

报告编号：WKFHP-24047

核技术利用建设项目

杭州中朋机械科技有限公司 X 射线固定式
探伤建设项目环境影响报告表
(公示稿)

杭州中朋机械科技有限公司

2024 年 9 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

杭州中朋机械科技有限公司 X 射线固定式
探伤建设项目环境影响报告表

建设单位名称：杭州中朋机械科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：***

通讯地址：浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101

邮政编码：311253 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.....	7
表 3	非密封放射性物质.....	7
表 4	射线装置.....	8
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	9
表 6	评价依据.....	10
表 7	保护目标与评价标准.....	13
表 8	环境质量和辐射现状.....	19
表 9	项目工程分析与源项.....	22
表 10	辐射安全与防护.....	28
表 11	环境影响分析.....	34
表 12	辐射安全与管理.....	48
表 13	结论与建议.....	53
表 14	审批.....	56

表 1 项目基本情况

建设项目名称		杭州中朋机械科技有限公司 X 射线固定式探伤建设项目			
建设单位		杭州中朋机械科技有限公司			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	****
注册地址		浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101			
项目建设地点		浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	70	项目环保投资（万元）	14	投资比例（环保投资/总投资）	20%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
1.1 项目概述					
1.1.1 建设单位简介					
<p>杭州中朋机械科技有限公司（以下简称“公司”），成立于 2021 年 04 月 06 日，注册地址位于浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101。公司租赁浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101 杭州嘉盛仓储有限公司的部分厂房开展生产经营活动，是一家从事机械设备研发、制造、销售与技术咨询的企业。企业营业执照见附件 2，厂房租赁合同见附件 3。</p>					
1.1.2 项目建设目的和任务由来					
<p>杭州中朋机械科技有限公司于 2024 年 7 月在杭州市萧山区经济和信息化局进行年产 6000 套压力容器及环保、空分设备、金属加工机械生产线建设项目企业投资项目备案（赋码）（详见附件 4）。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，年产 6000 套压力</p>					

容器及环保、空分设备、金属加工机械生产线建设项目属于“三十一、通用设备制造业；其他通用设备制造业 349 中仅分割、焊接、组装的除外”，因此无需进行环境影响评价，不纳入建设项目环境影响评价管理。

为提升产品质量与合格率，更好的满足客户需求，提高公司的业务水平，公司拟在浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101 杭州嘉盛仓储有限公司租赁的厂房内建设 1 间 X 射线探伤室，配套建设操作室、洗片室、评片室、危废暂存间等相关辅助用房，同时配套购置 1 台 XXH-2505 型 X 射线探伤机和 1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机用于对其自生产的压力容器进行无损检测，所有的探伤作业仅限于探伤室内。

根据原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目 X 射线探伤机归入到“工业用 X 射线探伤装置”的范畴，属于 II 类射线装置。对照中华人民共和国生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目，“使用 II 类射线装置的”。因此本项目应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，杭州中朋机械科技有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过收集有关资料、进行现场踏勘等工作，结合本项目特点，依据《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）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.1.3 项目建设内容与规模

杭州中朋机械科技有限公司拟在浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101 内杭州嘉盛仓储有限公司租赁的厂房新建 1 间 X 射线探伤室，配套建设操作室、洗片室、评片室、危废暂存间等相关辅助用房，同时配套购置 1 台 XXH-2505 型 X 射线探伤机和 1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机用于对其自生产的压力容器进行无损检测，所有的探伤作业仅限于探伤室内。本项目射线装置参数详见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置配置一览表

序号	设备名称	类别	规格型号	数量	最大管电压	最大管电流	出束类型	使用场所
1	X 射线探伤机	II 类	XXH-2505	1 台	250kV	5mA	周向 ¹	探伤室
2	X 射线探伤机	II 类	XXG-2505	1 台	250kV	5mA	定向 ²	探伤室

注： 1、XXH-2505 型 X 射线探伤机主射线方向东、西、地坪及顶棚垂直周向；
2、XXG-2505 型 X 射线探伤机主射线方向朝东。

3、公司同一探伤室内不存在两台探伤机同时开机的工况。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 公司地理位置

杭州中朋机械科技有限公司位于浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101。公司东侧为杭州嘉盛仓储有限公司厂区道路，隔厂区道路为杭州鸿远新能源有限公司；东南侧为新世纪鑫程机械厂；南侧为杭州嘉盛仓储有限公司仓库，隔仓库为浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼和厂区空地；西侧为浙江信发绿色建材科技有限公司加工厂房；北部为杭州嘉盛仓储有限公司仓库和木材加工厂。项目地理位置示意图见附图 1，公司周围环境情况见附图 2。

1.2.2 项目周边环境概况

本项目探伤室位于公司生产车间中部，所属车间共 1 层，无地下室。本项目探伤室评价 50m 范围周边情况见表 1-2。本项目探伤室所在车间平面布置图见附图 3，周围环境实景见附图 4。

表 1-2 本项目探伤室 50m 范围周边环境情况一览表

方位	名称	最近距离
东侧	切板区和等离子切割区	紧邻
	成品区	约 18m
	车间过道	约 27m
	试压区	约 36m
	钻床车床以及碳钢工位	约 45m
南侧	杭州嘉盛仓储有限公司仓库	约 2m
	浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼和厂区空地	约 25m
西侧	公司仓库	约 9m
	车间办公室	约 36m
	浙江信发绿色建材科技有限公司加工厂房	约 45m
北侧	车间过道	紧邻
	碳钢封头区、埋弧焊区、碳钢板材区	约 2m
	杭州嘉盛仓储有限公司仓库	约 12m
	木材加工厂	约 38m
上方	上方为探伤室顶棚，无人平台；	紧邻
	厂房顶棚	9m
下方	地坪	紧邻

1.2.3 环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事固定式探伤操作的辐射工作人员及评价范围内的公众。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101，根据建设单位提供的场所证明文件（不动产权证书见附件 5），可知项目用地性质为工业用地，在现有厂房内建设使用，且周围无环境制约因素，项目建设符合土地利用规划的要求。

1.3.2 “三线一单”符合性分析

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》杭州市生态环境局杭环发〔2024〕49 号，“三线一单”即生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，生态环境准入清单，项目建设应强化“三线一单”的约束作用。

本项目所在地位于浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101，根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，环境管控单元编码为：ZH33010920011，环境管控单元名称是：萧山区浦阳江生态经济区产业集聚重点管控单元。杭州市萧山区生态环境分区管控图见附图 5。

（1）生态保护红线

项目建设地点位于浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101，根据《浙江省生态保护红线方案》可知，项目选址不在生态保护红线范围内，因此项目选址符合生态保护红线要求。浙江省生态保护红线图见附图 6。

（2）环境质量底线

经现场检测，本项目探伤室拟建址及周围环境的 γ 辐射吸收剂量率均处于当地本底水平，未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众成员的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理的处理措施，可以做到达标排放，符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目为核技术利用项目，不属于资源开发类项目，不会新增土地指标。项目运营期利用的资源主要为电力资源，资源的消耗量相对区域资源利用总量较小，不会对区域水、电使用产生负担，符合资源利用上线的要求。

（4）生态环境准入清单

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于萧山区进化镇，“属于 ZH33010920011 萧山区浦阳江生态经济区产业集聚重点管控单元”，该管控单元生态环境准入清单见表 1-3。

表 1-3 本项目所在管控单元生态环境准入清单

序号	管控措施	本项目情况	相符性
空间布局约束	根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目为使用 II 类射线装置项目，在公司生产车间探伤室使用，周边 50m 内无居住区。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。所有企业实现雨污分流。	本项目不排放污染物总量控制要求的污染物。本项目主要污染物主要为 X 射线产生的氮氧化物和臭氧，经室内通风设施排放到室外后，对环境影响很小。本项目产生的废定影液、废胶片暂存于危废暂存间内，定期交由有资质单位处理。	符合
环境风险防控	强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	本项目建成投入使用前，公司按照要求编制辐射事故应急预案，建立定期检查机制，因此符合环境风险防控要求。	符合
资源开发效率要求	/	/	/

综上所述，本项目建设符合“三线一单”相关要求。

1.4 选址合理性分析

杭州中朋机械科技有限公司位于浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101。本项目探伤室周围 50m 范围内公司厂区内部、杭州嘉盛仓储有限公司仓库、木材加工厂、浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼和加工厂房。探伤室评价 50m 范围无居民区、学校、医院、幼儿园、养老院等人员密集场所，无国家公园、自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、生态敏感区等环境敏感区域。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取有效的辐射屏蔽防护措施后（混凝土墙壁、铅板等），探伤室周围辐射剂量水平符合国家和地方规定的限值标准，其对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

1.5 产业政策符合性分析

本项目为使用 X 射线探伤机对公司产品进行无损检测，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目；根据《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引（2019 年本）》中的相关规定，本项目不属于限制类、禁止项目；根据《杭州市萧山区产业发展导向目录与产业平台布局指引（2021 年本）》中的相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目。综上所述，本项目符

合国家和当地产业发展政策。

1.6 实践正当性分析

X 射线探伤在工业上的应用在我国是一门成熟的核技术应用实践，对保证产品质量方面有十分重要的作用。本项目拟建 1 间 X 射线探伤室，并配备 2 台 X 射线探伤机，用于对其自生产的压力容器进行无损检测。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，具有良好的社会效益和经济效益。

本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的，同时对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。因此，该项目使用探伤机的目的是正当可行的。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目（核技术利用项目），无原有核技术利用项目许可情况。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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类	1 台	XXH-2505	250	5	无损检测	探伤室内	周向机
2	X 射线探伤机	II类	1 台	XXG-2505	250	5	无损检测	探伤室内	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 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口活度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	由机械排风系统引至探伤室外，直接排放于大气环境。
废显（定）影液	液态	/	/	4.2kg	50kg	/	集中存放于 危废暂存间	委托有资质的单位处理处置
废胶片	固态	/	/	4.2kg	50kg	/		
洗片废水	液态	/	/	10.4kg	125kg	/		

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；年排放总量为 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）或活度（Bq）。

表 6 评价依据

法律文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014 年修订）》，中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修正）》，中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》，中华人民共和国主席令第四十三号，2020 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《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六号，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例（2017 年修正）》，国务院令 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和防护条例（2019 年修订）》，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(7) 《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 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修正）》，生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(10) 《射线装置分类》，原环境保护部和国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(11)《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》，原国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(12) 《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；</p> <p>(13) 《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 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《国家危险废物名录（2021 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 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p>
------	---

	<p>(15) 《关于发布<建设项目危险废物环境影响评价指南>的公告》，原环境保护部公告 2017 年第 43 号，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(16) 《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；</p> <p>(17) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(18) 《浙江省建设项目环境保护管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行；</p> <p>(19) 《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行；</p> <p>(20) 《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2023 年本）>的通知》，浙江省生态环境厅，浙环发〔2023〕33 号，2023 年 9 月 9 日起施行；</p> <p>(21) 关于印发《生态环境分区管控管理暂行规定》的通知，生态环境部环环评〔2024〕41 号，2024 年 7 月 6 日起施行；</p> <p>(22) 《浙江省生态环境保护条例》，浙江省生态环境厅公告 71 号，自 2022 年 8 月 1 日起施行；</p> <p>(23) 《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，杭州市生态环境局，杭环发〔2024〕49 号，2024 年 8 月 12 日起施行；</p> <p>(24) 《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引（2019 年本）》，杭州市发改委，2019 年 9 月 24 日起施行；</p> <p>(25) 关于印发《杭州市萧山区产业发展导向目录与产业平台布局指引（2021 年本）》的通知，区政府办萧政办发〔2021〕13 号，2021 年 4 月 22 日起施行。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其第 1 号修改单；</p>

	<p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(8) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(9) 《辐射事故应急监测技术规范》（HJ 1155-2020）；</p> <p>(10) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）。</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护导论》，方杰主编；</p> <p>(2) 公司提供的其他与工程建设有关的技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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) 的规定：“放射源和射线装置的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，结合本项目使用 II 类射线装置进行固定式探伤作业，确定评价范围为 X 射线探伤室边界外 50m 的区域，评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为评价范围 50m 内活动的辐射工作人员、公众人员，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目50m评价范围内环境保护目标分布情况

保护对象	方位	环境保护目标	与探伤室边界最近距离(m)	人数	受照类型	年剂量约束值(mSv)
辐射工作人员	西侧	操作室、洗片室、暗室、危废暂存间等辅助用房	紧邻	2人	职业照射	5.0
公众人员	东侧	切板区和等离子切割区	紧邻	约2人	公众照射	0.25
		成品区	约18m	约2人		
		试压区	约36m	约3人		
		钻床车床以及碳钢工位	约45m	约2人		
	南侧	杭州嘉盛仓储有限公司仓库（1层厂房，厂房高约13m）	约2m	约2人		
		浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼（3层平顶办公楼，房高约14m）	约25m	约30人		
	西侧	公司仓库	约9m	约1人		
		车间办公室	约36m	约4人		
		浙江信发绿色建材科技有限公司加工厂房（1层厂房，厂房高约13m）	约45m	约20人		
	北侧	碳钢封头区、埋弧焊区、碳钢板材区	约2m	约5人		
		杭州嘉盛仓储有限公司仓库（1层厂房，厂房高约13m）	约12m	约2人		
木材加工厂（1层厂房，厂房高约13m）		约38m	约20人			

注：顶棚和地坪不作为环境保护目标。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

本标准规定了对电离辐射防护和辐射源安全的基本要求,适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

(1) 防护与安全的最优化

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

(2) 辐射工作场所的分区

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区:这种区域未被定为控制区,在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

(3) 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv;

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a) 年有效剂量, 1mSv;

(4) 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中 11.4.3.2 条款:“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%(即 0.1mSv/a~0.3mSv/a)的范围之内”,遵循辐射防护最优化的原则,结合项目实际情况,本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 25%分别作为本项目剂量约束值管理目标,具体见表 7-2。

表7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.25mSv/a

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

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/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 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 GB 18871 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。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤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。

6.2.3 应定期测量探伤室外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，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 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，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部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，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

8 放射防护检测

8.3 探伤室放射防护检测

8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。

7.3.3 《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。

3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤室墙和入口处周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($H_{c,d}$)：人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ： $H_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_c ： H_c 为上述 a) 中 $H_{c,d}$ 和 b) 中的 $H_{c,max}$ 二者的较小者。

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或者探伤室旁邻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，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2 a) 的条件外，应考虑下列情况：

穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤房外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1 c) 的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 加以控制。

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。探伤室人员门宜采用迷路的形式。

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，按最高管电压与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。

7.3.4 本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）等评价标准，确定本项目的管理目标。

工作场所剂量率控制水平：探伤室四侧墙体及防护门表面外 30cm 处剂量率不超过 2.5 μ Sv/h；拟建探伤室顶棚为不上人顶棚，且无临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，因此探伤室顶棚外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平取 100 μ Sv/h。

剂量约束限值：职业人员年有效剂量不超过 5mSv；公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

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。

固体废物的处理、处置均应满足《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中的有关规定要求。危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中的相关要求。危险废物还应按《危险废物转移管理办法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》和《浙江省固体废物污染环境防治条例》等中的规定进行分类管理、存放、运输和处理处置。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

8.1.1 地理位置

杭州中朋机械科技有限公司位于浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101。公司东侧为杭州嘉盛仓储有限公司厂区道路，隔厂区道路为杭州鸿远新能源有限公司；东南侧为新世纪鑫程机械厂；南侧为杭州嘉盛仓储有限公司仓库，隔仓库为浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼和厂区空地；西侧为浙江信发绿色建材科技有限公司加工厂房；北部为杭州嘉盛仓储有限公司仓库和木材加工厂。项目地理位置示意图见附图 1，公司周围环境情况见附图 2。

8.1.2 场所位置

本项目探伤室位于公司生产车间中部，所属车间共 1 层，无地下室。探伤室东侧依次为切板区和等离子切割区、成品区、车间过道、试压区、钻床车床以及碳钢工位区；南侧为杭州嘉盛仓储有限公司仓库，隔仓库为浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼和厂区空地；西侧依次为公司仓库、车间办公室、浙江信发绿色建材科技有限公司加工厂房；北侧隔车间过道为碳钢封头区、埋弧焊区、碳钢板材区，隔碳钢封头区为杭州嘉盛仓储有限公司仓库；探伤室顶部上方 9m 处为车间顶棚，人员不可达，下方为土层，无地下室。本项目探伤室所在车间平面布置图见附图 3，周围环境实景见附图 4。

8.2 环境现状评价对象

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为 X 射线探伤室拟建址及其周围环境。

8.3 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测目的

通过现场检测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

8.2.2 环境现状评价对象

项目拟建址及周围辐射环境现状。

8.2.3 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.4 监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目辐射工作场所及周围环境进行监测布点。本项目共布设 11 个监测点位，布点情况见附图 7，监测报告及监测资质见附件 6。

8.2.5 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；
- (2) 监测时间：2024 年 7 月 10 日；
- (3) 监测方式：现场检测；
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒的间隔读取 10 个数据；
- (6) 监测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室内温度：34℃；室外温度：37℃；相对湿度：62%；
- (8) 监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表8-1 监测仪器设备参数

仪器名称	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H (内置探头：6150 AD-b/H 外置探头：6150 AD 6/H)
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h； 外置探头：0.01 μ Sv/h~10mSv/h；
能量范围	内置探头：20keV-7MeV $\leq\pm 30\%$ ； 外置探头：60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$ ；
检定证书编号	2024H21-20-5106288001
检定有效期	2024 年 2 月 23 日~2025 年 2 月 22 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院（华东国家计量测试中心）
校准因子 Cf	1.04
探测限	10nSv/h

8.2.6 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人签发。

8.2.7 检测结果及评价

本项目拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率检测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目拟建场所及周围环境辐射本底监测结果

位点编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		位置
		平均值	标准差	
1#	探伤室拟建址中部	61	1	室内
2#	探伤室拟建址北侧	60	1	室内
3#	探伤室拟建址东侧	65	1	室内
4#	探伤室拟建址南侧	52	2	室内
5#	探伤室拟建址西侧 (评片室)	58	2	室内
6#	探伤室拟建址西侧 (操作室)	65	1	室内
7#	公司仓库拟建址	64	2	室内
8#	钻床车床以及碳钢工位拟建址	65	1	室内
9#	杭州嘉盛仓储有限公司仓库(公司厂区北侧)	61	3	室内
10#	浙江信发绿色建材加工厂房外部道路	66	1	室外
11#	浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼 (一层东南侧)	124	1	室内

注：1、本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、 γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 31.30nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，1#~9#点位取 0.9，10#点位取 1，11#点位取 0.8。

由检测结果可知：本项目探伤室拟建址及周围环境各监测点位的室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 52~124nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为 66nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，杭州市建筑物室内 γ 辐射剂量率在 56~443nGy/h 之间，萧山区道路上 γ 辐射剂量率在 33~82nGy/h 之间。因此，本项目探伤室拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

9.1.1 施工期

本项目探伤室为新建建筑，探伤房建设施工时会产生少量的废气、扬尘、噪声、固体废物以及废水等污染物。施工期对环境产生的影响均为暂时的可逆的且随着施工期结束，固废及废水在施工期间内妥善处理，施工期产生的扬尘、噪声等方面的影响将随着施工结束会自行消除。

9.1.2 设备安装期

待探伤房建设完毕后，再进行设备安装及调试，设备安装调试阶段主要污染因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物及包装废弃物。本项目调试目的是测试探伤机能否正常开机，且在探伤室内进行，因此其对周围环境的影响是短暂的。

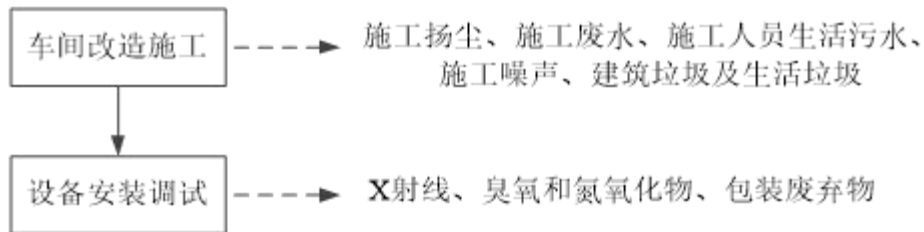


图 9-1 施工期工艺流程及产物环节示意图

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 设备组成及工作方式

本项目购置的 2 台 X 射线探伤机，主要由 X 射线管头组装体、控制器、连接电缆及附件组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5 分钟。为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1:1 方式工作和休息，确保 X 射线管充分冷却，防止过热。典型 X 射线探伤机外观情况见图 9-2。



9-2 典型 X 射线探伤机外观图

9.2.2 工作原理

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

X 射线探伤机主要由 X 射线管头组装体和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（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为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

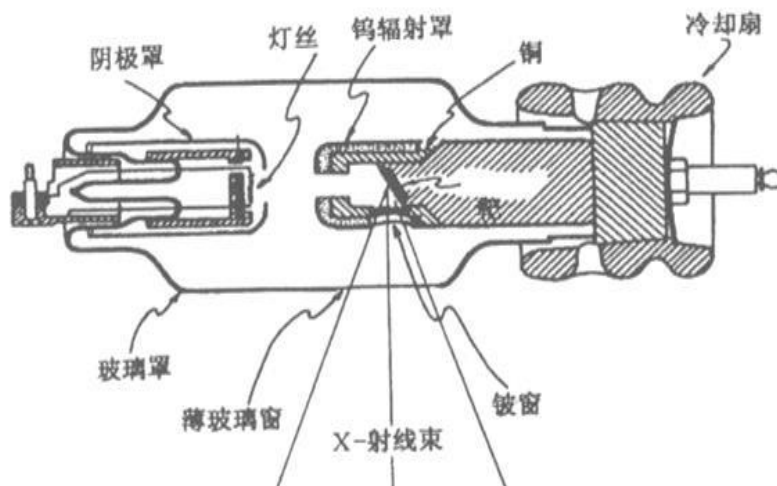


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

9.2.3 工作流程及产污环节

该公司射线探伤均在固定的探伤室内，探伤室与车间相通，将需要进行射线探伤的工件放置于平车轨道上，送入探伤室内，设置适当位置，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将工件门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光，当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

探伤工艺流程及产污环节见图 9-4。

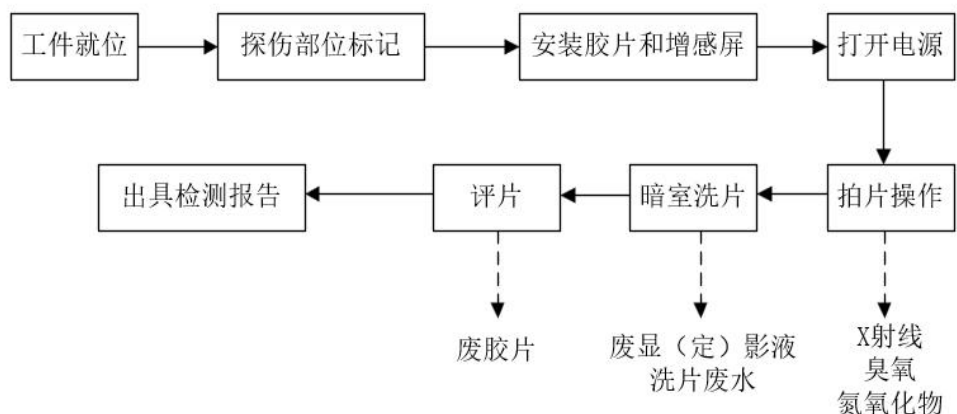


图 9-4 探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.4 暗室洗片流程及产污环节

探伤检测后将照射过的胶片暗袋放至暗室，在无可见光只有暗室红灯的情况下拆开暗袋，取出胶片放入洗片架，从取出胶片直至定影操作结束，以下所有操作过程均必须在暗室内进行，采用手动洗片的方式。

①显影：将带胶片的洗片夹依次放入显影槽内，视放置位置，保证胶片之间的间隔至少 12mm，不要多放，正常显影在 20℃时 5~8min。显影过程中最好是 1min 内将胶片作为水平和垂直方向搅动数秒钟。

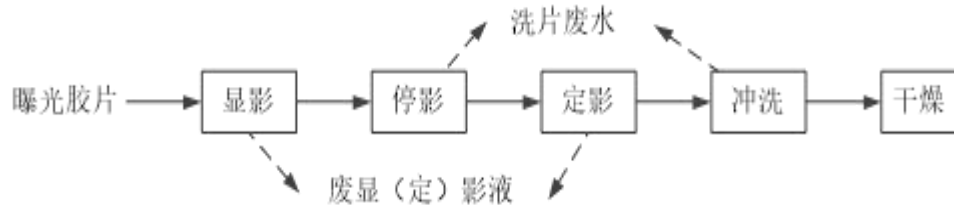
②停影：在显影结束后，将洗片夹从显影槽内取出，放入流动清水中去除胶片上附着的残留显影液，停影时间控制在 0.5~1min。

③定影：将停显后的胶片立即放入定影槽内，注意胶片之间不得互相接触，以免出现叠影。为保证均匀而快速的定影，胶片在刚浸入定影液时以及最初的 1min，均应做上下方向的搅动约 10min，然后让其在定影中浸渍到定影结束。定影时间至少为底片通透时间的两倍。但对于刚配置不久的定影液，定影时间不得超过 15min。

④冲洗：定影完成后，将洗片夹从定影槽中取出，放置在可循环流动水中冲洗 20~30min，去除胶片上附着的残留定影液。

⑤干燥：冲洗完成后，将胶片从洗片夹中取出，通过悬挂或其他方式将胶片在环境温度的静止空气或循环空气下进行干燥。

⑥显影液或定影液经过一定数量的胶片处理后，其洗片性能将下降，此时应配置新液替换旧液，废液采用专用防渗容器收集后转移到危废暂存间暂存。



9-5 暗室洗片工艺流程及产污环节示意图

9.2.5 工作负荷与人员配备

本项目探伤工件为自生产的压力容器，材料主要为钢，探伤工件的最大尺寸为 2600mm（直径）×5000mm（长），最大厚度为 12mm，检测方式为抽查检测。

该探伤室拟配 2 名辐射工作人员，轮流负责探伤操作，每天工作 8 小时，每周工作 6 天（共 50 周），每年工作 300 天。最大探伤工况为：单次最大拍片探伤时间为 5min，年拍片量约 5000 张，年工作按 50 周（300 天）计，则周探伤时间为 8.3h，年探伤时间为 417h。

9.3 污染源项描述

9.3.1 运行期正常工况污染源项

(1) X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线随探伤机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出束状态（探伤状态）时，才会发出 X 射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机探伤期间，X 射线是本项目的主要污染因子，源项分析见表 9-1。

表 9-1 项目 X 射线探伤机源项分析结果汇总表

序号	名称	工作场所	型号	主射线或散射线源项（距辐射源点 1m 处输出量）	漏射线源项（辐射源点 1m 处泄漏辐射剂量率）	数据来源
1	X 射线探伤机	探伤室	XXG-2505/ XXH-2505	16.5 mGy·m ² / (mA·min)	5000μSv/h	主射线源项根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 中表 B.1；漏射线源项根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1。

(2) 臭氧和氮氧化物

X 射线探伤机在开机状态下，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目探伤室拟设 1 个机械通风装置，探伤室净容积约 172.8m³（含迷道），设计风机风量为 1000m³/h，有效通风换气次数不低于 5 次/h。厂房内探伤室北侧过道下方已设有排水管道由西向东至厂房外，探伤室内通风管道设置 U 型管道至探伤室外与排水管道相连接，气体通过探伤室东北角排风管道排至地下排水管道引至厂房外。能够满足《工业探伤放射防护标

准》(GBZ 117-2022)第 6.1.10 条款“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”的要求。

(3) 废显(定)影液、废胶片及洗片废液

X 射线探伤机运行时无其它废气、废水和固体废物产生,洗片作业时产生的废显(定)影液、废胶片及洗片废液属于《国家危险废物名录(2021 年版)》中的感光材料废物,危废代码为 HW16: 900-019-16,并无放射性。

项目探伤年拍片总量为 5000 张,按洗 1000 张片用 10L 显(定)影液,经估算项目工作过程中每年产生的废显(定)影液约 50L(约 50kg);废片率按 1%计算,每年产生废胶片约 50 张,单片重量保守按 10g 计,则废胶片年产生量约 0.5kg;按洗 1000 张片产生 25L 洗片废液,经估算项目工作过程中每年产生的洗片废液(包括停影废水和冲洗废水)约 125L(约 0.125t)。该部分危险废物定期委托有相关资质单位处理,完好的胶片由公司定期建档备查(存档过期后的胶片作为危险废物委托有相关资质单位处理)。

根据《承压设备无损检测 第 1 部分:通用要求》(NB/T 47013.1-2015)中第 7.3.3 条款要求,无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求,且不得少于 7 年。7 年后若用户需要,可将原始检测数据转交用户保管。经与建设单位核实,本项目年拍摄完好的胶片约 4950 张,存档期限为 7 年。存档满 7 年后的胶片全部作为危废交有资质单位处理处置。基于本项目运行的第 8 年开始,同一年既有探伤洗片产生的废胶片,又有存档期满后产生的废胶片,本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量,即 5000 张(折合重量约 50kg)。项目危险固体废物分析汇总表见表 9-2。

表 9-2 项目危险废物分析结果汇总表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显(定)影液	HW16	900-019-16	50L/a	洗片	液态	硝酸、硫酸、卤化银、硼砂、对苯二酚	卤化银、对苯二酚	每次室内探伤	T	贮存:密闭置于包装桶内,分类、分区存放在探伤室

2	废胶片	HW16	900-019-16	50kg/a	评片、 胶片存档	固态	卤化银	卤化银	每室内探伤、 存档期满	T
3	洗片废液	HW16	900-019-16	125L/a	洗片	液态	硝酸、 硫酸、 卤化银、 硼砂、 对苯二酚	卤化银、 对苯二酚	每室内探伤	T

9.3.2 运行期事故工况污染源项

本项目为使用II类射线装置进行固定式 X 射线探伤，可能发生的辐射事故如下：

(1) 探伤过程中工作人员或其他人员误留在探伤室内，致使其受到照射；

(2) 由于安全联锁等装置失灵，探伤过程中，工作人员或其他人员误入探伤室内，致使其受到照射；

(3) 由于安全联锁装置失灵，X 射线探伤机在开机曝光时，探伤室防护门未能完全关闭，致使 X 射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；

(4) 机器调试、检修时误照。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。

事故工况下产生的污染物和污染途径与正常工况下一致。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

本项目探伤工作场所位于生产车间中部，由探伤室、操作室、暗室、危废暂存间组成，其中洗片室、评片室、操作室和危废暂存间均位于探伤室西侧；本项目探伤室内尺寸为 8.0m（长）×6.0m（宽）×3.6m（高），探伤室南侧拟设 1 扇铅工件门（电动开启），门体尺寸为 3.4m（宽）×3.6m（高），门洞尺寸为 2.8m（宽）×3.3m（高），工件门与墙体搭接宽度左右均为 300mm，上、下搭接分别为 200mm、100mm。本项目探伤工件的直径为 2.6m，最大长度为 5m，工件可方便出入探伤室且满足工件防护门关闭时最大工件的探伤需求。

探伤室与操作室之间设有“L”型迷道和工作人员通道铅门（电动开启），门体尺寸为 1.3m（宽）×2.3m（高），门洞尺寸为 0.8m（宽）×2.0m（高），门体与墙体左右搭接宽度均为 250mm，上、下搭接分别为 200mm、100mm，通过迷道多次散射可降低工作人员受照剂量。探伤室东北角设有一通风口，以 U 型管道穿墙，直径为 500mm，装有通风扇，通风量为 1000m³/h。探伤室西南角设有高压、控制线缆，均以 U 型方式穿墙连通探伤室与控制室，管径均为 120mm。探伤室平面布置图见附图 8，探伤室剖面图见附图 9。

综上所述，本项目探伤室设计可满足探伤工件进出探伤室并位于探伤室内探伤的要求。本项目周向探伤机主射方向为东、西、顶棚和地坪垂直周向，定向探伤机主射方向为东。操作室东墙处设置了迷道，可避免主射线直接照射到操作室。探伤室各防护门均符合搭接宽度须大于等于 10 倍间隙的原则。根据表 11 预测结果可知，探伤过程中产生的 X 射线经探伤室屏蔽防护并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。因此，本项目探伤室布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.1 条款的要求，辐射工作场所布局具有合理性。

10.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区，其划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，拟将探伤室实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，探伤期间禁止无关人员入内，并设置电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤室西侧操作室、洗片室、危废暂

存间、评片室以及探伤室北侧、南侧、东侧屏蔽体外 1m 区域划为监督区，探伤期间限制非辐射工作人员入内。本项目分区管理见附图 10。

10.1.3 辐射工作场所屏蔽防护设计

根据公司提供的资料，本项目各辐射工作场所的屏蔽防护设计方案见表 10-1。

表 10-1 本项目探伤室屏蔽情况一览表

项目		屏蔽防护设计方案
探伤室	外尺寸	面积：63m ² ；9.0m（长）×7.0m（宽）×4.0m（高）
	内尺寸	面积：48m ² ；8.0m（长）×6.0m（宽）×3.6m（高）
	四侧墙体	采用500mm混凝土
	顶棚	采用400mm混凝土
	工件防护门	电动移门，门洞尺寸为2.8m（宽）×3.3m（高）；门体尺寸为3.4m（宽）×3.6m（高），采用14mm铅防护；门与墙体左、右搭接各为300mm，上搭接为200mm，下搭接为100mm。（按照搭接长度须大于等于10倍间隙的原则，间隙应尽量小）
	迷道	迷道设置形式为L型，宽800mm，迷道内墙为500mm混凝土，外墙为500mm混凝土。
	工作人员防护门	电动移门，门洞尺寸为0.8m（宽）×2.0m（高）；门体尺寸为1.3m（宽）×2.3m（高），采用8mm铅防护；门与墙体上搭接为200mm，下搭接为100mm，左、右搭接均为250mm，（按照搭接长度须大于等于10倍间隙的原则，间隙应尽量小）
	穿线管	预留3根，管径120mm，埋深600mm，以“U”型埋地管道穿越探伤室的西侧迷道，连接至控制室的控制台
	通风管	预留1根，管径500mm，埋深1000mm，以“U”型埋地管道穿越探伤室的北墙至室外进行排放
注：铅的密度不小于11.3g/cm ³ ，混凝土的密度不低于2.35g/cm ³ 。		

本项目探伤室的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，经理论预测，探伤室的四侧墙体、防护门处的周围剂量当量率均满足 GBZ 117-2022 中 2.5μSv/h 的限值要求，对于没有人员到达的顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率均满足 GBZ 117-2022 中 100μSv/h 的限值要求，职业人员和周围公众年有效剂量均满足 GB 18871-2002 中剂量限值和本项目剂量约束值的要求。因此，本项目探伤室的辐射屏蔽防护设计方案合理可行。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

10.1.4.1 探伤装置固有安全属性

(1) 控制台设有紧急停机开关与钥匙开关，只有打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束。

(2) X 射线探伤机在额定工件条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量

当量率应符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)第 5.1.1 条款表 1 的要求,在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

10.1.4.2 探伤工作场所安全防护措施

(1) 对照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022),建设单位拟新增以下辐射安全防护措施:

1、探伤室拟设置门-机联锁装置,并与每台探伤机联锁,应在人员防护门和探伤工件防护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。

2、探伤室门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,并与每台探伤机联锁。“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。在醒目的位置处拟设有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

3、探伤室内、探伤室出入口与迷道均拟安装监视装置,在控制室的操作台拟设有专用的监视器,可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

4、探伤室的人员防护门与工件防护门上均拟设有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

5、探伤室内北侧、东侧、西侧、南墙及迷道处拟设有紧急停机按钮,确保出现紧急事故时,能立刻停止照射。按钮的安装,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使用。按钮带有标签,标明使用方法。探伤室南墙靠近工件门处设置紧急开门开关。

6、探伤室内东北角拟设有机械通风装置,风机设计风量为 1000m³/h,每小时有效通风换气次数不小于 3 次。排风管道避免朝向人员活动密集区。

7、探伤室内拟配置固定式场所辐射探测报警装置。

(2) 为进一步保证射线装置的安全使用,建设单位计划在标准 GBZ 117-2022 的基础上增加下列辐射安全和防护措施:

1、探伤室工件门外 1m 处拟划定黄色警戒线,告诫无关人员不得靠近;

2、操作室拟张贴辐射管理制度。

探伤室辐射安全与防护措施图见附图 11。

10.1.4.3 探伤操作放射防护要求

1、工作人员进入探伤室时,须佩戴个人剂量计、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。

2、探伤室工作人员应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位和周围毗邻区域人员居留处。测量结果超标或异常应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

3、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，则不应开始探伤工作。

4、在每一次照射前，操作人员都应确认探伤室内部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，才能开始探伤工作。

10.1.4.4 探伤工作检查与维护

本项目探伤工作开始前的检查内容与维护要求见表 10-2。

表 10-2 探伤工作检查内容与维护要求

装置类型	类别	项目内容
X 射线探伤装置	工作前检查	(1) 探伤机外观是否完好； (2) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损； (3) 安全联锁是否正常工作； (4) 报警设备和警示灯是否正常运行； (5) 螺栓等连接件是否连接良好； (6) 探伤室内安装的固定辐射检测仪是否正常。
	维护	(1) 使用单位应对探伤装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护应有受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； (2) 设备维护包括探伤装置的彻底检查和所有零部件的详细检测； (3) 当设备有故障或损坏需要更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； (4) 应做好设备维护记录。

10.1.4.5 探伤设施退役

1、本项目 X 射线探伤机后期如报废，建设单位应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》第十八条要求，委托有资质的单位或生产厂家对射线装置内的高压射线管进行拆解，拆解过程中必须遵循严格的安全防护措施，保障操作人员和周围环境的安全。建设单位及时上报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

2、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。

3、清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

10.1.4.6 辐射监测仪器与防护用品配置

本项目辐射监测仪器与防护用品配置计划见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射防护监测用品一览表

编号	名称	新增
1	个人剂量计	2 支
2	个人剂量报警仪	2 台
3	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台
4	固定式场所辐射探测报警装置	1 台

10.1.4.7 危险废物环境管理要求

本项目危险废物主要为探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液，根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）和《危险废物转移管理办法》（生态环境部令第 23 号）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施：

（1）危废的贮存

本项目危废暂存间位于探伤室西侧，建筑面积约 2m²，一次性最大贮存能力为 0.5t，具体位置见附图 8。本项目危险废物产生量较小，贮存期一般 1 年，可以满足贮存的容积要求。

本项目危废暂存间装修与管理拟满足如下要求：

- ① 拟满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，墙体采用坚固的材料建造，表面无裂缝，地面与裙角拟采取防渗措施。
- ② 拟根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，不同分区之间应采取隔离措施，避免不相容的危险废物接触、混合。
- ③ 危废暂存间、容器和包装物拟按 HJ 1276 要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。
- ④ 危废暂存间拟设专人管理，其他人员未经允许不得入内。
- ⑤ 危险废物存入贮存设施前拟对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不应存入。
- ⑥ 拟定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄露的危险废物贮存容器和包装物，保证堆存危险废物的防雨、防风、防扬尘等设施功能完好。
- ⑦ 拟建立危险废物管理台账，管理人员做好危险废物情况的记录，记录上注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称。
- ⑧ 拟及时清运贮存的危险废物。

（2）危废的转移

本项目危废委托有资质的单位定期到到公司收集并运输转移，危废转移过程中严格执行转

移联单管理制度，危险废物电子转移联单数据应当在信息系统中至少保存十年。

（3）危废的委托处置

本项目投入使用前，杭州中朋机械科技有限公司已与杭州立佳环境服务有限公司签订危废处置协议书见附件 7。

（4）危废的环境应急要求

①贮存设施所有者或运营者应按照国家有关规定编制突发环境事件应急预案，定期开展必要的培训和环境应急演练，并做好培训、演练记录。

②贮存设施所有者或运营者应配备满足其突发环境事件应急要求的应急人员、装备和物资，并应设置应急照明系统。

③相关部门发布自然灾害或恶劣天气预警后，贮存设施所有者或运营者应启动相应防控措施，若有必要可将危险废物转移至其他具有防护条件的地点贮存。

10.2 三废的治理

（1）臭氧和氮氧化物

本项目 X 射线探伤室在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。探伤室内拟设 U 型排风管道，该部分废气通过排风管道排至探伤室外地下排水管道引出厂房，对环境影响较小。

（2）废显（定）影液、废胶片及洗片废液

本项目探伤洗片和评片过程中会产生一定量的废显（定）影液、废胶片及洗片废液，属于危险废物。本次评价要求将其集中收集后存放在危废暂存间，并由专人保管，委托杭州立佳环境服务有限公司处理处置，建立相关危废台账。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

建设阶段主要影响为拟将生产车间内部的部分空间改造为探伤室，工程量较小，施工期较短，施工期对环境的影响，本报告仅作简要分析。

(1) 大气：本项目在施工期产生少量地面扬尘，由于工程量不大，涉及的施工作业面较小，因此只要采取一定的措施即可很大程度的降低施工期的废气污染。

(2) 废水：施工期间，有少量含有泥浆的施工废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，建议在采取简单的沉淀处理后排入已有的排污管道。施工人员少量的生活污水经化粪池预处理后排入市政污水管网。

(3) 噪声：施工机械在运行中会产生噪声，但由于施工量小，对周围环境影响较小。

(4) 固体废物：整个施工过程中产生少量以建筑垃圾为主的固体废物及施工人员生活垃圾，企业可依托市政垃圾收运系统进行收集处理。

11.1.2 设备安装调试阶段

本项目 X 射线探伤机安装调试阶段对于环境主要影响为 X 射线、臭氧和氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装与调试均由专业人员在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽与距离衰减后，设备产生的辐射对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其他固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

为分析预测 X 射线探伤室投入运行后所引起的辐射环境影响，本次评价选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单中计算方法进行理论计算。

本项目探伤室配置 1 台 XXH-2505 型周向探伤机，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA，有用线束朝向东、西、顶棚与地坪垂直周向；配备 1 台 XXG-2505 型定向探伤机，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA，有用线束朝向东墙照射；根据 GBZ/T 250-2014 第 3.2.1 条款“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”，因此，本次评价将探伤室的东、西、顶棚的屏蔽性能按有用线束进行考虑，探伤室南侧与北侧墙体、工件防护门均按泄漏辐射和散射辐射考虑。由于探伤室正下方为土层，无地下室，不作特殊防护，故辐射环境影响分析不考虑朝向地坪的有用线束。

周向 X 射线探伤机有用线束向顶棚经顶棚混凝土墙屏蔽后，穿过顶棚，与顶棚上方的空气

作用发生散射，故还需考虑本项目天空反散射对周围环境的影响。

11.2.1 关注点的选取

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求，关注点通常为距探伤室外表面 30cm 处人员可能受照剂量最大的位置。在距探伤室一定距离处，公众成员居留因子大并可能受照剂量大的位置也应作为关注点。本项目场所辐射水平估算选取探伤室实体屏蔽体外 30cm 处作为关注点，由于探伤室正下方为土层，无地下室，不作特殊防护，故不对地坪外 30cm 设关注点预测其辐射水平。剂量关注点情况列于表 11-1，关注点的分布情况见图 11-1、图 11-2。

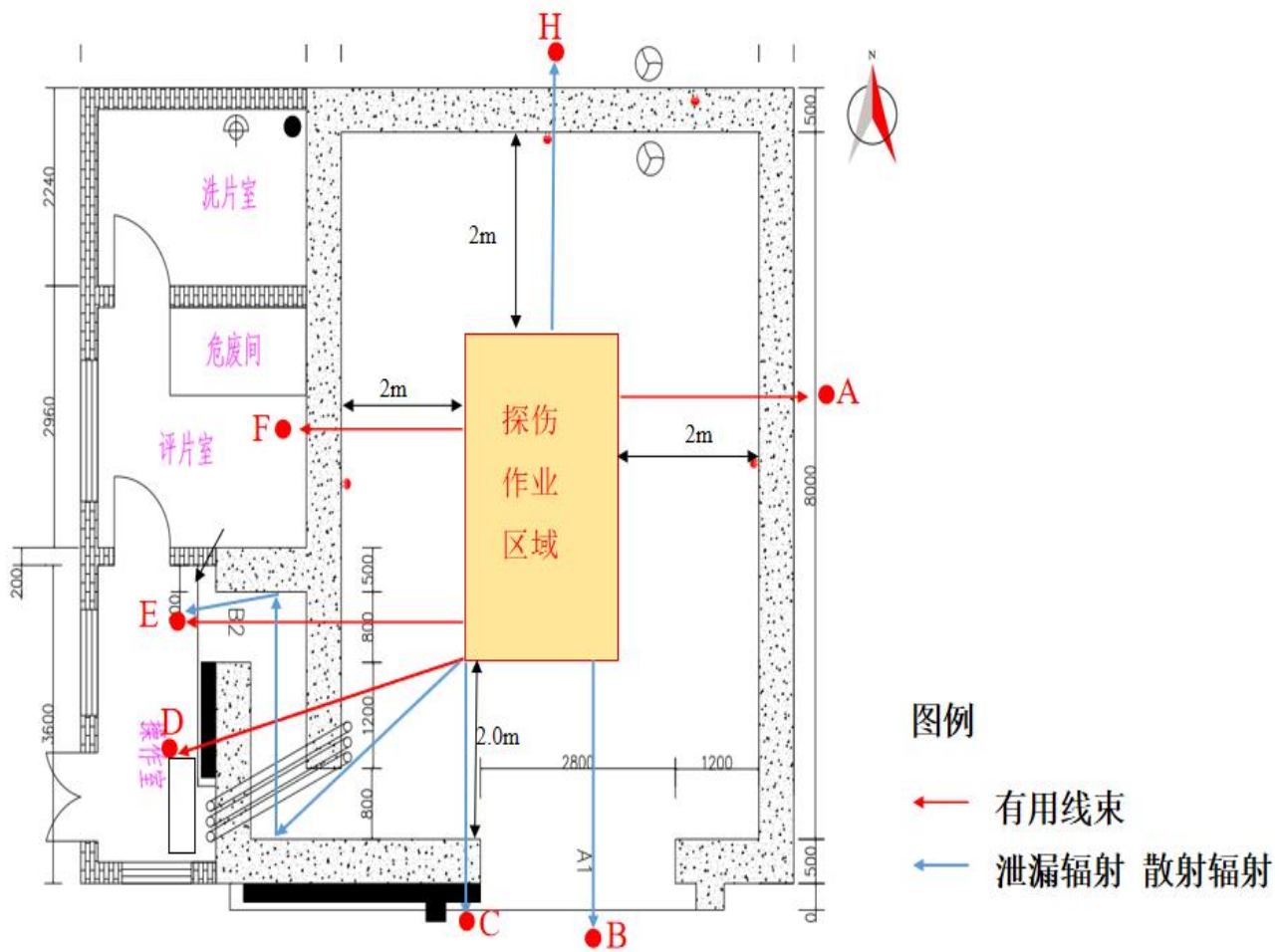


图 11-1 探伤室平面布局及周围环境预测点位示意图（单位：mm）

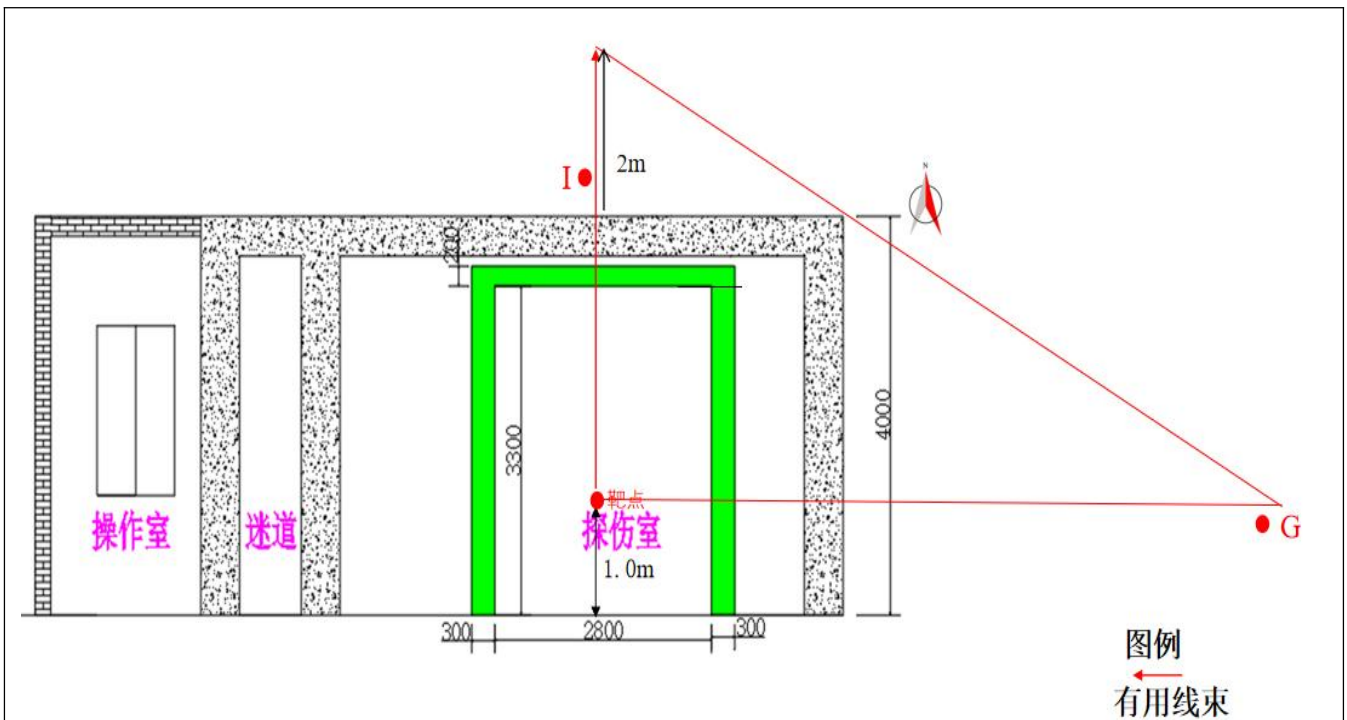


图 11-2 探伤室剖面布局及周围环境预测点位示意图（单位：mm）

表 11-1 探伤室各关注点位分布情况表

关注点位	点位描述	源点与关注点距离 R(m)	需屏蔽的辐射源
A	东墙外 30cm 处	2.8	有用线束
B	工件门外 30cm 处	2.96	泄漏辐射、散射辐射
C	南墙外 30cm 处	2.8	泄漏辐射、散射辐射
D	操作台	4.27	有用线束
E	人员进出门外 30cm 处	4.2	有用线束、散射辐射
F	西墙外表面 30cm 处	2.8	有用线束
H	北墙外表面 30cm 处	2.8	泄漏辐射、散射辐射
I	顶棚外 30cm 处	3.3	有用线束
G	天空反散射点位		天空反散射

注：① $R_{东墙} = 2.0m + 墙体厚度 0.5m + 参考点 0.3m = 2.8m$ ；

$R_{南墙} = R_s 南墙 2.0m + 墙体厚度 0.5m + 参考点 0.3m = 2.8m$ ；

$R_{西墙} = R 西墙 2.0m + 墙体厚度 0.5m + 参考点 0.3m = 2.8m$ ；

$R_{北墙} = R_s 北墙 2.0m + 墙体厚度 0.5m + 参考点 0.3m = 2.8m$ ；

$R_{工件门} = R_s 工件门 2.0m + 墙体厚度 0.5m + 门厚度 0.16m + 参考点 0.3m = 2.96m$ ；

$R_{人员进出门} = R_s 人员进出门 2.0m + 迷道内墙厚度 0.5m + 迷道外墙厚度 0.5m + 迷道宽 0.8m + 门厚度 0.10m + 参考点 0.3m = 4.2m$ ；

$R_{操作位} = 4.27m$ ；

$R_{顶棚外} = 2.6m + 屋顶厚度 0.4m + 参考点 0.3m = 3.3m$ ；

②居留因子取值参考 GBZ/T 250-2014 附录 A 表 A.1。

11.2.2 场所辐射水平预测

(1) 有用线束计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-1）计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度：

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

式中：

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），本项目取值 5mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量，本次评价保守取表 B.1 中的较大值，管电压为 250kV 时，取 $16.5\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 H_0 为 $9.90\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B——屏蔽透射因子；取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录 B 中图 B.1 与图 B.2 查图可得。250kV X 射线穿过 500mm 混凝土时的透射因子取 3.0×10^{-6} ，穿过 400mm 混凝土时的透射因子取 3.5×10^{-5} ，穿过 8mm 铅时的透射因子取 3×10^{-5} 。

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

（2）泄漏辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-2）计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-2）}$$

式中：

B——屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 的相应值，确定泄漏辐射的 TVL，根据公式 $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；250kV X 射线在混凝土中的什值层 TVL 为 90mm，250kV X 射线在铅中的什值层 TVL 为 2.9mm。

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

\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（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，当 X 射线管电压 $>200\text{kV}$ 时， \dot{H}_L 取值 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

（3）散射辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-3）计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-3）}$$

式中：

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），本项目取值 5mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 （ $1\text{Gy}=1\text{Sv}$ ）；本次评价根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1 保守取较大值，管电压为 250kV 时，取 $16.5\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 H_0 分别为 $9.90\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B ——屏蔽透射因子，根据公式 $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；查询 GBZ/T 250-2014 表 2，原始 X 射线能量 250kV，对应的 90° 散射辐射最高能量为 200kV；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，此时对应的混凝土半值层厚度 TVL 为 86mm，在铅中的半值层厚度 TVL 为 1.4mm；

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 ）散射体散射在距其 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，可以水的 α 值保守估计，见附录 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）；

$\frac{R_0^2}{F\cdot\alpha}$ ——根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）B.4.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，其值为 50（200~400kV）；

R_S ——散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

（4）迷道散射计算公式

根据《辐射防护导论》（方杰主编），迷道口处的反散射水平可以按式（11-4）计算

$$\dot{H}_{L,h} = \eta_{\gamma S} \cdot \frac{F_{j0} \cdot \alpha_{\gamma 1} \cdot \alpha_{\gamma 2} \cdot a_1 \cdot a_2}{r_1^2 \cdot r_{R1}^2 \cdot r_{R2}^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-4）}$$

式中：

$\dot{H}_{L,h}$ ——参考点相应的剂量当量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ；

$\eta_{\gamma S}$ ——辐射减弱的透射比；根据公式 $\eta_{\gamma S} = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；

F_{j0} ——辐射源处辐射水平， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；根据公式 $F_{j0} = I \cdot \delta_{\alpha}$ 计算；其中 I 为电子束流强， mA ； δ_{α} 为距辐射源点（靶点） 1m 处输出量， $\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1 可知， 250kV 射线在 0.5mm 铜过滤条件下输出量为 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $9.90 \times 10^5 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，则 F_{j0} 取值为 $4.95 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

α_{γ} ——反射物的反射系数；根据光子散射后的能量 E 和散射角 θ ，对照《辐射防护导论》图 6.4 取值；

a ——射线束在反射物上的投照面积， m^2 ；根据 $a = \text{散射宽度} \times \text{迷道高度}$ 计算，散射宽度按迷道宽度计，则 $a_1 = a_2 = 2.88\text{m}^2$ 。

r_1 ——辐射源同反射点之间的距离， m ；

r_R ——反射点到参考点的距离， m ；

光子散射后的能量 E 按式（11-5）计算

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos \theta)}{0.511}} \dots\dots\dots \text{（式 11 - 5）}$$

式中：

E_0 ——入射光子能量， MeV ；

θ ——散射角， $^{\circ}$ ；

第一次反射的入射光子能量取 0.25MeV ，散射角 θ 取 30° ，则 $\alpha_{\gamma 1}$ 为 0.032 ；第二次反射的入射光子能量根据式（11-5）计算得 0.20MeV ，散射角 θ 取 60° ，则 $\alpha_{\gamma 2}$ 为 0.030 ；散射后能量根据式（11-5）计算得 0.17MeV 。根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，由内插法可知 170kV X 射线在铅中的什值层 TVL 为 1.14mm ，则 $\eta_{\gamma S}$ 为 9.60×10^{-8} 。

（5）天空反散射计算公式

参考《辐射防护导论》（方杰主编）P181 公式 6.1，对于天空反散射对于地面 Q 点造成的辐射剂量率，可以按公式 11-4 和 11-5 来计算。

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{\eta_{\gamma S} \cdot \dot{D}_{10} \cdot \Omega^{1.3} \cdot 10^6}{0.67 \cdot r_1^2 \cdot r_s^2} \dots\dots\dots \text{（式 11 - 4）}$$

$$\Omega = 4tg^{-1} \frac{a \cdot b}{c \cdot d} \dots\dots\dots \text{（式 11 - 5）}$$

式中：

$\dot{H}_{L,h}$ ——参考点相应的剂量当量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$;

$\eta_{\gamma S}$ ——辐射减弱的透射比, 250kV 穿过 400mm 混凝土时的透射因子取 3.5×10^{-5} ;

\dot{D}_{10} ——离源上方 1m 处的吸收剂量指数率, $\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{min}^{-1}$; 根据公式 $\dot{D}_{10} = I\cdot\delta_{\alpha}$ 计算; 其中 I 为电流, mA, 取 5mA; δ_{α} 为 X 射线发射量率常数, $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$, 取 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$;

Ω ——辐射源对屋顶张的立体角, sr。本项目 Ω 根据式 11-5 进行计算, 其中 a 为屋顶长度之半, 取值为 4.5; b 为屋顶宽度之半, 取值为 3.5; c 为源到屋顶表面中心的距离, 取值为 2.5; d 为源到屋顶边缘的距离, 且 $d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$, 取值为 6.22, 代入式 11-5, 可计算得 $\Omega=3.16\text{sr}$;

r_1 ——辐射源到屋顶上方 2m 处的距离, m;

r_s ——室外参考点 Q 到源的水平距离, m。

式中 0.67 是单位换算系数。

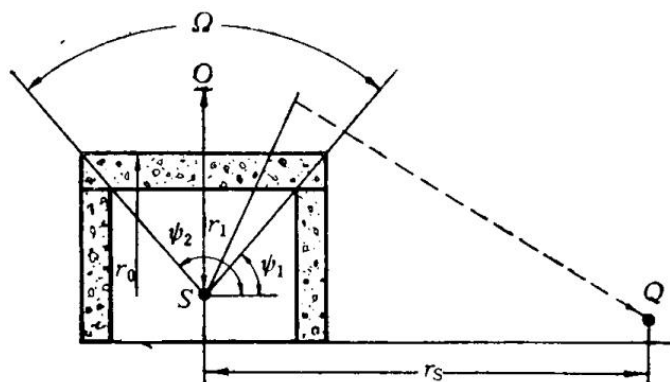


图 11-3 计算屋顶屏蔽厚度的示意图

(5) 预测结果

根据公式 (11-1) ~ (11-5), 代入相关参数, 本项目探伤室运行时周围环境辐射水平预测结果见表 11-2~表 11-6。

表 11-2 有用线束辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	B	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
A 东墙外 30cm 处	500mm 混凝土	5	9.90×10^5	3×10^{-6}	2.8	1.89
F 西墙外 30cm 处	500mm 混凝土	5	9.90×10^5	3×10^{-6}	2.8	1.89
I 顶棚外 30cm 处	400mm 混凝土	5	9.90×10^5	3.5×10^{-5}	3.3	15.91
D 操作台	500mm 混凝土 +500mm 混凝土	5	9.90×10^5	9×10^{-12}	4.27	2.44×10^{-6}
E 人员进出门外 30cm 处	500mm 混凝土 +8mm 铅板	5	9.90×10^5	9×10^{-11}	4.2	2.53×10^{-6}

表 11-3 泄漏辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	TVL (mm)	B	HL ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
C 南墙外 30cm 处	500mm 混凝土	90	2.78×10^{-6}	5×10^3	2.8	1.77×10^{-3}
H 北墙外 30cm 处	500mm 混凝土	90	2.78×10^{-6}	5×10^3	2.8	1.77×10^{-3}
B 工件门外 30cm 处	14mm 铅板	2.9	1.49×10^{-5}	5×10^3	2.96	8.50×10^{-3}

表 11-4 散射辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	TVL (mm)	B	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$ ($\text{mA} \cdot \text{h}$))	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$	R_s (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
C 南墙外 30cm 处	500mm 混凝土	86	1.53×10^{-6}	5	9.90×10^5	50	2.8	1.93×10^{-2}
H 北墙外 30cm 处	500mm 混凝土	86	1.53×10^{-6}	5	9.90×10^5	50	2.8	1.93×10^{-2}
B 工件门外 30cm 处	14mm 铅板	1.4	1.00×10^{-10}	5	9.90×10^5	50	2.96	1.13×10^{-6}

表 11-5 迷道散射辐射剂量率预测结果

关注 点位	屏蔽 材料	$\eta_{\gamma s}$	F_{j0} ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{h}$)	$\alpha_{\gamma 1}$	$\alpha_{\gamma 2}$	a_1 (m^2)	a_2 (m^2)	r_1 (m)	r_{R1} (m)	r_{R2} (m)	$\dot{H}_{L,h}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
E (人 员进 出门)	8mm 铅板	9.68×10^{-8}	4.95×10^6	0.032	0.030	2.88	2.88	2.90	2.00	0.9	1.40×10^{-4}

表 11-6 天空反散射剂量率预测结果

关注 点位	屏蔽 材料	$\eta_{\gamma s}$	\dot{D}_{10} ($\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{min}$)	a(m)	b(m)	c(m)	d(m)	$\Omega(\text{sr})$	$r_1(\text{m})$	$r_s(\text{m})$	$\dot{H}_{L,h}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
G	400mm 混凝土	3.5×10^{-5}	82.5×10^{-3}	4.5	3.5	2.5	6.22	3.16	5	8.75	1.67×10^{-4}

表 11-7 各关注点位辐射剂量率预测结果汇总

场所	关注点位	有用线束 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否 达标
探 伤 室	A (东墙外 30cm 处)	1.89	/	/	1.89	2.5	达标
	B (工件门外 30cm 处)	/	8.50×10^{-3}	1.13×10^{-7}	8.50×10^{-3}	2.5	达标
	C (南墙外 30cm 处)	/	1.77×10^{-3}	1.93×10^{-2}	2.11×10^{-2}	2.5	达标
	D (操作台)	2.44×10^{-6}	/	/	2.44×10^{-6}	2.5	达标
	E(人员进出门外 30cm 处)	2.53×10^{-6}	/	1.40×10^{-4}	1.43×10^{-4}	2.5	达标
	F (西墙外 30cm 处)	1.89	/	/	1.89	2.5	达标
	H (北墙外 30cm 处)	/	1.77×10^{-3}	1.93×10^{-2}	2.11×10^{-2}	2.5	达标
	I (顶棚外 30cm 处)	15.91	/	/	15.91	100	达标
	G (天空反散射)	1.67×10^{-4}					2.5

由上表可知，X 射线探伤机在最大工况运行时，本项目探伤室各侧墙体、防护门外关注点叠加天空反散射辐射后剂量率最大值、顶棚外辐射剂量率最大值均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“X 射线探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.2.3 电缆管口和通风口辐射影响分析

本项目探伤室预留 3 根穿线管，管径 120mm，埋深 600mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室，连接至操作室的操作台；通过工件或墙体一次散射后进入管道口，利用散射降低管道口的辐射水平，X 射线进入电缆管道均需至少经过三次散射才能到达管道口。由《辐射防护导论》（方杰著）P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的几率已降得很低了”，电缆管口处无需增加铅盖等补偿措施。因此本项目探伤室电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

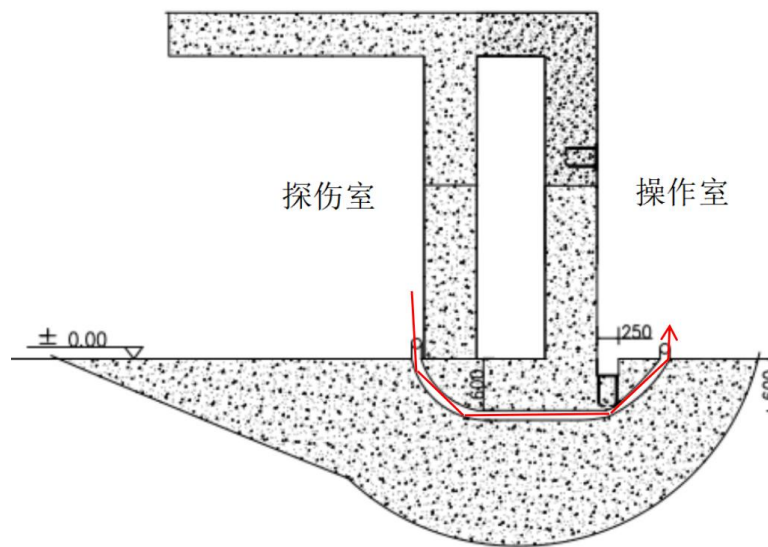


图11-4 电缆管道散射示意图

本项目探伤室预留 1 根通风管，通风管口均为 500mm，埋深 1000mm，以“U”型地埋管道穿越探伤室的北墙后与地下排水管道相连接。主射线方向不直射通风管口，通过工件或墙体一次散射后进入管道口，利用散射降低管道口的辐射水平，X 射线进入通风管道均需至少经过 2 次散射才能到达管道口，室外管道口上方为厂房地坪，本项目探伤室室外管口与排水管道上方为 20cm 厚混凝土。由《辐射防护导论》（方杰著）P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的几率已降得很低了”。因此，本项目预埋排风管道的布置方式不会破坏探伤室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

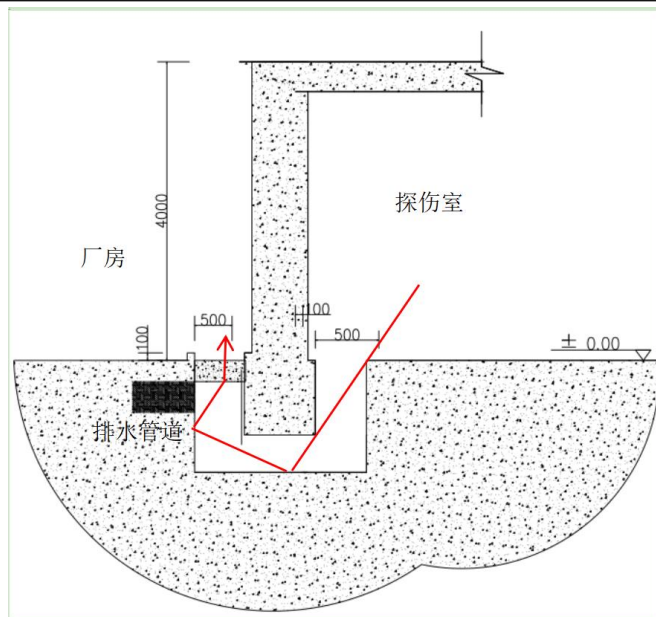


图11-5 通风管道散射示意图

11.2.4 屏蔽搭接处辐射分析

本项目探伤室工件门与墙体左、右搭接各为 300mm，上、下搭接分别为 200mm、100mm，人员门与墙体左、右搭接为 250mm，上、下搭接分别为 200mm、100mm。且门安装时应尽量减小与墙体间的门缝，因此均能满足搭接的长度须大于等于 10 倍的间隙的原则，可以有效防止射线外泄，对周围辐射环境影响很小。

11.2.5 人员受照剂量

1、计算公式

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 3.1.1 条款中的公式（1），人员受照剂量计算公式如下：

$$E = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots (11-6)$$

式中：

- E ——受照剂量，mSv/a；
- \dot{H} ——关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；
- U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子，本项目均取 1；
- T ——居留因子；
- t ——受照时间，h/a。

2、居留因子的确定

本项目居留因子选取根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录 A 表 A.1，不同场所与环境条件下的居留因子见表 11-7。

表 11-7 不同场所与环境下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取自 NCRP144。

在本项目保护目标中，操作室、评片室、暗室、危废暂存间等区域为全居留，居留因子取 1；东侧切板区非辐射工作人员工作位于该区域中央工作时间长，距离探伤室东墙 4m，居留因子取 1；北侧碳钢封头区、埋弧焊区、碳钢板材区和木材加工厂非辐射工作人员工作时间长，居留因子取 1；西侧公司仓库、南侧和北侧杭州嘉盛仓储有限公司仓库，非辐射工作人员逗留时间短，居留因子取 1/8。厂区南侧浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼、西侧浙江信发绿色建材科技有限公司加工厂房，非辐射工作人员工作时间长，居留因子取 1。

3、估算结果

根据周围剂量当量率与距离平方成反比关系，利用表 11-2~11-6 的相关数据，本项目保守选取相关最近关注点附近最大周围剂量当量率计算人员年受照剂量，则本项目相关人员的预期年剂量水平的计算见表 11-8。

表 11-8 探伤室周围人员受照剂量计算结果

人员属性		居留因子	源点与关注点距离 (m)	保护目标处辐射剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$)	周受照时间 (h/周)	周受照总剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年受照时间 (h/a)	年受照总剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	人员进出门处	1	4.2	1.43×10^{-4}	8.3	1.19×10^{-3}	417	5.96×10^{-5}
	评片室	1	2.8	1.89	8.3	15.69	417	7.88×10^{-1}
	操作台	1	4.27	2.44×10^{-6}	8.3	2.02×10^{-5}	417	1.02×10^{-6}
公众	东侧切板区	1	6.5	0.35	8.3	2.91	417	1.45×10^{-1}
	南侧杭州嘉盛仓储有限公司仓库	1/8	4.5	8.17×10^{-3}	8.3	8.48×10^{-3}	417	4.26×10^{-4}
	南侧浙江信发绿色建材科技有限公司办公楼	1	27.5	2.18×10^{-4}	8.3	1.81×10^{-3}	417	9.09×10^{-5}
	西侧公司仓库	1/8	14.74	6.83×10^{-2}	8.3	7.09×10^{-2}	417	3.56×10^{-3}
	西侧浙江信发绿色建材科技有限公司加工厂房	1	50.74	5.77×10^{-3}	8.3	4.79×10^{-2}	417	2.41×10^{-3}
	北侧碳钢封头区、埋弧焊区、	1	4.5	8.17×10^{-3}	8.3	8.48×10^{-3}	417	4.26×10^{-4}

碳钢板材区								
北侧杭州嘉盛仓储有限公司仓库	1/8	14.5	7.86×10^{-4}	8.3	8.15×10^{-4}	417	4.10×10^{-5}	
木材加工厂	1	40.5	1.01×10^{-4}	8.3	8.38×10^{-4}	417	4.21×10^{-5}	

由表 11-8 可知，本项目探伤室附近区域的工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

11.2.5 非放射性污染环境的影响分析

（1）臭氧和氮氧化物

X 射线探伤机工作时产生射线，会造成探伤室内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目探伤室拟配备风机风量 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，探伤室总容积为 172.8m^3 ，则可估算出每小时通风换气不少于 5 次，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，不会形成局部聚集，且臭氧在短时间内会自动分解为氧气，对大气环境基本没有影响。

（2）废显（定）影液、废胶片及洗片废液

探伤作业完成后产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液，必须按规定进行合理的处置，送交有资质的危险废物处置单位集中收集与处置，不得随意排放或废弃，采取该措施后不会对周围环境或人类健康造成危害。危废暂存间的建设须满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）的要求，做好“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”工作。同时，公司应建立危险废物管理台账，严格执行转移联单管理制度。

11.3 探伤室屏蔽防护能力分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的规定，结合该公司探伤室屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司使用的探伤室的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，该探伤室的设置已充分考虑周围的放射安全，且探伤室与控制室分开；结合理论计算结果可知：探伤室防护门防护性能、各侧墙的防护性能及顶棚的防护性能，均能满足辐射防护。

(2) 由辐射环境影响预测分析可知,辐射工作人员和公众成员所受有效剂量能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

(3) 该公司使用的探伤机在探伤过程中产生的 X 射线,使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物,探伤室通过机械排风系统将臭氧和氮氧化物排出探伤室外,不会对工作人员和公众成员产生影响。

因此,杭州中朋机械科技有限公司拟建探伤室的屏蔽能力均能达到对应 X 射线探伤机正常工作时的辐射防护要求。

11.4 事故影响分析

11.4.1 事故风险分析

公司拟购的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置,可能发生的事故工况主要有以下几种情况:

(1) X 射线探伤机在对工件进行照相的工况下,门-机联锁失效,至使防护门未完全关闭, X 射线泄漏到探伤室外,给周围活动的人员造成不必要的照射;或在门-机联锁失效、探伤期间,工作人员误打开防护门,使其受到额外的照射。

(2) 人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。

(3) 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。

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

为了杜绝事故发生,公司必须进行门-机联锁装置的定期检查,严格按照操作规程进行作业,确保安全。发生辐射事故时,事故单位应当立即切断电源、保护现场,并立即启动本单位的辐射事故应急预案,采取必要的防范措施,并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。人为故意引起的或失窃而引起的辐射照射,还应该及时向公安部门报告。对于发生的误照射事故,应首先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行政部门报告。

11.4.2 辐射事故应急

1、事故风险预防措施

为了杜绝上述辐射事故的发生,建设单位应严格执行以下风险预防措施和应急预案防范措施:

(1) 定期认真地对本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,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；

(2) 每月检查探伤铅房的门~机联锁装置和门~灯联锁装置，确保在工件门和工作人员进出门同时关闭后，X 射线探伤机才能进行照射；

(3) 每月对使用 X 射线探伤机的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

(4) 建设单位拟制定辐射事故应急预案，包括总则、组织体系、应急救援队的职责、放射性事故应急处理的责任划分、应急响应、善后处理、应急保障、宣传教育、培训和演练等。

2、事故应急措施

对于工业 X 射线探伤机发生事故处理应采取的措施：

(1) 发生辐射事故时，事故单位应当立即切断电源、保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。

(2) 对于发生的误照射事故，应首先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行政部门报告。人为故意引起的或失窃而引起的辐射照射，还应该及时向公安部门报告。

(3) 对在事故中受到照射的人员及时送到医院进行及时的医学检查和治疗。

(4) 分析确定发生事故的原因，记录发生事故时 X 射线探伤机的工作状态(如工作电压、电流等参数)、事故延续时间，以便及时确定事故时受到照射个体所接受的剂量。

表 12 辐射安全与管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用II类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。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。

本项目为建设单位首次开展核技术利用建设项目，目前处于筹建阶段。建设单位承诺尽快成立辐射安全与环境保护管理机构，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专(兼)职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.1.2 辐射人员管理

(1) 个人剂量检测

建设单位拟为辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

(2) 辐射工作人员培训

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）精神，所有辐射工作人员可以通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训考核并取得成绩单，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

建设单位拟新增 2 名辐射工作人员，由公司现有员工参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，考核合格后上岗，并按时每五年进行重新考核。

(3) 辐射工作人员职业健康体检

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查

的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查，建立个人健康档案，并长期保存。

12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告

建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的辐射安全和防护状况年度评估报告。辐射安全与防护状况年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。

12.2 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》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

公司拟制定《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置使用登记制度》、《辐射工作场所监测制度》、《设备检修维护制度》、《X 射线探伤机操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《健康管理及人员培训计划》、《人员出入登记制度》、《安全生产培训制度》、《辐射事故应急预案》等安全规章制度，辐射安全防护领导机构应加强监督管理，切实保证公司各项规章制度的实施。

各项规章制度主要内容如下：

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线装置的安全和防护，要落实到个人。

X 射线探伤机操作规程：明确室内探伤操作规程，操作步骤和应采取的安全和防护措施，重点是室内探伤前探伤室内人员有无逗留。

辐射工作人员岗位职责：明确管理人员、探伤操作人员的岗位责任，明确操作人员的资质条件要求，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。

设备检修维护制度：明确 X 射线装置以及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 射线装置以及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

健康管理及人员培训计划：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。本项目配备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合格后方可上岗。辐射工作人员必须定期送有资质的医院进行职业健康体检，做好上岗前、在岗、离岗的健康检查，建立健康监护档案。

辐射工作场所监测制度：明确监测频次和监测项目，包括个人剂量监测和工作场所监测。个人剂量定期（不少于1次/季度）送具备资质的个人剂量监测技术服务机构进行监测，建立个人剂量档案；工作场所监测包括公司自主监测与有资质单位开展的年度监测，监测结果妥善保存，以备检查。

射线装置使用登记制度：明确X射线探伤机使用时领取、归还流程，并要求做好登记，记录归档。

人员出入登记制度：明确人员进入公司厂区时必须进行登记，保证厂区生产期间无关人员不得随意进入。

安全生产培训制度：明确公司工作人员定期进行安全生产培训，并对工作人员进行日常考核，确保安全生产。

辐射事故应急预案：制定完善的辐射事故应急措施，并列出发报机构联系电话，其内容包括事故状况下应急处理计划，事故的报告，事故区域的封闭，事故的调查和处理及工作人员受照剂量估算和医学处理等。

建设单位所有相关制度应以正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于辐射工作场所。建设单位对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，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，包括个人剂量报警、辐射监测等仪器。

杭州中朋机械科技有限公司拟为本项目配备1台X- γ 剂量率巡测仪，配备2台个人剂量报警仪和2枚个人剂量计。公司配备的辐射防护用品能够满足X射线室内探伤的要求。

12.3.2 个人剂量监测

探伤工作人员工作时应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计须定期（一般为一个月，最长不得超过三个月）送检。公司应建立剂量管理限值和剂量评价制度，对受到超剂量

限值的应进行评价，跟踪分析高剂量的原因，优化实践行为，并指定专职辐射管理人员负责对个人剂量检测结果（检测报告）统一管理，建立档案，个人剂量档案应当长期保存。

12.3.3 探伤工作场所辐射监测

本项目正式投入使用后，公司须定期（每年 1 次）委托有资质的单位对探伤室周围环境进行监测，并建立监测档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

（1）年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量当量率进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

（2）日常自我监测

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定辐射工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期建议每季 1 次。

（3）监测内容和要求

A、监测内容：周围剂量当量率。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-1 辐射监测计划

场所名称	监测内容	监测类型	监测点位	监测依据	监测周期
本项目探伤室工作场所	周围剂量当量率	年度监测	探伤室顶棚、四侧墙体及防护门外 30cm 离地面高度 1m 处，控制室，各预埋线管、预埋排风管以及四周环境保护目标	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	1 次/年
		自主监测			1 次/季
		验收监测			竣工验收
	个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）	一般为一个月，最长不得超过三个月

12.3.4 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体

工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急预案制定要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条的规定，辐射事故应急预案主要内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）。
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施。
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序。
- (5) 生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- (6) 编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

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

12.4.2 应急处置程序

(1) 发生放射性事故时，现场工作人员立即采取切断射线装置电源，并报告建设单位领导。

(2) 建设单位领导接到报告立即赶往现场，并采取封闭现场等有效措施，防止事故的进一步扩大和蔓延，2 小时内填写辐射事故初始报告表，明确事故类型（丢失、被盗、误照射等），并根据事故类型及时（两小时内）向当地生态环境、卫生、公安等职能部门报告。

(3) 生态环境部门、卫生部门、公安部门接到辐射事故报告后立即赶赴现场，进行处理，企业积极配合，做好相关工作。

(4) 事故发生后，企业认真配合生态环境部门进行调查。

12.4.3 事故应急演练

该建设单位每年至少组织一次事故应急演练，演习报告存盘。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

杭州中朋机械科技有限公司拟在浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101 内新建一间 X 射线探伤室，配套建设操作室、洗片室、评片室、危废暂存间等相关辅助用房，同时配套购置 1 台 XXH-2505 型 X 射线探伤机和 1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机，用于对其自生产的压力容器进行无损检测，所有的探伤作业仅限于探伤室内。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

(1) 本项目 X 射线探伤室内设有 L 型迷道，探伤室四侧墙体均采用 500mm 混凝土；顶棚采用 400mm 混凝土；工件防护门采用 14mm 铅板；人员防护门采用 8mm 铅板；地面为混凝土，不做特殊防护。探伤室屏蔽防护性能可以满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的相关要求。

(2) 探伤工作场所实行分区管理，划分监督区与控制区。探伤室内配有安全联锁装置、工作状态指示灯与声音提示装置、监视装置、急停按钮、固定式场所辐射探测报警装置等措施，以上安全防护措施可满足辐射安全和防护要求。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 主要污染因子

本项目主要污染因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物、废显(定)影液、废胶片及洗片废液。

(2) 辐射剂量率影响预测结论

经理论预测，本项目 X 射线探伤机在最大工况运行时，探伤室四周屏蔽墙及防护门外关注点辐射剂量率最大值为 $1.89\mu\text{Sv/h}$ ，顶棚外辐射剂量率最大值为 $15.91\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平。

(3) 个人剂量影响预测结论

经剂量估算，本项目辐射工作人员与公众成员的年有效剂量低于本项目剂量约束值要求(职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$)，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中“剂量限值”要求(职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$)。

(4) “三废”影响分析结论

本项目产生的臭氧和氮氧化物可通过机械通风系统排出探伤室，对周围环境空气质量影响较小。探伤洗片和评片过程产生的废显(定)影液、废胶片及洗片废液要求集中存放，由有资

质的单位回收处理，不得随意排放或废弃。

13.1.4 辐射安全管理结论

(1) 公司应成立辐射安全与环境保护管理机构，负责全单位的辐射安全与环境保护管理工作。同时应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

(2) 公司应组织所有辐射工作人员参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。

(3) 公司应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检有资质的单位检测（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），并建立个人剂量档案。辐射工作人员在上岗前、在岗期间和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每一年或两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的职业健康档案。同时，辐射工作人员脱离放射工作岗位时，公司应当对其进行离岗前的职业健康检查，建立个人健康档案，并长期保存。

13.1.5 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析

本项目为使用 X 射线探伤机对公司产品进行无损检测，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目；根据《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引（2019 年本）》中的相关规定，本项目不属于限制类、禁止（淘汰类）项目；根据《杭州市萧山区产业发展导向目录与产业平台布局指引（2021 年本）》中的相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目。综上所述，本项目符合国家和当地产业发展政策。

(2) 实践正当性分析

本项目的建设和运行满足了公司的发展需求，提高了产品的质量，具有良好的社会效益和经济效益。根据报告中分析，本项目经辐射防护屏蔽和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。

因此，从代价利益方面分析，本项目获得的利益远大于对环境的影响，具有明显的经济效率、社会效益，同时该项目的建设符合《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) 选址合理性分析

本项目租赁浙江省杭州市萧山区进化镇鹤池街 412 号 1 幢 101 杭州嘉盛仓储有限公司的部

分厂房，不涉及新增土地。本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。本项目探伤室周围 50m 范围内公司厂房内部、杭州嘉盛仓储有限公司仓库、木材加工厂、浙江信发绿色建材科技有限公司。探伤室评价 50m 范围无居民区、学校、医院、幼儿园、养老院等人员密集场所，无国家公园、自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、生态敏感区等环境敏感区域。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取有效的辐射屏蔽防护措施后（混凝土墙壁、铅板等），探伤室周围辐射剂量水平符合国家和地方规定的限值标准，其对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

（5）项目可行性分析

综上所述，本项目选址合理，符合“三线一单”相关要求，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位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，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

（1）公司应定期或不定期针对 X 射线装置的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查，确保仪器的完好和有效。

（2）针对本项目可能出现的辐射事故，公司应加强辐射工作人员的安全思想教育杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故的发生。

13.2.2 承诺

（1）公司承诺将严格按照报告表报批的设备类型、数量、场所建设，落实生态环境主管部门相应的污染防治措施和管理要求，接受生态环境主管部门的监督检查。

（2）本项目环评报批后，公司承诺及时向有权限的生态环境主管部申领《辐射安全许可证》。

（3）建设项目竣工后，公司承诺按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日