

# 核技术利用建设项目

宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售

工业 CT 机项目

## 环境影响报告表

(公示稿)

建设单位（盖章）：宁德思客琦智能装备有限公司

2023 年 11 月

# 核技术利用建设项目

宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售

工业 CT 机项目

## 环境影响报告表

建设单位名称：宁德思客琦智能装备有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：付文辉

通讯地址：宁德市蕉城区疏港路 115 号

邮政编码：362100

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

# 目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	11
表 3 非密封放射性物质.....	11
表 4 射线装置.....	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	13
表 6 评价依据.....	14
表 7 保护目标与评价标准.....	15
表 8 环境质量和辐射现状.....	22
表 9 项目工程分析与源项.....	24
表 10 辐射安全与防护.....	37
表 11 环境影响分析.....	43
表 12 辐射安全管理.....	52
表 13 结论与建议.....	57

**表 1 项目基本情况**

项目名称		宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售工业 CT 机项目				
建设单位		宁德思客琦智能装备有限公司				
法人代表	付文辉	联系人		联系电话		
注册地址		宁德市蕉城区漳湾镇疏港路 115 号				
项目建设地点		宁德思客琦智能装备有限公司厂房一西北侧研发区				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	1500 万	项目环保投资（万元）	19.5 万	投资比例	1.3%	
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> ）	60m <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	/			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
		<input checked="" type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他 /						
<b>1.1 建设单位情况</b>						
<p>宁德思客琦智能装备有限公司（以下简称“思客琦公司”）是上海思客琦智能装备科技股份有限公司全资子公司，位于宁德市蕉城区漳湾镇疏港路 115 号，主要从事智能设备制造和应用，是一家专业从事于 X-Ray 成像技术及 NDT 无损检测的研发、生产、销售、维修服务、技术培训、测试服务、信息咨询、技术开发于一体的高科技企业，目前已研发的 X-Ray 成像技术已广泛应用在锂电池、SMT、电子半导体封装、LED、超级电容等相关领域。</p>						
<b>1.2 项目建设内容与项目由来</b>						
<p>针对新能源行业电芯行业的品质检测、三维测量及无损分析，思客琦公司拟在公司厂房一研发区内进行生产、销售、使用一种型号为 SDX-LCT-150 型的 X 射线检测设备（以下简称“工业 CT”），在研发区内组装并调试，每次只调试 1 台 II 类工业 CT，年产 500 台。该设备属于自屏蔽式 X 射线探伤装置，其属于 II 类射线装置。详细情况见表 1.2-1。</p>						
<b>表 1.2-1 本项目射线装置参数一览表</b>						
射线装置	型号	管电压（kV）	管电流（mA）	类别	生产调试场所	年产数量
X 射线检测设备	SDX-LCT-150 型	180	0.5	II 类	厂房一西北侧研发区	500 台

根据环境保护部、国家卫生健康委员会的公告（2017年第66号）《关于发布《射线装置分类》的公告》规定，本项目使用的工业CT机属于II类射线装置。另根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号）中“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”本项目应编制环境影响报告表。因此，该公司于2023年9月特委托我司（附件2：委托书）对宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售工业CT机项目进行环境影响评价工作。

我公司接受委托后，对宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售工业CT机项目工作场所和辐射工作人员拟采取的防护情况进行了调查，充分收集了有关资料，在完成辐射环境质量现状监测、污染源分析等工作的基础上，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）的相关要求编制完成了《宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售工业CT机项目环境影响报告表》。

### 1.3 项目地理位置及周边概况

#### 1、项目地理位置

宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售工业CT机项目位于厂房一西北侧研发区内。项目地理位置详见图1-1。

#### 2、辐射工作场所及周边关系

厂房一为单层厂房，无地下室，东侧为厂区道路、北侧为厂区通道和办公楼（10m），西侧为厂区道路、福建蓝海节能科技有限公司（6m），南侧厂区通道、厂房二（18m）。

本次生产、使用、销售工业CT机所在的研发区位于厂房一中西北侧，研发区北侧为激光实验室（紧邻）、货梯（6m）、配电房（18m）、厂区通道（21m）；西侧为厂区通道和福建蓝海节能科技有限公司厂房（27m）；南侧为电工房（紧邻）、厂房外喷漆房（48m）；东南侧为生产区1145（10m）、生产区1187区（5m）；东侧为厂房内通道、生产区1167区（3m）；东北侧为公司办公楼（32m）。

厂区平面布置图见图1-2，厂房一平面布置图见图1-3，研发区平面布置图见图1-4，项目控制区和监督区见图1-5，周围环境情况见图1-6。

### 1.4 项可行性分析

本项目的建设有利于提高公司所生产的产品质量以及竞争力，在保障公司生产的零部件质量的同时也将创造了更大的经济效益和社会效益，符合辐射防护“实践的正当性”

原则。本项目考虑了经济和社会的因素之后，通过探伤室辐射防护措施将辐射环境影响保持在可合理达到的尽量低的水平，符合辐射防护“最优化”原则。本项目通过对潜在照射所致危险实时控制，使本项目所引起的个人照射可满足剂量限值要求，符合辐射防护“剂量限值”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。

根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改），本项目属于“第十四条机械”中“第六款：工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，为鼓励类，因此本项目建设符合国家当前产业政策。

### 1.5 评价目的

（1）对本项目核技术利用场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

（2）通过环境影响评价，预测本项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求和减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

（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，为辐射环境管理提供科学依据。



图 1-1 项目地理位置图（蕉城区政区图）

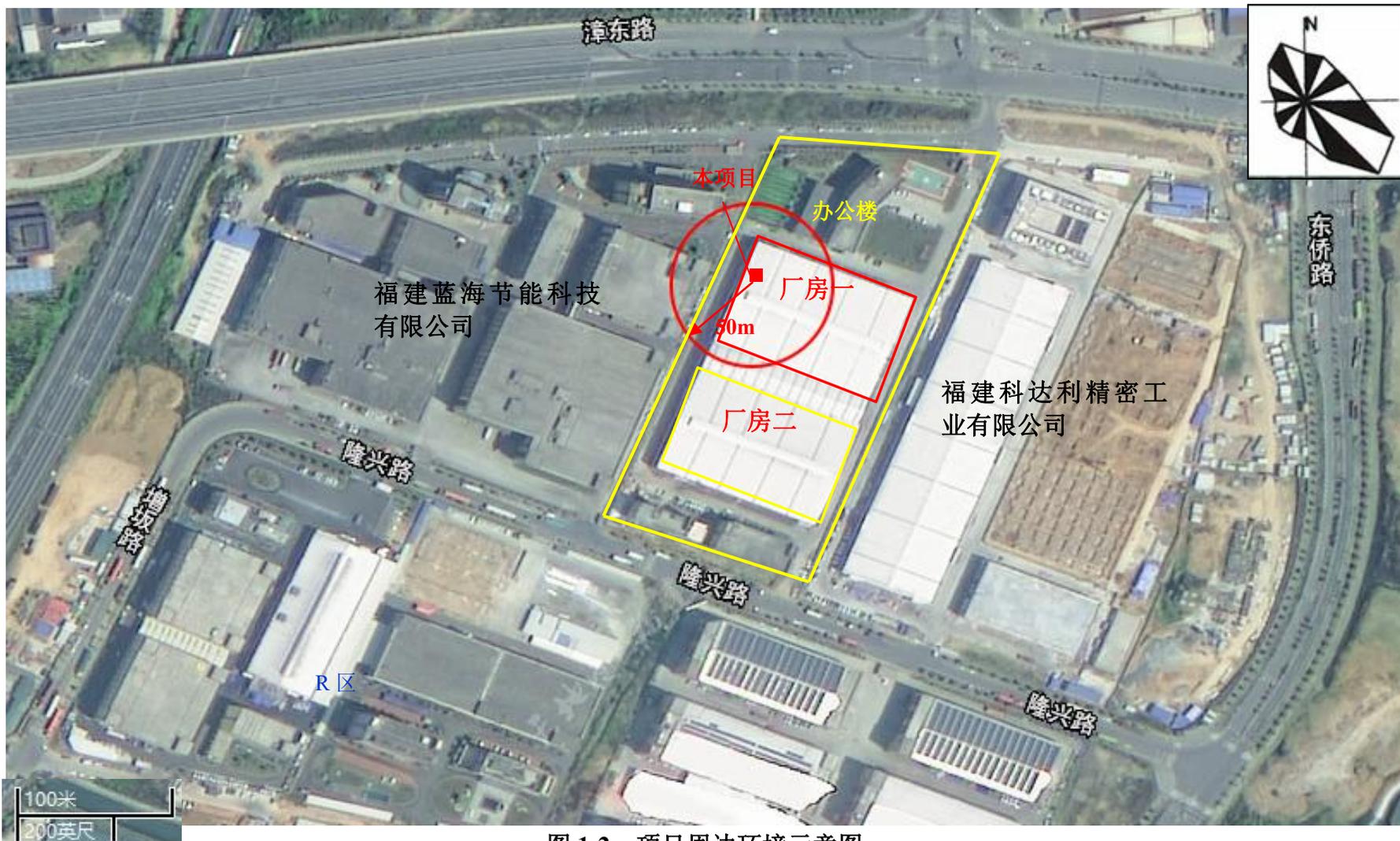


图 1-2 项目周边环境示意图

图 1-3.1 厂房一平面布置图

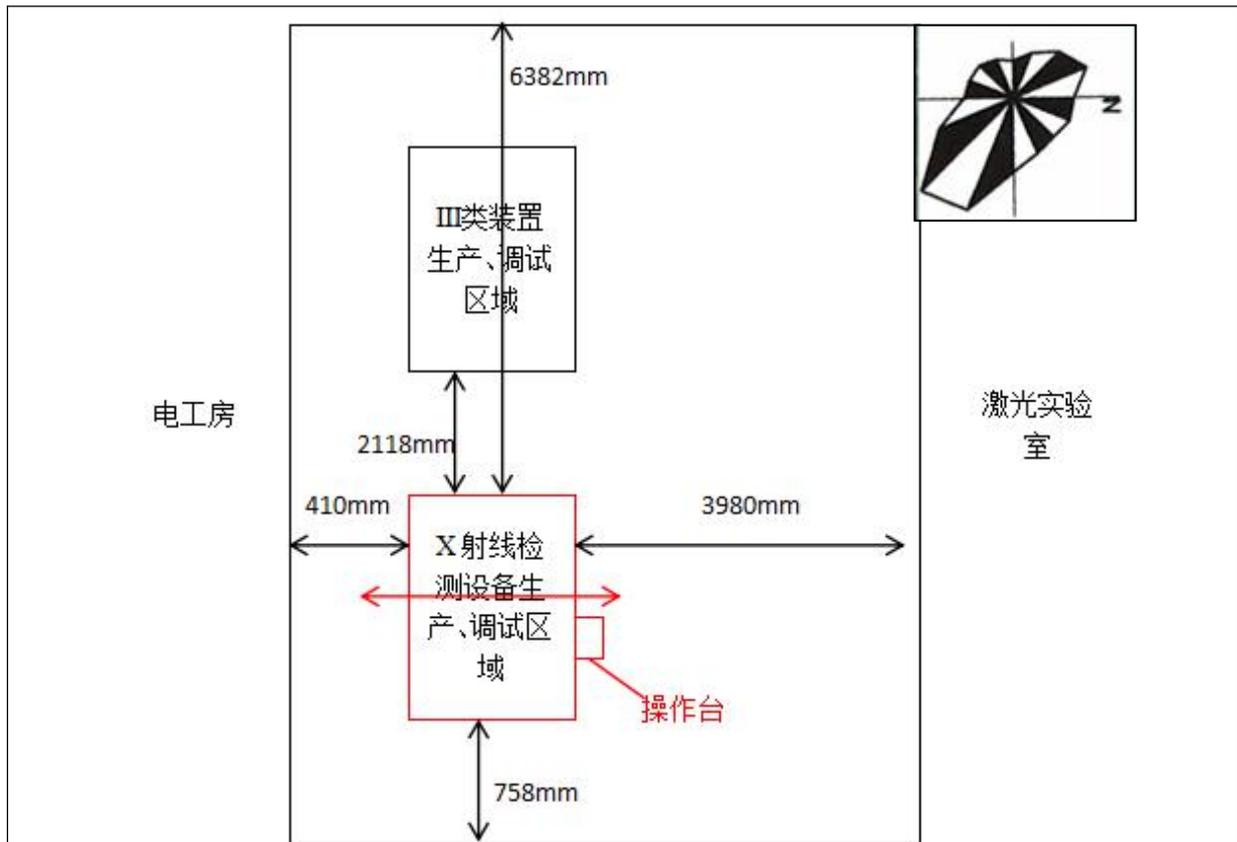


图 1-4 研发区平面布置图

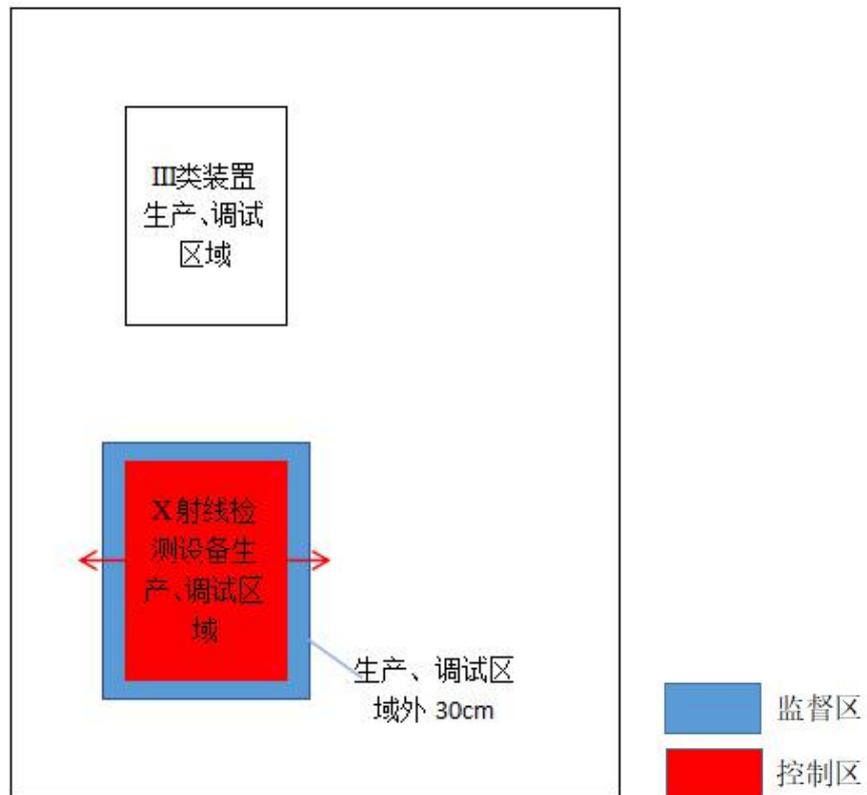


图 1-5 本项目控制区和监督区图

研发区现状	南侧电工房
北侧激光实验室	北侧货梯
东侧 1167 生产区	东侧 1187 生产区
西侧厂区通道和蓝海公司	
图 1-6 周边环境现状照片	

## 1.6 原有核技术应用项目许可情况

### (1) 许可情况

宁德思客琦智能装备有限公司于 2023 年 4 月 28 日完成辐射安全许可证重新申请(许可种类和范围:生产、销售Ⅲ类射线装置),证书编号为闽环辐证【J0159】,有效期至 2028 年 4 月 27 日(详见附件 3:辐射安全许可证)。

### (2) 环保手续履行情况

宁德思客琦智能装备有限公司原有核技术利用项目均已履行了环保手续,原有射线装置见表 1.6-1。

表 1.6-1 在产射线装置环保手续履行情况

型号	类别	数量	生产场所	是否环评	备注	活动种类

## 1.7 原有核技术应用项目辐射安全管理及防护情况

### 1、辐射安全防护管理机构

宁德思客琦智能装备有限公司已成立了辐射安全与环境管理机构(见附件 4),并明确了相应的职责。辐射防护管理领导小组以黄家富为主要负责人,成员有石文波、王瑞哲、颜学政、邓砚学、周度等,并明确了相应的职责,协作负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导;负责拟定辐射防护工作计划和实施方案,制定相关工作制度并组织实施;建立辐射工作人员的辐射防护档案与健康监护档案;定期对辐射安全与防护工作进行督查,确保不发生辐射安全事故。

### 2、辐射安全防护管理制度

公司已根据《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》中的有关要求制定了辐射安全防护管理制度,制度汇编详见附件 5。

### 3、辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况

宁德思客琦智能装备有限公司从事辐射工作人员人数 2 人,取得辐射安全培训合格证人数有 2 人,均在有效期内(见附件 6)。

宁德思客琦智能装备有限公司制定了《辐射工作人员个人剂量管理制度》,已为辐射工作人员配备了个人剂量计,由专人负责收集个人剂量计,目前福建涌宁检测有限公司对辐射操作人员进行了个人剂量监测,监测频度为 90 天 1 次;间隔不超过 2 年安排辐射工作人员进行职业健康检查。个人剂量监测结果(见附件 7)和个人职业健康检查报

告均存档备案。

根据建设单位提供的个人剂量监测和职业健康监护档案，2023年7月~2023年9月辐射工作人员个人剂量结果和体检结果均未见异常。

#### 4、辐射工作场所监测情况

思客琦公司已委托有监测资质的单位对工作场所及周围辐射环境剂量率进行监测，监测频次为1次/年。目前思客琦公司生产未满一年，暂未进行工作场所监测。

#### 5、辐射工作管理情况

宁德思客琦智能装备有限公司已制定辐射事故应急预案，并制定辐射应急演练计划，定期开展演练。据调查，宁德思客琦智能装备有限公司使用的射线装置及射线源正常运行，未发生辐射事故。

综上所述，宁德思客琦智能装备有限公司已根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关规定，落实各项管理要求，现有在用核技术利用项目无存在环保问题。

### 1.8 环保投资

本项目 SDX-LCT-150 型工业 CT 机的环保设施及投资估算如下表所示：

表 1.8-1 环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量	投资金额（万元）
SDX-LCT-150 型工业 CT 机 辐射安全设施	CT 机外壳及 X 射线舱均采用铅钢防护结构	1	设备自带
	辐射警告标志	1	
	工作状态指示灯	1	
	急停按钮	1	
	安全锁装置	1	
	固定式场所辐射探测报警装置	1	
其他	个人剂量片	4	1.5
	个人剂量报警仪	4	1.5
	便携式辐射剂量仪	1	0.5
	个人剂量片委托监测费用	/	2
	工业 CT 机周围委托监测费用	/	3
	辐射安全培训费用	/	4
	个人体检费用	4	2
	制度上墙	/	0.5
环境影响评价及竣工环保验收费用	/	4.5	
合计			19.5

本项目总投资 1500 元，其中环保投资 19.5 万元，占总投资的 1.3%。今后在项目实践过程中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施作补充，使之更能满足实际需要。同时建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

**表 2 放射源基本情况**

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》(GB18871-2002)。

**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 射线检测设备	II类	500	SDX-LCT-150 型	180	0.5	生产、销售、使用	厂房一西北侧研发区	周向式探伤机

**(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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	/	少量	/	通风排放	排入大气
氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	通风排放	排入大气
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m<sup>3</sup>，年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废弃物要注明，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 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》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 7 月 16 日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），2021 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修正版）环境保护部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(9) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，2007 年 11 月 1 日；</p> <p>(10) 《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》中华人民共和国生态环境部，2019 年 12 月 23 日；</p> <p>(11) 《福建省环保厅关于印发《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行）的通知》（闽环保辐射〔2013〕10 号）；</p> <p>(12) 《关于发布《射线装置分类》的公告》，环境保护部，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(13) 《产业结构调整指导目录》（2019 年本），2019 年 10 月 30 日发布，2020 年 1 月 1 日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(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) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），2023 年 3 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单（GBZ/T250-2014/XG1-2017）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 本项目委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护技术与管理》（张丹枫赵兰才编著）第一卷；</p> <p>(3) 宁德思客琦智能装备有限公司提供的本项目相关资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本次进行生产、调试的工业 CT 机位于宁德思客琦智能装备有限厂房一西北侧研发区，运行过程中主要为电离辐射对周围环境的影响。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）中的相关要求，“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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。”本项目为使用 II 类射线装置，且本项目工业 CT 机自带屏蔽体，并且研发区采用围栏进行遮挡。因此，本项目评价范围为研发区外 50m 范围，评价范围见图 1-2。

### 7.2 保护目标

根据对本项目周围环境的现场踏勘和调查，本项目 CT 机实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内无学校等环境敏感区域，职业工作人员为本项目操作人员，公众人员包括周边生产人员及偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员。

根据对本项目周围环境的调查，本项目评价范围内的环境保护目标具体见表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目主要环境保护目标一览表

序号	场所	保护目标	方位及距离	人数(人)	管理限值 (mSv/a)
1	研发区	辐射工作人员	本项目	4	5
2	激光实验室	公众	研发区北侧，紧邻	2	0.25
3	货梯	公众	研发区北侧，6m	流动人群	
4	厂区通道	公众	研发区北侧，21m	流动人群	
5	厂区通道	公众	研发区西侧，紧邻	流动人群	
6	电工房	公众	研发区南侧，紧邻	4	
7	喷漆房	公众	研发区南侧，48m	2	
8	厂房通道	公众	研发区东侧，紧邻	流动人群	
9	生产区 1167 区	公众	研发区东侧，3m	15	
10	生产区 1187 区	公众	研发区东南侧，8m	15	
11	生产区 1145 区	公众	研发区东南侧，10m	15	
12	办公楼	公众	研发区东北侧，32m	40	
13	福建蓝海节能科技有限公司厂房	公众，非本公司内敏感目标	研发区西侧，27m	20	0.25

### 7.3 评价标准

#### 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

第 4.3.2.1 款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组

组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

## 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（但不可做任何追溯性平均），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，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

**表 7.3-1 本项目辐射环境影响评价标准单位： mSv/a**

对象	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/a ②任何一年中的有效剂量，50mSv/a
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，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

## 6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

### 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。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全防护措施的性质和范围。

## 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。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10% ~ 30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

## 2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

### 4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

### 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表 1 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/T26837 的要求。

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) 安全联锁是否正常工作；
- 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 固定式探伤的放射防护要求

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应与探伤室分开。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。

X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。

6.1.2 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。

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-机联锁装置，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。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联锁。

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 GB18871 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。

## 6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室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。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤

的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

### 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。

### 3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。探伤室屏蔽要求如下：

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平  $H_c$  和导出剂量率参考控制水平 ( $H_{c-d}$ )：

1) 人员在关注点的周剂量参考水平  $H_c$  如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

2) 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $H_{c-d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 按式 (1) 计算

$$H_{c-d} = H_c / (t * \mu * T) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$H_c$ ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )

$\mu$ ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$ ——人员在相应关注点驻留的使用因子；

$t$ ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周 ( $\text{h}/\text{每周}$ )。

$t$  按式 (2) 计算：

$$t = W / (60 * I) \dots\dots\dots (2)$$

$W$  ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积量“ $\text{mA} * \text{min}$  值”）， $\text{mA} * \text{min}/\text{周}$ ；

60——小时与分钟的换算系数；

$I$ ——X 射线探伤装置在最高管电源线的常用最大管电流，单位为毫安 ( $\text{mA}$ )。

- b) 关注点最高剂量参考控制水平  $H_{e, \max}=2.5\mu\text{Sv/h}$
- c) 关注点剂量率参考控制水平  $H_e$  为上述  $H_{e-d}$  和  $H_{e, \max}$  二者的较小值

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

a) 探伤室上分已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物的自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时, 距探伤室顶外表面 30cm 处和 (或) 该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2 a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应的关注点的剂量率总和, 应按 3.1.1 c) 的剂量率参考控制水平  $H_e$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

2) 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以取  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目相关限值采用标准见表 7.3-2。

**表 7.3-2 本项目相关标准限值**

项目	内容	相关限值	标准名称
连续 5 年的年平均有效剂量限值	辐射工作人员	20mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
年有效剂量限值	非辐射工作人员	1mSv/a	
管理限值	辐射工作人员	5mSv/a	辐射工作人员取连续 5 年年平均有效剂量限值的 1/4 作为管理限值
	非辐射工作人员	0.25mSv/a	非辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为管理限值
剂量率参考控制水平	探伤室外表面 30cm 处剂量率控制值	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
	对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶表面 30cm 处剂量率控制值	$\leq 100\mu\text{Sv/h}$	

## 表 8 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，宁德思客琦只能装备有限公司委托福建涌宁检测有限公司于 2023 年 9 月 23 日对本项目工作场所及其周围环境进行 $\gamma$ 辐射剂量率背景水平调查。

### 8.1 环境现状监测点位、监测因子

#### (1) 监测点位

本项目工业 CT 机所放置位置、研发区周边及厂房外道路。监测点位见图 8-1。

#### (2) 监测因子

$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

### 8.2 监测方案、质量保证措施

#### 1、监测方案

①监测时间及环境条件监测单位：福建涌宁检测有限公司；监测时间：2023 年 9 月 23 日；监测环境条件：温度 25°C，湿度 60%RH。

②监测方法：《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）

③监测仪器：X、 $\gamma$ 剂量率仪。

本次现状监测使用的仪器参数见表 8.2-1，该仪器由上海市计量测试技术研究院检定校准。

表 8.2-1 环境现状监测仪器及参数

项目	参数
仪器名称	X、 $\gamma$ 剂量率仪
仪器型号	AT1121
量程	( $3.0 \times 10^{-6} \sim 0.1$ ) Gy/h
相对固有误差	-2.9%
检定/校准单位	上海市计量测试技术研究院
检定/校准证书编号	2023H21-20-4397574001
有效期限	2023 年 2 月 7 日至 2024 年 2 月 6 日

#### 2 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- ③监测仪器已经计量部门检定，检定合格，并在检定有效期限内；
- ④每次测量前后均检查仪器的工作状态是否良好；
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

### 8.3 监测结果

宁德思客琦智能装备有限公司研发区及其周边监测结果见表 8.3-1（检测报告见附件 8）。

表 8.3-1 研发区及周边剂量当量率背景监测结果

序号	监测地点	监测平均值 (nGy/h)	监测工况
1	研发区		背景监测
2	激光实验室		
3	货梯		
4	电工房		
5	东侧厂房内通道		
6	生产区 1187		
7	生产区 1167		
8	生产区 1145		
9	西侧厂区通道		

由表 8.3-1 的监测结果可知，宁德思客琦智能装备有限公司研发区及其周边 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率在 193.92~218.16nGy/h 之间，参考《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年），福建省室外环境 $\gamma$ 辐射剂量率水平在 39.4~399.1nGy/h 之间，室内环境 $\gamma$ 辐射剂量率水平在 70.9~351.7nGy/h 之间。对比表明，项目选址周围的环境 $\gamma$ 辐射剂量率在该调查水平范围内，建设项目场所环境 $\gamma$ 辐射现状未见异常。

图 8-1 研发区及其周边监测点位示意图

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 1、设备结构组成

本次拟生产、销售、使用的工业 CT 机设备型号为 SDX-LCT-150 型为自屏蔽式设计，最大管电压为 180kV，最大管电流 0.5mA，设备主要由微焦点 X 射线源、微焦点 X 射线源、数字平板探测器、扫描机械平台、安全防护外罩、上下料托盘、自校准装置、计算机工作站、扫描及重建软件、其他软件构成，外形设备长 2560mm，宽 2240mm，高 2100mm，设备组成见表 9-1。

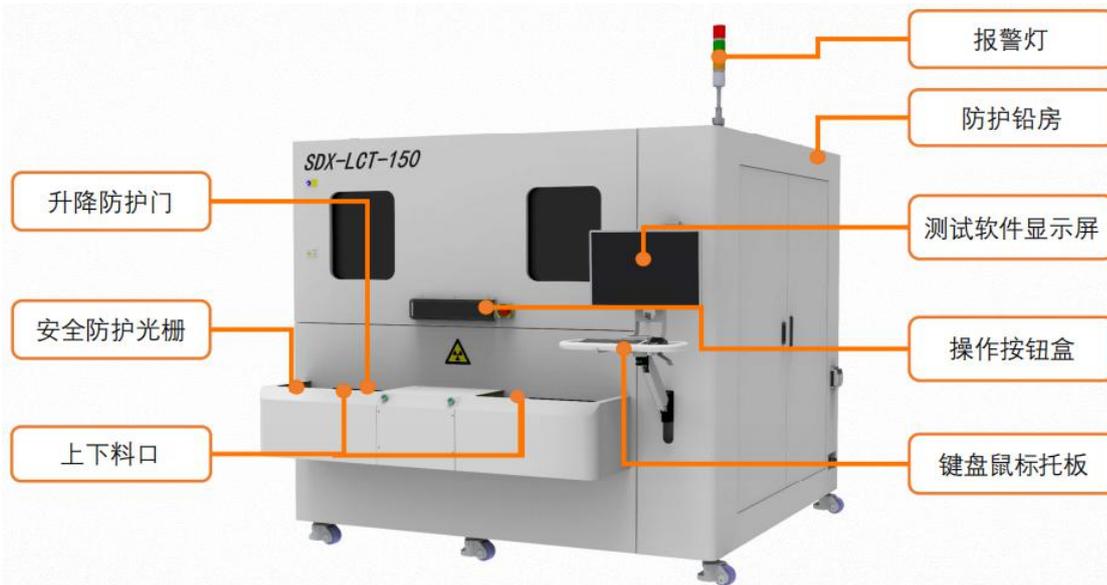


图 9-1 工业 CT 机设备效果图

表 9.1-1 设备功能和基本组件

序号	系统名称	设备	作用
1	微焦点 X 射线源	定向式微焦点 X 射线管	提供高品质高分辨率 X 射线
2	数字平板探测器	高对比度实时平板探测器	支持探测器校正，有效确保探测器长期运行过程中图像质量的稳定及使用寿命
3	扫描机械平台	高精度转台、精密机械轴承与直线导轨	确保运动的定位精度与传动平稳准确性
4	安全防护外罩	铅-钢夹层、安全防护装置	采用全防护设计，确保设备外表面辐射剂量率 $\leq 1.0\mu\text{Sv/h}$ ，安全防护装置全方位保证操作人员的安全，集成标准隔振系统，确保系统运行稳定性。
5	上下料托盘	上下料托盘	用精密定位机构，直接精准对接转台系统，实现工件的机外装夹及快速重复上下料
6	自校准装置	几何校准器及轴校准器	快速自校准 X 射线源、旋转中心及探测器相对几何关系以及转台轴，确保 CT 系统测量精度的长期稳定性及可靠性
7	计算机工	液晶显示器、电脑	安装扫描及重建软件、测量及分析软件，以满足

	工作站		CT 扫描、图像重构、测量分析及报告输出等全方位操作要求。
8	扫描及重建软件	扫描及重建软件	满足实时 CT 扫描及图像重建等多任务要求。
9	其他软件	分析软件、统计分析软件	实现对测量数据的有效运用

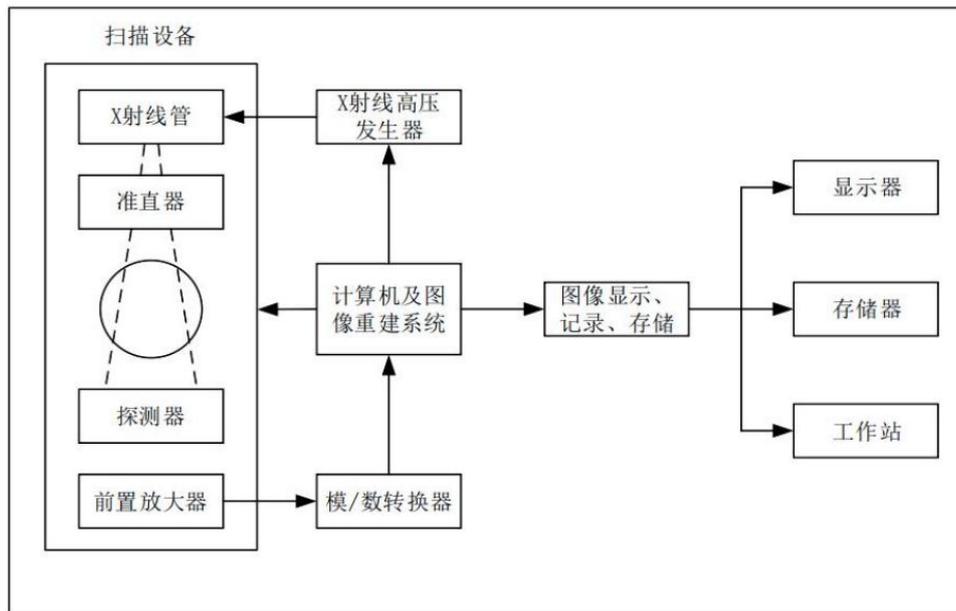


图 9-2 本项目工业 CT 机组成示意图

## 2、工作原理

### (1) 工作原理

建设单位拟生产、销售、使用的工业 CT 属于计算机层析成像技术。该技术根据物体横断面的一组投影数据，经过计算机处理后得到物体在该横断面的图像，然后根据图像判断产品的性质，根据性质选择合格的产品。

工业 CT 在检测时，利用球管组件（X 射线发生器）产生 X 射线，利用产生的 X 射线穿透物质和在物质中有衰减的特性，实现对受检物件进行无损检测和密度测量等功能。而球管组件（X 射线发生器）的组成和出束原理如下：

X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线。

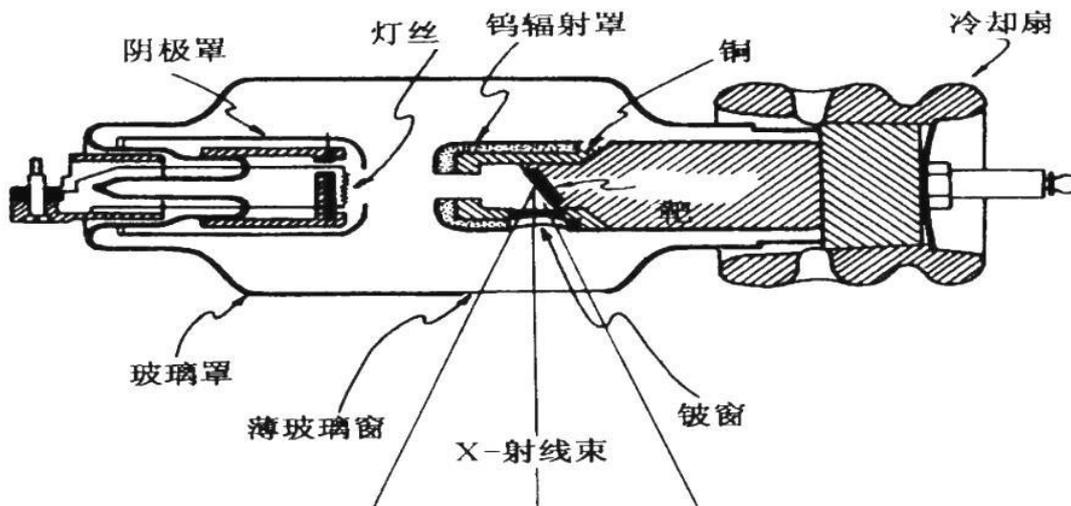


图 9-3 X 射线管结构示意图

### (2) 成像原理

X 射线源发射的 X 射线射穿过被测物体后被探测器所接收，探测器可以对 X 射线进行一系列的转化：首先通过闪烁晶体将 X 射线转换为可见光，然后通过光电转换装置将可见光转换为电信号，接着将电信号转化为数字信号，最后通过计算机处理将数字信号转换为图像。通过获取一系列不同角度的 X 射线图像后，再将图像通过一定的数学算法，重建为新的二维图像。

### (3) 本设备特点

本设备探伤原理与常规射线探伤原理一致，不同在于本设备内射线源和探测器固定在转盘上，转盘可进行 0-360° 顺时针旋转。同时设置两个载物台，可同时对两个物件进行扫描，当样品进入检测箱体后，射线源和探测器可绕样品 0-360° 旋转，对样品各侧进行探测。

## 3. 工艺流程及产污环节

### (1) 工业 CT 生产流程及产污环节

建设单位拟生产工业 CT 具体工艺和产污环节见图 9-4。

工艺流程简述如下：

①原材料收货、原材料检验、原材料入库：本项目设备 X 射线管为国外进口，其他零部件从国内供应商处采购，建设单位将供应商送来的工业 CT 零部件以及外购件进行常规检验后合格入库。

②领料、安装机械平台和配件：公司工作人员在原材料库领取材料后，在工业 CT 生产调试室内安装工业 CT 机械平台和配件，包括操作位显示器、平板探测器、运动平

台等。此安装过程不涉及辐射影响。

③自屏蔽体安装：工业 CT 机械平台和配件安装好后，对工业 CT 自屏蔽体进行安装。此安装过程不涉及辐射影响。

④机械平台和运动控制部分调试：在研发区按照图纸将 X 射线管以外的所有零部件以及外购件进行装配，完成工业 CT 机的初步装配后并进行工业 CT 的初步机械调试以及运动控制部分调试。此过程不涉及 X 射线管出束。

⑤安装球管：进行 X 射线管的安装。此过程不涉及 X 射线管出束。

⑥软件配置：X 射线管安装好后，进行工业 CT 软件配置。此过程不涉及 X 射线管出束。

⑦工业 CT 稳定性调试：工业 CT 初调后，进行工业 CT 稳定性和自我保护能力及技术指标等测试。此过程有 X 射线产生。

#### 1) 首次通电测试：

测试前辐射工作人员需佩戴个人剂量计和个人剂量报警，确定固定式辐射监测仪可正常使用，在进行 CT 机首次通电测试。

首次通电测试不放置探伤材料，一位调试人员在设备操作位操作，将工业 CT 机电压和电流设置为最小，从最小功率开始测试，然后逐步加大电压和电流到最高值，功率最大高值。同时另一位辐射工作人员使用便携式辐射剂量仪对工业 CT 机周围 30cm 处辐射剂量率进行测试，当工业 CT 机自屏蔽体外表面剂量率超过剂量率控制要求  $2.5\mu\text{Sv/h}$ （由表 11.2-4 可知按照理论计算所生产的工业 CT 屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大为  $0.501\mu\text{Sv/h}$ ，结合生产条件和误差确定监测限值为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），则停止调试并反馈给自屏蔽体供应商进行排查和修补；如果没有超过限值，则进行下一步性能调试。通过首次通电测试确认 X 射线管正常可出束，确保屏蔽体在没有发生损坏。

#### 2) 性能测试：

测试前辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，再进行以下安全性能、门机联锁及技术指标等测试：

##### 1. 辐射安全防护系统测试：

对辐射安全系统进行测试，依次进行辐射泄漏测试（遵循从低功率到高功率的原则）、安全联锁测试、急停开关测试、警示灯测试。工业 CT 机的进料门打开时，工业 CT 内部的 X 射线球管立刻断电并停止 X 射线照射，关上屏蔽门后不能自动开始 X 射线

出束；反复按下和复位急停开关，查看设备的安全连锁回路是否断开，射线装置是否能出束。完成测试后，使用叉车将设备搬运出工业 CT 研发区。

## 2. 机械偏差测试：

放置校准物于载物台上，运行软件中的校准程序，软件自行控制机械运动，在此过程中会有射线产生，并采集和计算相关误差，校准过程完成后会弹出偏差是否合格，如果不合格则返回机械加工与装配供应商处进行整改；如果偏差在允许范围内，即合格。

## 3. 成像性能测试

根据检测项目的不同，放置不同的检测样品或者产品于载物台上，运行软件中的成像性能测试程序，并采集图像和计算相关成像性能，逐项进行，进行过程中每一步骤完毕会有提示，整个测试过程完成后技术人员会判断成像性能是否达标，如果不达标则进行参数设置后并重新调试。成像性能测试会有 X 射线产生。

⑨包装、放入成品暂存区：将完成调试的产品入库，等待销售。

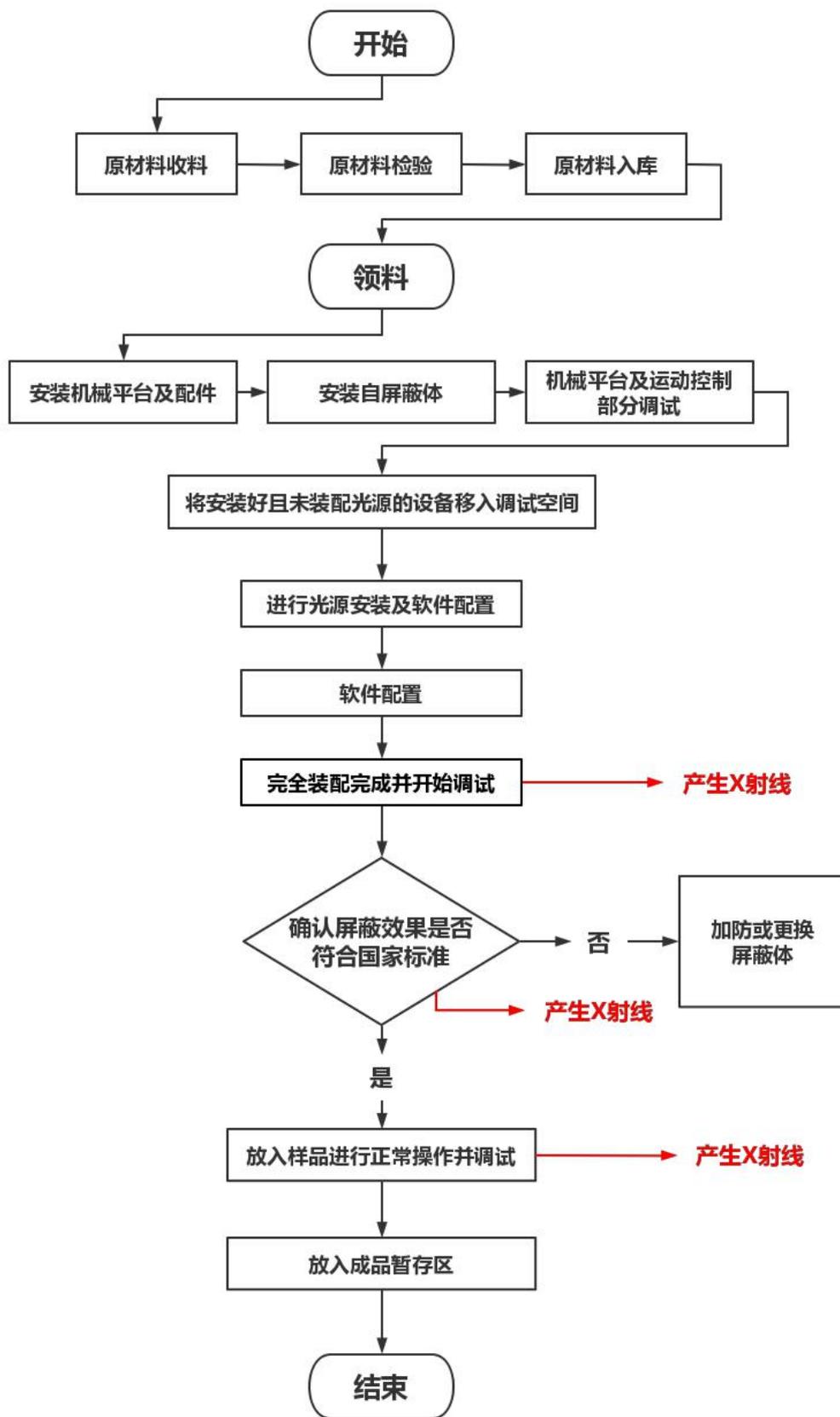


图 9-4 生产流程及产污环节

## (2) 工业 CT 销售流程及产污环节

思客琦公司需取得销售辐射安全许可证后，在满足相关法律法规的辐射工作场所生产、调试、使用工业 CT，且销售前需确定采购方已通过并取得本项目射线装置的环境影响评价文件批复，采购方未取得相关批复的不可销售。为了防范事故发生，建设单位必须严格按照销售流程进行销售和送货，确保工作人员不在工业 CT 生产调试室和购买方专用的工业 CT 工作场所以外的区域操作、运行工业 CT，确保不会对相关人员造成外照射影响。销售流程如下：

- ①销售人员联系客户，初步沟通确认客户需求；
- ②向客户出示相关案例材料；
- ③商务洽谈；
- ④签合同；
- ⑤审核客户单位资质，是否已取得本项目射线装置环境影响评价文件批复；
- ⑥客户单位资质齐全后，公司确认客户需求；
- ⑦客户付定金，公司-采购原材料并进入生产环节；
- ⑧发货前客户交尾款，公司发货；
- ⑨货到客户处，由宁德思客琦智能装备有限公司相关技术人员上门安装，签验货书。

设备调试在出厂前会在工业 CT 生产调试室内调试，调试成功后出厂，在销售过程中不会产生 X 射线；

- ⑩完成销售流程。

调试好的工业 CT 只销售给持有使用本项目射线装置环境影响评价文件批复的单位（使用方），销售过程中无 X 射线出束，不会对相关人员造成外照射影响，也无其他放射性固体、气体、液体废物产生。设备销售流程见图 9-5。

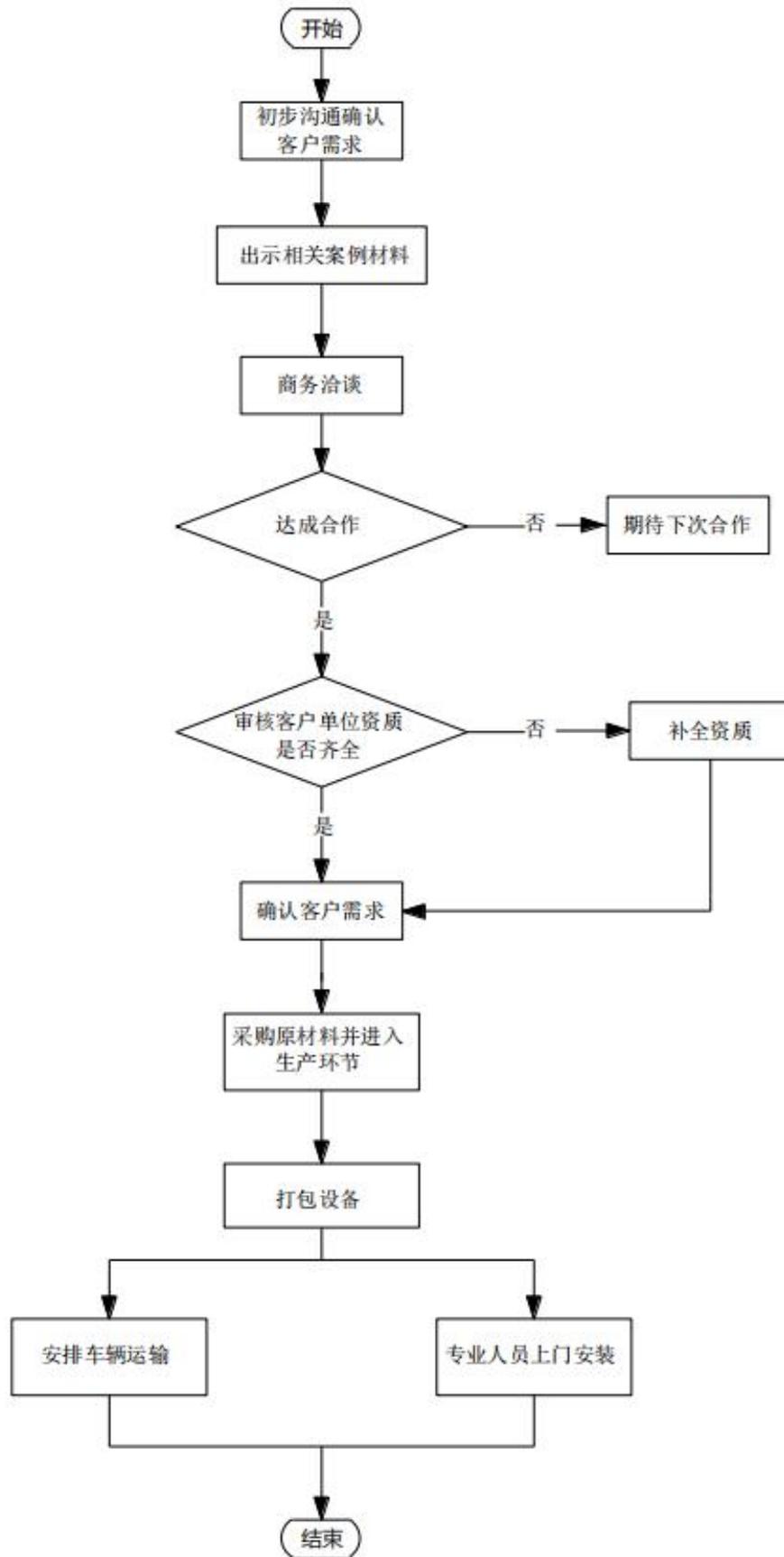


图 9-5 设备销售流程及产污环节

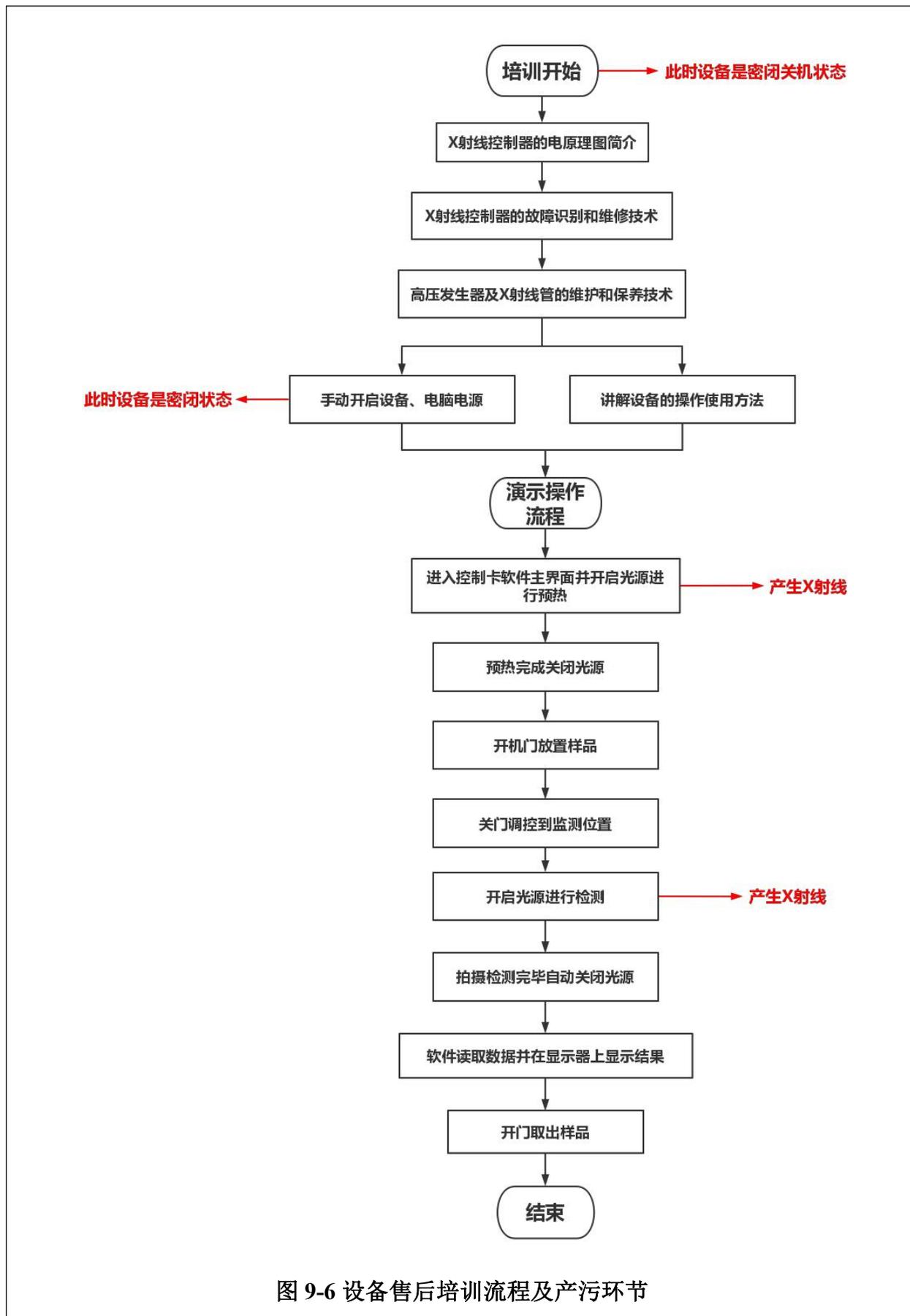
### (3) 工业 CT 售后培训流程及产污环节

工业 CT 运送至购买方的使用场所后，宁德思客琦智能装备有限公司工作人员将对购买方辐射工作人员操作进行培训，培训周期根据购买方理解及学习情况而定。产品验收完成后，责任方转为使用方，宁德思客琦智能装备有限公司对工业 CT 的安全责任到此结束。培训包括以下几方面：

- 1.X 射线控制器的电原理图简介；
- 2.X 射线控制器的故障识别和维修技术；
- 3.高压发生器及 X 射线管的维护和保养技术；

4.设备的操作使用方法：辐射工作人员给设备接通电源后打开操作系统进入控制卡软件主界面开启光源进行预热，在预热完成后关闭光源后面测试样品。首先打开入料门放置样品，关闭入料门后通过操作台调整载物台上测试样品的角度和位置，测试样品在监测位置时开启光源进行检测，设备会在拍摄检测完毕自动关闭光源，软件读取数据后在显示器上显示检测结果，最后开门取出样品结束操作流程。

在培训环节中，仅在培训设备的操作使用方法时会涉及 X 射线的出束，平均每台设备每次培训出束时间约为 10min，此部分的培训流程严格按照工业 CT 操作规程进行指导。设备售后培训流程见图 9-6。



#### (4) 工业 CT 售后维修流程及产污环节

购买方在使用工业 CT 发生故障时，思客琦公司将派工作人员前往故障现场进行维修，维修流程图见图 9-6。维修时，辐射工作人员佩戴铅衣、个人计量计和个人剂量报警仪。

维修主要存在 X 射线管不能正常出束和门机联锁故障两种情况：

①X 射线管不能正常出束：建设单位在收到购买方提出的售后申请后，委派人员前往现场进行现场确认，若为软件故障，则可现场进行重置，完成维修；若检查软件无误，则现场进行管线诊断，确认是否为管线问题，管线问题可现场解决，若管线也没问题，则为高压发生器问题，此时将工业 CT 运回我公司，并联系厂家更换 X 射线管，然后在生产工业 CT 生产调试室确认正常后返回购买单位，每台设备维修维护出束时间约 20min。

②门机联锁：建设单位在收到购买方提出的售后申请后，委派人员前往现场将设备带回进行现场确认，将设备断开电源，现场进行管线维修，维修过程无 X 射线出束。

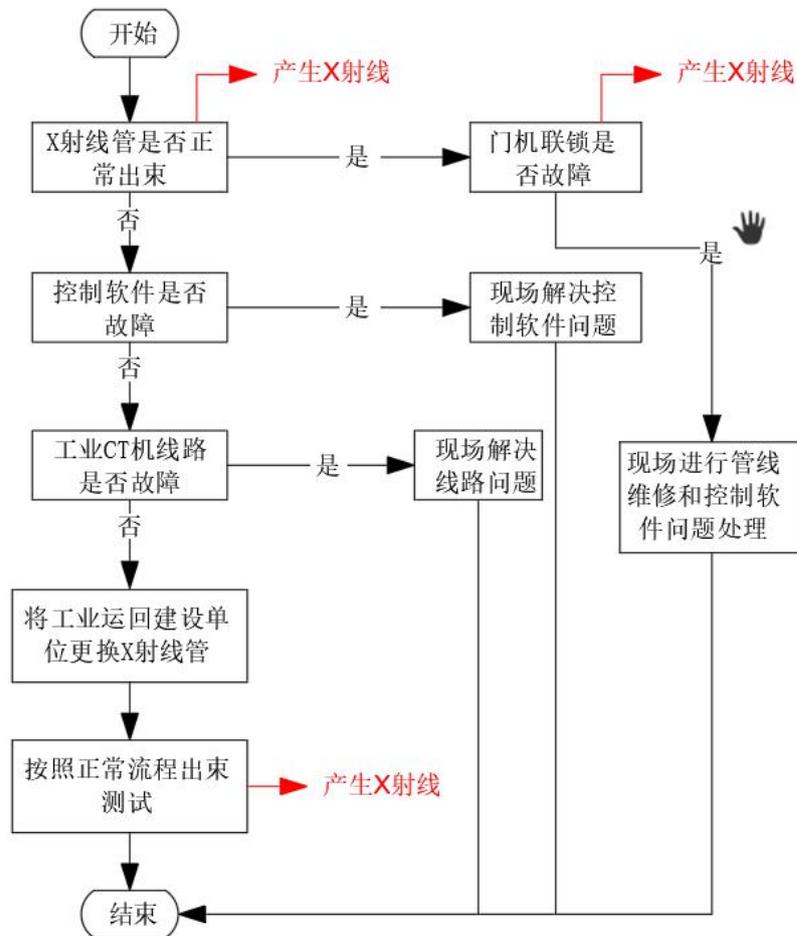


图 9-6 工业 CT 维修流程及产污环节图

本项目采用数字成像技术，不产生废显（定）影液及废胶片，在工作过程中主要产生的污染物为 X 射线及极少量的臭氧和氮氧化物。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 建设阶段的污染源项

本项目在厂房内现有研发区内从事生产、调试工业 CT 机，研发区为采用警示防护围栏搭建，不涉及土建工程，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

### 9.2.2 运行阶段污染源项

#### 1、工业 CT 机生产

##### （1）正常工况

由工业 CT 的工作原理可知，X 射线是随机器的高压电源开、关而产生和消失。因此，正常情况下在工业 CT 各部件的组装等工艺流程中都不会有射线的产生，只有在工业 CT 各部件组装完成通电后，在机器性能及防护措施等调试过程中，工业 CT 通电运行时才会产生 X 射线，受照途径为 X 射线外照射。同时，在成像阶段，采用 PC 处理成像，不使用胶片，不需要使用显影液，在生产和调试阶段没有废液的产生。

建设单位拟生产的工业 CT 为自屏蔽式工业 CT，即在其自屏蔽设施按预期达到设计目标时，正常调试过程中，射线装置外表面的辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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（关注点设计为距设备表面 30cm 处）。

##### （2）事故工况

调试期间在意外情况下，可能出现的辐射事故有：

- ①在调试阶段，在屏蔽门未关好时，调试人员对安装好的设备进行调试。
- ②在调试阶段，安全连锁系统故障，导致屏蔽门未关好时，调试人员对安装好的设备进行调试。
- ③设备软件控制故障，导致高低压错乱或门机连锁失灵，人员打开防护门时 X 射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

#### 2、工业 CT 机销售

销售过程中，工业 CT 机均处于关机断电状态，不形成污染源，不会对环境和人员造成外照射影响。

### **3、工业 CT 机售后培训**

#### **(1) 正常工况**

在培训过程中涉及 X 射线管的出束，培训时佩戴个人剂量计与个人剂量报警仪，按照说明手册进行操作。培训过程可能对辐射工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

#### **(2) 事故工况**

在演示过程中，安全连锁系统故障，在屏蔽门未关好时，人员打开防护门时 X 射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

在演示过程中，培训时设备软件控制故障，导致高低压错乱或门机连锁失灵，人员打开防护门时 X 射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

### **4、工业 CT 机售后维修**

#### **(1) 正常工况**

X 射线管不能正常出束排除故障过程和维修后出束测试过程中会形成外照射影响，在更换 X 射线管的过程中不涉及 X 射线管的通电，不会产生对工作人员和公众的辐射。

#### **(2) 事故工况**

①售后维护时宁德思客琦智能装备有限公司相关技术人员未按规定采取可靠的断电措施使 X 射线管意外开启，使人员受到误照射。

### **5、其他非放射性污染**

工业 CT 在运行状态下，会使区域内的空气电离而产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）及氮氧化物 NO<sub>x</sub> 等，臭氧在常温常压下稳定性较差，在常温常压下即可自行分解为氧气。本项目所在厂房一内安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启。因此，只要室内的空气保持清新和流通，由 CT 机内部产生的少量臭氧不会对室内环境造成影响。

该项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示探伤结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 1.工作场所布局和分区

本项目使用的工业 CT 机自带铅屏蔽体，操作台位于铅屏蔽体外侧；按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，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范围，将辐射工作场所分为控制区和监督区。控制区和监督区见图 1-5。

控制区：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。

监督区：应将下述区域设定为监督区：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。

由于本工业 CT 机自屏蔽材料的屏蔽作用，使得出束状态下 X 射线装置周围剂量率远低于国家标准的辐射剂量率限值。根据分区原则以及结合本项目情况，本项目分区如下：工业 CT 机自屏蔽体内部区域划为控制区，工业 CT 机周边 30cm 范围内设为监督区。

工业 CT 机控制区密封在钢结构材料内部，无法进入，控制区边界采用门机联锁装置并设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯；监督区无需专门的防护手段或安全设施，但需要对职业照射条件进行监督，工业 CT 机出束状态下禁止无关人员进入监督区，并在该入口处悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置标明监督区的标牌。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对工业 X 射线探伤项目的辐射防护要求，由以上分析可知，该项目固有的辐射防护设施以及公司拟为该项目落实的防护措施较全面和完善，符合相关要求。

#### 2.辐射防护屏蔽设计

本公司在加工辐射屏蔽体时采用在内层钣金、外壳支架上覆盖铅板，然后再在铅板外覆盖设备钣金外壳，覆盖过程中确保钣金+铅板+钣金交界面之间紧密连接。

覆盖方式为先在内层钣金上进行四周的铅板覆盖，然后进行顶部铅板覆盖。四周覆盖整块铅板在边的交界处铅板直接折成 90 度，最后铅板的交接处采用重叠拼接，即铅板的边部分重叠，重叠部分大于 10mm（1cm 以上），为顶部单独覆盖铅板，然后再在四个面的交接处焊接。覆盖好铅板后再覆盖外层钣金，其中门、窗与机壳衔接处采用台阶型设计。为了防止铅板脱落在铺设铅板前在铅板与钢板接触的一面涂布工业粘合胶

水，在胶水凝固后铅板会与钣金完全粘合为一体，并且在铅板内侧用螺杆固定铅皮。同时在铅板与铅板叠加部分打孔会采用铅质铆钉进行铆合，设备的侧面铅板会根据平均10cm的面积内追加铆钉将铅板的钣金铆合在一起。门框四边采用台阶防漏设计，玻璃接缝处采用台阶交叉防护，在检修门采用交叉台阶重叠形式防护设计，并且所有观察窗口采用铅皮与玻璃重叠防护措施。所有线缆过线出口处罩上铅盒，避免形成直通通道。

根据建设单位资料，该工业CT机屏蔽体中各侧铅板厚度为8.0mm铅当量，具体各侧铅屏蔽体的屏蔽防护设计详见表10.1-1。CT机剖视图见图10-1所示。

**表 10.1-1 本项目工业CT机自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表**

设备型号	
用途	
设备尺寸	
设备自屏蔽	
最大管电压和最大管电流	
成像方式	
射线源与探测器距离 (mm)	
主束方向	
射线锥束角	
<b>铅层屏蔽体厚度</b>	

(1) 门—机联锁机制

该工业CT正面进料门安装1个门机联锁只有在上料口完全关闭到位之后，设备才能接收到高压联锁接通的信号，具备出束条件，一旦上料口未完全关闭，工业CT机无法出束。

(2) 警告标志及工作状态指示灯

该设备设置一个工作状态三色指示灯，以警示人员注意安全。配备了红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：红灯发光常亮表示设备X射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开X射线管对物品进行检测。黄灯闪烁表示进料门未关。

(3) 视频监控设施

本项目工业CT机内设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时X射线工作情况监视。

(4) 急停按钮和控制锁

该工业CT的共设置3个急停开关，分别位于前侧、左侧和后侧，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行，紧急情况下可按下急停开关快速切断供电系统使X射线

立即停止出束。急停按钮被按下后，必须首先将其复位，系统才可重启。

#### (5) 通风装置

防护铅房内采取底部自然进风，后部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露。防护厚度均为 8.0mm 铅板。典型工况下单个风扇排风量为 23m<sup>3</sup>/h，系统配置一个风扇，每小时换风 5 次。

#### (6) 操作台

设备操作台连接屏幕设有 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。且操作台与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。

### 3.工作场所辐射安全和防护

#### (1) 设备自带防护

①该设备设置一个工作状态三色指示灯，以警示人员注意安全。配备了红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对物品进行检测。黄灯闪烁表示进料门未关。

#### (2) 监测设备

①公司拟配备一台便携式剂量仪，对正在调试工作的工业 CT 机进行剂量率监测，以确认工业 CT 机是否正常工作。

②公司拟在研发区东侧围栏上安装一台固定式场所辐射探测报警装置，此距离 CT 机安装调试区域最近，对正在生产调整工作的工业 CT 机的研发区场所进行实时监测，确保研发区剂量率正常。

#### (3) 人员防护

①思客琦公司拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员在进行工作时，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

②必须对职业人员进行个人剂量监测，对工作人员个人照射的累积剂量进行监测。各项规章制度、操作规程和应急处理设施应制定完善，严格按照相关规定操作。

#### (4) 研发区防护

拟研发区门口上拟设置工作状态指示灯，并且研发区外设有电离辐射警告标识和中文警示说明。

## 10.2 辐射安全和防护分析

为分析本项目工业 CT 机的辐射防护性能，根据宁德思客琦智能装备有限公司提供的设计资料，将本项目工业 CT 机的主要技术参数列表分析，并与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的技术要求对照，具体见表 10.2-1。

表 10.2-1 工业 CT 机辐射防护措施符合性分析表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	本项目方案	符合情况
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应与探伤室分开。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。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。	本项目操作位设置于 CT 机的右前侧，避开有用线束的直接照射（有用线束周向）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	符合
6.1.2 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。	本项目按 GB18871 的要求对工作场所进行分区管理，工业 CT 机自屏蔽体内部区域划为控制区，工业 CT 机周边 30cm 范围内设为监督区，实行分区管理。	符合
6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，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。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	本项目工业 CT 机设备防护门设有门-机联锁装置，当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。	符合
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	该设备设置一个工作状态三色指示灯，以警示人员注意安全。配备了红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对物品进行检测。黄灯闪烁表示进料门未关。	符合
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。	设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	符合
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目研发区拟设电离辐射警告标识和中文警示说明。	符合
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。	本项目工业 CT 机内部人员无法进入，CT 机外部与操作位及机体各设置 3 个急停按钮，出现紧急事故时，能立即 CT 机电源，确保停止照射。	符合
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。	本项目工业 CT 机配置两个风扇，每小时通风换气次数不少于 3 次。通风口位置位于设备后侧，且通风口设有铅板防护。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报	拟在研发区东侧围栏上安装一台固定	符合

警装置。	式场所辐射探测报警装置，此距离 CT 机安装调试区域最近，对正在生产调整工作的工业 CT 机的研发区场所进行实时监测，确保研发区剂量率正常。	
6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	建设单位已制定详细的操作规程并进行内部培训，明确要求在使用射线装置前应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	符合
6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	建设单位拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员在进行工作时，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。	符合
6.2.3 应定期测量探伤室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。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	思客琦公司已委托第三方检测机构对研发区周围的环境辐射水平进行每年一次年度检测。并且日常使用 X-γ辐射剂量率仪，定期（每月不少于 1 次）对设备外周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。	符合
6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	建设单位已制定详细的操作规程并进行内部培训，明确交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作，如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	符合
6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。	建设单位已制定详细的辐射防护制度，在工业 CT 机工作期间，辐射工作人员均已正确使用佩戴个人剂量片。	符合
6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。	本项目工业 CT 机设备设有防护门，人员无法进入。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。	符合

## 10.2 三废的治理

本评价项目中的工业 CT 机仅在调试、培训和售后维修期间出束过程产生少量臭氧、氮氧化物，设备配置风扇，研发区所在厂房一内安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启。因此，只要室内的空气保持清新和流通，由 CT 机内部产生的少量臭氧不会对室内环境造成影响。

该项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示探伤结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

图 10-1 本项目工业 CT 机剖面示意图

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目在厂房内现有研发区内从事生产、调试工业 CT 机，研发区为采用警示防护围栏搭建，不涉及土建工程，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

本项目生产、销售、使用的工业 CT 是按自屏蔽式设计，人员配置：本项目拟配备 4 名辐射工作人员分为两组，一组 2 人主要负责工业 CT 的组装（组装过程中不涉及辐射工作），另一组 2 人主要负责工业 CT 的调试、为购买方培训和售后维修服务，根据实际工作任务，每次安排 2 名辐射工作人员进入研发区进行工业 CT 机调试，每次最多调试 1 台工业 CT 机。辐射工作人员除本项目外不从事其他辐射类工作；由业务部负责销售工作，销售过程中工业 CT 无出束，不涉及辐射影响。

根据建设单位提供资料，本项目平均每调试一台工业 CT 所需的射线出束时间约为 30min，给购买方培训一台工业 CT 所需的射线出束时间约为 10min，总年产量 500 台。维修时辐射工作人员受照时间据出售数量与维修数量而定，每台设备排除故障出束的时间 20min/台。

按照 2 位辐射工作人员每日都参与调试的工况计保守计算，年出束工况时间=调试出束+培训出束+维修出束=30min×500 台+10min×500 台+20min×500 台=500 小时/年。

设备基本工作参数见表 11.2-1。射线管距离 CT 机各侧距离见表 11.2-2。

表 11.2-1 工业 CT 机工作参数

设备型号	
最大管电压, kV	
最大管电流, mA	
X 射线机光电管正常工作时的电压范围, kV	
X 射线机光电管正常工作时的电流范围, mA	
周工作天数, 天/周	
年工作天数, 天/a	
年设备出束小时	
射线锥束角	

表 11.2-2 本项目工业 CT 机 X 射线管距离各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
1	左侧	
2	右侧	

3	上侧	
4	下侧	
5	前侧	
6	后侧	

### 11.2.1 辐射环境影响分析

#### 1、辐射工作场所周围关注点的辐射水平估算

本项目使用的工业 CT 机操作位设置于设备前侧。为分析预测工业 CT 机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/T250-2014）中计算方法进行理论计算。本项目 CT 机 X 射线源及探测器围绕直径为 930mm 的圆顺时针旋转，故其主束方向为前侧，后侧，上侧，下侧，左侧和右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”并结合本项目情况及特点对屏蔽防护体的屏蔽效果进行计算。本项目计算取电压为 180kV，电流为 0.5mA，建设单位提供的设备每周出束时间为 0.4h。

工业 CT 机所在研发区平面布置情况见下图：

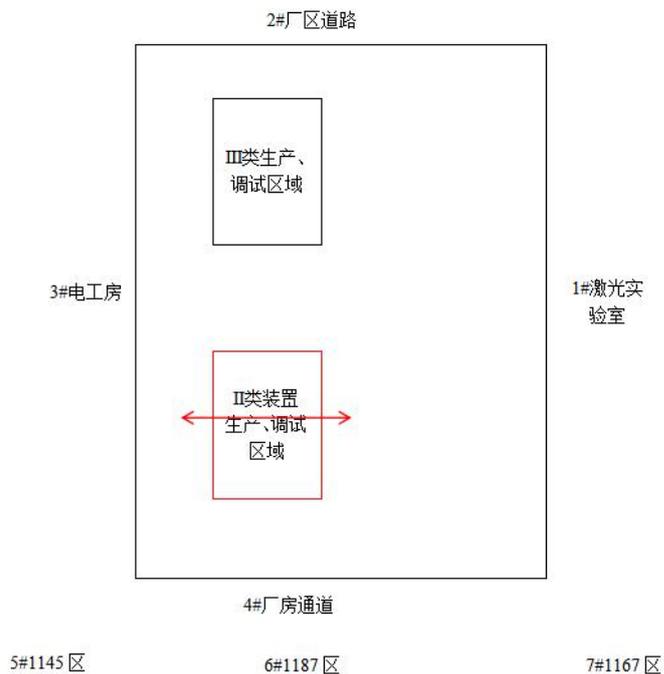


图 11-1 工业 CT 机的摆放位置图

#### (1) 关注点剂量率参考控制水平的确定

①人员在关注点的周剂量参考水平  $H_c$  如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众:  $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$

②取屏蔽体表面 30cm 处作为关注点, 计算公式如下:

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-1)$$

式中:

$\dot{H}_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平。

$H_c$ —周剂量参考控制水平, 单位为微希每周 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ), 本项目周剂量控制水平辐射工作人员取  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ , 公众取  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$  (每年按 50 周计算, 辐射工作人员和公众对应的年有效剂量限值分别为  $5\text{mSv}$ 、 $0.25\text{mSv}$ )。

$t$ —X 射线装置周照射时间, 单位为小时每周 ( $\text{h}/\text{周}$ )。本项目年预计出束时间 500h, 操作人员每周工作 6 天 (年工作 300 天), 计算得  $t=10\text{h}$ 。

$U$ —使用因子: X 射线装置向关注点方向照射的使用因子; 本项目射线源及探测器围绕直径为 930mm 的圆旋转, 因此检测箱体上侧、下侧、前侧、后侧使用因子取 1。左侧, 右侧使用因子均取 1/4。

$T$ —居留因子: 人员在相应关注点驻留的居留因子, 参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值; 按照本项目对辐射工作人员最不利的情况分析, 本工业 CT 机在调试过程, 在操作台进行操作, 因此前侧操作台辐射工作人员居留因子保守取 1; 后侧、左侧、右侧、上侧、下侧辐射工作人员居留因子保守取 1/4;

③关注点最高剂量参考控制水平  $H_{c, \max} = 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$

④关注点剂量率参考控制水平  $H_c$  为上述  $\dot{H}_{c,d}$  和  $H_{c, \max}$  二者的较小值

则关注点剂量率参考控制水平如下:

表 11.2-2 关注点剂量率参考控制水平计算结果

关注点	U	T	$H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	t (h/周)	$\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	剂量率控制要求 / $\mu\text{Sv}/\text{h}$
左侧	1/4	1/4	100	10	160	2.5	2.5
右侧	1/4	1/4	100		160	2.5	2.5
前侧	1	1	100		10	2.5	2.5
后侧	1	1/4	100		40	2.5	2.5
上侧	1	1/4	100		40	2.5	2.5
下侧	1	1/4	100		40	2.5	2.5

## (2) 工业 CT 机周围关注点的剂量率估算

本项目工业 CT 机射线源及探测器围绕直径为 930mm 的圆旋转, 因此本评价主束方向考虑前侧、后侧、上侧和下侧, 左侧、右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。

### ①屏蔽透射因子

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 计算公式如下：

$$B=10^{-X/TVL} \quad (11-2)$$

式中： X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—半值层厚度，mm；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，因本项目最大管电压为 180kV，本评价采用内插法计算 X 射线在铅中半值层取值，TVL=1.224mm。

计算可得各侧屏蔽透射因子，见表 11.2-3。

表 11.2-3 关注点剂量率参考控制水平计算结果

关注点	X/屏蔽物质厚度	TVL/半值层厚度	B/屏蔽透射因子
各侧、上料门			

### ②有用线束

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关心点的辐射剂量率按下式计算：

$$\dot{H} = (I \cdot H_0 \cdot B) / (R^2) \quad (11-3)$$

式中：

$\dot{H}$ —关注点剂量率参考控制水平，单位是  $\mu\text{Sv/h}$ 。

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)，本项目取最大管电流为  $I=0.5\text{mA}$ 。

$H_0$ —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量，单位是  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，根据厂家给出的说明书中关于设备泄漏辐射剂量率的说明 (附件 9)，本项目 CT 机射线锥束角  $67^\circ$ ，经换算后本项目 CT 机距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量为  $4.58 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B—屏蔽透射因子； $B=2.91 \times 10^{-7}$ 。

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点的取值：取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体上侧、下侧、前侧、后侧表面 30cm 处作为关注点。

则设备主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-4。

表 11.2-4 设备外表面 30cm 处辐射剂量率 (主射线)

点位	I (mA)	B	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率控制要求/ $\mu\text{Sv/h}$	评价
上侧						2.5	满足
下侧						2.5	满足
前侧						2.5	满足
后侧						2.5	满足

### ③泄漏辐射

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关心点的泄漏辐射剂量 $\dot{H}_c$ 按下式计算

$$\dot{H} = (\dot{H}_L \cdot B) / R^2 \quad (11-4)$$

式中：

$\dot{H}$ —关注点剂量率参考控制水平，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

B—屏蔽透射因子，按公式 11-2 计算

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点的取值：考虑工件大小及最不利情况，取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体左侧、右侧表面 30cm 处作为关注点。

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。根据 GBZ/T 250-2014 表 1，本项目最大管电压 180kV，则本项目 $\dot{H}_L=2.5 \times 10^3$ 。

#### ④ 散射辐射

射线机有用线束经过工件 90° 散射后，散射线最高能量低于入射 X 射线的最高能量（180kV），偏保守分析取散射后的 X 射线能量为 150kV。

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关心点的泄漏辐射剂量 $\dot{H}$ 按下式计算

$$\text{散射辐射: } \dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-5)$$

$\dot{H}$ —关注点剂量率参考控制水平，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取最大管电流为 0.5mA。

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位是 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，根据厂家给出的说明书中关于设备泄漏辐射剂量率的说明（附件 4），本项目 CT 机射线锥束角 67°，经换算后本项目 CT 机距辐射源点（靶点）1m 处输出量为  $4.58 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B—屏蔽透射因子， $B=2.91 \times 10^{-7}$ 。

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点的取值：考虑工件大小及最不利情况， $R_s$ 可参照公式（11-2）中的 R 取值，取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体左侧、右侧表面 30cm 处作为关注点。

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）。

F— $R_0$  处辐射野面积，单位是  $\text{m}^2$ 。

$\alpha$ —散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质

的 $\alpha$ 值时,可以水的 $\alpha$ 值保守估计,见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 B 表 B.3。根据附录 B 表 B.3, 本设备 $\alpha$ 取值 0.04。

本项目 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为  $33.5^\circ$ , 则  $\frac{F^*\alpha}{2R0}=0.055$ 。

设备外表面 30cm 处非有用线束辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-5。

表 11.2-5 关注点剂量率估算结果

屏蔽防护体	B	关注点距离 $R_s$ (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )		总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	满足情况
			泄漏辐射	散射辐射			
左侧						2.5	满足
右侧						2.5	满足

由表 11.2-4 和表 11.2-5 的预测结果可知, 本项目工业 CT 机主束射线方向辐射剂量率为  $0.501\mu\text{Sv/h}$ , 工业 CT 机四周屏蔽体外 30cm 泄漏辐射与散射辐射复合作用最大剂量率为  $2.44 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ 。

综上所述, 关注点满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中要求的“关注点最高剂量率参考控制水平  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求, 同时也满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中要求的“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。

### (3) 年附加有效剂量估算

年附加有效剂量估算

$$H=Dr \cdot t \cdot T/1000 \quad (11-5)$$

式中:

H—X、 $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量当量, mSv/a;

$D_r$ —为参考点处剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ 。

$t$ —X 射线装置年照射时间, 单位为小时每年 (h/a)。操作人员年出束工况时间=调试出束+培训出束+维修出束= $30\text{min} \times 500$  台+ $10\text{min} \times 500$  台+ $20\text{min} \times 500$  台=500 小时/年。培训时间和维修时间均不在本公司进行, 故本评价涉及的公众人员年照射时间  $30\text{min} \times 500$  台=250 小时/年。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子, 参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值; 根据人员在不同场所逗留的时间长短, 取不同的居留因子, 其中辐射工作人员居

留因子取 1，非辐射工作人员（公众人员）北侧激光实验室、西侧蓝海节能公司、南侧电工房、南侧喷漆房、东侧生产区（1167 区、1187 区、1145 区）和东北侧办公楼居留因子取 1；北侧货梯区域居留因子取 1/4；东侧通道、北侧通道和西侧通道居留因子取 1/8（偶然居留）（参考 IAEA47-2006）。不作分析。

本项目保守不考虑距离衰减和研发区墙体屏蔽，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-7 关注点剂量率参考控制水平计算结果

人员	参考点位	相对方位	与射线源距离 (m)	参考点剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )				时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	约束值 ( $\text{mSv/a}$ )
				有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
职业人员	CT 机操作台	CT 机前侧								5	
公众人员	激光实验室	CT 机前侧								0.25	
	货梯	CT 机前侧								0.25	
	北侧厂区通道	CT 机前侧								0.25	
	西侧厂区通道	CT 机右侧								0.25	
	电工房	CT 机后侧								0.25	
	喷漆房	CT 机后侧								0.25	
	厂房通道	CT 机左侧								0.25	
	生产区 1167 区	CT 机左侧								0.25	
	生产区 1187 区	CT 机左侧、后侧								0.25	
	生产区 1145 区	CT 机左侧、后侧								0.25	
	办公楼	CT 机前侧、右侧								0.25	
	蓝海节能公司 厂房	CT 机右侧								0.25	

根据表 11.2-7 本项目 CT 机对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.196mSv，公众人员最大年附加有效剂量为 0.104mSv。

因此本项目 CT 机进行生产调试后辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附

加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求,同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

## 2.三废治理措施后的环境影响分析

工业 CT 机在运行过程中, X 射线管加高压轰击靶材料而产生 X 射线。在此过程中, X 射线会电离空气产生少量的臭氧和氮氧化物, 从而对周边环境产生一定的影响。由于 X 射线工业 CT 检测过程中, 每次检测时间较短, 且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门, 产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集, 且臭氧在 50 分钟后自动分解为氧气, 另扫描房安装有动力排风装置和空调, 在工作期间保持开启, 故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

本项目不产生放射性气体、放射性废水、放射性固体废物, 无感光材料废物产生及其他废气产生。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 辐射事故情况

项目运行期间可能发生的辐射事故主要是在工业 CT 生产调试、售后培训和维修时发生故障导致辐射工作人员受到辐射照射, 污染途径为外照射。

#### 事故影响分析:

##### (1) 工业 CT 生产调试和售后培训

工业 CT 自屏蔽体安全联锁发生故障和软件控制故障, 导致 X 射线从未关紧的设备防护门缝中泄漏。

防范措施: 辐射工作人员佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪等, 当个人剂量计报警时立即关闭电源。

c) 剂量估算: 工业 CT 机的最大管电流为 0.5mA,  $H_0$  (距辐射源 (靶点) 1m 处输出量) 为  $4.58 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ , 当个人剂量报警仪报警时, 立即按下急停开关, 时间最多为 1min。那么一次事故下辐射工作人员未穿着防护服应对任何工作人员的职业照射水平进行控制受到的剂量为  $2.79 \times 10^4 \mu\text{Sv}$ , 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中应对任何工作人员的职业照射水平进行控制任何一年中的有效剂量 50mSv。

## (2) 工业 CT 售后维修

设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射；

防范措施：维修前辐射工作人员佩戴铅衣、个人计量计和个人剂量报警仪，进行工业 CT 维修时，首先应断开电源。且设备内安装有一个摄像装置，可方便操作人员随时查看工业 CT 内部的工作状态。

剂量估算：当设备未断电导致意外开启 X 射线发生器，工业 CT 在电力恢复后剂量估算达到最大值保守取 H0（距辐射源（靶点）1m 处输出量）取值为  $4.58 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。当个人剂量报警仪报警时，立即按下急停开关，时间最长为 1min。那么一次事故下辐射工作人员未穿着防护服受到的剂量为  $2.79 \times 10^4 \mu\text{Sv}$ 。小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中应对任何工作人员的照射水平进行控制任何一年中的有效剂量 50mSv。

### 11.3.2 辐射事故预防措施

一旦发生射线泄漏事故，公司应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，立即切断电源，启动本公司的应急方案，同时上报主管部门和监督部门，使辐射事故控制在最小范围之内。

要避免事故的发生，建设单位需做好以下防范措施：

- (1) 操作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。
- (2) 操作人员须严格按操作规程进行作业，不得擅自改变操作程序，确保安全。
- (3) 工作时必须随身携带个人剂量计，同时应使用剂量报警仪、穿着个人防护用品。
- (4) 设备四周设置电离辐射警告标志、中文警示说明，设备自带工作状态信号灯。
- (5) 开机前须检查设备工作状态指示灯、急停开关及联锁功能等安全装置是否运行正常，观察开关指示灯是否连通。
- (6) 开机前要确定辐射监测仪正常的情况下才能开机作业。
- (7) 检修时应采取可靠的断电措施，切断需检修设备上的电器电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志。
- (8) 如发生违反操作规程或其他原因造成事故，须立刻启动事故应急预案。

### 11.3.3 辐射事故应急措施

(1) 一旦发生辐射事故，必须立即按下急停按钮，切断总电源开关，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报；

(2) 对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施，其次对设备、设施进行检查，确定其功能和安全性能。

(3) 应急处置小组组长应立即召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的辐射事故应急人员的参与下进行。

除上述工作外，辐射事故应急人员还应进行以下几项工作：

1、迅速确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁区，防止外照射的危害。

2、对严重剂量事故，应尽可能记下现场辐射强度和有关情况，对现场重复测量，估计当事人所受剂量，根据受照剂量情况决定是否送医院进行医学处理或治疗。

3、各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

(4) 发生辐射事故后，当事员工应第一时间上报辐射事故应急小组。小组成员接到报告后应在两小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告。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。

### 11.4 退役对环境的影响

本次评价项目退役时，根据《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）相关规定，使用I类、II类、III类放射源的场所，生产放射性同位素的场所，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》确定的甲级、乙级非密封放射性物质使用场所，以及终结运行后产生放射性污染的射线装置，应当依法实施退役。

## 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

#### 1.辐射安全与环境保护管理机构

宁德思客琦智能装备有限公司已成立了辐射安全与环境管理机构（见附件 4），并明确了相应的职责。辐射防护管理领导小组以黄家富为主要负责人，成员有石文波、王瑞哲、颜学政、邓砚学、周度等，并明确了相应的职责，协作负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导；负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度并组织实施；建立辐射工作人员的辐射防护档案与健康监护档案；定期对辐射安全与防护工作进行督查，确保不发生辐射安全事故。

领导小组职责：

（一）组长职责：领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障。并向当地环保、卫生、公安等主管部门报告。

（二）副组长职责：配合组长工作，当组长不在时，行使组长权利。

（三）救护职责：当事故发生后，迅速与医疗救护单位联系，配合协助其工作。

（四）物资供应职责：为事故的救助提供必要的物质保障。

#### 2.辐射工作人员配置

该公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，进行工业 CT 机生产调试工作。要求该 4 名辐射工作人员均需参加有资质单位组织的辐射安全和防护知识的培训，并取得了培训合格证方可进行辐射工作。

在此基础上，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

#### 1、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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。相关制度要求见表 12.2-1。

宁德思客琦智能装备有限公司已成立辐射安全与环境管理机构，并根据相关要求已制定了《辐射安全管理制度汇编》（测厚仪工作人员岗位职责、辐射工作人员培训管理制度、辐射防护措施、安全记录、辐射工作人员个人剂量管理制度、测厚仪辐射防护和

安全保卫制度、X射线检测系统操作规程、辐射装置检修维护制度、辐射工作场所监测制度、放射源台账管理制度）、《辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度。

**表 12.2-1 宁德思客琦智能装备有限公司拟建立的管理制度**

管理要求	内容
辐射防护和安全保卫制度	对单位辐射工作人员职责、工作程序和个人防护作出要求。
操作规程	规定了辐射工作人员操作射线装置的详细流程，能减少辐射事故的发生。
岗位职责	明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任。
事故应急预案	规定了发生辐射事故时单位相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小。
人员培训计划	规定了辐射工作人员必须参加国家核技术利用辐射安全与防护培训考核，持证上岗
辐射环境监测方案	规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对检测结果存档保留。
个人剂量监测方案	提出对辐射工作人员个人剂量监测和体检的要求，并要求档案终身保存。
设备维修维护制度、装置使用登记和台账管理制度	公司制订的《射线装置使用登记制度》规定了操作人员 在日常操作过程中记录探伤机使用时的管电压、管电流、曝光时间、使用人等情况。

在此基础上，项目建设单位的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

本项目在建成后，应对辐射安全管理制度进行及时更新。

## 2、辐射工作人员拟配备人数

本项目拟配备 4 名辐射工作人员。详细的人员结构在后期项目运行期将根据实际需要再进行调整。

## 3、辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用射线装置的单位，其辐射工作人员和辐射防护管理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。

本项目正式开展运营前，建设单位将严格根据相关法律法规的要求，督促本项目涉及的辐射工作人员和辐射防护管理人员报名参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）关于辐射安全与防护知识的学习、考试，取得考核合格证书后方能上岗。

### 12.3 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等的要求,公司针对本项目制定相应的辐射监测计划,包括:

①辐射工作人员配备个人剂量计,并定期(每季度1次)送检;

②每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测,并于每年1月31日前向提交发证机关提交上一年度的评估报告;

③公司配置X-γ剂量率测量仪,自行定期对射线装置房周围环境进行监测,发现问题及时整改,所有监测记录均存档备查。

具体监测计划见表12.3-1。

表 12.3-1 辐射监测计划

名称	SDX-LCT-150 型工业 X 射线检测系统
监测计划	①验收监测:项目建设完成后,委托有资质单位进行竣工环保验收监测; ②年度监测:每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行环境监测; ③日常监测:项目运营期,使用配备的辐射监测设备,对辐射工作场所每季度进行一次环境监测; ④个人剂量监测:本项目辐射工作人员正确佩戴个人剂量计,并定期(每季度一次)送交有资质单位进行检测。
监测因子	X-γ辐射剂量率
监测点位	工业 CT 机自屏蔽外壳外 30cm 处、设备四周环境敏感目标
监测依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

### 12.4 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》、《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》(试行),建设单位根据本单位核技术利用类型和可能发生的辐射事故风险,制定了《辐射事故应急预案》。

根据《辐射事故应急预案》,建设单位成立了辐射事故应急处理工作领导小组,领导小组成员名单如下:

表 12.4-1 应急领导小组成员一览表

机构组成	姓名	部门	联系方式
应急指挥中心	总指挥		
	副总指挥		
应急办公室	负责人(本科)		
	组员		
应急处置组	组长		
	组员		
后勤保障组	组长		

	组员			
环境监测组	组长			
	组员			

宁德思客琦智能装备有限公司已制定了《辐射事故应急预案》，明确了放射性事故应急处理机构和职责，在发生辐射事故时，能够立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，及时向当地生态环境主管部门报告，同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。并且落实人员培训及演练情况，根据培训及演练情况及时更新预案内容。

## 12.5 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

建设项目竣工环境保护验收项目一览表见表 12.5-1

**表 12.5-1 竣工验收一览表**

验收项目	验收内容	验收标准及要求
辐射防护措施		符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)相关规定。
管理制度	成立辐射防护安全管理机构	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)相关规定。
	制定相应的规章制度和应急预案，规章制度应张贴在研发区墙面显著位置。	
	防护门外设置工作指示灯、电离辐射警告标志、报警装置及设置门—机联锁安全装置。	
	照射室安装摄像头，设置紧急开门按钮，室内、操作台均设置急停开关。	
	建立完善 X 射线探伤作业的台账。	
	辐射工作人员佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案。	
	辐射工作人员取得辐射安全与防护培训合格证书，持证上岗，并建立个人档案。	
	辐射工作人员每年均应参加健康体检，并建立个人档案。	
委托有资质单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。		
配备 1 台 X-γ 剂量监测仪		

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 1.辐射安全与防护分析结论

##### (1) 项目安全设施

本项目工业 CT 机自带铅屏蔽体，有固定的辐射工作场所，且场所均设有相应的辐射安全和防护措施。本项目辐射工作场所拟设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目拟采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽射线装置产生的 X 射线，对辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

##### (2) 三废的治理

本项目所使用的工业 CT 机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水、放射性固体废物，无感光材料废物产生及其他废气产生。

由于 X 射线检测过程中，每次检测时间较短，且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门，产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集，且臭氧在 50 分钟后自动分解为氧气，另厂房一安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启，故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

#### 2.环境影响分析结论

通过现状监测可知，宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售工业 CT 机项目所在区域的环境 X- $\gamma$ 剂量率水平均在环境本底范围值内。

##### (1) 建设阶段对环境的影响

本项目在厂房内现有研发区内进行生产、调试工业 CT 机研发区为采用警示防护围栏搭建，不涉及土建工程，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

##### (2) 运行阶段对环境的影响

###### ①辐射工作场所屏蔽防护设计

经估算可知，在本项目自带的铅屏蔽体的防护作用下 CT 机主束射线方向辐射剂量率为 0.501 $\mu$ Sv/h，CT 机四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐合作用剂量率最大

为  $2.44 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中要求的“关注点最高剂量率参考控制水平  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求，同时也满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中要求的“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年附加有效剂量估算

根据剂量估算结果，本项目工业 CT 机辐射工作人员年附加有效剂量最大值为  $0.196 \text{mSv}$ ，公众人员最大年附加有效剂量为  $0.104 \text{mSv}$ 。

因此本项目辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值  $20 \text{mSv}$  和公众人员年有效剂量限值  $1 \text{mSv}$  的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值  $5 \text{mSv/a}$  和公众人员管理限值  $0.25 \text{mSv/a}$  的要求。

### 3.可行性分析结论

项目投入使用主要对公司生产的聚合锂电池进行无损检测，项目在加强管理后均满足国家相关法律法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。同时，本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

综上所述，建设单位具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，宁德思客琦智能装备有限公司生产、使用、销售工业 CT 机项目是可行的。

#### 13.2 建议

（1）在项目建设同时，应确保辐射防护设施和管理措施的建设，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

（3）对本报告表提出的辐射防护措施应严格执行，辐射防护存在不足的应完善；

（4）公司应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

（5）公司若未来如需增加本报告表所涉及之外的污染源和射线装置或对其能进行调整变动，则应按要求向有关生态环境主管部门进行申报，并按污标采取相应的污染治理措施，主动接受生态环境主管部门的监督管理。

（6）本项目环评批复后，建设单位应及时向环保行政主管部门办理辐射安全许可证申领手续，并及时开展竣工环保验收工作。