

核技术利用建设项目

常熟市异型钢管有限公司

新建 X 射线探伤室项目

环境影响报告表



建设单位名称：常熟市异型钢管有限公司

2025年6月

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建 X 射线探伤室项目			
建设单位		常熟市异型钢管有限公司			
法人代表	何建钢	联系人	娄一峰	联系电话	
注册地址		常熟市梅李镇珍门珍南路 33 号			
项目建设地点		常熟市梅李镇支梅路 170 号			
立项审批部门	苏州常熟市梅李镇人民政府		批准文号	常熟梅李备[2024]148 号	
建设项目总投资 (万元)	400	项目环保投资 (万元)	50	投资比例 (环保投资/总投资)	12.5%
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)	250
应用类型	放射源	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		
		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	生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		销售	/		
		使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
项目概述					
1.企业概况及项目由来					
<p>常熟市异型钢管有限公司成立于 1984 年 3 月，在常熟市梅李镇支梅路拥有东、西两个厂区，主要致力于异型钢管、无缝钢管、冷拉钢管、轴承钢管、钛合金管的制造和加工。常熟市异型钢管有限公司《迁建异型钢管、无缝钢管、冷拉钢管、轴承钢管制造、加工项目》已于 2017 年 1 月 22 日通过了竣工环保验收（梅环建验[2017]1 号）。</p> <p>近期企业计划在东厂区扩大生产，其申请的《扩建生产车间项目》已取得了苏州常熟市梅李镇人民政府的立项备案（备案证号：常熟梅李备[2024]148 号）。与此配套，企业拟在东厂区 10 号钛管车间新建 1 座固定式 X 射线探伤室，并新增 3 台 X 射线探伤机，用于生产过程中对金属产品进行无损检测。</p>					

企业对金属产品的加工工艺主要是将不锈钢、碳钢平板卷圆成圆筒，单个圆筒采用直焊缝，两个以上的圆筒对接采用环缝焊接，工件壁厚在 0.5~30.0mm 范围，筒径小于 $\text{Ø}2400\text{mm}$ 。为了判定焊缝质量是否合格，企业对于直焊缝采用定向机探伤，对于环缝采用周向机探伤。

企业新增 3 台 X 射线装置中，其中有 1 台（额定参数 160kV、5mA）拟由常熟永鑫波纹管有限公司（简称常熟永鑫）无偿转让（双方已签署协议，详见附件四）；另新购置 2 台 X 射线探伤机（额定参数均为 300kV、5mA）。

常熟永鑫于 2018 年建设 1 座固定式 X 射线探伤室，配备 5 台 X 射线探伤机，并已取得相应的辐射安全许可（许可证编号：苏环辐证[E1260]）。因产品业务调整常熟永鑫拟退役 X 射线探伤室并将其中的 1 台 X 射线探伤机资产转让至常熟市异型钢管有限公司，其余 4 台 X 射线探伤机拟退役，并注销常熟永鑫的辐射安全许可证。本项目涉及的 3 台 X 射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 本项目 X 射线装置一览表

序号	射线装置名称	数量(台)	最大管电压 kV	最大管电流 mA	额定功率 W	装置类别	工作场所名称	使用情况	环评许可情况
1	XXQ-1605D 型 X 射线探伤机	1 台 (定向机)	160	5	800	II类	X 射线探伤室	新增	本次环评未许可未验收
2	XXG-3005Z 型 X 射线探伤机	1 台 (周向机)	300	5	1500	II类			
3	XXG-3005D 型 X 射线探伤机	1 台 (定向机)	300	5	1500	II类			

根据《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》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规和相关文件的要求，本项目需要编制环境影响报告表，履行环评手续。受常熟市异型钢管有限公司的委托，苏州热工研究院有限公司承担常熟市异型钢管有限公司新建 X 射线探伤室核技术利用环境影响评价项目。通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场勘察和现状监测等工作成果的基础上，编制本项目环境影响报告表。

2. 项目周边情况

常熟市异型钢管有限公司东厂区位于常熟市梅李镇支梅路 170 号，厂区西北侧是常熟市海和亚科技有限公司厂区，东南侧是常熟市燕来盛织造有限公司，西南侧相隔支梅路是常熟市异型钢管有限公司西厂区，东北侧是盐铁塘河。企业地理位置见图 1-1，厂区周围环境见图 1-2。

拟新建的探伤室规划于厂区北部 10 号钛管车间的中部，探伤室北侧、东侧和西侧均为车间区域，南侧靠近车间围墙，围墙外是扩建的新车间。建设单位东、西两个厂平面布置见图 1-3 和图 1-4。

新建探伤室的曝光室（屏蔽体）为整体混凝土结构，控制室、暗室等辅房位于曝光室东北侧。探伤室周围 50m 范围涉及本企业车间、以及厂界西北侧相邻企业(常熟市海和亚科技有限公司)厂房，但不涉及居民区、学校、医院等环境敏感目标。

3. 原有核技术利用及许可情况

常熟市异型钢管有限公司首次申请核技术利用项目，厂区内没有规划其它放射源、射线装置或者放射性核素操作。

4. 实践正当性分析

企业开展 X 射线探伤工作，对生产的产品进行无损检测，出于企业正常的生产需求，有利于提高产品质量。项目正常运行后，对周围环境和人员的辐射影响很小，但本项核技术利用对企业来说有利于提高产品成品率，从环境损益和利益代价角度来说，为企业和社会创造可观的经济效益，足以弥补对环境的辐射影响，因此本项目符合辐射防护“实践正当性”原则。

表 2 放射源

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

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)	年最大操 作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与 地点
	不涉及									

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》(GB18871-2002)

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
	不涉及									

(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	II类	1台	XXQ-1605D	160	5	工业探伤	X射线探伤室	定向机
2	X射线探伤机	II类	1台	XXG-3005Z	300	5	工业探伤	X射线探伤室	周向机
3	X射线探伤机	II类	1台	XXG-3005D	300	5	工业探伤	X射线探伤室	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)	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	
	不涉及												

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	气体	/	/	少量	少量	/	机械通风排入大气环境	大气环境中臭氧约40~50分钟后自动分解为氧气
洗片废液	液态	/	/	0.04 吨	0.50 吨	/	暂存于企业内危废仓库	定期委托有资质的单位处置
废胶片	固态	/	/	0.008 吨	0.10 吨	/		
洗片一次、二次冲洗废水	液态	/	/	0.05 吨	0.60 吨	/	暂存于企业内危废仓库	定期委托有资质的单位妥善处置
洗片三次及三次以上冲洗废水	液态	/	/	0.1 吨	1.20 吨	/	不暂存	经企业污水管道，排入区域污水管网

注：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。

表 6 评价依据

法规文件	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订版），中华人民共和国主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日起施行； 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 24 号，2018 年 12 月 29 日发布施行； 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 6 号，2003 年 10 月 1 日起实施； 4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订本），中华人民共和国 2020 年主席令第 43 号，2020 年 9 月 1 日起施行； 5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正版），国务院令第 682 号，自 2017 年 10 月 1 日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； 7) 《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 日起实施； 8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日公布实施； 9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行； 10) 《国家危险废物名录》（2025 年版），生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号公布，自 2025 年 1 月 1 日起施行； 11) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部、公安部、交通运输部令第 23 号公布，自 2022 年 1 月 1 日起施行； 12) 《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》，国家环保总局，环发（2006）145 号，2006 年 9 月 26 日起施行； 13) 《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，2020 年 1 月 1 日起施行； 14) 《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
------	---

	<p>委员会，2017年第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>15) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修订版），江苏省第十届人民代表大会常务委员会公告第142号；江苏省人大常委会公告2号，于2018年3月28日公布，2018年5月1日起施行；</p> <p>16) 《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>17) 《省生态环境厅关于印发<江苏省固体废物全过程环境监管工作意见>的通知》（苏环办〔2024〕16号）；</p> <p>18) 《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》（苏环办[2020]401号）</p> <p>19) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>20) 《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38号，2019年11月1日起施行；</p> <p>21) 《江苏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）；</p> <p>22) 《江苏省国家级生态保护红线规划》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日发布；</p> <p>23) 《江苏省生态空间管控区域规划》苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布；</p> <p>24) 《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发[2020]49号，2020年6月21日发布；</p> <p>25) 《江苏省自然资源厅关于常熟市生态空间管控区域调整方案的复函》，（苏自然资函〔2024〕314号），2024年4月7号。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p>

	<p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单；</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(8) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)。</p>
其他	<p>与本项目有关的文件</p> <p>附件一：环评委托书、企业营业执照、项目投资备案证；</p> <p>附件二：《关于常熟市异型钢管有限公司迁建异型钢管、无缝钢管、冷拉钢管、轴承钢管制造、加工项目竣工环保验收申请的审核意见》，梅环建验[2017]1 号，2017 年 1 月 22 日；</p> <p>附件三：新建 X 射线探伤室辐射环境现状检测报告，苏州热工研究院有限公司环境检测中心，2025 年 5 月 13 日；</p> <p>附件四：核技术利用项目承诺书；企业关于探伤设备转让的情况说明和转让方（常熟永鑫波纹管有限公司）辐射安全许可证（正副本）；</p> <p>附件五：企业建立的辐射安全管理机构和辐射安全管理规章制度；</p> <p>附件六：辐射工作安全责任书；</p> <p>附件七：洗片废液、废胶片等危险固废处置协议；</p> <p>附件八：新增 X 射线探伤机生产厂家提供的设备放射性源项参数文件。</p>

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》（HJ 10.1-2016）中“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”相关规定，本项目评价范围为 X 射线探伤室屏蔽体边界外 50m。

保护目标

1. 评价范围内环境保护目标情况

常熟市异型钢管有限公司厂区位于常熟市支梅路 170 号，厂区西北侧与常熟市海和亚科技有限公司厂区相邻，东南侧与常熟市燕来盛织造有限公司相邻，西南侧相隔支梅路是常熟市异型钢管有限公司西厂区，东北侧是盐铁塘河。

探伤室周围 50m 范围包括了本企业车间、厂内道路和西北侧厂界外相邻工业企业厂房，不涉及居民区、学校、医院等环境敏感目标。

2. 本项选址与周边生态保护规划相符性分析

参照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）文件，以及《江苏省自然资源厅关于常熟市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕314 号），并查询江苏省生态环境分区管控综合服务系统，本项目厂址位于常熟梅李镇通港工业园(南二区)，位于江苏省重点管控单元内，不属于优先保护单元，不涉及生态保护红线区域，也不涉及国家公园、世界文化和自然遗产地等环境敏感区。企业厂区与江苏省生态空间管控区域的相对位置见图 7-1。

本项目对环境的影响主要是 X 射线探伤时对周围环境产生的辐射影响，辐射工作人员和厂区内非辐射工作人员均是需关注对象，保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标分布一览表

保护目标	场所	方位	最近距离	人员数量	环境保护要求
辐射工作人员	控制室	东北侧	相邻	2 人	职业人员年受照剂量低于 5mSv/a
	暗室	东北侧	相邻		
厂内公众	9 号轧机车间工位	西北侧 西南侧	约 15m	10~15 人	公众年受照剂量低于 0.1mSv/a
	9 号轧机车间通道	西北侧 西南侧	约 15m	流动人员	
	扩建新车间工位	东南侧 东北侧	约 20m	20~25 人	
	扩建新车间通道	东南侧 东北侧	约 2m	流动人员	
	10 号钛管车间工位	北侧、西 侧、南侧	约 8m	15~20 人	
	10 号钛管车间堆场	西北侧 西南侧	约 10m	流动人员	
	老车间工位	东南侧	约 40m	6~8 人	
	老车间通道	东南侧	约 30m	流动人员	
厂外公众	常熟市海和亚科技有限公司厂区	西北侧	约 35m	40~50 人	

评价标准

(1) 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表

	剂量限值
职业照射	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（但不可做任何追溯平均），20mSv； ② 任何一年中有效剂量，50mSv。
公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估算不应超过下述限值： ③ 年有效剂量，1mSv； ④ 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某个单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

(2) 剂量约束值

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv~0.3mSv）的范围之内”的要求，职业人员按年剂量限值 1/4 取值，公众按照其年剂量限值的 1/10 取值，确定本项目剂量约束值如下：

职业人员年剂量约束值不大于 5mSv/a；公众活动区域相关人员年剂量约束值不大于 0.1mSv/a。

(3) 职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平（固定探伤）：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周”的要求，确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下：

职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 100 μ Sv/周；公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 5 μ Sv/周。

(4) 曝光室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平（固定探伤）：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。”以及“6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a)探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；b)对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。”的要求，确定本项目探伤室表面外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平如下：

探伤室四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h；探伤室顶部外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平应不大于 100 μ Sv/h。

(5) 辐射环境质量现状监测评价参考值

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，《辐射防护》第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站。

江苏省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

类型	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测量范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
按点平均均值	50.4	47.1	89.2
按点平均标准差	7.0	12.3	14.0

注：表中结果已扣除仪器宇宙射线响应值，本项目现状评价时以测量范围作为参考值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 环境现状

2025 年 5 月 9 日苏州热工研究院有限公司环境检测中心对常熟市异型钢管有限公司拟建探伤室周围区域进行了环境辐射现状检测。

2. 监测方案

监测点位布设：辐射现状检测点位布设在拟建 X 射线探伤室区域及探伤室四周（厂内道路、探伤室所在车间和相邻车间区域）。

监测项目：环境 γ 辐射空气吸收剂量率。

监测方法：检测方法《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求进行。

监测频次：每个点位测量并读数 10 个，每个数据间隔 10s。

表 8-1 监测仪器参数一览表

仪器型号、名称	6150AD6/H 型 X- γ 辐射剂量率仪
仪器编号	HJ-204
检定有效期	2024 年 5 月 29 日~2025 年 5 月 28 日
设备能响范围	20keV~7MeV
设备检测限	5nSv/h~99.9 μ Sv/h

3. 质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证（证书编号：231012341115），具备有相应的检测资质和检测能力；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核，并取得检测上岗证。

⑤检测报告经过编制、审核、批准三级审核。

4. 环境现状监测结果及评价

表 8-2 辐射工作场所境辐射本底检测结果

序号	检测点位描述	环境 γ 空气吸收剂量率 (nGy/h)	检测点类型
1	探伤室拟建区域西侧 (北)	58	室内 (平房)
2	探伤室拟建区域西侧 (中)	62	室内 (平房)
3	探伤室拟建区域西侧 (南)	52	室内 (平房)
4	探伤室拟建区域中部 (北)	64	室内 (平房)
5	探伤室拟建区域中部 (中)	55	室内 (平房)
6	探伤室拟建区域中部 (南)	53	室内 (平房)
7	探伤室拟建区域东侧 (北)	48	室内 (平房)
8	探伤室拟建区域东侧 (中)	49	室内 (平房)
9	探伤室拟建区域东侧 (南)	48	室内 (平房)
10	探伤室东北侧车间	55	室内 (平房)
11	探伤室西北侧车间	66	室内 (平房)
12	探伤室西南侧车间	50	室内 (平房)
13	探伤室东南侧车间外施工场地	82	室外道路
14	西北侧厂界附近	68	室外道路
15	东北侧厂界 (河岸)	63	室外道路

注：表中检测结果已扣除宇响值，设备采用的校准源 ^{137}Cs ，已采用 Gy/Sv 单位转换系数 1.2。检测结果已考虑了建筑物对宇宙射线的屏蔽因子，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。考虑测点处（苏州常熟地区）海拔高度和经纬度与仪器宇宙射线响应测量所在太湖水面基本相同，宇宙射线响应值未进行修正。

表 8-2 中的检测结果表明：本项目 X 射线探伤室拟建址及其周围室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率为（48~66）nGy/h 之间，低于江苏省室内环境天然 γ 辐射剂量率水平（50.7~129.4）nGy/h；拟建址所在建筑物周围道路 γ 辐射剂量率在（63~82）nGy/h，位于江苏省道路环境天然 γ 辐射剂量率水平范围内（18.1~102.3）nGy/h。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 工程设备

企业新增的便携式 X 射线探伤机外观和主要部件如图 9-1 中所示。便携式 X 射线探伤机由控制箱、X 射线发生器和连接电缆三部分组成。



图 9-1 X 射线探伤机外观和主要部件示意图

本项目使用的 X 射线探伤机有定向和周向机两种。定向机是射线方向固定的，射线出束圆锥角为 40° 。周向机的射线束是与 X 射线管轴线成垂直方向的 360° 圆周上发射 X 射线，用于检测大口径金属容器、罐体的环形焊缝，通过一次曝光可以完成整个焊缝的探伤工作。本项目使用的 X 射线探伤机既有定向机，也有周向机，每次探伤工作使用单台设备开机。

企业应用探伤工艺的产品主要是不锈钢、碳钢罐体，对于单个圆筒采用直焊缝、定向机探伤，对于两个以上的圆筒对接环缝焊接，采用周向机探伤。罐体壁厚在 $0.5\sim 30.0\text{mm}$ 范围，筒径小于 $\varnothing 2400\text{mm}$ （防护大门宽度 2.6m ），长度不超过 4.5m 。工件实物照片示意图见图 9-2。



图9-2 单筒直缝



双筒对接环缝

本项目采用的 X 射线探伤机参数见表 9-1。

表 9-1 X 射线探伤装置的设计参数

型号	额定参数	射线方向	最大功率	X 射线管滤过条件	出束角
XXQ-1605D 型 X 射线探伤机	160kV、5mA	西北侧或东南侧屏蔽墙，避开控制室方向	800W	3mmAl	40°
XXG-3005D 型 X 射线探伤机	300kV、5mA		1500W	3mmAl	40°
XXG-3005Z 型 X 射线探伤机	300kV、5mA	垂直环向，朝向西北侧、东南侧屏蔽墙、屋顶、地面，避开控制室方向	1500W	3mmAl	360°

2. 工作原理

本项目工业 X 射线探伤装置属于 II 类射线装置，非工作状态下不产生 X 射线，进行检测工作时接通设备高压，发射 X 射线。

X 射线发生器的核心部件为 X 射线管，射线管由安装在真空包壳中的阴极和阳极组成，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被靶突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线管结构如图 9-3 所示。

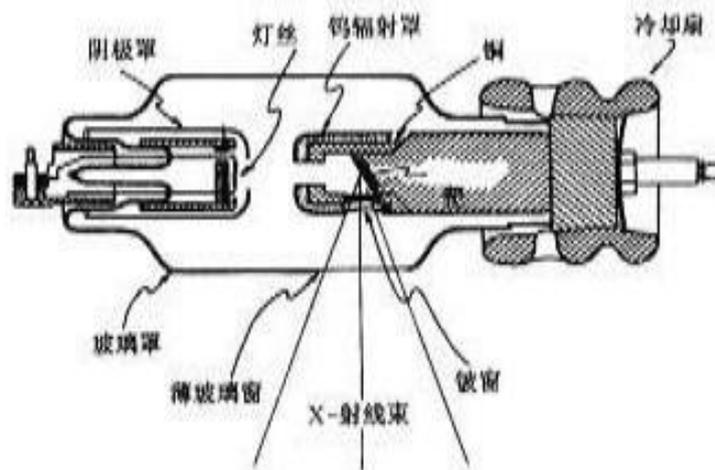


图 9-3 X 射线管结构示意图

X 射线探伤工作原理：采用透视、洗片的方法来探查工件的焊接质量。通过射线穿透金属工件、在胶片上形成影像，冲洗胶片后观察被检测工件的焊接缺陷等操作步骤，完成对焊接工艺的评定。

3. 工艺流程和产污环节

开展探伤作业前，操作人员确认探伤室各项安全联锁有效，具备开展探伤工作条件。辐射工作人员将工件通过运输小车运至 X 射线探伤室内。在工件焊缝处贴片，工作人员对曝光室清场，关闭防护大门并从防护小门退出至曝光室。

人员在控制室接通 X 射线探伤机的控制箱电源，设备出束（该环节对环境产生 X 射线外照射、臭氧和氮氧化物等废气）。曝光结束后，操作 X 射线探伤机的控制箱使得 X 射线停止出束，关闭电源。人员打开防护门，收取工件上的胶片，运输工件离开探伤室。胶片经洗片、评片，给出无损检测结果。冲洗胶片过程中产生含有重金属的洗片废液（危险废物），废弃的胶片也属于危险废物。探伤工作流程及产污环节如图 9-4 中所示。

4. 运行工况

企业拟新建 1 座固定式 X 射线探伤室，配备 3 台 X 射线探伤机，每次只有 1 台探伤设备开机。探伤室按照最大能量为 300kV、5mA 的 X 射线探伤机进行屏蔽设计。

探伤室根据工件需求，对工件焊缝进行定向拍片。定向机有用线束方向朝向西北侧或者东南侧屏蔽墙，有用线束不直接照射控制室和迷道口照射。

当探伤室对工件的环缝拍片时，采用周向 X 射线探伤机，有用线束为垂直环向，朝向西北侧、东南侧屏蔽墙、屋顶和地面，不直接照射控制室和迷道口照射。

5. 工作人员配备和工作负荷

探伤室配备 2 名辐射工作人员，单班运行，辐射工作人员不兼职其它辐射工作。X 射线探伤设备每年总开机时间不超过 500h（包括训机出束时间），周出束时间不超过 10h。

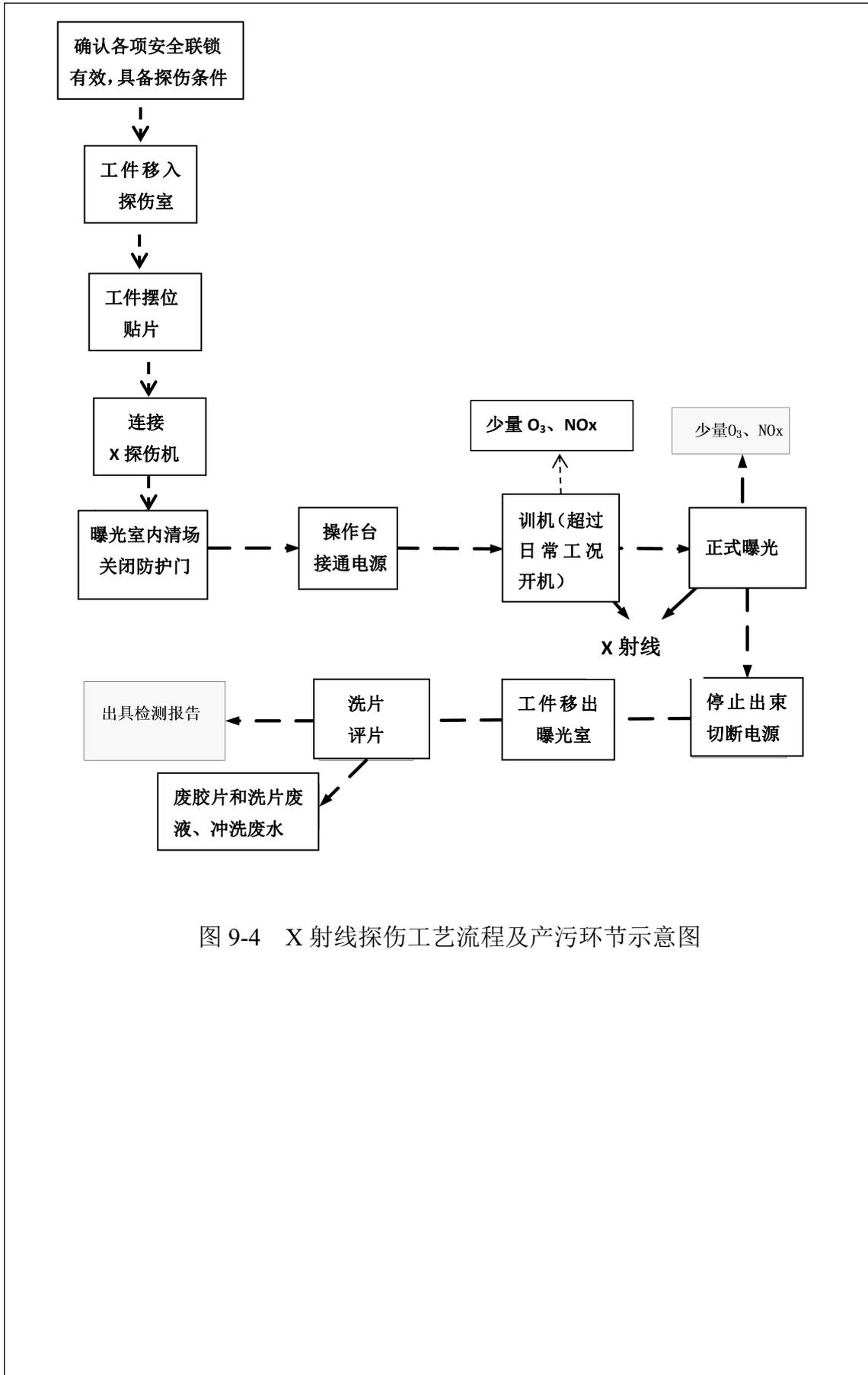


图 9-4 X 射线探伤工艺流程及产污环节示意图

污染源项描述

1. 放射性源项（X 射线）

X 射线探伤作业中，对环境产生辐射影响的射线来自以下几个方面：

（1）有用线束，朝向工件焊缝或者焊接点的 X 射线是主射线方向。

（2）漏射线，在 X 射线机头周围，准直器范围之外，由 X 射线管产生的泄漏辐射。

（3）散射线，X 射线照射到工件、墙体上，X 射线向各方向散射。报告中重点关注 0° 入射 90° 散射的辐射影响。

（4）天空反散射，X 射线穿透探伤室顶部，在大气散射作用下在地面造成辐射影响。

（5）迷道散射，本项目有用线束朝向工件照射，经工件散射和射线机的漏射线可到达迷道口。在迷道内射线经多次散射后在迷道外口造成辐射影响，这部分散射线是迷道外剂量的主要来源。计算时保守不考虑工件对 X 射线有用线束的屏蔽效果。

迷道口的另一部分剂量来自于散射、泄漏射线直接穿过迷道墙和防护门后产生的辐射影响。但漏射线和散射线穿透屏蔽设施（迷道墙+铅门）产生的辐射影响远小于迷道散射产生的辐射影响。

探伤室配备的探伤机最大能量为 300kV，根据设备厂家提供的参数，300kV-X 射线管输出量不超过 $20.9 \text{ mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，详见附件八。

距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，X 射线管电压 $>200\text{kV}$ 时，取 $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

300kV 能量的 X 射线，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2， 90° 散射辐射最高能量相应为 200kV。

2. 非放射性源项

(1) 废气

探伤作业产生的废气主要是 X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物, 通过探伤室内机械通风装置, 废气排放进入车间, 企业车间体积较大且通风良好, 臭氧在大气中约 40~50min 后自然分解为氧气, 这部分废气对环境影响较小。

(2) 固废

本项目采用胶片冲洗工艺, 每年产生的危险固废包括: 洗片废液约 0.50 吨, 废胶片约 0.10 吨, 收集后定期委托有资质单位处置。

(3) 废水

胶片冲洗过程中每年产生 0.6 吨一次、二次冲洗废水, 委托有资质单位妥善处置。胶片冲洗的三次及三次以上废水, 每年产生 1.2 吨, 排入企业内污水管道后接入区域污水管网。

洗片废液、一次和二次冲洗废液、废胶片的危废类别 HW16, 代码: 900-019-16。

表 10 辐射安全与防护

项目采取的辐射安全措施

1. 辐射工作场所布局

建设单位的东厂区分为南北两大区域，北侧是主要的生产车间，分别是 9 号轧机车间和 10 号钛管车间，以及正在新建的车间；南侧主要是老车间和厂内通道。

本项目拟新建探伤室布设于 10 号钛管车间的中部。曝光室位于南侧，控制室、暗室等辅房位于曝光室东北侧。曝光室室为一次浇筑的混凝土结构，探伤室无地下室和顶部建筑，辅房为一层砖混结构。

探伤室辐射工作人员在操作台操作探伤设备控制器，工件从防护大门进出，防护大门的辐射防护效果与四周屏蔽墙相当，曝光室设置迷道，迷道口设置防护小门，探伤室总平面布置合理。

2. 辐射工作场所分区及管理

企业将辐射工作场所进行分区管理，分区示意图见图 10-1。

辐射工作场所管理措施如下：控制区以曝光室屏蔽体边界作为控制区边界，边界（曝光室）采用门机联锁装置，探伤室的防护大、小门与探伤机实现门机联锁。辐射工作人员进入曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。

监督区管理：控制室、暗室，以及曝光室西北、西南、东南三侧屏蔽墙外 1m 区域作为监督区，控制室入口安装门锁，防止无关人员进入。监督区附近设置醒目的标牌，曝光室周围 1m 处地面采用红色警示线，提醒探伤期间无关人员勿靠近。

上述对于辐射工作场所分区管理措施是合理可行的，可有效加强探伤室辐射安全管理。

3. 辐射安全场所屏蔽设计方案

探伤室（含辅房）外结构尺寸：长 11.4m，宽 8.6m，高 4.9m。曝光室外结构尺寸：长 7.8m，宽 8.6m，高 4.9m，曝光室内净尺寸长 6.6m，宽 7.4m，高 4.5m。曝光室四周屏蔽墙、迷道墙采用 60cm 混凝土，屋顶混凝土厚度为 40cm，混凝土密度为 2.3 (g/cm^3)，防护大门和防护小门分别采用 32mm 铅和 8mm 铅，铅板密度为 11.4 (g/cm^3)。探伤室平面、立面示意图见图 10-2、图 10-3。探伤室屏蔽设计参数详见表 10-1。

表 10-1 X 射线探伤室屏蔽设计参数

屏蔽结构	设计屏蔽材料及厚度
四周屏蔽墙、迷道墙	60cm 混凝土
顶部	40cm 混凝土
防护大门	32mm 铅板
防护小门	8mm 铅板

防护大门尺寸为 3.4m（宽）×3.4m（高），大门门洞 2.6m（宽）×3.0m（高），防护大门与两侧墙体搭接宽度均为 0.4m、上下部搭接分别为 0.2m 和 0.2m，防护大门与侧壁缝隙设计小于 1cm，小于搭接宽度的 1/10。

防护小门尺寸为 1.3m（宽）×2.4m（高），小门门洞 1.0m（宽）×2.1m（高），防护小门与两侧墙体搭接宽度均为 0.15m、上下部搭接均为 0.15m，防护小门与侧壁缝隙设计小于 1cm，小于搭接宽度的 1/10。

4. 辐射安全设施描述及评价

- (1) 探伤室的控制室（操作台）和曝光室分开。
- (2) 门机连锁：探伤室设置 1 扇防护大门和 1 扇防护小门，同时与 X 射线机高压设置门机连锁装置，防护门为电动门。在探伤过程中，任何 1 扇防护门被意外打开时，能立刻停止出束。
- (3) 钥匙开关，操作台上 X 射线机控制箱上设有钥匙开关，只有插入钥匙打开钥匙开关，X 射线机才能出束，钥匙在停机状态下才能拔出。企业授权 1 名探伤作业负责人保管各台 X 探伤机的开机钥匙。
- (4) 曝光室防护大门、防护小门入口外醒目位置、曝光室内都设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯左右和上下行程置。“预备”信号可以持续足够长的时间，以确保曝光室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。“照射”状态指示装置与 X 射线探伤装置出束连锁。曝光室内、外醒目位置处张贴有清晰的对“预备”和“照射”信号说明。
- (5) 曝光室防护门入口周围醒目位置设置电离辐射警告标识和中文警示说明。
- (6) 曝光室内三侧屏蔽墙上、操作台、迷道内安装紧急停机按钮，紧急时人员可以就近按下急停按钮。按钮周围设有标签，标明使用方法。

- (7) 曝光室操作台上设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间的设置；探伤机接通高压出束时，辐射工作人员在操作台工作时能够观察到探伤机出束的工作指示灯。
- (8) 曝光室在防护大门、防护小门内侧各安装 1 个开门开关，人员按下该开关可以立即打开相应的防护门，有人员滞留时可以实现快速撤离。
- (9) 曝光室内四个角、防护大门和防护小门外各安装 1 个视频监控探头，监控室内和人员进出防护门情况，若有人员滞留于探伤室内，可在操作台上通过显示器及时发现。
- (10) 安装固定式剂量报警装置，X- γ 射线剂量探头（避开有用线束照射）安装在曝光室西北侧墙靠近迷道入口处并设置报警阈值，X 射线出束时剂量探头处的剂量率超过设定的阈值，固定式剂量监测系统会报警并将信号传输至操作台控制系统。
- (11) 曝光室内安装设置机械通风装置，设有 1 个排风机，室内吸风口位于曝光室南侧角落，通过预埋的地下管道穿过屏蔽墙体，排风管道沿西南侧墙体外爬升，排放口高出探伤室屋顶，且不朝向车间内人员活动密集区，曝光室内换气频率大于 3 次/小时。

探伤室辐射安全设计符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有关安全联锁、工作指示灯、警示标志、急停开关、视频监控、剂量报警等安全设施要求。

三废的治理:

1. 放射性废物处置

本项目不产生放射性废物。

2. 臭氧、氮氧化物等废气处置

本项目在探伤工作时由于 X 射线电离空气，会产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室在曝光室内设置排风机，室内排放口位于曝光室南侧角落近地面，通过 30cm 管径的埋地式通风管道将废气排放至探伤室屋顶。曝光室内体积约 340m³，通风量为 1200m³/每小时，有效通风换气次数不小于 3 次/小时，满足 GBZ117-2022 中的通风换气频率要求。

3. 危险固废处置

(1) 危废去向

曝光室使用胶片冲洗工艺，每年产生洗片废液约 0.50 吨，废胶片约 0.10 吨，均属《国家危险废物名录》（2025 年版）中编号为 HW16 的危险废物。

胶片冲洗中产生 1.2 吨/年的一次、二次冲洗废水，企业将这部分废水进行收集，暂存于危险废物库中，也委托有资质单位处置。

企业已与有资质单位签订洗片废液、废胶片委托处置协议，并承诺冲洗的一次、二次废水一并委托处置。

(2) 危废库建设

洗片废液和废胶片处置前暂存于企业危险废物库中。建设单位在西厂区建设了危废仓库（危废库位置见图 1-4），危废库设计图见图 10-5。

危废库长度 12 米，宽度 8 米，高度 6 米。库内地面采用环氧地坪，四周墙体 1 米高采用砖墙涂密封水泥，高于 1 米及顶棚采用彩钢板。设有通风设施。库内墙体四周内侧设有收集槽，在东北角设有收集池。危废库安装视频监控、防爆照明灯、地磅等。危废库内按照不同种类危废，分类分区堆放。危废库入口上锁，由专职人员管理。

企业危险废物库按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求进行了施工，具备防风、防雨、防晒、防渗漏条件。危废库设置标志牌，地面与裙角均采用防渗材料建造，库房内外视频监控覆盖。洗片废液产生后放入防止渗漏的容器，收集后由带有防渗漏托盘的拖车转运至危废仓库，废胶片放入塑料

袋中，转运过程中由于人为操作失误造成容器倒翻、塑料袋破损等情况时，大部分会进入托盘和拖车内。库房内废液容器妥善堆放并防止倾倒，废胶片单独收集和存放，并设置规范的危险废物标识。

因此企业的危废库设计和建设满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求，企业加强危废管理，转运过程中出现散落、泄漏概率较小，对周围环境影响较小。

（3）危废日常管理

企业根据危险固废的产生情况以及国家对于危险废物转移的有关管理要求，建立危险废物进出和处置台账，移交有资质单位处理前，办理相关危险废物转移手续。

危险废物产生后及时入库存放，并按照危险废物的种类和特性进行分区、分类贮存，按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中的要求在危险废物的容器和包装物上设置危险废物识别标志，并按规定填写信息。

建设单位将针对危废对员工进行培训，加强安全生产及防止污染的意识。另外企业设置专门的安质环工程师，培训通过后方可上岗，将危险废物的实际产生、贮存、利用、处置等情况纳入生产记录，建立危险废物管理台账和企业内部产生和收集、贮存、转移等危险废物交接制度。当危废需要委托有资质单位进行转移时，企业内专人负责联系当地环保部门，通过“江苏省危险废物全生命周期监控系统”进行危险废物申报登记。

通过采取上述措施和管理方案，可满足危险废物暂存相关标准的要求，将危险废物可能带来的环境影响降到最低。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目探伤室建设需要开展土建施工和室内装修工程，企业计划在施工期采用了以下环境保护措施：

(1)大气：及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；(2)车辆在运输建筑材料时采取遮盖、密闭措施，减少沿途抛洒；(3)施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。本项目在施工期多大气环境方面的影响局限在施工现场附近区域，对周围环境影响较小。

(2)噪声：建筑施工阶段，施工单位执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时不再夜间进行强噪声作业。打桩机、混凝土搅拌机、卷扬机及载重车辆等发出的噪声未发生噪声扰民现象。

(3)固体废物：项目施工期间，建筑垃圾等固体废弃物委托专业单位定期清运，为对周围环境产生不良印象。

(4)废水：项目施工期间，含有泥浆的建筑废水等经初级沉淀处理并经隔渣后，全部用于混凝土搅拌，不向周围环境和水体排放。

建设单位在施工阶段采取上述污染防治措施，预计施工期的影响可以控制在厂区和车间内局部区域，不会对周围环境产生不良影响。

运行阶段对环境的影响

1. 运行期环境辐射水平估算

(1) 环境影响评价思路

企业规划建设 1 座 X 射线探伤室，使用的探伤机中能量最大的设备额定参数为 300kV、5mA 的周向 X 射线探伤机（功率 1500W），并据此进行探伤室的辐射防护设计。

本项目辐射影响计算采用的探伤机出束工况为 300kV、5mA，在此条件下估算探伤室周围环境辐射水平是否能够满足 GBZ117-2022 中的剂量率限值要求，并预测职业人员和保护目标的受照剂量是否满足相应的剂量管理目标。

计算采用的 X 射线探伤机出束时有效线束为垂直环向，朝向西北、东南屏蔽墙、屋顶、地面和防护大门，其他方向考虑漏射线和散射线辐射影响，防护小门外考虑 X 射线漏射线和工件散射线在迷道内 2 次以上散射后经防护小门屏蔽后的影响。企业使用的其它 X 射线探伤机的能量低于 300kV，定向机的射线方向被周向机所涵盖，其辐射影响可以完全被 300kV、5mA 工况的周向 X 射线探伤机出束的辐射影响包络。

(2) 评价模式

探伤室外关注点的辐射水平预测模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式：

—有用线束

$$H=H_0 \cdot B \cdot I / R^2 \quad (1)$$

式中： H：关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

I：X 射线装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

R：辐射源靶点至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，无量纲。

— 泄漏辐射

$$H=H_L \cdot B / R^2 \quad (3)$$

式中： H：关注点泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_L ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，X 射线机能量均大于 200kV，取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

R：辐射源靶点至关注点的距离，m；

B: 屏蔽透射因子, 参考什值层公式 (2) 计算。

— 散射辐射

$$H = (I \cdot H_0 \cdot B / R_s^2) \cdot (F \cdot \alpha / R_0^2) \quad (4)$$

式中: H: 关注点散射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I: X 射线装置管电流, mA;

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

R_s : 散射体至关注点的距离, m;

$F \cdot \alpha / R_0^2$: 保守取 1/50;

B: 屏蔽透射因子, 无量纲。

— 天空反散射

$$\dot{D}_{sky} = \frac{\dot{D}_0 \Omega^{1.3}}{40 d_i^2 d_s^2} \times B \quad (5)$$

式中: \dot{D}_{sky} : 计算点反散射剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

\dot{D}_0 : 射线穿透屋顶的 (有用线束) 源项, $\mu\text{Gy/h}$;

Ω : 散射立体角;

B: 房顶屏蔽层的衰减因子;

d_i 、 d_s : 分别为源项上方 2 米的高度和源项到计算点的水平距离。

— 迷道散射

迷道散射辐射影响主要考虑 X 射线经迷道散射和穿透迷道墙+铅门后的剂量。由于防护小门不在有用线束方向, 60cm 混凝土墙+8mm 铅板的防护效果使得射线穿透的辐射影响处于可忽略水平。射线经迷道散射后在防护门口处能量保守取 200kV。

$$H_S = \frac{D_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot K_1 \cdot K_2}{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2} \quad (6)$$

其中: H_S 为散射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$

D_0 : 入射源强, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{h}$; 分别考虑散射和漏射线;

α 为散射系数;

r_1 、 r_2 和 r_3 分别为入射距离和散射距离，m；
 K_1 、 K_2 为散射面积， m^2 。

根据计算 X 射线经迷道散射在小门外剂量率低于 $0.001\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 环境辐射水平预测

预测结果，探伤室在最大工况（300kV、5mA）开机，探伤室四周环境辐射剂量率最大值为 $1.245\mu\text{Sv/h}$ ；探伤室周围公众居留点辐射水平均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 要求。

探伤室顶部无人员居留，顶部 30cm 处剂量率为 $35.544\mu\text{Sv/h}$ ，低于 $100\mu\text{Sv/h}$ 的控制限值要求，在此条件下射线穿透探伤室屋顶后经天空反散射在地面造成的剂量率 $0.126\mu\text{Sv/h}$ ，处于较低水平。

(4) 穿墙管道辐射影响

本项目通风管道和电缆管道采用 U 型管穿过屏蔽墙体，能使 X 射线在管道内被多次散射（至少 4 次散射后到达曝光室外），探伤室整体防护效果不被破坏。参考《辐射防护导论》（方杰主编）：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。简单估算是使辐射在迷道中至少经过 3 次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射 3 次以上的迷道，是能够保证迷道口工作人员的安全。”因此本项目探伤室电缆管道和通风管道穿越屏蔽墙的设计使得 X 射线在屏蔽体外环境的辐射泄漏影响很小。

(5) 人员有效剂量预测评价

计算结果，探伤室内采用 1 台最大能量 300kV-X 射线探伤机进行探伤作业，预计职业人员年最大有效剂量为 0.002mSv/a ，公众年最大有效剂量为 0.039mSv/a ；职业人员和公众最大周受照剂量分别为 $0.030\mu\text{Sv/周}$ 和 $0.778\mu\text{Sv/周}$ 。

辐射工作人员和公众受照剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对个人年有效剂量（职业人员 20mSv/a ，公众 1mSv/a ）的要求，并低于本项目管理目标值：职业人员 5mSv/a ，公众 0.1mSv/a 。预计职业人员和公众的周剂量也满足 GBZ117-2022 中的周剂量限值要求。

(6) 其它污染物排放对环境的影响

废气：本项目在探伤工作时由于 X 射线电离空气，会产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室均设置机械通风装置。

探伤室的采用机械通风，排风管道采用地埋式 U 型管道穿过屏蔽墙体，管径 30cm，排放口高出探伤室顶部。探伤室的探伤室体积约 340m³，通风量为 1200m³/每小时，有效通风换气次数不小于 3 次/小时，满足 GBZ117-2022 中的通风换气要求。

废气高于探伤室顶部排放，探伤室所在车间体积较大，通风良好。探伤过程中产生的臭氧在自然条件下短时间内可以自动分解为氧气，对周围环境影响很小。

固废：企业探伤每年产生洗片废液约 0.50 吨，废胶片约 0.10 吨，属于编号为 HW16 的危险废物，企业已与有资质单位签订相关处置协议（详见附件七），符合环境保护的相关管理规定。

废水：胶片冲洗中产生 1.2 吨/年的一次、二次冲洗废水，企业将这部分废水进行收集，暂存于危险废物库中，承诺作为危险废物委托有资质单位处置。三次以上冲洗废水进入市政管网。

事故影响分析

1. 最大可信事故

本项目最大可信事故是：有人员滞留在探伤室内（如检维修工况），其他人员不了解探伤室内情况，接通了射线装置的高压，此时探伤室内的声光报警装置失灵或者人员未佩戴合格的个人剂量报警仪，探伤室内人员没有及时撤离，造成人员意外照射；或是由于探伤室门机连锁失灵，防护门未关闭即能出束探伤，造成误照射；或是探伤期间人员打开防护门时门机连锁失灵，X 射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

2. 事故后果

本项目中的 X 射线装置属于 II 类射线装置，为中危险射线装置，事故可能导致人员受照剂量超过年剂量限值，严重的引起急性放射性损伤。

探伤期间发生人员滞留或误入曝光室的事故，保守考虑人员距离射线源约 1.5m，

有用线束方向照射 5min，人员受照剂量可达到 232mSv，非有用线束方向（漏射线和散射线）照射 5min，人员受照剂量可达到 4.8mSv，都超过了职业人员 20mSv 和公众 1mSv 的年剂量限值。

3. 事故预防措施

为有效预防各类辐射事故发生，企业采取以下事故预防措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，辐射安全管理人员定期监督检查。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。探伤出束前对曝光室进行巡视、清场，确认探伤室内没有人员后再退至操作台操作，工作期间佩戴报警仪，严格按照操作规程开展工作可有效防止人员误照事故。

（3）定期检查确认安全联锁、急停装置、工作指示灯、剂量报警装置等各项安全措施的有效性，杜绝以上装置失效情况下开机操作。

（4）按照 GBZ117-2022 中的要求，辐射工作人员进入曝光室时携带有效的个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪，当仪器发出报警声时，人员可立即知晓并就近按下急停装置，设备可立即停止出束，有效减少人员受照时间和受照剂量。

（5）X 射线装置开机 2 人以上共同作业，开机时控制室内辐射人员不得脱岗。

4. 事故处置

辐射事故发生后，启动企业辐射事故方案，首先切断 X 射线探伤机电源，应急处置小组及时组织工作人员和公众撤离，控制事态发展；现场警戒、划定隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、正确判断事故性质。

发生辐射事故后，企业按照规定在 1 小时内向当地生态环境部门报告；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管理部门报告。事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境和公安部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1. 辐射安全管理机构设置情况

企业已建立了“辐射安全管理与应急小组”，由 1 名公司管理层领导为组长，以及若干组员组成，配备 1 名专职辐射安全管理人员，负责企业辐射安全管理工作。

2. 人员配备与职能

探伤室配备 2 名辐射工作人员，单班运行，辐射工作人员不兼职其它辐射工作。企业内还配备 1 名辐射安全管理人员，辐射工作人员和辐射安全管理人员均参加生态环境部门组织的上岗考核（考核科目分别为 X 射线探伤和辐射安全管理），取得合格证书后上岗操作。

辐射安全管理规章制度

根据“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法”中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

目前，企业已制定了《X 射线探伤操作规程》、《辐射岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置检修维护制度》、《射线装置使用登记、台帐管理制度》、《人员培训和健康管理制度》、《辐射环境和个人剂量监测方案》、《辐射事故应急预案》。

①X 射线探伤操作规程：明确 X 射线探伤装置操作流程及操作过程中应采取的工作步骤、设备出现异常时的处置措施。

②辐射岗位职责：明确单位法定代表人、辐射安全管理人员、辐射操作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

③辐射防护和安全保卫制度：提出根据企业的情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线探伤装置的运行和维修时辐射安全管理。

④射线装置检修维护制度：明确 X 射线探伤装置、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，确保 X 射线探伤装置等仪器设备保持良好工作状态。

⑤人员培训和健康管理制：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及按照生态环境部《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》参加考核的内容，并提出了定期参加职业健康检查和档案管理要求。

⑥辐射环境和个人剂量监测方案：制定辐射工作人员剂量监测和工作场所定期监测制度，明确监测周期。个人剂量监测结果异常的，应立即调查原因，对有关人员采取保护措施，接到异常报告之日起5日内报告当地生态环境、卫生健康部门。发现工作场所监测异常的，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部门报告。

⑦射线装置使用登记、台账管理制度：对X射线探伤装置建立台账和使用情况进行登记，标明设备名称、型号，电流、电压等，并对X射线探伤装置维护维修提出管理规定。X射线探伤装置不再使用时，应实施退役程序。X射线探伤装置应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构，并及时在台账中进行更新。

⑧事故应急预案：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》制定辐射事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、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、应急演练计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、管理部门救援报警电话。当发生事故时，企业立即启动辐射事故应急方案，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。

企业制定的上述辐射安全管理制度合理可行，满足“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法”中的有关要求。探伤室投入运行后，企业将相应规章制度落实到探伤工作中，相关辐射安全管理人员定期检查制度的落实情况，并根据法规和生态环境部门的要求及时修编和完善。

辐射监测

1. 环境监测方案

(1) 个人剂量检测

企业开展辐射工作人员个人剂量监测，定期将个人剂量计收集后，每3个月统一送有资质的单位检测。企业内辐射安全管理机构对个人剂量监测结果（检测报告）统一管理，建立档案，长期保存。

(2) 工作场所辐射环境检测

企业将每年委托有监测资质的单位对辐射工作场所进行年度监测；连同年度辐射环境评估报告在规定的时间内送交生态环境部门。

企业定期用巡检仪对工作场所进行环境自检，保存相关记录。设备出现故障维修后，经检定达到国家标准后再次启用。

2. 环境监测仪器配备

辐射工作人员每人配备个人剂量计，开展无损检测时随身佩戴。探伤室配备2台有效个人剂量报警仪，人员工作时随身佩戴。企业内配备1台X-γ剂量率巡检仪，定期自检，保存检测记录。

辐射事故应急

1. 辐射事故应急响应机构、预案建立情况

企业内已建立辐射事故应急方案，并成立辐射事故应急处理工作组，根据相关规定，预案主要包括以下内容：

- a) 建立辐射事故应急处理领导小组，明确小组各成员的职责和分工
- b) 规定辐射事故预防措施
- c) 明确辐射应急处理措施
- d) 辐射事故报告的程序
- e) 辐射事故发生后的善后处理程序

建议企业还需明确应急工作小组各成员的职责和分工，明确辐射应急人员培训和定期应急演练制度。

2. 辐射事故和预案的可行性

分析认为，企业在完善和落实辐射事故的相关预案后，辐射事故应急预案是可行的。

表 13 结论与建议

结论

项目概况

常熟市异型钢管有限公司（东厂区）地处常熟市梅李镇支梅路 170 号，企业生产的金属工件因无损检测需要，在厂区生产车间内计划建设 1 座固定式 X 射线探伤室（屏蔽体为混凝土结构），配备 3 台 X 射线探伤机，型号分别为 XXQ-1605D 型 X 射线探伤机（额定参数为 160kV、5mA）、XXG-3005Z 型 X 射线探伤机（额定参数为 300kV、5mA）和 XXG-3005D 型 X 射线探伤机（额定参数为 300kV、5mA）。

常熟市异型钢管有限公司拟建探伤室周围 50m 内涉及厂内车间生产区、厂区内通道，以及西北厂界外相邻工业企业，评价范围内没有居民点、医院、学校等环境敏感目标。经检测探伤室及周围区域环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于江苏省环境天然 γ 辐射剂量率正常涨落范围内。

1. 辐射安全防护结论

探伤室对辐射工作场所按照控制区和监督区分区管理，设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯。探伤室安装门机联锁装置，曝光室屏蔽墙、迷道内和操作台上均设置急停开关，防护大门和防护小门内侧安装开门开关，曝光室内和出入口设置视频监控探头，曝光室内设置 X- γ 剂量探头（操作台附近报警）。探伤室安全设施设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有关门机联锁、工作指示灯、急停开关、安全警示标识、视频监控、剂量报警等安全措施要求。

辐射工作人员上岗前参加辐射防护知识培训，经考核合格后上岗操作。辐射工作人员操作时佩带个人剂量计。探伤室配备 2 台有效的个人剂量报警仪，人员进入监督区和控制区佩戴。企业配备 1 台 X- γ 剂量率巡检仪，定期自检。

2. 环境影响分析结论

探伤室运行期间辐射工作人员和周围公众受照的最大年有效剂量满足国标《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值要求，并低于管理目标值（职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a）。同时满足国家标准中周剂量限值要求（职业人员 100 μ Sv/周，公众 5 μ Sv/周）。

探伤室在现有屏蔽条件下，探伤机出束时，屏蔽体、防护大门和防护小门外 30cm 处辐射剂量率远小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，顶部剂量率低于 $100\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率限值要求，天空散射在地面造成的附加剂量预计远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，处于较低水平。

X 射线探伤机工作时产生少量臭氧等废气通过地埋式通风管道排放至车间，排放口高出探伤室顶部且避开车间人群密集处，不会对周围环境产生影响。洗片废液等危险废物委托有资质单位处置。

3. 可行性分析结论

本项目在厂区内新建 1 座固定式 X 射线探伤室，配备 3 台 X 射线探伤机（每次只使用其中 1 台机），开展无损检测是出于企业正常生产需要，探伤室设计采用门机联锁等多项辐射安全措施，采取保守的屏蔽设计方案，人员受照剂量和环境辐射剂量率处于较低的水平，符合“辐射防护三原则”的要求。

从保护环境的角度而言，在实现本项目“三同时”一览表中的各项辐射防护措施的前提下，本项目是可行的。

建议和承诺

1. 设备开机运行前，要对所有安全设施、辐射监测仪表的有效性和可靠性进行检查。探伤期间严格遵循操作规程，加强对操作人员和管理人辐射安全教育，避免意外照射事故。
2. 项目取得相应的辐射安全许可证并投入运行后 3 个月内，企业组织完成核技术利用项目竣工环保验收工作。

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