

编号：GXPX-FS-20250801

核技术利用建设项目

2025 年新建便携式 X 射线探伤机应
用项目
环境影响报告表

(公示本)



广西天誉特种设备检测有限责任公司

二〇二五年八月



目 录

表 1 项目基本情况	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	8
表 8 环境质量和辐射现状	13
表 9 项目工程分析与源项	14
表 10 辐射安全与防护	22
表 11 环境影响分析	29
表 12 辐射安全管理	41
表 13 结论与建议	45
表 14 审批	48

附件：

附件 1. 委托书

附件 2. 发改委备案项目代码

附件 3. 成立辐射安全与防护管理领导小组的文件

附件 4. 辐射事故应急预案

附件 5. 辐射安全管理相关规章制度

.

表 1 项目基本情况

建设项目名称		2025 年新建便携式 X 射线探伤机应用项目				
建设单位		广西天誉特种设备检测有限责任公司				
法人代表		吴志成	联系人	***	联系电话	
注册地址		南宁市高新区高新五路 9 号生产大楼 A-1501-1502 房				
项目建设地点		根据所承接探伤项目情况,在全国项目现场开展 X 射线探伤作业				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)		20	项目环保投资(万元)	3	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>1.1 公司简介</p> <p>广西天誉特种设备检测有限责任公司成立于 2022 年 3 月,位于广西壮族自治区南宁市,从事 RD2(第一、二、三类固定式压力容器不含超高压容器、大型高压容器、球形储罐)、DD2(公用管道)、DD3(工业管道)项目的特种设备定期检验、安全阀离线在线校验、无损常规四项检测。</p> <p>公司现有职 55 人。执业注册人员 33 人,其中高级工程师 3 人,工程师 1 人,硕士研究生 1 人,本科学士学位 1 人,本科学历 10 人。</p> <p>1.2 项目建设规模</p> <p>为了满足检测任务需求,本项目拟购置使用 4 台轻型便携式 X 射线探伤机用于开展现场 X 射线无损检测工作。拟购置使用的 X 射线探伤机具体情况见表 1-1。</p> <p>表 1-1 公司拟购置使用的 X 射线探伤机情况一览表</p>					

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	备注
1	轻型脉冲式 X 射线探伤 机	II类	1 台	XXG-3505D	350	5	定向
2			1 台	XXG-2505T	250	5	定向
3			1 台	XT2505C	250	5	周向
4			1 台	XT2005D	200	5	定向

公司为首次使用 X 射线探伤机，主要从事 RD2(第一、二、三类固定式压力容器不含超高压容器、大型高压容器、球形储罐)、DD2 (公用管道)、DD3 (工业管道) 项目的特种设备定期检验、安全阀离线在线校验、无损常规四项检测，公司拟进行 X 射线现场探伤的工作场所多为现场，场所不固定。

1.3 目的和任务由来

1.3.1 目的

(1) 通过环境影响评价，分析建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据；

(2) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

(3) 给出明确的环评结论，为有关部门的辐射环境监督管理提供科学依据。

1.3.2 任务由来

公司因业务发展需要，建设 2025 年新建便携式 X 射线探伤机应用项目。因 X 射线探伤机运行时产生的 X 射线可能对周围环境造成辐射影响，依据《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许可管理办法》，该项目需开展辐射环境影响评价，办理辐射环境影响评价审批手续。广西天誉特种设备检测有限责任公司 2025 年新建便携式 X 射线探伤机应用项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版) 中 172 核技术利用建设项目中使用 II 类射线装置项目，应编制辐射环境影响报告表。为保护环境，保障公众健康，公司委托广西品信工程咨询有限公司对该项目进行辐射环境影响评价。

环评单位在现场调查和理论计算的基础上，按照国家有关建设项目辐射环境

影响报告表的内容和格式，编制广西天誉特种设备检测有限责任公司 2025 年新建便携式 X 射线探伤机应用项目辐射环境影响报告表。

1.4 核技术利用及辐射安全管理现状

公司此前尚无开展核技术利用项目，无《辐射安全许可证》。

1.5 项目周边保护目标以及场址选址

公司地址位于南宁市高新区高新五路 9 号生产大楼 A-1501-1502 房。本项目 XXG-3505D-型、XXG-2505T 型、XT2505C 型、XT2005D 型 4 台脉冲 X 射线探伤机存放于公司办公区固定柜子内，柜子设锁，钥匙由专人保管。探伤机在办公区只存不用。公司地理位置见图 1-1。

本项目 X 射线探伤机工作方式现场探伤，现场探伤作业场所在项目现场，无固定探伤工作场所。本项目主要环境保护目标为公司探伤操作及探伤现场管理人员、现场探伤时监督区边界外 100m 范围内非辐射工作人员和公众成员。

公司在实施现场探伤之前，应对工作环境进行全面的评估，评估内容应至少包括工作地点的选择、警戒的安全距离、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，以保证探伤过程中的辐射安，确保进行现场探伤的选址合理可行。



图 1-1 公司地理位置

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 4 射线装置

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	轻型脉冲式 X 射线探伤机	II类	1 台	XXG-3505D	350	5	无损检测	现场探伤	定向
2			1 台	XXG-2505T	250	5			定向
3			1 台	XT2505C	250	5			周向
4			1 台	XT2005D	200	5			定向

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	备注
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	/	/	不暂存	最终排入大气，臭氧在大气中 50min 内可自动分解为氧气	/
废显（定）影液	液态	/	/	约 40L	约 480L	/	暂存于洗片室	定期委托有资质的单位回收处理	/
废胶片	固态	/	/	约 1kg	约 12kg	/	暂存于洗片室	定期委托有资质的单位回收处理	/

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，于 2014 年 4 月 24 日公布，自 2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，（2018 年 12 月 29 日修订）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订版）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订版）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令），于 2011 年 4 月 18 日公布，自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部公告 2017 第 66 号），于 2017 年 12 月 5 日公布并施行；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日国家发展和改革委员会令第 7 号公布），2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号，自 2017 年 11 月 20 日发布并施行）；</p> <p>(12) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）。</p>
技术标准	<p>(1) 《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>(2) 《环境γ辐射剂量率测定技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；</p> <p>(7) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597—2023）</p>

其他	<p>附件 1. 委托书</p> <p>附件 2. 发改委备案项目代码</p> <p>附件 3. 成立辐射安全与防护管理领导小组的文件</p> <p>附件 4. 辐射事故应急预案</p> <p>附件 5. 辐射相关规章制度</p>
----	---

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目拟建的 X 射线探伤机用于现场探伤，X 射线探伤机运行过程中主要为电离辐射对周围环境的影响。本项目 X 射线探伤机工作地点不固定，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中报告书评价范围的相关规定：放射源和射线装置应用项目范围，无实体边界视具体情况而定，应不低于 100m 的范围。考虑到该项目的实际情况，本项目评价范围包括控制区、监督区以及监督区外 100m 范围。

7.2 保护目标

本项目为 X 射线现场探伤项目，探伤地点不固定。本项目主要环境保护目标为公司探伤操作及探伤现场管理人员，现场探伤时监督区边界外 100m 评价范围内其他非辐射工作人员和公众成员。本项目的环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护目标		人数	位置	年剂量管理约束值
职业人员	探伤操作及探伤现场管理人员	6	控制区外监督区内、监督区边界外围	5mSv
公众成员	非辐射工作人员和公众成员	流动人员，不定	监督区边界外 100 米内	0.1mSv

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第4.3.2.1款关于剂量限制的规定：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B（标准的附录B）中规定的相应剂量限值，不应将剂量限值应用项目于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

第 B1.1.1.1 款,应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

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；本次评价从辐射防护最优化原则出发，使职业人员尽量避免不必要的附加剂量照射，取其四分之一即5mSv作为职业人员的年剂量管理约束值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

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:

a)年有效剂量，1mSv；本次评价取其十分之一即0.1mSv作为公众成员年剂量管理约束值。

(2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。本标准适用于使用600kV及以下的X射线探伤机和γ射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

7 移动式探伤的放射防护要求

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。

7.5 移动式探伤操作要求

7.5.1 X射线移动式探伤

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)。

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。

综上所述，根据防护最优化的原则，本项目每周实际开机时间为6h（不高于7h），本项目将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

探伤机存放于南宁市高新区高新五路 9 号生产大楼 A-1501-1502 房内，地理位置见图 1-1。

8.2 环境现状评价的对象

本项目为便携式X射线探伤机应用项目，污染因子为X射线，因此，环境现状评价的对象为X- γ 辐射剂量水平。

8.3 环境质量和辐射现状

根据建设单位提供资料可知，本项目便携式X射线探伤机建成后将主要用于全国范围内RD2(第一、二、三类固定式压力容器不含超高压容器、大型高压容器、球形储罐)、DD2(公用管道)、DD3(工业管道)项目的特种设备定期检验、安全阀离线在线校验、无损常规四项的现场探伤。建设单位在各地进行现场探伤作业时，各探伤工作场所的辐射环境本底即为当地辐射环境水平。根据《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护局，1995年8月)中的数据，全国原野 γ 辐射剂量率范围值为 2.4~340.8nGy/h，全国室内 γ 辐射剂量率范围值为11.0~418.5nGy/h。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

本项目拟购置的 4 台探伤设备为 XXG-3505D-型、XXG-2505T 型、XT2505C 型、XT2005D 型丹东 XXG 系列和 XT 系列便携式 X 射线探伤机。

丹东 XXG 系列和 XT 系列便携式 X 射线探伤机均为便携式探伤机，适于流动性检验或大型设备的探伤工作。主要由智能控制器、X 射线发生器、电源电缆、连接电缆以及附件组成。其中控制器由前面板、侧面板以及内部电路等部分组成，X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表和冷却风扇等组成。根据厂家提供资料，本项目拟使用探伤机设备外观及组成详见图 9-1 所示，结构组成详见图 9-2，相关设备参数见表 9-1。



图 9-1 探伤设备外观及组成示意图

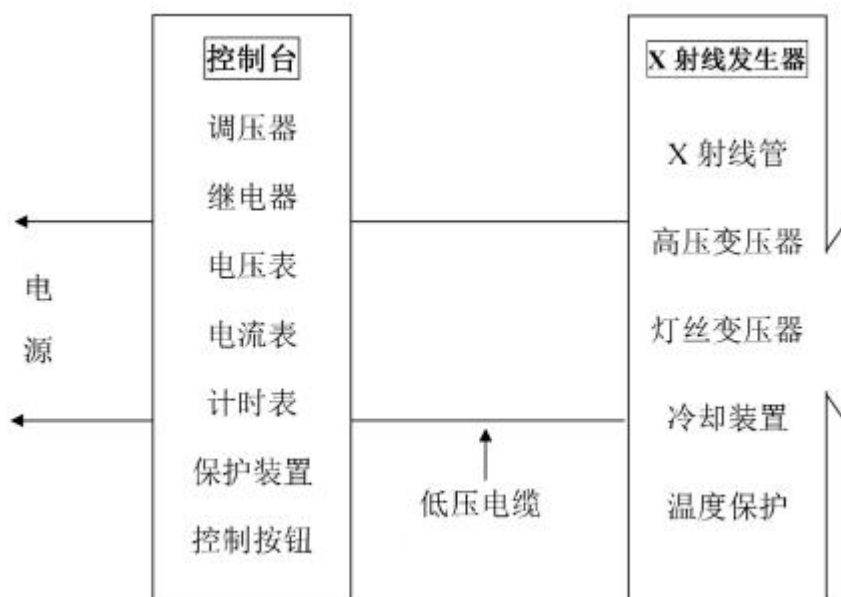


图 9-2 探伤机结构组成示意图

表 9-1 本项目 X 射线机主要参数一览表

序号	射线装置	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	工作方式
1	X 射线探伤机	XXG-3505D	350	5	间歇式工作 1:1，最多曝 光时间为 5min
2	X 射线探伤机	XXG-2505T	250	5	
3	X 射线探伤机	XT2505C	250	5	
4	X 射线探伤机	XT2005D	200	5	

9.1.2 工艺分析

(1) 工作原理

在工业探伤上，产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线管结构示意图见图 9-3。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

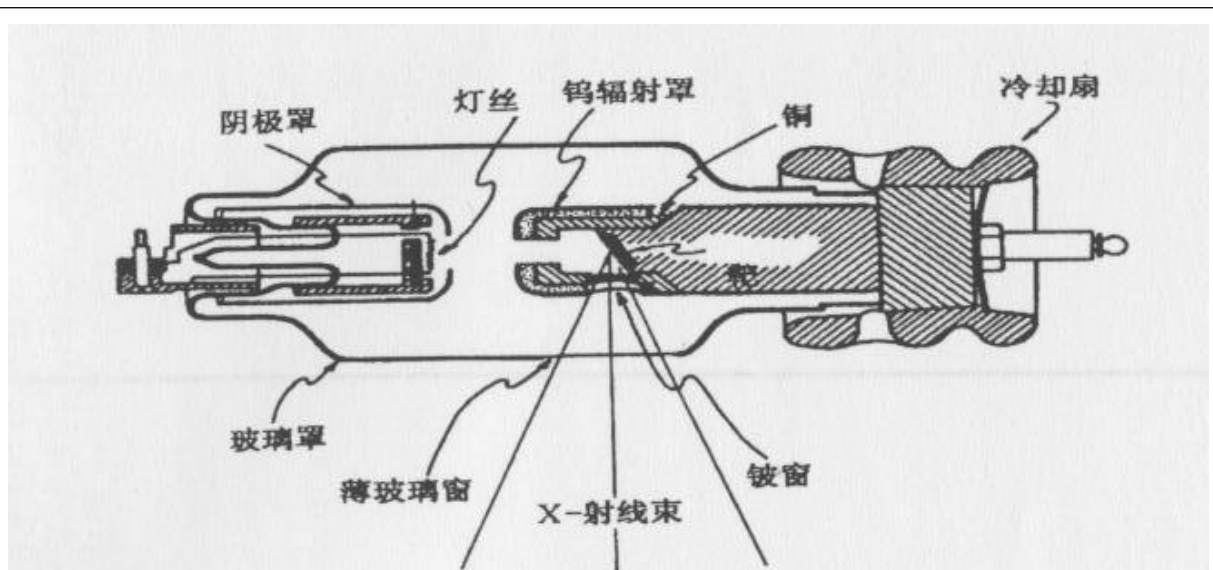


图 9-3 工作原理示意图

X 射线探伤是利用射线透过被检验物质来发现其中是否有缺陷。射线的穿透能力与被检材料的厚度有关，射线在被检物质中经过的路径越长被吸收得越多，穿透被检物质的射线照射在感光材料（胶片或探测器）上，通过胶片的感光程度（或探测器信号）可准确地判断被检物质缺陷的位置和程度。工业 X 射线探伤原理示意图见图 9-4。

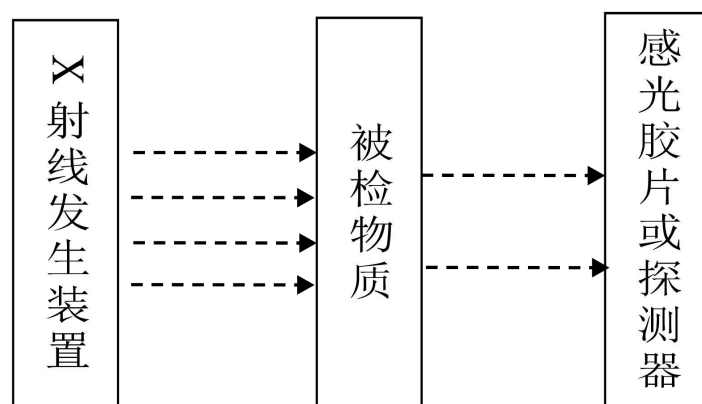


图 9-4 工业 X 射线探伤原理示意图

（2）项目探伤流程

本探伤项目工作流程示意图见图 9-5。

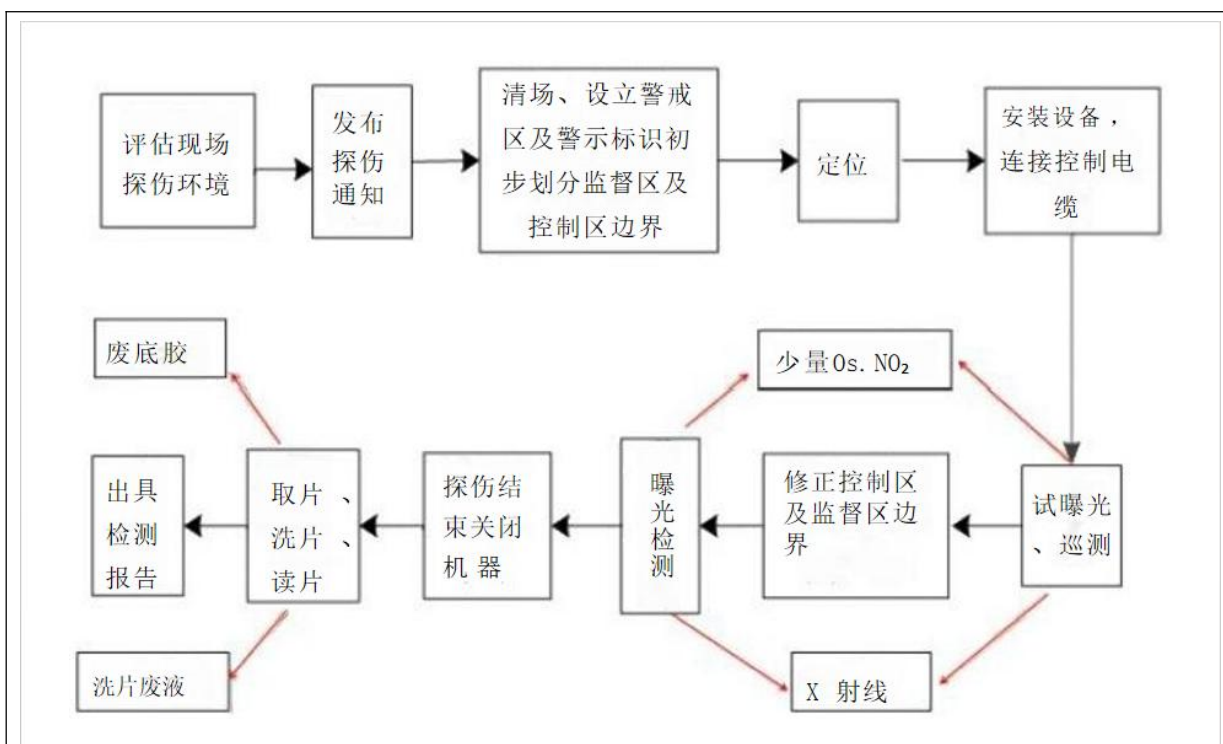


图 9-5 探伤项目工作流程示意图

本探伤项目的工作方式为现场探伤，在无固体场所屏蔽设施的条件下进行 X 射线无损探伤作业，作业时以探伤机为中心设置控制区和监督区，无关人员不得进入监督区，其操作步骤主要如下：

1) 接到任务的工作人员开展现探伤作业前的准备工作，根据委托方要求以及受检工作特点确定使用设备，并根据该设备曝光曲线，初步确定 X 射线检测的具体参数，同时与委托方协商探伤工作地点和探伤时间，对探伤现场工作环境进行全面评估，确定初步的控制区和监督区范围、制定作业计划，并绘制现场控制区和监督区分区示意图。

2) 发布 X 射线探伤通知，通知内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制监督区范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。同时应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对工作场所进行分区管理，确保探伤作业时公众在监督区范围外。

3) 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，辐射工作人员将探伤设备放到指定位置，连接好 X 射线探伤机控制部件。划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施。

4) 设备操作人员在控制台设置试曝光条件，采取延时曝光或遥控器触发的方式进

行试曝光。辐射安全监督人员携带个人剂量报警仪和辐射巡测仪，对控制区和监督区边界进行巡测，根据实测结果验证或修订边界范围。如发现辐射水平超出限值或不满足分区要求，应及时采取调整曝光方向、增加铅板屏蔽等措施，尽可能缩小控制区和监督区范围，确保辐射防护符合要求。

5) 在试曝光验证合格并最终确定控制区和监督区边界后，设备操作人员方可进行正式曝光。曝光过程中，辐射安全监督人员应持续监测边界区域的辐射水平，并做好记录。

6) 达到预定照射时间和曝光量后，曝光结束。辐射工作人员首先携带个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区，确认 X 射线机已停止出束、辐射场水平处于本底状态后，收回 X 射线探伤设备。确认设备收回并清点无误后，解除警戒措施，所有人员离场。

7) 辐射工作人员完成移动探伤作业后，依据作业区域不同采取针对性措施，南宁周边区域的作业会将底片带回公司洗片室开展洗片与评片工作，其余区域则使用便携式洗片桶现场洗片；完成洗片及评片后，专业人员按规范依据评片结果对工件焊接质量、缺陷状况等全面综合分析判定并出具规范精准的检测报告，同时将洗片产生的废显（定）影液和废胶片妥善收集带回公司贮存，后续统一委托有资质单位合规处理。

(3) 训机、曝光曲线制定工作流程

若探伤机初次使用或长时间不用需要先进行训机，训机过程产生 X 射线。每台 X 射线探伤机使用之前应制作相应的曝光曲线，并定期对曝光曲线进行校验。新购或大修后的设备应重新制作曝光曲线，曝光曲线制作过程也产生 X 射线。根据建设单位提供资料，一般情况下，X 射线探伤机首次购买后以及返厂维修后，设备均由厂家进行训机和制作曝光曲线。

设备长时间不用后一般在野外现场探伤时进行训机和制作曝光曲线。

根据建设单位提供资料，本项目拟使用探伤机均设有自动训机。每次现场探伤时，设备开机自检后进行训机。设备系统根据记忆的管头停用时间判断是否需要自动训机，停用时间不到 48 小时不进行自动训机，停用 48 小时以上、120 小时以下进行短训机。超过 120 小时进行长训机。系统判断管头停用超过 48 小时，则系统将自动进行强制性训机。启动自动训机功能键后设备进入训机状态，语音提示“训机开始”，从低千伏值一点一点地往高训，当训到最高值后结束，整个训机过程中训练指示灯（红）常亮，射线警示灯闪动。待训练指示灯熄灭，设备发出特定蜂鸣提示声音后，训机结束。

9.1.3 工作负荷及人员配置

根据公司提供的资料，进行 X 射线移动探伤时每个探伤区域只使用 1 台 X 射线探伤机，不存在 2 台及 2 台以上探伤机同时运行的工况。

为满足本项目人员需求，公司拟新增/调配 6 名辐射工作人员，成立 3 个移动探伤小组，每个移动探伤小组拟配备 2 名工作人员，在现场探伤过程中，在完成设备摆位后，其中 1 名辐射工作人员负责探伤设备操作，另 1 名人员负责控制区及监督区的辐射剂量率巡测及探伤区域周围的巡视，2 名辐射工作人员均在控制区外进行相关工作。本项目每个移动探伤小组每周拍片量为 120 张，每年拍片量为 6000 张，每张片曝光时间平均按 3min(含训机时间)计，周开机曝光时间约为 6 小时，年开机曝光时间约为 300 小时。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况下污染源分析

(1) X 射线电离辐射

由工业 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生、消失。因此，公司拟使用的工业 X 射线探伤机在关机状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。综上所述影响周围环境的污染因子主要考虑 X 射线。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，X 射线探伤机管电压 $150 \leq kV \leq 200$ 时，泄漏辐射剂量率 $H_L = 2.5 \times 10^3 \mu Sv/h$ ，管电压 $> 200 kV$ 时，泄漏辐射剂量率 $H_L = 5 \times 10^3 \mu Sv/h$ ，本项目探伤机最大管电压为 200kV 时，则 H_L 取 $2500 \mu Sv/h$ ；最大管电压为 250kV、350kV 时，则 H_L 取 $5000 \mu Sv/h$ 。

查 GBZ/T250-2014 附表 B.1 可知，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量，本次评价保守取表 B.1 中的较大值；在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表 B.1 中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。距辐射源点（靶点）1m 处输出量 H_0 ： $\mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$ ，以 $mSv \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ 为单位的值乘以 6×10^4 。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中表 2，管电压为（150~200）kV 时，X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值为 $2.5 mSv/h$ ；管电压 $> 200 kV$ 时，X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值为 $5 mSv/h$ 。项目 X 射

线探伤机源项分析汇总表见表 9-2。

表 9-2 本项目 X 射线机主要参数一览表

型号	管电压 (kV)	有用线束/散射辐射的 X 射线 输出量		X 射线管头组装体漏射 线所致周围剂量当量率 控制值 ($\mu\text{Sv/h}$)
		$\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	
XXG-3505D	350	23.5	1.41×10^6	5×10^3
XXG-2505T	250	16.5	9.9×10^5	5×10^3
XT2505C	250	16.5	9.9×10^5	5×10^3
XT2005D	200	28.7	1.72×10^6	2.5×10^3

注：因 350kV 探伤机的滤过条件不确定，输出量按 400kV 对应的最大值选取

(2) 放射性三废

本项目运行时无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

(3) 非放射性三废

本项目运行过程中产生的非放射性环境影响因素主要包括 X 射线电离空气产生的微量气体，以及产生的危险废物。

1. 废气

X 射线探伤机在曝光时，会使周围空气电离产生少量臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)。本项目探伤工作仅为室外现场探伤作业，产生的上述气体直接进入大气中，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气。因此，探伤机运行产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小，不做定量分析。

综上，本项目产生的微量臭氧和氮氧化物均能够通过相应措施得到有效控制和降解，对周围环境的影响较小，本次评价不做定量分析。

2. 废感光材料及洗片废水 (HW16 危险废物)

本项目配备 4 台探伤机，采用胶片照相法进行探伤作业。拍摄后的感光片需进行显影、定影处理，该过程会产生废显（定）影液及废胶片。根据建设单位提供资料，项目年非放射性废物产生量统一如下：

①废胶片：现场探伤废片率约为 5%，每组年拍片量约为 6000 张。单台探伤机年废胶片产生量约为 300 张（约 3kg）。综上，本项目年废胶片总产生量约为 1200 张（约 12kg）。

②废显（定）影液：根据行业经验，每冲洗 1000 张片子约产生 20L 废显（定）影液。据此计算，本项目年废显（定）影液总产生量约为 480L。

处理与处置措施：

辐射工作人员完成作业后，会将所有废胶片以及废显（定）影液妥善收集于专用的防漏容器中，全部带回公司危险废物暂存间暂存。公司将对这类危险废物严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）和《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）的要求进行管理，并最终统一委托有相应危险废物处理资质的单位进行合规回收处置。

查《国家危险废物名录》可知，公司产生的废显（定）影液及废胶片属 HW16 感光材料废物，需按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）和《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）相关要求收集并暂存并最终交由有资质单位回收处置。

9.2.2 事故工况下污染源分析

（1）设备故障：进行现场探伤作业时，探伤机延时曝光功能故障，工作人员还未撤离至安全区域即已曝光；或控制系统失灵，X 射线无法停束，异常曝光对工作人员造成不必要的照射；

（2）人员误照：进行现场探伤作业时，控制区或监督区警戒线、电离辐射警示标志（牌）等脱落或不清晰或现场巡视人员未及时发现无关人员误入等原因，造成人员误入监督区或控制区，使人员受到不必要的照射。

（3）在不适合探伤的场地实施现场探伤，对公众或工作人员造成不必要的照射。

（4）X 射线探伤机被盗，不了解 X 射线机性能的人员开机不当使用，对周边人员造成不必要的照射。

事故工况下，X 射线为污染因子，污染途径为外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 现场探伤工作场所分区管理

为加强辐射源所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求，本项目将 X 射线探伤工作场所划分为控制区和监督区，实施分区管理。划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指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的区域。

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，具体划分情况如下：

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“7.2 分区设置”，公司开展 X、 γ 射线移动探伤作业时，根据现场具体情况，利用便携式 X- γ 剂量率仪巡测，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，控制区边界上合适的位置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，控制区的边界尽可能设定实体屏蔽，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；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。

上述分区管理要求及采取的辐射措施为针对地面探伤工地，如果探伤现场为多楼层的工厂或工地时，则需以各区边界地面投影为底面的柱体空间内人员可达区域（或空域）采取相同的辐射防护措施。可根据理论计算给出的范围进行参考。

本项目控制区和监督区划分及采取的辐射防护措施见表 10-1。

表 10-1 探伤工地“两区”划分与管理及采取的辐射防护措施

分区	“两区”划分依据	辐射防护措施
控制区	剂量率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围，可根据当地实际情况设置控制区	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“禁止进入射线探伤区”警示标志，安排人员在边界巡逻、看守。

监督区	剂量率在 $2.5\mu\text{Sv/h}\sim 15\mu\text{Sv/h}$ 之间的范围，根据野外、工地等现场地形、建筑物的实际情况确定	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，安排人员在边界巡视。
-----	---	---

由表 10-1 可知，公司工业 X 射线探伤机现场探伤时的控制区、监督区划分及现场探伤管理符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。

10.1.2 辐射安全措施

(1) X 射线探伤机存放安全

本项目拟使用的 4 台 X 射线探伤机是便携式可移动 X 射线发生器，便于携带。X 射线探伤机存放地点位于南宁市高新区高新五路 9 号生产大楼 A-1501-1502 房公司办公区固定区域内（只存不用），电缆线统一存放，绝不通电。存放区域建立有效的防盗措施，配备防火、防潮设备，保证 X 射线机的存放安全。

(2) X 射线探伤机使用过程安全

公司高度重视 X 射线探伤机使用过程管控，建立健全 X 射线探伤机领用（入库）登记制度，运输安全注意事项等；严格按照仪器的操作规程进行检测，将不断强化 X 射线探伤机使用过程中的安全管理。

(3) X 射线探伤机现场探伤安全

根据建设单位提供的《便携式 X 射线探伤机使用说明书》以及相关规章制度可知，公司在进行现场探伤时，拟采取以下辐射安全防护措施：

① 建设单位在开展现场探伤作业前，已配置了 6 名辐射工作人员，分 3 组（每组 2 人），负责的工作内容有：X 射线探伤机的操作、现场监护以及巡视等。

② 配备电离辐射警告标志，在控制区的边界应悬挂“禁止进入射线工作区”警告牌，监督区边界悬挂“无关人员禁止入内”等字样。

③ 控制区边界设有警戒线、绳索等隔离设施。

④ 配备对讲机等通信联络设备。

⑤ 探伤机控制台设有延时开机装置及远程遥控，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

⑥ 公司拟配备便携式辐射监测仪、个人剂量计和个人剂量报警仪。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巡测仪，两者均应使用。个人剂量计定期送检，并建立个人剂量档案。公司定期安排辐射工作人员参加个人职业健康体检，并建立个人健康档案。

⑦ 配备“预备”、“照射”的工作状态指示灯及声音提示装置，在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

⑧ 公司拟制定《辐射防护管理制度》、《操作规程》、《辐射环境监测方案》《X 射线检测工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员培训计划管理制度》、《X 射线机维护保养制度》等规章制度，具体见附件 5。

⑨ 公司每次实施现场探伤之前，对探伤现场及周边的人员聚集区等进行踏勘，并与委托单位等进行沟通协商，制定合理安全符合标准要求的工作方案。

⑩ 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。

10.1.3 工业 X 射线现场探伤放射防护要求符合性分析

依据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)来分析公司工业 X 射线现场探伤的放射防护要求合理性，分析结果见表 10-1。

表 10-1 工业 X 射线现场探伤放射防护要求符合性分析表

标准防护要求	本项目方案	符合性
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)	本项目接到任务后开展现探伤作业前的准备工作，同时对探伤现场工作环境进行全面评估，评估内容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、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)等。	符合
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	本项目成立 3 个探伤小组，每个移动探伤小组拟配备 2 名专职工作人员。	符合
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	公司进行现场探伤前，与委托单位进行沟通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，制定现场探伤工作方案，并提前通告。确保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。	符合

作的安全开展和所需安全措施的实施。		
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。	本项目将探伤现场划分为控制区与监督区，并在相应边界线设置电离辐射警示标志、工作状态指示灯及声音提示装置等。	符合
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。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。	公司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。在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置警戒线，便携式 X 射线探伤机自带工作状态指示灯及声音提示等。探伤作业人员在控制区边界外操作。	符合
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。	公司现场探伤时，对工作区域进行人员清场，确保探伤作业时无同时进行其他工作。公司将根据探伤构件及现场情况制定符合标准要求的工作方案并采取相应的辐射防护措施。	符合
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。	在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置临时警戒线，便携式 X 射线探伤机控制器自带工作状态指示灯及声音提示等。	符合
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。	公司拟配备 3 台便携式辐射监测仪器和相应数量的个人剂量报警仪，并定期检定。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。个人剂量报警仪能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号。	符合
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。	在项目运行时，工作人员对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，若探伤的位置在检测方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。	符合
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。	公司将控制区边界外、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，安排人员进行警戒。	符合
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。	与业主核实，本项目主要作业场所均在室外或者厂房，不存在在楼层内作业情况。	符合
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。	本项目 X 射线探伤机控制台设有延时开机装置。	符合
委托单位(业主单位)应配合做好探伤作	本项目在探伤准备阶段时，会要求委托单	符合

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。	位配合发布 X 射线探伤通知，通知内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制监督区范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容，同时通知现场内其他作业负责人进行清场。	
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。	本项目探伤机配备提示“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”信号有明显的区别，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设置警示灯。	符合
X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。	本项目探伤机配备的警示信号指示装置与主机联锁。	符合
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。	本项目的信号具有听觉强穿透性及视觉可视性。确保在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。	符合
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。	公司拟在监督区边界进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等警示信息。	符合
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。	开始现场探伤之前，公司辐射工作人员对现场进行清场，以确保在控制区内没有任何其他人员。在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置警戒线、便携式 X 射线机自带工作状态指示灯及声音提示等，防止有人进入控制区。	符合
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。	公司将在控制区及监督区边界设置警戒线等措施，防止人员进入控制区。	符合
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。	试运行(或第一次曝光)期间，公司辐射工作人员使用便携式辐射监测仪器对控制区、监督区边界的剂量率进行监测，以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。	符合
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。	开始探伤工作之前，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。	符合
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。	公司拟给所有辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪及便携式辐射监测仪器。	符合

10.2 三废的产生与治理措施

本项目为便携式 X 射线探伤机应用项目，使用过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。运营过程中产生的污染物主要为非放射性废物，包括危险废物和微量废气。

10.2.1 固体废物

本项目根据工作需要，在公司内部建设洗片室。南宁周边移动探伤作业的底片带回洗片室进行洗片、评片工作，该过程产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液等危废收集后暂存于洗片室，再定期委托有资质单位处理处置。其余移动探伤作业洗片委托探伤地址周边洗片单位，产生的危险废物由洗片单位委托当地有资质单位处理。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）与《危险废物转移管理办法》（生态环境部令第 23 号）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施：

（1）洗片室情况

本项目移动探伤产生的危废全部暂存于洗片室，位于公司东南角，建筑面积约 40m²，一次性最大贮存能力约 5 吨，该场所的建设满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，库内地面采取硬化处理和防渗措施；采用防盗门，门上设置符合《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）要求的危废标识和防盗锁，并由专人管理；库内分区存放，不同贮存分区之间应采取隔离措施，并设置液体导流和收集设施。根据工程分析计算可知，本项目废显（定）影液、废胶片与洗片废液的年产生总量为 0.492 吨，计划的贮存期限为 1 年，远远满足本项目危废贮存的空间要求。

洗片室的环境管理应满足：①专人管理，其他人员未经允许不得入内。②危险废物贮存前应做好统一包装，防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器应粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。③危险废物必须分类分区贮存，不同类危险废物间应有明显间隔，严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。④建立危险废物管理台账，管理人员应作好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留三年。

（2）危废的转移

对于运回公司运输，本项目危废从探伤现场产生环节运输到洗片室，应由专人负责，专用容器或废物袋收集转移，避免可能引起的散落、滴漏。对于洗片室贮存结束后运输，危废由有资质单位定期到公司内收集并运输转移，采用专用车辆。危废转移过程中应严格执行转移联单管理制度。

10.2.2 废水

本项目不产生放射性废水。洗片过程中产生的废液纳入危险废物管理（详见 10.2.1 节），不作为废水排放。

10.2.3 废气

X 射线探伤机在曝光时，会使周围空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。因现场探伤场所不密闭，臭氧及氮氧化物不累积，会很快进入大气环境中，对现场探伤工作人员及周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目拟购置的 X 射线探伤机，设备本身不含放射源，其只有在通电的状态下才会对环境产生影响，故其在安装过程、未通电运行状态下不会对环境产生电离辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。建设期该项目不会对工作人员及周围公众产生辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 分区管理要求

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 8.4.2 条款，在 X 射线探伤机处于照射状态，建设单位用便携式 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，根据 GBZ 117-2022 第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界；以 2.5μSv/h 为监督区边界。本项目单个 X 射线移动探伤小组的周探伤时间为 6h，小于 7h，故可判定出本项目 X 射线移动探伤控制区边界周围剂量当量率限值为 15μSv/h。

在实际探伤过程中，X 射线定向探伤机的主束射向所检查的工件才能出束。射线能量根据被检工件的厚度进行调节，有用射束被工件所屏蔽，射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。

11.2.2 理论计算

1、有用线束

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在距离靶 r（m）处由 X 射线探伤机产生的初级 X 射线束造成的周围剂量当量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

R：辐射源点（靶点）距离关注点的距离，m；

I：X 射线机管电流，mA；本项目 X 射线探伤机的管电流均为 5mA；

H₀：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv•m²/（mA•h），各类 X 射线探伤机的取值详见表 9-2；

B：屏蔽透射因子，根据公式 B=10^{-X/TVL} 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；根据 GBZ/T250-2014 附表 B.2，200kV 对应铅的半值层厚度为 1.4mm；250kV 对应铅的半值层厚度为 2.9mm；350kV 保守按 400kV 的半值层厚度为 8.2mm。

2、泄漏辐射

对于漏射辐射屏蔽采用以下公式计算辐射剂量率：

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots(11-2)$$

式中：

B：屏蔽透射因子，本项目无屏蔽措施，B=1；

R：距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

H_L：距离靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率量，单位为μSv/h；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，X 射线管电压 150≤kV≤200kV 时，H_L=2.5×10³μSv/h；X 射线管电压>200kV 时，H_L=5×10³μSv/h。

3、散射辐射

关注点的散射辐射剂量率：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \dots\dots\dots(11-3)$$

式中：

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA；

H₀：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/mA·min 为单位的值乘以 6×10⁴。各类 X 射线探伤机的取值详见表 9-2；

B：屏蔽透射因子，根据公式 B=10^{-X/TVL} 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；查 GBZ/T250-2014 表 2 及附表 B.2，200kV 散射辐射的能量为 150kV、对应铅的什值层厚度为 0.96mm；250kV 散射辐射的能量为 200kV、对应铅的什值层厚度为 1.4mm；350kV 保守按 400kV，400kV 散射辐射的能量为 250kV、对应铅的什值层厚度为 2.9mm（仅用于以什值层计算散射在屏蔽物资中的衰减）。

R_s：散射体至关注点的距离（m）。

F：R₀ 处的辐射野面积，m²；

a：散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

R₀：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；与业主核实，一般情况距离为 0.6m，本项目按偏保守估计取 1；

《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 标准中 B.4.2 中给出“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, $R_0^2/F \cdot a$ 因子的值为 50 (200kV~400kV)”, 本项目探伤机辐射角度最大为 40° (夹角为 20°)。

3、理论计算结果及分区情况

3.1、有用线束

根据公式 11-1~11-2 计算本项目探伤作业时, 在无屏蔽状态下周围不同距离处的辐射剂量率, 结果见表 11-1。

表 11-1 无屏蔽状态下有用线束方向辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

距离 (m) 型号	500	575	590	686	758	1000	1408	1445	1680	1856	2000
XXG-3505D	28.20	21.32	20.25	14.98	12.27	7.05	3.56	3.38	2.5	2.05	1.76
XXG-2505T XT2505C	19.8	14.97	14.22	10.52	8.62	4.95	2.5	2.37	1.75	1.44	1.24
XT2005D	34.44	26.04	24.73	18.3	14.99	8.61	4.34	4.12	3.05	2.5	2.15

由表 11-1 估算结果可知, 无屏蔽条件下, 对于 200kV 的 X 射线探伤机, 距探伤机 758m 处剂量率为 14.99 $\mu\text{Sv/h}$, 约为 15 $\mu\text{Sv/h}$, 为控制区边界, 距探伤机 1856m 处剂量率为 2.5 $\mu\text{Sv/h}$, 为监督区边界。

无屏蔽条件下, 对于 250kV 的 X 射线探伤机, 距探伤机 575m 处剂量率为 14.97 $\mu\text{Sv/h}$, 约为 15 $\mu\text{Sv/h}$, 为控制区边界, 距探伤机 1408m 处剂量率为 2.5 $\mu\text{Sv/h}$, 为监督区边界。

无屏蔽条件下, 对于 350kV 的 X 射线探伤机, 距探伤机 686m 处剂量率为 14.98 $\mu\text{Sv/h}$, 约为 15 $\mu\text{Sv/h}$, 为控制区边界, 距探伤机 1680m 处剂量率为 2.5 $\mu\text{Sv/h}$, 为监督区边界。

综上所述, 无屏蔽条件下, 有用束方向, 控制区和监督区边界划分如表 11-2:

表 11-2 无屏蔽条件下有用束方向控制区和监督区边界

项目	控制区	监督区	备注
边界标准限制($\mu\text{Sv/h}$)	15	2.5	/
距离 (m)	L _{控制} =758	L _{监督} =1856	管电压 200kV, 管电流 5mA, 无屏蔽
	L _{控制} =575	L _{监督} =1408	管电压 250kV, 管电流 5mA, 无屏蔽
	L _{控制} =686	L _{监督} =1680	管电压 350kV, 管电流 5mA, 无屏蔽

X 射线现场探伤时，被探工件厚度最薄为 3~4mm 钢，最厚为 60mm 钢，较多的为 8mm~30mm。为便于指导实际现场探伤作业，本次环评以典型的 20mm~30mm 厚的钢工件屏蔽条件下进行剂量率计算。根据《辐射源室屏蔽设计与评价》（王时进，北京市放射卫生防护所，2009 年 9 月），对于 150kV~400kV X 射线探伤机，20mm~30mm 钢约相当于 2.0mmPb。

根据公式 11-1~11-2 计算本项目探伤作业时主射束方向在有 2.0mmPb 屏蔽条件下的周围不同距离处的辐射剂量率，结果见表 11-3。

表 11-3 20mm~30mm 厚钢工件屏蔽条件下有用线束方向辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距离（m） 型号	100	147	260	359	400	518	600	637	1000	1058	1270
XXG-3505D	269.09	124.53	39.81	20.88	16.82	14.98	7.47	6.63	2.69	2.4	2.49
XXG-2505T XT2505C	101.15	46.81	14.96	7.85	6.32	3.77	2.81	2.49	1.01	0.9	0.630
XT2005D	32.09	14.85	4.75	2.49	2.01	1.20	0.89	0.79	0.32	0.29	0.20

由表 11-3 估算结果可知，20mm~30mm 厚钢工件屏蔽条件下，对于 200kV 的 X 射线探伤机，距探伤机 147m 处剂量率为 $14.85\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，为控制区边界，距探伤机 359m 处剂量率为 $2.49\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，为监督区边界。

20mm~30mm 厚钢工件屏蔽条件下，对于 250kV 的 X 射线探伤机，距探伤机 260m 处剂量率为 $14.96\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，为控制区边界，距探伤机 637m 处剂量率为 $2.49\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，为监督区边界。

20mm~30mm 厚钢工件屏蔽条件下，对于 350kV 的 X 射线探伤机，距探伤机 518m 处剂量率为 $14.98\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，为控制区边界，距探伤机 1270m 处剂量率为 $2.49\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，为监督区边界。

综上所述，20mm~30mm 厚钢工件屏蔽条件下，有用束方向控制区和监督区边界划分如表 11-4：

表 11-4 20mm~30mm 厚钢工件屏蔽条件下有用束方向控制区和监督区边界

项目	控制区	监督区	备注
边界标准限制（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	15	2.5	/
距离（m）	$L_{\text{控制}}=147$	$L_{\text{监督}}=359$	管电压 200kV，管电流 5mA
	$L_{\text{控制}}=260$	$L_{\text{监督}}=637$	管电压 250kV，管电流 5mA
	$L_{\text{控制}}=518$	$L_{\text{监督}}=1270$	管电压 350kV，管电流 5mA

3.2、泄漏射线和散射线

有工件条件下，非主射束方向主要考虑泄漏射线和散射线，根据式 11-2、式 11-3，计算非主射束方向距各型号 X 射线探伤机不同距离处的泄漏射线剂量率和散射线剂量率，如下表 11-5~表 11-7 所示。

表 11-5 200kV 的 X 射线探伤机非有用线束方向辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

距离 (m)	10	50	100	108	200	265	300
泄漏射线	25	1	0.25	0.21	0.06	0.04	0.03
散射线	1722	68.88	17.22	14.76	4.31	2.45	1.91
剂量率	1747	69.88	17.47	14.97	4.37	2.49	1.94

由上表可知，对于 200kV 的 X 射线探伤机，距探伤机 108m 处剂量率为 $14.97\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $15\mu\text{Gy/h}$ ，为控制区边界，距探伤机 265m 处剂量率为 $2.49\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，为监督区边界。

表 11-6 250kV 的 X 射线探伤机非有用线束方向辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

距离 (m)	10	50	84	100	200	205	300
泄漏射线	50	2	0.71	0.5	0.13	0.12	0.06
散射线	990	39.6	14.03	9.9	2.48	2.36	1.1
剂量率	1040	41.6	14.74	10.40	2.6	2.47	1.16

由上表可知，对于 250kV 的 X 射线探伤机，距探伤机 84m 处剂量率为 $14.74\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $15\mu\text{Gy/h}$ ，为控制区边界，距探伤机 205m 处剂量率为 $2.47\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，为监督区边界。

表 11-7 350kV 的 X 射线探伤机非有用线束方向辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

距离 (m)	10	50	86	100	200	242	300
泄漏射线	50	2	0.68	0.5	0.13	0.09	0.06
散射线	1044	41.76	19.06	14.10	2.61	2.41	1.16
剂量率	1094	43.76	19.74	14.60	2.74	2.49	1.22

由上表可知，对于 350kV 的 X 射线探伤机，距探伤机 100m 处剂量率为 $14.6\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $15\mu\text{Gy/h}$ ，为控制区边界，距探伤机 242m 处剂量率为 $2.49\mu\text{Sv/h}$ ，约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，为监督区边界。

根据表 11-5~表 11-7 计算结果，无屏蔽条件下，X 射线探伤机非有用束方向控制区和监督区边界划分如下表 11-8：

表 11-8 X 射线探伤机非有用束方向控制区和监督区边界

项目	控制区	监督区	备注
边界标准限制($\mu\text{Sv/h}$)	15	2.5	/
距离 (m)	$L_{\text{控制}}=108$	$L_{\text{监督}}=265$	管电压 200kV, 管电流 5mA
	$L_{\text{控制}}=84$	$L_{\text{监督}}=205$	管电压 250kV, 管电流 5mA
	$L_{\text{控制}}=100$	$L_{\text{监督}}=242$	管电压 350kV, 管电流 5mA

4 台 X 射线机控制区、监督区划分示意图如图 11-1~图 11-4。

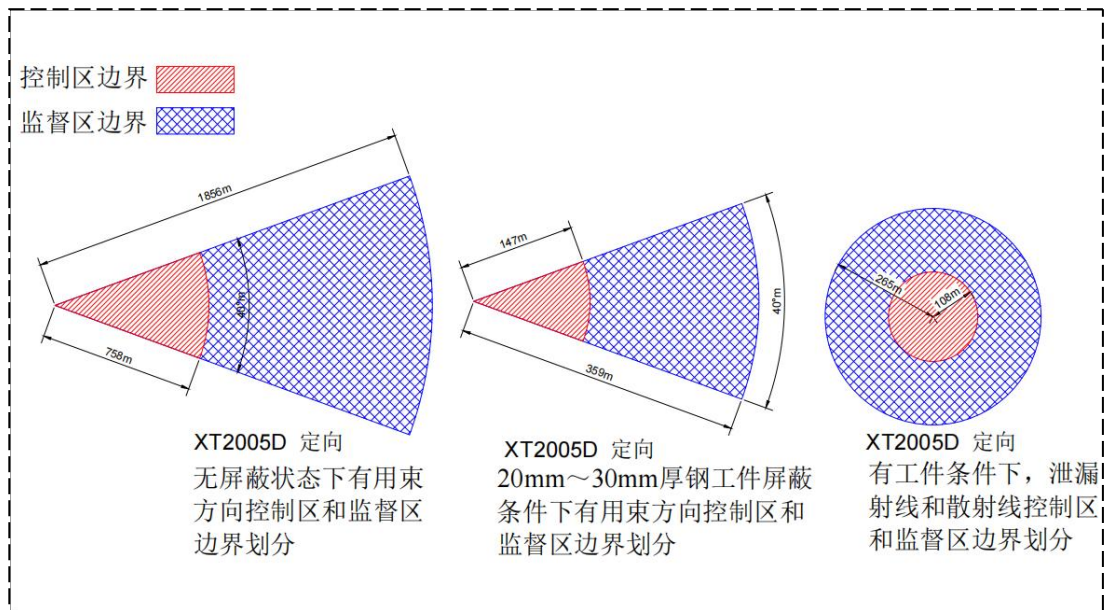


图 11-1 2005D 型射线机分区示意图

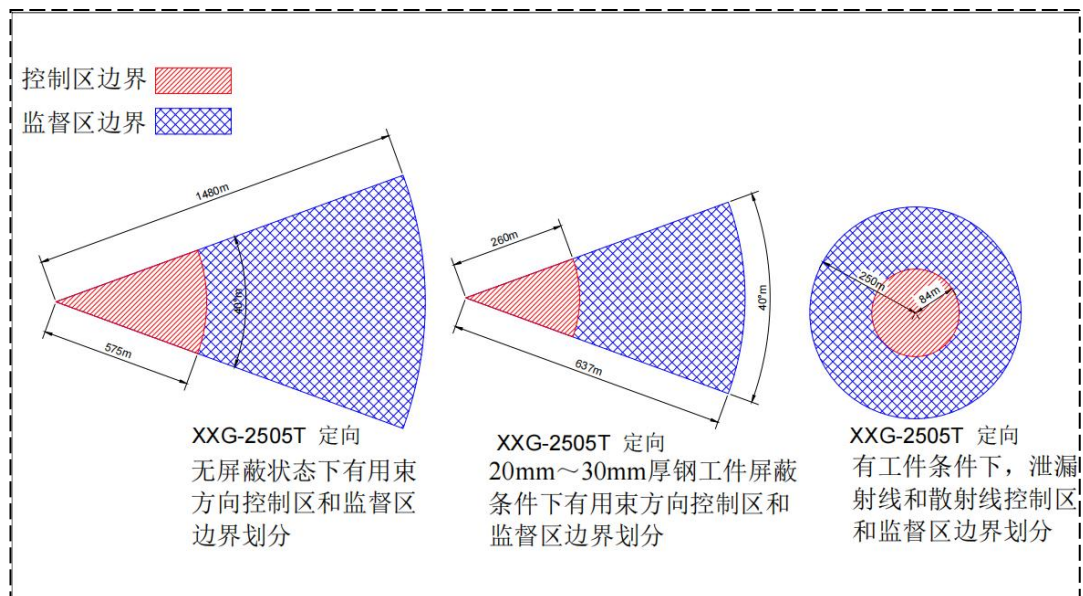


图 11-2 2505T 型射线机分区示意图

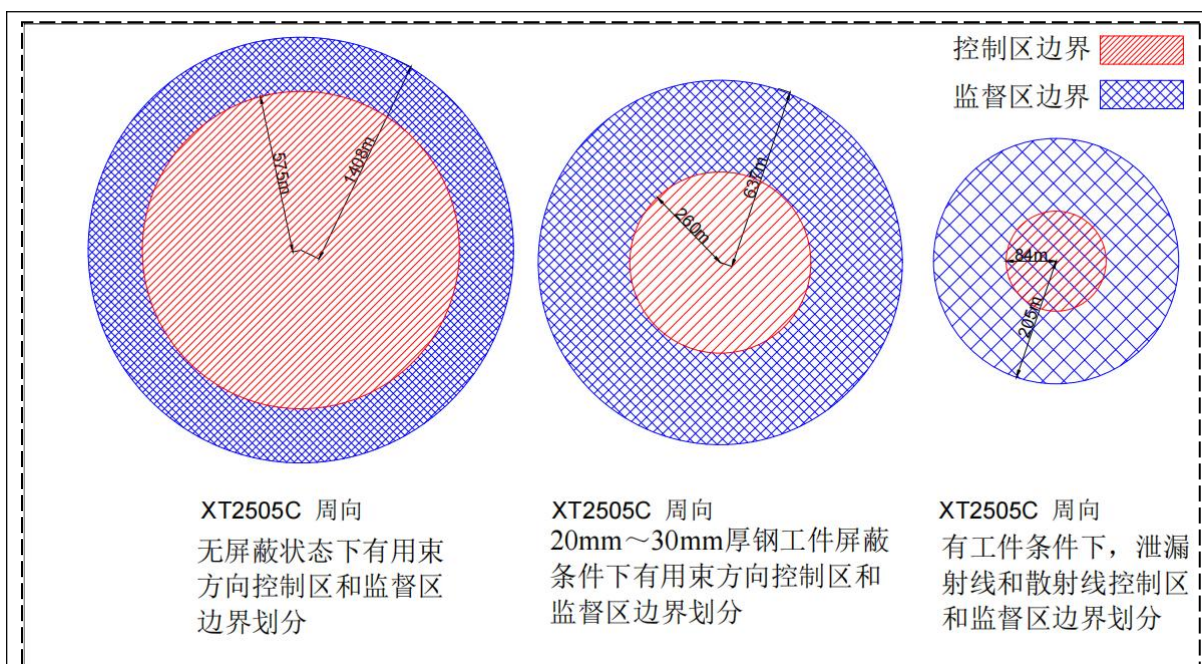


图 11-3 2505C 型射线机分区示意图

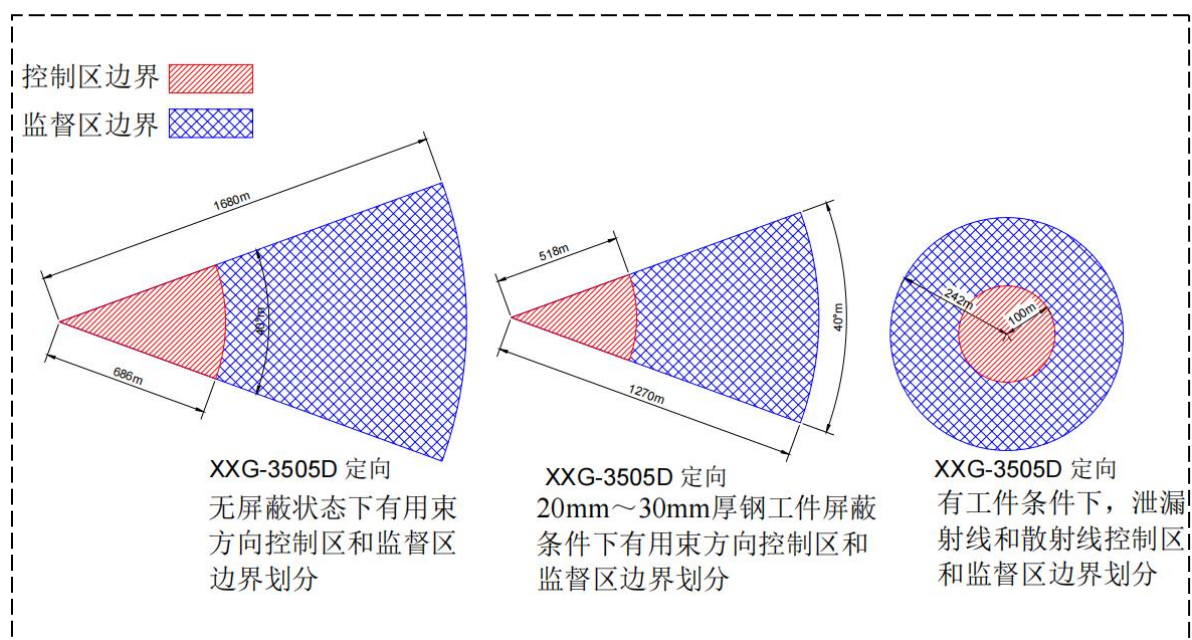


图 11-4 3505D 型射线机分区示意图

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改变、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的变化以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平变化，从而改变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》(GBZ117-2022)的要求：在第一次工作开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界；同时，借助辐射测量仪进行检测，将作业场所中周围

剂量当量率在 15μSv/h 以上的范围内划为控制区，控制区边界外剂量当量率在 2.5μSv/h 以上的范围内划为监督区。

11.2.3 人员受照剂量估算

1、剂量估算公式

根据潘自强主编的《电离辐射环境监测与评价》第 3.3.3 节（P51 页）“对于强贯穿辐射，10mm 深度是被经常使用的， $H^*(10)$ 应当是有效剂量 E 的合理近似”，外照射现场监测量为周围剂量当量率 $H^*(10)$ 。在有效剂量估算时，可以直接使用测量结果，不用进行系数转化。因此 X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式估算：

个人年有效剂量估算按下列公式计算：

$$H_e = H^*(10) * t * 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-4)}$$

其中： H_e 为年有效剂量，(mSv/a)；

$H^*(10)$ 为 X-γ 辐射周围剂量当量率，nSv/h；

t 为年受照射时间，小时；

10^{-3} 为 μSv 到 mSv 的转换系数。

2、职业人员受照剂量估算

鉴于 X 射线移动探伤工作场所各不相同，故本次评价采用边界控制限值开展剂量估算。现场探伤作业时，本项目预估每个移动探伤小组（2 人一组），1 人站在控制区边界上（周围剂量当量率为 15μSv/h），另外 1 人在监督区边界外进行巡逻（周围剂量当量率为 2.5μSv/h）。2 人轮流进行操作。周开机曝光时间约为 6 小时，年开机曝光时间约为 300 小时。根据公式 11-4 以及上述参数，可估算出平均每人的年附加有效剂量约为 2.6mSv/a。因此本项目移动探伤工作人员年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 ≤5mSv/a），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 ≤20mSv/a）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周”的要求。

3、公众人员受照剂量估算

X 移动探伤过程中，公众人员不得进入划定的监督区，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），监督区外边界外剂量率不大于 2.5μSv/h，X 移动探伤地点

不固定，公众成员为偶然居留，居留因子取 1/40，则公众成员年有效剂量为 $2.5\mu\text{Sv/h} \times (300\text{h} \div 40) / 1000 \approx 0.02\text{mSv/a}$ 。小于本次评价项目公众成员剂量约束值（0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于公众成员“剂量限值”的要求（1.0mSv/a）。

4、探伤机训机、维修过程辐射影响分析

根据建设单位提供资料，本项目探伤机初次使用或长时间不用需要先进行训机，训机过程产生 X 射线。一般情况下，X 射线探伤机首次购买后以及返厂维修后，设备均由厂家进行训机和制作曝光曲线。设备长时间不用后一般在野外现场探伤时进行训机和制作曝光曲线。

本项目探伤机均设有自动训机。每次现场探伤训机时，均参照现场探伤工作流程，在探伤前进行初步控制区和监督区划分，在相应边界设置警戒线，悬挂警示标牌，设置“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，安排专人巡视等辐射安全与防护措施。操作人员实行远距离和延时曝光操作，训机出束时，人员均退至安全区域内，且训机时间很短。根据受照剂量估算结果可知，在考虑了训机、探伤的曝光时间后，本项目辐射工作人员和公众的剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于相关的剂量约束值。

本项目 X 射线探伤机维修均需返厂，由厂家进行维修，本项目无维修过程的辐射影响。

11.2.4 有害气体的环境影响

本项目便携式 X 射线探伤机探伤时产生的臭氧等很少，且在野外作业不会发生累积，对工作人员以及周围的公众造成影响几乎可忽略不计，故不进行具体评价。氮氧化物中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的一半，工作场所中 NO₂ 的标准限值是 O₃ 的 10 倍，因而氮氧化物对环境 and 人员的影响也可以忽略。

11.2.5 探伤机训机、维修过程辐射影响分析

根据建设单位提供资料，本项目探伤机初次使用或长时间不用需要先进行训机，训机过程产生 X 射线。一般情况下，X 射线探伤机首次购买后以及返厂维修后，设备均由厂家进行训机和制作曝光曲线。设备长时间不用后一般在野外现场探伤时进行训机和制作曝光曲线。

本项目探伤机均设有自动训机。每次现场探伤训机时，均参照现场探伤工作流程，

在探伤前进行初步控制区和监督区划分，在相应边界设置警戒线，悬挂警示标牌，设置“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，安排专人巡视等辐射安全与防护措施。操作人员实行远距离和延时曝光操作，训机出束时，人员均退至安全区域内，且训机时间很短。根据受照剂量估算结果可知，在考虑了训机、探伤的曝光时间后，本项目辐射工作人员和公众的剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于相关的剂量约束值。

本项目 X 射线探伤机维修均需返厂，由厂家进行维修，本项目无维修过程的辐射影响。

11.3 辐射事故影响分析

1、可能发生的事故情景

公司拟用X射线探伤机为将电能转换成X射线能的无损检测设备，X射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，检修方便，断电状态下也较为安全，在意外情况下，可能产生的辐射事故为：

- （1）现场探伤没有按要求确定足够的控制区，对工作人员产生误照射。
- （2）探伤操作人员在探伤作业时未进行合理的防护而造成超剂量照射。
- （3）现场探伤由于未按要求设置探伤警戒区域，未拉设警示绳、警示灯，鸣警铃，悬挂“禁止进入射线工作区”标志，使公众人员误入照射区域受到照射。

发生以上事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条规定，该公司应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，以减轻事故危害后果。立即向当地生态环境行政主管部门、公安部门、卫健部门报告的同时，事故单位还应进行如下工作：

- （1）对事故可能造成的超剂量照射，立即采取应急救援措施。
- （2）对可能造成辐射伤害的人员，事故单位应立即将其送至放射性事故应急定点医院，进行检查和治疗。
- （3）配合相关管理部门进行调查。禁止任何单位和个人故意破坏事故现场、毁灭证据。

为了杜绝上述辐射事故的发生，公司应严格执行以下风险预防措施：

- （1）配备警戒绳、警示灯，在监督区四周设置醒目的警示指示和提醒。
- （2）配备必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测，及时发现使用过程

中的射线泄露。

(3) 严格遵守《X 探伤机安全操作规程》等制度，凡涉及对设备进行操作，必须按操作规程执行，在探伤现场做好警戒工作，遵循清场和巡逻等工作程序，严防工作人员和公众误留在警戒区内；辐射工作人员需做好个人的防护。

(4) 加强对 X 射线探伤机的贮存、使用现场的管理，防止 X 射线探伤机被盗、丢失。

(5) 为辐射工作人员配备个人剂量计并每季度送检 1 次，每 2 年对辐射工作人员进行一次职业健康检查；为辐射工作人员配置个人剂量报警仪，辐射工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。

(6) 遵守《射线装置使用登记制度》，规定设备的使用登记情况，加强对射线装置监管和维护。

(7) 制定应急预案并加强应急演练，防止环境风险的发生。

(8) 公司辐射工作人员均需参加生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台组织的辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上岗。

2、事故工况下人群受照分析

根据事故分析，在进行工业 X 射线探伤过程中存在着超剂量照射、误照射等事故风险。X 射线探伤机对人体的照射主要来自于其产生的 X 射线。X 射线具有穿透能力强、速度快、电离密度小等特点，因此射线对人体主要危害是外照射。一般来说，剂量越大，危害就越大。人体受危害的程度与电离辐射的剂量有很大关系，不同剂量引起的危害见表 11-9。但同等的剂量条件下，不同个体的机能状态不同，敏感程度差异很大，故危害程度也有所不同。

表 11-9 同剂量引起的危害

剂量(Gy)	危害程度
0~0.25	无明显自觉症状
0.25~0.5	出现可恢复的机能变化,有血液学的改变
0.5~1.0	出现机能变化,血相改变
1~6	可出现轻、中、重度放射病
>6	可出现死亡

本评价对事故状态下人群受照情况进行估算，现假设：

(1) 探伤作业人员未按要求进行适当防护而受到超剂量照射

现场探伤作业进行前，须将作业场所划分为控制区及监督区，探伤作业时，操作人员应携带个人剂量报警仪等措施防止受到超剂量照射。

按照个人年附加有效剂量 5mSv 作为管理约束值，只要没有受到误照射，探伤作业人员不会受到超过管理约束值的辐射照射。

(2) 公众人员误入探伤作业区受到误照射

公众成员所受附加年有效剂量约束值选取 0.1mSv，以公众成员进入控制区外边界及监督区外边界为例，可计算出公众人员误入该区域的年最大允许照射时间，计算结果如表 11-10。

表 11-10 公众误入控制区及监督区年最大允许照射时间

探伤类型	区域划分	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大允许照射时间 (h)
现场探伤	控制区	15	6.7
	监督区	2.5	40

因此，由于某种原因，公众人员误入正在进行 X 射线探伤的非安全区时，一年中允许的最大照射时间不能超过表 11-10 中相应的约束值，否则将会受到超剂量照射。以上计算的时间约束值为一年的累计时间，由于相同剂量的一次照射危害程度大于分次照射，因此，公众偶然一次进入最大允许的照射时间应小于年最大允许照射时间。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应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；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

12.1.1 辐射安全与防护管理领导小组

公司成立了以吴志成为组长，曹涛、梁春海、陈云蛟为成员的辐射安全与防护管理领导小组。具体内容见附件 3。

规定了领导小组职责有：

- 1、组织制定并落实辐射防护管理制度；
- 2、按照要求组织办理《辐射安全许可证》；
- 3、组织本公司辐射工作人员接受专业辐射防护知识及有关规定的培训和健康检查；
- 4、制定辐射事故应急预案并定期组织演练；
- 5、定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护检测和检查；
- 6、监管、布置和检查射线装置辐射防护管理工作的落实情况，定期实施工作环境和相关工作人员的辐射防护监测；
- 7、按时向发证机关提交辐射安全与防护状况年度评估报告。
- 8、辐射事故发生后，严格以《辐射事故应急处理预案》中的方案进行处理，并在事故后由辐射安全与防护管理小组形成总结报告，并提出整改方案加以落实，以防发生同类事故。

12.1.2 辐射工作人员情况

公司为本项目计划配备 6 名辐射工作人员。依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并

进行考核；考核不合格的，不得上岗。

根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

公司应及时安排本项目未参加培训并考核合格的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗（考核成绩合格有效期五年）。

12.2 辐射安全管理规章制度

公司已严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《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》核技术利用项目操作规程及环境保护主管部门的对辐射环境管理的要求，针对核技术利用建设项目拟制定了系统的规章制度，包括：《辐射防护管理制度》、《X 射线检测工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员培训计划管理制度》、《X 射线机维护保养制度》、《操作规程》、《辐射环境监测方案》、《台帐管理》等规章制度。建议公司在项目运行前尽快补充制定探伤岗位职责、工作人员体检制度等规章制度。

12.3 辐射监测

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安全。

12.3.1 个人剂量监测

建设单位应定期委托有资质的单位定期对辐射工作人员个人剂量计进行监测（监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），并按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求建立个人剂量记录及监测档案管理制度，并对职业照射个人监测档案终生保存。

按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，公司应为辐射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。职业健康检查周期为 1~2 年，但不得超过 2 年，必要时可适当增加检查次数；在本单位从事过辐射工作的人员在离

开该工作岗位时也应进行健康体检。

12.3.2 场所及环境辐射监测

建设单位应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备使用场所及周围环境进行辐射监测，并建立监测技术档案。

监测方案要求：

（1）单位自检

公司需利用自备的辐射剂量检测仪对工作场所进行定期监测制度，并建立档案。

（2）年度监测

公司应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。监测数据每年年底向当地生态环境主管部门上报备案。

（3）监测要求

1) 监测范围：探伤现场控制区、监督区边界及监督区外 100m 范围内。

2) 监测项目：X- γ 辐射剂量率。

3) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

（4）竣工验收监测

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），本项目竣工后，建设单位应按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，及时对本项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

12.3.3 年度安全评估报告

每年 1 月 31 日之前，核技术应用单位应向辐射安全许可证发证机关及当地生态环境主管部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，建设单位根据可能发生的辐射事故的风险，制定了本单位的应急方案，做好应急准备。发生辐射事故时，单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防护措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门、公安部门和卫健部门报告。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。

公司制定了辐射事故应急预案，预案包括了下列内容（具体内容见附件 4）。

一、组织体系

1、成立辐射事故应急领导小组

公司成立辐射事故应急处理工作领导小组，领导小组成员名单如下：以吴志成成为组长，副组长为梁春海；曹涛、梁春海、陈云蛟为成员。

2、规定了领导小组职责：

监督检查辐射安全工作，防止辐射事故的发生；针对防范措施失效和未落实防范措施的部门提出整改意见；对已发生辐射事故的现场进行组织协调、安排救助、并向放射工作人员与公众通报；负责向上级行政主管部门报告辐射事故发生和应急救援情况，恢复正常秩序、稳定受照人员情绪等方面的工作。

二、应急预案

通过定期进行内外部监测、检查，一旦发现设备发生辐射事故，立即采取措施防止事故继续发展和蔓延而扩大危害范围，事故现场人员应立即向事故公司负责人报告，同时将情况上报公司，公司应立即启动本公司应急预案。具体程序见附件 4

三、应急保障

1、应急指挥中心

2、现场处置组

3、现场救护组

4、后勤保障组

5、以上具体程序见附件 4

四、辐射事故应急培训演习计划

建议公司定期进行辐射事故应急演练，对演练效果进行评估，提交演练报告，重点说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，及时整改。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践的正当性分析

广西天誉特种设备检测有限责任公司拟使用 4 台便携式 X 射线探伤机用于 RD2(第一、二、三类固定式压力容器不含超高压容器、大型高压容器、球形储罐)、DD2(公用管道)、DD3(工业管道)项目的特种设备定期检验、安全阀离线在线校验、无损常规四项检测,目的是为了提提高检测质量的要求。X 射线探伤机在使用过程产生电离辐射,对周围环境产生一定影响,但在使用过程采取了必要的辐射安全与防护措施减少本项目的辐射影响,使本项目的辐射影响在相应的标准范围内,该项目给社会带来的利益远大于其可能引起的辐射影响。该项目符合《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。

13.1.2 选址合理性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)关于“源的选址与定位”规定,国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定,对其它源的选址未作明文规定。本项目中拟建的便携式 X 射线探伤机在正常运行和事故工况下,均不会造成大量放射性物质释放。因此,对此类项目的择址国家未加明确限制。

公司在所承接的无损检测项目现场进行 X 射线探伤作业时,应合理安排工期,探伤作业时每一探伤点均应清场,并划分控制区及监督区作业。

13.1.3 环境影响分析

预计本项目运行对职业人员年剂量低于剂量管理约束值 5mSv/a,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)关于剂量限值的要求。

预计本项目运行对公众人员产生的有效剂量低于公众成员年剂量管理约束值 0.1mSv/a,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值的要求。

13.1.4 辐射环境管理制度

(1) 为了加强项目辐射安全与环境保护工作领导,规范项目射线装置辐射安全及管理,公司成立辐射安全与环境保护管理领导小组。

(2) 公司为了加强对工业 X 射线探伤机安全和防护的监督管理,促进工业 X 射

线探伤机的安全应用，保障辐射工作人员和公众的人体健康，公司制定了《辐射防护管理制度》、《X 射线检测工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员培训计划管理制度》、《X 射线机维护保养制度》、《操作规程》、《辐射环境监测方案》、《台帐管理》等规章制度。

(3) 为应对探伤作业过程中 X 射线突发辐射事故，公司应成立应急防护行动组织，制定《辐射防护应急预案》等规章制度，明确小组人员的职责，设置辐射突发事件应急处理程序，并加强演练。

13.1.5 安全培训及健康管理

(1) 对所有从事辐射工作的人员进行安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

(2) 所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案，每两年进行一次健康体检。

13.1.6 结论

综上所述，广西天誉特种设备检测有限责任公司 2025 年新建便携式 X 射线探伤机应用项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施后，其配置的便携式 X 射线探伤机应用项目的运行对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

根据项目情况本评价提出以下建议：

- 1、按照辐射安全许可证的许可内容从事辐射工作。
- 2、不断完善辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。
- 3、继续做好辐射防护工作档案，对放射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存，严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。
- 4、做好职业工作人员的个人剂量监测和健康管理；做好辐射工作人员培训和再培训。按照辐射事故应急预案和报告制度的要求，定期开展演习。
- 5、落实辐射防护设施定期检查制度，如工作警示灯、辐射警示标志。

13.2.2 承诺

为保护环境、保障人员健康，公司承诺：

- 1、按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境部门提交上一年度的评估报告。
- 2、接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现问题。
- 3、完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行。
- 4、按要求开展竣工环境保护验收。

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