

核技术利用建设项目

凯络文热能技术（江苏）有限公司 扩建项目 环境影响报告表

凯络文热能技术（江苏）有限公司

2025 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

凯络文热能技术（江苏）有限公司 扩建项目 环境影响报告表

建设单位名称：凯络文热能技术（江苏）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：Mark James Morgan Bevan

通讯地址：常熟市东南街道新安江路 60 号

邮政编码：215000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

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	16
表 10	辐射安全与防护	21
表 11	环境影响分析	28
表 12	辐射安全管理	39
表 13	结论与建议	44
表 14	审批	48
附表		49

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目厂区总平面布置图
- 附图 3 项目评价范围图
- 附图 4 项目生态红线图
- 附图 5 项目与生态环境管控单元位置关系图

附件

- 附件 1 审批申请书
- 附件 2 项目委托书
- 附件 3 射线装置使用情况承诺书
- 附件 4 营业执照、法人身份证明材料
- 附件 5 公司现有辐射安全许可证
- 附件 6 环境辐射水平现状检测报告
- 附件 7 公司现有辐射工作人员个人剂量检测报告
- 附件 8 X 射线探伤机参数说明材料及厂家辐射安全许可证
- 附件 9 探伤室屏蔽设计承诺
- 附件 10 项目主动公开信息一览表
- 附件 11 公示删减说明
- 附件 12 环境保护措施承诺
- 附件 13 环评技术合同

表 1 项目基本情况

建设项目名称	凯络文热能技术（江苏）有限公司扩建项目				
建设单位	凯络文热能技术（江苏）有限公司				
法人代表	Mark James Morgan Bevan	联系人		联系电话	
注册地址	常熟市东南街道新安江路 60 号				
项目建设地点	常熟市东南街道新安江路 60 号生产车间内北侧探伤室				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 （万元）	50	项目环保投资 （万元）	5	投资比例（环保投 资/总投资）	10%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	70
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 type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	项目概述				
1、建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况					
凯络文热能技术（江苏）有限公司位于常熟市东南街道新安江路 60 号，公司经营范围包括：从事以研究开发、生产各类冷却技术产品为主的节约能源开发技术，提供售后技术服务，销售自产产品，从事货物及技术的进出口业务，但国家限定公司经营或禁止进出口的商品及技术除外。					
根据公司生产需要，公司拟在现有探伤室内扩建 1 台 XXG3005C 型 X 射线探伤机（最					

大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，周向机），对公司产品进行无损检测，需检测工件尺寸小于 1.1m，厚度≤40mm，曝光室内每次仅开启 1 台 X 射线探伤机。

本项目 X 射线探伤机核技术应用情况见表 1-1。

表 1-1 本项目 X 射线探伤机核技术应用情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	额定功率 W	类别	工作场所名称	活动种类
1	XXG3005C 型 X 射线探伤机（周向机）	1	300	5	1500	II	探伤室	使用

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”项目，应编制环境影响报告表。受凯络文热能技术（江苏）有限公司委托，苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2、建设单位已有核技术利用情况

公司已开展核技术利用项目，并已取得辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[E1117]”，种类和范围为“使用 II 类射线装置”，有效日期至 2027 年 2 月 13 日（辐射安全许可证正、副本见附件 5）。公司现有 2 台 X 射线探伤机（定向机），位于探伤室内，已完成环境影响评价及竣工环保验收，现有核技术应用项目情况见表 1-2。

表 1-2 公司现有核技术应用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	验收情况
1	XXQ3005D 型 X 射线探伤机（定向机）	1	300	5	II	探伤室	使用	已环评	已许可	已验收
2	XXQ2505D 型 X 射线探伤机（定向机）	1	250	5	II	探伤室	使用	已环评	已许可	已验收

3、项目周边保护目标及项目选址情况

凯络文热能技术（江苏）有限公司位于常熟市东南街道新安江路 60 号，厂区东侧为庐山路、南侧为新安江路、西侧为富康达针纺织品等工业厂房、北侧为空地，本项目地理位置图见附图 1，厂区总平面布置图见附图 2。

本次扩建的 XXG3005C 型 X 射线探伤机位于现有探伤室内，探伤室位于生产车间北侧，为一层混凝土结构，探伤室主要由曝光室和暗室、评片室、操作室等辅房组成，曝光室内设有一座内置铅房。

探伤室东侧依次为焊材库、生产车间、厂内道路，南侧为车间仓库区域，西侧依次为

喷砂间、喷漆间、生产车间，北侧依次为公辅设施区、厂内道路、室外物料存放区。探伤室为一层混凝土结构（顶部人员无法到达），高度为5米，下方为混凝土，无地下建筑，项目评价范围见附图3。

本项目曝光室周围50m评价范围均在凯络文热能技术厂区内，评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。项目周围环境保护目标主要为从事本项目X射线探伤机操作的辐射工作人员及设备周围公众。

4、实践正当性

凯络文热能技术（江苏）有限公司拟在现有探伤室内扩建1台XXG3005C型X射线探伤机（最大管电压为300kV，最大管电流为5mA，周向机），对公司产品进行无损检测，确保产品质量。虽然在运行期间，X射线探伤机的使用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以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》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

表 2 放射源

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

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》(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	1	XXG3005C	300	5	无损检测	探伤室	周向机

(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	用途	工作场 所	氚靶情况			备注
										活度	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
废显（定）影剂	液态	/	/	约 2.5kg	约 30kg	/	集中收集后暂存于危废库	委托有相应危险废物经营资质的单位处置。
胶片冲洗废水	液态	/	/	/	/	/	不暂存	接入厂内废水蒸发装置处理，不外排。
废胶片	固态	/	/	约 0.33kg	约 4kg	/	集中收集后暂存于危废库	委托有相应危险废物经营资质的单位处置。
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风装置排入大气，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

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 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

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修正通过），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》（修正本），2018 年 12 月 29 日起实施；</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) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订本），2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订本），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；</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），生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日公布实施；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），2021 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和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) 《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 日印发；</p> <p>(11) 《江苏省辐射污染防治条例》（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 号公告公布，2018 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(12) 《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>(13) 《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 日印发；</p> <p>(14) 《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发[2020]1 号），2020 年 1 月 8 日印发；</p> <p>(15) 《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发[2020]49 号），2020 年 6 月 21 日印发；</p> <p>(16) 《江苏省生态空间管控区域监督管理办法》（苏政办发[2021]20 号），2021</p>
------	---

	<p>年5月1日起实施；</p> <p>(17) 《江苏省人民政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域调整管理办法的通知》(苏政办发[2021]3号)，2021年1月6日印发；</p> <p>(18) 《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)；</p> <p>(19) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》(国环规环评[2017]4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》(HJ2.1-2016)</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》(HJ10.1-2016)</p> <p>(3) 《环境辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</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》(GBZ117-2022)</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) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128 2019)</p> <p>(8) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)</p>
<p>其他</p>	<p>报告附件：</p> <p>(1) 附件 5 公司现有辐射安全许可证</p> <p>(2) 附件 6 环境辐射水平现状检测报告</p> <p>(3) 附件 7 公司现有辐射工作人员个人剂量检测报告</p> <p>(4) 附件 8 X 射线探伤机参数说明材料及厂家辐射安全许可证</p> <p>(5) 附件 9 探伤室屏蔽设计承诺</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》（HJ10.1-2016）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，本项目将探伤室内的曝光室边界外 50m 区域定为项目的评价范围。本项目评价范围示意图见附图 3。

保护目标

本项目建设地点位于常熟市东南街道新安江路 60 号，核对《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）以及《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发[2020]49 号）、《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）后可以确定，本项目评价范围内不涉及江苏省生态空间管控区域的优先保护单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）中 3.4，本项目评价范围内不涉及“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。

本项目曝光室边界外 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

- 1、从事 X 射线探伤机操作的辐射工作人员；
- 2、周围公众。

表 7-1 项目保护目标一览表

主要环境保护目标	方位	场所名称	距曝光室最近距离	距 X 射线探伤机最近距离	规模	环境保护要求
辐射工作人员	/	操作室	约 0.5m	约 4m	2 人	年受照剂量约束值 5mSv/a
项目评价范围内公众	东侧	焊材库	1.2m	4.5m	3 名固定工作人员	年受照剂量约束值 0.1mSv/a
		生产车间	8.5m	11.5m	20 名固定工作人员	
		厂内道路	33m	36m	流动人员	
	南侧	车间仓储区域	3m	7.5m	3 名固定工作人员	

	西侧	喷砂间	1m	3.35m	1名固定工作人员
		喷漆间	4.3m	7.5m	2名固定工作人员
		生产车间	9.5m	12m	20名固定工作人员
	北侧	公辅设施区	5m	7.5m	流动人员
		厂内道路	30m	32.5m	流动人员
		室外物料存放区	35m	37.5m	流动人员

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：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类型 \ 限值	剂量限值
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。

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：

- 1) 职业照射的年有效剂量约束值不超过 5mSv/a；
- 2) 公众照射的年有效剂量约束值不超过 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

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：

- 1) 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，
- 2) 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、探伤室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平

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：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屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平如下：

- 1) 探伤室内曝光室（屏蔽体）表面外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h；
- 2) 探伤室为一层建筑，顶部无人到达，探伤室顶部外表面 30cm 处周围剂量当量率控制水平不大于 100 μ Sv/h。

5、辐射环境质量现状检测评价参考值

根据《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）确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如下：

表 7-3 江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

注：现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。

参考资料

- (1) 《辐射防护导论》，方杰主编，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

本次扩建的 XXG3005C 型 X 射线探伤机位于现有探伤室内，探伤室位于生产车间北侧，为一层混凝土结构，探伤室主要由曝光室和暗室、评片室、操作室等辅房组成，曝光室内设有一座内置铅房。

探伤室东侧依次为焊材库、生产车间、厂内道路，南侧为车间仓库区域，西侧依次为喷砂间、喷漆间、生产车间，北侧依次为公辅设施区、厂内道路、室外物料存放区。探伤室为一层混凝土结构（顶部人员无法到达），高度为 5 米，下方为混凝土，无地下建筑。

探伤室和周边环境现状见图 8-1。

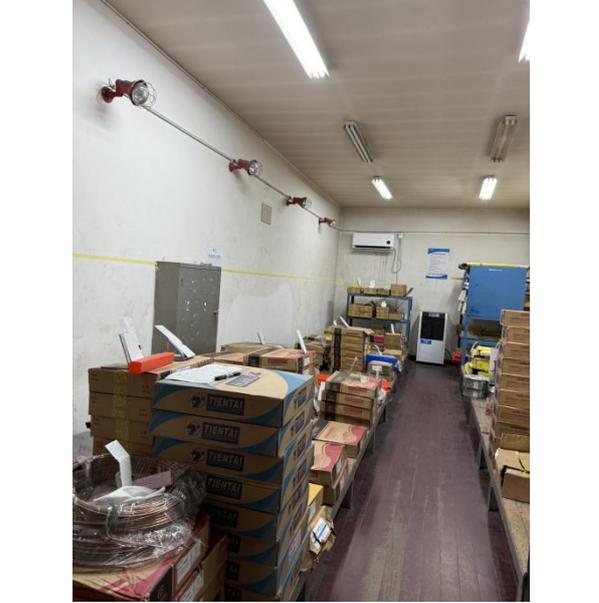
	
<p>探伤室</p>	<p>暗室</p>
	
<p>评片室</p>	<p>东侧焊材库</p>



图 8-1 探伤室及周边环境现场照片

2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：X 射线探伤机拟建址周围辐射环境

监测因子：环境 γ 辐射剂量率

监测点位：在探伤室及周围布置 10 个监测点位

3、监测方案、质量保证措施及监测结果

(1) 监测方案

监测项目：环境 γ 辐射剂量率

监测布点：在探伤室及周围布置监测点位，具体点位见图 8-2

监测时间：2025 年 10 月 27 日

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司

监测仪器：FH40G-L10 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪（探头型号 FHZ672E-10）
（设备编号：SDWH3082，检定有效期：2025.09.28~2026.09.27），仪器能量响应范围：
40~4400keV、测量范围：0.001~100 μ Sv/h、最低检测限：0.001 μ Sv/h。

监测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

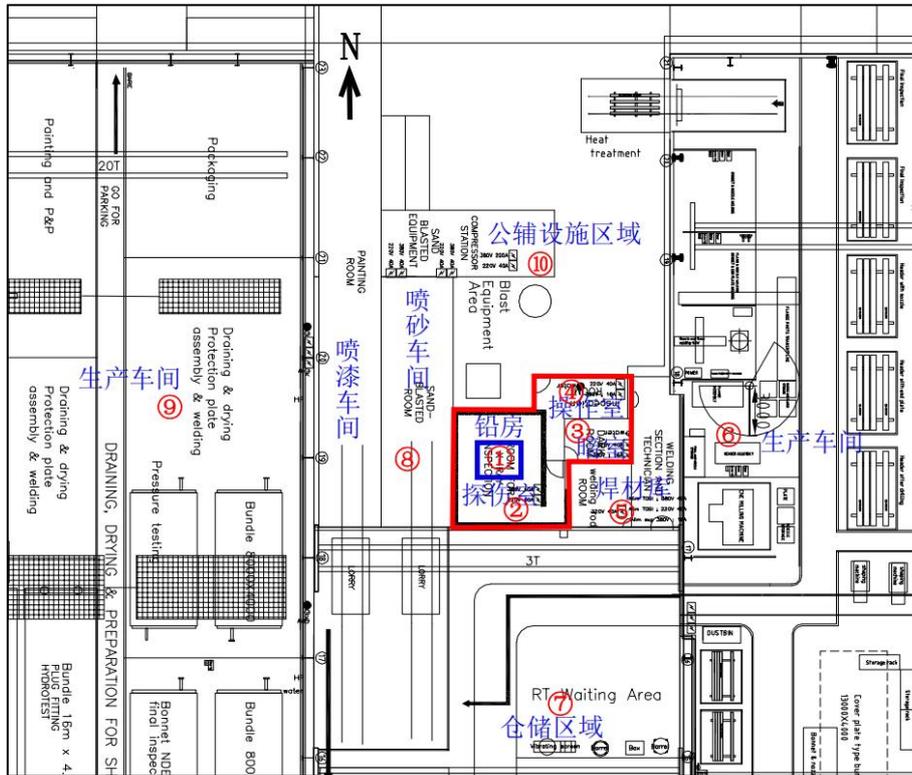


图 8-2 探伤室及周围环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图

(2) 质量保证措施

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定；

监测布点质量保证：选择适用的监测方法，本项目根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规

范》（HJ 1157-2021）有关布点原则进行布点；

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求，实施全过程质量控制；

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

（3）监测结果

本项目监测仪器为 FH40G 型便携式 X、γ 辐射周围剂量当量率仪（探头型号 FHZ 672 E-10），X-γ 辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源，折算系数为 1.2Sv/Gy。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

评价方法：参照江苏省γ辐射空气吸收剂量率天然辐射水平调查结果，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 6。

表 8-1 本项目探伤室及周围环境γ辐射剂量率测量结果

检测点位描述			检测结果 ^[1] (nGy/h)		备注
测点编号	位置	属性	平均值	标准差	
1#	项目地（内置铅房）	室内（平房）	51.6	1.2	本底监测
2#	项目地（探伤室）	室内（平房）	93.6	1.3	
3#	暗室	室内（平房）	112	1	
4#	操作室	室内（平房）	120	1	
5#	项目地东侧 1（焊材库）	室内（平房）	121	2	
6#	项目地东侧 2（生产车间）	室内（平房）	105	1	
7#	项目地南侧（车间仓储区域）	室内（平房）	78.2	1.3	
8#	项目地西侧 1（喷砂间）	室内（平房）	69.4	1.8	本底监测
9#	项目地西侧 2（生产车间）	室内（平房）	68.1	1.2	
10#	项目地北侧（公辅设施区）	室内（平房）	85.9	1.4	

注：测量数据已扣除宇宙射线响应值，检测仪器的宇宙射线响应值为 5.23nGy/h。

4、环境现状调查结果评价

本项目监测点位均位于室内（平房），环境γ辐射空气吸收剂量率为 51.6~121nGy/h，处于江苏省环境天然放射性γ辐射空气吸收剂量率调查结果中室内的测值范围内（50.7~129.4nGy/h）。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、设备组成

凯络文热能技术（江苏）有限公司拟在现有探伤室内扩建 1 台 XXG3005C 型 X 射线探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，周向机），对公司产品进行无损检测，X 射线探伤机生产厂家为丹东新科电器有限公司。X 射线探伤机出束口射线角度为 30°。

本项目 X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和连接电缆等部件构成。控制箱用于调节探伤机开关、管电压、曝光时间设置。连接电缆用于连接控制器与 X 射线发生器。X 射线发生器用于在控制器设置条件进行曝光探伤。X 射线发生器的核心部件是 X 射线管。X 射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成。

常见 X 射线探伤机外观图示意图见图 9-1。本项目设备技术参数一览表见表 9-1。



图 9-1 常见 X 射线探伤机外观图

表 9-1 本项目 X 射线探伤机技术参数一览表

型号	XXG3005C	出束角	360°×30°
最大管电压	300kV	照射方向	周向
最大管电流	5mA	滤过条件	3mm Al
额定功率（W）	1500W		

2、X 射线探伤机工作原理

X 射线探伤机核心部件为 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。

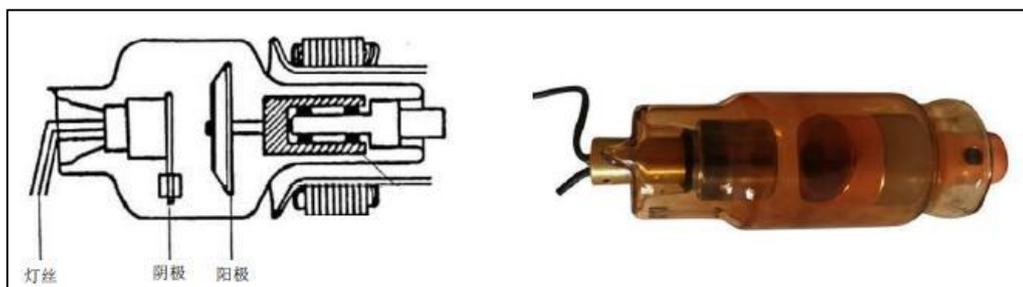


图 9-2 X 射线管示意图

在 X 射线无损检测过程中，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，物质密度越大，射线强度减弱越大，底片感光亮就小。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，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断被检样品的质量、缺陷位置和内部的细微结构等。

3、工艺流程及产污环节

使用 X 射线探伤机开展固定式 X 射线探伤工作时，被探伤工件通过工件门运至曝光室的内置铅房中，辐射工作人员在操作室内进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1、探伤前的安全检查，包括：探伤机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲以及破损；安全连锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行；螺栓等连接件是否连接良好；固定辐射检测仪是否正常等；

2、产品入室：将被探伤工件通过轨道运至曝光室的内置铅房中固定，本项目检测工件主要为尺小于 1.1m，厚度 $\leq 40\text{mm}$ 的不锈钢、碳钢等非标产品；

3、贴片定位：在工件需检测的部位贴上感光胶片，并将 X 射线探伤机放置在合适的位置；

4、关门：检查曝光室内（包括曝光室及内置铅房）内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭防护门，只有在防护门和人员门均已关闭、所有防护与安全装置系

统都启动并正常运行的情况下，辐射工作人员才开始进行无损检测；

5、开机、加高压、曝光：辐射工作人员在操作室内，开启 X 射线探伤机进行无损检测；

6、关机：达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，曝光结束；

7、取片：辐射工作人员进入探伤铅房，取下胶片，将检测工件利用轨道运出曝光室，对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

8、洗片：将曝光后的胶片放入显影液中，将显影后的胶片放入定影液中，固定显影形成的图像，然后用清水冲洗胶片 3 次以上，去除定影液残留，确保胶片干净，最后进行干燥处理。

9、读片、出具检测报告：判断工件质量、缺陷等，提供产品质量报告。

X 射线探伤机工作流程及产污环节示意图见图 9-3。

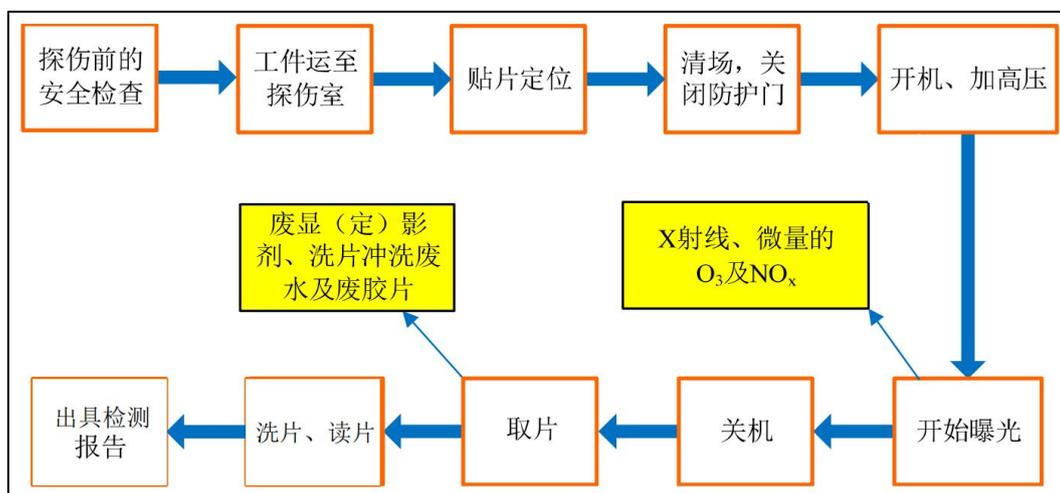


图 9-3 X 射线探伤机工作流程及产污环节示意图

由图 9-3 可知，本项目运行过程中产生的主要污染物如下：

- (1) 探伤机出束过程中产生的 X 射线；
- (2) X 射线使空气电离产生少量的臭氧及氮氧化物；

(3) 洗片过程中，当定影、显影液在使用至无法起效时产生废显（定）影剂，洗片会产生胶片冲洗废水，可能产生废胶片。废显（定）影剂、废胶片属《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，按危险废物进行管理处置，暂存于危废库，委托有相应危险废物经营资质的单位处置；胶片冲洗废水接入厂内废水蒸发装置处理，不外排。

4、人员配置及工作制度

人员配置：现有探伤室配有 1 名辐射安全管理人员和 4 名辐射工作人员，本项目利用现有 4 名辐射工作人员，该 4 名辐射工作人员除从事现有探伤室的辐射工作外，不再从事其他辐射工作。

工作制度：本项目常白班运行。

项目扩建后，减少现有 X 射线探伤机（定向机）使用频次和曝光时间，扩建后探伤室总探伤工件数为 8 件/天（本项目周向机+现有定向机），单个需检工件的曝光检测时间为 1~8 分钟，按照最大 8 分钟计，则每天最大曝光时间约为 1 小时，年工作 250 天，年最大曝光时间为 250 小时。

本项目在曝光室内检测时只使用 1 台 X 射线探伤机，每次无损检测工作由 2 名辐射工作人员共担。

5、原有工艺不足和改进情况

建设单位原许可的辐射工作场所均有完善的环评、辐射安全许可证及竣工验收手续。根据原有项目竣工验收意见及最近一次该辐射工作场所年检报告可知，原有核技术利用项目均满足《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》（GBZ117-2022）相应要求。

建设单位已建立一套完善的辐射安全与防护相关规章制度，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。原有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果均符合剂量约束值的要求，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施及相关制度齐全。辐射工作人员辐射安全与防护培训合格证书均在有效期内，建设单位已为其建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案。

综上所述，原有工艺不存在不足情况。

污染源项描述

1、辐射污染源分析

由 X 射线探伤机工作原理可知，只有 X 射线探伤机在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，若未完全屏蔽会对检测室外工作人员和公众产生一定外照射，因此 X 射线探伤机在开机检测期间，X 射线是项目主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：X 射线机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。根据

生产厂家提供的资料，沿 X 射线管轴向距离射线管 1m 处的输出量为 $20.9 \text{ mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $20.9\times 6\times 10^4\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})=1.25\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

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 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 1，本项目距 X 射线管靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率应小于 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

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/T250-2014）中表 2，X 射线经检测工件 90° 散射后，散射线能量取值为 200kV。

表 9-1 本项目 X 射线探伤机输出量参数一览表

X 射线探伤机型号	最大管电压	最大管电流	最大功率	距辐射源点（靶点）1m 处输出量	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率	散射能量
XXG3005C	300kV	5mA	1500W	$1.25\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$	200kV

2、非辐射污染源分析

（1）废气

本项目 X 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

（2）废水

本项目洗片过程中会产生废显（定）影剂和胶片冲洗废水，其中，废显（定）影剂属《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，胶片冲洗废水接入厂内废水蒸发装置处理，不外排。每年预计产生废显（定）影剂约 30kg。本项目辐射工作人员利用现有，不新增生活污水。

（3）固废

本项目会产生少量的废胶片，属《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，每年预计产生废胶片约 4kg。本项目辐射工作人员利用现有，不新增生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、工作场所布局及分区

探伤室东侧依次为焊材库、生产车间、厂内道路，南侧为车间仓库区域，西侧依次为喷砂间、喷漆间、生产车间，北侧依次为公辅设施区、厂内道路、室外物料存放区。探伤室为一层混凝土结构（顶部人员无法到达），高度为 5 米，下方为混凝土，无地下建筑。

本次扩建的 XXG3005C 型 X 射线探伤机位于现有探伤室内，探伤室位于生产车间北侧，为一层混凝土结构，探伤室主要由曝光室和暗室、评片室、操作室等辅房组成，曝光室内设有一座内置铅房，探伤工作在铅房内进行。

曝光室位于探伤室西侧，暗室、操作室、评片室等辅房位于探伤室东侧，对本项目辐射工作场所进行分区管理，将曝光室实体范围作为控制区，在人员门和工件门显著处设置电离辐射警告标志及中文警示说明，无损检测期间禁止任何人员进入；将操作室、评片室、暗室作为监督区，在监督区入口处设立表明监督区的标牌，禁止无关人员进入。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的分区规定。

本项目辐射防护控制区及监督区示意图见图 10-1。

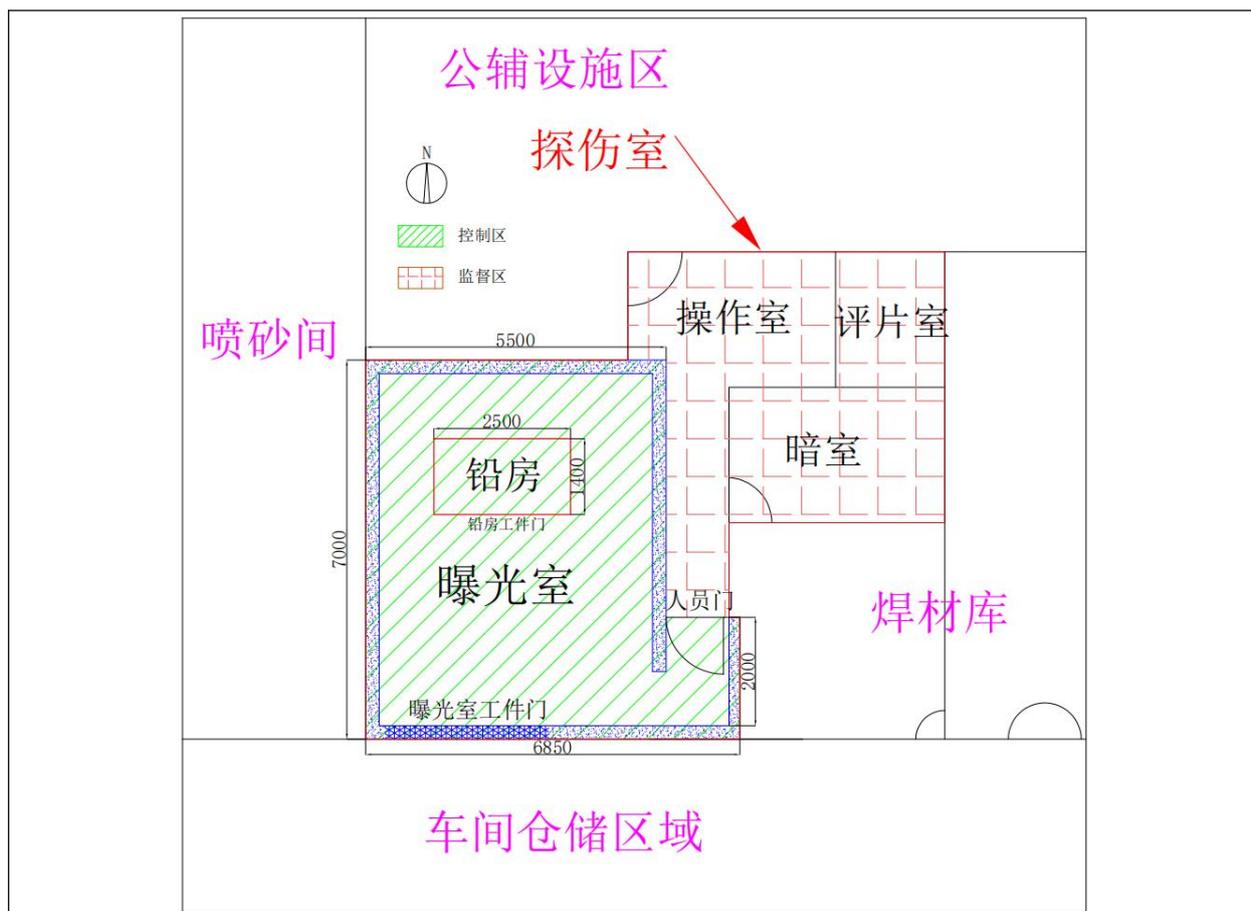


图 10-1 探伤室监督区及控制区示意图（单位：mm）

2、辐射防护屏蔽设计

根据凯络文热能技术（江苏）有限公司提供的资料，曝光室尺寸为 5.5m（长）×7m（宽）×5m（高），曝光室内设有一座内置铅房，尺寸为 2.5m（长）×1.4m（宽）×1.9m（高），曝光室东侧由南至北分别为暗室、操作室、评片室。曝光室与操作室之间设有 1 个“L”型迷道，迷道宽 1.1m，迷道外设有 1 个人员门（门洞宽 1m，高 2.0m），内置铅房及曝光室南侧均设有 1 个工作门，铅房工作门宽 1.6m、高 1.8m，曝光室工作门宽 3m、高 3m，曝光室、铅房内南北铺设轨道，工件由南部曝光室工作门通过轨道进入铅房内。

防护门门缝均通过重叠搭接进行防护，门缝约 10mm，人员门和工件门与屏蔽体重叠搭接宽度为 130mm，满足重叠宽度大于缝隙十倍的要求。曝光室顶部设有排风管道外口，排风管道外口安装 10mm 铅防护罩，风机风量为 1000m³/h，操作室内电缆通过电缆管由地下以“U”型方式斜穿过探伤室东北角墙壁进入曝光室内的铅房，电缆管道直径 3cm，管道埋地深度约为 20cm。

无损检测工作在曝光室内铅房中进行，使用现有定向机时，主射线方向由东向西；使用本项目扩建周向机时，主射线方向可能朝向铅房西侧、东侧、顶部、底部。本项目辐射防护屏蔽设计情况见表 10-1，屏蔽设计图见图 10-2。

表 10-1 本项目曝光室屏蔽设计一览表

工作场所		屏蔽防护
内置铅房 2.5m（长）×1.4m （宽）×1.9m（高）	西侧	22mm 铅板
	东、南、北侧	20mm 铅板
	顶部	14mm 铅板
	底部	钢骨架结构
	铅房工件门	20mm 铅板
曝光室 5.5m（长）×7m（宽） ×5m（高）	四周墙体	25cm 混凝土
	顶部	30cm 混凝土
	底部	混凝土层（无地下建筑）
	迷道墙	25cm 混凝土
	曝光室工件门	4mm 铅板
	人员门	4mm 铅板
	电缆管道	操作室内电缆通过电缆管由地下以“U”型方式斜穿过探伤室东北角墙壁进入曝光室内的铅房，电缆管道直径 3cm，管道埋地深度约为 20cm。
	通风管道	曝光室顶部设有排风管道外口，排风管道外口安装 10mm 铅防护罩，风机风量为 1000m ³ /h。

注：铅板密度 11.3g/cm³，混凝土密度 2.35g/cm³。

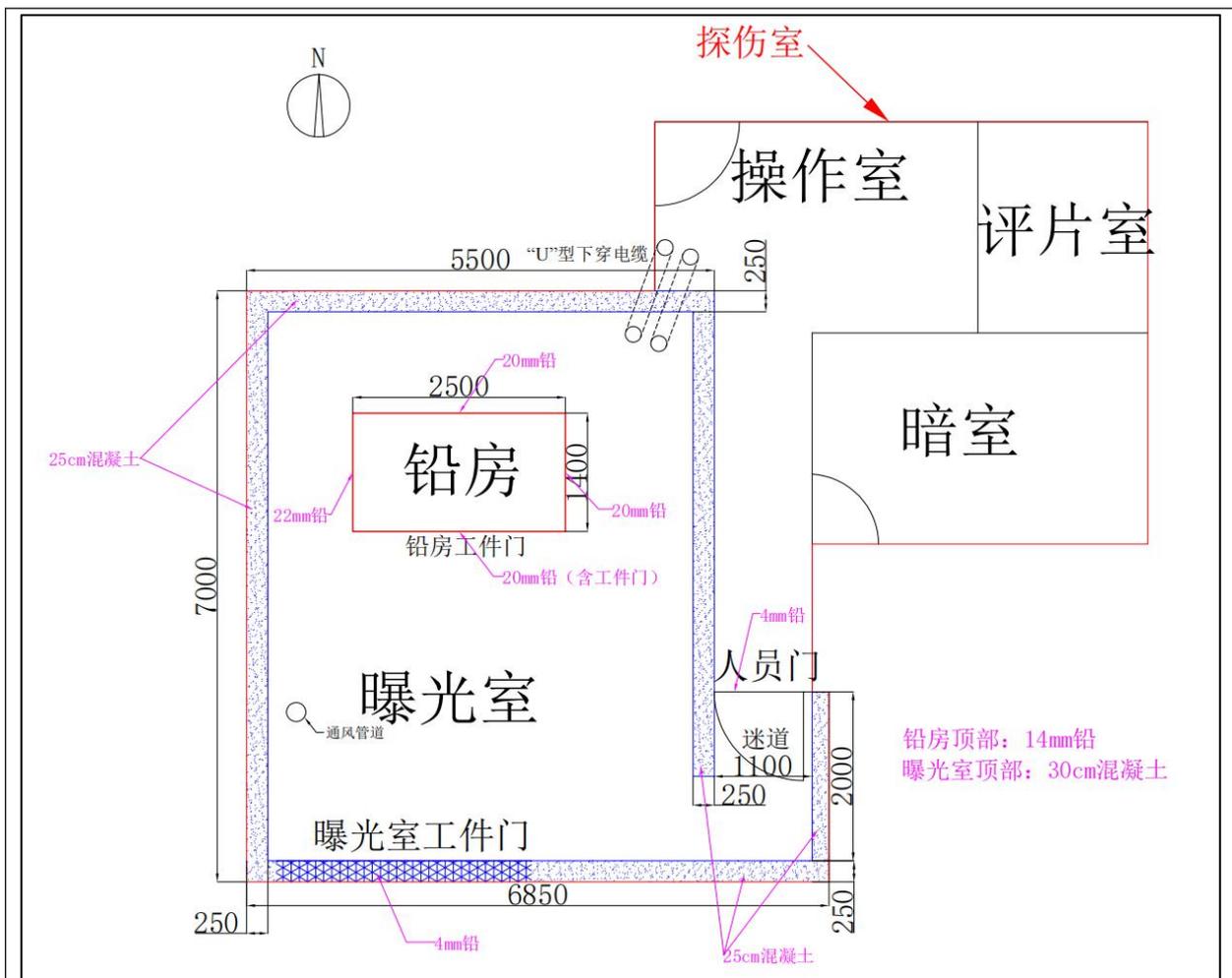


图 10-2 本项目曝光室屏蔽设计图

3、工作场所辐射安全措施

为确保辐射安全，保障 X 射线探伤机安全运行，公司根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等标准配备安全装置和保护措施，主要有：

（1）设置门-机联锁装置。本项目探伤室的曝光室工件门、铅房工件门及人员门均已安装门-机联锁装置，即使用中的 X 射线探伤机与防护门联锁。门-机联锁装置的设置方便曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。在探伤过程中，任一防护门被意外打开时，能立刻停止出束。本项目曝光室内每次仅开启 1 台 X 射线探伤机。

（2）已在曝光室内、外均设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，人员门外设有警示告示灯，并与使用中的 X 射线探伤机联锁。绿灯表示“预备”，红灯表示“照射”，“预备”信号能持续足够长的时间，以确保曝光室内人员安全离开。“预备”和“照射”信号拟有明显的区别，并与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。曝光室内外醒目位置处已设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(3) 在曝光室内、工件、人员进出口安装监视装置，在操作室设置专用的监视器，可监视曝光室（含铅房）内探伤设备的运行情况以及曝光室内（含铅房）、迷道内、出入口的情况。

(4) 设置电离辐射警告标志和中文警示说明。本项目曝光室工件门外、铅房工件门外、人员门外均拟设置符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

(5) 安装紧急停机按钮。已在铅房外部、曝光室西墙、北墙、操作室各设置一个急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。本项目紧急停机按钮的设置能够使人员处在探伤铅室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。紧急停机按钮拟设置标签，标明使用方法。操作室内控制台上设置有钥匙开关，只有打开开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出，指定专人保管控制台钥匙，专人使用，并建立保管和使用制度。在迷道内靠近人员门处及工件门旁边各设置 1 个开门开关。

(6) 配置固定式场所辐射探测报警装置。已在曝光室内配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置，剂量监测探头安装在曝光室内东墙上，其显示装置安装在操作室内。

(7) 设置机械通风装置。曝光室内设置机械通风装置，曝光室顶部设有排风管道外口，避免朝向人员活动密集区，排风管道外口安装 10mm 铅防护罩，风机风量为 1000m³/h，曝光室内每小时有效通风换气次数约为 5.2 次，大于 3 次。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射安全系统、安全设施要求。

4、探伤操作的放射防护措施

(1) 无损检测前，辐射工作人员拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 5.1.2 及 5.2.1.2 要求进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、辐射报警仪等能否正常运行。

(2) 辐射工作人员在进入曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员立即退出曝光室，同时防止其他人进入曝光室，并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 辐射工作人员应定期测量探伤室周围区域的剂量率水平，包括操作位和公众居留处，测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止无损检测工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 辐射工作人员交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始无损检测工作。

(5) 在每一次照射前，辐射工作人员都应确认曝光室内部（含铅房）没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始无损检测工作。

5、探伤设施的退役要求

(1) 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。

(2) 清除本项目涉及的所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废的治理

1、废气

本项目 X 射线探伤机在工作状态时，X 射线会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目 X 射线探伤机为短时间、间歇式出束作业，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外。曝光内设置机械通风装置，曝光室顶部设有排风管道外口，避免朝向人员活动密集区，排风管道外口安装 10mm 铅防护罩，本项目曝光室容积约 192.5m³，其排风机的设计通风量为 1000m³/h，每小时有效通风换气次数约为 5.2 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的相关要求。

2、废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及胶片冲洗废水，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，存放于危废库，定期交由有资质单位处理处置；胶片冲洗废水接入厂内废水蒸发装置处理，不外排。本项目辐射工作人员利用现有，不新增生活污水。

3、固体废物

本项目运营时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，集中收集运至危废库中废胶片存放区域临时贮存，定期交由有资质单位处理处置。

本项目辐射工作人员利用现有，不新增生活垃圾。

公司危废库分类收集、分类贮存，贮存措施做到“防雨淋、防渗漏、防流失”，满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求。危废库门上张贴环保标识牌，明确危险废物种类，设置危险废物识别标志并进行分区管理。危废库由专人管理，对危险废物情况进行记录，注明危险废物名称、来源、数量、特性、入库日期、使用量等信息。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目探伤房已建设完成，本次扩建 X 射线探伤机仅需在厂内进行安装，施工期环境影响很小，项目施工期很短，施工期结束后，施工期环境影响将随之消失。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

根据公司生产需要，公司拟在现有探伤室内扩建 1 台 XXG3005C 型 X 射线探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，周向机），对公司产品进行无损检测，探伤室内现有 1 台 XXQ3005D 型 X 射线探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，定向机）和 1 台 XXQ2505D 型 X 射线探伤机（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA，定向机），曝光室内每次仅开启 1 台 X 射线探伤机。

根据建设单位提供资料（附件 8），3005 型 X 射线探伤机主射线输出量大于 2025 型 X 射线探伤机，本次保守选取 XXG3005C 型 X 射线探伤机（周向机）在满功率运行工况下进行预测评价。

使用本项目扩建周向机时，主射线方向可能朝向铅房西侧、东侧、顶部、底部，故将曝光室的西墙、东墙、顶部、人员门按照有用线束照射进行估算（底部由于无地下建筑，不进行计算），将曝光室的南墙、北墙、曝光室工件门按照非有用线束照射进行估算，非有用线束方向剂量率为泄漏辐射和散射辐射剂量率之和。

根据建设单位提供的资料，曝光室尺寸为 5.5m（长）×7m（宽）×5m（高），曝光室内设有一座内置铅房，尺寸为 2.5m（长）×1.4m（宽）×1.9m（高），曝光室东侧由南至北分别为暗室、操作室、评片室。曝光室与操作室之间设有 1 个“L”型迷道，迷道宽 1.1m，迷道外设有 1 个人员门（门洞宽 1m，高 2.0m），内置铅房及曝光室南侧均设有 1 个工件门，铅房工件门宽 1.6m、高 1.8m，曝光室工件门宽 3m、高 3m，曝光室、铅房内南北铺设轨道，工件由南部曝光室工件门通过轨道进入铅房内。

根据公司实际工况，无损检测过程中，X 射线探伤机照射头距曝光室西墙的最近距离为 2.35m，距曝光室东墙的最近距离为 3.15m，距曝光室南墙（含曝光室工件门）的最近距离为 4.85m，距曝光室北墙的最近距离为 2.15m，距曝光室人员门的最近距离为 4.2m，距地面最大高度为 1m，距曝光室顶部的最近距离为 4m，参考点距离各侧屏蔽墙、防护门及顶部外表面的距离均为 30cm。本项目探伤房计算参考点位示意如图 11-1。

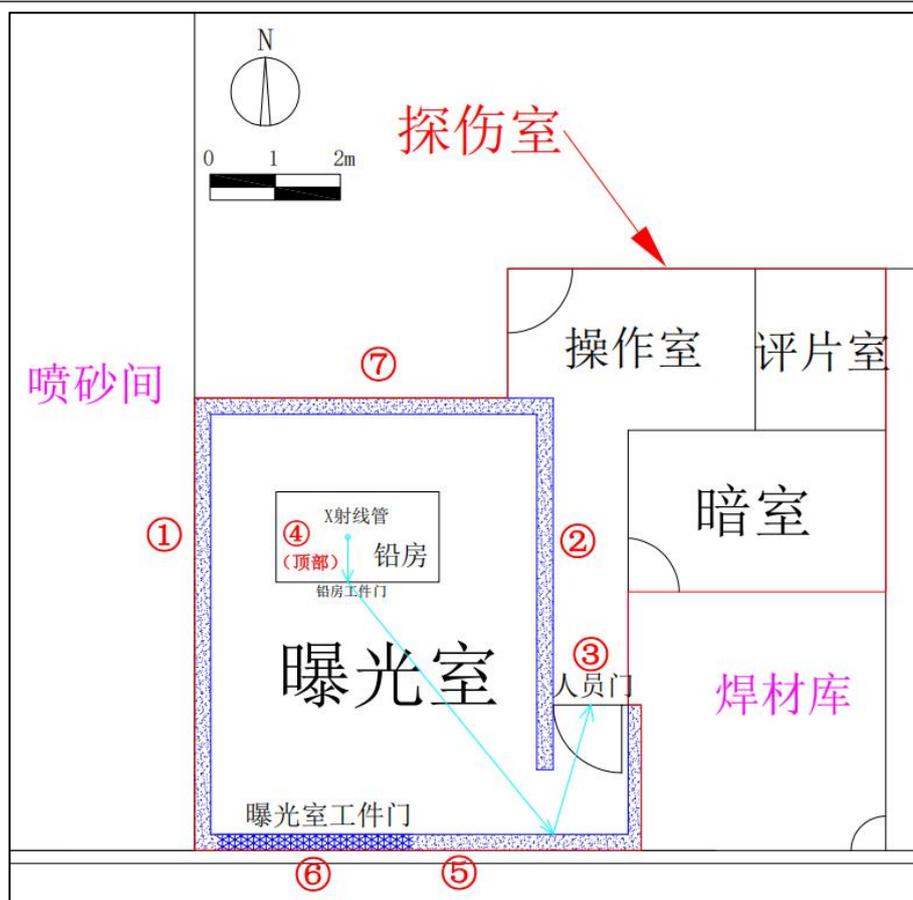


图 11-1 本项目探伤房计算参考点位示意图

1、有用线束屏蔽估算

顶部预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{公式 (1)}$$

式中： \dot{H} ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，根据表 9-1 中污染源项描述内容，XXG3005C 型 X 射线探伤机取值为 $1.25 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B ：屏蔽透射因子，本项目查取什值层、按下述计算公式（2）计算得出屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2，管电压 300kV 时，TVL 为 5.7mm 铅、100mm 混凝土，按公式（2）计算得出曝光室西侧 B 值为 4.37×10^{-7} ，东侧、人员门 B 值为 9.80×10^{-7} ，顶部 B 值为 3.50×10^{-6} 。

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad \text{公式 (2)}$$

式中： X ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位。

TVL: 什值层厚度, mm;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, 米(m)。

2、非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中非有用线束屏蔽估算的计算公式:

(1) 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{公式(3)}$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中表 1, 本项目距 X 射线管靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率应小于 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$;

B: 屏蔽透射因子, 同上, 管电压 300kV 时, TVL 为 5.7mm 铅、100mm 混凝土, 按公式(2)计算得出曝光室南侧、北侧 B 值为 9.80×10^{-7} , 曝光室工件门 B 值为 6.16×10^{-5} ;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, 米(m)。

(2) 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{公式(4)}$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

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, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 本项目取值 $1.25 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

B: 屏蔽透射因子, 散射辐射最高能量约为 200kV, 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 B.2, 管电压 200kV 时, TVL 为 1.4mm 铅、86mm 混凝土, 按公式(2)计算得出曝光室南侧、北侧 B 值为 6.42×10^{-18} , 曝光室工件门 B 值为 7.20×10^{-18} ;

F: R_0 处的辐射野面积, 平方米(m^2), 按 X 射线装置圆锥束中心轴与圆锥边界的夹角为 20° 计算;

α : 散射因子, 入射辐射被单位面积(1m^2)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；

R_0 : 辐射源点（靶点）至无损检测工件的距离，米（m）；

$R_0^2/F \cdot \alpha$ 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）B.4.2 保守取 50；

R_s : 散射体至关注点的距离，米（m）。

3、参考点处剂量率理论计算结果

表 11-1 曝光室外主射线方向参考点屏蔽效果预测表

取值 点位		设计厚度	I mA	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ (mA·h)	B	$R^{\text{①}}$ m	\dot{H} $\mu\text{Sv/h}$	屏蔽体外 30cm 处剂 量率参考 控制水平 $\mu\text{Sv/h}$	评价
①	曝光室 西侧	22mmPb+25 cm 混凝土	5	1.25×10^6	4.37×10^{-7}	2.65	0.389	2.5	满足
②	曝光室 东侧	20mmPb+25 cm 混凝土	5	1.25×10^6	9.80×10^{-7}	3.45	0.515	2.5	满足
③	人员门	20mmPb+25 cm 混凝土	5	1.25×10^6	9.80×10^{-7}	4.5	0.303	2.5	满足
④	顶部	14mmPb+30 cm 混凝土	5	1.25×10^6	3.50×10^{-6}	4.3	1.183	100	满足

注：①项目参考点均为相应屏蔽体 30cm 处，R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-2 曝光室外非主射线方向参考点屏蔽效果预测表

取值		点位	⑤	⑥	⑦
			曝光室南侧	曝光室工件门	曝光室北侧
X 设计厚度 (mm)			20mmPb+25cm 混凝土	24mmPb	20mmPb+25cm 混凝土
泄漏 辐射	B		9.80×10^{-7}	6.16×10^{-5}	9.80×10^{-7}
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)		5×10^3	5×10^3	5×10^3
	R (m)		5.15	5.15	2.45
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)		1.85×10^{-4}	1.16×10^{-2}	8.16×10^{-4}
散射 辐射	散射线能量(kV)		200		
	B		6.42×10^{-18}	7.20×10^{-18}	6.42×10^{-18}
	I (mA)		5	5	5
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)		1.25×10^6	1.25×10^6	1.25×10^6

	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	1/50	1/50	1/50
	R_s (m)	5.15	5.15	2.45
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	3.02×10^{-14}	3.39×10^{-14}	1.34×10^{-13}
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		1.85×10^{-4}	1.16×10^{-2}	8.16×10^{-4}
射线装置屏蔽体表面 30cm 处剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足

注：①项目参考点均为相应屏蔽体 30cm 处，R 的取值由 CAD 图纸上读取；

②项目散射辐射屏蔽计算时散射体至关注点的距离 (R_s) 取值保守使用辐射源点 (靶点) 至关注点的距离 (R)

从表 11-1、表 11-2 中预测结果可以看出，当本项目 X 射线探伤机满功率运行时，探伤室屏蔽体表面外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中辐射屏蔽剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求(探伤室顶部表面外 30cm 处周围剂量当量率控制水平不大于 $100\mu\text{Sv/h}$)。

4、迷道辐射影响分析

本项目探伤室采用“L”型迷道设计，利用散射降低人员门入口处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道外人员门入口，有用线束经 2 次散射到达人员门，X 射线经铅房射线进入迷道后散射示意图见图 11-1。参考 NCRPReport No.51 中公式对探伤室迷道口处的辐射剂量率进行计算，见公式 (5)，计算结果见表 11-3。

$$H_j = \frac{H_0}{d_s^2} \cdot \frac{\alpha_1 \cdot A_1}{d_{r1}^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A_2}{d_{r2}^2} \quad \text{公式 (5)}$$

式中： H_j —经 j 次散射后迷道口处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，本项目经 2 次散射；

H_0 —距靶 1m 处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

α_1 —X 射线第一个散射体的散射系数，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录 B 表 B.3，本项目保守取 $\alpha_1 = \alpha_w \times 10000/400 = 1.9 \times 10^{-3} \times 10000/400 = 4.75 \times 10^{-2}$ ；

α_2 —随后从屏蔽层材料表面散射出来的 X 射线的散射系数(假设对以后所有散射过程是相同的)，与 α_1 相同为 4.75×10^{-2} ；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积， m^2 ，取铅房工件门截面积 2.88m^2 ；

A_2 —X 射线入射到第二散射物质的散射面积, m^2 , 取迷道截面积 $5.5m^2$;
 d_s —X 射线辐射源到第一散射体的距离, m , 取 X 射线至铅房工件门距离 $0.7m$;

d_{rj} —为 X 射线各处中心线的散射距离, d_{r1} , d_{r2} 分别为 $5m$ 和 $2m$;

j —指第 j 个散射过程。

表 11-3 探伤室迷道散射辐射剂量率计算结果

H_0 ($\mu Sv \cdot m^2/h$)	$1.25 \times 10^6 \times 5$
α_1	4.75×10^{-2}
α_2	4.75×10^{-2}
A_1 (m^2)	2.88
A_2 (m^2)	5.5
d_s (m)	0.7
d_{r1} (m)	5
d_{r2} (m)	2
H_j ($\mu Sv/h$)	4.56×10^3

根据 GBZ/T250-2014 中表 2, 本项目 300kV 射线经两次散射后能量为 150kV, 铅的半值层厚度为 0.96mm, 人员门为 4mm 的铅板, 代入公式 (2), 可得人员门 B 值为 6.81×10^{-5} , 人员门后散射辐射剂量率小于 $0.069 \mu Sv/h$ 。根据表 11-1 可知, 人员门外受主射线照射剂量率为 $0.303 \mu Sv/h$, 叠加后人员门外剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中周围剂量当量率限值的要求。

5、天空反散射辐射影响分析

本项目探伤室内 X 射线探伤机满功率运行时, 探伤室顶部 30cm 处最大辐射剂量率为 $1.183 \mu Sv/h$, 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低, 即使叠加曝光室四周屏蔽体的透射辐射在相应关注点的剂量率(由表 11-1 可知, 最大剂量率为 $0.515 \mu Sv/h$), 曝光室外地面的辐射剂量率仍然能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中周围剂量当量率限值的要求。

6、电缆管、通风管及门缝处辐射影响分析

本项目操作室内电缆通过电缆管由地下以“U”型方式斜穿过探伤室东北角墙壁进入曝光室内的铅房, 电缆管道直径 3cm, 管道埋地深度约为 20cm; 曝光室顶部设有排风

管道外口，排风管道外口安装 10mm 铅防护罩，风机风量为 1000m³/h。利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口、通风口。X 射线进入电缆管道及通风管道均需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P189 “如果一个能使辐射至少散射三次的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，由此可以推断，本项目探伤房电缆管道设计、通风管道设计能够满足辐射防护要求。

防护门门缝均通过重叠搭接进行防护，门缝约 10mm，人员门和工件门与屏蔽体重叠搭接宽度为 130mm，满足重叠宽度大于缝隙十倍的要求，可有效防止射线漏出，确保工件门、人员门不破坏铅房、曝光室的整体防护效果，可有效防止射线漏出。

7、保护目标剂量评价

(1) 关注点处辐射剂量率

本项目辐射工作人员主要是装置操作人员，公众主要为探伤室周围其他非辐射工作人员，关注点如图 11-2 所示。

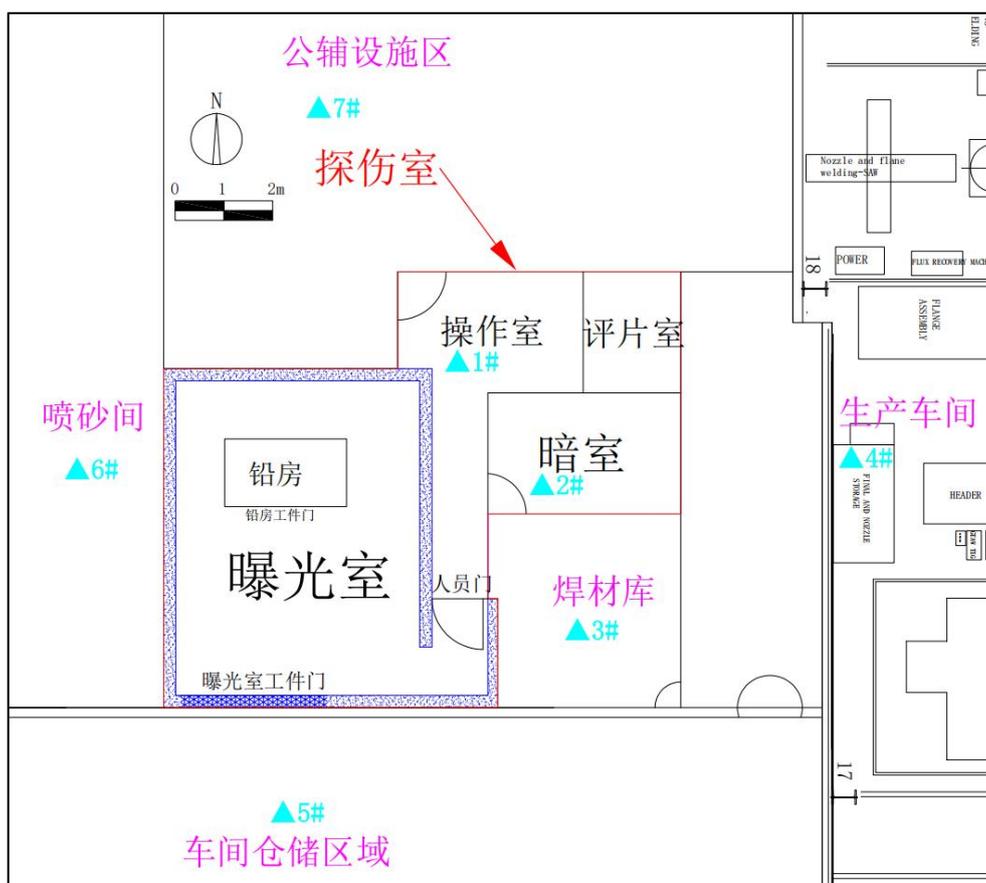


图 11-2 项目探伤室周围关注点示意图

本项目辐射工作人员主要是探伤室操作人员，公众主要为探伤室周围 50m 范围内其他人员。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到各关注点处辐射剂量率：

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad \text{公式 (6)}$$

式中： H_1 —距射线源 R_1 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_2 —距射线源 R_2 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_1 —装置各屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R_2 —监督区外各计算点位距射线源的距离，m。

根据公式 6，可估算出四周关注点处（散射辐射、泄漏辐射影响）的辐射剂量率，具体见表 11-4。

本项目辐射工作人员和周围公众受照剂量预测可参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的公式来估算，估算公式如下：

$$H_C = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (7)$$

式中： H_C ：参考点的剂量水平， $\mu\text{Sv/周}$ 、 $\mu\text{Sv/年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ：探伤装置照射时间，h/周、h/年；

U ：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

根据公式（7），可估算出本项目所致辐射工作人员和周围公众的年受照剂量，具体计算参数及计算结果见表 11-4。

表 11-4 辐射工作人员和公众年受照剂量估算表

保护目标	关注点		使用因子 U	居留因子 T	最大剂量率值 ^[1] $\mu\text{Sv/h}$	剂量率控制水 $\mu\text{Sv/h}$	周剂量估算值 ^[2] $\mu\text{Sv/周}$	参考控制值 $\mu\text{Sv/周}$	年剂量估算值 mSv/年	剂量约束 mSv/年	结论
辐射工作人员	1#	操作室	1	1	3.06×10^{-4}	2.5	0.002	100	7.66×10^{-5}	5	满足
	2#	暗室	1	1	0.331	2.5	1.656	100	0.083	5	满足
周围公众	3#	焊材库	1	1/4	0.302	2.5	0.378	5	0.019	0.1	满足
	4#	生产车间	1	1	0.046	2.5	0.232	5	0.012	0.1	满足
	5#	车间仓储区域	1	1/4	5.47×10^{-3}	2.5	0.007	5	3.42×10^{-4}	0.1	满足

6#	喷砂间	1	1	0.243	2.5	1.216	5	0.061	0.1	满足
7#	公辅设施区	1	1/4	8.71×10^{-5}	2.5	1.09×10^{-4}	5	5.44×10^{-6}	0.1	满足

注：[1]关注点最大剂量率根据关心点距 X 射线机距离及公式（6）计算得出，关心点距 X 射线机距离的取值由 CAD 图纸上读取；

[2]项目年工作时间约为 250 天（50 周），年曝光时间不超过 250 小时。

从表 11-4 中预测结果可以看出，当项目 X 射线探伤机满功率运行时，辐射工作人员所受年有效剂量最大为 0.083mSv，周围公众年有效剂量最大为 0.061mSv，50m 评价范围内其他公众距本项目相对较远，经距离的进一步衰减后，基本湮灭在环境本底辐射中。人员受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目年受照剂量约束值（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv）。

二、放射性“三废”环境影响分析

本项目运行过程中没有放射性废气、废水产生。

三、非放射性“三废”环境影响分析

（1）废气

本项目 X 射线探伤机在工作状态时，X 射线会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，项目 X 射线探伤机均为短时间、间歇式出束探伤作业，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

（2）废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及胶片冲洗废水，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，存放于危废库，定期交由有资质单位处理处置；胶片冲洗废水接入厂内废水蒸发装置处理，不外排。

本项目辐射工作人员利用现有，不新增生活污水。

（3）固体废物

本项目运营时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为

HW16（900-019-16）的危险废物，集中收集运至危废库中废胶片存放区域临时贮存，定期交由有资质单位处理处置。

本项目辐射工作人员利用现有，不新增生活垃圾。

事故影响分析

1、主要事故风险

X 射线探伤机只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）X 射线探伤机在对工件进行探伤的工况下，曝光室工件门-机联锁、铅房工件门-机联锁、人员门-机联锁装置失效，工作人员误入探伤铅室；

（2）曝光室工件门-机联锁、铅房工件门-机联锁、人员门-机联锁装置失效，防护门未完全关闭，X 射线探伤机在对工件进行探伤的工况下对探伤室周围人员造成意外照射；

（3）辐射工作人员未发现曝光室内（含铅房）仍有人员滞留即开始 X 射线探伤作业，致使人员受到意外照射；

（4）X 射线探伤机在检修、维修过程发生误照射对周围人员造成意外照射；

（5）曝光室防护门屏蔽受损，漏射线对周围人员造成意外照射。

2、辐射事故预防措施

（1）误入人员可按下曝光室内紧急停机按钮并通过紧急门控开关打开工件门逃离曝光室，辐射工作人员发现人员误入曝光室，应及时按下急停按钮，停止 X 射线探伤机出束，误照射人员应及时就医检查；

（2）辐射工作人员应经常检查门-机联锁装置，确保完好。确保在所有防护门关闭后，X 射线探伤机才能进行照射；定期对建设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，定期对探伤装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

（3）辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，装置运行时定期巡测探伤室周围剂量率水平，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。

（4）建设单位需制定 X 射线探伤机操作规程。凡涉及对 X 射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名辐射工作人员同时在场，辐射工作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在辐射工作人员可看

到的醒目位置；

(5) 辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

3、辐射事故处置方法

(1) 切断电源，确保 X 射线机停止出束并确保人员立即转移；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗；

(4) 出现事故后，应尽快组织人力、物力，有组织、有计划地进行处理，要在合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

建设单位在日常工作中应加强辐射安全管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查探伤室门-机联锁装置、紧急停机按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，建设单位应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时建设单位应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

发生辐射事故时，应当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，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境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部门报告。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

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》、《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》等法律法规要求，使用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 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。凯络文热能技术（江苏）有限公司已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员管理职责。

本项目辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员均需通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加核技术利用辐射安全与防护考核，通过考核后，方能从事本项目辐射工作。

现有探伤室配有 1 名辐射安全管理人员和 4 名辐射工作人员，本项目利用现有 4 名辐射工作人员，该 4 名辐射工作人员除从事现有探伤室的辐射工作外，不再从事其他辐射工作，本项目辐射人员配置情况见下表。

表 12-1 项目辐射人员情况表

姓名	类别	有效期	编号

辐射安全管理规章制度

凯络文热能技术（江苏）有限公司根据《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》中的相关要求，并针对现有核技术利用项目具体情况制定了辐射安全管理制度，主要包括《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》、《台账管理制度》、《监测方案》及《辐射事故应急预案》等。公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。

公司还应根据本项目具体情况补充制定《X 射线探伤机操作规程》、《监测异常报

告制度》，并对现有的辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性，现对各项辐射安全管理制度需补充和完善的要点提出如下建议：

辐射防护和安全保卫制度：根据单位的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是把 X 射线探伤机的安全防护和管理落实到个人。

操作规程：完善 X 射线探伤机操作规程，明确 X 射线探伤机辐射工作人员的资质条件要求、操作步骤以及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确 X 射线探伤机的操作步骤，工作前的安全检查，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器。

岗位职责：完善岗位职责，明确 X 射线探伤机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，层层落实。

设备检修维护制度：完善设备检修维护制度，明确探伤室的安全联锁装置、工作状态指示灯等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是探伤室的辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确 X 射线探伤机操作人员的培训内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

个人剂量监测和职业健康体检制度：完善个人剂量监测和职业健康体检制度，明确 X 射线探伤机操作人员开展辐射工作时应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，将个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，明确 X 射线探伤机操作人员进行职业健康体检的周期，并建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射环境监测方案：完善辐射环境监测方案，明确探伤室日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：针对探伤室可能产生的辐射事故完善辐射事故应急预案，明确 X 射线探伤机辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，公司应当立即启动事故应急预案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境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部门报告。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

监测异常报告制度：补充制定监测异常报告制度，明确按照相关标准要求定期对工

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；当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，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部门报告；当发现个人剂量监测结果异常的，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。

本项目 X 射线探伤机操作人员应在公司辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的安全措施进行检查。此外，对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急方案响应程序等制度应张贴于探伤室附近的醒目处。

辐射监测

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》要求，使用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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。公司已配备 1 台固定式场所辐射探测报警装置，1 台便携式 X- γ 剂量率仪，2 台个人剂量报警仪，本项目利用现有已建成探伤室，扩建 1 台 XXG3005C 型 X 射线探伤机，利用现有辐射工作人员，在曝光室内检测时只使用 1 台 X 射线探伤机，现有辐射监测仪器可满足 X 射线探伤机工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警。

2、监测方案

凯络文热能技术（江苏）有限公司已根据辐射管理要求，制定了如下监测方案：

（1）请有资质单位定期对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，周期：每年一次；

（2）辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案，长期保存；

（3）所有辐射工作人员上岗前均进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，均定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），确认可继续从事放射工作，并建立个人职业健康档案。

（4）利用配备的辐射巡测仪对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行自主监测，建议每季度一次，并记录档案。

本项目运行后，应落实上述监测方案，方能满足辐射安全管理的要求。

表 12-2 项目监测计划一览表

监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位
工作场所及周围环境监测	竣工环保验收监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测,取得辐射安全许可证后 3 个月内,最长不得超过 1 年	曝光室四侧墙体外、顶部、防护门外、门缝隙处、操作室;电缆线、通风管出口处。
	年度监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测,不少于 1 次/年	
	日常监测	X-γ辐射剂量率	自主监测,建议不少于 1 次/季度	
个人剂量监测	/	职业性外照射个人剂量	定期送有资质部门进行监测,不少于 1 次/三个月	/

公司现有核技术利用项目已认真落实以上监测方案,每年请有资质监测单位对现有辐射工作场所及周围环境辐射水平进行了监测,并每季度进行自主监测(利用自配备的辐射巡测仪)。现有辐射工作人员均配备了个人剂量计,委托有资质单位定期进行监测,现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年有效剂量约束值 5mSv/a,定期组织辐射工作人员进行了职业健康体检,现有辐射工作人员均可继续原放射工作,并已按相关要求建立了辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。公司已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交了上一年度的评估报告。

本项目运行后,也应落实上述监测方案,方能满足辐射安全管理的要求。

3、现有项目辐射监测开展情况

建设单位每年请有资质监测单位进行辐射工作场所及周围环境辐射水平进行检测,根据检测报告(报告编号:放(工)检字 2025 第 0429 号),曝光室四周墙体、操作位、人员门、曝光室工件门处的周围剂量当量率最大值为 0.19μSv/h,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中剂量当量率参考控制水平的要求。

根据个人剂量检测报告,辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年有效剂量约束值 5mSv/a。

辐射事故应急

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素,辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目为使用 II 类射线装置,事故多为开机误照射事故,通常情况下属于一般辐射事故。

为加强射线装置在无损伤检测过程中的辐射安全和管理,预防和控制放射性突发事件的发生而造成的危害,保障公司员工及社会公众的健康与安全,凯络文热能技术(江苏)有限公司已制定了辐射事故应急方案,应急方案内容主要有:

- (1) 应急机构、组成人员以及职责分工；
- (2) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (3) 应急人员的组织、培训及联系方式；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 应急演习计划。

凯络文热能技术已制定防辐射设备管理制度、防辐射事故应急预案，成立辐射安全防护小组，定期进行辐射安全培训，每年进行一次辐射应急演练。2025年9月，凯络文热能技术针对曝光室内有人员滞留产生误照射进行了应急演练，演练主要流程为事故发生→开启紧急预案→进行紧急救援→紧急救援完毕→事故后复原→演练总结培训。

公司应针对本项目探伤室可能产生的辐射事故完善辐射事故应急预案，明确探伤室辐射防护措施及事故处理程序等，使其具有操作性。公司应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习，发现问题及时解决，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后1小时内向所在地生态环境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部门报告。同时，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

凯络文热能技术（江苏）有限公司位于常熟市东南街道新安江路 60 号，根据公司生产需要，公司拟在现有探伤室内扩建 1 台 XXG3005C 型 X 射线探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，周向机），对公司产品进行无损检测，需检测工件尺寸小于 1.1m，厚度≤40mm，曝光室内每次仅开启 1 台 X 射线探伤机。

2、实践正当性评价

本项目的建设和运行满足了企业的发展需求，提高了产品的质量，在做好辐射防护的基础上，其建设和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，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

3、选址、布局合理性评价

探伤室东侧依次为焊材库、生产车间、厂内道路，南侧为车间仓库区域，西侧依次为喷砂间、喷漆间、生产车间，北侧依次为公辅设施区、厂内道路、室外物料存放区。探伤室为一层混凝土结构（顶部人员无法到达），高度为 5 米，下方为混凝土，无地下建筑。

本次扩建的 XXG3005C 型 X 射线探伤机位于现有探伤室内，探伤室位于生产车间北侧，为一层混凝土结构，探伤室主要由曝光室和暗室、评片室、操作室等辅房组成，曝光室内设有一座内置铅房，探伤工作在铅房内进行。

本项目曝光室周围 50m 评价范围均在凯络文热能技术厂区内，评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。项目周围环境保护目标主要为从事本项目 X 射线探伤机操作的辐射工作人员及设备周围公众。

本项目工作场所划分了控制区及监督区，操作室与曝光室分开，区域划分明确，布局设计合理。

4、辐射防护措施评价

项目曝光室内设有一座内置铅房，铅房西侧为 22mm 铅板，东、南、北侧、铅房工件门为 20mm 铅板，顶部为 14mm 铅板；曝光室四周墙体为 25cm 混凝土，顶部为 30cm 混凝土，曝光室工件门、人员门为 4mm 铅板，曝光室与操作室之间设有 1 个“L”型

迷道，迷道墙为 25cm 混凝土。

根据预测结果，在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后，曝光室外参考点处的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率要求。

5、辐射安全措施评价

本项目拟落实的辐射安全措施包括：曝光室工件门、铅房工件门和人员门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志；设置门-机联锁安全装置；曝光室内、外均拟设置清晰的显示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置及紧急停机按钮；在曝光室内人员门和工件门旁设置紧急开门开关；在曝光室内外安装监视装置，在操作室设置专用的监视器；在曝光室内配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置；曝光室设置机械通风装置；探伤室按照控制区和监督区进行分区管理，控制区内禁止任何人员进入，监督区内禁止任何人员靠近。

公司已配备 1 台固定式场所辐射探测报警装置，1 台便携式 X-γ剂量率仪，2 台个人剂量报警仪，本项目利用现有已建成探伤室，扩建 1 台 XXG3005C 型 X 射线探伤机，利用现有辐射工作人员，在曝光室内检测时只使用 1 台 X 射线探伤机，现有辐射监测仪器可满足 X 射线探伤机工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警。

6、保护目标剂量评价

根据预测结果，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目剂量约束值（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

7、三废处理处置

本项目无放射性三废产生。

（1）废气

本项目 X 射线探伤机在工作状态时，X 射线会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，项目 X 射线探伤机均为短时间、间歇式出束探伤作业，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

（2）废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及胶片冲洗废水，废显（定）影剂属于《国

家危险废物名录（2025年版）》中编号为HW16（900-019-16）的危险废物，存放于危废库，定期交由有资质单位处理处置；胶片冲洗废水接入厂内废水蒸发装置处理，不外排。本项目辐射工作人员利用现有，不新增生活污水。

（4）固体废物

本项目运营时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025年版）》中编号为HW16（900-019-16）的危险废物，集中收集运至危废库中废胶片存放区域临时贮存，定期交由有资质单位处理处置。本项目辐射工作人员利用现有，不新增生活垃圾。

8、辐射环境管理

（1）委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；

（2）公司配置辐射剂量监测仪器，定期对工作场所辐射水平进行检测；

（3）在项目运行前，公司委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均配带个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案；

（4）在项目运行前对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。

公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前完善相关的辐射安全管理制度；公司为本项目拟配备的辐射工作人员需参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核，需进行个人剂量监测和职业健康体检，并建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

综上所述，凯络文热能技术（江苏）有限公司扩建项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“剂量约束值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议与承诺

(1) 该项目运行后，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。

(2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

(3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

(4) 建议项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员的管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用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的管理要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：项目曝光室内设有一座内置铅房，铅房西侧为 22mm 铅板，东、南、北侧、铅房工件门为 20mm 铅板，顶部为 14mm 铅板；曝光室四周墙体为 25cm 混凝土，顶部为 30cm 混凝土，曝光室工件门、人员门为 4mm 铅板，曝光室与操作室之间设有 1 个“L”型迷道，迷道墙为 25cm 混凝土。	曝光室表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量率限值要求。辐射工作人员及公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》和《工业探伤放射防护标准》中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目剂量约束值的要求。（工作人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。	3
	安全措施：曝光室工件门、铅房工件门和人员门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志；设置门-机联锁安全装置；曝光室内、外均拟设置清晰的显示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置及紧急停机按钮；在曝光室内人员门和工件门旁设置紧急开门开关；在曝光室内外安装监视装置，在操作室设置专用的监视器；在曝光室内配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置；曝光室设置机械通风装置；探伤室按照控制区和监督区进行分区管理，控制区内禁止任何人员进入，监督区内禁止任何人员靠近。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的管理要求。	
	岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。标明控制区、监督区边界。		

污染防治措施	废气：曝光内设置机械通风装置，曝光室顶部设有排风管道外口，避免朝向人员活动密集区，排风管道外口 安装 10mm 铅防护罩 ，本项目曝光室容积约 192.5m ³ ，其排风机的设计通风量为 1000m³/h ，每小时有效通风换气次数约为 5.2 次。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的通风要求。	2
人员配备	公司辐射工作人员均参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中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的管理要求。	/
	公司辐射工作人员均配备个人剂量计，每 3 个月定期送检，并建立辐射工作人员个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。	
	公司辐射工作人员均定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。	
监测仪器和防护用品	已配备 1 台固定式场所辐射探测报警装置。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。	/
	已配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪。		
	已配备 2 台个人剂量报警仪。		
辐射安全管理制度	对已制定的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度进行补充和完善。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位需具备健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。