

表 1 项目基本情况

建设项目名称	X 射线探伤项目（扩建）				
建设单位	宁波明欣化工机械责任有限公司				
法人代表	王益良	联系人	金鑫	联系电话	13884463122
注册地址	宁波市镇海区骆驼盛兴路 195 号				
项目建设地点	宁波市镇海区骆驼盛兴路 195 号				
立项审批部门	宁波市经济委员会		批准文号	甬经投资[2003]237 号 甬经投资[2003]281 号	
建设项目总投资 (万元)	8000	项目环保投资 (万元)	10	投资比例（环保 投资/总投资）	0.12%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	15
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	/				
项目概述					
<p>经与建设单位核实，公司 5 年内的辐射活动规模为：使用 1 台 X 射线数字成像检测系统，用于对公司低温瓶瓶胚进行无损检测，所有探伤作业仅限在探伤室内。</p> <p>公司原有探伤设备均已通过验收，并于 2015 年更换辐射安全许可证。</p> <p>根据国家有关建设项目辐射环境管理规定，本项目应编制辐射环境影响报告表，并向有权限的环保部门申领《辐射安全许可证》。为保护环境，保障公众健康，宁波明欣化工机械责任有限公司于 2015 年 5 月 28 日正式委托浙江国辐环保科技中心对本项目进行辐射环境影响评价。</p> <p>评价单位在现场踏勘的基础上，按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制完成本项目的环境影响报告表（报批稿）。</p>					

企业概况

宁波明欣化工机械有限责任公司始建于 1972 年，其总资产达 6 亿元，职工 800 余人，总占地面积 156000 平方米，年销售额 10 亿元。持有国家质量监督检验检疫总局颁发的 A1、A2、B3、C2、C3 级压力容器制造许可证；A1、A2、C2、C3 级压力容器设计许可证；GC1、GC2、GC3 级压力管道安装改造许可证及 GC1（3）、GC2、GC3 级压力管道设计许可证。公司生产的低温装备品种主要有低温液体贮罐、低温气瓶、低温反应装置、低温罐箱、低温槽车和高低压空温式汽化器等。

项目地理位置

宁波明欣化工机械有限责任公司位于宁波市镇海区骆驼盛兴路 195 号，其地理位置示意图见附图 1，公司北面为南一西路，南侧为盛兴路，西侧为九龙大道，东侧为田湖路。

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								

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										

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										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

表 4-1 已有射线装置

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	3	XXH-2505	250	5	工业探伤	探伤室内	盛兴路厂区内 (已通过验收)
2	X 射线探伤机	II	2	XXH-3005	300	5	工业探伤	探伤室内	
3	X 射线探伤机	II	1	XXH-3505	350	5	工业探伤	探伤室内	
4	X 射线探伤机	II	1	XXH-3005	300	5	工业探伤	探伤室内	田胡路厂区内 (已通过验收)
5	X 射线探伤机	II	1	XXH-3005	300	5	工业探伤	探伤室内	

表 4-2 新增射线装置

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 射线实时成像系统	II	1	XYG-22503	225	3	工业探伤	探伤室内	

(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													

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								

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>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014 年 4 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2003 年 9 月；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998 年；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月；</p> <p>(6) 关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定，环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月；</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；</p> <p>(8) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，省政府令第 321 号，2014 年 3 月；</p> <p>(9) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第 289 号，2012 年 2 月。</p>
<p>技术标准</p>	<p>《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 环境保护部。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 营业执照，见附件 1；</p> <p>(2) 委托书，见附件 2；</p> <p>(3) 辐射环境影响评价告知书，见附件 3；</p> <p>(4) 项目立项文件，见附件 4；</p> <p>(5) 企业已有探伤项目验收批文，见附件 5；</p> <p>(6) 辐射安全许可证及副本资料，见附件 6；</p> <p>(7) 其他资料；见附件 7；</p>

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>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，确定以曝光室周围 50m 作为本项目的的评价范围。</p>
<p>保护目标</p> <p>环境保护目标为 X 射线探伤室周围活动的辐射工作人员、以及公司内的其他非辐射工作人员和公众成员。50m 评价范围内无环境敏感点。</p>
<p>评价标准</p> <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>4.3.3 防护与安全的最优化</p> <p>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)。</p> <p>B1 剂量限值</p> <p>B1.1 职业照射</p> <p>B1.1.1 剂量限值</p> <p>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：</p> <p>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。</p> <p>本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。</p> <p>B1.2 公众照射</p> <p>B1.2.1 剂量限值</p> <p>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：</p> <p>a)年有效剂量，1mSv。</p> <p>本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。</p>

(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 射线探伤装置(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/T250-2014)。

5.1 典型条件

探伤室探伤工作的典型条件如下:

a) 探伤室外表面 30cm 外的剂量率控制值为 2.5 μ Gy/h。

b) X 射线管电流 (I) 为 5mA, X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角 20°。

c) X 射线探伤机的泄漏辐射在距靶点 1m 处的剂量率,见表 1。

5.2 探伤室的典型屏蔽厚度表

在 5.1 典型条件下，不同千伏 X 射线有用线束、泄漏辐射和 90° 散射辐射屏蔽所需要的铅和混凝土厚度列于表 1-1、表 1-2 和表 1-3。

表 1-1 有用线束屏蔽所需厚度

屏蔽物质	管电压 kV	距靶点不同距离处的有用线束所需厚度 mm						
		2m	3m	4m	6m	8m	10m	15m
铅	150	4.3	4.0	3.8	3.5	3.2	3.1	2.8
	200	6.5	6.0	5.7	5.2	4.9	4.7	4.2
	250	12	11	10.6	9.6	9.0	8.4	7.5
	300	23	21	20	18	17	16	14
	400	39	37	34	32	30	28	25
混凝土	150	360	340	320	300	280	260	240
	200	450	420	400	370	350	330	300
	250	510	470	450	420	400	380	350
	300	570	540	510	480	450	430	400
	400	640	600	580	540	520	500	460

注：表中数据按 4.1 计算得出，铅的密度为 11.3t/m³，混凝土的密度为 2.35t/m³

表 1-2 泄漏辐射屏蔽所需厚度

屏蔽物质	管电压 kV	距靶点不同距离处的泄漏辐射屏蔽所需厚度 mm						
		2m	3m	4m	6m	8m	10m	15m
铅	150	2.3	2.0	1.7	1.4	1.2	1.0	0.7
	200	3.4	2.9	2.5	2.0	1.7	1.4	0.9
	250	7.8	6.8	6.1	5.1	4.3	3.8	2.8
	300	15	13	12	10	8.8	7.4	5.4
	400	22	19	17	14	12	11	7.8
混凝土	150	170	140	130	100	84	70	46
	200	210	180	150	120	100	86	55
	250	240	210	190	160	130	120	86
	300	270	240	210	170	150	130	96

	400	270	240	210	170	150	130	96
注：表中数据按 4.1 计算得出，铅的密度为 11.3t/m ³ ，混凝土的密度为 2.35t/m ³								

表 1-3 散射辐射屏蔽所需厚度

屏蔽物质	管电压 kV	距靶点不同距离处的散射辐射屏蔽所需厚度 mm						
		2m	3m	4m	6m	8m	10m	15m
铅	150	3.8	3.5	3.2	2.9	2.6	2.5	2.1
	200	4.1	3.7	3.5	3.2	3.0	2.7	2.4
	250	5.6	5.1	4.8	4.3	3.9	3.6	3.2
	300	5.8	5.3	4.9	4.4	4.1	3.8	3.3
	400	12.0	11.0	10.3	9.3	8.6	8.0	7.0
混凝土	150	280	250	240	210	200	180	160
	200	300	270	260	230	210	200	180
	250	350	320	290	260	240	220	190
	300	360	330	300	270	250	240	200
	400	380	340	320	290	270	250	220
注：表中数据按 4.1 计算得出，铅的密度为 11.3t/m ³ ，混凝土的密度为 2.35t/m ³								

表 8 环境质量和辐射现状

X 射线探伤室位置

本项目 X 射线数字成像检测系统位于 3 号厂房中部北侧，X 射线数字成像检测系统东南西北侧均为生产车间道路，3 号厂房东南西北侧均为公司厂区道路。X 射线数字成像检测系统周围 50m 范围内无环境敏感点，厂区平面图见附图 3。

X 射线探伤室及其周围辐射环境背景水平监测

为了解宁波明欣化工机械责任有限公司 X 射线数字成像检测系统及其周围的辐射环境背景水平，评价单位于 2015 年 6 月 2 日对 X 射线探伤室周围进行辐射环境本底水平现场监测。

监测仪器与规范

监测仪器的参数与规范见表 8-1。

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。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (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，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。

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剂量监测仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
生产公司家	Thermo 公司
能量响应	在 60keV~3MeV 范围内误差 $\leq\pm 15\%$
量 程	X-γ: 1nSv/h~100μSv/h
检定证书	上海市计量测试技术研究院（华东国家计量测试中心） （证书编号：2014H21-20-003654） 有效期：2014 年 8 月 13 日~2015 年 8 月 12 日
监测规范	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93） 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）

监测结果及评价

监测结果见表 8-2，现状监测点位见附图 3。

表 8-2 X 射线数字成像检测系统拟用址及其周围辐射环境背景监测结果¹⁾

监测点位	监测点位描述	辐射剂量率 (nSv/h)	
		平均值	标准差
▲1	X 射线数字成像检测系统拟用址东侧	110.10	2.28
▲2	X 射线数字成像检测系统拟用址南侧	108.40	2.01
▲3	X 射线数字成像检测系统拟用址西侧	109.10	1.37
▲4	X 射线数字成像检测系统拟用址北侧	108.90	2.13

注：1) 监测结果未扣除宇宙射线的响应。

由表 8-2 的监测结果可知，X 射线数字成像检测系统拟用址各监测点位的 γ 辐射剂量率在 108.40~110.10nSv/h 之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，宁波地区建筑物室内 γ 辐射剂量率在 80~194nGy/h 之间，道路上 γ 辐射剂量率在 64~128nGy/h 之间，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

探伤原理

X 射线数字成像检测系统是用于对各类压力容器进行 X 射线无损探伤的无损检测成套设备。该系统包括了机械运动系统、X 射线发射及接收系统、计算机图像采集处理和运动控制系统等。也可以通过 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 射线数字成像检测系统就据此实现探伤目的。

X 射线数字成像检测系统主要由 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。

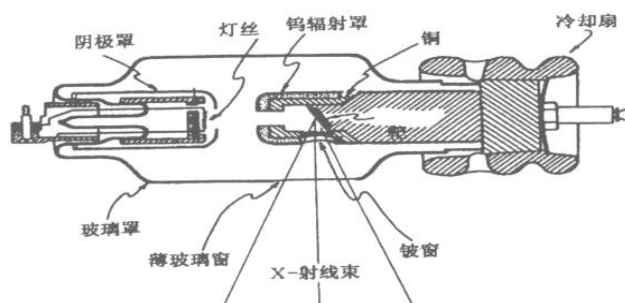


图 9-1 典型的 X 射线管结构示意图

探伤流程

将被检工件放置在轨道上，进入曝光室内，关闭曝光室门，调整探头对准工件，开动 X 射线机，X 光管开始发出射线。X 射线穿透工件投射到有与其对应的图像接受系统上，同时在图像增强器的输入屏上产生可见的 X 射线荧光图像，摄像系统将其传输到显示器上，操作人员在显示器上观察到工件的 X 射线图像。

探伤工艺流程

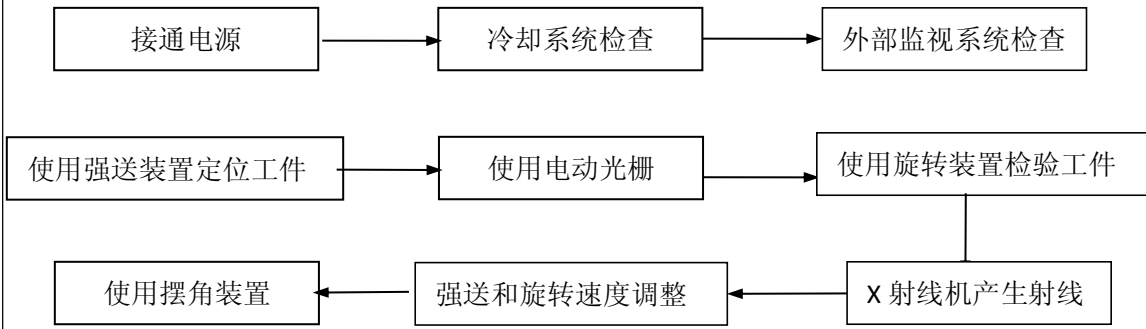


图 9-2 探伤工艺流程图

污染源项描述

(1) X 射线

由 X 射线数字成像检测系统的工作原理可知，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。

(2) 臭氧和氮氧化物

该公司 X 射线数字成像检测系统产生的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此本项目 X 射线探伤机正常运行时会产生一定量的臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

(1) X 射线数字成像检测系统设计有安装门-机联锁安全装置和灯光警示装置，且只有在工件门处于关闭状态时 X 射线装置才能出束。工件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检测装置内部的人员在紧急情况下离开检测装置。

(2) 防护门与屏蔽墙设计有搭接，搭接的长度将大于 10 倍的间隙，防止射线外泄。

(3) X 射线数字成像检测系统周围均设置电离辐射警告标志，并用中文注明“当心电离辐射”，X 射线探伤室各侧墙体外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。各项辐射环境管理制度张贴于工作现场处。

(4) 辐射工作场所设计有机械通风设施，工作期间保证机械通风的正常运行，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度。

(5) 公司已给每个辐射工作人员配备个人剂量计。

(6) 公司已建立探伤机使用台账。

三废的治理

根据 X 射线的原理可知 X 射线数字成像检测系统只在工作时产生射线，造成室内空气电离，产生一定量的臭氧和氮氧化物。通过室内的通风系统可以排出探伤室，不会对环境产生影响

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

由于 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。X 射线数字成像检测系统未通电运行，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。

运行阶段对环境的影响

X 射线数字成像检测系统概况

表 11-1 X 射线数字成像检测系统屏蔽情况一览表

项目	内容
四侧屏蔽墙	非主射面：10mm 铅板+ 4 mm 钢板 主射面：14 mm 铅板+ 4 mm 钢板
曝光室顶棚	10mm 铅板+ 4mm 钢板
工件门	气动门，门洞宽 0.9m×高 0.9m，门宽 1.1m×高 1.1m 搭肩需大于 10 倍门缝， 敷设 10mm 铅板+4mm 钢板
工作人员检修门	手动门，门洞宽 0.75m×高 1.8m 门宽 0.95m×2.0m，搭肩需大于 10 倍门缝， 敷设 10 mm 铅板+4mm 钢板
电缆管线	1 个直径 300 mm，地下 U 形电缆孔
通风口	无（探伤室外设置机械抽风设备）
备注	由南往北固定照射，年拍片约 2000 张，工件长度不超过 1200mm，直径不超过 500 mm，钢或铁材质

X 射线数字成像检测系统辐射屏蔽分析

为了分析预测本项目投入使用后所引起的辐射环境影响，本项目的屏蔽评价采用理论计算与类比分析的方式进行。

X 射线数字成像检测辐射环境影响分析

1.理论计算

(1) 计算公式及参数选取

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第 4.1.3 条，X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足，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 100μSv/周，对公众不大于 5μSv/周；关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。本项目以 0.25mSv/a 作为公众剂量约束值，按每年 50 周计算，可取周剂量限值为 0.005mSv/w。

本项目 X 射线数字成像检测系统长、宽和高分别为 2.41m、3.2m 和 2.46m，X 射线数字成像检测系统位于离各侧墙体的位置相对固定，考虑墙体的厚度，工作门、主射面、非主射面和顶棚

外 30cm 到焦点的最小距离 d 分别为 0.97m、2.38m、0.95m 和 1.9m，具体详见 (2)、(3)、(4) 和 (5) 式所示。

工件门外 30cm 到焦点的最小距离 d:

$$0.53+0.14+0.3=0.97m \dots\dots (2)$$

主射面外 30cm 到焦点的最小距离 d:

$$1.9+0.18+0.3=2.38m \dots\dots (3)$$

非主射面及工作人员检修门外 30cm 到焦点的最小距离 d:

$$0.51+0.14+0.3=0.95m \dots\dots (4)$$

顶棚外 30cm 到焦点的最小距离 d:

$$2.46-1+0.14+0.3=1.9m \dots\dots (5)$$

本项目探伤机工作电流值为 3mA，预计每天开机探伤时间 120min，每周工作 6 天，则周工作负荷可由 (7) 式求得。

$$\text{周工作负荷 } W: 3 \times 120 \times 6 = 2160 \text{ mA} \cdot \text{min} \cdot \text{W}^{-1} \dots\dots\dots (7)$$

U 为利用因子，取 1；T 为居留因子，取 0.25。

(2) 屏蔽设计符合性分析

查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 5.2 探伤室的典型屏蔽厚度表，主射面按有用线束屏蔽所需厚度查表 1-1，非主射面、工件门、工作人员检修门、天棚按散射辐射屏蔽所需厚度查表 1-3，可得表 11-2 的结果。

表 11-2 探伤室屏蔽符合情况一览表

项目	设计屏蔽水平	查表结果	是否符合
工件门	10mm 铅板+4mm 钢板	6.1mm 铅板	符合
主射面	14mm 铅板+4mm 钢板	11.62mm 铅板	符合
非主射面及工作人员检修门	10mm 铅板+mm 钢板	6.1mm 铅板	符合
顶棚	10mm 铅板+4mm 钢板	5.7mm 铅板	符合

2.类比分析

本项目通过类比监测的评价方法来加强预测配置 1 台 X 射线数字成像检测系统后的辐射环境影响。

(1) 类比监测

类比对象选取浙江上风实业股份有限公司在用的 1 套 X 射线数字成像检测系统。与本项目的可比性分析详见表 11-3。

表 11-3 拟建探伤机房和类比探伤机房对照表

	类比项目	本项目
最大管电压、管电流	225kV, 7mA	225kV, 3mA
方向	定向	定向
四周墙体厚度	东、南侧 8mm 铅板、西侧 10mm 铅板、北侧 12mm 铅板	主射面 14mm 铅板+4mm 钢板、非主射面 10mm 铅板+4mm 钢板
天棚厚度	10mm 铅板	10mm 铅板+4mm 钢板
工件门屏蔽	8mm 铅板	10mm 铅板+4mm 钢板
X 射线实时成像检测装置面积	3.3m×2.3m	3.2m×2.41m
X 射线实时成像检测装置高度	2.5m	2.46m
迷道	无	无

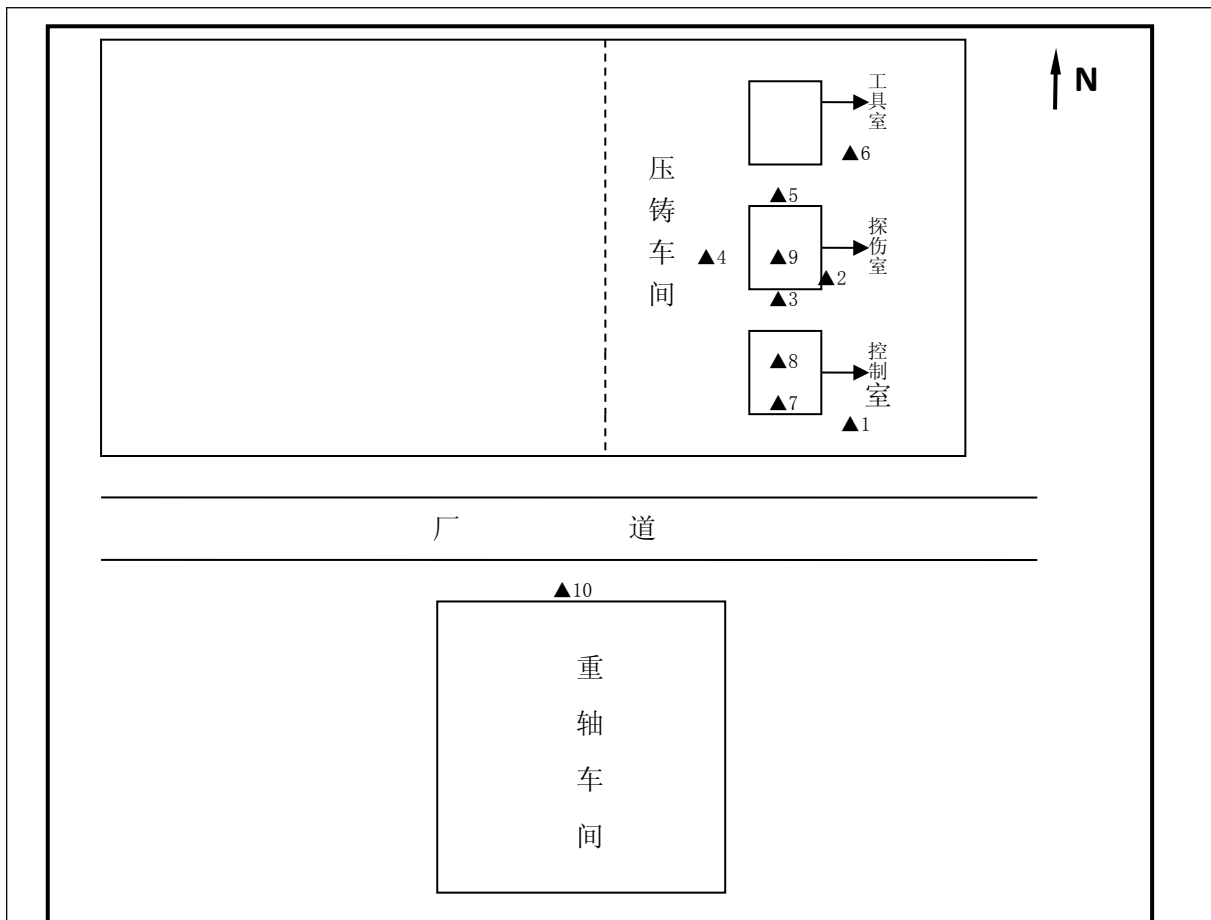
由表 11-3 的类比情况一览表可知，本项目与类比项目情况基本一致，屏蔽厚度均优于类比项目。因此本项目和类比项目有很好的可比性，可用浙江上风实业股份有限公司在用的 1 台 X 射线数字成像检测系统的使用情况说明本项目建成后探伤机对周围环境的辐射影响。类比项目监测结果见表 11-4，监测点位示意图见图 11-1。

监测情况说明

关机状态：X 射线数字成像检测系统处于关闭状态；

开机状态：X 射线数字成像检测系统以 225kV 电压，5mA 电流由北朝南出束。

现状监测点位见图 11-1，监测结果见表 11-4。



注：▲为监测点位

图 11-1 X 射线数字成像检测系统现状监测点位示意图

表 11-4 类比监测结果

点位号	点位描述		辐射剂量率 (nGy/h)	
			测量值	标准差
▲1	控制室门口	关机	142.8	1.5
		开机	148.4	2.3
▲2	X 射线实时成像检测装置东侧屏蔽体外 30cm 处	关机	149.6	2.1
		开机	166.1	1.4
▲3	X 射线实时成像检测装置南侧屏蔽体外 30cm 处	关机	154.2	1.2
		开机	158.4	1.2
▲4	X 射线实时成像检测装置西侧屏蔽体外 30cm 处	关机	152.3	2.8
		开机	162.6	3.0
▲5	X 射线实时成像检测装置北侧屏蔽体外 30cm 处	关机	151.4	4.0
		开机	158.3	3.4

点位号	点位描述	辐射剂量率 (nGy/h)		
		测量值	标准差	
▲6	工具室门口	关机	142.0	1.2
		开机	144.1	1.4
▲7	探伤控制室控制台操作位前	关机	138.5	2.4
		开机	142.9	5.4
▲8	探伤控制室北侧墙体 30cm 处	关机	147.5	1.1
		开机	154.7	2.5
▲9	X 射线实时成像检测装置内	关机	158.0	2.4
		开机	--	--
▲10	重轴车间北门口	关机	100.6	2.1
		开机	108.7	1.4

*监测结果未扣除宇宙射线的响应；

由表 11-4 的监测结果可知：X 射线数字成像检测系统未运行时，周围各监测点位的 X-γ 辐射剂量率在 100.6~158.0nGy/h 之间，根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知绍兴市室内 γ 辐射剂量率在 61~335nGy/h 之间。试运行期间，周围各监测点位的 X-γ 辐射剂量率在 108.7~166.1nGy/h 之间，与未开机时未见显著升高。同时开机剂量率也均符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ117-2015 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。”的要求。

(2) 预测分析

通过对浙江上风实业股份有限公司的在用的 1 台 X 射线数字成像检测系统的使用情况的现场监测结果，可以估算出辐射工作人员及公众成员所受到的照射剂量。

① 辐射工作人员

根据表 11-4 监测结果，X 射线数字成像检测系统在开机探伤时周围各关心点位的 X-γ 辐射剂量率与未开机时相比，均未见显著升高。表明辐射工作人员不会受到额外的辐射照射，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

② 公众成员

X 射线数字成像检测系统开机工作时，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 射线数字成像检测系统周围停留。公司应有严格的管理制度，公众成员一般不进入该厂区，车间其他工作人员和公众人员不会接受额外的辐射照射，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。

X 射线数字成像检测系统屏蔽能力分析

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，结合公司拟建 X 射线数字成像检测系统初步设计资料及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司拟建 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：

（1）初步设计中，该 X 射线数字成像检测系统的设置已充分考虑周围的放射安全，且曝光室与操作室分开；曝光室出入口防护性能大于同侧墙的防护性能，故其曝光室工作人员出入口和工件门的屏蔽厚度能满足相关规定的要求。

（2）结合表 11-4 的类比监测结果及辐射环境影响预测分析可知，辐射工作人员和公众成员不接受额外的辐射照射；故该 X 射线数字成像检测系统的屏蔽能力符合《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。

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几种情况：

（1）X 射线数字成像检测系统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。

（2）人为故意引起的辐射照射。

（3）有人员在检测装置内时，操作室内工作人员误打开 X 射线数字成像检测系统，造成误照射。

为了杜绝事故发生，公司必须进行 X 射线数字成像检测系统的定期检查，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 结论与建议

实践的正当性

宁波明欣化工机械有限责任公司拟用 1 台 X 射线数字成像检测系统，目的是为了对其产品进行无损检测，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合《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。因而，只要按规范操作，该公司使用探伤机是符合辐射防护“正当实践”原则。因此，该项目使用探伤机的目的是正当可行的。

选址合理性分析

宁波明欣化工机械有限责任公司位于宁波市镇海区骆驼盛兴路 195 号，公司北面为南一西路，南侧为盛兴路，西侧为九龙大道，东侧为田湖路。X 射线数字成像检测系统周围 50m 范围内无环境敏感点，其选址是合理可行的。

辐射防护屏蔽能力分析

曝光室主射面为 14mm 铅板+4mm 钢板，非主射面和顶棚为 10mm 铅板+4 mm 钢板，工件门和工作人员检修门为 10mm 铅板+4mm 钢板，其 X 射线数字成像检测系统设计屏蔽能力能符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

主要污染因子及辐射环境影响评价

本项目的主要污染因子为 X 射线，另外探伤过程中产生一定量的臭氧和氮氧化物。

根据分析结果，公司从事辐射操作的工作人员和公众成员所受到额外辐射照射符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求以及本项目的剂量管理限值要求。

辐射环境管理制度

公司在从事辐射操作前，必须完善《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作安全责任书》、制订《设备检修维护制度》等规章制度。

安全培训及健康管理

公司已为每个辐射工作人员配备个人剂量计，每三个月送有资质的单位检测一次。并配备 2 台剂量报警仪。

辐射工作人员上岗前、离岗时以及每 1 至 2 年应进行一次放射职业体检，并为他们建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

公司所有辐射工作人员均参加环保部门组织的辐射安全与防护培训，并取得培训合格证，并按要求每四年参加一次复训。

结论

宁波明欣化工机械有限责任公司拟使用 1 台 X 射线数字成像检测系统，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 X 射线数字成像检测系统在探伤室内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。

建议和承诺

- (1) 环评报批后，公司需及时向环境保护主管部门申领辐射安全许可证。
- (2) 公司须在本项目内容投入试运行 3 个月内申请竣工验收。

