核技术利用建设项目

凯凡（苏州）智能装备有限公司
新建 1 座固定式 X 射线探伤房项目
环境影响报告表

凯凡（苏州）智能装备有限公司

2024 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

凯凡（苏州）智能装备有限公司
新建 1 座固定式 X 射线探伤房项目
环境影响报告表

建设单位名称：凯凡（苏州）智能装备有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：苏州市常熟市钢城路 16 号

邮政编码：215500　　**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 13
表 9　项目工程分析与源项 18
表 10　辐射安全与防护 22
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 42
表 14　审批 45
附表 46

附图

附图 1　项目地理位置图

附图 2　项目评价范围及周围环境示意图

附图 3　项目所在厂房平面布局图

附图 4　项目探伤房平面图与剖面图

附图 5　项目生态红线图

附图 6　常熟市生态空间管控区域图

附件

附件 1　项目委托书

附件 2　射线装置使用情况承诺书

附件 3　报批申请书

附件 4　环境辐射水平现状检测报告

附件 5　危废处置协议

附件 6　屏蔽设计说明

附件 7　项目备案证

附件 8　项目主动公开信息一览表

附件 9　公示无删减说明

附件 10　环境保护措施承诺

附件 11　环评技术合同

附件 12　法人身份证

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">新建 1 座固定式 X 射线探伤房项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">凯凡（苏州）智能装备有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>熊彩兰</td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">江苏省苏州市常熟市通港路 98 号 1 幢</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">苏州市常熟市钢城路 16 号厂区内生产厂房西北角</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>280</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>39</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">13.9%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">■新建□改建□扩建□其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>135</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="6">□I 类　□II类　□III类　□IV类　□V 类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□I 类（医疗使用）　□II类　□III类　□IV类　□V 类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="6">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□乙　□丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="6">□II类　□III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">□II类　□III类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">■II类　□III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

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

凯凡（苏州）智能装备有限公司成立于 2020 年 05 月 11 日，系专业从事石化过滤设备系统、制药设备、医药过滤器系统、环保装置、工业除尘模块、消音设备、工业采样分析设备生产的高新技术企业。

根据公司发展需求，凯凡（苏州）智能装备有限公司购地 20 亩，于苏州市常熟市钢城路 16 号建设厂区进行生产经营。公司已获得《江苏省投资项目备案证》（《新建环境监测专用仪器仪表制造项目》（常熟梅李备〔2021〕184 号）（见附件 7）。

因生产的工件质检需求，公司拟在厂房西北角新建 1 座固定式 X 射线探伤房，在探伤房内配备 1 台 XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA）和 1 台 XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），用于对公司生产的法兰、管件进行工业探伤。检测工件尺寸范围 4mm-30mm，单个工件检测 1-3 分钟，每天检测工件约 50 件，检测累积曝光时间不超过 2.5h/天，每年工作约 250 天（50 周），累积年曝光时间约为 625h。公司未申领过辐射安全许可证，本项目为公司首次开展核技术利用项目，2 台 X 射线探伤机不会同时进行作业，公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员专门从事本项目的辐射工作。

本项目核技术应用情况见表 1-1。

表 1-1　本项目核技术应用情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	类别	工作场所名称	活动种类	备注
1	XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机	1	250	5	II	固定式 X 射线探伤房探伤室	使用	周向机
2	XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机	1	350	5	II	固定式 X 射线探伤房探伤室	使用	周向机

本项目为使用II类射线装置项目，对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目应编制环境影响报告表。受凯凡（苏州）智能装备有限公司委托，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境影响评价工作。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、项目周边保护目标及项目选址情况

凯凡（苏州）智能装备有限公司位于苏州市常熟市钢城路 16 号。公司厂区东侧为空地；南侧为纬六路，路南依次为空地、华侨城双创产业园（常熟二期）；西侧为苏州尤科瑞智能科技有限公司；北侧为空地。本项目地理位置图见附图 1，厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本项目固定式 X 射线探伤房拟建于生产厂房西北角，探伤房东侧依次为车间内场所、焊接区、喷砂区、装配试压区；南侧为规划生产区域班组 4、班组 3；西侧依次为厂内道路、苏州尤科瑞智能科技有限公司；北侧依次为厂内道路、空地；上方为钢平台（用于堆放杂物，平时无人），下方为土层。本项目生产厂房平面布局图见附图 3。

本项目固定式 X 射线探伤房为单层结构，辅房位于探伤房西侧，为单层结构，自南向

北依次为操作室、资料室、评片室和暗室。本项目探伤房平面布局图见附图 4。

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用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，确定以固定式 X 射线探伤房边界外 50m 范围作为评价范围。本项目 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员及本项目评价范围内的公众。

3、实践正当性

凯凡（苏州）智能装备有限公司拟在厂区内新建 1 座固定式 X 射线探伤房对公司生产的法兰、管件进行工业探伤。本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加拟建址周围的辐射水平，采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足公司的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2　放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	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	II	1	XXGH-2505Z 型	250	5	工业探伤	生产厂房西北角固定式 X 射线探伤房探伤室内	周向机
2	X 射线探伤机	II	1	XXGH-3505Z 型	350	5	工业探伤	生产厂房西北角固定式 X 射线探伤房探伤室内	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（μA）	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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过通风系统排入外环境，臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小
显影、定影废液	液态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	集中收集后暂存于危废仓库	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
冲洗废水	液态	/	/	约 50kg	约 600kg	/	集中收集后暂存于危废仓库	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
废胶片	固态	/	/	约 1.67kg	约 20kg	/	集中收集后暂存于危废仓库	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m^3，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/m^3）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 4 月 24 日修正通过），2015 年 1 月 1 日起实施； 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； 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； 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； 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； 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； 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； 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； 9）《关于发布《射线装置分类》的公告》，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 6 日印发； 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； 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； 12）关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，生态环境部公告第 38 号，2019 年 10 月 25 日印发； 13）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告第 39 号，2019 年 10 月 25 日印发； 14）《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，2019 年 11 月 1 日起施行； 15）《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； 16）《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；

	17）《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； 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）。
技术标准	1）《建设项目环境影响评价技术导则　总纲》（HJ 2.1-2016） 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） 3）《环境影响评价技术导则生态影响》（HJ 19-2022） 4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 5）《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） 7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022） 8）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014） 9）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ T 250 -2014）第 1 号修改单
其他	报告附件： 1）项目委托书，附件 1 2）射线装置使用情况承诺书，附件 2 3）环境辐射水平现状检测报告，附件 4 4）屏蔽设计参数，附件 6

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，确定本项目评价范围为固定式 X 射线探伤房边界外 50m 范围内的区域。

保护目标

本项目建设地点位于苏州市常熟市钢城路 16 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）、《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）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）后可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域的优先保护单元。同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条中的环境敏感区。本项目固定式 X 射线探伤房边界外 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本项目辐射工作人员及评价范围内的公众。

表 7-1　项目保护目标一览表

环境保护目标	所在位置		方位	最近距离	规模	环境保护要求
职业人员	凯凡（苏州）智能装备有限公司	本项目操作室、资料室、评片室和暗室	西侧	紧邻	2 人	5mSv/a
项目评价范围内公众		埋弧焊焊接中心	东侧	11.6m	1 人	0.1mSv/a
		班组 5		12m	4 人	
		喷砂区		35.6m	1 人	
		装配试压区		38m	4 人	
		班组 4	南侧	8m	8 人	
		班组 3		32m	8 人	
		班组 2		14m	5 人	
		班组 1		35m	6 人	
		机器人焊接中心		37m	1 人	
		卷板机		45m	1 人	
		铣边机		44m	1 人	

		激光切割机		48m	1 人	
		厂区道路	西侧	2m	流动人群	
	苏州尤科瑞智能科技有限公司	厂区道路		8m	流动人群	
		厂房		18m	约 50 人	
	凯凡（苏州）智能装备有限公司	厂区道路	北侧	1m	流动人群	
	空地			5m	流动人群	
	凯凡（苏州）智能装备有限公司	钢平台	正上方	1.5m	平时无人	

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

表 7-2　工作人员职业照射和公众照射剂量限值

限值 / 类型	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； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，50mSv。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤

室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。

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 100μSv/h。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X

射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

4、项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），确定本项目管理目标为：

（1）本项目剂量约束值：

职业人员剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业人员年有效剂量值的 1/4，即 5mSv/a；

公众活动区域相关人员剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中公众年有效剂量值的 1/10，即 0.1mSv/a；

（2）本项目探伤房四周墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a、本项目探伤房四周墙体和门外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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；

b、本项目探伤房四周墙体和门外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。

（3）本项目探伤房正上方设钢平台，用于存放杂物，平时无人到达，探伤房顶部外表面 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 100μSv/h。

5、参考资料

①《中国环境天然放射性水平》：江苏省γ辐射空气吸收剂量率天然辐射水平。

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
（均值±3s）	50.4±21.0	47.1±36.9	89.2±42.0

注：*：评价时参考数值。

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

凯凡（苏州）智能装备有限公司位于苏州市常熟市钢城路 16 号。公司厂区东侧为空地；南侧为纬六路，路南依次为空地、华侨城双创产业园（常熟二期）；西侧为苏州尤科瑞智能科技有限公司；北侧为空地。本项目地理位置图见附图 1，厂区总平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本项目固定式 X 射线探伤房拟建于生产厂房西北角，探伤房东侧依次为车间内场所、埋弧焊焊接中心、班组五、喷砂区、装配试压区；南侧为规划生产区域班组 4、班组 3；西侧依次为厂内道路、苏州尤科瑞智能科技有限公司；北侧依次为厂内道路、空地；上方无建筑，下方为土层。本项目固定式 X 射线探伤房为单层结构，辅房位于探伤房西侧，为单层结构，自南向北依次为操作室、资料室、评片室及暗室。本项目生产厂房平面布局图见附图 3。

固定式 X 射线探伤房拟建场址和周边环境现状见图 8-1。

本项目探伤房拟建场址

本项目探伤房拟建址东侧车间内场所

本项目探伤房拟建址南侧车间内场所

本项目探伤房拟建址西侧厂内道路

本项目探伤房拟建址北侧厂内道路

图 8-1　本项目探伤房拟建场址和周边环境

2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：固定式 X 射线探伤房拟建场址周围辐射环境

监测因子：环境γ辐射剂量率

监测点位：在拟建址周围布置监测点位，共计 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：在固定式 X 射线探伤房拟建场址周围布置监测点位，具体点位见图 8-3

监测时间：2023 年 9 月 21 日

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司

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 FHZ 672E-10）（设备编号：SDWH 3082，检定有效期：2023.08.02~2024.08.01）

监测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

《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。

（2）质量保证措施

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

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）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《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）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-L10 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 4。

表 8-1 本项目固定式 X 射线探伤房拟建址及周围环境γ辐射剂量率水平

测点位置描述			测量结果（nGy/h）	
测点编号	位置	属性	平均值	标准差
1	固定式 X 射线探伤房拟建址处（对应检测报告 1 号测点）	室内（平房）	52.5	1.1
2	固定式 X 射线探伤房拟建址东侧（生产车间）（对应检测报告 2 号测点）	室内（平房）	54.7	0.7
3	固定式 X 射线探伤房拟建址南侧（生产车间）（对应检测报告 3 号测点）	室内（平房）	54.6	0.4
4	固定式 X 射线探伤房拟建址西侧（办公室）（对应检测报告 4 号测点）	室内（平房）	51.2	0.7
5	固定式 X 射线探伤房拟建址北侧（生产车间）（对应检测报告 5 号测点）	室内（平房）	53.9	3.3
6	固定式 X 射线探伤房拟建址北侧（墙外厂区道路）（对应检测报告 7 号测点）	道路	60.0	1.1
7	固定式 X 射线探伤房拟建址西侧（墙外厂区道路）（对应检测报告 10 号测点）	道路	59.2	0.7

注：测量结果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。

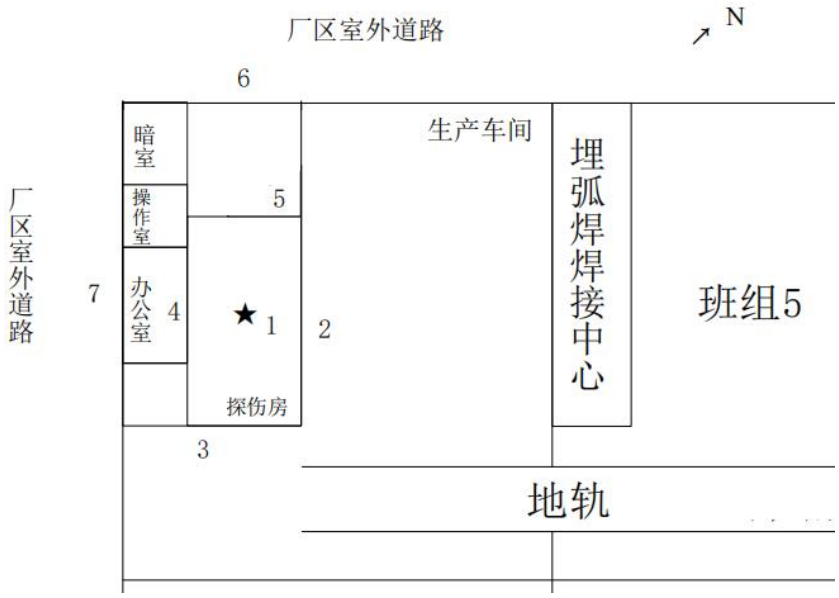

图 8-2　拟建址及周围环境γ辐射剂量率监测点位示意图

4、环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目拟建址及周围环境γ辐射剂量率为（51.2～54.7）nGy/h（室内）、（54.9～60.0）nGy/h（道路），室内环境γ辐射剂量率处于江苏省室内环境天然放射性γ辐射空气吸收剂量率涨落范围内，道路环境γ辐射剂量率处于江苏省道路环境天然放射性γ辐射空气吸收剂量率涨落范围内。

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

因生产的工件质检需求，凯凡（苏州）智能装备有限公司拟在厂房西北角新建 1 座固定式 X 射线探伤房，并在 X 射线探伤房内配备 1 台 XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA）和 1 台 XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），用于对公司生产的法兰、管件进行工业探伤。本项目探伤房包含操作室、资料室、评片室、暗室等场所，辅房均位于探伤房西侧。

本项目单个工件检测 1-3 分钟，每天检测工件约 50 件，检测累积曝光时间不超过 2.5h/天，年工作约 250 天（50 周），累积年曝光时间约为 625h，2 台 X 射线探伤机不会同时进行作业，公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员专门从事本项目的辐射工作。

图 9-1　常见 X 射线探伤机外观图

2、X 射线探伤机工作原理

X 射线探伤机核心组件是 X 射线管，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，阳极靶则根据需要，可由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）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被靶突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

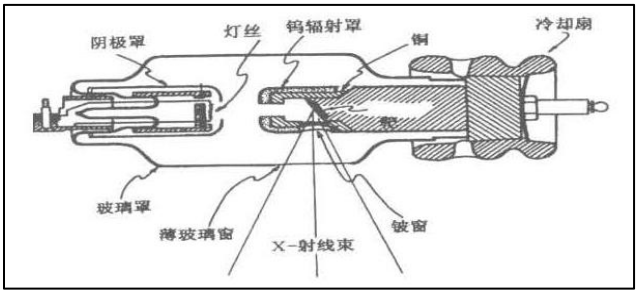

图 9-2　典型的 X 射线管结构图

X 射线探伤，即无损 X 射线检测技术，是利用不同材料对 X 射线吸收的差异性，使胶片感光形成黑度不同的图像，从而反映出被检测物体内部的缺陷。

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，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。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焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

3、工艺流程及产污环节

X 射线探伤机探伤时，被探伤工件通过工件门运至探伤室内，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）将被探伤工件通过工件门运至探伤室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

（2）在开展探伤工作前对探伤室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；

（3）将 X 射线探伤机移动在合适的位置，清场，确认无人后辐射工作人员通过按钮关闭电动工件门，退出探伤室，关闭人员门；

（4）辐射工作人员在操作室开启 X 射线探伤机进行无损检测，检测期间 X 射线管发出 X 射线电离探伤室中的空气产生少量臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_X）；

（5）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；

（6）辐射工作人员从人员门进入探伤室，取下胶片，打开工件门，将被探伤工件运出探伤室；

（7）辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。在此过程中会产生显影、定影废液、冲洗废水及废胶片。

本项目 X 射线探伤机工作流程及产污环节示意图见图 9-3。

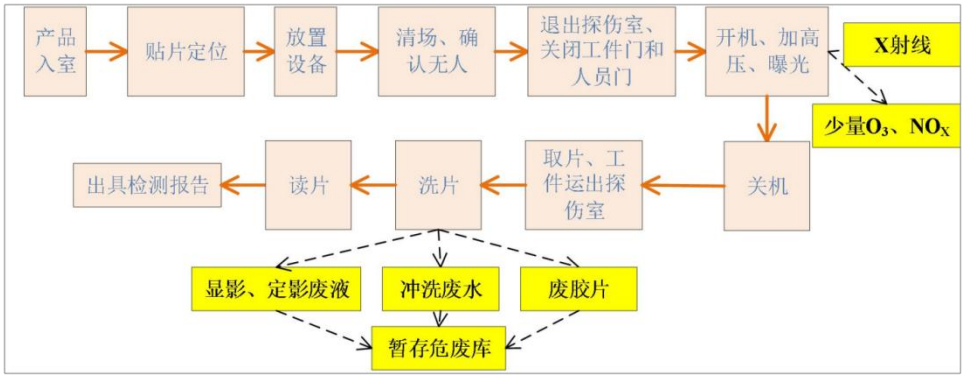

图 9-3　本项目 X 射线探伤机工艺流程及产污环节分析示意图

4、人员配置及工作制度

本项目拟实行单班制运行，本项目单个工件检测 1-3 分钟，每天检测工件约 50 件，检测累积曝光时间不超过 2.5h/天，每年工作约 250 天（50 周），累积年曝光时间约为 625h，2 台 X 射线探伤机不会同时进行作业，公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员专门从事本项目的辐射工作。

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，只有在 X 射线探伤机开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，因此正常工况时，在开机曝光期间，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有用线束辐射、漏射线辐射、散射线辐射三类：

（1）XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机

XXGH-2505Z型X射线探伤机最大管电压为250kV、最大管电流为5mA、滤过条件为2.5mmCu。

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。根据本项目XXGH-2505Z型X射线探伤机滤过条件为2.5mmCu，查《辐射防护导论》（方杰主编）附图3，在曲线上读出发射率常数，计算得出输出量（H_0）数值$7\times6\times10^4\mu Sv\cdot m^2/$（mA·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。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中表1，本项目X射线探伤机距辐射源点（靶点）1m处的泄漏辐射剂量率为5mSv/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，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，250kV 的 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值取 200kV。

（2）XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机

XXGH-3505Z型X射线探伤机最大管电压为350kV、最大管电流为5mA、滤过条件为2.5mmCu。

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。根据本项目XXGH-3505Z型X射线探伤机滤过条件为2.5mmCu，查《辐射防护导论》（方杰主编）附图3，在曲线上读出发射率常数，计算得出输出量（H_0）数值$19\times6\times10^4\mu Sv\cdot m^2/$（mA·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。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中表1，本项目X射线探伤机距辐射源点（靶点）1m处的泄漏辐射剂量率为5mSv/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，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，250kV 的 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值取 250kV。

详细参数见表 9-1。

表 9-1　本项目 2 台 X 射线探伤机技术参数一览表

设备名称及型号	XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机	XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机
最大管电压	250kV	350kV
最大管电流	5mA	5mA
滤过条件	2.5mmCu	2.5mmCu
1m 处主射束输出量	$7\times6\times10^{4}\mu Sv\cdot m^{2}/（mA\cdot h）$	$19\times6\times10^{4}\mu Sv\cdot m^{2}/（mA\cdot h）$
泄漏辐射剂量率	$5\times10^{3}\mu Sv/h$	$5\times10^{3}\mu Sv/h$
90°散射后能量	200kV	250kV

2、非辐射污染源分析

X 射线探伤机在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

本项目在运行过程中需进行洗片、评片作业，在进行洗片作业时会产生液态显影、定影废液约 120kg，液态冲洗废水（第一、二次冲洗废水 400kg，第三次及以上冲洗废水 200kg）600kg，固态废胶片 20kg，显影、定影废液、废胶片及冲洗废水属于《国家危险废物名录》中的 HW16 号危险废物，探伤过程中产生的显影、定影废液、冲洗废水及废胶片产生后拟集中收集暂存于公司危废仓库内，交由有资质单位进行处置。

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

本项目新建 1 座固定式 X 射线探伤房包括探伤室和操作室、资料室、评片室、暗室等辅房。其中操作室、资料室、评片室、暗室等辅房位于探伤室西侧；人员门采用迷路形式。XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机、XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机均为周向机，主射线方向均为东西周向，资料室仅存放档案材料，不设人员工作位，本项目布局能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“操作室应避开有用线束照射的方向”的要求。

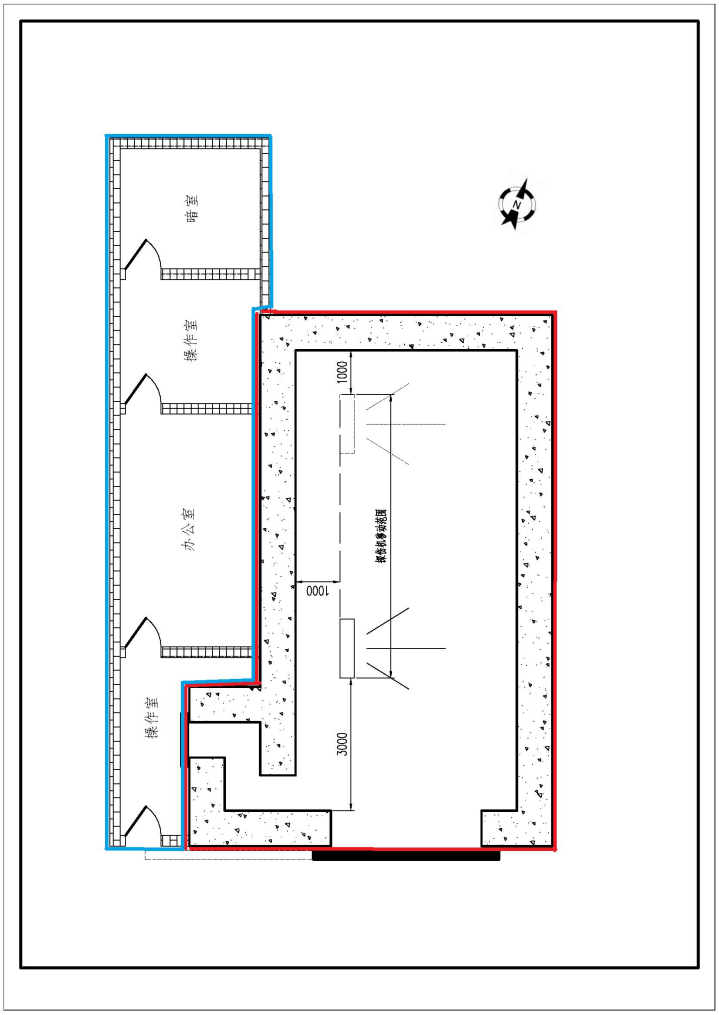

图 10-1　本项目监督区及控制区示意图

（□：控制区边界；□：监督区边界）

为防止 X 射线对环境的影响，本项目将固定式 X 射线探伤房探伤室作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将操作室、资料室、评片室、暗室等

辅房作为辐射防护监督区，并在监督区入口处的醒目位置设立表明监督区的标牌，工作期间禁止无关人员靠近。本项目监督区及控制区示意图见图 10-1。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》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

2、探伤房屏蔽防护设计

本项目固定式 X 射线探伤房的屏蔽防护设计见表 10-1，探伤房平面及剖面设计图见附图 4。

表 10-1　固定式 X 射线探伤房屏蔽设计参数一览表

规格尺寸	10.4m 长×5.0m 宽×5.0m 高（内净）
四周墙体	四侧墙体均为 800mm 混凝土
迷道墙	迷道内墙及外墙均为 800mm 混凝土
顶棚	800mm 混凝土
工件门	采用 32mm 厚铅板，工件门门洞 3400mm（宽）×4200mm（高），工件门 4300mm（宽）×4600mm（高），工件门左、右各搭接 450mm，上、下各搭接 200mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 15mm。
人员门	采用 32mm 厚铅板，人员门门洞 810mm（宽）×2000mm（高），人员门 1200mm（宽）×2300mm（高），人员门左、右各搭接 195mm，上、下各搭接 150mm，人员门与墙体之间的缝隙宽度均为 15mm。
通风管道	拟在探伤室顶部设排风管道外口，排风管道外口拟安装 16mm 铅防护罩
电缆管道	探伤室西墙与操作室之间设“U”型埋地电缆管道，管道埋地深度约为 200mm

3、工作场所辐射安全措施

（1）门-机联锁：探伤室工件门与人员门均拟设置门机联锁装置，即操作台或 X 射线管头组装体上的接口与防护门联锁，门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业，在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束。

（2）工作状态指示装置：探伤室顶部与内部均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯，并与 X 射线探伤机联锁。“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。

（3）信号意义说明：探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。

（4）急停按钮：拟在探伤室内东侧墙体、西侧墙体内各设置 2 个紧急停机按钮，北侧墙体设置 1 个紧急停机按钮；操作室内设置 1 个紧急停机按钮，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。紧急停机按钮应当带有标签，标明使用方法。

（5）警示标志：探伤室工件门、人员门均拟设置符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

（6）视频监控：探伤室内西北角与东南角拟各设置 1 个监视装置，在操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

（7）辐射探测报警装置：探伤室拟配置固定式场所辐射探测报警装置。

（8）机械通风：探伤室的体积约为 260m^3，探伤室通风装置的通风量拟设置为 1073m^3/h，每小时能对探伤室进行 4 次换气，排风管道外口设置于探伤室顶部，避免朝向人员活动密集区。

（9）钥匙开关：操作台处拟设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线探伤机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

本项目固定式 X 射线探伤房辐射安全与防护措施分布见图 10-2。

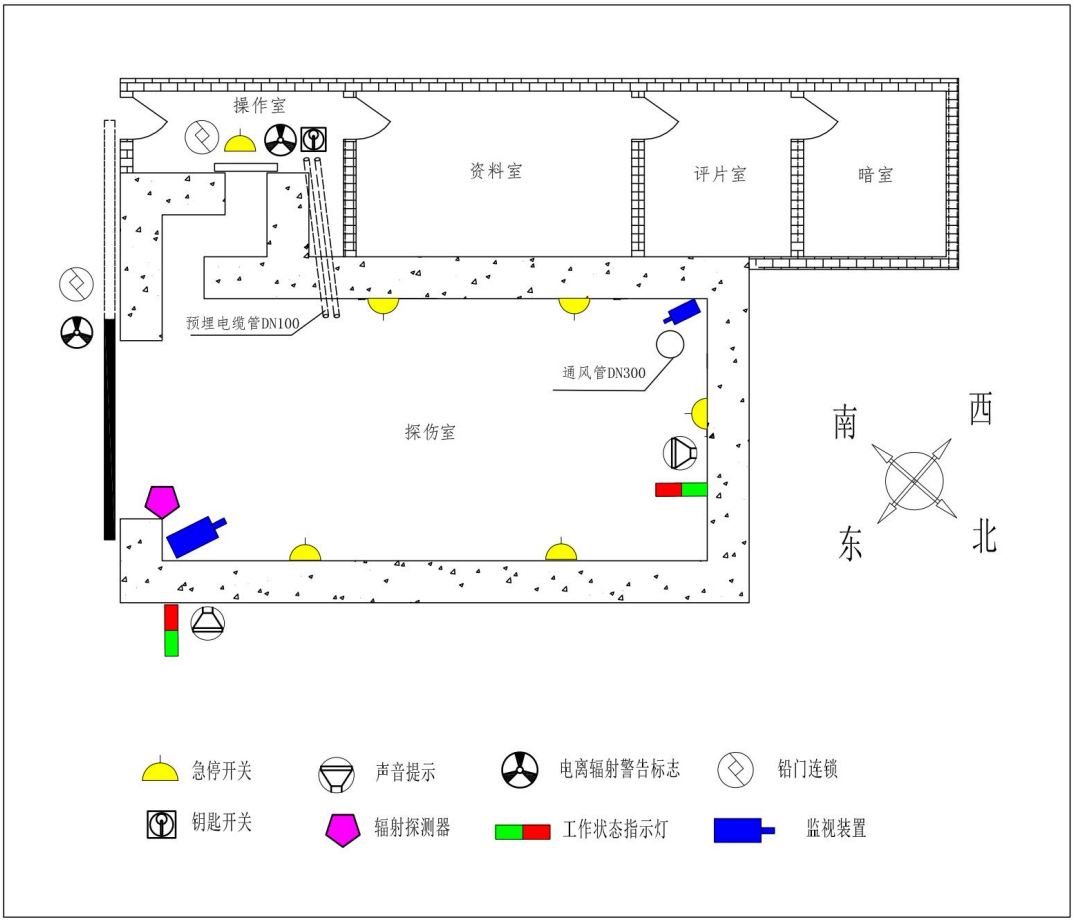

图 10-2　本项目固定式 X 射线探伤房辐射安全与防护措施布置图

4、探伤室探伤操作防护措施

（1）辐射工作人员在开展探伤工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对探伤室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常。

（2）辐射工作人员在进入探伤室时，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。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

（3）辐射工作人员拟定期测量探伤室周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值拟与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

（4）交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，拟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，则不应开始检测工作。

（5）在每一次照射前，操作人员拟确认探伤室内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，才能开始检测工作。

（6）公司对使用的 2 台 X 射线探伤机维护负责，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，并做好设备维护记录。

5、X 射线探伤机退役措施

当 X 射线探伤机不再使用时，应实施退役程序。

（1）X 射线探伤机的 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、固体废物

本项目运行后产生的显影、定影废液、冲洗废水及废胶片，属《国家危险废物名录》中编号为 HWl6 的危险废物，不得随意排放。探伤过程中产生的显影、定影废液、冲洗废水及废胶片产生后拟集中收集暂存于公司危废仓库内，交由有资质单位进行处置。公司拟与江苏省环境资源有限公司常熟分公司签订危废处置意向协议对本项目产生的危险废物进行处置，危废处置协议见附件 5。

公司拟建危废库为独立围闭场所，且危废库门外拟设置危险废物警告标志及危险废

物信息公开栏，整个危废库将按照“防风、防雨、防晒、防泄漏、防流失、防逸散、防火、防盗”的八防要求建设，危废库门上张贴环保标识牌，明确危险废物种类，按照规定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，危废单独收集和贮存。

2、液体废物

本项目运行后不会产生放射性液体废物。

3、气体废物

X 射线探伤机在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，探伤室拟设置通风设施，可通过通风管道将臭氧及氮氧化物抽排出探伤室。本项目探伤室不设置进风口，通过工件门、人员门进气，排风口设置在探伤室顶部西北角，排风口从探伤室顶部穿出，排风口避免朝向人员活动密集区。排风管道布设示意图见图 10-3

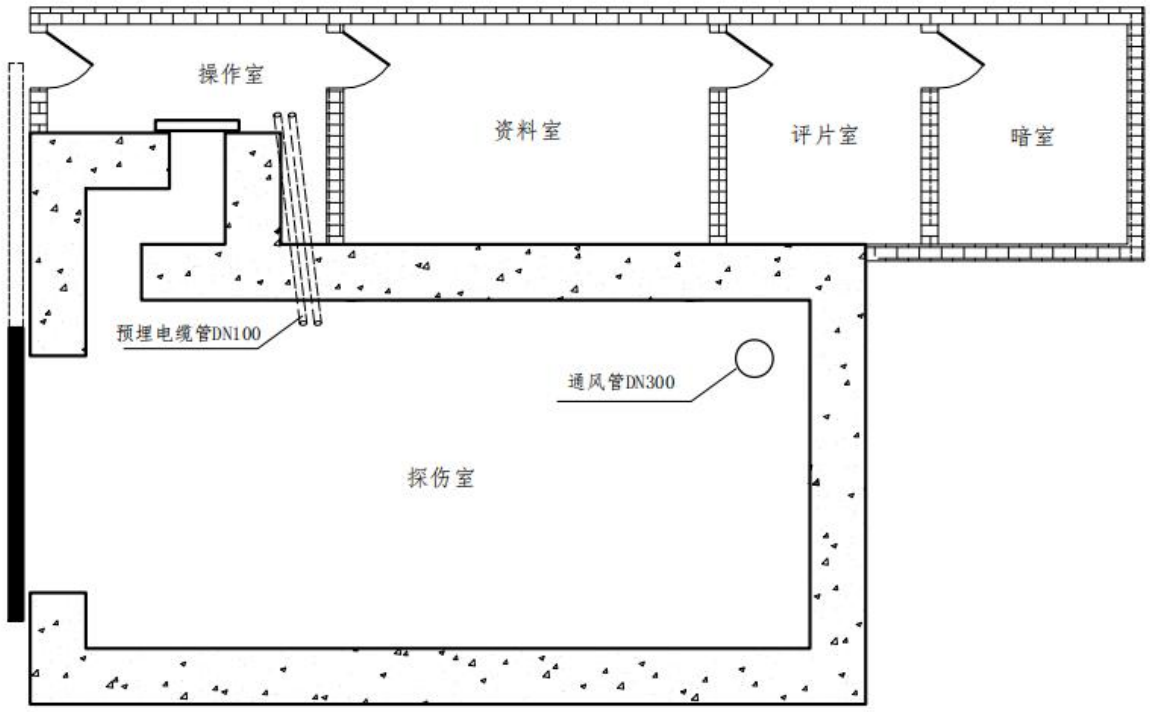

图 10-3　本项目固定式 X 射线探伤房排风管道平面布设示意图

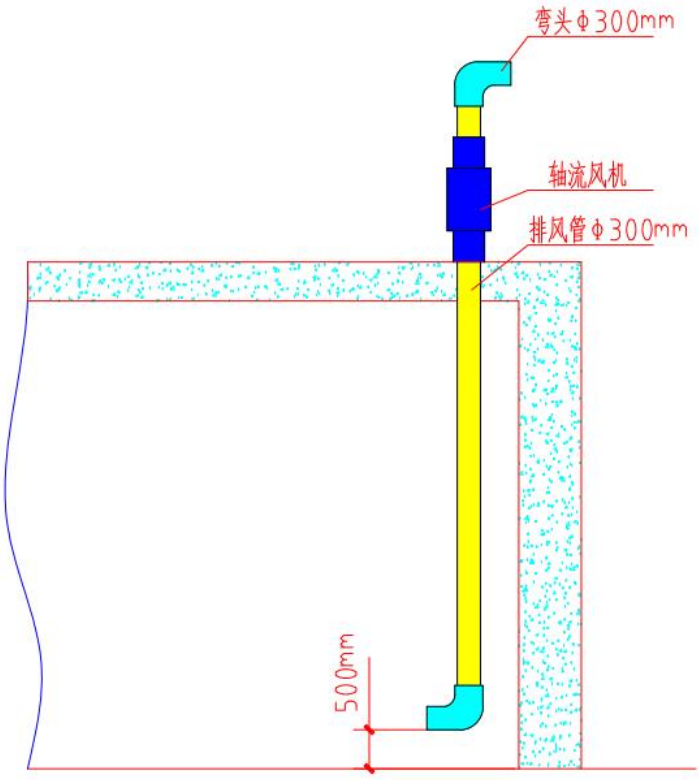

图 10-4　本项目固定式 X 射线探伤房排风管道剖面布设示意图

本项目探伤室的体积约为 260m^3，探伤室通风设施的排风量拟设置为 1073m^3/h，每小时能对探伤室进行 4 次换气。能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

X 射线探伤机的 X 射线能量较低，废气产生量较少，臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目新建 1 座固定式 X 射线探伤房包括探伤室、操作室、资料室、评片室、暗室等辅房，公司在施工期间，将遵守江苏省有关施工期环境管理的要求，在施工阶段采取如下污染防治措施，将施工期的影响控制在厂区内局部区域，并尽量减小对周围环境的影响。

（1）大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，在施工时严格执行《施工场地扬尘排放标准》（DB32/ 4437-2022）的标准，采取系列措施将这些方面的影响仅局限在生产厂房施工现场的附近区域：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘；d.施工所用的堆料、工具应集中放置，堆料应遮挡或遮盖防止堆料在风力作用下产生扬尘。

（2）噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

（3）固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

（4）废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目探伤室内配备 1 台 XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA）和 1 台 XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是 2 台 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响，本项目 XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机、XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机主射线方向为东西周向，故计算时将探伤室东墙、西墙、顶部按照有用线束照射进行预测计算，将南侧工件门、北墙按照非有用线束照射进行预

测计算。本项目 2 台 X 射线探伤机不同时进行探伤作业，故不考虑 2 台 X 射线探伤机之间的叠加影响，本次评价保守取 XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机满功率运行时的工况进行预测。

根据建设单位提供资料，预测时取距东墙最近距离为 4m，南侧防护门最近距离为 3m，西墙、北墙最近距离为 1m，距顶部最近距离为 4.0m。本项目预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

1、有用线束屏蔽估算

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

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

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，单位为微希每小时（μSv/h）；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m^2/(mA·h)，以 mSv·m^2/(mA·min)为单位的值乘以 6×10^4；

B：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 或根据公式（2）及附录 B 中表 B.2 计算得出

$$B=10^{-X/TVL} \quad （2）$$

式中：X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位。

TVL：什值层厚度，单位为毫米（mm）；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

2、非有用线束屏蔽估算

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/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

（1）泄漏辐射

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

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，单位为微希每小时（μSv/h）；

$\dot{H}_L$：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小

时（μSv/h），取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1；

B：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 或根据公式（2）及附录 B 中表 B.2 计算得出；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

（2）散射辐射

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

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，单位为微希每小时（μSv/h）；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m^2/(mA·h)，以 mSv·m^2/(mA·min)为单位的值乘以 6×10^4；

B：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 或根据公式（2）及附录 B 中表 B.2 计算得出；

F：R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（m^2）；

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。与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以用水的α值保守估计，取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；

R_0：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s：散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

3、屏蔽计算结果

3.1、理论计算结果

（1）XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机

表 11-1 XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机有用线束方向屏蔽防护计算参数及计算结果

关注点	设计厚度	I（mA）	H_0 μSv·m^2/（mA·h）	B	R③（m）	$\dot{H}$（μSv/h)	剂量率参考控制水	评价

							平（μSv/h)	
东墙	800mm 混凝土	5	$19\times6\times10^4$	1.00×10^{-8} ①	5.1	2.19×10^{-3}	2.5	满足
西墙	800mm 混凝土	5	$19\times6\times10^4$	1.00×10^{-8}	2.1	1.29×10^{-2}	2.5	满足
西侧人员门	800mm 混凝土+32mm 铅	5	$19\times6\times10^4$	2.49×10^{-13} ②	3.7	1.04×10^{-7}	2.5	满足
顶部	800mm 混凝土	5	$19\times6\times10^4$	1.00×10^{-8}	5.1	2.19×10^{-3}	100	满足

注：①根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，内插法计算得出管电压 350kV 时，对应的 TVL 值为 100mm 混凝土，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 800mm 混凝土条件下，B 的值为 1.00×10^{-8}

②根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，内插法计算得出管电压 350kV 时，对应的 TVL 值为 6.95mm 铅和 100mm 混凝土，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 800mm 混凝土+32mm 铅条件下，B 的值为 2.49×10^{-13}

③$R_{东墙}$=4.0（探伤机到东侧墙体的距离）+0.8m（墙厚）+0.3m（东侧墙体距关注点）=5.1m

$R_{西墙}$=1.0（探伤机到西侧墙体的距离）+0.8m（墙厚）+0.3m（西侧墙体距关注点）=2.1m

$R_{西侧人员门}$=1.0（探伤机到西侧墙体的距离）+0.8m（迷道墙厚）+1.6（迷道到人员门的距离）+0.3m（人员门表面距关注点）=3.7m

$R_{顶部}$=4.0（探伤机到顶部墙体的距离）+0.8m（墙厚）+0.3m（顶部表面距关注点）=5.1m

表 11-2 XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机非有用线束方向关注点屏蔽防护计算参数及计算结果

参数 \ 屏蔽体		南墙	南侧工件门	北墙
X 设计厚度		800mm 混凝土	32mm 铅	800mm 混凝土
泄漏辐射	B	1.00×10^{-8} ①	2.49×10^{-5} ②	1.00×10^{-8}
	$\dot{H}_L$(μSv/h)	5×10^3	5×10^3	5×10^3
	R③（m）	4.1	4.1	2.1
	$\dot{H}$(μSv/h)	2.97×10^{-6}	7.40×10^{-3}	1.13×10^{-5}
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值	250kV		
	B	1.29×10^{-9} ④	9.24×10^{-12} ⑤	1.29×10^{-9}
	I（mA）	5	5	5
	H_0(μSv·m²/（mA·h)	$19\times6\times10^4$		
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$	取 1/50（数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2）		
	Rs⑥（m）	4.1	4.1	2.1
	$\dot{H}$(μSv/h)	8.76×10^{-6}	6.26×10^{-8}	3.34×10^{-5}

泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)	1.17×10^{-5}	7.40×10^{-3}	4.47×10^{-5}
剂量率参考控制水平(μSv/h)	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足

注：①根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，内插法计算得出管电压 350kV 时，对应的 TVL 值为 100mm 混凝土，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 800mm 混凝土条件下，B 的值为 1.00×10^{-8}

②根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，内插法计算得出管电压 350kV 时，对应的 TVL 值为 6.95mm 铅，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 32mm 铅条件下，B 的值为 2.49×10^{-5}

③$R_{南墙}$=3.0（探伤机到南侧墙体的距离）+0.8m（墙厚）+0.3m（东侧墙体距关注点）=4.1m

$R_{南侧工件门}$=3.8（探伤机到南侧工件门的距离）+0.3m（工件门表面距关注点）=4.1m

$R_{北墙}$=1.0（探伤机到顶部墙体的距离）+0.8m（墙厚）+0.3m（顶部表面距关注点）=2.1m

④根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，管电压 250kV 时，对应的 TVL 值为 90mm 混凝土，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 800mm 混凝土条件下，B 的值为 1.29×10^{-9}

⑤根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，管电压 250kV 时，对应的 TVL 值为 2.9mm 铅，再通过公式（2）计算得出屏蔽材料在 32mm 铅条件下，B 的值为 9.24×10^{-12}

⑥本项目散射辐射屏蔽计算时散射体至关注点的距离（Rs）取值保守与辐射源点（靶点）至关注点的距离（R）取相同值。

从表 11-3 及表 11-4 预测结果可以看出，当本项目 XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机在管电压为 350kV，管电流为 5mA 的满功率运行时，装置屏蔽体表面 30cm 处的最大剂量率为 1.29×10-2μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的剂量限值要求。

3.2、天空反散射影响分析

本项目 X 射线探伤机满功率运行时，由于顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率为 2.19×10^{-3}μSv/h，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

3.3、电缆管道、通风管道辐射影响分析

本项目探伤房电缆口位于西墙，设“U”型埋地电缆管道，管道埋地深度约为 200mm；通风管道位于顶部，采用“Z”型管道设计，拟在探伤室顶部设置管道连接到室外。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

后散射示意图如图 11-1，进入通风管道散射示意图如图 11-2。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以上的迷道，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。

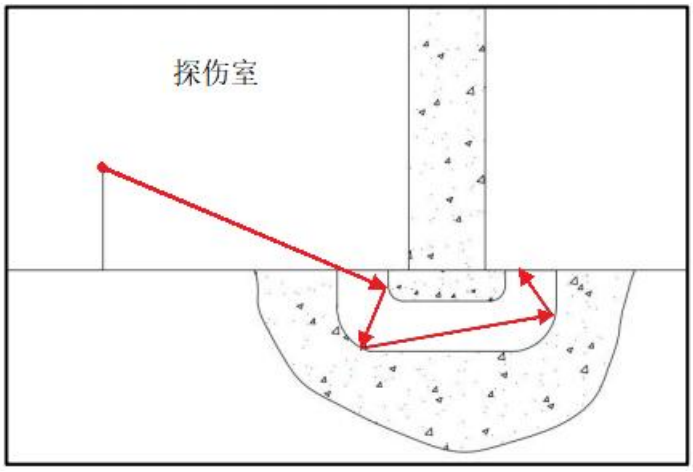

图 11-1 X 射线进入电缆管道后散射示意图

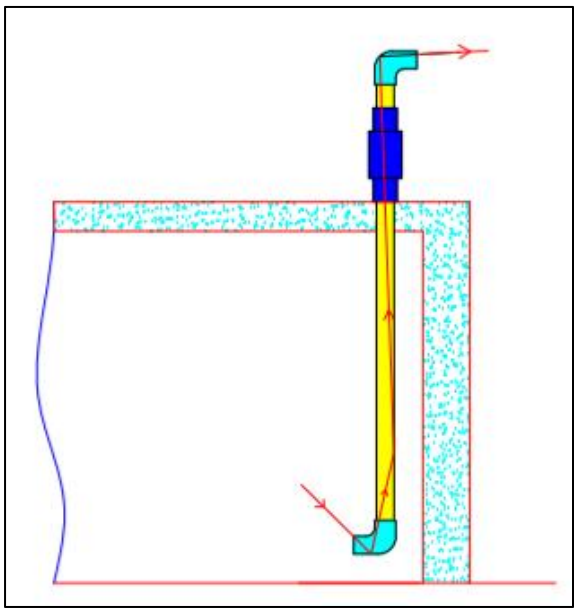

图 11-2 X 射线进入通风管道后散射示意图

3.4、迷道辐射影响分析

本项目固定式 X 射线探伤房探伤室采用“Z”型外迷道设计，利用散射降低人员门口处的辐射水平。本项目使用 X 射线探伤机开展探伤工作时迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-3，X 射线在迷道内经过 1 次散射后可到达铅质防护人员门，经 1 次散射到达铅质人员门处对应的 kV 值取 250kV，人员门采用 32mmPb 防护，一次散射公式见（5）

$$H_S = \frac{H_0}{r_1^2} \cdot \left(\frac{\alpha_1 K_1}{r_2^2}\right) \qquad (5)$$

式中：H_S：散射后迷道口处的辐射剂量率，μSv/h；

H_0：入射源强，初始源强，取 19×6×10^4×5 μSv·m^2/h；

α_1：散射系数，保守取 10^{-2}；

r_1：入射距离，本项目r_1=3.4m；

r_2：散射距离，本项目r_2=2.8m；

K_1：散射面积，m^2，本项目，K_1=3.33m^2；

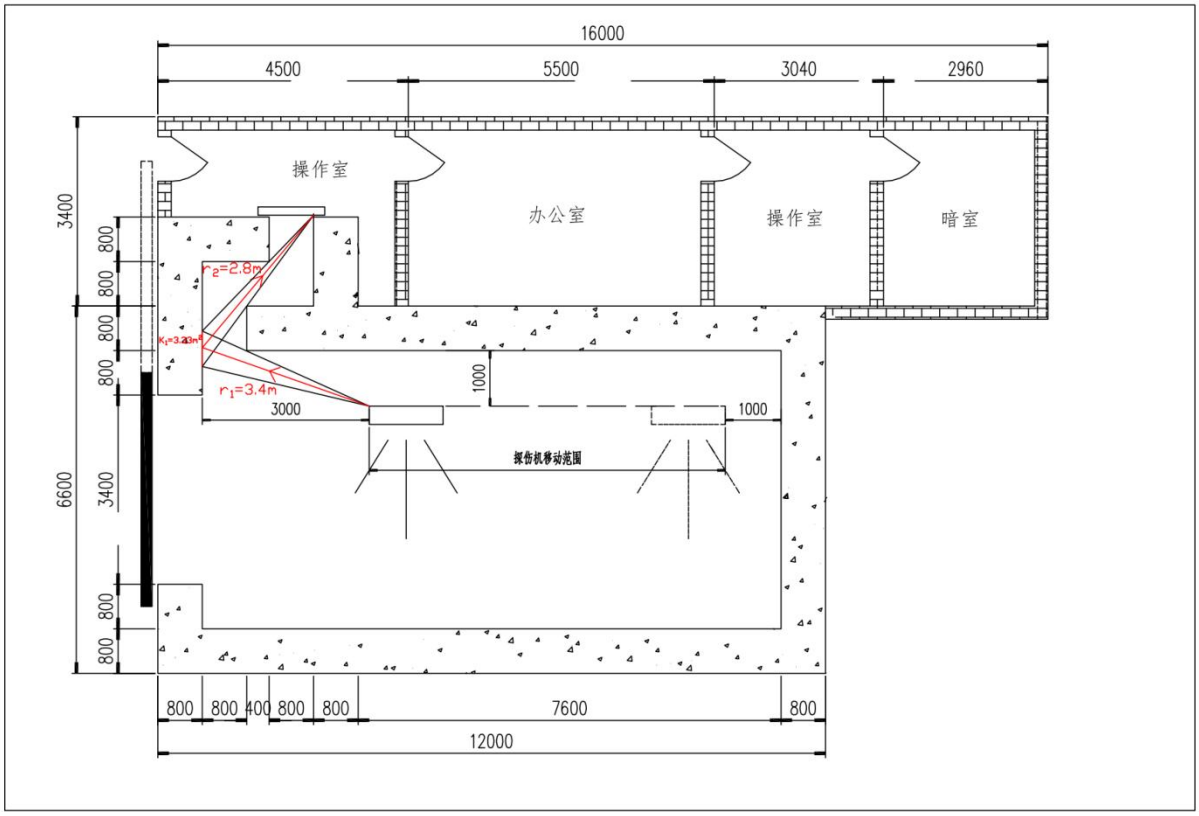

图 11-3 迷道散射示意图

根据上式计算得出H_S为 2.09×10^3μSv/h，考虑迷道人员门的屏蔽作用（32mmPb，B=9.24×10^{-12}），X 射线经迷道散射及迷道铅防护门屏蔽后到达迷道人员门外剂量率约为 1.93×10^{-8}μSv/h，能够满足标准要求。

3.5、防护门搭接设计对散射辐射防护效果分析

本项目探伤室南侧工件门门洞 3400mm（宽）×4200mm（高），工件门 4300mm（宽）×4600mm（高），工件门左、右各搭接 450mm，上、下各搭接 200mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 15mm；西侧人员门门洞 810mm（宽）×2000mm（高），人员门 1200mm（宽）×2300mm（高），人员门左、右各搭接 195mm，上、下各搭接 150mm，人员门与墙体之间的缝隙宽度均为 15mm。防护门与墙体重叠部分不小于防护门与墙体缝隙宽

度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

4、保护目标剂量评价

（1）关注点处辐射剂量率

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：

$$\frac{H_1}{H_2}=\frac{R_2^2}{R_1^2} \qquad (6)$$

式中：H_1—距射线源R_1处的剂量率，μSv/h；

H_2—距射线源R_2处的剂量率，μSv/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。

（2）年剂量估算

本项目辐射工作人员主要是装置操作人员，公众主要为装置周围其他非辐射工作人员。对辐射工作人员和公众的受照辐射年剂量均按下式计算：

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

式中：H_C：关注点的年剂量水平，mSv/a；

$\dot{H}_{c,\ d}$：关注点处剂量率，mSv/h；

t：扫描装置年照射时间，h/a；

U：扫描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。

根据表 11-1 至 11-2 与公式（6），可以得出各参考点位处辐射剂量率水平，再根据公式（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 11-3，预测参考点位见图 11-4。

表 11-3 本项目探伤室周围人员年受照有效剂量结果评价

关注点		使用因子 U	居留因子 T	距射线源R_1处的剂量率H_1（μSv/h）	与铅房表面最近距离R_2（m）	辐射剂量率取值H_2（μSv/h）	年工作时间（h）	年有效剂量（mSv）	目标管理值(mSv/a)	评价
①	探伤房东侧车间通道	1	1/2	2.19×10^{-3}	紧邻	2.19×10^{-3}	625	6.85×10^{-4}	0.1（公众）	满足
②	探伤房东侧班组 5 焊接中心	1	1	2.19×10^{-3}	10	1.97×10^{-6}	625	1.23×10^{-6}	0.1（公众）	满足

③	探伤房南侧车间通道	1	1/2	1.17×10^{-5}	紧邻	1.17×10^{-5}	625	3.67×10^{-6}	0.1（公众）	满足
④	探伤房南侧班组 4 焊接中心	1	1	1.17×10^{-5}	8	1.65×10^{-8}	625	1.03×10^{-8}	0.1（公众）	满足
⑤	探伤房西侧操作室	1	1	1.04×10^{-7}	紧邻	1.04×10^{-7}	625	6.47×10^{-8}	5（职业人员）	满足
⑥	探伤房西侧厂区通道	1	1/2	1.29×10^{-2}	2	2.91×10^{-4}	625	9.09×10^{-5}	0.1（公众）	满足
⑦	苏州尤科瑞智能科技有限公司	1	1	1.29×10^{-2}	18	3.59×10^{-6}	625	2.24×10^{-6}	0.1（公众）	满足
⑧	探伤房北侧车间通道	1	1/2	4.47×10^{-5}	紧邻	4.47×10^{-5}	625	1.40×10^{-5}	0.1（公众）	满足
⑨	探伤房顶部钢平台	1	1/8	2.19×10^{-3}	1.5	8.77×10^{-5}	625	6.85×10^{-6}	0.1（公众）	满足

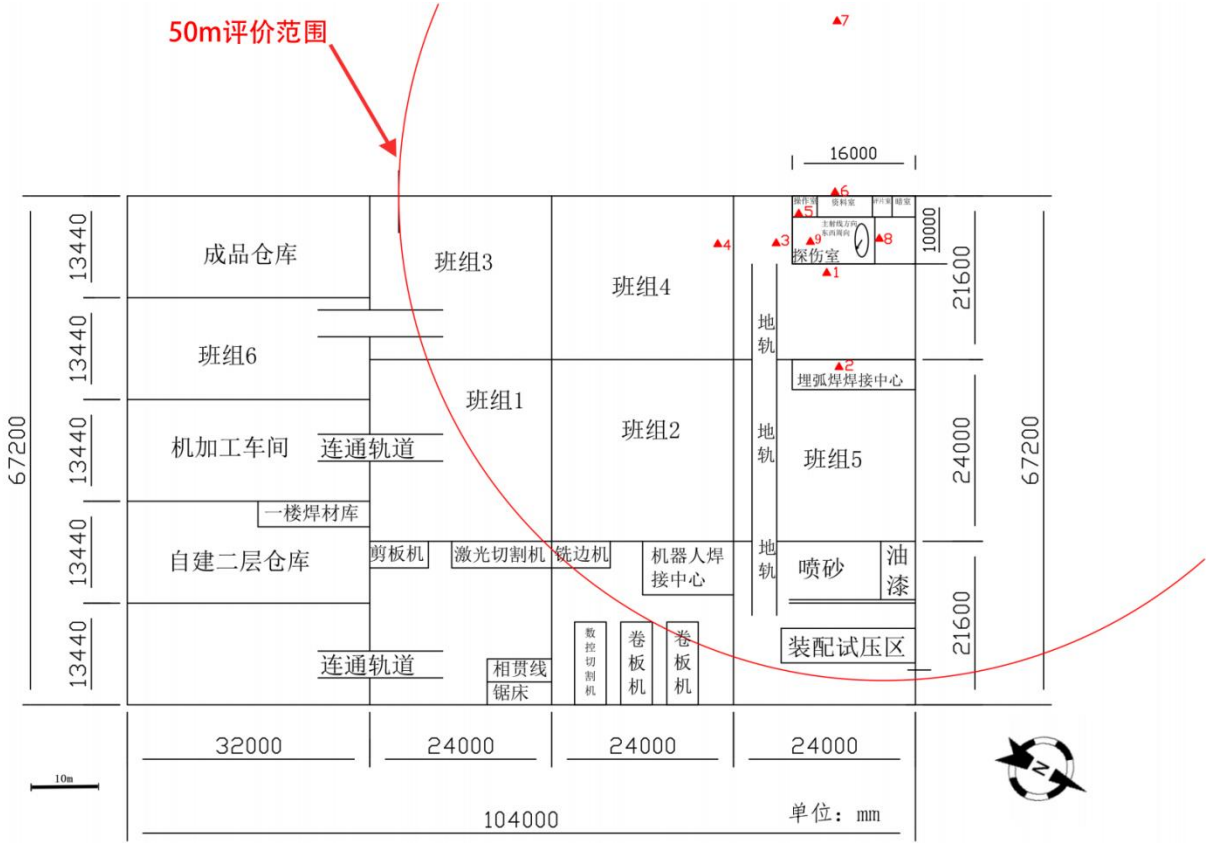

图 11-4 预测参考点位图

从表 11-4 中预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众的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（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

事故影响分析

1、主要事故风险

X 射线探伤机只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此，X 射线探伤事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于安全联锁装置失灵，X 射线探伤机在对工件进行检测时工件门、人员门未能完全关闭，人员受到误照射；或在探伤过程中，安全联锁装置失灵导致工件门、人员门被意外打开时不能立刻停止出束，造成人员误照射。

（2）辐射工作人员脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

（3）机器调试、检修时误照。X 射线探伤机在调试或检修过程中，责任者脱岗，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

（4）误传联络信号误照射。在有人贴胶片时，由于联络信号传递失误而开机，造成误照射。

（5）二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人去开机，而另一人却仍在探伤室而受到误照射。

（6）作业前未按规定人工巡视清场，导致人员受到误照射。

2、辐射事故预防措施

凯凡（苏州）智能装备有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：：

（1）公司内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

（2）制定公司重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

（3）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在开启 X 射线探伤机前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障情况下开机检测。

（4）辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、辐射剂量率仪和个人剂量报警仪等监测仪器，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。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

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；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，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护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。

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为 X 射线探伤机，属II类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员、辐射防护负责人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。

公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，组织本项目辐射工作人员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考核，报考类别为“X 射线探伤”，通过考核后，方能继续从事本项目辐射工作。

辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目，公司拟制定一系列辐射安全管理制度，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、监测方案等，才能满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、X 射线探伤机的操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线探伤机操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的

工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是探伤房的运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：明确 X 射线探伤机和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保 X 射线探伤机、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

人员培训计划：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：制订辐射工作人员和工作场所及周围环境定期监测制度。按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测。发现异常情况的，立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。对辐射工作人员定期组织个人剂量监测，建立个人剂量档案；发现个人剂量异常的，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。

台账管理制度：对 X 射线探伤机使用情况、控制台钥匙保管和使用情况进行登记，标明使用日期、电压、电流等，并对 X 射线探伤机使用进行严格管理。

辐射监测

1、监测仪器

公司使用的 X 射线探伤机属II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配置至少 1 台便携式 X-γ剂量率仪，以满足射线装置日常运行时，对探伤房周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司拟为本项目配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪，用于对本项目 X 射线探伤机日常运行时探伤房周围的辐射水平进行监测；为本项目辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪。

2、监测方案

凯凡（苏州）智能装备有限公司根据辐射管理要求，拟制定如下监测方案：

（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 1～2 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，个人剂量档案应当长期保存；

（3）利用自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。

本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1　本项目辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
固定式 X 射线探伤房	周围剂量当量	验收监测	1 次	①固定式 X 射线探伤房周围各关注点位，如各墙体、工件门、人员门外 30cm 处；特别是电缆口、通风口处。 ②操作位处； ③周围相邻区域人员居留处。
		工作场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	每 3 个月/次	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，凯凡（苏州）智能装备有限公司应针对本公司具体项目产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容包括：

（1）应急机构和职责分工；

（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；

（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

凯凡（苏州）智能装备有限公司拟依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司将积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13　结论与建议

结论

1、项目概况

因生产的工件质检需求，凯凡（苏州）智能装备有限公司拟在厂房西北角新建 1 座固定式 X 射线探伤房，在探伤房内配备 1 台 XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA）和 1 台 XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），用于对公司生产的法兰、管件进行工业探伤。

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》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

3、选址、布局合理性评价

凯凡（苏州）智能装备有限公司位于苏州市常熟市钢城路 16 号。公司厂区东侧为空地；南侧为纬六路，路南依次为空地、华侨城双创产业园（常熟二期）；西侧为苏州尤科瑞智能科技有限公司；北侧为空地。

本项目固定式X射线探伤房拟建于生产厂房西北角，探伤房东侧依次为车间内场所、焊接区、喷砂区、装配试压区；南侧为规划生产区域班组 4、班组 3；西侧依次为厂内道路、苏州尤科瑞智能科技有限公司；北侧依次为厂内道路、空地；上方为钢平台（用于堆放杂物，平时无人），下方为土层。

本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，且不涉及江苏省国家级生态保护红线区域和江苏省生态空间管控区域。根据现场检测与环评预测，本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。因此，本项目周围无环境制约因素，项目选址合理。

本项目辐射工作场所设计有探伤室、资料室、操作室和暗室，辅房均位于探伤室西墙外，本项目工作场所布局基本合理。

4、辐射防护措施评价

本项目拟在厂房西北角新建 1 座固定式 X 射线探伤房，在探伤房内配备 1 台 XXGH-2505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA）和 1 台

XXGH-3505Z 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA）。经理论预测结果可知，本项目 X 射线探伤机满功率运行时其表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的剂量率限值要求（2.5μSv/h）。

本项目将探伤室作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将操作室、资料室、评片室、暗室等辅房作为辐射防护监督区，工作期间禁止无关人员靠近。

5、辐射安全措施评价

本项目拟落实的辐射安全措施包括：探伤室工件门与人员门均拟设置门机联锁装置，防止人员误入；探伤室顶部与内部均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯，并与 X 射线探伤机联锁；探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；拟在探伤室内东侧墙体、西侧墙体内各设置 2 个紧急停机按钮，北侧墙体设置 1 个紧急停机按钮；操作室内设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射；探伤室工件门、人员门均拟设置符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤室内西北角与东南角拟各设置 1 个监视装置，在操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况；探伤室拟配置固定式场所辐射探测报警装置；探伤室的体积约为 260m^3，探伤室通风装置的通风量拟设置为 1073m^3/h，每小时能对探伤室进行 4 次换气；操作台处拟设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线探伤机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

公司拟为本项目配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪、2 台个人剂量报警仪，用于对 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，以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

6、保护目标剂量评价

根据理论估算结果，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》（GB 18871-2002）和本项目管理目标（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

X 射线探伤机在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

本项目运行后产生的显影、定影废液、冲洗废水及废胶片，属《国家危险废物名录》中编号为 HWl6 的危险废物，不得随意排放。探伤过程中产生的显影、定影废液、冲洗废水及废胶片产生后拟集中收集暂存于公司危废仓库内，交由有资质单位进行处置。公司拟委托江苏省环境资源有限公司常熟分公司对本项目产生的危险废物进行处置。

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佩戴个人剂量计，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。

公司拟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；严格履行管理职能，评价认为企业可具有使用和管理第II类射线装置的能力。

综上所述，凯凡（苏州）智能装备有限公司新建 1 座固定式 X 射线探伤房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）中相应的剂量限值要求（职业人员：20mSv/a、公众 1mSv/a），也满足本项目职业人员年剂量约束值 5mSv/a、公众年剂量约束值 0.1mSv/a 的管理目标要求。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。

表 14　审批

下一级环保部门预审意见 公　　章 经办人　　年　　月　　日
审批意见 公　　章 经办人　　年　　月　　日

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： 探伤房室内净尺寸为 10.4m 长×5.0m 宽×5.0m 高，探伤室四周屏蔽墙、迷道内墙及外墙均、屋顶均采用 800mm 混凝土浇筑；人员门和工件门拟采用 32mm 厚铅板。	探伤房表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量率限值要求。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》（GB 18871-2002）和本项目管理目标（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。	32
	安全措施：探伤室工件门与人员门均拟设置门机联锁装置，防止人员误入；探伤室顶部与内部均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯，并与 X 射线探伤机联锁；探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；拟在探伤室内东侧墙体、西侧墙体内各设置 2 个紧急停机按钮，北侧墙体设置 1 个紧急停机按钮；操作室内设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射；探伤室工件门、人员门均拟设置符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤室内西北角与东南角拟各设置 1 个监视装置，在操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况；探伤室拟配置固定式场所辐射探测报警装置；探伤室的体积约为 260m^3，	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的管理要求。	

	探伤室通风装置的通风量拟设置为1073m³/h，每小时能对探伤室进行4次换气；操作台处拟设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用，只有在打开操作台钥匙开关后，X射线探伤机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。		
	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	固废：本项目产生的废显（定）影剂、胶片冲洗废水及废胶片集中暂存后，交给有资质单位处理。	委托有资质的单位处理	1.5
	废气：本项目固定式X射线探伤房探伤室的体积约为260m³，本项目拟于固定式X射线探伤房的探伤室西北角设置通风管道，通风量拟设置为1073m³/h，每小时能对探伤室进行4次换气。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的管理要求。	0.5
人员配备	公司辐射工作人员均拟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。	1
	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。	1
	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。	1
监测仪器和防护用品	拟为本项目配备1台便携式X-γ剂量率仪、2台个人剂量报警仪。	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。	2
辐射安全管理制度	在项目运行前完善操作规程、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、辐射事故应急方案等辐射安全管理制度。	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有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。