

表 1 项目基本情况

建设项目名称	X 射线三维检测系统应用项目				
建设单位	浙江舜宇光学有限公司				
法人代表	叶辽宁	联系人	潘钢钢	联系电话	
注册地址	浙江省余姚市舜宇路 66-68 号				
项目建设地点	浙江省余姚市阳明街道丰乐村（舜宇新生产基地 6 号厂房）				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	461	项目环保投资（万元）	12	投资比例（环保投资/总投资）	2.6%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	3.26
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他					

1.1 项目建设单位情况

浙江舜宇光学有限公司（以下简称“公司”），成立于 2001 年 12 月，主要经营范围：光学元器件、光电信息产品的制造和加工。现有两个厂区，其中老厂区位于浙江省余姚市舜宇路 66-68 号，新厂区位于浙江省余姚市阳明街道丰乐村（舜宇新生产基地 2 号和 6 号厂房）。

本项目实施于新厂区，公司租赁宁波舜宇光电信息有限公司的 6 号厂房，实施年产 2.5 亿颗超薄高清手机镜头生产项目，建筑面积为 31231.5 平方米。非放射性项目于 2017 年 12 月 22 日通过了原余姚市环境保护局的环保审批，批复文号：余环建（2017）412 号，见附件 6。

1.2 项目建设目的和任务由来

因生产发展需要及提高产品质量的要求，公司拟在新生产基地 6 号厂房一层的检测室内新建 1 台 v/tome/xs180 型高精度 X 射线三维检测系统（属于工业 CT），对自生产的光学零件及组件进行无损检测，最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.8mA，该系统自带射线防护铅

房。

根据原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》，X 射线三维检测系统属于 II 类射线装置。对照原环境保护部令第 44 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》及生态环境部令第 1 号《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，本项目属于五十、核与辐射：191、核技术利用建设项目，本项目应编制辐射环境影响报告表，并向有权限的生态环境部门申领辐射安全许可证。

为保护环境，保障公众健康，浙江舜宇光学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，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、监测、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.3 建设内容和规模

公司拟在新生产基地 6 号厂房一层的检测室内新建 1 台 v/tome/xs180 型高精度 X 射线三维检测系统，对自生产的光学零件及组件进行无损检测，具体见表 1-1。

表 1-1 本项目建设内容与规模

射线装置名称	类别	型号	数量	主要技术参数	工作场所名称	用途
X 射线三维检测系统	II 类	v/tome/xs180	1 台	180kV、0.8mA	6 号厂房 一层检测室	无损检测

1.4 评价目的

(1) 对 X 射线三维检测系统拟建址及周边环境进行辐射环境本底水平检测，以掌握该场所及周边环境背景水平；

(2) 通过理论计算的方法，对拟建的 X 射线三维检测系统作业时对周围辐射环境影响进行预测评价，提出环境污染控制对策；

(3) 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”；

(4) 提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目运行期辐射环境保护管理提供科学依据。

1.5 项目选址和周边环境保护目标

1.5.1 企业地理位置

浙江舜宇光学有限公司新厂区位于浙江省余姚市阳明街道丰乐村（舜宇新生产基地 6 号厂房），其地理位置见附图 1。厂区东侧隔厂区道路为空地，南侧隔厂区道路为丰悦路，西侧隔厂区道路为宁波舜宇光电信息有限公司的红外楼和食堂，北侧隔厂区道路为丰乐路，其周围环境情况见附图 2。

1.5.2 探伤工作场所位置及布局

本项目 X 射线三维检测系统位于 6 号厂房一层的检测室，所属建筑物共四层。该检测系统自带射线防护铅房，检测室东侧为工作站和成品检测工位，南侧为进出库暂存，西侧为库房，北侧隔过道为百级室外延，楼上为成型车间，楼下无地下层，其所在楼层布局情况见附图 5。

1.5.3 选址合理性分析

本项目探伤铅房评价范围 50m 内主要为公司内部生产车间及道路等，无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。同时本项目用地性质属于工业用地（见附件 5），周围无环境制约因素。因此，本项目选址合理可行。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，浙江舜宇光学有限公司之前未开展过与辐射有关的工作，尚未取得浙江省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，因此不存在原有核技术利用项目许可情况。

表 2 放射源

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

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (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)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线三维 检测系统	II类	1 台	v/tome/xs180	180	0.8	无损检测	6号厂房 一层检测室	拟购

(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)	最大管电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口活度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	通过机械排风系统直接进入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量为 kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）或活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<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 703 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》，原环境保护部令第 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 (2016 年修订)》，原环境保护部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，生态环境部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日；</p> <p>(13) 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>(14) 关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单 (2019 年本)》的通知，浙环发 (2019) 22 号，浙江省生态环境厅，2019 年 12 月 20 日起施行；</p> <p>(15) 《浙江省建设项目环境保护管理办法 (2018 年修改)》，浙江省人民政府令第 364</p>
------	--

	<p>号，2018年3月1日起施行；</p> <p>(16)《浙江省辐射环境管理办法》，浙江省人民政府令第289号，2012年2月1日起施行。</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)，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》(GB 18871-2002)，2003年4月1日实施；</p> <p>(3)《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)，2015年6月1日实施；</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，2017年10月27日实施。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书，见附件1；</p> <p>(2) 建设单位提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目新建的X射线三维检测系统，属于II类射线装置。根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置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”，并结合本项目的实际情况，确定评价范围为探伤铅房周围50m的区域，评价范围示意图见附图2。

7.2 保护目标

结合厂区总平面布局及现场勘查情况，本项目探伤铅房评价范围50m内主要为公司内部生产车间及道路，无居民点和学校等环境敏感点。因此，本项目环境保护目标为该公司操作X射线三维检测系统的辐射工作人员、辐射工作场所周围其他非辐射工作人员和公众成员。

表7-1 本项目环境保护目标基本情况表

场所位置	环境保护目标		方位	距离（m）	人数	受照类型	年剂量约束值（mSv）
检测室	职业 人员	探伤装置 操作人员	东侧	0.3	2人	职业照射	5.0
	公众 成员	工作站人员	东侧	1.6	1人	公众照射	0.25
		其他工作人员	东侧	3.8	2人		
		普通公众	——	50	不定		

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

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。

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

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

B1.1 职业照射

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 作为年剂量管理约束值。

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为年剂量管理约束值。

2、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

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 射线探伤装置进行探伤的工作。

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 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。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置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一一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

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 射线探伤室墙和入门口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。

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、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 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，不需考虑进入有用线束区的散射

辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室。可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路的形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避免有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压与相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

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》（GBZ 117-2015）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）等评价标准，确定本项目的管理目标。

①辐射剂量率控制水平：探伤铅房表面外 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铅房顶部，探伤铅房顶部外表面 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 环境现状评价对象

拟建项目区域及周边环境

8.2 检测因子

X-γ 辐射剂量率

8.3 检测点位

根据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001) 等要求, 结合现场条件, 对本项目 X 射线三维检测系统拟建址及周围进行检测布点, 共布设 5 个检测点位, 布点情况见附图 5, 检测报告见附件 7。

8.4 检测方案

- (1) 检测单位: 浙江鼎清环境检测技术有限公司
- (2) 检测时间: 2019 年 12 月 4 日
- (3) 检测方式: 现场检测
- (4) 检测依据: 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993) 等
- (5) 检测频次: 依据 GB/T 14583-1993 标准予以确定
- (6) 检测工况: 辐射环境本底
- (7) 天气环境条件: 天气: 多云; 温度: 16℃; 相对湿度 38%
- (8) 检测仪器

表 8-1 检测仪器的参数与规范

仪器名称	多功能便携式射线检测仪
仪器型号	BG9512 (内置探头: BG9512; 外置探头: BG7030)
生产厂家	贝谷科技股份有限公司
仪器编号	DQ2015-XJ37
能量范围	内置探头: 50keV~1.3MeV≤±30% (相对于 ¹³⁷ Cs 661keV); 外置探头: 25KeV~3MeV≤±30% (相对于 ¹³⁷ Cs 661keV);
量 程	内置探头: 0.05μSv/h-30mSv/h; 外置探头: 30nGy/h-200μGy/h;
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书	2019H21-10-2094469001
检定有效期	2019 年 10 月 16 日~2020 年 10 月 15 日

8.5 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，同时满足标准要求。
- (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。
- (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，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

8.6 检测结果及评价

检测结果见表8-2。

表8-2 X射线三维检测系统拟建址及周围环境辐射背景检测结果

点位编号	点位描述	γ 辐射剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
△1	X 射线三维检测系统拟建址东侧	143	1
△2	X 射线三维检测系统拟建址南侧	140	1
△3	X 射线三维检测系统拟建址西侧	151	1
△4	X 射线三维检测系统拟建址北侧	152	1
△5	X 射线三维检测系统拟建址楼上	138	1

注：表中所有检测值均未扣除宇宙射线响应。

由表8-2可知：X射线三维检测系统拟建址各检测点位的γ辐射剂量率在138~152nGy/h之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，宁波市室内γ辐射剂量率在80~194nGy/h之间，可见该拟建址的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 工艺设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

本项目X射线三维检测系统自带射线防护铅房，主要由X射线管、控制台、电源和操作台驱动，X射线管冷却泵和真空泵等部分组成，设备外观图见图9-1。



图9-1 X射线三维检测系统外观图

9.1.2 设备作业特点及运行工况

该公司所用的X射线三维检测系统为自屏蔽装置，仅在铅房内工作，X射线主射方向朝向南侧。探伤工件为光学零件及组件，工件最大尺寸为直径250mm，长度350mm，最小尺寸为直径3.6mm，长度2.0mm，探伤厚度为1.8~125mm。最大探伤工况为：单个光学零件及组件曝光时间约30min，每日最大探伤8个光学零件及组件，每周探伤6日，年探伤时间按50周计，则周探伤时间为24h，年探伤时间为1200h。项目拟配有3个辐射工作人员，其中1名负责辐射安全管理，其他2名轮流负责探伤操作。

9.1.3 工作原理

X射线三维检测系统是指应用于工业中的核成像技术。其基本原理是依据辐射在被检测物体中的减弱和吸收特性，同物质对辐射的吸收本领与物质性质有关。所以，利用放射性核素或其他辐射源发射出的、具有一定能量和强度的X射线，在被检测物体中的衰减规律及分布情况，就有可能由探测器阵列获得物体内部的详细信息，最后用计算机信息处理和图像重建技术，以图像形式显示出来。使简单的图像分析算法便可自动且可靠地检验焊点缺陷。

X射线三维检测系统主要由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9-2。

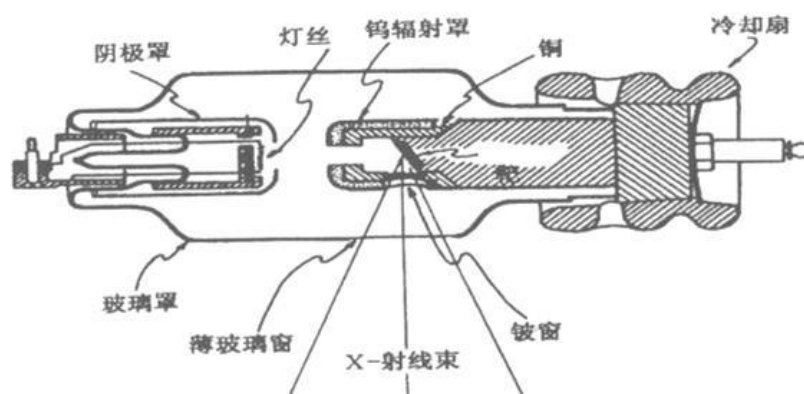


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

9.1.4 探伤过程及产污环节

本项目X射线三维检测系统检测流程为：操作人员在X射线三维检测系统断电状态下打开防护门，放入待检工件，将其置于转台上→防护门关闭到位后，设备接通高压电源后，X射线三维检测系统进行工作，进行曝光透照与三维重构→检测结束后，切断电源→打开防护门，取出工件。整个检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在操作台上进行监控。

本项目X射线三维检测系统的检测工艺流程及产污环节如图9-3所示。

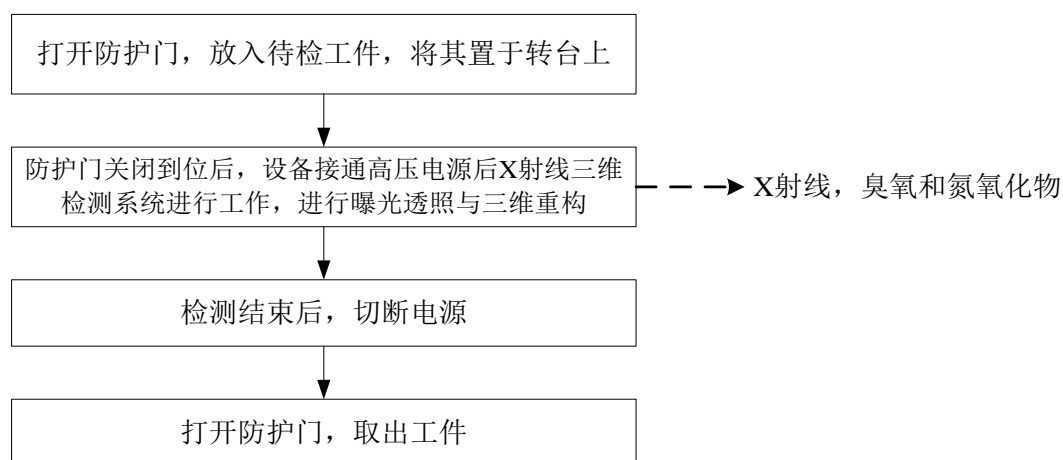


图 9-3 X 射线三维检测系统探伤流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

(1) X射线

由X射线三维检测系统的工作原理可知，X射线随装置的开、关而产生和消失。本项目使用的X射线三维检测系统只有在开机并处于出束状态（曝光状态）时，才会发出X射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机曝光期间，X射线是本项目的主要污染因子。

(2) 臭氧和氮氧化物

X射线三维检测系统工作时产生射线，会造成探伤铅房内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，对周围环境空气会产生影响。

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

根据控制区、监督区的划分原则,结合《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)的相关规定,本项目对探伤工作场所实行分区管理,将整体铅房划为控制区的边界;铅房外其他相邻区域(检测室)作为监督区边界,在检测室外1m处采用黄色警戒线作为标志,禁止无关人员入内,并设置电离辐射警告标识和中文警示说明,分区管理示意图见附图6。

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目 X 射线三维检测系统为自屏蔽装置,在检测室内的摆放方式为设备正面朝向东侧。该装置外形不规则,采用钢-铅-钢夹层结构,南侧屏蔽体为 14mm 钢+14mm 铅板+14mm 钢;其他三侧屏蔽体的主体部分为 9mm 钢+8.5mm 铅板+9mm 钢,其余部分为 9mm 钢+9mm 铅板+9mm 钢,顶部屏蔽体为 8mm 钢+8.5mm 铅板+8mm 钢,底部屏蔽体的主体部分为 8mm 钢+7mm 铅板+8mm 钢,其余部分为 8mm 钢+9mm 铅板+8mm 钢,设备六侧及防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1 与附图 7-附图 8。

表 10-1 X 射线三维检测系统屏蔽情况一览表

项目		设计情况
铅房规格	外尺寸	2170mm (长) × 1500mm (宽) × 1690mm (高)
	内尺寸	2000mm (长) × 1200mm (宽) × 1300mm (高)
东侧屏蔽体		9mm 钢+ (8.5~9) mm 铅板+9mm 钢 (相当于 10~10.5mm 铅当量)
南侧屏蔽体		14mm 钢+14mm 铅板+14mm 钢 (相当于 16mm 铅当量)
西侧屏蔽体		9mm 钢+ (8.5~9) mm 铅板+9mm 钢 (相当于 10~10.5mm 铅当量)
北侧屏蔽体		9mm 钢+ (8.5~9) mm 铅板+9mm 钢 (相当于 10~10.5mm 铅当量)
顶部屏蔽体		8mm 钢+8.5mm 铅板+8mm 钢 (相当于 9.9mm 铅当量)
底部屏蔽体		8mm 钢+ (7~9) mm 铅板+8mm 钢 (相当于 8.4~10.4mm 铅当量)
工件防护门		手推门,门洞的尺寸为 610mm (宽) × 430mm (高);门的尺寸为 750mm (宽) × 610mm (高),结构为 9mm 钢+8.5mm 铅板+9mm 钢 (相当于 10mm 铅当量)
观察窗		尺寸为 400mm (宽) × 350mm (高),采用 10.4mmPb 当量铅玻璃
电缆管道		管道呈“S”型,电缆孔尺寸为 80mm (长) × 65mm (宽),设置形式为下穿
通风设施		不设
安全设施		安装门机联锁和安全声光红灯

注:根据《辐射防护手册》(第三分册)P63 表 3.4,可得管电压 180kV 时 16mm 钢折合为 1.4mm 铅当量,18mm 钢折合为 1.5mm,28mm 钢折合为 2mm 铅当量。

10.1.3 辐射安全和防护措施

1、设备固有安全性

本项目 X 射线三维检测系统拟购于正规厂家，设备各项安全措施齐备，仪器本身采取了多种安全防护措施：

(1) X射线三维检测系统通过自带铅房（钢-铅-钢夹层结构）进行射线屏蔽，设计已充分考虑周围的辐射安全，同时铅房与操作位分开。

(2) 铅房的工件门设计安装门-机联锁装置，工件门完全关闭后X射线三维检测系统才能出束照射。

(3) 铅房顶部设有工作状态警示灯，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在其周围作不必要的逗留。

(4) 铅房及工件门表面均贴有电离辐射标志和中文警示说明。

(5) 控制台设有紧急断电按钮、系统电源按钮、X射线电源按钮与安全互锁钥匙开关，紧急状态下可立即关闭所有电源。

2、辐射安全和防护措施

(1) 对探伤工作场所实行分区管理。一般将铅房围成的内部区域划为控制区，铅房外部相邻区域划为监督区，监督区外主要为库房和进出库暂存室，无关人员基本不会停留。

(2) 检测室周围1m处应划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。各项辐射环境管理规章制度应张贴于工作现场处。

(3) 检测室门口应设置电离辐射警示标志。

(4) 检测室所在的场所设专人管理，凭指纹锁方可进入。

(5) 检测室应设置现场监控，并安装排风设施。

(6) 公司须给每个辐射工作人员均配备个人剂量计，工作期间必须正常佩戴。

(7) 公司至少配置一台剂量报警仪。

(8) 公司应建立X射线三维检测系统的档案和台帐，使用X射线三维检测系统时及时进行登记、检查，做到帐物相符，并要求有专人负责保管。

10.2 三废的治理

本项目运行过程中无放射性废气、废水及放射性固体废物产生。同时， X 射线三维检测系统采用计算机成像，不需要洗片，也不存在废显（定）影液和废胶片等危险废物的处理

问题。

X 射线三维检测系统在工作状态时，会使铅房中的空气电离产生臭氧和氮氧化物。本项目拟在探伤设备所在检测室内设置机械排风系统，产生的臭氧和氮氧化物经通风排出室外，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线三维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、消失。在探伤铅房安装过程中，X 射线三维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、废水及固体废物产生。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目 X 射线三维检测系统最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.8mA，周探伤时间为 24h，年探伤时间为 1200h。为分析预测 X 射线三维检测系统投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中计算方法进行理论计算。本项目 X 射线三维检测系统主射方向朝南侧，以该方向作为主射束方向考虑，对设备其他三侧及顶棚地坪均考虑泄漏辐射和散射辐射。

11.2.1 估算模式及参数选取

1、有用线束

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-1) 计算：

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

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)，本项目取值 0.8mA；

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 6×10^4 。根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，由内插法计算可知：180kV X 射线在 2mm 铝过滤条件下输出量为 $24.54\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即取 $1.47\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B——屏蔽透射因子，根据 GBZ/T250-2014 附录 B 图 B.2，180kV X 射线穿过 16mm 铅时的透射因子为 0.25×10^{-6} ；

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米 (m)，取值见表 11-1；

2、泄漏辐射和散射辐射

①泄漏辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-2)

计算：

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

式中：B——屏蔽透射因子，根据公式 $B = 10^{-X/TVL}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；TVL 为什值层厚度，mm；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，由内插法计算可知：180kV X 射线在铅中的什值层厚度 TVL 为 1.22mm；

R——距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-1；

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），

根据 GBZ/T 250-2014 表 1，当 X 射线管电压 $150 \leq \text{kV} \leq 200$ 时， \dot{H}_L 取值 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

② 散射辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-3)

计算：

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

式中：I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取值 0.8mA；

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 6×10^4 ，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏（kV）下输出量的较大值保守计算，由内插法计算可知：180kV X 射线在 2mm 铝过滤条件下输出量为 $24.54 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即取 $1.47 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B——屏蔽透射因子，根据公式 $B = 10^{-X/TVL}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；TVL 为什值层厚度，mm；根据 GBZ/T 250-2014 表 2，本项目原始 X 射线能量为 180kV，对应的 90° 散射辐射最高能量为 150kV，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，150kV X 射线在铅中的什值层厚度 TVL 为 0.96mm。

F—— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射在距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以

水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ ——根据 GBZ/T 250-2014 B.4.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，本项目取值 50。

R_s ——散射体至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-1。

11.2.2 参数选取

11.2.3 估算结果

根据表 11-2 可知，X 射线探伤机在最大工况运行时，设备周边环境辐射剂量率最大值为 $0.15\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“X 射线探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；对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 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.2.3 人员受照剂量估算

年有效剂量估算公式如下：

$$P_{\text{年}} = H \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots (11-4)$$

式中： $P_{\text{年}}$ ——年受照剂量，mSv/a；

H——关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U——使用因子，本项目均取 1；

T——居留因子；

t——年受照时间，h/a。

探伤时，对工作人员影响的区域主要在操作位处，但考虑到工作人员在检测系统运行时可能会前往设备周围进行巡视，为保守估计，本次取探伤铅房周围理论计算结果中的最大值 $0.15\mu\text{Sv/h}$ 作为辐射工作人员受照剂量率进行估算，居留因子取 1；公众成员可达区域为探伤铅房外 1m 处，则其最高剂量率为 $0.014\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1/8。本项目人员受照剂量计算参数及结果如下。

根据表 11-3 可知，本项目 X 射线三维检测系统运行后，关注点处辐射工作人员、公众成员的周受照剂量分别为 $1.80\mu\text{Sv/周}$ 、 $0.042\mu\text{Sv/周}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“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 $100\mu\text{Sv/}$

周,对公众不大于 5 μ Sv/周”的要求;辐射工作人员、公众成员的年受照剂量分别为 0.09mSv/a、0.002mSv/a,均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定的辐射工作人员、公众成员年剂量限值的要求,同时也满足本项目对辐射工作人员、公众成员的剂量约束值(职业人员 \leq 5mSv/a、公众成员 \leq 0.25mSv/a)的要求。

11.2.4 非放射性污染环境的影响分析

X 射线三维检测系统工作时产生射线,会造成探伤铅房内空气电离,产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目拟在探伤设备所在检测室内设置机械排风系统,产生的臭氧和氮氧化物经通风排出室外,对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

11.3 事故影响分析

公司拟购的 X 射线三维检测系统属于 II 类射线装置,可能发生的事故工况主要有以下几种情况:

(1) X 射线三维检测系统在对工件进行照相的工况下,门-机联锁失效,致使防护门未完全关闭,X 射线泄漏到探伤铅房外面,给周围活动的人员造成不必要的照射;或在门-机联锁失效探伤期间,工作人员误打开防护门,使其受到额外的照射。

(2) 人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。

为了杜绝事故发生,公司必须进行门-机联锁装置的定期检查,严格按照操作规程进行作业,确保安全。

发生辐射事故时,事故单位应当立即切断电源、保护现场,并立即启动本单位的辐射事故应急预案,采取必要的防范措施,并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故,应首先向当地生态环境部门报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向当地卫生行政部门报告。人为故意引起的或失窃而引起的辐射照射,还应该及时向公安部门报告。

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

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》等法律法规要求，浙江舜宇光学有限公司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；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

12.2 辐射安全管理规章制度

(1) 公司必须制定《安全防护管理工作制度》，内容包括：

①公司须按法律法规要求，尽快向有权限的生态环境部门申请办理《辐射安全许可证》，领取许可证且办理登记手续后方可从事许可范围内的放射工作，需改变许可登记内容或终止放射工作时，必须按照规范向审批部门办理变更或注销手续。

②公司在从事辐射操作前，须制订《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》、《射线装置使用登记制度》、《自行检查和年度评估制度》等规章制度；同时公司须组织辐射工作人员进行上岗培训和辐射安全防护知识的培训，并进行个人剂量监测和职业健康检查。

(2) 操作规程

①凡涉及对射线装置进行的操作，都有应有明确的操作规程（包括开机检查、门-机连锁检查等一系列工作），操作人员必须按操作规程进行操作。

②操作人员必须熟悉检测装置的性能和使用方法，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。

（3）岗位职责

明确辐射操作人员与管理人员的岗位职责，使每个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（4）辐射防护和安全保卫制度

①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。

②建立射线装置的档案和台账，贮存、使用射线装置时及时进行登记、检查，做到帐物相符。

（5）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检测装置，待检修完毕，开启检测装置试探伤，确认检修完成。检修后主要性能未达到仪器基本参数时不准重新投入使用。

（6）射线装置使用登记制度

规定使用与管理规程，登记内容包括射线装置的生产单位、到货日期、规格型号等，同时加强档案管理。

（7）自行检查和年度评估制度

①定期对X射线三维检测系统的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。如每天进行门-机联锁安全装置、工作指示灯和电离辐射标志检查，每月核实规章制度执行情况，每季度进行个人剂量档案归档及检查，每年进行身体健康档案归档及检查等。

②对本单位的辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向辐射安全许可证发证机关提交上一年度的评估报告。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目X射线三维检测系统的安全使用，满足国家相关的辐射安全管理及技术层面要求。日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度进行。同时，相关制度应张贴于辐射工作现场，上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

12.3 安全培训及健康管理

（1）公司所有辐射工作人员均应参加由有资质单位组织的辐射安全与防护培训，并取

得培训合格证后方可上岗，并按要求每四年参加一次复训。

(2) 公司应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，并建立个人剂量档案，档案保存时限为终生保存。

(3) 辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案，档案保存时限为终生保存。

12.4 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.4.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）等要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。公司拟配备一台X-γ剂量监测仪，并为每名辐射工作人员配备个人剂量计。

12.4.2 个人剂量监测

探伤工作人员工作时应佩戴个人剂量计，并定期（一季度1次）送有资质部门进行监测，并建立个人剂量档案，加强档案管理。

12.4.3 探伤工作场所辐射监测

公司须定期（每年1次）委托有资质的单位对探伤铅房周围环境进行监测，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地环保局上报备案。

(1) 监测频度：每年常规监测一次。

(2) 监测范围：探伤铅房屏蔽墙外、防护门及缝隙处、工作人员操作位及周围其他工作区域等。

(3) 监测项目：X-γ辐射剂量率。

(4) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

12.5 辐射事故应急

公司必须建立《辐射事故应急预案》。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，结合单位的实际情况和事故工况分析，该公司须建立的辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）。
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施。
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序。

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

- (5) 生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- (6) 编写事故总结报告，上报环保部门归档。

企业应急方案应建立辐射事故报告框图，明确人员及联系电话，以保证事故报告的可操作。

公司应定期、具有针对性的对可能发生的辐射事故进行演练，演练内容包括辐射事故应急预案的可操作性、针对性、完整性，并根据实际情况组织修订辐射事故应急预案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践正当性

浙江舜宇光学有限公司在新生产基地6号厂房一层的检测室内新建1台v/tome/xs180型高精度X射线三维检测系统，目的是为了对自生产的光学零件及组件进行无损检测以提高产品质量，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》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因而，只要按规范操作，该公司使用X射线三维检测系统是符合辐射防护“实践的正当性”的要求。因此，该项目使用X射线三维检测系统的目的是正当可行的。

13.1.2 选址合理性

本项目探伤铅房评价范围 50m 内主要为公司内部生产车间及道路等，无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。同时本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。因此，本项目选址合理可行。

13.1.3 主要污染因子、防护措施及辐射环境影响评价

本项目主要污染因子为 X 射线及非放射性废气（臭氧和氮氧化物）。

经理论计算可知，X 射线探伤机在最大工况运行时，设备周边环境辐射剂量率最大值为 0.15 μ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“X 射线探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ 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 μ Sv/h”的要求。本项目 X 射线探伤机运行后，各关注点处的辐射工作人员、公众成员的周受照剂量最大值分别为 1.80 μ Sv/周、0.042 μ Sv/周，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)中“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”的要求；辐射工作人员、公众成员的年受照剂量最大值分别为 0.09mSv/a、0.002mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定的辐射工作人员、公众成员年剂量限值的要求，同时也满足本项目对辐射工作人员、公众成员的剂量约束值(职业人员 \leq 5mSv/a、公众成员 \leq 0.25mSv/a)的要求。

X 射线三维检测系统在工作状态时，会使铅房中的空气电离产生臭氧和氮氧化物。本项目拟在探伤装置所在检测室内设置机械排风系统，产生的臭氧和氮氧化物经通风排出室外，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

X 射线三维检测系统采用计算机成像，不需要洗片，因此不存在废显(定)影液和废胶片等危险废物的处理问题。

13.1.4 污染防治措施

X 射线三维检测系统为自屏蔽装置，有满足辐射屏蔽要求的铅房，铅房门上设置了明显的电离辐射警示标志、照射指示灯等，并划定 1m 的黄色警戒线，具体防治措施见本报告章节 10.1.3。

13.1.5 辐射环境管理制度

在本项目投入运行前，公司应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，在从事辐射操作前，须制订《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》、《射线装置使用登记制度》、《自行检查和年度评估制度》、《辐射事故应急预案》等规章制度。

13.1.6 安全培训及健康管理

(1) 公司所有辐射工作人员均应参加由环保部门组织的辐射安全与防护培训，并取得培训合格证后方可上岗，并按要求每四年参加一次复训。

(2) 公司应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，并建立个人剂量档案，档案保存时限为终生。

(3) 辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须

在岗期间每两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案，档案保存时限为终生。

13.1.7 环保可行性结论

综上所述，浙江舜宇光学有限公司X射线三维检测系统应用项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射管理计划后，该公司将具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，1台X射线三维检测系统（180kV、0.8mA）投入运行后对周围环境产生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 建议和承诺

（1）企业承诺将根据报告表的要求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，公司需及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证。

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

Empty rectangular box for content.

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见

公章

年 月 日

经办人（签字）:

审批意见

公章

经办人（签字）：

年 月 日