

报告编号：WKFHP-23094

核技术利用建设项目

宁波银润汽车部件有限公司

X 射线数字成像检测系统应用项目

环境影响报告表

(公示稿)

宁波银润汽车部件有限公司

2024 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

宁波银润汽车部件有限公司

X 射线数字成像检测系统应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：宁波银润汽车部件有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省北仑大碶沿塘河路 8 号 1 幢 01 号； 2 幢

01 号； 3 幢 01 号

邮政编码：315800

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

## 目 录

表 1	项目基本情况 .....	1
表 2	放射源 .....	8
表 3	非密封放射性物质 .....	8
表 4	射线装置 .....	9
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	10
表 6	评价依据 .....	11
表 7	保护目标与评价标准 .....	13
表 8	环境质量和辐射现状 .....	17
表 9	项目工程分析与源项 .....	21
表 10	辐射安全与防护 .....	27
表 11	环境影响分析 .....	32
表 12	辐射安全管理 .....	43
表 13	结论与建议 .....	49
表 14	审批 .....	53

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		宁波银润汽车部件有限公司 X 射线数字成像检测系统应用项目			
建设单位		宁波银润汽车部件有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省北仑大碶沿塘河路 8 号 1 幢 01 号；2 幢 01 号；3 幢 01 号			
项目建设地点		宁波市北仑区大碶街道沿塘河路8号；宁波市北仑区新碶街道永久路1号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		100	项目环保投资（万元）	20	投资比例（环保投资/总投资） 20%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ） /
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

**1.1 项目概述**

**1.1.1 建设单位简介**

宁波银润汽车部件有限公司（以下简称“公司”），注册地址位于浙江省北仑大碶沿塘河路 8 号 1 幢 01 号；2 幢 01 号；3 幢 01 号。公司成立于 2008 年 1 月 23 日，是一家拥有自主研发设计能力，专业制造高精密压铸模具、压铸零部件的公司。主要生产汽车零部件，及部份通信、电动工具、家用电器零部件。公司严格按照行业的标准建立质量管理体系，已通过 ISO9001:2008 认证和 IATF16949：2016 汽车行业质量管理体系认证。

公司现有 2 个厂区，其中沿塘河路厂区于 2013 年 5 月委托编制了《宁波银润汽车部件有限公司各类汽配模具加工生产项目环境影响报告表》，并获得原北仑区环境保护局的环评批复（仑环建[2013]149 号），并于 2016 年 1 月获得原北仑区环境保护局竣工验收意见（仑环验

[2016]28号)；2018年沿塘河路厂区进行生产技改，于2018年11月委托编制了《宁波银润汽车部件有限公司铝压铸汽车零部件生产技改项目环境影响报告表》，并获得原北仑区环境保护局的环评批复（仑环建[2018]374号），并于2021年8月完成自主验收。永久路厂区于2018年5月报送《悬置支架等汽车零部件生产项目现状环保设施符合性调查报告表》，并获得原北仑区环境保护局有关意见的函（仑环建函[2018]5号）。上述环评批复、验收意见，见附件5。

### 1.1.2 项目建设目的和任务由来

为保证产品质量和生产的安全，公司拟在沿塘河路厂区质量部和永久路厂区检测中心分别购置1台X射线数字成像检测系统，对公司生产的汽车零部件进行无损检测。

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

为保护环境，保障公众健康，宁波银润汽车部件有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表。

### 1.1.3 项目建设内容与规模

公司拟在沿塘河路厂区质量部和永久路厂区检测中心分别购置1台X射线数字成像检测系统（由探伤铅房、X射线装置管头组合体和操作台等组成）。沿塘河路厂区X射线数字成像

检测系统型号为 ZXFlaseeD，最大管电压 160kV，最大管电流 3mA，主射方向朝东，操作台位于探伤铅房西侧；永久路厂区 X 射线数字成像检测系统型号为 ZXFlaseeD/L，最大管电压 160kV，最大管电流 3mA，主射方向朝北，操作台位于探伤铅房南侧。本项目设备为 X 射线数字成像检测系统，不涉及洗片、评片等，不产生危险废物，因此无需设置暗室、评片室与危废暂存间等。

射线装置参数详见表 1-1。

**表1-1 本项目射线装置配置一览表**

序号	设备名称	类别	规格型号	数量	最大管电压	最大管电流	工作场所	备注
1	X 射线数字成像检测系统	II类	ZXFlaseeD	1 台	160kV	3mA	沿塘河路厂区质量部	定向机，主射方向朝东
2	X 射线数字成像检测系统	II类	ZXFlaseeD/L	1 台	160kV	3mA	永久路厂区检测中心	定向机，主射方向朝北

## 1.2 项目选址及周边环境保护目标

### 1.2.1 公司地理位置

沿塘河路厂区位于宁波市北仑区大碶街道沿塘河路 8 号。厂区西侧为沿山大河，北侧为宁波鼎弘模具有限公司，东侧为宁波弘润金属制品有限公司和宁波北仑永发五金塑料厂，南侧为宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司。

永久路厂区位于宁波市北仑区新碶街道永久路 1 号。厂区西侧为山体，北侧为在建太阳能电站，东侧为空地（近期无建设规划），南侧为宁波银润汽车部件有限公司已出租车间和宁波昊鑫结构件有限公司。

公司地理位置见附图 1，周围环境关系见附图 2。

### 1.2.2 项目周边环境概况

沿塘河路厂区拟建 X 射线数字成像检测系统置于质量部使用，质量部西侧为加工中心，与探伤铅房最近距离约 3.2m；北侧 50m 范围内有待入库区、成品堆放区以及 2 号车间，其中待入库区距离探伤铅房最近，约 2.4m；东侧 50m 范围内有实验室、办公区、东侧厂区道路以及沿塘河路，其中实验室距离探伤铅房最近，约 1m；南侧 50m 范围内有包装储物区、南侧厂区道路、宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司，其中包装储物区距离探伤铅房最近，约 0.8m；上方为仓库，与探伤铅房最近距离约 5.3m；无地下室。

永久路厂区拟建 X 射线数字成像检测系统置于检测中心使用，检测中心西侧 50m 范围内有半成品堆放区和压铸车间，其中半成品堆放区距离探伤铅房最近，约 0.5m；北侧 50m 范围

内有成品仓库、厂外便道以及在建太阳能电站，其中成品仓库距离探伤铅房最近，约 0.9m；东侧 50m 范围内有成品仓库、办公室、厂区道路以及食堂，其中成品仓库距离探伤铅房最近，约 2.6m；南侧 50m 范围内有实验室、原材料堆放区以及南侧车间，其中实验室距离探伤铅房最近，约 5.4m；探伤铅房上方分别为检测中心顶棚和成品仓库顶棚，均不上人；检测中心无地下室。

建设单位厂区平面分布见附图 4、附图 5。

### 1.2.3 环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事探伤操作的辐射工作人员及公众成员。

## 1.3 相关规划符合性分析

### 1.3.1 用地规划符合性分析

本项目分别位于宁波市北仑区大碶街道沿塘河路 8 号和宁波市北仑区新碶街道永久路 1 号，根据业主提供的沿塘河路厂区不动产权证和永久路厂区经营场所证明宗地图（见附件 4），用地性质为工业用地，项目建设符合城乡规划和当地土地利用规划的要求。

### 1.3.2 “三线一单”符合性分析

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评〔2021〕108 号），“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

#### （1）生态保护红线

根据《北仑区“三区三线”图》，沿塘河路厂区位于城镇集中建设区；永久路厂区位于未规划区域，均不涉及生态保护红线。

#### （2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场所周围环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

#### （3）资源利用上线

本项目主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网，且利用效率高。总体而言，本项目符合资源利用上线的要求。

#### （4）生态环境准入清单

根据《北仑区“三线一单”生态环境分区管控方案》，沿塘河路厂区位于“ZH33020620012

宁波市北仑区新碶-大碶-霞浦产业集聚重点管控单元”，属于重点管控单元，该管控单元生态环境准入清单见表 1-3；永久路厂区位于“ZH33020630001 宁波市北仑区一般管控单元”，属于一般管控单元，该管控单元生态环境准入清单见表 1-4。

**表 1-3 沿塘河路厂区所在管控单元生态环境准入清单**

生态环境管控要求		本项目状况	符合性分析
空间布局约束	优化产业结构，鼓励发展汽车制造、金属制品、关键基础件、智能家电等高端装备制造业。除主导产业配套项目及橡胶制品硫化工序外，禁止新建、扩建不符合园区发展规划主导产业的其他三类工业。鼓励对现有不符合园区主导产业的三类工业项目进行淘汰和提升改造，其改扩建不得增加污染物排放总量。合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目为 X 射线数字成像检测系统应用项目，是汽车制造主体产业的配套项目，不属于三类工业项目，公司周边无居住区。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加强污水处理厂建设及提升改造，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强区域内涉水污染企业监管监控，强化企业污染治理设施运行维护管理。全面推进重点行业 VOCs 治理和工业废气清洁排放改造，强化工业企业无组织排放管控。新改扩建排放 VOCs 的项目，加强源头控制，优先使用低（无）VOCs 含量的涂料、油墨、胶黏剂等，并配套安装高效的收集处理措施。集中供热范围内禁止新、扩建蒸汽锅炉。加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目合理可行，符合相关规范要求的“三废”处理措施，对环境的影响很小，不涉及污染物排放总量。	符合
环境风险防控	定期评估沿河海工业企业、工业集聚区环境和健康风险，落实防控措施。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	要求公司制定相关应急预案，并向所在生态环境主管部门备案。	符合
资源开发率要求	推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业创建等。落实煤炭消费减量替代要求，提高能源使用效率。	本项目消耗少量电能，不涉及水资源的消耗，不使用煤炭等高污染燃料。	符合



表 1-4 永久路厂区所在管控单元生态环境准入清单

生态环境管控要求		本项目状况	符合性分析
空间布局 约束	禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放的二类工业项目；禁止在工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外新建其他二类工业项目，其中一二产业融合的加工类项目、利用当地资源的加工项目、工程项目配套的临时性项目等确实难以集聚的二类工业项目除外；工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外现有其他二类工业项目改建、扩建，不得增加控制单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定，根据区域用地和消纳水平，合理确定养殖规模。建立居住区、耕地保护区与工业功能区等区块之间的防护带。	本项目为 X 射线数字成像检测系统应用项目，位于工业功能区，不属于三类工业项目，不涉及一类重金属、持久性有机污染物排放的二类工业项目，不涉及畜禽养殖。公司与居住区、耕地保护区之间有防护绿地。	符合
污染物排放 管控	落实污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施加量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量。原则上生产废水无法纳管的区域不得新建排放生产废水的项目。	本项目不涉及污染物排放总量，不产生废水。	符合
环境风险 防控	加强生态公益林保护与建设，防止水土流失。禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。加强农田土壤、灌溉水的监测及评价，对周边或区域环境风险源进行评估。	本项目不涉及污水、污泥、清淤底泥、尾矿、矿渣等排放，对农田土壤、灌溉水无影响。公司应加强周边生态公益林的保护，注意周边或区域环境风险源。	符合
资源开发 率要求	实行水资源消耗总量和强度双控，推进农业节水，提高农业用水效率。优化能源结构，加强能源清洁利用。加强基本农田保护，严格限制非农项目占用耕地。	本项目不涉及水资源的消耗，不使用煤炭等高污染燃料，不占用耕地。	符合

综上，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

### 1.4 选址合理性分析

本项目探伤工件的主要生产工序为：熔化、压铸、抛丸、机加工，考虑到生产工艺流程，本项目位于沿塘河路厂区质量部和永久路厂区检测中心，即待入库区和成品仓库附近，可方便工件生产完成后的抽检和入库流程，因此布局合理。本项目不新增土地，同时，本项目用地性质属于工业用地（见附件 4），周围无环境制约因素。项目探伤铅房周围 50m 范围内无自然保

护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

### **1.5 产业政策符合性分析**

本项目属于核技术在工业领域内的运用，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第7号令《产业结构调整指导目录（2024年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策。

### **1.6 实践正当性分析**

X射线探伤在工业上的应用在我国是一门成熟的核技术应用实践，对保证产品质量方面有十分重要的作用。本项目实施的目的是对公司自生产的汽车零部件进行无损检测，从而提高产品质量和生产水平，其产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

### **1.7 原有核技术利用项目许可情况**

本项目为新建项目，公司无原有核技术利用及许可情况。

**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								

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										

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										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线数字成像检测系统	II类	1 台	ZXFlaseeD	160	3	无损探伤	沿塘河路厂区质量部	拟购，本次评价
2	X 射线数字成像检测系统	II类	1 台	ZXFlaseeD/L	160	3	无损探伤	永久路厂区检测中心	拟购，本次评价

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

**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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	排放至大气外环境中，经大气扩散稀释，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气。

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度，年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法律文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法(2014年修订)》，主席令第九号，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法(2018年修订)》，主席令第二十四号，2018年12月29日起施行；</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003年10月1日起施行；</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日起施行；</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例(2019年修改)》，国务院令第709号，2019年3月2日起施行；</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法(2021年修改)》，生态环境部令20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(8)《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告2017年第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(9)《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》，环发〔2006〕145号，原国家环境保护总局，2006年9月26日起施行；</p> <p>(10)《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16号，2021年1月1日起施行；</p> <p>(11)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部令9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(12)《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日；</p> <p>(13)《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第7号令，2024年2月1日起施行；</p> <p>(14)《浙江省建设项目环境保护管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令388号，2021年2月10日起施行；</p> <p>(15)《浙江省辐射环境管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令388号，2021年2月10日起施行；</p>
------	---

	<p>(16)《浙江省生态环境厅关于发布&lt;省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2023年本)&gt;的通知》，浙环发〔2023〕33号，浙江省生态环境厅，2023年9月9日起施行；</p> <p>(17)《关于印发浙江省辐射事故应急预案的通知》，浙政办发〔2018〕92号，浙江省人民政府办公厅，2018年9月28日印发；</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(3)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)；</p> <p>(4)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及第1号修改单；</p> <p>(5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(6)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(7)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(8)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；</p> <p>(9)《辐射事故应急监测技术规范》(HJ 1155-2020)；</p> <p>(10)《声环境质量标准》(GB3098-2008)；</p> <p>(11)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1)《辐射防护导论》，方杰主编；</p> <p>(2)公司提供的其他与工程建设有关的技术资料。</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》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目的辐射污染特点（II类射线装置），确定评价范围为 X 射线探伤铅房边界 50m 的区域，评价范围示意图见附图 2。

**7.2 保护目标**

本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员、公司其他工作人员和公众人员，具体见表7-1。

**表 7-1 本项目环境保护目标基本情况**

厂区	保护目标	方位	所在位置	与探伤铅房边界最近距离(m)	人员规模	
沿塘河路厂区	辐射工作人员	西侧	操作台	1.0	2 人	
	公众人员	西侧	加工中心	3.2	15 人	
			北侧	待入库区	2.4	2 人
				成品堆放区	10	10 人
			东侧	2 号车间	28	13 人
		实验室		1.0	2 人	
		办公区		10	8 人	
		厂区道路		24	50 人次/天	
		南侧	沿塘河路	45	200 人次/天	
			包装储物区	0.8	10 人	
			厂区道路	12	20 人次/天	
		上方		宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司	19	30 人
		上方		仓库	5.3	2 人
永久路厂区	辐射工作人员	南侧	操作台	0.3	2 人	
	公众人员	西侧	半成品堆放区	0.5	5 人	
			压铸车间	15	15 人	
		北侧	成品仓库	0.9	1 人	
			厂外便道	20	5 人次/天	
			在建太阳能电站	40	15 人	
		东侧	成品仓库	2.6	2 人	
			办公室	6.0	13 人	
			厂区道路	41	50 人次/天	
			食堂	44	50 人次/天	
		南侧	实验室	5.4	10 人	
			原材料堆放区	15	5 人	
			南侧车间	38	5 人	

注：1、本项目两间探伤铅房所在地点均无地下室。

2、永久路厂区探伤铅房顶棚为不上人顶棚，且上方无建筑物，不列为环境保护目标。



## 7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

#### (1) 防护与安全的最优化

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

#### (2) 辐射工作场所的分区

##### 6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

##### 6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

#### (3) 剂量限值

##### B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

##### 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：

a) 年有效剂量，1mSv；

#### (4) 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 25%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表 7-2。

表7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.25mSv/a

### 7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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

#### 6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。

“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号

有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

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

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

#### **3.2 需要屏蔽的辐射**

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

3.2.2 散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射。

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

#### **3.3 其他要求**

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

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

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

### **7.3.4 本项目管理目标**

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)等评价标准,确定本项目的管理目标。

①工作场所周围剂量当量率控制水平:探伤铅房四侧墙体、底部及防护铅门外 30cm 处周围剂量当量率不超过 2.5 $\mu$ Sv/h;由于沿塘河路厂区探伤铅房顶棚上方为仓库,因此顶棚处辐射屏蔽条件按顶棚外 30cm 处周围剂量当量率不超过 2.5 $\mu$ Sv/h 要求;永久路厂区探伤铅房顶棚上方没有人员到达,且辐射源点到探伤铅房顶内表面边缘所张立体角区域内无临近建筑,因此顶棚处辐射屏蔽条件按顶棚外 30cm 处周围剂量当量率不超过 100 $\mu$ Sv/h 要求。

②剂量约束值:职业人员年有效剂量不超过 5mSv;公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

表 8 环境质量和辐射现状

## 8.1 项目地理位置和场所位置

### 8.1.1 项目地理位置

沿塘河路厂区位于宁波市北仑区大碶街道沿塘河路 8 号。厂区西侧为沿山大河，北侧为宁波鼎弘模具有限公司，东侧为宁波弘润金属制品有限公司和宁波北仑永发五金塑料厂，南侧为宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司。

永久路厂区位于宁波市北仑区新碶街道永久路 1 号。厂区西侧为山体，北侧为在建太阳能电站，东侧为空地，南侧为宁波银润汽车部件有限公司已出租车间和宁波昊鑫结构件有限公司。

### 8.1.2 项目场所位置

沿塘河路厂区拟建 X 射线数字成像检测系统置于质量部使用，质量部西侧为加工中心，北侧 50m 范围内有待入库区、成品堆放区以及 2 号车间，东侧 50m 范围内有实验室、办公区、东侧厂区道路以及沿塘河路，南侧 50m 范围内有包装储物区、南侧厂区道路、宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司，上方为仓库，无地下室。

永久路厂区拟建 X 射线数字成像检测系统置于检测中心使用，检测中心西侧 50m 范围内有半成品堆放区和压铸车间，北侧 50m 范围内有成品仓库、厂外便道以及在建太阳能电站，东侧 50m 范围内有成品仓库、办公室、厂区道路以及食堂，南侧 50m 范围内有实验室、原材料堆放区以及南侧车间，探伤铅房上方分别为检测中心顶棚和成品仓库顶棚，均不上人；检测中心无地下室。

## 8.2 辐射环境质量现状评价

### 8.2.1 监测目的

通过现场监测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

### 8.2.2 环境现状评价对象

本项目探伤工作场所及周边环境。

### 8.2.3 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

### 8.2.4 监测点位

根据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 等要求，结合现场条件，对本项目各辐射工作场所及周围环境进行监测布点。本项

目受检场所 2 处，共布设 28 个监测点位，布点情况见附图 6，监测报告及监测资质见附件 6。

### 8.2.5 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；
- (2) 监测时间：2023 年 12 月 28 日；
- (3) 监测方式：现场检测；
- (4) 监测依据：《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒的间隔读取 10 个数据；
- (6) 监测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：多云；室内温度 14~18℃；室外温度：10~15℃；相对湿度：69%；
- (8) 监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 监测仪器设备参数

仪器名称	x、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD 6/H+6150AD -b/H (内置探头：6150 AD-b/H 外置探头：6150 AD 6/H)
仪器编号	165455+167510
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05 $\mu$ Sv/h~99.99 $\mu$ Sv/h 外置探头：0.01 $\mu$ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV $\leq\pm 30\%$ 外置探头：60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2023H21-20-4419850003
检定有效期	2023 年 02 月 15 日至 2024 年 02 月 14 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 $C_f$	1.05
探测限	$\geq 10$ nSv/h

### 8.2.6 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

### 8.2.7 监测结果及评价

监测结果见表8-2~8-3。

**表8-2 本项目沿塘河路厂区拟建场所及周围环境辐射本底监测结果**

位点编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)	位置
		平均值	
★1	拟建铅房东侧	119	室内
★2	拟建铅房北侧	122	室内
★3	拟建铅房西侧（操作位）	119	室内
★4	拟建铅房南侧	75	室内
▲5	拟建铅房上方	121	室内
★6	加工中心	112	室内
★7	包装储物区	98	室内
★8	实验室	127	室内
★9	办公室（门厅位置）	122	室内
★10	东侧厂区道路	105	室外
★11	南侧厂区道路	106	室外
★12	半成品堆放区	109	室内
★13	2号车间	114	室内
★14	沿塘河路	100	室外
★15	宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司	108	室内

注：1、本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为1m，仪器读数稳定后，以10s为间隔读取10个数据；

2、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照JJG393，使用<sup>137</sup>Cs作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取1.20Sv/Gy；

3、γ辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值28.50nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，★10~★11、★14点位取1，其余点位取0.8；

**表8-3 本项目永久路厂区拟建场所及周围环境环境辐射本底监测结果**

位点编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)	位置
		平均值	
●1	拟建铅房东侧	54	室内
●2	拟建铅房南侧（操作位）	62	室内
●3	拟建铅房北侧	39	室内
●4	拟建铅房西侧	34	室内
●5	半成品堆放区	60	室内
●6	压铸车间	83	室内
●7	实验室	75	室内
●8	成品仓库	75	室内
●9	办公室	71	室内
●10	原材料堆放区	69	室内
●11	南侧车间	70	室外
●12	厂区道路（入口处）	77	室外
●13	厂外便道	102	室外

注：1、本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；  
2、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；  
3、γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 28.50nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，●12~●13 点位取 1，其余点位取 0.9；

由表8-2和表8-3可知：本项目拟建探伤工作场所及周围环境室内γ辐射空气吸收剂量率范围为34nGy/h~127nGy/h，室外γ辐射空气吸收剂量率为70nGy/h~106nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，宁波市室内的γ辐射（空气吸收）剂量率范围为64nGy/h~128nGy/h，宁波市道路上γ辐射（空气吸收）剂量率范围为80nGy/h~194nGy/h。因此，本项目工作场所拟建场所及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

**表 9 项目工程分析与源项**



## 9.1 建设期工程分析

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

## 9.2 工艺设备和工艺分析

### 9.2.1 设备组成及工作方式

本项目 X 射线数字成像检测系统主要由铅房主体、操作台和电源控制箱组成。铅房内包括射线管、平板、C 型臂、转台等部分，C 型臂可上下升降或绕轴旋转  $\pm 30^\circ$ ，平板可左右移动从而调节其与射线管的距离，转台可前后移动和  $360^\circ$  旋转，从而实现高自由度检测。操作台包括：显示器 2 台（1 台显示铅房内室环境，1 台显示 X 射线数字成像软件）、电脑机箱、操作面板等。设备示意图见图 9-1。

图 9-1 X 射线数字成像检测系统整体外观示意图

### 9.2.2 工作原理

本项目 X 射线数字成像检测系统运用计算机数字成像原理。由 X 射线机产生的 X 射线对公司生产的工件进行照射，当射线在穿透工件时，由于材料的厚薄不等或者生产质量各异，从而使 X 射线的穿透量不同。材料与其中裂缝对 X 射线吸收衰减不同而形成 X 射线强度分布的潜像，再通过图像增强器将 X 射线图像转换成标准视频图像，即转换为可见像，从而实现检测缺陷的目的，如果工件质量有问题，在成像中显示裂缝所在的位置，从而实现无损探伤的目的。

X 射线管主要由 X 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，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 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，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

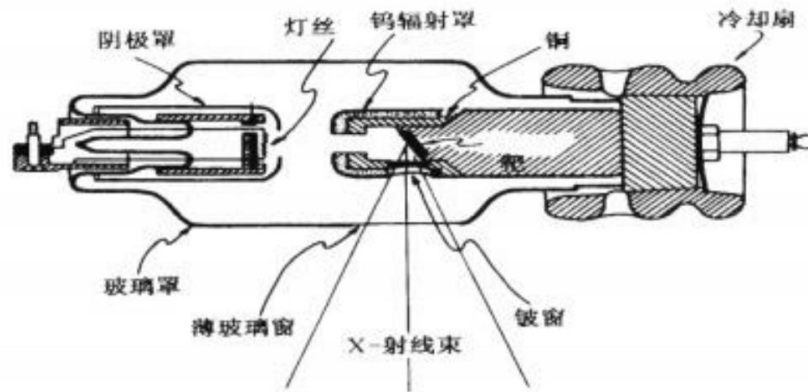


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

### 9.2.3 探伤流程及产污环节

(1) 确认探伤设备处于非工作状态下，打开铅门，由辐射工作人员将待检测工件放置于探伤铅房内的检测平台上；

(2) 通过操作台控制面板调整 C 型臂、平板与检测平台的位置，X 射线探伤机随 C 型臂上下升降或绕轴旋转，使得射线主要部分能够照射在工件上；

(3) 关闭铅门，确认安全联锁装置、警示灯、固定式场所辐射探测报警装置均能正常运行，工作人员开启高压，开始曝光；

(4) 经数字成像，辐射工作人员透过显示屏可观察工件质量状况，并做出判断，根据需要将数据存储；

(5) 检测完成后关闭检测装置，关闭 X 射线探伤机电源，开启铅门，将工件从检测平台上取下，完成一轮探伤。

(6) 检查全部完成后，关闭电脑、铅房电源和总电源。

本项目工作流程及产污环节分析图如图 9-3 所示：

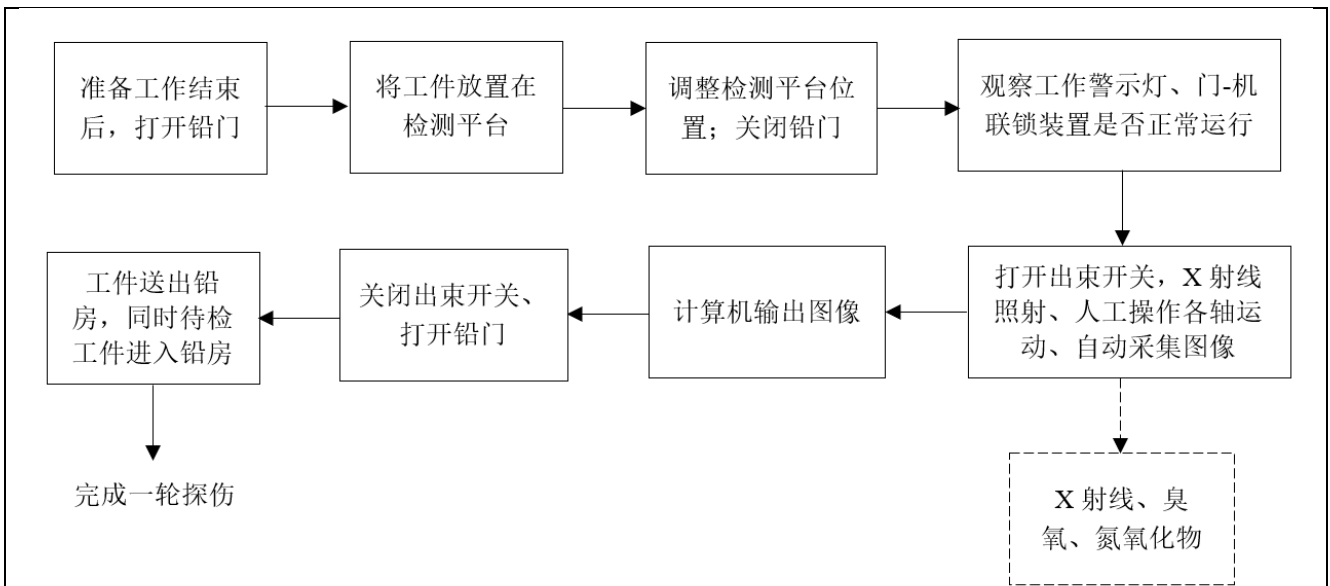


图 9-3 操作流程及产污环节示意图

#### 9.2.4 运行工况和人员配置计划

沿塘河路厂区拟配置1台ZXFlaseeD型X射线数字成像检测系统, 设备属于II类射线装置, 探伤铅房铅门设于北侧 (电动开启), 工件由人工运送至检测平台上。X射线管射线照射方向为自西向东。

永久路厂区拟配置1台ZXFlaseeD/L型X射线数字成像检测系统, 设备属于II类射线装置, 探伤铅房铅门设于东侧 (电动开启), 工件由人工运送至检测平台上。X射线管射线照射方向为自南向北。

本项目探伤工件为汽车零部件, 材质为铝合金, 最大尺寸为600mm (长) × 500mm (宽) × 700mm (高), 最大厚度为40mm。每台X射线数字成像检测系统拟配2名辐射工作人员, 每天工作8h, 每年工作250天 (50周)。本项目工件为抽检, 检测一个工件约需要3min, 日检测约30个工件, 则每台X射线数字成像检测系统年出束时间为375h, 周出束时间为7.5h。

### 9.3 污染源项描述

#### 9.3.1 运行期正常工况污染源项

##### (1) X射线

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

辐射场中的X射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射。

### ①有用线束和散射辐射

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

### ②漏射辐射

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)第5.1.1条款表1,本项目X射线数字成像检测系统在额定工作条件下,距X射线管焦点100cm处的漏射线所致周围剂量当量率为2.5mSv/h。

### (2) 臭氧和氮氧化物

X射线数字成像检测系统在开机状态下,空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目各厂区X射线数字成像检测系统通风装置详情见表9-1。

表9-1 本项目各厂区X射线数字成像检测系统通风装置一览表

所属厂区	探伤铅房体积	通风装置	有效通风次数
沿塘河路厂区	5.7m <sup>3</sup>	探伤铅房西北侧上方设置1个排风口,将新风空调的管道引出探伤铅房。排风口设置4mm钢板+5mm铅板防护罩,通风量为60m <sup>3</sup> /h。	不低于10次/h
永久路厂区	11.7m <sup>3</sup>	探伤铅房西南侧下方设置1个电缆及排风口,用于将新风空调的管道引出探伤铅房,电缆及排风口设置6mm钢板+5mm铅板防护罩,通风量为140m <sup>3</sup> /h。	不低于11次/h

综上所述,本项目各厂区X射线数字成像检测系统通风装置可满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)第6.1.10条款“探伤室应设置机械通风装置,排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求。

### (3) 废水

项目运行后,废水主要为辐射工作人员的生活污水,纳入市政污水管网。本项目辐射工作人员均为建设单位现有人员,因此不涉及新增生活污水。

### (4) 噪声

本项目噪声源主要为探伤铅房内新风空调噪声,设备为低噪声设备,噪声源强一般小于60dB(A)。

### (5) 固体废物

本项目X射线数字成像检测系统运行过程中无固体废物产生。本项目辐射工作人员均为公司现有人员经培训合格后上岗,因此不会产生额外的生活垃圾。现有生活垃圾由公司进行统一收集后统一交由当地环卫部门清运。

### 9.3.2运行期事故工况污染源项

根据建设单位 X 射线数字成像检测系统的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

(1) X 射线数字成像检测系统门-机联锁失效，可能使工作人员受到超剂量照射；

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

本项目事故工况污染源项同正常工况污染源项。

**表 10 辐射安全与防护**

## **10.1 项目安全设施**

### **10.1.1 辐射工作场所布局**

沿塘河路厂区X射线数字成像系统位于质量部，该设备含探伤铅房和操作台，铅门位于探伤铅房的北侧（电动开启）；有用线束自西向东，操作台位于探伤铅房西侧；探伤铅房内尺寸为1740mm（长）×1590mm（宽）×2070mm（高），进件门的门洞尺寸为730mm（宽）×1575mm（高）。永久路厂区X射线数字成像系统位于检测中心，该设备含探伤铅房和操作台，铅门位于探伤铅房的东侧（电动开启）；有用线束自南向北，操作台位于探伤铅房南侧；探伤铅房内尺寸为2380mm（长）×2180mm（宽）×2260mm（高），进件门的门洞尺寸为850mm（宽）×1890mm（高）。探伤铅房设计图见附图8。

本项目探伤工件的最大尺寸为600mm（长）×500mm（宽）×700mm（高），工件由人工搬运至检测平台上，铅房内尺寸及门洞均尺寸满足探伤工件进出探伤铅房并位于铅房内探伤的要求。

本项目操作台均已避开有用线束照射的方向并与探伤铅房分开，探伤铅房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第6.1.1条款要求，合理可行。

### **10.1.2 辐射工作场所分区**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区，其划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指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。

根据控制区、监督区的划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理。对于沿塘河路厂区，将X射线数字成像检测系统探伤铅房内部区域划为控制区，将质量部东侧、南侧围墙、探伤铅房北侧1.0m、操作台西侧0.5m围成的区域划为监督区；对于永久路厂区，将X射线数字成像检测系统探伤铅房内部区域划为控制区，将检测中心西侧、北侧围墙、探伤铅房东侧1.0m、操作台南侧0.5m围成的区域划为监督区。在正常工作过程中，控制区内不得有无关人员进入，在探伤铅房防护门显著位置设置电离辐射警告标志和中文警示说明；监督区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率，在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。分区管理见附图7。

### 10.1.3 辐射工作场所屏蔽防护设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目各辐射工作场所的屏蔽防护设计方案见表 10-1。

表 10-1 探伤铅房屏蔽情况一览表

项目		屏蔽防护设计方案
沿塘 河路 厂区 X 射 线数 字成 像检 测系 统	外尺寸	2315mm（长）×1884mm（宽）×2515mm（高）
	内尺寸	1740mm（长）×1590mm（宽）×2070mm（高）
	南、西、北防护 墙、顶棚及底部	4mm 钢结构外壳，内敷设 5mm 铅板
	东防护墙	4mm 钢结构外壳，内敷设 8mm 铅板
	防护门（设于北 防护墙上）	门洞 730mm（宽）×1575mm（高），4mm 钢结构外壳，内敷设 5mm 铅板，门缝四周 70mm 双层搭接
	电缆	电缆口位于探伤铅房西南侧下方，4mm 钢板+5mm 铅板防护罩
	排风	排风口位于探伤铅房西北侧上方，4mm 钢板+5mm 铅板防护罩
永久 路厂 区 X 射线 数字 成像 检测 系统	外尺寸	2700mm（长）×2300mm（宽）×2500mm（高）
	内尺寸	2380mm（长）×2180mm（宽）×2260mm（高）
	东、南、西防护 墙及顶棚	6mm 钢结构外壳，内敷设 5mm 铅板
	北防护墙	6mm 钢结构外壳，内敷设 8mm 铅板
	底部	嵌入混凝土地面 100mm，无特殊防护
	防护门（设于东 防护墙上）	门洞 850mm（宽）×1890mm（高），6mm 钢结构外壳，内敷设 5mm 铅板，门缝四周搭接 75mm
	电缆、排风	电缆及排风口位于探伤铅房西南侧下方，6mm 钢板+5mm 铅板防护罩

注：钢的密度不低于 7.85g/cm<sup>3</sup>，铅的密度不小于 11.3g/cm<sup>3</sup>。

### 10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）以及辐射管理的相关制度，本项目 X 射线数字成像检测系统投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

#### 1、设备自带辐射安全防护

（1）本项目 X 射线数字成像检测系统采用设备自带的防护铅房进行屏蔽，探伤铅房不设观察窗，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。

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

（3）探伤铅房顶部设有 1 个警示灯，用于显示设备工作状态。

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

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

(6) 沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统设置 3 个紧急停机按钮（探伤铅房北侧防护墙内外各 1 个，操作台 1 个）；永久路厂区 X 射线数字成像检测系统设置 2 个紧急停机按钮（探伤铅房东侧防护墙内 1 个，操作台 1 个），确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

(7) 沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房内设置 1 台新风空调，管道从铅房西北侧上方排风口引出探伤铅房，排风口设置 4mm 钢板+5mm 铅板防护罩，避免朝向人员活动密集区，每小时有效通风换气次数为 10 次，满足不小于 3 次的要求；永久路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房内设置 1 台新风空调，管道从铅房西南侧下方引出探伤铅房，电缆及排风口设置 6mm 钢板+5mm 铅板防护罩，避免朝向人员活动密集区，每小时有效通风换气次数为 11 次，满足不小于 3 次的要求。

(8) 沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房墙体西南侧下方设有专用电缆口，连通配电箱，电缆口处设置 4mm 钢板+5mm 铅板防护罩。

(9) 每台 X 射线数字成像检测系统配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置。

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

## 2、新增防护措施

(1) 为保障非辐射工作人员（公众）安全，项目将沿塘河路厂区质量部部分区域和永久路厂区检测中心部分区域设为监督区，应采取张贴电离辐射警示标志、划定警戒线等措施进行管控，禁止无关人员靠近，使设备与公众保持一定的距离。

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

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

(4) 交接班或当班使用便携式 X-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。

(5) 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置。

(6) 公司应建立 X 射线数字成像检测系统使用台账。在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤铅房内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。



(7) 公司应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施，并将辐射工作制度张贴在工作现场。

### 3、探伤装置的检查和维护

(1) 建设单位的日检，每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- a) X 射线数字成像检测系统各设备外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 安全联锁是否正常工作；
- d) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- e) 螺栓等连接件是否连接良好；

(2) 设备维护

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

### 4、辐射监测仪器和防护用品配置

本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射监测仪器和防护用品配置计划

序号	名称	数量
1	个人剂量计	4 枚
2	个人剂量报警仪	4 台
3	便携式 X-γ 剂量率仪	2 台

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/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。

### 5、探伤设施的退役

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的第 6.3 条款要求，本项目后期投入使用后，对拟报废的 X 射线数字成像系统，公司将射线装置内的 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。

## 10.2 三废的治理

### 1、废气

X 射线数字成像检测系统在工作状态时，会使铅房中的空气电离产生臭氧和氮氧化物。沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房设有新风空调，总设计风量  $60\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房体积约为  $5.7\text{m}^3$ ，通风换气次数每小时 10 次，废气再由质量部所在车间排风系统引到厂房外；永久路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房设有新风空调，总设计风量  $140\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房体积约为  $11.7\text{m}^3$ ，通风换气次数每小时 11 次，废气再由检测中心排风系统引到车间外，对周围环境不会产生显著影响。

### 2、废水

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

### 3、噪声

本项目噪声源主要为铅房内新风空调噪声，设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于  $60\text{dB}(\text{A})$ 。经距离衰减和实体屏蔽衰减作用，运行期间噪声影响很小。

### 4、固体废物

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

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目拟建 X 射线数字成像检测系统分别位于沿塘河路厂区质量部和永久路厂区检测中心，设备为整体外购，自带防护铅房，因此无土建施工期影响。

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

由于本项目 X 射线数字成像检测系统为整体外购，自带防护铅房。因此调试阶段 X 射线经过防护铅房屏蔽后，不会对周围环境造成电离辐射影响。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

### 11.2 运行阶段辐射环境影响分析

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是 X 射线数字成像检测系统工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。为分析预测 X 射线数字成像系统投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《工业 X 射线探伤辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中计算方法进行理论计算，预测背景为 X 射线数字成像系统最大工况运行。

本项目 X 射线数字成像检测系统作业时靶点可随 C 型臂上下升降或绕轴旋转  $\pm 30^\circ$ 。经与建设单位核实，按最不利情况考虑，射线管靶点及探伤区域与各侧屏蔽体的距离关系如下：

沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统靶点与主射方向墙体（即东侧墙体）外侧最近距离为 1459mm；探伤区域与北侧墙体外侧的最近距离为 555mm，与防护铅门外侧最近距离为 443mm，与西侧墙体外侧的最近距离为 375mm，与南侧墙体外侧的最近距离为 744mm，与顶棚外侧的最近距离为 277mm，与底部外侧的最近距离为 210mm，探伤区域如图 11-1~11-2 所示。本项目射线装置有用线束方向朝东侧墙体，X 射线在东侧墙体的投影最大宽度范围为 759mm，最大高度范围为 1923mm，小于铅房内尺寸宽度和高度，因此有用线束不朝向其他任一侧。

永久路厂区 X 射线数字成像检测系统靶点与主射方向墙体（即北侧墙体）外侧最近距离为 2155mm；探伤区域与东侧墙体外侧的最近距离为 613mm，与防护铅门外侧最近距离为 640mm，与西侧墙体外侧的最近距离为 1120mm，与南侧墙体外侧的最近距离为 545mm，与顶棚外侧的最近距离为 445mm，探伤区域如图 11-3~11-4 所示。本项目射线装置有用线束方向朝北侧墙体，X 射线在北侧墙体的投影最大宽度范围为 1215mm，最大高度范围为 2180mm，小于铅房内尺寸

宽度和高度，因此有用线束不朝向其他任一侧。

根据 GBZ/T 250-2014 第 3.2.1 条款“相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射”，故本次评价将探伤铅房的西侧墙体屏蔽性能按有用线束进行考虑，其他三侧墙体、防护铅门、顶棚、底部等屏蔽性能均按泄漏辐射和散射辐射进行考虑。探伤铅房下方无地下室，故本报告不设关注点仅验算底部屏蔽防护性能是否满足要求。同时，本项目有用线束不朝向顶棚，故本报告不考虑天空反散射影响。

### 11.2.1 关注点的选取

根据本项目工程特征及探伤铅房周围环境状况，选择剂量关注点为探伤铅房四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处。关注点的分布情况见图 11-1~11-4，剂量关注点情况列于表 11-1。

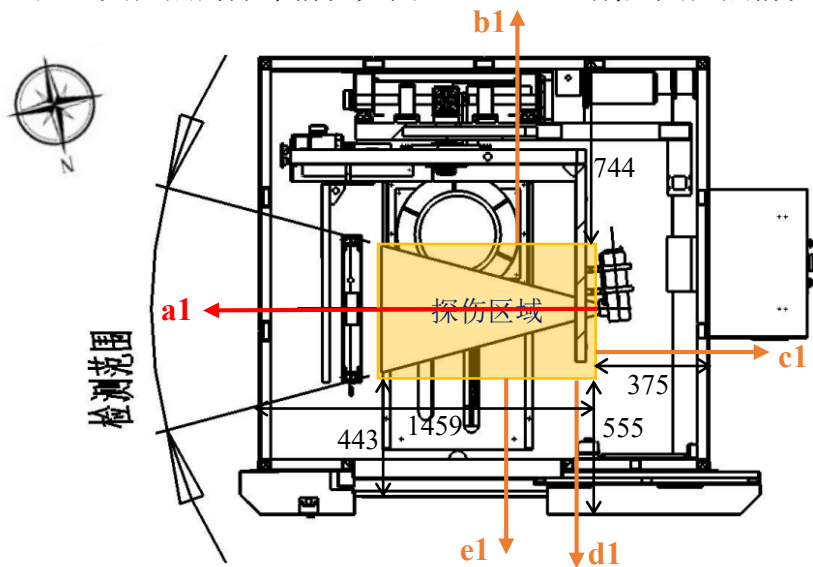


图 11-1 辐射屏蔽计算预测点位平面图（沿塘河路厂区）（单位：mm）

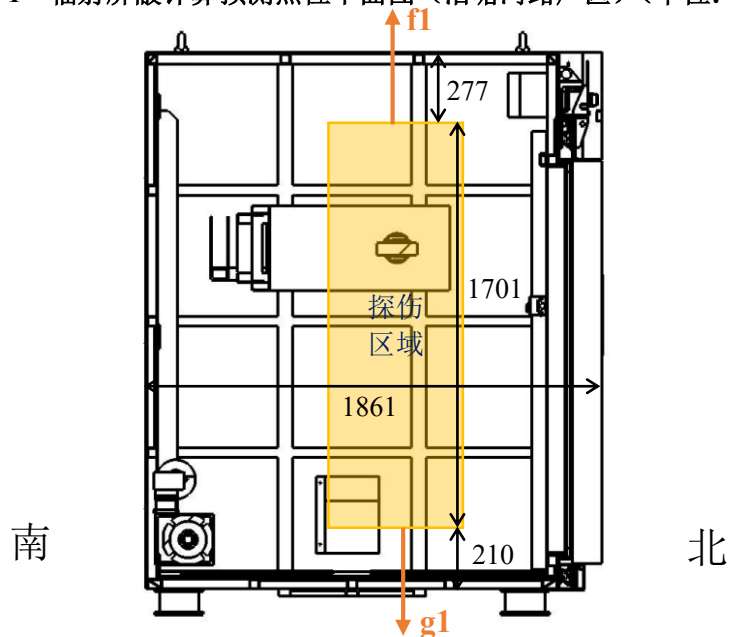


图 11-2 辐射屏蔽计算预测点位剖面图（沿塘河路厂区）（单位：mm）

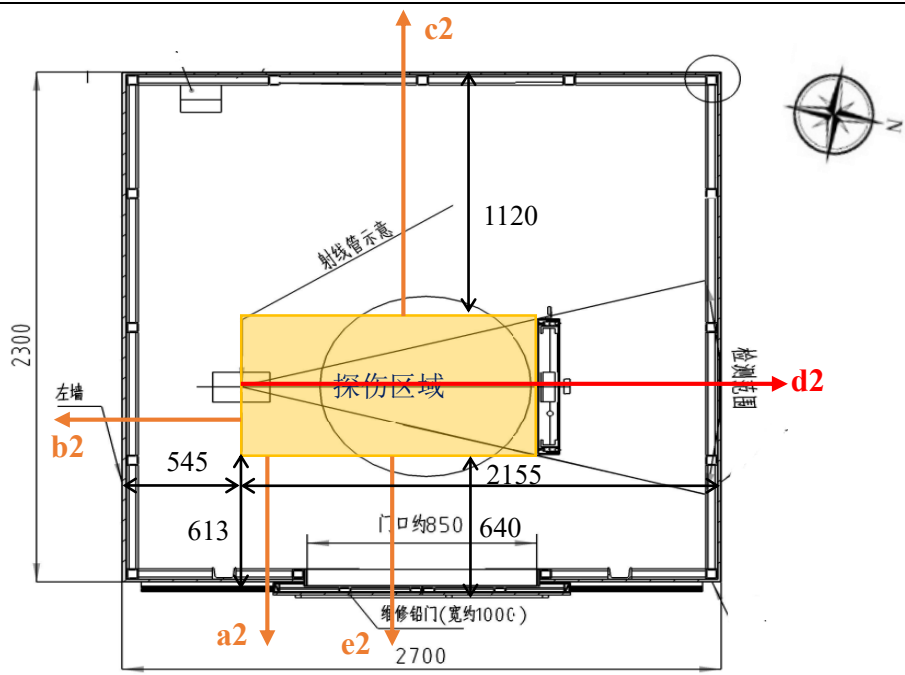


图 11-3 辐射屏蔽计算预测点位平面图（永久路厂区）（单位：mm）

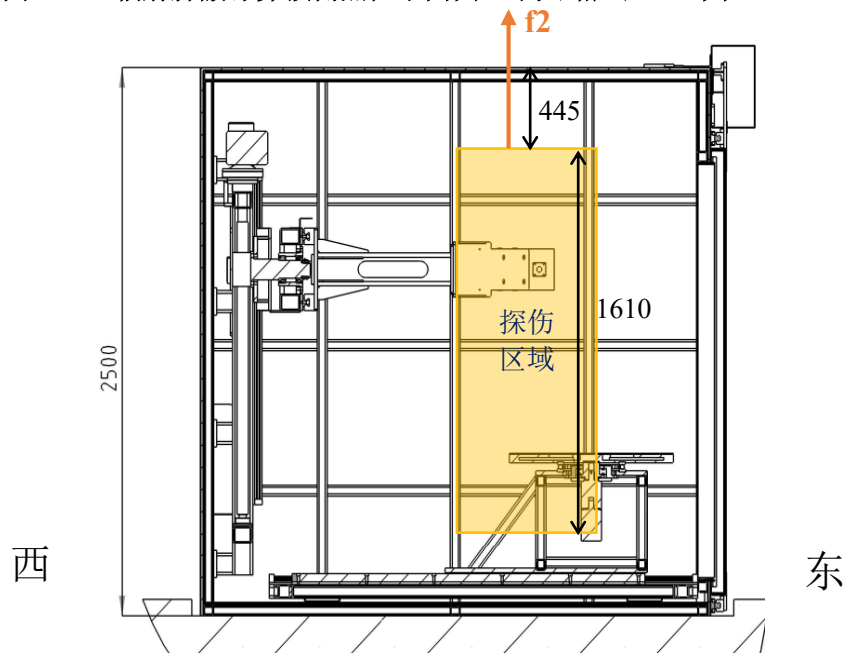


图 11-4 辐射屏蔽计算预测点位剖面图（永久路厂区）（单位：mm）

表 11-1 探伤铅房各关注点位分布情况表

场所	关注点位	点位描述	源点与关注点距离 R (m)	需屏蔽的辐射源
沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统	a1	东侧防护墙外 30cm 处	1.7	有用线束
	b1	南侧防护墙外 30cm 处	1.0	泄漏辐射、散射辐射
	c1	西侧防护墙外 30cm 处	0.6	泄漏辐射、散射辐射
	d1	北侧防护墙外 30cm 处	0.8	泄漏辐射、散射辐射
	e1	防护门外 30cm 处	0.7	泄漏辐射、散射辐射
	f1	顶棚外 30cm 处	0.5	泄漏辐射、散射辐射
	g1	底部外 30cm 处	0.5	泄漏辐射、散射辐射

续表 11-1

场所	关注点位	点位描述	源点与关注点距离 R (m)	需屏蔽的辐射源
永久路 厂区 X 射线数 字成像 检测系 统	a2	东侧防护墙外 30cm 处	0.9	泄漏辐射、散射辐射
	b2	南侧防护墙外 30cm 处	0.8	泄漏辐射、散射辐射
	c2	西侧防护墙外 30cm 处	1.4	泄漏辐射、散射辐射
	d2	北侧防护墙外 30cm 处	2.4	有用线束
	e2	防护门外 30cm 处	0.9	泄漏辐射、散射辐射
	f2	顶棚外 30cm 处	0.7	泄漏辐射、散射辐射

注：1、R=源点或探伤区域与屏蔽体外侧距离+0.3m，结果向下保留一位小数；  
2、永久路厂区 X 射线数字成像检测系统底部嵌入混凝土，因此底部不设关注点位。

### 11.2.2 场所辐射水平预测

#### (1) 有用线束计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按式 (11-1) 计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度：

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

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，mA，本项目取值 3mA；

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

B——屏蔽透射因子；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 图 B.1，用内插法计算 160kV X 射线穿过 8mm 铅板时的透射因子取  $1.4\times 10^{-8}$ ；根据 NCRP Report No. 151 (Appendix A, P158)，可知 160kV 有用线束穿过钢的什值层 TVL 为 6mm，根据公式  $B=10^{-X/\text{TVL}}$  计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；160kV 有用线束穿过 4mm 钢板时的透射因子取  $2.15\times 10^{-1}$ ，则 160kV 有用线束穿过 8mm 铅和 4mm 钢板时的透射因子为铅的透射因子  $\times$  钢的透射因子  $=1.4\times 10^{-8}\times 2.15\times 10^{-1}=3.0\times 10^{-9}$ ；160kV 有用线束穿过 6mm 钢板时的透射因子取  $1.00\times 10^{-1}$ ，则 160kV 有用线束穿过 8mm 铅和 6mm 钢板时的透射因子为铅的透射因子  $\times$  钢的透射因子  $=1.4\times 10^{-8}\times 1.00\times 10^{-1}=1.4\times 10^{-9}$ ；

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

#### (2) 泄漏辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按式 (11-2) 计算：

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

式中： $B$ ——屏蔽透射因子，根据公式 $B = 10^{-X/TVL}$ 计算，其中 $X$ 为屏蔽层厚度，mm；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，由内插法计算可知 160kV X 射线在铅中的什值层 TVL 为 1.05mm；根据 NCRP Report No. 151 (Appendix A, P158)，可知 160kV X 射线在钢中的什值层 TVL 为 6mm；

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

$\dot{H}_L$ ——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（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，当 X 射线管电压  $150 \leq \text{kV} \leq 200$  时， $\dot{H}_L$ 取值  $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

### (3) 散射辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度  $X$  时，屏蔽体外关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-3）计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

式中： $I$ ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA，本项目取值 3mA；

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

$B$ ——屏蔽透射因子，根据公式 $B = 10^{-X/TVL}$ 计算，其中 $X$ 为屏蔽层厚度，mm；查询 GBZ/T 250-2014 表 2，本项目原始 X 射线能量为 160kV，对应的 90°散射辐射最高能量为 150kV，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，150kV X 射线在铅中的什值层 TVL 为 0.96mm；根据 NCRP Report No. 151 (Appendix A, P158)，可知 150kV X 射线在钢中的什值层 TVL 为 5.8mm；

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

$\alpha$ ——散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射在距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值时，可以水的  $\alpha$  值保守估计，见附录 B 表 B.3；

$R_0$ ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ ——根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）B.4.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20°时，其值为：60（150kV）和 50（200~400kV）。本项

目保守取值 50;

$R_s$ ——散射体至关注点的距离, 单位为米 (m)。

### (5) 预测结果

根据公式 (11-1) ~ (11-3), 代入相关参数, 本项目 X 射线数字成像检测系统运行时周围环境辐射水平预测结果见表 11-2~表 11-4。

表 11-2 有用线束辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料	I (mA)	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ )	B	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
a1 (东侧)	4mm 钢板 +8mm 铅板	3	$1.22\times 10^6$	$3.0\times 10^{-9}$	1.7	$3.80\times 10^{-3}$
d2 (北侧)	6mm 钢板 +8mm 铅板	3	$1.22\times 10^6$	$1.4\times 10^{-9}$	2.4	$8.90\times 10^{-4}$

表 11-3 泄漏辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料 (X)	B 钢板	B 铅板	$H_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
b1 (南侧)	4mm 钢板+5mm 铅板	$2.15\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	1.0	$9.32\times 10^{-3}$
c1 (西侧)	4mm 钢板+5mm 铅板	$2.15\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.6	$2.59\times 10^{-2}$
d1 (北侧)	4mm 钢板+5mm 铅板	$2.15\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.8	$1.46\times 10^{-2}$
e1 (防护门)	4mm 钢板+5mm 铅板	$2.15\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.7	$1.90\times 10^{-2}$
f1 (顶棚)	4mm 钢板+5mm 铅板	$2.15\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.5	$3.73\times 10^{-2}$
g1 (底部)	4mm 钢板+5mm 铅板	$2.15\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.5	$3.73\times 10^{-2}$
a2 (东侧)	6mm 钢板+5mm 铅板	$1.00\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.9	$5.34\times 10^{-3}$
b2 (南侧)	6mm 钢板+5mm 铅板	$1.00\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.8	$6.76\times 10^{-3}$
c2 (西侧)	6mm 钢板+5mm 铅板	$1.00\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	1.4	$2.21\times 10^{-3}$
e2 (防护门)	6mm 钢板+5mm 铅板	$1.00\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.9	$5.34\times 10^{-3}$
f2 (顶棚)	6mm 钢板+5mm 铅板	$1.00\times 10^{-1}$	$1.73\times 10^{-5}$	2500	0.7	$8.83\times 10^{-3}$

表 11-4 散射辐射剂量率预测结果

关注点位	屏蔽材料 (X)	B 钢板	B 铅板	I (mA)	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ )	$\frac{R_0^2}{F\cdot\alpha}$	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
b1 (南侧)	4mm 钢板 +5mm 铅板	$2.04\times 10^{-1}$	$6.19\times 10^{-6}$	3	$1.22\times 10^6$	50	1.0	$9.26\times 10^{-2}$
c1 (西侧)	4mm 钢板 +5mm 铅板	$2.04\times 10^{-1}$	$6.19\times 10^{-6}$	3	$1.22\times 10^6$	50	0.6	$2.57\times 10^{-1}$
d1 (北侧)	4mm 钢板 +5mm 铅板	$2.04\times 10^{-1}$	$6.19\times 10^{-6}$	3	$1.22\times 10^6$	50	0.8	$1.45\times 10^{-1}$



续表 11-4

e1 (防护门)	4mm 钢板 +5mm 铅板	$2.04 \times 10^{-1}$	$6.19 \times 10^{-6}$	3	$1.22 \times 10^6$	50	0.7	$1.89 \times 10^{-1}$
f1 (顶棚)	4mm 钢板 +5mm 铅板	$2.04 \times 10^{-1}$	$6.19 \times 10^{-6}$	3	$1.22 \times 10^6$	50	0.5	$3.70 \times 10^{-1}$
g1 (底部)	4mm 钢板 +5mm 铅板	$2.04 \times 10^{-1}$	$6.19 \times 10^{-6}$	3	$1.22 \times 10^6$	50	0.5	$3.70 \times 10^{-1}$
a2 (东侧)	6mm 钢板 +5mm 铅板	$9.24 \times 10^{-2}$	$6.19 \times 10^{-6}$	3	$1.22 \times 10^6$	50	0.9	$5.17 \times 10^{-2}$
b2 (南侧)	6mm 钢板 +5mm 铅板	$9.24 \times 10^{-2}$	$6.19 \times 10^{-6}$	3	$1.22 \times 10^6$	50	0.8	$6.54 \times 10^{-2}$
c2 (西侧)	6mm 钢板 +5mm 铅板	$9.24 \times 10^{-2}$	$6.19 \times 10^{-6}$	3	$1.22 \times 10^6$	50	1.4	$2.14 \times 10^{-2}$
e2 (防护门)	6mm 钢板 +5mm 铅板	$9.24 \times 10^{-2}$	$6.19 \times 10^{-6}$	3	$1.22 \times 10^6$	50	0.9	$5.17 \times 10^{-2}$
f2 (顶棚)	6mm 钢板 +5mm 铅板	$9.24 \times 10^{-2}$	$6.19 \times 10^{-6}$	3	$1.22 \times 10^6$	50	0.7	$8.56 \times 10^{-2}$

表 11-5 各关注点位辐射剂量率预测结果汇总

场所	关注点位	有用线束 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	泄漏辐射 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	GBZ117-2022 标准限值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否 达标
沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统	a1 (东侧)	$3.80 \times 10^{-3}$	/	/	$3.80 \times 10^{-3}$	2.5	达标
	b1 (南侧)	/	$9.32 \times 10^{-3}$	$9.26 \times 10^{-2}$	$1.02 \times 10^{-1}$	2.5	达标
	c1 (西侧)	/	$2.59 \times 10^{-2}$	$2.57 \times 10^{-1}$	$2.83 \times 10^{-1}$	2.5	达标
	d1 (北侧)	/	$1.46 \times 10^{-2}$	$1.45 \times 10^{-1}$	$1.59 \times 10^{-1}$	2.5	达标
	e1 (防护门)	/	$1.90 \times 10^{-2}$	$1.89 \times 10^{-1}$	$2.08 \times 10^{-1}$	2.5	达标
	f1 (顶棚)	/	$3.73 \times 10^{-2}$	$3.70 \times 10^{-1}$	$4.08 \times 10^{-1}$	2.5	达标
	g1 (底部)	/	$3.73 \times 10^{-2}$	$3.70 \times 10^{-1}$	$4.08 \times 10^{-1}$	2.5	达标
永久路厂区 X 射线数字成像检测系统	a2 (东侧)	/	$5.34 \times 10^{-3}$	$5.17 \times 10^{-2}$	$5.70 \times 10^{-2}$	2.5	达标
	b2 (南侧)	/	$6.76 \times 10^{-3}$	$6.54 \times 10^{-2}$	$7.21 \times 10^{-2}$	2.5	达标
	c2 (西侧)	/	$2.21 \times 10^{-3}$	$2.14 \times 10^{-2}$	$2.36 \times 10^{-2}$	2.5	达标
	d2 (北侧)	$8.90 \times 10^{-4}$	/	/	$8.90 \times 10^{-4}$	2.5	达标
	e2 (防护门)	/	$5.34 \times 10^{-3}$	$5.17 \times 10^{-2}$	$8.96 \times 10^{-2}$	2.5	达标
	f2 (顶棚)	/	$8.83 \times 10^{-3}$	$8.56 \times 10^{-2}$	$9.42 \times 10^{-2}$	100	达标

因此,本项目沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统在最大工况正常运行时,探伤铅房四侧关注点辐射剂量率最大值为  $2.83 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ,顶棚和底部外关注点辐射剂量率最大值为

4.08×10<sup>-1</sup>μSv/h；永久路厂区 X 射线数字成像检测系统在最大工况正常运行时，探伤铅房四侧关注点辐射剂量率最大值为 7.21×10<sup>-2</sup>μSv/h，顶棚和底部外关注点辐射剂量率最大值为 9.42×10<sup>-2</sup>μSv/h 则满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平。

### 11.2.3 局部贯穿辐射分析

沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统的探伤铅房西南侧下方设置 1 个电缆口，用于连通探伤铅房内装置与配电箱；探伤铅房西北侧上方设置 1 个排风口，用于排风通向探伤铅房外。电缆口与排风口均设置 4mm 钢板+5mm 铅板防护罩。永久路厂区 X 射线数字成像检测系统的探伤铅房西南侧下方设置 1 个电缆及排风口，用于连通探伤铅房内装置与配电箱以及将新风空调的管道引出探伤铅房，电缆及排风口设置 6mm 钢板+5mm 铅板防护罩。设计见附图 8。

沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统有用线束朝东，永久路厂区 X 射线数字成像检测系统有用线束朝北，电缆口、排风口、电缆及排风口均有效避开了射线装置有用线束的方向，且电缆口、排风口、电缆及排风口均设置与同侧屏蔽体防护当量相当的铅板防护罩，因此，本项目局部贯穿的布置方式不会破坏探伤铅房的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

### 11.2.4 人员受照剂量估算

#### 1、年有效剂量计算公式

根据《辐射防护导论》（方杰主编），X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算：

$$H_{E-r} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式 11-7）}$$

$H_{E-R}$ ——年受照剂量，mSv/a；

$D_r$ ——关注点辐射剂量率，μSv/h；

$T$ ——居留因子；

$t$ ——年受照时间，h/a。

#### 2、估算结果

由于射线装置产生的剂量率与距离平方成反比关系，同方向人员受照剂量仅需考虑与源点距离最近且居留因子最大的保护目标。利用表 11-2~11-5 的相关数据，本项目相关人员的预期年剂量水平的计算见表 11-6。

表 11-6 人员受照剂量计算参数及计算结果一览表

厂区	人员属性	居留因子	源点与关注点距离 (m)	源点与保护目标距离 (m)	保护目标处辐射剂量率取值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	周受照时间 (h/周)	周受照总剂量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	年受照时间 (h/a)	年受照总剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	
沿塘河路厂区	职业	操作台辐射工作人员	1	0.6	1.3	$6.03 \times 10^{-2}$	7.5	$4.52 \times 10^{-1}$	375	$2.26 \times 10^{-2}$
	公众	加工中心	1	0.6	3.5	$8.32 \times 10^{-3}$	7.5	$6.24 \times 10^{-2}$	375	$3.12 \times 10^{-3}$
		待入库区	1	0.7	2.8	$9.95 \times 10^{-3}$	7.5	$7.46 \times 10^{-2}$	375	$3.73 \times 10^{-3}$
		成品堆放区	1	0.7	10.4	$7.21 \times 10^{-4}$	7.5	$5.41 \times 10^{-3}$	375	$2.70 \times 10^{-4}$
		2号车间	1	0.7	28.4	$9.67 \times 10^{-5}$	7.5	$7.25 \times 10^{-4}$	375	$3.63 \times 10^{-5}$
		实验室	1	1.7	2.4	$1.93 \times 10^{-3}$	7.5	$1.45 \times 10^{-2}$	375	$7.24 \times 10^{-4}$
		办公区	1	1.7	11.4	$8.56 \times 10^{-5}$	7.5	$6.42 \times 10^{-4}$	375	$3.21 \times 10^{-5}$
		厂区道路	1/8	1.7	25.4	$1.72 \times 10^{-5}$	7.5	$1.62 \times 10^{-5}$	375	$8.08 \times 10^{-7}$
		沿塘河路	1/8	1.7	46.4	$5.16 \times 10^{-6}$	7.5	$4.84 \times 10^{-6}$	375	$2.42 \times 10^{-7}$
		包装储物区	1	1.0	1.5	$4.53 \times 10^{-2}$	7.5	$3.40 \times 10^{-1}$	375	$1.70 \times 10^{-2}$
		厂区道路	1/8	1.0	12.7	$6.32 \times 10^{-4}$	7.5	$5.92 \times 10^{-4}$	375	$2.96 \times 10^{-5}$
				宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司	1	1.0	19.7	$2.63 \times 10^{-4}$	7.5	$1.97 \times 10^{-3}$
		仓库	1	0.5	5.5	$3.37 \times 10^{-3}$	7.5	$2.53 \times 10^{-2}$	375	$1.26 \times 10^{-3}$
永久路厂区	职业	操作台辐射工作人员	1	0.8	0.8	$7.21 \times 10^{-2}$	7.5	$5.41 \times 10^{-1}$	375	$2.71 \times 10^{-2}$
	公众	半成品堆放区	1	1.4	1.6	$1.80 \times 10^{-2}$	7.5	$1.35 \times 10^{-1}$	375	$6.76 \times 10^{-3}$
		压铸车间	1	1.4	16.1	$1.78 \times 10^{-4}$	7.5	$1.34 \times 10^{-3}$	375	$6.68 \times 10^{-5}$
		成品仓库(北侧)	1	2.4	3.0	$5.73 \times 10^{-4}$	7.5	$4.30 \times 10^{-3}$	375	$2.15 \times 10^{-4}$
		厂外便道	1/8	2.4	22.1	$1.06 \times 10^{-5}$	7.5	$9.91 \times 10^{-6}$	375	$4.95 \times 10^{-7}$
		在建太阳能电站	1	2.4	42.1	$2.91 \times 10^{-6}$	7.5	$2.18 \times 10^{-5}$	375	$1.09 \times 10^{-6}$
		成品仓库(东侧)	1	0.9	3.2	$4.51 \times 10^{-3}$	7.5	$3.38 \times 10^{-2}$	375	$1.69 \times 10^{-3}$
		办公室	1	0.9	6.6	$1.06 \times 10^{-3}$	7.5	$7.95 \times 10^{-3}$	375	$3.98 \times 10^{-4}$
		厂区道路	1/8	0.9	41.6	$2.67 \times 10^{-5}$	7.5	$2.50 \times 10^{-5}$	375	$1.25 \times 10^{-6}$
		食堂	1/2	0.9	44.6	$2.32 \times 10^{-5}$	7.5	$8.71 \times 10^{-5}$	375	$4.35 \times 10^{-6}$
		实验室	1	0.8	5.9	$1.33 \times 10^{-3}$	7.5	$9.95 \times 10^{-3}$	375	$4.97 \times 10^{-4}$
		原材料堆放区	1	0.8	15.5	$1.92 \times 10^{-4}$	7.5	$1.44 \times 10^{-3}$	375	$7.21 \times 10^{-5}$
		南侧车间	1	0.8	38.5	$3.12 \times 10^{-5}$	7.5	$2.34 \times 10^{-4}$	375	$1.17 \times 10^{-5}$

注：1、源点与保护目标距离=探伤铅房外边界与保护目标距离+源点与关注点距离-0.3m；  
2、利用剂量率与距离平方成反比的关系求得保护目标处辐射剂量率。

根据表 11-6 计算可知，沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量为  $2.26 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，周有效剂量为  $4.52 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ ；所致公众最大受照年有效剂量为

$1.70 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，周有效剂量为  $3.40 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ ；永久路厂区 X 射线数字成像检测系统运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量为  $2.71 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，周有效剂量为  $5.41 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ ；所致公众最大受照年有效剂量为  $6.76 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，周有效剂量为  $1.80 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}$ 。因此，各厂区工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员  $\leq 5 \text{mSv/a}$ ；公众成员  $\leq 0.25 \text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员  $\leq 20 \text{mSv/a}$ ；公众成员  $\leq 1.0 \text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于  $100 \mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于  $5 \mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

### 11.2.6 非放射性污染环境的影响分析

#### 1、废气影响分析

X 射线数字成像检测系统在工作状态时，会使铅房中的空气电离产生臭氧和氮氧化物。沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房设有新风空调，总设计风量  $60 \text{m}^3/\text{h}$ ，由于铅房总容积为  $5.7 \text{m}^3$ ，可估算出探伤铅房每小时通风换气为 10 次。永久路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房设有新风空调，总设计风量  $140 \text{m}^3/\text{h}$ ，由于铅房总容积为  $11.7 \text{m}^3$ ，可估算出探伤铅房每小时通风换气为 11 次。本项目满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，不会形成局部聚集，且臭氧在短时间内会自动分解为氧气，对大气环境基本没有影响。

#### 2、废水

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

#### 3、噪声

本项目噪声源主要为铅房内新风空调噪声，设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于  $60 \text{dB}(\text{A})$ 。经距离衰减和实体屏蔽衰减作用，运行期间噪声影响很小。

#### 4、固体废物

辐射工作人员均来自公司现有人员，经公司收集后交由当地环卫部门统一清运。

## 11.3 探伤铅房屏蔽防护能力分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的规定，结合该公司探伤铅房屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司使用的探伤铅房的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，该探伤铅房的设置已充分考虑周围的放射安全，且探伤铅房与操作台分开；

结合理论计算结果可知：探伤铅房防护门、各侧墙面及顶棚、底部的防护性能，均能满足辐射防护。

(2) 由辐射环境影响预测分析可知，辐射工作人员和公众成员所受有效剂量能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

(3) 该公司使用的探伤机在探伤过程中产生的 X 射线，使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，探伤铅房通过新风空调将臭氧和氮氧化物排出探伤铅房外，不会对工作人员和公众成员产生影响。

因此，该公司各台 X 射线数字成像检测系统屏蔽能力均能达到管电压不大于 160kV、管电流不大于 3mA 的射线装置正常工作时的辐射防护要求。

## 11.4 事故影响分析

### 11.4.1 事故风险分析

建设单位使用的射线装置属II类射线装置，可能的事故工况主要有以下几种情况：

(1) X 射线数字成像检测系统门-机联锁失效，可能使人员受到超剂量照射；

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

### 11.4.2 事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

(2) 建设单位需制定《X 射线数字成像检测系统操作规程》。凡涉及对设备进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

(3) 每日检查防护门的门机联锁装置和工作状态指示灯等安全设施，确保在铅门关闭后，X 射线数字成像检测系统才能进行照射；

(4) 定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

(5) 建设单位新增辐射工作人员需到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并自主学习，参加考核并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上岗。

**表 12 辐射安全管理**

## **12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置**

### **12.1.1 机构设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用II类射线装置的工作单位，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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

本项目为建设单位首次开展核技术利用建设项目，目前处于筹建阶段。建设单位承诺尽快成立辐射安全与环境保护管理机构，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。

### **12.1.2 辐射人员管理**

#### **（1）个人剂量检测**

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

#### **（2）辐射工作人员培训**

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）精神，所有辐射工作人员必须通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）自主培训并参加考核取得成绩单，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

建设单位拟新增 4 名辐射工作人员，由公司现有员工参加生态环境部组织的辐射安全与防护平台自主学习，考核合格后上岗，并按时每五年重新进行考核。

#### **（3）辐射工作人员职业健康体检**

新增辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次

检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查，并建立个人健康档案。

建设单位拟组织 4 名新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，建立个人健康档案，并长期保存，并每 2 年进行在岗期间体检，离岗前进行离岗体检。

### 12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告

建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射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辐射安全和防护状况年度评估报告。辐射安全与防护状况年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，建设单位承诺将制定以下方面的管理制度：

**辐射安全和防护保卫制度：**根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线数字成像检测系统的保管、运行和维修时的辐射安全管理。

**X 射线数字成像检测系统安全操作规程：**明确辐射工作人员资质条件要求、X 射线数字成像检测系统操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确数字成像检测系统探伤时的操作步骤，明确每次数字成像检测系统探伤工作前，操作人员应检查 X 射线数字成像检测系统的安全连锁、报警设备和警示灯等的性能，确保辐射安全措施的有效性。

**设备检修维护制度：**明确探伤装置及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保探伤装置及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。重点是明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤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。

**辐射工作人员岗位职责：**明确管理人员、辐射工作人员的岗位责任，使每一个相关的工作

人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

**射线装置使用登记和台账管理制度：**应记载 X 射线数字成像检测系统的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对探伤装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度，制定 X 射线数字成像检测系统的使用登记制度。

**人员培训计划：**明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

**人员管理制度：**明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质单位进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，并做好岗前监测；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，公司建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

**辐射环境监测制度：**购置辐射监测仪器等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测方式有公司自主监测与有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，并定期上报生态环境行政主管部门。

**辐射事故应急预案：**根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号文）的要求，公司应成立单位负责人为领导的辐射事故应急领导小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故事件情景；演练参与人员等。

**自行检查和年度评估制度：**定期对探伤设备的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，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。

**辐射安全档案管理制度：**公司须建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量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。辐射工作人员如调离辐射工作岗位，公司应当将个人剂量档案长期保存；新增辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康监护档案且长



期保存。公司应在工作场所醒目位置张贴《操作规程》、《辐射安全与防护保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》与《辐射事故应急预案》等制度，并做好使用登记和台账记录工作。在日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度进行。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 等要求，使用II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。公司拟为辐射工作人员配置 4 台个人剂量报警仪和 4 支个人剂量计，配备 2 台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪。

### 12.3.2 个人剂量监测

探伤工作人员工作时应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计须定期（一般为一个月，最长不得超过三个月）送检。公司应建立剂量约束值和剂量评价制度，对受到超剂量约束值的应进行评价，跟踪分析高剂量的原因，优化实践行为，并指定专职辐射管理人员负责对个人剂量检测结果（检测报告）统一管理，建立档案，个人剂量档案应当长期保存。

### 12.3.3 探伤机性能检测

根据GBZ 117-2022条款8.2的要求，本项目投入使用后对探伤机的检测要求如下：

表 12-1 探伤机检测要求一览表

检测设备	X射线数字成像检测系统X射线探伤机
检测内容	防护性能检测
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
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。

### 12.3.4 探伤工作场所辐射监测

本项目正式投入使用后，公司须定期（每年 1 次）委托有资质的单位对探伤铅房周围环境进行监测，并建立监测档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

#### ①年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量当量率进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

#### ②日常自我监测

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定辐射工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期建议每月 1 次。

③监测内容和要求

A、监测内容：周围剂量当量率。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-1 辐射监测计划

场所名称	监测内容	监测类型	监测点位	监测依据	监测周期
探伤工作场所	周围剂量当量率	年度监测	探伤铅房顶棚、四侧墙体及防护铅门外 30cm 离地面高度 1m 处，操作台，各穿线孔、通风孔以及四周环境保护目标	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	1 次/年
		自主监测			1 次/月
		验收监测			竣工验收
	个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）	一般为一个月，最长不得超过三个月

12.3.5 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。“三同时”验收一览表见表 12-2。

表 12-2 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	验收要求
辐射安全管理机构	拟设专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求。
工作场所机房屏蔽防护设计	铅房的屏蔽防护设计详见本报告表 10-1。	铅房周围满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平。
工作场所辐射防护措施	辐射工作场所的辐射安全和防护措施详见本报告 10.1.4。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

续表 12-2

人员 配备	本项目 4 名新增辐射工作人员均应参加辐射防护培训，取得成绩合格单，方可上岗。	满足《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）的要求。
	本项目 4 名辐射工作人员拟配置个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量监测档案。4 名辐射工作人员拟配置个人剂量报警仪。	满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。
	本项目 4 名辐射工作人员拟进行岗前、在岗或离岗职业健康检查，拟建立个人健康档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求。
辐射安全管理 制度	建设单位拟制定一系列辐射安全管理制度，内容包括辐射防护与安全保卫制度、自行检查和年度评估制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案、辐射安全档案管理制度、安全操作规程等辐射管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。

## 12.4 辐射事故应急

公司需制定《辐射事故应急预案》，制定《辐射事故应急预案》后，应制定计划定期组织应急人员进行应急预案的培训和演练。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，结合单位的实际情况和事故工况分析，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）。
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。
- （3）辐射事故分级与应急响应措施。
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。建设单位必须加强管理，杜绝辐射安全事故的发生。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 辐射安全与防护分析结论

##### (1) 项目概况

宁波银润汽车部件有限公司为保证产品质量和生产的安全，拟在沿塘河路厂区质量部购置 1 台 ZXFlaseeD 型 X 射线数字成像检测系统，在永久路厂区检测中心购置 1 台 ZXFlaseeD/L 型 X 射线数字成像检测系统，对公司生产的汽车零部件进行无损检测。

##### (2) 项目位置

沿塘河路厂区位于宁波市北仑区大碶街道沿塘河路 8 号。厂区西侧为沿山大河，北侧为宁波鼎弘模具有限公司，东侧为宁波弘润金属制品有限公司和宁波北仑永发五金塑料厂，南侧为宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司。该厂区拟建 X 射线数字成像检测系统置于质量部使用，质量部西侧为加工中心，北侧 50m 范围内有待入库区、成品堆放区以及 2 号车间，东侧 50m 范围内有实验室、办公区、东侧厂区道路以及沿塘河路，南侧 50m 范围内有包装储物区、南侧厂区道路、宁波辉业模塑有限公司和宁波鑫美电器实业有限公司，上方为仓库，无地下室。

永久路厂区位于宁波市北仑区新碶街道永久路 1 号。厂区西侧为山体，北侧为在建太阳能电站，东侧为空地，南侧为宁波银润汽车部件有限公司已出租车间和宁波昊鑫结构件有限公司。该厂区拟建 X 射线数字成像检测系统置于检测中心使用，检测中心西侧 50m 范围内有半成品堆放区和压铸车间，北侧 50m 范围内有成品仓库、厂外便道以及在建太阳能电站，东侧 50m 范围内有成品仓库、办公室、厂区道路以及食堂，南侧 50m 范围内有实验室、原材料堆放区以及南侧车间，探伤铅房上方分别为检测中心顶棚和成品仓库顶棚，均不上人；检测中心无地下室。

##### (3) 项目布局及分区

建设单位拟将沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房内部区域划为控制区，将质量部东侧、南侧围墙、探伤铅房北侧 1.0m、操作台西侧 0.5m 围成的区域划为监督区；拟将永久路厂区 X 射线数字成像检测系统探伤铅房内部区域划为控制区，将检测中心西侧、北侧围墙、探伤铅房东侧 1.0m、操作台南侧 0.5m 围成的区域划为监督区。控制区内不得有无关人员进入，在探伤铅房防护门显著位置设置电离辐射警告标志和中文警示说明；监督区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率，在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。由上述可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

的规定。

#### **(4) 辐射安全防护措施结论**

本项目 X 射线数字成像检测系统采用设备自带的防护铅房进行实体屏蔽。沿塘河路厂区探伤铅房外尺寸为 2315mm（长）×1884mm（宽）×2515mm（高），东侧（主射束方面）墙体为 4mm 钢板+8mm 铅板，南、西、北防护墙、顶棚、底部、防护门为 5mm 钢板+5mm 铅板；永久路厂区探伤铅房外尺寸为 2700mm（长）×2300mm（宽）×2500mm（高），北侧（主射束方面）墙体为 6mm 钢板+8mm 铅板，东、南、西防护墙、顶棚、防护门为 6mm 钢板+5mm 铅板，底部嵌入混凝土地面 100mm。各台探伤铅房内部和铅门上方均设有警示灯，并与 X 射线机联锁；铅门上有电离辐射警告标志和中文警示说明，采用电动移门，并设置门机联锁；探伤铅房内及操作台设置紧急停机按钮等；本项目拟配备 2 台便携式 X-γ 剂量率仪、4 枚个人剂量计和 4 台个人剂量报警仪。

在落实以上辐射安全措施后，在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

#### **(5) 辐射安全管理结论**

建设单位按规定拟成立辐射防护管理领导小组，拟根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度。

建设单位拟组织 4 名新增辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，考核合格后方能上岗，并拟委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

建设单位在成立辐射防护管理领导小组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的的能力。本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

### **13.1.2 环境影响分析结论**

#### **(1) 主要污染因子**

本项目主要污染因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物。

#### **(2) 辐射剂量率影响预测结论**

本项目沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统在最大工况正常运行时，探伤铅房四侧关注点辐射剂量率最大值为  $2.83 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，顶棚和底部外关注点辐射剂量率最大值为  $4.08 \times 10^{-1}$

$^1\mu\text{Sv/h}$ ；永久路厂区 X 射线数字成像检测系统在最大工况正常运行时，探伤铅房四侧关注点辐射剂量率最大值为  $7.21\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，顶棚和底部外关注点辐射剂量率最大值为  $9.42\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$  则满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平。

### （3）个人剂量影响预测结论

沿塘河路厂区 X 射线数字成像检测系统运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量为  $2.26\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，周有效剂量为  $4.52\times 10^{-1}\mu\text{Sv}$ ；所致公众最大受照年有效剂量为  $1.70\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，周有效剂量为  $3.40\times 10^{-1}\mu\text{Sv}$ ；永久路厂区 X 射线数字成像检测系统运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量为  $2.71\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，周有效剂量为  $5.41\times 10^{-1}\mu\text{Sv}$ ；所致公众最大受照年有效剂量为  $6.76\times 10^{-3}\text{mSv}$ ，周有效剂量为  $1.80\times 10^{-2}\mu\text{Sv}$ 。各厂区工作人员和公众年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）；周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“对放射工作场所，其值应不大于  $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于  $5\mu\text{Sv/周}$ ”的要求。

### （4）非辐射环境影响分析结论

本项目少量臭氧和氮氧化物可通过新风空调排出，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。工作人员产生的生活污水经厂区污水处理设施处理达标后纳管排放，不对周围水环境造成影响。运行期间建设单位厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）标准要求。工作人员产生的生活垃圾经收集后交由当地环卫部门统一清运。以上措施落实后，本项目运行对周围环境影响较小。

## 13.1.3 可行性分析结论

### （1）产业政策符合性分析结论

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策。

### （2）实践正当性分析结论

本项目的建设是为了保证产品质量和生产的安全需要，因此，该项目的实践是必要的。本项目运行过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-

2002) 中“实践的正当性”原则。

### **(3) 选址合理性分析**

本项目位于沿塘河路厂区质量部和永久路厂区检测中心，不新增土地。同时，本项目用地性质属于工业用地（见附件 4），周围无环境制约因素。项目探伤铅房周围 50m 范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

### **(4) 项目可行性**

综上所述，本项目选址合理，符合国家产业政策，符合实践正当性原则，符合“三线一单”相关要求，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

## **13.2 建议与承诺**

### **13.2.1 建议**

(1) 建设单位应加强对探伤铅房以及探伤工作场所内人员进出的管理，健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护与操作的理解和执行水平，杜绝辐射事故的发生。

(2) 辐射工作人员应规范运行设备并有效使用个人剂量计、个人剂量报警仪等监测用品；建设单位应定期对探伤设备、防护设施进行检查与维修。

(3) 建设单位应严格执行相关法律法规，落实有关规定，并及时更新完善，提高制度可操作性。

### **13.2.2 承诺**

(1) 建设单位在本项目报批后，承诺及时向生态环境部门申领辐射安全许可证。

(2) 建设单位承诺在本项目 X 射线数字成像系统正式运行前根据《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)，在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制竣工环境保护验收监测报告表。

## 表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日