

核技术利用建设项目

X 射线数字成像检测系统 160 型在线检测技改项目

环境影响报告表

(公示版)

建设单位：重庆天翔合成材料有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2026 年 5 月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

X 射线数字成像检测系统 160 型在线检测技改项目

环境影响报告表

(公示版)

建设单位名称：重庆天翔合成材料有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市大渡口区建胜镇四胜村

邮政编码：400082

联系人：蒋 **

电子邮箱：31*****19@qq.com

联系电话：13*****25

打印编号: 1778135185000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	0pv8wt		
建设项目名称	X射线数字成像检测系统160型在线检测技改项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆天翔合成材料有限公司		
统一社会信用代码	91500104202993354C		
法定代表人 (签章)	董键		
主要负责人 (签字)	董键		
直接负责的主管人员 (签字)	蒋志宏		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
肖英	07355543507550272	BH001035	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
肖英	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论和建议	BH001035	

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	11
表 3	非密封放射性物质	11
表 4	射线装置	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6	评价依据	14
表 7	保护目标与评价标准	17
表 8	环境质量和辐射现状	22
表 9	项目工程分析与源项	25
表 10	辐射安全与防护	36
表 11	环境影响分析	52
表 12	辐射安全管理	68
表 13	结论及建议	78

表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线数字成像检测系统 160 型在线检测技改项目			
建设单位		重庆天翔合成材料有限公司			
法人代表	董键	联系人	蒋**	联系电话	13*****25
注册地址		重庆市大渡口区建胜镇四胜村			
项目建设地点		重庆市潼南区潼南高新区环保科技产业园 T8-6/02（4）号地块 天翔公司厂房内东南侧无损检测区			
立项审批部门		重庆市潼南区经济和信 息化委员会	批准文号	2509-500152-07-02-497410	
建设项目总投资 （万元）	98	项目环保投资 （万元）	10	投资比例（环保 投资/总投资）	10.2%
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 ² ）	45
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					
<p>1.1 建设单位简介</p> <p>重庆天翔合成材料有限公司（以下简称天翔公司或公司）成立于 1996 年，位于重庆市大渡口区建胜镇四胜村，是 2004 年以原重庆合成化工厂有限公司军工配套为主要产品改制搬迁成立的独立法人公司，占地约 16 亩；现有职工 150 余人，专业技术人员 20 人。公司主要生产航天烧蚀材料、泡沫塑料两大类军工配套产品，使用 4 台探伤机开展无损检测工作。</p> <p>天翔公司位于大渡口区建胜镇四胜村的现厂址位于大渡口区钓鱼嘴开发地块上，属于大渡口区政府统一规划的拆迁地块，有关部门已作出限期搬迁要求。为此，天翔公司租赁位于重庆市潼南区潼南高新区环保科技产业园 T8-6/02（4）号地块的重庆正罡合成科技有限公司（以下简称正罡公司）标准厂房，实施企业的整体搬迁。</p>					

续表 1 项目基本情况

企业整体搬迁后，原厂区不再进行生产，原厂址地块由政府统一规划。

公司整体搬迁的“军工产品生产项目”已完成了环境影响评价工作。目前，公司厂房及配套设施已基本建成，设备尚未搬迁。

1.2 项目由来

公司整体搬迁中的辐射设备搬迁使用，单独完成了环评手续，编制了《军工产品生产项目（探伤部分）环境影响报告表》，并取得了重庆市生态环境局批准书。目前，辐射设备尚在大渡口厂区使用，未搬迁。军工产品生产项目（探伤部分）的具体内容为：拟在天翔公司厂房内东南侧新建无损检测区，包含两间 X 光成像室（1 和 2）及其配套用房，另新建 1 个铅房，配置 5 台探伤机（搬迁 3 台现有，新购 2 台）用于公司工件（主要为旋转体）的无损检测。现有探伤机分别为 XYG-22508/3 型 X 射线实时成像系统（自带成套铅房）、XXQ-1605 型便携式探伤机和 XXQ-1505 型便携式探伤机（共用新建铅房）；拟购探伤机分为 XYG-4503 型 X 射线实时成像系统（自带成套铅房）、UNC160 型 X 射线实时成像系统（自带成套铅房）。两间 X 光成像室（1 和 2）在施工设计阶段，合并为 1 个，建筑面积等均不变，定名为 X 光成像室 1。

为保证新厂区非圆形（片状、块状）非金属复合材料的质量，天翔公司拟在待建 X 光成像室 1 旁的转运区建设“X 射线数字成像检测系统 160 型在线检测技改项目”（以下简称“本项目”），即新建 1 间 X 光成像室 2，配置 1 套 XYG-160 型 X 射线数字成像检测系统（自带成套铅房，简称检测系统），对天翔公司的非圆形（片状、块状）工件进行无损检测，从而实现产品质量管控的目的。将 X 光成像室 2 纳入无损检测区统一管理。

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》的相关规定，本项目的 1 台 X 射线数字成像检测系统自带自屏蔽铅房，铅房与 X 射线探伤装置主体结构一同设计和制造，但两个防护门尺寸较大，可能存在人员滞留在屏蔽体内发生误照射的风险，不满足《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》（原环保部，2018 年 2 月 12 日）中的“二、自屏蔽式 X 射线探伤装置，应同时具备以下特征：一是……；二是……；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内”。故其使用活动应按照 II 类射线装置管理。

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建

续表 1 项目基本情况

设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）中“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，使用II类射线装置的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。因此，本项目的的环境影响评价形式为编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，天翔公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对“X射线数字成像检测系统160型在线检测技改项目”进行环境影响评价。评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了本项目的的环境影响报告表。

1.3 建设内容及工程规模

(1) 项目概况

建设性质：新建

建设地址：重庆市潼南高新区环保科技产业园 T8-6/02（4）号地块天翔公司厂房内东南侧

建设内容及规模：本项目拟在公司厂房内无损检测区新建1间X光成像室2，并拟配置1套XYG-160型X射线数字成像检测系统，采用固定式定向探伤的方式开展无损检测工作。检测系统配套操作台拟设置在设备北侧（左前方）。项目建筑面积约45m²。

项目投资：总投资约98万元，环保投资约10万元。

建设工期：预计9个月。项目基本组成情况详见表1-1。

表 1-1 项目基本组成

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	X光成像室2	在公司厂房内东南侧无损检测区新建1间X光成像室2,1F,外观尺寸:7.9m(长)×5.9m(宽)×4.0m(高),内空尺寸为7.5m(长)×5.5m(宽)×3.8m(高)。	新建
	设备	拟配置1套X射线数字成像检测系统,双管头,主射方向均朝向下方,X射线管固定安装不移动,不转动。 检测系统为丹东奥龙射线仪器集团有限公司的XYG-160型,单个管头最大管电压160kV,最大管电流10mA,额定功率800W。检测系统配套操作台拟设置在设备北侧(左前方)。	新购
公用工程	供配电系统	依托天翔公司厂房内供配电系统。	依托
	给水系统	依托天翔公司厂房给水管网。	依托

续表 1 项目基本情况

	通风系统	X 光成像室 2 采用自然通风，设置空调系统通风换气。 检测系统采用自然进风，机械排风方式进行通风换气。	新建
环保工程	废气治理	铅房设置排风机，铅房顶部新建管道接入X光检测室1的排气管，废气经管道引至厂房东南侧穿厂房外墙后排出厂房，排放高度不低于3m。铅房的风机排风量300m ³ /h，通风次数约40次/h。	新建 依托
	废水处理	项目辐射工作人员生活污水依托正罡公司厂区废水处理站（20m ³ /d）处理达标后进入园区污水处理厂，最终排入琼江。	依托
	固废处理	项目辐射工作人员生活垃圾依托公司厂区的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。 报废的 X 射线装置去功能化后按照公司要求处理，保留手续，并做好相关记录存档。	依托
	辐射防护	检测系统自带铅房进行防护，铅房的屏蔽能力满足辐射防护的要求。铅房主要采用钢+铅+钢的屏蔽结构，辅以铅帘进行防护。 铅房拟配置固定式剂量报警仪、急停按钮、开门按钮、门机联锁、灯机联锁、声光报警、视频监控、张贴电离辐射警告标志等保证探伤机工作的安全。	新建

(2) 项目设备概况及屏蔽方案

项目 X 光成像室 2 四周墙体和楼顶均为轻质材料，无防护能力。

项目新建 X 光成像室 2，拟配置 1 套自屏蔽的 X 射线数字成像检测系统。为方便表述，检测系统的自屏蔽铅房西北面对应铅房正面，东南面对应铅房背面，西南面对应铅房右面，东北面对应铅房左面。后文方位和描述同此。

根据厂家提供资料，检测系统为整套设备，设置铅房+防护罩进行防护，铅房主要采用钢+铅+钢的屏蔽结构，辅以铅帘进行防护；防护罩设置铅帘增加铅房的防护能力。铅房分为主房和左右两侧耳房，主房的正面和背面各设置一个检修铅门，主房内顶部固定安装 X 射线管，底部为探测器；耳房左右两侧设置铅帘，为进出料口；中间设置从左到右的履带横穿主房和耳房，承载和运输工件。

项目铅房布置情况见附图四，铅房具体尺寸和防护情况见附图五。铅房具体情况如下表 1-2。

表 1-2 X 射线数字成像检测系统铅房防护情况表

类别	设备基本情况及屏蔽方案情况
设备整体外观最大尺寸	长3180mm，宽2212（含穿线口外防护罩、门把手等），高2022mm（含通风口外防护罩、报警灯）
铅房（含外防护罩）整体外观最大尺寸	长2861mm，宽1994mm（不含穿线口外防护罩等）高1874mm（不含通风口外防护罩等）

续表 1 项目基本情况

主房	铅房尺寸	长1274mm，宽1994mm（不含穿线口外防护罩），高1874mm（不含通风口外防护罩）
	正面/背面的检修门	门洞：800mm×1540mm 检修门：1000mm×1740mm
	正面/背面（含检修门）、底板	2mm钢+6mm铅+2mm钢
	其余面（顶板、左面、右面）	2mm钢+5mm铅+2mm钢
	通风口外防护罩	位于主房顶部，长410mm×宽220mm×高132mm，错位搭接布置，2mm钢+5mm铅+2mm钢
耳房	左侧/右侧耳房尺寸	长 630mm，宽 1994mm，高 1434mm
	铅帘（左右面上侧）	铅房在耳房外侧及耳房与主房相接处各设置 1 组铅帘，整个铅房共 4 组铅帘。 单组铅帘长 1420mm×高 517mm，每组 3 片错缝搭接共 6mm 厚，顶部及两侧搭接均为 30mm，底部与传送带齐平，铅帘为均质铅橡胶制品，每组折合 1.5mmPb。
	耳房其余防护体（正面、背面、顶板、底板、左右面下侧）	2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢
	空调管/走线口出口外防护罩	位于左侧/右侧耳房背面下方（外防护罩底部离地高度约 200mm），长 410mm×宽 220mm×高 170mm，错位搭接布置，2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢
外防护罩		左右耳房铅帘外侧约163mm处各设置1组铅帘。铅帘参数与耳房铅帘一致，即折合铅当量1.5mmPb。
备注：①铅房落地安装。 ②铅板为均质铅制品，铅含量为99.99%，故铅板的厚度折合铅当量为1:1考虑。		

(3) 设备概况

本项目拟使用 1 台 X 射线数字成像检测系统，主要设备清单如下表 1-3 所示。

表 1-3 项目主要设备清单一览表

序号	设备名称	型号	数量	用途	设备相关情况	备注
1	X 射线数字成像检测系统	XYG-160型	1套	无损检测	双管头 单个管头参数： 最大管电压160kV 最大管电流10mA 额定功率800W	拟购
2	X/γ辐射检测仪	LK6000型	1台	辐射工作场所辐射环境监测	定期监测，按要求进行校验	依托现有
3	固定式剂量报警仪	待定	1台	剂量监测和报警	检测探头安装在检测系统铅房内，显示单元安装在控制室的操作台上	拟购
4	个人剂量计	/	4枚	剂量检测	辐射工作人员工作时随身携带	依托现有
5	个人剂量报警仪	待定	4台	剂量报警	辐射工作人员工作时佩戴	拟购

续表 1 项目基本情况

(4) 探伤工件情况

本项目主要是对天翔公司生产的块状、片状工件进行 X 射线无损检测。工件为全检，不对外使用。

检测工件的参数见表 1-4。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

材质	工件类型	年产量(件)	最大尺寸(cm)	厚度范围(mm)
非金属复合材料	块状、片状	1000	长 100、宽 100、高 35	10~30

(5) 计划工作量

根据公司生产的工件产量情况，X 射线数字成像检测系统预计全年检测次数约 1000 次/a，单次检测的有效曝光时间最长约为 30min。设备的工作量见表 1-5。

表 1-5 项目无损检测工作负荷一览表

设备型号	单次最长曝光时间 (min/次)	周最大曝光次数 (次/W)	周最大照射时间 (h/W)	年最大曝光次数 (次/a)	年最大照射时间 (h/a)
XYG-160 型	30	30	15	1000	500

备注：单天最多曝光 6 次，即最大照射时间为 3h/d。训机时间相对较少，纳入上述时间内考虑。

(6) 劳动定员及工作制度

本项目劳动定员 4 人，均依托公司现有辐射工作人员。

辐射工作人员基本情况见表 1-6。

表 1-6 辐射工作人员配置情况表

姓名	性别	工作岗位	射防护与安全培训合格证号	个人剂量计号	2025 年个人剂量监测结果(mSv)	最近职业健康体检时间
蒋志宏	男	无损检测	FS23CQ1200132	5000550002	0.45	2025 年 6 月
高 波	男	无损检测	FS23CQ1200136	5000550001	0.39	2025 年 6 月
张文浩	男	无损检测	FS22CQ1200063	5000550003	0.42	2025 年 5 月
龚春蓉	女	无损检测	FS23CQ1200163	5000550004	0.26	2025 年 5 月

天翔公司无损检测工作实行一班制，每班 8h，年工作 250 天。

辐射工作人员需要完成公司内无损检测区内的所有工作，包括各探伤设备操作、洗片、评片，以及在 X 光成像室 1、X 光成像室 2 内进出工件的运输等工作。

1.4 项目与天翔公司的依托可行性

续表 1 项目基本情况

项目与天翔公司的依托可行性分析见表 1-7。

表 1-7 项目依托可行性分析表

依托工程	依托内容	可行性分析	依托可行性
公用工程	供电、供水等公用工程依托	本项目供电、供水设施依托天翔公司厂房。厂房为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托厂房现有公用设施可行。	可行
环保工程	生活污水处理	项目辐射工作人员产生的生活污水依托正罡公司废水处理站（20m ³ /d）处理后排入园区污水处理厂，最终排入琼江。本项目辐射工作人员在天翔公司的劳动定员内，不新增生活污水排放量。根据公司大项目环评核算，正罡公司的废水处理站有处理余量，能接纳整个天翔公司的废水处理，因此，依托正罡公司废水处理站处理是可行的。	可行
	生活垃圾处理	项目辐射工作人员生活垃圾依托正罡公司生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。	可行
劳动定员	辐射工作人员	天翔公司目前已开展了无损检测工作，配置有辐射工作人员，并持证上岗、配置了个人剂量计、开展了职业健康体检。本项目建成后，依托现有辐射工作人员从事本项目的辐射工作。依托可行。	可行
辐射安全管理	辐射工作安全管理体系	天翔公司现已成立辐射防护管理机构，制定了相应的管理制度，能满足本项目的管理要求，因此本项目可依托。	可行
<p>备注：天翔公司租赁正罡公司厂房建设“军工产品生产项目”，部分环保设施依托正罡公司的环保设施，其依托可行性在“军工产品生产项目环境影响报告书”中已经分析评价和责任界定，本报告不再分析。</p>			

由表 1-7 可知，本项目部分公用工程、环保工程可依托天翔公司的设施和管理；建设单位已配置了辐射工作人员、建立了辐射环境管理体系。因此，本项目的依托是可行的。

1.5 外环境概况

本项目的无损检测区位于天翔公司厂房内东南侧。

本项目所在厂房总体为 1F 建筑，高度为 12m，部分区域隔断为两层，隔断区域的 1F 高为 6m。厂房东南侧为厂区绿化和厂内道路、变电箱、停车位等，之外为东区 J4 道路；西南侧为厂区绿化和厂内道路、研发楼、实验楼；西北侧为厂区绿化和厂内道路；东北侧为厂区绿化和厂内道路。另外，项目所在厂房内西北侧及北侧为正罡公

续表 1 项目基本情况

司用房区域。

项目保护目标主要为从事本项目设备操作的辐射工作人员以及铅房周围活动的其他公众成员。

本项目地理位置图见附图一，天翔公司总平面布置及周围环境布置情况见附图二，项目所在厂房周围外环境关系一览表见表 1-8 所示。

表 1-8 项目所在主厂房外环境情况一览表

序号	名称	方向	与厂房的最近距离(m)	基本情况
1	厂区绿化和厂内道路	东南侧	紧邻	厂区内绿化和厂内道路
2	变电箱、停车位等	东南侧	约 10m	厂内配套区域，变电箱，停车位等
3	东区 J4 道路	东南侧	约 17m	园区道路（含人行道和绿化）
4	厂区绿化和厂内道路	西南侧	紧邻	厂区内绿化和厂内道路
5	研发楼、实验楼等	西南侧	约 15m	均为 3F，天翔和正罡公司用房，主要功能为实验、研发和办公
6	厂区绿化和道路	西北侧	紧邻	厂区内绿化和厂内道路
7	厂区绿化和厂内道路	东北侧	紧邻	厂区内绿化和厂内道路
8	正罡公司	西北侧及北侧	紧邻	项目所在厂房内区域，其他企业用房

1.6 工作场所选址可行性分析

根据《军工产品生产项目环境影响评价报告书》，生产项目满足重庆市潼南区及潼南工业园区东区（含田家镇）的相关规划、相关产业政策及准入要求。本项目主要为生产项目的工件进行 X 射线无损检测工作，确保产品质量，与区域发展定位不冲突，本项目不在《潼南工业园区东区（含田家镇）控制性详细规划（修编）环评》及审查意见函等的限制准入范围内。

本项目 X 光成像室 2 位于天翔公司厂房内东南侧的中间位置，与 X 光成像室 1 及辅助用房相邻，使天翔公司 X 射线装置集中布置，便于项目建成后的统一管理。同时，项目所在位置便于废气依托待建废气管网直接排入厂房外；项目所在位置还有工件待检区、工件已检区、空闲区域等，均能方便检测工件的运输；公司厂房封闭式管理，项目周围活动人员较少；项目用房独立，设置单独出入口，非辐射工作人员未经允许不得入内。因此，项目用房周围活动的工作人员很少，有利于减少无损检测对公众成员的影响。

综上，项目选址可行。

续表 1 项目基本情况

1.7 与项目有关的环境保护问题

1.7.1 与本项目相关的项目环保手续情况

天翔公司整体搬迁已经编制了《军工产品生产项目环境影响报告书》，2024年4月取得了重庆市生态环境局的批复文件：渝（市）环准（2024）16号，批复文件见附件。

天翔公司探伤机搬迁及新建（无损检测区）编制了《军工产品生产项目（探伤部分）环境影响报告表》，2024年4月取得了重庆市生态环境局的批复文件：渝（辐）环准（2024）26号，批复文件见附件。

1.7.2 现有核技术利用项目情况及现有辐射环境问题

（1）现有核技术利用项目及辐射安全许可情况

根据调查，天翔公司使用II类射线装置，办理了《辐射安全许可证》（渝环辐证[00021]号，有效期至2026年8月23日），许可的活动种类和范围为：使用II类射线装置4台。

根据调查和现场踏勘，天翔公司在大渡口区建胜镇四胜村的现厂址内使用4台X射线装置（探伤机），具体情况见下表。

表 1-9 天翔公司现有射线装置情况一览表

序号	设备型号及名称	类别	用途	数量 (台)	位置	环保手续	备注
1	XXQ-1605 型 便携式探伤机	II类	无损检测	1	探伤曝光室	已环评、验收、上证	待搬迁使用
2	XXQ-1505 型 便携式探伤机	II类	无损检测	1	探伤曝光室		待搬迁使用
3	XG-1503 型 实时成像系统	II类	无损检测	1	探伤曝光室		搬迁时报废
4	XYG-22508/3 型 X 射线数字检测系统	II类	无损检测	1	自屏蔽探伤室		待搬迁使用

备注：上述设备型号为天翔公司现场使用设备的型号，许可证待更新设备型号。

天翔公司现在使用的射线装置均在辐射安全许可范围内。同时，上述辐射设备运行至今使用情况良好，未发生过辐射安全事故。经向相关部门调查，天翔公司未产生辐射影响投诉，未发生辐射纠纷。

另外，军工产品生产项目（探伤部分）中对上表待搬迁的射线装置已经进行了评

续表 1 项目基本情况

价，同时拟新增 2 台射线装置（XYG-4503 型 X 射线实时成像系统、UNC160 型 X 射线实时成像系统）进行无损检测。目前，现有射线装置尚未搬迁，新增设备尚未购买。

（2）辐射环境管理

经调查，天翔公司配置了 4 名辐射工作人员从事无损检测工作。辐射工作人员均建立了个人剂量档案，2025 年个人剂量监测结果最大为 0.45mSv/a，未发生辐射工作人员的年剂量当量超标情况；辐射工作人员均进行了职业健康体检，并在 2 年内进行复检，建立相应的职业健康档案，均可继续从事射线相关工作；辐射工作人员均参加了辐射防护与安全培训，均考核合格持证上岗，并在有效期内进行了复训。天翔公司委托有资质单位对现有探伤机曝光室、铅房周围辐射环境进行了监测，曝光室、铅房各屏蔽体的辐射防护能力满足要求。天翔公司有辐射环境管理机构，制定了相应的管理制度和应急预案，并张贴上墙。

综上，根据上述调查，天翔公司现有核技术利用项目环保手续完善，核技术利用项目运行至今，无辐射安全事故发生，无环保投诉，无其他环保遗留问题，运行总体良好，满足辐射环境管理的要求。

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
本项目不涉及放射源。								

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
本项目不涉及非密封放射性物质。										

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
本项目不涉及加速器。										

(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	1	XYG-160	160	10	无损检测	天翔公司厂房内东南侧 X 光成像室 2	拟购

(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 (mA)	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	
本项目不涉及中子发生器。													

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	/	/	/	/	/	/	经排风管网引至厂房外排放
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	依托正罡公司废水处理站处理达标后进入园区污水处理厂。
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	/	依托依托正罡公司的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。
报废的 X 射线装置	固态	/	/	/	/	/	/	X 射线装置报废后，去功能化，然后按公司要求处理，保留手续，并做好相关记录存档。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 mg/kg，气态为 mg/m³；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/m³）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》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修正；</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) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国 国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《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 国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日起施行，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修正实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《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令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《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，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 15 号，2025 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，原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>(13) 《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》，原环保部，2018 年 2 月 12 日；</p>
------	--

续表 6 评价依据

<p>法规文件</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》，中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(15) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日起施行修正版；</p> <p>(16) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日起施行。</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 核技术利用建设项目 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) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单</p> <p>(6) 《500kV 以下工业 X 射线机探伤机防护规则》(GB22448-2008)；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</p> <p>(9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)；</p> <p>(10) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(11) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(12) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。</p>

续表 6 评价依据

其他	<p>(1) 委托书，附件一；</p> <p>(2) 重庆市企业投资项目备案证，附件二；</p> <p>(3) 《军工产品生产项目环境影响报告书》及其批复文件，批复文件见附件三；</p> <p>(4) 《军工产品生产项目（探伤部分）环境影响报告表》及其批复文件，批复文件见附件四；</p> <p>(5) 《辐射安全许可证》，附件五；</p> <p>(6) 《监测报告》，附件六；</p> <p>(7) 辐射工作人员相关资料，附件七；</p> <p>(8) 现有辐射安全管理机构及规章制度，附件八；</p> <p>(9) 天翔公司标准厂房租赁合同，附件十；</p> <p>(10) 《辐射防护导论》（方杰、李士骏主编）；</p> <p>(11) 建设单位提供相关设计、设备等相关资料。</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 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。因此，本项目以检测系统铅房（含外防护罩）周围 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价的范围。

7.2 保护目标

本项目位于重庆市潼南区潼南高新区环保科技产业园 T8-6/02（4）号地块天翔公司厂房内东南侧。厂房总体为 1F 建筑，高为 12m，部分区域隔断为两层，隔断区域的 1F 高为 6m。

项目位于 X 光成像室 2 内，X 光成像室 2 高约 4m。检测系统位于 X 光成像室 2 中间，与四周墙体的距离在 1m~2.6m；检测系统落地安装，与地面无高差。

X 光成像室 2 周围为 X 光成像室 1（内含 4 个铅房 5 台探伤机）和厂区内其他区域，顶部为架空区域，再之上为厂房 2F，地下无建筑。评价范围内的厂房无行车。

项目评价范围除东南侧涉及部分园区道路外，其余均在正罡公司厂区内部。

天翔公司用地总平面及环境保护目标布置图见附图二，厂房内平面布置图见附图三，项目平立面布置图见附图四，项目周围环境现场照片见附图七。

本项目铅房外（含外防护罩）环境保护目标一览表见 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 本项目环境保护目标一览表					
序号	环境保护目标名称	方向	与铅房距离	基本情况	受影响人群
1	X 光成像室 2	/	东南 0~1.0m 西南 0~2.6m 西北 0~2.5m 东北 0~2.0m	项目用房，活动人员约 4 人	辐射工作人员
2	X 光成像室 1 及配套用房	东南侧	约 1m~19m	厂房内部无损检测区，包含 X 光成像室 1、资料室、材料室、评片室、洗片室，活动人员约 4 人	辐射工作人员
3	厂区绿化、厂内道路、厂内设备区及 J4 道路等	东南侧	约 19m~50m	厂区绿化、厂内道路、厂内设备区及 J4 道路等，活动人员约 50 人	公众成员
4	转运区（含升降机）、工件待检区和工件已检区、模制产品成品区等	西南侧	约 2.6m~27m	厂房内部转运区、工件存放区域等，活动人员约 5 人	公众成员
	厂区绿化和厂内道路等		约 27m~40m	厂区绿化和厂内道路，活动人员约 20 人	公众成员
5	研发楼	西南侧	约 40m~50m	天翔、正罡用房，3F，研发和办公，活动人员约 50 人	公众成员
6	模压区、原料存放室、一般固废间、危废间等	西侧	约 10m~50m	厂房内部生产区域等，活动人员约 10 人	公众成员
7	转运区	西北侧	约 2.5m~7m	厂房内部区域，活动人员约 5 人	公众成员
	楼梯、分选室、油料间、原料存放室等		约 7m~50m	厂房内部区域，活动人员约 10 人	公众成员
8	空闲区域	北侧	约 3.5~10m	厂房内部区域，活动人员约 2 人	公众成员
	捏合辊压间、炼胶区、辊压区、正罡公司区域等		约 10m~50m	厂房内部区域，正罡公司区域，活动人员约 10 人	公众成员
9	空闲区域	东北侧	约 2.0m~10m	厂房内部区域，活动人员约 2 人	公众成员
	原料间（乙醇、丙酮）、1#产品晾干间、模具维修区，以及厂区绿化和厂内道路等		约 10m~50m	厂房内部区域及厂区绿化、厂内道路等，活动人员约 20 人	公众成员
10	过道、产品晾丝间、疏丝间、烘干室、配料间、备用室、楼梯间等	楼上	正上方，高差约 4m	厂房内部 2F 区域，活动人员约 10 人	公众成员

备注：①项目周围环境保护目标与设备无高差。②影响因素均为 X 射线。
③本项目 X 光成像室 2 和 X 光成像室 1 及配套用房内的所有辐射检测工作全部由公司辐射工作人员共同完成，该区域统称无损检测区，全部属于辐射工作人员活动区域。
④西侧铅房外 2.6m~10m 范围纳入西南侧和西北侧区域。

7.3 评价标准指标要求

(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。

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特

续表 7 保护目标与评价标准

殊情况外,由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1.1.1 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: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。

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:年有效剂量,1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

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

5.1.1 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 (本报告表 7-2) 的要求,在随机文件中应有这些指标的说明。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值 (部分)

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

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.3 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 100μSv/周,对公众场所,其值应不大于 5μSv/周;
- b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。

续表 7 保护目标与评价标准

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

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。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

3.1.1 探伤室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： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$

公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$

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 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 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 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 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。

续表 7 保护目标与评价标准

3.2.2 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄露辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄露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）。

（4）评价标准及相关控制限值

①年剂量管理目标值

根据建设单位提供的资料，本项目取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为辐射工作人员的管理目标值，取公众照射剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的管理目标值，满足 GB18871-2002 的规定。

②项目剂量限值与污染物排放指标

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价标准限值见表 7-3。

表 7-3 项目主要控制指标要求表

序号	项目	指标要求	采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 及 建设单位管理要求
2	设备性能要求	距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率 < 2.5mSv/h（管电压 150~200kV）	GBZ117-2022
3	周围剂量当量率控制水平	铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 ≤ 2.5μSv/h。	GBZ117-2022
4	周剂量参考控制水平	职业工作人员：Hc ≤ 100 μ Sv/周 公众：Hc ≤ 5 μ Sv/周	GBZ117-2022 GBZ/T 250-2014
5	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h。	GBZ117-2022

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于重庆市潼南区潼南高新区环保科技产业园 T8-6/02 (4) 号地块天翔公司厂房内东南侧待建 X 光成像室 1 旁。

项目地理位置图见附图一，项目工作场所见附图二、附图三所示。

8.2 辐射环境质量现状

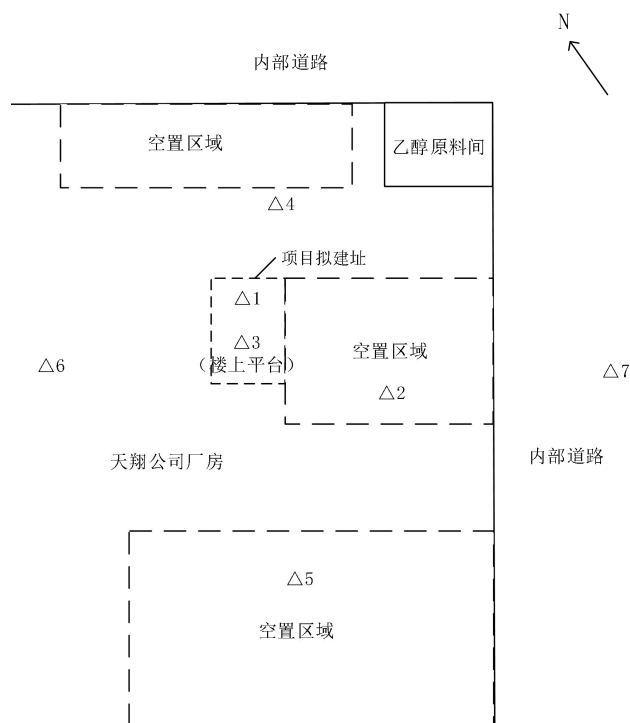
为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，2026 年 4 月 7 日，重庆新绿环保工程有限公司对项目所在地的辐射环境质量进行了现状监测，监测结果见渝泓环(监)[2026]017 号。

- (1) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率。
- (2) 监测方法和依据：监测方法和依据见表 8-1 所示。

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

- (3) 监测点位：共设 8 个点。具体监测布点见图 8-1。



备注： Δ 为环境 γ 辐射剂量率监测点位，监测高度距地面 1.0m。

图 8-1 项目监测布点图

续表 8 环境质量和辐射现状

监测布点合理性分析：监测时，项目所在位置及旁边的 X 光成像室 1 及配套用房均未建，属于厂房内空置区域，二层已经隔断建成。因此，本次在项目拟建址及四周、楼上对应位置，东南侧厂房外均设置了监测点。监测布点较全面的考虑了项目所在位置及其周围辐射环境情况，监测布点合理。

(4) 监测仪器：监测仪器见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

监测仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级 χ 、 γ 辐射巡检仪 RGM5200	1222204005009	2026031301736	2027.3.26	1.06

(5) 质量保证措施

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数据量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核、审定，最后由授权签字人签发。

(6) 监测结果

项目所在地监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 本项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
$\Delta 1$	项目拟建址	0.063
$\Delta 2$	空置区域（项目拟建址东南侧）	0.065
$\Delta 3$	项目拟建址楼上平台	0.061
$\Delta 4$	空置区域（项目拟建址东北侧）	0.068
$\Delta 5$	空置区域（项目拟建址西南侧）	0.070
$\Delta 6$	厂房内空地（项目拟建址西北侧）	0.074
$\Delta 7$	厂房外空地（项目拟建址东南侧）	0.073

备注： $1\mu\text{Gy/h}=1000\text{nGy/h}$ 。上述值未扣除宇宙射线响应值。

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 γ 剂量率的监测值在 $0.061\sim 0.074\mu\text{Gy/h}$ 之间（ $61\sim 74\text{nGy/h}$ 之间，未扣除宇宙射线的响应值）。根据

续表 8 环境质量和辐射现状

《2024 年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》，2024 年重庆市环境 γ 辐射剂量率各点位测量均值范围为 79.2~108nGy/h、全市各点位年均值为 96.1nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境背景调查表明，场址及周围的环境 γ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目用房为轻质材料，无土石方开挖，因此，本项目施工期主要为项目用房安装、检测系统安装（检测系统为成套设备的组装，不需要现场焊接）以及设备设施的调试。整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。产生的废弃物主要为材料、设备外包装物，安装人员生活垃圾和生活污水等。

材料、设备的包装物交物资回收部门回收处置，生活垃圾交市政环卫部门处理。生活污水依托正罡公司废水处理站处理后排入园区污水处理厂。

设备调试产生的 X 射线影响与运营期影响一致，不单独评价。

9.2 运营期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成

本项目拟配置 1 台 X 射线数字成像检测系统，检测系统主要由微焦点 X 射线探伤机、数字成像系统、计算机图像处理系统、机械电气系统、射线防护系统五部分组成。

(1) X 射线探伤机

X 射线探伤机采用高频高压发生器，具有连续工作的可靠性高、透照清晰度高、穿透能力强、寿命长、故障率低等特点。X 射线探伤机通过恒功率控制持续输出稳定的 X 射线，波动小，保证优质的图像质量。高频技术缩短了开关机时间，有助于缩短检测周期，提高工作效率。X 射线探伤机主要由 X 射线管（两个）、高压电缆、高压发生器、控制器、电源调制器、冷却系统、低压连接电缆等组成。两个 X 射线管均为 160kV 微焦点 X 射线管（奥龙射线），空调风冷式降温，焦点尺寸 1.2mm，过滤窗口为 0.5mmCu，管电压 40~160kV，管电流 0.5~10mA，X 射线束辐射角： $48^{\circ} \times 20^{\circ}$ ，具体角度方向情况见附图所示。

两个 X 射线管头同时出束和同时停止出束，不单独运行。同时，本项目的 X 射线管出束前端设置狭缝调节组件，在 20° 辐射角方向上控制射线的照射范围，使之在距辐射源点 287mm 处再次形成 20° 的辐射范围照射到工件上。狭缝调节组件由 2mm 钢+4mm 铅组成。

(2) 数字成像系统

检测系统采用数字成像模式，由接收器将接收到的 X 射线信号传达到计算

表 9 项目工程分析与源项

机。X 射线的接收系统包括线阵接收器模块、电源模块、数据传输模块。数字成像系统的闪烁体材质为硫氧化钆（GOS）和钨酸钙（ CdWO_4 ），像素为 3060，像素点距 0.2mm，A/D 转换为 16-bits。

（3）计算机图像处理系统

由软件系统处理接收到的信号，将其转化成可读的图像形式，方便工作人员直观、快捷地辨认工件内部的情况。计算机图像处理系统主要由图像处理软件、PC 显示器控制台、低压控制电缆等组成。

（4）机械电气系统

机械传动采用电动控制、无极变速，电气控制采用国际上流行的钢琴式多功能操作台，将系统中的 X 射线机控制、工业电视监视、机械操作等集中到一起，集成化操作面板，操作简单、方便。

本项目检测系统的 X 射线探伤机固定安装使用，X 射线管头固定垂直向下照射，不能移动，不能转动。检测系统机械传动主要指检测平台，包括履带传动和线阵升降机。

①履带传动

本项目检测系统中部从左到右设置 1 条传送履带，履带平面总长（设备总长）3180mm，总宽 1500mm；履带承接面（工件面）离地高度为 846mm，传送速度可通过操作台调整。履带可前进、后退、运行、停止，履带的控制在操作台进行，在生产线上安装运行的可一直传送运行，也可根据需要单独控制履带运行和停止。本项目属于后者。

②线阵升降机

线阵升降机用于支撑线阵探测器/线阵接收器，并控制其位置和高度。线阵接收器安装在线阵升降机端头，可手动调整线阵升降机来调整线阵接收器与 X 射线管头之间的距离，以保证成像的清晰度。

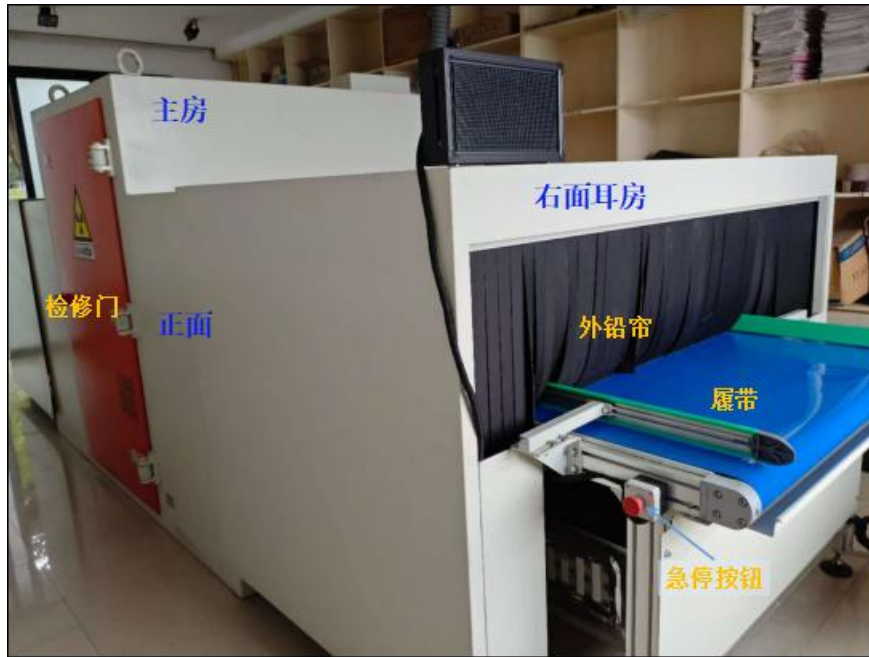
（5）射线防护系统

检测系统带自屏蔽铅房。铅房分为中间的主房（检测区）和左右两侧的耳房。主房与耳房一样宽，但主房较耳房高。主房与耳房为连接式一体结构，整体设置为钢+铅+钢的结构对 X 射线进行屏蔽，走线口及排风口均采用同侧相同厚度钢+

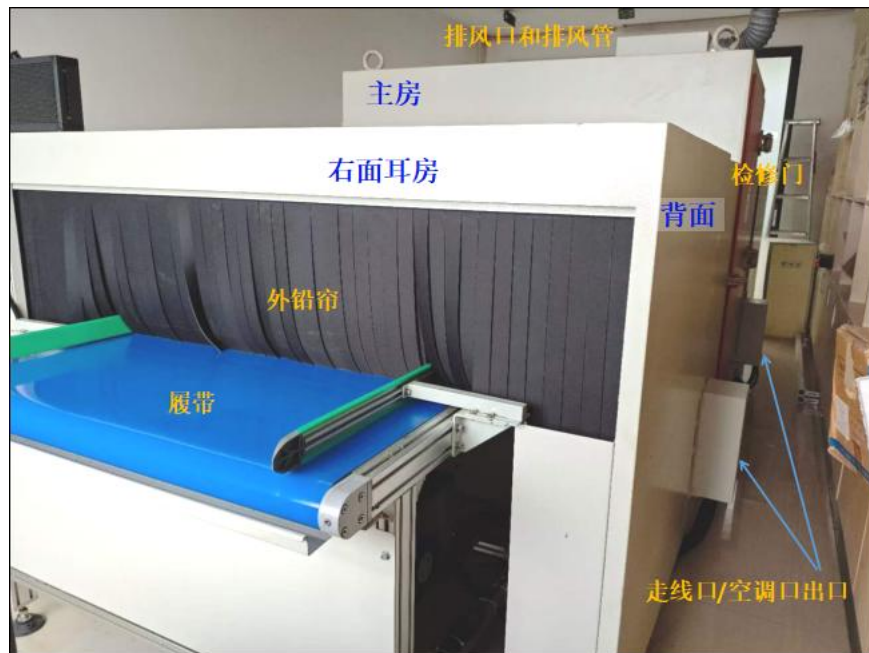
表 9 项目工程分析与源项

铅+钢的外防护罩进行补偿，履带上方耳房边界处均采用铅帘防护。另外，在耳房外侧增加一组铅帘防护罩加强铅帘的防护能力。

本项目 X 射线数字成像检测系统典型实物照片见图 9-1，铅帘是由多块长方形结构组装并固定，每块之间均有搭接，其具体见图 9-2，增加的铅帘防护罩见图 9-3 所示。



(检测系统主体 1，无铅帘防护罩)



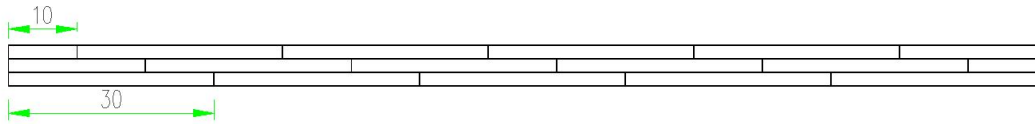
(检测系统主体 2，无铅帘防护罩)

表 9 项目工程分析与源项



(操作台)

图 9-1 X 射线数字成像检测系统典型实物照片



铅帘错缝搭接示意 (mm)

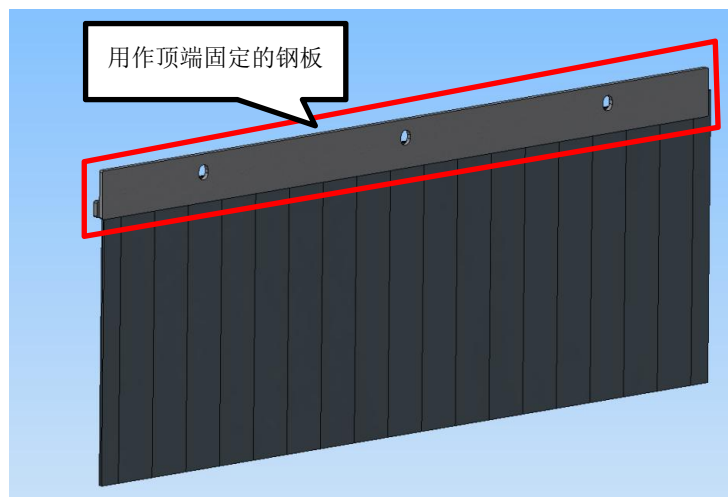


图 9-2 铅帘示意图

表 9 项目工程分析与源项

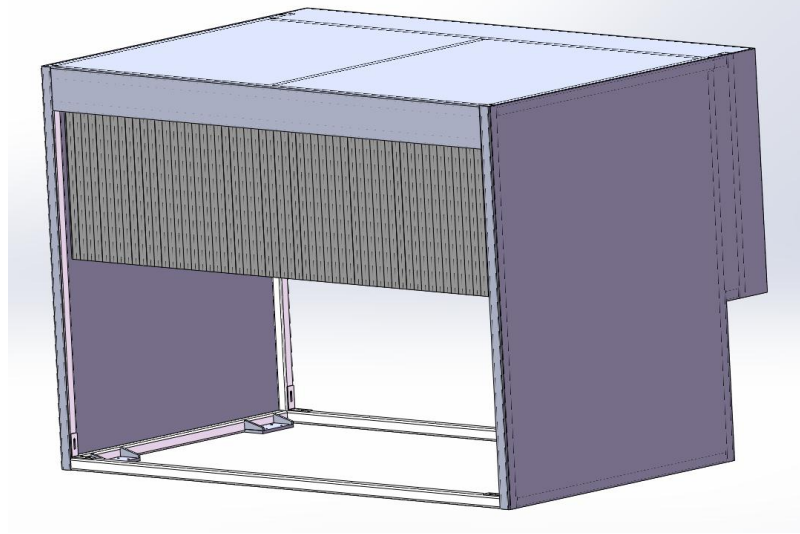


图 9-3 铅帘防护罩示意图

9.2.2 工作方式

本项目是利用 X 射线对工件进行无损检测，工作方式为人工将工件放置在检测系统履带入口位上，履带运行，使工件穿过 3 组铅帘，进入铅房的主房待测位置。两个 X 射线球管固定安装在铅房主房的履带上方不动，射线朝向底板照射，使工件在（两个）X 射线球管照射范围内，达到无损检测的目的。位于 X 射线球管对侧（履带下方）的探测器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，最终输出到操作台的显示器上，工作人员在操作台观察检测图像，确认工件是否合格。检测完成后，工件经履带传送穿出 3 组铅帘达到出口位，再人工将工件取下转移。

正常工作期间，工作人员均在设备铅房外操作台完成操作，仅在维护维修时才通过主房正面和背面的检修门进入铅房。

9.2.3 设备性能参数

本项目 X 射线数字成像检测系统的主要性能参数见下表。

表 9-2 X 射线数字成像检测系统主要性能参数表

项目	性能参数
设备型号	XYG-160型
照射类型	定向
主射线方向	垂直向下
X 射线管头数量	2个（本项目同时出束和停止出束）
最大管电压	160kV

表 9 项目工程分析与源项

最大管电流	10mA
额定功率	800W
电压、电流可调节范围	40kV~160kV连续可调, 0.5~10mA连续可调
固有过滤	0.5mmCu
射线管焦点尺寸	d=1.2mm
探测器成像范围	1200mm
最大焦距	800mm
最大穿透能力	80mm (Al, 成像)
X 射线最大辐射角	48°×20°
冷却方式	风冷 (空调)
最大漏射线剂量	2.5mSv/h

9.2.4 工作原理

(1) X 射线产生原理

X 射线管主要由射线管和高压电源组成, X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成, 阴极是钨制灯丝, 它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时, 电子就“蒸发”出来, 聚焦杯使这些电子聚集成束, 直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 X 射线管的两极之间, 使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞, 就会产生韧致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。

X 射线管结构及原理示意图见下图。

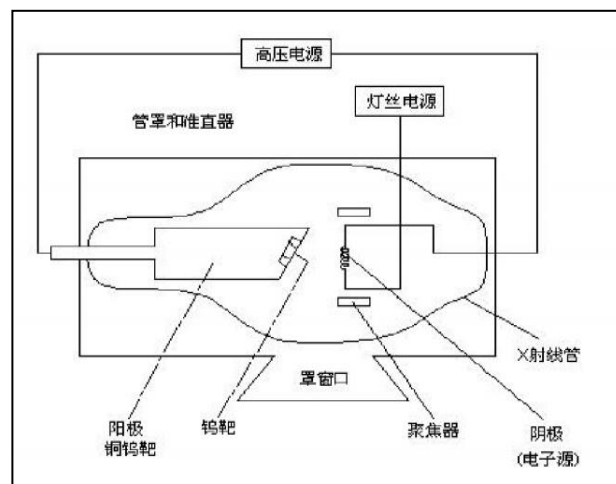


图 9-4 X 射线管原理示意图

(2) X 射线系统实时成像原理

X 射线通过物质时, 其强度逐渐减弱, X 线束朝探测器方向出束, 根据工件

表9 项目工程分析与源项

的摆放位置、厚度等，调节电流电压及工件位置对工件进行 X 射线检测。当 X 射线向工件照射时，射线穿过工件被探测器接收，产生信号。因为物体各种组件的疏密程度不同，X 射线的穿透能力不同，所以探测器接收到的射线就有了差异。将所接收的这种有差异的射线信号，转变为数字信息后由计算机进行处理，输出到显示的荧光屏上显示出图像。就可判断出缺陷图像，从而达到 X 射线无损检测的目的。

9.2.5 工艺流程

在工件检测前须做好一切准备，如建设单位非放射工作人员将待检工件运输至 X 光成像室 2 外，辐射工作人员将待检工件运进 X 光成像室 2 内。

X 射线数字成像检测系统工作流程及产排污见下图所示。

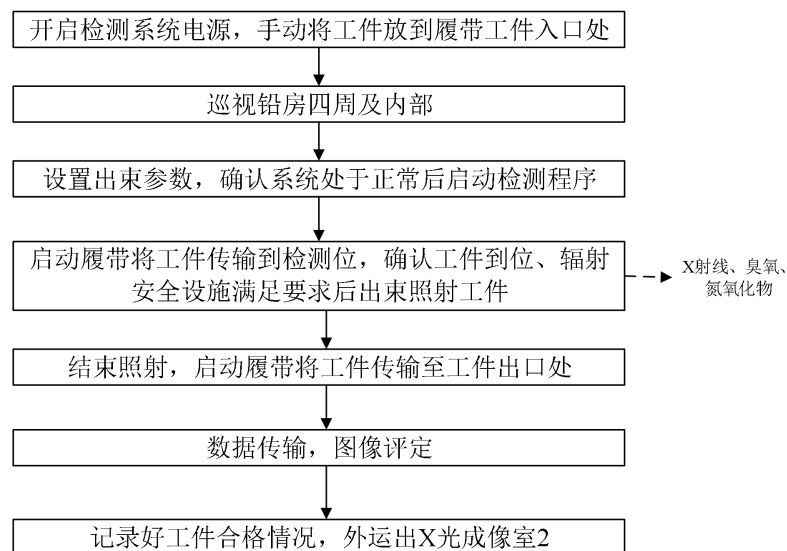


图9-5 项目X射线实时成像无损检测工艺流程及产排污简图

X 射线数字成像检测系统主要工作流程如下：

①检测前开启系统电源，启动电脑，打开计算机图像显示器、图像处理软件等，对设备进行自检，确保各安全连锁系统正常，并将待检工件人工手动放置在检测系统履带工件入口位。

②辐射工作人员巡查 X 光检测室内没有无关人员滞留，并通过操作台监控系统确认铅房内无人。

③在电脑显示器上打开检测程序，检查连锁装置，设置曝光电压、电流及曝

表 9 项目工程分析与源项

光时间，确认系统处于可检测状态后启动检测程序。

④启动履带运行，将待检工件传输到铅房的检测区内（主房），可通过履带的方向设置和启动停止设置调整工件的位置。检测系统确认工件到位、辐射安全设施等均正常工作后，两个 X 射线管头同时出束照射进行无损检测。

⑤检测结束后，两个 X 射线管头同时停止出束，启动履带将工件传输到铅房另一侧工件出口位。

⑥工件检测完成后，关闭高压电源，评定图片检测结果，不需洗片。将工件外运，再关闭检测软件及总电源。

9.2.6 工作负荷

本项目检测系统仅对天翔公司生产的较大工件（块状、片状）进行 X 射线无损检测，约年检测 1000 次，单次最大出束时间为 30min，年最大出束时间为 500h。日最大检测 6 次，3h；周最大检测 30 次，15h。

9.2.7 人流物流路径

本项目位于厂房内东南侧无损检测区 X 光成像室 2。X 光成像室 2 设置两个门，1 个连通转运区，1 个连通 X 光成像室 1。

本项目人流物流路径规划示意图见图 9-4。

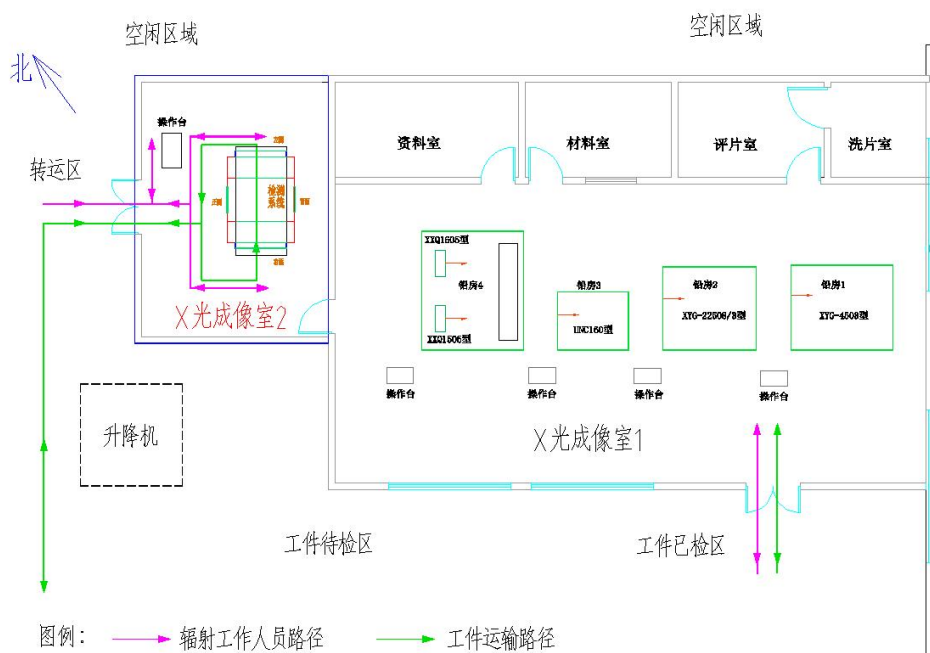


图 9-4 项目人流物流路径规划示意图

表9 项目工程分析与源项

9.2.8 污染源项分析

根据设备情况，本项目拟配置的检测系统为数字成像，不洗片。根据工艺流程可知，X射线无损检测工作产生的污染物主要有X射线探伤机曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）、废水（生活污水）、固废（生活垃圾等）。

（1）电离辐射

由工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的X射线数字成像检测系统只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出X射线。因此，在开机曝光期间，X射线成为污染环境的主要污染因子。

X射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与X射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的X射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由X射线管产生的电子通过打靶获得X射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。探伤机射线能量、强度与X射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，加在X射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

根据建设单位提供资料和《辐射防护导论》（附图3，本报告图9-5），0.5mm铜过滤板条件下的160kV的X射线机距辐射源点（靶点）1m处X射线输出量约为 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

②漏射线：由X射线管发射的透过X射线管组装体的射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表1，X射线球管电压为160kV时，其距离X射线管焦点100cm处的漏射线所致周围剂量当量率小于 2.5mSv/h 。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、屏蔽体各面等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与X射线能量、X射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）3.2.2要求，散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射，X射线 90° 散射辐射的能量最高，且低于入射X射线的最高能量。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表2所列，原始射线能量160kV对应的 90° 散射线能量取150kV。

表 9 项目工程分析与源项

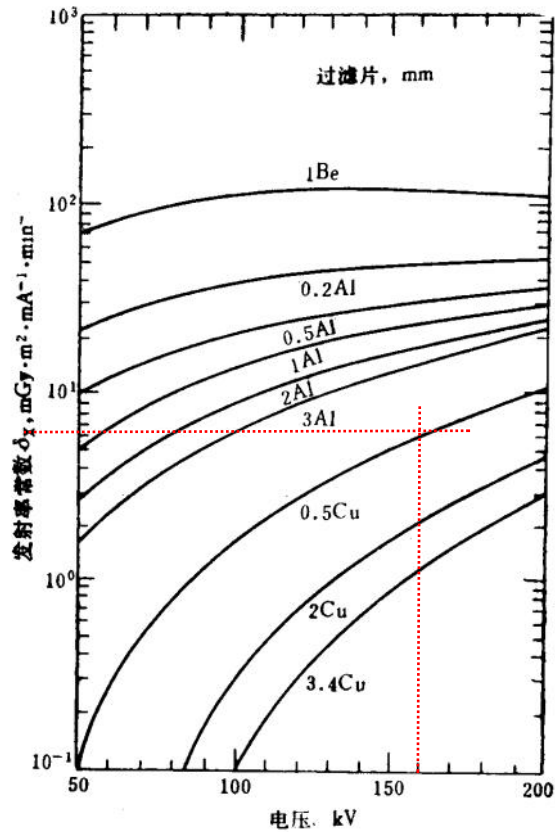


图 9-5 恒定电压为 50~200kV 时 X 射线机的发射率常数 δ_x

(2) 废气

在 X 射线无损检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)。铅房设置有排风机，废气经新建管道引至 X 光检测室 1 的排气管，在厂房东南侧穿厂外墙后排出厂房，排放高度不低于 3m。

(3) 废水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的少量生活污水。生活污水一般约 50L/人·d，项目劳动定员 4 人，则为 50.0t/a，依托正罡公司废水处理站处理后进入园区污水处理厂。本项目辐射工作人员在天翔公司劳动定员内，因此，项目不新增天翔公司的废水产生量。

(4) 固废

X 射线数字成像检测系统使用一定年限后，射线装置可能报废，报废后成为固体废物。报废的检测系统去功能化后按照公司要求处理，保留处理相关手续，并做好相关记录存档。

表 9 项目工程分析与源项

辐射工作人员工作产生少量生活垃圾，依托公司厂区的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。本项目辐射工作人员在天翔公司劳动定员内，因此，项目建设不新增天翔公司的生活垃圾产生量。

另外，项目无损检测后的工件返回生产线，合格品继续后续生产，不合格品按照公司不合格品处置，本项目不单独产生废工件。

9.2.9 项目产排污统计

综上所述，本项目运营期的产排污情况见表 9-3 所示。

表 9-3 本项目运营期产排污统计表

污染物	污染因子	产生量	处理方式
电离辐射	X 射线	距靶 1m 处有用线束 X 射线输出量不大于 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；漏射线周围剂量当量率小于 2.5mSv/h ； 90° 散射线能量为 150kV。	检测系统自带铅房屏蔽
废气	O_3 、 NO_x	少量	机械排风，引至厂房外排放
废水	生活污水	少量，不新增	依托正罡公司厂区废水处理站处理达标后进入园区污水处理厂，最终排入琼江
固废	报废的设备	1 台	报废的检测系统去功能化后按照公司要求处理，保留手续，并做好相关记录存档
	生活垃圾	少量，不新增	依托公司厂区的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 工作场所布局合理性分析

本项目为在待建的无损检测区旁新建 X 光成像室 2，并纳入无损检测区一并管理。本项目运行依托公司现有辐射工作人员。这些辐射工作人员从事公司所有辐射工作。本项目新建的 X 光成像室 2 设置 2 个进出口，主进出口位于西北侧，方便工件和人员的进出，同时又与 X 光成像室 1 的主要进出口分开，减少工作干扰；次进出口位于东南侧，与 X 光成像室 1 相通，便于辐射工作人员在两个 X 光成像室内通行和工作的开展。

项目检测系统布置在 X 光成像室 2 中部，与各侧墙体均有一定的距离。检测系统的操作台在铅房外，布置在主进出口的旁边，与检测系统有一定的距离，既能减少操作人员的受照影响，又能使操作人员操作过程中直观地观察工件的进出。检测系统主射线朝向地面，操作台不在主射线覆盖范围内。检测系统较宽，在铅房主房正面和北面均设置检修门，便于设备的维修。

X 光成像室 2 内主要为辐射工作人员活动区域，要求非相关工作人员不得进入该区域，且在检测系统运行过程中，房间门保持关闭，充分考虑了周围的辐射安全。

因此，本项目平面布局合理。

10.1.2 分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.2，应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，天翔公司拟对项目工作区域进行分区管理，同时考虑到辐射工作人员的工作内容，因此将检测系统铅房内部划设为控制区，将铅房外的 X 光成像室 2 内区域（包括各铅房顶棚区域）划设为监督区。项目分区满足各项标准要求。

续表 10 辐射安全与防护

项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。

表 10-1 项目分区管理情况表

分区域别	区域/范围
控制区	检测系统铅房（含铅帘防护罩）内部
监督区	铅房外 X 光成像室 2 内区域（含铅房顶棚区域）

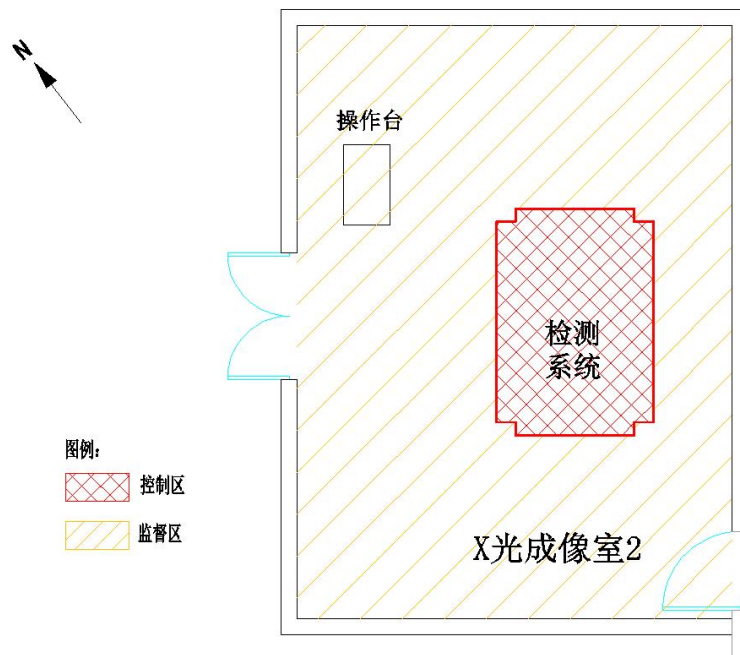


图 10-1 项目分区布置示意图

天翔公司拟采取以下分区管理措施。

①控制区：在该区的辐射工作人员严格遵守防护规定和安全操作规程，铅房内外均拟设置工作状态指示灯（含蜂鸣器），在防护门上张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，地面设置“控制区”的地贴。

②监督区：监督区为工作人员操作设备时工作场所，设备运行时，禁止非辐射工作人员进入，并在 X 光成像室 2 西北门（主进出口）上张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，地面设置“监督区”的地贴。

③在控制区边界开展定期监测工作，特别需注意防护门搭接、穿墙管线洞口等薄弱部位。

10.2 辐射安全与防护措施

续表 10 辐射安全与防护

10.2.1 设备固有安全性

本项目拟配置的 X 射线探伤机均为防护性能符合相关标准要求的设备，其主要具有以下固有安全性能。

(1) 开机时系统自检

开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该设备会示意操作者可以进行曝光或训机操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

(2) 当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数。当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，提醒操作人员发生了故障。

(3) 当曝光正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。在休息阶段将任何按键不可用，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

(4) 设备停止工作 48 小时以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏，单次训机最长为 10min。

(5) 过电流保护：设备带有过电流保护继电器，当电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

(6) 失电流保护：设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.5mA 时，自动切断高压。

(7) 过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(8) 继电保护：温度继电器及防护门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，不能达到高压。

(9) 操作台功能

检测系统的操作台有 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，有高压接通时的外部报警或指示装置，有钥匙控制，有门机联锁的接口，有急停按钮，有出束指示，有禁止非授权使用的警告等标识。

续表 10 辐射安全与防护

10.2.2 实体屏蔽防护措施

(1) X 射线数字成像检测系统自带屏蔽铅房，铅房与 X 射线探伤装置主体结构一同设计和制造，其具有足够的屏蔽能力。铅房均为钢+铅+钢的结构（示意图见图 10-1 所示），主射线垂直向下。铅房分为主房和左右两侧耳房，以及外加铅帘防护罩。铅房主房的正面、背面、底板均为 2mm 钢+6mm 铅+2mm 钢，左右耳房边界共设置 2 组铅帘，并增加 1 组铅帘防护罩，单侧 3 组铅帘共为 4.5mmPb，其余面均为 2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢。铅房的屏蔽质量由设备厂家负责。经后文核算，铅房（含铅帘防护罩）的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求。

(2) 检测系统铅房的生产和安装由生产厂家负责，检修门与铅房屏蔽墙体、屏蔽墙体之间有足够的搭接（检修门搭接 100mm，其余搭接 40~55mm），确保屏蔽箱体的整体屏蔽能力。铅房结构及搭接示意图见图 10-2 所示，铅帘搭接见图 9-2 所示。

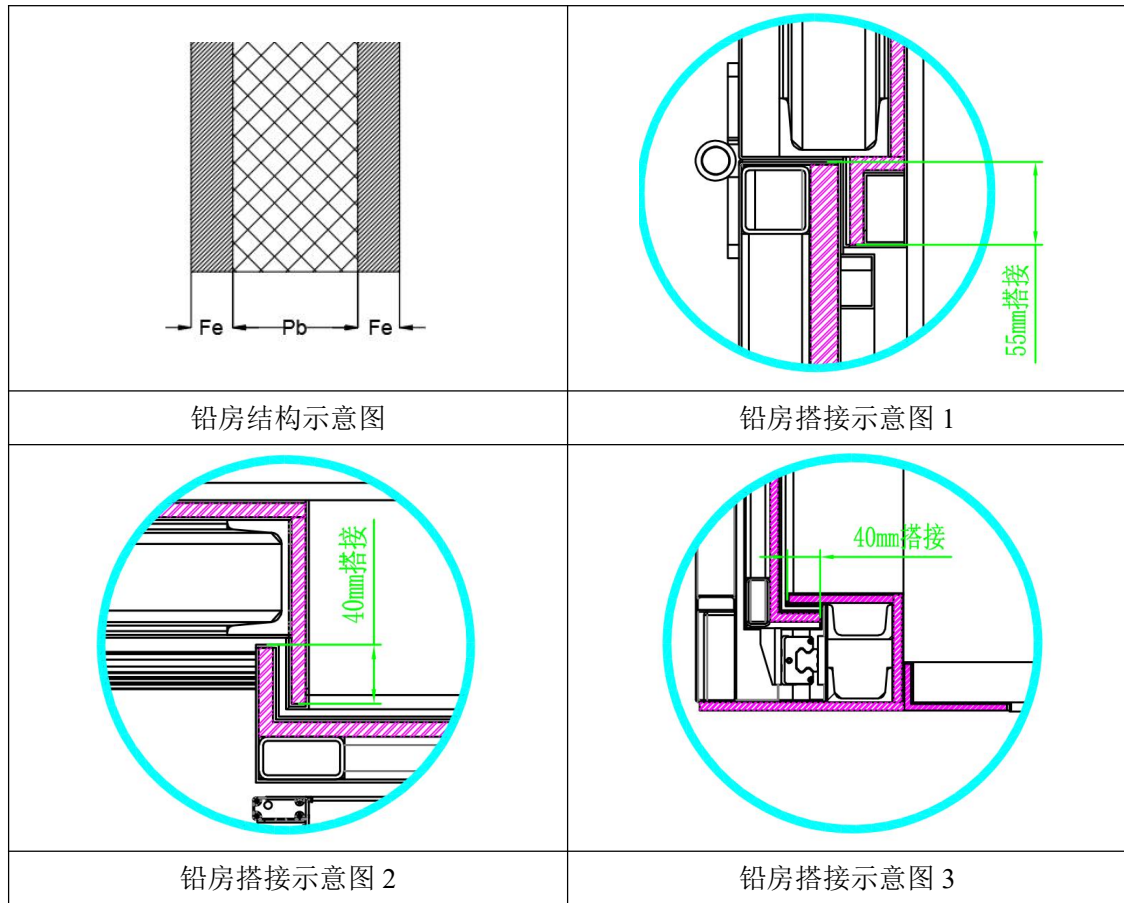


图 10-2 铅房结构及搭接示意图

续表 10 辐射安全与防护

(3) 检测系统铅房设置 3 个穿孔，分别为走线口（电缆孔）、空调管出口、通风口，均为直穿屏蔽体，铅房外部设置外防护罩进行补偿。补偿厚度与同侧屏蔽体厚度一致。

走线口和空调管出口分别位于铅房左右耳房的背面下方，开孔 124mm 高×70mm 宽，外防护罩尺寸为长 410mm×宽 220mm×高 170mm，其底部离地高度为 0.2m。外防护罩与铅房屏蔽体形成“L 型”穿墙防护。

通风口位于铅房主房顶部。开孔 124mm 长×70mm 宽，外防护罩尺寸为长 410mm×宽 220mm×高 132mm，内部设置高 70mm 高的铅板增强防护。

X 射线经过多次散射后在屏蔽体（含补偿防护）外的辐射水平满足要求。

穿墙口大样示意图见图 10-3、图 10-4，实物外观见图 9-1。

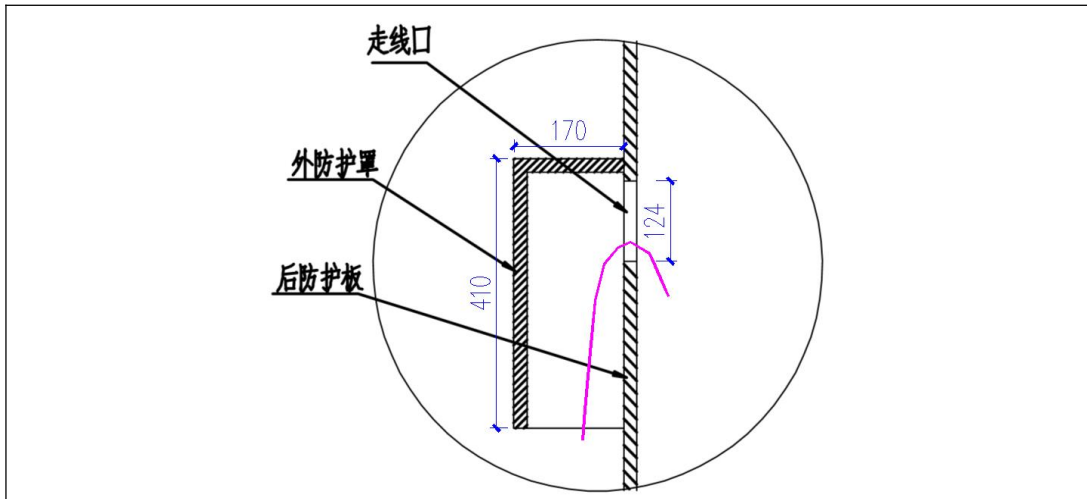


图 10-3 走线口和空调管出口外防护罩示意图

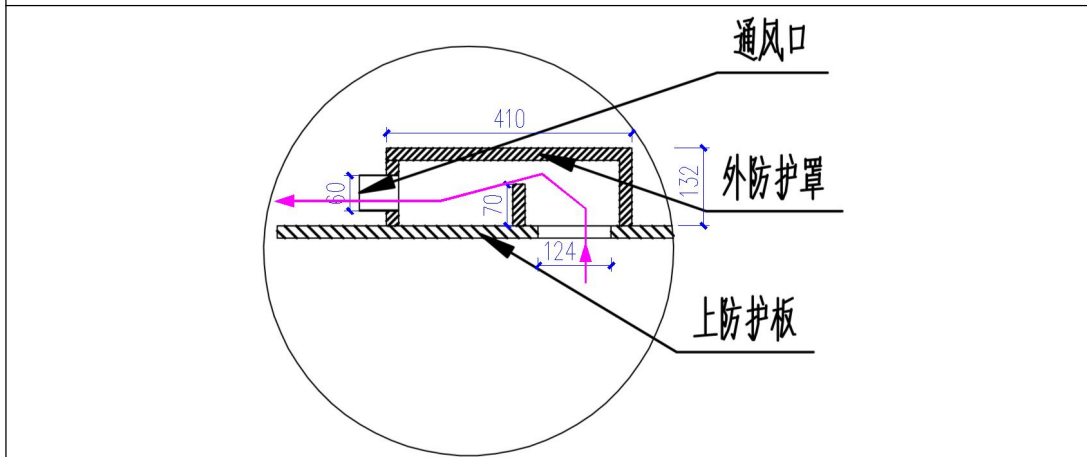


图 10-4 通风口穿墙口外防护罩示意图

续表 10 辐射安全与防护

10.2.3 安全联锁、工作状态指示灯、急停按钮等

(1) 门机联锁

检测系统两扇检修门与设备的高压控制器联锁。任何一扇检修门未关闭的情况下均不能打开高压产生射线；检修门关闭后，开高压产生射线，检修门不能打开；检修门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

(2) 工作状态指示（报警灯）及灯机联锁

当检测系统的电脑打开时，电脑启动灯亮起，随后打开电脑里的操作软件。

检测系统铅房内外拟设置工作状态指示灯（报警灯）；检测系统的 X 射线管头与工作状态指示灯（报警灯）联锁。预备时，显示绿色“预备”字样，并语音播报“准备中”；出束时，显示红色“照射”字样，并语音播报“辐射中”；“预备”信号和“照射”的信号意义一目了然，又有明显的区别。

(3) 操作台钥匙开关

操作台设置钥匙开关控制总电源，控制整机电源。当控制电源钥匙开关打开，电源接通灯亮，仅在钥匙插入后操作台才能操作，钥匙由专人保管，且只有在停机或待机状态时才能拔出。操作台上拟张贴禁止非授权使用的警告标识。

(4) 急停按钮

检测系统共设置 5 个急停按钮：操作台设 1 个、铅房外正面的履带两侧各设置 1 个、铅房主房内的正面和背面各设置 1 个。检测系统的主射线垂直向下，铅房内急停按钮设置在检修门旁，检修人员站立位置位于检修门旁，发生意外情况下，可不经主射线区域即按下急停按钮。

各急停按钮相互串联，按下任何一个急停按钮，检测系统的高压电源立即被切断，检测系统均能停止出束。急停按钮旁边设置中文标识和相关说明。

急停按钮按下后，检修门可以手动打开，事故状态下铅房内外人员可直接打开检修门。

(5) 视频监控系统

铅房内拟设置 2 个监视摄像头，位于检修门内，正面在上方能拍摄到铅房内的工件、内层铅帘情况，一个在下方，能看到履带下方情况。另外，项目拟在 X 光成像室 2 东南墙（邻 X 光成像室 1）上拟设置一个监控摄像头。操作人员能在

续表 10 辐射安全与防护

操作台上直接观察到铅房左侧铅帘和正面检修门情况，也能通过操作台上的视频监控屏幕实时监控铅房内情况、铅房右侧铅帘、背面检修门、X 光成像室 2 内人员活动等情况，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

(6) 固定式监测系统

铅房主房内拟安装 1 个固定式剂量报警仪探头，显示器和报警灯在操作台上，报警灯有声光警示功能。

(7) 电离辐射警告标志

X 光成像室 2 拟严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，拟在铅房各检修门上、X 光成像室 2 西北门上张贴电离辐射警告标志。警示无关人员不要进入，以免受到不必要的照射。

10.2.4 通风

项目 X 光成像室 2 采用自然进风，设置空调系统通风换气，检测系统的铅房设置机械排风系统。

铅房主房的顶部设置排风机，并新建排风管与 X 光成像室 1 待建的排风管相连接。检测系统运行产生的废气经排风管道引至厂房东南侧排放至厂房外，排放高度不低于 3m。新建排风管和待建排风管各支管在接入主管处设置止回阀，防止废气来回串流。

铅房风机的排风量为 300m³/h，通风次数约 40 次/h，满足标准不小于 3 次/h 的要求。

10.2.5 检修时的防护措施

检测系统检修由设备厂家进行，同时检修工作在天翔公司辐射工作人员的陪同下完成。检修时，要求 X 光成像室 2 内除检修人员和天翔公司辐射工作人员外无其他人员驻留，并在 X 光成像室 2 门外设置非请勿入的提示牌。

10.2.6 个人防护用品及监测仪器

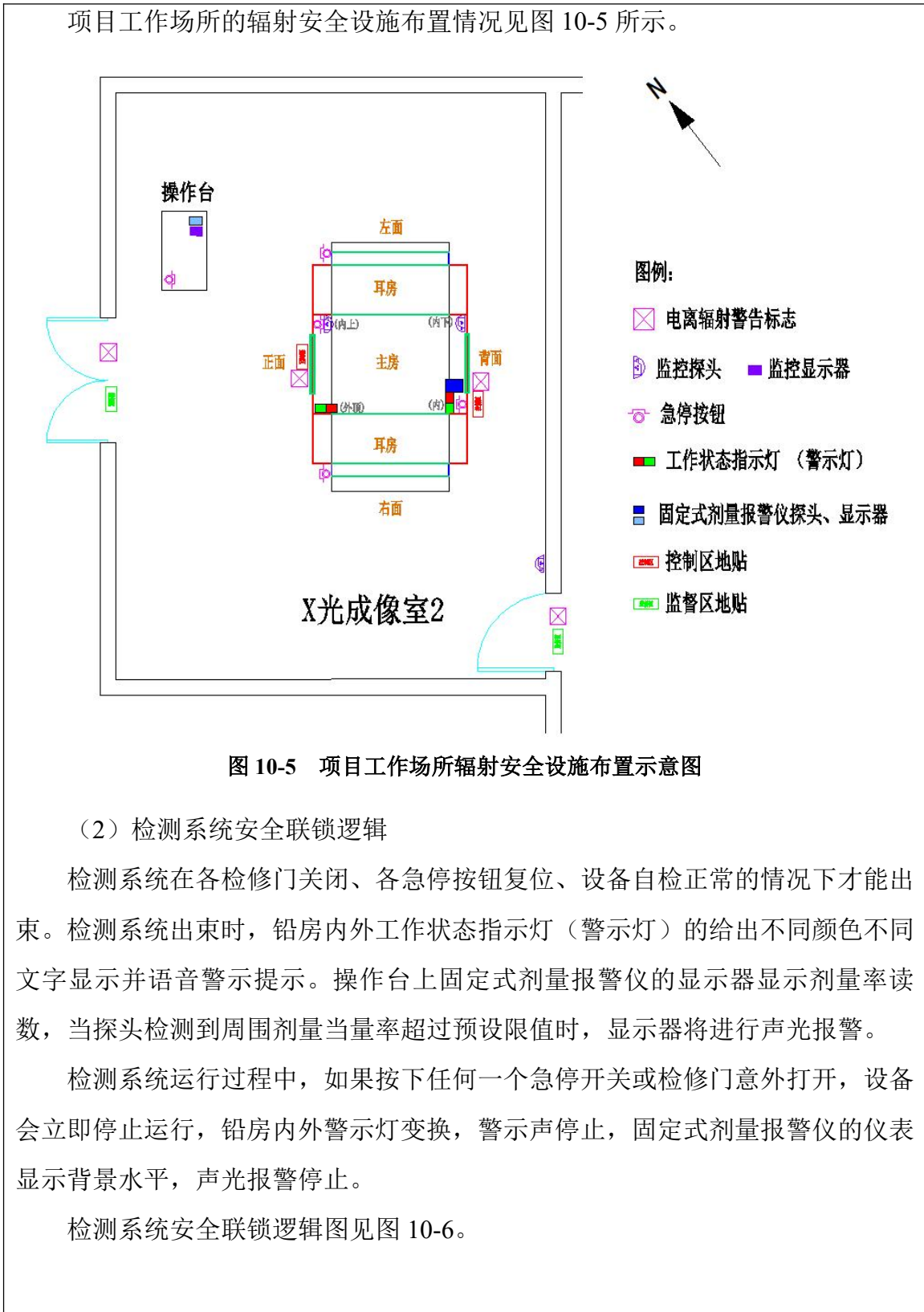
天翔公司已为 4 名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计，并配置了 1 台 X/γ 辐射检测仪。公司拟按要求配置 4 台个人剂量报警仪。具体情况见表 1-3 所示。

10.2.7 安全联锁逻辑及安全设施总结

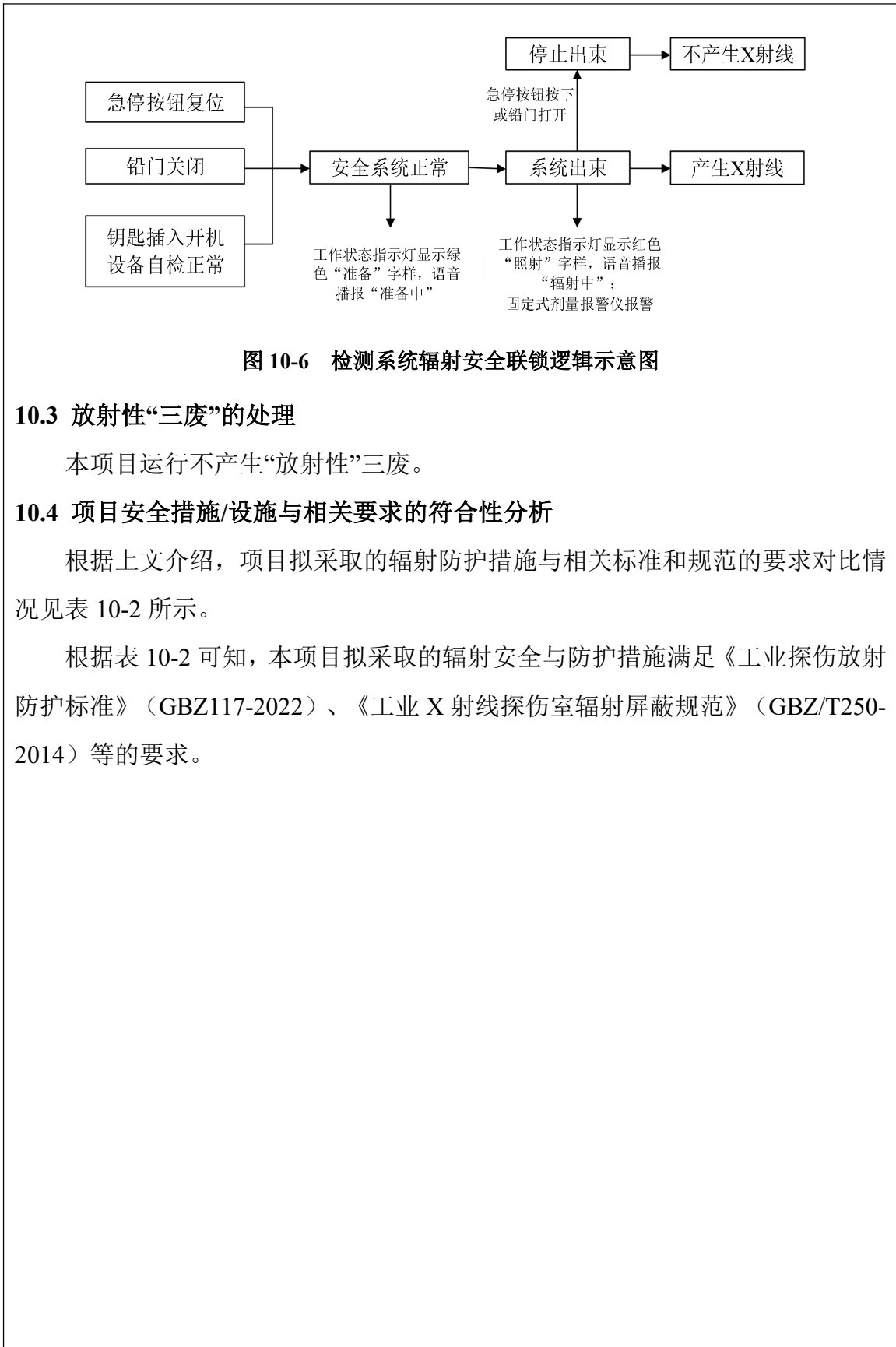
(1) 辐射安全设施总结

续表 10 辐射安全与防护

项目工作场所的辐射安全设施布置情况见图 10-5 所示。



续表 10 辐射安全与防护



10.3 放射性“三废”的处理

本项目运行不产生“放射性”三废。

10.4 项目安全措施/设施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施与相关标准和规范的要求对比情况见表 10-2 所示。

根据表 10-2 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）等的要求。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-2 项目拟采取的辐射防护措施与标准规范要求对比情况表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	4 使用单位放射防护要求	/
	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。	天翔公司已成立放射防护管理组织，明确了放射防护管理人员及其职责，建立并落实了放射防护管理制度和措施。本项目建成后纳入其管理。
	4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。	天翔公司现有的探伤工作人员已经按要求进行了个人剂量监测和职业健康体检。本项目依托现有探伤工作人员，不新增。
	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。	天翔公司现有探伤工作人员已经取得了无损探伤人员资格证，本项目依托现有探伤工作人员，不新增。
	4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	天翔公司已配置 X/γ辐射检测仪，拟按要求配置个人剂量报警仪。
	4.6 应制定辐射事故应急预案。	天翔公司已经制定了辐射事故应急预案，本项目检测系统未突破建设单位原有的辐射项目许可类型，可依托。
	5 探伤机的放射防护要求 5.1 X 射线探伤机	/
	5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。表 1 内容略。	天翔公司拟购买合格出厂的设备。设备的漏射线所致周围剂量当量率能满足标准要求，设备随机文件有这些指标的说明。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6 固定式探伤的放射防护要求 6.1 探伤室的放射防护要求	/
	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/T250。	检测系统位于 X 光成像室 2 内，操作台布置在铅房外，且未布置在主射线方向（包括主射线辐射区域）。铅房（含铅帘防护罩）的屏蔽墙厚度充分考虑了源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，铅房的检修门与同侧墙体的防护厚度一致。根据后文核算，铅房（含铅帘防护罩）的屏蔽厚度能满足辐射防护要求。
	6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。	天翔公司拟按标准要求对探伤工作场所分区管理。
	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。	检测系统铅房拟设置门机联锁装置。在检修门关闭后才能进行 X 射线无损检测作业。检修门为平开门，铅房内检修门旁拟设置急停按钮，按下按钮后可直接打开检修门。门-机联锁装置的设置方便铅房内部的人员在紧急情况下离开铅房。在探伤过程中，检修门被意外打开时，能立刻停止出束。
	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。	铅房内外拟设置工作状态指示灯（报警灯）；检测系统的 X 射线管头与工作状态指示灯（报警灯）联锁。预备时，显示绿色“预备”字样，并语音播报“准备中”；出束时，显示红色“照射”字样，并语音播报“辐射中”；“预备”信号和“照射”的信号意义一目了然，又有明显的区别。X 光成像室 2 内无其他信号灯。
	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。	项目拟在铅房内、X 光成像室 2 的东南墙设置监视摄像头，操作台位于检测系统旁，视频监控屏幕在操作台上，辐射工作人员能实时观察到铅房内、检修门外、铅帘、X 光成像室 2 内人员活动的情况。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	项目拟在铅房各检修门上、X 光成像室 2 西北门上粘贴符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。
	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	铅房内外拟安装急停按钮，并拟设置中文标签和使用方法。铅房正常情况下人员无法进入，主射线垂直向下，事故情况人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用急停按钮。急停按钮设置位置能满足标准要求。
	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	检测系统的铅房拟设置机械排风系统。排风次数不低于 3 次/h。排风口朝向厂房外的厂区道路，高度不低于 3m。排风系统设置满足标准要求。
	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	项目拟在铅房内配置 1 台固定式剂量报警仪，满足标准要求。
	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-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	建设单位拟根据设备说明书制定探伤操作规程，并拟规定每天工作前，检查门机连锁装置和工作状态指示灯等防护安全措施是否正常。
	6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	项目拟配备 4 台个人剂量报警仪，已配置常规个人剂量计、1 台 X/γ 辐射检测仪，要求进入铅房的辐射工作人员佩戴常规个人剂量计、个人剂量报警仪。当个人剂量报警仪报警时，立刻退出铅房，并防止其他人进入铅房，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。	已配备 1 台 X/γ 辐射检测仪，拟每季度对铅房周围及操作台剂量率水平进行监测。测量值高于控制限值 (2.5μSv/h) 时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	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。	按照标准要求使用 X/γ辐射检测仪前,检查其是否可以正常运行,发现异常,及时维修。如发现 X/γ辐射检测仪不能正常工作,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。	本项目检测系统内部拟配置狭缝调节组件,减少散射影响;铅帘外增加铅帘防护罩,减少铅帘外的辐射影响,能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。	天翔公司拟按照要求制定操作规程,要求工作人员每次操作前,需要确认铅房内无人员驻留,并关闭检修门。确认所有防护和安全装置都正常运行后,再开始探伤工作。
	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。	本项目是给公司自己生产的工件进行无损检测,铅房的尺寸能满足探伤工件进出要求,工件均位于主房内部进行检测,无开门探伤。
	6.3 探伤设施的退役 当工业探伤设施不再使用,应实施退役程序。包括以下内容: c) X 射线发生器处置至无法使用,或经监管机构批准后,转移给其他已获许可机构。 e) 当所有辐射源从现场移走后,使用单位按监管机构要求办理相关手续。 f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。 g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测,以确认现场没有留下放射源,并确认污染状况。	本项目探伤设备不再使用后,拟对检测系统去功能化,按照公司要求处置,保留手续,并做好相关记录存档。清除工作场所内电离辐射警告标志和各类说明。本项目为 X 射线装置,退役时可以对工作场所进行监测。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	<p>8.1 监测的一般要求 8.1.1 检测计划 使用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。</p>	<p>天翔公司已制定有辐射监测计划，明确每季度对铅房外周围剂量当量率进行一次监测并保存监测结果，当剂量超过控制水平时，立即整改。</p>
	<p>8.1.2 检测仪器 应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。</p>	<p>天翔公司已配备 1 台 X/γ辐射检测仪，按照要求进行定期检定。仪器使用前，检查是否可以正常运行。</p>
	<p>8.2 探伤机检测 8.2.1 防护性能检测 8.2.1.1 检测方法 X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行； 8.2.1.2 检测周期 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。 8.2.1.3 结果评价 X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。</p>	<p>天翔公司制定有监测计划，每年委托有资质单位对现有射线装置进行防护性能检测，本项目建成后，将检测系统纳入检测计划中。</p>
	<p>8.3 探伤室放射防护检测 8.3.1 检测条件 检测条件应符合如下要求： a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。</p>	<p>天翔公司拟按照标准要求，进行铅房监测时，使用最大运行条件。本项目为定向型探伤机，主线束方向在没有工件的情况下进行监测，其余方向在有工件情况下进行监测。</p>
	<p>8.3.2 辐射水平巡测 探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X-γ剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意： a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响； b) 探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。</p>	<p>项目运行后，拟委托有资质单位对铅房进行验收监测，验收监测按照标准要求进行。</p>

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	<p>8.3.3 辐射水平定点检测 一般情况下应检测以下各点： a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置； b) 探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点； c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点； d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点； e) 人员经常活动的位置； f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。</p>	<p>天翔公司拟完善监测计划，将标准要求点位等纳入制度中。</p>
	<p>8.3.4 检测周期 探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当γ射线探伤放射源的活度增加时，或者 X 射线探伤机额定电压增大时，重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。</p>	<p>天翔公司按照要求每年委托有资质单位进行一次防护监测，每个季度自行对铅房外环境进行监测；每天在检测系统运行时，辐射工作人员佩戴个人剂量报警仪绕铅房巡视一圈。 当 X 射线探伤机额定电压增大时，重新测量铅房外辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。</p>
	<p>8.3.5 结果评价 探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求</p>	<p>铅房（含铅帘防护罩）外的辐射水平控制值为 2.5μSv/h，超过时及时整改。</p>
	<p>8.5 放射工作人员个人监测 8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ128 的相关要求进行外照射个人监测。</p>	<p>本项目辐射工作人员已经按照要求配备个人剂量计，并定期进行个人剂量监测。</p>

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求	项目情况
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T 250-2014)	3 探伤室屏蔽要求 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。	铅房设置为钢+铅+钢结构。铅房内面积小，工件通过履带运输穿过铅帘运进铅房内，辐射工作人员不会进入铅房。铅房设置 2 个检修门，未设置人员门。
	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射线束照射方向。	检测系统主射线垂直向下，X 射线管不能移动不能转动，极小部分主射线会辐射到铅房主房背面，其余主房正面和背面（含检修门）处于非主射线照射范围，但其按照主射线防护厚度设计；操作台置于铅房外，与铅房有一定的距离，不在主线束照射范围内。
	3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。	铅房主体结构焊接密闭，开设检修门、铅帘，在铅房各侧屏蔽体、铅房与铅门、铅房与铅帘等各处搭接均设置足够长的搭接防护，设置走线口、通风外防护罩，其屏蔽能力与同侧铅房厚度一致。
	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。	本项目铅房内的两个射线管的最大管电压、管电流一致，其同时出束，设计时按照两个射线管的最大出束条件并同时运行考虑。
	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。	本项目待检工件较小，铅房防护材质均为钢+铅+钢结构，所占空间较小，满足标准要求。
《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)	5 监测系统与使用要求 5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	天翔公司放射工作人员个人剂量计均按照规范要求，佩戴在左胸位置。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

本项目用房为轻质材料，无土石方开挖，因此，本项目施工期主要为项目用房安装及检测系统安装（检测系统为成套设备的组装，不需要现场焊接）以及设备设施的调试。整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。产生的废弃物主要为材料、设备外包装物，安装人员生活垃圾和生活污水等。

材料、设备的包装物交物资回收部门回收处置，生活垃圾交市政环卫部门处理。生活污水依托正罡公司废水处理站处理后排入园区污水处理厂。项目施工量少，施工期短，产生污染物得到较好的处理，对周围环境影响很小。

11.2 运行阶段环境影响

11.2.1 铅房屏蔽效能预测

(1) 计算公式

屏蔽计算采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的相应公式。

①有用线束

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽透射因子

B。关注点的剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按公式 11-1 计算：

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

式中：

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1；

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 按公式 11-2

计算:

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

式中:

X—屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL—查表。

③ 泄漏辐射屏蔽

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按公式 11-2 计算, 然后按公式 11-3 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$):

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

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

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值, 确定 90° 散射辐射的 TVL, 然后按照公式 11-2 计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 11-4 计算:

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

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 , 见附录表 B.1;

B—屏蔽透射因子;

F — R_0 处的辐射野面积，单位为平方米 (m^2)；

α —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；

R_0 —辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米 (m)。

(2) 主要预测参数和条件

①本项目检测系统铅房分为主房和左右两侧的耳房，主房和耳房一样宽，主房高，耳房较矮。铅房主房底板和正面、背面 (含检修门) 均为 6mm 铅+4mm 钢，穿过主房与耳房的履带两侧各设置 3 组铅帘，各侧均为 4.5mmPb，其余屏蔽体均为 5mm 铅+4mm 钢。各侧防护厚度情况见图 11-1 所示。

②X 射线管固定安装在铅房主房的顶部，垂直向下照射，不能移动和旋转，X 射线束辐射角为 $48^\circ \times 20^\circ$ 。根据铅房的尺寸，监测系统的主射线辐射范围为铅房底板及铅房主房背面邻地面较小的范围，具体见图 11-1 所示。因此，主房底板按照主射线影响进行预测，背面按照主射束和散漏射分别进行预测，其余屏蔽体均按照散漏射进行预测。

③铅房落地安装，底板考察点位于屏蔽体外表面 (未考虑 30cm)。其余位置均考察到屏蔽体 30cm。

④铅房底板，主房和耳房屏蔽厚度相差 1mmPb，分别受到主射线、散漏射线影响，但其无法到达，因此，本次仅进行影响大的主射束预测。铅房正面和背面，主房和耳房屏蔽厚度相差 1mmPb，主要受到散漏射线影响，因射线源在照射到耳房处时，除正面和背面的铅房屏蔽外，还需要穿过至少 1 组铅帘 (1.5mmPb)，且其距离和实际穿过屏蔽体的厚度均大于主房正背面考察点处，因此，耳房的正面和背面不单独核算，保守按照主房的正面和背面考虑。

⑤铅房侧面 (主房和耳房) 除铅帘外，屏蔽厚度均一致。根据铅房的具体情况，侧面考察点主要考虑铅房主房侧面外 E、G 点，铅帘外 H、F 点，以及铅房耳房下侧外的 f、h 点。根据铅房的尺寸，f、h 点的最低防护厚度为铅房下侧的侧面+1 组铅帘的防护，考察点以此确定最近的距离进行核算。具体考察点位置见图 11-1 所示。

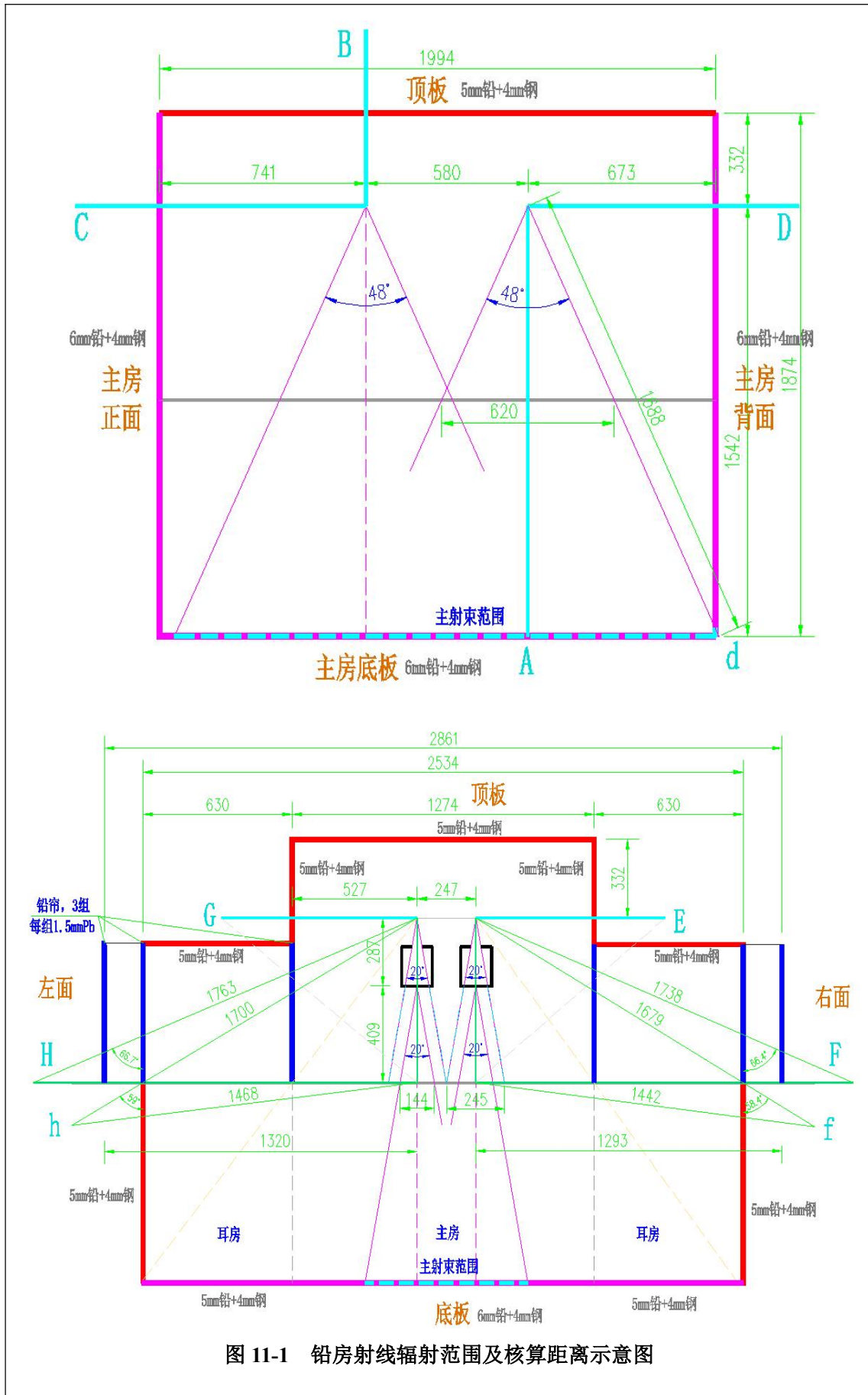


图 11-1 铅房射线辐射范围及核算距离示意图

⑥因铅房主房内有两个 X 射线管，设备参数均一致，间距较小（247mm），本次预测时保守按照管头与相邻侧屏蔽体的最近考察距离同时进行核算。

⑦检测系统的 X 射线束经狭缝调节组件调整后，辐射角度未变，仍为 $48^\circ \times 20^\circ$ ，但在皮带上工件的照射面积减小，即减少散射面积和散射影响。项目散射面积按照实际情况考虑，即 $F=0.62 \times 0.144=0.08928\text{m}^2$ 。

⑧铅房外考察点 E、G 点，除受到散射+漏射影响外，还会受到漏射的散射影响。根据下表核算，漏射线影响较小（ 10^{-2} 数量级），漏射的散射影响将更小，因此，该部分影响忽略不计。

⑨本项目检测系统最大管电压 160kV，最大管电流 10mA，额定功率 800W，因此检测系统在最大管电压下运行时，电流为 5mA。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）3.3.4，本次评价按照在最高管电压 160kV 和相应该管电压下的常用最大管电流 5mA 进行预测。

⑩屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

表 11-1 铅房各方向核算距离一览表

考察点	射线辐射类型	核算距离 m	
底板 A	主射	1.54	
顶板 B	散射、漏射	$0.33+0.3=0.63$	
正面 C	散射、漏射	$0.74+0.3=1.04$	
背面 D	散射、漏射	$0.67+0.3=0.97$	
	主射	1.68	
右面	E 主房外	$0.50+0.3=0.80$	
	F-耳房铅帘外	散射	$1.29+0.3=1.59$
		漏射	1.73
	f-耳房下侧外	散射	1.44
漏射		1.67	
左面	G 主房外	$0.52+0.3=0.82$	
	H-耳房铅帘外	散射	$1.32+0.3=1.62$
		漏射	1.76
	h-耳房下侧外	散射	1.46
漏射		1.70	

备注：①两个 X 射线管固定安装不动，以上距离取值考虑为 X 射线管与铅房表面最近距离。②所有距离保留两位小数。③铅帘的实际位置更接近铅房主房，核算时保守考虑铅帘在铅房交界处，具体情况见附图 5 所示。

⑪铅房核算过程中的相应参数见表 11-2。

表 11-2 屏蔽体核算相关参数表

参数	数值	来源		
无损检测X射线装置	160kV, 5mA	设备参数及 GBZ/T250-2014中3.3.4		
G (mGy·m ² /mA·min)	6.4	《辐射防护导论》附图3		
转换系数	6×10 ⁴	GBZ/T250-2014中4.1 a) GBZ/T250-2014表B.1		
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	3.84×10 ⁵			
散射因子α	α=α _w *10000/400=0.0475	GBZ/T250-2014表B.3 α _w =1.9×10 ⁻³		
$\frac{R_o^2}{F \bullet \alpha}$	0.696 ² / (0.08928×0.0475) =114	GBZ/T250-2014 附录B.4.2, 实际计算 具体数据见图11-1		
泄漏辐射剂量率H _L (μSv/h)	≤2.5×10 ³	GBZ/T250-2014 表1		
X射线90°散射辐射最高能量相应的kV值	150	GBZ/T250-2014表2		
什值层 (TVL)	TVL			铅: GBZ/T250-2014表B.2 及内插法计算、 钢:《辐射防护导论》, P103, 图3.23
	电压等级(kV)	铅(mm)	钢(cm)	
	160	1.05	1.35	
	150	0.96	1.30	

备注: 根据GBZ/T250-2014及2017年修改单中表B.1: 在本标准中以等量值的mSy·m²/mA·min进行屏蔽计算, 因此本次Sv/Gy转换系数取1, 后同。

(3) 铅房防护效能核算结果

本项目铅房的屏蔽体屏蔽能力核实结果见表 11-3。

表 11-3 项目检测系统铅房屏蔽效能核算表

考察点		考察距离(m)	设计防护厚度	设计厚度下铅房外瞬时剂量(μSv/h)		是否达到屏蔽要求
底板A	主射	1.54	6mm铅+4mm钢	1.58		是
顶板B	散射	0.63	5mm铅+4mm钢	2.59×10 ⁻¹	3.69×10 ⁻¹	是
	漏射			1.10×10 ⁻¹		
正面C	散射	1.04	6mm铅+4mm钢	8.62×10 ⁻³	1.31×10 ⁻²	是
	漏射			4.51×10 ⁻³		
背面D	散射	0.97	6mm铅+4mm钢	9.91×10 ⁻³	1.51×10 ⁻²	是
	漏射			5.19×10 ⁻³		
背面d	主射	1.68	6mm铅+4mm钢 (14.8mm铅+9.8mm钢)	2.05×10 ⁻⁹		是
右面E-主房	散射	0.80	5mm铅+4mm钢	1.60×10 ⁻¹	2.29×10 ⁻¹	是
	漏射			6.83×10 ⁻²		
右面F-耳房铅帘	散射	1.59	4.5mmPb	2.74×10 ⁻¹	3.10×10 ⁻¹	是
	漏射	1.73	4.5mmPb(4.9mmPb)	3.60×10 ⁻²		
右面f-耳房下侧	散射	1.44	5mm铅+4mm钢	4.95×10 ⁻²	4.95×10 ⁻²	是
	漏射	1.67	1.5mmPb+5mm铅+4mm钢 (1.8mmPb+5.9mm铅+4.7mm钢)	3.73×10 ⁻⁵		

左面G -主房	散射	0.82	5mm铅+4mm钢	1.53×10^{-1}	2.18×10^{-1}	是
	漏射			6.50×10^{-2}		
左面H -耳房铅帘	散射	1.62	4.5mmPb	2.64×10^{-1}	2.98×10^{-1}	是
	漏射	1.76	4.5mmPb(4.9mmPb)	3.48×10^{-2}		
左面h -耳房下侧	散射	1.46	5mm铅+4mm钢	4.82×10^{-2}	4.82×10^{-2}	是
	漏射	1.70	1.5mmPb+5mm铅+4mm钢 (1.8mmPb+5.8mm铅+4.7mm钢)	4.49×10^{-5}		

根据上表核算结果可知，项目检测系统铅房各面屏蔽体外 30cm 处的瞬时周围剂量当量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。同时，项目铅房与 X 光成像室 1 的铅房有一定的距离（最近约 3.7m），根据《军工产品生产项目（探伤部分）环境影响报告表》预测，X 光成像室 1 在本项目 X 光成像室 2（即西北墙外）最大的周围剂量当量率为 $0.17\mu\text{Sv/h}$ ，即使考虑两个 X 光成像室内各探伤设备同时运行的叠加影响，铅房外的周围剂量当量率也能低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

（4）天空散射影响分析

根据上文预测计算，检测系统铅房顶板外 30cm 处的周围剂量当量率很小（B、E、G 考察点最大为 $3.69 \times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$ ），远低于标准限值，射线经天空散射到地面后的影响微小。因此，本项目天空散射对周围环境的影响小，本次不再单独核算。

11.2.2 年有效剂量估算及环保目标辐射影响

（1）估算公式

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：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-5)$$

式中：

H_{Er} ：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X 或 γ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t：X 或 γ 射线照射时间，小时。

（2）辐射工作人员剂量估算及环境保护目标辐射影响分析

项目辐射工作人员活动区域为 X 成像室 2（无关人员一般无法达到），包括工件的手动放上、取下、设备操作，保守考虑 1 名辐射工作人员从事所有设备操

作，则其受照剂量考虑为检测系统铅房四周的最大受照剂量。辐射工作人员年剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 项目辐射工作人员剂量估算表

人员类型	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	最大曝光时间(h)		居留因子	周有效剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效剂量 (mSv/a)
		周	年			
辐射工作人员	3.10×10^{-1}	15	500	1	4.65	0.16

备注：周围剂量当量率保守取铅房四周 30cm 处最大值。

根据上表可知，保守考虑 1 名辐射工作人员从事项目检测系统操作，则该名辐射工作人员所受的附加剂量最大为 $4.65 \mu\text{Sv/周}$ ，低于标准要求的控制水平 $100 \mu\text{Sv/周}$ ；辐射工作人员的附加年有效剂量最大为 0.16mSv/a ，远低于本评价管理目标值 5mSv/a ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

同时，本项目辐射工作人员依托天翔公司现有的辐射工作人员，根据《军工产品生产项目（探伤部分）环境影响报告表》预测，辐射工作人员从事 X 光成像室 1 的 4 台探伤设备受到的附加年有效剂量最大为 0.31mSv/a ，考虑叠加影响后，辐射工作人员受到的附加年有效剂量最大为 0.47mSv/a ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

实际上，天翔公司配置了 4 名辐射工作人员分担工作，单名辐射工作人员受照剂量小于上述估算值。因此，本项目运行对辐射工作人员的影响较小。

(3) 公众成员剂量估算及环境保护目标辐射影响分析

根据前文核算，检测系统屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的平方快速减弱的特性可知，距离检测系统屏蔽体更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。

项目检测系统的曝光时间最大为： 15h/周 ， 500h/a 。项目检测系统铅房外公众成员活动的环境保护目标辐射影响及个人剂量估算结果见表 11-5 所示。

续表 11 环境影响分析

表 11-5 项目环境保护目标剂量率及公众成员年剂量估算表

环保目标编号	环境保护目标名称	方向	与铅房的最近水平距离(m)	周围剂量当量率(μSv/h)	居留因子	有效剂量		X光成像室1的影响结果(mSv/a)	综合影响值(mSv/a)
						周(μSv/周)	年(mSv/a)		
3	厂区绿化和厂内道路、厂内设备区及 J4 道路等	东南侧	约 19m	1.13×10^{-4}	1/8	2.12×10^{-4}	7.07×10^{-6}	2.49×10^{-2}	2.49×10^{-2}
4	转运区(含升降机)、工件待检区和工件已检区、模制产品成品区等	西南侧	约 2.6m	6.28×10^{-2}	1/4	2.36×10^{-1}	7.85×10^{-3}	1.38×10^{-2}	2.17×10^{-2}
	厂区绿化和厂内道路	西南侧	约 27m	1.19×10^{-3}	1/8	2.23×10^{-3}	7.42×10^{-5}	0.001	1.07×10^{-3}
5	研发楼	西南侧	约 40m	5.58×10^{-4}	1	8.36×10^{-3}	2.79×10^{-4}	<0.001	1.28×10^{-3}
6	模压区、原料存放室、一般固废间、危废间等	西侧	约 10m	7.46×10^{-3}	1	1.12×10^{-1}	3.73×10^{-3}	<0.001	4.73×10^{-3}
7	转运区	西北侧	约 2.5m	1.35×10^{-3}	1/4	5.07×10^{-3}	1.69×10^{-4}	/	1.69×10^{-4}
	楼梯、分选室、油料间、原料存放室等	西北侧	约 7m	2.37×10^{-4}	1	3.56×10^{-3}	1.19×10^{-4}	/	1.19×10^{-4}
8	空闲区域	北侧	约 3.5m	4.09×10^{-2}	1/4	1.53×10^{-1}	5.12×10^{-3}	3.56×10^{-3}	8.68×10^{-3}
	捏合辊压间、炼胶区、辊压区、正置公司区域等		约 10m	7.42×10^{-3}	1	1.11×10^{-1}	3.71×10^{-3}	3.56×10^{-3}	7.27×10^{-3}
9	空闲区域	东北侧	约 2.0m	8.63×10^{-2}	1/4	3.23×10^{-1}	1.08×10^{-2}	5.78×10^{-3}	1.66×10^{-2}
	原料间、1#产品晾干间、模具维修区, 以及厂区绿化和厂内道路等		约 10m	7.42×10^{-3}	1	1.11×10^{-1}	3.71×10^{-3}	5.78×10^{-3}	9.49×10^{-3}
10	过道、产品晾丝间、疏丝间、烘干室、配料间、备用室、楼梯间等	楼上	约 4m	6.83×10^{-3}	1	1.02×10^{-1}	3.41×10^{-3}	9.41×10^{-3}	1.28×10^{-2}

备注：①本项目 X 光成像室 2、X 光成像室 1 及配套用房为辐射工作人员活动区域，公众成员按要求不进入，个人剂量在职业照射计算中考虑。
 ②6#西侧环保目标保守按照西南侧方向考虑，8#北侧保守按照东北侧的方向考虑。X 光成像室 1 对 8#、9#环保目标的影响保守按影响较大的考虑。
 ③4#、5#、6#、8#、9#环保目标的漏射预测，全部保守考虑为 4.5mmPb 铅帘防护后的影响。
 ④车间空闲区域为各功能区域之间的零散区域，不会进行其他功能布置，居留因子参考相邻转运区取 1/4。
 ⑤以上核算结果未考虑除各自铅房防护外的屏蔽防护影响。X 光成像室 1 的影响结果来源于《军工产品生产项目（探伤部分）环境影响报告表》表 11-5。

续表 11 环境影响分析

根据表 11-5 预测可知，项目检测系统屏蔽体外环境保护目标处的周围剂量当量率均远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽体外活动的公众成员所受的附加剂量最大为 $3.23 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/周}$ ，低于标准要求的控制水平 $5 \mu\text{Sv/周}$ ；辐射工作人员的附加年有效剂量最大为 $1.08 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a 。

同时，本项目公众成员还将受到 X 光成像室 1 的 4 台探伤设备的影响，根据《军工产品生产项目（探伤部分）环境影响报告表》预测结果，考虑叠加影响后，项目周围公众成员受到的附加年有效剂量最大为 $2.49 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。综上，本项目建设对各环境保护目标和公众成员带来的辐射影响很小，能为公众和环境所接受。

11.2.3 其他影响分析

（1）废气影响分析

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（ NO_x ）。检测系统的铅房最大有效体积约为 7.4m^3 （保守按照铅房外部尺寸考虑，包含主房和耳房），铅房设置机械排风装置，排风量为 $300 \text{m}^3/\text{h}$ ，因此铅房有效通风次数约 40 次/h，能保证铅房内废气不在室内聚集，曝光时产生的废气不会对室内工作人员造成影响。

废气经管道引至厂房东南侧外墙排放，排放高度不低于 3m。排放口外为厂内道路和绿化，比较空旷，无人口密集区，能使少量的 O_3 、 NO_x 得以快速扩散。因此，废气排放对周围环境影响小。

（2）废水影响分析

辐射工作人员产生的生活污水依托正罡公司废水处理站处理达标后排入园区污水处理厂。本项目工作人员在天翔公司的劳动定员内，本项目不增加天翔公司的排水量，项目排水对环境影响较小。

（3）固废影响分析

项目检测系统报废后，拟对射线装置去功能化后，按照建设单位相关要求处理，保留手续，并做好相关记录存档。

续表 11 环境影响分析

项目辐射工作人员产生的生活垃圾依托正罡公司的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

11.3 实践正当性分析

项目拟配置 X 射线数字成像检测系统在生产中的应用，对生产工件的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，项目建设为天翔公司生产的工件提供了先进的检测手段，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；同时也将为天翔公司创造一定的经济效益。项目采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目运行为企业和社会带来利益远大于其对受电离辐射照射的个人和环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

11.4 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“第一类 鼓励类”中“三十一、科技服务业”中的第 1 条“质量认证和检验检测服务”，项目 X 射线数字成像检测系统用于建设单位生产工件的质量检测，属于产业结构调整指导目录中的鼓励类。项目建设符合国家相关法律法规和政策规定，符合国家产业政策。

11.5 事故影响分析

11.5.1 风险事故类型

X 射线数字成像检测系统产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因为 X 射线数字成像检测系统设置有专用铅房屏蔽体，基本不会发生固定性屏蔽体损坏而致人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，即不会受到误照射。X 射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为管理等不到位，而导致无关人员受到误照射。

这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

①铅房边缝等屏蔽薄弱处射线泄漏

检测系统的铅房为整体式屏蔽体，建设单位每年均拟委托相关资质单位对铅房外周围剂量当量率进行监测，确保铅房屏蔽完好。铅房各屏蔽体均为铅盒拼装而成，整块铅板脱落出现概率很小且一目了然，因此主要考虑铅房随着使用年限

续表 11 环境影响分析

的增加，边缝搭接部位等可能松动或缝隙加大，导致搭接不够等，造成局部屏蔽不到位的情况，从而漏出射线，使检测区域周围的人员受到误照射。

本项目全部为定向型探伤机，设备内部维修由生产厂家或专业技术单位负责，合格后再交天翔公司使用，因此，不存在探伤机 X 射线管头上的屏蔽块移走而使设备丧失自身屏蔽作用。

②人员滞留在铅房内受到误照射

检测系统铅房内均拟设置视频监视系统，且拟设置了多重安全防护设施，辐射工作人员每次开机出束前均会对铅房内情况进行观察，防止人员滞留铅房内，因此，一般情况不存在人员在铅房内滞留情况。但在出现辐射工作人员未观察/观察不到位、视频监视系统故障等情况，亦可能存在人员滞留在铅房内而未被发现的风险。此时 X 射线出束，则滞留在铅房内的人员将受到误照射。

设备出现故障，维修工作由厂家完成。维修时厂家维修人员可能需要进入铅房内，人员未通过监控系统对铅房内部进行充分确认就开机出束，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

③联锁装置失效人员受到误照射

由于铅房门机联锁装置失效，或者维修后门机联锁旁路未及时恢复，检修门未关闭完全或探伤机工作时门被开启，射线管仍然能发射，造成射线外泄，可能对铅房外人员产生误照射。

④铅帘磨损、掉落

由于铅帘的打开方式是通过工件推动打开，长期使用后，可能造成铅帘的磨损、固定装置松动，最终导致铅帘掉落，从而漏出射线，使检测区域周围的人员受到误照射。

(2) 辐射事故后果分析

①铅房边缝等屏蔽薄弱处射线泄漏

公司拟为辐射工作人员配置个人剂量报警仪。辐射工作人员每天工作时正确佩戴，并在检测系统出束时绕铅房一圈检查。当铅房屏蔽体边缝等屏蔽薄弱处出现射线泄漏情况，辐射工作人员能很快发现情况及时处理。考虑不利情况，辐射工作人员未及时佩戴或未佩戴个人剂量报警仪，而受到单次误照射或一天误照

续表 11 环境影响分析

射。若建设单位辐射工作人员长期未按规定佩戴个人剂量报警仪，则该事故不易被发现，屏蔽体外人员受到的误照射随着时间的推移而增加。核算条件与结果见表 11-6。

表 11-6 ①类事故状态下人员受照剂量统计表

事故状态	设定条件	考察点处的周围剂量当量率	照射时间	受照剂量
①铅房边缝等屏蔽薄弱处射线泄漏	管电压 160kV、电流 5mA，1m 处 X 射线输出量 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ； 根据铅房形状，考虑辐射工作人员主要在铅房正面受到照射，距离为 1.04m； 散射+漏射	1.79×10^4 $\mu\text{Sv/h}$	30min (1 次)	8.94mGy
			3h (1 天)	53.65mGy

②人员滞留在铅房内受到误照射

设备出束的同时人员滞留铅房内，保守考虑人员受到设备主射束照射风险。本项目铅房内有履带隔断，空间较小，进入人员最多 1 人。事故受照时间考虑按急停按钮的 0.5min 和单次照射。核算条件与结果见表 11-7。

表 11-7 ②类事故状态下人员受照剂量统计表

事故状态	设定条件	考察点处的周围剂量当量率	照射时间	受照剂量
②人员滞留在铅房内受到误照射	管电压 160kV、电流 5mA，1m 处 X 射线输出量 $6.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，铅房内，距离为 0.5m，主射	7.68×10^6 $\mu\text{Sv/h}$	30s (反应时间)	64mGy

③联锁装置失效人员受到误照射

人员位于铅房外，门机联锁失效时仅考虑检修门打开或未关闭完全的情况，单次照射对 X 光成像室内人员的误照射。背面检修门地面处会受到主射线照射，但人员位不会受到主射线照射。考虑单次照射时间 30min。核算条件与结果见表 11-6，检修门外人员的受照剂量最大约 8.94mGy。

④铅帘磨损、掉落受到误照射

铅帘磨损、掉落后，铅帘的屏蔽能力降低或无防护，导致检测系统左右侧直接暴露在射线照射范围，受到散射和漏射影响。铅帘掉落能及时发现，误照射时间较短，铅帘磨损射线外漏较不易发现，考虑误照射时间为单次照射时间 30min。

续表 11 环境影响分析

核算条件与结果见表 11-8.

表 11-8 ④类事故状态下人员受照剂量统计表

事故状态	设定条件	考察点处的 周围剂量当 量率	照射时间	受照剂量
④铅帘磨损或 掉落	管电压 160kV、电流 5mA，1m 处 X 射线输出量 6.4mGy·m ² / (mA·min)，铅房左侧或右侧，距 离为 1.59m，散射+漏射	7.50×10 ³ μ Sv/h	30min	3.75mGy

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，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照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率（而非其严重程度）与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者的后代遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈剂量的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

续表 11 环境影响分析

项目运行产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

根据上述后果分析可知，一般事故情况下，人员受到超过年剂量的照射，可能导致人员随机性效应概率增加，但不会有明显临床指征，但极端情况下，人员长时间受到意外辐射，可能出现更严重后果。

(4) 事故分级

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。具体分级情况见表 11-8。

表 11-8 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或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。

项目运行产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。项目拟配置的检测系统属于II类射线装置，其事故工况造成误照射时可能使人员受到较大剂量的辐射照射。经预测分析和估算，运行期间可能发生的最严重事故为 X 射线无损检测装置出束时，人员滞留在铅房内，辐射照射所致受照射人员的最大辐射剂量为 64mGy。在事故工况下人员可能受到超过年剂量限值的照射，即造成一般辐射事故的发生；项目 X 射线无损检测装置事故状态造成人员受到误照射时，单次误照射一般不会导致严重的辐射损伤，但可能增加随机性效应的发生概率。

(5) 辐射事故防范措施

① 配置便携式 X/γ辐射检测仪，定期巡查各铅房的屏蔽效能，做好记录，重点巡查铅房检修门搭接、铅房各侧墙体接缝处、铅帘，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续开机作业。

续表 11 环境影响分析

同时，辐射工作人员工作期间，正确佩戴个人剂量计、个人辐射报警仪，保证每天监测系统出束时绕铅房巡查一圈，能及时发现铅房漏射线的情况并及时处理。

② 按要求制定管理制度，加强学习，规范辐射工作人员的操作，保证在每次探伤机开机出束前检查监控设施、急停按钮等，确保它处于正常状态，并通过视频监控系统对铅房内扫视，按搜寻程序进行查找，确认无人停留在铅房内后才能开始进行操作。

③ 按要求制定管理制度，加强学习，规范辐射工作人员的操作，保证在每次检测系统开机出束前检查门机联锁情况、工作状态指示灯等，确保其处于正常状态。若发生故障及时清除，严禁违规操作。日常加强对项目涉及的安全控制措施/设施的各机构及电控系统进行维护和保养，确保安全装置随时处于正常工作状态，若因某种原因损坏，应立即停止使用，修复后再投入使用。

④ 检修、调试应由生产厂家专业技术人员进行，项目辐射工作人员配合。检修调试完成后及时恢复旁路的联锁系统。

⑤ 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；管理人员应强化管理，保证按照要求进行 X 射线无损检测工作。

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。

天翔公司已按照相关要求制定了相应的管理制度，已成立了辐射安全与环境保护领导小组，并于2021年以文件重天合〔2021〕7号文进行了成员调整。

领导小组全面负责辐射安全防护管理工作，主要职责有：①建立健全辐射安全与防护的各项规章制度、组织安全检查，发现放射相关问题并解决问题；②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。③负责日常防护设备维护。

另外，天翔公司制定了制度《辐射安全与环境保护领导小组职责》，明确了领导小组的分工职责，内容较全面和翔实。

综上，根据调查，天翔公司的辐射安全与环境保护领导小组的建设能够满足相关要求，文件和管理制度明确了领导小组及其成员的相关职责。因此，天翔公司的辐射安全与环境保护管理机构满足相关要求。本项目建设后直接纳入公司现有辐射环境管理体系中进行管理。

12.2 辐射安全管理

(1) 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，建设单位必须培养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。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

目前，天翔公司已制定了《辐射安全与环境保护领导小组职责》《辐射安全防护管理制度》《X射线数字成像检测系统安全操作规程》《便携式X射线探伤机操作规程》《X射线探伤安全操作注意事项》《X射线探伤机维护保养制度》《X射线装置台账管理制度》《人员培训制度》《监测方案》《X射线辐射工

续表 12 辐射安全管理

作人员健康管理规定》《辐射安全事故应急预案》等制度。

以上制度内容较为详实，能够满足公司辐射安全管理需求。天翔公司之前严格按照上述管理制度落实。

另外，待项目建成后，拟完善《辐射安全事故应急预案》中的相应报告电话，并根据检测系统说明书等，制定本检测系统的操作规程。

(2) 辐射工作人员

天翔公司目前有 4 名辐射工作人员，本项目依托该 4 名辐射工作人员继续操作。辐射工作人员在天翔公司总劳动定员内。具体情况见表 1-6。

①配置数量合理可行性

本项目依托的辐射工作人员需要从事天翔公司所有辐射工作，主要操作本项目 1 台检测系统，以及 X 光成像室 1 的 3 台检测系统、2 台便携式探伤机。天翔公司生产的工件形状、大小、厚度以及检测要求都不一致，检测时需要选择不同探伤机进行无损检测，几台检测系统/探伤机不会全部同时工作。同时，根据天翔公司运营多年的经验，本项目配置 4 名辐射工作人员完全能够胜任该工作，因此，本项目依托现有的 4 名放射工作人员能满足项目需求。

②辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：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。根据《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》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台免费学习相关知识。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核。

根据调查，天翔公司的辐射工作人员均已经取得辐射安全与防护考核成绩报告单，并在有效期内。

③个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位应对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。项目单位应当安排专人负

续表 12 辐射安全管理

责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量监测档案。内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量监测档案应当终生保存。

天翔公司现有的 4 名辐射工作人员均配置了个人剂量计。天翔公司安排有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监测档案，个人剂量监测档案终身保存。另外，辐射工作人员上岗期间，正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互借用，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

④职业健康检查

天翔公司制定有《X 射线辐射工作人员健康管理规定》对辐射工作人员的职业健康体检进行管理。

天翔公司现有辐射工作人员均进行了职业健康体检，体检时间未超过 2 年，体检结果均满足辐射工作人员健康要求，并已建立了辐射工作人员职业健康档案。本次依托现有辐射工作人员，继续按照公司现有管理制度执行即可。

(3) 射线装置台账管理

天翔公司制定有射线装置台账管理制度，记录射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，记录每次维修、保养情况，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。

本次新增射线装置后纳入上述管理中。

(4) 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：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的评估报告。

天翔公司将年度评估纳入管理制度中，并且每年均按要求提交上一年度《年度评估报告》，今后仍应继续按照上述要求执行。

(5) 档案管理

天翔公司已按照相关要求对单位的档案进行分类归档。

天翔公司辐射类档案主要分为：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”

续表 12 辐射安全管理

“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”和“辐射应急资料”等。

本项目完成后,天翔公司拟及时开展竣工验收,重新办理《辐射安全许可证》,在许可范围内从事辐射活动,并将相应资料纳入档案管理。

(6) 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心,对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位应树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。应建立安全管理体系,明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化之处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节,确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下:

①在单位内开展核安全文化宣贯推进专项培训,严格落实岗位职责,对隐瞒虚报“零容忍”,对违规操作“零容忍”。

②建设单位应不断总结、汲取经验教训,培养核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

12.3 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定,建设单位从事辐射活动应具备相应的条件,对建设单位从事的辐射活动能力评价如下表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价表

应具备条件	拟落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	天翔公司已经以文件的形式建立了辐射安全与环境保护领导小组,管理人员配置满足要求。
从事放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。	项目现有辐射工作人员均已取得辐射安全与防护考核成绩报告单,并在有效期内。
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	检测系统的铅房有足够厚的铅板、铅门、铅帘进行屏蔽;拟设置/配置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警告标志以及工作状态指示灯、

续表 12 辐射安全管理

	紧急停机按钮，拟配置固定式剂量报警仪，拟设置工作状态指示灯信号说明等，防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。
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。	项目辐射工作人员均配备了个人剂量计，并拟配置 4 台个人剂量报警仪和 1 台固定式剂量报警仪。
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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已建立对应的管理制度。待项目建成后将相应制度制作上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定《辐射安全事故应急预案》，满足开展辐射工作运行要求。

从上表可知，天翔公司已建立了辐射环境管理体系，已具备一定的能力。天翔公司还应针对拟购设备情况补充新的操作规程，完善相应管理制度。天翔公司在认真落实上述要求并重新申请辐射安全许可证后，方具备从事本项目辐射活动的的能力。

12.3 检查和维护

为了确保检测系统的安全运行，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 5.1.2 和 5.1.3，检测系统应定期进行检查和维护。

天翔公司按照相关要求，拟对项目检测系统定期进行检查和维护，具体情况如下表 12-2 所示。

表 12-2 检测系统安全措施检查表

检查项目	检查/维护频率
探伤机外观是否完好； 电缆是否有断裂、扭曲以及破损； 液体制冷设备是否有渗漏； 安全连锁是否正常工作； 个人剂量报警仪工作状态指示灯是否正常运行； 螺栓等连接件是否连接良好； 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	每次工作前
通风的有效性、急停按钮的有效性	每月至少一次
设备维护	每年至少一次

天翔公司对检测系统的设备维护负责。设备维护由受过专业培训的工作人员

续表 12 辐射安全管理

或设备制造商进行，设备维护包括检测系统的彻底检查和所有零部件的详细检测，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都来自设备制造商，且做好设备维护记录。

12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对辐射工作人员个人剂量进行监测、探伤工作场所的环境监测，开展常规的防护监测工作。

天翔公司已制定了《监测计划》，包括工作场所辐射环境监测及个人剂量监测，做好监测记录，存档备查。根据调查，天翔公司已按照相关要求每年对现有辐射工作场所进行了监测。根据监测结果，天翔公司现有辐射工作场所的辐射环境影响满足相关标准的要求。

辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量检测资质的单位进行。常规检测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

若辐射工作人员季度个人剂量监测数据超过 1.25mSv，要开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在情况调查报告上签字确认。对于全年累计监测数值超过 5mSv 的辐射工作人员，要查明原因，采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，并撰写调查报告，经本人签字确认后，上报辐射安全许可证发证机关。

(2) 工作场所及周围环境监测

本项目建成后，拟对铅房外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，又可分为公司自检和委托检测，发现问题及时整改。

①公司自检

实时监测：检测系统铅房内拟配置 1 套固定式剂量报警仪，实时监测铅房内的周围剂量当量率，监测结果在操作台显示。

常规定期监测：天翔公司已配置 1 台 X/γ辐射检测仪，用于 X 射线无损检测装置工作场所及周围环境的辐射剂量监测。

续表 12 辐射安全管理

常规定期监测内容及频次见表 12-3。

表 12-3 定期监测内容一览表

监测点	监测项目	控制水平	监测频率
铅房的各侧屏蔽体 30cm 处 以及屏蔽薄弱处	周围剂量当量率	2.5 μ Sv/h	1 次/季

②委托监测

A.验收监测

项目建成投运前,天翔公司拟委托有资质的单位对辐射工作场所的放射性水平进行竣工环境保护验收监测。验收监测时,检测系统运行至最大的辐射发射率状态,并在辐射防护人员的参加下,对有关区域进行全面的辐射水平测量,做出辐射安全状况的评价。验收监测内容见表 12-2。

B.常规定期监测

委托有资质的单位定期对项目辐射工作场所的放射性水平进行监测,监测内容详见表 12-3,监测频率为 1 次/年。

C.设备维修后委托监测

检测系统大修或者铅房的屏蔽防护方案发生变化后,均应委托有资质的单位对项目辐射工作场所的放射性水平进行监测,监测内容详见表 12-3,监测频次为发生后监测一次。监测结果交生态环境主管部门存档。

12.5 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》(环保部令第 18 号)的要求,申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

天翔公司已制定了《辐射安全事故应急预案》,应急预案中包括应急管理机构、应急响应措施、后勤保障、持续改进、应急报告电话等。

(1) 事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级,本项目一旦发生辐射事故,应迅速电话向内部管理机构报告,并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》,向区生态环境部门、市生态环境局报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时

续表 12 辐射安全管理

向当地卫生行政部门报告。

报告电话主要有：

领导小组联系电话：68****95、13*****25；

市局 24 小时值班电话：89112369

重庆市卫健委电话：023-67706707

潼南区生态环境局：023-44577698

潼南区卫健委电话：023-44551252

(2) 辐射事故应急处置措施

本项目设备发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。

(3) 辐射事故后处理

启动并组织实施应急方案，将事故受害人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害的人员，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。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。

12.6 辐射安全与管理投资估算

项目总投资约 98 万元，其中环保投资约 10 万元，占总投资的 10.2%，估算情况见表 12-4。

表 12-4 辐射安全管理投资估算表

内容	措施	投资（万元）
屏蔽防护	检测系统铅房（含穿墙口防护补偿）	设备投资
制度、标志上墙	操作制度、应急流程、电离辐射警告标志、工作状态指示灯信息说明等按规范制定，张贴上墙	0.5
辐射防护与安全措施	门机连锁、灯机连锁、紧急停机按钮、工作状态指示灯、视频监控等	1
防护监测设备	个人剂量报警仪、固定式报警仪等	1
通风	通风管网	0.5
辐射工作人员管理	培训、体检、个人剂量监测等	1

续表 12 辐射安全管理

环保手续办理	环评、监测、验收等	6
合计	/	10

12.7 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目竣工后，建设项目正式投产运行前，中铝科学院应按照有关法律法规及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）等要求进行竣工环境保护自主验收。项目竣工环境保护验收一览表见表 12-5。

表 12-5 竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	建设内容	新建 X 光成像室 2，配置 X 射线数字成像检测系统 1 台，最大电压和最大管电流分别为 160kV 和 10mA。	不发生重大变动
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等。	齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案、应急预案等。	齐全
4	铅房防护措施	①铅房内、X 光成像室 2 安装监控摄像头，监控显示器设在操作台上； ②铅房设置门机联锁； ③铅房内、外设工作状态指示灯，“预备”和“照射”有明显的区别，有声音警告功能，设灯机联锁，张贴信号灯的信号信息说明。 ④铅房内、履带端头、操作台上等处设急停按钮，有中文标识； ⑤铅房检修门及 X 光成像室西北门上张贴电离辐射警告标志。 ⑥铅房内设置固定式剂量报警仪探头，显示器和报警在操作台上。 ⑦通风：每小时有效通风换气次数不小于 3 次。	符合相关要求
5	防护监测设备	每名辐射工作人员均配备个人剂量计，配置 4 台个人剂量报警仪，1 台 X/γ 辐射检测仪。	按要求配置，能正常使用
6	人员要求	培训考核合格上岗，定期复训。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》

续表 12 辐射安全管理

7	电离辐射	剂量管理目标值	辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T 250-2014
		屏蔽体周围剂量当量率控制	铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	

表 13 结论及建议

13.1 项目概况

重庆天翔合成材料有限公司待整体搬迁到重庆市潼南区。为保证新厂区非圆形（片状、块状）非金属复合材料的质量，天翔公司拟在公司厂房内东南侧待建 X 光成像室旁（部分转运区）建设“X 射线数字成像检测系统 160 型在线检测技改项目”（以下简称“本项目”），即新建 1 间 X 光成像室 2，配置 1 套 XYG-160 型 X 射线数字成像检测系统（最大管电压 160kV，最大管电流 10mA，定向型固定式探伤），对天翔公司的工件进行无损检测，从而实现产品质量管控的目的。

项目总投资约 98 万元，其中环保投资约 10 万元。

13.2 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“第一类 鼓励类”中“三十一 检验检测服务”，项目配置的无损检测射线装置用于非金属复合材料的无损检测，属于产业结构的鼓励类。项目建设符合国家相关法律法规和政策规定，符合国家的产业政策。

13.3 实践正当性

项目建设的目的是开展非金属复合材料 X 射线无损质量检验，为建设单位和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

13.4 辐射环境质量现状

本项目拟建位置及周围环境的环境 γ 辐射剂量率的监测值在 0.061~0.074 μ Gy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值），在 2024 年重庆市环境 γ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

13.5 选址可行性及布局合理性

本项目 X 光成像室 2 位于天翔公司厂房内东南侧的中间位置，与 X 光成像室 1 及辅助用房相邻，使天翔公司 X 射线装置集中布置，便于项目建成后的统一管理。同时，项目所在位置便于废气依托待建废气管网直接排入厂房外；项目所在位置还有工件待检区、工件已检区、空闲区域等，均能方便检测工件的运输；公司厂房封闭式管理，项目周围活动人员较少；项目用房独立，设置单独出入口，

续表 13 结论及建议

非辐射工作人员未经允许不得入内。因此，项目用房周围活动的工作人员很少，有利于减少无损检测对公众成员的影响。

X 光成像室 2 设置 2 个进出口，主进出口位于西北侧，方便工件和人员的进出，同时又与 X 光成像室 1 的主要进出口分开，减少工作干扰；次进出口位于东南侧，与 X 光成像室 1 相通，便于辐射工作人员在两个 X 光成像室内通行和工作的开展。项目检测系统布置在 X 光成像室 2 中部，与各侧墙体均有一定的距离。检测系统的操作台在铅房外主进出口的旁边，操作人员能直观地观察工件的进出。检测系统主射线朝向地面，操作台不在主射线覆盖范围内。检测系统较宽，在铅房主房正面和北面均设置检修门，便于设备的维修。

因此，本项目选址可行，平面布局合理。

13.6 辐射防护与安全措施

(1) 分区管理：建设单位对 X 光成像室 2 进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为铅房内部，监督区为铅房外 X 光成像室 2 内区域（含铅房顶棚区域）。分区满足标准要求。

(2) 铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构。主射束辐射到的屏蔽体采用 2mm 钢+6mm 铅+2mm 钢，铅帘等效 5mm 铅，其余屏蔽体(含检修门)采用 2mm 钢+5mm 铅+2mm 钢。铅房主体结构焊接密闭，各种搭接满足辐射防护要求；铅房设置 3 个穿墙孔，采用直穿+外防护罩进行补偿，补偿厚度与同侧铅房防护厚度一致。经核算，项目检测系统铅房的屏蔽防护能力符合满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）等标准要求。

项目配置防护性能符合 GBZ117-2022 等标准要求的射线装置，设备自带有多种固有安全性，包括开机自检、过电流保护、过电压保护、继电保护等；并设计建设具有冗余性、多元性与独立性的辐射安全联锁装置（设施），包括操作台钥匙开关、门机联锁、急停按钮、禁止非授权使用的警告标识、监控系统等防护安全设施，并安装固定式剂量报警仪；铅房内外设置工作状态指示灯（有出束警告声），并灯机联锁；设置电离辐射警告标志等。

(3) 铅房设置机械排风系统。铅房设置有排风口，废气经新建管道接入 X

续表 13 结论及建议

光成像室 1 的废气管道，在东南侧穿出厂房外墙后排放。铅房通风换气次数大于 3 次/h。

(4) 辐射工作人员每人配置 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪，建设单位配置 1 台 X/γ辐射检测仪。

综上所述，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.7 环境影响分析结论

根据核算，铅房外周围剂量当量率低于 2.5μSv/h，辐射工作人员、公众成员受到的周剂量低于 100 μ Sv/周，5 μ Sv/周，受到的年附加有效剂量均低于剂量管理目标值（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a）的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

考虑 X 光成像室 1 内各探伤机的影响，项目周围环境保护目标受到的辐射影响很小，项目运行能为环境所接受。

项目运行不产生放射性废水、放射性废气、放射性固废。少量的臭氧和氮氧化物在机械排风下能迅速排出和扩散，不会对周围环境产生不利影响。少量生活污水依托正罡公司废水处理站处理达标后排入园区污水处理厂。报废的检测系统去功能化后按照公司要求处理，保留手续，并做好相关记录存档。生活垃圾依托正罡公司的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

13.8 事故风险影响

经预测分析和估算，本项目在风险情况下可能发生的最严重事故为 X 射线无损检测装置出束时，人员滞留在铅房内受到误照射，受照人员可能受到超过年剂量限值的照射，即造成一般辐射事故的发生。项目 X 射线无损检测装置事故状态造成人员受到误照射时，单次误照射一般不会导致严重的辐射损伤，但可能增加随机性效应的发生概率。

在采取相应措施后辐射事故风险可防可控。建设单位制订的辐射安全事故应

续表 13 结论及建议

急预案内容较全面、措施可行，进一步完善和认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.9 辐射环境管理

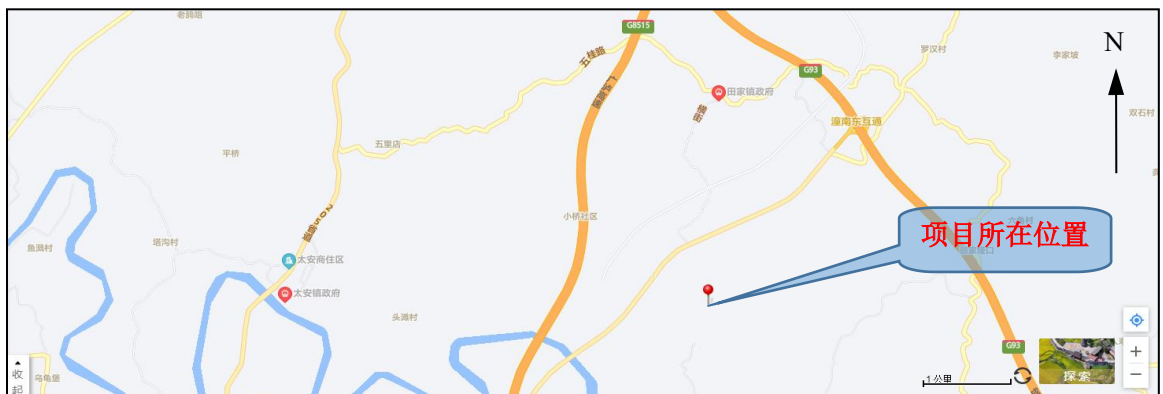
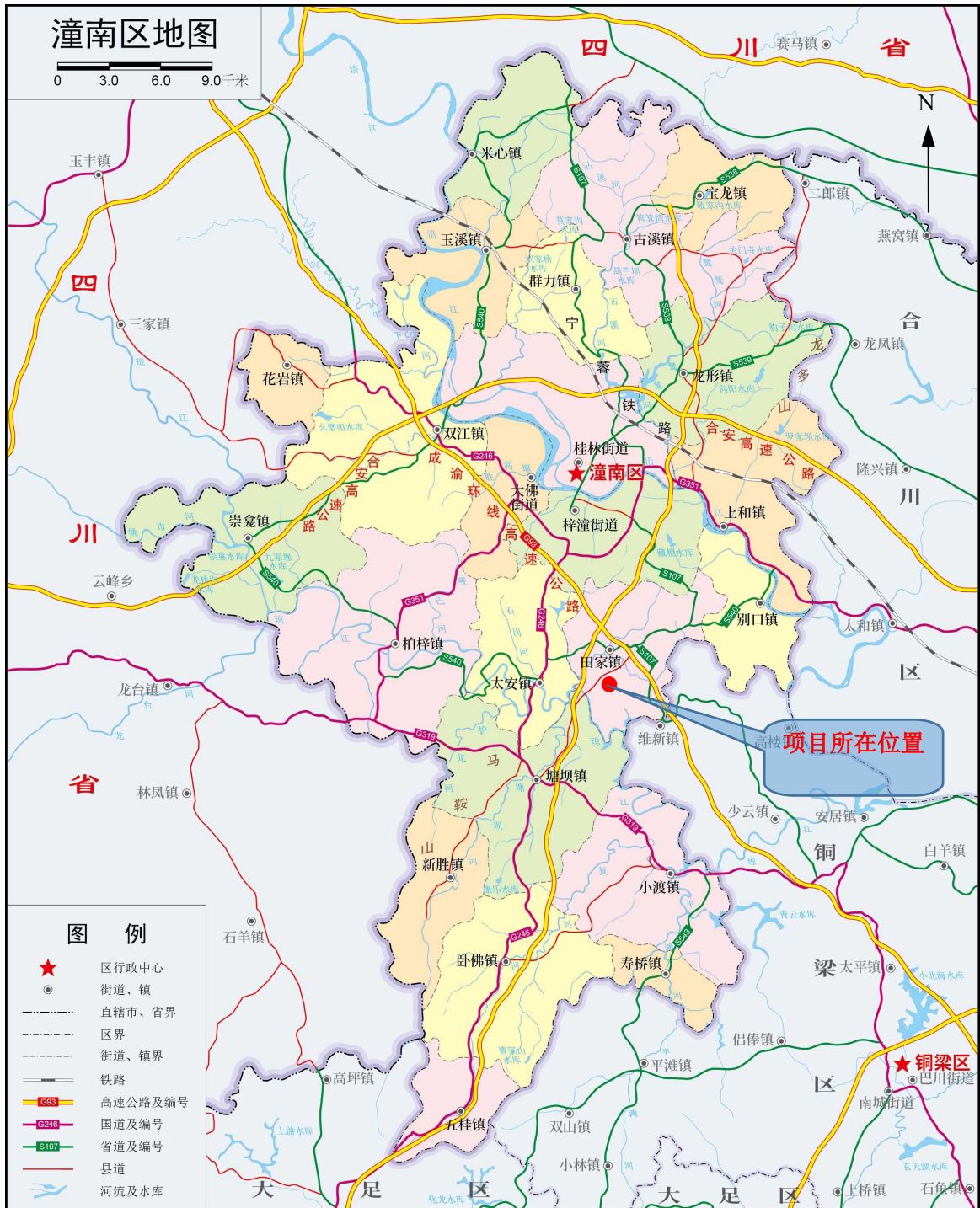
天翔公司成立有辐射安全与环境保护领导小组，并明确了职责与任务；制定了相关管理制度及应急预案，能满足辐射环境管理要求。在今后的工作中，还应进一步完善管理制度，加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.10 综合结论

综上所述，重庆天翔合成材料有限公司的 X 射线数字成像检测系统 160 型在线检测技改项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，选址可行，布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全的目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

附 图

- 附图一 项目地理位置图
- 附图二 天翔公司用地总平面及保护目标布置图
- 附图三 天翔公司平面布置图
- 附图四 项目用房平立面布置图
- 附图五 检测系统平立面布置图
- 附图六 项目废气管网布置示意图
- 附图七 项目现场相关照片



附图一 项目地理位置图