

# 核技术利用建设项目

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司

X、 $\gamma$ 射线移动探伤及放射源暂存库扩容项目

环境影响报告表

(报批稿)

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司

2023年11月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司

X、 $\gamma$ 射线移动探伤及放射源暂存库扩容项目

## 环境影响报告表

建设单位名称：中国能源建设集团浙江火电建设有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市萧山区宁围镇宁新村振宁路 36-9 号

邮政编码：311215

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 .....	14
表 3	非密封放射性物质 .....	14
表 4	射线装置 .....	15
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	16
表 6	评价依据 .....	17
表 7	保护目标与评价标准 .....	21
表 8	环境质量和辐射现状 .....	28
表 9	项目工程分析与源项 .....	31
表 10	辐射安全与防护 .....	49
表 11	环境影响评价 .....	59
表 12	辐射安全管理 .....	89
表 13	结论与建议 .....	98
表 14	审批 .....	102

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 X、γ射线移动探伤及放射源暂存库扩容项目			
建设单位		中国能源建设集团浙江火电建设有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市萧山区宁围镇宁新村振宁路 36-9 号			
项目建设地点		放射源库、X 射线机贮存间及辅助用房建设地点：浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号华业钢构核电装备有限公司厂区内； 移动探伤作业地点：各移动探伤项目部，作业地点不固定。			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		300	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资） 3.3%
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> ）	不新增
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**

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司（以下简称为“公司”）成立于 1958 年，注册地址位于浙江省杭州市萧山区宁围镇宁新村振宁路 36-9 号，注册资金为 10.05 亿元，资产总额超过 90 亿元，是中国特大型中央企业——中国能源建设集团有限公司的骨干成员企业。公司主营业务包括传统电力能源、新能源及综合智慧能源、生态环保、水利、综合交通、市政、房建、房地产（新型城镇化）、装备制造等多个领域，具有较强的工程总承包和融资带动总承包能力。公司本部共设置 13 个职能部门，下设 2 个专业化工程公司，5 个分公司以及 9 个全资（控股）子公司，公司及下属企业具有施工总承包资质 10 项。

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司租赁其下属子公司华业钢构核电装备有限公司

的部分场地开展辐射活动，租赁协议见附件 8，租赁区域范围见附图 5。目前公司共实施 1 个核技术利用建设项目，建设地点位于浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号，建有 1 间固定式探伤室、1 间放射源暂存库（以下简称为“放射源库”）和 1 间 X 射线探伤机临时贮存间（“X 射线机贮存间”），配置 7 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚出厂活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  的放射源  $^{192}\text{Ir}$ ）、7 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚出厂活度为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$  的放射源  $^{75}\text{Se}$ ）和 7 台 X 射线探伤机（定向）。上述探伤装置均已获得辐射安全许可（浙环辐证（F0048）），并于 2016 年 10 月 17 日取得了原浙江省环境保护厅的环评批复（浙环辐〔2016〕29 号），于 2020 年 9 月 11 日通过了竣工环保自主验收，见附件 4 和附件 5。现有辐射活动环保手续履行详细情况见表 1-1。

表 1-1 公司现有辐射活动规模统计表

项目		$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机	$^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机	X 射线探伤机（定向）
环评规模	2016 年	7 台	7 台	7 台（RD-3505 型、RD3005 型、RD-2805A 型、SMART EVO 160D 型、SMART EVO200D、SMART EVO300D、ZCX-GXG250A 型各 1 台）
		2 台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和 2 台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机应用于室内探伤，另 5 台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和 5 台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机应用于移动探伤；7 台 X 射线探伤机均可应用于室内、车间及移动探伤。		
许可规模	2023 年	7 台	7 台	7 台
验收规模	2020 年	6 台	3 台	7 台（RD-3505 型、RD3005 型、RD-2805A 型、SMART EVO 160D 型、SMART EVO200D、SMART EVO300D、ZCX-GXG250A 型各 1 台）
		1 台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机应用于室内探伤，5 台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机应用于移动（野外）探伤；3 台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线机应用于移动（野外）探伤；7 台 X 射线探伤机均应用于室内、现场（车间）及移动（野外）探伤。		

因此，公司的环评规模与许可规模一致，由于换源周转的需要，验收规模小于环评规模。

## 1.2 项目建设目的和任务由来

随着国家核电建设项目的大力发展，公司的业务扩展从核电常岛的无损检测进入核岛领域的无损检测，而核岛领域的无损检测主要以射线检测为主，且检测时间也是定时定点，检验对象材料相对较厚（如核岛主管道壁厚达 94mm），有些检验焊口单日仅能检验一张底片，因而需要较多的放射源才能满足工程的进度。目前公司山东荣成国和一号工程已使用 6 枚  $^{192}\text{Ir}$

放射源和 7 台 X 射线探伤机，而已承接的山东海阳核电工程、辽宁徐大堡核电工程、广东陆丰核电工程和浙江三门核电二期项目的检验工作也即将进行。公司现有辐射安全许可证仅许可 7 枚  $^{192}\text{Ir}$  放射源、7 枚  $^{75}\text{Se}$  放射源和 7 台 X 射线探伤机，无法满足当前无损检测业务需求。在此背景下，结合公司整体规划和业务发展需要，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司计划在现有辐射活动规模的基础上，新增 8 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚放射源  $^{192}\text{Ir}$ ，最大出厂活度均为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 8 台 X 射线探伤机（其中 RT-2305-T 和 RT-2505T 型各 4 台），均用于移动探伤。所有探伤作业仅限工地或安装现场等场地的移动探伤，不涉及固定式探伤和厂区生产车间内移动探伤。同时，对现有放射源库及辅房进行扩容改造并形成新的放射源库，在现有 14 个储源坑的基础上新增 12 个储源坑，其中 22 个储源坑用于现有已许可和本次新增的 $\gamma$ 射线探伤机不作业时的存放，另 4 个储源坑作为远期发展预留。X 射线机贮存间、暗室、评片室、危废暂存间等功能间均依托现有场所，不另设。

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  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机内含的放射源最大出厂活度均为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，属于 II 类放射源；X 射线探伤机归入到“工业用 X 射线探伤装置”的范畴，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 类放射源、使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，中国能源建设集团浙江火电建设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 项目建设内容和规模

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司计划在现有辐射活动规模的基础上，新增 8 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚放射源  $^{192}\text{Ir}$ ，最大出厂活度均为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 8 台 X 射线探伤机（其中 RT-2305-T 和 RT-2505T 型各 4 台），均用于移动探伤。所有探伤作业仅限工地或安装现场等场地的移动探伤，不涉及固定式探伤和厂区生产车间内移动探伤。同

时，对现有放射源库及辅房进行扩容改造并形成新的放射源库，在现有 14 个储源坑的基础上新增 12 个储源坑，其中 22 个储源坑用于现有已许可和本次新增的 $\gamma$ 射线探伤机不作业时的存放，另 4 个储源坑作为远期发展预留。X 射线机贮存间、暗室、评片室、危废暂存间等功能间均依托现有场所，不另设。

本项目实施后，公司最终的辐射活动规模为 15 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机、7 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机和 15 台 X 射线探伤机，其中 2 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和 2 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机应用于室内探伤，另 13 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和 5 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机应用于移动探伤；7 台 X 射线探伤机均可应用于室内、车间及移动探伤；8 台 X 射线探伤机仅应用于移动探伤。

## 1.4 项目选址及周边环境保护目标

### 1.4.1 项目地理位置及外环境

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司租赁其下属子公司华业钢构核电装备有限公司的部分场地开展辐射活动，建设地点位于浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号，地理位置见附图 1。为方便描述，以厂区东北侧为北，则出租方厂区东侧为浙江海重重工机械有限公司，南侧隔杭州湾大道为嘉兴港海盐码头有限公司，西侧为浙江协和首信钢业有限公司，北侧隔海塘线为农田，周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 3。

### 1.4.2 放射源库位置及外环境

本次新增的  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机不移动探伤作业时，全部贮存于现有放射源库内，建筑面积约  $5\text{m}^2$ ，具体位置见附图 4。源库位于生产车间内，其东侧为厂区道路，南侧为车间过道，西侧为现有探伤室，北侧为隔间（人员不可达区域），正上方为无人平台，正下方为土层，无地下室。

### 1.4.3 X 射线机贮存间位置及外环境

本次新增的 X 射线探伤机不移动探伤作业时，全部贮存于现有 X 射线机贮存间内，建筑面积约  $8\text{m}^2$ ，具体位置见附图 4。该设备贮存间位于生产车间内，其东侧为厂区道路，南侧为隔间（人员不可达区域），西侧为现有探伤室，北侧为办公区，正上方为无人平台，正下方为土层，无地下室。该贮存间仅为设备的临时贮存，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。

### 1.4.4 暗室、评片室及危废暂存间位置

嘉兴市内项目部均固定在公司总部的暗室内完成探伤洗片和评片工作，废显（定）影液、废胶片及洗片废液等危废集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，委托有资质的单位处理处置。暗室、评片室均位于生产车间内，危废暂存间位于厂区西北侧，具体位置见附图 4。

嘉兴市外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总部厂区的暗室进行洗片，临时性暗室的建设和管理要求参考总部厂区的危废暂存间。产生的各类危废就近处理，委托当地有资质单位处理处置。

本项目所有评片后完好的胶片直接交付于客户方进行存档，厂区内不进行底片存档。

#### 1.4.5 移动探伤作业场地位置

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。

#### 1.4.6 环境保护目标

由于本项目为移动探伤，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、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总部厂区内其他非辐射工作人员。

#### 1.4.7 规划符合性分析

##### (1) 用地规划符合性分析

根据建设单位提供的土地证（见附件 6）和房产证（见附件 7），本项目用地性质为工业用地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划要求。

##### (2) 区域规划环评符合性分析

对照《浙江省海盐经济开发区（西塘桥街道）分区规划[2011-2030]环境影响报告书》及《六张清单修订稿》，本项目符合性分析见表 1-1。

表 1-1 规划环评符合性对照表

清单名称	管控要求	本项目情况	符合性分析
清单 1：生态空间清单	海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元（ZH33042420008）中的管控措施	本项目为对外开展移动探伤作业，非工业生产项目，已制定《辐射事故应急预案》，符合“海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元”的管控要求。	符合
清单 2：现有问题整改措 施清单	产业结构与布局、污染防治与环境保护	本项目符合国家相关产业政策要求；选址距离居民等环境敏感点较远，周	符合



		边给水、排水、供电等基础设施业已完善，能够满足本项目使用要求。营运期“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可以做到达标排放。	
清单 3：污染物排放总量管控限值清单	总量管控限值	本项目不涉及总量控制。	符合
清单 4：规划方案优化调整建议清单	规划目标、规划产业定位、规划布局、规划规模、环保基础设施规划、资源利用与环境保护	本项目符合土地利用规划与产业发展规划，符合国家相关产业政策，周边基础设施业已完善；营运期采取完善的辐射安全防护措施，“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可以做到达标排放。	符合
清单 5：环境准入条件清单	海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元（ZH33042420008）中的管控措施	本项目为对外开展移动探伤作业，非工业生产项目，不属于“海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元”中禁止准入类产业和限制准入产业。	符合
清单 6：环境标准清单	空间准入标准、污染物排放标准、环境质量管控标准、行业准入标准	本项目符合《海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案》的管控要求，“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可以做到达标排放。	符合

因此，本项目符合《浙江省海盐经济开发区（西塘桥街道）分区规划[2011-2030]环境影响报告书》及《六张清单修订稿》的相关要求。

### （3）“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 1-2。

**表 1-2 本项目“三线一单”符合性分析**

生态保护红线	<p>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《海盐县“三区三线”划定方案》（见附图 10），本项目位于城镇开发边界，放射源库等用房的建设是在现有厂区内实施，且用地性质为工业用地，项目用地及评价范围内均不涉及生态保护红线和永久基本农田，符合海盐县“三区三线”划定方案的要求。</p> <p>同时，根据《海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案》及《海盐县生态保护红线分布图》（见附图 8），本项目不在划定的生态保护红线内，符合生态保护红线要求。</p>
--------	---

环境质量底线	经现场检测，本项目现有放射源库及周围环境的周围剂量当量率满足国家相关标准限值要求。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，可以做到达标排放，符合环境质量底线要求。
资源利用上线	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生活用水和设施用电，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。
生态环境准入清单	<p>根据《海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于浙江省嘉兴市海盐县海盐开发区产业集聚重点管控元（单元编码：ZH33042420008，见附图9），该单元生态环境准入清单要求如下：</p> <p><b>1、空间布局约束</b></p> <p>①根据产业集聚区块的功能定位，实施分区差别化的产业准入条件。②优化产业布局和结构，合理规划布局三类工业项目，控制三类工业项目布局范围和总体规模，鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和提升改造。③提高电力、化工、印染、造纸、化纤等重点行业环保准入门槛，控制新增污染物排放量。④新建涉 VOCs 排放的工业企业全部进入工业功能区，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求。⑤所有改、扩建耗煤项目，严格执行相关新增燃煤和污染物排放减量替代管理要求，且排污强度、能效和碳排放水平必须达到国内先进水平。⑥合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带。</p> <p><b>2、污染物排放管控</b></p> <p>①严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。②新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。③推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。④加强土壤和地下水污染防治与修复。</p> <p><b>3、环境风险防控</b></p> <p>①定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。②强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制；加强风险防控体系建设。</p> <p><b>4、资源开发率要求</b></p> <p>推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。</p> <p>本项目为核技术利用建设项目，主要从事移动探伤作业，非生产型项目，不属于《海盐县“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《海盐县“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。

### 1.4.8 选址合理性分析

本项目放射源库评价范围 50m 内主要为中国能源建设集团浙江火电建设有限公司生产车间、厂区道路及浙江海重重工机械有限公司，无居民点和学校等环境敏感点，项目用地性质为工业用地，周围无环境制约因素，且评价范围内不涉及易燃易爆物质和危险化学品的存放。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，本项目放射源库的选址合理可行。

## 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。

## 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

公司持有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证（F0048），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 7 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机、7 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$  射线探伤机和 7 台 X 射线探伤机。由于存在放射源退役及换源周期问题，公司实际持有 7 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$  射线探伤机和 7 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。

现有射线装置和放射源台账明细表分别见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 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	CP160B	160	0.5	移动探伤	探伤施工现场	在用
2	X 射线探伤机 (定向)	II类	1 台	SMART EVO-160D	160	7	移动探伤	探伤施工现场	在用
3	X 射线探伤机 (周向)	II类	1 台	PXS EVO 200P	200	5	移动探伤	探伤施工现场	在用
4	X 射线探伤机 (定向)	II类	1 台	CP-225D	225	4.5	移动探伤	探伤施工现场	在用
5	X 射线探伤机 (定向)	II类	1 台	RD-2805A	280	5	移动探伤	探伤施工现场	在用
6	X 射线探伤机 (定向)	II类	1 台	RD-300LGD	300	5	移动探伤	探伤施工现场	在用
7	X 射线探伤机 (定向)	II类	1 台	RD-300IGD	300	5	移动探伤	探伤施工现场	报废

注：现有射线装置型号与验收阶段的射线装置型号不一致，由设备更新导致。

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	动态去向
1	<sup>192</sup> Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2023.04.28	II D23087	0323IR005302	γ射线探伤机	探伤施工现场	国和一号项目部
2	<sup>192</sup> Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2023.08.31	II D23221	0323IR013172	γ射线探伤机	探伤施工现场	国和一号项目部
3	<sup>192</sup> Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2023.09.30	II D23210	0323IR014472	γ射线探伤机	探伤施工现场	国和一号项目部
4	<sup>192</sup> Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2023.08.31	II D23222	0323IR013182	γ射线探伤机	探伤施工现场	国和一号项目部
5	<sup>192</sup> Ir	II类	1 枚	4.07E+12	2023.05.15	S23149	CZ23IR003392	γ射线探伤机	探伤施工现场	国和一号项目部
6	<sup>192</sup> Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2023.04.28	II D23086	0323IR005292	γ射线探伤机	探伤施工现场	国和一号项目部
7	<sup>192</sup> Ir	II类	1 枚	4.23E+12	2023.07.19	S23164	CZ23IR004692	γ射线探伤机	探伤施工现场	国和一号项目部

注：公司探伤施工现场实际在用 6 台 <sup>192</sup>Ir-γ射线探伤机，其 1 台用于周转。

## 1.7.2 辐射安全管理现状

### 1、现有辐射安全防护管理机构成立

公司已成立以陈根卫为组长的辐射安全管理领导小组，负责辐射安全管理工作的策划，并对公司的辐射安全管理工作提出指导意见；已成立以励伟元为组长的辐射安全管理日常工作小组，定期编制辐射安全工作报告，完成与外部生态环境部门的沟通，负责公司职业健康工作的落实，监督项目辐射安全管理工作的落实情况，切实保障公司的辐射安全；已成立以项目安全总监为组长的项目辐射安全管理工作小组，落实公司辐射安全管理制度，接受日常工作小组的监督，配合完成辐射安全各项工作，具体工作包括：放射源库的建立、验收，放射源的申请、备案、跟踪，源库的日常检查、钥匙领用、出入库登记、使用过程的辐射监测，射线报警仪的配置、个人防护用品的配置、组织安全检查，做好射线装置的维护自检保养及附属配件的维护等各项辐射安全工作。

现有管理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 9。

### 2、现有辐射安全规章制度的制定

公司开展工业 X、 $\gamma$ 射线探伤多年，已制定《辐射安全和防护管理制度》、《放射源库管理制度》、《放射源订购、运输及退役处理制度》、《X 射线和 $\gamma$ 射线安全操作规程》、《X 射线机使用登记制度》、《放射源使用登记制度》、《射线检测安全管理程序》、《射线机使用场所安全措施》、《辐射工作岗位职责》、《辐射防护人员培训计划》、《设备检修维护制度》、《废旧放射源处置方法》、《辐射监测方案》、《自行检查和年度评估制度》及《辐射事故应急预案》等规章制度，见附件 10。

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 29 名，现状管理情况见附件 11。

(1) 现有辐射工作人员均持有有效的辐射安全与防护证书，符合持证上岗的要求。

(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 (0.06~3.12) 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。所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（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、现有辐射安全和防护措施落实情况

现有探伤室的防护门已设置电离辐射警告标志和中文警示说明，门上设有工作状态指示灯，并具备门-机联锁、灯-机联锁功能。探伤室内和控制台均设有急停按钮，还设有视频监控装置、红外线报警系统、机械排风设施及固定式场所辐射监测报警装置。工件门外划定了 1m 黄色警戒线，相关辐射安全管理制度均张贴上墙。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。

移动探伤作业均按照标准要求通过巡测方式进行控制区和监督区的划分，配备了辐射监测设备和个人防护用品，严格执行清场制度，可确保人员安全。

#### 5、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，现有辐射监测仪器与防护用品统计清单见表 1-5，可以满足现阶段的探伤工作要求。

**表 1-5 现有监测仪器与防护用品清单**

序号	名称		数量
1	便携式辐射剂量当量率仪		15 台
2	个人剂量计		29 枚
3	个人剂量报警仪		29 台
4	铅板	1000mm×500mm×3mm	6 块
		500mm×500mm×3mm	5 块
5	警示灯		13 个
6	电离辐射警告标志		15 个
7	警戒绳		4 卷
8	作业信息公告牌		4 个
9	铅防护服		12 件
10	铅防护眼镜		12 对
11	铅围领		6 个
12	铅手套		12 副
13	铅帽		12 顶
14	铅衣		5 件
15	铅罐		5 个
16	长柄夹		4 个
17	保险柜		2 个

## 6、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 14。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 15。

（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 $\gamma$ 射线探伤以来，合计报废 11 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和 4 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 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 16。

（3）总部厂区的废显（定）影液、废胶片等危废集中收集后统一交由有资质单位进行处理，公司已与杭州立佳环境服务有限公司签订了危废委托处置协议（见附件 17）。项目部产生的各类危废就近处置，委托当地的有资质单位进行处理。

（4）现有放射源库和探伤室均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。移动探伤作业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。

## 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，公司已委托浙江鼎清环境检测技术有限公司于 2022 年 12 月 6 日进行了相关辐射工作场所检测。

### （1）现有放射源库

检测当日，现有放射源库内存有 3 台含源 $\gamma$ 射线探伤机，具体检测工况见表 1-6。

表 1-6 检测工况

序号	探伤装置名称	核素名称	出厂活度	出厂时间	验收监测活度	放射源编码
1	$\gamma$ 射线探伤机	$^{192}\text{Ir}$	$3.70\times 10^{12}\text{Bq}$	2022 年 7 月 4 日	$8.67\times 10^{11}\text{Bq}$	0322IR011122
2	$\gamma$ 射线探伤机	$^{75}\text{Se}$	$2.96\times 10^{12}\text{Bq}$	2022 年 4 月 24 日	$8.01\times 10^{11}\text{Bq}$	0322SE002452
3	$\gamma$ 射线探伤机	$^{192}\text{Ir}$	$3.70\times 10^{12}\text{Bq}$	2022 年 4 月 24 日	$4.46\times 10^{11}\text{Bq}$	0322IR006712

经检测，现有放射源库的四周墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率为（95~142）nSv/h，满足现阶段最新标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“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 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

#### （2）现有探伤室

公司探伤室在 2022 年度主要进行 X 射线室内探伤作业，未进行 $\gamma$ 射线室内探伤作业。检测当日，使用 RD-3005 型 X 射线定向探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）进行探伤，探伤作业时管电压为 240kV，管电流为 5mA，主射线方向朝东，无工件照射。经检测，现有探伤室四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处辐射剂量率为（76~197）nSv/h，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”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》，并成立了以总经理/党委书记为总指挥的辐射事故应急领导小组，包括应急处置行动组、疏散引导组、安全救护组、通讯联络组、现场警戒组和救援处置组，见附件 12。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。



**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>192</sup> Ir	3.7×10 <sup>12</sup> Bq×8 枚	II类	使用	移动探伤	探伤施工现场	放射源密封于γ射线探伤机源容器内，不作业时统一存放于放射源库的储源坑内	拟购，本次评价

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	4 台	RT-2305T	230	5	移动探伤	探伤施工现场	拟购，本次评价
2	X 射线探伤机 (定向)	II类	4 台	RT-2505T	250	5	移动探伤	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 ( $\mu$ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
本项目不涉及													

**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废旧放射源	固态	<sup>192</sup> Ir、 <sup>75</sup> Se	根据实际情况更换				暂存于放射源库的储源坑内	由放射源生产单位回收处理。
报废的γ射线探伤机	固态	/	超过 10 年安全使用期限的γ射线探伤机，拟报废				暂存于放射源库的储源坑内	由γ射线探伤机生产单位回收处理。
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	放射源库内的臭氧和氮氧化物由排风系统引至室外，直接排放于大气环境；移动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。
废显（定）影液	液态	/	/	45kg	540kg	/	集中存放于现有危废暂存间	定期委托有危废处置资质的单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	0.3kg	3kg	/		
洗片废液	液态	/	/	200kg	2400kg	/		

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 第 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 第 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γ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 第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 第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 第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 第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 第9号，2019年11月1日起施行；

	<p>(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《海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知，盐政办发〔2020〕73号，海盐县人民政府，2020年10月19日印发。</p>
技 术 标 准	<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) 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019），2019年4月1日实施；</p> <p>(5) 《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>(6) 《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2023），2023年10月1日实施；</p> <p>(7) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002），2003年4月1日实施；</p> <p>(8) 《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>(9) 《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>(10) 《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>(11) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），2021年5月1日实施；</p>

	<p>(12) 《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>(13) 《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>(14) 《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 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置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）”，同时参考《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）第 8.4.2.3 条款规定：“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 2mSv/h，在距运输工具外表面 2m 处的辐射水平应不超过 0.1mSv/h”，并结合本项目的辐射污染特点，最终确定本项目评价范围为：

（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：临时贮存时：保险柜外 1m 范围内；移动探伤时，评价范围为各 X、 $\gamma$ 射线探伤机的最大监督区范围，监督区范围小于 100m 的，本报告将其评价范围取值为 100m。经理论计算，本次评价的  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为 307m；RD-2305T 型 X 射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为 206m；RD-2505T 型 X 射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为 79m，小于 100m，则按 100m 计。

### 7.2 保护目标

由于本项目为移动探伤，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、移动探伤工作场所周围的普通公众人员及总部厂区内其他非辐射工作人员。

表 7-1 本项目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
职业人员	53 人	放射源库内及周围	相邻
		临时贮存的保险柜周围	相邻
		移动探伤控制区外	$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机移动探伤时最大控制区理论值为 125m；RT-2305 型 X 射线探伤机移动探伤时最大控制区理论值为 85m；RT-2505 型 X 射线探伤机移动探伤时最大控制区理论值为 33m。



公众成员	总部厂区内非辐射工作人员	5 人/d	放射源库	东侧	厂区道路	相邻
		100 人			浙江海重重工有限公司	3m
		1 人/d		南侧	车间过道	相邻
		5 人			组对焊接区	15m
		10 人		西侧	核电模块及配管生产区	14m
		2 人			北侧	办公区
		2 人		热处理区		7m
		2 人		仓库		24m
		1 人/d		废水处理间		49m
	普通公众成员	不定	临时贮存的保险箱周围		0~1m	
		不定	移动探伤监督区外、评价范围内		<sup>192</sup> Ir-γ 射线探伤机移动探伤时 307m；RD-2305 型 X 射线探伤机移动探伤时为 206m，RD-2505 型 X 射线探伤机移动探伤时为 100m。	

## 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。

### 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。

### 5.2.3 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，确保存储安全。

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，建立领用台账，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。

### 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 2mSv/h,在距运输工具外表面 2m 处的辐射水平应不超过 0.1mSv/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 $\times$ 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。

#### （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内，正上方为无人平台，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平，本项目放射源库四侧墙体、防护门外30cm处周围剂量当量率控制限值均为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；源库上方为无

人平台，本报告亦将源库顶棚外30cm处周围剂量当量率控制现在按2.5 $\mu$ Sv/h进行从严管理。

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进行从严管理。

#### （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，本项目单组移动探伤周最大曝光时间为5h，小于7h，故可判断出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。

## 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 项目地理位置

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司租赁其下属子公司华业钢构核电装备有限公司的部分场地开展辐射活动,建设地点位于浙江省嘉兴市海盐县经济开发区杭州湾大道 3117 号,具体地理位置见附图 1。出租方厂区东侧为浙江海重重工机械有限公司,南侧隔杭州湾大道为嘉兴港海盐码头有限公司,西侧为浙江协和首信钢业有限公司,北侧隔海塘线为农田,周围环境关系见附图 2,周围环境实景见附图 3。

#### 8.1.2 放射源库位置

本次新增的  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机不移动探伤作业时,全部贮存于放射源库内。源库位于生产车间内,其东侧为厂区道路,南侧为车间过道,西侧为现有探伤室,北侧为隔间,正上方为无人平台,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,评价对象为现有放射源库及周围环境、移动探伤作业场所。

### 8.3 辐射环境质量现状

#### 8.3.1 现有放射源库及周围环境

##### 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 $\gamma$ 辐射剂量率。

##### 3、检测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布点监测,点位分布情况见附图 11,检测报告及检测资质证书见附件 18。

#### 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6月19日；
- (3) 检测方式：现场检测；
- (4) 检测依据：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 检测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定；
- (6) 天气环境条件：天气：晴；室外温度：27℃；室外温度：23℃；相对湿度：68%；
- (7) 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、 $\gamma$ 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：0.05 $\mu$ Sv/h~99.99 $\mu$ Sv/h；外置探头：0.01 $\mu$ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV $\leq$ $\pm$ 30%；外置探头：60keV-1.3MeV $\leq$ $\pm$ 30%
检定证书编号	2023H21-20-4419850003
检定有效期	2023年02月15日至2024年02月14日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 $C_f$	1.05
探测限	$\geq$ 10nSv/h

(8) 检测工况：检测当日，放射源库内未存放任何含源 $\gamma$ 射线探伤机，所有含源 $\gamma$ 射线探伤机均运输至项目部开展移动探伤作业。

#### 5、质量保证措施

- (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

本项目现有放射源库周围环境辐射环境现状检测结果见表8-2。

表8-2 现有放射源库

点位编号	点位描述	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
1#	现有放射源库东侧	73	2
2#	现有放射源库南侧	103	2
3#	现有放射源库防护门	92	3
4#	现有放射源库西侧	84	3

由表8-2可知，本项目放射源库及周围环境各检测点位室外的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率范围为(73~103) nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》可知，嘉兴市道路上 $\gamma$ 辐射剂量率范围为(28~117) nGy/h，室内 $\gamma$ 辐射剂量率范围为(76~271) nGy/h，可见该辐射场所的 $\gamma$ 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。《2022 年嘉兴市生态环境状况公报》，2022 年嘉兴市电离辐射本底水平未见异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期工程分析

本项目 X 射线机贮存间、暗室、评片室及危废暂存间均依托现有场所，仅对现有放射源库及辅房进行扩容改造并形成新的放射源库。由于施工量极小，作业影响范围有限，本项目不做具体分析。

### 9.2 工艺设备和工艺分析

#### 9.2.1 γ射线探伤机

##### 1、设备组成及作业方式

本项目γ射线探伤机由探伤机机体、控制部件、输源管、源辨位置指示系统及源辨等组成。源屏蔽容器是探伤机的主体，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。探伤时将控制部件和输源管连接在探伤机机体上，然后摇动曲柄将放射源送至曝光位置，曝光后再摇动曲柄将放射源收回到探伤机机体内。γ射线探伤机结构见图 9-1 和图 9-2、外观图见图 9-3。

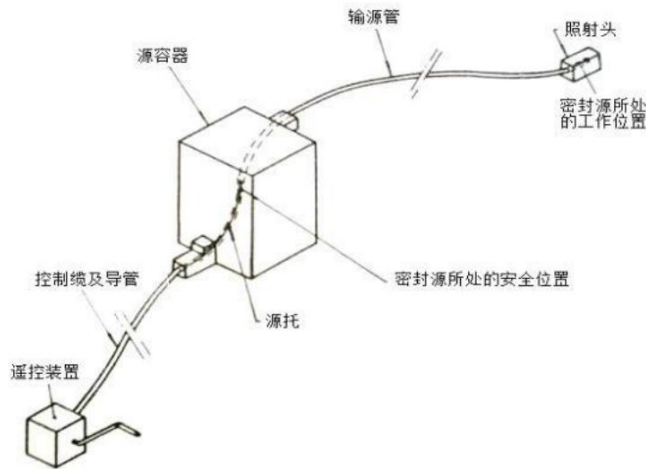


图 9-1 γ射线探伤机外部结构示意图

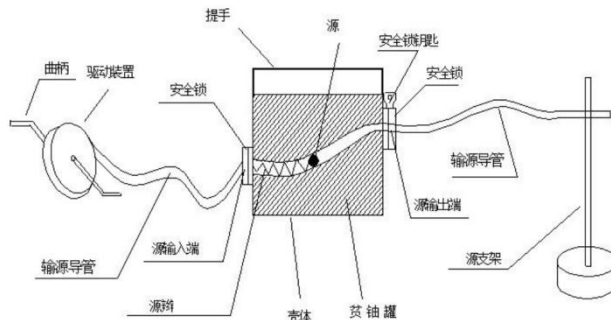


图 9-2 γ射线探伤机内部结构示意图

### ① 探伤机机体

探伤机机体是放射源的储存装置，内装贫铀作为屏蔽材料。当放射源被锁闭在探伤机机体的安全位置时，该屏蔽体能将放射源的辐射剂量率屏蔽在标准规定值之内。探伤机一端与输源管快换管相连接，另一端与控制部件相连接。设计有一套安全联锁装置，安全联锁装置有以下几方面的功能：

1、安全联锁装置的选择环用于确定机体是处于锁紧状态、连接状态还是工作状态；

2、安全联锁装置的滑动杆的作用在于送源前必须先按下滑动杆才能打开放射源，回源时能自动将放射源锁定在储存位置；

3、安全联锁装置的保险盖的作用在于保护源辫的阴接头，防止尘埃进入探伤机内腔，另外探伤机前端有一个专用源顶辫，用于在运输、搬运及储存时防止源辫因意外事故震动而造成剂量泄漏；

4、源辫位置指示系统，绿灯显示源在容器安全位置，红灯闪烁显示放射源离开容器安全位置，开始工作，用数字计数器显示源离开容器距离，语言提示“正在拍片，当心射线”。

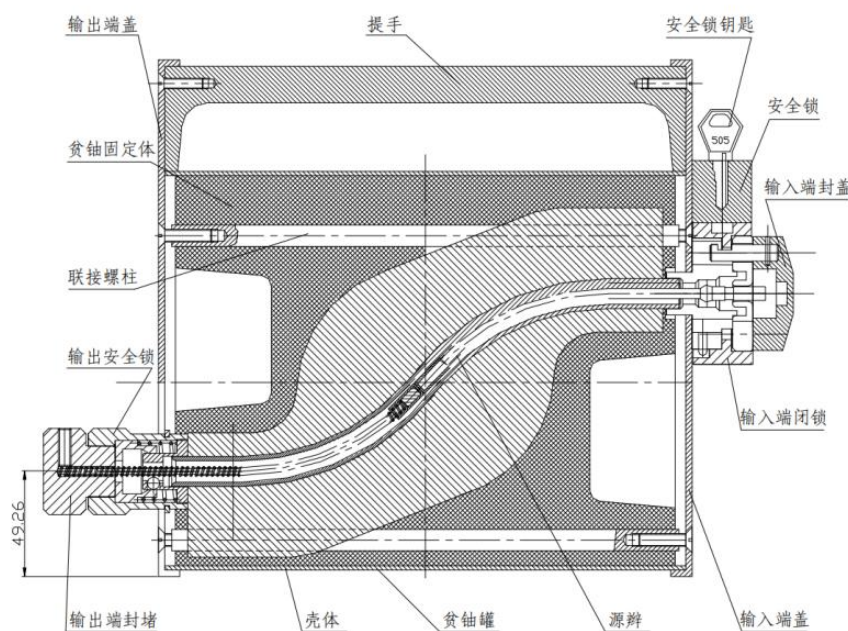


图 9-4  $\gamma$ 射线探伤机机体内部结构示意图

### ②控制部件

控制部件由手摇曲柄、控制导管、驱动缆（软轴）和驱动齿轮等组成。手摇曲柄与驱动齿轮组件的外伸轴相连，驱动控制缆上的阳接头用来与源辫的阴接头相连，控制部件传输软管快装接头用来与机体输入端连接。当摇动手柄曲柄即可送出或收回放射源。



图 9-4  $\gamma$ 射线探伤机控制部件

③探伤机输源管部件

输源管由直径相同的三根软管组成。其中一根为接长管、一根为快换管、一根为 29 曝光管（在工作同时使用曝光管和快换管）。快换管一端压接有快换接头，用于与其探伤机机体的一端连接，另一端压接有螺纹接头，用于与曝光管或接长管连接，曝光管一端压接有照射头，用于防止放射源伸出输源管外，另一端压接螺纹接头，用于与接长管或快换管连接，接长管（加长管）两端都压有螺纹接头，用于连接曝光管和快换管。



图 9-5  $\gamma$ 射线探伤机输源管示意图

#### ④源辨位置指示系统

源辨位置指示系统与控制部件齿轮相连接，功能包括：1、用不同的灯光颜色分别显示源辨在源容器内或外，绿色灯光显示源在容器内，红色闪烁灯光显示源已容器外；2、用液晶数字显示源辨离开源容器的距离，根据输源管与曝光头长度，源输送到曝光头位置开始拍片曝光，拍片照相完毕，源辨收回到容器内的数字显示为 $\leq 0$ ；3、用语言提示源辨已离开源容器，当放射源输出 $> 5\text{cm}$ 后，每 10 秒钟红灯闪烁，语言提示“正在拍片，当心射线”。



图 9-6  $\gamma$  射线探伤机源辨位置指示系统

#### ⑤源辨（随放射源一起）

放射源的源辨是用来输送放射源的机构，源辨是由不锈钢绳或钨合金制作而成。通过驱动装置与源连接后，由手动或自动传输装置，通过输源管螺旋通道将放射源输送到顶端。部分源辨及其结构如图 9-7 所示。



图 9-7 S 通道  $^{192}\text{Ir}$  源辨示意图

## 2、设备性能参数

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机性能参数见表 9-1。

**表 9-1 含源 $\gamma$ 射线探伤机技术参数**

设备类型	$^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机
核素名称	$^{192}\text{Ir}$
型号	DLFS-F
核素形态	固态密封源
放射源类别	II类
额定装源活度	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ (100Ci) /枚
距源容器表面 5cm 处的最大周围剂量当量率	$<0.5 \text{mSv/h}$
距源容器表面 100cm 处的最大周围剂量当量率	$<0.02 \text{mSv/h}$
透照厚度 (A3 钢)	10~100mm
射线源焦点	$\phi 2 \times 2$ 、 $\phi 3 \times 3$
输源软管长度	6.3m
控制部件导管长度	10~15m
机体重量	25kg
机体外形尺寸	400mm (长) $\times$ 200mm (宽) $\times$ 240mm (高)
控制器设置形式	手动出源和回源

### 3、工作原理

$\gamma$ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源  $^{192}\text{Ir}$  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的。

### 4、 $\gamma$ 射线移动探伤流程

#### (1) 放射源购入及运输

公司领取《辐射安全许可证》后，按《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向放射源生产单位购置放射源，放射源生产单位委托放射源运输单位（浙江省科器进出口有限责任公司）负责将放射源运至公司放射源库内储存，放射源运输途中的辐射安全责任由运输单位承担。放射源运到现有的放射源库后，源库管理员按购货清单逐项核实后，记载放射源的核素名称、出厂时间和活度、标号、编码、来源等，然后放射源入库。

#### (2) 放射源存取

放射源库实行双人双锁，移动探伤前，由现场安全员到源库领取探伤机主机（含源），领用须填写《放射源出入库登记表》。源库管理员（至少 2 名）进入源库，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，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。放射源库工作及产污流程图见图 9-8。

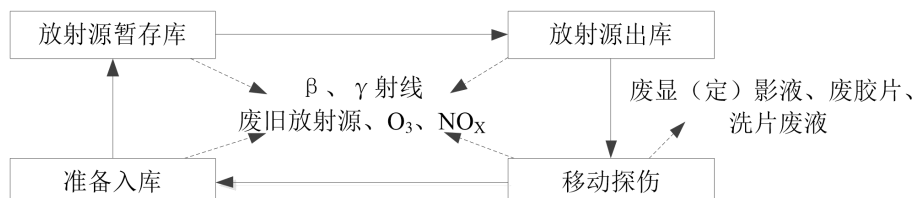


图 9-8 放射源库工作及产污流程图示意图

### （3）放射源使用备案

公司根据工程实际情况投入使用 $\gamma$ 射线探伤机。工程开工前，进行放射源使用备案手续，省内填写《浙江省放射性同位素省内转移使用备案表》，需双方地方生态环境部门审核确认后，投入使用。省外放射源使用填写《浙江省放射性同位素跨省异地使用备案表》，根据工程合同、备案表到当地生态环境部门、省生态环境部门备案，审核通过后回浙江省生态环境厅办理异地使用手续。公司异地使用活动结束后，放射源转移出使用地后20日内，分别向使用地省生态环境厅及浙江省生态环境厅注销备案。放射源在转移运输过程中须严格按照国家有关规定和辐射安全防护要求执行。

### （4）放射源运输

放射源运输由具备放射性物品运输资质的单位负责，采用专用的机动车辆（设电离辐射警告标志、固定源罐装置或保险箱）运输，由专人押运。押运人员携带防护用品、应急方案、监测仪器等，全程监护 $\gamma$ 射线探伤装置。起运前、运输途中及到达目的地后，用监测仪器分别测量有无泄漏超标情况，确定无泄漏超标才准启程、装卸。

### （5） $\gamma$ 射线移动探伤及产污环节

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- $\gamma$ 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- $\gamma$ 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 $\gamma$ 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- $\gamma$ 剂量率仪检测确定源在装置内后，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。

$\gamma$ 射线移动探伤流程及产污环节见图9-9。

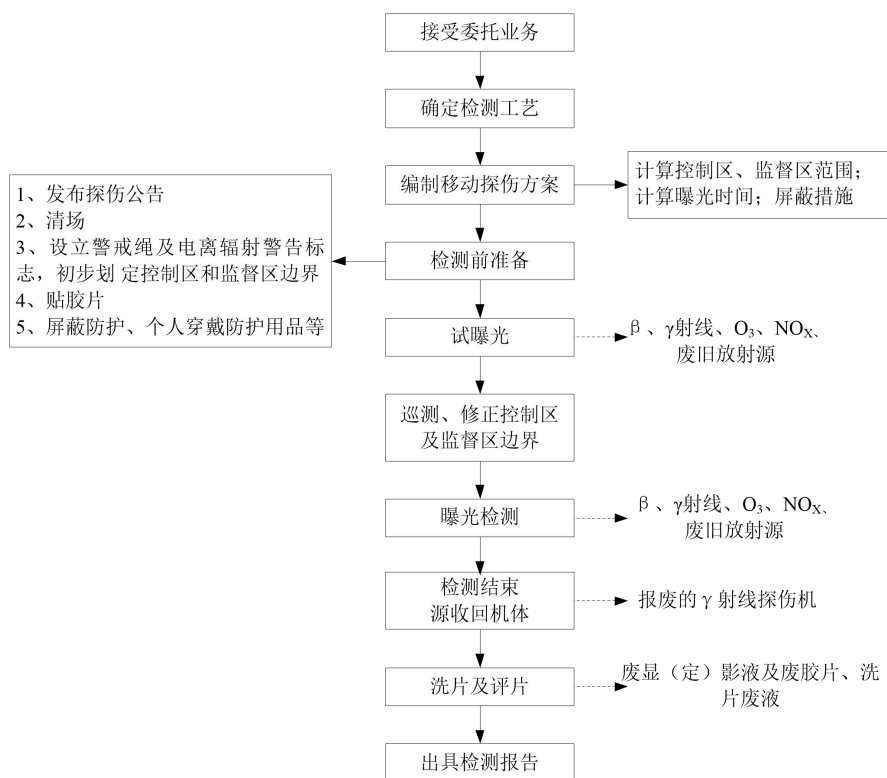


图 9-9  $\gamma$ 射线移动探伤检测及产污流程示意图



因此， $\gamma$ 射线移动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、废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

## 5、换源操作

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司厂区内不涉及任何换源工作。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（中国能源建设集团浙江火电建设有限公司）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，放射源使用单位委托有资质的运输单位将从 $\gamma$ 射线探伤机生产厂家处购买的 $\gamma$ 射线探伤机源容器及附件运输至放射源生产单位，在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，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。

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司不得自行进行倒源操作，本项目所有放射源退役和换源的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，运输过程中的安全责任由放射源运输单位负责。目前，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司已委托浙江省科学器材进出口有限责任公司负责承担放射源运输，该单位具备有效的中华人民共和国道路运输经营许可证，委托协议及运输资质证书情况见附件 13。

## 9.1.2 X 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 3min。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	X射线探伤机
设备型号	RT-2305T	RT-2505T
输出管电压 (kV)	80~230	150~250
输出管电流 (mA)	5	5
工作功率 (kW)	1.5	2.5
焦点尺寸 (mm)	1.0×1.0	2.0×2.0
辐射角度	40° + 5°	40° + 5°
最大穿透A3钢 (mm)	32	40
发生器尺寸 (mm×mm)	Φ170×530	Φ190×580
控制电缆线长度 (m)	25	25
出束方式	定向	定向
冷却方式	强迫风冷	强迫风冷
绝缘方式	SF6气体绝缘	SF6气体绝缘
工作方式	间歇工作1:1	间歇工作1:1

## 3、X射线产生原理

X射线探伤机主要由X射线管头组装体、控制箱及连接电缆组成。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。

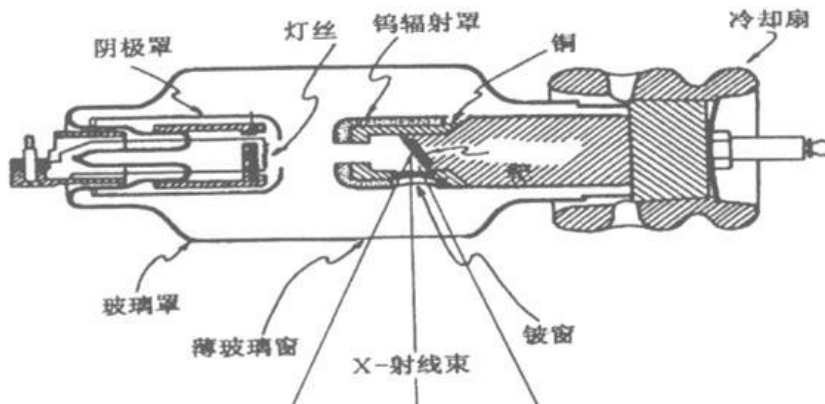


图 9-11 典型 X 射线管结构图

#### 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射线移动探伤工作流程

##### (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) 射线装置运输

射线装置运输采用专用的机动车辆运输，由专人押运，做好X射线探伤机的人员看管和防盗工作。

##### (3) X射线移动探伤及产污环节

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- $\gamma$ 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- $\gamma$ 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，并将胶片统一运回总部暗室。待暗室冲洗处理后评片，完成一次探伤任务。

本项目X射线移动探伤工作流程及产污环节与 $\gamma$ 射线移动探伤基本相同，见图9-4，此处不赘述。X射线移动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、废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

### 9.1.3辐射工作人员配置及合理性分析

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）及《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）等相关规定，作业单位应确保每台 $\gamma$ 射线探伤机至少有2名操作人员和1名现场安全员同时在场。同时根据《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）中“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。

企业现有29名辐射工作人员，本项目计划新增24名辐射操作人员，本项目建成后共53名辐射工作人员，每名辐射工作人员应考取X射线探伤和 $\gamma$ 射线探伤辐射安全与防护合格证书，采取“老带新”模式，分配其中24名辐射工作人员负责本次新增的X、 $\gamma$ 射线移动探伤，拟分为8个移动探伤小组，每组由3名辐射工作人员组成，分配后24名辐射工作人员不兼任现有X、 $\gamma$ 射线移动和固定探伤工作。 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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。X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。同时，本次新增放射源的管理直接依托现有源库管理人员，不另设。

#### 9.1.4探伤工作负荷

公司现有的移动探伤业务包括山东荣成国和一号项目的2#机组的核岛建设、山东海阳核电项CV工程、辽宁徐大堡核电项目两台常规岛工程、广东陆丰核电项目常规岛工程和浙江三门核电二期项目两台常规岛工程的检验，检验的主要工件厚度为（1.7~94）mm之间。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，本次评价的8台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机主要检测厚度范围为（40~94）mm， $\gamma$ 射线探伤年拍片新增量为1.8万张，单片最大曝光时间为3min，则年曝光时间为900h；8台X射线探伤机主要检测厚度范围（1.7-40）mm，X射线探伤年拍片新增量为0.9万张，单片最大曝光时间为3min，则年曝光时间为450h。因此，本项目年拍片新增量合计为2.7万张，年曝光时间合计为1350h。

考虑实际工作中可能存在的探伤业务不均匀性，单组 $\gamma$ 射线移动探伤周最大曝光时间为5h，单组X射线移动探伤周最大曝光时间为5h。

#### 9.1.5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

公司已开展固定式探伤和移动式探伤，建有1间固定式探伤室、1间放射源库和1间X射线机贮存间，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。目前实际持有6台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和7台X射线探伤机。

## 2、现有探伤室和放射源库辐射屏蔽防护

现有探伤室辐射屏蔽防护见表9-3，放射源库的辐射屏蔽防护见11.2.1章节，此处不赘述。

**表9-3 现有探伤室辐射屏蔽防护**

现有探伤室	外尺寸	长13.6m×10.6m（宽）×7.05m（高）
	内尺寸	12.0m（长）×9.0m（宽）×6.5m（高）
屏蔽防护设施	四侧墙体	800mm混凝土
	顶棚	550mm混凝土
	工件门	800mm混凝土，门洞尺寸：4.2m（宽）×5.0m（高），门体尺寸：6.0m（宽）×5.6m（高），门与墙体搭接长度大于10倍间隙
	工作人员出入门	4mm铝板+4mm铁板衬垫4.8mm铅板，门洞尺寸：0.8m（宽）×2.0m（高），门体尺寸：1.0m（宽）×2.2m（高），门与墙体搭接长度大于10倍间隙

现有探伤室已有辐射安全防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对照表如下：

**表9-4 现有探伤室与GBZ117-2022标准比对结果**

序号	标准要求的措施	浙江火电公司的实际情况及整改内容
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，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	工件门和工作人员出入门均安装了门-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，应能立刻停止出束或回源。
2	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。	核实探伤室门口和内部设有显示“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。应在醒目的位置处增“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。	探伤室内设有视频监控探头，企业应在探伤室防护门出入口外增设1视频监控装置，并在控制内设监控显示器。
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门均张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明
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。	探伤室内四侧墙体均各设有1个急停按钮，可以满足人员在任何位置时都不需要穿过主射线就能够使用，并表明使用方法。

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，补充排风口的的位置，风机风量7550m <sup>3</sup> /h，通风换气次数约10次/h
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，并与防护门连锁。
8	红外报警装置	源库内已设有红外报警装置
9	其他措施	室内开门装置
		已在工件防护门旁设有开门装置

### 3、现有辐射监测设备与防护用品配置

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，现有辐射监测仪器与防护用品统计清单见前文表 1-5，可以满足现阶段的探伤工作要求。

### 4、现有污染物达标排放分析

(1) 根据公司提供的 2022 年度辐射安全与防护状况评估报告，公司已委托浙江鼎清环境检测技术有限公司于 2022 年 12 月 6 日进行了相关辐射工作场所检测。

①经检测，现有放射源库的四周墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率为(95~142)nSv/h，满足现阶段最新标准《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“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 2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平”的要求。

②公司探伤室在 2022 年度主要进行 X 射线室内探伤作业，未进行γ射线室内探伤作业。检测当日，使用 RD-3005 型 X 射线定向探伤机(最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA)进行探伤，探伤作业时管电压为 240kV，管电流为 5mA，主射线方向朝东，无工件照射。经检测，现有探伤室四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处辐射剂量率为(76~197) nSv/h，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 2.5μSv/h”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γ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γ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总部厂区的废显(定)影液、废胶片等危废集中收集后统一交由有资质单位进行处理，公司已与杭州立佳环境服务有限公司签订了危废委托处置协议；项目部产生的各类危废就近

处置，委托当地的有资质单位进行处理。

④现有放射源库和探伤室均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。移动探伤作业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。

## 5、辐射安全管理现状

根据前文1.7.2章节“辐射安全管理现状”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。

综上所述，现有核技术利用项目不存在工艺不足及改进情况。基于业务发展需要，公司在现有辐射活动规模的基础上新增X、 $\gamma$ 射线探伤机用于移动探伤，并对现有的放射源库进行扩容改建。

## 9.2污染源项描述

### 9.2.1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。

#### ①有用线束和散射辐射

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。由于RT-2305T和RT-2505T型X射线探伤机的最大管电压相近，本报告均保守按250kV取值，则有用线束和散射辐射的X射



线输出量均为16.5mSv·m<sup>2</sup>/ (mA·min)。

## ②泄漏辐射

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中表2,本项目RT-2305T型和RT-2505T型X射线探伤机的X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值均为5mSv/h。

### (2) β、γ射线

本项目放射源应用的放射性核素为<sup>192</sup>Ir,根据《辐射防护手册——第一分册》(李德平、潘自强主编)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9-5。

**表 9-5 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 (μSv·m <sup>2</sup> / MBq·h)
<sup>192</sup> Ir	74.02d	β <sup>-</sup> (95.22) ε (4.78) β <sup>+</sup> (~0)	β <sup>-</sup>	0.672	46%	0.17
				0.536	41%	
				0.240	8%	
			γ	0.296	34.6	
				0.308	35.8	
				0.316	82.9%, 100	
0.468	58.0					

注: \*该数值为辐射的相对强度,带%号的表示绝对强度。

本项目<sup>192</sup>Ir-γ射线探伤机内含的放射源<sup>192</sup>Ir衰变时会发射出不同能量的β射线和γ射线,其中β射线穿透能力相对较小,已基本被源容器屏蔽。根据《γ射线探伤机》(GB/T 14058-2023)中第5.3.3.1条款规定,当γ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β辐射;其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。因此,β射线对周围环境的辐射影响甚微,可忽略不计,而γ射线具有较强的贯穿能力,则<sup>192</sup>Ir-γ射线探伤机的污染因子主要是γ射线。

γ射线移动探伤时,会对探伤现场控制区及监督区外周围的工作人员和公众产生γ射线照射;在γ射线探伤机运输过程中对运输人员产生γ射线外照射;放射源在放射源库中有小部分穿过源库屏蔽体(包括储源坑、铅盖、屏蔽墙、顶棚、防护门)泄漏到工作场所及周围环境中,对周围的工作人员和公众产生γ射线外照射。

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9-6。

**表 9-6 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

(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。本项目放射源<sup>192</sup>Ir计划6个月更换一次，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。

(3) 报废的γ射线探伤机

γ射线探伤装置的安全使用期限为10年，报废的γ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γ射线探伤机生产单位进行回收处理。公司已将报废的γ射线探伤机交于探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行报废处置。

**9.2.2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含源γ射线探伤机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。移动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、废胶片及洗片废液

本项目 X、γ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、γ射线移动探伤新增年拍片总量为2.7万张，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540L（密度保守按1g/cm<sup>3</sup>，折合重量约0.54t），废胶片新增年产生量约270张（废片率按1%计算，单张胶片平均重量保守按10g，折合重量约0.003t），该部分危险废物定期委托有资质的单位处理，完好的胶片直接交付于客户方进行存档。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 2.4t。该部分废液含较高浓度的AgBr、显（定）影剂及强氧化物，需做危险废物处理，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 9-7。

**表 9-7 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	0.54t/a	洗片	液态	显(定)影液	显(定)影液	每次移动探伤	T	收集危废暂存间，定期委托有资质单位处理。
2	废胶片	HW16	900-019-16	0.003t/a	评片	固态	废胶片	废胶片	每次移动探伤、存档期满	T	
3	洗片废液	HW16	900-019-16	2.4t/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	每次移动探伤	T	

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 工作场所布局

本项目新增含源 $\gamma$ 射线探伤机不作业时的存放于放射源库新建储源坑内，新增 X 射线探伤机不作业时的存放依托现有的 X 射线机贮存间，均位于生产车间内。探伤洗片和评片工作依托现有的暗室和评片室，位于放射源库北侧；探伤洗片过程中产生的废定（显）影液和废胶片等危险废物的暂存依托现有的危废暂存间，位于厂区西南侧。因此，本项目的功能设施完善，可以满足 X、 $\gamma$ 射线移动探伤的工作需求，布局基本合理。

#### 10.1.2 分区管理

##### (1) 放射源库及临时贮存场所

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中两区划分原则，本项目拟将放射源库及周围区域划分为控制区和监督区。以放射源库的实体屏蔽为界，将放射源库划为控制区，严禁无关人员进出控制区，保障该区的辐射安全；将放射源库外相邻区域划为监督区，对该区不需采取专门的安全防护措施，但要定期检查其辐射剂量，分区管理示意图见附图 6。

本项目 $\gamma$ 射线探伤机当天不能及时回到公司总部放射源库时，公司应设置放射源临时贮存设施，并实行分区管理，将放射源临时贮存设施划为临时控制区，贮存设施周围 1m 处划定为临时监督区，设置电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。

##### (2) 移动探伤

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。

该公司拟采取的布局与分区措施基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“移动探伤”的要求。

### 10.1.3 辐射安全和防护措施

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）与《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）以及辐射管理的相关制度，为减少辐射对环境的影响程度，建设单位针对 X、 $\gamma$ 射线探伤机的固有安全属性、储存、运输、移动探伤等环节拟采取如下辐射安全和防护措施：

#### 10.1.3.1 $\gamma$ 射线探伤机

##### 一、 $\gamma$ 射线探伤机的固有安全属性

（1）本项目 $\gamma$ 射线探伤装置均为便携式，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，离源容器表面 5cm 处最大周围当量剂量率为 0.5mSv/h，离源容器表面 100cm 处最大周围当量剂量率为 0.02mSv/h，随机文件中有该指标的说明，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表 2 规定的源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率控制值。

（2）本项目 $\gamma$ 射线探伤装置设有安全锁，并配置专用钥匙，设有安全联锁装置和源辨位置指示系统等。 $\gamma$ 射线探伤机的遥控装置，其控制缆有一个止动装置，以防止控制缆与遥控装置丢失和脱开。相关放射防护性能应符合《 $\gamma$ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023）的要求。

（3）本项目 $\gamma$ 射线探伤机采用手动的出源和回源方式， $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机的输源软管长度为 6.3m，控制部件导管长度为（10~15）m，可以满足移动探伤的作业要求。

##### 二、含源 $\gamma$ 射线探伤机储存、领用、归还的辐射安全和防护措施

本项目新增  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机不作业时的暂存于放射源库，该源库为单独的建筑，其设计已考虑“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。

（1）放射源库墙体结构上防火，库内严禁烟火，库房附近配有灭火器，满足源库的“防火”要求。

（2）放射源库的地面采用水泥硬化处理，并设置防潮层以防渗。源库比室外地面高出 50cm，源库四周已设排水沟，满足源库的“防水”要求。

（3）放射源库出入口的防护门及现有储源坑的铅盖均设有防盗锁，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。库内及门口已设置 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；已

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。新建储源坑的铅盖拟设防盗锁，使其保持在锁紧状态，

(4) 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。

(5) 放射源库已采用符合标准要求的实体屏蔽进行防护，放射源库东侧、北侧墙体为400mm混凝土，西侧与探伤室共用墙体，为800mm混凝土，南侧墙体为240mm混凝土，防护门为50mm钢板防盗门，并设双人双锁；放射源库内在现有14个储源坑的基础上利用辅房新建12个储源坑。新建储源坑采用混凝土结构，每个坑间隔100mm，坑盖为10mm铅板，经辐射环境影响预测，本项目放射源库扩容改造后并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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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。

(6) 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。

(7) 放射源库库内现有储源坑的坑盖上均已设显著的电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。改建后的放射源库出入门和新建储源坑的坑盖上均拟设显著的电离辐射警告标志。

(8) 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。

(9) 公司已制定含源 $\gamma$ 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，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。同时，放射源库现场处已张贴相关辐射安全管理制度。

### 三、 $\gamma$ 射线探伤机运输过程中的辐射安全和防护措施

(1) 承担放射源运输单位，应由具备放射性物品运输资质的单位负责，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。目前中国能源建设集团浙江火电建设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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(6) 专用运输车辆采用 GPS 定位系统。

(7) 含源 $\gamma$ 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。

(8) 在源箱和运输车辆上设置“当心电离辐射”警告标志。

(9) 运输放射源的车辆不得用于其他物品的运输。

(10) 预备好拾源夹及储源罐以事故应急使用。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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 $\gamma$ 射线探伤机处于人员监视下。

(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。

(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。

(18) 公司已制定 $\gamma$ 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。

#### 四、含源 $\gamma$ 射线探伤机临时储存的辐射安全和防护措施

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：

(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。

(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。

(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  $2.5\mu\text{Sv/h}$  或者审管部门批准的控制水平。

(4) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理。

(5) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器的存放地点。

(6)  $\gamma$ 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。

(7)  $\gamma$ 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。

(8) 作业单位选择作业委托单位或第三方提供的放射源贮存库时应明确双方相应安保责任，并落实安保措施。探伤机使用完毕不能及时返回放射源贮存库保管的，作业单位应利用保险柜或其他具有安保效果的暂存设施现场保存，派专职人员 24 小时现场值守，保险柜或其他暂存设施应张贴电离辐射警告标志。

#### 五、 $\gamma$ 射线移动探伤过程中的辐射安全和防护措施

##### 1、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 GBZ 117-2022 第 5.2.1.1 条款的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。

## 2、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。

## 3、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。

#### **4、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。

#### **5、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。

## 6、 $\gamma$ 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。

## 7、 $\gamma$ 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。

## 六、 $\gamma$ 射线探伤机的维护保养

(1) 定期对 $\gamma$ 射线探伤机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 $\gamma$ 射线探伤机时，由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。中国能源建设集团浙江火电建设有限公司工作人员不单独对探伤机进行维修。

(2) 经常对 $\gamma$ 射线探伤机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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

## 七、废旧放射源的处置及换源

(1) 中国能源建设集团浙江火电建设有限公司已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。

(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。

## 八、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) 公司已建立 $\gamma$ 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。

## 九、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 10-1~表 10-3。

**表 10-1 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。	该公司已许可14台γ射线探伤机，本次拟新增8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。	该公司已建1间放射源库，已安排2名工作人员专职负责放射源库的保管工作，源库已设置红外报警装置，源库内已安装视频监控装置、对源库实行24小时监控，源库入口已设置电离辐射警告标志，源库门设计为双人双锁。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 10-1 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,中国能源建设集团浙江火电建设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 10-2 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γ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γ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	γ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	γ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γ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,明确了相关岗位责任,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γ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γ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γ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γ射线移动探伤异地使用备案的管理,在γ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γ射线移动探伤异地使用备案的管理。	/



表 10-3 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。	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 10-3 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，探伤作业人员必须通过相应核技术辐射安全与防护考核。	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 10-3 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。	/

## 十、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。

## 十一、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。

### 10.1.3.2X 射线探伤机

#### 一、 X 射线探伤机的固有安全属性

(1) X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合 GBZ 117-2022 中表 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。

本项目 RT-2305 型和 RT-2505 型 X 射线探伤机的 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值均小于 5mSv/h。

(2) X 射线探伤机控制台设有延时开机功能。

#### 二、X射线机贮存间的辐射安全和防护措施

本项目X射线探伤机不开展移动探伤作业时，全部存放于现有的X射线机贮存间内。

(1) X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。

(2) X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。

(3) X射线机贮存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。

(4) 公司已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。

#### 三、 X射线探伤机运输过程中的辐射安全和防护

(1) 本项目X射线探伤机的运输工作由中国能源建设集团浙江火电建设有限公司自行承担，拟配1辆专用运输车，设有防盗锁。

(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。

(3) 公司已制定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。

#### 四、X射线探伤机临时贮存过程中的辐射安全和防护

(1) 移动式探伤工作间歇临时贮存X射线探伤机，无法当天返回贮存库时，X 射线探伤机由工作人员负责看管，并派人24h值班。

(2) X射线探伤设备临时存放场所须满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求。

## 五、X射线探伤机移动探伤过程中的辐射安全和防护措施

(1) 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；

(2) 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。

(3) 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。

## 六、X射线探伤机的维护

(1) 中国能源建设集团浙江火电建设有限公司应对X射线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；

(2) 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；

(3) 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；

(4) 应做好设备维护记录。

## 七、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。

### 10.1.3.3 检测仪器与防护用品配置

本项目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。本项目实施后计划新增24名辐射工作人员，新增后全公司共53

名辐射工作人员。本项目拟分配 8 个移动探伤小组，每组由 3 名辐射工作人员组成，人员配置采样“以老带新”的模式，合理分配移动探伤小组人员。同时，新增放射源的管理依托现有源库管理人员，不另设。本项目移动探伤检测仪器与防护用品配置计划见表 10-4。

**表 10-4 本项目移动探伤检测仪器与防护用品配置计划表**

类别	辐射防护设施	单组拟配置	备注
γ 射线移动探伤	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台	本项目 X、γ 射线移动探伤人员为同一套班底，新增辐射工作人员共 24 名，部分辐射防护设施无需重复配置。结合公司的探伤业务量、人员配备情况和项目部数量等因素，本项目移动探伤计划配置便携式 X-γ 剂量率仪 8 台、个人剂量计 24 枚、个人剂量报警仪 24 个、准直器 8 组、电离辐射警告标志 64 个、“禁止进入射线工作区”警告牌 32 个、“无关人员禁止入内”警告牌 32 个、提示“预备”和“照射”状态的指示灯 32 个、声音提示装置 32 个、安全连锁 32 个、警示灯 32 个、安全信息公示牌 8 个、运输铅箱 16 个、保险柜 8 个、对讲装置 24 个、警戒绳 8 套、应急储源罐 8 个、应急箱（包括放射源的远距离处理工具）8 个、其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）8 套、铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜各 8 套。
	个人剂量计	3 枚	
	个人剂量报警仪	3 个	
	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	4 个	
	声音提示装置	4 个	
	安全连锁（警示信号指示装置与探伤机连锁）	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	
	运源铅箱（铅板厚度不低于 5mm）	2 个	
	保险柜（临时贮存用）	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		
铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜	各 1 套		
X 射线移动探伤	便携式 X-γ 剂量率仪	1 台	
	个人剂量计	3 枚	
	个人剂量报警仪	3 个	
	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	4 个	
	声音提示装置	4 个	
	安全连锁（警示信号指示装置与探伤机连锁）	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、凋零、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、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

本项目移动探伤的作业范围是全国各地，嘉兴市内项目部设有厂区总部暗室，探伤洗片和评片过程产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液作为危废集中收集后定期委托杭州立佳环境服务有限公司处理处置；嘉兴市外项目部均设于临时性暗室，胶片不拉回总部进行洗片和评片，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) 嘉兴市内项目部产生的危废



### ①危废的贮存

本项目危废的暂存依托华业钢构核电装备有限公司名下的现有危废暂存间，建筑面积约54m<sup>2</sup>，一次性最大贮存能力约20t，具体位置见附图4。该场所的危废风险责任主体为华业钢构核电装备有限公司，已建立《危险废物责任管理制度》、《分类管理制度》、《危险废物台账管理制度》、《转移联单制度》、《应急预案备案制度》等相关制度。库内地面已硬化处理，采用防盗门，门上已设规范的危废标识和防盗锁，并由专人管理；已分区存放，不同贮存分区之间已采取隔离措施。现有危废暂存间的建设满足《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。现有危废暂存间主要存放物质包括：①华业钢构核电装备有限公司生产产生的废油漆桶（年产生量约10t）和漆渣（年产生量约15t）；②中国能源建设集团浙江火电建设有限公司现有探伤产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液，年产生总量约1t，现有危废转移周期为每季度转移一次。经工程分析理论核算，本项目探伤产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液的年产生总量约2.943t，则现有危废暂存间有剩余空间贮存本项目危废，故本项目危废暂存依托现有危废暂存间是可行的。

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10-6。

表10-6 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	厂区西北侧	54m <sup>2</sup>	专用防渗容器	20t	一年
2		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		一年
3		洗片废液	HW16	900-019-16			专用防渗容器		一年

### 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

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司已与杭州立佳环境服务有限公司签订危废委托处置协议，该单位具备有效的危废经营许可证，核准经营的危废类别包括 HW16: 900-019-16，与本项目产生的危废类别相符，因此具备处理本项目危废的能力。同时，该单位还具备有效的道路运输经营许可证，因此具备运输本项目危废的能力。相关委托协议及资质证书见附件 17。

## (2) 嘉兴市外项目部产生的危废

嘉兴市外的每个移动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厂区总部的危废暂存间。

## 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一定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。 $X$ 、 $\gamma$ 射线移动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，其中嘉兴市内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，委托杭州立佳环境服务有限公司处理处置；嘉兴市外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 环境影响评价

### 11.1 建设阶段对环境的影响

#### 11.1.1 土建施工阶段

本项目 X 射线机贮存间、暗室、评片室及危废暂存间均依托现有场所，仅对现有放射源库进行扩容改造，用于存放不作业时的含源 $\gamma$ 射线探伤机。由于施工量极小，作业影响范围有限，故本次评价不针对施工期进行影响分析。

#### 11.1.2 设备安装阶段

由于 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在项目建设过程中，机器未通电运行，故不会对周围环境造成点电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废物产生。含源 $\gamma$ 射线探伤机只有在项目建成后，经生态环境部门批准方可购置放射源。因此，在建设过程中对周围环境无辐射影响。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 放射源库辐射环境影响分析

##### 1、现有放射源库现状情况

公司现有源库建筑面积约 $5\text{m}^2$ ，净尺寸为 $3.0\text{m}$ （长） $\times$  $1.75\text{m}$ （宽） $\times$  $2.55\text{m}$ （高），其西墙与现有探伤室共用一堵墙，采用 $800\text{mm}$ 混凝土进行防护，其他三侧墙体均为 $400\text{mm}$ 混凝土，顶棚采用 $350\text{mm}$ 混凝土，下方为土层，无地下室，不做特殊防护；出入门采用钢制门，钢板厚度为 $70\text{mm}$ ，门洞尺寸： $802\text{mm}$ （宽） $\times$  $1812\text{mm}$ （高），门体尺寸： $960\text{mm}$ （宽） $\times$  $1970\text{mm}$ （高）。库内现有 $14$ 个储源坑，每 $7$ 个储源坑为一组并排设置，分别位于源库内东侧和西侧。设计原则为“一源一坑”，东侧单个储源坑的净尺寸均为 $350\text{mm}$ （长） $\times$  $250\text{mm}$ （宽） $\times$  $500\text{mm}$ （深），坑盖采用 $11\text{mm}$ 铅板。

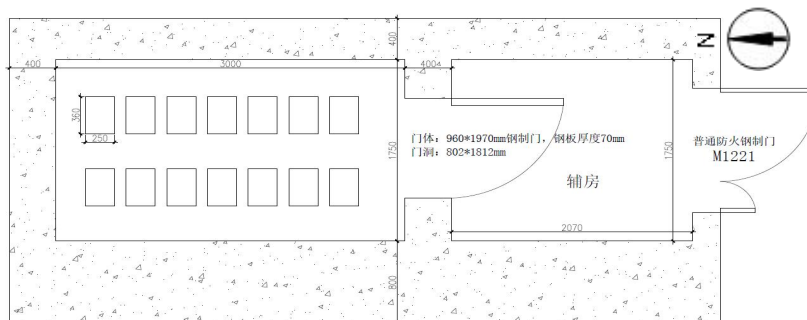


图11-1 现有放射源库扩容改造前平面布局图（单位：mm）



图 11-2 现有放射源库扩容改造前现状图

根据建设单位提供的 2022 年度放射工作场所检测报告，当现有放射源库储有 3 台 $\gamma$ 射线探伤机（其中  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机 2 台， $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机 1 台）时，源库外周围环境辐射剂量率范围为（76~197）nSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中  $2.5\mu\text{Sv/h}$  限值要求。

## 二、本次放射源库扩容改造的必要性

公司已许可 7 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和 7 台  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机，本次计划新增 8 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机。待本项目实施后，公司 $\gamma$ 射线探伤机的最终使用规模为 22 台，大于现有放射源库的最大设计库容（14 台），故本次源库扩容是十分必要的。

## 三、放射源库扩容改造内容

本次放射源库扩容改造内容为：现有放射源库的东侧、西侧和北侧屏蔽墙、防护门和顶棚的屏蔽防护维持现状，拆除源库东墙和防护门，将现有放射源库和辅房改造为新的放射源库，扩建后放射源库建筑面积约  $18\text{m}^2$ ，在现有 14 个储源坑的基础上新建 12 个储源坑，均为下沉式设计，分东西排列，每排各 13 个储源坑。原有 14 个储源坑尺寸不变，仍为  $350\text{mm}$ （长） $\times 250\text{mm}$ （宽） $\times 500\text{mm}$ （深），盖板采用  $11\text{mm}$  铅板；新建 8 个储源坑单个储源坑净尺寸为  $450\text{mm}$ （长） $\times 250\text{mm}$ （宽） $\times 500\text{mm}$ （深），坑盖板采用  $10\text{mm}$  铅板。

放射源库扩容改造后平面布局详见附图 6，新建储源坑的剖面图见附图 7。

## 四、放射源库扩容改造后容积设计合理性分析

根据建设单位提供的资料，现有已许可的  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机为 DL-IIID 型，单台设备尺寸为  $270\text{mm}$ （长） $\times 120\text{mm}$ （宽） $\times 210\text{mm}$ （高）；已许可的  $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机为 DL-VC 型，单台设备尺寸为  $220\text{mm}$ （长） $\times 105\text{mm}$ （宽） $\times 175\text{mm}$ （高）；本次新增的  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机为 DLFS-F 型，单台设备尺寸为  $400\text{mm}$ （长） $\times 200\text{mm}$ （宽） $\times 240\text{mm}$ （高）。新增源坑尺

寸能够满足本次新增 8 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机的贮存需求。因此，现有放射源库经扩容改造后可以满足本项目含源 $\gamma$ 射线探伤机的贮存空间要求。

#### 四、屏蔽防护性能预测

##### 1、预测模式

参考《辐射防护导论》（方杰主编）P96页的式（3.45），结合周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式，可推导出同时考虑距离和屏蔽材料的作用后，本项目放射源库及储源坑周围辐射水平计算公式如下：

$$H = H_0 \cdot \frac{d_0^2}{d^2} \cdot \eta \dots\dots\dots (11 - 1)$$

式中：H——设置屏蔽层后的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_0$ —— $d_0$ 处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$d_0$ —— $d_0$ 处到密封源的距离，m；

d——关注点到密封源的距离，m；

$\eta$ ——透射比， $\eta=2^{-L/\text{HVL}}$ ，其中L为屏蔽层厚度，HVL为半值层厚度。

##### 2、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 $\gamma$ 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。本项目放射源库扩容改造后共设计有26个储源坑，可存放22台含源 $\gamma$ 射线探伤机。公司已许可7台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机和7台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机，本次新增8台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机，合计22台 $\gamma$ 射线探伤机。每台探伤装置内含1枚放射源 $^{192}\text{Ir}$ 或 $^{75}\text{Se}$ ，最大出厂活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq/枚}$ 。本次评价保守按照最大设计库容作为预测依据，即22台含源 $\gamma$ 射线探伤机（15台 $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机+7台 $^{75}\text{Se}$ - $\gamma$ 射线探伤机）。

放射源库主要贮存的放射源为 $^{192}\text{Ir}$ 和 $^{75}\text{Se}$ ，计算保守选取 $\gamma$ 射线能量较大的 $^{192}\text{Ir}$ 半值层厚度（HVL值），根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录A表A.2， $^{192}\text{Ir}$ 放射源在混凝土、铅和钢中的半值层厚度（HVL）分别为50mm、3mm、14mm。

##### 3、场所周围辐射水平预测

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求进行管控。储源坑呈下沉式，四壁和底部均为人员不可达区域，故本次评价仅预测坑盖外30cm处的辐射影响。项目源库扩容后，设

计原则为一坑一源，则储源坑的坑盖外辐射水平预测结果如下：

**表11-1 储源坑周围剂量当量率预测结果**

参数 \ 关注点	原有储源坑（铅盖）	新建储源坑（铅盖）
H <sub>0</sub> （μSv/h）	500	500
d <sub>0</sub> （m）	0.05	0.05
d（m）	0.63	0.56
L（mm）	11	10
HVL（mm）	3	3
H（μSv/h）	0.25	0.40
标准控制限值（μSv/h）	2.5	2.5
达标性分析	达标	达标

本项目储源坑坑盖表面周围剂量当量率均小于2.5μSv/h，本项目放射源库扩容改造后处于最大贮存工况时，保守以每个储源坑表面2.5μSv/h进行保守估算，放射源库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11-2。

**表11-2 放射源库扩容改造后周围剂量当量率预测结果**

参数 \ 关注点	A 东墙	B 南墙	C 西墙	D 北墙	E 顶棚	F 防护门
H <sub>0</sub> （μSv/h）	55	55	55	55	55	55
d <sub>0</sub> （m）	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
d（m）	0.95	1.30	1.35	0.95	3.20	1.30
L（mm）	400mm 混凝土	240mm 混凝土	800mm 混凝土	400mm 混凝土	350mm 混凝土	50mm 钢板
HVL（mm）	50	50	50	50	50	14
H（μSv/h）	0.02	0.11	4.14×10 <sup>-5</sup>	0.02	3.78×10 <sup>-3</sup>	0.25
标准控制限值（μSv/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及防护门的最近距离。

因此，当放射源库同时储存 22 台含源γ射线探伤机时，源库周围剂量当量率最大值为 0.25μSv/h；储源坑坑盖表面周围剂量当量率最大值为 0.40μSv/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 2.5μSv/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，现有放射源库进行扩容改造后可以满足本项目含源γ射线探伤机贮存要求。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 $\mu$ Sv/h 的限值要求，检测达标后方可投入使用。

### 11.2.2 含源 $\gamma$ 射线探伤机的运输

本项目含源 $\gamma$ 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，均委托具备放射性物品运输资质的单位，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，司机和随车人员由受委托运输的单位指派，公司人员不参与 $\gamma$ 射线探伤机的运输。

项目部内部临时储源场所与探伤作业地点内的运输由公司自己运输。 $\gamma$ 射线探伤机的运输均放置在铅箱中，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（按 $^{192}\text{Ir}$ 计）。根据公式（11-1），核素 $^{192}\text{Ir}$ 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 11-3 运输箱外不同距离处的周围剂量当量率

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

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 0.02mSv/h。

### 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 $^{192}\text{Ir}$ 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。

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11-3所示：

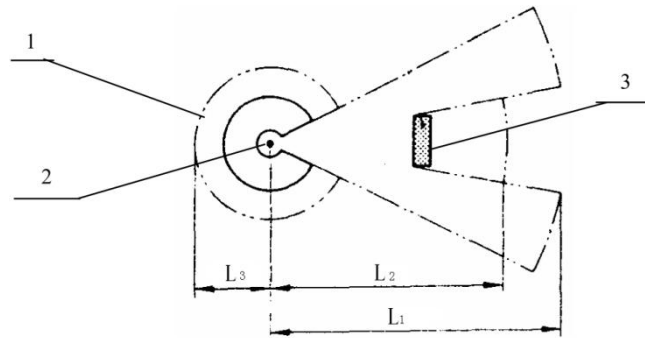


图11-3 应用屏蔽物的控制区（无比例）

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（11-2）计算确定控制区的距离：

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \dots\dots\dots(11-2)$$

式中： $L_1$ ——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  $\gamma$  射线探伤机内含放射源  $^{192}\text{Ir}$  的活度均为  $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，即  $3.7 \times 10^6\text{MBq}$ ；

$\Gamma$ ——周围剂量当量率常数，单位为  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ，对照 GBZ 117-2022 表 A.1，本项目  $^{192}\text{Ir}$  放射源的周围剂量当量率常数为  $0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；

15——控制区边界周围剂量当量率， $15\mu\text{Sv/h}$ 。

根据公式（11-2）计算可知： $^{192}\text{Ir}$  放射源相应的  $L_1 = 205\text{m}$ 。

$L_2$  和  $L_3$  分别由  $L_1$  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（11-3）：

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{\text{HVL}_1}}} \dots\dots\dots(11-3)$$

式中： $L_2$ ——有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；



$L_1$ ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

$t_1$ ——被检测工件的厚度，单位为 mm；

$HVL_1$ ——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 (11-4)：

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{HVL_2}}} \dots\dots\dots(11-4)$$

式中： $L_3$ ——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值，单位为 m；

$L_1$ ——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

$t_2$ ——源容器或其他屏蔽物厚度，单位为 mm；

$HVL_2$ ——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  $^{192}\text{Ir}$  放射源探伤工件最小厚度 20mm 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 11-4。

**表 11-4 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
$^{192}\text{Ir}$	14	2.5

根据公式 (11-3) 和公式 (11-4) 计算可知： $^{192}\text{Ir}$  放射源相应的  $L_2=125\text{m}$ ， $L_3=7\text{m}$ 。

(2) 监督区距离的确定

对于 $\gamma$ 射线移动探伤，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： $L_1'=503\text{m}$ ， $L_2'=307\text{m}$ ， $L_3'=17\text{m}$ 。

因此，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。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1.13h，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。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。本项目RT-2305T型、RT-2505T型X射线探伤机在最大管电压条件下常用的工件探伤厚度分别为（20-30）mm、（30-40）mm，材质均为钢，理论预测时保守取探伤钢板的最小厚度。

### （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：

$$K = \frac{I\delta_x (r_0/r)^2}{10 (d_1/d_2)} \dots\dots\dots (11 - 5)$$

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>；由于RT-2305T和RT-2505T型X射线探伤机的最大管电压相近，本报告均保守按250kV取值，则δ<sub>x</sub>（230kV）= δ<sub>x</sub>（250kV）= 16.5mSv·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-2305、RT-2505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，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，RT-2305、RT-2505型探伤机产生的X射线束在钢中的什值层厚度均取值12mm。

### （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）。

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \dots\dots\dots (11 - 6)$$

式中：K<sub>1</sub>——距探伤机表面R<sub>1</sub>（m）处的周围剂量当量率，μSv/h；对于控制区边界取15μSv/h，对于监督区边界取2.5μSv/h；

K<sub>0</sub>——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X射线管电压>200kV时，距X射线管焦点1m处的漏射线所致周围剂量当量率<5mSv/h，即K<sub>0</sub>取值5000μSv/h；

R<sub>0</sub>——探伤机表面外1m；

R<sub>1</sub>——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：

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \alpha_r a q} \dots\dots\dots (11 - 7)$$

由上式可以推导出：

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot \alpha_r \cdot a}{r_i^2 \cdot r_R^2} \cdot q \cdot \frac{1}{k} \cdot \eta_{rR} \dots\dots\dots (11 - 8)$$

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<sub>j0</sub>——辐射源处辐射水平（Sv·m<sup>2</sup>·min<sup>-1</sup>），由I·δ<sub>χ</sub>确定，δ<sub>χ</sub>取值情况同上，则F<sub>j0</sub>（230kV）= F<sub>j0</sub>（250kV）= I·δ<sub>χ</sub> = 16.5mSv·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> × 5mA = 0.083Sv·m<sup>2</sup>·min<sup>-1</sup>；

α<sub>r</sub>——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<sup>2</sup>），a = π（r<sub>i</sub> × tan(θ/2)）<sup>2</sup>，θ为辐射角，本项目取40°，即a = 0.1；

r<sub>i</sub>——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（11-5）～（11-8），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11-5。

**表11-5 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-2305	有用线束	探伤钢板厚度20mm	85	206
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	31	75
RT-2505	有用线束	探伤钢板厚度30mm	33	79
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	31	75

因此，本项目RT-2305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85m，最大监督区范围约206m；非有用线束方向最大控制区范围约31m，最大监督区范围约75m。RT-2505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33m，最大监督区范围约79m，非有用线束方向最大控制区范围约31m，最大监督区范围约75m。实际移动探伤时，本次评价建议建设单位采取本报告关于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-γ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：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11 - 9)$$

式中：H——一年有效剂量，mSv/a；  
 $\dot{H}$ ——关注点处周围剂量当量率，μSv/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 移动探伤辐射工作人员年有效剂量

##### (1) $\gamma$ 射线移动探伤工作人员

本项目 $\gamma$ 射线移动探伤年曝光时间为900h， $\gamma$ 射线移动探伤小组共8组，则单个 $\gamma$ 射线移动探伤小组年曝光时间为112.5h，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（安全员）在放射源库内从源库管理员交接放射源（1min，周围剂量当量率保守取 $55\mu\text{Sv/h}$ ），将探伤机放到铅箱内（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 $0.5\text{mSv/h}$ ，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，辐射操作工作人员采用手推车将含源 $\gamma$ 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11-4中理论计算值 $1.57\mu\text{Sv/h}$ ），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 $0.5\text{mSv/h}$ ），并连接好输源管，辐射操作工作人员布线、摆放工件及布片。辐射操作工作人员在探伤机1m处累计操作5min（周围剂量当量率取 $0.02\text{mSv/h}$ ）。

d、探伤前后送、收放射源：本项目 $\gamma$ 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，到辐射影响可忽略的地方。

$^{192}\text{Ir}$ 与 $^{75}\text{Se}$ 放射源初装源时的活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ （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 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ （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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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， $^{75}\text{Se}$ 产生的剂量率小于 $^{192}\text{Ir}$ 产生的剂量率，本次评价以 $^{192}\text{Ir}$ 进行保守估算。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P74式（3.4）， $\gamma$ 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：

$$K = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} \dots\dots\dots (11 - 10)$$

式中：K——无屏蔽防护时，参考点的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A——放射性活度，Bq；本项目  $^{192}\text{Ir}$  放射源活度为  $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，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  $^{192}\text{Ir}$ ， $\Gamma=0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ；

r——参考点距离放射源的距离，m。

则距离 $^{192}\text{Ir}$ 放射源10m~16m各点位的周围剂量当量率估算结果见表11-6。

表11-6 距离 $^{192}\text{Ir}$ 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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	5198	4368	3721	3209	2796	2457

由表11-6可知：送、收源过程中操作位置的周围剂量当量率平均值为 $3625\mu\text{Sv/h}$ 。

e、探伤阶段：辐射操作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 $15\mu\text{Sv/h}$ ），每次累计操作时间2.25h，辐射操作工作人员利用现有的屏障进行操作。

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

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

h、押运回放射源库后，辐射工作人员（安全员）在源库内将放射源移交给源库管理员（1min，周围剂量当量率取 $55\mu\text{Sv/h}$ ），源库管理员将探伤机放回储源坑（0.5min，周围剂量当量率取 $0.5\text{mSv/h}$ ）。

表11-7 探伤各阶段辐射工作人员受照附加有效剂量

探伤阶段		工作时间	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	有效剂量 ( $\mu\text{Sv}$ )	岗位
a	取源	1min	55	0.92	安全员
		0.5min	500	4.17	
b	厂内运输	1min	1.57	0.03	
c	调整	0.5min	500	4.17	操作人员
		5min	20	1.67	
d	送、收源	0.2min	3625	12.08	
e	探伤作业	2.25h	15	33.75	
f	回收放射源	5min	20	1.67	
		0.5min	500	4.17	
h	还源	0.5min	500	4.17	安全员
		1min	55	0.92	
合计				57.54	操作人员
				10.18	安全员

现保守估计，每次 $\gamma$ 射线移动探伤整个操作流程的操作人员附加有效剂量约为 $57.54\mu\text{Sv}$ ，安全员附加有效剂量约为 $10.18\mu\text{Sv}$ 。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（11-9），居留因子取1，则单名 $\gamma$ 射线移动探伤操作人员的年有效剂量约 $2.88\text{mSv/a}$ ；取源、还源安全员的年有效剂量为 $0.51\text{mSv/a}$ 。

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 $\gamma$ 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，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。监督区边界剂量周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，单个 $\gamma$ 射线移动探伤小组年曝光时间为112.5h，居留因子取1，则单名现场安全员的年有效剂量约 $0.281\text{mSv/a}$ ，叠加取源、还源受照剂量为 $0.791\text{mSv/a}$ 。

## （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X射线移动探伤小组年曝光时间为450h；b、X射线移动探伤作业分8组，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 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ，保守以 $15\mu\text{Sv/h}$ 计算）；巡界人员主要在监督区边界处进行安全警戒（监督区的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）。

根据式（11-9），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 $0.422\text{mSv/a}$ ；单名X射线移动探伤巡界人员的年有效剂量约 $0.141\text{mSv/a}$ 。

### （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 $2.88\text{mSv/a}$ （ $\gamma$ 射线移动探伤）+ $0.422\text{mSv/a}$ （X射线移动探伤）= $3.302\text{mSv/a}$ ，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（ $20\text{mSv/a}$ ）。

#### 11.2.4.3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，每次取1台探伤机，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保守取剂量率为 $0.5\text{mSv/h}$ ）和离探伤机1m处（根据GBZ 117-2022保守取剂量率为 $0.02\text{mSv/h}$ 值）的时间分别为1min和2min，源库管理员交接放射源（1min，周围剂量当量率保守取 $55\mu\text{Sv/h}$ ），则可估算出完成一次存/取放射源的操作所受的附加剂量约为 $9.92\mu\text{Sv}$ 。

本项目部大多数在外地，探伤工期较长，保守估计每天存/取最多1次，每年探伤工作天数约250天，则单名放射源暂存库管理人员由于存/取放射源一年所受附加剂量约为 $2.48\text{mSv}$ ，该剂量几乎全部来源于处于探伤机5cm处时所受的照射，而实际中工作人员极少处于如此近的位置。因此，单个辐射工作人员由于存/取放射源所致的剂量将远低于 $2.48\text{mSv/a}$ ，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（ $20\text{mSv/a}$ ）。

#### 1.2.4.4 公众成员年有效剂量

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 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。基于同一名公众成员同时出现在X、 $\gamma$ 射线移动探伤现场及放射源库周围的概率较低，本报告不考虑公众成员的辐射剂量叠加影响。

##### （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（11-9）计算可知，该地点公众成员的年附加有效剂量为 0.021mSv/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）。

### （2）X 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 3min，居留因子取 1/8。根据公式（11-9）计算可知，公众成员年有效剂量不超过 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）。

### （3）放射源库周围公众成员

**表11-8 放射源库周围公众受照剂量估算结果**

场所	关注点	周围剂量当量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年照射时间 $t$ (h/a)	居留因子 $T$	年有效剂量 $H$ (mSv/a)	
放射源库	东侧厂区道路 (A)	0.02	8760	1/16	0.011	
	南侧厂区道路 (F)	0.25	8760	1/16	0.014	
	现有探伤室 (C)	$4.14 \times 10^{-5}$	8760	1/4	$9.07 \times 10^{-5}$	
	西侧核电模块及配管生产区	$4.14 \times 10^{-5}$	8760	1/4	$9.07 \times 10^{-5}$	
	南侧组对焊接区	$8.26 \times 10^{-4}$	8760	1/4	$1.81 \times 10^{-3}$	
	北侧	热处理区	$3.68 \times 10^{-4}$	8760	1/4	$8.06 \times 10^{-4}$
		仓库	$3.13 \times 10^{-5}$	8760	1/4	$6.85 \times 10^{-5}$
		废水处理间	$7.52 \times 10^{-6}$	8760	1/4	$1.65 \times 10^{-5}$
		浙江海重重工有限公司	$2.01 \times 10^{-3}$	8760	1	0.018

注：①放射源库顶棚为不上人平台；下方为土层，无地下层；北侧为隔间，均属于人员不可到达区域，本次评价不设关注点进行预测。②相关环境保护目标处周围剂量当量率均按源库临近其一侧的周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式计算获取。

根据公式（11-9）计算可知，放射源库周围公众成员的年有效剂量最大值为0.018mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（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)  $\gamma$ 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，公司应按照国家规定将废旧放射源返回生产单位。

(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。公司已将报废 $\gamma$ 射线探伤机交于探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行报废处置。

### 11.2.5.2非放射性“三废”

(1) 放射源库内储存的含源 $\gamma$ 射线探伤机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。X、 $\gamma$ 射线移动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。

(2) 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，须定期委托有资质的单位处理。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1辐射事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》第四十条规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表11-9。

表11-9 辐射事故等级划分表

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

### 11.3.2风险识别及防范措施

#### 11.3.2.1X射线探伤机

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11-10。

**表11-10 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。
移动探伤过程	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，探伤机未存放到指定的地方，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盜的可能性。	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，防止射线装置被盜、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。

### 11.3.2.2γ射线探伤机

本项目γ射线探伤机内含的放射源  $^{192}\text{Ir}$  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γ射线。正常情况下不会发生放射性泄漏事故，但由于γ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，具体分析如下。

**表11-11 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11-11  $\gamma$ 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中国能源建设集团浙江火电建设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，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。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

公司对放射防护安全应负主体责任，已成立辐射安全管理领导小组，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《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。本次扩建的内容与现有已许可的辐射活动相同，故现有规章制度基本可以满足本项目实施后的辐射安全管理需要。为进一步优化管理制度，本次评价建议拟完善、补充如下内容：

- ①放射源异地使用备案制度；
- ②卡源故障处理制度；
- ③射线装置报废管理制度；
- ④辐射安全档案管理制度；
- ⑤危险废物安全处置管理制度；

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目探伤装置的安全使用，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《环境监测方案》，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10-4。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 8.4.1.1 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
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	委托监测
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辐射水平。	验收期间监测 1 次	委托监测
	年度监测			1 次/年	委托监测
	常规监测	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	每次移动探伤作业	自行监测

		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。		
		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以下内容：

- （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》，并成立了以总经理/党委书记为总指挥的辐射事故应急领导小组，包括应急处置行动组、疏散引导组、安全救护组、通讯联络组、现场警戒组和救援处置组，见附件12。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

本次新增的内容与现有已许可的内容相同，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。

②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。

③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

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司计划在现有辐射活动规模的基础上，新增 8 台  $^{192}\text{Ir}$ - $\gamma$ 射线探伤机（每台探伤装置内含 1 枚放射源  $^{192}\text{Ir}$ ，最大出厂活度均为  $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 8 台 X 射线探伤机（其中 RT-2305-T 和 RT-2505T 型各 4 台），均用于移动探伤。所有探伤作业仅限工地或安装现场等场地的移动探伤，不涉及固定式探伤和生产车间内移动探伤。同时，对现有放射源库内部进行扩容改造，拆除现有 14 个储源坑，并新建 13 个储源坑，用于现有和本次新增的 $\gamma$ 射线探伤机不作业时的存放，源库改造前后建筑面积不变。X 射线机贮存间、暗室、评片室、危废暂存间等功能间均依托现有场所，不另设。

#### 13.1.2 辐射安全和防护

（1）本项目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、移动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、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。

###### ②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。RT-2305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85m，最大监督区范围约206m；非有用线束方向最大控制区范围约31m，最大监督区范围约75m。RT-2505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33m，最大监督区范围约79m，非有用线束方向最大控制区范围约31m，最大监督区范围约75m。实际X、 $\gamma$ 射线移动探伤时，本次评价建议建设单位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。

### ③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。只要根据本报告提出的辐射防护要求严格进行控制区和监督区的划分管理，切实落实警戒线、警戒灯的设置及巡检等工作，移动探伤时，人员不会受到额外的辐射照射。

### ④“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 $\gamma$ 射线探伤机应委托 $\gamma$ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

放射源库内储存的放射源与空气电离将产生一定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。X、 $\gamma$ 射线移动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、废胶片及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公司已成立辐射安全管理领导小组，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。

#### ④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 内主要为中国能源建设集团浙江火电建设有限公司生产车间、厂区道路及浙江海重重工机械有限公司，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。

#### (4) 环保可行性结论

综上所述，中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 X、 $\gamma$ 射线移动探伤及放射源暂存库扩容项目的建设符合土地利用规划、区域规划环评和“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 and 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：

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日