

核技术利用建设项目

宁波舜宇红外技术有限公司新增
1 台工业 CT 项目环境影响报告表

宁波舜宇红外技术有限公司

2021 年 5 月

生态环境部监制

编制单位和编制人员情况表

项目编号	3f7376		
建设项目名称	宁波舜宇红外技术有限公司新增1台工业CT项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	宁波舜宇红外技术有限公司		
统一社会信用代码	91330281786765936B		
法定代表人（签章）	叶辽宁		
主要负责人（签字）	朱帅		
直接负责的主管人员（签字）	朱帅		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	杭州卫康环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91330108MA2AXDJA8X		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
吴苏源	201805035330000006	BH002278	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
吴苏源	全部章节	BH002278	



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源
和社会保障部、生态环境部批准颁发，
表明持证人通过国家统一组织的考试，
具有环境影响评价工程师的职业水平和
能力。



姓名：吴苏源

证件号码：360311197405290034

性别：男

出生年月：1974年05月

批准日期：2018年05月20日

管理号：201805035330000006



中华人民共和国
人力资源和社会保障部



中华人民共和国
生态环境部



编制主持人职业资格证书（复印件）

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	4
表 3 非密封放射性物质	4
表 4 射线装置	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	6
表 6 评价依据	7
表 7 保护目标与评价标准	9
表 8 环境质量和辐射现状	13
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	22
表 12 辐射安全管理	29
表 13 结论与建议	33
表 14 审批	38

附图：

- 附图 1 宁波舜宇红外技术有限公司地理位置图
- 附图 2 舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区平面布局及周围环境示意图
- 附图 3 三号车间三楼平面布局示意图
- 附图 4 三号车间四楼平面布局示意图
- 附图 5 三号车间二楼平面布局示意图
- 附图 6 NanoVoxel 2000 型工业 CT 检测铅房结构示意图

附件：

- 附件 1 环评委托书
- 附件 2 射线装置使用情况承诺书
- 附件 3 营业执照复印件
- 附件 4 环境辐射水平检测报告及检测单位计量认证证书

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新增 1 台工业 CT 项目				
建设单位	宁波舜宇红外技术有限公司				
法人代表	叶辽宁	联系人	朱帅	联系电话	13429234566
注册地址	浙江省余姚市丰乐路 67-69 号				
项目建设地点	浙江省余姚市丰乐路 67-69 号三号车间 3 楼				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	80	项目环保投资 (万元)	20	投资比例(环保 投资/总投资)	25%
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)	/
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

一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来

1、建设单位基本情况

宁波舜宇红外技术有限公司是舜宇光学科技（集团）有限公司旗下的子公司，成立于 2006 年 4 月 14 日，注册资本为 1148 万元，经营范围包括：红外技术的研究、开发、应用；红外仪器及配件的制造、加工、质检技术服务；红外仪器及其配件的生产设备租赁；红外玻璃制品、红外陶瓷制品的开发、生产、加工；光电信息产品辅料的批发、零售；场地租赁；物业服务；保洁服务；自营和代理货物和技术的进出口，但国家限定经营或禁止进出口的货物和技术除外等。主要产品有手动/电动调焦镜头、无热化镜头，变焦镜头等，广泛

应用于预防维护、安防监视和汽车夜视等领域。

2、项目由来及建设规模

因生产需要,公司将在车间三楼的组立车间内新建 1 间 X 光室,并新购 1 台 nanoVoxel 2000 型工业 CT 放置在 X 光室内,对生产的镜头进行三维扫描,检查镜头内部配件是否安装到位,最大可检测 40cm×30cm 的镜头。

本次为该公司首次开展核技术利用项目,本项目射线装置基本情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置基本情况一览表

射线装置									
序号	射线装置型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	nanoVoxel 2000 型工业 CT	1	150	0.5	II	组立车间 X 光室	使用	新建项目 本次环评	额定功率 30W

为保护环境和公众利益,防止辐射污染,根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律法规的规定,公司应办理核技术利用项目环境影响评价手续。

根据《射线装置分类》(2017 年修订版),本项目 NanoVoxel 2000 型工业 CT 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 年版),应编制环境影响报告表。为保护环境,保障公众健康,宁波舜宇红外技术有限公司于 2021 年 3 月 20 日委托杭州卫康环保科技有限公司对本项目进行辐射环境影响评价(见附件 1)。评价单位接受委托后,通过现场踏勘、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评报告表,供建设单位上报审批。

3、评价目的

(1)委托有资质单位对本项目工业CT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)通过理论计算方法,对拟建的工业CT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。

二、项目周边保护目标及项目选址情况

1、企业地理位置

宁波舜宇红外技术有限公司位于母公司舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区的三号车间内，舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区位于浙江省余姚市丰乐路 67-69 号，宁波舜宇红外技术有限公司地理位置图见附图 1。舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区东侧依次为河流、马漕头路，南侧为丰悦路，西侧为肖朗公路，北侧为丰乐路。舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区平面布局及周围环境情况见附图 2。

厂区三号车间共 4 层，其中 1~3 层为宁波舜宇红外技术有限公司，4 层为宁波舜宇智领技术有限公司，三号车间位于舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区的中北部，其东侧依次厂区道路、二号车间，南侧依次为厂区道路、五号车间，西侧依次为厂区道路、一号车间，北侧依次为厂区道路、厂区围墙。

2、本项目工业 CT 位置

本项目工业 CT 拟建址位于三号车间 3 楼组立车间的东南角，其东侧依次为组立车间隔墙、镀膜车间，南侧为大楼外墙，西侧为组立车间生产区，北侧为组立车间生产区，楼下为过道，楼上为宁波舜宇智领技术有限公司无尘室生产车间。宁波舜宇红外技术有限公司三楼平面布局见附图 3，楼上平面布局见附图 4，楼下平面布局见附图 5。

3、选址合理性分析

本项目周围 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，本项目周围环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、公司内其他工作人员以及舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区内的工作人员。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，不新增土地，周围无环境制约因素。因此，本项目选址是合理可行的。

三、本项目实践正当性分析

本项目的建设和运行满足了企业的发展需求，提高了产品的质量，在做好辐射防护的基础上，其建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

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)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	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	工业 CT	II	1	NanoVoxel 2000	150	0.5	无损检测	组立车间 X 光室	额定功率 30W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	最终排入大气，常温下可自行分解为氧气，对环境影 响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》(修订版),国家主席令第 9 号,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 年修正版),国家主席令第 24 号,自 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》,国家主席令第 6 号,2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订版),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 年修正版),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》(2021 年修正版),生态环境部令第 20 号,自 2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(7)《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 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,环境保护部令第 18 号,2011 年 5 月 1 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》,国家环境保护总局文件,环发[2006]145 号文</p> <p>(10)《射线装置分类》(2017 年修订版),环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年公告第 66 号公布,自 2017 年 12 月 5 日起施行</p> <p>(11)关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)》的通知,环办[2013]103 号,2014 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(12)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》,生态环境部部令第 9 号,2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(13)《关于发布<建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法>配套文件的公告》,生态环境部公告 2019 年第 38 号,2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(14)《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》,生态环境部公告 2019 年第 39 号,2019 年 10 月 25 日生成</p> <p>(15)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》,生态环</p>
-------------	---

	<p>境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(16)《浙江省建设项目环境保护管理办法》(2021 年修正版)，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行</p> <p>(17)《浙江省辐射环境管理办法》(2021 年修正版)，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行</p> <p>(18)《浙江省人民政府办公厅关于印发浙江省辐射事故应急预案的通知》浙政办发〔2018〕92 号，2018 年 9 月 18 日起施行</p> <p>(19)《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)》，浙环发〔2019〕22 号，2019 年 12 月 20 日起施行</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)</p> <p>(2)《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)</p> <p>(4)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</p> <p>(5)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(6)《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)</p> <p>(7)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)</p>
<p>其他</p>	<p>报告附件：</p> <p>(1) 环评委托书(附件 1)</p> <p>(2) 射线装置使用情况承诺书(附件 2)</p> <p>(3) 营业执照复印件(附件 3)</p> <p>(4) 环境辐射水平检测报告及检测单位计量认证证书(附件 4)</p>

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>本项目为使用 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》（HJ10.1-2016）的要求，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。故本项目评价范围以 X 光室的墙体为边界，外延 50m 的区域。本项目评价范围示意图见附图 2。</p>					
<p>保护目标</p> <p>根据附图 2、附图 3、附图 4 和附图 5，本项目 X 光室位于组立车间的东南角，其东侧 50m 评价范围依次为镀膜车间、形研车间、造型二车间以及纯水间和配电房，南侧 50m 评价范围依次为厂区道路和厂区绿化带，西侧 50m 评价范围依次为组立车间、厂区道路，北侧 50m 评价范围依次为组立车间、车间通道、镜头包装区和库房、精密模压车间、镜头纳入检室、活动室，楼下为过道，楼上为宁波舜宇智领技术有限公司无尘室生产车间。</p> <p>本项目周围环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、公司内其他工作人员以及舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区内的工作人员。本项目周围环境保护目标分布见表 7-1。</p>					
<p>表 7-1 本项目周围环境保护目标分布情况</p>					
<p>主要环境保护目标</p>	<p>方位</p>	<p>场所名称</p>	<p>距 X 光室最近距离</p>	<p>规模</p>	<p>年有效剂量控制要求</p>
<p>本项目辐射工作人员</p>	<p>/</p>	<p>X 光室内操作台处</p>	<p>/</p>	<p>2 名工作人员</p>	<p>5mSv/a</p>
<p>公众</p>	<p>东侧</p>	<p>镀膜车间</p>	<p>0m</p>	<p>约 15 名工作人员</p>	<p>0.25mSv/a</p>
		<p>造型二车间</p>	<p>29m</p>	<p>约 20 名工作人员</p>	
		<p>纯水间和配电房</p>	<p>29m</p>	<p>平时无人员逗留</p>	
		<p>形研车间</p>	<p>35m</p>	<p>约 10 名工作人员</p>	
	<p>南侧</p>	<p>厂区道路和绿化带</p>	<p>0m</p>	<p>厂区内流动人员</p>	
	<p>西侧</p>	<p>组立车间</p>	<p>0m</p>	<p>约 30 名工作人员</p>	
		<p>厂区道路</p>	<p>29m</p>	<p>厂区内流动人员</p>	
	<p>北侧</p>	<p>组立车间</p>	<p>0m</p>	<p>约 30 名工作人员</p>	
<p>车间通道</p>		<p>30m</p>	<p>车间内流动人员</p>		

		库房	31m	平时无人员逗留
		精密模压车间	33m	约 10 名工作人员
		镜头包装区	35m	约 10 名工作人员
		镜头纳入检室	47m	约 10 名工作人员
		活动室	48m	车间内流动人员
	楼下	走道	0m	车间内流动人员
	楼上	宁波舜宇智领技术有限公司无尘室生产车间	0m	平时无人员逗留

评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

工作人员职业照射和公众照射剂量限值:

	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①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; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②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。

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。

(2) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、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) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

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”信号和“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不小于3次。

(4) 本项目辐射剂量管理限值

综合考虑 GB18871-2002 和 GBZ117-2015，本项目管理目标为：

①**辐射剂量率管理限值**：检测铅房四周、工件窗、顶部及底部表面 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h；

②**年有效剂量管理限值**：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。

(5) 参考资料

① 《辐射防护导论》，方杰主编

② 根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》，宁波地区建筑物室内 γ 辐射剂量率的范围为（80~194）nGy/h，道路上 γ 辐射剂量率的范围为（64~128）nGy/h，原野 γ 辐射剂量率的范围为（45~95）nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

宁波舜宇红外技术有限公司位于母公司舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区的三号车间内，舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区位于浙江省余姚市丰乐路 67-69 号，其东侧依次为河流、马漕头路，南侧为丰悦路，西侧为肖朗公路，北侧为丰乐路。舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区平面布局及周围环境情况见附图 2。

厂区三号车间共 4 层，其中 1~3 层为宁波舜宇红外技术有限公司，4 层为宁波舜宇智领技术有限公司，三号车间位于舜宇光学科技（集团）有限公司新厂区的中北部，其东侧依次厂区道路、二号车间，南侧依次为厂区道路、五号车间，西侧依次为厂区道路、一号车间，北侧依次为厂区道路、厂区围墙。

本项目工业 CT 拟建址位于三号车间 3 楼组立车间的东南角，其东侧依次为组立车间隔墙、镀膜车间，南侧为大楼外墙，西侧为组立车间生产区，北侧为组立车间生产区，楼下为过道，楼上为宁波舜宇智领技术有限公司无尘室生产车间。宁波舜宇红外技术有限公司三楼平面布局见附图 3，楼上平面布局见附图 4，楼下平面布局见附图 5。

二、环境现状检测

本项目为使用 II 类射线装置，根据项目工作原理及特点，项目运行期间主要的环境污染物为 X 射线，项目在进行现状调查时，主要调查本项目工业 CT 拟建场址及周围环境的辐射水平。

1、检测因子

X- γ 辐射剂量率

2、检测点位

检测时，根据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）等要求，结合现场条件，对本项目工业 CT 拟建场址及周围环境进行检测布点，共布设 6 个检测点位，具体点位见图 8-1。

3、检测方案

- (1) 检测单位：湖州环安检测有限公司
- (2) 检测时间：2021 年 3 月 26 日
- (3) 检测天气：晴，气温：17℃，湿度：51%RH
- (4) 检测仪器及性能：

①检测名称：RM-2030 型 X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪

②仪器编号：2019016

③能量响应范围：35keV~3MeV

④量程范围：0.01 μ Sv/h~200 μ Sv/h

⑤检定有效期：2020.12.07-2021.12.06

4、质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，其计量认证证书及检测能力证书见附件 4；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核；

⑤检测仪器在使用前、后进行性能检查；

⑥检测报告实行三级审核。

5、检测结果及评价

本项目工业 CT 拟建场址及周围环境天然辐射水平检测结果见表 8-1，检测点位见图 8-1，详细检测结果见附件 4。

表 8-1 本项目工业 CT 拟建场址及周围环境辐射水平监测结果

序号	监测点位描述	监测结果 (μ Sv/h)	
		校正值	标准差
1	工业 CT 拟建场址	0.18	0.02
2	工业 CT 拟建场址西侧组立车间内	0.17	0.01
3	工业 CT 拟建场址北侧组立车间内	0.17	0.01
4	工业 CT 拟建场址东侧镀膜车间内	0.18	0.01
5	工业 CT 拟建场址楼上无尘室生产车间内	0.18	0.01
6	工业 CT 拟建场址楼下过道	0.18	0.01

注：上表数据未扣除检测仪器宇宙射线响应值。

根据检测结果可知，本项目工业 CT 拟建场址及周围环境辐射水平在（0.17~0.18） μ Gy/h（保守取 Sv/h \approx Gy/h）范围内，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 辐射剂量率的范围为（80~194）nGy/h，故本项目工业 CT 拟建场

址及周围环境的 X- γ 辐射剂量率处于宁波地区天然贯穿辐射水平范围。

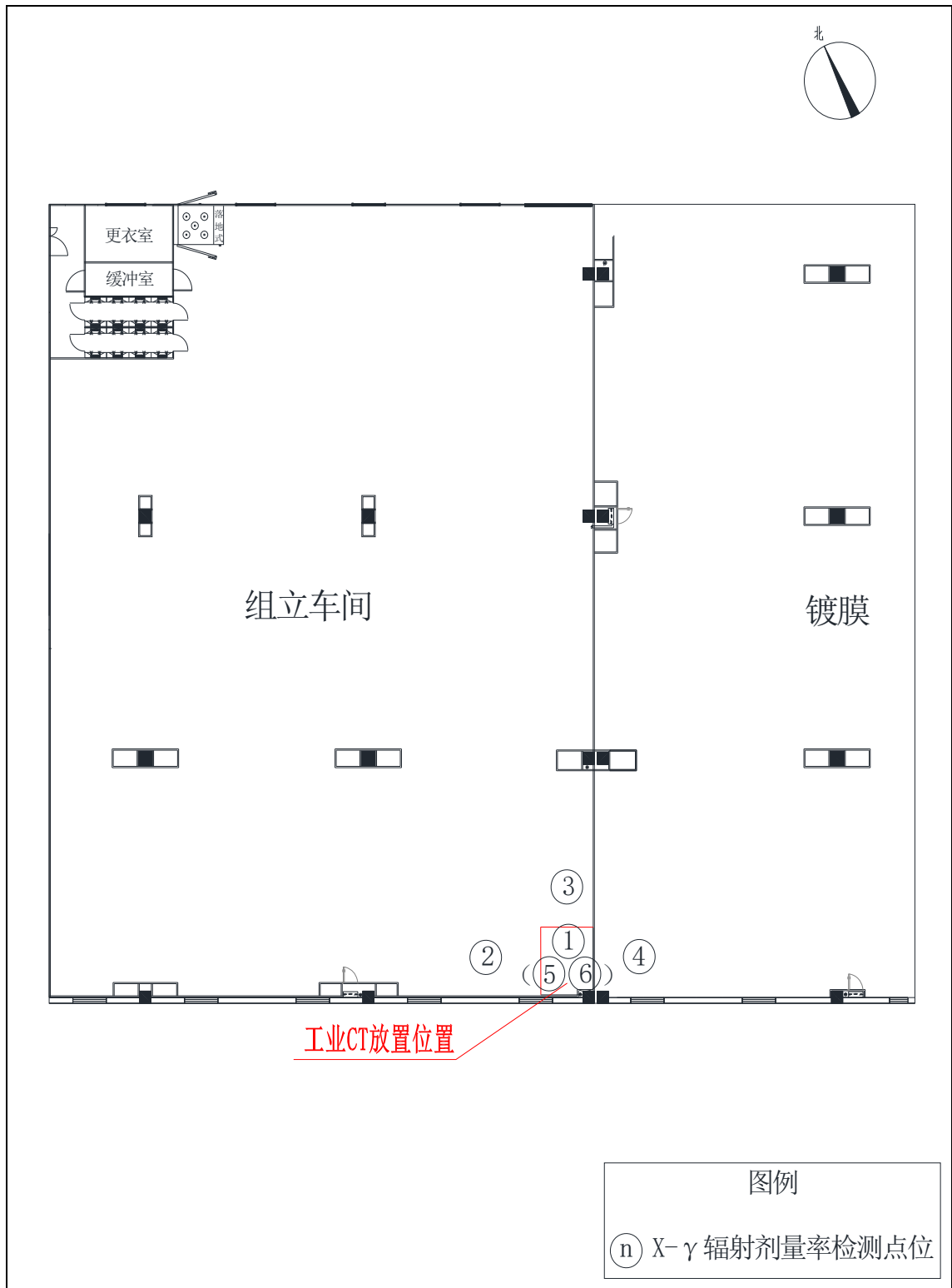


图 8-1 公司工业 CT 拟建场址及周围辐射环境本底检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、工程设备

本项目 NanoVoxel 2000 型工业 CT 主要由操作台、检测铅房组成，其中：

(1) 检测铅房外尺寸为 1797.5mm (L) × 1070mm (W) × 1643mm (H)。铅房右侧屏蔽体（主射面）为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板；其余各侧屏蔽体均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板；工件窗位于前侧屏蔽体，为 30mm 厚铅玻璃，为 6mm 铅当量。铅房内部安装有载物台、X 射线管与数字平板 C 型臂机。其中，载物台可前后水平移动（行程 550mm）、上下垂直移动（行程 300mm）以及 360 度转动，X 射线管与数字平板 C 型臂机可上下移动（行程 300mm），X 射线管位于 C 型臂的左侧，平板探测器位于 C 型臂的右侧，X 射线照射方向固定为由左侧向右侧照射。

(2) 本项目工业 CT 配置的 X 射线管最大管电压为 150kV、最大管电流为 0.5mA、额定功率为 30W。

(3) 操作台由显示器和电路控制板等组成，设备所有的操作指令均由操作台来发布。

本项目工业 CT 工作时，通过控制按钮打开工件窗，工作人员只需在检测铅房外将待检工件放置在载物台上，无需进入检测铅房内部。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，年探伤曝光时间不超过 1000h。本项目 NanoVoxel 2000 型工业 CT 外观图见图 9-1，结构示意图见附图 6。



图 9-1 本项目 NanoVoxel 2000 型工业 CT 外观示意图

二、工作原理

工业 CT 即工业计算机断层扫描成像，它能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、

材质及缺损状况。工业 CT 技术是目前世界上先进的无损检测技术之一，是物体内外部缺陷测量与统计、结构尺寸测量、设计工艺改进、升级制造技术不可缺少的手段。CT 检测能在不破坏工件结构的情况下实现模具及模具产品的表面和内部结构的几何尺寸以及曲面测量，计算出测量目标的长宽高、面积、表面积、体积等各种几何参数，实现零件与 CAD 模型对比、几何尺寸与公差分析、零件与零件对比。同时可实现产品内部多种缺陷（如裂纹、气泡、夹杂、疏松、脱粘、装配缺陷等）的无损检测和无损质量评价，检测对象也几乎涵盖了各种材质和各种结构类型的模具及模具产品。

本项目工业 CT 包括操作台和检测铅房，检测铅房内安装有载物台、X 射线管与数字平板 C 型臂机。核心部件是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生大量 X 射线。

工业 CT 工作原理是依据由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质密度越大，射线强度减弱越大，X 射线穿透被检工件后被数字平板探测器所接收，数字平板探测器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像，按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面一薄层无影像重叠的断层扫描图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，当测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。同时，可根据三维图像查看工件内部的缺陷性质、大小、位置等信息，可迅速对工件缺陷进行辨别，从而达到无损检测的目的。

三、工作流程及产污环节

本项目工业CT工作流程主要有：

- ①打开主控开关，将钥匙开关转到打开位置，按下电源开关按钮；
- ②工作人员打开工件窗；
- ③将检测工件装载在载物台上；
- ④摆放好待检工件后，关闭工件窗；
- ⑤调节载物台和 X 射线管至合适位置，打开 X 射线出束开关，开始检测；
- ⑥检测完成后，关闭射线，取出检测工件。

本项目工业 CT 工作流程及产污环节如图 9-2 所示：

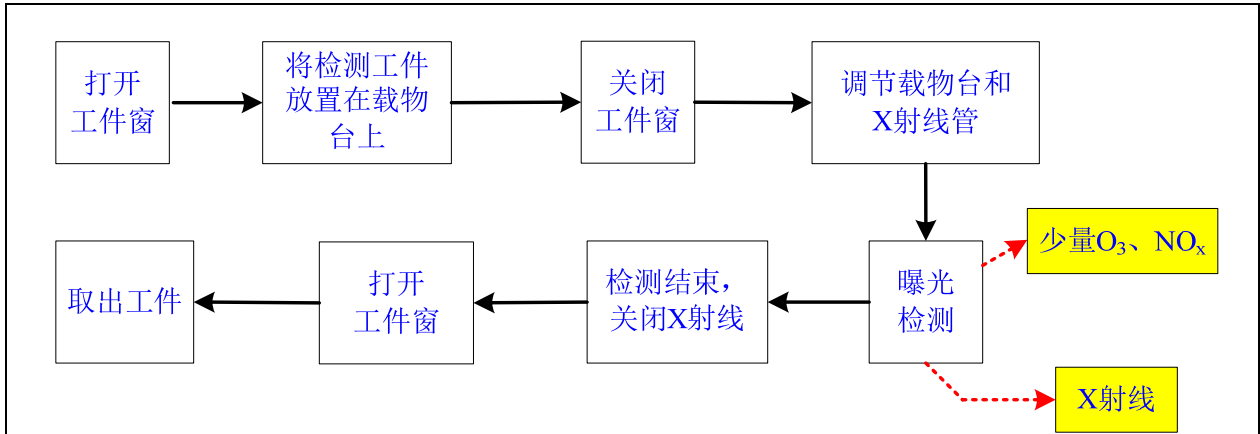


图 9-2 本项目工业 CT 工作流程及产污环节分析示意图

污染源项描述

1、辐射污染

由工业 CT 工作原理可知，只有工业 CT 在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，对检测铅房外工作人员和公众产生一定外照射，因此工业 CT 在开机检测期间，X 射线是项目主要污染物。

2、其他污染

本项目无放射性废水、放射性固体废物、放射性废气产生，也无显影、定影废液和废胶片产生。本项目工业 CT 在工作状态时，会使检测铅房中的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。本项目工业 CT 的管电压、管电流较小，单次开机检测时间较短，产生的臭氧和氮氧化物较少。

事故工况下产生的污染物和污染途径与正常工况下基本相同。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局与分区

本项目工业 CT 设置有操作台和检测铅房，操作台与检测铅房分开独立设置。本项目布局满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于操作室与探伤室分开设置的要求。

本项目工业 CT 固定在 X 光室内使用，公司拟将工业 CT 检测铅房的内部区域划为控制区，将 X 光室划为监督区，并在 X 光室入口门外表面醒目位置设置电离辐射警告标志，禁止非辐射工作人员进入。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目控制区和监督区划分示意图见图 10-1。

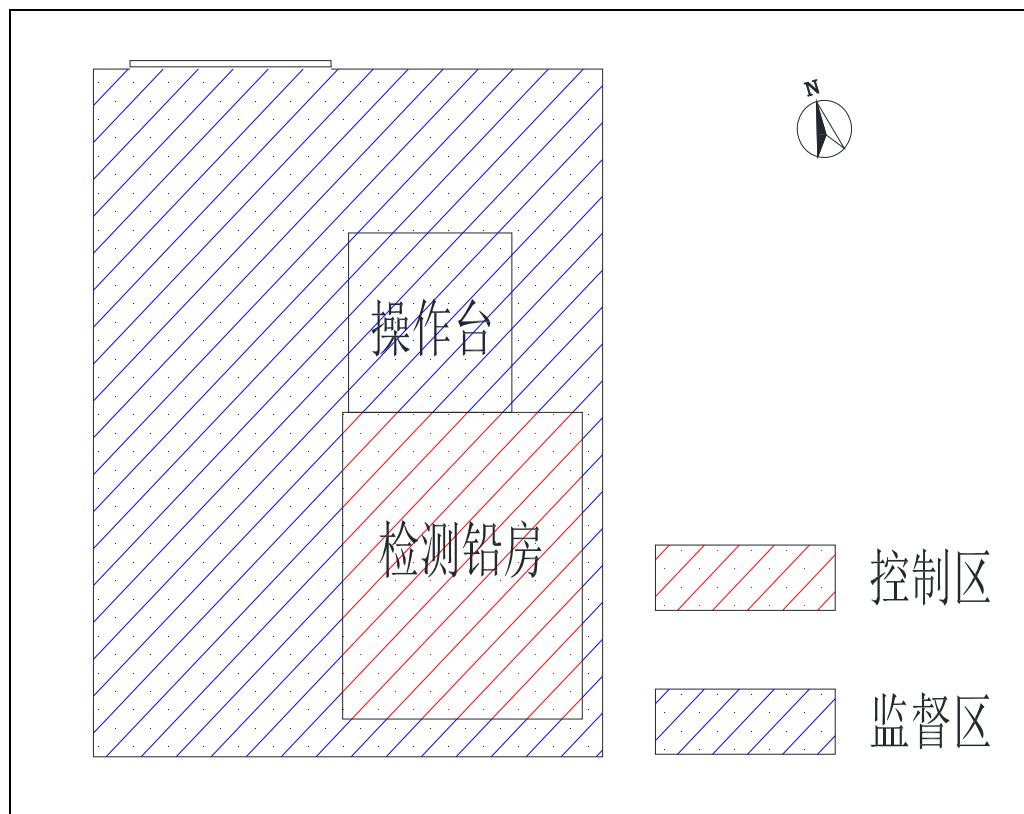


图 10-1 本项目控制区和监督区划分示意图

二、辐射防护屏蔽设计

本项目工业 CT 采用铅房对 X 射线进行屏蔽，铅房右侧屏蔽体（主射面）为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板；其余各侧屏蔽体均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板；工件窗位于前侧屏蔽体，为 6mm 铅当量。

三、辐射安全和防护措施分析

1、设备固有安全措施

(1) 操作台上设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X射线机才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；操作台上设置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；操作台上设置高压接通时的外部报警或指示装置；操作台上设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(2) 检测铅房顶部安装三色工作状态指示灯，并与X射线机联锁。工作状态指示灯设有红、黄、绿三种工作状态，当工件窗打开时，绿灯亮；当工件窗关闭到位X射线机具备出束条件时，黄灯亮；当X射线机开机出束时，红灯亮，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。

(3) 检测铅房的工件窗与X射线机联锁形成门机联锁装置，只有当工件窗完全关闭后X射线机才能出束，工件窗打开时立即停止X射线照射，关上工件窗不能自动开始X射线照射。

(4) 检测铅房表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿靠近该装置。

(5) 操作台、检测铅房前侧屏蔽体安装急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

2、其他辐射安全和防护措施

(1) X光室入口门表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿进入X光室。

(2) X光室由专人管理，钥匙由专人保管。

(3) 对工作场所实行分区管理，确保无关人员不会在X光室停留。

(4) X光室内配置个人剂量报警仪，用于工业CT出束检测出现异常情况时进行瞬时报警。

(5) 辐射工作人员配备个人剂量计，工作期间必须正常佩戴。

(6) 操作台设置于检测铅房的左侧，避开有用线束照射的方向。

(7) X光室周围1m处的地面粘贴黄色警戒线，禁止无关人员靠近。

本项目采取上述辐射安全措施后，能够满足本项目辐射安全的需要。

三废的治理

本项目运行过程中无放射性废水、废气及放射性固体废物产生，也无显影、定影废液和废胶片产生。工业 CT 在工作状态时，会使检测铅房中的空气电离产生臭氧和氮氧化物。本项目工业 CT 检测铅房的顶部右上角设置有排风口，排风口安装一台排风扇（排风量不小于 $20\text{m}^3/\text{h}$ ）进行机械排风，产生的少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风装置排出检测铅房。X 光室位于组立车间内，车间内设有通风系统，排出检测铅房的臭氧和氮氧化物经车间的通风系统排至室外，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目检测铅房的容积约为 3m^3 ，检测铅房排风装置的设计通风量不小于 $20\text{m}^3/\text{h}$ ，可使检测铅房每小时通风换气 6 次，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

本项目排风装置的排风口位于铅房的顶部，排风口处使用 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板的铅钢结构防护罩进行屏蔽，确保排风装置不破坏检测铅房的整体防护效果。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工业 CT 为整体定制设备，设备在厂家生产完成后，运至现场进行组装，组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。但本项目施工期较短，施工量不大，对厂房周围环境影响较小，施工期结束后，施工期环境影响将随之消失。

本项目工业 CT 安装后，应由设备厂家工作人员进行调试，本公司人员不参与调试，并在调试前应确保门机联锁装置、工作状态指示灯等各项辐射安全防护措施能正常工作。本项目工业 CT 的检测铅房满足屏蔽防护要求，调试时间较短，调试过程对周围环境辐射影响很小。

运行阶段对环境的影响

一、正常运行工况下辐射环境影响分析

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是工业 CT 工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。本报告对本项目的辐射环境影响采取理论计算的方法来进行分析与评价。

本项目工业 CT 开机检测时，X 射线照射方向固定为由左侧向右侧照射，则检测铅房右侧屏蔽体主要受有用线束的辐射影响，其他各侧屏蔽体主要受非有用线束的辐射影响。

1、估算模式选取

本项目 X 射线探伤采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式估算检测铅房表面 30cm 处的辐射水平，估算模式如下：

（1）有用线束

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

上式中： \dot{H} —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流， mA ；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1；

B —屏蔽透射因子，根据 GBZ/T 250-2014，在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B ；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离， m 。

(2) 非有用线束

①漏射线

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

上式中：B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

\dot{H}_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），其典型值见 GBZ/T 250-2014 中表 1。

②散射线

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

上式中：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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

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，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 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；

R_0 —辐射源点（靶点）至检测工件的距离，单位为米（m），根据厂家提供资料，本项目 R_0 约为 0.3m；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

③屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（4）计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (4)$$

上式中：X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—对于泄漏辐射，可直接根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2 查得相应的 TVL 值；对于散射辐射，先根据 GBZ/T 250-2014 中表 2 查得本项目所对应的 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值，再根据 GBZ/T 250-2014 中附录 B 表 B.2 查得 90° 散射辐射的 TVL 值。

2、估算结果

(1) 检测铅房主射面屏蔽剂量计算

根据附图 6，本项目工业 CT 的 X 射线管距检测铅房右侧屏蔽体约为 1.1m，将相关

参数带入公式(1)，可估算出检测铅房右侧屏蔽体外 30cm 处的瞬时剂量，其屏蔽防护计算参数及计算结果见表 11-1。

表 11-1 检测铅房主射面屏蔽防护计算参数及计算结果

屏蔽体		右侧屏蔽体
参数		
设计厚度		8mm 铅板
I (mA)		0.2
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})$		1.098×10^6
B		1×10^{-8}
R (m)		1.4
参考点处剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H} 估算值	0.001
	\dot{H}_c 控制值	2.5
	评价结果	满足

注：①本项目工业 CT X 射线管的滤过条件为 2mm 铝；

② H_0 查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 中表 B.1；

③B 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 中图 B.1 线性外推得；

④ $R=X$ 射线管距右侧屏蔽体最小距离 1.1m+参考点 0.3m=1.4m；

⑤计算时，不考虑钢板的屏蔽效果。

由表 11-1 可知，当工业 CT 以最大管电压 150kV、最大管电流 0.2mA、额定功率 30W 运行时，受主射线照射影响的检测铅房右侧屏蔽体外参考点处的辐射剂量率为 $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，满足《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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(2) 检测铅房其他各面屏蔽剂量计算

正常开机检测时，本项目工业 CT 的 X 射线管距检测铅房前侧屏蔽体的最小距离约为 0.5m、距后侧屏蔽体最小距离约为 0.5m、距左侧屏蔽体最小距离约为 0.6m、距顶部屏蔽体最小距离约为 0.3m、距底部屏蔽体最小距离约为 1.3m。计算时，均保守取 X 射线管距检测铅房各侧屏蔽体最小距离来评价本项目工业 CT 运行时的辐射影响。

将相关参数带入公式(2)、(3)、(4)，可保守估算出当该工业 CT 以最大管电压 150kV、最大管电流 0.2mA、额定功率 30W 运行时，检测铅房前侧、后侧、左侧、顶部及底部外 30cm 处参考点的瞬时剂量，计算结果见表 11-2。

表 11-2 检测铅房其他各面屏蔽防护计算参数及计算结果

参数		屏蔽体	前侧屏蔽体 (工件窗)	后侧屏蔽体	左侧屏蔽体	顶部	底部
泄漏辐射	设计厚度 (mm)		6mmPb	6mmPb	6mmPb	6mmPb	6mmPb
	TVL (mm)		0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	B		5.62×10^{-7}	5.62×10^{-7}	5.62×10^{-7}	5.62×10^{-7}	5.62×10^{-7}
	$\dot{H}_L (\mu\text{Sv/h})$		2500	2500	2500	2500	2500
	R (m)		0.8	0.8	0.9	0.6	1.6
	参考点处泄漏辐射 剂量率 \dot{H} 估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)		0.002	0.002	0.002	0.004	0.001
散射辐射	TVL (mm)		0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	B		5.62×10^{-7}	5.62×10^{-7}	5.62×10^{-7}	5.62×10^{-7}	5.62×10^{-7}
	I (mA)		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	$H_0 (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \text{h}^{-1})$		1.098×10^6	1.098×10^6	1.098×10^6	1.098×10^6	1.098×10^6
	R_s (m)		0.8	0.8	1.2	0.6	1.6
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$		1/60	1/60	1/60	1/60	1/60
	参考点处散射辐射 剂量率 \dot{H} 估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)		0.003	0.003	0.001	0.006	0.001
参考点处复合 辐射剂量率 $\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$	\dot{H} 估算值		0.005	0.005	0.003	0.01	0.002
	\dot{H}_c 控制值		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果		满足	满足	满足	满足	满足

注：①泄漏辐射 TVL 值查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 表 B.2；

② \dot{H}_L 的值查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的表 1；

③ R_s 前侧屏蔽体= R 前侧屏蔽体=X 射线管距前侧屏蔽体最小距离 0.5m+参考点 0.3m=0.8m；

④ R_s 后侧屏蔽体= R 后侧屏蔽体=X 射线管距后侧屏蔽体最小距离 0.5m+参考点 0.3m=0.8m；

⑤ R 左侧屏蔽体=X 射线管距左侧屏蔽体最小距离 0.6m+参考点 0.3m=0.9m；

⑥ R_s 左侧屏蔽体=检测工件距左侧屏蔽体最小距离 0.9m+参考点 0.3m=1.2m；

⑦ R_s 顶部屏蔽体= R 顶部屏蔽体=X 射线管距顶部屏蔽体最小距离 0.3m+参考点 0.3m=0.6m；

⑧ R_s 底部屏蔽体= R 底部屏蔽体=X 射线管距底部屏蔽体最小距离 1.3m+参考点 0.3m=1.6m；

⑨ $R_0^2/F \cdot \alpha$ 的值取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的推荐值 60。

根据表 11-2 估算结果可知，当工业 CT 以最大管电压 150kV、最大管电流 0.2mA、额定功率 30W 运行时，检测铅房前侧、后侧、左侧、顶部及底部均能够满足《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 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

当工业 CT 以最大管电流 0.5mA、额定功率 30W 运行时，此时管电压为 60kV，透射因子 B 将成指数衰减，衰减的倍数远大于管电流增大的倍数，故当工业 CT 以最大管电流 0.5mA、额定功率 30W 的工况运行时，本项目工业 CT 检测铅房的屏蔽防护能力也能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

综上所述，本项目工业 CT 检测铅房的屏蔽防护设计能够满足其所配置的 X 射线管的防护要求。

二、辐射工作人员和公众剂量估算及评价

辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式（1）来估算，估算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (5)$$

上式中：H—年剂量， $\mu\text{Sv/年}$ ；

\dot{H} —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U—使用因子，本项目取 1；

T—居留因子；

t—年照射时间，(h/年)。

根据公式（5），可估算出本项目所致辐射工作人员和周围公众的年有效剂量，具体计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 本项目所致辐射工作人员和周围公众年剂量估算一览表

保护目标	关注点	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
辐射工作人员	操作台处 (检测铅房前侧屏蔽体)	0.005	1000	1	0.005
周围公众	X 光室东侧镀膜车间 (检测铅房后侧屏蔽体)	0.005	1000	1	0.005
	X 光室西侧组立车间内 (检测铅房前侧屏蔽体)	0.005	1000	1	0.005
	X 光室北侧组立车间内 (检测铅房左侧屏蔽体)	0.003	1000	1	0.003
	X 光室楼上无尘室车间内 (检测铅房顶部屏蔽体)	0.01	1000	1	0.01
	X 光室楼下车间过道 (检测铅房底部屏蔽体)	0.002	1000	1/16	<0.001

根据表 11-3 估算结果可知，本项目所致辐射工作人员年有效剂量最大约为 0.005mSv，所致 X 光室周围公众年有效剂量最大约为 0.01mSv，本项目 50m 评价范围内其他公众距

本项目相对较远，经距离的进一步衰减后，本项目所致其年有效剂量小于 0.01mSv，故本项目辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目管理限值的要求（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）。

三、通风措施评价

本项目工业 CT 检测铅房的顶部右上角设置有排风口，排风口安装一台排风扇（排风量不小于 20m³/h）进行机械排风，产生的少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风装置排出检测铅房。X 光室位于组立车间内，车间内设有通风系统，排出检测铅房的臭氧和氮氧化物经车间的通风系统排至室外，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目检测铅房的容积约为 3m³，检测铅房排风装置的设计通风量不小于 20m³/h，可使检测铅房每小时通风换气 6 次，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

本项目排风装置的排风口位于铅房的顶部，排风口处使用 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板的铅钢结构防护罩进行屏蔽，确保排风装置不破坏检测铅房的整体防护效果。

四、电缆管线评价

本项目工业 CT 的检测铅房设置有电缆孔，电缆孔处设置 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板的铅钢结构防护罩，确保电缆孔不破坏检测铅房的整体防护效果。

事故影响分析

1、辐射事故分析

本项目工业 CT 只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于检测铅房的安全联锁装置失灵，在对工件进行检测时，工件窗未能完全关闭，致使 X 射线泄漏到检测铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

（2）机器调试、检修时误照。工业 CT 检测系统在调试或检修过程中，责任者脱岗，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

2、辐射事故处置方法及预防措施

- （1）切断电源，确保 X 射线管停止出束；
- （2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；
- （3）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

宁波舜宇红外技术有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行

探伤作业，每次探伤检测前均检查门机联锁、急停按钮等安全措施的有效性，定期检测铅房周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。同时，公司在实际工作中应不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查探伤设备及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，向属地公安部门和生态环境部门报告。对造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向属地卫生健康部门报告。并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。

表 12 辐射安全管理

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》、《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》等法律法规要求，使用射线装置的单位应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；辐射工作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。

宁波舜宇红外技术有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并将以文件形式明确各成员管理职责。

公司计划为本项目配备2名辐射工作人员，公司拟组织该2名辐射工作人员和辐射安全专职管理人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，获得成绩合格单后，方能满足辐射工作人员岗位要求。

辐射安全管理规章制度

宁波舜宇红外技术有限公司拟根据《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求制定辐射安全管理制度，如《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》、《台账管理制度》、《环境监测方案》及《辐射事故应急预案》等，并在以后的实际工作中不断对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对公司应制定的辐射安全管理规章制度提出相应的建议和要求：

(1) 辐射防护和安全保卫制度

根据单位的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线装置的安全防护和管理落实到个人。

(2) 操作规程

明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是明确 X 射线装置的操作步骤，工作前的安全检查，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器。

(3) 岗位职责

明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一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) 设备检修维护制度

明确工业 CT 和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保工业 CT、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

(5) 台账管理制度

对射线装置的使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，对射线装置进行严格管理。

(6) 人员培训计划

明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

(7) 个人剂量监测方案

明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，并建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

(8) 辐射环境监测方案

购置环境辐射巡测仪等监测设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。此外，根据环境保护部第 18 号令，使用射线装置的单位应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，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。

(9) 辐射事故应急预案

针对可能产生的辐射事故制定辐射事故应急措施，该措施中应明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，向属地公安部门和生态环境部门报告。对造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向属地卫生健康部门报告。并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景，演练参与人员等。

本项目辐射工作人员应在公司辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的安全措施进行检查。此外，对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急预案响应程序等制度应张贴于 X 光室墙面的醒目处。

辐射监测

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》要求，使用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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

公司拟为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪，配备后将能够满足辐射监测仪器配置要求。

2、监测方案

宁波舜宇红外技术有限公司应根据辐射管理要求，制定如下监测方案：

（1）个人剂量监测

辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案，加强档案管理。

（2）职业健康体检

所有辐射工作人员上岗前均进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，均定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案，加强档案管理。

（3）工作场所辐射监测

公司定期请有资质单位对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

①监测频度：每年常规监测一次。

②监测范围：工业 CT 周围屏蔽体表面 30cm、工件窗表面 30cm、操作位处，以及 X 光室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。

（4）自主监测

公司定期利用自配备的辐射巡测仪对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行自主监测，并记录档案。监测频度建议每季度一次。

本项目投入运行后，公司应对本项目工业 CT 工作场所定期进行自检并每年请有资质单位进行监测，为辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，定期组织辐射工作人员进行体检并建立职业健康监护档案。公司应安排专人负责管理辐射工作人员的个人剂量

档案和职业健康档案，个人剂量的档案应保持至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年，辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案和职业健康档案。

本项目落实上述监测方案后，方能满足辐射安全管理的要求。

辐射事故应急

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可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。本项目事故多为开机误照射事故，通常情况下属于一般辐射事故。

为加强射线装置在探伤过程中的辐射安全和管理，预防和控制放射性突发事件的发生而造成的危害，保障公司员工及社会公众的健康与安全，宁波舜宇红外技术有限公司应根据本项目可能产生的辐射事故制定事故应急预案，应急预案内容应包括：

- (1) 应急机构、组成人员以及职责分工；
- (2) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (3) 应急人员的组织、培训及联系方式；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 应急演习计划。

公司应依据《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》（环发[2006]145 号文）的要求，明确辐射事故应急领导小组的组织机构、组成人员及职责；明确应急人员培训内容及培训周期等；明确辐射应急救援响应措施；明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化；明确应急演练制度；加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，积极开展辐射应急演习，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，还应经常监测辐射工作场所的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，向属地公安部门和生态环境部门报告。对造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向属地卫生健康部门报告。并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

因生产需要,公司将在车间三楼的组立车间内新建 1 间 X 光室,并新购 1 台 nanoVoxel 2000 型工业 CT 放置在 X 光室内,对生产的镜头进行三维扫描,检查镜头内部配件是否安装到位。该 NanoVoxel 2000 型工业 CT 最大管电压为 150kV、最大管电流为 0.5mA、额定功率 30W,为 II 类射线装置。

2、实践正当性评价

本项目的建设和运行满足了企业的发展需求,提高了产品的质量,在做好辐射防护的基础上,其建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害,该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的原则。

3、选址、布局合理性评价

宁波舜宇红外技术有限公司位于浙江省余姚市丰乐路 67-69 号,即舜宇光学科技(集团)有限公司新厂区的三号车间内。本项目工业 CT 拟建址位于三号车间 3 楼组立车间的东南角,其东侧依次为组立车间隔墙、镀膜车间,南侧为大楼外墙,西侧为组立车间生产区,北侧为组立车间生产区,楼下为过道,楼上为宁波舜宇智领技术有限公司无尘室生产车间。本项目周围 50m 评价范围内无居民区、学校等环境敏感点,项目选址合理。

本项目工业 CT 设置有操作台和检测铅房,操作台与检测铅房分开独立设置。本项目布局满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中关于操作室与探伤室分开设置的要求。

4、辐射防护措施评价

本项目工业 CT 采用铅房对 X 射线进行屏蔽,铅房右侧屏蔽体(主射面)为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板;其余各侧屏蔽体均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板;工件窗位于前侧屏蔽体,为 6mm 铅当量。根据估算结果,本项目工业 CT 检测铅房的辐射防护设计能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的要求。

5、辐射安全措施评价

本项目将设置如下辐射安全措施:①操作台上设置钥匙开关、高压接通或断开状态及管电压、管电流和照射时间选取及设定值的显示装置、高压接通时的外部报警或指示装置以及辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识;②检测铅房顶部安装三

色工作状态指示灯，并与 X 射线机联锁；③检测铅房的工件窗与 X 射线机联锁形成门机联锁装置；④检测铅房表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；⑤操作台、检测铅房前侧屏蔽体安装急停按钮；⑥X 光室入口门表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；⑦操作台设置于检测铅房的左侧，避开有用线束照射的方向；⑧X 光室周围 1m 处的地面粘贴黄色警戒线，禁止无关人员靠近。本项目采取的辐射安全措施满足本项目辐射安全的需要。

6、保护目标剂量评价

根据理论估算结果，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（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）的剂量限值要求。

7、辐射防护监测仪器

公司将为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪，配置后将能够满足辐射监测仪器的配置要求。

8、通风措施评价

本项目工业 CT 检测铅房的顶部右上角设置有排风口，排风口安装一台排风扇（排风量不小于 20m³/h）进行机械排风，产生的少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风装置排出检测铅房。X 光室位于组立车间内，车间内设有通风系统，排出检测铅房的臭氧和氮氧化物经车间的通风系统排至室外，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目检测铅房的容积约为 3m³，检测铅房排风装置的设计通风量不小于 20m³/h，可使检测铅房每小时通风换气 6 次，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

9、辐射安全管理评价

宁波舜宇红外技术有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并将以文件形式明确各成员的管理职责。公司辐射安全专职管理人员和拟为本项目配备的 2 名辐射工作人员应参加并通过辐射安全和防护的培训及考核，公司应为辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，建立个人剂量档案及职业健康档案。公司还应根据本项目具体情况制定各项管理制度，同时在工作中将其落到实处，确保辐射工作的安全。采取上述措施后，将满足生态环境保护管理要求。

总结论：

综上所述，宁波舜宇红外技术有限公司新增 1 台工业 CT 项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

建议与承诺

(1) 公司应定期或不定期针对 X 射线装置的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查，确保仪器的完好和有效。

(2) 针对本项目可能出现的辐射事故，公司应加强辐射工作人员的安全思想教育，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故的发生。

(3) 企业应认真保管好 X 射线装置的各种档案资料以及定期的检测报告，做到各种数据有据可查。

(4) 项目取得批复并建成后，公司需及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证。

(5) 本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，在3个月内对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。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使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入使用。

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司应成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员的管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的管理要求。	/
辐射安全和防护措施	<p>屏蔽措施：工业CT采用铅房对X射线进行屏蔽，铅房右侧屏蔽体（主射面）为2mm钢板+8mm铅板+2mm钢板；其余各侧屏蔽体均为2mm钢板+6mm铅板+2mm钢板；工件窗位于前侧屏蔽体，为6mm铅当量。</p>	检测铅房的辐射防护设计满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于 X 射线探伤室的屏蔽防护要求。辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目剂量管理目标的限值要求（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）。	18.4
	<p>安全措施：①操作台上设置钥匙开关、高压接通或断开状态及管电压、管电流和照射时间选取及设定值的显示装置、高压接通时的外部报警或指示装置以及辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识；②检测铅房顶部安装三色工作状态指示灯，并与 X 射线机联锁；③检测铅房的工件窗与 X 射线机联锁形成门机联锁装置；④检测铅房表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；⑤操作台、检测铅房前侧屏蔽体安装急停按钮；⑥X 光室入口门表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；⑦操作台设置于检测铅房的左侧，避开有用线束照射的方向；⑧X 光室周围 1m 处的地面粘贴黄色警戒线，禁止无关人员靠近。</p>	满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于 X射线探伤室的安全措施的设置要求。	
	<p>通风措施：检测铅房顶部设置排风口，并安装一台排风扇，排风扇设计通风量不小于 20m³/h，排风口处设置铅防护罩进行屏蔽。</p>	满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。	

人员配备	公司辐射工作人员均应参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中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的管理要求。	0.2
	公司辐射工作人员均应配备个人剂量计，每 3 个月定期送检，并建立辐射工作人员个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。	0.2
	公司辐射工作人员均应定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。	0.2
监测仪器和防护用品	应配备 1 台辐射巡测仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。	1.0
	应配备 2 台个人剂量报警仪。		
辐射安全管理制度	应制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等辐射安全管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位需具备有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人

公 章
年 月 日

审批意见

经办人

公 章
年 月 日