

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.....	7
表 5 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.....	17
表 9 项目工程分析与源项.....	19
表 10 辐射安全与防护.....	22
表 11 环境影响分析.....	29
表 12 辐射安全管理.....	42
表 13 结论与建议.....	49

附图 1：项目地理位置图

附图 2：厂区平面布置图

附图 3：探伤室设计图

附图 4：出束角度示意图

附件 1：委托书

附件 2：监测报告

附件 3：营业执照

附件 4：相关辐射安全管理制度

附件 5：相关环评手续

附件 6：辐射安全与防护培训承诺函

表 1 项目基本情况

建设项目名称		湖南前元新材料有限公司核技术利用新建项目				
建设单位		湖南前元新材料有限公司				
法人代表	张先进	联系人	何龙	联系电话	13657486981	
注册地址		湖南平江工业园伍市工业区兴业路北侧				
项目地点		湖南平江工业园伍市工业区兴业路北侧				
立项审批部门		-		批准文号	-	
建设项目总投资 (万元)	200	项目环保投资 (万元)	20	投资比例(环保 投资/总投资)	10%	
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 ²	150
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			
	其它					
	1、项目概况					
1.1 单位概况						
<p>湖南前元新材料有限公司成立于 2010 年 01 月 25 日,公司位于岳阳市平江县高新技术产业园伍市工业园,公司现有员工 90 余人,主要从事塑料管材、金属塑料复合管及其配件、流体输送设备及材料、环保产品及其他新型高科技材料的研发、设计、生产、销售、安装及配套服务等。</p> <p>2012 年 9 月,建设单位委托广州环发环保工程有限公司编制了《湖南前元新材料有限公司年产复合管材 5 万吨生产项目环境影响评价报告书》;2012 年 11 月 14 日,岳阳市环境保护局以岳环评批[2012]129 号文对该项目环境影响评价报告书予以批复。2014</p>						

年委托湖南华科环境检测技术服务有限公司对《湖南前元新材料有限公司年产复合管材5万吨生产项目环境影响评价报告书》进行竣工验收（验收意见文号：岳环管验[2014]36号）。依据国家环境保护部2018年1月10日公布的《排污许可管理办法（试行）》，湖南前元新材料有限公司于2020年6月18日向岳阳市生态环境局申领了排污许可证（证书编号：914306265507001751001U）。2021年6月建设单位委托湖南汇恒环境保护科技发展有限公司编制了《湖南前元新材料有限公司年产52800吨螺旋埋弧焊钢管扩建项目环境影响报告表》，2021年7月8日，岳阳市生态环境局平江分局以平环评批[2021]032号文对该项目环境影响评价报告书予以批复，该项目正在建设中。

1.2 项目由来

为了保障产品质量，提升企业的整体竞争实力，湖南前元新材料有限公司拟在厂区西南侧建设一间探伤室，使用1套螺旋管X射线实时成像检测系统（XYD-225型），用于产品的无损检测，对照《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），工业用X射线探伤装置属于II类射线装置。本项目仅开展室内探伤，不涉及现场探伤。

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》等法律法规，新建X射线探伤室应用项目应进行环境影响评价，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，应编制环境影响报告表。湖南前元新材料有限公司委托湖南汇恒环境保护科技发展有限公司对本次新建核技术利用项目进行环境影响评价（委托书见附件1），评价单位人员在现场踏勘、收集有关资料的基础上，按照国家对辐射项目环境影响评价技术规范的要求，编制了本项目的辐射环境影响评价报告表。

1.3 项目建设规模

- (1) 项目名称：湖南前元新材料有限公司核技术利用新建项目；
- (2) 建设单位：湖南前元新材料有限公司；
- (3) 建设性质：新建；

(4) 建设地点：平江高新技术产业园伍市工业园湖南前元新材料有限公司内，项目地理位置图见附图1；

(5) 建设内容：建设使用 1 套螺旋管 X 射线实时成像检测系统（XYD-225 型），用于产品的无损检测，项目基本组成情况见表 1-1；

表 1-1 项目基本组成一览表

序号	类别	项目名称	建设内容	备注
1	主体工程	探伤室	在厂区西南侧建设一间用于产品无损检测的探伤室，探伤室占地面积 104m ² ，高 4.3m，在探伤室内安装 1 套螺旋管 X 射线实时成像检测系统	新建
2	辅助工程	控制室	控制室位于探伤室南侧，占地面积 17.35m ² 、高 3.8m，主要包括配电柜和控制柜	新建
3	公用工程	供配电系统	依托厂房供配电系统，厂房用电来源于市政供电	依托
		给水系统	依托厂区给水管网供辐射工作人员生活用水	依托
		排水系统	辐射工作人员生活污水依托厂区污水处理装置，处理达标后排入市政污水管网	依托
4	环保工程	污水处理设施	生活污水依托厂区现有污水处理装置	依托
		废气	机械通风系统	新建

1.4 核技术利用项目基本情况

(1) 探伤室情况

探伤室建设内容见表 1-2

表 1-2 探伤室建设内容一览表

项目	内容
探伤室尺寸（长×宽×高）	内空尺寸：29700mm×3900mm×4300mm 外部尺寸：30300mm×4500mm×4600mm
外墙屏蔽墙厚度	四周墙体：300mm 混凝土 顶棚：中心 10m 范围 500mm 混凝土，其余区域 300mm 混凝土
大铅门	铅门尺寸：2420mm×2650mm， 门洞尺寸：1310mm×2900mm（两扇） 铅门屏蔽：3mmPb
小铅门	铅门尺寸：800mm×1800mm， 门洞尺寸：1000mm×200mm 铅门屏蔽：3mmPb

(2) 探伤机

本项目使用的探伤设备信息见表 1-3

表 1-3 探伤机基本情况一览表

装置名称	型号	额定电压	额定电流	数量	主射方向	类别
螺旋管 X 射线实时成像检测系	XYD-225	225kV	3mA	1	朝上	II 类

(3) 人员配置情况

拟配置 3 名辐射工作人员，其中一名管理人员，两名操作人员，操作人员主要负责探伤机的日常探伤透照作业和拟测工件的摆件、贴片以及待测工件的运输。每天工作 8 小时，年工作约 300 天。

(4) 待测工件情况

本项目日探伤检测的工件数量约 20 件，均为螺旋管（具体情况见表 1-4），螺旋管依托机械运输装置进行运输。

表 1-4 被监测管件参数

工件名称	规格	管壁厚度	管长
螺旋管	$\phi 219\text{mm} \sim \phi 2220\text{mm}$	$\leq 24\text{mm}$	$\leq 12\text{m}$

(5) 工作量负荷

年最大工作时间为 300 天，每天检测管件 10 件，每件管件最大检测时间 24min，故每年最大检测时间约 1200h，每周最大检测时间 24h。

1.5 项目周边环境概况

湖南前元新材料有限公司核技术利用新建项目位于湖南平江工业园伍市工业区兴业路北侧湖南前元新材料有限公司厂区内，探伤室东侧为公司的 1#厂房、2#厂房和 3#厂房，西侧为待建的螺旋管生产车间，南侧为办公楼和仓库，探伤室北侧入口临近螺旋管车间的裸管出口。厂区平面布置图见附图 2。

1.6 产业政策符合性分析

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》“第一类鼓励类”中“十四机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于国家鼓励类产业，项目符合国家产业政策。

1.7 实践正当性分析

X 射线探伤是利用 X 射线能够穿透金属材料，并由于材料对射线的吸收和散射作用的不同，从而使胶片感光不一样，于是在底片上形成黑度不同的影像，据此来判断材料内部缺陷情况。

本项目的建设是为了满足生产要求，采用 X 射线探伤的目的是为了实现对工件的无损检测，确保产品质量、使用安全，且本项目探伤室的防护性能符合国家相关标准，使得设备的使用对环境的辐射影响小于它带来的社会效益和经济效益，因此项目开展所带

来的利益是大于所付出的代价，符合辐射防护“实践的正当性”原则。综上所述，本项目使用 X 射线探伤机作无损检测是正当可行的。

1.5 保护目标、评价因子及评价目的

(1) 保护目标

本项目环境敏感点确定为 X 射线装置工作场所周围的辐射工作人员和公众成员。

(2) 评价因子

根据本次评价的项目特点及项目实际情况，本项目主要环境影响为 X 射线、臭氧、氮氧化物等。本项目评价因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物。

(3) 评价目的

①满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定要求；

②对项目所处地区环境的现状调查、监测，掌握评价区域内的辐射环境质量现状和环境功能概况，分析评价本项目的主要污染源，论证环保措施可行性和合理性，提出切实可行的辐射防护措施和建议；

③根据国家核技术利用项目的有关标准和规范，对公司核技术利用项目进行辐射环境影响评价；

④对该项目存在的不利影响提出污染防治措施，以减少辐射环境影响；

⑤从环保角度提出该项目是否可行的明确结论，为行政主管部门审批和监管提供科学依据。

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
/	/	/	/		/	/	/	/
	以下空白							

注：上表为建设单位现持有辐射安全许可证批准的使用规模，本次评价项目不改变使用规模；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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作 方式	使用 场所	贮存方式与 地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	以下空白									

注：日等效最大操作和操作方式见《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)	额度电流 (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	螺旋管 X 射线实时成像检测系	II 类	1	XYD-225	225	3	无损检测	探伤室	/

(三) 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	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	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度,对于液态单位为 mg/L,固体为 mg/kg,气态为 mg/m³;年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明,其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg,或 Bq/m³) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》2014年4月24日修订；</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日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第682号令）1998年11月29日施行，2017年7月16日修订；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》2005年12月1日起施行，2019年3月18日国务院709号令修订；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号，2020年11月30日发布）；</p> <p>(7) 《产业结构调整指导目录》（2019年本）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）2019年3月2日修订；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），2017年12月5日施行；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第47号），2019年8月22日经生态环境部令第7号修改；</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（中华人民共和国卫生部令第55号），2007年11月1日施行；</p> <p>(12) 《危险废物污染防治技术政策》环发[2001]199号；</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》（环保总局公告[2006]第145号，2006年9月26日施行）</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）。</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>(5) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》第1号修改单（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）；</p>

	<p>(6) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)(2013年修订);</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(8) 《放射工作人员健康要求》(GBZ98-2017);</p> <p>(9) 《工作场所有害因素职业接触限值第一步部分化学因素》(GBZ2.1-2019);</p> <p>(10) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(11) 《国家危险废物名录(2021年版)》部令第15号;</p> <p>(12) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)(2013年修订)</p> <p>(13) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)</p> <p>(14) 《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003)</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 本项目电离辐射检测报告;</p> <p>(2) 环境影响评价委托书;</p> <p>(3) 《辐射防护》(第11卷,第二期,湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究,湖南省环境监测中心站,1991年3月)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—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质边界外 50m 的范围”，结合本项目情况，确定以射线装置探伤室墙体边界外 50m 范围作为辐射环境的评价范围。

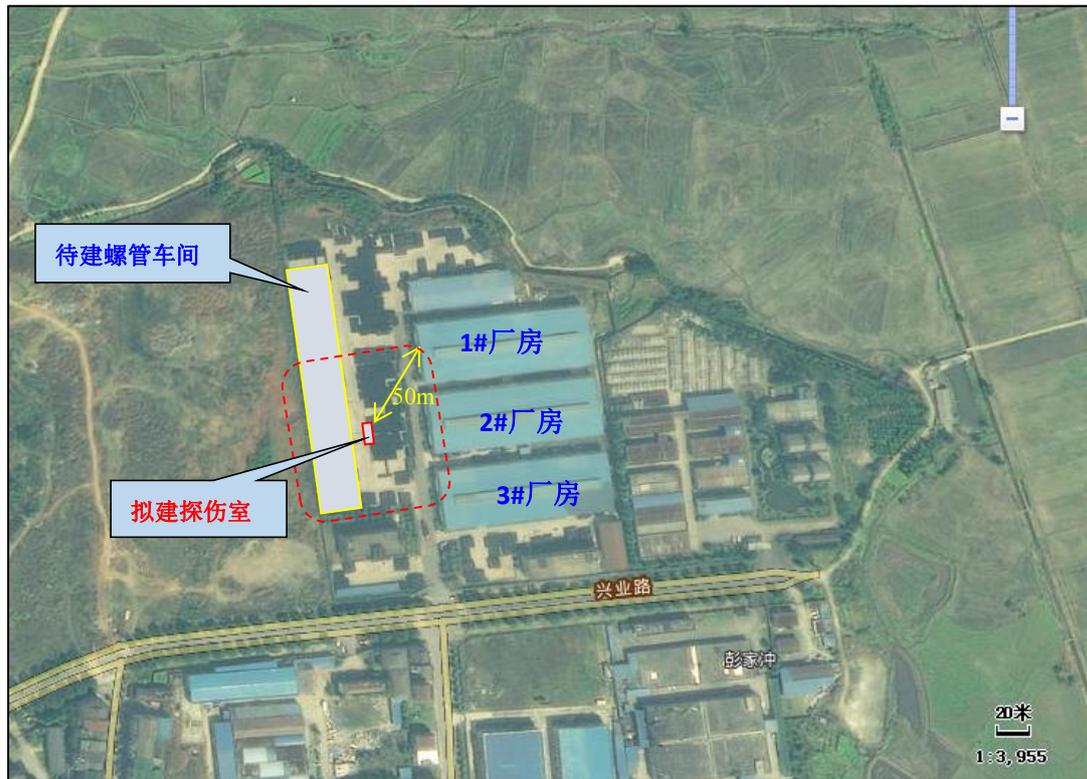


图 7-1 评价范围及周边环境示意图

7.2 环境保护目标

本项目位于湖南前元新材料有限公司厂区内，新建探伤室为单层独立建筑，且探伤室旁邻近建筑物在辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内，评价范围内主要环保目标见表 7-1，厂区内环保目标区域分部情况见附图 5。

表 7-1 环境保护目标一览表

序号	场所	保护目标	方位和距离	管理目标限值 mSv/a
1	探伤设备控制室	辐射工作人员 3 人	南侧：紧邻	2

2	1#厂房	一般工作人员	东北侧：40m	0.1
3	2#厂房		东侧：35m	
4	3#厂房		东南侧：40m	
5	螺旋管生产车间		西侧：10m	

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）

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。

a、辐射工作人员

应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。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。

根据探伤装置实际使用情况建设单位决定取其 1/10 即 2mSv/a 作为剂量管理目标值，根据本次评价环境影响分析结果，该取值合理。

b、公众照射

公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述控制值 1mSv。

根据探伤装置实际使用情况建设单位决定取其 1/10 即 0.1mSv/a 作为剂量管理目标值，根据本次评价环境影响分析结果，该取值合理。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117—2015）

该标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

第 3 条工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

第 3.1.1.5 条 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率 X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合如表 7-2 要求。

表 7-2X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率控制值

管电压, kV	漏射线空气比释动能率, $\mu\text{Sv/h}$
150~200	<2.5

第 4 条工业 X 射线探伤室探伤的放射防护要求

第 4.1 条防护安全要求

第 4.1.1 条探伤室的设置应充分考虑周围的放射安全，操作室应与探伤室分开并避开有用线束照射的方向。

第 4.1.2 条应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

第 4.1.3 条 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a)人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b)关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

第 4.1.4 条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 4.1.3；

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

第 4.1.5 条探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

第 4.1.11 条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。

根据计算，本环评按照探伤室外周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 评价探伤室的防护性能。

第 6 条放射防护检测

第 6.1 条检测的一般要求

第 6.1.1 条检测计划

运营单位应制定放射防护检测计划，在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

第 6.1.2 条检测仪器

用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定，并

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。

第 6.1.3 条检测条件

检测应在 X 射线探伤装置的限束装置开至最大，额定管电压、管电流照射的条件下进行。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）

第 3 条探伤室屏蔽要求

第 3.1 条探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

第 3.1.1 条探伤墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c,d}$) :

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

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

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

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；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

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

t 按式 (2) 计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (2)$$

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

60——小时与分钟的换算关系；

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)。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$

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

c)关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c :

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 \dot{H}_{c-d} 和 b) 中的 \dot{H}_{c-max} 二者的较小值。

第 3.2 条需要屏蔽的辐射

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

第 3.2.2 条散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

第 3.2.3 条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）。

第 3.3 条其他要求

第 3.3.1 条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。

第 3.3.2 条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。

第 3.3.3 条屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

第 3.3.4 条当探伤室使用多台 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。

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

(4) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597—2001）（2013 年修订）

第 4.1 条所有危险废物产生者和危险废物经营者应建造专用的危险废物贮存设施，也可利用原有构筑物改建成危险废物贮存设施。

第 4.4 条除 4.3 规定外，必须将危险废物装入容器内。

第 4.9 条盛装危险废物的容器上必须粘贴符合本标准附录 A 所示的标签。

第 5.1 条应当使用符合标准的容器盛装危险废物。

第 5.2 条装载危险废物的容器及材质要满足相应的强度要求。

第 5.3 条装载危险废物的容器必须完好无损。

第 5.4 条盛装危险废物的容器材质和衬里要与危险废物相容（不相互反应）。

第 5.5 条液体危险废物可注入开孔直径不超过 70 毫米并有放气孔的桶中。

(5) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)

工作场所空气中臭氧的容许浓度为 0.3mg/m³、二氧化氮的容许浓度为 5mg/m³。

(6) 标准汇总

根据以上所列标准，综合考虑本项目各方面要素以及实际的可操作性，本环评采用以下各项标准和剂量控制值，见表 7-3。

表 7-3 本环评采用的各项标准和指标

序号	项目	控制值	采用标准
1	有效剂量管理目标值	工作人员：≤2mSv/a；公众成员：≤0.1mSv/a	GB18871—2002
2	X 射线探伤机要求	管电压>200kV：X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率：<5mGy/h	GBZ117—2015
3	X 射线探伤室	探伤室外 30cm 处周围剂量当量率：≤2.5μSv/h；探伤室顶棚无人到达，不得大于 100μSv/h	GBZ117—2015 GBZ/T250—2014
4	工作场所气体浓度	臭氧≤0.3mg/m ³ 二氧化氮≤5mg/m ³	GBZ2.1-2019

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 辐射环境质量现状调查

1、项目环境辐射检测

本次评价委托湖南中润恒信检测有限公司于 2021 年 7 月 21 日对湖南前元新材料有限公司核技术利用新建项目的辐射环境进行了检测。

2、监测方案及质量保证

(1) 检测目的

该环境辐射现状检测的目的主要是为了解项目地点辐射水平以及周围剂量当量率，为辐射工作场所建成运行时对环境的影响提供依据。

(2) 检测依据和方法

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021)。

(3) 检测布点及质量保证

检测点位主要考虑射线装置拟安装地及以 X 射线装置为中心，四周人员能够达到的区域，监测点位示意图见附件-监测报告。

该项目测量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检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。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。本次监测所使用的仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测所使用的仪器情况

仪器名称	X、 γ 周围剂量当量率仪
仪器型号	AT1123
检定证书	管理编号：ZRYS-A-133， 校准证书编号：2021H21-10-3146184001 有效期：2021.04.02~2022.04.01

表 8-2 周边地表 γ 辐射环境监测结果

序号	测量位置	测量结果($\mu\text{Gy/h}$)
1	探伤室东侧	0.05
2	探伤室南侧	0.06
3	探伤室西侧	0.04
4	探伤室北侧	0.05
5	办公楼	0.06

根据监测结果，本项目工作场所周围本底 γ 辐射水平（ $0.04\sim 0.06\mu\text{Gy/h}$ ）属于岳阳市天然辐射范围内（范围 $0.0644\sim 0.1769\mu\text{Gy/h}$ ）。[数据来自《辐射防护》（第 11 卷，第 2 期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目探伤室在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，施工人员少，施工期短，通过合理的施工时间安排和场地布置可有效降低本项目对周边环境产生的影响。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

(1) 环境空气

本项目的环境空气影响主要是施工扬尘，由土建施工以及建筑材料运输等活动产生。

(2) 噪声

本项目产生噪声影响的主要是施工机械、运输、混凝土浇注及现场处理等。噪声值一般在 65~80dB(A) 之间，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) 地表水

施工期污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。

(4) 固体废弃物

本项目土建工程量较小，产生的建筑垃圾、土石方很少。

9.2 射线装置营运期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 射线产生原理

本项目使用的 X 射线机检测系统是固定式工频恒压 X 射线机设备，由 X 射线管、高压电缆、高压发生器、控制器、油冷却器、升降架车等组成。X 射线管产生的 X 射线对待测工件进行照射，当零部件存在裂纹、气孔、未熔合、夹渣等问题，X 射线衰减的情况就会发生变化，通过胶片成像供检测人员观察判断。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需求，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，X 射线管两级间的高压使

电子束向阳极靶射击。高速电子轰击靶体产生 X 射线。整个探伤过程中，只需人工上料与下料，其他依靠自动化完成。

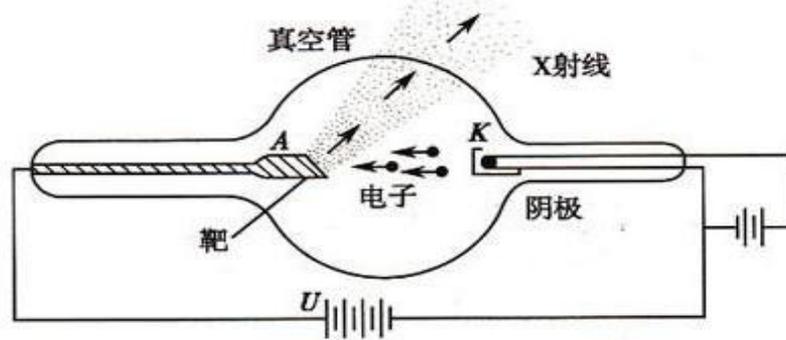


图 9-1X 射线管的原理示意图

9.2.2 探伤机工作原理:

X 射线实时成像检测装置基本原理是依据辐射在被检测物体中的减弱和吸收特性，同物质对辐射的吸收本领与物质性质有关。所以，利用 X 射线管发出的具有一定能量和强度的 X 射线，在被检测物体中的衰减规律及分布情况，就有可能由探测器阵列获得物体内部的详细信息，最后用计算机信息处理和图像重建技术，在显示器上以实时图像形式显示出来。这样，通过简单的图像分析算法便可自动且可靠地检验被检测物体内部结构、组成、材质、缺损状况及焊点缺陷，达到无损检测的目的。

9.2.3 工艺流程及产污环节

工作人员在进行 X 射线探伤前，首先在探伤室内摆好受检工件，确认探伤室内无人后，关好防护门，由控制台上的操作人员确定条件、照射时间，获取预期的图像后，停止 X 射线探伤机出束，完成一次探伤，探伤工作流程见图 9-2。

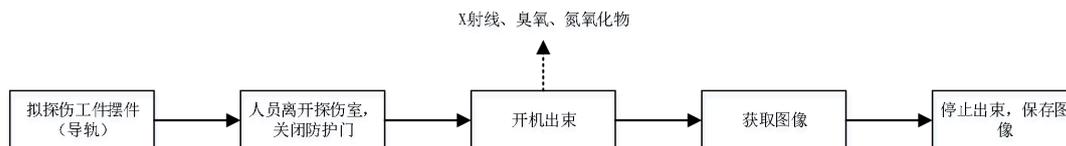


图 9-2 探伤工艺流程简图

9.2.3 主要放射性污染物和污染途径

本项目辐射工作人员定员已经考虑在现有工程的的劳动定员中，因此辐射

工作人员产生的生活污水、生活垃圾等均依托现有工程相关设施处理，本次评价不再考虑。

根据 X 射线探伤的工作原理，本项目的污染物分析如下：

①X 射线是加速电子轰击靶时产生的韧致辐射。由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。X 射线具有较强的穿透性，X 射线探伤机在对工件进行照射的工况下，X 射线通过主射、漏射、散射对作业场所及周围环境产生辐射影响。

②X 射线与空气接触，使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。

根据以上分析可知，污染因子情况见表 9-2 所示。

表 9-1 项目污染因子一览表

污染物	污染因子	处理方式
电离辐射	X 射线	探伤室实体屏蔽，分区管理
废气	O ₃ 、NO _x	经通风系统装置排出，随空气扩散，不会对公众人员以及外环境造成影响。

9.3 事故工况下污染源项分析

本项目发生辐射事故时，事故情况主要包括：

（1）公众在工作状态误入射线装置工作场所，由 X 射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。

（2）工作人员还未全部撤离探伤室，外面工作人员启动设备，造成工作人员被误照。

（3）维修期间，设备意外出束，造成维修人员受到意外照射。

事故情况下的污染因子主要为探伤机射线管在开机状态发出的 X 射线，当发生意外照射辐射事故时，工作人员应立即切断电源或就近按下急停开关迫使射线装置停止出束，并封锁事故现场上报应急领导小组有关人员，由应急领导小组查找事故原因启动应急预案，安排受照射人员就医检查。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

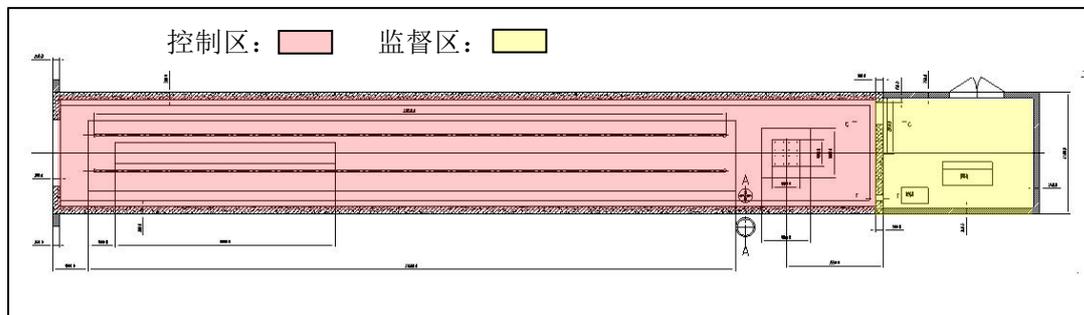
10.1.1 工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

（1）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和防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

（2）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的区域划分为监督区。

根据控制区、监督区划分原则以及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），公司对工作场所实行分区管理，将探伤室墙壁围成的内部区域划分为控制区，控制室划分为监督区，监督区边界建设实体墙体，防止非辐射工作人员误入。



10-1 分区示意图

10.1.2 屏蔽设计及环保相关措施

根据设计资料，本项目探伤检测系统屏蔽设计见表 10-1。

表 10-1 系统屏蔽防护措施一览表

项目	参数
X 射线探伤机型号	XYD-225
额定管电压/电流	225kV 3mA
主射方向	向上
探伤室尺寸 (长×宽×高)	内空尺寸：29700mm×3900mm×4300mm 外部尺寸：30300mm×4500mm×4600mm
探伤室墙体屏蔽厚	四周墙体：300mm 混凝土

度	顶棚：中心 10m 范围 500mm 混凝土，其余区域 300mm 混凝土
铅门尺寸及铅门	大铅门： 铅门尺寸：2420mm×2650mm， 门洞尺寸：1310mm×2900mm（两扇） 铅门屏蔽：3mmPb 小铅门： 铅门尺寸：800mm×1800mm， 门洞尺寸：1000mm×200mm 铅门屏蔽：3mmPb
屏蔽墙体辐射防护	穿越防护墙的导线、导管采用“U”型进入探伤室内，不影响墙体屏蔽防护效果。探伤室水电管线采用“U”形向下穿越屏蔽墙体。 预埋管垂直方向与地面形成 45°角度斜穿屏蔽墙，并在预埋管道的入口或出口应有一定厚度的屏蔽盖板；四周墙体埋入地下 50mm，防护门埋入地下 150mm。
门机连锁装置	设有门机连锁装置，通过相应的电路设置，在探伤室屏蔽门关闭的情况下 X 射线探伤机才能通电开机，如有人开启屏蔽门，误入探伤室，将自动切断 X 射线探伤机高压，停止产生 X 射线。
电离辐射警告标识及中文警示说明	要求在探伤室四面设置电离辐射警告标识及中文警示说明，同时在监督区入口处、东侧、南侧、西侧设置电离辐射警告标识及中文警示说明。 警示标识具体要求参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中附录 F 电离辐射的标志和警告标志的要求设置。
工作状态警示灯	探伤室顶部和屏蔽门处设置警示灯，显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。
通风系统	机械通风系统，通风口设在探伤室东南角，以 U 型穿越，通风系统可保证换气量 5 次/h。
应急开关	设有应急开关 3 个，分别位于操作台、电箱和探伤室北墙（内侧）1.2m 处；人员误入探伤室产生误照时，可通过按下应急开关紧急关闭 X 射线探伤机。
控制台	设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置；设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。
视频监视系统	设有 1 套 360°视频监视系统，对角设置两个摄像头。
固定式剂量报警仪	设有 1 台固定式剂量报警仪； 采用特殊设计的前置放大电路，具有灵敏度高、操作方便、自动显示和超阈值报警等特点，能实时给出辐射剂量率。考虑到现场操作、应急快速响应的需要，主机安装在辐射现场，实现实时监测与就地报警。
10.1.3 安全操作及管理措施	

(1) 公司建立了完善的探伤操作规程、岗位制度、射线装置使用登记制度并张贴上墙，探伤工作人员必须熟悉探伤操作规程，并严格按照规程办事。

(2) 公司配置有相应的管理人员及操作技术人员，上述工作人员经过考核合格后方可上岗。对辐射工作人员进行管理，定期开展辐射防护知识培训、个人剂量监测和职业健康体检。

公司拟设置辐射工作岗位 3 人，承诺上岗前必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台核技术利用辐射安全与防护考核，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗。

(3) 公司拟配置固定式剂量报警仪和便携式剂量报警仪，并计划定期进行环境辐射常规监测。

(4) 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全连锁，禁止任意去除安全连锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全连锁的情况下开机。

(5) 根据检测工件的厚度，合理选择探伤机曝光参数。

(6) 探伤机日常放置在探伤室内，专人管理钥匙。

10.1.4 防护用品

根据相关要求及环评建议，本项目需配备防护用品见下表。

10-2 本项目防护用品清单一览表

防护用品名称	数量	备注
便携式 X- γ 射线剂量率测量仪	1 台	/
固定式剂量报警仪	1 台	/
便携式剂量报警仪	1 个	/
个人剂量计	3 个	/
视频监控系统	1 套	/
辐射警示标识	若干	/

10.2 三废治理

(1) 废水治理措施

辐射工作人员的生活污水依托厂区已建的污水处理设施处理，项目辐射工作人员定员已经考虑在公司的整个劳动定员中，因此，辐射工作人员产生的生活污水、生活垃圾等均依托整个公司处理，本次评价均不再单独考虑。

(2) 废气治理措施

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物（主要

为 NO₂），探伤室设置有机机械通风装置（每小时有效通风换气次数 5 次）保证室内空气流通，使曝光过程中产生的臭氧及氮氧化物自然扩散后对环境的影响较小。

（3）固体废弃物防治措施

一般固废：生活垃圾交由环卫部门处理；报废探伤机去功能化措施后回收。

10.3 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目采取了一定的辐射防护措施，其与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-3 所示。

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)	3.1 设备技术要求 3.1.2 控制台	3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示,以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置	控制台拟设置 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置
		3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置	控制台设有高压接通时的外部报警或指示装置
		控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口,当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压;已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断	控制台设计与有探伤室防护门联锁的接口
		3.1.2.3 应设有钥匙开关,只有在打开控制台钥匙开关后,X 射线管才能出束;钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出	控制台设置有钥匙开关; 钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出
		3.1.2.4 应设置紧急停机开关	控制台设置紧急停机开关
		3.1.2.5 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识	控制台设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识
	4.1 防护安全要求	4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全,操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向	项目控制台与探伤室分开布置, X 射线探伤机的有用射线束照射方向向上,避开了控制室及其他保护目标
		4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区,与墙壁外部相邻区域划为监督区	项目根据该要求,拟划定控制区和监督区,实行分区管理
		4.1.5 探伤室应设置门—机联锁装置,并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射,关上门不能自动开始 X 射线	探伤室拟设置门机联锁装置,只有当防护门关闭后设备才能启动,开高压产生 X 射线。防护门关闭后,设备不能自动开启

湖南前元新材料有限公司核技术利用新建项目环境影响报告表

		照射	
		4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间,以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别	探伤室门口和内部拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别,与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别
		4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。	探伤室防护门上方拟设置了照射状态指示灯,并与 X 射线探伤装置联锁
		4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明	探伤室内、外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明
		4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明	项目探伤室防护门上拟设置电离辐射警告标识,拟设置中文警示说明
		4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳,确保出现紧急事故时,能立即停止照射。按钮或拉绳的安装,应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签,标明使用方法	设置紧急制动按钮 3 个,分别位于探伤室北墙内侧 1.2m 处、控制台和电箱,并在按钮处设置醒目标志,安装视频监控装置,按钮拟设置标签,并标明使用方法
		4.1.11 探伤室应设置机械通风装置,排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次	探伤室设置了机械排风装置,废气排放口远离人员活动的密集区,每小时有效通风换气次数 5 次,符合要求
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)	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	项目在设置铅门供工件和人员进出,人员进出门未设置迷道。
		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免有用射线束照射方向	项目控制室置于探伤室外,X 射线探伤机的有用射线束照射方向朝上,避开了控制室和防护门
		3.3.3 屏蔽设计中,应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	预埋管垂直方向和水平方向均与地面形成 45°角度斜穿屏蔽墙,并在预埋管道的入口或出口应有一定厚度

			的屏蔽盖板
		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	项目探伤室各屏蔽体均能满足各 X 射线探伤设备的屏蔽要求

根据表 10-3 可知,本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)的要求。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期及设备调试期环境影响分析

1、施工期环境影响分析

根据前节工程分析介绍，本项目施工期主要是探伤室的建设和设备的安装。污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对厂区自身环境以及周围的环境带来一定影响。

施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

(1) 扬尘及防治措施

主要为土建施工和设备安装时产生的施工扬尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，应进行适当的洒水降尘处理、合理安排渣土和建筑材料的堆放并加盖防尘网等措施。

(2) 废水及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托公司的排水系统，进入市政污水网管。

(3) 噪声及防治措施

主要来自于探伤室及设备的安装及现场处理等。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

(4) 固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，施工期短，且在公司厂区内施工，对外界的影响很小，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

2、设备调试期环境影响分析

项目建设完毕正式投入运营前需进行设备调试，本项目 X 射线探伤机在设备调试过程中主要的污染物是 X 射线贯穿辐射。

在设备安装调试前，各项防护措施按要求落实到位，调试阶段应加强辐射防

护管理，禁止无关人员靠近。人员离开时探伤室必须上锁并派人看守。由于设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的辐射影响较小。

11.2 运行期辐射环境影响评价

本项目 X 射线探伤机在无损检测过程中，主要的污染物是 X 射线贯穿辐射。

11.2.1 探伤机主要参数

根据设备厂商提供资料本项目使用的探伤机主要技术参数见表 11-1。居留因子见表 11-2。X 射线探伤装置工作负荷见表 11-3。

表 11-1 X 射线探伤机及计算参数表

项目	参数
最大管电压	225kV
最大管电流	3mA
辐射输出剂量率	$3.3E+5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$
漏射剂量率	$5000\mu\text{Sv}/\text{h}$
滤过条件	3mm 铝过滤条件
有用束范围	圆锥束中心轴与边界夹角为 20°

表 11-2 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、周边厂房和车间
部分居留	1/2~1/5	/
偶然居留	1/8-1/40	探伤室西侧道路

注：取自 NCRP144。

表 11-3 X 射线探伤装置工作负荷

设备名称	电压	电流	周平均曝光次数	最大单次曝光时间	周最大照射时间	周工作负荷
X 射线机检测系统	225kV	3mA	60 次	24min	24h	$4320\text{mA}\cdot\text{min}$

11.2.2 计算公式

本次计算公式参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中对探伤项目的计算公式。

1) 有用线束

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 11-1 计算，然后按 X 射线在铅和混凝土中的透射曲线图查到所需的厚度。

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

式中： \dot{H}_c ——按（1）式确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）本环评均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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 ——探距辐射源点（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 6×10^4 。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由铅和混凝土中的透射曲线图中得到相应的屏蔽透射因子 B 。关注点的剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$ 按式 11-2 计算：

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

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 6×10^4 ；

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）。

2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 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 11-3 计算：

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

式中： X ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——查表；

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B ，所需的屏蔽物质厚度 X 按式 11-4 计算：

$$X = -\text{TVL} \cdot \lg B \quad \dots\dots\dots (11-4)$$

式中： B ——达到剂量参考控制水平 H_c 时所需的屏蔽透射因子；

TVL——查表；

由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）表 B.3 可查得以上不同电压铅的 TVL 值，采用内插法计算出相应电压下的 TVL 值，本项目使用的什值层取值见下表。

表 11-4 什值层取值

电压等级	什值层 (TVL)	
	铅 (mm)	混凝土 (mm)
200kV	1.4	86
225kV	2.2	88

3) 泄漏辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子 B 按式 11-5 计算，然后按式 11-3 计算所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \dots\dots\dots (11-5)$$

式中： \dot{H}_c ——剂量率参考控制水平，单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)；

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米 (m)。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式 11-3 计算，然后按式 11-6 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (11-6)$$

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 ($\mu\text{Sv/h}$)；

4) 散射辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 11-7 计算。然后按式 11-4 计算出所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B = \frac{\dot{H}_C \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad \dots\dots\dots (11-7)$$

式中：R₀——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下常用的最大管电流；单位为（mA）；

R_s——散射体至关注点的距离，单位为米（m））；

F——R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）

α——散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）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；

H₀——距离辐射原点 1m 处的输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴；

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 因子的值为：50（根据 GBZ/T250-2014 中附录 B.4.2 确定）

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 先根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）附录 B 表 B1 的相应值确定散射辐射下的 TVL，然后按照 11-3 计算，然后按式 11-8 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时（μSv/h）：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：I——X 射线探伤装置在最高管电压下常用的最大管电流；单位为（mA）；

R₀——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））；

F——R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）

α——散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）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；

H₀——距离辐射原点 1m 处的输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴；

11.2.3 探伤室屏蔽防护效能核实

1) 探伤室屏蔽防护效能核实原则

墙体厚度确定原则：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)。

2) X 射线装置屏蔽防护效能核实结果

本次环评按照 X 射线装置的最大能量 (225kV) 进行核算；本项目 X 射线机为固定式，出束时仅移动待测螺旋管，其主射方向朝上。估算参数见表 11-1、11-2、11-3 和 11-4，各关注点剂量率参考控制水平和距离核算数据见 11-5，屏蔽效果核实情况见表 11-6。

表 11-5 剂量率参考控制水平和距离核算表

序号	关注点	人员类型	U	T	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	考虑的辐射源	核算距离 m	
							距探伤机出束口距离 R	距散射体距离 R_s
1	控制室操作位	辐射员工	1	1	2.5	散射、漏射 辐射	19.5	19.5
2	1#厂房	公众	1	1	0.21		42.0	42.0
3	2#厂房		1	1	0.21		38.0	38.0
4	3#厂房		1	1	0.21		42.0	42.0
5	拟建螺旋管车间		1	1	0.21		12.0	12.0
6	探伤室东侧道路		1	1/8	1.67		15.0	15.0
7	探伤室东侧墙体外 30cm	/	1	/	2.5		2.30	2.30
8	探伤室西侧墙体外 30cm	/	1	/	2.5		2.30	2.30
9	探伤室南侧墙体外 30cm	/	1	/	2.5		17.0	17.0
10	探伤室北侧墙体外 30cm	/	1	/	2.5		13.9	13.9
11	大铅门外 30cm	/	1	/	2.5		13.9	13.9
12	小铅门外 30cm	/	1	/	2.5		17.0	17.0
13	顶棚中间 (无人员到达)	/	1	/	100		主射	3.80
14	顶棚两端 (无人员到达)	/	1	/	100	散、漏射 辐射	6.3	5.5

核算距离说明：本项目探伤机吊装于探伤室中央，位置固定不会移动，出束口距离地面高度约 1m，辐射源点至探伤工件的距离 R_0 以 1m 计算。

表 11-6 屏蔽效果核实结果

关注点	理论计算所需要的混凝土/铅门厚度 (mm)			设计混凝土/铅门厚度 (mm)	设计厚度下的瞬时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)		
	漏射	散射	复合		漏射	散射	复合

控制室操作位	63	113	140	300	0.005	0.017	0.022
1#厂房	100	149	176	300	0.001	0.004	0.005
2#厂房	107	156	183	300	0.001	0.004	0.005
3#厂房	100	149	176	300	0.001	0.004	0.005
拟建螺旋管车间	196	242	269	300	0.014	0.045	0.059
探伤室东侧道路	99	148	175	300	0.009	0.029	0.038
探伤室东侧墙体外 30cm	227	267	294	300	0.368	1.029	1.397
探伤室西侧墙体外 30cm	227	267	294	300	0.368	1.029	1.397
探伤室南侧墙体外 30cm	74	124	151	300	0.007	0.022	0.029
探伤室北侧墙体外 30cm	89	139	166	300	0.010	0.033	0.043
大铅门外 30cm	2.23	2.26	2.90	3.0	1.120	0.738	1.858
小铅门外 30cm	1.85	2.01	2.65	3.0	0.749	0.493	1.242
顶棚（中间区域）	/	/	250	500	/	/	0.14
顶棚（两侧区域）	9	70	97	300	0.049	0.213	0.262

备注：顶棚中间区域为主射线照射区域，表中顶棚中间区域对应的复合取值数值为根据主射估算结果。

参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117—2015）的屏蔽估算方法，表 11-6 表明，建设单位提供的探伤室设计方案，其墙体、顶棚及防护门的设计屏蔽厚度大于估算厚度，说明该项目探伤室设计合理。在实际操作过程中，X 射线机和防护体之间还隔有待检工件，其对射线有一定的衰减作用，X 射线探伤机工况通常小于最大工况，实际在关注点的剂量率会小于理论估算结果。

11.2.4 剂量估算

(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-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-3} (\text{mSv}) \quad \dots\dots\dots 11-9$$

式中： $H_{E,r}$ ——X、γ射线外照射人均年有效当量剂量，mSv/a；

D_r ——X、γ射线空气吸收剂量率，μSv/h；

t ——X、γ射线照射时间，h/a。

(2) 估算结果

①辐射工作人员

按照上述措施进行建设后，放射工作人员在经过屏蔽措施后应位于监督区范

围以内，辐射工作人员最大瞬时剂量按设计屏蔽能力下操作工位的瞬时剂量率：0.022 μ Sv/h 考虑，居留因子取 1，X 射线探伤机有效开机时间最大为 1200h，辐射工作人员的剂量估算结果见下表。

表 11-7 辐射工作人员剂量估算

辐射工作人员工作场所	瞬时剂量 (μ Sv/h)	年有效开机时间 (h)	辐射工作人员受 照剂量 (mSv/a)
探伤操作室操作工位	0.022	1200	0.018

从表 11-7 计算结果可知，按照最不利情况计算，辐射工作人员的年剂量值为 0.018mSv/a，低于本评价管理目标值 2mSv/a，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117—2015）的要求，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②公众成员

根据实际情况和在进行室内探伤时，公众成员都在其它区域开展工作，偶尔有人经过探伤室周边，其估算结果见下表：

表 11-8 公众剂量估算结果

公众场所名称	居留 因子	瞬时剂量 (μ Sv/h)	年有效开机时 间 (h)	公众受照剂 (mSv/a)
1#厂房	1	0.005	1200	0.0042
2#厂房	1	0.005		0.0042
3#厂房	1	0.005		0.0042
拟建螺旋管车间	1	0.059		0.0496
探伤室东侧道路	1/8	0.038		0.0040

根据表 11-8，本项目对周围公众成员的年剂量值均低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）剂量限值的要求，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117—2015）的要求。

11.2.5 设备检修时辐射环境影响分析

建设单位定期对设备进行检查，发现问题及时通知生产厂家，安排技术人员进行维护和修理。设备检修均在断电情况下进行，无放射性污染产生。

11.3 对敏感点的影响分析

据上述分析及表 11-6 计算结果，探伤室四周屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率低于 2.5 μ Sv/h，顶棚上 30cm 处周围剂量当量率不大于 100 μ Sv/h，满足评价

标准要求；根据表 11-8 剂量估算结果，射线装置运行后对周围公众成员的年附加有效剂量低于 0.1mSv/a，满足评价标准要求。

综上所述，本项目在落实各项屏蔽措施，规范管理和操作的情况下，项目探伤产生的辐射影响是可以接受的。

11.4 废水环境影响分析

项目辐射工作人员产生的生活污水处理依托公司现有的隔油池+化粪池预处理后排至园区污水处理厂，达标后最终排入伍市溪。

11.5 废气环境影响分析

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（主要为 NO₂），本项目探伤室拟安装机械通风装置，设备运行时，探伤室每小时有效通风换气次数 5 次，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》中不小于 3 次的要求，探伤过程中产生的臭氧及氮氧化物自然扩散后对环境的影响较小。

11.6 固废环境影响

公司辐射工作人员产生的生活垃圾依托公司及厂区的垃圾桶收集，之后由环卫部门统一收集处理。

11.7 选址合理性及平面布局合理性分析

11.7.1 选址合理性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，国家有关标准和文件对拟建项目的择址未加明确限制。

①项目在企业现有场地内进行建设，场地现状稳定性好。

②根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目建设。

③建设单位根据环评要求进行建设，项目运行后对周围环境的辐射影响满足评价标准的要求，环境可以接受。

综上所述，本评价从环保角度来看，该项目的选址是合理可行的。

11.7.2 布局合理性分析

本项目探伤室和控制室位于建设单位厂区西南侧。探伤机主射方向朝上，控制室位于探伤室南侧，探伤室工件入口位于探伤室北侧，靠近螺旋管生产车间的产品出口，便于待检测工件的运输，从布局上减少了电离辐射对其他工作人员的影响。因此，本公司 X 射线探伤项目平面布局合理。

11.8 事故影响分析

探伤作业过程因为操作不当或设备故障等原因将会产生不同的事故，企业应按照各种规章制度的要求，严防各种事故的发生。

11.8.1 事故风险等级

当发生事故后，应按照应急预案的要求进行补救，加强应急响应准备和事故应急演练，根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院 709 号令)，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，见下表

表 11-8 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	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	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	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	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

11.8.2 辐射潜在事故风险及预防处理措施

X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，断电状态下较为安全。在意外情况下，可能出现的辐射事故（事件）如下：

(1) 丧失屏蔽

原因分析：X 射线探伤机机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将探伤机的屏蔽块、机架上的屏蔽物等移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽墙外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

安全措施：检修、调试应由专业技术人员进行，绝不允许随便拆走探伤机及机架上的屏蔽材料，不允许加大照射面积。完好的剂量探测器和剂量报警仪，连

锁装置等，可提供纵深防御。X射线探伤室的防护屏蔽结构，包括探伤室蔽墙和铅防护门。不得擅自改变、削弱、或破坏防护屏蔽结构，如开孔洞、挖沟、取土等。

(2) 人员滞留在探伤室内

原因分析：工作人员进入探伤室后未全部撤离，仍有人滞留在探伤室内，在开机前，未完全充分搜寻，从而意外地留了下来，因此受到大剂量照射。

安全措施：撤离探伤室时应清点人数，辐射工作人员用摄像头对探伤室内进行扫视，按搜寻程序进行查找，确认无人停留后开始进行操作。如遇人员滞留探伤室内，滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射，如已受到大剂量照射，应立即送往医院就医。

(3) 联锁装置失效

原因分析：由于连锁装置失效，防护门未关闭或探伤机工作时门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

安全措施：定期检查各探伤室的灯光警示装置及门机连锁装置的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标示，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施各机构及电控系统，制定有定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。放射工作场地因某种原因损坏，该公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

(4) 出现较预定值更高的束流强度

原因分析：探伤机电器元件故障，电源不稳，控制器失误等原因使束电流加大，导致高强度束流射向屏蔽不足的区域。

安全措施：探伤机故障报警系统可及时发现故障；交流净化电源为设备提供稳压电源，过压、欠压、过流报警，消除电流冲击等功能；辐射监测器和报警系统可用作针对这类事件进行人员防护和纵深防御措施。

(5) 人员误操作

原因分析：不了解探伤机的基本结构和性能，缺乏操作经验和缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；违反操作规程和有关规定，操作失误；管理不善、领导失察等，是人为的因素造成的辐射事故的最大原因。

防范措施：放射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免

犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实监测频率；每年一次。

11.7.3 危害后果分析

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

电离辐射生物效应按受照个体划分可分为躯体效应和遗传效应；按其发生性质划分可分为确定性效应和随机性效应。

确定性效应是指严重程度随剂量变化，可能存在阈值的效应，这类效应的严重程度取决于剂量大小，但只有在剂量超过一定的阈值时才能发生。实际上确定性效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。

确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。经计算 X 线的输出率最大为 $5.94\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ （距辐射源点（靶点）1m 处），单次照射时间 24min，人员在距离辐射源点 1m 处受到误照射，无屏蔽体屏蔽情况下，单次照射下受照剂量最大为 0.427Gy，小于 1Gy，受照人员可能会出现可恢复的机能变化、血液变化，在短时间内出现 3 次及以上误照射，则会引起轻度造血型放射病，需及时治疗，否则可能会危及生命。

随机性效应发生率与剂量大小有关，严重程度与剂量无关，不存在阈值的一类效应。这类效应的发生率取决于剂量大小，并被认为无剂量阈值。从生物效应角度解释，随机性效应是受照体受照剂量仅改变而不杀死受照细胞，被改变的细胞经长期延迟过程后可能发展成为一种癌。

由于 X 射线探伤机只在开机状态下才会产生 X 射线，一旦发现有人误入，只要关闭电源即可解除辐射事故，因此，处理辐射事故的时间较短。假设考虑射线装置运行时人员误入，探伤室内设置有“紧急停机”按钮，只要误入人员按下此按钮就可以停机，或者操作人员按下控制台的紧急停机按钮就可以停机。

综上所述，本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线

装置。建设单位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。

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 辐射安全管理领导小组

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 修订）》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：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。

为认真贯彻执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求及国家的有关规定，加强公司厂区内部管理，公司计划成立了辐射安全防护领导小组，包括了 1 名组长，2 名成员，拟安排主管安全生产的企业管理人员任职，具体成员名单待定。

12.1.2 职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划

（1）职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划要求

根据环境保护部令第 3 号第十五条的规定：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。环境保护部令第 18 号第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每五年接受一次再培训。辐射安全再培训包括新颁布的相关法律、法规和辐射安全与防护专业标准、技术规范，以及辐射事故案例分析与经验反馈等内容。

（2）辐射工作人员的配置及培训情况

为满足建设单位放射工作和安全的需要，建设单位拟配置了 3 名辐射工作人员，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，上岗前必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）核技术利用辐射安全与防护考核，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗。

此外，公司还应做到：

1) 所有防护与安全有关人员均经适当培训并具有相应的资格，使之能理解自己的责任，并能以正确的判断和按照所规定的程序履行职责；在辐射工作人员取得辐射安全培训合格证书后，辐射工作人员均将每四年接受一次再培

训。

2) 按照行之有效的人机工程学原则设计设备和制定操作程序, 使设备的操作或使用尽可能简单, 从而使操作错误导致事故的可能性降至最小, 并减少误解正常和异常工况指示信号的可能性;

12.1.3 辐射工作人员的健康管理及个人剂量监测管理

对辐射工作人员进行的经常性医学检查, 按照《辐射工作人员健康标准》的规定执行, 公司应为辐射工作人员简历个人健康档案, 档案中详细记录历次医学检查的结构及其评价处理意见, 并妥善保存。

组织辐射工作人员每两年进行一次职业身体健康检查, 建立个人健康档案, 辐射工作人员上岗前和离岗后也应进行职业健康检查。

根据环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号中对工作人员个人剂量的要求, 公司应为每名工作人员配置个人剂量计, 定期组织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。公司还应安排专人负责个人剂量监测管理, 建立了辐射工作人员个人剂量档案。包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。根据中华人民共和国卫生部令第 55 号《放射工作人员职业健康管理办法》(2007 年 11 月 1 日) 规定, 建立并终生保存个人剂量监测档案。操作人员佩戴个人剂量计, 每 90 天对公司辐射工作人员进行个人剂量监测。

本环评要求, 在开展本项目辐射工作的同时, 建设单位必须为辐射工作人员配置个人剂量计并进行个人剂量检测的工作、按要求组织安排辐射工作人员进行职业健康检查。

12.2 辐射安全管理规章制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求, 建设单位必须培植和保持良好的安全文化素养, 减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此, 公司采取了如下管理措施:

(1) 公司成立了辐射安全防护领导小组, 设立了兼职或专职的辐射防护管理人员, 负责日常辐射防护与安全工作。

(2) 公司从管理上和人员配备上进行了全面考虑, 制定了辐射安全管理

制度，包括：《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《放射性工作人员安全操作管理制度》、《设备台账管理制度》、《X射线探伤机操作、维护规程》具体内容详见附件3。

公司应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，加以完善和补充，并确保各项制度的落实。根据本项目应补充射线装置操作规程、管理制度、设备台账、应急制度等相关各项制度。

12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院709号令）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位必须配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对公司使用的探伤室周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所外环境的监测。

（1）工作场所和周围环境监测

①验收监测

项目运行后，应委托有相应资质的单位进行验收监测。若发现问题，及时整改，直到合格为止。

②日常监测（自主检测或委托有资质的单位）

监测项目：X- γ 空气吸收剂量率；

监测频次：每年进行一次辐射水平监测，委托有资质的单位进行，并保存监测记录；

监测范围：探伤室防护门及缝隙处，电缆及管道的出入口，操作台等；以及探伤室屏蔽体30cm处。

监测数据作为建设单位的管理依据。建设单位应自行配备X- γ 剂量率测量仪（定期进行计量检定），对探伤室四周环境进行监测，发现问题及时整改。建设单位年度评估每年年底向市生态环境局和省生态环境厅上报备案。建设单位自行的日常监测要求如下表12-2所示。

表12-2 建设单位常规监测内容一览表

监测项目	监测因子	监测频次	限值要求
------	------	------	------

个人剂量	外照射剂量	每个季度	根据评价要求
探伤室四周及顶棚墙体、防护门外 30cm 处；探伤室防护门及缝隙处，电缆及管道的出入口	剂量率	委托监测：一年一次 企业自检：每月一次	周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h
门机联锁、工作指示灯、警示标识、急停开关、视频监控系統、便携式剂量报警仪、通风装置	/	每月自检	相关装置有效运转

12.4 辐射事故应急

公司根据相关法律法规，并结合公司实际情况，已制定了辐射安全处理措施。

一旦出现事故，采取以下应急措施：

(1) 射线装置运行过程中发生辐射事故，必须紧急停机，中止照射。

(2) 保存控制器上的照射记录，不得随意更改，为以后的事故处理留下依据。

(3) 发生辐射安全事故后首先向公司内部管理部门报告，并在 2 小时内向生态环境主管部门及卫生行政部门报告。报告联系电话如下

市公安局电话：110

市生态环境局：12369

市卫生健康委员会：12320

省生态环境厅辐射处：0731-85698092

省卫生健康委员：0731-84822000

(4) 对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

(5) 配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。

(6) 查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

同时建设单位应当加强日常事故演习及放射事故的预防工作，辐射工作管理及操作人员树立良好的辐射防护安全意识，培养良好的安全意识。包括以下几点：

①辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误。加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度。

②严格执行建设项目三同时制度，消除潜在的事故隐患，保证辐射防护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

③加强辐射安全防护知识的宣传工作，开展法规教育。

12.5 辐射安全与管理投资估算

表 12-3 辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
探伤室屏蔽设施建设	实体建筑建设	14
管理制度、应急措施	制作图框，上墙	0.5
警示标志	张贴正确，有中文说明	0.5
监测、防护设备配置	配置便携式 X- γ 射线剂量率测量仪 1 台、固定式剂量监测报警仪 1 台、便携式剂量报警仪 1 台、个人剂量计 3 个	2.0
污染防治措施	警示牌 2 块、警示灯、声光报警装置 1 套、门机连锁等安全连锁、紧急停机开关等	3.0
合计		20

12.6 辐射活动能力评价

湖南前元新材料有限公司从事辐射活动能力评价见表 12-4。

12-4 湖南前元新材料有限公司从事辐射活动能力评价

18 号令要求应具备条件	落实情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或至少有一名具有大专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。	设立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，辐射安全与环境保护管理工作有 1 名专职人员具有大专以上学历。
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。	公司承诺辐射工作人员及管理人员上岗前报名参加辐射安全培训，并取得合格证，持证上岗
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	拟设置门-机连锁装置，探伤室外醒目处设置电离辐射警示标志以及工作状态指示灯
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，包括个人剂量计。	拟配备个人剂量计，便携式 X- γ 射线剂量率测量仪、固定式剂量监测报警仪等。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度等	已制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《放射性工作人员安全操作管理制度》、《设备台账管理制度》、《X 射线探伤机操作、维护规程》等。

有完善的辐射事故应急措施。

已制定《湖南前元新材料有限公司突发辐射事故应急预案》。

从表 12-4 可知，公司制定了一些管理制度，具有从事辐射活动的的能力，但在运行期要加强落实，同时还应做好以下管理工作：

1) 加强对 X 射线装置安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（简称：发证机关），经岳阳市生态环境局检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。公司应对本项目的 X 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的评估报告。

2) 完善设备管理保养制度。定期对无损检测装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。机器发生故障时，应将写有“有故障”字样的纸条等有明显标记的标牌贴在仪器上，禁止随意拆动，并与制造厂家或厂家指定或授权的维修部门联系，维修后经验收合格方可使用。使用机器前确认机器的连接状况，检查机器是否处于良好工作状态，如有问题立即停止运作，严禁设备“带病”运行。

3) 公司配备 1 名专职人员负责辐射安全管理工作，在进行无损检测时，至少 2 名辐射工作人员同时在场，确定专人负责现场的辐射安全工作；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，上岗前必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）核技术利用辐射安全与防护考核，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗。以上制度不仅考虑到探伤机的使用和安全防护，也考虑到了辐射安全防护事故应急处理方案。所有制度内容详实，可操作性较强。为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，该公司应培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，每年对无损检测工作进行年度评估，进一步建立健全相关制度。

综上所述，评价认为，湖南前元新材料有限公司辐射环境管理满足《电离辐射防护与辐射安全基本标准》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关标准的要求。

12.7 环保竣工验收

本项目建成后，应严格按照环境保护部“关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告”（国环规环评（2017）4号）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

建设单位湖南前元新材料有限公司是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照相关文件规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 12-5 环保设施竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	验收标准
1	环保资料和档案	环评批复、全环评报告文件，个人剂量监测、健康档案等	GBZ98-2017
2	管理制度	有专人负责，制度上墙等	环境保护部令第 47 号
3	剂量管理目标值	辐射工作人员：有效剂量 2mSv/a 公众成员：有效剂量 0.1mSv/a	GB18871-2002 GBZ117-2015
	墙体外剂量率控制	探伤室四周墙外、防护门外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h，顶棚无人到达，不得大于 100 μ Sv/h	GBZ117-2015 GBZ/T250-2014
	设备要求	管电压 150~200kV：X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率：<2.5mGy/h	GBZ117-2015
4	辐射防护设施	警示标志、工作状态指示灯设置位置合理，正常工作；安全联锁（探伤室门机联锁、灯机联锁）、室内及室外紧急停机开关、声光报警装置等正常运行；探伤室视频监控设备正常运行；	GB18871-2002 GBZ117-2015
5	人员管理	放射工作人员 2 人；放射工作人员持证上岗，5 年进行 1 次复训；每 2 年参加 1 次职业健康体检；佩戴个人剂量计，每个季度送检 1 次；放射工作人员资料信息安排专人管理	环境保护部令第 47 号； 环境保护部令第 18 号
6	监测、防护设备配置	配置便携式 X- γ 射线剂量率测量仪 1 台、固定式剂量监测报警仪 1 台、便携式剂量报警仪 1 台、个人剂量计 3 个	环境保护部令第 47 号

表 13 结论与建议

13.1 项目概况

湖南前元新材料有限公司成立于 2010 年 01 月 25 日，公司地址为岳阳市平江县高新技术产业园伍市工业园，公司现有员工 90 余人，主要从事塑料管材、金属塑料复合管及其配件、流体输送设备及材料、环保产品及其他新型高科技材料的研发、设计、生产、销售、安装及配套服务等。为了保障产品质量，提升企业的整体竞争实力，湖南前元新材料有限公司拟在厂区西南侧建设一间探伤室，安装 1 套螺旋管 X 射线实时成像检测系统，用于产品的无损检测。

13.2 实践正当性

本项目的建设是为了满足生产要求，采用 X 射线探伤的目的是为了实现对工件的无损检测，确保产品质量、使用安全，且本项目探伤室的防护性能符合国家相关标准，使得设备的使用对环境的辐射影响小于它带来的社会效益和经济效益，因此项目开展所带来的利益是大于所付出的代价，符合辐射防护“实践的正当性”原则。综上所述，本项目使用 X 射线探伤机作无损检测是正当可行的。

13.3 产业政策符合性分析

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》“第一类鼓励类”中“十四机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于国家鼓励类产业，项目符合国家产业政策

13.4 环境质量现状

根据现状监测结果，本项目场址辐射环境质量现状良好，探伤室选址远离居民区及周围环境敏感点，有利于辐射防护。项目营运期产生的电离辐射、废气、固体废物等均得到有效治理，达标排放对环境的影响小。从环境保护角度分析，项目选址可行。

13.5 环境影响分析结论

（1）探伤室的辐射防护

该公司 X 射线探伤室严格按照设计进行建设，并以 X 射线装置最大工况进

行屏蔽防护效能核实，本项目 X 射线检测室的各墙体、顶棚及防护门均能满足屏蔽防护的要求。

(2) 剂量估算结果

根据本环评的预测计算，该项目在运行过程中对辐射工作人员造成的最大年附加有效剂量为 0.018mSv，对周围非辐射工作人员造成的最大年附加有效剂量为 0.0496mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）剂量限值的要求，以及企业的剂量管理目标值。

(3) 敏感点的影响

根据预测，X 射线检测室墙体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h，顶棚上 30cm 处周围剂量当量率不大于 100 μ Sv/h。同时 X 射线探伤室位置相对独立，周边人员活动较少，在 X 射线随距离的增加而快速减弱下，周围受到的辐射影响甚微。

(4) 其他影响

在使用 X 射线装置进行无损检测时，X 射线使空气电离产生少量臭氧及氮氧化物，探伤室内按要求设置通风装置，保证空气流通，室内臭氧在通风换气的条件下，室内气体通过通风口排出室外，使室内废气浓度满足要求。

13.6 辐射安全防护相关制度

湖南前元新材料有限公司成立了辐射安全防护领导小组，并承诺辐射工作人员以及辐射防护负责人参加环保部门认可的辐射安全培训，并取得辐射安全培训合格证书，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗，并每四年进行一次复训。为辐射工作人员配置个人剂量计并进行个人剂量检测的工作、按要求组织安排辐射工作人员进行职业健康检查，并制定了各项辐射安全管理相关的规章制度。

综上所述湖南前元新材料有限公司核技术利用新建项目在落实各项屏蔽措施和规范管理操作的情况下，对周围环境产生的辐射影响能满足相关标准的要求；辐射防护措施和事故应急措施可行；规章制度基本健全；该项目对环境的辐射环境影响是可接受的。公司应加强管理，严格按照环评措施落实到位，并在工作过程中不断补充完善。从环境保护的角度来看，该项目是可行的。

13.7 要求

1、按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管

理，制定工作场所和周围环境监测、防护性能监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，并自购辐射检测设备，确保周围环境的辐射安全和职工健康。

2、按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）中的相关要求办理辐射安全许可证后方可开展无损检测工作。

3、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第B1.1款的相关规定，公司应每一季度定期对从事探伤的工作人员进行个人剂量监测。工作人员必须正确配戴个人剂量计。

4、加强辐射工作人员专业知识学习，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。定期对参加辐射工作的工作人员进行防护知识与安全培训，考核合格后，方可进行X射线无损检测工作。

5、根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》相关规定要求开展竣工环境保护验收工作。

6、对公司辐射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日前提交发证机关。

13.8 建议

公司应加强内部管理，合理使用X射线装置，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生。公司应细化、完善各项管理制度，并认真落实，严格按照各项规章制度、操作规程执行。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公 章

经办人 年 月 日

审批意见：

公 章

经办人 年 月 日