2026-F-039

核技术利用建设项目

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部新建1座固定式X、γ射线探伤房及移动式X、γ射线探伤项目

环境影响报告表

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部

2026年 6月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部新建1座固定式X、γ射线探伤房及移动式X、γ射线探伤项目环境影响报告表

建设单位名称：中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：连云港市徐圩新区东辛农场东方路南侧综合楼

邮政编码：222065　　联 系 人：范晓磊

电子邮箱：/　　联系电话：17751851010

目录

表 1 项目基本情况 1
表 2 放射源 6
表 3 非密封放射性物质 6
表 4 射线装置 7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 8
表 6 评价依据 9
表 7 保护目标与评价标准 12
表 8 环境质量和辐射现状 16
表 9 项目工程分析与源项 20
表 10 辐射安全与防护 30
表 11 环境影响分析 55
表 12 辐射安全管理 80
表 13 结论与建议 85
表 14 审批 99

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部新建 1 座固定式 X、γ射线探伤房及移动式 X、γ射线探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>邓宗斌</td><td>联系人</td><td>/</td><td>联系电话</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">连云港市徐圩新区东辛农场东方路南侧综合楼</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">固定探伤：连云港市徐圩新区西陬山中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部临建区西南部探伤车间内
移动探伤：徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>/</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>/</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>/</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">□I类（医疗使用） ☑II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备 PET 用放射性物质</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述

1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1 建设单位基本情况

中国核工业二三建设有限公司为徐圩核能供热发电厂核岛及配套 BOP 安装工程的施工单位，公司因此专门设立了中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部，负责徐圩核能供热发电厂核岛项目的建筑、安装工作。中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部（以下简称“徐圩项目部”）成立于 2025 年 11 月 24 日，公司地址位于连云港市徐圩新区东辛农场东方路南侧综合楼。公司主要经营范围包括：建设工程施工；特种设备制造；民用核安全设备无损检验（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开

展经营活动，具体经营项目以审批结果为准）一般项目：承接总公司工程建设业务；对外承包工程；企业管理；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；货物进出口；技术进出口；进出口代理；建筑材料销售；五金产品零售；五金产品批发；机械设备销售；电子产品销售；办公用品销售；建筑工程机械与设备租赁；非居住房地产租赁；会议及展览服务；工程管理服务；普通货物仓储服务（不含危险化学品等需许可审批的项目）；密封用填料制造；金属结构制造；建筑用金属配件制造；金属表面处理及热处理加工（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。

1.2 项目建设规模及任务由来

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部根据徐圩核能供热发电厂核岛及配套BOP项目建设需要，拟在徐圩项目部临建区西南部探伤车间内新建1座固定式X、γ射线探伤房，拟在徐圩核能供热发电厂1#~6#核岛及BOP内开展现场移动式X、γ射线探伤项目，同时在田湾核电站核岛及常规岛内开展检维修现场移动式X、γ射线探伤项目，对管道、罐体、平板件等进行无损检测工作。固定式X、γ射线探伤房在徐圩核能供热发电厂建设完成后拟实施退役。

固定式X、γ射线探伤房内拟探伤的管道、罐体、平板件等工件具体参数如下：拟探伤管道、罐体等圆筒状工件，长度范围约600mm～1500mm，直径范围约6mm～630mm，壁厚范围约2mm～76mm；拟探伤平板件，长度及宽度范围为300mm～400mm，板厚范围约2mm～76mm。

移动式X、γ射线探伤现场拟探伤的主要为徐圩核能供热发电厂1#~6#核岛及BOP、田湾核电站核岛及常规岛现场的管道、罐体、板件等工件，具体参数如下：拟探伤管道、罐体等圆筒状工件，长度范围约3000mm～43000mm，直径范围约6mm～1000mm，壁厚范围约2mm～76mm；拟探伤平板件，长度范围约500mm～6000mm，板厚范围约2mm～76mm。

徐圩项目部拟为本项目配备10台^{192}Ir γ射线探伤机、14台^{75}Se γ射线探伤机、6台X射线探伤机，其中2台^{192}Ir γ射线探伤机、2台^{75}Se γ射线探伤机及6台X射线探伤机既可在固定式X、γ射线探伤房内开展固定探伤作业，也可用于移动探伤现场，其余8台^{192}Ir γ射线探伤机、12台^{75}Se γ射线探伤机仅用于移动探伤现场。固定式X、

γ射线探伤房内及每个移动探伤现场每次仅使用 1 台探伤机。徐圩项目部拟于固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧新建 1 座放射源暂存库，本项目拟配备的γ射线探伤机均拟集中储存于放射源暂存库内，探伤时根据需求从放射源暂存库内领取相应γ射线探伤机至各探伤场所使用，使用完成后需将γ射线探伤机及时归还至放射源暂存库内。放射源暂存库在徐圩核能供热发电厂建设完成后拟实施退役。X 射线探伤机存放于放射源暂存库南侧机具存放间内。

徐圩项目部拟为本项目配备 57 名辐射工作人员，其中 1 名人员为辐射防护负责人。本项目固定式 X、γ射线探伤房拟配备 4 名辐射工作人员，采取两班制工作制，每班 2 名辐射工作人员；放射源暂存库内拟配备 4 名专职管理人员，采取两班制工作制，每班 2 名管理人员；移动探伤项目拟设置 24 个移动探伤小组，每个移动探伤小组 2 辐射工作人员（其中 1 名兼职现场安全员），共计 48 名辐射工作人员。固定式 X、γ射线探伤房辐射工作人员、放射源暂存库管理人员与移动探伤辐射工作人员相互独立，互不兼任。

本项目固定式 X、γ射线探伤房周开机曝光时间约为 40 小时，年开机曝光时间约为 2000 小时；放射源暂存库每班管理人员周工作时间 5.5 小时，年工作时间约 275 小时；每个移动探伤小组操作探伤机周开机曝光时间（含训机）约为 5 小时，年开机曝光时间（含训机）约为 250 小时。该单位本次核技术应用项目情况一览表见表 1-1：

表 1-1 中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部核技术应用情况一览表

放射源								
序号	放射源名称	枚数	单枚活度 Bq	放射源类别	工作场所名称	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	^{192}Ir	2	3.7×10^{12}Bq	II类	固定式 X、γ射线探伤房、徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内	本次环评	未许可	拟购，P 类探伤机
2	^{75}Se	2	3.7×10^{12}Bq	II类				
3	^{192}Ir	8	3.7×10^{12}Bq	II类	徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电	本次环评	未许可	拟购，P 类探伤机
4	^{75}Se	12	3.7×10^{12}Bq	II类				

					站核岛及常规岛内			
射线装置								
序号	射线装置	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	射线装置类别	工作场所名称	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	XXG-3505 型 X 射线探伤机	1	350	5	II类	固定式 X、γ 射线探伤房、徐圩核能供热发电厂 1#~6# 核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内	本次环评	未许可	拟购，定向机，最大功率 1750W
2	XXG-3005 型 X 射线探伤机	2	300	5	II类		本次环评	未许可	拟购，定向机，最大功率 1500W
3	XXG-2505 型 X 射线探伤机	2	250	5	II类		本次环评	未许可	拟购，定向机，最大功率 1250W
4	XXG-2005 型 X 射线探伤机	1	200	5	II类		本次环评	未许可	拟购，定向机，最大功率 1000W

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目使用II类射线装置及II类放射源，应当编制环境影响报告表。受中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测和评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部临建区位于连云港市徐圩新区西陬山徐圩核能供热发电厂内，徐圩核能供热发电厂地理位置见附图 1。徐圩项目部临建区东侧为厂外道路、拟建常规岛建安临建区及承包商办公楼，南侧为空地，西侧为中国核工业华兴建设有限公司徐圩项目部临建区，北侧为拟建 1-3#常规岛建安临建区及危化品库。徐圩项目部临建区周围环境见附图 2。本项目移动式 X、γ射线探伤现场位于徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内，田湾核电站位置详见附图 1。

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建于徐圩项目部临建区西南部探伤车间内，固定式 X、γ射线探伤房与放射源暂存库相邻而建，放射源暂存库位于固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧。固定式 X、γ射线探伤房与放射源暂存库东侧为

拟建厂内道路、不锈钢管道预制车间，南侧为拟建车间内过道、自购库，西侧为拟建机具存放间、车间过道及厂区外中国核工业华兴建设有限公司徐圩项目部临建区预应力车间、综合仓库等，北侧为拟建车间过道、焊培车间及 EM2 预制车间。探伤车间为一层建筑，楼上、楼下均无建筑。中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部厂区临建区平面布局图及探伤车间平面布局图见附图 3。洗片室及评片室位置见附图 4。

根据现场调查分析及附图 2 可知，本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围 50m 评价范围内无居民区、学校等敏感点，评价范围内保护目标主要为辐射工作人员、徐圩项目部临建区内其他工作人员以及评价范围内西侧核岛临建区内的公众等。

本项目移动式 X、γ射线探伤现场位于徐圩核能供热发电厂核岛 1#~6#及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内，可能受到辐射影响的人群有现场辐射工作人员及徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及配套辅助用房、田湾核电站核岛及常规岛探伤现场周边评价范围内的公众，因此本项目移动探伤评价范围内的保护目标主要是本单位辐射工作人员及徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP、田湾核电站核岛及常规岛探伤现场周边评价范围内的公众。徐圩核能供热发电厂总平面布置图详见附图 5-1，田湾核电站总平面布置图详见附图 5-2。

3 建设单位已有核技术利用项目许可情况

本项目为公司首次开展核技术利用项目。

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加固定式 X、γ射线探伤房拟建址周围及徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP、田湾核电站核岛及常规岛移动探伤区域周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效地控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

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	^{192}Ir	$3.7\times10^{12}\times2$	II类	使用	无损检测	固定式 X、γ射线探伤房、徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内	拟贮存于新建的放射源暂存库内，放射源随源容器存放	拟购
2	^{75}Se	$3.7\times10^{12}\times2$	II类	使用	无损检测			
3	^{192}Ir	$3.7\times10^{12}\times8$	II类	使用	无损检测	徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内	拟贮存于新建的放射源暂存库内，放射源随源容器存放	拟购
4	^{75}Se	$3.7\times10^{12}\times12$	II类	使用	无损检测			

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	II类	1	XXG-3505 型	350	5	无损检测	固定式 X、γ 射线探伤房、徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内	拟购，定向机，最大功率 1750W
2	X 射线探伤机	II类	2	XXG-3005 型	300	5	无损检测		拟购，定向机，最大功率 1500W
3	X 射线探伤机	II类	2	XXG-2505 型	250	5	无损检测		拟购，定向机，最大功率 1250W
4	X 射线探伤机	II类	1	XXG-2005 型	200	5	无损检测		拟购，定向机，最大功率 1000W

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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
退役的放射源	固态	^{192}Ir、^{75}Se	^{192}Ir 及 ^{75}Se 通常使用 2 个半衰期退役，^{192}Ir 及 ^{75}Se 源强约 $9.25\times10^{11}Bq$	/	/	/	退回厂家回收前暂存于放射源暂存库内	由放射源生产厂家回收处置
退役γ射线探伤机屏蔽装置（贫铀	固态	/	通常使用 10 年后退役	/	/	/	退回厂家回收前暂存于放射源暂存库内	由γ射线探伤机生产厂家回收处置
显影、定影废液	液态	/	/	约 200kg	约 2400kg	/	集中收集后暂存于徐圩项目部危废库内	集中收贮后交由有资质单位处理处置
胶片冲洗废水		/	/	约 1500kg	约 18000kg	/	集中收集后暂存于徐圩项目部危废库内	集中收贮后交由有资质单位处理处置
废胶片	固态	/	/	约 2kg	约 24kg	/	集中收集后暂存于徐圩项目部危废库内	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	固定式 X、γ射线探伤房内臭氧和氮氧化物通过通风系统排入外环境；移动探伤现场的臭氧和氮氧化物直接扩散在外环境中，臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对

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^3，年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度用比活度（Bq/l，或 Bq/kg，或 $Bq/m^{3)}$，年排放总量分别用 Bq 和 kg。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订版），国家主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日起施行 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第 24 号修正 （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日起施行 （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行 （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），国务院令第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日发布 （6）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行 （7）《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》，国家环境保护总局文件，环发〔2007〕8 号文 （8）《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日 （9）《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日 （10）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），2021 年 1 月 4 日中华人民共和国生态环境部令第 20 号修正 （11）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 （12）《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 （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》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日 （14）《国家危险废物名录（2025 年版）》，生态环境部令第 36 号公布，自 2025 年 1 月 1 日起施行 （15）《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 23 日 （16）《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行 （17）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 39 号，2019 年 10 月 21 日 （18）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正版），2018 年 3 月 28 日江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议修正 （19）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日 （20）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日 （21）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号，2021 年 5 月 28 日 （22）《江苏省辐射事故应急预案》（2020 年修订版），苏政办函〔2020〕26 号，2020 年 2 月 19 日发布
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016） （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016） （3）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022） （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） （7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022） （8）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单 （9）《γ射线探伤机》（GB/T14058 -2023） （11）《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012） （12）《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025） （13）《施工场地扬尘排放标准》（DB32/4437-2022）

其他	**与本项目相关附件：** （1）委托书（附件 1） （2）放射源使用承诺书（附件 2） （3）射线装置使用承诺书（附件 3） （4）废源及废贫铀罐退役承诺书（附件 4） （5）辐射环境现状检测报告复印件（附件 5） （6）洗片废液及废胶片安全处置承诺书（附件 6） （7）辐射屏蔽防护设计说明（附件 7） （8）X 射线探伤机生产厂家关于探伤机参数的说明（附件 8） （9）γ射线探伤机委托运输承诺书（附件 9） （10）建设单位营业执照（附件 10） （11）关于成立中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部的通知（附件 11）

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则－核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定“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）”的规定，确定本项目固定式 X、γ射线探伤房评价范围为曝光室实体边界外 50m 的范围，放射源暂存库评价范围为放射源暂存库实体边界外 50m 的范围，移动式 X、γ射线探伤项目的评价范围为监督区边界外 100m（具体监督区边界参考表 11 辐射环境影响分析）。

保护目标

1 固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库评价范围内保护目标

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74 号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。

对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围 50m 评价范围内无居民区、学校等敏感点，评价范围内保护目标主要为辐射工作人员、徐圩项目部临建区内其他工作人员以及评价范围内西侧核岛临建区内的公众等，保护目标详见表 7-1。

2 移动式 X、γ射线探伤项目评价范围内保护目标

本项目移动式 X、γ射线探伤项目评价范围内有可能涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74 号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号）、《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内可能涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域、受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。徐圩项目部拟采取有效方式，如增加屏蔽或调整设备参数等措施减少控制区及监督区的范围，确保控制区和监督区不涉及以上环境敏感区、江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域及生态保护目标。

本项目移动式X、γ射线探伤现场位于徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内，本项目移动探伤评价范围内的保护目标主要是本单位辐射工作人员及徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP、田湾核电站核岛及常规岛探伤现场周边评价范围内的公众。本项目移动探伤现场评价范围内保护目标情况详见表 7-2。

表 7-2 本项目移动探伤现场评价范围内保护目标情况一览表

环境保护目标		规模	方位	距离	年剂量约束值
职业人员	辐射工作人员	48 人	/	控制区外	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众	探伤现场周围其他单位员工及流动人群	待定	四周	监督区外评价范围内	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a

注：控制区和监督区边界的具体取值依据现场检测结果划分。

评价标准

1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-3 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

/	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。

公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中11.4.3.2剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%～30%（即0.1mSv～0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

（1）辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量限值的1/4，即职业人员年剂量约束值不大于**5mSv/a**；

（2）公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射剂量限值的10%，即公众年剂量约束值不大于**0.1mSv/a**。

3 辐射剂量率控制水平

（1）根据**《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）**

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b） 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/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。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

（1）关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值不大于**100μSv/周**，对公众场所，其值不大于**5μSv/周**。

（2）本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室及放射源暂存库四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于**2.5μSv/h**。

（3）本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室及放射源暂存库顶部外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于**100μSv/h**（本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室及放射源暂存库邻近建筑物不在辐射源点到曝光室室及放射源库顶内表面边缘所长立体角区域且顶部人员不可达）。

（4）本项目移动 X、γ射线探伤区域控制区边界的周围剂量当量率为 15μSv/h，监督区边界的周围剂量当量率为 2.5μSv/h。

4 参考资料

（1）《辐射防护导论》，方杰主编。

（2）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

表 7-4 江苏省环境天然γ辐射水平（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时，参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部临建区位于连云港市徐圩新区西陬山徐圩核能供热发电厂内，徐圩核能供热发电厂地理位置见附图 1。徐圩项目部临建区东侧为厂外道路、拟建常规岛建安临建区及承包商办公楼，南侧为空地，西侧为中国核工业华兴建设有限公司徐圩项目部临建区，北侧为拟建 1-3#常规岛建安临建区及危化品库。徐圩项目部临建区周围环境见附图 2。本项目移动式 X、γ射线探伤现场位于徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内，田湾核电站位置详见附图 1。

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建于徐圩项目部临建区西南部探伤车间内，固定式 X、γ射线探伤房与放射源暂存库相邻而建，放射源暂存库位于固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧。固定式 X、γ射线探伤房与放射源暂存库东侧为拟建厂内道路、不锈钢管道预制车间，南侧为拟建车间内过道、自购库，西侧为拟建机具存放间、车间过道及厂区外中国核工业华兴建设有限公司徐圩项目部临建区预应力车间、综合仓库等，北侧为拟建车间过道、焊培车间及 EM2 预制车间。探伤车间为一层建筑，楼上、楼下均无建筑。中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部厂区临建区平面布局图及探伤车间平面布局图见附图 3。洗片室及评片室位置见附图 4。

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围 50m 评价范围内无居民区、学校等敏感点，评价范围内保护目标主要为辐射工作人员、徐圩项目部临建区内其他工作人员以及评价范围内西侧核岛临建区内的公众等。本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围环境现状见图 8-1。

本项目移动式X、γ射线探伤现场位于徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及BOP内、田湾核电站核岛及常规岛内，可能受到辐射影响的人群有现场辐射工作人员及徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP、田湾核电站核岛及常规岛探伤现场周边评价范围内的公众，因此本项目移动探伤评价范围内的保护目标主要是本单位辐射工作人员及徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP、田湾核电站核岛及常规岛探伤现场周边评价范围内的公众。



固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址现状



固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址东侧现状



固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址南侧现状



固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址西侧现状



固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址北侧现状

图 8-1 本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、检测因子和检测点位

评价对象：本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围辐射环境

检测因子：γ辐射空气吸收剂量率

检测点位：在本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围进

行布点，共计布点 5 个，具体点位见图 8-2。

3 检测方案、质量保证措施及检测结果

3.1 检测方案

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测时间：2026 年 3 月 19 日

检测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，检定有效期：2025.7.3~2026.7.2，设备检定证书编号：Y2025-0065455，检测范围：10nSv/h~100μSv/h，探头能量响应范围：48keV~4.4MeV）

环境条件：天气：晴　　温度：11.3℃　　湿度：49.6%RH

检测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

3.2 质量保证措施

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，该公司已通过资质认定

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点

检测过程质量控制质量保证：本项目检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，实施全过程质量控制

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员均经过考核并持有合格证书，所有检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过校准或检验，检测报告实行三级审核。

3.3 检测结果

评价方法：参照江苏省环境天然γ辐射水平调查结果，检测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 5。

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围道路环境γ辐射水平为（55.8～58.8）nGy/h，根据《江苏省环境天然贯穿

辐射水平调查研究》（辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室外道路γ辐射水平为（18.1~102.3）nGy/h，本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围室外道路γ辐射水平处于江苏省室外环境天然γ辐射水平测值范围内。

本项目移动探伤现场拟位于徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内，具体移动探伤位置不固定，故本次环评未对移动探伤现场进行辐射环境现状检测。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1 工程设备

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部根据徐圩核能供热发电厂核岛及配套 BOP 项目建设需要，拟在徐圩项目部临建区西南部探伤车间内新建 1 座固定式 X、γ射线探伤房，同时拟在徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内开展现场移动式 X、γ射线探伤项目，对管道、罐体、平板件等进行无损检测工作。固定式 X、γ射线探伤房在徐圩核能供热发电厂建设完成后拟实施退役。

固定式 X、γ射线探伤房内拟探伤的管道、罐体、平板件等工件具体参数如下：拟探伤管道、罐体等圆筒状工件，长度范围约 600mm～1500mm，直径范围约 6mm～630mm，壁厚范围约 2mm～76mm；拟探伤平板件，长度及宽度范围为 300mm～400mm，板厚范围约 2mm～76mm。

移动式 X、γ射线探伤现场拟探伤的主要为徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP、田湾核电站核岛及常规岛现场的管道、罐体、板件等工件，具体参数如下：拟探伤管道、罐体等圆筒状工件，长度范围约 3000mm～43000mm，直径范围约 6mm～1000mm，壁厚范围约 2mm～76mm；拟探伤平板件，长度范围约 500mm～6000mm，板厚范围约 2mm～76mm。

徐圩项目部拟为本项目配备 10 台 ^{192}Ir γ射线探伤机、14 台 ^{75}Se γ射线探伤机、6 台 X 射线探伤机，其中 2 台 ^{192}Ir γ射线探伤机、2 台 ^{75}Se γ射线探伤机及 6 台 X 射线探伤机既可在固定式 X、γ射线探伤房内开展固定探伤作业，也可用于移动探伤现场，其余 8 台 ^{192}Ir γ射线探伤机、12 台 ^{75}Se γ射线探伤机仅用于移动探伤现场。固定式 X、γ射线探伤房内及每个移动探伤现场每次仅使用 1 台探伤机。徐圩项目部拟于固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧新建 1 座放射源暂存库，本项目拟配备的γ射线探伤机均拟集中储存于放射源暂存库内，探伤时根据需求从放射源暂存库内领取相应γ射线探伤机至各探伤场所使用，使用完成后需将γ射线探伤机及时归还至放射源暂存库内。放射源暂存库在徐圩核能供热发电厂建设完成后拟实施退役。

1.1 X 射线探伤机

本项目 X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和低压连接电缆等构成，常见 X 射线探伤机外观图见图 9-1。

本项目拟配备 6 台定向 X 射线探伤机，分别为 1 台 XXG-3505 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），2 台 XXG-3005 型 X 射线探伤机（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA）、2 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA）及 1 台 XXG-2005 型 X 射线探伤机（最大管电压 200kV，最大管电流 5mA）。6 台 X 射线探伤机既在固定式 X、γ射线探伤房内使用，也在移动探伤现场使用。在固定式 X、γ射线探伤房内使用时，X 射线探伤机主射线可能朝南墙、北墙、顶部或地面照射。在移动探伤现场使用时，X 射线探伤机放置于工件一侧，X 射线探伤机照射方向随工件位置变化而变化。

1.2 γ射线探伤机

本项目γ射线探伤机是 ^{75}Se 及 ^{192}Ir 放射源的储存装置，^{75}Se 及 ^{192}Ir 放射源储存装置内装约 20kg 左右的贫铀作为屏蔽材料，探伤机一端与输源管相连接，另一端与控制部件相连接，γ射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。本项目固定γ射线探伤机采用电动遥控装置控制探伤机出源，移动探伤γ射线探伤机采用手动出源装置控制探伤机出源。典型的γ探伤设备外观见图 9-2，内部结构示意图见图 9-3。

本项目共拟配备 10 台 ^{192}Ir γ射线探伤机及 14 台 ^{75}Se 射线探伤机，其中 2 台 ^{192}Ir γ射线探伤机、2 台 ^{75}Se γ射线探伤机既可在固定式 X、γ射线探伤房内开展固定探伤作业，也可用于移动探伤现场，其余 8 台 ^{192}Ir γ射线探伤机、12 台 ^{75}Se γ射线探伤机仅拟用于移动探伤现场。10 台 ^{192}Ir γ射线探伤机和 14 台 ^{75}Se 射线探伤机最大装源活度均为 $3.7\times10^{12}Bq$。

2 工作原理

2.1 X 射线探伤机工作原理

X 射线探伤机核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-4。

2.2 γ射线探伤机工作原理

本项目γ射线探伤机未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端部构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相过程。γ射线探伤机在工作过程中通过γ放射源产生的γ射线对受检工件进行照射，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

2.3 无损检测原理

X、γ射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

3 本项目工业探伤工作流程

3.1 X 射线固定探伤工作流程及产污环节

固定式 X 射线探伤时被探伤工件通过工件门由电动单轨吊车运至曝光室内，辐射工作人员在操作间内进行隔室操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

（1）辐射工作人员在开展检测工作前对曝光室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等安全防护措施是否运行正常，确认所有辐射防护措施均有效后可开启检测工作；

（2）长期不用的 X 射线探伤机使用前将在曝光室内进行训机，以提高 X 射线管真空度，保证仪器工作稳定；辐射工作人员将 X 射线探伤机放置在合适位置，清场，确认无人后，关闭工件门，辐射工作人员从迷道离开曝光室并关闭人员门；辐射工作人员在操作台开启 X 射线探伤机进行训机，在训机过程中会产生 X 射线及少量 O_3 和 NOx；

（3）关闭 X 射线探伤机，辐射工作人员从人员门佩戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪进入曝光室，打开工件门，将被探伤工件通过工件门由电动单轨吊车运至曝光室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

（4）将 X 射线探伤机放置在合适的位置，清场，确认无人后，关闭工件门，辐射工作人员从迷道离开曝光室并关闭人员门；

（5）辐射工作人员在操作室开启 X 射线探伤机进行无损检测，曝光过程中会产生 X 射线和少量的 O_3、NO_x；

（6）达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，曝光结束；

（7）辐射工作人员从人员门佩戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪进入曝光室，取下胶片，打开工件门，将被探伤工件运出曝光室；

（8）辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等；并出具检测报告。在此过程中会产生显影、定影废液、胶片冲洗废水、废胶片。本项目 X 射线探伤机探伤工作流程及产污环节分析示意图见图 9-5。

3.2 γ射线固定探伤工作流程及产污环节

（1）辐射工作人员在开展检测工作前对曝光室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等安全防护措施是否运行正常，确认所有辐射防护措施均有效后可开启检测工作；

（2）辐射工作人员将个人剂量计别在胸前并携带开机的个人剂量报警仪和便携式X-γ剂量率仪，去放射源暂存库内领取γ射线探伤机；

（3）辐射工作人员检查γ射线探伤机状态是否正常（根据GBZ117-2022中5.2.1.2条款逐项检查），确认无问题后通过小推车将γ射线探伤机运送至曝光室

内；

（4）将被探伤工件通过电动单轨吊车运至曝光室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

（5）关闭曝光室工件门，将γ射线探伤机放于合适的位置；

（6）把控制部件和输源管连接好，开启γ射线探伤机闭锁装置；

（7）检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后，辐射工作人员通过人员门离开曝光室，并关闭人员门；

（8）本项目γ射线探伤机采用电动遥控装置控制探伤机出源，预置输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相过程，此过程会产生γ射线、少量氮氧化物及臭氧；

（9）确认放射源回到贮源位后，辐射工作人员佩戴个人剂量计，携带便携式X-γ剂量率仪及个人剂量报警仪进入曝光室，将γ射线探伤机通过小推车运至曝光室内角落暂时放置；

（10）将工件通过电动单轨吊车运出曝光室，辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊缝的焊接质量、缺陷等，此过程会产生显影、定影废液、废胶片及胶片冲洗废水等；

（11）开始下一次探伤工作，重复（4）～（10）的操作流程，待一天探伤任务全部完成后，将领取的γ射线探伤机归还至放射源暂存库内。

本项目γ射线探伤机探伤工作流程及产污环节分析示意图见图9-6。

3.3 移动 X 射线探伤工作流程如下：

（1）现场探伤工作之前，探伤工作人员对工作环境进行全面评估，选择适当的地点和探伤时间（一般情况下选择在夜晚 10 点后进行探伤作业）；

（2）探伤地点和时间确定后，发布 X 射线探伤通知，开具探伤作业票；

（3）探伤工作开展前，辐射工作人员领取 X 射线探伤机，做好台账登记；辐射工作人员将所领 X 射线探伤机运输至探伤现场，将 X 射线探伤机放到指定的拍片位置；

（4）辐射工作人员做好个人防护，佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，将 X 射线探伤机放到探伤现场指定位置，初步划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施；

（5）对探伤现场进行清场，确认控制区及监督区内无人员且各种辐射安全措施到位后进行定位，连接好 X 射线探伤机控制部件；

（6）新投入使用或长期不用的 X 射线探伤机使用前将在探伤现场进行训机，以提高 X 射线管真空度，保证仪器工作稳定。试曝光结束后负责 X 射线探伤机操作的辐射工作人员设定好曝光时间，开启延时曝光后退至控制区边界外，开始进行试曝光；辐射工作人员携带辐射巡测仪对监督区及控制区边界进行修正，重新确定监督区及控制区边界，并重新设置辐射安全设施。在训机和试曝光过程中均会产生 X 射线、少量 O_3 及 NO_x；

（7）关闭 X 射线探伤机，2 名辐射工作人员携带个人剂量报警仪和辐射巡测仪进入控制区，首先确认探伤机位置及主射线照射方向，随即在指定探伤位置完成贴片，再次复核射线机照射方向无误后，于控制台设定曝光延时时间，最后远离探伤区域，开始无损检测，此过程中会产生 X 射线、少量 O_3 及 NO_x；

（8）达到预定照射时间后，切断 X 射线探伤机电源，停止照射，辐射工作人员携带个人剂量报警仪和辐射巡测仪进入控制区，取下胶片，收回 X 射线探伤机，曝光结束，辐射工作人员解除警戒并离场；

（9）辐射工作人员回到项目部归还探伤机，做好台账登记；并在洗片室内进行洗片、在评片室内进行评片，判断被测工件质量；此过程中会产生显影、定影废液、胶片清洗废水及废胶片。

（10）辐射工作人员出具检测报告。

移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节图如图 9-7 所示：

3.4 移动γ射线探伤工作流程如下：

（1）现场探伤工作之前，探伤工作人员对工作环境进行全面评估，选择适当的地点和探伤时间（一般情况下选择在夜晚 10 点后进行探伤作业）；

（2）探伤地点和时间确定后，在探伤地点和作业现场边界外公众可达的地点提前发布探伤通知。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，确保厂区内人员均知晓；

（3）根据探伤任务，涉及γ移动探伤，探伤小组从放射源暂存库内领取本次

使用的γ射线探伤机（领取时检查γ射线探伤机状态是否正常，根据 GBZ117-2022 中 5.2.1.2 条款逐项检查，确认无问题后方可领取），以及配套的导向管、控制缆和遥控、准直器。从机具存放间领取移动探伤必要的局部屏蔽物、控制区监督区警示牌、警示灯、警戒线，以及应急箱等；

（4）工作人员再次检查所携带的便携式 X-γ剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪是否电量充足、工作正常、数量足够。确保每一个探伤作业班组应至少配备一台检定/校准合格的便携式 X-γ剂量率仪；每一名辐射工作人员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；

（5）在徐圩核能供热发电厂内进行移动探伤时，徐圩项目部拟使用专用运输车将γ射线探伤机装置运输至探伤现场；在田湾核电站内进行移动探伤时，徐圩项目部拟委托有放射源运输资质的单位将γ射线探伤机装置运输至探伤现场，探伤操作人员将探伤装置放到指定的拍片位置；

（6）辐射工作人员划定控制区和监督区边界，并在边界处设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守；

（7）对探伤现场进行清场，确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，进行定位；待连接好控制部件和输源管，开启探伤机闭锁装置，通过手动出源装置远距离驱动放射源至曝光位进行γ探伤出源试曝光；

（8）试曝光结束后负责γ射线探伤机操作的辐射工作人员设定好曝光时间，开启延时曝光后退至控制区边界外，开始进行试曝光；现场安全员携带辐射巡测仪对监督区边界进行修定，重新确定监督区边界，并重新设置辐射安全设施，此过程会产生γ射线、少量臭氧及氮氧化物；

（9）负责γ射线探伤机操作的辐射工作人员携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪到达出源装置控制位，手摇曲柄快速将放射源收回γ射线探伤机贮源容器内，在确认放射源回到贮源位后，将锁定状态的γ射线源容器移至拟探伤工件一侧，连接输源管，在拟探伤位置处贴片，完成贴片后复核源—工件—胶片焦距和主射线方向；辐射工作人员设定好曝光时间，开启延时曝光后退至控制区边界外，通过手摇曲柄快速将放射源送出至曝光位进行曝光检测。此过程会产生γ射线、少量臭氧及氮氧化物；

（10）达到预定照射时间和曝光量后，γ射线探伤的安全员携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪，手摇曲柄快速将放射源收回γ射线探伤机贮源容器

内，用便携式 X-γ剂量率仪进行监测，确定放射源收回源容器后，在检查记录上签字。辐射工作人员取下胶片。本次探伤区域探伤工作全部完成，方解除警戒并离场，此过程会产生γ射线、少量臭氧及氮氧化物；

（11）移动γ射线探伤工作间歇临时贮存γ射线探伤机，在专用的双人双锁贮源铅箱内贮存并由专人看管，在临时贮存期间要求专人值守，在铅箱周围 2m 范围设置安全警戒绳，公众不允许靠近，临时贮存完毕，值守人员使用便携式 X-γ剂量率仪对铅箱周围进行巡测，确保放射源存储在铅箱内；

（12）委托有资质的第三方运输单位将γ射线探伤机运输至放射源暂存库；

（13）辐射工作人员将γ射线探伤机归还至放射源暂存库，入库前需用辐射巡测仪器检查放射源是否回到贮源位，同时办理归还手续并做好入库、使用台账登记，将现场监测记录存档备查，此过程会产生γ射线；

（14）辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，并出具检测报告。

移动式γ射线探伤工作流程及产污环节图如图 9-8 所示：

4 工作人员配置及工作机制

徐圩项目部拟为本项目配备 57 名辐射工作人员，其中 1 名人员为辐射防护负责人。本项目固定式 X、γ射线探伤房拟配备 4 名辐射工作人员，采取两班制工作制，每班 2 名辐射工作人员；放射源暂存库内拟配备 4 名专职管理人员，采取两班制工作制，每班 2 名管理人员；移动探伤项目拟设置 24 个移动探伤小组，每个移动探伤小组 2 辐射工作人员（其中 1 名兼职现场安全员），共计 48 名辐射工作人员。固定式 X、γ射线探伤房辐射工作人员、放射源暂存库管理人员与移动探伤辐射工作人员相互独立，互不兼任。

本项目固定式 X、γ射线探伤房周开机曝光时间约为 40 小时，年开机曝光时间约为 2000 小时；放射源暂存库每班管理人员周工作时间 5.5 小时，年工作时间约 275 小时；每个移动探伤小组操作探伤机周开机曝光时间（含训机）约为 5 小时，年开机曝光时间（含训机）约为 250 小时。

污染源分析

1 放射性污染源分析

1.1 X 射线探伤机

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随探伤机的开、关而产生和消失。

因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为X射线及其散射线、漏射线。本项目探伤期间X射线是主要污染物。本项目X射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：X射线探伤机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。根据本项目X射线探伤机厂家提供的参数说明（见附件8），具体参数详见表9-1。

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表1进行取值。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表2进行取值。

本项目X射线探伤机详细参数见表9-1。

1.2 γ射线探伤

本项目中^{192}Ir及^{75}Se源均为密封源，^{192}Ir及^{75}Se核素特性见表9-2。

γ射线探伤机贮源位屏蔽层大多为一定厚度的贫铀材料，称其为贫铀罐。本项目辐射污染主要是当放射源从贫铀罐出源后进行曝光时发射的γ射线对周围环境产生的外照射，其可能对曝光室外工作人员和公众产生一定外照射。另外，退役的放射源也会对周围环境产生γ射线外照射影响。因此γ射线是本项目主要的污染物。

本项目拟使用的^{192}Ir及^{75}Se放射源最大活度均为100Ci（3.7×10^{12}Bq），^{192}Ir及^{75}Se通常在使用2个半衰期后退役，退役时^{192}Ir及^{75}Se源强约9.25×10^{11}Bq。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表2，便携式γ射线探伤机（P类）离源容器表面5cm处最大周围当量剂量率不大于0.5mSv/h，离源容器表面1m处最大周围当量剂量率不大于0.02mSv/h。

本项目γ射线探伤机退役时还会产生γ射线探伤机屏蔽装置（贫铀罐）。

2 非放射性污染源分析

2.1 固体废物

本项目 X 射线探伤机及γ射线探伤机均拟使用胶片成像，运行时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，每年预计产生废胶片 24kg。

本项目运行后工作人员还会产生一定量的生活垃圾。

2.2 废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及胶片冲洗废水，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，胶片冲洗废水拟按危险废物进行管理处置。每月预计产生废显（定）影剂 200kg，胶片冲洗废水 1500kg，每年预计产生废显（定）影剂 2400kg，胶片冲洗废水 18000kg。

本项目运行后工作人员还会产生一定量的生活污水。

2.3 废气

本项目固定式 X、γ射线探伤房内及移动探伤的射线装置在运行过程中，产生的 X、γ射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 项目工作场所布局合理性分析

1.1 固定式 X、γ射线探伤房布局合理性分析

本项目固定式 X、γ射线探伤房包括曝光室及操作间，曝光室及操作间均为一层结构，固定式 X、γ射线探伤房设有迷道，固定式 X、γ射线探伤房的操作间位于曝光室西侧，曝光室内定向 X 射线探伤机可朝向南墙、北墙、地面或顶部照射，定向 X 射线探伤机的照射方向避开了操作间的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，布局设计合理。

本项目放射源暂存库拟建于固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧，放射源暂存库内设有 24 个源坑。放射源暂存库独立建设，布局设计合理。

本项目拟将固定式 X、γ射线探伤房曝光室作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 红色阴影部分），在曝光室表面防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入曝光室；拟将放射源暂存库作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 红色阴影部分），在放射源暂存库防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，无关人员不得进入放射源暂存库。

本项目拟将固定式 X、γ射线探伤房曝光室东侧围栏区域、操作间及放射源暂存库南侧机具存放间作为辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色阴影部分），在监督区入口悬挂“无关人员禁止入内”警告牌及标明监督区的标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人员等不得进入。

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

1.2 移动式X、γ射线探伤布局合理性分析

本项目拟于徐圩核能供热发电厂1#~6#核岛及BOP内、田湾核电站核岛及常规岛内进行X、γ射线移动探伤。本项目拟设置24个移动探伤小组，同一探伤作业区域仅安排单个小组开展探伤作业；各小组对应的探伤控制区、监督区相互独立、不得重叠交叉。每次探伤仅开启1台探伤机进行探伤。移动探伤工作时，根据现

场具体情况，利用便携式X-γ剂量率仪巡测，拟将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的范围划为控制区，并拟在其边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作。拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，并拟在其边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，必要时拟设专人警戒，禁止非辐射工作人员进入，拟采取的布局与分区措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。本项目移动式X射线探伤的两区划分图见图10-2，移动式γ射线探伤的两区划分图见图10-3，两区划分管理措施见表10-1。

表 10-1 本项目 X、γ射线现场探伤两区划分与管理

现场探伤	控制区	监督区
两区 划分范围	周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围	将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围
辐射 防护措施	禁止人员进入控制区，控制区边界拟根据现场情况优先利用现场墙体、工件等进行划区，没有墙体、工件等实体防护时，拟在边界处设置显眼的警戒线；东、南、西、北边界处均拟悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌	禁止无关人员进入监督区，监督区边界拟设置显眼的警戒线，在东、南、西、北边界处均拟悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并拟设置明显的电离辐射警告标志和警告标语，同时在监督区边界设置人员进行警戒

2 辐射防护屏蔽设计

本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室的屏蔽防护设计见表 10-2，辐射屏蔽防护设计说明见附件 7，固定式 X、γ射线探伤房平面、剖面设计图见附图 5。

3 辐射安全措施设计

3.1 固定式 X、γ射线探伤辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障 X 射线探伤机及γ射线探伤机安全运行，徐圩项目部拟根据**《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《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）、《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012）**设计相应的辐射安全装置和保护措施，本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室内每次探伤仅开启 1 台探伤装置。

3.1.1 辐射防护措施

3.1.1.1 固定式 X、γ射线探伤房辐射安全措施

（1）安装门机联锁装置。本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室的工件门及人员门均拟设计安装门机联锁装置，即使用中的 X 射线探伤机或γ射线探伤机

与防护门联锁。门机联锁装置的设置能方便曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。在探伤过程中，固定式 X、γ射线探伤房的工件门或人员门被意外打开时，使用中的 X 射线探伤机能立刻停止出束，使用中的γ射线探伤机能自动回源，关上门不能自动开始照射。

（2）曝光室设计安装工作状态指示灯和声音提示装置。固定式 X、γ射线探伤房曝光室工件门口、人员门口和曝光室内均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的 X 射线探伤机或γ射线探伤机联锁。并拟在醒目的位置处均拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。固定式 X、γ射线探伤房拟设置的“预备”信号能持续足够长的时间，以确保固定式 X、γ射线探伤房曝光室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。探伤工作时，固定式 X、γ射线探伤房曝光室工件门口、人员门口工作状态指示灯箱拟醒目显示“禁止入内”。

（3）安装监视装置。拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室内东北角及西南角各设计安装 1 个摄像头，在固定式 X、γ射线探伤房曝光室迷道内设计安装 1 个摄像头，在固定式 X、γ射线探伤房曝光室工件门和人员门外各设置 1 个摄像头，在固定式 X、γ射线探伤房操作室内的操作台处均拟设置专用的监视器，可监视固定式 X、γ射线探伤房曝光室内、迷道内及人员门外人员的活动和 X 射线探伤机的运行情况。

（4）拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

（5）安装紧急停机按钮。拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室南侧和北侧墙体各设置 3 个紧急停机按钮，在东侧和西侧墙体各设置 2 个紧急停机按钮，在迷道内墙和操作间操作台处各设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，使辐射工作人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。紧急停机按钮应当带有标签，标明使用方法

（6）拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室东墙内、人员门内旁各设置 1 个开门开关，确保发生意外状况时，人员能够及时离开曝光室。

（7）拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室西墙设计安装固定式场所辐射探测报警装置的剂量探头，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在固定式 X、γ射线

探伤房的操作间内，辐射探测报警装置拟与防护门联锁。

（8）拟在固定式 X、γ射线探伤房操作间内的操作台上设置钥匙开关，只有在钥匙开关闭合条件下，X 射线探伤机才能出束或γ射线探伤机才能出源。

（9）为确保固定式 X、γ射线探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤装置，徐圩项目部拟在固定式 X、γ射线探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置，若多台探伤装置同时开启，功率控制装置会立即自动切断探伤机电源，X 射线探伤机停止出束，γ射线探伤机自动回源。

（10）固定式 X、γ射线探伤房曝光室迷道内拟设置照明装置，便于人员进出曝光室及在紧急情况下逃离曝光室。

在落实以上辐射安全措施后，本项目固定式 X、γ射线探伤房的辐射安全措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射安全系统、安全设施要求。本项目固定式 X、γ射线探伤房辐射安全与防护措施分布见附图 10。本项目本项目固定式 X、γ射线探伤房辐射安全联锁的逻辑关系图见附图 11。

3.1.1.2 放射源暂存库辐射安全措施

为保障本项目放射源暂存库安全，徐圩项目部拟设置如下辐射安全和防护措施：

（1）放射源暂存库防护门上拟设置电离辐射警告标志。

（2）放射源暂存库拟采用硫酸钡混凝土建造，结构上防火，放射源暂存库内不存放腐蚀性和爆炸性物品。

（3）徐圩项目部拟配备 4 名专职人员分两班负责放射源暂存库的管理工作，放射源暂存库实行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管。

（4）放射源暂存库内及防护门门外各拟设置 1 个摄像头，监控显示器拟安装在项目部 24h 值班室内，供 24h 值班人员巡视和监控。

（5）放射源暂存库入口处拟安装红外线报警装置，并与 110 联网，人员非正常进入时发出警报传送至公安系统。

（6）定期检查物品清单，确认γ射线探伤机的存放地点。建立放射源出入库台账，对放射源进、出暂存库均进行登记，对γ射线探伤机表面进行辐射监测，并记录监测结果。进出台账与监测结果存档。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）5.2.3.4，放射源的储存应

符合《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012）的相关要求。根据《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA1002-2012），本项目存放II类密封放射源的源库，为二级风险等级，本项目放射源暂存库的设计与 GA 1002-2012 相符性分析见表 10-3。

表 10-3　本项目放射源暂存库的建设与 GA1002-2012 对照情况一览表

序号	GA 1002-2012 要求	本项目源库建设情况	是否满足
1	保卫值班室应 24h 有专人值守。值守人员应每两小时对存放场所周围进行一次巡查，巡查时携带自卫器具。	本项目放射源暂存库内及防护门门外各拟设置 1 个摄像头，能够无死角覆盖源库区域，监视器不仅接入操作室操作台，也接入徐圩项目部 24h 值班室内，供 24h 值班人员巡视和监控。	满足
2	应建立放射源防盗、防抢、防破坏及技术防范系统发生故障等状态下的应急处置预案，并每年开展一次针对性的应急演习。	徐圩项目部将制定涵盖放射源被盗、被抢、被破坏等辐射事故工况的辐射事故应急预案，充分考虑事故工况下的应急措施，徐圩项目部将每年一次辐射事故应急演习。	满足
3	放射源应单独存放，不得与易燃、易爆、易腐蚀物品等一起存放。应由专人保管，并做好贮存、领取、使用、归还情况的登记，登记资料至少保存 1 年。含放射源装置暂停使用期间，应存放在专用仓库内。	本项目将设置独立放射源暂存库，γ射线探伤机均放置在源坑内，不会与易燃易爆易腐蚀物品一起存放。 本项目放射源暂存库设置有专职源库保管员，负责γ射线探伤机的贮存、领取、使用、归还情况的登记，登记资料将根据《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》的要求保存 5 年。γ射线探伤机暂停使用期间，放置在源库的独立专用源坑内。	满足
4	二级风险的库房墙壁应采用混凝土墙或实心砖墙建造，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，厚度应不小于 160mm。	本项目放射源暂存库四周墙体采用 250mm 硫酸钡混凝土，顶部采用 160mm 硫酸钡混凝土建造。	满足
5	库房出入口应设置防盗安全门、入侵报警装置，视频监控装置、出入口控制装置。	本项目源库出入口控制设计为双人双锁防盗门，本项目放射源暂存库内及源库门门外各拟设置 1 个摄像头，并拟安装与公安系统联锁的入侵报警装置。	满足

以上措施落实后，本项目放射源暂存库辐射安全措施将满足《工业 X 射线

探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）中相关辐射安全要求。本项目放射源暂存库辐射安全与防护措施分布见附图 10。

3.1.1.3 关于γ探伤的其他安全措施要求

2007 年，针对γ射线探伤，原国家环保总局发布环发〔2007〕8 号文：关于印发《关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》的通知。本项目对照**《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）**中关于γ射线探伤的相关要求评价如表 10-4。

表 10-4 本项目γ射线探伤辐射安全工作与环发〔2007〕8 号对照情况一览表

序号	《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）中要求	本项目γ射线探伤情况	是否满足
1	至少有 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	徐圩项目部拟设置辐射安全防护管理小组，并有 1 名专职人员负责辐射安全管理工作。	满足
2	必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	徐圩项目部拟在本项目履行环评手续后向省级生态环境主管部门申领辐射安全许可证。	满足
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。	徐圩项目部拟在γ射线探伤装置使用达到使用年限之前及时报废，并将该要求写入探伤装置管理要求。	满足
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。	徐圩项目部拟制定相应规章制度，使其符合上述要求；并在今后的生产实践过程中严格按照制度执行，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。	满足
5	探伤作业时，至少有 2 名辐射工作人员同时在场，每名辐射工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。	徐圩项目部在开展γ射线探伤时，至少有 2 名辐射工作人员在场；徐圩项目部拟为从事γ射线探伤的每名辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪，个人剂量计定期送检，并建立个人剂量档案。	满足
6	每次探伤工作前，辐射工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。	徐圩项目部拟制定相关制度，并在制度中明确上述要求，在今后的生产实践过程中严格按照制度执行。	满足

7	更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级生态环境主管部门提交《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生态环境主管部门备案。	徐圩项目部拟在管理制度内明确上述要求，明确更换放射源时，由放射源厂家在厂家进行倒源操作，并在今后的工作中严格按照制度实施。	满足
8	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，源库门为双人双锁。	徐圩项目部每班拟安排 2 名辐射工作人员专职负责放射源暂存库的管理工作；放射源暂存库入口处拟安装红外监视摄像头；放射源暂存库防护门上拟设置两道锁，钥匙分别由当班的 2 名专职辐射工作人员保管。	满足
9	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。	徐圩项目部拟制定相关的档案管理制度，放射源暂存库每班制拟设置 2 名专职放射源保管员做好放射源领用情况的登记、收集和存档工作。	满足
10	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，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	徐圩项目部拟根据上述内容制定辐射事故应急预案。	满足
11	探伤室建筑（包括辐射防护墙、门、辐射防护迷道）的防护厚度应充分考虑γ射线直射、散射效应。	本项目固定式 X、γ射线探伤房拟采用硫酸钡混凝土及铅板对γ射线进行屏蔽，经理论预测，其能够充分屏蔽γ射线。	满足
12	探伤室应安装固定式辐射剂量仪，剂量率水平应显示在控制机房内，并与门联锁。	本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室内拟安装固定式辐射剂量监测探头，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在操作间内。在进行探伤时，固定辐射监测系统拟与防护门进行联锁，当辐射剂量超过预定水平时，防护门无法打开。	满足
13	应配置便携式辐射检测报警仪，该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。	徐圩项目部拟为本项目固定式 X、γ射线探伤房配备 1 台个人剂量报警仪，徐圩项目部拟将报警仪与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。	满足

14	探伤室工作人员入口门外和被探伤物件出入口门外应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱。探伤作业时，应有声音警示，灯箱应醒目显示“禁止入内”。	本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室内及工件门上方、人员门上方各设计安装1个工作状态指示灯及声音报警装置，其中工作状态指示灯可显示“预备”和“工作”状态，探伤作业时，有声音警示，灯箱拟醒目显示“禁止入内”。	满足
15	γ射线探伤室的各项安全措施必须定期检查，并做好记录。	徐圩项目部拟对本项目固定式X、γ射线探伤房的各项安全措施必须定期检查、记录，并拟在管理制度内明确上述要求，并在今后的工作中严格按照制度实施。	满足

以上措施落实后，本项目γ射线探伤的辐射安全措施将满足《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）中相关辐射安全要求。

3.1.2 操作防护措施

（1）辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中5.1.2及5.2.1.2要求对本项目固定式X、γ射线探伤房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常。

（2）辐射工作人员在进入固定式X、γ射线探伤房曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式X-γ剂量率仪。当剂量率超过设定的报警阈值报警时，辐射工作人员立即退出曝光室，同时防止其他人进入曝光室，并立即向辐射防护负责人报告。

（3）辐射工作人员拟定期测量固定式X、γ射线探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，立即终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

（4）交接班或当班使用便携式X-γ剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作。

（5）辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

（6）在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认固定式X、γ射线探伤房曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系

统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

在落实以上固定式 X、γ射线探伤房操作防护措施后，本项目的固定式 X、γ射线探伤房操作防护措施能够满足**《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）**要求。

3.1.3 探伤设施的退役

当 X 射线探伤机及γ射线探伤机不再使用时，徐圩项目部计划实施退役程序。

（1）本项目γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源退役后仍有较强的放射性，徐圩项目部已承诺γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源退役后，废源将由原生产厂家回收。放射源购买及报废手续遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录归档保存。

（2）掺入贫铀的屏蔽装置拟与γ射线源一样对待，徐圩项目部承诺掺入贫铀的屏蔽装置由原生产厂家回收。

（3）徐圩项目部计划将 X 射线探伤机的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

（4）当所有辐射源从现场移走后，徐圩项目部拟按监管机构要求办理相关手续。

（5）徐圩项目部计划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。

（6）徐圩项目部计划清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目探伤机的退役辐射安全措施能够满足相关辐射安全要求。

3.2 移动式 X、γ射线探伤辐射安全措施设计

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《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）及《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）标准要求设计相应的辐射安全装置和保护措施，本项目拟设置 24 个移动探伤小组，同一探伤作业区域仅安排单个小组开展探伤作业；各小组对应的探伤控制区、监督区相互独立、不得重叠交叉。

3.2.1 γ射线探伤机运输和移动辐射安全措施

（1）γ射线探伤机厂内运输

本项目需要将γ射线探伤机从探伤房运输至徐圩核能供热发电厂，徐圩项目部拟配置 1 辆γ射线探伤机专用运输车，每组γ探伤工作人员 2 人。24 台γ射线探伤机共配备 1 只运输箱（5mmPb 铅钢结构）。运输人员为辐射工作人员。γ射线探伤机专用运输车辆车型为面包车或厢货车，车体长约 5m。根据项目部提供资料，每辆运输车最多同时运输 1 只运输箱，运输箱固定在运输车尾部，距车辆后座大于 1m。车体及运输箱上按照《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定粘贴相应的电离辐射警告标志、标牌等标志。运输箱外张贴电离辐射警告标志，运输箱加锁，车内同时使用专用铁链对运输箱加以锁固。运输过程中专人负责押运。γ探伤机在车内时，车上至少保留一名押运人员，确保探伤机的安全。项目部制定相关的运输管理规定，辐射工作人员严格按照规定进行规范运输，使γ射线探伤机处于人员监视之下，防止放射源丢失或被盗。

（2）γ射线探伤机厂外运输

本项目需要将γ射线探伤机从放射源暂存源库运输至田湾核电站，徐圩项目部拟委托有放射源运输资质的单位负责γ射线探伤机的运输（委托运输承诺书见附件 9），委托放射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。

徐圩项目部将确保每次运输的γ射线探伤机置于贮存铅箱内运输，该铅箱设置双人双锁，表面拟张贴当心电离辐射警告标志，只有在铅箱正确锁紧并取出钥匙后方能移动。委托运输时向承运单位提交运输说明书、辐射检测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南等。当在不涉及公用道路的厂区内移动时，使用小型车辆或手推车，使γ射线探伤机处于人员监视之下。

3.2.2 γ射线探伤机临时贮存辐射安全措施

本项目在徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内进行移动探伤作业时，徐圩项目部拟配有专用的铅箱供移动γ探伤外场作业间歇或夜间无法返回时使用，该专用存储铅箱表面拟张贴当心电离辐射警告标志，并实行双人双锁管理。在临时贮存期间要求专人值守，在铅箱周围 2m 范围

设置安全警戒绳，公众不允许靠近，临时贮存完毕后使用便携式 X-γ剂量率仪对铅箱周围进行巡测，确保γ射线探伤机存储在铅箱内。

3.2.3 移动式 X、γ射线探伤辐射安全措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《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）及《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）标准要求，本项目移动式 X、γ射线探伤项目拟落实下表 10-5 中的辐射安全和防护措施要求。

表 10-5　X γ射线移动探伤辐射安全措施表

执行标准	项目	标准要求	本项目拟采取措施	是否满足
《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）	工作前检查	5.1.2 工作前检查项目应包括： 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）液体制冷设备是否有渗漏； d）安全联锁是否正常工作； e）报警设备和警示灯是否正常运行； f）螺栓等连接件是否连接良好； g）机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。 5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求： a）使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； b）设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测； c）当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； d）应做好设备维护记录 5.2.1.2 工作前检查项目主要包括： 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	（1）辐射工作人员在拟探伤工作前对 X 射线探伤机进行检查，检查项目主要包括： 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）液体制冷设备是否有渗漏； d）安全联锁是否正常工作； e）报警设备和警示灯是否正常运行； f）螺栓等连接件是否连接良好； g）机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。 （2）徐圩项目部拟定期对 X 射线探伤机进行维护： a）定期对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； b）设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测； c）当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； d）拟做好设备维护记录 （3）辐射工作人员在拟探伤工作前对γ射线探伤机进行检查，检查项目主要包括： 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	满足

		簧是否有损伤； c）确认放射源锁紧装置工作正常； d)检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接； e）安全联锁是否工作正常； f）报警设备和警示灯运行是否正常； g）检查源容器和源传输导管是否连接牢固； h）检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结； i）检查警告标签和源的标志内容是否清晰； j）测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。 5.2.2.1 应定期对γ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γ射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。 5.2.2.2 应经常对γ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。	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磨损、损坏，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应符合源容器外 5cm 处周围当量剂量率小于 0.5mSv/h，表面 1m 处周围当量剂量率小于 0.02mSv/h 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。 （4）拟定期对γ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γ射线探伤机时，拟由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。徐圩项目部人员不应单独对探伤机进行维修。 （5）拟经常对γ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。每次维护人员均拟进行登记，登记内容包括探伤机编号、维护内容、维护人等信息。	

	作业前准备	7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应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）。 7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。 7.1.3 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，使用单位应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。	（1）在实施移动式探伤工作之前，徐圩项目部拟对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容包括接触的工人与附近的公众、探伤时间、作业空间等。同时拟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）徐圩项目部在进行移动探伤时，每个探伤移动小组每次仅开启 1 台探伤机，徐圩项目部拟为每台探伤机配备 2 名辐射工作人员。 （3）移动式探伤工作在委托单位的工作场地实施准备和规划时，徐圩项目部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。	满足
	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 15μSv/h 的区域划为控制区。 7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离	（1）徐圩项目部拟在探伤作业时，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。现场射线探伤工作拟在指定的控制区内进行。 （2）徐圩项目部拟将探伤现场周围当量剂量率大于 15uSv/h 的区域划定为控制区。 （3）徐圩项目部拟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	满足

		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-γ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 2.5uSv/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。	工作区”标牌。 （4）徐圩项目部拟尽可能在控制区的边界设定实体屏障，充分利用探伤现场现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。 （5）徐圩项目部在移动探伤作业过程中，控制区内不同时进行其他工作。辐射工作人员对探伤机附加一定的防护装置如集光筒、活动防护罩、防护挡板、限束器等防护措施，限制射线束中的无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区的范围。 （6）徐圩项目部每一个探伤小组拟配备一台便携式 X-γ剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。拟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）徐圩项目部每一个探伤小组探伤在作业期间拟对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，在探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，拟适时调整控制区的边界。 （8）拟将控制区边界外、周围当量剂量率大于 2.5μSv/h 的区域划为监督区，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。 （9）移动式探伤工作在多楼层的区域实施时，拟防止移动探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。 （10）本项目探伤机控制台（γ射线绕出盘）拟设置	

		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（γ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。	在合适位置以尽可能降低操作人员的受照剂量。	
	安全警示	7.3.1 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。 7.3.2 应有提示“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 7.3.3 X 和γ射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 7.3.5 应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。	（1）徐圩项目部拟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）徐圩项目部拟为本项目配备提示“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）X 和γ射线探伤的警示信号指示装置拟与探伤机联锁。 （4）徐圩项目部拟在控制区的所有边界设置能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 （5）拟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。	满足
	边界巡查与检测	7.4.1 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。 7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间	（1）开始移动式探伤之前，辐射工作人员拟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）拟在控制区边界设置警示标识，使控制区的范	满足

		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。 7.4.3 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。必要时应调整控制区的范围和边界。 7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ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-γ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。 7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ剂量率仪，两者均应使用。	围清晰可见， 工作期间拟设有良好的照明，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，徐圩项目部拟安排足够的人员进行巡查。 （3）在试运行（或第一次曝光）期间，拟测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。拟根据实际情况调整控制区的范围和边界。 （4）开始移动式探伤工作之前，拟对便携式 X-γ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-γ剂量率仪拟一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。 （5）移动式探伤期间，辐射工作人员除进行常规个人监测外，还拟佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ剂量率仪，两者均应使用。	
	移动探伤的操作要求	7.5.1.2 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。 7.5.2.1 应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。对于有多个γ射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。 7.5.2.2 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态： a）便携式 X-γ剂量率仪和个人剂量计、个	（1）徐圩项目部拟考虑控制器与 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。 （2）徐圩项目部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γ射线探伤机。 （3）探伤作业开始前拟备齐下列防护相关物品，并确保其处于正常状态： a）便携式 X-γ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；	满足

		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。 7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式 X-γ剂量率仪进行监测，以确保所有γ放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。	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； （4）探伤工作完成后，辐射工作人员拟使用便携式 X-γ剂量率仪进行监测，以确保所有γ放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。辐射工作人员在离开现场之前，拟进行目视检查，以确保设备没有损坏。拟通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备拟物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。	
《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	人员管理	建设单位应加强从业人员管理，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。	徐圩项目部拟加强从业人员管理，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。	满足
	现场安全员	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	每个探伤小组γ射线移动探伤作业时现场至少配备 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼职担任现场安全员，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	满足

〔2014〕1293 号）		工作。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。	置等工作。	
	信息公示	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。	γ射线移动探伤作业时拟在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，并将辐射安全许可证、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。安全信息公示牌面积不小于 2 平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。公示信息如发生变化拟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。	满足
	辐射安全主体责任	建设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。	徐圩项目部拟明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强公司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。	满足

《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）	安全管理	（1）至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。 （2）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。 （3）必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。 （4）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。 （5）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。	（1）徐圩项目部拟设置辐射安全防护管理小组，并拟设置1名专职人员负责辐射安全管理工作。 （2）在开展移动γ射线探伤时，徐圩项目部拟为每个探伤小组移动式探伤作业中的γ射线探伤机配备2名辐射工作人员，辐射工作人员均拟参加辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗。 （3）徐圩项目部拟在本项目履行环评手续后向省级生态环境主管部门申领辐射安全许可证。 （4）拟安排4名源库保管员专职负责放射源库的保管工作，并以文件形式明确其岗位职责。专职源库管理员均须取得“γ射线探伤”辐射安全培训合格成绩单方能上岗。 放射源库拟设置红外监控和入侵报警等保安设施，源库门拟设置双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管时，利用临时贮存铅箱现场保存，并派专人24小时现场值班。临时贮存铅箱表面明显位置粘贴电离辐射警告标志。 （5）徐圩项目部拟在管理制度内明确“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”，同时明确更换放射源时，由厂家人员进行倒源操作，并在今后的工作中严格按照制度实施。	满足
	探伤	（1）从事移动探伤作业的，应拥有5台以	（1）徐圩项目部共拟配备24台γ射线探伤机，本项	满足

	机要求	上探伤装置。 （2）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。	目移动探伤拟配备 20 台γ射线探伤机。 （2）本项目拟使用的为 ^{192}Ir 及 ^{75}Se γ射线探伤机，^{192}Ir 及 ^{75}Se 通常使用 2 个半衰期退役（最长不超过 1 年），徐圩项目部不会使用超过 10 年的探伤装置。	
	探伤机管理	（1）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。 （2）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。	（1）徐圩项目部拟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。核实时拟有 2 名放射源暂存库管理人员在场，拟妥善保存核实记录及建立计算机管理档案。 （2）徐圩项目部拟，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，发现问题拟及时维修。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。	满足
	现场探伤作业	（1）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。 （2）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。 （3）室外作业时，应设定控制区，并设置明	（1）徐圩项目部在开展γ射线探伤时，每个探伤现场拟配备 2 名辐射工作人员在场；徐圩项目部拟为从事探伤的辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪，定期送检并建立个人剂量档案。 （2）每次γ射线探伤工作前，辐射工作人员拟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。 （3）徐圩项目部在开展γ射线探伤时，拟设定控制区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守，监	满足

		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。 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。	测控制区的辐射剂量水平。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。	
	事故应急	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，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生健康主管部门报告。	徐圩项目部拟制定辐射事故应急预案，发生或发现辐射事故后，当事人拟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、卫生健康主管部门报告。	满足
/		/	本项目每台γ探伤机拟安装在线监控终端，实现“防丢失、防被盗、防源未回位、防违规作业”	/

落实以上辐射安全措施后，本项目移动式 X、γ射线探伤辐射安全措施设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《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）及《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）标准要求。

徐圩项目部计划为本项目配备辐射巡测仪、个人剂量报警仪、警告牌，警示线等现场探伤辐射防护用品，详见下表 10-6。

三废治理

1 放射性三废

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源退役后仍有较强的放射性，γ射线探伤机退役时产生的γ射线探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，徐圩项目部已承诺γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，承诺书详见附件 4，此举符合生态环境部门的相关管理要求。企业辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

2 非放射性三废

徐圩项目部拟于项目部临建区西北侧公共危化品库区新建 1 座危废库（见附图 2），拟将探伤作业时产生的显影、定影废液、胶片冲洗废水和废胶片暂存于危废库内。徐圩项目部拟新建的危废库为独立场所，危废库门外拟设置危险废物警告标志及危险废物信息公开栏，整个危废库将按照“防风、防雨、防晒、防泄漏、防流失、防逸散、防火、防盗”的八防要求建设，危废库门上张贴环保标识牌，明确危险废物种类。

徐圩项目部拟按照《江苏省危险废物集中收集体系建设方案（试行）》（苏环办〔2021〕290 号）和江苏省固体废物管理信息系统等管理规定，制定危险废物管理计划、建立危险废物管理台账，在全生命周期系统中实时申报危险废物的产生、贮存、转移等相关信息，在系统中打印的危废标志标识按规范要求张贴，实施对危险废物的规范化管理。危废库由专人管理，危废单独收集和贮存。

2.1 固体废物

本项目固定式 X、γ射线探伤房及移动式 X、γ射线探伤项目运行后产生的废胶片属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16 的危险废物。中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部已承诺将与有资质单位签订洗片废液及废胶片处理处置合同（见附件 6），探伤过程中产生的废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，产生的生活垃圾由徐圩项目部统一收集后，交给环卫部门清运。

2.2 废水

本项目固定式X、γ射线探伤房及移动式X、γ射线探伤项目运行后产生的显影、定影废液属于《国家危险废物名录（2025年版）》中编号为HW16的危险废物，胶片冲洗废水拟按危险废物进行管理处置，不得随意排放。徐圩项目部已承诺将与有资质单位签订洗片废液及废胶片处理处置合同（见附件6），探伤过程中产生的显影、定影废液、胶片冲洗废水在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，生活污水经收集后定期清运。

2.3 废气

本项目固定式X、γ射线探伤房内的X射线探伤机及γ射线探伤机工作时产生的X、γ射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室内西北角拟设置一个地下通风管道，通风管道拟采用地下“U”形设计，埋地深度为700mm，管道直径为400mm。放射源暂存库西南角拟设置一个“U”形地下穿墙通风管道，通风管道直径320mm，埋地深度为700mm。

本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室内拟设置机械通风装置，探伤房曝光室净体积约为757m^3（含迷道），曝光室内拟配备的轴流风机通风量约为3000m^3/h，曝光室内通风次数均约为3.96次/h，本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室的通风能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中曝光室每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。

本项目放射源暂存库内拟设置机械通风装置，放射源暂存库净体积约为119m^3，源库内拟配备的轴流风机通风量约为500m^3/h，源库内通风次数约为4.20次/h，本项目放射源暂存库的通风能够满足要求。

本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室内及放射源暂存库内产生的少量臭氧和氮氧化物通过机械通风装置排放到车间外，臭氧在常温下50min可以自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

本项目移动式X、γ射线探伤项目的X、γ射线机在工作状态时，产生的X、γ射线将会使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。产生的臭氧和氮氧化物可通过自然通风排入外环境，臭氧常温下50min可自行分解为氧气，对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目移动式 X、γ射线探伤项目无需进行挖掘地基、混凝土浇筑等作业，建设阶段对周围环境无影响。本项目固定式 X、γ射线探伤房在建设过程中将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，对环境会产生如下影响：

大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘；d.对施工机械和车辆燃油造成的废气排放污染应引起重视，应要求其燃用符合国家标准的高热值清洁燃料，安装尾气净化器，尽量减少废气污染物的排放。

噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，按照《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。

固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

徐圩项目部在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在项目局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

1 辐射环境影响分析

1.1 固定式 X、γ射线探伤辐射环境影响分析

1.1.1 X 射线固定探伤辐射环境影响分析

本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室内拟配备 6 台 X 射线定向探伤机，分别为 1 台 XXG-3505 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），2 台 XXG-3005 型 X 射线探伤机（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA），2 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA），1 台 XXG-2005 型 X 射线探伤机（最大管电压 200kV，最大管电流 5mA），探伤机可朝向南墙、北墙、地面或顶部照射。固定式 X、γ射线探伤房曝光室内每次仅开启 1 台探伤机进行探伤。

本次评价保守选取 XXG-3505 型 X 射线探伤机满功率运行时的工况进行预测。因曝光室下方为土层，故本次评价对底部不进行计算。

本次评价将曝光室南墙、北墙及顶部按照有用线束照射进行预测计算，将曝光室东墙、西墙、工件门及人员门均按照非有用线束照射进行预测计算，预测时取 X 射线探伤机到曝光室四周墙体的最近距离均为 2m，到地面最大距离为 1m，到顶部最近距离为 3.16m 进行计算，计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

1.1.1.1 有用射束方向屏蔽效果预测公式

计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m^2/(mA·h）；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中 B.2 无 350kV 对应的屏蔽透射曲线，因此取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表

B.2，通过 300kV 及 400kV 管电压下混凝土对应的 TVL 值进行插值计算得到 350kV 管电压下混凝土的 TVL 值为 100mm，铅的 TVL 值为 6.95mm，然后按公式（11-2）计算得出：

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

式中：X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的什值层厚度。

1.1.1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

① 泄漏辐射

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

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，通过 300kV 及 400kV 管电压下混凝土对应的 TVL 值进行插值计算得到 350kV 管电压下混凝土的 TVL 值为 100mm，铅的 TVL 值为 6.95mm，再按公式（11-2）计算得出。

② 散射辐射

$$\dot{H}=\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \qquad (11\text{-}4)$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m^2/(mA·h)，根据厂家提供的参数说明，本项目 350kV 的 X 射线管 1m 处的输出量取 48mGy·m^2/（mA·min）；

B：屏蔽透射因子，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 2 确定 90°散射辐射的射线能量，按表 2 确定 250kV 管电压下混凝土相应的 TVL 值为 90mm，铅的 TVL 值为 2.9mm，然后按公式（11-2）计算得出；

F：R_0 处的辐射野面积，m^2；

α：散射因子，入射辐射被单位面积（$1m^2$）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以用水的α值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；计算公式中的 R_0^2/F·α因子根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 中 B.4.2 中给出的值（150kV 取 60、200kV～400kV 取 50）取 50；

R_s：散射体至关注点的距离，m；

R_0：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

1.1.1.3 理论计算结果

从表 11-1、表 11-2 中预测结果可知，当本项目 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机在满功率运行时，固定式 X、γ射线探伤房曝光室四周墙体、顶部、工件门及人员门外 30cm 处的最大辐射剂量率均小于 0.001μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h 及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100μSv/h”的要求。

1.1.1.4 天空反散射分析

本项目 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机功率运行时，固定式 X、γ射线探伤房曝光室顶部 30cm 处的最大辐射剂量率小于 0.001μSv/h，对固定式 X、γ射线探伤房曝光室四周辐射剂量率的叠加影响可忽略不计，固定式 X、γ射线探伤房曝光室的天空反散射能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

1.1.1.5 迷道散射辐射影响分析

本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室拟设置迷道，利用散射降低人员门入口处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道外人员门入口，固定式 X、γ射线探

伤房曝光室迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-1。散射公式见（11-5）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_j = \frac{H_0}{d_s^2} \cdot \left(\frac{\alpha_1 A_1}{d_{r1}^2} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_2 A_2}{d_{r2}^2} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_j A_j}{d_{rj}^2} \right) \qquad (11\text{-}5)$$

式中：H_j—经 j 次散射后迷道口处的辐射剂量率，（μSv/h）；

H_0—距靶点 1m 的辐射剂量率（μSv·m²/h）；

α_1—X 射线第一个散射体的散射系数；

α_2—随后从屏蔽层材料表面散射出来的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积，m²；

A_2、A_j—迷道的截面积，m²；

d_s —X 射线辐射源到第一散射体的距离，m；

d_{r1}，$d_{r2}...d_{rj}$—迷道内各处中心线的散射距离（近似取每段迷路长度），m；

j —指第 j 个散射过程。

本项目固定式 X、γ射线探伤房 X 射线迷道散射的计算参数及结果见表 11-3。

从表 11-3 中预测结果可以看出，本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室内 X 射线经过迷道人员门屏蔽后，迷道外人员门入口处的剂量率小于 0.001μSv/h，叠加人员门外 30cm 贯穿辐射剂量率（小于 0.001μSv/h）后，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

1.1.2 γ射线固定探伤辐射环境影响分析

1.1.2.1 预测计算模式

γ射线辐射影响预测采用《辐射防护导论》（方杰编）γ点源周围剂量当量率计算公式，计算出参考点的周围剂量当量率 $\dot{K}_0$：

$$\dot{K}_0 = \frac{A \cdot \Gamma_K \cdot B}{r^2} \qquad (11\text{-}6)$$

式中：$\dot{K}_0$----参考点的周围剂量当量率，μSv·h⁻¹；

A ---- 放射源活度，Bq；

Γ_K ---- 周围剂量当量率常数，通过查阅《工业探伤放射防护标准》

（GBZ117-2022）表 A.1，^{192}Ir 放射源的Γ_K=0.17μSv·m^2/（MBq·h），^{75}Se 放射源的Γ_K=0.072μSv·m^2/（MBq·h）；

r ----参考点到放射源的距离，m；

B ----屏蔽透射因子，根据屏蔽体厚度 X，γ射线在相应材质屏蔽体中的半值层厚度 HVL，按公式 $B=2^{-X/HVL}$ 计算。根据 GBZ117-2022 表 A.2，^{192}Ir 对混凝土的半值层为 50mm，对铅的半值层为 3mm，^{75}Se 对混凝土的半值层为 30mm，铅的半值层为 1mm。

利用上述公式（11-6）计算有屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率$\dot{K}_0$。

1.1.2.2 理论计算结果

本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室内拟采用 100Ci 的 ^{192}Ir γ射线探伤机及 100Ci 的 ^{75}Se γ射线探伤机进行探伤。若固定式 X、γ射线探伤房曝光室内使用 1 台 ^{192}Ir γ射线探伤机预测结果能否满足标准要求，则使用 1 台 ^{75}Se γ射线探伤机预测结果亦能满足标准要求。根据固定式 X、γ射线探伤房设计参数，按探伤时实际工作情况，固定式 X、γ射线探伤房内γ射线探伤机照射头距离曝光室四周屏蔽墙的最短距离均为 2.0m，距离地面的最大高度为 1.0m，参考点距离各屏蔽墙、屋顶及防护门表面的距离均为 30cm。将相关参数代入公式（11-6），固定式 X、γ射线探伤房曝光室屏蔽墙外辐射防护水平理论计算结果见表 11-4。

根据表 11-4 的计算结果，当固定式 X、γ射线探伤房曝光室内开启 1 台活度为 3.70×10^{12}Bq 的 ^{192}Ir γ射线探伤机探伤时，曝光室四周屏蔽墙体、工件门及人员门外 30cm 处最大辐射剂量率约为 0.006μSv/h，顶部外 30cm 处最大辐射剂量率约为 0.009μSv/h，能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h 及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100μSv/h”的管理目标要求。

1.1.2.3 天空反散射分析

根据表 11-4 预测结果，本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室内开启 1 台活度为 3.7×10^{12}Bq 的 ^{192}Ir γ射线探伤机探伤时，固定式 X、γ射线探伤房曝光室顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.009μSv/h，穿透顶部屏蔽体后的γ射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，叠加固定式 X、γ射线探伤房曝光室四周墙体外最大辐射剂量率 0.006μSv/h 后，关注点总剂量小于 0.015μSv/h，固定式 X、γ射线探伤房曝光室γ射线天空反散射能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

1.1.2.4 γ射线探伤迷道散射辐射影响分析

本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室拟设置迷道，利用散射降低人员门入口处的辐射水平，避免γ射线直接照射迷道外人员门入口，固定式X、γ射线探伤房曝光室迷道及射线进入迷道后散射示意图见图11-1。散射公式见11-5，本项目固定式X、γ射线探伤房γ射线迷道散射的计算参数及结果见表11-5。

根据表11-5计算结果可知，本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室内γ射线经过迷道人员门屏蔽后，迷道外人员门入口处的剂量率小于0.001μSv/h，叠加人员门外30cm贯穿辐射剂量率（小于0.001μSv/h）后，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”的要求。

1.1.3 通风管道、电缆管道、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室内西北角拟设置一个地下通风管道，通风管道拟采用地下“U”形设计，埋地深度为700mm，管道直径为400mm，通风管道的设置不破坏曝光室的屏蔽效果；放射源暂存库西南角拟设置一个地下通风管道，通风管道拟采用地下“U”形设计，埋地深度均为700mm，管道直径均为320mm，通风管道的设置不破坏曝光室的屏蔽效果。固定式X、γ射线探伤房曝光室和放射源暂存库内X、γ射线经过U型埋地管道至少3次散射到达通风管道口处。根据《辐射防护导论》第189页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，由此可推断通风管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风管道散射示意图见图11-2。

本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室西墙拟设置U型地下穿墙电缆管道，电缆管道直径约为200mm，埋地深度约为1000mm，电缆管道的设置未破坏曝光室的屏蔽墙体。固定式X、γ射线探伤房曝光室内的X、γ射线经过U型埋地管道至少3次散射到达电缆管道口处。根据《辐射防护导论》第189页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，由此可推断固定式X、γ射线探伤房电缆管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。电缆管道散射示意图见图11-3。

本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室工件门门洞尺寸为4.0m宽×4.0m高，工件门尺寸为4.6m宽×4.4m高，工件门左右各搭接300mm，上搭接300mm，

下搭接 100mm；人员门门洞尺寸为 0.75m 宽×2m 高，人员门尺寸为 1.35m 宽×2.4m 高，人员门左右各搭接 300mm，上搭接 300mm，下搭接 100mm。工件门、人员门与墙体之间的缝隙宽度均小于 10mm。

本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室的工件门及人员门与墙体重叠部分均大于工件门及人员门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

1.1.4 放射源暂存库辐射影响预测

1.1.4.1 放射源屏蔽状态下辐射影响

本项目新建的放射源暂存库内拟暂存 10 枚活度为 3.7×10^{12}Bq 的 ^{192}Ir 放射源及 14 枚活度为 3.7×10^{12}Bq 的 ^{75}Se 放射源。当放射源处于探伤机源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），P 类探伤机源容器外 5cm 处周围剂量当量率 $\dot{K}_1$≤0.5mSv/h，表面 1m 处周围剂量当量率 $\dot{K}_1$≤0.02mSv/h。周围剂量当量率与距离平方成反比，因此根据公式（11-7）可计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$\dot{K}_1=\dot{K}_0\cdot(R_0+0.15)^2/(R_1+0.15)^2 \qquad (11\text{-}7)$$

式中 $\dot{K}_1$：距探伤机源容器表面 R 处的周围剂量当量率，mSv/h

$\dot{K}_0$：距离探伤机源容器表面 1m 处的周围剂量当量率，mSv/h

R_0 ：源容器表面外 1m

R_1 ：参考点距容器表面的距离，m

0.15：源贮存位置至源表面距离，m

距 P 类探伤机源容器不同距离处的辐射水平估算结果详见表 11-6。

通过表 11-6 计算数据可以看出，本项目γ射线探伤机未工作时由于探伤机自身源容器的屏蔽防护，放射源对曝光室外环境影响较小，但辐射工作人员在曝光室内移动探伤机或进行其他活动的过程中将受到一定的外照射。因此，实际工作过程中工作人员应注意控制与γ射线探伤机接触时间，在曝光室内进行工件调运、胶片贴、取等其他工作时还应注意与γ射线探伤机保持一定的距离。

1.1.4.2 放射源暂存库辐射防护性能预测

本项目拟于固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧新建 1 个放射源暂存库，用于贮存本项目拟使用的 10 台 ^{192}Ir γ射线探伤机和 14 台 ^{75}Se γ射线探伤机。24 台γ

射线探伤机暂存于放射源暂存库内划定区域（详见报告附图 8）。

新建放射源暂存库的内净尺寸为 5.425m（长）×4.74m（宽）×4.60m（高）。放射源暂存库四周墙体均拟采用 250mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用 160mm 混凝土，防护门拟采用 10mmPb+4mmFe。放射源暂存库内设有 24 个源坑，每个源坑可存 1 枚放射源，净尺寸均为 0.46m（长）×0.38m（宽）×0.4m（深）。源坑四周及底部均拟采用 200mm 硫酸钡混凝土，顶部盖板采用 10mmPb+4mmFe 防护。

因关注点处周围剂量当量率与其至源点的距离平方成反比，放射源暂存库表面 30cm 处的周围剂量当量率可按下式计算：

$$\dot{K} = \frac{\dot{K}_0 (R_0 + 0.15)^2}{R_1^2} \cdot B \qquad (11\text{-}8)$$

式中：$\dot{K}$ ---距源 R 处的周围剂量当量率，μSv/h；

R_1---参考点至源的距离，m；

R_0---源容器外表面 1m；（注：公式 11-8 中 0.15m 为源贮存位置至源容器表面距离）；

$\dot{K}_0$---距源容器外表面 1m 处的周围剂量当量率控制值，μSv/h，P 类探伤机取 0.02mSv/h，（见《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 2）；

B---屏蔽透射因子，无量纲，按公式 $B=2^{-X/HVL}$ 计算（^{192}Ir 在铅中的 HVL 为 3mm，在混凝土中的 HVL 为 50mm，^{75}Se 在铅中的 HVL 为 1mm，在混凝土中的 HVL 为 30mm（GBZ117-2022 表 A.2））；

在计算源库外周围剂量当量率时，将源坑内 10 枚 ^{192}Ir 放射源、14 枚 ^{75}Se 放射源分别简化点源进行计算，点源距源库各侧距离详见附图 7。分别计算 ^{192}Ir 放射源和 ^{75}Se 放射源在源库外 30cm 处的周围剂量当量率见下表 11-7～表 11-9。放射源暂存库外辐射剂量率叠加结果详见表 11-10。

从表 11-10 可知，当 10 台初始活度为 3.7×10^{12}Bq 的 ^{192}Ir γ射线探伤机及 14 台初始活度为 3.7×10^{12}Bq 的 ^{75}Se γ射线探伤机同时贮存在源库期间，源库四周屏蔽体、防护门外及顶部外表面 30cm 处周围最大剂量当量率为 0.334μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。

1.1.5 有效剂量估算

本项目辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式来估算，估算公式如下：

$$H_c=\dot{H}_{c,d}\cdot t\cdot U\cdot T \qquad (11\text{-}9)$$

上式中：H－受照剂量，μSv；

$\dot{H}$－参考点处剂量率，μSv/h；

U－使用因子；

T－居留因子；

t－照射时间，（h）。

1.1.5.1 辐射工作人员周/年有效剂量估算

本项目固定式 X、γ射线探伤房拟配备 4 名辐射工作人员从事探伤工作，采取两班制工作制，放射源暂存库内拟配备 4 名专职管理人员，采取两班工作制。本项目运行后，探伤房内辐射工作人员的年有效剂量贡献值，主要包括六部分：（1）X、γ射线探伤机正常探伤作业时，曝光室周围的辐射工作人员受到的经过墙体和防护门屏蔽衰减后的 X、γ射线产生的有效剂量；（2）X、γ射线探伤机正常探伤作业时，曝光室周围的辐射工作人员受到的放射源暂存库影响的有效剂量；（3）在从放射源暂存库内提取、归还γ射线探伤机过程中，由于近距离接触γ射线探伤机而受到的有效剂量；（4）γ射线探伤机摆位期间受到的剂量；（5）中途更换被检测工件和重新贴片期间受到的剂量。（6）在放射源暂存库和探伤房曝光室之间运输γ射线探伤机过程中，由于近距离接触γ射线探伤机而受到的有效剂量。

放射源暂存库管理人员的年有效剂量贡献值，主要为固定式 X、γ射线探伤房内和移动式 X、γ射线探伤辐射工作人员领取、归还γ射线探伤机时进行登记、检测γ射线探伤机所受到的辐射剂量。

根据表11-17可知，本项目固定式X、γ射线探伤房投入运行后，固定式X、γ射线探伤房曝光室辐射工作人员所受周有效剂量约为70.005**μSv**，年有效剂量约为3.503**mSv**，放射源暂存库辐射工作人员所受周有效剂量约为**55μSv**，年有效剂量约为**2.75mSv**，均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员的剂量约束值要求：**职业人员周有效剂量不超过100μSv，年有效剂量不超过5mSv。**

由于本项目γ射线探伤过程中辐射工作人员的受照剂量受多种不确定因素的

影响，辐射工作人员的受照射情况复杂多变，难以准确估算其年有效剂量，因此上述理论估算结果只能大致反映出辐射工作人员受照射程度。本项目辐射工作人员在工作过程中均应佩戴个人剂量计并进行职业健康体检，对于个人剂量监测结果异常的辐射工作人员，徐圩项目部应查明其剂量异常的原因并上报主管部门，同时徐圩项目部拟根据个人剂量监测结果以及健康体检结果及时对辐射工作人员工作岗位进行调整，确保其年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求。

1.1.5.8 公众周/年有效剂量估算

本项目运行后固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库周围公众人员的周/年有效剂量贡献值主要为探伤房曝光室内正常探伤作业时及放射源暂存库正常使用时，曝光室及放射源暂存库周围的公众人员受到的经过墙体和防护门屏蔽衰减后的 X、γ射线产生的有效剂量。

根据表 11-18 中的计算结果可知，本项目固定式 X、γ射线探伤房、放射源暂存库周围公众周有效剂量小于 0.033μSv，年有效剂量小于 0.002mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求，即：公众周有效剂量不超过 5μSv，年有效剂量不超过 0.1mSv。

1.2 移动式 X、γ射线探伤辐射环境影响分析

1.2.1 移动式 X 射线探伤辐射环境影响分析

本项目 X 射线探伤机拟对徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内的管道、罐体、平板件等工件进行探伤，拟探伤的工件厚度约为 2mm～50mm，实际运行过程中拟根据实际探伤工件的厚度来选择 X 射线探伤机，加强对控制区和监督区的管理和控制，工件越薄，其选取的 X 射线探伤机电压也越小。

本项目拟配备 6 台 X 射线定向探伤机，分别为 1 台 XXG-3505 型 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA），2 台 XXG-3005 型 X 射线探伤机（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA），2 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA），1 台 XXG-2005 型 X 射线探伤机（最大管电压 200kV，最大管电流 5mA）。同一探伤作业区域仅安排单个小组开展

探伤作业；各小组对应的探伤控制区、监督区相互独立、不得重叠交叉。

现场探伤时探伤机主射束方向通常与被测工件呈 90°布置，本项目预测时，拟采用主射线方向仅考虑被测工件及主射线方向采用 3mm 铅当量的铅毯进行屏蔽时的两种场景进行。

本次评价保守选取最大功率 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机（管电压为 350kV，管电流为 5mA）在满功率运行时对最大厚度为 50mm 的平板件探伤进行理论预测（定向探伤机放置于工件一侧，与工件呈 90°布置，故主射线方向考虑 1 层壁厚，即 50mmFe）。

1.2.1.1 预测模式

本次评价估算采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式（4）、公式（8）及公式（10）的推导公式：

（1）有用线束

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式（4）推导得出：

$$R=\sqrt{\frac{I\bullet\dot{H}_0\bullet B}{\dot{H}}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots（11\text{-}10）$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m^2/（mA·h）；

B：屏蔽透射因子，通过查阅《辐射防护手册 第三分册》P63 表 3.4，在 350kV 的探伤条件下，50mm 的钢保守可等效为 6mm 铅当量；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，350kV 的探伤条件下，铅的 TVL 值 6.95mm；再按公式（11-11）计算得出；

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

式中：X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的什值层厚度。

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

（2）非有用线束

①漏射线

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 X 射线装置在额定工作条件下，当 X 射线探伤机管电压＞200kV 时，X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率＜5mSv/h。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式（8）推导得出：

$$R=\sqrt{\frac{\dot{H}_L\cdot B}{\dot{H}}} \quad \text{……（11-12）}$$

式中，$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表 1；

B：屏蔽透射因子，本项目保守取 1；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

②散射线

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式（10）推导得出：

$$R_s=\sqrt{\frac{I\cdot\dot{H}_0\cdot B_s}{\dot{H}}}\bullet\sqrt{\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}} \quad \text{……（11-13）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$\dot{H}_0$：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m^2/(mA·h）；

B_s：屏蔽透射因子；

R_0：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

F：R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（m^2）；

α：散射因子，入射辐射被单位面积（1m^2）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率之比。与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以用水的α值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；计算公式中的 R_0^2/F·α因子根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 中 B.4.2 中给出的值；

R_s：散射体至关注点的距离，m。

（3）泄漏射线和散射线复合

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式（8）和公式（10）推导得出：

$$R=\sqrt{\frac{\dot{H}_L\cdot B}{H}+\frac{I\cdot\dot{H}_0\cdot B_S}{H}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(11\text{-}14)$$

1.2.1.2 预测结果

由表 11-19、表 11-21 理论计算结果可知，本项目在厂区内进行探伤且主射线方向不加任何防护时，XXG-3505 型 X 射线定向探伤机在满功率开机条件下，主射线方向控制区范围半径最大约为 363m，监督区范围半径最大为 888m，非有用线束方向控制区范围半径最大约为 140m，监督区范围半径最大约为 342m。由此可知，XXG-3505 型 X 射线定向探伤机在主射线方向不加任何防护时，探伤机满功率开机条件下非主射线方向控制区及监督区的划分范围最大：控制区范围半径最大约为 363m，监督区范围半径最大约为 888m。

为加强现场的辐射安全管理，减小监督区范围，徐圩项目部拟在各 X 射线探伤机的主射线方向采用 3mm 铅当量铅毯进行防护。由表 11-20、表 11-21 理论计算结果可知，本项目在厂区内进行探伤且主射线方向采用 3mm 铅毯进行防护后，XXG-3505 型 X 射线定向探伤机满功率开机条件下，主射线方向控制区范围半径最大约为 221m，监督区范围半径最大约为 540m，非有用线束方向控制区范围半径最大约为 140m，监督区范围半径最大约为 342m，由此可知，XXG-3505 型 X 射线定向探伤机主射线方向采用 3mm 铅毯进行防护后，探伤机满功率开机条件下，非主射线方向控制区及监督区的划分范围最大：控制区范围半径最大约为 221m，监督区范围半径最大约为 540m。

上述理论计算结果选取 X 射线探伤机满功率运行时探伤相应厚度工件进行预测，仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际运行过程中 X 射线探伤机的管电压及管电流的大小、射线水平照射角度的改变、被检测工件厚度的改变以及探伤现场的工件、墙体都会使辐射场的辐射剂量率发生改变。徐圩项目部在进行移动 X 射线探伤过程中应注意加强对控制区和监督区的管理和控制，并利用探伤区域的建筑、墙体等实体防护措施来限制射线束中的

无用射线，减少散射量，屏蔽漏射线，以降低探伤作业现场周围的辐射水平，从而缩小控制区和监督区的范围。探伤工作人员延时开机后退至控制区外操作。

在实际探伤过程中辐射工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界；在试曝光期间，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将剂量当量率在 15μSv/h 以上的范围内划为控制区，控制区边界外剂量当量率在 2.5μSv/h 以上的范围内划为监督区。

1.2.2 移动式γ射线探伤辐射环境影响分析

本项目γ射线探伤机拟对徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内的管道、罐体、平板件等工件进行探伤，^{192}Ir γ射线探伤机拟探伤的工件厚度约为 55mm～76mm，^{75}Se γ射线探伤机拟探伤的工件厚度约为 25mm～30mm，对于探伤用放射源，在检测时，由于射线能量不变，所以不仅规定了透照厚度的上限（考虑到穿透力），同时规定了透照厚度的下限（考虑到灵敏度）。在进行探伤工作前，将依据工件厚度需要选择合适的γ射线探伤机。

本项目拟用于移动探伤的有 10 台 ^{192}Ir γ射线探伤机及 14 台 ^{75}Se γ射线探伤机，^{192}Ir 及 ^{75}Se γ射线探伤机的额定装源活度均为 3.7×10^{12}Bq。同一探伤作业区域仅安排单个小组开展探伤作业；各小组对应的探伤控制区、监督区相互独立、不得重叠交叉。本项目在开展移动式γ射线探伤时，拟采用定向准直器及环形准直器限制γ射线探伤机出束方向，徐圩项目部拟为移动探伤现场提供使用的曝光头（准直器）一般为钨合金，100Ci 规格的 ^{192}Ir 探伤机，曝光头壁厚一般为 25mm（10HVL）；100Ci 规格的 ^{75}Se 探伤机，准直器壁厚一般为 25mm（35.7HVL）。

本次理论预测分别选取 ^{192}Ir 典型工况条件（源初始活度 3.7×10^{12}Bq，探伤材料保守选取 55mm 厚钢材料）及 ^{75}Se 典型工况条件（源初始活度 3.7×10^{12}Bq，探伤材料保守选取 25mm 厚钢材料），估算正常工况下控制区及监督区范围。

1.2.2.1 预测模式

现场γ射线探伤控制区根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）附录 A 所提供的控制区确定方法：

①无工件衰减时需要的控制区距离值：

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

式中：L_1—无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

A—放射源的活度，单位为兆贝可（MBq），本项目 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 放射源均取 3.7×10^{6}MBq；

Γ—周围剂量当量率常数，单位为微希沃特平方米每兆贝可每小时[μSv·m²/（MBq·h）]，本项目 ^{192}Ir 周围剂量当量率常数取 0.17μSv·m²/（MBq·h），^{75}Se 周围剂量当量率常数取 0.072μSv·m²/（MBq·h）。

②有工件衰减时需要的控制区距离值：

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{HVL_1}}} \qquad (11\text{-}16)$$

式中：L_1—无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

L_2—有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

t_1—被检测工件的厚度，单位为毫米（mm），本项目 ^{192}Ir γ射线探伤机探伤工件厚度取 55mm，^{75}Se γ射线探伤机探伤工件厚度取 25mm；

HVL_1—被检测工件的半值层厚度，单位为毫米（mm），对 ^{192}Ir 放射源，铁的半值层取 14mm，对 ^{75}Se 放射源，铁的半值层取 9mm。

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：

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{HVL_2}}} \qquad (11\text{-}17)$$

式中：L_1—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，单位为米（m）；

L_3—有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为米（m）；

t_2—源容器或其他屏蔽物厚度，单位为毫米（mm），本项目 ^{192}Ir γ射线探伤机取 25mm 钨，^{75}Se γ射线探伤机取 25mm 钨；

HVL_2—源容器或其他屏蔽物的半值层厚度，单位为毫米（mm），对 ^{192}Ir 放射源，钨的半值层取 2.5mm，对 ^{75}Se 放射源，钨的半值层取 0.7mm。

1.2.2.2 预测结果

由上表 11-23 可知，^{192}Ir γ射线探伤机在典型工况下（活度为 3.7×10^{12}Bq 的 ^{192}Ir γ射线探伤机对 55mm 厚的工件进行探伤），有用线束方向控制区的范围最大约为 53.0m，监督区的范围最大约为 130m，非有用线束方向控制区的范围最大约为 6.4m，监督区的范围最大约为 16m；^{75}Se γ射线探伤机在典型工况下（活

度为 3.7×10^{12}Bq 的 ^{75}Se γ射线探伤机对 25mm 厚的工件进行探伤），有用线束方向控制区的范围最大约为 51m，监督区的范围最大约为 125m，非有用线束方向控制区的范围约 0.5m，监督区的范围约 0.5m。

上述理论计算结果仅为本项目γ射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中，由于放射源活度的变化、探伤机的摆放位置、被检测物体的厚度改变、其形状以及探伤现场的屏蔽物对射线的遮挡，都会使辐射场的辐射剂量水平变化，从而改变控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在移动探伤工作开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将周围剂量当量率在 15μSv/h 以上的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率在 2.5μSv/h 以上的范围内划为监督区。

1.2.3 辐射工作人员和公众剂量估算

本项目移动式 X、γ射线探伤项目拟设置 24 个移动探伤小组，每个移动探伤小组 2 辐射工作人员。本项目运行后，移动式 X、γ射线探伤辐射工作人员的年有效剂量贡献值，主要包括三部分：（1）X、γ射线探伤机移动探伤作业时，受到 X、γ射线照射产生的有效剂量；（2）在从放射源暂存库内提取、归还γ射线探伤机过程中，由于近距离接触γ射线探伤机而受到的有效剂量；（3）探伤前、后贴区胶片受到的有效剂量；（4）在探伤前后进行手动送源、收源受到的有效剂量。

根据表11-27可知，本项目移动式X、γ射线探伤投入运行后，辐射工作人员所受叠加周有效剂量约为91.783μSv，叠加年有效剂量约为4.551mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过100μSv，年有效剂量不超过5mSv。

1.2.4 公众人员年有效剂量估算

根据表 11-31 可知，本项目移动式 X、γ射线探伤投入运行后，周围公众人员所受周有效剂量最大约为 0.781μSv，所受年有效剂量最大约为 0.039mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标值的要求：公众周有效剂量不超过 5μSv，年有效剂量不超过 0.1mSv。

2 放射性三废辐射环境影响分析

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目固定式 X、γ射线探伤房及移动探伤使用的γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源退役后仍有较强的放射性，γ射线探伤机退役时产生的γ射线探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，徐圩项目部已承诺γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，承诺书详见附件 4，此举符合生态环境部门的相关管理要求。徐圩项目部辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

3 非辐射环境影响分析

3.1 固体废物

本项目固定式 X、γ射线探伤房及移动探伤运行后会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16 的危险废物，每年预计产生废胶片 24kg。中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部已承诺将与有资质单位签订废胶片处理处置合同（见附件 6），探伤过程中产生的废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

3.2 废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及胶片冲洗废水，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，胶片冲洗废水拟按危险废物进行管理处置。每月预计产生废显（定）影剂 200kg，胶片冲洗废水 1500kg，每年预计产生废显（定）影剂 2400kg，胶片冲洗废水 18000kg。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，生活污水经收集后定期清运。

3.3 废气

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库内产生的 X、γ射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物通过机械排风装置经排风管道排出曝光室。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气

质量影响较小。

本项目 X、γ射线探伤机在移动探伤区域工作时，会使探伤区域的空气电离产生臭氧（O_3）和氮氧化物（NOx），最终将直接扩散在外环境中，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

事故影响分析

1 潜在事故分析

1.1 固定式 X、γ射线探伤房内 X 射线探伤可能发生的辐射事故

（1）由于安全联锁装置失灵，防护门未关闭时辐射工作人员开机工作，致使周围人员受到误照射；

（2）探伤时未进行清场，曝光室内仍有人员滞留即开始探伤作业，致使人员受到意外照射；

（3）机器调试、检修时误照射。X 射线探伤房内的 X 射线探伤机在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射；

（4）二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照射；

1.2 固定式 X、γ射线探伤房内γ射线探伤潜在事故分析

（1）γ射线探伤机放射源发生被盗事故，对社会安全及公众人身安全造成严重危害。

（2）γ射线探伤机源容器出口安全锁损坏，导致探伤机移动过程中放射源移出源容器。

（3）γ射线探伤机输源管或控制缆经过挤压、弯曲后不能保持结构完整导致放射源不能在导管内运动，造成卡源事故。

（4）γ射线探伤过程中辐射工作人员或其他人员误留在曝光室内，致使其受到大剂量照射。

（5）γ射线探伤过程中因门－机联锁失效、警告灯损坏等原因，工作人员或其他人员误入曝光室使其受到大剂量照射；曝光期间防护门未能完全关闭时，大量γ射线泄漏到曝光室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

1.3 移动式 X 射线探伤潜在事故分析

（1）X 移动探伤工作过程中，探伤机延时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成额外照射；

（2）操作人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

（3）在现场进行探伤作业时，人员误入控制区及监督区内，发生误照事故。

（4）X 射线机被盗，使 X 射线机使用不当，造成周围人员的不必要照射，

严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

1.4 移动式γ射线探伤潜在事故分析

（1）γ射线探伤装置自身的问题，不合格的射线装置或与放射源活度不匹配的射线装置导致的γ射线泄漏。

（2）γ射线探伤机在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。或者γ射线探伤机检修时，放射源从容器中掉出，将对操作工人产生很强的辐射照射。

（3）公司在日常管理时，由于管理人员疏忽或人为故意造成源丢失或偷盗事故或卡源事故，将造成严重的安全隐患。

（4）废源在供源单位还未及时回收期间，对于废源的保管不善，可能会发生被盗事故，将造成安全隐患。

（5）在现场进行探伤作业时，人员误入控制区及监督区内，发生误照事故。

（6）放射源在使用、运输和存储过程中丢失、被盗，公众有可能在不知情的情况下受到超剂量γ射线照射。

（7）γ移动探伤完成后，由于γ射线探伤机源容器出口安全锁损坏，导致放射源移出源容器脱落在γ探伤现场，导致人员受到意外照射。

2 辐射事故预防措施

2.1 固定式 X、γ射线探伤房内 X 射线探伤事故预防措施

（1）曝光室内拟设置紧急停机按钮及开门开关，若人员误入曝光室可及时按下急停按钮，停止探伤机曝光。

（2）辐射工作人员应经常检查门机联锁装置，确保安全措施完好。确保在所有防护门关闭后，X 射线探伤机才能进行照射；定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，定期对探伤机进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。制定各项管理制度并严格按要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

（3）X 射线探伤时辐射工作人员应定期使用便携式 X-γ剂量率仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

（4）制定 X 射线探伤机操作规程。凡涉及对 X 射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的

显眼位置。

（5）辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

（6）徐圩项目部在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对 X 射线探伤机进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查曝光室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测曝光室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，徐圩项目部应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时徐圩项目部应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

2.2 固定式 X、γ射线探伤房γ射线探伤事故预防措施

（1）曝光室内拟设置紧急停机按钮及开门开关，若人员误入曝光室可及时按下急停按钮，停止探伤机曝光。

（2）辐射工作人员应经常检查门机联锁装置，确保安全措施完好。确保在所有防护门关闭后，γ射线探伤机才能启动出源；每月应对γ射线探伤机进行检查、维护，每 3 个月应对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。

（3）γ射线探伤时辐射工作人员应定期使用便携式 X-γ剂量率仪进行巡检，发现异常情况应立即将放射源回收至探伤机内，并检查排除异常，并做好记录。

（4）辐射工作人员进出固定式 X、γ射线探伤房曝光室时必须携带个人剂量报警仪。

（5）制定γ射线探伤机操作规程。凡涉及对γ射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

（6）加强放射源暂存库管理，落实双人双锁制度，放射源暂存库均由 2 名辐射工作人员负责源库的保管工作，加强源容器出入放射源暂存库登记记录。

（7）辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

（8）γ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γ射线探伤装置。

（9）徐圩项目部在日常工作中应加强辐射安全管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查曝光室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测曝光室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，徐圩项目部应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时徐圩项目部应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

2.3 移动式 X 射线探伤事故预防措施

（1）定期对 X 射线探伤机进行维护，移动探伤时，先清场，在控制区边界及监督区边界设置相应的警告牌、工作信号灯等，设置专人警戒巡逻；

（2）辐射工作人员均进行专业培训，并加强管理。辐射工作人员上岗前均进行国家核技术利用辐射安全与防护考核，经考核合格后上岗，禁止考核不合格的工作人员操作射线装置。

（3）加强对 X 射线机在贮存、运输、使用现场的管理，防止发生射线机的被盗、丢失发生上述不必要照射事故（件）时，对环境只是造成暂时性的辐射污染，停机后污染随之消失。发生照射事故时应及时切断电源，必要时启动应急预案，对受照人员进行剂量评估，同时要进行医学处理。

2.4 移动式γ射线探伤事故预防措施

（1）向正规厂家购买合格探伤机，购买的放射源不得超过批准活度。每月对γ射线探伤机进行检查、维护，每 3 个月对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。

（2）制定各项管理制度并严格按要求执行，辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。同时加强放射源出入库管理，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

（3）移动γ射线探伤前应确保完全清场下进行探伤作业，辐射工作人员使用便携式 X-γ剂量率仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标的人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

（4）辐射工作人员应检查两区措施，确保各项措施完好后，γ射线探伤机才能启动。

（5）γ射线探伤时辐射工作人员应定期使用便携式 X-γ剂量率仪进行巡检，发现异常情况应立即停止将放射源回收至探伤机内，并检查排除异常，并做好记录。

（6）徐圩项目部拟制定γ射线移动探伤操作规程。凡涉及对γ射线探伤机进行移动探伤操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名辐射工作人员同时在场，辐射工作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

（7）加强放射源暂存库管理，落实双人双锁制度，放射源暂存库由 2 名专职辐射工作人员负责源库的保管工作，加强源容器出入放射源暂存库登记记录，每次拿取、存放γ射线探伤机时用便携式 X-γ剂量率仪器检验放射源回到贮存位。

（8）辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

（9）加强对γ射线探伤机的贮存、运输、使用现场的管理，防止γ射线探伤机被盗、丢失。按照相关操作规范，现场出源和回收源后进行监测，确认放射源已收回，防止放射源遗漏。

（10）定期检查便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量报警仪等，确保仪器处于正常状态。

（11）徐圩项目部在日常工作中应加强辐射安全管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查安全防护措施的有效性，并检测监督区、控制区边界的辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，徐圩项目部应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时徐圩项目部应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可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。本项目 X 射线探伤拟使用的 X 射线探伤机属于II类射线装置，γ射线探伤拟使用的 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 放射源均属于II类放射源，

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，本项目 X 射线探伤可能发生的事故主要为一般辐射事故，本项目γ射线探伤可能发生的事故主要为一般辐射事故及重大辐射事故。在发生事故后：

（1）辐射工作人员应第一时间停止放射源或射线装置操作，然后启动应急预案；

（2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（3）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，徐圩项目部应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

根据上述要求，中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部拟成立专门的辐射防护管理小组，同时确定辐射防护负责人，并以文件形式明确管理人员及辐射防护负责人的职责。徐圩项目部拟为本项目配备57名辐射工作人员，其中1名人员专职作为辐射防护负责人，4名人员专职作为放射源暂存库管理人员，48名人员作为探伤操作人员。辐射防护负责人应通过生态环境部组织的“辐射安全管理”类辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可上岗，放射源暂存库管理人员均应通过生态环境部组织的“伽马射线探伤”类辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可上岗，探伤操作人员均应通过生态环境部组织的“X射线探伤”及“伽马射线探伤”类辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可上岗。辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部门组织的相应类别的辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可再次上岗。

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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。

本项目为新建项目，徐圩项目部拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、放射源领用、归还登记制度、监测方案、台账管理制度、事故应急预案等，在实际工作中徐圩项目部还应不断对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度完善要点提出

如下建议：

探伤操作规程：明确 X、γ射线探伤辐射人员的资质条件要求、X 射线探伤机及γ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，重点是明确 X 射线探伤机及γ射线探伤机固定探伤机移动探伤操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确管理人员、操作人员、放射源暂存库管理员的岗位责任。明确辐射防护负责人负责辐射安全管理工作，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据徐圩项目部的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线探伤机、γ射线探伤机的管理、维护等均要落实到个人，明确放射源暂存库内安装监控探头，对放射源实施 24h 监控等。

设备维修制度：明确 X 射线探伤机、γ射线探伤机、便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量报警仪等维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，明确便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量报警仪的定期检定/校准，确保 X 射线探伤机、γ射线探伤机、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

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

放射源领用、归还登记制度：明确配备 4 名专职人员负责γ放射源的管理，建立γ放射源台账登记，并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度。在领用γ射线探伤机时，进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机中；探伤作业完成后，再进行放射性水平测量，确认放射源在其中，并将γ射线探伤机放回放射源暂存库，每次领用及交还均应进行详细的登记；放射源台账应定期清点检查，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。

监测方案：制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

台账管理制度：对 X 射线探伤机及γ射线探伤机使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流、放射源种类、源编码等，并对 X 射线探伤机及γ射线探伤机使用进行严格管理。

放射源运输装载查验制度：徐圩项目部作为γ射线探伤单位，应建立放射源运输装载查验制度，①明确委托人、装货人、承运人的安全职责及装运前的安全检查事项。②委托其他单位装载运输的，应规定危化品运输“五必查”：车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致；所装货物与车辆的适装性。③明确运输和装载过程中的注意事项以及突发情况下的应对处置措施。④对装载查验情况进行记录，并做好签字交接，留档备查。

放射性固体废物管理制度：明确专人管理放射性固体废物，本项目放射性固体废物主要为退役的放射源及退役γ射线探伤机屏蔽装置（贫铀罐），徐圩项目部需明确退役的放射源及退役γ射线探伤机屏蔽装置（贫铀罐）在退回厂家回收前暂存放射源暂存库内，放射源由放射源生产厂家回收处置，γ射线探伤机屏蔽装置（贫铀罐）由γ射线探伤机生产厂家回收处置。

危险废物管理制度：明确专人管理危险废物，建立危险废物台账，如实记载产生危险废物的种类、数量、利用、贮存、处置、流向等信息，并定期委托有资质的单位处理处置。

事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，徐圩项目部应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

辐射监测

本项目使用II类放射源及II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目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，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器；用于对辐射工作场所周围的辐射水平进行巡测。

徐圩项目部拟为本项目配备 26 台便携式 X-γ剂量率仪，其中固定式 X、γ射线探伤房 1 台、放射源暂存库 1 台、移动探伤项目 24 台，用于对本项目固定式 X、γ射线探伤房及移动 X、γ射线探伤项目运行时周围的辐射水平进行监测。徐圩项目部还为本项目辐射工作人员配备 53 台个人剂量报警仪。徐圩项目部仪器配备能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

徐圩项目部拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在进行探伤作业时，徐圩项目部拟定期（不少于 1 次/月）对固定式 X、γ射线探伤房和放射源暂存库周围环境的辐射水平进行监测，并在每次开展移动式 X、γ射线探伤时，对控制区及监督区边界进行巡测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员及辐射防护负责人均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时徐圩项目部拟定期安排辐射工作人员及辐射防护负责人进行职业健康体检，并建立职业健康档案。徐圩项目部还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

徐圩项目部工作场所监测计划见表 12-1。徐圩项目部在落实上述监测方案后，将满足辐射监测要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部拟针对本次X及γ射线探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

（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）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部拟依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，建立应急机构，明确人员职责分工，加强应急人员的组织、培训，完善辐射事故分类与应急响应措施，并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，徐圩项目部应立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，

在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后徐圩项目部应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部临建区位于连云港市徐圩新区西陬山徐圩核能供热发电厂内。徐圩项目部临建区东侧为厂外道路、拟建常规岛建安临建区及承包商办公楼，南侧为空地，西侧为中国核工业华兴建设有限公司徐圩项目部临建区，北侧为拟建 1-3#常规岛建安临建区及危化品库。

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建于徐圩项目部临建区西南部探伤车间内，固定式 X、γ射线探伤房与放射源暂存库相邻而建，放射源暂存库位于固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧。固定式 X、γ射线探伤房与放射源暂存库东侧为拟建厂内道路、不锈钢管道预制车间，南侧为拟建车间内过道、自购库，西侧为拟建机具存放间、车间过道及厂区中国核工业华兴建设有限公司徐圩项目部临建区预应力车间、综合仓库等，北侧为拟建车间过道、焊培车间及 EM2 预制车间。探伤车间为一层建筑，楼上、楼下均无建筑。

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库拟建址周围 50m 评价范围内无居民区、学校等敏感点，评价范围内保护目标主要为辐射工作人员、徐圩项目部临建区内其他工作人员以及评价范围内西侧核岛临建区内的公众等。

本项目移动式X、γ射线探伤现场位于徐圩核能供热发电厂核岛 1#~6#及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内，可能受到辐射影响的人群有现场辐射工作人员及徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及配套辅助用房、田湾核电站核岛及常规岛探伤现场周边评价范围内的公众，因此本项目移动探伤评价范围内的保护目标主要是本单位辐射工作人员及徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP、田湾核电站核岛及常规岛探伤现场周边评价范围内的公众。

1.2 项目分区及布局

1.2.1 固定式 X、γ射线探伤项目分区及布局

本项目固定式 X、γ射线探伤房包括曝光室及操作间，曝光室及操作间均为一层结构，固定式 X、γ射线探伤房设有迷道，固定式 X、γ射线探伤房的操作间位于曝光室西侧，曝光室内定向 X 射线探伤机可朝向南墙、北墙、地面或顶部照

射，定向 X 射线探伤机的照射方向均避开了操作室的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与曝光室分开的要求，布局设计合理。

本项目放射源暂存库拟建于固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧，放射源暂存库内设有 24 个源坑。放射源暂存库独立建设，布局设计合理。

本项目拟将固定式 X、γ射线探伤房曝光室作为本项目的辐射防护控制区，在曝光室表面防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入曝光室；拟将放射源暂存库作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 红色阴影部分），在放射源暂存库防护门表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，无关人员不得进入放射源暂存库。拟将曝光室东侧围栏区域、操作间及放射源暂存库南侧机具存放间作为辐射防护监督区，在监督区入口悬挂“无关人员禁止入内”警告牌及标明监督区的标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

1.2.2 移动式 X、γ射线探伤项目分区及布局

本项目拟于徐圩核能供热发电厂 1#~6#核岛及 BOP 内、田湾核电站核岛及常规岛内进行 X、γ射线移动探伤。移动探伤工作时，拟将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围划为控制区，并拟在其边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作。拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，并拟在其边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，必要时拟设专人警戒，禁止非辐射工作人员进入，拟采取的布局与分区措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。

1.3 辐射安全措施

1.3.1 固定式 X、γ射线探伤辐射安全措施

1.3.1.1 固定式 X、γ射线探伤房辐射安全措施

本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室的工件门及人员门均拟设计安装门机联锁装置，固定式 X、γ射线探伤房曝光室工件门口、人员门口和曝光室内均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中

的 X 射线探伤机或γ射线探伤机联锁。并拟在醒目的位置处均拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明；拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室内东北角及西南角各设计安装 1 个摄像头，在固定式 X、γ射线探伤房曝光室迷道内设计安装 1 个摄像头，在固定式 X、γ射线探伤房曝光室工件门和人员门外各设置 1 个摄像头，在固定式 X、γ射线探伤房操作间内的操作台处均拟设置专用的监视器；拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室南侧和北侧墙体各设置 3 个紧急停机按钮，在东侧和西侧墙体各设置 2 个紧急停机按钮，在迷道内墙和操作间操作台处各设置 1 个紧急停机按钮；拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室东墙内、人员门内旁各设置 1 个开门开关；拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室内西墙设计安装固定式场所辐射探测报警装置的剂量探头，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在固定式 X、γ射线探伤房的操作间内；拟在固定式 X、γ射线探伤房操作间内的操作台上设置钥匙开关；拟在固定式 X、γ射线探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置；固定式 X、γ射线探伤房曝光室迷道内拟设置照明装置。

1.3.1.2 放射源暂存库辐射安全措施

放射源暂存库防护门上拟设置电离辐射警告标志；放射源暂存库拟采用硫酸钡混凝土建造，结构上防火，放射源暂存库内不存放腐蚀性和爆炸性物品；拟配备 4 名专职人员分两班负责放射源暂存库的管理工作，放射源暂存库实行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管；放射源暂存库内及防护门门外各拟设置 1 个摄像头，监控显示器拟安装在公司 24h 值班室内，供 24h 值班人员巡视和监控；放射源暂存库入口处拟安装红外线报警装置，并与 110 联网，人员非正常进入时发出警报传送至公安系统；定期检查物品清单，确认γ射线探伤机的存放地点。建立放射源出入库台账，对放射源进、出暂存库均进行登记，对γ射线探伤机表面进行辐射监测，并记录监测结果。进出台账与监测结果存档。

1.3.1.3 操作防护措施

辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 及 5.2.1.2 要求对本项目固定式 X、γ射线探伤房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员在进入固定式 X、γ射线探伤房曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟

携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率超过设定的报警阈值报警时，辐射工作人员立即退出曝光室，同时防止其他人进入曝光室，并立即向辐射防护负责人报告；辐射工作人员拟定期测量固定式 X、γ射线探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，立即终止探伤工作并向辐射防护负责人报告；交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作；辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认固定式 X、γ射线探伤房曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

1.3.1.4 探伤设施的退役

对于有使用价值的γ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，或者进行废源报废处理，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方；掺入贫铀的屏蔽装置拟与γ射线源一样对待，徐圩项目承诺掺入贫铀的屏蔽装置由原生产厂家回收；徐圩项目部计划将 X 射线探伤机的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；当所有辐射源从现场移走后，徐圩项目部拟按监管机构要求办理相关手续；徐圩项目部计划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。

1.3.2 移动式 X、γ射线移动探伤辐射安全措施

1.3.2.1 γ射线探伤机运输和移动辐射安全措施

（1）γ射线探伤机厂内运输

本项目需要将γ射线探伤机从探伤房运输至徐圩核能供热发电厂，徐圩项目部拟配置 1 辆γ射线探伤机专用运输车，每组γ探伤工作人员 2 人。24 台γ射线探伤机共配备 1 只运输箱（5mmPb 铅钢结构）。运输人员为辐射工作人员。γ射线探伤机专用运输车辆车型为面包车或厢货车，车体长约 5m。根据项目部提供资料，每辆运输车最多同时运输 1 只运输箱，运输箱固定在运输车尾部，距车辆后座大于 1m。车体及运输箱上按照《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定粘贴相应的电离辐射警告标志、标牌等标志。运输箱外张贴电离辐射警告标

志，运输箱加锁，车内同时使用专用铁链对运输箱加以锁固。运输过程中专人负责押运。γ探伤机在车内时，车上至少保留一名押运人员，确保探伤机的安全。项目部制定相关的运输管理规定，辐射工作人员严格按照规定进行规范运输，使γ射线探伤机处于人员监视之下，防止放射源丢失或被盗。

（2）**γ射线探伤机厂外运输**

徐圩项目部拟委托有放射源运输资质的单位负责γ射线探伤机的运输，委托放射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。

徐圩项目部将确保每次运输的γ射线探伤机置于贮存铅箱内运输，该铅箱设置双人双锁，表面拟张贴当心电离辐射警告标志，只有在铅箱正确锁紧并取出钥匙后方能移动。委托运输时向承运单位提交运输说明书、辐射检测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南等。当在不涉及公用道路的厂区内移动时，使用小型车辆或手推车，使γ射线探伤机处于人员监视之下

1.3.2.2 γ射线探伤机临时贮存辐射安全措施

徐圩项目部拟配有专用的铅箱供移动γ探伤外场作业间歇或夜间无法返回时使用，该专用存储铅箱表面拟张贴当心电离辐射警告标志，并实行双人双锁管理。在临时贮存期间要求专人值守，在铅箱周围 2m 范围设置安全警戒绳，公众不允许靠近，临时贮存完毕后对铅箱周围进行巡测，确保γ射线探伤机存储在铅箱内。

1.3.2.3 移动式 X、γ射线探伤辐射安全措施

徐圩项目部拟做好探伤作业的辐射防护工作，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；探伤工作拟安排在夜间 10 点后工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护；配备监测仪表、现场屏蔽物（铅板）、防护用品及辅助用品等；现场探伤前做好人员准备；现场探伤前对γ探伤设备进行安全检查，确认探伤机内放射源安全；根据《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022、《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）、《关于γ射线探伤装置的辐射安全要求的通知》（环发〔2007〕8 号），开展现场γ探伤时采取并重点加强各项安全措施，如：将工作场所划分控制区和监督区，控制区边界外剂量率低于 15μSv/h，监督区边界外剂量率低于 2.5μSv/h，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“禁止进入放射性工

作场所”标牌，现场安全人员对控制区边界进行巡逻，探伤作业期间对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，控制放射源传输的操作位尽量设置于控制区外；在监督区边界外公众可达地点（如监督区边界）放置安全信息公示牌，在监督区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息；拟配备提示“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；夜晚作业时监督区及控制区边界拟设置照明装置；γ射线探伤的警示信号指示装置拟与探伤机联锁；现场探伤完成后必须用辐射剂量巡检仪进行检测，确认放射源回到源容器；对γ射线探伤机进行日常维护保养。

1.4 辐射安全管理

徐圩项目部拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确辐射防护负责人。徐圩项目部拟制定各项辐射安全管理制度。徐圩项目部拟为本项目配备 57 名辐射工作人员，57 名辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗；徐圩项目部拟对 57 名辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

徐圩项目部拟为本项目配备 26 台便携式 X-γ剂量率仪及 53 台个人剂量报警仪，徐圩项目部的仪器配备能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目固定式 X、γ射线探伤房曝光室内净尺寸为 16.6m（长）×10.0m（宽）×4.16m（高），曝光室四周屏蔽墙均拟采用 800mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用 600mm 硫酸钡混凝土浇筑，迷道墙均采用 800mm 硫酸钡混凝土，工件门拟采用 70mmPb+4mmFe，人员门拟采用 20mmPb+4mmFe。固定式 X、γ射线探伤房操作间西侧拟建 1 个放射源暂存库，放射源暂存库内净尺寸为 5.425m（长）×4.74m（宽）×4.60m（高），放射源暂存库四周墙体均拟采用 250mm 硫酸钡混凝土，顶部拟采用 160mm 硫酸钡混凝土浇筑，源库门拟采用 10mmPb+4mmFe。源库内设有 24 个源坑，源坑四周墙体均拟采用 200mm 硫酸钡混凝土，顶部盖板拟采用 10mmPb+4mmFe 防护。

根据理论预测结果，本项目投运后，固定式 X、γ射线探伤房曝光室及放射源暂存库周围的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的辐射剂量率限值要求。

本项目移动式 X、γ射线探伤项目运行后，X、γ移动探伤现场控制区、监督区的划定满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论分析预测，本项目固定式 X、γ射线探伤房及移动式 X、γ射线探伤项目运行后，在做好辐射安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

2.3 三废处理处置

2.3.1 放射性三废

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源退役后仍有较强的放射性，γ射线探伤机退役时产生的γ射线探伤机屏蔽装置（贫铀罐）也具有一定的放射性，徐圩项目部已承诺γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源及贫铀罐退役后，废源及贫铀罐将由原生产厂家回收，此举符合生态环境部门的相关管理要求。徐圩项目部辐射工作人员不进行换源操作，放射源退役时换源由放射源厂家工作人员进行。

2.3.2 非放射性三废

2.3.2.1 固体废物

本项目运营时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中危险废物。探伤过程中产生的废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

2.3.2.2 废水

本项目洗片过程会产生废显（定）影剂及冲洗废水。探伤过程中产生的显影、定影废液及胶片冲洗废水在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由有资质单位

处理处置。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，生活污水三次经收集后定期清运。

2.3.2.3 废气

本项目固定式 X、γ射线探伤房及放射源暂存库内产生的 X、γ射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物通过机械排风装置经排风管道排出曝光室。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目 X、γ射线探伤机在移动探伤区域工作时，会使探伤区域的空气电离产生臭氧（O_3）和氮氧化物（NOx），最终将直接扩散在外环境中，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，中国核工业二三建设有限公司徐圩项目部新建 1 座固定式 X、γ射线探伤房及移动式 X、γ射线探伤项目在落实本报告提出的各项辐射安全措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议与承诺

1.该项目运行中，应严格遵守操作规程，加强对辐射工作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2.各项辐射安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3.项目建成后企业应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资（万元）
辐射安全管理机构	公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类放射源及II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求	/
辐射安全和防护措施	固定式X、γ射线探伤房曝光室内净尺寸为16.6m（长）×10.0m（宽）×4.16m（高），曝光室四周屏蔽墙均拟采用800mm硫酸钡混凝土，顶部拟采用600mm硫酸钡混凝土浇筑，迷道墙采用800mm硫酸钡混凝土，工件门拟采用70mmPb+4mmFe，人员门拟采用20mmPb+4mmFe。固定式X、γ射线探伤房操作间西侧拟建1个放射源暂存库，放射源暂存库内净尺寸为5.425m（长）×4.74m（宽）×4.60m（高），放射源暂存库四周墙体均拟采用250mm硫酸钡混凝土，顶部拟采用160mm硫酸钡混凝土浇筑，源库门拟采用10mmPb+4mmFe。源库内设有24个源坑，源坑四周墙体均拟采用200mm硫酸钡混凝土，顶部拟采用10mmPb+4mmFe。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“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”及“对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100μSv/h”的要求	/
	固定式X、γ射线探伤房辐射安全措施： 本项目固定式X、γ射线探伤房曝光室的工件门及人员门均拟设计安装门机联锁装置，固定式X、γ射线探伤房曝光室工件门口、人员门口和曝光室内均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与使用中的X射线探伤机或γ射线探伤机联锁。并拟在醒目的位置处均拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明；拟在固定式X、γ射线探伤房曝光室内东北角及西南角各设计安装1个摄像头，在固定式X、γ射线探伤房曝光室迷道内设计安装1个摄像头，在固定式X、γ射线探伤房曝光室工件门和人员门外各设置1个摄像头，在固定式X、γ射线探伤房操作间内的操作台处均拟设置专用的监视器；拟在固定式X、γ射线探伤房曝光室工件门及人员门上设置符合标准要求的电离辐射警告标志和中文警示说明；拟在固定式X、γ射线探伤房曝光室南侧和北侧墙体各设置3个紧急停机按	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《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）及《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）中关于固定式X、γ射线探伤房及移动探伤防护措施的相关要求	/

	钮，在东侧和西侧墙体各设置 2 个紧急停机按钮，在迷道内墙和操作间操作台处各设置 1 个紧急停机按钮；拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室东墙内、人员门内旁各设置 1 个开门开关；拟在固定式 X、γ射线探伤房曝光室内西墙设计安装固定式场所辐射探测报警装置的剂量探头，辐射探测报警装置的显示装置拟安装在固定式 X、γ射线探伤房的操作间内；拟在固定式 X、γ射线探伤房操作间内的操作台上设置钥匙开关；拟在固定式 X、γ射线探伤房的电力控制箱内设置功率控制装置；固定式 X、γ射线探伤房曝光室迷道内拟设置照明装置。 **放射源暂存库辐射安全措施：** 放射源暂存库防护门上拟设置电离辐射警告标志；放射源暂存库拟采用硫酸钡混凝土建造，结构上防火，放射源暂存库内不存放腐蚀性和爆炸性物品；拟配备 4 名专职人员分两班负责放射源暂存库的管理工作，放射源暂存库实行双人双锁管理，钥匙授权专门的人员保管；放射源暂存库内及源库门门外各拟设置 1 个摄像头，监控显示器拟安装在公司 24h 值班室内，供 24h 值班人员巡视和监控；放射源暂存库入口处拟安装红外线报警装置，并与 110 联网，人员非正常进入时发出警报传送至公安系统；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。建立放射源出入库台账，对放射源进、出暂存库均进行登记，对γ射线探伤机表面进行辐射监测，并记录监测结果。进出台账与监测结果存档。 **操作防护措施：** 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 及 5.2.1.2 要求对本项目固定式 X、γ射线探伤房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员在进入 X、γ射线探伤房曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员立即退出曝光室，同时防止其他人进入曝光室，并立即向辐射防护负责人报告；辐射工作人员拟定期测量 X、γ射线探伤房曝光室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻		

区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，立即终止探伤工作并向辐射防护负责人报告；交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作；辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认固定式 X、γ射线探伤房曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

探伤设施的退役：

本项目γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源退役后仍有较强的放射性，徐圩项目部已承诺γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源退役后，废源将由原生产厂家回收。放射源购买及报废手续遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录归档保存；掺入贫铀的屏蔽装置拟与γ射线源一样对待，徐圩项目部承诺掺入贫铀的屏蔽装置由原生产厂家回收；徐圩项目部计划将 X 射线探伤机的 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获得许可机构；当所有辐射源从现场移走后，公司拟按监管机构要求办理相关手续；徐圩项目部计划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。

移动式 X、γ射线移动探伤辐射安全措施：

γ射线探伤机运输和移动辐射安全措施

（1）γ射线探伤机厂内运输

本项目需要将γ射线探伤机从探伤房运输至徐圩核能供热发电厂，徐圩项目部拟配置 1 辆γ射线探伤机专用运输车，每组γ探伤工作人员 2 人。24 台γ射线探伤机共配备 1 只运输箱（5mmPb 铅钢结构）。运输人员为辐射工作人员。γ射线探伤机专用运输车辆车型为面包车或厢货车，车体长约 5m。根据项目部提供资料，每辆运输车最多同时运输 1 只运输箱，运输箱固定在运输车尾部，距车辆后座大于 1m。车体及运输箱上按照《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）规定粘贴相应的电离辐射警告标志、标牌等标志。运输箱外张贴电离辐射警告标志，运输箱加锁，车内同时使用专

	用铁链对运输箱加以锁固。运输过程中专人负责押运。γ探伤机在车内时，车上至少保留一名押运人员，确保探伤机的安全。项目部制定相关的运输管理规定，辐射工作人员严格按照规定进行规范运输，使γ射线探伤机处于人员监视之下，防止放射源丢失或被盗。 **（2）γ射线探伤机厂外运输** 徐圩项目部拟委托有放射源运输资质的单位负责γ射线探伤机的运输，委托放射源运输时应检查运输单位车辆是否具有有效行驶证和营运证；驾驶人、押运人员是否具有有效资质证件；运输车辆、容器是否在检验合格有效期内；所装货物是否与货物运单载明的事项相一致。 徐圩项目部将确保每次运输的γ射线探伤机置于贮存铅箱内运输，该铅箱设置双人双锁，表面拟张贴当心电离辐射警告标志，只有在铅箱正确锁紧并取出钥匙后方能移动。委托运输时向承运单位提交运输说明书、辐射检测报告、核与辐射事故应急响应指南、装卸作业方法、安全防护指南等。当在不涉及公用道路的厂区内移动时，使用小型车辆或手推车，使γ射线探伤机处于人员监视之下 **γ射线探伤机临时贮存辐射安全措施** 徐圩项目部拟配有专用的铅箱供移动γ探伤外场作业间歇或夜间无法返回时使用，该专用存储铅箱表面拟张贴当心电离辐射警告标志，并实行双人双锁管理。在临时贮存期间要求专人值守，在铅箱周围 2m 范围设置安全警戒绳，公众不允许靠近，临时贮存完毕后进行巡测，确保γ射线探伤机的存储安全。 **移动式 X、γ射线探伤辐射安全措施** 徐圩项目部拟做好探伤作业的辐射防护工作，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；探伤工作拟安排在夜间 10 点后工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护；配备监测仪表、现场屏蔽物（铅板）、防护用品及辅助用品等；现场探伤前做好人员准备；现场探伤前对γ探伤设备进行安全检查，确认探伤机内放射源安全；根据《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022、《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）、《关于γ射线探伤装置的辐射安全要求的通知》（环发〔2007〕8 号），开展现场γ探伤时采取并重点加强各项安全措施，如：将工作场所划分控制区和监督区，控制区边界外剂量率低于 15μSv/h，监督区边界外剂量率低于 2.5μSv/h，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“禁止进入放射性工作场所”标牌，现场安全人员对控制区边界进行巡逻，探伤作业期间对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，控制放射源传输的操作位尽量设置于控制区外；在监督区边界外公众可达地点（如监督区边界） 放置安全信息公示牌，在监督区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息；拟配备提示“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；夜晚作业时监督区及控制区边界拟设置照明装置；γ射线探伤的警示信号指示装置拟与探伤机联锁；现场探伤完成后必须用辐射剂量巡检仪进行检测，确认放射源回到源容器；对γ射线探伤机进行日常维护保养。		
人员配备	徐圩项目部拟为本项目配备 57 名辐射工作人员，拟配备的 57 名辐射工作人员均拟通过生态环境部培训平台上的线上考核后上岗 拟委托有资质的单位对本项目 57 名辐射工作人员开展个人剂量监测（不超过 3 个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案 徐圩项目部拟每两年组织本项目 57 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求	定期投入
监测仪器和防护用品	徐圩项目部拟为本项目配备 26 台便携式 X-γ 剂量率仪及 53 台个人剂量报警仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目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，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	/
辐射安全管理制度	徐圩项目部拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射	/

	告的要求补充γ探伤相关制度，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。	线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。	

以上措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见   经办人签字　　公章 年　月　日
审批意见：   经办人签字　　公章 年　月　日