

核技术利用建设项目

宁波欧特传动技术有限公司
X 射线机室内探伤项目环境影响报告表
(报批稿)

宁波欧特传动技术有限公司

2022 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

宁波欧特传动技术有限公司
X 射线机室内探伤项目环境影响报告表
(报批稿)

建设单位名称： 宁波欧特传动技术有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址： 浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区

邮政编码： 315701 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.....	5
表 3 非密封放射性物质.....	5
表 4 射线装置.....	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	7
表 6 评价依据.....	8
表 7 保护目标与评价标准.....	10
表 8 环境质量和辐射现状.....	15
表 9 项目工程分析与源项.....	20
表 10 辐射安全与防护.....	25
表 11 环境影响分析.....	32
表 12 辐射安全管理.....	45
表 13 结论与建议.....	50
表 14 审批.....	53

附图

- 附图 1 项目地理位置示意图
- 附图 2 公司总平面布置图
- 附图 3 周边环境概况及评价范围示意图
- 附图 4 探伤室平面布置图及剖面图

附件

- 附件 1 营业执照
- 附件 2 主体项目批复
- 附件 3 委托书
- 附件 4 环境本底检测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宁波欧特传动技术有限公司 X 射线机室内探伤项目			
建设单位		宁波欧特传动技术有限公司			
法人代表	黄性富	联系人		联系电话	
注册地址		浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区			
项目建设地点		浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区			
立项审批部门		/		项目代码	/
建设项目总投资（万元）	300	项目环保投资（万元）	20	投资比例（环保投资/总投资）	6.7%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		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		
其它	/				
<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位情况</p> <p>宁波欧特传动技术有限公司（营业执照见附件 1，以下简称“建设单位”）成立于 2013 年 01 月 04 日，注册地位于浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区，法定代表人为黄性富。经营范围包括液力自动变速箱、液力变矩器、液力减速器、单向联轴器、分动箱、传动部件的研发、设计、制造、加工。</p> <p>建设单位拟于浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区，建设液力传动制造机械设备及配件加工制造项目，该项目已于 2015 年 12 月 14 日取得象山县环境保护局批复（批复文号：浙象环许[2015]402 号，详见附件 2）。</p> <p>1.1.2 项目建设目的和任务由来</p> <p>根据建设单位 5 年内发展需要，预计拟建 4 间 X 射线探伤室（每间 X 射线探</p>					

伤室配备 1 台 X 射线探伤机），需同时开展室内探伤工作，方可满足探伤需求；另拟购 1 台 XYG-22508/3 型 X 射线数字成像检测系统（最大管电压 225kV、最大管电流 8mA）。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年版）：辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号），本项目拟新增的工业用 X 射线探伤机、X 射线数字成像检测系统均属 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，宁波欧特传动技术有限公司委托杭州旭辐检测技术有限公司对本项目进行辐射环境影响评价。评价单位在对探伤场所进行辐射环境影响分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016），编制该项目的辐射环境影响报告表。

1.1.3 项目建设规模

经与建设单位核实，5 年内辐射活动规模为：4 间 X 射线探伤室，配备 4 台周向 X 射线探伤机（型号均为 XXH-2505），所有探伤机仅限在探伤室内工作；1 台 XYG-22508/3 型 X 射线数字成像检测系统（最大管电压 225kV、最大管电流 8mA），自带屏蔽铅房。

1.2 项目选址及周边保护目标

1.2.1 建设单位地理位置

项目建设地址位于浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区，其北侧隔村道为岙里弄村；东侧为七一省道；南侧为德克尔公司；西侧为洲海模具研发中心有限公司。项目地理位置示意图见附图 1，公司总平面布置见附图 2。

1.2.2 辐射工作场所地理位置

本次拟建 4 间探伤室位于建设单位 2#车间北侧空地、拟购的 1 台 X 射线数字成像检测系统位于 2#车间西侧区域，拟建址均为厂区内部，北侧为隔村道为岙里弄村，西侧为象山洲海模具研发中心有限公司，东侧为厂区外空地；本项目拟建址

北侧 38m 为岙里弄村村民住宅 31 号（2F）。周边环境概况及评价范围示意图见附图 3。

1.2.3 选址合法性、合理性分析

（1）土地利用总体规划符合性

本项目位于浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区，用地性质为工业用地，符合土地利用要求。

（2）产业政策符合性分析

本项目主体工程为设备制造业，本次为配套核技术利用项目，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中鼓励类：六 核能（8）——辐射防护技术开发。因此，项目建设基本符合产业政策要求。

1.2.4 与“三线一单”的符合性分析

根据《象山县生态环境功能区规划》，项目所在地属于限制准入区，生态环境功能小区名称为“象山滨海水域保护、基本农田保护、湿地生态保护、水源涵养与生物多样性保护生态功能小区”，功能区编号为 VI-20225B01。

环境准入负面清单：本项目属于核技术利用项目，不属于《浙江省工业污染项目（产品、工艺）禁止和限制发展目录（第一批）》中规定的禁止类和限制类项目；本项目不涉及饮用水源保护区，不属于二、三类工业企业类项目，项目产生少量废显（定）影液，交有资质单位处理不外排，不会对周围水环境造成影响；使用 X 射线探伤机时产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，臭氧量在环境中会自动分解，故本项目产生的废气基本不会对周围大气环境造成影响。项目投运后，不排放有总量控制指标的污染物。

资源利用上线：本项目不属于资源开发类项目，项目运营期利用的资源主要为电力资源，资源消耗量很少，没有突破资源利用上线。

环境质量底线：项目主要为辐射影响，区域辐射环境质量现状良好，项目运营后满足剂量限值的管理要求，对区域环境质量影响很小。

生态保护红线：本项目在浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区，本工程不涉及生态保护红线区。

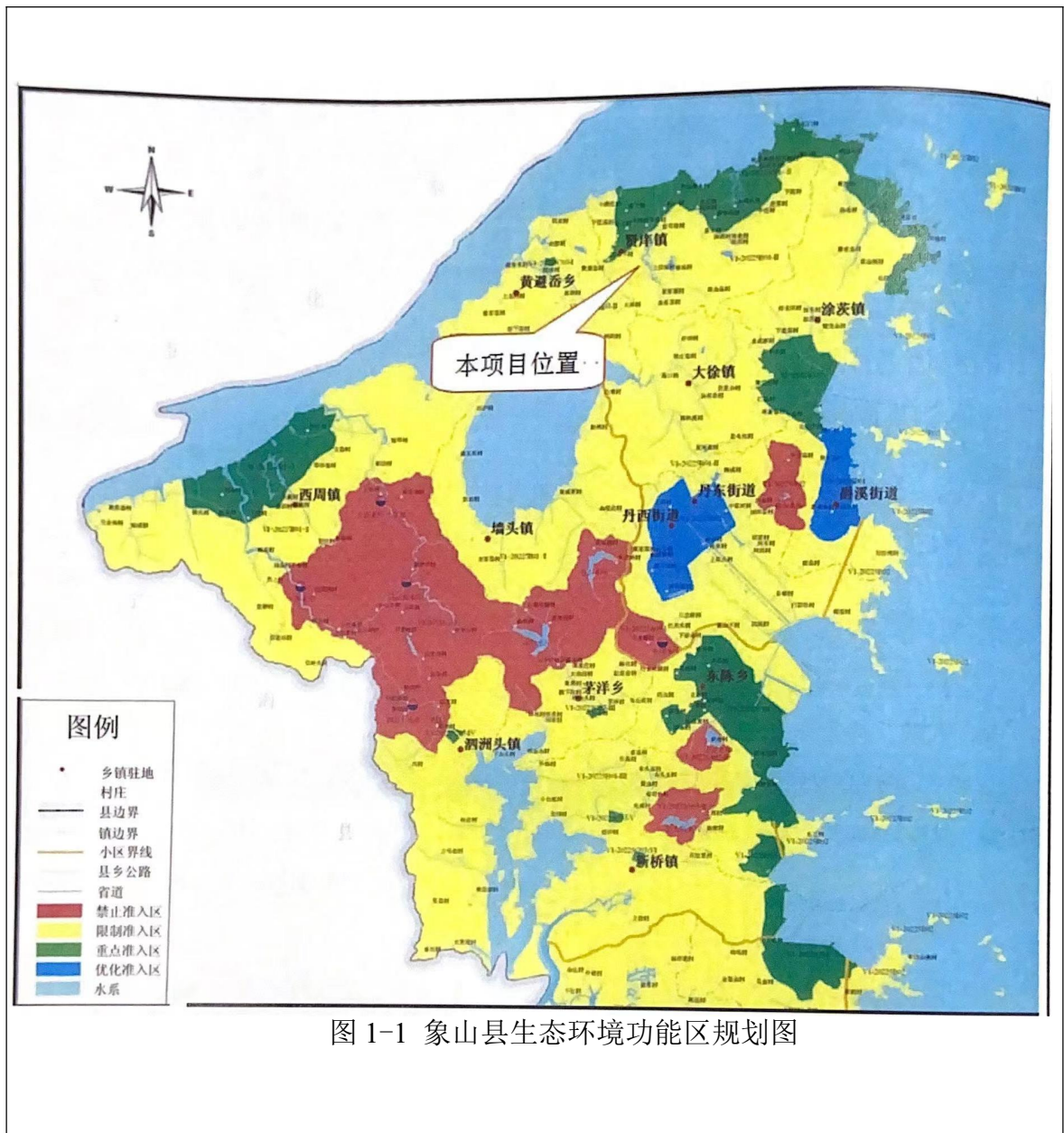


表 2 放射源

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

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)	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 (周向)	II	1	XXH-2505	250	5	工业探伤	1#探伤室	本次环评 本次新增
2	X射线探伤机 (周向)	II	1	XXH-2505	250	5	工业探伤	2#探伤室	
3	X射线探伤机 (周向)	II	1	XXH-2505	250	5	工业探伤	3#探伤室	
4	X射线探伤机 (周向)	II	1	XXH-2505	250	5	工业探伤	4#探伤室	
5	X射线数字成像检测系统	II	1	XYG-22508/3	225	8	工业探伤	铅房 (自带铅房)	

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
O ₃ 和 NO _x	气态	/	/	少量	少量	/	经探伤室排风系统排入大气环境	直接排入外环境，O ₃ 常温下可自动分解为氧气
废显（定）影液	液态	/	/	/	约 160L	/	集中收集后暂存于危废间	收集贮存后送有资质单位进行处理处置
废胶片	固态	/	/	/	约 400 张	/	集中收集后暂存于危废间	收集贮存后送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/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）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p style="text-align: center;">法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年；</p> <p>(4) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起实施；</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 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（第二次修正）》，国务院令 449 号，2019 年 3 月 2 日修正；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令 18 号，于 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理报告制度的通知》，原国家环保总局，环发[2006]145 号；</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令 55 号，2007 年 11 月 1 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) 《国家危险废物名录》，生态环境部令 15 号，2021 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(14) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日。</p>
<p style="text-align: center;">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》（HJ10.1—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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）。</p>

其它	<p>(1) 营业执照，见附件 1；</p> <p>(2) 主体项目批复，见附件 2；</p> <p>(3) 委托书，见附件 3；</p> <p>(4) 环境本底检测报告，见附件 4。</p>
----	--

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目污染为能量流污染，根据能量流的传播与距离相关的特性，结合《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）的相关规定，确定西侧为 1#探伤室墙外 50m，北侧和南侧均为 1#、2#、3#、4#探伤室墙外 50m，东侧为 4#探伤室墙外 50m 作为评价范围；X 射线数字成像检测系统铅房外 50m 作为评价范围。

7.2 保护目标

根据本项目评价范围确定环境保护目标，环境保护目标分布情况详见见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

序号	保护目标	方位	位置描述	数量 (人)	距离 (m)	年剂量 管理限 值
1	X 射线探伤机辐射工作人员	西侧	1#探伤室西侧操作室内(4 间探伤室共用 1 间操作室)	8	3~10	5mSv
2	X 射线数字成像检测系统辐射工作人员	东北角	操作位	2	1	
3	公众成员	探伤室四周	厂内其他非辐射工作区域	约 20	5-50	0.25mSv
		X 射线数字成像检测系统四周	厂内其他非辐射工作区域	约 20	5-50	
		西侧	洲海模具研发中心有限公司	约 20	10~50	
		北侧	岙里弄村民住宅 31 号(2F) 等 3 幢	约 12	最近约 38m	
岙里弄村道路	不定		最近约 16m			

注：探伤室为一层建筑，无上层、无下层。

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准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。

4.3.3 防护与安全的最优化

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

B1 剂量限值(标准的附录 B)

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

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

本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a)年有效剂量, 1mSv;

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤系统(以下简称 X 射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

4.1 防护安全要求

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全,操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 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 4.1.3；

b) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线系统才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。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。

4.1.6 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。“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它报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 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。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.1.11 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。

4.2 安全操作要求

4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当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。

4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

4.2.4 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

4.2.5 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。

4.2.6 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大必须开门探伤，应遵循 5.1、5.3、5.4、5.5 的要求。

6 放射防护检测

6.2 X 射线探伤室的检测和检查

6.2.1.4 结果评价

X 射线探伤装置在额定工作条件下，探伤室周围辐射水平应符合 4.1.3 和 4.1.4 的要求。

6.2.2 探伤室的安全检查

对正在使用中的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置，以及出束信号指示灯等安全措施，当同时使用多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室屏蔽要求，适用于 500kV 以下工业 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，不需要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价值层厚度（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，按最高管电压和相应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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

项目建设地址位于浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区，其北侧隔村道为岙里弄村；东侧为七一省道；南侧为德克尔公司；西侧为洲海模具研发中心有限公司。项目地理位置示意图见附图 1，公司总平面布置见附图 2。

本次拟建 4 间探伤室位于建设单位 2#车间北侧空地、拟购的 1 台 X 射线数字成像检测系统位于 2#车间西侧区域，拟建址均为厂区内部，北侧为隔村道为岙里弄村，西侧为象山洲海模具研发中心有限公司，东侧为厂区外空地；本项目拟建址北侧 38m 为岙里弄村村民住宅 31 号（2F）。周边环境概况及评价范围示意图见附图 3。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位及结果

(1) 环境现状评价的对象

本项目辐射工作场所周围。

(2) 监测因子

γ 辐射剂量率

(3) 监测点位

监测点位布点详见图 8-1、8-2。

(4) 监测方案

1、监测单位：杭州旭辐检测技术有限公司

2、监测日期：2022 年 3 月 2 日、2022 年 6 月 21 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》HJ1157-2021

5、监测频次：依据 HJ1157-2021 标准予以确定

6、监测工况：辐射环境本底

7、天气环境条件：2022 年 3 月 2 日温度为 12℃、相对湿度为 60%、天气状况为晴；2022 年 6 月 21 日温度为 32℃、相对湿度为 67%、天气状况为晴。

8、2022 年 3 月 2 日使用监测设备见表 8-1，2022 年 6 月 21 日使用监测设备见表 8-2。

表 8-1 γ 辐射剂量当量率仪参数与规范

仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	JC-5000
仪器编号	JC70-09-2019
能量响应	48KeV~3MeV $\leq\pm 30\%$ (相对于 ^{137}Cs)
量程	1nGy/h~200uGy/h, 1nSv/h~200uSv/h
检定证书	上海市计量测试技术研究院 (检定证书编号: 2021H21-10-3324684001 号) 有效期: 2021 年 5 月 31 日-2022 年 5 月 30 日

表 8-2 γ 辐射剂量当量率仪参数与规范

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	451P
仪器编号	JC90-05-2020
能量响应	>25keV
量程	0~50mSv/h
检定证书	上海市计量测试技术研究院 (检定证书编号: 2021H21-10-3430577001 号) 有效期: 2021 年 7 月 20 日-2022 年 7 月 19 日

(5) 质量保证措施

- a 合理布设检测点位, 保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- b 检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有合格证书上岗。
- c 检测仪器每年定期经有相应资质的计量部门检定, 并在有效期使用期内。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常, 确保仪器正常后方可进行监测。
- e 检测人员经过省级培训机构的监测技术培训, 并经考核合格, 做到持证上岗。
- f 检测人员按操作规程操作仪器, 测量方法选用质量手册有关本次检测项目的检测实施细则, 并做好记录。
- g 检测单位已通过了浙江省质量技术监督局计量认证。

(6) 监测结果

本项目辐射工作场所周围的 γ 辐射剂量率背景水平检测结果见表 8-3、表 8-4 (环境本底检测报告见附件 4)。

表 8-3 本项目辐射工作场所周围的 γ 辐射剂量率检测结果

点位序号	检测点位描述	辐射剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
★1	探伤室拟建址北侧	82	2.78
★2	探伤室拟建址东侧	81	2.63
★3	探伤室拟建址南侧	81	2.74
★4	探伤室拟建址西侧	82	3.07
★5	岙里弄村村民住宅 31 号 (2F) 南侧	82	1.79

注：检测结果未扣除宇宙射线的响应。

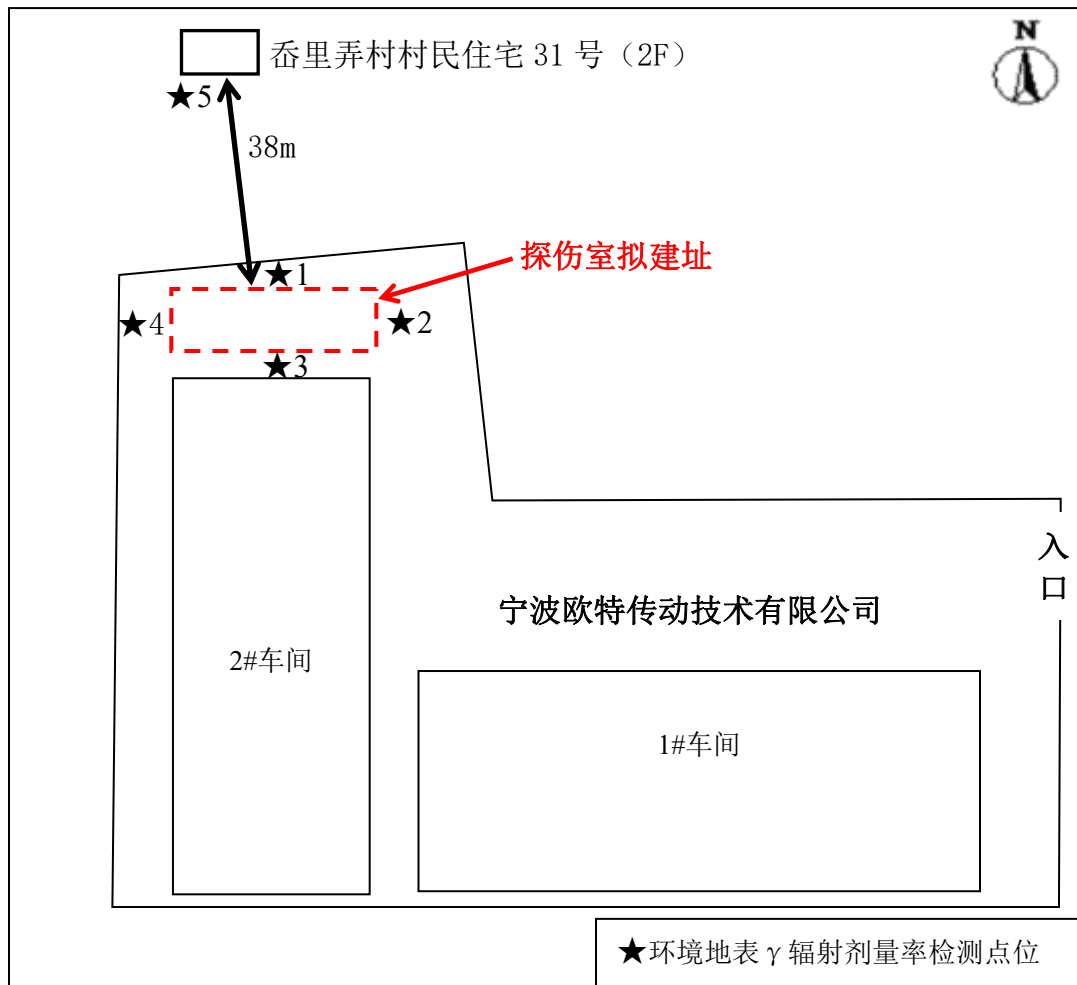


图 8-1 现场检测点位示意图

表 8-4 本项目辐射工作场所周围的 γ 辐射剂量率检测结果

检测点位	检测点位描述	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	
		平均值	标准差
★1	X 射线数字成像检测系统拟建址北侧	0.09	0.01
★2	X 射线数字成像检测系统拟建址东侧	0.08	0.01
★3	X 射线数字成像检测系统拟建址南侧	0.08	0.01
★4	X 射线数字成像检测系统拟建址西侧	0.09	0.01

注：检测结果未扣除宇宙射线的响应。

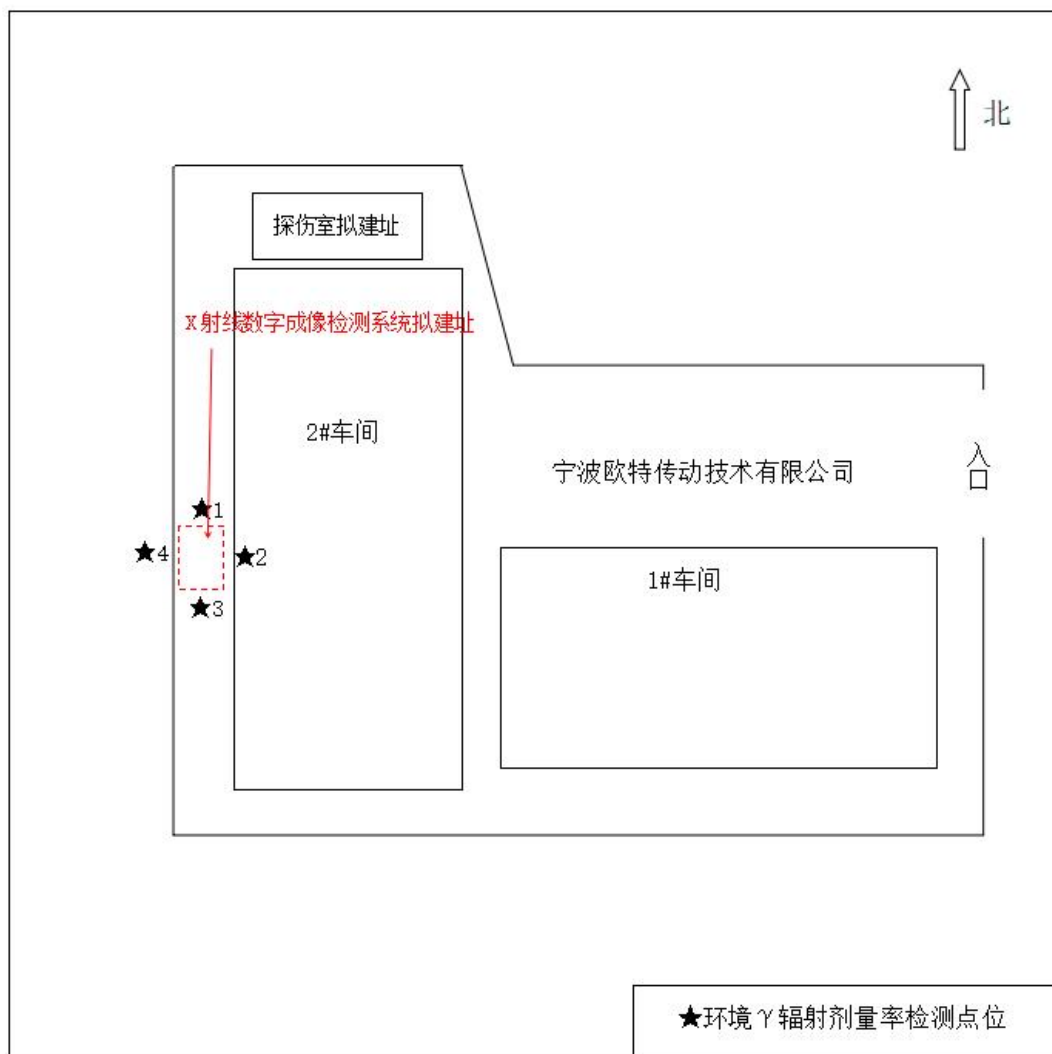


图 8-2 现场检测点位示意图

8.3 环境现状调查结果的评价

由表 8-3 的检测结果可知，本项目新建探伤室周围各现状检测点位的 γ 辐射剂量率在 $81\sim 82\text{nGy/h}$ 之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，象山县原野 γ 辐射剂量率在 $47\sim 84\text{nGy/h}$ 之间，可见本项目环境现状辐射水平与象山县原野 γ 辐射剂量率水平相当。

由表 8-4 的检测结果可知,本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址周围各现状检测点位的 γ 辐射剂量率在 0.08~0.09 μ Sv/h 之间,由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知,宁波市建筑物室内 γ 辐射剂量率在 80~194nGy/h 之间,可见本项目环境现状辐射水平与宁波市建筑物室内 γ 辐射剂量率水平相当。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备特点及作业方式

①X 射线探伤机

该建设单位购置的 X 射线探伤机具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min，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 线管充分冷却，防止过热。

建设单位因无损探伤工件产品(铸铝件)较多(工件产品一览表详见表 9-1)，为了提高工作效率，本项目共拟建 4 间探伤室，每间探伤室配备 1 台探伤机。因一整套设备需同时开展无损探伤，故 4 间探伤室内会存在同时作业的情况。

本项目（使用 X 射线探伤机）计划配置 8 名辐射工作人员，分为 4 组探伤小组，每组 2 名辐射工作人员，每组负责 1 间探伤室的开机探伤工作。预计每周工作 5 天，每天开机探伤 2h。

表 9-1 工件产品一览表

序号	工件名称	工件材质	工件形状	工件尺寸(长、宽、高, 单位 mm)	预计年排片量
1#探伤室	江阴箱体(铸造铝合金工艺验证用)	ZL101A	长方形	350*200*150	2000 张
2#探伤室	江阴箱盖(铸造铝合金工艺验证用)	ZL101A	长方形	300*150*80	2000 张
3#探伤室	支撑板(铸造铝合金工艺验证用)	ZL101A	长方形	250*150*60	2000 张
4#探伤室	备用(承揽国防科研项目需要具备的基础设施, 用于工艺验证用)	/	/	/	2000 张

②X 射线数字成像检测系统

X 射线数字成像检测系统通电时通过高压发生器、X 光管产生电子束，电子束撞击靶，产生 X 射线。利用不同物质和不同的物体结构对 X 射线衰减系数不相同。当 X 射线照射工件时，X 射线穿透金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线监测信号转换为光学图像，称为“光电转换”，用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行 A/D 转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上，显示出材料内的缺陷性质、大

小、位置信息，按照有关标准对检测结果进行等级评定，从而达到检测目的。

本项目（使用 X 射线数字成像检测系统）计划配置 2 名辐射工作人员，分为 2 组探伤小组，每组 1 名辐射工作人员。预计每周工作 5 天，每天开机探伤 2h。

9.1.2 工作原理

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

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-1。

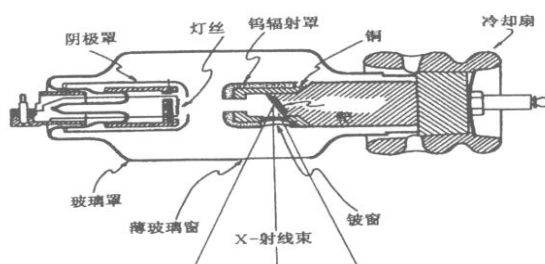


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

9.1.3 探伤过程

①X 射线探伤机

本项目 X 射线探伤机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板小车，送入探伤室，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

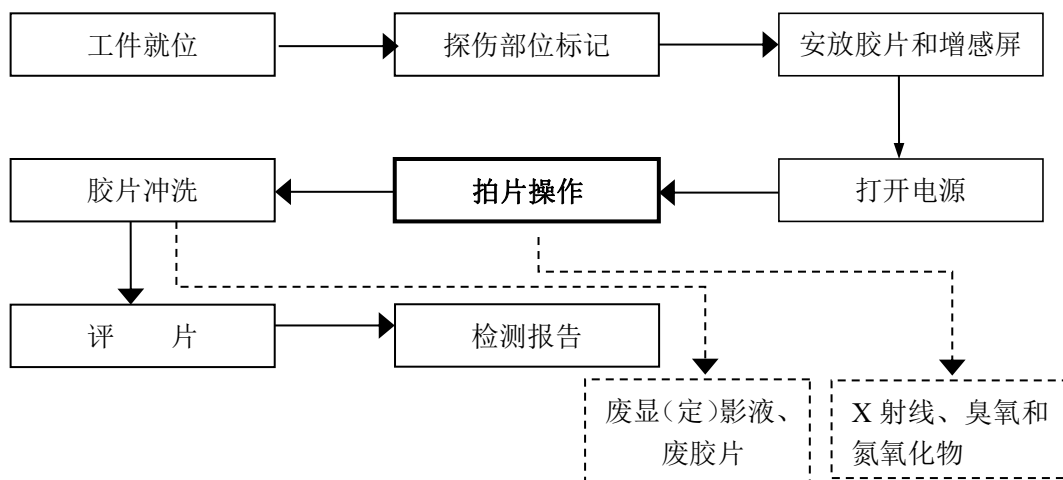
予评片，完成一次探伤。

②X 射线数字成像检测系统

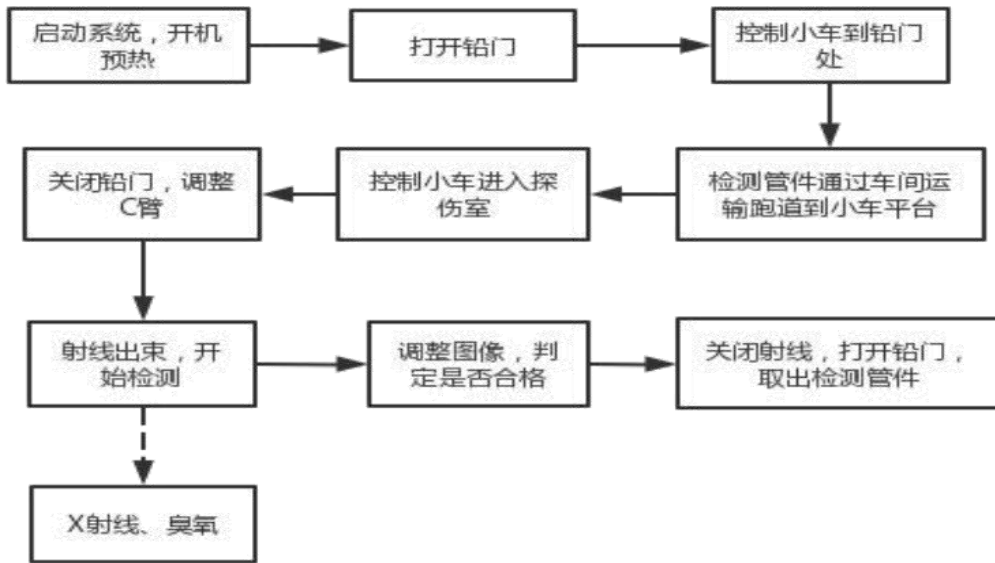
X 射线数字成像检测系统在进行 X 射线探伤检测工作时，首先逐一启动高压电源、电气控制系统，开机预热；开机预热 5-10min 后，检测人员打开工件进出门；通过操作台控制小车到工件进出门门口，检测工件通过车间内的工件运输跑道传送至小车平台上；然后通过操作台控制小车进入探伤室内；调整固定于 C 臂上的射线管及平板探测器，以实现最佳检测位置；在操作柜前按规程检测工件的具体情况将 X 射线数字成像检测系统的参数调至最佳状态，然后开始进行检测；检测时 X 射线数字成像检测系统机头位置不变，X 射线照射方向不变，固定工件的托盘或支架旋转，从而完成对检测工件的拍片，此时产生 X 射线和少量臭氧。检测完成后调整角度和图像效果，对检测工件进行判定分析是否合格；检测结束，系统自动关闭 X 射线探伤机出束；打开铅门，取出检测工件，分类摆放。

9.1.4 探伤工艺流程图及产污位置图

①X 射线探伤机



②X 射线数字成像检测系统



9.2 污染源项描述

9.2.1 X 射线

本项目探伤设备均为Ⅱ类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线为污染环境的主要因子。

9.2.2 废气

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，经通风口排出（通风换气次数不低于 3 次/h），臭氧量在环境中大概经 50 分钟自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/3，故有害气体对环境影响较小。

9.2.3 固体废物

X 射线探伤过程中产生的废显（定）影液及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，废物代码为 900-019-16，危险特性为 T（生态环境和人体健康具有有害影响的毒性），并无放射性。产生的废显（定）影液及胶片要求集中存放在危险废物暂存间内，并用独立的贮存容器进行存放，容器外张贴危废标志，废显影液、定影液暂存应对贮存容器双重保护（防渗、防腐），由专人保管，并与有资质的单位签订回收协议，定期送交有资质的单位处理，建立台帐。

危险废物暂存间须满足如下要求：

- （一）独立的贮存容器，专用于贮存危险废物。
 - （二）贮存容器外设置标识（警告标识+《危险废物信息公开栏》）。
 - （三）贮存容器位于危险废物暂存间内，应有防盗门锁，避免雨水落入或流入室内。
 - （四）危险废物暂存间内地面须硬化处理，贮存容器须防腐、防渗。
 - （五）危险废物暂存间内门口须有围堰（缓坡），防止废物向外泄露，地面应保持干净整洁。
 - （六）危险废物必须进行包装（桶装），不得散装，容器应完好无损，每一个包装桶均须张贴危险废物标签。
- X 射线数字成像检测系统不产生固体废物。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 屏蔽情况

①X 射线探伤室概况

根据建设单位提供的探伤室设计资料可知，1#、2#、3#、4#探伤室共用 1 间操作室，该操作室位于 1#探伤室西侧。本项目新建的 4 间探伤室各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1，探伤室平面布置图及剖面图见附图 4。

表 10-1 探伤室设计屏蔽情况一览表

1#、2#探伤室	
项目	内容
净尺寸	长 4m、宽 4m、高 3.5m
各屏蔽墙厚	500mm 混凝土墙（密度不小于 2.35g/cm ³ ） 2cm 硫酸钡（密度不小于 2.79g/cm ³ ）
顶部厚度	500mm 混凝土（密度不小于 2.35g/cm ³ ）
工件门	工件门洞宽 1800mm×高 2400mm，铅门尺寸为宽 2300mm×高 2700mm，敷设 16mm 厚铅板，左右搭接 250mm，上下搭接 150mm。按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。
通风管道	探伤室顶部
穿线管	设置 U 型穿线管系统
3#、4#探伤室	
项目	内容
净尺寸	长 3.5m、宽 4m、高 3.5m
各屏蔽墙厚	500mm 混凝土墙（密度不小于 2.35g/cm ³ ） 2cm 硫酸钡（密度不小于 2.79g/cm ³ ）
顶部厚度	500mm 混凝土（密度不小于 2.35g/cm ³ ）
工件门	工件门洞宽 1500mm×高 2400mm，铅门尺寸为宽 2000mm×高 2700mm，敷设 16mm 厚铅板，左右搭接 250mm，上下搭接 150mm。按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小。
通风管道	探伤室顶部
穿线管	设置 U 型穿线管系统

说明：8cm 混凝土（密度不低于 2.35g/cm³）相当于 1mmPb；1cm 钡水泥（密度 2.79g/cm³）相当于 1mmPb；硫酸钡施工简便、粘结牢靠、无腐、无毒、无味、不龟裂、不脱落。其次便是成本低、不需日后维护、物理性能稳定，同时也能减少辐射折反射和电离空气几率，从而有效降低散射强度和有害气体浓度。

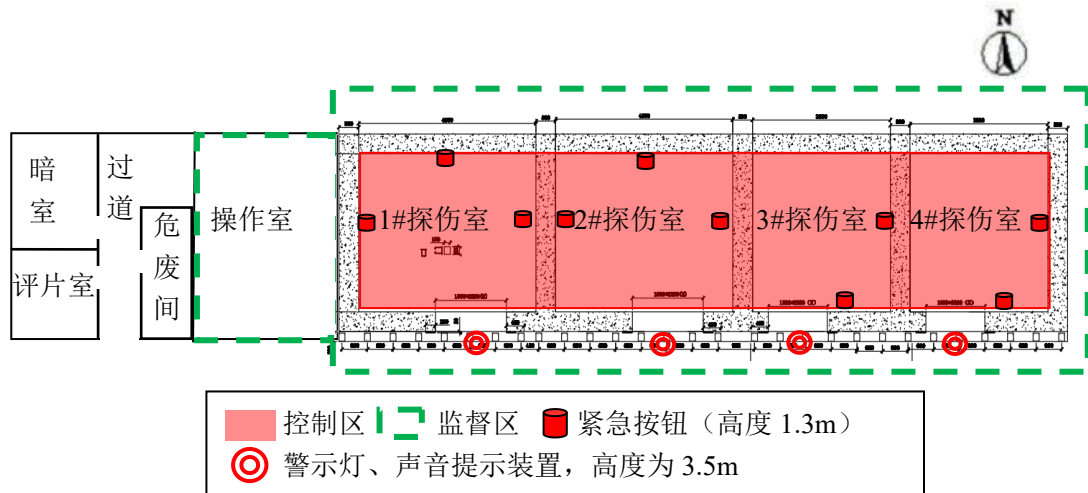


图 10-1 探伤室平面及分区布置示意图

根据表 11 环境影响分析可知，本项目 4 间探伤室屏蔽情况均符合要求。

②X 射线数字成像检测系统概况

根据设计资料，本项目铅房设计尺寸为 2133mm(长)×2378mm(宽)×2588mm(高)，门洞尺寸为 940mm(宽)×1970mm(高)，防护门（即工件门）尺寸为 1000mm(宽)×2010mm(高)，防护门厚度为 10Pb+4mm 钢板；铅房为六面防护，右面为主射面，防护厚度为 14Pb+4mm 钢板，其他五面的防护厚度为 10Pb+4mm 钢板；走线口在后面（与工件门相对面），开口处有铅防护罩，防护厚度 10Pb+4mm 钢板；通风口在铅房上面，开口尺寸为 120mm×120mm，开口处有铅防护罩，防护厚度为 10Pb+4mm 钢板，风机排风，通风量为 200CFM。

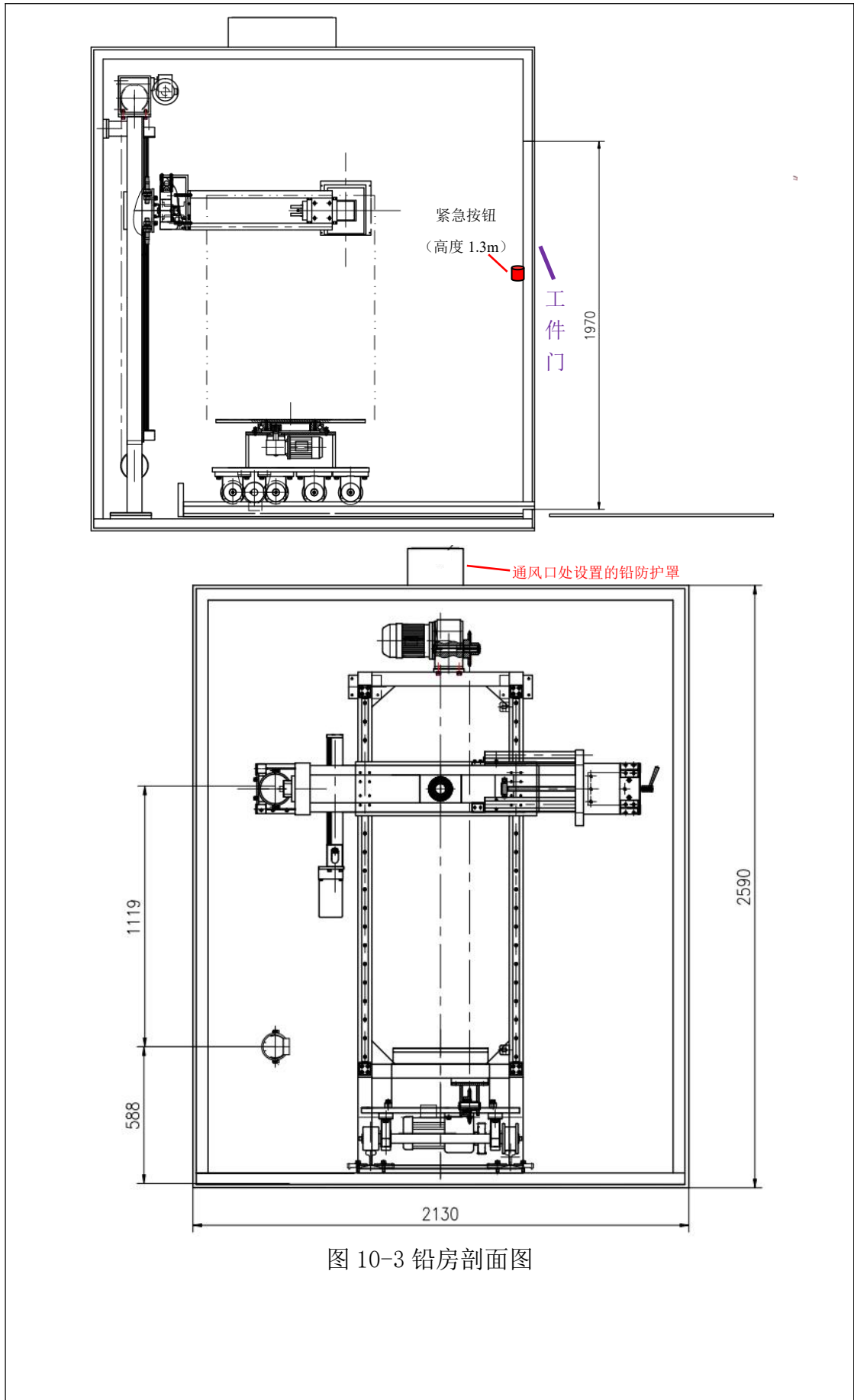


图 10-3 铅房剖面图

10.1.2 污染防治措施

一、X 射线探伤室

(1) 对探伤工作场所实行分区管理。将并排的 4 间探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划（暗室、操作室墙外 1m）为监督区，详见图 10-2。

(2) 每间探伤室外醒目位置设计有设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续足够长的时间，可确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其它报警信号有明显区别。照射状态指示装置与 X 射线探伤机联锁。

(3) 每间探伤室安装门-机联锁装置，只有在门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。

(4) 每间探伤室防护门上设置电离辐射警告标志，并用中文注明“当心电离辐射”，探伤室门外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(5) 探伤室内设计有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，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。按钮带有标签,标明使用方法。

(6) 每间探伤室内 X 射线机操作电缆设计为 U 型穿线管系统。

(7) 每个辐射工作人员均须配备个人剂量计，并按实际情况配置相应数量的剂量报警器，并须配备 1 台辐射剂量检测仪。

(8) 须建立探伤机的档案和台帐，贮存、使用探伤机时及时进行登记、检查，做到帐物相符，并要求有专人负责保管。

(9) 探伤机设计有固定存放场所，并且要有防盗措施。

(10) 每间探伤室设计有设置机械通风装置，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不小于 3 次。

(11) 控制台的设置：①设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。②设置有高压接通时的外部报警或指示装置。③控制台上设置有与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。④设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开

关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。⑤设置有紧急停机开关。⑥设置有辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

二、X 射线数字成像检测系统

本项目 X 射线数字成像检测系统操作台位于铅房东北角，控制台操作面板上设置钥匙开关和紧急停机按钮，钥匙开关授权专人使用，紧急停机按钮确保紧急事故照射时，能立即停止照射；铅房的东侧上方设有警示灯、声音提示装置，X 射线系统高压开启时，铅房外提供警示信号，工件门与射线机设有联锁保护装置，只要工件门打开，系统立刻停止发生射线，保证周围环境人员的安全；铅房表面张贴有电离辐射防护警示标识，告诫无关人员尽量远离该区域。

为了保障工作场所以及周边环境的辐射安全，减轻无损检测过程中对周边环境的影响程度，预防辐射事故发生，依据国家相关标准，本项目还应采取如下安全措施：

(1) 作业场所张贴操作规程、相关规章制度，操作人员严格按照操作规程进行操作。

(2) 对 X 射线数字成像检测系统工件门、门-机联锁装置、声光报警装置等安全设施进行经常性的检查、维护，防止安全装置带故障运行。

(3) 建设单位拟配备有 1 台 X- γ 辐射剂量率监测仪器，定期按照监测计划监测铅房表面、周围区域以及操作位置处辐射剂量率，做好监测记录，存档备查。

(4) 对 2 名辐射工作人员配备个人剂量计，定期送有资质单位进行监测（每季度送检一次），随时掌握受照剂量，使作业人员受到的辐射附加剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 标准要求。

(5) 进入作业环境，辐射工作人员应佩戴个人剂量报警仪。当辐射水平超过设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，放射性操作人员应立即离开工作场所，同时阻止其他人员进入场所，并立即向辐射防护负责人报告。

10.2 三废的治理

(1) 探伤室、铅房均设计有 U 型通风管，工作期间应保证探伤作业时开启通风管进行机械排风，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，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度。

(2) 该公司每年拍片探伤过程产生一定量的废显、定影液及胶片，这些废显、定影液及胶片要求集中存放在危险废物暂存间内，并用独立的贮存容器进行存放，容器外张贴危废标志，废显影液、定影液暂存应对贮存容器双重保护，地面硬化，须做好防腐、防渗，设置围堰，设置危废标示，并由专人保管，并与有资质的单位签订废液回收协议，定期送交有资质的单位处理，建立废显影液、定影液处理台账管理制度和转移联单管理制度。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线探伤机、X 射线数字成像检测系统只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在配备过程中，未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算的评价方法来预测本项目建成投入使用后的辐射环境影响。

11.2.1 X 射线探伤室

(1) 计算公式及参数选取

为评价新建 4 间探伤室的辐射屏蔽设计方案，采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中关于探伤室辐射屏蔽的估算方法。

本项目拟建的 4 间探伤室的屏蔽情况、所使用的探伤设备均为一致，但 3#、4#探伤室面积小于 1#、2#探伤室，故本次评价以 3#探伤室为例进行辐射估算预测，评价其使用探伤设备的屏蔽情况。

本次评价的设备均为 XXH-2505 型 X 射线探伤机（周向机），主射方向为四侧墙体，因此本次估算将探伤室的四侧墙体及防护门均以有用线束照射的主射面进行预测，顶棚以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）进行估算，探伤室位于地上一层，无上层，无地下室，底部为混凝土材料；因此不对地面进行屏蔽计算。

(2) 有用线束的屏蔽估算

关注点的剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-1）计算：

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

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）；

H₀：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 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1。本评价保守取值，选取 250kV 管电压对

应的输出量 $16.5\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

B: 屏蔽透射因子（根据给定的屏蔽物质厚度，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录图 B.1 和图 B.2 曲线所查出）；

R: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 m。

本项目 3#探伤室长、宽、高分别为 3.5m、4m、3.5m。以辐射原点（靶点）位于内部尺寸三分之一位置处（东墙、西墙：3.5m 长 \times 1/3+0.5m 厚混凝土+0.3m=1.97m；北墙、南墙：4m 长 \times 1/3+0.5m 厚混凝土+0.3m=2.13m），有用线束分别直射水平方向各面屏蔽墙体，计算各面屏蔽墙（防护门）外 30cm 关注点的辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-1。

表 11-1 射线装置主射线屏蔽墙外环境辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	R (m)	X (mm)	B	H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	
3# 探 伤 室	东墙外 30cm	5	9.9×10^5	1.97	660（混凝土）	3×10^{-7}	0.38
	南墙外 30cm	5	9.9×10^5	2.13	660（混凝土）	3×10^{-7}	0.33
	西墙外 30cm	5	9.9×10^5	1.97	660（混凝土）	3×10^{-7}	0.38
	北墙外 30cm	5	9.9×10^5	2.13	660（混凝土）	3×10^{-7}	0.33
	工件门外 30cm	5	9.9×10^5	1.79	16（铅）	3×10^{-7}	0.46
	北：岙里弄 村民住宅 31 号（2F）	5	9.9×10^5	38	660（混凝土）	3×10^{-7}	1.03×10^{-3}
	岙里弄村 道路	5	9.9×10^5	16	660（混凝土）	3×10^{-7}	5.80×10^{-3}

*说明：各侧为 500mm 厚混凝土+2cm 硫酸钡（1cm 钡水泥相当于 1mmPb，8cm 混凝土相当于 1mmPb，故 2cm 硫酸钡换算成混凝土为 160mm 厚）。

在 X 射线探伤机正常工作下，3#探伤室主射方向的辐射剂量率贡献值最大为 $0.46\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

（3）泄漏辐射和散射辐射屏蔽估算

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下面公式（11-2）计算，

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位，本项目取值：3#探伤室顶部混凝土 500mm；

TVL：半值层厚度，本项目取值：250kV 管电压的半值层厚度：混凝土 90mm。

①泄漏辐射屏蔽的估算方法如下：

泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} ，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 可按下面公式（11-3）计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

B：屏蔽透射因子；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 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 $\mu\text{Sv/h}$ ，取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，本项目取值 5×10^3 。

根据公式（11-2）、（11-3）计算 3#探伤室顶棚外 30cm 处关注点泄漏辐射剂量率水平，其中辐射源点（靶点）至顶棚的距离为 3.3m（3.5m 探伤室高度+0.5m 顶棚混凝土+0.3m-0.2m 工件高度-0.8m 探伤室高度=3.3m），相关计算参数及计算结果见表 11-2。

表 11-2 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	X (mm)	B	TVL (mm)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
3#探伤室顶棚外 30cm	5×10^3	3.3	500 (混凝土)	2.8×10^{-6}	90 (混凝土)	1.29×10^{-3}

②散射辐射屏蔽的估算方法如下：

对于给定屏蔽物质厚度 X，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 2，XXH-2505 型 X 射线探伤机散射后管电压值为 200kV，并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按公式（11-2）计算相应的辐射屏蔽透射因子 B。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式（11-4）

计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

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）；

H₀：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴，见附录表 B.1；

B：屏蔽透射因子；

F：R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）；

α：散射因子；

R₀：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

R：散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

根据公式（11-4）计算 3#探伤室顶棚外 30cm 处关注点散射辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	I (mA)	H ₀ μSv·m ² /(mA·h)	R (m)	TVL (mm)	B	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	\dot{H} (μSv/h)
3#探伤室 顶棚外 30cm	5	5.34×10 ⁵	3.3	86	1.53×10 ⁻⁶	1/50	7.5×10 ⁻³

从理论预测数据可见，在 X 射线探伤机正常工作状态下，3#探伤室顶棚上方 30cm 处的泄漏辐射剂量率贡献值约为 1.29×10⁻³ μSv/h，散射剂量率贡献值约为 7.5×10⁻³ μSv/h，如果将泄漏辐射和散射辐射的剂量率贡献值叠加，则总辐射剂量率约为 8.79×10⁻³ μSv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μSv/h。的要求。

由 3#探伤室理论预测计算结果可知，本项目其余 1#、2#、4#探伤室，在同样使用 XXH-2505 型 X 射线探伤机时，其对周围的辐射剂量率亦能满足辐射防护要求。

（4）辐射剂量叠加影响分析

因本项目 4 间探伤室并排布置，考虑 4 间探伤室同时开机运行，故须考虑叠加影响。根据探伤室布置情况，本次评价叠加影响预测点示意图（红色箭头为主射线路径）见图 11-1。

因③点位于1#探伤室西侧、④点位于4#探伤室东侧，其余三间探伤室内探伤机运行时，X射线需要至少穿越两道屏蔽墙体，故4间探伤室同时运行对该两点的叠加影响可忽略，仅分别只需考虑1#探伤室、4#探伤室开机运行时的影响即可。

①点位于4间探伤室北侧中心位置，距离北侧屏蔽墙1m处；②点位于4间探伤室南侧中心位置，距离南侧屏蔽墙1m处；⑤点位于4间探伤室顶棚中心位置高1m处；⑥点位于番里弄村村民住宅31号（2F）38m处；重点考虑①、②点的叠加影响。

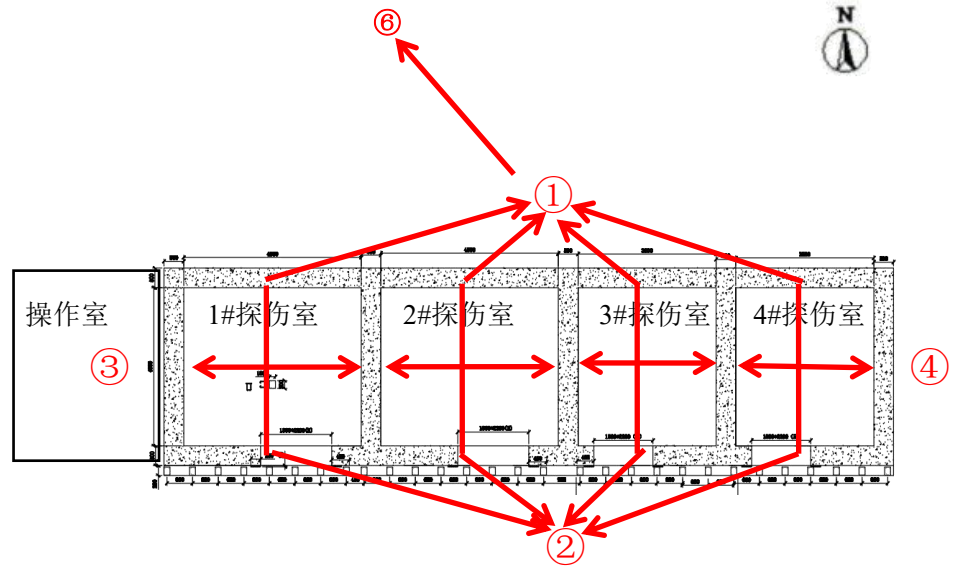


图 11-1 叠加影响预测点示意图（红色箭头为主射线路径）

由前文的理论计算方法计算可知，各关注点辐射剂量率水平相关计算参数及计算结果见表 11-4。

表 11-4 叠加剂量相关计算参数及计算结果

预测点	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{h}$)	R (m)	X (mm)	B	H ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)
①	5	9.9×10^5	1#探伤室距预测点①: 5.9	660 (混凝土)	3×10^{-7}	0.04	0.51
			2#探伤室距关注点①: 2.8			0.19	
			3#探伤室距预测点①: 2.5			0.23	
			4#探伤室距预测点①: 5.5			0.05	
②			1#探伤室距预测点②: 5.9	660 (混凝土)	3×10^{-7}	0.04	0.51
			2#探伤室距预测点②: 2.8	16 (铅)		0.19	
			3#探伤室距预	16 (铅)		0.23	

			测点②: 2.5				
			4#探伤室距预 测点②: 5.5	660 (混凝土)		0.05	
③			1.97	660 (混凝土)		0.38	/
④			1.97	660 (混凝土)		0.38	/
⑤			10	500 (混凝土)	2.8×10^{-6}	1.37	/
⑥			38	660 (混凝土)	3×10^{-7}	1.03×10^{-3}	/

由表 11-4 计算结果可知, 在 4 间探伤室同时运行的情况下, 预测点①、②的叠加剂量为 $0.51 \mu\text{Sv/h}$; 预测点③、④的剂量为 $0.38 \mu\text{Sv/h}$; 预测点⑤的叠加剂量为 $1.37 \mu\text{Sv/h}$; 预测点⑥的叠加剂量为 $1.03 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

(5) 天空反散射的影响分析

本次评价的探伤室顶棚周围剂量率最大值为 $1.37 \mu\text{Sv/h}$, 小于本项目的控制限值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$; 而 X 射线探伤机产生的射线经过探伤室的顶棚天空反散射至地面的辐射剂量率更低, 叠加有用线束经屏蔽后产生的剂量率也能满足本项目的控制限值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(6) 臭氧影响分析

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, 经通风口排出至探伤室外 (通风换气次数不低于 3 次/h), 臭氧量在环境中大概经 50 分钟自动分解, 氮氧化物产额约为臭氧的 1/3, 远低于无组织排放浓度限值, 故有害气体对环境的影响较小。

(7) 探伤室外有关人员辐射年有效剂量估算

① 居留因子的选取

不同场所与环境条件下的居留因子取值见表 11-5。

表 11-5 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
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。

② 剂量估算

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

$$H_{Er} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv/a) \dots\dots\dots (11-5)$$

其中： H_{Er} : X 射线外照射人均年有效剂量当量， mSv/a；

D_r : X 射线空气吸收剂量率， nGy/h。

t : X 射线照射时间， h/a；

0.7: 剂量换算系数， Sv/Gy。

根据建设单位提供的资料，建设单位实际每天开机曝光时间为 2h，每周工作 5 天，年工作 52 周。为保守计算，以 1 名探伤操作人员完成 4 间探伤室的所有探伤工作（年拍片约 8000 张，拍片 1 次约 3~5 分钟）进行计算，可计算出平均每年开机探伤的累积时间为： $2 \times 5 \times 52 = 520h/a$ 。

由前面预测计算出各关注点的辐射剂量率贡献值和探伤机的出束年累积时间，并考虑相关的居留因子计算了工作人员和公众的年剂量，其中具体见表 11-6。

表 11-6 探伤机运行时周围工作人员和公众的年剂量估算值

预测点	剂量值 $\mu Sv/h$	居留因子 T	探伤机工作时间 t	年剂量估算值 mSv/a	类型
①、②	0.51	1/4	520	0.07	公众
③	0.38	1	520	0.20	辐射工作人员
④	0.38	1/4	520	0.05	公众
顶棚	辐射工作人员、公众无法到达				
北： 岙里弄村民住宅 31 号（2F）等	1.03×10^{-3}	1/4	520	1.34×10^{-4}	公众
岙里弄村道路	5.80×10^{-3}	1/4	520	7.54×10^{-4}	公众

由表 11-5 可知，探伤室辐射工作人员最大可能年照射剂量为 0.20mSv/a，公众最大可能年照射剂量为 0.07mSv/a。均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“管理限值”的要求和本次评价年剂量管理限值（工作人员 5mSv/a，公众 0.25mSv/a）要求。

（8）屏蔽能力分析

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射

线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的规定，结合该建设单位 3#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，对该建设单位使用的 4 间探伤室的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

A.4 间探伤室的设置已充分考虑周围的放射安全，且 4 间探伤室与操作台分开；4 间探伤室工件出入门防护性能（工件门有 16mm 厚的铅板）、各侧墙的防护性能及顶棚的防护性能结合理论计算结果可知，均已能满足辐射防护要求。

B.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辐射照射能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量管理限值”的要求。

因此，该建设单位 4 间探伤室屏蔽能力能达到管电压不大于 250kV、管电流不大于 5mA 的 X 射线探伤机正常工作时的辐射防护要求。

11.2.2 X 射线数字成像检测系统

（1）计算公式及参数选取

为评价铅房的辐射屏蔽设计方案，采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中关于探伤室辐射屏蔽的估算方法。

本次评价的 X 射线数字成像检测系统为定向机，主射方向为右面，因此本次估算将铅房的右面以有用线束照射的进行预测。其他五面均以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）进行估算。

（2）有用线束的屏蔽估算

关注点的剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-1）计算。

本项目铅房 2133mm（长） \times 2378mm（宽） \times 2588mm（高）。辐射原点（靶点）位于距离左面 353mm，有用线束直射右面屏蔽体，计算右面屏蔽体外 30cm 关注点的辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-7。

表 11-7 射线装置主射线屏蔽墙外环境辐射剂量率水平预测参数及结果

铅房关注点	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	R (m)	X (mm)	B	H ($\mu\text{Sv/h}$)
右面外 30cm	8	6.84×10^5	2.08	14（铅）	5×10^{-7}	0.63

在 X 射线数字成像检测系统正常工作下，主射方向的辐射剂量率贡献值最大为 0.63 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定的关注点

最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽估算

根据公式 (11-2)、(11-3) 计算铅房非主射方向外 30cm 处关注点泄漏辐射剂量率水平, 相关计算参数及计算结果见表 11-8。

表 11-8 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	X (mm)	B	TVL (mm)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
左面外 30cm	5×10^3	0.653	10 (铅)	2.23×10^{-5}	2.15 (铅)	0.26
前面外 30cm	5×10^3	1.314	10 (铅)	2.23×10^{-5}	2.15 (铅)	0.06
后面外 30cm	5×10^3	1.664	10 (铅)	2.23×10^{-5}	2.15 (铅)	0.04
顶棚外 30cm	5×10^3	1.0812	10 (铅)	2.23×10^{-5}	2.15 (铅)	0.10
底面	5×10^3	2.1055	10 (铅)	2.23×10^{-5}	2.15 (铅)	0.03

② 散射辐射屏蔽的估算方法如下:

对于给定屏蔽物质厚度 X, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中表 2, X 射线数字成像检测系统散射后管电压值为 200kV, 并查附录 B 表 B.1 的相应值, 确定 90° 散射辐射的 TVL, 然后按公式 (11-2) 计算相应的辐射屏蔽透射因子 B。根据公式 (11-4) 计算铅房非主射方向外 30cm 处关注点散射辐射剂量率水平, 相关计算参数及计算结果见表 11-9。

表 11-9 散射辐射剂量率水平预测参数及结果

关注点	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	R (m)	TVL (mm)	B	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
左面外 30cm	8	5.34×10^5	0.653	1.4 (铅)	7.2×10^{-8}	1/50	0.01
前面外 30cm	8	5.34×10^5	1.314	1.4 (铅)	7.2×10^{-8}	1/50	3.56×10^{-3}
后面外 30cm	8	5.34×10^5	1.664	1.4 (铅)	7.2×10^{-8}	1/50	2.22×10^{-3}
顶棚外 30cm	8	5.34×10^5	1.0812	1.4 (铅)	7.2×10^{-8}	1/50	5.26×10^{-3}
底面	8	5.34×10^5	2.1055	1.4 (铅)	7.2×10^{-8}	1/50	1.39×10^{-3}

从理论预测数据可见, 在 X 射线数字成像检测系统正常工作状态下, 将泄漏辐射和散射辐射的剂量率贡献值叠加, 详见表 11-10。

表 11-10 泄漏辐射和散射辐射的剂量率贡献值叠加影响一览表

关注点	泄漏辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
左面外 30cm	0.26	0.01	0.27
前面外 30cm	0.06	3.56×10^{-3}	0.06
后面外 30cm	0.04	2.22×10^{-3}	0.04
顶棚外 30cm	0.10	5.26×10^{-3}	0.11
底面	0.03	1.39×10^{-3}	0.03

由表 11-10 可知,非主射方向外表面 30cm 处的泄漏辐射和散射辐射的叠加剂量率最大 0.27 $\mu\text{Sv/h}$,满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

(4) 天空反散射的影响分析

本次评价的铅房顶棚周围剂量率最大值为 0.11 $\mu\text{Sv/h}$,小于本项目的控制限值 2.5 $\mu\text{Sv/h}$;而 X 射线数字成像检测系统产生的射线经过顶棚天空反散射至地面的辐射剂量率更低,叠加有用线束经屏蔽后产生的剂量率也能满足本项目的控制限值 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(5) 臭氧影响分析

X 射线数字成像检测系统在开机状态下,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,经通风口排出至车间外(通风换气次数不低于 3 次/h),臭氧量在环境中大概经 50 分钟自动分解,氮氧化物产额约为臭氧的 1/3,远低于无组织排放浓度限值,故有害气体对环境的影响较小。

(6) 探伤室外有关人员辐射年有效剂量估算

① 居留因子的选取

不同场所与环境条件下的居留因子取值见表 11-11。

表 11-11 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
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。

② 剂量估算

根据建设单位提供的资料，X 射线数字成像检测系统实际每天开机曝光时间为 2h，每周工作 5 天，年工作 52 周。为保守计算，以 1 名探伤操作人员完成探伤工作，可计算出平均每年开机探伤的累积时间为： $2 \times 5 \times 52 = 520\text{h/a}$ 。

由前面预测计算出各关注点的辐射剂量率贡献值和探伤机的出束年累积时间，并考虑相关的居留因子计算了工作人员和公众的年剂量，其中具体见表 11-12。

表 11-12 探伤机运行时周围工作人员和公众的年剂量估算值

预测点	剂量值 $\mu\text{Sv/h}$	居留因子 T	探伤机工作时间 t	年剂量估算值 mSv/a	类型
右面外 30cm	0.63	1/4	520	0.08	公众
左面外 30cm	0.27	1/4	520	0.04	公众
前面外 30cm	0.06	1	520	0.03	辐射工作人员
后面外 30cm	0.04	1/4	520	5.2×10^{-3}	公众
顶棚外 30cm	0.11	1/4	520	0.01	公众
底面	0.03	1/4	520	3.9×10^{-3}	公众

由表 11-12 可知，X 射线数字成像检测系统辐射工作人员最大可能年照射剂量为 0.03mSv/a ，公众最大可能年照射剂量为 0.08mSv/a 。均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“管理限值”的要求和本次评价年剂量管理限值（工作人员 5mSv/a ，公众 0.25mSv/a ）要求。

（7）屏蔽能力分析

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的规定，结合该建设单位铅房屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该建设单位使用的 X 射线数字成像检测系统的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

A. 铅房的设置已充分考虑周围的放射安全，且铅房与操作台分开；铅房右面为主射面，防护厚度为 14mmPb ，其余五面防护厚度为 10mmPb ，结合理论计算结果可知，均已能满足辐射防护。

B.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辐射照射能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量管理限值”的要求。

因此，该铅房屏蔽能力能达到管电压不大于 225kV、管电流不大于 8mA 的 X 射线数字成像检测系统正常工作时的辐射防护要求。

11.4 固体废物环境影响分析

X 射线探伤过程中产生的废显（定）影液及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物，危废代码为 HW16：900-019-16，危险特性为 T（生态环境和人体健康具有有害影响的毒性），并无放射性，产生的废显（定）影液及胶片集中存放在危险废物暂存间内，废显影液、定影液暂存应对贮存容器双重保护，防渗、防腐，由专人保管，并与有资质的单位签订回收协议，定期送交有资质的单位处理，建立台帐。

X 射线探伤机使用过程中预计探伤室年拍片总量为 8000 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 160L，每年产生废胶片约 400 张（废片率按 5%计算），该部分危险废物定期送交有资质的单位处理，完好的胶片由公司定期建档备查。由以上分析可知，本项目产生固体废物对环境影响较小。

11.5 事故影响分析

该项目使用的射线装置属 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，致使铅防护门未完全关闭，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；或工作人员误入铅房，使其受到额外的照射。

2. 人为故意引起的辐射照射。

为了杜绝事故发生，建设单位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。

发生上述辐射事故时，现场操作人员或工作人员首先须立即切断电源，同时事故单位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 2 小时内填写《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，还应同时向当地卫生行政部门报

告。如发生射线装置被盗的事故，则还须向公安部门报告。

11.6 事故预防措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

(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) 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，建设单位需制定《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置使用登记制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备维修维护制度》、《操作规程》、《辐射事故应急措施》、《人员培训计划》、《监测方案》等制度。

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，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

(3) 每月检查探伤室的门机联锁装置和门灯联锁装置，确保在防护铅门关闭后，X 射线探伤机才能进行照射；

(4) 每月对使用射线装置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。

(5) 本项目拟配备 10 名辐射工作人员（其中 8 名负责 4 间探伤室，2 名负责铅房），须参加辐射安全与防护知识考核，成绩合格后方可上岗。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构的设置、人员配备及职能

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及生态环境主管部门的要求，使用 II 类射线装置的，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。该单位必须制定的《放射防护安全管理机构及职责》内容包括：

①该单位应确定本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。

②辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

③辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施。

环评要求：建设单位应补充管理领导小组人员的电话号码，并根据射线装置使用情况和管理要求细化相关人员的职责分工，明确责任，以进一步适应后期运行要求。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 辐射工作人员培训

该单位须组织从事辐射操作的工作人员参加辐射安全和防护知识考核，合格后才能上岗。不参加或考核不合格的人员，不能继续进行辐射操作。

(2) 个人剂量监测

辐射工作人员均须配备个人剂量计，个人剂量计每 3 个月到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理：个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满 75 周岁或停止辐射工作满 30 年。

(3) 职业健康检查

该单位须组织辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。具体如下：

(1) 该单位必须制定《操作规程》。

a. 凡涉及对射线装置进行的操作，都有应有明确的操作规程，操作人员必须按操作规程进行操作。

b. 操作人员必须熟悉探伤机的性能和使用方法，并做好相应的个人防护，操作规程应张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作。

(2) 该单位必须制定《岗位职责》。

该公司必须制定评片人员职责、拍片操作人员职责和暗室处理人员职责。

(3) 该单位必须制定《辐射防护和安全保卫制度》。

a. 射线装置的使用场所，应有门—机联锁安全装置、开机工作警示灯，电离辐射警示标志及中文警示说明等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

b. 建立射线装置的档案和台帐，贮存、使用射线装置时及时进行登记、检查，做到帐物相符。

(4) 该单位必须制定《设备检修维护制度》。

对可能引起操作失灵的关键零配件及时进行更换。设备检修时禁止开启探伤机，待检修完毕，开启探伤机试探伤，确认检修完成。

(5) 该单位必须制定《监测方案》，内容包括：

①根据当地生态环境部门的要求，定期请有资质的检测单位对 X 射线探伤区域周围环境的 X 射线剂量率进行检测；确定了检测项目、检测频度、检测范围等相关要求；

②检测记录应清晰、准确、完整并纳入辐射安全档案管理并存档。

(6) 该单位必须制定《射线装置使用登记制度》，内容包括：

①建设单位建立射线装置技术档案，用制表形式表明 X 射线探伤机的技术档案参数，同时保存射线装置说明书；

②建设单位建立管理制度，使用射线装置时及时进行登记、检查；

③建设单位经常督促射线装置使用人员填写使用记录，并且不定期进行检查；

④建设单位对每次生态环境部门的监督检查、检测均登记在册，做好生态环

境部门环评报告（包括批复）、检测报告等技术档案的归档工作；

⑤做好辐射安全许可证、个人剂量检测报告及体检报告的存档工作。

(7) 该单位必须制定《人员培训计划》，内容包括：

从事辐射工作的人员必须通过辐射安全与防护知识考核，成绩合格后方可从事辐射工作，并每五年制定一次培训计划。

12.3 辐射监测

(一) 年度监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。建设单位应制定检测计划，检测数据每年年底向当地生态环境环保局上报备案，具体内容为：

(1) 检测项目：X- γ 辐射剂量率。

(2) 检测依据：《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）。

(3) 检测频度：每年常规检测一次。

(4) 检测范围：探伤室及铅房屏蔽墙外、防护门及缝隙处、工作人员操作位、电缆孔及排风口等。

(5) 检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

(二) 个人剂量监测

建设单位辐射工作人员应佩戴个人剂量计，须每三个月送有资质的单位检测一次，并建立完整的个人剂量档案。

12.4 辐射事故应急

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院第 449 号令）、其它有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，企业必须结合自身实际，建立《辐射事故应急预案》。

对突发放射性事故，企业应坚持以预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，建立和加强相应的监测、应急制度，做到及时发现、及时报告、快速反

应、及时控制。同时要不断完善应急反应机制，增强应急处理能力，实现应急工作的科学化、规范化。

(一) 组织机构及职责

①由辐射防护领导机构全面负责辐射事故的应急处理，保障事故处理的有效性、快捷性。

②由总经理或行政主管领导担任总指挥。其职责：听取事故情况汇报，并组织放射防护安全管理领导小组会议，制定处理方案，并及时向生态环境部门、卫生部门和公安部门报告。

③辐射防护领导机构其它成员在总指挥的统一领导下，开展事故现场救援、调查处理和善后处理工作。

(二) 应急处置程序

①发生放射性事故时，现场工作人员应立即采取切断射线装置电源、并报告公司领导。

②公司领导接到报告必须立即赶往现场，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，建设单位应积极配合，做好相关工作。

④事故发生后，建设单位应认真配合生态环境部门进行调查。

(三) 还需包括辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

表 12-1 从事辐射活动能力的评估一览表

应具备条件	落实情况
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。	建设单位须按要求落实。
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考核。	已落实，10 名辐射工作人员均考核通过。

<p>射线装置工作场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施</p>	<p>每间探伤室均应安装门-机联锁装置，只有在门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业；照射状态指示装置应与 X 射线探伤机联锁；防护门上应有电离辐射警告标志和中文警示说明；探伤室内应安装紧急停机按钮，并明显标识；铅房外 1m 处应划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。</p>
<p>配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和检测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射检测等仪器</p>	<p>建设单位须配备 1 台辐射巡测仪器，给每个辐射工作人员配备个人剂量计和适量的个人剂量报警仪。</p>
<p>有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修和维护制度、人员培训计划、监测方案等</p>	<p>建设单位须按要求落实。</p>
<p>有完善的辐射事故应急措施</p>	<p>建设单位须按要求落实。</p>

表 13 结论与建议

13.1 实践的正当性

宁波欧特传动技术有限公司开展 X 射线探伤项目是为了实现对工件的无损检测，提高产品的质量与生产安全。其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合标准中关于“剂量限值”的要求。因而，该单位使用探伤机符合辐射防护“正当实践”原则。

13.2 选址合法性、合理性分析

(1) 土地利用总体规划符合性

本项目位于浙江省象山县贤庠镇岙里弄工业园区，用地性质为工业用地，符合土地利用要求。

(2) 产业政策符合性分析

本项目主体工程为设备制造业，本次为配套核技术利用项目，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中鼓励类：六 核能（8）——辐射防护技术开发。因此，项目建设基本符合产业政策要求。

13.3 达标排放符合性

在落实报告中提出的各项污染防治措施后，本项目运行对周围环境产生的辐射影响可以满足环境保护的要求。项目运行产生的少量臭氧及氮氧化物室内浓度较小；经排风系统排入大气后，臭氧会自动分解，故臭氧及氮氧化物对大气环境的影响不大。危险废物委托资质单位处置，对周围环境基本不产生影响。

13.4 辐射安全防护措施

本项目新建 4 间探伤室四侧墙体均采用 500mm 混凝土+2cm 硫酸钡；顶部墙体为 500mm 混凝土；工件门敷设 16mm 厚的铅板。由理论计算可知，屏蔽墙、顶棚、防护门等屏蔽厚度能够满足辐射防护要求。

本项目铅房防护门厚度为 10Pb+4mm 钢板；铅房为六面防护，右面为主射面，防护厚度为 14Pb+4mm 钢板，其他五面的防护厚度为 10Pb+4mm 钢板；走线口在后面（与工件门相对面），开口处有铅防护罩，

本项目探伤室、铅房均设置门机联锁、门灯联锁、急停装置等辐射安全保护装置，并计划为辐射工作人员配备个人剂量计和射线剂量报警仪，为工作场所检测配备便携式辐射仪等。以上安全设施能够满足辐射安全防护的要求。

13.5 辐射环境管理制度

该单位在从事辐射操作前，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，并制订《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》、《使用登记制度》、《人员培训计划》、《监测方案》、《辐射事故应急预案》等规章制度。

13.6 安全培训及健康管理

建设单位所有辐射工作人员经辐射安全培训考核合格后才能上岗，并须佩戴个人剂量计，每3个月检测一次，建立个人剂量档案。辐射工作人员上岗前须进行体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

13.7 环境影响分析结论

本项目辐射工作人员和公众人员所受辐射年有效剂量均低于本评价提出的5.0mSv/a和0.25mSv/a的年管理剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

13.8 结论

综上所述，宁波欧特传动技术有限公司开展X射线探伤项目，在落实本报告提出的所有污染防治措施和辐射管理基础上，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施；其运行对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求，该公司基本具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

（1）建设单位应加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

（2）由于该项目工件出入门与人员出入门共用，建设各探伤室应设置视频监控装置。

13.2.2 承诺

（1）承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

(3) 承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

(4) 承诺制定各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。

(5) 承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(6) 承诺本项目环评审批后，及时申领辐射安全许可证。

(7) 承诺在本项目正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评【2017】4号），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

审批意见：

经办人

公章

年 月 日