

编号：渝朕辐环评字[2026]0009 号

核技术利用建设项目

东方希望重庆水泥有限公司
矿山长胶带射线探伤装置改造项目
环境影响报告表
(公示版)

建设单位：东方希望重庆水泥有限公司

编制单位：重庆朕尔医学研究院有限公司

编制时间：二〇二六年七月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

东方希望重庆水泥有限公司 矿山长胶带射线探伤装置改造项目 环境影响报告表

建设单位名称：东方希望重庆水泥有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：重庆市丰都县湛普镇燕子村

邮政编码：408232

联系人：潘振东

电子邮箱：52****82@qq.com

联系电话：159*****661

东方希望重庆水泥有限公司

关于同意《东方希望重庆水泥有限公司矿山长胶带射线探伤装置改造项目环境影响报告表》(公示版)

进行公示的说明

重庆市生态环境局:

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》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定,我司委托重庆朕尔医学研究院有限公司编制了《东方希望重庆水泥有限公司矿山长胶带射线探伤装置改造项目环境影响报告表》,报告表内容及附图附件等资料均真实有效,我司作为环境保护主体责任,愿意承担相应的责任。报告表(公示版)不涉及技术和商业秘密的章节。我司同意对报告表(公示版)进行公示。

特此说明。

东方希望重庆水泥有限公司



打印编号: 1782783591000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	34gj52		
建设项目名称	东方希望重庆水泥有限公司矿山长胶带射线探伤装置改造项目		
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）	东方希望重庆水泥有限公司		
统一社会信用代码	91500230688919962K		
法定代表人（签章）	侯健		
主要负责人（签字）	余跃		
直接负责的主管人员（签字）	潘振东		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆联尔医学研究院有限公司		
统一社会信用代码	91500103MA5U53FM4I		
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
孟楠	2016035410352015411801000074	BH005013	孟楠
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
孟楠	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH005013	孟楠

环评编制主持人职业资格证书（复印件）



	姓名: 孟楠
孟楠 HP00019684	Full Name
	性别: 男
	Sex
	出生年月: 1988. 06
	Date of Birth
	专业类别:
	Professional Type
	批准日期: 2016. 05
	Approval Date
持证人签名:	签发单位盖章:
Signature of the Bearer	Issued by
	签发日期: 2016 12 年 30 月 日
	Issued on
管理号: 2016035410352	
证书编号: HP00019684	

目 录

表 1	项目基本情况	3
表 2	放射源	17
表 3	非密封放射性物质	17
表 4	射线装置	18
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	19
表 6	评价依据	20
表 7	保护目标与评价标准	22
表 8	环境质量和辐射现状	27
表 9	项目工程分析与源项	31
表 10	辐射安全与防护	42
表 11	环境影响分析	55
表 12	辐射安全管理	79
表 13	结论及建议	86

表 1 项目基本情况

建设项目名称		东方希望重庆水泥有限公司矿山长胶带射线探伤装置改造项目			
建设单位		东方希望重庆水泥有限公司			
法人代表	侯健	联系人	潘振东	联系电话	159*****661
注册地址		重庆市丰都县湛普镇燕子村			
项目建设地点		重庆市丰都县包鸾镇亭子垭村公司矿山区 一期、二期石灰石皮带走廊长胶带尾部洞口长棚内			
立项审批部门		丰都县经济和信息化委员会	批准文号	2606-500230-07-02-137716	
建设项目总投资 (万元)	25	项目环保投资 (万元)	15	投资比例(环保 投资/总投资)	60%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☒ 其他(搬迁)		占地面积 (m ²)	/
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 建设单位简介 东方希望重庆水泥有限公司（以下简称“建设单位”）是东方希望集团独资兴建的大型建材企业，建设单位注册成立于 2009 年 5 月，总投资 40 多亿元，位于重庆市丰都县湛普镇，占地面积 1100 余亩，公司现有员工 1400 余人。东方希望重庆水泥有限公司连续三年上榜“重庆制造业民营企业 100 强”，同时，连续多年蝉联重庆市建材行业纳税冠军。东方希望重庆水泥有限公司是东方希望建材产业链的重要组成部分，采用国际先进的窑外分解新型干法旋窑水泥生产工艺，建成 5 条日产 5000 吨和 1 条日产 3200 吨的新型干法水泥生产线，年产熟料 1100 万吨、水泥 1100 万吨、骨料 1100 万吨，2*180 商混站、360 万吨精品机砂项目，是全国单体产能最大的绿色水泥工厂之一。				

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

建设单位于 2021 年在重庆市丰都县包鸾镇亭子垭村矿山区水泥石灰石皮带走廊一期、二期长胶带尾部彩钢棚内各安装了一套矿山长胶带射线探伤装置（以下简称“长胶带 X 射线检测系统”，II 类射线装置，厂家：山西戴德测控技术有限公司（现名：山西戴德测控技术股份有限公司），型号 KJ581，最大管电压 150kV，最大管电流 1mA），用于对钢绳芯输送带的断绳、锈蚀、损伤等状况在线实时无损现场检测，以有效预防皮带的断裂，并委托重庆泓天环境监测有限公司编制了《东方希望重庆水泥有限公司矿山长胶带射线探伤装置项目环境影响报告表》，重庆市生态环境局于 2021 年 8 月 20 日对该项目进行了批准，批准文件为“渝（辐）环准〔2021〕037 号”（见支撑性材料附件 2）。2021 年 10 月该项目通过竣工环境保护验收（见支撑性材料附件 3）。

现两套长胶带 X 射线检测系统均出现故障，不能正常采集数据出具报告，无法检测到输送带内部钢丝绳芯异常状况。考虑到原安装位置离驱动滚筒较近，物料容易在长胶带 X 射线检测系统处堆积，皮带运行时无法清理，频繁造成了长胶带 X 射线检测系统异常，建设单位将上述 2 套长胶带 X 射线检测系统进行位置调整，从矿山区水泥石灰石皮带走廊一期二期长胶带尾部彩钢棚内搬迁至长胶带尾部洞口长棚内，移动距离约为原位置西北方向 70m 处，长胶带尾部洞口长棚与彩钢棚空间上互通，上山皮带先经过长胶带尾部洞口长棚后再进入彩钢棚，皮带末端位于彩钢棚内。本次搬迁后继续用于石灰石输送皮带内部钢丝绳芯异常状况的无损探伤检测。

建设单位于 2025 年 6 月将上述 2 台长胶带 X 射线检测系统擅自搬离环境影响评价文件规定的位置，依据《中华人民共和国环境影响评价法》第二十四条之规定“建设项目的环评文件经批准后，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文件”，本次搬迁项目应重新报批环境影响评价文件。建设单位在未取得重新报批环境影响评价文件审批手续情况下，擅自搬离原许可位置构成违法行为，重庆市生态环境局于 2025 年 11 月 26 日出具了责令改正违法行为决定书（渝环改〔2025〕47 号）（见支撑性材料附件 5），责令建设单位“立即按规定重新报批环境影响评价文件或者恢复原状，在重新获得环境影响评价批准并竣工验收或者恢复原状前，不得使用”。本次环评即为重新报批环境影响评价文件。

续表 1 项目基本情况

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》《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价，编制环境影响报告表。

建设单位委托重庆联尔医学研究院有限公司对本项目进行环境影响评价。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、收集资料和现状监测等工作，并结合项目特点、性质、规模，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.3 评价思路

（1）本项目施工期涉及设备搬迁、安装调试等，设备是由厂家负责搬迁和安装调试。本次评价仅对施工期的环境影响进行简要分析，重点对营运期辐射环境影响进行评价；

（2）本项目搬迁前后劳动定员不变，不新增“三废”产排量，本次环评就本项目依托现有环保设施可行性进行分析的基础上，对非放射性三废进行简要评价；

（3）本项目为在固定场所开展 X 射线现场探伤，兼具固定式探伤和移动式探伤特点，两区划分、辐射管理等相关要求参照移动式探伤进行评价。因本项目使用场所固定，周围环境固定，周边区域会受到稳定而长久的辐射影响，因此评价范围保守考虑仍参照固定式探伤取至周围 50m 范围，并预测周围 50m 范围内敏感目标所受辐射影响程度；

（4）设备虽已搬迁但尚未通电，无法开机监测，因搬迁前后设备型号参数不变、辐射防护措施/设施差别不大，可通过原位置的验收监测数据和近年场所监测数据侧面评估本项目的实际辐射影响程度，同时以此作为评估项目实际影响程度和佐证两区划分的依据之一。

1.4 建设内容及工程规模

（1）项目概况

建设单位委托设备厂家将矿山区水泥石灰石皮带走廊一期二期长胶带尾部彩钢棚内两套长胶带 X 射线检测系统搬迁至长胶带尾部洞口长棚内，移动距离约为原位置西北方向 70m 处，长胶带尾部洞口长棚与彩钢棚空间上互通，上山皮带先经过长胶带尾

续表 1 项目基本情况

部洞口长棚后再进入彩钢棚，皮带末端位于彩钢棚内。检测系统搬迁后继续用于石灰石输送皮带内部钢丝绳芯异常状况的无损探伤检测。搬迁前后设备厂家、型号和技术参数不变，厂家：山西戴德测控技术有限公司（现名：山西戴德测控技术股份有限公司），型号 KJ581，最大管电压 150kV，最大管电流 1mA，主射束为定向朝上，为 II 类射线装置。2 台设备分布位于一期、二期皮带走廊内，隔中间通道一字排开，2 台设备之间相距约 1.8m。目前两套长胶带 X 射线检测系统已搬迁至该位置（未通电，未开机使用），正在完善辐射防护安全设施、措施和相关环保手续。

本项目总投资约 25 万元，环保投资约 15 万元。

项目基本组成情况详见表 1-1。

表 1-1 项目基本组成

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	工作场所	本次搬迁两套长胶带 X 射线检测系统分别从原位置一期、二期石灰石皮带走廊长胶带尾部彩钢棚内搬迁至长胶带尾部洞口长棚内，移动距离约为原位置西北方向 70m 处，搬迁前后均依托现有已建石灰石皮带走廊，仅辐射工作场所位置发生变动。	依托
	探伤机	长胶带 X 射线检测系统，数量 2 台，厂家：山西戴德测控技术有限公司（现名：山西戴德测控技术股份有限公司），型号 KJ581，最大管电压 150kV，最大管电流 1mA，主射束为定向朝上，为 II 类射线装置。2 台设备分布位于一期、二期皮带走廊内，隔中间通道一字排开，2 台设备之间相距约 1.8m。	搬迁
辅助工程	辅助用房	设置有远程控制室，位于长胶带 X 射线检测系统东南侧约 183m 处厂区综合办公室 1 楼。	依托
公用工程	供配电系统	由市政电网供电，依托石灰石皮带走廊供配电系统。	依托
	排水系统	生活污水依托现有生活污水处理系统处理。	依托
环保工程	废水处理	本项目无生产废水。本项目辐射工作人员在现有劳动定员内，故运营期不新增生活污水。辐射工作人员产生的生活污水依托厂区污水处理站处理。	依托
	固废处理	本项目辐射工作人员在建设单位现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾。生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。	依托
		报废的射线装置去功能化后，按照相关要求处置，保留处置手续，并做好相关记录存档。废铅板属危险废物，废物类别：HW31，废物代码：900-052-31，需按照危险废物管理规定委托具有相应资质的单位进行处置。	按规范处置
	废气治理	自然通风换气。	/
	辐射防护	采用铅板等屏蔽材料进行屏蔽，并按相关标准要求配置辐射安	新购/依托

续表 1 项目基本情况

		全设施（如电离辐射警示标志、声光报警装置等）。	
（2）项目辐射防护方案 根据建设单位提供的资料，辐射防护建设方案见表 1-2，检测系统的防护示意图见图 1-1、图 1-2、图 1-3 所示。 表 1-2 辐射防护建设方案			
设备名称	防护区域	建设情况	
一期、二期长胶带 X 射线检测系统	检测系统	长胶带 X 射线检测系统现场检测设备主要包含位于皮带下方、置于皮带走廊通道地面上的 X 射线发射装置和控制主机，以及位于皮带上方、悬于空中的接收箱（以支架支撑）。 X 射线发射装置安装在皮带走廊内，除上方与皮带临近侧外，其四周和底部包裹 5mmPb 铅板，包裹后形成一铅箱，外表尺寸为长 1.3m×宽 0.65m×高 1.0m。射线束为长面张角 80°、宽面张角 10° 的扇形束。 接收箱尺寸为长 1.72m×宽 0.3m×高 0.07m，除下方与皮带相邻侧外，四周及顶部包裹 5mmPb 铅板，四周铅板（高 0.2m）下方包裹至皮带表面以屏蔽接收箱散射辐射影响，包裹后接收箱外表尺寸为长 1.8m×宽 0.6m×高 0.2m。 除此之外，为屏蔽皮带散射辐射影响，在皮带下方紧贴皮带处依托走廊护栏支架悬挂 2mmPb 铅帘，铅帘长 1.8m×高 0.2m，下方延伸至铅箱表面。 长胶带 X 射线检测系统防护示意图见图 1-1，尺寸标示见图 1-2。	
	检测系统外部	为进一步屏蔽漏射线、散射线影响，缩小控制区和监督区范围，实现探伤现场的有效管控，建设单位根据过往运行经验，拟在长胶带 X 射线检测系统外围四周区域设置铅防护挡板，采用 2mmPb 铅板围成一个相对独立的铅板防护区。铅防护挡板具体为：两侧过道围栏处铅板宽 4.0m、高 2.2m，长胶带下方走廊内设置铅板，尺寸与走廊内尺寸相同，一、二期走廊中间通道铅板封闭，中间开设 2mmPb 铅门，门宽 1.2m、高 2.0m，铅门常闭。拟设置的铅防护挡板最终围成一个长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域，以此作为实体边界。 铅防护挡板采用方钢龙骨架支撑，确保安装牢固。现场安装时应在不影响皮带运输的情况下，尽可能减小防护挡板与皮带和支撑架间缝隙，尽可能覆盖所能覆盖的区域，最大限度的屏蔽漏射线、散射线。 铅板防护区平面布局示意图见图 1-3，立面布局示意图见图 1-4。	

续表 1 项目基本情况

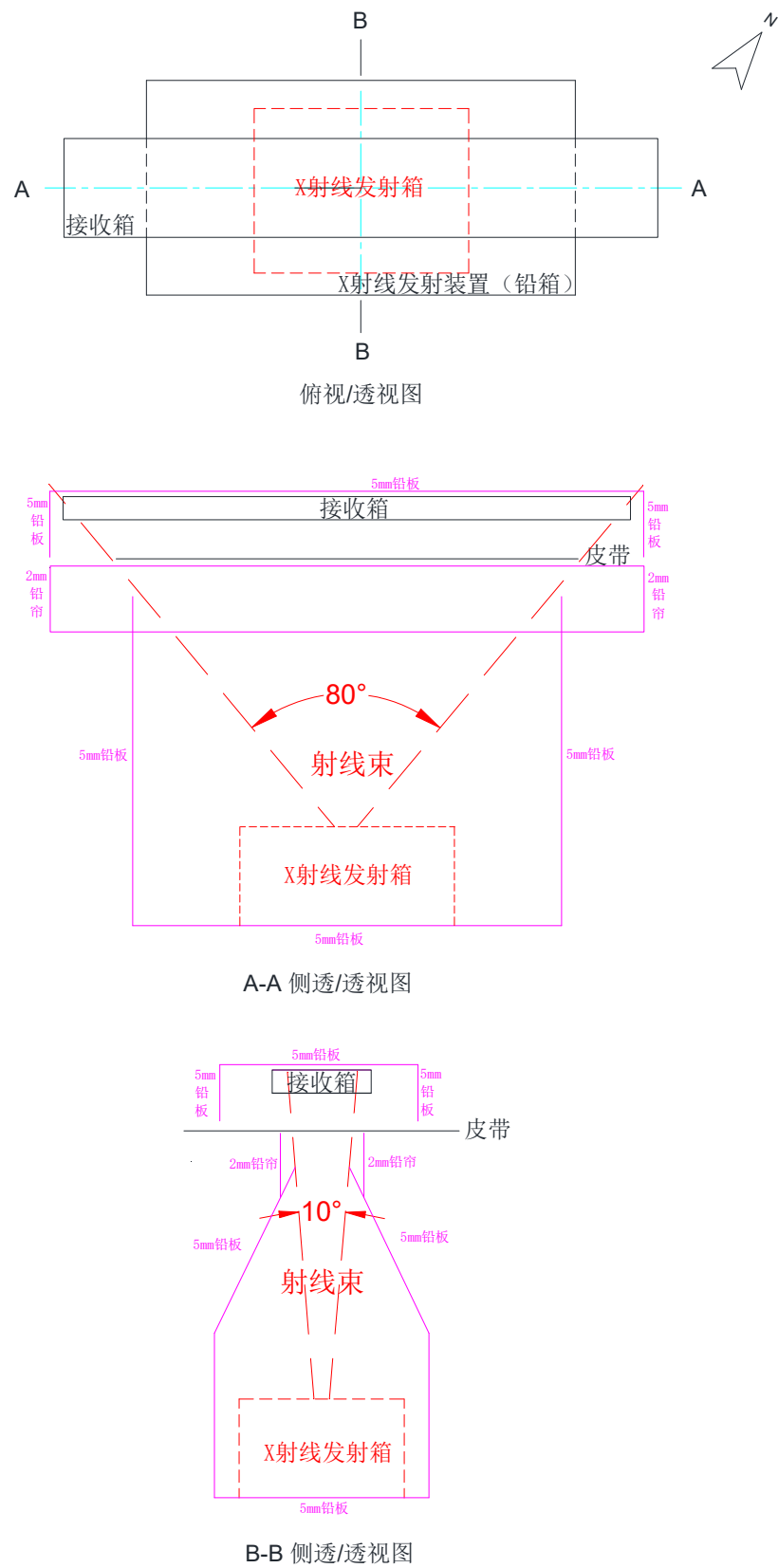


图 1-1 长胶带 X 射线检测系统防护示意图 (2 台检测系统尺寸一致, 只图示一台)

续表 1 项目基本情况

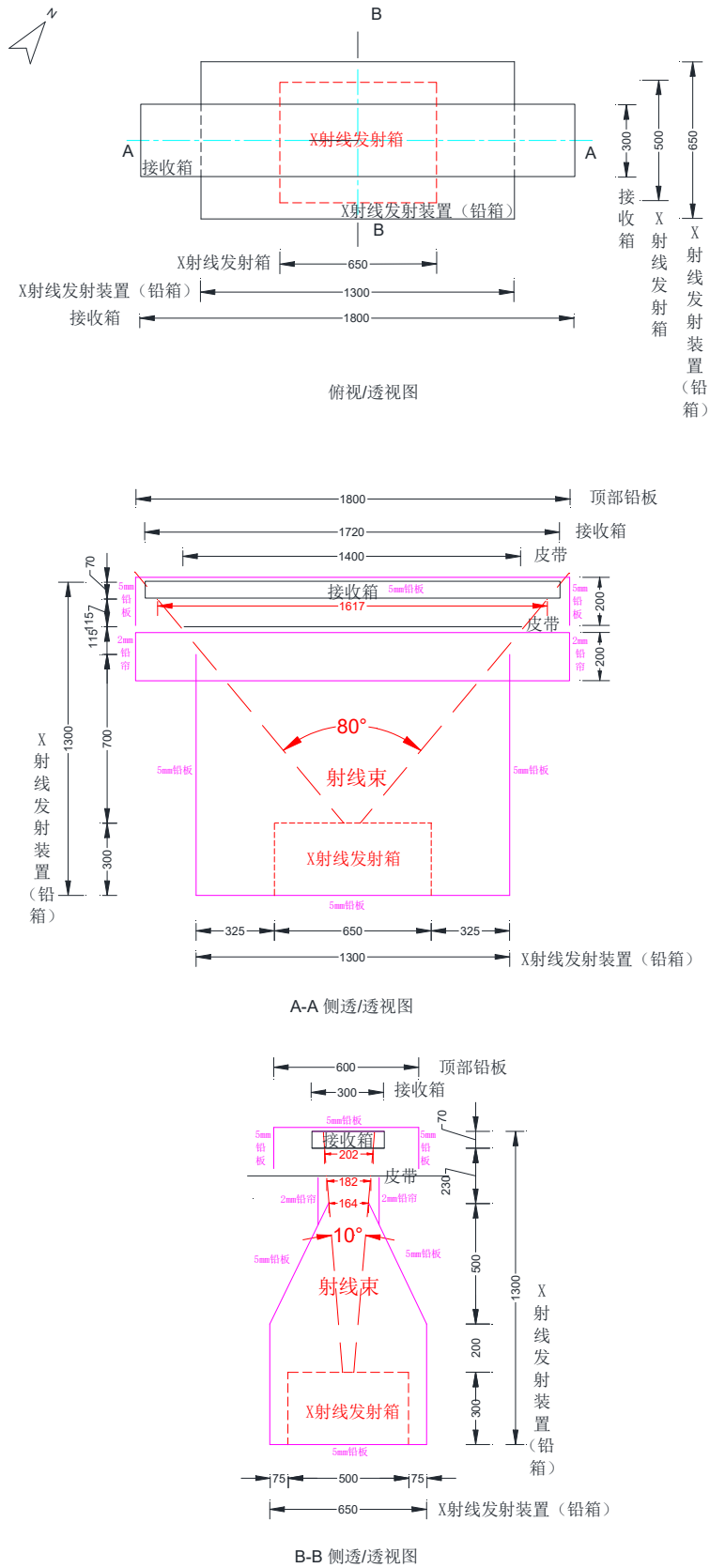


图 1-2 长胶带 X 射线检测系统防护尺寸标示图 (2 台检测系统尺寸一致, 只图示一台)

续表 1 项目基本情况

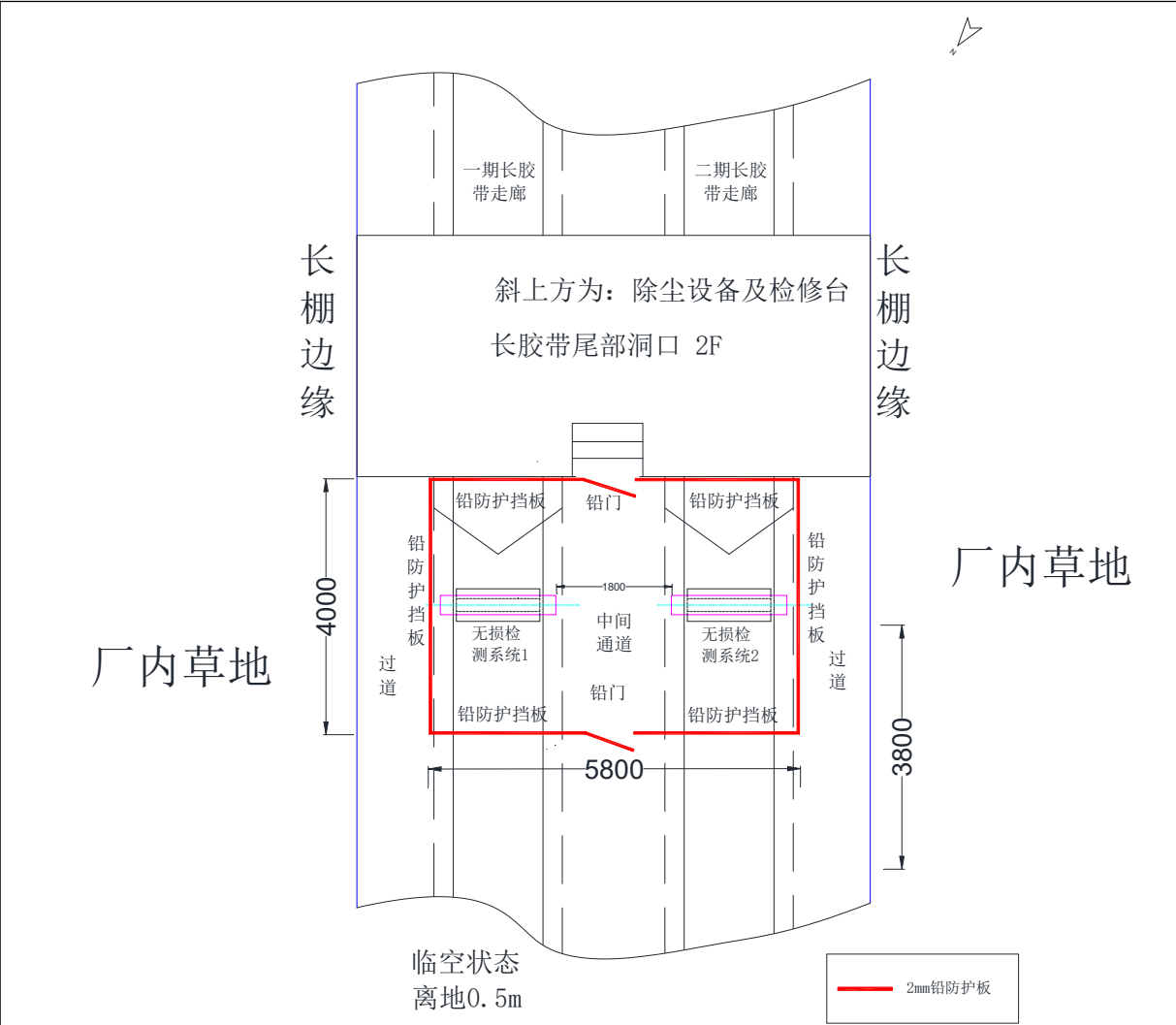


图 1-3 铅板防护区平面布局示意图

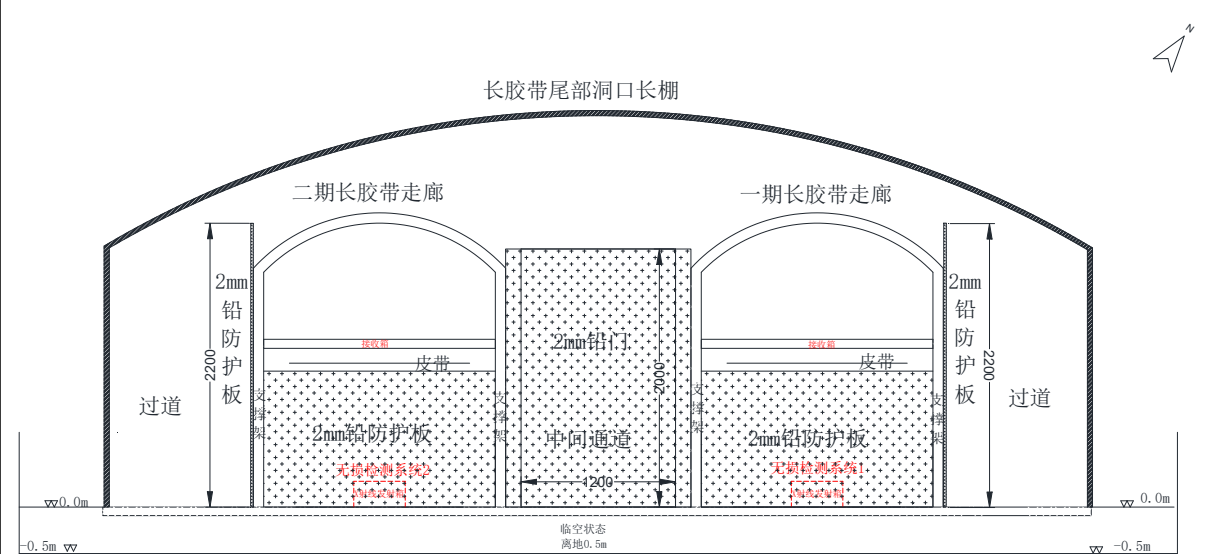


图 1-4 铅板防护区立面布局示意图

续表 1 项目基本情况

(3) 设备概况

项目已配置设备清单见表 1-3。

表 1-3 已配置设备一览表

序号	名称	数量	用途	设备设施说明
1	长胶带 X 射线检测系统	2 套	无损检测	II类射线装置，山西戴德测控技术有限公司 KJ581 型，出厂编号分别为 043051 和 051251，定向照射，最大管电压 150kV、最大管电流 1mA，本次搬迁。
2	个人剂量计	5 枚	个人剂量监测	工作人员工作时随身携带，已配置。
3	便携式辐射监测仪	1 台	防护监测	自行定期监测，已配置，已校准（重庆市计量质量检测研究院，证书编号 2026042903139）。
4	个人剂量报警仪	3 个	剂量检测报警	工作人员工作时随身携带，已配置。

(4) 无损检测长胶带情况

本项目对建设单位运输长胶带内部钢丝绳芯异常状况进行 X 射线无损检测。检测长胶带的参数见表 1-4。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件名称	材质	最大尺寸	运行速率	厚度
一期长胶带	橡胶+钢丝	长 5600m×2(上、下两层)，宽 1400mm	约 4.0m/s	20mm
二期长胶带	橡胶+钢丝	长 5600m×2(上、下两层)，宽 1400mm	约 4.0m/s	20mm

(5) 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目长胶带 X 射线检测系统主要对长胶带内部钢丝绳芯异常状况进行检测，长胶带 X 射线检测系统每天 22 点至 23 点开机运行一次，每次曝光最大 1h，包含训机和检测（其中检测时间为 46.7min，即皮带转一圈的时间），年工作时间 300 天，则单台年最大曝光时间 300h，两台合计年最大曝光时间 600h。其工作情况见表 1-5。

表 1-5 本项目探伤机工作负荷一览表

设备型号	单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间	两台年总曝光时间
长胶带 X 射线检测系统 (出厂编号 043051)	1h	300 次	300h	600h
长胶带 X 射线检测系统 (出厂编号 051251)	1h	300 次	300h	

注：工作时间已考虑设备训机时间。

续表 1 项目基本情况

(6) 劳动定员及工作制度

根据建设单位提供的资料，本项目依托现有 5 名辐射工作人员，实行轮班制，每天 1 个班，每班 3 人，1 人控制室远程操作，2 人负责现场巡检。现有 5 名辐射工作人员均已取得辐射安全与防护考核合格，进行了职业健康体检、个人剂量监测工作。现有 5 名辐射工作人员信息见表 1-6 所示。

表 1-6 项目依托现有辐射工作人员的相关信息

姓名	性别	辐射安全与防护培训合格证取得时间	辐射安全与防护培训合格证编号	职业健康体检时间/结论	最近 4 个季度个人剂量监测结果*
张斌	男	2021 年 09 月 17 日	FS21CQ1200184	2025 年 2 月 14 日/ 可继续原放射工作	0.27mSv
黄永	男	2023 年 08 月 18 日	FS23CQ1200186	2025 年 2 月 16 日/ 可继续原放射工作	0.27mSv
刘福洪	男	2023 年 08 月 18 日	FS23CQ1200187	2025 年 2 月 14 日/ 可继续原放射工作	0.35mSv
潘振东	男	2025 年 09 月 16 日	FS25CQ1200304	2026 年 3 月 5 日/ 可继续原放射工作	0.07mSv
李谭	男	2025 年 09 月 16 日	FS25CQ1200295	2026 年 3 月 5 日/ 可继续原放射工作	0.03mSv

注：*个人剂量监测结果为 2024 年 12 月至 2025 年 11 月（之后设备未再开机）监测周期的累计计算结果，该监测周期内监测次数黄永、刘福洪和张斌均为 4 次，潘振东和李谭 2025 年 9 月开始从事辐射工作，此监测周期内监测次数为 1 次。

1.5 与项目依托可行性

项目依托可行性分析见表 1-7。

表 1-7 项目依托可行性分析

工程		可行性分析及整改措施	结论
主体工程	建筑主体依托	依托已建石灰石皮带走廊安装设备，项目使用该区域后不影响整体的布局。因此，项目主体建筑依托可行。	可行
辅助工程	建筑主体依托	远程控制室用房已经建成使用，因此，辅助用房依托主体建筑可行。	可行
公用工程	供配电系统	本项目供配电依托石灰石走廊现有供配电系统，由市政供电。	可行
环保工程	生活污水	建设单位建设有污水处理装置。本项目辐射工作人员在建设单 位劳动定员内，项目本身不会排放污水，生活污水依托厂区现 有污水处理站处理。	可行
	废气	自然通风换气。	/

续表 1 项目基本情况

	生活垃圾	本项目辐射工作人员在建设单位现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，生活垃圾依托建设单位现有生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。	可行
	辐射工作人员	本项目拟依托建设单位现有的 5 名辐射工作人员从事 X 射线无损检测工作，依托的 5 名人员按照辐射工作人员管理，进行了培训考核、个人剂量检测和职业健康体检工作。	可行
	辐射安全管理	建设单位已开展核技术利用项目多年，已成立辐射安全与防护管理领导小组，并制定了相应的辐射安全管理制度和应急预案等。因此，现有辐射工作安全管理领导小组和管理制度等能满足本项目的管理要求。	可行
	辐射安全防护设施	本项目依托现有的设备固有防护设施和辐射安全管理制度基础上，根据搬迁后情况完善防护屏蔽措施和设置急停、声光报警、监控等辐射安全防护设施和措施。	完善后 可行

由表 1-7 可知，本项目主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程依托厂房内现有设施，本项目辐射工作人员依托现有工作人员，均考核合格持证上岗，依托现有辐射安全管理制度和机构，辐射安全防护设施部分依托原有，部分进行完善后可行。因此，本项目依托厂房内现有设施、工作人员、辐射安全管理及完善后的辐射安全防护设施是可行的。

1.6 外环境概况

本项目位于重庆市丰都县包鸾镇亭子垭村矿山水泥石灰石皮带走廊一期二期长胶带尾部洞口长棚内，长棚为长 60m、宽 8m、高 3m 钢棚结构，专门为长胶带走廊而建，无其他功能，内部为一期二期长胶带走廊，走廊中间和两侧留有巡检和检修通道，本项目位于长棚内靠近尾部位置。60m 长棚仅两端可以进出，中间无出入口，一端出入口位于彩钢棚大门，距离检测系统约 65m，通常到达检测系统所在位置由此进出，另一端出入口位于 3#皮带机头转运楼（远离厂区主要活动位置，仅日常巡检时有人，其他时间无人在此活动），距离检测系统约 34m，一般情况下不从此处进入。

长棚为临空状态，下方离地 0.5m，通过钢结构固定于地面，下方无人员活动，两侧为绿地。长棚周围大部分为厂区内部分，主要为厂区内部分设施、配套用房、料库、厂内绿地、道路等，仅北侧涉及部分厂外区域 S105 道路，不涉及居民区、学校等。长棚外环境见表 1-8。

表 1-8 长棚外环境情况一览表

序号	名称	方位	最近水平距离（m）	高差（m）	环境特征
1	3#皮带机头转运楼	西北侧	0	+2	厂区配套用房（4F）
2	高钙石灰石库	东北侧	约 15	-3	料库

续表 1 项目基本情况

3	S105 道路		约 1	-8	厂外道路
4	除尘设备及检修台	东南侧	约 1	+5	环保配套设施
5	彩钢棚		约 4	+3	厂区配套用房（1F）
6	670 库房	西南侧	约 10	+2	厂区配套用房（1F）
7	7#库		约 16	+5	料库
8	2#库		约 33	+5	料库
9	厂内绿地	四周	约 2	0	厂内绿化
10	厂内道路	四周	约 11	-6~+10	厂内道路
11	架空通道	四周	约 12	-3~+24	厂区配套设施

注：以对象所在地面相对于长棚中心位置地面，“+”表示高于，“-”表示低于。

1.7 项目选址可行性分析

本项目位于重庆市丰都县包鸾镇亭子垭村矿山区的石灰石皮带走廊一期二期长胶带尾部洞头长棚内，位于厂区范围内，远程控制室设于厂区综合办公室 1 楼，位于无损检测系统东南侧约 183m 处，无损检测时间为夜间 22 点到 23 点，处于人流量极少的时段。项目原位于彩钢棚内，彩钢棚内平时有人员装卸物料，本次从彩钢棚内搬迁至长棚内，长棚内除偶尔皮带走廊检修外几乎无人活动，周围人员较之前更少。X 射线检测系统周围 50m 范围内大部分为厂区内部分，主要为厂区内部分设施、配套用房、料库、厂内绿地、道路等，仅北侧涉及部分厂外区域 S105 道路，不涉及居民区、学校等。项目从彩钢棚搬迁至长胶带尾部洞口处，该区域更为密闭，人员到达的可能性更小，相比之前属于人员居留更少的场所，项目远离人流密集区，有利于减少 X 射线无损检测对环境及相关人员的辐射影响；根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

因此，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

1.8 与项目有关的原有核技术应用及环境问题

（1）核技术应用情况

建设单位于 2023 年 8 月 29 日办理了辐射安全许可证，证书编号：渝环辐证[00713]，有效期至 2028 年 8 月 28 日（见支撑性材料附件 6），许可的种类和范围：使用 IV 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置，均已履行环保手续。建设单位已许可的射线装置、放射源见表 1-9 和表 1-10。

表 1-9 建设单位已许可射线装置一览表

序号	设备名称	类别	数量（台）	环保手续	备注
1	多道 X 射线荧光光谱仪	III 类	1	已办证	/

续表 1 项目基本情况

2	长胶带 X 射线检测系统	II 类	2	已办证	本次搬迁设备
3	X 射线荧光光谱仪	III类	1	已办证	/
4	X 射线荧光光谱仪	III类	1	已办证	/

表 1-10 建设单位已许可放射源一览表

序号	核素	类别	活度 (Bq) ×枚数	环保手续
1	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×3	已办证
2	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×1	已办证
3	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×2	已办证
4	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×1	已办证
5	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×2	已办证
6	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×1	已办证
7	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×2	已办证
8	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×3	已办证
9	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×1	已办证
10	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×3	已办证
11	²⁵² Cf	IV类	3.8×10 ⁸ ×1	已办证

在历年运行过程中，建设单位严格遵守了《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合相关行政部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

上述射线装置及放射源运行至今使用情况良好，辐射防护及管理措施均按照现行规范施行，无辐射安全事故发生。

(2) 搬迁前设备应用情况及辐射问题

①本次搬迁的设备 2021 年验收至今，每年均委托有资质单位对该设备工作场所辐射环境进行了监测，监测结果表明：该两套长胶带 X 射线检测系统控制区边界满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

②本项目原有辐射工作人员均开展了个人剂量检测，建立了个人剂量档案和健康档案，均进行了辐射工作安全防护考核并考核合格。配备有个人剂量报警仪，现场巡

续表 1 项目基本情况

检工作人员工作时随身携带，用于及时监控辐射剂量。

③建设单位已成立辐射安全与环境防护管理领导小组，已按照相关规定制定了包括辐射事故应急预案、辐射安全和防护监测制度、辐射工作人员教育培训制度、辐射装置安全操作规程等在内的辐射工作管理制度。现有管理制度内容较为全面，满足建设单位从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

④原有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、工作指示灯、视频监控等安全措施，并持续进行日常的检查工作。

⑤建设单位配备有便携式 X- γ 辐射剂量率仪，自行定期监测。

(3) 搬迁前存在的辐射问题

未严格按照《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》的规定开展环境影响评价工作，在未取得报批环境影响评价文件审批手续情况下擅自搬离原许可位置。

1.9 项目所在厂房环保手续情况

本项目所在厂区已完成环保手续，于 2017 年 12 月 25 日取得环境影响评价批准书，批复文号：渝（丰都）环准〔2017〕055 号；于 2019 年 1 月 16 日进行了竣工环境保护验收，验收文号为：渝（丰都）环验〔2019〕4 号。企业持有排污许可证，详见支撑性材料附件 7。

经现场调查及核实，本项目所在厂房环保审批及竣工验收手续完备，无遗留环保问题。

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
本项目不涉及放射源。								

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
本项目不涉及非密封放射性物质。										

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及加速器。										

（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	长胶带 X 射线 检测系统	II类	1 台	KJ581	150	1	无损检测	矿山水泥石灰石皮带走廊一期长 胶带尾部洞口长棚内	搬迁
2	长胶带 X 射线 检测系统	II 类	1 台	KJ581	150	1	无损检测	矿山水泥石灰石皮带走廊二期长 胶带尾部洞口长棚内	搬迁

（三）中子发射箱，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	
本项目不涉及中子发射箱。													

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
本项目不产生放射性废物。								
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	自然通风换气。
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	于厂内生活垃圾箱暂存	由环卫部门统一处理。
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	辐射工作人员产生的生活污水依托厂区污水处理站处理。
报废的探伤机	固态	/	/	/	/	/	/	对其去功能化后，按照相关要求处理，保留相关手续并做好记录存档
废铅板	固态	/	/	/	/	/	/	属危险废物，废物类别：HW31，废物代码：900-052-31，需按照危险废物管理规定委托具有相应资质的单位进行处置

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 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 3 月 12 日通过，2026 年 8 月 15 日起施行； (2) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日最新修正； (4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日施行修订版； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），中华人民共和国生态环境部令第 18 号，2021 年 1 月 1 日施行； (7) 《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 21 日施行；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修订实施； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行； (10) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号修改，2024 年 2 月 1 日起施行； (11) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，2025 年 1 月 1 日起施行； (12) 《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 日施行）及《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》（生态环境部部长信箱，2018 年 2 月 12 日）； (13) 《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）； (14) 《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单（试行）>的通知》（环办辐射函〔2025〕313 号，2025 年 8 月 29 日）； (15) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日修正施行； (16) 《重庆市辐射污染防治办法》，渝府令〔2020〕338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行。
------	--

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)； (5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单； (6) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)； (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》(GBZ2.1-2019)； (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (9) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (10) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (11) 《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)。
其他	(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1； (2) 重庆市建设项目环境影响文件批准书，支撑性材料附件 2； (3) 重庆市建设项目竣工环境保护验收意见，支撑性材料附件 3； (4) 重庆市企业投资项目备案证，支撑性材料附件 4； (5) 重庆市生态环境局责令改正违法行为决定书，支撑性材料附件 5； (6) 辐射安全许可证、排污许可证，支撑性材料附件 6、7； (7) 环境现状监测报告，支撑性材料附件 8； (8) 原场所竣工验收监测报告和最近一次场所年度监测报告，支撑性材料附件 9； (9) 矿山长胶带射线探伤装置技术资料，支撑性材料附件 10； (10) ICRP 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》； (11) 项目设计等其他相关资料。

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》（HJ10.1-2016）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）。根据本项目所采取的屏蔽防护措施，并结合后文理论计算结果（监督区 5.4m）及搬迁前验收监测报告（监督区 3.8m），以及现场敏感目标的分布情况，最终确定以本项目 X 射线检测系统周围 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 保护目标

本项目 X 射线检测系统周围 50m 范围内大部分为厂区内部，主要为厂区内部设施、配套用房、料库、厂内绿地、道路等，仅北侧涉及部分厂外区域 S105 道路，不涉及居民区、学校等。远程控制室设于厂区综合办公室 1 楼，位于长胶带 X 射线检测系统东南侧约 183m 处。因此，项目周边保护目标主要为长胶带 X 射线检测系统周围活动的辐射工作人员及其他公众成员。

本项目 X 射线检测系统外环境保护目标见表 7-1 所示，本项目周围环境关系示意图见附图 2、3，敏感目标空间分布示意图见附图 8。

表 7-1 本项目 X 射线检测系统外环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	与 X 射线检测系统水平距离 (m)	高差 (m)	敏感目标特征	主要影响因素	影响人群
1	长胶带尾部洞口长棚	西北侧	内部	-7~+1	厂区配套用房 (2F)，约 5 人	X 射线	辐射工作人员、公众成员
2	3#皮带机头转运楼		约 31	-6~+12	厂区配套用房 (4F)，约 3 人		公众成员
3	高钙石灰石库	东北侧	约 17	-4~+20	料库，约 1 人		公众成员
4	S105 道路		约 41	-10	厂外道路，约 5 人		公众成员
5	彩钢棚	东南侧	约 3	+4~+10	厂区配套用房 (1F)，约 6 人		公众成员
6	除尘设备及检修台		约 4	+1~+6	环保配套设施，约 3 人		公众成员
7	670 库房	西南侧	约 16	+3~+7	厂区配套用房 (1F)，约 5 人		公众成员
8	7#库		约 18	+3~+28	料库，约 1 人		公众成员
9	2#库		约 35	+3~+20	料库，约 1 人		公众成员

续表 7 保护目标与评价标准

续表 7-1 本项目铅板防护区外环境保护目标一览表							
序号	环境保护目标名称	方向	与 X 射线检测系统水平距离 (m)	高差 (m)	敏感目标特征	主要影响因素	影响人群
10	下方架空和地面	下方	0	-0.5	厂内空地, 一般无人	X 射线	公众成员
11	厂内绿地	四周	约 2	-10~+2	厂内绿化, 约 2 人		公众成员
12	厂内道路	四周	西北侧约 28、东北侧约 19、东南侧约 14、西南侧约 11	-8~+10	厂内道路, 约 5 人		公众成员
13	架空通道	四周	西北侧约 12、东北侧约 18、东南侧约 25、西南侧约 24	+1~+22	厂区配套设施, 约 2 人		公众成员

注: “+”表示高于发射箱所在地面, “-”表示低于发射箱所在地面。

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限值, 以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

第 B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值: 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv 作为职业照射剂量限值。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值: 年有效剂量, 1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 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), 探伤机探伤和非探伤目的同辐射源范

续表 7 保护目标与评价标准

围的无损检测参考使用。

第 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 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 1（本报告表 7-2）的要求。

表 7-2 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
150~200kV	<2.5

第 7 条 移动式探伤的放射防护要求

第 7.2 条 分区设置

第 7.2.1 条 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

第 7.2.2 条 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区。

对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7h（注：本项目每周实际开机时间为 6h，低于 7h），控制区边界周围剂量当量率应按公式（1）计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \quad (1)$$

式中：

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

τ —每周实际开机时间，单位为小时（h）；

100—5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 100μSv/周。

第 7.2.3 条 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

第 7.2.4 条 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

第 7.2.5 条 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体

续表 7 保护目标与评价标准

的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

第 7.2.6 条 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

第 7.2.7 条 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

第 7.2.8 条 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

第 7.2.9 条 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

第 7.2.10 条 探伤机控制台（X 射线发射箱控制面板或 γ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

第 7.3 条 安全警示

第 7.3.1 条 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

第 7.3.2 条 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

第 7.3.3 条 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

第 7.3.4 条 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

第 7.3.5 条 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

第 7.4 条 边界巡查与检测

第 7.4.1 条 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

第 7.4.2 条 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有

续表 7 保护目标与评价标准

人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

第 7.4.3 条 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。

第 7.4.4 条 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

第 7.4.5 条 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

（3）评价标准及相关参数值

根据建设单位的提供的资料，选取 GB18871-2002 中工作人员职业照射连续 5 年的年平均有效剂量的四分之一（即 5mSv/a）作为辐射工作人员的年有效剂量管理目标值；取其公众照射年有效剂量的十分之一（即 0.1mSv/a）作为公众成员的年有效剂量管理目标值，满足 GB18871-2002 要求。

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》（GBZ 117-2022）及建设单位确定的个人剂量管理目标，确定本项目的主要评价要求见表 7-3 所示。

表 7-3 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv/a 公众成员：0.1mSv/a	GB18871-2002 及 建设单位管理要求
2	X 射线现场探伤剂量控制限值	控制区边界：15 μ Sv/h 监督区边界：2.5 μ Sv/h	GBZ 117-2022
3	探伤装置要求	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：<2.5mSv/h	GBZ 117-2022

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目位于重庆市丰都县包鸾镇亭子垭村建设单位矿山区一期、二期石灰石皮带走廊长胶带尾部洞口长棚内，地理位置图见附图 1，具体场所位置见附图 2、附图 3、附图 4。

8.2 辐射环境质量现状

为掌握本项目所在场址的辐射环境背景水平，2026 年 1 月 15 日重庆联尔医学研究院有限公司对项目所在场址的辐射环境质量进行了现状监测，监测结果见渝联辐环检字[2026]0009B1 号。监测报告见支撑性材料附件 8。

（1）监测因子：环境 γ 辐射剂量率

（2）监测方法和依据：

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021

（3）监测仪器

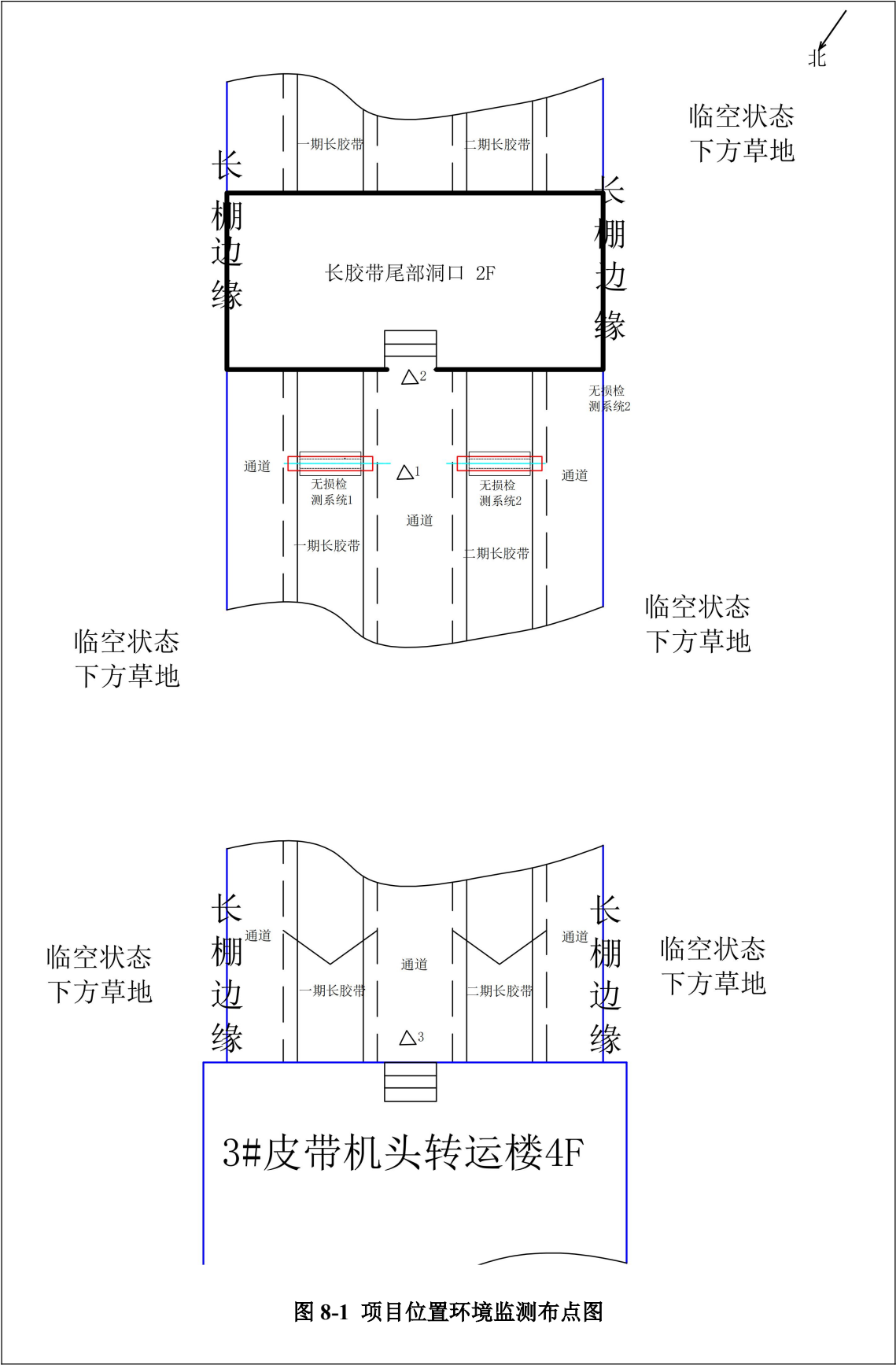
监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
便携式 X- γ 剂量率仪	BH3103B	ZRSB-FS-30	DLjl2025-09777	2026.7.27	1.08

（4）监测点位：共设 6 个点。具体监测布点见图 8-1 和图 8-2。

续表 8 环境质量和辐射现状



续表 8 环境质量和辐射现状



备注： 为项目所在地，△为环境 γ 辐射剂量率监测点位。

图 8-2 项目位置环境监测布点图

监测布点合理性分析：监测时，监测点位分别布设在项目所在位置及四周区域等，涵盖厂房内和厂房外区域。监测布点较全面的考虑了项目所在场址及其周围环保目标，总体上可以反映项目所在场址、临近（周围）环境辐射环境水平。

（5）质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为重庆联尔医学研究院有限公司，具有重庆市市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③本次检测使用的检测仪器均进行了计量部门校准，均为合格设备。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照重庆联尔医学研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、

续表 8 环境质量和辐射现状

考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

（6）监测结果统计：监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 本项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	环境γ辐射剂量率 (nGy/h)
△1	项目位置旁通道	79
△2	长胶带尾部洞口入口	80
△3	3#皮带机头转运楼入口	77
△4	彩钢棚入口道路处	78
△5	厂内道路	77
△6	S105 道路	78
注：监测结果未扣除宇宙射线响应值。		

根据监测统计结果可知，本项目拟建场址及周围环境γ辐射剂量率的监测值在 77~80nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，累积剂量法测得的重庆市γ空气吸收剂量率年均值范围为 79.2nGy/h~108nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为 96.1nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目拟建场址环境γ辐射剂量率均在重庆市 2024 年环境γ空气吸收剂量率正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目已完成搬迁，原建设过程不涉及装修和土建，后续建设阶段主要为铅板和辐射防护设置安装以及设备调试，建设过程中主要有施工机械噪声、包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理站，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾，交由环卫部门统一处理。

本项目产生的少量废水、废气、固废、噪声均可得到了合理的处置，不会对周围环境产生重大影响。因此，本评价后文将不再分析施工期环境影响。

9.2 运行阶段（含调试阶段）工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成

本项目搬迁两套长胶带 X 射线检测系统主要由现场检测设备和远程控制操作系统组成。

①现场检测设备

现场检测设备主要包含位于皮带下方、置于皮带走廊通道地面上的 X 射线发射装置和控制主机，以及位于皮带上方、悬于空中的接收箱（以支架支撑）。X 射线发射装置安装在地面上，X 射线发射箱长 0.65m、宽 0.5m、高 0.3m，接收箱尺寸为长 1.72m×宽 0.3m×高 0.07m。为保护发射箱，在发射箱外设置保护罩，将发射箱封存在保护罩内。设置钢制射线束防护罩，置于发射箱保护罩上方，钢制射线束防护罩顶部开口方便射线出束。

现场检测设备结构组成图见图 9-1，本项目现场检测设备主要组成图见图 9-2。

(1) 矿用隔爆型X射线发射箱 (2) 矿用本安型X射线接收箱 (3) 矿用隔爆型控制主机
(4) X射线限束装置 (5) 矿用隔爆兼本安型稳压开关电源 (6) 连接电缆 (7) 支架

图 9-1 现场检测设备结构组成图

接收箱 钢制射线束防护罩 控制主机 支架 X射线限束装置 X射线发射箱 发射箱保护罩

图 9-2 本项目现场检测设备主要组成图

表 9 项目工程分析与源项

为屏蔽射线，X 射线发射装置除上方与皮带临近侧外，其四周和底部包裹 5mmPb 铅板，包裹后形成一铅箱，外表尺寸为长 1.3m×宽 0.65m×高 1.0m。接收箱除下方与皮带相邻侧外，四周及顶部包裹 5mmPb 铅板，四周铅板下方延伸至皮带表面。X 射线发射装置与接收箱之间间距 0.23m，皮带于中间穿过。本项目现场检测设备现场照片见图 9-3。



图 9-3 检测系统现场照片

②远程控制操作系统

主要为计算机，所有操作均在远程的计算机操作界面进行，运用了现代“智能图像识别”、“高速图像存储”与“跟踪识别技术”等，实现了对钢丝绳芯断绳、锈蚀、接头抽动等异常状况的在线监测，可智能化的对采集到的数据进行处理、分析。控制系统界面设置开启电源按键、开启射线源按键（下图 9-6），系统软件设置有密码，操作人员通过输入软件密码才能开启检测系统。

本项目远程控制室见图 9-4 所示，远程控制计算机见图 9-5 所示，操作系统控制界面见图 9-6 所示。

表 9 项目工程分析与源项



图9-4 远程控制室



图9-5 远程控制计算机



图9-6 操作系统控制界面

9.2.2 设备工作方式

本项目工作方式为固定场所的 X 射线现场探伤。利用 X 射线穿透被测输送带后在接收系统成像，并将检测到的数据传输会计算机分析、储存。检测系统工

表 9 项目工程分析与源项

作方式示意图如图 9-7 所示。

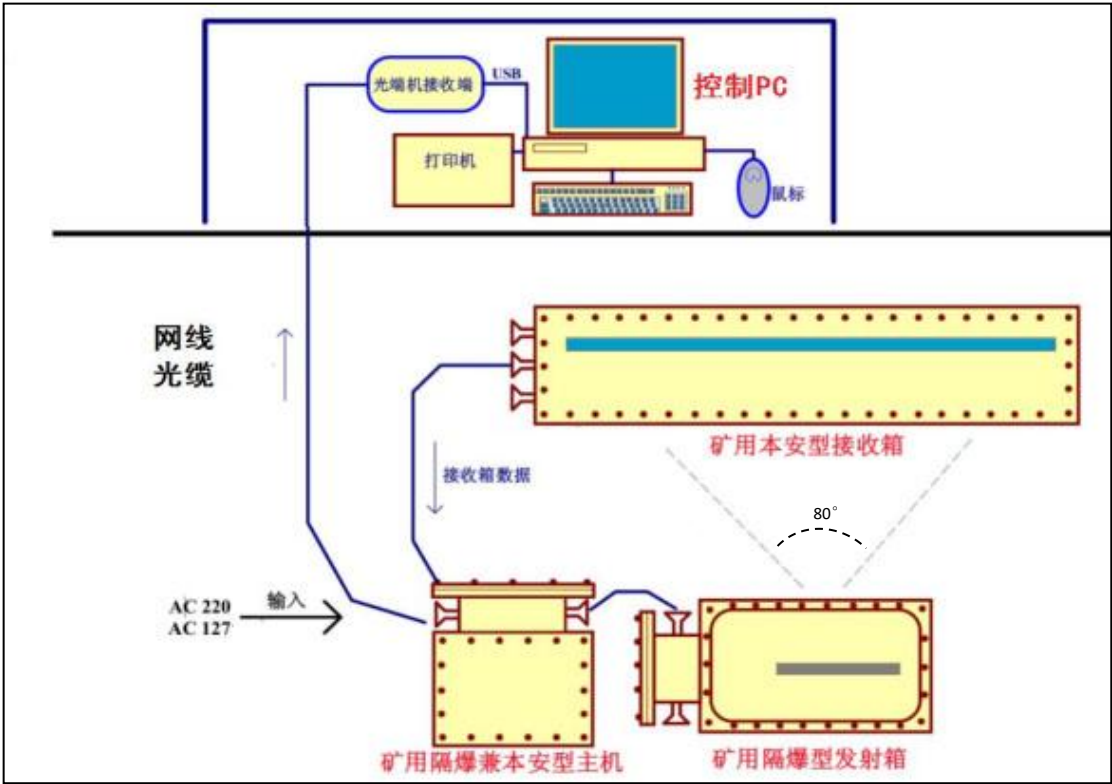


图 9-7 检测系统工作方式示意图

9.2.3 设备参数

本项目搬迁的两套长胶带 X 射线检测系统型号一致，单套检测系统主要技术参数见表 9-1。

表9-1 本项目单套长胶带X射线检测系统主要性能参数

项目	本项目技术指标
设备型号	KJ581
厂家	山西戴德测控技术有限公司（现名：山西戴德测控技术股份有限公司）
最大管电压	150kV
最大管电流	1mA
设备尺寸	X 射线发射装置包裹铅板后外表尺寸为长1.3m×宽0.65m×高1.0m；接收箱包裹铅板后尺寸为长1.8m×宽0.6m×高0.2m。
射线辐射角	长面张角80°、宽面张角10°的扇形束
射线束尺寸	铅箱出束口尺寸长1300mm、宽164mm
检测宽度和厚度	皮带宽1.4m，厚20mm
检测速度	4m/s
冷却方式	自然冷却

表 9 项目工程分析与源项

过滤材料	固有滤过+附加滤过，等效不低于3mm 铝
成像方式	数字成像，无洗片
曝光时间	单次最长1h（包含训机和检测）
主射方向	向上（向皮带方向）

9.2.4 工作原理及工艺流程

(1) 工作原理

①X 射线产生原理

X 射线发射箱主要由 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（见图 9-8），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，就会产生轫致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。

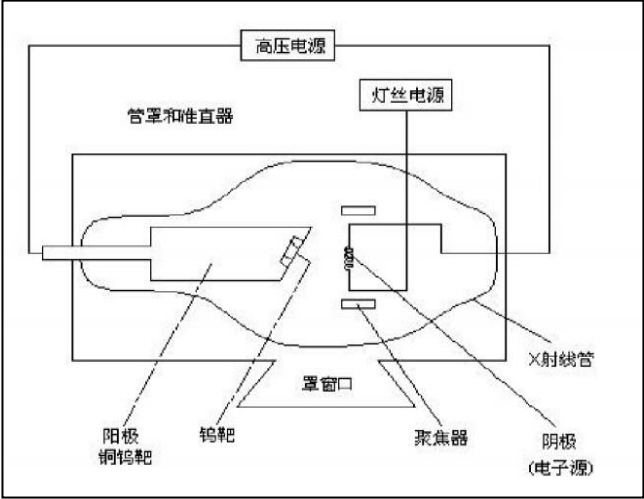


图 9-8 X 射线管工作原理示意图

②检测原理

X 射线通过物质时，根据不同密度物质对 X 射线吸收率不同，将钢丝绳芯清晰分离出来，将检测到的数据在计算机上自动分析，检测出钢绳芯的断绳、接头抽动、锈蚀等状况，从而达到 X 射线无损检测的目的。

(2) 工艺流程及产污环节

表 9 项目工程分析与源项

本项目为在固定场所进行的 X 射线现场探伤，设备调试期，根据现场监测数据，划出控制区和监督区。本项目两套长胶带 X 射线检测系统同时开启检测。项目 X 射线无损检测工作如下，工作流程图见图 9-9。

①2 名巡检人员 1 人从彩钢棚大门进入，另 1 人从 3#皮带机头转运楼进入，分别沿一期二期皮带走廊间通道步行 65m 和 34m 至检测系统所在位置，共同检查检测系统是否正常，防护措施是否完好，电器线路是否完好，对现场进行清场确保铅板防护区内无人后锁上铅门（铅门主要为检修人员进入检修，巡检人员进入检查设备状况，常态下呈关闭状态），防止人员进入控制区；

②巡检人员对控制区清场完毕后对监督区进行清场，巡查皮带走廊两侧过道和中间通道以及长胶带尾部洞口（2F），确保监督区无人后，在监督区边界拉上警戒线，退至监督区以外。巡查完毕后巡检人员通过对讲机通知远程控制室辐射工作人员，准备进行无损检测；

③巡检人员位于监督区边界外皮带走廊两侧过道和中间通道内继续巡视，现场巡视工作人员携带个人剂量报警仪（具有直读功能）；

④远程控制室辐射工作人员接到现场巡视工作人员可以开启检测的通知后，开始进行远程操作：输入软件密码、点击开启电源、点击开启射线源，开始对长胶带进行无损检测；

⑤X 射线检测系统与现场声光报警装置为联锁系统，进行无损检测时，现场声光报警装置灯光持续闪烁，警报声响起；

⑥检测完成后，远程控制室辐射工作人员关闭长胶带 X 射线检测系统，现场声光报警装置灯光灭、声音停止；现场巡检人员离开项目区域。

⑦计算机系统进行数据采集、图像处理等自动分析，生成结果。

表 9 项目工程分析与源项

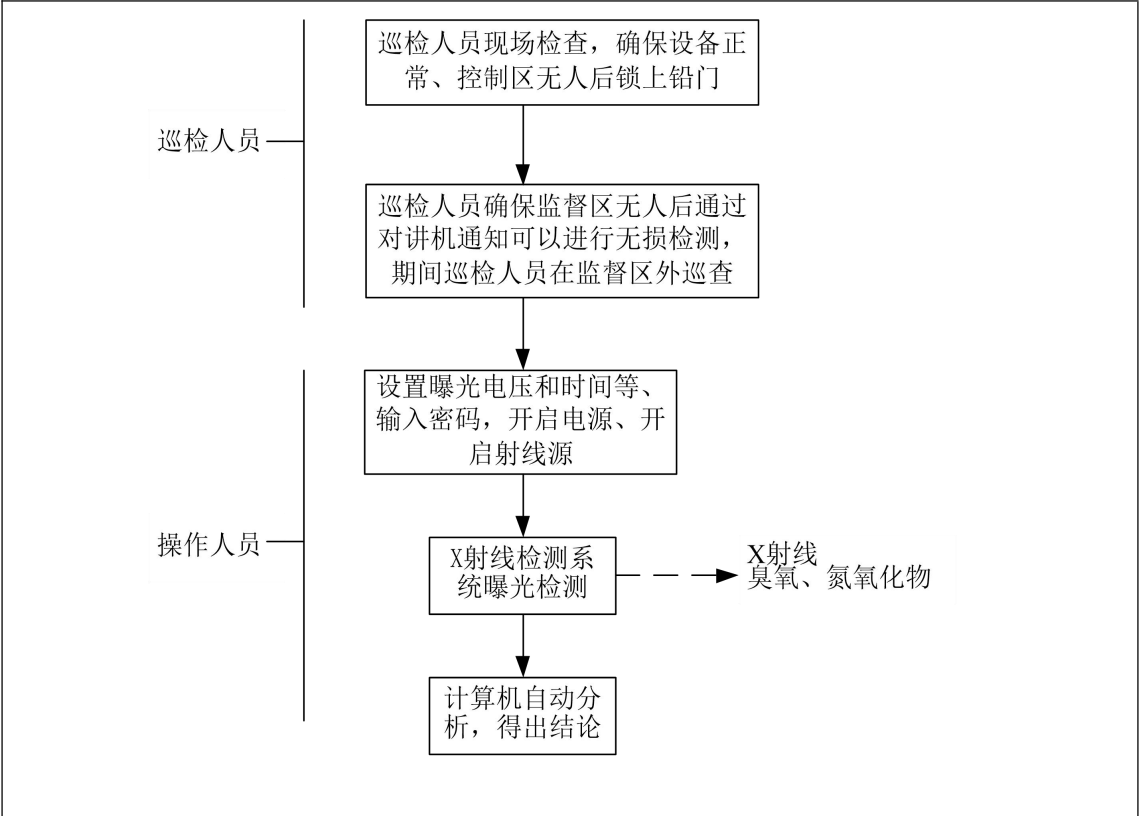


图 9-9 本项目 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

9.3 人流物流路径

本项目为固定场所的现场探伤，受检工件为长胶带，长胶带通过驱动装置自动运转，不需人为调整，故不叙述物流路径情况，只叙述人流路径情况。

巡检人员进入长胶带 X 射线检测系统所在一期二期皮带走廊，检查设备情况和屏蔽防护情况，确保铅防护挡板区内无人后锁上进入控制区的铅门；巡查监督区内是否有人，确保无人后在监督区边界处拉上警戒线；无损检测系统开启后，巡检人员继续在监督区边界外道路巡视确保无人误入直至检测完成，巡检人员离开。操作人员在远程控制室进行软件操作，并观察监控摄像，防止有人进入无损检测系统所在检测区域。

本项目人流路径规划图见图 9-10。

表 9 项目工程分析与源项

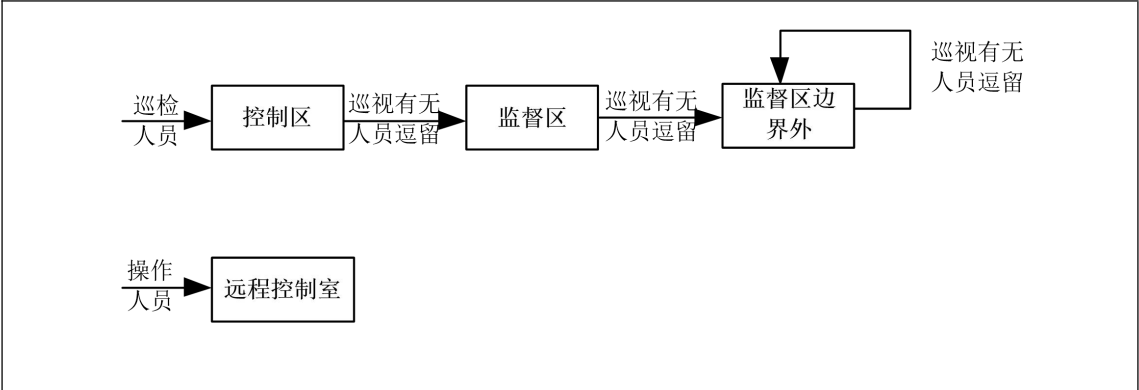


图 9-10 项目人流路径规划示意图

9.4 原有工艺不足及改进情况

根据现场调查，2 台长胶带 X 射线检测系统已搬迁至新位置，原场所铅板尚未移除，部分铅板用于新场所屏蔽防护使用，剩余不能利用的铅板属危险废物，废物类别：HW31，废物代码：900-052-31，需按照危险废物管理规定委托具有相应资质的单位进行处置。

9.5 污染源项分析

根据工艺流程可知，本项目 X 射线检测系统无损检测工作产生的污染物主要有曝光时产生的电离辐射、废气（臭氧、氮氧化物）及其使用一定年限后产生的固废（整体报废的 X 射线检测系统及其铅板）。

9.5.1 电离辐射

由 X 射线产生原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目拟使用的长胶带 X 射线检测系统只有在开机并处于出束状态时（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。

根据项目工艺流程，本项目长胶带 X 射线检测系统与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射运输长胶带期间。它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

（1）有用线束：本项目两套长胶带 X 射线检测系统均为 150kV 的射线装置，依照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B.2 中规定，管电压 150kV、3mm 铝过滤条件下距靶点 1m 处输出量 H_0 取 $5.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/$

表 9 项目工程分析与源项

(mA·min)。

(2) 漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 表 1 可知，X 射线球管电压为 150kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线周围剂量当量率小于 2.5mSv/h。

(3) 散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体(检测工件、射线接收装置、地面、墙壁等)上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

本项目 X 射线球管电压为 150kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 3.2.2 要求，散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射，X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 2 所列，原始射线能量 150kV 对应的 90° 散射线能量对应的 kV 为 150kV。

9.5.2 “三废”分析

本项目主要是在探伤机无损检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性“三废”。

(1) 废气

在 X 射线无损检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，本项目长胶带 X 射线检测系统处于长棚内，长棚内部空间狭长(60m)，两端有出入口，空气流通较好，产生的微量废气经自然分解和稀释后对环境的影响极小。

(2) 废水

本项目不产生生产废水，辐射工作人员均依托现有，且已纳入现有劳动定员中，不新增生活污水，故运营期不新增生活污水，生活污水依托建设单位现有污水处理设施处理后进入现有污水管网。因此本项目不新增废水产生量和排放量。

(3) 固体废物

项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及报废的探伤机，危险废物为废铅板。

本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾产生量，生活垃圾依托厂区生活垃

表 9 项目工程分析与源项

圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。报废的探伤机对射线装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档。探伤机采用自然冷却，正常使用过程中不产生废油。废铅板属危险废物，废物类别：HW31，废物代码：900-052-31，需按照危险废物管理规定委托具有相应资质的单位进行处置。

9.5.3 项目产排污统计

本项目污染因子及源强分析汇总见表 9-2 所示。

表 9-2 本项目产排污一览表

污染物	污染因子	产生量	处置方式/去向
电离辐射	X 射线	距靶 1m 处主射束的输出量约 $5.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；距焦点 1m 处，漏射线所致周围剂量当量率小于 2.5mSv/h ；X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 150kV。	屏蔽体防护
废气	O_3 、 NO_x	少量	自然通风换气
废水	生活污水	不新增	依托厂区污水处理装置
固体废物	生活垃圾	不新增	统一收集后交环卫部门处理
	报废的长胶带 X 射线检测系统（含包裹的铅板）	2 套/（10~15 年）	对射线装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档。

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 工作场所布局合理性分析

本项目 X 射线检测系统用于石灰石输送皮带内部钢丝绳芯异常状况的无损探伤检测，布置于被检工件的必经之处皮带走廊内，所选位置便于开展检测工作。本项目采用错峰开机方式，选择在夜间 22 点至 23 点进行无损检测，避开人流高峰期，同时该措施便于无损检测系统操作期间的现场管制。无损探伤检测期间，2 人负责探伤现场巡测警戒工作，1 人采用远程操作，尽可能减少可能受到的照射人员及辐射剂量，避免对环境及人员造成影响。设备的主射方向朝上，主射方向上无建筑物，避开了人员活动的方向，且距离周围有一定的距离，能增加人员与辐射源之间的距离。因此，本项目平面布局合理。

10.1.2 分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”。

由于长胶带 X 射线检测系统未实现全屏蔽，因此，按照现场探伤对本项目进行管理。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相应的规定及要求，探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

本项目 X 射线检测系统采取了包裹铅板、悬挂铅帘等屏蔽防护措施，外围设置铅防护挡板，根据后文理论预测结果，运行时东北、西南两侧两边护栏铅防

续表 10 辐射安全与防护

护挡板处的剂量率能满足控制区边界要求，西北、东南侧周围剂量当量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 处为距检测系统 1.475 米，周围剂量当量率 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为距检测系统 5.4 米。

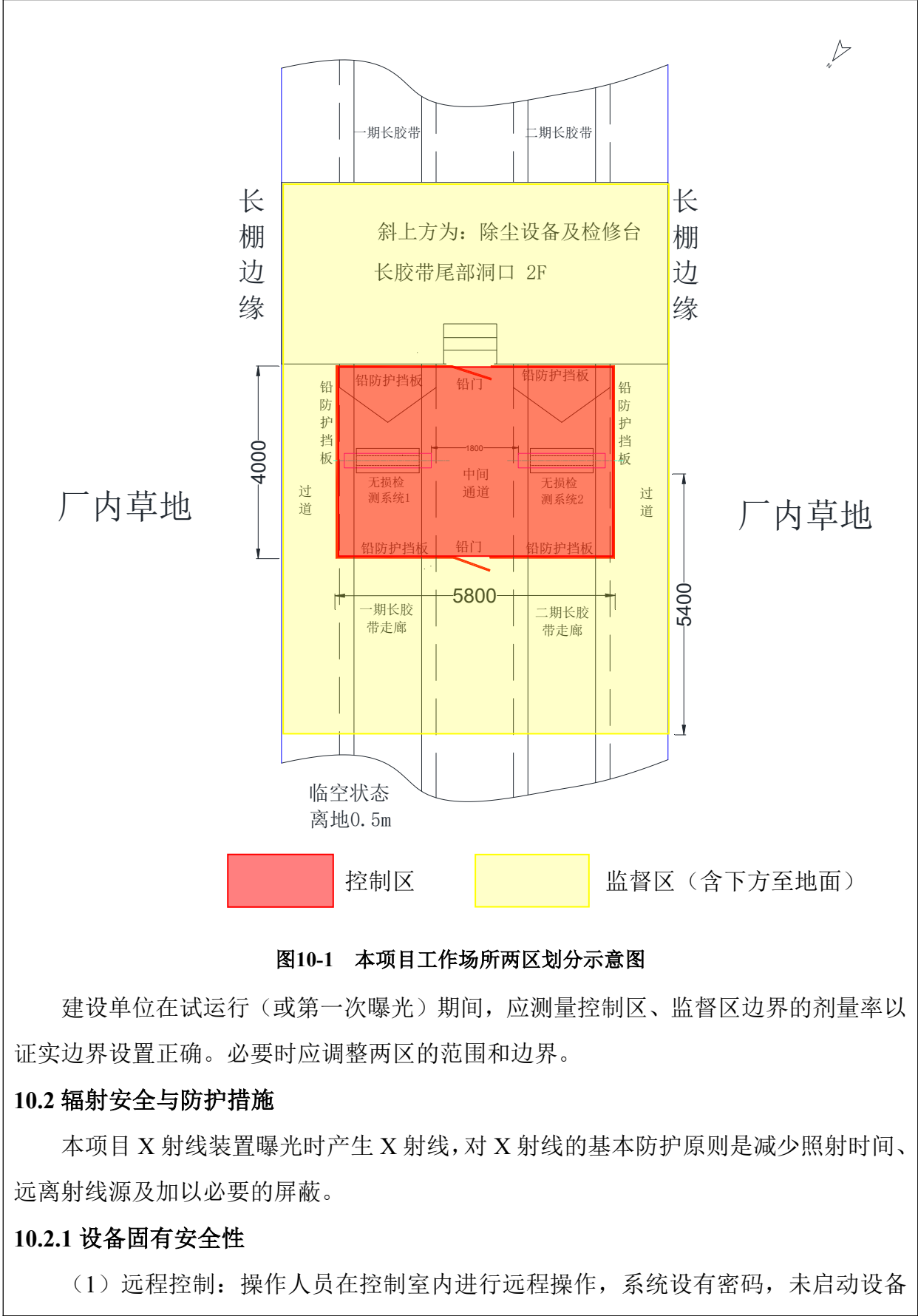
根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定，可根据监测结果进行两区划分。本项目为搬迁设备，设备已搬迁至新位置，但尚未通电运行，相关辐射安全设施尚未安装，尚无法开机监测，因搬迁前后设备源强不变，现场环境条件和辐射安全防护设施相似，周围环境情况差别不大，本次可参考原场所验收监测结果来分区管理（类比可行性分析见表 11）。根据原场所竣工验收监测结果，周围剂量当量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 处为距探伤机 1.3 米，周围剂量当量率 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为距探伤机 3.8 米。铅防护挡板处的周围剂量当量率均较小，满足控制区边界要求。因理论预测偏保守，通过运行时实测数据划定的控制区、监督区范围比理论预测要偏小。

因此，根据本项目理论预测结果以及现场铅板防护区的设置情况，并结合项目实际辐射影响程度，本次把 2 台无损检测系统外铅防护挡板围成的长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域划为控制区，把铅板防护区以外的皮带走廊两侧过道、长胶带尾部洞口（2F）、西北侧距检测系统 5.4 米范围、下方至地面划为监督区。具体划分的控制区、监督区见图 10-1。

表 10-1 项目现场探伤两区管理

分区	划分依据	分区范围
控制区	无损检测现场周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域。	检测系统外铅防护挡板围成的长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域，以此作为实体边界。
监督区	无损检测现场周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域。	铅板防护区以外的皮带走廊两侧过道、长胶带尾部洞口（2F）、西北侧距检测系统 5.4 米范围、下方至地面划为监督区。
注：下方 0.5m 至地面因距离检测系统过近，保守按监督区管理。		

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

自带软件的开关按键，设备无法运行；

(2) 管电压与管电流由软件自动设定，控制器自动稳定管电压和管电流；

(3) 系统软件设置有开启电源键、开启射线源键，如遇紧急情况，可点击关闭电源按键，停止 X 射线出束；

(4) 控制器监控：当长胶带 X 射线检测系统接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时显示长胶带 X 射线检测系统的各种参数。在曝光阶段出现任何故障，软件自带控制器都将立即切断长胶带 X 射线检测系统的高压。

10.2.2 屏蔽防护措施

长胶带 X 射线检测系统现场检测设备主要包含位于皮带下方、置于皮带走廊通道地面上的 X 射线发射装置和控制主机，以及位于皮带上方、悬于空中的接收箱（以支架支撑）。

X 射线发射装置安装在地面上，除上方与皮带临近侧外，其四周和底部包裹 5mmPb 铅板，包裹后形成一铅箱，外表尺寸为长 1.3m×宽 0.65m×高 1.0m。

接收箱尺寸为长 1.72m×宽 0.3m×高 0.07m，除下方与皮带相邻侧外，四周及顶部包裹 5mmPb 铅板，四周铅板（高 0.2m）下方包裹至皮带表面以屏蔽接收箱散射辐射影响，包裹后接收箱外表尺寸为长 1.8m×宽 0.6m×高 0.2m。

除此之外，为屏蔽皮带散射辐射影响，在皮带下方紧贴皮带处依托走廊护栏支架悬挂 2mmPb 铅帘，铅帘长 1.8m×高 0.2m，下方延伸至铅箱表面。

为进一步屏蔽漏射线、散射线影响，缩小控制区和监督区范围，实现探伤现场的有效管控，建设单位根据过往运行经验，拟在长胶带 X 射线检测系统外围四周区域设置铅防护挡板，采用 2mmPb 铅板围成一个相对独立的铅板防护区。铅防护挡板具体为：两侧过道围栏处铅板宽 4.0m、高 2.2m，长胶带下方走廊内设置铅板，尺寸与走廊内尺寸相同，一、二期走廊中间通道铅板封闭，中间开设 2mmPb 铅门，门宽 1.2m、高 2.0m，铅门常闭。拟设置的铅防护挡板最终围成一个长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域，以此作为实体边界。

10.2.3 项目拟采取的辐射安全与防护措施

(1) 在铅板防护区外、铅门上、监督区边界处张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，警示无关人员不得进入。

(2) 在铅板防护区外配置 2 个声光报警装置，并与探伤机 X 射线管头联锁，应有

续表 10 辐射安全与防护

提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置（声光报警装置），“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

（3）在两个铅门处分别设置一组（2个）急停开关，每个开关控制一台设备。

（4）在铅板防护区内配置3套视频监控系统，可以清楚地观察到两套长胶带X射线检测系统及周围的情况，视频监控覆盖控制区，并连接到远程控制室，工作人员能在操作台实时监控探伤过程，如果出现异常能及时停止照射。

（5）为项目工作场所配备警戒线，并在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌，在监督区边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”标牌，无损检测工作开始前通知无关人员撤离到警戒线以外，巡检人员在长胶带尾部洞口长棚（监督区）外道路巡视，并在巡检过程中对现场进行巡测。

（6）为每名辐射工作人员配备1枚个人剂量计，每班配备2台个人剂量报警仪（具有直读功能）。现场巡检人员进入工作区域时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，辐射工作人员应立即离开工作区域，同时阻止其他人进入工作区域，并立即向辐射防护负责人报告。

（7）设备工作前应做好检查工作：探伤机外观是否完好、电缆是否有断裂、扭曲以及破损、报警设备和警示灯是否正常运行。

（8）拟在系统软件电脑上张贴禁止非授权使用的警告标识。

（9）其他管理措施：

①探伤作业采取错时工作方式，无损检测时间为22点至23点，避开人流密集时段。建设单位内部宣贯告知厂区人员探伤作业时间，并在监督区外围广泛张贴探伤作业公告，防止此时间段内无关人员靠近探伤作业区；

②在无损检测系统运行期间，采取限制人员通过的管控措施，拉警戒线，专人巡视警戒，禁止人员进入监督区，避免误照；

③在无损检测工作前，应制定工作方案，该工作方案主要包括无损检测工况、时间、控制区、监督区范围、监测方案、清场方式等，明确设备操作人员、巡检人员的职责和分工，工作期间做好相关记录；并定期监测校正项目控制区、监督区范围；

④在搬迁后试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区、监督区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整两区的范围和边界。

续表 10 辐射安全与防护

综上所述，项目配置防护性能符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等标准要求的检测系统，项目上述拟采取辐射安全防护措施符合相关标准规范，亦满足辐射防护与安全要求。

10.2.4 安全联锁逻辑

本项目采取的辐射安全联锁装置（设施）具有冗余性、多元性与独立性，包括控制系统密码开关、控制器监控、紧急停机按键与电源箱、高压接通时的外部报警指示装置与视频监控等防护安全设施，以及警戒线、辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告标识。

本项目辐射安全联锁逻辑图、辐射防护与安全措施示意图分别见图 10-2、图 10-3 所示。

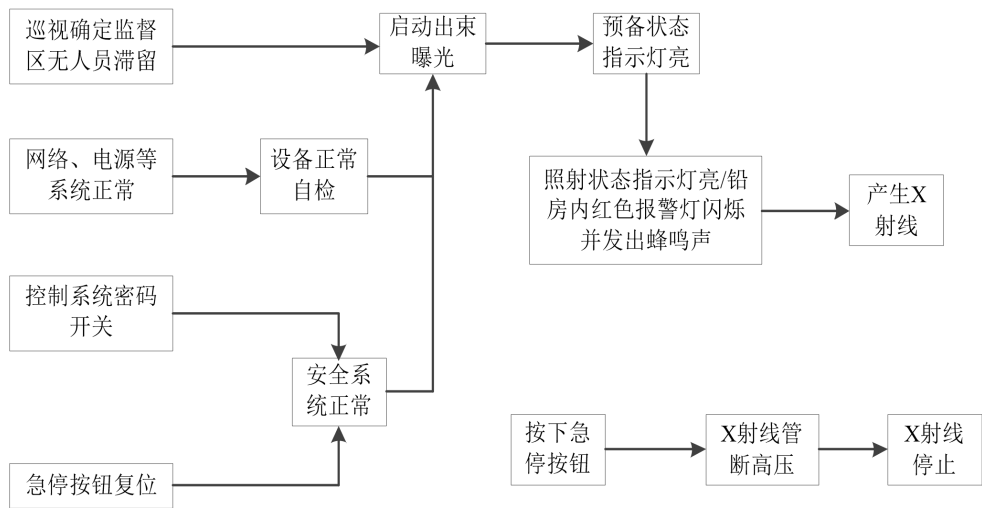


图10-2 本项目辐射安全联锁逻辑图

图10-3 本项目辐射防护与安全措施示意图

续表 10 辐射安全与防护

3	个人剂量报警仪	3 个	工作期间辐射工作人员携带	已有
---	---------	-----	--------------	----

10.3 三废的治理

项目主要是在探伤机作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。

无损检测系统出束过程中，产生 X 射线会使空气电离产生极少量的臭氧和氮氧化物等，由于本项目产生的臭氧量很小，本项目所在位置通风相对良好，产生的微量臭氧能迅速排出和扩散，经自然分解和稀释后不会对周围环境产生不利影响。本项目辐射工作人员依托现有人员，不新增劳动定员，生活污水依托厂区污水处理站处理，生活垃圾于厂外市政垃圾箱中暂存由环卫部门统一处理，报废的探伤机对射线装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档。废铅板属危险废物，废物类别：HW31，废物代码：900-052-31，需按照危险废物管理规定委托具有相应资质的单位进行处置。

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-3 所示。

根据表 10-3 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	4 使用单位放射防护要求	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。	建设单位对放射防护安全负主体责任。
		4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	建设单位已成立放射防护管理组织，并明确管理人员及组织职责，已制定辐射防护管理制度。
		4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	建设单位已为本项目辐射工作人员配备个人剂量计并定期送交监测，辐射工作人员已按照要求进行职业健康检查。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	已为本项目配置便携式 X- γ 辐射剂量率仪 1 台和个人剂量报警仪 3 个。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	建设单位已制定辐射事故应急预案。
	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 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/T26837 的要求。	本项目购买合格出厂的设备。设备的漏射线所致周围剂量当量率能满足标准要求，设备随机文件有这些指标的说明。
		5.1.2 工作前检查项目应包括：a) 探伤机外观是否完好；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；c) 液体制冷设备是否有渗漏；d) 安全连锁是否正常工作；e) 报警设备和警示灯是否正常运行；f) 螺栓等连接件是否连接良好；g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常工作。	建设单位已制定安全检查相关制度，本项目辐射工作人员开展放射工作前检查以上项目是否异常，若无异常则正常工作；有异常立即停止工作，联系生产厂家检查维修。

续表 10 辐射安全与防护

	7 移动式探伤的放射防护要求	7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。	项目根据要求设置控制区和监督区，实行分区管理并设置警示标识。本项目为固定式 X 射线现场探伤，控制区确定，仅在指定的控制区的区域内进行。
		7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。	本项目拟将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区。
		7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。	控制区边界处铅门上锁，并设置明显的警戒线和“禁止进入射线工作区”的辐射警示标识，无损检测严禁任何人员在此区域活动，探伤作业巡检人员在此区域外围巡视。
		7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。	在控制区边界设置铅防护挡板进行实体屏蔽。
		7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。	无损检测工作过程中，除本项目 2 台检测系统外，控制区内不同时进行其他工作。本项目无损检测系统发射箱配备有准直器。除检测系统包裹铅板、悬挂铅帘外，在控制区边界设置铅防护挡板，构成局部实体屏蔽。
		7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	已为本项目配置便携式 X- γ 辐射剂量率仪 1 台，并已校准（重庆市计量质量检测研究院，证书编号 2026042903139）。已配置个人剂量报警仪 3 个。
		7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。	在搬迁后试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。

续表 10 辐射安全与防护

	7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。	本项目拟将控制区边界外作业时周围剂量当量率小于 $15\mu\text{Sv/h}$ 、大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，监督区边界处设置明显的警戒线和“无关人员禁止入内”的警告牌，探伤作业巡检人员巡视此区域。
	7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。	现场设置铅挡板防护区，铅门上锁，无关人员无法进入控制区。
	7.2.10 探伤机控制台（X 射线发射箱控制面板或 γ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	无损检测采用远程控制，远程控制室设于厂区综合办公室 1 楼，位于长胶带 X 射线检测系统东南侧约 183m 处。
	7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。	本项目在夜间 22 点至 23 点开展工作，建设单位内部宣贯告知厂区人员探伤作业时间，并在监督区外围广泛张贴探伤作业公告，防止此时间段内无关人员靠近探伤作业区。
	7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。	铅板防护区外配备 2 套声光报警系统，并与探伤机 X 射线管头联锁，应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置（声光报警装置），“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。
	7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。	本项目声光报警器与长胶带 X 射线检测系统联锁。
	7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。	本项目在控制区两个铅门边界侧能听见和看见“预备”信号和“照射”信号，在另外两侧边界能听见“预备”信号和“照射”信号。
	7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	监督区边界处拟设置明显的警戒线和“无关人员禁止入内”的警告牌，张贴电离辐射警示标识。

续表 10 辐射安全与防护

		7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。	项目长胶带 X 射线检测系统检测前，现场巡检人员会进行巡检，同时操作人员通过视频监控查看，确保无人后再进行检测。
		7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。	控制区边界为拟设置的铅防护挡板，边界清晰可见，铅门上锁，防止人员进入控制区，同时操作人员通过视频监控可以看到设备周围情况，确保无人进行控制区。
		7.4.3 在试运行（或一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。	设备调试期，根据现场监测数据证实控制区和监督区是否设置正确；必要时根据实际监测情况调整控制区的范围和边界。
		7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。	本项目配置有 1 台 X-γ 辐射剂量率仪用于无损检测工作。经常对辐射剂量率仪进行检查确保能正常工作。无损检测时现场巡检人员尽可能携带辐射剂量率及时对现场进行巡测。
		7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。	本项目为辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪。
	8.1 检测的一般要求	8.1.1 使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。	建设单位已制定探伤机辐射安全监测计划。在监测计划中对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。
		8.1.2 应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，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、仪器对射线的响应等。	建设单位已配置 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，已校准（重庆市计量质量检测研究院，证书编号 2026042903139）。使用前，对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

续表 10 辐射安全与防护

	8.5 放射工作人员个人监测	8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ128 的相关要求进行外照射个人监测。	建设单位已按照 GBZ128 的相关要求对射线探伤作业人员进行外照射个人监测。
《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019)	5.监测系统与使用要求	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	本项目辐射工作人员拟将剂量计佩戴在其左胸前。
	7.质量保证	7.3.1 制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。	建设单位已制定个人剂量监测制度，并严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。
		7.3.2 个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。	建设单位已严格要求辐射工作人员个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

本项目建设阶段主要为 X 射线检测设备的调试及铅防护挡板、辐射安全措施和设施的安装，不涉及土建施工，建设过程中主要有施工机械噪声、施工垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区污水处理站处理后排入市政管网，生活垃圾、施工垃圾交由环卫部门统一处理。

本项目建设期短、工程量小，施工范围小，通过对建设期施工现场采取相应管理措施，可使本项目建设期环境影响可接受。

11.2 运行阶段（含调试阶段）环境影响分析

11.2.1 辐射屏蔽核算公式

使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式。

①有用线束

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式（1）计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad \text{式（1）}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —按式（1）确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1；

b) 根据公式（1）推导，主射方向控制区、监督区距离计算公式为：

$$R = \sqrt{\frac{H_0 \cdot B \cdot I}{\dot{H}_c}} \quad \text{式（2）}$$

续表 11 环境影响分析

c) 关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (3) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (3)}$$

式中:

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

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 见附录表 B.1;

B —屏蔽透射因子;

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m)。

②泄漏辐射

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时所需的屏蔽透射因子 B 按式 (4) 计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式 (4)}$$

式中: $\dot{H}_c$ —按式(1)确定的剂量率参考控制水平, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)。

b) 根据公式 (4) 推导, 漏射方向控制区、监督区距离计算公式为:

$$R = \sqrt{\frac{B \cdot \dot{H}_L}{\dot{H}_c}} \quad \text{式 (5)}$$

c) 按式 (6) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 $\dot{H}$ 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (6)}$$

式中:

B —屏蔽透射因子;

续表 11 环境影响分析

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

③散射辐射

本项目射线主射方向为向上发射（垂直向上发射），散射辐射对地面关注点的剂量贡献包括工件散射和天空反散射。

A、工件散射

a) 关注点达到剂量率参考水平 $\dot{H}_c$ 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (7) 计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad \text{式 (7)}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —按式 (1) 确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1；

F — R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

b) 根据公式推导，散射方向控制区、监督区距离计算公式为：

$$R_s = \sqrt{\frac{B \cdot I \cdot H_0 \cdot F \cdot \alpha}{\dot{H}_c \cdot R_0^2}} \quad \text{式 (8)}$$

续表 11 环境影响分析

c) 关注点的散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (9) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{式 (9)}$$

式中:

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

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 见附录表 B.1;

B—屏蔽透射因子;

F— R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (m^2);

α —散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

R_0 —辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, 单位为米 (m);

R_s —散射体至关注点的距离, 单位为米 (m)。

B、天空反散射

因本项目天空反散射无适用公式计算, 本评价天空反散射剂量率参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 中下式计算。

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad \text{式 (10)}$$

式中:

H—在距离 X 射线辐射源 d_s 处地面, 天空反散射的 X 射线周围剂量当量率 (Sv/h);

B_{xs} —X 射线屋顶的屏蔽透射比;

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr);

d_i —在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离 (m); 本项目靶点至接收箱顶部距离约 1.1m, 本评价 d_i 取 3.1m;

d_s —X 射线源至参照点的距离 (m)。

续表 11 环境影响分析

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 ($\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)。

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot fe \quad \text{式 (11)}$$

式中: Q —X 射线发射率 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) ;

I —电子束流强度 (mA) ;

fe —X 射线发射率修正系数,本项目 X 射线管采用钨靶材,属于高 Z 厚靶 ($Z>73$) 上, fe 取 1。

④屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

对于给定的屏蔽物质厚度 X , 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (12) 计算:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{式 (12)}$$

式中: X —屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL—见附录 B 表 B.2。

11.2.2 辐射防护屏蔽核算参数

(1) 主要技术参数

①核算距离、方向

本项目配置的两套长胶带 X 射线检测系统, 电流随电压变化自动调节, 设备位置固定, 主射方向向上固定。长胶带 X 射线检测系统下方临空, 向下约 0.5m 为地面, 下方无建筑。

长胶带 X 射线检测系统现场检测设备主要包含位于皮带下方、置于皮带走廊通道地面上的 X 射线发射装置和控制主机, 以及位于皮带上方、悬于空中的接收箱 (以支架支撑)。

X 射线发射装置安装在皮带走廊内, 除上方与皮带临近侧外, 其四周和底部包裹 5mmPb 铅板, 包裹后形成一铅箱, 外表尺寸为长 1.3m×宽 0.65m×高 1.0m。射线束为长面张角 80°、宽面张角 10° 的扇形束。

接收箱尺寸为长 1.72m×宽 0.3m×高 0.07m, 除下方与皮带相邻侧外, 四周及顶部包裹 5mmPb 铅板, 四周铅板 (高 0.2m) 下方包裹至皮带表面以屏蔽接收箱散射辐射影响, 包裹后接收箱外表尺寸为长 1.8m×宽 0.6m×高 0.2m。

除此之外, 为屏蔽皮带散射辐射影响, 在皮带下方紧贴皮带处依托走廊护栏

续表 11 环境影响分析

支架悬挂 2mmPb 铅帘，铅帘长 1.8m×高 0.2m，下方延伸至铅箱表面。

本项目 X 射线发射箱长 0.65m、宽 0.5m、高 0.3m，射线束为长面张角 80°、宽面张角 10° 的扇形束，在上方出口处射线束宽度为 164mm，到达皮带的射线束宽度为 182mm，到达接收箱的射线束宽度为 202mm，源点至皮带的距离为 810mm，源点至接收箱顶的距离为 1000mm，接收箱四周和上方包裹 5mm 铅板，主射线束均在 5mm 铅板屏蔽范围内。具体见表 1 图 1-2 所示。

表 11-1 各方向辐射情况一览表

关注点	影响因素	屏蔽防护情况
上方	主射	接收箱顶 5mm 铅板
四周	漏射	铅箱四周 2mm 铅板
	皮带散射	悬挂 2mm 铅帘
	接收箱散射	接收箱四周 5mm 铅板
	天空反散射	接收箱顶 5mm 铅板
下方	漏射	铅箱底 5mm 铅板
	散射	铅箱底 5mm 铅板

注：天空反散射考虑主射方向上屏蔽，不考虑反散射方向上屏蔽。

②其他参数

本项目屏蔽核算过程中的相应其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 主要核算参数一览表

参数	数 值	来源
设备基础参数	最大管电压 150kV，管电流 1mA	建设单位提供
G (mGy·m ² /mA·min)	5.2	GBZ/T 250-2014 表 B.3
转换系数	6×10 ⁴	GBZ/T 250-2014 4.1 a
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	3.12×10 ⁵	
$\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$	皮带散射：64.374 接收箱散射：66.198	参照 GBZ/T250-2014 附录 B.4.1，保守取 $\alpha=1.6 \times 10^{-3} \times 10000/400=0.04$ 。 皮带散射：R ₀ =0.81m， F=1.4×0.182=0.2548m ² ； 接收箱散射：R ₀ =0.93m， F=1.617×0.202=0.326634m ² ；
距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率 (mGy/h)	2.5	GBZ/T 250-2014 表 1
X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值	150	GBZ/T250-2014 表 2

续表 11 环境影响分析

什值层 (TVL)	电压等级	铅	GBZ/T250-2014 表 B.2
	150kV	0.96mm	

(2) 核算原则

①本项目主射方向朝上，射线束为长面张角 80°、宽面张角 10°，主射均在接收箱范围内。非主射方向包括侧方（四周、侧上方和侧下方）和下方。侧方受漏射、皮带散射、接收箱散射及天空散射的叠加影响。下方受漏射、皮带散射、接收箱散射的叠加影响，天空反散射因受接收箱顶部和铅箱底部铅板（合计 10mmPb）再次屏蔽后可忽略不计；

②本项目主射方向上无敏感目标分布，评价范围内敏感目标均按非主射方向进行预测；

③铅板防护区在两侧护栏处为宽 4.0m、高 2.2m 的尺寸，比检测系统宽、且比检测系统高，可有效覆盖辐射区域，屏蔽计算时考虑该处铅防护挡板的屏蔽效果；顺走廊通道方向（即西北、东南）铅防护挡板位于皮带下方，比检测系统（包含接收箱）低，不能完全覆盖辐射区域，屏蔽计算时不考虑该处铅防护挡板的屏蔽效果。

(3) 计算结果

1) 铅板防护区实体边界处辐射剂量率

铅防护挡板为长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域，对称布置，因此仅选取两侧进行预测即可。预测点位见图 11-1 所示。计算得铅板防护区处周围剂量当量率结果见表 11-3。

续表 11 环境影响分析

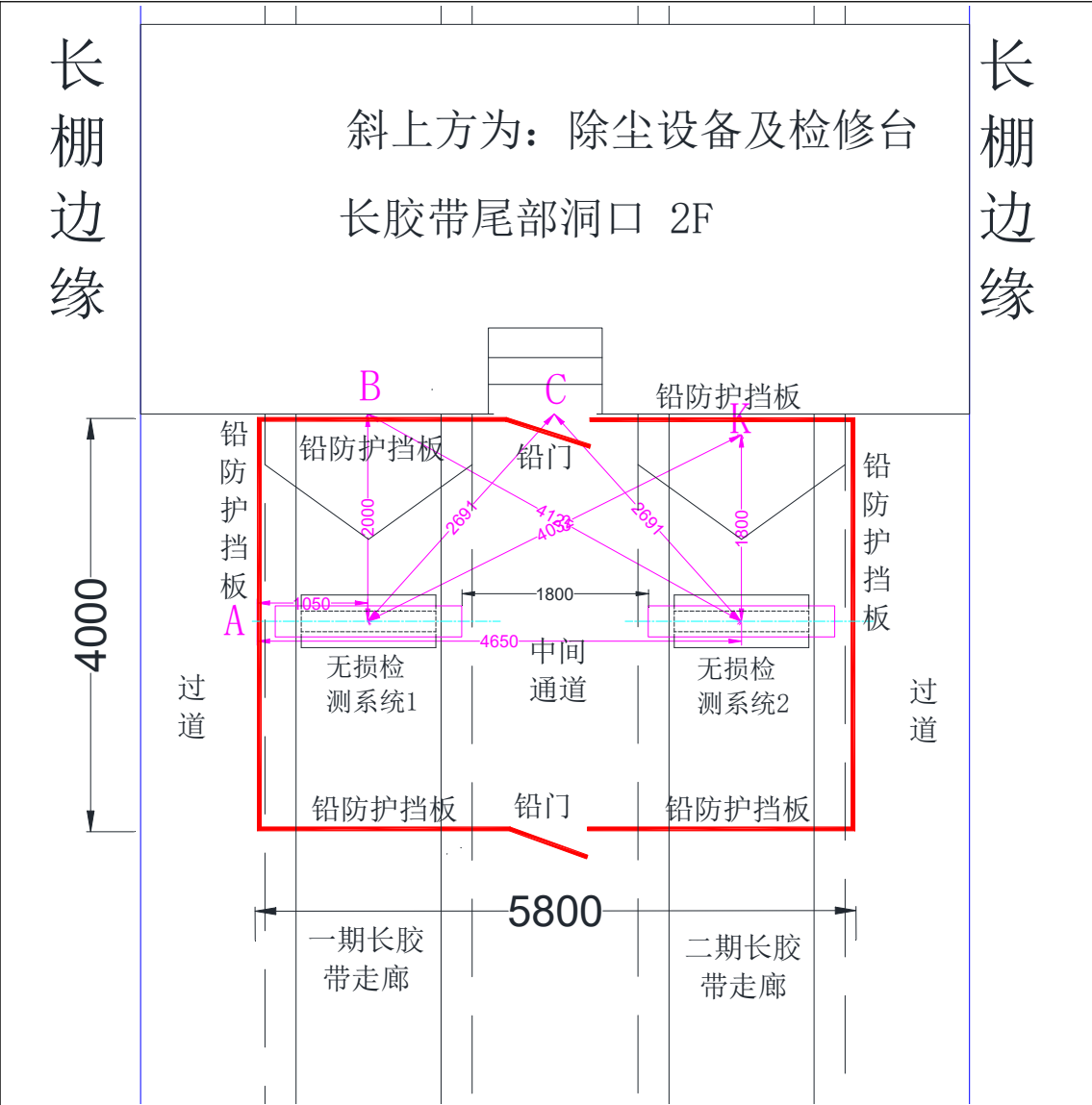


图11-1 铅板防护区实体边界处预测点位图

表11-3 铅板防护区实体边界处周围剂量当量率计算表

预测点位	所在位置	辐射源	源点至关注点距离(m)	预测剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	叠加影响 $\mu\text{Sv/h}$	2mm 铅防护挡板后剂量率 $\mu\text{Sv/h}$
A	走廊两侧过道护栏处	检测系统 1	1.05	3.63E+01	38.2	0.32
		检测系统 2	4.65	1.85E+00		
B	皮带走廊内	检测系统 1	2.00	1.00E+01	12.4	/
		检测系统 2	4.13	2.35E+00		
C	一期二期走廊中间过道	检测系统 1	2.69	5.54E+00	11.1	/
		检测系统 2	2.69	5.54E+00		
K	控制区边界 15 $\mu\text{Sv/h}$	检测系统 2	1.8	1.24E+01	14.8	/
		检测系统 1	4.03	2.47E+00		

注：护栏侧不考虑检测系统 1 的铅板对检测系统 2 的屏蔽影响；距离保留 2 位小数。

续表 11 环境影响分析

由表 11-3 可知,2 台检测系统在两侧护栏处辐射剂量率为 38.2 μ Sv/h,经 2mm 铅防护挡板屏蔽后辐射剂量率为 0.32 μ Sv/h,满足控制区边界不超过 15 μ Sv/h 的要求,作为控制区边界可行。西北、东南两侧控制区边界 15 μ Sv/h 处为距离源点 1.8m,距离检测系统为 1.8m-0.325m=1.475m。本项目西北、东南两侧拟设置的铅防护挡板和铅门距离检测系统距离超过 1.8m,最近距离为 2.0m,预测得皮带走廊内铅防护挡板处辐射剂量率为 12.4 μ Sv/h,一期二期走廊中间过道铅门处辐射剂量率为 11.1 μ Sv/h,均满足控制区边界不超过 15 μ Sv/h 的要求,作为控制区边界可行。因此本项目控制区边界即为铅防护挡板围成的长 5.8m(走廊支撑架除外)、宽 4.0m 的矩形区域。

2) 主射线方向辐射剂量率

本装置射线束为长面张角 80°、宽面张角 10°,主射均在接收箱范围内,且主射方向上无敏感目标分布。接收箱的辐射屏蔽情况为顶和四周均为 5mm 铅板。主射线方向预测点位图见图 11-2 所示。计算得主射线方向周围剂量当量率结果见表 11-4。

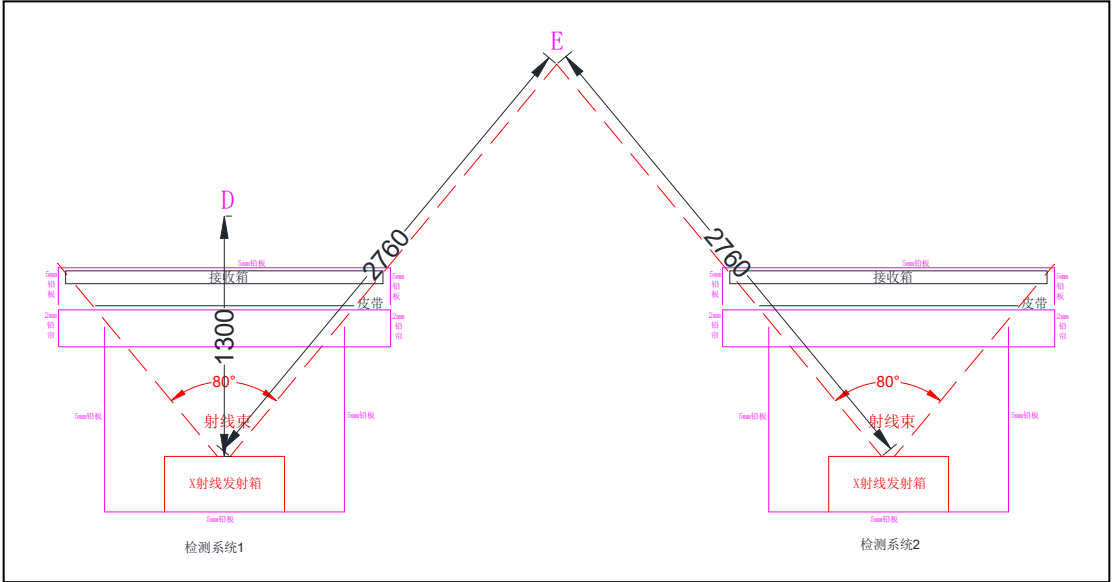


图11-2 主射线方向预测点位图

表11-4 主射线方向周围剂量当量率计算表

预测 点位	所在位置	辐射源	距离（m）	预测剂量率 μ Sv/h	叠加影响 μ Sv/h
D	顶部铅板外 0.3m 处	检测系统 1	1.3	1.14E+00	1.14
E	受 2 台检测系统	检测系统 1	2.76	2.54E-01	0.507

续表 11 环境影响分析

	共同影响区域	检测系统 2	2.76	2.54E-01	
注：预测时顶部铅板保守不考虑斜穿。					

由表 11-4 可知，主射方向接收箱顶部铅板外表面 0.3m 处剂量率为 $1.14\mu\text{Sv/h}$ ，小于监督区边界 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求。主射方向受 2 台检测系统共同影响区域剂量率为 $0.507\mu\text{Sv/h}$ ，小于监督区边界 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求。接收箱顶部之上为下行皮带运行通道，悬于空中且为较为封闭区域，该区域人员不可达。因此，接收箱顶部之上可直接作为一般区域进行管理。

3) 非主射方向的监督区边界预测

非主射方向包括侧方（四周、侧上方和侧下方）和正下方。侧方非主射方向主要受漏射、皮带散射、接收箱散射及天空散射的叠加影响。正下方非主射方向主要受漏射、皮带散射、接收箱散射的叠加影响，天空反散射因受接收箱顶部和铅箱底部铅板（合计 10mmPb）再次屏蔽后可忽略不计。

在不考虑皮带屏蔽效果和空气衰减的情况下，侧方非主射方向（包含四周、侧上方和侧下方）不同距离周围剂量当量率计算见表 11-5。

表 11-5 非主射方向（包含四周、侧上方和侧下方）不同距离周围剂量当量率计算表

距检测系统距离 (m)	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)					
	漏射	皮带散射	接收箱散射	天空反散射	叠加影响	两台综合影响
3	1.40E-03	3.62E+00	2.64E-03	9.21E-04	3.62E+00	7.25E+00
4	8.27E-04	2.14E+00	1.56E-03	5.18E-04	2.14E+00	4.28E+00
5	5.46E-04	1.41E+00	1.03E-03	3.32E-04	1.41E+00	2.83E+00
5.4	4.72E-04	1.22E+00	8.90E-04	2.84E-04	1.22E+00	2.44E+00 (监督区边界)
6	3.87E-04	1.00E+00	7.29E-04	2.30E-04	1.00E+00	2.00E+00

由表 11-5 可知，非主射方向（包含四周、侧上方和侧下方）监督区范围为距检测系统 5.4m。

本项目控制区外紧邻区域分别是东北、西南两侧的过道、西北侧的皮带走廊通道、东南侧的长胶带尾部洞口（2F）。两侧过道宽约 1.1m，外侧至长棚边界墙体，该区域经表 11-3 预测剂量率已小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，但因位于长棚内，且紧邻控制区，保守仍按监督区进行管理。长胶带尾部洞口（2F）最远处距离检测系统为 5.7m，部分已超出监督区 5.4m 的范围，保守仍将整个长胶带尾部洞口（2F）

续表 11 环境影响分析

划为监督区。划分后的控制区、监督区两区划分图见表 10 图 10-1 所示。

X 射线发射装置安装在皮带走廊内，底部包裹 5mmPb 铅板，下方距离地面 0.5m，计算得下方 0.3m 处、地面处周围剂量当量率结果见表 11-6。

表11-6 下方周围剂量当量率计算表

关注点距离	辐射类型	距源点/散射源点距离	发射率	泄漏辐射剂量率	瞬时剂量率	总剂量率值	两台综合影响
m		m	mGy·m ² /(mA·min)	(μSv/h)	μSv/h	μSv/h	μSv/h
0.3	接收箱散射	1.53	5.2	/	1.25E-02	7.05E-02	1.41E-01
	皮带散射	1.41	5.2	/	1.51E-02		
	漏射	0.6	/	2500	4.30E-02		
0.5	接收箱散射	1.73	5.2	/	9.75E-03	4.55E-02	9.10E-02
	皮带散射	1.61	5.2	/	1.16E-02		
	漏射	0.8	/	2500	2.42E-02		

由表 11-6 可知，检测系统底板下方辐射剂量率为 0.141μSv/h，小于监督区边界 2.5μSv/h 的控制要求，下方可作为一般区域进行管理，但因距离设备过近，且有一定空间高度，保险起见，仍参照监督区进行管理，拉起警戒线，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌。

项目建成后在试运行（或一次曝光）期间，应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，在试曝光期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确，必要时应调整控制区的范围和边界。

11.2.3 类比监测

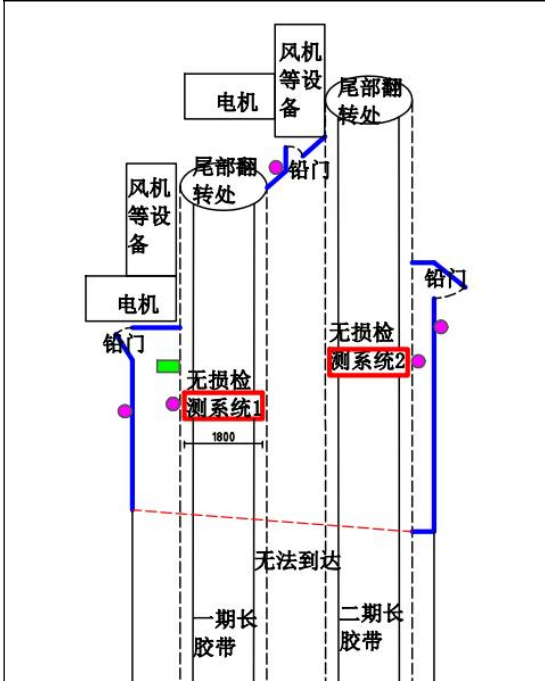
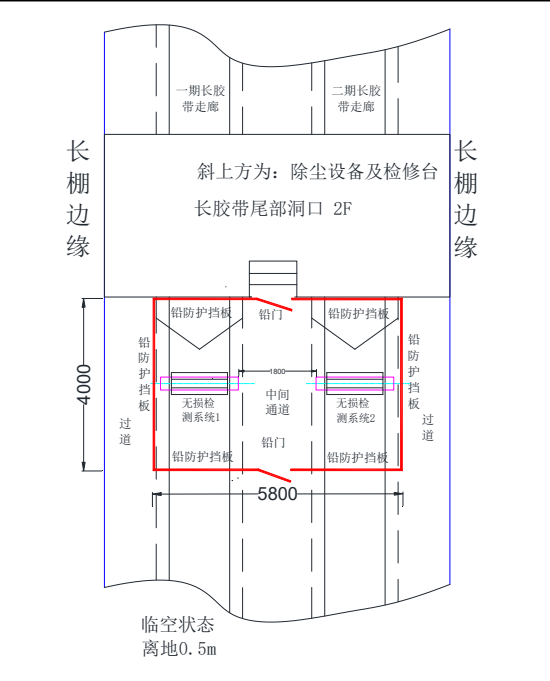
因理论计算较实际运行和实测数据保守许多，可根据往期监测结果侧面了解本设备运行产生的辐射影响水平。本项目为搬迁设备，设备已搬迁至新位置，但尚未通电运行，相关的铅防护挡板等辐射安全设施尚未安装，尚无法开机监测，因搬迁前后均位于皮带走廊内，设备源强不变，辐射安全防护设施/措施变化不大，本次可参考原场所实测数据来评估开机状态下周围辐射剂量率水平。

本次选择的类比监测数据为原场所的竣工验收监测报告（渝泓环（监）[2021]1888 号）和搬迁前最近一期的场所年度监测报告（渝泓环（监）[2024]1022 号），类比监测报告见支撑性材料附件 9。类比可行性分析见表 11-7。

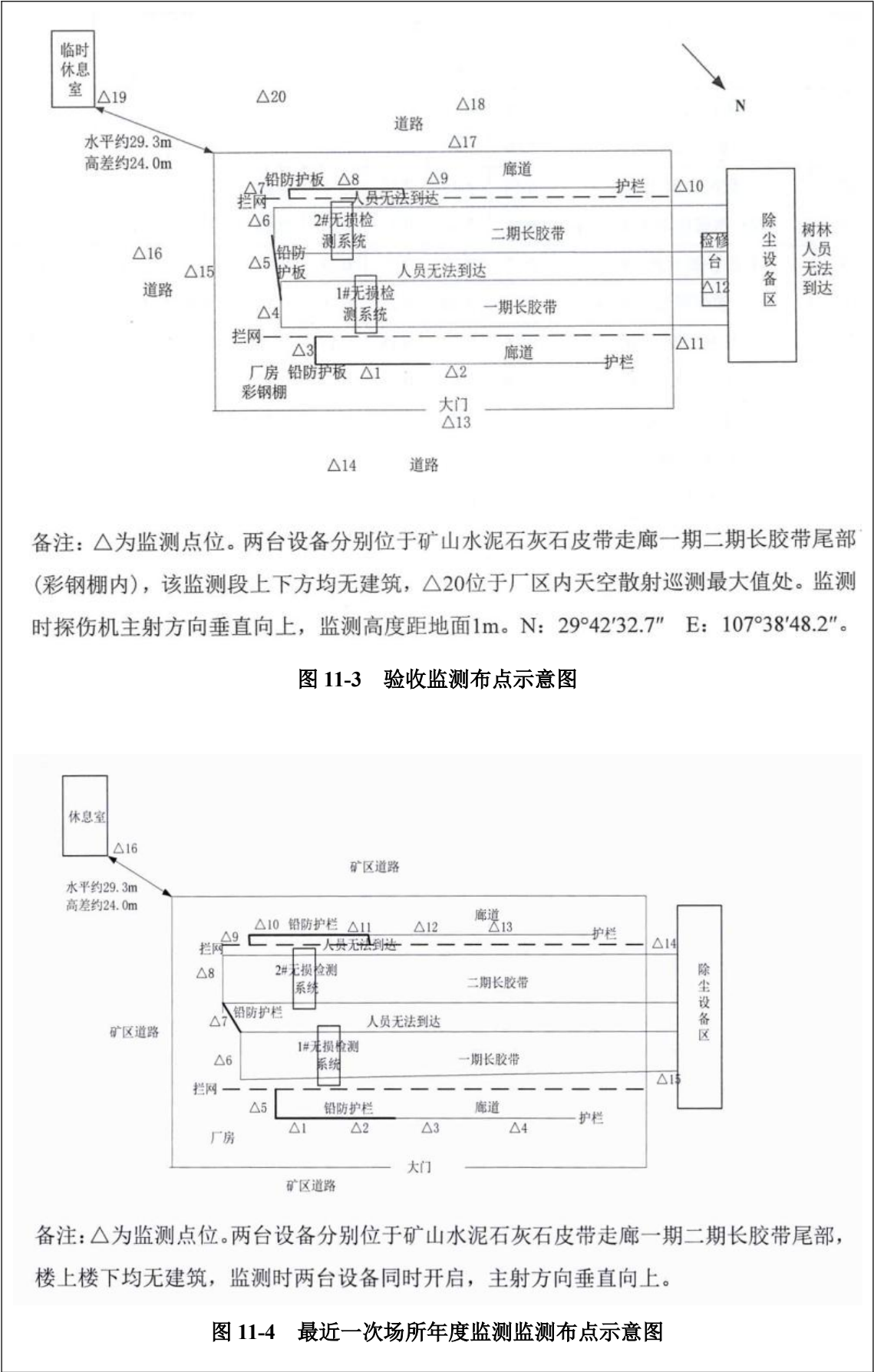
续表 11 环境影响分析

表 11-7 类比可行性分析一览表			
类比项	本次搬迁项目	类比对象（项目搬迁前）	备注
设备型号	KJ581	KJ581	一致
设备数量	2 台	2 台	一致
最大管电压	150kV	150kV	一致
最大管电流	1mA	1mA	一致
运行工况	150kV, 1mA	150kV, 1mA	一致
工件情况	20mm 皮带	20mm 皮带	一致
建设地点	石灰石皮带走廊一期二期长胶带尾部彩钢棚内皮带走廊内	石灰石皮带走廊一期二期长胶带尾部洞口长棚内皮带走廊内	搬迁前后均位于皮带走廊内，现场环境条件相似
场所布置	长胶带 X 射线检测系统现场检测设备主要包含位于皮带下方、置于皮带走廊通道地面上的 X 射线发射装置和控制主机，以及位于皮带上方、悬于空中的接收箱（以支架支撑），主射束为定向朝上，2 台设备分布位于一期、二期皮带走廊内，隔中间通道一字排开，2 台设备之间相距约 1.8m。	长胶带 X 射线检测系统现场设备主要包含位于地面的 X 射线发射装置和位于空中的接收箱两部分（以钢架支撑），主射束为定向朝上，2 台设备分布位于一期、二期皮带走廊内，隔中间通道斜一字排开，2 台设备之间相距约 1.8m。	基本一致
设备屏蔽防护情况	X 射线发射装置除上方与皮带临近侧外，其四周和底部包裹 5mmPb 铅板，包裹后形成一铅箱，外表尺寸为长 1.3m×宽 0.65m×高 1.0m。 接收箱尺寸为长 1.72m×宽 0.3m×高 0.07m，除下方与皮带相邻侧外，四周及顶部包裹 5mmPb 铅板，四周铅板（高 0.2m）下方包裹至皮带表面以屏蔽接收箱散射辐射影响，包裹后接收箱外表尺寸为长 1.8m×宽 0.6m×高 0.2m。 除此之外，为屏蔽皮带散射辐射影响，在皮带下方紧贴皮带处依托走廊护栏支架悬挂 2mmPb 铅帘，铅帘长 1.8m×高 0.2m，下方延伸至铅箱表面。	X 射线发射装置除上方与皮带临近侧及与地面接触侧外，其四周包裹 5mmPb 铅板，包裹后该部分外表尺寸为：1.3m×0.6m×0.9m。 接收器除下方与皮带相邻侧外，四周及顶部均包裹 5mmPb 铅板，包裹后尺寸为：1.8m×0.6m×0.2m。	本次搬迁位置因下方临空，故在 X 射线发射装置底部包裹 5mmPb 铅板。同时为减轻皮带散射辐射影响，加装 2mmPb 铅帘。整体屏蔽效果较搬迁之前更优。
外围铅板防护区情况	拟在长胶带 X 射线检测系统外围四周区域设置铅防护挡板，采用 2mmPb 铅板围成一个相对独立的铅板防护区。铅防护挡板具体为：两侧过道围栏处铅板宽 4.0m、高 2.2m，长胶带下方走廊内设置铅板，尺寸与走廊内尺	在一期长胶带防护栏处使用 2mmPb 铅防护板，其宽 530cm、高 220cm，在二期长胶带防护栏处使用 2mmPb 铅防护板，规格其宽 720cm、高 215cm，在一期和二期长胶带尾部中间设置 2mmPb 铅防护	均为 2mm 铅板防护区，搬迁后铅板防护区整体尺寸较搬迁前略小，但搬迁后为四面围挡，搬迁前为三面围挡，搬迁后较搬迁前

续表 11 环境影响分析

	寸相同，一、二期走廊中间通道铅板封闭，中间开设2mmPb 铅门，门宽 1.2m、高 2.0m，铅门常闭。拟设置的铅防护挡板最终围成一个长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域，以此作为实体边界。	板，其宽 240cm、高 237cm。	围挡更完整、更封闭。
			
搬迁前铅板（蓝线）防护区设置图		搬迁后铅板（红线）防护区设置图	
从类比可行性分析表可知，本项目搬迁前后设备型号、设备数量、最大管电压、最大管电流、运行工况、工件情况不变，搬迁前后建设地点均位于皮带走廊内，现场环境条件相似，场所布置基本一致，设备屏蔽防护情况搬迁后在皮带下方加装 2mmPb 铅帘，整体屏蔽效果较搬迁之前更优。外围铅板防护区搬迁后整体尺寸较搬迁前略小，但搬迁后为四面围挡，搬迁前为三面围挡，搬迁后较搬迁前围挡更完整、更封闭。经分析本项目搬迁前后有较好的类比可行性，本次类比可行。 ①监测条件 两台 X 射线装置同时开启，连续运行，管电压：150kV，管电流：1mA，该射线机为定向机，主射方向有接收箱，工件为 20mm 皮带。 ②监测布点示意图			

续表 11 环境影响分析



续表 11 环境影响分析

③监测结果		
11-8 竣工验收监测结果		
测量位置	监测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
$\Delta 1$	铅防护板表面30cm	0.20
$\Delta 2$	护栏旁30cm	3.43
$\Delta 3$	拦网表面30cm	0.18
$\Delta 4$	一期长胶带尾部表面30cm	0.42
$\Delta 5$	铅防护板表面30cm	0.17
$\Delta 6$	二期长胶带尾部表面30cm	0.25
$\Delta 7$	拦网表面30cm	0.21
$\Delta 8$	铅防护板表面30cm	0.18
$\Delta 9$	护栏旁30cm	0.99
$\Delta 10$	彩钢棚外表面30cm	0.14
$\Delta 11$	彩钢棚外表面30cm	0.14
$\Delta 12$	除尘器检修台	0.14
$\Delta 13$	彩钢棚门口	0.14
$\Delta 14$	厂区道路旁	0.14
$\Delta 15$	彩钢棚外表面30cm	0.14
$\Delta 16$	厂区道路旁	0.14
$\Delta 17$	彩钢棚外表面30cm	0.14
$\Delta 18$	厂区道路旁	0.13
$\Delta 19$	临时休息室处	0.14
$\Delta 20$	天空散射巡测最大值处	0.15
测量方位	与探伤机之间的距离 (米)	
	修正后 $15\mu\text{Sv/h}$ 处	修正后 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 处
东北侧	1.3	3.8

备注：以上监测数据均未扣除本底 $0.10\mu\text{Sv/h}$ ，结果=平均值×校准因子。

根据表 11-8 竣工验收监测结果可知，本项目长胶带 X 射线检测系统工作时，周围剂量当量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 处为距探伤机 1.3 米，周围剂量当量率 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为距探伤机 3.8 米，说明以实测结果作为两区划分的依据时，本项目实际运行时控制区边界为 1.3 米，监督区边界为 3.8 米。

铅防护挡板覆盖区域外监测点位最大监测值为 $0.2\mu\text{Sv/h}$ ，说明铅防护挡板对本项目起到了良好的屏蔽效果。因此，以铅防护挡板作为控制区边界即能满足辐

续表 11 环境影响分析

射分区的要求，又能有效控制辐射剂量率以满足标准要求。

11-9 最近一次场所年度监测结果

测量位置	监测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
$\Delta 1$	铅防护栏表面30cm	0.15
$\Delta 2$	铅防护栏表面30cm	0.14
$\Delta 3$	护栏旁30cm	0.31
$\Delta 4$	护栏旁30cm	0.44
$\Delta 5$	铅防护栏旁30cm	0.37
$\Delta 6$	一期长胶带尾部表面30cm	0.19
$\Delta 7$	铅防护栏表面30cm	0.96
$\Delta 8$	二期长胶带尾部表面30cm	0.38
$\Delta 9$	栏网旁30cm	0.15
$\Delta 10$	铅防护栏表面30cm	0.14
$\Delta 11$	铅防护栏表面30cm	0.17
$\Delta 12$	护栏旁30cm	1.20
$\Delta 13$	护栏旁30cm	0.43
$\Delta 14$	墙表面30cm	0.12
$\Delta 15$	墙表面30cm	0.12
$\Delta 16$	休息室处	0.12

备注：以上监测数据均未扣除本底 $0.10\mu\text{Sv/h}$ ，结果=平均值（为5个测量值的平均） $\times$ 校准因子（1.19）。

根据表 11-9 最近一次场所年度监测结果可知，本项目长胶带 X 射线检测系统工作时，控制区边界处周围剂量当量率为 $1.2\mu\text{Sv/h}$ ，满足控制区边界 $15\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。铅防护挡板覆盖区域外最大监测值为 $0.96\mu\text{Sv/h}$ 。

通过上述搬迁前竣工验收监测和最近一次场所年度监测结果可知，实际运行产生的辐射影响较之理论预测时要小，铅防护挡板处测得的周围剂量当量率均小于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，项目按照铅防护挡板设置控制区边界可行。

建设单位在试运行（或第一次曝光）期间，应测量理论预测所划定控制区、监督区边界的剂量率以证实边界设置正确，必要时可实际监测结果依照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的规定调整控制区、监督区的范围和边界。

11.2.4 年有效剂量估算

续表 11 环境影响分析

(1) 估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad \text{式 (13)}$$

式中：

H_{Er} —X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ —X 或 γ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —X 或 γ 射线照射时间，小时。

(2) 人员剂量估算

①辐射工作人员

本项目设置控制区和监督区，现场辐射工作人员在监督区外巡检，在设备运行期间禁止任何人员（包含其自身）靠近和进入监督区，因此以监督区边界剂量率控制水平进行人员剂量估算。则本项目现场辐射工作人员剂量估算表见表 11-10。

表 11-10 现场辐射工作人员剂量估算

人员类型	活动场所	剂量率控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大曝光时间 (h)	居留 因子	有效剂量 (mSv/a)
现场辐射工作人员	监督区外	2.5	300h	1	0.75

注：监督区边界已按两台设备同时运行辐射剂量率叠加后划定，所以最大曝光时间取 300h。

根据表 11-10 可得出，本项目现场辐射工作人员受到的年有效剂量最大约 0.75mSv，能够低于本评价管理目标值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

位于远程控制室的辐射工作人员距离检测系统 183m，经距离衰减和传播途径上各种屏蔽后，辐射水平已至本底水平，本项目运行对控制室辐射工作人员几乎无影响，辐射工作人员受到的年有效剂量同样低于本评价管理目标值 5mSv/a，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②公众成员

本项目检测系统设置控制区和监督区，设备运行期间禁止任何人员靠近和进

续表 11 环境影响分析

入监督区，所以位于监督区以内的敏感目标预测距离均取监督区边界距离。其他敏感目标距离取与辐射源最近水平距离，不考虑高差。不考虑未彻底封闭的铅板防护区的屏蔽作用。设备为夜间 22 点至 23 点开机，监督区外除本项目辐射工作人员外几乎无其他公众成员活动，厂内公众成员居留因子取 1/20。

本项目周围公众成员剂量估算结果见表 11-11。

表11-11 周围公众成员受照剂量预测结果表

序号	名称	方位	距离 (m)	保护目标处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	最大曝光时间 (h)	有效剂量 (mSv/a)
1	长胶带尾部洞口长棚	西北侧	5.4	2.44E+00	1/20	300	0.037
2	3#皮带机头转运楼		31	8.16E-02	1/20	300	0.001
3	高钙石灰石库	东北侧	17	2.67E-01	1/20	300	0.004
4	S105 道路		41	4.47E-02	1/5	300	0.003
5	除尘设备及检修台	东南侧	5.4	2.44E+00	1/20	300	0.037
6	彩钢棚		5.4	2.44E+00	1/20	300	0.037
7	670 库房	西南侧	16	3.01E-01	1/20	300	0.005
8	7#库		18	2.39E-01	1/20	300	0.004
9	2#库		35	6.42E-02	1/20	300	0.001
10	厂内绿地	四周	5.4	2.44E+00	1/20	300	0.037
11	厂内道路	四周	11	6.25E-01	1/20	300	0.009
12	架空通道	四周	12	5.27E-01	1/20	300	0.008

注：保护目标处周围剂量当量率已按两台设备同时运行辐射剂量率叠加后考虑，所以最大曝光时间取 300h。

根据表 11-11 可得出，项目开展 X 射线无损检测分析工作时，在检测系统周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量最大约 0.037mSv，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.5 环境保护目标辐射环境影响分析

本项目公众成员受到的辐射影响估算结果见表 11-11。根据估算可知，本项目 X 射线检测系统周围 50m 范围内各环境保护目标处公众成员受到本项目的附加年有效剂量低于 0.1mSv/a。估算结果只考虑了距离的衰减，实际上本项目在检

续表 11 环境影响分析

测系统外设置了一个 2mmPb 的铅板防护区，能起到一定的屏蔽效果，并且 X 射线在传播过程中可能有墙体等各种屏蔽体的阻挡，因此，项目运行对周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，对环境的辐射影响可以接受。

11.2.6 其他影响

(1) 废气对环境影响分析

在作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧(O_3)和氮氧化物(主要为 NO_2)。长胶带 X 射线检测系统处于石灰石皮带走廊，非密闭空间，空气可自由流通，利于 O_3 、 NO_x 废气的扩散，废气直接无组织排放。排放后经大气扩散稀释，浓度将进一步降低，对环境几乎无影响。

(2) 废水环境影响

本项目不新增劳动定员，不新增废水产排量；生活污水依托建设单位现有污水处理装置处理后排入市政污水管网，对地表水环境影响较小。

(3) 固废对环境影响分析

本项目辐射工作人员在建设单位现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理；报废的探伤机对射线装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档。废铅板属危险废物，废物类别：HW31，废物代码：900-052-31，需按照危险废物管理规定委托具有相应资质的单位进行处置。

建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，项目固废对周围环境的影响可以接受。

11.2.7 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

项目长胶带 X 射线检测系统在工业生产中的应用，对石灰石输送皮带的无

续表 11 环境影响分析

损检测有其他技术无法替代的特点，对保障公司石灰石矿山开采的原料的顺利、安全运输起到十分重要的作用，项目将为生产环节提供一个更加先进的检测手段，具有明显的社会效益，在保证生产安全的同时也将创造更大的经济效益。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的影响在可接受范围内。

项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

11.2.8 政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于鼓励类。所以，本项目探伤机的使用符合国家的产业政策。

11.2.9 事故影响分析

（1）风险事故类型

本项目产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。由于本项目设备固定在石灰石走廊，被盗的可能性较小，仅有长胶带 X 射线检测系统丢失或被盗时，无法开机工作，设备丢失、被盗产生的影响较小。

因此，本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

①局部丧失屏蔽

长胶带 X 射线检测系统四周和底部包裹有铅板，接收箱四周和顶部包裹有铅板，皮带下方悬挂铅帘，因搭接、裂缝或缺乏维护等原因，使得局部屏蔽丧失，导致屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。其中以长胶带 X 射线检测系统四周铅板裂缝、接收箱四周铅板脱落、皮带下方悬挂铅帘脱落为最大可信事故情形。

②人员滞留或误入

巡检人员进入或者公众成员误入控制区内，停留在长胶带 X 射线检测系统周围未及时撤离，在开机前，未完全充分搜寻，从而意外地留了下来，因此受到大剂量照射。

③检修、调试

续表 11 环境影响分析

检修、调试过程中，启动长胶带 X 射线检测系统，使相关人员受到误照射。										
(2) 事故影响分析										
长胶带 X 射线检测系统铅板等局部丧失屏蔽、人员滞留或误入、检修、调试等情况下，人员无防护直接受到照射，每天开机检测前巡检人员会现场检测设备的状况和屏蔽防护设施的有效性，确保无问题后方才启动检测，所以局部丧失屏蔽考虑巡检人员检查完毕后突发，人员已撤离到监督区之外，事故预测时距离按监督区边界距离 5.4m 考虑，人员滞留或误入、检修调试过程中考虑人员位于 2 台设备中间距每台最近距离 0.5m，按照事故情形预测结果，人员停留不同时间受到的受照剂量见表 11-12。										
表 11-12 事故状态下人员停留不同时间受到的受照剂量一览表										
事故情形	最大辐射剂量率μSv/h	时间	1min	5min	10min	20min	30min	40min	50min	60min
事故①	2.96E+02	受照剂量(mSv)	0.005	0.025	0.049	0.099	0.148	0.197	0.246	0.296
事故②、③	6.06E+01	受照剂量(mSv)	0.001	0.005	0.010	0.020	0.030	0.040	0.050	0.061
(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应										
电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。										
电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应。										
随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以										

续表 11 环境影响分析

传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈剂量的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应、胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

本项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

不同照射剂量的 X 射线对人体损伤估计见表 11-13。

表 11-13 不同照射剂量的 X 射线对人体损伤的估计表

剂量(Gy)	类型		初期症状和损伤程度	来源
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液变化，但不伴有临床症状	①
1.0~2.0 2.0~4.0 4.0~6.0 6.0~10.0	骨髓 型急 性放 射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力，不适，食欲减退 头昏、乏力、食欲减退、恶心，1h~2h 后呕吐、白细胞数短暂上升后下降 1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降 1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降	②
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐、严重腹泻以及水电解质代谢紊乱	
>50	脑型急性放射病		意识障碍、定向力丧失、共济失调、肌张力增强、角弓反张、抽搐和震颤等中枢神经系统症状	

注：①《辐射防护导论》P33；②《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

(4) 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-14。

表 11-14 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
------	------

续表 11 环境影响分析

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，或者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。

根据表 11-13 不同照射剂量对人体损伤的估计及表 11-14 辐射事故等级分级，结合项目辐射风险事故后果分析可知，单次照射最长时间人员受到的剂量为 0.296mSv，单次照射不会出现超过年剂量限值的照射，但是多次误照射可能出现超过年剂量限值的情况，可能增加随机性效应的发生概率，造成一般辐射事故。

（5）辐射事故防范措施

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式是外照射，因此发生误照射事故时应立即切断设备电源，确保设备停止出束。建设单位应采取以下措施防范风险事故发生：

①定期认真的对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，定期检查设备的安全联锁、钥匙开关、急停按钮、工作状态指示灯和声光报警装置等安全措施的有效性，发现故障及时清除，确保安全装置随时处于正常工作状态。若辐射安全与防护措施损坏应立即停止使用，修复后再投入使用。

②在无损检测工作前，项目应制定工作方案，该工作方案主要包括无损检测工况、时间、控制区、监督区范围、监测方案、清场方式等，明确设备操作人员、巡检人员的职责和分工，工作期间做好相关记录；并定期监测校正项目控制区、监督区范围。

③凡涉及对 X 射线装置操作，必须有明确的操作规程；现场无损作业时，操作人员严格按照操作规程进行操作，并应将操作规程张贴在操作人员可见到的显眼位置。日常工作和设备维修时，工作人员按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

续表 11 环境影响分析

④严格管理辐射工作人员，加强人员辐射防护与安全培训，操作训练、应急演练。加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照要求进行无损检测工作。开机前仔细检查人员是否撤离完全，确保开机前辐射工作人员位于控制区外，公众成员位于监督区外。

⑤定期对使用 X 射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起的操作失灵的关键零配件定期进行更换，加强对防护警示标志的检查，避免失效。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处理。

⑥检修、调试应由生产厂家专业技术人员进行，项目辐射工作人员配合，禁止随便拆走 X 射线检测系统及机架上的屏蔽材料，随意调整加大照射面积。不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线检测系统的铅板防护区屏蔽体和防护铅门等。

⑦定期利用便携式辐射监测仪巡查 X 射线检测系统屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡测缝隙处等防护薄弱环节，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续开机检测工作；若发现铅板有变形、射线泄漏的情况，立即停止工作。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有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。

建设单位目前成立了辐射工作安全管理小组，由1名组长、1名副组长、4名成员组成，明确了管理小组的职责，管理小组具体负责成员学历能满足上述要求。

12.2 辐射安全管理

(1) 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》第十六条规定：“使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）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。

目前，建设单位已制定《关于成立辐射工作安全管理小组的通知》、《辐射安全和防护监测制度》、《辐射防护安全管理制度》、《辐射工作人员教育培训制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射装置安全操作规程》、《辐射装置使用、维护作业指导书》、《辐射装置台账管理制度》等辐射安全管理规章制度，并将设备操作规程、工作场所安全防护注意事项等制作成标牌悬挂在操作室内。上述各种管理制度和应急预案考虑到了设备的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。建设单位在此之前一直按照各项管理制度执行，到目前为止未曾发生过放射事故。

建设单位还应进一步完善辐射监测制度、细化操作规程，并制定设施设备安全检查和维护制度，同时，根据在实际落实情况中不断完善已经制定的各项规章制度。

(2) 辐射工作人员

本项目配置的5名辐射工作人员，均为现有辐射工作人员，均已开展了辐射安全与防护培训考核、个人剂量检测和职业健康体检工作，体检合格可继续从事

续表 12 辐射安全管理

放射工作。

建设单位需按照规范要求,对辐射安全与防护培训考核即将过期人员积极组织通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(以下简称培训平台,网址: <http://fushe.mee.gov.cn>) 免费学习相关知识并参加考核,考核合格后方可继续工作。要求工作人员工作期间必须正确佩戴个人剂量计,对个人剂量计严格管理,防止个人剂量计遗失和监测结果异常。个人剂量监测最长不超过三个月,如发现异常可加密监测频率。应进行在岗期间职业健康检查,符合辐射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。从事辐射工作期间,按照相关要求每两年进行职业健康体检,并建立相应档案。

(3) 年度评估

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:生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当对本单位的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。

建设单位每年对射线装置的运行和辐射防护等进行总结,如实填写公司辐射防护管理情况,编制年度评估报告,并在规定的时间内向生态环境主管部门提交。

(4) 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心,对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。应建立安全管理体系,明确单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化之处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节,确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下:

①在单位内开展核安全文化宣贯推进专项培训,严格落实岗位职责,对隐瞒虚报“零容忍”,对违规操作“零容忍”。

②建设单位应不断总结、汲取经验教训,培植核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

续表 12 辐射安全管理

(5) 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“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”、“年度评估”、“辐射应急资料”。建设单位应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

建设单位已将本项目辐射工作人员及其他相关档案资料建立档案，并纳入档案管理中，档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果、职业健康检查结果等材料。

12.3 从事辐射活动能力评价

依据《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，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟（已）落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，并指定专人负责公司日常辐射防护管理工作。
从事放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。	配置的 5 名辐射工作人员按要求参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目无损检测系统系统设有密码，未启动设备自带软件的开关按键，设备无法运行；设置常闭铅门、视频监控系统、声光报警装置、紧急停机按钮、电离辐射警告标志等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
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，包括个人剂量计。	本项目配置个人剂量计 5 枚和便携式 X- γ 辐射剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 3 个。

续表 12 辐射安全管理

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。	建设单位已制定各项辐射防护制度全，基本满足本项目运行要求，并已将部分制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制定辐射事故应急处理相关制度，明确了发生辐射事故后的应急处理要求。

建设单位按承诺全部落实上述各项要求后，具备从事本项目辐射活动的的能力，并对本项目进行竣工环境保护验收和办理辐射安全许可后，本项目方可投入正式运行。

12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对辐射工作人员个人剂量进行监测、探伤工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位已按规定制定监测计划，包括个人剂量监测、辐射工作场所监测等，已配备与辐射类型和辐射水平相适应和监测仪器，或委托有资质的单位定期对周围环境（包括监督区）进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。建设单位须进一步完善和落实辐射监测制度，包括：

（1）个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量监测结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：常规检测一般为 1 个月，最长不超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率。

（2）工作场所与环境监测

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化、设备大修等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，日常监测由建设单位自行监测。

续表 12 辐射安全管理

做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。同时，每次进行探伤检测作业时，设备运行条件及工件、操作人员信息等也应记录在案。

④监测点位：控制区边界处以及辐射防护薄弱处，有人员活动的区域需要重点关注。在巡测时发现数值异常高的区域，进行定点监测。

(3) 安全检查维护

建设单位应按照相关法规及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求对探伤机进行安全检查维护，建立相应的检查维护制度。安全检查维护见表 12-2。

表 12-2 安全检查维护要求

类型	内容	频次
检查	a) 外观是否存在可见的损坏；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；c) 安全联锁是否正常工作；d) 报警设备和警示灯是否正常运行；e) 螺栓等连接件是否连接良好。	日检
维护	a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次；b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；d) 应做好设备维护记录。	每年或不定期（故障或损坏需更换零部件时）

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管理办法》（环保部令第 18 号）及《重庆市辐射污染防治办法》要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

辐射事故应急预案应包括下列内容：

- (一) 应急机构和职责分工；
- (二) 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；
- (三) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (四) 辐射事故的调查、报告和处理程序；
- (五) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

辐射事故应急预案还应当包括可能引发辐射事故的运行故障的应急响应措施及其调查、报告和处理程序。

建设单位已按要求制定《辐射事故应急预案》，内容包括总则、设置应急领导小组及成员组成、职责分工，信息报告和处置、各部门报告电话，应急处理流程、事故总结、培训与演练等内容，内容较为全面，仍需对辐射事故分级、应急

续表 12 辐射安全管理

和救助的装备、资金、物资准备和信息公开、公众宣传方案等方面进行补充细化。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

建设单位应制定应急演练计划，定期组织工作人员根据项目运行过程中可能产生的各类辐射事故进行辐射事故应急演练，提高人员对突发事件的应急处理能力。应急演练过程记录在案，针对演练过程中发现的问题，及时整改，避免发生辐射事故后出现应急处置工作不当问题。

12.5 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表 12-3。

表 12-3 辐射安全管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
操作制度、应急流程	按规范制定制度、张贴上墙、电离辐射警示标识张贴	利旧
辐射防护与安全措施	铅防护挡板、铅门、铅帘、工作状态指示灯和声音报警装置、紧停按钮、视频监控系统等	10
防护监测设备	便携式 X-γ辐射剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计	利旧
环保手续办理	环评、验收监测等	5
合计	/	15

12.6 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，按照 HJ1326-2023 等组织验收工作。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

表 12-4 竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	建设内容	2套长胶带X射线检测系统(最大管电压150kV,最大管电流1mA)。	环办辐射函〔2025〕313号,不发生重大变动

续表 12 辐射安全管理

2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等。		齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，有完善的辐射管理制度，包括操作规程、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、监测方案和辐射事故应急预案等。		齐全
4	环保措施	长胶带 X 射线检测系统安装监视系统（全方位监控，能够清楚的观察到长胶带 X 射线检测系统及其周围情况）； 控制室软件设置密码，在系统软件电脑上张贴禁止非授权使用的警告等标识； 无损检测系统两个铅门处设置急停开关；在远程控制室内电脑软件显示界面上有紧急停机图标； 铅防护挡板上设置声光报警装置； 长胶带 X 射线检测系统控制区边界铅门上锁，铅防护挡板和铅门张贴电离辐射警示标志等，监督区边界拉起警戒线、设置警告牌、张贴电离辐射警示标志。		符合相关要求
5	监测设备	配置 5 枚个人剂量计、3 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X- γ 辐射剂量率仪。		符合相关要求
6	人员要求	配置符合要求的辐射工作人员，按照要求组织放射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期培训。		生态环境部公告 2019 年第 57 号等相关要求
7	电离辐射	年剂量管理目标限值	辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ； 公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 。	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
		屏蔽体周围剂量当量率控制	控制区边界周围剂量当量率不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

东方希望重庆水泥有限公司于 2021 年在重庆市丰都县包鸾镇亭子垭村矿山区水泥石灰石皮带走廊一期、二期长胶带尾部彩钢棚内各安装了一套矿山长胶带射线探伤装置（以下简称“长胶带 X 射线检测系统”，II 类射线装置，厂家：山西戴德测控技术有限公司（现名：山西戴德测控技术股份有限公司），型号 KJ581，最大管电压 150kV，最大管电流 1mA），用于对钢绳芯输送带的断绳、锈蚀、损伤等状况在线实时无损现场检测，并进行了环境影响评价（批准文件为“渝（辐）环准〔2021〕037 号”）和竣工环境保护验收。

2025 年 6 月建设单位将上述 2 套长胶带 X 射线检测系统从矿山区水泥石灰石皮带走廊一期二期长胶带尾部彩钢棚内搬迁至长胶带尾部洞口长棚内，移动距离约为原位置西北方向 70m 处。建设单位在未取得重新报批环境影响评价文件审批手续情况下，擅自搬离原许可位置，构成违法行为，重庆市生态环境局于 2025 年 11 月 26 日出具了责令改正违法行为决定书（渝环改〔2025〕47 号），责令建设单位“立即按规定重新报批环境影响评价文件或者恢复原状，在重新获得环境影响评价批准并竣工验收或者恢复原状前，不得使用”。本次环评即为重新报批环境影响评价文件。

本项目总投资约 25 万元，环保投资约 15 万元。

13.1.2 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于鼓励类。所以，本项目探伤机的使用符合国家的产业政策。

13.1.3 实践正当性

本项目使用无损检测系统应用的目的是对钢绳芯输送带的断绳、锈蚀、损伤等异常状况在线实时无损现场检测，以有效预防皮带的断裂，具有其他质量检验检测技术无法替代的特点；项目建设为公司的生产提供无损探伤检测保障，对提升生产效率及保证安全方面可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；同

续表 13 结论及建议

时也将为公司创造更大的经济效益提供保障。项目在采取符合相关要求的辐射防护安全措施后，对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

13.1.4 辐射环境质量现状

本项目所在场址及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 77~80nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，累积剂量法测得的重庆市 γ 空气吸收剂量率年均值范围为 79.2nGy/h~108nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为 96.1nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目所在地环境 γ 辐射剂量率在重庆市 2024 年环境 γ 空气吸收剂量率正常涨落范围内。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目位于重庆市丰都县包鸾镇亭子垭村矿山区的石灰石皮带走廊一期二期长胶带尾部洞头长棚内，位于厂区范围内，远程控制室设于厂区综合办公室 1 楼，位于无损检测系统东南侧约 183m 处，无损检测时间为夜间 22 点到 23 点，处于人流量极少的时段。项目从彩钢棚内搬迁至长棚内，周围人员较之前更为减少。X 射线检测系统周围 50m 范围内大部分为厂区内部，仅北侧涉及部分厂外区域 S105 道路，不涉及居民区、学校等。X 射线检测系统周围 50m 范围内主要为厂区内部设施、配套用房、料库、厂内绿地、道路和厂外的 S105 道路等。项目从彩钢棚搬迁至长胶带尾部洞口处，该区域更为密闭，人员到达的可能性更小，相比之前属于人员居留更少的场所，项目远离人流密集区，有利于减少 X 射线无损检测对环境及相关人员的辐射影响；根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

本项目无损检测系统采用错时开机方式，选择在夜间 22 点至 23 点进行无损检测，避开人流高峰期，同时该措施便于无损检测系统操作期间的现场管制。无损探伤检测期间，2 人负责探伤现场巡测警戒工作，1 人采用远程操作，尽可能减少可能受到的照射人员及辐射剂量，避免对环境及人员造成影响。设备的主射方向朝上，避开了人员活动的方向，且距离周围有一定的距离，能增加人员与辐

续表 13 结论及建议

射源之间的距离。项目布局满足 GBZ117-2022 要求，因此，本项目平面布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

分区管理：一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。根据本项目理论预测结果以及现场铅板防护区的设置情况，并结合项目实际辐射影响程度，本次把 2 台无损检测系统外铅防护挡板围成的长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域划为控制区，把铅板防护区以外的皮带走廊两侧过道、长胶带尾部洞口（2F）、西北侧距检测系统 5.4 米范围、下方至地面划为监督区。建设单位在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区、监督区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整两区的范围和边界。

X 射线发射装置安装在皮带走廊内，除上方与皮带临近侧外，其四周和底部包裹 5mmPb 铅板，包裹后形成一铅箱，外表尺寸为长 1.3m×宽 0.65m×高 1.0m。射线束为长面张角 80° 、宽面张角 10° 的扇形束。接收箱尺寸为长 1.72m×宽 0.3m×高 0.07m，除下方与皮带相邻侧外，四周及顶部包裹 5mmPb 铅板，四周铅板（高 0.2m）下方包裹至皮带表面以屏蔽接收箱散射辐射影响，包裹后接收箱外表尺寸为长 1.8m×宽 0.6m×高 0.2m。除此之外，为屏蔽皮带散射辐射影响，在皮带下方紧贴皮带处依托走廊护栏支架悬挂 2mmPb 铅帘，铅帘长 1.8m×高 0.2m，下方延伸至铅箱表面。本项目拟在长胶带 X 射线检测系统外围四周区域设置铅防护挡板，采用 2mmPb 铅板围成一个相对独立的铅板防护区。铅防护挡板具体为：两侧过道围栏处铅板宽 4.0m、高 2.2m，长胶带下方走廊内设置铅板，尺寸与走廊内尺寸相同，一、二期走廊中间通道铅板封闭，中间开设 2mmPb 铅门，门宽 1.2m、高 2.0m，铅门常闭。拟设置的铅防护挡板最终围成一个长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域，以此作为实体边界。

本项目采取的辐射安全联锁装置（设施）具有冗余性、多元性与独立性，包括控制系统密码开关、控制器监控、紧急停机按键与电源箱、高压接通时的外部报警指示装置与视频监控等防护安全设施，以及警戒线、辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告标识。长胶带 X 射线检测系统安装监视系统（全方位监控，能够清楚的观察到长胶带 X 射线检测系统及其周围情况）；远程控制室软

续表 13 结论及建议

件设置密码，在系统软件电脑上张贴禁止非授权使用的警告等标识；无损检测系统两个铅门处设置急停开关；铅防护挡板上设置声光报警装置；长胶带 X 射线检测系统控制区边界铅门上锁铅防护挡板和铅门张贴电离辐射警示标志等，监督区边界拉起警戒线、设置警告牌、张贴电离辐射警示标志；配置 5 枚个人剂量计、3 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X- γ 辐射剂量率仪。

综上所述，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。

13.1.7 环境影响分析结论

（1）剂量率控制

本环评结合现场检测情况对控制区与监督区范围进行了理论计算，将无损检测系统周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。本项目四周控制区边界即为铅防护挡板围成的长 5.8m（走廊支撑架除外）、宽 4.0m 的矩形区域，监督区边界为距离检测系统 5.4m，经前文预测，本项目划定的控制区边界处剂量率均满足控制区边界不超过 $15\mu\text{Sv/h}$ 的要求，监督区边界处剂量率均满足监督区边界不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。上方主射方向接收箱顶部铅板外表面 0.3m 处剂量率小于监督区边界 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求。下方地面辐射剂量率小于监督区边界 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求。

在实际探伤过程中工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求：在探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标出控制区和监督区边界，在试曝光期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确，必要时应调整控制区的范围和边界。

（2）剂量估算结果

辐射工作人员和公众成员受到的附加年有效剂量分别低于本评价剂量目标：辐射工作人员的剂量管理目标值 5mSv/a ，公众成员的剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准要求。

（3）环境保护目标影响

根据核算，X 射线检测系统外 50m 范围内环境保护目标处的周围剂量当量

续表 13 结论及建议

率满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，同时也低于其年剂量管理目标值。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，对环境的影响可以接受。

（4）其他影响

项目运行不产生放射性废水、放射性废气、放射性固废。本项目所在位置通风相对良好，产生的微量臭氧能迅速排出和扩散，经自然分解和稀释后不会对周围环境产生不利影响。辐射工作人员依托现有人员，不新增劳动定员，生活污水依托厂区污水处理站处理，生活垃圾于厂外市政垃圾箱中暂存由环卫部门统一处理，报废的探伤机对射线装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档，废铅板属危险废物，废物类别：HW31，废物代码：900-052-31，需按照危险废物管理规定委托具有相应资质的单位进行处置。项目固废均得到妥善处理，对环境的影响很小。

（5）事故风险

本项目可能产生的辐射事故主要为铅板局部丧失屏蔽、人员滞留或误入、检修、调试等情况，单次照射最长时间人员受到的剂量为 0.296mSv，单次照射不会出现超过年剂量限值的照射，但是多次误照射可能出现超过年剂量限值的情况，可能增加随机性效应的发生概率，造成一般辐射事故。本项目在采取相应措施后风险可防可控。建设单位已制订的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行，需认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位已按照相关要求成立辐射环境管理机构，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员考核合格后上岗，并定期培训；建立辐射工作人员职业健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.1.9 综合结论

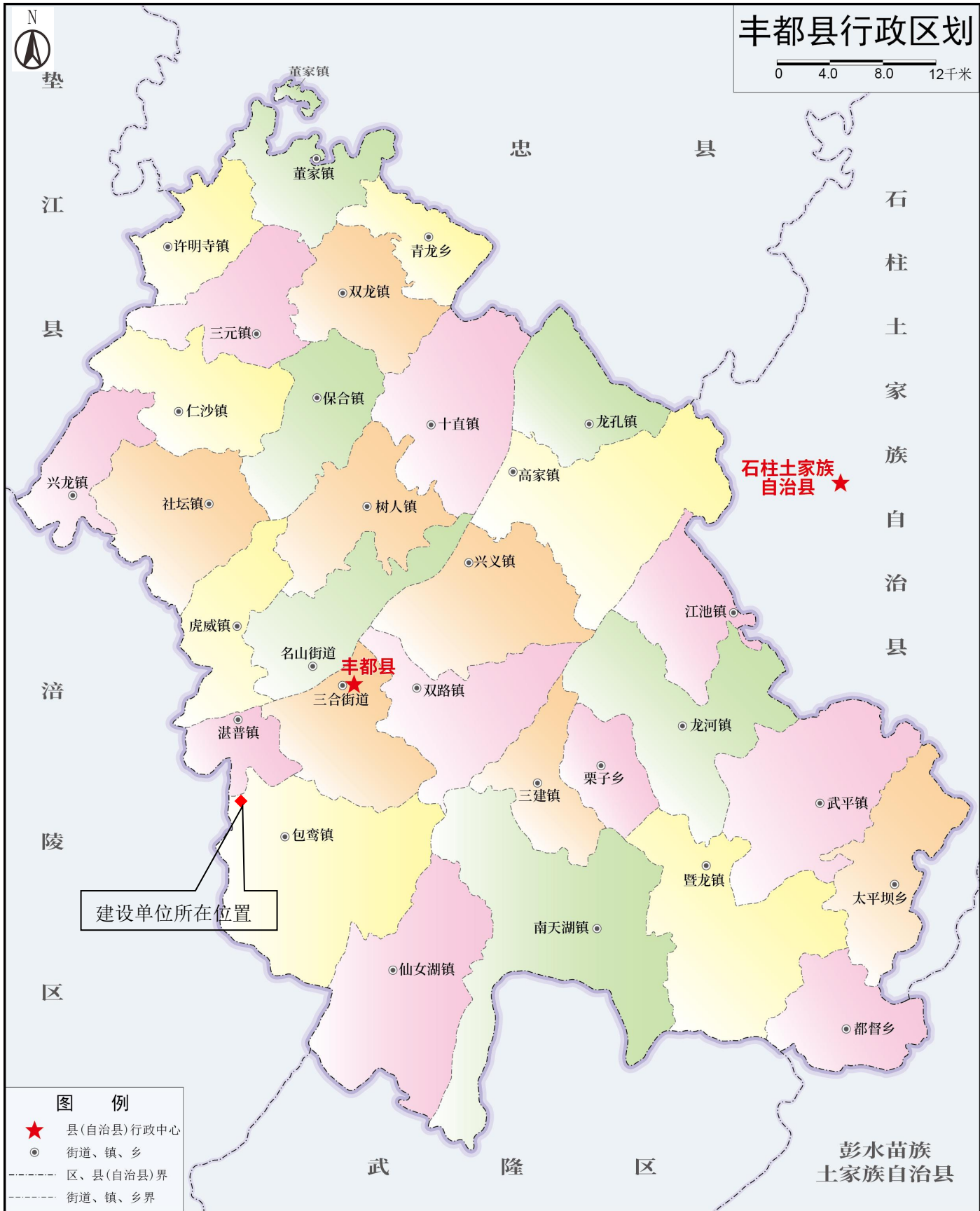
综上所述，东方希望重庆水泥有限公司矿山长胶带射线探伤装置改造项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则，选址可行和布局合理，辐射安全与防护措施可行。在完善相应的辐射防护与安全措施和环境管理

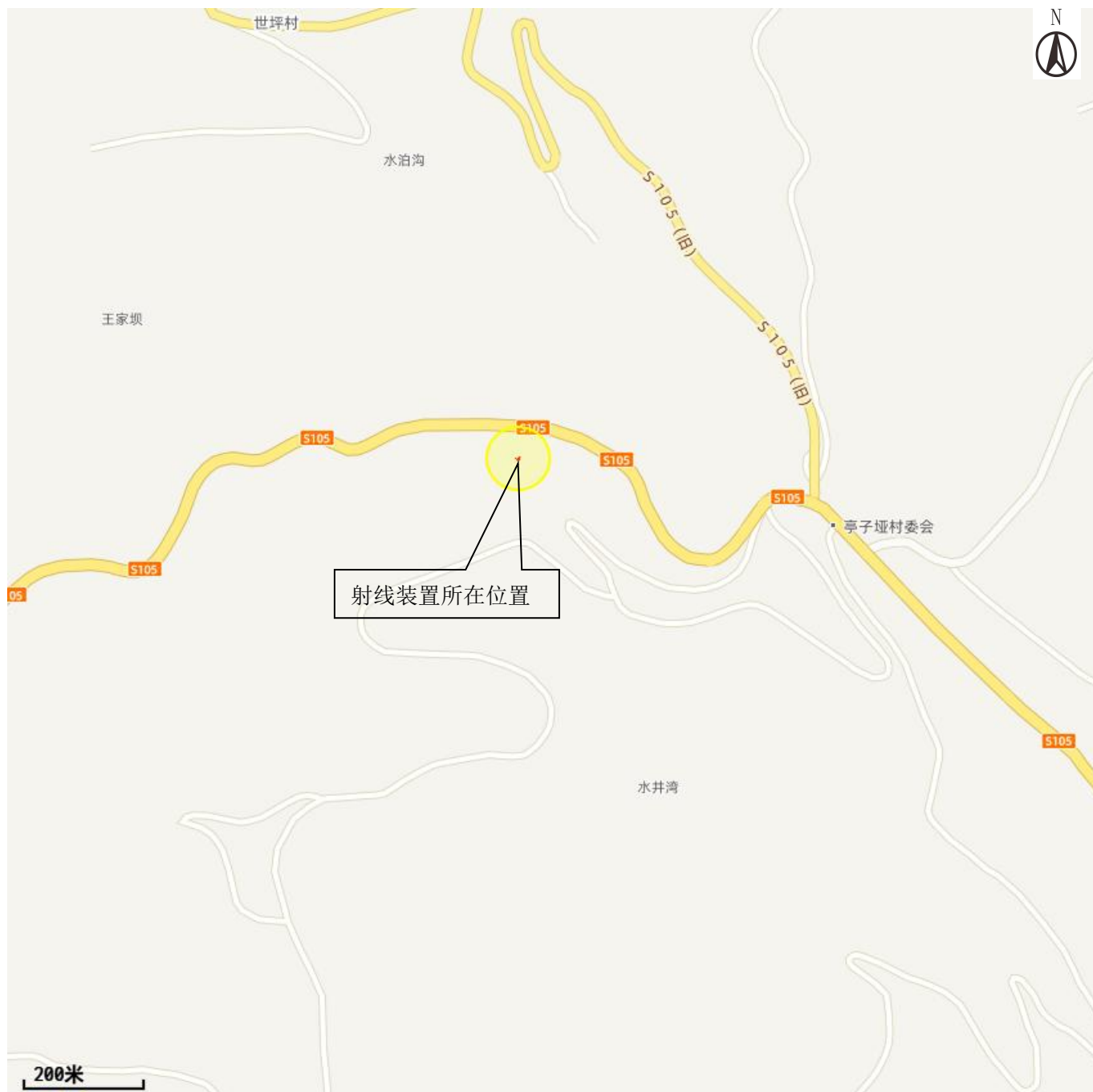
续表 13 结论及建议

措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。因此，从环境保护的角度来看，该建设项目是可行的。

附图

附图 1 地理位置图





附图 1 地理位置图