

核技术利用建设项目

工业 X 射线现场探伤项目
环境影响报告表
(报批稿)

杭州正远检测技术有限公司

2017 年 11 月

环境保护部制

核技术利用建设项目

工业 X 射线现场探伤项目
环境影响报告表
(报批稿)

建设单位名称: 杭州正远检测技术有限公司

建设单位法人代表(签名或盖章): 屈益钢

通讯地址: 杭州市滨江区聚园路 12 号二幢三楼

邮政编码: 310051 联系人: 邬瑾

电子邮箱: 1009853275@qq.com 联系电话: 13336108320

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	5
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	6
表 6	评价依据	7
表 7	保护目标与评价标准	9
表 8	环境质量和辐射现状	12
表 9	项目工程分析与源项	14
表 10	辐射安全与防护	19
表 11	环境影响分析.....	24
表 12	辐射安全管理	30
表 13	结论与建议	33
表 14	审批	36

表 1 项目基本情况

建设项目名称		工业 X 射线现场探伤项目			
建设单位		杭州正远检测技术有限公司			
法人代表	屈益钢	联系人	邬瑾	联系电话	13336108320
注册地址		杭州市滨江区聚园路 12 号二幢三楼			
项目建设地点		现场探伤，作业场所不固定； 探伤装置存放于杭州市滨江区聚园路 12 号二幢三楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	60	项目环保投资 (万元)	20	投资比例(环保投资/总投资)	33.3%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积(m ²)	40
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
	其他	/			

1.1 建设单位基本情况

杭州正远检测技术有限公司（以下简称为“公司”）是一家具有独立法人资格、专业从事金属焊接产品、建筑钢结构、桥梁钢结构无损检测、理化试验及相关技术服务的公正检测机构。公司于 2004 年成立于全国钢结构生产基地、魅力的杭城滨江区，在这十几年中公司一直秉承观念创新、制度创新、服务创新、技术创新和管理创新，始终以更好地服务社会、服务大众为目标，稳步发展，至今已成为华东地区最具实力的第三方公正检验机构之一。

公司检测业务范围包括钢结构原材料、焊材、焊接件、紧固件、焊缝、螺栓球节点、网架杆件、涂料测厚等材料及工程。检测技术在提升单项检测技术的同时，完善了成套的钢结构检测技术，包括钢材力学性能检测（拉伸、弯曲、冲击、硬度）、钢结构紧固件力学

性能检测（抗滑移系数、轴力）、钢材金相检测分析（宏观组织分析）、原材料化学成份分析、焊接工艺评定、钢结构无损检测、钢结构应力测试和监控、涂料测厚等成套钢结构工程的检测技术。

1.2 项目由来

因业务发展需要，公司拟开展钢结构现场探伤项目，计划于 2017 年购买 3 台型号分别为 RD-2505、XXG-3005 和 XXG-3005H 的 X 射线探伤机用于对桥梁、金属构件、钢结构的无损检测，以保证产品的质量和生产的安全。

经与建设单位核实，公司 5 年内辐射活动规模即为本次评价规模为：拟配置 RD-2505、XXG-3005、XXG-3005H 型 X 射线探伤机各一台，共计 3 台，所有探伤活动仅限于现场探伤。公司内部不承担检修工作，所有探伤机检修均由设备生产厂家承担。

根据国家有关建设项目辐射环境管理规定，本项目应编制辐射环境影响报告表，并向有权限的环保部门申领辐射安全许可证。为保护环境、保障公众健康，杭州正远检测技术有限公司委托浙江问鼎环境工程有限公司（国环评证乙字第 2053 号）对本建设项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件 1）。环评单位在收集了有关项目资料的基础上，依照《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），编制该项目的辐射环境影响报告表。

1.3 评价目的

- （1）评价项目在运行过程中对工作人员及公众成员所造成的辐射影响；
- （2）评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为环境保护行政主管部门的管理提供依据；
- （3）通过项目辐射环境影响评价，为建设单位保护环境和公众利益给予技术支持；
- （4）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”；
- （5）评价项目的可行性，从环境保护角度为主管部门和建设单位进行辐射环境管理提供科学依据。

1.4 项目地理位置

1.4.1 企业地理位置

公司位于杭州市滨江区聚园路 12 号二幢三楼，租用杭州茂源实业有限公司写字楼用于办公及 X 射线装置的贮存，总建筑面积为 700m²，租赁协议见附件 5。公司所在建筑整体构造为 3 层，四周均为茂源实业写字楼，地理位置示意图见附图 1，周围环境示意图见附图 2。本次拟使用的 3 台 X 射线机用于室外现场探伤，作业场所不固定，其射线装置在不使用时存放于公司西北角专门的贮存间内，其东侧为评片室，南侧隔过道为光谱室，西侧为暗室，北侧为临空，企业内部平面布置见附图 3。

1.4.2 现场探伤时作业场地位置

该公司现场探伤无确定的作业地点，根据承接项目的需要，在施工现场进行，具体操作地点的选择严格按照公司管理制度进行。每个工作组必须要有临时存放 X 射线探伤设备的场所，临时存放场所须满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求，并须有专人管理。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（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	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 (定向)	II	1	RD-2505G	250	5	无损检测	现场探伤	拟购
2	X 射线探伤机 (定向)	II	1	XXG-3005	300	5	无损检测	现场探伤	拟购
3	X 射线探伤机 (周向)	II	1	XXG-3005H	300	5	无损检测	现场探伤	拟购

备注：公司不存在两台或者多台探伤机在同一地点、同时开机的工况。

（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 (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 NO _x	气体	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
废(显)定影液	液态	/		约 4L	约 50L	/	企业综合楼三层 暗室内危废暂存 间集中存放（桶 装加盖上锁）。	定期委托杭州立佳环境服务有限公司处理
废旧胶片	固态	/	/	约 20 张	约 250 张	/		

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说明，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 (2014 年修订)》，2015 年 1 月 1 日； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法 (2016 年修订)》，2016 年 9 月 1 日； (3) 《建设项目环境影响评价分类管理名录 (2017 年修订)》，2017 年 9 月 1 日； (4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年 11 月 29 日； (6) 《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，2014 年 7 月 29 日； (7) 关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定，环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月 6 日； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日； (9) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环境保护部办公厅环办辐射函 (2016) 430 号，2016 年 3 月 7 日； (10) 《国家危险废物名录 (2016 年修订)》，环境保护部令第 39 号，2016 年 8 月 1 日； (11) 《浙江省建设项目环境保护管理办法 (2014 年修正)》，省政府令第 321 号，2014 年 3 月 13 日； (12) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第 289 号，2012 年 2 月 1 日； (13) 《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单 (2015 年本)》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单 (2015 年本)》的通知，浙环发 (2015) 38 号，2015 年 10 月 23 日。
技术标准	(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 环境保护部； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，GB 18871-2002； (3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》，GBZ 117-2015； (4) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》GB 22448-2008。

其他	(1) 环评委托书，附件 1； (2) 企业营业执照，附件 2； (3) 辐射安全与防护培训合格证书，附件 3； (4) 危险废物委托处置协议，附件 4； (5) 厂房租赁协议，附件 5。
----	---

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目拟使用的移动X射线探伤机属于Ⅱ类射线装置，用于现场探伤，探伤工作地点不固定，现场探伤时公司将根据现场情况按标准要求划定控制区与监督区。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》(HJ 10.1-2016)的相关规定：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）。考虑到该项目的实际情况，本项目的评价范围为：有用线束方向控制区88m、监督区215m范围内；非有用线束方向控制区47m、监督区114m范围内。

7.2 保护目标

现场探伤作业时，对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标示。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，由专人看守；将控制区边界外、作业时间周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，该区域允许与探伤活动有关的辐射工作人员在此活动，公众人员不得入内。

由于本项目为 X 射线的现场探伤，探伤地点不固定，因此 X 射线探伤机在工作条件下的环境目标是不定的。环境保护目标为 X 射线探伤机工作现场处的辐射工作人员以及周围其他公众成员。

该辐射装置运行时，辐射工作人员和公众所受照剂量低于本报告提出的管理剂量约束值，以确保该装置运行时工作人员和公众的安全。

7.3 评价标准

(1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

4.3.3 防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 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。

本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

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。

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

（2）《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）。

3.1.1.5 X射线装置在额定工作条件下，距X射线管焦点1m处的漏射线空气比释动能率应符合表3-1要求：

表3-1 X射线管头组装体漏射线空气比释动能率

管电压（kV）	漏射线空气比释动能率（mGy/h）
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

3.1.3 对于移动式X射线装置，控制器与X射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于20m。

5 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

5.1 X 射线现场探伤作业分区设置要求

5.1.1 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。

5.1.2 一般应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。如果每周实际开机时间明显不同于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按式（1）计算：

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

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

t——每周实际开机时间，单位为小时（h）；

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

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场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，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。

5.1.5 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。

5.1.6 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。

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5.2 X 射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前，运营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。

5.2.2 运营单位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。

5.2.3 应考虑现场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）。

5.2.4 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。委托方应给予探伤工人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。

5.3 X 射线现场探伤作业安全警告信息

5.3.1 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。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

5.3.3 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。

5.3.4 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。

5.4 X 射线现场探伤作业安全操作要求

5.4.1 周向式探伤机用于现场探伤时，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）。

5.4.2 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。

5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

5.5.1 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。

5.5.2 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。

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

5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。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。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.5 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读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。

6.3 现场探伤的分区及检测要求

6.3.1 使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

6.3.2 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、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。

6.3.3 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。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目场所位置

8.1.1 企业地理位置

杭州正远检测技术有限公司位于杭州市滨江区聚园路 12 号二幢三楼。企业地理位置见附图 1，周边环境示意图见附图 2。

8.1.2 项目位置及周边环境

杭州正远检测技术有限公司拟使用的 3 台 X 射线机用于室外现场探伤，作业场所不固定，根据检测项目工件的需要，在施工场进行 X 射线探伤操作，具体操作地点的选择严格按照公司的管理制度进行。X 射线探伤机在不使用时存放于公司西北侧专门的贮存室，采取双人双锁的管理制度，公司内部仅为贮存场所，不涉及探伤操作。探伤完毕后，胶片运回公司，进行洗片，洗片位于公司 X 射线探伤机贮存室西侧的暗室内，洗片过程中产生的废显（定）影液、废胶片分类收集存放在暗室内独立的危废暂存间，企业平面布置图见附图 3。

8.2 环境质量和辐射现状

本项目为使用 X 射线探伤机进行现场探伤，由于其涉及的待检测项目具体地点不固定。因此，本项目不再进行辐射环境现状监测。

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 设备特点及作业方式

公司使用的 X 射线机具有体积小、重量轻、携带方便等特点，曝光时间最长为 5min。为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机一般按工作时间和休息时间以 1:1 方式工作和休息，以确保 X 射线管充分冷却，防止过热。

本项目X射线探伤机分定向辐射、周向辐射两种。定向辐射是固定的，射线束辐射圆锥角一般在 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 范围，主要用于检测较小的工件。周向辐射射线束是在与X射线管轴线成垂直方向的 360° 圆周上同时辐射X射线，主要用于检测大口径管件和球形容器，通过一次曝光可以完成整个焊缝的探伤照相工作，可以大大地提高检测效率。当直径较大的圆形筒体环焊缝射线探伤采用外透法透照工艺时，透照距离往往受到几何不清晰度 u_g 和焊缝透照厚度比K的影响，底片质量不甚理想。当采用射线源置于圆心位置的周向曝光技术时，无论从成象质量还是经济效益方面看，它具有独特的优点：（1）透照距离保持不变，透照厚度均一，底片黑度均匀。只要筒体半径满足一定的几何不清晰度 u_g 的要求，其成像质量优于其它透照方式；（2）射线束处处垂直于筒体曲面的切线，入射角 $\theta=0^{\circ}$ ，有利于发现各种缺陷，焊缝中的横向裂纹检出率高；（3）由于一次曝光就能完成整个焊缝的透照，检测效率高。因此，周向曝光技术日益受到重视。

本项目主要 X 射线探伤机技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目主要 X 射线探伤机技术参数表

型号	输出电压 (kV)	输出电流 (mA)	焦点尺寸	射线管辐射角	最大穿透钢 (mm)
RD-2505G	150~250	5	2.0×2.0	40+5°	40
XXG-3005	170~300	5	2.3×2.5	40+5°	50
XXG-3005H	170~300	5	1.0×3.5	360×25°	47

9.1.2 探伤原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的检测装置。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤

机就据此实现探伤目的。

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钼等）制成。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。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。典型的 X 射线管结构见图 9-1。

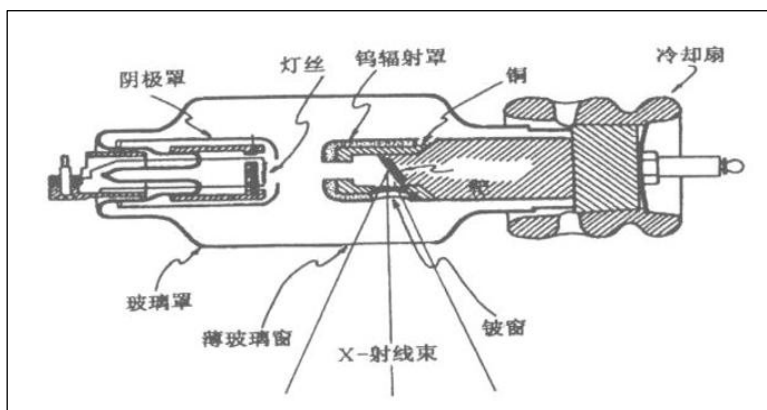


图 9-1 典型的 X 射线管结构示意图

9.1.3 工作流程及产污环节分析

（1）现场探伤工作流程：

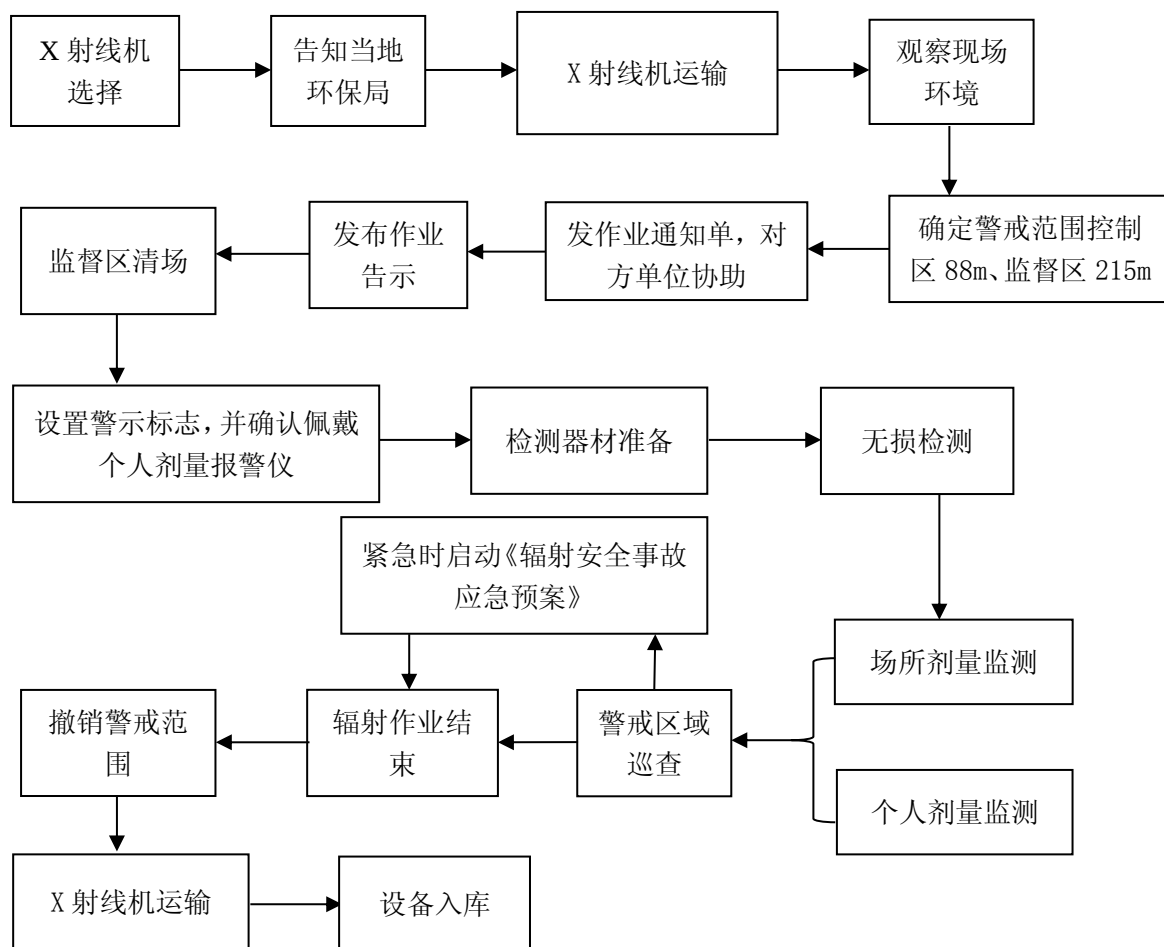


图 9-2 现场探伤工作流程图

①据探伤工件、选择合适射线装置；跨区域作业时，到当地（省）市环保备案登记，公司拟配备 1 台专用工程车辆，X 射线探伤机由专用工程车运输至探伤地点，每次至少有 1 名操作人员随车押运；

②在实施现场探伤工作之前，对工作环境进行全面评估，确定初步警戒范围，发作业通知单，业主单位协助，发布作业告示；

③作业区域清场，设置警戒线、警示标志等，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，控制区的范围清晰可见，确保没有人员进入控制区，并安排人员进行巡查；

④工作人员佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪等进行无损探伤作业；

⑤对 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测；

⑥确定场内无相关人员后，开始铺设电缆，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，

检查无误，确定照射时间，在操作位开机曝光（设置延时），然后迅速离开至 88m 外，并开始计时，同时采用计量率仪，核定工作区域边界计量率，确保控制区边界计量率小于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，监督区边界剂量率小于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ；

⑦达到预定的照射时间后，回到操作位关闭电源，工作人员确保个人剂量报警仪处于工作状态，解除从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，并解除控制区和监督区，完成一次探伤任务；

⑧作业结束，撤销警戒，洗片过程待回到公司后在暗室进行，评片出具监测报告。

9.1.4 运行工况与人员配置计划

现场探伤作业时，根据待检产品参数选择适用型号的探伤机，同一探伤地点内只使用 1 台探伤装置，即同一探伤地点不会出现 2 台探伤装置同时进行探伤作业的情况，探伤工作主要安排在晚上进行。

该公司预计年拍片量为 2500 张，单次探伤曝光时间最长 5min，探伤工件主要为 30-50mmA3 钢，根据企业提供的资料，不同型号的探伤机工况如下。

公司共配备 3 名放射工作人员，其中有 1 名射线装置专职安全管理人员，该人员不参与操作 X 射线装置。其余 2 名放射工作人员负责操作 X 射线现场探伤装置，每次探伤仅开机 1 台 X 射线装置，每次探伤作业安排辐射工作人员数为 2 人，1 名负责射线机的操作，1 人负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入。以上 3 名辐射工作人员均已取得《辐射安全与防护培训合格证》。

本项目 3 套 X 射线探伤装置在不工作时，存放于企业综合楼 3 层专用贮存室，双人双锁，由专人管理。

9.2 污染源项描述

（1）X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子，污染途径是 X 射线外照射。

（2）臭氧和氮氧化物

X 射线探伤产生的臭氧等很少，且在室外作业不会发生累计，对工作人员以及周围的公众造成影响几乎可忽略不计。氮氧化物中，以 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的一半，工作场所中 NO_2 的限值是 O_3 的 10 倍，因而氮氧化物对环境 and 人员的影响也可以忽略。

（3）废显（定）影液与废胶片

X 射线探伤过程中产生的废显（定）影液及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物，危废代码为 HW16（900-019-16），并无放射性，项目每年拍片 2500 张，按洗 1000 张片用 5 加仑（约 20L）显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 50L，每年产生废胶片约 250 张（废片率按 10%计算），该部分危险废物定期委托杭州立佳环境服务有限公司处理，完好的胶片公司定期建档备查。X 射线探伤机运行时无其它固体废弃物产生。

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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)、《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB 22448-2008)中关于辐射工作场所的分区规定,使用单位应做到:

(1) 现场探伤作业时,对工作场所实行分区管理,并在相应的边界设置警示标识。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;应将控制区边界外、作业时间周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

(2) 控制区要求

1) 在控制区内不应同时进行其他工作。应采取措施如利用铅屏蔽,使移动式 X 射线仪器的工作控制区应限制在尽可能小且适度的范围内。

2) 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌,探伤作业人员在控制区边界外操作,否则应采取专门的防护措施。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。

3) 在设立控制区时,应按下列步骤:

①估计控制区的范围;

②确定控制区的边界;

③标明控制区。

4) 不允许在接通 X 射线机后用测得的剂量率来确定控制区边界。在第一次工作开始前要根据估计和经验划定并标志出控制区边界。在第一次工作期间要借助剂量率测量仪进行检测或修正。应用绳索或条带来隔离或由保安人员阻止非工作人员进入控制区。所有入口应用警戒牌标明,现场的监视人员应配备有射线监测仪器。

(3) 监督区要求

应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌,必要时设专人警戒。

(4) 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体(材料、规格、形状)、照射方向、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。工作状态下应检测控制区和监督区边

界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

(5) 应确保在探伤操作期间，在划定的监督区范围内无公众，在控制区内不应有任何人员。

(6) 移动探伤作业场所难以划出安全防护区域的，探伤作业单位必须建造探伤室。

10.1.2 工作场所污染防治措施

(1) 贮存射线装置的场所

①应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。

②制定射线装置的领取、归还和登记制度，做好设备台账管理。

③射线装置贮存场所应采取双人双锁的管理制度，探伤机外出现场探伤时，也应对临时的贮存场所采取双人双锁的管理制度。

④公司 X 射线探伤机储存场所应设置电离辐射警告标志，并采取“防盗、防火、防潮、防爆”的安全措施。每个工作组设备临时储存场所同样须做到“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。

⑤公司 X 射线探伤机无探伤作业时存放于专门的贮存间内，该处只存放设备用，不得进行设备检修活动。探伤机检修均由设备生产厂家承担，该公司人员不承担检修工作。

(2) 现场探伤场所

1) X 射线探伤机

①移动式 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不应短于 20m。

②探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

③现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。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。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

④加强 X 射线探伤装置的检查和维护，每次工作前应进行日检，并定期检查；加强射线设备的维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并应做好设备维护记录。

⑤当使用周向 X 射线探伤机进行桥梁现场探伤时，工作人员应该及时做好探伤现场的清场，布置足够的警戒绳等围挡防止公众入内、并在关键位置布设警戒灯和警示牌提醒公众，必

须安排专人巡查控制区和监督区边界。因此，每个移动探伤现场除操作人员外，还至少有 1 名安全巡查人员。高架桥进行现场探伤时，将周向探伤机置于桥体中心，上面必须加盖铅版作为防护屏蔽措施。



图 10-1 高架桥现场探伤图

2) 辐射工作人员

①运营单位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。

②现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读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。

(3) 现场检测

①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；

②在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

③探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确保探伤机确已停止工作。

(4) 评估与巡查监测

①在实施现场探伤工作之前，运营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；应考虑现场探伤对工作场所内其它的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

②加强 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测。

(5) 现场探伤作业安全警告

①作业现场应有提示“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。

②警示信号指示装置应与探伤机联锁。

③在控制区的所有边界都应清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

(6) 辐射防护用品配备计划

为保证现场探伤工作安全持续开展，根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》的相关要求，公司需要为辐射工作人员配备相应监测仪器和个人防护用品，由于不存在同一地点同时使用 2 台或者多台探伤机情况，亦不存在 2 个以上小组同时开展探伤工作的情况，因此防护设施配备具体见表 10-1。

该公司需为辐射工作人员拟配置如下辐射防护用品和监测仪器，清单见表 10-1。

表 10-1 辐射防护用品一览表

类别	序号	名称	数量
辐射防护设备	1	个人剂量计	3 个
	2	铅背心	3 件
	3	铅手套	3 副
	4	铅围脖	3 套
	5	铅眼镜	3 副
	6	定向准直器	2 套
辐射安全及应急设施、设备	7	直读式个人剂量报警仪	3 台
	8	辐射剂量监测仪器	1 台
	9	安全警示标识	4 个
	10	警戒绳	1000m
	11	警戒带	4 卷
	12	铅屏风	4 块
	13	工作警示灯	2 只
	14	报警装置	2 套
	15	室内红外监控录像装置	1 套
	16	对讲机	4 部
	17	应急药箱	2 只

(7) 危废暂存

①产生的废显（定）影液、废胶片需设置独立的危废暂存场所，上锁并由专人负责，做到防盗；危废暂存间地面进行硬化，四周设置围堰，做到防腐防渗。

②贮存场所应设置警示标示，配备称重设备，危废的容器和包装物必须粘贴危废识别标志。

③建立危险废物管理台账，定期委托有资质的单位处置，严格执行转移联单制度。

10.2 三废的治理

本项目运行中，不产生放射性“三废”。

X 射线探伤产生的臭氧等很少，且在室外作业不会发生累计，对工作人员以及周围的公众造成影响几乎可忽略不计。氮氧化物中，以 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的一半，工作场所中 NO_2 的限值是 O_3 的 10 倍，因而氮氧化物对环境和人员的影响也可以忽略。

X 射线探伤过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，项目运行后，该部分危险废物，企业将按规范收集、贮存、处理，建立贮存台账，定期委托有资质的单位回收处理，同时做好危险废物台账，并做好危险废物转移联单记录，危废暂存间设置在企业暗室内的独立房间，采取防腐、防渗措施，设立危险废物贮存标志。公司已与杭州立佳环保服务有限公司签订危险废物处置协议。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开关而产生、消失。在建设过程中 X 射线探伤机未通电运行，在贮存过程中也不进行探伤操作，故建设期或贮存期不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废物产生。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目现场探伤为3台X射线探伤机，1台RD-2505G定向探伤机、1台XXG-3005定向探伤机及1台XXG-3005H周向探伤机，最高管电压和管电流分别为300kV和5mA。移动探伤根据检测对象钢材厚度选取管电压相适应的1台X射线探伤机进行无损检测。

现场探伤时每次仅允许在1个划定的现场区域内开启一台探伤机进行探伤，以避免交叉照射，由辐射工作人员巡查控制区及监督区内的人员滞留情况，待清场后进行探伤。鉴于现场的工作场所各不相同，可类比性较差，因此本次评价采用理论计算的方法预测本项目探伤机作业时对周围环境的影响，本次理论计算选取XXG-3005型定向探伤机（最高管电压300kV、最大管电流5mA）为例进行分析。

11.2.1 控制区和监督区划定

1、非主射方向控制区和和监督区的划定

（1）漏射线

在实际探伤过程中，定向探伤机的主束射线所检查的工件，射线能量根据被检工件的厚度进行调节，有用射束大部分被工件所屏蔽。射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格利用辐射剂量率仪按照边界15 μ Gy/h的剂量水平划定控制区，严禁任何人进入该区域；2.5 μ Gy/h的剂量水平划定监督区，严禁公众人员进入该区域。

根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）标准中规定：当X射线探伤机的管电压大于200kV时，要求漏射线的比释动能率周围1m处的比释动能率小于5Gy/h，由此可估算出不同距离漏射线的剂量率，见下表。

表11-1 无屏蔽状态下不同距离漏射线大的X剂量率（ μ Gy/h）

距离（m）	1	5	18	20	45
大于200kV	<5000	<200	15	<12.5	2.5

注：电流5mA

距离说明计算过程如下：

①当距离为5m，漏射线的X射线剂量率= $5\text{mGy/h} \times 1^2/5^2=0.2\text{mGy/h}=200\mu\text{Gy/h}$

②当漏射线的X射线剂量率为 $15\mu\text{Gy/h}$ ，距离= $\sqrt{5\text{mGy/h} \times 1^2/0.015}=18\text{m}$

根据理论计算结果可知，本项目X射线探伤机在现场探伤工作时，须划定控制区为离X射线机18m的区域，监督区为离探伤机45m的区域（非主射方向）。

（2）散射线

本项目探伤机工作时，X射线一般只有经1次散射后到达工件外面时才对周围环境影响较大。

假设主射线束经一次散射后到达工件外，散射线可根据《辐射防护导论》（方杰主编，P185，式6.6）及推导公式计算：

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot r_i^2 r_R^2}{F_{j0} \alpha_r a q} \dots\dots\dots \text{式 (11.1)}$$

由上式可以导出：

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot \alpha_r \cdot a}{r_i^2 \cdot r_R^2} \cdot q \cdot \frac{1}{k} \cdot \eta_{rR} \dots\dots\dots \text{式 (11.2)}$$

式中 $\dot{H}_{L,h}$ 为参考点处 X 辐射剂量率（Sv/h）， $\dot{H}_{L,h}=15 \times 10^{-6}$ Sv/h(控制区)， $\dot{H}_{L,h}=2.5 \times 10^{-6}$ Sv/h(监督区)；

F_{j0} 为辐射源处辐射水平（ $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ）；

$F_{j0}=I \cdot \delta_x=20.9 \text{ mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5\text{mA}=0.1045 \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

α_r 为反射物的反射系数，取0.025；

a 为X射线束在反射物上的投照面积（ m^2 ）， $a = \pi (r_i \times \tan(\theta/2))^2$ ， θ 为辐射角，本项目取 40° ；

r_i 为辐射源同反射点之间的距离（m），取0.5m；

r_R 为反射点到参考点的距离（m）；

q 是参考点所在位置相应的居留因子，取1；

k 为单位换算系数，对于X射线源为 1.67×10^{-2} 。

根据企业提供的资料，其透照厚度范围为30-50mmA3钢，此处取工件最薄厚度30mm，根据式（11.2），可以估算出非主射方向一次散射的X射线影响范围控制区最大47m，监督区最大范围114m。

2、主射方向的控制区和监督区划定

本项目所使用X射线探伤机最大管电压为300kV，根据企业提供的资料，其透照厚度范围为30-50mmA3钢，查《辐射防护导论》（方杰主编）P343附图4可知，300kV的X射线探伤机的发射率常数 δ_0 为： $9\text{mGy}\cdot\text{m}^2\text{mA}^{-1}\text{min}^{-1}$ 。

300kV能量钢的半值层厚度为6.6mm，根据《辐射防护导论》（方杰主编）中在距离靶r（m）处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率计算公式如下：

$$Kr = I \cdot \delta_0 \cdot (r_0/r)^2 \quad \dots\dots\dots\text{式 (11.3)}$$

式中：Kr——距离靶r（m）处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

I——X射线机管电流，mA；

δ_0 ——X射线探伤机的发射率常数， $\text{mGy}\cdot\text{m}^2\text{mA}^{-1}\text{min}^{-1}$ ；

r_0 ——1m。

则计算可得，1m处的未经工件屏蔽的辐射剂量率为 $9 \times 5 \times 60 = 2700\text{mGy/h}$ ，工件屏蔽（取工件最薄厚度30mm）后辐射剂量率为： $2700/2^{(30/6.6)} = 115.6\text{mGy/h}$ 。

根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）标准中规定：一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Gy/h}$ 的范围内划为控制区；应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 的范围划为监督区。

则当主射线的X剂量率为 $15\mu\text{Gy/h}$ ，距离= $\sqrt{115.6\text{mGy/h} \times 1^2 / 0.015} = 87.8\text{m}$ ，取88m；

当主射线的X剂量率为 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，距离= $\sqrt{115.6\text{mGy/h} \times 1^2 / 0.0025} = 215\text{m}$ 。

故经理论计算，本项目所用探伤机现场作业时，控制区最大范围为距靶88m以内区域，监督区最大范围为距靶215m以内区域。

由于X射线探伤机工作时，各边界的X射线剂量率与探伤区域周围的物体、地形等诸多因素有关，用纯理论难以准确估算，因此公司可根据计算结果初步确定现场探伤时的监督区和控制区的边界，严格执行控制区边界比释动能率控制在 $15\mu\text{Gy/h}$ 以下，监督区边界外比释动能率控制在 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 以下的划分要求，并加强管理。

11.2.2 辐射工作人员和公众年有效剂量估算

1、剂量估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A，X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$P_{\text{年}} = \dot{H} \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad \text{.....式(11.4)}$$

式中：

$P_{\text{年}}$ ——年有效剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ ——关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U ——使用因子， $U=1$ ；

T ——居留因子；

t ——年工作时间，h/a。

2、受照剂量估算

鉴于现场探伤工作的工作场所各不相同，因此本次评价采用边界控制限值开展剂量估算。

（1）辐射工作人员

类比其他探伤单位的工作实际，结合该公司实际情况做保守假设：a、该公司预计年拍片量为 2500 张，单次探伤曝光时间最长 5min；b、该公司对现场探伤作业进行分组，每组至少有 2 位工作人员，每次操作由 2 名工作人员共同承担。c、X 射线探伤机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处（该处 X- γ 辐射剂量率低于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，保守的以 $15\mu\text{Gy/h}$ 计算）；d、在上述偏保守的条件下，取居留因子 $U=1$ ，据式（11.4）可以计算出该辐射工作人员的年附加有效剂量当量约为 3.12mSv。

综上所述，该公司从事探伤操作的辐射工作人员所接受的年附加有效剂量低于管理限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

（2）公众人员

根据操作规范，在每次现场探伤作业前，该公司都须将探伤计划（包括探伤时间、地点等）告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员，严格执行清场工作。探伤作业一般均在晚上等现场其他非辐射工作人员下班后进行，或者提前一天通知周围的非辐射工作人员在探伤作业时间回避现场。

该公司在进行探伤前划定控制区和监督区，公众成员不得进入监督区区域，监督区的边界剂量率小于等于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。

现假设：

a、由于该公司移动式探伤机操作现场不固定，探伤均在委托单位内进行，假设每年在同

一地点探伤50次，每次探伤时间5min，居留因子 $T=1/8$ 。

则据式（11.4）可以计算出该地点公众成员的年附加有效剂量当量为0.001mSv。

综上所述，公众成员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标中对公众成员剂量约束值 0.25mSv/a 的要求。

11.2.3 其他废物排放对环境的影响分析

X 射线探伤产生的臭氧等很少，且在室外作业不会发生累计，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 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的一半，工作场所中 NO_2 的限值是 O_3 的 10 倍，因而氮氧化物对环境和人员的影响也可以忽略。

X 射线探伤过程中产生的废显（定）影液及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16（900-019-16），并无放射性，项目每年拍片 2500 张，按洗 1000 张片用 5 加仑（约 20L）显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 50L，每年产生废胶片约 250 张（废片率按 10%计算），该部分危险废物定期委托杭州立佳环境服务有限公司处理，危废暂存间按照要求进行地面硬化，做到防腐防渗，对周围环境几乎不会造成影响。X 射线探伤机运行时无其它固体废弃物产生。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故工况

公司拟使用的X射线探伤机属于Ⅱ类射线装置，可能的事故工况主要有以下几种情况：

（1）仪器故障：可能发生的事故为 X 射线机漏射线指标达不到《工业 X 射线探伤放射防护要求（GBZ 117-2015）》规定的要求，或探伤机故障以及控制失灵，出现异常曝光可致人员受到一定的照射剂量，造成工作人员不必要的照射。

（2）未分区管理：X射线探伤机在照射状态，作业现场未标划安全防护区、未设置警戒线或者曝光前未清查现场，使人员误入或者误留辐射区，可导致较大剂量照射，可能造成辐射损伤，或探伤作业人员未按规定撤离到安全区域。

（3）误照：在探伤现场没有搞好警戒工作，工作人员和公众误留在警戒区内，使工作人员或公众造成不必要照射或在未确定放置胶片的工作人员远离X射线探伤机的情况下，操作控制台的工作人员开机照射，往往会造成大剂量的误照。

（4）在不适合探伤的场地实施现场探伤，造成人员不必要照射。

11.3.2 事故后果

X射线探伤机属于Ⅱ类射线装置，为中危险射线装置，事故可能引起急性放射性损伤。长时间、大剂量照射甚至导致死亡。

11.3.3 事故预防措施

(1) 从事X探伤的工作人员必须经过有关部门的专业培训，具备上岗资格证，业务熟练；严格遵守探伤机使用管理规定和操作规程，禁止违章操作、野蛮作业；作好探伤机的日常维护保养，定期检查，保证X探伤机始终处于完好状态。操作过程中，设备发生任何故障都要立即停机，及时通知有关人员进行维修，并做好故障记录，不允许设备带故障运行。

(2) 为防止开展移动探伤时，公众误留、误入控制区或监督区，开展探伤现场事先清场，布置足够的警戒绳等围挡防止公众入内、并在关键位置布设警戒灯和警示牌提示公众外，还必须安排专人巡查控制区和监督区边界。因此，每个移动探伤现场除操作人员外，还至少有1名安全巡查人员。每名辐射工作人员在开展探伤工作时必须佩戴便携式个人剂量报警仪。

(3) 射线装置在调试和使用时，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

(4) 加强运输过程中的防盗意识，运输时应安排专人押送。贮存射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，应安装防盗门、防盗窗、监控及报警器装置等。

发生辐射事故时，事故单位应当立即切断电源、保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在2小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地环境保护部门报告，造成或可能造成超剂量照射的，还应当同时向当地卫生行政部门报告。对于射线装置被盗事故还应向公安部门报告。

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

按照《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》等要求，杭州正远检测技术有限公司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，监督各项制度的落实，并制定落实环境监测计划和事故应急预案。

12.2 辐射安全管理规章制度

杭州正远检测技术有限公司应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）规定制定一系列的辐射安全管理制度，如《辐射防护安全管理工作制度》、《射线设备安全操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线设备台帐登记管理制度》、《自行检查和年度评估制度》、《设备检修和维护制度》、《监测方案》、《辐射事故应急预案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员健康管理和培训制度》、《移动探伤跨区域备案登记制度》等辐射安全管理制度。

上述制度须符合国家法律法规的要求且企业应根据实际工作情况不断补充完善各种辐射环境管理规章制度，相关辐射安全管理规章制度应张贴于工作现场。

12.3 健康管理与安全培训

（1）公司配备的辐射工作人员应参加有资质单位组织的辐射安全与防护培训并取得初级以上培训合格证后方可上岗。目前公司配备的3名放射工作人员均已取得《辐射安全与防护培训合格证》。

（2）公司应为每位现场探伤辐射工作人员配备个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪，个人剂量计每3个月应送有资质单位检测一次，建立个人剂量档案，并加强档案管理。

（3）公司应组织辐射工作人员进行上岗前的职业健康检查，放射工作人员在岗期间职业健康检查的周期不得超过2年。辐射工作人员离开工作岗位的也应进行职业健康检查。企业应在工作人员年满75岁之前，为他们保存职业照射记录。在工作人员停止辐射工作后，其照射记录至少要保存30年。

12.4 辐射监测

12.4.1 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》及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）等要求，使用 II 类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。企业应为辐射工作人员配备个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪，同时企业应配有便携巡测仪以及相应的如铅衣、铅围脖等防护用品。

12.4.2 监测方案

- （1）监测频度：每处现场探伤时常规监测一次。
- （2）监测范围：现场探伤控制区、监督区边界及其他评价范围内等。
- （3）监测项目：X- γ 辐射剂量率。
- （4）监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。
- （5）企业应当对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度报告，并于每年 1 月底前向颁发辐射安全许可证的环境保护部门提交上一年度的评估报告。
- （6）探伤工作人员工作时应佩戴个人剂量计，并定期（一季度 1 次）送有资质部门进行监测，并建立个人剂量档案，加强档案管理。
- （7）每次开展移动探伤，应加强 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测。

12.5 辐射事故应急

公司必须建立《辐射事故应急预案》。本项目使用的射线装置属 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，结合单位的实际情况和事故工况分析，该公司须建立的辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）。
- （2）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。
- （3）辐射事故分级与应急响应措施。
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地环境保护部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生认为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

- （6）环保、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- （7）编写事故总结报告，上报环保部门归档。

企业应急预案应建立辐射事故报告框图,明确人员及联系电话,以保证事故报告的可操作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践的正当性

本项目X射线探伤机分定向辐射、周向辐射两种。定向辐射是固定的，射线束辐射圆锥角一般在 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 范围，主要用于检测较小的工件。周向辐射射线束是在与X射线管轴线成垂直方向的 360° 圆周上同时辐射X射线，主要用于检测大口径管件和球形容器，通过一次曝光可以完成整个焊缝的探伤照相工作，可以大大地提高检测效率。当直径较大的圆形筒体环焊缝射线探伤采用外透法透照工艺时，透照距离往往受到几何不清晰度 u_g 和焊缝透照厚度比K的影响，底片质量不甚理想。当采用射线源置于圆心位置的周向曝光技术时，无论从成像质量还是经济效益方面看，它具有独特的优点。

杭州正远检测技术有限公司在建设工业X射线现场探伤项目，开展现场无损检测工作，目的是为了提提高检测质量的要求。采用工业X射线无损探伤手段对设备焊接质量进行控制，在不损坏材料或者装置的情况下，对其内部结构及质量进行监督，保证了制造设备的质量；拟建的工业X射线探伤机具有先进性和不可取代性，能在很大程度上改善工作条件和减轻检测人员的劳动强度。

该射线装置运行时所致辐射工作人员和周围公众的剂量辐射符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因此，只要按规范操作，杭州正远检测技术有限公司使用移动式X射线探伤机符合“实践的正当性”原则。该公司使用移动式X射线探伤机进行现场探伤目的也是正当可行的。

13.1.2 选址合理性分析

杭州正远检测技术有限公司位于杭州市滨江区聚园路12号二幢三楼，公司贮存射线装置的场所位于公司西北侧，是独立的一个专用贮存室。现场探伤地点由被检物体所处场所决定，杭州正远检测技术有限公司的探伤地点主要为钢桥现场桥面，桥底下为河流，一般在较为偏僻的地段，且探伤工作一般安排在晚上进行。现场探伤作业时，对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标示，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；应将控制区边界外、作业时间周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌，应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。探伤期间通过辐射剂量巡测

对边界进行检测或修正。该项目选址、布局基本合理。

13.1.3 辐射防护安全措施

公司应制定有X射线现场探伤操作规程及探伤流程，探伤过程中应严格执行相应的规章制度，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。

X射线现场探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护。

在探伤作业时，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。必须安排专人巡查控制区和监督区边界。因此，每个移动探伤现场除操作人员外，还至少有1名安全巡查人员，并落实在操作规程里。

公司跨行政区外出作业前和工作结束后必须按时至相关环保主管部门办理手续。企业应为辐射工作人员配备个人剂量计3个、铅背心3件、铅手套3副、铅围脖3套、铅眼镜3副、个人剂量报警仪3台、辐射监测仪器一台等防护用品。

13.1.4 辐射环境影响结论

根据计算结果，本项目X射线辐射工作人员和周围公众成员年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年剂量约束值不超过5mSv，公众年剂量约束值不超过0.25mSv）。

13.2 建议和承诺

（1）在取得辐射安全许可证后方可使用射线装置，项目投入试生产（试运行）后三个月内向环保部门申请竣工环保验收。

（2）该项目运行后，企业应强化内部管理监督，培育单位安全文化，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。

（3）公司应加强对本单位射线装置安全和防护状况的日常检查；应当对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估。发现安全隐患的，应当立即进行整改。应加强探伤机贮存场所防盗管理措施，确保探伤机安全存放。

（4）公司应建立有关工作台账：防护用品和监测仪器台帐、设备使用登记、维护维修记录、日常工作检查记录等，加强档案管理。

（5）贮存场所不能用于开展探伤机试机及维修活动。否则，须另做报批。

（6）根据业务开展情况，需适时增加相应的辐射管理人员及辐射工作人员等。

13.3 结论

综上所述，杭州正远检测技术有限公司在落实本项目的辐射安全措施、辐射防护措施及辐射管理等措施后，该公司将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

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