作时间不超过 100h/年（包括训机时间），居留因子保守取 1 计算，则本项目辐射工作人员受照射的年有效剂量最大为 1.5mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求的剂量限值及本项目剂量约束值。

（四）公众估算及分析

本项目移动探伤敏感目标主要是监督区外周边的公众。本项目 X 射线探伤时，监督区警戒线处有效剂量率最大为 2.5 μ Sv/h。本项目 X 射线探伤机预计年累计曝光时间约为 100h，本项目公众受照时间保守取 100h 计算，公众居留因子取 1/16，得出监督区边界公众受照射的年有效剂量分别为 0.016mSv，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求的剂量限值及本报告执行的公众照射剂量约束值（0.1mSv/a）。

（五）退役期环境影响分析

项目退役期环境影响主要为废旧设备未妥善处理造成的环境影响，当本项目 X 射线探伤机不再使用时，实施退役程序，X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。只要按照上述的办法进行妥善处置，本项目在退役后，不会遗留潜在的环境影响问题，不会造成新的环境污染危害。

事故影响分析

本项目使用的 X 射线探伤机属 II 类射线装置，根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射。X 射线探伤机只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。

一、可能发生的辐射事故

根据其工作原理分析，本项目可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

（一）现场探伤时，探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位，致使工作人员或公众误入控制区和监督区，使其受到照射；

（二）现场探伤时，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的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成照射；

（三）现场探伤时，辐射工作人员违反操作规程强行探伤，对工作人员和公众造成照射；

（四）公司管理及辐射安全培训不到位，致使工作人员在公司办公或其他非现场探伤区域内使用、调试射线装置，对工作人员和公众造成照射；

（五）公司管理混乱，致使探伤机丢失、被盗，对环境和社会产生危害。

二、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位可采取以下风险预防措施：

（一）公司应加强辐射安全管理，制定移动式 X 射线探伤的操作规程和辐射安全

管理制度；

（二）严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤作业，每次移动式 X 射线探伤前均检查辐射安全措施的有效性、提高警戒，每次探伤作业均应根据要求利用环境辐射巡测仪对控制区和监督区边界进行检测，确保场内无人停留；

（三）公司应针对移动式 X 射线探伤工作中可能出现的事故，制定切实可行的辐射事故应急预案。

（四）在开展移动探伤作业时，应做好与当地辐射事故应急预案和实施程序的衔接，以备辐射事故发生时，有序处置应对辐射事故。此外，公司还应制定应急演练计划，通过演练，能够检验制定的应急措施是否可行。

（五）定期对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

（六）每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

三、辐射事故处置方法

公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

在发生事故后：

（一）辐射工作人员或操作人员应第一时间关停探伤设备的高电压，停止设备的出束，然后启动应急预案；

（二）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（三）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目拟新增使用的 1 台移动式 X 射线探伤机为 RT-3005D 型定向 X 射线探伤机，属 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，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，并对辐射防护负责人进行辐射安全培训。

公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司应根据本次新增使用的 1 台移动式 X 射线探伤机项目制订相关文件，明确公司相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入公司的辐射安全管理工作中。本项目辐射项目的管理人员及辐射工作人员可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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，辐射安全管理人员应参加“辐射安全管理”辐射防护上岗考核，操作人员参加“X 射线探伤”类辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、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，并有完善的辐射事故应急措施”。公司应根据新增移动式 X 射线探伤项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

一、操作规程：针对本项目移动式 X 射线探伤制定操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，探伤前对辐射安全措施的检查等，确保辐射安全措施的有效性，移动探伤前对控制区和监督区边界的巡测和修正、人员的清场，确保辐射工作安全有效运转。

二、岗位职责：明确管理人员、射线装置操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

三、辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫

制度，重点是：X射线探伤机的运行和维修时辐射安全管理；定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换；工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护；环境辐射剂量监测仪必须保持良好工作状态。

四、设备维修制度：明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录；严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、控制缆等存在故障的探伤装置。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

五、台帐管理制度：建立辐射装置台帐管理制度，设有仪器名称、型号、管电压、输出电流、用途、探伤机编号等；辐射工作人员在使用射线装置前必须填写《射线装置使用登记台帐》。

六、人员培训计划和健康管理制：辐射工作人员应在上岗前进行健康检查，开展辐射安全知识培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告，2019年第57号），新从事辐射活动的人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。应组织新进辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于1次/2年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

七、监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保II类射线装置的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

（三）公司应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

（四）委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测（检测地点为移动探伤现场），每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术

利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

八、事故应急：拟依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求制定事故应急预案，应急预案中明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施；明确应急演练制度；加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，积极开展辐射应急演练，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，还应在每次探伤时监测辐射工作场所的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急预案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

辐射监测

根据辐射管理要求，南京优能特电力科技发展有限公司拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划：

一、个人剂量监测

所有辐射工作人员配备个人剂量计，开展辐射工作时随身佩戴，定期（每 3 个月）委托有资质单位开展个人外照射剂量监测。X 射线探伤机开机时，需保证 2 名辐射工作人员在现场，现场配备 2 台移动式报警仪。公司为本项目辐射工作人员计划开展个人剂量监测和职业健康监护，并建立完整的个人剂量监测和职业健康监护档案。

二、环境监测

公司每年委托有资质单位对辐射工作场所（移动探伤现场）及周围环境辐射水平进行年度监测。公司定期自我进行环境水平检测，并保留记录。若在检测时发现异常情况，立即采取应急措施，并在 1 小时之内向县（市、区）或者设置区的市环境行政主管部门报告。本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
移动探伤现场	X- γ 周围剂量当量率	验收监测	1 次	①控制区及监督区边界外；
		委托有资质的单位进行	首次开展现场移动探伤时	②人员操作位处； ③保护目标处。

			在居民区进行的移动式探伤	
			工作场所放射防护 年度检测	1 次/年
		定期自行开展 辐射监测	每次现场探伤	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的 单位进行	不少于 3 个月/次	
	职业健康体检		不少于 1 次/2 年	

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- 一、应急机构和职责分工；
- 二、应急的具体人员和联系电话；
- 三、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- 四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 五、辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在公司定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》（环发〔2006〕145号）和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境行政主管部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康行政主管部门报告；并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境行政主管部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政主管部门报告。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

南京优能特电力科技发展有限公司为更好的服务客户，拓展业务范围，满足客户需求。现公司将原有空房间作为探伤机仓库并新增使用 1 台定向移动式 X 射线探伤机（型号：RT-3005D，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，属 II 类射线装置），开展移动式 X 射线探伤业务，在客户指定区域内进行现场作业，为客户提供 X 射线无损探伤检测技术服务。

二、选址合理性

南京优能特电力科技发展有限公司贤坤路办公场所位于江苏省南京市建邺区贤坤路 60 号仁恒置地广场 C3 栋 3 楼，公司所在楼四周为办公楼。

本项目 X 射线探伤机专用仓库位于公司东侧中部，本项目 X 射线探伤机无探伤检测任务时存放于公司专用仓库内，公司在此区域内不使用、不调试射线装置。

公司在客户指定区域内实施现场探伤之前，拟对工作环境进行全面的评估，评估内容包括工作地点的选择、警戒的安全距离、附近的公众、探伤时间等，以保证探伤过程中的辐射安全，确保进行现场探伤的选址合理可行。

本项目利用 X 射线进行无损检测，不占用资源，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。

三、产业政策符合性及实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射安全管理后，本项目的建设运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家现行的产业政策。

四、环境影响评价

根据理论估算结果，南京优能特电力科技发展有限公司新增移动式 X 射线探伤项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目投入运行后：

辐射防护影响预测：本项目控制区、监督区的周围剂量当量率满足《工业探伤放

射防护标准》(GBZ 117-2022)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中的相关要求。

剂量约束值：本项目辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对本项目职业人员和公众剂量约束值要求(职业人员年有效剂量不超过 5mSv, 公众年有效剂量不超过 0.1mSv)。

五、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

南京优能特电力科技发展有限公司在开展移动式 X 射线现场探伤作业时,根据现场具体情况,利用辐射巡测仪进行巡测,拟将探伤区域周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围划为控制区,并拟在其边界设置明显的警戒线及“当心电离辐射”警告标志,边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警示标志,探伤期间禁止任何人员进入;公司拟将控制区边界外、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,并确保厂界周围剂量当量率满足不大于 2.5 μ Sv/h 的要求,拟在其边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌,必要时拟设专人警戒,禁止非辐射工作人员进入。

探伤现场配备辐射巡测仪,探伤人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪,探伤机操作人员延时开机后退至控制区外操作。移动探伤过程中严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤流程,坚持先示警再开机的操作程序,每次开机前进行清场,确保控制区和监督区内无人员滞留,以防发生误照射事故。探伤机在不使用时放置在公司 X 射线探伤机存放室内,存放室配备防盗门窗,采用双人双锁进行管理,并设置探伤机取用台账。

X 射线探伤机在工作状态时,会使探伤现场的空气电离产生臭氧和氮氧化物,移动探伤现场在良好通风条件下,臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中,臭氧常温下约 50 分钟内可自行分解为氧气;工作人员生活污水拟排入城市污水管网;生活垃圾将交由城市环卫部门处理。对周围环境影响较小。

本项目不产生放射性废水、废气和放射性固废。

六、辐射安全管理评价

南京优能特电力科技发展有限公司需按规定成立辐射安全管理机构,指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作,并以文件形式明确其管理职责。公司拟将本项目纳入公司的辐射日常管理工作,并针对本项目具体情况对各管理制度进行修订完善。公司还应在以后的实际工作中持续对各管理制度进行补充和完善。

南京优能特电力科技发展有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员,并为辐射

工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。南京优能特电力科技发展有限公司拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪及 2 台个人剂量报警仪。

综上所述，南京优能特电力科技发展有限公司新增移动式 X 射线探伤项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

二、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

三、公司取得本项目环评批复，在建设完成投入使用前，应及时申请辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作。在 3 个月内对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，需要对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。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	■
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	
辐射安全和防护措施	<p>公司在开展移动 X 射线现场探伤作业时，拟提前与被检单位沟通，对探伤现场进行全面评估。利用辐射巡测仪巡测，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，并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌、与探伤机进行联锁的提示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置；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，并在其边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警示标识，必要时设专人警戒。探伤现场配备辐射巡测仪，探伤人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，探伤机操作人员延时开机后退至控制区外操作。移动探伤过程中严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤</p> <p>流程，坚持先示警再开机的操作程序，每次开机前进行清场，确保控制区和监督区内无人员滞留，以防发生误照射事故。探伤机在不使用时放置在公司 X 射线探伤机存放室内，存放室配备防盗门窗，采用双人双锁进行管理，并设置探伤机取用台账。</p>	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。	■
人员配备	<p>探伤作业时，开展现场探伤工作的探伤装置配备 2 名辐射工作人员。辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。</p> <p>辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。</p> <p>辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立辐射工作人员职业健康档案。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	■
监测仪器和防护用品	拟配备辐射巡测仪 1 台，拟配备个人剂量报警仪 2 台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关规定的要求。	

辐射安全管理 制度	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、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。	■
总计	/	/	■

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人签字

公章

年 月 日

审批意见

经办人签字

公章

年 月 日