

核技术利用建设项目

常州金坛诚辉机械制造有限公司  
新建 1 台 X 射线数字成像检测系统项目  
环境影响报告表

常州金坛诚辉机械制造有限公司（盖章）

2023 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

常州金坛诚辉机械制造有限公司  
新建 1 台 X 射线数字成像检测系统项目  
环境影响报告表

建设单位名称：常州金坛诚辉机械制造有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：常州市金坛区河头镇工业园区常溧公路许城段南侧

邮政编码：213212

联系人

电子邮箱：/

联系电话

## 目录

表 1	项目基本情况	- 1 -
表 2	放射源	- 4 -
表 3	非密封放射性物质	- 4 -
表 4	射线装置	- 5 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 6 -
表 6	评价依据	- 7 -
表 7	保护目标与评价标准	- 9 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 15 -
表 9	项目工程分析与源项	- 19 -
表 10	辐射安全与防护	- 24 -
表 11	环境影响分析	- 24 -
表 12	辐射安全管理	- 38 -
表 13	结论与建议	- 41 -
表 14	审批	- 47 -
附图 1	常州金坛诚辉机械制造有限公司厂区地理位置图	- 48 -
附图 2	常州金坛诚辉机械制造有限公司厂区周围环境图及评价范围示意图	- 49 -
附图 3	常州金坛诚辉机械制造有限公司检验车间一层平面示意图	- 50 -
附图 4	本项目 X 射线数字成像检测系统设计示意图	- 51 -
附件 1	项目委托书	- 52 -
附件 2	射线装置使用承诺书	- 53 -
附件 3	辐射防护屏蔽设计说明	- 54 -
附件 4	辐射环境现状检测报告复印件	- 55 -

**表 1 项目基本概况**

建设项目名称		新建 1 台 X 射线数字成像检测系统项目			
建设单位		常州金坛诚辉机械制造有限公司			
法人代表姓名	陆军	联系人		联系电话	
注册地址		常州市金坛区河头镇工业园区常溧公路许城段南侧			
项目建设地点		常州市金坛区河头镇工业园区常溧公路许城段南侧			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	160	项目环保总投资 (万元)	32	投资比例 (环保投资/总投资)	20%
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> )	5.3
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

**1 项目概述**

**1.1 建设单位基本情况**

常州金坛诚辉机械制造有限公司成立于 2003 年，注册地位于常州市金坛区河头镇工业园区常溧公路许城段南侧。经营范围包括：中速剑杆织机配件、风动工具配件、电磁阀及配件、液压元件、汽车零配件、机械零部件的生产、加工和销售；有色金属的铸造及表面处理；自营和代理各类商品及技术的进出口业务；道路货运经营。

**1.2 项目规模及任务由来**

根据生产、检测需要，常州金坛诚辉机械制造有限公司拟在公司厂区检验车间新建 1 台 X 射线数字成像检测系统，型号为 XYD-225 型（最大管电压 225kV，最大管电

流 8mA)，用于开展公司生产的零配件、零部件的无损检测工作。主要检测工件为结构件，材质主要为钢，最大尺寸约为 800mm×300mm，最大厚度 20mm。本项目 X 射线数字成像检测系统为自屏蔽式装置，配有一体式检测铅房。本项目检测系统主射线向南、向底部照射，工件门位于铅房东墙。检测铅房内净尺寸为 2.47m 长×2.12m 宽×2.76m 高，体积约为 14.5m<sup>3</sup>，人员可从工件门进入检测铅房。常州金坛诚辉机械制造有限公司拟为本项目新增 2 名辐射工作人员，本项目周开机曝光时间约为 10 小时，年开机曝光时间约为 500 小时。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

表 1-1 常州金坛诚辉机械制造有限公司本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	环评情况	许可情况	备注
1	XYD-225 型 X 射线数字成像检测系统	1	225	8	II	检验车间	拟购	本次环评	未许可	主射线向南、向底部照射

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》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目使用 II 类射线装置，应当编制环境影响报告表。受常州金坛诚辉机械制造有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测和评价分析，编制该项目环境影响报告表。

## 2 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目建设地址位于常州市金坛区河头镇工业园区常溧公路许城段南侧，公司厂区东侧为汇业路，南侧依次为金坛市生才塑料包装厂及亿兆塑料模具厂，西侧为复兴路，北侧为常州市华辉油泵油嘴厂。公司厂区地理位置图见附图 1、周围环境图见附图 2。

本项目 X 射线数字成像检测系统拟建于公司厂区检验车间，东侧依次为车间内场所、外托架、氦检设备区、厂内道路、铝铸造车间及办公楼，南侧依次为车间内场所、储物室、物料待检区、厂内道路、门卫及罗托克车间，西侧依次为厂内道路及复兴路，北侧依次为车间内场所、水压测试区、厂内道路及常州市华辉油泵油嘴厂。楼上两层均为仓库，楼下无建筑。公司检验车间一层平面示意图见附图 3。

本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境

敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线数字成像检测系统拟建址周围评价范围内的公众。

### **3 单位原有核技术应用情况**

本项目为该单位首次开展核技术利用项目。

### **4 实践正当性分析**

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加 X 射线数字成像检测系统拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产检测需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq)/ 活度 (Bq)×枚数	类别	活度种类	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类射线装置	1	XYD-225	225	8	工业探伤	检验车间	主射线向南、向底部照射
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/



表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	无暂存	通过检测装置通风系统排入车间，依托车间通风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小
生活污水	液态	/	/	约 4t	约 48t	/	无暂存	拟排入城市污水管网
生活垃圾	固态	/	/	约 50kg	约 600kg	/	无暂存	交由城市环卫部门处理

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》（2014 年修订版），国家主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订版），2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第 24 号公布实施，2018 年 12 月 29 日修订，2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订版），2020 年 4 月 29 日修订，2020 年 9 月 1 日施行</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(8) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，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，2017 年 12 月 6 日起施行</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(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 日起施行</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(13) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订，国家发展和改革委员会 2021 年令第 49 号），2021 年 12 月 30 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》，</p>
------	--

	<p>生态环境部公告 2019 年 第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(15) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 39 号，2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(16) 《关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(17) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修订版），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(18) 《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日</p> <p>(19) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日</p> <p>(20) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日</p>
<p><b>技术标准</b></p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）</p> <p>(3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）</p>
<p><b>其它</b></p>	<p><b>与本项目相关附件：</b></p> <p>(1) 项目委托书（附件 1）</p> <p>(2) 射线装置使用承诺书（附件 2）</p> <p>(3) 辐射防护屏蔽设计说明（附件 3）</p> <p>(4) 辐射环境现状检测报告复印件（附件 4）</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**评价范围**

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“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”相关规定，确定本项目评价范围为本项目 X 射线数字成像检测系统检测铅房边界外 50m 区域。

**保护目标**

对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目利用 X 射线进行无损检测，占用资源少，不会降低管控区的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本项目探伤室拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目保护目标主要为辐射工作人员、X 射线数字成像检测系统拟建址周围评价范围内公众。

**表 7-1 本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址评价范围内保护目标情况一览表**

环境保护目标		方位	最近距离	规模
职业人员	辐射工作人员	北侧（操作位）	紧邻	2 人
公众	车间内场所	东侧	紧邻	流动人群
	氦检设备区工作人员		约 6m	约 5 人
	厂内道路行人		约 10m	流动人群
	铝铸造车间工作人员		约 23m	约 40 人
	办公楼工作人员		约 26m	约 20 人
	车间内场所	南侧	紧邻	流动人群
	储物室		约 8m	流动人群
	物料待检区工作人员		约 12m	约 10 人
	厂内道路行人		约 27m	流动人群
	门卫		约 39m	1 人
	罗托克车间	西侧	约 40m	约 40 人
	厂内道路行人		紧邻	流动人群
	复兴路行人		约 7m	流动人群
	车间内场所工作人员	北侧	紧邻	流动人群
	水压测试区工作人员		约 4m	约 10 人
	厂内道路行人		约 8m	流动人群
	常州市华辉油泵油嘴厂工作人员		约 14m	约 40 人
二层仓库	上方	约 2m	2 人	
三层仓库	上方	约 5m	2 人	

## 评价标准

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

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

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

### 2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准规定了X射线和γ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γ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。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

#### 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 7-3 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 7-3 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) 安全联锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

#### 5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

### 6 固定式探伤的放射防护要求

#### 6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见GBZ/T 250。

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。

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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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系统，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

## 6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

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

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

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护

门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第7.1条～第7.4条的要求。

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

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

#### 3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

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

#### 3.3 其他要求

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

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管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

### 4 项目管理目标值

（1）综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等评价标准，本项目职业人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年有效剂量值的1/4，公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射剂量限值的10%，即：职业人员年剂量约束值不大于**5mSv/a**；公众活动区域相关人员年剂量约束值不大于**0.1mSv/a**。

（2）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。

(3) X射线探伤室墙和入口门处30cm处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；本项目检测铅房顶部为车间二层仓库，人员可到达，顶表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 $\mu$ Sv/h。

#### 5 参考资料：

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第13卷第2期，1993年3月），江苏省环境监测站。

表 7-4 江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射水平（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时,参考“均值 $\pm$ 3s”数值：原野为（50.4 $\pm$ 21.0）nGy/h；道路为（47.1 $\pm$ 36.9）nGy/h；室内为（89.2 $\pm$ 42.0）nGy/h。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**1 项目地理和场所位置**

本项目建设地址位于常州市金坛区河头镇工业园区常溧公路许城段南侧，公司厂区东侧为汇业路，南侧依次为金坛市生才塑料包装厂及亿兆塑料模具厂，西侧为复兴路，北侧为常州市华辉油泵油嘴厂。公司厂区地理位置图见附图 1、周围环境图见附图 2。

本项目 X 射线数字成像检测系统拟建于公司厂区检验车间，东侧依次为车间内场所、外托架、氦检设备区、厂内道路、铝铸造车间及办公楼，南侧依次为车间内场所，储物室，物料待检区，厂内道路，门卫及罗托克车间，西侧依次为厂内道路及复兴路，北侧依次为车间内场所、水压测试区、厂内道路及常州市华辉油泵油嘴厂。楼上两层均为仓库，楼下无建筑。公司检验车间一层平面示意图见附图 3。

本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线数字成像检测系统拟建址周围评价范围内的公众。

本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址周围环境现状见图 8-1。



本项目 X 射线数字成像检测系统  
拟建址东侧氦检设备区现状



本项目 X 射线数字成像检测系统  
拟建址南侧车间内场所现状



图 8-1 本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址周围环境现状

## 2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：X 射线数字成像检测系统拟建址及周围辐射环境

监测因子： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在 X 射线数字成像检测系统拟建址周围布置监测点位，共计 7 个监测点位

## 3 监测方案、质量保证措施及监测结果

### 3.1 监测方案

监测项目： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

监测布点：在 X 射线数字成像检测系统拟建址及周围进行布点，具体点位见图

8-2

监测时间：2023 年 6 月 13 日

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

监测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，  
检定有效期：2022.10.10~2023.10.9、检测范围：1nSv/h~100uSv/h、能量响应范围：  
48keV~4.4MeV）

环境条件：温度 28℃、湿度 51%RH

监测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《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，换算系数取 1.20Sv/Gy

### 3.2 质量保证措施

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司已通过检验检测机构资质认定

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗证，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检定，监测报告实行三级审核。

### 3.3 监测结果

评价方法：对照江苏省环境天然γ辐射水平调查结果进行评价，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 4。

表 8-1 本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址周围γ辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	测量结果(nGy/h)
1	本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址处（室内）	64.0
2	本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址东侧（室内）	64.3
3	本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址南侧（室内）	64.4
4	本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址西侧（室内）	63.6
5	本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址北侧（室内）	64.6
6	本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址上方（室内）	62.9
7	本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址北侧常州市华辉油泵油嘴厂外（室外）	71.6

注：测量结果已扣除仪器宇宙响应值。

建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子平房取 0.9，楼房取 0.8，原野、道路取 1。

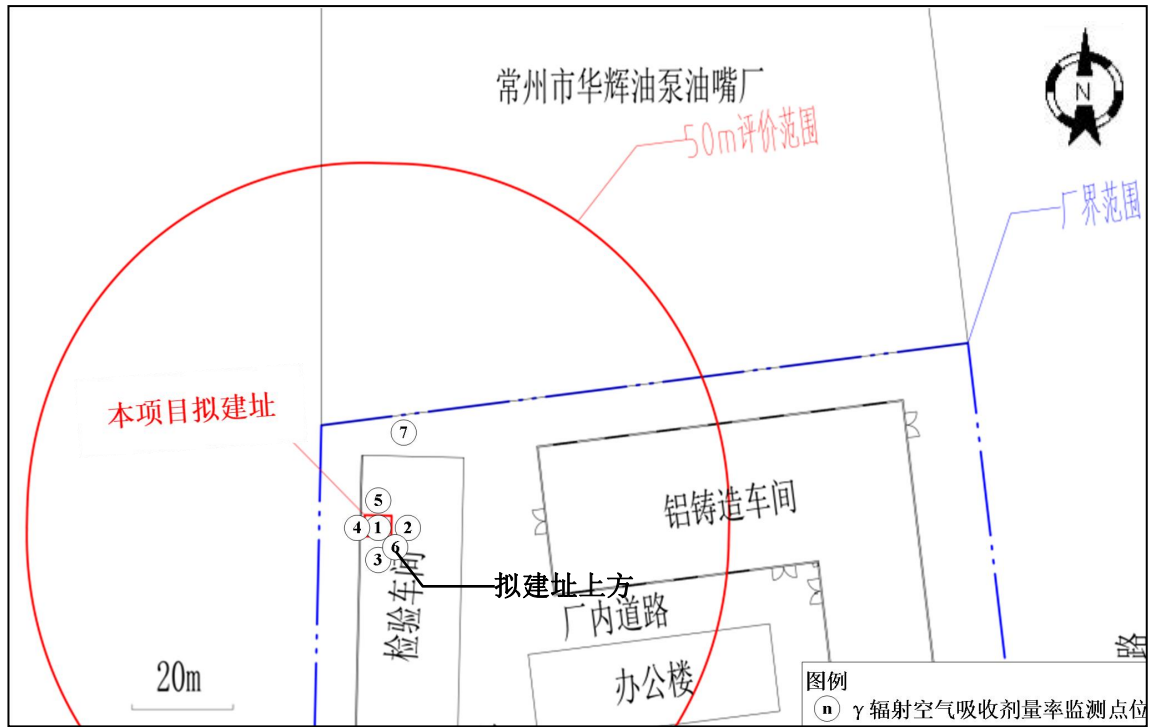


图 8-2 本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址周围环境 $\gamma$ 辐射水平监测点位示意图

#### 4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率为(62.9~71.6)nGy/h，处于江苏省室内外环境天然 $\gamma$ 辐射水平涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 工程设备

根据生产、检测需要，常州金坛诚辉机械制造有限公司拟在公司厂区检验车间新建 1 台 X 射线数字成像检测系统，型号为 XYD-225 型（最大管电压 225kV，最大管电流 8mA），用于开展公司生产的零配件、零部件的无损检测工作。主要检测工件为结构件，材质主要为钢，最大尺寸约为 800mm×300mm，最大厚度 20mm。本项目 X 射线数字成像检测系统为自屏蔽式装置，配有一体式检测铅房。本项目检测系统主射线向南、向底部照射，工件门位于铅房东墙。检测铅房内净尺寸为 2.47m 长×2.12m 宽×2.76m 高，体积约为 14.5m<sup>3</sup>，除维修检修外日常工作中辐射工作人员不进入检测铅房。常州金坛诚辉机械制造有限公司拟为本项目新增 2 名辐射工作人员，本项目周开机曝光时间约为 10 小时，年开机曝光时间约为 500 小时。

本项目 X 射线数字成像检测系统主要由检测铅房、操作台、工件平台车及工件车轨道构成，其中操作台为独立装置，通过电缆与检测铅房连接；工件车轨道分为内轨道与外轨道，外轨道为独立装置，与内轨道不相连，工作时不会收入检测铅房内。X 射线管在水平方向无法移动，在垂直方向可上下移动，移动范围为 1600mm，并可围绕 U 型臂在垂直方向上进行±20°的旋转。本项目 X 射线数字成像检测系统主射线向南及底部照射，X 射线管距离东侧屏蔽体最近距离为 1320mm、距离南侧屏蔽体最近距离为 1823mm、距离西侧屏蔽体最近距离为 1150mm、距离北侧屏蔽体最近距离为 248mm、距离顶部屏蔽体最近距离为 456mm、距离底部屏蔽体最近距离为 272mm，当主射线照射到底部时距底部最近距离为 1825mm。本项目 X 射线数字成像检测系统设计图及照射范围详见附图 4。

本项目 X 射线数字成像检测系统外观示意图内部结构图见图 9-1，探伤工件示意图见 9-2。

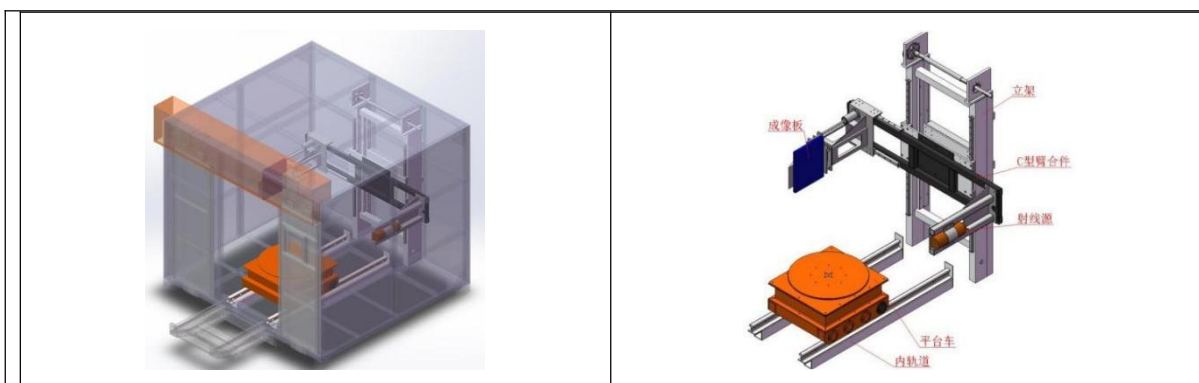


图 9-1 X 射线数字成像检测系统外观示意图及内部结构图



图 9-2 本项目探伤工件示意图

## 2 工作原理

### 2.1 X 射线产生工作原理

X 射线数字成像检测系统核心部件是 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。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

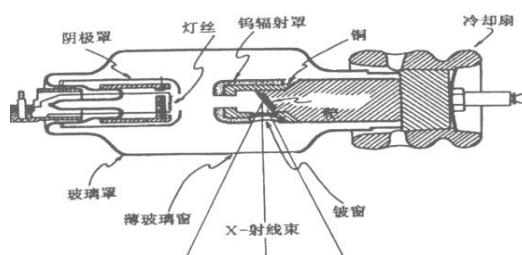


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

## 2 X 射线数字成像工作原理

X 射线数字成像基本原理是 X 射线管中加速的电子撞击阳极靶产生 X 射线，X 射线穿透金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像；用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行 A/D 转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，再根据图像的灰度对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。X 射线数字成像检测系统工作原理示意图见图 9-4。

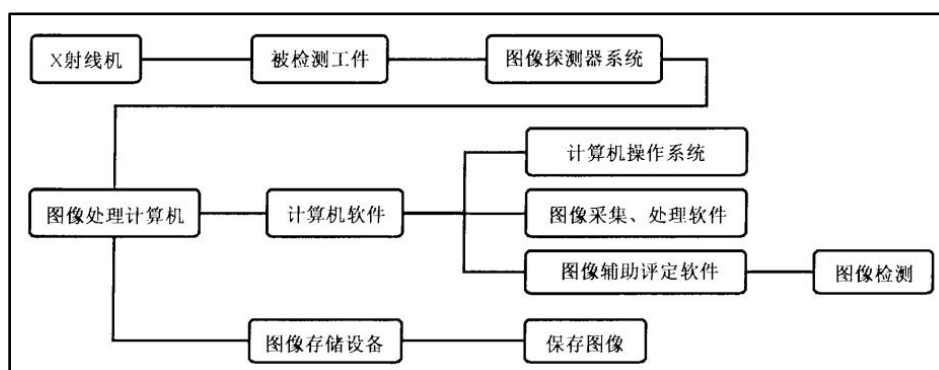


图 9-4 典型 X 射线数字成像检测系统工作原理图

## 3 工艺流程及产污环节

将待检测工件放置在工件平台车上，辐射工作人员通过远程控制将工件平台车沿轨道送入 X 射线数字成像检测系统内指定位置后锁定车位置，关闭工件门，由辐射工作人员在操作台处进行远距离操作调整工件至合适位置，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

(1) 检查门-机连锁装置、照射信号指示灯及其他防护安全措施是否有效，措施有效方可开始检测工作。

(2) 将被检测工件通过工件平台车运至检测铅房内固定，关闭工件门；

(3) 辐射工作人员在操作台处远程控制，将工件平台调整到合适位置，然后开启 X 射线数字成像系统进行检测；检测过程中会产生 X 射线及少量 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>；

(4) 通过操作台处的显像器对工件内部缺陷进行辨别；

(4) 检测完毕后，关机，确认设备停止出束后打开工件门，平台车推出。

工作流程及产污环节分析示意图见图 9-5。



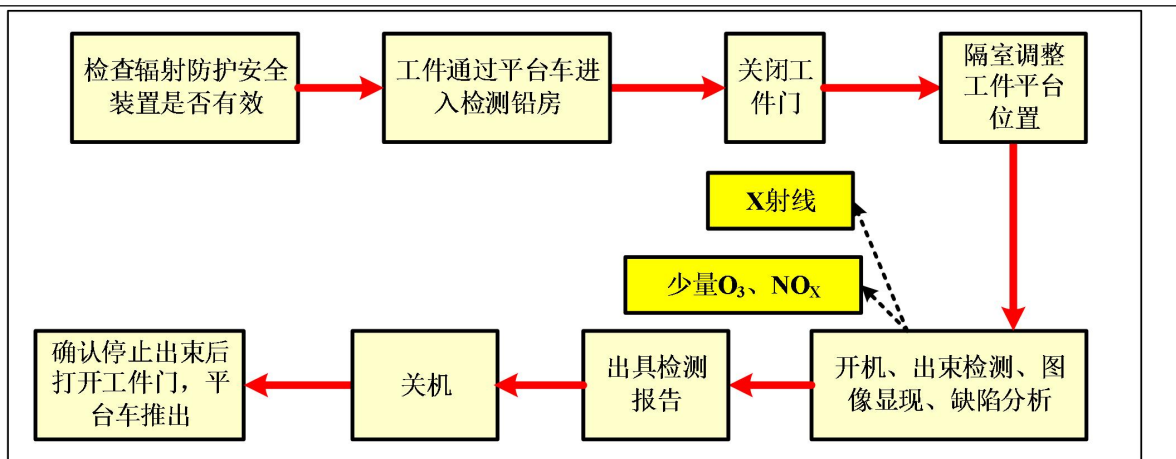


图 9-5 本项目 X 射线数字成像检测系统工作流程及产污环节分析示意图

#### 4 工作人员配置及工作机制

公司拟为本项目新增 2 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员负责射线装置操作，另 1 名人员工件装置摆放工作，本项目拟采取一班制工作制。本项目周开机曝光时间约为 10 小时，年开机曝光时间约为 500 小时。本项目工作方式为间隙式。

#### 污染源项描述

##### 1 放射性污染源分析

由 X 射线数字成像检测系统的工作原理可知，X 射线是随装置的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目探伤期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

**有用线束辐射：**X 射线机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 B.1，保守以 200kV 及 250kV 下 X 射线管输出量较大值 ( $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$  及  $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ) 进行插值计算得到，225kV 的 X 射线管 1m 处的输出量为  $22.6\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

**漏射线辐射：**由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 1，本项目距 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率均为  $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

**散射线辐射：**当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 2，225kV 的 X 射线  $90^\circ$  散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。

详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线数字成像检测系统参数一览表

设备型号	XYD-225 型 X 射线数字成像检测系统
最大管电压	225kV
最大管电流	8mA
滤过条件	/
X 射线机的发射率常数	取 $22.6\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$
X 射线管 1m 处剂量率*	10848mSv/h
泄漏辐射剂量率	取 $5000\mu\text{Sv/h}$
90°散射后能量	取 200kV
初次散射线 1m 处剂量率*	10848mSv/h

注：保守以 X 射线管 1m 处剂量率作为初次散射线 1m 处剂量率。

## 2 非放射性污染源分析

X 射线数字成像检测系统在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>），通过检测装置通风系统排入车间，依托车间通风系统排入外环境。

本项目辐射工作人员在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

常州金坛诚辉机械制造有限公司新建 1 台 X 射线数字成像检测系统项目包含检测铅房及操作台，其中操作台与检测装置分开，由电缆连接。本项目主射线向南及底部照射，操作台位于检测装置北侧，避开了有用线束照射方向。本项目布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室避开有用线束照射方向及操作室与探伤室分开设置的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将 X 射线数字成像检测系统检测铅房作为本项目的辐射防护控制区，在 X 射线数字成像检测系统检测铅房工件门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将 X 射线数字成像检测系统检测铅房北侧包括控制台在内的 1.50m 长×2.47m 宽范围作为本项目辐射防护监督区，拟在监督区边界设置警戒围栏，悬挂“无关人员禁止入内”警告牌及表明监督区的标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。本项目平面布局及分区图见图 10-1，其中红色表示控制区，蓝色表示监督区。本项目辐射防护分区的划分符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

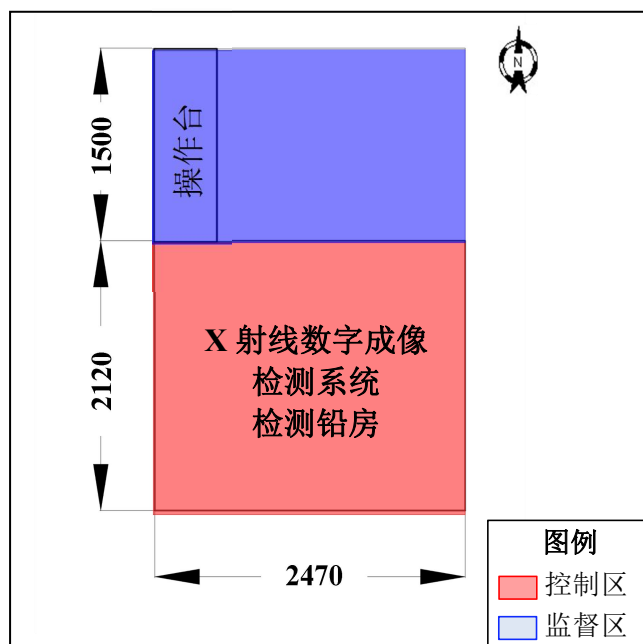


图 10-1 本项目 X 射线数字成像检测系统平面布局及分区图

## 2 辐射屏蔽设计

本项目 X 射线数字成像检测系统检测铅房屏蔽防护设计见表 10-1，设计图见附图 4。

表 10-1 本项目检测铅房屏蔽设计参数一览表

/	检测铅房
规格尺寸(内净)	2.47m(长)×2.12m(宽)×2.76m(高)
四周墙体	
顶部	
底部	
工件门	
通风口	
电缆口	
工件门门洞	

## 3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障装置安全运行，公司拟根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)设计相应的辐射安全装置和保护措施。结合本项目实际情况，除维修、检修外日常工作中辐射工作人员不进入检测铅房，因此本项目检测铅房内无需配备指示灯、声音提示装置等，本项目配备的辐射安全措施和保护措施主要有：

### 3.1 辐射防护措施

(1) 安装门机联锁装置。检测铅房工件门拟设置门机联锁装置，即操作台或 X 射线管头组装体上的接口与防护门联锁，只有当工件门完全关闭后才能接通 X 射线管管电压。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。在检测铅房内拟设置紧急开门开关以方便检测铅房内部的人员在紧急情况下离开检测铅房。

(2) 检测铅房设计安装指示灯和声音提示装置。检测铅房外顶部拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，X 射线数字成像检测系统工作时，指示灯和声音提示装置开启，警告无关人员勿靠检测铅房或在检测铅房外做不必要的逗留。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保检测铅房周围人员安全离开，“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。

(3) 检测铅房拟设置照射状态指示装置与 X 射线数字成像检测系统进行联锁。

(4) 检测铅房工件门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。

(5) 检测铅房工件门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

(6) 安装紧急停机按钮。拟在检测铅房内东侧墙体设置 1 个紧急停机按钮，操作台处设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。本项目紧急停机按钮的设置能够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。紧急停机按钮应当带有标签，标明使用方法。

(7) 操作台处拟设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线探伤机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。设置 X 射线管电压及高压接通或断开状态的指示装置，以及管电压、管电流、照射时间选取及设定值显示装置；设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(8) 检测铅房内东北角拟设置视频监控，以便辐射工作人员能够在操作台处观察到探伤室内各个位置情况。

(9) 检测铅房内东南角拟设置固定式辐射探测报警装置，操作台处拟设置对应报警灯及剂量率显示界面。

(10) 检测铅房西墙拟设置通风口，通风口外加装 9mmPb+3mmFe 防护罩。

(11) 检测铅房西墙拟设电缆孔，电缆孔外加装 9mmPb+3mmFe 防护罩。

本项目 X 射线数字成像检测系统辐射安全与防护措施分布见图 10-2。

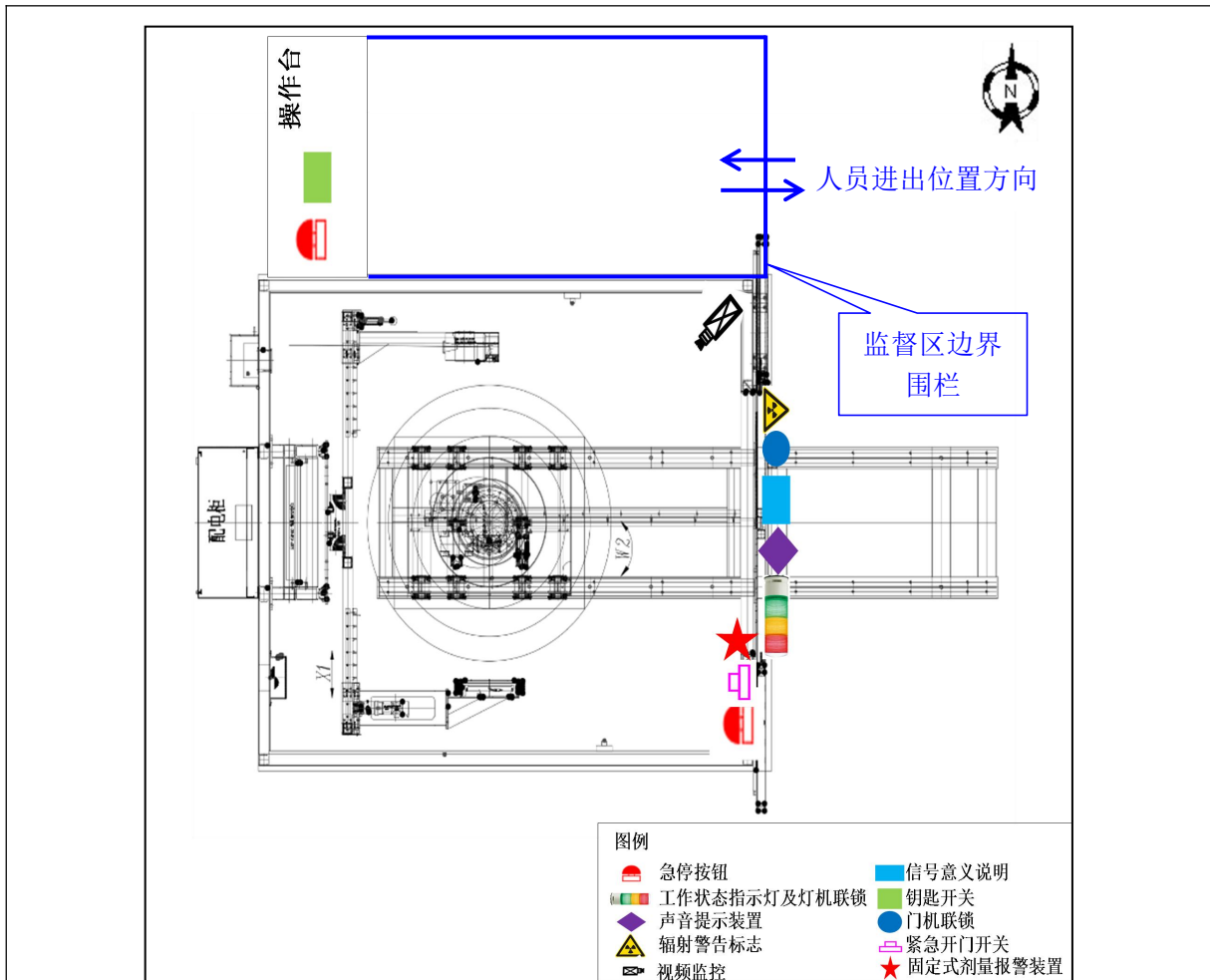


图 10-2 本项目 X 射线数字成像检测系统辐射防护措施布置图

### 3.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对本项目 X 射线数字成像检测系统进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常。

(2) 正常使用 X 射线数字成像检测系统时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

(3) 辐射工作人员拟定期测量检测铅房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，应终止检测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-γ 剂量率仪前，拟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，则不应开始检测工作。

(5) 在每一次照射前，操作人员都应该确认检测铅房内没有人员驻留并关闭工

件门。只有在工件门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

(6) 公司拟对使用的 X 射线数字成像检测系统维护负责，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，并做好设备维护记录。

### 3.3 探伤设备退役措施

当 X 射线数字成像检测系统不再使用时，应实施退役程序。

(1) X 射线数字成像检测系统的 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。

(2) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

### 三废治理

本项目 X 射线数字成像检测系统工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，通过检测装置通风系统排入车间，依托车间通风系统排入外环境。本项目检测铅房体积约为  $14.5\text{m}^3$ ，本项目检测铅房内通风系统的通风量拟设置为  $380\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数约为 25 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线数字成像检测系统为整体外购设备，无建设期环境影响。

运行阶段对环境的影响

辐射环境影响分析

本项目 X 射线数字成像检测系统主要开展公司生产的零配件、零部件的无损检测工作。主要检测工件为结构件，材质主要为钢，最大尺寸约为 800mm×300mm，最大厚度 20mm。本项目 X 射线数字成像检测系统型号为 XYD-225 型（最大管电压 225kV，最大管电流 8mA），主射线向南、向底部照射。本次评价选取设备满功率（即达到最大管电压 225kV、最大管电流 8mA 运行）的工况进行预测。

因设备运行时主射线向南、向底部照射，因此计算时将设备南侧屏蔽体、底部屏蔽体按照有用线束考虑，将设备东侧、西侧、北侧、顶部屏蔽体、工件门、通风口及电缆口均按照非有用线束照射进行预测计算。

本项目 X 射线管在水平方向无法移动，在竖直方向可上下移动，移动范围为 1600mm，并可围绕 U 型臂在竖直方向上进行 ±20° 的旋转，X 射线机距离东侧屏蔽体最近距离为 1320mm、距离南侧屏蔽体最近距离为 1823mm、距离西侧屏蔽体最近距离为 1150mm、距离北侧屏蔽体最近距离为 248mm、距离顶部屏蔽体最近距离为 456mm、距离底部屏蔽体最近距离为 272mm，当主射线照射到底部时距底部最近距离为 1825mm。

1 理论预测公式

1.1 有用线束方向屏蔽效果预测公式

有用线束方向计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$ ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1，



保守以 200kV 及 250kV 下 X 射线管输出量较大值进行插值计算得到 225kV 下 1m 处的输出量；

$R$ : 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$B$ : 屏蔽透射因子,因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中图 B.2 无本项目参数对应的曲线，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中的表 B.2, 采用内插法得出 225kV 下对应的 TVL 值，然后按公式 (11-2) 计算得出：

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

式中： $X$ ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的半值层厚度。

## 1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

### ① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (11-3)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$B$ ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2, 通过内插法得到 225kV 下铅的 TVL，再按公式 (11-2) 计算得出。

### ② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots (11-4)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$ ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1，

保守以 200kV 及 250kV 下 X 射线管输出量较大值进行插值计算得到 225kV 下 1m 处的输出量；

$B$ : 屏蔽透射因子, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中表 2 确定 90° 散射辐射的射线能量, 按公式 (11-2) 计算得出；

$F$ :  $R_0$  处的辐射野面积,  $m^2$ ；

$\alpha$ : 散射因子, 入射辐射被单位面积 ( $1m^2$ ) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关, 在未获得相应物质的  $\alpha$  值时, 可以用水的  $\alpha$  值保守估计, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录 B 表 B.3；

$R_s$ : 散射体至关注点的距离,  $m$ ；

$R_0$ : 辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离,  $m$ 。

## 1.2 参考点的年剂量水平估算公式

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (11-5)$$

式中:  $H_c$ : 参考点的年剂量水平,  $mSv/a$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ : 参考点处剂量率,  $\mu Sv/h$ ；

$t$ : 探伤装置年照射时间,  $h/a$ ；

$U$ : 探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$ : 人员在相应关注点驻留的居留因子。

## 2 屏蔽计算分析

### 2.1 理论计算结果

表 11-1 检测铅房有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	南墙	底部 (主照面)
设计厚度		
I (mA)		
$H_0^{\text{①}} \mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$		
TVL (mm)		
$B^{\text{②}}$		

$R^{\circ}$ (m)	
$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
评价	

表 11-2 检测铅房非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	东墙	西墙/通风口/电 缆口	北墙/操作位*	顶部	工件门
X 设计厚度					
泄漏 辐射	TVL (mm)				
	$B^{\#}$				
	$\dot{H}_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
	$R^*$ (m)				
	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
散射 辐射	散射后能量 对应的 kV 值				
	TVL (mm)				
	$B^{\#}$				
	I (mA)				
	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$				
	$F$ ( $\text{m}^2$ )				
	$\alpha$				
	$R_0$ (m)				
	$R_s^*$ (m)				

	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
	泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
	评价				

从表 11-1、11-2 预测结果可知，当本项目 XYD-225 型 X 射线数字成像检测系统在满功率（最大管电压、最大管电流条件下）工况下运行时，其四周墙体、工件门外的最大辐射剂量率约为  $\mu\text{Sv/h}$ ，顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为  $\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

## 2.2 天空反散射影响分析

本项目 XYD-225 型 X 射线数字成像检测系统满功率运行时，由于顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率为  $\mu\text{Sv/h}$ ，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，因此其天空反散射能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

## 2.3 通风口、电缆口、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目 X 射线数字成像检测装置通风口与电缆口均位于铅房西侧，通风口与电缆口外均拟采用  $9\text{mmPb}+3\text{mmFe}$  防护罩进行防护；由表 11-2 计算结果可知，本项目 X 射线数字成像检测系统在满功率条件下运行时，本项目通风口与电缆口外 30cm 处辐射剂量率为  $0.193\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足标准要求。且根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”。本项目 X 射线经过通风口、电缆孔防护铅罩结构时至少会经过 3 次散射到达管道口处，散射路径如“O-A-B-C”所示，可推断管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风管道、电缆管道散射示意图见图 11-2。

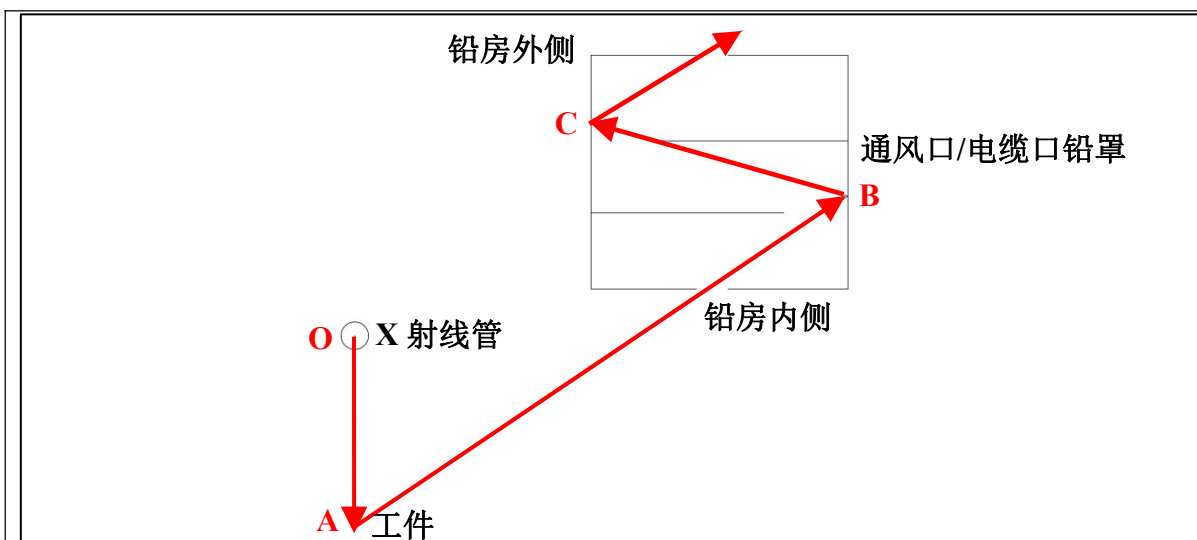


图 11-3 通风口、电缆孔散射示意图

本项目检测铅房工件门门洞 1.2m 宽×1.6m 高，工件门采用电动平移双开门，单扇工件门 0.75m 宽×2.0m 高，工件门左右各搭接 150mm，上下各搭接 200mm；双开门接缝搭接 75mm。工件门与墙体之间的缝隙宽度均小于 10mm，工件门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍，双开门搭接处采取阶梯式拼接，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

### 3 有效剂量估算

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为 X 射线数字成像检测系统拟建址周围 50m 范围内其他人员。本项目东侧、西侧、南侧、顶部公众保守取检测铅房对应侧屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率进行剂量估算；北侧公众拟按照处于监督区边界处剂量率进行估算，根据剂量率与距离的平方呈反比公式得到北侧监督区边界处辐射剂量率：

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (11-6)$$

式中：H<sub>1</sub>—设备屏蔽体外 30cm 处的剂量率，μSv/h；

H<sub>2</sub>—距射线源 R<sub>2</sub> 处的剂量率，μSv/h；

R<sub>1</sub>—出束口距设备屏蔽体外 30cm 处的距离，m；

R<sub>2</sub>—出束口距关注点的距离，m。

本项目北侧屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率 H<sub>1</sub>=1.354μSv/h，R<sub>1</sub>=0.542m，R<sub>2</sub>=2.5m，由公式 (11-6) 计算可得 H<sub>2</sub>=0.064μSv/h。

根据表 11-1、11-2 估算结果及公式 (11-6) 计算结果代入公式 (11-5)，分别选

取各参考点处最大辐射剂量率值进行周剂量估算及年剂量估算，结果见表 11-3、11-4。根据表 11-1、11-2 估算结果计算结果代入公式（11-5），分别选取各参考点处最大辐射剂量率值进行周剂量估算及年剂量估算，结果见表 11-3、11-4。

表 11-3 本项目周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	周工作时间 (h)	周剂量估算值 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	剂量约束值 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	评价
1	北侧	1	1 (操作位)		10		100 (职业人员)	满足
2	东侧	1	1/4 (车间内场所)		10		5 (公众)	满足
3	南侧	1	1/4 (车间内场所)		10			满足
4	西侧	1	1/8 (厂内道路)		10			满足
5	北侧	1	1/4 (车间内场所)		10			满足
6	顶部	1	1/4 (仓库)		10			满足

从表 11-3 中预测结果可以看出，本项目检测铅房周围辐射工作人员周有效剂量最大值  $\mu\text{Sv}$ ；公众周有效剂量最大值为  $\mu\text{Sv}$ ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员周有效剂量不超过  $100\mu\text{Sv}$ ，公众周有效剂量不超过  $5\mu\text{Sv}$ 。

表 11-4 本项目周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年工作时间 (h)	年剂量估算值 ( $\text{mSv/a}$ )	剂量约束值 ( $\text{mSv/a}$ )	评价
1	北侧	1	1 (操作位)		500		5 (职业人员)	满足
2	东侧	1	1/4 (车间内场所)		500		0.1 (公众)	满足
3	南侧	1	1/4 (车间内场所)		500			满足
4	西侧	1	1/8 (厂内道路)		500			满足
5	北侧	1	1/4 (车间内场所)		500			满足
6	顶部	1	1/4 (仓库)		500			满足

从表 11-4 中预测结果可以看出，本项目检测铅房周围辐射工作人员年有效剂量最大  $\text{mSv}$ ；公众年有效剂量最大值为  $\text{mSv}$ ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：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  $0.1\text{mSv}$ 。

本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址北侧常州市华辉油泵油嘴厂距装置检测

铅房最近距离约为 14m，根据前文理论预测结果，X 射线经距离的进一步衰减后，基本湮灭在环境本底辐射中，可推断本项目周围评价范围内其他公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求。

#### 4 三废治理评价

本项目 X 射线数字成像检测系统工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，通过检测装置通风系统排入车间，依托车间通风系统排入外环境。本项目铅房内净体积约为 14.5m<sup>3</sup>，本项目检测铅房内通风系统的通风量拟设置为 380m<sup>3</sup>/h，每小时有效通风换气次数约为 25 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

### 事故影响分析

#### 1 潜在事故分析

本项目 X 射线数字成像检测系统只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此，X 射线探伤事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于安全连锁装置失灵，导致工件门未关闭时开机工作，人员误入或误留受到误照射。

（2）机器调试、检修时误照射。X 射线数字成像检测系统在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

（3）二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照射。

#### 2 辐射事故预防措施

常州金坛诚辉机械制造有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

(1) 公司内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

(2) 严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在开启装置前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障情况下开机检测。

(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，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。

### 3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目拟使用的 X 射线数字成像检测系统属于Ⅱ类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

(1) 辐射工作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。



表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为 X 射线数字成像检测系统，属 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 II 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，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，并以文件形式明确管理人员职责。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。

常州金坛诚辉机械制造有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员兼职辐射防护负责人，辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可从事无损检测工作。

### 辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目，常州金坛诚辉机械制造有限公司应制定一系列完善的辐射安全管理制度，包括操作规程、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、台账管理制度、事故应急预案等，才能满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

**探伤操作规程：**明确辐射工作人员的资质条件要求，明确 X 射线数字成像检测系统操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线数字成像检测系统操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

**岗位职责：**明确管理人员、探伤工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

**辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线数字成像检测系统的运行和维修时辐射安全管理。

**设备检修维护制度：**明确 X 射线数字成像检测系统及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保 X 射线数字成像检测系统与剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

**人员培训计划：**制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核

的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

**监测方案：**制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

**台账管理制度：**对 X 射线数字成像检测系统使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，并对 X 射线数字成像检测系统使用进行严格管理。

**事故应急预案：**依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

## 辐射监测

公司使用的 X 射线数字成像检测系统属 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配置至少 1 台环境辐射剂量巡测仪，以满足射线装置日常运行时，对 X 射线数字成像检测系统周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司拟为本项目配备 1 台环境辐射剂量巡测仪，用于对本项目 X 射线数字成像检测系统日常运行时检测铅房周围的辐射水平进行监测；公司拟为本项目辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

公司拟每年委托有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在开展探伤作业时，公司拟定期对 X 射线数字成像检测系统周围的辐射水平进行监测，并做相关记录；本项目辐射工作人员拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每 1 个月/次，最长不超过 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司拟每年对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
X 射线数字成像检测系统	X-γ周围剂量当量率	验收监测	1 次	①X 射线数字成像检测系统周围关注点位处，如检测铅房各屏蔽体及门外 30cm 处，特别是工件门缝、通风口、电缆口等； ②辐射工作人员操作位处
		工作场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	每次开展检测工作时	
辐射工作人员	个人剂量监测	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

### 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，常州金坛诚辉机械制造有限公司应针对射线探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

常州金坛诚辉机械制造有限公司拟依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施。公司拟定期组织应急人员对应急处理措施进行培训，并组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

**表 13 结论与建议**

**结论**

**1 辐射安全与防护分析结论**

**1.1 项目位置**

本项目建设地址位于常州市金坛区河头镇工业园区常溧公路许城段南侧，公司厂区东侧为汇业路，南侧依次为金坛市生才塑料包装厂及亿兆塑料模具厂，西侧为复兴路，北侧为常州市华辉油泵油嘴厂。

本项目 X 射线数字成像检测系统拟建于公司厂区检验车间，东侧依次为车间内场所、外托架、氦检设备区、厂内道路、铝铸造车间及办公楼，南侧依次为车间内场所、储物室、物料待检区、厂内道路、门卫及罗托克车间，西侧依次为厂内道路及复兴路，北侧依次为车间内场所、水压测试区、厂内道路及常州市华辉油泵油嘴厂。楼上两层均为仓库，楼下无建筑。

本项目 X 射线数字成像检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线数字成像检测系统拟建址周围评价范围内的公众。

**1.2 实践正当性评价**

本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

**1.3 项目分区及布局**

本项目拟将 X 射线数字成像检测系统检测铅房作为本项目的辐射防护控制区，在 X 射线数字成像检测系统检测铅房工件门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将 X 射线数字成像检测系统检测铅房北侧包括控制台在内的 1.50m 长×2.47m 宽范围作为本项目辐射防护监督区，拟在监督区边界设置警戒围栏，监督区东侧设置出入口，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，监督区入口处拟设立表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。本项目辐射防护分区的划分符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

**1.4 辐射安全措施**

本项目 X 射线数字成像检测系统检测铅房工件门拟设置门机联锁装置，检测铅房内拟设置紧急开门开关；检测铅房顶部拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置并与 X 射线数字成像检测系统进行联锁；检测铅房工件门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；检测铅房工件门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；拟在检测铅房内东侧墙体及操作台处共设 2 个紧急停机按钮；操作台处拟设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用；检测铅房内东北角拟设置视频监控装置，检测铅房东南角拟设置固定式辐射探测报警装置，操作台处拟设置对应报警灯及剂量率显示界面。

辐射工作人员在开展检测工作前应按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对检测铅房及 X 射线数字成像检测系统进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员正常使用 X 射线数字成像检测系统时应检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；应定期测量 X 射线数字成像检测系统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；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；在每一次照射前，操作人员都应该确认检测铅房内部没有人员驻留并关闭防护门；公司应对 X 射线数字成像检测系统的设备维护负责，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，并做好设备维护记录。

当 X 射线数字成像检测系统不再使用时，应实施退役程序。X 射线数字成像检测系统的 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；退役时应清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

### **1.5 辐射安全管理**

常州金坛诚辉机械制造有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责，同时拟制定各项辐射安全管理制度。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可从事检测工作，公司拟对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司拟为本项目配备 1 台辐射环境巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，方能够满

足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

## 2 环境影响分析结论

### 2.1 辐射防护影响预测

本项目检测铅房内净尺寸为 2.47m 长×2.12m 宽×2.76m 高，检测铅房南侧墙体拟采用 15mmPb+3mmFe、底部墙体南部约 472mm 长范围拟采用 15mmPb+3mmFe，东侧、西侧、北侧、顶部及底部其他屏蔽体均拟采用 9mmPb+3mmFe，工件门拟采用 9mmPb+3mmFe，通风口及电缆口外均拟采用 9mmPb+3mmFe 防护罩。

根据理论预测结果，本项目 X 射线数字成像检测系统运行后周围的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的辐射剂量率限值要求。

### 2.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员和周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过 100 $\mu$ Sv，公众周有效剂量不超过 5 $\mu$ Sv；职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

### 2.3 三废处理处置

本项目 X 射线数字成像检测系统在工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，通过检测装置通风系统排入车间，依托车间通风系统排入外环境，臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

辐射工作人员生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

## 3 可行性分析结论

综上所述，常州金坛诚辉机械制造有限公司新建 1 台 X 射线数字成像检测系统项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其

所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，项目对环境和公众的影响满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）相关要求，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

#### **建议和承诺**

- 1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。
- 2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。
- 3) 项目建成后企业应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定在3个月内及时进行自主环境保护验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司拟成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II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的要求。	/
辐射安全和防护措施	本项目 X 射线数字成像检测系统检测铅房内净尺寸为 2.47m 长×2.12m 宽×2.76m 高，南侧墙体拟采用 15mmPb+3mmFe、底部墙体南部约 472mm 长范围拟采用 15mmPb+3mmFe，东侧、西侧、北侧、顶部及底部其他屏蔽体均拟采用 9mmPb+3mmFe，工件门拟采用 9mmPb+3mmFe，通风口及电缆口外均拟采用 9mmPb+3mmFe 防护罩。	检测铅房表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求	20
	本项目检测铅房工件门拟设置门机联锁装置，检测铅房内拟设置紧急开门开关；检测铅房顶部拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置并与 X 射线数字成像检测系统进行联锁；检测铅房工件门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；检测铅房工件门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；拟在检测铅房东侧墙体及操作台处共设 2 个紧急停机按钮；操作台处拟设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用；检测铅房内东北角拟设置视频监控装置，东南角拟设置固定式辐射探测报警装置。操作台处拟设置对应报警灯及剂量率显示界面。 公司拟定期对 X 射线数字成像检测系统进行维护（每年至少一次）	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中的要求	10
人员配备	公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健	定期投入



	公司拟委托有资质的单位对 2 名辐射工作人员开展个人剂量检测（1 个月/次，最长不超过 3 个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案	康体检的相关要求。	
	公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织本项目 2 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案		
监测仪器和防护用品	拟配置 1 台 X-γ辐射剂量率巡检仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡检仪等仪器的要求	1
	拟配置 2 台个人剂量报警仪		1
辐射安全管理制度	公司拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、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、台账管理制度以及辐射事故应急预案等制度	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急预案	/

以上措施必须在项目运行前落实。

