

报告编号：WKFHP-23026

## 核技术利用建设项目

浙江宏泰检测技术有限公司 X、 $\gamma$  射线固定式和  
移动式探伤及放射源暂存库扩建项目

环境影响报告表

(公示稿)

浙江宏泰检测技术有限公司

2023 年 11 月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

## 浙江宏泰检测技术有限公司 X、 $\gamma$ 射线固定式和 移动式探伤及放射源暂存库扩建项目 环境影响报告表

建设单位名称：浙江宏泰检测技术有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省温州市温州经济技术开发区星海街道滨海二路 960 号

邮政编码：325025

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 .....	13
表 3	非密封放射性物质 .....	13
表 4	射线装置 .....	14
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	15
表 6	评价依据 .....	16
表 7	保护目标及评价标准 .....	20
表 8	环境质量和辐射现状 .....	30
表 9	项目工程分析与源项 .....	33
表 10	辐射安全与防护 .....	55
表 11	环境影响分析 .....	55
表 12	辐射安全管理 .....	111
表 13	结论与建议 .....	119
表 14	审批 .....	124

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	浙江宏泰检测技术有限公司 X、γ 射线固定式与移动式探伤及放射源暂存库扩建项目				
建设单位	浙江宏泰检测技术有限公司				
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址	浙江省温州市温州经济技术开发区星海街道滨海二路 960 号				
项目建设地点	温州市永嘉县瓯北街道五星工业区				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	450	项目环保投资（万元）	200	投资比例（环保投资/总投资）	44%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ）	263
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input checked="" 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 建设单位基本情况**

**1.1.1 企业简介**

浙江宏泰检测技术有限公司（以下简称“公司”）成立于 2009 年 3 月 19 日，曾用名为温州宏泰无损检测有限公司，公司有两个厂区，是一家民营所有制科技服务型企业，专业从事铸件、锻件（包括阀门）、结构件（包括管件）、锅炉、压力容器、压力管道、石油化工装置、钢结构桥梁等的无损检测、热处理工程及相关领域的技术咨询服务，具备射线检测、超声波检测、磁粉检测、渗透检测、相控阵等无损检测能力。

老厂区位于浙江省温州市温州经济技术开发区星海街道滨海二路 960 号，建有 1 间探伤室及操作室、暗室和评片室与危废暂存间等辅助用房，配有 3 台 <sup>192</sup>Ir-γ 射线探伤机（每台 γ 射线探伤机内置 1 枚密封源 <sup>192</sup>Ir，额定装源活度均为 3.7×10<sup>12</sup>Bq/枚）和 5 台 X 射线探伤机（XXQ2005 型定向机 1 台、XXQ2505 型定向机 2 台、XXHA2505 型周向机 1 台、XXQ3005 型定向机 1 台），

开展固定式探伤作业。同时，建有 1 间放射源暂存库，内设 4 个储源坑，用于  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机不作业时的临时贮存。

新厂区位于温州市永嘉县瓯北街道五星工业区，暂无核技术利用项目开展情况。

### 1.1.2 现有核技术利用项目环保手续履行情况

关于浙江宏泰无损检测有限公司目前在用的 1 间探伤室，源自浙江石化阀门有限公司。2006 年 10 月，浙江石化阀门有限公司对该探伤室进行了设计，配置 1 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机（内置 1 枚密封源  $^{192}\text{Ir}$ ，最大出厂活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 1 台 XXH-2505 型 X 射线探伤机，并委托编制了《X、 $\gamma$  射线室内探伤项目（新建）环境影响报告表》，于 2010 年 3 月 7 日通过了原浙江省环境保护厅的环评审批，批复文号：浙环辐（2010）35 号。2010 年 11 月，浙江石化阀门有限公司内部调整，不再开展探伤业务，将该探伤室长期租赁于浙江宏泰无损检测有限公司。浙江宏泰无损检测有限公司自成立以来，现有核技术利用建设项目环保手续履行情况见表 1-1 和附件 4。

表 1-1 现有核技术利用项目环保手续履行情况（老厂区）

序号	项目名称	工程内容和规模	环评情况	验收情况
1	X、 $\gamma$ 射线室内探伤项目(扩建)	3 台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机（每台 $\gamma$ 射线探伤机内置 1 枚密封源 $^{192}\text{Ir}$ ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 5 台 X 射线探伤机（XXQ2005 型定向机 1 台、XXQ2505 型定向机 2 台、XXHA 2505 型周向机 1 台、XXQ3005 型定向机 1 台）	浙环辐（2010）52 号	浙环辐验（2012）14 号 2019 年 5 月 24 日完成了竣工环保自主验收
2	X- $\gamma$ 射线现场探伤及放射源暂存库改扩建项目	在现有辐射活动规模的基础上，新增 2 台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和 3 台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机（每台 $\gamma$ 射线探伤机内置 1 枚密封源 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 3 台 X 射线探伤机（XXQ-2005 型定向机 1 台、XXQ-2505 型定向机 1 台、XT3505C-XK80 型周向机 1 台），用于移动探伤，并改建现有的放射源暂存库，内部新建 4 个储源坑。	浙环辐（2019）11 号	因企业发展规划有调整，该项目不再实施建设。

## 1.2 项目建设目的与任务由来

随着公司新厂区业务范围不断扩张，检测业务占有市场份额不断扩大，公司接到的业务中检测工作的种类也日益增多，对于客户便于移动的小型工件送上门进行固定式探伤，对于客户不方便移动的中大型工件在客户的工作场所进行移动式探伤；并考虑到企业自身的发展和业务范围的进一步扩展，浙江宏泰检测技术有限公司计划在温州市永嘉县瓯北街道五星工业区（以下简称“新

厂区”)自有的生产车间一层内开展相关辐射活动,拟购2台 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机、6台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机、3台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机和5台X射线探伤机(RT-2005T型定向机、XXG-2505C型周向机、XXG-2505G型定向机、XXG-3205C型周向机、XXG-3205G型定向机各1台)进行探伤作业,主要包括:①新建2间探伤室及操作室、暗室、评片室与危废暂存间等辅助用房,其中1#探伤室拟配置2台 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机(一用一备)、1台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和1台XXG-3205C型X射线探伤机(周向);2#探伤室拟配置1台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和1台XXG-3205G型X射线探伤机(定向),均用于固定式探伤;②6台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机、3台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机及5台X射线探伤机(RT-2005T型定向机、XXG-2505C型周向机、XXG-2505G型定向机、XXG-3205C型周向机、XXG-3205G型定向机各1台)均用于移动式探伤;③新建1间放射源暂存库(以下简称“放射源库”)和1间X射线探伤机临时贮存间(以下简称“X射线机贮存间”),用于X、 $\gamma$ 射线探伤机不作业时的临时贮存。每台 $\gamma$ 射线探伤机内置1枚密封源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ ,额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ 。

根据原国家环境保护总局公告2005年第62号《关于发布放射源分类办法的公告》和原环境保护部、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》,本项目 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ,属于II类放射源;X射线探伤机属于“工业用X射线探伤装置”,属于II类射线装置。对照生态环境部令第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、使用II类放射源,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重新申领《辐射安全许可证》。

为保护环境,保障公众健康,浙江宏泰检测技术有限公司委托卫康环保科技(浙江)有限公司对本项目进行环境影响评价,环评委托书见附件1。评价单位接受委托后,通过现场踏勘和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,编制完成了本项目环境影响报告表。

### 1.3 项目建设内容与规模

浙江宏泰检测技术有限公司计划在温州市永嘉县瓯北街道五星工业区的生产车间一层内开展辐射活动,拟购2台 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机、6台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机、3台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机和5台X射线探伤机(RT-2005T型定向机、XXG-2505C型周向机、XXG-2505G型定向机、XXG-3205C型周向机、XXG-3205G型定向机各1台)进行探伤作业,主要包括:①新建2间探伤室及操作室、暗室、评片室与危废暂存间等辅助用房,其中1#探伤室拟配置2台 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机(一

用一备)、1台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和1台 XXG-3205C 型 X 射线探伤机(周向);2#探伤室拟配置1台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和1台 XXG-3205G 型 X 射线探伤机(定向),均用于固定式探伤;②6台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机、3台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$  射线探伤机及5台 X 射线探伤机(RT-2005T 型定向机、XXG-2505C 型周向机、XXG-2505G 型定向机、XXG-3205C 型周向机、XXG-3205G 型定向机各1台)均用于移动式探伤;③新建1间放射源库和1间 X 射线机贮存间,用于 X、 $\gamma$  射线探伤机不作业时的临时贮存。每台  $\gamma$  射线探伤机内置1枚密封源  $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ , 额定装源活度均为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ 。

放射源与射线装置具体应用见表 1-2。

表 1-2 本次评价的放射源与射线装置应用情况表

放射源								
序号	装置名称	核素名称	枚数	额定装源活度	类别	备注		
1	$^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机	$^{60}\text{Co}$	2 枚	$3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$	II 类	固定式探伤 (1#探伤室内,平时只有1枚放射源,换源期间一用一备)		
2	$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机	$^{192}\text{Ir}$	6 枚	$3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$	II 类	全部用于移动式探伤,其中1枚用于1#探伤室内的固定式探伤;1枚用于2#探伤室内的固定式探伤。		
3	$^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机	$^{75}\text{Se}$	3 枚	$3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$	II 类	移动式探伤		
合计			11 枚					
射线装置								
序号	装置名称	型号	数量	类别	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	出束类型	备注
1	X 射线探伤机	RT-2005T	1 台	II 类	200	5	定向	移动式探伤
2	X 射线探伤机	XXG-2505C	1 台	II 类	250	5	周向	移动式探伤
3	X 射线探伤机	XXG-2505G	1 台	II 类	250	5	定向	移动式探伤
4	X 射线探伤机	XXG-3205C	1 台	II 类	320	5	周向	移动式探伤、固定式探伤(1#探伤室内)
5	X 射线探伤机	XXG-3205G	1 台	II 类	320	5	定向	移动式探伤,固定式探伤(2#探伤室内)
合计			5 台					

本扩建项目实施后,公司整体辐射活动规模为:①老厂区:3台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机+5台 X 射线探伤机;②新厂区:2台  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机+6台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机+3台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$  射线探伤机+5台 X 射线探伤机。

## 1.4 项目选址及环境保护目标

### 1.4.1 企业地理位置及外环境关系

本项目实施于浙江宏泰检测技术有限公司新厂区内，位于温州市永嘉县瓯北街道五星工业区，项目地理位置见附图 1。为方便描述，以厂区东北侧为北，则该厂区东侧为中国冈野集团有限公司，南侧为浙江稀品流体设备有限公司和永嘉县大洁服装洗涤有限公司，西侧为浙江凯斯通阀门有限公司，北侧隔恒通路为浙江世邦智能制造有限公司，西北侧为温州瓯宜力五金有限公司，西南侧为浙江省永嘉县括苍山花岗岩有限公司，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3，厂区总平面布置见附图 4。

### 1.4.2 探伤室位置及外环境关系

本项目 2 间探伤室位于生产厂房一层，南北方向并排设置。该厂房为不规则建筑，其中生产车间区域为 3 层，办公辅助用房区域为 5 层。1#探伤室东侧为厂区道路，南侧为 2#探伤室，西侧为操作室，北侧为 X 射线机贮存间、材料库和评片室，正上方为仓库，正下方为土层；2#探伤室东侧为厂区道路，南侧为晾片室和危废暂存间；西侧为暗室（湿）、暗室（干）和操作室，北侧为 1#探伤室，正上方为仓库，正下方为土层，无地下室。探伤室所在一层车间和二层车间布局图见附图 5 和附图 6。

本报告将 2 间探伤室视作一个整体场所，则探伤场所东侧约 12m 为中国冈野集团有限公司；南侧约 1m 为浙江稀品流体设备有限公司，约 6m 为永嘉县大洁服装洗涤有限公司；西侧约 2m 为仓库 1 和仓库 2，约 4m 为车间仓库，约 40m 为浙江凯斯通阀门有限公司；北侧约 4m 为办公室，约 12m 为恒通路，约 25m 为浙江世邦智能制造有限公司；西北侧约 35m 为温州瓯宜力五金有限公司。

### 1.4.3 含源 $\gamma$ 射线探伤机存储位置及外环境关系

本项目  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机不作业时，临时贮存在 1#探伤室内的储源坑（编号 1#与 2#）。 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - $\gamma$  射线探伤机不作业时，临时贮存在放射源库的储源坑内，建筑面积约  $5.9\text{m}^2$ ，库内拟设 10 个储源坑。放射源库位于生产车间一层，其东侧为监控区，南侧为仓库 2，西侧为仓库，北侧为车间过道，约 2m 为办公室，正上方隔开放空间为二层仓库，正下方为土层，无地下室，具体位置见附图 4。同时，为了实际使用方便，1#探伤室内设 1 个备用储源坑（编号 2#），2#探伤室内设 2 个备用储源坑（编号 3#和 4#），均用于  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机不固定式探伤作业时的临时存放。

### 1.4.4 X 射线机探伤机存储位置及外环境关系



本项目 X 射线探伤机不作业时，全部贮存在 X 射线机贮存间，建筑面积约 8.4m<sup>2</sup>。X 射线机贮存间位于生产车间一层，其东侧为评片室，南侧为 1#探伤室，西侧为放射源库，北侧为车间过道，正上方隔开放空间为仓库，正下方为土层，无地下室，具体位置见附图 4。该贮存间仅为 X 射线探伤机不作业的临时贮存，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。同时，X 射线探伤机不开机状态下，对周围环境不会产生辐射影响。因此，X 射线机贮存间的位置合理可行。

#### 1.4.5 洗片和评片及危废暂存间位置

本项目固定式探伤和温州市内移动式探伤项目部均固定在新厂区的暗室和评片室内完成洗片和评片工作，废显（定）液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，最终委托有资质的单位处理处置。暗室位于 2#探伤室的西侧，由干湿两间组成，建筑面积约 21.3m<sup>2</sup>；评片室位于 1#探伤室北侧，建筑面积约 18.4m<sup>2</sup>；危废暂存间位于 2#探伤室的南侧，建筑面积约 6.3m<sup>2</sup>，具体位置见附图 4。

温州市外移动式探伤项目部均设有单独的临时性暗室，曝光后的探伤胶片不运回公司新厂区的暗室进行洗片，临时性暗室的建设和管理要求参考新厂区的危废暂存间。产生的各类危废就近处理，委托当地有资质单位处理处置。

#### 1.4.6 移动探伤作业地点

本项目 X、 $\gamma$  射线移动探伤无确定的作业地点，根据承接项目的需要，在施工现场进行，具体操作地点的选择严格按照公司管理制度进行。

#### 1.4.7 周边环境保护目标

##### （1）固定式探伤

本项目固定式探伤环境保护目标主要为 1#和 2#探伤室评价范围 50m 内公司从事放射源管理和 X、 $\gamma$  射线固定式探伤操作的辐射工作人员及周围公众成员。

##### （2）移动式探伤

本项目移动探伤作业地点不固定，故 X、 $\gamma$  射线探伤机在工作条件下的环境保护目标是不定的。移动式探伤环境保护目标为评价范围内活动的辐射工作人员和公众成员。辐射工作人员为放射源库管理人员、参与含源  $\gamma$  射线探伤机运输的驾驶员和押运员、X、 $\gamma$  射线移动探伤操作人员；公众成员为放射源库周围、运输车辆周围、移动探伤工作场所周围的普通公众人员及新厂区内其他非辐射工作人员。

#### 1.4.8 相关规划符合性

##### （1）用地规划符合性

根据瓯北东瓯片控制性详细规划——土地利用规划图（见附图 13）和建设单位提供的不动

产权证（见附件 5），本项目用地性质为工业用地，符合用地规划要求。

(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”是指生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单。本项目“三线一单”符合性判定情况见表 1-3。

表 1-3 “三线一单”符合性分析

生态 保护红线	<p>①根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2080号）要求，“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海报批的依据。其中“三区”具体指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应应在城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。对照《永嘉县三线分布图》（见附图 14），本项目位于城镇开发边界，在现有厂区内实施建设，用地性质为工业用地，不涉及生态保护红线和永久基本农田，符合永嘉县“三区三线”划定方案的要求。</p> <p>②结合《永嘉县“三线一单”生态环境分区管控方案》和《永嘉县生态保护红线分布图》（见附图 15），本项不在划定的生态保护红线内，符合生态保护红线的要求。</p>
环境 质量底线	<p>经现场检测，本项目拟建址及周围环境的 <math>\gamma</math> 辐射空气吸收剂量率均处于当地本底水平，未见异常。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。“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可做到达标排放，符合环境质量底线要求。</p>
资源 利用上线	<p>本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。</p>
生态环境 准入清单	<p>根据《永嘉县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于浙江省温州市永嘉沿江产业集聚重点管控区（单元编码：ZH33032420001，见附图16），生态环境准入清单管理要求如下：</p> <p>①空间布局约束 限定三类工业布局，禁止新建、扩建不符合当地主导（传统、特色）产业的三类工业建设项目。合理规划生活区与工业区。严格执行畜禽养殖禁养区和限养区规定。</p> <p>②污染物排放管控 新建三类工业项目污染物排放水平需达到同行业国内先进水平。</p> <p>③环境风险防控 在居住区和工业园、工业企业之间设置隔离带，确保人居环境安全和群众身体健康。</p> <p>④资源开发效率要求：/。</p> <p>本项目为核技术利用建设项目，主要从事探伤作业，非生产型项目，不属于《永嘉县“三线一单”生态环境分区管控方案》工业项目分类表中的工业项目，且项目利用现有已建建筑开展工作，不改变土地现状。经营过程中污染物简单，排放量较小，“三废”污染物皆可控制和处理，故项目运营后对周围环境不会产生较大影响。同时，公司已制定《辐射事故应急预案》，并设置辐射事故应急小组和应急物资，具备完善的风险防范措施。因此，本项目的实施符合《永嘉县“三线一单”生态环境分区管控方案》的管控要求。</p>

因此，本项目符合“三线一单”的建设要求。

### 1.4.9 选址合理性分析

本项目探伤室和放射源库评价范围 50m 内主要为浙江宏泰检测技术有限公司内生产厂房、恒通路及周围企业（中国冈野集团有限公司、永嘉县大洁服装洗涤有限公司、浙江稀品流体设备有限公司、浙江凯斯通阀门有限公司、浙江省永嘉县括苍山花岗岩有限公司、浙江世邦智能制造有限公司、温州瓯宜力五金有限公司等），均无居民点和学校等环境敏感点。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，本项目探伤室和放射源库的选址基本合理可行。

### 1.5 产业政策符合性分析

结合国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》，本项目属于第一类鼓励类中第三十一项“科技服务业”第 1 条“工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”，符合国家产业政策的要求。

### 1.6 实践正当性分析

本项目实施的目的是为了对外开展各项无损检测业务，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其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》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

### 1.7 原有核技术利用项目许可情况

#### 1.7.1 原有核技术利用项目环评、许可和验收情况

公司持有有效的《辐射安全许可证》（见附件 3），证书编号：浙环辐证（C0004），种类和范围：使用 II 类放射源，使用 II 类射线装置，已许可的作业设备为 3 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和 5 台 X 射线探伤机，均用于固定式探伤。由于存在放射源退役及换源周期问题，公司实际持有 1 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和 5 台 X 射线探伤机。所有探伤装置均通过环评审批和竣工环保验收。现有已许可的放射源和射线装置台账明细见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 公司现有已许可的放射源台账明细表

序号	核素名称	类别	数量	出厂活度 (Bq)	出厂日期	标号	编码	用途	工作场所	使用状态
1	$^{192}\text{Ir}$	II 类	1 枚	3.70E+12	2022.08.22	S21321	0322IR013922	固定	老厂	正常

式探 伤	区探 伤室	使用
---------	----------	----

**表 1-5 公司现有已许可的射线装置台账明细表**

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	使用 状态
1	X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	XXQ-2005	200	5	固定式 探伤	老厂区 探伤室	正常 使用
2	X 射线探伤机 (定向)		2 台	XXQ-2505	250	5			
3	X 射线探伤机 (周向)		1 台	XXHA-2505	250	5			
4	X 射线探伤机 (定向)		1 台	XXQ-3005	300	5			

### 1.7.2 辐射安全管理现状

#### 1、现有辐射安全管理机构的设置

公司已成立以姜志林为组长的辐射安全管理小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。小组人员组成上涵盖了现有核技术利用项目涉及的部门，在框架上基本符合要求；明确了相关负责人和各成员及其职责，内容较为完善，见附件6。

#### 2、现有辐射安全规章制度的制定

公司开展固定式探伤工作多年，已制定《辐射防护和安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全管理组织架构和岗位职责》、《操作规程》、《X、γ射线探伤机使用登记制度》、《X、γ射线探伤设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训、体检及保健制度》、《放射源订购、运输及退役处理制度》、《储源场所安全防护制度》、《辐射防护年度评估制度》、《辐射安全许可证变更及注销制度》、《辐射防护措施》、《自行检查及年度监测方案》、《辐射事故应急预案》及《辐射台账管理制度》等规章制度，见附件7。

公司现有辐射管理制度较为全面，符合相关要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

#### 3、现有辐射工作人员管理

据统计，公司现有辐射工作人员合计 5 名，现状管理情况见附件 8。

(1) 现有辐射工作人员均持合格的辐射防护成绩报告单，且在有效期内，符合持证上岗的要求。其中 4 人培训类别为“X 射线探伤”与“γ 射线探伤”类别，1 人培训类别为“X 射线探伤”。

(2) 现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，已委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案。根据建设单位提供的最近一年连续四个季度的个人剂量档案，单名辐射工作人员的年有效剂量为(0.040~0.316) mSv/a，符合项目剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对辐射工作人员“剂量限值”的要求。

(3) 现有辐射工作人员均已开展职业健康体检，并建立了职业健康监护档案。辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过2年。根据公司提供的职业健康体检报告(2021-2023年度)，在岗辐射工作人员均可继续从事放射性工作，健康无异常。

#### 4、现有辐射监测仪器与防护用品

公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，老厂区现有辐射监测仪器与防护用品统计清单见表1-6，可以满足现阶段的固定式探伤工作要求。

**表 1-6 老厂区现有辐射监测仪器与防护用品清单**

序号	名称	数量
1	个人剂量计	5枚
2	个人剂量报警仪	2台
3	射线剂量报警器(监测仪)	1台
4	在线辐射安全报警仪	1台
5	铅防护头盔、铅防护颈套、铅防护眼镜、铅防护裤、铅防护衣、铅防护手套	各1套

#### 5、现有“三废”处理

公司现有核技术利用项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生，“三废”污染物主要为废旧放射源、报废的 $\gamma$ 射线探伤机、探伤洗片和评片过程中产生的废显(定)影液、废胶片、洗片废液及臭氧和氮氧化物等，具体处置措施落实情况如下：

(1) 公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了放射性同位素转让及废旧放射源返回协议，见附件11。废旧放射源均按国家相关法律规定及时返回到放射源生产单位进行收贮，废旧放射源回收(收贮)备案表见附件12。

(2) 根据《关于印发〈关于 $\gamma$ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》(环发〔2007〕8号) $\gamma$ 射线探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的 $\gamma$ 射线探伤装置。对于超过安全使用年限的 $\gamma$ 射线探伤机，公司严格执行相关报废工作。公司开展 $\gamma$ 射线固定式探伤以来，合计报废1台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机，均交于探伤设备生产厂家(海门伽玛星探伤设备有限公司)进行报废处置，相关报废证明见附件13。

(3) 老厂区已设1间规范的危废暂存间，废显(定)影液、废胶片、洗片废液等危险废物

集中收集后统一交由有资质单位进行处理,根据公司提供的 2023 年危险废物转移联单,公司 2023 年共处置危废 0.3t;公司已与浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司签订了危废委托收集、贮存与转运协议,浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司又与温州市环境发展有限公司签订了危废委托处置合同,相关合同见附件 14。

(4) 现有探伤室已设置机械排风系统,少量的臭氧和氮氧化物通过风管引至室外,对周围环境影响较小。

#### 6、现有辐射安全防护措施落实情况

老厂区现有探伤室已设警示灯、声音提示装置、门-机联锁、灯-机联锁、急停按钮、视频监控系統、红外线报警系统、排风系统、固定式辐射剂量监测仪(含报警功能)等辐射安全设施,防护门外 1m 处划定黄色警戒线,可满足辐射安全要求。根据项目实际情况划分了控制区和监督区,采取分区管理,进行积极、有效的管控。

#### 7、辐射安全和防护状况年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,公司已对本单位的放射源和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 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。根据公司提供的 2022 年度辐射安全与防护状况评估报告,主要结论如下:

(1) 2022 年年度内,企业至今未进行任何改扩建;《辐射安全许可证》不存在重新申领和相关内容变更情况;现有辐射安全规定制度严格执行;各项台账记录良好;及时开展了辐射事故应急演练。

(2) 公司已委托浙江亿达检测技术有限公司于 2023 年 1 月 7 日对相关辐射工作场所进行了检测,检测结果均满足相关标准要求。

检测当日,当探伤室仅开机 1 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机(型号: DLTS-B; 编号: 1920094; 源活度: 27.9Ci; 检测时有工件,且工件位于探伤室中心),探伤室(含放射源暂存库)的四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处周围剂量当量率为(0.13~0.17)  $\mu\text{Sv/h}$ ;当探伤室仅开机 1 台 XXH-2505C 型 X 射线探伤机(周向机,额定参数:  $\leq 250\text{kV}$ ,  $\leq 5\text{mA}$ ; 检测工况: 230kV, 5mA, 检测时无工件),探伤室(含放射源暂存库)的四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处周围剂量当量率为(0.17~0.20)  $\mu\text{Sv/h}$ ,均满足现阶段最新标准《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“探伤室的墙体和门屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”与“在公众能接近的距外表面最近处,其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5  $\mu\text{Sv/h}$  或者审管部门批准的控制水平”的要求。

## 8、现有辐射事故应急执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》，并成立了以质保部经理陈加梁为组长的辐射事故应急管理小组，见附件 9。公司每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。根据建设单位提供的资料，公司于 2022 年度开展过一次辐射事故应急演练，演习情况见表 1-7。

**表 1-7 2022 年度辐射事故应急演练内容**

序号	内容	内容
1	演练时间	2022 年 7 月 4 日 15:00
2	演练地点	公司探伤室
3	预设事故场景	探伤室在正常拍片时，1 枚放射源 $^{192}\text{Ir}$ 被卡在探伤室内探伤机导源管内，操作人员用常规电动操作箱控制操作，收不回放射源，操作失败；当班主任立即启动人工机械摇臂式收回放射源入储源罐，又被钢索卡住，第二次收源入罐失败。
4	辐射事故应急救援过程	①立即启动“辐射防护应急预案”，后勤人员通知所有外部人员立即撤离探伤室操作间，拉警戒线，悬挂警戒标志牌。 ②通知所有射线检测人员及外部人员不得进入射线检测操作室，对射线检测操作室进行封锁，悬挂警示牌。 ③安全员向“事故应急领导小组”报告事故“伤员”情况，“事故应急领导小组”向生态环境、卫生、公安部门报告事故情况。 ④当班主任立即带专家进场排除故障。 ⑤对被照射专家送医院检查，后勤人员随专家上 120 救护车去医院体检。 ⑥现场处置人员立即携带辐射剂量监测仪（环境级 X、 $\gamma$ 辐射测量仪）、辐射剂量报警仪、个人剂量计进入探伤室，对辐射剂量进行监测，通过监测数据，确认放射源已经回收。现场处置人员对防护装备进行现场清理。 ⑦取消隔离，现场指挥向总指挥报告，一切正常。 ⑧调查组进行事故调查，出具调查报告。 ⑨公司“事故应急领导小组”作出事故处理意见。

**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
1	<sup>60</sup> Co	3.7×10 <sup>12</sup> Bq×2 枚	II类	使用	固定式探伤	1#探伤室	不作业时,临时贮存于 1#探伤室的储源坑内	拟购, 本次评价
2	<sup>192</sup> Ir	3.7×10 <sup>12</sup> Bq×6 枚	II类	使用	2 枚用固定式探伤; 6 枚用于移动式探伤	1 枚用于 1#探伤室内; 1 枚用于 2#探伤室内; 6 枚用于探伤施工现场	不作业时,临时贮存于 1#探伤室/2#探伤室/放射源库的储源坑内	
3	<sup>75</sup> Se	3.7×10 <sup>12</sup> Bq×3 枚	II类	使用	移动式探伤	探伤施工现场	不作业时,临时贮存于放射源库的储源坑内	

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 射线探伤机 (定向)	II类	1 台	RT-2005T	200	5	移动式探伤	探伤施工现场	拟购，本次评价
2	X 射线探伤机 (周向)	II类	1 台	XXG-2505C	250	5	移动式探伤	探伤施工现场	
3	X 射线探伤机 (定向)	II类	1 台	XXG-2505G	250	5	移动式探伤	探伤施工现场	
4	X 射线探伤机 (周向)	II类	1 台	XXG-3205C	320	5	固定式探伤、移动式探伤	1#探伤室内、探伤施工现场	
5	X 射线探伤机 (定向)	II类	1 台	XXG-3205G	320	5	固定式探伤、移动式探伤	2#探伤室内、探伤施工现场	

(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	最终排放去向
废旧放射源	固态	<sup>60</sup> Co	约 10 年更换一次，废源年产生量为 1 枚/10 年，退役活度为 $9.91 \times 10^{11}$ Bq/枚				暂存于 1#探伤室的储源坑内	由放射源生产单位回收处置。
		<sup>192</sup> Ir	约 5 个月更换一次，废源年产生量为 12 枚/年，退役活度为 $9.08 \times 10^{11}$ Bq/枚				暂存于 1#探伤室/2#探伤室/放射源库的储源坑内	
		<sup>75</sup> Se	约 8 个月更换一次，废源年产生量为 3 枚/年，退役活度为 $9.25 \times 10^{11}$ Bq/枚				暂存于放射源库的储源坑内	
报废的 $\gamma$ 射线探伤机	固态	/	超过 10 年安全使用期限的 $\gamma$ 射线探伤机，拟报废				暂存于放射源库的储源坑内	由 $\gamma$ 射线探伤机生产单位回收处理。
废显（定）影液	液态	/	/	73kg	876kg	/	暂存于危废暂存间内的专用容器内	定期委托有资质的单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	4kg	48kg	/		
洗片废液	液态	/	/	333kg	4000kg	/		
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	放射源贮存及固定式探伤过程产生的臭氧和氮氧化物由机械排风系统引至室外，直接排放于大气环境；移动式探伤过程产生的臭氧和氮氧化物量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

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

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

**表 6 评价依据**

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014 年修订）》，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) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》，主席令第四十三号，2020 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《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>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(7) 《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>(8) 《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>(9) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令 562 号，2010 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 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、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(13) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，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>(14) 《放射性物品运输安全许可管理办法（2021 年修改）》，生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(15) 《放射性物品道路运输管理规定（2016 年修改）》，交通运输部令 2016 年第 71 号，2016 年 9 月 2 日起施行；</p> <p>(16) 《关于印发〈关于 <math>\gamma</math> 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》，环发〔2007〕8 号，原国家环境保护总局，2007 年 1 月 15 日起施行；</p>
------	---

(17)《关于进一步加强  $\gamma$  射线移动探伤辐射安全管理的通知》，环办函〔2014〕1293号，原环境保护部办公厅，2014年10月10日起施行；

(18)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430号，2016年3月7日起施行；

(19)《关于加强核与辐射安全监管能力建设工作的通知》，环办辐射函〔2017〕1593号，原环境保护部办公厅，2017年10月19日印发；

(20)《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，环办辐射函〔2017〕609号，原环境保护部办公厅，2017年4月21日起施行；

(21)《放射性废物分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告2017年第65号，2018年1月1日起施行；

(22)《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》，国家发展和改革委员会令49号，2021年12月30日起施行；

(23)《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，生态环境部办公厅，2021年11月19日印发；

(24)《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》自然资办函〔2022〕2080号，自然资源部办公厅，2022年9月30日起施行；

(25)《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；

(26)《国家危险废物名录（2021年版）》，生态环境部令15号，2021年1月1日起施行；

(27)《危险废物转移管理办法》，生态环境部令23号，2022年1月1日起施行；

(28)《关于发布〈建设项目危险废物环境影响评价指南〉的公告》，原环境保护部公告2017年第43号，2017年9月1日印发；

(29)《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》，生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日印发；

(30)《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；

(31)《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第

	<p>71号，2022年8月1日起施行；</p> <p>(32)《浙江省固体废物污染环境防治条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第80号，2023年1月1日起施行；</p> <p>(33)《浙江省建设项目环境保护管理办法（2021年修正）》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行；</p> <p>(34)《浙江省辐射环境管理办法（2021年修正）》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行；</p> <p>(35)浙江省生态环境厅关于发布《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）》的通知，浙环发〔2023〕33号，浙江省生态环境厅，2023年9月9日起实施；</p> <p>(36)《关于印发〈浙江省γ射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》，浙环发〔2022〕30号，浙江省生态环境厅，2023年2月3日起施行；</p> <p>(37)关于印发《永嘉县“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知，永嘉县人民政府，2020年8月印发。</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)，2016年4月1日实施；</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，2003年4月1日实施；</p> <p>(3)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)，2023年3月1日实施；</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，2017年10月27日实施；</p> <p>(5)《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)，2019年4月1日实施；</p> <p>(6)《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ 114-2006)，2007年4月1日实施；</p> <p>(7)《γ射线探伤机》(GB/T 14058-2008)，2009年4月1日实施；</p> <p>(8)《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002)，2003年4月1日实施；</p> <p>(9)《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012)，2012年9月1日实施；</p> <p>(10)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，2020年4月1日实施；</p> <p>(11)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，2021年5月1日实施；</p>

	<p>(12)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021), 2021年5月1日实施;</p> <p>(13)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021), 2021年8月1日实施;</p> <p>(14)《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023), 2023年7月1日实施;</p> <p>(15)《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022), 2023年7月1日实施。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书, 见附件1;</p> <p>(2) 企业提供的与工程建设有关其他设计资料等。</p>

**表 7 保护目标及评价标准**

**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：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）”，结合围”，本项目的辐射污染特点（放射源和射线装置应用项目），故确定本项目评价范围确定如下：

（1）固定式探伤：1#探伤室和2#探伤室实体屏蔽外50m的区域，评价范围示意图具体见附图2。

（2）移动式探伤：①不作业时贮存：放射源库实体屏蔽边界外50m，评价范围示意图见附图2；②运输时：运输车辆外2m范围内；③移动式探伤时，评价范围为各X、γ射线探伤机的最大监督区范围。经理论计算，<sup>192</sup>Ir-γ射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为307m；<sup>75</sup>Se-γ射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为226m；RT-2005型X射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为271m；XXG-2505C、XXG-2505G型X射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为162m；XXG-3205C、XXG-3205G型X射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为160m。

**7.2 保护目标**

（1）根据本项目固定式探伤评价范围、辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目固定式探伤环境保护目标为评价范围50m内从事放射源管理与X、γ射线探伤机操作的辐射工作人员及周围公众成员。

**表7-1 固定式探伤评价范围内环境保护目标分布表**

辐射工作场所名称	环境保护目标		方位	与探伤室的最近距离（m）	人数	保护要求
1#探伤室、2#探伤室	职业人员	探伤室内储源坑	内部	0	2人	剂量约束值 ≤5mSv/a
		放射源出入库管理				
	公众成员	操作室、暗室（干）、暗室（湿）、晾片室、评片室	西	0	4人	剂量约束值 ≤0.25mSv/a
		厂区道路	东	0	5人/d	
		中国冈野集团有限公司		12	100人	
		危废暂存间	南	0	1人/d	
		浙江稀品流体设备有限公司		1	50人	
永嘉县大洁服装洗涤有限公司	6	50人				
仓库 1	西	2	1人/d			

		仓库 2		2	1人/d
		仓库		4	2人/d
		浙江凯斯通阀门有限公司		40	70人
		车间过道	北	3	5人/d
		办公室（共五层）		5	30人
		恒通路		12	20人/d
		浙江世邦智能制造有限公司		25	70人
		温州瓯宜力五金有限公司	西北	35	70人
		二层仓库	上方	0	2人/d
三层仓库	上方	4	2人/d		

注：①1#探伤室与2#探伤室呈南北方向并列设置，本报告将其视作一个整体的辐射工作场所。

②2间探伤室的正下方均为土层，无地下层，属于人员不可达区域。

(2) 由于移动探伤作业地点不固定，因此 X、 $\gamma$  射线探伤机在工作条件下的环境保护目标是不定的。本项目移动式探伤环境保护目标为评价范围内活动的辐射工作人员和公众成员。辐射工作人员为放射源管理人员、X、 $\gamma$  射线移动探伤操作人员；公众成员为放射源库周围、运输车周围、移动探伤工作场所周围的普通公众人员及新厂区内其他非辐射工作人员。

**表7-2 本项目移动式探伤评价范围内环境保护目标分布表**

保护目标		人数	位置		相对距离 (m)	
职业人员		2人(与固定式探伤为同一套班底)	放射源库内 放射源出入库管理		内部	
		18人	放射源库内及周围		相邻	
			专用运输车辆内及周围		相邻	
			临时贮存的保险柜周围		相邻	
			移动探伤控制区外		<sup>192</sup> Ir- $\gamma$ 射线探伤机移动探伤时最大控制区理论值为 125m； <sup>75</sup> Se- $\gamma$ 射线探伤机移动探伤时最大监督区理论值为 92m；RT-2005 型 X 射线探伤机移动探伤时最大控制区范围为 112m；XXG-2505C、XXG-2505G 型 X 射线探伤机移动探伤时最大监督区理论值为 67m；XXG-3205C、XXG-3205G 型 X 射线探伤机移动探伤时最大监督区理论值为 66m。	
公众成员	新厂区内非辐射工作	1人/d	放射源库	东	材料库	2
		5人/d			厂区道路	14
		100人			中国冈野集团有限公司	25



人员	1 人/d		南	仓库 2	0
	1 人/d			仓库 1	8
	50 人			永嘉县大洁服装洗涤有限公司	15
	1 人/d		西南	危废暂存间	15
	50 人			浙江稀品流体设备有限公司	16
	2 人/d		西	车间仓库	0
	70 人			浙江凯斯通阀门有限公司	20
	5 人/d		北	车间过道	0
	30 人			办公室（共五层）	2
	20 人/d			恒通路	9
	70 人			浙江世邦智能制造有限公司	22
	70 人		西北	温州瓯宜力五金有限公司	22
	2 人/d		上方	二层仓库	3.4
	2 人/d			三层仓库	7.4
普通公众成员	不定		运输车周围	0~2	
	不定		临时贮存的保险箱周围	0~1	
	不定	移动探伤监督区外、评价范围内	$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机移动探伤时最大监督区理论值为307m； $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机移动探伤时最大监督区理论值为226m；RT-2005型X射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为271m；XXG-2505C、XXG-2505G型X射线探伤机移动探伤时最大监督区理论值为162m；XXG-3205C、XXG-3205G型X射线探伤机移动探伤时最大监督区理论值为160m。		

## 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。

#### 一、剂量限值

##### B1.1 职业照射

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：

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；

## 二、剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)第 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”,本次评价保守取相应剂量限值的 25%作为本项目剂量约束值管理目标,即职业照射剂量约束值为 5mSv/a; 公众照射剂量约束值为 0.25mSv/a。

## 三、辐射工作场所的分区

### 6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区,以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### 6.4.1 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。

### 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。

#### 5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求,在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

#### 5.2 $\gamma$ 射线探伤机

##### 5.2.1 源容器及其传输导管

5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 2 规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。

**表 2 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值**

探伤机类别	探伤机型号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05
固定式	F	1	0.1

### 5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.2 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源，应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确存储安全。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

- a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；
- b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；
- c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  或者审管部门批准的控制水平；
- d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；
- e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。

5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责。

5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。

### 5.2.4 放射源的运输和移动

5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB 11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要

求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

5.2.4.2 含源装置应置于储存设施内运输，只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后  
方能移动。

5.2.4.3 在不涉及公用道路的厂区内移动时，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于  
人员监视之下。

### 5.2.5 废旧放射源的处理

使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议  
规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门  
的具体规定，相关文件记录应归档保存。

### 6.1 探伤室放射防护要求

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

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 屏蔽体外 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-机连锁装置，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-机连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连锁。

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 移动式探伤的放射防护要求

### 7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7 h，控制区边界周围剂量当量率应按公式 (1) 计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \dots \dots \dots (1)$$

式中： $\dot{H}$ ——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ )；

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即  $100\mu\text{Sv/周}$ ；

$\tau$ ——每周实际开机时间，单位为小时 (h)。

b) 对于  $\gamma$  射线探伤，控制区距离的估算方法参见本标准附录 A。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范

围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式X- $\gamma$ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X射线发生器控制面板或 $\gamma$ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

### 7.2.3 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）

本标准规定了常规运输条件、正常运输条件和运输事故条件下放射性物品运输安全要求。本标准适用于放射性物品（包括伴随使用的放射性物质）的陆地、水上和空中任何方式的运输。

8.4.2.3 应按下述要求控制货物集装箱的装载及货包、集合包装和货物集装箱的存放：

b) 在常规运输条件下，运输工具外表面上任一点的辐射水平应不超过 $2\text{mSv/h}$ ，在距运输工具外表面 $2\text{m}$ 处的辐射水平应不超过 $0.1\text{mSv/h}$ 。

### 7.3.4 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）

本标准规定了剧毒化学品、放射源存放场地（部位）风险等级划分与治安防范级别、治安防范要求和管理要求。本标准适用于剧毒化学品、放射源存放场所（部位）治安防范系统设计、建设、验收和管理。

#### 5.2 实体防护要求

5.2.1 存放场所的建筑结构、配电设施、通风设施应符合 GB 15603 的要求。

5.2.2 存入场所（部位）的防盗安全门应符合 GB 17565 的要求，其防盗安全级别为乙级（含）以上；防盗锁应符合 GA/T 73 的要求；防盗保险柜应符合 GB 10409 的要求。

5.2.3 存放场所（部位）应设置明显的剧毒、电离辐射警告标志。

5.2.4 一、二级风险的库房墙壁应采取混凝土或实心砖墙建造，墙壁厚度应不小于

250mm，顶部应采用现浇钢筋混凝土或钢筋混凝土楼板建造，厚度不小于 160mm。

5.2.5 库房出入口、保卫值班室出入口和监控中心出入口应设置防盗安全门。

5.2.6 库房、保卫值班室、监控中心的窗口，通风口应设置防盗栅栏。钢筋栅栏应采用直径不小于 12mm 的实心钢筋；钢管栅栏应采用直径不小于 20mm，厚度不小于 2mm 的钢管；钢板栅栏应采用单根截面积不小于 8mm×20mm 的钢筋（钢管、钢板）。相邻钢筋（钢管、钢板）间隔应不小于 100mm，高度每超过 800mm 的应在中点处再加一道横向钢筋（钢管、钢板）。防盗栅栏应采用直径不小于 12mm 的膨胀螺栓固定，安装应牢固可靠。

### 7.3.5 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）

本标准规定了危险废物贮存污染控制的总体要求、贮存设施选址和污染控制要求、容器和包装物污染控制要求、贮存过程污染控制要求，以及污染物排放、环境监测、环境应急、实施与监督等环境管理要求。

6.1.1 贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。

6.1.2 贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。

6.1.3 贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。

6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于  $10^{-7}$  cm/s），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于  $10^{-10}$  cm/s），或其他防渗性能等效的材料。

6.1.5 同一贮存设施宜采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料应覆盖所有可能与废物及其渗滤液、渗漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

### 7.3.6 管理目标

（1）剂量约束值

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，确定本项目有效剂量约束值：职业人员个人剂量约束值为5mSv/a，公众成员个人剂量约束值为0.25mSv/a。

#### （2）探伤室周围剂量当量率控制水平

本项目2间探伤室位于生产车间一层，正上方为二层仓库，正下方为土层，无地下室。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第6.1.3条款和6.1.4条款，本项目探伤室的墙体、门及探伤室顶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 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于5 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/h。

#### （3）放射源贮存设施周围剂量当量率控制水平

本项目放射源库位于生产车间一层，正上方隔开放空间为二层仓库，正下方为土层，无地下室。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第5.2.3.3条款：c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽能使该处周围剂量当量率小于2.5 $\mu$ Sv/h或者审管部门批准的控制水平，本项目放射源库的四侧墙体、防护门和顶棚外30cm处及探伤室内储源坑表面外30cm处周围剂量当量率控制限值均为2.5 $\mu$ Sv/h。

源库实体屏蔽围成的内部区域为控制区，属于公众不可达区域。基于辐射安全管理，本报告从严处理，将源库内储源坑表面外30cm处周围剂量当量率控制限值按2.5 $\mu$ Sv/h进行管理。

#### （4）移动探伤控制区和监督区边界限值

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第7.2.2条款和7.2.8条款，本项目单组X射线移动探伤周最大曝光时间为5h，小于7h，故可判断出X射线移动探伤时控制区边界限值为15 $\mu$ Sv/h，监督区边界限值为2.5 $\mu$ Sv/h。同时， $\gamma$ 射线移动探伤时控制区边界限值为15 $\mu$ Sv/h，监督区边界限值为2.5 $\mu$ Sv/h；

#### （5）工作场所中臭氧和氮氧化物控制水平

根据《工作场所所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第1号修改单的表1工作场所空气中化学有害因素职业接触限值，本项目探伤工作场所空气中O<sub>3</sub>最高容许浓度为0.3mg/m<sup>3</sup>，NO<sub>x</sub>时间加权平均容许浓度为5mg/m<sup>3</sup>。



**表 8 环境质量和辐射现状**

## **8.1 项目地理和场所位置**

### **8.1.1 地理位置**

本项目实施于浙江宏泰检测技术有限公司新厂区内，位于温州市永嘉县瓯北街道五星工业区，项目地理位置见附图 1。为方便描述，以厂区东北侧为北，则该厂区东侧为中国冈野集团有限公司，南侧为浙江稀品流体设备有限公司，西侧为浙江凯斯通阀门有限公司，北侧隔恒通路为浙江世邦智能制造有限公司，西北侧为温州瓯宜力五金有限公司，西南侧为浙江省永嘉县括苍山花岗岩有限公司，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3。

### **8.1.2 场所位置**

本项目 2 间探伤室位于生产厂房一层，南北方向并排设置。该厂房为不规则建筑，其中生产车间区域为 3 层，办公辅助用房区域为 5 层。1#探伤室东侧为厂区道路，南侧为 2#探伤室，西侧为操作室，北侧为 X 射线机贮存间、材料库和评片室，正上方为仓库，正下方为土层；2#探伤室东侧为厂区道路，南侧为晾片室和危废暂存间；西侧为暗室（湿）、暗室（干）和操作室，北侧为 1#探伤室，正上方为仓库，正下方为土层，无地下室。

放射源库位于生产车间一层，其东侧为监控区，南侧为仓库 2，西侧为仓库，北侧为车间过道，约 2m 为办公室，正上方隔开放空间为二层仓库，正下方为土层，无地下室。

## **8.2 环境现状评价对象**

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：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为探伤室拟建址及周围环境。

## **8.3 辐射环境质量现状**

### **8.3.1 固定式探伤工作场所**

#### **1、检测目的**

通过现场检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。

#### **2、检测因子**

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

#### **3、检测点位**

根据《环境γ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，对本项目探伤室拟建址及周围环境进行检测布点，布点情况见附图17，辐射环境本底检测报告及检测资质证书见附件15。

#### 4、检测方案

- (1) 检测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- (2) 检测时间：2023年4月6日；
- (3) 检测方式：现场检测；
- (4) 检测依据：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 检测频次：仪器读数稳定后，以约10s的间隔读取10个数据；
- (6) 检测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室内温度：25℃；室外温度：28℃；相对湿度：57%；
- (8) 检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表8-1。

**表 8-1 检测仪器的参数与规范**

仪器名称	X、γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H（内置探头：6150AD-b/H；外置探头：6150AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05μSv/h~99.99μSv/h；外置探头：0.01μSv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV≤±30%；外置探头：60keV-1.3MeV≤±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 <sub>f</sub>	1.05
探测限	≥10nSv/h

#### 5、质量保证措施

根据《环境γ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）及《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）等标准中有关电离辐射环境监测质量保证的通用要求、实验室的质量要求文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书、记录表格）和质量证明文件（包括人员培训考核记录、仪器设备检定/校准证书、监测过程质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录）实行全过程质量控制，保证此次检测结果科学、有效。本次环境现状检测质量保证主要内容有：

- (1) 检测机构通过了计量认证。
- (2) 检测前制定了详细的检测方案及实施细则。

(3) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。

(4) 检测所用仪器已通过计量部门检定/校准合格，且在检定/校准有效使用期内使用。检测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行。

(5) 检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有合格证书上岗。

(6) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(7) 现场检测严格按照规定的检测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和检测数据。

(8) 建立完整的文件资料。仪器校准说明书、检测方案、检测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查。

(9) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

## 6、检测结果及评价

检测结果见表8-2。

表8-2 本项目探伤室拟建址及周围环境辐射本底检测结果

点位编号	点位描述	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)	备注
		平均值	
1#	1#探伤室拟建址东侧	79	室外
2#	2#探伤室拟建址东侧	81	室外
3#	2#探伤室拟建址南侧 (危废暂存间)	112	室内
4#	2#探伤室拟建址南侧 (晾片室)	109	室内
5#	2#探伤室拟建址西侧 (暗室 (湿))	125	室内
6#	2#探伤室拟建址西侧 (暗室 (干))	119	室内
7#	1#探伤室拟建址西侧 (操作室)	112	室内
8#	1#探伤室拟建址北侧 (X射线机临时贮存间)	122	室内
9#	1#探伤室拟建址北侧 (材料库)	116	室内
10#	1#探伤室拟建址北侧 (评片室)	111	室内
11#	1#探伤室内储源坑拟建址	118	室内
12#	2#探伤室内储源坑拟建址	123	室内
13#	办公室	105	室内
14#	办公室	109	室内
15#	办公室	105	室内
16#	放射源库拟建址	130	室内
17#	仓库2	133	室内
18#	仓库1	131	室内
19#	仓库	129	室内

20#	1#探伤室拟建址上方（二层仓库）	105	室内
21#	2#探伤室拟建址上方（二层仓库）	111	室内
22#	中国冈野集团有限公司	88	室外
23#	永嘉县大洁服装洗涤有限公司	84	室外
24#	浙江稀品流体设备有限公司	84	室外
25#	浙江省永嘉县括苍山花岗岩有限公司	98	室外
26#	浙江凯斯通阀门有限公司	79	室外
27#	恒通路	88	室外
28#	浙江世邦智能制造有限公司	81	室外
29#	温州瓯宜力五金有限公司	80	室外

注：根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第5.5条款，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 JIG393，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。

② $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率均已扣除宇宙射线响应值28.18nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，1#~2#、22#~29#点位取 1，其余点位取0.8。

由表8-2可知，本项目探伤室拟建址各检测点位室内的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率范围为（105~133）nGy/h；室外的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率范围为（79~98）nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》可知，温州室内 $\gamma$ 辐射剂量率范围为（73~198）nGy/h，道路上 $\gamma$ 辐射剂量率范围为（36~154）nGy/h，可见该辐射场所拟建址的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

### 8.3.2 移动式探伤作业场所

本项目使用 X、 $\gamma$  射线探伤机进行移动探伤，由于其涉及的待检测项目具体地点不固定，故本次评价未对其进行环境现状监测。

本项目移动探伤作业区域为全国各地，参考《2022 年中国生态环境状况公报》，2022 年全国环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境  $\gamma$  辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。同时参考浙江省生态环境厅发布的《2022 年浙江省生态环境状况公报》，全省环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境  $\gamma$  辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 建设阶段工程分析

### 9.1.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目建设阶段主要为探伤室及辅助用房的土建施工以及设备安装调试阶段，具体工艺流程及产污环节见表 9-1。

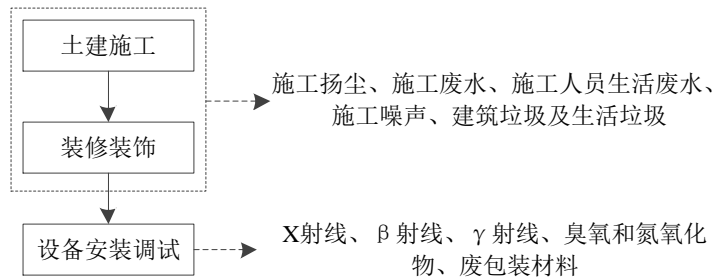


图 9-1 建设阶段工艺流程及产污环节示意图

### 9.1.2 建设阶段污染源项

本项目建设阶段污染源项为主要污染因子为施工扬尘、施工废水、施工人员生活污水、施工噪声、建筑垃圾及生活垃圾。设备安装调试阶段主要污染因子为 X 射线、β 射线、γ 射线、臭氧和氮氧化物及包装废弃物。本项目施工作业范围有限，施工期较短，因此其对周围环境的影响是短暂的。随着施工期的结束，其环境影响也将不复存在。

## 9.2 工程设备和工艺分析

### 9.2.1 γ 射线探伤机

#### 1、设备组成及工作方式

γ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置启动延迟时间、输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相过程。

典型 γ 射线探伤设备外观见图 9-2~图 9-4，内部结构见图 9-5。



图 9-2 典型  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机外观图



图 9-3 典型  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机外观图

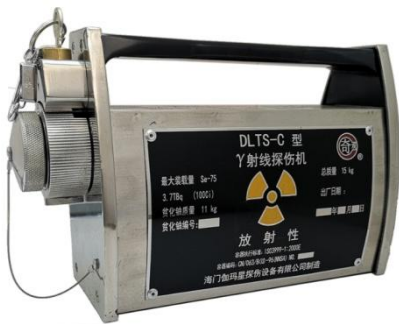


图 9-4 典型  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$  射线探伤机外观图

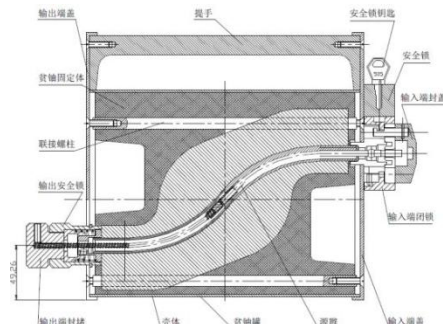


图 9-5 典型  $\gamma$  射线探伤机内部结构示意图

## 2、设备性能参数

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的  $\gamma$  射线探伤机性能参数见表 9-2。

表 9-1  $\gamma$  射线探伤机技术参数

设备类型	$^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机	$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机	$^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机
探伤机类别	移动式 (M)	便携式 (P)	便携式 (P)
核素名称	$^{60}\text{Co}$	$^{192}\text{Ir}$	$^{75}\text{Se}$
核素形态	固态密封源	固态密封源	固态密封源
额定装源活度	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ (100Ci)	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ (100Ci)	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ (100Ci)
距源容器表面 5cm 处的最大周围剂量当量率	1mSv/h	0.5mSv/h	0.5mSv/h
距源容器表面 100cm 处的最大周围剂量当量率	0.05mSv/h	0.02mSv/h	0.02mSv/h
透照厚度 (A3 钢)	40~200mm	20~100mm	10~40mm
射线源焦点	$\phi 4 \times 4$	$\phi 2 \times 2$ 、 $\phi 3 \times 3$	$\phi 2.5 \times 2.5$ 、 $\phi 3 \times 3$
输源软管长度	6.3m	6.3m	6.3m
控制部件导管长度	10~15m	10~15m	10~12m
机体重量	205kg	25kg	9.6kg
机体外形尺寸	530mm×374mm×303mm	350mm×130mm×240mm	220mm×105mm×175mm
出源与回源方式	电动+手动	电动+手动	电动+手动

### 3、工作原理

$\gamma$  射线探伤机在工作过程中，通过密封源  $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$  产生的  $\gamma$  射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像，显示裂缝所在位置， $\gamma$  射线探伤机据此实现探伤目的。

### 4、 $\gamma$ 射线探伤工艺流程及产污环节

#### (1) 放射源领取

固定式探伤前，由探伤操作人员到探伤室内的储源坑领取含源  $\gamma$  射线探伤机；移动式探伤前，由现场安全员到放射源库领取含源  $\gamma$  射线探伤机，领用均须填写《放射源出入库登记表》。源库管理员（2 名）进入探伤室内/放射源库，其中一名管理人员打开一个储源坑的铅盖，取出其中的含源  $\gamma$  射线探伤机，并用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行检测，确认探伤机内有源，合上储源坑的铅盖，同时记录检测值。源库管理员将取出的含源  $\gamma$  射线探伤机在全程监控下交接给探伤操作人员，由其开展下一步的固定式探伤工作。源库管理员将取出的含源  $\gamma$  射线探伤机在全程监控下交接给现场安全员，现场安全员再把已存放含源  $\gamma$  射线探伤机的铅箱搬运至放射源专用运输车上。探伤工作结束后，含源  $\gamma$  射线探伤机返回放射源库/探伤室内的储源坑，保管人员对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率再次进行检测，并与出库时的检测值对比，确保放射源的存在及处于最佳的屏蔽位置，并做好检测的记录，填写《放射源出入库登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。同时，放射源库和储源坑均实行双人双锁制度，并由 2 名辐射工作人员专职负责放射源的保管工作，制定《放射源使用登记制度》，贮存、领取、使用、归还放射源时，应及时进行登记、检查，做到账物相符，以确保放射源的安全监管，防止放射源意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。

放射源库工作及产污流程见图 9-6。

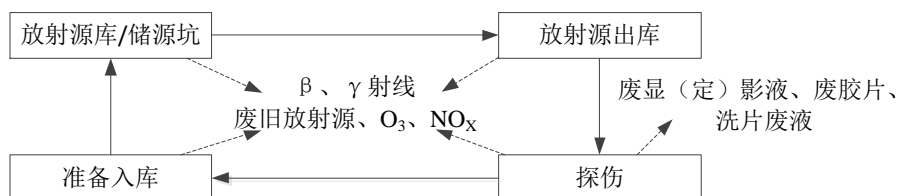


图 9-6 放射源库/储源坑工作及产污流程示意图

#### (2) 固定式探伤

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭探伤室所有防护门，

打开固定式场所辐射探测报警装置，随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。将需要进行 $\gamma$ 射线探伤的工件放置于平板轨道车上，送入探伤室内，设置适当位置。在工件待检部位布设胶片并加以编号完毕后，放射源保管人员将含源 $\gamma$ 射线探伤机从储源坑内取出并交于探伤操作人员，探伤操作人员再将 $\gamma$ 射线探伤机放置工件附近，安装 $\gamma$ 射线探伤机，将控制部件和输源导管连接好，开启探伤机闭锁装置。工作人员清场退出探伤室，关闭探伤室所有防护门。工作人员在操作室内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板电动驱动，将放射源推送至曝光位置进行曝光。待曝光结束后，通过电动装置再将放射源收回探伤机贮源位，放射源回位后关闭安全锁。工作人员打开防护门进入探伤室，将含源 $\gamma$ 射线探伤机交由放射源保管人员放回储源坑，收取工件上的贴片。经洗片、评片，给出无损检测结果。

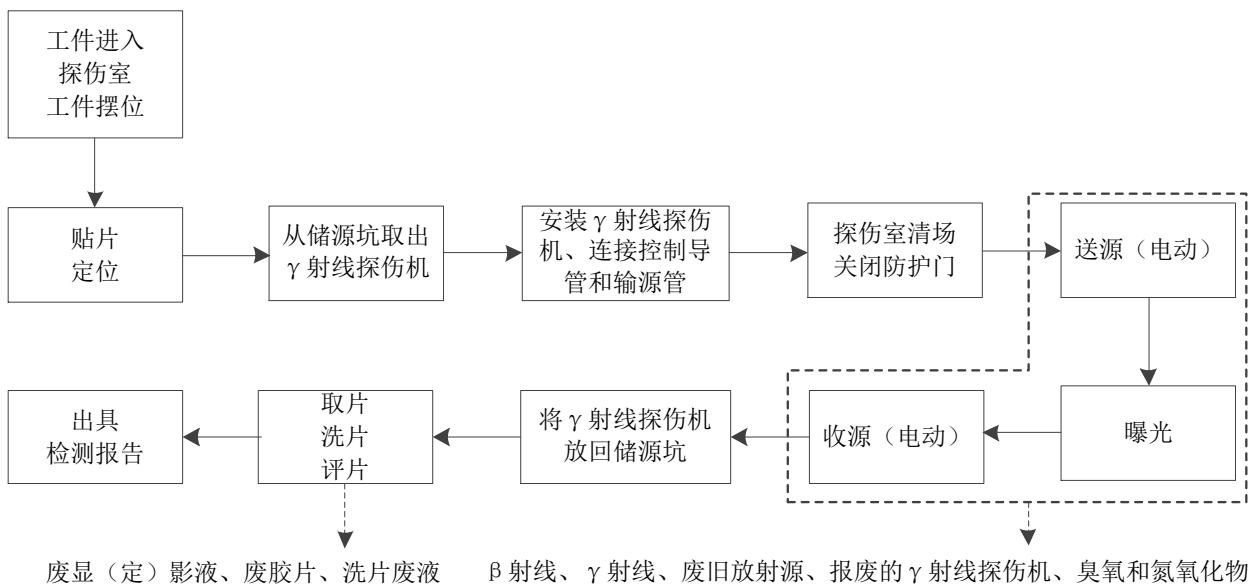


图 9-7  $\gamma$ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

### (3) 移动式探伤

①公司接到工程探伤检测委托业务后，在探伤之前，根据几何不清晰度要求，算出照射距离，确定放射源的位置；根据底片黑度要求，算出照射时间。根据放射源活度理论估算出控制区及监督区的边界距离，通过委托方（或探伤实施单位）把探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容以张贴公告的方式告知探伤场所附近公众。

②对划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，对监督区边界范围内区域进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外。在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 $\gamma$ 射线探伤机联锁，边界处拉起警戒绳。监督区边界



上张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。在清理完现场，确认场内无其他人员后，工作人员离开控制区，在监督区边界附近进行警戒。在试运行（第一次曝光）期间，用便携式X-γ剂量率仪巡测控制区和监督区边界的周围剂量当量率以证实边界设置正确，必要时调整区域的范围和边界。在移动探伤工作期间，便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态。

③确定照射容器、输源管及遥控器曲柄放置的距离及操作人员的临时屏蔽装置，在检测对象需要检测部位贴好胶片，将γ射线探伤机的照射头的射线口对准检测对象需要检测部位。

④用便携式X-γ剂量率仪检查确定源在装置内后，连接输源管。将输源管端部三角架固定安放到确定的照射处，确认控制部件、行程记录仪、输源管及各个接口无异常，通过摇动手柄送出放射源，并监视行程记录仪，同时记录照射时间，到预定照射时间后，摇动手柄将放射源收回到照射容器安全位置。

⑤从检测工件上取下已曝光的底片，待暗室冲洗处理后评片，完成一次探伤任务。

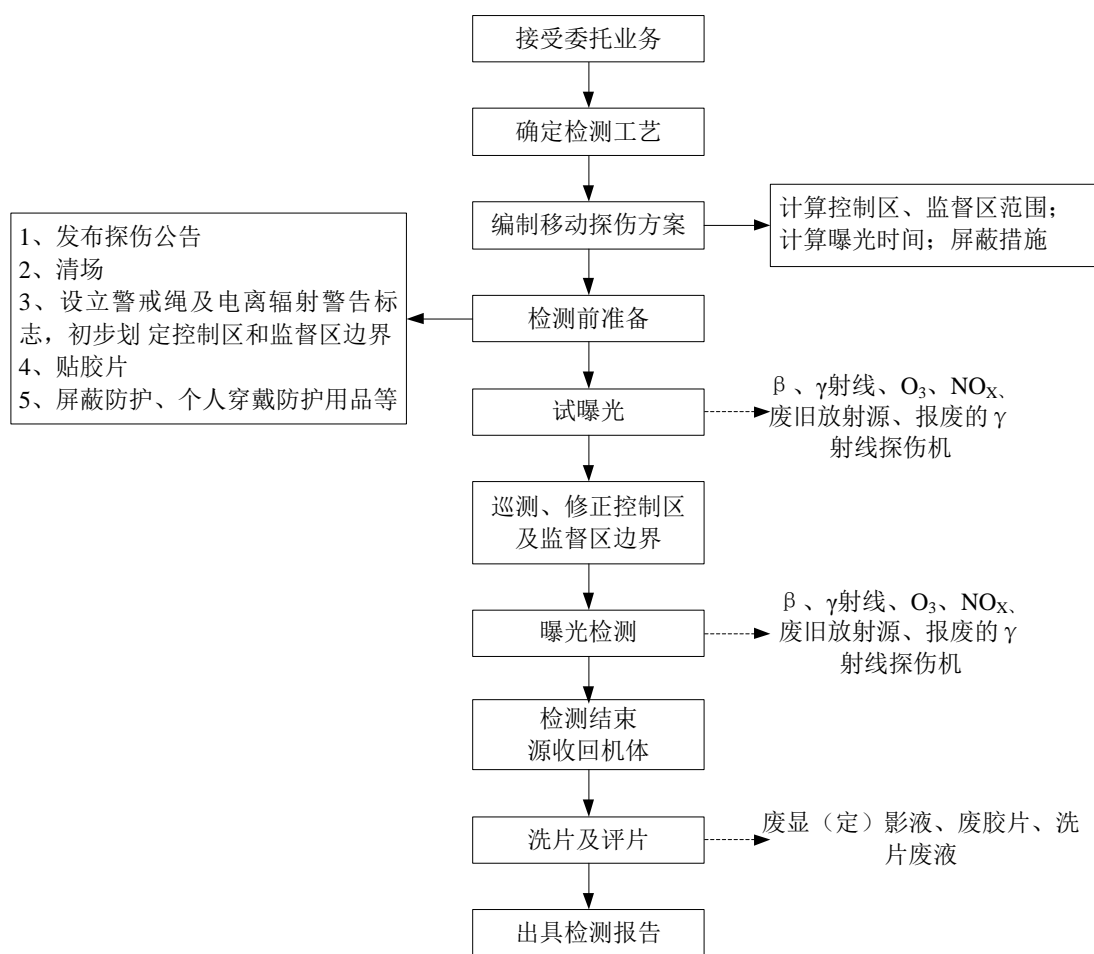


图 9-8 γ 射线移动探伤工艺流程及产污流程示意图

(4) 暗室洗片

探伤检测后将照射过的暗袋放至暗室，在无可见光只有暗室红灯的情况下拆开暗袋，取出胶片放入洗片架，从取出胶片直至定影操作结束，以下所有操作过程均必须在暗室内进行，采用手动洗片的方式。

①显影：将带胶片的洗片夹依次放入显影槽内，视放置位置，保证胶片之间的间隔至少12mm，不要多放，正常显影在20°C时5~8min。显影过程中最好是1min内将胶片作为水平和垂直方向搅动数秒钟。

②停影：在显影结束后，将洗片夹从显影槽内取出，放入流动清水中去除胶片上附着的残留显影液，停影时间控制在0.5~1min。

③定影：将停显后的胶片立即放入定影槽内，注意胶片之间不得互相接触，以免出现叠影。为保证均匀而快速的定影，胶片在刚浸入定影液时以及最初的1min，均应做上下方向的搅动约10min，然后让其在定影中浸渍到定影结束。定影时间至少为底片通透时间的两倍。但对于刚配置不久的定影液，定影时间不得超过15min。

④冲洗：定影完成后，将洗片夹从定影槽中取出，放置在流动水中冲洗20~30min，去除胶片上附着的残留定影液。

⑤干燥：冲洗完成后，将胶片从洗片夹中取出，通过悬挂或其他方式将胶片在环境温度的静止空气或循环空气下进行干燥。

⑥显影液或定影液经过一定数量的胶片处理后，其洗片性能将下降，此时应配置新液替换旧液，废液采用专用防渗容器收集后转移到危废暂存间暂存。

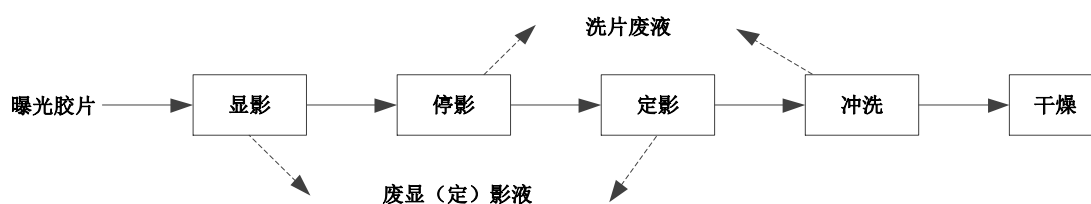


图 9-9 暗室洗片工艺流程及产污环节示意图

综上所述，本项目 $\gamma$ 射线固定式与移动式探伤的主要产污因子为： $\beta$ 、 $\gamma$ 射线、废旧放射源、报废的 $\gamma$ 射线探伤机、臭氧和氮氧化物等非放射性气体及废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

## 5、换源流程

当使用的放射源活度下降至不能满足无损检测需求时，需要更换放射源，换源流程如下：

(1) 放射源使用单位（浙江宏泰检测技术有限公司）按照《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向浙江省生态环境厅申请购买新源，并按要求填报《放射性同位素转让审批表》，

经其批准同意后方可开展购源工作。

(2) 获取浙江省生态环境厅的批准后，放射源使用单位（浙江宏泰检测技术有限公司）委托有放射性物品运输资质的运输单位（浙江省科学器材进出口有限责任公司）将从  $\gamma$  射线探伤机生产厂家处购买的源容器及其相关附件运输至放射源生产单位，在放射源生产单位厂区内由生产单位完成装源工作。

(3) 放射源生产单位委托有资质的运输单位将装有新源的  $\gamma$  射线探伤机运输至放射源使用单位（浙江宏泰检测技术有限公司），同时将装有废源的  $\gamma$  射线探伤机运回放射源生产单位，在生产单位厂区内由生产单位完成倒源工作。放射源使用单位在废源收贮的活动完成之日起 20 日内向浙江省生态环境厅备案。

根据《关于印发〈关于  $\gamma$  射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号文）规定：“探伤装置装源（包括更换放射源）应由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任，放射源生产单位也可委托有能力的单位进行装源操作。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作。放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度”，浙江宏泰检测技术有限公司不得自行进行倒源操作。本项目放射源退役和换源的所有工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责，放射源运输过程中的安全责任由运输单位负责。目前，浙江宏泰检测技术有限公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了“放射源委托运输协议”（见附件 10）与“放射源转让协议与废旧放射源返回协议”（见附件 11）。经核实，浙江省科学器材进出口有限责任公司具备有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证〔A0135〕，种类和范围：销售 II 类、III 类、IV 类、V 类放射源；销售 III 类射线装置，有效期至 2027 年 2 月 20 日；同时具备有效的《中华人民共和国道路运输经营许可证》，证号：浙交运管许可杭字（330101200129）号，经营范围：货运：经营性危险货物运输（第 7 类）（剧毒化学品、国家特别管控危险化学品除外），有效期至 2025 年 8 月 31 日。

因此，本项目的放射源运输方案和废源回收处置方案合理可行。

### 9.2.2X 射线探伤机

#### 1、设备组成及工作方式

本项目 X 射线探伤机主要由 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min。为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1:1 方式工作和休息，确保 X 射线管充分冷却，防止过热。典型 X 射线探伤机外观情况见图 9-10。



图 9-10 典型 X 射线探伤机外观示意图

## 2、设备技术参数

经与建设单位核实，本项目拟购的X射线探伤机技术参数见表9-2。

表9-2 X射线探伤机技术参数

设备类型	X射线探伤机				
设备型号	RT-2005T	XXG-2505C	XXG-2505G	XXG-3205C	XXG-3205G
输出管电压 (kV)	100-200	150~250	150~250	170~320	170~320
输出管电流 (mA)	5	5	5	5	5
辐射角度	40°+5°	40°+5°	40°+5°	40°+5°	40°+5°
最大穿透A3钢 (mm)	30	40	40	50	50
控制电缆线长度 (m)	25	25	25	25	25
出束方式	定向	周向	定向	周向	定向
冷却方式	强迫风冷				
绝缘方式	SF6气体绝缘				
工作方式	间歇工作1:1				

## 3、X射线产生原理

X射线探伤机主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。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X射线管结构见图9-11。

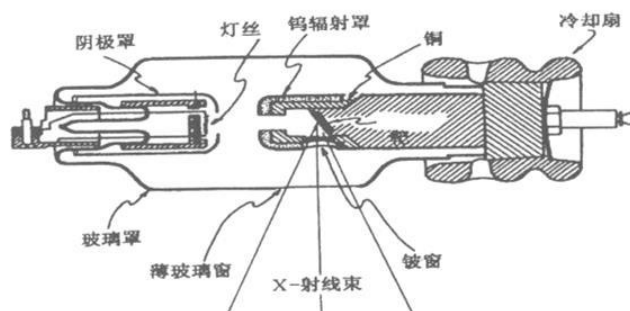


图 9-11 典型 X 射线管结构图

#### 4、X射线探伤原理

X射线探伤机是利用X射线对物件进行透射拍片的检测装置。通过X射线管产生的X射线对受检工件焊缝处所贴的X线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X射线探伤机据此实现探伤目的。

#### 5、X射线探伤工艺流程及产污环节

##### (1) 射线装置领取

本项目X射线探伤机不工作时，存放于专门的X射线机贮存间，双人双锁，由专人管理。移动探伤前，由辐射操作人员到X射线机贮存间领取X射线探伤机，领用须填写《射线装置领用登记表》。探伤工作结束后，X射线探伤机返回X射线机贮存间，填写《射线装置领用登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。

##### (2) X射线固定式探伤

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭探伤室所有防护门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。将需要进行X射线探伤的工件放置于平板轨道车上，送入探伤室内，设置适当位置，在工件待检部位布设胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将工件门和工作人员进出门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光。当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的胶片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

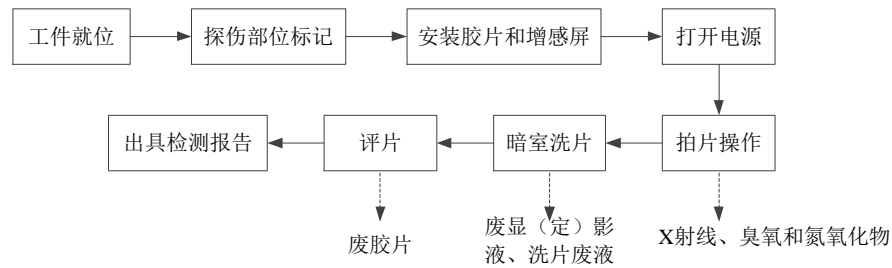


图 9-12 X 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

#### (4) X射线移动探伤

①公司接到工程探伤检测委托业务后，在探伤之前，根据被探伤产品的规格选用合适型号的X射线探伤机。根据设备的最大管电压和最大管电流等参数理论估算出控制区及监督区的边界距离，通过委托方（或探伤实施单位）把探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容以张贴公告的方式告知探伤场所附近公众。

②对初步划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，对监督区边界范围内区域进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外。在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与X射线探伤机联锁，边界处拉起警戒绳。监督区边界上张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息并悬挂清晰可见的“无关人员禁止进入”警告牌，必要时设专人警戒。在清理完现场，确认监督区内无公众人员后，辐射工作人员离开控制区，在监督区边界附近进行警戒。

③试曝光。现场作业人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，监护人员确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，开始铺设电缆，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，设备操作人员开机进行试曝光，现场监护人员使用便携式X-γ剂量率仪从探伤机位置四周由远及近进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整分区。对划定的控制区和监督区进行修正，保障工作人员操作现场的周围剂量当量率小于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，公众位于周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域之外。在移动探伤工作期间，便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态。

④曝光检测。辐射工作人员在控制区边界外操作，探伤机控制台上设有延时开机按钮。然后开机进行曝光，同时记录照射时间。到预定曝光时间后，探伤检测结束。

⑤探伤结束，关闭机器。清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

⑥从检测工件上取下已曝光的底片，并将胶片统一运回新厂区暗室。待暗室冲洗处理后

评片，完成一次探伤任务。

本项目X射线移动式探伤工艺流程及产污环节与γ射线移动式探伤基本相同，见前文图9-8，暗室洗片流程及产污环节见前文图9-9，此处不赘述。

综上所述，本项目X射线固定式探伤与移动式探伤的产污因子主要为X射线、臭氧和氮氧化物等非放射性气体及废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

### 9.2.3 探伤工作负荷

实际探伤时，公司根据待检产品的厚度和客户检测需求，选择合适的探伤装置进行无损检测。结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性及对外探伤的业务量，本次评价的探伤机主要检测厚度范围见表9-3。

固定式探伤时，每间探伤室每次仅开启1台探伤机，不存在2台及2台以上探伤机同时运行的工况；2间探伤室存在同时运行工况。移动式探伤时，每个作业地点仅开启1台探伤机，不存在2台及2台以上探伤机同时运行的工况。探伤工作负荷见表9-4。

**表9-3 各探伤机主要检测厚度范围**

序号	设备名称	主要检测厚度范围（钢，mm）	
1	<sup>60</sup> Co-γ射线探伤机	40~200	
2	<sup>192</sup> Ir-γ射线探伤机	10~100	
3	<sup>75</sup> Se-γ射线探伤机	10~40	
4	X射线探伤机	RT-2005T	20~30
		XXG-2505C	30~40
		XXG-2505G	30~40
		XXG-3205C	40~50
		XXG-3205G	40~50

**表9-4 本项目探伤工作负荷**

序号	探伤类型	设备名称	年拍片量(万张)	年曝光时间 (h)		
1	固定式探伤	1#探伤室	<sup>60</sup> Co-γ射线探伤机	0.9	1200	
			<sup>192</sup> Ir-γ射线探伤机	0.5		
			XXG-3205C型X射线探伤机	0.04		
		2#探伤室	<sup>192</sup> Ir-γ射线探伤机	1.3	1200	
			XXG-3205C型X射线探伤机	0.14		
2	移动式探伤	<sup>192</sup> Ir-γ射线探伤机	0.5	750	1250	
		<sup>75</sup> Se-γ射线探伤机	0.4			
		RT-2005T、XXG-2505C、XXG-2505G、XXG-3205C、XXG-3205G型X射线探伤机	0.6	500		
		合计	4.38			3650

根据建设单位提供的资料，本项目单间探伤室计划每日工作8h，其中日曝光时间为4h，

年工作 300 天，则年曝光时间为 1200h，全年按 50 周计，则周曝光时间为 24h；日不曝光时间为 4h，其中辐射工作人员在探伤室内工作时间为 2h，主要为存取密封源、近距离移动  $\gamma$  射线探伤机、安装控制导管和输源导管、布置底片及摆放工件等；在探伤室外工作时间为 2h，主要为吊装工件、画标记、暗室处理及资料整理等。单片最长曝光时间均保守按 5min 计，单间探伤室日拍片量为 14400（张/年）/300（d/年）=48 张/d，则相应的日曝光时间为 4 小时，则推导出本项目的拍片量与计划曝光时间匹配。

考虑实际工作中移动探伤业务的不均匀性，本报告保守按照年工作50周来计，移动探伤小组合计6组，则单组 $\gamma$ 射线年曝光时间为125h，高峰期周最大曝光时间为5h；单组X射线探伤小组年曝光时间为83h，高峰期周最大曝光时间为5h。

### 9.2.5 辐射工作人员配置及合理性分析

本项目主要使用X、 $\gamma$ 射线探伤机进行固定式探伤和移动式探伤作业，国家和地方现行相关文件和标准对辐射工作人员的配置要求梳理如下。

**表9-5 X、 $\gamma$ 射线探伤装置辐射工作人员配置要求**

序号	名称	内容
1	《关于印发〈关于 $\gamma$ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号）	三、使用探伤装置单位的要求： （一）至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。 （三）每台探伤装置必须配备2名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。 （六）明确2名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。
2	《关于印发〈浙江省 $\gamma$ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知（浙环发〔2022〕30号）	第二十条：作业单位应确保每台探伤机至少有2名操作人员和1名现场安全员同时在场。 第二十四条：……指定专职人员负责放射源贮存库的安保工作，……
3	《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430号）	四、关于放射源探伤监管：探伤企业配备的现场安全员，可以为现场的两名操作员之一，但现场安全员应具有对现场辐射安全负责的权限，发现安全问题可以叫停探伤作业。
4	《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）	7.1.2使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

根据文件和标准要求，本项目拟配置25名辐射工作人员，全部为本次新增，具体岗位分工和职责内容见表9-6。其中固定式探伤与移动式探伤工作人员不交叉使用；新厂区辐射工作人员和老厂区的辐射工作人员不交叉使用。



**表9-6 本项目辐射工作人员配置计划**

序号	岗位	数量	备注
1	辐射安全管理	1名	专职，负责单位辐射安全管理
2	放射源管理	2名	专职，负责放射源库及探伤室内储源坑内的放射源管理
3	固定式探伤	4名	专职，分2组，每组由2名辐射工作人员组成，共同负责承担一间探伤室内所有探伤装置的固定式探伤工作（X、γ射线探伤不同时操作使用），实行昼间单班制（8小时），每周工作6天，全年按50周计，年工作300天。
4	移动式探伤	18名	专职，分6组，每组由3名辐射工作人员组成，共同负责X、γ射线移动式工作。 ①γ射线移动探伤时，人员岗位职责分配：2名为探伤操作人员，每次移动探伤时同时在场并共同负责操作γ射线探伤机的安全使用及状态监护等工作；1名为现场安全员，主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源γ射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。 ②X射线移动探伤时，人员岗位职责分配：2名轮流负责操作X射线探伤机，1名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入。
合计		25名	

**9.2.5 固定式探伤作业区域及有用线束朝向**

对于 1#探伤室，<sup>60</sup>Co/<sup>192</sup>Ir-γ 射线探伤机、XXG-3205C 型 X 射线探伤机（周向）的有用线束均朝向 1#探伤室的任一側；对于 2#探伤室，<sup>60</sup>Co/<sup>192</sup>Ir-γ 射线探伤机的有用线束均朝向 2#探伤室的任一側，XXG-3205G 型 X 射线探伤机（定向）的有用线束仅朝向 2#探伤室的南侧（依靠支架维护有用线束的朝向）。操作室位于 1#探伤室和 2#探伤室的西侧，通过设置迷道避免了有用线束直接朝向操作室。

本项目每间探伤室内探伤机的作业区域范围见表 9-7 和表 11 章节中图 11-1 和图 11-2。

**表9-7 每间探伤室内探伤机的作业区域范围**

场所名称	探伤机靶点与各侧内墙（门）的最近距离（m）				
	东墙	南墙	西墙	北墙	地坪
1#探伤室（ <sup>60</sup> Co）	1.45	1.45	1.45（迷道内墙）	1.45	4.7
2#探伤室（ <sup>192</sup> Ir）	1.45	1.45	1.50（迷道内墙）	1.45	4.7

注：探伤机离地最大高度为 1.5m。

**9.2.5 现有核技术利用项目工艺不足及改进情况**

1、现有核技术利用项目基本情况

公司老厂区建有 1 间探伤室及操作室、暗室和评片室与危废暂存间等辅助用房，配有 3 台 <sup>192</sup>Ir-γ 射线探伤机（每台 γ 射线探伤机内置 1 枚密封源 <sup>192</sup>Ir，额定装源活度均为 3.7×10<sup>12</sup>Bq/

枚)和5台X射线探伤机(XXQ2005型定向机1台、XXQ2505型定向机2台、XXHA2505型周向机1台、XXQ3005型定向机1台),均用于固定式探伤。同时,建有1间放射源暂存库,内设4个储源坑,用于<sup>192</sup>Ir-γ射线探伤机不作业时的临时贮存。所有探伤装置均通过环评审批、辐射安全许可和竣工环保验收。

## 2、现有 X、γ 射线探伤固定式探伤工艺流程

现有 X、γ 射线探伤固定式探伤工艺流程及产污环节见图 9-7 和图 9-12, 此处不赘述。

## 3、现有辐射工作场所平面布局

老厂区现有探伤室平面布局见图 9-13, 现有放射源库的平面布局见图 9-14。

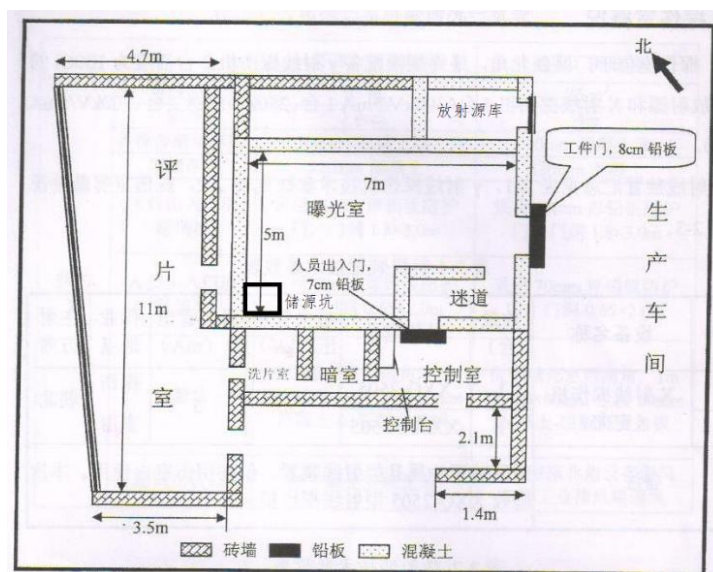


图 9-13 老厂区现有探伤室平面布局图

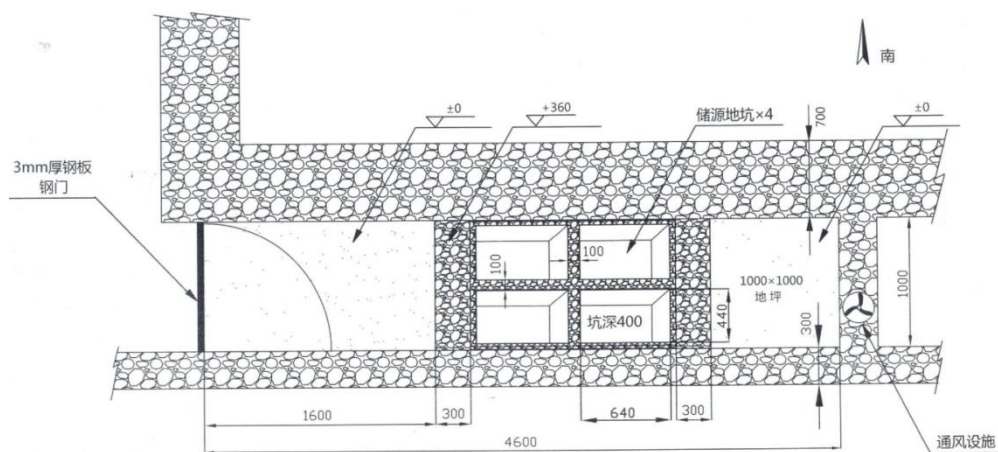


图 9-14 老厂区现有放射源库平面布局图

## 4、现有探伤室及放射源库的辐射屏蔽防护

### (1) 现有探伤室

**表 9-8 老厂区现有探伤室辐射屏蔽防护**

现有探伤室	外尺寸	8.4m (长) × 6.4m (宽) × 4.32m (高)
	内尺寸	7.0m (长) × 5.0m (宽) × 4.0m (高)
屏蔽防护设施	四侧墙体	700mm 混凝土
	顶棚	320mm 混凝土
	工件门	80mm 铅板, 门洞尺寸: 1.8m (宽) × 3.0m (高), 门体尺寸: 2.68m (宽) × 3.34m (高), 门与墙体上、下搭接各为 170mm、170mm; 左右搭接各为 440mm (按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则, 间隙应尽量小)
	工作人员进出门	70mm 铅板, 门洞尺寸: 0.65m (宽) × 2.0m (高), 门体尺寸: 1.0m (宽) × 2.25m (高), 门与墙体上、下搭接各为 175mm、175mm; 左右搭接各为 125mm (按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则, 间隙应尽量小)
	储源坑	位于曝光室内西南角, 设计尺寸: 800mm (长) × 800mm (宽) × 1000mm (深), 坑盖采用 60mm 混凝土-铅板混合盖板。

(2) 现有放射源库

现有放射源库尺寸为 4600mm (长) × 1000mm (宽) × 2550mm (高), 其南侧墙体采用 700mm 混凝土, 其他三侧墙体均采用 300mm 混凝土, 顶部采用 250mm 混凝土, 防护门为 3mm 钢板。库内设 4 个储源坑, 坑与坑之间相隔 100mm 厚的混凝土。每个坑的设计尺寸 640mm (长) × 440mm (宽) × 400mm (深), 四侧坑壁为 100mm 厚的混凝土, 顶盖为 16mm 铅板+3mm 钢板, 每个储源坑一次性最多放置 2 台含源  $\gamma$  射线探伤机。

5、现有辐射工作场所安全防护措施对标符合性分析

现有辐射工作场所安全防护措施与 GBZ 117-2022 标准比对结果见表 9-9。

**表 9-9 现有辐射工作场所安全防护措施与 GBZ 117-2022 标准比对结果**

序号	标准要求的措施	公司的实际情况	符合性分析	整改措施
现有探伤室				
1	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	探伤工作场所已实行分区管理, 工件门外 1m 处划定黄色警戒线	符合	/
1	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。探伤室内有多台探伤装置时, 每台装置均应与防护门联锁	工件门和工作人员进出门均安装了门-机联锁装置。探伤室内有多台探伤装置时, 每台装置均应与防护门联锁。联锁装置可以实现防护门被意外打开时, 应能立刻停止出束。	符合	/
2	探伤室门口和内部应同时设	所有防护门上方已安	不符合	所有防护门上方的警

	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。	装工作状态警示灯，并与所有探伤机联锁		示灯调整为同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯，增加声音提示装置，并与探伤机联锁。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。
3	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。	探伤室内和探伤室出入口已安装视频监控装置，在控制室的操作台设有专用的监视器	符合	/
4	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。	工件门和工作人员出入口均张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明。	符合	/
5	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。	探伤室内已设置紧急停机按钮，并设有标签。	符合	/
6	探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	探伤室已设置 1 套机械通风装置。	符合	/
7	探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	探伤室内已设置固定式尝试辐射探测报警探头，数值显示在控制室内，并与防护门联锁。探伤室设有红外线报警系统并与当地公安 110 联网	符合	/
现有放射源暂存库				
1	严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志	源库设有视频监控装置和红外线报警系统并与当地公安 110 联网；防护门已设置符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志，双人双锁	符合	/
2	应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和	现有放射源暂存库已采用防火的屏蔽结构，设有	符合	/

	爆炸性等危险因素	1套机械排风系统，可保证库内环境空气质量；远离腐蚀性和爆炸性等危险因素，		
3	贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理	现有放射源暂存库防护门保持在锁紧状态，实行双人双锁管理	符合	/
4	定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点	已制定定期检查物品清单，定期检查探伤源、源容器和控制源的存放地点	符合	/
5	使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责	已制定放射源领用及交还制度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责	符合	/
6	使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应监管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。	已与探伤设备生产厂家（海门伽玛星探伤设备有限公司）签订废旧放射源返回协议，相关废旧放射源回收（收贮）备案表及退役源回收证明已归档保存	符合	/

#### 6、现有污染物排放达标分析

(1) 公司已委托浙江亿达检测技术有限公司于 2023 年 1 月 7 日对相关辐射工作场所进行了检测，探伤室（含放射源暂存库）的四周屏蔽墙、顶棚和防护门外 30cm 处周围剂量当量率满足现阶段最新标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室的墙体和门屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”与“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5  $\mu$ Sv/h 或者监管部门批准的控制水平”的要求。

(2) 公司现有核技术利用项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生，“三废”污染物主要为废旧放射源、报废的  $\gamma$  射线探伤机、探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片、洗片废液及臭氧和氮氧化物等。

①废旧放射源均按国家相关法律规定及时返回到放射源生产单位进行收贮。②报废的  $\gamma$  射线探伤机均交于探伤设备生产厂家（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行报废处置。③老厂区已设 1 间规范的危废暂存间，废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物集中收集后统一交由有资质单位进行处理。④现有探伤室已设置机械排风系统，少量的臭氧和氮氧化物通过风管引至室外，对周围环境影响较小。

#### 7、辐射安全管理现状

根据前文1.7.2章节“辐射安全现状”的详细介绍，现有核技术利用项目均正常开展中，辐射工作场所布局合理，分区管理到位，各项辐射安全和防护措施较完善，相关辐射安全规章制度较齐全。辐射工作人员辐射安全培训、个人剂量检测及职业健康体检等三项工作均严格按照国家规定进行落实，并及时建立了相应的档案备查，同时，还配备相应的个人剂量计、个人剂量报警仪及基本的防护用品。“三废”污染物均得到有效、合理、可行的处置。公司已对本单位的放射源和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日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

### 9.3污染源项描述

#### 9.3.1放射性污染源项

##### (1) X射线

由X射线探伤机的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目X射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出X射线。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，污染途径是X射线外照射。

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，主要辐射源强见表9-9。

**表9-9 有用线束和散射辐射的X射线输出量**

型号	有用线束/散射辐射的X射线输出量 <sup>①</sup> mSv·m <sup>2</sup> / (mA·min)	X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值 <sup>②</sup> (mSv/h)
RT-2005T	28.7	2.5
XXG-2505C、XXG-2505G	16.5	5
XXG-3205C、XXG-3205G	21.4	5

注：①参考《工业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，本项目工件材料主要为钢，本次评价保守参考图B.1“X射线穿过铅的透射”取值；在未获得厂家给出的输出量；散射辐射屏蔽估算选取表B.1中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计；320kV的X射线输出量由内插法计算获取。②根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表2，管电压为（150~200）kV时，X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值为2.5mSv/h；管电压>200kV时，X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值为5mSv/h。

##### (2) β、γ射线

本项目放射源应用的放射性核素为<sup>60</sup>Co、<sup>192</sup>Ir、<sup>75</sup>Se，根据《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）P54页、P58页与P85页、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录A表A.1，相关核素的辐射特性见表9-10。

表 9-10 放射性核素的主要辐射特性

核素	半衰期	衰变方式 (分支比, %)	射线 类型	辐射能量 (MeV)	辐射 能量强度*	周围剂量当量率常数 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ )
$^{60}\text{Co}$	5.26a	$\beta^-$ (100%)	$\beta^-$	0.315	99.74%	0.35
			$\gamma$	1.173 1.332	100% 100%	
$^{192}\text{Ir}$	74.02d	$\beta^-$ (95.22) $\epsilon$ (4.78) $\beta^+$ (~0)	$\beta^-$	0.672	46%	0.17
				0.536	41%	
				0.240	8%	
			$\gamma$	0.296	34.6	
0.308	35.8					
			0.316	82.9%, 100		
			0.468	58.0		
$^{75}\text{Se}$	120d	$\epsilon$ (100)	$\gamma$	0.265	58%, 100	0.072
				0.121	27.4	
				0.136	93.1	
				0.280	42.9	

注: \*该数值为辐射的相对强度, 带%号的表示绝对强度。

本项目 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机内含的放射源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 衰变时会发射出不同能量的 $\beta$ 射线和 $\gamma$ 射线,  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机内含的放射源 $^{75}\text{Se}$ 衰变时仅发射出不同能量的 $\gamma$ 射线。根据《 $\gamma$ 射线探伤机》(GB/T 14058-2008)中第5.3.3.1条款规定, 当 $\gamma$ 射线探伤机采用贫化铀作为源容器屏蔽材料时, 其外表面应包覆足够厚度的低原子序数的非放射性材料, 以减弱和吸收贫化铀发射的 $\beta$ 辐射; 其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。 $\beta$ 射线穿透能力相对较小, 已基本被源容器屏蔽。因此,  $\beta$ 射线对周围环境的辐射影响甚微, 可忽略不计, 而 $\gamma$ 射线具有较强的贯穿能力, 则 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机的污染因子主要是 $\gamma$ 射线。

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)第5.2.1.1条款, 本项目 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机拟采用移动式探伤机,  $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机拟采用便携式探伤机, 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值见表9-11。

表 9-11 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机代号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05

## (2) 废旧放射源

公司使用的放射源到一定时间后, 不能满足无损检测要求, 将退役成为废旧放射源。本项目每台 $\gamma$ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  (100Ci) /枚, 其中放射源

$^{60}\text{Co}$ 计划10年更换一次， $^{192}\text{Ir}$ 计划5个月更换一次， $^{75}\text{Se}$ 计划8个月更换一次，则本项目废旧放射源 $^{60}\text{Co}$ 年产生量为1枚/10年，废旧放射源 $^{192}\text{Ir}$ 年产生量为12枚/年；废旧放射源 $^{75}\text{Se}$ 年产生量为3枚/年。参考《电离辐射防护基础》（陈志编著，清华大学出版社）P11页公式（2-11）， $^{60}\text{Co}$ 的半衰期为5.26a、 $^{192}\text{Ir}$ 的半衰期为74.02d、 $^{75}\text{Se}$ 的半衰期为120d，则单枚废旧放射源的活度估算结果如下：

$$\text{废旧放射源 } ^{60}\text{Co}: 3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(10/5.26)} = 9.91 \times 10^{11} \text{Bq} \quad (26.8\text{Ci})$$

$$\text{废旧放射源 } ^{192}\text{Ir}: 3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(150/74.02)} = 9.08 \times 10^{11} \text{Bq} \quad (24.5\text{Ci})$$

$$\text{废旧放射源 } ^{75}\text{Se}: 3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(240/120)} = 9.25 \times 10^{11} \text{Bq} \quad (25.0\text{Ci})$$

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订了废旧放射源返回协议，见附件11。

### （3）报废的 $\gamma$ 射线探伤机

$\gamma$ 射线探伤装置的安全使用期限为10年，报废的 $\gamma$ 射线探伤机源容器采用贫铀屏蔽层，属于放射性固体废物，应委托 $\gamma$ 射线探伤机生产单位进行回收处理。公司现有报废的 $\gamma$ 射线探伤机已交于探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行了回收处理， $\gamma$ 射线探伤机相关报废证明见附件13。

## 9.3.2非放射性污染

### （1）臭氧和氮氧化物

本项目放射源库内储存的放射源与空气电离将产生臭氧和氮氧化物，该部分废气最终由机械排风装置经放射源库的排风口及时排出。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，臭氧在常温常压状态下可自行分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的1/3且其毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

### （2）废显（定）影液、废胶片及洗片废水

本项目 X、 $\gamma$ 射线移动探伤洗片与评片过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于《国家危险废物名录（2021年版）》中感光材料废物，危废代码为 HW16：900-019-16，并无放射性。项目X、 $\gamma$ 射线探伤新增年拍片总量为4.38万张，按洗1000张片用20L显（定）影液，经估算项目工作过程中废显（定）影液新增年产生量约876L（密度保守按 $1\text{g}/\text{cm}^3$ ，折合重量约876kg），废胶片新增年产生量约438张（废片率按1%计），该部分危险废物定期委托有资质的单位处理。完好的胶片中90%直接交付于客户方进行存档，无需存档；10%为压力容器检测



胶片，需按照《承压设备无损检测 第1部分：通用要求》（NB/T 47013.1-2015）第7.3.3条款要求进行无损检测记录的保存，存档期限不低于7年。因此，本项目需要存档的胶片量为4336张，存档期满后作为危险废物委托有资质的单位处理。基于本项目运行的第8年开始，同一年既有探伤洗片产生的废胶片，又有存档期满后产生的废胶片，本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量，即438+4336=4774（无损检测胶片尺寸大小存在差异，单片平均重量按 10g计，则折合重量约48kg）。

本项目暗室洗片过程中会产生洗片废液，参考同企业现有的实际产污经验值，本项目洗片废液年产生量约 4000kg。该部分废液含较高浓度的 AgBr、显（定）影剂及强氧化物，参考废显（定）影液作为危险废物进行管理，定期委托有资质的单位处理处置。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物的名称、数量、类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容，具体见表 9-12。

表 9-12 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	876kg/a	洗片	液态	显（定）影液	显（定）影液	每次固定式与移动式探伤	T	收集于危废暂存间，定期委托资质单位处置。
2	废胶片	HW16	900-019-16	48kg/a	评片	固态	废胶片	废胶片	每次固定式与移动式探伤、存档期满	T	
3	洗片废液	HW16	900-019-16	4000kg/a	洗片	液态	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	每次固定式与移动式探伤	T	

**表 10 辐射安全与防护**

## **10.1 项目安全设施**

### **10.1.1 场所布局及合理性分析**

(1) 本项目探伤工作场所由 1#探伤室、2#探伤室、操作室、放射源库、X 射线机贮存间、暗室(干)、暗室(湿)、晾片室、评片室及危废暂存间等组成。两间探伤室的东侧均拟设 1 扇混凝土工件门(电动开启),便于工件进出。两间探伤室共用 1 间操作室,操作台设 2 处。1#探伤室、2#探伤室与操作室之间均拟设“L”型迷道和 1 扇人员通道铅防护门(电动开启),便于辐射工作人员进出探伤室,并通过迷道多次散射降低工作人员受照剂量。1#探伤室的西南侧设有 2 个储源坑(编号 1#和 2#),2#探伤室的西北侧设有 2 个储源坑(编号 3#和 4#),其中 1#储源坑(使用坑)用于  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机不作业时的临时存放;2#、3#、4#储源坑(备用坑)均用于  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机不作业时的临时存放。1#探伤室西北侧和北侧分别设有 1 间放射源库和 1 间 X 射线机贮存间,主要分别用于  $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - $\gamma$  射线探伤机、X 射线探伤机不作业的临时存放。曝光后的胶片分别在暗室、晾片室和评片室内完成洗片、晾片和评片工作,完好的胶片建档备查,探伤过程中产生的各类危废集中收集后暂存于危废暂存间。探伤工作场所平面布局与剖面布局见附图 7 和附图 8。

(2) 1#探伤室净尺寸为 7.1m(长) $\times$ 6.8m(宽) $\times$ 6.2m(高),工件门的门洞尺寸为 2.9m(宽) $\times$ 3.5m(高),待检工件最大尺寸为 3.0m(长) $\times$ 2.5m(宽) $\times$ 2.5m(高);2#探伤室净尺寸为 6.0m(长) $\times$ 5.2m(宽) $\times$ 6.6m(高),工件门的门洞尺寸为 1.9m(宽) $\times$ 3.0m(高),待检工件最大尺寸为 2m(长) $\times$ 1.5m(宽) $\times$ 2.0m(高)。本项目拟采用叉车将工件送入探伤室,满足探伤工件进出探伤室并位于探伤室内探伤的要求。探伤室内拟采用行车进行吊装工件,1#探伤室和 2#探伤室行车设计高度分别为 4.5m 和 5.6m,故探伤室的设计高度可以满足工作需求。

(3) 对于 1#探伤室, $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机、XXG-3205C 型 X 射线探伤机(周向)的有用线束均朝向 1#探伤室的任一侧;对于 2#探伤室, $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机的有用线束均朝向 2#探伤室的任一侧,XXG-3205G 型 X 射线探伤机(定向)的有用线束仅朝向 2#探伤室的南侧。操作室位于 1#探伤室和 2#探伤室的西侧,通过设置迷道避免了有用线束直接朝向操作室。

因此,本项目探伤工作场所的功能设计较为完善,满足固定式/移动式探伤的基本用房配置需求。探伤室的尺寸设计已预留宽裕的作业空间,满足最大工件位于探伤室内关门探伤

的要求。探伤室的设置已充分注意周围的辐射安全，操作室已避开有用线束照射的方向并与探伤室分开，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 分区原则及划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 6.4 条款规定，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。

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，具体划分情况如下：

#### （1）固定式探伤工作场所及放射源库

本项目拟将 1#探伤室、2#探伤室和放射源库实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，在探伤室防护门外 1m 处采用黄色警戒线作为标志，探伤/贮源期间禁止任何人员入内，并设置电离辐射警告标志和中文警示说明；操作室、暗室、晾片室、评片室、危废暂存间、X 射线机贮存间、材料库、仓库、车间过道及厂区道路等相邻区域划为监督区，探伤/贮源期间限制非辐射工作人员入内，分区管理示意图见附图 7。

#### （2）移动式探伤工作场所

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“7.2 分区设置”，公司开展 X、 $\gamma$  射线移动探伤作业时，根据现场具体情况，利用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪巡测，一般将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区，控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，控制区的边界尽可能设定实体屏蔽，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

### 10.1.3 辐射屏蔽防护设计

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室和放射源库的辐射屏蔽防护设计方案分别见表 10-1 和 10-2。

表 10-1 探伤室屏蔽防护设计方案

1#探伤室 ( <sup>60</sup> Co)		外尺寸	面积为 92m <sup>2</sup> (含迷道), 11.5m (长) ×8.0m (宽) ×7.4m (高)	2#探伤室 ( <sup>192</sup> Ir)		外尺寸	面积为 66m <sup>2</sup> (含迷道), 9.2m (长) ×7.2m (宽) ×7.4m (高)
		内尺寸	面积为 48m <sup>2</sup> , 7.1m (长) ×6.8m (宽) ×6.2m (高)			内尺寸	面积为 31m <sup>2</sup> , 6.0m (长) ×5.2m (宽) ×6.6m (高)
东、北墙		1200mm 混凝土		东、南墙		850mm 混凝土	
南墙		1200mm 混凝土, 与 2#探伤室共用		北墙		1200mm 混凝土, 与 1#探伤室共用	
西墙		迷道内墙为 1200mm 混凝土, 长 5700mm; 迷道外墙为 1200mm 混凝土, 迷道设置形式为“L”。		西墙		迷道内墙为 800mm 混凝土, 长 4300mm; 迷道外墙为 800mm 混凝土, 迷道设置形式为“L”。	
顶棚		1200mm 混凝土		顶棚		800mm 混凝土	
地坪		150mm 混凝土		地坪		150mm 混凝土	
工件门		电动门, 门洞的尺寸为 2.9m (宽) ×3.5m (高); 门体的尺寸为 4.5m (宽) ×4.5m (高), 采用 1200mm 混凝土 (门与墙体左、右搭接各为 800mm、800mm, 上、下搭接各为 800mm、200mm, 按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则, 间隙应尽量小)。		工件门		电动门, 门洞的尺寸为 1.9m (宽) ×3.0m (高); 门体的尺寸为 2.7m (宽) ×3.5m (高), 采用 60mm 铅板 (门与墙体左、右搭接各为 400mm、400mm; 上、下搭接各为 400mm、100mm, 按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则, 间隙应尽量小)。	
工作人员出入口		电动门, 门洞的尺寸为 0.8m (宽) ×2.0m (高); 门体的尺寸为 1.15m (宽) ×2.25m (高), 敷设 40mm 铅板 (门与墙体左、右搭接各为 175mm、175mm, 上、下搭接各为 150mm、100mm, 按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则, 间隙应尽量小)。		工作人员出入口		电动门, 门洞的尺寸为 0.8m (宽) ×2.0m (高); 门体的尺寸为 1.15m (宽) ×2.25m (高), 敷设 15mm 铅板 (门与墙体左、右搭接各为 175mm, 上、下搭接各为 150mm、100mm, 按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则, 间隙应尽量小)。	
储源坑		1#探伤室内西南侧设置 2 个储源坑 (编号 1#和 2#), 设计原则为“一源一坑”, 采用下沉式设计, 其中 1#储源坑为使用坑, 用于临时贮存 <sup>60</sup> Co-γ 射线探伤机, 单坑设计尺寸均为 1200mm (长) ×700mm (宽) ×600mm (深), 坑四壁与底部均为混凝土层, 坑盖采用 20mm 铅板, 坑口高出地面 100mm; 2#储源坑为备用坑, 用于临时贮存 <sup>192</sup> Ir-γ 射线探伤机, 设计尺寸均为 800mm (长) ×700mm (宽) ×500mm (深), 坑盖采用 10mm 铅板 (探伤室内地面比周围地面高出 300mm, 故坑口不再设计高出地面 100mm)。		储源坑		2#探伤室内西北侧设置 2 个储源坑 (编号 3#和 4#), 设计原则为“一源一坑”, 采用下沉式设计。3#储源坑为备用坑, 用于临时贮存 <sup>192</sup> Ir-γ 射线探伤机, 单坑的设计尺寸为 700mm (长) ×500mm (宽) ×500mm (深); 4#储源坑为备用坑, 单坑的设计尺寸为 600mm (长) ×500mm (宽) ×500mm (深)。每个坑的四壁与底部均为混凝土层, 坑盖均采用 10mm 铅板 ((探伤室内地面比周围地面高出 300mm, 故坑口不再设计高出地面 100mm)。	
预埋管道	强弱电电缆	预留 1 根管径 100mm, 埋深 450mm, 以“U”型埋地管道穿越 1#探伤室的西墙, 连接至操作室的操作位。		预埋管道	强弱电电缆	预留 1 根, 管径 100mm, 埋深 450mm, 以“U”型埋地管道穿越 2#探伤室的西墙, 连接至操作室的操作位。	
	X 射线探伤机控制电缆	预留 1 根 (兼做 γ 射线探伤机控制导管备用管), 管径 100mm, 埋深 450mm, 以“U”型埋地管道穿越 1#探伤室西墙, 连接至操作室的操作位。			X 射线探伤机控制电缆	预留 1 根 (兼做 γ 射线探伤机控制导管备用管), 管径 100mm, 埋深 450mm, 以“U”型埋地管道穿越 2#探伤室的西墙, 连接至操作室的操作位。	
	γ 射线探伤机控制导管	预留 3 根 (其中 2 根为日常使用管, 1 根为备用管并兼做 X 射线探伤机控制电缆), 管径 100mm, 埋深 450mm, 以“U”型埋地管道穿越 1#探伤室的迷道和西墙, 连接至操作室的操作位。			γ 射线探伤机控制导管	预留 2 根 (其中 1 根为使用管, 另 1 根为备用管并兼做 X 射线探伤机控制电缆), 管径 100mm, 埋深 450mm, 以“U”型埋地管道穿越 2#探伤室的迷道和西墙, 连接至操作室的操作位。	
	通风管道	预留 1 根, 管径 160mm, 埋深 450mm, 以“U”型埋地管道穿越 1#探伤室南墙和 2#探伤室的西墙连接至暗室 (湿), 排风口设计高度与地面齐平, 设计风量为 3000m <sup>3</sup> /h。			排风管道	预留 1 根, 管径 160mm, 埋深 450mm, 以“U”型埋地管道穿越 2#探伤室的迷道和西墙连接至暗室 (湿), 排风口设计高度与地面齐平, 设计风量为 3000m <sup>3</sup> /h。	

注: ①表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm<sup>3</sup>, 铅的密度不小于 11.34g/cm<sup>3</sup>。②1#探伤室和 2#探伤室的正下方均为土层, 不做特殊防护。

**表 10-2 放射源库屏蔽防护设计方案**

放射源库	外尺寸	面积为 8.3m <sup>2</sup> , 2.95m (长) × 2.81m (宽) × 4.0m (高)
	内尺寸	面积为 4.7m <sup>2</sup> , 2.25m (长) × 2.11m (宽) × 3.8m (高)
四侧墙体		350mm 混凝土
顶棚		200mm 混凝土
地坪		不作特殊防护
防护门		平开门, 门洞的尺寸为 0.75m (宽) × 2.0m (高), 门体的尺寸为 0.95m (宽) × 2.1m (高), 敷设 20mm 铅板 (门与墙体左、右搭接各为 100mm、100mm, 上、下搭接各为 100mm、0mm)。
储源坑		库内设 10 个储源坑, 设计原则为“一源一坑”。每 5 个储源坑为一组并排设置, 分别位于源库内的东侧和西侧。单个储源坑的净尺寸均为 480mm (长) × 350mm (宽) × 500mm (深), 坑盖采用 10mm 铅板, 坑口高出地面 100mm。
排风管道		地埋式设计, 管径为 160mm, 埋深 600mm, 地下管道以“U”型穿过放射源库的南墙, 一直延伸到厂房东墙后, 排风口与室外地面齐平。

注: ①表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm<sup>3</sup>, 铅的密度不小于 11.34g/cm<sup>3</sup>。②放射源库正下方均为土层, 不做特殊防护。

探伤室应按照设计图纸文件和国家有关标准规范进行土建工程和附属工程的施工及安装, 确保施工质量和辐射屏蔽防护性能。建设单位应做好以下工作: ①探伤室的四侧屏蔽墙及顶棚属于大体积混凝土浇筑, 应尽量保证一次整体浇筑并有充分的振捣, 以防出现裂缝和过大的气孔, 影响屏蔽效果。②合理设置电缆管道、控制导管、排风管道等敷设形式, 不得破坏探伤室墙体的屏蔽效果。③探伤室的防护门安装时应尽可能减少缝隙泄漏辐射, 通常防护门宽与门洞的部分应大于“门-墙”间隙的 10 倍。放射源库的施工建设要求参考探伤室。

本项目探伤室的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。经理论预测, 探伤室/放射源库的四侧墙体、防护门和顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率均满足 2.5μSv/h 的限值要求, 职业人员和周围公众年有效剂量均满足 GB 18871-2002 中剂量限值和本项目剂量约束值的要求。因此, 本项目探伤室和放射源库的辐射屏蔽防护设计方案合理可行。

### 10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

#### 10.1.4.1 探伤装置固有安全属性

**表 10-3 探伤装置固有安全属性**

装置名称		设备技术要求
γ 射线探伤机	源容器及其传输导管	本项目 γ 射线探伤机类别为便携式 (P) 和移动式 (M), 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖 (若有) 时, 源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率不超过《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 表 2 规定的控制值, 随机文件中有该指标的说明。其他放射防护性能符合 GB/T 14058 的要求。
X 射线探伤机	探伤装置	本项目 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《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 表 1 的要求, 在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。
	控制台	①控制台拟设置有高压接通时的外部报警或指示装置; 设有钥匙开关和紧急停机开关。②移动式探伤机的控制台还拟设延时开机功能。

### 10.1.4.2 工作前检查项目和设备维护

表 10-4 本项目探伤装置工作前检查与设备维护内容

γ 射线探伤机	工作前检查项目	a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；c) 确认放射源锁紧装置工作正常； d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；e) 安全联锁是否工作正常；f) 报警设备和警示灯运行是否正常；g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固；h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。
	设备维护	a) 应定期对探伤装置中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修探伤装置时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位的人员不应单独对探伤装置进行维修。b) 应经常对探伤装置的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。c) 探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。d) 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。e) 严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。f) 更换输源管、控制缆和源辨等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。
X 射线探伤机	工作前检查项目	a) 探伤机外观是否完好；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；c) 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；f) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常（本项目 X 射线移动式探伤不涉及 f) 项检查项目）。
	设备维护	a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；d) 应做好设备维护记录。

### 10.1.4.3 X、γ 射线探伤机临时贮存场所辐射安全和防护措施

本项目 X、γ 射线探伤机不作业时，均存放于厂区内放射源库和 X 射线机贮存间。移动探伤工作间歇临时贮存，X、γ 射线探伤机无法返回贮存库时，需设置临时贮存间。

表 10-5 探伤装置不作业时贮存场所辐射安全和防护措施

场所名称	拟采取的辐射安全和防护措施
放射源库	<p><b>(1) 新厂区放射源库</b></p> <p>①源库为单独的建筑，设计已考虑“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的基本要求，不存放易燃易爆、腐蚀性等物品。</p> <p>②放射源库墙体结构上拟防火，库内严禁烟火，库房附近拟配若干灭火器，满足源库的“防火”要求。</p> <p>③放射源库的地面拟采用水泥硬化处理，并设置防潮层以防渗，储源坑的坑口高出地面 100mm，源库四周拟设排水沟，满足源库的“防水”要求。</p> <p>④放射源库出入口的防护门及储源坑的铅盖均拟设防盗锁，保持在锁紧状态，并指定 2 名工作人员专职负责放射源库的保管工作，实行双人双锁制度。库内及门口拟设置 24 小时持续有效的视频监控录像系统，且录像保存时间在 30 天以上，并与值班室联网；拟设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网，满足源库的“防盗、防破坏”要求。</p> <p>⑤领用、交还含放射源的源容器时，对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器按规定位置存放，领用和交还均有详细的登记，满足源库的“防丢失”的要求。</p>

	<p>⑥放射源库拟采用符合标准要求的实体屏蔽进行防护，经辐射环境影响预测，本项目放射源库处于最大贮存工况时，源库周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 2.5<math>\mu</math>Sv/h 的要求，其辐射屏蔽防护性能有效可行，满足源库的“防射线泄漏”要求。</p> <p>⑦放射源库内及附近严禁存放易燃易爆和腐蚀性物品，源库四周主要为生产车间、厂区道路，均不涉及易燃易爆物质及危险化学品等存放，满足源库的“防爆”要求。</p> <p>⑧放射源库出入口的防护门和储源坑的坑盖上均拟设显著的电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。</p> <p>⑨本项目为II类放射源，其风险等级为二级，治安防范级别也为二级，公司严格按照《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）的标准要求，加强放射源库的安保措施。</p> <p>⑩公司新厂区拟制定含源<math>\gamma</math>射线探伤机的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，明确放射源的流向。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有2人在场，核实记录应妥善保管，并建立计算机管理档案。同时，放射源库现场处拟张贴相关辐射安全管理制度。</p> <p><b>(2) 探伤室内的储源坑</b></p> <p>探伤室内的储源坑辐射安全管理措施参考放射源库内的储源坑。</p> <p><b>(3) 移动探伤工作间歇临时贮存</b></p> <p>移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源，应在专用的贮存设施内储存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确保存储安全。放射源贮存设施应达到如下要求：</p> <p>①严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志。</p> <p>②应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素。</p> <p>③在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5<math>\mu</math>Sv/h 或者审管部门批准的控制水平。</p> <p>④贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理。</p> <p>⑤定期检查物品清单，确认探伤源、源容器的存放地点。</p> <p>⑥<math>\gamma</math>射线探伤装置临时存放场所须满足“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的要求，不得存放易燃、易爆、腐蚀性等物品，应利用保险柜现场保存，保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志，并派专人 24h 现场值班。</p> <p>⑦<math>\gamma</math>射线探伤装置出入临时存放场所，公司必须对探伤机进行辐射剂量监测，并记录监测值和转移时间等信息。</p>
X 射线机 贮存间	<p><b>(1) 新厂区X射线机贮存间</b></p> <p>①X射线机贮存间仅存放X射线探伤机，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。探伤机检修均由设备生产厂家承担，建设单位工作人员不承担检修工作。</p> <p>②X射线机贮存间实行双人双锁，由专职工作人员负责，采用防盗门，门上设有电离辐射警告标志。同时，贮存间入口处拟设视频监控装置，可实时掌握库房动态。</p> <p>③X射线机贮存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。</p> <p>④公司应制定射线装置的领取、归还和登记制度，并建立设备管理台账。</p> <p><b>(2) 移动探伤工作间歇临时贮存</b></p> <p>①X射线探伤机无法当天返回新厂区X射线机贮存间时，X射线探伤机由工作人员负责看管，并派人24h值班。</p> <p>②X射线探伤机临时存放场所须满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求。</p>

#### 10.1.4.4 X、 $\gamma$ 射线探伤机运输过程中辐射安全和防护措施

表 10-6 探伤装置运输过程中辐射安全和防护措施

装置名称	运输过程中辐射安全和防护措施
<p><math>\gamma</math> 射线探伤机</p>	<p>(1) 承担放射源运输单位，应具备国家规定的放射性物品运输资质，需配备必要的辐射监测设备、防护用品和防盗、防破坏设备，并编制运输说明书、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南。运输说明书应当包括放射性物品的品名、数量、物理化学形态、危害风险等内容。目前浙江宏泰检测技术有限公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了放射源委托运输协议。</p> <p>(2) 根据《关于加强核与辐射安全监管能力建设工作的通知》（环办辐射函〔2017〕1593号）的相关规定，移动放射源应安装实时在线监控系统，并将放射源基本信息、地理位置等数据传输至生态环境主管部门信息平台，确保数据真实有效。</p> <p>(3) 放射源的货运运输要求按《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）有关规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁紧状态。</p> <p>(4) 探伤装置采用专用车辆进行运输，专人押运，押运人员全程监控探伤装置。</p> <p>(5) 专用运输车辆上需配备储存探伤机的运输保险箱及防盗设施，运输过程中应把放射源与工作人员充分隔离。</p> <p>(6) 专用运输车辆采用 GPS 定位系统。</p> <p>(7) 含源 <math>\gamma</math> 射线探伤机置于车厢源箱内运输，只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后方能移动。</p> <p>(8) 在源箱和运输车辆上设置“当心电离辐射”警示标志。</p> <p>(9) 运输放射源的车辆不得用于其他物品的运输。</p> <p>(10) 预备好拾源夹及储源罐以事故应急使用。</p> <p>(11) 运送放射源的专用车辆严禁搭乘除司机和放射源押运人员以外的其他人员。</p> <p>(12) 未采取足够安全防护措施的运输放射源的车辆，不得进入人口密集区和在公共停车场停留。</p> <p>(13) 运输过程中，如人员需离开车辆，应至少保留 1 名工作人员负责铅箱的看管。</p> <p>(14) 在运输车辆能够到达探伤工点时，在卸源的整个过程中，辐射工作人员要轻拿轻放，防止源脱落，保证源安全的放在工点位置，并且要用辐射巡测仪监测整个过程。</p> <p>(15) 在运输车辆无法到达探伤工点时，在不涉及公用道路的厂区内移动时，辐射工作人员应使用小型车辆或手推车，使含源 <math>\gamma</math> 射线探伤机处于人员监视下。</p> <p>(16) 当探伤完毕后，需要装源时，在装源的整个过程中，工作人员要轻拿轻放，防止源脱落，保证源安全的放在运源车上，并且要用辐射巡测仪监测整个过程。</p> <p>(17) 放射源运输单位，应当经公安部门批准，按照指定的时间进行运输，运输车速按国家危险品运输车辆的相关规定实施限速，按批准后的行车线路行驶，不得擅自绕行或自行改变线路。</p> <p>(18) 公司拟制定 <math>\gamma</math> 射线探伤机运输管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输。</p>
<p>X 射线探伤机</p>	<p>(1) 本项目 X 射线探伤机的运输工作由浙江宏泰检测技术有限公司自行承担，拟配专用运输车，并设有防盗锁。</p> <p>(2) 运输全程由经过培训的辐射工作人员负责，如人员需要离开车辆，应至少保留 1 名工作人员负责 X 射线探伤机的看管。</p> <p>(3) 公司拟制定 X 射线探伤机运输管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输。</p>

#### 10.1.4.4X、 $\gamma$ 射线固定式探伤辐射安全和防护措施

##### 一、探伤室的建设

本项目共建有 2 间探伤室，开展 X、 $\gamma$  射线固定式探伤。根据国家相关法律法规和标准要求，并结合项目实际情况，本项目在投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

1、每间探伤室的工件门和工作人员出入门均拟设置门-机联锁装置，防护门与所有探伤机联锁，确保在防护门关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置方便探伤室内部的



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，能立刻停止出束或回源。

2、每间探伤室的门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与所有探伤机联锁。“预备”信号可以持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

3、每间探伤室拟设1套24小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间在30天以上，并与厂区的值班室联网。视频监控探头拟设4个，其中2个探头位于探伤室的出入口，2个位于探伤室的内部，保证监控无死角，且覆盖到储源坑。在操作室的操作台拟设专用的监视器，可监控探伤室内人员活动情况和探伤装置的运行情况。

4、每间探伤室的工件门、工作人员出入门、储源坑均拟设置符合GB 18871-2002要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

5、每间探伤室内的四侧墙面、迷道内、操作室的操作台等处均拟设1个紧急停机按钮，并给出清晰的标记和说明，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，可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。按钮带有标签，标明使用方法。

6、每间探伤室内拟设1套机械通风装置，每小时有效通风换气次数不小于3次，排风管道外口已避免朝向人员活动密集区。

7、每间探伤室内拟安装1套固定式辐射剂量监测系统，在探伤室内设置固定式辐射剂量监测仪探头，该监测系统能够显示机房内实时辐射剂量率，并有报警功能，其显示单元设置在操作室，并与门联锁。

8、每间探伤室拟配置1台便携式辐射检测报警仪，该报警仪拟与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

9、每间探伤室的工件门和工作人员出入门拟采用电动门，均具有防夹功能。工件门和工作人员出入门的内侧分别拟设1个室内紧急开门装置，紧急状态下室内人员可开启该装置而离开探伤室。同时，工作人员可通过控制台上的电动操控按钮从室外打开工件门，通过工作人员出入门外侧墙上的电动操控按钮从室外打开工作人员出入门。

10、每间探伤室的工件门和工作人员出入门主要采用混凝土和铅板防护，具有防盗功能，通过门控系统方可打开。

11、每间探伤室拟设红外线防盗报警装置，并与当地公安“110”联网。

12、每间探伤室结构上防火，就近处拟设2台干粉灭火器，作为应急物资备用。

13、每间探伤室的工件门外1m处拟划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

## 二、探伤操作的放射防护

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

2、探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警

仪和便携式 X- $\gamma$  剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出检测室，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。

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。

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

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

6、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。

### 三、辐射安全管理

1、 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机必须在指定的 1#探伤室内进行固定式探伤，禁止在 2#探伤室内进行固定式探伤或探伤室以外的移动式探伤。

2、严格控制每间探伤室运行工况，每次探伤工作仅限 1 台探伤机开机运行，禁止 2 台及 2 台以上探伤机同时开机运行。

3、公司应建立放射源和射线装置的管理档案和台帐记录，贮存、领取、使用、归还探伤机时应及时进行登记、检查，做到账物相符，并要求专人负责保管。

4、相关辐射安全规章制度应张贴上墙于探伤工作现场处。

#### 10.1.4.3 X、 $\gamma$ 射线移动式探伤辐射安全和防护措施

本项目 X、 $\gamma$  射线移动式探伤仅限于评估合格的各客户工作场所，不能在公司的生产车间内进行 X、 $\gamma$  射线移动式探伤。

#### 一、 $\gamma$ 射线移动探伤

##### 1、作业前准备

(1) 在实施移动式探伤工作之前，作业单位拟对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

(2) 本项目开展移动式探伤工作的每台  $\gamma$  射线探伤机拟配备 2 名专职的辐射操作人员和 1 名现场安全员。

(3) 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，作业单位拟与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

##### 2、分区设置

(1) 探伤作业时，作业单位拟对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区，并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作均在指定为控制区的区域内进行。

(2) 控制区边界上合适的位置拟设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员均在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

(3) 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

(4) 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，拟使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

(5) 每一个探伤作业班组拟配备一台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

(6) 探伤作业期间拟对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

(7) 监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

(8) 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

(9) 探伤机控制台（ $\gamma$  射线绕出盘）拟设置在合适位置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

### 3、安全警示

(1) 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

(2) 拟设提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界拟设置警示灯。

(3)  $\gamma$  射线探伤的警示信号指示装置均与探伤机联锁。

(4) 在控制区的所有边界均能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

(5) 在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

### 4、边界巡查与检测

(1) 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

(2) 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

(3) 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。

(4) 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- $\gamma$  剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- $\gamma$  剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

(5) 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，两者均应使用。

## 5、 $\gamma$ 射线移动式探伤操作要求

(1) 拟根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。作业单位有多个  $\gamma$  射线源，拟使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。

(2) 探伤作业开始前备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态：

- a) 便携式 X- $\gamma$  剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪；
- b) 导向管，控制缆和遥控；
- c) 准直器和局部屏蔽；
- d) 现场屏蔽物；
- e) 警告提示和信号；
- f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具；
- g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。

(3) 移动探伤作业时（应急探伤除外），作业单位拟在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息；拟将作业计划和影响范围书面告知委托单位，作业委托单位应当通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。

## 6、 $\gamma$ 射线移动式探伤放射防护检测要求

(1) 进行移动式探伤时，拟通过巡测确定控制区和监督区。

(2) 当探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均重新进行巡测，确定新的划区界线。

(3) 在工作状态下检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

(4) 探伤机停止工作时，检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

## 7、废旧放射源的处置及换源

(1) 浙江宏泰检测技术有限公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

(2) 在废旧放射源转让活动完成之日起 20 日内，公司拟将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送浙江省生态环境厅备案。

(3) 废旧放射源临时贮存在放射源库的储源坑内，公司应及时通知放射源销售单位专车取走。

(4) 严禁将废旧放射源非法转让，随意丢弃。

(5) 探伤装置装源（包括更换放射源）由放射源生产单位在生产厂家内进行操作，并承担其安全责任，放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度。

## 8、含源 $\gamma$ 射线探伤机的异地使用

本项目移动探伤的业务范围是全国各地，含源  $\gamma$  射线探伤机异地使用应能做到：

(1) 本项目  $\gamma$  射线探伤机进行跨设区市作业的，公司应在作业实施前 10 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告。作业活动结束后 20 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告注销。需变更作业点的，应在完成原异地使用报告注销手续后，重新办理报告手续，放射源可不返回本单位注册地。需延长作业时间的，可直接办理报告延期手续。

(2) 本项目  $\gamma$  射线探伤机转移到外省、自治区、直辖市使用的，公司应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级生态环境主管部门备案，经备案后，到移出地省级生态环境主管部门备案。异地使用活动结束后，公司应在放射源转移出使用地 20 日内，先后向使用地、移出地省级生态环境主管部门注销备案。

(3) 公司拟建立  $\gamma$  射线探伤机跨区域备案管理制度，并在实际工作中严格执行。

## 9、国家及省关于 $\gamma$ 射线移动探伤的管理要求

本项目对照《关于印发〈关于  $\gamma$  射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号）、《关于进一步加强  $\gamma$  射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函〔2014〕1293 号）、《关于印发〈浙江省  $\gamma$  射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》（浙环发〔2022〕30 号）等文件中的要求，相关符合性分析评价分别见表 10-7~表 10-9。

表 10-7 本项目与环发〔2007〕8 号文的对照性分析评价

《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》 (环发〔2007〕8 号)		本项目情况	符合情况
1	至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	该公司已成立辐射安全管理领导小组,并配备 1 名专职人员负责辐射安全管理工作。	符合
2	从事移动探伤作业的,应拥有 5 台以上探伤装置。	本次拟新增 9 台 γ 射线探伤机,均用于移动探伤。	符合
3	每台探伤装置须配备 2 名以上操作人员,操作人员应参加辐射安全与防护培训,并考核合格。	该公司每台 γ 射线探伤机均拟配备 2 名探伤操作人员,操作人员上岗前均拟参加辐射安全与防护培训,考核合格后上岗。	符合
4	必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	本项目在履行环评手续后,该公司将重新申领辐射安全许可证,在取得辐射安全许可证后,方可开展探伤工作。	符合
5	探伤装置的安全使用期限为 10 年,禁止使用超过 10 年的探伤装置。	该公司拟在日常操作中落实该要求,当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后,及时报废,并将该要求写入探伤设备管理要求。	符合
6	明确 2 名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施,源库门应为双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的,应利用保险柜现场保存,但须派专人 24 小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。	该公司安排 2 名工作人员专职负责放射源库的保管工作,源库拟设置红外报警装置,源库内和出口处拟安装视频监控装置,对源库实行 24 小时监控,源库入口拟设置电离辐射警告标志,源库设计为双人双锁。探伤室内的储源坑管理工作参考放射源库。当天移动探伤工作完成,γ 射线探伤机不能返回到源库时,公司将按要求设置放射源临时贮存场所。	符合
7	制定探伤装置的领取、归还和登记制度,放射源台账和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源,明确每枚放射源与探伤装置的对应关系,做到账物相符,一一对应。核实时应有 2 人在场,核实记录应妥善保存,并建立计算机管理档案。	该公司已制定探伤装置的领取、归还和登记制度,放射源台账和定期清点检查制度,并由专门的放射源保管员做好放射源相关的领取、归还和登记工作,在今后的探伤工作过程中严格按照制度执行,由 2 名源库工作人员在场定期核实探伤装置中的放射源,明确每枚放射源与探伤装置的对应关系,做到账物相符,一一对应,核实记录妥善保存,并建立计算机管理档案。	符合
8	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。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	该公司已制定相应的设备维修制度,制度中明确: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,发现问题及时维修,并做好记录;在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行,严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合

续表 10-7 本项目与环发〔2007〕8号文的对照性分析评价

《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》 (环发〔2007〕8号)		本项目情况	符合情况
9	探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	该公司每次开展γ射线移动探伤工作，单个探伤小组拟配备2名探伤操作人员和1名现场安全员同时在场，每名辐射工作人员均佩戴1枚个人剂量计和1台个人剂量报警仪。个人剂量计拟定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。	符合
10	每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	该公司已制定γ射线移动探伤操作规程，明确规定：每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。实际工作过程中，探伤操作人员严格按照探伤操作规程执行。	符合
11	探伤装置必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	该公司已委托浙江省科学器材进出口有限责任公司负责运输探伤装置，严格遵守探伤装置专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	符合
12	室外作业时，应设定控制区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守，监测控制区的辐射剂量水平。	开展移动探伤时，现场安全员严格按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的要求设定控制区和监督区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，必要时设专人警戒，现场安全员监测控制区和监督区的辐射剂量水平，并记录档案。	符合
13	作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。	移动探伤作业结束后，现场安全员用辐射巡测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由现场安全员在检查记录上签字，方携带探伤装置离开现场。	符合
14	探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转出使用地后20日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。	本项目移动探伤的作业范围为全国各地，公司承诺将严格落实放射源异地作业备案登记制度。	符合
15	更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起20日内，分别将1份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	更换放射源时，该公司拟向浙江省生态环境厅提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；在转让活动完成之日起20日内，浙江宏泰检测技术有限公司与放射源生产单位拟分别将1份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。	符合
16	发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	该公司已制定《辐射事故应急预案》，在预案中明确规定：发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，公司应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	符合

表 10-8 本项目与环办函〔2014〕1293 号文的对照性分析评价

《关于进一步加强 $\gamma$ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》 (环办函〔2014〕1293 号)		本项目情况	符合情况
1	加强从业人员管理,按照法规要求做好人员培训工作,严禁无证人员操作探伤装置。	该公司从事 $\gamma$ 射线移动探伤辐射工作人员上岗前,均拟按照法规要求参加辐射安全与防护培训,并考核合格后上岗,严禁无证人员操作探伤装置。	符合
2	$\gamma$ 射线移动探伤作业时应配备现场安全员,主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作,并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。	该公司单个工作组开展移动探伤时,探伤现场均拟配备 1 名现场安全员,主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作,并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员上岗前,均拟按照法规要求参加与操作人员等同的辐射安全与防护培训,考核合格后上岗。	符合
3	$\gamma$ 射线移动探伤室外作业时(应急探伤作业除外),应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌,将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示,接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于 2 平方米,公示信息应采取喷绘(印刷)的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要(具备防水、防风等抵御外界影响的能力),确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌,禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。	该公司在实际探伤工作中,在作业现场边界外公众可达地点拟放置安全信息公示牌,将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示,接受公众监督。 该公司承诺将严格要求制定安全信息公示牌。	符合
4	各 $\gamma$ 射线移动探伤装置使用单位应明确并牢记辐射安全主体责任,及时履行环保手续,加强企业自身的辐射安全管理,强化辐射工作人员的法律法规学习,培植单位的核安全文化,防止事故发生。	该公司已成立辐射安全管理领导小组,明确了相关岗位职责,并定期组织辐射工作人员辐射安全与防护培训,并建立企业核安全文化,杜绝事故的发生。	符合
5	各 $\gamma$ 射线移动探伤装置生产单位应对探伤装置的设计进行持续改进,提升装置的固有安全性,避免人为违规操作导致安全事故发生。	该公司为 $\gamma$ 射线移动探伤装置使用单位,不属于生产单位。相关生产单位应主动配合该项要求。	/
6	各地应强化对 $\gamma$ 射线移动探伤装置生产、销售、使用单位的监督管理,加大监督检查力度,及时处理公众举报,对违规操作零容忍,对弄虚作假零容忍,对违法行为从严查处。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/
7	各地应强化对 $\gamma$ 射线移动探伤异地使用备案的管理,在 $\gamma$ 射线移动探伤异地首次作业时,作业现场所在地承担监管职责的环保部门应进行现场检查,核实相关信息,督促企业做好辐射安全工作,消除安全隐患。	该公司应主动配合主管部门对 $\gamma$ 射线移动探伤异地使用备案的管理。	/



表 10-9 本项目与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合情况
1	浙江省生态环境主管部门颁发辐射安全许可证的作业单位（以下简称“本省单位”）应设立由单位法定代表人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，制定单位辐射安全管理制度，培植单位核安全文化。	该公司已建立由单位法定负责人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，制定单位辐射安全管理制度，培植单位核安全文化。	符合
2	单位法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。	该公司已明确单位法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。	符合
3	辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理，定期核查各项目有关资料。	该公司已明确 1 名辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理，定期核查各项目有关资料。	符合
4	项目负责人负责该项目的辐射安全管理工作，检查操作人员和现场安全员的操作与记录情况。	该公司每个 γ 射线移动探伤作业项目点拟配备项目负责人，负责该项目点的辐射安全管理工作，每天检查操作人员和现场安全员的操作和记录情况。	符合
5	现场安全员负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机（以下简称“探伤机”）的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。	该公司每个 γ 射线移动探伤作业场所拟配备 1 名现场安全员，主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤装置等工作，同时做好相关记录。	符合
6	操作人员负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。	该公司每个 γ 射线移动探伤作业场所拟配备 2 名操作人员，负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。	符合
7	放射源贮存库管理员负责放射源贮存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。	本项目放射源库已安排 2 名工作人员专职负责放射源库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。	符合
8	辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员和放射源贮存库管理员必须通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核。	本省单位的辐射安全负责人、作业项目点负责人、现场安全员和操作人员等上岗前，均拟按照法规要求参加与操作人员等同的辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
9	作业单位应建立辐射安全管理制度，主要包括：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、放射源使用登记制度、工作场所监测制度、人员剂量管理和健康管理制度、人员培训制度等。	公司已建立辐射安全管理制度，主要包括：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、放射源使用登记制度、工作场所监测制度、人员剂量管理和健康管理制度、人员培训制度等。	符合
10	作业单位应制定并不断完善辐射事故应急预案，细化应急报告程序及应急处置措施，明确应急物资、设备型号（名称）、存放地点等，并定期组织开展应急演练。	公司已建立并不断完善辐射事故应急预案，细化，细化应急报告程序及应急处置措施，明确应急物资、设备型号（名称）、存放地点等，并定期组织开展应急演练。	符合

续表 10-9 与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合情况
11	作业单位应每月对探伤机及配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤机的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。	该公司已制定相应的设备维修制度，制度中明确：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，发现问题及时维修，并做好记录。	符合
12	作业单位之间不得借用许可资质、探伤机和辐射工作人员，未通过相应核技术辐射安全与防护考核的人员不得作业。	该公司承诺不借用许可资质、探伤机和辐射工作人员，未通过相应核技术辐射安全与防护考核的人员不得作业。	符合
13	作业单位不得使用超过 10 年的探伤机，不得使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤机。	该公司拟在日常操作中落实该要求，当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合
14	作业单位应在现场项目部存放项目相关的操作规程、应急预案、出入库记录等辐射安全管理资料。作业结束后，应当将项目的相关资料及时归档，保留期限至少两年。	该公司承诺作业项目地存放项目相关的辐射环境管理资料，并将所有项目点的相关资料及时归档，保留期限不少于两年。	符合
15	作业委托单位应选择辐射安全管理水平良好的作业单位，与作业单位签订职责明确的责任书，明确专人负责，提供能满足作业要求的工作场所，配合落实放射源贮存库等。作业场所和放射源贮存库不符合辐射安全管理要求的，作业单位不得接受委托开展作业。	公司承诺与委托单位签订职责明确的责任书，作业场所和放射源贮存库不符合辐射安全管理要求的，不接受委托开展作业。	符合
16	作业单位应确保每台探伤机至少有 2 名操作人员和 1 名现场安全员同时在场。同一作业点，同一单位有多台探伤机使用的，现场安全员配备须满足辐射安全管控要求。操作人员以及现场安全员应配备个人剂量报警仪和个人剂量计，并持有标注照片、姓名、培训类别和所属单位等的人员信息牌。每个作业点配备至少 1 台辐射监测仪以及必要的个人防护和应急用品。	公司每台 γ 射线探伤机拟配备 2 名辐射操作人员和 1 名现场安全员同时在场，探伤作业时，操作人员以及现场安全员应配备个人剂量报警仪和个人剂量计，并佩戴标注照片、姓名、培训类别和所属单位等人员信息牌。每个作业点拟配备至少 1 台 X-γ 剂量率仪以及必要的个人防护和应急用品。	符合
17	探伤作业时（应急探伤除外），作业单位必须在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息。作业单位应将作业计划和影响范围书面告知作业委托单位，作业委托单位应通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。	该公司承诺室外探伤时（应急探伤作业除外），在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息；并将作业计划和影响范围书面告知委托单位；委托单位应当通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。	符合

续表 10-9 与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合情况
26	本省单位进行跨设区市作业的，应在作业实施前 10 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告。作业活动结束后 20 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告注销。需变更作业点的，应在完成原异地使用报告注销手续后，重新办理报告手续，放射源可不返回本单位注册地。需延长作业时间的，可直接办理报告延期手续。	公司承诺将严格落实放射源异地作业备案登记制度。	符合
27	本省单位送贮废旧放射源的，应当在废旧放射源送贮活动完成之日起 20 日内，向注册地生态环境主管部门办理备案手续。	公司承诺在废旧放射源送贮活动完成之日起 20 日内，向注册地生态环境主管部门办理备案手续。	符合
28	各级生态环境主管部门应当将作业单位列为特殊监管对象，加强监督管理，强化作业点的现场检查及在线监管系统使用情况的监督检查。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/
29	作业单位和作业委托单位违反本规定的行为，各级生态环境主管部门按有关法律、法规、规章进行查处，按规定公开环境违法信息，相关情况纳入企业环境信用评价结果。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/
30	作业单位在移入地首次作业时，当地生态环境主管部门应对其现场检查，核实相关信息，督促作业单位做好辐射安全工作，消除安全隐患。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/

## 10、辐射工作人员配置和其他相关人员要求

(1) 每台  $\gamma$  射线探伤装置拟配备 2 名以上辐射操作人员（同时在场）和 1 名现场安全员，其中现场安全员可以为现场的两名操作员之一，但现场安全员应具有对现场辐射安全负责的权限，发现安全问题及时叫停探伤作业。

(2) 探伤工作人员均佩戴个人剂量计，每一个探伤作业班组至少配备一台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。同时，探伤工作人员还应佩戴标注照片、姓名、培训类别和所属单位等人员信息牌。

(3) 公司拟设立由单位法定代表人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，其中：

①法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。

②辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理工作，定期核查各项目有关资料。

③项目负责人负责该项目的辐射安全管理工作，检查操作人员和现场安全员的操作与记录情况。

④现场安全员负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源  $\gamma$  射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。

⑤操作人员负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。

⑥放射源贮存库管理员负责放射源贮存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。

⑦辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员和放射源贮存库管理员必须通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核。

(4) 探伤工作人员正式工作前均取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

## 11、数字化管理要求

(1) 作业单位应加强作业活动的数字化管理工作，规范使用移动探伤放射源在线监管系统，实现作业活动的全流程闭环管理。

(2) 每台探伤机均应安装在线监管系统终端，未安装终端的不得使用。作业单位应加强终端的日常管理和维护，确保数据上传有效。

(3) 作业单位应做好在线监管系统人员、放射源、探伤机、异地使用等信息录入及更

新，按在线监管系统要求落实出入库扫码工作。

(4) 作业单位应及时处置或反馈在线监管系统推送的预警信息，防范放射源失控风险。

## 二、X 射线移动探伤

### 1、作业前准备、分区设置、安全警示、边界巡查与检测、X 射线移动式探伤放射防护检测

X 射线探伤机移动探伤时，作业前准备、分区设置、安全警示、边界巡查与检测、放射防护检测等放射防护要求和  $\gamma$  射线探伤机相同，具体内容见章节 11.1.4.1，此处不重复表述。

### 2、X 射线移动式探伤操作要求

应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

### 3、辐射工作人员配置要求

(1) 本项目开展 X 射线移动式探伤工作的每台探伤机至少配备两名专职工作人员。

(2) 探伤工作人员均佩戴个人剂量计，每一个探伤作业班组至少配备一台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

(3) 探伤工作人员正式工作前均取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

#### 10.1.4.4 辐射防护设施、辐射检测仪器及防护用品配置

本项目每间探伤室单次仅开启 1 台探伤机，不涉及 2 台及 2 台以上探伤机同时运行工况。每个项目部为一个独立的移动探伤作业点，辐射工作人员均分组开展工作。本次新增的  $\gamma$  射线移动探伤和 X 射线移动探伤混合使用，同一个移动探伤作业点不同时开机使用 2 台及 2 台以上的探伤机。本项目扩建后计划新增 25 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，2 名为放射源管理人员；4 名为固定式探伤操作人员，每 2 名为一个固定式探伤小组，共同承担 1 间探伤室内所有的探伤作业；18 名为移动探伤操作人员，每 3 名为一个移动探伤小组。本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划见表 10-10。

表 10-10 本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划表

类别	辐射防护设施	单组配置	备注
放射源管理	个人剂量计	2 枚	
	个人剂量报警仪	2 个	
	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪	1 台	
	个人剂量计	4 枚	
	个人剂量报警仪	4 个	
	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪	1 台	2 间探伤室共用 1 台
	固定式场所辐射探测报警装置	2 套	每间探伤安装 1 套

X、 $\gamma$ 射线固定式探伤	显示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，并与探伤机联锁	6套	每间探伤室的工件门口、工作人员出入口和内部各安装1套
	视频监控装置	6个	每间探伤室内各安装2个、探伤室门口各安装1个
	监视器	2个	每间探伤室的控制台安装1个
	装紧急停机按钮	10个	每间探伤室的四侧内墙和迷道各安装1个
	机械通风装置	2套	每间探伤室安装1套
$\gamma$ 射线移动探伤	个人剂量计	3枚	本项目 X、 $\gamma$ 射线移动探伤人员为同一套班底，新增移动探伤辐射工作人员共 18 名，分 6 组，部分辐射防护设施无需重复配置。本项目移动探伤计划配置个人剂量计 18 枚、个人剂量报警仪 18 个、便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪 6 台、准直器 6 组、电离辐射警告标志 48 个、“禁止进入射线工作区”警告牌 24 个、“无关人员禁止入内”警告牌 24 个、提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置及安全联锁 24 套、警示 24 个、安全信息公示牌 6 个、对讲装置 18 个、警戒绳 6 套、应急储源罐 6 个、应急箱（包括放射源的远距离处理工具）6 个、其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）6 套、铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜各 6 套。
	个人剂量报警仪	3个	
	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪	1台	
	准直器	1组	
	电离辐射警告标志	8个	
	“禁止进入射线工作区”警告牌	4个	
	“无关人员禁止入内”警告牌	4个	
	提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，与探伤机联锁	4套	
	警示灯	4个	
	安全信息公示牌（面积不小于 2 平方米）	1个	
	对讲装置	3个	
	警戒绳（不低于 500m）	1套	
	应急储源罐	1个	
	应急箱（包括放射源的远距离处理工具）	1个	
其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）	1套		
X射线移动探伤	铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜	各 1 套	
	个人剂量计	3枚	
	个人剂量报警仪	3个	
	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪	1台	
	准直器	1组	
	电离辐射警告标志	8个	
	“禁止进入射线工作区”警告牌	4个	
	“无关人员禁止入内”警告牌	4个	
	提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，并与探伤机联锁	4套	
	警示灯	4个	
	对讲装置	3个	
警戒绳（不低于 500m）	1套		
铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜	各 1 套		

本项目用于探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/标准，并取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应。

#### 10.1.3.4 探伤设施的退役

1、本项目 X 射线探伤机后期如报废，公司应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》第十八条要求，对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

2、本项目  $\gamma$  射线探伤机内含 II 类放射源，相关工作场所如服务期满并拟淘汰使用，公司应按照《核技术利用设施退役》（HAD 401/14-2021）的要求实施探伤室的退役活动，并根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的规定，及时办理相应的退役环境影响评价手续，确保退役场所满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相关要求，方可无限制开放使用。

3、当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序，包括以下内容：

(a) 有使用价值的  $\gamma$  放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照 GBZ117-2022 第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

(b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与  $\gamma$  射线源一样对待。

(c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(d) 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。

(e) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

(f) 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。

#### 10.1.3.5 危险废物环境管理措施

本项目固定式探伤和温州市内移动式探伤项目部的洗片工作均在新厂区的暗室内完成；该过程产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液等危废收集后暂存于危废暂存间，再定期委托浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司收集、贮存和转运，最终交由温州市环境发展有限公司处理处置。温州市外移动式探伤项目部均设有临时性暗室，胶片不拉回新厂区进行洗片和评片，公司遵循“就近处置”的原则，针对工期较长的检测项目，建设单位在签订无损检测服务合同时即与委托方关于该部分危废作出相关协议约定，委托方应提供危废处置条件并由其代为处置，最终委托当地的有资质单位处理处置；针对工期较短的检测项目，建设单位自行将该部分危废集中收集后定期委托当地的有资质单位处理处置，不跨区域转移危险废物，进一步降低危废运输过程中可能产生的环境风险。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）与《危险废物转移管理办法》（生

态环境部令第 23 号) 等规定, 为降低危险废物对环境的影响程度, 建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施:

(1) 固定式探伤和温州市内移动式探伤项目部产生的危废

本项目固定式探伤和温州市内项目部产生的危废全部暂存于危废暂存间, 位于 2#探伤室南侧, 建筑面积约 6.3m<sup>2</sup>, 一次性最大贮存能力约 5t, 该场所的建设必须满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023) 中“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求, 库内地面采取硬化处理和防渗措施; 采用防盗门, 门上设置符合《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022) 要求的危废标识和防盗锁, 并由专人管理; 库内分区存放, 不同贮存分区之间应采取隔离措施, 并设置液体导流和收集设施。根据工程分析计算可知, 本项目废显(定)影液、废胶片与洗片废液的年产生总量为 4.924t, 计划的贮存期限一般不超过 3 个月, 可以满足本项目危废贮存的空间要求。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求, 本次评价明确危险废物贮存场所(设施)的名称、位置、占地面积、贮存方式、贮存容积、贮存周期等内容, 具体见表 10-11。

表 10-11 危险废物贮存场所(设施)基本情况表

序号	贮存场所(设施)名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危废暂存间	废显(定)影液	HW16	900-019-16	2#探伤室南侧	6.3m <sup>2</sup>	专用防渗容器	5t	每 3 个月转移一次
2		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		
3		洗片废液	HW16	900-019-16			专用防渗容器		

危废暂存间的环境管理应满足: ①专人管理, 其他人员未经允许不得入内。②危险废物贮存前应做好统一包装, 防止渗漏, 同时配备计量称重设备进行称重, 危废包装容器应粘贴符合规定的标签, 注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。③危险废物必须分类分区贮存, 不同类危险废物间应有明显间隔, 严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。④建立危险废物管理台账, 管理人员应作好危险废物情况的记录, 记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留三年。

②危废的转移

对于厂内运输, 本项目危废从厂区内产生环节运输到危废暂存间, 应由专人负责, 专用容器或废物袋收集转移, 避免可能引起的散落、滴漏。对于厂外运输, 危废由有资质单位定期到厂内收集并运输转移, 采用专用车辆。危废转移过程中应严格执行转移联单管理制度,



危险废物电子转移联单数据应当在信息系统中至少保存十年。

### ③危废的委托处置

浙江宏泰检测技术有限公司已与浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司签订收集、贮存和转运合同；浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司与温州中权汽车运输有限公司签订了危废委托运输合同，还与温州市环境发展有限公司签订了危废委托处置合同，相关委托合同及资质证书见附件 14。

#### (2) 温州市外移动式探伤项目部产生的危废

温州市外的每个移动式探伤项目部均设有临时性的暗室，产生的各类危废集中收集后委托当地的有资质单位处理处置，不跨区域转移危废。暗室的建设和管理要求参考新厂区的危废暂存间。

## 10.2 三废的治理

本项目的运行无放射性废水、放射性废气产生。

(1) 公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与放射性生产销售单位签订废旧放射源返回协议。公司已与浙江科学器材进出口有限责任公司签订了放射性同位素转让及退役源返回协议。

(2) 超过安全使用期限的报废 $\gamma$ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。公司已与探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）签订了报废 $\gamma$ 射线探伤机回收协议。

(3) 放射源库内储存的含源 $\gamma$ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经源库的排风口及时排出。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，臭氧在常温常压状态下将会在短时间内自动分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

(4) 探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，其中固定式探伤及温州市内移动式探伤项目部产生的危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，定期委托浙江瑞阳环保科技有限公司温州分公司收集、贮存和转运，最终交由温州市环境发展有限公司处理处置；温州市外移动式探伤项目部产生的危险废物就近处理，委托当地有资质的单位处理处置。

## 表 11 环境影响分析

## 11.1 建设阶段对环境的影响

### 11.1.1 土建施工阶段

本项目建设阶段主要影响为将生产车间的部分空间改造为探伤工作场所，工程量较小，施工期较短，施工期对环境的影响，本次评价仅作简要分析。

(1) 大气：本项目在施工期产生少量地面扬尘，由于工程量不大，涉及的施工作业面较小，因此只要采取一定的措施即可很大程度的降低施工期的废气污染。

(2) 废水：施工期间，有少量含有泥浆的施工废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，建议在采取简单的沉淀处理后排入已有的排污管道。施工人员生活污水经化粪池预处理后排入市政污水管网。

(3) 噪声：施工机械在运行中会产生噪声，但由于施工量小，对周围环境影响较小。

(4) 固体废物：整个施工过程中产生少量以建筑垃圾为主的固体废物，企业应妥善收集后处理处置。施工人员生活垃圾经收集后交环卫部门清运。

### 11.1.2 设备安装调试阶段

本项目用于固定式探伤的 X、 $\gamma$  射线探伤机需安装和调试后方可使用，安装调试期对于环境主要影响为电离辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装调试均要求在辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行，浙江宏泰检测技术有限公司不得自行安装和调试设备。在设备安装调试阶段，建设单位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，关闭防护门，在机房门外设置电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应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。

## 11.2 运行阶段对环境的影响

目前本项目处于筹建阶段，本次评价采用理论计算的方法来预测两间探伤室投入使用时对周围环境的辐射影响。

### 11.2.1 X、 $\gamma$ 射线固定式探伤

#### 11.2.1.1 预测工况确定

##### (1) 探伤装置剂量率比对

本项目 1#探伤室拟配置 2 台  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机（一用一备）、1 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和 1 台 XXG-3205C 型 X 射线探伤机（周向）；2#探伤室拟配置 1 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和 1 台

XXG-3205G 型 X 射线探伤机（定向）。每间探伤室内每次仅开启一台探伤机进行探伤作业，不存在 2 台及 2 台以上探伤机同时运行的工况；两间探伤室存在同时运行的工况。所有探伤机在各探伤室内作业范围基本相同（见图 11-1 和图 11-2），探伤机靶点距离地面最大高度均为 1.5m。

根据有用线束剂量率计算公式，各探伤装置对探伤室周围的剂量率跟  $A\Gamma$ （活度×周围剂量当量率常数）或  $I\delta_x$ （X 射线机管电流×X 射线探伤机的发射率常数）成正比，以 1#探伤室关注点 A1 为例，探伤室屏蔽有效厚度 d 为 1200mm 混凝土，距离 r 为 2.95m，1#探伤室关注点 A1 各探伤装置的周围剂量当量率对比情况见表 11-1。

表 11-1 1#探伤室关注点 A1 各探伤装置的周围剂量当量率对比情况

探伤装置	$A/\delta_x$	$\Gamma/I$	屏蔽体厚度		屏蔽透射比 $B_x$	屏蔽后周围剂量当量率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
			有效厚度 d (mm)	半值层厚度 HVL (mm)		
$^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机	100Ci	$0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$	1200mm 混凝土	70	$6.91\times 10^{-6}$	1.028
$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机	100Ci	$0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$		50	$5.96\times 10^{-8}$	$4.31\times 10^{-3}$
320kVX 射线探伤机	$1.28\times 10^6$ $\mu\text{Sv}/\text{mA}\cdot\text{h}$	5mA		30	$<1.0\times 10^{-11}$	$<7.35\times 10^{-6}$

### (2) 探伤装置预测工况确定

由上表可知：对于 1#探伤室， $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机的射线能量最大，穿透性最强。因此，本报告选取  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机作为 1#探伤室的评价对象进行理论计算，预测背景为单台探伤装置独立运行，内置密封源的额定装源活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ /枚。如 1#探伤室能够满足  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机的辐射防护要求，其也能够满足  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机、最大管电压为 320kV、最大管电流为 5mA 的 XXG-3205C 型 X 射线探伤机（周向）的辐射防护要求。

对于 2#探伤室， $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机的射线能量最大，穿透性最强。因此，本报告选取  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机作为 2#探伤室的评价对象进行理论计算，预测背景为单台探伤装置独立运行，内置密封源的额定装源活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ /枚。如 2#探伤室能够满足  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机的辐射防护要求，其也能够满足最大管电压为 320kV、最大管电流为 5mA 的 XXG-3205G 型 X 射线探伤机（定向）的辐射防护要求。

#### 11.1.1.2 预测点位选取

根据机房平面和剖面布局设计及周围环境功能，本项目辐射影响预测点位选取见表 11-2、图 11-1 和图 11-2。

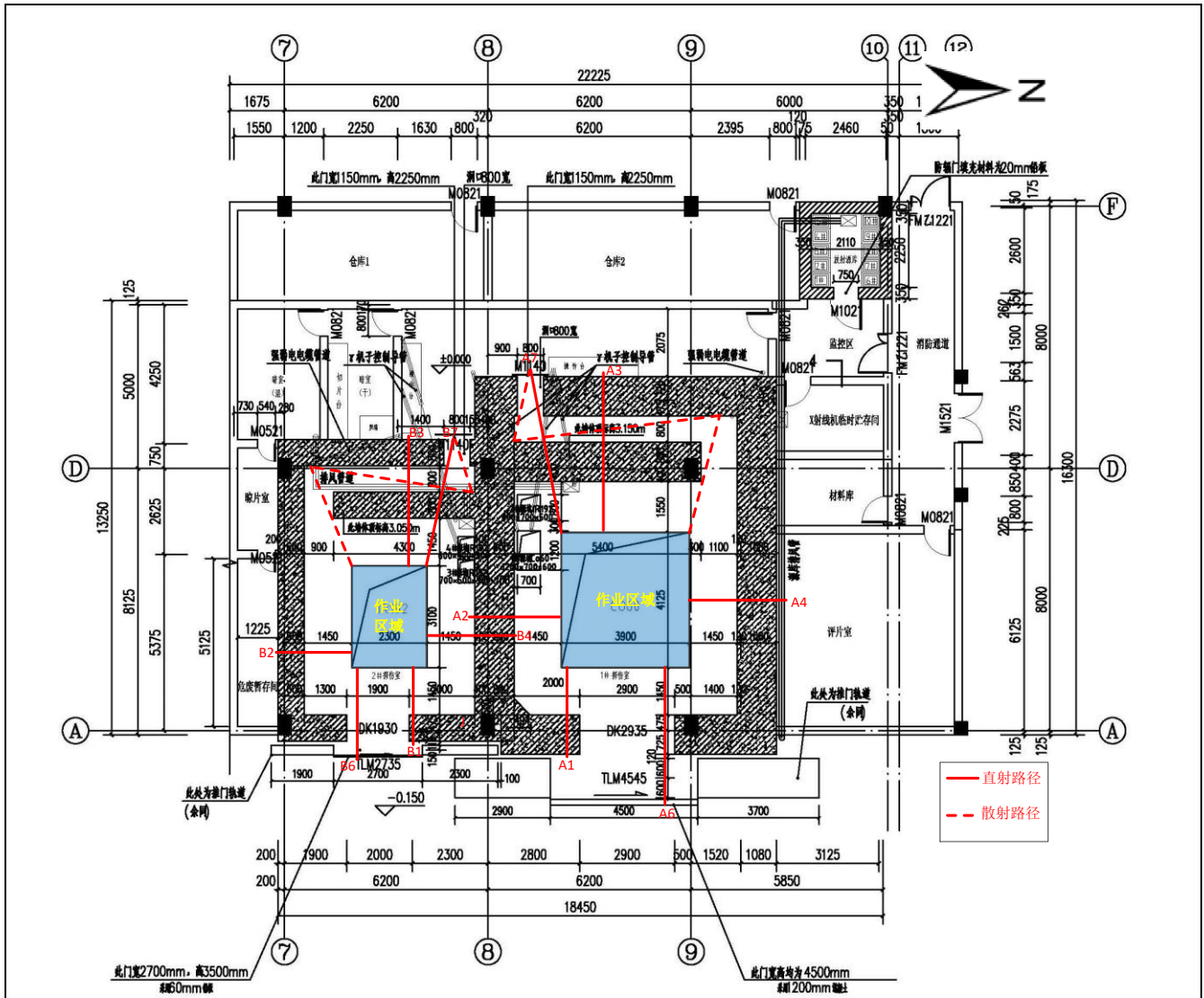


图 11-1 探伤工作场所平面布局及预测点位示意图（单位：mm）

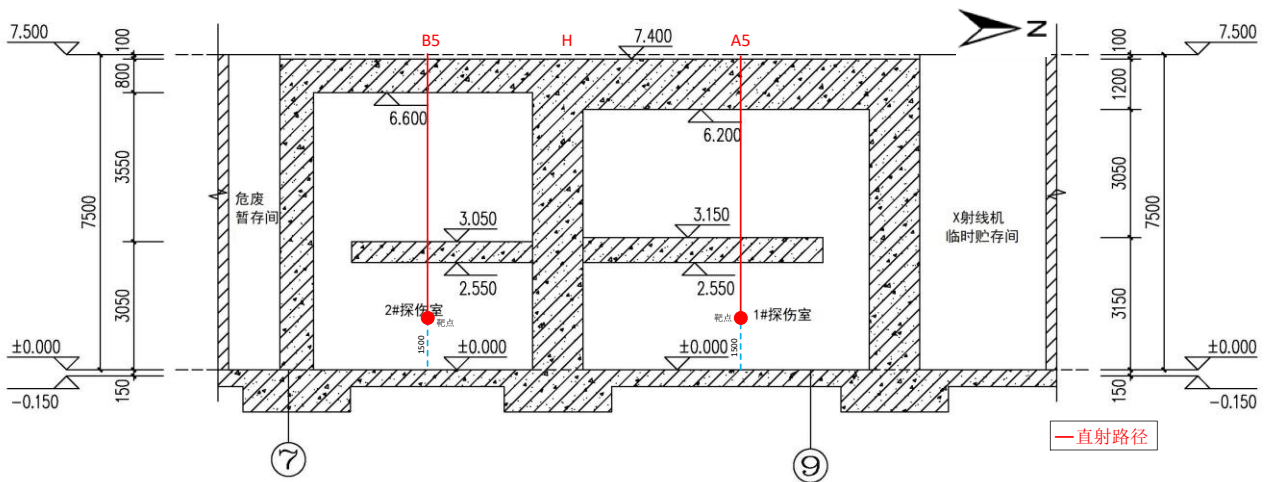


图 11-2 探伤工作场所平面布局及预测点位示意图（单位：mm）

表 12-2 预测点位基本情况表

场所名称	点位编号	点位描述	环境特征	需考虑的辐射类型
1#探伤室	A1	东墙外 30cm 处	厂区道路	有用线束
	A2	南墙外 30cm 处	2#探伤室	有用线束
	A3	西墙外 30cm 处	操作室	有用线束
	A4	北墙外 30cm 处	评片室	有用线束
	A5	顶棚外 30cm 处	二层仓库	有用线束
	A6	工件门外 30cm 处	厂区道路	有用线束
	A7	工作人员出入门外 30cm 处	操作室	有用线束、散射辐射
2#探伤室	B1	东墙外 30cm 处	厂区道路	有用线束
	B2	南墙外 30cm 处	晾片间、危废暂存间	有用线束
	B3	西墙外 30cm 处	操作室、暗室(干)、暗室(湿)	有用线束
	B4	北墙外 30cm 处	1#探伤室	有用线束
	B5	顶棚外 30cm 处	二层仓库	有用线束
	B6	工件门外 30cm 处	厂区道路	有用线束
	B7	工作人员出入门外 30cm 处	操作室	有用线束、散射辐射
J		2 间探伤室东墙交接处外 30cm 处	厂区道路	有用线束
H		2 间探伤室顶棚交接处外 30cm 处	二层仓库	有用线束

注：1#探伤室和 2#探伤室所在生产车间为一层建筑，正下方为土层，无地下室，故不设预测关注点。

### 11.2.1.2 预测模式

#### (1) 有用线束

因各预测点位与放射源使用位置之间的距离比放射源本身的几何尺寸大 5 倍以上，故可将放射源视为点源。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P76 页式（3.10）中  $\gamma$  点源空气比释动能率计算公式和减弱倍数的定义，可推导出：本项目  $\gamma$  射线室内探伤作业时，有屏蔽体情况下有用线束辐射剂量率计算公式如下：

$$H = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} B_x \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：H——有屏蔽体情况下参考点的直射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A——放射性活度，MBq，本项目取值  $3.70 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，即  $3.7 \times 10^6 \text{MBq}$ ；

$\Gamma$ ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1 可知：对于  $^{60}\text{Co}$ ， $\Gamma=0.35 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$ ；对于  $^{192}\text{Ir}$ ， $\Gamma=0.17 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{MBq} \cdot \text{h}$ ；

r——关注点距离放射源的距离，m。

$B_x$ ——屏蔽透射比，根据公式  $B_x = 2^{- (d/\text{HVL})}$  计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表

A.2, 放射源  $^{60}\text{Co}$  在混凝土的半值层厚度为 70mm, 在铅中的半值层厚度为 13mm;  $^{192}\text{Ir}$  在混凝土中的半值层厚度为 50mm, 在铅中的半值层厚度为 3mm。

## (2) 迷道散射

根据 NCRP Report NO.51: Radiation protection design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities (0.1-100MeV 粒子加速器设施辐射防护设计准则) P63 页公式 (13),

$$H = \frac{H_0 \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \cdots \cdots \cdots (11-2)$$

式中:  $H$ ——经  $j$  次散射后关注点处的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$H_0$ ——对于  $\gamma$  辐射源, 数值上由  $A\Gamma$  确定, 其中  $A$  是放射源活度,  $\Gamma$  是周围剂量当量率常数。对于放射源  $^{60}\text{Co}$ ,  $A=3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ,  $\Gamma=0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ , 则  $H_0=1.295 \times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ 。对于放射源  $^{192}\text{Ir}$ ,  $A=3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ,  $\Gamma=0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ , 则  $H_0=6.29 \times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ ;

$\alpha_1$ ——入射到第一个散射体的  $\gamma$  射线的散射系数;

$\alpha_2$ ——从以后的物质散射出来的  $\gamma$  射线的散射系数; 本次评价偏安全考虑,  $\gamma$  射线散射后能量等同原射线, 对于后续散射过程, 假设能量不再改变, 由 NCRP Report NO.51: Radiation protection design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities (0.1-100MeV 粒子加速器设施辐射防护设计准则) P110 页附录 E.15, 本项目  $\alpha$  均保守取  $1.0 \times 10^{-2}$ 。

$A_1$ —— $\gamma$  射线入射到第一散射物质的散射面积,  $\text{m}^2$ ;

$A_2$ ——迷道的截面积,  $\text{m}^2$ ;

$d_1$ —— $\gamma$  射线源与第一散射物质的距离,  $\text{m}$ ;

$d_{r1}, d_{r2} \cdots d_{rj}$ ——沿着迷道长轴的中心线距离,  $\text{m}$ ;

$j$ ——指第  $j$  个散射过程;

本次评价按最不利情况保守考虑, 选择散射次数最少的路径进行预测, 则射线需经过至少 2 次以上的散射才能到达探伤室迷道门外, 具体散射路径示意图见前文图 11-1。

本项目 1#探伤室迷道散射次数  $j=2$  次,  $d_1=3.15\text{m}$ ,  $d_{r1}=5.85\text{m}$ ,  $d_{r2}=1.60\text{m}$ ;  $A_1=(0.5+1.0) \times 6.2=9.30\text{m}^2$ ;  $A_2=0.8 \times 6.2=4.96\text{m}^2$ ; 2#探伤室迷道散射次数  $j=2$  次,  $d_1=2.65\text{m}$ ,  $d_{r1}=4.35\text{m}$ ,  $d_{r2}=1.20\text{m}$ ;  $A_1=(0.3+1.0) \times 6.6=8.58\text{m}^2$ ;  $A_2=0.8 \times 6.6=5.28\text{m}^2$ 。

### 11.2.1.3 场所辐射水平预测

#### (1) 单间探伤室独立运行工况

本项目单台  $^{60}\text{Co}-\gamma$  射线探伤机独立运行时, 1#探伤室周围辐射水平预测结果见表 11-3;

单台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机独立运行时，2#探伤室周围辐射水平预测结果见表 11-4。

**表 11-3 1#探伤室内单台  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机独立运行时周围辐射水平预测结果**

关注点 编号	射线 来源	衰减 距离 (m)	屏蔽体厚度		屏蔽 透射比 $B_x$	屏蔽后周围剂量当 量率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
			有效厚度 $d$ (mm)	半值层厚度 HVL (mm)			
A1 (东墙)	有用 线束	$r=2.95$	1200mm 混凝土	70	$6.91 \times 10^{-6}$	1.028	
A2 (南墙)	有用 线束	$r=2.95$	1200mm 混凝土	70	$6.91 \times 10^{-6}$	1.028	
A3 (西墙)	有用 线束	$r=5.00$	1200mm +1200mm 混凝土	70	$4.77 \times 10^{-11}$	$2.47 \times 10^{-6}$	
A4 (北墙)	有用 线束	$r=2.95$	1200mm 混凝土	70	$6.91 \times 10^{-6}$	1.028	
A5 (顶棚)	有用 线束	$r=6.20$	1200mm 混凝土	70	$6.91 \times 10^{-6}$	0.233	
A6 (工件门)	有用 线束	$r=4.15$	1200mm 混凝土	70	$6.91 \times 10^{-6}$	0.520	
A7 (人员门)	有用 线束	$r=5.00$	1200mm +1200mm 混凝土	70	$6.91 \times 10^{-6}$	$2.47 \times 10^{-6}$	0.814
	迷道 散射	$d_1=3.15$ $d_{r1}=5.85$ $d_{r2}=1.60$	40mm 铅	13	0.119	0.814	
J (2间探伤 室东墙交接 处)	有用 线束	$r=3.20$	1205mm 混凝土	70	$6.58 \times 10^{-6}$	0.832	
B7 (2#探伤 室的人员 门)	有用 线束	$r=4.30$	1918mm 混凝土	70	$5.65 \times 10^{-9}$	$3.96 \times 10^{-4}$	

注：表格中屏蔽体有效厚度为标准尺寸 CAD 中直接测量获取。

**表 11-4 2#探伤室内单台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机独立运行时周围辐射水平预测结果**

关注点	射线	衰减	屏蔽体厚度	屏蔽	屏蔽后周围剂量当
-----	----	----	-------	----	----------

编号	来源	距离 (m)	有效厚度 d (mm)	半值层厚度 HVL (mm)	透射比 Bx	量率 H (μSv/h)	
B1 (东墙)	有用 线束	r=2.55	850mm 混凝土	50	$6.29 \times 10^{-6}$	0.74	
B2 (南墙)	有用 线束	r=2.55	850mm 混凝土	50	$6.29 \times 10^{-6}$	0.74	
B3 (西墙)	有用 线束	r=4.15	800mm +800mm 混凝土	50	$2.33 \times 10^{-10}$	$8.51 \times 10^{-6}$	
B4 (北墙)	有用 线束	r=2.95	1200mm 混凝土	50	$5.96 \times 10^{-8}$	0.004	
B5 (顶棚)	有用 线束	r=6.20	800mm 混凝土	50	$1.53 \times 10^{-5}$	0.250	
B6 (工件门)	有用 线束	r=2.61	60mm 铅板	3	$9.54 \times 10^{-7}$	0.088	
B7 (人员门)	有用 线束	r=4.15	800mm +800mm 混凝土	50	$2.33 \times 10^{-10}$	$8.51 \times 10^{-6}$	0.465
	迷道 散射	$d_1=2.65$ $d_{r1}=4.35$ $d_{r2}=1.20$	15mm 铅	3	0.031	0.465	
J (2 间探 伤室东墙 交接处)	有用 线束	r=3.50	1125mm 混凝土	50	$1.69 \times 10^{-7}$	0.009	

注：表格中屏蔽体有效厚度为标准尺寸 CAD 中直接测量获取。

经计算可知：

①单台  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机独立运行时，1#探伤室周围辐射剂量当量率最大值为  $1.028\mu\text{Sv/h}$ ，均不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，其屏蔽防护性能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。同时，可定性推导出本项目  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机、最大管电压为 320kV、最大管电流为 5mA 的 XXG-3205C 型 X 射线探伤机（周向）独立运行时，1#探伤室的屏蔽防护性也能满足 GBZ 117-2022 的要求。

②单台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机独立运行时，2#探伤室周围辐射剂量当量率最大值为  $1.480\mu\text{Sv/h}$ ，均不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，其屏蔽防护性能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。同时，可定性推导出最大管电压为 320kV、最大管电流为 5mA 的 XXG-3205C 型 X 射线探伤机（周向）独立运行时，2#探伤室的屏蔽防护性也能满足 GBZ 117-2022 的要求。

## （2）两间探伤室同时运行工况

大部分预测关注点的周围剂量当量率主要受单间探伤室的影响，两间探伤室虽共用 1 间操作室，但不共用 1 个操作台，故本报告不考虑操作位的辐射剂量叠加，仅考虑两间探伤室交接



处等特殊点位的辐射剂量叠加影响，具体计算结果见表 11-5。

**表 11-5 两间探伤室同时运行时关注点处的周围剂量当量率**

关注点名称	关注点处周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		
	1#探伤室单独运行	2#探伤室单独运行	2 间探伤室同时运行
J (2 间探伤室的东墙交接处)	0.832	0.009	0.841
B7 (2#探伤室人员出入门处)	$3.96 \times 10^{-4}$	0.465	0.465
H (2 间探伤室的顶棚交接处)	0.233 (按 A5 点计)	0.250 (按 B5 点计)	0.483

因此，本项目两间探伤室同时运行时，预测点的周围剂量当量率最大值为  $0.841\mu\text{Sv/h}$ ，均不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，可满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)的要求。

#### 11.2.1.4 探伤室局部贯穿辐射影响

本项目 1#探伤室预留管道合计 5 根，其中 1 根为强弱电电缆线，管径 100mm，埋深 450mm，以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室西墙，连接至操作室的操作位；3 根为  $\gamma$  射线探伤机控制导管（其中 2 根为日常使用管，另 1 根为备用管并兼做 X 射线探伤机控制线缆），管径 100mm，埋深 450mm，以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室的迷道和西墙，连接至操作室的操作位；1 根为排风管道，管径 160mm，埋深 450mm，以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室南墙和 2#探伤室的西墙连接至暗室（湿），排风口设计高度与地面齐平。

2#探伤室预留管道合计 4 根，其中 1 根为强弱电电缆线，管径 100mm，埋深 450mm，以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室西墙，连接至操作室的操作位；2 根为  $\gamma$  射线探伤机控制导管（其中 1 根为日常使用管，另 1 根为备用管并兼做 X 射线探伤机控制线缆），管径 100mm，埋深 450mm，以“U”型地埋管道穿越 1#探伤室的迷道和西墙，连接至操作室的操作位；1 根为排风管道，管径 160mm，埋深 450mm，以“U”型地埋管道穿越 2#探伤室的迷道和西墙连接至暗室（湿），排风口设计高度与地面齐平。

本项目探伤室各类穿墙管道剖面设计图见附图 11，所有穿墙管道均避开了有用线束的方向，本次评价仅考虑散射线对管道出口处的辐射剂量贡献值。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。因此，本项目电缆、控制导管及排风等管道的布置方式不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

#### 11.2.1.5 探伤室内储源坑辐射影响预测

本项目含源  $\gamma$  射线探伤机不作业时，临时贮存于探伤室内的储源坑。

##### 1、储源坑的容积设计合理性分析

本项目1#探伤室内西南侧设置2个储源坑（编号1#和2#），2#探伤室内西北侧设置2个储源坑（编号3#和4#），设计原则均为“一源一坑”，采用下沉式设计。每个储源坑详细的设计见表11-6及附图7和附图9。

**表11-6 探伤室内储源坑设计情况表**

场所	编号	单坑设计尺寸	用途	屏蔽防护
1#探伤室	1#储源坑	1200mm（长）×700mm（宽）×600mm（深）	使用坑（用于 <sup>60</sup> Co-γ射线探伤机不作业时的临时贮存）	<sup>60</sup> Co-γ射线探伤机加装10mm铅防护罩；坑四壁与底部均为混凝土层，坑盖采用20mm铅板。
	2#储源坑	800mm（长）×700mm（宽）×500mm（深）	备用坑（用于 <sup>192</sup> Ir-γ射线探伤机不作业时的临时贮存）	<sup>192</sup> Ir-γ射线探伤机不加装铅防护罩；坑四壁与底部均为混凝土层，坑盖采用10mm铅板。
2#探伤室	3#储源坑	700mm（长）×500mm（宽）×500mm（深）		
	4#储源坑	600mm（长）×500mm（宽）×500mm（深）		

注：①考虑实际工作的便捷性、设计美观度等因素，2-4#储源坑设计尺寸略有差异；②基于实际现场，1#探伤室与2#探伤室的位置相对周边区域高出300mm，具备良好的防水条件，故储源坑设计时不再考虑坑口比地面高出100mm。

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的<sup>60</sup>Co-γ射线探伤机外尺寸为530mm（长）×374mm（宽）×303mm（高），<sup>192</sup>Ir-γ射线探伤机外尺寸为350mm（长）×130mm（宽）×240mm（高）。根据探伤机的摆放位置，本项目单个储源坑能满足1台<sup>60</sup>Co/<sup>192</sup>Ir-γ射线探伤机贮存的空间要求。因此，本项目探伤室内储源坑的容积设计合理可行。

## 2、储源坑外表面剂量估算

根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式及《辐射防护导论》（方杰主编）P96页公式（3.45），可推导出：

$$K = \frac{K_0}{N} \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：K——设置屏蔽层后r（m）处的周围剂量当量率，μSv/h；

K<sub>0</sub>——辐射场中r<sub>0</sub>（m）处没有设置屏蔽防护时周围剂量当量率，μSv/h；根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表2，本项目<sup>60</sup>Co-γ射线探伤机类别为移动式（M），离源容器表面5cm处的最大周围当量剂量率为1.0mSv/h；<sup>192</sup>Ir-γ射线探伤机类别为便携式（P），离源容器表面5cm处的最大周围当量剂量率为0.5mSv/h。

N——减弱倍数，根据公式  $N=2^{(d/HVL)}$  计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2，放射源 <sup>60</sup>Co 在铅中的半值层厚度为 13mm，<sup>192</sup>Ir 在铅中的半值层厚度为 3mm。

储源坑呈下沉式，四壁和底部均为人员无法到达区域，故本次评价仅预测坑盖的辐射影响，预测结果为：①单个储源坑内存放1台 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机时，对应储源坑的设计深度为600mm，源容器到坑盖外30cm处距离 $r$ 保守取值0.60m，根据公式（11-3）计算可知，坑盖外30cm处周围剂量当量率为 $1.402\mu\text{Sv/h}$ ；②单个储源坑内存放1台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机时，根据对应储源坑的设计深度为500mm，源容器到坑盖外30cm处距离 $r$ 保守取值0.56m，根据公式（11-3）计算可知，坑盖外30cm处周围剂量当量率为 $0.395\mu\text{Sv/h}$ 。因此，本项目储源坑外30cm处周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对于放射源储存设施“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

### 11.2.1.6 放射源库辐射影响预测

#### 1、放射源库屏蔽防护设计方案

本项目 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机不作业时，均临时贮存于放射源库内。该源库建筑面积约 $4.7\text{m}^2$ ，净尺寸为2.25m（长） $\times$ 2.11m（宽） $\times$ 3.8m（高），四侧墙体均为350mm混凝土，顶棚采用200mm混凝土，正下方为土层，无地下室，不做特殊防护；出入口敷设20mm铅板，门洞尺寸：0.75m（宽） $\times$ 2.0m（高），门体尺寸：0.95m（宽） $\times$ 2.1m（高），门与墙体左、右搭接宽度各为100mm、100mm，上、下搭接各为100mm、0mm。库内拟设10个储源坑，每5个储源坑为一组并排设置，分别位于源库内北侧和南侧。设计原则为“一源一坑”，单个储源坑的净尺寸均为480mm（长） $\times$ 350mm（宽） $\times$ 500mm（深），坑盖采用10mm铅板，坑口高出地面100mm。放射源库的设计方案见图12-3和图12-4。

#### 2、库容设计合理性分析

本项目放射源库的设计库容为一次性最多贮存10台含源 $\gamma$ 射线探伤机，大于本次申报的9台含源 $\gamma$ 射线探伤机（6台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机+3台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机，用于移动式探伤），余下1个储源坑可用于远期发展使用。

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机外尺寸为350mm（长） $\times$ 130mm（宽） $\times$ 240mm（高）， $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机外尺寸为220mm（长） $\times$ 105mm（宽） $\times$ 175mm（高）。根据探伤机的摆放位置，本项目单个储源坑能满足1台 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机贮存的空间要求。因此，本项目放射源库内的储源坑容积设计合理可行。

#### 3、屏蔽防护性能预测

##### （1）预测点位

根据放射源库平面和剖面布局设计及周围环境功能，本项目辐射影响预测点位选取源库四

侧屏蔽墙、防护门和顶棚外 30cm 处，具体点位布置见图 11-3 和图 11-4。

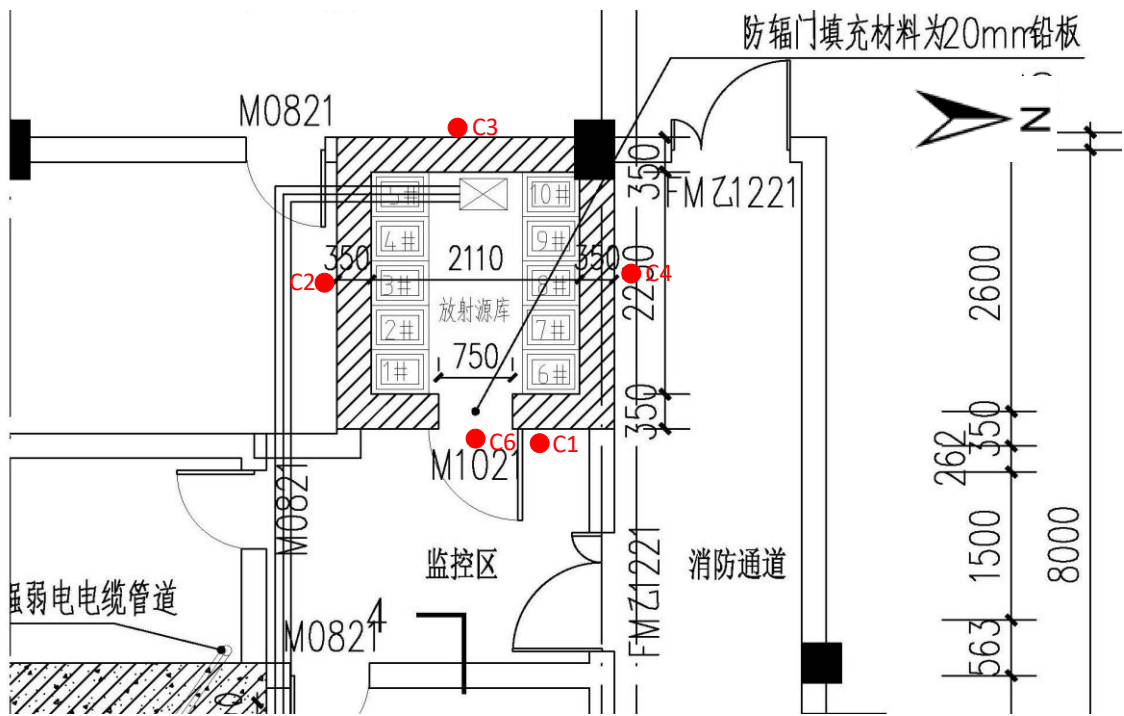


图11-3 放射源库平面布局及预测点位示意图（单位：mm）

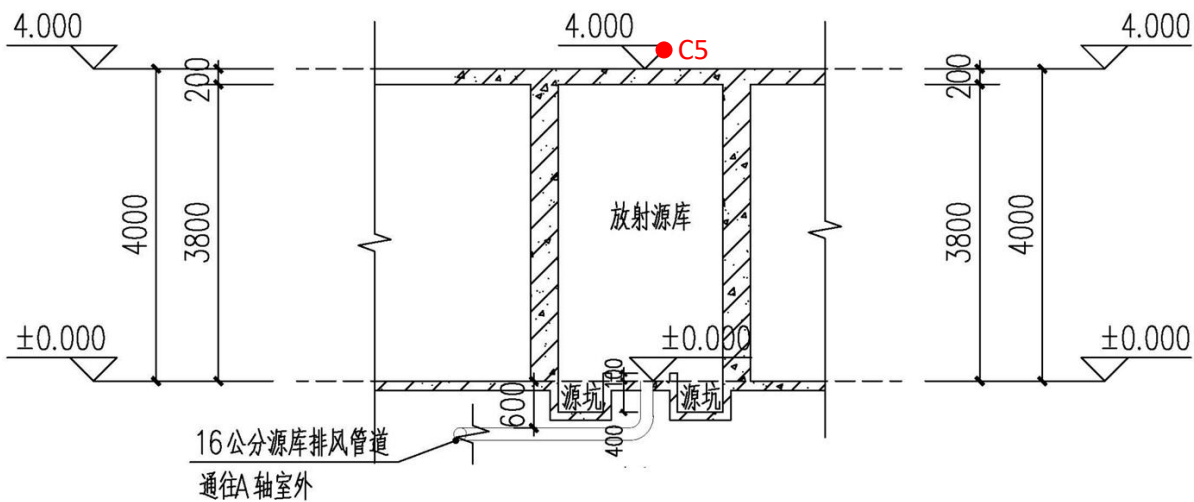


图11-4 放射源库平面布局及预测点位示意图（单位：mm）

### (2) 预测参数选取

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表2中源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值的要求可知，本项目单台便携式γ射线探伤机（P）源容器表面外5cm处周围剂量当量率不超过0.5mSv/h，以下估算中将上述值作为单个源的源强。本项目放射源库共设计有10个储源坑，可存放10台含源γ射线探伤机。每台γ射线探伤装置内含1枚放射源<sup>192</sup>Ir或<sup>75</sup>Se，最大出厂活度均为 $3.7 \times 10^{12}$ Bq/枚。本次评价保守按照最大设计库容作为预测依据，即10台含源γ

射线探伤机（本次申报6台<sup>192</sup>Ir- $\gamma$ 射线探伤机+3台<sup>75</sup>Se- $\gamma$ 射线探伤机，余下1个储源坑为远期发展使用）。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录A表A.2，<sup>192</sup>Ir放射源在混凝土和铅中的半值层厚度(HVL)分别为50mm、3mm；<sup>75</sup>Se放射源在混凝土和铅中的半值层厚度(HVL)分别为30mm、1mm。

### （3）预测结果

放射源库主要贮存的放射源为<sup>192</sup>Ir和<sup>75</sup>Se，计算保守选取 $\gamma$ 射线能量较大的<sup>192</sup>Ir半值层厚度（HVL值）。根据公式（11-3），本项目放射源库处于最大贮存工况时，四周屏蔽墙和防护门外30cm处周围剂量当量率预测结果见表11-7。

**表11-7 放射源库外30cm处周围剂量当量率预测结果**

参数 \ 关注点	C1 东墙	C2 南墙	C3 西墙	C4 北墙	C5 顶棚	C6 防护门
D <sub>0</sub> ( $\mu$ Sv/h)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
d <sub>0</sub> (m)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
d (m)	0.65	0.65	0.65	0.65	2.5	0.65
L (mm)	350mm 混凝土	350mm 混凝土	350mm 混凝土	350mm 混凝土	200mm 混凝土	20mm 铅
HVL (mm)	50	50	50	50	50	3
D ( $\mu$ Sv/h)	0.231	0.231	0.231	0.231	0.125	0.342
标准控制限值 ( $\mu$ Sv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
达标性分析	达标	达标	达标	达标	达标	达标

注：辐射源与各关注点的距离保守取储源坑与源库四周墙体与防护门的最近距离。

储源坑位于源库内，属于公众不可达区域。基于辐射安全管理，本次评价从严处理，保守将储源坑周围剂量当量率按照 2.5 $\mu$ Sv/h 的限值要求进行管控，预测结果如下：①放射源库内单个源坑的设计深度、坑盖防护水平、存放的 <sup>192</sup>Ir- $\gamma$  射线探伤机外尺寸及源活度均与探伤室内的储源坑情况相同，则根据前文计算可知，存放单台 <sup>192</sup>Ir- $\gamma$  射线探伤机时，储源坑盖外表面 30cm 处周围剂量当量率为 0.395 $\mu$ Sv/h。②单个储源坑内存放 1 台 <sup>75</sup>Se- $\gamma$  射线探伤机时，根据对应储源坑的设计深度为 500mm，源容器到坑盖外 30cm 处距离 r 保守取值 0.62m，放射源 <sup>75</sup>Se 在铅中的半值层厚度为 1mm，根据公式（11-3）计算可知，坑盖外 30cm 处周围剂量当量率为 0.003 $\mu$ Sv/h。

因此，当放射源库同时储存 10 台含源  $\gamma$  射线探伤机时，源库周围剂量当量率最大值为 0.342 $\mu$ Sv/h；储源坑周围剂量当量率最大值为 0.395 $\mu$ Sv/h，均可以满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对于放射源贮存设施“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能

使该处周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  或者审管部门批准的控制水平”的要求。

由于移动探伤作业主要在外地，探伤检测工期相对较长，一般情况下放射源库不会达到设计定额。以上估算结果将是偏安全的，实际的辐射环境影响相对于理论计算数值是偏小的。因此，本项目放射源库可以满足本次申报的含源  $\gamma$  射线探伤机的临时贮存要求。实际工作中，建设单位应做好以下工作：放射源库每次有新源入库时需进行检测，须满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求，检测达标后方可投入使用。

#### 4、放射源库局部贯穿辐射影响

本项目放射源库排风管道埋式设计，管径为 160mm，埋深 600mm，地下管道以“U”型穿过放射源库的南墙，一直延伸到厂房东墙后，排风口与室外地面齐平。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目放射源贮存过程中产生的  $\gamma$  射线需经过三次以上散射才能经排风管道散射至源库东墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。排风管道设计方案见图 11-2。

### 11.2.2 含源 $\gamma$ 射线探伤机的运输

本项含源  $\gamma$  射线探伤机从放射源库运到施工现场或从施工现场运回到放射源库，均采用专用车辆进行运输，运输时  $\gamma$  射线探伤机置于铅箱中，采用双锁锁住箱盖，铅箱牢固固定在运输车车厢中，再由押运人员与司机两人押运至施工现场或放射源库。本项目拟配备 2 个运输铅箱，采用铅钢结构，铅厚度不低于 5mm，单个铅箱仅存放 1 台  $\gamma$  射线探伤机（保守按  $^{192}\text{Ir}$  计）。根据公式（11-3），放射源  $^{192}\text{Ir}$  在铅的半值层为 3mm，可估算出单个运输箱外不同距离处的周围剂量当量率。

表 11-8 运输箱外不同距离处的周围剂量当量率

距离（m）	1	2	3	5	10
周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	6.30	1.57	0.70	0.25	0.06

注：由《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）可知，距便携式  $\gamma$  射线探伤机源容器外表面 1m 处的周围剂量当量率控制值为  $0.02\text{mSv/h}$ 。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）， $\gamma$  射线探伤机源容器外表面 5cm 处周围剂量当量率低于  $0.5\text{mSv/h}$ ，1 辆运输车最多载 2 个运输箱（2 台  $\gamma$  射线探伤机），再加上运输箱的屏蔽，车体外表面剂量率应低于  $1\text{mSv/h}$ （ $0.5\text{mSv/h} \times 2$ ），满足《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）规定的运输工具外表面上任一点的辐射水平应不超过  $2\text{mSv/h}$  的标准限值。

由表 11-8 可知，保守估计，在忽略运输箱距运输车距离条件下，距离运输车外表面 2m 处的周围剂量当量率为  $2 \times 1.57 = 3.14\mu\text{Sv/h}$ （即  $3.14 \times 10^{-3}\text{mSv/h}$ ），该剂量率低于《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）规定的运输工具外表面 2m 处辐射水平应不超过  $0.1\text{mSv/h}$  的标准

限值。

### 11.2.3 $\gamma$ 射线移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据公司提供的资料，本项目拟购的每台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机内分别配置1枚最大出厂活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的 $^{192}\text{Ir}$ 或 $^{75}\text{Se}$ 密封放射源，均为便携式探伤机（P）。 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机主要用于检测钢板厚度为（20~100）mm的罐体或管件； $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机主要用于检测钢板厚度为（10~40）mm的罐体或管件。

本项目移动探伤主要采用两种透照射方式：单壁透照和双壁透照，其中单壁透照放射源位于管道内侧，胶片敷贴于管道外侧；而双壁透照放射源位于管道外侧，胶片敷贴于管道对侧。检测工作时，放射源被从探伤机机体内推出至探头时，此时采用准直器对放射源进行屏蔽，可以屏蔽有用线束方向以外90%以上的 $\gamma$ 射线，准直器屏蔽材料为钨，厚度为25mm。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求， $\gamma$ 射线移动探伤作业时，应将周围剂量当量率 $>15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，其外围周围剂量当量率 $>2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为监督区。同时，根据GBZ 117-2022附录A关于“控制区距离概念”，根据放射源的 $\gamma$ 射线向各个方向辐射的不同情况，确定三种不同的控制区距离，如图11-5所示：

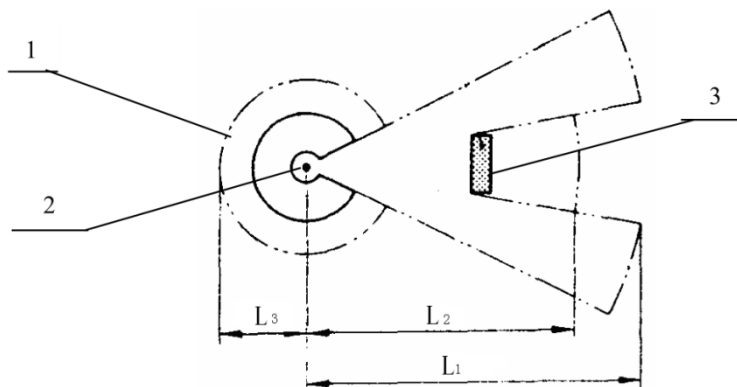


图11-5 应用屏蔽物的控制区（无比例）

图中：1——源容器屏蔽；

2——放射源；

3——探伤对象；

$L_1$ ——辐射未经工件衰减时要求的控制区距离；

$L_2$ ——有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离；

$L_3$ ——有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离。

#### （1）控制区距离的确定

对于移动式探伤，控制区边界的周围剂量当量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，可由公式（11-4）计算确定

控制区的距离：

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \dots\dots\dots (11 - 4)$$

式中：L<sub>1</sub>——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

A——放射源的活度，单位为 MBq，本项目每台 γ 射线探伤机内含放射源 <sup>192</sup>Ir 的活度均为 3.7×10<sup>12</sup>Bq，即 3.7×10<sup>6</sup>MBq；

Γ——周围剂量当量率常数，单位为 μSv·m<sup>2</sup>/（MBq·h），对照 GBZ 117-2022 表 A.1，本项目 <sup>192</sup>Ir 放射源的周围剂量当量率常数为 0.17μSv·m<sup>2</sup>/（MBq·h）；<sup>75</sup>Se 放射源的周围剂量当量率常数为 0.072μSv·m<sup>2</sup>/（MBq·h）；

15——控制区边界周围剂量当量率，15μSv/h。

根据公式（11-2）计算可知：<sup>192</sup>Ir 放射源相应的 L<sub>1</sub> =205m；<sup>75</sup>Se 放射源相应的 L<sub>1</sub> =134m。

L<sub>2</sub> 和 L<sub>3</sub> 分别由 L<sub>1</sub> 乘以检测工件和放射源屏蔽物屏蔽衰减因子获得。有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式（11-5）：

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{HVL_1}}} \dots\dots\dots (11 - 5)$$

式中：L<sub>2</sub>——有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

L<sub>1</sub>——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

t<sub>1</sub>——被检测工件的厚度，单位为 mm；

HVL<sub>1</sub>——检测工件的半值层厚度，单位为 mm，近似值见表 A.2。

有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式（11-6）：

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{HVL_2}}} \dots\dots\dots (11 - 6)$$

式中：L<sub>3</sub>——有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离值，单位为 m；

L<sub>1</sub>——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

t<sub>2</sub>——源容器或其他屏蔽物厚度，单位为 mm；

HVL<sub>2</sub>——源容器或其他屏蔽物的半值层厚度，单位为 mm，近似值见表 A.2。

在工件和准直器等屏蔽作用情况下，本次评价保守取 <sup>192</sup>Ir 放射源探伤工件最小厚度 20mm 钢板、<sup>75</sup>Se 放射源探伤工件最小厚度 10mm 钢板及准直器为 25mm 钨作为计算依据，结合附录



A 中表 A.1, 具体见表 11-8。

**表 11-9 不同材料在不同放射源能量下半值层厚度的近似值**

半值层厚度 (HVL) /mm	屏蔽材料	
	钢	钨
<sup>192</sup> Ir	14	2.5
<sup>75</sup> Se	9	2.5

注: \*由于《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)附录 A 中表 A.2 对 <sup>75</sup>Se 放射源在钨中的半值层厚度未作出相关规定, 本次评价保守考虑, 参考 <sup>192</sup>Ir 放射源取值为 2.5。

根据公式 (11-5) 和公式 (11-6) 计算可知: <sup>192</sup>Ir 放射源相应的  $L_2=125\text{m}$ ,  $L_3=7\text{m}$ ; <sup>75</sup>Se 放射源相应的  $L_2=92\text{m}$ ,  $L_3=5\text{m}$ 。

### (2) 监督区距离的确定

对于移动探伤, 监督区边界的周围剂量当量率为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式, 各方向的监督区距离经计算可知:

<sup>192</sup>Ir 放射源:

<sup>75</sup>Se 放射源:

$$L1' = L1 \times (15/2.5)^{1/2} = 205 \times 2.45 \approx 503 \text{ (m)}; \quad L1' = L1 \times (15/2.5)^{1/2} = 134 \times 2.45 \approx 329 \text{ (m)};$$

$$L2' = L2 \times (15/2.5)^{1/2} = 125 \times 2.45 \approx 307 \text{ (m)}; \quad L2' = L2 \times (15/2.5)^{1/2} = 92 \times 2.45 \approx 226 \text{ (m)};$$

$$L3' = L3 \times (15/2.5)^{1/2} = 7 \times 2.45 \approx 17 \text{ (m)}。 \quad L3' = L3 \times (15/2.5)^{1/2} = 5 \times 2.45 \approx 13 \text{ (m)}。$$

据此计算出本项目  $\gamma$  射线移动探伤时, 主射线方向和非主射线方向两种情况下控制区和监督区的距离, 具体见表 11-10。

**表 11-10  $\gamma$  射线移动探伤控制区和监督区估算结果**

放射源种类及活度	透射钢板厚度 (mm)	控制区边界距离 (m)			监督区边界距离 (m)		
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
<sup>192</sup> Ir ( $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ )	20mm	205	125	7	503	307	17
<sup>75</sup> Se ( $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ )	10mm	134	92	5	329	226	13

因此, 本项目 <sup>192</sup>Ir- $\gamma$  射线探伤机移动探伤时, 有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为 125m, 监督区距离为 307m; 有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为 7m, 监督区距离为 17m。<sup>75</sup>Se- $\gamma$  射线探伤机移动探伤时, 有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为 92m, 监督区距离为 226m; 有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为 5m, 监督区距离为 13m。实际移动探伤时, 建设单位应采取本报告关于  $\gamma$  射线移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分, 然后采用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

#### 11.2.4 X射线移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)第8.4.2条款,在X射线探伤机处于照射状态,建设单位用便携式X-γ剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率,参照GBZ 117-2022第7.2.2条确定的剂量率值确定控制区边界;以2.5μSv/h为监督区边界。本项目单个X射线移动探伤小组的周探伤时间为1.66h,小于7h,故可判定出本项目X射线移动探伤控制区边界周围剂量当量率限值为15μSv/h。

在实际探伤过程中,X射线定向探伤机的主束射向所检查的工件,周向探伤机被放入待检压力容器中才能出束。射线能量根据被检工件的厚度进行调节,有用射束被工件所屏蔽,射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。

### (1) 有用线束

根据《辐射防护导论》(方杰主编)中P69页的式(3.1)和P96页的式(3.45),在距离靶r(m)处由X射线探伤机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率计算公式如下:

$$K = \frac{I\delta_x (r_0/r)^2}{10^{(d_1/d_2)}} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中: K——经工件屏蔽后的空气比释动能率, mGy min<sup>-1</sup>; 对于控制区边界取15μSv/h, 即2.5×10<sup>-4</sup>mSv min<sup>-1</sup>, 对于监督区边界取2.5μSv/h, 即4.2×10<sup>-5</sup>mSv min<sup>-1</sup>;

I——X射线机管电流, mA; 本项目X射线探伤机的管电流均为5mA;

δ<sub>x</sub>——X射线探伤机的发射率常数, mGy m<sup>2</sup> mA<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>; 根据前文表9章节可知, δ<sub>x</sub>(250kV) = 28.7mSv·m<sup>2</sup>/(mA·min); δ<sub>x</sub>(250kV) = 16.5mSv·m<sup>2</sup>/(mA·min); δ<sub>x</sub>(320kV) = 21.4mSv·m<sup>2</sup>/(mA·min);

r<sub>0</sub>——X射线管钨靶离焦点的距离, 本项目均取1m;

r——参考点到X射线机靶的距离, m;

d<sub>1</sub>——被检工件厚度, mm; 实际探伤过程中, 射线能量是根据被检工件的厚度进行调节。根据建设单位提供的资料, 本项目RT-2005T、XXG-2505C、XXG-2505G、XXG-3205C与XXG-3205G型X射线探伤机处于最大开机工况时, 探伤常用工件透照厚度分别为20-30mm、30-40mm、30-40mm、40-50mm、40-50mm, 材质主要为钢, 本报告保守取探伤钢板的最小厚度。

d<sub>2</sub>——钢的什值层厚度, mm; 根据NCRP REPORT No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities中P158页Fig.A.1a, 200kV、250kV和320kV探伤机产生的X射线束在钢中的什值层厚度分别取值12mm、16mm、20mm。

### (2) 漏射线

根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式，可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围，见式（11-2）。

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \dots\dots\dots (11-8)$$

式中： $K_1$ ——距探伤机表面 $R_1$ (m)处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；对于控制区边界取 $15\mu\text{Sv/h}$ ，对于监督区边界取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

$K_0$ ——距离探伤机表面1m处的周围剂量当量率，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），X射线探伤机在额定工作条件下，当管电压为（150~200）kV时，X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值为 $2.5\text{mSv/h}$ ；当管电压 $>200\text{kV}$ 时，距X射线管焦点1m处的漏射线所致周围剂量当量率 $<5\text{mSv/h}$ ，即本项目RT-2005T型X射线探伤机相应的 $K_0=2500\mu\text{Sv/h}$ ，XXG-2505C、XXG-2505G、XXG-3205C、XXG-3205G型X射线探伤机相应的 $K_0=5000\mu\text{Sv/h}$ 。

$R_0$ ——探伤机表面外1m；

$R_1$ ——参考点距探伤机表面的距离，m。

### （3）散射线

本项目X射线探伤机工作时，X射线一般只有经1次散射后到达工件外面时才对周围环境影响较大。假设主射线束经一次散射后到达工件外，散射线可根据《辐射防护导论》（方杰主编）P185页公式（6.6）计算：

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \alpha_r a q} \dots\dots\dots (11-9)$$

由上式可以推导出：

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot \alpha_r \cdot a}{r_i^2 \cdot r_R^2} \cdot q \cdot \frac{1}{k} \cdot \eta_{rR} \dots\dots\dots (11-10)$$

式中： $\dot{H}_{L,h}$ ——参考点处周围剂量当量率的控制水平（Sv/h）；

$$\dot{H}_{L,h} \text{（控制区）} = 1.5 \times 10^{-5} \text{Sv/h}, \dot{H}_{L,h} \text{（监督区）} = 2.5 \times 10^{-6} \text{Sv/h};$$

$F_{j0}$ ——辐射源处辐射水平（ $\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ），由 $I \cdot \delta_\chi$ 确定， $\delta_\chi$ 取值情况同上，则

$$F_{j0} \text{（200kV）} = I \cdot \delta_\chi = 28.7 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.144 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$F_{j0} \text{（250kV）} = I \cdot \delta_\chi = 16.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.083 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$F_{j0} \text{（320kV）} = I \cdot \delta_\chi = 21.4 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.107 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$\alpha_r$ ——反射物的反射系数，根据《辐射防护导论》（方杰主编）P187页图6.4，单能光子在钢上的反射系数保守均取0.007。

$a$ ——X射线束在反射物上的投照面积 ( $m^2$ )， $a=\pi (r_i \times \tan(\theta/2))^2$ ， $\theta$ 为辐射角，本项目取 $40^\circ$ ，即 $a=0.1$ ；

$r_i$ ——辐射源同反射点之间的距离 ( $m$ )，取 $0.5m$ ；

$r_R$ ——反射点到参考点的距离 ( $m$ )；

$k$ ——单位换算系数，对于X射线源为 $1.67 \times 10^{-2}$ ；

$q$ ——参考点所在位置相应的居留因子，取 $1$ 。

#### (4) 理论计算结果

本项目X射线移动探伤是根据待检测的工件材料及厚度选用相应的探伤机，且每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作。假设探伤作业时，设备满功率运行，将相关参数带入公式(11-7)~(11-10)，可估算出本项目X射线移动探伤时控制区和监督区的边界范围，见表11-11。

**表11-11 X射线移动探伤控制区与监督区估算结果**

探伤机型号	射线类型		控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
RT-2005	有用线束	探伤钢板厚度20mm	112	271
		泄漏辐射	13	32
		散射辐射	41	99
XXG-2505C、XXG-2505G	有用线束	探伤钢板厚度30mm	67	162
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	30	75
XXG-3205C、XXG-3205G	有用线束	探伤钢板厚度40mm	66	160
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	35	85

因此，本项目RT-2005型X射线探伤机满功率开机条件下对20mm钢板进行移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约112m，最大监督区范围约271m；非有用线束方向最大控制区范围约41m，最大监督区范围约99m。XXG-2505C、XXG-2505G型X射线探伤机满功率开机条件下对30mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约67m，最大监督区范围约162m，非有用线束方向最大控制区范围约30m，最大监督区范围约75m。XXG-3205C、XXG-3205G型X射线探伤机满功率开机条件下对40mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约66m，最大监督区范围约160m，非有用线束方向最大控制区范围约35m，最大监督区范围约85m。实际移动探伤时，建设单位应采取本报告关于X射线移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分，然后采用便携式X- $\gamma$ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

### 11.2.5 人员受照剂量

#### 11.2.5.1 计算公式

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 第 3.1.1 条款中的公式 (1), 人员受照剂量计算公式如下:

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11 - 10)$$

式中: H——一年有效剂量, mSv/a;

$\dot{H}$ ——关注点处周围剂量当量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

t——探伤装置年照射时间, h/a;

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子, 本项目保守取 1;

T——人员在相应关注点驻留的居留因子, 取值参考 GBZ/T 250-2014 附录 A 表 A.1。

### 11.2.5.2 放射源管理人员年有效剂量

根据存/取一次放射源所需的工序, 主要为从储源库(坑)内存取放射源和近距离移动 $\gamma$ 射线探伤机, 本次评价固定式探伤保守全按 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线探伤机(类别: 移动式M)考虑, 移动式探伤保守全部按 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机(类别: 便携式P)考虑。保守取辐射工作人员存/取一次放射源时处于离探伤机5cm处(根据GBZ 117-2022, 移动式 and 便携式 $\gamma$ 射线探伤机源容器表面5cm处最大周围剂量当量率分别为1mGy/h、0.5mGy/h)和离探伤机100cm处(根据GBZ 117-2022, 移动式 $\gamma$ 和便携式射线探伤机源容器表面100cm处最大周围剂量当量率分别为0.05mGy/h、0.02mGy/h)的时间分别为0.5min和1min。根据公式(11-10), 居留因子取1, 可估算出: 完成存/取一次1#探伤室内的放射源的操作所受的辐射剂量约9.16 $\mu\text{Sv}$ ; 完成存/取一次2#探伤室内的放射源/移动式探伤室的操作所受的辐射剂量约4.50 $\mu\text{Sv}$ ;

本项目共建2间探伤室, 实行单班制工作, 每间探伤室每日存/取最多1次, 年工作300天。本项目部大多数在外地, 探伤工期较长, 全年存取次数最多100次。因此, 本项目放射源管理人员年有效剂量为 $H_{\text{固定式}} + H_{\text{移动式}} = 4.098 + 0.450 = 4.548\text{mSv}$ 。上述所有辐射工作均由2名辐射工作人员完成, 则单名放射源管理人员年有效剂量为2.274mSv, 小于本次评价项目职业人员剂量约束值(5.0mSv/a), 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于职业人员“剂量限值”的要求(20mSv/a)。

### 11.2.5.3 固定式探伤操作人员年有效剂量

本项目固定式探伤操作人员受到辐射照射的途径主要包括两个方面: a) 探伤期间, 工作人员在操作室内拍片受到的外照射; b) 探伤作业前, 工作人员在探伤室内近距离移动 $\gamma$ 射线探伤机、安装控制部件及输源导管、布置底片和摆放工件等准备工作时受到贮存状态放射源的外照射。

①开机状态下

本项目 2 间探伤室同时开机状态下，对辐射工作人员影响的区域主要在操作室内操作位处，1#探伤室对应的操作位处周围剂量当量率为  $1.300\mu\text{Sv/h}$ ，2#探伤室对应的操作位处周围剂量当量率为  $0.382\mu\text{Sv/h}$ 。每间探伤室每日实际曝光时间为 4h，年工作日 300 天，则年曝光时间为 1200h，每间探伤室由 2 名辐射工作人员负责操作。根据公式（11-10），居留因子取 1，可估算出 1#探伤室开机时操作位处的单名辐射工作人员的年有效剂量为  $0.78\text{mSv/a}$ ；2#探伤室开机时操作位处的单名辐射工作人员的年有效剂量为  $0.23\text{mSv/a}$ 。

### ②不开机状态

本项目探伤室不开机状态下，辐射工作人员在每间探伤室内日工作时间为 4h，年工作 300 天，则每间探伤室内年操作时间为 1200h，所有工作由 2 名辐射工作人员完成。

a、每日近距离移动  $\gamma$  射线探伤机和安装控制部件及输源导管等环节一般不超过 5min，年操作时间为 25h，保守取辐射工作人员处于离  $\gamma$  射线探伤机 100cm 处，根据 GBZ 117-2022，源容器表面 100cm 处最大周围剂量当量率  $0.05\text{mGy/h}$ 。

b、其他操作包括布置底片和摆放工件等，年操作时间为 1175h。该工作时段  $\gamma$  射线探伤机始终处于未出源状态，辐射工作人员距离储源坑（布置在探伤室内一角）和  $\gamma$  射线探伤机一般超过 2m。同时，一间探伤室不开机状态下，辐射工作人员在其内部工作时，另一间探伤室可能会开机。基于辐射安全考虑，本次评价探伤室不工作状态下，期间室内其他操作时周围剂量当量率保守取  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

根据公式（11-10），居留因子取 1，可估算出本项目探伤室不开机时室内相关操作所致单名探伤操作人员的年有效剂量为  $2.03\text{mSv/a}$ 。

### ③综合剂量

综上所述，本项目单名探伤操作人员的最大剂量叠加结果为：

$$H_{\text{开机}}+H_{\text{不开机}}=0.78\text{mSv/a}+2.03\text{mSv/a}=2.81\text{mSv/a}$$

因此，本项目从事固定式 X、 $\gamma$  射线探伤操作的单名探伤人员的最大年有效剂量为  $2.81\text{mSv/a}$ ，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员  $\leq 5.0\text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求（职业人员  $\leq 20\text{mSv/a}$ ）。

#### 11.2.5.4移动式探伤辐射工作人员年有效剂量

##### （1） $\gamma$ 射线移动探伤

本项目  $\gamma$  射线移动探伤年曝光时间为 750h， $\gamma$  射线移动探伤小组共 6 组，则单个  $\gamma$  射线移动探伤小组年曝光时间为 125h，每组由 2 名辐射操作人员和 1 名现场安全员组成。放射源运输全部由具备放射性物品运输资质的单位负责，假设每次  $\gamma$  射线移动探伤作业操作步骤如下：

a、放射源出库：辐射工作人员在放射源库内打开储源坑（1min，周围剂量当量率取2.5μSv/h），将探伤机从储源坑拿出放到铅箱内（0.5min，周围剂量当量率保守按源容器表面外5cm处周围剂量当量率控制值取0.5mSv/h，下同），在全程监控条件下交接给具备放射性物品运输资质的单位，由其采用专用运输车辆运输到项目部。

b、项目部内近距离移动：到达项目部后，放射源运输单位按程序要求交接给本项目辐射工作人员。在不涉及公用道路的厂区内移动时，辐射工作人员采用手推车将含源γ射线探伤机推至具体的作业现场（10min，周围剂量当量率取前文表11-8中理论计算值1.57μSv/h），该过程使含源装置处于人员监视之下。

c、调整阶段：到达作业现场后，将探伤机从铅箱内取出（0.5min，周围剂量当量率取0.5mSv/h），并连接好输源管，辐射工作人员布线、摆放工件及布片。辐射工作人员在探伤机1m处累计操作5min（周围剂量当量率取0.02mSv/h）。

d、探伤前后送、收放射源：本项目γ射线探伤机均采用手动出源的方式，送、收放射源的位置距探伤机保守取10m，探伤机距离照射位置保守取6m，平均每秒送源（收源）1m，每次探伤送源和收源时间各约为6s，共计12s。放射源送到预定位置后操作人员立即离开探伤地点，退至控制区边界外。

<sup>192</sup>Ir与<sup>75</sup>Se放射源初装源时的活度为3.7×10<sup>12</sup>Bq（100Ci），并且随着源的使用活度不断衰减。保守估算，本项目取放射源额定装源活度3.7×10<sup>12</sup>Bq（100Ci）计算。在送、收源过程中，人员距离放射源的距离是不断变化的（10m~16m），因此操作位置的γ辐射剂量率也是变化的，可以由下列方法估算出送、收源过程的平均γ辐射剂量率，在距离操作人员10m~16m内假设6个点位，分别为11m、12m、13m、14m、15m、16m。在相同的活度和裸源条件下，<sup>75</sup>Se产生的剂量率小于<sup>192</sup>Ir产生的剂量率，本次评价以<sup>192</sup>Ir进行保守估算。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P74式（3.4），γ点源无屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率计算公式如下：

$$K = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} \dots \dots \dots (11 - 11)$$

式中：K——无屏蔽防护时，参考点的周围剂量当量率，μSv/h；

A——放射性活度，Bq；本项目<sup>192</sup>Ir放射源活度为3.7×10<sup>12</sup>Bq，即3.7×10<sup>6</sup>MBq；

Γ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录A表A.1可知：对于<sup>192</sup>Ir，Γ=0.17μSv·m<sup>2</sup>/MBq·h；

r——参考点距离放射源的距离，m。

则距离<sup>192</sup>Ir放射源10m~16m各点位的周围剂量当量率估算结果见表11-12。

表11-12 距离<sup>192</sup>Ir放射源10m~16m各点位的周围剂量当量率

距离 (m)	11	12	13	14	15	16
周围剂量当量率 (μSv/h)	5198	4368	3721	3209	2796	2457

由表11-12可知：送、收源过程中操作位置的周围剂量当量率平均值为3625μSv/h。

e、探伤阶段：辐射工作人员通过摇动手柄，把放射源从探伤机内顶出，通过输源管至预定的位置。操作人员在手动出源后马上退至控制区边界处，曝光结束后，摇动手柄收源（探伤现场操作周围剂量当量率取15μSv/h），每次累计操作时间为2.5h，辐射工作人员利用现有的屏障进行操作。

f、操作结束后，辐射工作人员将储源容器与管线断开，辐射工作人员在探伤机1m处（周围剂量当量率取0.02mSv/h）累计操作时间为5min；将其放回铅箱（0.5min，周围剂量当量率取0.5mSv/h），将铅箱用推车推至专用运输车辆装车（2min，周围剂量当量率取0.02mSv/h）。

g、运输阶段：放射源由作业地点运回到新厂区场地内由具备放射性物品运输资质的单位完成。

h、放射源入库：押运回放射源库后，辐射工作人员在源库内，打开储源坑（1min，周围剂量当量率取2.5μSv/h），将探伤机放回储源坑（0.5min，周围剂量当量率取0.5mSv/h）。

现保守估计，每次γ射线移动探伤整个操作流程的年附加有效剂量约为0.066mSv。

结合现有的企业工作负荷计划和辐射管理经验，每位辐射工作人员按以上步骤累计操作最多约50次/年。根据公式（11-10），居留因子取1，则单名γ射线移动探伤操作人员的年有效剂量约3.30mSv/a。

现场安全员主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源γ射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，本报告保守将辐射剂量贡献视为全部来自监督区处人员管理。监督区边界周围剂量当量率≤2.5μGy/h，单个γ射线移动探伤小组年曝光时间为125h，居留因子取1，则单名现场安全员的年有效剂量约0.313mSv/a。

## （2）X射线移动探伤

鉴于X射线移动探伤工作场所各不相同，故本次评价采用边界控制限值开展剂量估算。保守假设：a、本项目单个X射线移动探伤小组年曝光时间为83h；b、每组由3名辐射工作人员组成，其中2名轮流负责探伤装置操作，另1名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入；c、X射线探伤机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处（该处周围剂量当量率≤15μGy/h，保守以15μGy/h计算）；d、巡界人员主要在监督区



边界处进行安全警戒（监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，保守以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 计算）。

根据公式（11-10），居留因子取 1，则单名 X 射线移动探伤操作人员的年有效剂量约  $0.623\text{mSv/a}$ ；单名 X 射线移动探伤巡界人员的年有效剂量约  $0.208\text{mSv/a}$ 。

### （3）综合剂量

考虑到单名辐射操作人员既从事  $\gamma$  射线移动探伤，又从事 X 射线移动探伤，故本报告进行剂量叠加，即  $3.3\text{mSv/a}$ （ $\gamma$  射线移动探伤）+ $0.623\text{mSv/a}$ （X 射线移动探伤）= $3.923\text{mSv/a}$ ，小于本次评价项目职业人员剂量约束值（ $5.0\text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于职业人员“剂量限值”的要求（ $20\text{mSv/a}$ ）。

### 1.2.2.5.6 公众成员年有效剂量

#### （1）探伤室及放射源库周围公众

结合本项目评价范围 50m 内的环境保护目标分布情况，根据公式（11-10），本项目 1#探伤室和 2#探伤室及放射源库同时运行时周围公众及评价范围内其他代表性的环境保护目标年有效剂量估算结果见表 11-13 和表 11-14。

表 11-13 探伤室周围公众及环境保护目标年有效剂量估算

人员属性	关注点	周围剂量当量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年受照时间 $t$ (h/a)	居留因子 T	年有效剂量 H ( $\text{mSv/a}$ )	
公众成员	厂内	A1（厂区道路）	1200	1/16	0.077	
		A5（二层仓库）		1/40	0.007	
		A6（厂区道路）		1/16	0.039	
		B1（厂区道路）		1/16	0.111	
		B2（危废暂存间）		1/40	0.022	
		B2（材料库）		1/40	0.022	
		B5（二层仓库）		1/40	0.008	
		B6（厂区道路）		1/16	0.064	
		H（二层仓库）		1/40	0.015	
		仓库 1（一层）		$2.29 \times 10^{-6}$	1/40	$6.87 \times 10^{-8}$
		仓库 2（一层）		0.415	1/40	0.012
		仓库（一层）		0.204	1/40	0.006
		三层仓库*		0.178	1/40	0.005
		办公室*		0.142	1	0.170
	厂外	中国冈野集团有限公司*		0.045	1	0.054
		永嘉县大洁服装洗涤有限公司*		0.66	1	0.08
浙江稀品流体设备有限公司（邻近一侧为车间过道）*		0.666	1/8	0.100		
浙江凯斯通阀门有限公司*		$9.09 \times 10^{-8}$	1	$1.09 \times 10^{-7}$		

	恒通路*	0.040		1/16	0.003
	浙江世邦智能制造有限公司*	0.011		1	0.013
	温州瓯宜力五金有限公司*	0.006		1	0.007

注：带“\*”的关注点处周围剂量当量剂量率由探伤室外 30cm 处辐射剂量率（靠近关注点一侧）与距离的平方成反比的关系式计算推导出。

**表 11-14 放射源库周围公众及环境保护目标年有效剂量估算**

人员属性	关注点	周围剂量当量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年受照时间 t (h/a)	居留因子 T	年有效剂量 H (mSv/a)
公众成员	C2 (仓库 2)	0.231	8760	1/40	0.051
	C3 (车间仓库)	0.231		1/40	0.051
	C4 (车间过道)	0.231		1/16	0.126
	C5 (二层仓库)	0.125		1/40	0.051
	办公室*	0.014		1	0.123

注：①源库东侧为监控区，禁止公众进入，故本报告表此关注处不纳入公众剂量；②带“\*”的关注点处周围剂量当量剂量率由放射源库外 30cm 处辐射剂量率（靠近关注点一侧）与距离的平方成反比的关系式计算推导出。③放射源库周围 50m 的相关环境保护目标与探伤室周围的 50m 的相关环境保护目标基本一致，考虑到其主要剂量影响来自固定式探伤曝光，故该表格中不再重复计算。

仓库 2 与 1#探伤室及放射源库均较近，本报告考虑辐射剂量叠加影响，则仓库 2 处公众年有效剂量叠加值为 0.051（放射源库）+0.012（探伤室）=0.063mSv/a。根据办公室的位置设计，关注点主要受 1#探伤室和放射源库其中一个的影响，不考虑辐射剂量叠加影响。

因此，本项目两间探伤室及放射源库同时运行所致公众成员受到的年附加有效剂量小于本次评价项目剂量约束值（公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值的要求（公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。

### （2）移动探伤作业场所周围公众

根据操作规范，在每次移动探伤作业前，该公司均须将探伤计划（包括探伤时间、地点等）告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员，严格执行清场工作。探伤作业一般均在晚上等现场其他非辐射工作人员下班后进行，或者提前一天通知周围的非辐射工作人员在探伤作业时间回避现场。该公司在进行移动探伤前划定控制区和监督区，公众成员不得进入监督区区域，监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

#### ① $\gamma$ 射线移动探伤作业周围公众成员

保守假设：a、因  $\gamma$  射线探伤机移动探伤操作现场不固定，探伤均在委托单位内进行，每年在同一地点探伤 50 次；b、某一公众成员每次探伤时在监督区边界处停留时间为 1h，在 1h 内有 10min  $\gamma$  射线探伤机处于出源照射状态，居留因子取 1。

根据公式（11-10）计算可知，该地点公众成员的年有效剂量为 0.020mSv/a，小于本次评价项目公众成员剂量约束值（0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB

18871-2002)中关于公众成员“剂量限值”的要求(1.0mSv/a)。

## ②X射线移动探伤作业周围公众成员

保守假设：因X射线探伤机移动探伤操作现场不固定，探伤均在委托单位内进行。每年在同一地点探伤50次，每次探伤时间5min，居留因子取1/8。根据公式(11-10)计算可知，公众成员的年有效剂量不超过0.001mSv/a，小于本次评价项目公众成员剂量约束值(0.25mSv/a)，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于公众成员“剂量限值”的要求(1.0mSv/a)。

## 11.2.5 “三废”影响分析

### 11.2.5.1放射性“三废”

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

#### 1、废旧放射源

$\gamma$ 射线探伤机内放射源使用到一定年限后，将退役产生废旧放射源。公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订了废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。

#### 2、报废的 $\gamma$ 射线探伤机

超过安全使用期限的报废 $\gamma$ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。公司现有报废的 $\gamma$ 射线探伤机已交于探伤机生产单位(海门伽玛星探伤设备有限公司)进行了回收处理。

### 11.2.5.2非放射性“三废”

#### 1、臭氧和氮氧化物

放射源库内储存的放射源与空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经放射源库的排风口及时排至室外。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

1#探伤室和2#探伤室为固定式作业场所，本报告采用理论计算的方式对固定式探伤过程中产生的臭氧进行定量分析。

##### (1) 臭氧

由于射线能量 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机 $>^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机 $>X$ 射线探伤机(XXG-3205C和XXG-3205G型)，故本报告1#探伤室以 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机为对象，2#探伤室以 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机为对象，预测本项目固定式探伤过程臭氧对周围环境的影响。

根据《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进、娄云，中华放射医学与防护杂志，1994年4月第14卷第2期）中给出的公式，估算辐射所致臭氧的产额和浓度。

①点状 $\gamma$ 射线密封源所致的 $O_3$ 产额

$$P = 3.02AK_{\gamma}GV^{1/3} \dots\dots\dots (11-12)$$

式中：P—— $O_3$ 的产额，mg/h；

A——放射性活度，本项目放射源 $^{60}Co$ / $^{192}Ir$ 的放射性活度均为 $3.7 \times 10^{12}Bq$ ，即 $3.7 \times 10^6MBq$ ；

$K_{\gamma}$ ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录A表A.1，本项目 $^{60}Co$ 的周围剂量当量率常数为 $0.35\mu Sv \cdot m^2 / (MBq \cdot h)$ ，即 $5.83 \times 10^{-9}Sv \cdot m^2 / (MBq \cdot min)$ ； $^{192}Ir$ 的周围剂量当量率常数为 $0.17\mu Sv \cdot m^2 / (MBq \cdot h)$ ，即 $2.83 \times 10^{-9}Sv \cdot m^2 / (MBq \cdot min)$ ；

G——空气吸收100eV辐射能量产生的 $O_3$ 分子数，本次评价取值10；

V——探伤室的体积， $m^3$ ，本项目1#探伤室的净容积约 $269m^3$ （含迷道）；2#探伤室的净容积约 $250m^3$ （含迷道）；

经计算：本项目1#探伤室辐射所致 $O_3$ 的产额 $P=4.2mg/h$ ；2#探伤室辐射所致 $O_3$ 的产额 $P=2.0mg/h$ 。

② $O_3$ 浓度

本项目探伤过程中产生的 $O_3$ ，一部分因时间原因自然分解，另一部分由排风系统排到室外，则空气中臭氧的平均浓度：

$$Q = \frac{P \cdot T \cdot (1 - e^{-1/t})}{V} \dots\dots\dots (11-13)$$

式中：Q——空气中t时刻 $O_3$ 的空气浓度， $mg/m^3$ ；

T—— $O_3$ 的有效清除时间，h。 $T = \frac{T_V \cdot T_d}{T_V + T_d}$ ，其中 $T_V$ 表示平均每次换气需通风的时间，h；

本项目1#探伤室的净容积约 $269m^3$ （含迷道），2#探伤室的净容积约 $250m^3$ （含迷道）；每间探伤室的设计风量均为 $3000m^3/h$ ，则正常通风状态下，1#探伤室对应的 $T_V=0.09h$ ，2#探伤室对应的 $T_V=0.08h$ 。 $T_d$ 表示 $O_3$ 的有效分解时间， $0.83h$ ，则1#探伤室对应的 $T=0.08h$ ；2#探伤室对应的 $T=0.07h$ 。

t——连续照射时间，h；

V——探伤室的体积， $m^3$ ，本项目1#探伤室的净容积约 $269m^3$ （含迷道），2#探伤室的净容积约 $250m^3$ （含迷道）；

当射线照射时间较长时， $t \gg T$  时，臭氧浓度达到饱和，则公式（11-11）可简化为：

$$Q = \frac{P \cdot T}{V} \dots\dots\dots (11 - 14)$$

经计算，本项目 1#探伤室内  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机所致  $\text{O}_3$  浓度  $Q=1.25 \times 10^{-3} \text{mg/m}^3$ ；2#探伤室内  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机所致  $\text{O}_3$  浓度  $Q=5.60 \times 10^{-4} \text{mg/m}^3$ 。因此，本项目  $\text{O}_3$  室内浓度低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第 1 号修改单中规定的“ $\text{O}_3$  最高允许浓度  $0.3 \text{mg/m}^3$ ”，满足标准要求。

### ②氮氧化物

氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且以臭氧的毒性最高。因此，本项目产生的  $\text{NO}_x$  室内浓度也能满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第 1 号修改单中规定的“ $\text{NO}_x$  时间加权平均容许浓度  $5 \text{mg/m}^3$ ”，满足标准要求。

### （2）废显（定）影液、废胶片和洗片废液

探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液均属于危险废物，须定期委托有资质的单位处理。

## 11.3 事故影响分析

本项目 X 射线探伤机仅在接通电源工作时可以产生 X 射线，因此贮存阶段和运输阶段均不会产生 X 射线，无需特殊的辐射防护，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段，具体见表 11-14。

$\gamma$  射线探伤机内含的放射源  $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$  是封装在密闭包壳中的，工艺上利用放射性同位素衰变产生的  $\gamma$  射线。正常情况下不会发生放射性泄漏事故，但由于  $\gamma$  射线贯穿能力很强，照射范围常常超出工作场所以外，因此密封放射源可能发生的事故和不安全工况存在于贮存阶段、运输阶段和使用阶段，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段，具体分析见表 11-15。

**表11-14 X射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施**

风险环节	风险识别	防范措施
贮存过程	X射线探伤机被盗,使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	贮存射线装置的场所,应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志,其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求,应安装防盗门、防盗窗、监控及报警器装置等。
运输过程	X射线探伤机被盗、丢失,使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	①运输前,企业应对运输车辆和设备进行全面安全检查,发现问题及时处理解决。 ②运输中途如有人员需离开车辆,应至少保留1名工作人员负责车辆看管。 ③加强运输过程中的防盗意识,做好运输车辆安保措施。
固定式探伤过程	①X射线探伤机在对工件进行照相的工况下,门-机连锁失效,致使防护门未完全关闭,X射线泄漏到探伤室外,给周围活动的人员造成不必要的照射;或在门-机连锁失效探伤期间,工作人员误打开防护门,使其受到额外的照射。 ②人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。	①严格按照GBZ 117-2022中第5.1.2条款规定,公司应制定相关自检制度,每天探伤工作开始前,检查项目包括:探伤机外观是否完好;电缆是否有断裂、扭曲以及破损;安全连锁是否正常工作;报警设备和警示灯是否正常运行;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。只有确认探伤室内无人且门已关闭,所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射,避免发生误照射。同时,定期开展所有的连锁和紧急停机开关等相关检查工作。如存在安全隐患,应立即整改。 ②对X射线固定式探伤制定操作规程,明确X射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。定期对操作人员进行培训,使之熟练掌握探伤操作要点,并严格按照操作规范操作。
移动式探伤过程	①在进行移动探伤时,移动探伤工作人员误入控制区或周围公众成员误入监督区和控制区,给上述工作人员及公众成员造成误照射; ②工作人员或公众还未全部撤离控制区,工作人员启动设备,造成有关人员被误照; ③移动探伤时在未照射完毕的情况下,移动探伤工作人员误入控制区给工作人员造成误照射; ④在作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线和电离辐射警告标志未发生作用的情况下,人员误入正在运行的射线装置工作场所; ⑤探伤工作结束后,探伤机未存放指定的地方,随意存放,导致非辐射工作人员误通电,产生X射线污染,对公众造成不必要的照射,同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。	①严格执行辐射安全管理制度,按照操作规程进行作业。每次移动探伤工作前,配备警戒绳、工作状态指示灯、声音提示装置及警示灯,在监督区四周可设置醒目的警示指示和提醒。 ②配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测,及时发现使用过程中的射线泄漏。为辐射工作场所配置个人剂量报警仪,探伤工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。 ③对X射线移动式探伤制定操作规程,明确X射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施,规定必须进行清场和巡逻的工作程序,在探伤现场做好警戒工作,严防工作人员和公众误留在警戒区内。 ④加强对探伤装置使用现场的管理,防止射线装置被盗、丢失。 ⑤制定《射线装置使用登记制度》,规定设备的使用登记情况,加强对射线装置的监管和维护。 ⑥加强工作人员的教育与培训,正确佩戴个人剂量计,并定期检测。如发现超剂量,应进行调查,或改善防护条件或措施。

表11-15 含源 $\gamma$ 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
贮存过程	<p>①放射源库的视频监控系统和红外报警装置发生故障，导致人员进入放射源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗；</p> <p>②放射源库的防盗门和储源坑铅板的防盗锁损坏，导致人员进入放射源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗；</p> <p>③在电离辐射警告标志未发生作用的情况下，导致人员进入放射源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗；</p> <p>④退役或不用的放射源未放置到指定的地方，随意存放，导致工作人员或公众成员造成不必要的照射，同时加大了放射源遗忘或被盗的可能性。</p>	<p>①建立完善的规章制度并落实于实际工作中，每次操作辐射工作人员必须严格按照操作规程进行操作，检查源库的视频监控系统、红外报警装置等防护装置是否正常，如果失灵，应立即修理，确保探伤工作人员的安全；</p> <p>②计划定期进行放射源库的环境监测，发现问题及时整改，防止环境风险的发生；</p> <p>③制定应急预案并加强应急演练，防止环境风险的发生。</p>
运输过程	<p>①单人运输放射源，无专人押运。</p> <p>②采用非专用运输车辆运输放射源，车上没有固定放射源专用的铅箱，亦未对<math>\gamma</math>射线探伤机采取临时固定措施，保持其运输条件下在车辆内的位置不变，导致放射源丢失。</p> <p>③放射源运输过程中未采取严格有效的安全保卫措施致使放射源及运输车辆被盗。</p> <p>④工作人员麻痹大意，玩忽职守，致使含源的<math>\gamma</math>射线探伤机无人看管，在转场装载时又未进行检查确认，导致放射源被盗。</p>	<p>①放射源运输应采用专用车辆进行运输，专人押运。禁止使用报废的、擅自改装的、检测不合格的或者不符合国家规定要求的车辆、设备从事放射源道路运输活动。</p> <p>②专用运输车辆上应在固定位置配备储存<math>\gamma</math>射线探伤机的保险柜及防盗设施，在保险柜和运输车辆上设置“当心电离辐射”警示标志。</p> <p>③专用运输车辆应安装GPS定位系统、辐射监测设备对运输全过程进行在线监控，并实时记录行驶轨迹。</p> <p>④运输前，企业应对运输车辆和设备进行全面安全检查，发现问题及时处理解决。</p> <p>⑤运输中途如有人员需离开车辆，应至少保留1名工作人员负责源箱的看管。</p> <p>⑥加强运输过程中的防盗意识，做好运输车辆安保措施。</p>

续表11-15  $\gamma$ 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
固定式探伤过程	<p>①<math>\gamma</math>射线探伤机在对工件进行照射的工况下，探伤室门-机联锁失效，工作人员误入探伤室，或防护门未完全关闭，致使射线泄漏到探伤室外，给工作人员及周围活动的人员造成不必要的照射。</p> <p>②人员滞留探伤室内尚未完全撤出，<math>\gamma</math>射线探伤机即对工件进行探伤，造成工作人员受到额外的照射。</p> <p>③放射源源闸开关出现故障未能及时收回，工作人员在不知情的情况下误入探伤室，将受到较大额外辐射照射，造成严重的安全隐患。</p> <p>④检修机器时<math>\gamma</math>射线探伤机中的放射源从容器中掉出来，会对操作人员及可能到达的公众成员产生很强的辐射照射。</p> <p>⑤管理人员疏忽或人为故意造成放射源丢失或偷盗事故，将造成严重的安全隐患。</p> <p>⑥人为故意引起的辐射照射。</p>	<p>①严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每天开展探伤工作前，检查确认门-机联锁、急停按钮、视频监控、工作状态指示灯、声音提示装置、固定式辐射剂量监测系统及探伤设备完好性等各项安全措施的有效性。只有确认探伤室内无人且门已关闭，所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射，避免发生误照射。</p> <p>②<math>\gamma</math>射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。</p> <p>③<math>\gamma</math>射线探伤结束后，应进行放射性水平测量，确认放射源已经回到探伤机的源容器内。领用<math>\gamma</math>射线探伤机时也应进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机的源容器内。</p> <p>④<math>\gamma</math>射线探伤必须2人或以上共同作业，探伤开机前注意探伤室清场，探伤期间工作人员不得脱岗。</p> <p>⑤浙江宏泰检测技术有限公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。</p> <p>⑥<math>\gamma</math>射线探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，应由工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场工作人员第一时间联系放射源生产单位，在专业人员的指导下严格按照生产单位提供的操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等），佩戴个人剂量计和剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。在借助工具处理卡源事故过程中，假设每次处理时间为1min，距源约0.3m，<math>\gamma</math>点源（以<math>^{60}\text{Co}</math>放射源为例）无屏蔽体情况下工作人员处理一次事故所受剂量约为240mSv，远超辐射工作人员年剂量限值。如公司不具备能力处理卡源故障，应在放射源生产单位工作人员到场前务必封锁并保护好现场，严禁无关人员靠近。待处理完卡源故障后，确保放射源已经安全收回至探伤机内后方可消除警戒状态。在处理完故障后，尽快对处理卡源故障的工作人员个人剂量计进行监测，一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类故障发生。</p> <p>⑦对<math>\gamma</math>射线固定式探伤制定操作规定，明确<math>\gamma</math>射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。定期对操作人员进行培训，使之熟练掌握探伤操作要点，并严格按照操作规范操作。</p>



续表11-15  $\gamma$ 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
移动探伤过程	<p>①移动探伤时在工作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线和电离辐射警告标志未起到作用的情况下，人员误入正在运行的探伤工作场所或公众还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成有关人员被误照；</p> <p>②放射源因故从机器上拆下来，<math>\gamma</math>射线探伤机探伤后未放入放射源库中保管，可能会发生放射源丢失或被盗事故；</p> <p>③检修机器时仪器中的放射源从铅容器中掉出来，由于该放射源为密封源，一般不会对周围环境（地面、空气、机器等）产生弥散性污染，但是若操作不当，将对操作工人产生较强的辐射照射；</p> <p>④由于探伤机故障使得放射源在输源导管中发生卡源的情况，不能退回密封容器内；</p> <p>⑤工作人员不按要求佩戴个人防护用品，造成超剂量照射。</p>	<p>①严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每次移动探伤工作前，配备工作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线等，在监督区四周可设置醒目的电离辐射警告标志和警示语等提示信息。</p> <p>②配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测，及时发现使用过程中的射线泄漏。为辐射工作场所配置了个人剂量报警仪，探伤工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。</p> <p>③对<math>\gamma</math>射线移动探伤制定操作规程，明确<math>\gamma</math>射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，规定必须进行清场和巡逻的工作程序，在探伤现场做好警戒工作，严防工作人员和公众误留在警戒区内。</p> <p>④加强对探伤装置使用现场的管理，防止放射源被盗、丢失。制定《放射源使用登记制度》，规定设备的使用登记情况，加强对放射源的监管和维护。</p> <p>⑤<math>\gamma</math>射线移动探伤结束后，应进行放射性水平测量，确认放射源已经回到探伤机的源容器内。领用<math>\gamma</math>射线探伤机时也应进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机的源容器内。</p> <p>⑥<math>\gamma</math>射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。</p> <p>⑦浙江宏泰检测技术有限公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。</p> <p>⑧<math>\gamma</math>射线探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，应由工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场工作人员第一时间联系放射源生产单位，在专业人员的指导下严格按照生产单位提供的操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等），佩戴个人剂量计和剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。在借助工具处理卡源事故过程中，假设每次处理时间为1min，距源约0.3m，<math>\gamma</math>点源（以<math>^{60}\text{Co}</math>放射源为例）无屏蔽体情况下工作人员处理一次事故所受剂量约为240mSv，远超辐射工作人员年剂量限值。如公司不具备能力处理卡源故障，应在放射源生产单位工作人员到场前务必封锁并保护好现场，严禁无关人员靠近。待处理完卡源故障后，确保放射源已经安全收回至探伤机内后方可消除警戒状态。在处理完故障后，尽快对处理卡源故障的工作人员个人剂量计进行监测，一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类故障发生。</p> <p>⑨<math>\gamma</math>射线探伤机应定期进行检查、维护和保养，应严格制定防范措施，经常对设备的性能进行检查，禁止使用超过10年的<math>\gamma</math>射线探伤机。</p> <p>⑩加强工作人员的教育与培训，正确佩戴个人剂量计，并定期检测。如发现超剂量，应进行调查，或改善防护条件或措施。</p>

## 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和防护条例（2019 年修改）》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》等法律法规要求，使用 II 类放射源和 II 类射线装置的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；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。

#### 12.1.1 机构的设置

公司开展工业探伤工作，对放射防护安全负主体责任，已成立以姜志林为组长的辐射安全管理小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，明确了相关负责人和各成员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施，可以满足本项目扩建后的辐射安全管理需要。

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

（1）现有辐射工作人员辐射安全管理现状见前文表 1 章节中 1.7.2 章节，此处不赘述。

（2）对本项目拟增加新的辐射工作人员，公司应做好以下相关管理工作：

①所有辐射工作人员（包括辐射安全管理人员、放射源管理人员、辐射操作人员）应根据《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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）的要求参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。放射源管理人员和辐射操作人员均应配备个人剂量计，定期送检有资质单位（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案。同时，辐射安全管理人员因不参与实际的辐射操作，可不进行个人剂量检测和职业健康体检。

②所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件上的人员信息应统一。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定，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。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》第四十一条规定，职业健康监护档案应长期保存。

③根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，对于使用 X、 $\gamma$  射线探伤设备的辐射工作人员，辐射安全考核专业类别和从业范围均不同。对于 X 射线探伤机，辐射工作人员上岗前应参加“X 射线探伤”类别的相关培训，经考核合格后方可上岗。对于  $\gamma$  射线探伤机，辐射工作人员上岗前应参加“ $\gamma$  射线探伤”类别的相关培训，经考核合格后方可上岗。考虑到本项目辐射工作人员混合于 X、 $\gamma$  射线探伤，实际工作中持有“X 射线探伤”与“ $\gamma$  射线探伤”类别培训证书的辐射工作人员应不交叉使用，满足人员资质条件方可上岗。

④根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 4.4 条款，本项目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。

## 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（2021 年修改）》第十六条规定，使用 II 类射线装置和 II 类放射源的单位要有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射源和射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。产生放射性固体废物的，还应具有确保放射性固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。

公司现有辐射安全规章制度制定情况见前文表 1 中 1.7.2 章节，内容健全完善且规范，且严格执行于实际工作中，满足现有核技术利用项目的管理需要，合理可行。在现有 X、 $\gamma$  射线固定式探伤的基础上，本项目新增了 X、 $\gamma$  射线移动式探伤的内容。

对于新厂区，建设单位应做好以下工作：

（1）本项目是异地扩建，公司应重新制定一套关于“X、 $\gamma$  射线固定式探伤”的完整体系的辐射安全规章制度，可沿用现有的制度。其中《辐射安全和防护制度》、《岗位职责》、《操作规程》和《辐射事故应急预案》等制度，需要张贴上墙于新厂

区辐射工作现场处。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

(2) 对于新增的 X、 $\gamma$  射线移动式探伤内容，公司应补充制定：

- ①X 射线移动式探伤操作流程；
- ② $\gamma$  射线移动式探伤操作流程；
- ③放射源异地使用备案制度；
- ④射线装置报废制度；
- ⑤危险废物安全处置管理制度；
- ⑥辐射安全档案管理制度。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目放射源和射线装置的安全使用，满足国家相关的辐射安全管理及技术层面要求。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（2021 年修改）》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性。

## 12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

### 12.3.1 现有核技术利用项目辐射监测开展情况

公司已制定《自行检查及年度监测方案》，并定期委托有资质的单位进行辐射工作场所监测，日常内部常规检测已执行。现有辐射工作人员均按要求开展了个人剂量监测与职业健康体检，符合相关标准要求。

### 12.3.2 本项目辐射监测要求

#### 12.3.2.1 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（2021 年修改）》第十六条规定，使用 II 类放射源和 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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

本项目相关辐射监测仪器配置计划见前文表 10 章节中表 10-10。监测仪器按要

求配备齐全后，本次评价认为能够满足本项目的仪器配备要求。同时，本次评价建议公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

### 12.3.2.2 个人剂量监测

公司应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理规定，为辐射工作人员配备个人剂量计。同时，应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计，并进行个人剂量监测（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月）和职业健康检查（不少于1次/2年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

### 12.3.2.3 探伤机检测

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第8.2条款，本项目投入使用后，探伤机的检测要求如下：

表12-1 探伤机检测

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； $\gamma$ 射线探伤机防护性能检测方法按GB/T 14058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。
密封放射源泄漏检验	检验方法	用滤纸或软质材料沾取5%EDTA- $\text{Na}_2$ 溶液或其他去污剂擦拭密封导向管内壁，测量擦拭物的放射性，如有明显增高（例如20Bq），应将放射源送回生产厂家进一步检验。
	检验周期	每年对探伤机放射源传输管道进行放射性污染检验，检查放射源的密封性能。

### 12.3.2.3 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

（1）正式使用前监测：委托有相关监测资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

（2）常规监测：日常使用过程中对控制区、监督区边界及使用场所周边关注点进行监测。如发现划定的区域未能满足相关标准的要求，及时对划定的分区进行调整，并将每次巡测结果记录存档备案。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第8.3.4条款：本项目探伤室投入使用后每年至少进行1次常规监测；第8.4.1.1条款：进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。第8.4.3条款：

每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：a) 新开展现场射线探伤的单位；b) 每年抽检一次；c) 在居民区进行的移动式探伤；d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

(3) 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，对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。参考《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定，年度监测周期为 1 次/年。

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 等标准要求，本项目辐射工作场所监测计划见表 12-2。

**表 12-2 本项目辐射工作场所监测计划**

场所名称	监测类型	监测项目	监测范围	监测频次	监测方式
1# 探伤室 和 2#探伤室	验收监测	周围剂量当量率	四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、电缆和排风管道口处；储源坑表面 30cm 处；含源 $\gamma$ 射线探伤机出入库时源容器表面。	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			1 次/年	委托监测
	年度监测			1 次/年	自行监测
放射源库	验收监测	周围剂量当量率	四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、电缆和排风管道口处；储源坑表面 30cm 处；含源 $\gamma$ 射线探伤机出入库时源容器表面。	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			每次有新源入库	自行监测
	年度监测			1 次/年	自行监测
X、 $\gamma$ 移动探伤作业地点	验收监测	周围剂量当量率	①巡测：在 X、 $\gamma$ 射线探伤机处于照射状态，用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，划分控制区和监督区；工作完毕且 $\gamma$ 射线探伤机回收放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所处； ②操作位：在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的	验收期间监测 1 次	委托监测
	年度监测			1 次/年	委托监测

			辐射水平。		
常规监测	周围剂量率	①巡测：在 X、 $\gamma$ 射线探伤机处于照射状态，用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，划分控制区和监督区；工作完毕且 $\gamma$ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所处； ②操作位：在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的辐射水平	每次移动式探伤时	自行监测	
		a) 新开展现场射线探伤的单位； b) 每年抽检一次； c) 在居民区进行的移动式探伤； d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。	出现上述情况时	委托监测	

所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。公司应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

## 12.4 年度安全状况评估

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，公司应对本单位的放射源和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 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （三）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；
- （四）放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射源和射线装置台账；
- （五）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （六）辐射事故及应急响应情况；
- （七）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （八）存在的安全隐患及其整改情况；
- （九）其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

## 12.5 竣工环保验收

公司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验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南——污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）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。

## 12.6 辐射事故应急

### 12.6.1 应急预案制定要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》第四十一条规定，公司应根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。辐射事故应急预案主要包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- （6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在2小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境主管部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生主管部门报告。如发生放射源被盗的事故，则还须向公安部门报告。

### 12.6.2 现有应急预案制定与执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》，并成立了以娄志林为组长的辐射事故应急管理小组。公司每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及



时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

### **12.6.3 本项目应急预案的要求**

本次新增的辐射内容与现有已许可的辐射内容相同，因此现有辐射事故应急预案可以满足本次项目的应急要求。同时，本项目投入运行后，公司应做好以下工作：

(1) 考虑到老厂区和新厂区存在一定的距离，公司针对新厂区应设置一个独立的辐射事故应急小组，单独配置相应的应急装备和物资，以满足实际应急需要。

(2) 公司应根据本次扩建后辐射活动变化的情况，调整现有的辐射事故应急预案，增加 X、 $\gamma$  射线移动探伤的风险内容和应急措施，尤其是卡源故障的风险防范措施，以满足项目变化后的相关要求。

(3) 制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。可提出将每年用于辐射应急工作的（包括应急装备、应急技术支持、培训及演习等）支出，纳入部门预算。

(4) 公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

(5) 公司应将本单位的应急预案报所在地生态环境主管部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目工程概况

浙江宏泰检测技术有限公司计划在温州市永嘉县瓯北街道五星工业区的生产车间一层内开展辐射活动，拟购 2 台  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机、6 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机、3 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$  射线探伤机和 5 台 X 射线探伤机（RT-2005T 型定向机、XXG-2505C 型周向机、XXG-2505G 型定向机、XXG-3205C 型周向机、XXG-3205G 型定向机各 1 台）进行探伤作业，主要包括：①新建 2 间探伤室及操作室、暗室、评片室与危废暂存间等辅助用房，其中 1#探伤室拟配置 2 台  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线探伤机（一用一备）、1 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和 1 台 XXG-3205C 型 X 射线探伤机（周向）；2#探伤室拟配置 1 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和 1 台 XXG-3205G 型 X 射线探伤机（定向），均用于固定式探伤；②6 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机、3 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$  射线探伤机及 5 台 X 射线探伤机（RT-2005T 型定向机、XXG-2505C 型周向机、XXG-2505G 型定向机、XXG-3205C 型周向机、XXG-3205G 型定向机各 1 台）均用于移动式探伤；③新建 1 间放射源库和 1 间 X 射线机贮存间，用于 X、 $\gamma$  射线探伤机不作业时的临时贮存。每台  $\gamma$  射线探伤机内置 1 枚密封源  $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ ，额定装源活度均为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 。

#### 13.1.2 辐射安全和防护

（1）本项目探伤室和放射源库已采取实体屏蔽，其屏蔽防护性能均能符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

（2）本项目探伤室、放射源库和移动探伤均按标准要求划分控制区和监督区，针对 X、 $\gamma$  射线探伤装置的固有安全属性、储存、运输、固定式探伤、移动式探伤等环节均采取相应的辐射安全和防护措施，并配套足够数量的防护用品和检测仪器。

#### 13.1.3 环境影响分析结论

##### （1）主要污染因子

本项目投入运行后，主要污染因子为 X 射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线、废旧放射源、报废的  $\gamma$  射线探伤机及非放射性污染（臭氧和氮氧化物、废显（定）影液、废胶片及洗片废液）。

## (2) 环境影响分析结论

### ①探伤室安全防护能力分析

经理论预测，本项目探伤室投入运行后，各侧屏蔽墙体和防护门处周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

### ②放射源库安全防护能力分析

经辐射环境影响预测，当放射源库处于最大贮存工况时，源库和储源坑周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对于放射源贮存设施“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

### ③移动探伤控制区和监督区划分

根据理论预测结果，本项目 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为125m，监督区距离为307m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为7m，监督区距离为17m。 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为92m，监督区距离为226m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为5m，监督区距离为13m。RT-2005型X射线探伤机满功率开机条件下对20mm钢板进行移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约112m，最大监督区范围约271m；非有用线束方向最大控制区范围约41m，最大监督区范围约99m。XXG-2505C、XXG-2505G型X射线探伤机满功率开机条件下对30mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约67m，最大监督区范围约162m，非有用线束方向最大控制区范围约30m，最大监督区范围约75m。XXG-3205C、XXG-3205G型X射线探伤机满功率开机条件下对40mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约66m，最大监督区范围约160m，非有用线束方向最大控制区范围约35m，最大监督区范围约85m。

实际X、 $\gamma$ 射线移动探伤时，建设单位应采取本报告关于移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分，然后采用便携式X- $\gamma$ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

### ④人员年有效剂量

根据剂量估算结果，本项目所致辐射工作人员及周围公众人员的年有效剂量低于本项目剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

#### ⑤ “三废”环境影响分析

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。报废的 $\gamma$ 射线探伤机应交于 $\gamma$ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

放射源库内储存的含源 $\gamma$ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经源库的排风口及时排出。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液均属于危险废物，定期委托有资质的单位处理处置。

### 13.1.4 辐射安全管理结论

①公司已成立的辐射安全生产领导小组和辐射安全管理小组，负责辐射安全与环境保护管理工作。同时应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

②公司应组织所有辐射工作人员参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。

③公司应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检有资质的单位（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月），并建立个人剂量档案。辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每一年或两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的职业健康档案。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；职业健康监护档案应长期保存。

#### （3）事故风险与防范

公司应按本报告提出的要求制定辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成

投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

### 13.1.5 项目可行性结论

#### (1) 产业政策符合性分析

结合国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》，本项目属于第一类鼓励类中第三十一项“科技服务业”第 1 条“工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”，符合国家产业政策的要求。

#### (2) 实践正当性分析

本项目实施的目的是为了对外开展各项无损检测业务，具有良好的经济效益与社会效益。经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的辐射影响。因此，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则

#### (3) 相关规划符合性及选址合理性

本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素，符合用地规划要求，符合区域规划环评要求。项目建设不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，符合“三线一单”的建设要求，项目周围对本项目的实施均无潜在的安全隐患。辐射工作场所评价范围 50m 内主要为 XX 无居民点和学校等环境敏感点。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，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

#### (5) 环保可行性结论

综上所述，浙江宏泰检测技术有限公司 X、 $\gamma$  射线固定式与移动式探伤及放射源暂存库扩建项目的建设符合土地利用规划和“三线一单”的建设要求，项目选址合理，符合国家产业政策要求和实践正当性的原则。在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，企业将具备相应从事的辐射活动的技术能力，

本项目投入运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求。故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 建议和承诺**

### **13.2.1 建议**

1、公司建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

2、辐射工作人员规范使用个人剂量计和个人剂量报警仪，并形成制度。

### **13.2.2 承诺**

1、本项目环评报批后，建设单位承诺及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

2、建设项目竣工后，建设单位承诺按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

**表 14 审批**

下一级生态环境部门预审意见：		
经办人	公章	
	年	月 日
审批意见：		
经办人	公章	
	年	月 日