

检索号	2021-HP-0077
-----	--------------

核技术利用建设项目

中国核工业第五建设有限公司漳州核电项目部

移动式 X、 γ 射线探伤项目

环境影响报告表

(公开本)

中国核工业第五建设有限公司漳州核电项目部

2021 年 6 月

核技术利用建设项目

中国核工业第五建设有限公司漳州核电项目部

移动式 X、 γ 射线探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：中国核工业第五建设有限公司漳州核电项目部

建设单位法人代表（签名或签章）：_____

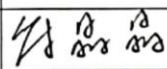

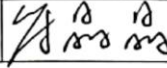
通讯地址：福建省漳州市云霄县列屿镇政府大院 101 室

邮政编码：363308 联系人：杨涛

电子邮箱：/ 联系电话：/

打印编号: 1624495301000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	j295n2		
建设项目名称	中国核工业第五建设有限公司漳州核电项目部移动式X、 γ 射线探伤项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	中国核工业第五建设有限公司		
统一社会信用代码	91350622MA343PP26U		
法定代表人 (签章)	陈振		
主要负责人 (签字)	张红		
直接负责的主管人员 (签字)	杨涛		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	江苏辐环环境科技有限公司		
统一社会信用代码	913201003393926218		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
符晶晶	2015035320350000003510320304	BH005877	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
卢艺	表1项目基本情况、表2放射源、表3非密封放射性物质、表4射线装置、表5废弃物 (重点是放射性废弃物)、表6评价依据、表7保护目标与评价标准、表8环境质量和辐射现状、表9项目工程分析与源项、表10辐射安全与防护	BH040622	
符晶晶	表11环境影响分析、表12辐射安全管理、表13结论与建议	BH005877	

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	19
表 9 项目工程分析与源项	21
表 10 辐射安全与防护	30
表 11 环境影响分析	41
表 12 辐射安全管理	59
表 13 结论与建议	69

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中国核工业第五建设有限公司漳州核电项目部 移动式 X、γ 射线探伤项目			
建设单位		中国核工业第五建设有限公司漳州核电项目部			
法人代表		陈振	联系人	杨涛	联系电话 /
注册地址		福建省漳州市云霄县列屿镇政府大院 101 室			
项目建设地点		福建省漳州市东山湾云霄县列屿镇刺仔尾（福建漳州核电厂厂区内）			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 （万元）		500	项目环保投资 （万元）	150	投资比例（环保 投资/总投资） 30%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ） 约 55
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 项目概述

1.1.1 建设单位基本情况

中国核工业第五建设有限公司漳州核电项目部成立于 2020 年 6 月，为中国核工业第五建设有限公司（简称“中核五公司”）的分公司，中核五公司组建于 1964 年，隶属于中国核工业集团有限公司，是中国核工业建设股份有限公司重要成员单位。公司是以国防工程、核工程、核电工程和工业与民用建筑安装工程业务为主的大型综合性建筑安装企业。

福建漳州核电厂位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾，业主单位为中核国电漳州能源有限公司，中国核电工程有限公司为漳州核电工程的总承包商，中核五公司承担了常规岛及 BOP 子项安装的重要工作，因此公司专门设立了漳州核电项目部作为中核五公司

在漳州核电工程建设项目的授权机构，负责实施漳州核电工程建设项目管理活动，常规岛及 BOP 子项的安装工作范围包括设备、管道、电气、仪控、通防等相关专业，公司具有专业的施工资质以及深厚的安装经验，重要岗位和关键岗位都是具有资深工作经验的人员。

1.1.2 项目建设规模

一、项目概况及由来

根据项目建设需要，中核五公司漳州核电项目部拟配备 3 台 X 射线探伤机和 6 台 γ 射线探伤机（使用 5 枚 ^{192}Ir 放射源和 1 枚 ^{75}Se 放射源），在漳州核电厂厂区内开展移动式 X、 γ 射线探伤项目，为业主单位提供现场探伤检测服务，探伤区域主要为漳州核电厂常规岛及 BOP 子项辅助用房内；中核五公司漳州核电项目部拟将公司原预留仓库改建为放射源库和库房，放射源库用于单独贮存本项目 γ 射线探伤机，库房用于存放 X 射线探伤机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施；项目配套的暗室、评片室等辅助用房拟设置于中核五公司生产预制车间内东部二层，位于放射源库东南侧约 300m 处。

本项目核技术利用情况见表 1-1。

表 1-1 中核五公司漳州核电项目部核技术应用情况一览表

放射源								
序号	放射源名称	数量(枚)	单枚活度 (Bq)	放射源类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	
1	^{192}Ir	5	3.7×10^{12}	II	漳州核电厂厂区内	使用	新建项目 本次环评	
2	^{75}Se	1	3.7×10^{12}	II				
射线装置								
序号	射线装置名称及型号	数量(台)	管电压(kV)	管电流(mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况
1	X 射线探伤机(型号未定)	3	350	5	II	漳州核电厂厂区内	使用	新建项目 本次环评

中核五公司漳州核电项目部无其他核技术利用设备应用，本次属中核五公司漳州核电项目部首次开展核技术利用建设项目。为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，其应办理核技术应用项目环境影响评价手续。

本项目为使用 II 类放射源、使用 II 类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），应编制环境影响报告表。受中核五公司漳州核电项目部的委托，江

苏辐环环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场勘察、现场检测（委托江苏核众环境监测技术有限公司检测）等工作的基础上，编制了该核技术应用项目环境影响报告表。

二、项目定员及年工作时间

本项目现场移动探伤时每个探伤小组均仅使用 1 台 X 射线或 γ 射线探伤机。初期、高峰期拟配备探伤设备及辐射工作人员数量等情况见表 1-2，预计探伤时间见表 1-3。

表 1-2 本项目初期、高峰期拟配备探伤设备及辐射工作人员数量等情况一览表

项目运行期	探伤设备数量（台）		辐射工作人员数量（名）			现场探伤小组（个）
	γ 射线探伤机	X 射线探伤机	探伤操作人员	源库管理人员	厂内运输专车司机	
初期	5	2	不少于 10	2	2（1 名专职、1 名兼职）	3
高峰期	6（ ^{192}Ir 探伤机 5 台， ^{75}Se 探伤机 1 台）	3	不少于 12	2	2（1 名专职、1 名兼职）	6

注：每台 γ 射线探伤机均配备 2 名探伤操作人员；每个探伤小组现场探伤时至少 2 名探伤操作人员同时在场，并指定 1 人为现场安全员。

表 1-3 本项目预计探伤时间一览表

探伤设备最大年总探伤时间		单名探伤操作人员最大年总探伤时间	
初期	高峰期	初期	高峰期
每个探伤小组不多于 200h，共 3 个探伤小组	每个探伤小组不多于 250h，共 6 个探伤小组	不多于 200h	不多于 250h

1.2 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目放射源库、库房、暗室、评片室等辅助用房和移动探伤现场均位于福建漳州核电厂厂区内，福建漳州核电厂位于福建省漳州市东山湾云霄县岭屿镇刺仔尾。

放射源库和库房拟由原预留仓库改建，为一层建筑，位于厂区北部生产临建区域的北部，源库拟改建址东侧依次为空地、中国核工业二三建设有限公司（以下简称“中核二三公司”）试验室、道路和中核二三公司通风保温车间，南侧依次为中核二三公司探伤房、道路、中核二三公司材料堆场，西侧依次为拟建气体库、纬五路和厂区边界，北侧依次为空地、纬五路、厂区边界和海域，东北侧依次为道路、拟建污水处理设施、纬五路。

根据现场调查可知，本项目放射源库周围 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点；放射源库与周围非辐射工作场所分开布设，根据理论估算，项目运行时对周围环境辐射影响较小，项目选址合理。放射源库环境保护目标主要是项目辐射工作人员和评价范围内的公众。

公司在漳州核电厂厂区内实施现场探伤之前，必须开具探伤作业票，应对工作环境进行全面的评估，评估内容应至少包括工作地点的选择、警戒的安全距离、附近的公众、探伤时间等，探伤时间应尽量选择在夜晚 10 点后进行，应保证探伤过程中的辐射安全，确保进行现场探伤的选址合理可行。公司在漳州核电厂厂区内实施现场探伤时，可能受到辐射影响的人群有公司现场辐射工作人员、漳州核电厂厂区内其他工作人员等，环境保护目标主要是公司现场辐射工作人员、漳州核电厂厂区内其他工作人员等。

1.3 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。

1.4 代价利益分析

中核五公司漳州核电项目部因业务发展需要，拟在漳州核电厂厂区内开展移动式 X、 γ 射线探伤项目。该项目的运行可提高产品质量，可提高核电厂常规岛及 BOP 子项辅助用房等建筑质量，在确保核电站安全度运行中起到了重要作用，具有良好的社会效益和经济效益。本项目总投资 500 万元，其中环保投资 150 万元，占总投资的 30%，与同类项目环保投资指标相比，本项目环保投资比例合理、适当，可保证环保措施的落实。根据下文分析，本项目经辐射防护屏蔽和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。

因此，从代价利益方面分析，本项目获得的利益远大于对环境的影响，具有明显的经济效率、社会效益，该项目的建设符合《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。

1.5 项目环保投资

本项目环保投资明细见表 1-4。

表 1-4 本项目环保投资明细一览表

序号	项目	投资金额 (万元)
1	放射源库的改建及防护施工	115
2	辐射安全装置和保护措施（电离辐射警告标志、监控摄像装置、红外报警装置、警戒线（绳）、警告牌等）	8
3	放射源库通风系统	1
4	个人剂量监测、辐射安全与防护培训及考核	5
5	辐射监测仪器	15

6	辐射安全规章制度上墙、竣工环保验收	6
合计		150

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	3.7×10 ¹² Bq×5 枚	II	使用	无损检测	漳州核电厂厂区内	贮存在 γ 射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内	/
2	⁷⁵ Se	3.7×10 ¹² Bq×1 枚	II	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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线管，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	3	型号未定	350	5	无损检测	漳州核电厂厂区内	定向机或周向机
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度	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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	最终排入大气
显影、定影废液	液态	/	/	/	≤5000kg	/	显影、定影废液收集于收集桶内，废胶片收集于防漏胶袋内，后统一暂存于公司漳州核电项目部危废存放间	集中收集并委托有资质单位回收处理
废胶片	固态	/	/	/	≤700 张	/		
退役 ¹⁹² Ir 放射源	固态	¹⁹² Ir	使用约 180 天后退役，退役时活度约为 $6.9 \times 10^{11} \text{Bq}$	/	/	/	贮存在 γ 射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内	由原生产厂家回收处理
退役 ⁷⁵ Se 放射源	固态	⁷⁵ Se	使用约 360 天后退役，退役时活度约为 $4.6 \times 10^{11} \text{Bq}$	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m³，年排放总量用 kg。
 2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/ m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订版), 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 年修正版), 2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日起实施</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(修订版), 国务院令 第 709 号, 2019 年 3 月 18 日起施行</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订), 2017 年 10 月 1 日起实施</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版), 生态环境部令 第 20 号, 自 2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(7) 《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</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环保部令 第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录(2019 年本)》, 中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 29 号, 自 2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(10) 《关于发布放射源分类办法的公告》, 原环境保护总局公告 2005 年第 62 号</p> <p>(11) 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 日起施行</p> <p>(12) 《关于发布放射源分类办法的公告》, 国家环境保护总局公告 2005 年 第 62 号</p> <p>(13) 《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</p> <p>(14) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局, 环发[2006]145 号</p> <p>(15) 《福建省环境保护条例》(修订版), 2012 年 3 月 31 日起施行</p> <p>(16) 《关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求》, 国家环境保护总局文件, 环发[2007]8 号</p>
------	---

- (17)《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》，环境保护部办公厅函，环办函[2014]1293号
- (18)《关于进一步加强移动放射源辐射安全管理的通知》，闽环保辐射〔2014〕8号
- (19)《福建省生态环境厅关于进一步规范 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》，闽环保辐射〔2019〕5号，2019年4月24日发文
- (20)《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10号，2013年3月15日印发
- (21)《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令第562号，2010年1月1日起施行
- (22)《放射性物品运输安全许可管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第11号，2010年11月1日起施行
- (23)《放射性物品运输安全监督管理办法》，环保部令第38号，2016年5月1日起施行
- (24)《放射性物品道路运输管理规定》（2016年修正版），交通运输部令2016年第71号，2016年9月2日发布
- (25)关于发布《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）等3项国家污染物控制标准修改单的公告，环境保护部公告2013年第36号
- (26)《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
- (27)《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
- (28)《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日生成
- (29)《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训考核工作有关事项的通知》，环办辐射函[2019]853号
- (30)《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

技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)</p> <p>(4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(6) 《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)</p> <p>(7) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)</p> <p>(8) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)</p> <p>(9) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)</p> <p>(10) 《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)</p>												
其他	<p>参考资料:</p> <p>(1) 《辐射防护导论》，方杰主编</p> <p>(2) 《辐射防护手册—第三分册》，李德平、潘自强主编</p> <p>(3) 《辐射防护技术与管理》，张丹枫、赵兰才编著</p> <p>(4) 《中国环境天然放射性水平》，国家环境保护局，1995 年</p> <p>福建省漳州市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射空气吸收剂量率 (单位: nGy/h)</p> <table border="1" data-bbox="384 1205 1406 1420"> <thead> <tr> <th></th> <th>原野 γ 辐射剂量率</th> <th>道路 γ 辐射剂量率</th> <th>室内 γ 辐射剂量率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>范围</td> <td>61.5~334.3</td> <td>82.4~399.1</td> <td>102.0~351.7</td> </tr> <tr> <td>均值\pm标准差</td> <td>110.9\pm68.9 (按点加权)</td> <td>149.7\pm89.7</td> <td>199.6\pm69.4 (按点加权)</td> </tr> </tbody> </table>		原野 γ 辐射剂量率	道路 γ 辐射剂量率	室内 γ 辐射剂量率	范围	61.5~334.3	82.4~399.1	102.0~351.7	均值 \pm 标准差	110.9 \pm 68.9 (按点加权)	149.7 \pm 89.7	199.6 \pm 69.4 (按点加权)
	原野 γ 辐射剂量率	道路 γ 辐射剂量率	室内 γ 辐射剂量率										
范围	61.5~334.3	82.4~399.1	102.0~351.7										
均值 \pm 标准差	110.9 \pm 68.9 (按点加权)	149.7 \pm 89.7	199.6 \pm 69.4 (按点加权)										

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用 II 类射线装置和 II 类放射源进行移动式探伤作业， γ 射线探伤机不用时贮存在放射源库内，放射源库和移动探伤作业区域均位于漳州核电厂厂区内，其中移动探伤作业区域主要位于常规岛及 BOP 子项辅助用房内。

根据《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的要求，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）。本项目放射源库的评价范围取源库边界外延 50m 的区域，移动式 X、 γ 射线探伤的评价范围取现场探伤时探伤装置外 100m 的区域，若 100m 处仍在监督区范围内，则评价范围扩大至监督区边界。

7.2 保护目标

本项目放射源库周围 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，环境保护目标主要是项目辐射工作人员和评价范围内的公众；移动式 X、 γ 射线探伤项目环境保护目标主要是公司现场辐射工作人员、漳州核电厂厂区内的其他工作人员等。

本项目环境保护目标情况见表 7-1。

表 7-1-1 放射源库环境保护目标情况

环境保护目标名称		位置	方位	与源库最近距离	人口规模	保护要求
辐射工作人员	源库工作人员	从事辐射工作时：位于源库内	源库内	/	2 人	年剂量不超过 5mSv/a
		其余工作时间：位于公司临建综合车间办公室内	东南侧	300m		
公众		中核二三公司探伤房	南侧	0m	约 12 人	年剂量不超过 0.25mSv/a
		中核二三公司试验室	东侧	15m	项目现处于建设阶段，人口规模不确定	
		周围空地、道路、纬五路	东侧、南侧、西侧、北侧	0m		
		材料堆场一	南侧	19m		
		气体库	西侧	11m		
		污水处理设施	东北侧	11m		

表 7-1-2 移动式 X、 γ 射线探伤环境保护目标情况

环境保护目标名称		位置	方位	距离	人口规模	保护要求
辐射工作人员	探伤操作人员	控制区外	探伤现场周围	距控制区边界 $\geq 0.3\text{m}$	12 人，确保每台 γ 射线探伤机均配备 2 名探伤操作人员	年剂量不超过 5mSv/a
	现场安全员				由探伤操作人员兼任	
	γ 射线探伤机厂内运输司机	运输专车驾驶位	/	距离 γ 射线探伤机最近约 2.8m	2 人	
	押运员	运输专车驾驶室内	/	距离 γ 射线探伤机最近约 1.8m	由探伤操作人员兼任	
公众	漳州核电厂厂区内的其他工作人员等	监督区外	探伤现场周围	距监督区边界 $\geq 0.3\text{m}$	项目现处于建设阶段，人口规模不确定	年剂量不超过 0.25mSv/a

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 7-2 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 。

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域

域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

6.4.2 监督区

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

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/a~0.3mSv/a) 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。

(2) 《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)

7 移动式探伤的附加要求

7.3 移动式探伤要求：进行探伤作业前，应将工作场所划分为控制区和监督区。

7.3.1 控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。控制区距离的估算方法可参加附录 C。

7.3.2 在控制区边界上用现存的结构如墙、暂时的屏障或绳索、带子制作的警戒线等围住控制区。

7.3.3 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的“禁止进入放射工作场所”标牌。

7.3.4 探伤作业期间应安排人员对控制区边界进行巡逻，未经许可人员不得进入边界内。

7.3.5 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者辐射束的方向发生改变时，如有必要可调整控制区的边界。

7.3.6 监督区位于控制区外，允许与探伤相关的人员在次区活动，培训人员或探伤者也可进入该区域。其外界空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ，边界应有电离辐射警告标志标牌，公众不得进入该区域。

8 放射源的安全

8.2 放射源的储存和领用

8.2.1 探伤使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤装置）的储存库。储存库

应为单独的建筑，不能和爆炸物品、腐蚀性物品一起存放。储存库的相应位置设置电离辐射警告标志。源容器出入源库时应进行监测并有详细记录。

10 事故应急要求

10.1 γ 探伤应用单位应成立应急组织，并明确参与应急准备与响应的每个人、小组或组织的角色和责任。

10.2 γ 探伤应用单位应制定出合适的应急预案及其中必要的应急程序，应急预案和程序应简单、容易理解且尽可能减少源对附近人员的照射。应指明需要采取的应急行动及其主要特征和必须物品。

10.3 应急程序中应确定参与应急响应的人员，如辐射防护负责人、监管机构、临床医生、制造商、应急服务组织、合格专家和其他人员，并包括其姓名、电话号码等必要信息。

10.4 应制定应急计划培训、演习计划，定期对人员进行培训和演习，提高执行应急程序的能力。

10.5 γ 探伤应用单位应保证对外联络畅通，以确保与公安、消防和医学救治部门的联络。

10.6 γ 探伤应用单位应配备适当的应急响应设备，参见附录 D。

11.6 移动探伤控制区、监督区边界剂量率的监测

11.6.1 监测方法及结果评定

在探伤机处于照射状态，用便携式辐射测量仪从探伤位置四周由远及近测量空气辐射剂量率，直到 $15\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 为控制区边界，到 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 为监督区边界。收回放射源至屏蔽位置后，在探伤位置四周以该剂量的等剂量线为基础，确定控制区边界和监督区边界。

11.6.2 监测周期

每次移动探伤作业前，凡属下列情况之一应由有资质的放射卫生技术服务机构进行此项监测：

- a) 新开展现场 γ 射线探伤的单位；
- b) 每年抽检一次；
- c) 在居民区进行的现场探伤；
- d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 5mSv 。

11.7 放射工作人员的个人监测

11.7.1 γ 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ128 的要求进行个人外照射监测。

11.7.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急剂量监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

11.7.3 使用单位防护负责人应事先制定人员受照的调查水平，当作业人员受到的照射超过此水平时应通知防护负责人。

(3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

5 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

5.1.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，如果每周实际开机时间明显不同于 7h ，控制区边界周围剂量当量率应按式（1）计算：

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \quad (1)$$

式中：

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

t ——每周实际开机时间，单位为小时（ h ）；

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

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

5.1.6 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。

5.3.1 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。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

5.3.3 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。

5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标识和警告标语等提示信息。

5.5.1 开始现场探伤之前，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。

5.5.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方看不到，应安排足够的人员进行巡查。

5.5.3 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。

5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确保剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.5 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

6.3.1 使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区与监督区。

6.3.2 当 X 射线探伤装置、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，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

6.3.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

6.3.5 探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确定探伤机确已停止工作。

(4) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)

项目施工期场界环境噪声排放限值见表 7-3。

表 7-3 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位：dB

昼间	夜间
70	55

(5) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)

(6) 《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)

(7) 项目管理目标

综合考虑 GB 18871-2002、GBZ 132-2008 与 GBZ 117-2015，确定本项目的管理目标为：

辐射环境剂量率控制水平：放射源库外表面若能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的水平；**移动探伤作业控制区边界外空气比释动能率应不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界外空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。**

年有效剂量控制水平：职业人员年有效剂量不超过 **5mSv**，公众年有效剂量不超过 **0.25mSv**。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目放射源库、库房、暗室、评片室等辅助用房和移动探伤现场均位于福建漳州核电厂厂区内，福建漳州核电厂位于福建省漳州市东山湾云霄县岭屿镇刺仔尾。

放射源库和库房拟由原预留仓库改建，为一层建筑，位于厂区北部生产临建区域的北部，源库拟改建址东侧依次为空地、中核二三公司试验室、道路和中核二三公司通风保温车间，南侧依次为中核二三公司探伤房、道路、中核二三公司材料堆场，西侧依次为道路、拟建气体库、纬五路和厂区边界，北侧依次为空地、纬五路、厂区边界和海域，东北侧依次为道路、拟建污水处理设施、纬五路。

8.2 环境现状检测

本项目为使用 II 类射线装置和 II 类放射源进行移动式探伤作业，放射源库和移动式探伤作业区域均在漳州核电厂厂区内，移动式探伤作业区域不固定，主要位于漳州核电厂厂区内的常规岛及 BOP 子项辅助用房内。本项目主要调查放射源库拟改建址及周围环境的辐射水平现状。

1、检测因子、检测频次

检测因子：X- γ 辐射剂量率

检测频次：每个检测点位读 10 个数据，读数间隔 10s

2、检测点位布设

在放射源库拟改建址及周围环境共计布点 5 个，各测点离地面高度 1m。

3、检测单位、检测时间和检测仪器

检测单位：江苏核众环境监测技术有限公司

检测时间：2021 年 3 月 18 日

检测天气：晴，温度：25℃，相对湿度：68%

检测仪器名称：辐射检测仪

仪器型号：AT1123，仪器编号：55045，能量响应范围：15keV~3MeV，量程：50nSv/h~10Sv/h，检定有效期：2020.6.17~2021.6.16，检定单位：江苏省计量科学研究院，证书编号：Y2020-0050543

4、质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证（证书编号：171012050259），具备有相应的检测资质和检测能力；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核；

⑤检测报告实行三级审核。

5、检测结果及评价

本项目环境天然贯穿辐射水平检测结果见表 8-1。

表 8-1 本项目环境天然贯穿辐射水平检测结果

序号	检测点位描述	检测结果 (nSv/h)	备注
1	放射源库拟改建址	246	中核二三公司探伤房未工作，已上锁，人员无法进入
2	放射源库拟改建址东侧（空地）	206	
3	中核二三公司试验室西侧 （距放射源库拟改建址约 15m）	197	
4	放射源库拟改建址南侧 （中核二三公司探伤房南侧道路上）	190	
5	放射源库拟改建址西侧 （库房拟改建址）	238	
6	放射源库拟改建址北侧（空地）	197	

注：上表数据未扣仪器宇响值。

根据检测结果可知，本项目放射源库拟改建址及周围环境贯穿辐射剂量率为（190~246）nSv/h，即 γ 空气吸收剂量率为（158~205）nGy/h（本项目检测仪器使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源时，根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），换算系数取 1.20Sv/Gy），处于《中国环境天然放射性水平》中福建省漳州市室内及道路 γ 辐射空气吸收剂量率正常范围内（室内（102.0~351.7）nGy/h）、道路（82.4~399.1）nGy/h）。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

1、X 射线探伤机

X 射线探伤机主要由以下各部分组成：X 射线发生器、控制器以及电源电缆、连接电缆等附件。常见 X 射线探伤机外形示意图 9-1。



图 9-1 常见 X 射线探伤机外形示意图

X 射线发生器为组合式结构，高电压变压器（包括 X 射线管灯丝绕组）和 X 射线管安装在同一管桶内，管桶用铝加工而成，而且是密封的内部充有六氟化硫（ SF_6 是氟化学制品的一种）绝缘气体，它对于高电压有良好的电绝缘性能。X 射线发生器结构示意图 9-2。

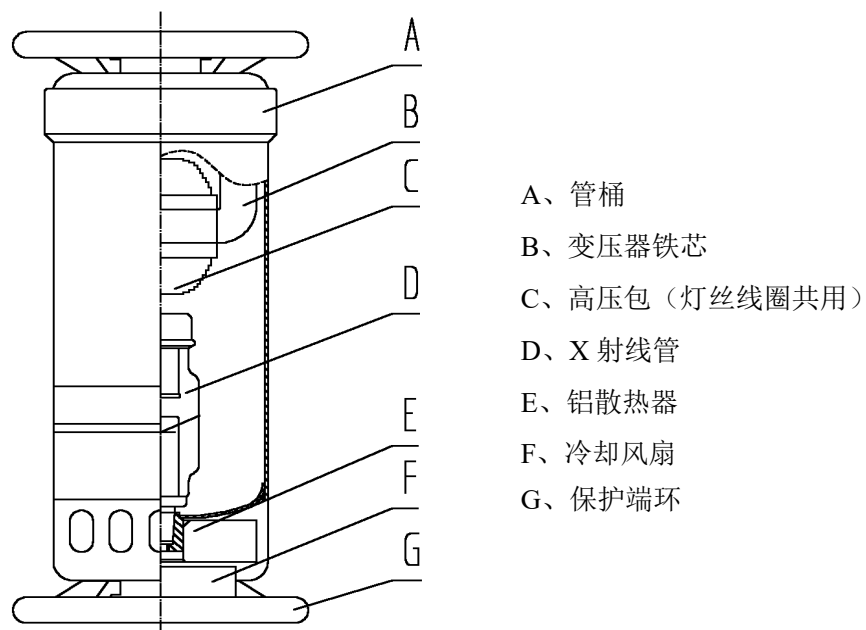


图 9-2 X 射线发生器结构示意图

为便于 X 射线管散热采用了阳极接地方式，在阳极靶伸出端安装一个多叶片的铝散热器，并在散热器上装有风扇，用风扇强迫冷却，以加强散热效果。在管桶内还铺设了一层防散射用的铅板。

其次，另外在管桶内铁芯和外部散热器上各装有一个温度继电器，用于防止温度过高而损坏机器。发生器上有射线警示用的闪光灯电源，可以进行射线警示。X 射线发生器两端安装有端环，可使其立放或卧放，方便搬运。

本项目拟配备 3 台 X 射线探伤机，探伤机型号未定，最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA。

2、 γ 射线探伤机

γ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置、和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，转动快门环操作偏心轮，使偏心轮中的曝光通道和源通道对直，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，操作遥控装置将放射源移出源容器至照射头，进行曝光照相检测。常用 γ 射线探伤机结构见图 9-3、图 9-4，常见 γ 射线探伤机外形示意图 9-5。

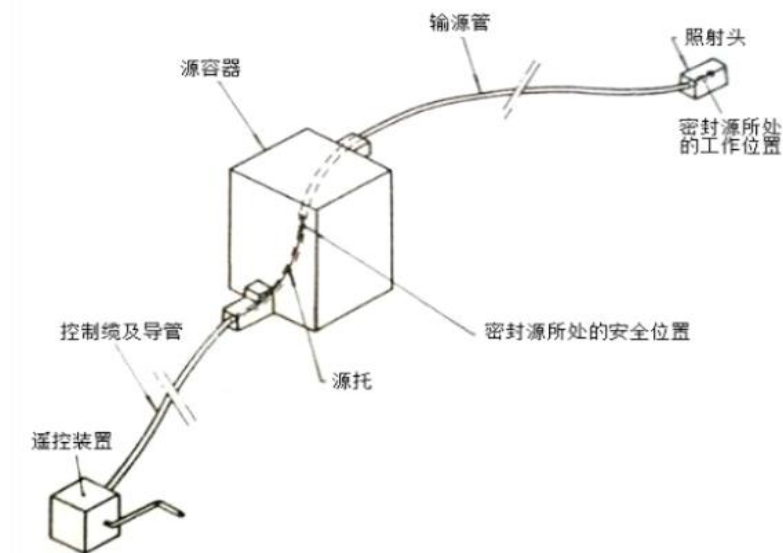


图 9-3 常用 γ 射线探伤机外部结构示意图

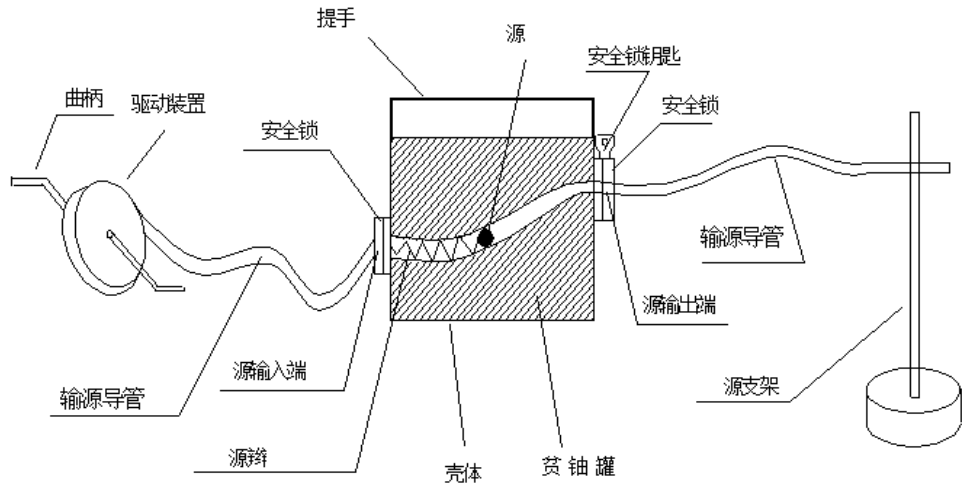


图 9-4 常用 γ 射线探伤机内部构造示意图

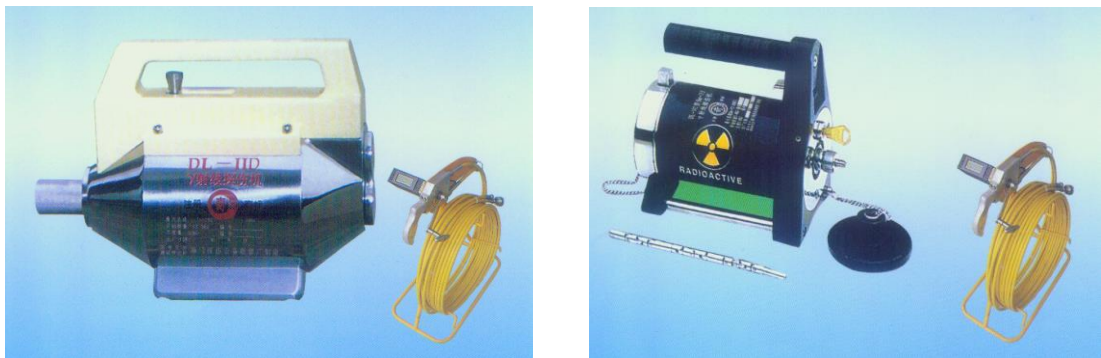


图 9-5 常见 γ 射线探伤机外形示意图

本项目拟配备 6 台 γ 射线探伤机，使用 5 枚 ^{192}Ir 放射源和 1 枚 ^{75}Se 放射源，单枚放射源最大活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ 。

本项目放射源均由有资质供货商提供，放射源新源的安装及运输、退役废源的回收及运输、探伤机的维修均由供货商按法律法规要求派专业人员进行。

9.1.2 工作原理

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。

X 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，射线减弱强度越大，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，其减弱强度较小，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、 γ 射线探伤机工作原理

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，当射线在穿过裂缝等缺陷部位时其衰减明显减少，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缺陷所在的位置， γ 射线探伤机据此实现探伤目的。

9.1.3 工作流程

本项目移动式 X、 γ 射线探伤前现场安全员将按照工作计划划定探伤区域并设置警戒设施，探伤操作人员进行远距离操作，对被测工件进行无损检测。

1、移动式 X 射线探伤工作流程

移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意如图 9-6 所示，工作流程如下：

①接受任务单；

②现场探伤工作之前，探伤工作人员对工作环境进行评估，与委托单位协商适当的地点和探伤时间（尽量选择在夜晚 10 点后进行探伤作业）；

③探伤地点和时间确定后，发布 X 射线探伤通知，委托单位开具探伤作业票；

④探伤操作人员提前至仓库领取探伤装置，确认无误后，将探伤装置运输至探伤现场，将探伤装置放到指定的拍片位置；

⑤探伤操作人员根据经验及理论估算初步划定控制区和监督区边界；

⑥探伤操作人员对探伤现场进行清场，确保场内无其他人员后，设置安全警戒措施，连接好 X 射线探伤机控制部件；

⑦探伤操作人员将探伤机控制台放置在探伤区域外，并尽量远离探伤区域，在控制台处设置开机电压等参数进行延时试曝光，退至控制区外，并携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修正，并记录巡测结果，重新确定控制区、监督区边界，并重新设置安全警戒措施。开机试曝光过程中将产生 X 射线污染，同时 X 射线电离空气将产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）；

⑧探伤操作人员在工件需检测的部位贴上感光胶片并按下延时曝光按钮，立即退至控制区外，开始延时曝光检测。曝光检测过程中将产生 X 射线污染，同时 X 射线电离空气将产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）；

⑨达到预定照射时间和曝光量后探伤操作人员携带个人剂量报警仪和巡测仪进入

控制区，收回 X 射线探伤机，取下胶片，探伤结束，探伤操作人员解除现场警戒；

⑩探伤操作人员携带探伤装置离开现场，将探伤装置归还至仓库；

⑪评片人员在漳州核电厂厂区暗室内对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，出具检测报告。洗片作业将产生显影、定影废液和废胶片。

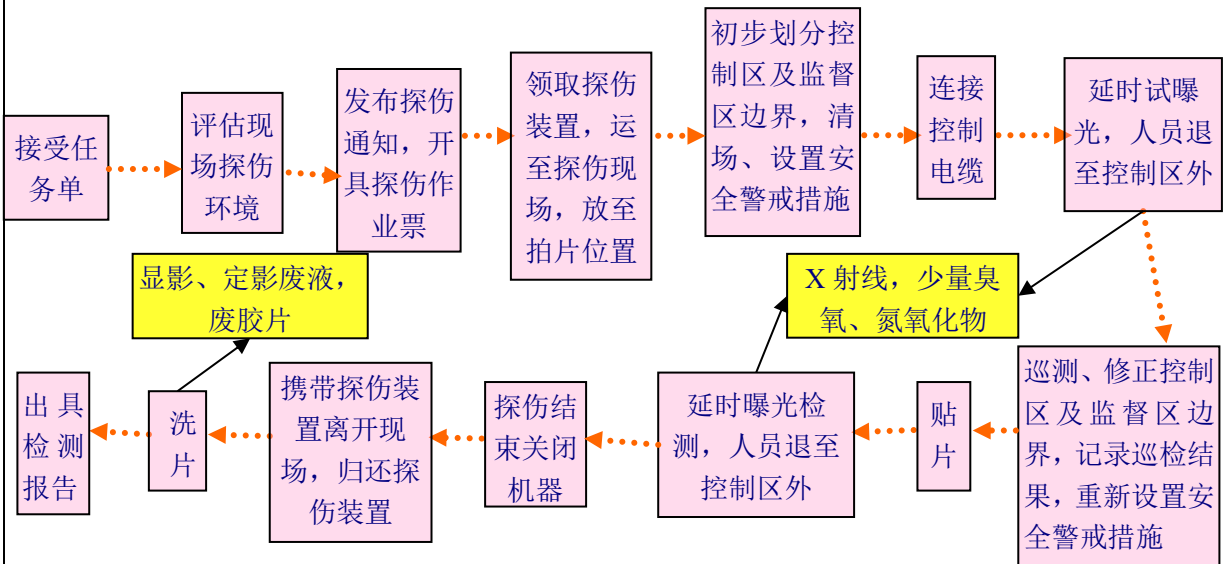


图 9-6 移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图

2、移动式 γ 射线探伤工作流程

移动式 γ 射线探伤工作流程及产污环节示意如图 9-7 所示，工作流程如下：

①接受任务单；

②现场探伤工作之前，探伤工作人员对工作环境进行评估，与委托单位协商适当的地点和探伤时间（尽量选择在夜晚 10 点进行探伤作业）；

③探伤地点和时间确定后，发布 γ 射线探伤通知，委托单位开具探伤作业票；

④现场安全员提前至源库领取探伤装置，探伤操作人员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，检查合格后，由专车和专人将探伤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；

⑤现场安全员根据经验及理论估算初步划定控制区和监督区边界；

⑥现场安全员对探伤现场进行清场，确保场内无其他人员后，设置安全警戒措施，连接好控制部件和输源管，开启探伤机闭锁装置；

⑦探伤操作人员退至控制区外，通过出源装置远距离驱动放射源至曝光位进行出源试曝光，现场安全员携带环境辐射巡测仪对控制区和监督区边界进行修定，并记录巡测结果，重新确定控制区、监督区边界，并重新设置安全警戒措施，同时在作业现场监督区边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，全部工作完成后，现场安全员退至

监督区外。出源试曝光过程中将产生 γ 射线污染，同时 γ 射线电离空气将产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)；

⑧探伤操作人员在工件需检测的部位贴上感光胶片，退至控制区外，开始曝光检测。曝光检测过程中将产生 γ 射线污染，同时 γ 射线电离空气将产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)；

⑨达到预定照射时间和曝光量后探伤操作人员和现场安全员携带环境辐射巡测仪进入探伤装置控制器区域，操作人员将放射源收回探伤机贮源容器内，现场安全员用环境辐射巡测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，在检查记录上签字，操作人员取下胶片，现场安全员解除警戒；

⑩现场安全员和探伤操作人员携带探伤装置离开现场，由专车及专人将探伤装置运输至源库外，现场安全员将探伤装置归还至源库；

⑪评片人员在漳州核电厂厂区暗室内对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，出具检测报告。洗片作业将产生显影、定影废液和废胶片。

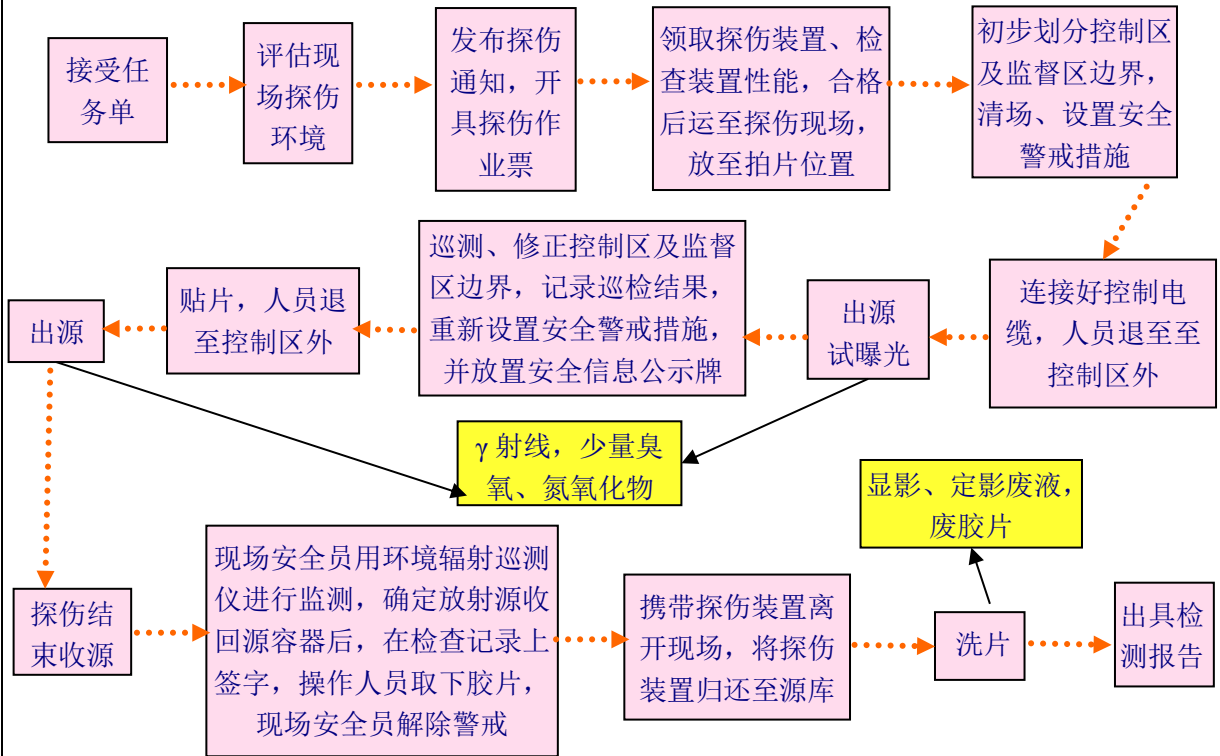


图 9-7 移动式 γ 射线探伤工作流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期污染源

本项目在建设阶段不产生辐射影响，放射源库和库房拟由原预留仓库改建，暗室等辅房为新建建筑，移动式 X、 γ 射线探伤无土建工程，本项目施工期主要包括：放射

源库的防护装修、暗室等辅房的土建及装修。项目施工期会产生少量的废气、扬尘、噪声、固体废物以及废水等污染物。施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，且随着施工期结束，固废及废水在施工期间内妥善处置，施工期产生的扬尘、噪声等方面的影响将随着施工结束会自行消除。

9.2.2 运行期正常工况污染源

1、放射性污染

(1) γ 射线探伤

本项目拟使用 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 放射源进行 γ 射线探伤，单枚 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 放射源最大活度均为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，其核素特性见表 9-1。

表 9-1 核素特性一览表

核素	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要 α 、 β 辐射能量 (keV) 与绝对强度 (%)	主要 γ 、X 射线能量 (keV) 与绝对强度 (%)	γ 射线能量均值 (MeV)	空气比释动能率常数 ($\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$)
^{192}Ir	74.0d	β^- (95.13) ϵ (4.87)	538.3 (41.43) 675.1 (48.0) 258.7 (5.6)	316.5 (82.75) 468.1 (47.81) 308.5 (29.68) 296.0 (28.72) 604.4 (8.2) 612.4621 (5.34) 588.5810 (4.517) XK $_{\alpha 1}$: 66.832 (4.57)	0.37	0.111
^{75}Se	119.79d	ϵ (100)	/	121.1155 (17.2) 136.0001 (58.3) 264.6576 (58.9) 279.5422 (24.99) 400.6572 (11.47) XK $_{\beta}$: 11.7 (7.34) XK $_{\alpha 2}$: 10.508 (16.27) XK $_{\alpha 1}$: 10.5437 (31.7)	0.206	0.054

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 γ 射线探伤辐射污染主要是当放射源处于贮源位时，放射源发射的 γ 射线经不完全屏蔽对周围环境产生的外照射，以及放射源被摇出贫铀罐后进行曝光时发射的 γ 射线对周围环境产生的外照射，对周围辐射工作人员和公众产生一定外照射。因此 γ 射线是本项目 γ 射线探伤的主要污染因素。

此外， γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 放射源使用约180天后、 ^{75}Se 放射源使用约360天后将退役，产生的退役放射源仍有放射性，可能会对周围环境产生一定的 γ 辐射影响。

(2) X射线探伤

本项目拟使用的X射线探伤机最大管电压为350kV、最大管电流为5mA，由X射线探伤机工作原理可知，X射线探伤机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出X射线，对周围辐射工作人员和公众产生一定外照射。因此X射线是本项目X射线探伤的主要污染因素。

2、其他污染

① X、 γ 射线探伤机运行时无其它废气、废水和固体废物产生，洗片作业时产生的显影、定影废液和废胶片（含重金属）属于《国家危险废物名录》（2021年版）中编号为HW16（废物代码为900-019-16）的危险废物，显影、定影废液年产生量不大于5000kg，废胶片年产生量不大于700张。

② X、 γ 射线探伤机在工作状态时，会使探伤现场的空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）。

9.2.3 运行期事故工况污染源

本项目为使用II类射线装置和II类放射源进行移动式X、 γ 射线探伤，可能发生的辐射事故如下：

1、 γ 射线探伤

（1）现场探伤时，探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位，致使工作人员误入控制区、公众误入控制区和监督区，使其受到照射。

（2）现场探伤时，现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成照射。

（3）现场探伤时，探伤人员违反操作规程强行探伤，对工作人员和公众造成照射。

（4）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，对工作人员和公众造成照射。

（5） γ 射线探伤结束后，由于机械故障或其他原因，如输源管破裂、输源管未与源辫的挂钩接合或接合不牢等，发生卡源、脱源事故，在放射源未能安全收回探伤机源容器的情况下辐射工作人员误入探伤现场从而受到照射。

（6）放射源运输过程中，发生意外事故，导致放射源移出源容器，对工作人员和公众造成照射。

(7) 公司管理混乱，致使放射源丢失、被盗，对环境和社会产生严重的危害。

2、X 射线探伤

(1) 现场探伤时，探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位，致使工作人员误入控制区、公众误入控制区和监督区，使其受到照射。

(2) 现场探伤时，现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成照射。

(3) 现场探伤时，探伤人员违反操作规程强行探伤，对工作人员和公众造成照射。事故工况下产生的污染物和污染途径与正常工况下一致。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局与分区

本项目拟设置一间放射源库，用于单独贮存 γ 射线探伤机，放射源库为单独房间， γ 射线探伤机不与爆炸物品、腐蚀性物品一起存放；源库外西侧拟设置一间库房，用于存放 X 射线探伤机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施，源库和库房入口均设置为防盗门，源库不设置窗户，库房西侧设有窗户，拟设置为防盗窗。公司拟将放射源库划为控制区，拟将源库外库房划为监督区，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 6.4 的要求。

公司开展移动式 X、 γ 射线探伤作业时，拟根据理论估算值和经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用环境辐射巡测仪巡测对控制区和监督区边界进行巡测并修正，将空气比释动能率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，控制区边界外空气比释动能率在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。该公司拟采取的分区措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 6.4、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）中 7.3、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中 5.1 的要求。

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

公司拟将原预留仓库改建为放射源库，源库内靠南墙设置 6 个储源格，用于贮存 γ 射线探伤机。源库及储源格具体屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 本项目源库及储源格屏蔽情况一览表

设施	净尺寸	屏蔽体	材质及厚度
源库	4.8m×4m×3.85m (长、宽、高)	东墙、西墙、北墙	200mm 非烧结页岩砖
		南墙（与中核二三公司探伤室共用）	860mm 砼
		屋顶	150mm 砼
		入口门（位于西墙）	普通防盗门
单个储源格 (共 6 个)	0.52m×0.375m×0.4m (长、宽、高)	南墙（与中核二三公司探伤室共用）	860mm 砼
		东墙、西墙	240mm 砼
		北墙（设置为防盗门）	4mm 钢+10mm 铅
		顶板	120mm 砼
		底板	150mm 砼

注：根据单位提供资料，非烧结页岩砖密度为 1.65g/cm^3 ，混凝土密度为 2.35g/cm^3 ，钢的密度为

7.8g/cm³，铅的密度为 11.3g/cm³。

移动式 X、 γ 射线探伤时拟充分利用常规岛及 BOP 子项辅助用房建筑对射线进行屏蔽，必要时采取多组不同尺寸、不同铅当量的柔性软铅屏组合构成屏蔽铅墙对射线进一步屏蔽，确保控制区和监督区范围在漳州核电厂厂界范围内并尽可能小。

10.1.3 辐射安全和防护措施分析

10.1.3.1 源库

本项目设计有源库，内设 6 个储源格，用于单独贮存 γ 射线探伤机，源库满足安防要求，源库门和储源格门均拟采用防盗门，双人双锁管理，源库和储源格门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，源库内拟设置红外报警装置，源库内和源库门外均安装监控装置，监控器拟设置于中核五公司漳州核电项目部监控室内，监控室内工作人员对源库大门和源进行 24 小时监控；放射源出入进行台账登记并监测，确保放射源安全。

以上措施落实后，能够满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中“探伤使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤装置）的储存库，储存库应为独立建筑，不能够和爆炸物品、腐蚀性物品一起存放，源库的相应位置设置电离辐射警告标志。源容器出入源库时应进行监测并有详细记录。”的要求。

10.1.3.2 移动式 X、 γ 射线探伤

为确保放射源和射线装置安全，避免在进行移动式 X、 γ 射线探伤期间人员误留或误入控制区或监督区而发生误照射事故，中核五公司漳州核电项目部开展移动式 X、 γ 射线探伤时拟设置如下辐射安全和防护措施：

（1）移动探伤过程中严格执行探伤操作规程及探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。

（2）探伤作业开始前，现场安全员用环境辐射巡测仪对 γ 射线探伤机表面剂量进行检测，确认放射源是否在探伤机内；探伤作业结束后，现场安全员用环境辐射巡测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方携带探伤装置离开现场。

（3）移动探伤过程中严格按照要求划定控制区和监督区，利用实体屏障、警戒绳等围住控制区和监督区边界，并在控制区边界醒目位置设置“禁止进入放射工作场所”警告牌、提示“预备”和“照射”状态的指示灯以及声音提示装置，警示信号指示装置拟与 X 射线探伤机、设置电动出源装置的 γ 射线探伤机进行联锁；在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标识，必要时设专人警戒。在清理完现场

确保场内无其他人员后，方开机探伤。

(4) 控制区的范围清晰可见，工作期间设置良好的照明，确保没有人员进入控制区，如控制区太大或某些地方不能看到，拟安排足够的人员进行巡查。

(5) 探伤作业时，确保每个探伤小组现场探伤时至少 2 名探伤操作人员同时在场，并指定 1 人为现场安全员，确保每个探伤小组配备 1 台环境辐射巡测仪，每名操作人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并保证个人剂量报警仪和环境辐射巡测仪一直处于开机状态。

(6) 当探伤装置、场所、被检测体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均拟重新进行巡测，并记录巡测结果，确定新的划区界线。

以上措施落实后，本项目移动式 X、 γ 射线探伤的辐射安全和防护措施将满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中相关辐射安全要求。

10.1.3.3 其他要求

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）、《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）和《福建省生态环境厅关于进一步规范 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（闽环保辐射〔2019〕5 号）中的相关要求，对本项目拟开展的 γ 射线探伤项目分析评价如表 10-2、10-3、10-4。

表 10-2 本项目 γ 射线移动探伤辐射安全工作与环发〔2007〕8 号对照评价

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 射线移动探伤	对比结论
1	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。	探伤装置装源（包括更换放射源）由放射源生产单位或由放射源生产单位委托有能力的单位进行操作，并承担安全责任；中核五公司漳州核电项目部不自行进行装源操作。	满足
2	至少有 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	项目部拟设置辐射安全防护管理小组，配备 1 名专职人员负责辐射安全管理工作。	满足
3	从事移动探伤作业的，应拥有 5 台以上探伤装置。	项目部拟配备 6 台 γ 射线探伤机。	满足
4	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。	每台 γ 射线探伤机均拟配备 2 名探伤操作人员，操作人员均要求持有在有效期内的辐射安全与防护中级或高级培训合格证书或者伽马射线探伤辐射安全与防护考核成绩合格报告单后上岗。	满足
5	必须取得省级环境保护主管部门颁发	本项目在履行环评手续后，项目部将按要求	满足

	的辐射安全许可证。	办理辐射安全许可证申领手续,在持有辐射安全许可证后,方按照法律法规要求开展探伤工作。	
6	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。	项目部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,不使用超过 10 年的探伤装置,并将该要求写入探伤设备管理要求。	满足
7	(1)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。 (2)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。	(1)本项目设有 1 间源库,项目部拟安排 2 名工作人员专职负责放射源库的保管工作,源库拟设置红外报警装置,源库内外拟安装监控装置、对源库实行 24 小时监控,源库入口拟粘贴电离辐射警告标志,源库门拟设计为双人双锁。 (2)当天现场探伤工作完成后,辐射工作人员均将 γ 射线探伤机返回源库内贮存,不在探伤现场保存。	满足
8	(1)制定探伤装置的领取、归还和登记制度,放射源台帐和定期清点检查制度。 (2)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,做到帐物相符,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。	项目部拟制定探伤装置的领取、归还和登记制度,放射源台帐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,做到帐物相符,一一对应,核实记录妥善保存,并建立计算机管理档案。	满足
9	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。	项目部拟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。	满足
10	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。	每次开展现场探伤工作,单个探伤小组均拟配备至少 2 名探伤操作人员同时在场,并指定 1 人为现场安全员。本项目探伤操作人员上岗前均拟配备 1 台个人剂量计,开展探伤工作时,每名辐射工作人员均佩戴 1 台个人剂量报警仪和 1 台个人剂量计,个人剂量计拟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。	满足
11	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。	项目部拟制定探伤操作规程,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。	满足
12	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。	项目部拟配备 1 辆专车负责探伤装置在漳州核电厂厂区内的运输,并配备 1 名专职司机和 1 名兼职司机,由各探伤小组辐射工作人员轮流负责押运,押运人员全程监护探伤装置。	满足

13	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。	开展现场探伤时，现场安全员严格按照《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）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。	满足
14	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。	现场探伤作业结束后，现场安全员用环境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。	满足
15	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。	本项目仅在漳州核电厂厂区内开展，探伤装置不转移到外省、自治区、直辖市使用。	满足
16	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，项目部拟向福建省生态环境厅提交《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，中核五公司漳州核电项目部和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部门备案。	满足
17	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。	项目部拟根据相关要求和本项目实际需要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，项目部应根据法规要求，立即向使用地生态环境部门、公安部门、卫生健康主管部门报告。	满足

表 10-3 本项目 γ 射线移动探伤辐射安全工作与环办函[2014]1293 号对照评价

序号	《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）中要求	本项目 γ 射线移动探伤	对比结论
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。	本项目辐射工作人员均要求持有在有效期内的辐射安全与防护中级或高级培训合格证书或者伽马射线探伤辐射安全与防护考核成绩合格报告单后上岗，同时在日常辐射工作中按要求参加培训，严禁无证人员操作 γ 射线探伤装置。	满足
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	本项目单个探伤小组开展现场探伤时，探伤现场均配备 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。现场安全员拟	满足

	全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。	由探伤操作人员兼任，考核合格后上岗。	
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。	项目部拟按照要求制作安全信息公示牌,开展移动式 γ 射线探伤作业时,拟在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌,将辐射安全许可证、项目部负责人、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。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
4	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。	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,同时拟按照法律法规要求制定一系列辐射安全管理制度,在实际工作中认真执行,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。	满足

表 10-4 本项目 γ 射线移动探伤辐射安全工作与闽环保辐射(2019)5号对照评价

序号	《福建省生态环境厅关于进一步规范 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》(闽环保辐射(2019)5号)中要求		本项目 γ 射线移动探伤	对比结论
1	建立辐射安全管理体系	建立辐射安全管理体系,单位法定代表人(负责人)为辐射安全第一责任人。	项目部拟建立辐射安全管理体系,明确项目部负责人为辐射安全第一责任人。	满足
2		建立或明确辐射安全管理的责任部门,确定专职辐射安全管理人员。	项目部拟建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,并明确各成员的职责。	满足
3		明确单位内部不同层级、不同部门、不同岗位的辐射安全及辐射事故应急职责。	项目部拟根据相关要求和本项目实际工作需要制定辐射事故应急预案,在预案中明确辐射事故应急小组的组成成员,明确各成员的辐射安全及辐射事故应急职责。	满足
4	建立健全辐射安全管理规章制度	按照辐射安全许可证申领要求及实际工作需要建立完善的辐射安全管理制度,主要包括: γ 射线探伤装置操作规程、辐射工作人员岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射防护设备检修维护制度、放射源领用登记制度、工作场所监测制度、辐射工作人员人员培训制度、辐射工作人员剂量管理制度、辐射事故应急预案等。	项目部拟按照辐射安全许可证申领要求及实际工作需要建立完善的辐射安全管理制度。	满足
5	探伤机、	γ 射线探伤单位应配备5台以上功能正常的 γ 射线探伤机,且均在10年的	同表10-2中第3、6、9条。	满足

	辐射工作人员及防护设备相关要求	使用期限内，探伤装置表面铭牌、源编码等清晰，按要求定期对探伤装置的配件进行检查、维护。		
6		有足够的探伤工作人员和安全员（每台探伤装置至少对应有2名探伤工作人员），辐射安全专职管理人员、从事 γ 射线探伤的工作人员和安全员须取得辐射安全与防护中级培训合格证书；落实内部人员培训制度，培训、考核记录完整；操作人员、安全员、库管员全部开展个人剂量监测并建立个人剂量档案，有剂量超标情况及时报告并附有本人签字确认的情况说明。	本项目每台 γ 射线探伤机均拟配备2名探伤工作人员，辐射安全专职管理人员、从事 γ 射线探伤的工作人员和安全员持有在有效期内的辐射安全与防护中级或高级培训合格证书或者伽马射线探伤辐射安全与防护考核成绩合格报告单后上岗。项目部拟制定人员培训制度，并在日常管理工作中落实，做到培训、考核记录完整可查。本项目探伤操作人员、安全员、库管员拟全部开展个人剂量监测并建立个人剂量档案，有剂量超标情况及时报告并附本人签字确认的情况说明。	满足
7		每枚探伤源配备1台辐射剂量率仪，每名现场辐射工作人员配备1台个人剂量报警仪，每枚探伤源配套一组警示灯、警戒线、电离辐射警示标志等现场隔离警示用品。	本项目单个探伤小组开展现场探伤时均拟使用最多1台 γ 射线探伤机，探伤现场均拟配备1台辐射剂量率仪，每名现场辐射工作人员均拟配备1台个人剂量报警仪，单个探伤小组均拟配套一组警示灯、警戒线、电离辐射警示标志等现场隔离警示用品。	满足
8	移动探伤放射源贮存要求	建有满足安防要求的放射源库，放射源库应具备防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄露等安全防护措施；设置红外和监视器等安防设施；源库大门实行双人双锁管理；安装、使用福建省移动放射源安全管理系统源库终端，做好平时运行维护，确保设备正常运行。	（1）本项目拟建设1间满足安防要求的放射源库，源库为钢筋混凝土和非烧结页岩砖结构，设计坚固，入口拟设置防盗门、双人双锁，源库内拟设置储源格， γ 射线探伤机储存于储源格内，储源格门拟设置双人双锁；源库内拟设置红外报警装置，源库内和源库入口门外均拟安装监控装置、实行24小时监控；源库所在场所入口拟设置台阶、高出周围地面约10cm，储源格高出源库内地面15cm；源库内禁止堆放易燃、易爆等危险物品，同时拟配备1个灭火器，能够满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏和防射线泄漏等安全要求。 （2）项目部拟安装、使用福建省移动放射源安全管理系统源库终端，做好平时运行维护，确保设备正常运行。	满足
9		γ 射线探伤单位应确定专职人员负责场所的安保工作，做好放射源的领用和归还登记，每次含源设备出入放射源库应进行辐射监测并使用移动源管理系统手持机进行扫描探伤装置固定位置，核实装置中的放射源状态，并按规范登记。	项目部拟安排2名工作人员专职负责放射源库的保管工作，做好放射源的领用和归还登记，每次含源设备出入放射源库均进行辐射监测并使用移动源管理系统手持机进行扫描探伤装置固定位置，核实装置中的放射源状态，并按规范登记。	满足
10		放射源确需在野外临时贮存的，应当使用保险柜贮存在相对封闭的场所	本项目移动式探伤作业仅在漳州核电厂厂区内开展，当天探伤工作完成	满足

		内,贮存场所应当由专人24小时看管,并采取防盗、防射线泄漏等安全防护措施。对于有多家移动放射源使用单位共用放射源贮存场所的,场所内应设置足够的独立贮源位,每个贮源位应设置独立锁,钥匙由贮源单位专人管理。	后,辐射工作人员均将 γ 射线探伤机返回源库内贮存,不在探伤现场保存。	
11		每台 γ 射线探伤装置应至少有2名具有中级或中级以上辐射安全培训合格证书的人员同时在场进行操作,并有1名专职安全员(或明确1名现场探伤人员为安全员)负责现场辐射安全管理。	本项目单个探伤小组开展现场探伤时均拟使用最多1台 γ 射线探伤机,每次开展现场探伤工作,单个探伤小组均拟配备至少2名探伤操作人员同时在场,并指定1人为现场安全员负责现场辐射安全管理。所有探伤操作人员均按要求持有在有效期内的辐射安全与防护中级或高级培训合格证书或伽马射线探伤辐射安全与防护考核成绩合格报告单后上岗。	满足
12		作业现场边界外公众可达地点应设置面积不小于2平方米的安全信息公示牌。	同表10-3第3条。	满足
13	探伤作业现场管理要求	开始现场作业前,操作人员应检查确认探伤装置、辐射监测仪器设备、个人剂量报警仪等配件性能运行正常,并使用移动源管理系统手持机进行作业前扫描。按要求设置控制区(边界外空气比释动能率低于15微戈瑞/小时)和监督区(边界外空气比释动能率低于2.5微戈瑞/小时),控制区边界设置警戒线和电离辐射警示标志。	开始现场作业前,操作人员均按要求检查确认探伤装置、辐射监测仪器设备、个人剂量报警仪等配件性能运行正常,并使用移动源管理系统手持机进行作业前扫描。按要求设置控制区(边界外空气比释动能率低于15微戈瑞/小时)和监督区(边界外空气比释动能率低于2.5微戈瑞/小时),控制区边界设置警戒线和电离辐射警示标志。	满足
14		作业时,安全员负责探伤区域周边全过程警戒、巡检,监测控制区边界的辐射剂量水平,严禁无关人员进入作业现场。	本项目单个探伤小组开展现场探伤时,探伤现场均配备1名现场安全员,负责探伤区域周边全过程警戒、巡检,监测控制区边界的辐射剂量水平,严禁无关人员进入作业现场。	满足
15		作业结束后,必须用移动源管理系统手持机对作业现场和源容器进行监测,确定放射源收回源容器后,由安全员在检查记录上签字,方能携带含源装置离开现场。	现场探伤作业结束后,现场安全员均使用移动源管理系统手持机对作业现场和源容器进行监测,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,方能携带探伤装置离开现场。	满足
16		从出库到作业结束返回源库的全过程,必须确保探伤装置在工作人员的视线及管控范围内,防止放射源丢失、被盗、失控事故发生。	本项目探伤装置从出库到作业结束返回源库的全过程,均由辐射工作人员全程监护,确保探伤装置在工作人员的视线及管控范围内,防止放射源丢失、被盗、失控事故发生。	满足
17	放射源运输管理要求	运输放射源必须使用专用车辆,并取得交通部门核发的非营运放射性物品运输许可证(可委托有放射性物品运输资质的单位负责运输)。	本项目移动式探伤作业仅在漳州核电厂厂区内开展,项目部拟配备1辆专车负责探伤装置在漳州核电厂厂区的运输。 放射源新源、退役废源的运输均由放	满足

			射源供应商按法律法规要求进行。	
18		运输车辆配备防盗、防破坏储源箱，储源箱应与车辆固定，箱体外表面也应设置明显的电离辐射警示标志，箱体存放含放射源装置时应实行双人双锁管理。	本项目拟配备的放射源厂内运输专车拟配备防盗、防破坏的储源箱，储源箱与车辆固定，箱体外表面拟设置明显的电离辐射警示标志，箱体存放含放射源装置时实行双人双锁管理。	满足
19		放射源运输前，辐射工作单位须对存放含放射源的运输容器进行辐射水平监测并记录，监测结果不符合国家放射性物品运输安全标准的，不得启运；使用移动源管理系统手持机扫描并启动运输监控模式。	本项目移动式探伤作业仅在漳州核电厂厂区内开展，放射源每次运输前，项目部均对存放含放射源的运输容器进行辐射水平监测并记录，使用移动源管理系统手持机扫描并启动运输监控模式。	满足
20		放射源运输途中，除车辆驾驶人员外，还应配备经辐射安全防护培训合格的专人押运，配备个人剂量报警仪及剂量率仪，并做好全程监护探伤装置的工作。中途停靠休息时，应保证有人在车辆上守卫。重新行驶前，应确定放射源处于正常状态。	放射源在漳州核电厂厂区内运输途中，除车辆驾驶人员外，均拟配备经辐射安全防护培训合格的专人押运（由各探伤小组辐射工作人员轮流负责），均配备个人剂量报警仪和剂量率仪，并做好全程监护探伤装置的工作。 正常工况下中途不停靠休息，特殊情况下中途停靠休息时，均保证有人在车辆上守卫，重新行驶前，均开展辐射监测确认放射源处于正常状态。	满足
21	放射源审批、备案管理要求	按要求办理放射源转让审批手续，放射源到货后及时向省级生态环境部门备案，并在福建省移动放射源管理系统中将放射源与相应的探伤机绑定，完成入库工作。	项目部拟按要求办理放射源转让审批手续，放射源到货后 20 个工作日内向福建省生态环境厅备案，并在福建省移动放射源管理系统中将放射源与相应的探伤机绑定，完成入库工作。	满足
22		放射源回收后及时向省级生态环境部门申请办理回收备案手续，并在福建省移动放射源管理系统中更新放射源状态。	放射源回收后，项目部拟在 20 个工作日内向福建省生态环境厅申请办理回收备案手续，并在福建省移动放射源管理系统中更新放射源状态。	满足
23		出省作业备案要求：.....	本项目移动式探伤作业仅在漳州核电厂厂区内开展，探伤装置不转移到外省、自治区、直辖市使用。	满足
24		跨市作业报备要求：.....		
25	辐射事故应急相关要求	各探伤单位要根据我厅印发的《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行），完善本单位辐射事故应急预案。针对可能发生的辐射事故或事件，如放射源丢失、被盗、卡源、源脱离、非工作人员误照射、运输车事故造成放射性物质泄露等情景，制定针对性处置方案，明确应急报告程序和详细的联络报告电话。	项目部拟根据《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行）要求，针对本单位实际辐射工作情况，制定切实可行的辐射事故应急预案。针对可能发生的辐射事故或事件，如放射源丢失、被盗、卡源、源脱离、非工作人员误照射、运输车事故造成放射性物质泄露等情景，制定针对性处置方案，明确应急报告程序和详细的联络报告电话。	满足
26		每年至少开展 1 次辐射事故应急演练，辐射安全第一责任人、辐射安全专职管理人员、探伤操作人员和安全员等关键岗位人员须根据各自职责参与演练，并使用文字、图片、视频记录演练	本项目运行后，项目部拟每年至少开展 1 次辐射事故应急演练，辐射安全第一责任人、辐射安全专职管理人员、探伤操作人员和安全员等关键岗位人员均根据各自职责参与演练，并	满足

		过程, 总结演练情况, 提升应急能力。	使用文字、图片、视频记录演练过程, 总结演练情况, 提升应急能力。	
27		一旦发生辐射事故, 发生事故的单位应立即启动本单位的应急预案, 并按规程处理和控制辐射事故, 尽量把影响控制在最小范围, 最大限度减少对人员安全和周围环境的影响。在发生放射源丢失被盗等事故的初始阶段, 发生事故单位要做好以下工作: 一是立即报告当地生态环境、公安、卫健等行政部门, 并在 2 小时内填写“辐射事故初始报告表”, 报送当地生态环境部门; 二是做好现场保卫工作, 必要时做好人员疏散和现场管控工作。	本项目运行后, 一旦发生辐射事故, 项目部将立即启动本单位的应急预案, 并按规程处理和控制辐射事故, 尽量把影响控制在最小范围, 最大限度减少对人员安全和周围环境的影响。若发生放射源丢失被盗等事故, 在初始阶段, 项目部即按要求做好以下工作: 一是立即报告当地生态环境、公安、卫健等行政部门, 并在 2 小时内填写“辐射事故初始报告表”, 报送当地生态环境部门; 二是做好现场保卫工作, 必要时做好人员疏散和现场管控工作。	满足
28		探伤单位必须指定专人负责系统使用和维护工作。	项目部拟指定专人负责系统使用和维护工作。	满足
29	福建省移动放射源管理系统使用要求	制定单位内部管理规范, 定期开展人员培训, 确保源库管理人员、现场探伤安全员及操作人员能够按规范使用系统。	项目部拟制定单位内部管理规范, 定期开展人员培训, 确保源库管理人员、现场探伤安全员及操作人员能够按规范使用系统。	满足
30		放射源出入库、运输、作业等关键环节按规范使用手持机扫描确认。	项目部拟在辐射安全管理制度中明确: 放射源出入库、运输、作业等关键环节按规范使用手持机扫描确认, 确保按规范开展工作。	满足
31		异地作业时, 按规范使用临时源库功能开展出入库扫描登记。	本项目移动式探伤作业仅在漳州核电厂厂区内开展, 不涉及异地作业。	满足
32		及时处理系统异常告警信息, 发现隐患立即整改; 定期分析异常告警原因, 举一反三查进行改进, 促进系统规范化使用。	在收到处理系统异常告警信息后, 相关人员将及时处理告警信息, 发现违规操作或安全隐患立即整改; 项目部拟安排专人定期分析异常告警原因, 举一反三查进行改进, 促进系统规范化使用。	满足

根据表 10-2、10-3、10-4 可知, 本项目 γ 射线移动探伤辐射安全工作经认真落实后, 中核五公司漳州核电项目部能够满足《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)、《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)和《福建省生态环境厅关于进一步规范 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》(闽环保辐射 (2019) 5 号)中使用 γ 射线探伤装置单位的辐射安全要求。

10.2 三废的治理

10.2.1 显影、定影废液和废胶片治理措施

本项目运行过程中无放射性废水产生, 本项目每年将产生不大于 5000kg 的显影、定影废液和不大于 700 张的废胶片, 属于《国家危险废物名录》(2021 年版)中编号为 HW16 (废物代码为 900-019-16) 的危险废物, 不得随意排放。

本项目洗片作业均在漳州核电项目部暗室内进行，洗片作业产生的显影、定影废液首先收集于收集桶内，废胶片收集于防漏胶袋内，后统一暂存于漳州核电项目部危废存放间内，暗室、危废存放间均拟设置于中核五公司生产预制车间内东部二层。公司已承诺将与有资质单位尽快签订显影、定影废液和废胶片处理协议，洗片过程中产生的显影、定影废液和废胶片集中贮存后交由该单位回收处理。

按要求落实后，能够满足危险废物的暂存处置要求。

10.2.2 臭氧和氮氧化物治理措施

本项目运行过程中无放射性废气产生，X、 γ 射线探伤机在工作状态时，会使探伤现场的空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），探伤现场在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物可很快弥散在大气环境中，对环境影响较小。

10.2.3 退役放射源处理措施

γ 射线探伤机内¹⁹²Ir放射源使用约180天后、⁷⁵Se放射源使用约360天后将退役，产生的退役放射源将由原生产厂家回收，符合《中华人民共和国放射性污染防治法》等法律法规的规定。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目在建设阶段不产生辐射影响，放射源库和库房拟由原预留仓库改建，暗室等辅房为新建建筑，移动式 X、 γ 射线探伤无土建工程，本项目施工期主要包括：放射源库的防护装修、暗室等辅房的土建及装修。项目施工时对环境会产生如下影响：

(1) 大气：本项目在建设施工期需进行的施工作业将产生地面扬尘，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，并利用洒水车或自动喷洒装置等及时洒水，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。

(2) 噪声：整个建设施工阶段都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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）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。

(3) 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。

(4) 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。

该单位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厂区局部区域，对周围环境影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是现场探伤作业过程中产生的 X、 γ 射线对周围环境的辐射影响， γ 射线探伤机在源库内贮存时对周围环境的辐射影响，以及 γ 射线探伤机厂内运输过程对周围环境的辐射影响。

11.2.1 辐射环境影响分析

11.2.1.1 γ 射线探伤机内放射源在屏蔽状态下辐射环境影响分析

本项目拟配备的 γ 射线探伤机均为 P 类（手提式）探伤机，当放射源处于探伤机源容器内时，根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）表 1，P 类探伤机外表面空气比释动能率 $\dot{K}_1 \leq 2\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，探伤机外表面 5cm 处空气比释动能率 $\dot{K}_1 \leq 0.5\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，探伤机外表面 1m 处空气比释动能率 $\dot{K}_1 \leq 0.02\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。而空气比释动能率

与距离平方成反比，因此根据公式（1）可计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平，具体计算结果见表 11-1。

$$\dot{K}_1 = \dot{K}_0 \cdot R_0^2 / R_1^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中 \dot{K}_1 ：距探伤机外表面 R_m 处的空气比释动能率， $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ ；

\dot{K}_0 ：距离探伤机外表面 1m 处的空气比释动能率， $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ ；

R_0 ：探伤机表面外 1m 处与放射源之间的距离，m；

R_1 ：参考点与放射源之间的距离，m。

表 11-1 距探伤机外表面不同距离处的辐射水平估算结果 ($\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$)

探伤机外表面 (m)	0.6	1.0	1.5	1.8	2.0	2.5	2.8	3.0	3.5
空气比释动能率	0.06	0.02	0.0097	0.007	0.006	0.0038	0.003	0.0025	0.002

注：源贮存位置至源表面距离取 15cm。

通过表中计算结果可以看出，辐射工作人员领取探伤机或进行其他活动的过程中近距离接触 γ 射线探伤机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探伤机接触时间，在探伤现场进行胶片贴、取等其他工作时还应注意与探伤机保持一定的距离。

11.2.1.2 移动式 X、 γ 射线探伤辐射环境影响分析

本项目移动式 X、 γ 射线探伤现场位于漳州核电厂厂区内，主要位于常规岛及 BOP 子项辅助用房内。现场移动探伤时每个探伤小组均仅使用 1 台 γ 射线探伤机或 1 台 X 射线探伤机。

根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 和本项目辐射环境剂量率控制水平要求，移动探伤作业控制区边界外空气比释动能率应不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界外空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(1) 移动式 γ 射线探伤辐射影响

该公司 ^{192}Ir 探伤机和 ^{75}Se 探伤机未购置，参考市面较常见的海门伽玛星探伤设备有限公司生产的 γ 射线探伤机，其为移动探伤现场提供使用的曝光头（准直器）一般为不低于 10HVL 的钨合金。

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，将依据项目需要选择合适的 γ 射线探伤机，对于 ^{192}Ir 射线探伤机和 ^{75}Se 射线探伤

机而言，一般分别用于透照 60mm（4.3HVL）和 40mm（4.4HVL）左右厚的工件（以钢铸件作为参考）。按源初始活度 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，估算其正常工况下控制区及监督区范围。

现场 γ 射线探伤控制区根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）附录 C 所提供的控制区确定方法：

探伤机主射线方向，没有任何辐射屏蔽措施时要求的控制区距离：

$$L_1 = a_1 \times 1.63 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： a_1 ---从 GBZ132-2008 附录 C 图 C.2 中查得的数值；

1.63---边界剂量率从 $40 \mu\text{Sv/h}$ 调整为 $15 \mu\text{Sv/h}$ 的修正；

L_1 ---根据 a_1 值经修正后得到的控制区距离值；

主射线方向，经探伤工件屏蔽后要求的控制区距离： $L_2 = 0.3 \times L_1$ ；

其他方向，经曝光头屏蔽后要求的控制区距离： $L_3 = 0.05 \times L_1$ 。

各方向的监督区距离，根据射线的距离平方衰减定律，当辐射剂量率由控制区的 $15 \mu\text{Sv/h}$ 减弱至监督区的 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 时，监督区的距离较控制区距离相应扩大 2.5 倍。

现根据该公司提供的日常探伤工件厚度，给出控制区及监督区的参考划分范围，见表 11-2。

表 11-2 γ 射线探伤控制区与监督区边界范围核算结果

		a_1	无屏蔽的射线方向 L_1	经探伤工件屏蔽的射线方向 L_2	经曝光头屏蔽的射线方向 L_3
^{192}Ir	控制区范围	120	195.6m	58.7m	9.8m
	监督区范围	120	489m	146.8m	24.5m
^{75}Se	控制区范围	80	130.4m	39.1m	6.5m
	监督区范围	80	326m	97.8m	16.2m

(2) 移动式 X 射线探伤辐射影响

该公司移动式 X 射线探伤拟使用 X 射线定向或周向探伤机，其最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA。

理论估算时，假设开启 1 台 X 射线探伤机，探伤机满功率运行，探伤工件取 350kV 下最常探伤工件 40mm 铁，给出控制区及监督区的参考划分范围。理论估算采用《辐射防护导论》（方杰主编）中的公式：

①有用线束

可根据《辐射防护导论》（方杰主编，P69，式 3.1）计算公式：

$$\dot{K}_a = I\delta_x(r_0/r)^2\eta \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： \dot{K}_a ---空气比释动能率，mGy/min，控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/h；

I---X 射线机管电流，本项目探伤机管电流为 5mA；

r---参考点距离 X 射线机靶的距离，m；

r_0 ---取 1m；

η ---透射比，根据《辐射防护手册》（第三分册），在管电压 350kV 下，40mm 铁屏蔽效果等效为约 4.7mmPb，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 图 B.1，可查得其透射比为约 0.02；

δ_x ---X 射线机的发射率常数，mGy·m²·mA⁻¹·min⁻¹，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，取滤过条件为 3mm 铜，采用插入法，取 17.5mGy·m²·mA⁻¹·min⁻¹。

②非有用线束

漏射线

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中 X 射线装置在额定工作条件下，当 X 射线机管电压 >200kV 时，X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率 < 5mGy/h。

一般情况下出厂合格的 X 射线探伤机都将满足该要求。根据下列公式可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围。

$$r_2 = r_1 \sqrt{k_1/\sqrt{k_2}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中， K_2 ---距探伤机表面 r_2 处的空气比释动能率，mGy/h，控制区取 15μSv/h，监督区取 2.5μSv/h；

K_1 ---距离探伤机表面 1m 处的空气比释动能率，取 5mGy/h；

r_2 ---参考点距探伤机表面的距离，m；

r_1 ---探伤机表面外 1m。

散射线

可根据《辐射防护导论》（方杰主编，P185，式 6.6）计算公式：

$$\eta_{rR} \leq k \frac{H_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \cdot \alpha_\gamma \cdot \alpha \cdot q}$$

从上式可以导出：

$$H_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot \alpha_\gamma \cdot \alpha}{r_i^2 \cdot r_R^2 \cdot k} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： $H_{L,h}$ ---参考点处 X 辐射剂量率(Sv/h)，控制区取 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；
 F_{j_0} ---辐射源处距设置屏蔽层前 1m 处的吸收剂量指数衰变 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$)，
 $F_{j_0-350}=\delta\times 5\text{mA}=17.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}\times 5\text{mA}=0.0875\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ；
 α_γ ---反射物的反射系数，可依据《辐射防护导论》图 6.4，在入射光子能量为 0.35MeV 下，单能光子在铁上的反射系数为 0.007；
 a ---X 射线束在反射物上的投照面积 (m^2)，探伤机距探伤工件距离取 0.5m，探伤机辐射角保守取 40° ，可估算出 X 射线束在反射物上的投照面积为 0.104m^2 ；
 r_i ---辐射源同反射点之间的距离 (m)，本项目取 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 1.67×10^{-2} 。

将相关参数分别代入公式 (3)、(4)、(5)，可以分别估算出本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的边界范围，估算结果分别见表 11-3、表 11-4、表 11-5。

表 11-3 有用线束控制区与监督区边界范围估算结果

参数	控制区	监督区
边界外空气比释动能率控制值 \dot{K}_a ($\mu\text{Sv/h}$)	15	2.5
I (mA)	5	
δ_x ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	17.5	
r_0 (m)	1	
X(mm)	40 铁	
η	0.02	
r 估算值 (m)	83.7	204.9

表 11-4 泄漏辐射控制区与监督区边界范围估算结果

参数	控制区	监督区
边界外空气比释动能率控制值 K_2 ($\mu\text{Sv/h}$)	15	2.5
K_l (mGy/h)	5	
r_1 (m)	1	
r 估算值 (m)	18.3	44.7

表 11-5 散射辐射控制区与监督区边界范围估算结果

参数	控制区	监督区
边界外空气比释动能率控制值 \dot{K}_a ($\mu\text{Sv/h}$)	15	2.5
F_{j0} ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$)	0.0875	
a_γ	0.007	
a (m^2)	0.104	
r_i (m)	0.5	
k	1.67×10^{-2}	
r_R 估算值(m)	31.9	78.1

(3) 小结

上述理论计算结果仅为本项目开展移动式 X、 γ 射线探伤时，控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中，由于 γ 射线探伤机内放射源活度的不断衰减或 X 射线探伤机管电压的降低、探伤机的摆放位置变化、被检测物体的厚度变化以及探伤现场的屏蔽物对射线的遮挡等，都会使探伤现场的辐射剂量水平发生变化，从而改变控制区和监督区的范围，因此上述估算结果不能完全作为划分控制区与监督区边界的依据，仅供现场初次布置时参考。

项目部在实施现场探伤之前，应对工作环境进行全面的评估，应保证探伤过程中的辐射安全。辐射工作人员在开展移动式 X、 γ 射线探伤作业时，现场安全员应根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求，根据理论估算值和经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用环境辐射巡测仪巡测对控制区和监督区边界进行巡测并修正，将空气比释动能率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，控制区边界外空气比释动能率在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。现场探伤时，项目部拟充分利用常规岛及 BOP 子项辅助用房建筑对射线进行屏蔽，必要时拟采取多组不同尺寸、不同铅当量的柔性软铅屏组合构成屏蔽铅墙对射线进一步屏蔽，探伤工作人员均在控制区边界外进行作业。落实后，能够满足移动式 X、 γ 射线探伤的辐射防护要求。

因本项目常规岛及 BOP 子项辅助用房内设有多个层面，因工作需要，项目部需在

不同层之间同时进行探伤时，在开展工作前，探伤工作人员应对探伤现场进行评估，以确保不同层之间开展移动式X、 γ 射线探伤工作的辐射安全，同时应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区，确保人员安全。

11.2.1.3 源库辐射环境影响分析

(1) 源库容量分析

本项目设计有源库，源库内拟设置 6 个储源格，用于贮存 γ 射线探伤机，每个储源格净尺寸均为 520mm（长） \times 375mm（宽） \times 400mm（高）。根据单位提供资料， ^{75}Se 探伤机外尺寸一般为 220mm \times 105mm \times 170mm， ^{192}Ir 探伤机外尺寸一般为 225mm \times 115mm \times 160mm 或 330mm \times 130mm \times 230mm，本项目源库容量能够满足公司拟配备的 5 台 ^{192}Ir 探伤机和 1 台 ^{75}Se 探伤机的贮存要求。

(2) 探伤机贮存过程中对源库外辐射影响分析

本项目拟配备的 γ 射线探伤机均为 P 类（手提式）探伤机，当放射源处于探伤机源容器内时，根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）表 1，P 类探伤机外表面 1m 处空气比释动能率 $K_1 \leq 0.02\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

利用下列公式可计算得出有屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率 K ：

$$K = \dot{K} \cdot B \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中： K ---有屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率， $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ；
 \dot{K} ---无屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率， $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ；
 B ---屏蔽透射因子。

对于给定的屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（7）计算：

$$B = 2^{-X/HVL} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中： X ---屏蔽物质厚度，与 HVL 取相同的单位；

HVL---半值层厚度，mm，根据 GBZ132-2008 附录 C， ^{192}Ir 对于混凝土、钢和铅的半值层厚度分别为 50mm、14mm、3mm， ^{75}Se 对于混凝土、钢和铅的半值层厚度分别为 30mm、9mm、1mm。

根据公式（1）、（6）、（7）可估算得出，当源库内处于满负荷状态下，经储源格和源库屏蔽后， γ 射线探伤机对源库外关注点产生的辐射影响，估算结果见表 11-6。

表 11-6 源库外屏蔽计算结果一览表

参数	东墙 (A 点)	南墙 (B 点)	西侧防盗 门 (E 点)	西墙 (C 点)	北墙 (D 点)	顶	
K_0 (mGy/h)	0.02						
R_0 (m) ^①	1.15						
屏蔽材料及厚度 ^②	24cm 砷 +20cm 非 烧结页岩 砖	86cm 砷	4mm 钢 +10mm 铅	24cm 砷 +20cm 非 烧结页岩 砖	4mm 钢 +10mm 铅	12cm 砷 +15cm 砷	
R_1 (m) ^③	1.0	1.34	4.05	1.0	4.31	4	
无屏蔽体时关注点处空气 比释动能率 \dot{K} ($\mu\text{Sv/h}$)	26.45	14.73	1.61	26.45	1.42	1.65	
1 台 ¹⁹² Ir 探 伤机	半值层 HVL (cm)	砷: 5	砷: 5	钢: 1.4 铅: 0.3	砷: 5	钢: 1.4 铅: 0.3	砷: 5
	屏蔽透射因子 B	5.15×10^{-3}	6.64×10^{-6}	8.1×10^{-2}	5.15×10^{-3}	8.1×10^{-2}	2.37×10^{-2}
	有屏蔽体时 r 处空气比释动能 率 K ($\mu\text{Sv/h}$)	0.14	9.78×10^{-5}	0.13	0.14	0.12	3.92×10^{-2}
1 台 ⁷⁵ Se 探 伤机	半值层 HVL (cm)	砷: 3	砷: 3	钢: 0.9 铅: 0.1	砷: 3	钢: 0.9 铅: 0.1	砷: 3
	屏蔽透射因子 B	1.54×10^{-4}	2.35×10^{-9}	7.18×10^{-4}	1.54×10^{-4}	7.18×10^{-4}	1.95×10^{-3}
	有屏蔽体时 r 处空气比释动能 率 K ($\mu\text{Sv/h}$)	4.07×10^{-3}	3.46×10^{-8}	1.16×10^{-3}	4.07×10^{-3}	1.02×10^{-3}	3.23×10^{-3}
5 台 ¹⁹² Ir 探伤机和 1 台 ⁷⁵ Se 探伤机的叠加影响 ($\mu\text{Sv/h}$) ^④	0.69	4.89×10^{-4}	0.66	0.69	0.58	0.20	

注：①源贮存位置至探伤机表面距离取 15cm；

②根据密度换算关系，20cm 非烧结页岩砖相当于约 14cm 砷；源库内通风管道拟从源库北墙近屋顶处穿墙，估算北墙外剂量率时保守取通风口处无墙体屏蔽；探伤机对各关注点均保守假设垂直入射；

③关注点取源库各侧表面外 30cm， $R_{1\text{顶}} = \text{源库净高 } 3.85 + \text{源库顶厚 } 0.15 - \text{储源格底板厚 } 0.15 - \text{源离探伤机表面 } 0.15 + \text{关注点 } 0.3 = 4\text{m}$ ，其余 R_1 值直接从图中读出，取离各关注点最近的探伤机；

④估算叠加影响时，保守假设其余探伤机对关注点的影响均与离各关注点最近探伤机的影响一致，不考虑储源格间隔墙的屏蔽作用。

根据表 11-6 估算结果可知，当源库内处于满负荷状态下，源库外 30cm 处瞬时剂量率最大为 $(4.89 \times 10^{-4} \sim 0.69) \mu\text{Sv/h}$ ，公众可达处（东墙、南墙和北墙外）瞬时剂量率最大为 $0.69 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）和本项目辐射环境剂量率控制水平要求：源库外表面若能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的水平， γ 射线探伤机在源库内贮存时对源库周围环境影响较小。

11.2.1.4 含源探伤机的运输

本项目放射源均由有资质供货商提供，放射源新源的安装及运输、退役废源的回收及运输均由供货商按照法律法规要求进行，对本项目辐射工作人员基本无辐射影响。

中核五公司漳州核电项目部拟配备 1 辆专车负责含源 γ 射线探伤机在漳州核电厂厂区内的运输，厂内运输路线为：源库-经五路-纬四路-经三路-纬三路（3/4 号机组）-经二路-1/2 号机组现场，运输专车拟配备 1 个含铅储源箱，储源箱内含 2mm 厚铅板，并与车辆固定，箱体外表面拟设置明显的电离辐射警告标志，箱体存放含源探伤机时拟实行双人双锁管理。

储源箱内最多可同时放置 6 台 γ 射线探伤机，本项目最多有 6 个小组同时进行现场探伤作业，单次最多运输 5 台 ^{192}Ir 探伤机和 1 台 ^{75}Se 探伤机，运输时，司机和押运人员距离探伤机最近分别约 2.8m、1.8m，根据表 11-1 估算结果和公式（6）、（7）可进一步估算得出，经 2mmPb 储源箱屏蔽后， γ 射线探伤机厂内运输过程对司机和押运人员造成的辐射影响，具体估算参数及估算结果见表 11-7。

表 11-7 γ 射线探伤机运输过程对司机和押运人员造成的辐射影响估算表

参数	1 台 ^{192}Ir 探伤机		5 台 ^{192}Ir 探伤机		1 台 ^{75}Se 探伤机	
	司机	押运人员	司机	押运人员	司机	押运人员
无屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率 \dot{K} ($\text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$)	0.003	0.007	0.003×5	0.007×5	0.003	0.007
屏蔽材料及厚度	2mmPb					
半值层 HVL (mm)	3				1	
屏蔽透射因子 B	0.63				0.25	
有屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率 K ($\mu\text{Sv/h}$)	1.89	4.41	9.45	22.05	0.75	1.75

根据表 11-7 可知，单台 ^{192}Ir 探伤机对司机和押运人员座位处造成的辐射剂量率分别为约 $1.89 \mu\text{Sv/h}$ 、 $4.41 \mu\text{Sv/h}$ ，5 台 ^{192}Ir 探伤机造成的辐射剂量率分别为约 $9.45 \mu\text{Sv/h}$ 、

22.05μSv/h；单台 ⁷⁵Se 探伤机对司机和押运人员座位处造成的辐射剂量率分别为约 0.75μSv/h、1.75μSv/h，含源探伤机在漳州核电厂厂区内运输过程对司机和押运人员有一定的辐射影响。

11.2.2 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

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：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (8)$$

上式中：H—年剂量，μSv/年；

\dot{H} —参考点处剂量率，μSv/h；

U—使用因子，对于γ射线探伤机，U取1；

T—居留因子，经常有人员停留的地方取1，部分时间有人员停留的地方取1/4，偶然有人员经过的地方取1/16；

t—年照射时间，(h/年)。

11.2.2.1 移动式 X、γ 射线探伤

本项目移动式X、γ射线探伤主要在漳州核电厂常规岛及BOP子项辅助用房内开展，项目部拟充分利用常规岛及BOP子项辅助用房建筑对射线进行屏蔽，必要时拟采取多组不同尺寸、不同铅当量的柔性软铅屏组合构成屏蔽铅墙对射线进一步屏蔽。开启X或γ射线探伤机进行探伤作业时，辐射工作人员均在控制区边界外，公众均位于监督区边界外，控制区边界外空气比释动能率不大于15μSv/h，监督区边界外空气比释动能率不大于2.5μSv/h，根据公式（8）可估算得出移动式X、γ射线探伤过程对单名探伤操作人员（包括现场安全员）和周围公众造成的年有效剂量，具体估算参数及估算结果见表11-8。

表 11-8 移动探伤过程对辐射工作人员和周围公众造成的年有效剂量估算表

参数	单名探伤操作人员 (包括现场安全员)	周围公众
使用因子 U	1	1
居留因子 T	1	1/16
参考点处剂量率 \dot{H} (μSv/h)	15	2.5
年照射时间 t (h/a)	250	1000
年剂量 H 估算值 (mSv/a)	3.75	0.16
年剂量控制值 (mSv/a)	5	0.25
分析评价	满足	满足

注：①探伤作业时，核电厂内基本无公众停留，公众居留因子保守取 1/16；

②对辐射工作人员的年照射时间保守取高峰期单名辐射工作人员年移动探伤时间 250h，同一探伤作业地点移动探伤时间预计最大为 1000h/年。

根据表 11-8 可知，单名探伤操作人员（包括现场安全员）开展移动式 X、 γ 射线探伤工作过程中受到的年有效剂量为约 3.75mSv，移动式 X、 γ 射线探伤现场周围公众年有效剂量最大为 0.16mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv）。

11.2.2.2 γ 射线探伤机厂内运输过程人员年有效剂量

本项目最多有 6 个小组同时进行现场探伤作业，保守假设每天需运输 5 台 ^{192}Ir 探伤机和 1 台 ^{75}Se 探伤机，单趟运输 6 台探伤机，每天运输 2 趟（包括探伤前从源库运至探伤现场、探伤结束运回源库），单趟运输时间取 10min，年工作 300 天，则每年运输时间为 100h；根据表 11-7 估算结果和公式（8）可估算得出 γ 射线探伤机厂内运输过程对司机和押运员造成的年有效剂量，具体估算参数和估算结果见表 11-9。

表 11-9 γ 射线探伤机厂内运输过程对司机和押运员造成的年有效剂量估算表

参数	司机		押运员	
	单趟运输 5 台 ^{192}Ir 探伤机	单趟运输 1 台 ^{75}Se 探伤机	单趟运输 5 台 ^{192}Ir 探伤机	单趟运输 1 台 ^{75}Se 探伤机
使用因子 U	1		1	
居留因子 T	1		1	
参考点处剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	9.45	0.75	22.05	1.75
年照射时间 t (h/a)	100		100	
年剂量 H 估算值 (mSv/a)	0.76	0.15	1.76	0.35
叠加年剂量估算值 (mSv/a)	1.02		2.38	
年剂量控制值 (mSv/a)	5		5	
分析评价	满足		满足	

根据表 11-9 可知， γ 射线探伤机厂内运输过程中对专车司机和押运人员的年有效剂量最大分别为 1.02mSv、2.38mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv）。

γ 射线探伤机厂内运输时，正常工况下车辆不做停留，单名公众可能受到的照射时

间极短，公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（公众年有效剂量不超过 0.25mSv）。

11.2.2.3 探伤操作人员年总有效剂量

探伤装置装源（包括更换放射源）由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任，公司辐射工作人员所接受的年有效剂量不包括该照射。

根据公司提供资料，本项目单名探伤操作人员除参加移动式 X、 γ 射线探伤工作外，同时每年最多 50 天参加 γ 射线探伤机厂内押运工作（探伤机全年厂内押运工作对所有押运人员（年工作 300 天计算）的总年有效剂量最大为 2.11mSv），叠加上述移动式 X、 γ 射线探伤和探伤机厂内运输辐射影响后，**单名探伤操作人员年有效剂量最大将为 4.15mSv**（3.75mSv+2.38mSv/6）。

上述理论估算取值均为保守取值，实际探伤过程中，由于放射源活度的衰减、探伤时间的降低、移动式 X、 γ 射线探伤过程中工件、建筑及附加屏蔽铅墙的屏蔽等，均会使探伤操作人员的年有效剂量下降，本项目探伤操作人员年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv）。

11.2.2.5 源库

（1）源库工作人员

本项目拟配备 2 名辐射工作人员专职负责源库相关工作，主要包括源库的保管工作、放射源的定期清点检查等，管理人员除了 γ 探伤机领取归还和清点检查工作需到源库外，其余时间均待在办公室内，办公室位于中核五公司生产预制车间内东部二层，位于放射源库东南侧约 300m 处，故源库工作人员主要受到 γ 探伤机领取归还和清点检查工作产生的辐射影响。

本项目拟配备的 γ 射线探伤机均为 P 类（手提式）探伤机，当放射源处于探伤机源容器内时，根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）表 1，P 类探伤机外表面 5cm 处空气比释动能率 $\dot{K}_1 \leq 0.5 \text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ，单个储源格防盗门含 4mm 钢+10mm 铅，源贮存位置至探伤机表面距离取 15cm，探伤机距离储源格防盗门为 10cm，储源格防盗门厚度为 25mm，根据公式（1）、（6）、（7）可估算得出，单个储源格防盗门外 30cm 处辐射剂量率为 4.9 $\mu\text{Sv/h}$ （内有 1 台 ^{192}Ir 探伤机）、0.04 $\mu\text{Sv/h}$ （内有 1 台 ^{75}Se 探伤机），保守将 5 台 ^{192}Ir 探伤机和 1 台 ^{75}Se 探伤机整体作为点源考虑，则当源库内处于满负荷状态下，储源格防盗门外 30cm 处的最大叠加剂量率为 24.54 $\mu\text{Sv/h}$ 。

保守假设源库工作人员每天进行 1 次 γ 射线探伤机的领取和归还，每次均为 6 台 γ 射线探伤机，每天进入源库拿取和放置探伤机平均时间约 10min，单次用推车运输探伤机时间约 1min（每个探伤小组每次领取 1 台探伤机），每次运输 1 台探伤机，每天运输 12 次探伤机，人员拿取探伤机时位于储源格防盗门外 30cm，用推车运输探伤机时距探伤机外表面 0.6m，年工作 300 天，由 2 名源库工作人员平均分担该项工作，则单名源库工作人员每年进入源库拿取和放置探伤机总时间为 25h/a、每年用推车运输探伤机总时间为 30h/a；保守假设源库工作人员每月进行 1 次放射源的清点检查，每次进入源库清点检查时间约 10min，工作人员位于储源格防盗门外 30cm，年工作 12 个月，由 2 名辐射工作人员按照法律法规要求同时在场负责该项工作，则单名源库工作人员每年进行放射源的清点检查总时间为 2h/a。根据上述估算参数及公式（8）可进一步估算得出源库工作人员年有效剂量，具体估算参数及估算结果见表 11-10。

表 11-10 源库工作人员年有效剂量估算表

参数		单名源库工作人员	
使用因子 U		1	
居留因子 T		1	
γ 探伤机 领取归还 过程	进入源库 拿取或放 置探伤机 过程	参考点处剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	24.54
		年照射时间 t (h/a)	25
		年剂量 H 估算值 (mSv/a)	0.61
	用推车运 输探伤机 过程	参考点处剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	60
		年照射时间 t (h/a)	30
		年剂量 H 估算值 (mSv/a)	1.8
γ 探伤机清点检查过 程	参考点处剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	24.54	
	年照射时间 t (h/a)	2	
	年剂量 H 估算值 (mSv/a)	0.05	
叠加年剂量估算值 (mSv/a)		2.46	
年剂量控制值 (mSv/a)		5	
分析评价		满足	

本项目源库南侧为中核二三公司探伤室，源库内工作人员在源库内工作时，保守同时考虑中核二三公司探伤室工作时对其的叠加辐射影响。源库内工作人员工作位辐射剂量率保守取探伤室外 30cm 处辐射剂量率限值 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，单名工作人员在源库内工作

时间取 25h/a，则中核二三公司探伤室运行对本项目源库工作人员产生的年有效剂量最大为 0.06mSv/a，叠加表 11-10 估算结果后可知，本项目单名源库工作人员年有效剂量最大为 2.52mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv）。

（2）周围公众

根据表 11-6 估算结果和公式（8）可估算得出源库周围公众的年有效剂量，具体估算参数及估算结果见表 11-11。

表 11-11 源库周围公众年有效剂量估算表

参数	东侧		南侧	北侧
居留场所	空地	中核二三公司计量室	中核二三公司探伤室	空地
使用因子 U	1	1	1	1
居留因子 T	1/16	保守取 1	保守取 1	1/16
参考点处剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	0.69	2.56×10^{-3}	4.89×10^{-4}	0.58
年照射时间 t (h/a)	2400			
年剂量 H 估算值 (mSv/a)	0.10	<0.01	<0.01	0.09
年剂量控制值 (mSv/a)	0.25		0.25	0.25
分析评价	满足		满足	满足

注：①计量室位于源库东侧约 15m，根据表 11-6 中估算结果和距离衰减可推测出，计量室处辐射剂量率为约 $2.56 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ；

②源库每天照射时间取 8 小时、年照射 300 天（即公众一般工作时间），年照射时间取 2400h/a。

根据表 11-11 可知，本项目源库周围公众年有效剂量最大为 0.10mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（公众年有效剂量不超过 0.25mSv）。

11.2.3 三废治理措施评价

11.2.3.1 显影、定影废液和废胶片治理措施

本项目运行过程中无放射性废水产生，本项目每年将产生不大于 5000kg 的显影、定影废液和不大于 700 张的废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，不得随意排放。

本项目洗片作业均在漳州核电项目部暗室内进行，洗片作业产生的显影、定影废液首先收集于收集桶内，废胶片收集于防漏胶袋内，后统一暂存于漳州核电项目部危

废存放间内，危废存放间拟设置于中核五公司生产预制车间内东部二层。公司已承诺将与有资质单位尽快签订显影、定影废液和废胶片处理协议，洗片过程中产生的显影、定影废液和废胶片集中贮存后交由该单位回收处理。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及关于发布《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）等3项国家污染物控制标准修改单的公告（公告2013年第36号）等相关要求，公司显影、定影废液和废胶片贮存容器以及危废存放间应满足以下要求：

①禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装；

②装载显影、定影废液的收集桶内应留足够空间，收集桶顶部与液体表面之间应保留100毫米以上的空间；

③显影、定影废液收集桶和用于暂存废胶片的防漏胶袋必须完好无损，材质应满足相应的强度要求，材质和衬里应与盛装的危险废物相容（不相互反应），外表面必须粘贴符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）附录A所示的标签；

④危废存放间地面与裙角应用坚固、防渗的材料建造，建筑材料必须与危险废物相容；存放间内必须有泄漏液体收集装置、气体导出口及气体净化装置；存放间内要有安全照明设施和观察窗口；用以存放装载液体、半固体危险废物容器的地方，必须有耐腐蚀的硬化地面，且表面无裂隙；应设计堵截泄漏的裙脚，地面与裙角所围建的容积不低于堵截最大容器的最大储量或总储量的五分之一；不相容的危险废物必须分开存放，并设置隔离间隔断。

⑤危废存放间门口需张贴标准规范的危险废物标识和危废信息板，屋内应张贴《危险废物管理制度》；

⑥危废存放间需按照“双人双锁”制度管理；

⑦公司应建立危险废物管理台账并悬挂于危废存放间内，台账上需注明危险废物的名称、来源、数量、入库日期、出库日期及接收单位名称等信息；

⑧危险废物存放间内禁止存放除危险废物及应急工具以外的其他物品。

以上措施落实后，将满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及关于发布《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）等3项国家污染物控制标准修改单的公告（公告2013年第36号）等中危险废物的暂存处置要求。

11.2.3.2 臭氧和氮氧化物治理措施

本项目运行过程中无放射性废气产生，X、 γ 射线探伤机在工作状态时，会使探伤

现场的空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），移动探伤现场在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物可很快弥散在大气环境中，对环境影响较小。

11.2.3.3 退役放射源处理措施

γ 射线探伤机内 ¹⁹²Ir 放射源使用约 180 天后、⁷⁵Se 放射源使用约 360 天后将退役，产生的退役放射源将由原生产厂家回收，符合相关环保要求。**建议该单位在签订 γ 射线探伤机购买合同时，同时签订废源回收合同。**

11.3 事故影响分析

本项目为使用 II 类射线装置和 II 类放射源进行移动式 X、γ 射线探伤，本项目可能存在的事故风险源、事故工况以及相应的防护措施见表 11-12。

表 11-12 移动式 X、γ 射线探伤可能存在的事故风险源、事故工况以及相应的防护措施一览表

序号	事故工况	事故风险源	防护措施
1	现场探伤时，探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位，致使工作人员误入控制区、公众误入控制区和监督区，使其受到照射。	X 射线探伤机、 ¹⁹² Ir 和 ⁷⁵ Se 放射源	①移动探伤过程中严格执行探伤操作规程及探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故； ②移动探伤过程中严格按照要求划定控制区和监督区，按要求设置安全警戒措施，在清理完现场确保场内无其他人员后，方开机探伤； ③划分的控制区范围清晰可见，工作期间设置良好的照明，确保没有人员进入控制区，如控制区太大或某些地方不能看到，拟安排足够的人员进行巡查；禁止公众进入控制区和监督区，必要时设专人警戒。
2	现场探伤时，现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成照射。	X 射线探伤机、 ¹⁹² Ir 和 ⁷⁵ Se 放射源	①公司开展移动式 X、γ 射线探伤作业时，现场安全员先根据理论估算值和经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，将按要求利用环境辐射巡测仪巡测对控制区和监督区边界进行巡测并修正，将空气比释动能率在 15μSv/h 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，控制区边界外空气比释动能率在 2.5μSv/h 以上的范围内划为监督区，禁止非辐射工作人员进入； ②公司加强管理，加强职工辐射防护知识的培训和安全意识教育。
3	现场探伤时，探伤人员违反操作规程强行探伤，对工作人员和公众造成照射。	X 射线探伤机、 ¹⁹² Ir 和 ⁷⁵ Se 放射源	①移动探伤过程中严格执行探伤操作规程及探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故； ②移动探伤过程中严格按照要求划定控制区和监督区，按要求设置安全警戒措施，在清理完现场确保场内无其他人员后，方开机探伤； ②公司加强管理，加强职工辐射防护知识的培训和安全意识教育。
4	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	¹⁹² Ir 和 ⁷⁵ Se 放射源	①现场安全员领取探伤装置后，探伤操作人员均检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指

	容器，对工作人员和公众造成照射。		示器、输源管、驱动装置等的性能，检查合格后，方运输至探伤现场； ②公司按要求制定设备维修制度，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；在实际探伤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。
5	γ 射线探伤结束后，由于机械故障或其他原因，如输源管破裂、输源管未与源辫的挂钩接合或接合不牢等，发生卡源、脱源事故，在放射源未能安全收回探伤机源容器的情况下辐射工作人员误入探伤现场从而受到照射。	^{192}Ir 和 ^{75}Se 放射源	①现场安全员领取探伤装置后，探伤操作人员均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，检查合格后，方运输至探伤现场； ②公司按要求制定设备维修制度，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；在实际探伤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。 ③达到预定照射时间和曝光量后探伤操作人员和现场安全员携带环境辐射巡测仪进入探伤装置控制器区域，操作人员将放射源收回探伤机贮源容器内，现场安全员用环境辐射巡测仪进行监测，可避免放射源未安全收回探伤机源容器的情况下人员进入探伤现场。
6	放射源运输过程中，发生意外事故，导致放射源移出源容器，对工作人员和公众造成照射。	^{192}Ir 和 ^{75}Se 放射源	①制定 γ 射线探伤机运输管理制度，严格按照要求进行放射源的运输； ②运输车辆配备相应的应急物资，包括合适的屏蔽物、合适的处理工具等。
7	公司管理混乱，致使放射源丢失、被盗，对环境和社会产生严重的危害。	^{192}Ir 和 ^{75}Se 放射源	①放射源贮存在 γ 射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内，公司安排2名工作人员专职负责放射源库的保管工作； ②源库满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施； ③每台 γ 射线探伤机均配备2名探伤操作人员，探伤操作人员严格按照操作规程操作，确保放射源安全； ④公司加强管理，加强职工辐射防护知识的培训 and 安全意识教育，按要求制定完善的辐射安全管理规章制度，按照规章制度开展辐射工作。

中核五公司漳州核电项目部应加强辐射安全管理，尽快制定移动式 X、 γ 射线探伤相关的操作规程和辐射安全管理制度，同时应加强 γ 射线探伤机的安全管理，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；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤作业，每次移动式 X、 γ 射线探伤前均检查辐射安全措施的有效性、提高警戒，每次探伤作业均应根据要求利用

环境辐射巡测仪对控制区和监督区边界进行检测并修正，确保控制区及监督区内无人停留；同时公司应针对移动式 X、 γ 射线探伤工作中可能出现的事故，按照《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》的格式和要求，制定切实可靠的辐射事故应急预案，以备辐射事故发生时，有序处置应对辐射事故。此外，公司还应制定应急演练计划，通过演练，能够检验制定的应急措施是否可行。

当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单位负责人报告，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。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行政部门报告。

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》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置和II类放射源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；辐射工作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；使用伽玛射线移动探伤设备的辐射工作人员，应当接受中级或者高级辐射安全培训；自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

中核五公司漳州核电项目部拟成立辐射安全与环境保护管理小组，明确单位负责人为辐射安全第一责任人，明确领导小组组成成员，并以文件形式明确各成员管理职责；本项目专职辐射管理人员和辐射工作人员（包括探伤操作人员、现场安全员、源库专职管理人员等所有参与辐射工作的人员），均要求持有在有效期内的辐射安全与防护中级或高级培训合格证书或者伽马射线探伤辐射安全与防护考核成绩合格报告单后上岗。落实后，能够满足法律法规相关要求。

公司应注意辐射工作人员培训证书到期前，应安排其通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习本项目相关知识，通过该培训平台报名并重新参加本项目相关专业考核，若培训证书到期后，应重新参加考核合格后方能继续上岗。

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，使用放射源和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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。中核五公司漳州核电项目部应根据相关要求，制定完善的辐射防护管理规章制度，本报告现对相关管理制度的制定提出如下建议和要求：

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X、 γ 射线探伤机的运行和维修时辐射安全管理，明确项目运营后应根据管理部门要求使用福建省放射源“一源一码”管理系统，指定专人负责系统使用和维护，运用系

统加强放射源出入库、运输、作业等环节辐射安全管理，及时核实、处理系统预警信息；每年对本单位辐射安全规范化管理状况开展自评，查漏补缺，及时整改完善，每年按要求向生态环境主管部门提交年度辐射安全自查评估报告。

探伤操作规程：针对本项目移动式 X、 γ 射线探伤制定操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求，加强辐射工作人员的管理，严禁无证人员或仅参加了初级辐射安全与防护培训人员操作探伤装置；明确 X、 γ 射线机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确移动探伤时的操作步骤，明确每次 γ 射线探伤工作前，操作人员应检查 γ 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，探伤前对辐射安全措施的检查等，确保辐射安全措施的有效性，明确现场探伤应填写现场探伤作业表，探伤前对控制区和监督区的巡测和修正、人员的清场和辐射安全措施的检查等，并进行记录，确保辐射工作安全有效运转。

γ 射线探伤机运输管理制度：明确 γ 射线探伤机在漳州核电厂厂区内运输流程、运输路线及要求，重点是明确： γ 射线探伤机必须专车运输、专人押运，押运人员须全程监护探伤装置，运输人员须熟练掌握驾驶技能，须保证身体状态和车况良好，运输过程中严禁喝酒、超速行驶、疲劳驾驶等违章行为，保障行车安全。

设备维修维护制度：明确 X、 γ 射线装置以及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保 X、 γ 射线装置以及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。重点是明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录；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；禁止使用超过 10 年的探伤装置，当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后，应及时报废。

岗位职责：明确管理人员、探伤操作人员、现场安全员、源库专职工作人员、专车驾驶员、押运人员、维修维护人员等的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己在岗位具体责任，并层层落实。

探伤装置使用登记和台帐管理制度：制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度，明确：由 2 名源库工作人员负责放射源相关的领取、归还和登记工作，并平均分担放射源相关的领取和归还等近距离接触放射源的工作，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，做到帐物相符，一一对应，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。

重点是：放射源领用有明确的内部审批流程，有相应的领用审批表；按要求开展放射源出入库登记，做到一源一机一档（登记本）；登记内容应包括：探伤装置型号、出厂编号，放射源的核素名称、活度、测量日期、编码、标号，移出时间、返回时间、使用的地点、使用管理人员姓名，领取、归还时的监测检查结果，领用班组安全员和源库管理员签字等。

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

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

辐射环境监测方案：购置环境辐射巡测仪等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测项目应至少包括：放射源出入库监测、现场探伤作业控制区和监督区边界监测、现场作业结束后环境监测、放射源运输前探伤机表面监测、源库周围定期辐射监测，监测结果应妥善保存并记录档案，同时应定期上报生态环境主管部门。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用射线装置和放射源的单位，应当对本单位的射线装置和放射源的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前按要求提交上一年度的评估报告。

放射性固废管理制度：针对退役放射源制定放射性固废管理制度，重点是：明确 γ 射线探伤机内放射源达到使用年限退役后，应贮存在 γ 射线探伤机内，随探伤机一起贮存在源库内，最终由原生产厂家回收处置。

危险废物管理制度：明确显影、定影废液和废胶片暂存处置要求，明确危险废物存放间管理要求，按要求建立危险废物管理台账并悬挂于危废存放间内，台账上需注明危险废物的名称、来源、数量、入库日期、出库日期及接收单位名称等信息。重点是：明确产生的显影、定影废液和废胶片应按要求集中贮存后交由有资质单位回收处理。

事故应急预案：根据《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》要求，公司应成立单位负责人为领导的放射性事故应急领导小组，并明确小组成员及相关职责；明确应急报告程序和详细的联络报告电话；针对至少包括放射源丢失、被盗、卡源、源脱离、非工作人员误照射、运输车事故造成

放射性物质泄漏等情景的应急处置程序和措施；明确应急物资、设备的型号（名称）、存放地点，物资应包括：长杆钳、屏蔽容器、监测仪器、通讯器材、相关记录等；明确预案内部培训的频次、修订间隔、应急演练的频次要求等，定期对辐射应急相关人员进行培训；根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景、演练参与人员等。当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单位负责人报告，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。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行政部门报告。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用 II 类射线装置和 II 类放射源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。同时根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）要求，现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪；现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪；个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）要求，探伤作业人员应佩戴符合审管部门要求的个人剂量计（包括热释光或胶片剂量计和直读式剂量计），每一个工作小组应至少配备一台便携式剂量仪，并配备能在现场环境条件下被听见、看见或产生震动信号的个人报警剂量仪。

本项目初期拟配备 5 台 γ 射线探伤机和 2 台 X 射线探伤机，每台 γ 射线探伤机均配备 2 名探伤操作人员，共配备 10 名探伤操作人员，拟设置 3 个现场探伤小组，每个探伤小组现场探伤时至少 2 名探伤操作人员同时在场，并指定 1 人为现场安全员；拟配备 2 名专职人员负责源库相关工作；拟配备 1 名专职司机和 1 名兼职司机负责 γ 射线探伤机的厂内运输。根据初期辐射工作人员和工作小组配备情况，公司初期拟配备 4 台环境辐射巡测仪，所有辐射工作人员（包括探伤操作人员、源库工作人员、运输司机等从事辐射工作的所有人员）均拟配备 1 台个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪（具备直读剂量计功能），共计配备 14 台个人剂量报警仪。

日后若新增辐射工作人员和探伤小组，新增人员均拟配备 1 台个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪（具备直读剂量计功能），同时公司拟增配环境辐射巡测仪，确保源库、

同时进行现场探伤工作的每个小组工作时均配套 1 台辐射巡测仪。

以上监测仪器按要求配备后，能够满足本项目的仪器配备要求。

12.3.2 监测方案

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

1、个人剂量和职业健康监测

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射工作人员职业健康管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的相关要求，公司应委托有资质的单位定期（不少于 1 次/3 个月）对辐射工作人员个人剂量进行监测，并应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案，并对职业照射个人监测档案终生保存。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。

按照《放射工作人员健康标准》、《放射工作人员职业健康管理办法》和《放射工作人员职业健康监护技术规范》的相关规定，放射工作人员上岗前，应当进行上岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。建设单位应当组织辐射工作人员定期进行职业健康检查，职业健康检查包括上岗前、在岗期间、离岗时、受到应急照射或者事故照射时的健康检查，以及职业性放射性疾病患者和受到过量放射工作人员的医学随访观察；放射工作人员在岗期间职业健康检查周期为 1~2 年，但不得超过 2 年，必要时可适当增加检查次数。建设单位应对从事辐射工作的工作人员建立并终生保存职业健康监护档案，并有专人负责管理。

2、工作场所及周围环境监测

(1) 项目建成后试运行 3 个月内委托有资质的单位对项目工作场所及周围环境辐射水平进行竣工环保验收监测；

(2) 委托有资质的单位定期对项目工作场所及周围环境辐射水平进行年度监测，周期为 1~2 次/年；

(3) 辐射工作人员用公司配备的环境辐射巡测仪定期对源库周围环境辐射水平进行自主监测，并记录档案，周期为 1~2 次/季度；

(4) 每次开展下列相关辐射工作时，辐射工作人员均用公司配备的环境辐射巡测仪进行监测，监测项目主要包括：放射源出入库探伤机表面辐射剂量率、现场探伤作业控制区和监督区边界辐射剂量率、现场作业结束后辐射环境、放射源厂内运输前后探伤机表面辐射剂量率，并记录档案。

本项目辐射监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射监测计划一览表

监测对象	监测因子	监测项目		监测频次	监测点位	控制要求
源库	X-γ 辐射剂量率	竣工环保验收监测		项目竣工后 3 个月内	①储源格外 30cm 处； ②源库门外 30cm 离地面高度为 1m 处，测门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周； ③源库四周墙体外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点； ④源库周围人员经常活动的位置。	可接近公众处不大于 2.5μSv/h
		年度监测		1~2 次/年		
		自主监测		1~2 次/季度		
现场探伤	X-γ 辐射剂量率	竣工环保验收监测		项目竣工后 3 个月内	控制区和监督区边界离地面高度为 1m 处，控制区和监督区边界均至少测东、南、西、北 4 个点。	控制区边界外不大于 15μSv/h，监督区边界外不大于 2.5μSv/h
		年度监测		1~2 次/年		
		自主监测	现场探伤作业控制区和监督区边界监测		每一次现场探伤作业	控制区和监督区边界离地面高度为 1m 处，γ 射线探伤机表面外 5m。
现场作业结束后辐射环境监测						
其他	X-γ 辐射剂量率	自主监测	放射源出入库监测	放射源的每一次出入库	γ 射线探伤机表面外 1m	不大于 0.02mGy·h ⁻¹
			放射源厂内运输前后监测	放射源的每一次运输	γ 射线探伤机表面外 1m	不大于 0.02mGy·h ⁻¹

12.4 辐射事故应急

中核五公司漳州核电项目部暂未制定辐射事故应急方案，针对本项目可能发生的事故风险，该单位应根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，根据《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》等要求、《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）内事故应急要求，制定辐射事故应急方案，根据要求，公司应成立单位负责人为领导的放射性事故应急领导小组，并明确小组成员及相关职责；明确应急报告程序和详细的联络报告电话；针对至少包括放射源丢失、被盗、卡源、源脱离、非工作人员误照射、运输车事故造成放

射性物质泄漏等情景的应急处置程序和措施；明确应急物资、设备的型号（名称）、存放地点，物资应包括：长杆钳、屏蔽容器、监测仪器、通讯器材、相关记录等；明确预案内部培训的频次、修订间隔、应急演练的频次要求等。

每年应至少开展1次辐射事故应急演练，辐射安全第一责任人、辐射安全专职管理人员、探伤操作人员和安全员等关键岗位人员须根据各自职责参与演练，并使用文字、图片、视频记录演练过程，总结演练情况，提升应急能力。

根据原国家环保总局《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》，以及《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》的要求，在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，并按规程处理和控制在最小范围，最大限度减少对人员安全和周围环境的影响，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。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行政部门报告。

12.5 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

中核五公司漳州核电项目部移动式 X、 γ 射线探伤项目应严格落实环保“三同时”制度，即建设项目辐射防护和安全措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。该项目投入试运行后，应按有关要求进行了竣工环保验收。

表 12-2 本项目竣工环境保护验收项目一览表

验收项目	验收内容	验收标准及要求
辐射安全管理机构	成立辐射安全防护管理领导小组，明确单位负责人为辐射安全第一责任人，明确领导小组组成成员，并以文件形式明确各成员管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规中辐射安全管理的要求。
辐射工作场所分区	将源库划为控制区，源库外库房划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的分区要求。
	开展移动式探伤作业时，将空气比释动能率在 15 μ Sv/h 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，控制区边界外空气比释动能率在 2.5 μ Sv/h 以上的范围内划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的分区要求。

	<p>屏蔽措施:</p> <p>① 源库东墙、西墙、北墙为 200mm 非烧结页岩砖,南墙与中核二三公司探伤室共用 860mm 厚砼墙,屋顶为 150mm 砼,入口门为普通防盗门;源库内设置 6 个储源格,储源格为钢筋混凝土结构,东墙、西墙为 240mm 砼,南墙与中核二三公司探伤室共用 860mm 厚砼墙,北侧设置内含 4mm 钢+10mm 铅的防盗门,顶板为 120mm 砼,底板为 150mm 砼。</p> <p>②移动式 X、γ 射线探伤现场位于漳州核电厂厂区内,主要位于常规岛及 BOP 子项辅助用房内,充分利用常规岛及 BOP 子项辅助用房建筑对射线进行屏蔽,必要时采取多组不同尺寸、不同铅当量的柔性软铅屏组合构成屏蔽铅墙对射线进一步屏蔽,探伤工作人员均在控制区边界外进行作业。</p>	<p>①各辐射工作场所的屏蔽措施满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)和本项目辐射环境剂量率控制水平:移动探伤作业控制区边界外空气比释动能率应不大于 15μSv/h,监督区边界外空气比释动能率应不大于 2.5μSv/h;源库外表面若能接近公众,其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于 2.5μSv/h 或者审管部门批准的水平。</p> <p>②项目辐射工作人员、周围公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中剂量限值要求和项目管理目标剂量约束值要求:职业人员年有效剂量不超过 5mSv,公众年有效剂量不超过 0.25mSv。</p>
<p>辐射安全和防护措施</p>	<p>安全措施:</p> <p>(1)源库:</p> <p>源库满足安防要求,源库门和储源格门均采用防盗门,双人双锁管理,源库和储源格门外设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志,源库内设置红外报警装置,源库内和源库门外均安装监控装置,工作人员对源库大门和源进行 24 小时监控;放射源出入进行台账登记并监测,确保放射源安全。</p> <p>(2)移动式 X、γ 射线探伤:</p> <p>①移动探伤过程中严格执行探伤操作规程及探伤流程,坚持先示警再开机的操作程序,以防发生误照射事故。</p> <p>②探伤作业开始前,现场安全员用环境辐射巡测仪对 γ 射线探伤机表面剂量进行检测,确认放射源是否在探伤机内;探伤作业结束后,现场安全员用环境辐射巡测仪进行监测,确定放射源收回源容器后,由检测人员在检查记录上签字,方携带探伤装置离开现场。</p> <p>③移动探伤过程中严格按照要求划定控制区和监督区,利用实体屏障、警戒绳等围住控制区和监督区边界,并在控制区边界醒目位置设置“禁止进入放射工作场所”警告牌、提示“预备”和“照射”状态的指示灯以及声音提示装置,警示信号指示装置拟与 X 射线探伤机、设置电动出源装置的 γ 射线探伤机进行连锁;在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标识,必要时设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后,方开机探伤。</p> <p>④控制区的范围清晰可见,工作期间设置良好的</p>	<p>满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)、《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)、《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)、《福建省生态环境厅关于进一步规范 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》(闽环辐辐射(2019)5号)中相关辐射安全要求。</p>

	<p>照明,确保没有人员进入控制区,如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。</p> <p>⑤探伤作业时,确保每个探伤小组现场探伤时至少 2 名探伤操作人员同时在场,并指定 1 人为探伤小组辐射防护负责人,指定 1 人为现场安全员,确保每个探伤小组配备 1 台环境辐射巡测仪,每名操作人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪,并保证个人剂量报警仪和环境辐射巡测仪一直处于开机状态。</p> <p>⑥当探伤装置、场所、被检测体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时,均应重新进行巡测,并记录巡测结果,确定新的划区界线。</p> <p>(3)其他要求:</p> <p>针对移动式 γ 射线探伤,应对照《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)、《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)和《福建省生态环境厅关于进一步规范 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》(闽环保辐射(2019)5 号)中的相关要求落实使用 γ 射线探伤装置单位的辐射安全要求。</p>	
放射性固废处理	γ 射线探伤机内放射源达到使用年限退役后,废源将由原生产厂家回收处置。	满足《中华人民共和国放射性污染防治法》等法律法规的规定。
显影、定影废液和废胶片暂存处置	显影、定影废液首先收集于收集桶内,废胶片收集于防漏胶袋内,后统一暂存于漳州核电项目部危废存放间内。公司显影、定影废液和废胶片贮存容器以及危废存放间应满足危险废物暂存要求,公司应与有资质单位就显影、定影废液和废胶片签订安全处置协议,定期交由有资质单位处理。	满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及关于发布《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)等 3 项国家污染物控制标准修改单的公告(公告 2013 年第 36 号)等中危险废物的暂存处置要求。
人员配备	专职辐射管理人员和辐射工作人员(包括探伤操作人员、现场安全员、源库专职管理人员等所有参与辐射工作的人员),均应持有在有效期内的辐射安全与防护中级或高级培训合格证书或者伽马射线探伤辐射安全与防护考核成绩合格报告单。	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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法律法规中人员培训要求。
	所有辐射工作人员均配备个人剂量计,并定期(不超过 3 个月/次)送有资质部门进行监测,公司建立个人累积剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《职业性外照射个人监测规范》中个人剂量监测的要求。
	所有辐射工作人员均定期(不超过 1 次/2 年)进行职业健康体检,公司建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中职业健康体检的要求。

<p>监测仪器 和防护用 品</p>	<p>初期应配备至少 4 台环境辐射巡测仪，日后若新增探伤机、辐射工作人员和探伤小组，公司应增配环境辐射巡测仪，确保源库、同时进行现场探伤工作的每个小组工作时均配套 1 台辐射巡测仪。</p> <p>初期应配备至少 10 名探伤操作人员、2 名源库工作人员、1 名专职司机和 1 名兼职司机，所有 14 名辐射工作人员均应配备 1 台个人剂量报警仪（具备直读剂量计功能），共计 14 台个人剂量报警仪；日后若新增辐射工作人员，新增人员均应配备 1 台个人剂量报警仪（具备直读剂量计功能）。</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中监测仪器配备的要求。</p>
<p>辐射安全 管理制度</p>	<p>根据国家及地方规定，以及本项目具体情况，公司应制定健全的辐射安全管理规章制度，主要应包括：辐射防护和安全保卫制度、探伤操作规程、γ 射线探伤机运输管理制度、设备维修维护制度、岗位职责、探伤装置使用登记和台帐管理制度、人员培训计划、个人剂量监测方案、辐射环境监测方案、放射性固废管理制度、危险废物管理制度、事故应急预案，其还应在之后的实际工作中不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善。</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规中辐射安全管理的要求，满足本项目辐射工作需要。</p>

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 可行性分析结论

一、项目概况介绍

根据项目建设需要，中核五公司漳州核电项目部拟在漳州核电厂厂区内开展移动式 X、 γ 射线探伤项目，移动探伤区域主要位于常规岛及 BOP 子项辅助用房内。公司拟将原预留仓库改建为放射源库和库房，放射源库用于单独贮存本项目 γ 射线探伤机，库房用于存放 X 射线探伤机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施；项目配套的暗室、评片室等辅助用房拟设置于中核五公司生产预制车间内东部二层，位于放射源库东南侧约 300m 处

本项目拟配备 3 台 X 射线探伤机和 6 台 γ 射线探伤机（使用 5 枚 ^{192}Ir 放射源和 1 枚 ^{75}Se 放射源）， ^{192}Ir 和 ^{75}Se 放射源最大活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，均属于 II 类放射源，X 射线探伤机最大管电压均为 350kV、最大管电流均为 5mA，均属于 II 类射线装置。

二、产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。

三、代价利益分析

该项目的运行可提高产品质量，可提高核电厂常规岛及 BOP 子项辅助用房等建筑质量，在确保核电站安全度运行中起到了重要作用，具有良好的社会效益和经济效益。本项目总投资 500 万元，其中环保投资 150 万元，占总投资的 30%，与同类项目环保投资指标相比，本项目环保投资比例合理、适当，可保证环保措施的落实。根据下文分析，本项目经辐射防护屏蔽和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。

因此，从代价利益方面分析，本项目获得的利益远大于对环境的影响，具有明显的经济效率、社会效益，该项目的建设符合《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。

四、选址、布局合理性评价

本项目源库和移动探伤现场均位于福建漳州核电厂厂区内，源库周围 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，选址合理。

公司在实施现场探伤之前，必须开具探伤作业票，应对工作环境进行全面的评估，评估内容应至少包括工作地点的选择、警戒的安全距离、附近的公众、探伤时间等，探伤时间应尽量选择在夜晚 10 点后进行，应保证探伤过程中的辐射安全，确保进行现场探伤的选址合理可行。

本项目源库为单独房间，用于单独贮存 γ 射线探伤机，探伤机不与爆炸物品、腐蚀性物品一起存放；源库外西侧拟设置一间库房，用于存放 X 射线探伤机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施。公司拟将放射源库划为控制区，拟将源库外库房划为监督区，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 6.4 的要求。

公司开展移动式 X、 γ 射线探伤作业时，现场安全员拟根据理论估算值和经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用环境辐射巡测仪巡测对控制区和监督区边界进行巡测并修正，将空气比释动能率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，控制区边界外空气比释动能率在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。该公司拟采取的分区措施基本满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的要求。

13.1.2 辐射安全与防护结论

一、辐射防护措施评价

本项目源库东墙、西墙、北墙为200mm非烧结页岩砖，南墙与中核二三公司探伤室共用860mm厚砼墙，屋顶为150mm砼，入口门为普通防盗门；源库内设置6个储源格，储源格为钢筋混凝土结构，东墙、西墙为240mm砼，南墙与中核二三公司探伤室共用860mm厚砼墙，北侧设置内含4mm钢+10mm铅的防盗门，顶板为120mm砼，底板为150mm砼。根据理论预测可知，源库的辐射防护设计能满足辐射防护要求。

移动式X、 γ 射线探伤时拟充分利用常规岛及BOP子项辅助用房建筑对射线进行屏蔽，必要时采取多组不同尺寸、不同铅当量的柔性软铅屏组合构成屏蔽铅墙对射线进一步屏蔽，确保控制区和监督区范围在漳州核电厂厂界范围内并尽可能小。

二、辐射安全措施评价

1、源库

本项目源库满足安防要求，源库门和储源格门均采用防盗门，双人双锁管理，源库和储源格门外设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，源库内设置红外报警装置，源库内和源库门外均安装监控装置，工作人员对源库大门和源进行 24 小时监控；放射源

出入进行台账登记并监测，确保放射源安全。

以上措施落实后，能够满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中放射源储存的安全要求。

2、移动式 X、 γ 射线探伤

（1）移动探伤过程中严格执行探伤操作规程及探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。

（2）探伤作业开始前，现场安全员用环境辐射巡测仪对 γ 射线探伤机表面剂量进行检测，确认放射源是否在探伤机内；探伤作业结束后，现场安全员用环境辐射巡测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方携带探伤装置离开现场。

（3）移动探伤过程中严格按照要求划定控制区和监督区，利用实体屏障、警戒绳等围住控制区和监督区边界，并在控制区边界醒目位置设置“禁止进入放射工作场所”警告牌、提示“预备”和“照射”状态的指示灯以及声音提示装置，警示信号指示装置拟与 X 射线探伤机、设置电动出源装置的 γ 射线探伤机进行连锁；在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标识，必要时设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后，方开机探伤。

（4）控制区的范围清晰可见，工作期间设置良好的照明，确保没有人员进入控制区，如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。

（5）探伤作业时，确保每个探伤小组现场探伤时至少 2 名探伤操作人员同时在场，并指定 1 人为探伤小组辐射防护负责人，指定 1 人为现场安全员，确保每个探伤小组配备 1 台环境辐射巡测仪，每名操作人员均拟佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并保证个人剂量报警仪和环境辐射巡测仪一直处于开机状态。

（6）当探伤装置、场所、被检测体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，并记录巡测结果，确定新的划区界线。

以上措施落实后，本项目移动式 X、 γ 射线探伤的辐射安全和防护措施将满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中相关辐射安全要求。

此外，针对移动式 γ 射线探伤，中核五公司漳州核电项目部还应对照《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）、《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）、《福建省生态环境

厅关于进一步规范 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（闽环保辐射（2019）5号）中相关要求，认真落实使用 γ 射线探伤装置单位的辐射安全要求。

三、辐射安全管理评价

中核五公司漳州核电项目部拟成立辐射安全与环境保护管理小组，明确单位负责人为辐射安全第一责任人，明确领导小组组成成员，并以文件形式明确各成员管理职责；公司应制定健全的辐射安全管理规章制度，在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善；本项目专职辐射管理人员和辐射工作人员（包括探伤操作人员、现场安全员、源库专职管理人员等所有参与辐射工作的人员），均应持有在有效期内的辐射安全与防护中级或高级培训合格证书或者伽马射线探伤辐射安全与防护考核成绩合格报告单后上岗；同时，辐射工作人员应进行个人剂量监测和职业健康体检，并建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

以上措施落实后，将满足辐射安全管理要求。

四、辐射防护监测仪器

本项目初期拟配备5台 γ 射线探伤机和2台X射线探伤机，每台 γ 射线探伤机均配备2名探伤操作人员，共配备10名探伤操作人员，拟设置3个现场探伤小组，每个探伤小组现场探伤时至少2名探伤操作人员同时在场，并指定1人为探伤小组辐射防护负责人，指定1人为现场安全员；拟配备2名专职人员负责源库的保管工作，拟配备1名专职司机和1名兼职司机负责探伤装置在福建漳州核电厂厂区内的运输。根据初期辐射工作人员和工作小组配备情况，公司初期拟配备4台环境辐射巡测仪，所有辐射工作人员均拟配备1台个人剂量计和1台个人剂量报警仪。

日后若新增辐射工作人员和探伤小组，新增人员均拟配备1台个人剂量计和1台个人剂量报警仪，同时公司拟增配环境辐射巡测仪，确保源库、同时进行现场探伤工作的每个小组工作时均配套1台辐射巡测仪。

以上监测仪器按要求配备后，能够满足本项目的仪器配备要求。

13.1.3 环境影响分析结论

一、辐射环境影响预测

根据理论预测可知，当源库内处于满负荷状态下，源库外30cm处瞬时剂量率最大为 $(3.91 \times 10^{-4} \sim 0.55) \mu\text{Sv/h}$ ，公众可达处（东墙、南墙和北墙外）瞬时剂量率最大为 $0.55 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）和本项目辐射环境剂量率控制水平要求：源库外表面若能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比

释动能率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的水平， γ 射线探伤机在源库内贮存时对源库周围环境影响较小。

公司在实施现场探伤之前，应对工作环境进行全面的评估，应保证探伤过程中的辐射安全。现场安全员应根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求，根据理论估算值和经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用环境辐射巡测仪巡测对控制区和监督区边界进行巡测并修正，将空气比释动能率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，控制区边界外空气比释动能率在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。落实后，能够满足移动式 X、 γ 射线探伤的辐射防护要求。

二、保护目标剂量评价

根据理论估算结果可知，公司在做好安全防护措施的情况下，本项目投入运行后辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.25mSv ）的剂量限值要求。

三、显影、定影废液和废胶片处理措施评价

本项目运行后将产生显影、定影废液和废胶片，属《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，不得随意排放。

本项目洗片作业均在漳州核电项目部暗室内进行，洗片作业产生的显影、定影废液首先收集于收集桶内，废胶片收集于防漏胶袋内，后统一暂存于漳州核电项目部危废存放间内。公司应与有资质单位就显影、定影废液和废胶片签订安全处置协议，定期交由有资质单位处理，公司应注意显影、定影废液和废胶片贮存容器以及危废存放间应满足危险废物暂存要求。

以上措施落实后，将满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及关于发布《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）等 3 项国家污染物控制标准修改单的公告（公告 2013 年 第 36 号）等中危险废物的暂存处置要求。

四、臭氧和氮氧化物处理措施评价

X、 γ 射线探伤机在工作状态时，会使探伤现场的空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ），移动探伤现场在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物可很快弥散在大气环境中，对环境影响较小。

五、退役放射源处理措施评价

γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 放射源使用约 180 天后、 ^{75}Se 放射源使用约 360 天后将退役，产生的退役放射源将由原生产厂家回收，符合《中华人民共和国放射性污染防治法》等法律法规中的相关规定。

总结论：

综上所述，中核五公司漳州核电项目部移动式 X、 γ 射线探伤项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

13.2 建议与承诺

(1) 项目在建造和运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表中提出的安全防护措施和相关管理要求。

(2) 公司应定期对 γ 射线探伤机进行检查，确保放射源安全。

(3) 针对移动式 X、 γ 射线探伤项目可能出现的辐射事故，加强工作人员的辐射安全思想教育，避免意外事故造成对职业人员和公众的影响，使其对环境的影响降到最低。

(4) 公司应认真保管好探伤设备的各种档案资料以及定期的测试报告等，做到各种数据有据可查。

(5) 建议该单位在签订 γ 射线探伤机购买合同时，同时签订废源回收合同。

(6) 公司应及时向生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》；建设项目竣工后，公司应在 3 个月内完成项目竣工验收相关手续，需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人

公 章
年 月 日

审批意见

经办人

公 章
年 月 日