

# 核技术利用建设项目

宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司

新建 2 台大型柜式 X 光机项目

环境影响报告表

(公示本)

宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司

2024 年 07 月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

## 宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司 新建 2 台大型柜式 X 光机项目 环境影响报告表

建设单位:宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司

建设单位法人代表(签名或签章):张\*\*

通讯地址:宜宾市叙州区高场镇高新技术产业园区金润产业园 10#楼

邮政编码:644\*\*\*

联系人:李\*\*

电子邮件:leef\*\*@163.com

联系电话:1312635\*\*\*\*

# 目 录

表 1	项目基本情况 .....	- 1 -
表 2	放射源 .....	- 6 -
表 3	非密封放射性物质 .....	- 6 -
表 4	射线装置 .....	- 6 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	- 8 -
表 6	评价依据 .....	- 9 -
表 7	保护目标与评价标准 .....	- 12 -
表 8	环境质量和辐射现状 .....	- 22 -
表 9	项目工程分析与源项 .....	- 27 -
表 10	辐射安全与防护 .....	- 33 -
表 11	环境影响分析 .....	- 43 -
表 12	辐射安全管理 .....	- 59 -
表 13	结论与建议 .....	- 68 -
表 14	审批 .....	- 68 -

## 附图：

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目外环境关系及评价范围图
- 附图 3-1 项目厂区平面图
- 附图 3-2 项目二车间平面图
- 附图 4 本项目两区划分图
- 附图 5-1 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机铅房设计图（单位：mm）
- 附图 5-2 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机铅房设计图（单位：mm）
- 附图 6-1 本项目通排风示意图
- 附图 6-2 本项目厂区废气管线示意图
- 附图 7 本项目电缆穿墙示意图
- 附图 8 本项目周边环境照片

## 附件：

- 附件 1 营业执照
- 附件 2 宜叙环审批〔2022〕27 号
- 附件 3 环评委托书
- 附件 4 厂房租赁合同
- 附件 5 厂房不动产权证
- 附件 6 法人身份证复印件
- 附件 7 本项目监测报告

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司新建 2 台大型柜式 X 光机项目			
建设单位		宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司			
法人代表	张**	联系人	李*	联系电话	1312635****
注册地址		宜宾市叙州区高场镇高新技术产业园区金润产业园 10#楼			
项目建设地点		四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间			
立项审批部门		叙州区发展和改革局	批准文号	***	
建设项目总投资 (万元)	**	项目环保投资 (万元)	**	投资比例	**
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 m <sup>2</sup>	**
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 甲 <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	无				
<b>1.1 项目概述</b>					
<b>1.1.1 建设单位概况</b>					
<p>宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司（以下简称“公司”）成立于 2021 年 6 月，注册地址位于宜宾市叙州区高场镇高新技术产业园区金润产业园 10#楼。公司主营余热发电关键技术研发；机械电气设备制造；机械电气设备销售；汽车零部件及配件制造；汽车零部件研发；制冷、空调设备制造；制冷、空调设备销售；新能源汽</p>					

车换电设施销售等，公司营业执照见附件 1。

公司为响应国家对新能源汽车的发展政策，于 2021 年投资建设“苏州纵贯线换热器股份有限公司宜宾工厂建设项目（一期）”该项目于 2022 年建成并运行，收益良好；该项目已取得宜宾市叙州生态环境局的建设批复，批复号：宜叙环审批（2021）40 号，并于 2022 年 3 月完成项目验收。公司于 2021 年 12 月 29 日经叙州区发展和改革委员会备案登记同意（备案文件号：\*\*），拟投资\*\*万元，在位于四川省宜宾市叙州区高场镇高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块，（总用地面积\*\*m<sup>2</sup>）内新建厂房，实施“纵贯线宜宾工程项目（二期）项目”；该项目于 2022 年 11 月取得宜宾市叙州生态环境局《关于纵贯线宜宾工程项目（二期）环境影响报告表》的建设批复，批复号：宜叙环审批（2022）27 号，附件 2。

### 1.1.2 项目由来

本项目为纵贯线宜宾工程项目（二期）的配套设施，其目的是为保证产品质量和生产的安全。公司拟在四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间，购置 2 台大型柜式 X 光机，对公司生产的电池包直冷板进行无损检测。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号关于《发布射线装置分类的公告》：“工业用 X 射线探伤装置分为自屏蔽式 X 射线探伤装置和其他工业用 X 射线探伤装置，其中自屏蔽式 X 射线探伤装置的使用活动按 III 类射线装置管理”。结合原环境保护部关于放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复：“自屏蔽式 X 射线探伤装置，应同时具备以下特征：一是屏蔽体应与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的 X 射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内”。基于上述规定，本项目大型柜式 X 光机具备人员进入自带屏蔽体内部的条件，不属于自屏蔽式 X 射线探伤装置的范围，应界定为“其他工业用 X 射线探伤装置”，其使用活动按照 II 类射线装置管理。对照中华人民共和国生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目。本次评价内容为使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。根据《四川省生态环境厅关于优化调整建设项目环境影响评价文件审批权限的公告》（2023 年第 7 号），本项目应报四川省生态环境厅审查批准。

为保护环境，保障公众健康，宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司委托核工业二〇三研究所对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件 3。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、委托监测、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。

### 1.1.3 本项目建设内容及规模

公司拟在四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间，配备 2 台大型柜式 X 光机（由探伤铅房、X 射线装置管头组合体和操作台等组成）。2 台大型柜式 X 光机型号分别为 KG2400D-163-17、KG2500D-163-17，其分别位于二车间的 5#生产线和 9#生产线，2 台设备间的直线距离为 20m。2 台设备最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 3mA，主射方向朝下，操作台均位于探伤铅房西南侧。探伤工件为电池包直冷板，尺寸为 2500mm×1200mm×1.2mm。本项目 2 台大型柜式 X 光机，不涉及洗片、评片等，不产生危险废物，因此无需设置暗室、评片室与危废暂存间等。射线装置应用情况具体见表 1-1。

表 1-1 本项目建设内容与规模

装置名称	类别	型号	数量	最大管电压 最大管电流	主射方向	工作场所 名称
大型柜式 X 光机	II类	KG2400D-163-17	1 台	160kV、3mA	由上向下	二车间 5# 生产线
大型柜式 X 光机	II类	KG2500D-163-17	1 台	160kV、3mA	由上向下	二车间 9# 生产线

### 1.1.4 工作人员配置情况

本项目计划配备 2 名辐射工作人员，从事大型柜式 X 光机的操作工作。辐射工作人员为新增人员，不存在兼职其他辐射工作场所岗位情况。辐射工作人员拟在上岗前进行辐射安全与防护培训，并经考核合格后上岗。

KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机平均每次检测工件 3-5 件，每天检测 320 次，每次检测最多拍片 8 张；按照每张曝光 0.1 秒，年工作 312 天计算，该设备年出束时间为 22.2h。KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机平均每次检测工件 3-5 件，每天检测 320 次，每次检测最多拍片 8 张；按照每张曝光 0.1 秒，年工作 312 天计算，该设

备年出束时间为 22.2h。

## 1.2 本项目产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委第 6 次委务会通过 2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布 自 2024 年 2 月 1 日起施行），本项目属于“第一类鼓励类”中“六核能”中第 4 项内容，即“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

## 1.3 本项目规划符合性分析

### 1.3.1 项目用地规划符合性分析

本项目位于四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间，目前该地块已由宜宾市叙州区创益产业投资有限公司与宜宾市自然资源和规划局签订国有建设用使用权出让合同（电子监管号：\*\*，合同编号:\*\*号），同时宜宾市叙州区创益产业投资有限公司与宜宾纵贯线科技股份有限公司签订厂房租赁合同，由宜宾市叙州区创益产业投资有限公司新建厂房，宜宾纵贯线科技股份有限公司投资建设纵贯线宜宾工程项目（二期）项目（租赁合同见附件 4）。经核实宜宾市叙州区创益产业投资有限公司不动产权证（附件 5），属工业用地。因此项目符合宜宾市城市总体规划。

## 1.4 本项目选址、外环境关系及总平面布局合理性分析

### 1.4.1 本项目地理位置

项目建设地址位于四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块，公司地理位置见附图 1。

### 1.4.2 本项目外环境关系

本项目位于四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间，根据现场勘察，KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机东南侧 50m 范围内依次为 5#线打磨区、厂区道路；西南侧 50m 范围内依次为上下料区、过道、贴棉滚筒包装线、水检设备区、压板输送线、KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机、厂区道路；西北侧 50m 范围内为钎焊托盘回转线；东北侧 50m 范围内依次为氦检区、贴棉滚筒包装线、配电室、卫生间、水检烘干区、综合楼（宿舍）、综合楼（食堂）；所在车间为一层建筑，无地下层。根据现场勘察，KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机东南侧

50m 范围内依次为 9#线打磨区、厂区道路、宜宾高新技术产业园区产教融合实训基地道路；西南侧 50m 范围内依次为上下料区、过道、厂区道路、生产车间一；西北侧 50m 范围内为压板输送线、成品区、包材区；东北侧 50m 范围内依次为水检设备区、贴棉滚筒包装线、5#线打磨区、KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机、氦检区、配电室、卫生间、水检烘干区；所在车间为一层建筑，无地下层。项目周围环境见附图 2，项目厂区及车间平面图见附图 3。

因此，本项目大型柜式 X 光机实体边界外 50m 评价范围内主要为厂区内部车间及道路。本项目环境保护目标主要为辐射工作人员、厂区的其他工作人员和公众人员。

### 1.4.3 选址合理性分析

本项目建设地址位于四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间，用地性质为工业用地（见附件 5），不新增土地。大型柜式 X 光机实体边界外 50m 评价范围内主要为厂区内部车间及道路。本项目不在生态保护红线范围内，且项目选址周边均无自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区以及基本农田保护区、基本草原、森林公园、地质公园、重要湿地等敏感点存在。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射屏蔽措施后对周围公众的辐射影响较小，满足标准要求。从环境保护的角度，本项目的选址是合理的。

## 1.5 实践的正当性

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 4.3 “辐射防护要求”，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

X 射线探伤在工业上的应用在我国是一门成熟的核技术应用实践，对保证产品质量方面有十分重要的作用。本项目实施的目的是对公司自生产的电池包直冷板产品进行无损检测，从而提高产品质量和生产水平，其产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

## 1.6 原有核技术利用情况

公司自成立以来，未开展相关的核技术利用项目，无射线装置、非密封放射性物质及放射源的应用。

**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》(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)/ 在电子束中心轴线距靶 1m 处剂量率 (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	大型柜式 X 光机	II	1	KG2400D-163-17	160	3	电池包直冷板产品探伤	二车间 5#生 产线	本次评价
2	大型柜式 X 光机	II	1	KG2500D-163-17	160	3	电池包直冷板产品探伤	二车间 9#生 产线	本次评价
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(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 ( $\mu$ A)	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
臭氧及氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	最终排入大气，臭氧常温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/m<sup>3</sup>，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/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) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令，2005年12月1日起实施，2014年7月29日修订，2019年3月2日第二次修订）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第31号发布，生态环境部令第20号第四次修订，自2021年1月4日起施行）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原中华人民共和国环境保护部第18号令，2011年5月1日起施行）；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行）；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日）；</p> <p>(12) 原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号，2017年11月22日起施行）；</p> <p>(13) 关于发布《射线装置分类》的公告（原中华人民共和国环境保护部、国家卫生和计划生育委员会第66号令，2017年12月6日起施行）；</p> <p>(14) 《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》（生态环境部第57号公告，2020年1月1日起施行）；</p>
-------------	--

	<p>(15) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016年6月1日起施行）；</p> <p>(16) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知（川环函[2016]1400号）；</p> <p>(17) 《国家危险废物名录》（2021年版）；</p> <p>(18) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]77号，原环保部文件，2012年7月3日起施行）；</p> <p>(19) 《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第55号，2007年11月1日施行）。</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> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），2023年3月1日实施；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），2020年4月1日实施；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），2021年5月1日实施；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），2021年5月1日实施。</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）；</p> <p>(3) 《辐射防护技术与管理》（张丹枫、赵兰才主编）</p> <p>(4) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））；</p> <p>(7) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4</p>

号)；

(8) 环评委托书；

(9) 公司提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。



## 7.2 保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是公司辐射工作人员和周围停留的公众，由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1、表 7-2。

表 7-1 本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机

主要环境保护目标	方位	场所名称	最近距离		规模	年剂量约束值
			水平	垂直		
辐射工作人员	西南侧	操作台	4.8m	0m	1人	5mSv
公众	东南侧	5#线打磨区	2m	0m	2人	0.1mSv
		厂区道路	30m	0m	流动人员	
	西南侧	上下料区	2m	0m	2人	
		过道	4m	0m	2人	
		贴棉滚筒包装线	8m	0m	2人	
		水检设备区	10m	0m	2人	
		压板输送线	20m	0m	2人	
		KG2500D-163-17型大型柜式X光机	20m	0m	1人	
		厂区道路	30m	0m	流动人员	
	西北侧	钎焊托盘回转线	4m	0m	2人	
	东北侧	氦检区	4m	0m	2人	
		贴棉滚筒包装线	6m	0m	2人	
		配电室	11m	0m	流动人员	
		卫生间	11m	0m	流动人员	
		水检烘干区	12m	0m	2人	
		综合楼（宿舍）	40m	0m	约50人	
		综合楼（食堂）	40m	0m	约50人	
50m评价范围内其它人员		0.5~50m	0m	约50人		

备注:表中“距离”均以机房屏蔽墙体作为起点进行计算，人员最近停留位置从屏蔽墙体外表面30cm处算起。

表 7-2 本项目 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机环境保护目标一览表

主要环境保护目标	方位	场所名称	最近距离		规模	年剂量约束值
			水平	垂直		
辐射工作人员	西南侧	操作台	6m	0m	1人	5mSv
公众	东南侧	9#线打磨区	2m	0m	2人	0.1mSv
		厂区道路	15m	0m	流动人员	
		宜宾高新技术产业园区产教融合实训基地道路	40m	0m	流动人员	
	西南侧	上下料区	3m	0m	2人	
		过道	8m	0m	流动人员	
		厂区道路	15m	0m	流动人员	
		生产车间一	30m	0m	约20人	
	西北侧	压板输送线	4m	0m	2人	
		成品区	26m	0m	2人	
		包材区	24m	0m	2人	
	东北侧	水检设备区	4m	0m	2人	
		贴棉滚筒包装线	6m	0m	2人	
		5#线打磨区	20m	0m	2人	
		KG2400D-163-17型大型柜式X光机	20m	0m	1人	
		氦检区	25m	0m	2人	
		配电室	30m	0m	流动人员	
		卫生间	30m	0m	流动人员	
		水检烘干区	30m	0m	2人	
	50m评价范围内其它人员		0.5~50m	0m	约50人	

备注:表中“距离”均以机房屏蔽墙体作为起点进行计算,人员最近停留位置从屏蔽墙体外表面30cm处算起。

### 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。

## 一、防护与安全的最优化

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

## 二、剂量限值

### 1) 职业照射

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 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和有关器官或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。

#### B1.1.1 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（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

### 2) 公众照射

#### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

## 三、剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中11.4.3.2条款：“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”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的25%、公众照射剂量限值的10%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表7-3。

表7-3 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.1mSv/a

## 四、辐射工作场所的分区

### 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。

#### 6.4.2 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、参照执行《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

### 1 范围

本标准规定了 X 射线和 $\gamma$ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 $\gamma$ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

### 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 GBZ 98 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/T 9445 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 100 cm 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/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.1.2 工作前检查项目应包括:

- a) 探伤机外观是否完好;
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损;
- c) 液体制冷设备是否有渗漏;
- d) 安全连锁是否正常工作;
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行;
- f) 螺栓等连接件是否连接良好;
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求:

a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责,每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作

人员或设备制造商进行;

- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测;
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时,应保证所更换的零部件为合格产品;
- d) 应做好设备维护记录。

## 6 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,操作室应避免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  $30\text{cm}$  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  $30\text{cm}$  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。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

## 8.3 探伤室放射防护检测

### 8.3.1 检测条件

检测条件应符合如下要求：

a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

### 8.3.2 辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用

便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

### 8.3.3 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

b) 探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；

c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；

e) 人员经常活动的位置；

f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作

### 8.3.4 检测周期

探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当 X 射线探伤机额定电压增大时，应重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。

## 3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

### 1 范围

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 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

### 3.2 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

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 $0^\circ$ 入射探伤工件的 $90^\circ$ 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

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开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。

3.3.5 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》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）等评价标准，结合该项目大型柜式 X 光机曝光时间较短的情况，确定本项目的管理目标。

① 辐射剂量率控制水平：设备表面外（含顶外表面）30cm 处剂量率不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

② 年有效剂量控制水平：职业人员年有效剂量不超过  $5\text{mSv}$ ；公众年有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ 。

③ 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。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

本项目位于四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间，根据现场勘察，KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机东南侧 50m 范围内依次为 5# 线打磨区、厂区道路；西南侧 50m 范围内依次为上下料区、过道、贴棉滚筒包装线、水检设备区、压板输送线、KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机、厂区道路；西北侧 50m 范围内为钎焊托盘回转线；东北侧 50m 范围内依次为氦检区、贴棉滚筒包装线、配电室、卫生间、水检烘干区、综合楼（宿舍）、综合楼（食堂）；所在车间为一层建筑，无地下层。根据现场勘察，KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机东南侧 50m 范围内依次为 9# 线打磨区、厂区道路、宜宾高新技术产业园区产教融合实训基地道路；西南侧 50m 范围内依次为上下料区、过道、厂区道路、生产车间一；西北侧 50m 范围内为压板输送线、成品区、包材区；东北侧 50m 范围内依次为水检设备区、贴棉滚筒包装线、5# 线打磨区、KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机、氦检区、配电室、卫生间、水检烘干区；所在车间为一层建筑，无地下层。项目周围环境见附图 2，项目厂区及车间平面图见附图 3。

本项目周围为厂区内车间及道路，无学校、幼儿园等敏感人群居留区域，主要植被为人工种植的花草树木外，无农作物和野生动植物。本项目评价区域范围内尚未发现受保护的文物和古迹。项目周边环境照片见附图 8。

### 8.2 本项目主要环境影响

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）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为大型柜式 X 光机工作场所及周围环境。

### 8.3 本项目所在地 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量现状监测

#### （一）监测方法

受核工业二〇三研究所的委托，四川致胜创科环境监测有限公司于 2024 年 7 月

15 日对宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司核技术利用建设项目场所周围进行了辐射环境现状布点监测，其监测项目、分析及来源见表 8-1。

**表 8-1 监测项目、方法及方法来源表**

监测项目	监测方法	方法来源
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

**表 8-2 监测使用仪器表**

监测项目	监测设备			现场使用环境状态
	名称及编号	技术指标	校准情况	
环境 X-γ辐射剂量率	名称: X/γ剂量率仪 型号: XH-3512E 编号: H01	仪器检测下限: 10nSv/h; 能量响应范围: 10nSv/h-100μSv/h	校准证书编号: 校准字第 202312002647 号 校准因子: 1.01 有效期至 2024.12.12	温度 31.4℃ 环境湿度: 71.8%

## 8.4 质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川致胜创科环境监测有限公司质量管理体系：

### 1、计量认证

本次监测单位为四川致胜创科环境监测有限公司，并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

### 2、仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

### 3、记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

## 8.5 环境现状监测与评价

为了解拟建地环境辐射剂量本底值，在大型柜式X光机拟建址周围对辐射环境进行了现状布点监测，共布设36个监测点位，监测一天。

表 8-3 拟建项目周围环境 X-γ辐射剂量率

点位号	监测位置	X-γ辐射剂量率 (nSv/h)		γ空气吸收剂量率换算值 (nGy/h)	备注
		平均值	标准差		
1	9 号线 X 光机操作位	31.0	1.1	37.2	生产车间二
2	9 号线 X 光机进料口左侧	21.6	0.9	25.9	
3	9 号线 X 光机西侧	20.8	0.3	24.9	
4	9 号线 X 光机北侧	23.4	1.1	28.0	
5	9 号线 X 光机东侧	24.0	0.9	28.8	
6	9 号线 X 光机进料口右侧	23.6	1.1	28.3	
7	泡棉周转台操作位	30.8	0.5	36.9	
8	电控箱	35.8	0.8	43.0	
9	水检设备控制柜操作位	35.4	0.7	42.4	
10	打磨区	34.1	0.7	40.9	
11	5 号线 X 光机操作位	29.6	0.5	35.5	
12	5 号线 X 光机进料口左侧	27.9	0.7	33.5	
13	5 号线 X 光机西侧	27.4	0.7	32.9	
14	5 号线 X 光机北侧	26.8	0.5	32.2	
15	5 号线 X 光机东侧	28.4	0.7	34.1	
16	5 号线 X 光机进料口右侧	23.9	1.1	28.6	
17	5 号线 1 号机械臂操作位	30.8	0.8	37.0	
18	自动打磨房	25.9	1.1	31.1	
19	5 号线 2 号机械臂操作位	32.7	0.3	39.3	
20	5 号线 3 号机械臂操作位	28.4	0.6	34.1	
21	氦检操作位 1	32.7	1.3	39.3	
22	氦检操作位 2	28.4	0.7	34.1	
23	休息室	39.9	0.4	47.9	
24	女更衣室	35.2	0.5	42.2	
25	男更衣室	34.9	1.0	41.9	
26	检验室	35.3	0.7	42.3	
27	配电室	42.3	0.3	50.8	

28	卫生间	55.9	0.4	67.1	
29	水检	42.5	0.7	51.0	
30	小打磨机	30.7	0.6	36.8	
31	2F 机房顶部平台	28.6	0.4	34.4	
32	前处理清洗设备操作位	27.2	0.5	32.7	
33	焊检检查区	36.2	0.7	43.4	
34	人工检查区	32.4	0.3	38.9	
35	规划员工食堂	54.4	1.6	65.3	厂区内
36	宜宾高新技术产业园区产教融合实训基地内	42.9	0.5	51.5	宜宾高新技术产业园内

注：1、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。2、以上数据均未扣除环境背景值；3、监测布点图见图 8-1 和图 8-2。

由监测报告得知，本项目所在区域的环境 X-γ辐射剂量率为 24.9~67.1nGy/h。低于四川省生态环境厅《2023 年四川省生态环境状况公报》中宜宾市自动站空气吸收剂量率监测结果（70.0nGy/h~100.0nGy/h），总体来说，本项目所在区域属于正常天然本底辐射水平。

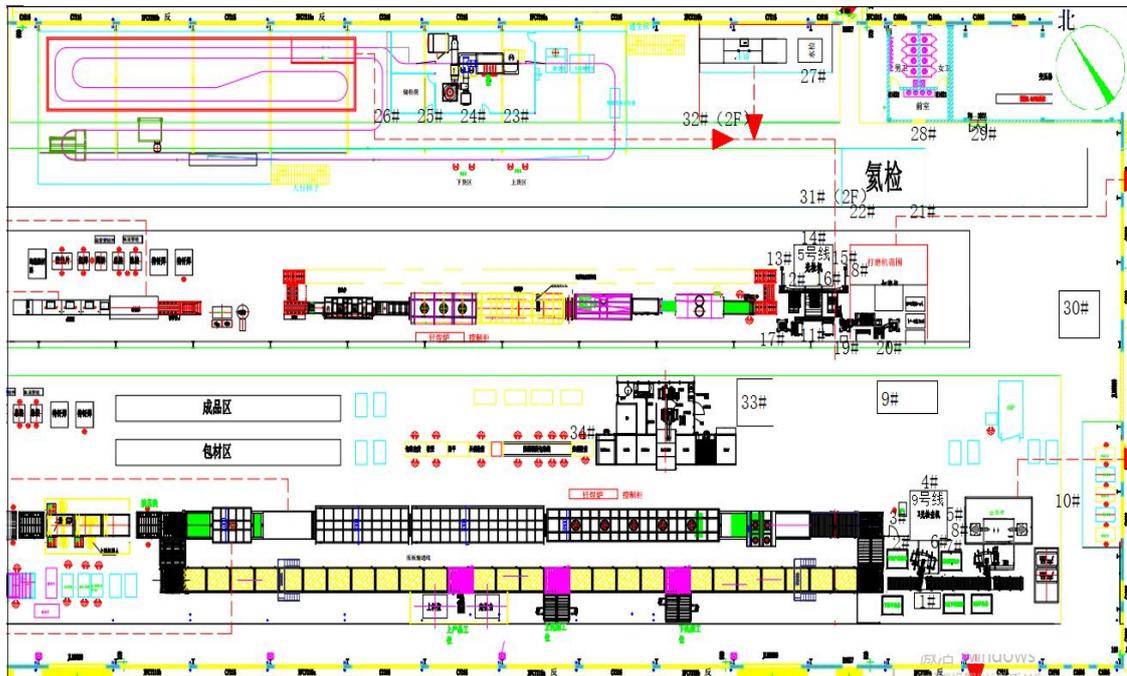


图 8-1 本项目环境 X-γ辐射剂量率监测布点图

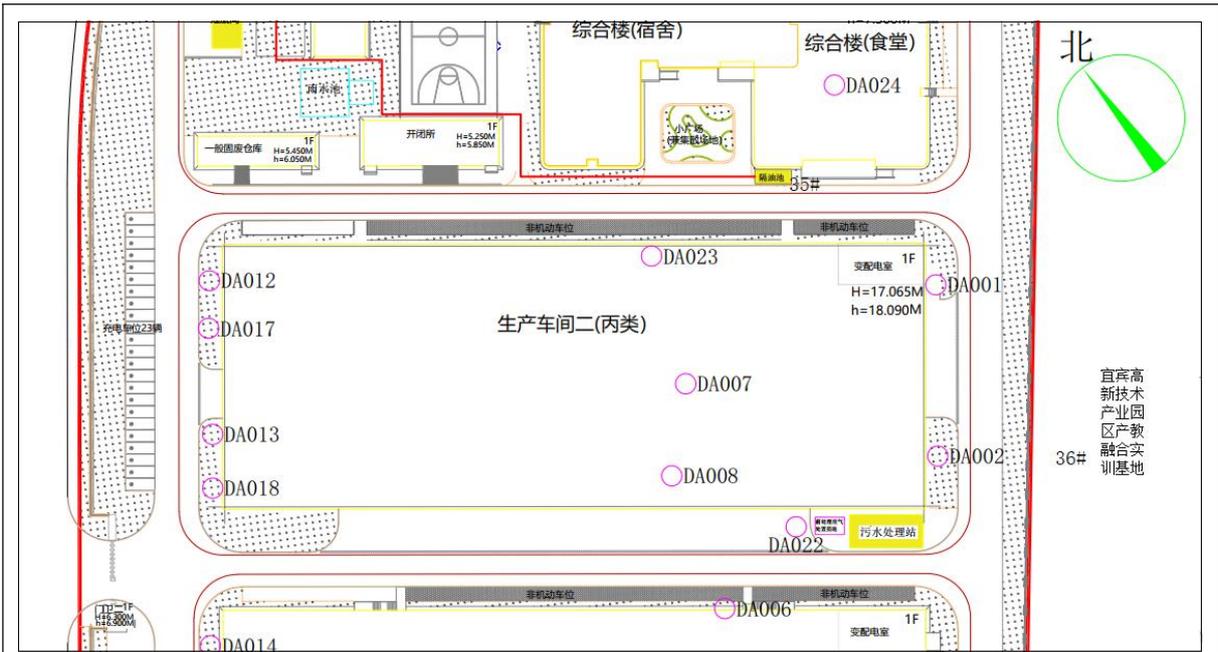


图 8-2 本项目环境 X-γ辐射剂量率监测布点图

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 建设期污染源项分析

本项目大型柜式X光机属于一体化设计和制造的成套设备，无需施工建设，因此无施工期废物排放。设备调试时会产生X射线及少量的臭氧与氮氧化物。本项目建设期较短，对周围环境产生的影响是短暂的，随施工期结束，环境影响也随之停止。

### 9.2 工艺设备和工艺分析

#### 9.2.1 设备组成及工作方式

根据设备说明书，本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机与 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机，两种设备组成及工作方式均完全相同，主要差异在铅房尺寸，因此以下内容将不再进行分开阐述。

##### 9.2.1.1 设备组成

本项目大型柜式 X 光机，由操作台与检测主机组成，装置组成见图 9-1。操作台用于对设备进行控制操作；通过计算机系统运行应用程序，进行图象处理、设备控制、存取数据等；通过显示屏观察图像和各部分状态以及检测室内部情况。检测主机用于放置检测品、产生 X 射线、采集 X 射线图像、X 射线辐射防护、电气控制。检测主机内置 X 射线源、X 射线探测器、电气系统、传感器等。两台设备主要差异在于整机尺寸的不同，以用于不同工件大小的需求。

该设备自带辐射防护外壳，待检工件通过机械臂放入载物托盘，载物托盘由输送带经设备正面的防护门送入大型柜式 X 光机内进行检测，设备必须在全封闭的状态下，射线管才能出束。射线管能前后、左右运动，不能上下、旋转运动，运动导轨上设有限位器，保证主射方向始终朝下。辐射防护外壳内部安装着一台摄像机，摄像机朝向定位装置，摄像机视图显示在操作元件旁边的屏幕上，操作人员可以清晰安全地看到大型柜式 X 光机内部情况。X 射线管与 X 射线探测器之间有一个载物托盘，待检工件放在载物托盘上后，可通过控制面板“料盘进/出”摇杆控制载物托盘进出，防护门在关闭状态时，载物托盘不动作。X 射线透过待检工件后由 X 射线探测器接收，然后再由重构软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息，该过程不使用胶片，不会产生废显（定）影液及胶片。

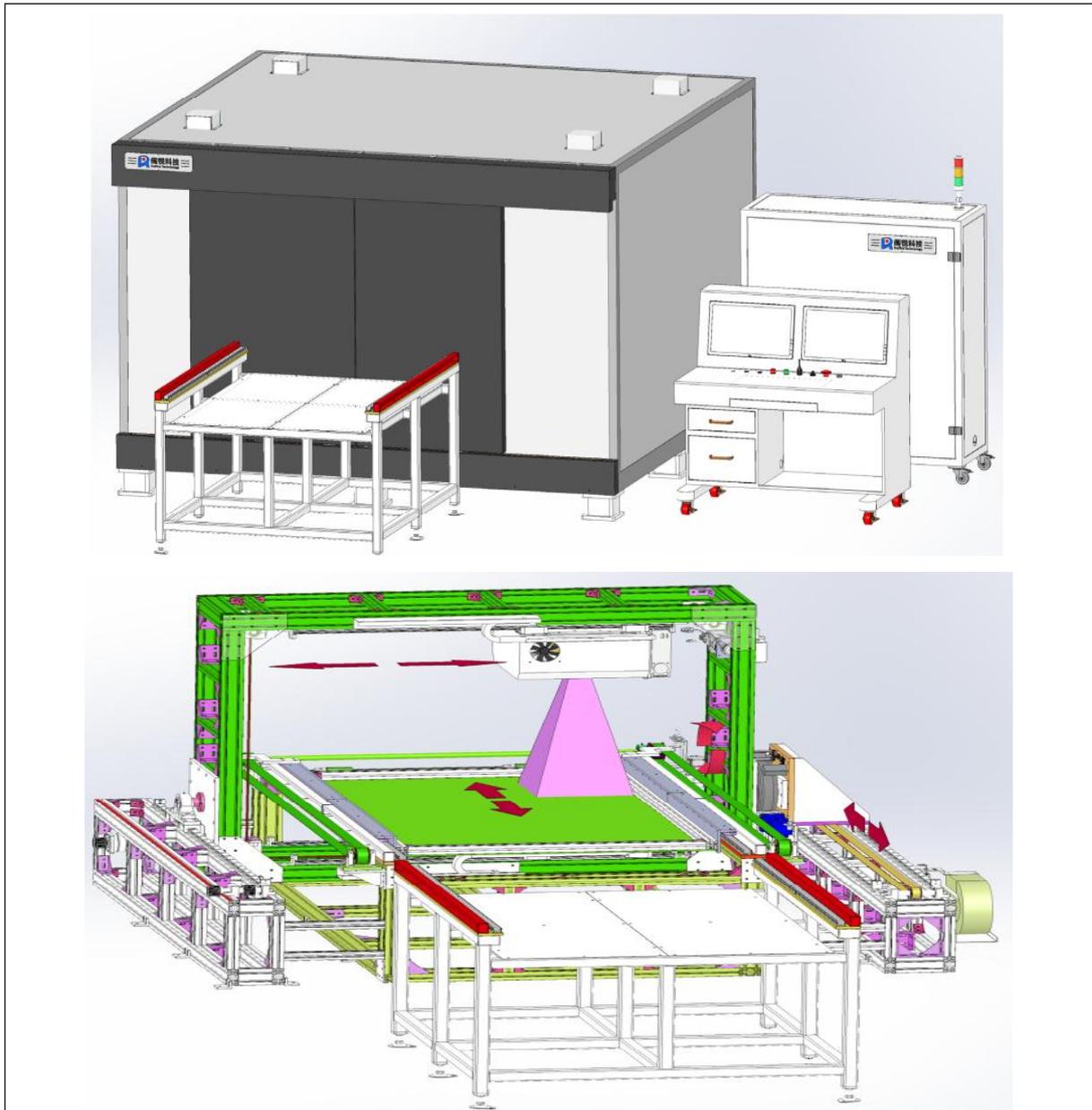


图 9-1 装置外观及主机内部结构示意图

### 9.2.1.2 劳动定员和工作负荷

建设单位计划配备 2 名辐射工作人员，从事大型柜式 X 光机的操作工作。辐射工作人员为新增人员，不存在兼职其他辐射工作场所岗位情况。辐射工作人员拟在上岗前进行辐射安全与防护培训，并经考核合格后上岗。

KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机平均每次检测工件 3-5 件，每天检测 320 次，每次检测最多拍片 8 张；按照每张曝光 0.1 秒，年工作 312 天计算，该设备年出束时间为 22.2h。KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机平均每次检测工件 3-5 件，每天检测 320 次，每次检测最多拍片 8 张；按照每张曝光 0.1 秒，年工作 312 天计算，该设备

年出束时间为 22.2h。

### 9.2.2 工作原理

大型柜式 X 光机核心部件是 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 X 射线。X 射线管中的电子束轰击阳极靶产生 X 射线，经准直器准直后，窄束 X 射线对工件进行分层扫描，X 射线与探测器分别位于工件两侧的相对位置，检测时 X 射线束从固定方向对被测工件的断面进行扫描，位于对侧相对位置的探测器接收透过断面的 X 射线，然后将这些 X 射线信息转变为电信号，再由模拟/数字转换器转换为数字信号输入计算机进行处理，最后由图像显示器用不同等级的灰度等级显示出来。由于被测工件不同部位及缺陷处的原子序数及密度等均会有差异，因此 X 射线在穿过被测工件时的减弱也会有不同，大型柜式 X 光机可给出工件任一平面层的图像，可以发现平面内任何方向分布的缺陷，具有不重叠、层次分明、对比度高和分辨率高等特点，可准确定位缺陷的位置和性质。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

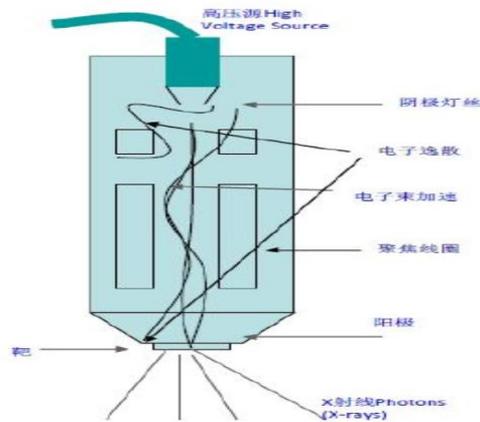


图 9-2 X 射线管结构示意图

本项目大型柜式 X 光机运用计算机实时成像原理。被检测工件在载物托盘上，采用 X 射线对工件进行照射，当射线在穿透工件时，由于工件内部不同物质的衰减规律及分布情况不同，经 X 射线照射后会有不同程度的吸收，因此剩余 X 射线量不同，再由探测器接收剩余射线量，采集 X 射线的光信号，经光电转化，由二极管接收，最后用计算机信息处理和图像采集，由此显示物体内部的详细信息，通过采集的不同断面

的图像，由这些不同断面的平面图像进行信息叠加，因此建立三维模型，对三维数据进行提取、导出、编辑等处理。从而实现在不破坏工件的情况下，再现工件内部的立体结构，定量了解工件内部空隙结构的非均质变化程度，为工件的微观结构研究提供了很好的手段。

### 9.2.3 工作流程及产污环节

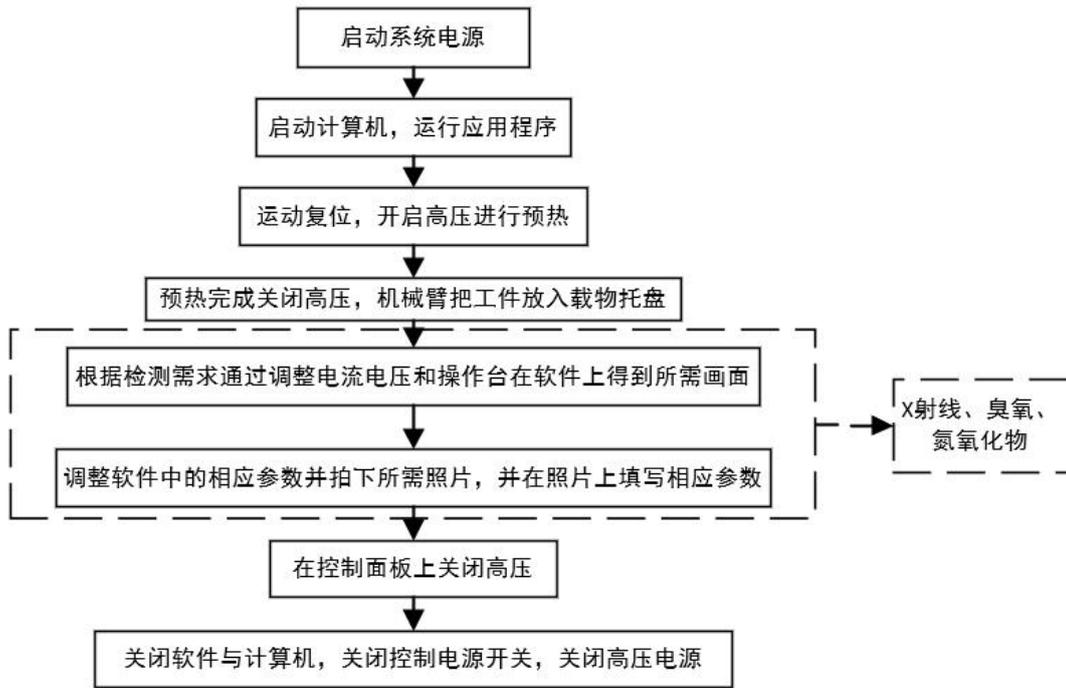


图 9-3 工作流程及产污环节示意图

本项目工作流程及产污环节分析图如图 9-3 中所示。

(1) 启动系统电源。将钥匙插入控制面板上的“电源开关”钥匙开关，顺时针旋转启动设备，电源指示灯亮起。

(2) 启动计算机。启动设备后，计算机将自动启动。关闭设备后，必须等待至少 1 分钟后才能再次启动设备，否则计算机可能因没有完全断电而无法随设备启动。

(3) 运行应用程序。找到桌面应用程序快捷方式图标，双击图标，运行应用程序。

(4) 运动复位。进入用户登录界面，单击“确定”，系统提示运动复位。确认已经清空载物台后，单击“复位”，系统开始复位，系统复位后各运动结构才能正常动作，“复位”背景显示绿色。单击“关闭”，系统不复位，各运动结构不会动作，“复位”背景显示红色。系统复位后运动复位窗口关闭，或单击“关闭”，进入操作

界面。

(5) 关闭铅门，开启高压进行预热，预热完成关闭高压，机械臂把工件放入载物托盘并打开铅门。

(6) 关闭铅门，确认安全联锁装置、警示灯装置均能正常运行。

(7) 根据检测需求通过调整电流电压和操作台在软件上得到所需画面，调整软件中的相应参数并拍下所需照片，并在照片上填写相应参数。

(8) 检查全部完成后，关闭计算机，单击“开始”菜单，选择“关闭计算机”，在弹出对话框中选择“关机”。计算机系统关机后，将钥匙插入控制面板上的“电源开关”钥匙开关，逆时针转动关闭系统。断开电源（长时间不用设备）。

## 9.3 污染源项描述

### 9.3.1 X 射线

本项目大型柜式 X 光机最大管电压 160kV，最大管电流为 3mA，为 II 类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光时间，X 射线是本项目的主要污染因子。

辐射场中的 X 射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射。

#### ①有用线束和散射辐射

根据《X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量，由内插法计算可得 160kV 射线在 2mm Al 过滤条件下输出量为  $20.38\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $1.22 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

#### ②漏射辐射

根据《X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率，本项目大型柜式 X 光机在 X 射线管电压 160kV 工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率为  $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

### 9.3.2 臭氧和氮氧化物

本项目大型柜式 X 光机的最大管电压、管电流分别为 160kV、3mA，依据 0.6kV 以上的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此该项目 X 射线会与空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机屏蔽

铅房整体体积约为 34m<sup>3</sup>，KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 38 m<sup>3</sup>，顶棚北侧均设有排风装置，正常情况装置通风量为 300m<sup>3</sup>/h，每小时排风次数分别约为 8 次和 7 次。可满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 第 6.1.10 条款“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

本项目大型柜式 X 光机采用实时成像方式，图像直接在显示屏上显示，不产生显影液、定影液及胶片等固废。

### 9.3.3 非放射性固体废物

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 的第 6.3 条款要求，本项目后期投入使用后，对拟报废的大型柜式 X 光机，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化处理或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构，并留存设备拆解和去功能化的照片资料备查。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。清除所有电离辐射警告标志和安全告知。对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，并确认污染状况。

## 9.4 事故工况源项分析

根据建设单位大型柜式 X 光机的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

(1) 大型柜式 X 光机门-机联锁失效，可能使工作人员受到超剂量照射；

(2) 维修时厂家维修人员和运行单位人员管理不当，探伤机发生异常出束，人员受到超剂量照射。

本项目事故工况污染源项同正常工况污染源项。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 辐射工作场所两区划分

#### 10.1.1 项目平面布局

本项目2台设备均位于二车间厂房东南侧，KG2400D-163-17型大型柜式X光机东南侧50m范围内依次为5#线打磨区、厂区道路；西南侧50m范围内依次为上下料区、过道、贴棉滚筒包装线、水检设备区、压板输送线、KG2500D-163-17型大型柜式X光机、厂区道路；西北侧50m范围内为钎焊托盘回转线；东北侧50m范围内依次为氦检区、贴棉滚筒包装线、配电室、卫生间、水检烘干区、综合楼（宿舍）、综合楼（食堂）；所在车间为一层建筑，无地下层。KG2500D-163-17型大型柜式X光机东南侧50m范围内依次为9#线打磨区、厂区道路、宜宾高新技术产业园区产教融合实训基地道路；西南侧50m范围内依次为上下料区、过道、厂区道路、生产车间一；西北侧50m范围内为压板输送线、成品区、包材区；东北侧50m范围内依次为水检设备区、贴棉滚筒包装线、5#线打磨区、KG2400D-163-17型大型柜式X光机、氦检区、配电室、卫生间、水检烘干区；所在车间为一层建筑，无地下层。

本项目操作台均位于探伤铅房西南侧，大型柜式 X 光机主射方向均朝下，已避开有用线束照射的方向并与探伤铅房分开，探伤铅房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.1 条款要求，合理可行。

#### 10.1.2 辐射工作场所两区划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 进行了标识。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

分区	控制区	监督区
区域	大型柜式 X 光机屏蔽铅房内部区域	屏蔽铅房西侧、北侧、东侧墙面外 1.0m、操作台南侧 0.5m 围成的区域（除铅房外）划定为监督区
管理要求	设备工作时，任何人不得进入控制区；在探伤铅房防护门显著位置设置电离辐射警告标志和中文警示说明。	设备工作过程中，除辐射工作人员，禁止其他人员进入监督区区域，定期检测监督区的辐射剂量。

建设单位应严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，结合公司实际情况，加强控制区和监督区的监管。

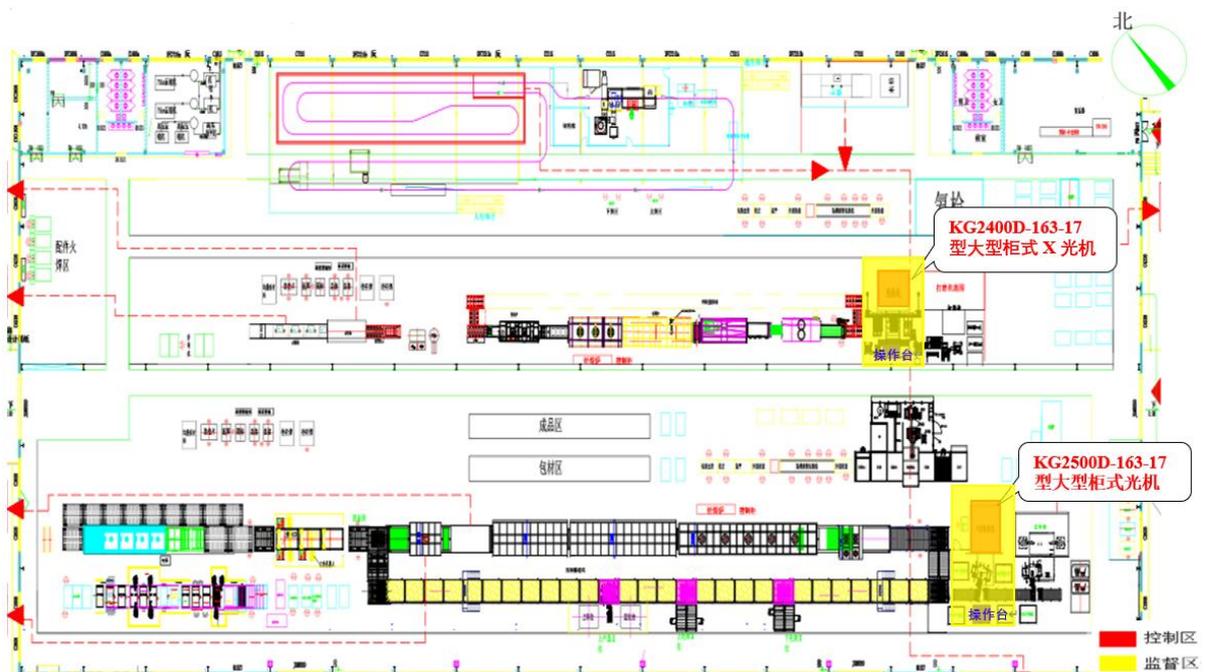


图 10-1 本项目两区划分示意图

## 10.2 辐射安全与防护设施

### 10.2.1 辐射屏蔽方案设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目各辐射工作场所的屏蔽防护设计方案见表 10-2。

表 10-2 本项目铅房屏蔽设计参数

装置名称	防护参数	
KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机	外尺寸	4028mm（长）×3554mm（宽）×2375mm（高）
	底部	8mm 铅板（主射面）
	防护门	门洞规格 1800mm（高）×1820mm（宽），滑动对开门铅门 2 扇，规格为 1985mm（高）×1269mm（宽），6mm 铅板；铅门与门口护边为迷宫式防护形式，门口搭边 50mm
	西南侧、东北侧	6mm 铅板
	西北侧、东南侧、顶部	6mm 铅板
	排风罩	6mm 铅板
	电缆罩	6mm 铅板
	KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机	外尺寸
底部		8mm 铅板（主射面）
防护门		门洞规格 1800mm（高）×2150mm（宽），滑动对开门铅门 2 扇，规格为 1985mm（高）×1499mm（宽），8mm 铅板（6mmPb）；铅门与门口护边为迷宫式防护形式，门口搭边 50mm
西南侧、东北侧		6mm 铅板
西北侧、东南侧、顶部		6mm 铅板
排风罩		6mm 铅板
电缆罩		6mm 铅板

注：铅密度不低于 11.35g/cm<sup>3</sup>。

### 10.2.2 辐射安全和防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）以及辐射管理的相关制度，本项目大型柜式 X 光机投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施。

#### 10.2.2.1 设备自带辐射安全防护

（1）本项目大型柜式 X 光机采用设备自带的防护铅房进行屏蔽，探伤铅房不设观察窗，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。

（2）本项目设置有门-机联锁装置，防护门关闭后才能进行探伤作业，如防护门在作业过程中被误打开，则系统自动关闭并停止出束，以保证人员安全。

(3) 本项目拟在铅房顶部设置 1 个警示灯，用于显示设备工作状态，图 10-2。

(4) 探伤铅房内设置 1 个监控摄像头，在操作台有专用的监视器，可监视探伤铅房内的探伤设备运行情况。

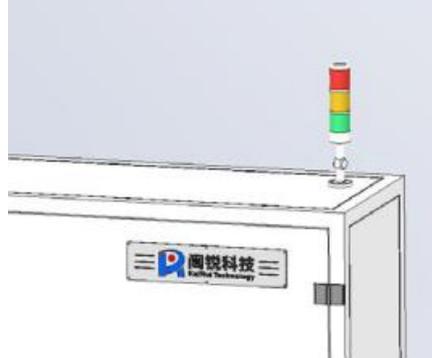


图 10-2 设备状态警示灯、铅房内摄像头、显示器及操作界面

(5) 探伤铅房防护门上有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

(6) 设置 2 个紧急停机按钮（探伤铅房西南侧防护墙内 1 个，操作台 1 个），确保出现紧急事故时，能立即停止照射，图 10-3。



图 10-3 面板急停按钮、钥匙开关及操作元件

(7) 探伤铅房内拟各设置 1 台排风扇，排风口设置 6mm 铅板防护罩，排风口位于铅房顶棚北侧上方，再经厂区废气收集管道收集后，最终通过 15m 高排气筒排放，避免朝向人员活动密集区。KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 34m<sup>3</sup>，KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 38 m<sup>3</sup>，正常情况装置通风量为 300m<sup>3</sup>/h，每小时排风次数分别约为 8 次和 7 次。满足不小于 3 次的要求。

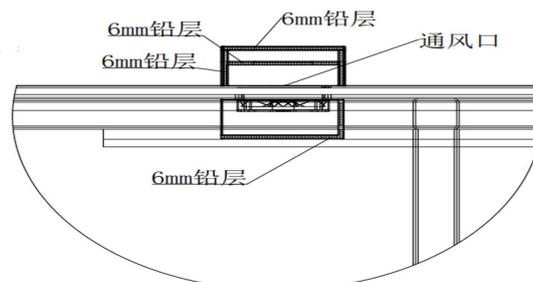


图 10-4 顶部风扇式机械排风设计

(8) 探伤铅房墙体东南侧屏蔽墙下方设有专用电缆口，连通配电箱，电缆口处设置 6mm 铅板防护罩。

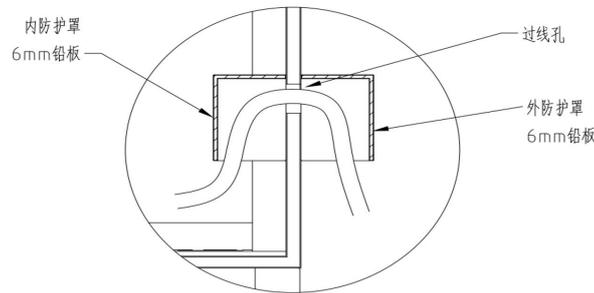


图 10-5 线缆管道设计

(9) 操作台处已设有电源锁，防止无关人员开启；同时设有电源指示灯、铅门开/关指示灯，方便操作人员知晓设备运行情况。

#### 10.2.2.2 新增防护措施

(1) 为保障非辐射工作人员（公众）安全，项目将生产线部分区域设为监督区，应采取张贴电离辐射警示标志、划定警戒线等措施进行管控，禁止无关人员靠近，使设备与公众保持一定的距离。

(2) 工作人员进行探伤工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期送有资质的单位进行监测。

(3) 应定期测量探伤铅房外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值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。

(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。

(5) 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置。

(6) 公司应建立大型柜式 X 光机使用台账。

(7) 公司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，并将辐射工作制度张贴在工作现场。

#### 10.2.2.3 探伤装置的检查和维护

(1) 建设单位的日检，每次工作开始前应进行检查的项目包括：

a) 大型柜式 X 光机各设备外观是否完好；

- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 安全连锁是否正常工作；
- d) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- e) 螺栓等连接件是否连接良好；

(2) 设备维护

- a) 建设单位应对大型柜式 X 光机的设备维护负责，每年至少维护一次；
- b) 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。设备维护包括大型柜式 X 光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。

**10.2.2.4 辐射监测仪器和防护用品配置**

本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划见表 10-3。

**表 10-3 本项目防护用品配置**

序号	名称	数量
1	个人剂量计	2 枚
2	个人剂量报警仪	2 台
3	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台

用于大型柜式 X 光机放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

**10.2.2.5 探伤设施的退役**

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的第 6.3 条款要求，本项目后期投入使用后，对拟报废的大型柜式 X 光机，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化处理或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构，并留存设备拆解和去功能化的照片资料备查。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。清除所有电离辐射警告标志和安全告知。对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，并确认污染状况。

**10.3 辐射防护安全装置配置综合要求**

为防止发生辐射事故，根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》（第三版）和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）的通知〉》（川环函〔2016〕

1400号)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中各项具体要求,对本项目具体的辐射防护设施及措施与标准对照分析,见表10-4。

**表 10-4 辐射安全防护设施汇总对照分析表**

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)	设计情况	评价结果
6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全,操作室应避免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。	本项目大型柜式 X 光机定向朝下照射,操作台位于铅房西南侧。	满足要求
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。	按防护要求,将大型柜式 X 光机设备自屏蔽体内部区域划为控制区,该区域密封在设备结构材料内部,无需采取额外的防护措施;将屏蔽铅房西侧、北侧、东侧墙面外 1.0m、操作台南侧 0.5m 围成的区域(除铅房外)划定为监督区。	满足要求
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 $\mu$ Sv/周,对公众场所,其值应不大于 5 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/h。	人员在关注点的周围剂量当量率参考控制水平,对职业工作人员不大于 100 $\mu$ Sv/周,对公众不大于 5 $\mu$ Sv/周,关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。	满足要求
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 $\mu$ Sv/h。	本项目所在车间为 1F,根据天空反散射分析,穿过铅房顶的辐射与曝光室顶部上方空气作用产生的散射辐射对曝光室外地面附近公众的照射和穿出曝光室墙体的透射辐射在相应关注点的剂量率总和小于 2.5 $\mu$ Sv/h。	满足要求
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。	大型柜式 X 光机设有门-机联锁装置,防护门打开时,大型柜式 X 光机停止出束。大型柜式 X 光机进行无损探伤检测时,仅需在准备期摆放好模具,设定好相应参数,大型柜式 X 光机会自动完成检测工作。	满足要求
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。	大型柜式 X 光机正面张贴电离辐射警告标志、上方设置声光出束指示标识等。此外,大型柜式 X 光机表面张贴电离辐射警告标识,当 X 射线管曝光时中放射出来以后,警示灯就会亮起,已设置声光报警与设备出束联锁。	满足要求
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	本项目大型柜式 X 光机铅房内部设置 1 个摄像头,铅房内部情况可以显	满足要求

伤设备的运行情况。	示在操作台面板显示器上。	
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。	大型柜式 X 光机铅房外部装有警示灯，铅房表面张贴电离辐射警告标识。	满足要求
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。	大型柜式 X 光机操作台面板以及铅房内部均设置有紧急停机按钮，在出现紧急情况（检修人员在维护设备时防护门误关闭）时，按下紧急停机按钮，可以立即切断设备电源，X 射线停止出束。	满足要求
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 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 34m <sup>3</sup> ，KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 38m <sup>3</sup> ，正常情况装置通风量为 300m <sup>3</sup> /h，每小时排风次数分别约为 8 次和 7 次。能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求，减少了氮氧化物积聚。	满足要求
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目大型柜式 X 光机拟配置固定式辐射剂量率仪 1 台，实时监测 X 射线室内 X-γ 辐射剂量率。	满足要求
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。	在每一次照射前，操作人员都需确认铅房内部没有无关人员驻留。且只有在设备防护门正常关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。	满足要求
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。	工作人员进入监督区时佩戴常规个人剂量计和个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，工作人员应立即离开监督区，同时阻止其他人进入，并立即向辐射防护负责人报告。	满足要求
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。	每个季度测量机房外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，终止工作并向辐射防护负责人报告。	满足要求
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。	交接班或当班使用剂量仪前，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，则不开始	满足要求

	检测工作。	
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。	本项目大型柜式 X 光机属于其他工业用 X 射线探伤装置，探伤工作人员应该严格按照设备操作规程操作，佩戴常规个人剂量计和个人剂量报警仪，把潜在的辐射降到最低。	满足要求
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。	在每一次照射前，操作人员都需确认大型柜式 X 光机铅房内部没有无关人员驻留。且只有在防护门正常关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。	满足要求
6.3.6.3 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： a) 有使用价值的 $\gamma$ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构,或者按照本标准第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行； b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与 $\gamma$ 射线源一样对待； 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； d) 包含低活度 $\gamma$ 射线源的管道爬行者，应按照相关要求执行； e) 当所有放射源从现场移走后,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； g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。	本项目大型柜式 X 光机退役后将按规定程序进行处置，并办理相关手续，清除所有电离辐射警告标志和安全告知，对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认污染状况。	满足要求

## 10.4 污染物的治理

### 1、废气

本项目大型柜式 X 光机的最大管电压、管电流分别为 160kV、3mA，依据 0.6kV 以上的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此该项目 X 射线会与空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 34m<sup>3</sup>，KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 38 m<sup>3</sup>，顶部均设有排风装置，排风口位于铅房顶棚北侧上方，正常情况装置通风量为 300m<sup>3</sup>/h，每小时排风次数分别约为 8 次和 7 次。排出的少量臭氧和氮氧化物再经厂区废气收集管道收集后，最终通过 15m 高排气筒高空排放，避开了人员活动聚集区。可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.10 条款“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。同时通过车间排风系统将臭氧和氮氧化物排出室外，排

风口避开人群停留区。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。其产生臭氧和氮氧化物影响较少。

## 2、废水

辐射工作人员均来自公司现有人员，不涉及新增生活污水，现有生活污水经厂区污水处理设施处理达标后纳管排放，不对周围水环境造成影响。

## 3、固体废物

辐射工作人员均来自公司现有人员，不会产生额外的生活垃圾，经公司分类收集后交由当地环卫部门统一清运。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

由于本项目大型柜式 X 光机为整体外购，自带防护铅房。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。

此外，设备的调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行调试设备。在设备调试阶段，应加强辐射防护管理。在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在探伤工作场所外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，防止辐射事故的发生。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是大型柜式 X 光机工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。为分析预测大型柜式 X 光机投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《工业 X 射线探伤辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改清单中计算方法进行理论计算，预测背景为大型柜式 X 光机最大工况运行。

本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机作业时靶点可上下升降或前后运动，主射线照射区域始终朝向铅房底部。经与建设单位核实，按最不利情况考虑，射线管靶点及探伤区域与各侧屏蔽体的距离关系如下：

KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机靶点与主射方向墙体（即底部）外侧最近距离为 896mm；探伤区域与东南侧墙体外侧的最近距离为 1026mm，与西南侧墙体外侧的最近距离为 790mm，与西北侧墙体外侧的最近距离为 1026mm，与东北侧墙体外侧的最近距离为 790mm，与防护铅门外侧最近距离为 790mm，与顶棚外侧的最近距离为 575mm，探伤区域如图 11-1 所示。本项目射线装置有用线束方向朝底部墙体，X 射线在底部墙体的投影最大宽度范围为 2052mm，最大长度范围为 2640mm，小于铅房内尺寸宽度和长度，因此有用线束不朝向其他任一侧。

本项目 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机作业时靶点可上下升降或前后运动，主射线照射区域始终朝向铅房底部。经与建设单位核实，按最不利情况考虑，射线管靶点及探伤区域与各侧屏蔽体的距离关系如下：

KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机靶点与主射方向墙体（即底部）外侧最近距离为 885mm；探伤区域与东南侧墙体外侧的最近距离为 861mm，与西南侧墙体外侧的最近距离

为 728mm，与西北侧墙体外侧的最近距离为 861mm，与东北侧墙体外侧的最近距离为 728mm，与防护铅门外侧最近距离为 728mm，与顶棚外侧的最近距离为 565mm，探伤区域如图 11-2 所示。本项目射线装置有用线束方向朝底部墙体，X 射线在底部墙体的投影最大宽度范围为 2150mm，最大长度范围为 2792mm，小于铅房内尺寸宽度和长度，因此有用线束不朝向其他任一侧。

根据 GBZ/T 250-2014 第 3.2.1 条款“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”，故本次评价将探伤铅房的底部墙体屏蔽性能按有用线束进行考虑，其他四侧墙体、防护铅门、顶棚等屏蔽性能均按泄漏辐射和散射辐射进行考虑。探伤铅房下方无地下室，故本报告不设关注点仅验算底部屏蔽防护性能是否满足要求。

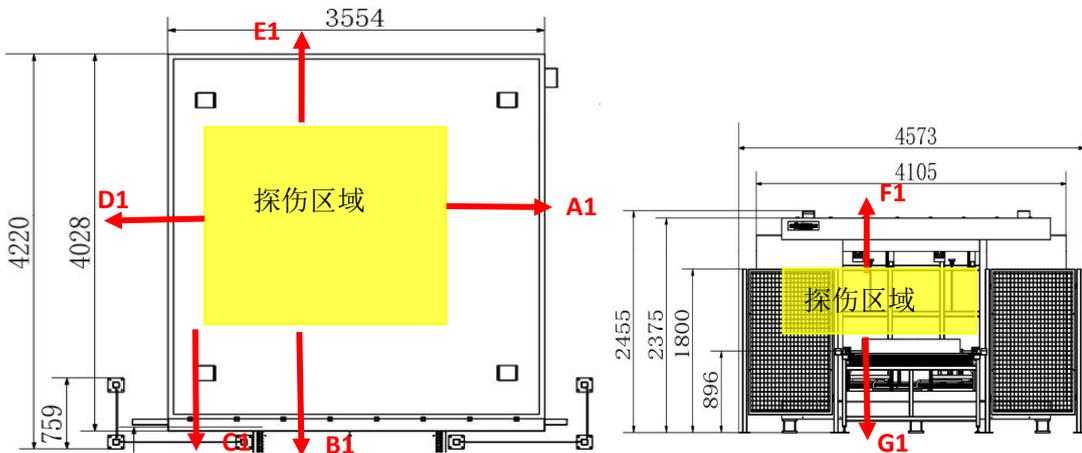


图 11-1 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机辐射屏蔽计算预测点位图

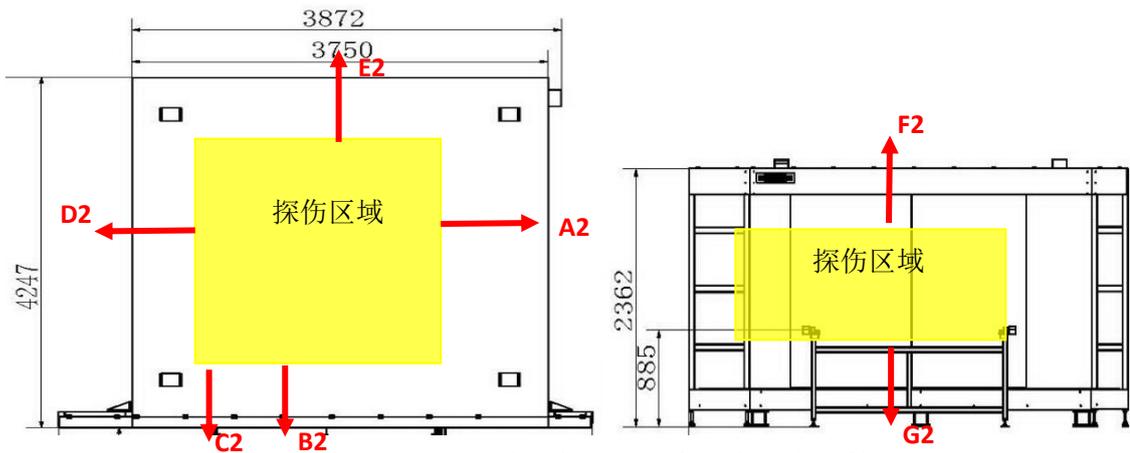


图 11-2 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机辐射屏蔽计算预测点位图

### 11.2.1 关注点的选取

根据本项目工程特征及探伤铅房周围环境状况，选择剂量关注点为探伤铅房四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处。关注点的分布情况见图 11-1~11-2，剂量关注点情况列于表 11-1。

表 11-1 探伤铅房各关注点位分布情况表

型号	关注点	点位描述	源点与关注点的距离 R (m)	需要屏蔽的主要辐射源
KG2400D-163-17 型 大型柜式 X 光机	A1	东南侧防护墙外 30cm	1.026	泄漏辐射、散射辐射
	B1	防护门外 30cm	0.79	泄漏辐射、散射辐射
	C1	西南侧防护墙外 30cm	0.79	泄漏辐射、散射辐射
	D1	西北侧防护墙外 30cm	1.026	泄漏辐射、散射辐射
	E1	东北侧防护墙外 30cm	0.79	泄漏辐射、散射辐射
	F1	顶棚外 30cm	0.575	泄漏辐射、散射辐射
	G1	底部外 30cm	0.896	有用线束
KG2500D-163-17 型 大型柜式 X 光机	A2	东南侧防护墙外 30cm	0.861	泄漏辐射、散射辐射
	B2	防护门外 30cm	0.728	泄漏辐射、散射辐射
	C2	西南侧防护墙外 30cm	0.728	泄漏辐射、散射辐射
	D2	西北侧防护墙外 30cm	0.861	泄漏辐射、散射辐射
	E2	东北侧防护墙外 30cm	0.728	泄漏辐射、散射辐射
	F2	顶棚外 30cm	0.565	泄漏辐射、散射辐射
	G2	底部外 30cm	0.885	有用线束

### 11.2.2 估算模式选取

本项目采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）推荐的计算公式估算屏蔽体外 30cm 处的辐射水平，关注点位置示意图见图 11-1~图 11-2，估算模式如下：

#### (1) 有用线束

关注点的剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（1）计算：

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

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）；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以  $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$  为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ ；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，由内插法计算可得 160kV 射线在 2mm Al 过滤条件下输出量为  $20.38 \text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即  $1.22 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

$B$ ：屏蔽透射因子。《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 中无 160kV 曲线, 因此先外延 150kV 与 200kV 曲线, 查 150kV 屏蔽厚度 8mm Pb 对应的 B 为  $1.1 \times 10^{-10}$ , 查 200kV 屏蔽厚度 8mm Pb 对应的 B 为  $2.9 \times 10^{-8}$ , 然后插值得到 160kV 屏蔽厚度 8mm Pb 对应的 B 为  $5.9 \times 10^{-9}$ ;

$R$ : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m, 取值见表 11-1。

(2) 非有用线束

① 泄漏辐射剂量率

泄漏辐射在关注点的剂量率  $\dot{H}$ , 单位为  $\mu\text{Sv/h}$  可按下面公式 (2) 计算:

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

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 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  $\mu\text{Sv/h}$ , 其典型值见 GBZ/T 250-2014 中表 1。

② 散射辐射剂量率

散射辐射剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按公式 (3) 计算:

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

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);

$H_0$ : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ;

$B$ : 屏蔽透射因子;

$F$ :  $R_0$  处的辐射野面积, 单位为平方米 ( $\text{m}^2$ );

$\alpha$ : 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 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比, 查附录表 B.3;

$R_0$ : 辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, 单位为米 (m);

$R_s$ : 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：

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

式中：

X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—对于泄漏辐射，可根据《GBZ/T 250-2014 中附录 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。

### 11.2.3 估算结果

#### (1) 屏蔽体主射方向屏蔽防护计算结果

本项目大型柜式 X 光机主射方向屏蔽防护计算参数及计算结果见表 11-2~11-3。

表 11-2 主射方向屏蔽防护计算参数及计算结果

型号	参数	
KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机	最大运行管电压/电流	160kV/3mA
	主射方向设计厚度 (mm)	8mmPb
	H <sub>0</sub> 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量 (mSv·m <sup>2</sup> ·mA <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	20.38
	屏蔽透射因子 B	5.9×10 <sup>-9</sup>
	R 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离 (m)	0.896
	G1 关注点处剂量率 Ĥ(μSv/h)	Ĥ估算值
Ĥ <sub>c</sub> 控制值		2.5
评价结果		满足

表 11-3 主射方向屏蔽防护计算参数及计算结果

型号	参数	
KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机	最大运行管电压/电流	160kV/3mA
	主射方向设计厚度 (mm)	8mmPb
	H <sub>0</sub> 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量 (mSv·m <sup>2</sup> ·mA <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	20.38
	屏蔽透射因子 B	5.9×10 <sup>-9</sup>
	R 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离 (m)	0.885
	G2 关注点处剂量率	Ĥ估算值

	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5
		评价结果	满足

由表 11-2~11-3 可知, 当 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机以最大管电压 160kV、最大管电流 3mA 运行时, 受主射线照射影响的检测铅房底部屏蔽体外参考点处的辐射剂量率为  $2.69 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ; 当 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机以最大管电压 160kV、最大管电流 3mA 运行时, 受主射线照射影响的检测铅房底部屏蔽体外参考点处的辐射剂量率为  $2.76 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。2 台设备主射方向关注点处剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

### (2) 屏蔽体其他各面屏蔽防护计算结果

本项目大型柜式 X 光机非主射方向屏蔽防护计算参数及计算结果见表 11-4~11-5。

表 11-4 非主射方向屏蔽防护计算参数及计算结果

类型	参数	关注点						
		A1 (东南侧)	B1 (防护门)	C1 (西南侧)	D1 (西北侧)	E1 (东北侧)	F1 (顶棚)	
KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机	泄漏辐射	设计厚度 Pb (mm)	6	6	6	6	6	6
		TVL (mm)	1.048	1.048	1.048	1.048	1.048	1.048
		屏蔽透射因子 B	$1.88 \times 10^{-6}$					
		$\dot{H}_L (\mu\text{Sv/h})$	$2.5 \times 10^3$					
		R (m)	1.026	0.79	0.79	1.026	0.79	0.575
		参考点处泄漏辐射剂量率 $\dot{H}$ 估算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$4.47 \times 10^{-3}$	$7.54 \times 10^{-3}$	$7.54 \times 10^{-3}$	$4.47 \times 10^{-3}$	$7.54 \times 10^{-3}$	$1.42 \times 10^{-2}$
	散射辐射	TVL (mm)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
		屏蔽透射因子 B	$5.62 \times 10^{-7}$					
		I (mA)	3	3	3	3	3	3
		$H_0 (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	$1.22 \times 10^6$					
		$R_s$ (m)	1.026	0.79	0.79	1.026	0.79	0.575
		$F \cdot \alpha / R_0^2$	1/50	1/50	1/50	1/50	1/50	1/50
参考点处散射辐射剂量率 $\dot{H}$ 估算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$3.91 \times 10^{-2}$	$6.60 \times 10^{-2}$	$6.60 \times 10^{-2}$	$3.91 \times 10^{-2}$	$6.60 \times 10^{-2}$	$1.25 \times 10^{-1}$		

参考点处复合 辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}$ 估算 值	$4.36 \times 10^{-2}$	$7.35 \times 10^{-2}$	$7.35 \times 10^{-2}$	$4.36 \times 10^{-2}$	$7.35 \times 10^{-2}$	$1.39 \times 10^{-1}$
	$\dot{H}_c$ 控制 值	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结 果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：①根据GBZ/T 250-2014中附录B表B.2查得X射线在铅中的TVL值；

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 $R_0^2/F \cdot \alpha$ 值取《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B中B.4.2，其值为:60（150kV）和50（200~400kV）。本项保守取值50。

表 11-5 非主射方向屏蔽防护计算参数及计算结果

类型	参数	关注点						
		A2（东南 侧）	B2（防护 门）	C2（西南 侧）	D2（西北 侧）	E2（东北 侧）	F2（顶棚）	
KG2500D -163-17 型大型柜 式 X 光机	泄 漏 辐 射	设计厚度 Pb（mm）	6	6	6	6	6	6
		TVL（mm）	1.048	1.048	1.048	1.048	1.048	1.048
		屏蔽透射因子 B	$1.88 \times 10^{-6}$					
		$\dot{H}_L$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	$2.5 \times 10^3$					
		R（m）	0.861	0.728	0.728	0.861	0.728	0.565
		参考点处泄漏辐射 剂量率 $\dot{H}$ 估算值 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	$6.35 \times 10^{-3}$	$8.88 \times 10^{-3}$	$8.88 \times 10^{-3}$	$6.35 \times 10^{-3}$	$8.88 \times 10^{-3}$	$1.47 \times 10^{-2}$
	散 射 辐 射	TVL（mm）	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
		屏蔽透射因子 B	$5.62 \times 10^{-7}$					
		I（mA）	3	3	3	3	3	3
		$H_0(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	$1.22 \times 10^6$					
		$R_s$ （m）	0.861	0.728	0.728	0.861	0.728	0.565
		$F \cdot \alpha / R_0^2$	1/50	1/50	1/50	1/50	1/50	1/50
	参考点处散射辐射 剂量率 $\dot{H}$ 估算值 （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	$5.55 \times 10^{-2}$	$7.77 \times 10^{-2}$	$7.77 \times 10^{-2}$	$5.55 \times 10^{-2}$	$7.77 \times 10^{-2}$	$1.29 \times 10^{-1}$	
参考点处复合 辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}$ 估算 值	$6.19 \times 10^{-2}$	$8.66 \times 10^{-2}$	$8.66 \times 10^{-2}$	$6.19 \times 10^{-2}$	$8.66 \times 10^{-2}$	$1.44 \times 10^{-1}$	
	$\dot{H}_c$ 控制 值	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
	评价结 果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	

注：①根据GBZ/T 250-2014中附录B表B.2查得X射线在铅中的TVL值；

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 $R_0^2/F \cdot \alpha$ 值取《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B中B.4.2，其值为:60 (150kV)和50 (200~400kV)。本项保守取值50。

由表 11-4 可知，当 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机以最大管电压 160kV、最大管电流 3mA 运行时，探伤铅房四周关注点辐射剂量率最大值为  $7.35 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，顶棚外关注点辐射剂量率最大值为  $1.39 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ 。由表 11-5 可知，当 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机以最大管电压 160kV、最大管电流 3mA 运行时，探伤铅房四周关注点辐射剂量率最大值为  $8.66 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，顶棚外关注点辐射剂量率最大值为  $1.44 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ 。2 台设备均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

综上所述，本项目大型柜式 X 光机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。

### 11.2.3 天空反散射影响

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中“3.1.2 b)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辐射在相应关注点的剂量率总和,应按 3.1.1c)的剂量率参考控制水平  $H_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )加以控制。”根据前述预测计算可知,本项目 KG2400D-163-17 型与 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机铅房顶外 30cm 处的辐射剂量率最大分别为为  $1.39 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$  与  $1.44 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ , 经天空反散射到达地面的剂量远小于漏射线、散射线透过屏蔽墙到达关注点的剂量率,对关注点地面公众的辐射剂量率贡献不大,因此叠加后关注点处辐射剂量率也能够满足评价标准要求。

### 11.2.4 通风孔和电缆孔环境影响

本项目的探伤铅房东南侧屏蔽墙下方设置 1 个电缆口,避免 X 射线直接照射线缆管道口,用于连通探伤铅房内装置与配电箱,射线将在电缆口散射至少四次,利用散射降低线缆管道口的辐射水平,从而防止射线泄露;探伤铅房顶棚北侧上方设置 1 个排风口,避免 X 射线直接照射进排风口,用于排风通向探伤铅房外,射线将在装置内散射至少三次,利用散射降低排口的辐射水平,最大程度上避免射线。电缆口与排风口均有效避开了射线装置有用线束的方向,均设置 6mm 铅板防护罩,其铅当量与同侧屏蔽体防护铅当量相当,

设计见图 11-3。因此，本项目局部贯穿的布置方式不会破坏探伤铅房的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

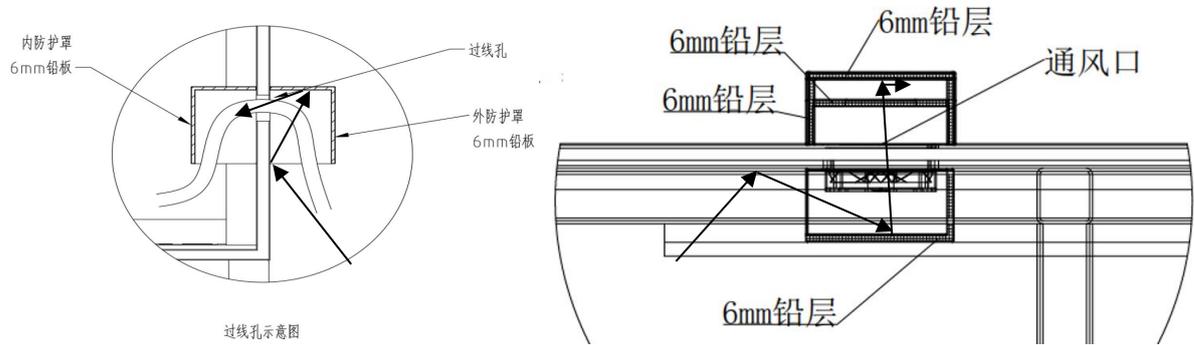


图 11-3 电缆口和排风口设计图

### 11.2.5 辐射工作人员和公众有效剂量估算及评价

#### 1、估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er} = D_r \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{mSv}) \quad (5)$$

式中： $H_{Er}$ ：射线外照射所致人均年有效剂量当量，mSv/a；

$D_r$ ：射线空气吸收剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$t$ ：射线照射时间，h；

$T$ ：居留因子，无量纲。

#### 2、估算结果

##### (1) 辐射工作人员年附加剂量估算

保守估算：a、每次检测时，本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机西南侧辐射工作人员活动区域的辐射剂量率最高为  $7.35 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；本项目 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机西南侧辐射工作人员活动区域的辐射剂量率最高为  $8.66 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。b、每年出束工作时间为 22.2 小时，居留因子取 1。则根据式 (5)，可以计算出本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机辐射工作人员的年附加有效剂量约为  $1.63 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ；本项目 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机辐射工作人员的年附加有效剂量约为  $1.92 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量约束值低于 5mSv 的要求。

##### (2) 大型柜式 X 光机周围活动的非辐射工作人员年附加剂量估算

根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系式，对本项目大型柜式 X 光机铅房周围公众的年有效剂量进行了估算，结果见表 11-6~11-7。

**表 11-6 本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机铅房周围公众年剂量估算一览表**

序号	方位	保护目标	对应关注点	对应关注点处周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	对应计算点至关注点距离(m)	计算点处周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	年曝光时间(h)	年受照剂量( $\text{mSv/a}$ )
1	东南侧	5#线打磨区	A1	$4.36 \times 10^{-2}$	2m	$9.45 \times 10^{-5}$	1	22.2h	$2.42 \times 10^{-4}$
2	东南侧	厂区道路	A1	$4.36 \times 10^{-2}$	30m	$4.2 \times 10^{-7}$	1/8	22.2h	$1.34 \times 10^{-7}$
3	西南侧	上下料区	C1	$7.35 \times 10^{-2}$	2m	$1.59 \times 10^{-4}$	1	22.2h	$4.08 \times 10^{-4}$
4		过道	C1	$7.35 \times 10^{-2}$	4m	$3.98 \times 10^{-5}$	1/2	22.2h	$5.10 \times 10^{-5}$
5		贴棉滚筒包装线	C1	$7.35 \times 10^{-2}$	8m	$9.95 \times 10^{-6}$	1	22.2h	$2.55 \times 10^{-5}$
6		水检设备区	C1	$7.35 \times 10^{-2}$	10m	$6.37 \times 10^{-6}$	1	22.2h	$1.63 \times 10^{-5}$
7		压板输送线	C1	$7.35 \times 10^{-2}$	20m	$1.59 \times 10^{-6}$	1	22.2h	$4.08 \times 10^{-6}$
8		KG2500D-163-17型大型柜式 X 光机	C1	$7.35 \times 10^{-2}$	20m	$1.59 \times 10^{-6}$	1	22.2h	$4.08 \times 10^{-6}$
9		厂区道路	C1	$7.35 \times 10^{-2}$	30m	$7.08 \times 10^{-7}$	1/8	22.2h	$2.27 \times 10^{-7}$
10	西北侧	钎焊托盘回转线	D1	$4.36 \times 10^{-2}$	4m	$2.36 \times 10^{-5}$	1	22.2h	$6.05 \times 10^{-5}$
11	东北侧	氦检区	E1	$7.35 \times 10^{-2}$	4m	$3.98 \times 10^{-5}$	1	22.2h	$1.02 \times 10^{-4}$
12		贴棉滚筒包装线	E1	$7.35 \times 10^{-2}$	6m	$1.77 \times 10^{-5}$	1	22.2h	$4.53 \times 10^{-5}$
13		配电室	E1	$7.35 \times 10^{-2}$	11m	$5.26 \times 10^{-6}$	1/8	22.2h	$1.69 \times 10^{-6}$
14		卫生间	E1	$7.35 \times 10^{-2}$	11m	$5.26 \times 10^{-6}$	1/8	22.2h	$1.69 \times 10^{-6}$
15		水检烘干区	E1	$7.35 \times 10^{-2}$	12m	$4.42 \times 10^{-6}$	1	22.2h	$1.13 \times 10^{-5}$
16		综合楼(宿舍)	E1	$7.35 \times 10^{-2}$	40m	$3.98 \times 10^{-7}$	1	22.2h	$1.02 \times 10^{-6}$
17		综合楼(食堂)	E1	$7.35 \times 10^{-2}$	40m	$3.98 \times 10^{-7}$	1	22.2h	$1.02 \times 10^{-6}$

**表 11-7 本项目 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机铅房周围公众年剂量估算一览表**

序号	方位	保护目标	对应关注点	对应关注点处周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	对应计算点至关注点距离(m)	计算点处周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	年曝光时间(h)	年受照剂量( $\text{mSv/a}$ )
----	----	------	-------	-----------------------------------	----------------	---------------------------------	------	----------	-------------------------

			点		点距 离(m)				
1	东南侧	9#线打磨区	A2	$6.19 \times 10^{-2}$	2m	$1.34 \times 10^{-4}$	1	22.2h	$3.44 \times 10^{-4}$
2		厂区道路	A2	$6.19 \times 10^{-2}$	15m	$2.38 \times 10^{-6}$	1/8	22.2h	$7.63 \times 10^{-7}$
3		宜宾高新技术产业园区产教融合实训基地道路	A2	$6.19 \times 10^{-2}$	40m	$3.35 \times 10^{-7}$	1/8	22.2h	$1.07 \times 10^{-7}$
4	西南侧	上下料区	C2	$8.66 \times 10^{-2}$	3m	$8.34 \times 10^{-5}$	1	22.2h	$2.14 \times 10^{-4}$
5		过道	C2	$8.66 \times 10^{-2}$	8m	$1.17 \times 10^{-5}$	1/2	22.2h	$1.50 \times 10^{-5}$
6		厂区道路	C2	$8.66 \times 10^{-2}$	15m	$3.34 \times 10^{-6}$	1/8	22.2h	$1.07 \times 10^{-6}$
7		生产车间一	C2	$8.66 \times 10^{-2}$	30m	$8.34 \times 10^{-7}$	1	22.2h	$2.14 \times 10^{-6}$
8	西北侧	压板输送线	D2	$6.19 \times 10^{-2}$	4m	$3.35 \times 10^{-5}$	1	22.2h	$8.59 \times 10^{-5}$
9		成品区	D2	$6.19 \times 10^{-2}$	26m	$7.93 \times 10^{-7}$	1	22.2h	$2.03 \times 10^{-6}$
10		包材区	D2	$6.19 \times 10^{-2}$	24m	$9.31 \times 10^{-7}$	1	22.2h	$2.39 \times 10^{-6}$
11	东北侧	水检设备区	E2	$8.66 \times 10^{-2}$	4m	$4.69 \times 10^{-5}$	1	22.2h	$1.20 \times 10^{-4}$
12		贴棉滚筒包装线	E2	$8.66 \times 10^{-2}$	6m	$2.09 \times 10^{-5}$	1	22.2h	$5.34 \times 10^{-5}$
13		5#线打磨区	E2	$8.66 \times 10^{-2}$	20m	$1.88 \times 10^{-6}$	1	22.2h	$4.81 \times 10^{-6}$
14		KG2400D-163-17型大型柜式 X 光机	E2	$8.66 \times 10^{-2}$	20m	$1.88 \times 10^{-6}$	1	22.2h	$4.81 \times 10^{-6}$
15		氦检区	E2	$8.66 \times 10^{-2}$	25m	$1.20 \times 10^{-6}$	1	22.2h	$3.08 \times 10^{-6}$
16		配电室	E2	$8.66 \times 10^{-2}$	30m	$8.34 \times 10^{-7}$	1/8	22.2h	$2.67 \times 10^{-7}$
17		卫生间	E2	$8.66 \times 10^{-2}$	30m	$8.34 \times 10^{-7}$	1/8	22.2h	$2.67 \times 10^{-7}$
18		水检烘干区	E2	$8.66 \times 10^{-2}$	30m	$8.34 \times 10^{-7}$	1	22.2h	$2.14 \times 10^{-6}$

根据表 11-6~11-7 估算结果可知，本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机铅房周围公众年有效剂量最大为  $4.08 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ；本项目 KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机铅房周围公众年有效剂量最大为  $3.44 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量约束值低于 0.1mSv 的要求。

考虑 2 台设备同时运行可能会出现剂量叠加的情况，为保守估算：分别取 2 台设备周围最大剂量率关注点东南侧 5#打磨区和 9#打磨区进行叠加计算，其最大年有效剂量为  $5.86 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量约束值低于 0.1mSv 的要求。

### 11.2.6 “三废”影响分析

#### 1、废气影响分析

本项目大型柜式 X 光机的最大管电压、管电流分别为 160kV、3mA，依据 0.6kV 以上

的 X 射线能使空气电离,会产生少量臭氧和氮氧化物,因此该项目 X 射线会与空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 34m<sup>3</sup>, KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 38 m<sup>3</sup>,顶部均设有排风装置,排风口位于铅房顶棚北侧上方,正常情况装置通风量为 300m<sup>3</sup>/h,每小时排风次数分别约为 8 次和 7 次。排出的少量臭氧和氮氧化物再经厂区废气收集管道收集后,最终通过 15m 高排气筒高空排放,避开了人员活动聚集区。可满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)第 6.1.10 条款“探伤室应设置机械通风装置,排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求,不会形成局部聚集,且臭氧在短时间内会自动分解为氧气,对大气环境基本没有影响。

## 2、废水

辐射工作人员均来自公司现有人员,不涉及新增生活污水,现有生活污水经厂区污水处理设施处理达标后纳管排放,不对周围水环境造成影响。

## 3、固体废物

辐射工作人员均来自公司现有人员,经公司收集后交由当地环卫部门统一清运。

## 11.3 环境影响风险分析

### 11.3.1 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素,以及项目在建设、运营期间可能发生的事故(一般不包括自然灾害与人为破坏),引起有毒、有害(本项目为电离辐射)物质泄漏,所造成的环境影响程度和人身安全损害程度,并提出合理可行的防范、应急与减缓措施,以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

### 11.3.2 风险识别

大型柜式 X 光机不运行不存在辐射安全事故,也不存在影响辐射环境质量事故,大型柜式 X 光机只有在开机运行状态下才会产生 X 射线,因此,环境风险因子为 X 射线。

### 11.3.3 源项分析及事故等级分析

大型柜式 X 光机发出 X 射线使空气电离产生臭氧,臭氧经通风设施换气、稀释,对大气环境基本无影响,故本项目大型柜式 X 光机可能发生的风险事故中,其风险因子主要为

X 射线。

按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-8 中。

表 11-8 项目的环境风险物质、因子、潜在危害及事故等级表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104—2017），受照后早期可参照表 11-9 作出初步分度诊断。

表 11-9 骨髓型急性放射病初期临床反应及受照射剂量范围参考值

分度	初期表现	照射后 1d~2d 淋巴细胞绝对数最低值×10 <sup>9</sup> /L	受照射剂量范围参考值 Gy
轻度	乏力、不适、食欲减退	1.2	1.0~2.0
中度	头昏、乏力、食欲减退、恶心，1h~2h 后呕吐、白细胞数短暂上升后下降	0.9	2.0~4.0
重度	1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降	0.6	4.0~6.0
极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降	0.3	6.0~10.0

### 11.3.4 事故类型

本项目主要存在事故工况：

①人员未全部撤出铅房，操作人员违反操作规程启动大型柜式 X 光机，造成铅房内滞留人员被误照，引发辐射事故。

②安全联锁装置或声光报警系统发生故障，大型柜式 X 光机工作时无关人员打开铅房防护门误入铅房造成人员被误照射，引发辐射事故。

③由于门-机联锁装置失效，防护门未完全关闭或射线装置工作时门被开启，射线装置仍能开机出束，造成大量射线外泄，对防护门外活动的工作人员及公众产生较大剂量照射。

④大型柜式 X 光机在检修时，未采取断电作业，误启动开关，造成有关人员被误照，引发辐射事故。

### 11.3.5 事故后果计算

当大型柜式X光机处于出束状态时，假如有关人员滞留于机房内，可能会对相关人员造成严重的放射损伤或超剂量照射。由于式（1）计算可知，本项目大型柜式X光机主射线束1m处辐射剂量率为 $3.66 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$ 。在无屏蔽设施情况下，对距X射线辐射源不同距离、不同接触时间下的受照剂量进行估算。与源点不同距离上X射线吸收剂量率可由下式估算。

$$D = D_0 / R^2 \quad (6)$$

式中：

$D$ —距焦点 $R$ 处的X射线的吸收剂量率（Gy/h）；

$D_0$ —距焦点1m处泄漏辐射空气比释动能率（Gy/h）；

$R$ —估算点与设备焦点的距离，m。

$$E = D \cdot W_T \cdot W_R \cdot T \quad (7)$$

式中：

$E$ —受照人员的有效剂量（Gy）；

$D$ —距焦点 $R$ 处的X射线的吸收剂量率（Gy/h）；

$T$ —受照时间（h）；

$W_T$ —组织权重因数，本项目取1；

$W_R$ —辐射权重因数，本项目取1。

根据（6）和（7），将与电子加速器源点不同距离的 X 射线吸收剂量的估算结果列于表 11-10。

表11-10 事故情况下不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位：Gy

与源点距离	受照时间			
	10s	30s	1min	2min
1m	0.01	0.03	0.06	0.12
1.5m	0.005	0.014	0.027	0.054

2m	$2.54 \times 10^{-3}$	$7.63 \times 10^{-3}$	$1.53 \times 10^{-2}$	$3.05 \times 10^{-2}$
----	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

事故情景假设：

由于大型柜式X光机只有在开机的状态下才会产生X射线，一旦发现有人员误入，只要关闭电源或误入人员启动紧急逃逸装置即可解除辐射事故，本项目在西南内墙上安装“紧急停机按钮”，因此，在正常情况下处理大型柜式X光机辐射事故的时间较短，整个处理时间约30s。

事故后果：由表11-10可以看出，铅房内误入人员在距离靶1m处停留10s，其所受有效剂量为0.01Gy/次，低于标准规定的轻度限值。

根据上述情况及其事故结果，若本项目发生辐射事故，最大可能辐射事故为一般辐射事故。随着照射时间的增加，有可能造成事故等级升级。本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源、立即按下紧急停机按钮，停止射线装置。公司在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

### 11.3.6 事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设单位严格执行以下风险预防措施：

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定完善的辐射安全规章制度并有专人监督核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(2) 凡涉及射线装置操作，必须有明确的操作规程，操作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(3) 每天检查铅房内的监控系统、门机联锁装置、门灯联锁装置、声光报警装置、通排风系统和固定式辐射剂量监测仪，确保一切正常并安全的情况下，射线装置才能进行照射。

(4) 在每一次测试前，操作人员都应该确认铅房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，才能开始测试工作。

(5) 建设单位所有辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

### 11.3.7 事故应急措施

假若本项目发生了辐射事故，公司应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) 当大型柜式X光机发生意外事故时，应立即关机断电。并对相关受照人员送至专业医院进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应救护措施，再对仪器设备、设施进行性能检测，确定其状态。

(2) 一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案并采取必要的防范措施。发生辐射事故时，应立即向公司领导及生态环境、公安和卫生部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。由辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，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。

(3) 事故发生后，应立即安排受辐照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员报告情况，以利于估算受照剂量，判定事故等级，提出控制措施，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

(4) 迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

(5) 事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

## 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

#### 12.1.1 机构设置

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》、《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训考核工作有关事项的通知》等有关法律法规要求，使用II、III类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，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；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。

宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司拟成立以公司负责人为组长的辐射安全与环境保护领导小组，并配备1名专职辐射安全管理人员，统筹管理整个企业的辐射安全工作。领导小组主要工作职责为：具体负责单位的辐射防护安全管理的日常管理，制定与实施辐射防护管理制度，定期开展辐射工作场所的防护检测，组织辐射工作人员的辐射防护法规与知识培训、职业健康检查和个人剂量监测等。

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 根据生态环境部《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》（2019年，第57号）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）自主培训并参加考核取得成绩单，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

(2) 辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满75周岁，或者停止辐射工作30年；职业健康档案应终生保存。

(3) 辐射工作人员的职业健康档案记录、人员辐射安全与防护考核成绩单、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一。

本项目拟配备2名辐射工作人员，建设单位应及时安排人员参加辐射防护知识考

核、岗前体检和个人剂量监测工作。

## 12.2 辐射安全档案资料管理和规章制度

### 1、档案管理分类

公司应对相关资料进行分类归档放置，包括以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”。

### 2、辐射安全管理规章制度及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008年修改）（环境保护部第3号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）的相关管理要求，射线装置的使用单位应当具备有健全的操作规程、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、监测方案等。并根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知（川环函[2016]1400号）的相关要求，将建设单位需要制定的列于表12-1。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	检查项目	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构	拟制定	要求把本项目纳入管理
2	操作规程	拟制定	根据本项目设备情况，更新操作规程
3	辐射安全和防护设施的维护与维修制度 (包括机构人员、维护维修内容与频度)	拟制定	要求把本项目纳入管理
4	场所及环境监测方案	拟制定	要求把本项目纳入管理
5	监测仪表使用管理制度	拟制定	要求把本项目纳入管理
6	辐射工作人员培训/再培训管理制度	拟制定	本项目辐射工作人员应按制度 严格执行
7	辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定	
8	辐射工作人员岗位职责	拟制定	
9	射线装置台帐管理制度	拟制定	要求把本项目纳入管理
10	质量保证大纲和质量控制检测计划	拟制定	要求把本项目纳入管理
11	辐射事故应急预案	拟制定	应做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备，并将本项目射线装置纳入应急适用范围。

目前建设单位拟制定：《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全管理部门职责》、《辐射安全管理规定》、《大型柜式 X 光机操作规程》、《辐射安全和防护设施维护

维修》、《射线装置管理》、《辐射工作场所监测》、《监测仪表与校验使用管理》、《辐射工作人员培训》、《辐射工作人员个人剂量管理》、《辐射事故应急预案》等。其中《辐射安全管理规定》、《辐射工作人员岗位职责》和《辐射事故应急预案》等制度。

建设单位需根据具体实践过程中出现的问题对原有规章的不足之处进行及时修订，以更适应后期运行需求，并且指定专门的人员监督各相关部门和人员对规章制度的执行情况。建设单位定期对设备操作人员进行培训，强化操作人员的辐射安全意识。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

### 3、需要上墙的规章制度

（1）《辐射安全管理规定》、《辐射工作人员岗位职责》、《大型柜式 X 光机操作规程》和《辐射事故应急预案》应悬挂于辐射工作场所。

（2）上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

## 12.3 辐射安全许可证发放条件对照分析

结合《辐射安全许可证发放条件》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原环保部第 31 号令，2021 年修订），将本项目采取的辐射安全防护措施列于表 12-2。

表 12-2 《辐射安全许可证》发放条件与本项目评价结果

序号	原环保部第 31 号令要求	项目实际情况	评价结果
1	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	公司已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，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	满足要求
2	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	公司需尽快组织未考核辐射工作人员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	人员通过考核后，满足要求
3	射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	公司需配置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等	配置后满足要求
4	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	公司需配备便携式 X-γ 辐射监测仪、需配备个人剂量报警仪	配备后满足要求

	报警仪、辐射测量仪器等。		
5	有健全的操作规程、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、监测方案	公司拟制定各项规章制度	满足要求
6	有完善的辐射事故应急措施	公司拟制定有制定应急响应程序，需补充本项目辐射事故应急措施	满足要求

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用II类射线装置的许可条件。

建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。

## 12.5 辐射监测

### 1、工作场所监测

年度监测：公司每年应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

自主验收监测：公司在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展1次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

### 2、监测内容和要求

(1) 监测内容：X-γ辐射剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-3 工作场所监测计划建议

设备名称	监测项目	监测类别及周期	监测点位
大型柜式 X 光机	X-γ 辐射剂量率	验收监测 1 次	操作位，防护门及门缝、管线穿墙孔洞、铅房四周、车间等。
		委托有资质的单位进行监测，频率为 1 次/年	对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，每年 1 次； 在射线装置每次检修后，对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测 1 次。

	自行开展辐射监测，建议监测周期为1次/季度	制定定期监测制度，监测数据存档。
--	-----------------------	------------------

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①落实辐射剂量监测仪器使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与公司监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/校核；

②使用的监测仪器的最大能量响应不能低于大型柜式 X 光机的最大能量；

③采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

④完善辐射工作场所环境监测管理制度。

此外，公司需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

### 3、个人剂量检测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

公司须严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求配发个人剂量计，要求辐射工作人员正确配戴个人剂量计，每季度由专人负责回收后交由有资质的检测单位进行检测，按照要求建立个人剂量档案，并将个人剂量档案终生保存。对于每季度检测数值超过1.25mSv的，公司要及时进行干预，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人剂量检测数值超过5mSv，公司应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过20mSv，应立即开展调查并报告辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故应急处置程序。个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

### 12.6 年度监测报告情况

公司应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安

全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。公司应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。公司必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

## 12.7 辐射事故应急

公司应根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性核素与射线装置安全与防护条例》、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，制定《辐射事故应急预案》，以加强对公司对射线装置的安全管理，预防辐射事故的发生、控制或减轻事故后果。

环评要求：公司应充分结合本项目放射源及射线装置的使用情况，依据国家相关法律法规和标准，使制定出来的应急预案具有操作性和可行性。公司应充分考虑到运行中可能出现的辐射事故，对大型柜式 X 光机使用过程中的事故性出束、人员误入、急停开关失灵、安全连锁系统失效等辐射事故，提出针对性应急措施。同时应加强辐射事故应急预案的演练，提高事故应急处置能力。辐射事故应急预案应报所在地区级生态环境主管部门备案。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源或按下急停开关，停止射线的产生；

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查；；

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失；；

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射；

⑤事故处理后应及时总结报告，公司对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单。对任何可能受到照射的人员所做的

辐射剂量估算结果；采取的任何纠正措施；分析事故的可能原因。为防止类似事件再次发生所采取的措施；

⑥对可能发生的辐射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。

事故应急预案应包括以下内容：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急人员的组织、培训以及应急；
- ③可能发生辐射事故类别与应急响应措施；；
- ④辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

发生辐射事故时，建设单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫健主管部门报告。

## 七、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表12-4：

表 12-4 项目环保竣工验收检查一览表

序号	项目		数量
1	实体防护设施	探伤屏蔽铅房	2 个
3		通风系统	2 套
4	控制台及安全联锁	钥匙控制	2 套
5		门机联锁	2 套
6		门灯联锁	2 套
7	警示装置	入口处机器工作状态指示灯	2 套
8		入口处电离辐射警示标志	2 个
		声光报警装置	2 个
9	紧急设施	紧急停机按钮	4 个
11		摄像监控系统	2 套
12	监测设备	便携式 X 射线辐射剂量仪	1 台
13		个人剂量报警仪	2 台
14		个人剂量计	2 个

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

（1）本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3 个月内完成本项目自主验收；

（2）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（3）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（4）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据环保部《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：

（1）建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other>）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；②验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

（5）建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#/pub-message>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报

送相关信息，并接受监督检查。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 项目概况

项目名称：宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司新建 2 台大型柜式 X 光机项目

建设单位：宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司

建设性质：新建

建设地点：四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间

本项目主要建设内容与规模情况如下：

公司拟在四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间，配备 2 台大型柜式 X 光机（由探伤铅房、X 射线装置管头组合体和操作台等组成）。2 台大型柜式 X 光机型号分别为 KG2400D-163-17、KG2500D-163-17，其分别位于二车间的 5#生产线和 9#生产线，2 台设备间的直线距离为 20m。2 台设备最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 3mA，主射方向朝下，操作台均位于探伤铅房西南侧。探伤工件为电池包直冷板，尺寸为 2500mm×1200mm×1.2mm。本项目 2 台大型柜式 X 光机，不涉及洗片、评片等，不产生危险废物，因此无需设置暗室、评片室与危废暂存间等。

### 13.2 本项目产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委第 6 次委务会通过 2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布 自 2024 年 2 月 1 日起施行），本项目属于“第一类鼓励类”中“六核能”中第 4 项内容，即“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

### 13.3 本项目选址合理性分析

本项目建设地址位于四川省宜宾市高新技术产业园区金润产业园 D2-05-1 地块厂房二车间，用地性质为工业用地，不新增土地。大型柜式 X 光机实体边界外 50m 评价范围内主要为厂区内车间及道路。本项目不在生态保护红线范围内，且项目选址周边均无自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区以及基本农田保护区、基本草原、森林公园、地质公园、重要湿地等敏感点存在。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射屏蔽措施后对周围公众的辐射影响较小，满足标准要求。从环境保护的角度，本项目的选址是合理的。

### 13.4 工程所在地区环境质量现状

根据四川致胜创科环境监测有限公司的监测报告，项目所在地的 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率背景值属于四川省正常天然本底涨落范围。

### 13.5 环境影响评价分析结论

#### （一）施工期环境影响分析

由于本项目大型柜式 X 光机为整体外购，自带防护铅房。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。

#### （二）营运期环境影响分析

##### （1）辐射环境影响

本项目投入运营后，职业人员与公众所受照射的年剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 剂量限值，也均低于职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a 的管理约束值。产生的 X 射线经墙体、防护屏蔽、距离衰减后，对机房外保护目标影响更小。

##### （2）大气环境影响

本项目大型柜式 X 光机的最大管电压、管电流分别为 160kV、3mA，依据 0.6kV 以上的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此该项目 X 射线会与空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 KG2400D-163-17 型大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 34m<sup>3</sup>，KG2500D-163-17 型大型柜式 X 光机大型柜式 X 光机屏蔽铅房整体体积约为 38 m<sup>3</sup>，顶部均设有排风装置，排风口位于铅房顶棚北侧上方，正常情况装置通风量为 300m<sup>3</sup>/h，每小时排风次数分别约为 8 次和 7 次。排出的少量臭氧和氮氧化物再经厂区废气收集管道收集后，最终通过 15m 高排气筒高空排放，避开了人员活动聚集区。可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.10 条款“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，不会形成局部聚集，且臭氧在短时间内会自动分解为氧气，对大气环境基本没有影响。

##### （3）废水环境影响

本项目运行后，项目产生的废水主要为生活污水。生活污水主要为工作人员办

公生活污水和洗手冲厕废水。生活污水排入园区预处理池处理后排入市政污水管网，对环境的影响小。

#### (4) 声环境影响

本项目噪声源主要为空调和排风机噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过65dB（A），通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准要求。

#### (5) 固废环境影响

运营期产生的少量生活垃圾纳入园区生活垃圾收集、清运系统，由市政部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

### 13.6 事故风险与防范

公司拟制定的辐射事故应急预案和安全规章制度经补充和完善后可行，应认真贯彻落实，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

### 13.7 环保设施与保护目标

公司落实本报告表提出的环保措施后，可使本次环评中确定的所有保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

### 13.8 公司辐射安全管理的综合能力

建设单位拟按照环评要求以及川环函〔2016〕1400号等文件要求，成立了以公司主要领导为委员的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件明确机构成员组成，成员职责，应制定完善一整套辐射安全管理制度，并且指定专门的人员监督各相关部门和人员对规章制度的执行情况。建设单位应按照项目的实际情况，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度，建立辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练。在落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备本项目辐射安全管理的综合能力。

### 13.9 项目环保可行性结论

宜宾纵贯线科技股份有限公司叙州分公司新建2台大型柜式X光机项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。在切实落实本报告表中规定的防护安全措施及各种规章制度后，从环境保护角度考虑本项目是可行的。

### 13.10 建议和承诺

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

3、公司应严格执行辐射工作人员学习考核制度，组织辐射工作人员、相关管理人员到生态环境部网上学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。

4、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前在核安全申报系统中进行报送，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育学习考核情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。

5、按照《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化处理。

6、建设单位必须在全国核技术利用辐射安全申报系统中实施申报登记。申领、延续、更换《辐射安全许可证》、新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

## 表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人

年 月 日  
公章

审批意见

经办人

年 月 日  
公章