

核技术利用建设项目

重庆中宇建设工程质量检测有限公司

射线检测试验室项目

环境影响报告表

建设单位：重庆中宇建设工程质量检测有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司


编制时间：2026年4月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
重庆中宇建设工程质量检测有限公司
射线检测试验室项目
环境影响报告表



建设单位名称：重庆中宇建设工程质量检测有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市九龙坡区白市驿镇海龙村 97 号

邮政编码：401329

联系人：熊涛

电子邮箱：343017588@qq.com

联系电话：18

31

打印编号: 1774932130000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	7k07ro		
建设项目名称	重庆中宇建设工程质量检测有限公司射线检测实验室项目		
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)	重庆中宇建设工程质量检测有限公司		
统一社会信用代码	91500107663588650E		
法定代表人 (签章)	郭江云 		
主要负责人 (签字)	赵建军 		
直接负责的主管人员 (签字)	卢琦 		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
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
肖英	07355543507550272	BH001035	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
周欢	基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、辐射环境质量现状、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、结论及建议	BH042644	

目录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	15
表 3	非密封放射性物质	15
表 4	射线装置	16
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	17
表 6	评价依据	18
表 7	保护目标与评价标准	22
表 8	环境质量和辐射现状	30
表 9	项目工程分析与源项	34
表 10	辐射安全与防护	56
表 11	环境影响分析	106
表 12	辐射安全管理	141
表 13	结论及建议	152

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆中宇建设工程质量检测有限公司射线检测实验室项目			
建设单位		重庆中宇建设工程质量检测有限公司			
法人代表	郭江云	联系人	熊涛	联系电话	182*****531
注册地址		重庆市九龙坡区白市驿镇海龙村 97 号			
项目建设地点		储源库和 X 射线探伤室位于重庆市九龙坡区白市驿镇海龙村 97 号、 现场探伤位于全国范围内的项目地			
立项审批部门		高新区改革发展局	批准文号	2509-500356-07-02-868285	
建设项目总投资 (万元)	50	项目环保投资 (万元)	35	投资比例 (环保投资/总投资)	70%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	/
应用类型	密封源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他	无				
<p>1.1 项目由来</p> <p>重庆中宇建设工程质量检测有限公司 (本文简称中宇公司) 成立于 2007 年, 前身为 1963 年成立的重庆电力建设总公司建设工程质量检测所, 现为中国电建集团重庆工程有限公司 (曾用名重庆电力建设总公司) 全资控股的国有企业。中宇公司主要从事电力、民用建筑、公路等领域工程质量检测, 主要工作场所为项目现场, 其检测使用设备中包括便携式 γ 源探伤机和便携式 X 射线探伤机。</p> <p>重庆中宇建设工程质量检测有限公司作为中国电建集团重庆工程有限公司的全资</p>					

续表 1 项目基本情况

子公司，目前实际办公、放射源库房、X 射线探伤机库房及洗片室等地点位于重庆市南岸区南坪金子村 101 号中国电建集团重庆工程有限公司内。同时，2013 年，中国电建集团重庆工程有限公司在白市驿镇海龙村新建公司白市驿基地时，为重庆中宇建设工程质量检测有限公司预留了用房，白市驿生产基地于 2015 年建成，后续，重庆中宇建设工程质量检测有限公司将注册地址变更至白市驿基地所在位置，但实际人员办公和相应设备设施存放等仍在重庆市南岸区南坪金子村 101 号中国电建集团重庆工程有限公司内。

现中宇公司拟将办公和设备设施存放等功能迁移至白市驿镇海龙村的中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地已建成的预留用房内，其中涉及到中宇公司便携式 γ 探伤机使用放射源的存放库房（以下简称储源库）和 1 间 X 射线探伤室（以下简称探伤室）。因中宇公司主要工作场地均在项目现场，白市驿基地的储源库只用于暂存中宇公司不使用时的放射源，X 射线探伤室主要用于对中国电建集团重庆工程有限公司（以下简称工程公司）焊接工作人员（非中宇公司工作人员）焊接培训使用的焊接工件进行无损检测，检测使用公司现有便携式 X 射线探伤机。

根据中宇公司资料，公司辐射安全许可的 γ 源探伤机共 7 台，X 射线探伤机共 8 台。因设备更替，目前公司现有 4 台 γ 源探伤机（便携式 γ 源探伤机，探伤机代号 P，以下称 γ 源探伤机，每台设备各含 1 枚放射源）和 5 台 X 射线探伤机。4 台 γ 源探伤机共使用放射源 4 枚，包括 3 枚 ^{192}Ir 源（额定装源活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 1 枚 ^{75}Se 源（额定装源活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ）。现有 X 射线探伤机共 5 台，包括 1 台 XXGHZ-2505 便携式周向探伤机（250kV、5mA）、1 台便携式定向探伤机 XXG-2505A（250kV、5mA）、2 台便携式定向探伤机 XXG-2505（250kV、5mA）、1 台便携式定向探伤机 XXG-3005A（300kV、5mA），均为 II 类射线装置。本次，中宇公司拟使用现有 5 台 X 射线探伤机和 4 台 γ 源探伤机，并新购一台含 ^{192}Ir 源的 γ 源探伤机（额定装源活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ），根据《关于发布〈放射源分类办法〉的公告》，本项目拟使用的 γ 探伤放射源均为 II 类放射源。

中宇公司主要业务内容为使用便携式 X 射线探伤机和 γ 源探伤机进行现场探伤作业，由于探伤相关标准更新及公司设备设施变动等原因，本次除针对白市驿基地相关

续表 1 项目基本情况

用房设施进行环境影响评价外，同时对中宇公司使用便携式 X 射线探伤机和 γ 源探伤机进行现场探伤等相关内容进行评价。

本项目建成投运后，中宇公司现使用的放射源库（位于重庆市南岸区南坪金子村 101 号中国电建集团重庆工程有限公司内）将进行退役，并按要求单独办理退役相关环保手续，本报告不对其进行详细分析和评价。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，使用 II 类射线装置和 II 类放射源的项目，环境影响评价形式为编制环境影响报告表。

中宇公司委托重庆宏伟环保工程有限公司开展该项目的环境影响评价工作，评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，并按照《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）的要求，编制完成了《重庆中宇建设工程质量检测有限公司射线检测实验室项目环境影响报告表》。

1.2 本项目建设概况

(1) 项目名称：重庆中宇建设工程质量检测有限公司射线检测实验室项目

(2) 建设单位：重庆中宇建设工程质量检测有限公司

(3) 建设地点：储源库和 X 射线探伤室位于重庆市九龙坡区白市驿镇海龙村 97 号，现场探伤位于全国项目现场

(4) 建设性质：新建

(5) 建设规模：重庆中宇建设工程质量检测有限公司拟使用便携式 γ 源探伤机和 X 射线探伤机开展现场探伤作业，使用 X 射线探伤机开展探伤室探伤作业。中宇公司租赁中国电建集团重庆工程有限公司位于重庆市九龙坡区白市驿镇海龙村 97 号的已经建成的白市驿生产基地中预留的 1 间放射源存放库房（以下称储源库）和 1 间 X 射线探伤室（以下称探伤室），租赁时，用房主体结构已建成。 γ 源探伤机（含 γ 源）不使用时，暂存在储源库内；探伤室开展固定式探伤工作，主要用于对工程公司焊接工作人员焊接培训时使用的焊接工件进行无损检测。放射源共 5 枚，其中 4 枚 ^{192}Ir 源（活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 1 枚 ^{75}Se 源（活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ），均为 II 类放射源。现有 X 射线探伤机共 5 台，包括 1 台 XXGHZ-2505 便携式探伤机（250kV、5mA）、1 台便携式

续表 1 项目基本情况

探伤机 XXG-2505A (250kV、5mA)、1 台便携式探伤机 XXG-3005A (300kV、5mA)、2 台便携式探伤机 XXG-2505 (250kV、5mA)，均为 II 类射线装置。项目总建筑面积约 90m²，包括 X 射线探伤室、操作室、储源库、洗片室等。探伤作业场所为全国范围内。中宇公司与中国电建集团重庆工程有限公司签订租赁协议时，本项目使用用房已建成。

(6) 项目投资：总投资约 50 万元，其中环保投资约 35 万元。

(7) 施工期：预计 1 个月。

项目组成情况见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	项目组成
主体工程	X 射线探伤室	X 射线探伤室位于生产基地焊接厂房（共 1F，长×宽×高：67m×18m×8m）东南侧。X 射线探伤室有效内空尺寸为 4.05m×3.10m×3.60m（长×宽×高），有效使用面积约 12.6m ² （不含迷道），迷道内空尺寸为 4.75m×0.90m×3.60m（长×宽×高）。探伤室主要用于工程公司焊接人员培训使用的焊接样品工件的无损检测，不涉及大型工件，因此仅在探伤室迷路外墙设置 1 扇防护门，门洞宽 1.20m，高 2.00m，防护门为手动推拉型，宽 1.30m，高 2.10m。
	储源库	位于生产基地焊接厂房东侧、X 射线探伤室北面，有效内空尺寸为 4.3m×2.3m×3.7m（长×宽×高），储源库地面设置 8 个储源地坑，用于存放 γ 源探伤机（含 γ 源）主机/机体，每个地坑顶部设置含铅盖板，盖板表面与放射源库地面平齐。单个地坑内空尺寸为 0.4m×0.3m×0.5m（长×宽×深）。储源库为白市驿基地建设时的预留用房，本项目租赁时，储源库主体、储源地坑等已建设完成。
	X 射线探伤机	使用中宇公司现有便携式 X 射线探伤机，中宇公司现有共 5 台探伤机，均为 II 类射线装置，设备不使用时放置在 X 射线探伤室内： 1 台 XXG-2505A 型：定向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA，功率 1250W； 1 台 XXGHZ-2505 型：周向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA，功率 1250W； 1 台 XXG-3005A 型：定向，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA，功率 1500W； 2 台 XXG-2505 型：定向，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA，功率 1250W。
	γ 源探伤机	使用公司 4 台现有便携式 γ 源探伤机并拟新购 1 台便携式 γ 源探伤机，其中 ¹⁹² Ir 源探伤机 4 台，每台装源活度均为 3.7×10 ¹² Bq（100Ci）； ⁷⁵ Se 源探伤机 1 台，装源活度为 3.7×10 ¹² Bq（100Ci），内置放射源均为 II 类放射源。
辅助工程	X 射线探伤操作室	位于 X 射线探伤室西侧，面积约 10m ² ，用于操作 X 射线探伤机
	洗片室	位于培训中心大楼 1F，面积约 30m ² ，用于洗片、晾片等，洗片室内靠西墙设置了洗片槽。并拟在洗片室南侧隔出危废暂存间，面积约 5m ² ，用于暂存本项目产生的洗片废液、废胶片等危险废物。

续表 1 项目基本情况

辅助工程	临时洗片室	如需现场完成洗片，拟搭建临时洗片场所。采取防渗防雨等措施，洗片废液及废胶片运回公司危废暂存间。中宇公司现场探伤项目地大多位于重庆市范围内，如项目场所距离公司太远，转运不便时，拟与当地危废处置单位签订协议，废胶片和洗片废液在当地回收处置。
储运工程	储存	本项目 X 射线探伤室主要用于工程公司焊接工人培训时的焊接工件无损检测，工作量很小。公司 X 射线探伤机不使用时，存放在本项目探伤室内。放射源位于 Y 探伤机主机部分的储源容器中，不使用时，容器处于关闭状态。将探伤机主机存放在本项目储源库内的地坑中，每个地坑仅放置 1 台探伤设备主机。探伤机其他结构（控制机构、输源管等）放置在储源室北侧的存放柜中。现场探伤时，如探伤机不能及时运回公司，拟在现场设置临时存放库，要求独立用房，并设置防盗门、监控、防盗围栏等设施。
	运输	X 射线探伤设备、胶片、探伤工件等通过探伤室与操作室之间的防护门转运。放射源由专业运输车辆运至焊接厂房东北门（靠储源室侧的门）处，通过厂房内走廊，转运至储源库内。放射源在白市驿基地至项目地之间的转运，通过专业运输车辆运输。在项目地内的转运，使用三轮车、平板车等便捷交通工具运输。
公用工程	给水	依托基地供水管网，项目现场依托周边给水设施。
	排水	依托基地排水管网，将废水排入基地生化池处理达 GB18466-2005 预处理排放标准后接入市政污水管网，最终进入西永污水处理厂处理。项目现场依托周边排水设施。
	供配电	依托基地供配电系统。项目现场依托周边供配电设施。
	通风	X 射线探伤室南墙离地约 2m 处设置 1 个排风口并拟安装 1 个机械排风扇，排风口外为室外绿化区域。储源库及探伤现场均采用自然通风。
环保工程	废水处理设施	依托白市驿基地生化池（处理能力为 100m ³ /d）处理达 GB18466-2005 预处理排放标准后排入市政污水管网。然后接入西永污水处理厂进一步处理达标后排入梁滩河。
	废气处理措施	Y 源探伤机（含 Y 源）主机在存储时为密闭状态，源容器内部空气泄漏几率很小，且源容器具有良好的屏蔽防护效果，泄漏辐射对空气的电离作业影响很小，因此储源库采用自然通风。 X 射线探伤室南侧墙体离地 2m 处设置 1 个排风口，并拟安装一个排风扇，排风扇额定排放量为 300m ³ /h，探伤室内容积约 60m ³ ，排风换气次数约为 5 次/h，满足标准要求。排放口外为户外绿化等区域。 现场探伤过程中产生少量废气通过自然扩散排放。
	固废处理措施	生活垃圾收集后交市政环卫部门处理。 现场探伤胶片原则上送回中宇公司的洗片室进行洗片，产生的洗片废液、清洗废水收集后由废液桶盛装，下方均设置托盘，暂存在洗片室南侧拟设置的独立危废暂存间内，定期交由有资质单位处理。收集桶设置明显的危废标识，包括危险废物类型、危险类型、危险情况以及安全措施等。 报废胶片存放在危废暂存间，合格胶片均存档在公司档案室内，报废胶片、存档到期的胶片定期交由有资质单位处理。 现场探伤工作地点不定，不能送回中宇公司的洗片室洗片的胶片则现场洗片，设置临时洗片室进行洗片，危险废液、废水收集后由废液桶盛装，下方均设置托盘，暂存在临时洗片室内，定期运回公司危废暂存间统一处置。如探伤地点距公司距离较远，则现场探伤作业前与当地有相应危废处理资质的企业签订危废处置协议定期交由有资质单位处理。 后续公司搬迁至白市驿基地后，拟单独和危废处置单位签订处置协议。 X 射线探伤机报废后按照相关要求去功能化，根据公司相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

续表 1 项目基本情况

		<p>γ源探伤机放射源更换拟由生产厂家将设备运回生产厂家后自行完成，更换下来的废旧放射源由生产厂家回收（一台探伤机每年拟更换两次放射源），γ源探伤机不再使用后，内置放射源及探伤机机体均拟由生产厂家回收，保留相关手续，并做好相关记录存档，拟在购买放射源和探伤设备时与厂家签订回收协议。</p>
辐射防护		<p>X射线探伤室采用了足够厚度的混凝土、铅防护门等作为屏蔽防护体的材料。拟按相关标准要求设置工作状态指示灯、门机联锁、灯机联锁、视频监控、语音提示、固定式剂量报警仪等，并在工作场所粘贴警示标志和标语。</p> <p>储源库内设置储源地坑，地坑盖板拟采用足够厚度铅板，盖板表面和储源库门外均粘贴警示标志，储源库内外拟安装视频监控，储源库设置双道门，并设置防盗门锁。</p> <p>现场探伤拟配置个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ剂量率仪、声光报警灯、警告标志及警告牌、警戒绳等。现场储源场所拟设置防盗等措施。</p>

1.3 本项目与白市驿基地及中宇公司的依托关系

本项目储源库和 X 射线探伤室位于中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地内，白市驿基地已建成，另中宇公司已开展 X 射线和 γ 射线现场探伤工作多年。因此，本项目主要依托中宇现有辐射工作人员、辐射环境管理体系和白市驿基地各建筑主体结构、公用设施等。项目使用白市驿基地及中宇公司现有用房、工作人员、环保设施依托及后续完善情况见表 1-2。

表 1-2 项目依托情况一览表

项目	现状	依托情况	后续完善措施
X 射线探伤室	主体结构已建成，安装有防护门	依托现有用房	安装监控、固定式剂量报警仪、排风扇、工作状态指示灯等设施。 顶棚在现有 300mm 混凝土的基础上，新增 180mm 混凝土
储源库	主体结构已建成，安装有双重防盗门	依托现有用房	安装监控、红外线报警装置、剂量报警仪等设施
X 射线探伤机	共 5 台	依托现有设备	/
γ 源探伤机	共 4 台	依托现有设备	新购 1 台 ^{192}Ir 源探伤机，装源活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci)；
X 射线探伤操作室	位于探伤室出入口处，与探伤室之间设置防护门	依托现有用房	/
洗片室	设置有洗片槽	依托现有用房	洗片室地面进行整体防渗、封堵洗片槽排水点、在南侧隔出独立的危废暂存间
辐射工作人员	共 6 名，已取得相应资质并按辐射工作人员要求进行管理	依托现有工作人员	新增 4 名放射工作人员
生活废水处置	白市驿基地设置有 1 个生化池	依托现有污水处理设施	/
供电、供水等公用工程依托	白市驿基地已建设完善的供电电网、供水管网等	依托现有	/

续表 1 项目基本情况

辐射防护管理	成立了辐射安全管理组织,并制定了辐射防护与安全管理 制度	依托现有	/
辐射监测仪器	配备有个人剂量报警仪、辐射 剂量巡测仪等	依托现有	/

1.3 辐射防护方案

根据设计及提供资料,项目辐射防护设计方案见表 1-3。

表 1-3 储源库和 X 射线探伤室辐射屏蔽防护设计方案

房间名称	房间尺寸	防护方案	
X射线探伤室	4.05m×3.1m×3.6m	四周墙体	600mm 混凝土
		迷路墙	600mm 混凝土
		顶棚	480mm 混凝土
		防护门	5mmPb
		废气排放口防护罩	17mmPb
储源库	储源库: 4.38m×2.35m×3.6m; 储源地坑(单个)内空: 0.4m×0.3m×0.5m; 地坑盖板(单个): 0.5m×0.4m;	南墙(探伤室共用墙)	600mm 混凝土
		四周墙体	240mm 实心砖
		顶棚	100mm 混凝土
		防护门	双道普通防盗门
		地坑盖板	10mmPb
		地坑间隔	100mm 混凝土

备注:混凝土(即砼)密度为 2.35g/cm³;铅密度为 11.3g/cm³,实心砖密度为 1.65g/cm³。

1.4 配套设施、设备

本项目拟配置/使用主要设备见表 1-4。

表 1-4 拟配置/使用设备一览表

序号	名称	公司现有数量	本项目拟配置/使用数量	规格型号	使用场所	用途	备注
1	便携式 X 射线探伤机	1	1	XXG-2505A 定向型	X射线探伤室、现场探伤	无损检测	原有设备, II类射线装置 额定电压 250kV, 额定电流 5mA
2	便携式 X 射线探伤机	1	1	XXGHZ-250 5 周向型			原有设备, II类射线装置 额定电压 250kV, 额定电流 5mA
3	便携式 X 射线探伤机	1	1	XXG-3005A 定向型			原有设备, II类射线装置 额定电压 300kV, 额定电流 5mA
4	便携式 X 射线探伤机	2	2	XXG-2505定 向型			原有设备, II类射线装置 额定电压 250kV, 额定电流 5mA
5	便携式 γ 源探伤机	3	4	TS-IA	现场探伤		原有 3 台, 新增 1 台, 每台探伤机内置 1 枚 ¹⁹² Ir 源, 装源活度均为 3.7×10 ¹² Bq (100Ci), 为 II 类放射源。

续表 1 项目基本情况

6	便携式γ源探伤机	1	1	TS-IS			原有设备,探伤机内置 1 枚 ⁷⁵ Se 源,装源活度为 3.7×10 ¹³ Bq (100Ci),为 II 类放射源。
7	排风扇	无	1	/	X射线探伤室	废气排放	风量为 300m ³ /h
8	废液收集桶	无(本项目洗片室)	3	/	洗片室	废液收集	单个 50L
9	个人剂量计	6枚	10枚	/	工作人员随身佩戴	监测工作人员受照剂量	按工作人员数量配备
10	个人剂量报警仪	6	6	FY-II	X射线探伤室、现场探伤、储源库	辐射防护	原有
11	便携式剂量监测仪	2	2	JB400A、FD2013B			原有
12	存放柜	0	2	/	储源库	放置γ源探伤机输源管、控制机构等	存放柜靠储源库北侧放置

备注:现场探伤使用的警示牌、安全绳等配备情况见表 10-2。
洗片采用人工洗片和自然晾干,不配置洗片机和烘箱。

1.5 劳动定员和工作制度

根据《关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》(环发(2007)8号)要求:探伤装置装源(包括更换放射源)应由放射源生产单位进行操作,并承担安全责任,放射源生产单位也可委托有能力的单位进行装源操作。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作。伽玛射线探伤装置的装源、倒源活动应送回厂家进行,严禁在源库进行装源、倒源活动。

本项目主要涉及 X 射线探伤机和 γ 源探伤机的现场探伤作业,中宇公司一般同时会有 1~2 个探伤现场作业小组,每个小组配 2~3 名辐射工作人员。另现场探伤所在单位在探伤过程中,委派 2-3 人巡视警戒,属于公众成员,培训上岗。中宇公司已开展有 X 射线和 γ 源探伤项目,现有 6 名辐射工作人员,并拟新增 4 名辐射工作人员。中宇公司现有辐射工作人员情况见表 1-5。

表 1-5 辐射工作人员职业健康管理情况一览表

序号	姓名	辐射防护培训合格编号	培训有效期	体检	个人剂量计编号	无损检测人员资格证编号
1	熊涛	FS23CQ1200009	2028 年	2025 年合格	294-001	500101198707043116
2	周业航	FS22CQ1200016	2027 年	2025 年合格	294-003	500222199311143737

续表 1 项目基本情况

3	龙海滨	FS23CQ1200003	2028年	2025年合格	294-005	500382198711163590
4	李亮	FS23CQ1200007	2028年	2024年合格	294-006	500221198702266178
5	魏鑫	FS23CQ1200055	2028年	2024年合格	294-009	51132119981101815X
6	邓泽建	FS23CQ1200035	2028年	2025年合格	294-010	510222197412260011

备注：辐射工作人员负责存取放射源、运输放射源、X射线探伤室以及现场探伤操作等工作内容。

1.6 工作负荷

中宇公司主要进行现场探伤，现场探伤对象主要是电力、能源、交通、建筑等工程中的金属结构。本项目 X 射线探伤室主要用于对工程公司焊接工作人员焊接培训使用的样品工件进行无损检测，工作量相对较少，检测工件主要为小型样品。

探伤室内设备工作负荷见表 1-6，使用 γ 源探伤机和 X 射线探伤机进行现场探伤的工作负荷见表 1-7，项目原辅料使用情况见表 1-8。

表 1-6 探伤室内设备工作负荷一览表

设备型号	设备数量	单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间	周最大曝光次数	周最大曝光时间
XXGHZ-2505	1	3min	100次	5h	10次	0.5h
XXG-2505A	1	3min	100次	5h	10次	0.5h
XXG-3005A	1	3min	200次	10h	10次	0.5h
XXG-2505	2	3min	200次	10h	10次	0.5h

表 1-7 现场探伤设备工作负荷一览表

设备型号	设备数量	单次曝光时间	总年最大曝光次数	总年最大曝光时间	总周最大曝光次数	总周最大曝光时间
X 射线探伤机						
XXGHZ-2505	1	3min	500次	25h	30次	1.5h
XXG-2505A	1	3min	1000次	50h	30次	1.5h
XXG-3005A	1	3min	1000次	50h	30次	1.5h
XXG-2505	2	3min	2000次	100h	60次	3h
γ 源探伤机						
TS-IA(^{192}Ir 源)	4	20min	300次	100h	30次	10h
TS-IS(^{75}Se 源)	1	20min	150次	50h	10次	3.3h

备注：一般现场探伤作业选择 X 射线探伤机，只有在现场条件无法满足 X 射线探伤机的使用（探伤部位 X 射线探伤机无法放置等情况）和探伤工件壁厚超过 X 射线探伤能力时才选择 γ 源探伤。 γ 源探伤机在对同一个工件进行探伤时，可能分部位多次进行，一个部位可能持续数分钟，为便于统计，按一个探伤工件开始和结束作为一次探伤曝光作业。

续表 1 项目基本情况

表 1-8 原辅材料一览表				
序号	名称	最大使用量	来源	主要化学成分
1	胶片	约 12000 张/a (含废胶片)	外购	卤化银和涤纶
2	定影液	35kg/a	外购	硫代硫酸钠、冰醋酸、硼酸硫酸铝钾、无水亚硫酸钠、溴化钾
3	显影液	70kg/a	外购	米吐尔(N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐)、无水硫酸钠、对苯二酚、无水亚硫酸钠、溴化钾

备注：定影液和显影液为浓缩型，使用时，以药水比 1:4 的比例兑水使用；X 射线探伤机中的定向机曝光一次需要 1 张胶片；周向机一次曝光平均按 5 张胶片计；γ 源探伤机一次曝光平均按 10 张胶片计。

1.7 外环境概况

本项目探伤室和储源库位于白市驿基地焊接厂房东南侧，白市驿基地总平面示意图见附图 2。

焊接厂房四周相邻区域为室外道路、绿化、库房、液氧罐区和车库等，其周边外环境关系情况见表 1-9。辐射环境保护目标为项目储源库和探伤室周围 50m 范围内的辐射工作人员和公众成员。本项目洗片室和危废暂存间位于白市驿基地培训中心大楼 1 层，培训中心大楼四周均为白市驿基地室外道路、绿化。

表 1-9 探伤室和储源库所在厂房周围外环境关系一览表

序号	名称	方位	最近距离 (m)	环境特征
1	厂区道路、绿化带等	北侧、南侧	紧邻	白市驿基地内室外绿化、道路
2	培训中心大楼	北侧	约 15m	白市驿基地内建筑，4F
3	车库		约 40m	白市驿基地内建筑，1F
4	堆场		约 15m	白市驿基地户外区域
5	库房、液氧罐区	东侧	紧邻	白市驿基地公用设施及用房
6	重庆奇庆机电有限公司		约 35m	相邻工业企业
7	重庆帛航齿轮有限公司	南侧	约 10m	相邻工业企业
8	过道	西侧	紧邻	建筑间过道
9	车库		约 2m	白市驿基地内建筑，1F

中宇公司主要服务对象是电力、公路等工程领域，探伤现场一般在电缆、管道安装使用现场。故探伤现场不固定，其周围环境各不相同，周围环境保护目标亦是不定的。

1.8 选址可行性

续表 1 项目基本情况

本项目 X 射线探伤室和放射源储源库相邻布置在白市驿地基焊接厂房东南侧，位于所在建筑物一端。本项目属于租赁场地，场地本身属于工业用地，项目评价范围内均为工业企业，无学校、医院、居住区、自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区等敏感区域，也无环境制约因素，人口密度低，开发前景小。焊接厂房出入口为基地内部道路，可通往市政道路，交通便利。本项目储源库仅用于中宇公司存放自有放射源，不对外服务。

储源库和 X 射线探伤室四周相邻区域均在白市驿基地内，主要为焊接厂房内走廊、库房以及户外区域，工作场所周边相邻位置公众驻留时间很短。两间用房相邻布置，便于管理，楼上楼下无建筑。工作场所主要用于 γ 源探伤机放射源暂存和工程公司焊接人员培训使用的焊接工件无损检测，使用次数较少，选择在厂房角落，利于辐射防护和安全管理。根据后文环境辐射监测结果，本项目所在区域环境 γ 辐射剂量率在重庆市 2024 年天然辐射本底水平正常涨落范围内。经后文辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，选址可行。

本项目探伤作业点分布在全国范围内，主要涉及电力、能源、交通、建筑等工程中的金属结构。中宇公司开展工业探伤前，根据探伤现场的具体情况，制定探伤作业方案，按照相关要求划定控制区、监督区范围，并进行清场，确定其范围无其他人员滞留；并按相关要求采取相应辐射安全防护措施以确保安全。电力工程项目探伤现场一般位于野外，周围活动的人员少，避开人员密集时段，X 射线探伤机的主射方向和 γ 源探伤室源窗口方向尽可能朝向地面。在企业 and 城市区域进行探伤时，安排在夜间进行，避开人员密集时段，并严控探伤作业区附近人员进入控制区；同时，设备主射方向尽可能朝向已有构筑物或地面，减少对周围环境的影响。

根据上述分析，从辐射安全和环境保护角度，在采取相应措施后，本项目的现场探伤选址是可行的。

1.9 项目建设背景

1.9.1 项目用房的环保手续情况

本项目使用中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地预留用房，与白市驿基地同期设计和施工，建成后一直空置。白市驿基地建设项目环境影响评价于 2011 年

续表 1 项目基本情况

完成，并于 2011 年 12 月取得了原重庆市九龙坡区环境保护局出具的环境影响评价文件批准书：渝（九）环准[2011]234 号。白市驿基地建成后，于 2015 年 7 月完成了竣工环境保护验收，并取得了原重庆市九龙坡区环境保护局出具的验收批复：渝（九）环验[2015]060 号。

1.9.2 公司核技术利用项目开展情况

1、公司原有核技术项目环境影响评价手续

重庆中宇建设工程质量检测有限公司为专业的无损检测单位，公司主要开展现场探伤作业，配置有多台 X 射线探伤机和 γ 源探伤机，在重庆市南岸区南坪金子村 101 号中国电建集团重庆工程有限公司焊培中心一楼建设有 1 间探伤室，并在探伤室的角落设置储源区域。重庆中宇建设工程质量检测有限公司使用相关放射源、射线装置、工作场所等建设内容于 2007 年完成了环境影响评价，并取得了原重庆市环境保护局出具的环境影响评价审批意见书。批准的 X 射线探伤机共 8 台，其中最高电压为 320kV，均为 II 类射线装置。批准的放射源共 7 枚，均为 II 类放射源，总活度为 $2.65 \times 10^{13} \text{Bq}$ 。

2、辐射安全许可情况

重庆中宇建设工程质量检测有限公司已办理了辐射安全许可证，证号为：渝环辐证（00257），有效期至 2028 年 1 月 30 日。根据辐射安全许可证内容，公司开展的核技术利用项目为使用 II 类放射源、使用 II 类射线装置，许可的放射源共 7 枚，射线装置共 8 台。

根据公司提供的资料，公司目前正在使用中的共有 4 枚放射源和 5 台 X 射线探伤机，其中放射源包括 3 枚 ^{192}Ir 源（活度 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ ）和 1 枚 ^{75}Se 源（活度 $3.0 \times 10^{12} \text{Bq}$ ），X 射线探伤机包括 1 台 XXGHZ-2505 型便携式周向探伤机（250kV、5mA）、1 台 XXG-2505A 型便携式定向探伤机（250kV、5mA）、1 台 XXG-3005A 型便携式定向探伤机（300kV、5mA）、2 台 XXG-2505 型便携式定向探伤机（250kV、5mA）。根据公司实际使用射线装置和放射源情况，公司已更新了辐射安全许可证副本台账。本项目环评后，将减少放射源的许可使用数量、减少射线装置的使用数量。

公司已许可及实际使用的密封源情况见表 1-10，公司目前实际使用的 X 射线探伤机见表 1-11。

续表 1 项目基本情况

表 1-10 公司放射源许可及使用情况一览表

序号	核素	类别	许可情况		用途	使用情况		
			活度 (Bq)	数量		出厂活度	数量	生产厂家
1	¹⁹² Ir	II类	3.7×10 ¹² Bq	6 枚	γ源探伤	3.7×10 ¹² Bq	3 枚	成都中核高通
2	⁷⁵ Se	II类	4.3×10 ¹² Bq	1 枚	γ源探伤	3.0×10 ¹² Bq	1 枚	成都中核高通

表 1-11 公司使用的 X 射线探伤装置一览表

序号	设备名称	型号	类型	类别	数量(台)	备注
1	便携式探伤机	XXGHZ-2505	周向	II	1	使用中
2	便携式探伤机	XXG-2505A	定向	II	1	使用中
3	便携式探伤机	XXG-3005A	定向	II	1	使用中
4	便携式探伤机	XXG-2505	定向	II	2	使用中

3、公司现有辐射安全措施及管理情况

(1) 辐射工作人员

公司现有 6 名辐射工作人员，均持有无损检测资格证书，根据辐射工作人员管理要求，公司定期组织辐射工作人员进行职业健康检测、参加辐射防护培训，为工作人员配备个人剂量计并每三个月进行一次个人剂量监测，具体信息见表 1-4。根据公司提供的最近 4 个季度工作人员个人剂量监测报告，最近一年 6 名辐射工作人员个人剂量监测结果均低于 5mSv，且单季度低于 1.25mSv。

(2) 现有辐射工作场所情况

中宇公司主要从事现场探伤作业，工作场所在全国范围内的各个项目现场，另在重庆市南岸区南坪金子村 101 号中国电建集团重庆工程有限公司的焊培中心 1 楼建设有 1 间 X 射线探伤室，该房间同时作为放射源和 X 射线探伤机库房。目前，该房间不从事 X 射线探伤工作，主要用途为存放放射源和 X 射线探伤机。房间内设置储源保险柜和置物架。探伤室出入口门设置门锁，内部设置监控。

公司每年委托有资质单位对现有密封源存放场所进行辐射监测，根据 2025 年监测结果表明，现有储源场所外周围剂量当量率满足要求。

(3) 现有辐射监测仪器和现场安全防护措施

为满足探伤作业的需求，公司配备了 8 台个人剂量报警仪、2 台辐射剂量巡测仪等辐射监测仪器，为现场探伤配备了铅防护服、警戒线、电离辐射警告标志、警示中文提示牌、扩音器、警报灯等安全防护措施。

续表 1 项目基本情况

(4) 现有危废处置情况

公司在重庆市南岸区南坪金子村 101 号中国电建集团重庆工程有限公司内设置了 1 间洗片室，用于清洗胶片和废物暂存，现场探伤产生的胶片尽可能运回公司洗片室洗片，不能运回的，现场洗片在临时搭建的洗片室进行，采用手动洗片槽，废液和胶片统一储存，然后带回公司进行后续处置。公司现有危废全部统一由中国电建集团重庆工程有限公司进行后续处理，中国电建集团重庆工程有限公司已与有资质单位签订危废处置协议，处置内容中包括定/显影液等。

(5) 放射源运输、现场存放和回收处置

公司放射源从南坪储源场所运输到项目现场采用专用运输车辆，车辆内置 GPS 定位装置，粘贴电离辐射警告标志，运输过程中车厢密闭上锁。探伤项目现场设置独立的临时储源场所，并按双人双锁管理。公司已于放射源生产单位签订放射源回收协议，放射源更换和回收均由生产厂家负责。

(6) 辐射防护管理制度

公司制定了各项辐射防护管理制度，包括《安全工作管理办法》《射线检测辐射防护管理办法》《放射源安全管理规定》《射线探伤装置安全管理规定》《射线辐射剂量监测管理规定》《射线检测人员健康管理规定》《辐射工作人员培训管理规定》《辐射工作人员个人剂量计管理规定》《辐射安全与环境保护领导管理小组职责》《射线探伤作业人员安全行为准则》《射源库值班巡查制度》《 γ 探伤机操作规程》《X射线机操作规程》《射线检测告知和现场警戒管理规定》《辐射安全应急处理措施》《放射源事故应急预案》等制度以及各类台账表格，可以满足现有核技术利用项目得运行管理需求。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq×4	II	使用	无损检测	全国范围内现场探伤	放射源密封储存于γ射线探伤机源容器内，贮存于储源室源坑以及探伤现场的储源库内	/
2	⁷⁵ Se	3.7×10 ¹² Bq	II	使用	无损检测	全国范围内现场探伤		/
以下空白								

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 (MV)	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 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注	
1	便携式探伤机(周向)	II	1	XXGHZ-2505	250	5	X 射线探伤	白市驿基地 X 射线探伤室、全国范围内现场探伤	原有	
2	便携式探伤机(定向)	II	1	XXG-2505A	250	5	X 射线探伤		原有	
3	便携式探伤机(定向)	II	1	XXG-3005A	300	5	X 射线探伤		原有	
4	便携式探伤机(定向)	II	2	XXG-2505	250	5	X 射线探伤		原有	
以下空白										

(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	
本项目不涉及中子发生器。													

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
废定影液	液态	/	/	/	约 0.35t	/	设置 3 个废液收集桶,分别收集在对应的废液收集桶内,暂存在本项目洗片室南侧的危废暂存间	定期交有危废处理资质的单位收集处置,并签订协议交当地有危废处理资质的单位收集处置,并签订协议。
废显影液	液态	/	/	/	约 0.7t	/		
清洗废液	液态	/	/	/	约 0.7t	/		
废胶片	固态	/	/	/	约 0.12t	/	危废暂存间暂存	
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	排风扇引至探伤室外排放,储源库和现场探伤产生的废气自然逸散
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	在公司的工作人员产生的生活污水依托园区生化池处理后排入市政污水管网,现场探伤工作人员依托探伤现场的生活污水处理设施
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	厂区生活垃圾暂存点	环卫统一处置
报废的 X 射线探伤机	固态	/	/	/	/	/	/	X 射线装置报废后,去功能化,然后按公司相关要求处理,保留手续,并做好相关记录存档。
废旧放射源	固态	/	/	/	/	/	/	生产厂家回收
报废的放射源探伤机	固态							内置放射源和探伤机机体均由生产厂家回收,保留相关手续,并做好相关记录存档。

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

<p>法律 法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日修订施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修正施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日修订施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行；中华人民共和国国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订施行；中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日第二次修订施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中华人民共和国生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日第四次修正施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(10) 《射线装置分类》，环境保护部和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；</p> <p>(11) 《关于发布<放射源分类办法>的公告》，公告 2005 年第 62 号；</p> <p>(12) 《国家危险废物名录》（2025 年版）；</p> <p>(13) 《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令第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《关于印发<关于γ射线探伤装置的辐射安全要求>的通知》，环发（2007）8 号，2007 年 1 月 15 日起施行；</p> <p>(15) 《放射性物品运输安全许可管理办法》，环保部令第 11 号，2010.11</p>
-------------------------	--

续表 6 评价依据

<p>法律 法规 文件</p>	<p>施行；</p> <p>(16) 《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》，环办函[2014]1293号，2014.10 施行；</p> <p>(17)《放射性物品道路运输管理规定》，交通运输部令 2016 年第 71 号，2016.9 施行；</p> <p>(18) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(19) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430 号，2016 年 3 月 7 日起施行；</p> <p>(20) 《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，环办辐射函〔2017〕609 号，原环境保护部办公厅，2017 年 4 月 21 日起施行；</p> <p>(21) 《放射性废物分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(22) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第 23 号，2022 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(23) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发</p> <p>(24) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，生态环境部公告 2021 年第 9 号，2021 年 3 月 15 日起实施；</p> <p>(25) 《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》，2006 年 9 月 26 日。</p> <p>(26) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日修订；</p> <p>(27) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第338号，2021年1月1日起施行；</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(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</p>

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》及第 1 号修改单(GBZ/T250-2014)；

(6) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；

(7) 《环境辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；

(8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；

(9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》
(HJ1326-2023)；

(10) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)；

(11) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012)；

(12) 《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》
(GBZ114-2006)；

(13) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)；

(14) 《 γ 射线探伤机》(GB/T 14058-2023)；

(15) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002)；

(16) 《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276- 2022)；

(17) 参考《核技术利用放射性废物库 选址、设计与建造技术规范》(HJ
1258—2022)；

(18) 参考《放射性测井辐射安全与防护》(HJ 1325—2023)。

其他	<p>(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1；</p> <p>(2) 本项目备案证，支撑性材料附件 2；</p> <p>(3) 白市驿基地建设环评批复，支撑性材料附件 3；</p> <p>(4) 中宇公司使用白市驿基地用房的说明，支撑性材料附件 4；</p> <p>(5) 辐射安全许可证，支撑性材料附件 5；</p> <p>(6) 监测报告，支撑性材料附件 6；</p> <p>(7) ICRP33 号报告；</p> <p>(8) NCRP147 号报告；</p> <p>(9) 《放射防护实用手册》（济南出版社赵兰才张丹枫主编）；</p> <p>(10) 《辐射防护导论》（原子能出版社方杰主编）；</p> <p>(11) 《电离辐射剂量学》（原子能出版社李士骏）；</p> <p>(12) 公司提供的建筑项目用房施工图纸等其他资料。</p>
----	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目辐射源为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《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）的相关规定，并结合项目辐射源传播与距离相关的特性，确定以白市驿基地储源库和 X 射线探伤室边界外 50m 范围内以及公司现场探伤作业点监督区范围内作为辐射环境的评价范围，现场探伤具体范围见表 11-6~表 11-11。

环境保护目标

1、储源库和 X 射线探伤室

根据工作场所外环境和中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地内建筑分布情况，本项目 50m 评价范围中的，北侧和西侧均在中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地内，南侧和东侧 50m 评价范围内有相邻的其他工业企业。因此，本项目环境保护目标主要为工作场所所在大楼内区域、中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地其他区域活动的人群和相邻工业企业厂区内活动人群等。项目评价范围及环境保护目标分布情况见附图 2。

储源库和 X 射线探伤室周围环境保护目标统计见表 7-1，本项目环境影响因子为电离辐射。

表 7-1 储源库和 X 射线探伤室周围环境保护目标一览表

序号	名称	方位	水平距离 (m)	敏感目标特性	受影响人群
1	焊接厂房内区域（包括废料间、机加工室、原材料库等）	北	相邻~10	项目所在厂房内区域，约 10 人	公众成员
2	室外道路、绿化、堆场		约 10~50	白市驿基地厂区内户外区域，约 10 人	公众成员
3	培训中心楼		约 25~50	白市驿基地厂区大楼，4F，约 50 人	公众成员
4	车库		约 49~50	白市驿基地车库，1F，约 10 人	公众成员
5	操作室		相邻~2	X 射线探伤室操作室，约 5 人	辐射工作人员
6	焊接厂房内区域（包括走廊、工器具库、焊条烘烤室、练习间等）	西	相邻~50	项目所在厂房内区域，约 20 人	公众成员
7	室外绿化	南	相邻~15	白市驿基地厂区内户外区域，约 5 人	公众成员
8	重庆帛航齿轮有限公司		15~50	工业企业，约 100 人	公众成员
9	液氧罐区、库房	东	相邻~8	白市驿基地厂区内辅助用房及设施，库房为 1F，液氧罐区露天，约 5 人	公众成员
10	室外绿化、道路		约 8~35	白市驿基地厂区内户外区域，约 5 人	公众成员
11	重庆奇庆机电有限公司		约 35~50	工业企业，约 100 人	公众成员

备注：所有环境保护目标与项目用房之间没有高差，在同一地平高度。焊接厂房上空无行车。

储源库和 X 射线探伤室相邻布置，因此合并列出周围环境保护目标。

续表 7 保护目标与评价标准

2、现场探伤

本项目现场探伤对象主要是电力、能源、交通、建筑等工程中的金属结构，项目现场主要位于野外，周围活动的人员少，当现场在工业企业厂区或城市区域时，探伤作业则安排在夜间进行，避开人员密集时段，周围活动的人员少。

现场探伤前，必须根据探伤作业区的实际情况划定控制区、监督区范围，并进行清场，确定其范围无其他人员滞留，并严控探伤作业区周边人员通过任何方式进入控制区；若不易清场时，应采用铅板对探伤机运行产生的射线进行屏蔽，以缩小控制区、监督区的范围，并根据实际情况优化主射线出束方向，尽可能朝向地面、山体或已有构筑物，避开周边环境保护目标。因此，公司开展工业探伤期间，周边环境保护目标主要有辐射工作人员以及周围活动的公众成员（包括警戒、巡视人员）。

公司根据客户订单开展工业探伤，故探伤现场地点不固定，其周围环境因公司承接的订单变化而变化，对周围辐射环境的影响随着订单完成而结束。因此，项目工业探伤现场周边环境不固定，周边环境保护目标亦是不定的。根据项目特性，项目探伤现场周边环境保护目标见表 7-2。

表 7-2 项目探伤现场周边环境保护目标一览表

保护目标		与探伤机的位置关系		备注
		相对方位	距离 (m)	
辐射工作人员		X 射线探伤机：非主射方向（定向）、不定（周向）	控制区外	每个探伤作业场所不少于 2 人
		γ 源探伤机	控制区内	
公众成员	警戒、巡视辅助人员（委托探伤单位指派）	不定	监督区外	2~3 人（按需配置）
	施工场地其他工作人员	不定	监督区外	少数
	其他公众成员	不定	监督区外	少数

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。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

B1.1.1.1 应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。

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

20mSv。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.2 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超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

第 5 条 探伤机的放射防护要求

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（本报告表 7-3）的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。

表 7-3 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.2 γ 射线探伤机

5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 2（本表 7-4）规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。

表 7-4 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机代号	最大周围当量剂量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05
固定式	F	1	0.1

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h 或者审管部门批准的控制水平；

第 6 条 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

第 7 条 移动式探伤的放射防护要求

7.2 分区设置

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。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的区域划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7h ，控制区边界周围剂量当量率应按下列公式计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau}$$

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 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)；

100— 5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

τ —每周实际开机时间，单位为小时 (h)；

b) 对于 γ 射线探伤，控制区距离的估算方法参见本标准附录 A

项目每个探伤作业点的便携式 X 射线探伤机每周曝光时间不超过 7h 。因此，项目探伤作业点的控制区范围取值 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 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。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

第 3.1.1 条 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要

求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c,ed}$)：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

第 3.1.2 条 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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

第 3.2 条 需要屏蔽的辐射

第 3.2.2 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

(4) 《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)

5.8 距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以下的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 $0.05 \text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ ；距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 $0.2 \text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

5.9 密封 γ 放射源容器外表面的非固定性放射性污染， β 不得超过 $4 \text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ ， α 不得超过 $0.4 \text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。

(5) 《核技术利用放射性废物库 选址、设计与建造技术规范》(HJ 1258—2022)

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

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

6.11.2.1 接收的废(旧)放射源及放射性废物包装表面的空气吸收剂量率小于 $2 \text{mSv}/\text{h}$ ，表面 1m 处剂量率小于 $0.1 \text{mSv}/\text{h}$ 。

本项目储源库参考该标准执行。

(6) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)

本次评价采用相关的内容如下：

货包、外包装、运输罐和集装箱的堆集限额按如下规定控制。

8.4.2.3 b)：常规运输条件下，在交通工具外表面任意一点上的辐射水平不得超过

2mSv/h，在距表面 2m 远的任意一点处不得超过 0.1mSv/h。

(7) 《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325—2023)

6.1 源库

6.1.9 源库墙体、门窗、室顶等屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。墙体、门窗的材料与结构要具有防盗与防火功能。

(8) 评价标准及相关参数值

①年剂量管理目标值

根据建设单位提供的资料，本项目取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为辐射工作人员的年有效剂量管理目标值，取公众照射剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值，满足 GB18871-2002 的规定。

②X 射线探伤室外控制水平核算

上述标准中《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 对探伤室屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平有规定，本评价按照其相关要求保守计算屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算如下：

A: 居留因子

根据 GBZ/T250-2014 附录 A，不同场所的居留因子选取如表 7-5 所示。

表 7-5 不同场所的居留因子

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

备注：后文计算中的居留因子参照本表取值，后文不再提及。

B: 探伤室屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算

本项目所有探伤机在探伤室内每周总的曝光次数约 50 次，每次设备出束时间约 3min，周工作时间约 2.5h。探伤室屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算结果见表 7-4，导出剂量率参考控制水平按照 GBZ/T250-2014 条款 3 的计算要求进行。

关注点剂量率控制水平计算公式：

$$H_{c,d} = H_d / (t \cdot U \cdot T)$$

H_c 一周剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)

t —探伤装置周照射时间, h

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子

T —人员在相应关注点驻留的居留因子

表 7-6 剂量率控制水平核算表 单位: $\mu\text{Sv/h}$

场所名称	屏蔽体外关注点		H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	T	$H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽体剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)
	方位	紧邻环境情况					
X 射线探伤室	北	储源库	5	1/5	2.5	10	2.5
	东	液氧罐区	5	1/40	2.5	80	2.5
	南	室外绿化	5	1/40	2.5	80	2.5
	西	操作室	100	1	2.5	40	2.5
		工器具库 (距探伤室约 2m)	5	1/5	/	10 (关注点处)	/
	顶棚	厂房上空	5	/	100	/	100

注: 探伤室顶棚需要借助工具方可到达, 其顶棚外周围剂量率控制值执行 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

③项目剂量限值与污染物排放指标

综上所述, 结合本项目实际情况, 确定本项目的主要评价要求见表 7-7 所示。

表 7-7 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 公众成员: 0.1mSv	GB18871-2002 公司管理要求 参考 HJ 1258-2022
2	X 射线探伤室外剂量率要求	探伤室四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$; 探伤室顶棚屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 100\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
3	储源库剂量率要求	库房盖板正上方 0.5m 处的最大剂量率不超过 $20\mu\text{Sv/h}$; 库房屏蔽体外表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。 储源库屏蔽体外公众能接近的最近处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ117-2022 HJ1258-2022 参考 HJ 1258-2022、 HJ1325-2023
4	现场探伤剂量率要求	控制区边界: $15\mu\text{Sv/h}$; 监督区边界: $2.5\mu\text{Sv/h}$	GBZ117-2022
5	源容器外表面剂量率	当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖 (若有) 时, 源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过: 表面 5cm 处 0.5mSv/h ; 表面 100cm 处 0.02mSv/h 。	GBZ117-2022 GBZ114-2006
6	储源容器表面放射性污染要求	密封 γ 放射源容器外表面的非固定性 β 放射性污染不得超过 $4\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$	GBZ114-2006

7	周剂量控制水平	职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 公众： $H_c \leq \mu\text{Sv}/\text{周}$	GBZ/T250-2014
8	通风要求	X射线探伤室有效通风换气次数应不小于3次/h	GBZ117-2022

备注：源容器外表面剂量率根据 GBZ117-2022、GBZ114-2006 要求执行更严格值。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目涉及辐射工作场所包括重庆市九龙坡区白市驿镇海龙村中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地内的探伤室和储源库，其位于白市驿基地焊接车间东南侧。工作场所地理位置图见附图 1，白市驿地基厂区平面布置图见附图 2，项目工作场所位置见附图 3 等图。项目洗片和危废暂存等场所均设置在白市驿基地培训中心大楼 1 层内，培训中心大楼 1 层平面图见图 5。

项目探伤现场位于全国范围内，具体场所根据公司承接的订单确定。

8.2 固定式探伤辐射环境现状

本项目 X 射线探伤室和储源库使用中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地已建成的预留用房，为掌握本项目拟建址辐射环境质量现状，本次环评委托重庆泓天环境监测有限公司于 2025 年 9 月 9 日对中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地内的重庆中字建设工程质量检测有限公司使用的储源库和 X 射线探伤室拟建址环境 γ 辐射剂量率背景值进行了监测。监测结果和监测布点见支撑性材料附件，监测报告号：渝泓环（监）[2025]1197 号。

8.2.1 监测因子

环境 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

(1) 监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

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》HJ1157-2021

(2) 监测点位选取

共设 9 个监测点位，具体监测布点见图 8-1，监测点位情况见表 8-2。

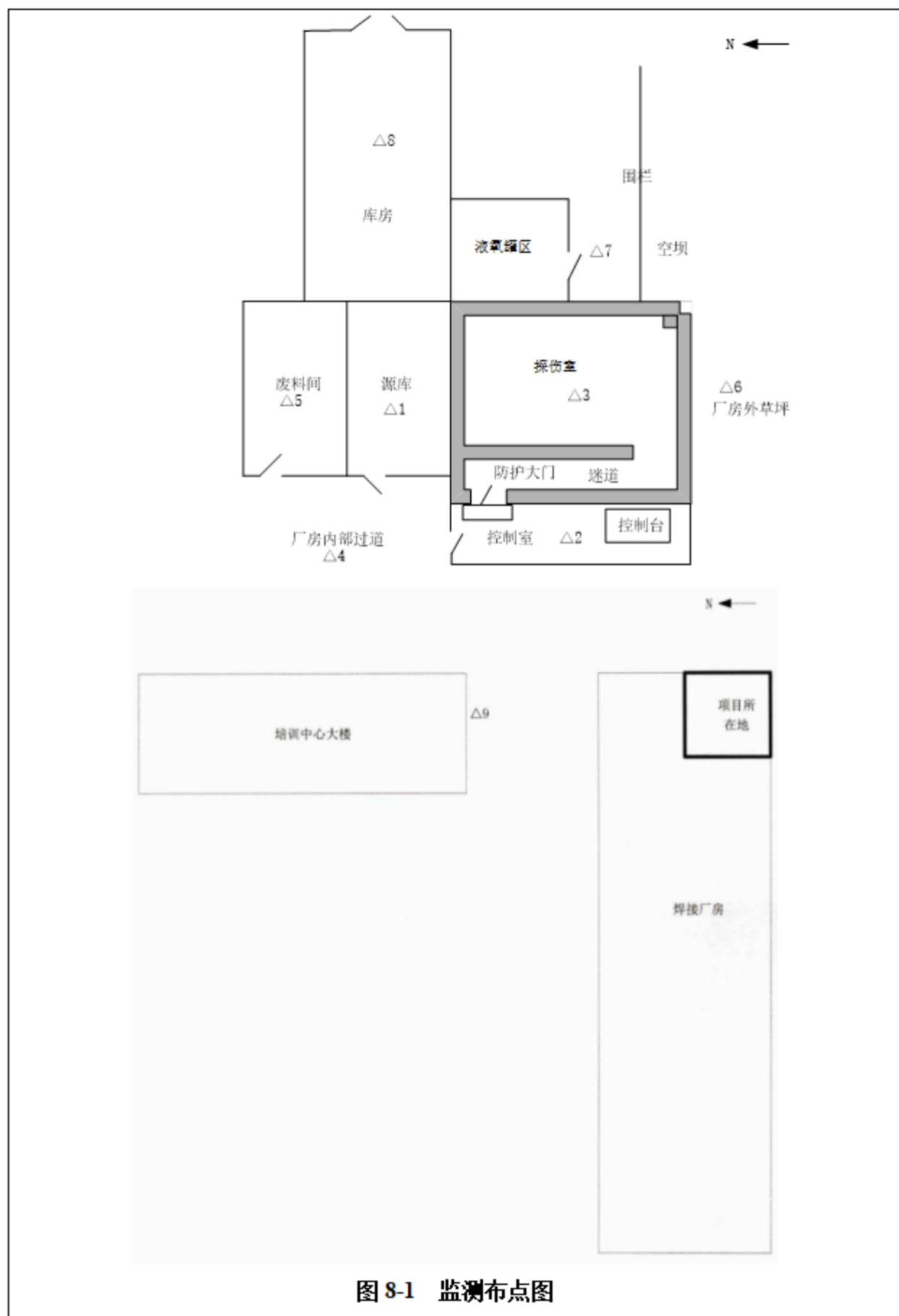


图 8-1 监测布点图

表 8-2 监测点位描述

监测因子	监测点位	监测对象	监测点位描述
环境γ辐射剂量率	△1	拟建储源库和 X 射线探伤室内及配套用房	拟建储源库
	△2		拟建 X 射线探伤室操作室
	△3		拟建 X 射线探伤室
	△4	工作场所相邻用房（厂房内）	厂房内过道
	△5		废料间
	△6	工作场所相邻用房（厂房外）	室外绿化
	△7		液氧罐区
	△8		库房
	△9		室外道路（培训中心大楼旁）

监测点位合理性分析：本项目布置了 9 个监测点位，监测点位分别布设在储源库和 X 射线探伤室内部、相邻区域及焊接厂房外其他环境保护目标处，监测点位布置全面，监测布点能够反映本项目拟建址及周围环境保护目标的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理。

(3) 测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用剂量率仪直接测量出点位上的环境γ辐射剂量率。

8.2.3 质量保证措施

1、监测仪器

本项目委托有资质的单位重庆泓天环境监测有限公司进行监测，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-3。

表 8-3 监测仪器及检定情况

仪器名称及型号	测量范围	计量校准证书编号	有效期至	校准因子
环境监测用 X、γ辐射巡检仪 RGM5200	10nSv/hr~ 100uSv/h	2024112106273	2025.12.2	1.12

2、监测人员及报告审核制度

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核、审定，最后由授权签字人签发。

8.2.4 监测结果

监测结果统计见表 8-4。

表 8-4 环境 γ 辐射剂量率背景值监测结果统计

序号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率测量值 (nGy/h)
△1	储源库	86
△2	操作室	77
△3	X 射线探伤室	73
△4	厂房内部过道	80
△5	废料间	86
△6	厂房外草坪	85
△7	液氧罐区	85
△8	库房	84
△9	厂区室外道路	83

备注：① $1\mu\text{Gy/h}=1000\text{nGy/h}$ 。

②以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。

根据监测统计结果可知，本项目拟建址环境 γ 剂量率的监测值在 $73\text{nGy/h}\sim 86\text{nGy/h}$ （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（简化版）》，2024 年重庆市环境 γ 辐射剂量率各点位测量均值范围为 $79.2\sim 108\text{nGy/h}$ 、全市各点位年均值为 96.1nGy/h （均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境背景调查表明，场址及周围的环境 γ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。

8.3 现场探伤辐射环境现状

项目探伤现场为全国范围内，本环评以《2024 年中国生态环境状况公报》作为辐射环境质量现状评价依据。根据《2024 年中国生态环境状况公报》，全国 31 个省份环境 γ 辐射剂量率连续监测年均值范围在 $48.5\sim 262.6\text{nGy/h}$ 之间，环境 γ 辐射剂量率均处于当地天然本底涨落的正常范围内。一般情况下探伤现场无其他核技术利用项目，建设单位应根据探伤现场的具体情况或需要，开展辐射环境质量现场调查。

8.4 公司现有辐射工作场所辐射环境现状

公司每年委托有资质单位对公司储源场所和现场探伤项目场所进行辐射剂量率检测，根据公司提供的监测报告，2025 年 7 月，重庆新天地环境检测技术有限公司对中宇公司现有储源场所和现场探伤场所进行了监测。根据监测结果，中宇公司现有储源库外周围剂量率均属于环境本底辐射水平，现场探伤作业监督区边界、工作人员操作位、其他相邻代表性监测点位等处的周围剂量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。本项目运行后，公司办公、放射源储存等均搬迁至本项目相关工作区域，现有辐射工作场所将按照要求进行退役。

表9 项目工程分析与源项

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目用房为白市驿基地预留用房，主体结构已建成，本项目施工期主要为各类安全防护设施的安裝、探伤室顶棚混凝土加厚以及洗片室地面防渗和隔出危废暂存间。整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。产生的废弃物主要为少量建筑垃圾、设备设施外包装、安装人员生活垃圾和生活污水等，剩余建材、外包装等交物质回收部门处置，少量弃渣在白市驿基地厂区范围内荒地平场，生活垃圾统一收集后由当地环卫部门集中处置，生活污水依托白市驿现有污水处理设施处置。

项目探伤现场不涉及施工，无施工期环境影响。

9.2 运行期污染工序

9.2.1 X射线探伤

9.2.1.1 设备组成和工作方式

(1) 设备组成

本项目拟使用中宇公司现有便携式探伤机，共5台，分别为1台XXGHZ-2505便携式探伤机、1台便携式探伤机XXG-2505A、2台便携式探伤机XXG-2505、1台便携式探伤机XXG-3005A，设备组成均主要由控制器、X射线发生器、电源电缆组成，设备配置清单及主要性能参数见表9-1。

①控制器X射线

探伤机控制器所有操作均由面板上的轻触开关进行。电缆插座、电源开关及接地端设置在接线盒内。控制器由控制板、电容板、供电电源板、电感线圈、IGBT斩波模块等构成。

②X射线发生器

探伤机X射线发生器为组合式，X射线管、高压发生器与绝缘气体（SF6）一起封装在桶状铝壳内。X射线发生器一端装有风扇和散热器。X射线发生器由X射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X射线管冷却风扇、充、放气阀部件构成。

续表 9 项目工程分析与源项

设备类型	周向 X 射线探伤机	定向 X 射线探伤机	定向 X 射线探伤机	定向 X 射线探伤机
设备型号	XXGHZ-2505	XXG-2505A	XXG-2505	XXG-3005A
数量	1 台	1 台	2 台	1 台
来源	原有	原有	原有	原有
额定电压	250kV	250kV	250kV	300kV
额定电流	5mA	5mA	5mA	5mA
X 射线束辐射角	平面 360°，侧向 30°	40°	40°	40°
射线管焦点尺寸	1×2mm	2×2mm	2×2mm	2.5×2.5mm
焦距	600mm	600mm	600mm	600mm
成像方式	拍片成像	拍片成像	拍片成像	拍片成像
过滤板厚度	3mmAl	3mmAl	3mmAl	3mmAl
冷却方式	强制风冷	强制风冷	强制风冷	强制风冷
连接电缆长度	30m	30m	30m	30m

(2) 工作方式

本项目使用中宇公司原有探伤机，工作内容包括探伤室探伤和现场探伤。

探伤室探伤时，辐射工作人员在操作室操作设备。探伤作业时将 X 射线探伤机出束窗口对向待测工件，工件的另一端放置胶片，工作人员在操作室内通过控制器控制 X 射线探伤机产生 X 射线照射工件，X 射线透过工件在对面的胶片上成像，然后洗出胶片观察焊缝。

现场探伤场所为在全国范围内，主要针对电力、能源、交通、建筑等工程中的金属结构。便携式定向 X 射线探伤机多放置于管道、容器外部，便携式周向 X 射线探伤机多放置于管道、容器内部。项目配置的便携式 X 射线探伤机工作时，将其出束窗口朝向待测对象，在检查对象另一端放置胶片，主射线方向包括垂直朝向地面、垂直朝向天空/屋顶、平行地面斜向朝向天空/屋顶或斜向朝向地面等多种情况。中宇公司开展 X 射线移动式工业探伤作业前，必须根据探伤作业区的实际情况划定控制区、监督区范围，并进行清场，确定其范围无其他人员滞留，并严控移动式探伤作业区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区；根据实际情况优化主射线出束方向，尽可能朝向已有构筑物或山体，避开周边环境保护目标。

续表 9 项目工程分析与源项

便携式 X 射线探伤机位于探伤作业区的控制区范围内,利用连接线缆将其与控制台(操作箱)连接。控制台(操作箱)布置在便携式 X 射线探伤机的非主射方向上(周向机若不能避开主射方向,应尽量远离同时采取铅板进行屏蔽),并尽可能远离便携式 X 射线探伤机主射范围的位置。辐射工作人员在探伤工件上贴好胶片后离开,使用控制台(操作箱)控制便携式 X 射线探伤机曝光出束进行无损检测,同时辐射工作人员利用便携式 X 射线探伤机的延时功能,在其曝光出束前撤离至控制区外。警戒、巡视人员及少数公众成员均位于监督区外。

本项目拟使用探伤机主要性能参数见表 9-1,中宇公司现有部分探伤机照片见图 9-1。



图 9-1 本项目 X 射线探伤机照片

9.2.1.2 工作原理及工作流程

(1) 工作原理

① X 射线产生原理

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

续表 9 项目工程分析与源项

撞，就会产生韧致 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。X 射线管结构及原理示意图见图 9-2。

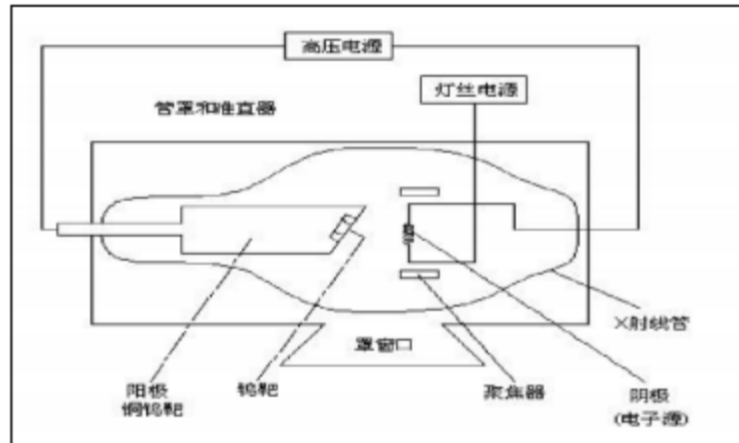


图 9-2 X 射线管原理示意图

② 胶片成像原理

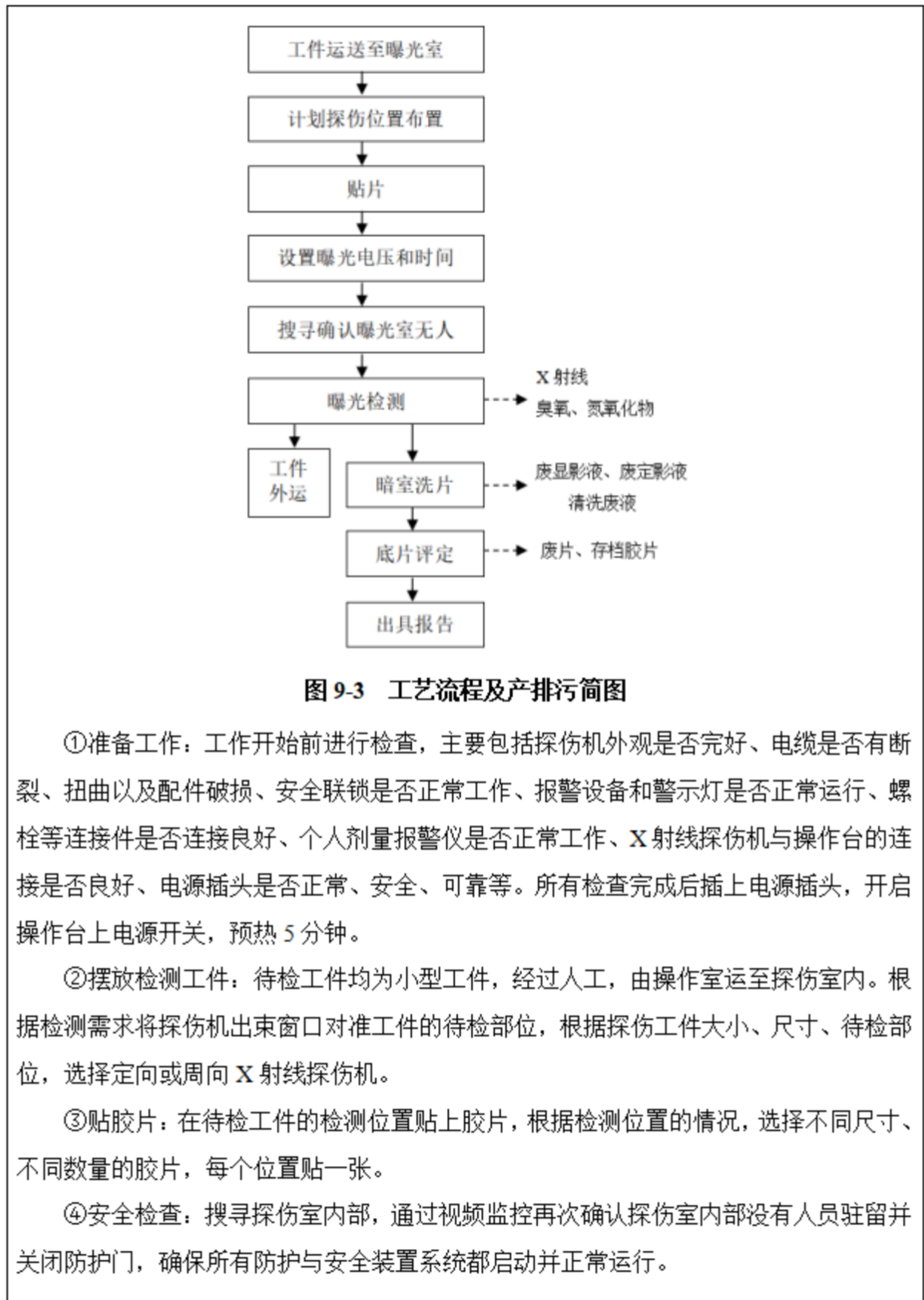
X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有个重要性质，就是能使胶片感光，当 X 射线照射胶片时，与普通光线一样，能使胶片乳剂层中的卤化银产生潜象中心，经过显影和定影后就黑化，接收射线越多的部位黑化程度越高，这个作用叫做射线的照相作用。把这种曝光过的胶片在暗室中经过显影、定影、水洗和干燥，再将干燥的底片放在观灯片上观察，根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，从而达到 X 射线无损检测的目的。

(2) 工艺流程

1) X 射线探伤室

本项目探伤室内主要用于对工程公司焊工培训使用的焊接工件进行无损检测，其工作流程与常规探伤一致，工艺流程图见图 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

⑤设置参数：开启控制器电源，确认数码管显示与拨号盘一致、初级电压指示表指针在一半位置上，否则严禁开启高压；当电源电压正常时，调节千伏选择按钮，调整到需要的值；调节时间按钮，选择需要的曝光时间，准备进行下一步骤。

⑥开机曝光：按下探伤机高压按钮前可设置延时时间，在延时阶段，会听到“嘀—嘀”警报声，延时时间到后即可启动曝光操作，出束时操作面板上的射线警示灯闪动，时间显示窗口结束倒计时，X 射线发生器开始工作，向外辐射 X 射线；当数码管显示“0.0”时，曝光结束。仪器自动切断高压，喇叭“嘟..嘟..嘟..”鸣叫 3 声，并进入 1:1 休息，数码管显示预选值，准备下一次曝光。此时，“准备”灯灭，等到与上次工作时间相等时，“准备”灯亮。

⑦洗片评片：探伤结束后由辐射工作人员取下胶片并在洗片室内进行洗片（洗片室设置洗片槽，采用手动洗片），洗片完成后在晾干区晾干，最后再评片，评片完成后所有胶片存放在公司档案室内的储存柜。本项目洗片评片工艺流程如下：

a 显影：将曝光后的胶片完全浸入显影液中，持续时间约 5~8min，实现显影；

b 停影：将显影后的胶片从显影槽中取出，在显影槽上方停留 2~3s 使滞留的药液流离洗片夹，放入装有清水的停影槽内将其上面残留的显影液清洗干净至停显；

c 定影：将停影后的胶片浸入定影液中，实现定影；

d 清洗：将定影后的胶片从定影槽中取出，放入装有自来水的清洗槽中漂洗；

e 晾干：将漂洗后的胶片在洗片室内进行自然晾干；

f 对晾干后的胶片进行评片和审片。

本项目工艺流程中工作全部由辐射工作人员操作完成。

2) 现场探伤

本项目现场探伤工艺流程图见图 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项

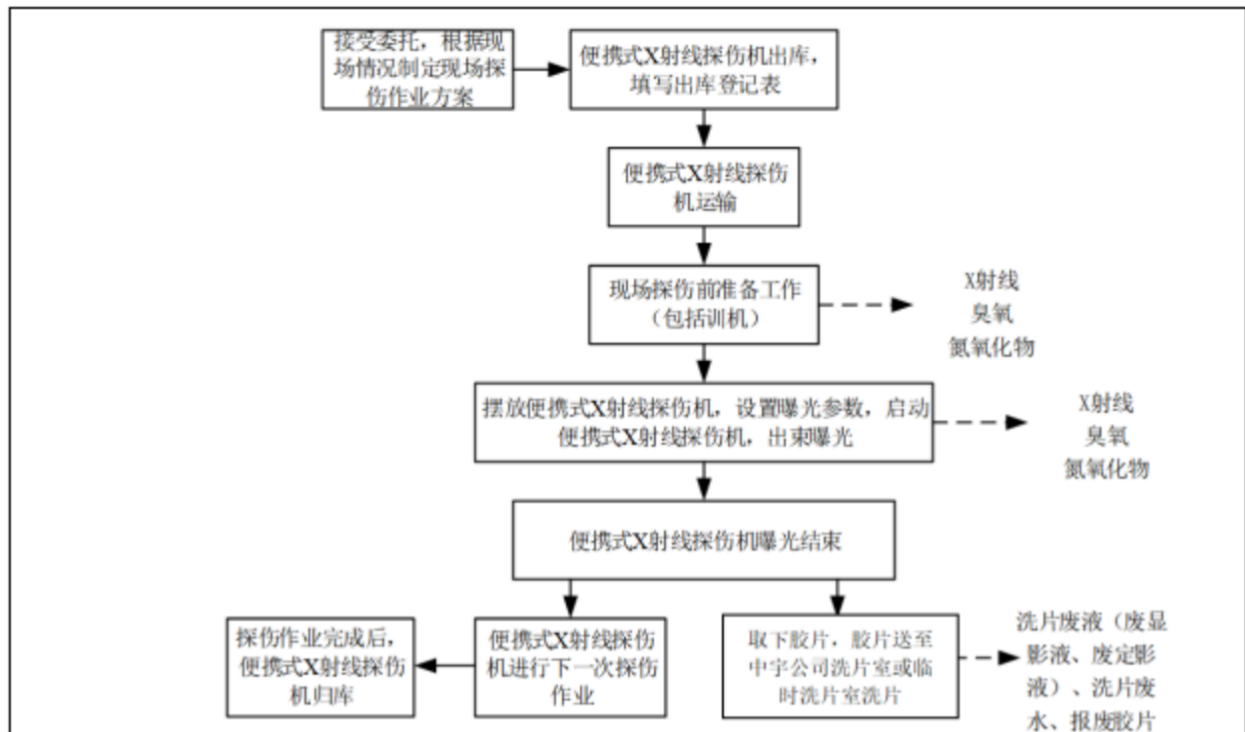


图 9-4 现场探伤工艺流程及产污环节示意图

① 接受委托、制定方案

接受现场探伤任务后实地进行现场考察，根据现场实际情况制定现场探伤作业方案，该作业方案包括探伤工况、时间、地点、控制区和监督区范围（根据理论影响距离和实际经验确定）、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工等。

②设备出库

根据设备出入库管理制度，工作人员持任务单，在出入库台账上登记，经过探伤设备库房的管理人员确认后，根据需求领取便携式定向或者周向 X 射线探伤机，并对便携式 X 射线探伤机进行初步检查（外观、电源等是否正常）。

③设备运输

中宇公司采用车辆运输便携式 X 射线探伤机至现场探伤作业点。

④探伤前工作准备

便携式 X 射线探伤机及辐射工作人员到达现场，进行探伤前的准备工作，主要包括以下几方面：

- a. 对探伤作业的具体情况提前 24 小时进行公示，在作业现场边界外公众可达地点放

续表 9 项目工程分析与源项

置安全信息公示牌，将《辐射安全许可证》、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。

b.根据探伤规范要求，工件上贴胶片，确定曝光时间、焦距、确定焦点位置，选择合适的屏蔽遮挡物，屏蔽遮挡物包括现场实体建构筑物等。

c.在现场探伤作业前进行清场，根据探伤作业方案，设置警戒线，在控制区边界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”等警示标识，在监督区边界张贴电离辐射警告标志、悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌等提示信息。夜间进行探伤作业时在监督区边界设立声光报警灯和相应的警告牌，必要时设专人警戒。

d.安排专人巡查警戒，确保探伤作业期间无公众人员误入作业区。每次探伤只使用 1 台便携式 X 射线探伤机进行探伤检测，配备 2 名操作人员，操作时同时在探伤现场。操作人员做好自身防护工作，探伤期间每名操作人员配备 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪（具有直读功能），便携式 X- γ 剂量率仪保持开启状态。同一个探伤作业场所中，操作人员不兼任警戒人员。

e.便携式 X 射线探伤机操作人员检查探伤机外观是否完好，电缆是否有断裂、扭曲以及破损，液体制冷设备是否有渗漏，安全连锁是否正常工作，报警设备和警示灯是否正常运行，螺栓等连接件是否连接良好等项目后，操作人员连接设备，探伤机通过电源线与控制箱相连，控制器与外部电源连接，控制箱接地。

f.在现场条件及检测目的允许的情况下，合理选择主射方向及工作人员操作位。在进行 X 射线现场探伤时，根据现场情况，选择一定的遮蔽物，用来减轻对非主射方向的影响，操作人员开启延时曝光功能，在曝光时尽可能利用现场已有建构筑物屏蔽躲避。

g.便携式 X 射线探伤机关机 8 小时以上，再次使用前需进行训机，训机完成后才可以正常使用。

h.首次曝光时，使用便携式 X- γ 剂量率仪进一步划定由远及近控制区和监督区边界。

⑤现场探伤

确保探伤作业前的各项准备工作完成后，正确放置便携式 X 射线探伤机，设置曝光

续表 9 项目工程分析与源项

参数。开启设备电源，进行巡测划定控制区和监督区的范围，然后进行探伤曝光作业。曝光结束后做好相关记录（参数、影像、照片和现场记录资料等），与方案一并存档备查。单次曝光结束时，关闭 X 射线探伤机，继续进行下一轮探伤直至全部探伤工作完成后，关闭 X 射线探伤机，确认探伤机已经停止工作后拆除警戒，清理现场。

⑥洗片

项目现场探伤一般在夜间进行，曝光后的胶片送回中宇洗片室进行洗片。项目采用人工手动洗片，工艺流程与探伤室洗片流程一致。

⑥设备归库

便携式 X 射线探伤机由车辆运输至探伤设备库房，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备归还。此外，便携式 X 射线探伤机的维护和维修均返回原厂家进行，中宇公司不自行维护和维修。

9.2.2 γ 源探伤机

9.2.2.1 设备组成和工作方式

(1) 设备组成

根据建设单位提供的探伤机说明书等资料，中宇公司现有 γ 探伤机均为便携式 γ 射线探伤机，采用 Ir-192 和 Se-75 放射源。它将 ^{192}Ir 和 ^{75}Se 射线穿透力强的优点与防护材料采用贫化铀所带来的便携性结合起来，使之非常适合在实验室、现场及高空作业等作业场所。外壳设计坚固，耐冲击，该设备具有闭锁自动关闭功能，可减少工作人员的近距离受照辐射。因而，该型 γ 射线探伤机广泛适用于电力、化工、石油、机械、航天等行业的管道、容器及球罐焊缝探伤。

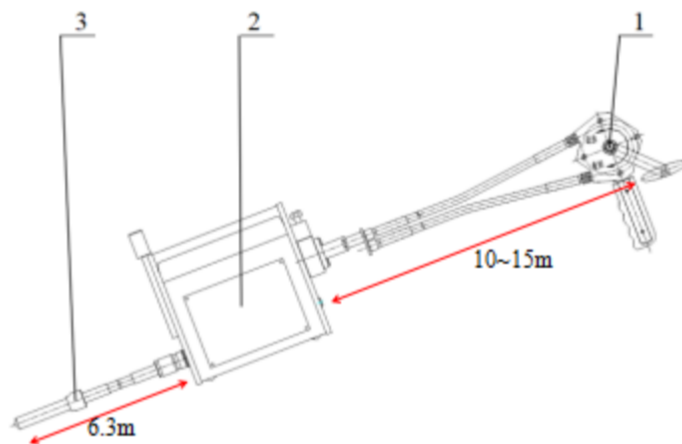
便携式 γ 探伤机的结构比较简单，主要由 3 部分组成：加长输源导管、源屏蔽容器（探伤机机体，储源时，将整个机体放入储源地坑中）、控制机构控制线及摇把（控制机构）。

源屏蔽容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部是贫铀屏蔽层，当放射源贮存在正确位置时，容器外表面的辐射水平远小于允许值。容器钢壳与贫铀之间充以泡沫塑料，用来吸收贫铀材料的韧致辐射。屏蔽容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。放射源存储于源屏蔽容器内，并设计有多项安全锁定装置，只有将输源管及控制缆与屏蔽容器正确、可靠连接，

续表 9 项目工程分析与源项

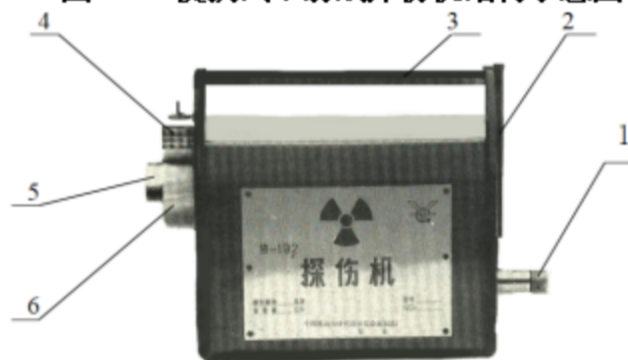
并打开安全锁后，才可以将放射源送出容器，缺少任何一个环节，放射源均无法送出，保证放射源的安全使用。

便携式 γ 射线探伤机组成图见图 9-5，探伤机机体（存入储源地坑部分）组成图见图 9-6。



1、控制机构 2、TS-1A型探伤机机体 3、输源管

图 9-6 便携式 γ 射线探伤机结构示意图



1、源顶鞭 2、储顶鞭管 3、手把 4、安全锁 5、端盖 6、安全联锁装置

图 9-6.1 ^{192}Ir 探伤机机体示意图

续表 9 项目工程分析与源项



1、源顶鞭 2、轴顶鞭管 3、手把 4、安全联锁装置 5、安全锁 6、端盖

图 9-6.2 ^{75}Se 探伤机机体示意图



图 9-6.3 γ 源探伤机控制机构和输源管示意图

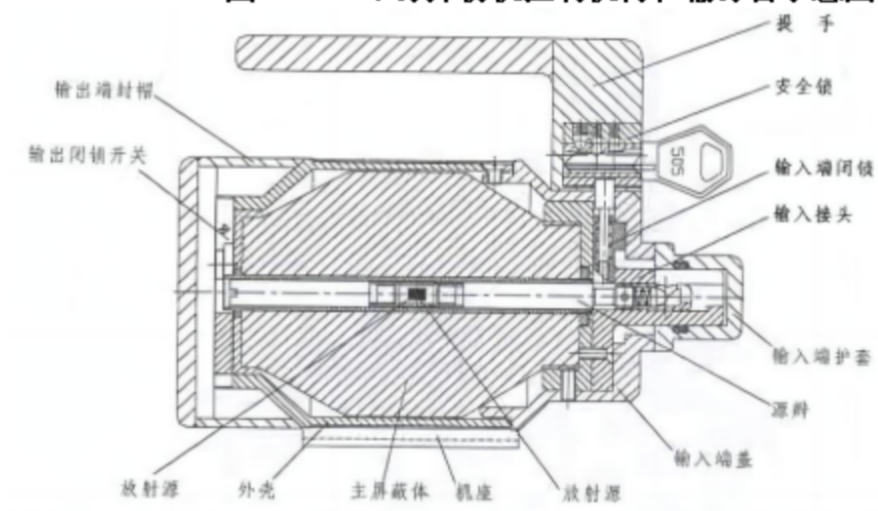


图 9-7 γ 射线探伤机源通道结构示意图

续表 9 项目工程分析与源项

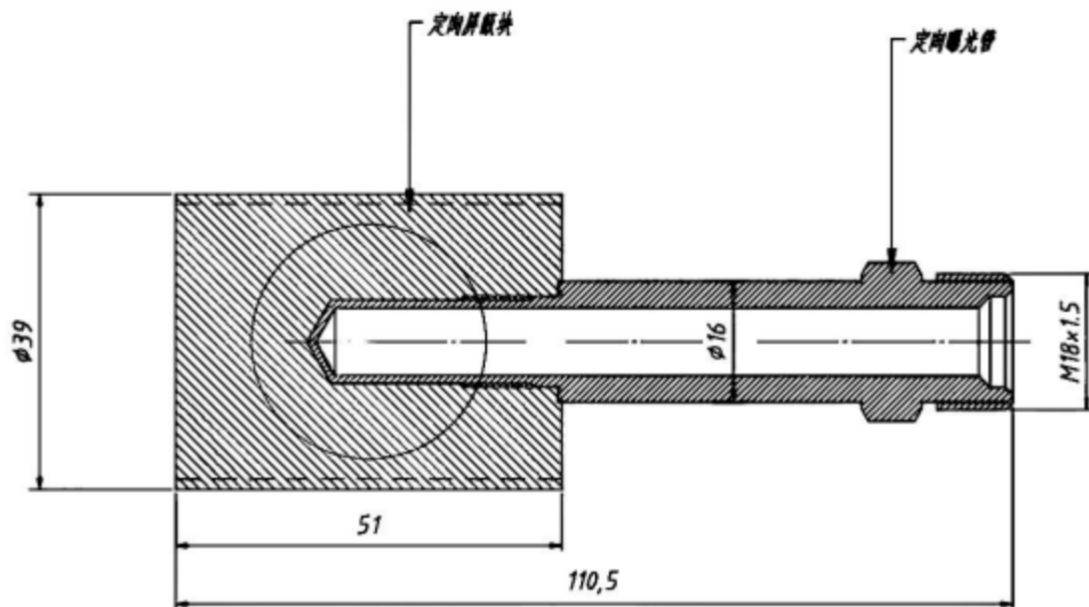


图 9-8 γ 射线探伤机定向准直器结构示意图

本项目 γ 射线探伤机技术参数详见表 9-2。

表 9-2 γ 射线探伤机技术参数

设备类型	TS-IA 型 ^{192}Ir 便携式探伤机	TS-IS 型 ^{75}Se 便携式探伤机
放射源额定装载量	3.7TBq (100Ci)	3.7TBq (100Ci)
核素形态	固态密封源	固态密封源
容器表面周 围剂量率	表面 5cm	$\leq 0.5\text{mSv/h}$
	距离容器 1m	$\leq 0.02\text{mGy/h}$
检测穿透厚度	钢 10~100mm, 轻合金 30~200mm	钢 4~40mm, 小径管壁厚 3.5mm 以上
控制导管长度	一般为 10~15m	一般为 10~15m
输源管长度	一般为 6.3m	一般为 6.3m
设备尺寸 (mm)	L×B×H=260×113×170	L×B×H=240×100×180
准直器屏蔽材料	25mm 钨合金, 辐射角 60°	15mm 钨合金, 辐射角 60°
机体重量	25kG	25kG
出源和回源方式	手动操作	手动操作

(2) 工作方式

本项目移动 γ 射线探伤机在工作过程中, 通过 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 产生的 γ 射线对受检工件进行照射, 当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少, 胶片接受的辐射增大, 在显影后的胶片上产生一个较黑的图象, 显示裂缝所在位置, γ 探伤机据此实现探伤目的。

续表 9 项目工程分析与源项

γ 射线探伤机非工作工况时，源容器关闭，放射源被定位在源通道内被充分屏蔽。工作时，转动快门环操作偏心轮（探伤机机体出源口屏蔽结构），使偏心轮中的曝光通道和源通道对直。用快速接头把源导管和源容器连接起来。源导管的另一端部构成照射头，定位移出源容器的放射源。操作控制机构手摇柄使放射源移出源容器，通过源导管进入工作位置进行曝光探伤，曝光时，工作人员离放射源距离约 15m（控制导管+输源管总长，考虑到输源管一定的弯曲度）。工作结束后，操作控制机构手摇柄将放射源返回工作容器内。

储源库的作用是为了实现对放射源的集中、统一、规范化管理，保证放射源的安全，防止放射源丢失，减少潜在照射的风险和辐射事故的发生。探伤放射源本身的体积很小，为密封放射源，位于探伤机的屏蔽容器中。放射源以整台源容器的形式贮存在源库中，不涉及探伤机的使用，贮存时放射源处于非工况状态。放射源贮存的工作方式包括：入库、出库、安保管理。

9.2.2.2 工作原理及工作流程

(1) 工作原理

γ 射线的产生原理主要与原子核或高能粒子的能量释放有关，其本质是高能光子（波长极短、频率极高的电磁波），产生途径主要有原子核能级跃迁、高能粒子相互作用、极端物理效应和人工产生。放射源产生 γ 射线属于原子核能级跃迁中的放射性衰变类型，不稳定原子核发生衰变后，处于高能级激发态，激发态核通过释放 γ 光子跃迁到低能级基态， γ 射线能量大小由能量差决定，典型范围在 1keV-10MeV， γ 射线相比于X射线，具备更高的能量范围和更强的穿透性。

(2) 工艺流程

1) 含源探伤机领用

储源库将实行双人双锁制度，领用须提交《放射性同位素装置领用通知单》，并进行填写《放射性同位素装置领用登记表》。双人双锁打开储源库门，穿戴防护用品并打开储源地坑盖板，取出含源 γ 射线探伤机，然后用射线剂量仪进行检测，确认探伤机内有源，最后将设备机体和控制机构、输源管等部件搬运至运输车上。

2) 含源探伤机运输

续表 9 项目工程分析与源项

含源探伤机运输用专用的机动车辆（设置放射性标志、固定源罐装置或保险箱）运输，由专人（本项目辐射工作人员或者专业运输单位运输人员）押运。押运人员携带防护用品、应急方案，监测仪器。起运前、运输途中及到达目的地后，用监测仪器分别测量有无泄露超标情况，确定无泄露超标才准装卸、起运。运输过程中，车辆不得停留在人口密集处。凡停留之处，必须由押运人员轮流值班，防止被盗等意外事故发生。到达目的地后由辐射工作人员用监测仪器分别测量有无泄露超标情况。车辆设置 GPS 定位系统。

3) 移动式探伤

在探伤之前，根据几何不清晰度要求，算出照射距离，确定照射源的位置；根据底片黑度要求，算出照射时间。工作人员根据放射源的活度，确定控制区和监督区，严禁非工作人员和公众成员误入该区而造成误照射事故。

每次的探伤作业依据委托任务单应提前向甲方开具相应的射线作业票，通知业主单位将作业时间、地点以及警戒范围等信息告知给相关单位并张贴告示公众，由业主和相关单位共同负责对工作区域做安全监督巡查工作。检测单位根据项目设定的控制区距离和监督区距离进行管理，检测前进行清场，把无关人员撤出监督区边界之外，并按划分好的控制区和监督管理区域进行警戒。控制区（周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域）边界应悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌，未经许可人员不得进入该范围。监督管理区域允许相关人员在此区活动，辐射工作人员可进入该区域，边界线应有警示标牌，公众不得进入该区域。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。并在不同区域边界拉好警戒绳，放置好声控警示灯。进入检测现场时，穿戴好个人防护用品，用剂量仪检查确定源在装置内后，连接输源管。将输源管端部三角架固定安放到确定的照射处，确认控制部件、行程记录仪、输源管及各个连接口无异常，摇动手摇曲柄，监视行程记录仪，将源送到照射位置。同时记录照射时间，到预定照射时间后，即将源摇回探伤机机体内，并用监测仪器对射线剂量仪进行监测，确定源是否归到正确位置。检测现场的警戒设立专人看守、巡视。

作业完成后将探伤机放入放射源储源库，同时填写《放射性同位素装置领用登记

续表 9 项目工程分析与源项

表》，填写清楚工程名称（地点）、归还人、归还日期及时间。无法及时返回公司储源库的，需在现场设置临时储源场所，要求独立用房，设置防盗门，双人双锁管理，并设置警戒围栏等，24 小时人员巡视储源场所外围，并在储源场所内外设置 24 小时监控。

4) 放射源的退役或转让

退役放射源需返回生产单位或送有资质的放射性废物库，流程参照放射源日常出库管理。转让放射源需通过国家核技术利用辐射安全管理系统办理转让审批，双方签订协议。放射源退役或转让后，应做好放射源档案的封存。

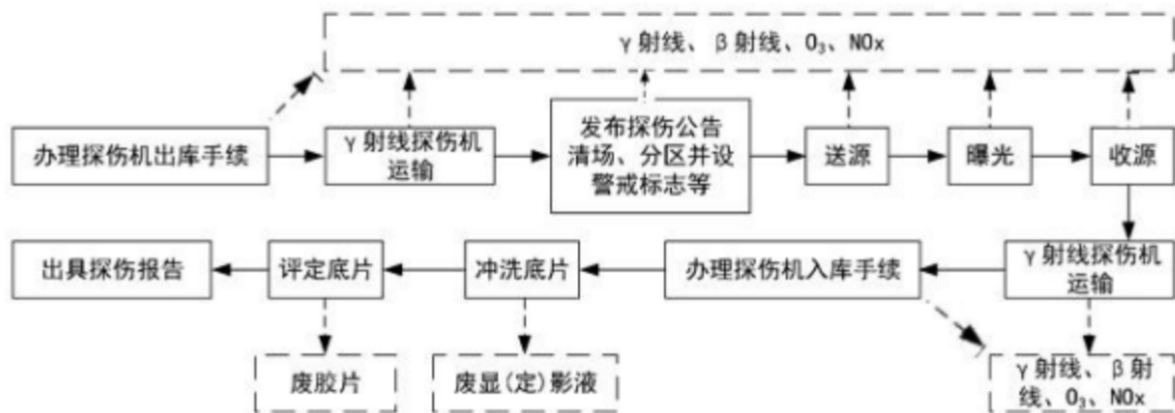


图 9-5 工艺流程及产排污简图

9.2.3 工作负荷

每枚放射源的年出库次数约为 6 次，即年出入库操作次数为 12 次，按最大存量 5 个计算，则年出入库操作次数为 60 次。每次出入库交接加转运时间为 5min，因此年出入库总工作时间为 5h。根据表 1-6~表 1-7 内容，X 射线探伤室年总工作时长约 30h，X 射线现场探伤年总工作时长约 225h，γ 源现场探伤年总工作时长约 150h。γ 源探伤机在项目现场转运时间，按每台设备每年使用 100 天，每天转运时间为 0.5h，5 台探伤机年总转运时间为 250h。

9.3 路径规划

9.3.1 X 射线探伤

1、X 射线探伤室

本项目 X 射线探伤室位于焊接厂房东南侧，X 射线探伤室仅设置 1 扇防护门，位于探伤室迷路外的，与操作室相通，工作人员和探伤机、工件等物品均通过该防护门转运。

续表 9 项目工程分析与源项

本项目路径规划分为人流路径和物流路径，具体如下：

(1) 人流路径

本项目辐射工作人员由厂房内过道经操作室出入口门，进入操作室内开展相应工作。需要进入 X 射线探伤室内工作时，操作室内工作人员由从探伤室出入口门（位于操作室内）进入探伤室。工作结束，原路返回。

(2) 物品路径

本项目拟检测的工件、胶片等经探伤室出入口门进出。

2、现场探伤

辐射工作人员利用交通工具到达 X 射线移动式工业探伤现场后，根据指定的探伤作业方案，划定控制区和监督区，清场后设置警戒线等辐射安全防护设施。便携式 X 射线探伤机在控制区内作业，控制台（操作箱）尽可能设置在远离便携式 X 射线探伤机主射范围的位置（便携式周向 X 射线探伤机控制台可设置铅板阻挡射线）。辐射工作人员根据检测需求，安放好便携式 X 射线探伤机并在工件上贴片后，撤退到控制台（操作箱）处，触发便携式 X 射线探伤机曝光出束按钮后，同时利用便携式 X 射线探伤机的延时功能，快速撤离至控制区外。警戒、巡视人员在监督区边界巡视。公众成员在监督区外活动。

9.3.2 γ 射线探伤

储源库位于焊接厂房东侧，设置 1 个出入口并安装双道防盗门，工作人员和放射源均由该出入口进出。放射源通过专用运输车辆，由白市驿基地运送至探伤作业现场，现场作业路径与 X 射线探伤相同。

本项目 X 射线探伤室及储源室人员物品路径如下。

续表 9 项目工程分析与源项

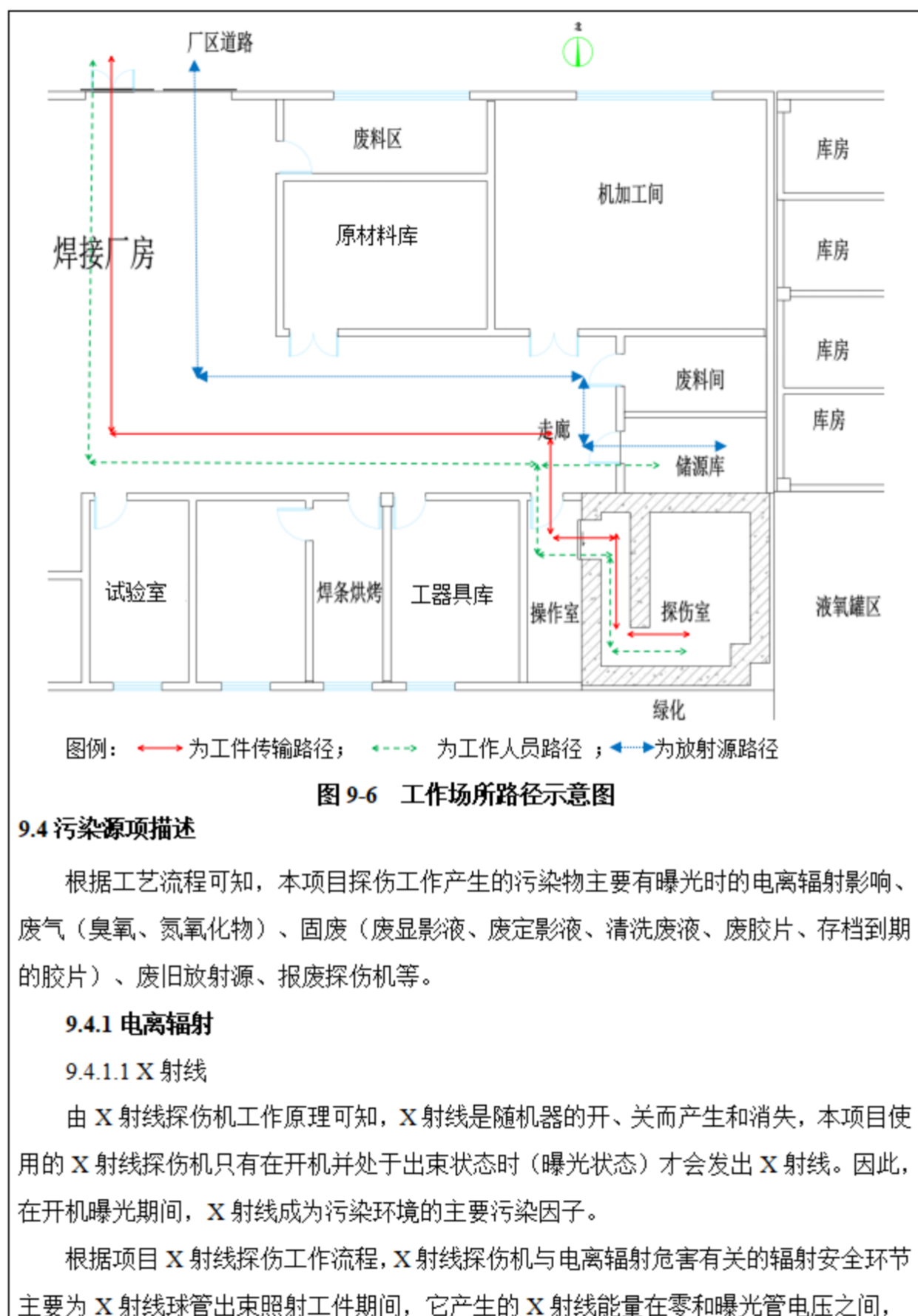


图 9-6 工作场所路径示意图

9.4 污染源项描述

根据工艺流程可知，本项目探伤工作产生的污染物主要有曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）、固废（废显影液、废定影液、清洗废液、废胶片、存档到期的胶片）、废旧放射源、报废探伤机等。

9.4.1 电离辐射

9.4.1.1 X 射线

由 X 射线探伤机工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线探伤机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 X 射线探伤工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，

续表 9 项目工程分析与源项

为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口过滤板有关。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：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

（GBZ/T250-2014）附录 B 中表 B.1，本项目 X 射线探伤机距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量见表 9-3。本项目探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，加在 X 射线管的管电流越高，光子束流越强。

表 9-3 探伤机 X 射线输出量

设备型号	XXG-3005A	XXGHZ-2505、XXG-2505A、XXG-2505
额定电压	300kV	250kV
过滤板厚度	3mmAl	3mmAl
X 射线输出量 $mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$	20.9	13.9

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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）要求，管电压大于 200kV 的 X 射线探伤机距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 5mSv/h。本项目 X 射线探伤机管电压均大于 200kV，漏射线所致周围剂量当量率取 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 射线探伤机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 可知，探伤机 90°散射辐射能量最高，管电压 250kV 和 300kV 对应的散射辐射最高能量均为 200kV。

9.4.1.2 γ 射线

Ir-192 在衰变过程会持续释放 γ 射线和 β 射线，Se-75 在衰变过程会持续释放 γ 射线。 β 射线的穿透能力很弱，在正常贮存时，放射源的外壳（即源容器）可以将其完全屏蔽，因此 β 射线对环境及人员的影响可以忽略。主要辐射影响为放射源衰变过程产生的 γ 射线，穿透源容器后的泄漏辐射，影响途径为 γ 射线外照射。根据 GBZ117-2022 中表 A.1 及标准正文的内容，本项目放射源参数见表 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-4 放射源参数一览表					
放射性核素名称	半衰期	能量 keV	周围剂量当量率常数 (Γ) $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$	源容器表面最大允许剂量率	
				5cm	100cm
^{192}Ir	74d	206-612	0.17	0.5mSv/h	0.02mSv/h
^{75}Se	120d	97-401	0.072	0.5mSv/h	0.02mSv/h

9.4.2“三废”产排情况

1、放射性“三废”

X 射线探伤机和 γ 源探伤机在作业过程中不产生放射性“三废”，仅当 γ 探伤机内的放射源更换或报废后成为放射性固废。

本项目放射性废物为无法继续使用的废旧放射源，该源虽然不能满足 γ 探伤使用要求，但其还具有一定的放射性，会产生 γ 射线对周围环境造成影响， γ 源探伤机放射源更换由生产厂家负责，更换工作由生产厂家将设备运回厂家后进行，不在白市驿基地或项目现场，更换下来的放射源由生产厂家回收，预计每台探伤机每年更换两次放射源。当本项目探伤机不再使用时，放射源需要按要求办理退役手续。报废的 γ 探伤机机体（屏蔽材料为贫化铀）参考废旧放射源管理，按要求交生产厂家回收处置。

2、非放射性“三废”

本项目相关的非放射性“三废”有：

(1) 废气

X 射线和 γ 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 ）。X 射线探伤室内的废气经探伤室南墙上的排风扇引至室外排放，现场探伤作业基本在开阔的户外环境，产生的废气直接逸散。 γ 源探伤机在储源状态时，放射源处于密闭状态，储源库采用自然通风。

(2) 废水

本项目废水主要为工作人员产生的少量生活污水，白市驿基地内的工作人员生活污水依托基地生化池处理后排放，工业探伤现场的辐射工作人员产生的生活污水依托现场或周边已有污水处理设施处理。

(3) 噪声

本项目探伤机安装小型排风扇，噪声值约 60dB(A)，为低噪声设备。

(4) 固体废物

续表 9 项目工程分析与源项

①生活垃圾

本项目工作人员在白市驿基地工作时，生活垃圾依托厂区的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。探伤现场的辐射工作人员产生的生活垃圾依托现场或周边已有设施收集后，交由环卫部门统一处理。

②报废的探伤机

本项目 X 射线探伤机使用一定年限后（一般约 10 年）可能不能正常工作，报废成为固体废物，建设单位应当对射线装置进行去功能化，报废的探伤机按要求处置，并保留处置手续。

③废胶片

本项目每年曝光片子约 25000 张（含废胶片）。废胶片属于《国家危险废物名录》（2021 版）中感光材料废物 HW16，废物代码为 900-019-16，无放射性，交有危废处理资质的单位收集处置。

合格胶片统一存放在档案室的存储柜中，胶片存档至少 7 年，每张胶片重约 10g，曝光废胶片（暂存在洗片室的危废暂存区）及档案室内存档到期的胶片属于危险废物，预计年产生量最多约 0.12t/a。交有危废处理资质的单位收集处置。

④洗片废液

洗片废液分为废定影液、废显影液、废清洗液。

废定影液、废显影液：根据《国家危险废物名录》（2021 版），废定影液、废显影液属于 HW16，废物代码为 900-019-16（其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸）。根据建设单位提供的资料，定影液和显影液消耗量分别约 70kg/a、140kg/a，定影液和显影液为浓缩型，使用时，以药水比 1:4 的比例兑水使用，则每年配制定影液 350kg、显影液 700kg。具体洗片液更换频次根据洗片量和洗片液有效成分含量情况确定，常规更换频率为每 1 个月更换 1 次。年产生量分别约 0.35t/a、0.7t/a。

清洗废液：洗片过程中进行两次自来水清洗（停影槽、清洗槽），清洗水循环、流动使用，直到不能满足清洗要求后再行更换。清洗废液中含有 AgBr、显影剂及氧化物，若作为废水处理，应设置污水处理装置，出水中总银的含量满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中表 1 的要求（总银最高允许排放浓度不大于 0.5mg/L）。

续表 9 项目工程分析与源项

由于清洗废液可生化性较差，且产生量小，单独处理效率低且投资成本高。建设单位拟将其作为危险废物管理，与洗片废液一起统一交危废处置单位回收，不外排且暗室内无排水点。该类清洗废液属于具有危险特性，可能对生态环境或者人体健康造成有害影响的废液，根据其成分，按照《国家危险废物名录》（2021版）中 HW16 进行管理。根据探伤室的洗片量，根据本项目洗片量，预计年产生量约 0.72t/a。

上述废显影液、废定影液、清洗废液主要成分为对苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银，属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性。清洗废液中含有 AgBr、显影剂及氧化物，洗片室设置多个废液收集桶（废显影液、废定影液、清洗废液的分开收集），在各废液桶下设防渗托盘，洗片室的地面整体做防渗处理，满足危险废物暂存的要求。收集后的废液定期交有危废处理资质的单位收集处置。部分不方便运回公司洗片的情况，胶片需在现场进行洗片，本项目拟按照公司现有现场探伤洗片情况，在探伤现场设置临时洗片室，地面铺设防渗材料，洗片废液运回公司危废暂存间暂存，如距离太远，不便运输，则委托当地危险废物处置机构回收，并签订回收协议。临时洗片室应按要求建设，并严格管理。设置防渗防雨防火等措施，注意跑冒滴漏。不得将废液就地倾倒。

本项目危险废物产生及排放情况见表 9-5。

表 9-5 危废产生量及处理处置措施

固废名称	固废类别	固废代码	产生量 (t/a)	形态	主要成分	有害成分	产生周期	暂存时间	危险特性	处置措施
曝光废胶片	HW16	900-019-16	0.25	固态	明胶 卤化银	重金属银	每次探伤	约 1 年	T	废胶片暂存在危废暂存间、合格胶片暂存在档案室，曝光废胶片和档案室内存档到期的胶片交有危废处理资质的单位收集处置
存档到期胶片								/	T	
废定影液	HW16	900-019-16	0.35	液态	对苯二酚 亚硫酸钠 重金属银	重金属银	1 个月	1~2 个月	T	暂存在危废暂存间，定期交有危废处理资质的单位收集处置
废显影液	HW16	900-019-16	0.7	液态		重金属银	1 个月	1~2 个月	T	
清洗废液	HW16	900-019-16	0.72	液态		重金属银	1 个月	1~2 个月	T	

备注：T 毒性。

9.5 项目主要产排污汇总

综上，本项目主要污染物产生情况统计汇总见表 9-6。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-6 项目污染物产排情况统计表				
污染物	污染因子	产生量		处理方式
电离辐射	X射线	300 kV	距靶 1m 处主射束的发射率不大于 20.9mGy·m ² /(mA·min)，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 5mSv/h，90°散射辐射最高能量相应的 X 射线为 200kV	屏蔽体屏蔽、距离防护
		250 kV	距靶 1m 处主射束的发射率不大于 13.9mGy·m ² /(mA·min)，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 5mSv/h，90°散射辐射最高能量相应的 X 射线为 200kV	
电离辐射	γ射线	¹⁹² Ir	最大能量 0.6MeV	屏蔽体屏蔽、距离防护
		⁷⁵ Se	最大能量 0.4MeV	
废气	O ₃ 、NO _x	少量		机械排风、自然逸散
废水	生活污水	少量		依托厂区污水生化池和探伤现场生活污水处理设施处理
噪声	设备噪声	≤60dB (A)		距离衰减
一般固废	生活垃圾	少量		交环卫部门处理
	报废 X 射线探伤机	约 10 年报废一次		去功能化后按要求处置
	曝光废胶片 (HW16)	0.12t/a		交有危废处理资质的单位收集处置
	存档到期的胶片 (HW16)			
危险废物	废定影液 (HW16)	0.35t/a		定期交有危废处理资质的单位收集处置
	废显影液 (HW16)	0.7t/a		
	清洗废液 (HW16)	0.7t/a		
/	废旧放射源	每年 10 枚		厂家回收
/	报废 γ 源探伤机	约 10 年报废一次		厂家回收

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目布局与分区

10.1.1 项目布局合理性分析

本项目 X 射线探伤室和储源库相邻布置，便于辐射安全管理。四周相邻位置主要为废料库、走廊、户外区域等，除 X 射线探伤室西侧操作室外，周边近邻场所均为人员偶尔居留的场所，项目布局充分考虑了周围场所的人员辐射防护与安全。储源库为独立房间，仅设置 1 个出入口，并安装两道防盗门，采取“双人双锁”措施进行管控。源库内部设置了独立的储源地坑，每个地坑只允许贮存 1 台探伤机机体（内含 1 枚放射源），地坑盖板采用含铅材料。储源地坑沿南墙呈东西向并排布置，实行“一地坑一源屏蔽容器”的存放原则。南墙为探伤室屏蔽体，墙体较厚，能很好的屏蔽伽马射线，减少对储源库周围环境的影响。洗片室设置在白市驿基地培训中心大楼 1 层，洗片工作与探伤工作彼此不干扰。因本项目 X 射线探伤室主要用于员工培训，探伤使用的工件为小型样件，因此仅在探伤室西侧与操作室相邻的位置设置一个出入口，并安装防护门，出入口处设置迷道墙，减小出入口区域的辐射剂量。另外，根据《工业探伤放射防护标准》

（GBZ117-2022），操作室应避免有用线束照射的方向并应与探伤室分开，本项目周向机和定向机的主射方向均不朝向西侧，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求。

本项目移动式工业探伤作业点分布在全国范围内，中宇公司开始移动式工业探伤前，根据探伤现场的具体情况，制定探伤作业方案，按照相关要求划定控制区、监督区范围，并进行清场，确定其范围无其他人员滞留；并按相关要求采取相应辐射安全防护措施以确保安全。探伤设备布置在控制区内，操作人员尽可能远离设备，根据现场具体情况合理设置探伤检测主射束投照方向，操作人员尽可能避开主射束照射方向，通过设备 X 射线探伤机电源电缆、 γ 源探伤机控制机构远距离操作探伤设备。对于 X 射线探伤作业，也可利用便携式 X 射线探伤机的延时功能，在其曝光出束前撤离至控制区外。利用探伤作业现场的现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等进行工作场所的分区划设。X 射线周向探伤机尽量横向倒在地面上进行探伤，从而减小主射范围。

项目的平面布局符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，从辐射

续表 10 辐射安全与防护

防护、安全操作等方面，其布局合理。

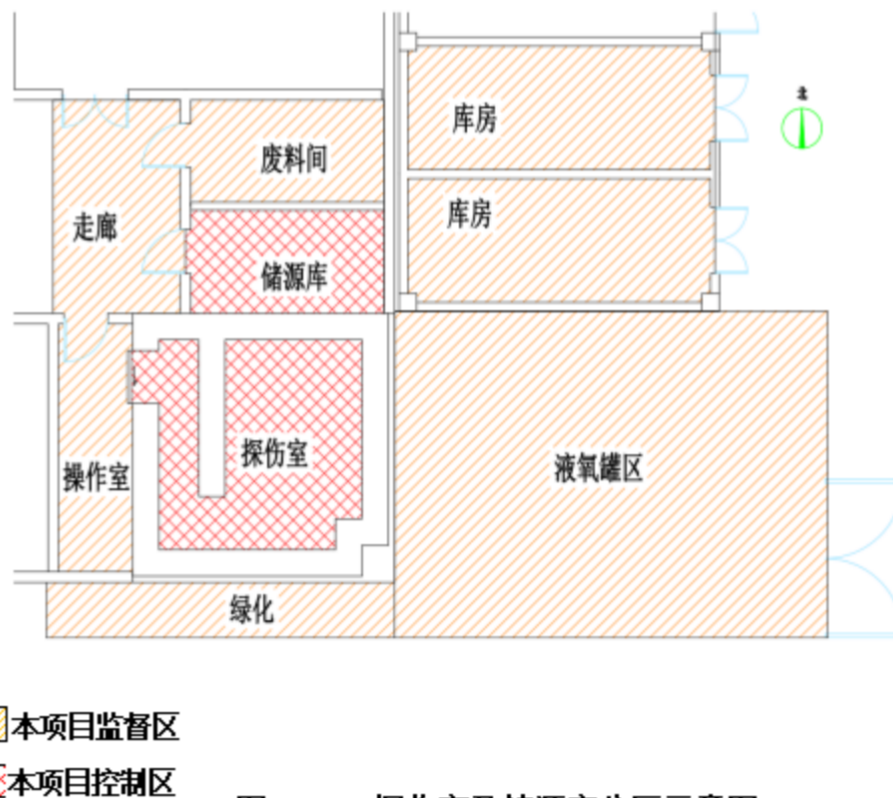
10.1.2 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，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，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。监督区：未被定为控制区，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。

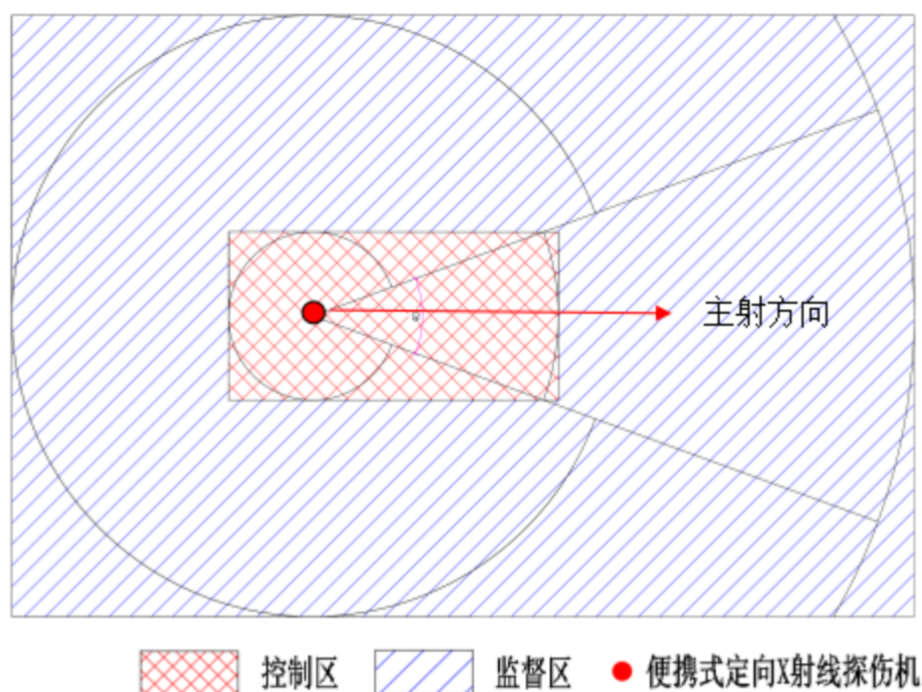
根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），第 6.1.2 款规定“应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。”第 7.2.1 款规定“探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行”。

一般将探伤室（包括迷道）和储源库墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。现场探伤作业点的控制区范围取值 $15\mu\text{Sv/h}$ ，控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围为监督区。具体的距离见表 11。

根据上述要求，本项目工作场所分区具体情况见图 10-1 及表 10-2。

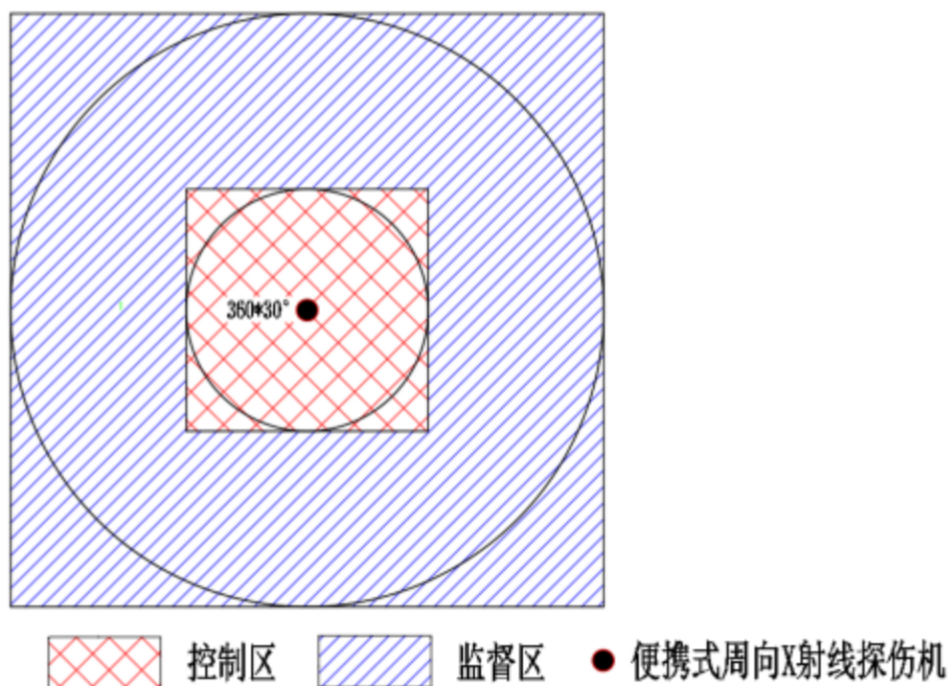


续表 10 辐射安全与防护



备注：图中所画分区范围未考虑工件遮挡情况。

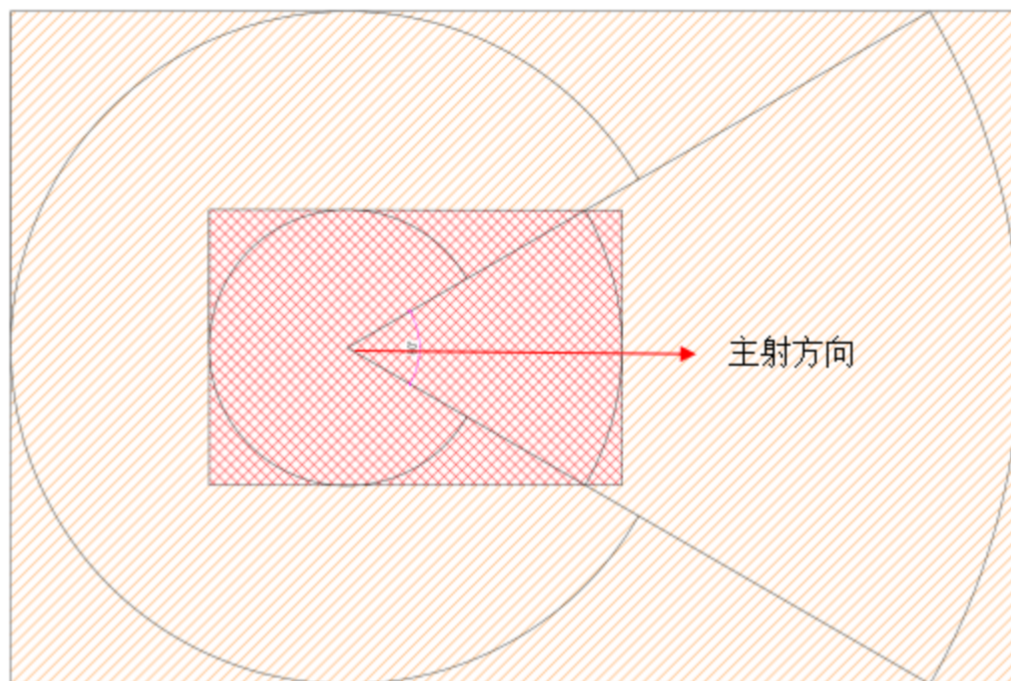
图 10-1.2 便携式定向 X 射线探伤机探伤现场分区示意图



备注：图中所画分区范围未考虑工件遮挡情况。

图 10-1.3 便携式周向 X 射线探伤机探伤现场分区示意图

续表 10 辐射安全与防护



▨ 本项目监督区

▩ 本项目控制区

备注：图中所画分区范围未考虑工件遮挡情况。

图 10-1.4 γ 源探伤机探伤现场分区示意图

表 10-2 本项目控制区、监督区划设

分区类型	划分区域	
	公司储源库和 X 射线探伤室	现场探伤
控制区范围	储源库和探伤室	将作业时被检工件周围的周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，并根据探伤现场实际情况优化控制区。
监督区范围	操作室、走廊、废料间、库房、液氧罐区、绿化以及储源库和探伤室上方对应区域等。	在控制区外将作业时被检工件周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并根据现场探伤的地形，建筑物实际情况优化监督区。

备注：为了便于现场探伤时实际划区设置警戒线的操作，将各方向按照预测计算距离形成的最小矩形区域划为控制区和监督区，后文同。

公司还拟采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

1、X 射线探伤室和储源库

①控制区：拟对控制区进行严格控制，储源库内有放射源暂存时、探伤室内有探伤机运行时，严禁任何人进入相应工作场所。拟在探伤室防护门上和内部同时设置声光警示灯，拟在探伤室和储源库出入口设置电离辐射警告标志，警告人员远离储源库和探伤

续表 10 辐射安全与防护

室区域。拟在探伤室内和储源库内外安装视频监控。控制区边界设置分区标识。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，但需加强周边活动人员管理，经常对职业照射条件进行监督和评价。操作室为工作人员操作仪器的工作场所，禁止非辐射工作人员未经允许进入。监督区边界设置分区标识。

③在控制区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

2、现场探伤

① 控制区边界上合适的位置（人员可能通过的出入口、实体隔断无法完全阻隔处等）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，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

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

③ 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。监督区边界设警戒线，张贴电离辐射警告标志，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

④为了使控制区的范围尽量小， γ 源探伤机应使用合适的准直器。探伤作业时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。

10.2 X射线探伤拟采取的辐射安全与防护措施

10.2.1 X射线探伤机固有措施

便携式 X 射线探伤机的固有安全措施包括以下几个方面：

(1) 便携式 X 射线探伤机的控制台设置有 X 射线管电压及高电压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。便携式 X 射线探伤机的设置有高压接通时的外部报警或指示装置。便携式 X 射线探伤机的设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。钥匙由专人管理，控制台上设置有紧急停机按钮，发生辐射事故时按下按钮，探伤机停止出束。

(2) 便携式 X 射线探伤机的管头组装体能固定在屏蔽组件上并加以锁紧。

续表 10 辐射安全与防护

(3) 便携式 X 射线探伤机的 X 射线管头设有限束装置。

(4) 便携式 X 射线探伤机的 X 射线管头窗口孔径不得大于额定最大有用线束射出所需尺寸。

(5) 便携式 X 射线探伤机的开机后，控制器首先进行系统诊断测试准备。若诊断测试正常，蜂鸣器响，准备灯亮，示意操作者可以进行曝光或训机操作，系统自动解除键盘封锁；当便携式 X 射线探伤机进行系统诊断测试准备时，发生红灯闪烁蜂鸣器断续提示报警音，证明便携式 X 射线探伤机发生故障，用户及时关闭电源，与厂家联系并维修。

(6) 便携式 X 射线探伤机的停放时间超过 8h，要进行训机操作（训机前设置铅板局部屏蔽）。在系统准备工作后，未进行任何设置时进行训机，按 ON 按键维持约 6s 进入自动训机状态。如果不进行训机，容易造成便携式 X 射线探伤机的无法正常使用。

(7) 系统准备工作后，未开高压、未训机前，按 OFF 按键约 4 秒后，可进行延时设置。现场探伤作业时，在便携式 X 射线探伤机的延时启动期间，警戒人员应再次确认控制区及周围无人逗留，如有公众成员停留应立即关闭 X 射线探伤。

(8) 当便携式 X 射线探伤机的通高压产生 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便携式 X 射线探伤机的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

(9) 当便携式 X 射线探伤机的曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段，在休息阶段将任何按键不可用，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

(10) 便携式 X 射线探伤机的具有无毫安保护、过毫安保护、低电压保护、过电压保护、过温保护、主回路过电流保护，当便携式 X 射线探伤机的发生以上保护时，会一直处于自锁状态，蜂鸣器会一直提示。

10.2.2 X 射线探伤室拟采取的辐射安全与防护措施

(1) 实体屏蔽防护措施

①屏蔽体设计情况

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室主体结构采用混凝土，防护门采用铅防护

续表 10 辐射安全与防护

门，以屏蔽防护 X 射线，防护厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射影响。

探伤室内空尺寸为 4.05×3.1×3.6（长×宽×高、m），四周墙体均为 600mm 混凝土、顶棚为 480mm 混凝土，防护门为 5mm 铅板。迷道内空尺寸为 4.75×0.9×3.6（长×宽×高、m）墙体及顶棚厚度与探伤室一致。根据后文预测结果，探伤室屏蔽体外周围剂量率均小于 2.5 μSv/h，能满足标准的要求。

②探伤室及防护门的生产、安装由有资质的生产厂家承担，防护门门洞尺寸为 1.2×2（宽×高、m），防护门尺寸为 1.3×2.1（宽×高、m），防护门与墙体间缝隙小于 0.5cm，且与墙体间有 5cm 以上的搭接宽度，确保搭接宽度不小于缝隙的 10 倍。

③穿越防护墙的电缆呈“U”型穿越，穿越孔的直径约 100mm，穿越处位于探伤室迷路外墙，由地面下方 300mm 深处 U 形穿过屏蔽墙。探伤室设置机械排风，排风口设置在探伤室南墙离地约 2m 处，为直接在屏蔽墙上设置的一个 200mm 的方孔，排风口内侧拟设置 U 形防护罩，三面和下部均为 17mmPb 防护板，仅保留上部用于空气流通，防护罩尺寸为 200mm×400mm。根据后文预测，排风口处孔洞采取的屏蔽补偿满足标准要求，不影响屏蔽体的屏蔽能力。

续表 10 辐射安全与防护

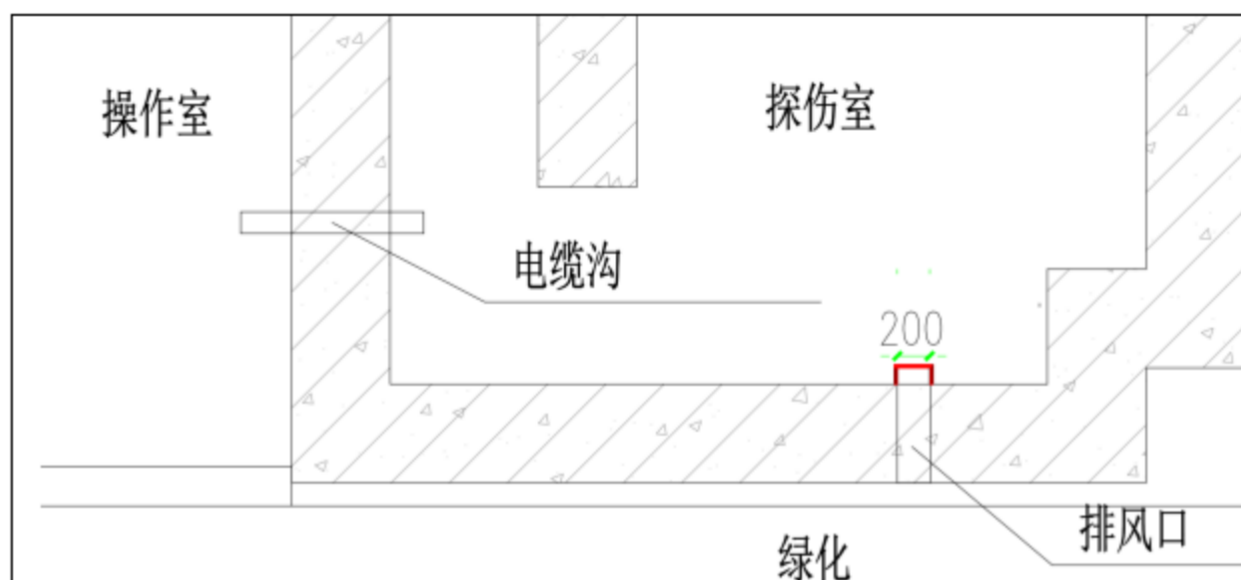


图 10-2 管线平面布置示意图

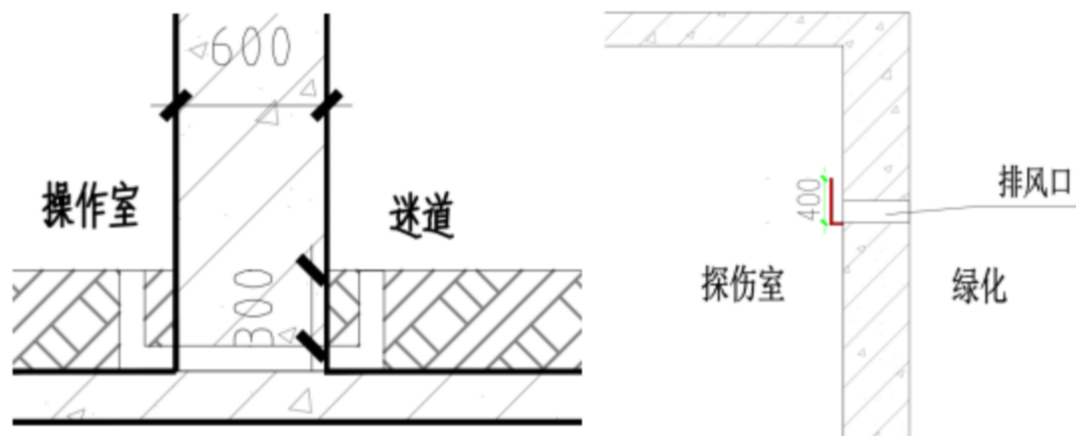


图 10-3.1 电缆沟穿墙大样示意图

图 10-3.2 通风管道穿墙大样示意图

(2) 安全联锁及紧急停机

每台 X 射线探伤机独立运行, 不同时在探伤室内运行, 单台设备工作前均与防护门、工作状态指示灯、紧急停机按钮等安全设施联锁。

① 门机联锁

本项目探伤室拟设置门机联锁装置, 防护门未关闭的情况下 X 射线不能出束, 门打开时立即停止 X 射线照射, 关上门不能自动开始 X 射线照射。

② 声光警示灯

探伤室防护门外顶部和探伤室内均分别设置一组警示灯来表述 X 射线探伤机的工作状态 (红灯+黄灯), 预备状态时黄灯亮, 探伤机出束时红灯亮并发出警报声音。警

续表 10 辐射安全与防护

示灯与探伤机联锁。黄色代表“预备”状态，红色代表“照射”状态，并拟在警示灯旁设“照射”和“预备”信号意义的说明。

③紧急停机按钮

本项目拟在探伤室内设置 5 个急停按钮，另设备控制箱上自带 1 个急停按钮。急停按钮相互串联，按下任意一个按钮，探伤机高压电源立即被切断，设备停止出束，急停按钮旁设置中文标识和相关说明。探伤室内急停按钮设置在探伤室四周角落，人员在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。

(3) 通风

本项目探伤室采用自然进风、机械排风的方式。在探伤室南墙中部位位置设置 1 个排风口，安装 1 个机械排风扇，排风量均为 $300\text{m}^3/\text{h}$ ，总体通风次数约为 5 次/h，满足标准要求的通风换气量（3 次/h）。排风口内侧设置 U 形铅防护罩进行防护补偿。

(4) 固定式场所辐射探测报警装置

探伤室内迷道内口附近墙体上拟设置固定式场所辐射探测报警装置的探头，仪表指示仪及报警装置安装在操作室操作台上。探伤室内探头实时监测探伤室内周围剂量当量率，操作台上仪表指示仪显示探伤室内周围剂量当量率读数，当装置检测到周围剂量当量率超过预设限值时，仪表指示仪进行光报警。

(5) 电离辐射警告标志

探伤室严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且拟在探伤室防护门上张贴固定的电离辐射警告标志。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。电离辐射警告标志规范图见图 10-4 所示。



图 10-4 电离辐射警告标志图

续表 10 辐射安全与防护

(6) 视频监控系统

探伤室拟安装一套实时视频监控系统，在操作室的操作台设置专用的监视器，确保全方位监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况，如果出现异常能迅速启动设备急停装置。

本项目探伤室辐射防护安全措施图见图 10-5。

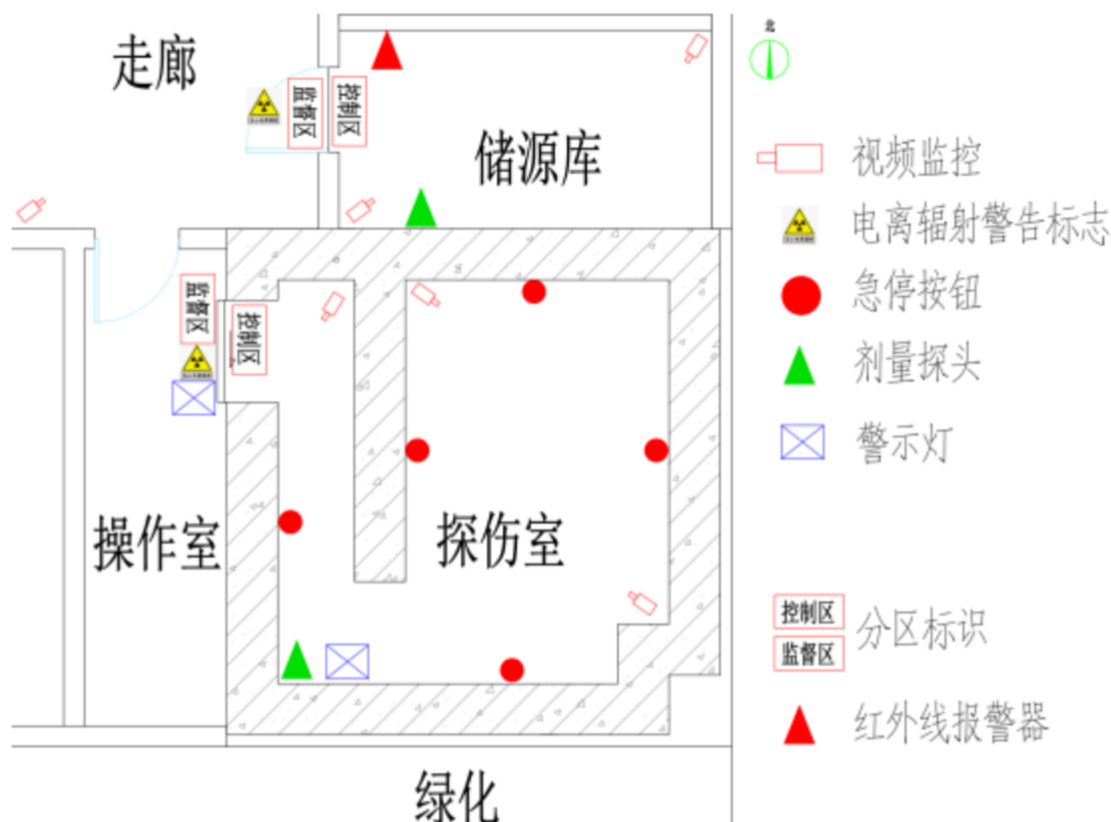


图 10-5 白市驿基地辐射安全与防护设施布置示意图

(7) 其他辐射防护措施

①主射线方向

本项目 X 射线探伤机有定向机及周向机，定向机的主射方向朝一个方向，有 40°辐射角度；周向机主射方向为平面一周 360°，同时在侧向有 30°辐射角度。

由于主射线不能朝向防护门和操作室，因此，设备主射线方向拟定为北侧、南侧、东侧、顶棚及地面。公司拟修订探伤室内探伤操作规程，明确规定探伤机使用过程中的要求，要求探伤机主射方向不朝向迷路方向。

②探伤机活动范围

本项目探伤室用于员工培训，使用小型样品工件，探伤室，将探伤机放置在探伤室

续表 10 辐射安全与防护

中部位置。

为确保西侧操作室及防护门不在主射线范围内，建设单位应根据主射方向及探伤机活动范围制定相关制度，并将注意事项张贴在探伤室内，探伤机活动范围贴条标识在探伤室内地面上，日常加强管理和培训，严格落实管理制度。

辐射安全联锁逻辑见图 10-6。只有在防护门关闭、急停按钮复位（急停按钮均未被按下）和系统自检正常的情况下，设备才能启动，设备出束时，探伤室内外警示灯红灯亮并发出警报声，同时操作台上固定式场所辐射探测报警装置的仪表指示仪上显示读数，当探头检测到周围剂量当量率超过预设限值时，探头及仪表指示仪进行光报警。同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关或防护门意外打开，设备会立即停止运行，探伤室内外警示灯黄灯亮，固定式场所辐射探测报警装置的仪表警示仪显示本底读数。

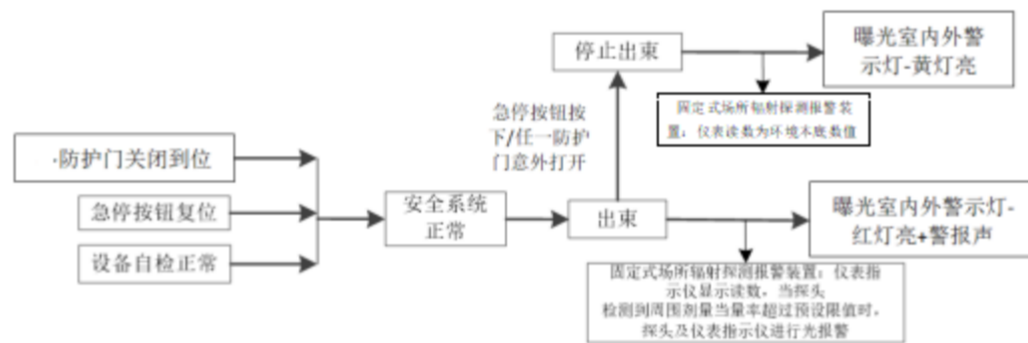


图 10-6 辐射安全联锁逻辑图

10.2.3 现场探伤作业拟采取的辐射防护与安全措施

(1) 优化布局及作业时间

本项目在全国范围内开展 X 射线移动式工业探伤，具体作业位置根据承接的业务所在现场确定。

中宇公司开展 X 射线移动式工业探伤前，必须根据探伤作业区的实际情况划定控制区、监督区范围，并进行清场，确定其范围无其他人员滞留，并严控移动式探伤作业区周边人员通过楼梯等方式进入控制区；根据实际情况优化主射线出束方向，尽可能朝向地面、山体或已有构筑物，避开周边环境保护目标。在厂区和城市区域内 X 射线移动式工业探伤安排在夜间或避开人员密集时段进行。

(2) 警示标志

续表 10 辐射安全与防护

中宇公司已配置若干套警告牌等警示标志，目前已开展的现场探伤作业项目中，公司会在探伤作业点的监督区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时悬挂“无关人员禁止入内”警告牌；在控制区边界外悬挂“禁止进入 X 射线区”警告牌。X 射线移动式工业探伤前，提前对探伤作业点周围发出通告，告知在 X 射线移动式工业探伤期间不要进入该区域内。本项目拟继续按现有情况执行，如运行过程中，标识标牌不足，则根据实际需求增配。

(3) 警示设备（声光报警灯，扩音器等）

①中宇公司已配备声光报警灯，安放在探伤作业点监督区边界。便携式 X 射线探伤机进行曝光时，声光报警灯长明并发出警报声音。X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机连锁。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。

②中宇公司已配备扩音器，X 射线移动式工业探伤前使用扩音器进行清场，使无关人员远离探伤作业点。

本项目拟继续按现有情况执行，如运行过程中，警示灯、扩音器等设备不足，则根据实际需求增配。

若 X 射线移动式工业探伤现场存在服务企业其他工作人员，应提前告知并做好清场工作。

(4) 警戒线（警戒绳）

中宇公司已配备警戒线（警戒绳），开展 X 射线移动式工业探伤前，使用警戒线将控制区、监督区围合起来，阻止其他无关人员进入。本项目拟继续按现有情况执行，如运行过程中，警戒线（警戒绳）不足，则根据实际需求增配。

(5) 紧急停机按钮

便携式 X 射线探伤机的控制台（操作箱）上设置紧急停机按钮，任何异常情况时触发紧急停机按钮，便携式 X 射线探伤机均能停止出束。

(6) 监测设备

中宇公司已为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计、1 个人剂量报警仪（具有

续表 10 辐射安全与防护

直读功能)，且每个探伤作业小组配备 1 台 X- γ 辐射剂量率仪。本项目拟继续按现有情况执行，如后期增配辐射工作人员，在工作人员上岗前，为其配备个人剂量计，同时定期维护检查个人剂量报警仪和辐射剂量巡测仪工作情况，确实设备是否正常运行，发现故障及时更换或维修。

(7) 控制台相关措施

控制台（操作箱）设置在便携式 X 射线探伤机的非主射方向，并尽可能远离便携式 X 射线探伤机主射范围的位置（周向：主射角为 360° ，定向：主射角为 40° ）。项目便携式 X 射线探伤机与其控制台（操作箱）的连接电缆约 30m，同时利用其延时功能，辐射工作人员能在便携式 X 射线探伤机曝光出束前撤离至控制区外。此外，辐射工作人员还可以利用山体或已有构筑物屏蔽，确保便携式 X 射线探伤机曝光出束时，辐射工作人员位于控制区外。

(8) 局部屏蔽措施

①当便携式 X 射线探伤机（探伤、训机）的主射线方向一定距离外（监督区边界以内）有环境保护目标且不易清场时，拟配置足够屏蔽厚度屏蔽物（如 2mmPb 铅）放置在被检对象后方（便携式 X 射线探伤机主射线方向），以缩小主射线方向控制区及监督区距离，减轻对主射线方向的影响；

②控制台（操作箱）设置在便携式 X 射线探伤机的非主射方向上，当其非主射线方向的控制区和监督区范围较大（便携式周向 X 射线探伤机），周边无可利用的现有山体或构筑物予以躲避，且便携式 X 射线探伤机延时曝光不足以满足让辐射工作人员撤离至控制区外时，本次拟增加 2mmPb 铅或类似具有足够屏蔽效果的辅助防护设施，放置在便携式 X 射线探伤机面向控制台（操作箱）一侧，确保屏蔽后方控制台（操作箱）所在位置周围剂量当量率小于 $15\mu\text{Sv/h}$ ；

③当便携式 X 射线探伤机的非主射方向一定距离外（监督区边界以内）有环境保护目标且不易清场时，应在靠近便携式 X 射线探伤机及散射体（被检测工件）一侧的就近位置放置具有一定屏蔽防护效果的设施（比如 2mmPb 铅），确保环境保护目标所在位置的周围剂量当量率小 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

10.2.3 其他辐射防护与安全措施

续表 10 辐射安全与防护

(1) 探伤作业方案的制定

①中宇公司根据探伤项目情况，制定 X 射线工业探伤作业大纲。应结合探伤工件的类型、尺寸厚度选择周向还是定向，确定设备型号。

②中宇公司开展 X 射线移动式工业探伤前，进行探伤作业点的现场考察，并对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容包括工作地点的选择，接触的工人与附近的公众，天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等，以便于制定符合实际情况的探伤工作方案，设置合理的控制区和监督区。

③充分与探伤作业点所在的单位负责人沟通，建立安全合作及协调巡视制度，做好工作场地实施的准备和规划，协商适当的探伤地点和探伤时间、安全信息公示牌、警告标识和警戒线等，避免造成混淆。确保探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

④在探伤作业点考察及评估的基础上，根据实际情况对 X 射线工业探伤作业大纲进行修订完善，制定出有针对性的制定探伤作业方案。探伤作业方案主要包括：探伤工况、时间、便携式 X 射线探伤机及接收安装位置、控制区域范围、监测方案等，并明确相关探伤操作人员和警戒疏散人员的职责和分工。

(2) 探伤作业点的现场布置

①X 射线移动式工业探伤前进行公告，通知无关人员撤离到监督区警戒线以外，做好周围公众成员的清场。根据检测要求和探伤对象的材质、厚度等性质，合理选择探伤设备及参数、主射方向。

根据探伤作业方案划分控制区、监督区，控制区及监督区边界尽可能利用实体屏障，包括利用临时屏障或拉起警戒线（绳）等，在监督区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，在控制区边界外悬挂“禁止进入 X 射线区”警告牌，现场配备便携式 X- γ 辐射剂量率仪随时监测工作区域的辐射剂量。设置声光报警灯，拉好警戒线并设置电离辐射警告标志，监督区边界巡视人员做好巡视工作及人员管控，禁止公众成员进入探伤工作场所。

②针对项目特点及可能涉及的工作场所类型，如出现夜间或者照明条件不佳的情况，拟在监督区边界设置声光报警灯，同时根据现场需要，增设警戒、巡视辅助人员。

续表 10 辐射安全与防护

③当便携式 X 射线探伤机、探伤作业点、被检工件以及照射方向等条件发生变化时，重新使用便携式 X- γ 剂量率仪进行巡测，重新划设控制区和监督区。

项目辐射安全联锁逻辑图见图 10-4。

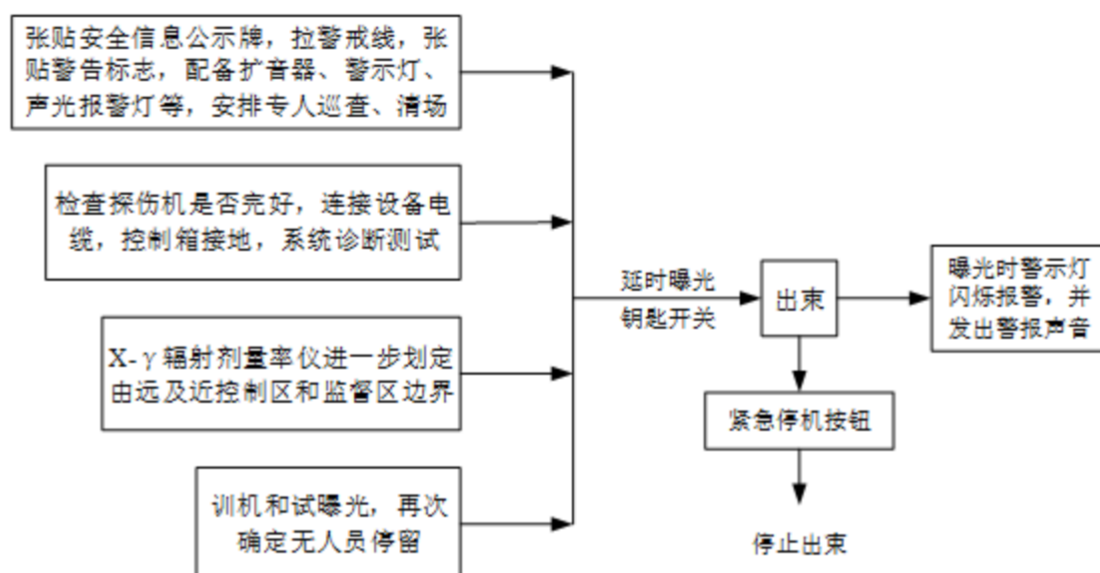


图 10-7 辐射安全联锁逻辑图

(3) 射线探伤装置的管理

本项目探伤装置在无探伤任务时存放于中宇公司探伤室内，探伤工作结束后及时将设备返回至探伤室内存放，做好进出台账。探伤设备不能及时返回探伤室内存放，需要在探伤作业现场存放时须做好探伤设备的存放安全管理，落实责任人。

10.3 γ 源探伤拟采取的辐射安全与防护措施

1、 γ 源探伤机固有安全措施

(1) 放射源容器与屏蔽

放射源探伤机由探伤机主机、输源管和控制机构组成，其中探伤机主机（放射源容器）是探伤机最基础的固有安全部件。本项目每台放射源探伤机均自带放射源屏蔽容器，它由贫化铀等高密度材料制成，能够有效屏蔽放射源发出的绝大部分射线。在容器内装有最大额定活度放射源的情况下，其外表面的辐射剂量率满足国家标准的限值要求。

(2) 多层级安全联锁

为了防止误操作，探伤机设计有多层联锁机制：

续表 10 辐射安全与防护

安全锁：配备安全锁和专用钥匙。只有当放射源完全收回容器后，安全锁才能锁死；锁死状态下，放射源无法移动。钥匙不在锁上时，安全锁也必须处于锁死状态。

联锁装置：探伤机机体设计有安全联锁，确保在安装或拆卸驱动装置时，放射源无法移出容器。

(3) 安全监控系统

每台探伤机配套 1 个安全监控装置，可以实时显示放射源位置，同时监测源容器周围剂量当量率，当密封源回收异常时，放出警报。监控装置自带地理定位和数据传输功能。

(4) 在探伤装置放射源容器表面设置电离辐射标志以及放射源信息。

2、储源库的辐射安全设施

(1) 储源库安全设施

为了放射源安全和便于放射源管理，在白市驿基地建设储源库，为独立用房，墙体结构为实心砖。库内不允许存放易燃、易爆、腐蚀性等其他物品。储源库地面设置排水沟，所在地排水情况良好，随时检查储源库的防水情况，发现储源库漏水、积水现象，及时采取措施处理，满足防水要求。储源库采用实心砖和混凝土建设，除放置 γ 源探伤机相关部件外，不存放其他物品，满足防火要求。

储源库设置双道防盗门，设置门锁，并交由不同的人员管理，实现了双人双锁。白市驿厂区范围内仅有员工活动，人员单一，便于放射源管理。储源库内外拟安装可视监控系统一套，24 小时全天对储源库进行全方位全覆盖实时监控，在基地值班警卫室内可以实时视频监控，且录像保存时间在 30 天以上。储源库为防侵入区域，安装 1 套红外报警装置（与当地公安“110”联网）和 1 套区域辐射报警装置，2 套报警装置实现无线实时报警。在储源库门、储源地坑盖板表面均设置电离辐射警告标志牌。

(2) 储源库内储源坑的辐射安全设施

储源库内地面设置 8 个独立储源地坑，地坑盖板为 10mmPb，四周墙体采用 24cm 实心砖，顶棚为 10cm 混凝土。

(3) 人员进入储源库应佩戴个人剂量计，携带有效的便携式辐射监测仪或个人剂量报警仪。定期巡逻周边情况，使用辐射剂量巡测仪对储源坑盖板表面和储源库外剂量

续表 10 辐射安全与防护

率进行监测并填写监测记录。

(4) 放射源出入库管理

中宇公司制定了 γ 射线探伤机的领取、归还和登记制度，制定了各类放射源相关登记台账，定期清点检查放射源情况，明确放射源的流向。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。同时，拟在本项目储源库内张贴发生应急事故的处理措施和报告流程。

3、含源探伤机运输过程中的防治措施

①目前，中宇公司现场探伤作业前，放射源由公司专用车辆运至项目现场，车辆设置 GPS 定位系统，运输过程，放射源全程固定在车内运输保险箱中，车辆内外设置监控和警示标志等。放射源运输前，向公安和环保部门申请备案，并全程记录放射源运输情况。后期，公司拟委托有相应资质的单位负责含源探伤机的运输，如需自行运输，则应严格按照要求申请该项运输资质。运输过程的安全防护工作由运输单位承担，中宇公司负责监督管理。根据规范要求，运输单位需满足如下条件：

含源探伤机采用专用车辆进行运输，押运人员全程监控探伤装置。如人员需离开车辆，则至少留有 1 名工作人员负责保险运输箱的看管，防止放射源丢失或被盗。

车体和保险箱外均应张贴电离辐射警告标志，且保险运输箱必须具备防盗功能；

在交通工具外表面任意一点上的辐射水平不得超过 2mSv/h ，在距表面 2m 远的任意一点处不得超过 0.1mSv/h 。

γ 射线探伤机置于保险运输箱内进行运输，只有保险箱锁紧并取出钥匙后方能移动。

轻拿轻放，从运输保险箱存取 γ 射线探伤机时应用辐射剂量监测仪进行监测，以确定放射源贮存于 γ 射线探伤机内。

通过道路运输放射源的，应经公安机关批准，并按照指定的时间、路线、速度行驶。

运输车辆应配备 GPS 卫星定位监控装置，接受全程监控。

②建立放射源道路运输的相关制度，并加强管理。

③ γ 射线探伤机在使用现场的运输和移动，应使用人力三轮车推运，三轮车不得骑行，以免颠簸导致 γ 射线探伤机损坏，并保持探伤设备始终在人员视线范围内。移动 γ

续表 10 辐射安全与防护

射线探伤机时，只能手提或抬动，不得肩扛。

4、临时贮存场所采取的污染防治措施

γ 射线探伤机用毕不能及时返回本单位储源库保管的，应在现场设置临时储源库，施工现场放射源储源库四周设置隔离网，隔离网上悬挂电离辐射警告标志。探伤机机体放入临时储源库内的储源地坑或储源保险箱中。实行源库大门双锁，隔离网大门上加挂锁。储源库大门最好使用防盗门或使用挂锁外加装防罩壳的设计，以免放射源被盗。作业单位必须对探伤机进行辐射剂量监测，并记录剂量监测值等信息。源库内外设置监控，并安排人员 24 小时巡逻。探伤机放入储源库后，对储源库外周围剂量率进行监测，确保临时储源库外周围剂量率低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，如超过该限值，在探伤机放置位置采用额外屏蔽。

5、 γ 放射源现场探伤过程中采取的防治措施

①公司与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间，设置现场通告、警告标识、报警信号灯，避免造成混淆。协商充足的探伤时间，确保探伤工作安全开展和所需的安全措施的实施。建设单位商定委托单位配合做好探伤作业的辐射防护工作，提前发布探伤作业信息，通知到所有相关人员，防止误照射。

每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。

②作业前先清场，再将作业时被检物体周围的空气比释动能率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，并在其边界上应悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警示标识。控制区边界尽可能利用现场实体屏蔽，如现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒绳等。作业过程中，控制区内不进行其他工作。为了尽量减小控制区范围，工作人员充分考虑放射源和被检工件的距离、照射时间、现场屏蔽条件等，视情况采取局部屏蔽措施，使用探伤设备配套的钨合金准直器等。

在控制区边界外将空气比释动能率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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。

在多楼层的工厂或工地作业时，在工作区上层或下层的人员通道处设置警戒绳或人员警戒，防止人员通过楼梯进入控制区。

续表 10 辐射安全与防护

③根据本项目提出的控制区和监督区距离进行划分后，再使用巡检仪进行修正。

④探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计，每个探伤作业小组配备 1 台便携式剂量仪。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。

⑤工作人员严禁处于放射源主射线方向，并根据现场情况，选择合适的遮蔽物，确保工作人员处于控制区之外，并尽可能降低辐射工作人员周围的辐射剂量率。

⑥作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。操作人员离开现场前，进行目视检查，确保设备没有损坏。通过锁定 γ 射线探伤机并将其置入运输箱，物理固定在运输车尾部，准备好运输。避免运输过程中脱落或掉落、损坏。

⑦现场设置提示“预备”和“照射”状态的指示灯声音提示装置。“预备”和“照射”信号有明显区别，并与该场所其他报警信号有明显区别。夜晚探伤作业时，控制区边界设置警示灯。警示信号灯与 γ 射线探伤机联锁。

⑧边界巡查与检测措施

开始 γ 移动探伤前，辐射工作人员先清场，确保控制区内无任何其他人员，并防止有人进入控制区。

确保控制区的范围清晰可见，工作期间设置良好的照明，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，则设置人员巡查。

试运行期间，测量控制区边界剂量率以核实边界设置正确。必要时调整控制区范围和边界。

开始 γ 移动探伤之前，检查便携式辐射环境检测仪，确认能正常工作。移动探伤工作期间，便携式辐射环境检测仪保持开机状态。

⑨安全操作措施

工作人员根据要进行探伤的物体类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。

探伤作业前备齐下列物品，并使其处于正常状态：便携式辐射环境检测仪、个人剂

续表 10 辐射安全与防护

量计、个人剂量报警仪；导向管（源导管）、控制缆（驱动缆）和摇柄；局部屏蔽；现场屏蔽物（铅皮）；警告提示和信号；应急箱，包括长柄钳和铅粒包；喊话器；安全信息公告牌。

⑩其他

安全信息公示牌将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于 2 平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。

工作前检查 γ 射线探伤机源容器、传输导管、照射末端、螺母和螺丝、紧固装置、安全联锁等辅助设备，确保正常，无故障。并检测源容器表面一定距离处的周围剂量当量率，确保满足表面 5cm 处低于 0.5mSv/h，1m 处低于 0.02mSv/h。

公司目前未计划开展水下 γ 探伤业务。

6、 γ 射线探伤机的维护和保养

①每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。特别是应经常对 γ 射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒，防止放射源收放过程中的卡顿。

②探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置，定期对探伤机进行更换，淘汰的探伤机及放射源均由生产厂家回收。

③换源事项由供源厂家负责，建设单位不负责换源操作，也不在本项目贮源库进行换源操作。

7、放射源退役、更换采取的污染防治措施

①严禁放射源使用单位私自更换或处置放射源，本项目放射源的更换均应由供源单位操作。

②本项目废旧放射源应由供源单位回收处理。

续表 10 辐射安全与防护

③本项目放射源或储源库等工作场所不再使用时，按照规范要求完成退役手续。

8、放射源异地使用的安全措施

①探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。

②异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转移出使用地后 20 日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。

③本直辖市单位在外省/市作业需改变作业地点的，经作业地生态环境部门同意，完成异地使用备案注销手续后，放射源可不返回本市直接办理新的出市备案手续。

④本直辖市单位进行跨涉区县作业的，应在作业实施前 10 天内向移入地区县环保部门报告，办理手续前由作业地县级生态环境部门出具现场检查意见；在作业活动结束后 20 日内，向移入地区县生态环境部门报告注销。移入地生态环境部门在接受市内异地作业报告和注销后，应及时告知移出地区县生态环境部门。

⑤本直辖市单位内跨县（市、区）异地作业的，应在作业前告知移入地和移出地县级环保部门。

10.4 防护用品

中宇公司拟配置/使用相关辐射防护用品及辐射防护措施，详见表 10-2。

表 10-2 中宇公司拟配置/使用防护用品及防护措施清单一览表

防护用品名称	单位	数量	备注
个人剂量计	个	6	每名辐射工作人员 1 名
个人剂量报警仪	个	6	每名辐射工作人员 1 名
便携式 X-γ 剂量率仪	台	2	每个探伤作业班组 1 台
声光报警灯	个	16	每个探伤作业班组 8 个
警示灯	个	16	每个探伤作业班组 8 个
电离辐射警告标志	块	16	每个探伤作业点 8 块
警告牌（“无关人员禁止入内”警告牌）	块	16	每个探伤作业点 8 块
警告牌（“禁止进入射线工作区”警告牌）	块	16	每个探伤作业点 8 块
安全信息公示牌	块	4	每个探伤作业点 2 块
警戒线（警戒绳）	套	4	每个探伤作业点 2 套
扩音器	套	4	每个探伤作业点 2 套
对讲机	套	4	每个探伤作业点 2 套
临时储源库隔离网	套	4 套	每个探伤作业点 2 套
2mmPb 铅板	套	2 套	每个探伤作业点 1 套

续表 10 辐射安全与防护

10.5 放射性三废的治理

本项目可能产生的放射性废物为更换下来的放射源和 γ 源探伤机（贫化铀屏蔽容器），中宇公司目前与放射源生产厂家签订了放射源回收协议，由厂家负责对放射源进行更换和回收，使用年限达到后无法继续使用或者出现故障的探伤机，由设备生产厂家回收。本项目运行后，中宇公司拟继续按照现有措施执行。

10.6 工作场所服务期满后退役

若项目 γ 源相关工作场所搬迁或者不再使用时，公司应编制相应退役方案、制定退役目标，首先安全、妥善处理放射源，并按照相关法规规定完善退役环保手续。

根据现行法律法规，本项目涉及到的存在污染的 γ 源场所需要编制退役环境影响报告表，完成退役之后还需要进行验收监测，重新办理辐射安全许可证。

10.7 拟采取辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

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)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)等的要求，具体符合性分析见表 10-4。本项目与《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》(环发〔2007〕8号)、《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》(环办函〔2014〕1293号)等文件中的要求具体符合性分析见表 10-5。

续表10 辐射安全与防护

表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
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。	建设单位承诺对本项目的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。	按要求建立了放射防护管理组织,明确放射防护管理人员及其职责,制定并落实放射防护管理制度和措施。
		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。	按要求对辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康监护。
		4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	探伤工作人员正式工作前按要求取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目依托公司现有便携式 X-γ辐射剂量巡测仪和个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	制定有辐射事故应急预案。
	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/T 26837 的要求。	公司现有射线装置为专业厂家生产的合格产品,后续如更换探伤机,将继续购买符合要求的探伤设备。
		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。	制定《射线探伤装置安全管理规定》,明确设备安全检查内容,并在探伤工作前对各项安全设施进行检查。
		5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求: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。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行;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。	制定探伤机维护制度,每年至少进行一次维护,并做好设备维护记录。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖(若有)时,源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 2 规定的控制值,随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。	公司现有设备为专业厂家生产的合格产品,后续如更换探伤机,将继续购买符合要求的探伤设备。
	5.2.1.2 工作前检查项目主要包括: a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常; b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤; c) 确认放射源锁紧装置工作正常; d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏(磨损标准由厂家提供),与控制导管是否有效连接; e) 安全联锁是否工作正常; f) 报警设备和警示灯运行是否正常; g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固; h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结; i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰; j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求,并确认放射源处于屏蔽状态。	制定《射线探伤装置安全管理规定》,明确设备安全检查内容,并在探伤工作前对各项安全设施进行检查。
	5.2.2.1 应定期对 γ 射线探伤机中涉及放射防护的部件进行检查维护,发现问题及时维修。维修 γ 射线探伤机时,应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。 5.2.2.2 应经常对 γ 射线探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗,齿轮应经常添加润滑剂,并对源传输导管接头进行擦洗,避免灰尘和砂粒。	制定制定《射线探伤装置安全管理规定》,明确定期对设备进行检查维护,每个月对探伤装置的配件进行检查、维护,每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护。设备维修由厂家完成,并做好设备维护维修记录。维护要求中明确对探伤机的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗,齿轮添加润滑剂,并对源传输导管接头进行擦洗等。
	5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源(或带源的探伤机)的贮存库。	本项目建设有放射源储源库,用于放置公司放射源探伤机。
	5.2.3.2 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源,应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕,应进行巡测,确保存储安全。	探伤现场拟设置临时储源库,并按要求设备防盗门和两道锁具。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求: a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏,并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动,贮存设施门口应设置电离辐射警告标志; b) 应能在常规环境条件下使用,结构上防火,远离腐蚀性和爆炸性等危险因素; c) 在公众能接近的距外表面最近处,其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平; d) 贮存设施的门应保持锁紧状态,实行双人双锁管理; e) 定期检查物品清单,确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。	本项目设置独立储源库,储源库仅一个出入口,并设置两扇防盗门,钥匙由两名人员负责管理,储源库门外粘贴电离辐射警告标志。储源库采用混凝土和实心砖结构,内部设置储源地坑,地坑盖板为含铅材料,确保放射源储存时的屏蔽防护满足要求。制定放射源存放和出入库管理制度,并定期检查储存情况。
	5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度,建立领用台帐,明确放射源的流向,并有专人负责。	公司制定有放射源出入库管理制度和台账,并有专人负责管理。领取和归还时,使用监测仪器监测探伤机表面周围剂量率,确保放射源在容器内且容器表面剂量率满足限值要求。存放时,将探伤机放置在储源地坑内,每个地坑仅同时存放一台探伤设备主机。
	5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时,应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量,确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放,领用和交还都应有详细的登记。	
	5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB 11806 的规定执行,应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中,源窗应处于关闭状态,并有专门的锁定装置。	放射源运输由专门的运输车辆完成,运输过程中,探伤设备源窗处于关闭状态,设备放置在保险运输箱中,运输箱固定在车辆上。
	5.2.4.2 含源装置应置于储存设施内运输,只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后方能移动。	探伤机整机进行运输,并放置在保险运输箱内,保险运输箱必须具备防盗功能,只有保险箱锁紧并取出钥匙后方能移动。
	5.2.4.3 在不涉及公用道路的厂区内移动时,应使用小型车辆或手推车,使含源装置处于人员监视之下。	γ 射线探伤机在使用现场的运输和移动,应使用人力三轮车推运,并保持探伤设备始终在人员视线范围内。
	5.2.5 废旧放射源的处理:使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议,当放射源需报废时,应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定,相关文件记录应归档保存。	废旧探伤源由生产厂家进行更换和回收,并做好记录。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全,操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。	本项目操作室与探伤室分开布置,操作室避开了有用线束照射的方向;探伤室的屏蔽墙厚度考虑了各种因素,根据后文核算,探伤室屏蔽墙体、防护门外周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。
	6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理,分区管理应符合 GB 18871 的要求。	项目拟对探伤工作场所进行分区管理,将探伤室(包括迷道)墙壁围成的内部区域划为控制区,与墙壁外部相邻区域划为监督区,并采取相应的分区管理措施。
	6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足:a)关注点的周围剂量当量参考控制水平,对放射工作场所,其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$,对公众场所,其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$;b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	经核算,人员在关注点的周剂量参考控制水平能满足职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$,公众不大于 $5\mu\text{Sv/周}$,探伤室屏蔽墙体、防护门外周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$,且项目建成后,将委托资质单位对探伤室各关注点进行监测。
	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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。	本项目上方为厂房上空,无行车,人员一般不会到达,厂房为单层建筑,探伤室顶栅剂量率按 $100\mu\text{Sv/h}$ 控制。
	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置,应在门(包括人员进出门和探伤工件进出门)关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中,防护门被意外打开时,应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时,每台装置均应与防护门联锁。	本项目探伤室防护门拟设置门机联锁装置,每台探伤机均与防护门实现门机联锁,防护门未关闭的情况下不能打开高压产生射线;门关闭后,在开高压产生射线的情况下,防护门不能打开;门打开时立即停止 X 射线照射,关上门不能自动开始 X 射线照射。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1 探伤室放射防护要求	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目的探伤室内外醒目位置拟设置一组声光警示灯，警示灯分为黄色和红色，黄色代表“预备”状态，红色代表“照射”状态，“预备”信号持续足够长的时间，确保探伤室内人员安全离开，并拟在警示灯旁设“照射”和“预备”信号意义的说明。操作台设视频监控影像显示屏，操作屏幕上“预备”和“照射”均有显示。同时出束时发出警报声音提示。
		6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目探伤室内拟安装监控系统，能够观察到探伤室内以及门口情况。
		6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	探伤室防护门上均拟设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。
		6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	设备探伤室内拟设置 4 个急停按钮，设置在方便人员接触的位置，能使人员不需要穿过主射线束就能够使用，且拟设置中文标识。
		6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	探伤室拟设置机械通风装置，排风口位于探伤室南墙，南墙外为厂区室外绿化带。总排风量为 300m ³ /h，通风次数约 5 次/h，符合要求。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	探头拟设置于探伤室迷路入口处，仪表指示仪及报警装置安装在操作室操作台上。探伤室内探头实时监测探伤室内周围剂量当量率，操作台上仪表指示仪显示探伤室内周围剂量当量率读数，当装置检测到周围剂量当量率超过预设限值时，仪表指示仪进行光报警。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	
	6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	拟制定探伤室安全检查制度，每日对探伤室的门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施检查一次，确保门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施正常后，方可开展检测工作。
	6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	从事本项目探伤工作人员均配备有个人剂量计，依托公司现有的便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量报警仪等，拟制定相关制度，规定当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室。
	6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	拟定期（每月一次）对本项目探伤室外周围区域、包括操作者工作位、周围毗邻区域人员居留处的剂量率水平进行监测，并制定相关制度，当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护管理人员报告。
	6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	拟制定当班制度。工作人员当班时按照要求检查剂量仪是否正常工作，发现不能正常工作时将暂停检测工作。
	6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。	拟制定相关制度，操作人员每次检测工作前确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门，且只有在防护门关闭、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。
6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条~第 7.4 条的要求。	本项目探伤室用于员工培训，探伤工件为小型样品工件，不会出现工件过大情况，且本项目仅在迷路外墙设置一扇防护门，不会存在开门探伤的情况。	

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.3 探伤设施的退役	当工业探伤设施不再使用,应实施退役程序。包括以下内容: a) 有使用价值的 γ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构,或者按照本标准第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。 b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样对待。 c) X 射线发生器应处置至无法使用,或经监管机构批准后,转移给其他已获许可机构。 e) 当所有辐射源从现场移走后,使用单位按监管机构要求办理相关手续。 d)清除所有电离辐射警告标志和安全告知。	本项目 X 射线探伤装置不再使用时,拟按照要求实施报废,放射源及探伤机机体均由厂家回收,清除工作场所所有电离辐射警告标志和安全告知。按监管部门要求办理相关手续
	7 移动式探伤的放射防护要求	7.1 作业前准备	/
		7.1.1 在实施移动式探伤工作之前,使用单位应对工作环境进行全面评估,以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响(如烟雾报警器等)。	依托现有公司现场探伤操作规程,规程中包含对工作场所的评估,在实施移动式探伤工作之前,按操作规程对工作场所环境进行全面评估,制定有针对性的作业方案。并考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响。
		7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	项目开展移动式探伤工作的每台探伤机拟配备两名专职工作人员。
		7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划,使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等,避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	移动式探伤工作在委托单位的工作场地实施准备和规划时,项目将与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等,避免造成混淆。确保委托单位给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。
		7.2 分区设置	/
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。	根据要求设置控制区和监督区,拉警戒线(绳),设置警告牌、警示标识等,实行分区管理,现场探伤工作在指定的控制区内进行,辐射操作人员在控制区外作业,非辐射工作人员和其他公众在监督区外活动。		

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	7 移动式探伤的放射防护要求	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。	项目拟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。
		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。	拟在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌,探伤作业人员拟在控制区边界外操作,否则采取专门的防护措施。
		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。	控制区的边界拟尽可能利用工作场所内现有地形或建筑作为实体屏障,无可利用的地方拉警戒线。
		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。	项目移动式探伤作业工作过程中,控制区内不同时进行其他工作。项目使用探伤机,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。
		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。	公司最多同时存在 2 个探伤作业班组,各配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪,开始探伤工作前,将对剂量率仪进行检查,确认能正常工作,并定期对其开展检定/校准工作。探伤现场每名辐射工作人员配置一台个人剂量报警仪,探伤现场进行佩戴,可听见、看见报警信号。
		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。	项目拟在划定好控制区后,进行试曝光,对控制区边界进行巡测,一旦发生辐射水平异常、分区不合理的情况,将立即停止射线出束,并调整控制区边界。
		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。	拟将控制区边界外、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。
		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。	在现场探伤作业前对探伤作业现场进行清场,确保控制区内均无人员进入。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	7.2.10 探伤机控制台(X射线发生器控制面板或 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。	X探伤机控制台拟设置在控制区外合适位置并采用延时开机,出束时操作人员位于控制区外。 γ 源探伤机控制机构设置在源背侧,尽可能使用遮挡屏蔽物。
	7.3 安全警示	/
	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。	委托单位(业主单位)拟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,通知到所有相关人员,防止误照射发生。
	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。	公司配备有声光报警灯,拟在现场探伤时,按要求放置。报警灯的“预备”信号和“照射”信号用不同颜色区别,并且与探伤工作现场使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界设置警示灯。
	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。	项目警示信号指示装置拟与探伤机联锁。
	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。	项目拟在作业现场控制区边界位置设置声光报警灯,确保在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“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。	项目拟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“无关人员禁止入内”警告牌等提示信息。
	7.4 边界巡查与检测	/
	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。	项目探伤作业前,拟对探伤现场工作场所进行清场,确保控制区内无任何其他人员。
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。	拟在控制区边界拉警戒线(绳),确保控制区的范围清晰可见,工作期间拟设置良好的照明,确保探伤作业时任何人员均不进入控制区。并根据现场情况安排2~3名辅助人员在监督区边界警戒、巡视。	

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	7 移动式探伤的放射防护要求	
	7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。	项目拟在每个探伤工作现场第一次曝光时使用便携式 X-γ 剂量率仪测量控制区边界的剂量率，必要时将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 剂量率仪一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。	开始移动式探伤工作之前，拟对便携式 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 剂量率仪一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。
	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。	中宇公司现有 6 名辐射工作人员，本次拟新增 4 名辐射工作人员，同时最多有两个探伤班组。公司每名辐射操作人员均配置个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。同时，每个探伤作业班组配置 1 台便携式 X-γ 剂量率仪。
	7.5 移动式探伤操作要求	/
	7.5.1 X 射线移动式探伤 7.5.1.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。	本项目电缆为 25m，拟考虑照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。
	7.5.2 γ 射线移动式探伤 7.5.2.1 应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个 γ 射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。	根据现场情况选择使用的探伤设备，只有在无法使用 X 射线探伤机的情况下才选择 γ 源探伤。根据探伤对象选择合适的放射源探伤机。
7.5.2.2 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态 a) 便携式 X-γ 剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪；b) 导向管，控制缆和遥控；c) 准直器和局部屏蔽；d) 现场屏蔽物；e) 警告提示和信号；f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具；g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。	项目现场配备便携式 X-γ 剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪，设备控制机构设置导向管和控制缆，每台探伤机配备准直器，探伤时利用现场条件尽可能进行屏蔽，配备应急储源铅罐、声光报警灯等设施，配备长柄钳等用于以外情况处理。	

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	7 移动式探伤的放射防护要求	7.5.2.3 探伤工作完成后,操作人员应使用便携式 X-γ 剂量率仪进行监测,以确保所有 γ 放射源均已完全退回源容器中,并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前,应进行目视检查,以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中,以免在运输过程中脱落(或掉落)、损坏。	γ 源探伤结束后,操作人员使用辐射巡测仪对设备表面和周围环境进行监测,确保放射源回到容器内,且容器处于关闭状态。离开现场前,检查设备是否完好,运输时,探伤机需固定在运输工具上。
	8.1 检测的一般要求	8.1.1 检测计划 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。 8.1.2 检测仪器 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。	建设单位配备有符合要求的放射防护检测仪器,并定期检定/校准,取得相应证书,并制定放射防护检测计划,进行日常监测。
	8.2 探伤机检测	8.2.1 防护性能检测 8.2.1.1 检测方法 X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行。γ 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T14058 的要求进行。 8.2.1.2 检测周期 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后,应进行安全装置的性能检测。 8.2.1.3 结果评价 X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。γ 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.2.1.1 条的要求。	建设单位拟按照要求,委托有资质单位,每年对探伤机的防护性能进行监测。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.2 探伤机检测 8.2.2 密封放射源泄漏检验 8.2.2.1 检验方法 用滤纸或软质材料沾取 5%EDTA-Na ₂ 溶液或其他去污剂擦拭密封导向管内壁, 测量擦拭物的放射性, 如有明显增高 (例如 20 Bq), 应将放射源送回生产厂家进一步检验。 8.2.2.2 检验周期 每年对探伤机放射源传输管道进行放射性污染检验, 检查放射源的密封性能	建设单位拟按照要求, 委托有资质单位, 每年对 γ 源探伤机各项指标进行监测。
	8.3.1 检测条件 检测条件应符合如下要求: a) X射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置, 如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态; 主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行, 副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。b) γ 射线探伤验收检测时, 应在额定装源活度、没有探伤工件、探伤机置于与测试点可能的最近位置进行; 常规检测时, 按照实际工作状态进行检测。	建设单位拟按照要求选取检测条件。
	8.3.2 辐射水平巡测 探伤室的放射防护检测, 特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测, 用便携式 X- γ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平, 以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意: a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定, 并关注天空反散射对周围的剂量影响; b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时, 应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平; 探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能, 应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。c) 设有窗户的探伤室, 应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。	建设单位拟按照要求进行探伤室辐射水平巡测。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	<p>8.3 探伤室放射防护检测</p> <p>8.3.3 辐射水平定点检测 一般情况下应检测以下各点：a)通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；b)探伤室外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 点；c)探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；d)人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；e)人员经常活动的位置；f)每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。</p>	建设单位拟按照要求进行辐射水平定点检测。
	<p>8.3.4 检测周期 探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当γ射线探伤放射源的活度增加时，或者 X 射线探伤机额定电压增大时，应重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。</p>	建设单位拟按照要求，对探伤室验收时监测一次，X 射线探伤机额定电压增大时、 γ 源活度增加或防护设施维修后需重新进行工作场所辐射剂量率监测；每年委托有资质单位监测一次；日常由建设单位不定期自行监测；如有必要，根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。
	<p>8.3.5 结果评价 探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。</p>	探伤室周围辐射水平监测结果，拟按照本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求进行评价。
	<p>8.4 移动式探伤放射防护检测</p> <p>8.4.1 检测要求</p> <p>8.4.1.1 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。</p> <p>8.4.1.2 当 X 射线探伤机或γ放射源、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。</p> <p>8.4.1.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。</p> <p>8.4.1.4 探伤机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。</p>	进行移动式探伤时，拟通过巡测确定控制区和监督区。当探伤机、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，拟重新进行巡测，确定新的划区界线。在工作状态下拟检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。探伤机停止工作时，拟检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作，并同时做好监测记录。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.4 移动式探伤放射防护检测 8.4.2 检测方法 在探伤机处于照射状态,用便携式 X-γ剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率,参照本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界,以 2.5 μSv/h 为监督区边界。γ射线探伤机收回放射源至屏蔽位置或 X 射线探伤机停止照射后,确定控制区边界和监督区边界。	在探伤机处于照射状态,拟按照要求使用便携式 X-γ剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量,确定控制区边界和监督区边界。设备停止照射后,确定控制区和监督区边界。
	8.4.3 检测周期 每次移动式探伤作业时,运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时,应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测:a) 新开展现场射线探伤的单位;b) 每年抽检一次;c) 在居民区进行的移动式探伤;d) 发现个人季度剂量(3个月)可能超过 1.25 mSv。	每次移动式探伤作业时,中宇公司拟按照要求进行相关检测,并每年委托有资质单位按照相关要求进行检测。
	8.4.4 结果评价 控制区边界不应超过本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值,监督区边界不应超过 2.5μSv/h。	拟将周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围划为控制区,周围剂量当量率 2.5μSv/h~15μSv/h 的区域划为监督区。
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 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。	公司为辐射工作人员配备了个人剂量计,并按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T25-0-2014)	3.3 其他要求	
	3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室,可以仅设人员门。	本项目探伤室设置一扇防护门,只使用小型工件用于员工培训,且出入口处设置迷道。
	3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外,控制室和人员门应避免有用射线束照射方向	本项目操作室位于探伤室外,且操作室和人员门均不在探伤机主射范围内,建设单位拟设置探伤机活动范围并纳入管理制度中,确保防护门、操作室可以避免有用射线束照射方向。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3.3 其他要求		
	3.3.3 屏蔽设计中,应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	本项目探伤室主体采用混凝土结构,开设防护门,各防护门与墙体的搭接处足够宽,排风口和电缆口均采取特殊防护,不影响屏蔽效果。	
	3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时,按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	根据后文计算,本项目设备 X 射线管头在最高管电压和最高管电流下,主射方向和其他侧屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。	
《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》 (GBZ114-2006)	4 密封源的放射防护要求	4.1 密封源应符合 GB 4075 的要求,出厂时应提供相应的检验合格的文件。	建设单位购买符合要求的探伤设备,放射源由专业厂家提供。
		4.2 密封源超过有效使用期限或发生失控、失火意外时,应追回并检测其活度;并按 GB15849 的要求进行泄漏检验与表面放射性沾污检验。	密封源定期更换,确保其使用正常。设备发生意外时,联系厂家进行处理,并检测其活度和表面沾污情况。
		4.3 密封源检验合格证书、到货登记以及发放、转让等有关资料应与密封源同时长期保存,并定期核查,应列入永久档案管理。	按要求存放放射源相关资料。
	5 密封 γ 放射源容器的放射防护要求	5.1 密封 γ 放射源容器的结构、材料、质量和体积的设计,应依据装载放射源的种类、活度、射线能量、使用及运输方式、包装等级和泄漏辐射水平等内容综合考虑,确保放置稳定、装卸容易、运输安全和使用方便。	本项目探伤机机体作为放射源储源容器,且采用专业车辆运输。
5.2 活度小于 3.7×10^{12} Bq 和能量在 0.5MeV 以下的密封 γ 放射源容器应采用铅、铁作为屏蔽防护材料。活度大于 3.7×10^{12} Bq 和能量在 0.5MeV 以上的密封 γ 放射源容器的材料应以铅、铁为主,辅以适当厚度的钨和贫铀或其合金作为防护层,以利于提高辐射防护效果,减少容器的体积和质量。并确保能经受正常的运输条件和可能的事故(如撞击、火灾和爆炸等)条件。源容器的整体结构及其防护性能,不会因剧烈震动和温度变化而发生改变。		本项目探伤机源容器采用贫化铀材料,确保屏蔽防护效果。	

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)	5.3 密封 γ 放射源容器的提吊部件,应牢靠,满足负荷要求。在正常操作条件下,反复使用不得脱落和断裂。	探伤机机体自带把手,便于操作。
	5.4 密封 γ 放射源容器口应有双层封盖,应能加锁,容易开启。但在经受各种震动、翻倒后,确保放射源不会自动掉出。	本项目探伤机机体作为放射源储源容器,设置有满足要求的结构。
	5.5 密封 γ 放射源容器的源室应位于容器有效防护层的近中央部位。源室的容积不宜过大,但应便于放入和取出密封 γ 放射源。	本项目探伤机机体作为放射源储源容器,设置有满足要求的结构。
	5.6 密封 γ 放射源容器的外表面应光滑、平整、无凹陷,防止集水、积水,并且无锈蚀、易去污。并应有符合 GB18871—2002 附录 B 要求的电离辐射警告标志,同时标有应用部门的名称、编号、装载的核素符号和允许装载的活度值。	本项目探伤机机体作为放射源储源容器,表面光滑,且标注有放射源相关信息、设置电离辐射警告标志。
	5.7 活度大于 $2 \times 10^{13} \text{Bq}$ 的密封 γ 放射源专用容器的顶部,应设置排气安全阀和下部设进水口。活度大于 $3.7 \times 10^{15} \text{Bq}$ 以上的高活度密封 γ 放射源容器外面应设外壳或护栏,防止热辐射接触烫伤。	本项目为探伤机为工作容器,主要结构为满足设备运行要求。
	5.8 距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以下的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 $0.05 \text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$;距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 $0.2 \text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。	建设单位购买符合要求的探伤设备并定期监测。
	5.9 密封 γ 放射源容器外表面的非固定性放射性污染, β 不得超过 $4 \text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$, α 不得超过 $0.4 \text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。	建设单位购买符合要求的探伤设备并定期监测。
6 工作容器的专用要求	6.1 密封 γ 放射源容器作为工作容器时,应满足各类 γ 辐射应用装置对工作容器的辐射水平限制要求。工作容器应标明编号、型号、核素名称、活度、辐射类型、制造厂家、出厂日期及电离辐射警告标志。	本项目探伤机机体作为放射源储源容器,表面标注有放射源相关信息、设置电离辐射警告标志,购买合格产品,设备表面剂量率满足要求。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)	6 工作容器的专用要求	6.2 当密封源处于贮存位置时,应根据不同使用条件和环境,确定工作容器附近相应的剂量当量率限值,保证周围工作人员和公众的受照剂量不超过相应的年剂量限值要求。	探伤结束后,使用辐射剂量巡测仪对设备表面和周围剂量率进行监测,存放在公司储源库时,对房间外剂量率进行监测。
		6.3 工作容器应具备源位指示器,明确显示密封源处于贮存位置或工作位置。	设备自带
		6.4 工作容器应设有防止密封源脱落或被无关人员打开的特殊结构。	设备自带
		6.5 活度大于 3.7×10^{10} Bq 的 γ 辐射应用装置的工作容器的开口设计,应根据迷路原理,防止有直射射线射出。	设备源输出端设置端口封帽
	7 密封源贮存的放射防护要求	7.1 使用单位应有密封源的帐目,设立领存登记,状态核查,定期清点,钥匙管理等防护措施。	制定放射源管理制度和出入库及使用台账
		7.2 根据密封源类型、数量及总活度,应分别设计安全可靠的贮源室、贮源柜、贮源箱等相应的专用贮源设备。	设置独立储源库
		7.3 贮源室应符合防护屏蔽设计要求,确保周围环境安全,贮源室应有专人管理。	储源库内设置多个储源地坑,设置双道防盗门,由专人进行管理
		7.4 有些贮源室应建造贮源坑,根据存放密封源的最大设计容量确定贮源坑的防护设施,贮源坑应保持干燥。	储源库内设置多个储源地坑,盖板采用含铅材料,室内设置排水设施。
		7.5 贮源室应设置醒目的电离辐射警示标志,严禁无关人员进入。	储源库门口粘贴电离辐射警告标志
		7.6 贮源室应有足够的使用面积,便于密封源存取,并应保持良好的通风和照明。	储源库面积约 10 平方米,有足够的活动空间,采用自然通风,设置照明设施。
		7.7 贮源室以及贮源柜、箱等均应设有防火、防水、防爆、防腐蚀与防盗等安全设施。	储源室墙体为实心砖,门为防盗门,储源地坑为混凝土浇筑,盖板为含铅材料,结构满足要求。
		7.8, 无使用价值或不继续使用的退役密封源应退回生产厂家。	更换或报废的放射源均由生产厂家回收处置

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)	8 密封源操作的放射防护要求	8.1 密封源操作和管理人员上岗前应接受有关放射防护的职业卫生培训,掌握一定的安全防护知识和技能,并经考核合格。	本项目工作人员均按要求进行了辐射防护相关培训,并考核合格
		8.2 应根据密封源的数量和活度,按放射防护最优化原则,充分考虑时间、距离、屏蔽设施等因素,采取各种有效的职业病危害防护措施,必要时应对防护措施进行职业病危害(放射防护)评价,使工作人员受照剂量控制在可合理达到的尽可能低的水平。	本项目采取各类辐射防护措施,尽可能降低人员受照剂量
		8.3 操作密封源应根据其类型和活度,使用相应的工具和屏蔽设施。	操作时,根据现场条件选择屏蔽设施,尽可能延长操作距离
		8.4 密封源更换容器时,应有放射防护人员进行现场监测,必要时获得合格专家的现场指导。	本项目放射源更换均由厂家负责
		8.5 使用密封源装置进行作业时(包括野外作业),应把放射工作场所划分为控制区和监督区,并采取相应的防护管理措施。	现场探伤时,按要求进行分区管理
		8.6 作为主要责任方,密封源使用单位对可能发生的密封源事故应有预防和应急救援措施。	制定辐射事故应急预案并屏蔽应急处置设施
		8.7 作为主要责任方,密封源使用单位应至少每年进行一次密封源设备防护性能及安全设施检验,如发现污染或泄漏应立即采取措施,详细记录检验结果,妥善保管归档。	每年委托专业机构进行检测
《 γ 射线探伤机》(GB/T 14058-2023)	5.1 外观	5.1.1 射线探伤机外表面应平整、色泽均匀,不应有裂痕、锈蚀和变形等缺陷。 5.1.2 γ 射线探伤机上文字和标记应清晰可见。 5.1.3 遥控装置控制导管及输源管等塑料件应无起泡、起皮、开裂、变形等缺陷。	购买专业厂家生产的合格产品
	5.2 环境适应性	5.2.1 环境温度 γ 射线探伤机应能在 -10°C ~ 50°C 的温度范围内正常工作。 5.2.2 环境相对湿度 γ 射线探伤机应能在 30%~93%的相对湿度范围内正常工作。	购买专业厂家生产的合格产品

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
《γ 射线探伤机》 (GB/T 14058-2023)	5.2 环境适应性	<p>5.2.3 电源</p> <p>5.2.3.1 γ 射线探伤机电动遥控装置宜适用下列电源。</p> <p>a) 额定电压: ●单相交流: 220 V; ●三相交流: 380 V; ●电压波动范围不超过额定电压的± 10%。 b) 频率: 50Hz, 频率误差± 1 Hz。</p> <p>5.2.3.2 安全监控装置如内含可充电电池, 宜符合以下要求:</p> <p>a) 电池工作电压不超过直流 24V;</p> <p>b) 充电输入功率不超过 60W。</p>	本项目探伤机为手动操作, 安全监控装置购买配套的合格产品
	5.3 安全监控装置	<p>5.3.1 基本要求</p> <p>安全监控装置应符合以下基本要求。</p> <p>a) 每个安全监控装置上有唯一编码, 且与设备一一对应, 字体清晰, 不易磨损。</p> <p>b) 安全监控装置含电源指示灯、运行指示灯。</p> <p>c) 安全监控装置的天线部分无金属遮挡。</p> <p>d) 安全监控装置运行符合以下要求:</p> <ul style="list-style-type: none"> ●正常运行情况下, 持续不低于 24h; ●正常运行情况下, 持续不低于 24h; ●设备待机状态下, 持续不低于 72h; ●当电池电量低于 20%时, 终端发出声光提醒, 并向系统发送低电量提醒信息。 	购买合格的γ 探伤机配套满足要求的安全监控装置
		<p>5.3.2 密封源回收异常报警</p> <p>安全监控装置应能监测源容器周围剂量当量率, 当密封源回收异常时应发出报警信息。</p>	购买合格的γ 探伤机配套满足要求的安全监控装置
		<p>5.3.3 定位精度</p> <p>安全监控装置应具有地理位置定位功能, 以及时监测密封源的位置。其定位精度要求如下:</p> <p>a) 基于位置服务 (LBS) 的定位精度应小于 1000m;</p> <p>b) 全球导航卫星系统 (GNSS) 的定位精度应小于 30m。</p>	购买合格的γ 探伤机配套满足要求的安全监控装置

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《γ 射线探伤机》 (GB/T 14058-2023)	5.3 安全监控装置 5.3.4 数据传输 5.3.4.1 安全监控装置的数据传输频次应符合以下要求：a) γ射线探伤机在非静止状态或周围剂量当量率发生明显变化时，数据上传间隔不超过 5min 一次，该间隔时间终端或后台可设置；b) γ射线探伤机在静止状态且周围剂量当量率未发生明显变化时，数据上传间隔不超过 24h 一次，该间隔时间终端或后台可设置。 5.3.4.2 安全监控装置传输的数据信息应至少包含以下内容： a) 电池电量；b 定位经纬度；c) 当前周围剂量当量率值；d) 密封源状态信息。	购买合格的γ探伤机配套满足要求的安全监控装置
	5.3.5 无线通信连接 安全监控装置宜使用主流的无线通信技术，例如： a) 采用无线局域网通信技术(Wi-Fi)连接；b) 采用蓝牙连接；c) 采用移动通信技术连接；d) 采用 433MHz 无线技术连接；e) 采用无线射频识别技术(RFID)连接。	购买合格的γ探伤机配套满足要求的安全监控装置
	5.3.6 基础数据元 基础数据元包括数据类型和数据内容，其取值方式需符合标准要求。	购买合格的γ探伤机配套满足要求的安全监控装置
5.4 安全性能	5.4.1 源容器 5.4.1.1 β辐射的防护 当γ射线探伤机采用贫化铀作为屏蔽材料时，其外表面应包覆足够厚低原子序数的非放射性材料，以减弱和吸收贫化铀产生的β辐射；其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。 5.4.1.2 屏蔽性能 当源容器装载最大额定值的密封源并处于锁定状态时，其周围剂量当量率限值应不超过表 3 规定的限值。 5.4.1.3 防意外拆卸 γ射线探伤机的源容器以及对源组件保持在安全或锁定状态有影响的零部件应设计成只能使用专用工具才能拆除，以防止未经许可的人员拆卸。安全监控装置与γ射线探伤机应保持一体化结构设计，能防止未经许可的人员的拆卸，应设计成只能使用专用工具才能拆除。且拆卸时应向系统发送报警信息，并推送至管理人员。	γ源探伤机屏蔽容器采用贫化铀，外壳为不锈钢及橡胶材料。 购买专业厂家生产的合格产品，设备出厂前会进行监测，确保放射源在储存状态时，探伤机表面周围剂量率满足标准要求。生产厂家根据标准要求，设置源容器安全锁，并且不能随意开启。配备配套的安全监控装置。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《γ 射线探伤机》 (GB/T 14058-2023)	<p>5.4.2 安全锁</p> <p>γ射线探伤机的源容器应有安全锁，并配置专用钥匙。该安全锁应符合以下要求：a) 只有用专用钥匙打开安全锁后，才能进行源组件安全锁止装置的操作。b) 安全锁可以是在无钥匙的情况下能锁上的保险锁，也可以是只有当源容器处张锁定状态时能取下钥匙的保险锁。安全锁只有在源容器和源组件处于屏蔽状态时才能锁手源交鲜密封源处高在工作状态时，安全锁的损坏不妨碍密封源从工作状态返回到屏蔽状态。c) 安全锁能承受逐渐施加的 400N 作用力且仍能保持功能。</p>	设备自带
	<p>5.4.3 源组件安全锁止装置</p> <p>γ射线探伤机的源容器应有源组件安全锁止装置。该装置应符合以下要求： a) 只有在源容器上完成预定动作后才能打开源组件安全锁止装置；b) 当源组件返回屏蔽状态时，装置自动将源组件锁止在源容器内；c) II类γ射线探伤机的源容器，只有在控制缆与源组件、控制缆导管与源容器及输源管与源容器之间可靠连接后才能送出密封源；d) 对使用有遥控装置的源容器，只有当源容器处于屏蔽状态时才能拆下遥控装置。</p>	设备自带
	<p>5.4.4 源组件位置显示器</p> <p>γ射线探伤机应有源组件位置显示器。该显示器应符合以下要求： a) 能使操作者在距源容器 5m 处确定源组件是否处于屏蔽状态，若这些显示在源容器上，在遥控装置的连接方向 5m 处能清晰辨别；b) 采用不同的颜色进行指示，用绿色表示源组件处于屏蔽状态，用红色表示源组件未处于屏蔽状态；c) 采用数字显示器在遥控装置上显示源组件离开源容器的距离；d) 采用音响在遥控装置上提示源组件已离开源容器。</p>	设备自带
	<p>5.4.5 源组件</p> <p>5.4.5.1 承力要求</p> <p>II类γ射线探伤机源组件各部分应能承受以下要求的拉力且保持结构完好： a)170Tm 源的源组件能承受 300N 的拉力；b)¹⁹²Ir 源的源组件或 ⁷⁵Se 的源组件能承受 500N 的拉力。</p> <p>5.4.5.2 更换性要求</p> <p>II类γ射线探伤机的源组件应具有更换性，更换后总长度的尺寸误差小于± 1mm。</p>	设备结构性能满足相应要求

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表		
标准名称	标准要求	项目情况
《γ 射线探伤机》 (GB/T 14058-2023)	5.4 安全性能 5.4.6 手柄及吊装支架 P类源容器的手柄或 M类源容器的吊装支架应能承受相当于 25 倍源容器总重力的静态拉力,要求手柄和提把保持完好,且可靠地连接在源容器上。 5.4.7 遥控装置 γ射线探伤机的遥控装置应符合以下要求。 a) 遥控装置的控制缆设止动装置,以防止控制缆与遥控装置脱开。 b) 遥控装置的控制机构清晰标记源组件运动到曝光位置及其返回的方向。 c) 遥控装置的控制机构能防止泥泞、沙子的侵入。 d) 电动遥控装置符合以下要求之一: ●系统出现故障时,源容器和源组件能自动回到屏蔽状态; ●配备应急装置(宜手动)和(或)应急措施,使源组件能返回到屏蔽状态。	设备结构性能满足相应要求
	8.1 标志 8.1.1 产品标志 在每台γ射线探伤机的源容器或永久性固定在源容器的铭牌或源组件上,应给出以下内容的永久性标志: a) 基本电离辐射符号(见 GB18871); b) 源容器的最大活度值,用 Bq 为单位表示,如: 3.7TBq;c) 执行标准编号;制造商名称、设备类型和出厂编号;源容器种类或类别。 c) 源容器的总质量; 贫铀屏蔽体的质量(诺采用)和“内有贫化铀”的字样; h) 每个源托或密封源清晰标记表示放射性的字样(即“放射性”字样或电离辐射符号)、制造商识别标志和源托的出厂编号及类型。	设备出厂按要求在设备表面设置相应标志
	8.1.2 密封源标志 密封源标志应包括以下内容: a) 放射性核素的化学符号和质量数; b 活度值及其测定日期,活度值以“Bq”为单位表示; c) 密封源的编号; d) 密封源制造商名称。 注:密封源标志由密封源制造商提供并在每次γ射线探伤机装源后固定在源容器的连接接口处。	设备出厂按要求在设备表面设置相应标志

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求		项目情况
《γ 射线探伤机》 (GB/T 14058-2023)	8.1 标志	8.1.3 包装标志 产品包装应满足如下要求： a) 放射性物品包装标志符合 GB190 的要求；b) 产品包装箱外表面标明制造商名称、产品型号及名称、收货单位和地址、包装箱序号、体积、质量等。	设备出厂按要求在外包装表面设置相应标志
	8.2 包装	除源容器外的γ射线探伤机其他部件，可采用牢固的木箱或金属箱，内装物之间应予以固定，不允许相互碰撞。对γ射线探伤机的源容器及密封源应按照 GB11806 的要求进行包装。	设备厂家在设备出厂时，按要求进行包装
	8.3 运输	γ射线探伤机的源容器及密封源的运输，应符合 GB11806 的要求。	本项目设备按要求进行运输
	8.4 贮存	γ射线探伤机的贮存和使用应符合以下要求： a) γ射线探伤机的贮存地及房间入口处有符合 GB/T18871 规定的电离辐射标志，并注明“注意（或危险）！放射性物质”等字样；b) γ射线探伤机的贮存场地有防盗设施；c) γ射线探伤机的贮存场地温度在-20℃~70℃；d) γ射线探伤机的贮存场地无腐蚀性气体和通风良好；e) γ射线探伤机的贮存场地避免雨淋或浸水。	本项目储源库外粘贴电离辐射警告标志和中文警告标牌。入口采用双道防盗门。常温存放。储源库采取防火防水防腐蚀等措施。
GBZ128-2019	5.3 剂量计的佩戴	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。	中宇公司每名辐射工作人员均配备 1 枚个人剂量计，并要求工作时佩戴于胸前。
《核技术利用放射性废物库 选址、设计与建造技术规范》 (HJ 1258—2022)	6.11 辐射防护	6.11.4.1 废物库库房应配备固定式γ剂量率在线监测系统，有条件时增设中子探头；卫生通过间应配备手脚污染监测装置。	本项目储源库拟安装辐射剂量监测报警系统。
		6.11.4.2 配置便携式 X-γ 剂量率仪、中子辐射监测仪、表面污染监测仪、便携式气溶胶监测设备或气溶胶取样器等辐射监测设备，应符合 HJ 61 中的辐射监测要求。	本项目使用公司现有便携式 X-γ 剂量率仪。
		6.11.4.3 应配备个人剂量计和个人剂量报警仪对辐射工作人员的受照剂量进行监测。	公司为工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表			
标准名称	标准要求	项目情况	
放射性测井 辐射安全与 防护 (HJ1325 —2023)	6.1 源库	6.1.1 源库应建在场地稳定、地质条件较好的地段，避开危险性、爆炸性物品经营、贮存场所。	储源库设置在本项目厂区内
		6.1.2 源库内应有足够的使用面积，便于存放与领取放射源和非密封放射性物质；源库内不得放置易燃、易爆、易腐蚀等危险物品。	储源库只存放本项目探伤机结构件，面积满足要求
		6.1.3 源库内应根据需要设置安全可靠的贮源坑、贮源柜、贮源箱、放射性废液容器等专用贮存设施，测井放射源、非密封放射性物质及废旧放射源、放射性废物应分别暂存于不同标识和编号的贮存设施内。	储源库内设置 8 个储源地坑
		6.1.9 源库墙体、门窗、室顶等屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。墙体、门窗的材料与结构要具有防盗与防火功能。	根据后文核算，储源库外剂量率值低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。墙体采用砖墙结构，门采用防盗门。
		6.1.11 应建立放射源与非密封放射性物质出入源库管理制度。源罐出入库时，应使用检测仪器确认放射源是否置于源罐中；当贮源坑、贮源柜、贮源箱内增加放射源与非密封放射性物质时，应及时监测其表面辐射水平变化情况。	公司建立了储源库及放射源相关管理制度和管理台账，出入库时，监测放射源容器、储源坑等位置表面剂量率
	6.2 临时存放库	6.2.1 撬装式移动源库等临时存放库外围应设有安全防护设施，并配备有效的辐射监测仪器、防护用品、防盗报警装置和消防器材。	公司配备了辐射剂量率监测仪器、应急储源罐、长柄夹，临时储源库内拟安装监控，防止灭火设备。
		6.2.2 临时存放库应安装视频监控系统，视频信号接入该单位视频监控系统。	储源库内外拟设置监控，并接入探伤所在项目单位的监控系统。
		6.2.3 临时存放库墙体、门窗、顶棚等屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。墙体、门窗的材料与结构要具有防盗与防火作用。	临时储源库采取必要的屏蔽防护措施，并进行监测，确保剂量率满足要求。
		6.2.4 人员进入临时存放库应佩戴个人剂量计，携带有效的便携式辐射监测仪或个人剂量报警仪。	由本项目辐射工作人员负责探伤机的取用和归还，佩戴个人剂量计、剂量报警仪和辐射剂量监测仪。
		6.2.5 临时存放库应有专人值守，并建立相应的管理制度。	24 小时巡逻。

续表10 辐射安全与防护

表 10-5 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关法规文件要求对比分析表			
规范名称	规范要求	项目情况	
《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》(环发〔2007〕8号)	1	至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	公司成立有辐射安全管理组织,并配备1名专职人员负责辐射安全管理工作。
	2	从事移动探伤作业的,应拥有5台以上探伤装置	本项目共涉及5台γ射线探伤机,另中宇公司配备有5台便携式X射线探伤机,用于移动探伤。
	3	每台探伤装置须配备2名以上操作人员,操作人员应参加辐射安全与防护培训,并考核合格	中宇公司现有6名辐射工作人员,并拟新增4名辐射工作人员。公司同时最多有2个探伤作业小组,每个小组配备2~3名工作人员同时负责探伤设备的操作,10名工作人员采用轮班制。现有辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训,并考核合格,新增人员到岗后,将继续按进行培训和考核。
	4	必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	中宇公司现有射线装置和放射源均持有辐射安全许可,本项目在履行环评手续后,将申领辐射安全许可证,在取得辐射安全许可证后,方可开展探伤工作。
	5	探伤装置的安全使用期限为10年,禁止使用超过10年的探伤装置。	公司在放射源相关管理制度中明确要求,当γ射线探伤装置到10年年限后,及时报废。
	6	明确2名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施,源库门应为双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的,应利用保险柜现场保存,但须派专人24小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。	公司设1间储源库,由公司辐射工作人员负责放射源库的保管工作,源库拟设置红外报警装置和安装视频监控装置,对源库实行24小时监控,源库入口拟设置电离辐射警告标志,源库门设计为双人双锁。探伤机均不能及时返回公司源库的,再项目现场设置符合要求的临时储源库。
	7	制定探伤装置的领取、归还和登记制度,放射源台账和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源,明确每枚放射源与探伤装置的对应关系,做到账物相符,一一对应。核实时应有2人在场,核实记录应妥善保存,并建立计算机管理档案。	该公司制定探伤装置的领取、归还和登记制度,放射源台账和定期清点检查制度,并由辐射工作人员做好放射源相关的领取、归还和登记工作,在今后的探伤工作过程中严格按照制度执行,所有放射源相关操作,均需同时由2名工作人员在场。定期核实探伤装置中的放射源,明确每枚放射源与探伤装置的对应关系,做到账物相符,一一对应,核实记录妥善保存,并建立计算机管理档案。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-5 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关法规文件要求对比分析表			
规范名称	规范要求		项目情况
《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号）	8	每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辩位置指示器等存在故障的探伤装置。	制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辩位置指示器等存在故障的探伤装置。
	9	探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	公司单个探伤小组拟配备2~3名辐射工作人员同时在场，每名辐射工作人员均佩戴1枚个人剂量计和1台个人剂量报警仪，个人剂量计定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。
	10	每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	制定有γ射线探伤操作规程，明确规定：每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。实际工作过程中，探伤操作人员严格按照探伤操作规程执行。
	11	探伤装置必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	中宇公司现有放射源由公司专用车辆运输，运输全程由辐射工作人员负责并全程监护。本项目运行后，公司拟委托有专业运输资质的单位运输放射源。
	12	室外作业时，应设定控制区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守，监测控制区的辐射剂量水平。	开展移动探伤时，现场工作人员严格按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求设定控制区和监督区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，必要时设专人警戒，工作人员监测控制区和监督区的辐射剂量水平，并记录档案。
	13	作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。	移动探伤作业结束后，现场工作人员用便携式X-γ剂量率仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由工作人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-5 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关法规文件要求对比分析表		
规范名称	规范要求	项目情况
《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号）	14 探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转移出使用地后 20 日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。	中宇公司开展外省市探伤作业时，提前向有关生态环境部门申请备案，并按照备案内容完成探伤作业。
	15 更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	更换放射源时，公司拟向重庆市生态环境厅提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。在转让活动完成之日起 20 日内，中宇公司与放射源生产单位拟分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。
	16 发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	该公司拟制定辐射事故应急预案，在预案中明确规定：发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，公司应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。
《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函〔2014〕1293号）	1 加强从业人员管理，按照法规要求做好人员培训工作，严禁无证人员操作探伤装置。	该公司从事γ射线移动探伤的辐射工作人员上岗前，均按照法规要求参加辐射安全与防护培训，并考核合格后上岗，严禁无证人员操作探伤装置。
	2 γ射线移动探伤作业时应配备现场安全员，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。	该公司现场探伤作业均由公司辐射工作人员完成，负责设备操作、场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。辐射工作人员上岗前，均按照法规要求参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-5 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关法规文件要求对比分析表		
规范名称	规范要求	项目情况
《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》 (环办函(2014)1293号)	3 γ射线移动探伤室外作业时(应急探伤作业除外),应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌,将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示,接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于2平方米,公示信息应采取喷绘(印刷)的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要(具备防水、防风等抵御外界影响的能力),确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌,禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。	公司在实际探伤工作中,在作业现场边界外公众可达地点拟放置安全信息公示牌,将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、现场工作人员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示,接受公众监督。 该公司承诺将严格要求制定安全信息公示牌,标牌材质具有防水和防风等适应野外作业的特质。
	4 各γ射线移动探伤装置使用单位应明确并牢记辐射安全主体责任,及时履行环保手续,加强企业自身的辐射安全管理,强化辐射工作人员的法律法规学习,培植单位的核安全文化,防止事故发生。	公司成立了辐射安全管理组织,明确相关岗位责任,并定期组织辐射工作人员进行辐射安全与防护培训,并建立企业核安全文化,杜绝事故的发生。

根据表 10-4 和表 10-5 可知,本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)和《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)等标准以及《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》(环发(2007)8号)、《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》(环办函(2014)1293号)等文件中要求。公司严格按照上述要求建设,认真落实上述辐射安全与防护措施后,能保障 X 射线探伤机、γ源探伤机的运行对环境和人员的影响满足相关标准要求。

表 11 环境影响分析

施工期影响分析

探伤作业现场无施工期影响，本项目施工期的环境影响主要是探伤室和储源库各类安全设施的安装调试、探伤室顶棚的混凝土加厚、洗片室地面防渗和间隔出独立危废暂存间。施工过程中主要有少量建筑垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。包装袋、建材等交物资回收部门，少量弃渣在白市驿基地厂区范围内荒地平场。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，一般固废统一交由环卫部门处理。因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束，固废能得到妥善处置，因此施工对环境产生的影响小。

运行阶段对环境的影响

11.1 辐射环境影响分析

本项目配备便携式 X 射线探伤机和便携式 γ 射线探伤机用于开展移动式工业探伤作业。非使用状态下，便携式 X 射线探伤机存放于 X 射线探伤室，便携式 γ 射线探伤机存放于储源库，其中探伤机机体（源容器）存放在储源库中的储源地坑中。此外，X 射线探伤室还会进行工程公司焊接人员培训使用的焊接工件的无损检测。据此，本次评价需开展移动式工业探伤作业现场的控制区与监督区边界的距离核算工作，以及 X 射线探伤室、放射源库的辐射屏蔽效能计算。

11.1.1 X 射线探伤

11.1.1.1 计算公式

项目配置的便携式 X 射线探伤机运行出束时将产生 X 射线，本次评价依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）规定的预测方法进行评价。

(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，然后由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

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

式中：

续表11 环境影响分析

\dot{H}_c —剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

R—辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

I—X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 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) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 2) 计算:

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

式中:

B—屏蔽透射因子。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 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 (3) 计算:

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad \text{式 (3)}$$

式中:

X—屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL—查表。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B, 所需的屏蔽物质厚度 X 按式 (4) 计算:

$$X = \text{TVL} \cdot \lg B \quad \text{式 (4)}$$

式中:

TVL—查表;

B—达到剂量参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子。

(3) 泄漏辐射屏蔽

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 (5) 计算, 然后按式 (4) 计算所需的屏蔽物质厚度 X。

续表11 环境影响分析

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式 (5)}$$

式中:

\dot{H}_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ 。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (3) 计算, 然后按式

(6) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$):

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

(4) 散射辐射屏蔽

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。然后按式 (4) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

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

式中:

\dot{H}_c —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, m;

R_0 —辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, 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 ;

F— R_0 处的辐射野面积, 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—屏蔽透射因子;

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B, 查表得出 90° 散射辐射的

续表11 环境影响分析

TVL, 然后按照式(3)计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)按照式(8)计算。

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

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 ;

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)。

根据上述公式推导, 现场探伤时, 控制区、监督区距离计算公式如下:

主射方向:

$$R = \sqrt{\frac{H_0 \cdot B \cdot I}{\dot{H}_c}} \quad \text{式(9)}$$

漏射方向:

$$R = \sqrt{\frac{B \cdot \dot{H}_L}{\dot{H}_c}} \quad \text{式(10)}$$

散射方向:

$$R_s = \sqrt{\frac{B \cdot H_0 \cdot I \cdot F \cdot \alpha}{\dot{H}_c \cdot R_0^2}} \quad \text{式(11)}$$

11.1.1.2 防护核算原则及主要技术参数

(一) 防护核算原则

(1) X射线探伤室

续表11 环境影响分析

①项目配置的5台便携式X射线探伤机均会在X射线探伤室内使用，本评价选取XXGHZ-2505型便携式周向X射线探伤机，以及管电压参数最大的XXG-3005A型便携式定向X射线探伤机，作为X射线探伤室屏蔽效能核算的代表性设备。

②X射线探伤室内的便携式X射线探伤机不同时工作出束，核算过程中，均采用便携式X射线探伤机的最大管电压及其对应的最大管电流作为计算参数，且不考虑探伤工件的屏蔽作用。

③基于培训场景需求，该探伤室仅设置1处人员防护门，未单独配备工件防护门。受限于人员防护门、迷路的宽度条件及探伤工件的转运要求，培训所用探伤工件均为小型规格。考虑不利因素，主射线计算时考虑探伤机位于活动区中央位置，散射、漏射计算时考虑探伤机位于活动区边缘位置（探伤机活动区域范围见附图5）。计算顶棚时，设备距地高度取1m。

④便携式定向X射线探伤机的照射朝向东侧、北侧以及顶棚、地板，避开控制室、防护门以及通风口；便携式周向X射线探伤机的照射方向朝向北侧、南侧以及顶棚、地板便携式定向，避开控制室、防护门，但不可避免朝向通风口。X射线探伤室无地下层，不考虑地面的屏蔽效能核算。

(2) 移动式工业探伤作业现场

①对于移动式工业探伤作业现场的控制区与监督区边界，本次评价依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，结合现场探伤拍片量、探伤作业时长及本项目实际作业可操作性综合确定：将作业期间被检物体周边周围剂量当量率 $>15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划定为控制区；在控制区边界外，作业期间周围剂量当量率 $>2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划定为监督区。鉴于本项目现场探伤作业场所不固定，本次评价通过理论计算确定控制区与监督区的具体划分范围。

②便携式X射线探伤机的常用管电压区间为150kV~280kV，适配探伤工件的厚度范围为7~40mm。实际作业过程中，便携式X射线探伤机存在以最大管电压运行的特殊工况。探伤工件的材料主要为钢板，本次核算结合便携式X射线探伤机不同管电压参数，针对对应最小厚度规格的探伤工件展开。

(二) 核算参数

(1) X射线探伤室屏蔽效能核算参数

续表11 环境影响分析

X 射线探伤室屏蔽效能核算参数见表 11-1 所示。

表 11-1 X 射线探伤室的屏蔽效能核算参数表

参数		数值		来源
便携式 X 射线探伤机型号		XXG-3005A	XXGHZ-2505	设备厂家提供设备参数 GBZ/T250-2014 表 B.1
最大管电压		300kV	250kV	
最大输出量 G(mGy·m ² /mA·min)		20.9	13.9	
最大管电压对应的管电流		5mA	5mA	设备厂家提供设备参数
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)		5×10 ³	5×10 ³	GBZ117-2022 表 1
X射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值		200	200	GBZ/T250-2014 表 2
$\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$		50	50	GBZ/T250-2014 表 B.4.2 保守取值
主射、漏射		300kV	250kV	GBZ/T250-2014 表 B.2 半值层根据 TVL 值计算
混凝土	什值层 (mm)	100	90	
	半值层 (mm)	30	28	
铅	什值层 (mm)	5.7	2.9	
	半值层 (mm)	1.7	0.86	
散射		200kV		
混凝土	什值层 (mm)	86		
	半值层 (mm)	26		
铅	什值层 (mm)	1.4		
	半值层 (mm)	0.42		

项目配置的便携式 X 射线探伤机，可依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 B 图 B.2，查得对应条件下混凝土的透射曲线；但无法在附录 B 图 B.1 中查得铅的透射曲线。X 射线探伤室四周墙体（包括迷路墙体）为 600mm 厚混凝土，顶棚为 480mm 厚混凝土，其对应条件下的透射曲线中未给出对应辐射屏蔽透射因子 B。基于上述情况，本次评价理论公式计算的方法，确定辐射屏蔽透射因子 B。

本次关注点核算距离定义为从辐射源点至 X 射线探伤室外表面向外延伸 30cm 处的距离。X 射线探伤室关注点详见图 11-1。

续表11 环境影响分析

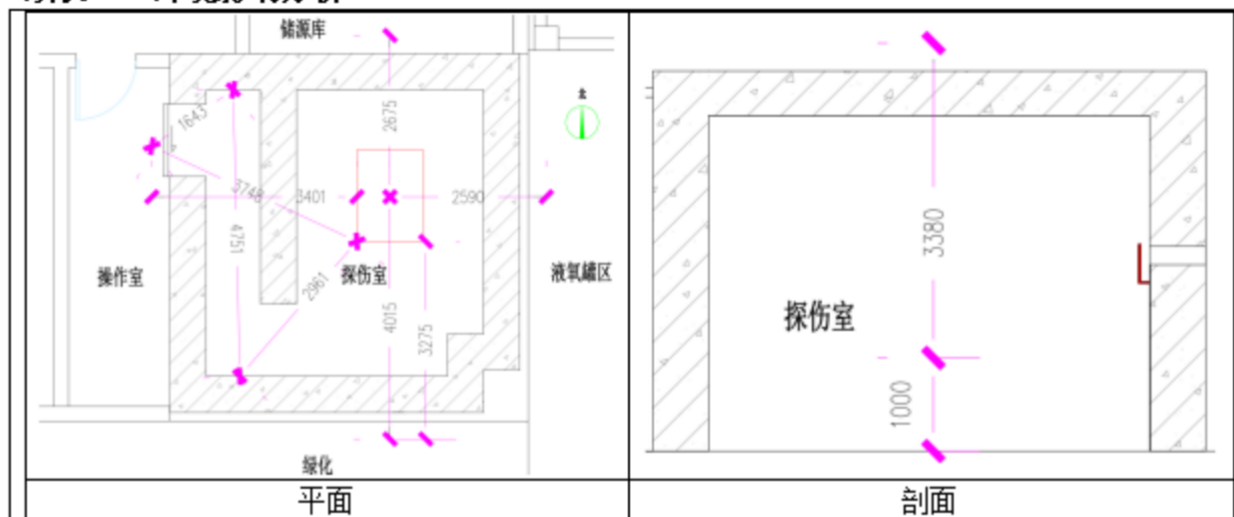


图 11-1 X 射线探伤室关注点示意图

(2) 移动式工业探伤作业现场控制区、监督区边界距离核算

便携式 X 射线探伤机的工作管电流均为 5mA，控制区、监督区边界距离核算其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 便携式 X 射线探伤机核算参数一览表

型号	管电压 (kV)	发射率 ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$)	TVL	
			铅	钢或铁
XXG-3005A 型	180 (常用最小管电压)	7.5	1.2mm	1.4cm
	280 (常用最大管电压)	18	4.6mm	2.0cm
	300 (最大管电压)	20.9	5.7mm	2.1cm
XXG-2505A 型 XXG-2505 型 XXGHZ-2505 型	150 (常用最小管电压)	5.2	0.96mm	1.3cm
	220 (常用最大管电压)	11.7	2.0mm	1.6cm
	250 (最大管电压)	13.9	2.9mm	1.9cm

注：铅的密度 $11.3\text{t}/\text{m}^3$ ，TVL 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 B.2 获取，未给出的 TVL 通过内插法获取钢的密度 $7.85\text{t}/\text{m}^3$ ，根据《辐射防护导论》(方杰主编，P103，附图 3.23) 查图得出各电压的 X 射线在钢板中的近似 TVL。

11.1.1.3 核算结果

(一) X 射线探伤室的屏蔽效能核算结果

X 射线探伤室的屏蔽效能核算结果见下表。

续表11 环境影响分析

表 11-3 X 射线探伤室屏蔽效能核算表

方位	能量 (kV)	射线类别	距离 (mm)	建设厚度	建设厚度下关注点周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
东	300	主射	2.59	600mm 混凝土	0.93		2.5
南		散射	4.01	600mm 混凝土	8.23E-04	1.13E-03	2.5
		漏射			3.11E-04		
		散射	4.01	17mmPb 铅板 (通风口)	5.61E-09	0.32	
		漏射			0.32		
250	主射	3.27	600mm 混凝土	0.08		2.5	
			17mmPb 铅板 (通风口)	0.54			
西	300	散射	3.4	1200mm 混凝土	1.21E-10	5.53E-10	2.5
漏射		4.33E-10					
北		主射	2.67	600mm 混凝土	0.88		2.5
顶	300	散射	3.38	480mm 混凝土	0.17	0.18	100
		漏射			1.15E-03		
	250	主射		480mm 混凝土	1.69		
防护门	300	散射	9.35	5mmPb 铅板	0.38	0.38	2.5
		漏射	3.75	600 混凝土 (664mm 混凝土)	8.15E-05		

备注：() 内数值表示射线实际穿过屏蔽体厚度。

根据上表核算结果可知，X 射线探伤室内的便携式 X 射线探伤机分别工作出束时，X 射线探伤室各屏蔽体外的周围剂量当量率预测结果均低于剂量率参考控制水平，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 屏蔽防护的要求。此外，X 射线探伤室顶棚剂量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，故本评价不再考虑天空散射的影响。

(二) 移动式工业探伤作业现场控制区、监督区边界距离核算

本项目便携式 X 射线探伤机的工作电压在 150kV~280kV 之间，探伤的工件厚度在 7~40mm 之间。此外，便携式 X 射线探伤机在实际工作过程中，特殊情况可能存在采用最大管电压工作的情况。压力管道、常压容器的材料主要为钢板，按照便携式 X 射线探伤机不同电压下对应的不同厚度的压力管道、常压容器进行核算。

①被检工件不能阻挡便携式 X 射线探伤机的有用线束，根据现场情况，可以在被检工件后方（便携式 X 射线探伤机主射线方向）放置具有屏蔽防护效果的屏蔽物（比如

续表11 环境影响分析

2mmPb 铅等) 进行屏蔽, 以缩短主射方向上的控制区、监督区范围, 则探伤作业点便携式 X 射线探伤机主射方向上的控制区、监督区的距离如下表 11-4。

表 11-4 主射线方向控制区、监督区边界距离核算结果(无工件、有铅板屏蔽)

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	铅板厚度 (mm)	边界距离 (m)	
				控制区	监督区
XXG-2505A 型 XXG-2505 型 XXGHZ-2505 型	150	5	2	30	72
	220	5	2	153	375
	250	5	2	239	584
XXG-3005A 型	180	5	2	57	140
	280	5	2	364	891
	300	5	2	432	1058

备注: 预测距离结果取整数(进一位)。

②被检工件能阻挡便携式 X 射线探伤机的有用线束, 探伤作业点周围环境简单, 无环境保护目标, 主射方向上无需额外设置铅板以缩短控制区、监督区的范围, 则探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-5。

表 11-5 主射线方向控制区、监督区边界距离核算结果(无铅板、有工件屏蔽)

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	探伤工件材质	工件最小厚度 (mm)	边界距离 (m)	
					控制区	监督区
XXG-2505A 型 XXG-2505 型 XXGHZ-2505 型	150	5	钢	7	174	425
	220	5	钢	13	190	465
	250	5	钢	17	189	462
XXG-3005A 型	180	5	钢	10	171	417
	280	5	钢	20	190	465
	300	5	钢	22	194	475

备注: ①便携式 X 射线探伤机不同电压对应的工件单壁最小厚度取自《承压设备无损检测第 2 部分: 射线检测》(NB/T 47013.2-2015) 图 1 不同透照厚度允许的 X 射线最高透照管电压; 预测距离结果取整数(进一位)。

③被检工件能阻挡便携式 X 射线探伤机的有用线束, 探伤作业点周围环境复杂, 主射方向同时需额外设置铅板以缩短控制区、监督区的范围, 则探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-6。

表 11-6 主射线方向控制区、监督区边界距离核算结果(有铅板、有工件屏蔽)

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	铅板厚度 (mm)	探伤工件材质	工件最小厚度 (mm)	边界距离 (m)	
						控制区	监督区
XXG-2505A 型 XXG-2505 型 XXGHZ-2505 型	150	5	2	钢	7	17	41
	220	5	2	钢	13	61	148
	250	5	2	钢	17	86	209

续表11 环境影响分析

XXG-3005A型	180	5	2	钢	10	28	68
	280	5	2	钢	20	116	282
	300	5	2	钢	22	130	317

备注：①便携式 X 射线探伤机不同电压对应的工件单壁最小厚度取自《承压设备无损检测第 2 部分：射线检测》（NB/T 47013.2-2015）图 1 不同透照厚度允许的 X 射线最高透照管电压；②预测距离结果取整数（进一位）。

④探伤作业点周围环境复杂，无环境保护目标，便携式 X 射线探伤机非主射方向需设置铅板以缩短控制区、监督区的范围，则便携式 X 射线探伤机非主射方向探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-7。

表 11-7 非主射方向控制区、监督区边界距离核算结果（无工件、有铅板屏蔽）

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	边界距离 (m)			
			非主射方向控制区		非主射方向-监督区	
			散射	漏射	散射	漏射
XXG-2505A 型 XXG-2505 型 XXGHZ-2505 型	150	5	5	9	11	21
			10		23	
	220	5	14	9	33	21
			16		38	
	250	5	15	9	36	21
			17		41	
XXG-3005A 型	180	5	5	13	13	30
			14		33	
	280	5	17	13	41	30
			21		50	
	300	5	18	13	44	30
			22		53	

注：①漏射线所致周围剂量当量率限值按照表 7-3 规定的限值。②电压为 180kV 条件下， $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 保守取值 50；③根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 可知，200kV 的 X 射线在铅的 TVL 为 1.4mm；④预测距离结果取整（进一位）。

⑤当便携式 X 射线探伤机非主射方向未设置铅板时，便携式 X 射线探伤机非主射方向探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-8。

表 11-8 非主射方向控制区、监督区边界距离核算结果（无工件、无铅板屏蔽）

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	边界距离 (m)			
			非主射方向控制区		非主射方向-监督区	
			散射	漏射	散射	漏射
XXG-2505A 型 XXG-2505 型 XXGHZ-2505 型	150	5	46	19	112	45
			46		112	
	220	5	69	19	168	45
71			174			

续表11 环境影响分析

	250	5	75	19	183	45
			77		189	
XXG-3005A型	180	5	55	19	135	45
			58		142	
	280	5	85	19	208	45
			87		213	
300	5	92	19	224	45	
		94		229		

注：①漏射线所致周围剂量当量率限值按照表 7-3 规定的限值。②电压为 180kV 条件下， $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 保守取值 50；③预测距离结果取整（进一位）。

根据表 11-4~表 11-8 计算可知，便携式 X 射线探伤机按照不同工况、不同厚度压力管道、常压容器以及是否安放铅板屏蔽进行 X 射线移动式工业探伤时，在不考虑空气衰减的情况下，在便携式 X 射线探伤机的主射方向上控制区边界的距离为 16~432m，监督区边界距离为 39~1058m；非主射方向控制区边界距离取 10~94m，监督区边界距离取 23~229m。

结合上述理论计算结果，便携式定向 X 射线探伤机的水平方向辐射角度为 40°，各方向上最大控制区、监督区划分示意图见图 11-2。

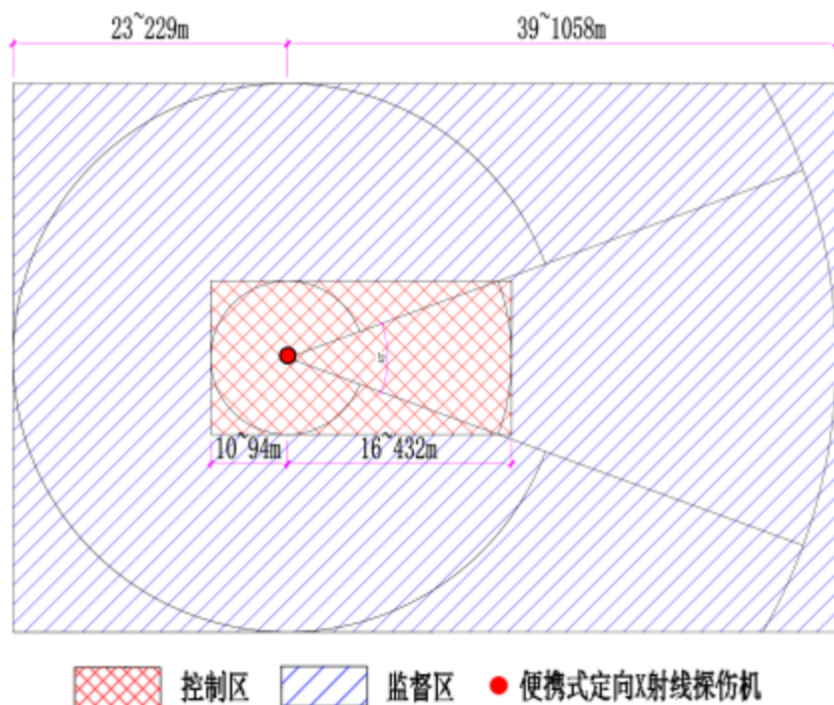


图 11-2 便携式定向 X 射线探伤机控制区、监督图划分示意图

便携式周向 X 射线探伤机的水平方向辐射角度为 $360 \times 30^\circ$ ，各方向上控制区、监督

续表11 环境影响分析

区边界等距，划分示意图见图 11-3。

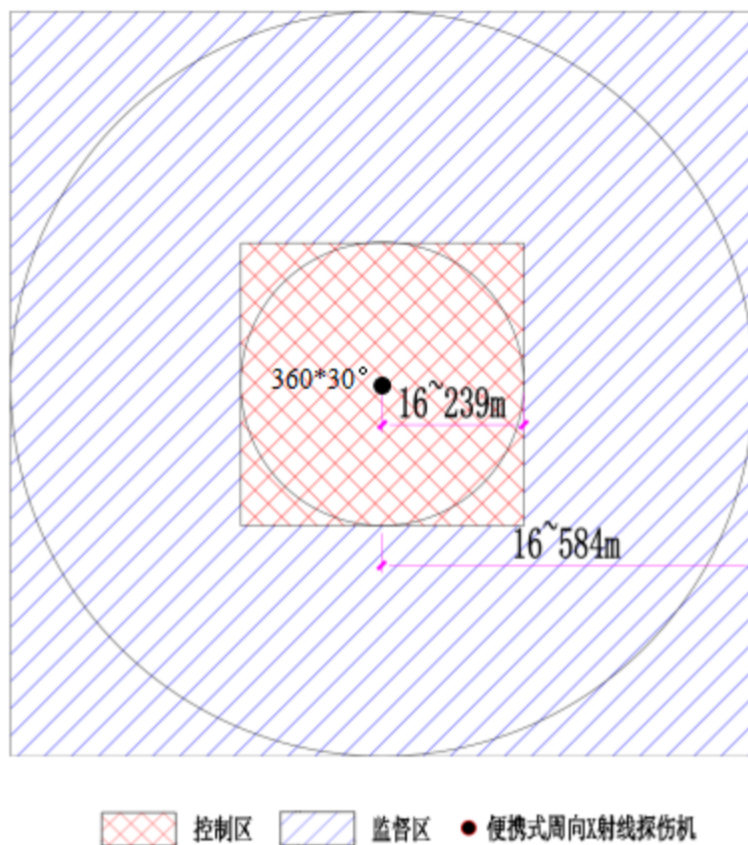


图11-3 便携式周向X射线探伤机控制区、监督图划分示意图

11.1.2 γ 源探伤

11.1.2.1 计算公式

项目配置的便携式 γ 射线探伤机中的放射源衰变会产生 γ 射线，本次评价依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的预测方法进行评价。

(1) 控制区距离的确定

对于 γ 移动式探伤，控制区边界的周围剂量当量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，可由公式（12）计算确定控制区的距离：

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \quad \text{式 (12)}$$

式中：

L_1 —无工件衰减时需要的控制区距离值，m；

A—放射源的活度，MBq；

续表11 环境影响分析

Γ —周围剂量当量率常数, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$;

15—控制区边界周围剂量当量率, $15\mu\text{Sv/h}$ 。

L_2 和 L_3 分别由 L_1 乘以检测工件和放射源屏蔽物(照射容器壁)屏蔽衰减因子获得。

有用线束方向, 经检测对象屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式(13):

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{HVL_1}}} \quad \text{式(13)}$$

式中:

L_2 —有工件衰减时需要的控制区距离值, m;

t_1 —被检测工件的厚度, mm;

HVL_1 —被检测工件的半值层厚度, mm。

有用线束方向以外, 经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式(14):

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{HVL_2}}} \quad \text{式(14)}$$

式中:

L_3 —有用线束方向以外, 经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离值, m;

t_2 —被检测工件的厚度, mm;

HVL_2 —源容器或其他屏蔽物的半值层厚度, mm。

(2) 放射源库屏蔽厚度的确定

根据上述公式(12)~(14)推导, 放射源库所需屏蔽厚度及在已知屏蔽厚度的情况下的屏蔽体外剂量率水平的计算公式如下:

$$X = HVL_2 \cdot \log_2 \left(\frac{A \cdot \Gamma}{\dot{H}_c \cdot R^2} \right) \quad \text{式(15)}$$

$$\frac{A \cdot \Gamma}{R^2 \cdot 2^{X/HVL_2}} = \dot{H}_c \quad \text{式(16)}$$

续表11 环境影响分析

式中：

X—屏蔽物质厚度，mm；

\dot{H}_c —关注点剂量率水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R—辐射源点(靶点)至关注点的距离，m；

HVL_2 —储源地坑盖板或其他屏蔽物（墙体、楼板等）的半值层厚度，mm；

A_1 —对应放射源活度下的 1m 处所致周围剂量率，本次直接按照标准规定的探伤机表面 1m 处剂量率限值为 $20\mu\text{Sv/h}$ 取。

11.1.2.2 防护核算原则及主要技术参数

(一) 防护核算原则

(1) 放射源库

①放射源库内共设置 8 个储源地坑，用于存放便携式 γ 射线探伤机的源屏蔽容器。储源地坑沿南墙呈东西向并排布置，实行“一地坑一源屏蔽容器”的存放原则。本项目实际配置 5 台便携式 γ 射线探伤机，屏蔽效能核算按最不利工况考虑，即假定 5 台便携式 γ 射线探伤机的源屏蔽容器全部存放于放射源库内。针对放射源库东、西侧墙体的屏蔽效能核算时，考虑距离同侧最近的储源地坑存放有源屏蔽容器，且距离最远的储源地坑按存放含有放射源 ^{75}Se 的源屏蔽容器，其余 4 个储源地坑按存放有放射源含 ^{192}Ir 的源屏蔽容器。

②本评价将储源地坑中心点视为辐射源点，以标准规定的容器表面 100cm 处剂量率限值要求作为核算依据。

③项目便携式 γ 射线探伤机的源屏蔽容器存放于放射源库的储源地坑内，其上方设有 10mmPb 盖板。放射源库墙体均为 240mm 页岩砖，顶棚为 100mm 混凝土，入口为普通防盗门。

④本项目探伤主机存放在地坑中，除顶棚外，放射源朝向四周屏蔽体的射线，均会先穿过地坑混凝土坑壁、铅防护盖板及储源库屏蔽墙体，计算时，每面墙考虑多个源叠加值，并考虑射线实际穿透屏蔽体厚度。

(2) 移动式工业探伤作业现场

①对于移动式工业探伤作业现场的控制区与监督区边界，本次评价依据《工业探伤

续表11 环境影响分析

放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求,结合现场探伤拍片量、探伤作业时长及本项目实际作业可操作性综合确定:将作业期间被检物体周边周围剂量当量率 $>15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划定为控制区;在控制区边界外,作业期间周围剂量当量率 $>2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划定为监督区。鉴于本项目现场探伤作业场所不固定,本次评价通过理论计算确定控制区与监督区的具体划分范围。

②便携式 γ 射线探伤机的放射源类型与适配钢板工件厚度范围对应如下:放射源 ^{192}Ir 适配厚度为 $12\sim 70\text{mm}$;放射源 ^{75}Se 适配厚度为 $8\sim 30\text{mm}$ 。本次核算基于最不利工况,结合放射源参数,选取两类放射源对应的最小厚度探伤工件展开计算。 γ 源从源容器至准直器中间通过软管的时间很短,因此不额外计算该部分辐射影响。

(二) 核算参数

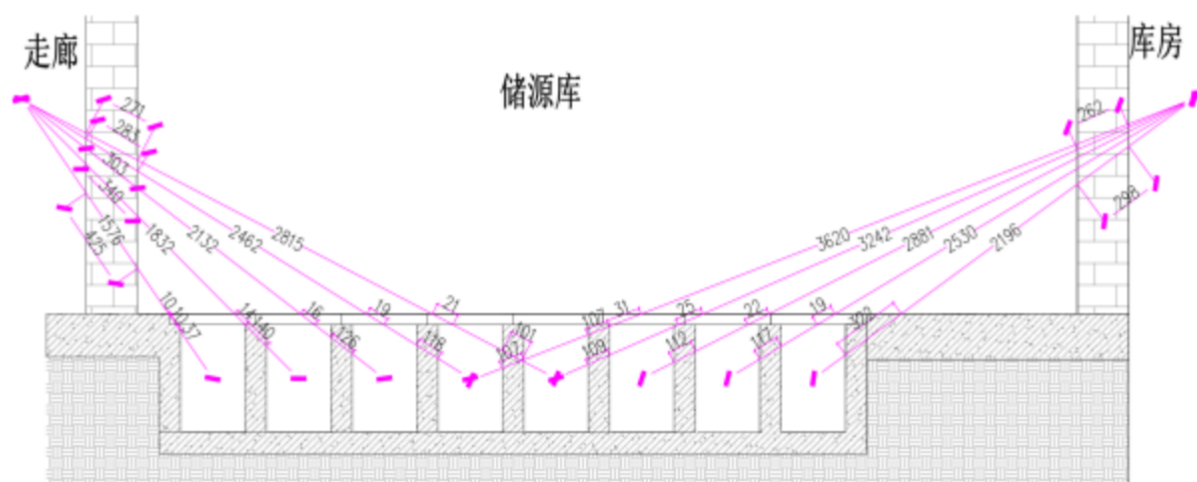
(1) 放射源库屏蔽效能核算参数

放射源库屏蔽效能核算参数见表 11-9 所示。

表 11-9 放射源库的屏蔽效能核算参数表

参数		数值		来源
便携式 γ 射线探伤机的放射源		^{192}Ir	^{75}Se	设备厂家提供设备参数 GBZ117-2022 表 2
最大周围剂量率 (mSv/h)	离源容器表面 5cm 处	0.5		
	离源容器表面 100cm 处	0.02		
半值层 (mm)	铅	3	1	GBZ117-2022 表 A.2
	混凝土	50	30	

本次关注点核算距离定义为从辐射源点至放射源库外表面离地高度 1m 处向外延伸 30cm 处的距离。放射源库关注点详见图 11-4。



续表11 环境影响分析

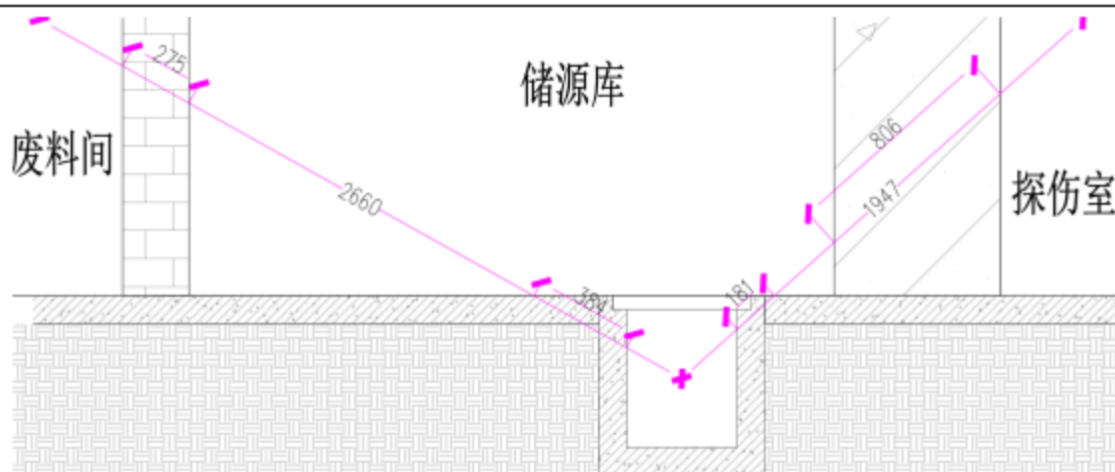


图 11-4 放射源库关注点示意图

(3) 移动式工业探伤作业现场控制区、监督区边界距离核算

便携式 γ 射线探伤机控制区、监督区边界距离核算参数见表 11-10 所示。

表 11-10 便携式 γ 射线探伤机核算参数表

参数		数值		来源
便携式 γ 射线探伤机的放射源		^{192}Ir	^{75}Se	设备厂家提供设备参数 GBZ117-2022 表 A.1
放射源活度 (MBq)		3700000	3000000	
周围剂量当量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$)		0.17	0.072	
半值层 (mm)	钢	14	8.5	GBZ117-2022表 A.2, ^{75}Se 对应钨的半值层取铅的 数值
	铅	3	1	
	钨	2.5	1	

11.1.2.3 核算结果

(一) 放射源库的屏蔽效能核算结果

放射源库的屏蔽效能核算结果见下表。

表 11-11 放射源库屏蔽效能核算表

方位	放射源		距离 (mm)	建设厚度	建设厚度下关注点 周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参 考控制水 平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
	类别	数量				
东	^{75}Se	1	3.62	214mm 混凝土+31mmPb铅板+262mm 实心砖 (等效 184mm 混凝土)	7.22E-14	3.60E-03 2.5
	^{192}Ir	1	3.24	109mm 混凝土+25mmPb铅板+262mm 实心砖 (等效 184mm 混凝土)	1.02E-04	
	^{192}Ir	1	2.88	112mm 混凝土+22mmPb铅板+262mm 实心砖 (等效 184mm 混凝土)	2.47E-04	
	^{192}Ir	1	2.53	117mm 混凝土+19mmPb铅板+262mm 实心砖 (等效 184mm 混凝土)	5.97E-04	
	^{192}Ir	1	2.19	322mm 混凝土+298mm 实心砖 (等效 209mm 混凝土)	2.65E-03	

续表11 环境影响分析

南	⁷⁵ Se	1	1.95	181mm 混凝土+806mm 混凝土	6.56E-10	2.40E-05	2.5
	¹⁹² Ir	4	1.95	181mm 混凝土+806mm 混凝土	2.40E-05		
西	⁷⁵ Se	1	2.81	101mm 混凝土+21mmPb 铅板+271mm 实心砖 (等效 190mm 混凝土)	1.44E-09	9.50E-03	2.5
	¹⁹² Ir	1	2.46	118mm 混凝土+19mmPb 铅板+283mm 实心砖 (等效 198mm 混凝土)	5.89E-04		
	¹⁹² Ir	1	2.13	126mm 混凝土+16mmPb 铅板+303mm 实心砖 (等效 212mm 混凝土)	1.01E-03		
	¹⁹² Ir	1	1.83	140mm 混凝土+14mmPb 铅板+340mm 实心砖 (等效 238mm 混凝土)	1.25E-03		
	¹⁹² Ir	1	1.58	47mm 混凝土+10mmPb 铅板+425mm 实心砖 (等效 298mm 混凝土)	6.66E-03		
北	⁷⁵ Se	1	2.66	384mm 混凝土+275mm 实心砖 (等效 193mm 混凝土)	4.59E-06	3.80E-03	2.5
	¹⁹² Ir	4	2.66	384mm 混凝土+275mm 实心砖 (等效 193mm 混凝土)	3.80E-03		
门	⁷⁵ Se	1	2.81	101mm 混凝土+21mmPb 铅板	1.17E-07	4.75E-01	2.5
	¹⁹² Ir	1	2.46	118mm 混凝土+19mmPb 铅板	7.98E-03		
	¹⁹² Ir	1	2.13	126mm 混凝土+16mmPb 铅板	1.91E-02		
	¹⁹² Ir	1	1.83	140mm 混凝土+14mmPb 铅板	3.38E-02		
	¹⁹² Ir	1	1.58	47mm 混凝土+10mmPb 铅板	4.14E-01		
顶	¹⁹² Ir	4	4.5	10mmPb 铅板+100mm 混凝土	9.80E-02	9.81E-02	2.5
	⁷⁵ Se	1			9.57E-05		
储源库盖板表面	¹⁹² Ir	1	0.5	10mmPb	7.94		20
	⁷⁵ Se	1	0.5	10mmPb	7.81E-02		20

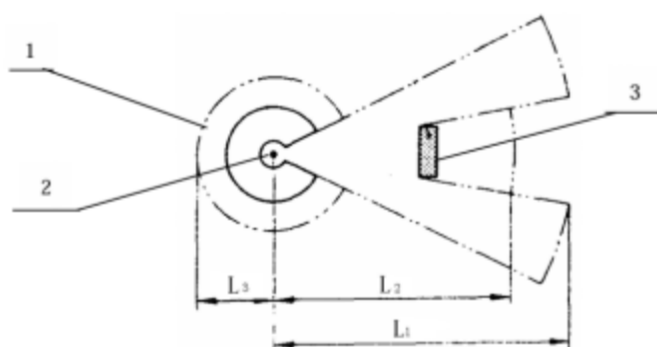
备注：实心砖按密度折算为等效混凝土厚度。

根据上表核算结果可知，放射源库各屏蔽体外的周围剂量当量率预测结果均低于 2.5 μ Sv/h，满足 HJ 1258-2022、HJ1325—2023 的要求。

(三) 移动式工业探伤作业现场控制区、监督区边界距离核算

项目便携式 γ 射线探伤机标配准直器，仅在管道环焊缝全周检测、设备内部狭窄腔室检测、管道夹缝及异形构件死角检测等特殊工况下可摘除使用；无准直器运行时，射线呈全向发射状态，所有方向均为主射方向；配备准直器使用时，射线则存在明确的主射方向与非主射方向。根据便携式 γ 射线探伤机放射源的 γ 射线向各个方向辐射时的不同情况，确定三类不同的控制区距离，如图 11-5 所示。

续表11 环境影响分析



标引序号说明：
 1—源容器屏蔽（准直器）；
 2—放射源；
 3—探伤对象（被检工件）。
 标引符号说明：
 L—辐射未经工件衰减时要求的控制区距离；
 L₂—有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离；
 L₃—有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离。

图 11-5 应用屏蔽物的控制区(无比例)

项目依据便携式 γ 射线探伤机作业点周边环境条件，确定是否增设 2mmPb 铅板屏蔽，以缩短控制区与监督区范围。结合图 11-5，便携式 γ 射线探伤机作业点的控制区、监督区的距离如下表。

表 11-12 便携式 γ 射线探伤机作业点的控制区、监督区边界距离核算结果

放射源	工件最小厚度(mm 钢)	准直器屏壁厚度(mm 钨)	边界距离 (m)					
			控制区			监督区		
			L ₁	L ₂	L ₃	l ₁	l ₂	l ₃
¹⁹² Ir	12	25	205	152	6	502	373	16
⁷⁵ Se	8	15	133	96	1	326	236	2

备注：①被检工件材料默认钢；②便携式 γ 射线探伤机不同放射源对应的工件最小厚度取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）附录 A 表 A.1 不同透照厚度允许的 X 射线最高透照管电压；③预测距离结果取整数（进一位）。

结合上述理论计算结果，便携式 γ 射线探伤机配备准直器使用时，水平方向辐射角度为 60°，各方向上最大控制区、监督区划分示意图见图 11-6。

续表11 环境影响分析

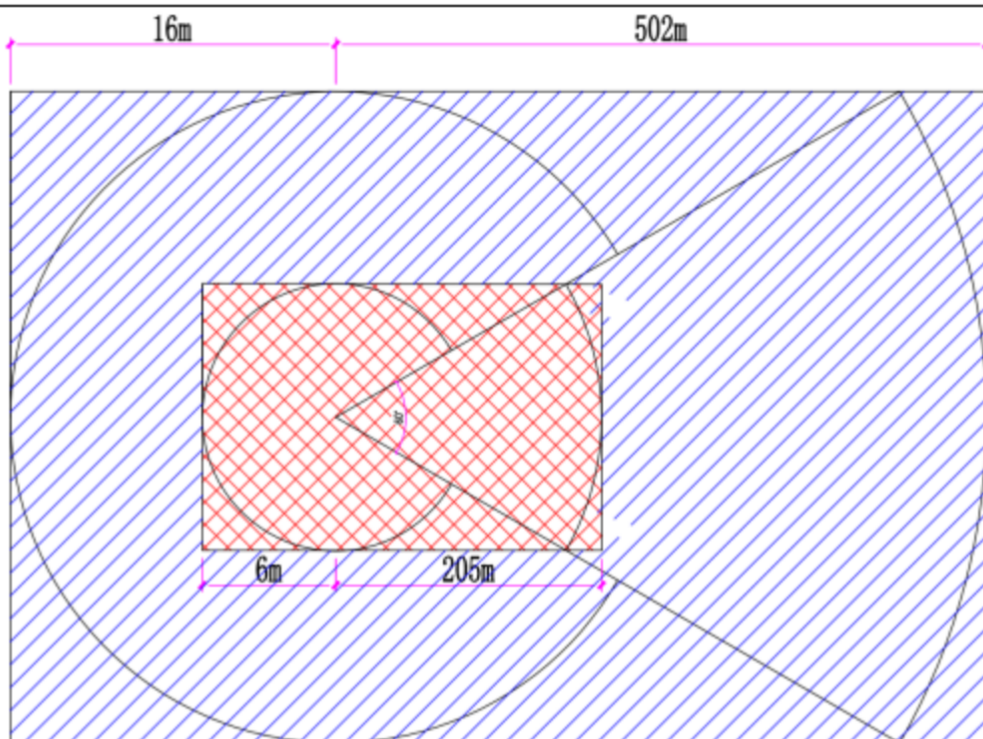


图 11-6.1 ^{192}Ir 便携式 γ 射线探伤机（配备准直器使用时）控制区、监督图划分示意图

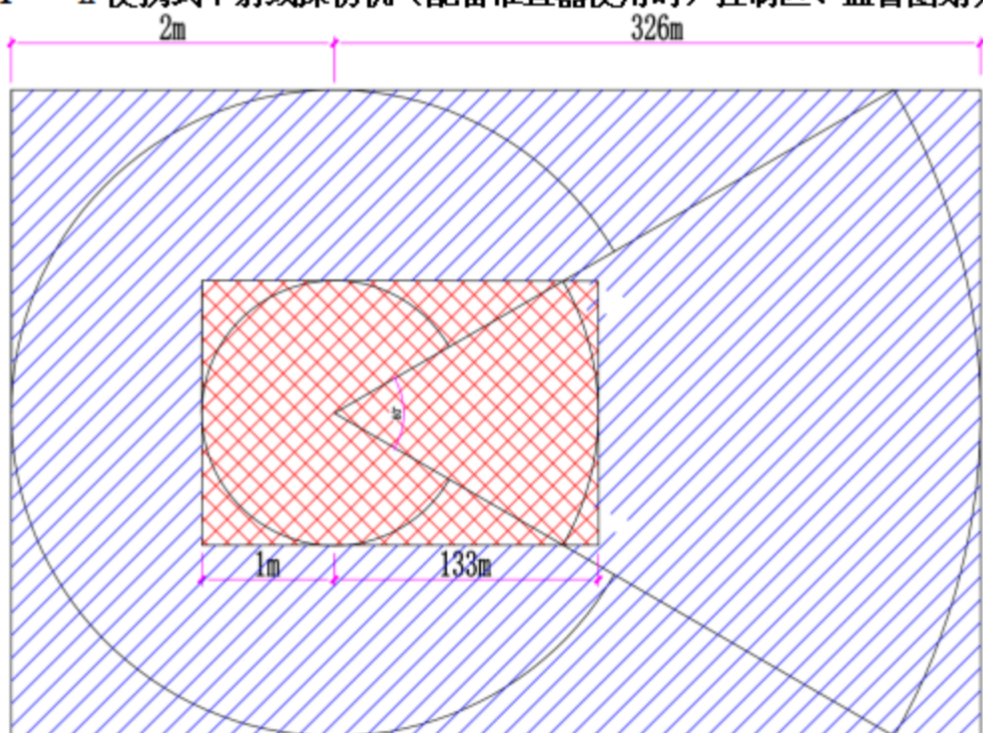


图 11-6.2 ^{75}Se 便携式 γ 射线探伤机（配备准直器使用时）控制区、监督图划分示意图

11.3 剂量估算

11.3.1 剂量估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

续表11 环境影响分析

$$H_{Er} = H_{(10)}^* \times t \times 10^{-3}$$

式中： H_{Er} ：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量，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，h。

11.3.2 辐射工作人员剂量估算

根据提供的资料，每枚放射源的年出库次数为 6 次，即年出入库操作次数为 12 次，按最大存量 5 个计算，则年出入库操作次数为 60 次。每次出入库时间为 5min，因此年出入库总工作时间为 5h。X 射线探伤室年工作时长为 30h，X 射线现场探伤年工作时长为 225h， γ 源现场探伤年工作时长为 150h。本项目运行后，放射源运输拟由专业公司负责，但需考虑探伤现场的设备运输部分，每台设备一个探伤工作日内的探伤设备运输时长取 0.5h（包含往返及中间拿取和准备过程），年工作时长为 250h（单台设备年工作 100 天）。

(1) 辐射工作人员剂量估算

辐射工作人员有效剂量估算见表 11-12。

表 11-12 辐射工作人员有效剂量估算一览表

工作内容	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	总年有效剂量(mSv/a)
X 射线探伤室	0.38	30	0.01	6.99
X 射线现场探伤	15	225	3.38	
放射源出入库	20	5	0.10	
放射源现场运输	5	250	1.25	
γ 源现场探伤	15	150	2.25	

备注：周围剂量率取值依据：X 射线探伤室取操作室处剂量率最大值；现场探伤选择控制区边界处剂量率限值；放射源出入库选择源容器表面 1m 处剂量率限值；放射源现场运输采用三轮车等交通工具，取工作人员距放射源容器距离 2m 处的剂量率值。

根据上表可知，本项目所有工作由 1 名辐射工作人员完成时，则该名辐射工作人员受到的年有效剂量最大为 6.99mSv/a，超过了本项目辐射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a。本项目共配备 10 名辐射工作人员，至少分为 3 个班组，单组人员剂量为 2.33mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

另外，公司还应采取以下措施确保辐射安全工作：

续表11 环境影响分析

A、要求工作人员在实际工作中，应正确佩戴个人剂量计，工作时采用必要的防护措施。

B、公司应定期对个人剂量计进行监测，根据监测报告结果，合理分配工作量，正确有效使用防护用品。若季度受照剂量超过 1.25mSv，应开展进一步调查，查明原因，提出解决方案，确保辐射工作人员受到的年有效剂量低于公司的年剂量管理目标值。

(2) 公众成员剂量估算

①探伤现场监督区外的公众成员

探伤现场监督区外的公众成员主要包括监督区外探伤现场的警戒、巡视人员和其他公众成员，在进行探伤时监督区拉警戒线，公众成员位于监督区外，不得进入监督区内。本次评价保守取监督区边界辐射剂量率（2.5 μ Sv/h）作为公众成员受照剂量率。本评价主要在野外或厂区内探伤，且厂区内探伤均在非工作时段进行，且探伤现场不固定，分布在全国范围内，故公众成员的居留因子取 1/40，其年有效剂量估算结果见表 11-13。

表 11-13 公众成员年有效剂量估算表

周围剂量当量率 (μ Sv/h)	居留因子	年最大出束时间 (h/a)	年有效剂量 (mSv/a)
2.5	1/40	375	0.02

备注：工作时长取 X 射线和 γ 射线探伤总时长。

根据上表计算结果可知，公众成员的年有效剂量最大约 0.02mSv，低于公司制定的公众成员年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。

此外，警戒、巡视人员在探伤作业点的监督区边界进行警戒、巡视，探伤周期较长时需要定期更换人员，居留因子取 1/4。警戒、巡视人员属于公众成员，为了控制其受照剂量不超过年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a 的要求，警戒、巡视人员在探伤作业点的监督区边界工作时间必须控制在 160h/a 内。委托探伤单位应根据 X 射线移动式工业探伤的情况，及时更换警戒、巡视人员。

①储源库和 X 设探伤室外的公众成员

储源库和 X 射线探伤室外公众成员受到的年剂量估算见表 11-14。

续表11 环境影响分析

表 11-14 环境保护目标预测结果

序号	环境保护目标名称	方位	距离		保护目标处剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作时间	居留因子	年受照剂量 (mSv)	
1	焊接厂房内区域: 废料间	北侧	探伤室	约 3m	0.20	30	1/20	3.95E-04	
			储源库	相邻	3.80E-03	500			
	焊接厂房内区域: 加工间等		探伤室	约 6m	0.08	30	1	2.82E-03	
			储源库	约 3m	8.40E-04	500			
2	室外道路、绿化		探伤室	约 13m	0.03	30	1/20	4.97E-05	
			储源库	约 10m	1.87E-04	500			
3	培训中心楼		探伤室	约 28m	0.01	30	1	3.18E-04	
			储源库	约 25m	3.69E-05	500			
4	焊接厂房内区域: 走廊	西侧	探伤室	相邻	0.38	30	1/5	3.23E-03	
			储源库	相邻	9.50E-03	500			
	焊接厂房内区域: 走廊、工器具库、 焊条烘烤室等		探伤室	约 3m	0.22	30	1	7.36E-03	
			储源库	约 3m	1.51E-03	500			
5	室外绿化	南侧	探伤室	相邻	0.54	30	1/20	8.10E-04	
			储源库	约 6m	1.45E-06	500			
6	重庆帛航齿轮有限公司		探伤室	约 15m	0.02	30	1	6.00E-04	
			储源库	约 21m	2.33E-07	500			
7	液氧罐区、库房		探伤室	相邻	0.93	30	1/20	1.49E-03	
			储源库	相邻	3.60E-03	500			
8	室外绿化、道路		东侧	探伤室	约 8m	0.06	30	1/20	9.53E-05
				储源库	约 8m	2.13E-04	500		
9	重庆奇庆机电有限公司	探伤室		约 35m	4.44E-03	30	1	1.43E-04	
		储源库		约 35m	1.88E-05	500			

备注:工作人员受照剂量见表 11-13。 γ 源基本在项目上进行现场探伤作业,保守取 5 枚放射源在储源库内时间为 500h。探伤室和储源库外环境保护目标处剂量率值按照前文两个工作场所屏蔽外剂量率值计算方法和参数核算,距离在各方向屏蔽体外剂量率估算的基础上加上环境保护目标距工作场所的距离。储源库出入库门位于储源坑斜角,因此西侧剂量率值按西侧墙体外计算。

根据表 11-14 可知,储源库和 X 射线探伤室外公众成员受到的年剂量为 7.36E-03mSv/a, 低于公司年剂量管理目标值 0.1mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求。

(3) 剂量估算结论

综上所述,根据公司提供的计划工作量,合理分配,有效使用防护用品和辅助防护设施的前提下,辐射工作人员所受到的年有效剂量低于辐射工作人员的剂量管理目标值 (5mSv/a), 公众成员受到年有效剂量也低于公司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) 的要求。

续表11 环境影响分析

11.5 “三废”环境影响分析

11.5.1 废气影响

X射线和 γ 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体的影响，关键在于加强室内通风。本项目设备运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，X射线探伤室废气经排风口引至户外排放，其余场所废气自然逸散。本项目探伤现场位于野外、厂区，空间开阔，废气很快能够扩散，对周围活动的操作人员、公众成员产生的影响很小。

11.5.2 废水影响

本项目无生产废水产生，公司的工作人员生活污水依托白市驿基地的生化池进行预处理，而后排入市政污水管网，经入西永污水处理厂处理后排入梁滩河。现场探伤工作人员生活污水依托周边或者探伤所在厂区污水处理设施处理。

11.5.3 固体废物

（一）生活垃圾

工作人员产生的生活垃圾依托白市驿基地、探伤现场周边现有设施收集后，交由环卫部门统一处理。

（二）报废便携式 X 射线探伤机

便携式 X 射线探伤机报废后按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。报废的铅板交有危废资质单位处理。

（三）废旧放射源

放射源更换由生产厂家负责，更换下来的放射源由厂家负责回收。

（四）报废胶片

本项目报废胶片存放在危废间，合格胶片储存在档案室内，报废胶片与存档到期的胶片定期交由有危废资质的单位处置。

（五）洗片废液、洗片废水

洗片室产生的洗片废液（废定影液、废显影液）、洗片废水分类暂存在洗片室角落划定的危险废物贮存区的废液桶内，定期交由有危废资质的单位处理。不能送回公司洗片室洗片的胶片则委托项目区域周围现有洗片机构进行洗片。现场探伤作业前与当地洗片机构签订协议，产生的危险废物等由该机构交由有危废资质单位处理。

续表11 环境影响分析

洗片室进行防渗处理，地面采用防渗材料建设，按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），采取“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”等措施，地面采用防渗材料建设，满足 GB18597-2023 中“6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料”。此外，危险废物贮存区按照《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）的规定设置警示标志，包括危险废物标签、危险废物贮存分区标志、危险废物贮存设施标志等。废液收集塑料桶拟设置明显的标识，包括危险废物类型、危险类型、危险情况以及安全措施等；塑料桶下方拟设置防漏托盘，避免桶渗漏后废液漫流，托盘容积不小于废液桶容积。

公司拟按照《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》（HJ 1259-2022）中要求建立危险废物管理台账，转移危险废物按照《危险废物转移管理办法》（生态环境部 公安部 交通运输部 部令第 23 号）要求执行。

综上所述，公司按照以上措施对固体废物进行处理可行，固废均能得到妥善处理，对环境影响可接受。

11.6 实践正当性分析

项目探伤机的应用，对电力、建筑、交通等工程质量的无损探伤检测有其他技术无法替代的特点，项目建设为公司的检验检测服务提供无损探伤检测手段；项目拟使用 X 射线和 γ 射线探伤机开展无损探伤检测，以确保各类工程质量与安全。对电力、建筑、道路安全使用可起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；随着无损探伤检验检测服务的开展，也将为公司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，其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等代价，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。

11.7 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，“第一类 鼓励类”中“三十一”检验检测服务，项目探伤机用于公司无损探伤检测服务，属于产业结构的鼓励类。项目建设符合国家相关法律法规和政策规定，符合国家的产业政策。

11.8 事故影响分析

11.8.1 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和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。

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。

11.8.2 风险事故类型

本项目设备中的 X 射线探伤机部分为 II 类射线装置，放射源为 II 类放射源，根据《关于发布<射线装置分类>的公告》内容，II 类射线装置事故时可以使受到照射的人员产生较严重放射损伤，其安全与防护要求较高。根据《关于发布<放射源分类办法>的公

续表11 环境影响分析

告》内容，II类放射源为高危险源。没有防护情况下，接触这类源几小时至几天可致人死亡。本项目放射源为密封源，在工作和存储状态下，均位于容器内或输源管中，产生放射源破裂导致辐射污染的可能性很小。

本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

1、X射线探伤机

(1) X射线探伤室

①设备自身丧失屏蔽

X射线设备机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将设备管头及探测器上的屏蔽块移走，使X射线设备丧失自身屏蔽作用，曝光室四周墙体、顶棚均为主射墙，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

②联锁装置失效

由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或设备工作时门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

③人员滞留曝光室内

工作人员或设备维修人员通过防护门可进入曝光室内，在开机前，工作人员未通过监控或现场对曝光室内部进行充分确认，从而导致滞留在曝光室内的人员在工作模式下被误照射。

④屏蔽体出现开裂等情况

本项目曝光室各方向屏蔽体使用多年以后，可能因建筑稳定性等原因，导致墙体出现开裂等现象，从而漏出射线，使曝光室周围的人员受到误照射。

⑤任意改变主射方向

操作人员未按要求操作，任意改变主射方向，曝光室四周墙体均为主射墙，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

⑥改变探伤机活动范围

操作人员未按划分的探伤活动范围进行操作，X射线探伤机不在规定的探伤区域内探伤，造成屏蔽体外人员受到不必要的照射。

(2) 现场探伤

续表11 环境影响分析

①便携式 X 射线探伤机在最大工况运行时或者训机时，无工件遮挡且无防护的情况，操作人员和公众成员误入或滞留于控制区，造成有关人员误照射；

②在进行现场探伤时，警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用，清场工作不全面，导致公众成员误入工作区域。

③现场探伤工作结束后，便携式 X 射线探伤机未存放指定的地方，随意存放，导致公众成员启动便携式 X 射线探伤机，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了便携式 X 射线探伤机遗忘或被盗的可能性。

④误将便携式周向 X 射线探伤机作为便携式定向 X 射线探伤机进行使用，主射范围扩大，造成有工作人员受到主射线照射。

2、 γ 源探伤机

①放射源丢失、被盗

探伤设备管理不善，造成放射源被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

②放射源脱落、卡源

探伤机作业时，因工作人员操作不当或出现设备故障等，发生放射源掉落或卡源（放射源卡在传输管中无法收回储源容器）。

③探伤过程中误照射

在进行现场探伤时，警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用，清场工作不全面，导致公众成员误入工作区域。

④运输路径中源容器掉落

根据运输源容器固有安全措施可知，即使在运输过程中整个源容器掉落在运输通道上，放射源也不会脱落出来，仅发生一般运输事故，不会造成辐射事故。放射源容器脱落后工作人员处理过程受照剂量与运输过程辐射工作人员相似，后文不再提及。

11.8.3 后果分析

1、X 射线探伤室

(1) 探伤室外人员误照射

风险事故情景①、②、⑤、⑥：

考虑最不利情况，探伤机以最大管电压 300kV，最大管电流 5mA 运行，事故时间

续表11 环境影响分析

考虑单次最大曝光时间 3min。探伤室外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-15。

表 11-15 曝光室外人员误照射最大剂量估算表

事故情景		辐射类型	距离 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
设备自身丧失屏蔽/任意改变主射方向①/⑤	南侧(排风口)	主射	4.01	406	2.03E-05	2.03E-05
联锁装置失效②	防护门	散射	9.35	1.43E+03	3.14E-04	3.14E-04
		漏射	3.75	8.15E-05		
改变探伤机活动范围⑥	屏蔽墙体	主射	1.0	6.27	3.14E-07	3.14E-07

曝光室顶部为厂房上空，一般情况下，人员不会驻留，因此考虑曝光室四周活动人群
备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

风险事故情景④：

当混凝土墙体出现裂缝且长时间未发现，即射线不经过屏蔽对曝光室外的人员进行误照射情况，操作人员位于操作台、携带个人剂量报警仪，因此在发生此情形事故时，操作位能及时发现问题并紧急关停设备出束，而当非操作位方向发生此事故情形时，便很难被公众发现，因此造成此事故的发生。

经计算，在没有屏蔽的情况下，曝光室外周围剂量当量率最大可达 $9.35 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ ，单次照射（3min）下停留的人员受照剂量最大约 0.06Sv（0.06Gy）。

假定未发现该事故情形的时长为一天（每天最多曝光 24 次，单次 5min，合计 2h），在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-16。

表 11-16 项目屏蔽体开裂事故受照剂量估算表

误照射次数(次)	受照射时间	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	5min	0.06	0.06
10	50min	0.62	0.62
24	120min	1.49	1.49

备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

(2) 探伤室内人员误照射

风险事故情景③：

因各种原因，X 射线装置运行时，人员滞留在曝光室内发生误照射情况，考虑最不利情况，最大管电压 300kV，最大管电流 2mA 运行，事故时间考虑为 3min，考虑人员在距离辐射源点 1m 处受到误照射（主射线）。曝光室内人员误照射最大剂量估算情况

续表11 环境影响分析

见表 11-17。

表 11-17 曝光室内人员误照射最大剂量估算表

事故情景	有效剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
人员滞留曝光室内	6.25×10^6	0.52	0.52

备注：计算公式及参数取值同 11.1 章节。

2、X 射线现场探伤

根据前文描述的情景，本项目 X 射线现场探伤可能发生的风险事故主要为误照射。本评价考虑便携式 X 射线探伤机按照最大工况（管电压 300kV、管电流 5mA）运行，无工件遮挡且无屏蔽防护，主射方向上不同距离处人员所受照射剂量估算结果见表 11-18。

表 11-18 误照射无工件主射方向不同距离剂量率估算

发射率 ($\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$)	与焦点距离 (m)	不同距离下剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	单次照射受照剂量 (mGy)
20.9	0.5	2.51×10^7	2090.00
	1	6.27×10^6	522.50
	5	2.51×10^5	20.90
	9 (最小主射方向控制区)	7.74×10^4	6.45
	15	2.79×10^4	2.32
	21 (最小主射方向监督区)	1.42×10^4	1.18
	25	1×10^4	0.84
	30	6.97×10^3	5.81×10^{-1}
	40	3.92×10^3	3.27×10^{-1}
	50	2.51×10^3	2.09×10^{-1}
	100	6.27×10^2	5.23×10^{-2}
	200	1.57×10^2	1.31×10^{-2}
	432 (最大主射方向控制区)	3.36×10^1	2.8×10^{-3}
	500	2.51×10^1	2.09×10^{-3}
	1000	6.27	5.23×10^{-4}
1058 (最大主射方向监督区)	2.50	2.08×10^{-4}	

备注：单次照射时间不超过 3min

(1) 事故情景①

便携式 X 射线探伤机在最大工况运行时，无工件遮挡且无防护的情况下，操作人员和周围公众误入或滞留于监督区（靠近控制区边界）或控制区内，造成有关人员误照射；考虑滞留人员一直未被发现，直至便携式 X 射线探伤机开机曝光 5min 后，自动停止曝光。误入监督区的公众成员（考虑位于最小控制区边界警戒绳）受到的瞬时剂量率为

续表11 环境影响分析

$2.45 \times 10^4 \mu\text{Gy/h}$, 则单次误入监督区的公众成员受到有效剂量最高为 2.04mGy ; 误入控制区 (取距焦点 1m 处) 公众受到的瞬时剂量率为 $6.27 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$, 则单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 522.50mGy ; 极端情况下距焦点 0.5m 处公众受到的瞬时剂量率为 $2.51 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$, 则单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 2090mGy 。本项目为现场探伤, 探伤工作场所不固定, 公众误入位置具有不确定性, 距离越近, 受到的单次照射剂量越高, 同一公众成员多次误入探伤工作场所的可能性很低。

(2) 事故情景②

在进行现场探伤时, 警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用, 清场工作不全面, 导致非辐射工作人员或公众成员误入工作区域, 非辐射工作人员或公众成员受到照射情况同上。

(3) 事故情景③

现场探伤工作结束后, 便携式 X 射线探伤机未存放指定的地方, 随意存放, 导致公众成员启动便携式 X 射线探伤机, 产生 X 射线污染, 对公众造成误照射。便携式 X 射线探伤机单次曝光时间不超过 5min , 则当 300kV 电压下, 则距离便携式 X 射线探伤机主射方向 1m 处公众成员受到有效剂量最高为 522.50mGy ; 极端情况下距离便携式 X 射线探伤机主射方向 0.5m 处公众成员受到有效剂量最高为 2090mGy 。

(4) 事故情景④

现场探伤工作进行时, 误将便携式周向 X 射线探伤机作为便携式定向 X 射线探伤机进行使用, 主射范围扩大, 造成有工作人员受到主射线照射。便携式周向 X 射线探伤机单次曝光时间不超过 5min , 则当 300kV 电压下, 则距离便携式 X 射线探伤机主射方向 25m 处 (控制台位置) 工作人员受到有效剂量最高为 0.84mGy 。

3、 γ 源探伤机

(1) 放射源丢失/被盗

本项目探伤机最大使用的 ^{192}Ir 密封源活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$, 根据《放射源分类办法》, 属于 II 类放射源。根据辐射事故等级分类可知, 发生 II 类放射源丢失、被盗, 属于较大辐射事故。其放射源对临近人员产生的影响随时间的增长、距离的减少而持续增加, 短间接触会发生超剂量照射, 长时间接触会产生辐射损伤。相同条件下, ^{192}Ir 影响较 ^{75}Se 影响大, 下文按 ^{192}Ir 来核算。

续表11 环境影响分析

(2) 放射源脱落、卡源

①放射源脱落

发生放射源脱落事故后，工作人员穿戴好防护用品（本次核算不考虑其屏蔽影响）后在设备旁，通过长柄镊子等工具将放射源放入储源器内，距离放射源约 1m，操作时间为 5min，则该名人员受照剂量约为 0.05Gy/次。

②放射源卡源

发生卡源事故后，工作人员迅速检查设备，采取手动回源，从发现到处理完毕的时间按 1min 计，则距离设备 50cm 处人员所受剂量为 0.04Gy/次。

(3) 误照射

人员误入探伤工作区域，从而受到不必要的照射。进入工作区域后距离放射源（主射线方向）约 2m，从发现到处理完毕的时间按 5min（工作人员发现人员误入，驱赶公众离开的时间）计，则该人员受到的误照射剂量为 0.01Gy/次。

综上所述，发生放射源卡源、放射源脱落、误照射等，可能会导致超过年剂量限值，属于一般辐射事故，其辐射照射一般不会导致严重辐射损伤，但可能会导致随机性效应发生概率增加。当发生放射源丢失时，属于较大辐射事故。

此外，工作人员受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，公司每季度对辐射工作人员个人剂量计测读一次值，如发现异常加密监测频率，公司应根据工作时间对人员进行调配，以确保其受到的剂量不超过年剂量管理目标值。因此要求辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计。

11.8.4 风险事故防范措施分析

1、X 射线探伤机及 X 射线探伤室安全管理

①检修、调试应由专业技术人员进行，绝不允许随便拆走探伤机及机架上的屏蔽材料，不允许加大照射面积。完好的便携式 X-辐射剂量率仪和个人辐射报警仪、联锁装置等，可提供纵深防御。不得擅自改变、削弱或破坏曝光室屏蔽防护结构，如开孔洞、砸墙等。

②撤离曝光室时应清点人数，辐射工作人员用视频监控系统对曝光室内进行扫视，确认无人停留在内并关闭防护门后才能开始进行出束操作。同时，如遇 X 射线出束情况

续表11 环境影响分析

下人员滞留曝光室内，操作室人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③定期检查曝光室的门机联锁、灯机联锁装置、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标识，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施各机构及电控系统，应制定定期检查和维护的制度。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。

④利用便携式 X- γ 辐射剂量率仪，不定期巡查曝光室屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡测防护门门缝、穿墙管线孔等防护薄弱环节，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

⑤定期认真的对本单位 X 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，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，避免事故发生。

⑥凡涉及对 X 射线探伤机进行操作，必须有明确的操作规程；操作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可见到的显眼位置。

⑦做好设备进出台账记录，避免探伤工作结束后设备随意存放，造成不必要的人员误照射。定期对使用便携式 X 射线探伤机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。射线装置报废后，报废的便携式 X 射线探伤机按照相关要求进行拆解和去功能化，而后交由物资公司回收处置，保留回收手续并做好相关记录存档。探伤设备库房设专人看管，设备柜钥匙专人保管，一般人员不接触。

2、放射源探伤机安全管理

①换源或装源必须由厂家将设备运回生产单位进行，不允许其余人员进行换源操作。专业人员严格按照操作规程，探伤工作前，多次检查设备输源管是否安装到位，设备是否有破损等。工作结束，检查放射源是否回到储源器。现场探伤工作结束，及时将设备运回公司储源库保管，不能及时运回的，在项目现场设置临时储源库，并设置双重防盗门锁。公司放射源库房和工作场所临时储源库均由专人负责管理。

续表11 环境影响分析

②建立完善的规章制度并落实于实际工作中，定期检查源库的视频监控系统、红外报警装置等防护装置是否正常，如果失灵，应立即修理。定期进行放射源库的环境监测，发现问题及时整改，防止环境风险的发生。

③制定放射源相关应急预案并加强应急演练，防止环境风险的发生。加强工作人员的辐射防护与安全培训，定期进行操作训练、应急演练，管理人员严格按照规章制度对工作人员进行管理，加强工作人员的职业道德修养，必须把操作人员、公众的健康与安全放在首位。

④放射源运输应委托有资质运输单位，采用专用车辆进行运输，专人押运。禁止使用报废的、擅自改装的、检测不合格的或者不符合国家规定要求的车辆、设备从事放射源道路运输活动。

⑤做好设备和放射源进出使用台账记录，避免探伤工作结束后设备随意存放，造成不必要的人员误照射和放射源丢失。定期对探伤机进行维护、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。射线装置报废后，按要求交由生产厂家回收处置，保留回收手续并做好相关记录存档。

⑥ γ 射线探伤机应定期进行检查、维护和保养，应严格制定防范措施，经常对设备的性能进行检查，禁止使用超过10年的 γ 射线探伤机。 γ 射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。

⑦ γ 射线探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，应由工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场工作人员第一时间联系放射源生产单位，在专业人员的指导下严格按照生产单位提供的操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品，佩戴个人剂量计和剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。如公司不具备能力处理卡源故障，应在放射源生产单位工作人员到场前务必封锁并保护好现场，严禁无关人员靠近。待处理完卡源故障后，确保放射源已经安全收回至探伤机内后方可消除警戒状态。在处理完故障后，尽快对处理卡源故障的工作人员个人剂量计进行监测，一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查，维修设备，杜

续表11 环境影响分析

绝此类故障发生。

3、现场探伤安全管理

①在现场探伤工作前，按项目制定工作方案，该工作方案的主要包括探伤工况、时间、地点、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、巡视、警戒人员的职责和分工，工作期间做好相关记录。在现场探伤作业工作场所张贴公告，包括作业性质、时间、地点、控制范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。

②单个探伤作业点的现场探伤作业时至少有 4 名工作人员同时在场，包括 2 名操作人员（辐射工作人员）及 2 名警戒、巡视人员（公众成员）。

③严格管理辐射工作人员，加强人员辐射防护与安全培训，定期进行操作训练、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；管理人员强化管理，保证按照要求进行探伤工作。现场探伤开机前仔细检查人员是否撤离完全，公众成员位于监督区外。

④移动式探伤作业前，根据探伤工件情况及使用的设备放射源种类，初步划定控制区、监督区，再使用便携式 X- γ 剂量率仪进一步由远及近确定控制区和监督区边界。控制区、监督区范围确定之后进行清场，设置警戒线。控制区和监督区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时在控制区边界外悬挂“禁止进入 X 射线区”警告牌，拟在监督区边界悬挂“无关人员禁止入内”警告牌。探伤作业前安排 2—3 人进行巡查、警戒，确保探伤作业期间无公众误入作业区。夜间进行探伤作业时在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌，并设专人警戒。

⑤操作人员确保现场探伤时个人剂量仪与个人剂量报警仪正常使用并正确佩戴，同时，关注控制器情况，如在现场探伤过程中个人剂量报警仪持续报警，立即停止作业，待查清事故原因后方可继续进行现场探伤。

⑥工作人员探伤现场前检查探伤机是否完好，设备各结构部件是否正常；探伤作业前做好现场清场工作，首次曝光时，使用便携式 X- γ 辐射剂量仪划分控制区与监督区，并按要求设置警戒线、警示标志、声光报警装置等。加强操作人员的岗位培训，现场探伤操作过程严格按照操作流程执行，两名操作人员同时在场，确保探伤机与工件的位置

续表11 环境影响分析

以及探伤机各项参数调试正确后方可出束。

综上所述，公司落实上述措施后，能有效减少和杜绝辐射事故的发生，减少对周围环境和公众的影响。

11.10 环保投资

本项目环保投资估算约 10 万元，占总投资的 1%，具体情况见表 11-12。

表 11-12 本项目环保投资一览表

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框、上墙，人员培训考核等	0.5
电离辐射警告标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	急停开关、对讲系统、门灯连锁、固定式剂量报警仪、 监控、红外线报警系统等	3.5
防护用品	个人防护用品和辅助防护设施等	8
屏蔽防护改造	探伤室顶棚混凝土加厚、排风口防护补偿等	10
危废处置	危废间隔断、洗片室防渗、危废处置协议	3
环保手续	环评、验收、辐射安全许可等	10
合计	/	35

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构设置

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保辐射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，公司应培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。

按照《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，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

公司成立了辐射安全与环境保护领导管理小组，明确了组织职责，并指定专人担任公司辐射安全管理员，管理员学历为本科。公司现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

本项目开展后，目前公司的管理机构和管理人员也能满足相关要求，因此，本项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理，如公司搬迁后存在人员变动的情况，将根据实际情况完善现有辐射安全管理组织的成员组成。

12.2 辐射工作人员管理

12.2.1 辐射防护培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当定期接受一次再培训。根据《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。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核，五年有效。

根据调查，公司现有辐射工作人员 6 人，辐射工作人员均参加了辐射安全与防护考核，并考核合格后上岗，培训合格证明在有效期内，现有辐射工作人员管理情况满足要

表 12 辐射安全管理

求。在后期公司运营中，公司应及时梳理在岗辐射工作人员，核查其培训情况及持证到期情况，督促其做到持在有效期内的辐射安全与防护培训合格证上岗，新招聘的辐射工作人员也按照上述要求管理。

12.2.2 个人剂量管理

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，建立放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。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当保存至放射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。另外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目。

公司现有辐射工作人员均配置了个人剂量计，每 3 个月进行一次个人剂量监测，在本项目运行后，公司将继续按照现有管理制度要求为每名辐射工作人员配置个人剂量计，并按照要求进行剂量监测，建立个人剂量档案。

12.2.3 职业健康体检

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，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，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

根据调查，公司现有辐射工作人员均按照要求在每两年进行一次职业健康体检，目前在岗辐射工作人员均无体检异常，无疑似职业病人员。后续将继续按照要求进行职业健康体检。

12.3 辐射安全管理规章制度

12.3.1 规章制度

表 12 辐射安全管理

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，应当建立健全的操作规程、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、台账管理制度、监测方案。

目前公司已开展有 X 射线探伤和 γ 源探伤作业，制定了一系列管理制度，具体有《安全工作管理办法》《射线检测辐射防护管理办法》《放射源安全管理规定》《射线探伤装置安全管理规定》《射线辐射剂量监测管理规定》《射线检测人员健康管理规定》《辐射工作人员培训管理规定》《辐射工作人员个人剂量计管理规定》《辐射安全与环境保护领导管理小组职责》《射线探伤作业人员安全行为准则》《射源库值班巡查制度》《 γ 探伤机操作规程》《X 射线机操作规程》《射线检测告知和现场警戒管理规定》《辐射安全应急处理措施》《放射源事故应急预案》等制度以及各类台账表格，可以满足现有核技术利用项目得运行管理需求，制度见附件。公司在日常运行过程中，按照制定的规范制度执行，落实各项安全操作要求。

本项目拟依托公司现有辐射防护管理体系，同时，在本项目建成运行前，拟结合项目场所及设备情况、防护设施配备、工作人员配备等具体情况，完善各项管理制度，确保探伤工作正常开展。

12.3.2 档案管理

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”。

本项目运营前，公司应认真落实相关制度和规定，所有辐射工作人员进行职业健康体检、配置个人剂量计、参加辐射安全与防护培训并取得合格证，将健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。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。

公司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。

12.2.3 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

表 12 辐射安全管理

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。

公司现有《射线检测辐射防护管理办法》明确了年度评估相关内容，并按规定开展年度评估检查，对检查中发现的问题或不足及时整改，消除安全隐患，按规定编制并上报年度评估报告。公司已按照上述要求每年均按要求提交了上一年度的年度评估报告，公司今后仍应继续落实规定，于每年 1 月 31 日前均向发证机关提交年度评估报告。其填报内容应包括放射性同位素和射线装置台帐；辐射安全和防护设施的运行与维护；辐射工作人员安全培训管理情况；辐射工作人员个人剂量监测情况；工作场所辐射环境监测；辐射事故及应急响应情况；存在的安全隐患及其整改情况；有关法律法规的落实情况等方面的内容。

12.3 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其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树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

公司已建立了辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；应持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化的建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

- ①公司组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

表 12 辐射安全管理

②公司建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.4 辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关规定，公司从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
<p>(一)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，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。</p>	<p>已成立辐射防护管理组织，负责公司的辐射安全与环境保护管理工作，并设置 1 名辐射防护管理员，学历为本科。</p>
<p>(二)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。</p>	<p>本项目工作人员使用公司原有辐射工作人员，已按要求取得了培训合格证，后期会按照制度继续落实持证上岗。</p>
<p>(三)使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源储源库或设备。</p>	<p>项目拟设置专用房间存储放射源，并拟设置监控系统、防盗门等。</p>
<p>(四)放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p>	<p>项目各工作场所拟设置警示标志、设置实体屏蔽和警戒线，配置防护用品、辐射剂量监测仪、个人剂量计、剂量报警仪等设施。</p>
<p>(五)配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。</p>	<p>项目拟配备 X-γ 辐射剂量巡测仪、固定式剂量报警仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等，同时拟配置铅防护屏等防护设施和防护用品。</p>
<p>(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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。</p>	<p>公司现有辐射环境管理制度较齐全，后续应根据现有运行经验和更新的法律法规、标准等完善现有管理制度，相应制度张贴上墙。</p>
<p>(七)有完善的辐射事故应急措施。</p>	<p>已制定辐射事故应急措施。</p>
<p>(八)产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。使用放射性同位素和射线装</p>	<p>本项目放射源更换由厂家负责，更换下来的放射源由厂家回收。</p>

表 12 辐射安全管理

<p>置开展诊断和治疗的单位，还应配备质量控制监测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制监测计划</p>	
<p>第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。</p> <p>射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p> <p>放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，应当设置明显的放射性标识和中文警示说明</p>	<p>本项目各辐射工作场所出入口均拟张贴电离辐射警告标志、设置门禁装置，探伤室防护门外拟设置与设备联锁的工作状态指示灯。探伤作业现场设置警示灯。探伤室和储源库粘贴部分制度。γ源探伤机主机外壳粘贴电离辐射标志和放射源信息。</p>
<p>第六条 生产、使用放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定采取有效措施，防止运行故障，并避免故障导致次生危害。</p>	<p>工作场所和射线装置均拟设置多重安全联锁装置，并制定操作规程。</p>
<p>第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。</p> <p>贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。对放射性同位素贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的安全措施。</p>	<p>拟设置独立的储源库，制定放射源出入库台账，房间门设置防盗装置，房间结构为实心砖，储源坑由混凝土浇筑，储源库设置防水设施。</p>
<p>第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。</p>	<p>公司制定有辐射监测制度，并购置有辐射监测仪器，采用自主监测和委托监测相结合的方式，确保场所辐射水平满足要求</p>
<p>第十一条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当加强对本单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况的日常检查。发现安全隐患的，应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门（以下简称“发证机关”），经发证机关检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。</p>	<p>制定辐射防护管理制度，设置辐射防护管理机构，定期进行检查，发现隐患，及时要求进行整改。</p>

表 12 辐射安全管理

<p>第十二条 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。</p>	<p>按照要求,每年 1 月 31 号前向发证单位提交年度辐射防护安全评估报告</p>
<p>第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲,对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训,并进行考核;考核不合格的,不得上岗。</p>	<p>所有辐射工作人员,按照规范,在上岗前参加辐射防护培训,合格后再上岗</p>
<p>第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对本单位的放射工作人员进行个人剂量监测;发现个人剂量监测结果异常的,应当立即核实和调查,并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。</p> <p>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,建立放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。个人剂量档案应当保存至放射工作人员年满七十五周岁,或者停止辐射工作三十年。</p> <p>放射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。放射工作人员调换单位的,原用人单位应当向新用人单位或者放射工作人员本人提供个人剂量档案的复印件。</p>	<p>公司现有辐射工作人员均按照要求定期进行个人剂量监测和职业健康检查,并建立了辐射工作人员管理档案。</p>
<p>本项目的管理工作依托公司现有的管理体系,已具备了一定的能力,但还应在本项目建设完成后运营前,针对本项目完善相应管理规定,公司承诺全部落实上述各项要求,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。</p>	
<p>12.5 辐射监测</p>	
<p>根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》等相关法规和标准,必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、开展常规的防护监测工作。</p>	
<p>根据调查,公司制定了《射线检测辐射防护管理办法》,每年均委托有资质单位对现有储源库屏蔽体外辐射环境进行监测。现有监测计划包括探伤作业前后的现场监测、</p>	

表 12 辐射安全管理

工作场所监测、外照射个人剂量监测。

(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：3 个月送检一次。

(2) 工作场所及周围环境监测

公司拟对储源库和 X 射线探伤室外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测委托有资质的单位进行。

监测频度：验收时监测一次（含维修导致屏蔽防护措施或设备剂量率发生变化时的监测），委托有资质单位监测。日常监测委托有资质单位进行，每年监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：储源库和 X 射线探伤室四周墙体、门、窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 30cm，通风管道及其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置；重点关注穿墙管线、门缝、风口等搭接薄弱位置。

(3) 探伤作业现场监测

公司开展探伤作业前，使用辐射剂量巡测仪现场监测，划定控制区和监督区范围。对于 γ 源探伤机，探伤工作前后，需监测容器表面剂量率水平，确认放射源是否在设备容器内。

监测频度：每次探伤作业前后一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：以设备为中心，监测探伤现场四周。

12.6 辐射事故应急

公司根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求，建立了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。

12.6.1 事故分级

根据本报告表 11 分析，本项目射线装置和放射源在事故工况下导致人员的误照射可能超过年剂量限值，即造成一般辐射事故的发生，在放射源丢失的情况可能导致较大

表 12 辐射安全管理

辐射事故。

12.6.2 公司辐射事故应急响应机构设置

公司《辐射安全应急处理措施》《放射源事故应急预案》的内容包括放射事故应急处理组织机构，同时注明了公司内部各科室应急联系电话和外部单位紧急联系电话。

12.6.3 公司辐射事故应急预案及处置措施

公司目前已经制定了《辐射安全应急处理措施》《放射源事故应急预案》，预案内容包括放射事故应急处理组织机构、放射事故报告电话、放射事故应急处置程序等内容。公司制定的应急预案满足现有核技术利用项目的需求，应急处置流程、报告清晰，并定期组织现场应急演练。

1、事故报告程序和电话

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市生态环境局等部门报告。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。

2、辐射事故应急措施

首先应查明事故原因，采取应急措施，切断有害因素，立即封闭现场，防止事故蔓延。放射源丢失、被盗事件处置。现场人员应当保护好现场，协调配合公安机关和卫生行政部门、生态环境主管部门进行调查、侦破。

(1) 发生人体受超剂量照射事故时：事故单位应当迅速安排受照人员接受医学检查或者在指定的医疗机构救治，同时对放射源采取应急安全处理措施。

(2) 发生工作场所放射源污染事故时：事故单位应当立即撤离有关作业人员，封锁现场；对可能受放射源污染或者放射损伤的人员，立即采取暂时隔离和应急救援措施，在采取有效个人安全防护措施的情况下组织人员彻底清除污染并根据需要实施其他医学救治及处理措施；迅速确定放射源污染范围和污染程度；污染现场尚未达到安全水平以前，不得解除封锁。

(3) 发生放射源丢失、被盗事故时：

首先通过视频监控系统，查明射源丢失、被盗是否人为偷盗；若未发现系人为偷盗，按方案组织专业人员，穿戴铅服等防护用品，用专业检测工具在工作场所搜寻；若在现场发现丢失射源，应警戒后，通知生产厂家迅速处理；若现场搜寻不到，按事故报告分

表 12 辐射安全管理

析调查处理程序报卫生行政部门、公安机关、环境保护部门。

(4) 发生放射源的卡、堵、脱落或传输系统故障使放射源不能收回事故时

当操作控制系统失效，放射源不能回收时，应采用辅助手动操作系统，摇动手柄，将放射源收回；当手动操作系统失效（如摇把失效、传输软轴卡死或摇断等），使放射源不能收回时，则应拆开手动控制装置，采用手拉或老虎钳拽拉传输软轴的方法，将放射源收回；任何情况下，均不允许用手（或身体其它部位）接触放射源进行事故处理；事故在部门范围内无法排除时，应立即联系设备生产厂家或其他有能力的机构协助解决。

公司应继续完善现有应急预案，定期进行辐射事故应急演练，并做好演习记录和资料归档，并根据应急演练情况，进一步完善辐射事故应急预案。

12.7 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程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。建设项目正式投产运行前，公司应当如实查验、监测项目环境保护设施运行情况，编制验收调查报告，完成自主竣工环保验收工作。同时，项目建成后，重新办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事核技术利用项目。

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表

序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	建设内容	建设 1 间储源库和 X 射线探伤室，使用公司原有 X 射线探伤机和 γ 源探伤机开展现场探伤作业。放射源共 5 枚，其中 4 枚 ¹⁹² Ir 源（活度 3.7×10 ¹² Bq）和 1 枚 ⁷⁵ Se 源（活度 3.7×10 ¹² Bq），均为 II 类放射源。现有 X 射线探伤机共 5 台，包括 1 台 XXGHZ-2505 便携式探伤机（250kV、5mA）、1 台便携式探伤机 XXG-2505A（250kV、5mA）、1 台便携式探伤机 XXG-3005A（300kV、5mA）、2 台便携式探伤机 XXG-2505（250kV、5mA），均为 II 类射线装置。	/
2	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
3	剂量管理目标值	辐射工作人员年有效剂量管理目标值<5mSv 机房外公众成员年有效剂量管理目标值<0.1mSv	GB18871-2002 公司管理要求
4	人员要求	配置符合要求的辐射工作人员，按照要求组织辐射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期复训	环境保护部令第 3 号、第 18 号、公告 2019 年第 57

表 12 辐射安全管理

			号
5	剂量率控制	<p>探伤室四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$;</p> <p>探伤室顶棚屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 100\mu\text{Sv/h}$;</p> <p>储源库屏蔽体外 30cm 处的最近处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$;</p> <p>现场探伤：控制区边界 $15\mu\text{Sv/h}$；监督区边界 $2.5\mu\text{Sv/h}$；</p> <p>当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过：表面 5cm 处 0.5mSv/h；表面 100cm 处 0.02mSv/h；</p> <p>密封 γ 放射源容器外表面的非固定性 β 放射性污染不得超过 $4\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$；</p>	<p>GBZ117-2022</p> <p>GBZ114-2006</p> <p>GBZ/T250-2014</p>
6	通风要求	X 射线探伤室有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117-2022
7	危险废物	<p>洗片废液（废显影液、废定影液）、洗片废水分类收集在相应的废液桶内，暂存在危险废物贮存区，废液桶下方均设置托盘。洗片废液（废显影液、废定影液）、洗片废水定期交由有危废资质单位处置；报废胶片以及存档到期的合格胶片定期交由有危废资质的单位处置。洗片室地面进行防渗处理；废液桶下方设置防漏托盘。</p> <p>签订危废处置协议，执行危废联单管理及台账制度。</p>	
8	辐射安全防护措施	<p>探伤室： 设置门-机联锁装置； 防护门上和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的声光警示灯，照射状态指示灯与 X 射线探伤装置联锁； 防护门上设置电离辐射警告标志，并有中文警示说明； 探伤室内及操作室内设置紧急停机按钮，按下任意一个按钮探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束； 设置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/h； 探伤室安装一套实时视频监控系统，能全方位不留死角地监控曝光室的情况； 配备 1 台固定式剂量率仪，实时监测探伤室内周围剂量当量率； 防护门在紧急情况下可以手动打开。</p> <p>现场探伤： 配置警戒绳、扩音器各 4 套，对讲机 4 套，警示灯 16 个，声光报警灯 16 个，电离辐射警告标志、“无关人员禁止入内”警告牌、“禁止进入射线工作区”警告牌各 16 块，安全信息公示牌 4 块，铅板（2mmPb）8 块等</p> <p>其他： 每名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计、个人辐射报警仪，配置有 2 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪；</p>	
9	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、年度评估等。	

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

重庆中宇建设工程质量检测有限公司使用原有便携式 γ 源探伤机和 X 射线探伤机开展现场探伤作业， γ 源不使用时，暂存在中国电建集团重庆工程有限公司白市驿生产基地预留的 1 间放射源库房内，另白市驿基地建设有 1 间 X 射线探伤室，主要用于对 X 射线探伤机工作人员进行操作培训。放射源及 X 射线探伤机均为重庆中宇建设工程质量检测有限公司现有密封源和 X 射线装置，本次不新增。放射源共 5 枚，其中 4 枚 ^{192}Ir 源（活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ）和 1 枚 ^{75}Se 源（活度 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ），均为 II 类放射源。现有 X 射线探伤机共 5 台，包括 1 台 XXGHZ-2505 便携式探伤机（250kV、5mA）、1 台便携式探伤机 XXG-2505A（250kV、5mA）、1 台便携式探伤机 XXG-3005A（300kV、5mA）、2 台便携式探伤机 XXG-2505（250kV、5mA），均为 II 类射线装置。项目总建筑面积约 100m^2 。探伤作业场所为全国范围内。总投资约 50 万元，其中环保投资约 10 元。

13.1.2 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，“第一类 鼓励类”中“三十一”检验检测服务，项目 X 射线和 γ 源探伤机用于无损探伤检测服务，属于产业结构的鼓励类。项目建设符合国家相关法律法规和政策规定，符合国家的产业政策。

13.1.3 实践正当性分析

项目配置便携式 X 射线和 γ 源探伤机开展现场 X 射线无损检测业务，是用于对压力管道、常压容器等工件焊接质量的检验，确保产品使用安全。项目的建设为企业、社会带来利益远大于辐射危害等代价，符合国家产业政策及辐射防护“实践的正当性”原则。因此，本评价认为本项目使用便携式 X 射线探伤机开展无损检测业务是正当可行的。

13.1.4 选址可行性及布局合理性分析

本项目 X 射线探伤室和放射源储源库相邻布置在白市驿地基焊接厂房东侧，位于所在建筑物一端。四周相邻区域均在白市驿基地内，主要为焊接厂房内走廊、库房以及户外区域，工作场所周边相邻位置公众驻留时间很短。工作场所主要用于 γ 探伤机放射源暂存和 X 射线探伤机使用培训，使用次数较少，选择在厂房角落，利于辐射防护和安全管理。根据后文环境辐射监测结果，本项目所在区域环境 γ 辐射剂量率在重庆市 2024 年天然辐射本底水平正常涨落范围内。因此，选址可行。

续表 13 结论及建议

本项目探伤作业点分布在全国范围内，主要涉及电力设施安装、使用现场。中宇公司开展工业探伤前，根据探伤现场的具体情况，制定探伤作业方案，按照相关要求划定控制区、监督区范围，并进行清场，确定其范围无其他人员滞留；并按相关要求采取相应辐射安全防护措施以确保安全。电力工程项目探伤现场一般位于野外，周围活动的人员少，避开人员密集时段，X射线探伤机的主射方向和 γ 源探伤室源窗口方向尽可能朝向地面。在企业 and 城市区域进行探伤时，安排在夜间进行，避开人员密集时段，并严控探伤作业区附近人员进入控制区；同时，设备主射方向尽可能朝向已有构筑物或地面，减少对周围环境的影响。

根据上述分析，从辐射安全和环境保护角度，本项目的现场探伤选址是可行的。

13.1.5 辐射安全与防护分析结论

(1) 控制区与监督区的划分

公司根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求，将核技术利用工作场所划分为控制区和监督区，将储源库和X射线探伤室划分为控制区，周边相邻区域划分为监督区。对于现场探伤，本将探伤作业点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。

(2) 屏蔽防护措施

探伤室四周墙体均采用600mm混凝土、顶棚采用480mm混凝土，防护门采用5mm铅板。储源库设置8个储源地坑，采用10mmPb盖板。

(3) 安全联锁装置及其他措施

设备自带有多种固有安全性。

探伤室拟设置门机联锁、工作状态指示灯及灯机联锁、紧急停机、视频监控系统、固定式场所辐射探测报警装置，在防护门外张贴电离辐射警告标志，配备符合开展项目要求的监测仪器设备。曝拟设置机械排风系统，确保曝光室具有良好的通风。为确保操作室及防护门不在主射线范围内，建设单位根据主射方向及探伤机活动范围，制定相关制度，并将注意事项张贴在曝光室内，探伤机活动范围贴条标识在曝光室内地面上，日常加强管理和培训，严格落实管理制度。

储源库设置双道防盗门，双人双锁管理。内外设置监控，安装剂量监控系统等。盖

板及储源库出入口设置电离辐射警告标志，粘贴管理注意事项内容。

进行现场工业探伤时，设置警戒线和相应的警示标识，专人负责警戒、巡视和疏散工作。制定现场探伤作业方案，探伤前公告，使用便携式 X- γ 剂量率仪划分控制区及监督区范围，并进行清场。

公司为每名辐射工作人员配置 1 枚个人剂量计，1 台具有直读功能的个人剂量报警仪，现场配备铅防护屏等辅助防护设施，夜间开展工业探伤时，控制区边界设置声光报警灯。

综上所述，在落实各项措施后，本项目拟采取的辐射安全与防护措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，合理可行的。

13.1.6 环境影响分析结论

（1）储源库和 X 射线探伤室屏蔽能力：根据核算，储源库屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，探伤室四周屏蔽墙体、门外、顶棚上方周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。

（2）剂量估算：根据提供的计划工作术量，通过核算，在合理配置人员的情况下，本项目辐射工作人员所受到的年有效剂量均低于辐射工作人员剂量管理目标值（ 5mSv/a ），本项目所致公众成员的年有效剂量亦低于剂量管理目标值（ 0.1mSv/a ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

（3）“三废”影响：

①废气环境影响

本项目运行产生的 X 射线和 γ 射线使空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，现场探伤周围一般为野外的空旷地带及厂区，曝光过程中产生的臭氧及氮氧化物自然扩散后对环境的影响甚微。探伤室内废气通过排风装置引至户外排放。

②废水环境影响

本项目无生产废水产生，公司的工作人员生活污水依托白市驿基地的生化池进行预处理，而后排入市政污水管网，经入西永污水处理厂处理后排入梁滩河。现场探伤工作人员生活污水依托周边或者探伤所在厂区污水处理设施处理。

③固废环境影响

生活垃圾依托公司、探伤现场周边或者探伤所在厂区现有设施收集后，交由环卫部

门统一处理。便携式 X 射线探伤机报废后按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。废旧放射源由厂家负责回收。胶片均储存在公司档案室内，报废胶片与存档到期的胶片定期交由有危废资质的单位处置。洗片废液（废定影液、废显影液）、洗片废水分类暂存在公司洗片室的危险废物贮存区的废液桶内，定期交由有危废资质的单位处理。不能送回公司洗片室洗片的胶片则委托项目区域周围现有洗片机构进行洗片。现场探伤作业前与当地洗片机构签订协议，产生的危险废物等由该机构交由有危废资质单位处理。

（4）事故风险：最大风险事故等级为较大辐射事故，公司落实储源库防盗措施、放射源出入库管理措施、现场探伤安全管理措施、加强公司管理、辐射工作人员须加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备表面周围剂量率监测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目风险可防可控。

13.1.7 辐射与环境保护管理

公司成立了放射防护管理组织，制定了相应辐射环境管理相关制度，后续还应针对本项目工作场所的特点，修订现有辐射安全管理制度。公司现有辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训考核合格且放射职业体检合格，后期将按照 5 年有效期按时进行复训和考核、2 年有效期按时进行放射职业健康体检；项目落实本次环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。加强日常应急响应的准备工作及应急演练，根据应急演练情况，进一步完善辐射事故应急预案，并在今后的工作中，加强管理，能满足辐射环境管理要求，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，重庆中宇建设工程质量检测有限公司拟开展的“重庆中宇建设工程质量检测有限公司 X 射线探伤及 X 射线探伤机储源库建设项目”在完善相应的污染防治措施和管理措施后，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。在项目运行中，只要严格落实各项污染防治措施和环境保护措施，按照有关法规和安全操作的要求进行，对公众造成影响可接受，环境风险可控。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

附录

附图

附图 1 白市驿基地地理位置图

附图 2 白市驿基地总平面及环境保护目标布置图

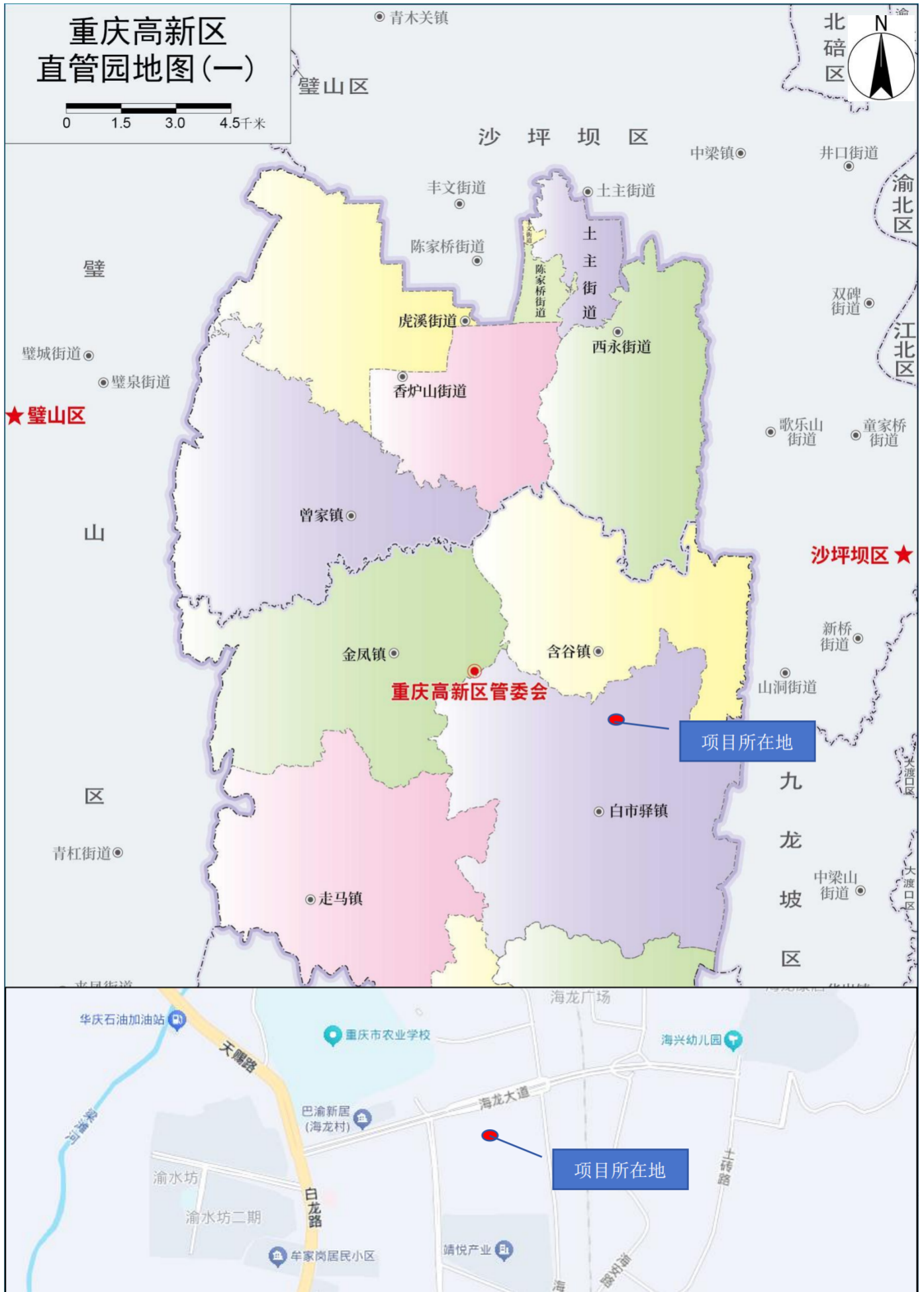
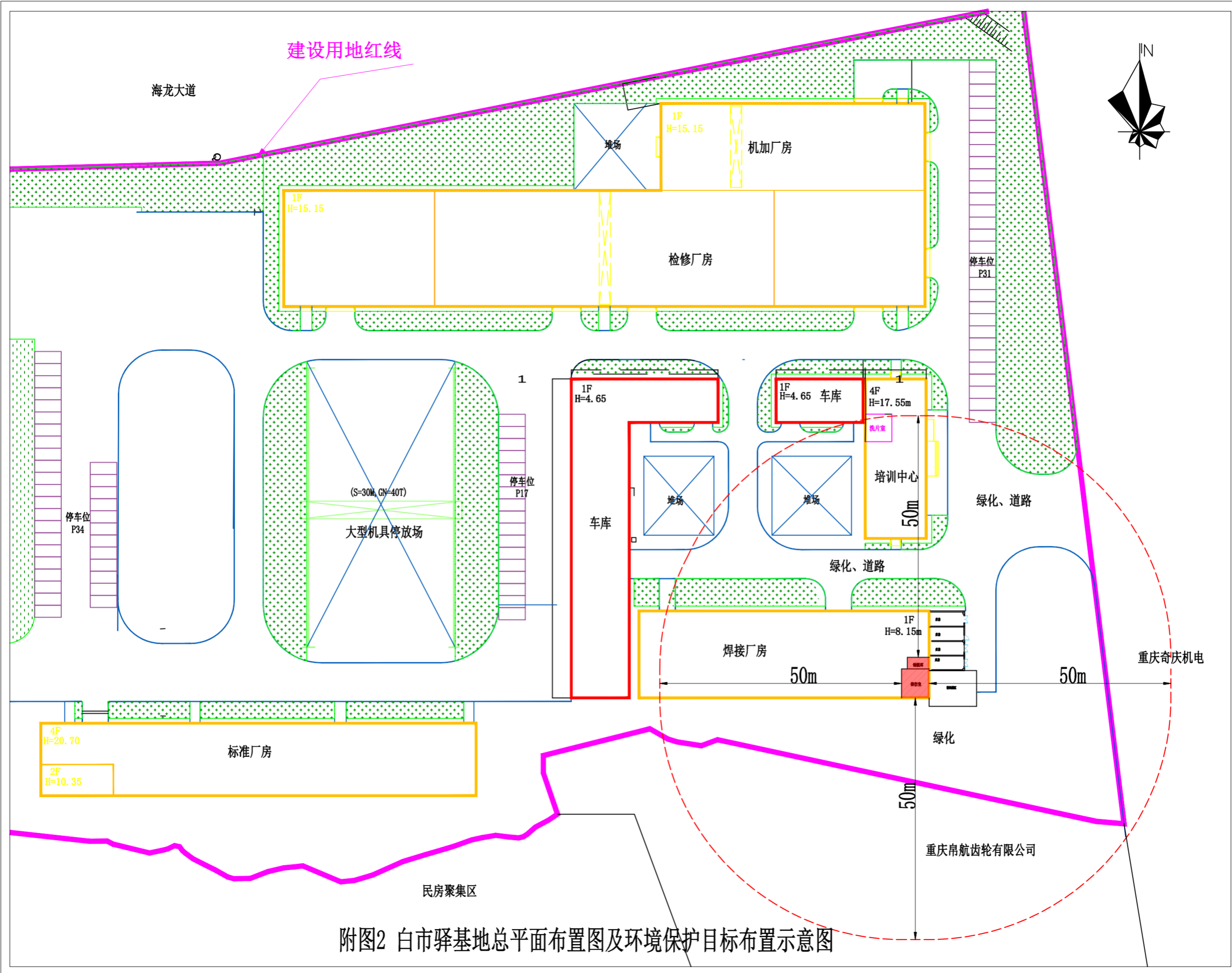


图 1 地理位置图



附图2 白市驿基地总平面布置图及环境保护目标布置示意图