

核技术利用建设项目
中国核工业二三建设有限公司防城港项目部
2021 年工业 γ 射线探伤扩建项目
环境影响报告表
(公示本)

建设单位：中国核工业二三建设有限公司防城港项目部

环评单位：江西省核工业地质局测试研究中心

二〇二一年三月
环境保护部监制

表1 项目基本情况

建设项目名称		中国核工业二三建设有限公司防城港项目部 2021年工业γ射线探伤扩建项目				
建设单位		中国核工业二三建设有限公司防城港项目部				
法人代表		***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		防城港市港口区光坡镇中间坪村红沙核电商贸城内				
项目建设地点		防城港市港口区光坡镇防城港核电二期安装工程场所				
立项审批部门		/		批准文号		/
建设项目总投资(万元)		***	项目环保投资(万元)	***	投资比例(环保投资/总投资)	***
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	---
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input 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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他						

1.1 建设单位概述

中国核工业二三建设有限公司创立于1958年，隶属于中国核工业建设集团公司，是一家大型核工程综合安装企业，主要业务范围是承接核军工、核电站核岛以及大部分核科研安装工程，同时为石油化工、环保、火电、航空航天等领域工程建设提供技术服务。公司注册资本3.8亿元人民币，在国内二十多个省市设立了具有独立安装施工能力的工程公司和项目公司；拥有机械加工厂。核工业工程研究设计院等生产、科研单位。近50年来，公司承担了中国大力全部核军工、核电站核岛以及大部分核科研安装工程，在石油化工、环保、火电、航空航天等领域创造了多项优良记录。2002年经国家建设

部核定为施工总承包一级企业。

中国核工业二三建设有限公司是防城港二期 3#、4#机组核岛安装工程主承包商，公司于 2010 年初成立防城港项目部，现有辐射工作人员 45 名（其中 5 人专职负责室内探伤，40 人负责现场探伤）。负责二期“华龙一号”核电机组的全部核岛设备的安装工程、调试服务和维护工作。

探伤室作业具体负责部门为质检部试验室，项目部与广西防城港核电工程公司实施监管。项目部每周例行检查一次，广西防城港核电工程公司会同防城港核电公司每月进行一次联合大检查，防城港核电公司每半年进行一次全面的辐射安全和放射源检查并形成检查记录。

1.2 项目概况

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部是一个专业检测试验机构。项目部为了扩展业务提高经济效益，先后申请并已获得许可 6 台工业 X 射线探伤机、 γ 射线探伤机 20 台（使用铱-192 放射源 15 台、使用硒-75 放射源 5 台），用于室内、室外工业无损探伤。

因原许可的 γ 射线探伤源不能满足日益增长的探伤业务需求，现拟申请增加工业 γ 射线探伤机 5 台（各使用 1 枚铱-192 放射源），增加 5--10 名工作人员，开展承接项目的 γ 射线现场探伤作业，先期用于防城港核电厂二期安装工程项目。

防城港核电厂二期安装工程项目位于防城港核电厂厂区内。为实施对放射源的安全控制和集中管理，防止放射源的丢失、被盗，尽可能减少潜在照射的危险和辐射事故的发生，密封放射源 ^{192}Ir 分别贮于探伤机内，非探伤工作期间，含源探伤机暂存于由广西防城港核电工程公司统一管理的放射源库（该放射源库建设环境影响文件已取得广西壮族自治区生态环境厅批复）并执行相应管理规定。

1.3 原有核技术利用项目许可情况

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部取得了自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证（证号：桂环辐证[P0308]，见附件 1），许可范围为使用 II 类射线装置及 II 类密封放射源，有效期到 2024 年 7 月 3 日。申请许可项目详见表 1-1。

表 1-1 核技术利用项目环境保护手续完备情况

项目名称	主要建设内容	环评情况	环保验收情况
广西防城港核电厂核岛安装工程工业X射线探伤项目、广西防城港核电厂核岛安装工程工业γ射线探伤项目	申请使用8台铱-192探伤机、5台硒-75探伤机及6台工业X射线探伤机开展室内、室外工业探伤项目	项目环境影响报告表由广西壮族自治区辐射环境监督管理站编制完成。 2010年12月14日获得广西壮族自治区环境保护批复（桂环审[2010]76号文）	项目于2015年10月28日通过了广西环境保护厅的竣工环保验收（批复：桂环验（2015）165号）。
防城港核电安装工程γ射线探伤扩建项目	使用7台铱-192探伤机	项目环境影响报告表由江西省核工业地质局测试研究中心编制完成。 2019年4月11日获得广西壮族自治区生态环境厅批复（桂环审[2019]91号文）	2020年5月19日自主验收

项目部在用核技术利用项目均履行了环境影响评价、环境保护竣工验收、辐射安全许可证等手续。

(3) 辐射安全管理

在历年运行过程中，项目部严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境部门的监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

①项目部已建立《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《自行检查和年度评估制度》及《辐射事故应急方案》等规章制度，并严格按照规章制度执行。

②为加强对辐射安全和防护管理工作，项目部成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置的监督和管理。

③项目部从事辐射工作的工作人员定期参加培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，提高守法和自我防护意识。目前所有45名辐射工作人员均持证上岗。

④辐射工作期间，辐射工作人员佩带个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。近年来公司委托自治区疾病预防控制中心开展个人剂量监测工作。由公司提

供的 2020 年度个人剂量监测报告可见，未出现超过 GB18871-2002 限值要求。

⑤近年来单位已委托自治区辐射环境监督管理站开展辐射工作场所辐射环境监测，并按照有关规定每年向生态环境主管部门提交辐射环境年度评估报告。

1.4 任务由来

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部 2021 年工业 γ 射线探伤扩建项目，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等规定，“使用 II 类、III 类放射源的”项目，应当编制环境影响评价报告表，办理辐射环境影响评价审批手续。为保护环境，保障公众健康，中国核工业二三建设有限公司防城港项目部委托江西省核工业地质局测试研究中心对该中国核工业二三建设有限公司防城港项目部 2021 年工业 γ 射线探伤扩建项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件 2）。

环评单位接受委托后，组织相关技术人员对该项目先期使用场所进行了实地踏勘、资料收集，在现场调查和理论分析的基础上，按照国家有关建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式，编制该中国核工业二三建设有限公司防城港项目部 2021 年工业 γ 射线探伤扩建项目辐射环境影响报告表。

1.5 评价项目建设内容及规模

本次评价具体内容为：项目部新增使用工业 γ 射线探伤机（使用铱-192 放射源）5 台，增加 10 名工作人员，开展各承接项目的 γ 射线探伤作业，属于使用 II 类密封源项目，探伤机设计最大装源活度不大于 100Ci。项目扩建后，项目部工业 γ 射线探伤项目规模为使用 20 枚¹⁹²Ir 密封源及 5 枚⁷⁵Se 密封源（均为 II 类密封源）。

1.6 周边保护目标以及场址选址等情况

本建设项目建设使用的放射源先期用于防城港核电厂二期安装工程项目，后续将用于各服务单位探伤现场。本次环评依托防城港核电厂二期安装工程项目，防城港核电厂二期安装工程项目位于防城港市港口区光坡镇，地理位置图见图 1-1。

探伤作业场所均为防城港核电厂内部区域，因此本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内其他工作人员、公众成员，具体见表 7-1。

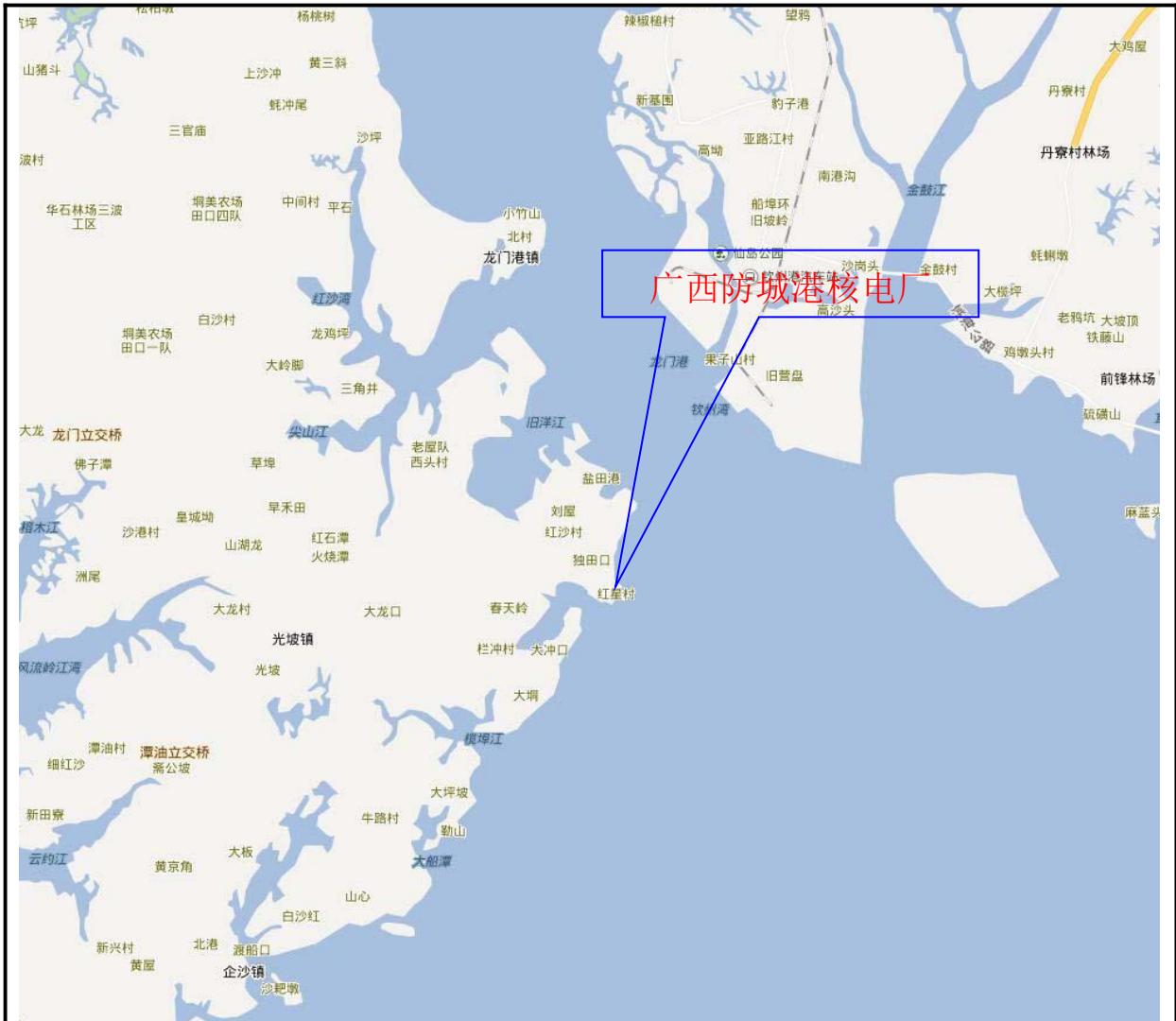


图 1-1 防城港核电厂二期安装工程项目地理位置图

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	Ir-192	3.7×10^{12} (Bq) × 5 枚	II类	使用	工业探伤	项目部在防城港核电二期工程生产作业区所建的探伤室，以及二期核岛安装工程现场。	密封放射源 ¹⁹² Ir分别贮于探伤机内，非探伤工作期间，含源探伤机暂存于广西防城港核电现场放射源库并执行相应管理规定。	拟新增
2	Ir-192	3.7×10^{12} (Bq) × 15 枚	II类	使用	工业探伤			原有
3	Se-75	3.7×10^{12} (Bq) × 5 枚	II类	使用	工业探伤			原有

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
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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	工业 X 射线探伤机	II	2	XXG-3005	300	5	无损检测	项目部在防城港核电二期工程生产作业区所建的探伤室，以及二期核岛安装工程现场。	原许可使用
2	工业 X 射线探伤机	II	4	XXG-2505	250	5	无损检测		

表 5 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
退役放射源	固态	Ir-192、Se-75	/	/	/	/	放射源暂存库内	返回放射源生产厂家。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第九号,于 2014 年 4 月 24 日修订,自 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》,自 2003 年 9 月 1 日起施行,根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号,2003 年发布,2003 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》,1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布;根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订,2017 年 10 月 1 日起施行;</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令,于 2005 年 9 月 14 日公布,自 2005 年 12 月 1 日起施行;国务院于 2014 年 7 月 29 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国令第 653 号)对本条例部分条款进行了修改;国务院于 2019 年 3 月 18 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国令第 709 号)对本条例部分条款进行了修改);</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》国家环境保护总局令第 31 号,2021 年 1 月 4 日经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》(生态环境部令第 20 号)第四次修正);</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令部令第 18 号,2011 年发布,2011 年 5 月 1 日起施行);</p> <p>(8) 《放射源分类管理办法》(国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号),2005 年 12 月 23 日;</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 版),自 2021 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(10) 《产业结构调整指导目录》(2019 年修订,国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令)。</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4 号,自 2017 年 11 月 20 日发布并施行);</p>
------------------	--

	(12)《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》(生态环境部公告2018年第9号)。
技术标准	(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》, HJ 10.1-2016, 环境保护部; (2)《核辐射环境质量评价一般规定》(GB11215-89); (3)《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93); (4)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001); (5)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (6)《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008); (7)《 γ 射线探伤机》(GB/T14058-2008)。
其他	附件 1 辐射安全许可证; 附件 2 环评委托书; 附件 3 2020 年度监测报告; 附件 4 部分工作人员辐射防护培训合格证号; 附件 5 辐射事故应急预案。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目 γ 射线探伤产生的 γ 射线为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合每一型号 γ 射线探伤机在现场使用的实际情况，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 的相关规定，确定在各探伤作业区域进行探伤作业时，以 γ 射线探伤机探伤场地周围 500m 作为本项目现场探伤作业的评价范围；室内探伤时，以探伤室边界为起点 50m 范围内为评价范围。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标为进行探伤操作及负责探伤现场管理的辐射工作人员，评价范围内其他非辐射工作人员和公众成员，使他们受到的辐射照射低于各自的年有效剂量管理约束值。

本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象		位置描述	规模	年剂量管理约束值要求
职业人员	探伤操作及探伤现场管理人员	探伤场所监督区	55 人	连续 5 年的年平均有效剂量 5mSv
公众成员	其他工作人员及公众	探伤场所监督区外区域	流动人口	年有效剂量 0.25mSv

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)

该标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 4.3.2.1 款关于剂量限制的规定：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值，不应将剂量限值应用项目于获准实践中的医疗照射。

该标准第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过

下述限值：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 ；本次评价从辐射防护最优化原则出发，使职业人员尽量避免不必要的附加剂量照射，取其四分之一即 **5mSv** 作为职业人员的年剂量管理约束值。

该标准中第 B1.2 款关于公众照射剂量限值的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量， 1mSv ；本评价取其四分之一即 **0.25mSv** 作为公众成员年剂量管理约束值。

（2）《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）标准相关内容摘要

第 4 款 γ 射线探伤机的放射防护性能要求

第 4.1 款 源容器应符合 GB/T14058-1993 中 5.3 的要求，照射容器周围的空气比释动能率不超过表 7-2 中的数值。

表 7-2 照射容器周围空气比释动能率控制值

探伤机类别与代号		距容器外表面不同距离处空气比释动能率控制值 $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$		
		0cm	5cm	100cm
手提式	P	2	0.5	0.02
移动式	M	2	1	0.05
固定式	F	2	1	0.1

该标准中第 6 条固定式探伤的附加要求：

第 6.1 款探伤室屏蔽要求，探伤室屏蔽墙外 30cm 处空气比释动能率不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，无迷路探伤室门的防护性能应与同侧墙的防护性能相同。

第 8.2 款放射源的存放和领用：8.2.2 工作间歇临时储存含源容器或放射源、控制源，应有专用的储存设施内贮存，放射源储存设施应能做到：c) 如其外表面能接近公众，其屏蔽就能使设施外表的空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 或者审管部门批准的水平。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

1、辐射环境现状

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部已在防城港核电二期工程生产作业区所建的探伤室，以及二期核岛安装工程现场开展探伤作业。项目运行已取得自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证，并按要求每年开展辐射环境监测。本项目放射源先期用于防城港核电二期工程安装现场，因此，本项目环评引用中国核工业二三建设有限公司防城港项目部 2020 年度工业 γ 射线探伤项目应用场所辐射环境监测结果（监测报告见附件 3），以分析中国核工业二三建设有限公司防城港项目部 2021 年工业 γ 射线探伤扩建项目场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众人员及周围环境的影响提供基础数据。

2、防城港项目部2020年度工业 γ 射线探伤项目应用场所辐射环境监测相关信息

(1) 监测机构

监测机构为广西壮族自治区辐射环境监督管理站。

(2) 监测内容

对探伤机表面剂量率、探伤机运输过程、探伤场地周围环境 γ 辐射剂量率水平及放射源暂存库（广西防城港核电工程公司放射源暂存库）周围辐射环境进行监测。

(3) 监测点位

对项目机房场址，根据现场条件，合理布点，监测布点图见图 8-1~图 8-4。

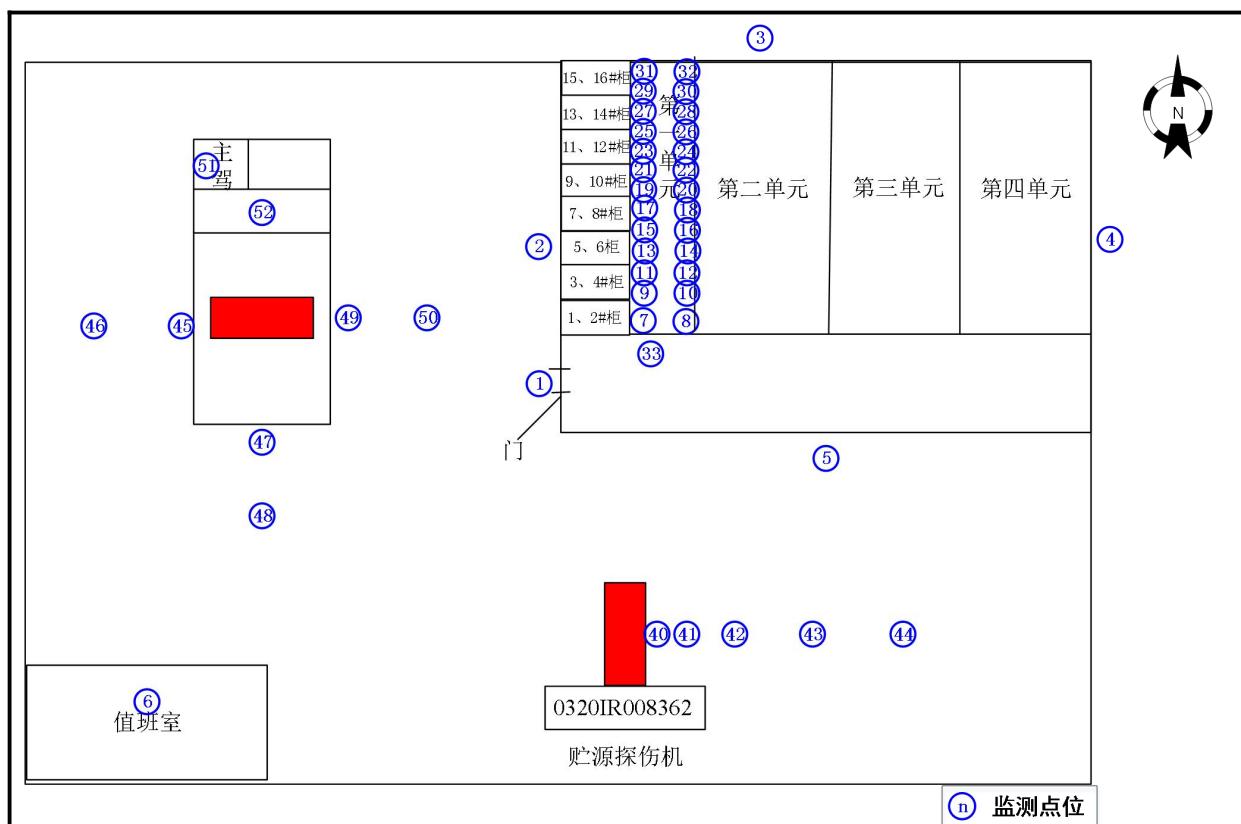


图 8-1 工业 γ 射线探伤应用场所周围辐射环境监测点位图（一）

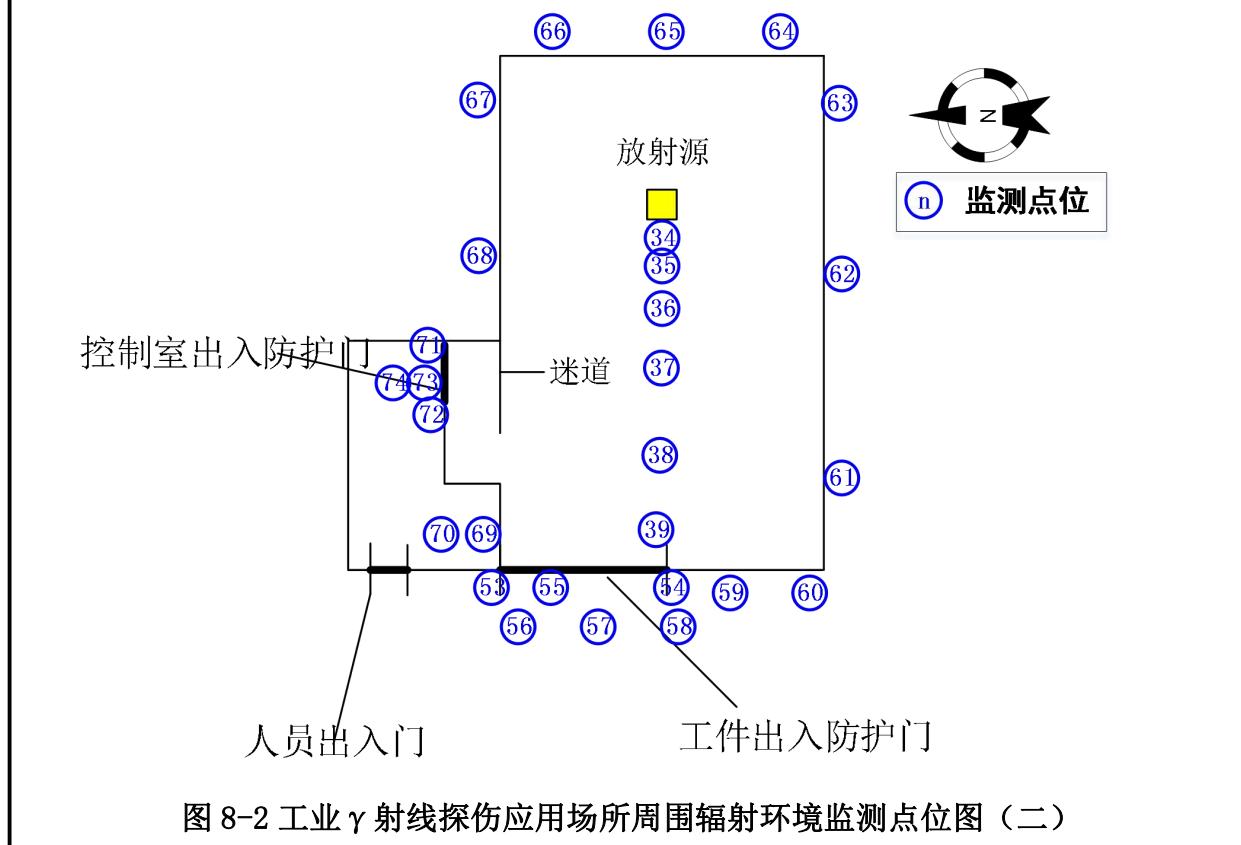


图 8-2 工业 γ 射线探伤应用场所周围辐射环境监测点位图 (二)

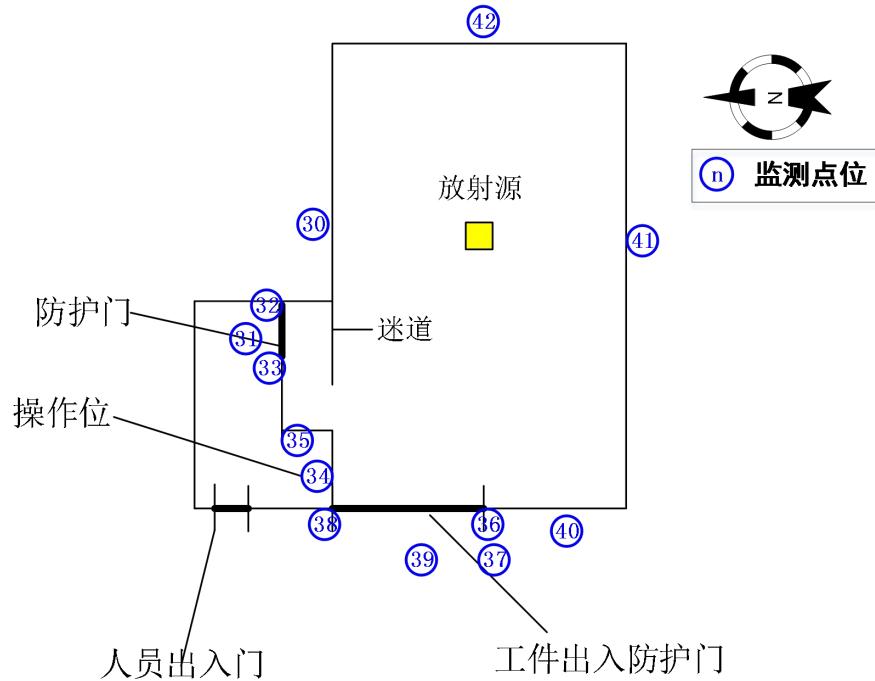


图 8-3 工业 γ 射线探伤应用场所周围辐射环境监测点位图（三）

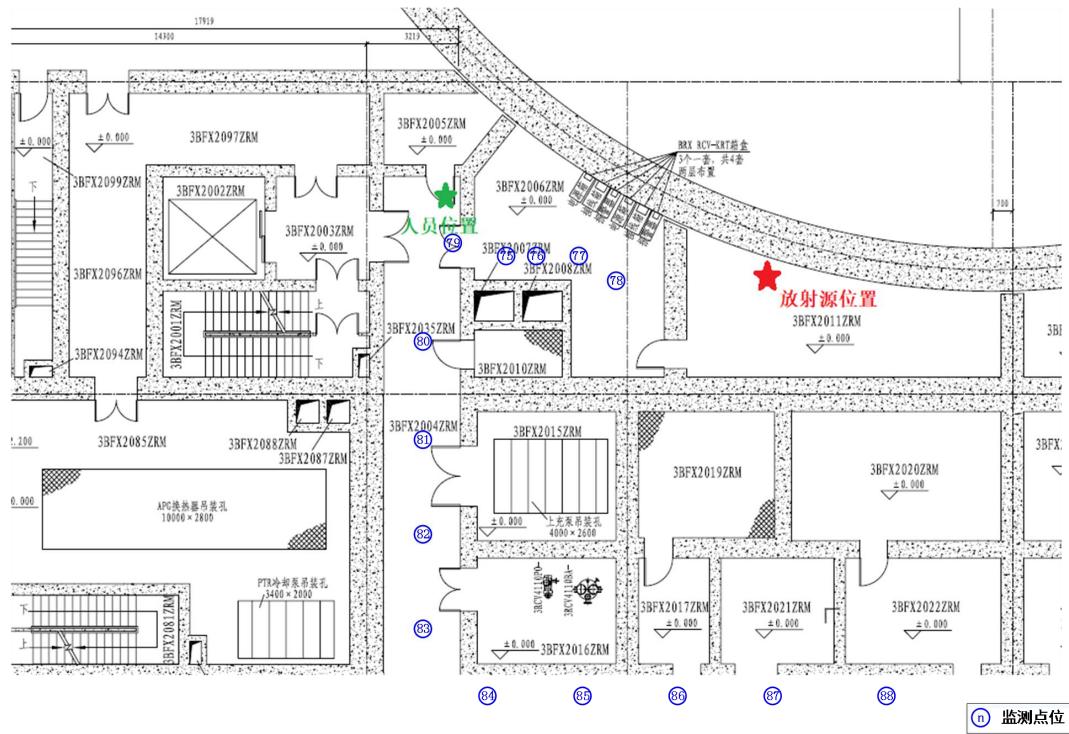


图 8-4 工业 γ 射线探伤应用场所周围辐射环境监测点位图 (四)

(4) 监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表8-1及表8-2。

表 8-1 X- γ 辐射剂量率仪监测仪器参数与规范（一）

监测项目	γ 辐射剂量率
仪器名称	X- γ 辐射剂量率仪
仪器型号	FH40G+FHZ672E-10
出厂编号	031107+11380
生产厂家	Thermo 公司
能量响应	40keV~4.4MeV
量 程	1nSv/h~100 μ Sv/h
校准证书及有效期	检定证书编号: DLjl2020-05092(检定单位: 中国计量科学研究院), 有效期: 2020 年 7 月 16 日~2021 年 7 月 15 日。
监测规范	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93); 《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)。

表 8-2 X- γ 辐射剂量率仪监测仪器参数与规范（一）

监测项目	γ 辐射剂量率
仪器名称	X- γ 辐射剂量率仪
仪器型号	AT1123
出厂编号	55751
生产厂家	ATOMTEX 公司
能量响应	15keV~10MeV
量 程	50nSv/h~10Sv/h
校准证书及有效期	检定证书编号: 2020H21-20-2798899001(检定单位: 中国计量科学研究院), 有效期: 2020 年 10 月 20 日~2021 年 10 月 19 日。
监测规范	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93); 《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)。

(5) 质量保证措施

- ①监测人员经考核合格并持有合格证书上岗
- ②监测前制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；
- ③监测所用仪器经国家法定计量检定部门检定合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- ④经常参加上级技术部门及同类单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；
- ⑤监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行；
- ⑥包括异常数据在内的所有监测结果按统计学要求进行处理；
- ⑦建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器的校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序及结果等，以备复查；
- ⑧监测报告严格按相关技术规范编制，报告编制人需为持监测上岗合格证人员、监测报告经由授权签字人审核，授权签字人签发，报告审核与签发人不能为同一人。

（6）监测结果

监测单位于2020年11月25日对该项目开展现状监测。放射源暂存库周围环境辐射剂量率监测结果见表8-3，贮源探伤机周围环境辐射剂量率监测结果表8-4，贮源探伤机运输车周围环境辐射剂量率监测结果表8-5，工业 γ 射线探伤机在探伤室正常工作时周围环境辐射剂量率监测结果表8-6，工业 γ 射线探伤机在室外探伤作业时周围环境辐射剂量率监测结果表8-7。

表 8-3 工程部放射源暂存库周围环境 γ 辐射剂量率监测结果

点位	点位描述	γ 辐射剂量率 (单位: nSv/h)		备注
		平均值	标准差	
①	源库门口	108	0.9	贮源探伤机 不工作时暂 存于广西防 城港核电工 程公司放射
②	源库西侧墙外 30cm	109	0.6	
③	源库北侧墙外 30cm	108	0.7	
④	源库东侧墙外 30cm	109	0.9	
⑤	源库南侧墙外 30cm	109	0.6	

⑥	值班室内	108	0.6	源暂存库内
⑦	1号贮存柜前表面 5cm	5.50×10^4	253	
⑧	1号贮存柜前方 1m	7.21×10^3	16	
⑨	3号贮存柜前表面 5cm	2.46×10^4	242	
⑩	3号贮存柜前方 1m	7.72×10^3	24	
⑪	4号贮存柜前表面 5cm	1.30×10^4	327	
⑫	4号贮存柜前方 1m	4.31×10^3	24	
⑬	6号贮存柜前表面 5cm	2.45×10^4	218	
⑭	6号贮存柜前方 1m	8.35×10^3	20	
⑮	7号贮存柜前表面 5cm	1.20×10^4	164	
⑯	7号贮存柜前方 1m	9.09×10^3	20	
⑰	8号贮存柜前表面 5cm	1.30×10^4	191	
⑱	8号贮存柜前方 1m	5.98×10^3	35	
⑲	9号贮存柜前表面 5cm	4.42×10^4	218	
⑳	9号贮存柜前方 1m	9.09×10^3	20	
㉑	10号贮存柜前表面 5cm	3.52×10^4	284	
㉒	10号贮存柜前方 1m	6.70×10^3	25	
㉓	11号贮存柜前表面 5cm	5.72×10^4	251	
㉔	11号贮存柜前方 1m	1.65×10^4	311	
㉕	13号贮存柜前表面 5cm	2.99×10^4	318	
㉖	13号贮存柜前方 1m	9.53×10^3	27	
㉗	14号贮存柜前表面 5cm	1.42×10^4	253	
㉘	14号贮存柜前方 1m	5.45×10^3	12	
㉙	15号贮存柜前表面 5cm	1.84×10^4	301	
㉚	15号贮存柜前方 1m	6.79×10^3	15	
㉛	16号贮存柜前表面 5cm	5.20×10^4	619	
㉜	16号贮存柜前方 1m	1.02×10^4	27	
㉝	1单元隔离门口	583	1.7	

区域环境本底	108	0.6	
--------	-----	-----	--

注：表中监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应，余同。

表 8-4 贮源探伤机周围环境 γ 辐射剂量率监测结果

点位	点位描述	γ 辐射剂量率 (单位: nSv/h)		备注
		平均值	标准差	
⑩	贮源探伤机表面 5cm	2.42×10^5	2.3×10^3	贮源探伤机内放射源(0320IR016012)
⑪	距贮源探伤机 30cm	3.40×10^4	205	
⑫	距贮源探伤机 50cm	1.61×10^4	202	
⑬	距贮源探伤机 1m	5.35×10^3	16	
⑭	距贮源探伤机 2m	1.30×10^3	20	
⑯	距贮源探伤机 3m	556	1.2	
RT 探伤间区域环境本底		173	0.9	
⑰	贮源探伤机表面 5cm	6.49×10^4	470	贮源探伤机内放射源(0320IR008362)
⑱	距贮源探伤机 30cm	1.51×10^4	272	
⑲	距贮源探伤机 50cm	8.57×10^3	20	
⑳	距贮源探伤机 1m	3.30×10^3	23	
㉑	距贮源探伤机 2m	1.10×10^3	27	
源库区域环境本底		108	0.6	

表 8-5 贮源探伤机运输车周围环境 γ 辐射剂量率监测结果

点位	点位描述	γ 辐射剂量率 (单位: nSv/h)		备注
		平均值	标准差	
㉒	运输车侧表面 5cm (主驾)	7.84×10^3	20	运输车贮源箱置于运输车尾, 装有 8 枚放射源。
㉓	运输车面 1m (主驾)	2.81×10^3	25	
㉔	运输车后侧表面 5cm	2.07×10^4	416	
㉕	运输车后侧 1m	7.84×10^3	25	
㉖	运输车侧表面 5cm (副驾)	1.08×10^4	326	
㉗	运输车面 1m (副驾)	4.71×10^3	25	

⑤1	运输车主驾驶位	699	2.2	
⑤2	运输车后排座位	6.30×10^3	27	
	区域环境本底	120	1.0	

表 8-6 工业 γ 射线探伤机在探伤室正常工作时周围环境 γ 辐射剂量率监测结果

点位	点位描述	γ 辐射剂量率 (单位: nSv/h)		备注
		平均值	标准差	
⑤3	工件出入探伤室防护门左缝	173	0.9	放射源 (0320IR016012) 在探伤室内进行工 件探伤。
⑤4	工件出入探伤室防护门右缝	845	2.6	
⑤5	工件出入探伤室防护门底缝	173	1.1	
⑤6	工件出入探伤室防护门外 30cm1#	174	0.9	
⑤7	工件出入探伤室防护门外 30cm2#	173	0.9	
⑤8	工件出入探伤室防护门外 30cm3#	173	0.9	
⑤9	探伤室西侧墙外 30cm1#	173	0.9	
⑥0	探伤室西侧墙外 30cm2#	174	0.6	
⑥1	探伤室南侧墙外 30cm1#	173	1.1	
⑥2	探伤室南侧墙外 30cm2#	173	0.7	
⑥3	探伤室南侧墙外 30cm3#	173	0.9	
⑥4	探伤室东侧墙外 30cm1#	174	0.5	
⑥5	探伤室东侧墙外 30cm2#	174	1.2	
⑥6	探伤室东侧墙外 30cm3#	174	1.4	
⑥7	探伤室北侧墙外 30cm1#	174	0.7	
⑥8	探伤室北侧墙外 30cm2#	217	0.6	

⑥9	探伤室北侧墙外 30cm3#(控制室)	175	0.9	
⑦0	控制室操作位	175	0.6	
⑦1	控制室出入探伤室防护门左缝	174	0.6	
⑦2	控制室出入机房防护门右缝	174	1.3	
⑦3	控制室出入探伤室防护门底缝	175	0.6	
⑦4	控制室出入探伤室防护门外 30cm	174	0.9	
区域环境本底		173	0.9	

表 8-7 工业γ射线探伤机现场探伤作业时周围环境辐射剂量率监测结果

点位	点位描述	γ辐射剂量率(单位: nSv/h)		备注
		平均值	标准差	
⑦5	操作位(距探伤房间门口 6m)	1.00×10^3	1.2	
⑦6	距探伤房间门口 5m	2.48×10^3	16	
⑦7	距探伤房间门口 4m	4.53×10^3	16	
⑦8	距探伤房间门口 3m	8.88×10^3	22	
⑦9	距探伤房间门口 7m	677	2.5	
⑧0	探伤房间外横通道 1#	485	1.7	
⑧1	探伤房间外横通道 2#	225	1.2	
⑧2	探伤房间外横通道 3#	193	2.0	
⑧3	探伤房间外横通道 4#	196	0.9	
⑧4	探伤房间外竖通道 1#	212	0.9	
⑧5	探伤房间外竖通道 2#	212	1.4	
⑧6	探伤房间外竖通道 3#	212	1.4	

⑧7	探伤房间外竖通道 4#	211	2.0	
⑧8	探伤房间外竖通道 5#	211	1.2	
	区域环境本底	195	0.9	

由表8-3监测结果可知，探伤机贮存柜前表面辐射剂量率水平较高。放射源暂存库周围环境辐射剂量率比环境本底水平稍高。放射源暂存库防护门关闭时，源库外周围辐射环境剂量率水平与环境，本底水平相当，符合《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 8.2.2 c) “如其外表面能接近公众，其屏蔽就能使设施外表的空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 或者审管部门批准的水平”的要求。

由表8-4监测结果可知，贮源探伤机周围辐射环境 γ 辐射剂量率水平较高，随着距离的增大 γ 辐射剂量率逐渐减小。探伤机表面5cm处 γ 辐射剂量率最大为 $242\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，距探伤机1m处的 γ 辐射剂量率最大为 $5.35\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 中“4.1 源容器应符合《 γ 射线探伤机》(GB/T14058-2008) 中5.3手提式照射容器外表面5cm的空气比释动能率不超过 $2\text{mGy}/\text{h}$, 1m处的空气比释动能率不超过 $0.02\text{ mGy}/\text{h}$ ”的要求。

由表8-5监测结果可知，专用运输车后贮源探伤机运输箱表面辐射剂量率较高，运输车附近辐射剂量率较环境水平有少量升高。

由表8-6监测结果可知，当工业 γ 射线探伤机在探伤室作业时，探伤室墙外30cm处辐射剂量率监测结果符合《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 中6.1 “探伤室墙外30cm处空气比释动能不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ ” 的要求。

由表8-7监测结果可知，在现有放射源活度时，必须以放射源为中心，距工作中放射源25m内设为控制区，拉设警示绳、警示灯，鸣警铃，悬挂“禁止进入放射性工作场所”标志，禁止任何人入内；以工作中放射源60m内设为监督区，在入口处拉设警示绳，悬挂有关警示标志，无关人员不得入内。

由表8-3~表8-7的监测结果可知，项目场所周围区域环境现状本底 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 $108\sim195\text{nGy}/\text{h}$ ，根据《中国环境天然放射性水平》可知，广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率在 $10.7\sim238.7\text{nGy}/\text{h}$ 范围，可见，本项目先期服务的探伤场所 γ 辐射剂量率在其范围内，辐射环境质量状况未见异常。

8.3 项目部现有工业 γ 射线探伤项目运行个人剂量监测结果

项目部已委托对从事探伤工作的辐射工作人员进行个人剂量监测，近一年个人监测结果表明，项目部从事探伤工作的辐射工作人员受到的照射剂量结果满足GB18871-2002的要求。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、设备组成

γ 射线探伤机一般由工作容器、挠性源导管、遥控器、准直器、支承架 和其它附件组成。工作容器即机体由贫化铀或铅屏蔽体、快门、源辫子及锁定装置、放射源、连接器、保护盖等构成。

2、工业 γ 射线探伤机的检测原理

工业 γ 探伤是利用放射性同位素（本项目探伤机用放射性同位素为铱-192）发出的射线具有穿透性这一特性来检验金属构件焊接的质量。探伤机不工作时，工作容器关闭，放射源定位在源通道内被充分屏蔽，设计上有双保险等多种安全联锁装置；探伤机工作时，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。用快速接头把源导管和工作容器连起来。源导管的另一端构成照射头，起到定位移出工作容器放射源，并保证放射源始终在管内移动的作用；操作遥控器（机械），用于远距离驱动放射源，装有放射源行程指示器，使放射源移出工作容器；支架用于固定输源管，确保放射源处于曝光焦点位置；准直器用于限制射线束方向，准直器的使用可提高摄片质量。通过源导管进入工作位置进行曝光照相检测。如果铸件或管道焊接处有裂缝， γ 射线穿过裂缝，在照相胶片上会出现黑色图像。

γ 射线探伤机的检测原理见图9-1。

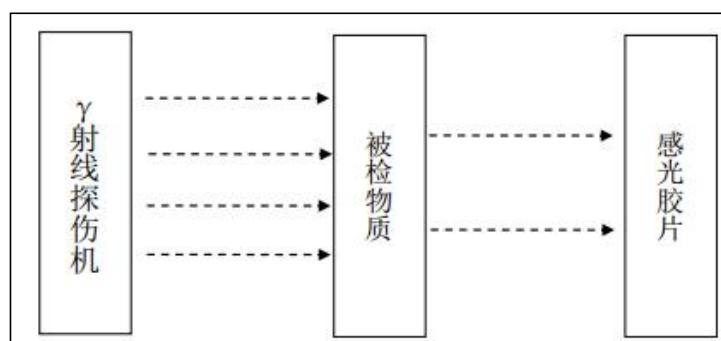


图 9-1 γ 射线探伤机的检测原理

3、操作流程

A、工业 γ 射线室外探伤

(1) 探伤时间为晚上（此时现场内无其他工作人员和公众），探伤现场为核电二期核岛内。探伤作业前出好探伤公告，注明作业地点及时间。现场探伤人员会在探伤

前检查设备、工具、仪表，包括环境剂量监测仪及其他安全防护设备是否佩戴整齐，各设备是否有效。

(2) 含放射源探伤机及其配件的领用。向中广核工程有限公司在核电厂厂区设立的施工期间放射源库管理机构领取暂存的探伤机并办理相关取用手续。领取射线探伤机运输到现场。

(3) 开始探伤前，必须用警戒绳圈围出检验作业区，无关人员不得入内，必要时设专业看守，并应在辐射中心设置警戒红灯；工业 γ 射线探伤机的送源前，必须再次检查设备各部件间连接的可靠性和检验作业区内有无其他无关人员。

(4) 清场完毕，清点作业组人员，通过对讲机确认组员都处于安全位置。

(5) 探伤机摆好位置后进行探伤机接头的连接，连接好驱动软管，然后打开输送口的钥匙，在连接输送软管接头并检查连接接头是否牢固可靠。工作负责人再次确保组员（尤其是摆位组员已经到达安全位置）均都处于安全位置，发布指令，开始出源探伤。

(6) 探伤期间。有专人把守主要出入口和通道，并且定期巡检隔离警示边界。

(7) 探伤结束时，源收回源机后，组员使用监测仪监测，确认放射源安全收回到源机内后，进入现场收片。

(8) 探伤结束后，再次确认放射源安全收回源机，授权人员负责运输并归还放射源入库，做好入库台帐登记。

(9) 撤除所有隔离警戒线，恢复现场。

(10) 全部作业结束，收回有关设备、器材。

B、工业 γ 射线室内探伤

(1) 向中广核工程有限公司在核电厂厂区设立的施工期间放射源库管理机构领取暂存的探伤机并办理相关取用手续。领取射线探伤机运输到探伤室。

(2) 探伤机摆好位置后进行探伤机接头的连接，连接好驱动软管，然后打开输送口的钥匙，在连接输送软管接头并检查连接接头是否牢固可靠。

(3) 在工件待检部位布设胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将探伤室门关闭，在控制室操作出源曝光。

(4) 曝光摄片完成后，源收回源机后，组员使用监测仪监测，确认放射源安全收回到源机内后，进入现场收片。

(5) 探伤结束后，再次确认放射源安全收回源机，授权人员负责运输并归还放射

源入库，做好入库台帐登记

9.2 污染源项描述

本次环评项目所涉及的工业 γ 射线探伤机所采用放射源为 ^{192}Ir ，每台探伤机使用1枚源。根据《关于放射源分类办法的公告》(国家环境保护总局公告2005第62号)，这些放射源均属于Ⅱ类源。 ^{192}Ir 放射源在衰变时发射能量不同的 γ 射线。 ^{192}Ir 为人工放射性核素，常温下为固态，毒性分组为高毒组，其衰变类型为主要为 β 衰变，半衰期为74天，在产生 β 衰变的同时放出多种能量的 γ 射线，其中能量为0.316MeV的 γ 射线具有最大的分支比(82.9%)。

密封放射源 ^{192}Ir 分别贮于探伤机内，探伤作业时按操作规程使用。虽然探伤机屏蔽容器对放射源产生的 γ 射线有较好的屏蔽作用，但不可能将 γ 射线完全屏蔽，且在探伤过程中，放射源移出源容器。因此，工业 γ 射线探伤项目在探伤机工作及不工作期间产生的 γ 射线均会将对贮源库及探伤场所周围环境产生一定影响。非探伤工作期间，含源探伤机暂存于放射源暂存库中。

因此，在工业 γ 射线探伤项目中 γ 射线成为主要的污染因子。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

1、探伤室概况

防城港核电安装工程 γ 射线工业探伤扩建项目开展的室内探伤场所为公司已建的探伤室。探伤室位于公司在防城港核电二期生产作业临建区域南部，为地面一层建筑，建筑面积约80m²。探伤室东面为13m为厂界，厂界外为海边滩涂；南面约40m为厂界，西面为周转用地，北面23m为硼砂油漆车间。探伤室周围100m内无居民居住。

控制室位于曝光室北面。探伤室平面布置图见图10-1。探伤室照片见图10-2、图10-3。项目部在防城港核电二期核岛安装工程生产作业临建区总平面布置图见附图1。

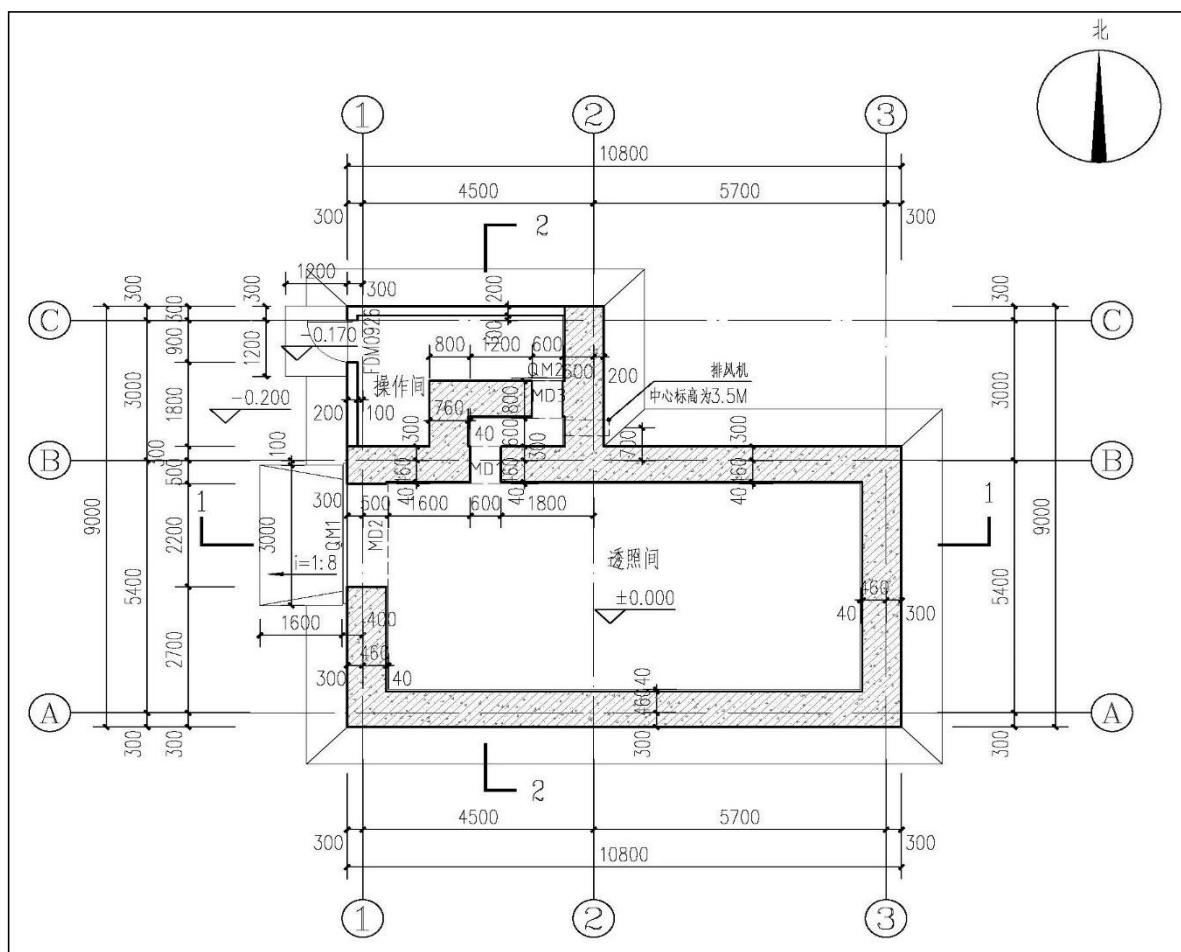


图 10-1 探伤室平面布置图



图 10-2 探伤室及周围环境（前面）



图 10-3 探伤室及周围环境（背面）

（2）探伤室防护情况

A、墙体

探伤室的曝光室四周墙体和迷道的墙体及房顶均为 760mm 混凝土，混凝土强度等级为 C25，内墙为 40mm 厚的硫酸钡水泥抹灰，各侧墙体总厚度均为 800mm。操作室墙体则为 24mm（砖墙+涂料墙面）。

B、防护门

探伤室西侧设置有一防护大门，内衬铅板厚度为 80mm，该门仅供探伤工件的进出。探伤室北侧设置有一迷道式防护小门，供探伤操作人员进出探伤室，该防护门内衬铅板厚度为 10mm。

防护门上方设置有放射性警示标志，防护门设置与报警装置联锁，当防护门打开时，开始报警，防护门关好后，停止报警。

C、安全联锁装置

曝光室内安装固定式辐射剂量仪，固定式辐射剂量仪的探头安装于曝光室内，剂量水平显示在操作间内，并与防护门联锁。探伤机工作或射线源摇出时，人不能进入到曝光室内。当曝光室内剂量水平在回到正常值后，门锁自动打开。固定式辐射剂量仪的探头安装在曝光室内顶蓬上。固定式辐射剂量显示屏见图 10-4。



图 10-4 固定式辐射剂量显示屏

2、放射源暂存库

本项目在工业 γ 射线探伤机不作业期间，将贮有放射源的探伤机暂存于中广核工程有限公司在防城港核电厂内建造并实施统一集中管理的、具有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库内，暂存库内有专用源柜。执行中广核工程有限公司防城港核电厂项目部的相关管理要求。

暂存库房的门及四周设置有电离辐射警示标志。暂存库房内安装有防盗报警系统，暂存库房安排值班人员 24 小时值班，库房与铁箱钥匙专人负责保管，项目部在管理上做到双人双锁。暂存库房及贮源专用铁箱见图 10-5、图 10-6。



图 10-5 放射源暂存库



图 10-6 放射源暂存专用柜

3、项目运行管理

项目部探伤机使用及管理部门为质检部，负责探伤工作的实施及相关安全工作的

落实。项目部安全管理等部门（HSE）负责对探伤工作开展情况进行安全监督检查，核电厂（业主公司）及工程管理部门（中广核工程公司安质环办）负责探伤工作的审批及独立的探伤安全工作监督检查。

项目部探伤工作地点集中在探伤室及二期核岛安装现场内。其中，探伤室主要接收车间预制管件及焊工培训管件，平均每月开展 2-3 次探伤工作。现场探伤主要接收整个二期核岛安装工程的施工管件，主要对象为核岛辅助管道、核级主回路管道、核级储罐及设备、仪表管道，以上管道安装工作分配于各个专业施工部门。

施工部门将需要探伤的焊口委托至质检部后，质检部根据探伤信息整理探伤房间报中广核工程公司审批，审批后在工作开始前从办公系统上面滚动发布探伤信息，并在现场指定位置张贴探伤通知单。工作当晚（22:00 至次日 06:00）项目部严格按照审批的探伤房间、探伤时间开展探伤作业，工程高峰期平均每月有 20-25 次每次 8 小时的探伤工作任务。

该项目部探伤作业配有 1 名现场探伤负责人，1 名夜间探伤协调负责人兼安全员，下设 3 个专业组，其中每个专业组配有 1 名射线组长，2 名射线检验员，同时项目部为探伤工作配有 1 名安全检查人员。整个探伤工作由质检部经理及试验室主任全面负责。

10.2 污染防治措施

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部防城港核电安装工程 γ 射线工业探伤扩建项目，必须按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定加强射线装置及密封放射源的安全管理，并按《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》（GBZ132-2008）的要求，采取下列污染防治及安全管理措施，防止发生辐射事故。

1、含源探伤机贮存于放射源暂存库的污染防治措施

(1) 所使用的探伤机必须为符合国家相应标准要求的含 ^{192}Ir 源探伤机，装有设计的最大额定装源活度的放射源时，源容器的表面剂量率应满足《 γ 射线探伤机》(GB/T14058—2008)中的要求。

(2) 保证在探伤机不使用期间将探伤机存贮于暂存库中，严格遵守源库管理机构建立的含源探伤机存取的操作规程、各项辐射安全管理措施及辐射事故应急预案。

(3) 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，

做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整。每次与源库管理企业交接探伤机应至少有本机构2人以上在场，要求本机构探伤人员与源库管理人员共同核实探伤装置中所含的放射源种类、活度、存取日期、存放位置、探伤机所属公司、送贮人、对探伤机的监测结果等信息，进行记录与存档；放射源台帐和定期清点检查记录等记录资料也应妥善保存，所有记录建立计算机管理档案。

2、放射源运输的污染控制措施

- (1) 含源探伤机或专用贮源容器从放射源暂存库领取出探伤机送往探伤现场、送贮含源探伤机等，必须配备专门的运输车辆，运输车辆要符合防护和安全的要求，运输途中要全程专人押运，防止辐射事故的发生。
- (2) 无论任种形式、何种需要的含源探伤机运输，均应减少相关人员近距离接触探伤机的时间，人机必须有一定的安全防护距离。
- (3) 运输放射源必须由熟知放射源防护知识的人押送，并配带防护用具和监测仪器。
- (4) 含源探伤机必须放入具有屏蔽防护功能的容器后才能运输。
- (5) 存取含源探伤机从源库取出、运输途中及到达目的地，必须用监测仪器分别测量，以保证放射源安全运达目的地。

3、 γ 射线探伤作业现场的污染防治措施

- (1) 辐射工作场所的分区管理根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，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。

γ 射线探伤作业严格按照生产调度安排的时间进行，一般安排在夜间，探伤作业前先清场，并划分控制区及监督区，一般的公众成员不允许进入，公众成员不会受到额外附加的照射。

本项目的 γ 射线探伤机在应用于二期核岛探伤现场时，应进行分区管理。控制区及监督区根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)的要求来确定，辐射工作场所控制区、监督区划分如下：

控制区：控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。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，在其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。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。

监督区：监督区位于控制区外，允许与探伤相关人员在此区活动，培训人员或探访者也可进入该区域，其边界剂量应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，边界外应有电离辐射警告标牌，公众不得进入该区域。

辐射工作场所控制区及监督区的设立示意图见图 10-7。

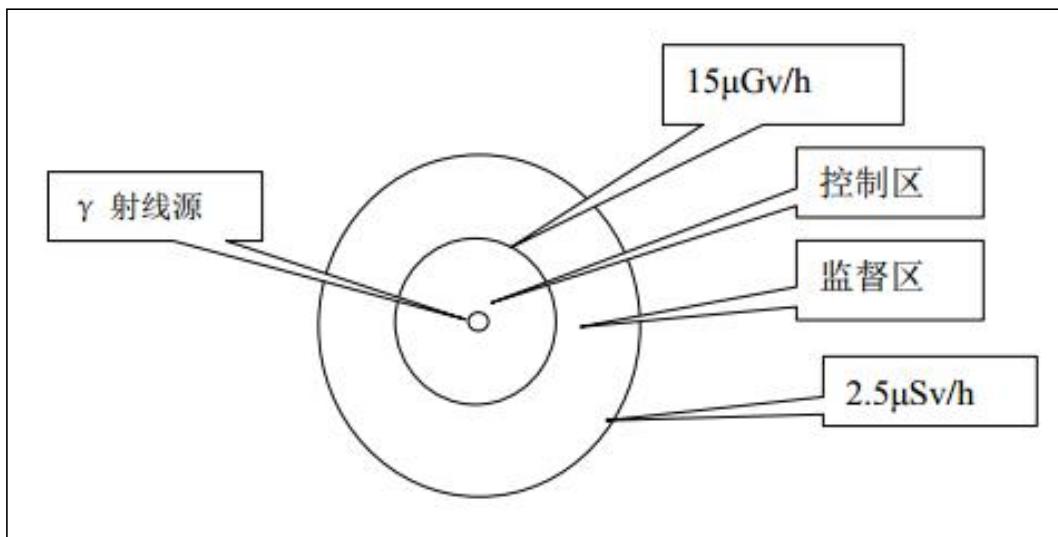


图 10-7 辐射工作场所控制区及监督区的设立示意图

取控制区边界 γ 辐射空气吸收剂量率为 $15\mu\text{Gy}/\text{h}$ 及监督区为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，若各探伤机使用的放射源均为新购置源，活度均为 100Ci 时，探伤场所无任何屏蔽物屏蔽，则必须以放射源为中心，分别参照表10-1设置控制区及监督区外边界；若探伤作业需同时使用多台探伤机，使用的探伤源总活度较大或较小时，必须将工作中的各探伤源的活度进行累加。

表 10-1 ^{192}Ir 源在不同活度时控制区、监督区的范围

活度 (Ci)	控制区边界与源的距离 (m)	监督区边界与源的距离 (m)
200	232	569
190	226	554
180	220	539
170	214	524
160	208	509
150	201	492
140	194	476
130	187	458
120	180	440
110	172	422

100	164	402
90	156	381
80	147	359
70	137	336
60	127	311
50	116	284
40	104	254
30	90	220
20	73	180
10	52	127

在放射源曝光过程中，工作人员应尽量撤离到控制区之外，在探伤工作现场，由于有构件、设备等屏蔽物的存在，使得工作场所的实际 γ 辐射剂量率水平明显降低。探伤工作人员因工作需要，须在控制区内停留时，应采用适当厚度的铅板、现场的钢构件或水泥构件作为屏蔽物，减少辐射照射，避免不必要的辐射损伤。

表 10-1 给出的控制区边界及监督区边界，是在探伤放射源（新购源）无屏蔽的工作状态下的边界范围，在实际探伤工作中，由于有被探伤构件、设备等屏蔽物的存在、源活度的不断衰减，现场的 γ 辐射剂量率水平会明显降低。因此，公司应配备 γ 辐射剂量率监测仪器，根据控制区边界 $<15\mu\text{Gy}/\text{h}$ 和监督区边界 $<2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的限值，找出相应的边界距离，在现场划出控制区和监督区，并分区进行控制管理。

(2) 必须配备辐射监测仪器，并能给出警示信号，在放射源领取、使用、归还及控制区、监督区边界设置、边界调整及边界巡测时，随时监测工作区域的辐射剂量及贮源容器的源存贮状况。

(3) 公司指定工作人员每个月对送贮的探伤装置的配件进行全面检查、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。

(4) 探伤作业必须使用符合国家相应标准要求的含源探伤机，装有设计的最大额定装源活度的放射源时，源容器的表面剂量率应满足《 γ 射线探伤机》(GB/T14058-2008)、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 中的要求。

(5) 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，操作人员在每次使用探伤机前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。

(6) 所使用的探伤装置的放射源容器表面应固定金属铭牌，铭牌上应铭刻下列

内容：①电离辐射警告标志；②探伤装置生产厂名称；③产品名称；④出厂编号；⑤出厂日期；⑥放射源核素名称；⑦设计的最大装源活度。

(7) 使用的每台探伤机均应有放射源编码卡，放射源编码卡固定在探伤机明显位置。存取时需根据编码卡进行代码识别，放射源编码卡与探伤装置应可靠联接，且便于更换。更换放射源时，放射源编码卡应随之更换，确保与容器内的放射源一一对应。

(8) 严禁企业在放射源库及探伤场所自行进行探伤装置装源（包括更换放射源）的活动，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。含源探伤机所贮放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度。

(9) 本项目使用的工业探伤用 γ 源的主要危害是外照射，在探伤机的存取操作中，应充分考虑放射源活度、操作距离、操作时间和屏蔽防护等因素，采取最优化的防护措施，探伤现场还应使用准直器对无用射线进行屏蔽、采用铅屏、大型金属构件进行屏蔽，以保证操作人员受照剂量控制在可以合理达到的尽可能低的水平。

(10) 使用探伤机的操作要迅速，搬运含源探伤机时尽量减少近距离接触的时间，配备必要的个人防护用品和现场剂量检测、报警仪器以及防护器材，操作时根据需要穿戴必要的防护用具，如铅裙、铅手套、铅玻璃眼镜等。

(11) 操作现场必须配备适当的应急防护设备，如：足够屏蔽厚度的防护掩体、柄长不短于1.5m的夹钳、适当长度的金属丝、沙袋等。

(12) 进行工业 γ 射线探伤管理及操作的工作人员应进行外照射个人剂量常规监测；对所有从事辐射工作的人员进行安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

(13) 对所有从事无损探伤的工作人员应定期体检并形成制度，凡发现接触射线的工作人员出现不适应症应及时采取应急措施

三废的治理

防城港核电安装工程 γ 射线工业探伤扩建项目中 γ 射线探伤机在运行时无其它放射性废气、废水和固体废弃物产生。

项目用 ^{192}Ir 放射源衰变至不能用于探伤作业后，公司不得自行处置，需交回原生产厂家并更换新的放射源再用于工业探伤。更换新源的相关手续由中国核工业第二三建设公司防城港项目部按相关法律法规要求向相关有审批权的环境保护行政主管部门办理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响 本项目为扩建项目，主要内容是新增放射源数量，不涉及建设期环境影响。
11.2 运行阶段对环境的影响
11.2.1 辐射环境影响分析 1、γ射线探伤场所选址的合理性分析 按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本拟建的工业 γ 射线探伤项目在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，对此类项目的择址国家未加明确限制。 中国核工业二三建设有限公司防城港项目部本次项目新购放射源先期用于防城港核电厂二期工程，探伤作业区周围 0.5km 内无居民。探伤作业区域具备清场条件、具备控制区、监督区划分条件，作业区内的建筑物及探伤工件对射线有一定的屏蔽作用，在作业区域内进行的探伤作业不会对区域外围环境产生影响。探伤场所所处位置相对独立，有利于辐射防护和安全管理，符合选址要求，因此，该项目的选址是可行的。 2、探伤机贮存库安全评估 中国核工业二三建设有限公司防城港项目部在任何一处工地承接 γ 射线探伤业务时，或事先建设探伤机贮存库，专供 γ 射线探伤机的贮存，或贮存于项目工程业主统一建设及管理的探伤机贮存库。 本项目的 5 台探伤机先期用于防城港核电厂二期工程。在工业 γ 射线探伤机不作业期间，将贮有放射源的探伤机暂存于广西防城港核电工程公司在防城港核电厂内建造并实施统一集中管理的、具有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库内。广西防城港核电工程公司在防城港核电基地建设的放射源暂存库为单独建筑，远离爆炸物品、腐蚀物品，储存库的设置电离辐射警告标志。放射暂存库周围设置围栏，防止公众近距离接触。放射源暂存库门保持在锁紧状态，钥匙仅由授权人员掌管。暂存库房内安装有防盗报警系统，暂存库房安排值班人员 24 小时值班，并实行“管理和使用分离”方式进行管理。符合《工业 γ 射线探伤辐射防护标准》(GBZ132-2008)中放射

源储存和领用要求。

3、探伤用放射源的运输安全评估

(1) 放射源运输至探伤工地的运输安全评估

工业 γ 射线探伤用放射源一般贮于专用贮源容器中,新购买时由放射源生产厂家用专车运往使用企业的探伤工地。如企业内部在两个不同工地间的转移,则由企业派专车运输。

放射源由放射源生产厂家运输到工地时,运输车辆为有防护功能的专用车辆,车辆外围 γ 辐射空气吸收剂量率一般在环境本底水平范围内,基本不会对周围环境造成辐射影响;运输过程中,运输车辆有专人押运,可防止放射源被盗事故的发生。

当由企业自行作放射源的转移运输时,企业一般派出专车运输并用铅皮将探伤机四周包裹,由专人押运,能满足运输过程中的辐射防护及防盗要求。

综上所述,企业目前采用的放射源转移运输手段在落实了各项运输管理措施后,放射源可实现安全运输。

(2) 放射源从贮源库运输至探伤作业现场的运输安全评估

进行探伤作业时,放射源将从贮源库运输至作业现场,运输方式为采用小卡车运输,此时,运输人员与探伤机的距离在1m以上。从表8-4的监测数据可知,在离探伤机1m时, γ 辐射剂量率最大为 $5.24\mu\text{Sv}/\text{h}$ (扣除环境本底),虽然探伤机周围各测点的 γ 辐射空气吸收剂量率均远高于环境本底值,但该探伤机作为源容器符合《工业 γ 射线探伤辐射防护标准》(GBZ132-2008)中源容器周围空气比释动能率控制值的要求。

运输人员因放射源运输所致年附加剂量的估算见11.2.2。

4、项目运行期辐射源项分析

(1) 来源于探伤机表面的辐射照射

虽然探伤机贮源容器的贫化铀或铅对放射源产生的 γ 射线有较好的屏蔽作用,但不可能将 γ 射线完全屏蔽,在探伤机的表面有着一定的 γ 辐射剂量率,探伤操作人员进行探伤机存取交接、运输并全程押运、探伤时布置探伤机、对探伤机进行辐射检测等过程中需近距离接近含源探伤机,会受到一定的辐射照射剂量。

(2) 来源于裸露探伤源或经准直器屏蔽的探伤源的辐射照射

进行 γ 射线的无损探伤时,一般使用合适的准直器对裸露源的非照射方向进行屏蔽,源在摇出源容器但未进入屏蔽体前,工作人员会受到瞬间的裸源照射;源进入照

射点并经准直器屏蔽后，工作人员会受到经屏蔽后透射或散射的 γ 射线照射。

裸露点源在无屏蔽防护的情况下对不同距离点的 γ 辐射剂量率可由式 11-1 计算； γ 射线经过屏蔽体后，辐射源照射量率按 11-2 式计算。

$$D = A\Gamma / r^2 \quad (11-1)$$

式中：

D——空气吸收剂量率，mGy/h；

A——放射源活度 GBq；

Γ ——照射量率常数，mGy.m²/h.GBq；

r——计算点与源的距离，m。

γ 射线经过屏蔽体后，空气比释动能率按下列公式计算：

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{d}{d_{1/2}}} \quad (11-2)$$

式中：A—经过屏体后的 γ 辐射剂量率；

A_0 —屏蔽前 γ 辐射剂量率；

d—屏蔽体厚度；

$d_{1/2}$ —屏蔽体材质半值层厚度。

无损检测使用的探伤源为¹⁹²Ir 放射源，探伤机最大贮源量均为 3.7×10^{12} Bq (100Ci)。从偏安全角度考虑，选用探伤机所用放射源度活度最大、操作人员与源距离（摇源距离）为 20m、准直器屏蔽厚度为 2cm 铅箔。

查《辐射安全手册》（潘自强主编）得铱-192 照射量率常数为 $3.18E-17$ Gy.m²/(Bq.s)，查《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 得铱-192 对铅的半值层为 3mm。

经预测，对于铱-192 探伤机，距未经屏蔽裸源 (100Ci 的¹⁹²Ir) 20m 处的 γ 辐射剂量率为 1mGy/h；经准直器屏蔽后 20m 外的摇源点处 γ 辐射剂量率约 $9.8\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

11.2.2 项目运行对人体所致有效剂量估算

项目部已委托有资质的机构对从事探伤工作的辐射工作人员进行个人剂量监测。

近一年个人监测结果表明，项目部从事探伤工作的辐射工作人员受到的年照射剂量符合 GB18871-2002 的要求。由于项目部各年探伤业务量不尽相同，各探伤现场屏蔽条件及使用放射源活度也不尽相同。往年的个人累积剂量监测结果不能完全反映辐射工作人员因本项目的运行而受到的额外的辐射照射情况，因此，本次环评从偏安全角度考虑条件来推算辐射工作人员的受照情况。即，探伤操作人员进行探伤机存取交接、运输并全程押运、室内、外探伤时布置探伤机操作过程受照剂量估算以探伤机表面剂量现状监测结果计，曝光过程受照剂量估算则采新购源状态下距经准直器屏蔽的源 20m 外的摇源点的 γ 辐射剂量率计。

11.2.2.1 剂量估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算：

$$\dot{E} = \dot{H}_T \times t \times 10^{-6} (\text{mSv}) \quad (11-3)$$

其中： E 为外照射人均年有效剂量， mSv ；

\dot{H}_T 为辐射剂量率， nSv/h ；

t 为辐射照射时间，小时。

11.2.2.2 辐射工作人员受照途径分析

该项目现场探伤的辐射工作人员的主要工作职责为：到放射源暂存库领取含源探伤机并进行登记、搬运并全程押运含源探伤机到探伤现场；在需探伤的安装工程处布置探伤机放置点及摇源点，在探伤过程中或利用现场屏蔽物屏蔽防护、或采用尽可能远离照射点的距离防护条件下处出源曝光；回收探伤源并通过仪器监测确认放射源安全存于探伤机贮源容器内，再将含源探伤机搬运、运输并全程押运送至放射源暂存库。在上述工作过程中，工作人员可能因进行探伤机的存取、搬运、押运、现场布置探伤点及探伤机放置位置而受到来自含源探伤机表面的辐射照射；可能因进行曝光操作、实施监测等管理而受到来自含源探伤机表面的辐射照射及源离开源容器后，在输源管道中和曝光过程中产生的辐射照射。

11.2.2.3 辐射工作人员受照剂量估算

本项目为扩建项目，增加的探伤机与原有工程使用 γ 射线探伤机相同（均为使用 ^{192}Ir 放射源的工业 γ 射线探伤机，且最大装源量相同）。室外(现场)探伤同为防城港核电安装工程，探伤机非工作时间暂存于广西防城港核电工程公司放射源暂存库内，且

管理要求、操作流程及辐射防护措施均未改变。因此，通过对现状监测结果分析，可预测本项目运行后的辐射环境影响。

(1) γ 射线室内探伤

该项目室内探伤的辐射工作人员的主要工作职责为：到放射源暂存库领取含源探伤机并进行登记；搬运、运输并全程押运含源探伤机到探伤室；在探伤室内布置探伤点及准直器、在探伤过程中在操作室内出源曝光，回收探伤源并通过仪器监测确认放射源安全存于探伤机贮源容器内，再将含源探伤机搬运、运输并全程押运送至放射源暂存库。在上述工作过程中，工作人员可能因进行探伤机的存取、运输、押运而受到来自含源探伤机表面的辐射照射；可能因进行曝光操作、实施监测等管理而受到来自含源探伤机表面的辐射照射及 γ 射线穿透探伤室墙体后产生的辐射照射。

(2) γ 射线室外探伤

该项目室外探伤的辐射工作人员的主要工作职责为：到放射源暂存库领取含源探伤机并进行登记、搬运并全程押运含源探伤机到核岛的探伤现场；在需探伤的安装工程处布置探伤机放置点及摇源点，在探伤过程中或利用现场屏蔽物屏蔽防护、或采用尽可能远离照射点的距离防护条件下处出源曝光；回收探伤源并通过仪器监测确认放射源安全存于探伤机贮源容器内，再将含源探伤机搬运、运输并全程押运送至放射源暂存库。在上述工作过程中，工作人员可能因进行探伤机的存取、搬运、押运、现场布置探伤点及探伤机放置位置而受到来自含源探伤机表面的辐射照射；可能因进行曝光操作、实施监测等管理而受到来自含源探伤机表面的辐射照射及源离开源容器后，在输源管道中和曝光过程中产生的辐射照射。

本项目扩建后，项目部共使用 20 台工业 γ 射线探伤机，由不少于 50 名工作人员（原有 45 人，项目扩建后新增 5—10 人）共同负责。经与项目部核实，探伤作业人员的工作情况如下。

1、现场探伤辐射工作人员受照剂量估算

(1) 含源探伤机存取、搬运、押运、布置探伤点工作过程中受到一定剂量的辐射照射，现场探伤作业时，需从放射源暂存库领取含源探伤机并进行登记、搬运并全程押运含源探伤机到探伤现场并布置探伤点时需接触探伤机的时间每台次约为 5min，每小组（2 人）每年共存取并运输探伤机以 500 台次计，在现场探伤换点布点需搬动探伤机每天 20 分钟，每年按 250 个工作日，则在一年内含源探伤机存取、搬运、全

程押运等过程中,每小组操作人员需近距离地接近含源探伤机的时间共计约 125 小时,此时以距工业 γ 射线探伤机 30cm 最大剂量率 $34\mu\text{Sv}/\text{h}$ (见表 8-4) 推算人员受照剂量。

(2) 根据探伤机配制情况,一般输源管+控制缆长约 20m,送源与收源时间一般为几秒钟(保守按照 5 秒计算),平均每天曝光操作 10 次,一年按 250 个工作日。预计全年此项工作耗时为 3.47 小时,在无屏蔽情况下,距裸源 (100Ci) 20m 处的 γ 辐射剂量率为 $1\text{mGy}/\text{h}$ 。因此,在探伤工作中,应该选择铅屏等屏蔽物或采用现场的大型水泥构件或钢构件屏蔽以降低辐射水平。其他探伤工作人员在放射源曝光过程中应尽量远离放射源,或采用屏蔽防护。

(3) 工作人员在探伤现场工作过程中对监督区边界进行巡逻,现每次巡逻时间约为 3min,每年巡逻以 5000 次计,则每组巡逻时间 250 小时,以监督区边界处 ($2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$) 推算工作人员的受照剂量。

(4) 以上工作均有同一组工作人员完成,每组为 2 人,轮流分担上述工作量。如一般轮流进行摇源操作,另一人位于监督区边界巡查。

根据以上参数及公式 (11-3),可推算出负责现场探伤的一位工作人员年有效剂量为 **4.2mSv**,符合《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要求,满足本评价职业人员年剂量管理约束值 **5mSv** 的要求。

2、室内探伤辐射工作人员受照剂量估算

①含源探伤机存取、搬运、押运、布置探伤点工作过程中受照情况。室内探伤作业时,需从放射源暂存库领取含源探伤机并进行登记、搬运并全程押运含源探伤机到探伤室内并布置探伤点时需接触探伤机的时间假设约为 5min (每天一次);在探伤室内换工件需靠近探伤机每天约 10min,一年按照 250 个工作日计算;则一年内含源探伤机存取、搬运、全程押运、换工件等过程中,操作人员需最近距离地接触含源探伤机的时间共计约 62.5h,此时以距工业 γ 射线探伤机 30cm 最大剂量率 $34\mu\text{Sv}/\text{h}$ (见表 8-4) 推算人员受照剂量。

②经项目部核实,室内探伤项目开展得较少,每年曝光数量约为 3000 次,平均每每次出源时间 6 min,即共出源探伤时间总计 300h。由现状监测结果可知,当 ^{192}Ir 放射源置于探伤室内进行探伤作业室,操作室内各测点辐射剂量率均与环境本底水平相当;除工件出入探伤室防护门缝处有少许泄漏外,其余探伤室周围各测点辐射剂量率测值与环境本底水平相当。可以认为工作人员在控制室操作曝光以及在探伤室周围巡视

时不会受到附加辐射剂量。

③室内探伤工作由5名工作人员轮流专职负责。

根据以上参数及公式（11-3），可推算出负责室内探伤的一位工作人员年有效剂量为**0.4mSv**，符合《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要求，满足本评价职业人员年剂量管理约束值**5mSv**的要求。

11.2.2.5 公众成员受照剂量估算

《工业 γ 射线探伤辐射防护标准》（GBZ132-2008）规定， γ 射线探伤作业前，必须将工作场所划分为控制区及监督区，控制区及监督区均不允许公众进入。 γ 射线探伤作业严格按照生产调度安排的时间进行，原则上均为深夜时间作业，探伤作业前先清场，并划分控制区及监督区，一般的公众成员不允许进入，公众成员不会受到额外附加的照射。此外，由现状监测结果可知，探伤室探伤作业时，探伤室周围辐射剂量率与环境本底水平相当。

综上所述，公众成员不会因为该项目运行受到超过年剂量管理约束值的辐射照射，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故状况分析

放射源的广泛应用，在给人类带来巨大利益的同时，也会因为某些人为或技术的因素，发生危及人类生命和财产的放射性事故。

该企业使用的放射源属II类源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条规定，该类放射源可能引起的辐射事故为特别重大辐射事故或重大辐射事故。主要有以下几种情况：

(1) 进行探伤作业时，探伤机放射源从源导管移出或返回工作容器时出现卡源故障；

(2) 范围规定自行换装探伤机用放射源操作，利用倒源器对源进行倒出、倒入探伤机头的换装源作业时发生事故而使源裸露；

(3) 探伤作业结束时，未按要求检测贮源容器，使 γ 源没有移回工作容器而遗漏在工地或源导管中，引发辐照事故；

(4) 探伤操作人员在探伤作业时未进行合理的防护而造成超剂量照射；

(5) 由于未按要求设置探伤警戒区域，未拉设警示绳、警示灯，鸣警铃，悬挂“禁

止进入放射性工作场所”标志，使公众人员误入照射区域受到照射。

(6) 放射源在运输过程中、或在探伤作业现场保管不善，发生放射源丢失 或被 盗事故，产生严重的环境污染。

发生以上事故工况时，由于探伤放射源为固体，虽不会对周围环境（地面、空气、机器等）产生弥散性污染，但将以裸源状态对有关人员直接进行照射，造成严重的辐 射损伤。

发生以上事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条规定，该厂应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，以减轻事故危害后果。立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告的同时，事故单位还应进 行如下工作：

(1) 立即疏散现场人员，封锁现场，并切断一切可能扩大污染范围的环节，在 污染现场未达到安全水平以前，不得解除封锁。

(2) 对事故可能造成的放射性污染，立即采取应急救援措施。

(3) 对可能造成辐射伤害的人员，事故单位应立即将其送至放射源事故应急定 点机构进行检查和治疗。

(4) 迅速提供放射性同位素的种类及放射源的活度，协助确定污染范围和污染 程度。

(5) 配合公安部门、环保部门调查、侦破工作。禁止任何单位和个人故意破坏 事故现场、毁灭证据。

2、事故工况下人群受照分析

根据事故分析，在进行工业探伤过程，存在着卡源、失窃等使源裸露、超剂量照 射、误照射等事故风险， γ 源对人体的照射主要来自于 其产生的 γ 射线。 γ 射线具有穿 透能力强、速度快、电离密度小等特点，因此 γ 射线对人体主要危害是外照射。一 般来说，剂量越大，危害就越大。人体受危害的程度与电离辐射的剂量有很大关系， 不同剂量引起的危害见表 11-1。但同等的剂量条件下，不同个体的机能状态不同，敏 感程度差异很大， 故危害程度也有所不同。

表 11-1 不同剂量引起的危害

剂量 (Gy)	危害程度
0-0.25	无明显自觉症状

0.25-0.5	出现可恢复的机能变化，有血液学的改变
0.5-1.0	出现机能变化，血相改变
1-6	可出现轻、中、重度放射病
>6	可出现死亡

本评价对事故状态下人群受照情况进行估算，现假设：

(1) 发生卡源、源掉出源容器、源失窃等源直接裸露事故发生这种情况，放射源有可能将以裸源状态对有关人员直接进行照射，造成严重的辐射损伤。裸露点源在无屏蔽防护的情况下对不同距离点的 γ 辐射吸收剂量率可由式 11-1 进行计算。当出现卡源或放射源被盗事故时，可能使人体与裸露的放射源近距离接触，假设事故源核素及活度为表 11-2 所列，放射源与人体的距离约为 10cm，则根据式 11-1 及表 11-1 的一次受照致死剂量 6Gy，可估算出受照情况下致人死亡时间。估算结果见表 11-2。

表 11-2 卡源及失窃事故工况下致死风险评估表

源名称	源活度 (Ci)	0.1m 处剂量率 (Gy/h)	致死时间 (min)
铱-192	100	42.4	9
	90	38.1	10
	80	33.8	11
	60	25.4	15
	40	16.9	22
	30	12.7	29
	20	8.5	43
	10	4.2	86

如发生此类事故，当事故源为铱-192，活度为 100Ci，在距源 0.1m 受照 9 分钟，将有导致受照人员死亡的可能。

因此，工业 γ 射线探伤作业应严格采取各种措施，严防源在裸露状态下对相关人造成照射。

3、公众人员误入探伤作业区受到误照射

公众成员所受附加年剂量管理约束为 0.25mSv，放射源最大活度 100Ci 计，由 11-1 式可计算出某一位置的辐射水平，再代入式 11-3 可计算出公众人员误入该区域的年最大允许照射时间。采用 ^{192}Ir 放射源探伤公众人员误入该区域的年最大允许照射时间分别见表 11-3。

表 11-3 采用 ^{192}Ir 放射源探伤时公众误入控制区及监督区年最大允许照射时间

与源的距离 (m)	剂量值 (nGy/h)	年最大允许照射时间 (h)
20	1.0×10^6	0.25
40	2.5×10^5	1.0
60	1.1×10^5	2.3
80	6.3×10^4	4.0
100	4.0×10^4	6.2

因此，由于某种原因，公众人员误入正在进行 γ 射线探伤的非安全区某一辐射水平区域时，一年中允许的最大照射时间不能超过表 11-3 中相应的限值，否则将会受到超剂量照射。以上计算的时间限值为一年的累计时间，由于相同剂量的一次照射危害程度大于分次照射，因此，公众偶然一次进入最大允许的照射时间应小于年最大允许照射时间。

11.3.2 辐射事故防范措施

辐射安全必须依靠必要的体制和管理，良好的设施和完整的工作制度等。引起意外(或事故)的不安全因素有两大类：一类是物的不安全因素，另一类是人的不安全行为。从我国多年内所发生的放射事故来看，人为因素造成责任事故占事故总数的80%以上。责任事故主要由管理不善、领导失职、安全观念淡漠引起。建设单位应从加强管理和提高安全意识两方面促进辐射防护工作，通过宣传培训等手段，提高安全文化素质，增强辐射防护意识，使辐射工作人员自觉服从管理，主动采取防护措施，控制不安全行为，预防辐射意外(或事故)的发生。建设单位需完善以下辐射事故防范措施：

(1) 各级领导需把辐射防护工作放到重要议事日程，制定严格的管理制度，安排操作人员接受安全防护教育和培训。定期组织相关辐射防护知识培训学习，告知相关人员辐射危害。

(2) 辐射安全工作领导小组应对本单位的应急组织人员、救护计划和方法、救护器材和设备以及联络方式进行明确布置和安排，并在统一部署下定期组织演练，一旦事故发生时可立即执行。

(3) 操作人员需持证上岗，确保岗位责任制度的落实，严肃查处违规作业。

(4) 必须严格按照操作规程，正确操作，对违规和粗疏管理的行为必须及时纠

正。

(8) 为有效地控制操作人员接受辐射的累积剂量，确保剂量不超过规定的剂量限值，操作人员在工作时必须佩带便携式个人剂量计和个人剂量报警仪。

(6) 加强职工安全和辐射防护知识的教育，并定期进行考核。对操作人员建立健康档案，定期进行体检，并对健康档案进行终身保存。

(7) 全体工作人员必须时刻保持高度警惕，平时练为战的思想，认真学习、掌握各项技能，做好随时应对重大事故的思想准备。

(8) 每日做好设备运行记录，认真填写设备维护记录表。任何人对设备部件进行更换、升级等操作时，都必须上报主管领导，得到回复后，方可进行，操作后详细填写故障处理联络单。

(9) 加强辐射安全管理，严格落实使用时需两人在场管理体制。

11.3.3 辐射事故应急预案

(1) 事故报告程序

一旦发生辐射事故，建设单位应立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，并在第一时间向领导小组报告，同时启动应急指挥系统，具体程序如下：

① 迅速报告

发生事故的科室必须立即将发生事故的性质、时间、地点、科室名称、联系人、电话等报告给辐射事故应急领导小组办公室，办公室立即将情况向辐射事故应急领导指挥中心汇报，并做好准备。辐射事故应急领导小组办公室必须在2小时内将有关信息报告区环保、公安、卫生等部门。

② 现场控制

现场处置小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、准确判断事件性质，将事故情况报告应急指挥中心。

③ 启动应急系统

辐射事故应急指挥中心接到现场报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、准确判断事件性质，将事

故情况报告应急指挥中心。辐射事故应急指挥中心接到现场报告后，立即启动应急指挥系统，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，开展工作；后勤保障组同时进行物资准备。

④现场报告

根据现场情况，由本单位应急指挥中心将事故发生时间、地点、造成事故的及放射源的名称、危害程度和范围等主要情况报告生态环境、卫生健康、公安等相关部门以及上级行政主管部门。

⑤现场处置

等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。若是发生放射源失控导致大剂量射线误照，应立即进行现场救助，采取措施，使人员损伤、环境污染降到最小，组织人力将受照人员送往医院病区救治。若是放射源丢失、被盗，可以组织人力在单位内进行排查，并将放射源的名称、状态、特性、危害等进行通告，广泛引起厂区职工与公众的重视，最大限度降低危害。

⑥查找事故原因

配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理、检测等工作，查找事故发生的原因，进行调查处理。将事故处理结果及时报上级卫生行政主管部门。

⑦应急响应终止条件

⑧警报解除

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生。

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

为做好工作过程中的辐射安全与防护管理工作，防止辐射污染环境，保障公众的健康，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，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》等相应的规定，遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，运行管理单位需制定相应的辐射安全管理制度。

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强放射源的安全和防护的监督管理，促进放射源暂存库的安全应用，正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命安全和财产，中国核工业二三建设有限公司防城港项目部应将本项目纳入已成立的辐射防护与环境保护领导小组管理范围，小组全面负责辐射工作的管理和领导工作，统一领导、统一指挥。辐射防护领导小组应明确主要职责，其主要职责是：

- (1) 贯彻执行国家辐射安全与环境保护各项法规相关文件精神；
- (2) 负责本单位辐射安全与环境保护管理；
- (3) 组织制定本单位辐射安全与环境保护管理办法，做好管理工作；
- (4) 组织人员参加辐射安全与环境保护培训和应急演练；
- (5) 安排从事放射源工作的辐射工作人员参加环境保护系统组织的关于辐射安全和防护的培训和考核。
- (6) 检查辐射安全设施，开展辐射安全环保监测，对放射源的安全与防护情况进行年度评估；
- (7) 实施辐射工作人员的健康体检，个人剂量监测；并做好相应资料的档案管理工作；
- (8) 定期向生态环境等主管部门报告辐射安全工作，接受环保监督、监测部门的检查指导。

12.1.2 人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，

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。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

本项目辐射工作人员应参加辐射安全防护培训并取得相应证书。

12.2 辐射安全管理规章制度

为加强以对放射源辐射安全和防护的监督管理，促进放射源暂存库的安全应用，保障工作人员、公众的人体健康，中国核工业二三建设有限公司防城港项目建立了《防城港项目放射源及探伤作业管理细则》、《射线检测安全防护方案》、《危险源辨别、风险评价及风险控制程序》、《伽马射线探伤机安全操作规程》、《辐射防护安全培训方案》、《职业卫生管理制度和操作规程》、《探伤机管理规定》、《探伤设备检查保养维护规定》等关于辐射方面的规章制度，以确保项目部开展辐射工作的安全。同时制订了辐射事故应急预案（见附件 5）。

12.3 辐射监测

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全。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

中国核工业二三建设有限公司防城港项目定期委托有资质的单位定期对辐射工作人员个人剂量计进行监测（监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），并按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求建立个人剂量记录及监测档案管理制度，并对职业照射个人监测档案终生保存。

按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，应为辐射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。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；在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也应进行健康体检。

12.3.2 辐射环境监测

(1) 单位自检

中国核工业二三建设有限公司防城港项目需利用自备的辐射剂量检测仪对工作场所进行定期监测制度，并建立档案。

(2) 年度监测

中国核工业二三建设有限公司防城港项目应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。监测数据每年年底向当地生态环境主管部门上报备案。

(3) 监测要求

- 1) 监测范围：探伤机表面、库区及周围 50m 范围内人员活动位置处、运源车辆及探伤现场时作业环境等。
- 2) 监测项目： γ 辐射剂量率。
- 3) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

(4) 竣工验收监测

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），本项目竣工后，建设单位应按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，及时对本项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

12.3.3 年度安全评估报告

每年 1 月 31 日之前，中国核工业二三建设有限公司防城港项目应向辐射安全许可证发证机关及当地生态环境部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.4 辐射事故应急

本项目运行管理单位已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院449 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）和《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号）编制并发布了《辐射事故应急预案》，一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，并采取必要的应急措施。

《辐射事故应急处理预案》，包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工;
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急;
- (3) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施;
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

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处理预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

建议定期进行辐射事故应急演练，对演练效果进行评估，提交演练报告，重点说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，及时整改。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部因业务发展需要，申请新增使用铱-192探伤源工业γ射线探伤5台，开展各承接项目的γ射线探伤作业，单枚放射源最大活度不超过 3.7×10^{10} Bq (100Ci)。项目扩建后，项目部工业γ射线探伤项目规模为使用20枚¹⁹²Ir密封源及5枚⁷⁵Se密封源（均为Ⅱ类密封源），工业X射线探伤机规模保持6台不变。

13.1.2 实践的正当性分析

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部2021年工业γ射线探伤扩建项目，在工业无损探伤方面有其他技术无法替代的特点，使企业加快了工程建设的进度，降低了成本，在保障探伤质量的同时也为项目部创造了更大的经济效益。所带来的利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.3 选址合理性分析

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部本次项目新购放射源先期用于防城港核电厂二期工程，探伤作业区周围0.5km内无居民。探伤作业区域具备清场条件、具备控制区、监督区划分条件，作业区内的建筑物及探伤工件对射线有一定的屏蔽作用，在作业区域内进行的探伤作业不会对区域外围环境产生影响。探伤场所所处位置相对独立，有利于辐射防护和安全管理，符合选址要求，因此，该项目的选址是可行的。

13.1.4 辐射环境影响现状评价

中国核工业二三建设有限公司防城港项目部2021年工业γ射线探伤扩建项目探伤室及探伤现场场址周围环境的辐射水平未见异常，现有探伤机表面辐射剂量率符合《γ射线探伤机》(GB/T14058-2008)的要求，放射源暂存库周围辐射环境剂量率水平符合《工业γ射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 8.2.2 的要求。

13.1.5 项目辐射防护能力评述

工业γ射线探伤不会对建设工区外环境造成辐射影响。在工程建设工区内进行探伤时，在可按照源活度、工件厚度等严格划分控制区、监督区，并具备清场条件的情

况下进行。现场探伤作业应使用合适的准直器并充分考虑 γ 射线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。预计该项目探伤的辐射防护及管理措施的建设可达到良好的辐射防护效果，满足国家相关标准的要求。

13.1.6 职业人员及公众成员年有效剂量评价

从偏保守角度考虑，预计采取辐射防护措施后，探伤操作工作人员受照的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于剂量限制的要求，同时符合职业人员年剂量管理约束值(5mSv)的要求。

要求建设单位在开展现场探伤时清场，并开展巡逻，禁止无关公众成员靠近现场；因此，预计公众成员因为项目的运行而受到的年有效剂量能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，同时符合公众成员年剂量管理约束值的要求。

13.1.7 辐射环境管理制度

(1) 为了加强环境保护工作的领导，规范探伤活动的辐射安全及管理，运行管理单位成立了辐射安全与环境保护管理领导小组。

(2) 为了加强对放射源使用辐射安全和防护的管理，促进工业 γ 射线探伤的安全应用，保证工程质量与辐射安全，保障工作人员、公众的人体健康，运行管理单位建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案等）和辐射事故应急预案。

13.1.8 安全培训及健康管理

(1) 对所有从事辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

(2) 所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案，每两年进行一次健康体检。

13.1.9 环境影响可行性结论

综上所述，中国核工业二三建设有限公司防城港项目部2021年工业 γ 射线探伤扩建项目符合辐射防护实践的正当性要求，在落实本环评提出的各项污染防治措施和环境管理要求前提下，项目正常运行对周围环境产生的辐射影响，在国家允许的标准范围内，符合环境保护的要求。因此，从辐射环境保护的角度分析认为本项目建设可行。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

根据项目情况本评价提出以下建议：

- 1、按照辐射安全许可证的许可内容从事辐射工作。
- 2、不断完善辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。
- 3、继续做好辐射防护工作档案，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存，严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。
- 4、做好职业工作人员的个人剂量监测和健康管理；做好辐射工作人员培训和再培训。按照辐射事故应急预案和报告制度的要求，定期进行熟练演习。
- 5、落实辐射防护设施定期检查制度，如检查库房工作警示灯、辐射警示标记等。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，中国核工业二三建设有限公司防城港项目部承诺：

- 1、按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部 18 号令）要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境部门提交上一年度的报告。
- 2、接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题。
- 3、完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行。
- 4、按要求开展竣工环保验收。
- 5、按照相关要求做好高风险移动放射源的管理工作。

表 14 审批

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