

核技术利用建设项目

**X 射线实时成像检测系统应用项目**

**环境影响报告表**

中科光电科技（威海）有限责任公司

2026 年 2 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

**X 射线实时成像检测系统应用项目**

**环境影响报告表**

建设单位名称：中科光电科技（威海）有限责任公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：

邮政编码：

联系人：

电子邮箱

联系电

**表1 项目基本情况**

建设项目名称		中科光电科技（威海）有限责任公司 X 射线实时成像检测系统应用项目			
建设单位		中科光电科技（威海）有限责任公司			
法人代表		■	联系人	■	联系电话
注册地址		威海文化中路 81 号（122.097634° E, 37.516976° N）			
项目建设地点		威海市火炬高技术产业开发区文化中路 81 号，厂区检测室内			
立项审批部门		/		批准文号	
建设项目总投资（万元）		50	项目环保投资（万元）	30	投资比例（环保投资/总投资）
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 <sup>2</sup>
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	/				
<p><b>1.1 公司简介</b></p> <p>中科光电科技（威海）有限责任公司是由西安光机所在威海投资的窗口企业。创立于 1992 年，在光电器件方面具有良好的研制、开发、生产条件。中国科学院西安光学精密机械研究所创建于 1962 年，是以现代光学、光电子学与大型光电工程技术作为主要学科方向，是一个以战略技术创新与应用基础研究为主的综合性科研基地型研究所，是中国科学院在西北地区著名的研究所之一。西安光机所现有职工 900 余人，半数以上是高学历的研究人员，其中中国科学院院士 1 人、国际欧亚科学院院士 1 人。</p> <p>建设单位所在地理位置示意图附图 1。</p> <p><b>1.2 现有辐射工程</b></p> <p><b>1.2.1 辐射环保手续执行情况及辐射安全许可情况</b></p> <p>建设单位于 2018 年 11 月 16 日填报了建设项目环境影响登记表，年生产、销售 III 类射</p>					

线装置最大为 50 台，备案号：20183710000100001041。登记表见附件 5。

建设单位现持有 2023 年 10 月 17 日威海市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（鲁环辐证[10505]），许可种类和范围为：生产、销售 III 类射线装置，有效期至 2028 年 10 月 16 日。建设单位许可生产、销售射线装置型号一览见表 1-1。

表 1-1 建设单位许可生产、销售射线装置型号一览表

序号	装置名称	用途	规格/型号	数量	类别	生产位置
1	便携式 X 射线机	医用诊断 X 射线装置	GDX-50/75	生产、销售 50 套/年	III 类射线装置	中国科学院西安光机所威海光电基地：威海市文化中路 81 号
2	便携式 X 射线机	医用诊断 X 射线装置	NDT			

### 1.2.2 辐射安全管理现状

#### 1. 辐射安全管理机构基本情况

建设单位签订了辐射工作安全责任书，明确了法人代表为辐射工作安全第一责任人，成立了辐射安全领导小组，并配备了辐射安全管理人员，负责辐射安全与环境保护工作。

#### 2. 规章制度制定及落实情况

建设单位制定了多项辐射安全管理规章制度，主要有《射线装置生产安装规程》《工作人员岗位职责》《安全保卫与防护制度》《工作人员培训计划》《射线装置生产、销售台账管理制度》等，并严格按照规章制度执行。

#### 3. 人员培训及个人剂量监测情况

建设单位现有 2 名辐射工作人员均已参加国家核技术利用“科研、生产及其他”类别辐射安全与防护考核，成绩合格且在有效期内。辐射工作人员均配有个人剂量计，每 3 个月委托山东丹波尔环境科技有限公司对其个人剂量进行检测，建立了个人剂量档案并安排专人管理。根据个人剂量检测报告，辐射工作人员年度累计剂量均未超过年管理剂量约束值。

#### 4. 辐射环境监测情况

建设单位已配备 1 台 INSPECTOR 型巡检仪，于 2025 年 8 月委托有资质单位对现有生产车间周围环境辐射剂量率进行了年度检测，同时也定期开展自主监测，检测结果均合格，监测记录仪对应存档。

#### 5. 辐射事故应急管理情况

建设单位制定了《辐射事故应急预案》，每年定期进行辐射事故应急演练，以保证一旦发生辐射意外事件，能够立即采取必要的有效的应急响应行动，妥善处理辐射事故，保护

辐射工作人员和公众的健康与安全。建设单位已于 2025 年 8 月开展 2025 年年度辐射事故应急演练，并形成辐射事故应急演练总结报告，将应急演练情况记录入档。

### 6. 年度评估报告提交情况

建设单位《2025 年年度评估报告》已按时提报至全国核技术利用辐射安全申报系统。根据该报告内容，公司 2025 年生产、销售、经营过程中未发现安全隐患，严格落实各级主管部门及国家各项法律法规，符合有关法律法规以及生态环境主管部门要求。

综上，建设单位辐射安全管理档案健全，现有核技术利用项目环保手续齐全，符合有关法律法规以及生态环境主管部门要求。

## 1.3 本项目规模

建设单位现有 1 台 ZXFlasee-D3 型 X 射线实时成像检测系统（由 X 射线机、成像系统、机械传动单元、自带铅房及操作台组成；最大管电压 160kV、最大管电流 3mA），已安装于厂区检测室内东北角。根据环评阶段现场勘查，该 X 射线实时成像检测系统现处于封存状态（防护门及操作位贴有封条），拟完善相关环保手续后启用该成像系统，用于对意向购买该型号 II 类射线装置的客户进行演示及测试（**该型号 II 类射线装置的销售另行填报建设项目环境影响登记表**）。

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，工业用 X 射线探伤装置分为自屏蔽式 X 射线探伤装置和其他工业用 X 射线探伤装置，对自屏蔽式 X 射线探伤装置的使用活动按 III 类射线装置管理。本项目 X 射线实时成像检测系统自带铅房设置有 1 处防护门，具备人员可进入铅房的条件，不符合自屏蔽式 X 射线探伤装置的解释要求，因此，本项目 X 射线实时成像检测系统保守界定为“其他工业 X 射线探伤装置”，按照 II 类射线装置管理。本次评价涉及的射线装置明细见表 1-4。

表 1-4 本次评价涉及的射线装置明细表

装置名称	系统型号	生产厂家	最大管电压	最大管电流	数量	工作场所	射束方向	备注
X 射线实时成像检测系统	ZXFlasee-D3	丹东锐新射线仪器有限公司	160kV	3mA	1 套	检测室内东北角	定向向北	现有，现封存状态

## 1.4 产业政策符合性

本项目属于服务于公司主体的项目，核技术利用类型属使用 II 类射线装置。经查《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号），项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类，属于国家允许建设的项目，符合产业政策。

## 1.5 选址合理性

根据不动产权证书鲁（2017）威海市不动产权第 0027955 号（见附件 6），用途为工业

用地，用地符合规划。本项目位于厂区东北侧检测室内，无新增用地。

经现场勘查，本项目铅房周围 50m 范围内保护目标为建设单位仓储用房、建设单位办公楼、秀水热水房、万福公寓 320 号楼、万福公寓 318 号楼、万福公寓 331 号楼、万福公寓 319 号楼、万福公寓 386 号楼。根据本环评 9.2 项的影响分析，在 X 射线实时成像检测系统运行过程中，铅房周围及周围辐射水平可满足国家相关要求，对周围环境及周围的辐射影响较小，因此项目选址合理。

## 1.6 实践正当性

本项目 X 射线实时成像检测系统的应用具有良好的社会效益和经济效益，同时根据下文分析，本项目采取辐射防护措施，能保证铅房外辐射剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，射线装置运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

## 1.7 目的和任务的由来

公司在对客户进行演示及测试过程中，由于 X 射线在穿透物体过程中与物质发生相互作用，缺陷部位和完好部位的透射强度不同，显像器上相应部位会呈现黑度差，演示人员在不破坏工件结构的基础上根据黑度变化判断缺陷情况说明评价产品的质量，通过及时检测和信息反馈，使产品生产人员及时调整方法和工艺参数，从而保证产品的质量。

X 射线实时成像检测系统在工作过程中可能对环境产生一定的辐射影响，根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，本项目 X 射线探伤机属 II 类射线装置；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年）》，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”，应编制环境影响报告表。为保护环境和公众利益，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，中科光电科技（威海）有限责任公司委托我单位对其 X 射线实时成像检测系统应用项目进行辐射环境影响评价。接受委托后，在进行现场调查与核实、环境检测、收集和分析有关资料、预测估算等基础上，依照《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》（HJ 10.1-2016）编制了该项目的环境影响报告表。

## 表2 射线装置

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 (台)	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 检测系统	II类	1套	ZXFlasee-D3	160	3	演示及测试	检测室内东北角	现有，现封存 状态

## 表3 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
非放射性废气 (O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub> )	气态	/	/	少量	少量	/	/	铅房顶部西南侧设置有 1 处通风口，排风口外拟设 置引风管道，废气向北排 至室外环境

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表4 评价依据

法规文件	<ol style="list-style-type: none"><li>1、《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015.1.1 实施；</li><li>2、《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第 24 号，2018.12.29 实施；</li><li>3、《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 6 号，2003.10.1 实施；</li><li>4、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，中华人民共和国主席令第 43 号，2020.4.29 修订；</li><li>5、《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，2017.10.1 实施；</li><li>6、《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，2005.12.1 实施；国务院令第 653 号，2014.7.29 修订；国务院令第 709 号修订，2019.3.2 实施；</li><li>7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号公布，2006.3.1 实施；环境保护部令第 3 号修订，2008.12.6 实施；环境保护部令第 47 号修订，2017.12.20 实施；生态环境部令第 7 号修订，2019.8.22 实施；生态环境部令第 20 号修订，2021.1.4 实施；</li><li>8、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011.5.1 实施；</li><li>9、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021.1.1 实施；</li><li>10、《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，2017.12.5 实施；</li><li>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》，国家环保总局环发[2006]145 号，2006.9.26 实施；</li><li>12、《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，发改委令第 7 号，2024.2.1 实施；</li><li>13、《山东省环境保护条例》，山东省第十三届人大常委会第七次会议，2018.11 修订，2019.1.1 实施；</li><li>14、《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第 37 号，2014.5.1.1 实施；</li></ol>
------	---

	<p>15、《山东省辐射事故应急预案》，山东省人民政府办公厅，鲁政办字[2012]181号, 2017.11 实施。</p>
技术标准	<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) 及第 1 号修改单;</p> <p>5、《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>6、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>7、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019);</p> <p>8、《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021);</p> <p>9、《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ 104-2017)。</p>
其他	<p>1、中科光电科技(威海)有限责任公司 X 射线实时成像检测系统应用项目环境影响评价委托书;</p> <p>2、《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站, 1989 年);</p> <p>3、中科光电科技(威海)有限责任公司提供的其他技术资料。</p>

## 表5 保护目标与评价标准

### 5.1 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) 规定要求：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。

根据本项目特点，X 射线实时成像检测系统自带铅房，X 射线机安装在铅房内，属在铅房内使用 II 类射线装置。因此，评价范围为铅房四周防护面外 50m 的范围。

### 5.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。其中职业人员为操作本项目 X 射线实时成像检测系统的辐射工作人员，公众成员为周围 50m 范围内建设单位仓储用房、建设单位办公楼、秀水热水房、万福公寓 320 号楼、万福公寓 318 号楼、万福公寓 331 号楼、万福公寓 319 号楼、万福公寓 386 号楼人员及偶然经过的其他公众人员，铅房周围 50m 评价范围内保护目标情况见表 5-1。

表 5-1 铅房周围 50m 评价范围内保护目标情况

保护目标	场所名称	最近方位及距离	环境特征及人数
职业人员	操作位	铅房南侧约 1m 处	2 人
公众成员	建设单位仓储用房	东侧约 0.5m	2 层砖结构仓库，高约 3.5m，涉及建设单位员工 < 50 人
	建设单位办公楼	西侧约 8m	2 层混凝土结构办公楼，高约 10m，涉及建设单位员工 < 50 人
	秀水热水房	西北侧约 8m	单层砖结构热水房，高约 4m，涉及人员 < 2 人
	万福公寓 320 号楼	东侧约 13m	7 层混凝土结构居民楼，高约 25m，涉及人员 < 110 人
	万福公寓 318 号楼	东南侧约 25m 处	7 层混凝土结构居民楼，高约 25m，涉及人员 < 240 人
	万福公寓 331 号楼	东北侧约 26m	7 层混凝土结构居民楼，高约 25m，涉及人员 < 220 人
	万福公寓 319 号楼	东侧约 35m	7 层混凝土结构居民楼，高约 25m，涉及人员 < 240 人
	万福公寓 386 号楼	西北侧约 38m	7 层混凝土结构居民楼，1 层南侧存在 1 排沿街商铺，高约 25m，涉及人员 < 240 人
	偶然经过的其他公众人员	四周 0~50m	/

### 5.3 评价标准

#### 5.3.1 职业照射和公众照射

职业照射和公众照射参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中附录 B 规定：

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；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

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；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

参考以上标准，本次评价以 5.0mSv/a 作为职业人员的年管理剂量约束值；以 0.1mSv/a 作为公众成员的年管理剂量约束值。

### 5.3.2 剂量率参考控制水平

剂量率参考控制水平按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定执行：

#### 5 探伤机的放射防护要求

##### 5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，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下表的要求，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。

表 5-2 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

5.1.2 工作前检查项目应包括：

a) 探伤机外观是否完好；

b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；

- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全连锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

#### 5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

### 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。

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  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
- b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

#### 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  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机连锁装置，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-机连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连锁。

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。

### 6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) 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。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

参考以上标准，本次评价以上述标准中规定的  $2.5\mu\text{Sv/h}$  作为 X 射线实时成像检测系统铅房四周防护面、防护门外各关注点的剂量率参考控制水平。

“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  $100\mu\text{Sv/h}$ ”，考虑到本项目铅房顶部外虽没有人员到达，但铅房高度较低（位于地面以上 2.7m），因此本次评价保守采用  $2.5\mu\text{Sv/h}$  作为 X 射线实时成像检测系统铅房顶部外关注点的剂量率参考控制水平。

### 5.3.3 环境天然放射性水平调查

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，烟台（威海）市环境天然  $\gamma$  空气吸收剂量率见表 5-3。

表 5-3 烟台（威海）市环境天然辐射水平（单位： $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）

监测内容	范围	平均值	标准差
原野	2.14~12.05	5.84	1.66
道路	1.94~20.14	6.49	2.39
室内	4.56~20.53	10.11	2.71

注： 1. 表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989年；  
2. 报告中无威海市数据，使用原隶属烟台地区数据。

## 表6 环境质量和辐射现状

### 6.1 项目地理位置

中科光电科技（威海）有限责任公司位于威海市火炬高技术产业开发区文化中路 81 号，环评阶段现场勘查期间，本项目 X 射线实时成像检测系统已安装于厂区检测室内东北侧（未启用），操作位位于铅房南侧 1m 处。

本项目拟启用铅房周边关系影像见附图 2，现场勘查情况见图 6-1，铅房周围 50m 环境一览见表 6-1。





检测室外南侧



建设单位仓储用房



公司办公楼



秀水热水房



万福公寓 320 号楼



318 号楼



331 号楼



319 号楼



386 号楼



建设单位厂区西侧大门

图 6-1 现场勘查照片（拍摄于 2026 年 1 月）

表 6-2 铅房周围 50m 环境一览表

点位	方向	场所名称
铅房 (单层建筑, 下方为土层)	北侧	依次为: 检测室内夹道、厂区内道路、万福公寓内部道路、秀水热水房(西北)、万福公寓内部道路、万福公寓 386 号楼(西北)/331 号楼(东边)
	西侧	依次为: 检测室内其他检测区域、检测室内仓库、厂区内道路、办公楼
	南侧	依次为: 检测室内操作位/铅房电源箱、检测室内过道、建设单位仓储用房
	东侧	依次为: 建设单位仓储用房、万福公寓内部道路、万福公寓 320 号楼 318 号楼(东南)、万福公寓 319 号楼

## 6.2 环境质量和辐射现状

### 6.2.1 检测方案

本次对铅房安装位置及周围的环境  $\gamma$  空气吸收剂量率进行检测。检测方案如下所示:

#### 1、环境现状评价对象

X 射线实时成像检测系统安装位置及周围辐射环境现状。

#### 2、检测因子

环境  $\gamma$  空气吸收剂量率。

#### 3、检测点位

本次评价按照《环境  $\gamma$  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)、《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021) 等检测布点原则, 于 X 射线实时成像检测系统安装位置及周围布设 13 个检测点, 检测布点见图 6-2。



图 6-2 检测布点示意图

## 6.2.2 质量保证措施

### 1、检测单位

本次评价委托具备生态环境检测资质的潍坊正沅环境检测有限公司开展检测。

### 2、检测仪器

检测仪器主要技术参数见表 6-3。

表 6-3 检测仪器参数一览表

设备名称	便携式 X-γ 剂量率仪
设备型号	HD-2005
设备编号	F12032
技术指标	测量范围： $(1\sim 100000)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ； 能量响应：25keV~3MeV，极限偏差±15%； 对宇宙射线的能量响应：极限偏差±15%； 剂量率指示的固有误差： $\leq \pm 10\%$ ； 角响应：极限偏差±15%，( $^{137}\text{Cs}$ , $0^\circ\sim 150^\circ$ 相对于最大响应数值)； 长期稳定性： $\leq \pm 5\%$ (连续工作 8 小时)； 使用环境：湿度 $\leq 90\%$ ( $-10^\circ\text{C}\sim +40^\circ\text{C}$ )。
检定单位	中国计量科学研究院
检定/校准证书编号	DLj12025-06802
检定有效期	2025 年 05 月 30 日~2026 年 05 月 29 日

### 3、检测方法

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)和《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上,仪器探头离地 1m,设置好测量程序,仪器自动读取 10 个数据,进行结果计算和标准偏差。

### 4、检测人员及其他质量保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测,检测人员均经过理论及现场操作培训合格后,持证上岗,能够满足检测分析需求。检测人员按操作规程操作仪器,并做好记录。检测时获取足够的数量,以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料。仪器校准(测试)证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留,以备复查。检测报告严格实行三级审核制度,经过校对、审核,最后由技术负责人审定。

#### 6.2.3 检测时间与条件

检测日期:2026年1月23日;检测时间:13:48~14:21。

天气:晴;温度:2.3℃;相对湿度:35.6%。

#### 6.2.4 检测结果

环境 $\gamma$ 空气吸收剂量率现状值检测结果见表6-4。

表6-4 环境 $\gamma$ 空气吸收剂量率检测结果(单位: $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ )

点位	点位描述	检测值	标准偏差
1	铅房安装位置(检测室内)	8.9	0.2
2	铅房安装位置西侧(检测室内其他检测区域)	8.8	0.1
3	铅房安装位置南侧(检测室内操作位)	8.6	0.2
4	铅房安装位置北侧(厂区内部道路)	8.0	0.2
5	铅房拟建位置东侧(建设单位仓储用房)	8.5	0.2
6	建设单位办公楼内	8.2	0.2
7	建设单位仓储用房内西北侧	7.8	0.2
8	秀水热水房南侧道路	7.7	0.1
9	万福公寓386号楼外东南角	7.4	0.3
10	万福公寓331号楼外西南角	7.6	0.3
11	万福公寓320号楼外西南角	7.2	0.2
12	万福公寓319号楼外西南角	7.4	0.2
13	万福公寓318号楼外西北角	7.4	0.3

注: 1. 检测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值,  $2.0 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ;  
2. 宇宙射线响应值的屏蔽修正因子: 原野及道路取 1.0、平房取 0.9、多层建筑物取 0.8;

3. 点位 1~3、5~7 为室内点位，其他点位为室外点位。

### 6.2.5 环境现状调查结果评价

根据表 6-4 的检测数据表明，X 射线实时成像检测系统拟安装位置及周围的环境  $\gamma$  空气吸收剂量率现状值为室内  $(7.8\sim 8.9) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、室外  $(7.2\sim 8.0) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均处于烟台（威海）市环境天然放射性水平范围内[室内  $(4.56\sim 20.53) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、道路  $(1.94\sim 20.14) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ]。

## 表7 项目工程分析与源项

### 7.1 施工期工艺流程简述

根据环评阶段现场勘查，本项目 ZFlasee-D3 型 X 射线实时成像检测系统已安装、未启用，不涉及施工期污染。

### 7.2 营运期工艺流程简述

#### 7.2.1 X 射线实时成像检测系统简介

##### 1、X 射线实时成像检测系统结构

ZXFlasee-D3 型 X 射线实时成像检测系统主要由 X 射线机、成像系统、机械传动单元、自带铅房及操作台组成。其中成像系统主要由图像增强器、光学镜头、摄像机、计算机、图像处理器、图像显示器和图像储存单元等设备组成。控制器采用了先进的微机控制系统，可控硅规模快速调压，主、副可控硅逆变控制及稳压、稳流等电子线路和抗干扰线路，工作稳定性好，运行可靠。

ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统外观示意图 7-1，内部示意图 7-2。

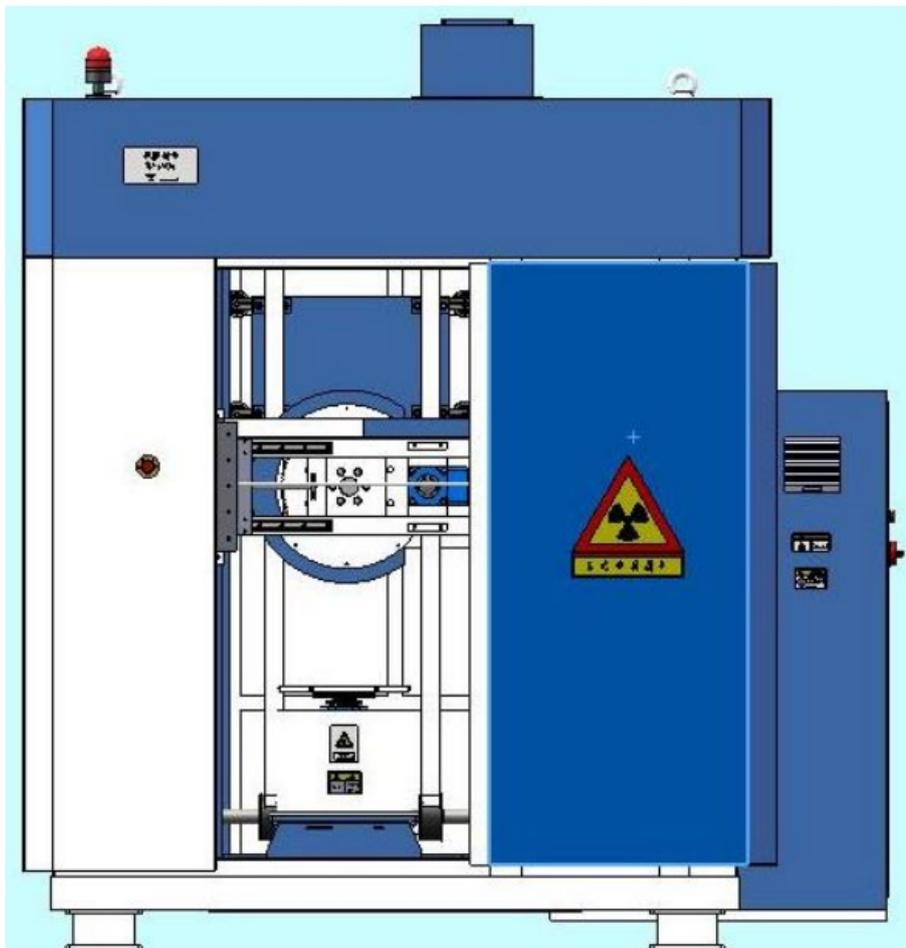


图 7-1 ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统外观示意图

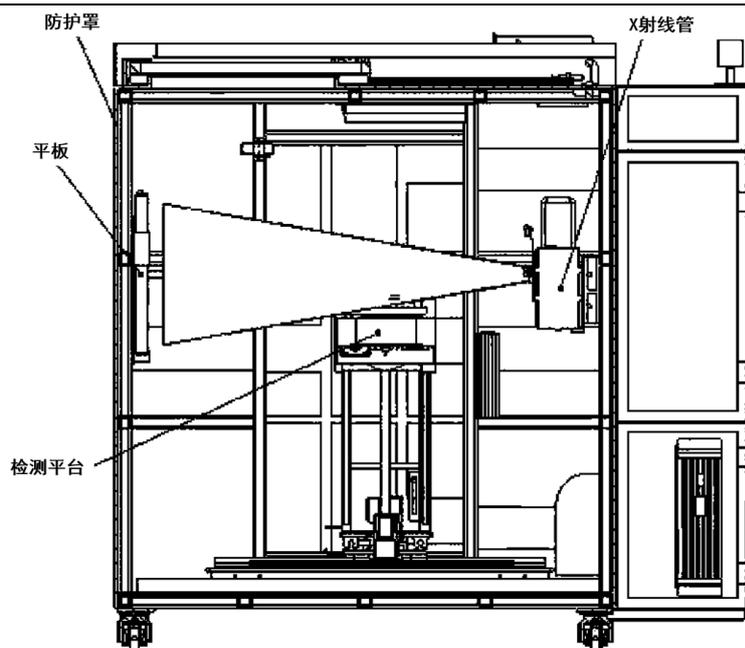


图 7-2 ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统内部示意图

机械传动单元主要包括 C 型臂检测机构及旋转载物台，检测方式采用 C 型臂升降或摆动，检测工件移动或者旋转，可实现对工件检测。

#### (1) C 型臂检测机构

C 型臂检测机构总共由 2 个运动轴组成，C 型臂沿 Z 轴升降、绕 Y 轴旋转，如图 7-3 所示。

①C 型臂沿 Z 轴升降：方便检测工件高度方向上的检测，升降范围为 1000mm；

②C 型臂绕 Y 轴旋转：C 型臂可绕 Y 轴旋转  $10^\circ$ ，当遇到异形检测工件时，检测面前面有遮挡，会对检测面成像造成干扰，C 型臂绕 Y 轴旋转会避开干扰面，使成像效果最佳。

#### (2) 旋转载物台

旋转载物台总共由 3 个运动轴组成，载物台旋转、载物台沿 X 轴运动、载物台沿 Y 轴运动；载物台上安装有夹具工装，异形工件可用夹具工装固定，方便调整照射角度，实现最佳成像效果，如图 7-3 所示。

①载物台旋转：载物台绕 Z 轴可实现  $\pm 360^\circ$  旋转，当检测工件需要调整透照角度时，载物台带动检测工件旋转，实现  $360^\circ$  成像；

②载物台沿 X 轴运动：载物台沿 X 轴运动行程约 0.5m，可以实时调整放大比，使图像效果达到最清晰；

③载物台沿 Y 轴运动：载物台沿 Y 轴运动行程约 1.0m，方便用户检测工件宽度方向上检测。

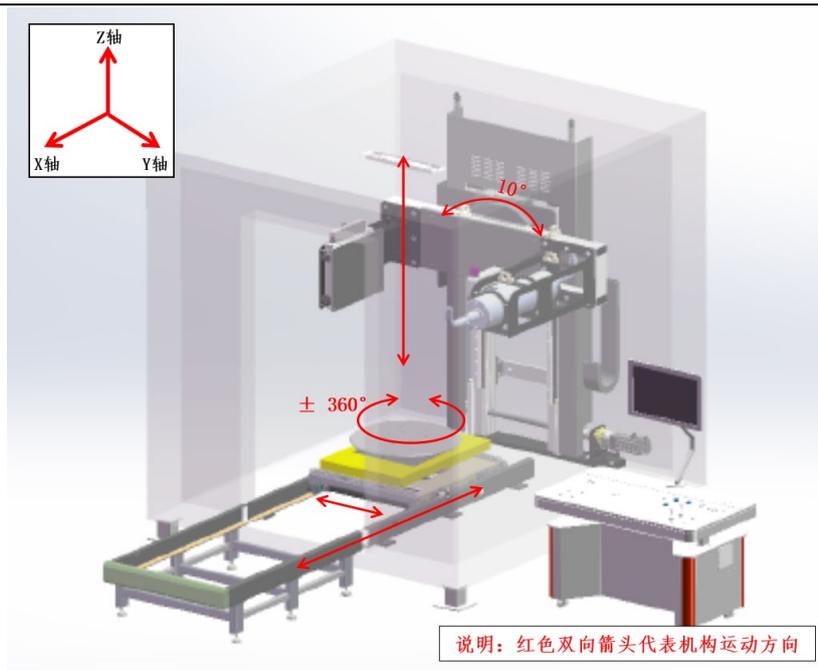


图 7-3 C 型臂检测机构及旋转载物台示意图

## 2、X 射线产生原理

X 射线机主要由 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、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作用的韧致辐射即为 X 射线。X 射线发生器结构示意图 7-4。

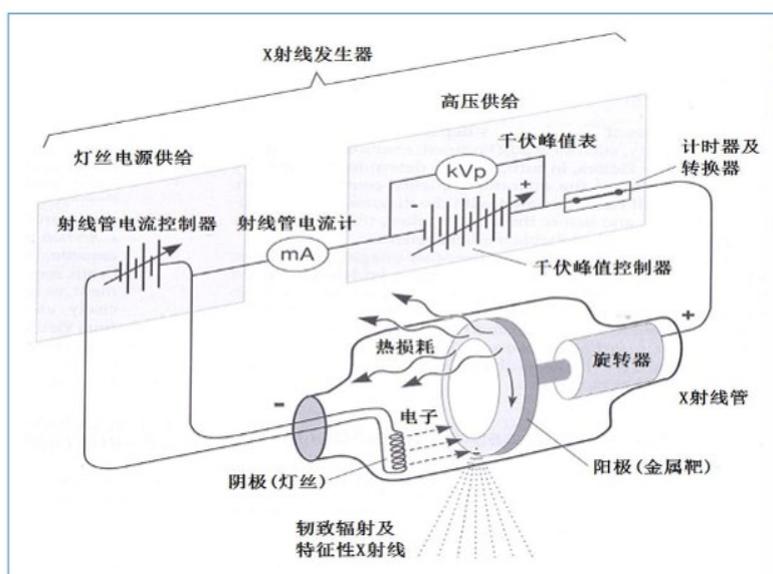


图 7-4 X 射线发生器结构示意图

### 3、探伤原理

X 射线实时成像检测系统通过 X 射线对受检产品进行照射，当射线在穿透材料时，由于焊接质量各异，从而使 X 射线的穿透量不同。材料与其中缺陷对 X 射线吸收衰减不同而形成 X 射线强度分布的潜像，再将这个潜像用图像增强管转换为可见像，从而实现检测缺陷的目的，如产品质量有问题，成像中显示裂缝所在的位置，从而实现无损探伤的目的。

### 4、X 射线探伤机主要技术参数

ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统主要技术参数见表 7-1。

表 7-1 ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统主要技术参数

设备名称	X 射线实时成像检测系统
型号	ZXFLASEE-D3
最大管电压	160kV
最大管电流	3mA
额定最大功率	480W
焦点尺寸	小焦点 0.4mm，大焦点 1.0mm
辐射角度	20° × 10°
照射方向	定向向北
X 射线管滤过条件	0.8mm 铍
阳极靶材料	钨靶
距靶点 1m 处 X 射线管输出量	0.913mGy · m <sup>2</sup> / (mA · min)

#### 7.2.2 工作流程

X 射线实时成像检测系统初次使用或长时间未使用时，使用前需进行训机。该项目工作流程简单，为半自动化进行，人员无需进入屏蔽铅房。进行 X 射线探伤前，工作人员将演示用工件手动搬运至屏蔽铅房外旋转载物台上，然后电驱动旋转载物台至检测中心，确定铅房内无人员，关闭防护门，通过控制操作位处的按钮调整好平台上高压跳线终端的位置后，操作人员开机，X 射线管发射 X 射线，对放置在屏蔽铅房内旋转载物台上的工件进行检测，图像管接收透过物体的 X 射线，图像传送到计算机处理，由计算机经过软件处理输出图像。操作人员根据 X 射线图像情况，对高压跳线终端进行连续检测、分析和判断，检测完成后关机，防护门开启，工件由电驱动旋转载物台运出，完成一轮探伤。检查全部完成后，关闭电脑、铅房电源和总电源。

本项目 X 射线实时成像检测系统照射方向为定向向北，机械传动单元主要包括 C 型臂检测机构（X 射线机安装在 C 型臂一端，成像系统安装在 C 型臂另一端）和旋转载物台两部

分。C型臂检测机构可实现上下升降及10°摆动，旋转载物台可实现360°水平旋转及前后左右运动。本项目工作流程及产污环节示意图7-5。

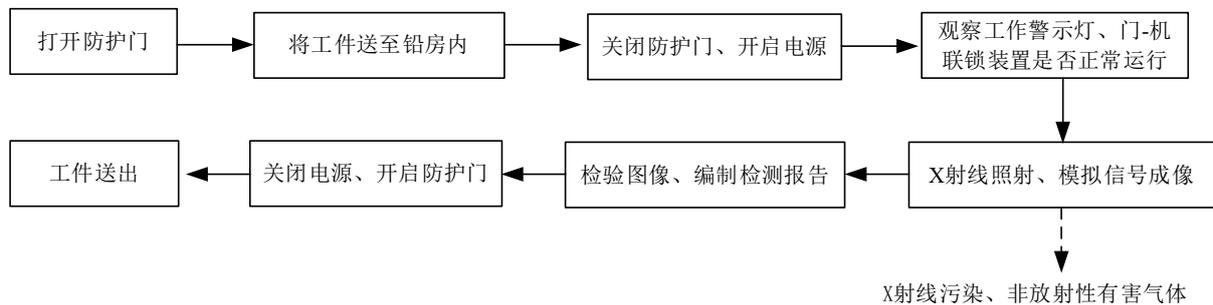


图 7-5 本项目工作流程及产污环节示意图

### 7.2.3 工作负荷及人员配置

#### 1、工作负荷

根据建设单位提供的资料，每周1次对意向客户进行演示、测试，每次开机演示、测试时间约为10min，则年工作时间为： $50 \text{周/年} \times 10 \text{min} \div 60 \approx 8.4 \text{h/a}$ 。训机每3个月进行一次（拟由本项目辐射工作人员进行），每次约30min，则年训机时间为2h。

设备维修工作由厂家指派专业人员进行，本项目辐射工作人员不负责。综上所述，本项目投运后工作负荷为10.3h/a。

#### 2、人员配置

建设单位拟新配备2名辐射工作人员，安排该2名辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加“X射线探伤”类别考核，成绩合格后上岗。并拟配备1名辐射管理人员（学历本科及以上），在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加“辐射安全管理”类别考核，成绩合格后作为建设单位辐射防护负责人。

## 7.3 污染源项描述

### 7.3.1 施工期污染因素分析与评价因子

不涉及。

### 7.3.2 营运期污染因素分析与评价因子

#### 1、放射性废物

本项目不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

#### 2、X射线

X 射线实时成像检测系统开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

### 3、非放射性污染因素分析

X 射线实时成像检测系统产生的 X 射线会使空气电离。空气电离产生臭氧(O<sub>3</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)，在 NO<sub>x</sub> 中以 NO<sub>2</sub>为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目中，臭氧和氮氧化物的产生量均较小。

综上所述，本项目营运期环境影响评价的评价因子主要为 X 射线、非放射性废气。

## 表8 辐射安全与防护

### 8.1 项目安全与防护

#### 8.1.1 布局合理性分析

本项目 X 射线实时成像检测系统由 X 射线机、成像系统、机械传动单元、自带屏蔽铅房及配套操作位构成。操作位位于铅房南侧，防护门位于铅房西防护面，X 射线实时成像检测系统主射束在铅房内定向向北照射，根据附图 2 所示，操作位及防护门均避开了有用线束照射的方向且操作位与铅房分开，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中 6.1.1 款要求，及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GB/T 250-2014) 中 3.3.2 款要求，项目布局基本合理。

#### 8.1.2 项目分区管理

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第 6.1.2 款规定“应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。”根据本项目现场情况，建设单位拟将铅房的内部划分为控制区，检测室整体设置为监督区，在铅房防护门上张贴电离辐射警告标志，控制区、监督区划分见附图 2。

#### 8.1.3 铅房屏蔽体设计

根据建设单位提供资料，铅房屏蔽设计参数见表 8-1。

表 8-1 铅房屏蔽设计参数一览表

项目	内容
铅房尺寸	东西长 1880mm×南北宽 1860mm×高 2300mm
射束方向	定向向北
四周防护面 (铅钢结构)	铅房北防护面为主射面，采用“2mm 钢+8mm 铅+2mm 钢”，其他防护面均采用“2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢”
顶部、底部 (铅钢结构)	顶部、底部均采用“2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢”
防护门 (铅钢结构)	铅房西侧中间设有防护门，用于工件进出及设备检修，防护门为电动平移式，采用“2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢”，防护门尺寸为 0.85m×2.62m×0.20m (宽×高×厚)，门洞尺寸为 0.75m×2.52m (宽×高)，防护门上、下、左、右与防护面搭接量均为 5cm，搭接宽度与缝隙比例均在 10:1 之上，满足防护要求。
通风口	设置 1 处通风口位于顶部西南侧，通风口尺寸为 12cm×12cm，外侧采用“2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢”的“L”型折弯迷路。设有轴流风机，通风口有效通风换气量约 60m <sup>3</sup> /h，铅房容积约为 8.0m <sup>3</sup> ，有效通风换气次数约 7.5 次/h，排风口外拟设置引风管道，废气向北排至室外环境，该区域为厂区内部道路非人员活动密集区，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 6.1.10 款不低于 3 次/h 的管理要求。
管线口	位于铅房南防护面下方并设置“L”型折弯迷路，防护能力与同侧防护门防护能力相同。
基座	铅房下方设置 2 级台阶，每级台阶高 20cm，共计 40cm。
门-机联锁装置	防护门上方设置有门机联锁装置，并保证关闭门后 X 射线机才能进行探伤作业，门

	打开时立即停止 X 射线照射，X 射线机与防护门联锁。
工作状态指示灯及声音提示装置	铅房南侧配电柜上方设置工作状态指示灯及声音提示装置，并与 X 射线机联锁。
电离辐射警告标志	防护门（位于铅房西侧）外张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。
紧急停机按钮	设置有 2 处紧急停机按钮（西防护面外北侧、西防护面内南侧各设置 1 处），操作位自带紧急停机按钮。
监控装置	铅房内西防护面上方设有视频监控设备，在操作位设置专用的监视器，可监视铅房内设备的运行情况。
操作位	操作位与铅房分开，位于铅房南侧约 1m 处。

因铅房内、外钢板主要为固定支撑作用，防护性能较小，本次环评保守不考虑钢板防护作用，则本次评价铅房防护能力折合屏蔽能力见表 8-2。

表 8-2 本次评价铅房防护能力折合屏蔽能力一览表

防护面	结构	折合屏蔽
北防护面	2mm 钢+8mm 铅+2mm 钢	8mmPb
西防护面、防护门	2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢	5mmPb
东防护面	2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢	5mmPb
南防护面	2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢	5mmPb
顶部	2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢	5mmPb
底部	2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢	5mmPb

由表 8-1 可知，铅房设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射防护相关要求。需要说明的是，本项目 X 射线实时成像检测系统自带铅房尺寸较小，工作过程中工作人员无需进入铅房内部，不同于土建探伤室，因此部分安全防护措施参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求，并结合铅房自身结构及应用实际情况，对于（GBZ 117-2022）中要求的探伤室内部固定式场所辐射探测报警装置及内部开门装置等均不再予以要求。铅房设计示意图见图 3。

#### 8.1.4 其他安全环保措施

除 X 射线实时成像检测系统硬件安全防范措施外，建设单位还将完善和加强以下几个方面的措施：

1、根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第五款要求，建设单位须配备相应的防护用品和检测仪器以满足探伤工作的要求。建设单位拟配置个人剂量计 2 支（委托个人剂量检测后由检测单位配发）、拟为本项目专门配备个人剂量报警仪 2 部（每名辐射工作人员 1 部）、已配备 1 台 INSPECTOR 型巡检仪（全厂共用），待配备相应的仪器设备及防护用品后可满足探伤工作要求。

2、建设单位拟设立辐射工作人员个人剂量档案，并委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量每三个月检测一次，出具个人剂量检测报告，个人剂量档案一人一档，由专人负责保管和管理。个人剂量档案长期保存。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

3、定期组织辐射工作人员专业健康体检，并建立工作人员职业健康档案。

4、定期检查铅房防护门、门-机联锁装置、紧急停机按钮等防护安全措施，定期组织设备维修维护，做好设备维护记录，落实辐射安全防护各项措施。

5 辐射工作人员在检修进入铅房时，除佩戴常规个人剂量计外，还携带个人剂量报警仪和巡检仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员立即退出铅房，同时防止其他人进入铅房，并立即向辐射防护负责人报告。

6、定期测量铅房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。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，终止辐射工作并向辐射防护负责人报告。

7、在每一次照射前，辐射工作人员须确认铅房内部没有人员驻留及防护门、检修门关闭状态。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，才能开始辐射工作。

## 8.2 三废的治理

本项目为 X 射线实时成像检测系统应用，在开机过程中不产生放射性固体废物、废水、废气。

X 射线实时成像检测系统产生的 X 射线会使空气电离，从而产生臭氧(O<sub>3</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)，铅房设置 1 处通风口位于铅房顶部西南侧，通风口有效通风换气量约 60m<sup>3</sup>/h，铅房容积约为 8.0m<sup>3</sup>，有效通风换气次数约 7.5 次/h，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 6.1.10 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”要求。

排风口外拟设置引风管道，将废气向北排至室外环境，该区域为厂区内部道路非人员活动密集区。因此，本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

## 表9 环境影响分析

### 9.1 建设阶段对环境的影响

本项目 ZFLasee-D3 型 X 射线实时成像检测系统已安装、未启用。不涉及施工期污染。

### 9.2 运行阶段对环境的影响

ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统尚未通电启用，因此本次评价采用理论计算的方法评估 X 射线实时成像检测系统运行时对周围辐射水平的影响。

#### 9.2.1 辐射剂量率理论计算

##### 1、估算公式及相关参数取值

###### (1) 有用线束屏蔽

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及其修改单，有用线束在关注点处的剂量率 $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 可按以下公式进行估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 9-1})$$

式中：

I: X 射线机在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA，本项目为 3mA；

$H_0$ : 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  $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$  为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ 。根据厂家给出的输出量，本项目取  $0.913 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

B: 屏蔽透射因子；

R: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；取值见表 9-1。

其中屏蔽透射因子采用以下公式计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (\text{式 9-2})$$

式中：

X: 屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；取值见表 9-1；

TVL: X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度，查 (GBZ/T 250-2014) 附表 B.2，本项目 X 射线机最大管电压为 160kV，利用内插法计算本项目 X 射线束在铅中的什值层厚度约为 1.05mm。

###### (2) 漏射辐射屏蔽

对于漏射辐射屏蔽采用以下公式计算关注点处的辐射剂量率 $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 9-3})$$

式中：

B: 屏蔽透射因子；

R: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$\dot{H}_L$ : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ，根据 GBZ/T 250-2014 表 1， $\geq 150$  且  $\leq 200$  的取  $2500 \mu\text{Sv/h}$ 。

### (3) 散射辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度时，关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中给出的公式进行计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (\text{式 9-4})$$

式中：

$I$ ： 同式 9-1；

$H_0$ ： 同式 9-1；

$B$ ： 屏蔽透射因子；查 GBZ/T 250-2014 表 2，160kV 散射辐射的能量为 150kV，查 GBZ/T250-2014 中附录 B，表 B.2，150kV 对应铅的 TVL 为 0.96m；

$R_s$ ： 散射体至关注点的距离，m。本次评价为保守计，取辐射源点至关注点的距离；

$F$ ：  $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ： 入射辐射剂量率的比；

$R_0$ ： 辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；取值见表 9-1。

## 2、计算结果

ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统管电压为 160kV、管电流为 3mA，射线的主射方向定向向北，X 射线机出束点能够上下升降及  $10^\circ$  摆动，上下升降行程 1.0m，东西南北方向均无法移动，X 射线机出束点距北、西、防护门、南、东、顶部、底部的最近距离分别为 1.44m、0.56m、0.74m、0.42m、1.14m、0.53m、0.78m。根据图 9-1，铅房北防护面受有用射束照射，其他均不受有用射束照射，辐射影响核算参考点示意图见图 9-1。

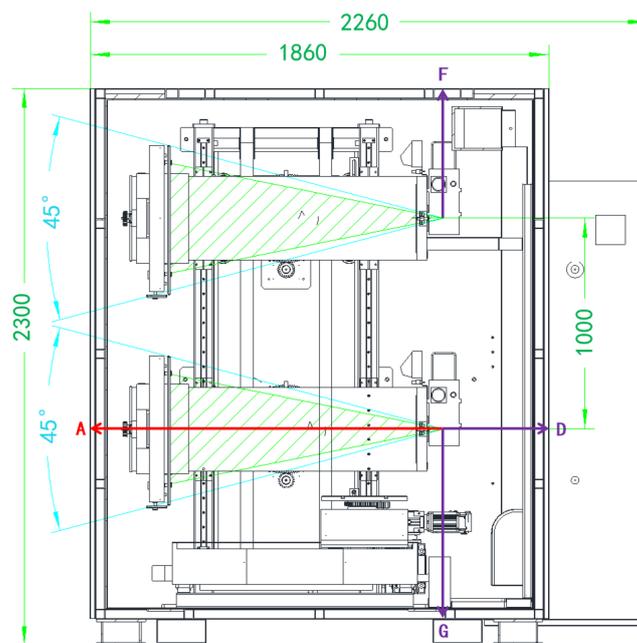


图 9-1 (a) 辐射影响核算参考点示意图 (单位：mm)

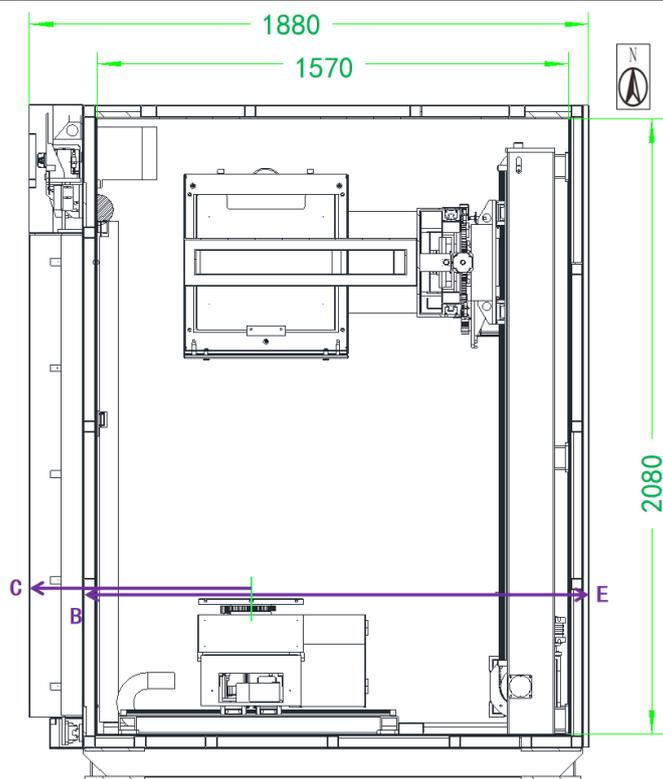


图 9-1 (b) 辐射影响核算参考点示意图 (单位: mm)

根据图 9-1 及 (式 9-1) ~ (式 9-4), 在无工件屏蔽情况下, 计算得铅房外 30cm 处参考点及其他关注点剂量率见表 9-1:

表 9-1 铅房外 30cm 处参考点及其他关注点剂量率

参考位置	辐射类型	屏蔽能力	距离	屏蔽透射因子 B	剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	
A (北防护面)	有用射束	8mmPb	1.74m	$10^{-7.62}$	$1.30 \times 10^{-3}$	
B (西防护面)	漏射	5mmPb	0.86m	$10^{-4.76}$	0.06	0.08
	散射			$10^{-5.21}$	0.02	
C (防护门)	漏射	5mmPb	10.4m	$10^{-4.76}$	0.04	0.06
	散射			$10^{-5.21}$	0.02	
D (南防护面)	漏射	5mmPb	0.72m	$10^{-4.76}$	0.08	<b>0.11</b>
	散射			$10^{-5.21}$	0.03	
E (东防护面)	漏射	5mmPb	1.44m	$10^{-4.76}$	0.02	0.03
	散射			$10^{-5.21}$	$8.14 \times 10^{-3}$	
F (顶部)	漏射	5mmPb	0.83m	$10^{-4.76}$	0.06	0.08
	散射			$10^{-5.21}$	0.02	
G (底部)	漏射	5mmPb	1.08m	$10^{-4.76}$	0.04	0.05
	散射			$10^{-5.21}$	0.01	
操作位	漏射	5mmPb	1.80m	$10^{-4.76}$	0.01	0.02

	散射			$10^{-5.21}$	$5.21 \times 10^{-3}$	
建设单位仓储用房	漏射	5mmPb (东防护面)	1.94m	$10^{-4.76}$	$1.59 \times 10^{-5}$	$1.93 \times 10^{-5}$
	散射			$10^{-5.21}$	$3.40 \times 10^{-5}$	
建设单位办公楼	漏射	5mmPb (西防护面)	8m	$10^{-4.76}$	$6.79 \times 10^{-4}$	$9.43 \times 10^{-4}$
	散射			$10^{-5.21}$	$2.64 \times 10^{-4}$	
秀水热水房	漏射	5mmPb (北防护面)	8m	$10^{-4.76}$	$6.79 \times 10^{-4}$	$9.43 \times 10^{-4}$
	散射			$10^{-5.21}$	$2.64 \times 10^{-4}$	
万福公寓 320 号楼	漏射	5mmPb (东防护面)	13m	$10^{-4.76}$	$2.57 \times 10^{-4}$	$3.57 \times 10^{-4}$
	散射			$10^{-5.21}$	$9.99 \times 10^{-5}$	
万福公寓 318 号楼	漏射	5mmPb (东防护面)	25m	$10^{-4.76}$	$6.95 \times 10^{-5}$	$9.65 \times 10^{-5}$
	散射			$10^{-5.21}$	$2.70 \times 10^{-5}$	
万福公寓 331 号楼	漏射	5mmPb (东防护面)	26m	$10^{-4.76}$	$6.43 \times 10^{-5}$	$8.93 \times 10^{-5}$
	散射			$10^{-5.21}$	$2.50 \times 10^{-5}$	
万福公寓 319 号楼	漏射	5mmPb (东防护面)	35m	$10^{-4.76}$	$3.55 \times 10^{-5}$	$4.93 \times 10^{-5}$
	散射			$10^{-5.21}$	$1.38 \times 10^{-5}$	
万福公寓 386 号楼	漏射	5mmPb (西防护面)	38m	$10^{-4.76}$	$3.01 \times 10^{-5}$	$4.18 \times 10^{-5}$
	散射			$10^{-5.21}$	$1.17 \times 10^{-5}$	

注： 为保守计算，本次评价不考虑钢板防护、只计算铅板防护；距离计算中不含屏蔽体厚度。

综上所述，铅房四周防护面、防护门、顶部、底部外关注点辐射剂量率最大为  $0.11\mu\text{Sv/h}$ ，低于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

### 9.2.2 通风口、穿线管外辐射剂量率分析

铅房顶部西南侧设有 1 处通风口，铅房南防护面下方穿线管，通风口及穿线管均设计与所在防护面相同防护能力的铅防护罩且使用“L”型折弯迷路。根据表 9-1 顶部、南防护面外考察点处的辐射剂量率可知，通风口、穿线管口外的辐射剂量率也能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

本项目评价范围内周围建筑物为一层结构（无高层建筑物），本次评价不考虑顶部剂量率的侧散辐射对其影响；且顶部、通风口处的辐射水平相对较低，因而经天空反散射后地面处的剂量率亦低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  剂量率参考控制水平。因此，铅房四周防护面、防护门、顶部、底部的防护设计均可以满足辐射防护要求。

综上所述，ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统开机条件下，铅房四周防护面、防护门、顶部、底部外辐射剂量率最大为  $0.11\mu\text{Sv/h}$ ，低于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

### 9.2.3 大气环境影响分析

本项目臭氧和氮氧化物产生量均较小，主要通过铅房顶部西南侧排风口，外侧采用“2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢”的“L”型折弯迷路，并设有轴流风机，通风口有效通风换气量约 60m<sup>3</sup>/h，本项目铅房容积约为 8.0m<sup>3</sup>，有效通风换气次数约 7.5 次/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.1.10 款不低于 3 次/h 的管理要求。排风口外拟设置引风管道，将废气向北排至室外环境，该区域为厂区内部道路非人员活动密集区。

因此，本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

### 9.2.4 有效剂量

#### 1、年有效剂量估算公式

$$H = D_r \times T \times t \quad (\text{式 9-5})$$

式中：

H： 年有效剂量，Sv/a；

$D_r$ ： X 剂量率，Sv/h；

T： 居留因子；

t： 年受照时间，h。

#### 2、照射时间确定

根据建设单位提供资料及上文“7.2.3 工作负荷及人员配置”分析，本项目 X 射线探伤机累计曝光时间最大约 10.3h/a。

#### 3、居留因子确定

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），不同环境条件下的居留因子见表 9-2。

表 9-2 居留因子的选取

场所	居留因子 T	停留位置	本项目取值
全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑物中的驻留区	控制室、驻留区（1）
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	走廊、杂物间（1/5）
偶然居留	1/8~1/40	卫生间、楼梯、人行道	人行道（1/8）

#### 4、辐射工作人员的年有效剂量

根据理论预测结果，辐射工作人员活动区域最大辐射剂量率取操作位处 0.02μSv/h，居留因子按照控制室取 1，本项目拟设置 2 名辐射工作人员，本次评价保守按照 2 名辐射工作人员同时工作考虑，由（式 9-5）估算辐射工作人员的年有效剂量为：

$$H=0.02 \div 1000 \times 10.3 \times 1=2.06 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$$

由以上估算结果可以看出，辐射工作人员的年有效剂量不大于  $2.06 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的  $20 \text{mSv/a}$  的剂量限值，也低于本报告提出的  $5.0 \text{mSv/a}$  的年管理剂量约束值。

### 5、公众成员的年有效剂量

#### (1) 演示对象年有效剂量估算

演示对象位于操作位后方，便于观察辐射工作人员监控面板探伤情况，及观察操作软件使用方法。活动区域取操作位处  $0.02 \mu\text{Sv/h}$ ，居留因子按照控制室取 1，参观时间约为 3 周·次（每周·次演示、测试时间约为 10min），由（式 9-5）估算辐射工作人员的年有效剂量为：

$$H=0.02 \div 1000 \times (3 \times 10/60) \times 1=1.0 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$$

#### (2) 其他公众成员年有效剂量估算

铅房为单层建筑、高于地面 2.7m 且不设置爬梯（铅房下方设置 2 级台阶，每级台阶高 20cm，共计 40cm）。根据理论计算结果，由（式 9-5）估算其他公众成员年有效剂量估算结果详见表 9-4。

表 9-4 其他公众成员年有效剂量估算结果

位置	公众成员区域	最大剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	居留因子	时间 h/a	年有效剂量 mSv/a
铅房北面	走廊	$1.30 \times 10^{-3}$	1/5	10.3	$2.68 \times 10^{-6}$
铅房西面	驻留区	0.08	1/5		$1.65 \times 10^{-4}$
铅房南面	杂物间	<b>0.11</b>	1/5		<b><math>2.27 \times 10^{-4}</math></b>
铅房东面	杂物间	0.03	1/5		$6.18 \times 10^{-5}$
建设单位仓储用房	杂物间	$1.93 \times 10^{-5}$	1/5		$3.98 \times 10^{-8}$
建设单位办公楼	驻留区	$9.43 \times 10^{-4}$	1		$9.71 \times 10^{-6}$
秀水热水房	杂物间	$9.43 \times 10^{-4}$	1/5		$1.94 \times 10^{-6}$
万福公寓 320 号楼	驻留区	$3.57 \times 10^{-4}$	1		$3.68 \times 10^{-6}$
万福公寓 318 号楼	驻留区	$9.65 \times 10^{-5}$	1		$9.94 \times 10^{-7}$
万福公寓 331 号楼	驻留区	$8.93 \times 10^{-5}$	1		$9.20 \times 10^{-7}$
万福公寓 319 号楼	驻留区	$4.93 \times 10^{-5}$	1		$5.08 \times 10^{-7}$
万福公寓 386 号楼	驻留区	$4.18 \times 10^{-5}$	1		$4.31 \times 10^{-7}$

综上所述，公众成员的年有效剂量不大于  $2.27 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的  $1 \text{mSv/a}$  的剂量限值，也低于本报告提出的  $0.1 \text{mSv/a}$  的年管理剂量约束值。

### 9.2.5 运行分析与评价

由上述运行期间的分析可以看出，中科光电科技（威海）有限责任公司按照现有设计条件安装使用 X 射线实时成像检测系统时，正常运行期间：

根据理论计算结果，ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统开机条件下，铅房四周防护面、防护门、顶部、底部外辐射剂量率最大为  $0.11\mu\text{Sv/h}$ ，低于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

在 X 射线探伤机工作负荷  $10.3\text{h/a}$  的条件下，辐射工作人员的年有效剂量不大于  $2.06 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的  $20\text{mSv/a}$  的剂量限值，也低于本报告提出的  $5.0\text{mSv/a}$  的管理剂量约束值。公众成员的年有效剂量不大于  $2.27 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的  $1\text{mSv/a}$  的剂量限值，也低于本报告提出的  $0.1\text{mSv/a}$  的管理剂量约束值。

综上所述，在本环评的防护条件下，中科光电科技（威海）有限责任公司 ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统自带铅房周围的辐射水平、职业人员及公众成员所接受的年有效剂量均不大于本报告提出的评价标准，满足国家有关要求。

### 9.3 X 射线探伤装置的退役

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中第 6.3 款，当 X 射线探伤装置不再使用，公司应实施退役程序。将 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

### 9.4 事故影响分析

#### 1、可能的辐射事故（件）

（1）使用过程中，门机联锁装置、工作状态指示灯等装置失效使职业人员误打开铅房，使职业人员或公众造成不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

（2）职业人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

（3）无关人员任意操作造成误照射。

#### 2、辐射事故（件）防范措施

（1）本项目铅房防护门设计有门机联锁装置，拟经常性的检查、维护门机联锁装置正常运行，且定期对工作状态指示灯等进行检查、维护，防止其失效；

（2）职业人员进行专业培训，加强管理，禁止未通过培训考核的职业人员操作 X 射线实时成像检测系统；

(3) 加强对 X 射线实时成像检测系统使用现场的管理，严禁无关人员操作。

发生上述不必要照射事故（件）时，对环境只是造成暂时性的辐射污染，停机后污染随之消失。发生照射事故时应及时切断电源，必要时启动应急预案，对受照人员进行剂量评估，同时要医学处理。

### 3、事故工况下的环境影响

本项目射线装置工作状态下，出现人员误入或误留铅房内，人员立即启动急停按钮，X 射线装置在短时间内关闭。

电离辐射引起的生物效应包括随机效应和确定性效应。随机效应的发生不存在剂量的阈值，其发生几率与受照剂量的大小有关，如遗传效应和某些躯体效应（即癌症）。确定性效应的发生存在阈值效应，其效应的严重程度随受照剂量的大小而异，剂量愈高则效应的严重程度愈大。根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）和《辐射防护导论》，成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况列于表 9-5。

表 9-5 不同照射量对人体损伤的估计

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25	/		不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5			可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化、血液变化，但不伴有临床迹象
1~2	骨髓型急性放射病	轻度	乏力、不适、食欲减退
2~4		中度	头昏、乏力、食欲减退、恶心、呕吐、白细胞短暂上升后下降
4~6		重度	多次呕吐、可有腹泻、白细胞明显下降
6~10		极重度	多次呕吐、腹泻、休克、白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐、腹泻严重、腹痛、血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐、腹泻、休克、共济失调、肌张力增高、震颤、抽搐、昏睡、定向和判断力减退

由此可知，发生人员误照射事故时，考虑最不利的情况下，将导致受照人员受到严重放射性损伤，甚至导致死亡。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的相关规定，该类事故属于较大辐射事故。

## 表10 辐射安全管理

### 10.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 10.1.1 机构的设置

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及生态环境主管部门的要求，建设单位已按照国家有关射线装置管理的法律法规，设立辐射安全管理机构、签订了辐射工作安全责任书，公司法人为辐射工作安全第一责任人，成立了辐射安全领导小组。

辐射安全管理机构工作职责：

负责建立辐射环境管理台账，日常监测记录档案和个人剂量检测档案；负责各项辐射安全管理制度的编写；负责辐射安全管理的协调工作；监督执行各项管理规章制度和辐射环境监测工作；负责协调配合公司具体的辐射安全与环境保护管理工作。

#### 10.1.2 人员培训

建设单位拟新配备 2 名辐射工作人员专职进行本项目探伤作业，具备生态环境行政主管部门规定的相应的文化及受教育要求，具备从事 X 射线探伤的技术能力；建设单位拟安排该 2 名辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加“X 射线探伤”类别考核，成绩合格后上岗。并拟配备 1 名辐射管理人员（本科学历及以上），在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加“辐射安全管理”类别考核，成绩合格后作为建设单位辐射防护负责人。

### 10.2 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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等要求，建设单位已制定各类辐射安全管理制度，主要有《射线装置生产安装规程》《工作人员岗位职责》《安全保卫与防护制度》《工作人员培训计划》《射线装置生产、销售台账管理制度》《辐射事故应急预案》等，以确保职业人员和公众的安全。

建设单位拟针对本项目制定或修订《射线装置使用登记制度》《X 射线探伤机的保养与维护制度》《X 射线探伤机操作规程》《辐射工作人员培训计划》《辐射事故应急预案》《辐射监测计划》《自行检查和年度评估》，以满足日常辐射安全管理要求。建设单位应严格落实各项辐射管理规章制度，保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全，保护环境。

建设单位由辐射安全管理机构和辐射安全管理人员宣传、贯彻辐射安全的相关政策及法规，制定合理的规章制度及防护措施，对探伤工作提出合理建议并进行监督管理，

对环境辐射事故处理进行指导，对辐射工作人员的工作过程进行管理。建设单位将各项规章制度落实到平时工作中，落实了辐射工作安全责任，建立了完善的辐射管理档案，并设有专人负责管理。

建设单位从事辐射工作以来，尚未发生辐射事故，表明已制定的辐射安全规章制度是有效的。

### 10.3 辐射监测

建设单位拟修订《辐射监测方案》，已配备1台INSPECTOR型巡检仪（厂区共用）根据《辐射监测方案》对辐射工作场所和周围环境进行监测。

拟为本项目辐射工作人员配置个人剂量计2支（委托个人剂量检测后由检测单位配发），拟再配备2台个人剂量报警仪（本项目专用，每名辐射工作人员1部）。

拟制定的辐射环境监测方案须包括以下内容：

#### 10.3.1 辐射环境监测方案

##### （1）检测因子

X（ $\gamma$ ）空气吸收剂量率。

##### （2）检测周期

定期检测：正常情况下，自行监测应根据工作情况及设备使用情况等，每年至少进行1~2次自行检测。

应急检测：工作场所如发现异常情况或怀疑有异常情况，应对工作场所和环境进行应急检测。

年度检测：每年一次，委托有资质的单位进行检测。

验收检测：项目建成后进行验收检测。

##### （3）检测范围

以铅房为中心，各防护面外30cm、周围50m范围内，及操作位处。

##### （4）检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

##### （5）检测条件

①应在额定工作条件下、出束点置于与测试点可能的最近位置；

②主屏蔽的检测在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测在有探伤工件时进行。

#### (6) 辐射水平巡测

一般情况下检测以下各点：

①通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

②防护门、检修门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；

③工作场所各防护面外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个防护面至少测 1 个点；

④工作场所顶部外 30cm 处，至少测 1 个点；

⑤人员经常活动的位置，主要为操作位的位置；

⑥通风口、管线口位置；

⑥每次检测结束后，检测铅房的工件进出口，以确保 X 射线机已经停止工作。

#### (8) 剂量率控制水平

以  $2.5\mu\text{Sv/h}$  作为铅房外关注点剂量率控制水平，如发现超过标准的情况，则进行调查，查找原因，改善防护条件。

### 10.3.2 个人剂量的监督与检测

(1) 严格遵守国家辐射环境管理法规；

(2) 所有辐射工作人员，必须接受个人剂量检测，委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量每三个月检测一次，出具个人剂量检测报告，个人剂量档案一人一档，由专人负责保管和管理。个人剂量档案终生保存；

(3) 辐射工作人员工作期间须按要求佩戴个人剂量计；

(4) 辐射工作人员的受照剂量超过年管理剂量约束值时，所在单位应查明原因，采取改进措施。

## 10.4 辐射事故应急预案

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，建设单位拟修订《辐射事故应急预案》，一旦发生风险事件时，能迅速采取必要有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。该预案包括以下内容：

### 1、辐射事故分级

国家根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，将辐射事故分

为：特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

(1) 特别重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

(2) 重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

(3) 较大辐射事故，是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

(4) 一般辐射事故，是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

## 2、组织机构与职责

### (1) 成立应急机构：

建设单位已成立辐射事故应急处理领导小组，组织开展辐射事件的应急处理工作，小组成员名单同辐射安全领导小组成员，已给出领导小组成员联系方式及各行政主管部门应急联系电话。

### (2) 明确应急机构职责：

- a. 定期组织对检测探伤现场、设备和人员进行辐射防护情况自查和检测，发现事故隐患及时督导整改；
- b. 发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；
- c. 事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；
- d. 负责向生态环境及卫生健康部门及时报告事故情况；
- e. 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；
- f. 人员受照时，要迅速估算受照人员的受照剂量；
- g. 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

## 3、监控预警

制定本单位辐射事故应急处置方案，落实各项应急准备工作，预防辐射事故的发生。根据紧急程度、发展势态和可能造成的危害程度，预警级别分为一级、二级、三级和四级，分别用红色、橙色、黄色和蓝色标示，一级为最高级别。原则上，预警级别与

可能发生的辐射事故等级对应。

#### 4、应急响应

##### (1) 迅速报告

发生辐射事故时，当事人立即对设备进行断电，立即将发生事故的性质、时间、地点等报告给辐射事故应急领导小组组长，组长接到报告后立即通知小组成员并做好准备。

##### (2) 现场控制

辐射事故应急领导小组组长接到事故发生报告后，立即集合人员赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，最大限度控制事态发展；用警示条划定紧急隔离区，禁止无关人员进入，保护好现场；迅速、正确判断事件性质。

##### (3) 现场上报

根据现场情况，辐射事故应急领导小组必须立即将事故发生时间、地点、造成事故射线装置、危害程度和范围等主要情况报告卫生健康、生态环境以及公安部门。

##### (4) 先期处置

待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。组织人力将受照人员送医，并同时请专业单位进行监测。

##### (5) 查找事故原因

配合上级有关部门对现场进行勘察，以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故原因，进行调查处理。将事故处理结果及时上报。

##### (6) 应急终止

受照人员得到救治、现场辐射水平降低至规定限值以下、设备修复完成等情况，且得到行政主管部门批准后，可终止本次应急行动。

##### (7) 总结经验教训

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常辐射安全防护管理，杜绝类似事故发生。

##### (8) 应急物资、设备保障

配备辐射巡检仪、个人剂量报警仪、个人剂量计、铅衣铅帽及警示条等应急物资设备。

## 5、应急能力维持

(1) 制定应急培训计划，每年对辐射工作人员、应急机构成员定期开展辐射事故应急知识的教育和宣传。向辐射工作人员和应急机构成员解读、培训本预案，使单位人员熟悉应急职责、响应程序和处置措施，切实提高应急联动处置能力。

(2) 每年定期进行辐射事故应急演练，模拟辐射事故现场。演练计划、演练方案、演练脚本、演练评估和演练音像资料要及时归档备查。

该应急预案内容全面，从辐射事故分级、机构组成、应急响应、应急演练等方面进行了说明，适用于本项目。经核实，建设单位每年定期进行辐射事故应急演练，从事辐射工作以来，尚未发生辐射事故。

其他详细内容应按照核与辐射突发环境事件的信息报告按照核安全有关法律法规执行。

## 表11 结论与建议

### 11.1 结论

#### 11.1.1 项目概况

中科光电科技（威海）有限责任公司位于威海市火炬高技术产业开发区文化中路 81 号，本项目 1 台 ZXFLASEE-D3 型 X 射线实时成像检测系统（由 X 射线机、成像系统、机械传动单元、自带铅房及操作台组成；最大管电压 160kV、最大管电流 3mA）安装于厂区检测室内。该 X 射线实时成像检测系统现处于封存状态（防护门及操作位贴有封条），拟完善相关环保手续后启用该成像系统，用于对意向购买该型号 II 类射线装置的客户进行演示及测试（该型号 II 类射线装置的销售另行填报建设项目环境影响登记表），为室内探伤作业（固定场所探伤），属使用 II 类射线装置。

建设单位现持有 2023 年 10 月 17 日威海市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（鲁环辐证[10505]），许可种类和范围为：生产、销售 III 类射线装置，有效期至 2028 年 10 月 16 日。

本项目属于服务于公司主体的项目，经查《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类，属于国家允许建设的项目，符合产业政策要求。

本项目 X 射线实时成像检测系统的应用具有良好的社会效益和经济效益，同时根据分析，项目采取辐射防护措施，能保证铅房外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，射线装置运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

#### 11.1.2 选址合理性

根据不动产权证书鲁（2017）威海市不动产权第 0027955 号（见附件 5），用途为工业用地，用地符合规划。本项目位于厂区东北侧检测室内，无新增用地。

经现场勘查，本项目铅房周围 50m 范围内保护目标为建设单位仓储用房、建设单位办公楼、秀水热水房、万福公寓 320 号楼、万福公寓 318 号楼、万福公寓 331 号楼、万福公寓 319 号楼、万福公寓 386 号楼。根据本环评 9.2 项的影响分析，在 X 射线实时成像检测系统运行过程中，铅房周围及周围辐射水平可满足国家相关要求，对周围环境及周围的辐射影响较小，因此项目选址合理。

#### 11.1.3 现状检测

现状检测结果表明，X 射线实时成像检测系统拟安装位置及周围的环境  $\gamma$  空气吸收剂量率现状值为室内  $(7.8\sim 8.9) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、室外  $(7.2\sim 8.0) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均处于烟台

(威海)市环境天然放射性水平范围内[室内(4.56~20.53)×10<sup>-8</sup>Gy/h、道路(1.94~20.14)×10<sup>-8</sup>Gy/h]。

#### 11.1.4 辐射安全与防护分析结论

本项目X射线实时成像检测系统自带的铅房尺寸为：东西长1880mm、南北宽1860mm、高2300mm，铅房整体为铅钢复合结构，北防护面为主射面，采用“2mm钢+8mm铅+2mm钢”，其他防护面、顶部、底部均采用“2mm钢+5mm铅+2mm钢”。铅房西侧设有防护门，采用“2mm钢+5mm铅+2mm钢”。

防护门与X射线装置均设置门机联锁装置并可上锁；设置工作状态指示灯及声音提示装置，并与X射线机联锁；设置有2处紧急停机按钮（西防护面外北侧、西防护面内南侧各设置1处），操作位自带紧急停机按钮；铅房内西防护面上方设有视频监控设备，在操作位设置专用的监视器，可监视铅房内设备的运行情况；防护门上张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。以上设计可以满足安全防护要求。

设置1处通风口，位于顶部西北侧，有效通风换气量约60m<sup>3</sup>/h，铅房容积约为8.0m<sup>3</sup>，有效通风换气次数约7.5次/h，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 6.1.10款要求。排风口外拟设置引风管道，废气向北排至室外环境，该区域为厂区内部道路非人员活动密集区。因此，本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

#### 11.1.5 环境影响评价分析结论

根据理论计算结果，ZXFLASEE-D3型X射线实时成像检测系统开机条件下，铅房四周防护面、防护门、顶部、底部外辐射剂量率最大为0.11μSv/h，低于《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)规定的2.5μSv/h的限值要求。

在X射线探伤机工作负荷10.3h/a的条件下，辐射工作人员的年有效剂量不大于2.06×10<sup>-4</sup>mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的20mSv/a的剂量限值，也低于本报告提出的5.0mSv/a的管理剂量约束值。公众成员的年有效剂量不大于2.27×10<sup>-4</sup>mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的1mSv/a的剂量限值，也低于本报告提出的0.1mSv/a的管理剂量约束值。

#### 11.1.6 辐射安全管理结论

公司已设立辐射安全领导机构，拟制定并完善各类辐射安全管理规章制度。在运行过程中，须将各项安全防护措施落实到位，在此条件下，可以确保辐射工作人员、公众的安全，并有效应对可能的突发事件。

本项目拟配备 2 名专职辐射工作人员，拟安排该 2 名辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加“X 射线探伤”类别考核，成绩合格后上岗。并拟配备 1 名辐射管理人员（本科及以上），在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加“辐射安全管理”类别考核，成绩合格后作为建设单位辐射防护负责人。

建设单位已配备 1 台 INSPECTOR 型巡检仪（厂区共用），拟再配备 2 台个人剂量报警仪（本项目专用，每名辐射工作人员 1 部），拟为本项目辐射工作人员配置个人剂量计 2 支（委托个人剂量检测后由检测单位配发），定期委托有资质单位对个人剂量及其探伤工作场所进行监测。

本项目的设施较为简单，环境风险因素单一，在已有的风险防范措施和相应的事故应急预案条件下，通过进一步完善安全措施，其环境风险是可控的。

综上所述，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件，该项目对辐射工作人员和公众成员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

## 11.2 承诺和建议

### 11.2.1 承诺

- 1、适时修订辐射安全管理规章制度；
- 2、加强辐射工作人员的个人剂量监督并完善个人剂量档案；
- 3、按照国家有关规定，及时重新申领辐射安全许可证并自行组织建设项目竣工环境保护验收。

### 11.2.2 建议

- 1、加强对工作人员的教育和培训，避免辐射事故（件）的发生；
- 2、探伤操作人员，要求熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众和工作人员所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

下一级生态环境部门意见

公 章

经办人签字

年 月 日

审批意见

公 章

经办人签字

年 月 日



附图2 本项目拟启用铅房周边关系影像图 比例尺 1:1000



附图3 铅房设计示意图

