

报告编号：WKFHP-26026

核技术利用建设项目

福建省开诚机械有限公司

工业 X、 γ 射线固定式探伤建设项目

环境影响报告表

(公示版)

福建省开诚机械有限公司

2026 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

福建省开诚机械有限公司

工业 X、 γ 射线固定式探伤建设项目

环境影响报告表



建设单位名称：福建省开诚机械有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号

邮政编码：365000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

编制单位和编制人员情况表

项目编号	gg77p1		
建设项目名称	福建省开诚机械有限公司工业X、γ 射线固定式探伤建设项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	福建省开诚机械有限公司		
统一社会信用代码	91350400717301097U		
法定代表人（签章）			
主要负责人（签字）			
直接负责的主管人员（签字）			
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	卫康环保科技（浙江）有限公司		
统一社会信用代码	91330108MA2AXDJA8X		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李亚飞	2015035330352013332704000134	BH005019	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李亚飞	全部章节	BH005019	

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	20
表 3	非密封放射性物质	20
表 4	射线装置	21
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	22
表 6	评价依据	23
表 7	保护目标与评价标准	27
表 8	环境质量和辐射现状	36
表 9	项目工程分析与源项	39
表 10	辐射安全与防护	52
表 11	环境影响分析	65
表 12	辐射安全管理	91
表 13	结论与建议	100
表 14	审批	104

附件：

附件 1 环评委托书

附件 2 营业执照

附件 3 企业法定代表人身份证复印件

附件 4 不动产权证

附件 5 非辐射项目环评批复

附件 6 辐射本底监测报告及检测资质

附件 7 规划许可证

表 1 项目基本情况

建设项目名称		福建省开诚机械有限公司工业 X、 γ 射线固定式探伤建设项目					
建设单位		福建省开诚机械有限公司					
法人代表		瞿**	联系人	俞*	联系电话	132****8996	
注册地址		福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号					
项目建设地点		福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号 2#铸钢车间东北侧空地					
立项审批部门		/		批准文号	/		
建设项目总投资 (万元)		1000	项目环保投资 (万元)	250	投资比例（环保 投资/总投资）	25%	
项目性质		■新建 □改建 □扩建 □其他			占地面积（m ² ）	1256	
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 建设单位简介

福建省开诚机械有限公司是福建省专业生产机械装备关键零部件的制造企业。公司前身为成立于 1958 年的三明重型机器厂下属的铸钢分厂、铸铁分厂、木模分厂、锻压分厂和热处理分厂，2000 年整合注册成立福建三明三重铸锻有限公司，2018 年 10 月经过增资扩股后更名为福建省开诚机械有限公司。

公司 2008 年整体搬迁到福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号，占地面积 20 万平方米，总资产 6 亿元。现有员工 350 人，各类专业技术人员 50 多人。主要生产设备 100 多台，年生产能力 2 万吨，最大单件重量 150 吨。公司具有六十多年生产机械零部件的历史，专业生产配套于电力、冶金、石化、船舶、军工、矿山工程机械等领域的大型铸钢零件及部套，内设铸钢车间、清理车间、机加工车间、精整车间等，是国家高新技术企业、福建省高新技术企业、国家专精特新“小巨人”企业、福建省专精特新企业、已通过 ISO9001 质量体系认证、ISO14001 环境管理体系认证、OHSAS18001 职业健康安全管理体系认证、拥有福建省省级企业技术中心、福建省精密铸钢企业工程技术研究中心、三明市企业技术中心。

公司委托编制《福建省开诚机械有限公司大型高效发电装备核心零部件智能制造项目环境

影响报告表》已取得三明市生态环境局批复（明环评沙函〔2025〕2号），具体见附件5。项目主体工程为改扩建项目，利用现有厂区闲置工业用地扩建2#铸钢车间，新建一条年产20000吨铸钢件生产线，用于取代现有工程老旧、自动化程度低的生产线，其中20000吨铸钢件产品主要为大型高效发电装备核心零部件，如核电、火电设备中的汽轮机气缸、阀体、石化管道的阀门等。目前该主体工程正在建设中。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

为满足企业生产的产品无损检测的需要，同时考虑到公司生产规模较大，工件种类繁多、厚度不一（其中火电阀体约为10mm~100mm、汽轮机气缸约为50mm~200mm、特厚核电气缸、超高压厚壁阀体约为200mm~420mm），因而需购置较多且不同类型的辐射装置以满足不同工件的检测需求，增强公司的检测能力，保证产品质量，提升企业综合竞争力。在此背景下，福建省开诚机械有限公司拟于福建省三明市沙县区凤岗金福东路289号现有厂区2#铸钢车间东北侧空地建设2间探伤室及控制室（每间探伤室内设2间放射源暂存库，用于暂存 ^{60}Co - γ 射线探伤机和 ^{192}Ir - γ 射线探伤机）、1间洗片室及1间危废暂存间等辅助用房。公司拟购置2台 ^{60}Co - γ 射线探伤机、3台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（2用1备）、1台XY-3005型便携式X射线探伤机、1台12MeV电子直线加速器进行固定式探伤作业。

根据原环境保护总局公告2005年第62号《关于发布放射源分类办法的公告》和原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目 ^{60}Co - γ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度为 $7.4\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ， ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，属于II类放射源；电子直线加速器属于“工业探伤用加速器”，便携式X射线探伤机属于“工业用X射线探伤装置”，均属于II类射线装置。对照生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目”。本次评价内容为使用II类射线装置、使用II类放射源，应编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，福建省开诚机械有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行环境影响评价，环评委托书见附件1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容与规模

福建省开诚机械有限公司拟于福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号现有厂区 2#铸钢车间东北侧空地建设 2 间探伤室及控制室（每间探伤室内设 2 间放射源暂存库，分别用于暂存 ^{60}Co - γ 射线探伤机和 ^{192}Ir - γ 射线探伤机）、1 间洗片室及 1 间危废暂存间等用房，危废暂存间拟建于探伤室北侧，公司拟购置 2 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机、3 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（2 用 1 备）、1 台 XY-3005 型便携式 X 射线探伤机、1 台 12MeV 电子直线加速器进行固定式探伤作业，其中电子直线加速器仅在 2#探伤室内进行探伤，其余射线装置可在 1#探伤室和 2#探伤室内进行探伤。本项目各探伤室内各射线装置均不同时开展探伤，项目只在探伤室内开展固定式探伤，不涉及厂区车间内及现场移动式探伤。

本项目射线装置具体应用见表 1-1。

表 1-1 本次评价的射线装置应用情况表

加速器							
序号	名称	类别	数量	型号	最大能量 (MeV)	剂量率（μGy/h）	
1	电子直线加速器	Ⅱ类	1 台	DZ-12	12MeV	距靶 1m 处最大空气吸收剂量率为 3.3×10 ⁹ μGy/h ^①	
放射源							
序号	装置名称		核素名称	枚数	额定装源活度	类别	
1	⁶⁰ Co-γ 射线探伤机		⁶⁰ Co	2	7.4×10 ¹² Bq/枚	Ⅱ类	
2	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机		¹⁹² Ir	3	3.7×10 ¹² Bq/枚	Ⅱ类	
射线装置							
序号	装置名称	型号	数量	类别	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	出束类型
1	便携式 X 射线探伤机	XY-3005	1 台	Ⅱ类	300	5	定向
注：①数据由设备厂家提供。							

注：①数据由设备厂家提供。

1.2 相关规划符合性分析

1.2.1 与《三明高新技术产业开发区金沙园总体规划》符合性分析

项目位于福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号，属于金沙园北区，园区发展方向为：“金沙园北区产业发展的主要目标是优先发展绿色产业（包括有机生态食品和生物技术）、新材料产业；一般发展光机电一体化、环保产业、精细化工，以及其他符合国家政策支持产业；限制发展低技术含量、高污染、高耗能的产业。金沙园产业布局分为综合工业区、生物技术工业区、新材料工业区、生态食品工业区、科贸一条街、创业服务中心及科研教育区。其中，综合工业区规划安排光机电一体化、环保产业、精细化工以及其他符合国家政策支持产业。”本项目为核技术利用建设项目，对照《三明高新技术产业开发区金沙园总体规划》中园区产业

布局规划，本项目位于新材料工业区（见图 1-9）。同时，根据建设单位提供的不动产权证，该地块类型为“工业用地”（详见附件 4），因此项目的建设符合园区规划及产业布局规划。

1.2.2 与《三明高新技术产业开发区金沙园环境影响报告书》及其规划环评审查意见符合性分析

表 1-2 与《三明高新技术产业开发区金沙园环境影响报告书》符合性分析

园区环评要求		本项目情况	符合性分析
产业定位	优先发展：绿色产业（包括有机生态食品和生物技术）、新材料产业；一般发展：光机电一体化、环保产业、精细化工，以及其他符合国家政策支持产业；限制发展：低技术含量、高污染、高耗能的产业。	本项目为核技术利用项目，符合园区产业定位，属于一般发展项目。	符合
产业布局	金沙园产业布局分为综合工业区、生物技术工业区、新材料工业区、生态食品工业区、科贸一条街、创业服务中心及科研教育区。其中，综合工业区规划安排光机电一体化、环保产业、精细化工以及其他符合国家政策支持产业。	本项目位于新材料工业区，且根据不动产权证可知项目用地性质为工业用地。	符合
准入条件	按照金沙园功能定位和产业发展方向，积极引进高新技术产业和“低投入、低消耗、低排放、高效率”产业，积极引进经济效益好、资源消耗低、环境污染少的清洁生产企业，禁止引进污染严重的落后生产能力、工艺和产品的项目；同时在引进项目时，要充分考虑园区内各类项目在资源利用上的互补性，完善产业配套，对上、下游企业进行链接，通过在工业园区内构建一个完整的生态循环发展模式，让园区内的工业生产彼此之间进行原材料及废物的利用与消化，在完善、扩大产业链的同时，尽量减少园区污染物与废物的排放，实现园区“资源-产品-再生资源”的经济增长方式，使金沙园逐步形成有利于节约资源环境友好的产业结构，推进金沙园进行生态工业园区建设。	本项目为核技术利用项目，符合园区产业定位，不在禁止建设项目之列。	符合
	限制入区的工业项目类型：与园区产业发展方向不符的重污染行业，如石油加工、化学工业、黑色金属冶炼、有色金属冶炼、炼焦、煤气、煤制品、造纸、制革、电镀、合成纤维、合成橡胶、合成药物、火电厂、化肥厂、农药厂、水泥厂、印染厂、染整厂、建筑陶瓷厂、糖厂、罐头厂、酿酒厂、屠宰场等这些行业和工厂不能在园区兴建。园区内不宜再建重污染型的项目，现有项目要稳定达标排放，并进一步实行清洁生产。	本项目为核技术利用项目，符合园区产业定位，不在禁止建设项目之列。项目产生的放射性固废和危险废物定期委托有资质的单位处理。	符合

表 1-3 与规划环评审查意见符合性分析

规划环评审查意见	本项目情况
园区有关污染物排放标准和总量控制：各企业污水应处理达污水处理厂进水水质标准后进入污水处理厂集中处理。大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)表 2 中二级标准。有国家行业排放标准的，应执行相应的国家大气污染物行业标准。开发区污染物排放总量控制计划：废水≤6.3 万吨/日、COD≤1400 吨/年，烟尘≤500 吨/年、SO ₂ ≤900 吨/年。新增污染物排放量在沙县范围内调剂解决。	本项目不产生废水，仅会产生少量感生放射性废气、臭氧和氮氧化物均可在空气中自行分解。

1.2.3 与三明市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

生态环境分区管控是以改善生态质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。本项目与三明市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

判定情况见下表。

（1）生态保护红线

根据《福建省环保厅关于印发福建省生态功能红线规定工作方案的通知》（闽环发〔2014〕23号），项目位于福建省三明市沙县区凤岗金福东路289号，不属于自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护地和其他需特别保护等法律法规禁止开发建设区域。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，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，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

根据《三明市生态环境局关于发布三明市 2023 年生态环境分区管控动态更新成果的通知》（明环规〔2024〕2号），本项目位于“ZH35040520001 三明高新技术产业开发区金沙园”，属于重点管控单元，该管控单元生态环境准入清单见表 1-4。

表 1-4 本项所在管控单元生态环境准入清单

生态环境管控要求		本项目情况	符合性分析
空间布局约束	1.金沙园一期：对区内大气污染较重的企业进一步加强污染治理，实施清洁生产，控制生产规模。 2.金沙园二期：禁止引进排放重点管控重金属和持久性有机污染物的项目，严格控制氨氮、总磷等为主的项目，禁止引进化学合成原料药制造项目。 3.居住用地周边禁止布局潜在废气扰民的建设项目。	本项目不属于排放重点管控重金属和持久性有机污染物的项目。企业现有厂区周边已设置隔离带，确保居住环境安全和群众身体健康。	符合
污染物排放管控	新建、改建、扩建项目，新增污染物排放按照福建省排污权有偿使用和交易相关文件执行。新建涉 VOCs 项目，VOCs 排放按照福建省相关政策要求落实。	本项目为核技术利用项目，不涉及污染物总量控制，产生的危险废物不外排，委托有资质单位定期处置。	符合
环境风险防控	1.建立健全环境风险防控体系，制订应急预案，建设事故应急池，成立应急组织机构，防止在处理安全生产事故过程中产生的可能严重污染水体的消防废水、废液直接排入水体。 2.应采取有效措施。	本项目落实防控措施，公司按规定编制环境突发事件应急预案，建立隐患排查整治监管机制。	符合

资源开发率要求	高污染燃料禁燃区内禁止燃用高污染燃料禁止新建、现有使用高污染燃料的设施，限期改用清洁能源；现有使用生物质燃料的设施，限期改为专用锅炉并配置高效除尘设施。	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。	符合
---------	--	---	----

综上，本项目建设能够符合三明市生态环境分区管控动态更新方案的要求。

1.2.4 与三明市“三区三线”符合性分析

“三区三线”是根据城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的空间，分别对应划定的城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线，以保障农业空间、生态空间，限制城镇空间。根据三明市“三区三线”图（详见图 1-11），本项目位于城镇开发边界内，因此符合三明市“三区三线”相关要求。

1.2.5 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在工业领域内的运用，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家当前的产业政策。

1.2.6 实践正当性分析

本项目实施的目的是为了对自生产的产品进行无损检测，项目产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，经辐射屏蔽防护和安全管理后，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的年有效剂量符合剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因而，按照规范正当操作，本项目是符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则的。

1.3 项目选址及周边环境保护目标

1.3.1 公司地理位置

公司位于福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号，东侧为三明傲农生物科技有限公司；南侧紧邻金福东路，隔路为龙顺汽车摩托车年检站、福建未来药业有限公司；西侧为沙县供电公司 110kV 变电站和新楼路；北侧为山体。地理位置见图 1-1，周围环境关系见图 1-2，周围环境实景见图 1-4。

1.3.2 项目周边环境概况

本项目新建 2 间探伤室以及配套的 3 层辅助用房，其中控制室、危废暂存间、洗片室、配电室和调制室位于一层，办公室、胶片存放室位于二层，资料室和备用库房位于三层（各层平面布局图见图 1-5、图 1-6、图 1-7），探伤室顶部为不可上人平台。探伤室东侧约 2m 为办公室，约 15m 为降压站；南侧紧邻过道、约 2~50m 为 2#铸钢车间；西侧紧邻过道、约 2~50m 为

2#铸钢车间；北侧紧邻资料室、其余 50m 范围内为山体。放射源暂存库位于探伤室内，周边环境与探伤室一致。

1.3.3 环境保护目标

由于本项目放射源暂存库建设于探伤室内，故本项目固定式探伤环境保护目标主要为探伤室 50m 评价范围内从事放射源管理和 X、 γ 射线固定式探伤操作的辐射工作人员及周围公众成员。

1.3.4 选址合理性分析

本项目拟建址用地性质为工业用地，探伤室 50m 评价范围内无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目的选址基本合理可行。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

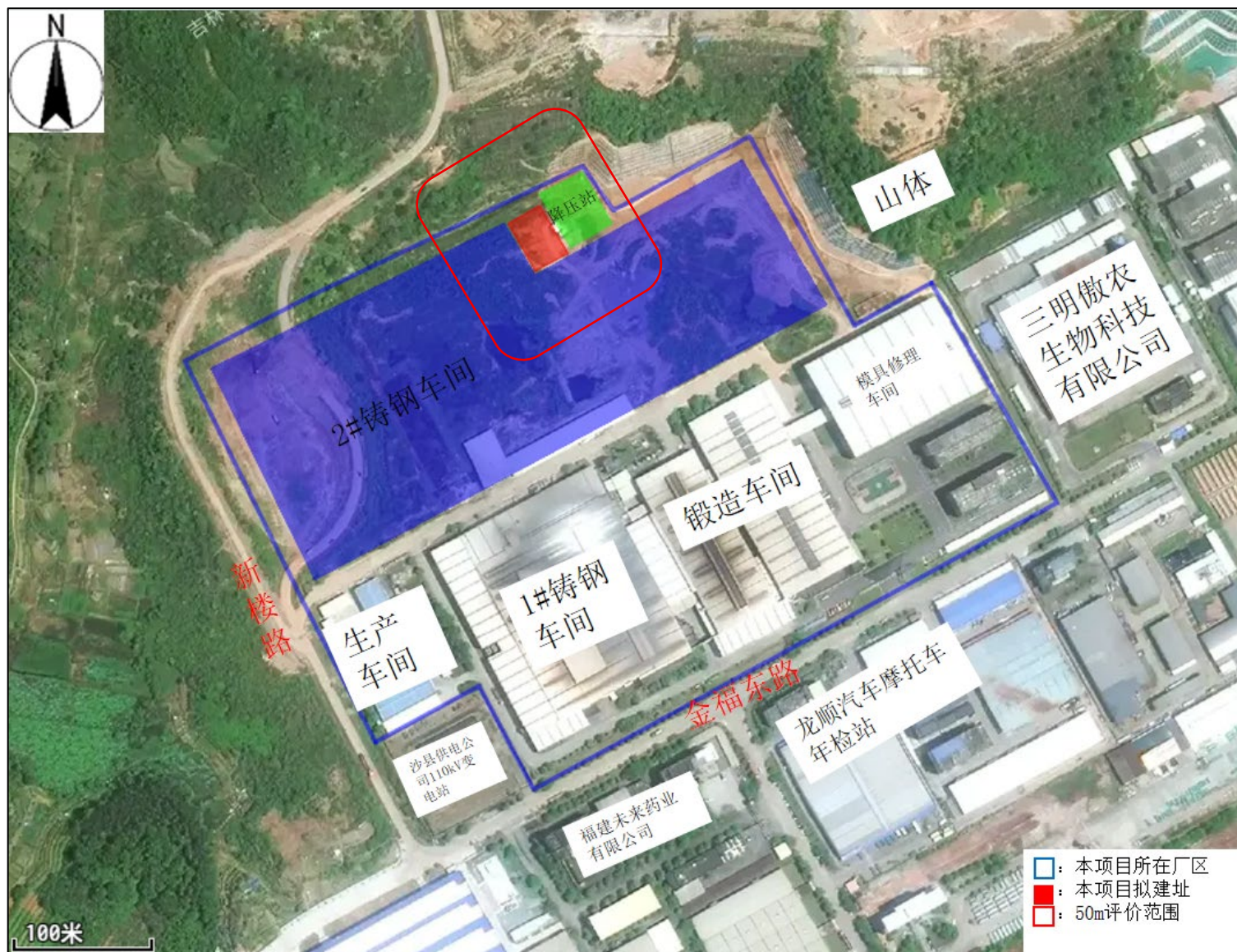
本项目为新建项目，企业无原有核技术利用及许可情况。



审图号：闽S（2022）176号

福建省制图院 编制 福建省自然资源厅 监制

图 1-1 项目地理位置图



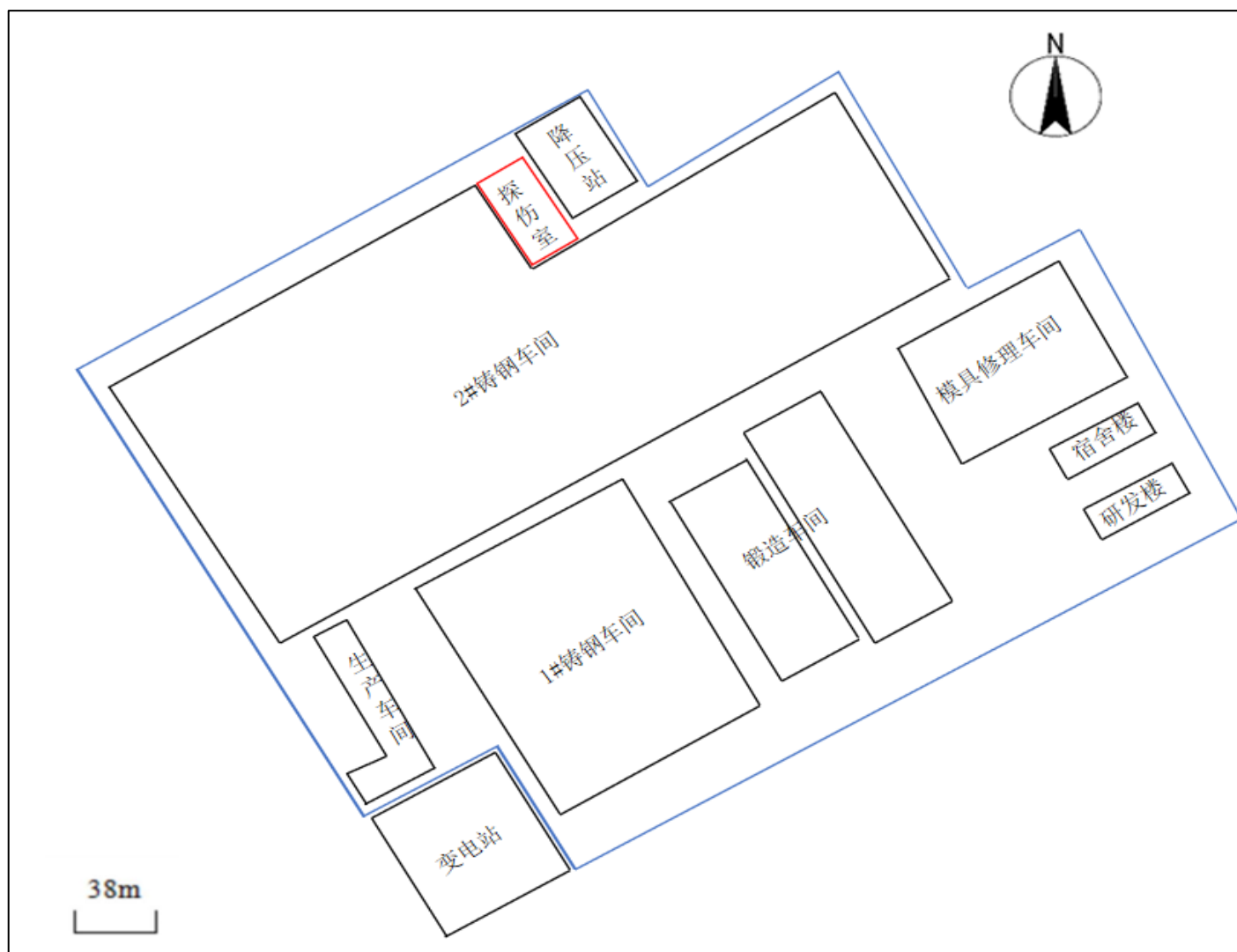


图 1-3 项目所在厂区平面图

	
福建省开诚机械有限公司	东侧：三明傲农生物科技有限公司
	
南侧：龙顺汽车摩托车年检站	南侧：福建未来药业有限公司
	
西侧：沙县供电公司 110kV 变电站	西侧：新楼路
	
北侧：山体	南侧：金福东路



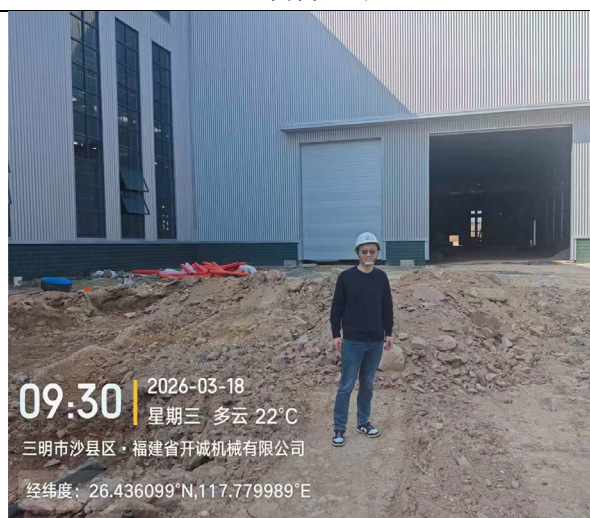
本项目探伤室拟建址



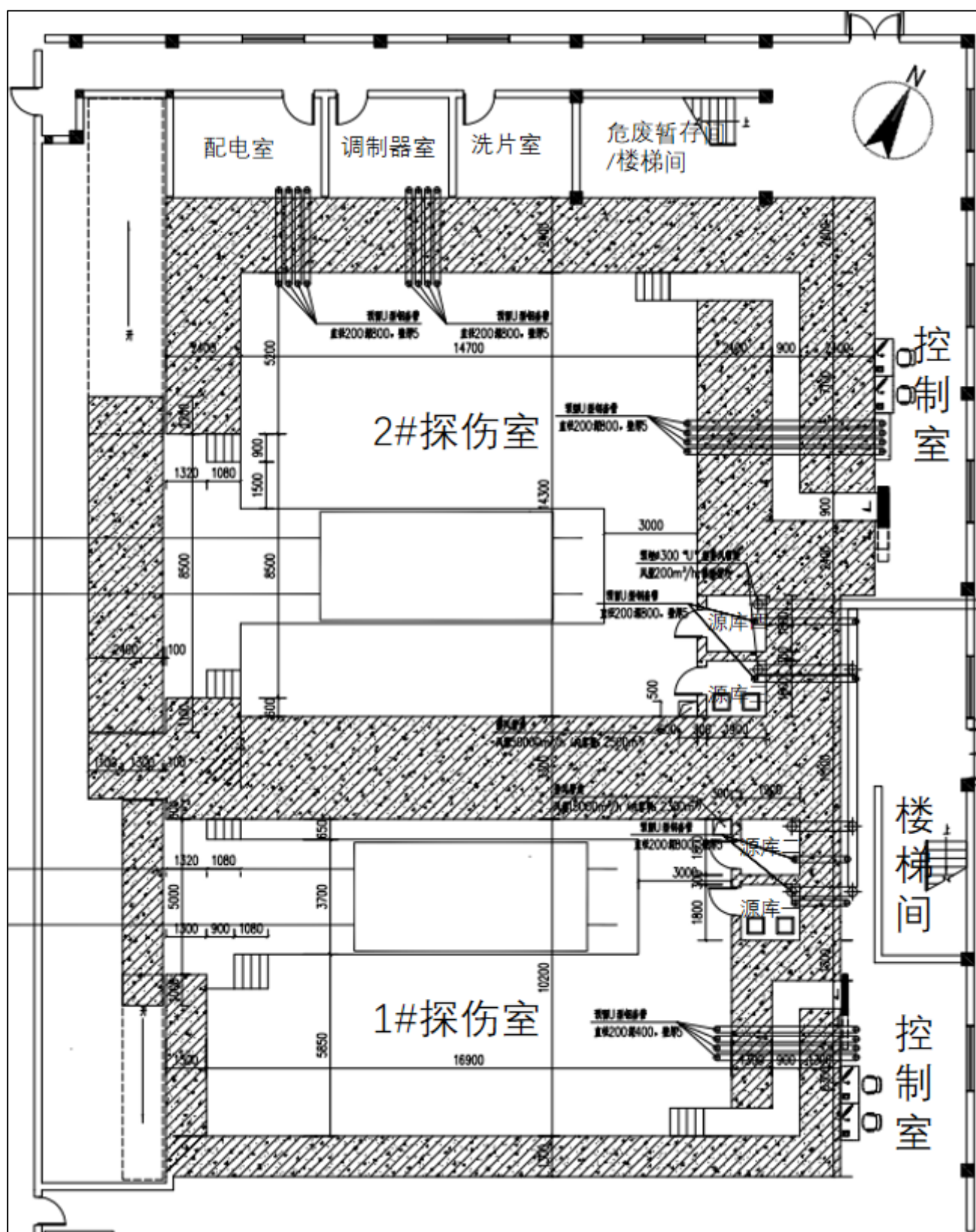
企业内降压站



2#铸钢车间



编制主持人勘探现场



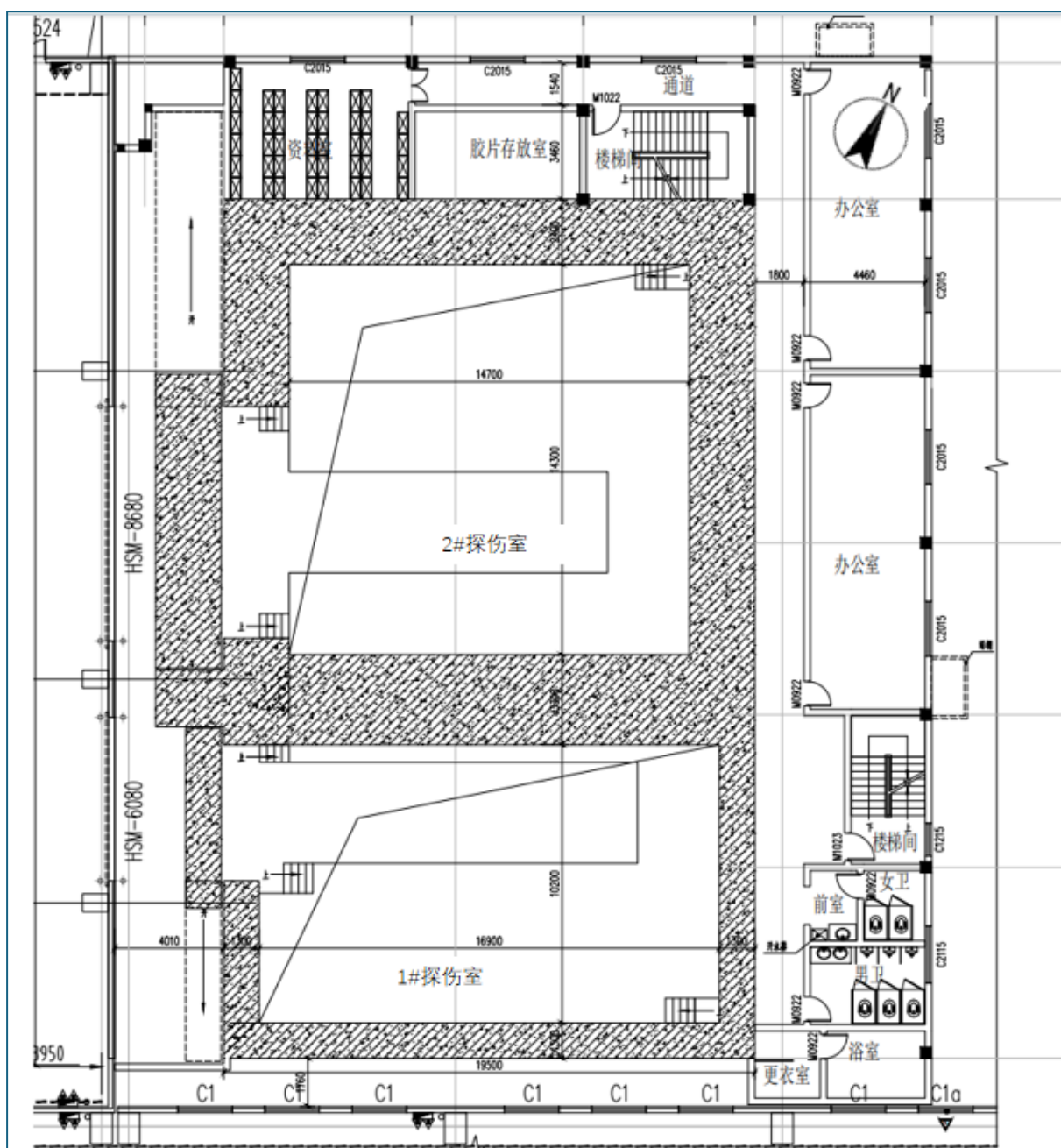


图 1-6 二层平面布局图（单位：mm）

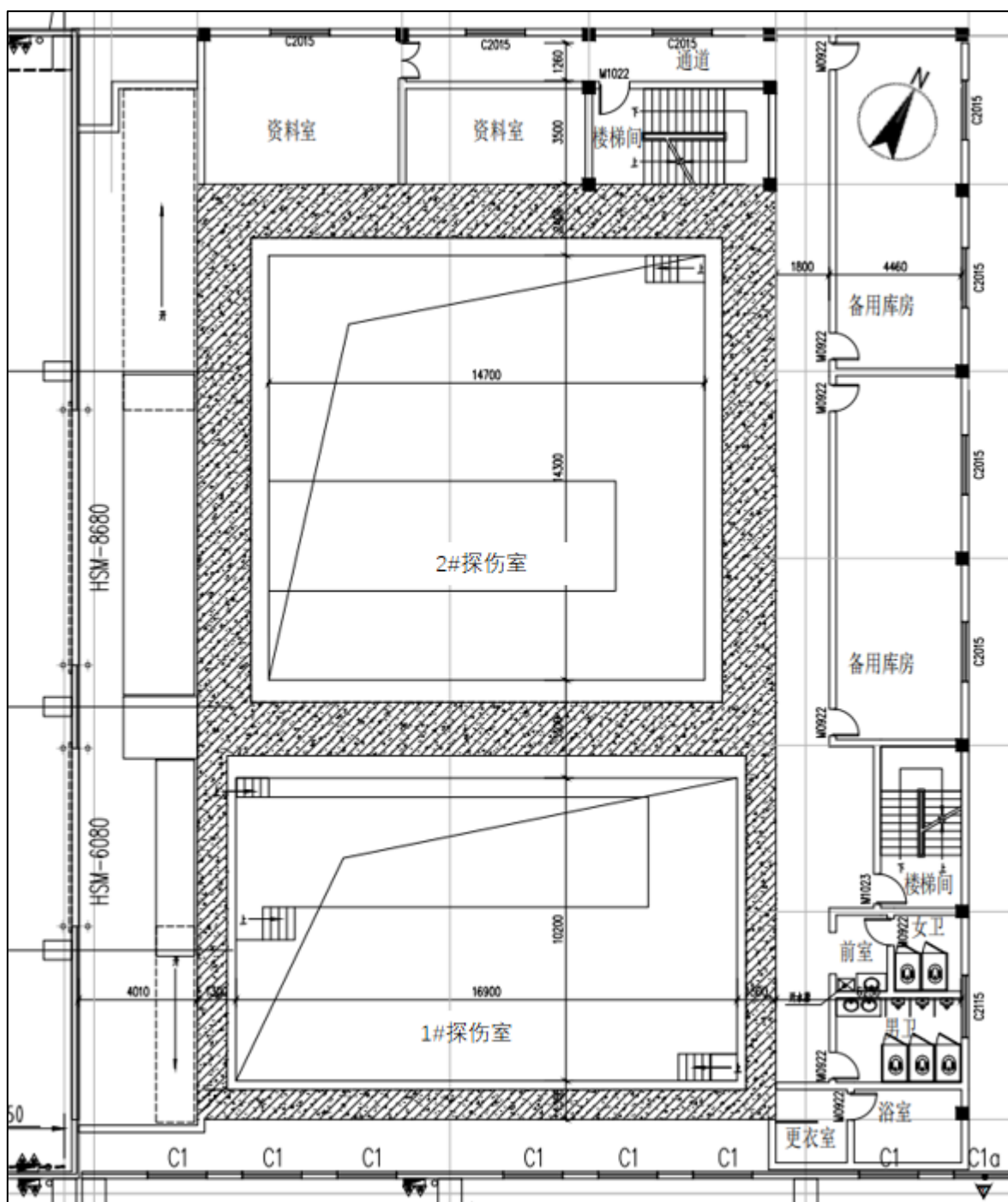


图 1-7 三层平面布局图（单位：mm）

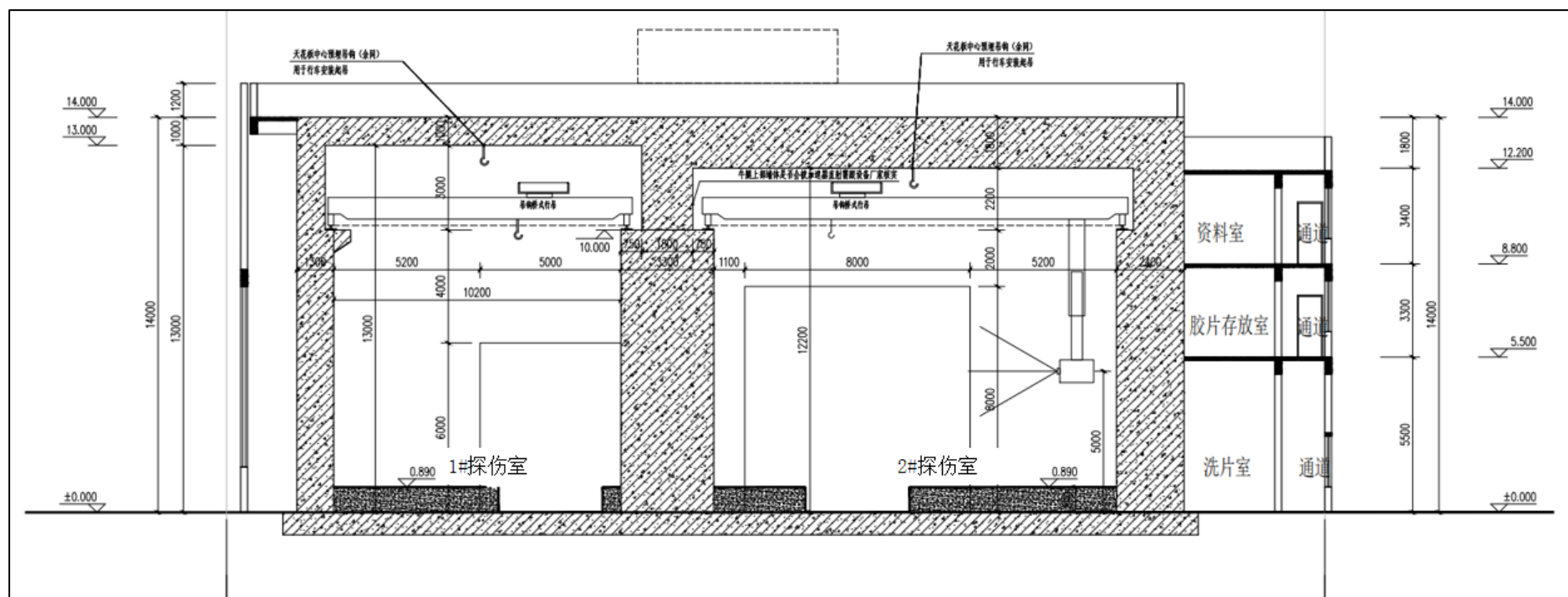


图 1-8 本项目探伤室剖面布局图 (单位: mm)

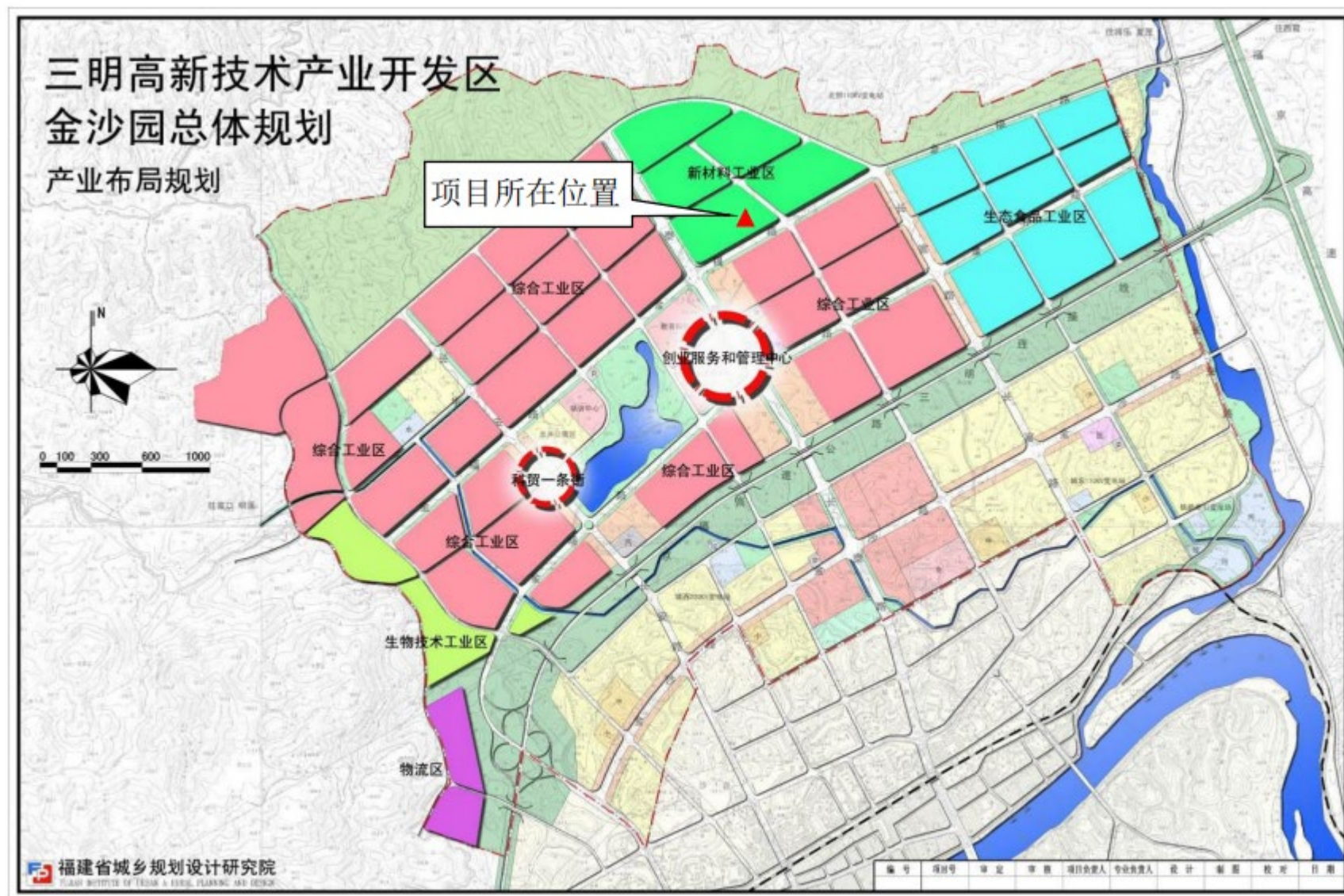


图 1-9 三明高新技术产业开发区金沙园总体规划图（产业布局规划）



图 1-10 三明市环境管控单元图

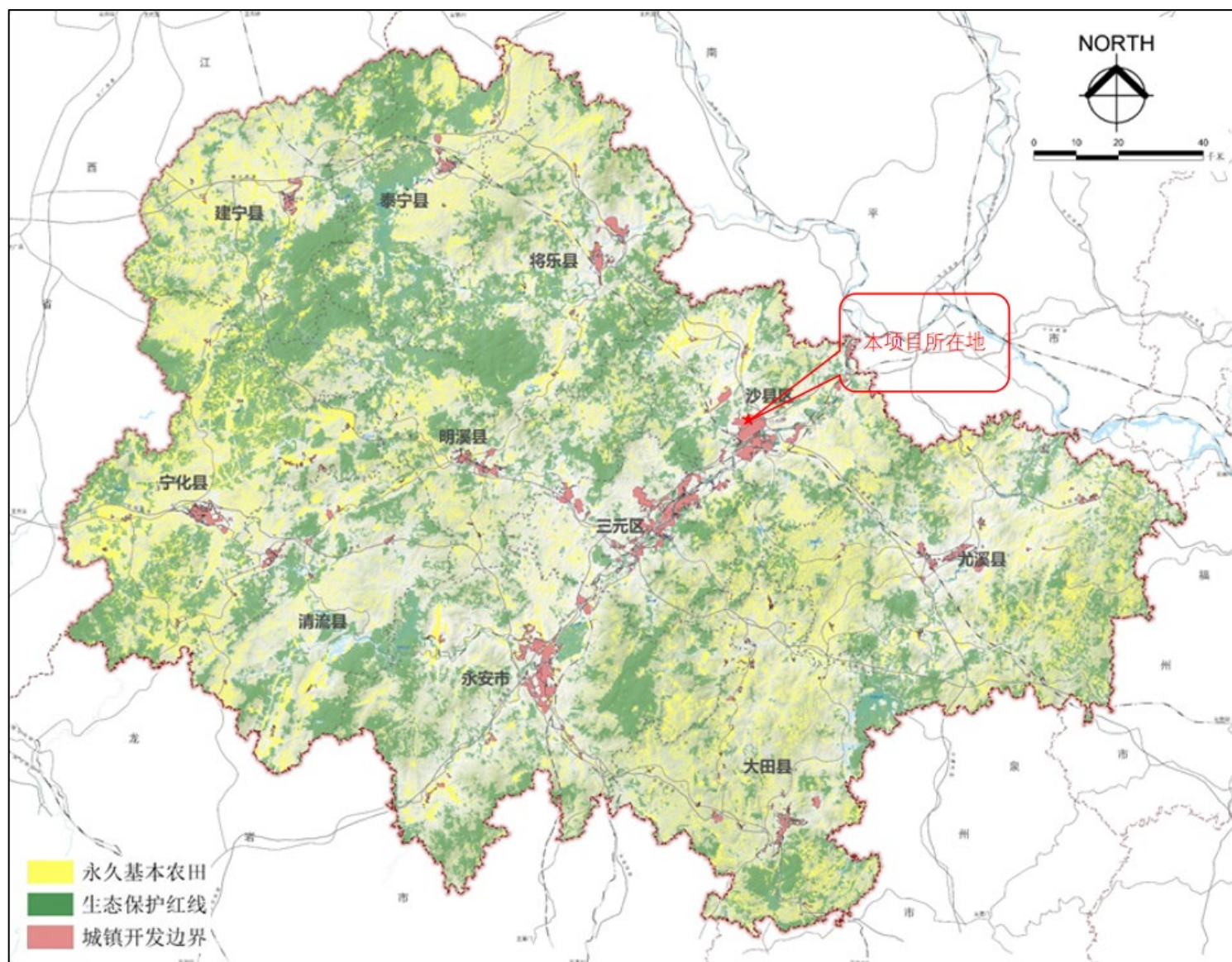


图 1-11 三明市“三区三线”图

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	Co-60	$7.4 \times 10^{12} * 2$	II类	使用	无损检测	1#探伤室和 2#探伤室	放射源密封于 γ 射线探伤机源容器内，不作业时统一存放于放射源暂存库的铅罩内	/
2	Ir-192	$3.7 \times 10^{12} * 3$	II类	使用	无损检测	1#探伤室和 2#探伤室	放射源密封于 γ 射线探伤机源容器内，不作业时统一存放于放射源暂存库的储源坑内	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化 性质	活动 种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作 方式	使用场所	贮存方式与地点
本项目不涉及										

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器	Ⅱ类	1 台	DZ-12	电子	12	距靶 1m 处最大空气吸收剂量率为 $3.3 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}^{①}$	无损检测	2#探伤室	/

（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	Ⅱ类	1 台	XY-3005	300	5	无损检测	1#探伤室和 2#探伤室	定向机

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废靶件	固态	/	/	/	/	/	不暂存	如有废靶件产生由设备厂家回收处置。
感生放射性废气	气态	^{13}N 、 ^{15}O	/	/	/	/	不暂存	电子直线加速器探伤过程中产生的感生放射性气体 ^{15}O 和 ^{13}N 通过机械排风装置排到外环境。
废旧放射源	固态	^{60}Co	2.0×10^{12}	放射源 ^{60}Co 计划 10 年更换一次		暂存于放射源暂存库内。		由放射源生产单位回收处理
		^{192}Ir	9.08×10^{11}	放射源 ^{192}Ir 计划 5 个月（150 天）更换一次		暂存于放射源暂存库的储源坑内。		由放射源生产单位回收处理
报废的 γ 射线探伤机	固态	/	超过 10 年安全使用期限的 γ 射线探伤机，拟报废	报废的 ^{60}Co - γ 射线探伤机存放于放射源暂存库的铅罩中，报废的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机存放于放射源暂存库的储源坑内	由 γ 射线探伤机生产单位回收处理。	/	超过 10 年安全使用期限的 γ 射线探伤机，拟报废。	报废的 ^{60}Co - γ 射线探伤机存放于放射源暂存库的铅罩中，报废的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机存放于放射源暂存库的储源坑内。所有报废 γ 射线探伤机最终由探伤机厂家回收。
废显（定）影液	液态	/	/	/	230kg	/	废显（定）影液、洗片废液密闭置于包装桶内，废胶片置于包装袋内，分类、分区存放在危废暂存库内	定期委托有资质的单位处理。
废胶片	固态	/	/	/	14.95kg	/		
洗片废液	液态	/	/	/	575kg	/		
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	放射源暂存库与固定式探伤产生的臭氧和氮氧化物由放射源暂存库内机械排风系统引至室外，排放于大气环境。

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法律文件	(1)《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日起施行； (2)《中华人民共和国环境保护法》，主席令第九号，1989 年 12 月 26 日通过，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行； (3)《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第二十四号，2002 年 10 月 28 日通过，2003 年 9 月 1 日起施行，2018 年 12 月 29 日第二次修正； (4)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，主席令第四十三号，1995 年 10 月 30 日通过，2020 年 4 月 29 日第二次修订，2020 年 9 月 1 日起施行； (5)《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 6 月 28 日通过，2003 年 10 月 1 日起施行； (6)《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日国务院令 253 号发布，2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起施行； (7)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 9 月 14 日国务院令 449 号公布，2005 年 12 月 1 日起施行，2019 年 3 月 2 日第二次修订； (8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日原环境保护部令 18 号公布，2011 年 5 月 1 日起施行； (9)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日原环境保护总局令 31 号公布；2006 年 3 月 1 日起施行；2021 年 1 月 4 日第四次修正； (10)《放射性物品运输安全管理条例》，国务院令 562 号，2009 年 9 月 7 日通过，2010 年 1 月 1 日起施行； (11)《放射性废物安全管理条例》，国务院令 612 号，2011 年 11 月 30 日通过，2012 年 3 月 1 日起施行； (12)《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日起施行； (13)《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (14)《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；
------	--

(15)《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》，原国家环境保护总局，环发〔2007〕8号，2007年1月15日印发；

(16)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，原环境保护部办公厅环办辐射函〔2016〕430号，2016年3月7日印发；

(17)《关于加强核与辐射安全监管能力建设工作的通知》，原环境保护部办公厅环办辐射函〔2017〕1593号，2017年10月19日印发；

(18)《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，原环境保护部办公厅，环办辐射函〔2017〕609号，2017年4月21日印发；

(19)《放射性废物分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告2017年第65号，2018年1月1日起施行；

(20)《产业结构调整指导目录（2024年本）》，2023年12月27日国家发展和改革委员会令第7号公布，2024年2月1日起施行；

(21)《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部令第16号，2020年11月5日通过；2021年1月1日起施行；

(22)《国家危险废物名录（2025年版）》，2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，2025年1月1日起施行；

(23)《危险废物转移管理办法》，2021年11月30日生态环境部、公安部、交通运输部令第23号公布，2022年1月1日起施行；

(24)《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；

(25)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日印发；

(26)《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年8月19日通过，2019年11月1日起施行；

(27)《中华人民共和国生态环境法典》，中华人民共和国主席令第七十号，2026年3月12日通过，自2026年8月15日起施行；

(28)《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10号，原福建省环境保护厅办公室，2013年3月

	15 日印发； (29)《三明市生态环境局关于发布三明市 2023 年生态环境分区管控动态更新成果的通知》，明环规〔2024〕2 号，三明市生态环境局，2024 年 12 月 18 日起印发。 (30)《福建省生态环境保护条例》，福建省人民代表大会常务委员会公告（十三届）第六十九号，福建省人民代表大会常务委员会，2022 年 5 月 1 日起实施。
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)，2016 年 4 月 1 日起实施； (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，2003 年 4 月 1 日起实施； (3)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)，2023 年 3 月 1 日起实施； (4)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单，2017 年 10 月 27 日起实施； (5)《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》(HJ 1258-2022)，2022 年 7 月 1 日起实施； (6)《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T 30271-2013)，2015 年 3 月 1 日起实施； (7)《无损检测用电子直线加速器》(GB/T 20129-2015)，2016 年 5 月 1 日起实施； (8)《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB 5172-2025)，2026 年 5 月 1 日起实施； (9)《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ 114-2006)，2007 年 4 月 1 日起实施； (10)《γ 射线探伤机》(GB/T 14058-2023)，2023 年 10 月 1 日起实施； (11)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，2020 年 4 月 1 日起实施； (12)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，2021 年 5 月 1 日起实施； (13)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，2021 年 5 月 1 日起实施； (14)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)，2021 年 8 月 1 日起实施； (15)《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)，2023 年 7 月 1 日起实施； (16)《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022)，2023 年 7 月 1 日起实施； (17)《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012)，2020 年 5 月 20 日起实施；

	(18)《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)及其修改单。
其他	(1) 环评委托书； (2)《福建省开诚机械有限公司大型高效发电装备核心零部件智能制造项目环境影响报告表》； (3) 建设单位提供的工程设计图纸及技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目的辐射污染特点，故确定本项目评价范围为探伤室实体屏蔽外 50m 的区域，评价范围示意图 1-2。

7.2 保护目标

表 7-1 本项目环境保护目标基本情况

场所位置	环境保护目标	方位	关注点名称	与探伤室边界最近距离(m)	人数	受照类型	年剂量约束值(mSv)
探伤室	辐射工作人员	东侧	控制室	紧邻	8 人	职业照射	5.0
	非辐射工作人员	东侧	降压站	15	约 2 人	公众照射	0.1
		南侧	过道	紧邻	约 20 人次/d		
			2#铸钢车间	2	约 20 人		
		西侧	过道	紧邻	约 20 人次/d		
			2#铸钢车间	2	约 20 人		
		北侧	资料室	紧邻	约 2 人		

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

本标准规定了对电离辐射防护和辐射源安全的基本要求，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。

（1）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）。

（2）剂量限值

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 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）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

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；

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；

（3）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，同时参考《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30271-2013），本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 10%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表 7-2。

表 7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业人员	5.0mSv/a
公众人员	0.1mSv/a

（4）辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其

中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求，适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 7-3 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 7-3 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

5.2 γ 射线探伤机

5.2.1 源容器及其传输导管

5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 7-4 规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。

表 7-4 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机型号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

- 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；
- 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；
- 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平；

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。

5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台账，明确放射源的流向，并有专人负责。

5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。

5.2.4 放射源的运输和移动

5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB 11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

5.2.4.2 含源装置应置于储存设施内运输，只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后方能移动。

5.2.4.3 在不涉及公用道路的厂区内移动时，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于人员监视之下。

5.2.5 废旧放射源的处理

使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 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，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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

6.1.10 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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

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,适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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的形式。

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,按最高管电压与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 《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》(HJ 1258-2022)

本标准规定了核技术利用放射性废物库的选址、设计和建造技术要求,在用放射源贮存库的选址、设计和建造可参照本标准执行。

6.11 辐射防护

6.11.1 剂量限值和污染控制水平

6.11.1.1 从事废物(源)接收、贮存、监测的工作人员及公众的受照剂量应符合 GB 18871 所规定的限值。

6.11.1.2 工作人员的年有效剂量管理目标值不超过 5mSv, 公众年有效剂量管理目标值不超过 0.1mSv。

6.11.1.3 库房盖板正上方 0.5m 处的最大剂量率不超过 20 μ Sv/h; 库房外墙表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 2.5 μ Sv/h。

7.3.5 《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T 30271-2013)

本标准适用于能量为 15MeV 以下的无损检测用电子直线加速器工程。

5.3.7.1 泄漏剂量

在 X 射线束前向准直器 $\pm 1/2$ 准直器锥角到 $\pm 180^\circ$ 的范围内,距靶 1m 处泄漏剂量率与 X 射线束中心轴线上剂量率的百分比应小于 0.1%。

8.1.3 辐射防护安全要求

8.1.3.1 辐射屏蔽材料采用混凝土时,其强度等级应不低于 C25,密度不低于 2350kg/m³。

8.1.3.2 辐射屏蔽室的结构及预埋件、穿越防护墙线缆及管道应满足所有设备安装、运行、检修和维修的要求,且不能影响辐射防护效果。

8.1.3.3 辐射屏蔽室外围的辐射剂量水平应符合 GB 18871-2002 的职业照射剂量限值要求(见附录 A);在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为:职业照射年有效剂量限值为 5mSv,公众成员年有效剂量限值为 0.1mSv。

8.1.3.4 屏蔽门与墙体搭接合理,间隙与搭接比值不小于 1/10。

8.1.3.5 辐射屏蔽室应设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和视频监控、紧急停机开关等装置;装备多个射线装置时,应能联锁切换。

8.1.3.6 辐射屏蔽室迷道入口处应设置显示加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志。

8.1.3.7 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备。

8.1.3.8 其他物理因素安全要求见附录 B。

8.1.3.9 辐射屏蔽室屏蔽计算方法参见附录 C。

8.1.4.3 通风要求

8.1.4.3.1 辐射屏蔽室应根据 GBZ 2.1-2007 规定的工作场所的臭氧和氮氧化物等有害气体限值(见附录 B.3),结合加速器装置最大能量、最大剂量输出工况进行通风设计。

8.1.4.3.2 排风口的高度应根据 GB 3095 的规定,按照气体排出量和附近环境与气象资料计算确定。

8.1.4.3.3 冷却设备室应设计有与室外自然热交换的通道。

7.3.6 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)

本标准规定了危险废物贮存污染控制的总体要求、贮存设施选址和污染控制要求、容器和包装物污染控制要求、贮存过程污染控制要求,以及污染物排放、环境监测、环境应急、实施

与监督等环境管理要求。

6.1.1 贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。

6.1.2 贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。

6.1.3 贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。

6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7}cm/s ），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10}cm/s ），或其他防渗性能等效的材料。

6.1.5 同一贮存设施宜采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料应覆盖所有可能与废物及其渗滤液、泄漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

7.3.7 《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）及第 1 号修改单

本部分规定了工作场所职业接触化学有害因素的卫生要求、检测评价及控制原则。

本部分适用于工业企业卫生设计以及工作场所化学有害因素职业接触的管理、控制和职业卫生监督检查等。

表 7-5 工作场所空气中化学有害因素职业接触限值

序号	中文名	OELs (mg/m ³)			临界不良健康效应
		MAC	PC-TWA	PC-STEEL	
1	臭氧	0.3	-	-	刺激
2	氮氧化物 (一氧化氮和二氧化氮)	-	5	10	呼吸道刺激

7.3.8 项目管理目标

1、剂量约束值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30271-2013）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等

评价标准，确定本项目有效剂量约束值：

职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a，公众成员年有效剂量不超过 0.1mSv/a。

2、探伤室周围剂量当量率控制水平

本项目探伤室正下方为实土层，上方为不可上人平台。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.3 条款和 6.1.4 条款，本项目探伤室的墙体、门及探伤室顶的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

探伤室上方为不可上人平台，故对没有人员到达的探伤室顶，顶棚外 30cm 处周围剂量当量率控制水平取 100 μ Sv/h。

3、放射源贮存设施周围剂量当量率控制水平

本项目放射源暂存库位于探伤室内，正下方为实土层，无地下室。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 5.2.3.3 条款：c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽能使该处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h 或者审管部门批准的控制水平。根据《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）第 6.11.1.3 条款的要求“库房盖板正上方 0.5m 处的最大剂量率不超过 20 μ Sv/h；库房外墙表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 2.5 μ Sv/h”；

因此，本项目放射源暂存库的四侧墙体、防护门、顶棚表面外 30cm 处周围剂量当量率控制限值为小于 2.5 μ Sv/h。探伤室实体屏蔽围成的内部区域为控制区，属于公众不可达区域，将放射源暂存库内储源坑外表面 50cm 处周围剂量当量率控制限值按 20 μ Sv/h 进行管理。

4、臭氧与氮氧化物浓度限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）及第 1 号修改单，臭氧职业接触限值：最高容许浓度：0.3mg/m³；氮氧化物的时间加权平均容许浓度为 5mg/m³。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

8.1.1 项目地理位置

公司位于福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号，东侧为三明傲农生物科技有限公司；南侧紧邻金福东路，隔路为龙顺汽车摩托车年检站、福建未来药业有限公司；西侧为沙县供电公司 110kV 变电站和新楼路；北侧为山体。地理位置见图 1-1，周围环境关系见图 1-2，周围环境实景见图 1-4。

8.1.2 项目场所位置

探伤室东侧约 2m 为办公室，约 15m 为降压站；南侧紧邻过道、约 2~50m 为 2#铸钢车间；西侧紧邻过道、约 2~50m 为 2#铸钢车间；北侧紧邻资料室、其余 50m 范围内为山体。放射源暂存库位于探伤室内，周边环境与探伤室一致。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 环境现状评价对象

本项目探伤工作场所及周边环境。

8.2.2 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.3 监测点位

现场监测期间，企业的 2#铸钢厂房已建成，探伤室拟建场址为空地。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目拟建探伤室场址及周围环境进行监测布点。



图 8-1 本项目辐射场所拟建址及周围辐射环境质量现状监测点位图

8.2.4 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- (2) 监测时间：2026 年 3 月 18 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》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 监测工况：辐射环境本底；
- (6) 天气环境条件：多云；室内温度：22℃，室外温度：22℃；相对湿度：64%。
- (7) 监测仪器

表 8-1 监测仪器设备参数

检测仪器	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	型号：6150AD6/H (主机：6150AD6/H 外置探头：6150AD-b/H)
编号	165455+167510
生产厂家	Automess
量程	外置探头：10nSv/h~99.99 μ Sv/h；主机：0.1 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	外置探头：20keV-7MeV；主机：60keV-1.3MeV
检定证书编号	NJYF-20260350086
检定证书有效期	2026 年 3 月 2 日~2027 年 3 月 1 日
检定单位	浙江省质量科学研究院
校准因子 Cf	1 μ Sv/h:1.02
探测限	10nSv/h

8.2.5 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 监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合格证书上岗。
- (3) 监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。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

8.2.6 监测结果及评价

表 8-2 本项目辐射场所拟建址及周围辐射环境质量现状监测结果

点位编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率(nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
#1	拟建探伤室一	123	3	室外
#2	拟建探伤室二	127	3	室外
#3	东侧降压站	179	3	室外
#4	南侧 2#铸钢车间	176	3	室内
#5	西侧 2#铸钢车间	127	2	室内
#6	北侧道路	167	3	室外

注

- 1、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.4 条款，本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；
- 2、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.5 条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；
- 3、 γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 25.5nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，4#~5#点位取 0.8，其余点位取 1；
- 4、监测点位见图 8-1。

由表 8-2 可知：本项目探伤工作场所及周围环境室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围 127nGy/h~176nGy/h，室外 γ 辐射空气吸收剂量率为 123nGy/h~179nGy/h。由《福建省环境天然贯穿辐射水平调查》可知，三明市室内的 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为 78nGy/h~313.5nGy/h，三明市道路上 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为 57nGy/h~210nGy/h。因此，本项目工作场所拟建场所及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

9.1.1 建设阶段工艺流程

本项目建设阶段主要为探伤室及配套房间的土建施工以及设备安装调试阶段，具体工艺流程及产污环节见图 9-1。

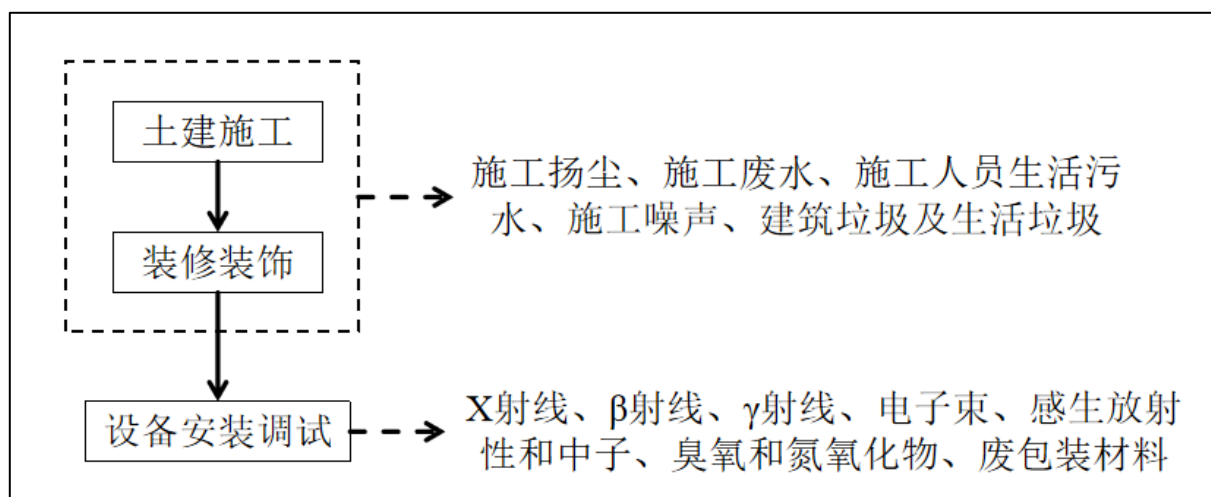


图 9-1 建设阶段工艺流程及产污环节示意图

9.1.2 建设阶段污染源项

本项目建设阶段污染源项为主要污染因子为施工扬尘、施工废水、施工人员生活污水、施工噪声、建筑垃圾及生活垃圾。设备安装调试阶段主要污染因子为 X 射线、β 射线、γ 射线、电子束、感生放射性、中子、臭氧和氮氧化物、废包装材料。本项目施工作业范围有限，施工期较短，因此其对周围环境的影响是短暂的。随着施工期的结束，其环境影响也将不复存在。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 γ 射线探伤机

1、设备组成及工作方式

γ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置启动延迟时间、输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→

收源”的检测照相过程。

典型 γ 射线探伤设备外观见图 9-2～图 9-3，内部结构见图 9-4。

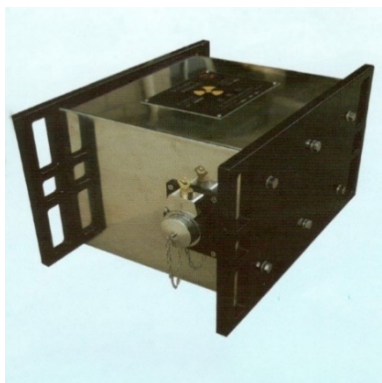


图 9-2 典型 ^{60}Co - γ 射线探伤机外观图



图 9-3 典型 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外观图

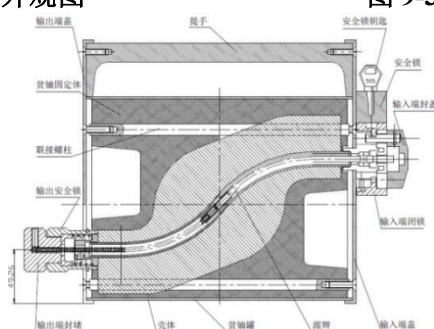


图 9-4 典型 γ 射线探伤机内部结构示意图

2、工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 产生的 γ 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像，显示裂缝所在位置， γ 射线探伤机据此实现探伤目的。

3、 γ 射线探伤工艺流程及产污环节

(1) 放射源领取

固定式探伤前，由探伤操作人员到放射源暂存库领取含源 γ 射线探伤机，须填写《放射源出入库登记表》。放射源暂存库管理人员进入放射源暂存库，其中一名管理人员打开一个储源坑的铅盖，取出其中的含源 γ 射线探伤机，并用便携式 X- γ 剂量率仪对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行检测，确认探伤机内有源，合上储源坑的铅盖，同时记录检测值。放射源暂存库管理员将取出的含源 γ 射线探伤机在全程监控下交接给探伤操作人员，由其开展下一步的固定式探伤工作。探伤工作结束后，含源 γ 射线探伤机返回放射源暂存库内的储源坑前，保管人员对含源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率再次进行检测，并与出库时的检测值对比，确保放射源的存在及处于最佳的屏蔽位置，并做好检测的记录，填写《放射源出入

库登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。同时，放射源暂存库、储源坑均实行双人双锁制度，并由 2 名辐射工作人员负责放射源的保管工作，制定《放射源使用登记制度》，贮存、领取、使用、归还放射源时，应及时进行登记、检查，做到账物相符，以确保放射源的安全监管，防止放射源意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。

放射源暂存库工作及产污流程见图 9-5。

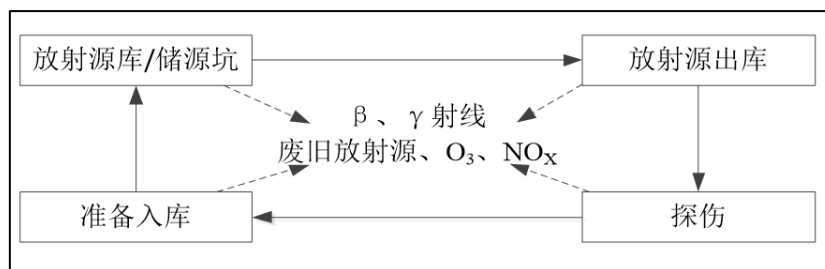


图 9-5 放射源暂存库/储源坑工作及产污流程示意图

（2）固定式探伤

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭探伤室所有防护门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身佩戴好个人剂量计和携带个人剂量报警仪。将需要进行 γ 射线探伤的工件放置于轨道车上，送入探伤室内，设置适当位置。在工件待检部位布设胶片并加以编号完毕后，放射源保管人员将含源 γ 射线探伤机从储源坑内取出并交予探伤操作人员，探伤操作人员再将 γ 射线探伤机放置工件附近，安装 γ 射线探伤机，将控制部件和输源导管连接好，开启探伤机闭锁装置。工作人员清场退出探伤室，关闭探伤室所有防护门。工作人员在控制室内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板电动驱动，将放射源推送至曝光位置进行曝光。待曝光结束后，通过电动装置再将放射源收回探伤机贮源位，固定式场所辐射探测报警装置探测到探伤室内剂量水平下降至安全阈值以下，用便携式 X- γ 剂量率仪进行监测，确定放射源回位后关闭安全锁。工作人员打开防护门进入探伤室，将含源 γ 射线探伤机交由放射源保管人员放回储源坑/放射源暂存库，收取工件上的贴片。经洗片、评片，给出无损检测结果。

出现卡源故障时，可在控制室内通过摇柄手动送源/回源方式驱动放射源回到贮源位。若手动仍不能回源，应及时通知放射源生产单位到现场处理。

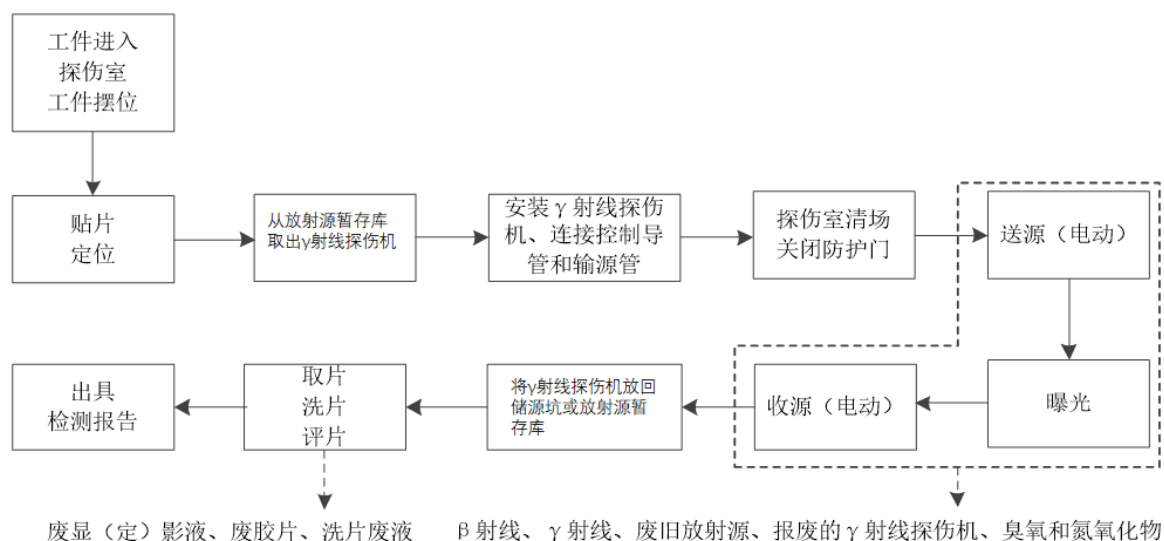


图 9-6 γ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

(3) 洗片

探伤检测后将照射过的暗袋放至洗片室，在无可见光只有洗片室红灯的情况下拆开暗袋，取出胶片放入洗片架，从取出胶片直至定影操作结束，以下所有操作过程均必须在洗片室内进行，洗片工艺流程参考图 9-7。

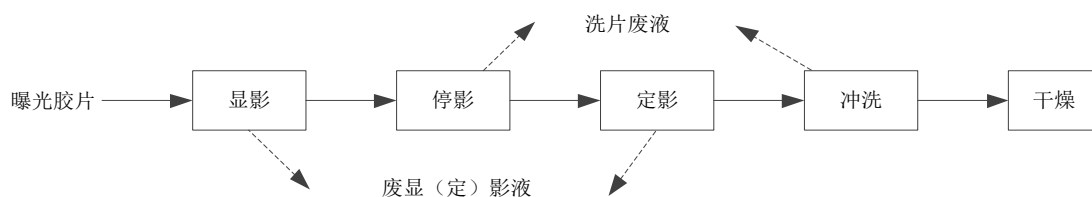


图 9-7 洗片工艺流程及产污环节示意图

综上所述，本项目 γ 射线固定式探伤的主要产污因子为： β 、 γ 射线、废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机、臭氧和氮氧化物等非放射性气体及废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

4、换源流程

当使用的放射源活度下降至不能满足无损检测需求时，需要更换放射源，换源流程如下：

(1) 放射源使用单位（福建省开诚机械有限公司）按照《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向福建省生态环境厅申请购买新源，并按要求填报《放射性同位素转让审批表》，经其批准同意后方可开展购源工作。

(2) 获取福建省生态环境厅的批准后，放射源使用单位（福建省开诚机械有限公司）委托有放射性物品运输资质的运输单位将从 γ 射线探伤机生产厂家处购买的源容器及其相关附件运输至放射源生产单位，在放射源生产单位厂区内由生产单位完成装源工作。

(3) 放射源生产单位委托有资质的运输单位将装有新源的 γ 射线探伤机运输至放射源使用单位（福建省开诚机械有限公司），同时将装有废源的 γ 射线探伤机运回放射源生产单位，在生产单位厂区内由生产单位完成倒源工作。放射源使用单位在废源收贮的活动完成之日起 20 日内向福建省生态环境厅备案。

根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号文）规定：“探伤装置装源（包括更换放射源）应由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任，放射源生产单位也可委托有能力的单位进行装源操作。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作。放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度”，福建省开诚机械有限公司不得自行进行倒源操作。本项目放射源退役和换源的所有工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责，放射源运输过程中的安全责任由运输单位负责。

9.2.2X 射线探伤机

1、设备组成及工作方式

本项目 X 射线探伤机主要由 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min。为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1:1 方式工作和休息，确保 X 射线管充分冷却，防止过热。典型 X 射线探伤机外观情况见图 9-8。



图 9-8 典型 X 射线探伤机外观示意图

2、X 射线产生原理

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 射线管主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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时被靶突然阻挡，由于韧致辐射而会产生 X 射线。

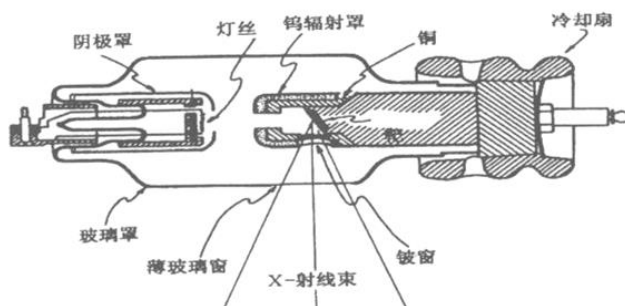


图 9-9 典型 X 射线管结构图

3、X 射线探伤工艺流程及产污环节

(1) 射线装置领取

本项目 X 射线探伤机不工作时，存放于探伤室内专门的铁柜中。探伤前，由辐射操作人员领取 X 射线探伤机，领用须填写《射线装置领用登记表》。探伤工作结束后，X 射线探伤机返回时填写《射线装置领用登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。

(2) X 射线固定式探伤

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭探伤室所有防护门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身佩戴好个人剂量计和携带个人剂量报警仪。将需要进行 X 射线探伤的工件放置于轨道车上，送入探伤室内，设置适当位置，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，并将工件门和工作人员进出门关闭，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，工作人员进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的胶片，待洗片室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

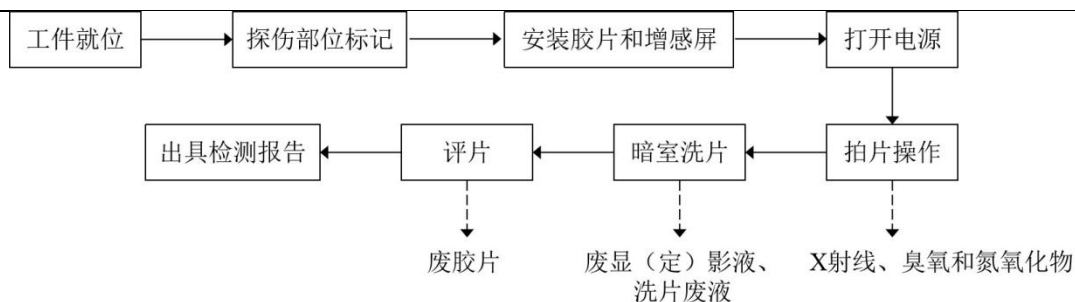


图 9-10 X 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.3 电子直线加速器

1、设备组成及工作方式

本项目拟购的 12MeV 加速器设备主要由加速管配套组件、调制器配套组件、控制系统配套组件、温控系统配套组件组成。

(1) 调制器配套组件

调制器及配套组件用于产生加速电子所需的微波功率。

(2) 加速管配套组件

加速管组件是加速器的核心，是加速器产生射线的核心装置。

(3) 控制系统配套组件

控制系统主要控制加速器的出束、能量切换及各种联锁等。

(4) 温控系统配套组件

温控系统主要是为加速器提供所需的恒温水，保证系统能够稳定运行。

2、工作原理

电子直线加速器是利用工作在 S 波段（3GHz）的微波，加到由一系列谐振在该频率的谐振腔组成的腔链中，在高真空状态下，激发起高强度驻波电场，电子枪产生的电子在该电场下加速，最终达到所要求的能量后，打到重金属靶上，产生韧致辐射—X 射线。

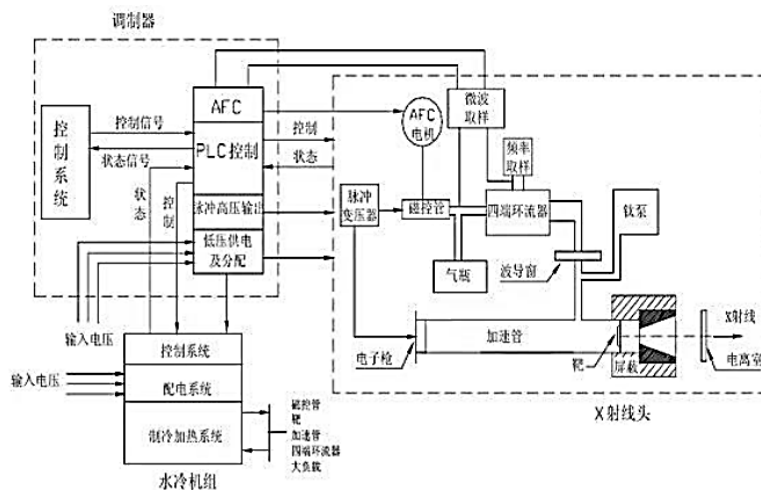


图 9-11 工作原理示意图

3、电子直线加速器工艺流程及产污环节

本项目电子直线加速器在 2#探伤室内探伤，探伤作业前打开固定式场所辐射探测报警装置，辐射工作人员随身佩戴好个人剂量计和携带个人剂量报警仪。待检工件使用轨道车送入探伤室，设置适当位置，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，并将工件门关闭。然后将主开关打到钥匙开关上，设定相应参数，调整好加速器的位置、高度。按下开关，预警灯亮，预警时间过后，将打开高压，控制面板调节预设参数，高压打开之后，将显示实际参数值；预设时间过后，高压关闭，在短时间的余热冷却时间之后，系统将处于初始状态，在余热冷却时间里，同时也将高压发生器电容电量放电。当达到预定的照射时间后，关闭电源，当高压停止时，逆时针旋转控制台上的高压钥匙开关，一次照射完毕。待全部曝光摄片完成后，工作人员确认固定式场所辐射探测报警装置的监测值正常，携带个人剂量计和个人剂量报警仪进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的胶片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

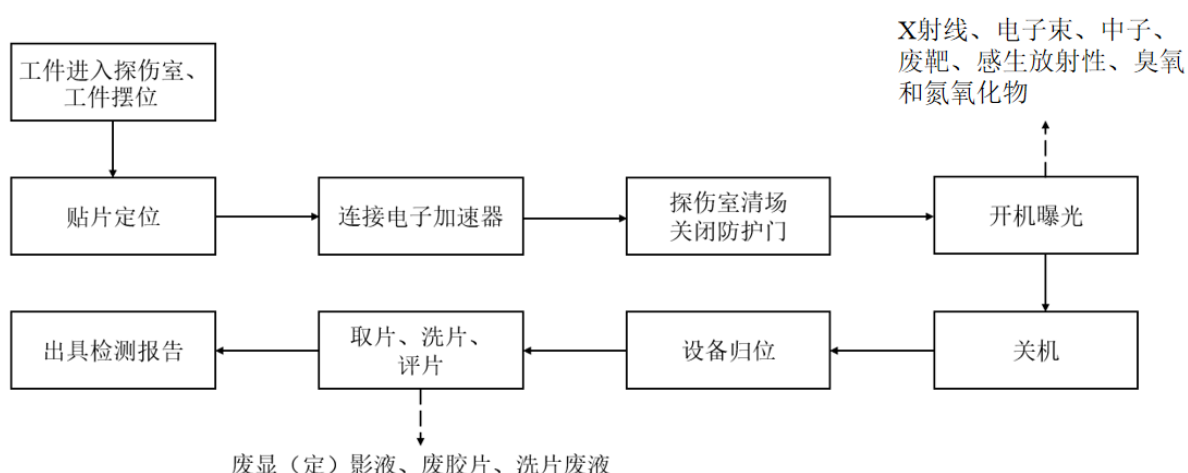


图 9-12 电子直线加速器探伤工艺流程及产污环节示意图

9.2.4 探伤工作负荷

本项目探伤工件主要为核电、火电设备中的汽轮机气缸、阀体、石化管道的阀门等，材质为钢，最大工件尺寸为 $8\text{m} \times 5\text{m} \times 4\text{m}$ ，厚度范围为 $10\text{mm} \sim 420\text{mm}$ 。实际探伤时，公司根据待检产品的厚度和检测需求，选择合适的探伤装置进行无损检测。结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性，本次评价的探伤设备主要检测厚度范围见表 9-3。

固定式探伤时，每间探伤室每次仅开启 1 台射线装置，不存在 2 台及 2 台以上射线装置同时运行的工况。探伤工作负荷见表 9-4。

表 9-3 各辐射装置主要检测厚度范围

序号	设备名称	主要检测厚度范围（钢，mm）
1	^{60}Co - γ 射线探伤机	40~180
2	^{192}Ir - γ 射线探伤机	20~90
3	12MeV 电子直线加速器	100~420
4	X 射线探伤机	XY-3005
		5~45

表 9-4 本项目探伤工作负荷

探伤类型	设备名称	年拍片量（张）	年出束时间（h）
固定式探伤	XY-3005 型 X 射线探伤机	500	25
	^{60}Co - γ 射线探伤机	8000	500
	^{192}Ir - γ 射线探伤机	2000	
	电子直线加速器	1000	167
合计		11500	/

9.2.5 辐射工作人员配置及合理性分析

本项目主要使用 X、 γ 射线探伤机进行固定式探伤作业，根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号）等相关规定，建设单位作为探伤装置使用单位，本项目拟配置 8 名辐射工作人员和 1 名辐射安全管理人员，均为本次新增，辐射工作人员的配置计划详见下表。

表 9-5 X、 γ 射线探伤装置辐射工作人员配置要求

序号	内容	人员配置
1	至少有 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	1 名，专职，负责单位辐射安全管理
2	每台探伤装置必须配备 2 名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。	8 名（均应通过 X 射线探伤与 γ 射线探伤辐射防护培训考核），专职，实行昼间两班制，每周工作 6 天，全年按 50 周计，年工作 300 天。
3	明确 2 名以上工作人员负责放射源暂存库的保管工作。	2 名（探伤操作人员兼职），负责放射源暂存库内的放射源管理
辐射工作人员总数		8 名

9.3 污染源项描述

9.3.1 运行期正常工况污染源项

1、X 射线探伤机

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子，污染途径是 X 射线外照射。

辐射场中的 X 射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射，本项目 X 射线探伤机主要辐射源强见表 9-6。

表 9-6 X 射线探伤机辐射源强一览表

序号	设备名称	设备型号	有用线束/散射辐射的 X 射线距靶点 1m 输出量 ^① mGy·m ² / (mA·min)	距 X 射线管焦点 100cm 处漏射线所致周围剂量当量率控制值 ^② (mSv/h)
1	X 射线探伤机	XY-3005	20.9	5

注：

①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 中表 B.1, 有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量; 在未获得厂家给出的输出量, 散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏 (kV) 下输出量的较大值保守估计。本项目 XY-3005 型 X 射线探伤机可得管电压为 300kV 时, 滤过条件 3mm 铝输出量为 20.9mGy·m²/ (mA·min)。

②根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第 5.1.1 条款表 1, 管电压为 >200kV 时, 漏射线所致周围剂量当量率控制值为 5mSv/h。

2、γ 射线探伤机

(1) β、γ 射线

本项目放射源应用的放射性核素为 ⁶⁰Co、¹⁹²Ir, 根据《辐射防护手册——第一分册》(李德平、潘自强主编) P54 页与 P85 页、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 附录 A 表 A.1, 相关核素的辐射特性见表 9-7。

表 9-7 放射性核素的主要辐射特性

核素	半衰期	衰变方式 (分支比, %)	射线类型	辐射能量 (MeV)	辐射能量强度*	周围剂量当量率常数 (μSv·m ² / MBq·h)
⁶⁰ Co	5.3a	β ⁻ (100%)	β ⁻	0.315	99.74%	0.35
			γ	1.173 1.332	100% 100%	
¹⁹² Ir	74d	β ⁻ (95.22) ε (4.78) β ⁺ (~0)	β ⁻	0.672	46%	0.17
				0.536	41%	
				0.240	8%	
			γ	0.296 0.308 0.316 0.468	34.6 35.8 82.9%, 100 58.0	

注: *该数值为辐射的相对强度, 带%号的表示绝对强度。

本项目 ⁶⁰Co/¹⁹²Ir-γ 射线探伤机内含的放射源 ⁶⁰Co/¹⁹²Ir 衰变时会发射出不同能量的 β 射线和 γ 射线。根据《γ 射线探伤机》(GB/T 14058-2023) 中第 5.4.1.1 条款规定, 当 γ 射线探伤机采用贫化铀作为源容器屏蔽材料时, 其外表面应包覆足够厚度的低原子序数的非放射性材料, 以减弱和吸收贫化铀发射的 β 辐射; 其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。β 射线穿透能力相对较小, 已基本被源容器屏蔽。因此, β 射线对周围环境的辐射影响甚微, 可忽略不计, 而 γ 射线具有较强的贯穿能力, 则 ⁶⁰Co/¹⁹²Ir-γ 射线探伤机的污染因子主要是 γ 射线。

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第 5.2.1.1 条款, 本项目 ⁶⁰Co-γ 射线探伤机拟采用移动式探伤机, ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机拟采用便携式探伤机, 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值见表 9-8。

表 9-8 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机代号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05

(2) 废旧放射源

公司使用的放射源到一定时间后，不能满足无损检测要求，将退役成为废旧放射源。本项目⁶⁰Co-γ射线探伤机内含放射源的额定装源活度均 7.4×10^{12} Bq (200Ci) /枚、¹⁹²Ir-γ射线探伤机内含放射源的额定装源活度均 3.7×10^{12} Bq (100Ci) /枚，其中放射源⁶⁰Co计划10年更换一次，放射源¹⁹²Ir计划5个月（150天）更换一次，¹⁹²Ir的半衰期为74d、⁶⁰Co的半衰期为5.3a，则单枚废旧放射源的活度估算结果如下：

$$\text{废旧放射源 } ^{192}\text{Ir}: 3.7 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(150/74)} = 9.08 \times 10^{11} \text{Bq}$$

$$\text{废旧放射源 } ^{60}\text{Co}: 7.4 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(10/5.3)} = 2.0 \times 10^{12} \text{Bq}$$

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。

(3) 报废的 γ 射线探伤机

γ 射线探伤装置的安全使用期限为 10 年，报废的 γ 射线探伤机源容器采用贫铀屏蔽层，属于放射性固体废物，应委托 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

3、电子直线加速器

①电子束

加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。

②X 射线

加速器产生的电子经过加速后，受到金属靶的阻止而产生轫致辐射，由于 X 射线的贯穿能力极强，对周围环境可能造成辐射污染，但运行时产生的 X 射线随加速器的开、关而产生和消失。在加速器开机时间内 X 射线为主要辐射环境污染因素，污染途径为外照射。

辐射场中的 X 射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射。

表 9-9 电子直线加速器放射性污染源项

设备名称	电子束最大能量	有用线束/散射辐射 (距靶 1m 处最大空气吸收剂量率)	泄漏辐射率
电子直线加速器	12MeV	$3.3 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$	$\leq 0.1\%$
备注：表中数据源自设备厂家提供。			

③中子

本项目电子直线加速器最大能量为 12MeV，在运行过程中产生的高能 X 射线与周围物质相互作用时，会产生中子。加速器机头外的杂散中子称为直接光中子，来源于 X 射线中能量大于 10MeV 的光子与加速器的靶、准直器及电子束和光子束通道上的其他物质互相作用发生光核反应所产生的中子。

④感生放射性

本项目 12MeV 电子直线加速器能量大于 10MeV 以上时，会产生光核反应，从而产生感生放射性。它主要包括两个方面：（1）加速器结构材料等的感生放射性；（2）气态感生放射性核素。

⑤废靶件

探伤过程如有废靶产生，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），应对废靶外表面进行辐射剂量率监测，由建设单位回收。

4、非放射性污染

（1）臭氧和氮氧化物

放射源暂存库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经排风口及时排出，排风口位于探伤室东侧，不朝向人群密集区。探伤室内进行固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外，排风口位于探伤室顶部，设有铅百叶防护，同时排风口不朝向人群密集区，臭氧在常温常压状态下将会在短时间内自动分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

（2）废显（定）影液、废胶片及洗片废液

本项目探伤洗片与评片过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中感光材料废物，危废代码为 HW16：900-019-16，并无放射性。本项目 X、 γ 射线探伤年拍片总量为 11500 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工作过程中废显（定）影液新增年产生量约 230L（密度保守按 $1\text{g}/\text{cm}^3$ ，折合重量约 230kg），废胶片新增年产生量约 345 张（废片率按 3%计，一张废胶片 10g，共约 3.45kg），本项目洗片过程中会产生洗片废液，参考同类项目的实际产污经验值，按洗 1000 张片产生 50kg 洗片废液，本项目洗片废液年产生量约 575kg，该部分危险废物定期委托有资质的单位处理，完好的胶片由公司定期建档备查（存档过期后的胶片作为危险废物委托有资质单位处置，按存档 7 年，第 8 年开始，每年 11500 张，则每年产生的废胶片约 14.95kg）。

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 9-10。

表 9-10 项目危险废物分析结果汇总表

序号	危废名称	危废类别	危险废物代码	产生量 (kg/a)	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显(定)影液	HW16	900-019-16	230	洗片	液态	卤化银、硼砂、对苯二酚	卤化银、对苯二酚	每次探伤洗片作业	T	收集于危废暂存间，定期委托有资质单位处理处置。
2	洗片废液	HW16	900-019-16	575	洗片	液态				T	
3	废胶片	HW16	900-019-16	14.95	评片	固态				T	

9.3.2 运行期事故工况污染源项

(1) 探伤室门-机联锁失效，可能使人员受到超剂量照射；

(2) 维修时厂家维修人员和运行单位人员管理不当，探伤机/电子直线加速器发生异常出束，维修人员受到超剂量照射；

(3) 放射源暂存库的防盗门和储源坑的防盗锁损坏，导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗；

(4) 退役或不用的放射源未放置到指定的地方，随意存放，导致工作人员或公众成员造成不必要的照射，可能使人员受到超剂量照射。

本项目事故工况污染源项同正常工况污染源项。

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

(1) 本项目探伤工作场所由 2 间探伤室及控制室（每间探伤室内设 2 间放射源暂存库，分别用于暂存 ^{60}Co - γ 射线探伤机和 ^{192}Ir - γ 射线探伤机）、1 间洗片室及 1 间危废暂存间等辅助用房等组成。各探伤室的混凝土工件门（电动开启）均设置在西侧，以便于工件进出。各探伤室与控制室之间均设有迷道和人员防护铅门（电动开启），便于辐射工作人员进出探伤室，并降低工作人员受照剂量。各探伤室内东侧均设有放射源暂存库，其中放射源暂存库一和放射源暂存库三内设有储源坑用于 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不作业时的临时存放；而 ^{60}Co - γ 射线探伤机自带铅罩，铅罩厚度为 6mm，存放于放射源暂存库二和放射源暂存库四。2#探伤室北侧设有 1 间洗片室，主要用于曝光后的胶片完成洗片工作，完好的胶片建档备查，探伤过程中产生的各类危废集中收集后暂存于危废暂存间。

(2) 1#探伤室的净尺寸为 16.9m（长） $\times$ 10.2m（宽） $\times$ 13m（高），工件门的门洞尺寸为 5m（宽） $\times$ 7m（高），2#探伤室的净尺寸为 14.7m（长） $\times$ 14.3m（宽） $\times$ 12.2m（高），工件门的门洞尺寸为 8.5m（宽） $\times$ 8m（高），待检工件最大尺寸为 8m $\times$ 5m $\times$ 4m，均满足探伤工件进出探伤室并位于探伤室内探伤的要求。

(3) 电子直线加速器的有用线束朝向 2#探伤室的南侧；而 $^{192}\text{Ir}/^{60}\text{Co}$ - γ 射线探伤机和 X 射线探伤机的有用线束朝向四周。控制室所处位置为探伤室东侧，避开了电子直线加速器和 X 射线探伤机的有用线束直射，对于 $^{192}\text{Ir}/^{60}\text{Co}$ - γ 射线探伤机的有用线束经迷道防护。

因此，本项目探伤工作场所的功能设计较为完善，满足固定式探伤的基本用房配置需求。探伤室的尺寸设计已预留宽裕的作业空间，满足最大工件位于探伤室内关门探伤的要求。探伤室的设置已充分注意周围的辐射安全，控制室已避开有用线束直射并与探伤室分开，布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.1 条款要求，合理可行。

10.1.2 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 6.4 条款规定，辐射工作场所可分为控制区、监督区，其划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指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。

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定，本项目对探伤

工作场所实行分区管理，具体划分情况如下：

本项目拟将探伤室实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，在探伤室防护门外 1m 处采用黄色警戒线作为标志，探伤/贮源期间禁止任何人员入内，并设置电离辐射警告标志和中文警示说明；控制室等相邻区域划为监督区，探伤/贮源期间限制非辐射工作人员入内，分区管理示意图见图 10-1。

10.1.3 辐射工作场所屏蔽防护设计

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室和放射源暂存库的辐射屏蔽防护设计方案见下表 10-1。

表 10-1 本项目探伤室屏蔽防护设计方案一览表

1#探伤室		
外尺寸	21700mm（长）×14800mm（宽）×14000mm（高）	
内尺寸	16900mm（长）×10200mm（宽）×13000mm（高）	
四侧墙体	北侧为 3300mm 混凝土，其余三侧为 1300mm 混凝土	
迷道内墙	迷道位于探伤室东侧，迷道内墙为 1300mm 混凝土，迷道尺寸为 4.1m（长）×0.9m（宽）×3.1m（高），迷道设置形式为“L”型迷道	
顶棚	1000mm 混凝土	
工件门	门体尺寸：6600mm（宽）×5800mm（高），门洞尺寸：5000mm（宽）×6000mm（高），1300mm 混凝土 （上方搭接为 800mm、下方无搭接、左侧搭接为 600mm、右侧搭接为 1000mm）	
人员防护门	门体尺寸：1300mm（宽）×2500mm（高），门洞尺寸：900mm（宽）×2200mm（高），18mm 铅板+6mm 镀锌钢板 （上方搭接为 200mm、下方搭接为 100mm、左、右搭接各为 200mm）	
穿墙管道（“U”型管）	Φ200mm，均为地下“U”型（地坪以下 800mm），位于探伤室东侧	
通风管道（“L”型管）	位于探伤室顶部且设有铅百叶防护，风机设计风量 15000m ³ /h，排风通向探伤室外，不位于人群密集处	
放射源暂存库一	内尺寸	1900mm（长）×1800mm（宽）×2210mm（高）
	西侧和北侧墙体	300mm 混凝土
	防护门	20mm 铅板
	通风管道	Φ300mm，位于探伤室东侧“Z”型穿墙，风机设计风量 200m ³ /h，排风通向探伤室外，不位于人群密集处
	穿墙管道	Φ200mm，为地下“U”型（地坪以下 800mm），位于东侧
	储源坑	净尺寸：450mm（长）×450mm（宽）×470mm（深） 2 个储源坑，储源坑铅盖：3mm 镀锌钢板+10mm 铅板+3mm 镀锌钢板
放射源暂存库二	内尺寸	1900mm（长）×1800mm（宽）×2210mm（高）
	西侧和南侧墙体	300mm 混凝土
	防护门	20mm 铅板
	通风管道	Φ300mm，位于探伤室东侧“Z”型穿墙，风机设计风量 200m ³ /h，排风通向探伤室外，不位于人群密集处
	穿墙管道	Φ200mm，为地下“U”型（地坪以下 800mm），位于东侧
2#探伤室		
外尺寸	22800mm（长）×20000mm（宽）×14000mm（高）	

内尺寸		14700mm（长）×14300mm（宽）×12200mm（高）
四侧墙体		南侧墙体为 3300mm 混凝土，其余三侧为 2400mm 混凝土
迷道内墙		迷道位于探伤室东侧，迷道内墙为 2400mm 混凝土，迷道尺寸为 7.1m（长）×0.9m（宽）×3.1m（高），迷道设置形式为“L”型迷道
顶棚		1800mm 混凝土
工件门		门体尺寸：10800mm（宽）×9200mm（高），门洞尺寸：8500mm（宽）×8000mm（高），2400mm 混凝土 （上方搭接为 1200mm、下方无搭接、左侧搭接为 1200mm、右侧搭接为 1100mm）
人员防护门		门体尺寸：1300mm（宽）×2500mm（高），门洞尺寸：900mm（宽）×2200mm（高），30mm 铅板+15mm 含硼聚乙烯+6mm 镀锌钢板 （上方搭接为 200mm、下方搭接为 100mm、左、右搭接各为 200mm）
穿墙管道（“U”型管）		Φ200mm，均为地下“U”型（地坪以下 800mm），位于探伤室北侧和东侧
通风管道（“L”型管）		位于探伤室顶部且设有铅百叶防护，风机设计风量 30000m ³ /h，排风通向探伤室外，不位于人群密集处
放射源暂存库三	内尺寸	1900mm（长）×1800mm（宽）×2210mm（高）
	西侧和南侧墙体	300mm 混凝土
	防护门	20mm 铅板
	通风管道	Φ300mm，位于探伤室东侧“Z”型穿墙，风机设计风量 200m ³ /h，排风通向探伤室外，不位于人群密集处
	穿墙管道	Φ200mm，为地下“U”型（地坪以下 800mm），位于东侧
	储源坑	净尺寸：450mm（长）×450mm（宽）×470mm（深） 2 个储源坑，储源坑铅盖：3mm 镀锌钢板+10mm 铅板+3mm 镀锌钢板
放射源暂存库四	内尺寸	1900mm（长）×1800mm（宽）×2210mm（高）
	西侧和北侧墙体	300mm 混凝土
	防护门	20mm 铅板
	通风管道	Φ300mm，位于探伤室东侧“Z”型穿墙，风机设计风量 200m ³ /h，排风通向探伤室外，不位于人群密集处
	穿墙管道	Φ200mm，为地下“U”型（地坪以下 800mm），位于东侧
注： ①表中混凝土的密度为 2.35g/cm ³ ，铅的密度为 11.3g/cm ³ ，钢的密度为 7.85g/cm ³ 。 ②探伤室正下方均为土层，不做特殊防护。		

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

1、探伤装置固有安全属性

表 10-2 探伤装置固有安全属性

装置名称		设备技术要求
γ 射线探伤机	源容器及其传输导管	本项目 γ 射线探伤机类别为便携式（P）和移动式（M），当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率不超过《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 2 规定的控制值，随机文件中有该指标的说明。其他放射防护性能符合 GB/T 14058 的要求。

X 射线探伤机	探伤装置	本项目 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。
	控制台	①控制台拟设置有高压接通时的外部报警或指示装置； ②设有钥匙开关和紧急停机开关。
电子直线加速器	控制台	①控制台设有钥匙开关和密码； ②控制按钮采用安全电压； ③控制系统具备如下功能：a、正常开机和停机；b、出束前声光报警；c、设备状态及故障显示、报警及自动停机；d、显示装置的主要参数；e、安全连锁；f、紧急停机。
	设备	加速器装置的稳定性、可靠性应能满足使用要求。

表 10-3 本项目探伤装置工作前检查与设备维护内容

γ 射线探伤机	工作前检查项目	①检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；②检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；③确认放射源锁紧装置工作正常； ④检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；⑤安全连锁是否工作正常；⑥报警设备和警示灯运行是否正常；⑦检查源容器和源传输导管是否连接牢固；⑧检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；⑨检查警告标签和源的标志内容是否清晰；⑩测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。
	设备维护	①应定期对探伤装置中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修探伤装置时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位的人员不应单独对探伤装置进行维修。②应经常对探伤装置的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。③探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。④每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。⑤严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、连锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。⑥更换输源管、控制缆和源辨等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。
X 射线探伤机	工作前检查项目	①探伤机外观是否完好；②电缆是否有断裂、扭曲以及破损；③安全连锁是否正常工作；④报警设备和警示灯是否正常运行；⑤螺栓等连接件是否连接良好；⑥探伤室内安装的固定式场所辐射探测报警装置是否正常。
	设备维护	①使用单位应对探伤装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；②设备维护包括探伤装置的彻底检查和所有零部件的详细检测；③当设备有故障或损坏需要更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；④应做好设备维护记录。
电子直线加速器	工作前检查项目	检查加速器的安全连锁、紧急停机按钮、射线源开关钥匙、通风换气装置以及剂量监测与警示标志及装置等，确认其处于正常状态。
	设备维护	由生产厂家专业工程师负责。

2、X、γ 射线探伤机贮存场所辐射安全和防护措施

本项目 X 射线探伤机不作业时存放于探伤室内铁柜中；¹⁹²Ir/⁶⁰Co-γ 射线探伤机不作业时临时贮存于放射源暂存库内。

表 10-4 探伤装置不作业时贮存场所辐射安全和防护措施

场所名称	拟采取的辐射安全和防护措施
放射源暂存库	①放射源暂存库设计已考虑“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的基本要求，不存放易燃易爆、腐蚀性等物品。 ②放射源暂存库墙体结构上拟防火，库内严禁烟火，库房附近拟配若干灭火器，满足放射源暂存库的“防火”要求。

	③放射源暂存库的地面拟采用水泥硬化处理，并设置防潮层以防渗，满足放射源暂存库的“防水”要求。 ④放射源暂存库出入口的防护门及储源坑的铅盖均拟设防盗锁，保持在锁紧状态，并指定 2 名工作人员负责放射源暂存库的保管工作，实行双人双锁制度。库内拟设置 24 小时持续有效的视频监控录像系统，且录像保存时间在 30 天以上，并与值班室联网；拟设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网，满足放射源暂存库的“防盗、防破坏”要求。 ⑤领用、交还含放射源的源容器时，对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器按规定位置存放，领用和交还均有详细的登记，满足放射源暂存库的“防丢失”的要求。 ⑥放射源暂存库拟采用符合标准要求的实体屏蔽进行防护，经辐射环境影响预测，本项目放射源暂存库处于最大贮存工况时，放射源暂存库周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 2.5μSv/h 的要求，其辐射屏蔽防护性能有效可行，满足放射源暂存库的“防射线泄漏”要求。 ⑦放射源暂存库内及附近严禁存放易燃易爆和腐蚀性物品，放射源暂存库四周均不涉及易燃易爆物质及危险化学品等存放，满足放射源暂存库的“防爆”要求。 ⑧放射源暂存库出入口的防护门和储源坑的坑盖上均拟设显著的电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。 ⑨公司拟制定含源 γ 射线探伤机的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，明确放射源的流向。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。同时，放射源暂存库现场处拟张贴相关辐射安全管理制度。
--	---

3、X、γ 射线固定式探伤辐射安全和防护措施

一、探伤室辐射安全和防护措施

本项目建设 2 间探伤室开展 X、γ 射线固定式探伤。根据国家相关法律法规和标准要求，并结合项目实际情况，本项目在投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

（1）各探伤室的工件门和工作人员出入门均拟设置门-机联锁装置，防护门与所有探伤机联锁（γ 射线探伤机、X 射线探伤机、电子直线加速器三种射线装置与防护门均采用不同联锁系统），确保在防护门关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束或回源。

（2）各探伤室的门口均拟设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与所有辐射装置联锁。“预备”信号可以持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处有对“照射”和“预备”信号意义的说明。同时电子直线加速器设备配备一台闪光式或旋转式红色警示灯及音响警告装置。

（3）各探伤室均拟设 1 套 24 小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间在 30 天以上，并与厂区的值班室联网。各探伤室的视频监控探头均拟设 3 个，其中 2 个位于探伤室的内部、1 个位于探伤室迷道，保证监控无死角。在控制室的控制台拟设专用的监视器，可监控探伤室内人员活动情况和探伤装置的运行情况。

(4) 各探伤室的工件门、工作人员出入门、放射源暂存库防护门、储源坑坑盖表面均拟设置符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

(5) 各探伤室内的四侧墙面、控制室的控制台等处均拟设紧急停机按钮，并给出清晰的标记和说明，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，可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。按钮带有标签，标明使用方法。

(6) 各探伤室内均拟设 1 套机械通风装置，每小时有效通风换气次数不小于 5 次，排风管道外口已避免朝向人员活动密集区。各放射源暂存库内均拟设 1 套机械通风装置，每小时有效通风换气次数不小于 3 次，排风管道外口已避免朝向人员活动密集区。

(7) 各探伤室内均拟安装 1 套固定式场所辐射探测报警装置，在探伤室内设置固定式辐射剂量率监测仪探头，该监测系统能够显示探伤室内实时辐射剂量率，并有报警功能，其显示单元设置在控制室，并与门连锁。

(8) 本项目拟配置 2 台便携式 X- γ 剂量率仪，设备拟与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

(9) 各探伤室的工件门和工作人员出入门均拟采用电动门，均具有防夹功能。工件门和工作人员出入门的内侧分别拟设 1 个室内紧急开门装置，紧急状态下室内人员可开启该装置而离开探伤室。同时，工作人员可通过控制台上的电动操控按钮从室外打开工件门，通过工作人员出入门外侧墙上的电动操控按钮从室外打开工作人员出入门。

(10) 各探伤室的工件门外 1m 处拟划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

二、探伤操作的放射防护

(1) 对正常使用的探伤室应检查门-机安全连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

(2) 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出检测室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应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) 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

(5) 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。直线加速器 X 射线机头旋转机构应保证 X 射线机头与辐射屏蔽室主射束方向夹角限制在 30° 的范围内，X 射线机头升降机构应有上下限位及钢丝绳防脱槽装置，运动装置应在每个运行方向设行程限位器、缓冲器或端部止挡机构。

（6）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。

三、辐射安全管理

（1）探伤室涉及多台不同类型探伤装置的使用，应做好电子直线加速器和 γ 射线探伤机安全锁的钥匙保管工作。同时，合理规划多台设备每日探伤的时序问题。

（2）严格控制探伤室运行工况，各探伤室每次探伤工作仅限 1 台辐射装置开机运行，禁止 2 台及 2 台以上辐射装置同时开机运行。

（3）公司应建立电子直线加速器、放射源、射线装置的管理档案和台账记录，贮存、领取、使用、归还探伤机时应及时进行登记、检查，做到账物相符，并要求专人负责保管。

（4）相关辐射安全规章制度应张贴上墙于探伤工作现场处。

4、关于 γ 射线探伤的管理要求

本项目对照《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号）、中的要求，相关符合性分析评价分别见表 10-5。

表 10-5 本项目与环发〔2007〕8 号文的对照性分析评价

《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号）		本项目情况	符合情况
1	至少有 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	公司拟成立辐射安全领导小组，并任命 1 名专职人员为辐射安全责任人，负责现有项目与本项目的辐射安全管理工作。	符合
2	每台探伤装置须配备 2 名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。	公司每台 γ 射线探伤机均拟配备 2 名探伤操作人员，操作人员上岗前均拟参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
3	必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	本项目环评报批后，建设单位及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。	符合
4	探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。	该公司拟在日常操作中落实该要求，当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。	符合
5	明确 2 名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施，源库门应为双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的，应利用保险柜现场保存，但须派专人 24 小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。	公司拟配备 2 名工作人员负责放射源暂存库的保管工作。本项目储源室拟设置红外报警装置和视频监控装置，对储源室实行 24 小时监控，实行双人双锁制度，并设置电离辐射警告标志。	符合

6	制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。	公司拟制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，并由专门的放射源保管员做好放射源相关的领取、归还和登记工作，在今后的探伤工作过程中严格按照制度执行，由 2 名辐射工作人员在场定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。	符合
7	每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	公司拟制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录；实际探伤过程中严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合
8	探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	公司承诺开展探伤工作时，至少 2 名操作人员同时在场。每名操作人员均佩戴 1 枚个人剂量计和携带 1 台个人剂量报警仪，个人剂量计拟定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	符合
9	每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	公司拟制定 γ 射线室内探伤操作规程，明确规定：每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。实际工作过程中，探伤操作人员严格按照探伤操作规程执行。	符合
10	更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	本项目探伤装置装源（包括更换放射源）由放射源生产单位操作，并承担安全责任，公司不得自行进行装源操作。更换放射源时，该公司拟向福建省生态环境厅提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；在转让活动完成之日起 20 日内，公司与放射源生产单位拟分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。	符合
11	发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	公司拟制定辐射事故应急预案，在预案中明确规定：发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，公司应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	符合
12	探伤室建筑（包括辐射防护墙、门、辐射防护迷道）的防护厚度应充分考虑 γ 射线直射、散射效益。	本项目探伤室拟采用混凝土防护墙及工件门对 γ 射线进行屏蔽，经理论预测，其屏蔽防护措施能够满足标准要求。	符合
13	探伤室应安装固定式辐射剂量仪，剂量率水平应显示在控制机房内，并与门联锁	探伤室内拟安装固定式场所辐射探测报警装置，剂量率水平应显示在控制室内，并与门联锁。	符合
14	应配置便携式辐射检查报警仪，该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。	公司承诺按要求配置便携式辐射检测报警仪，并将该报警仪与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。	符合
15	探伤室工作人员入口门外和被探伤物件出入口门外应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱。探伤作业时，应有声音警示，灯箱应醒目显示“禁止入内”。	本项目探伤室防护门外拟设置“当心电离辐射”的警告标志和工作状态指示灯箱，警告无关人员勿靠近探伤室或在探伤室周围做不必要的逗留。	符合

16	γ 射线探伤室的各项安全措施必须定期检查, 并做好记录。	公司承诺将对本项目探伤室的各项安全措施定期检查, 并做好记录, 并在管理制度中明确上述要求, 在今日的工作中严格按照制度实施。	符合
----	-------------------------------------	---	----

5、辐射防护设施、辐射检测仪器及防护用品配置

本项目各探伤室内不同时开机使用 2 台及 2 台以上的辐射装置。

本项目新增 8 名辐射工作人员。本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划见表 10-6。本项目用于探伤装置放射防护检测的仪器, 应按规定进行定期检定/标准, 并取得相应证书。使用前, 应对辐射检测仪器进行检查, 包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应。

表 10-6 本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划表

类别	辐射防护设施	配置	备注
放射源 暂存库	个人剂量计	2 枚	/
	个人剂量报警仪	2 个	/
	110 红外入侵报警装置	4 个	/
	机械通风装置	4 套	各放射源暂存库各安装 1 套
	电离辐射警告标志和中文警示说明	若干	储源库防护门、源坑盖板
X、 γ 射线固 定式探 伤	个人剂量计	6 枚	/
	个人剂量报警仪	6 个	/
	便携式 X- γ 剂量率仪	2 台	/
	固定式场所辐射探测报警装置	2 套	每间探伤室处各安装 1 套
	显示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置, 并与探伤机联锁	4 套	每间探伤室的工件门口、工作人员出入口安装 1 套
	视频监控装置	6 个	/
	监视器	2 个	每间探伤室的控制台各安装 1 个
	紧急停机按钮	10 个	每间探伤室的四侧内墙和控制台各安装 1 个
	机械通风装置	2 套	每间探伤室各安装 1 套
	电离辐射警告标志和中文警示说明	若干	探伤室工件门、工作人员出入口均需设置;

6、废旧放射源的处置及换源

(1) 当放射源需报废时, 应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定, 相关文件记录应归档保存。

(2) 在废旧放射源转让活动完成之日起 20 日内, 公司拟将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送福建省生态环境厅备案。

(3) 废旧放射源临时贮存在放射源暂存库的储源坑内, 公司应及时通知放射源销售单位专车取走。

(4) 严禁将废旧放射源非法转让, 随意丢弃。

(5) 探伤装置装源（包括更换放射源）由放射源生产单位在生产厂家内进行操作，并承担其安全责任，放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度。

7、探伤设施的退役

(1) 本项目 X 射线探伤机后期如报废，公司对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

(2) 本项目 γ 射线探伤机内含 II 类放射源，相关工作场所如服务期满并拟淘汰使用，公司应按照《核技术利用设施退役》（HAD 401/14-2021）的要求实施探伤室的退役活动，并根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的规定，及时办理相应的退役环境影响评价手续，确保退役场所满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相关要求，方可无限制开放使用。

(3) 当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序，包括以下内容：

a、有使用价值的 γ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照 GBZ 117-2022 第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

b、掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样处理。

c、X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

d、当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

e、清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

f、对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

8、危险废物环境管理措施

(1) 危废暂存

本项目固定式探伤的洗片工作均在洗片室内完成；该过程产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液等危废收集后暂存于危废暂存间，再委托有资质的公司处理处置。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）与《危险废物转移管理办法》（生态环境部令第 23 号）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施：

本项目危废暂存间，占地面积约为 18m²，拟建于探伤室北侧，该场所建设应按《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）相关要求建设，需满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，由专人管理。危废暂存间门上设有显著的危废标识，地面需作水泥硬化并防渗防

腐处理。本项目废（显）定影液年产生量为 230kg，洗片废液年产生量为 575kg，废胶片年产生量为 14.95kg，产生量较小，贮存期限一般不超过 1 年，危废暂存场所贮存能力为 10t，能够满足本项目危废贮存的容积要求，产生量较小，贮存期限一般不超过 1 年，可以满足贮存的容积要求。根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物贮存场所（设施）的名称、位置、占地面积、贮存方式、贮存容积、贮存周期等内容，具体见表 10-7。

表 10-7 危险废物贮存场所（设施）基本情况表

序号	贮存场所（设施）名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危废暂存间	废显（定）影液	HW16	900-019-16	探伤室北侧	约 18m ²	专用防渗容器	10t	1 年
2		废胶片	HW16	900-019-16			袋装堆放		
3		洗片废液	HW16	900-019-16			专用防渗容器		

危废暂存间的环境管理应满足：①专人管理，其他人员未经允许不得入内。②危险废物贮存前应做好统一包装，防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器应粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。③危险废物必须分类分区贮存，不同类危险废物间应有明显间隔，严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。④建立危险废物管理台账，管理人员应做好危险废物情况的记录，记录上须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称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留三年。

（2）危废的转移

对于厂内运输，本项目危废从厂区内产生环节运输到危废暂存间，应由专人负责，专用容器或废物袋收集转移，避免可能引起的散落、滴漏。对于厂外运输，危废由有资质单位定期到厂内收集并运输转移，采用专用车辆。危废转移过程中应严格执行转移联单管理制度，危险废物电子转移联单数据应当在信息系统中至少保存十年。

（3）危废暂存间渗滤液风险分析与防渗措施：

A、渗滤液风险分析：

- ①在废液转运至危废间的过程中，操作人员若未按照规范流程操作，导致漏液。
- ②将不同性质的探伤废液混合堆存，或者在危废间内超量堆存，可能导致容器受压破裂，从而引发漏液。
- ③危废间地面防渗层施工过程中工艺不达标导致防渗层破裂。

B、防渗措施：

①加强人员培训，完善危险废物存放流程 and 操作规范，同时建立危险废物管理台账，管理人员应做好危险废物情况的记录；

②分类分区贮存，不同类危险废物间应有明显间隔，严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存；

③容器下方放设托盘，同时危废暂存间设立导流槽，防止废液泄漏造成不利影响。

10.2 三废的治理

本项目的运行无放射性废水。

(1) 公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与放射性生产销售单位签订废旧放射源返回协议。

(2) 超过安全使用期限的报废 γ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。

(3) 探伤过程产生的加速器废靶件由设备厂家回收处理。

(4) 放射源暂存库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经放射源暂存库的排风口及时排出，风机风量均为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数为 3 次，排风口均位于探伤室东侧。

(5) 固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外，臭氧在常温常压状态下将会在短时间内自动分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的 $1/3$ ，且毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。1#探伤室的风机风量为 $15000\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数为 6 次，排风口位于探伤室顶部；2#探伤室的风机风量为 $30000\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数为 11 次，排风口位于探伤室顶部。

(6) 电子直线加速器探伤过程中产生的含 ^{15}O 和 ^{13}N 等核素的感生放射性气体通过机械排风装置排到外环境中很快衰变。

(7) 探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，固定式探伤产生的危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，委托有资质的公司进行处理处置。

10.3 环保投资一览表

本项目总投资 1000 万元，环保投资 250 万元，占总投资的 25%，详见表 10-8。

表 10-8 辐射安全设施和环保设施（措施）投资一览表

类别	环保设施/措施	投资额（万元）
屏蔽措施	探伤室及放射源暂存库	200
安全装置	门-机联锁装置	2
	监控系统	2
	工作状态指示灯及声音提示装置	2.5
	急停按钮	1
	电离辐射警告标志	0.5
三废处理	危废暂存间	5
	危废包装及委托处置	3
	排风装置	9.6
辐射监测	固定式场所辐射探测报警装置	4
	个人剂量计	0.4
	个人剂量报警仪	1
	便携式 X-γ 辐射监测仪	2
综合管理	工作人员岗前健康体检	2
	工作人员上岗培训	2
	规章制度上墙	0.5
应急设施	应急和救助的物资准备	2.5
环评与验收		10

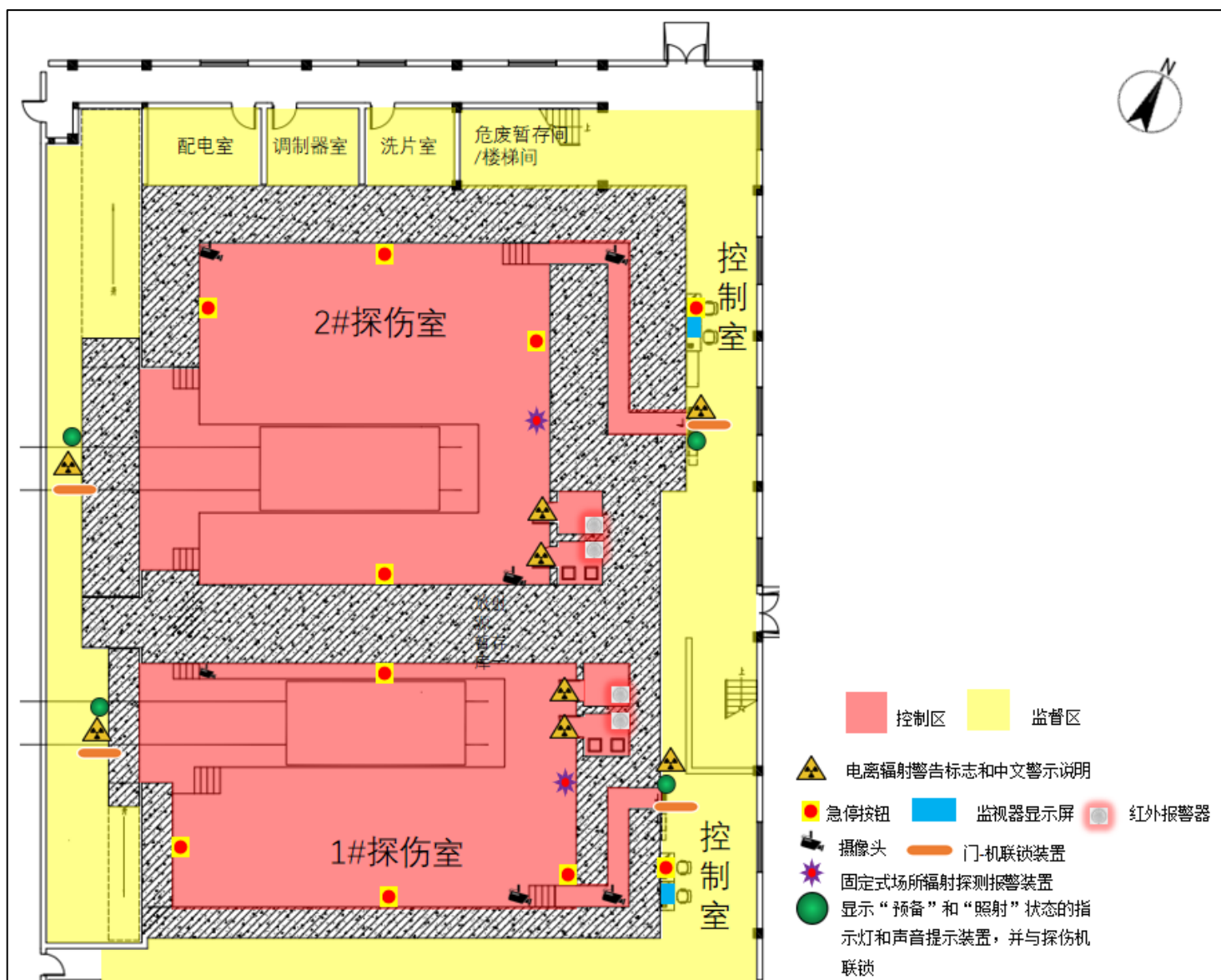


图 10-1 本项目辐射工作场所分区管理及安全设施布置示意图

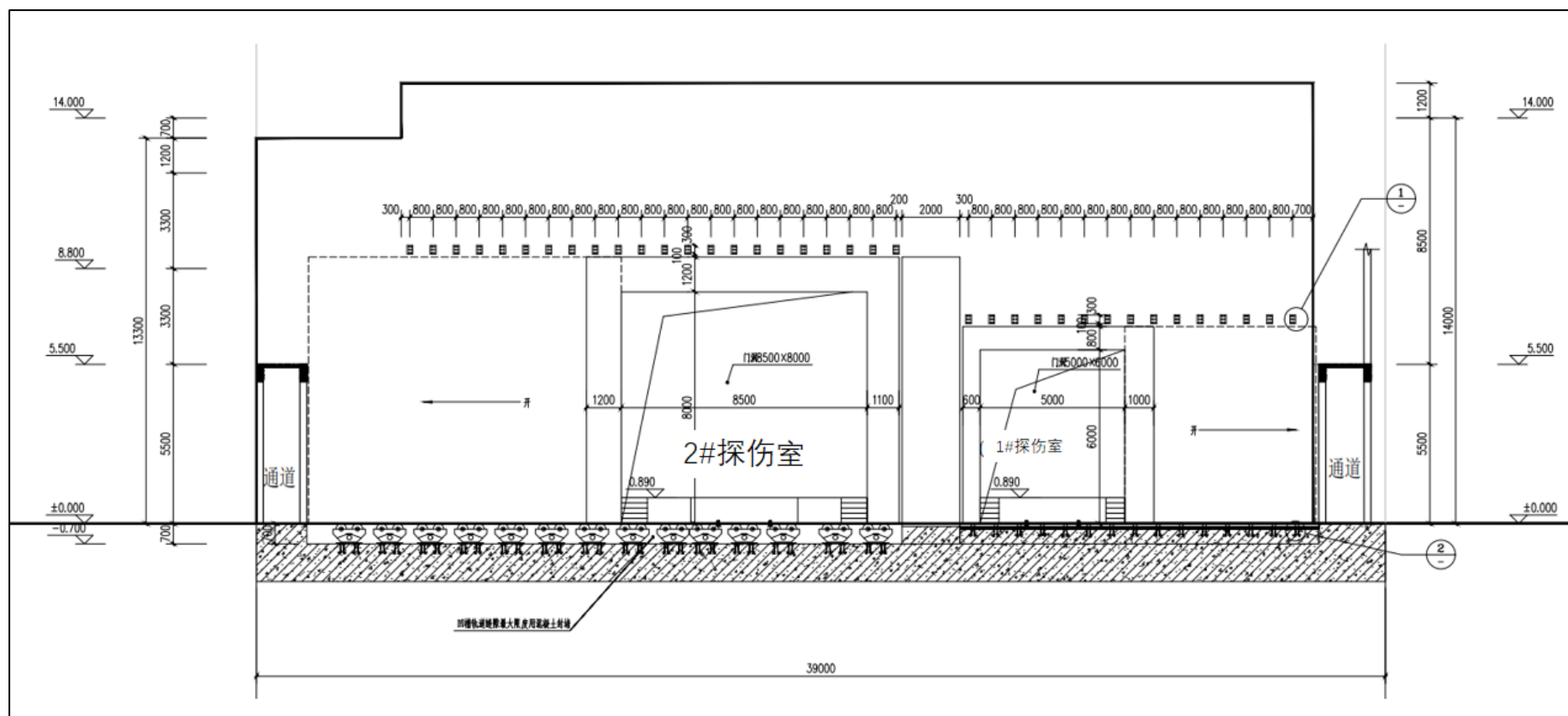


图 10-2 本项目工件门立面图（单位：mm）

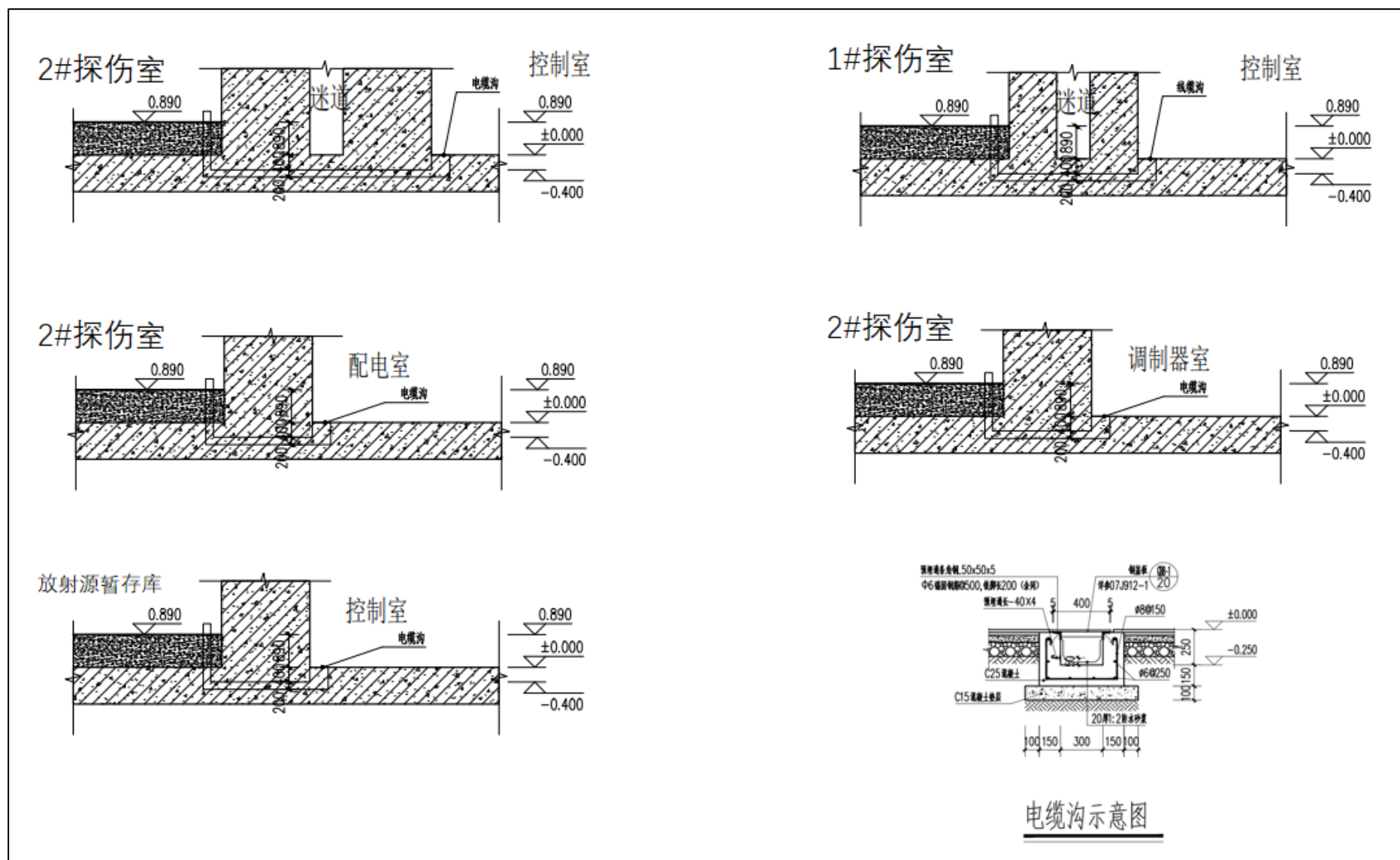
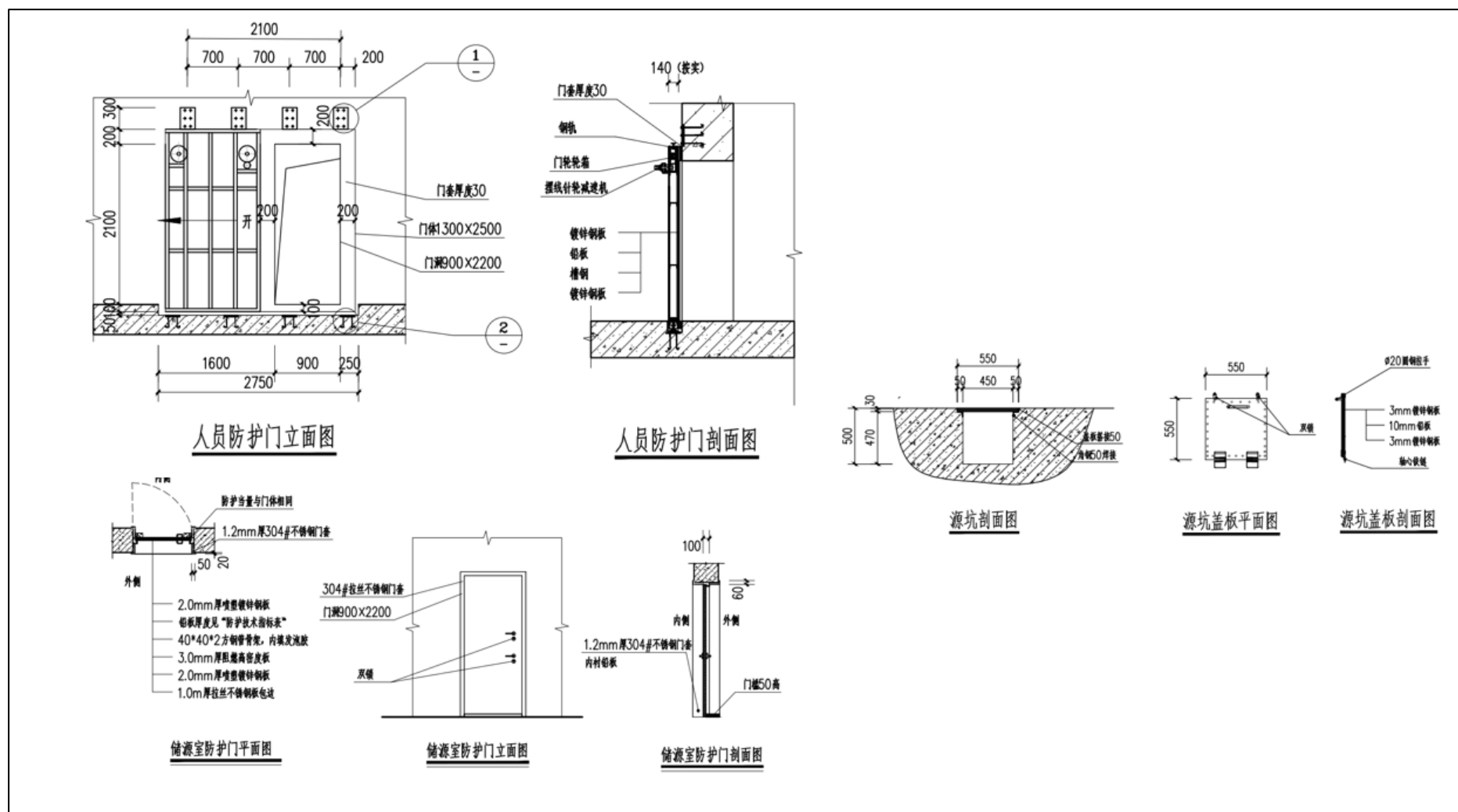


图 10-3 本项目穿墙管道剖面图（单位：mm）



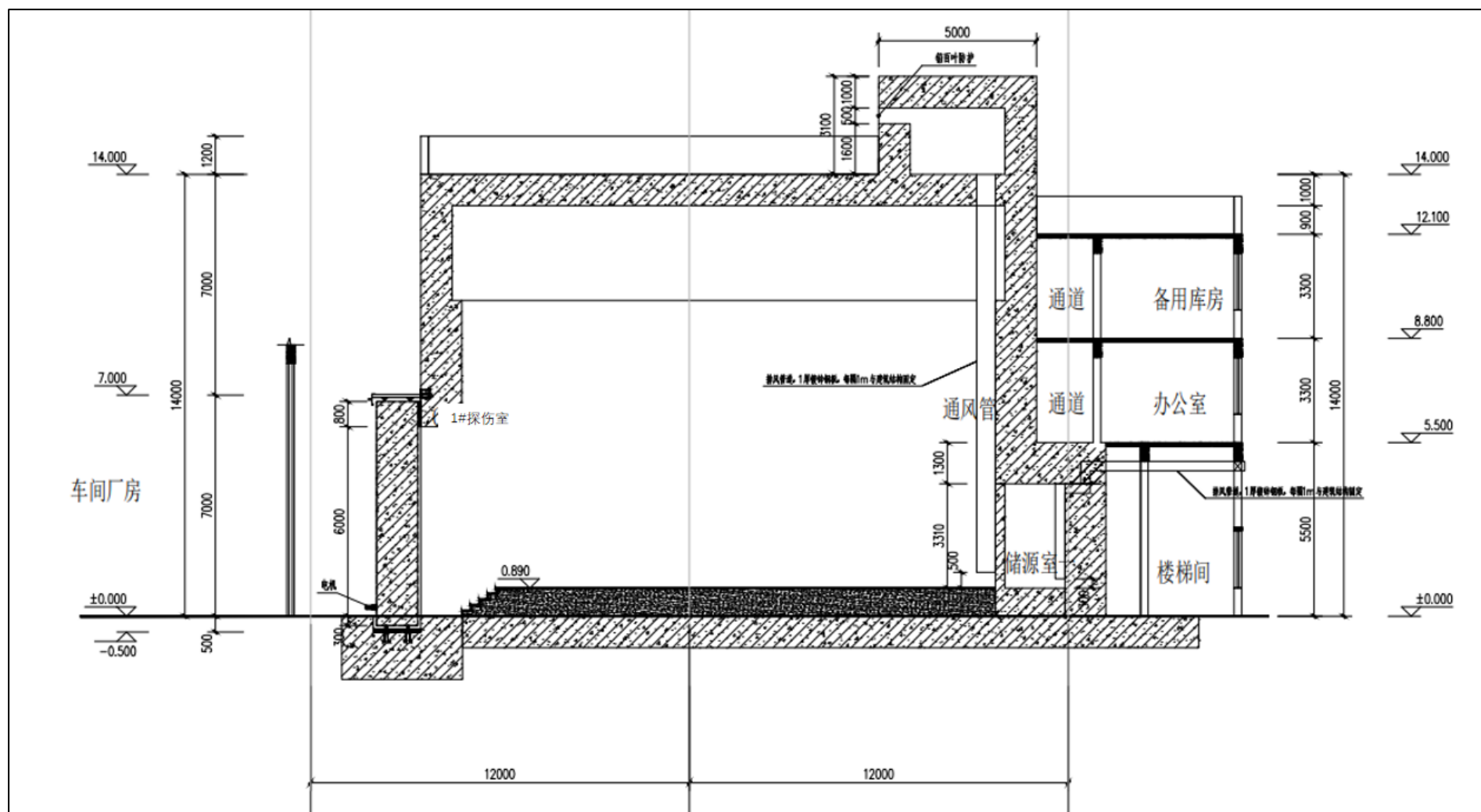


表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

本项目施工期主要是对探伤室、放射源暂存库及配套房间进行防护装修、装饰施工，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。

(1) 扬尘

施工过程中会产生扬尘，主要是防护装修过程中产生的扬尘（TSP）。建设单位应加强施工区域管理，对施工场地采取围挡措施。施工时采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境和公众的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应及时清理。

(2) 废水

施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，可依托建设单位化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

(3) 噪声

施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。

(4) 固体废物

建设过程中产生的装修垃圾堆放在住建部门指定的地点，严禁随意堆放和倾倒。施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

综上所述，本项目施工范围较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.1.2 设备安装调试阶段

本项目用于固定式探伤的 X、 γ 射线探伤机与电子直线加速器需安装和调试后方可使用，安装调试期对于环境主要影响为电离辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装调试均要求在辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行，建设单位不得自行安装和调试设备。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在探伤室门外设置电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料作为一般固体废物进行处置。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

本项目拟配置 3 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（2 用 1 备）、2 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机、1 台 XY-3005 型 X 射线探伤机、1 台 12MeV 电子直线加速器。电子直线加速器只固定在 2#探伤室内使用， γ 射线探伤机固定在各自存放的探伤室内使用，便携式 X 射线机可以在 2 间探伤室内使用。探伤室内每次仅开启 1 台探伤装置进行探伤作业，不存在 2 台及 2 台以上辐射装置同时运行的工况。各辐射装置在各探伤室内的作业区域范围，详见图 11-1、图 11-2、图 11-3。

根据有用线束剂量率计算公式，各射线装置对探伤室周围的剂量率跟加速器 1m 处的剂量率或 $A\Gamma$ （活度 $\times$ 周围剂量当量率常数）或 $I\delta_x$ （X 射线机管电流 $\times$ X 射线探伤机的发射率常数）成正比。关注点处各射线装置的辐射影响对比情况见表 11-1。

表 11-1 本项目探伤室拟配置探伤装置辐射影响一览表

探伤装置		A/δ _x	Γ/I	屏蔽体厚度		屏蔽透射比 B _x	屏蔽后周围 剂量当量率 H (μSv/h)
				有效厚度 d (mm)	HVL 或 TVL (mm)		
2#探伤室							
关注 点 位： 探伤 室南 墙外 30cm 处	¹⁹² Ir-γ 射线探 伤机	3.7×10 ⁶ MBq	0.17μSv•m ² /MBq•h	3300	HVL 50mm ^①	1.36×10 ⁻²⁰	2.82×10 ⁻¹⁶
	⁶⁰ Co-γ 射线探 伤机	7.4×10 ⁶ MBq	0.35μSv•m ² /MBq•h		HVL 70mm ^①	6.44×10 ⁻¹⁵	5.51×10 ⁻¹⁰
	XY- 3005 型 X 射线探 伤机	20.9mGy • m ² / (mA • min)	5mA		TVL 100mm ^②	1.0×10 ⁻³³	4.15×10 ⁻²⁹
	电子直 线加速 器	3.3×10 ⁹ μGy/h			TVL ₁ : 44cm; TVL: 41cm ^③	1.06×10 ⁻⁸	0.25
1#探伤室							
关注 点 位： 探伤 室东 墙外 30cm 处	¹⁹² Ir-γ 射线探 伤机	3.7×10 ⁶ MBq	0.17μSv•m ² /MBq•h	1300	HVL 50mm ^①	1.49×10 ⁻⁸	1.62×10 ⁻⁴
	⁶⁰ Co-γ 射线探 伤机	7.4×10 ⁶ MBq	0.35μSv•m ² /MBq•h		HVL 70mm ^①	2.57×10 ⁻⁶	0.12
	XY- 3005 型 X 射线探 伤机	20.9mGy • m ² / (mA • min)	5mA		TVL 100mm ^②	1.0×10 ⁻¹³	2.17×10 ⁻⁹

注：

①数值来源于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A。

②数值来源于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2。

③数值来源于《NCRP Report No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-ray Radiotherapy Facilities》中 P161 页表 B.2。本项目电子直线加速器为 12MeV 保守取 15MeV 条件

下混凝土 TVL₁: 44cm; TVL: 41cm。

由上表可知：电子直线加速器相对 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机射线能量、什值层最大； $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机相对 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机射线能量较大、半值层较大。因此，综合考虑射线能量与什值层厚度、探伤机的作业范围后，分别选取电子直线加速器作为 2#探伤室的评价对象进行理论计算、 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机作为 1#探伤室的评价对象进行理论计算，预测背景为单台探伤装置独立运行。如探伤室能够满足电子直线加速器、 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线探伤机的辐射防护要求，其也能够满足 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机和 X 射线探伤机的辐射防护要求。本项目探伤室顶棚屏蔽充分考虑了比较大的安全系数，顶棚外 30cm 的剂量率很小，故不考虑天空反散射的影响。

11.2.1.2 预测点位选取

根据探伤室平面和剖面布局设计及周围环境功能，本项目辐射影响预测点位选取见图 11-1、图 11-2、图 11-3。

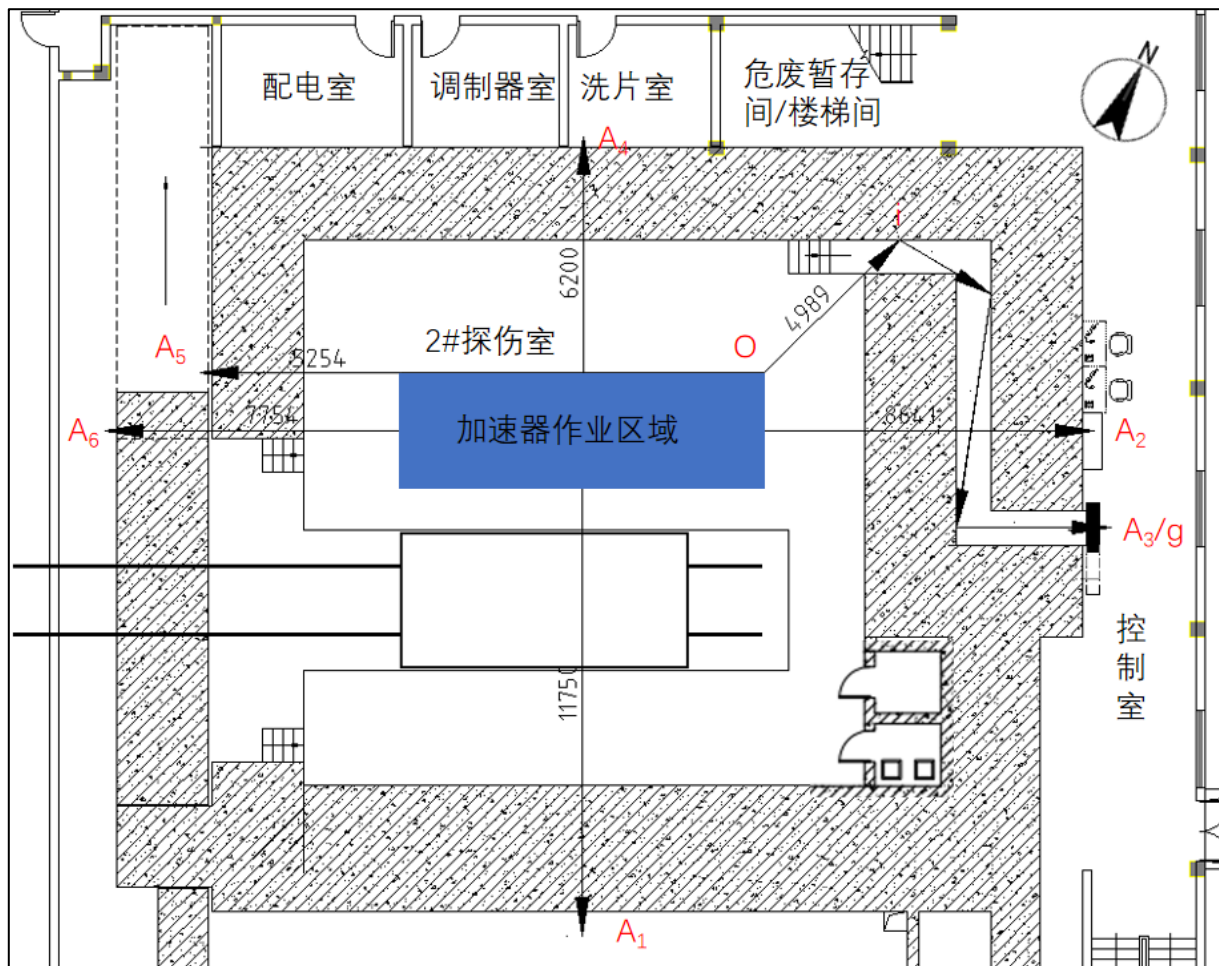


图 11-1 电子直线加速器预测点位平面示意图 (单位: mm)

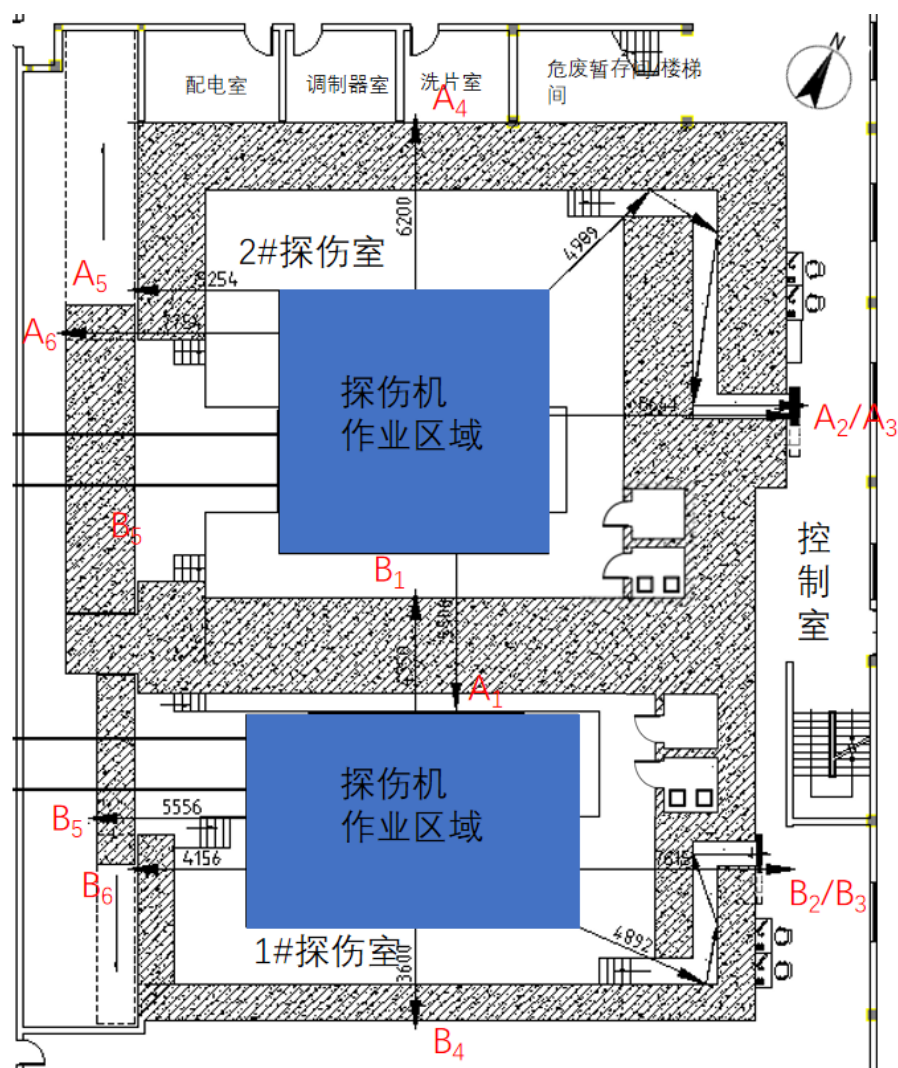


图 11-2 γ 射线探伤机预测点位平面示意图 (单位: mm)

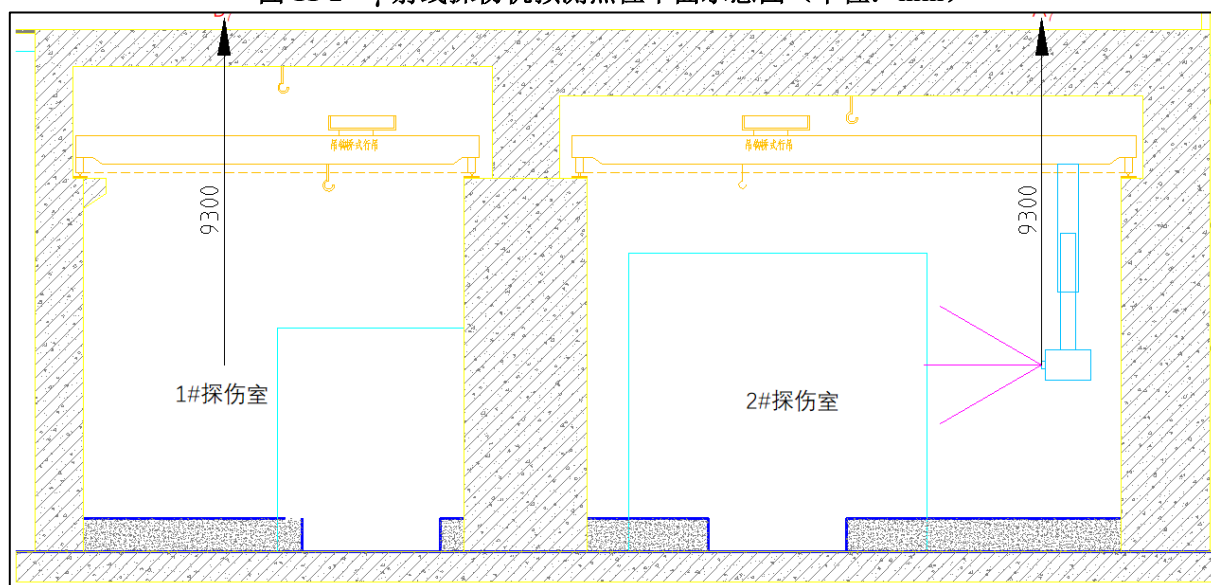


图 11-3 探伤室预测点位剖面示意图 (单位: mm)

11.2.1.3 电子直线加速器辐射影响预测

(1) 电子束对周围环境的影响

根据《辐射防护技术与管理》(张丹枫、赵兰才主编),电子在物质中最大射程可由下式计算:

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\rho\max} \cdots \cdots (11-1)$$

式中:

d——最大射程, cm;

ρ ——防护材料的密度, g/cm³;

$E_{\beta\max}$ ——电子最大能量, MeV。

本项目加速器电子束的最大能量为 12MeV 时, 在空气中 (0.00129g/cm³) 的最大射程约为 4651cm, 在混凝土 (2.35g/cm³) 的最大射程约为 2.55cm、在铅 (11.3g/cm³) 的最大射程约为 0.53cm。本项目 2#探伤室的混凝土墙均在 1800mm 以上, 人员防护门铅厚度为 30mm, 因此电子直线加速器发射的电子束对 2#探伤室外环境辐射影响可以忽略不计。

(2) 中子剂量率计算公式

本项目电子直线加速器最大能量大于 10MeV, 根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 附录 C, 机房采用混凝土屏蔽墙时, 墙的屏蔽只需考虑对 X 射线的屏蔽, 因此本报告只考虑防护门处的中子剂量率。本项目参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 中子剂量率的计算公式。

A、总中子注量 (Φ_B)

迷路的中子散射路径为“O→i→g”。在 i 点的总中子注量 Φ_B 按式 11-2 计算:

$$\Phi_B = 0.85 \frac{Q_n}{4\pi d_i^2} + 0.85 \frac{5.4Q_n}{2\pi S} + \frac{1.26Q_n}{2\pi S} \quad (\text{式 11-2})$$

式中:

Φ_B ——等中心处 1Gy 照射时 B 处的总中子注量, (中子数/m²) /Gy;

Q_n ——等中心处每 1Gy 照射时加速器机头发射出的总中子数, 参照 NCRP NO.151 表 B.9, 保守取 7.6×10^{11} ;

d_i ——等中心 O 至 i 的距离, m; 本项目为 5.0m。

S——机房的总内表面积 (m²), 包括四侧墙壁、顶面和地面, 不包括迷路内各面积。本项目为 1128m²。

本项目使用钨屏蔽加速器机头, 式中第一项和第二项均乘以衰减因子 0.85。

B、机房入口处中子俘获 γ 射线剂量率 ($\dot{H}_\gamma$)

机房内及迷路内的中子与屏蔽物质作用时产生中子俘获 γ 射线，机房入口门外 30cm（g 点）处无防护门时的中子俘获 γ 射线的剂量率 $\dot{H}_\gamma$ 按式 11-3 计算：

$$\dot{H}_\gamma = 6.9 \times 10^{-16} \cdot \Phi_B \cdot 10^{-d_2/TVD} \cdot \dot{H}_0 \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

6.9×10^{-16} ——该方法中的经验因子，Sv/（中子数/m²）；

d_2 ——i 点至机房入口 g 点的距离，m；本项目为 12.5m。

TVD ——将 γ 辐射剂量减至其十分之一的距离（称为什值距离），对于本项目保守取 15MeV 电子直线加速器为 3.9m；

$\dot{H}_0$ ——等中心点处 X 射线剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ），依据 GBZ/T 201.1 的 4.8.3，屏蔽计算中可视为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

C、机房入口的中子剂量率（ $\dot{H}_n$ ）

机房内的中子经迷路散射后在机房入口门外 30cm（g 点）处无防护门时的剂量率 $\dot{H}_n$ 按式 11-4 计算：

$$\dot{H}_n = 2.4 \times 10^{-15} \cdot \Phi_B \cdot \sqrt{\frac{S_0}{S_1}} \cdot [1.64 \times 10^{-(d_2/1.9)} + 10^{-(d_2/T_n)}] \cdot \dot{H}_0 \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

2.4×10^{-15} ——该计算方法中的经验因子，Sv/（中子数/m²）；

S_0 ——迷路内口的面积；本项目为 6.4m²。

S_1 ——迷路横截面积；本项目为 2.8m²。

d_2 ——i 点到迷路入口（g）的距离，m；本项目为 12.5m。

T_n ——迷路中能量相对高的中子剂量组分式 11.2.1-18 方括号中的第二项衰减至十分之一行径的距离（m），称为什值距离。 T_n 是一个经验值，与迷路横截面积有关， T_n 按下式计算：

$$T_n = 2.06 \sqrt{S_1} \quad (\text{式 11-5})$$

D、防护门外总中子剂量率计算公式：

$$\dot{H} = \dot{H}_\gamma \cdot 10^{-(X_\gamma/\text{TVL}_\gamma)} + \dot{H}_n \cdot 10^{-(X_n/\text{TVL}_n)} \quad (\text{式 11-6})$$

式中： TVL_γ 和 TVL_n 分别为中子俘获 γ 射线在铅和中子在含硼聚乙烯两种屏蔽材料中的什值层，cm；分别为 3.1cm 和 4.5cm。其他符号意义同上。

（3）X 射线对周围环境的影响

根据《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）附录 C 中的公式 C.1～

C.5, 同时参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 公式 5 和公式 6, 可推导出本项目电子直线加速器关注点处辐射剂量率计算公式如下:

①有用线束和泄漏辐射

$$H = \frac{D_0 \cdot B_x \cdot T \cdot f}{(1.67 \times 10^{-5}) \cdot d^2} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中:

H——关注点处周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

D_0 ——距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率, mGy/min ; 根据建设单位提供资料, 本项目 12MeV 电子直线加速器距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率为 $3.3 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$, 即 $5.5 \times 10^4 \text{mGy/min}$;

B_x ——X 射线在物质中的屏蔽透射比, 按式 11-10 计算;

T——参考点处的居留因子, 本项目均保守取 1;

d——X 射线源到关注点处的距离, m;

f——对有用线束取 1, 对泄漏辐射为泄漏辐射比率, 本项目取 0.1%;

1.67×10^{-5} ——换算系数;

②散射辐射

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011), 散射辐射剂量率计算公式如下:

$$H = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_w \cdot \left(\frac{F}{10000}\right)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots (11-8)$$

式中:

H——关注点处周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

$\dot{H}_0$ ——加速器距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率, $\mu\text{Sv/h}$; 本项目 12MeV 电子直线加速器距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率为 $3.3 \times 10^9 \mu\text{Sv/h}$;

R_s ——散射体至关注点距离, m;

a_w ——散射因子 (散射面积 10^4cm^2 时混凝土对 0° 入射辐射的散射因子), 查附录 B 表 B.5 得 12MeV 保守取 18MeV 的散射因子为 3.4×10^{-3} ;

F——加速器有用束在等中心处的最大照射野面积, cm^2 , 当工件距离 X 射线源距离为 1m 时, 照射至工件的最大照射野面积约为 2300cm^2 ;

B——X 射线在物质中的屏蔽透射比。

③迷道散射辐射

迷道散射剂量率计算公式如下：

$$H = H_0 \cdot \frac{(\alpha_1 \cdot A_1) (\alpha_2 \cdot A_2) \cdots (\alpha_n \cdot A_n)}{(d_1 \cdot d_2 \cdots d_n)^2} B_X \cdots \cdots (11-9)$$

式中：

H——关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 ——第一次散射面上的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；本项目 12MeV 电子直线加速器距靶 1m 处 X 射线的空气吸收剂量率为 $3.3 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ ；

B_X ——X 射线在物质中的屏蔽透射比；

α_1 ——X 射线第二次散射系数；

α_2 和 α_n ——X 射线第一次散射系数和第 n 次散射系数 ($n > 2$)；

A_1 ——第一次散射的散射面积， m^2 ；

A_n ——迷道的截面积， m^2 ；

d_1 ——X 射线第一次散射距离，m；

d_2 和 d_n ——分别为 X 射线第二次散射距离和第 n 次散射距离 ($n > 2$)，m；

对于探伤室的北墙、操作台、西墙、南墙、顶棚、工件门，仅考虑有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射；对于工作人员出入门，本次评价按最不利情况保守考虑，选择散射次数最少的路径进行预测，则射线需经过至少 3 次以上的散射才能到达探伤室迷道门外，具体散射路径见图 11-1。

本项目参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)附录 A，对于能量大于 3MeV 的 X 射线认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV；对于初级 X 射线，散射系数 α_1 取值为 5×10^{-3} ，对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 (假设一次散射后的反射过程一样， $E=0.5\text{MeV}$) 取值为 2×10^{-2} 。

对于探伤室散射面积的确定，加速器射线束最大发射角为 30° ，工件相对靶点距离最近为 1m，根据三角函数及圆的面积公式求得：探伤室工件散射面积为 0.23m^2 。

对于迷道散射面积的确定， A_1 为第一次散射宽度与高度的乘积，之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积。X 射线束在反射物上的投照面积 $a (\text{m}^2)$ 可由公式 $a = \pi (r_i \times \tan(\theta/2))^2$ 计算获取，其中 r_i 为辐射源同反射点的距离， θ 为辐射角。本项目电子直线加速器的辐射角为 30° ，靶点与工

件最近距离保守取 1m，则 $A_1=0.23m^2$ ， $A_2=A_3=A_4=0.9\times3.1m=2.8m^2$ 。

对于迷道散射距离的确定， $d_1=5.0m$ ， $d_2=2.0m$ ， $d_3=7.0m$ ， $d_4=3.5m$ 。

③屏蔽透射因子

$$B_x = 10^{-(X_e+TVL-TV L_1)/TVL} \tag{11-10}$$

式中：B_x——X 射线在物质中的屏蔽透射比；

X_e：第 i 种屏蔽体厚度，cm；

TVL₁：第一什值层厚度，cm；

TVL：平衡什值层厚度，cm。

根据《NCRP Report No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-ray Radiotherapy Facilities》中 P161 页表 B.2、P167 页表 B.7 与《辐射防护导论》图 3.24，本项目 TVL₁、TVL 取值情况见表 11-2。

表 11-2 TVL₁ 和 TVL 取值一览表

X 射线能量 (MeV)	辐射类型	混凝土		铅	
		TVL ₁ (cm)	TVL (cm)	TVL ₁ (cm)	TVL (cm)
12MeV	有用线束	44	41	5.7	5.7
12MeV	90° 泄漏辐射	36	33	5.7	5.7
0.5MeV	散射辐射	15.2	11.9	0.5	1.2

注：本项目的 TVL 和 TVL 值保守取 15MeV 条件下。

(4) 单台设备运行预测结果

本项目单台 12MeV 电子直线加速器运行时，2#探伤室周围辐射剂量率预测结果如下：

表 11-3 探伤室内单台电子直线加速器独立运行时辐射环境水平预测结果

关注 点编号	射线 来源	衰减 距离（m）	屏蔽体			屏蔽透射 比 B _x	周围剂量当量率 H	
			有效厚度 S	TVL ₁ （cm）	TVL _e （cm）		屏蔽后 （μSv/h）	总贡献值 （μSv/h）
A ₁ （南墙）	有用 线束	11.8	3300mm 混凝土	44	41	1.06E-08	0.25	0.25
A ₂ （东墙）	泄漏 辐射	8.6	2400mm 混凝土	36	33	3.51E-15	1.56E-10	1.56E-10
	工件 散射	10.6	+2400mm 混凝土	15.2	11.9	8.73E-41	2.01E-36	
A ₃ （工作人员 防护门）	泄漏 辐射	8.6	2400mm 混凝土	36	33	4.07E-09	1.81E-04	0.4
			30mm 铅板	0.5	1.2			
	迷道 散射	d ₁ =5.0m, d ₂ =2.0m, d ₃ =7.0m, d ₄ =3.5m	30mm 铅板 +150mm 含 硼聚乙烯	0.5	1.2	8.25E-04	9.16E-06	
	中子总剂量率			中子俘获 γ 射线在铅的什值层 为 3.1cm，中子在含硼聚乙烯 的什值层为 4.5cm			0.4	

A ₄ (北墙)	泄漏 辐射	6.2	2400mm 混凝土	36	33	6.58E-08	5.64E-03	5.64E-03
	工件 散射	10.4		15.2	11.9	1.29E-20	3.07E-16	
A ₅ (西墙)	泄漏 辐射	5.3	2400mm 混凝土	36	33	6.58E-08	7.71E-03	7.71E-03
	工件 散射	5.1		15.2	11.9	1.29E-20	1.28E-15	
A ₆ (工件门)	泄漏 辐射	7.8	2400mm 混凝土	36	33	6.58E-08	3.56E-03	3.56E-03
	工件 散射	7.6		15.2	11.9	1.29E-20	5.75E-16	
A ₇ (顶棚)	泄漏 辐射	9.3	1800mm 混凝土	36	33	4.33E-06	0.16	0.16
	工件 散射	10.3		15.2	11.9	1.42E-15	3.45E-11	

注：探伤室正下方为实土层，不做特殊防护，故本次评价对地面不设关注点进行辐射剂量率预测。

因此，本项目单台 12MeV 加速器独立运行时，2#探伤室周围辐射剂量当量率均不超过 2.5μSv/h，其屏蔽防护性能满足《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30271-2013）等相关标准要求。

11.2.1.4γ 射线探伤机辐射影响预测

1、γ 射线对周围环境的影响

(1) 有用线束

因各预测点位与放射源使用位置之间的距离比放射源本身的几何尺寸大 5 倍以上，故可将放射源视为点源。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P76 页式（3.10）中 γ 点源空气比释动能率计算公式和减弱倍数的定义，可推导出：本项目 γ 射线室内探伤作业时，有屏蔽体情况下有用线束辐射剂量率计算公式如下：

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

式中：

H——有屏蔽体情况下参考点的直射辐射剂量率，μSv/h；

A——放射性活度，MBq，本项目取值 7.4×10^{12} Bq，即 7.4×10^6 MBq；

Γ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1 可知：对于 ^{60}Co ， $\Gamma=0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ；

r——关注点距离放射源的距离，m。

B_x——屏蔽透射比，根据公式 $B_x=2^{-(d/HVL)}$ 计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2，放

射源 ^{60}Co 在混凝土的半值层厚度为 70mm、在铅的半值层厚度为 13mm。

(2) 迷道散射

计算公式同前文 (11-9)，参数意义相同。

其中：

H_0 ——对于 γ 辐射源，数值上由 $A\Gamma$ 确定，其中 A 是放射源活度，MBq； Γ 是周围剂量当量率常数。对于放射源 ^{60}Co ， $A=7.4\times 10^{12}\text{Bq}$ ， $\Gamma=0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ，则 $H_0=2.59\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ 。

α ——偏安全考虑 γ 射线散射后能量保守按照 0.5MeV，对于后续散射过程，假设能量不再改变， α_1 取值为 5×10^{-3} ， α_2 取值为 2×10^{-2} 。

本次评价按最不利情况保守考虑，选择散射次数最少的路径进行预测，则射线需经过至少 3 次以上的散射才能到达探伤室迷道门外，具体散射路径示意图见前文图 11-2。

本项目探伤室迷道散射次数为 3 次；对于 2#探伤室， $A_1=0.23\text{m}^2$ ， $A_2=A_3=A_4=0.9\times 3.1\text{m}=2.8\text{m}^2$ ， $d_1=5.0\text{m}$ ， $d_2=2.0\text{m}$ ， $d_3=7.0\text{m}$ ， $d_4=3.5\text{m}$ ；对于 1#探伤室， $A_1=0.23\text{m}^2$ ， $A_2=A_3=A_4=0.9\times 3.1\text{m}=2.8\text{m}^2$ ， $d_1=5.0\text{m}$ ， $d_2=2.1\text{m}$ ， $d_3=2.5\text{m}$ ， $d_4=2.3\text{m}$ 。

2、单台设备运行预测结果

表 11-4 探伤室内单台 ^{60}Co - γ 射线探伤机独立运行时辐射环境水平预测结果

关注点 编号	射线 来源	衰减 距离（m）	屏蔽体厚度		屏蔽透射 比 Bx	周围剂量当量率 H	
			有效厚度 d	HVL （mm）		屏蔽后 （μSv/h）	总贡献值 （μSv/h）
2#探伤室							
A ₁ （南墙）	有用 线束	5.5	3300mm 混凝土	70	6.44E-15	5.51E-10	5.51E-10
A ₂ （东墙）	有用 线束	8.6	2400mm 混凝土	70	4.77E-11	1.67E-06	1.67E-06
A ₃ （工作人员 防护门）	有用 线束	8.6	2400mm 混凝土	70	9.64E-12	3.38E-07	2.10E-06
			30mm 铅板	13			
	迷道 散射	d ₁ =5.0m, d ₂ =2.0m, d ₃ =7.0m, d ₄ =3.5m	30mm 铅板	13	2.02E-01	1.76E-06	
A ₄ （北墙）	有用 线束	6.2	2400mm 混凝土	70	4.77E-11	3.22E-06	3.22E-06
A ₅ （西墙）	有用 线束	5.3	2400mm 混凝土	70	4.77E-11	4.40E-06	4.40E-06
A ₆ （工件门）	有用 线束	7.8	2400mm 混凝土	70	4.77E-11	2.03E-06	2.03E-06
A ₇ （顶棚）	有用 线束	9.3	1800mm 混凝土	70	1.82E-08	5.44E-04	5.44E-04
1#探伤室							

B ₁ (北墙)	有用 线束	4.4	3300mm 混凝土	70	6.44E-15	8.61E-10	8.61E-10
B ₂ (东墙)	有用 线束	7.6	1300mm 混凝土	70	2.57E-06	0.12	0.12
B ₃ (工作人员 防护门)	有用 线束	7.6	1300mm 混凝土	70	9.83E-07	4.41E-02	4.41E-02
	迷道 散射		18mm 铅板	13			
		d ₁ =5.0m, d ₂ =2.1m, d ₃ =2.5m, d ₄ =2.3m	18mm 铅板	13	3.83E-01	5.50E-05	
B ₄ (南墙)	有用 线束	3.6	1300mm 混凝土	70	2.57E-06	0.51	0.51
B ₅ (西墙)	有用 线束	4.2	1300mm 混凝土	70	2.57E-06	0.38	0.38
B ₆ (工件门)	有用 线束	5.6	1300mm 混凝土	70	2.57E-06	0.21	0.21
B ₇ (顶棚)	有用 线束	9.3	1000mm 混凝土	70	5.01E-05	1.50	1.50

注：2 间探伤室正下方为实土层，不做特殊防护，故本次评价对地面不设关注点进行辐射剂量率预测。

因此，本项目单台 ^{60}Co - γ 射线探伤机独立运行时，探伤室周围辐射剂量当量率均不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，其屏蔽防护性能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

11.2.1.5 探伤室局部贯穿辐射影响

本项目 2 间探伤室分别预留控制线缆、控制导管与高压电缆，均以“U”型管道穿越探伤室南侧墙体，管道埋深均为 800mm；预留排风管道以“L”型管道通向探伤室顶部且设有铅百叶防护。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。因此，本项目电缆、控制导管及排风等管道的布置方式不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.2.1.6 感生放射性对辐射工作人员的影响

本项目电子直线加速器最高能量为 12MeV，需要考虑辐射工作人员进入探伤室中加速器机头活化产生的感生放射性对其造成的剂量。在加速器运行期间，由于探伤室有足够的结构屏蔽，其部件产生的感生放射性不会危害在屏蔽体外的辐射工作人员，但停机后辐射工作人员进入探伤室内可能会受到感生放射性辐射。故在实际工作中，为避免 2#探伤室内感生放射性对辐射工作人员造成的危害，建议：

- ①辐射工作人员尽可能减少探伤室内滞留时间，或等待停机 5min 后再进入探伤室。
- ②加强探伤室的室内通风，减少探伤室的室内空气中感生放射性核素的含量。

11.2.1.7 屏蔽搭接处辐射分析

本项目 2#探伤室工件门与墙体上方搭接为 1200mm、下方无搭接、左侧搭接为 1200mm、右侧搭接为 1100mm；工作人员出入门与墙体上方搭接为 200mm、下方搭接为 100mm、左、右搭接各为 200mm；1#探伤室工件门与墙体上方搭接为 800mm、下方无搭接、左侧搭接为 600mm、右侧搭接为 1000mm；工作人员出入门与墙体上方搭接为 200mm、下方搭接为 100mm、左、右搭接各为 200mm。且门安装时应尽量减小与墙体间的门缝，因此均能满足搭接的长度须大于等于 10 倍的间隙的原则，可以防止射线外泄，对周围辐射环境影响很小。

11.2.2 放射源暂存库辐射影响预测

1、储源坑的容积设计合理性分析

本项目放射源暂存库一和放射源暂存库三内均拟设置 2 个储源坑（1 用 1 备）用于 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机不作业时的临时贮存，设计原则均为“一源一坑”，采用下沉式设计。同时 ⁶⁰Co-γ 射线探伤机自带铅罩，铅罩厚度约为 6mm，⁶⁰Co-γ 射线探伤机直接暂存于放射源暂存库二和放射源暂存库四内。设计参数见下表。

表 11-5 储源坑设计参数表

设计尺寸	用途	屏蔽防护
450mm（长）×450mm（宽）× 470mm（深）	用于 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机不作业时的 临时贮存	¹⁹² Ir-γ 射线探伤机不加装铅防护罩；坑四壁与底部均为混凝土层，坑盖采用 10mm 铅板

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机外尺寸为 350mm（长）×130mm（宽）×240mm（高），本项目能满足 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机贮存的空间要求。因此，本项目储源坑的容积设计合理可行。

2、储源坑外表面剂量估算

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

$$H = H_0 \cdot \frac{d_0^2}{d^2} \cdot \eta \cdots \cdots (11 - 12)$$

式中：

H——设置屏蔽层后的周围剂量当量率，μSv/h；

H₀——d₀ 处的周围剂量当量率，μSv/h；

d₀——d₀ 处到密封源的距离，m；

d——关注点到密封源的距离，m；

η ——透射比, $\eta=2^{-L/HVL}$, 其中 L 为屏蔽层厚度, HVL 为半值层厚度。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中附录 A 表 A.2, 放射源 ^{60}Co 在铅中的半值层厚度为 13mm, ^{192}Ir 在铅中的半值层厚度为 3mm。

表 11-6 放射源暂存库源坑外 50cm 辐射剂量率结果一览表

关注点 点位	探伤机	源强 H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	d_0/d (m)	η	关注点 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
源坑外 50cm	^{192}Ir - γ 射线 探伤机	0.5	0.05/0.50	9.92E-02	4.96E-01
^{60}Co - γ 射线 探伤机自 带铅罩外 50cm	^{60}Co - γ 射线 探伤机	1.0	0.1/0.80	7.26E-01	1.13E+01

根据上表可知, 本项目放射源暂存库内储源坑外表面 50cm 处周围剂量当量率满足低于 $20\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

3、放射源暂存库周围辐射剂量率的计算

放射源暂存库主要贮存的放射源为 ^{192}Ir 和 ^{60}Co , 计算保守选取 γ 射线能量较大的 ^{60}Co 半值层厚度 (HVL 值)。根据公式 (11-12), 本项目按防护能力较弱的放射源暂存库二处于最大贮存工况时 (同时贮存 1 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机) 为代表, 四周屏蔽墙和防护门外 30cm 处周围剂量当量率预测结果见表 11-7。

表 11-7 放射源暂存库外 30cm 处周围剂量当量率预测结果

关注点 参数	C ₁ 东墙	C ₂ 南墙	C ₃ 西墙	C ₄ 北墙	C ₅ 顶棚	C ₆ 防护门
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
屏蔽材料及厚度	1300mm 混凝土	300mm 混凝土	300mm 混凝土	3300mm 混凝土	2400mm 混凝土	10mm 铅板
HVL (mm)	70	70	70	70	70	13
d_0 (m)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
d (m)	1.8	1.3	7.7	3.8	4.3	7.7
H ($\mu\text{Sv/h}$)	8.95E-08	3.43E-03	9.77E-05	5.04E-17	2.92E-13	1.11E-03
标准控制限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
达标性分析	达标	达标	达标	达标	达标	达标
注: $H_0=1.13\text{E}+01\mu\text{Sv/h}$ 。						

因此, 当放射源暂存库同时储存最大规模含源 γ 射线探伤机时, 放射源暂存库表面 30cm 处周围剂量当量率最大值为 $3.43\text{E}-03\mu\text{Sv/h}$, 可以满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中对于放射源贮存设施“在公众能接近的距外表面最近处, 其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求; 储源坑坑盖和铅罩表面 50cm 处周围剂量当量率最大值为 $4.96\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ 和 $1.13\text{E}+01\mu\text{Sv/h}$, 满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》(HJ 1258-2022) 中“库房外墙表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

实际工作中，建设单位应做好以下工作：放射源暂存库每次有新源入库时需进行检测，须满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平”的要求，检测达标后方可投入使用。

11.2.3 人员受照剂量

11.2.3.1 计算公式

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 3.1.1 条款中的公式（1），人员受照剂量计算公式如下：

$$E = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots (11-13)$$

式中：

E——年有效剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ ——关注点处周围剂量当量率，μSv/h；

t——探伤装置年照射时间，h/a；

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子，本项目保守取 1；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子，取值参考 GBZ/T 250-2014 附录 A 表 A.1，具体数值见表 11-8。

表 11-8 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子（T）	示例
全居留	1	操作台、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	通道、休息区、仓库
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取自 NCRP144。

11.2.3.2 放射源管理人员年有效剂量

根据存/取一次放射源所需的工序，主要为从放射源暂存库内存取放射源和近距离移动 γ 射线探伤机，本次评价对于保守按 ⁶⁰Co-γ 射线探伤机（类别：移动式 M）考虑。

本评价保守取辐射工作人员存/取一次放射源时处于离探伤机 5cm 处（根据 GBZ 117-2022，移动式 γ 射线探伤机源容器表面 5cm 处最大周围剂量当量率分别为 1mSv/h）和离探伤机 100cm 处（根据 GBZ 117-2022，移动式 γ 射线探伤机源容器表面 100cm 处最大周围剂量当量率分别为 0.05mSv/h）的时间分别为 0.5min 和 1min。根据公式（11-13），居留因子取 1，可估算出：完成存/取一次放射源的操作所受的辐射剂量约 9.17μSv。

本项目每日存/取最多 1 次，固定式探伤年工作 300 天。因此，本项目放射源管理人员年有效剂量为 9.17μSv×300×10⁻³=2.75mSv。上述所有辐射工作均由 2 名辐射工作人员完成，则单名放

射源管理人员年有效剂量约为 1.38mSv/a，小于本次评价项目职业人员剂量约束值（5.0mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于职业人员“剂量限值”的要求（20mSv/a）。

11.2.2.3 固定式探伤操作人员年有效剂量

本项目固定式探伤操作人员受到辐射照射的途径主要包括两个方面：a）探伤期间，工作人员在操作室内拍片受到的外照射；b）探伤作业前，工作人员在探伤室内近距离移动 γ 射线探伤机、安装控制部件及输源导管、布置底片和摆放工件等准备工作时受到贮存状态放射源的外照射。

①开机状态下

本项目探伤室开机状态下，对辐射工作人员影响的区域主要在控制室内控制台处，电子直线加速器对应处周围剂量当量率为 0.4 μ Sv/h，探伤机对应处周围剂量当量率保守为 0.12 μ Sv/h。电子直线加速器年出束时间为 167h，探伤机（X 射线探伤机+ γ 射线探伤机）的年出束时间为 525h，辐射工作人员采取两班制，故辐射工作人员的年有效剂量=（0.4 μ Sv/h $\times$ 1 $\times$ 167/1000+0.12 μ Sv/h $\times$ 1 $\times$ 525/1000）/2=6.49E-02mSv/h。

②不开机状态

本项目探伤室不开机状态下，辐射工作人员在探伤室内日探伤机工作时间为 4h，年工作 300 天，则探伤室内年操作时间为 1200h。

每次探伤前近距离移动 γ 射线探伤机和安装控制部件及输源导管等环节一般不超过 5min，年操作时间约为 200h，保守取辐射工作人员处于离 γ 射线探伤机 100cm 处，根据 GBZ 117-2022，源容器表面 100cm 处最大周围剂量当量率 0.05mSv/h。

其他操作包括布置底片和摆放工件等，年操作时间为 1000h，由于本项目放射源暂存库位于探伤室内，辐射工作人员在探伤室内进行准备工作时会受到影响（剂量率较小，故不考虑放射源暂存库的影响），则本项目探伤室不开机时室内相关操作所致单名探伤操作人员的年有效剂量=（0.05 $\times$ 200 $\times$ 1+2.02 $\times$ 1000 $\times$ 1）/1000/2=1.02mSv/a。

③综合剂量

综上所述，本项目单名辐射操作人员的最大剂量叠加结果为：

$$E_{\text{开机}}+E_{\text{不开机}}=6.49\text{E-}02\text{mSv/a}+1.02\text{mSv/a}=1.08\text{mSv/a}$$

同时由于本项目放射源暂存库管理人员由探伤操作人员兼职，故叠加上放射源暂存库管理人员年最大剂量，本项目从事固定式 X、 γ 射线探伤操作的单名辐射操作人员的最大年有效剂量为 1.08mSv/a+1.38mSv/a=2.46mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员 $\leq$ 5.0mSv/a），符合《电

离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于剂量限值的要求(职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$)。

11.2.3.4 公众成员年有效剂量

由于放射源暂存库对探伤室外的辐射影响较小故不考虑放射源暂存库公众成员年有效剂量影响。结合本项目评价范围 50m 内的环境保护目标分布情况,根据公式(11-13),本项目探伤室运行时周围公众及评价范围内其他代表性的环境保护目标年有效剂量估算结果见表 11-9。

表 11-9 探伤室周围公众及环境保护目标年有效剂量估算

关注点		居留因子	关注点辐射剂量率取值($\mu\text{Sv/h}$) ^①	关注点与源点距离(m) ^②	保护目标与源点距离(m) ^③	保护目标处周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$) ^④	年照射时间(h)	年有效剂量(mSv/a)	合计年有效剂量(mSv/a)
降压站	加速器	1/8	0.4	8.6	8.6+15	0.05	167	1.11E-03	2.00E-03
	探伤机		0.12	7.6	7.6+15	0.01	525	8.91E-04	
南侧过道	加速器	1/8	0.25	11.8	11.8+0	0.25	167	0.01	0.04
	探伤机		0.51	3.6	3.6+0	0.51	525	0.03	
南侧 2#铸钢车间	加速器	1/2	0.25	11.8	11.8+2	0.18	167	0.02	0.08
	探伤机		0.51	3.6	3.6+2	0.21	525	0.06	
西侧过道	加速器	1/8	7.71E-03	5.3	5.3+0	7.71E-03	167	1.61E-04	0.03
	探伤机		0.38	4.2	4.2+0	0.38	525	0.02	
西侧 2#铸钢车间	加速器	1/2	7.71E-03	5.3	5.3+2	4.06E-03	167	3.39E-04	0.05
	探伤机		0.38	4.2	4.2+2	0.17	525	0.05	
	加速器	1/2	5.64E-03	6.2	6.2+0	5.64E-03	167	4.71E-04	4.72E-04

北侧资料室	探伤机		3.22E-06	6.2	6.2+0	3.22E-06	525	8.45E-07	
注： ①根据表 11-3 和表 11-4 中对应关注点取值； ②根据表 11-3 和表 11-4 中保守取值； ③根据表 7-1 中对应距离保守取值； ④利用剂量率与距离平方成反比的关系求得保护目标处辐射剂量率，即④=①×②²/③²。 因此，本项目两间探伤室及放射源暂存库同时运行所致公众成员受到的年附加有效剂量小于本次评价项目剂量约束值（公众成员≤0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值的要求（公众成员≤1.0mSv/a）。 11.3 放射性“三废” 本项目探伤过程中产生的 X 射线、β 射线、γ 射线、电子束、中子和臭氧和氮氧化物，其中 X 射线、β 射线、γ 射线、电子束和中子随设备关机而消失。本项目 12MeV 电子直线加速器能量大于 10MeV 以上时，会产生光核反应，从而产生感生放射性。 1、废旧放射源 γ 射线探伤机内放射源使用到一定年限后，将退役产生废旧放射源。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。 2、报废的 γ 射线探伤机 超过安全使用期限的报废 γ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。 3、废靶件 探伤过程如有加速器废靶件产生，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），应对废靶件表面外进行辐射剂量率监测，符合解控水平后由设备厂家回收。 4、感生放射性废气 电子直线加速器光-核反应产生的中子与加速器结构材料和空气发生的（n,γ）反应产生的感生放射性，空气中会产生少量感生放射性气，主要是感生放射性气体 ¹⁵O 和 ¹³N。在加速器运行期间，由于探伤室有足够的结构屏蔽，其部件产生的感生放射性不会危害在屏蔽体外的工作人员，但停机后工作人员进入探伤室内可能会受到感生放射性辐射。 感生放射性辐射的强度与入射粒子的能量和注量有关，但停机后感生放射性衰变很快，核素 ¹⁵O 和核素 ¹³N 的半衰期分别为 2.1min 和 10min，所以辐射工作人员尽可能减少室内滞留时间，或等待停机 5min 后再进入探伤室。									

公司应确保工作中通风设施的完好和有效运行，加强探伤室内通风，减少探伤室内空气中感生放射性核素的含量，感生放射性气体 ^{15}O 和 ^{13}N 排到外环境中很快衰变。

综上所述，在采取以上措施后，本项目产生的感生放射性废气对周围环境产生的影响很小。

11.4 非放射性污染环境影响分析

11.4.1 臭氧和氮氧化物

1、2#探伤室

本项目 2#探伤室内 X 射线探伤机、 γ 射线探伤机、电子直线加速器运行时会和空气发生作用产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室内设有一套机械通风装置，臭氧和氮氧化物通过排风管道可引至探伤室外，排风口不朝向人群密集区。由于本项目各辐射装置射线能量由大到小依次为电子直线加速器、 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机、X 射线探伤机，由于 X、 γ 射线探伤机探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物浓度微乎其微，因此本报告探伤室以电子直线加速器为对象，预测本项目固定式探伤过程中臭氧与氮氧化物对周围环境的影响。本项目电子直线加速器产生的臭氧浓度参照《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）附录 E 的计算公式进行估算。

$$C_{O_3} = 2.79 \times \frac{Id}{V} \times (1 - e^{-\frac{v}{V}t}) \tag{11-14}$$

式中：

- C_{O_3} ：探伤室中臭氧浓度， mg/m^3 ；
- I：电子束流强度，mA；本项目 12MeV 加速器取 0.1mA；
- d：电子束在空气中的径迹长度，cm；本项目为 100cm；
- V：探伤室体积， m^3 ；本项目 2#探伤室体积约为 2587.7m^3 （含迷道）；
- v：排气速率， m^3/s ；本项目 2#探伤室为 $30000\text{m}^3/\text{h}$ ，即 $8.3\text{m}^3/\text{s}$ ；
- t：辐照时间，s；单次最长出束时间保守取 600s。

由上式计算本项目直线加速器运行时臭氧的浓度为见表 11-10。

表 11-10 2#探伤室内臭氧浓度预测

机房名称	机房容积 m^3	电子束流强度 mA	电子束在空气 中的径迹长度 cm	排气速率 m^3/s	探伤结束后机房内的臭 氧浓度 mg/m^3
2#探伤室	2584.4	0.1	100	8.3	9.21×10^{-3}

根据计算结果可知本项目运行中探伤室内最高臭氧浓度可满足《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）中“臭氧最高容许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ”，满足标准要求；

加速器运行过程中会产生多种氮氧化物，其中以 NO_2 为主，其产额约为 O_3 的三分之一， NO_2 的时间加权平均容许浓度（ $5\text{mg}/\text{m}^3$ ）远大于 O_3 的限值。因而探伤室内氮氧化物浓度低于《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）中“氮氧化物的时间加权平均容许浓度 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ”，满足标准要求。

2、1#探伤室

X、 γ 射线探伤机探伤过程中会产生少量的臭氧和氮氧化物，1#探伤室顶部设有排风口，内有排风机，1#探伤室净体积（含迷道）约为 2255.5m^3 ，排风机风量为 $15000\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数为 6 次，满足不小于 3 次的要求。则 1#探伤室满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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，且臭氧在短时间内会自动分解为氧气，对大气环境基本没有影响。

3、放射源暂存库

放射源暂存库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，由排放管道及时排至室外。

11.4.2 废显（定）影液、废胶片和洗片废液

探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液均属于危险废物，须定期委托有资质的单位处理。

11.5 事故影响分析

本项目 X 射线探伤机与电子直线加速器仅在接通电源工作时可以产生 X 射线，因此贮存阶段不会产生 X 射线，无需特殊的辐射防护，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段 γ 射线探伤机内含的放射源 $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$ 是封装在密闭包壳中的，工艺上利用放射性同位素衰变产生的 γ 射线。正常情况下不会发生放射性泄漏事故，但由于 γ 射线贯穿能力很强，照射范围常常超出工作场所以外，因此密封放射源可能发生的事故和不安全工况存在于贮存阶段、运输阶段和使用阶段，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段。本项目各辐射装置风险环节、风险识别及相应防范措施详见表 11-11。

表 11-11 事故影响分析一览表

探伤装置	风险环节	风险识别	防范措施
X 射线探伤机/电子直线加速器	固定式探伤过程	①探伤装置在对工件进行照相的工况下,门-机联锁失效,致使防护门未完全关闭,X 射线泄漏到探伤室外面,给周围活动的人员造成不必要的照射;或在门-机联锁失效探伤期间,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。	①每天开展探伤工作前,检查确认门-机联锁、急停按钮、视频监控、工作状态指示灯、声音提示装置、通风换气装置、固定式辐射剂量监测系统及探伤设备完好性等各项安全措施的有效性。只有确认探伤室内无人且门已关闭,所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射,避免发生误照射。同时,定期开展所有的联锁和紧急停机开关等相关检查工作。如存在安全隐患,应立即整改。 ②对固定式探伤制定操作规程,明确电子直线加速器、X 射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。定期对操作人员进行培训,使之熟练掌握探伤操作要点,并严格按照操作规范操作。
	检修/维护过程	设备维护由非专业人员进行导致误照射。	严格落实《设备检修维护制度》,由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行,并做好设备维护记录。
γ 射线探伤机	贮存过程	①放射源暂存库的视频监控系统和红外报警装置发生故障,导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗; ②放射源暂存库的防盗门和储源坑铅板的防盗锁损坏,导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗; ③在电离辐射警告标志未发生作用的情况下,导致人员进入放射源暂存库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗; ④退役或不用的放射源未放置到指定的地方,随意存放,导致工作人员或公众成员造成不必要的照射,同时加大了放射源遗忘或被盗的可能性。	①建立完善的规章制度并落实于实际工作中,每次操作辐射工作人员必须严格按照操作规程进行操作,检查放射源暂存库的视频监控系统、红外报警装置等防护装置是否正常,如果失灵,应立即修理,确保探伤工作人员的安全; ②计划定期进行放射源暂存库的环境监测,发现问题及时整改,防止环境风险的发生; ③制定应急预案并加强应急演练,防止环境风险的发生。
	固定式探伤过程	①γ 射线探伤机在对工件进行照射的工况下,探伤室门-机联锁失效,工作人员误入探伤室,或防护门未完全关闭,致使射线泄漏到探伤室外面,给工作人员及周围活动的人员造成不必要的照射。 ②人员滞留探伤室内尚未完全撤出,γ 射线探	①严格执行辐射安全管理制度,按照操作规程进行作业。每天开展探伤工作前,检查确认门-机联锁、急停按钮、视频监控、工作状态指示灯、声音提示装置、固定式辐射剂量监测系统及探伤设备完好性等各项安全措施的有效性。只有确认探伤室内无人且门已关闭,所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射,避免发生误照射。 ②γ 射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理,技术

		伤机即对工件进行探伤，造成工作人员受到额外的照射。 ③放射源源闸开关出现故障未能及时收回，工作人员在不知情的情况下误入探伤室，将受到较大额外辐射照射，造成严重的安全隐患。 ④检修机器时 γ 射线探伤机中的放射源从容器中掉出来，会对操作人员及可能到达的公众成员产生很强的辐射照射。 ⑤管理人员疏忽或人为故意造成放射源丢失或偷盗事故，将造成严重的安全隐患。 ⑥人为故意引起的辐射照射。	人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。 ③γ 射线探伤结束后，应进行放射性水平测量，确认放射源已经回到探伤机的源容器内。领用 γ 射线探伤机时也应进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机的源容器内。 ④γ 射线探伤必须 2 人或以上共同作业，探伤开机前注意探伤室清场，探伤期间工作人员不得脱岗。 ⑤建设单位不得自行进行倒源操作，所有换源工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。 ⑥γ 射线探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，应由工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场工作人员第一时间联系放射源生产单位，在专业人员的指导下严格按照生产单位提供的操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等）和应急防护用品，佩戴个人剂量计和剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。如公司不具备能力处理卡源故障，应在放射源生产单位工作人员到场前务必封锁并保护好现场，严禁无关人员靠近。待处理完卡源故障后，确保放射源已经安全收回至探伤机内后方可消除警戒状态。在处理完故障后，尽快对处理卡源故障的工作人员个人剂量计进行监测，一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类故障发生。 ⑦对 γ 射线固定式探伤制定操作规定，明确 γ 射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。定期对操作人员进行培训，使之熟练掌握探伤操作要点，并严格按照操作规范操作。
	检修/维护过程	使用单位人员单独对探伤机进行维修而造成误照射。	严格落实《设备检修维护制度》，维修 γ 射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行，使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。

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和防护条例（2019 年修改）》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》等法律法规要求，使用Ⅱ类放射源和Ⅱ类射线装置的单位应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

本项目为建设单位首次开展核技术利用建设项目，目前处于筹建阶段。建设单位承诺尽快成立辐射安全与环境保护管理机构，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.1.2 辐射人员管理

（1）个人剂量检测

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应当终生保存。

（2）辐射工作人员培训

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）精神，所有辐射工作人员必须通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）自主培训并参加 X 射线/γ 射线探伤类别考核，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

建设单位拟新增 8 名辐射工作人员，由公司现有员工参加生态环境部组织的辐射安全与防护平台自主学习，考核合格后上岗，并按时每五年重新进行考核，辐射操作人员需考取 X 射线和 γ 射线探伤类别证书。同时企业应该增加 1 名辐射安全管理人员；考取辐射安全管理证书。

(3) 辐射工作人员职业健康体检

新增辐射工作人员上岗前,应当进行上岗前的职业健康检查,符合辐射工作人员健康标准的,方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查,两次检查的时间间隔不超过 2 年,必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时,放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查,并建立个人健康档案。

建设单位拟组织 8 名新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检,建立个人健康档案,并长期保存,并每 2 年进行在岗期间体检,离岗前进行离岗体检。

12.1.3 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定,公司应对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估,并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容:

- (一) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况;
- (二) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况;
- (三) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况;
- (四) 射线装置台账;
- (五) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据;
- (六) 辐射事故及应急响应情况;
- (七) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况;
- (八) 存在的安全隐患及其整改情况;
- (九) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的,应当立即整改。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》,使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等,有完善的辐射事故应急措施。

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》等法律法规要求,建设单位承诺将制定以下方面的管理制度:

辐射工作人员岗位职责:明确管理人员、本项目辐射工作人员的岗位责任,使每一个相关

的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

射线装置安全操作规程：明确辐射工作人员资质条件要求、射线装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确探伤机探伤时的操作步骤，明确每次探伤工作前，辐射工作人员应检查安全联锁、报警设备和警示灯等的性能，确保辐射安全措施的有效性。

射线装置的使用登记和台账管理制度、放射源台账管理制度：应记载射线装置和放射源的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对探伤装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度，制定射线装置的使用登记制度。

公司应在墙上张贴《放射源暂存库管理制度》、《放射源暂存库保管人员安全生产责任制》、《放射性事故应急预案》，并制订《放射源管理方案》，做好各单位存取放射源和使用登记、台账记录工作。在日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度进行。

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

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

辐射环境监测制度：购置辐射监测仪器等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测方式由企业自主监测与有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，并定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）的要求，建设单位应成立单位负责人为领导的辐射事故应急领导小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的故事情节；演练参与人员等。

自行检查和年度监测：定期对探伤设备的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。公司应每年委托有监测资质的单位对放射源暂存库进行年度监测。

辐射安全档案管理制度：公司须建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员如调离辐射工作岗位，公司应当将个人剂量档案长期保存；新增辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康监护档案且长期保存。

12.3 辐射监测

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

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》第十六条规定，使用Ⅱ类放射源和Ⅱ类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

本项目相关辐射监测仪器配置计划见前文表 10 章节中表 10-6。监测仪器按要求配备齐全后，本次评价认为能够满足本项目的仪器配备要求。同时，本次评价建议公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

12.3.2 个人剂量监测

探伤工作人员工作时应佩戴个人剂量计和携带个人剂量报警仪。个人剂量计须定期（一般为一个月，最长不得超过三个月）送检。公司应建立剂量约束值和剂量评价制度，对受到超剂量约束值的应进行评价，跟踪分析高剂量的原因，优化实践行为，并指定专职辐射管理人员负责对个人剂量检测结果（检测报告）统一管理，建立档案，个人剂量档案应当长期保存。

12.3.3 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

（1）正式使用前监测：委托有相关监测资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

(2) 常规监测：日常使用过程中对控制区、监督区边界及使用场所周边关注点进行监测。如发现划定的区域未能满足相关标准的要求，及时对划定的分区进行调整，并将每次巡测结果记录存档备案。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 第 8.3.4 条款：本项目探伤室投入使用后每年至少进行 1 次常规监测；

(3) 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，对放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。参考《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定，年度监测周期为 1 次/年。

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 等标准要求，本项目辐射工作场所监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射工作场所监测计划

场所名称	监测类型	监测项目	监测范围	监测频次	监测方式
探伤室	验收监测	周围剂量当量率	四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、电缆和排风管道口处。	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			1 次/年	自主监测
	年度监测			1 次/年	自主监测
放射源暂存库	验收监测	周围剂量当量率	四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处；储源坑表面 50cm 处；含源 γ 射线探伤机出入库时源容器表面。	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			每次有新源入库	自主监测
	年度监测			1 次/年	自主监测

所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。公司应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

12.3.4 环保竣工验收

公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》第四十一条规定，公司应根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。辐射事故应急预案主要包括以下内容：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- （6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境主管部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生主管部门报告。如发生放射源被盗的事故，则还须向公安部门报告。

12.5 建设项目竣工环境保护验收要求

福建省开诚机械有限公司工业 X、 γ 射线固定式探伤建设项目应严格落实环保“三同时”制度，即建设项目辐射防护和安全措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。该项目竣工后，应按有关要求进行了竣工环保验收。

表 12-2 竣工验收一览表

验收项目	验收内容	验收标准及要求
辐射安全管理机构	拟成立辐射安全与环境保护管理机构，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》等法律法规中辐射安全管理的要求。
辐射工作场所分区	将探伤室和放射源暂存库划为控制区；将探伤室墙体外 1m、控制室、洗片室等区域划为监督区。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的分区要求。
辐射安全和防护措施	探伤室及放射源暂存库的屏蔽防护设计详见本报告表 10-1；辐射工作场所的辐射安全和防护措施详见本报告 10.1.4。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

通风措施	2 间探伤室内均拟设机械排风系统, 1#探伤室的风机设计风量为 15000m ³ /h, 每小时有效通风换气次数为 6 次; 2#探伤室的风机设计风量为 30000m ³ /h, 每小时有效通风换气次数为 11 次; 放射源暂存库设计风量均为 200m ³ /h。	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中“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”的要求; 满足《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) 中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m ³ 、氮氧化物的时间加权平均容许浓度 5mg/m ³ ”。
显(定)影废液和废胶片处理	废显(定)影液、废胶片应送交有资质的危险废物处置单位集中收集与处置。危废暂存间应做好“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”工作。同时, 公司应建立危险废物管理台账, 严格执行转移联单管理制度。	满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023) 的要求。
放射源管理	Co-60 γ 放射源容器外表面 100cm 处任一点的周围剂量当量率不得超过 0.05mSv/h, Ir-192 γ 放射源容器外表面 100cm 处任一点的周围剂量当量率不得超过 0.02mSv/h; 储源室应做好“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的基本要求。	满足《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006) 中密封 γ 放射源容器的放射防护要求。
人员配备	本项目 8 名新增辐射工作人员均应参加辐射防护培训, 取得成绩合格单, 方可上岗。	满足《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(2019 年, 第 57 号) 的要求。
	本项目 8 名新增辐射工作人员均拟配置个人剂量计, 个人剂量计监测周期一般为一个月, 最长不超过三个月, 并建立个人剂量监测档案。	满足《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 的要求。
	本项目 8 名新增辐射工作人员拟进行岗前、在岗或离岗职业健康检查, 拟建立个人健康档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求。
监测仪器和防护用品	本项目新增配备 8 台个人剂量报警仪、2 台便携式 X- γ 剂量率仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中监测仪器配备的要求。
辐射安全管理制度	需制定《探伤室管理制度》和《辐射事故应急预案》, 内容涵盖放射人员工作职责、放射性监测方案、放射工作人员培训计划、辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度、 放射源使用 登记制度、放射工作人员个人剂量管理制度、辐射事故应急预案、射线机操作规程、辐射防护和安全保护制度等一系列辐射安全管理规章制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求。
监测要求	探伤室四侧墙体及防护门表面外 30cm 处剂量率不超过 2.5 μ Sv/h, 探伤室顶棚外表面 30cm 处的剂量率不超过 100 μ Sv/h, 放射源暂存库四周墙外及防护门外 30cm 处、顶棚外表面 30cm 处剂量率不超过 2.5 μ Sv/h。	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的相关要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

福建省开诚机械有限公司拟于福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号现有厂区 2#铸钢车间东北侧空地建设 2 间探伤室及控制室（每间探伤室内设 2 间放射源暂存库，分别用于暂存 ^{60}Co - γ 射线探伤机和 ^{192}Ir - γ 射线探伤机）、1 间洗片室及 1 间危废暂存间等用房，危废暂存间拟建于探伤室北侧。公司拟购置 2 台 ^{60}Co - γ 射线探伤机、3 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（2 用 1 备）、1 台 XY-3005 型便携式 X 射线探伤机、1 台 12MeV 电子直线加速器进行固定式探伤作业。本项目各探伤室内各辐射装置均不同时开展探伤，项目只在探伤室内开展固定式探伤，不涉及厂区车间内及现场移动式探伤。

(2) 项目布局及分区

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，具体划分情况如下：本项目拟将探伤室实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，在探伤室防护门外 1m 处采用黄色警戒线作为标志，探伤/贮源期间禁止任何人员入内，并设置电离辐射警告标志和中文警示说明；控制室等相邻区域划为监督区，探伤/贮源期间限制非辐射工作人员入内。

(3) 辐射安全防护措施结论

本项目各探伤室和放射源暂存库均已采取实体屏蔽，其屏蔽防护性能均能符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30271-2013）的相关要求。同时本项目探伤室、放射源暂存库均按标准要求划分控制区和监督区，针对 X、 γ 射线探伤装置的固有安全属性、储存、固定式探伤等环节均采取相应的辐射安全和防护措施，并配套足够数量的防护用品和检测仪器。

(4) 辐射安全管理结论

建设单位按规定拟成立辐射防护管理领导小组，拟根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度。建设单位拟组织 8 名新增辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，考核合格后方能上岗，并拟委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐

射水平进行监测。

建设单位在成立辐射防护管理领导小组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的能力。本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）主要污染因子

本项目投入运行后，主要污染因子为 X 射线、 β 射线、电子束、中子、 γ 射线、废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机、废靶件、感生放射性废气及非放射性污染（臭氧和氮氧化物、废显（定）影液、废胶片及洗片废液）。

（2）环境影响分析结论

①探伤室安全防护能力分析

经理论预测，本项目 2 间探伤室投入运行后，各侧屏蔽墙体外 30cm 处和防护门外 30cm 处周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

②放射源暂存库安全防护能力分析

经辐射环境影响预测，当放射源暂存库处于最大贮存工况时，放射源暂存库外表面 30cm 处周围剂量当量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对于放射源贮存设施“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平”的要求，满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）第 6.11.1.3 条款的要求。

③人员年有效剂量

根据剂量估算结果，本项目所致辐射工作人员及周围公众人员的年有效剂量低于本项目剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

④“三废”环境影响分析

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。报废的 γ 射线探伤机应交予 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。探伤过程如有加速器废靶件产生由设备厂家回收处理。

电子直线加速器探伤过程中产生的感生放射性气体 ^{15}O 和 ^{13}N 通过机械排风装置排到外环境中很快衰变。固定式探伤过程和放射源暂存库中产生的臭氧和氮氧化物通过机械排风装

置排至室外，排风口不朝向远离人群密集区。探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液均属于危险废物，定期委托有资质的单位处理处置。

13.1.3 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

结合中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

（2）实践正当性分析结论

本项目实施的目的是为了对自生产的产品进行无损检测，其产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，经辐射屏蔽防护和安全管理后，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的年有效剂量符合剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因而，按照规范正当操作，本项目是符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则的。

（3）选址合理性分析

本项目拟建址用地性质为工业用地，探伤室 50m 评价范围内无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目的选址基本合理可行。

（4）项目可行性

综上所述，本项目选址合理，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

1、公司建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

2、辐射工作人员规范使用个人剂量计和个人剂量报警仪，并形成制度。

13.2.2 承诺

1、本项目环评报批后，建设单位承诺及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

2、建设项目竣工后，建设单位承诺按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

附件 1 环评委托书

环评委托书

卫康环保科技（浙江）有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》有关规定，我单位福建省开诚机械有限公司工业 X、γ射线固定式探伤建设项目需进行环境影响评价，现正式委托贵公司承担该项目环境影响评价工作，请接受委托后尽快开展工作。

特此委托。

福建省开诚机械有限公司

2024年3月16日



营业执照

统一社会信用代码

91350400717301097U

(副本) 副本编号: 1-1

扫描二维码登录
“国家企业信用信
息公示系统”了解
更多登记、备案、
许可、监管信息。

名称 福建省开诚机械有限公司

注册资本 贰亿壹仟捌佰陆拾柒万圆整

类型 有限责任公司

成立日期 2000年01月18日

法定代表人 瞿建银

住所 福建省三明市沙县区凤岗金福东路289号

经营范围 机械零部件加工;模具制造;铸锻件的制造、加工、销售;废钢铁收购;自营和代理各类商品和技术的进出口,但国家限定公司经营或禁止进出口的商品和技术除外。(依法须经批准的项目,经相关部门批准后方可开展经营活动)

登记机关

2025 年 12 月 31 日

国家市场监督管理总局监制

附件 3 企业法定代表人身份证复印件

附件 4 不动产权证

三明市生态环境局

明环评沙函〔2025〕2号

三明市生态环境局 关于福建省开诚机械有限公司大型高效发电装 备核心零部件智能制造项目环境影响 报告表的批复

福建省开诚机械有限公司：

你公司报送的《福建省开诚机械有限公司大型高效发电装备核心零部件智能制造项目环境影响报告表》（以下简称“报告表”）和申请审批的函收悉。我局于2025年1月9日受理该报告表的审批申请，在沙县区人民政府门户网站对受理情况进行公开，并将报告表全本公示；于2025年1月23日在沙县区人民政府门户网站对报告表拟作出的审批意见进行公开；上述公示、公开期间，我局未收到关于本报告表的意见。经研究，对该项目环境影响报告表批复如下：

一、拟建项目选址于福建省三明市沙县区凤岗金福东路289号，改扩建后为年产20000吨铸钢件。根据报告表评价结论，在全面落实报告表提出的各项污染防治措施的前提下，该项目建设对环境的不利影响能够得到缓解和控制。因此，在你公司取得其

- 1 -

它相关行政许可的前提下,我局从环境保护方面同意报告表中所列建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺、环境保护对策措施。

二、项目建设须符合《三明市“三线一单”生态环境分区管控方案》、国家产业政策、规划和规划环评要求。

三、在项目工程设计、建设和环境管理中,你公司必须严格落实报告表提出的各项环保要求,确保其污染物达标排放、符合总量控制要求和不得对周边环境产生影响,并着重做好以下工作:

(一)加强水污染防治。生活污水和经隔油池预处理后食堂废水通过化粪池处理后排入沙县城区污水处理厂处理。

(二)加强大气污染防治。造型废气经“袋式除尘器+1根15m高排气筒”排放;熔炼、精炼废气经“袋式除尘器+1根15m高排气筒”排放;落砂废气经“袋式除尘器+1根15m高排气筒”排放;砂再生废气经“袋式除尘器+1根15m高排气筒”排放;1#抛丸废气经“袋式除尘器+1根15m高排气筒”排放;2#抛丸废气经“袋式除尘器+1根15m高排气筒”排放;喷漆废气经“水帘喷漆柜+干式过滤器+活性炭装置+1根15m高排气筒”排放;1#切割废气经“袋式除尘器+1根15m高排气筒”排放;油烟废气经集气罩收集后通过静电式油烟净化器+20m高排气筒排放;项目防护距离为50m,防护距离区域内不得有居民区、学校、医院等环境敏感目标。

(三)加强噪声污染防治。应优先选用低噪声设备,合理布局,加强设备的日常维护管理,确保厂界噪声达标。

(四)加强固体废物污染防治。生活垃圾由环卫部门统一清运；一般工业固废主要有炉渣、废砂、布袋除尘器回收尘、废中性炉料分类收集后综合利用；废活性炭等危险废物经集中收集后暂存于厂区危废暂存间，由有资质的单位进行处理。

四、项目建设应严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度，并做好与排污许可证申领的衔接。项目竣工后，按规定及时开展竣工环境保护验收。项目运营期的环境现场监督管理工作由三明市沙县生态环境保护综合执法大队具体负责。

五、在项目施工和运营过程中，应建立畅通的公众参与平台，满足公众合理的环境保护要求；按照国家相关法律、法规要求，做好环境信息公开，定期发布企业环境信息，主动接受社会监督。

六、建设项目的环评影响评价文件经批准后，建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，建设单位应当重新报批建设项目的环评影响评价文件。



附件 6 辐射本底监测报告及检测资质



浙江亿达检测技术有限公司

检 测 报 告

报告编号：浙亿检（环）字 HJ 2026 第 0077 号

委托单位：卫康环保科技（浙江）有限公司

受检单位：福建省开诚机械有限公司

检测类别：委托检测

项目名称：福建省开诚机械有限公司工业 X、 γ 射线固定式
探伤建设项目



浙江亿达检测技术有限公司

2026 年 03 月 编制



声 明

1. 本报告依据国家有关法规、标准、协议和技术文件进行。本机构保证检测工作的公正性、独立性和可靠性，对检测的数据负责；不对部分摘录或引用本报告的有关数据造成的后果负责。
2. 本报告无检测人（或编制人）、审核人、签发人签名无效；报告中有涂改或未盖本公司红色检验检测专用章、无骑缝章和无  章无效。
3. 对本检测报告有异议者，请于收到报告书之日起十五日内向本单位提出复核申请，逾期不予受理。
4. 委托现场检测对委托单位现场实际状况负责。
5. 未经本单位书面允许，对本报告的任何局部复制、使用和引用均为无效，本单位不承担任何法律责任。
6. 本报告一式贰份，客户方壹份，本公司留存壹份。
7. 本报告未经浙江亿达检测技术有限公司同意，不得以任何形式用于广告及商品宣传。

检测单位：浙江亿达检测技术有限公司

技术档案存放处：浙江亿达检测技术有限公司档案室

联系地址：浙江省杭州市滨江区浦沿街道东冠路 611 号 7 幢 5 层 503 室

邮政编码：310053 联系电话：0571-85028656-转分机号

传真：0571-85086601

联系人：翁肖佳 意见反馈：186 0653 2581

网址：www.yidatest.com

邮箱：yidajiance@foxmail.com

浙江亿达检测技术有限公司 网址：www.yidatest.com 电子邮件：yidajiance@foxmail.com 电话：0571-85028656
单位地址：浙江省杭州市滨江区浦沿街道东冠路 611 号 7 幢 5 层 503 室 邮政编码：310053 传真：0571-85086601

浙江亿达检测技术有限公司

检 测 报 告

（一）、项目基本情况

检 测 项 目	X-γ辐射剂量率		
委托单位名称	卫康环保科技（浙江）有限公司		
受检单位名称	福建省开诚机械有限公司		
受检单位地址	福建省三明市沙县区凤岗金福东路 289 号		
联系人	俞惠	电 话	13205988996
检 测 日 期	2026 年 3 月 18 日	受检场所个数	1 个
检 测 类 型	现状检测	检测方式	现场检测
监测环境条件	天气（多云）；室外温度（22℃）；室内温度（22℃）；相对湿度（64%）		
检 测 依 据	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）		

（二）、检测仪器基本情况

检测仪器	X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	型号：6150AD6/H（主机：6150AD6/H 外置探头：6150AD-b/H）
编号	165455+167510
生产厂家	Automess
量程	外置探头：10nSv/h~99.99μSv/h；主机：0.1μSv/h~10mSv/h
能量范围	外置探头：20keV-7MeV；主机：60keV-1.3MeV
检定证书编号	NJYF-20260350086
检定证书有效期	2026 年 3 月 2 日~2027 年 3 月 1 日
检定单位	浙江省质量科学研究院
校准因子 C _r	1μSv/h:1.02
探测限	10nSv/h

浙江亿达检测技术有限公司

检 测 报 告

（三）、检测结果：

（1）样品编号 HJ260073-1

表 1、本项目辐射场所拟建址及周围环境质量现状监测结果

点位编号	点位描述	γ辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
1#	拟建探伤室一	123	3
2#	拟建探伤室二	127	3
3#	东侧降压站	179	3
4#	南侧 2#铸钢车间	176	3
5#	西侧 2#铸钢车间	127	2
6#	北侧道路	167	3

注：1、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.4 条款，本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.5 条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、γ辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 25.5nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，4#~5#点位取 0.8，其余点位取 1；

4、监测点位见图 1。



图 1 本项目辐射场所拟建址及周围环境辐射质量现状监测点位图

报告编制人 张化 审核人 俞吉伟 签发人 魏晓杰
 编制日期 2026.3.19 审核日期 2026.3.19 签发日期 2026.3.19

浙江亿达检测技术有限公司 网址: www.yidatest.com 电子邮件: yidajiance@foxmail.com 电话: 0571-85028656
 单位地址: 浙江省杭州市滨江区浦沿街道东冠路 611 号 7 幢 5 层 503 室 邮政编码: 310053 传真: 0571-85086601



检验检测机构 资质认定证书

证书编号: 211112051235

名称: 浙江亿达检测技术有限公司

地址: 浙江省杭州市滨江区浦沿街道东冠路 611 号 7 幢 5 层 503 室

经审查, 你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力, 现予批准, 可以向社会出具具有证明作用的数据和结果, 特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权证书见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由浙江亿达检测技术有限公司承担。



许可使用标志



211112051235

发证日期: 2021 年 09 月 27 日

有效日期: 2027 年 09 月 26 日

发证机关:



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制, 在中华人民共和国境内有效。

附件 7 规划许可证

建350427202600007

中华人民共和国
建设工程规划许可证

建字第 3504052026GG0008679号

根据《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，经审核，本建设工程符合国土空间规划和用途管制要求，颁发此证。



发证机关
日期



SM No 0027905

建设单位（个人）	福建省开诚机械有限公司
建设项目名称	大型高效发电装备核心零部件智能制造项目（2#铸钢车间-扩建探伤室）
建设位置	金沙园北区
建设规模	总建筑面积1884.09平方米，计容建筑面积2662.43平方米
附图及附件名称	



建设项目具体楼幢情况					
栋号	层数	结构	建筑占地面积	建筑面积	用途分类
2#铸钢车间-扩建探伤室	3层	钢筋混凝土	1155m²	1884.09m²，计容面积2662.43m²	

三明市沙县区自然资源局 **建设工程规划许可证联审表**

编号：建字第 3504052026GG0008679 号

建设单位（个人）	福建省开诚机械有限公司
建 设 项 目 名 称	大型高效发电装备核心零部件智能制造项目(2#铸钢车间-扩建探伤室)
建 设 位 置	金沙园北区
建 设 规 模	总建筑面积1884.09平方米，计容建筑面积2662.43平方米
联 合 技 术 审 查 意 见	
经审查，福建省开诚机械有限公司报送的“大型高效发电装备核心零部件智能制造项目”建筑设计方案基本符合规划要求，主要经济技术指标：总建筑面积 110880.48 平方米，总计容建筑面积 252089.81 平方米，建筑系数 57.10%，容积率 1.47，绿地率 11.50%。其中本次报批 2#铸钢车间-扩建探伤室：建筑层数地上 3 层，占地面积 1155 平方米，建筑面积 1884.09 平方米，计容建筑面积 2662.43 平方米。	

三明市通信办	无意见
城管部门 (市政、园林)	无意见
人防部门	无意见
消防部门	无意见
水利部门	做好相关水土保持措施，防治水土流失。
供水部门	无意见
供电部门	无意见
供气部门	无意见
通信部门（电信、 联通、移动、广电）	该项目涉及广电网络公共配套设施建设，请按照《福建省广播电视设施保护条例》及省住建厅、省广播电视局下发的《关于做好广电网络公共配套设施建设管理工作的通知》（闽建科〔2020〕2号），请贵单位将广电网络配套建设纳入本工程项目概算，配套设施重点保障应急广播传输，并同步考虑广电直播信号、本地节目等业务的传输，具体配套设施设计、施工按照《福建省建筑物广电网络基础设施建设标准》规范执行，该指导意见也将作为工程验收依据。如有疑问，请及时向我方咨询，广电网络联系人：黄明炜，电话：18650968089。
说明	1. 根据《中华人民共和国城乡规划法》制发本件。本件为《建设工程规划许可证》的附件。 2. 建设单位应当在取得《建设工程规划许可证》之日起一年内依法办理施工许可。因特殊情况确需延期使用该证的，建设单位应当在本证有效期届满前三十日内向本局申请延期。否则，未在规定期限内办理相关手续，又未申请延期的，《建设工程规划许可证》自动失效。