

核技术利用建设项目

X 射线室内和现场探伤项目（扩建）
环境影响报告表
(公示稿)

中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司

2022 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

X 射线室内和现场探伤项目（扩建） 环境影响报告表

建设单位名称：中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司

建设单位法人代表（签名或签章）： **

通讯地址：浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道滨海大道 1699 号

邮政编码：314305

联系人： ***

电子邮箱： /

联系电话： *****

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	11
表 3 非密封放射性物质.....	11
表 4 射线装置.....	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6 评价依据.....	15
表 7 保护目标与评价标准.....	17
表 8 环境质量和辐射现状.....	25
表 9 项目工程分析与源项.....	29
表 10 辐射安全与防护.....	34
表 11 环境影响分析.....	43
表 12 辐射安全管理.....	59
表 13 结论与建议.....	63
表 14 审批.....	68

表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线室内和现场探伤项目（扩建）			
建设单位		中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司			
法人代表		严*	联系人	张**	联系电话 *****
通讯地址		浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道滨海大道 1699 号			
项目建设地点		浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道滨海大道 1699 号			
立项审批部门		海盐县发展和改革局		批准文号	2204-330424-04-01-431522
建设项目总投资(万元)		553.8	项目环保投资（万元）	58	投资比例（环保投资/总投资） 10.5%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 不新增占地
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位基本情况

中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司（以下简称为“公司”），是中国核工业第二二建设有限公司下设的分公司之一，具备核工业工程建筑资质，主要从事承接的核电机组土建钢结构及结构模块的制作安装任务。

公司在厂区内 6 号生产车间一层西北角已建 1 间 X 射线探伤室，该探伤室源自浙江中核设备制造有限公司。2016 年 3 月，浙江国辐环保科技中心完成了《浙江中核设备制造有限公司 X 射线室内探伤项目（改建）环境影响报告表》的编制；2016 年 4 月 27 日，原海盐县环境保护局对该项目环境影响报告表进行了批复，批复文号为“嘉（盐）环建[2016]55 号”。2017 年 1 月 22 日，原海盐县环境保护局对浙江中核设备制造有限公司 X 射线室内探伤项目进行了竣工环境保护验收批复，批复文号为“嘉环验[2017]9 号”。2019 年 3 月浙江中核设备制

造有限公司进行了注销，吸收合并到中国核工业第二二建设有限公司名下。经嘉兴市生态环境局海盐分局同意，《浙江中核设备制造有限公司年产 1.9 万吨核工程钢制品建设项目环境影响报告书》及审批意见（盐环建（2014）59 号）中投资主体变更为中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司。

公司前期已配备 11 台定向 X 射线探伤机，所有定向 X 射线探伤机均为一机两用，用于 X 射线室内和现场探伤。该项目已于 2019 年 9 月由浙江问鼎环境工程有限公司编制《中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司 X 射线机室内与现场探伤项目环境影响报告表》，于 2019 年 10 月 13 日取得嘉兴市生态环境局海盐分局的批复，批复文号：嘉环盐建[2019]140 号。该项目于 2020 年 6 月 4 日完成了竣工环境保护自主验收工作，验收规模与环评规模一致。

公司于 2019 年 12 月 27 日申领了辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[F7018]，有效期至 2024 年 12 月 26 日。许可规模为：1 台 200EGS3 型（定向）X 射线探伤机、1 台 250EGS3 型（定向）X 射线探伤机、2 台 250EGM2 型（定向）X 射线探伤机、1 台 300EGS3 型（定向）X 射线探伤机、1 台 RTX-300CP 型（定向）X 射线探伤机、5 台 XXG-3505A 型（定向）X 射线探伤机。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

随着核电项目的陆续开工，公司拟新增 19 台便携式 X 射线探伤机，用于承接对公司内部施工部门或技术部门委托产品的无损检测任务，从而认定产品质量。公司拟新增 19 台便携式 X 射线探伤机用于室内探伤作业，也用于公司各施工现场进行 X 射线现场探伤。本项目已在海盐县发展和改革局备案，项目代码 2204-330424-04-01-431522。

对照《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），X 射线探伤机属于工业用 X 射线探伤装置的分类范围，为 II 类射线装置。对照生态环境部《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”：“172、核技术利用建设项目”。本次评价的内容为使用 II 类射线装置，应编制辐射环境影响报告表，并及时向有权限的生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。

中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司委托浙江问鼎环境工程有限公司对本项目进行辐射环境影响评价。我单位开展了现场踏勘、委托检测、收集

资料等工作，并依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 建设内容及规模

经与建设单位核实，公司现已配备 11 台定向 X 射线探伤机，本项目拟新增 19 台便携式 X 射线探伤机，所有 X 射线探伤机均为一机两用，用于 X 射线室内和现场探伤。室内探伤在现有许可的公司厂区 6 号生产车间一层西北角的探伤室内进行；现场探伤根据公司承接各项项目的需要，在项目所在地施工现场进行。公司现有 11 台 X 射线探伤机和拟新增 19 台便携式 X 射线探伤机技术参数一览表见表 1-1。

表 1-1 X 射线探伤机技术参数一览表

	序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)
现有 X 射线探伤机	1	X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	200EGS3	200	5
	2	X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	250EGS3	250	5
	3	X 射线探伤机 (定向)	II 类	2 台	250EGM2	250	5
	4	X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	300EGS3	300	5
	5	X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	RTX-300CP	300	5
	6	X 射线探伤机 (定向)	II 类	5 台	XXG-3505A	350	5
拟新增 X 射线探伤机	7	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	2 台	XXG-3505	350	5
	8	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	PXS-EVO-300D	300	5
	9	便携式 X 射线探伤机 (周向)	II 类	1 台	XXGP-2505	250	5
	10	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	RIX-250MC	250	5
	11	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	5 台	RIX-250MC-2	250	3
	12	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	3 台	RIX-200MC	200	3
	13	便携式 X 射线	II 类	2 台	RIX-200MC-2	200	3

		探伤机（定向）					
	14	便携式 X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2005	200	5
	15	便携式 X 射线探伤机（周向）	Ⅱ类	1 台	XXGZ-2005	200	5
	16	便携式 X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	2 台	TXR-C1R150P-08HD	150	3

项目实施后，公司共有 30 台便携式 X 射线探伤机。

1.1.4 周围环境概况及选址合理性分析

（1）项目地理位置

中国核工业第二建设有限公司钢结构分公司位于浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道滨海大道1699号，其地理位置见附图1。企业厂区东侧为椰岛路，南侧为滨海大道，西侧为浙江沸特包装科技有限公司厂房、浙江帝豪科技股份有限公司厂房、浙江爱伊文具有限公司厂房、浙江英雄文化用品有限公司厂房，北侧为浙江杰彦自动化科技有限公司厂房和新建厂房，本企业厂区周围环境情况见附图2，厂区总平面布置见附图3。

（2）探伤室外周边环境概况

本项目已建探伤室位于 6 号生产车间一层的西北角，所在生产车间平面布局见附图 4。其东侧和南侧均为半成品堆放区，西侧隔过道为厂区道路，北侧隔探伤设备贮存间和更衣室为厂区道路，楼上为无人平台，楼下为地坪。探伤室由曝光室与操作室组成，其中操作室位于曝光室北侧。曝光室南侧开设一工件进出门，北侧开设一工作人员进出门，探伤室平面布置图见附图 5。

（3）探伤设备贮存间和暗室位置

本项目所有 X 射线探伤机不工作时，存放在公司厂区探伤设备贮存间或各项目探伤设备贮存间内。公司厂区探伤设备贮存间建筑面积 8.5m²。贮存间东侧为更衣室，南侧为操作室，西侧为过道，北侧为厂区道路，楼上为无人平台，楼下为地坪。暗室单独设于焊培理化楼一层，建筑面积 18m²，所在楼层平面布局见附图 6。

（4）现场探伤时作业场地位置

公司现场探伤无确定的作业地点，根据承接项目的需要，在施工现场进行，具体操作地点的选择严格按照公司管理制度进行。各项目必须设置 X 射线探

伤设备临时贮存间，探伤设备临时贮存间须满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求，并须有专人管理。

（5）选址合理性分析

本项目探伤室评价范围 50m 内主要为公司内部生产车间和空地、浙江英雄文化用品有限公司厂房、浙江杰彦自动化科技有限公司厂房和新建厂房，无居民点与学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。根据不动产权证，本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。因此，本项目探伤室选址是合理可行的。

现场探伤无确定的作业地点，只要严格按照探伤操作规程，做好作业时的安全管理工作，确保周围无相关人员，严格按照控制区边界外周围剂量当量率低于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界外周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求执行，探伤期间通过辐射剂量巡测，则其操作是可行的。

1.2 产业政策符合性分析与实践的正当性分析

（1）产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》，本项目不属于国家限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策。

（2）实践的正当性分析

本项目拟新增 19 台便携式 X 射线探伤机，所有 X 射线探伤机均为一机两用，用于 X 射线室内和现场探伤。本项目探伤主要承接对公司内部施工部门或技术部门委托产品的无损检测任务，从而认定产品质量，具有良好的经济效益和社会效益。因此，本项目使用 X 射线探伤机的目的是正当可行的，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。

1.3 海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

对照《海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案》可知，本项目位于海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元（ZH33042420008），海盐县环境管理单元图见附图 7。

表 1-1 海盐县产业集聚重点管控单元生态环境准入清单

管控单元分类	要求		本项目情况	是否符合
海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元（ZH33042420008）	空间布局约束	1、根据产业集聚区块的功能定位，实施分区差别化的产业准入条件。	/	/
		2、优化产业布局和结构，合理规划布局三类工业项目，控制三类工业项目布局范围和总体规模，鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和提升改造。	本项目不属于三类工业项目。	符合
		3、提高电力、化工、印染、造纸、化纤等重点行业环保准入门槛，控制新增污染物排放量。	本项目为核技术利用项目，不涉及污染物排放总量。	符合
		4、新建涉 VOCs 排放的工业企业全部进入工业功能区，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求。	本项目不涉及 VOCs 排放。	符合
		5、所有改、扩建耗煤项目，严格执行相关新增燃煤和污染物排放减量替代管理要求，且排污强度、能效和碳排放水平必须达到国内先进水平。	本项目不属于耗煤项目。	符合
		6、合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带。	本项目位于海盐县海盐开发区，开发区企业间设置有防护绿地。本项目50m评价范围内无居住区。	符合
	污染物排放管控	1、严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。	本项目为核技术利用项目，不涉及污染物排放总量。	符合
		2、新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。	本项目不属于新建二类、三类工业项目。	符合
		3、加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。	公司厂区设有污水储存池，厂区产生的污水排入污水储存池内，定期交由有资质的单位清运处理。	符合
		4、加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目不涉及土壤和地下水。	符合
	环境风险防控	1、定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境与健康风险。	/	/
		2、强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制；加强风险防控体系建设。	本项目建成投入使用前，公司按照要求编制辐射事故应急预案，建立定期检查机制，因此符合环境风险防控要求。	符合

	资源开发效率要求	推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用率。	本项目所用能源主要为电能，资源利用效率高。	符合
--	----------	---	-----------------------	----

由表 1-1 可知，本项目符合《海盐县“三线一单”生态环境分区管控方案》中的要求。

1.4 “三线一单”原则符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150 号），要求强化“三线一单”的约束作用，建立“三挂钩”机制，“三管齐下”确实维护群众的环境权益。“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

（1）生态保护红线

公司位于浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道滨海大道 1699 号，该地块属于海盐县海盐开发区产业集聚重点管控单元。探伤室已于前期工程已建成，本期仅新增 19 台便携式 X 射线探伤机，不涉及生态保护红线，因此本项目符合生态保护红线的要求。海盐县生态保护红线图见附图 8。

（2）环境质量底线

本项目探伤室已建成，前期工程环评报告表中的各项污染防治措施已得到落实。根据环境质量现状监测结果和探伤室验收监测报告表可知，探伤室在未进行探伤作业和探伤作业时周围环境 γ 辐射剂量率属于正常本底范围，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求。本项目现场探伤时，作业场所不固定，主要污染因子为 X 射线，采取一定的辐射防护措施后满足环境保护要求，辐射环境质量底线要求。废显影液收集后委托有资质的单位处置，不会对周围环境造成不利影响。

因此本项目符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网，且利用效率高。总体而言，本项目符合资源利用上线的要求。

（4）生态环境准入清单

本项目为公司使用Ⅱ类射线装置项目，不属于二、三类工业项目。结合本项目所在生态环境分区管控单元的环境准入清单（见表 1-1），本项目满足生态环境准入清单的要求。

综上，本项目能够符合“三线一单”的管控要求。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

(1) 现有项目审批情况

中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司现有辐射安全许可证证书编号为浙环辐证[F7018]，许可种类和范围：使用Ⅱ类射线装置，有效期至：有限期至 2024 年 12 月 26 日。公司已有射线装置环保履行情况详见表 1-2。

公司现有 1 间探伤室和 11 台 X 射线探伤机均已按相关法规要求进行了环境影响评价及环境保护竣工自主验收，取得环评批复及竣工环境保护自主验收意见，且辐射安全许可证登记 X 射线探伤机与实际使用 X 射线探伤机一致，现有 1 间探伤室和 11 台 X 射线探伤机无遗留环保问题。

表 1-2 建设单位现有射线装置环保履行情况一览表

序号	设备名称	型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	场所	环评批文	验收情况
1	X 射线探伤机（定向）	200EGS3	1 台	200	5	室内探伤：公司厂区 6 号生产车间一层西北角；现场探伤：根据承接项目的需要，在项目所在施工场地。	嘉环盐建[2019]140 号	2020 年 6 月 4 日通过自主验收
2	X 射线探伤机（定向）	250EGS3	1 台	250	5			
3	X 射线探伤机（定向）	250EGM2	2 台	250	5			
4	X 射线探伤机（定向）	300EGS3	1 台	300	5			
5	X 射线探伤机（定向）	RTX-300 CP	1 台	300	5			
6	X 射线探伤机（定向）	XXG-350 5A	5 台	350	5			

(2) 现有项目辐射安全管理

1、原有辐射安全管理制度执行与落实情况

本项目为扩建项目。中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司已按照《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》等有关法律法规，公司已成立辐射防护安全管理小组，并明确了各管理成员的职责。公司已制定一系列的辐射工作管理制度，其中包括《辐射安全管理制度》、《辐射防护与安全保卫制度》、《评片人员岗位职责》、《X射线探伤操作人员岗位职责》、《暗室处理人员岗位职责》、《X射线检验安全操作规程》、《X射线探伤机使用登记制度》、《X射线探伤机检修、维护制度》、《透照室管理规定》、《室外探伤作业管理制度》、《辐射作业人员培训、体检及保健制度》、《X射线探伤辐射监测计划》、《自行检查与年度评估制度》、《转让、变更及注销制度》、《辐射事故应急救援预案》等。

公司现有的辐射管理制度内容较为全面完善，且针对性较好，能够满足现有项目运行过程辐射安全管理的要求。

2、辐射工作人员培训情况

中国核工业第二建设有限公司钢结构分公司现有 49 名辐射工作人员，均已取得辐射安全与防护培训合格证书。根据人员变动及考核情况，建设单位应及时安排辐射工作人员参加培训和再培训（考核成绩单有效期为五年）。

3、开展辐射监测工作的情况

①个人剂量监测：公司已委托浙江鼎清环境检测技术有限公司开展了辐射工作人员个人剂量监测。根据 2021 年度四个周期的个人剂量监测报告，辐射工作人员的个人年有效剂量满足年剂量约束值的要求，同时符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。

②工作场所和环境辐射水平监测：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，公司应每年委托有资质单位对在用的射线装置工作场所和周围环境进行 1 次辐射水平监测，监测报报存档。

4、辐射工作人员职业健康体检情况

公司已组织现有 49 名辐射工作人员进行职业健康体检，根据公司提供的职业健康检查报告书（分批次于 2020 年和 2021 年进行职业健康检查），现有 49 名辐射工作人员均可继续原放射工作。

5、年度评估报告情况

依据《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》，使用单位应编制射线装置安全和防护状况年度评

估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交年度评估报告。自 2020 年来，中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司每年均编制上一年度本单位射线装置安全和防护状况年度评估报告，并提交至发证机关。

中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司在原有 X 射线探伤机使用过程中未曾发生过辐射事故，使用过程中产生的 X 射线在采取相应的防护措施后不会对环境产生明显影响，运行期间没有收到相关投诉，管理状况良好。公司应尽快安排未参加培训的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，并根据辐射工作人员培训证书发证日期，按要求安排相关人员进行再培训，若有新增辐射工作人员，应按要求进行职业健康检查，辐射安全与防护培训、个人剂量监测，确保辐射工作人员身体状况满足工作要求、持证上岗和工作期间进行个人剂量监测。另外，公司应该根据人员变动情况及时调整个人剂量监测的人员范围和安排人员进行培训，将辐射工作人员的培训证书和个人剂量监测对应进行管理。

(3) 现有项目辐射监测设备和防护用品配置

为了满足公司现有室内探伤和现场探伤的要求，公司为辐射工作人员配备了如下辐射监测设备和防护用品，见表 1-3。

表 1-3 公司辐射监测设备和防护用品配备情况一览表

序号	名称	型号	单位	数量	状态	备注
1	职能化 X-γ辐射监测仪	REN500B	台	7	完好	/
2	X-γ辐射场报警装置	HY131A	台	1	完好	探伤室内
3	监控装置	HIKVISION	套	1	完好	探伤室内
4	多用途剂量报警仪	MKS-05P	台	2	完好	/
5	便携式 X-γ辐射剂量报警仪	MKS-05P (TERRA-P)、 FJ2000等	台	43	完好	/
6	个人剂量计	/	个	134	完好	99 个在用，35 个备用
7	警戒绳	带辐射标志	米	若干	完好	满足现场探伤的要求
8	警戒牌	/	个	53	完好	/
9	声光报警灯	/	只	2	完好	/

10	磁吸声光报警灯	FL4870-LZ	只	66	完好	/
11	扩音喇叭	/	只	6	完好	/
12	喊话器	CR-94	台	10	完好	/
13	射线防护服	/	件	44	完好	防护服为 0.5mmPb

(4) 现有的三废处理情况

现有探伤室内探伤过程产生的臭氧和氮氧化物通过机械排风系统排到探伤室外。公司在使用 X 射线探伤机进行探伤时产生的废显（定）影液及废胶片用专业容器收集后，定期由有资质的嘉兴市洪源环境科技有限公司进行处理。

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
无	无	无	无	无	无	无	无	无

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	无	无	无	无	无	无	无	无	无	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

（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
无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电 流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	2 台	XXG-3505	350	5	无损检测	室内探伤： 公司厂区 6 号生产车间 一层西北角 探伤室内； 现场探伤： 根据承接项 目的需要， 在项目所在 施工场地。	本次环评， 新增购置
2	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	PXS-EVO-300D	300	5	无损检测		
3	便携式 X 射线探伤机 (周向)	II 类	1 台	XXGP-2505	250	5	无损检测		
4	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	RIX-250MC	250	5	无损检测		
5	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	5 台	RIX-250MC-2	250	3	无损检测		
6	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	3 台	RIX-200MC	200	3	无损检测		
7	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	2 台	RIX-200MC-2	200	3	无损检测		
8	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	XXG-2005	200	5	无损检测		
9	便携式 X 射线探伤机 (周向)	II 类	1 台	XXGZ-2005	200	5	无损检测		
10	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	2 台	TXR-C1R150P-08HD	150	3	无损检测		

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

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	排放口活度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	通过机械排风系统直接进入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
废显（定）影液	液态	—	—	约 35L	约 420L	——	集中存放于危废暂存间	委托有资质的单位处理处置
废胶片	固态	—	—	约 18 张	约 210 张	——		

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；年排放总量为 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）或活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法(2014 年修订)》，2015 年 1 月 1 日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法(2018 年修订)》，2018 年 12 月 29 日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行； (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日起施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例(2019 年修改)》，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改并实施； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (9) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (10) 《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》，原国家环境保护总局环发(2006)145 号，2006 年 9 月 26 日起施行； (11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》； (12) 《国家危险废物名录(2021 年版)》，自 2021 年 1 月 1 日起施行； (13) 《浙江省环境保护厅关于发布<省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015 年本)>及<设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单(2015 年本)>的通知》(浙环发[2015]38 号)； (14) 《关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2019 年本)>的通知》，浙环发[2019]22 号，2019 年 12 月 20 日起实施； (15) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2021 年 2 月 10 日修订； (16) 《浙江省辐射环境管理办法》，2021 年 2 月 10 日修订； (17) 《关于发布<建设项目危险废物环境影响评价指南>的公告》，原环境
------	---

	保护部公告 2017 年第 43 号，2017 年 9 月 1 日印发； （18）《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第 23 号，2022 年 1 月 1 日起施行； （19）《关于印发<浙江省“三线一单”生态环境分区管控方案>的通知》，浙环发[2020]7 号，浙江省生态环境厅，2020 年 5 月 23 日； （20）《关于印发<嘉兴市“三线一单”生态环境分区管控方案>的通知》，嘉环发[2020]66 号，嘉兴市生态环境局，2020 年 8 月 28 日。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016），2017 年 1 月 1 日实施； （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），2016 年 4 月 1 日实施； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），2003 年 4 月 1 日实施； （4）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单，2017 年 10 月 27 日实施； （5）《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），2015 年 6 月 1 日实施； （6）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及 2013 年修改单，2013 年 6 月 8 日实施； （7）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），2021 年 5 月 1 日实施； （8）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），2021 年 5 月 1 日实施； （9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），2020 年 4 月 1 日实施。 （10）《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019），2020 年 4 月 1 日实施；
其他	（1）企业营业执照； （2）原有核技术利用项目环评批复和环保竣工自主验收意见； （3）辐射安全许可证； （4）检测报告。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）的相关规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）”，并结合本项目的实际情况，确定评价范围为：

室内探伤：X射线探伤室周围50m的区域，**评价范围示意图见附图2。**

现场探伤：以各设备最大监督区为准，并结合无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围，TXR-C1R150P-08HD型X射线探伤机现场探伤评价范围为100m，RIX-200MC型与RIX-200MC-2型X射线探伤机现场探伤评价范围为100m，XXGZ-2005型和XXG-2005型X射线探伤机现场探伤评价范围为117m，RIX-250MC-2型X射线探伤机现场探伤评价范围为100m，XXGP-2505型和RIX-250MC型X射线探伤机现场探伤评价范围为109m，PXS-EVO-300D型X射线探伤机现场探伤评价范围为158m，XXG-3505A型号X射线探伤机现场探伤评价范围为249m。

7.2 保护目标

室内探伤：结合厂区总平面布局及现场勘查情况，本项目探伤室周围50m内主要为公司内部生产车间和空地、浙江英雄文化用品有限公司厂房、浙江杰彦自动化科技有限公司厂房和新建厂房，无居民区与学校等环境敏感区。因此，本项目室内探伤的环境保护目标为该公司从事X射线探伤机操作的辐射工作人员、辐射工作场所周围其他非辐射工作人员和公众成员。主要环境保护目标情况见表7-1。

表7-1 本项目环评范围内环境保护目标情况一览表

周边环境情况描述	保护对象		人数	与探伤室相对方位	与探伤室相对距离	年剂量约束值
操作室	职业	辐射工作人员	7 人	北侧	紧邻	5mSv
半成品堆放区	公众	生产人员	10~20 人	东侧	约 1m	0.25mSv
半成品堆放区		生产人员	10~20 人	南侧	约 1m	
浙江英雄文化用品有限公司厂房		生产人员	40~60 人	西侧	约 46m	
浙江杰彦自动化科技有限公司厂房		生产人员	60~80 人	北侧	约 48m	

新建厂房		生产人员	目前无人	北侧	约 39m	
------	--	------	------	----	-------	--

现场探伤：现场探伤作业时，对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标示。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，由专人看守；将控制区边界外、作业时间周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，该区域允许与探伤活动有关的辐射工作人员在此活动，公众人员不得入内。由于本项目现场探伤地点不固定，因此X射线探伤机在工作条件下的环境目标是不定的。因此，本项目现场探伤的环境保护目标为X射线探伤机工作场所处的辐射工作人员以及周围其他公众成员。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.3 防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）， 20mSv 。

本项目取其四分之一即 5mSv 作为年剂量管理约束值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量， 1mSv 。

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为年剂量管理约束值。

7.3.2 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置或探伤机）进行探伤的工作。

3.1.1.5 X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 1 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

管电压（kV）	漏射线空气比释动能率（mGy/h）
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

3.1.3 连接电缆

对于移动式 X 射线装置，控制器和 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于 20m。

4.1 防护安全要求

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3；

b) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.1.11 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

4.2 安全操作要求

4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外,还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时,剂量仪报警,探伤工作人员应立即离开探伤室,同时阻止其他人进入探伤室,并立即向辐射防护负责人报告。

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率,包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时,应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前,应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作,则不应开始探伤工作。

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

4.2.5 在每一次照射前,操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下,才能开始探伤工作。

4.2.6 开展探伤室设计时未预计到的工作,如工件过大必须开门探伤,应遵循5.1、5.3、5.4、5.5的要求。

5 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

5.1 X 射线现场探伤作业分区设置要求

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:

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

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,探伤工作人员在控制区边界外操作,否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场探伤作业工作过程中,控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小,X 射线探伤机应用准直器,视情况采用局部屏蔽措施(如铅板)。

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

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。

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，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。

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5.2 X射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前，运营单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台X射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场探伤对工作场所内其它的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

5.2.4 现场探伤工作在在委托单位的工作场地实施的准备和规划，应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标示和报警信号等，避免造成混淆。委托方应给予探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

5.3 X射线现场探伤作业安全警告信息

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示标志

和警告标语等提示信息。

5.4 X射线现场探伤作业安全操作要求

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

5.5 X射线现场探伤作业的边界巡查与监测

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不能看见，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。必要时应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，确认剂量仪能正常工作。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 现场探伤的分区及检测要求

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和监督区。

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。

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，以确保探伤机确已停止工作。

7.3.3 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业X射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于500kV以下工业X射线探伤装置的探伤室。

3.2 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

7.3.4 项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）等评价标准，确定本项目的管理目标。

①辐射剂量率控制水平：

X 射线室内探伤：探伤室表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

X 射线现场探伤项目：控制区边界辐射剂量率不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区边界辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②个人剂量约束值：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

中国核工业第二建设有限公司钢结构分公司位于浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道滨海大道1699号。企业厂区东侧为椰岛路，南侧为滨海大道，西侧为浙江沸特包装科技有限公司厂房、浙江帝豪科技股份有限公司厂房、浙江爱伊文具有限公司厂房、浙江英雄文化用品有限公司厂房，北侧为浙江杰彦自动化科技有限公司厂房和新建厂房。

本项目探伤室位于6号生产车间一层的西北角，其东侧和南侧均为半成品堆放区，西侧隔过道为厂区道路，北侧隔探伤设备贮存间和更衣室为厂区道路，楼上为无人平台，楼下为地坪。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价对象

X射线探伤室及周围环境（由于现场探伤涉及的待检测项目具体地点不固定，故本次环评未进行环境现状监测）。

8.2.2 监测因子

X- γ 辐射剂量率。

8.2.3 监测点位

为了解X射线探伤室和周围辐射环境本底水平，本次环评委托浙江鼎清环境检测技术有限公司对X射线探伤室及其周围环境进行了辐射环境本底水平监测。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）等要求，共布设8个监测点位，布点情况见图8-1。

8.3 监测方案

- （1）监测单位：浙江鼎清环境检测技术有限公司
- （2）监测时间：2022年2月25日
- （3）监测方式：现场检测
- （4）监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）等
- （5）监测频次：依据标准予以确定
- （6）监测工况：辐射环境本底

(7) 天气条件：天气：晴；温度：4~9℃；相对湿度：56~67%。

(8) 监测仪器

表 8-1 监测仪器的参数与规范

仪器名称	便携式多功能射线检测仪
仪器型号	BG9512（内置探头：BG9512；外置探头：BG7030）
生产厂家	贝谷科技股份有限公司
仪器编号	DQ2015-XJ37
能量范围	内置探头：50keV~1.3MeV $\leq\pm 30\%$ （相对于 ^{137}Cs 661keV）； 外置探头：25KeV~3MeV $\leq\pm 30\%$ （相对于 ^{137}Cs 661keV）；
量 程	内置探头：0.05 $\mu\text{Sv/h}$ -30mSv/h； 外置探头：30nGy/h-200 $\mu\text{Gy/h}$ ；
检定单位	上海市计量测试技术研究院（华东国家计量测试中心）
检定证书	2021H21-20-3304722001
检定有效期	2021 年 5 月 31 日~2022 年 5 月 30 日
检测规范和标准	HJ1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 HJ 61-2021《辐射环境监测技术规范》

8.4 质量保证措施

- (1) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.5 监测结果

监测结果见表 8-2，监测点位图见图 8-1。

表8-2 探伤室及周围环境辐射背景监测结果

点位编号	点位描述	γ辐射剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
▲1	探伤室北侧	75	3
▲2	探伤室西侧	138	3
▲3	探伤室南侧	89	2
▲4	探伤室东侧	83	2
▲5	探伤室中央	150	3
▲6	浙江英雄文化用品有限公司	126	2
▲7	浙江杰彦自动化科技有限公司	131	3
▲8	新建厂房	124	2

8.6 环境现状调查结果的评价

由表8-2可知：本项目探伤室及周围环境各检测点位的γ辐射剂量率在75～150nGy/h之间。

注：上述检测值均未扣除宇宙射线响应。

由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，嘉兴地区的建筑物室内γ辐射剂量率在76～271nGy/h之间，可见探伤室及周围环境的γ辐射剂量率处于一般本底水平，未见异常。



图 8-1 监测点位示意图

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 探伤机的特点及作业方式

该公司配置的X射线探伤机具有体积小、重量轻、操作简单、携带方便、自动化程度高等特点，为延长X射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以1:1方式工作和休息，确保X射线管充分冷却，防止过热。

9.1.2 探伤机工作原理

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

X射线探伤机主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生X射线。典型的X射线管结构图见图9-1。

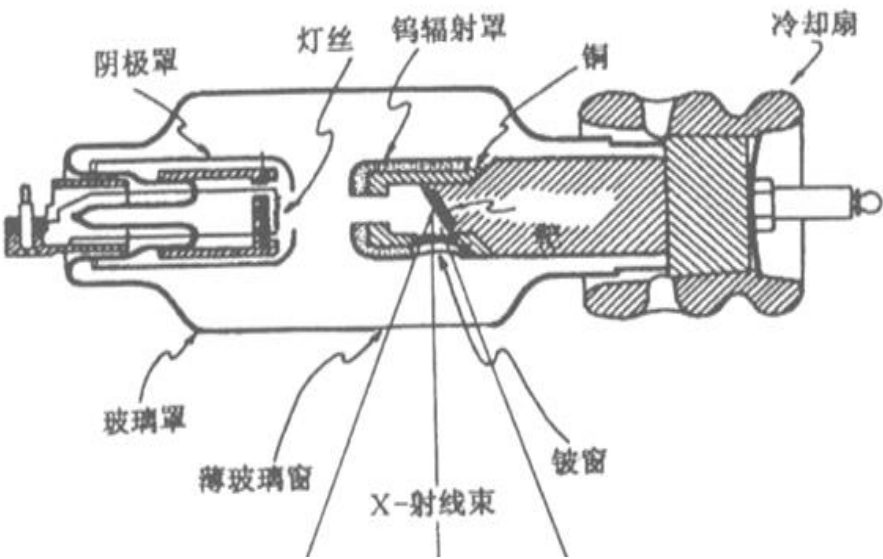


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

9.1.3 探伤过程及产污环节

9.1.3.1 室内探伤

该公司射线探伤均在固定的曝光室内，曝光室与车间相通，将需要进行射线探伤的工件放置于平车轨道上，送入曝光室内，设置适当位置，在工件待检部位布设X射线胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离曝光室，并将工件进出门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光，当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入曝光室，打开工件进出门将探伤工件送出曝光室外，从探伤工件上取下已经曝光的X片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。室内探伤工艺流程及产污环节见图9-2。

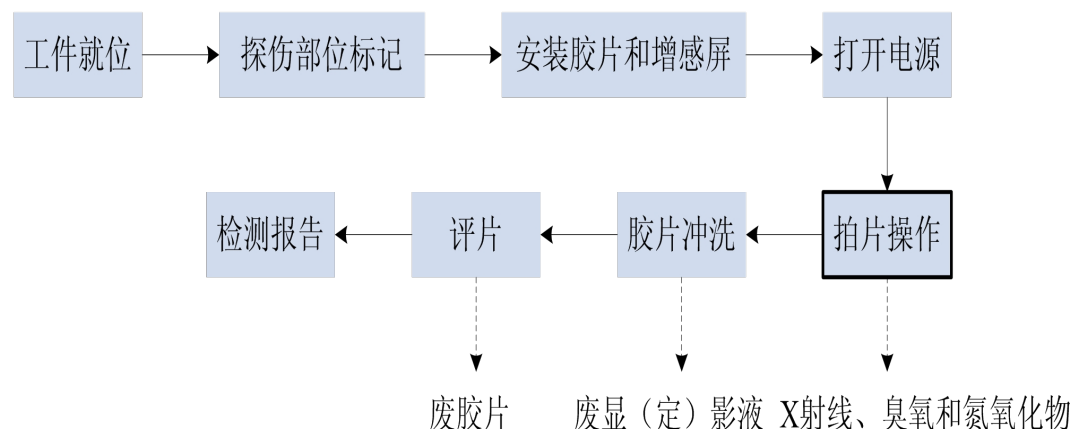


图 9-2 室内探伤工艺流程及产污环节示意图

9.1.3.2 现场探伤

公司接到 X 射线检验委托单后，应及时填写“现场射线作业许可证”送达工程部，由工程部相关人员根据本单位及外单位的现场施工情况最终确定具体的探伤时间窗口。探伤作业前在员工上下班主要通道张贴探伤通知。现场所有射线探伤作业时间必须在夜间（指当日夜间 22 点至次日凌晨 5 点之间进行）。

（1）X 射线机选择：据探伤工件、选择合适射线装置；

（2）X 射线机运输：公司拟配备 1 台专用工程车辆，X 射线探伤机由专用工程车运输至探伤地点，每次至少有 1 名操作人员随车押运；

（3）在实施现场探伤工作之前，对工作环境进行全面评估，确定初步警戒范围；

（4）发作业通知单，业主单位协助；

（5）发布作业告示；

(6) 作业区域清场，设置警戒线、警示标志等，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，控制区的范围清晰可见，确保没有人员进入控制区，并安排人员进行巡查；

(7) 工作人员佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪等进行无损探伤作业；

(8) 对 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测；

(9) 无损检测：确定场内无相关人员后，开始铺设电缆，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，确定照射时间，在操作位开机曝光（设置延时），然后迅速离开控制区外，并开始计时曝光；

(10) 采用辐射剂量监测仪，核定工作区域边界辐射剂量率，确保控制区边界剂量率小于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

(11) 达到预定的照射时间和曝光量后，回到操作位关闭电源，工作人员确保个人剂量报警仪处于工作状态，解除从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，并解除控制区和监督区，完成一次探伤任务；

(12) X 射线机运输、设备入库：X 射线机由专用车辆运输至厂区，存放于专门的贮存间上锁；

(13) 洗片过程待回到公司后在暗室进行，评片出具监测报告。

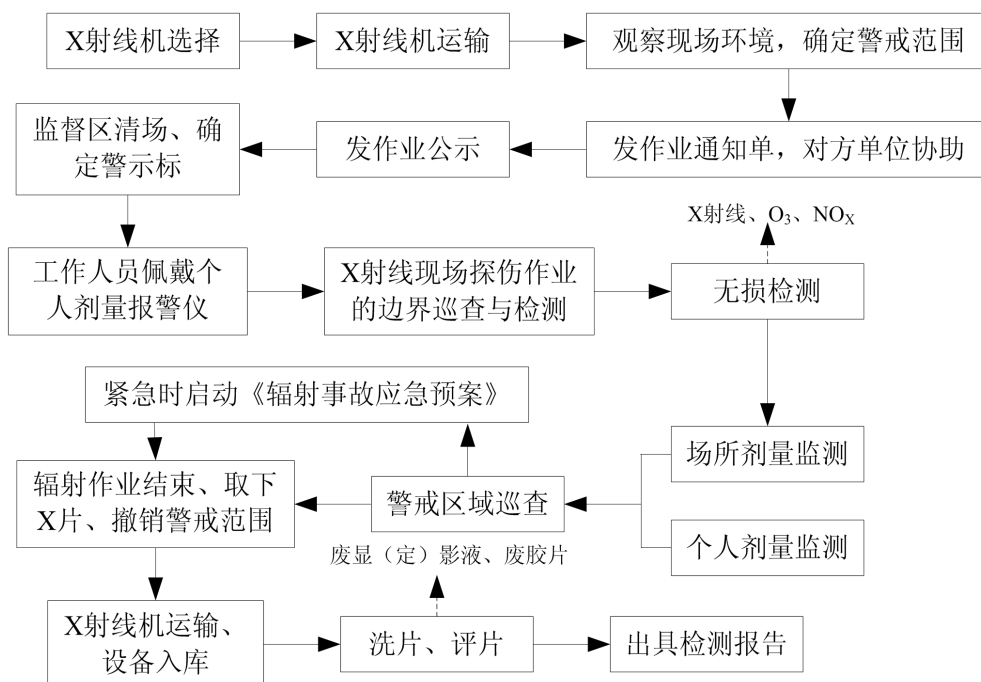


图 9-3 现场探伤工作流程及产污环节示意图

9.1.4 劳动定员及工作负荷

公司现有 49 名辐射工作人员，本项目直接利用现有辐射工作人员。

室内探伤：本项目 X 射线探伤机在探伤室内使用时，探伤机为定向机和周向机，且不存在两台及两台以上同时运行的情况。探伤工件为钢，最大尺寸：长 3m×宽 2m，探伤最大厚度为 20~50mm。探伤室前期年拍片量约 3000 张，因公司业务扩大，年拍片增加约 9000 张，单次探伤曝光时间最长为 5 分钟，则年探伤时间为 750 小时。公司探伤室前期已配备辐射工作人员 2 人，因年拍片量增加，本项目已配备辐射工作人员 5 人，轮流进行辐射工作，能够满足探伤机扩建后探伤工作的需求。

现场探伤：公司现场探伤前期年拍片量约 9000 张，因公司业务扩大，年拍片增加约 12000 张，单次探伤曝光时间最长为 5 分钟，则年探伤时间为 1000 小时。探伤工件主要为 20~50mm 厚的钢。公司前期现场探伤已配备辐射工作人员 9 人，分成 3 个工作小组。因年拍片量增加，本项目已配备辐射工作人员 33 人，拟分 11 个工作小组，每组 3 名辐射工作人员，其中 2 名轮流负责操作 X 射线现场探伤机，1 人负责现场巡视和监督检查，以确保现场探伤工作场所安全及外来人员误入。

9.2 污染源项描述

（1）X射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线随探伤机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出束状态（曝光状态）时，才会发出 X 射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机曝光期间，X 射线是本项目的主要污染因子。

（2）臭氧和氮氧化物

X射线探伤机在开展室内探伤时，产生的射线会造成探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物，对周围环境空气会产生局部影响。开展现场探伤时，在室外作业不会发生累计，对工作人员以及周围的公众造成影响几乎可忽略不计。

（3）废显（定）影液与废胶片

探伤作业完成后，需对拍摄的底片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影液与废胶片，属于《国家危险废物名录（2021 年版）》中感光材料废物，危废代码为 HW16：非特定行业 900-019-16，并无放射性。根据建设单位提供的资料，本项目新增年拍片约 21000 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工

作过程中每年产生的废显（定）影液约 420L，每年产生废胶片约 210 张（废片率按 1%计算）。公司在使用 X 射线探伤机进行探伤时产生的废显（定）影液及废胶片用专业容器收集后，定期由有资质的嘉兴市洪源环境科技有限公司进行处理。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物的名称、数量类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容，具体见表 9-1。

表9-1 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-091-16	420L/年	洗片	液态	显（定）影液	显（定）影液	每次室内、现场探伤	T	收集与危废暂存间，定期委托有资质的单位处理处置
2	废胶片	HW16	900-091-16	210张/年	阅片、胶片存档	固态	废胶片	废胶片	每次室内、现场探伤	T	

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局及其合理性

中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司位于浙江省嘉兴市海盐县西塘桥街道滨海大道 1699 号。

本项目公司厂区已建探伤室位于 6 号生产车间一层的西北角，其东侧和南侧均为半成品堆放区，西侧隔过道为厂区道路，北侧隔探伤设备贮存间和更衣室为厂区道路，楼上为无人平台，楼下为地坪。曝光室和操作室分开设置，且设有迷道，能够满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。探伤机工作过程中产生的 X 射线经屏蔽墙和屏蔽门后并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，探伤室的平面布置是合理可行的。

本项目现场探伤无固定场所，不做辐射工作场所布局 and 合理性分析。

10.1.2 辐射工作场所分区原则及区域划分情况

10.1.2.1 辐射工作场所分区原则

(1) X射线室内探伤：公司厂区已有探伤室已按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，划分了控制区和监督区。其划分原则如下：

1、把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

2、把未被定为控制区，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的区域划分为监督区。

(2) X 射线现场探伤：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于辐射工作场所的分区规定，使用单位应做到：

1、现场探伤作业时，对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标示。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；应将控制区边界外、作业时间周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

2、控制区要求

①在控制区内不应同时进行其他工作。应采取措施如利用铅屏蔽，使移动式 X 射线仪器的工作控制区应限制在尽可能小且适度的范围内。

②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。控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

③在设立控制区时，应按下列步骤：估计控制区的范围；确定控制区的边界；标明控制区。

④在指定场所进行第一次工作前应根据环评中对控制区设置范围的建议，在试片阶段使用便携式辐射剂量仪对现场进行测量，根据监测数据调整划分范围，使之设置更合理、准确。应用绳索或条带来隔离或由保安人员阻止非工作人员进入控制区。所有入口应用警戒牌标明，现场的监视人员应配备有射线监测仪器。

3、监督区要求

应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

4、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。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。

5、应确保在探伤操作期间，在划定的监督区范围内无公众，在控制区内不应有任何人员。

6、移动探伤作业场所难以划出安全防护区域的，探伤作业单位必须建造探伤室。

10.1.2.2 辐射工作场所分区划分情况

（1）X射线室内探伤：根据控制区、监督区的划分原则，公司已对辐射工作场所实行分区管理，将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，将操作室及与探伤室墙壁相邻的外部1m范围内的区域划为监督区。探伤室控制区和监督区划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

（2）X 射线现场探伤：公司开展 X 射线现场探伤作业时，根据现场具体情况，利用辐射剂量监测仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围内划为控制区，并在边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 μ Sv/h 的范围划为监督区，并在边界悬挂清晰可见的

“无关人员禁止入内”警告牌，必要时派专人警戒。该公司拟采取的布局与分区措施基本满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中关于移动探伤的要求。

10.1.3 探伤室辐射防护屏蔽设计

本项目已建有的 X 射线探伤室为自行设计的一层建筑，采用混凝土浇筑，全无窗设计，曝光室的北侧为操作室。各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 X 射线探伤室屏蔽情况一览表

项目		内容
曝光室	外尺寸	面积为 60.16m ² ，尺寸为 9.4m（长）×6.4m（宽）×5.5m（高）
	内尺寸	面积为 40m ² ，尺寸为 8.0m（长）×5.0m（宽）×5.0m（高）
四侧墙体		700mm 混凝土
顶棚		550mm 混凝土
工件门 （设于南墙上）		电动门，门洞的尺寸为 2.5m（宽）×3.2m（高）；门的尺寸为 3.2m（宽）×3.9m（高），搭接大于 10 倍门缝，敷设 30mm 铅板
工作人员进出门 （位于北墙上）		手推门，门洞的尺寸为 0.8m（宽）×2.0m（高）；门的尺寸为 1.2m（宽）×2.4m（高），搭接大于 10 倍门缝，敷设 15mm 铅板
迷道		L 型，迷道内墙长 4.2m，宽 0.8m，迷道墙厚 700mm
电缆孔		U 型电缆孔
通风装置		U 型地下通风口，机械通风

本项目已有探伤室已于 2019 年 10 月 23 取得嘉兴市生态环境局海盐分局批文，文号：嘉环盐建[2019]140 号，已于 2020 年 6 月 4 日通过环境保护竣工自主验收。

10.1.3 辐射安全与防护措施

10.1.3.1 室内探伤

本项目 X 射线室内探伤是依托现有探伤室，已具备以下辐射安全和防护措施：

（1）探伤室工件门与工作人员进出门已安装门-机联锁装置，且只有在防护门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。在探伤作业过程中，任意一扇防护门被有意或无意打开，X 射线探伤机将立即停止照射。

（2）探伤室门口和内部已同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号设有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

（3）照射状态指示装置已与 X 射线探伤装置联锁。

(4) 探伤室内、外醒目位置处已设置有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(5) 探伤室防护门上已设有电离辐射警告标志和中文警示说明。

(6) 在探伤室内墙和操作室控制台上易于接触的地方均设置多个紧急停机按钮，且相互串联，按下按钮，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束，防护门可从内侧打开。

(7) 探伤室已设置有机机械通风装置，每小时有效通风换气次数大于3次。

(8) 在探伤室内已设有现场监控系统，以用于监控工件摆放位置是否合理，同时可以监控防护门位置，确保人员安全。

(9) 探伤室已设置1套X- γ 辐射场报警装置。

(10) 探伤室内X射线探伤机操作电缆设计为U型电缆孔。

(11) 探伤室门外1m处已划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(12) 各项辐射环境管理规章制度已张贴于工作现场处。

(13) 操作室控制台的管理措施：

1、已设置有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

2、已设置有高压接通时的外部报警或指示装置。控制台或X射线管头组装体上已设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通X射线管管电压；已接通的X射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3、已设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

4、已设置紧急停机开关。

5、已设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告灯标识。

10.1.3.2 X射线探伤机贮存间

X射线探伤机贮存间采取的辐射安全措施如下：

(1) X射线探伤机无探伤作业时，均存放于公司厂区探伤设备贮存间或各项目部临时探伤设备贮存间内。该处仅存放探伤设备，不进行设备检修活动。X射线探伤机检修均由设备生产厂家承担，该公司人员不承担检修工作。

(2) X射线探伤机贮存间应实行双人双锁，由专职工作人员负责。应采用防盗门

窗，门上应粘贴电离辐射警告标志，其入口处应安装视频监控系统。

(3) X射线探伤机贮存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。

(4) 公司已制定射线装置的领取、归还和登记制度，并建立设备台账管理。

10.1.3.3 现场探伤

(1) X射线探伤机运输和临时储存过程中采取的辐射安全措施

1、公司应配备专用车辆和人员进行X射线探伤机的运输工作。

2、运输全程由经过培训的辐射工作人员负责，如人员需要离开车辆，至少保留1名工作人员负责X射线探伤机的看管。

3、若无法当天返回临时贮存间时，X射线探伤机应由工作人员负责看管，并派人24h值班。

4、X射线探伤机临时贮存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求。

5、公司已制定X射线探伤机运输管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输。

(2) X射线探伤机现场探伤过程中采取的辐射安全措施

1、现场探伤的分区及监测要求

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和监督区。

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，均必须重新进行巡测，确定新的划区界线。

③在工作状态下检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

④在工作状态下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。

⑤探伤机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

⑥严格禁止在不符合控制区和监督区划分原则的区域开展现场探伤工作。

2、现场探伤作业的准备

①在实施现场探伤工作之前，各项目辐射工作人员应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。

②应考虑现场探伤对工作场所内其它的辐射探测系统带来的影响(如烟雾报警器等)。

③现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划,应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等,避免造成混淆。委托单位应安排充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

3、现场探伤作业的安全警告信息

①探伤作业现场应设置有“预备”和“照射”的探伤工作状态指示灯和声光报警灯。“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。

②探伤工作状态指示灯应与X射线探伤机进行联锁。

③在控制区的所有边界都应清楚地看见探伤工作状态指示灯。

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示标识和警告标语等提示信息。

4、现场探伤作业安全操作要求

①周向式探伤机用于现场探伤时,应将X射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器(仅开定向照射口)。

②应考虑控制器与X射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素,选择最佳的设备布置,并采取适当的防护措施。

5、现场探伤作业的边界巡查与监测

①开始现场探伤之前,辐射工作人员必应确保在控制区内没有任何其他人员,并防止有人进入控制区。

②控制区的范围应清晰可见,探伤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不能看到,需安排足够的人员进行巡查。

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

④现场探伤作业时每台X射线探伤机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,确认剂量仪能正常工作。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。

6、其他

①现场探伤使用的探伤机开关使用电缆连接控制,其控制器与X射线管头或高压发生器的连接电缆不短于20m,且配置的X射线探伤机均采用延时30秒曝光措施,能

够满足工作人员在开机曝光作业后撤离到控制区边界的要求。

②探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

③现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，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。

（3）辐射工作人员

1、确保开展现场探伤工作的每台X射线装置至少配备两名工作人员。

2、现场探伤期间，辐射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。

（4）辐射防护用品配备计划

公司前期已开展现场探伤工作，已为辐射工作人员配备了相应的监测仪器和个人辐射防护用品。为保证X射线探伤机扩建后现场探伤工作安全持续开展，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的相关要求，公司需要为辐射工作人员新增配备相应监测仪器和个人防护用品。由于不存在同一地点同时使用2台或者多台探伤机情况，因此现场探伤工作场所防护设施配备见表10-2。

表 10-2 现场探伤工作场所防护设施配备计划表

序号	名称	单位	前期已配备总数量	本项目拟新增配置总数量
1	职能化 X-γ辐射监测仪	台	7	11
2	X-γ辐射场报警装置	台	1	/
3	监控装置	套	1	/
4	多用途剂量报警仪	台	2	/
5	便携式 X-γ辐射剂量报警仪	台	43	22
6	个人剂量计	个	134	/
7	警戒绳	米	若干	11000m
8	警戒牌	个	53	44
9	声光报警灯	只	2	/
10	磁吸声光报警灯	只	66	44
11	扩音喇叭	只	6	11
12	喊话器	台	10	11
13	射线防护服	件	44	22

10.1.3.4 其他措施

（1）关于废显（定）影液及废胶片等危险废物的集中收集与回收处理，公司已采取以下措施：

公司厂区内已在焊培理化楼一层设置独立的危险废物暂存间，采用防盗门窗，上锁并由专人负责；危废暂存间地面已硬化，做到防腐防渗。危险废物暂存间已设置警示标识，危险废物储存桶已张贴危废识别标志。本项目评价危险废物贮存场所（设施）的名称、位置、占地面积、贮存方式、贮存容积、贮存周期等内容，具体见表10-3。

表10-3 危险废物暂存间基本情况表

序号	贮存场所 (设施) 名称	危险废物 名称	危废 类别	危废 代码	位置	占地 面积	贮存 方式	贮存 能力	贮存 周期
1	危险废物 暂存间	废显 (定) 影液	HW16	900-091-16	公司厂 区焊培 理化楼 一层	约 19m ²	专用防 渗容器	0.8t	一年
2		废胶片	HW16	900-091-16			袋装 堆放		

公司加强对危险废物暂存场所的日常管理，具体措施如下：

①危废暂存间由专人管理，其他人员未经允许不得入内。危废暂存间不得贮存除危险废物以外的其他废物。

②当危险废物贮存到一定数量时，管理人员及时办理相关手续并联系有资质的单位上门回收处理。

③危险废物贮存前必须做好统一包装（液体桶装、固体袋装），防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危险废物包装容器粘贴符合规定的标签，注明危险废物的名称、来源、数量主要成分和性质。

④危险废物贮存前必须进行检验，确保同预定接收的危险废物一致并登记注册。

⑤危险废物必须分类分区贮存，不同类危险废物间设置有明显间隔，严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。

⑥危险废物管理人员必须做好危险废物情况的记录，记录上注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名单。危险废物记录和货单在危险废物回取后继续保留三年。

⑦危险废物暂存间管理人员必须定期对所贮存的危险废物包装容器及贮存设施进行检查，发现破损，必须及时采取措施清理更换。

(2) 公司已建立危险废物管理台账，探伤过程产生的废显（定）影液及废胶片定期委托有资质的单位进行处置，采用专用车辆，危险废物转移过程中严格执行转移

联单制度，并加强转移联单的保管，联单保存期限为五年。

(3) 公司已与嘉兴市洪源环境科技有限公司签订危险废物委托处置协议。嘉兴市洪源环境科技有限公司核准经营的危险废物类别包括 HW16 感光材料废物，与本项目产生的危险废物类别相符。

(4) 公司已建立X射线探伤机使用台账。

10.2 三废的治理

1、非放射性废气

X射线探伤室在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。探伤室设计U型排气孔，少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风排出探伤室。风机风量设计为至少1200m³/h，探伤室内净容积约为200m³，通风换气次数不小于6次/h，满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GB117-2015）的要求。臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

2、危险废物

该公司每年新增拍片量约 21000 张，产生一定量的废显（定）影液及废胶片，属于危险废物。本次环评要求将其收集后集中存放在危险废物暂存间，危险废物暂存间设计满足防风、防雨、防晒、防渗、防腐的要求，并设置危废标识。危险废物由专人管理，委托有资质的单位处理处置，建立危险废物管理台账，严格执行转移联单制度。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开关而产生、消失。在探伤机安装过程中，探伤设备未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废物产生。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 X 射线室内探伤辐射环境影响分析

为分析新增 19 台便携式 X 射线探伤机投入使用后探伤室所引起的辐射环境影响，本项目采用实际验收监测分析和理论计算分析相结合方式。

(1) 实际验收监测分析

本项目探伤室已建成投入使用。探伤室已于 2019 年 10 月 23 取得嘉兴市生态环境局批文（文号：嘉环盐建〔2019〕140 号），于 2020 年 6 月 4 日通过环境保护竣工验收。

根据浙江鼎清环境检测技术有限公司编制的《中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司 X 射线室内与现场探伤项目竣工环境保护验收监测表》中表 7 验收监测结果：

1、监测条件

验收监测选用 XXG-3505A 型 X 射线探伤机在正常运行工况条件下进行监测。XXG-3505A 型 X 射线探伤机额定电压为 350kV、电流为 5mA，验收监测时运行电压为 330kV、电流为 5mA，无工件进行照射，主射线方向对着所监测的墙面。

2、监测结果

未进行探伤作业时，探伤室周围墙体和防护门外 30cm 处的辐射水平在 0.08～0.13μSv/h 之间；进行探伤作业时，探伤室周围墙体和防护门外 30cm 处的辐射水平在 0.10～0.14μSv/h 之间。

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定，探伤室周围的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h；监测结果表明，探伤室辐射防护性能符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的标准要求。

本项目新增 19 台 X 射线探伤机管电压管电流技术参数均不超过 XXG-3505A 型 X 射线探伤机的管电压管电流技术参数，现有探伤室能够满足屏蔽要求。

(2) 理论计算分析

本项目选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改清单中计算方法进行理论计算。在运行期间不存在两台设备同时开机的工况，故选能量最大的 X 射线探伤机进行预测。本项目新增的 19 台 X 射线探伤机，具体参数见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤机技术参数一览表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)
1	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	2 台	XXG-3505	350	5
2	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	PXS-EVO-300D	300	5
3	便携式 X 射线探伤机 (周向)	II 类	1 台	XXGP-2505	250	5
4	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	RIX-250MC	250	5
5	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	5 台	RIX-250MC-2	250	3
6	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	3 台	RIX-200MC	200	3
7	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	2 台	RIX-200MC-2	200	3
8	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	1 台	XXG-2005	200	5
9	便携式 X 射线探伤机 (周向)	II 类	1 台	XXGZ-2005	200	5
10	便携式 X 射线探伤机 (定向)	II 类	2 台	TXR-C1R150P-08HD	150	3

经与建设单位核实，本项目主要为承接对公司内部施工部门或技术部门委托产品进行无损检测。探伤过程中，可能存在比较贴近屏蔽墙的不利情况。探伤区域一般为距东墙 1.5m、西墙 1m、北墙 1.5m、南墙 1.5m 的区域内进行探伤作业，距离地坪最大距离为 2m。

本项目新增配置的便携式 X 射线探伤机最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA，年探伤时间为 750h。故本次评价以最大能量的 XXG-3505 型定向 X 射线探伤

机为预测对象，根据建设单位提供的资料，本项目 19 台 X 射线探伤机有用线束方向朝向均为探伤室的东南西北四侧，由于厂区探伤室室内探伤兼教学和培训用，因此预测时需考虑最不利情况有用线束方向朝向顶棚照射。本项目选用 XXG-3505 型 X 射线探伤机有用线束方向朝向探伤室的东南西北四侧，并在最不利情况有用线束方向朝向顶棚照射。将探伤室四侧墙体及工件进出门、顶棚考虑为有用线束，工作人员进出门则考虑泄漏辐射和散射辐射（非有用线束），探伤室无地下层，地面可以不进行关注点的相关计算。因此探伤室屏蔽防护满足 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机探伤作业时，也就能满足其他 18 台便携式 X 射线探伤机进行作业。

结合本项目设备的使用特点，本次评价采用理论计算的方法，分析预测本项目投入使用后的辐射环境影响。

1、预测模式及相关参数的选取

①有用线束的屏蔽估算公式

关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (11-1) 计算：

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

式中：I： X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)，本项目取 5mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。根据 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.1，350kV X 射线在 3mmCu 过滤条件下，由内插法计算可得输出量为 $17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即取值 $1.04\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B：屏蔽透射因子，依据 GBZ/T250-2014 附录 B 中的图 B.1 和 B.2，350kV X 射线在 3mm 铜过滤条件下穿过 700mm 混凝土时的透射因子保守取 1.0×10^{-6} ；350kV X 射线在 3mm 铜过滤条件下穿过 550mm 混凝土时的透射因子保守取 6×10^{-6} ；350kV X 射线在 3mm 铜过滤条件下穿过 30mm 铅时的透射因子保守取 2.0×10^{-6} 。

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 m；取值见表 11-1。

②泄漏辐射的屏蔽估算公式

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率 $\dot{H}$ ，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 可按下面公式 (11-2) 计算：

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

式中：

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 m，取值见表 11-1；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ，查询 GBZ/T250-2014 表 1，当 X 射线管电压 $>200\text{kV}$ 时， $\dot{H}_L$ 取值 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

B：屏蔽透射因子：根据 $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；依据 GBZ/T250-2014 附录 B 中表 B.2，有内插法计算可知：350kV X 射线在混凝土中的半值层 TVL 为 100mm，在铅中的半值层 TVL 为 6.95mm。

③ 散射辐射的屏蔽估算公式

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (11-3) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-3)}$$

式中：

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取 5mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，以 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；根据 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.1，350kV X 射线在 3mmCu 过滤条件下，由内插法计算可得输出量为 $17.4 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即取值 $1.04 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B：屏蔽透射因子，根据 $B = 10^{-X/\text{TVL}}$ 计算，其中 X 为屏蔽层厚度，mm；查询 GBZ/T250-2014 表 2，本项目原始 X 射线能量为 350kV，对应的 90° 散射辐射最高能量为 250kV，依据 GBZ/T250-2014 附录 B 中表 B.2，250kV X 射线在混凝土中的半值层 TVL 为 90mm，在铅中的半值层为 2.9mm。

F：R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）；

α ：散射因子，入射辐射被单位面积（1m）散射体散射在 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值可以取水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R_0 : 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

R_s : 散射体至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-2。

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$: 根据 GBZ/T250-2014 附录 B 中表 B.4.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，本项目取值 50。

2、预测点位

根据本项目工程特征及探伤室周围环境状况，选择剂量关注点为探伤室四周屏蔽墙、顶棚和防护门外 30cm 处。剂量关注点情况见表 11-2，关注点的分布情况见图 11-1 和图 11-2。

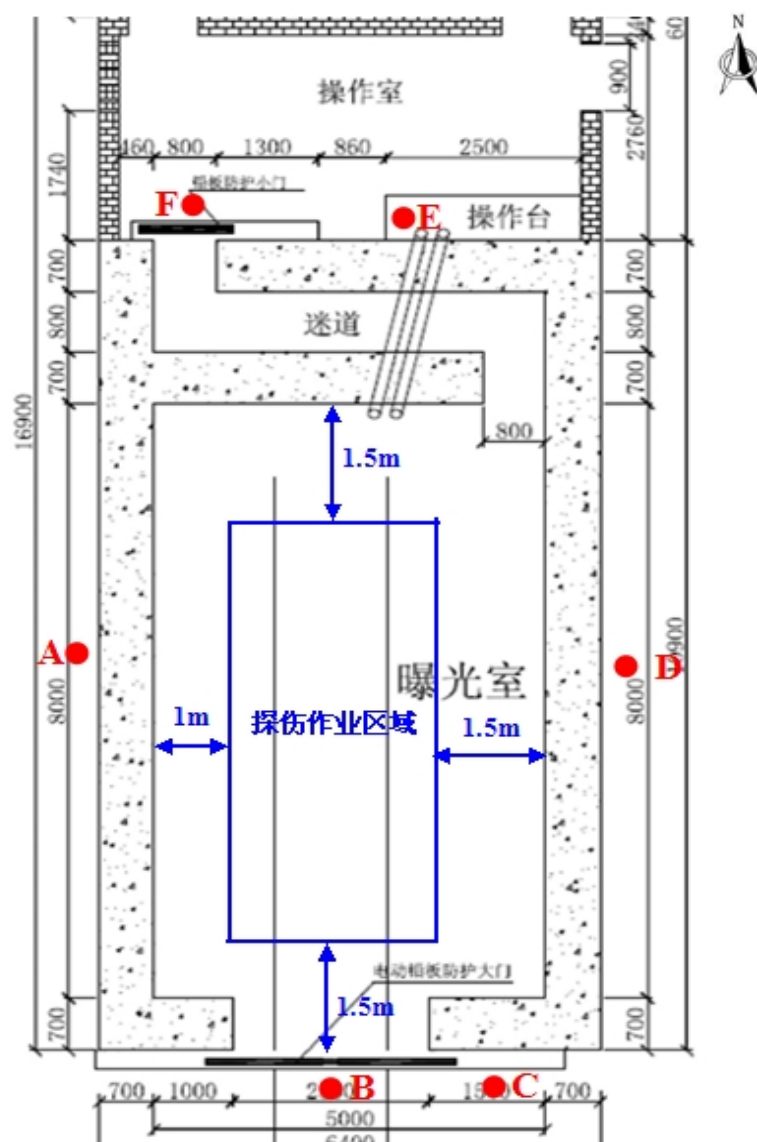


图 11-1 探伤室关注点示意图（平面图）

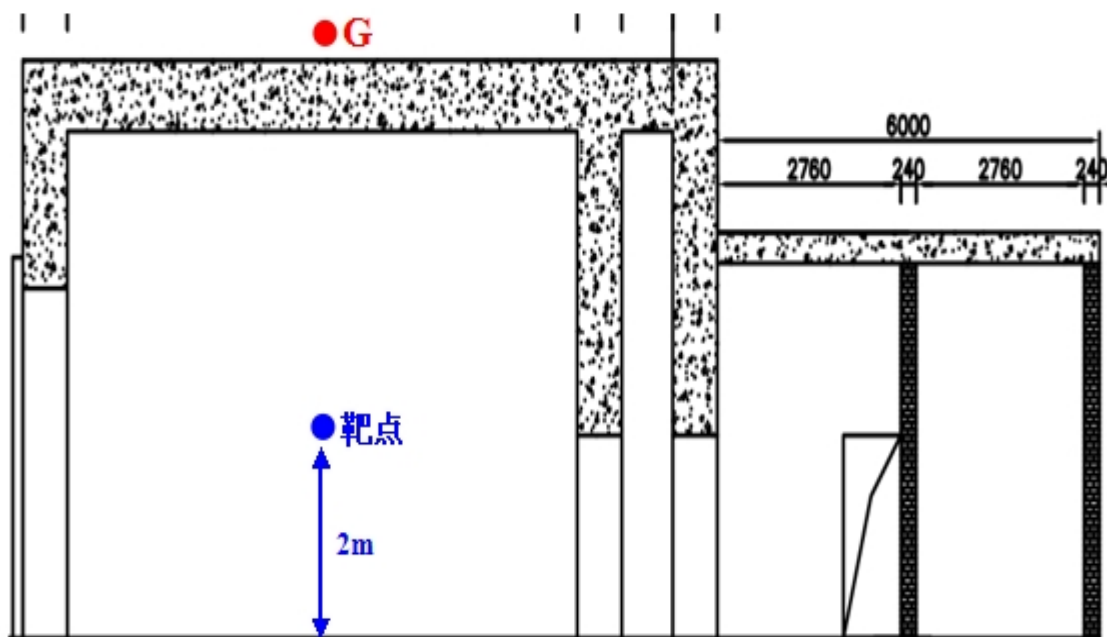


图 11-2 探伤室关注点示意图（剖面图）

表 11-2 剂量关注点情况

点位编号	剂量关注点位置	环境特征	与靶点的距离	屏蔽参数	需考虑的屏蔽辐射类型
A	西墙外 30cm 处	空地	2.00m	700mm 混凝土	有用线束
B	工件进出门	半成品堆放区	2.53m	700mm 混凝土 +30mm 铅板	有用线束
C	南墙外 30cm 处	半成品堆放区	2.50m	700mm 混凝土	有用线束
D	东墙外 30cm 处	半成品堆放区	2.50m	700mm 混凝土	有用线束
E	工作人员进出门	操作间	4.015m	700mm 混凝土 +15mm 铅板	泄漏辐射、 散射辐射
F	北墙外 30cm 处	操作间	4.00m	700mm 混凝土 +700mm 混凝土	有用线束
G	顶棚外 30cm 处	无人平台	3.85m	550mm 混凝土	有用线束

3、辐射影响预测结果

根据公式（11-1）~公式（11-3），本项目探伤室投入运行后周围环境辐射剂量率预测结果见 11-3。

表 11-3 辐射屏蔽理论估算结果一览表

点位编号	剂量关注点位置	有用线束 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
A	西墙外 30cm 处	1.300	/	/	1.300	2.5
B	工件进出门	1.625	/	/	1.625	2.5
C	南墙外 30cm 处	0.832	/	/	0.832	2.5
D	东墙外 30cm 处	0.832	/	/	0.832	2.5
E	工作人员进出门	/	3.10×10^{-5}	4.36×10^{-2}	4.36×10^{-2}	2.5
F	北墙外 30cm 处	0.325	/	/	0.325	2.5
G	顶棚外 30cm 处	0.211	/	/	0.211	2.5

根据表 11-3 可知，X 射线探伤机在最大工况运行时，探伤室周围环境辐射剂量率满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“X 射线探伤室墙和进出门、探伤室顶部关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

天空反散射影响：

探伤机产生的辐射源通过屋顶泄漏，再经过天空中大气的反散射，返回至探伤室周围的地面附近，形成附加的辐射场，这种现象称为天空反散射。

天空反散射是由于顶部屏蔽不足，光子被空气反散射下来造成的，由表 11-3 估算结果可知，本项目探伤室顶棚外 30cm 处辐射剂量率最大为 $0.211\mu\text{Sv/h}$ ，基本没有附加剂量，不会产生天空反散射影响。

11.2.2 X 射线现场探伤辐射环境影响分析

11.2.2.1 现场探伤控制区和监督区的理论划分

根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），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，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。

（1）有用线束

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

$$\dot{K}_a = I \delta_x (r_0/r)^2 \quad \text{..... 公式 (11-4)}$$

考虑探伤工件屏蔽作用，本次环评利用公式（11-5）来估算有用线束辐射影响：

$$\dot{K}_a = I \delta_x (r_0/r)^2 \eta \quad \text{.....公式 (11-5)}$$

式中：

$\dot{K}_a$ ：空气比释动能率，mGy·min⁻¹；对于控制区边界取15μSv·h⁻¹，即2.5×10⁻⁴mSv·min⁻¹，对于监督区边界取2.5μSv·h⁻¹，即4.2×10⁻⁵mSv·min⁻¹；

I：X射线机管电流，mA；本项目不同型号的探伤机管电流均为5mA；

δ_x ：X射线探伤机的发射率常数，mGy·m²·mA⁻¹·min⁻¹；参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），本项目不同电压探伤机发射率常数（mGy·m²·mA⁻¹·min⁻¹）保守取值分别为：

δ_x （150kV）=18.3； δ_x （200kV）=28.7， δ_x （250kV）=16.5，

δ_x （300kV）=20.9， δ_x （350kV）=17.4；

r_0 ：X射线管钨靶离焦点的距离，本项目取1m；

r：参考点到X射线机靶的距离，m；

根据企业提供的资料，本项目不同型号探伤机探伤工件常用厚度见表11-4。

表11-4 探伤工件厚度

型号	探伤工件常用厚度	备注
TXR-C1R150P-08HD	20mm	材质均为钢
RIX-200MC	30mm	
RIX-200MC-2	30mm	
XXG-2005	30mm	
XXGZ-2005	30mm	
RIX-250MC-2	35mm	
RIX-250MC	35mm	
XXGP-2505	35mm	
PXS-EVO-300D	42mm	
XXG-3505	40mm	

η ：透射比，根据《辐射防护手册》（第三分册）（李德平、潘自强主编，P63，

表3.4)，在管电压150kV下，探伤工件厚度为20mm钢材料，20mm钢屏蔽效果等效为1.64mmPb；在管电压200kV下，探伤工件厚度为30mm钢材料，30mm钢屏蔽效果等效为2.23mmPb；在管电压250kV下，探伤工件厚度为35mm钢材料，保守估计35mm钢屏蔽效果等效为3.5mmPb；在管电压300kV下，探伤工件厚度为42mm钢材料，42mm钢屏蔽效果等效为5.08mmPb；在管电压350kV下，探伤工件厚度为40mm钢材料，保守估计40mm钢屏蔽效果等效为4.0mmPb。透射比 η （150kV）=0.003；透射比 η （200kV）=0.004；透射比 η （250kV）=0.006；透射比 η （300kV）=0.01；透射比 η （350kV）=0.03；

（2）非有用线束

1、漏射线

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）标准中规定：X 射线探伤装置在额定工作条件下，当 X 射线机管电压处于 150kV~200kV 时，X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能<2.5mGy/h；当 X 射线管电压>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。

$$K_1 = k_0 R_0^2 / R_1^2 \quad \dots\dots\dots \text{公式 (11-6)}$$

式中：

K_1 —距探伤机表面R处的空气比释动能率，mGy/h；对于控制区边界取15μSv/h，对于监督区边界取2.5μSv/h；

K_0 —距离探伤机表面1m处的空气比释动能率，mGy/h；

R_0 —探伤机表面外1m；

R_1 —参考点距探伤机表面的距离，m。

2、散射线

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

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot \gamma_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \cdot a_r \cdot a.q} \quad \dots\dots\dots \text{公式 (11-7)}$$

由上式可以导出：

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot a_r \cdot a}{\gamma_i^2 \cdot r_R^2} \cdot \frac{1}{k} \quad \dots\dots\dots \text{公式 (11-8)}$$

式中： $\dot{H}_{L,h}$ ——参考点处X辐射计量率（Sv/h）；

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

F_{j0} ——辐射源处辐射水平（Gy·m²·min⁻¹）；

150kV 探伤机（3mA）： $F_{j0}=18.3\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 3\text{mA}=0.055\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

200kV 探伤机（3mA）： $F_{j0}=28.7\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 3\text{mA}=0.0861\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

200kV 探伤机（5mA）： $F_{j0}=28.7\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5\text{mA}=0.1435\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

250kV 探伤机（3mA）： $F_{j0}=16.5\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 3\text{mA}=0.0495\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

250kV 探伤机（5mA）： $F_{j0}=16.5\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5\text{mA}=0.0825\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

300kV 探伤机（5mA）： $F_{j0}=20.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5\text{mA}=0.1045\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

350kV 探伤机（5mA）： $F_{j0}=17.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5\text{mA}=0.087\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ；

α_r ——反射物的反射系数，取 0.007；

α ——X 射线束在反射物上的投照面积（m²）， $\alpha=\pi \left(r_i \times \tan \left(\theta/2 \right) \right)^2$ ， θ 为辐射角，本项目取 40°，即 $\alpha=0.1$ ；

r_i ——辐射源同反射点之间的距离（m），取 0.5m；

r_R ——反射点到参考点的距离（m）；

k ——单位换算系数，对于 X 射线源为 1.67×10⁻²；

q ——参考点所在位置相应的居留因子，取 1；

η_{rR} ——透射因子，取 1；

11.2.2.2 估算结果

该公司现场探伤是根据待检测的工件材料及厚度选用相应的探伤机。假设探伤作业时，设备满功率运行，将相关参数带入式（11-5）～（11-8），可以估算出不同管电压条件下探伤机探伤时控制区和监督区的边界范围，估算结果见表11-5～表11-6。

表11-5 有用线束照射方向控制区与监督区边界范围估算结果表

探伤机型号	管电压/管电流 (kv/mA)	探伤钢板厚度 (mm)	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
TXR-C1R150P-08HD（定向）	150kV/3mA	20mm	26	63
RIX-200MC（定向）	200kV/3mA	30mm	37	91
RIX-200MC-2（定向）	200kV/3mA	30mm	37	91

XXG-2005（定向）	200kV/5mA	30mm	48	117
XXGZ-2005（周向）	200kV/5mA	30mm	48	117
RIX-250MC-2（定向）	250kV/3mA	35mm	34	84
RIX-250MC（定向）	250kV/5mA	35mm	44	109
XXGP-2505（周向）	250kV/5mA	35mm	44	109
PXS-EVO-300D（定向）	300kV/5mA	42mm	64	158
XXG-3505（定向）	350kV/5mA	40mm	102	249

表11-6 非有用线束控制区与监督区边界范围估算结果表

探伤机型号	管电压/管电流 (kV/mA)	控制区范围 (m)		监督区范围 (m)	
		泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射
TXR-C1R150P-08HD （定向）	150kV/3mA	13	25	32	61
RIX-200MC（定向）	200kV/3mA	13	31	32	75
RIX-200MC-2（定向）	200kV/3mA	13	31	32	75
XXG-2005（定向）	200kV/5mA	13	40	32	98
RIX-250MC-2（定向）	250kV/3mA	18	24	45	58
RIX-250MC（定向）	250kV/5mA	18	30	45	74
PXS-EVO-300D（定向）	300kV/5mA	18	34	45	84
XXG-3505（定向）	350kV/5mA	18	31	45	76

综上所述，从理论计算结果可知，本项目TXR-C1R150P-08HD型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约26m，监督区范围最大约63m；非有用射束方向控制区范围最大约25m，监督区范围最大约61m；RIX-200MC型与RIX-200MC-2型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约37m，监督区范围最大约91m；非有用射束方向控制区范围最大约为31m，监督区范围最大约75m；XXG-2005型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约48m，监督区范围最大约117m；非有用射束方向控制区范围最大约为40m，监督区范围最大约98m；RIX-250MC-2型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约34m，监督区范围最大约84m；非有用射束方向控制区范围最大约24m，监督区最大约58m；RIX-250MC型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范

围最大约44m，监督区范围最大约109m；非有用射束方向控制区范围最大约30m，监督区最大约74m；PXS-EVO-300D型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约为64m，监督区范围最大约为158m；非有用射束方向控制区范围最大约34m，监督区范围最大约84m。XXG-3505A型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约为102m，监督区范围最大约为249m；非有用射束方向控制区范围最大约31m，监督区范围最大约76m。

XXGZ-2005型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约为48m，监督区范围最大约为117m。XXGP-2505型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约为44m，监督区范围最大约为109m。

以上理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考，实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的不同、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平产生变化，从而改变控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中安全负责人在确认现场无关人员均已撤离后，开始负责布置现场警戒，监督区域警戒范围初始一般设置较大，设定好位置后在监督区边界放置清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。现场探伤工作期间，根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的要求使用便携式剂量仪测量（控制区边界 15μSv/h，监督区边界 2.5μSv/h），并根据测量达标位置重新调整监督区和控制区。

11.2.3 附加剂量估算

（1）年有效剂量计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中 3.1.1 条款中的公式（11-9），人员受照剂量计算公式如下：

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

式中：H：年有效剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ ：关注点处剂量率，μSv/h；

t：探伤设备年照射时间，h/a；

T：人员在相应关注点驻留的居留因子；

U：探伤设备向关注点方向照射的使用因子，本次评价均保守取 1。

(2) 照射时间

室内探伤：探伤室前期年拍片量约 3000 张，因公司业务扩大，年拍片增加约 9000 张，单次探伤曝光时间最长为 5 分钟，则年探伤时间为 1000 小时。公司探伤室前期已配备辐射工作人员 2 人，因年拍片量增加，本项目已配备辐射工作人员 5 人，轮流进行辐射工作，能够满足探伤机扩建后探伤工作的需求。

现场探伤：公司现场探伤前期年拍片量约 9000 张，因公司业务扩大，年拍片增加约 12000 张，单次探伤曝光时间最长为 5 分钟，则年探伤时间为 1750 小时。探伤工件主要为 20~50mm 厚的钢。公司前期现场探伤已配备辐射工作人员 9 人，分成 3 个工作小组。因年拍片量增加，本项目已配备辐射工作人员 33 人，拟分 11 个工作小组，每组 3 名辐射工作人员，其中 2 名轮流负责操作 X 射线现场探伤机，1 人负责现场巡视和监督检查，以确保现场探伤工作场所安全及外来人员误入。

由于理论计算结果相对于类比监测结果较为保守，考虑到实际探伤工作中存在很多不确定因素，本次评价有关人员年有效剂量均采用理论预测数值进行保守计算。

(3) 辐射工作人员的年有效剂量

1、室内探伤

X 射线探伤室运行时，对辐射工作人员影响的区域主要在操作室，单考虑到辐射工作人员在探伤室运行时可能会前往探伤室周围进行巡视，保守计算，本次评价按辐射工作人员所能到达区域的辐射剂量率最大值 $1.625\mu\text{Sv/h}$ （工件进出门处）进行预测，居留因子取 1。X 射线探伤机扩建后室内年探伤作业时间共 1000 小时，由 7 名辐射工作人员轮流负责辐射操作，则每名辐射工作人员周照射时间为 2.86 小时，年照射时间为 142.86 小时。根据公式（11-9），本项目每名辐射工作人员保守估算周有效剂量约为 $4.648\mu\text{Sv}$ ，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中规定的“职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ”的要求。本项目每名辐射工作人员保守估算年有效剂量约为 0.232mSv ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“剂量限值”的要求和本次评价提出的年有效剂量约束值 5mSv 的要求。

2、现场探伤

保守假设：a、该公司前期年拍片量约 9000 张，扩建后预计年拍片量增加约 12000 张，总年拍片量约 21000 张。单次探伤曝光时间最长 5min，年曝光时间为 1750h；b、该公司现场探伤探伤作业人员共分为 13 组，每组 3 名工作人员，其中 2 人轮流负责现场

探伤装置的操作，1人负责现场巡视及监督检查。c、X射线探伤机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处（该处X-γ辐射剂量率低于15μSv/h，保守的以15μSv/h计算）；d、在上述偏保守的条件下，取居留因子T=1。

根据式（11-9）计算，该辐射工作人员的年附加有效剂量当量约为 1.010mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“剂量限值”的要求和本次评价提出的年有效剂量约束值 5mSv 的要求。

3、综合影响

综合考虑同一名辐射工作人员既参与X射线室内探伤又参与X射线现场探伤，则其个人年有效剂量率的计算结果为：

$$H = H_{\text{室-X}} + H_{\text{现-X}} = 0.232 + 1.010 = 1.242 \text{mSv/a} < 5.0 \text{mSv/a}$$

因此，在最不利情况下，本项目辐射工作人员受到的年附加有效剂量当量小于本次评价项目年剂量管理约束值（5.0mSv/a），同时也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

（4）公众成员年有效剂量

1、室内探伤

探伤室周围活动的公众成员主要为公司生产车间内的非辐射人员、50m 范围内的浙江英雄文化用品有限公司厂房、浙江杰彦自动化科技有限公司厂房和新建厂房的工作人员和其他公众成员。X 射线探伤机扩建后探伤室运行时，周照射时间为 20 小时，年探伤作业时间共 1000 小时，公众人员居留因子保守取 1/4。本次评价按本公司生产车间的非辐射工作人员所能到达探伤室南侧半成品堆放区进行预测。根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系，可估算出生产车间半成品堆放区辐射剂量率为 0.835μSv/h（参考点选取工件进出门处辐射剂量率 1.625μSv/h，探伤室南侧工件进出门 1m 处）。根据公式（11-9），本公司生产车间的非辐射工作人员保守估算周有效剂量约为 5.988μSv，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中规定的“公众不大于 5μSv/周”的要求。本项目公众人员保守估算年有效剂量约为 0.209mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“剂量限值”的要求和本次评价提出的年有效剂量约束值 0.25mSv 的要求。

2、现场探伤

根据操作规范，在每次现场探伤作业前，该公司都须将探伤计划（包括探伤时间、

地点等)告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员,严格执行清场工作。探伤作业一般均在晚上等现场其他非辐射工作人员下班后进行,或者提前一天通知周围的非辐射工作人员在探伤作业时间回避现场。该公司在进行探伤前划定控制区和监督区,公众成员不得进入监督区区域,监督区的边界剂量率小于等于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

保守假设:因移动式探伤机操作现场不固定,探伤均在委托单位内进行。每年在同一地点探伤 600 次,每次探伤时间 5min,居留因子取 $T=1/8$ 。根据式(11-9)计算,公众成员的年附加有效剂量当量约为 0.016mSv ,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中“剂量限值”的要求和本次评价提出的年有效剂量约束值 0.25mSv 的要求。

3、综合影响

实际工作中,由于同一名公众成员同时出现在 X 现场探伤作业点和探伤室周围的概率极小,辐射影响叠加的意义不大。

综上所述,本项目所致辐射工作人员与公众成员的年附加有效剂量当量满足年剂量约束值要求,同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中“剂量限值”要求。

11.2.4 非放射性污染环境影响分析

(1) 臭氧和氮氧化物

探伤机工作时产生射线,会造成探伤室内空气电离,产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室内已设机械通风系统,风机风量至少为 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 。由于探伤室净容积约为 200m^3 ,每小时有效通风换气次数不小于 6 次,则可满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求,不会形成局部聚集。探伤时产生的少量臭氧和氮氧化物可通过探伤室内机械通风系统排出,降低室内臭氧和氮氧化物的浓度,对周围环境空气质量影响较小。

(2) 废显(定)影夜与废胶片

探伤作业完成后产生的废显(定)影夜与废胶片,必须按规定进行合理处置,送交有资质的危险废物处置单位集中处置,不得随意排放或废弃,采取该措施后不会对周围环境或人类健康造成危害。目前该公司已与嘉兴市洪源环境科技有限公司签订了危险废物处置协议。同时,该公司厂区已建危险废物暂存间位于焊培理化楼一层。已建的危险废物暂存间的建设满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001)

及 2013 年第 36 号修改单的要求，满足“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”的要求。危险废物暂存间地面已硬化处理，并设置危险标识，采用防盗门窗，上锁并有专人管理。同时，该公司已建立危险废物管理台账，严格执行转移联单管理制度。

11.3 事故影响分析

11.3.1 室内探伤

(1) X 射线室内探伤工作场所可能发生的辐射事故

1、X 射线探伤机对工件进行探伤检测时，门-机连锁失效，致使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到曝光室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。或在门-机连锁失效探伤期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

2、人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。

(2) 事故防范措施

1、公司必须进行门~机连锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。

2、公司定期对使用 X 射线探伤机的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

3、公司定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，完善各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

4、公司完善辐射事故应急预案，包括总则、组织体系、应急救援队的职责、放射性事故应急处理的责任划分、应急响应、善后处理、应急保障、宣传教育、培训和演练等。

11.3.2 现场探伤

(1) X 射线现场探伤工作场所可能发生的辐射事故

1、在进行现场探伤时，现场探伤工作人员误入控制区或周围公众成员误入监督区和控制区，给上述工作人员及公众成员造成误照射；

2、工作人员或公众还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成工作人员或公众被误照；

3、现场探伤时在未照射完毕的情况下，现场探伤工作人员误入控制区给工作人

员造成误照射；

4、在警示灯、警戒线和警示标识未发生作用的情况下，人员误入正在运行的射线装置工作场所；

5、延时曝光装置失灵，导致工作人员未退至控制区边界，造成误照射；

6、探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。

(2) 事故防范措施

本项目可能发生的事故是人员受到超过年剂量限值的照射。根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》（环发<2006>145 号）中规定的辐射事故分类和分级处理原则，此类事故通常属于一般辐射事故。发生辐射事故时，公司应立即采取以下应急措施，尽可能将辐射事故影响降至最小。

(1) 切断电源，确保 X 射线探伤机立即停止出束；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

公司日常工作中应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤作业，每次开展 X 射线现场探伤前均应检查辐射安全措施的有效性，每次探伤作业均应根据要求利用辐射巡测仪对控制区和监督区边界进行检测并修正，确保场内无人停留；同时公司在实际工作中应不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

在发生辐射事故时，该公司应当立即启动本单位的辐射事故应急救援预案，采取必要防范措施，并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；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主管部门报告。

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

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》使用Ⅱ类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

根据建设单位提供的资料，建设单位已设立了“辐射安全与防护管理小组”，并明确了组织及各成员的主要职责。

评价认为建设单位辐射安全与防护管理小组的配备能够满足本项目环保管理工作的要求。若辐射安全与防护管理小组成员发生变动，建设单位需根据人员变动情况及时调整“辐射安全与防护管理小组”人员名单和相关责任。

12.1.2 辐射人员管理

（1）个人剂量监测

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计，每三个月委托有资质的单位监测一次，并建立个人剂量档案。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

（2）辐射工作人员培训

中国核工业第二建设有限公司钢结构分公司现有 49 名辐射工作人员，均已取得辐射安全与防护培训合格证书。根据人员变动及考核情况，建设单位应及时安排辐射工作人员参加培训和再培训（考核成绩单有效期为五年）。

（3）辐射工作人员职业健康体检

公司已组织现有 49 名辐射工作人员进行职业健康体检，根据建设单位提供的职业健康检查报告书（分批次于 2020 年和 021 年进行职业健康检查），现有 49 名辐射工作人员均可继续原放射工作。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》第四十一条规定，职业健康监护档案应长期保存。

本项目为射线装置扩建项目，目前无需新增辐射工作人员。新增 X 射线探伤机投入使用后，如需新增辐射工作人员，应在生态环境保护部国家核技术利用辐射安全与

防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名，自主学习并考核合格后方可上岗；应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

12.1.3 年度评估报告

本项目评价的核技术利用项目正式运行后，建设单位应每年委托有相关监测资质的单位对辐射工作场所进行监测，应对开展的辐射活动纳入到辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向当地生态环境主管部门提交上一年度的评估报告。

12.1.4 辐射安全许可证申领

建设单位应在新增 19 台 X 射线探伤机投入使用后，及时重新申领辐射安全许可证，更新 X 射线探伤机台账明细登记。

12.2 辐射安全管理规章制度

建设单位已按照《放射性同位素与射线装置和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求制定有《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全管理制度》、《评价人员岗位职责》、《X 射线探伤工作人员岗位职责》、《暗室处理人员岗位职责》、《X 射线检验安全操作规程》、《X 射线探伤机使用登记制度》、《X 射线探伤机检修、维护制度》、《透照室管理制度》、《室外探伤作业管理制度》、《辐射作业人员培训、体检及保健制度》、《X 射线探伤辐射监测计划》、《自行检查和年度评估制度》、《转让、变更及注销制度》、《辐射事故应急救援预案》等辐射环境安全管理制度，上述辐射环境安全管理制度基本合理。建设单位应结合本项目实际情况，根据要求进一步完善更新辐射环境安全管理制度，并加强对辐射工作人员的安全防护意识教育。由于本项目为扩建项目，建设单位应根据本项目特点完善现有的辐射环境安全管理制度，在日常工作中严格落实，即能够满足核技术应用项目的管理。

12.3 辐射检测

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

12.3.1 个人剂量监测

辐射工作人员工作时要求佩戴个人剂量计，且按每季度 1 次的频度送其个人剂量计至有资质的单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。个人剂量监测档案包括辐射操作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。

12.3.1 监测仪器和防护设备

为了满足室内与现场探伤的要求，公司已为辐射工作人员配备了 7 台职能化 X-γ 辐射仪、1 台 X-γ 辐射场报警装置、1 套监控装置、2 台多用途剂量报警仪、43 台便携式 X-γ 辐射剂量报警仪、134 个个人剂量计、若干警戒绳、53 个警戒牌、2 只声光报警灯、66 只磁吸声光报警仪、6 只扩音喇叭、10 只喊话器、44 件射线防护服。本项目新增 19 台 X 射线探伤机用于室内与现场探伤后，建设单位应新增配备 11 台职能化 X-γ 辐射监测仪、22 台便携式 X-γ 辐射剂量报警仪、11000m 警戒绳、44 个警戒牌、44 只磁吸声光报警仪、11 只扩音喇叭、11 只喊话器、22 件射线防护服。

12.3.3 工作场所及环境辐射监测

公司须委托有资质的单位定期对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境监测，监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，监测数据每年年底向当地生态环境主管部门上报备案。射线装置进行维修前后，应分别进行一次监测。本项目辐射监测计划见表 12-1。

表 12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	探伤室	周围剂量当量率	1 次/年	按照国家规定进行计量检定	曝光室四周围墙外 30cm 处、防护门外 30cm 处、操作位、电缆孔、暗室等	委托监测
	现场探伤	周围剂量当量率	1 次/年		由远及近测量，划分控制区、监督区	
日常监测	探伤室	周围剂量当量率	1 次/季度	按照国家规定进行	曝光室四周围墙外 30cm 处、防护门外 30cm 处、操作位、电缆孔、暗室等	自行监测
	现场探伤	周围剂量当量率	1 次/年		由远及近测量，划分控制区、监督区	
验收监测	探伤室	周围剂量	项目完成	按照国家规	曝光室四周围墙外 30cm 处、防护门外	委托监测

		当量率	3 个月内	定进行 计量检定	30cm 处、操作位、 电缆孔、暗室等	
	现场探伤	周围剂量 当量率	1 次/年		由远及近测量，划 分控制区、监督区	

12.4 竣工验收

本次评价项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成 5 个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.5 辐射事故应急

根据建设单位提供的资料可知，建设单位已经制定了《辐射事故应急预案》，应急预案包括了应急机构的设置与职责、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等，其内容较全、措施具体，针对性较强、便于操作，在应对放射性事故和突发性事件时基本可行，环评要求将本项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备。

一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，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》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门；同时上报公安部门，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。并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司拟新增 19 台便携式 X 射线探伤机，用于承接对公司内部施工部门或技术部门委托产品的无损检测任务，从而认定产品质量。新增 19 台便携式 X 射线探伤机均为一机两用，用于 X 射线室内和现场探伤。室内探伤在公司厂区 6 号生产车间一层西北角的探伤室内进行；现场探伤根据公司承接各项的需要，在项目所在地施工现场进行。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射安全防护措施结论

拟新增 19 台便携式 X 射线探伤机用于室内和现场探伤。探伤室自吸收合并到公司名下后，已于 2019 年 10 月 13 日取得了嘉兴市生态环境局海盐分局的批复，批复文号：嘉环盐建[2019]140 号。公司已于 2020 年 6 月 4 日对探伤室进行竣工环境保护自主验收，并形成验收意见。探伤室已按照控制区和监督区要求分区管理，并已设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯，已安装门~机联锁装置、门~灯联锁装置、紧急停机按钮、视频监控系统、通风系统等。现有探伤室能够满足屏蔽要求。

公司已制定有 X 射线现场探伤操作规程及探伤流程，探伤过程中应严格执行相应的规章制度，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。X 射线现场探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护。在探伤作业时，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。必须安排专人巡查控制区和监督区边界。因此，每个移动探伤现场除操作人员外，还至少有 1 名安全巡查人员，并落实在操作规程里。

在满足实际工作需要的基础上对辐射工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

（2）辐射安全管理结论

公司已成立专门的辐射安全与防护管理小组，明确了各管理人员的职责，并将加强监督管理。公司已制定包括《辐射安全管理制度》、《辐射事故应急救援预案》在

内的一系列辐射环境安全管理制度，并适时进行修订、完善。公司应根据本单位核技术应用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 电离辐射

1、X射线室内探伤：通过实际验收监测分析和理论计算分析可知，探伤室四侧墙体、工件门及工作人员进出门、顶棚屏蔽能力均能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。辐射工作人员和公众成员接受额外的辐射照射满足相应的管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

2、X射线现场探伤：从理论计算结果可知，本项目TXR-C1R150P-08HD型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约26m，监督区范围最大约63m；非有用射束方向控制区范围最大约25m，监督区范围最大约61m；RIX-200MC型与RIX-200MC-2型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约37m，监督区范围最大约91m；非有用射束方向控制区范围最大约为31m，监督区范围最大约75m；XXG-2005型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约48m，监督区范围最大约117m；非有用射束方向控制区范围最大约为40m，监督区范围最大约98m；RIX-250MC-2型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约34m，监督区范围最大约84m；非有用射束方向控制区范围最大约24m，监督区最大约58m；RIX-250MC型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约44m，监督区范围最大约109m；非有用射束方向控制区范围最大约30m，监督区最大约74m；PXS-EVO-300D型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约为64m，监督区范围最大约为158m；非有用射束方向控制区范围最大约34m，监督区范围最大约84m。XXG-3505A型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约为102m，监督区范围最大约为249m；非有用射束方向控制区范围最大约31m，监督区范围最大约76m。XXGZ-2005型号X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约为48m，监督区范围最大约为117m。XXGP-2505型号X射线探伤机满功率开

机条件下现场探伤，其有用线束方向控制区范围最大约为44m，监督区范围最大约为109m。

以上理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考，实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的不同、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平产生变化，从而改变控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中安全负责人在确认现场无关人员均已撤离后，开始负责布置现场警戒，监督区域警戒范围初始一般设置较大，设定好位置后在监督区边界放置清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。现场探伤工作期间，根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的要求使用便携式剂量仪测量（控制区边界 15 μ Sv/h，监督区边界 2.5 μ Sv/h），并根据测量达标位置重新调整监督区和控制区。

（2）废气环境分析

本项目开展室内探伤时，会使探伤室中的空气电离产生臭氧和氮氧化物。探伤室已设置通风系统，每小时有效通风换气次数不小于 6 次，可满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求；产生的少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排出探伤室外，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度，对周围环境空气质量影响较小。开展现场探伤时，在室外作业不会发生累计，对工作人员以及周围的公众造成影响几乎可忽略不计。

（3）危险废物影响

洗片过程产生的废显（定）影液和废胶片（危废代码：HW16：900-019-16），集中收集后暂存在危废暂存间内，定期委托有资质单位进行处理，对周围环境影响较小。

13.1.4 可行性分析结论

（1）产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》，本项目不属于国家限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策。

（2）实践的正当性

本项目拟新增 19 台便携式 X 射线探伤机，所有 X 射线探伤机均为一机两用，用

于 X 射线室内和现场探伤。本项目探伤主要承接对公司内部施工部门或技术部门委托产品的无损检测任务，从而认定产品质量，具有良好的经济效益和社会效益。因此，本项目使用 X 射线探伤机的目的是正当可行的，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。

（3）选址合理性

本项目探伤室评价范围 50m 内主要为公司内部生产车间和空地、浙江英雄文化用品有限公司厂房、浙江杰彦自动化科技有限公司厂房和新建厂房，无居民点与学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。根据不动产权证，本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素。因此，本项目探伤室选址是合理可行的。

现场探伤无确定的作业地点，只要严格按照探伤操作规程，做好作业时的安全管理工作，确保周围无相关人员，严格按照控制区边界外周围剂量当量率低于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界外周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求执行，探伤期间通过辐射剂量巡测，则其操作是可行的。

（4）项目可行性分析

综上所述，中国核工业第二二建设有限公司钢结构分公司 X 射线室内和现场探伤项目（扩建）在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，该公司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，其运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

（1）应结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善；

（2）每年定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订；

（3）应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自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

(1) 承诺在本项目新增 X 射线探伤机正式投入使用前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

(2) 承诺严格执行辐射监测计划，发现隐患及时整改；对门~机联锁装置、警示灯联锁装置等防护设施进行经常性检查，发现防护设施故障或失灵应立即维护、修复。

