

# 核技术利用建设项目

厦门市协同兴机械制造有限公司

1 台 X 射线数字成像检测系统

项目环境影响报告表

(公示版)

厦门市协同兴机械制造有限公司

2025年6月



# 核技术利用建设项目

厦门市协同兴机械制造有限公司

1 台 X 射线数字成像检测系统

项目环境影响报告表

(公示版)

建设单位名称：厦门市协同兴机械制造有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：钟清海

通讯地址：厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路 19 号

邮政编码：\*\*\*

联系人：\*\*\*

电子邮箱：\*\*\*

联系电话：185\*\*\*



# 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.....	11
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	22
表 10 辐射安全与防护.....	28
表 11 环境影响分析.....	37
表 12 辐射安全管理.....	47
表 13 结论与建议.....	54
附件 1 委托书（已删除）	
附件 2 环境现状监测报告（已删除）	
附件 3 宇宙射线响应值监测报告（已删除）	
附件 4 检测资质（已删除）	
附件 5 管理制度（已删除）	
附件 5-1 关于成立辐射防护领导小组的通知（已删除）	
附件 5-2 辐射防护和安全管理制度的（已删除）	
附件 5-3 辐射工作岗位职责制度（已删除）	
附件 5-4 辐射环境监测计划（已删除）	
附件 5-5 辐射工作人员培训计划（已删除）	
附件 5-6 X 射线数字成像检测系统操作规程（已删除）	

附件 5-7 辐射安全和防护设施维护维修制度（已删除）

附件 5-8 射线装置使用台账管理制度（已删除）

附件 5-9 辐射个人剂量和健康管理制度（已删除）

附件 5-10 X 射线装置管理制度（已删除）

附件 5-11 射线装置使用登记册（已删除）

附件 5-12 射线装置维修/维护登记册（已删除）

附件 5-13 射线装置检测记录（已删除）

附件 5-14 辐射安全巡查记录表（已删除）

附件 5-15 射线装置停用或报废管理制度（已删除）

附件 5-16 辐射事故/事件应急预案（已删除）

**表1 项目基本情况**

建设项目名称		厦门市协同兴机械制造有限公司 1 台 X 射线数字成像检测系统项目			
建设单位		厦门市协同兴机械制造有限公司			
法人代表	钟清海	联系人	陈**	联系电话	185***
注册地址		厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路 19 号			
项目建设地点		厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路 15 号 7#厂房铸造车间北侧			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		96.6	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	27
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 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	/				
<b>项目概述</b>					
<b>1.建设单位情况</b>					
<p>厦门市协同兴机械制造有限公司（以下简称“协同兴公司”）成立于 2006 年 1 月 16 日，注册地址位于厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路 19 号，经营范围包括金属切削机床制造；金属成形机床制造；铸造机械制造；其他金属加工机械制造；其他未列明电力电子元器件制造；其他未列明电气机械及器材制造；经营各类商品和技术的进出口（不另附进出口商品目录），但国家限定公司经营或禁止进出口的商品及技术除外。</p>					
<b>2.目的和任务的由来</b>					
<p>为保证产品质量，厦门市协同兴机械制造有限公司根据生产需要，拟在厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路 15 号（位于厦门市协同兴机械制造有限公司购买的翔安区 X2010Y24 号地块，地块内房屋产权证编号为洪溪南路 15-25 号）7#厂房铸造车间北侧设置 1 间操作室，并购置 1 台 DRO Mu1 225 型 X 射线数字成像检测系统（自带铅屏蔽体），仅针对本公司铸造件进行无损检测。</p>					
<p>厦门市协同兴机械制造有限公司在福建省尚未开展核技术利用设备应用项目，本</p>					

次属于首次开展核技术利用建设项目。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》以及《建设项目环境保护管理条例》（国务院 682 号令）等法律法规，厦门市协同兴机械制造有限公司 1 台 X 射线数字成像检测系统项目应进行环境影响评价。

并根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部·国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日发布），厦门市协同兴机械制造有限公司使用的 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，使用 II 类射线装置应编制环境影响报告表。

因此，厦门市协同兴机械制造有限公司于 2025 年 3 月委托厦门云尚鲸落生态环境有限公司（以下简称“我公司”）对厦门市协同兴机械制造有限公司 1 台 X 射线数字成像检测系统项目进行环境影响评价工作（委托书见附件 1）。我公司接受委托后，组织技术人员于 2025 年 4 月对厦门市协同兴机械制造有限公司 1 台 X 射线数字成像检测系统项目工作场所防护情况和辐射工作人员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《厦门市协同兴机械制造有限公司 1 台 X 射线数字成像检测系统项目环境影响报告表》。

### 3.项目建设规模

本项目使用的 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统（自带铅屏蔽体），属于 II 类射线装置，详细情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置使用情况

序号	射线装置	型号	数量 (台)	最大管 电压 (kV)	最大管 电流 (mA)	类别	使用 场所	检测对象	备注
1	X 射线数字成像检测系统	DRO Mul 225	1	225	8	II 类	操作室	铸造件	定向机

### 4.项目选址及周边保护目标

本项目 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统位于厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路 15 号 7#厂房铸造车间北侧，7#厂房西北侧隔厂区道路和围墙为厦门美塑科技园，西南侧隔厂区道路为翔安内官变电站，东南侧隔厂区通道为协同兴公司 2#厂房、1#厂房和 4#厂房，东北侧隔厂区道路为宣凯科技产业园。

本项目 DRO Mu1 225 型 X 射线数字成像检测系统位于 7# 厂房铸造车间北侧的操作室，操作室西北侧为厂区道路、厦门美塑科技园，西南侧为热处理区，东南侧为厂房通道、毛坯仓等，东北侧为卫生间、机器人打磨间、厂房预留空地等；洪溪南路 15 号 7# 厂房精铸车间为一层建筑物，楼上楼下无建筑物，与其他生产区域相对独立，选址符合要求。

项目使用的 DRO Mu1 225 型 X 射线数字成像检测系统在工作过程中产生的 X 射线经自带铅屏蔽体屏蔽后并通过距离衰减，同时在协同兴公司各项辐射安全防护措施有效的条件下，对周边环境人员造成的辐射影响较小，本项目拟建辐射工作场所周边 50m 范围内无以居住、医疗卫生、文化教育、科研等为主要功能的环境影响敏感区域，故项目选址可行。

本项目现状照片见图 1-1，厂区平面图详见图 1-2。



图 1-1 周边现状照片

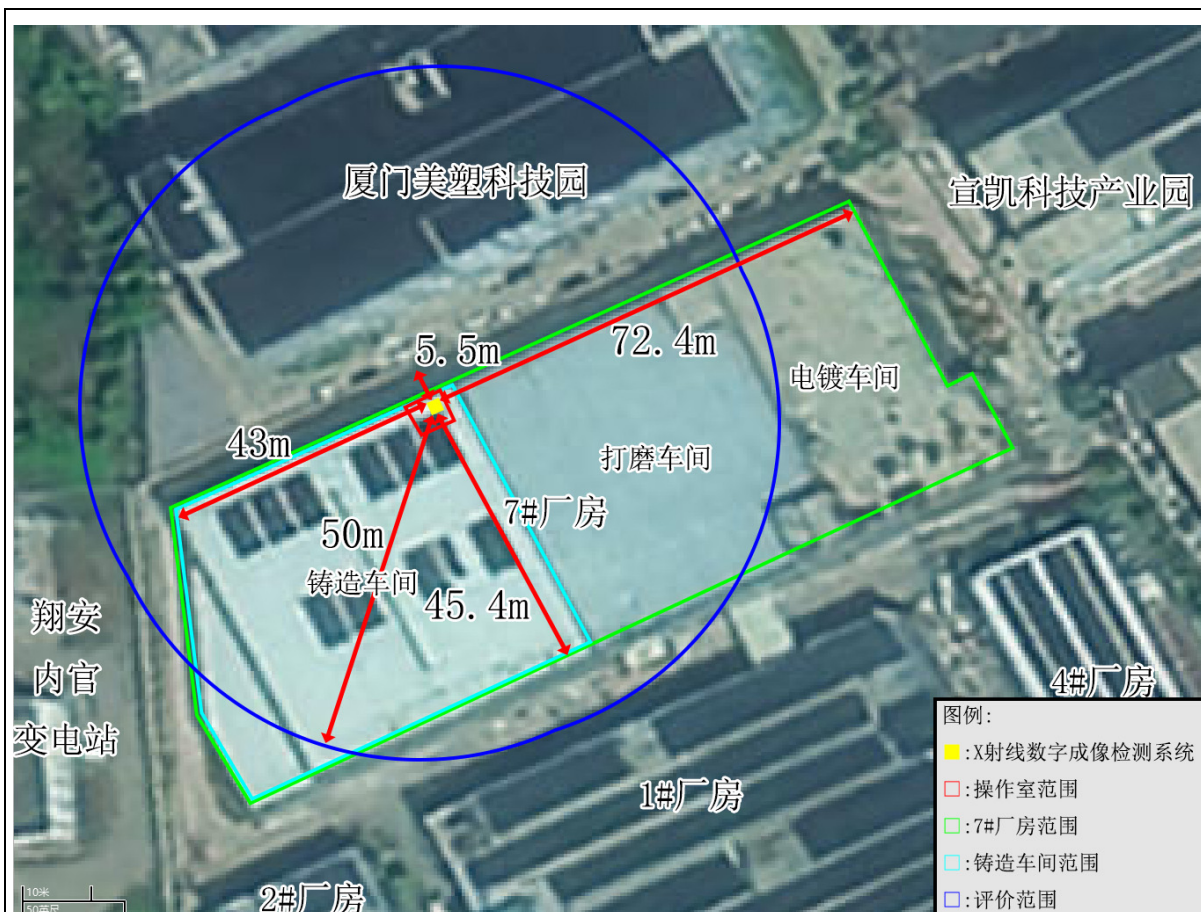


图 1-2 厂区平面布局示意图

## 5. 实践正当性分析

项目投入使用主要用于本单位铸造件进行无损检测，保证产品合格，符合辐射防护“实践的正当性”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。厦门市协同兴机械制造有限公司 1 台 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统项目实施后，经过无损检测检查可发现产品缺陷，能起到提前预防安全事故发生，在保证安全使用的同时，也创造了更大的经济效益和社会效益。

## 6. 国家产业政策符合性分析

本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的“第一类 鼓励类”——“十四、机械”——“1. 科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能

化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，因此本项目符合国家产业政策。

### 7.规划环评符合性分析

本项目位于厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路 15 号 7#厂房铸造车间北侧，属于厦门市翔安区下潭尾光电产业集中区。建设单位主体项目主要从事上部接线端子、静触头、下端子、触臂、高压导体、高压小壳体、阶梯连接套柱、熔断器帽耳螺栓、模具等电器机械配件的生产，为输配电及控制设备制造，根据《翔安区下潭尾光电产业集中区规划环境影响跟踪评价报告书》，厦门市翔安区下潭尾光电产业集中区的规划性质为厦门市翔安区重要的光电及配套产业、物流仓储及生活配套综合区，入驻项目应符合规划区产业定位、产业用地布局及土地利用功能等要求，建设单位主体工程与产业园区功能定位相符，本项目用于本单位铸造件进行无损检测，为主体工程的配套项目，故与《翔安区下潭尾光电产业集中区规划环境影响跟踪评价报告书》及其批复相符。

**表2 放射源**

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

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

**表3 非密封放射性物质**

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

**表4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线数字成像检测系统	II 类	1	DRO Mul 225	225	8	仅针对本单位铸造件进行无损检测	操作室	定向 (朝西南)


(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 ( $\mu\text{A}$ )	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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	微量	微量	/	无	环境中
氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	无	环境中

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

法规文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2014年4月24日修订，自2015年1月1日起施行；</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》，全国人民代表大会常务委员会，2018年12月29日修正，自2003年9月1日起施行；</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，中华人民共和国主席令 第六号，2003年10月1日起施行；</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第253号，2017年10月1日起施行（根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订）；</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院，2019年3月2日修订，自2005年12月1日起施行，2019年3月18日第二次修订；</p> <p>(6)《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部，中华人民共和国生态环境部令 第16号，自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许可管理办法》，国家环境保护总局，2021年1月4日修订，自2006年3月1日起施行；</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部，中华人民共和国环境保护部令 第18号，自2011年5月1日起施行；</p> <p>(9)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环境保护部，环发〔2012〕77号，2012年7月3日；</p> <p>(10)《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部 国家卫生和计划生育委员会，公告 2017年 第66号，自2017年12月6日起施行；</p> <p>(11)《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，环境保护部，国环规环评〔2017〕4号，自2017年11月22日起施行；</p> <p>(12)《产业结构调整指导目录（2024年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会，国家发展改革委令 第7号，自2024年2月1日起施行；</p> <p>(13)《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6日。</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》(GB 18871-2002);  (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》(HJ 10.1-2016);  (3)《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);  (4)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);  (5)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022);  (6)《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;  (7)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 本项目委托书;  (2) 厦门市协同兴机械制造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**

**评价范围**

参考《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)中环境影响报告书相关要求,即“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)”,结合本项目特点,本项目的评价范围为 X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体外 50m 的范围,评价范围见图 1-2。

**保护目标**

根据对本项目周围环境的调查,本项目周边保护目标为 DRO Mu1 225 型 X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体外 50m 范围内的辐射工作人员及周边公众成员,项目辐射工作人员为 DRO Mu1 225 型 X 射线数字成像检测系统操作人员,公众成员为园区内其他工作人员等。本项目评价范围内的环境保护目标具体见表 7-1。

**表 7-1 主要环境保护目标一览表**

序号	点位描述	环境保护对象	方位及距离	人数	剂量约束值 (mSv/a)
1	操作室	辐射工作人员	X 射线数字成像检测系统四周区域	2 人	5
2	西北侧厂区道路	公众成员	西北侧: 0.7~5m	流动人群	0.25
3	西北侧厦门美塑科技园		西北侧: 5~50m	约 20 人	
4	西南侧热处理区等		西南侧: 3~50m	约 5 人	
5	东南侧厂房通道、毛坯仓等		东南侧: 2.6~48.1m	约 5 人	
6	东南侧厂区道路		东南侧: 48.1~50m	流动人群	
7	东北侧卫生间、机器人打磨间、厂房预留空地等		东北侧: 0.5~50m	约 5 人	

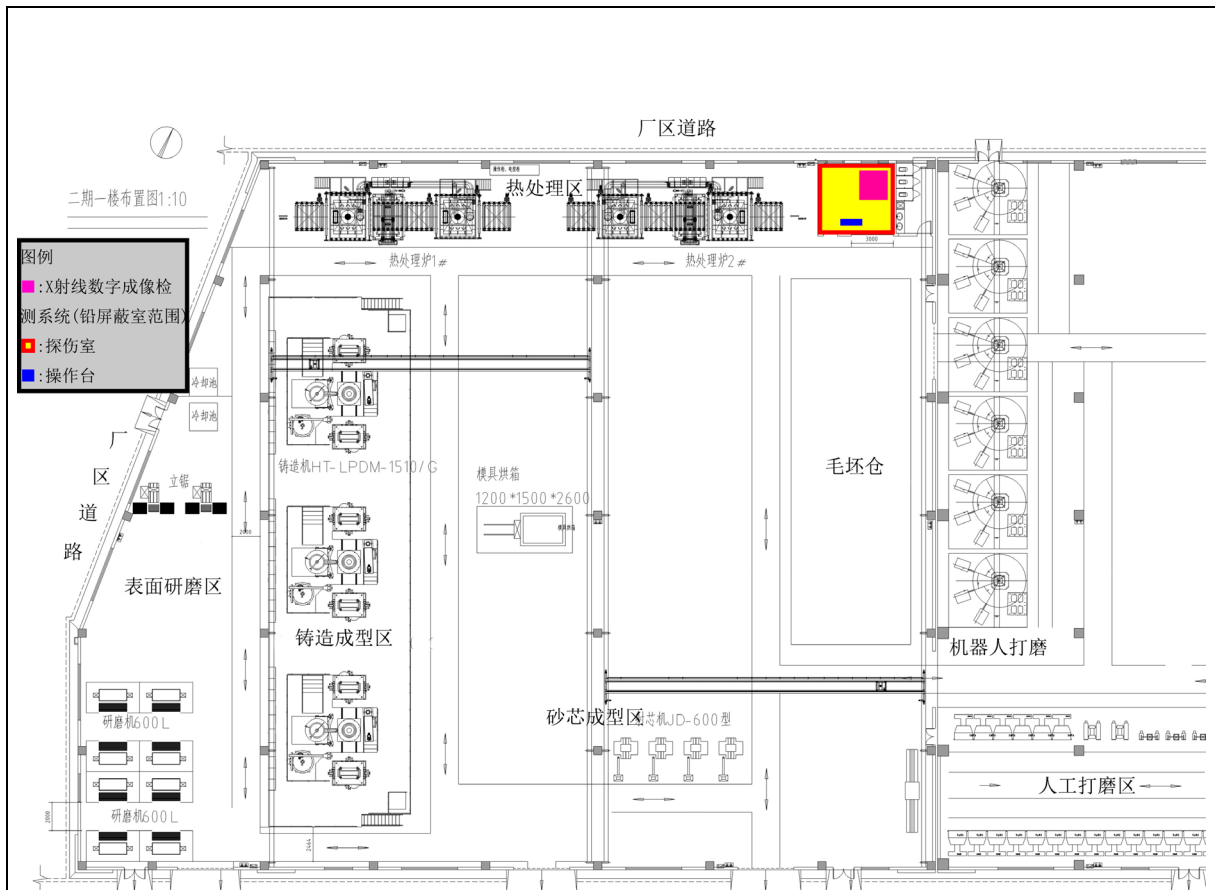


图 7-1 操作室四周情况示意图

## 评价标准

### 1. 剂量限值和剂量约束值

#### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

##### ① 职业照射剂量限值

应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

(A) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），  
20mSv；

(B) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

(C) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

(D) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

##### ② 公众照射剂量限值

(A) 年有效剂量，1mSv；

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

(C) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

(D) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

##### ③ 放射性残存物持续照射的剂量约束

(A) 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。

(B) 如果不存在其他照射的可能性，并且降低照射的经济代价太大，则在这种情况下经审管部门认可，可将剂量约束值放宽到 1mSv/a。

#### (2) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)

① 按照 GB 18871 的规定，对职业照射用年有效剂量评价。

② 当职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，并做进一步调查。本标准建议的年调查水平为有效剂量 5mSv，单周期的调查水平为 5mSv/（年监测周期数）。

③ 当放射工作人员的年个人剂量当量小于 20mSv 时，一般只需将个人剂量当量  $H_p(10)$  视为有效剂量进行评价，否则，估算人员的有效剂量；当人员的眼晶状体、皮肤和四肢的剂量有可能超过相应的年当量剂量限值时，给出年有效剂量的同时估算其年当

量剂量。

综上所述，本评价以不超过 5mSv 作为辐射工作人员年调查水平有效剂量，以不超过 0.25mSv 作为公众人员年剂量约束值。

## 2.剂量当量率控制水平

依据《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）及第 1 号修改单中的要求，本项目相关剂量当量率控制水平见表 7-2。

表 7-2 本项目相关剂量当量率控制水平

内容	项目	控制水平	标准名称
周围剂量当量率控制目标值	关注点最高周围剂量当量率参考控制水平	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）
剂量率参考控制水平	关注点最高剂量率参考控制水平	$\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《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
	关注点剂量率参考控制水平 <sup>注</sup>	$2.5\mu\text{Sv/h}$	

注：本项目关注点剂量率参考控制水平详见表 11-1。

## 3.辐射安全防护措施要求

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对工作场所辐射防护要求、安全装置和警示标志要求做了明确规定：

表 7-3 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）相关内容

相关条款	具体内容（节选，不适用于本项目的条款未给出）								
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 GBZ 128 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 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/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 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>管电压 kv</th> <th>漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;150</td> <td>&lt;1</td> </tr> <tr> <td>150~200</td> <td>&lt;2.5</td> </tr> <tr> <td>&gt;200</td> <td>&lt;5</td> </tr> </tbody> </table> 5.1.2 工作前检查项目应包括： a) 探伤机外观是否完好；	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
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								

	<p>b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；</p> <p>c) 液体制冷设备是否有渗漏；</p> <p>d) 安全联锁是否正常工作；</p> <p>e) 报警设备和警示灯是否正常运行；</p> <p>f) 螺栓等连接件是否连接良好；</p> <p>g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。</p> <p>5.1.3 X射线探伤机的维护应符合下列要求：</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>d) 应做好设备维护记录。</p>
<p>6.1 探伤室放射防护要求</p>	<p>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/T 250。</p> <p>6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871的要求。</p> <p>6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：</p> <p>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<math>\mu</math>Sv/周，对公众场所，其值应不大于5<math>\mu</math>Sv/周；</p> <p>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<math>\mu</math>Sv/h。</p> <p>6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：</p> <p>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；</p> <p>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<math>\mu</math>Sv/h。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>
<p>6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求</p>	<p>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。</p> <p>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-<math>\gamma</math>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。</p>

	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>
6.3 探伤设施的退役	<p>当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。</p> <p>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。</p>

#### 4. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单

重点引用：

3.1.1 探伤室墙和入口处周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周剂量当量（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（ $\dot{H}_{c,d}$ ）：人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

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

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

b) 关注点最高剂量率参考控制水平， $\dot{H}_{c,max}$ ： $\dot{H}_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$

c) 关注点剂量率参考控制水平， $H_c$ ： $H_c$  为上述 a) 中  $\dot{H}_{c,d}$  和 b) 中的  $\dot{H}_{c,max}$  二者的较小者。

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) 探伤室上方已建、拟建建筑物或者探伤室旁邻建筑物在自辐射源点到探伤室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）在该立体角区域内的高层建筑物中人员居留处，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,  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 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取为  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

### 3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽, 不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以  $0^\circ$  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

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

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外, 控制室和人员门应避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。

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

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

## 表8 环境质量和辐射现状

### 1.项目的地理和场所位置

本项目位于厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路15号7#厂房铸造车间北侧，地理位置示意图见图8-1。



图8-1 本项目地理位置示意图

### 2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

(1) 环境现状评价的对象：本次环境现状评价的对象为拟建辐射工作场所周边环境。

(2) 监测因子： $\gamma$  辐射空气吸收剂量率

(3) 监测点位：按《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)及《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中有关布点原则和方法，并结合本项目的实际情况，本项目辐射水平背景值监测点位见图8-2。



图 8-2 拟建辐射工作场所周边辐射水平背景值监测点位示意图

### 3. 监测方案、质量保证措施

#### (1) 监测方案

##### ① 监测单位

厦门亿科特检测技术有限公司

##### ② 监测时间及环境条件

监测时间：2025 年 4 月 15 日

天气情况：晴

温度：23.1℃

相对湿度：57.3%

##### ③ 监测方法

本次  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率现状检测方法依据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 及《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)。

##### ④ 检测仪器

本次监测仪器为高灵敏环境级便携式多功能辐射仪，该仪器由中国辐射防护研究院检定，仪器参数见表 8-1。

表 8-1 环境现状监测仪器及参数一览表

仪器名称	高灵敏环境级便携式多功能辐射仪
仪器型号	6150AD-b
设备编号	XMYKT/JLYQ-0098
生产厂家	AUTOMEES
测量范围	1nSv/h~99.9μSv/h（探头），0.1μSv/h~1Sv/h（主机）
能量响应范围	20keV~7MeV（探头），45keV~3MeV（主机）
检定证书编号	检字第〔2024〕-L0518
检定单位	中国辐射防护研究院
检定有效期	2024年7月8日-2025年7月7日
校准因子	Cs-137: 1.04(0.657μSv/h)

**(2) 质量保证措施**

①本项目监测单位厦门亿科特检测技术有限公司已通过资质认定，具备完整、有效的质量控制体系；

②根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）制定监测方案及实施细则，布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；

③监测仪器经计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，对仪器进行校验；

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

⑥建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据等全部保留，以备复查；

⑦监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑧监测报告严格实行三级审核制度，经过复核，最后由授权签字人签发。

**(3) 监测结果**

拟建辐射工作场所周边 γ 辐射空气吸收剂量率背景值监测结果见表 8-2，监测报告见附件 2。

表 8-2 拟建辐射工作场所周边  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景值监测结果

序号	测点名称	X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 ±标准偏差 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	监测工况
1	拟建操作室处 (室内)	***	环境背景值
2	西北侧园区道路 (室外)	***	
3	东北侧厕所 (室内)	***	
4	东南侧铸造车间通道 (室内)	***	
5	西南侧热处理区 (室内)	***	
6	东北侧机器人打磨车间 (室内)	***	
7	东南侧园区道路 (室外)	***	
8	西南侧园区道路 (室外)	***	

备注：测量时探头距离地面约 1m，监测方式为每个测量点测量十次，取平均值，监测结果均扣除宇宙射线响应值 33.99nGy/h。

#### 4.环境现状调查结果的评价

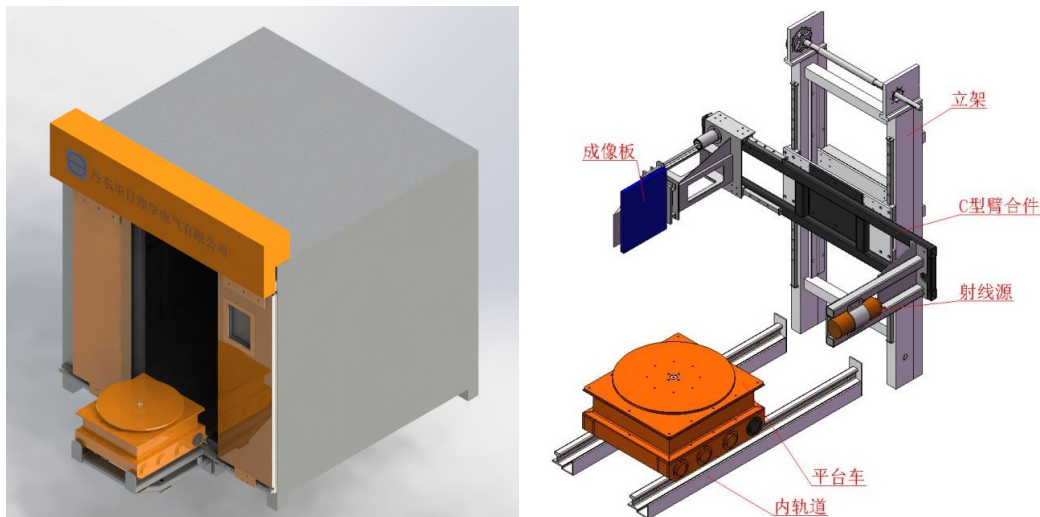
由表 8-2 的监测结果可知，拟建操作室及所在厂房周边环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果室内在 117nGy/h~145nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值）、室外在 94nGy/h~101nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值），处于当地天然本底水平涨落范围内（根据《中国环境天然放射性水平》给出已扣除宇宙射线响应值的检测结果，厦门市原野  $\gamma$  辐射剂量率范围为 72.7~85.6nGy/h，道路  $\gamma$  辐射剂量率范围为 78.2~129.4nGy/h，室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为 161.9~193.5nGy/h）。

**表9 项目工程分析与源项**

**工程设备和工艺分析**

**1.设备组成及参数**

本项目使用的 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统主要由 X 射线机系统、数字成像系统、图像采集及处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统及环境监视系统等构成。整体采用铅屏蔽体防护，铅屏蔽体有进料门，内部有监控摄像头，上部安装运行状态指示灯；运动机构主要包括 C 型臂和检测车，C 型臂可偏转、升降，C 型臂左端固定成像板，右端是射线管，检测车上固定检测平台，检测车可进出，检测平台可旋转，射线透照检测平台上的工件到数字成像板，数字成像板采集的图像传到计算机进行处理和显示。项目 X 射线数字成像检测系统外形及内部结构见图 9-1，主要技术指标见表 9-1。



**图 9-1 X 射线数字成像检测系统外形及内部结构图**

**表 9-1 X 射线数字成像检测系统主要技术指标**

型号	DRO Mul 225
最大管电压	225kV
最大管电流	8.0mA（大焦点），3.0mA（小焦点）
额定功率	800W/1800W
焦点尺寸（EN12543）	d=0.4mm/d=1.0mm
靶材	钨
射线辐射角	40° × 30°
固有滤波	0.8mm 铍
冷却水流量	≥4L/min

高压电缆长度	5m
重量	100kg
用途	无损检测

X 射线机系统主要由高频阴极高压发生器、控制单元、X 射线管以及高压电缆等组成，出束方式为定向型，有用线束自东北向西南。

①高频阴极高压发生器：适用于焦点 X 射线源的带控制栅极高频恒压发生器。具有管压稳定可控、频率为 40kHz、最小电压调节可达 0.1kV；高灵敏的栅极高压控制，管电流稳定可控；管压调整范围大，输出纹波小，穿透力强，成像清晰，可长时间连续工作等特点。

②控制单元：根据用户设置的射线管工作管压、管流。自动计算和调整灯丝电流、栅极电压、聚焦电流，偏转线圈电流等多项参数，使射线管能按照用户设定参数稳定工作，由电脑控制软件，路由器，多路精密数控电流源，管头接口模块，安全保护模块组成。

③X 射线管：为双焦点 X 射线管，常用 X 射线管结构示意见图 9-3。

④高压电缆：用于连接高频阴极高压发生器与控制单元，传输高压电。

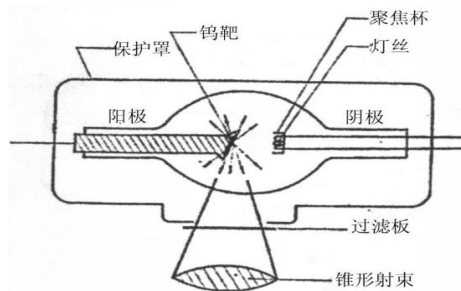


图 9-3 常用 X 射线管结构示意图

## 2.工作原理

X 射线数字成像检测系统是一种先进的工业无损检测设备，其工作原理基于数字射线成像（DR）技术。DR 射线检测与传统 X 射线检测原理相同，即利用 X 射线在介质中传播时的衰减特性，基于缺陷与被检件基体材料对 X 射线的衰减特性不同，记录并直接观测在其透过被检件后的射线强度，即可判断被检件表面或内部是否存在缺陷。唯一差异是以平板探测器替代传统胶片作为 X 射线接收转换装置，X 射线透过待检工件后衰减，探测器首先将入射 X 射线光子转换为电荷，然后读出每个像元的数字信号，所有像元的数字信号组成一张射线数字图像，通过图像处理软件在计算机上进行显示。图像处理软件具备多种图像处理功能，如边缘增强、锐化、伪彩色显示、实时缩放等，这些功

能可以提高图像的分辨率和灵敏度，帮助检测人员更清晰地识别被检件内部缺陷。

### 3. 工作流程及产污环节

本项目使用的 X 射线数字成像检测系统工作流程为：

- (1) 打开设备总电源，射线机电源，打开控制计算机和图像计算机。
- (2) 计算机开启后，打开图像处理软件，在图像软件上连接运动控制软件，打开控制软件，在控制软件上连接 PLC 和图像软件，确保软件之间通信状态正常。
- (3) 使设备满足初始化条件，切换为自动状态，点击初始化按钮，进行初始化。
- (4) 将待检工件放置在检测平台上，关闭铅门。
- (5) 再次确认各通信是否正常，切换为自动状态，选择待检工件对应的数据库，使设备满足自动检测条件，按下控制软件上的开始自动检测按钮，开始自动检测流程，此环节产生 X 射线、少量臭氧及氮氧化物。
- (6) 当数据库全部位置检测完成后，射线关闭，手动打开铅门取出检测完毕的工件，再次放置待检测工件，关闭铅门。
- (7) 此时再次点击自动检测按钮，将重新开始自动检测流程。
- (8) 重复 (5) ~ (7) 对相同数据库工件进行检测。
- (9) 设备使用完毕后，关闭控制软件和成像软件后关闭计算机，关闭射线机电源钥匙开关，待计算机关闭后再为整个系统断电。

X 射线数字成像检测系统工艺流程及产污环节示意图见图 9-4。

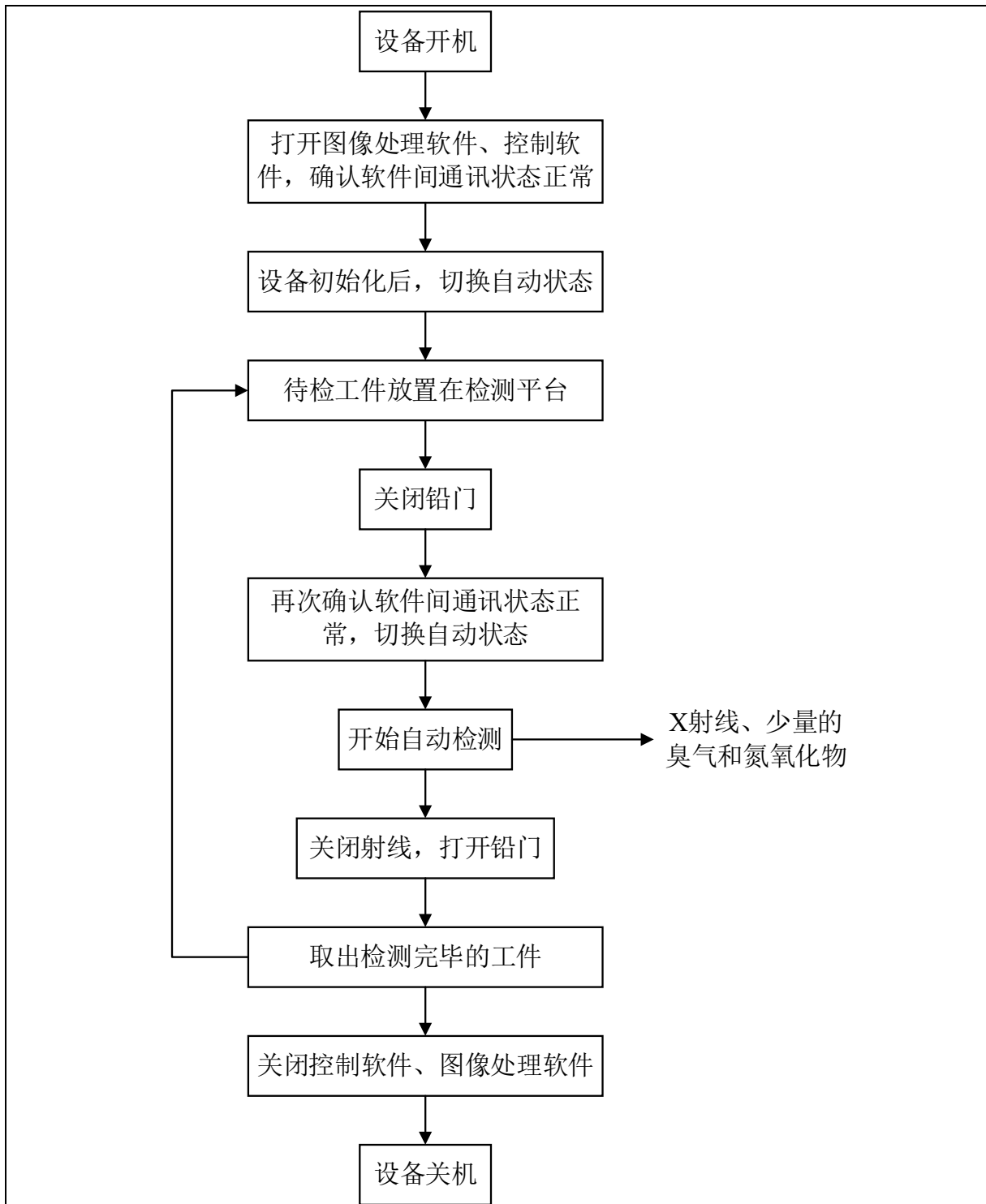


图 9-4 X 射线数字成像检测系统工作流程及产污环节示意图

#### 4.工作量预计

根据建设单位提供数据，每个铸造件从进入到离开 X 射线数字成像检测系统的时长约 1min，对每个铸造件曝光的时长约 30s。假设本项目 X 射线数字成像检测系统每天 8 小时不间断进行工件元器件无损探伤扫描，则每天曝光总时长  $8\text{h} \times (30 \div 60) = 4\text{h}$ ，每周工作 6 天，年工作 50 周，年最大曝光总时长为 1200h。

## 污染源项描述

### 1.建设阶段的污染源项

建设单位拟在厦门火炬高新区（翔安）产业区洪溪南路 15 号 7#厂房铸造车间北侧设置 1 间操作室，并购置 1 台 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统（自带屏蔽体），由厂家一体化设计并制造。本项目施工期主要是操作室建设中的墙体混凝土浇筑等施工活动。施工期主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

#### （1）废气

本项目的环境空气影响有扬尘，项目采用商品混凝土，少量散装水泥和建筑材料运输等施工活动将产生扬尘。如遇干旱无雨季节扬尘则更为严重。

#### （2）噪声

本项目产生噪声影响的主要是施工设备机械、运输、混凝土浇筑及现场处理等。施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

#### （3）废水

施工期废水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。本项目施工量小，施工废水产生量少。施工人员按 5 人计，根据《城市居民生活用水量标准（2023 年版）》（GB/T 50331-2002），每人每天产生生活污水按人均日用水量 120L 计，总计产生量为 0.6m<sup>3</sup>/d。

#### （4）固体废弃物

施工期的固体废弃物主要为建筑垃圾、施工人员产生的生活垃圾。

其工艺流程及产污环节见图 9-5。

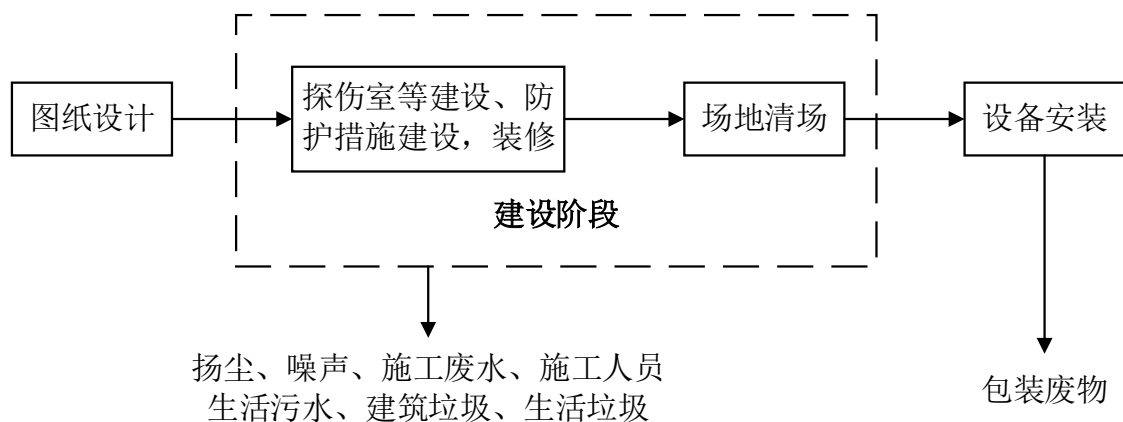


图 9-5 项目建设阶段工艺流程及产污环节示意图

## 2.运行阶段污染源项

### (1) 外照射源的强度

根据厂家提供数据，本项目 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统的最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA。

### (2) 正常工况

#### ①电离辐射

根据 X 射线数字成像检测系统的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的 X 射线数字成像检测系统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、放射性废水及放射性固体废物。因此，在开机曝光期间，X 射线是该项目的主要污染因子。

在 X 射线数字成像检测系统开机曝光期间，对工件进行无损探伤时，X 射线对辐射工作人员及监督区周边的其他人员造成影响。

#### ②废气

本项目拟使用的 1 台 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统最大管电压为 225kV，本项目运行时将产生极少量的臭氧和氮氧化物。

#### ③废水、固废

本项目采用数字成像技术，不产生废显（定）影液及废胶片。

### (3) 非正常工况

①X 射线数字成像检测系统在对工件进行检测的工况下，门-机连锁失效，致使防护门未完全关闭，致使 X 射线泄漏到铅屏蔽体外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；

②在设备连锁失效时出束，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射；

③X 射线数字成像检测系统在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

本项目 X 射线数字成像检测系统事故状态下污染源项同正常工况

**表10 辐射安全与防护**

**项目安全设施**

**1.工作场所布局和分区**

**(1) 工作场所布局**

项目 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统位于 7#厂房铸造车间北侧的操作室，操作室西北侧为厂区道路、厦门美塑科技园，西南侧为热处理区，东南侧为厂房通道、毛坯仓等，东北侧为卫生间、机器人打磨间、厂房预留空地等；洪溪南路 15 号 7#厂房精铸车间为一层建筑物，楼上楼下无建筑物，与其他生产区域相对独立，通过 X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体的有效屏蔽，不会对外环境人员造成影响，该项目的辐射工作场所布局是合理可行的。

**(2) 工作场所分区**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中“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。”“6.4.1.1 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。”和“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。”，项目将辐射工作场所分为控制区和监督区：

控制区：将 X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体内的区域划为控制区。

监督区：将 X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体外的操作室其他区域划为监督区。

本次辐射工作场所分区见表 10-1。

**表 10-1 本项目辐射工作场所分区**

序号	辐射工作场所	控制区	监督区
1	操作室	X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体内	X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体外的操作室其他区域

本项目 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统所在的操作室与其四周厂房内其他区域相对较为独立，在自带铅屏蔽体的屏蔽防护有效的条件下，不会对外环境人员造成影响，从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的辐射工作场所布局和分区是合理可行的。

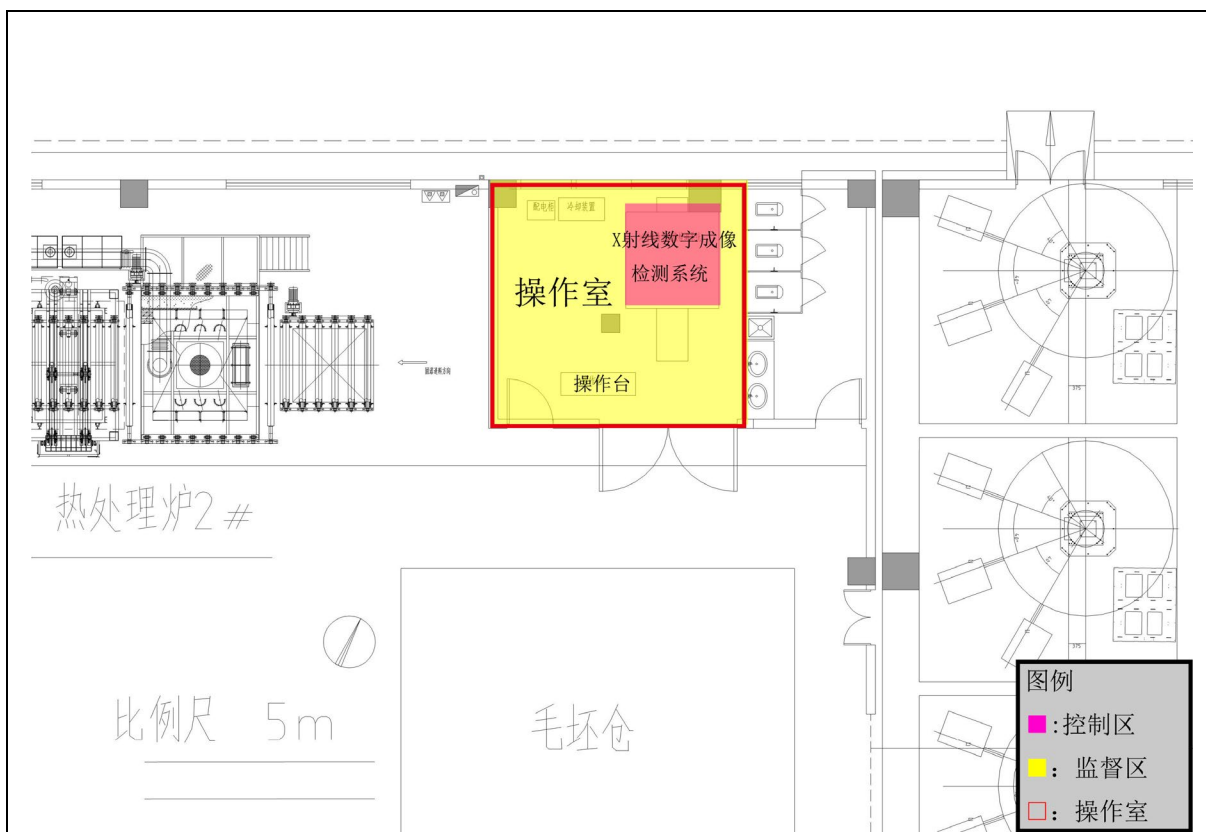


图 10-1 辐射工作场所分区图

## 2. 工作场所辐射安全和防护

### (1) 工作场所辐射屏蔽防护

本项目 DRO Mu1 225 型 X 射线数字成像检测系统的屏蔽体材料及厚度详见下表 10-2、图 10-2~图 10-3。

表 10-2 本项目 X 射线数字成像检测系统的屏蔽防护设计参数一览表

位置	屏蔽防护设计
尺寸	2016mm (长) × 1920mm (宽) × 2159mm (高)
西北侧	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板
东北侧	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板
东南侧	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板
西南侧	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板
顶部	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板
底部	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板
铅门	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板
出风口	8mm 铅板+3mm 钢板
走线口	8mm 铅板+3mm 钢板

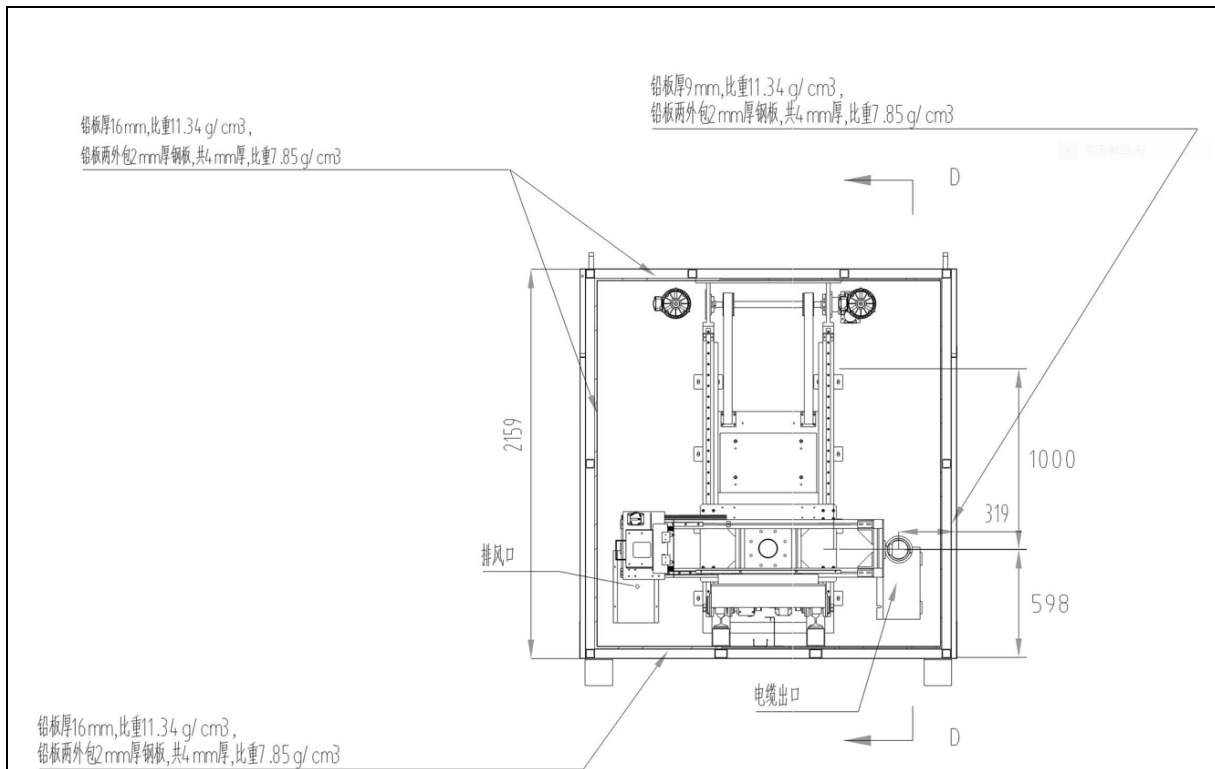


图 10-2 X 射线数字成像检测系统正视图

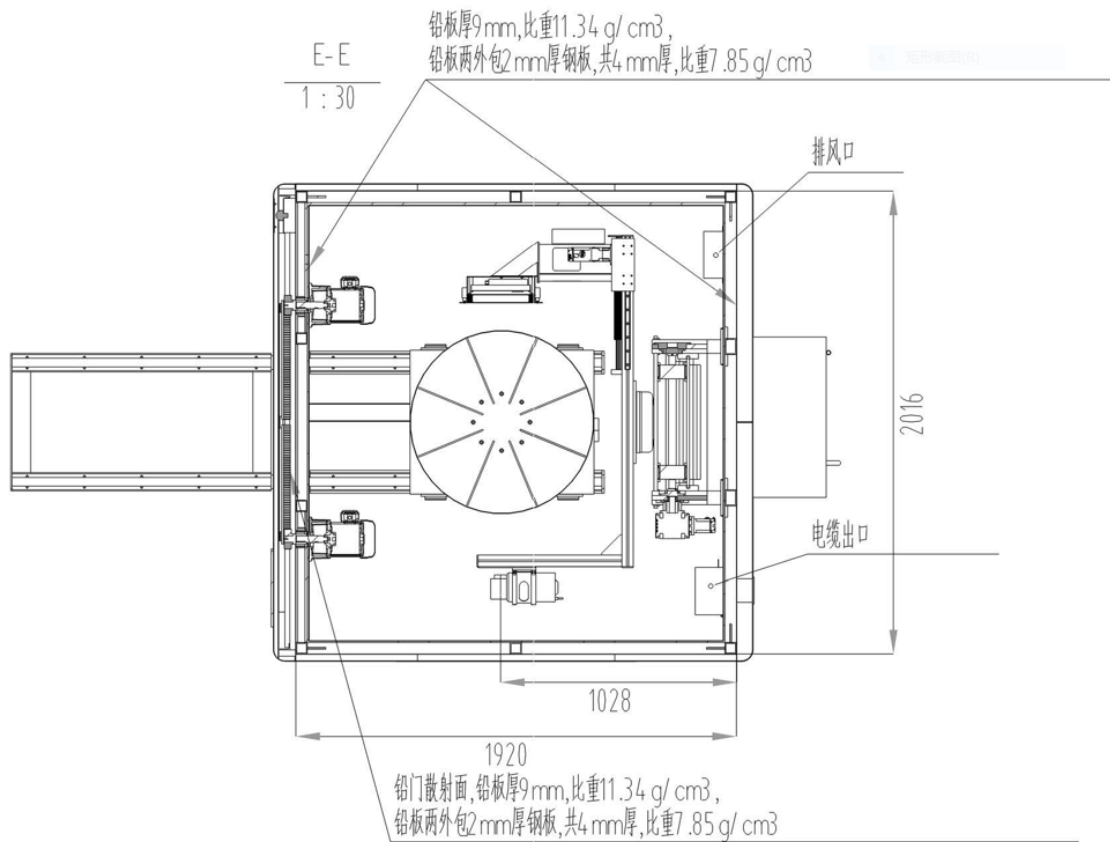


图 10-3 X 射线数字成像检测系统俯视图

## (2) 辐射工作场所拟采取的辐射安全措施

为确保辐射工作人员的工作环境和铅屏蔽体外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，本项目辐射工作场所拟设置多重安全防护措施，因本项目 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统为设备厂家批量一体化设计并建造，设备出厂时其电路、电控及屏蔽防护系统、警示灯均已建设完成，建设单位无法增加 X 射线数字成像检测系统上的外置设备，如设备出束时的声音提示装置等。此外，非维护保养情况下，人员不进入铅屏蔽体内部。拟设置的辐射安全措施具体如下：

### ①门-机联锁

X 射线数字成像检测系统拟设置了门-机连锁，当铅门未完全关闭的状态，不能启动高压发生器，在高压发生器开启状态下，铅门不能被打开。此外，在铅屏蔽体内部安装了铅门开关按键及急停按键，以防操作者误操作将人员关在铅屏蔽体内，方便铅屏蔽体内部的人员在紧急情况下离开铅屏蔽体，铅屏蔽体内的人员可先将内部急停开关按下（防止高压开启），再在内部将铅门打开。

### ②指示灯和声音提示装置

X 射线数字成像检测系统拟配备三色报警灯，绿色代表设备处于通电状态，黄色代表设备处于 X 射线“预备”状态，红色代表设备处于 X 射线“照射”状态和声音提示装置，指示灯和声音提示装置与 X 射线联锁。“预备”信号应持续足够长的时间。以确保操作室内人员安全离开，设备旁拟张贴说明标签及使用方法。

X 射线数字成像检测系统拟配备 1 套固定式辐射探测报警装置，其探头安装在铅门上方，显示器安装在操作台，便于操作位工作人员观察。

### ③紧急停机装置

X 射线数字成像检测系统在操作台东北侧和铅屏蔽体内南侧设置急停开关，以便辐射工作人员在日常检测工件时或维护保养状态下，发生紧急情况，按下急停开关即令设备停机，设备旁拟张贴说明标签及使用方法。

### ④视频监控设施

拟在 X 射线数字成像检测系统东北侧及所在操作室西南侧配置监视系统，可监视操作室内人员的活动和设备的运行情况。

### ⑤警告标志

拟在 X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体表面及所在操作室进出门张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明。

### ⑥通风系统

X 射线数字成像检测系统设有机械通风装置，排风机风量  $120\text{m}^3/\text{h}$ ，根据设备尺寸推算内部体积约  $9.11\text{m}^3$ ，每小时换气次数可达 13 次，符合参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，出风口设有铅板防护罩，最大程度上避免射线泄漏，防护厚度为 8mm 铅板+3mm 钢板，同时设备所在的操作室拟设置通风换气系统。

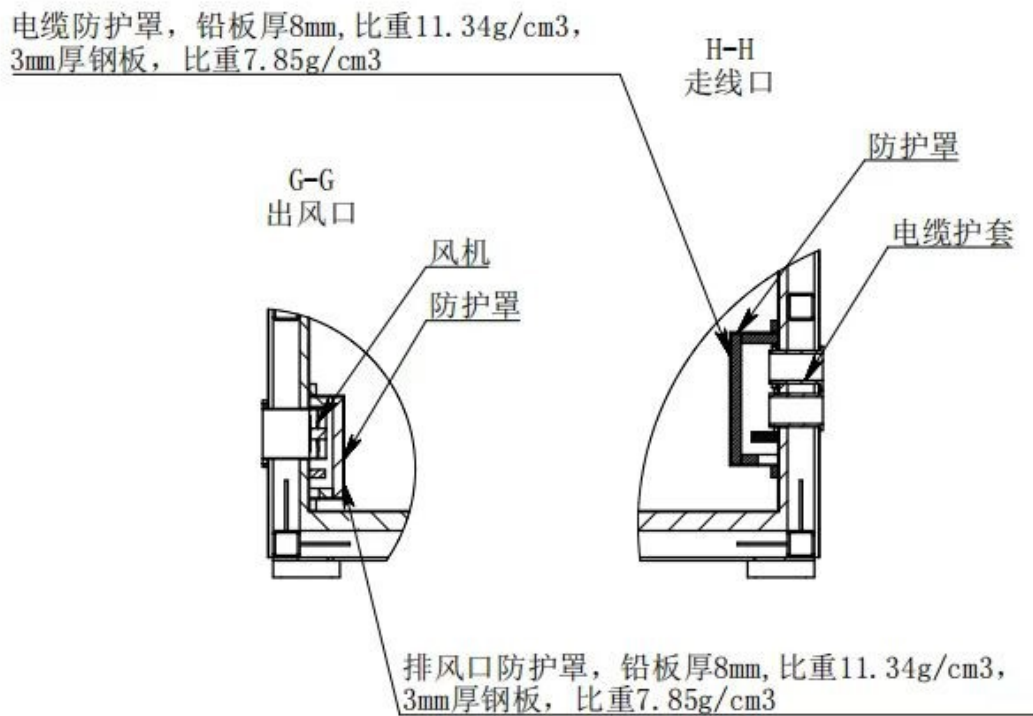


图 10-4 出风口、走线口防护措施

### ⑦监测设备

拟为辐射工作人员（2 人）配备 2 枚个人剂量计及 2 枚个人剂量报警仪；辐射工作场所拟配备 1 台辐射监测仪，用于日常监测。

### ⑧门禁系统

为加强 X 射线数字成像检测系统所在辐射工作场所的辐射安全管理，单位拟在操作室安装门禁或者门锁系统，仅辐射工作人员可进入该区域。

### ⑨X 射线数字成像检测系统的退役

建设单位在后期的使用过程中，若因出现 X 射线数字成像检测系统的停用或退

役，应将 X 射线数字成像检测系统中的 X 射线发生器处置至无法使用的状态，或者经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。当设备移走后，建设单位应办理辐射安全许可证中的探伤机设备辐射场所注销手续，同时清除该场所的所有电离辐射警告标志和安全告知。

### 3.辐射安全防护措施符合性分析

本项目辐射工作场所拟配置的各项辐射安全防护措施及管理制度与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局令第 31 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令 第 18 号）中的相关要求进行了对比，均符合该标准要求，符合性分析情况见表 10-3。

表 10-3 辐射防护制度对照 31 号令及 18 号令等法规要求的对照表

31 号令及 18 号令等法规条文规定	项目实际情况	符合情况
使用 II 类射线装置，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位已成立辐射安全管理委员会，负责管理单位的辐射安全工作，确保辐射工作场所的正常运行。	符合
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。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年/五年接受一次再培训。	本项目拟配置的 2 名辐射工作人员，将参与省环保部门组织的电离辐射安全与防护培训，考核合格者方可上岗。	符合
放射性同位素与射线装置使用场所应当设置明显的放射性标志和中文警示说明，入口处设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号，有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射安全措施。	本项目辐射工作场所拟设置电离辐射警示标识、视频监控及操作室设置门禁系统，可防止工作人员和公众受到意外照射。	符合
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器	拟为辐射工作人员（2 人）配备 2 枚个人剂量计及 2 枚个人剂量报警仪，辐射工作场所拟配备 1 台辐射监测仪和 1 套固定式辐射探测报警装置，并能正常使用。	符合
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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位已制定一套辐射管理规章制度文件，如有健全的操作规程、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，并严格实施。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已根据本项目实际情况制定辐射事故应急预案。	符合
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告。	建设单位将在本项目正式运行后，编制辐射安全和防护状况年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告。	符合
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境	拟为辐射工作人员（2 人）配备 2 枚个人剂量计及 2 枚个人剂量报警仪，	符合

保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	并为辐射工作人员建立个人剂量和职业健康档案。	
生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	本项目在建成并运行后，建设单位将委托有资质单位对辐射工作场所进行监测，并出具监测报告。	符合

本项目辐射工作场所拟配置的各项辐射安全防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的相关要求进行了对比，均符合该标准要求，符合性分析情况见表 10-4。

**表 10-4 各项辐射安全防护措施与《工业探伤放射防护标准》相关要求的对照表**

标准要求	本项目拟配置情况	符合性	
4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目拟为辐射工作人员（2 人）配备 2 枚个人剂量计及 2 枚个人剂量报警仪；辐射工作场所拟配备 1 台辐射监测仪。	符合	
6.1 探伤室放射防护要求	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。	本项目 X 射线数字成像检测系统出束方式为定向型，有用线束自东北向西南，操作台拟设置在铅屏蔽体的南侧；铅屏蔽体的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素；项目无迷路，铅屏蔽体的铅门防护性能应不小于同侧墙的防护性能。	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 GB 18871 的要求。	已根据 GB 18871 的要求，将本项目探伤工作场所划分了控制区和监督区管理。	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。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	X 射线数字成像检测系统已经设置了门-机连锁，当铅防护门未完全关闭的状态，设备不能启动，在设备开启状态下，铅防护门不能被打开。此外，在铅屏蔽体内部安装了铅防护门开关按键及急停按键，以防操作者误操作将人员关在铅屏蔽体内，方便铅屏蔽体内部的人员在紧急情况下离开铅屏蔽体。	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。	X 射线数字成像检测系统配备三色报警灯，绿色代表设备处于通电状态，黄色代表设备处于 X 射线“预备”状态，红色代表设备处于 X 射线“照射”状态和声音提示装置，指示灯和声音提示装置与 X 射线联锁。“预备”信号应持续足够长的时间。以确保操作室内人员安全离开设备旁拟张贴说明标签及使用方法。	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。	拟在 X 射线数字成像检测系统东北侧及所在操作室西南侧配置监视系统，可监视操作室内人员的活动和设备的运行情况。	符合
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明	拟在 X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体表面及所在操作室进出门张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明。	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。	X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体，在操作室东北侧和铅屏蔽体内南侧设置急停开关，以便辐射工作人员在日常检测工件时或维护保养状态下，发生紧急情况，按下急停开关就令设备停机，设备旁拟张贴说明标签及使用方法	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。	X 射线数字成像检测系统设有机械通风装置，排风机风量 120m <sup>3</sup> /h，根据设备尺寸推算内部体积约 9.11m <sup>3</sup> ，每小时换气次数可达 13 次，符合参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，出风口位于铅屏蔽体西角，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目操作室拟配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置。	符合

#### 4.环保措施投资情况

本项目总投资 96.6 万元，其中环保投资 10 万元，环保措施投资一览表见表 10-5。

表 10-5 环保措施投资一览表

序号	环保措施	投资估算（万元）
1	安排工作人员参加辐射安全防护专业知识考核、职业病健康体检、个人剂量监测等。	1
2	环境影响评价、竣工环境保护验收和年度监测费用等。	7
3	配备个人剂量报警仪、个人剂量计、固定式场所辐射探测报警装置。	2
合计		10

#### 5.项目安全设施可行性

根据本项目辐射工作场所拟设置的各项辐射安全与防护措施可知，本项目 X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体，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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令 第 18 号）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目 X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体采用的屏蔽材料和防护

厚度能够有效屏蔽其辐射源产生的 X 射线，对辐射工作场所采取的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。

### 三废的治理

#### 1. 电离辐射

根据 X 射线数字成像检测系统的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的 X 射线数字成像检测系统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、放射性废水及放射性固体废物。因此，在开机曝光期间，X 射线是该项目的主要污染因子。

在 X 射线数字成像检测系统开机曝光期间，对工件进行无损检测时，X 射线对辐射工作人员及监督区周边的其他人员将造成影响。

#### 2. 废气

本项目拟使用的 X 射线数字成像检测系统在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物，臭氧在空气中 50min 后会自动分解为氧气。项目 X 射线数字成像检测系统设有机械通风装置，排风机风量 120m<sup>3</sup>/h，出风口设有铅板防护罩。产生的臭氧和氮氧化物最终通过操作室内通风装置排至室外。臭氧和氮氧化物排出到室外后可经自然扩散、分解和稀释后对周边环境基本无影响。

**表11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

本项目操作室在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是操作室建造时，施工产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，有抑尘措施，施工期短，合理安排施工秩序和施工时间，本项目对周边环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

本项目施工期主要是操作室建设中的墙体混凝土浇筑等施工活动。施工期主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

**1.废气**

本项目的环境空气影响有扬尘，项目采用商品混凝土，少量散装水泥和建筑材料运输等施工活动将产生扬尘。如遇干旱无雨季节扬尘则更为严重。

**2.噪声**

本项目产生噪声影响的主要是施工设备机械、运输、混凝土浇筑及现场处理等。施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

**3.废水**

施工期废水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。本项目施工量小，施工废水产生量少。施工人员按5人计，根据《城市居民生活用水量标准（2023年版）》（GB/T 50331-2002），每人每天产生生活污水按人均日用水量120L计，总计产生量为0.6m<sup>3</sup>/d。

**4.固体废弃物**

施工期的固体废弃物主要为建筑垃圾、施工人员产生的生活垃圾。

**运行阶段对环境的影响**

**1.辐射屏蔽设计环境影响分析**

**（1）关注点剂量率参考控制水平的确定**

参照《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，“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”并结合本项目情况及特点对铅屏蔽体的屏蔽效果进行计算。本项目 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统的最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA，射线装置年最大出束时间为 1200h，一年按 50 周计算，则每周受照射最大时

间为 24h。

取 X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体外 30cm 处和周围最近环境敏感目标处作为关注点进行剂量率参考控制水平的确定，关注点见图 11-1~11-3。

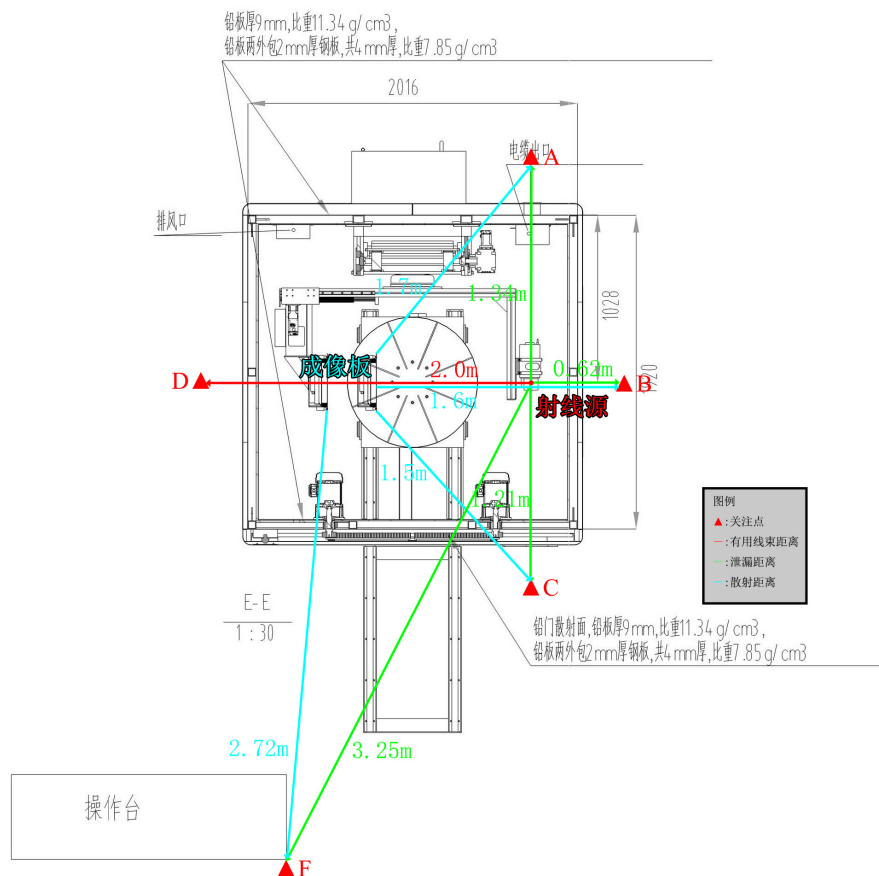


图 11-1 关注点示意图 (X 射线数字成像检测系统俯视图)

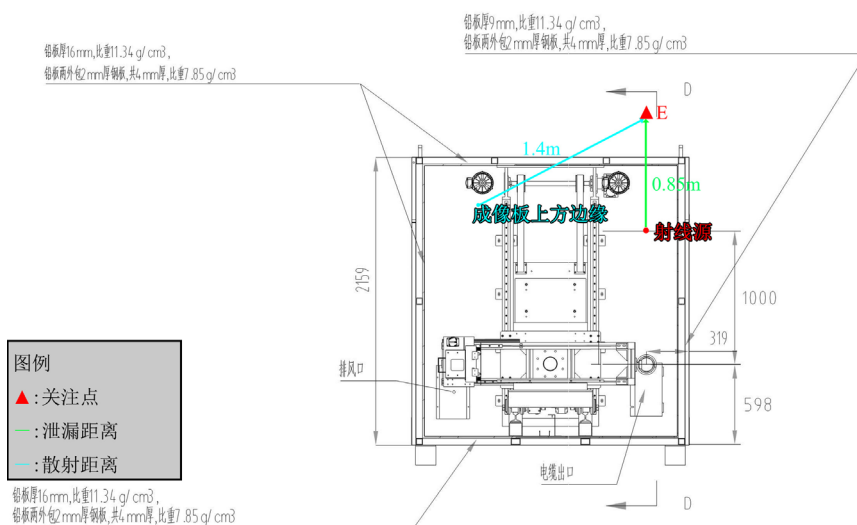


图 11-2 关注点示意图 (X 射线数字成像检测系统正视图)

根据《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, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平如下:

①探伤室辐射屏蔽的剂量当量率(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( $\dot{H}_{c,d}$ ):

(a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  如下:

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

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

(b) 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) 按下式计算:

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

式中:

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

$U$ ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子, 射线装置向关注点方向照射的使用因子。本项有用线束自下向上(自东北向西南), 因此西南侧使用因子取 1, 余下三侧及顶部和底部的使用因子取 1/4;

$T$ ——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。本项目 X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体外为全居留, 居留因子取 1; 探索室外为部分居留, 居留因子取 1/4;

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

(B) 关注点最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,\text{max}}$ :

$$\dot{H}_{c,\text{max}} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$$

(C) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ :

$\dot{H}_c$  为  $\dot{H}_{c,d}$  和  $\dot{H}_{c,\text{max}}$  二者的较小值。

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, 距探伤室顶外表面 30cm 处和(或)在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①。

(B) 除②(A)的条件外, 应考虑下列情况:

(a) 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关注点的剂量率总和, 应按

① (C) 的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

(b) 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 $\mu\text{Sv/h}$ 。

根据各关注点环境性质及 (11-1) 计算过程, 各关注点剂量率参考控制水平详见表 11-1。

表 11-1 关注点剂量率参考控制水平参数选取及计算结果一览表

关注点	关注点描述	$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/周}$ )	U	T	t (h/周)	$\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
A	西北侧铅屏蔽体外 30cm 处	100	1/4	1	24	16.67	2.5	2.5
B	东北侧铅屏蔽体外 30cm 处	100	1/4	1	24	16.67	2.5	2.5
C	东南侧铅屏蔽体外 30cm 处	100	1/4	1	24	16.67	2.5	2.5
D	西南侧铅屏蔽体外 30cm 处	100	1	1	24	4.17	2.5	2.5
E	顶部铅屏蔽体外 30cm 处	100	1/4	1	24	16.67	100	16.67
F	铅屏蔽体外约 1.9m 处 (操作位)	100	1/4	1	24	16.67	2.5	2.5

因此, 本项目 X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体外 30cm 处和周围最近环境敏感目标剂量率参考控制水平取 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ , 其中西南侧热处理区剂量率参考控制水平取 0.83 $\mu\text{Sv/h}$ 。

## (2) 关注点剂量率估算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单可得“有用线束”的辐射能量大于“泄漏辐射”和“散射辐射”的能量, 故在有用线束照射条件下四周墙体屏蔽能满足要求, 在泄漏辐射和散射辐射照射的条件下四周墙体屏蔽也能满足要求; 同时按照《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, “3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽, 不考虑进入有用线束的散射辐射”, 因此, 有用线束照射方向不考虑泄漏辐射和散射辐射的影响。

### ①有用线束

根据《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, 有用线束的辐射屏蔽估算方法如下:

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

式中:

$\dot{H}$ ——关注点的剂量率, 单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ );

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 8mA;

$H_0$ ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以  $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$  为单位的值乘以  $6\times 10^4$ ，结合本项目实际情况，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及第 1 号修改单表 B.1 250kV 下的较大值保守估计得  $16.5\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

B——屏蔽透射因子，取值参考 (11-3)，本项目运用内插法计算得出 225kV 的 TVL 值为 2.15，则 B 计算得  $3.62\text{E-}08$ ，不考虑钢板的屏蔽；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米 (m)。

各关注点有用线束方向剂量率计算结果见表 11-2。

表 11-2 有用线束方向关注点剂量率计算结果

关注点	I (mA)	屏蔽物质厚度	$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	TVL (mm)	B	R (m)	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
西南侧铅屏蔽体外 30cm 处 (D)	8	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板	9.90E+05	2.15	3.62E-08	2.0	7.16E-02
西南侧铅屏蔽体外约 3.98m 处 (热处理区) (J)	8	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板	9.90E+05	2.15	3.62E-08	4.68	1.31E-02

### ②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/T 250-2014) 及第 1 号修改单，泄漏辐射和散射辐射的辐射屏蔽估算方法如下：

(A) 屏蔽透射因子 B

$$B=10^{-X/\text{TVL}} \quad (11-3)$$

式中：

B——屏蔽透射因子；

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；

TVL——查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单表 B.2 得，本项目运用内插法计算得出 225kV 的 TVL 值为 2.15，不考虑钢板的屏蔽。

(B) 泄漏辐射

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

式中：

B——屏蔽透射因子；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米 (m)；

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ )，结合本项目实际情况，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)

及第 1 号修改单表 1 得 5000 $\mu$ Sv/h。

各关注点泄漏辐射剂量率计算结果见表 11-3。

表 11-3 泄漏辐射关注点剂量率计算结果

关注点	屏蔽物质厚度	TVL (mm)	B	R (m)	$\dot{H}_L$ ( $\mu$ Sv/h)	$\dot{H}$ ( $\mu$ Sv/h)
西北侧铅屏蔽体外 30cm 处 (A)	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板	2.15	6.52E-05	1.34	5000	1.82E-01
东北侧铅屏蔽体外 30cm 处 (B)	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板	2.15	6.52E-05	0.62	5000	8.48E+01
东南侧铅屏蔽体外 30cm 处 (C)	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板	2.15	6.52E-05	12.1	5000	2.23E-03
顶部铅屏蔽体外 30cm 处 (E)	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板	2.15	3.62E-05	0.85	5000	2.51E-04
铅屏蔽体外约 1.9m 处 (操作位) (F)	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板	2.15	6.52E-05	3.25	5000	3.09E-02
西北侧铅屏蔽体外约 0.70m 处 (厂区道路) (G)	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板	2.15	6.52E-05	1.74	5000	1.08E-01
东北侧铅屏蔽体外约 0.60m 处 (厕所) (H)	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板	2.15	6.52E-05	0.92	5000	3.85E-01
东南侧铅屏蔽体外约 2.64m 处 (厂房通道) (I)	2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板	2.15	6.52E-05	3.55	5000	2.59E-02

(C) 散射辐射

$$\dot{H}=(I \cdot H_0 \cdot B / R_s^2) \cdot (F \cdot \alpha / R_0^2) \quad (11-5)$$

式中:

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流, 单位为毫安 (mA);

$H_0$ ——距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量,  $\mu$ Sv $\cdot$ m<sup>2</sup>/(mA $\cdot$ h), 以 mSv $\cdot$ m<sup>2</sup>/(mA $\cdot$ min)为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ , 根据生产厂家提供的资料,  $H_0$  为 780 $\mu$ Gy/s, 经换算,  $H_0$  为 46.8mSv $\cdot$ m<sup>2</sup>/(mA $\cdot$ min);

B——屏蔽透射因子, 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单表 2, 并查表 B.2 确定 90 $^\circ$  散射辐射的 TVL, 然后按 (11-3) 得, 不考虑钢板的屏蔽;

F—— $R_0$  处的辐射野面积, 单位为平方米 (m<sup>2</sup>), 0.12m<sup>2</sup>;

$\alpha$ ——散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m<sup>2</sup>) 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。与散射物质有关, 在未获得相应物质的  $\alpha$  值时, 可以求的  $\alpha$  保守估计, 见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单表 B.3, 本项目 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统的最大管电压为 225kV, 保守取 250kV 时 90 $^\circ$  散射角的  $\alpha_w$  值 1.9E-03, 则散射因子  $\alpha=\alpha_w \times (10000/400)$

$$=1.9E-03 \times (10000/400) = 4.75E-02;$$

$R_0$ ——辐射原点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m），0.3m；

$R_s$ ——散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

各关注点散射辐射剂量率计算结果见表 11-4。

表 11-4 散射辐射关注点剂量率计算结果

关注点	屏蔽物质厚度	TVL(mm)	B	I(mA)	$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	$R_s(\text{m})$	$F\cdot a/R_0^2$	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
西北侧铅屏蔽体外 30cm 处 (A)	2mm 钢板 +9mm 铅板 +2mm 钢板	1.4	3.73E-07	8	9.90E+05	1.7	0.06	6.47E-02
东北侧铅屏蔽体外 30cm 处 (B)	2mm 钢板 +9mm 铅板 +2mm 钢板	1.4	3.73E-07	8	9.90E+05	1.6	0.06	7.31E-02
东南侧铅屏蔽体外 30cm 处 (C)	2mm 钢板 +9mm 铅板 +2mm 钢板	1.4	3.73E-07	8	9.90E+05	1.5	0.06	8.31E-02
顶部铅屏蔽体外 30cm 处 (E)	2mm 钢板 +16mm 铅板 +2mm 钢板	1.4	3.73E-12	8	9.90E+05	1.4	0.06	9.54E-07
铅屏蔽体外约 1.9m 处 (操作位) (F)	2mm 钢板 +16mm 铅板 +2mm 钢板	1.4	3.73E-07	8	9.90E+05	2.72	0.06	7.17E-02
西北侧铅屏蔽体外约 0.70m 处 (厂区道路) (G)	2mm 钢板 +9mm 铅板 +2mm 钢板	1.4	3.73E-07	8	9.90E+05	2.3	0.06	3.54E-02
东北侧铅屏蔽体外约 0.60m 处 (厕所) (H)	2mm 钢板 +9mm 铅板 +2mm 钢板	1.4	3.73E-07	8	9.90E+05	2.5	0.06	3.00E-02
东南侧铅屏蔽体外约 2.64m 处 (厂房通道) (I)	2mm 钢板 +9mm 铅板 +2mm 钢板	1.4	3.73E-07	8	9.90E+05	4.1	0.06	1.14E-02

各关注点剂量率计算结果合计见表 11-5。

表 11-5 关注点剂量率计算结果合计

关注点	$\dot{H}_c(\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$			
		有用线束	泄漏辐射	散射辐射	叠加后
西北侧铅屏蔽体外 30cm 处 (A)	2.5	/	1.82E-01	6.47E-02	2.47E-01
东北侧铅屏蔽体外 30cm 处 (B)	2.5	/	8.48E+01	7.31E-02	9.21E-01
东南侧铅屏蔽体外 30cm 处 (C)	2.5	/	2.23E-03	8.31E-02	8.54E-02
西南侧铅屏蔽体外 30cm 处 (D)	2.5	7.16E-02	/	/	7.16E-02
顶部铅屏蔽体外 30cm 处 (E)	16.67	/	2.51E-04	9.54E-07	2.52E-04
铅屏蔽体外约 1.9m 处	2.5	/	3.09E-02	7.17E-02	1.03E-01

(操作位)(F)					
西北侧铅屏蔽体外约 0.70m 处 (厂区道路)(G)	2.5	/	1.08E-01	3.54E-02	1.43E-01
东北侧铅屏蔽体外约 0.60m 处 (厕所)(H)	2.5	/	3.85E-01	3.00E-02	4.15E-01
东南侧铅屏蔽体外约 2.64m 处 (厂房通道)(I)	2.5	/	2.59E-02	1.14E-02	3.73E-02
西南侧铅屏蔽体外约 3.98m 处 (热处理区)(J)	0.83	1.31E-02	/	/	1.31E-02

由表 11-5 的计算结果可知, 本项目 X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体外关注点剂量率最大值为 9.21E-01 $\mu$ Sv/h, 满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单中“3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平”的要求, 同时满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中“X 射线探伤室墙和门的辐射屏蔽应满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

### (2) 年附加有效剂量计算

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

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (11-6)$$

式中:

H——年剂量,  $\mu$ Sv/年;

$\dot{H}$ ——参考点处剂量率,  $\mu$ Sv/h;

U——使用因子, U 取 1;

T——居留因子, 经常有人员停留的地方取 1, 部分时间有人员停留的地方取 1/4, 偶然有人员经过的地方取 1/16;

t——年照射时间, h/年。

根据表 11-5 和公式 (11-6), 可估算出本项目所致辐射工作人员和周围公众年有效剂量, 具体计算参数及计算结果见表 11-6。

表 11-6 本项目所致辐射工作人员和周围公众年有效剂量结果一览表

保护目标		$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	t (h/年)	T	U	H (mSv/年)
辐射工作人员	西北侧铅屏蔽体外 30cm 处 (A)	2.47E-01	1200	1	1/4	7.39E-02
	东北侧铅屏蔽体外 30cm 处 (B)	9.21E-01	1200	1	1/4	2.77E-01
	东南侧铅屏蔽体外 30cm 处 (C)	8.54E-02	1200	1	1/4	2.56E-02
	西南侧铅屏蔽体外 30cm 处 (D)	7.16E-02	1200	1	1.00	8.59E-02
	顶部铅屏蔽体外 30cm 处 (E)	2.52E-04	1200	1	1/4	7.54E-04

	铅屏蔽体外约 1.9m 处 (操作位) (F)	1.03E-01	1200	1	1/4	3.08E-02
公众人员	西北侧铅屏蔽体外约 0.70m 处 (厂区道路) (G)	1.43E-01	1200	1/16	1/4	2.68E-03
	东北侧铅屏蔽体外约 0.60m 处 (厕所) (H)	4.15E-01	1200	1/4	1/4	3.12E-02
	东南侧铅屏蔽体外约 2.64m 处 (厂房通道) (I)	3.73E-02	1200	1/16	1/4	6.99E-04
	西南侧铅屏蔽体外约 3.98m 处 (热处理区) (J)	1.31E-02	1200	1/4	1	3.93E-03

根据剂量估算结果,厦门市协同兴机械制造有限公司辐射工作人员年附加有效剂量最大值为  $2.77E-01\text{mSv}$ , 周边公众人员年附加有效剂量最大值为  $3.12E-02\text{mSv}$ , 均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定的辐射工作人员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。

## 2.三废治理措施后的环境影响分析

### (1) 电离辐射

根据 X 射线数字成像检测系统的工作原理可知, X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的 X 射线数字成像检测系统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、放射性废水及放射性固体废物。本项目在采取对辐射工作场所分区、配备警示设施及个人剂量计等相关辐射安全防护措施后,对周围环境的影响较小。

### (2) 废气

本项目 X 射线数字成像检测系统设有机械通风装置,排风机风量  $120\text{m}^3/\text{h}$ ,根据设备尺寸推算内部体积约  $9.11\text{m}^3$ ,每小时换气次数可达 13 次,能满足每小时有效通风换气次数应不小于 3 次要求,对周围辐射工作人员及其他人员的影响较小。

## 事故影响分析

### (1) 事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

根据原国家环保总局环发〔2006〕145 号中《辐射事故分级》规定,“一般辐射事故是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控,或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。”“较大辐射事故是指 III 类放射源丢失、被盗、失控,或者

放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾。”

本项目 X 射线数字成像检测系统若辐射安全管理不当，可能发生一般辐射事故。

**(2) 可能发生的辐射事故及预防措施**

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》(原国家环境保护总局 环发〔2006〕5 号文件)等相关规定，发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

**表 11-7 本项目辐射工作场所拟采取预防措施**

序号	可能产生的辐射事故	拟采取的预防措施
1	由于安全联锁装置失灵，导致工件门未关闭时人员开机工作受到误照射。	①建立了完善的规章制度，在工作中落实规章制度，每次探伤前辐射工作人员必须严格按照操作程序对操作室进行诊断，防护门-机、门-灯联锁装置、警示灯、紧急停机按钮、视频监控系统等防护装置是否正常，如果失灵，应立即修理，确保探伤工作人员的安全。 ②严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在 X 射线装置开机前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障的情况下开机检测。 ③辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，并定期送交有资质的检测部门进行检测。
2	X 射线数字成像检测系统在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。	调试、维修、维护作业应由专业人员按规定程序完成，作业过程中应有两名有维修资格的人员操作，拔下控制台安全联锁钥匙，并在控制台设立维修标牌。作业完工后应确认防护门关闭，安全联锁恢复。维修人员需佩戴个人剂量报警仪。

**表12 辐射安全管理**

### **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**

厦门市协同兴机械制造有限公司成立了以质量部经理杨\*\*为组长，洪\*\*为副组长，\*\*\*等为成员的辐射安全领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中规定的：“使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作”。

领导小组职责：

- (1) 辐射安全许可证的申请、颁发、续发、换发、变更内容；
- (2) 射线装置设备和放射性同位素的引入和场地的新建、改建、扩建均先上报各行政主管部门，取得相应级别行政许可后，方可购入或施工；
- (3) 组织辐射工作人员参加辐射防护相关培训及考核；
- (4) 组织辐射工作人员开展个人剂量监测和职业健康检查，建立人员职业健康档案；
- (5) 定期组织对辐射工作场所进行日常监测，同时按要求每年委托有资质单位对辐射工作场所开展年度监测，并取得相应的监测报告；
- (6) 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，并向当地生态环境、卫生健康、公安等主管部门报告；
- (7) 负责单位辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理，每年 12 月 31 日前对单位辐射工作场所进行年度评估，并编制年度评估报告，上交管理部门备案。

综上，建设单位的辐射安全管理满足相关规定及要求，此外，建设单位在 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统运行后，应注重设备安全及人员的辐射安全管理，设备安全的安全管理主要包括定期对设备安全联锁系统、警示灯等措施进行检查及记录，人员的安全管理主要包括个人剂量计的配备管理、定期进行辐射安全培训、个人剂量监测及职业健康体检等。

#### **2.辐射工作人员配置**

厦门市协同兴机械制造有限公司按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定，拟配备 2 名辐射工作人员，并制定考核计划。因此，在人员配备到位且通

过核技术辐射安全与防护考核后，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

建设单位已制定计划拟安排辐射安全监督领导小组组长或副组长在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上学习“辐射安全管理”岗位相关知识，并在辐射安全与防护培训平台上网络报名参加考核，直到成绩合格。在今后的工作中公司还应不断加强对职业人员的有关技能和辐射安全防护知识的再教育或培训，进一步提高对专业技能和放射防护工作重要性的认识。

### 辐射安全管理规章制度

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《突发环境事件信息报告办法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，建设单位制定了《辐射安全防护和安全保卫制度》《辐射事故/事件应急预案》《辐射工作岗位职责》《辐射环境监测方案》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射个人剂量和健康管理制制度》等辐射安全管理制度，相关制度见表 12-1 和附件 5。

表 12-1 建设单位已建立的管理制度

序号	要求建立管理制度	公司对应建立的管理制度内容
1	辐射防护和安全管理制 度	公司制定了《辐射防护和安全管理制 度》对公司辐射工作人员 职责、检测工作程序和个人防护作出要求。
2	应急预案	公司制定了《辐射事故/事件应急预 案》，规定了发生辐射事故时 公司相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小。
3	岗位职责	公司制定的《辐射工作岗位职责》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。
4	监测计划	公司制定的《辐射环境监测方案》中 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。
5	培训计划	公司制定的《辐射工作人员培训计划》 中规定了辐射工作人员 必须参加生态环境部门组织的辐射安全与防护培训，持证上岗， 并对内部培训做了要求。
6	操作规程	公司制定的《X 射线数字成像检测系 统操作规程》中规定了辐 射工作人员操作探伤机的详细流程，能减少辐射事故的发生。
7	设备检修维护制 度	公司制定的《辐射安全和防护设施维 护维修制制度》中提出了对 安全防护设备和探伤机的定期检修和维护要求，能防止因设备 损坏造成辐射事故。
8	使用登记、台账制 度	公司制定的《射线装置使用台账管理制 度》中提出了探伤机使 用情况进行登记。
9	职业健康监护制 度	公司制定的《辐射个人剂量和健康管理制 度》中提出对辐射工 作人员个人剂量检测和体检的要求，且档案终身保存。
10	辐射工作人员个人剂 量档案制制度	

公司应严格执行辐射安全管理规章制度，并根据公司的发展，及时对辐射安全管

理规章制度进行补充完善，在此基础上公司的辐射安全管理规章制度符合《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。

## 辐射监测

### 1.环境监测

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)中的相关规定，项目正常运行后，建设单位应该对辐射工作场所周围的环境进行背景监测，不具备自行监测能力的，可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。

具体监测方案如下：

①监测内容：对该建设单位辐射工作场所四周环境进行辐射水平监测。

②监测频度：项目正常运行后进行监测，以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围：主要对辐射工作场所周围的环境进行监测，重点对辐射工作场所周围的人员流动较多的地方进行监测。

④监测项目：X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

### 2.场所辐射防护监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便了解和监护防护设施的运行情况，为主管部门下一步辐射防护决策提供科学技术依据。

具体监测方案如下：

①检测内容：对该建设单位辐射工作场所四周环境进行常规监测。监测数据每年年底向审批部门上报备案。

②监测频度：在项目建成运行后应进行项目的验收监测，以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围：主要对铅屏蔽体外 30cm 及周围进行监测，重点对设备周围、防护门及缝隙处、操作台等处进行监测。

④监测项目：X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

### 3.个人剂量监测

建设单位应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，为辐射工作人员配备个人剂量计，并进行个人剂量监测（1次/季度）和职业健康体检（1次/2年），建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为辐射工作人员长期保存职业照射记录。建设单位应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计。

表 12-2 本项目辐射监测计划

监测因子	监测项目	监测频次	监测点位	控制要求
X-γ 辐射空气吸收剂量率	竣工环保验收监测	竣工后调试阶段开展竣工环保验收监测	①X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体外及门缝 30cm 处； ②设备操作台； ③操作室周边人员经常活动的位置； (参考 GBZ117-2022 中“8.3.3 辐射水平定点检测”的内容)	剂量率不大于 2.5μSv/h
	年度监测	1 次/年		
	自主监测	1 次/季度		
个人剂量	个人剂量计实测	1 次/季度	辐射工作人员各配备 1 枚个人剂量计，佩戴于左胸前	5mSv/a

### 4.验收监测

建设单位应在建设项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期，并在调试期间应开展验收监测；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。建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 12-3 “三同时”验收一览表

类别	验收内容		验收要求
辐射防护设计及辐射安全防护设施	设备屏蔽区域墙体、底板及顶棚	西北侧、东北侧、东南侧、铅门：2mm 钢板+9mm 铅板+2mm 钢板；西南侧、顶部、底部：2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板；出风口、走线口：8mm 铅板+3mm 钢板	本项目 X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体外 0.3m 周围关注点剂量率应不大于 2.5μSv/h。  已配备列出的辐射安全防护措施。
	通风系统	铅屏蔽体内设有机通风装置	
	监测、报警仪器	辐射工作场所拟配备 1 台辐射监测仪和 1 套固定式辐射探测报警装置，并能正常使用。	
	电离辐射警告标识及视频监控	在 X 射线数字成像检测系统自带的铅屏蔽体表面及所在操作室进出门张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明，同时拟在 X 射线数字成像检测系统东北侧及所在操作室西南侧配置监视系统，可监视操作室内人员的活动和设备的运行情况。	
	设备工作状	X 射线数字成像检测系统已经设置了	

	态显示与联锁装置	门-机连锁,当铅门未完全关闭的状态,不能启动高压发生器,在高压发生器开启状态下,铅门不能被打开。此外,在铅屏蔽体内部安装了铅门开关按键及急停按键,以防操作者误操作将人员关在铅屏蔽体内,方便铅屏蔽体内部的人员在紧急情况下离开铅屏蔽体,铅屏蔽体内的人员可先将内部急停开关按下(防止高压开启),再在内部将铅门打开。	
	紧急停机装置	X射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体,在操作台东北侧和铅屏蔽体内南侧设置急停开关,以便辐射工作人员在日常检测工件时或维护保养状态下,发生紧急情况,按下急停开关即令设备停机,设备旁拟张贴说明标签及使用方法。	
	个人剂量计及监测、报警仪器	为每名辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪,并能正常使用。	个人剂量监测每年不少于4次,场所日常监测每季度1次,场所年度监测1年1次;有检测记录和检测报告原件存档;年有效剂量限值(辐射工作人员:5mSv,公众年有效剂量:0.25mSv)。
管理制度	辐射安全管理机构	成立辐射安全领导小组并明确职责	根据建设单位实际情况制定并完善规章制度;按制度执行到位。
	辐射事故应急预案	制定了辐射事故应急预案	
	辐射安全与防护培训	全部辐射工作人员均需取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单。	
	职业健康体检管理	全部辐射工作人员均需进行职业健康体检,约每2年1次。	
	监测制度	制定《辐射环境监测计划》并严格执行。	
	台账制度	落实设备使用台账管理制度及辐射环境监测台账管理。	
	年度评估报告制度	每年1月31日前提交辐射安全年度评估报告。	
	操作规程、岗位职责、检修维护等制度	制定完善的操作规程、岗位职责、检修维护制度等辐射安全管理制度。	

## 辐射事故应急

### 1.辐射事件应急处理机构与职责

#### (1) 辐射事件应急处理领导小组

该公司成立了辐射事件应急处理领导小组,组织、开展辐射事件的应急处理救援工作,领导小组组成如下:

组长：杨\*\*

副组长：洪\*\*

成员：\*\*\*

应急联系方式：181\*\*\*

## **(2) 应急处理领导小组职责**

①定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至公司领导层并落实整改措施；

②事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

③负责向公司及时报告事故情况；

④负责辐射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

⑤辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其他工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

⑥负责迅速安置受照人员就医，组织人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

## **2.辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划**

### **(1) 辐射事故应急预案**

①发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；应当立即撤离有关工作人员，封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节。并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，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；

②依据应急预案，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护监测人员的允许不得进入事故区；

④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。并编写事故发生的基本情况，原因分析及处理结果的书面报告报生态环境部门，凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

## (2) 应急人员的培训演习计划

### ①应急培训

(A) 公司辐射工作人员上岗前应参加辐射安全与防护知识的考核，通过后才能上岗。

(B) 公司将积极开展辐射安全防护知识的内部学习，增强辐射工作人员的防护意识，避免辐射事故的发生。同时将定期邀请生态环境主管部门的专家讲课，主要包括辐射安全的基础知识、核技术应用项目的防护安全、辐射事故应急等内容。

### ②应急演练

(A) 辐射安全防护领导小组根据需要，每年至少组织一次辐射事故应急演练，辐射事故演练分为专业性演练和综合性演练，专业性演练由辐射事故应急小组的成员参加，综合性演练除了辐射事故应急小组外，公司其他部门的相关成员也应参加。

(B) 演练过程中应注重人员救助、物资援助的演练。同时应急演练前建设单位应制定相应的方案和程序，演练完成后对演练情况作出总结，发现问题及时整改。

表13 结论与建议

## 结论

### 1.辐射安全与防护分析结论

#### (1) 项目安全设施

本项目所涉及的辐射工作场所，设有相应的辐射安全和防护措施，辐射工作场所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《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》（GB 18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目各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

##### ① 电离辐射

本项目 DRO Mul 225 型 X 射线数字成像检测系统运行产生的 X 射线，经铅屏蔽体屏蔽后，对周围环境影响较小。

##### ② 废气

本项目 X 射线数字成像检测系统运行产生的微量的臭氧和氮氧化物，经排风系统排至室外，经自然扩散、分解和稀释后对周边环境基本无影响。

### 2.环境影响分析结论

#### (1) 建设阶段对环境的影响

本项目操作室在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是操作室建造时，施工产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，有抑尘措施，施工期短，合理安排施工秩序和施工时间，本项目对周边环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

根据监测结果可知，拟建操作室及所在厂房周边环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率检测结果室内在 117nGy/h~145nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值）、室外在 94nGy/h~101nGy/h 之间（已扣除宇宙射线响应值），处于当地天然本底水平涨落范围内（根据《中国环境天然放射性水平》给出已扣除宇宙射线响应值的检测结果，厦门市原野  $\gamma$  辐射剂量率范围为 72.7~85.6nGy/h，道路  $\gamma$  辐射剂量率范围为 78.2~129.4nGy/h，室内

$\gamma$  辐射剂量率范围为 161.9~193.5nGy/h)。

## (2) 运行阶段对环境的影响

### ① 辐射工作场所屏蔽防护设计

经理论估算，本项目 X 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体外关注点剂量率最大值为  $9.21E-01\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单的限值要求，同时满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“X 射线探伤室墙和门的辐射屏蔽应满足屏蔽体外 30cm 处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 年有效剂量估算

经过理论估算，厦门市协同兴机械制造有限公司辐射工作人员年附加有效剂量最大值为  $2.77E-01\text{mSv}$ ，周边公众人员年附加有效剂量最大值为  $3.12E-02\text{mSv}$ ，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的辐射工作人员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

### (1) 产业政策符合性分析

项目投入使用主要对本单位铸造件进行无损检测，检测铸造件内部疏松程度，符合辐射防护“实践的正当性”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。同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的“第一类 鼓励类”——“十四、机械”——“1. 科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，因此本项目符合国家产业政策。

## (2) 代价利益分析

厦门市协同兴机械制造有限公司 1 台 X 射线数字成像检测系统项目实施后, 经过无损检测检查可发现产品缺陷, 能起到提前预防安全事故发生, 在保证安全使用的同时, 也创造了更大的经济效益和社会效益。

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, 厦门市协同兴机械制造有限公司 1 台 X 射线数字成像检测系统项目是可行的。

## 建议和承诺

(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”;

(2) 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;

(3) 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可能进行调整变动, 则应按要求向有关生态环境主管部门进行申报, 并按污染物排放标准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;

(4) 本项目环评批复后, 建设单位应及时向生态环境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。