

核技术利用建设项目

四川川化鑫和检测技术有限公司

新建工业探伤室项目

环境影响报告表

(公示本)

四川川化鑫和检测技术有限公司

二〇二六年八月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

四川川化鑫和检测技术有限公司

新建工业探伤室项目

环境影响报告表

建设单位名称：四川川化鑫和检测技术有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：周勇

通讯地址：成都市青白江区团结东路

邮政编码：610300

联系人：吴渊

电子邮箱：381204581@qq.com

联系电话：15208188564

目 录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	13
表 3	非密封放射性物质	14
表 4	射线装置	15
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	16
表 6	评价依据	17
表 7	保护目标与评价标准	19
表 8	环境质量和辐射现状	23
表 9	项目工程分析与源项	26
表 10	辐射安全与防护	43
表 11	环境影响分析	58
表 12	辐射安全管理	92
表 13	结论与建议	100

附件：

- 附件 1 环评委托书；
- 附件 2 原有辐射安全许可证；
- 附件 3 川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)产权证明；
- 附件 4 川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)备案证明；
- 附件 5 川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)环评批复；
- 附件 6 危险废物处置协议；
- 附件 7 关于成立辐射安全与环境保护管理领导小组的通知；
- 附件 8 辐射安全管理规及制度；
- 附件 9 辐射工作人员培训证书一览表；
- 附件 10 本项目拟建辐射工作场所 X- γ 辐射环境监测报告；
- 附件 11 本项目资料确认文件；
- 附件 12 探伤机 1m 处剂量率文件；
- 附件 13 租赁合同。

附图：

- 附图 1 本项目地理位置图；
- 附图 2 本项目外环境关系图；
- 附图 3 本项目探伤室平面布局图；
- 附图 4 本项目探伤室剖面图；
- 附图 5 本项目进风、排风大样图；
- 附图 6 本项目线缆穿线孔示意图；
- 附图 7 本项目新建探伤室探伤人流、物流路径图；
- 附图 8 本项目探伤室两区划分示意图；
- 附图 9 本项目新建探伤室辐射安全防护设施平面布局图。

表 1 项目概况

建设项目名称		四川川化鑫和检测技术有限公司新建工业探伤室项目				
建设单位		四川川化鑫和检测技术有限公司				
法人代表		周勇	联系人	吴渊	联系电话	15208188564
注册地址		成都市青白江区团结东路				
项目建设地点		四川省成都市青白江区大弯街道工业集中发展区同济大道东侧川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间内南侧				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		517	项目环保投资（万元）	267	投资比例（环保投资/总投资）	51.6%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ）	361
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			
	其它	/				

项目概述

一、建设单位简介及项目由来

四川川化鑫和检测技术有限公司（统一社会信用代码：91510113395454698Y）成立于 2014 年 08 月 08 日。四川川化鑫和检测技术有限公司是一家从事建设工程质量检测、水利工程质量检测、特种设备检验检测、雷电防护装置检测、民用航空油料检测等综合性检验检测机构。

四川川化鑫和检测技术有限公司已取得了四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》(川环辐证[00197 号])(附件 2)，许可种类和范围为：使用 II 类射线装置，

有效期至 2029 年 01 月 19 日。

四川川化鑫和检测技术有限公司于 2026 年 3 月日租赁了四川川化永鑫建设工程有限责任公司化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间内南侧，在此区域拟新建 1 座探伤室和配套辅助用房，在探伤室内拟利旧使用 8 台 X 射线探伤机(Ⅱ类射线装置)和新增使用 1 台 4MeV 电子直线加速器(Ⅱ类射线装置)，用于四川川化永鑫建设工程有限责任公司生产的聚合釜、换热器、汽提塔、压力容器和压力管道焊缝的质量检测，年检测工件约 2200 件。

四川川化永鑫建设工程有限责任公司化工及能源装备智能制造生产基地(一期)项目已取得成都市青白江生态环境局《关于四川川化永鑫建设工程有限责任公司化工及能源装备智能制造生产基地项目(一期)环境影响报告表的批复》(成青环承诺环评审[2024]32 号)(附件 5)。目前化工及能源装备智能制造生产基地(一期)项目正在建设之中。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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和防护管理办法》的规定和要求，本项目涉及使用Ⅱ类射线装置，需进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行)，本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，应编制环境影响报告表，根据四川省生态环境厅文件“四川省生态环境厅关于印发《四川省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录(2025年本)》的通知(川环规〔2025〕1号)”，本项目应报成都市生态环境局申请审批。因此四川川化鑫和检测技术有限公司委托四川同佳检测有限责任公司对该项目开展环境影响评价工作。四川同佳检测有限责任公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成了《四川川化鑫和检测技术有限公司新建工业探伤室项目》。

二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令)相关规定，本项目属于鼓励类第三十一项

“科技服务业”中第1条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：四川川化鑫和检测技术有限公司新建工业探伤室项目

建设单位：四川川化鑫和检测技术有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省成都市青白江区大弯街道工业集中发展区同济大道东侧川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间内南侧

（二）建设内容与规模

本项目拟在川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间内南侧新建1座探伤室和配套辅助用房，含曝光室、操作室、干暗室、湿暗室、危废暂存间、晾片室、评片室，均为一层建筑。本项目所有探伤作业均在探伤室内开展，不涉及野外和室外探伤，且同一曝光室内不存在两台及两台以上射线装置同时运行的情况。

1、探伤室

探伤室占地面积约361m²。探伤室包括曝光室（247m²）和配套辅助用房操作室（44m²）、干暗室（15m²）、湿暗室（11m²）、危废暂存间（6m²）、晾片室（19m²）、评片室（19m²）。

曝光室：新建钢筋混凝土结构曝光室。曝光室净空尺寸为：长15.2m*宽10m*高7.25m，四周墙体采用钢筋混凝土结构。曝光室东南侧、西南侧、西北侧墙体均为1.2m厚，东北侧墙体为2m厚，屋顶为1m厚。工件门位于曝光室西北侧，门洞尺寸高7m*宽6m，工件门尺寸：高7.8*宽7m*厚1.2m；工件门与左右两侧墙体搭接500mm，与下侧搭接300mm，与上侧搭接500mm，工件门为电动轨道平移钢筋混凝土防护门；“L形”迷道设置在曝光室南侧，迷道尺寸：长3.1m*宽1.4m*高2.5m，迷道门门洞尺寸高2m*宽0.8m，迷道门尺寸：高2.3*宽1.3m；迷道门与左右两侧搭接250mm，与下侧搭接120mm，与上侧搭接180mm。迷道内外墙和侧墙厚度均为1200mm。迷道门结构采用10mm钢板+8号槽钢+内部25mm铅板+10mm钢板构成，迷道门为铅钢结构电动防护门。曝光室内设平车轨道，平车轨道间距2.6m，平车尺寸为长5m*宽3m*高0.75m。

2、射线装置：拟利旧使用 8 台 X 射线探伤机，其中定向 X 射线探伤机 5 台，周向 X 射线探伤机 3 台，8 台 X 射线探伤机管电压最大为 350kV，管电流最大为 5mA；拟新增使用 1 台 PTMegaL-4 型 4MeV 电子直线加速器。

3、探伤工件：

本项目探伤工件主要为四川川化永鑫建设工程有限公司化工及能源装备智能制造生产基地生产的聚合釜、换热器、汽提塔、压力容器和压力管道。工件材质主要为碳钢和不锈钢。工件直径约 50mm-4.5m，长度约 1m-8m，壁厚约 5mm-200mm，壁厚 5mm-30mm 的探伤工件数量约 1000 件/年，壁厚 30mm-40mm 的探伤工件数量约 700 件/年，壁厚 40mm-50mm 的探伤工件数量约 400 件/年，壁厚 50mm-200mm 的探伤工件数量约 100 件/年，共计 2200 件/年。

4、工作负荷：

根据建设单位提供的数据，本项目壁厚 5mm-30mm 的探伤工件拟使用 2505 探伤机进行无损检测，每件曝光时间约 12min（单次曝光 3min，每件工件曝光约 4 次），探伤工件数量约 1000 件/年，曝光时间共约 **200 小时**；壁厚 30mm-40mm 的探伤工件拟使用 3005 探伤机进行无损检测，每件曝光时间约 15min（单次曝光 3min，每件工件曝光约 5 次），探伤工件数量约 700 件/年，曝光时间共约 **175 小时**；壁厚 40mm-50mm 的探伤工件拟使用 3505 探伤机进行无损检测，每件曝光时间约 18min（单次曝光 3min，每件工件曝光约 6 次），探伤工件数量约 400 件/年，曝光时间共约 **120 小时**；壁厚 50mm-200mm 的探伤工件拟使用电子直线加速器进行无损检测，每件曝光时间约 45min（单次曝光 5min，每件工件曝光约 9 次），探伤工件数量约 100 件/年，曝光时间共约 **75 小时**。

因此，本项目使用 X 射线探伤机的年最大曝光时间为 495 小时，使用电子直线加速器的年最大曝光时间为 75 小时。

5、项目组成

项目组成及主要环境问题见下表。

表 1-1 项目组成及主要环境问题

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	营运期
主体工程	探伤室	(1) 曝光室：新建钢筋混凝土结构曝光室。曝光室净空尺寸为：长15.2m*宽10m*高7.25m，四周墙体采用钢筋混凝土结构。曝光室东南侧、西南侧、西北侧墙体均为1.2m	扬尘 废水 固废	X 射线 噪声 臭氧

程	厚,东北侧墙体为2m厚,屋顶为1m厚。工件门位于曝光室西北侧,门洞尺寸高7m*宽6m,工件门尺寸:高7.8*宽7m*厚1.2m;工件门与左右两侧墙体搭接500mm,与下侧搭接300mm,与上侧搭接500mm,工件门为电动轨道平移钢筋混凝土防护门;“L形”迷道设置在曝光室南侧,迷道尺寸:长3.1m*宽1.4m*高2.5m,迷道门门洞尺寸高2m*宽0.8m,迷道门尺寸:高2.3*宽1.3m;迷道门与左右两侧搭接250mm,与下侧搭接120mm,与上侧搭接180mm。迷道内外墙和侧墙厚度均为1200mm。迷道门结构采用10mm钢板+8号槽钢+内部25mm铅板+10mm钢板构成,迷道门为铅钢结构电动防护门。曝光室内设平车轨道,平车轨道间距2.6m,平车尺寸为长5m*宽3m*高0.75m。 (2)射线装置:拟利旧使用原探伤室8台射线探伤机,其中定向X射线探伤机5台,周向X射线探伤机3台,管电压最大为350kV,管电流最大为5mA;拟新增使用1台PTMegaL-4型4MeV电子直线加速器。	噪声	氮氧化物
探伤装置使用情况	本项目壁厚5mm-30mm的探伤工件拟使用2505探伤机进行无损检测,每件曝光时间约12min(单次曝光3min,每件工件曝光约4次),探伤工件数量约1000件/年,曝光时间共约200小时;壁厚30mm-40mm的探伤工件拟使用3005探伤机进行无损检测,每件曝光时间约15min(单次曝光3min,每件工件曝光约5次),探伤工件数量约700件/年,曝光时间共约175小时;壁厚40mm-50mm的探伤工件拟使用3505探伤机进行无损检测,每件曝光时间约18min(单次曝光3min,每件工件曝光约6次),探伤工件数量约400件/年,曝光时间共约120小时;壁厚50mm-200mm的探伤工件拟使用电子直线加速器进行无损检测,每件曝光时间约45min(单次曝光5min,每件工件曝光约9次),探伤工件数量约100件/年,曝光时间共约75小时。 本项目使用X射线探伤机的年最大曝光时间为495小时,使用电子直线加速器的年最大曝光时间为75小时。		
辅助工程	操作室、干暗室、湿暗室、晾片室、评片室。	扬尘	废显影液
环保工程	探伤室内新建1间危废暂存间(约6m ²),依托川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)现有预处理池(约17m ²)、生活垃圾收集设施等。	废水 固废 噪声	废定影液 废胶片 洗片废水
公用工程	依托川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)拟建的供水、供电等设施。	/	生活污水 生活垃圾
办公及生活设施	探伤室内新建操作室(约44m ²);依托川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)拟建的办公及生活设施。		
仓储其它	依托川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)拟建的产品储存场所。		/

(三) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见下表。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量(单位)	来源	主要化学成分
主(辅)料	胶片	20000 张	外购	卤化银
	显影液	400L/a	外购	溴化钾、无水亚硫酸钠
	定影液	400L/a	外购	硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)、无水亚硫酸钠
能源	电	3500kWh	市政	—
水量	水	228m ³ /a	市政	—

(四) 本项目涉及的射线装置

本项目涉及的射线装置包括 8 台 X 射线探伤机和 1 台电子直线加速器，具体见下表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 本项目拟使用探伤机情况

设备名称	设备型号	设备编号	投射类型	数量(台)	单次出束(min)	辐射角度	最大穿透钢板厚度(mm)	滤过材质	1m 处输出量 mGy·m ² / (mA·min)	备注
X 射线探伤机*	XXH-3005	4003	周向	1	3	30°*360°	42	/	/	利旧
X 射线探伤机*	XXH-3005	910936	周向	1	3	30°*360°	42	/	/	利旧
X 射线探伤机	RX-350GC	2004915	周向	1	3	30°*360°	50	3mmAl	5.23	利旧
X 射线探伤机	RX-300G	2004319	定向	1	3	30°	42	3mmAl	5.23	利旧
X 射线探伤机	RX-250G	1707503	定向	1	3	30°	32	2mmAL	7.18	利旧
X 射线探伤机	RX-250G	1804509	定向	1	3	30°	32	2mmAL	7.18	利旧
X 射线探伤机	RX-250G	1804512	定向	1	3	30°	32	2mmAL	7.18	利旧
X 射线探伤机	RX-250G	1804511	定向	1	3	30°	32	2mmAL	7.18	利旧

备注：1.本项目使用 X 射线探伤机主射束方向朝向曝光室东北侧、西南侧、上方和下方照射。

2.*该探伤机厂家未提供滤过材质以及 1m 处输出量。

表 1-4 本项目电子直线加速器情况表

名称	型号	生产厂家	参数	射线类型	投射方向	管理类别	使用场所	备注
电子直线加速器	PTMega L-4	丹东锐新射线仪器有限公司	X 射线束最大能量 4MeV，距离靶 1m 处最大 X 射线辐射剂量率 300Gy/h	X 射线	主射束方向仅向曝光室东北侧照射	II 类	探伤室	拟购
能量 (MeV)			4					
1m 处剂量率 (Gy/h)			300					
焦点直径 (mm)			≤ 2					
剂量率稳定时间 (s)			≤ 5					
X 射线场均匀度			$> 75\%$					
X 射线场对称性			$\leq \pm 5\%$					
泄漏剂量率			距靶 1 米处的漏剂量不超过中心轴线上距靶 1 米处剂量的 0.1%					
照射视野尺寸			射野为 30°圆锥					
射线透射钢工件厚度			50-250mm					
连续出束时间			连续出束时间>4 小时，其间出现短时间可恢复的故障不超过 2 次，且每次时间不超过 30 分钟。					

(五) 项目外环境关系及选址合理性分析

1、项目外环境关系

川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地（一期）检测车间占地面积较大，检测车间场地长 176m*宽 135m*高 22m。探伤室整体位于生产车间内南侧，距离生产车间东南侧墙体最近约 1.9m；距离生产车间西南侧墙体最近约 3.6m；距离生产车间西北侧墙体最近约 149m；距离生产车间东北侧墙体最近约 114m。

在曝光室屏蔽墙体 50m 评价范围内，东南侧 0-5m 为操作室，5m-7m 为生产车间过道，7m-24m 为厂区道路 2，24m-50m 为成都卓达数控科技有限公司；西南侧 0-3m 为辅助用房，包括干暗室、湿暗室（含危废暂存间）、晾片室、评片室，9m-24m 为厂区道路 1，24-50m 成都君斯豪隆发动机配件制造有限公司；西侧 28-50m 为四川省润翰建材有限公司；西北侧 0-15m 为生产车间过道，15m-30m 为工件堆放区，18m-50m 为重型机操作区，30m-50m 为焊接区工作人员；北侧 0-7m 为车间过道，7m-12m 为退火炉控制室，35m-41m 为不锈钢卷板机操作区，47m-50m 为碳钢卷板机操作区；东北侧 0-3m 为超声设备室、渗透设备室、磁粉设备室，13m-22m 为 80 卷板机操作区，15m-22m 为材料堆放区，32m-45m 为试压区；上侧 7.6m-50m 为行

车操作室。

本项目探伤室上方有行车通过，行车操作工在高空行车操作室内操作行车；探伤室下方无建筑。

2、项目选址合理性分析

本项目探伤场所位于建设单位所租赁的四川川化永鑫建设工程有限责任公司化工及能源装备智能制造生产基地（一期）检测车间内南侧。建设单位在四川川化永鑫建设工程有限责任公司用地红线内建设本项目，不新增用地，用地性质符合园区规划和准入条件。

本项目位于工业园区内，辐射工作场所周围 50m 范围内无学校、医院、居民等敏感目标，50m 评价范围内仅有东南侧和西南侧有部分范围超出厂界，且超出的部分位于其他公司厂区。

本项目探伤室布置相对独立，布置在生产车间南侧一角，人员活动较少的区域。且探伤室工件门距离焊接区较近，焊接后的工件可以便捷进入探伤室内，进行无损检测。

本项目探伤室辐射工作场所具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，通过曝光室实体防护和距离衰减后，能够有效减少电离辐射对探伤室四周公众的影响，使职业人员和公众所受剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量管理约束值要求。

综上所述，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（六）实践正当性分析

射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用。建设单位拟对工件焊缝进行无损检测，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于电子直线加速器和 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。

由于探伤装置的应用可能会给周围环境和人员造成一定的辐射影响，探伤装置的使用或管理失误还可能造成辐射安全事故。建设单位在开展电子直线加速器、X 射线探伤过程中，对辐射源的使用将严格按照国家相关的辐射安全防护要求落实相

应措施，建立辐射安全管理规章制度并严格落实。因此，在正确使用和严格管理好辐射源的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目运行对环境和周围人员及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此，本探伤项建设具有实践正当性。

（七）劳动定员及工作制度

本项目拟配备6名辐射工作人员，其中5名探伤机操作人员，1名辐射安全管理人员（不参与探伤操作），均为公司现有辐射工作人员。项目实行8小时工作制度，年工作时间为300天。

建设单位今后根据开展的项目和工作量等实际情况适当调整人员编制。公司应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

四、本项目依托条件及可行性分析

本项目所依托的川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)项目已完成环评并取得生态环境主管部门批复，目前已开工建设，基地已设计的办公生活设施及环保工程如下：

1、办公生活设施：本项目辐射工作人员可在探伤室操作室内或依托川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地（一期）拟建的办公及生活设施办公，可以满足探伤室工作人员办公生活需要。

2、废水治理措施：洗片废水经新建沉淀池（1m³）处理后，与生活污水共同处理。生活污水依托川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间下方建设的一个容积为 17m³的预处理池；本项目废水经预处理池（17m³）处理后排入市政管网进入青白江区污水处理厂处理达标后排入长流河。

表 1-5 本项目废水可行性分析一览表

现有处理设施	处理设施容积	厂区日排水量	污水停留时间	剩余处理能力	本项目日排水量	依托可行性
生活污水预处理池	17m ³	15.78m ³ /d	24h	1.22m ³ /d	0.64/d	可行

3、固体废物治理措施：通过合理设置垃圾箱收集生活垃圾，每日交环卫部门统一处理；在每个生产车间设置有危险废物暂存收集桶，定期将收集的危险废物交

由有危废资质的单位处理。

综上所述，川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)项目已全面规划了基地的公用工程、环保工程及办公生活等设施，且本项目是为川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)项目生产的产品进行质量检测服务，将在化工及能源装备智能制造生产基地(一期)项目工程建成之后才能建成运行，因此，本项目依托川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)相关设施是可行的。

五、原有核技术利用项目情况

(一)原有核技术利用项目环保手续履行情况

建设单位在现有成都市青白江区团结东路311号厂区已建设有1间探伤室，分两次开展了环评，并全部完成了竣工环境保护验收，具体见下表。

表 1-6 公司原有核技术利用项目环保手续履行情况

序号	项目名称	建设内容	环评批复	竣工验收
1	工业X射线探伤建设项目	新建探伤室；含室内探伤和厂区内室外探伤；使用8台X射线探伤机。	川环建函 [2008]736号	川辐环监字(2008) 第RM0122号
2	扩建X射线野外探伤核技术利用项目	扩建X射线野外探伤核技术利用项目；使用4台射线探伤机。	川环审批 [2021]118号	永环监字(2022)第 RM0206号

(二)原有项目辐射安全许可证情况

建设单位已取了四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00197]）（附件2），许可种类和范围为：使用Ⅱ类射线装置，有效期至2029年01月19日。辐射活动场所范围包括：室内探伤、厂区内室内探伤、野外探伤共3类，具体情况见下表。

表 1-7 已获许可使用的射线装置

序号	辐射场所	名称	型号	编号	类别	数量
1	探伤室及 室外（厂区内）	X射线探伤机	XXH-3005	4003	Ⅱ	1
2		X射线探伤机	XXH-3005	910936	Ⅱ	1
3		X射线探伤机	RX-350GC	2004915	Ⅱ	1

4		X射线探伤机	RX-300G	2004319	II	1
5		X射线探伤机	RX-250G	1707503	II	1
6		X射线探伤机	RX-250G	1804509	II	1
7		X射线探伤机	RX-250G	1804512	II	1
8		X射线探伤机	RX-250G	1804511	II	1
9	野外探伤	X射线探伤机	XXH-2505C	172009	II	1
10		X射线探伤机	XXG-3505D	1608911	II	1
11		X射线探伤机	RX-250G	1804510	II	1
12		X射线探伤机	RX-250G	1804508	II	1

(三) 辐射工作人员培训及个人剂量情况

公司现有辐射工作人员共6名，其中1名为辐射安全管理人员，所有人员均严格按照国家相关规定参加培训并取得了成绩合格单，目前均在有效期内(附件9)。建设单位为每名辐射工作人员均配备了个人剂量计，编号定人佩戴，每季度定期交有资质的机构进行检测，并建立了个人剂量档案，截止目前，所有在岗辐射工作人员的个人剂量检测结果均未超过单季度个人剂量1.25mSv和年剂量5mSv的剂量约束值。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，从事II类射线装置活动操作的工作人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台(网址:<http://fushe.mec.gov.cn>)报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年，有效期满应参加复训。

(四) 辐射工作场所监测情况

建设单位于2025年11月委托，四川致胜创科环境监测有限公司对现有探伤室开展了辐射环境现状监测，根据2025年度监测报告监测结果数据表明，探伤室屏蔽体外30cm 处X-y空气吸收剂量率均未超过2.5uSv/h，探伤室屏蔽体外监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002)剂量约束值要求。

(五) 年度评估报告

建设单位按要求于2026年1月在全国核技术利用申报系统中提交了2025年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，包括基本信息、辐射安全许可证符合性检查及变更情况、本年度放射性同位素与射线装置使用台账及变更情况、辐射防护设施设备及废物处置、辐射安全与防护制度的

修订和落实情况、辐射工作人员和个人剂量情况、场所辐射环境监测及监测数据、辐射事故及应急响应情况、辐射安全隐患及整改情况等。

(六)辐射安全管理规章制度执行情况

建设单位已建立了辐射安全管理领导小组(附件7),并制定有相对完善的管理制度,包括《辐射安全管理规定(综合性文件)》《辐射工作设备操作规程》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》《辐射从业人员培训制度(或培训计划)》《辐射从业人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》等。建设单位辐射安全管理机构健全,分工明确,各项制度执行有效,已具备辐射安全管理的综合能力。公司应根据本次项目建设内容对相关规章制度进行补充完善,并且根据国家新发布的相关法规内容,结合公司实际情况及时对各项规章制度进行更新和修订。

(七)辐射事故及应急相关情况

建设单位已制定有《辐射事故应急预案》,并于2025年6月开展了辐射事故应急救援演练。经建设单位核实,自开展辐射活动以来,未发生过辐射事故。

(八)与本项目有关的原有主要环境问题

根据建设单位《2025年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》可知:公司射线装置管理账物相符,辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生变化,辐射工作场所年度监测均满足相应标准要求,辐射工作人员个人剂量监测结果满足要求剂量约束值要求,危险废物均交由有资质单位处置,开展了辐射事故应急演练。经与建设单位核实,未发生过辐射事故,无遗留环境问题。

此外,由于本项目是在川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)进行建设,待新建探伤室项目投入使用后,现有成都市青白江区团结东路311号厂区已建设探伤室将不在进行室内探伤和室外探伤,仅保留野外探伤。本项目与原有成都市青白江区团结东路311号厂区相隔直线距离约2km,两个厂区相对独立,在本项目拟建厂区无与项目相关原有环境问题。

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

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)	在 X 射线束中心轴线上距离 靶 1m 处剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器	II类	1 台	PTMegaL-4	电子	4	300	无损检测	探伤室	定向

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II类	1	XXH-3005	300	5	无损检测	探伤室	利旧
2	X 射线探伤机	II类	1	XXH-3005	300	5	无损检测	探伤室	利旧
3	X 射线探伤机	II类	1	RX-350GC	350	5	无损检测	探伤室	利旧
4	X 射线探伤机	II类	1	RX-300G	300	5	无损检测	探伤室	利旧
5	X 射线探伤机	II类	1	RX-250G	250	5	无损检测	探伤室	利旧
6	X 射线探伤机	II类	1	RX-250G	250	5	无损检测	探伤室	利旧
7	X 射线探伤机	II类	1	RX-250G	250	5	无损检测	探伤室	利旧
8	X 射线探伤机	II类	1	RX-250G	250	5	无损检测	探伤室	利旧

（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 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废胶片	固态	—	—	—	1000 张	—	探伤室内 危废暂存间	定期委托有资质的单位处理处置
废显影液	液态	—	—	—	400L	—	探伤室内 危废暂存间	定期委托有资质的单位处理处置
废定影液	液态	—	—	—	400L	—	探伤室内 危废暂存间	定期委托有资质的单位处理处置
洗片废水	液态	—	—	—	44m ³	—	—	经沉淀池处理后，再通过预处理池处理排入市政管网，进入青白江区污水处理厂处理达标后排入长流河。
臭氧及氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	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

法规文件	(1) 《中华人民共和国生态环境法典》（2026年8月15日实施）； (2) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第682号令，2017年10月1日实施）； (3) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令，2005 年12月1日实施，2014年7月29日修订）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第 31 号发布，生态环境部令第 20 号第四次修订，自 2021 年 1 月 4 日起施行）； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施）； (7) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行)； (8) 《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，原国家环保总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日实施）； (9) 原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号），2017 年 11 月 22 日起实施； (10)关于发布《射线装置分类》的公告（原中华人民共和国环境保护部、国家卫生和计划生育委员会第 66 号令，2017 年 12 月 6 日起施行）； (11)《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，2020 年 1 月 1 日起施行）； (12)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 第 9 号，2021 年 3 月 15 日起施行）； (13)《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日实施）； (14)《国家危险废物名录（2025 年版）》（2025 年 1 月 1 日实施）；
------	---

	(15) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》(环发(2012)77号,原环保部文件,2012年7月3日起施行)。
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》(HJ10.1-2016); (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021); (5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (6) 《500kV以下工业X射线探伤机防护规则》(GB22448-2025); (7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014); (8) 《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T30371-2013); (9) 《无损检测用电子直线加速器》(GB/T 20129-2015); (10) 《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》(HJ785-2016); (11) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022); (12) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017); (13) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。
其他	(1) 环评委托书; (2) 《辐射防护手册》(第一、第三分册,原子能出版社,1987); (3) 《辐射防护导论》(方杰主编); (4) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局)); (5) 四川省生态环境厅发布的《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》。

表 7 保护目标与评价标准

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》（HJ10.1-2016）要求，本项目确定以曝光室屏蔽墙为边界向外的周围 50m 内区域作为评价范围。

保护目标

根据本项目的平面布局及外环境关系，确定主要环境保护目标为本项目辐射工作人员、探伤室周围 50m 范围内其他工位的工作人员以及探伤室周围的公众，保护目标情况详见表 7-1 和图 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

编号	保护目标	与曝光室相对方位及最近距离（m）	规模（人）	保护类型	年剂量约束值（mSv）
A（H）	操作室 辐射工作人员	东南，紧邻	5	职业	5.0
E	曝光室辅助用房 辐射工作人员	西南，紧邻	5	职业	5.0
B	超声、渗透、磁粉设备 室工作人员	东北，紧邻	6	公众	0.1
J	80卷板机操作区 工作人员	东北，13	3	公众	0.1
K	材料存放区工作人员	东北，15	2	公众	0.1
L	试压操作区工作人员	东北，32	2	公众	0.1
M	退火炉控制室工作人员	北，7	2	公众	0.1
Q	不锈钢卷板机操作区 工作人员	北，35	3	公众	0.1
N	碳钢卷板机操作区工 作人员	北，47	3	公众	0.1
P	重型机操作区工作人 员	西北，18	3	公众	0.1
R	工件堆放区工作人员	西北，15	2	公众	0.1
S	焊接区工作人员	西北，30	6	公众	0.1

T	四川省润翰建材有限公司工作人员	西，28	15	公众	0.1
U	厂区道路1公众	西南，9	30	公众	0.1
V	成都君斯豪隆发动机配件制造有限公司工作人员	西南，24	15	公众	0.1
W	厂区道路2公众	东南，10	30	公众	0.1
X	成都卓达数控科技有限公司工作人员	东南，24	15	公众	0.1
Y	行车操作人员	东北侧斜上方，7.6	1	公众	0.1

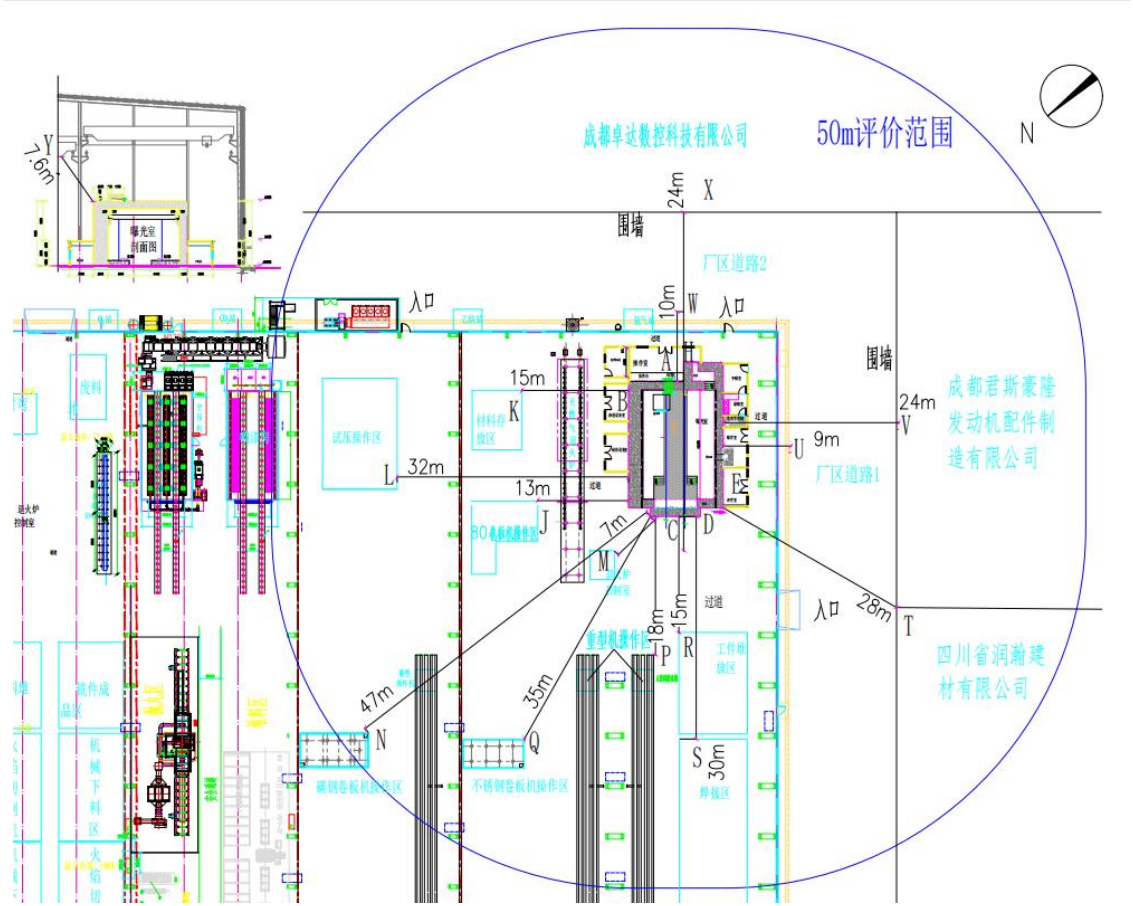


图 7-1 本项目环境保护目标示意图

评价标准

一、辐射环境评价标准

(一)剂量限值及剂量约束值

1、职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的

个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均)20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4(即 5mSv/a)作为职业人员的年剂量约束值。

2、公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。本项目环评取上述标准中规定的公众照射年剂量限值的 1/10(即 0.1mSv/a)作为公众的年剂量约束值。

(二)屏蔽体外关注点剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。”以及“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。”的要求确定本项目曝光室屏蔽体外关注点处剂量率控制水平如下：

曝光室顶部有行车操作工经过，因此本项目曝光室四周屏蔽体外 30cm 处和曝光室顶部屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

二、非辐射环境影响评价标准

(一)环境质量标准

1、环境空气：《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中二级标准；臭氧需满足《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值中 1 小时均值 $\leq 0.2\text{mg/m}^3$ ，满足《室内空气质量标准》(GB/T18883-2022)中 1 小时均值 $< 0.16\text{mg/m}^3$ ；

2、地表水环境：《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中 III 类标准；

3、声环境：《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 3 类标准。

(二)污染物排放标准

1、废气：《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准；

2、废水：《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的三级标准；

3、噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2025)标准限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)3 类

标准；

4、固体废物：一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理位置和场所位置

本项目位于四川省成都市青白江区大弯街道工业集中发展区同济大道东侧川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地（一期）检测车间内南侧。

川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地（一期）检测车间目前正在建设中，根据现场踏勘和调查，本项目辐射工作场所周边 50m 评价范围内曝光室东南侧、西南侧涉及厂界外范围，其余均位于厂界内。2026 年 4 月 16 日进行现场踏勘时，拟建场所现状见下图。



探伤室拟建位置

探伤室西南侧位置

图 8-1 项目拟建区域现场现状图

二、本项目拟建场所环境现状监测

为掌握项目拟建地的辐射辐射环境现状，四川同佳检测有限责任公司技术人员于 2026 年 4 月 16 日按照要求对四川川化鑫和检测技术有限公司新建工业探伤室项目拟建场所进行了 X- γ 辐射环境剂量率的布点监测。本次环境影响评价现场监测的监测项目、分析及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源

项目	检测方法	检出限	备注
X- γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	10nGy/h	/

表 8-2 检测项目及使用设备一览表

表 8-2 检测项目及使用设备一览表						
监测项目	监测设备					使用环境
	名称及编号	技术指标			校准情况	
X- γ 辐射 剂量 率	名称： 环境监测用 X- γ 辐射空气比 释动能率仪 型号：NT6101 编号： TJHJ2021-49	①能量响应：48KeV~3MeV			校准单位：深圳市 计量质量检测研究 院 证书编号： JL2519263701 校准日期： 2025 年 11 月 7 日 有效期至： 2026 年 11 月 6 日	天气：晴 温度：23.4℃ 湿度：85%
		②测量范围： 10nGy/h~200 μ Gy/h				
		③校准结果：				
		量程 (μ Gy/h)	校准因子	不确定度 $U_{rel}(k=2)$		
		1~10	1.019	5.9%		
		10~30	1.077	5.3%		
30~100	1.015	5.3%				

辐射监测仪已经由计量部门年检，且在有效期内，测量方法按国家相关标准实施，测量不确定度符合统计学要求，布点合理、人员合格、结果可信，可以作为评价电离辐射环境现状的科学依据。

三、质量保证

本项目监测委托于四川同佳检测有限责任公司，受委托单位均通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系，本次监测所用的仪器性能参数符合国家标准方法的要求，具有有效期的内国家计量部门的检定/校准合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川同佳检测有限责任公司质量管理体系：

(1) 计量认证

从事监测的单位四川同佳检测有限责任公司通过了四川省市场监督管理局核发的检验检测机构计量认证证书（计量认证号：222312051472），有效期至 2028 年 11 月 21 日。

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

(3) 记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。

(4) 监测人员资质

监测人员均经专门的培训，考核合格持证上岗。

四、监测结果

表 8-3 本项目拟建探伤室场所 X-γ 辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

点位	测量位置	X-γ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差(S)	
1	拟建探伤室曝光室位置	87	6	位于曝光室内
2	拟建操作室位置	89	6	紧邻曝光室东南侧
3	磁粉设备室	88	5	紧邻曝光室东北侧
4	工件门处	94	5	紧邻曝光室西北侧
5	评片室	95	7	紧邻曝光室西南侧
6	材料存放区	93	6	位于曝光室东北侧
7	80 卷板机操作区	96	6	位于曝光室东北侧
8	退火炉控制室	94	5	位于曝光室北侧
9	工件堆放区	93	5	位于曝光室东北侧
10	四川省润翰建材有限公司	90	5	位于曝光室西侧 (厂界外)
11	成都君斯豪隆发动机配件 制造有限公司	92	7	位于曝光室西南侧 (厂界外)
12	成都卓达数控有限公司	91	5	位于曝光室东南侧 (厂界外)

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值

根据监测数据，本项目探伤室所在区域的 X-γ 辐射剂量率为 87nGy/h~96nGy/h，与成都市生态环境局发布的《2025 成都生态环境质量公报》环境 γ 辐射剂量率连续自动监测日均值范围为 66.8~123.4nGy/h 基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目主要施工内容为曝光室及辅助用房的修建和设备的安装。本项目施工期间会产生施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾、施工人员生活污水和生活垃圾、废弃装修材料等。本项目施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

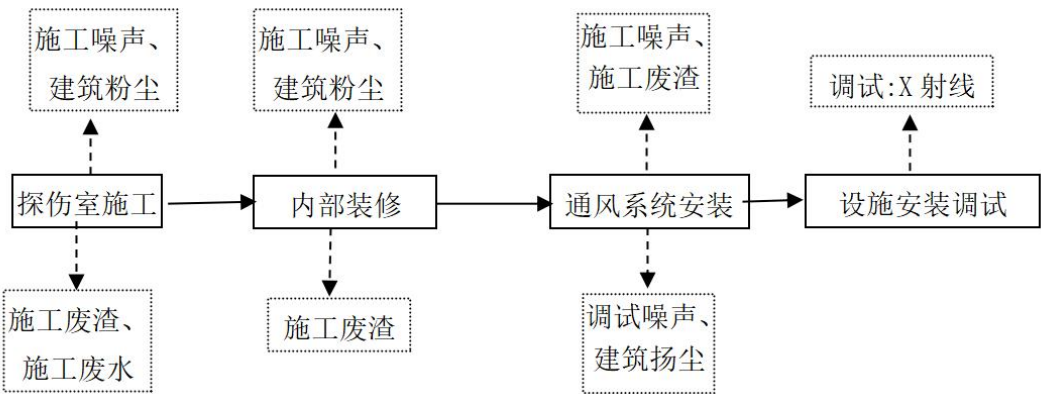


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目施工工艺：本项目曝光室工件门设计为混凝土结构，拟在门洞前的地沟内安装一条平车轨道，大门门体底部左右两侧安装主动轮箱和从动轮箱，门体上部设有导轮组，在墙体上部设有上部支撑架和上导轨，门体运行的两个终点均设置有软、硬限位及缓冲机构。门体采用摆线针轮减速机作为驱动机构，通过主动轮箱内齿轮间的啮合来实现门体的左右移动，门体上导轨防止门体的左右倾斜，使门体平稳移动，软、硬限位和缓冲机构保证门体精确的行程，以达到门体安全精确的开启和关闭。

为保证探伤室满足辐射防护要求，环评要求必须使用铅密度为 11.3t/m³；使用混凝土容重满足 2350kg/m³，即混凝土必须振捣密实，不能产生质量缺陷。并且，曝光室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇注，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝，当墙体很难一次性浇筑完成时，留置的施工缝应选择在适宜的位置，并做企口或错口处理。工件大门和防护门由生产厂家负责订做和安装，工件大门和防护门应考虑门因自身重量而发生形变、频繁开关门致使其连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题。工件大门和防护门应尽可能减小缝隙泄露辐射，通常防护门宽

于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍，墙体与防护门应有足够的搭接宽度，应预留防护门下沉沟槽。

本项目曝光室被探工件进出曝光室的方式均采用平车轨道运送，安装工件进出门地沟处平车轨道为断开，避免阻碍工件进出门关闭，使用平车采用过桥方式将被探工件送入曝光室。工件门位于曝光室西北侧，门洞尺寸高 7m*宽 6m，工件门尺寸：高 7.8*宽 7m*厚 1.2m；工件门与左右两侧墙体搭接 500mm，与下侧搭接 300mm，与上侧搭接 500mm，工件门为电动轨道平移钢筋混凝土防护门。

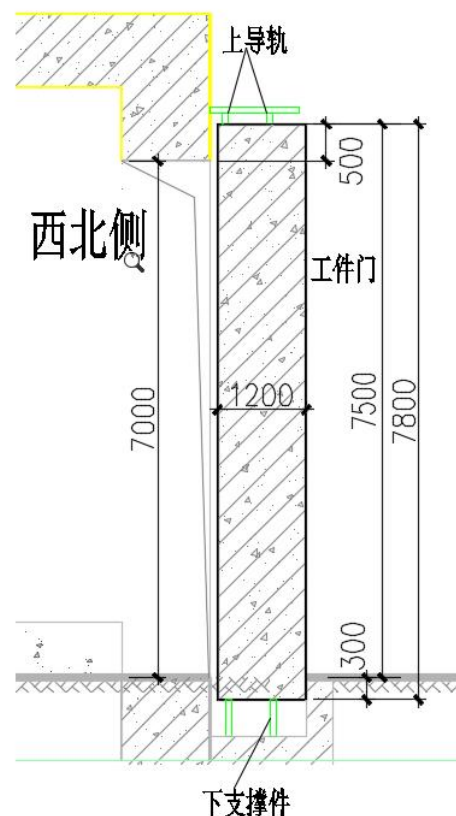


图 9-2 曝光室工件门结构示意图

（一）施工期扬尘

探伤室施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，主要是通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

（二）施工期噪声

施工期噪声包括探伤室施工过程、防护设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。

（三）施工期废水

施工期废水主要为建筑施工产生的生产废水及施工人员生活污水。项目不设置混凝土搅拌站，因此无搅拌废水产生。施工过程中的生产废水主要来源于机械的冲刷、楼地及墙面的冲洗、构件与建筑材料的保湿、墙体的浸润、材料的洗刷以及桩基础施工中排出的泥浆等。

施工期废水主要为施工人员的生活污水，生活污水经厂区预处理池处理后排入市政管网，进入青白江区污水处理厂处理达标后排入长流河。

（四）施工期固废

施工期固废主要是装修过程中产生的固体废物和施工人员的生活垃圾。施工过程中产生少量建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾收集后堆放于指定地点并及时清运至住建部门指定的弃渣场；生活垃圾收集后交由环卫部门收运处置。

（五）安装调试阶段影响简要分析

本项目安装调试期间重点为设备相关系统和联锁装置的性能检测及调整优化，通常为低负荷运行，X 射线探伤机和电子直线加速器调试运行期间将主要产生 X 射线，可能对环境造成一定的影响。

本项目 X 射线探伤机和电子直线加速器的运输、安装和调试均由设备生产厂家专业人员进行操作。在设备的运输、安装、调试过程中，建设单位应加强辐射防护管理。调试运行前应保证各探伤室屏蔽防护设施、通排风设施及相关安全联锁全部建成，并在探伤室外设立辐射警示标志和管控措施，禁止无关人员靠近。在设备的运行调试过程中，探伤机的控制钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在探伤室入口等关键处设置醒目的警示牌；现场准备就绪，屏蔽体关闭到位，经巡查确认满足调试运行条件且无人员在曝光室内滞留之后，启动安全联锁，并经确认系统正常后才能启动设备。

由于本项目 X 射线探伤机和电子直线加速器的安装和调试均在曝光室内进行，调试运行的时间短，且负荷低，因此，经过探伤室混凝土墙体的屏蔽和距离衰减后，对环境造成的辐射影响较小。

二、运营期

（一）射线装置配置情况

四川川化鑫和检测技术有限公司拟配备的射线装置包括 8 台 X 射线探伤机和 1 台电子直线加速器两种类型。本项目所有探伤作业仅在曝光室内进行，不存在室外或野外探伤，且同一曝光室内不存在两台射线装置同时运行的情况。项目拟配备的射线装置见下表。

表 9-1 射线装置配置情况表

序号	设备名称	型号	数量	类别	额定参数	备注
1	X 射线探伤机	XXH-3005	1	II	300kV、5mA	周向
2	X 射线探伤机	XXH-3005	1	II	300kV、5mA	周向
3	X 射线探伤机	RX-350GC	1	II	350kV、5mA	周向
4	X 射线探伤机	RX-300G	1	II	300kV、5mA	定向
5	X 射线探伤机	RX-250G	1	II	250kV、5mA	定向
6	X 射线探伤机	RX-250G	1	II	250kV、5mA	定向
7	X 射线探伤机	RX-250G	1	II	250kV、5mA	定向
8	X 射线探伤机	RX-250G	1	II	250kV、5mA	定向
9	电子直线加速器	PTMegaL-4	1台	II	X射线最大能量4MV，1m处最大X射线剂量率5Gy/min	定向

（二）运行工况与人员配置计划

1、探伤工件及工作负荷

本项目拟建探伤室开展对川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)生产的聚合釜、换热器、汽提塔、压力容器和压力管道的焊缝进行无损检测。工件材质主要为碳钢和不锈钢。工件直径约 50mm-4.5m，长度约 1m-8m，壁厚约 5mm-200mm，壁厚 5mm-30mm 的探伤工件数量约 1000 件/年，壁厚 30mm-40mm 的探伤工件数量约 700 件/年，壁厚 40mm-50mm 的探伤工件数量约 400 件/年，壁厚 50mm-200mm 的探伤工件数量约 100 件/年，共计 2200 件/年。

本项目射线装置基本不会出现较长时间停用，因此将训机时间考虑到设备年出束时间中，不再单独计算训机时间建设单位保守估计探伤室及探伤机年工作负

荷情况见表 9-2。

表 9-2 本项目年探伤工作负荷统计表

工件数量 (件)	探伤工件厚度 (mm)	使用射线装置	曝光时间 (min/件)	单次曝光 (min)	曝光次数	合计曝光 时间 (h)
1000	5-30	2505 探伤机	12	3	4	200
700	30-40	3005 探伤机	15	3	5	175
400	40-50	3505 探伤机	18	3	6	120
100	50-200	4MeV 电子直线 加速器	45	5	9	75

本项目使用 X 射线探伤机的年最大曝光时间为 495 小时，使用电子直线加速器的年最大曝光时间为 75 小时。

2、人员分工

本项目拟配备 6 名辐射工作人员，其中 5 名探伤机操作人员，1 名辐射安全管理人员（不参与探伤操作），均利旧原公司辐射项目的辐射工作人员。项目实行 8 小时工作制度，年工作时间为 300 天。

（三）X 射线探伤机设备组成及探伤工艺流程

1、设备组成

X 射线探伤机主要由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，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 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。高速电子与靶物质发生碰撞，就会发生轫致辐射，产生低于入射电子能量的特征 X 射线。常见的 X 射线探伤机和典型的 X 射线管结构图，见下图。

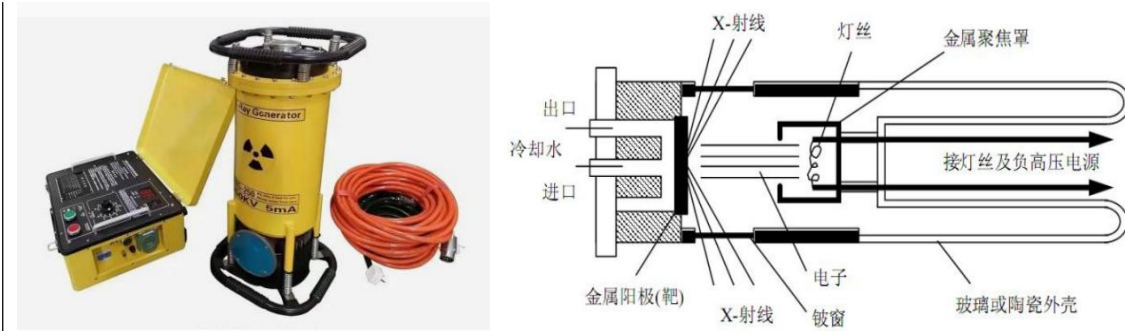


图 9-2 常见的 X 射线探伤机和典型的 X 射线管结构图

2、工作原理

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

3、X 射线探伤机工艺流程及产污环节

(1) 探伤机主射束照射范围

本项目使用的X射线探伤机包括周向机，探伤机的主射束照射范围为曝光室上侧、下侧、东北侧、西南侧。按照最大直径4.5m的探伤工件估算照射范围。探伤工件放置于平车上，探伤机距离探伤工件最近距离为0.6m。探伤机距离曝光室东南侧最近距离为3m、距离西北侧最近距离为3.5m、距离东北侧最近距离为1.7m、距离西南侧最近距离为2.6m。

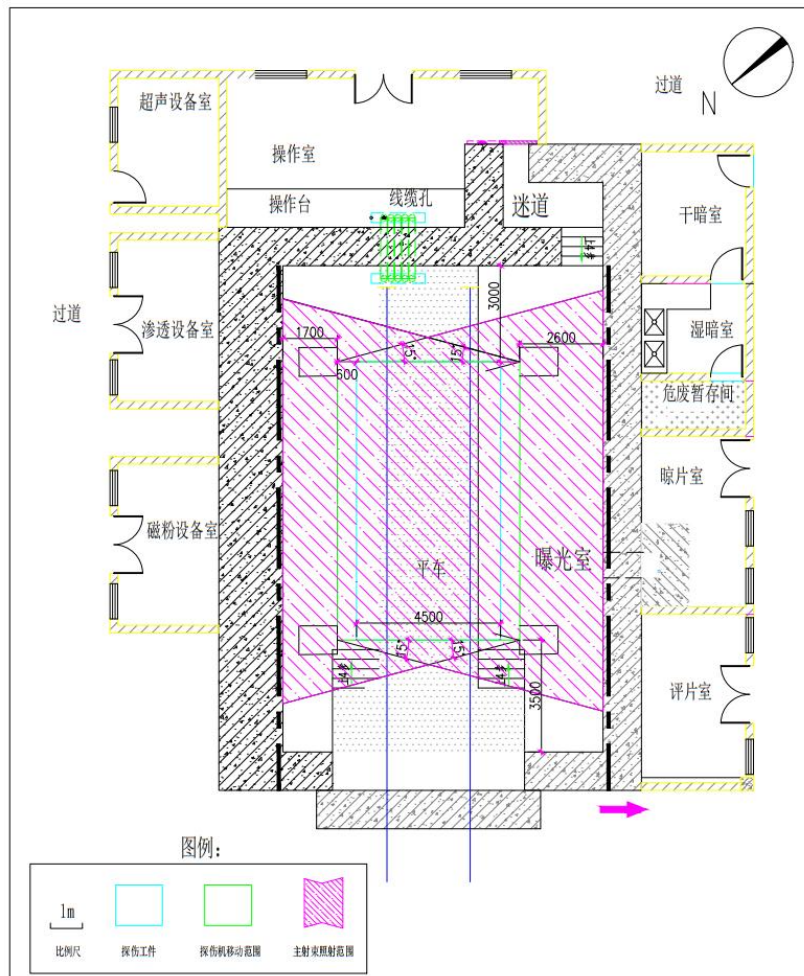


图 9-3 探伤机主射束水平方向最大照射范围图

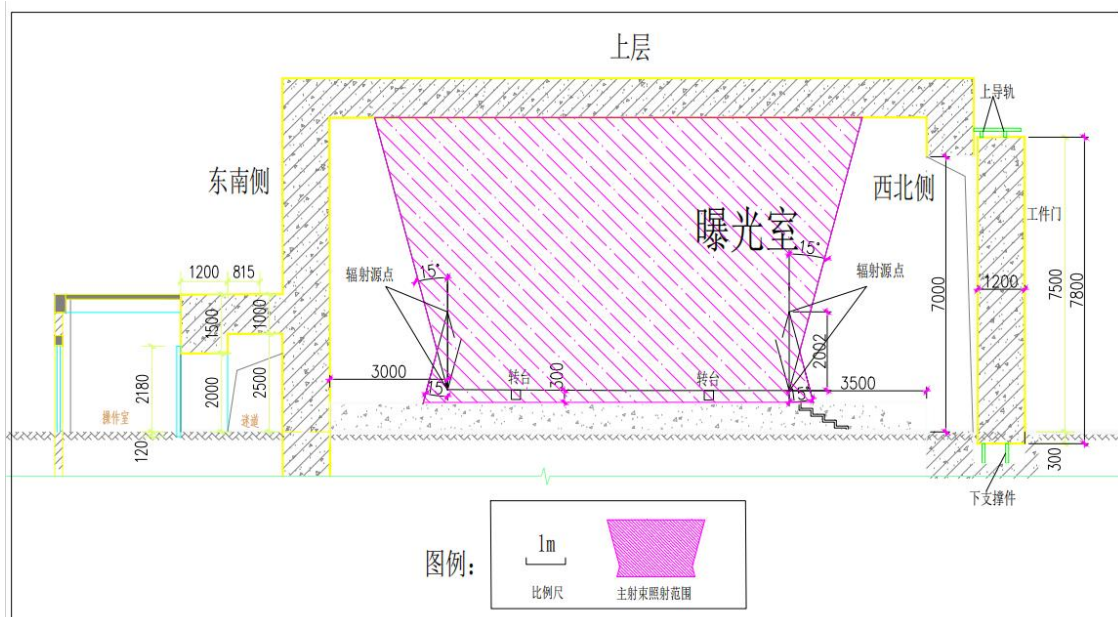


图 9-4 探伤机主射束竖直方向最大照射范围图

从图 9-3 和图 9-4 可知，本项目使用 X 射线探伤机曝光时主射束仅照射到曝

光室东北、西南、上方和下方 4 个方向，不会照射到曝光室东南侧和西北侧墙体。

(2) X 射线机探伤工艺流程

本项目所有 X 射线探伤机均在固定在曝光室内探伤。

探伤工艺流程为：

1 安全检查：工作人员佩戴个人剂量计，检查警示灯和门机联锁系统。

2 放置工件：将工件使用电动无轨平板送入探伤室，并将探伤机使用的专用支架固定到工件附近适当位置，在工件待检部位张贴胶片，检查无误后，工作人员撤离探伤室，并将工件门和迷道门关闭。

3 设置检测方式及参数：按照检测标准选择透照方式，根据工件规格选择-次透照长度及张数，根据曝光曲线选择合适的电压、电流以及曝光时间。

4 出束检测：现场检查无误后工作人员即在操作室启动曝光，当达到预定的照射时间后，关闭电源。

5 完成检测：待全部曝光检测完成后，工作人员进入探伤室，从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，完成探伤。

X 射线探伤机工艺流程及产污环节情况见下图。

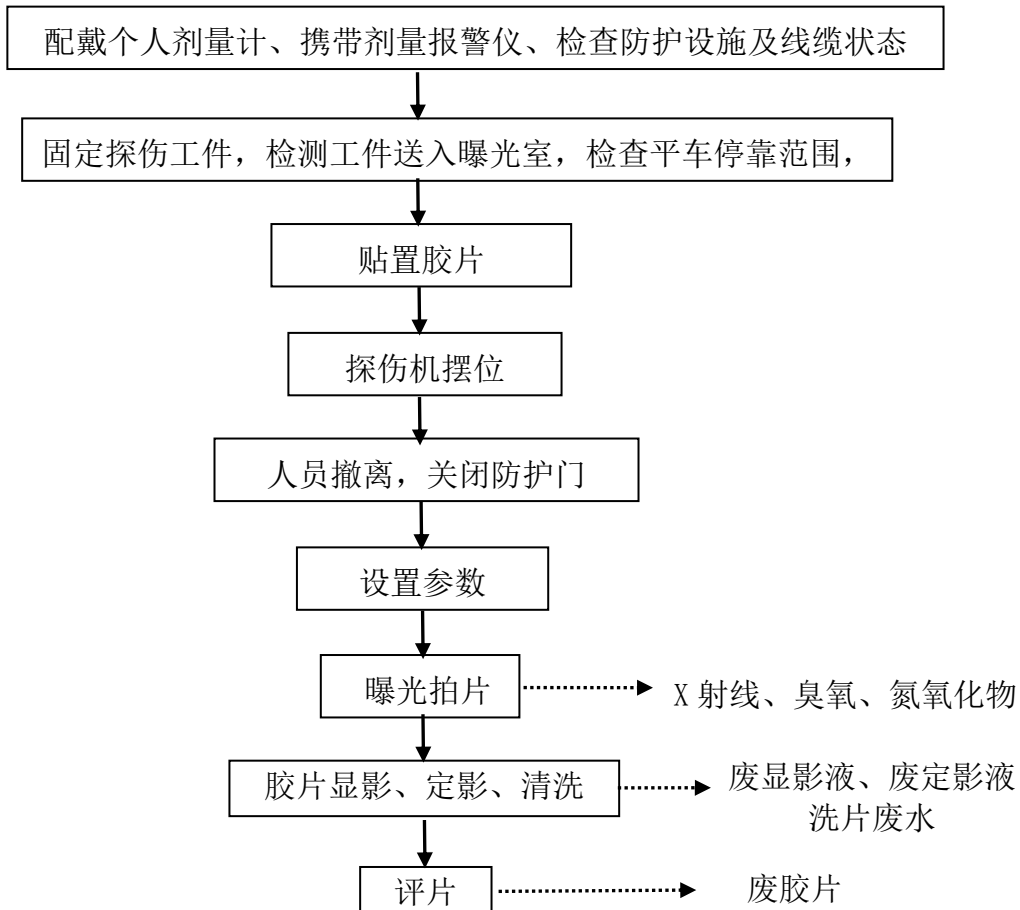


图 9-5 X 射线探伤机工艺流程及产污环节图

(3) 探伤机支撑支架

探伤机探伤时优先在工件外探伤；探伤时需借助探伤机支撑支架放置好探伤机后，再出束曝光。探伤机支撑支架可参考下图。

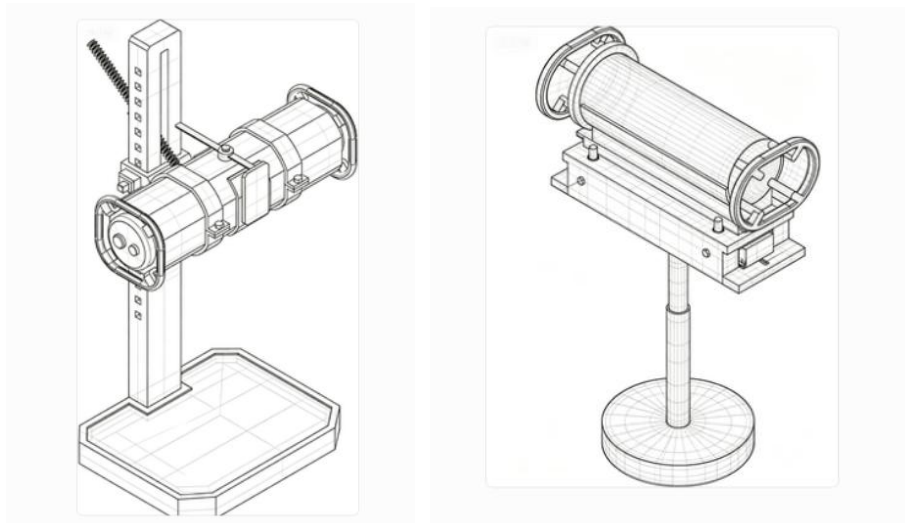


图 9-6 探伤机支撑支架图例

(4) 工件支撑转台

本项目曝光室内无行车，为高效完成探伤任务，探伤过程中需要旋转工件。本项目使用转台进行旋转工件操作，转台如下图所示。



图 9-7 探伤工件支撑转台

(三) 电子直线加速器工作原理和探伤工作流程

1、工作原理及设备组成

本项目拟使用PTMegaL 4M型4MeV电子直线加速器，是利用工作在S波段的微波，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，达到重金属靶上，产生韧致辐射—X射线。本项目拟使用电子直线加速器，主要包括X射线机头、调制器柜、控制台和温控水冷机组四个部分，该加速器基于逆变串联谐振原理进行充电，具有射线能量高、穿透力强、剂量率大、焦点小的特点。

本项目PTMegaL 4M型电子直线加速器采用4MeV驻波电子直线加速器，该加速器的参考外观如下图。



图 9-8 电子直线加速器参考外观图

(1) X 射线机头

机头内装有加速器的核心部件——产生X射线的全密封驻波加速管、作为加速管微波功率源的磁控管、微波功率传输系统、波头匹配箱、脉冲变压器、微波功率传输系统绝缘所需的充气系统、作为X射线剂量仪探头的电离室、APC（自动频率控制）系统的微波采样电路、APC执行机构、激光定位装置（便于确定机头的照射位置和方向）、限制照射野尺寸的准直器等。

(2) 调制器

柜内装有作为磁控管阳极脉冲电源的调制器和加速器运行所需的低压电源，如+24V、±15V 直流电源以及触发电路、电离室、聚焦线圈、导向线圈、外准直器、电子枪灯丝、磁控管灯丝和闸流管灯丝等所用的交流和直流电源。调制器柜电路采用模块化设计，各功能相互独立并采用接插件相连接。

(3) 控制台

控制台由控制台桌、控制箱、可编程序控制器柜组成。控制箱的前面板上方有运行加速器的操作按钮，显示加速器运行状态和故障的指示灯，指示剂量率、曝光剂量和曝光时间的仪表。后面板上装有测试工作参量波形的插座。

可编程序控制器柜内装有一组可编程序控制器及其电源系统。本次使用加速器的一个重要特点是使用了可编程序控制器来控制加速器的运行和联锁保护。与常规的继电器控制比较，体积更小、更可靠、抗干扰能力强。

(4) 温控水冷机组

驻波电子直线加速器的一些发热元件，都是利用闭路循环冷却水（蒸馏水或

去离子水)进行冷却的。而闭路循环水采用制冷机组冷却。水冷机组采用单片机控制冷却水的温度。温控电路可以保证冷却水工作温度的变化不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

该加速器是利用材料厚度对射线吸收程度的差异,通过射线透射摄片,从胶片显示出材料、零件及焊缝的内部缺陷。利用 X 射线管产生的 X 射线透照被检测时,在被检测物的缺陷部位和其他部位射线减弱的程度会不同。根据这一原理可采用射线照相,记录被检物信息,根据摄像黑度获得被检物的有关信息,将被检物中的缺陷显现出来,以确定缺陷的位置、大小、形状和种类。

(5) 设备其他组件

本项目电子直线加速器要实现曝光室内固定探伤检测,配备了行车轨道、行车、伸缩柱、限位器。本项目电子直线加速器 X 射线机头与伸缩柱连接,实现 X 射线头在曝光室内上下左右移动。

电子直线加速器主要参数见表 1-4。设备厂家和建设单位在进行电子直线加速器安装时,应严格按照既定的方案进行安装限位器,通过限位器对加速器行车轨道运行范围和加速器机头出束方向进行严格限值。在项目运营期间,应定期对限位器及本项目使用的探伤装置进行维护、验证,确保实时有效。在此基础上,本项目电子加速器在曝光室内开展探伤是可行的。

2、电子直线加速器探伤工作流程及产污环节

(1) 电子直线加速器活动及照射范围

电子直线加速器 X 射线机头出束点距离工件最近距离为 0.6m。机头出束点距离西南侧墙体最近距离为 2.6m、距离东南侧墙体最近距离为 3m、距离东北侧墙体最近距离为 4.05m、距离西北侧墙体最近距离为 3.5m、距离上层最近距离为 2.92m、距离地面距离为 0.75m-3.58m。对于使用加速器探伤的小型工件,通常放置于平车东北侧边沿,电子直线加速器主射束仅朝向曝光室东北侧墙体照射。

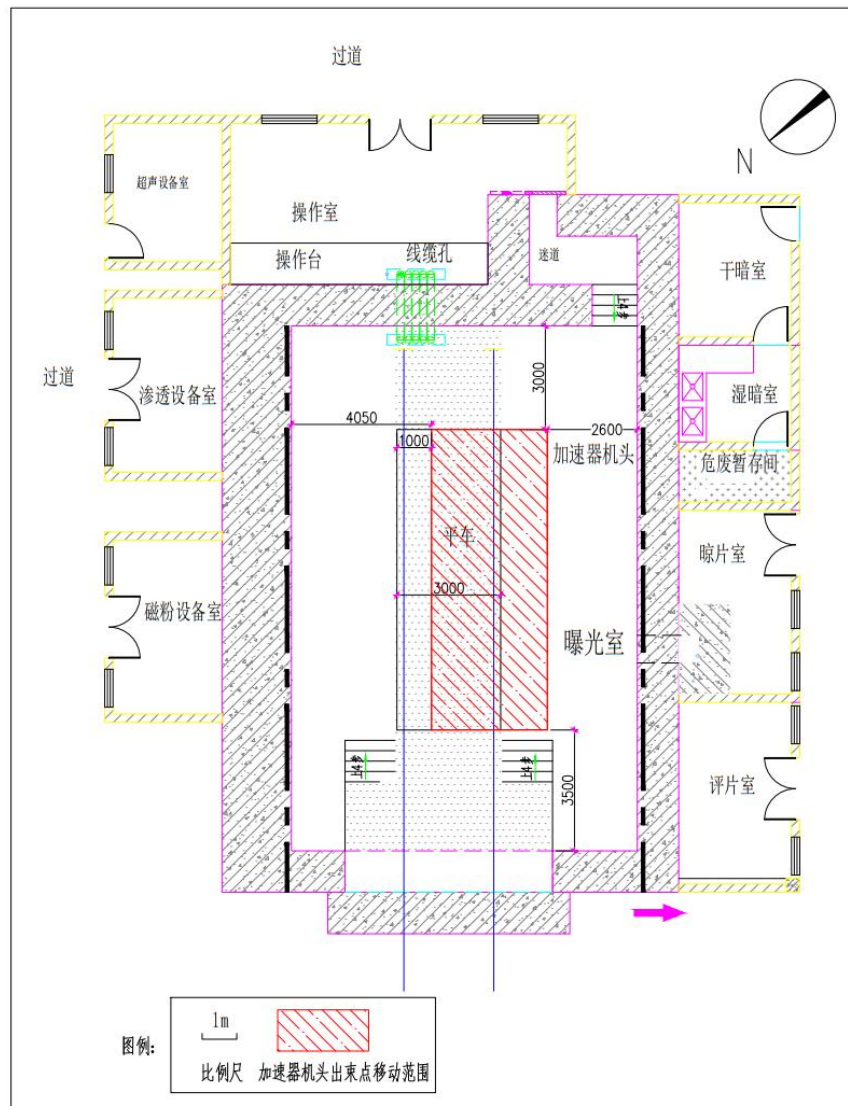


图 9-9 加速器机头水平方向出束点移动范围图

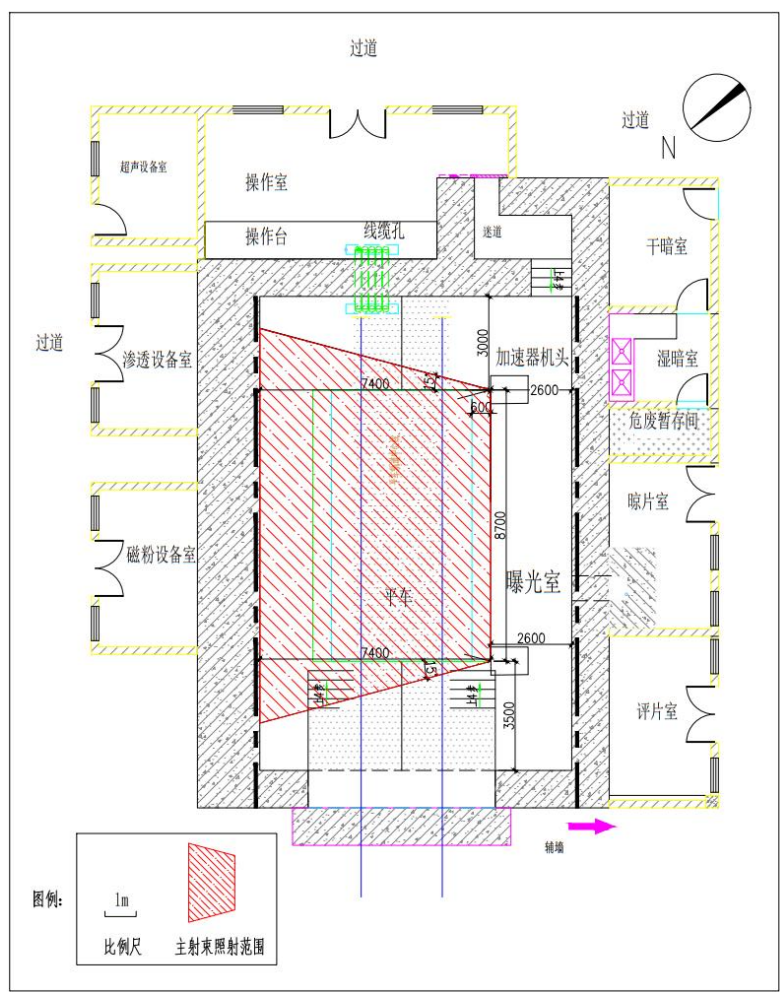


图 9-10 加速器主射束水平方向最大照射范围图

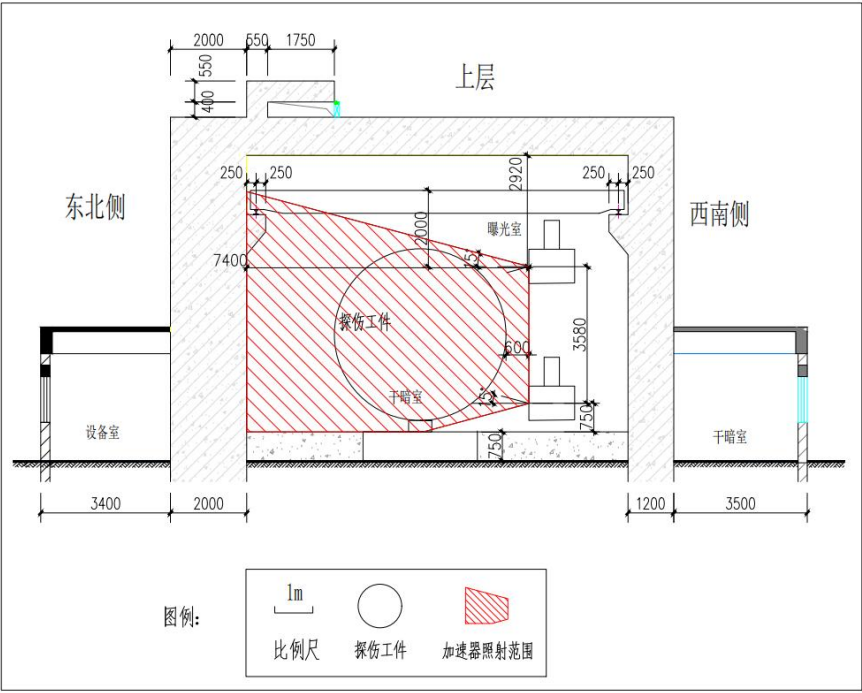


图 9-11 加速器主射束竖直方向最大照射范围图

首先将电子直线加速器通上电源，对加速器部分进行预测；在控制台操作界面上设置检测方式以及相关参数；打开曝光室工件入口防护门，将检测工件通过轨道平板车运送至曝光室后，在拟检测位置张贴感光胶片，再将待检测工件送到检测位置，关闭探伤室防护门；检查曝光室工件入口防护门、迷路防护门关闭情况，在确认所有防护门已关闭的情况下，控制室操作人员启动电子加速器进行出束；探伤完成后加速器自动停止出束，打开防护门，由工件轨道平板车将工件传送到装卸位置，完成一次探伤。加速器检测结束后，加速器重新完成预热，进入下一次检测状态；最后，所有检测工件检测完成后，关闭电源锁、加速器电源。其中，X 射线机箱是加速器的主体部分，其工作原理为：主要通过电子枪产生电子，利用驻波加速管使电子加速获得较高能量，由高能电子轰击靶物质，发生韧致辐射产生 X 射线，从而利用产生的 X 射线对工件实施无损检测。由于加速器产生的 X 射线具有较强的贯穿能力，所以在屏蔽设计中以防护 X 射线为主。对于加速器运行过程中产生的电子，其贯穿能力较弱，在物质中射程较短，在通过一定厚度的混凝土或铅屏蔽 X 射线的同时已完全屏蔽加速器产生的电子，故无需考虑电子防护问题。

本项目电子直线加速器操作流程见图9-12。

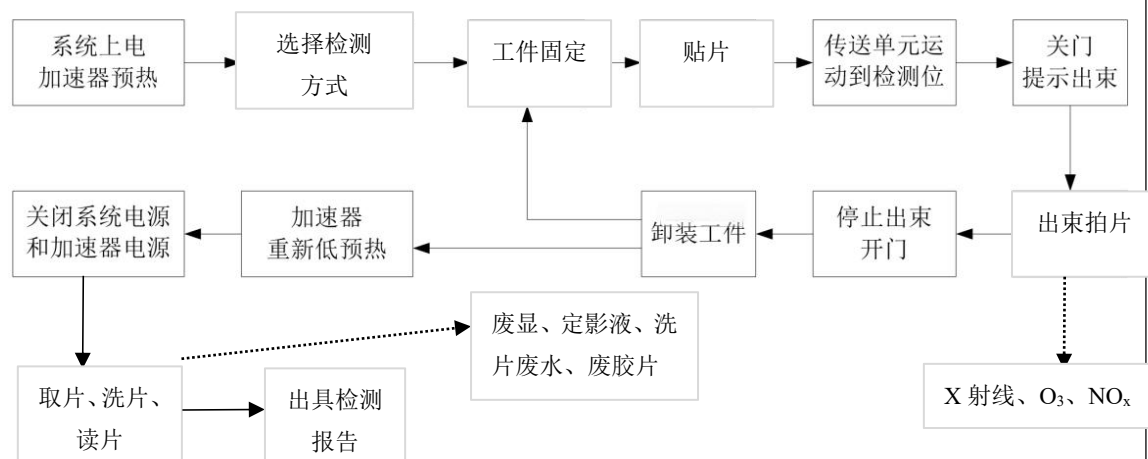


图 9-12 电子直线加速器工作流程及产污环节示意图

由图 9-12 可知，本项目电子直线加速器在运营过程中，产生的主要污染物为电子直线加速器检测拍片过程中产生的 X 射线、少量臭氧和氮氧化物，在洗片过程中产生的废显、定影液、废胶片及洗片废水，室内探伤时风机产生的噪声。

设备厂家和建设单位在进行电子直线加速器安装时，应严格按照既定的方案进行安装限位器，通过限位器对加速器行车轨道运行范围和加速器机头出束方向

进行严格限值。在项目运营期间，应定期对限位器及本项目使用的探伤装置进行维护、验证，确保实时有效。在此基础上，本项目电子加速器在曝光室内开展探伤是可行的。

污染源项描述

根据项目工程分析，项目在施工期和运营期主要污染源项如下：

一、施工期

- 1、施工将产生施工扬尘、施工废气和少量装修废气。
- 2、施工将产生少量施工废水和施工人员生活污水。
- 3、施工机械将产生施工机械噪声。
- 4、施工将产生废弃土石方、建筑垃圾和施工人员生活垃圾。

二、运营期

1、电离辐射

(1) X射线探伤机：X射线探伤机只有在开机其X射线管组件处于出束状态时(曝光状态)才会发出X射线，不开机状态不产生辐射。本项目X射线探伤机选取3505探伤机1m处的输出量： $29.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

(2) 电子直线加速器：由前述工艺流程分析可知，本项目电子直线加速器运行过程中产生的电子受到靶物质阻挡而发生韧致辐射，即产生X射线。该射线是随着加速器出束状态的进行和停止而对应产生和消失的。本项电子直线加速器输出X射线的最大能量为4MeV，对应的1m处最大X射线剂量率为5Gy/min，不产生中子和感生放射性。

2、废气

X射线探伤机、电子直线加速器在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧和少量氮氧化物。

3、废水

本项目产生的废水主要包括洗片废水和工作人员生活污水，其中洗片废水按年消耗20000张胶片，手动溢流冲洗，单张耗水2.4L，则洗片废水年产生量约48m³/a。本项目设6名辐射工作人员，生活用水量按照每人0.1m³/d，排放系数取0.8，年工作300天，则生活污水产生量约为144m³/a。本项目废水年产生量为192m³/a。

4、噪声

本项目在曝光室顶层进风口和西南侧分别设置1台轴流式排风机，在排风机工作时将产生一定的噪声，建设单位拟采用低噪声设备，排风机噪声值低于70dB(A)。

5、固体废物

本项目产生的固体废物主要包括生活垃圾、废胶片以及废显影液和废定影液。

(1) 生活垃圾：项目设6名辐射工作人员，生活垃圾产生量按照每人0.5kgd计，年工作300天，则产生量为0.9t/a。

(2) 废胶片、废显影液和废定影液：本项目探伤后在洗片和评片过程中将产生一定量的废胶片、废显影液和废定影液，该部分废物属于《国家危险废物名录(2025年版)》中感光材料废物，属于危险废物，其危险废物编号为HW16(900-019-16)，无放射性。项目年拍片量为20000张，按洗1000张片用20L显(定)影液计，则每年产生的废显影液和废定影液各约400L；废胶片率按5%计，则每年产生废胶片约1000张。项目产生的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存档。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、项目平面布局

本项目探伤室位于川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地（一期）检测车间内南侧。探伤室工件门距离焊接区较近，焊接后的工件可以便捷进入探伤室内，进行无损检测。曝光室屏蔽墙体外 50m 范围内的区域仅有东南侧和西南侧有部分范围超出厂界，且超出的部分位于其他公司厂区。本项目外环境关系图，见附图 2。

根据设计方案，在曝光室西南侧配备了辅助用房，包括干暗室、湿暗室、晾片室、评片室、危废暂存间。探伤相关工作均位于相对独立的区域，且工作流程顺畅，探伤室平面布置图，见附图 3。

二、辐射工作场所两区管理

1、辐射工作场所两区划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T 30371-2013）的相关规定，建设单位对本项目探伤工作场所进行分区管理。

控制区：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。

本项目将曝光室和迷道内部划分为控制区。

监督区：将通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划为监督区。

本项目将探伤室辅助用房中即干暗室、湿暗室、晾片室、评片室、危废暂存间及工件门外 1m 范围区域划为监督区。

项目两区划分情况见下表 10-1，探伤场所两区划分见图 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

场所	控制区	监督区
探伤室	曝光室和迷道内部	操作室、干暗室、湿暗室、晾片室、评片室、危废暂存间及工件门外 1m 范围区域。

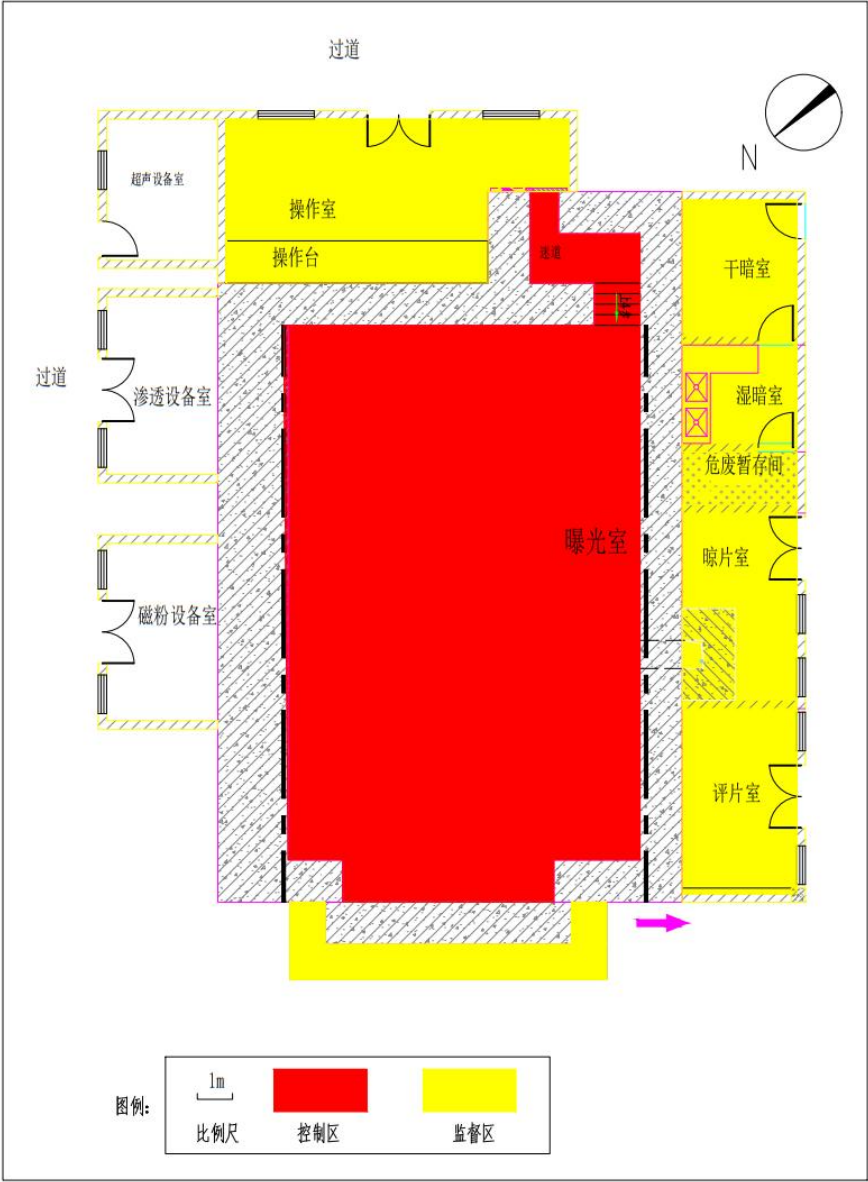


图 10-1 探伤室工作场所两区划分示意图

2、辐射工作场所两区管理措施

(1) 控制区管控措施

①在曝光室工件门、操作室门外和迷道门外表面应设置“当心电离辐射”的电离辐射警示标识。电离辐射警告标志必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求，如下图所示。



图 10-2 电离辐射警告标志

②在工件门和迷道门处地面以红线警示控制区边界，标明“控制区”等提示内容，制定职业防护与安全措施，对控制区进行严格控制，探伤过程中严禁任何人员进入曝光室。

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁或门禁）限制人员进、出控制区。

④定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

（2）监督区管控措施

①在曝光室工件门外 1m 范围外侧边界及操作室门外侧地面以黄线警示监督区的边界，在监督区入口张贴醒目的电离辐射警告标志，并在监督区的入口处适当位置设立醒目的“监督区”字样等监督区提示或标牌。

②对操作室门采用门锁或门禁限制无关人员进入。

③探伤出束期间，除本项目辐射工作人员外，任何人不得在监督区逗留。

④定期检查探伤室监督区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

三、辐射安全防护措施

（一）工作场所实体屏蔽防护

1、曝光室屏蔽设计

本项目探伤室为一层建筑，曝光室四周墙体和顶棚拟采用标准混凝土一次性整体浇筑而成，具体屏蔽防护设计方案见表 10-2。

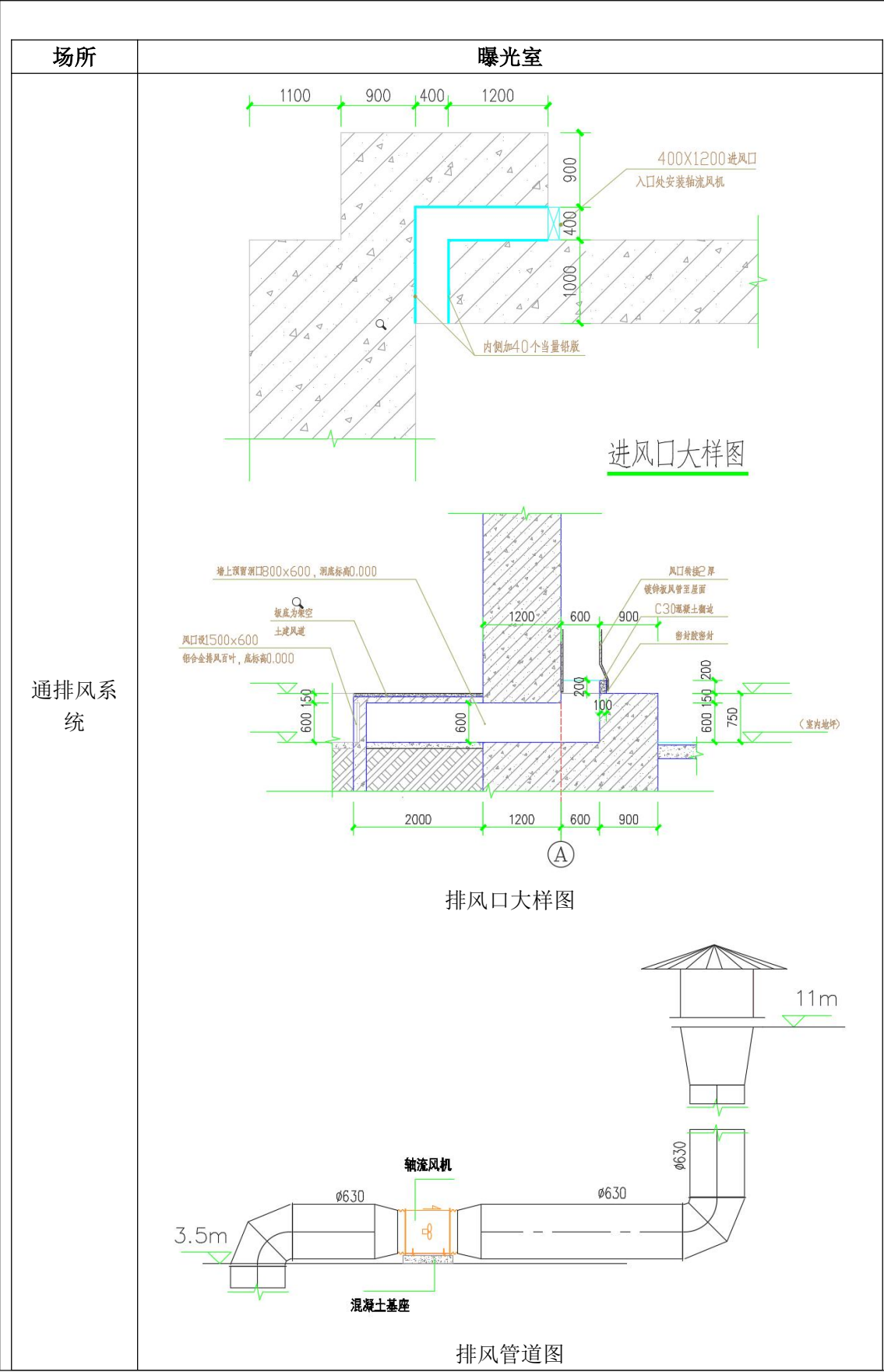
表 10-2 曝光室实体屏蔽防护设计方案

场所	项目	屏蔽防护方案
曝光室	净空尺寸	长 15.2m*宽 10m*高 7.25m
	四周墙体	东北侧墙体厚度为 2000mm 厚钢筋混凝土；四周其他墙体为 1200mm 厚钢筋混凝土
	屋顶	1000mm 厚钢筋混凝土
	地面	由素土夯实+混凝土垫层+厚钢筋混凝土+砂石+混凝土+金属骨料耐磨地面构成
	迷道	迷道尺寸：长 3.1m*宽 1.4m*高 2.5m；迷道内、外墙以及两侧墙体均为 1200mm 厚钢筋混凝土
	工件门	门洞尺寸高 7m*宽 6m，工件门尺寸：高 7.8*宽 7m*厚 1.2m；工件门与左右两侧墙体搭接 500mm，与下侧搭接 300mm，与上侧搭接 500mm，工件门为电动轨道平移钢筋混凝土防护门。
	迷道门	迷道门门洞尺寸高 2m*宽 0.8m，迷道门尺寸：高 2.3*宽 1.3m；迷道门与左右两侧搭接 250mm，与下侧搭接 120mm，与上侧搭接 180mm。迷道内外墙和侧墙厚度均为 1200mm。迷道门结构采用 10mm 钢板+8 号槽钢+内部 15mm 铅板+10mm 钢板构成，迷道门为铅钢结构电动防护门。
	穿墙管线	电缆管线采用 U 型方式穿过墙体，埋深 1.5m。为方便穿线，穿墙管倒角处做折弯处理。穿墙管线共 5 根，穿墙管直径 200mm。
	通排风系统	曝光室顶层东侧设置直径 400mm 进风口，进风口内侧使用 40mm 铅板挡板，并安装轴流风机，风量 4000m³/h；排风口设置在曝光室西南侧底部，并安装轴流风机风量 5000m³/h，使用直径 630mm 的排风管引至车间外离地高度 11m 处排放。

为保证探伤室满足辐射防护要求，曝光室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇筑，保证各屏蔽体有效衔接，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。探伤室的工件大门设计为钢筋混凝土结构，大门门体底部左右两侧安装主动轮箱和从动轮箱，门体上部设有导轮组，在墙体上部设有上部支撑架和上导轨，门体运行的两个终点均设置有软、硬限位及缓冲机构。门体采用摆线针轮减速机作为驱动机构，通过主动轮箱内齿轮间的啮合来实现门体的左右移动，门体上导轨防止门体的左右倾斜，使门体平稳移动，软、硬限位和缓冲机构保证门体精确的行程，以达到门体安全精确的开启和关闭。

2、曝光室防泄漏措施

本项目曝光室排风管道和电缆管线均采用地下预埋方式“U 型”穿墙。曝光室排风管道、电缆管线及轨道穿墙示意图见下图。



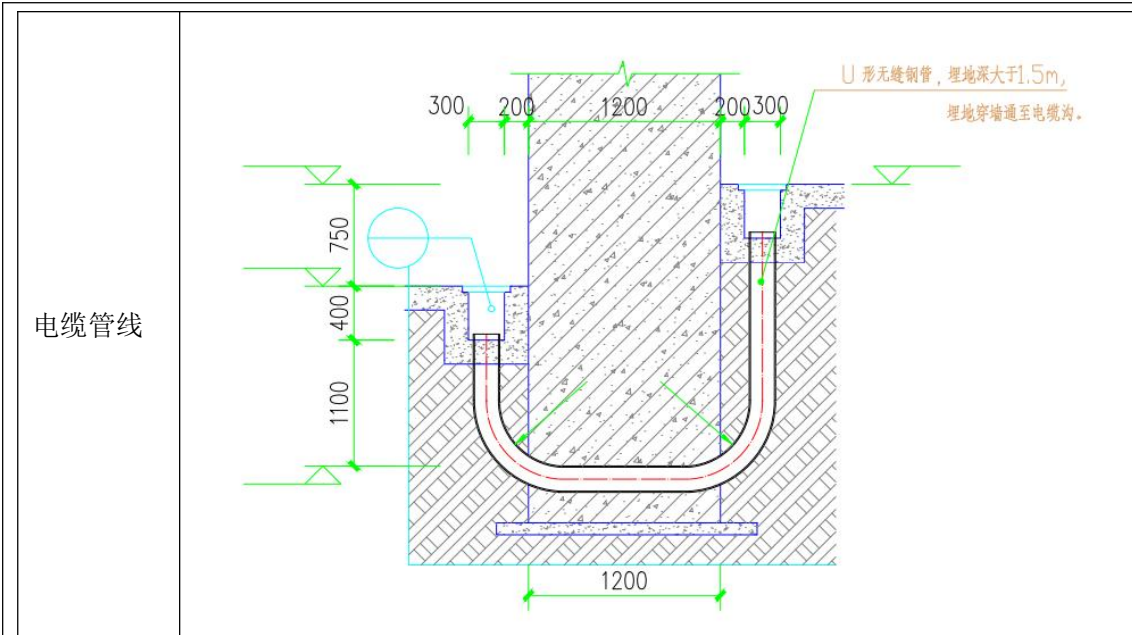


图 10-3 曝光室排风管道、电缆管线及轨道穿墙示意图。

（二）设备固有安全性

（1）电子直线加速器

电子直线加速器本身设有多重安全保护措施：钥匙控制、急停装置、调制器门联锁、水流联锁等。本项目加速器的固有安全性良好，产生的辐射主要都是采用混凝土墙体和铅材料屏蔽，其设备固有安全性如下：

①调制器联锁：只有在电子枪灯丝、磁控管灯丝预热完毕，且没有故障出现时，调制器才允许加高压，加速器才可以出束。一旦出现充电过流、反峰过荷、无触发、柜门打开的故障，均切断高压，加速器不出束，相应的故障灯亮。

②水流联锁：一旦水冷系统的水温、水位、水压等出现故障时，均切断高压，同时水系统停止工作，加速器不出束，故障灯亮。

③限位装置：加速器机头应有射线限位装置，如准直器，射线限束装置把射线束准直成一定厚度扇形射线束或锥形束，使其射线束的扇角或锥角应尽可能的小。

④密码控制系统：加速器系统的操作控制程序由密码控制，未经单位辐射安全管理人员允许不得修改。

⑤安全钥匙控制：电子直线加速器配置有安全锁钥匙，在探伤作业时，未开启安全锁钥匙，控制柜不可工作，电子直线加速器不能曝光照射；结束探伤照射后，人工旋转钥匙关闭控制柜。

（2）X 射线探伤机

①自检系统：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，会示意操作者可以进行曝光或训机操作。若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

②高压系统：当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段，在休息阶段将不理睬任何按键，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

③过失电流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

④过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

⑤安全钥匙控制：X射线探伤机配置有安全锁钥匙，在探伤作业时，未开启安全锁钥匙，控制柜不可工作，X射线探伤机不能曝光照射；结束探伤照射后，人工旋转钥匙关闭控制柜。

（三）辐射安全防护设施

探伤室辐射安全防护设施针对使用 X 射线探伤机、电子直线加速器而设置。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T30371-2013)、《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》(HJ785-2016)等相关要求，为了保证项目运行期的辐射安全，建设单位拟按照相关标准和规范要求设置相应的辐射安全防护措施。由于本项目曝光室中配置有 8 台 X 射线探伤机和 1 台电子直线加速器，场所辐射安全防护联锁措施必须具备方便切换功能，确保任何一台设备作业时均能处于有效的安全联锁状态。主要包括以下方面：

1、警告标志：在曝光室工件门、迷道门及操作室门外醒目的位置分别设置“当心电离辐射”警告标志及相关中文警示说明，提醒无关人员不靠近或不在场所逗留。

2、门-灯联锁：在曝光室工件门和迷道门顶部拟设置红色信号灯，并与防护门联锁，防护门关闭时，红色信号灯亮，以警示周围人员注意安全；当防护门打开时，警示灯熄灭。

3、工作状态指示灯：在曝光室工件门和迷道门顶部拟设置显示“预备”和“照射”等工作状态的指示灯箱和声音提示装置。当射线装置接通电源时，显示“预备”信号和相应的声音提示，且应持续足够长的时间；当启动高压，X射线管出束时，显示“照射”信号和相应的声音提示。“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。

4、钥匙控制开关：项目拟在探伤室的操作室内控制台上设置钥匙控制开关，工作人员插入钥匙时设备才能被启动，拔出钥匙设备立即停止运行。

5、门-机联锁：项目拟在曝光室工件门和迷道门均设置门-机联锁装置，射线装置与防护门形成联锁，只有在防护门关闭到位后，射线装置才能出束探伤；射线装置运行过程中，一旦防护门被打开，探伤机立即断电停止出束。

6、急停按钮：项目拟在曝光室内四周墙体上距地 1.2m-1.5m 高处设置急停按钮 6 个，同时在曝光室控制台上设置急停按钮 1 个，并张贴醒目中文标识，紧急情况下按下按钮可立即停止射线装置出束。

7、紧急开门按钮：拟在曝光室迷道门入口处内侧设置紧急开门按钮，一旦出现紧急情况，按下此按钮可以从曝光室内侧打开迷道门，门-机联锁装置随即启动，射线装置立即停止出束。

8、视频监控设施：项目拟设置视频监控系统，在曝光室及相应的迷道中设置 5 个摄像头，确保曝光室内全覆盖，在控制台操作者可以在操作室内屏幕上监视曝光室内探伤作业过程，查看是否有人滞留于曝光室内；同时，在工件门和迷道门外侧分别设置 1 个摄像头，用于观察防护门外情况。

9、固定式辐射监测报警装置：项目拟在曝光室设置固定式辐射监测报警装置(带剂量显示功能)，探头安装在迷道内靠近曝光室入口处，主机显示屏安装于操作室控制台前方墙体上；当迷道内靠近曝光室入口处剂量水平超过预设的阈值，报警装置就会报警提示。

10、通排风装置：曝光室顶层东侧设置直径 400mm 进风口，进风口内侧使用 40mm 铅板挡板，并安装轴流风机，风量 4000m³/h；排风口设置在曝光室西南侧

底部，并安装轴流风机风量 5000m³/h，使用直径 630mm 的排风管引至车间外离地高度 11m 处排放，每小时换气次数应不小于 3 次。

11、便携式辐射剂量监测仪：项目拟配备 1 台便携式辐射剂量监测仪。

12、个人剂量报警仪及个人剂量计：建设单位拟为每名探伤工配备 1 套个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。

13、控制系统联锁逻辑

本项目控制系统将辐射安全工作中将工作人员、探伤机、防护门、急停开关、电源等要素集成为系统，实现系统管理，其示控制系统管理示意图，如图 10-4 所示。

联锁控制系统主要控制实现门机联锁、门灯联锁、警示灯、报警仪、“预备”、“照射”灯牌、急停开关、紧急开门功能。当控制系统收到急停开关的急停信号后，控制系统将触发该台探伤装置的急停；当控制系统收到防护门未关闭的信号后，控制系统将切断探伤机的电源供给，射线装置因此不能启动高压曝光。

本项目更换使用探伤设备时，门机联锁功能切换实施逻辑如下：

①首先连接拟使用的探伤设备电源；

②按下检查复位开关，实现更换探伤设备或按下急停开关后的联锁控制系统的状态更新；

③关闭工件门、迷道门后，将该探伤设备的控制柜（位于操作室控制台上）插入钥匙，旋转至开机状态。当控制柜开机后（因该联锁控制系统的状态已更新），该探伤设备已自动与联锁控制系统连接，通过联锁控制系统实现门机联锁。

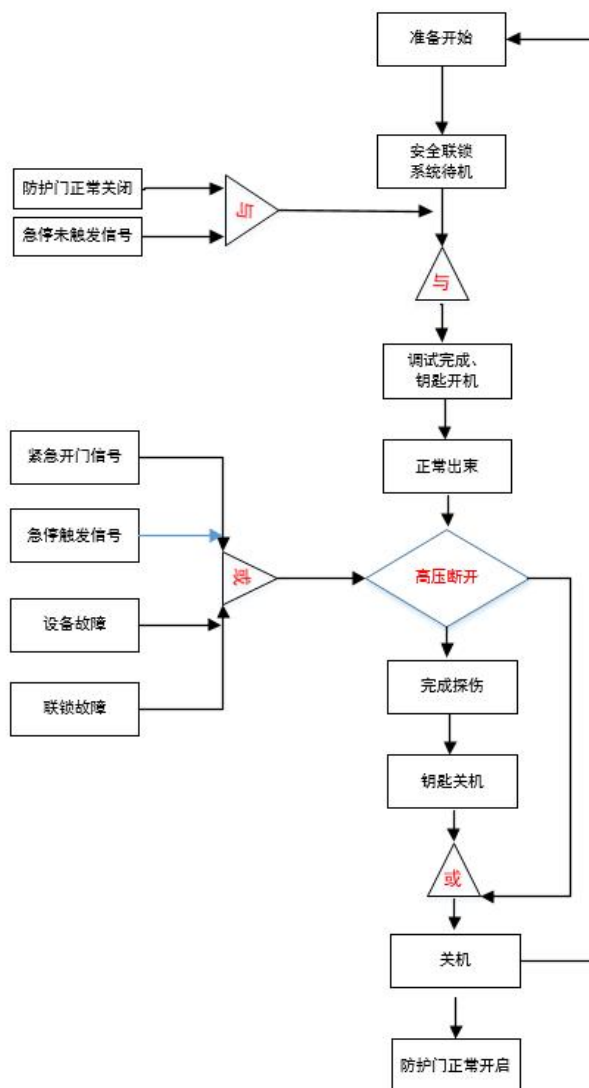


图 10-4 本项目探伤室安全联锁运行逻辑关系图

公司应每月应对曝光室辐射安全联锁装置、急停装置、工作状态显示、声光报警装置、监控系统等辐射安全防护设施设备进行检查维护,发现问题及时处理,确保辐射安全防护系统有效运行。

本项目探伤室拟采取的辐射安全防护措施布置示意图见附图 9。

四、辐射安全防护设施对照分析

为防止发生辐射事故，尽可能减小项目对环境造成的辐射影响，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部第 18 号令)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原国家环境保护总局令第 31 号)《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)和《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》相关要求，将本项目拟落实的设施和措施进行对照分析如下表。

表10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表

安全防护措施		应具备的条件	落实情况	备注
1	隔室操作	/	已设计	/
2	迷道	/	已设计	/
3	防护门（工件门、迷道门）	/	已设计	/
4	通风设施	/	已设计	/
5	电离辐射警告标志	入口处设置电离辐射警告标志	拟设置	工件门、迷道门、探伤室车间均设置。
6	工作状态指示灯、声光提示装置	工件门及迷道门入口应同时设有显示“预备”和“照射”工作状态指示灯和声音提示装置，并与设备联锁。	拟设置	/
7	门灯联锁	工件门及迷道门与工作状态指示灯联锁，防护门开启时，指示灯不亮；防护门关闭到位后，指示灯亮。	拟设置	工件门、迷道门分别与灯联锁。
8	门机联锁	工件门及迷道门应与设备束流控制、高压系统联锁，防护门关闭到位后设备才能出束、启动高压作业；防护门被意外打开时，设备立刻停止出束、断开高压。	拟设置	工件门、迷道门通过联锁控制系统分别与探伤机高压系统联锁。
9	紧停开关	机房内设置有中文标识的急停开关(一般为拉线开关或按钮)，在紧急状态下通过拉动接线或按下开关可立即终止设备运行。急停开关应设置醒目的中文标识。	拟设置	曝光室内、迷道内和操作室设置有急停开关。并有中文标识。

10	紧急开门按钮	设置在防护门内侧,紧急情况下可以从室内打开防护门。	拟设置	在工件门和迷道门内侧分别设置有紧急开门按钮,并有中文标识。
11	钥匙控制	控制台有钥匙控制	拟设置	/
12	监控系统	对探伤过程进行实时监控	拟设置	曝光室内全覆盖
13	固定式场所辐射探测报警装置	/	利旧	探头设置于进入曝光室的迷道入口处,主机设置在操作室墙体上。
14	监测设备	便携式辐射监测仪	利旧	每年对监测仪器进行检定校准或比对,保证监测仪器正常使用。
15	防护用品	个人剂量计	拟配备	5套
		个人剂量报警仪	利旧	5台
16	应急物资	灭火器材	拟配备	/

五、辐射安全防护与环保措施及投资

为了保证项目辐射安全和环境保护满足相关要求,建设单位将投入一定资金建设必要的辐射安全与环境保护设施及措施。本项目总投资 517 万元,环保投资 267 万元, 占总投资的 51.6%。本项目辐射安全防护和环保设施(措施)及投资见下表。

表 10-4 环保设施及投资估算一览表

项目	相关设施、措施内容	数量	投资金额(万元)
实体防护	探伤室(曝光室)	1 座	230
	工件门、迷道门	各 1 扇	25
场所设施	电离辐射警示标志	3 套	0.1
	工作状态指示灯和声光提示装置	3 套	1.5
	联锁装置(门机、门灯联锁)	2 个	5
	通排风系统	1 套	1
	视频监控系统	1 套	1
	紧急停机按钮	7 个	1
	紧急开门按钮	1 个	0.2
	控制区、监督区标识	1 套	0.2
	固定式辐射剂量监测仪	1 套	利旧
	紧急照明或独立通道照明系统	1 套	0.2
	危废间	1 间	1.5
	废定、显影液收集桶	2 个	利旧
	废胶片专用储存柜	1 个	利旧
监测设备	便携式辐射剂量监测仪	1 台	利旧

防护用品	个人剂量计	5 套	0.2
	个人剂量报警仪	5 个	利旧
X 射线探伤机安全联锁	控制台钥匙控制	8 套	设备自带
	控制台紧急停机按钮	8 个	
电子直线加速器	控制台钥匙控制	1 套	设备自带
	控制台紧急停机按钮	1 个	
其他	灭火器材	1 套	0.1
合计			267

建设单位在核技术利用项目实践中，应根据国家法律法规及地方生态环境主管部门发布的有关要求，结合公司实际对辐射安全和环境保护设施及措施进行调整和完善，使之能满足项目运行实际需要，并定期开展检查和维护。

三废的治理

一、废气的治理

本项目拟使用 X 射线探伤机和电子直线加速器在探伤过程中会产生臭氧和少量氮氧化物，为了防止臭氧在曝光室内累积导致室内臭氧浓度超标，曝光室设计了通排风系统。

根据设计，曝光室顶层东侧设置直径 400mm 进风口，进风口内侧使用 40mm 铅板挡板，并安装轴流风机，风量 4000m³/h；排风口设置在曝光室西南侧底部，并安装轴流风机风量 5000m³/h，使用直径 630mm 的排风管引至车间外离地高度 11m 处排放。曝光室的容积为 1102m³，排风机风量为 5000m³/h，设计排风次数为 4.5 次/h，大于每小时不低于 3 次的排风要求。

综上所述，本项目对曝光室设置了排风系统，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—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。

二、废水治理

项目运营期产生的污水包括工作人员生活污水和清洗胶片废水，其中生活污水产生量约为 144m³/a，洗片废水约 48m³/a。洗片废水经沉淀池处理后和生活污水一同通过预处理池处理排入市政管网，最后进入青白江区污水处理厂处理达标后排入长流河。

三、固体废物治理

本项目产生的固体废物主要为生活垃圾。工作人员产生的生活垃圾约 0.9t/a，依托厂区拟设置的垃圾桶分类收集后，由市政环卫部门统一清运处理。

四、危险废物治理

项目运营期产生的危险废物主要为废胶片以及废显影液和废定影液。

根据预计生产计划，项目每年将产生废显影液和废定影液分别约 400L，年产生废胶片约 1000 张。建设单位拟在探伤室辅助用房的危废间内设置专用废液收集桶，及时收集并暂存废显影液和废定影液；建设单位拟使用纸质信封袋包装废胶片，并置于专用储存柜中暂存。以上危险废物定期交有资质的单位处置。

对于危险废物的管理，拟主要采取以下措施：

（1）建设单位每年产生的废显影液、废定影液各约 400L，每月大概产生废显影液、废定影液各约 33L，本项目采用 100L 的塑料化工桶收集废显影液、废定影液，暂存于危险废物暂存间内。每 3 个月需定期将废显影液、废定影液交有资质的单位处置，并填写危险废物转移联单。两只容积分别为 100L 的塑料化工桶须具有防渗、防水和防腐蚀的效果，并在收集容器外张贴危险废物标志。

（2）废液收集容器存放处四周须修筑堵截裙脚，地面与裙脚所围建的容积不小于单个容器最大储存量，且设置收集容器防倾倒措施。

（3）危险废物贮存区域基础必须做好防渗措施，防渗层为至少 1m 厚的黏土层(渗透系数 $\leq 10^{-7}\text{cm/s}$)，或 2mm 厚的高密度聚乙烯，或至少 2mm 厚的其他人工材料(渗透系数 $\leq 10^{-10}\text{cm/s}$)。

（4）建设单位应建立危险废物产生、转移、处置及最终去向的管理台账，由专人进行管理，并与具有相应危险废物处理资质的单位签订处理协议，并按照《危险废物转移联单管理办法》相关要求做好危险废物转移联单填报登记工作。

（5）危险废物贮存区域和危险废物收集桶上必须按《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276-2022)和《环境保护图形标志固体废物贮存(处置)场》(GB15562.2-1995)2023 年修改单的规定设置危险废物标签，相关标志、标签如下图所示。



图 10-5 危险废物相关标志、标签

五、射线装置报废处置

根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)有关规定，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。本项目生产使用的 X 射线管需要报废时，应将 X 射线的真空玻璃部件、陶瓷部件和灯丝等破碎损坏，使射线管无法通电运行。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、土建施工及装修阶段影响

本项目新建 1 座探伤室，包含 1 间曝光室（含迷道）及辅助用房，不新增其他用地，本次仅对探伤室施工期的环境影响进行评价。探伤室墙体采用混凝土连续浇筑，浇筑完成后对屏蔽墙体进行装修（如表面粉刷，喷涂，镶贴等），最后安装设备。施工期会产生施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾以及施工人员生活污水和生活垃圾等，本项目施工期对环境的影响，主要通过以下措施进行防治：

（1）废气：本项目在施工期产生少量地面扬尘，由于工程量不大，涉及的施工作业面较小，通过施工现场封闭施工和采取洒水等措施进行控制，即可很大程度降低施工期的废气污染。

（2）废水：施工期废水主要为建筑施工产生的生产废水及施工人员生活污水。施工废水：项目不设置混凝土搅拌站，因此无搅拌废水产生。施工过程中的生产废水主要来源于机械的冲刷、楼地及墙面的冲洗、构件与建筑材料的保湿、墙体的浸润、材料的洗刷以及桩基础施工中排出的泥浆等。施工期废水经沉淀池沉淀后回用。施工期生活污水经厂区污水预处理系统预处理后，排入市政管网，最后进入青白江区污水处理厂处理达标后排入长流河。

（3）噪声：施工机械在运行中会产生噪声，但由于施工量小，噪声通过选用低噪声设备，合理安排施工时间，对周围环境影响较小。

（4）固体废物：固体废物主要为施工过程中产生的少量建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾收集后堆放于指定地点并及时清运至住建部门指定的弃渣场；生活垃圾收集后交由环卫部门收运处置。做好施工质量保证，加强探伤室施工阶段的质量监督工作，施工时应注意：①探伤室屏蔽墙及屋顶属大体积混凝土浇筑，应尽量保证一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔，影响屏蔽效果；②合理设置通风、电缆等各类管线，不得破坏墙体的屏蔽效果。

本项目施工期较短，施工量较小，且施工对环境产生的影响随着施工结束而消除，因此项目施工期对环境造成的影响较小。

二、设备安装及调试阶段影响

本项目探伤涉及到辐射安全防护设施和射线装置联锁的安装调试。由于电子直线加速器和 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的 X 射线随射线装置的开、关而产生和消失，曝光室内拟安装辐射安全联锁装置。

探伤室在建成后涉及射线装置和辐射安全防护设施的安装调试，电子直线加速器和 X 射线探伤机安装调试由经过辐射安全与防护培训的专业技术人员操作。在射线装置调试过程中，应加强辐射防护管理，保证屏蔽体屏蔽到位，辐射安全联锁和相关防护措施正常，并在防护门外设立当心电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试过程中，操作室控制台的电源开关钥匙应安排专人看管，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用电源运行射线装置。

由于电子直线加速器和 X 射线探伤机调试时间较短，且位于曝光室内，经墙体和防护门屏蔽防护后，屏蔽体外周围剂量当量率水平能满足相关标准要求，因此，本项目设备调试阶段对环境和辐射工作人员的影响较小。

运行期环境影响分析

一、项目探伤室及射线装置

（一）项目探伤室及射线装置基本情况

本项目拟建 1 座探伤室，使用 X 射线探伤机共 8 台，根据前文分析，射线装置基本情况如下：

表 11-1 拟配置的射线装置

探伤场所	曝光室墙体厚度（mm）	使用的射线装置
曝光室	东北侧墙体厚度为 2000mm 厚钢筋混凝土；四周其他墙体为 1200mm 厚钢筋混凝土。	1 台 3505 周向、2 台 3005 周向、1 台 3005 定向、4 台 2505 定向；1 台 4MeV 电子直线加速器。

（二）项目射线装置作业情况

根据前文工程分析，本项目探伤机作业情况如下：

本项目使用的X射线探伤机包括周向机，探伤机的主射束照射范围为曝光室上侧、下侧、东北侧、西南侧。按照最大直径4.5m的探伤工件估算照射范围。探伤工件放置于平车上，探伤机距离探伤工件最近距离为0.6m。探伤机距离曝光室

东南侧最近距离为3m、距离西北侧最近距离为3.5m、距离东北侧最近距离为1.7m、距离西南侧最近距离为2.6m。

电子直线加速器X射线机头出束点距离工件最近距离为0.6m。机头出束点距离西南侧墙体最近距离为2.6m、距离东南侧墙体最近距离为3m、距离东北侧墙体最近距离为4.05m、距离西北侧墙体最近距离为3.5m、距离上层最近距离为2.92m、距离地面距离为0.75m-3.58m。

本项目以上涉及射线装置作业仅在本项目曝光室内，不存在室外或野外探伤，且曝光室内不存在两台及两台以上探伤设备同时运行的情况。根据前文描述各探伤装置在曝光室内移动范围，保守考虑射线装置与各屏蔽体外的最近距离。

二、项目运行辐射环境影响分析

（一）射线装置输出量参数

1.1 X 射线探伤机

实测参数：

本项目拟使用 1 台 3505 型周向探伤机，最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA。探伤机生产厂家提供了 1 台 3505 型周向探伤机的滤过材质为 3mmAl，1m 处输出量为 $5.23\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，见附件 12。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 B.1，已有管电压 200kV、250kV、300kV 经 3mmAl 滤过探伤机输出量，现基于二次拉格朗日插值多项式的外推法。350kV 5mA 的探伤机经 3mmAl 滤过条件的 1m 处输出量为： $29.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.794\times 10^6\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

综上，根据探伤机输出量的实测参数和理论计算参数，保守选取 3505 探伤机 1m 处的输出量更大的 $29.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 作为本项目辐射预测分析的计算基准值。本项目使用 X 射线探伤机的年最大曝光时间为 495 小时，保守考虑选取 3505 探伤机的年最大曝光时间为 495 小时。

1.2 电子直线加速器

根据建设单位提供的资料，本项目电子直线加速器输出 X 射线的最大能量分别为和 4MeV，对应的 1m 处最大 X 射线剂量率为 5Gy/min。本项目使用电子直线加速器的年最大曝光时间为 75 小时。

（二）探伤室关注点设置及参考剂量率水平

2.1 关注点的选取

根据项目探伤室结构和平面设计方案,结合工程分析中的探伤活动场景分析以及曝光室周边外环境,探伤室屏蔽体外 30cm 处关注点为:东南侧操作室 A、东北侧渗透设备室 B、西北侧工件门 C、西北侧墙体外 D、西南侧评片室 E、迷道门外侧 H、曝光室顶层 I。

2.2 探伤机辐射源点与关注点的最近距离

探伤机曝光过程中主射束朝向曝光室东北侧、西南侧、顶层和下层,优先考虑在主射束照射下,探伤机辐射源点(主射束方向)与关注点的最近距离;其次再考虑非主射束照射下,探伤机辐射源点(漏射或散射方向)与该墙体所涉及关注点的最近距离,如下图。

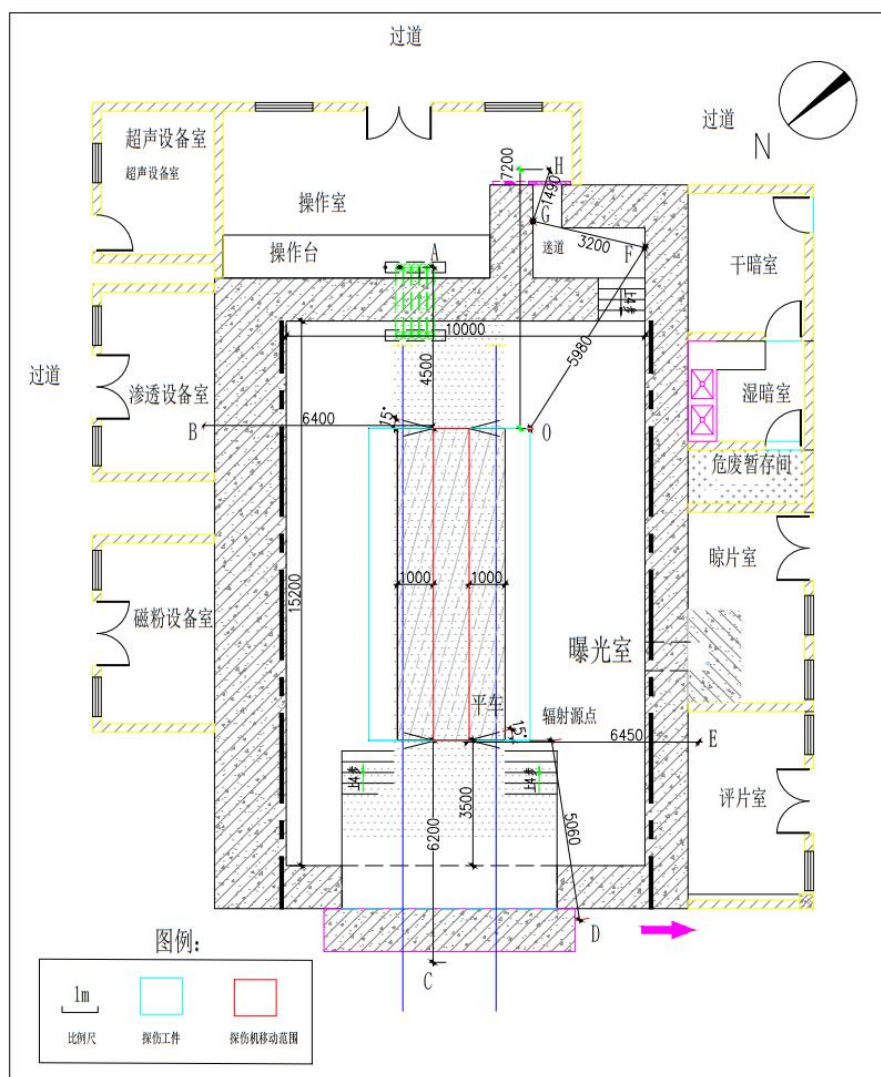


图 11-1 探伤机辐射源点与关注点的最近距离平面图

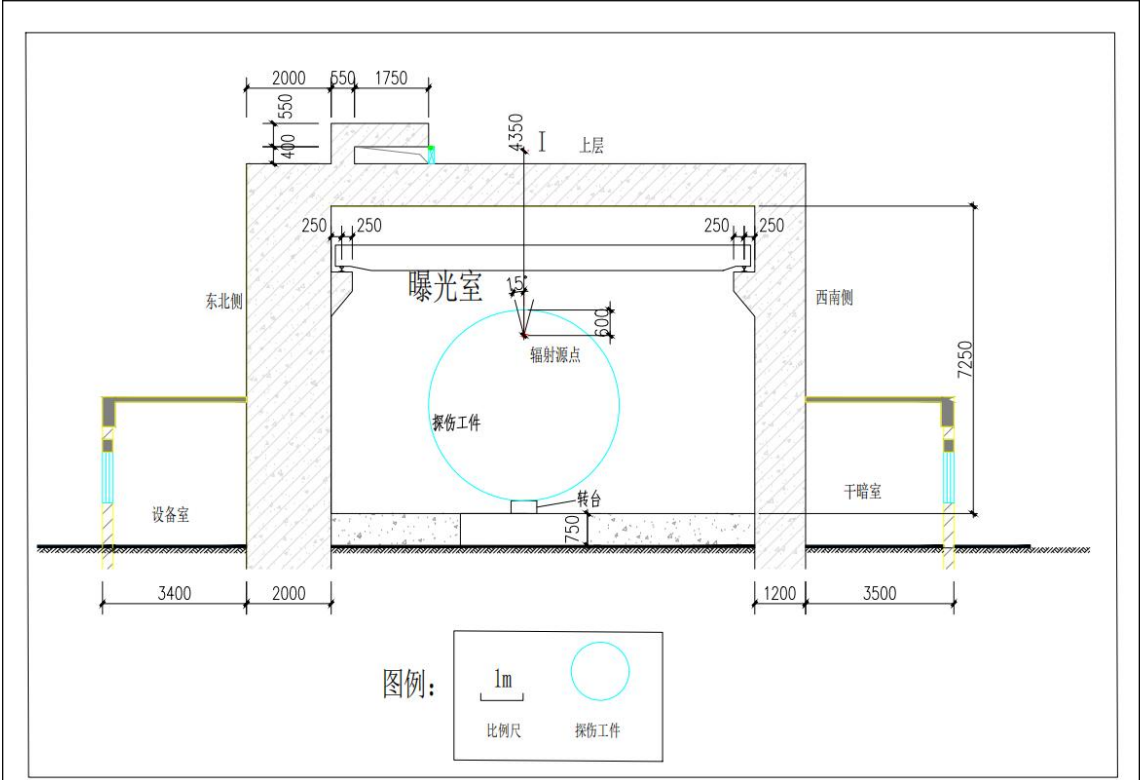


图 11-2 探伤机辐射源点与关注点的最近距离剖面图

表 11-2 探伤机与关注点设置一览表

场所	关注点	位置描述	最小距离 m	需屏蔽的辐射源	受照类型
探伤室	A	曝光室东南侧墙体外 30cm 处操作室	4.5	漏射线和散射线	职业照射
	B	曝光室东北侧墙体外 30cm 处渗透设备室	6.4	主射束	公众照射
	C	曝光室西北侧工件门外 30cm 处	6.2	漏射线和散射线	公众照射
	D	曝光室西北侧墙体外 30cm 处	5.06	漏射线和散射线	公众照射
	E	曝光室西南侧墙体外 30cm 处评片室	6.45	主射束	职业照射
	H	迷道门外 30cm 处 (操作室)	7.2	漏射线	职业照射
			10.67	散射线: O-F-G-H 5.98m-3.2m-1.49m	
	I	曝光室屋顶墙体外 30m 处	4.35	主射束	公众照射

2.3 电子直线加速器机头与关注点的最近距离

电子直线加速器曝光时主射束仅向曝光室东北侧墙体照射，优先考虑在主射束照射下，电子直线加速器机头（主射束方向）与关注点的最近距离；其次再考虑非主射束照射下，电子直线加速器机头（漏射或散射方向）与该墙体所涉及关注点的最近距离，如下图。

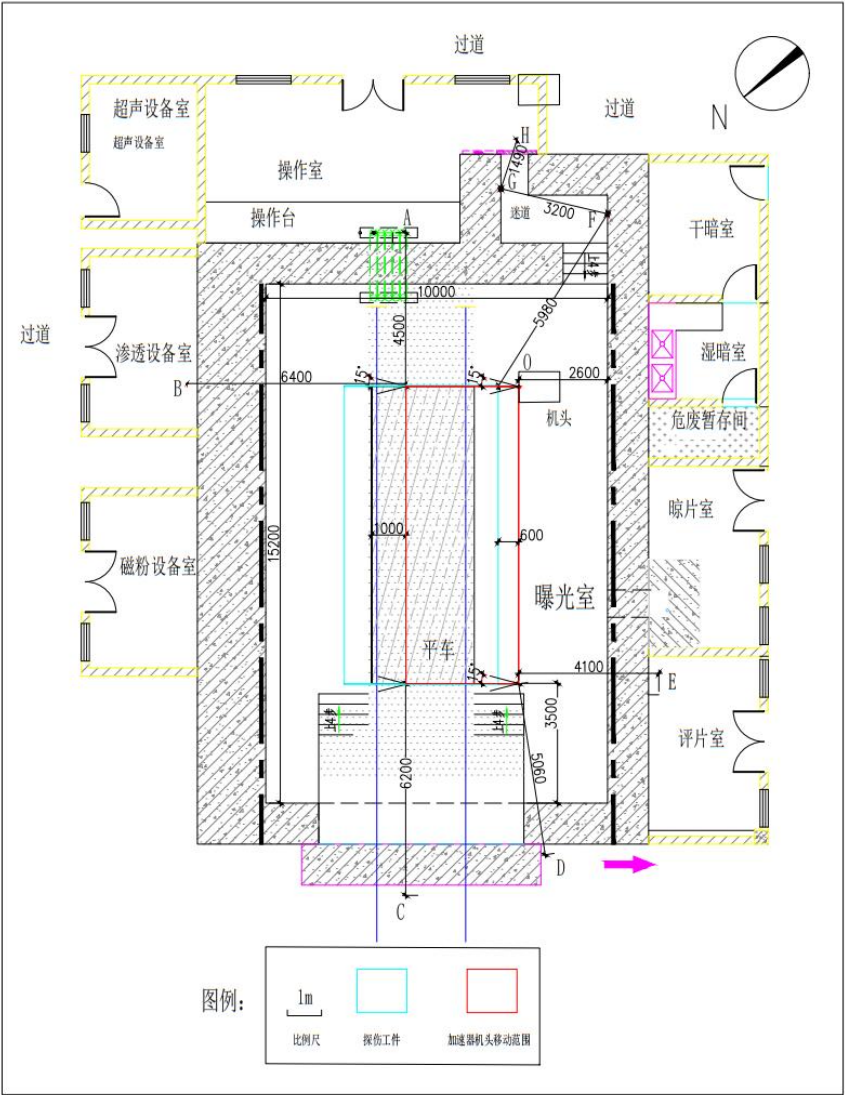


图 11-3 加速器机头与关注点的最近距离平面图

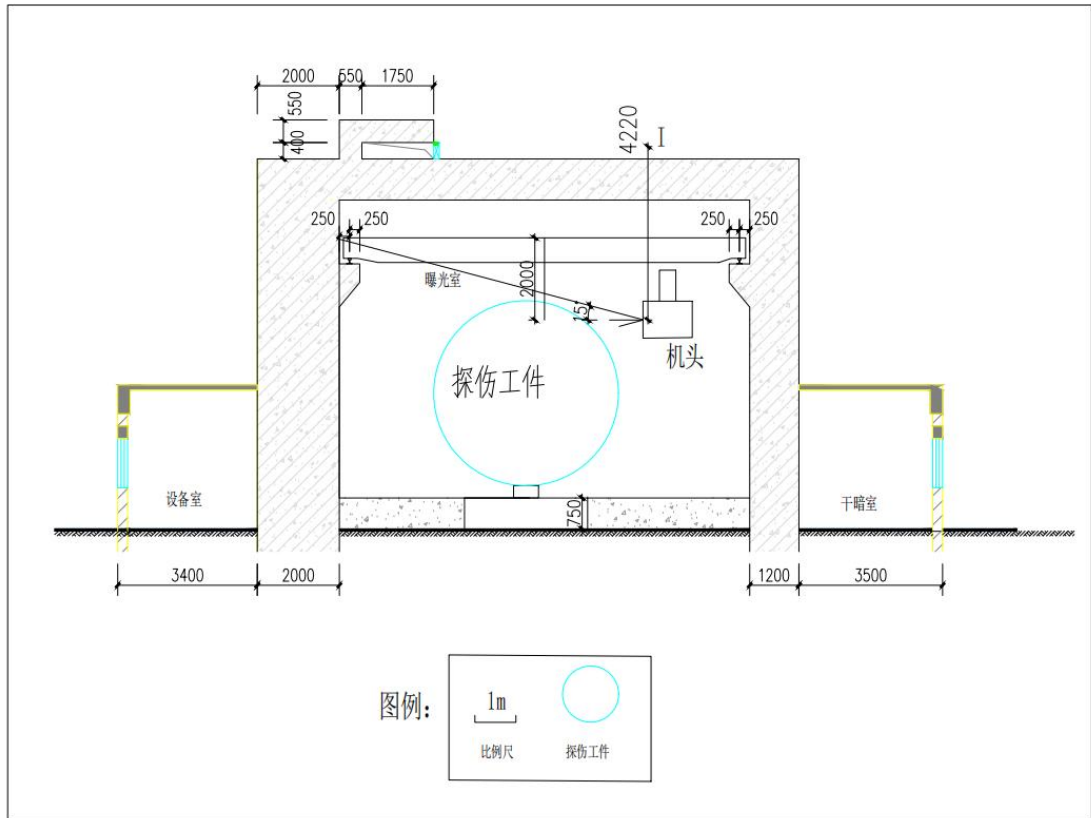


图 11-4 加速器机头与关注点的最近距离剖面图

表 11-3 加速器与关注点设置一览表

场所	关注点	位置描述	最小距离 m	需屏蔽的辐射源	受照类型
探伤室	A	曝光室东南侧墙体外 30cm 处操作室	4.5	漏射线和散射线	职业照射
	B	曝光室东北侧墙体外 30cm 处渗透设备室	6.4	主射束	公众照射
	C	曝光室西北侧工件门外 30cm 处	6.2	漏射线和散射线	公众照射
	D	曝光室西北侧墙体外 30cm 处	5.06	漏射线和散射线	公众照射
	E	曝光室西南侧墙体外 30cm 处评片室	4.1	漏射线和散射线	职业照射
	H	迷道门外 30cm 处 (操作室)	7.2	漏射线	职业照射
			10.67	散射线: O-F-G-H 5.98m-3.2m-1.49m	
	I	曝光室屋顶墙体外 30m 处	4.22	漏射线和散射线	公众照射

2.4 剂量率参考控制水平

本项目曝光室屏蔽体外周围剂量率控制水平参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)标准要求：四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h；曝光室顶部有行车操作人员到达，本项目取屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。

(三) 探伤机探伤时探伤室关注点辐射剂量预测分析

由于本项目探伤室的同一曝光室内使用探伤机和加速器射线装置，下面分别按X射线探伤机和电子直线加速器两种类别进行分析。

3.1 关注点受探伤机主射束辐射影响的剂量率计算

本项目受探伤机主射束辐射影响的关注点见图 11-1、图 11-2 和表 11-2。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），由式 11-1～11-2 计算有用线束辐射影响。

$$\dot{H}_{有} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_l}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

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

式中：

$\dot{H}_{有}$ —主射束方向关注点剂量率（μSv/h）；

B —主射束方向屏蔽透射因子；

X —屏蔽体厚度；

TVL —X 射线在混凝土中的什值层厚度。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.2 中 X 射线管电压 300kV 在铅和混凝土中的什值层厚度分别为 5.7mm 和 100mm；X 射线管电压 400kV 在铅和混凝土中的什值层厚度分别为 8.2mm 和 100mm。采用内插法得 X 射线管电压 350kV 在铅中的 TVL 值为 6.95mm、在混凝土中的 TVL 值为 100mm。

I —最大管电流，5mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量。依据前文所述，距离靶点 1m 处 3505 型 X 射线探伤机的输出量为 29.9mGy·m²/(mA·min)，即 1.794×10⁶μGy·m²/(mA·h)；

R —关注点的距离；

关注点受探伤机主射束辐射剂量率的预测结果见表11-4。

表 11-4 关注点受探伤机主射束辐射剂量率的预测结果表

关注点	关注点的距离 R (m)	屏蔽体厚度	TVL	H_0 $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B 透射因子	辐射剂量率 $\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$
3505型探伤机						
B	6.4	2000mm厚 钢筋混凝土	100mm	1.794×10^6	1.00E-20	2.19E-15
E	6.45	1200mm厚 钢筋混凝土	100mm	1.794×10^6	1.00E-12	2.16E-07
I	4.35	1000mm厚 钢筋混凝土	100mm	1.794×10^6	1.00E-10	4.74E-05

3.2 关注点受探伤机漏射线辐射影响的剂量率计算

本项目受探伤机漏射线辐射影响的关注点见图11-1和表11-2。

根据公式 $B=10^{-X/TVL}$ ，计算曝光室四周漏射屏蔽因子，由下式计算漏射辐射影响。

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B_2}{R^2} \dots\dots\dots (\text{式11-3})$$

式中：

TVL —X 射线在混凝土中的什值层厚度。X 射线管电压 300kV 在铅和混凝土中的什值层厚度分别为 5.7mm 和 100mm；X 射线管电压 350kV 在铅中的 TVL 值为 6.95mm、在混凝土中的 TVL 为 100mm。

$\dot{H}$ ——关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_L ——距离靶点1m处X射线管组装的漏射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表1 X射线探伤机的泄露辐射剂量率，本项目3505型探伤机和3005型探伤机均取 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；

B_2 ——漏射辐射屏蔽透射因子；

R ——关注点的距离，m；

本项目关注点漏射辐射剂量率计算参数和预测结果见表11-5。

表 11-5 关注点受探伤机漏射线辐射剂量率的预测结果表

关注点	关注点的距离 R (m)	屏蔽体厚度	TVL	H_L (μSv/h)	B 透射因子	辐射剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h)
3505型探伤机						
A	4.5	1200mm厚钢筋混凝土	100mm	5000	1.00E-12	2.47E-10
C	6.2	1200mm 厚钢筋混凝土	100mm	5000	1.00E-12	1.30E-10
D	5.06	1200mm 厚钢筋混凝土	100mm	5000	1.00E-12	1.95E-10
H	7.2	1200 厚钢筋混凝土	100mm	5000	1.00E-12	9.65E-11

3.3 关注点受探伤机散射线辐射影响的剂量率计算

本项目受散射线束辐射影响的关注点见图11-1和表11-2。

根据公式 $B=10^{-X/TVL}$ ，计算曝光室四周和迷道门外30cm散射射屏蔽因子，由下式计算漏射辐射影响。

$$\dot{H}_{散} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_3}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (式11-4)$$

式中：

TVL—X射线的什值层厚度，由GBZ/T250-2014中表2查出：原始X射线300<kV≤400时，X射线90°散射辐射为250kV，因此可得出本项目350kV探伤机散射一次时对应的散射辐射为250kV，其散射辐射的铅什值层厚度取2.9mm；混凝土什值层厚度取90mm。

$\dot{H}_{散}$ ——预测散射剂量率，μSv/h；

R_s ——散射点至关注点的距离，m；

I ——X射线探伤装置最大管电流，本项目取5mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m处输出量。距离靶点1m处3505型X射线探伤机的输出量为29.9mGy·m²/(mA·min)，即1.794×10⁶μGy·m²/(mA·h)。

B_3 ——散射辐射屏蔽透射因子；

F — R_0 处的辐射野面积；

α —散射因子；

R_0 —靶点至探伤工件的距离。

当 x 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 15° 时，管电压位于 200kV~400kV 之间的 $\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$ 值为 0.01。

本项目散射线关注点的辐射剂量率预测结果见下表。

表 11-6 散射线关注点的辐射剂量率预测结果表

关注点	关注点的距离 R_s (m)	屏蔽体厚度	TVL	H_0 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	B 透射因子	辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
3505型探伤机						
A	4.5	1200mm厚钢筋混凝土	90mm	1.794×10^6	4.64E-14	2.06E-10
C	6.2	1200mm 厚钢筋混凝土	90mm	1.794×10^6	4.64E-14	1.08E-10
D	5.06	1200mm 厚钢筋混凝土	90mm	1.794×10^6	4.64E-14	1.63E-10
H	10.67	15mmPb 铅钢结构防护门	2.9mm	1.794×10^6	6.72E-06	5.30E-03

3.4 受探伤机辐射影响的关注点的辐射环境综合分析

关注点A、C、D同时受到漏射线和散射线的辐射影响，需考虑剂量率叠加，统计结果见下表。

表11-7 本项目探伤机运行时屏蔽体外关注点处最大辐射剂量率

关注点		有用线束辐射剂量率 (μ Sv/h)	漏射辐射剂量率 (μ Sv/h)	散射辐射剂量率 (μ Sv/h)	综合辐射剂量率 (μ Sv/h)	剂量率参考控制水平 (μ Sv/h)
3505型探伤机						
A	曝光室东南侧墙体外 30cm处操作室	/	2.47E-10	2.06E-10	4.53E-10	2.5
B	曝光室东北侧墙体外 30cm处渗透设备室	2.19E-15	/	/	2.19E-15	2.5

C	曝光室西北侧 工件门外 30cm 处	/	1.30E-10	1.08E-10	2.38E-10	2.5
D	曝光室西北侧 墙体外 30cm 处	/	1.95E-10	1.63E-10	3.58E-10	2.5
E	曝光室西南侧 墙体外 30cm 处评片室	2.16E-07	/	/	2.16E-07	2.5
H	迷道门外 30cm 处 (操作室)	/	9.65E-11	5.30E-03	5.30E-03	2.5
I	曝光室屋顶墙 体外 30m 处	4.74E-05	/	/	4.74E-05	2.5

由上表可知，在本项目曝光室内使用X射线进行探伤时，曝光室外各关注点处辐射剂量率最大为5.30E-03μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h以及人员可到达的探伤室顶外30cm处参考控制水平2.5μSv/h”的规定。

（四）加速器探伤时探伤室关注点辐射剂量预测分析

4.1 加速器主屏蔽范围估算

水平方向：根据图 9-9，加速器距离东北侧主屏蔽墙体之间距离最大为 7.4m，与东南侧墙体之间最小距离为 3m，与西北侧墙体之间最小距离为 3.5m，加速器东南至西北方向的活动距离最大为 8.7m，加速器出束角度最大为 30° 圆锥形，则射线照射到屏蔽墙体上的最大宽度为 $8.7+2 \times 7.4 \times \tan(30 \div 2) = 12.66\text{m}$ 。

垂直方向：根据图 9-10，加速器与东北侧主屏蔽墙体之间距离最大为 7.4m，离地最高为 0.75m，加速器上下的活动距离最大为 3.58m，加速器出束角度最大为 30° 圆锥形，则射线照射到屏蔽墙体上的最高距离为 $3.58+0.75+7.4 \times \tan(30 \div 2) = 6.31\text{m}$ 。

本项目曝光室东北侧水平方向主屏蔽墙宽度为 15.2m，超过 12.66m；曝光室东北侧竖直方向主屏蔽墙高度为 7.25m，超过 6.31m。因此曝光室主屏蔽墙体宽度和高度分别大于射线水平和垂直方向照射范围，满足屏蔽范围要求。

4.2 关注点受加速器主射束和漏射辐射影响的剂量率计算

根据《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GB/T30371-2013)附录 C

中的图 C.1，对于 4MeV 电子直线加速器，混凝土的十值层厚度 T_e 和第一个十值层厚度 T_1 均为 28cm。

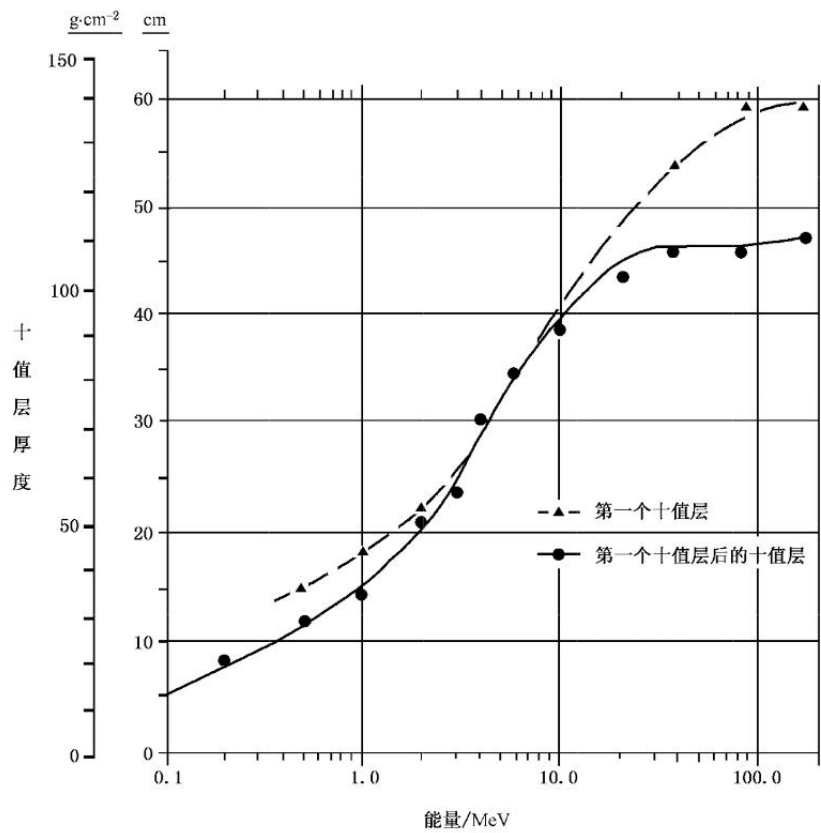


图 11-6 0.1MeV~100MeV 电子加速器的宽束 X 射线的混凝土十值层

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，关注点辐射剂量率 H_M 可通过推导公式 11-5~11-6 进行计算：

$$H_M = I \times 10^5 \cdot \frac{D_{10}}{1.67 \times d^2} \cdot T \cdot B_x \dots\dots\dots \text{(式 11-5)}$$

$$B_x = 10^{-[(S+T_e-T_1)/T_e]} \dots\dots\dots \text{(式 11-6)}$$

式中：

- S—屏蔽体厚度（cm）；
- B_x —X 射线的屏蔽透射比，指在屏蔽体入射面的吸收剂量率，经屏蔽厚度按该透射比减弱，使屏蔽体的出射面剂量率达到所要求的水平；
- H_M —参考点周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；
- d —X 射线源与参考点之间的距离（m）；

T —居留因子；

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率（Gy/min），对于 4MeV 加速器取 5Gy/min，即 300Gy/h。本次预测电子直线加速器漏射剂量率均按照 0.1%进行取值。

T_1 —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层，本项目混凝土取 28cm；

T_e —平衡十分之一值层，该值近似于常数（cm），本项目混凝土取 28cm；

将相关参数代入根据公式 11-5~11-6 后，可得到各个关注点处的辐射剂量率，预测结果见表 11-8。

表 11-8 曝光室外主射束和漏射辐射剂量率预测参数及结果

序号	关注点位置描述	D_{10} (Gy/h)	d (m)	混凝土厚度 S (cm)	T_e (cm)	T_1 (cm)	H_M (μ Sv/h)
A	曝光室东南侧墙体外 30cm 处 操作室	0.3	4.5	120	28	28	4.59E-02
B	曝光室东北侧墙体外 30cm 处 渗透设备室（主射束）	300	6.4	200	28	28	3.16E-02
C	曝光室西北侧工件门外 30cm 处	0.3	6.2	120	28	28	2.42E-02
D	曝光室西北侧墙体外 30cm 处	0.3	5.06	120	28	28	3.63E-02
E	曝光室西南侧墙体外 30cm 处 评片室	0.3	4.1	120	28	28	5.54E-02
H	迷道门外 30cm 处 （操作室）	0.3	7.2	120	28	28	1.79E-02
I	曝光室屋顶墙体外 30m 处	0.3	4.22	100	28	28	2.71E-01

4.3 关注点受加速器散射辐射影响的剂量率计算

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.4，可以保守估算迷道外入口的剂量率 $H_{l,rj}$ ：

$$H_{l,rj} = \frac{D_{10}\alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \cdots \cdots \cdots \text{（式 11-7）}$$

式中：

D_{10} —辐射源距离参考点 1m 处的吸收剂量率，取 $3 \times 10^8 \mu$ Sv/h；

α_1 —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数，保守取值 5×10^{-3} ；

α_2 —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的），保守取值 2×10^{-2} ；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积（ m^2 ）；

A_2 —迷道的截面积（ m^2 ）；

d_1 —X 射线源与第一散射物质的距离（m）；

d_{r1}, d_{r2}, d_{rj} —沿着迷道长轴的中心线距离， j —指第 j 个散射过程；

4.3.1 迷道门外受加速器散射辐射影响的剂量率计算

将相关参数代入公式 11-7，可得到本项目迷道入口散射剂量率。

表 11-9 本项目迷道入口散射辐射剂量率预测结果

预测点	散射次数	D_{10} ($\mu Gy/h$)	散射路径 (d_1, d_{r1}, d_{r2}), m	A_1 (m^2)	A_2 (m^2)	$H_{1, rj}$ ($\mu Sv/h$)
H	2	3E+08	5.98, 3.2, 1.49	3.25	3.5	419.76

在迷道入口防护门内侧 F 处，最大剂量率为电子直线加速器发出的 X 射线经过迷道的透射剂量与散射剂量的叠加值。根据《电子直线加速器辐照装置辐射安全与防护》（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，根据表 A.2 查得，对于 0.5MeV 的 X 射线，铅的 T_1 为 0.5cm， T_e 为 1.2cm，则迷道防护门外 F 处辐射剂量率见下表。

表 11-10 本项目迷道门外辐射剂量率预测结果

预测点	散射剂量 ($\mu Sv/h$)	透射剂量 ($\mu Sv/h$)	叠加剂量 ($\mu Sv/h$)	屏蔽体 厚度 (cm)	屏蔽透射 因子	经防护门屏蔽后 辐射剂量($\mu Sv/h$)
H	419.76	1.79E-02	419.76	2.5	2.15E-03	0.9

4.3.2 其他关注点受加速器散射辐射影响的剂量率计算

本项目其他关注点受加速器散射辐射影响包括点 ACDEI，均为一次散射，根据参考 GBZ/T201.2-2011 附录 B.4 散射在混凝土中 TVL 保守取 30mm，由散射剂量率 $H=H_{1, rj} \cdot 10^{-X/TVL}$ ，预测结果见下表。

表 11-11 本项目其他关注点受加速器散射辐射影响的剂量率

预测点	屏蔽厚度 $X(mm)$	D_{10} ($\mu Gy/h$)	散射路径 m	A_1 (m^2)	$H_{1, rj}$ ($\mu Sv/h$)	TVL mm	H 散射 剂量率
A	1200	3E+08	4.5	41	3.04E+06	30	3.04E-34
C	1200	3E+08	6.2	43	1.68E+06	30	1.68E-34
D	1200	3E+08	5.06	18	1.05E+06	30	1.05E-34
E	1200	3E+08	4.1	110	9.82E+06	30	9.82E-34

I	1000	3E+08	4.22	152	1.28E+07	30	5.94E-27
---	------	-------	------	-----	----------	----	----------

4.4 天空反散射

因本项目所有电子直线加速器主射束方向不朝向曝光室屋顶，因此，仅考虑靶的漏射辐射影响，泄漏率为 0.1%。计算时考虑加速器机头位于曝光室中心，距上方距离最近。天空散射至地面关注点的剂量率计算公式如下：

根据 NCRP151 报告，X 射线天空反散射计算公式如下：

$$H_{\text{天}} = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3})}{(d_i \cdot ds)^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-8)}$$

$$\Omega = 4 \arctan \frac{a \cdot b}{c \cdot d} \dots\dots\dots \text{(式 11-9)}$$

$$d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

式中：a——屋顶长度之半；

b——屋顶宽度之半；

c ——辐射源到屋顶表面中心的距离；

d ——辐射源到屋顶边缘的距离，按式（11-10）计算得。

$H_{\text{天}}$ ——在距离 X 射线辐射源 ds 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

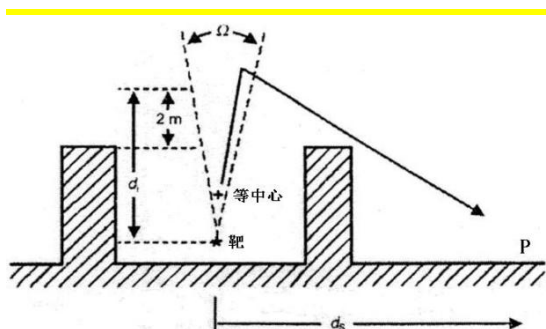
B_{xs} ——X 射线屋顶的屏蔽透射比；根据公式 11-6 所得；

Ω ——X 射线源于屏蔽墙对向的立体角

d_i ——在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离（m）；

ds ——X 射线源至关注点的距离（m）；

D_{10} ——距靶 1m 处的泄露辐射剂量率；



将以上参数代入式（11-8）计算得到天空散射至关注点的剂量率为见表 11-10。

表 11-12 本项目探伤室天空反散射辐射剂量预测结果

地面 关注点	D ₁₀ (Gy/h)	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	Ω ¹³	屏蔽体厚 度 (cm)	d _i (m)	d _s (m)	B _{xs}	H _天 (μSv/h)
A	0.3	7.6	5	2.9	5.8	233	100	5.9	4.5	2.7E-04	1.6E-01
B	0.3	7.6	5	2.9	5.8	233	100	5.9	7.3	2.7E-04	2.5E-01
C	0.3	7.6	5	2.9	5.8	233	100	5.9	10.3	2.7E-04	1.3E-01
D	0.3	7.6	5	2.9	5.8	233	100	5.9	9.7	2.7E-04	1.4E-01
E	0.3	7.6	5	2.9	5.8	233	100	5.9	6.5	2.7E-04	3.2E-01
H	0.3	7.6	5	2.9	5.8	233	100	5.9	12.0	2.7E-04	9.3E-02

4.5 屏蔽体外各关注点处辐射剂量综合分析

电子直线加速器曝光时探伤室各关注点叠加的辐射剂量率仅考虑透射剂量率和天空反散射的剂量率叠加（迷道门外 30cm 处关注点 I 除外），结果见下表。

表 11-13 电子直线加速器周围各关注点叠加的辐射剂量率

关注点	关注点点位描述	透射剂量率 (μSv/h)	散射剂量率 (μSv/h)	天空反散射 (μSv/h)	综合剂量率 (μSv/h)
A	曝光室东南侧墙体外 30cm 处操作室	4.59E-02	3.04E-34	1.6E-01	2.06E-01
B	曝光室东北侧墙体外 30cm 处渗透设备室 (主射束)	3.16E-02	/	2.5E-01	2.82E-01
C	曝光室西北侧工件门 外 30cm 处	2.42E-02	1.68E-34	1.3E-01	1.54E-01
D	曝光室西北侧墙体外 30cm 处	3.63E-02	1.05E-34	1.4E-01	1.76E-01
E	曝光室西南侧墙体外 30cm 处评片室	5.54E-02	9.82E-34	3.2E-01	3.75E-01
H	迷道门外 30cm 处 (操作室)	1.79E-02	0.9	9.3E-02	1.01E+00
I	曝光室屋顶墙体外 30m 处	2.71E-01	5.94E-27	/	2.71E-01

综上，当电子直线加速器运行时，曝光室四周屏蔽体外 30cm 处的剂量率最大值为 1.01μSv/h，低于 2.5μSv/h 的剂量率参考控制水平。

（五）项目运行对保护目标的年有效剂量分析

（1）辐射工作人员年有效剂量分析

本项目使用探伤机年出束时间约 495 小时/年，使用电子直线加速器年出束时间约 75 小时/年。本项目辐射工作人员年有效剂量分析时考虑辐射工作人员位于操作室内，操作室内累计剂量作为本项目操作人员受照剂量分析。

本项目辐射工作人员的年有效剂量由下式进行估算。

$$H = \dot{H} \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{式11-11})$$

式中：

H ——年最大有效剂量；

$\dot{H}$ ——综合剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ），使用探伤机时辐射工作人员最大取 $5.30\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ；使用加速器时辐射工作人员最大取 $1.01\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——射线装置年曝光时间，探伤机总出束时间约495小时；加速器总出束时间约75小时；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子，取1；

根据表11-7和表11-11的综合辐射剂量率所致辐射工作人员受到的年有效剂量，见下表。

表11-14 辐射工作人员的年有效剂量

编号	保护目标	辐射工作人员的辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	年受照时间 t （h）	居留因子 T	受照类型	年有效辐射（mSv）
探伤机						
H	迷道门外 30cm 处 （操作室）	5.30E-03	495	1	职业	2.62E-03
加速器						
H	迷道门外 30cm 处 （操作室）	1.01	75	1	职业	7.58E-02
合计						7.84E-02

由表 11-14 可知，辐射工作人员受到的年有效剂量最大为 $7.84\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中 20mSv/a 的剂量限值和本项目 5mSv/a 的剂量约束值。

(2) 其他保护目标年有效剂量分析

本项目涉及所有保护目标见表7-1。根据表11-7和表11-11，已知探伤机和加速器运行时曝光室屏蔽体外的关注点的辐射剂量率，根据反平方定律公式

$H_2=H_1*(R_1/R_2)^2$ ，可得到其他保护目标的辐射剂量率见表11-13；再根据式11-11，计算得出保护目标的年有效剂量，见下表。

表11-15 其他保护目标的辐射剂量率

编号	保护目标	与曝光室相对方位及最近距离（m）	对照关注点	对照关注点与探伤机的距离（m）	对照关注点剂量率（ μ Sv/h）	保护目标的辐射剂量率（ μ Sv/h）
探伤机						
J	80卷板机操作区工作人员	东北，13	B	6.4	2.19E-15	2.38E-16
K	材料存放区工作人员	东北，15	B	6.4	2.19E-15	1.96E-16
L	试压操作区工作人员	东北，32	B	6.4	2.19E-15	6.08E-17
M	退火炉控制室工作人员	北，7	D	5.06	1.95E-10	3.43E-11
Q	不锈钢卷板机操作区工作人员	北，35	D	5.06	1.95E-10	3.11E-12
N	碳钢卷板机操作区工作人员	北，47	D	5.06	1.95E-10	1.84E-12
P	重型机操作区工作人员	西北，18	D	5.06	1.95E-10	9.39E-12
R	工件堆放区工作人员	西北，15	D	5.06	1.95E-10	1.24E-11
S	焊接区工作人员	西北，30	D	5.06	1.95E-10	4.06E-12
T	四川省润翰建材有限公司工作人员	西，28	E	6.45	2.16E-07	7.57E-09
U	厂区道路1公众	西南，9	E	6.45	2.16E-07	3.76E-08

V	成都君斯豪隆发动机配件制造有限公司工作人员	西南，24	E	6.45	2.16E-07	9.69E-09
W	厂区道路2公众	东南，10	H	7.2	5.30E-03	9.29E-04
X	成都卓达数控有限公司工作人员	东南，24	H	7.2	5.30E-03	2.82E-04
Y	行车操作人员	东北侧斜上方，7.6	I	4.35	4.74E-05	6.28E-06
加速器						
J	80卷板机操作区工作人员	东北，13	B	6.4	2.82E-01	3.07E-02
K	材料存放区工作人员	东北，15	B	6.4	2.82E-01	2.52E-02
L	试压操作区工作人员	东北，32	B	6.4	2.82E-01	7.83E-03
M	退火炉控制室工作人员	北，7	D	5.06	1.76E-01	3.10E-02
Q	不锈钢卷板机操作区工作人员	北，35	D	5.06	1.76E-01	2.81E-03
N	碳钢卷板机操作区工作人员	北，47	D	5.06	1.76E-01	1.66E-03
P	重型机操作区工作人员	西北，18	D	5.06	1.76E-01	8.47E-03
R	工件堆放区工作人员	西北，15	D	5.06	1.76E-01	1.12E-02
S	焊接区工作人员	西北，30	D	5.06	1.76E-01	3.67E-03

T	四川省润翰建材有限公司工作人员	西，28	E	6.45	3.75E-01	1.31E-02
U	厂区道路1公众	西南，9	E	6.45	3.75E-01	6.54E-02
V	成都君斯豪隆发动机配件制造有限公司工作人员	西南，24	E	6.45	3.75E-01	1.68E-02
W	厂区道路2公众	东南，10	H	7.2	1.01E+00	1.77E-01
X	成都卓达数控有限公司工作人员	东南，24	H	7.2	1.01E+00	5.38E-02
Y	行车操作人员	东北侧斜上方，7.6	I	4.35	2.71E-01	3.59E-02

备注：（1）对照关注点与辐射源的距离（m），参见本文表 11-2 和 11-3。

（2）对照关注点剂量率参照本文表 11-7 和表 11-13。

表11-16其他保护目标的年有效剂量

编号	保护目标	保护目标的辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	年受照时间 t（h）	居留因子 T	受照类型	年有效剂量（mSv）
探伤机						
J	80卷板机操作区工作人员	2.38E-16	495	1	公众	1.18E-16
K	材料存放区工作人员	1.96E-16	495	1	公众	9.70E-17
L	试压操作区工作人员	6.08E-17	495	1	公众	3.01E-17
M	退火炉控制室工作人员	3.43E-11	495	1	公众	1.70E-11

Q	不锈钢卷板机操作区工作人员	3.11E-12	495	1	公众	1.54E-12
N	碳钢卷板机操作区工作人员	1.84E-12	495	1	公众	9.11E-13
P	重型机操作区工作人员	9.39E-12	495	1	公众	4.65E-12
R	工件堆放区工作人员	1.24E-11	495	1	公众	6.14E-12
S	焊接区工作人员	4.06E-12	495	1	公众	2.01E-12
T	四川省润翰建材有限公司工作人员	7.57E-09	495	1	公众	3.75E-09
U	厂区道路1公众	3.76E-08	495	1/4	公众	4.65E-09
V	成都君斯豪隆发动机配件制造有限公司工作人员	9.69E-09	495	1	公众	4.80E-09
W	厂区道路2公众	9.29E-04	495	1/4	公众	1.15E-04
X	成都卓达数控有限公司工作人员	2.82E-04	495	1	公众	1.40E-04
Y	行车操作人员	6.28E-06	495	1/4	公众	7.77E-07
加速器						
J	80卷板机操作区工作人员	3.07E-02	75	1	公众	2.30E-03
K	材料存放区工作人员	2.52E-02	75	1	公众	1.89E-03

L	试压操作区工作人员	7.83E-03	75	1	公众	5.87E-04
M	退火炉控制室工作人员	3.10E-02	75	1	公众	2.33E-03
Q	不锈钢卷板机操作区工作人员	2.81E-03	75	1	公众	2.11E-04
N	碳钢卷板机操作区工作人员	1.66E-03	75	1	公众	1.25E-04
P	重型机操作区工作人员	8.47E-03	75	1	公众	6.35E-04
R	工件堆放区工作人员	1.12E-02	75	1	公众	8.40E-04
S	焊接区工作人员	3.67E-03	75	1	公众	2.75E-04
T	四川省润翰建材有限公司工作人员	1.31E-02	75	1	公众	9.83E-04
U	厂区道路1公众	6.54E-02	75	1/4	公众	1.23E-03
V	成都君斯豪隆发动机配件制造有限公司工作人员	1.68E-02	75	1	公众	1.26E-03
W	厂区道路2公众	1.77E-01	75	1/4	公众	3.32E-03
X	成都卓达数控有限公司工作人员	5.38E-02	75	1	公众	4.04E-03
Y	行车操作人员	3.59E-02	75	1/4	公众	6.73E-04

表11-17 其他保护目标的年有效剂量叠加值

编号	保护目标	探伤机出束的年有效剂量 (mSv)	加速器出束的年有效剂量 (mSv)	年有效剂量叠加值 (mSv)
J	80卷板机操作区工作人员	1.18E-16	2.30E-03	2.30E-03
K	材料存放区工作人员	9.70E-17	1.89E-03	1.89E-03
L	试压操作区工作人员	3.01E-17	5.87E-04	5.87E-04
M	退火炉控制室工作人员	1.70E-11	2.33E-03	2.33E-03
Q	不锈钢卷板机操作区工作人员	1.54E-12	2.11E-04	2.11E-04
N	碳钢卷板机操作区工作人员	9.11E-13	1.25E-04	1.25E-04
P	重型机操作区工作人员	4.65E-12	6.35E-04	6.35E-04
R	工件堆放区工作人员	6.14E-12	8.40E-04	8.40E-04
S	焊接区工作人员	2.01E-12	2.75E-04	2.75E-04
T	四川省润翰建材有限公司工作人员	3.75E-09	9.83E-04	9.83E-04
U	厂区道路1公众	4.65E-09	1.23E-03	1.23E-03
V	成都君斯豪隆发动机配件制造有限公司工作人员	4.80E-09	1.26E-03	1.26E-03
W	厂区道路2公众	1.15E-04	3.32E-03	3.44E-03
X	成都卓达数控有限公司工作人员	1.40E-04	4.04E-03	4.18E-03
Y	行车操作人员	7.77E-07	6.73E-04	6.74E-04

由表 11-17 可知，公众的受到的年有效剂量最大为 4.18E-03mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中 1mSv/a 的剂量限值和本项目 0.1mSv/a 的剂量约束值。

由此可见，在本项目投入运行后，X射线探伤机和电子直线加速器产生的X射线经墙体屏蔽、距离衰减后，本项目周围环境保护目标受照剂量低于预测剂量，

对辐射工作人员和周围公众所致附加年有效剂量满足国家相关标准要求,所产生的辐射环境影响小,是可接受的。

三、非辐射环境影响分析

(一) 大气环境影响分析

由于本项目曝光室使用了不同种类的探伤机和 1 台 4MeV 电子直线加速器,曝光室内的各射线装置均是单独使用,不会同时使用 2 台或 2 台以上射线装置。下面分别对曝光室使用每种射线装置单独进行臭氧产生量及浓度进行分析。空气在辐射照射下产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)等有害气体,其中氮氧化物产额约为臭氧的三分之一,且臭氧的毒性更高,因此本评价主要对臭氧进行分析。

1、臭氧产额

(1) 电子直线加速器

电子直线加速器臭氧产额计算公式如下:

$$Q = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S \cdot R \cdot g \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-12)}$$

式中:

Q-臭氧产率(mg/h);

G-射束在距离源点 1m 处的剂量率(Gy/h · m²), 本项目加速器 1m 处的剂量率 300Gy/h · m²。;

S-射束在距离源点 1m 处的照射面积(m²), 取 0.23;

R-射束径迹长度(m), 取 1;

g-空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O₃ 的分子数, 取 10。

(2) X 射线探伤机

本项目最大拟使用 350kV, 5mA 的 X 射线探伤机, 根据《辐射所致臭氧的估算与分析》(王时进、娄云, 中华放射医学防护杂志, 1994 年 4 月第 14 卷第 2 期, P101), 假设在射线照射期间臭氧无分解, 臭氧在曝光室内均匀分布, 则臭氧的产额由下式进行计算:

$$P = 2.43 \cdot D(1 - \cos\theta) \cdot R \cdot G \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-13)}$$

式中:

P-臭氧的产额, mg/h;

D-离辐射源 1m 处的辐射剂量率，Gy/min · m²。本项目保守取 3505 探伤机 1m 处的辐射剂量率， $D=5mA \cdot 29.9mGy \cdot m^2/(mA \cdot min)=0.1495Gy/min \cdot m^2$ ；

R-射线束中心轴上源点至曝光室内墙的最远距离，本项目 R 取 7.4m；

G-空气每吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 的分子数，本项目取值为 10。

θ -射线束的半张角，本项目取值 15°

2、臭氧浓度

当照射时间足够长，浓度均匀，则可根据以下公式计算曝光室内臭氧浓度：

$$C = \frac{P_0 \cdot T}{V} \dots\dots\dots \text{(式 11-14)}$$

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \dots\dots\dots \text{(式 11-15)}$$

式中：

- C 一室内臭氧平衡浓度，mg/m³；
- P 一臭氧产额，mg/h；
- T 一臭氧有效清除时间，h；
- V 一探伤室室内体积，曝光室取 1102m³；
- t_v 一平均每次换气时间，1102m³÷5000m³/h，曝光室取 0.22h；
- t_d 一臭氧分解时间，0.83h。

经计算，项目电子直线加速器、X 射线探伤机在工作状态下，曝光室内臭氧产额及臭氧浓度如下表所示：

表11-18 曝光室内不同射线装置运行时的臭氧产额及臭氧浓度

场所		电子直线加速器	X射线探伤机
探伤室	曝光间	产额：4.49mg/h 浓度：7.08E-04mg/m ³	产额：0.92mg/h 浓度：1.45E-04mg/m ³

由上表可知，本项目曝光室在探伤机和加速器运行时产生的臭氧室内浓度最大为 **7.08E-04mg/m³**，远低于《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中规定的 O₃ 的最高允许浓度 0.3mg/m³ 限值要求。同时，曝光室内臭氧经过通风管道引至车间外离地高度 11m 处排放。经大气的稀释和扩散作用后，其浓度进一步的降低，远低于《环境空气质量标准》(GB3095-2026)

中 O₃ 的 1 小时平均浓度限值 0.2mg/m³ 的要求。

（二）声环境影响分析

本项目曝光室使用轴流式排风机排风，轴流式排风机工作时将产生一定的噪声，其距离设备 1m 处的声压级低于 70dB(A)。

本项目曝光室的轴流式排风机位于曝光室墙体外侧。由于该噪声源为点声源，忽略建筑物和围墙的隔声降噪效果，按照点声源衰减模式进行预测计算：

$$L_{(r)} = L_{(r_0)} - 20lg(r / r_0) \dots\dots\dots (式 11-16)$$

式中：L_(r)——距离噪声源 r 处的等效 A 声级值，dB(A)；
L_(r0)——距离噪声源 r₀处的等效 A 声级值，dB(A)；
r——预测点距噪声源距离，(m)；
r₀——源强外 1m 处。

表 11-19 噪声源衰减预测结果

距离r (m)	1	2	10	20	30	40	50
L _(r) (dB (A))	70	64	50	44	40	38	36

本项目曝光室噪声源距离公司东南侧和西南侧厂界距离最近，约 24m。因此，项目厂界昼间和夜间噪声均可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348 — 2008) 3 类区标准限值的要求，对厂界噪声贡献值很小，不会对周围声环境产生明显影响。

（三）水环境影响分析

本项目产生的废水主要包括洗片废水和工作人员生活污水，其中洗片废水约 144m³/a，工作人员生活污水产生量约 48m³/a。洗片废水经沉淀池处理后和生活污水一同通过预处理池处理排入市政管网，最后进入青白江区污水处理厂处理达标后排入长流河。川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)项目生活污水设计处理能力 17m³/d，已使用 15.78m³/d，剩余 1.22m³/d 处理能力，本次探伤项目生活污水产生 0.64/d，剩余处理能力能满足本项目生活污水产生的处理需要。

(四) 固体废物环境影响分析

本项目产生的固体废物主要为生活垃圾、废显影液、废定影液和废胶片。

(1)生活垃圾：工作人员产生的生活垃圾依托厂区的生活垃圾收集设施分类收集后由市政环卫部门统一清运。

(2)废显影液、废定影液和废胶片：建设单位原有探伤项目运行中产生与本项目类别相同和危险废物，且建设单位已与有资质的单位签订了危险废物处理协议(附件 6)，本项目产生的废定影液、废显影液拟在探伤室内新建 6m² 的危废暂存间暂存，定期送交有回收处理资质的单位进行处置；产生的废胶片采用纸质信封袋包装，置于专用储存柜收集，定期送交有回收处理资质的单位进行处置，对环境的影响较小。

综上所述，项目运营期产生的固体废物经分类收集后交由相关单位处理处置，不排放，不会对环境造成影响。

四、射线装置报废处理

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令）第 33 条要求“报废的射线装置应去功能化处理”和《四川省辐射污染防治条例》要求“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目电子直线加速器和 X 射线探伤机涉及报废时，必须进行去功能化，使电子直线加速器和 X 射线探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用 X 射线探伤机和电子直线加速器属II类射线装置，其风险因子为 X 射线。按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于下表。

表11-20 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

事故等级	事故情形
------	------

特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表1的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值见下表。

表11-21 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50.0Gy~100.0Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100.0Gy

二、源项分析及最大可能性事故分析

项目拟使用的X射线探伤机和电子直线加速器属于II类射线装置，设备只有在通电加高压的情况下才会产生射线，其余时间不产生射线，项目运行过程中可能发生的主要事故情景有：

①巡检人员或探伤工件搬运人员还未全部撤出探伤室，操作人员违反操作规程启动探伤机，造成曝光室内滞留人员被误照。

②曝光室安全联锁装置或声光报警系统发生故障，无关人员在探伤机工作时打开探伤室工件大门或迷道门误入曝光室被误照。

③由于门-机联锁装置失效，曝光室防护门未完全关闭或射线装置工作时门被部分开启射线装置仍能开机出束，造成射线外泄，对曝光室防护门周围人员造成误照。

三、辐射事故情景及影响分析

1、X 射线探伤机事故情形

事故情景假设：人员误入曝光室时，曝光的探伤机为 3505 型 X 射线探伤机。由于曝光室空间较大，误入人员距离 X 射线探伤机辐射源的距离大约在 1-10m 之间；由于曝光室四周墙壁、迷道内墙和操作室控制台上均设有急停按钮，出现意外情况可立即按下按钮停止出束；根据探伤机技术参数，受照时间范围按单次曝光时间 3min 考虑。

在无屏蔽防护设施情况下，人员受到的有效剂量与 X 射线探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用下式计算：

$$D=I\delta_x/r^2 \dots\dots\dots (式 11-17)$$

式中：

- D—空气吸收剂量率，mGy.min⁻¹；
- I—管电流，mA；本项目取 5mA；
- δ_x—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，本项目取 29.9mGy·m²/(mA·min)；
- r—参考点距 X 射线管焦斑的距离，m。

表11-22 事故情况下受到的剂量估算结果情况表（无防护）

与 X 射线探伤机的距离（m）	受照剂量（mGy）					
	10s	20s	40s	1min	2min	3min
1	2.49E+01	4.98E+01	9.97E+01	1.50E+02	2.99E+02	4.49E+02
2	6.23E+00	1.25E+01	2.49E+01	3.74E+01	7.48E+01	1.12E+02
3	2.77E+00	5.54E+00	1.11E+01	1.66E+01	3.32E+01	4.98E+01
4	1.56E+00	3.11E+00	6.23E+00	9.34E+00	1.87E+01	2.80E+01
5	9.97E-01	1.99E+00	3.99E+00	5.98E+00	1.20E+01	1.79E+01
6	6.92E-01	1.38E+00	2.77E+00	4.15E+00	8.31E+00	1.25E+01
7	5.09E-01	1.02E+00	2.03E+00	3.05E+00	6.10E+00	9.15E+00
8	3.89E-01	7.79E-01	1.56E+00	2.34E+00	4.67E+00	7.01E+00

9	3.08E-01	6.15E-01	1.23E+00	1.85E+00	3.69E+00	5.54E+00
10	2.49E-01	4.98E-01	9.97E-01	1.50E+00	2.99E+00	4.49E+00

由上表可知，本项目 X 射线探伤机作业时，按照单次出束时间 3min 考虑，在主射方向 1m 处受照剂量可达 449mGy/次，在权重转换因子取 1 的情况下即 449mSv，已超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值和公众 1mSv/a 的剂量限值，属于一般辐射事故。

2、电子直线加速器事故情形

当 4MeV 电子直线加速器处于出束状态时，假如有关人员滞留于曝光室内，可能会对相关人员造成严重的放射损伤或超剂量照射。本项目 4MeV 电子直线加速器主射线束 1m 处辐射剂量率取 5Gy/min，辐射泄漏剂量率取 0.1%。当人员误入，由于曝光室空间及探伤工件尺寸均较大，误入人员距离加速器辐射源的距离大约在 1-10m 之间，较大可能受到泄漏射线照射，也有一定受到主射线照射的可能；由于加速器只有在开机加高压的状态下才会产生 X 射线，曝光室四周墙壁、迷道内墙上和操作室控制台上均设有急停按钮，出现意外情况可立即按下按钮停止出束，因此，从发现情况到按下急停按钮受照时间范围最长考虑 2min。

在无屏蔽设施情况下，对距 X 射线辐射源不同距离、不同接触时间下的受照剂量进行估算，估算结果见表 11-23。

表 11-23 电子直线加速器事故情况下滞留于探伤室人员所受剂量估算结果表

与电子直线加速器 辐射源的距离 (m)		受照射剂量 (mGy)					
		10s	20s	40s	60s	90s	120s
1	主射线	8.33E+02	1.67E+03	3.33E+03	5.00E+03	7.50E+03	1.0E+04
	漏射线	8.33E-01	1.67E+00	3.33E+00	5.00E+00	7.50E+00	1.0E+01
2	主射线	2.08E+02	4.17E+02	8.33E+02	1.25E+03	1.88E+03	2.50E+03
	漏射线	2.08E-01	4.17E-01	8.33E-01	1.25E+00	1.88E+00	2.50E+00
3	主射线	9.26E+01	1.85E+02	3.70E+02	5.56E+02	8.33E+02	1.11E+03
	漏射线	9.26E-02	1.85E-01	3.70E-01	5.56E-01	8.33E-01	1.11E+00
4	主射线	5.21E+01	1.04E+02	2.08E+02	3.13E+02	4.69E+02	6.25E+02
	漏射线	5.21E-02	1.04E-01	2.08E-01	3.13E-01	4.69E-01	6.25E-01
5	主射线	3.33E+01	6.67E+01	1.33E+02	2.00E+02	3.00E+02	4.00E+02
	漏射线	3.33E-02	6.67E-02	1.33E-01	2.00E-01	3.00E-01	4.00E-01
6	主射线	2.31E+01	4.63E+01	9.26E+01	1.39E+02	2.08E+02	2.78E+02
	漏射线	2.31E-02	4.63E-02	9.26E-02	1.39E-01	2.08E-01	2.78E-01
7	主射线	1.70E+01	3.40E+01	6.80E+01	1.02E+02	1.53E+02	2.04E+02
	漏射线	1.70E-02	3.40E-02	6.80E-02	1.02E-01	1.53E-01	2.04E-01
8	主射线	1.30E+01	2.60E+01	5.21E+01	7.81E+01	1.17E+02	1.56E+02

	漏射线	1.30E-02	2.60E-02	5.21E-02	7.81E-02	1.17E-01	1.56E-01
9	主射线	1.03E+01	2.06E+01	4.12E+01	6.17E+01	9.26E+01	1.23E+02
	漏射线	1.03E-02	2.06E-02	4.12E-02	6.17E-02	9.26E-02	1.23E-01
10	主射线	8.33E+00	1.67E+01	3.33E+01	5.00E+01	7.50E+01	1.00E+02
	漏射线	8.33E-03	1.67E-02	3.33E-02	5.00E-02	7.50E-02	1.00E-01

由上表可知，按误入人员在距离靶 1m 处停留 2min 计，其主射线方向所致效剂量已达 10Gy，在权重转换因子取 1 的情况下即 10Sv，远远超出《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值 and 公众 1mSv/a 的剂量限值；根据表 11-21，已达到骨髓型急性放射病极重度，事故后果属于表 11-20 中较大辐射事故。在非主射方向，则受泄漏射线所致效剂量约 10mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值，但已超过公众 1mSv/a 的剂量限值，属于一般辐射事故。

综上所述，项目加速器运行时，人员误入受照可能发生的辐射事故为较大辐射事故；极端情况下，若误入人员在更近距离、更长时间受照情况下，也可能发生重大辐射事故。

本项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级情况见下表。

表 11-24 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	环境风险因子	事故场景	危害结果	事故等级
X 射线探伤机	X 射线	①探伤工件搬运人员还未全部撤出探伤室，操作人员违反操作规程启动加速器或探伤机，造成曝光室内滞留人员被误照，引发辐射事故。②安全联锁装置或声光报警系统发生故障，加速器或探伤机工作时，无关人员打开探伤室大门误入探伤室造成人员被误照射，引发辐射事故。③由于门-机联锁装置失效，防护门未完全关闭或射线装置工作时门被开启，射线装置仍能开机出束，造成大量射线外泄，对工作人员及公众产生较大剂量照射。	事故状态下，所受有效剂量最高为 449mGy/次	一般辐射事故
电子直线加速器	电子线、X 射线		事故状态下，所受有效剂量最高为 10Gy/次	较大辐射事故

四、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格落实以下事故防范措施：

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定完善的辐射安全规章制度并有专人监督核实各项

管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(2) 凡涉及射线装置操作，必须有明确的操作规程，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(3) 每天检查曝光室内的监控系统、联锁系统、门机联锁装置、门灯联锁装置、声光报警装置、通排风系统和固定式辐射剂量监测仪，确保一切正常并安全的情况下，射线装置才能进行照射。

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

(5) 定期对射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

(6) 建设单位所有辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

(7) 建设单位应加强辐射工作人员培训，制定培训计划，严格落实个人剂量管理制度，一旦发现单季度超过 1.25mSv 的情况，应及时调查原因，必要时对工作人员实行一定管控措施。

五、事故应急措施

一旦发生辐射事故，公司应迅速、有效采取以下应急措施：

(1) 当电子直线加速器、X射线探伤机发生意外事故时，应立即关机断电。并对相关受照人员送至专业医院进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应救护措施，再对仪器设备、设施进行性能检测，确定其状态。

(2) 一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案并采取必要的防范措施。发生辐射事故时，应立即向公司领导及生态环境、公安和卫生部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。由辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(3) 发生辐射事故后，应立即安排受辐照人员接受医学检查，在指定的医

疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员报告情况，以利于估算受照剂量，判定事故等级，提出控制措施，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

（4）迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

（5）做好事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射安全与防护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源或使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当具有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全和环境保护管理工作。

为严格贯彻执行国家辐射安全与防护相关法律法规、标准规范及监管要求，全面落实辐射安全主体责任，规范辐射作业行为，有效防范辐射安全风险，切实保障从业人员职业健康、公众安全与生态环境安全，促进公司安全、稳定、高质量发展。公司于2022年8月15日成立了辐射安全与环境保护管理领导小组。

（一）人员设置

组 长：周勇（执行董事、总经理）

副组长：杨小勇（副总经理）

成 员：吴渊、廖常伟、汤冬香、曾维、郁娥

辐射安全与防护管理机构设在特种设备检测部，辐射安全日常管理工作由副组长杨小勇负责。

（二）领导小组职责

- （1）全面负责公司内的辐射安全管理工作；
- （2）认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司实际制定安全规章制度 并检查监督实施；
- （3）负责公司内放射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；
- （4）检查安全环保设施，开展环保监测，对公司内使用射线装置的安全防护情况进行年度评估；
- （5）实施放射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作；
- （6）妥善处理本公司的辐射事故；
- （7）定期向环保和主管部门报告安全工作，接受环保监督、监测部门的检

查指导。

二、辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017年修正）第十六条规定：“使用放射性同位素或射线装置的单位，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核”。根据生态环境部《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》（公告2019年第57号），有辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fuShe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识；自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员以及原持有的辐射安全培训合格单到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

本项目拟配备辐射工作人员6人，包括5名操作人员及1名管理人员，其中管理人员不参与探伤工作。

建设单位从事探伤操作的辐射工作人员和辐射安全管理人员必须经过辐射安全和防护专业知识以及相关法律法规的培训，经考核合格后持证上岗。未取得辐射安全与防护培训成绩合格单的人员，不得进行探伤操作。公司应当确保每次探伤操作时至少有2名操作人员同时在场，每名操作人员均应配备个人剂量计。

二、辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017年修正）第十六条规定：“使用放射性同位素或射线装置的单位，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核”。根据生态环境部《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》（公告2019年第57号），有辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fuShe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识；自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员以及原持有的辐射安全培训合格单到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

本项目拟配置10名辐射工作人员，全部新增，并实行8小时工作制。其中，1名负责辐射安全管理，不参与探伤操作；探伤室1和探伤室2拟各配置4名辐射操作人员；另外探伤室2拟设置2名放射源管理人员负责放射源的借出前外观

检查、归还 γ 射线探伤机前屏蔽体外辐射剂量率检测等工作。

公司从事探伤操作的辐射工作人员和负责辐射安全防护的相关管理人员必须经辐射安全和防护专业知识以及相关法规的培训和考核，持证上岗。未取得辐射安全与防护培训成绩合格单的人员，不得进行探伤操作。公司应当确保探伤操作时有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员均应配备个人剂量计。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、档案管理分类

辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。建设单位档案资料可包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”和“废物处置记录”。

建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

二、须建立的主要规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 3 号）“第十六条”、《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》及《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》的相关要求中的相关规定，建设单位制度清单分析及执行情况见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》		落实情况
	制度	具体制度要求	
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责,全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作	已制定
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理	已制定
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施	已制定

4	辐射工作人员 岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责	已制定
5	辐射安全和防 护设施维护维 修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中应采取的具体防护措施，确保射线装置保持良好的工作状态	已制定
6	射线装置台账 管理制度	应记载放射性同位素与射线装置台账，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线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	已制定
7	辐射工作场所 和环境辐射水 平监测方案	/	已制定
8	监测仪表使用 与校验管理制 度	/	已制定
9	辐射工作人员 培训制度（或培 训计划）	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员需通过考核并取得辐射安全合格证书后方可上岗	已制定
10	辐射工作人员 个人剂量管理 制度	在操作射线装置时，操作人员须佩戴个人剂量计。公司定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案	已制定
11	辐射事故应急 预案	针对射线装置应用可能产生的辐射事故，应制定较为完善的事故应急预案或应急措施，包括：“应急物资的准备和应急责任人员、生态环境主管部门应急电话及发生事故时的辐射事故处理措施”的内容	已制定

建设单位应根据上表制定完善的辐射安全管理制度，并且指定专门的人员监督各相关部门和人员对规章制度的执行情况。建设单位定期对辐射工作人员进行辐射安全防护知识培训，强化辐射工作人员的辐射安全意识。

需上墙的规章制度：《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸不小于400mm×600mm。

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，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量检测。依照《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》HJ785-2016，X、 γ 环境辐射剂量仪有效量程范围至少为：10nSv/h $\sim$ 250 μ Sv/h；剂量当量有效量程范围至少为：10nSv $\sim$ 10mSv；能量响应范围至少为：50keV $\sim$ 3MeV，在此能量范围内的响应与对 ^{137}Cs γ 参考辐射源响应不得超过 $\pm 30\%$ 。

一、工作场所监测

1、年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定场所及环境监测方案，监测数据应存档备查，监测频次 1 月/次。

3、验收监测：公司在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展 1 次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

二、个人剂量检测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为 1 次/季。

（1）当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5.0mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

（2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

（3）根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

（4）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。公司应当将个人剂量档案保存终身。

三、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-4）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立监测数据台账。

表12-2 工作场所监测计划建议

设备	监测项目	监测周期	监测点位
X射线探伤机、	X- γ 辐射剂量率	验收监测1次；委托有资质的单位监测，周期为1次/年；自行开展辐射监测1月/次	曝光室四周屏蔽体外30cm处、探伤室工件门门缝处、迷路防护门门缝处、辅助用房、管线穿墙处、四周保护目标处等。
电子直线加速器	X- γ 辐射剂量率	验收监测1次；委托有资质的单位监测，周期为1次/年；自行开展辐射监测1月/次	主射束照射墙体外30cm方向处、曝光室四周屏蔽体外30cm处、探伤室工件门门缝处、迷路防护门门缝处、辅助用房、管线穿墙处、四周保护目标处等。

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

(4) 监测工况：按照最大额定工况进行监测。

(5) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，公司需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

四、年度监测报告情况

公司应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线

装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。公司应按照《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 版）》规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。公司必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

公司应根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性核素与射线装置安全与防护条例》、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，制定《辐射事故应急预案》，以加强对公司对射线装置的安全管理，预防辐射事故的发生、控制或减轻事故后果。

环评要求：公司应充分结合本项目放射源及射线装置的使用情况，依据国家相关法律法规和标准，使制定出来的应急预案具有操作性和可行性。公司应充分考虑到运行中可能出现的辐射事故，对电子直线加速器、X 射线探伤机使用过程中的事故性出束、人员误入、急停开关失灵、安全联锁系统失效等辐射事故，提出针对性应急措施。同时应加强辐射事故应急预案的演练，提高事故应急处置能力。辐射事故应急预案应报所在地区级生态环境主管部门备案。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源或按下急停开关，停止射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应及时总结报告，公司对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；采取的任何纠正措施；分析事故的可能原因；为防

止类似事件再次发生所采取的措施。

⑥对可能发生的辐射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。

事故应急预案应包括以下内容：

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

发生辐射事故时，建设单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫健主管部门报告。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：四川川化鑫和检测技术有限公司新建工业探伤室项目

建设单位：四川川化鑫和检测技术有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省成都市青白江区大弯街道工业集中发展区同济大道东侧川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间内南侧

建设内容：四川川化鑫和检测技术有限公司拟在川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间内南侧新建 2 座探伤室，包含 2 间曝光室（含迷路）及配套辅助用房，共使用 8 台 X 射线探伤机和 1 台 4MeV 电子直线加速器，用于产品焊缝质量检测。本项目所涉及的射线装置探伤作业时均在本项目探伤室内开展，本项目探伤机不涉及野外和室外探伤，且曝光室内不存在两台探伤机同时运行的情况。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令）相关规定，本项目属于鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目位于工业园区内，所在厂区取得了成都市自然资源和规划局的不动产权证，项目所在厂区进行了环境影响评价。本项目辐射工作场所周围 50m 范围内无学校、医院、居民等敏感目标。本项目拟建的探伤室布置相对独立，布置在川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间内南侧，人员活动较少的区域，辐射工作场所具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，通过曝光室实体防护和距离衰减后，能够有效减少电离辐射对探伤室四周公众的影响，使职业人员和公众所受剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量管理约束值要求。

综上所述，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据现状监测报告，本项目所在区域的 X- γ 辐射剂量率背景值为 87~96nGy/h，属于当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目在施工活动中，会产生施工噪声、施工废渣、施工废水，对环境存在一定影响。经过采取合理的防护措施后，对周围环境的影响较小。

2、营运期环境影响分析

（1）电离环境影响

本项目探伤机在正常运行情况下，所致辐射工作人员最大年有效剂量值为 **7.84E-02mSv/a**，所致公众最大年有效剂量值为 **4.18E-03mSv/a**，分别满足职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束限值，同时也分别满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值要求。

（2）大气环境影响

在本项目产生的臭氧室内浓度为 **7.08E-04mg/m³**，远低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中规定的 O₃ 的最高允许浓度 0.3mg/m³ 限值要求。同时，曝光室内臭氧经过“U 型”通风管道引至车间外离地高度 11m 处排放，经大气的稀释和扩散作用后，其浓度进一步的降低，远低于《环境空气质量标准》GB3095-2026)中 O₃ 的 1 小时平均浓度限值 0.2mg/m² 的要求。因此，本项目不会对环境空气造成明显影响。

（3）水环境影响

项目清洗胶片时产生洗片废水约 48m³/a，工作人员生活污水产生量约 144m³/a。洗片废水经沉淀池（1m³）处理后和生活污水一同通过预处理池（17m³）处理排入市政管网，最后进入青白江区污水处理厂处理达标后排入长流河。

（4）固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 0.9kg/d，依托厂区的生活垃圾收集设施分类收集后由市政环卫部门统一清运。

本项目产生的废定影液、废显影液采用专用废液收集桶收集，暂存在危险废物暂存间，定期送交有回收处理资质的单位进行处置；产生的废胶片采用纸质信封袋包装，置于专用储存柜收集，定期送交有回收处理资质的单位进行处置，对环境的影响较小。

六、环保设施与保护目标

按照要求落实后，建设单位环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的绝大多数保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理综合能力

按照要求落实后，对本项目辐射设备和场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”原则，采取切实可行的辐射安全防护与环保措施前提下，本项目在四川省成都市青白江区大弯街道工业集中发展区同济大道东侧川化永鑫化工及能源装备智能制造生产基地(一期)检测车间内南侧建设1座探伤室，使用X射线探伤机和电子直线加速器开展室内探伤活动，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十、项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号，2017年10月1日实施）文件第十一条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建

设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据生态环境部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

（1）建设项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测(调查)报告。

（2）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。

（3）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

- ①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；
- ②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；
- ③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

根据《四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》的通知》（川环函〔2025〕616号）文件，建设单位公开上述信息的同时，应当在全国建设项目竣工环境保护验收信息平台（<https://cepc.lem.org.cn>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 探伤室项目环保竣工验收检查一览表

项目	相关设施、措施内容	数量
实体防护	探伤室（曝光室）	1 座
	工件门、迷道门	各 1 扇
场所设施	电离辐射警示标志	3 套
	工作状态指示灯和声光提示装置	3 套
	联锁装置（门机、门灯联锁）	2 个
	通排风系统	1 套
	视屏监控系统	1 套
	紧急停机按钮（曝光室）	7 个
	紧急开门按钮	1 个
	控制区、监督区标识	1 套
	固定式辐射剂量监测仪	1 套

	紧急照明或独立通道照明系统	1 套
	危废间	1 间
	废定、显影液收集桶	2 个
	废胶片专用储存柜	1 个
监测设备	便携式辐射剂量监测仪	1 台
防护用品	个人剂量计	5 套
	个人剂量报警仪	5 个
X 射线探伤机安全联锁	控制台钥匙控制	8 套
	控制台紧急停机按钮	8 个
电子直线加速器	控制台钥匙控制	1 套
	控制台紧急停机按钮	1 个
其他	灭火器材	1 套

建议和承诺

- 1、严格落实本报告提出的各项辐射防护措施和管理要求。
- 2、组织所有辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核，在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(网址:<http://fuShe.mee.gov.cn>)学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，且在培训有效期 5 年届满之前进行再培训考核。
- 3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。
- 4、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。
- 5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。
- 6、加强辐射工作场所控制区和监督区的管理。
- 7、单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），完善相关信息。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。