

核技术利用建设项目

X 射线数字成像系统项目（扩建）

环境影响报告表

（公示稿）

宁波合力模具科技股份有限公司

2021年4月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

X 射线数字成像系统项目（扩建）环境 影响报告表

建设单位名称：宁波合力模具科技股份有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：宁波象山县滨海工业园区海荣路 1 号

邮政编码：

联系人：胡建云

电子邮箱：jiangming227@126.com

联系电话：15990277520

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质	6
表 4 射线装置.....	6
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	14
表 9 项目工程分析与源项	16
表 10 辐射安全与防护	19
表 11 环境影响分析	21
表 12 辐射安全管理.....	29
表 13 结论与建议.....	32

表 1 项目基本情况

建设项目名称	X 射线数字成像系统项目（扩建）				
建设单位	宁波合力模具科技股份有限公司				
法人代表	施良才	联系人	胡建云	联系电话	15990277520
通讯地址	宁波象山县滨海工业园区海荣路 1 号				
项目建设地点	宁波象山县滨海工业园区海荣路 1 号				
立项审批部门	——		批准文号	——	
建设项目总投资(万元)	450	项目环保投资（万元）	150	投资比例（环保投资/总投资）	33.3%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 迁建 <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 建设单位基本情况及项目由来

宁波合力模具科技股份有限公司是一家集大型压铸模具、低压铸造模具、重力铸造模具、各种造型线、冷热芯盒模具、热成型冲压模具开发、设计（包括铸造工艺设计）、制作为一体的国家高新技术企业、中国铸造模具重点骨干企业。公司铝合金事业部为满足生产需要，对生产的汽配件进行无损检测工作，现在 3#厂房一楼 1 号探伤检测室内配置有 3 台 X 射线数字成像检测系统。该项目于 2018 年 5 月取得了宁波市环境保护局《宁波市环境保护局关于宁波合力模具科技股份有限公司 X 射线数字成像系统项目环境影响报告表的批复》（甬环发函[2018]37 号），并于 2019 年 12 月 18 日完成了项目的竣工验收。

公司于 2019 年 8 月 30 日申领了辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[B2904]，有效期至 2024 年 8 月 29 日。

现因生产需要，公司拟在 3#厂房一楼 2 号探伤检测室内扩建 2 台 X 射线数字成像检测系统，并对 1 号探伤检测室内的 1 台 X 射线数字成像检测系统进行更新，所有探伤作业仅限在探伤机房内。

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》本项目属于“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”，应编制辐射环境影响报告表，并及时向有权限的生态环境主管部门申领辐射安全许可证。为此，宁波合力模具科技股份有限公司委托浙江问鼎环境工程有限公司对本项目进行辐射环境影响评价。我单位在现场踏勘的基础上，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》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的辐射环境影响报告表。

1.2 建设内容及规模

经建设单位核实，本项目更新 1 台 X 射线数字成像检测系统，扩建 2 台 X 射线数字成像检测系统，项目实施后，公司共有 5 台 X 射线数字成像检测系统。

1.3 评价目的

- （1）评价项目在运行过程中对工作人员及公众成员所造成的辐射影响；
- （2）评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境行政主管部门的管理提供依据；
- （3）通过项目辐射环境影响评价，为建设单位保护环境和公众利益给予技术支持；
- （4）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；
- （5）评价项目的可行性，从环境保护角度为生态环境主管部门和建设单位进行辐射环境管理提供科学依据。

1.4 周围环境概况

宁波合力模具科技股份有限公司位于宁波象山县滨海工业园区的厂房地处海荣路 1 号，总用地面积 8000m²，其北侧为金开路，西侧为海荣路，南侧为金洋路，西侧为宁波吕和工业园。

本次评价拟配置的 3 套 X 射线数字成像系统安放在该厂区 3#厂房的南侧一

楼，其楼上为会议室，其 50 米评价范围内无环境敏感点，其东、西和北三侧是公司内的厂房和道路，南侧 50 米评价范围的边界至金洋路。

1.5 与《象山县“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性

对照《象山县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于象山经济开发区产业集聚重点管控单元（ZH33022520001），该单元准入要求如下：

空间布局引导：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。严格控制重要水系源头地区和重要生态功能区三类工业项目准入。优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。

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。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。

环境风险防控：定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。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。

资源开发效率要求：推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。

符合性分析：

拟建 X 射线数字成像系统位于宁波象山县滨海工业园区海荣路 1 号，50 米评价范围内无住宅等环境敏感点，布局合理。

本项目的污染因子为 X 射线，本次新增 X 射线数字成像系统通过自带铅房进行射线屏蔽。根据理论计算结果，铅房屏蔽设计符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ117-2015 的要求，该公司从事辐射操作的工作人员和公众成员所受到的辐射照射符合《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。公司已制定有《辐射事故应急预案》，有完善的应急处理措施。本项目建设符合与《象山县“三线一单”生态环境分区管控方案》管控要求。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

本项目为扩建项目，宁波合力模具科技股份有限公司持有辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[B2904]，许可种类和范围：使用II类射线装置，有效期至：有效期至2024年8月29日。公司已有射线装置环保履行情况详见表1-1。

表 1-1 建设单位现有射线装置环保履行情况一览表

序号	设备名称	型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	场所	环评批文	验收情况	备注
1	X 射线数字成像系统	XG-1604T/C	1	160	5	3#厂房一楼1号探伤检测室	甬环发函[2018]37号	2019年12月通过自主验收	——
2		XG-1604G/C	1	160	5				——
3		XYD-22503	1	225	2.7				本次拟更新

公司现有 X 射线数字成像系统均已按相关法规要求进行了环境影响评价及环境保护竣工验收，取得了环评批复及自主验收意见，且辐射安全许可证登记 X 射线数字成像系统与实际使用 X 射线数字成像系统一致，现有 X 射线数字成像系统无遗留环保问题。

(1) 公司已成立了辐射安全管理机构并明确了职责，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括辐射事故应急预案、安全培训制度、岗位职责、操作规程、设备登记制度、设备检修维护制度、自行检查和评估制度、监测制度等。公司原有管理制度内容较为全面，符合相关要求，原有规章制度基本满足公司从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

(2) 公司现有 5 名辐射工作人员均持有有资质单位组织的辐射防护与安全培训证书，持证上岗。

(3) 公司已委托浙江中一检测研究院有限公司开展了辐射工作人员个人剂量监测，由结果可以看出公司现有辐射工作人员年度个人剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。

(4) 公司已组织现有辐射工作人员进行职业健康体检，根据提供的 2020 年度职业健康检查报告书，现有辐射工作人员均可继续原放射工作。

(5) 公司现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、警戒线、视频监控装置等。根据项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

(6) 公司每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，现有射线装置工作场所均满足相关标准。公司现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

(7) 辐射应急演练和年度评估

公司已制定有《辐射事故应急预案》，有完善的应急处理措施，经与公司核实，自核技术利用项目开展以来，未发生过辐射事故。公司执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有 X 射线数字成像系统辐射工作场所防护状况、辐射安全与防护制度执行情况、监测仪器情况等进行了年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

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
无	无	无	无	无	无	无	无	无

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
无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无

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
无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无

(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射线数字成像系统	II	1	UNC160	160	5	无损检测	3#厂房一楼1号探伤检测室	替换现有 XYD-22503
2			1	Y.MU2000-D XL	320	5.6		3#厂房一楼2号探伤检测室	新增
3			1	UNF225	225	3			

(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	
无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无

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
无	无	无	无	无	无	无	无	无

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；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要说明，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>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014年修订）》，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年修订）》，2018年12月29日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》，国务院令 第709号，2019年3月2日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2019年修改）》，生态环境部令 第7号，2019年8月22日起施行；</p> <p>(7) 《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 第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(8) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、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>(9) 《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>(10) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，原环境保护部办公厅环办辐射函（2016）430号，2016年3月7日起施行；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）；</p> <p>(12) 《关于发布《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015年本）》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015年本）》的通知，原浙江省环境保护厅浙环发（2015）38号，2015年10月23日起施行；</p> <p>(13) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2021年2月10日修正；</p> <p>(14) 《浙江省辐射环境管理办法》，2021年2月10日修正；</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》，（HJ10.1-2016），2016年4月1日实施；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，（GB18871-2002），2003</p>

	<p>年 4 月 1 日实施；</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单，2017 年 10 月 27 日实施。</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)，2015 年 6 月 1 日实施。</p>
其他	<p>(1) 营业执照，见附件 2；</p> <p>(2) 原核技术利用项目环评批复和验收意见，见附件 3；</p> <p>(3) 辐射安全许可证，见附件 3；</p> <p>(4) 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

根据本项目的特点，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》（HJ 10.1—2016）的相关规定，确定以机房周围 50m 作为本项目的的评价范围。

7.2 保护目标

拟建 X 射线数字成像系统位于公司 3# 厂房一楼 1 号和 2 号探伤检测室内，其 50 米评价范围内无住宅学校等环境敏感点。环境保护目标为探伤机房周围活动的辐射工作人员、以及其他非辐射工作人员和公众成员。

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）

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

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 射线探伤装置、探伤作业场所及放射工作人员与公众的放射卫生防护要求和监测方法。

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 μ Sv/周，对公众不大于 5 μ Sv/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 μ Sv/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 μ Sv/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 射线装置才能进行探伤作业。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他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，如准直器和附加屏蔽，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。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

1 范围

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 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

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半值层厚度（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

3.3.2 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。

3.3.5 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》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）等评价标准，确定本项目的管理目标。

①辐射剂量率控制水平：探伤室表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

②辐射剂量控制水平：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 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

宁波合力模具科技股份有限公司位于宁波象山县滨海工业园区的厂房地区海荣路 1 号，总用地面积 8000m²，其北侧为金开路，西侧为海荣路，南侧为金洋路，西侧为宁波吕和工业园。公司地理位置示意图见附图 1，卫星视图见附图 2，厂区平面图见附图 3，车间平面图见附图 4。

本次评价拟配置的 3 套 X 射线数字成像系统安放在 3#厂房一楼 1 号和 2 号探伤检测室内，其楼上为会议室，其 50 米评价范围内无环境敏感点，其东、西和北三侧是公司内的厂房和道路，南侧 50 米评价范围的边界至金洋路。

8.2 辐射环境背景检测

宁波合力模具科技股份有限公司 X 射线数字成像系统拟建址辐射环境质量背景水平采用委托检测的方法进行调查。评价单位于 2021 年 3 月 19 日委托湖州环安检测有限公司对项目拟建址及周边环境进行了背景水平检测。

8.2.1 检测方案

评价对象：拟建址辐射环境背景水平。

检测因子：X-γ 射线空气吸收剂量率。

检测点位：机房周围，重点考虑人员可能到达的场所。

8.2.2 质量保证措施

- ①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。
- ②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。
- ③检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，并用检验源对仪器进行校验。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑥检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.2.3 检测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数与规范

仪器名称	X、 γ 辐射剂量率仪
仪器型号	AT1121
量程	50nSv/h~10Sv/h
检定证书	上海市计量测试技术研究院 有效期：2020 年 11 月 25 日~2021 年 11 月 24 日
检测规范	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）

8.3 检测结果及评价

湖州环安检测有限公司于 2021 年 3 月 19 日对拟建址及周边环境进行了背景水平检测，检测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建址及其周围辐射环境背景检测结果

检测点位	检测点位描述	辐射剂量率（nSv/h）	
		平均值	标准差
1	1#检测室设备拟安装位	101	6
2	2#检测室设备拟安装位	97	4
3	2#检测室设备拟安装位	94	2
4	2#检测室设备拟安装位	103	6
5	检测室楼上	104	4

注：检测结果未扣除宇宙射线的响应。

由表 8-2 的检测结果可知，设备拟安装位周围各检测点位的 X- γ 辐射剂量率为 94~104nGy/h，根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知宁波市室内的 γ 辐射剂量率在 112~226 nGy/h，可见其 γ 辐射剂量率处于一般本底水平，未见异常。

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 设备组成及工作方式

该公司拟购的 X 射线成像系统主要由高频固定式 X 射线探伤机、数字平板成像系统、计算机图像处理系统、机械电气系统、射线防护系统等几部分组成的高科技产品。

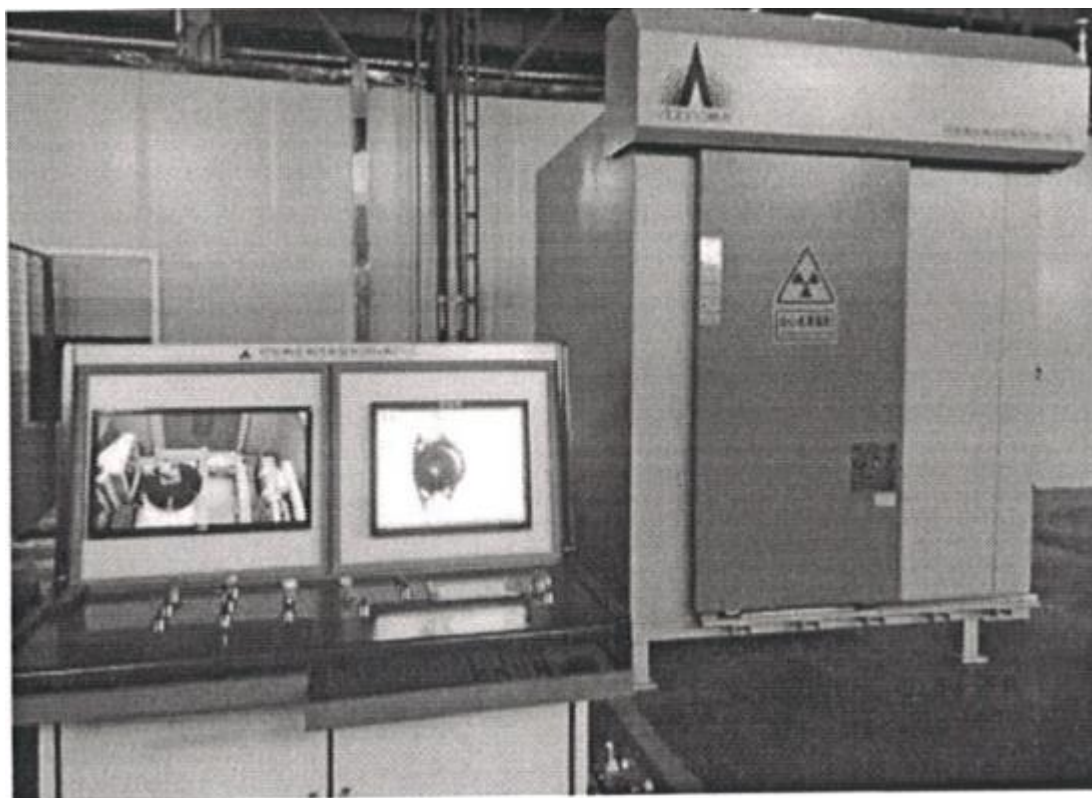


图 9-1 X 射线成像系统示意图

9.1.2 探伤机工作原理

X 射线成像系统是新一代的无损检测设备，以数字实时成像的技术取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由图象增强器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

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融金属（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 射线管结构示意图如图 9-1 所示。

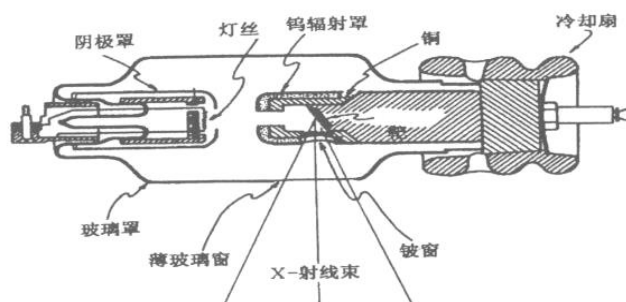


图 9-2 典型的 X 射线管结构示意图

9.1.3 探伤过程及产污环节

该公司的探伤工件均在固定的铅房内进行探伤检测，探伤前，将需要进行射线探伤的工件送入铅房，关闭铅门、按光栏水平、上下调整按钮，选择合适的光栏。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、管电流和照射时间，检查无误及进行探伤，X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由图象增强器接收并转换成数字信号，将检测图像直接显示在显示器屏幕上。通过机械传动装置使待检产品实行上下、左右、前后、纵向旋转及横向摆动等，对待检产品进行全面、整体的检测

探伤工艺流程如图 9-3 所示。

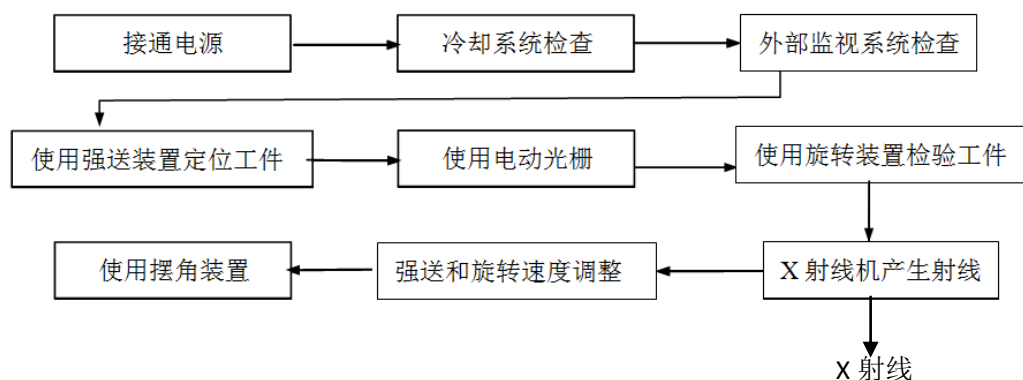


图 9-3 实时成像检测工艺流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

由 X 射线探伤机的工作原理可知，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 射线成为污染环境的主要污染因子。

X 射线探伤时会产生少量臭氧和氮氧化物，铅房设有通风口，通过铅房自带排风系统排至车间，再通过车间排风系统在排放至室外，铅房和车间采用机械通风，每小时的通风次数均不少于 4 次，因此 X 射线探伤时产生少量臭氧不会在车间积累。

本项目 X 射线数字成像系统使用实时成像技术，不使用胶片，因此在探伤检测过程中不需要洗片，因此不产生废显影液和废胶片。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

（1）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。

（2）把未被定为控制区，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的区域划分为监督区。

根据控制区、监督区划分原则，公司对工作场所实行分区管理，将机房铅房墙壁围成的内部区域划为控制区，与铅房墙壁外部相邻的 1 号检测室和 2 号检测室划为监督区。

10.1.2 辐射防护屏蔽设计方案

根据设计资料 X 射线探伤铅房不带观察窗，屏蔽情况详见下表。

表 10-1 X 射线数字成像系统屏蔽情况一览表

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160KV/5mA	320KV/5.6mA	225KV/3mA
铅房尺寸	1.65×2.1×2.1	2×2.85×2.8	2.5×2.8×3.85
门尺寸	0.91×2.14m	1.2×1.8m	1.08×2.87m
铅房屏蔽	主射方向 6mm 铅当量,其余方向 4mm 铅当量。	前后 22mm 铅当量,左 24mm 铅当量,右 34mm 铅当量,顶和底 27mm 铅当量。	主射方向 15mm 铅当量,其余方向 8mm 铅当量。
门屏蔽	4.0mm 铅当量	22mm 铅当量	8mm 铅当量
观察窗屏蔽	无观察窗	23mm 铅当量	无观察窗
门机联锁装置	有		
通风、电缆孔	采用机械通风, Z 型铅通道(底部、侧面)	采用机械通风, L 型铅通道。	采用机械通风, Z 型铅通道(底部、侧面)

10.1.3 辐射安全与防护措施

本项目 X 射线数字成像系统为一体化设备，设备已具有以下辐射安全与防护措施：

(1) X 射线数字成像系统通过自带铅房进行射线屏蔽，自带的屏蔽铅房和操作台分开。

(2) 防护门设计安装门-机联锁装置，工件门完全关闭后 X 射线才能出束照射。

(3) 铅房顶部设有工作状态指示灯，并与 X 射线机联锁。X 射线管工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近铅房或期周围区域作不必要的逗留。

(4) 铅房表面均贴有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(5) 铅房和操作台设有紧急停机按钮，紧急事故时能立即停止照射。

(6) 设有视频监视系统，操作人员能够实时监控 X 射线机工作状态和铅房内部情况。

(7) 铅房内设有机械排风设施，确保每小时有效通风换气次数不小于 3 次。

(8) 操作台室避开有用线束照射的方向。

需增加的辐射安全与防护措施如下：

(1) X 射线数字成像系统周围 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(2) 各项辐射环境管理制度张贴于工作现场。

(3) 每名辐射工作人员配备个人剂量计、铅房配备 1 台个人剂量报警仪，工作期间必须佩戴。

10.2 三废的治理

X 射线数字成像系统检测时会产生少量臭氧和氮氧化物，铅房设有通风口，通过铅房自带排风系统排至车间，再通过车间排风系统在排放至室外，其每小时排风次数不小于 4 次，少量臭氧和氮氧化物不会在车间积累，不会对周围环境产生不利影响。探伤检测过程中无需洗片，无废显影液和废胶片产生。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

X 射线数字成像系统只有在开机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 X 射线数字成像系统在建设安装过程中，探伤机未通电运行，故建设期或安装期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

结合本项目设备的使用特点，本次评价采用理论计算的方法，分析预测本项目投入使用后的辐射环境影响。

11.2.1 屏蔽符合性分析

本项目 X 射线数字成像系统为一体化设备，通过自带铅房进行射线屏蔽，X 射线机位置固定不可移动。

(1) 计算公式及参数选取

根据《放射物理与防护》中“屏蔽厚度的确定方法”，可查透射量图得 X 射线初级防护铅和混凝土屏蔽的厚度。

$$B = \frac{Pd^2}{WUT} \dots\dots\dots (1)$$

其中：B：有用射线的最大允许透射量， $\text{mSv m}^2 \text{mA}^{-1} \text{min}^{-1}$ ；

P：周剂量限值

根据《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》（GBZ117-2015），屏蔽设计应充分考虑有用线束照射的方向和范围、装置的工作负荷及室外情况，要求探伤室屏蔽墙外 30cm 处空气比释动能率不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。

按约束值 0.25mSv/a 、每年 50 周计算，可取周剂量限值为 $0.25\text{mSv}/50\text{W}=0.005\text{mSv}/\text{W}$ ；

d：参考点到焦点的距离，m；

WUT：有效工作负荷。其中，W 为周工作负荷（It），单位为 mA min W^{-1} ，本项目根据该单位预计开机情况，取每天开机探伤时间 240min，每周工作 6 天。另外，U 为利用因子，对于天棚、四周防护体、工件出入口取 1/4，T 为居留因子工作人员

和公众分别取 1 与 1/4。

(2) 屏蔽厚度估算

根据建设单位提供设备参数和屏蔽参数，X 射线成像系统自带铅房，X 射线机只在铅房内工作，系统的 X 射线出线方向固定，因此计算主要考虑有用线束屏蔽和散射辐射屏蔽。

①主射面屏蔽厚度估算（有用线束）

根据公式（1）计算得出各设备的最大允许透射量，然后查对应电压宽束 X 线对铅的透射曲线图可知主射线方向所需的铅防护的厚度，考虑 2 倍安全系数，加上一个半阶层厚度。半阶层厚度可查“不同管电压下铅和混凝土的半阶层”表可知道，综上得出各设备主射方向所需的铅防护厚度。具体计算结果见表 11-1。

表 11-1 主射方向屏蔽厚度理论计算结果

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160kV/5mA	320kV/5.6mA	225kV/3mA
铅房尺寸	1.65×2.1×2.1	2×2.85×2.8	2.5×2.8×3.85
仪器探头到防护体外 30cm 的最小距离 d	1.3	1.6	1.3
防护体的利用因子 U	1/4	1/4	1/4
居留因子 T	1/4	1/4	1/4
Pd ²	0.00845	0.0128	0.00845
WUT	450	504	270
最大允许的透射量 B	1.9×10 ⁻⁵	2.5×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁵
查宽束 X 线对铅的透射曲线图所需的铅防护的厚度	4.5mm	18.5mm	9.5mm
半阶层厚度	0.42mm	2.0mm	0.86mm
理论计算防护厚度	4.92mm	20.5mm	10.36mm
屏蔽厚度设计值	6mm	34 mm	15mm
设计是否符合要求	符合	符合	符合

②非主射面屏蔽厚度估算

非主射面需要屏蔽的辐射主要考虑散射辐射和泄露辐射的屏蔽厚度。

a、散射辐射

根据建设单位提供的设备屏蔽参数，非主射面防护屏蔽计算按距离最近的一面进行计算。根据公式（1），可计算得到其最大允许的透射量为 $B=1.11 \times 10^{-6}$ ($\text{mSv m}^2 \text{mA}^{-1} \text{min}^{-1}$)。

又因非主射面只受到散射 X 线的照射，散射 X 线能量可由下式求得：

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos\theta)} \dots\dots\dots (2)$$

则由公式（2）可得各设备散射 X 线能量的对应能量，然后查对应的宽束 X 线对铅的透射曲线图，并且考虑 2 倍安全系数，加上一个半阶层厚度。可得各设备其他非主射面屏蔽散射辐射所需的铅当量。具体计算结果见表 11-2。

表 11-2 非主射方向屏蔽厚度理论计算结果(散射辐射)

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160kV/5mA	320kV/5.6mA	225kV/3mA
铅房尺寸	1.65×2.1×2.1	2×2.85×2.8	2.5×2.8×3.85
仪器探头到防护体外 30cm 的最小距离 d	1.0	1.3	1.3
防护体的利用因子 U	1/4	1/4	1/4
居留因子 T	1/4	1/4	1/4
Pd ²	0.005	0.00845	0.00845
WUT	450	504	270
最大允许的透射量 B	1.1×10 ⁻⁵	1.7×10 ⁻⁵	3.1×10 ⁻⁵
散射线能量 KV	110	200	150
查宽束 X 线对铅的透射曲线图所需的铅防护的厚度	3.5mm	5.5mm	4.0mm
半阶层厚度	0.29mm	0.42mm	0.29mm
理论计算防护厚度	3.79mm	5.92mm	4.29mm
屏蔽厚度设计值	4mm	最小 22mm	8mm
设计是否符合要求	符合	符合	符合

b、泄露辐射

泄露射线的屏蔽透射因子可由式（3）计算得出。

$$B=R^2*H/H_L \dots\dots\dots (3)$$

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。

H：关注点的剂量当量率（取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）

非主射面需要屏蔽泄露辐射的屏蔽厚度的具体计算结果见表 11-3。

表 11-3 非主射方向屏蔽厚度理论计算结果(泄露辐射)

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160kV/5mA	320kV/5.6mA	225kV/3mA
R 辐射源点(靶点)至关注点的距离	1.0	1.3	1.3
H 关注点的剂量当量率	2.5	2.5	2.5
\dot{H}_L : 距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率	2.5×10^3	5×10^3	5×10^3
最大允许的透射量 B	1×10^{-3}	8.5×10^{-4}	8.5×10^{-4}
查宽束 X 线对铅的透射曲线图所需的铅防护的厚度	2 mm	10 mm	5.5 mm
半阶层厚度	0.42mm	2.0mm	0.86mm
理论计算防护厚度	2.42 mm	12mm	6.36mm
屏蔽厚度设计值	4mm	最小 22 mm	8mm
设计是否符合要求	符合	符合	符合

c、综合考虑散射和泄露辐射的屏蔽厚度计算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，当可能存在泄露辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度或者更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个什值层时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度。综上非主射方向的综合屏蔽厚度理论计算结果见表 11-4。

表 11-4 非主射方向综合屏蔽厚度理论计算结果(综合考虑散射和泄露辐射)

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160kV/5mA	320kV/5.6mA	225kV/3mA
散射辐射屏蔽厚度计算值	3.79mm	5.92mm	4.29mm
泄露辐射屏蔽厚度计算值	2.42 mm	12mm	6.36mm
什值层厚度	1.05 mm	6.2 mm	2.15mm
半阶层厚度	0.42mm	2.0mm	0.86mm
综合理论计算防护厚度	3.79 mm	14 mm	7.22 mm
屏蔽厚度设计值	4mm	最小 22 mm	8mm
设计是否符合要求	符合	符合	符合

由表 11-1~11-4 可见，各 X 射线数字成像自带铅房设计屏蔽厚度均能够满足屏蔽要求。

11.2.2 附加剂量估算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，结合各 X 射线数字成像系统铅房设计屏蔽厚度，计算铅房周围的剂量率，计算结果见表 11-5 和 11-6。

1、主射方向的剂量率计算

关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (4) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (4)$$

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);

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

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。

表 11-5 主射方向的剂量率计算结果

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160kV/5mA	320kV/5.6mA	225kV/3mA
H_0 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量 $\text{mGy m}^2 / (\text{mA min})$	5.9	13.7	10.9
主射方向设计厚度	6mm	34 mm	15mm
屏蔽透射因子	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-6}
R 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离	1.3	1.6	1.3
剂量率计算结果 $\mu\text{Sv/h}$	1.05	1.80	1.16

2、非主射方向的剂量率计算

非主射方向的剂量率考虑考虑散射和泄露辐射的叠加影响。

①泄露辐射剂量率:

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 (5) 计算:

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (5)$$

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 $\mu\text{Sv/h}$ 。

B: 相应的辐射屏蔽透射因子

$$B = 10^{-X/TVL}$$

表 11-6 泄露辐射剂量率计算结果

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160kV/5mA	320kV/5.6mA	225kV/3mA
\dot{H}_L 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$ 。	2.5×10^3	5×10^3	5×10^3
非主射方向的最小设计厚度	4mm	22 mm	8mm
屏蔽透射因子	$1 \times 10^{-3.8}$	$1 \times 10^{-3.5}$	$1 \times 10^{-3.7}$
R 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离	1.0	1.3	1.3
剂量率计算结果 $\mu\text{Sv/h}$	0.39	0.93	0.59

② 散射辐射剂量率

散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (6) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (6)$$

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);

H_0 : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, 以 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ;

B: 屏蔽透射因子;

F: R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (m^2);

α : 散射因子;

R_0 : 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)。

表 11-7 散射辐射剂量率计算结果

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160kV/5mA	320kV/5.6mA	225kV/3mA
H ₀ 距辐射源点（靶点） 1m 处输出量，mGy m ² /(mA min)	5.9	13.7	10.9
非主射方向的最小设计 厚度	4mm	22 mm	8mm
屏蔽透射因子	1×10 ^{-6.5}	1×10 ^{-15.7}	1×10 ^{-8.3}
R 散射体至关注点的距 离	1.0	1.0	1.0
$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	0.016	0.020	0.016
剂量率计算结果 μSv/h	8.9×10 ⁻³	8.9×10 ⁻¹⁰	1.6×10 ⁻⁴

③非主射方向的剂量计算结果（散射和漏射叠加）

表 11-8 非主射方向的剂量率计算结果（散射和漏射叠加）

设计	UNC160	Y.MU2000-D XL	UNF225
管电压/电流	160kV/5mA	320kV/5.6mA	225kV/3mA
剂量率计算结果 μSv/h	0.39	0.93	0.59

1、估算公式

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-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er} = D_r \times t \times 10^{-3} (mSv)$$

式中： H_{Er}： 射线外照射人均年有效剂量当量；

D_r： 射线空气吸收剂量率， μSv/h；

T： 射线照射时间， h；

2、估算结果

（1）辐射工作人员

结合 X 射线数字成像系统的使用情况做保守假设： a、每次检测时，工作人员所在区域的辐射剂量率保守取计算的最大值 1.8μSv/h； b、每年的开机探伤工作时间为

1000 小时。则根据上式，可以计算出该辐射工作人员的年附加有效剂量约为 1.8mSv。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量约束值低于 5mSv 的要求。

（2）公众成员

探伤室周围活动的公众成员主要为本企业厂房内的工作人员和其他公众成员。

X 射线探伤机开机工作时，将开启工作灯光警示装置，告诫车间其他工作人员不要在 X 射线探伤机房周围停留。且探伤设备均在独立的检测室内运行，公司有严格的管理制度，公众成员不能进入探伤检测区域，车间其他工作人员和公众人员不会受到额外的辐射照射，因此，公众成员所接受的剂量也能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

根据企业的用工安排，各岗位的操作人员基本固定，各操作台的位置均已避开主射线方向且间隔相对较远，因此其交叉叠加影响基本可忽略。根据理论计算结果，综合考虑车间的层高远高于探伤铅房且中间隔有水泥楼板，已避开射线的主射方向，因此设备的运行对楼上房间的辐射影响亦可基本忽略。

11.3 事故影响分析

公司使用的射线装置属 II 类射线装置，可能的事故工况主要有以下情况：

X 射线探伤机对工件进行探伤检测时，门-机联锁失效，至使铅防护门未完全关闭，X 射线泄漏到曝光室外，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。

为了杜绝事故发生，公司必须进行门机连锁装置的定期检查，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方案，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，应首先向当地环境保护部门报告，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。

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 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

根据建设单位提供的资料，建设单位已设立了“辐射安全管理机构”。并明确了组织及各成员的主要职责，领导小组成员大部分为本科以上学历，具有一定的组织管理能力，故项目建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足环保管理工作的要。建设单位需根据人员变动情况及时调整“辐射安全管理机构”人员名单和相关责任。

12.1.2 辐射人员管理

公司现有工作 5 名人员已取得辐射安全与防护培训证书，且均在有效期内。现有辐射工作人员已配备个人剂量计，每三个月委托浙江中一检测研究股份有限公司进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案；辐射工作人员已于 2020 年 8 月在宁波市第一医院进行了职业健康检查，建立了职业健康档案。

本项目新增辐射工作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

12.1.3 年度评估报告

公司执行年度评估制度，本次 X 射线数字成像系统项目正式开展后，建设单位应对开展的辐射活动纳入到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评估报告。

12.2 辐射安全管理规章制度

建设单位先期已按照《放射性同位素与射线装置和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求制定有设备操作规程、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、监测方案等辐射安全管理制度，上述辐射环境管理制度基本合理。建设单位应结合本项目实际情况，根据要求进一步完善更新辐射环境制度，并加强对辐射工作人员的安全防护意识教育。由于本项目为扩建项目，建设单位应根据本项目特点完善现有的辐射防护和安全保卫制度和监测方案，在日常工作中严格落实，即能够满足核技术应用项目的管理。

12.3 辐射检测

12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建设单位应配备 1 台 X- γ 辐射剂量率巡检仪、剂量报警仪，每个辐射工作人员均应配备个人剂量计，并建立个人剂量档案。

12.3.2 个人剂量监测

辐射工作人员工作时要求佩戴个人剂量计，且按每季度 1 次的频度送其个人剂量计至有资质的部门进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，档案终身保存。个人剂量监测档案包括辐射操作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。

12.3.3 工作场所及环境辐射监测

公司须委托有资质的单位定期对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境监测，监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，监测数据每年年底向当地生态环境主管部门上报备案。射线装置进行维修前后，应分别进行一次监测。本项目辐射监测计划见表 12-1。

表 12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	X 射线数字成像系统区域	周围剂量当量率	1 次/年	按照国家规定进行计量检定	射线装置屏蔽体外 30cm 处、操作位等	委托监测

另外，射线装置需日常检查常用的安全设备，如工作状态指示灯、报警灯、安全联锁控制显示状况、个人剂量报警仪和辐射监测仪器工作状况等；每月检查固定式剂量报警仪、紧急停止按钮、安全联锁装置、通风设施等，并建立运行及维修维护记录制度。

12.4 竣工验收

本次评价项目竣工后，建设单位应根据《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，建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成5个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、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。

12.5 辐射事故应急

根据建设单位提供的资料可知，建设单位已经制定了《辐射事故应急预案》，应急预案包括了应急机构的设置与职责、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等，其内容较全、措施具体，针对性较强、便于操作，在应对放射性事故和突发性事件时基本可行，环评要求将本项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备。

一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，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》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门；同时上报公安部门，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。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

宁波合力模具科技股份有限公司拟在宁波象山县滨海工业园区的厂房地区海荣路 1 号厂区 3#厂房一楼 1 号和 2 号探伤检测室内扩建 3 套 X 射线数字成像系统，所有探伤作业仅限在探伤机房内。

13.1.2 实践的正当性

宁波合力模具科技股份有限公司使用 X 射线探伤机的目的是为了对产品进行无损检测，提高产品的质量与生产安全，符合辐射防护“正当实践”原则。因此，该项目使用 X 射线探伤机的目的是正当可行的。

13.1.3 选址合理性分析

公司拟配置的 3 套 X 射线数字成像系统安放在 3#厂房一楼 1 号和 2 号探伤检测室内，其楼上为会议室，其东、西和北三侧是公司内的厂房和道路，南侧 50 米评价范围的边界至金洋路。环境保护目标为探伤机房周围活动的辐射工作人员、以及其他非辐射工作人员和公众成员。辐射工作人员和公众成员受到的辐射照符合《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，因此选址是合理可行的。

13.1.4 辐射防护屏蔽能力分析

公司对辐射工作场所实行分区管理，将机房铅房墙壁围成的内部区域划为控制区，与铅房墙壁外部的 1 号和 2 号探伤检测室区域划为监督区。根据理论计算结果，探伤机房设计墙体、防护门、顶棚的屏蔽能力，均能符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

13.1.5 环境影响分析结论

本项目的污染因子为 X 射线，本次新增 X 射线数字成像系统通过自带铅房进行射线屏蔽。根据理论计算结果，铅房屏蔽设计符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ117-2015 的要求，该公司从事辐射操作的工作人员和公众成员所受到的辐射照射符合《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。

13.1.6 辐射环境管理制度

公司已制定辐射事故应急预案、安全培训制度、岗位职责、操作规程、设备登记制度、设备检修维护制度、自行检查和评估制度、监测制度等规章制度，本项目开展前应根据公司人员变动情况和最新管理要求更新各项辐射环境管理规章制度，并将更新后的各项辐射环境管理规章制度张贴于工作现场。

13.1.7 安全培训及健康管理

公司现有工作 5 名人员已取得辐射安全与防护培训证书，且均在有效期内。现有辐射工作人员已配备个人剂量计，每三个月委托浙江中一检测研究股份有限公司进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案；辐射工作人员已于 2020 年 8 月在宁波市第一医院进行了职业健康检查，建立了职业健康档案。

本项目新增辐射工作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

13.1.8 可行性分析结论

宁波合力模具科技股份有限公司拟新增 3 套 X 射线数字成像系统，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，该公司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，其运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议

(1) 企业承诺将根据本评价报告和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

(2) 环评报批并建成后，公司应及时向生态环境主管部门换领辐射安全许可证。

(3) 建设项目竣工后，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序 and 标准，对项目进行竣工环境保护验收。