

# 核技术利用建设项目

宁夏力量矿业有限公司永安煤矿

矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置

# 环境影响报告表

宁夏力量矿业有限公司

二〇二四年一月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

宁夏力量矿业有限公司永安煤矿

矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置

# 环境影响报告表

建设单位名称：宁夏力量矿业有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：宁夏吴忠市太阳山移民开发区中央大道 2 号

邮政编码：751908

联系人：白应东

电子邮箱：1751135868@qq.com

联系电话：18169581756

**表 1 项目基本情况**

<b>建设项目名称</b>		宁夏力量矿业有限公司永安煤矿矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置			
<b>建设单位</b>		宁夏力量矿业有限公司			
<b>法人代表</b>	纪坤朋	<b>联系人</b>	白应东	<b>联系电话</b>	18169581756
<b>注册地址</b>		宁夏吴忠市太阳山移民开发区中央大道 2 号			
<b>项目建设地点</b>		驱动机房主斜井皮带机头			
<b>立项审批部门</b>		/		<b>批准文号</b>	/
<b>建设项目总投资 (万元)</b>		27	<b>项目环保投资 (万元)</b>	3.55	<b>投资比例 (环保投资/总投资)</b> 13.15%
<b>项目性质</b>		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			<b>占地面积 (m<sup>2</sup>)</b> /
<b>应用类型</b>	<b>放射源</b>	<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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	<b>非密封放射性物质</b>	<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		
	<b>射线装置</b>	<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			
<b>其他</b>					
<b>项目概述</b>					
<b>一、建设单位概况</b>					
<p>宁夏力量矿业有限公司永安煤矿具体位于吴忠市红寺堡区境内，隶属吴忠太阳山开发区管辖。永安煤矿矿井井田面积为 21.6826km<sup>2</sup>，矿井设计可采储量为 127.84 Mt，设计生产能力 1.2 Mt/a，设计服务年限为 76.1 a。该煤矿原属宁夏阳光矿业有限公司，经自治区发展改革委“宁发改能源（管理）审发（2022）45 号”对煤矿初步设计进行了批复，后经自治区自然资源厅 2023 年第 9 次厅务会议研究，同意永安煤矿采矿权人名称变更登记，采矿权人由“宁夏阳光矿业有限公司”变更为“宁夏力量矿业有限公司”，矿山名称由“宁夏阳光矿业有限公司永安煤矿”变更为“宁夏力量矿业有限公司永安煤矿”。</p>					

宁夏力量矿业有限公司永安煤矿全矿井采用斜立混合开拓方式，一水平标高+1150m（辅助水平），二水平标高为+850m，全井田共划分8个采区，上下煤组通过一组+1150m水平石门联络。以纬线4140000为界，将全井田划分为南北两部分，北部为先期开采地段（首采区），首采区内分上下煤组两个采区，在上下煤组+850m以上各布置一个采区，即101采区和201采区。永安煤矿目前驱动机房主斜井未安装X射线探伤装置，因此为确保煤矿安全生产，为煤矿在使用钢绳芯输送带的生产过程中清除安全隐患，煤矿拟在驱动机房主斜井皮带机头安装一台固定式矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置。

## 二、项目规模

本项目拟安装1台X射线探伤仪，最大管电压为80kV，最大管电流为0.7mA。根据《射线装置分类办法》（2017年），本项目工业X射线探伤机属于II类射线装置，射线装置明细表见表1-1。

表 1-1 射线装置基本情况一览表

装置名称	型号	生产厂家	类别	管电压 (kV)	管电流 (mA)	数量	用途	投射类型	投射方向	可移动性	使用场所
钢丝绳芯输送带X射线探伤装置	ZSX220 (127)D(B)	天津市恒一机电科技有限公司	II	80	0.7	1	探伤	定向	向上	固定安装	驱动机房主斜井皮带机头

## 三、目的和任务由来

利用X射线具有较强的穿透能力这一特点来探测非透明材料或装置的缺陷或者其内部结构的检测法，称为工业X射线无损探伤。该方法常常作为检查焊缝质量、材料内部缺陷的手段，从而达到无损检测的目的。建设单位拟购置的矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置为II类射线装置，检测对象主要为矿用钢丝绳芯输送带。矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置对煤矿井下的钢绳芯输送带在任何工况状态下的内部结构以X光照片的形式实时上传至计算机，经过专用的软件分析，对输送带内钢丝绳芯的锈蚀、断裂、抽动及接头状况、输送带强度进行准确判断，并及时预警，为煤矿在

使用钢丝绳芯输送带进行原煤运输过程中提前查出存在的安全隐患，采取措施消除隐患，以保证煤矿的安全生产。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年8月22日）规定，使用II类射线装置应当组织编制环境影响报告表。根据宁夏回族自治区生态环境厅关于印发《宁夏回族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批规定（2022年本）》的通知（宁环规发〔2022〕6号），该报告表应报宁夏回族自治区生态环境厅审批。宁夏力量矿业有限公司委托宁夏盛博恒环保工程有限公司对永安煤矿矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置新建项目进行环境影响评价，环评委托书见附件1。

#### **四、项目周边环境保护目标及设备安装选址**

本项目拟使用的1台矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置为固定安装，探伤装置安装位置位于驱动机房主斜井皮带机头，X射线探伤机由操作人员在二楼的操作台上进行操作，且驱动机房主斜井皮带机头亦有部分其他生产人员活动。由于射线装置的特殊性，在不通电的情况下不会产生辐射影响。使用过程中，主要探伤对象为矿用钢丝绳芯输送带，且现场探伤作业时会进行清场，并拉警戒线。因此，本项目的环境保护目标为X射线探伤机操作人员及在驱动机房附近活动的煤矿其他工作人员。

项目地理位置图见图1-1，周边环境关系见图1-2，X射线探伤机具体安装位置图见图1-3。



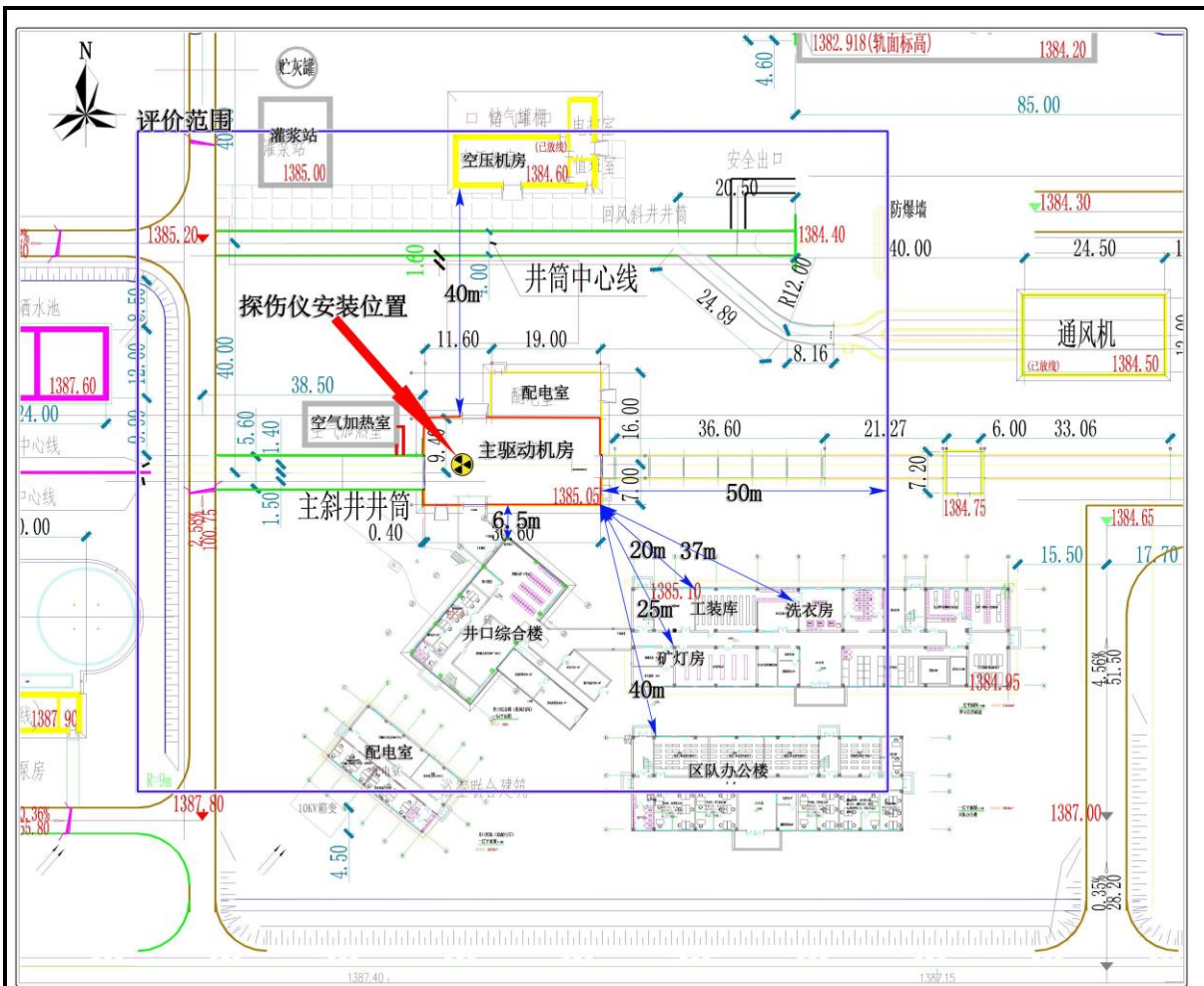


图 1-2 项目周边环境及评价范围示意图

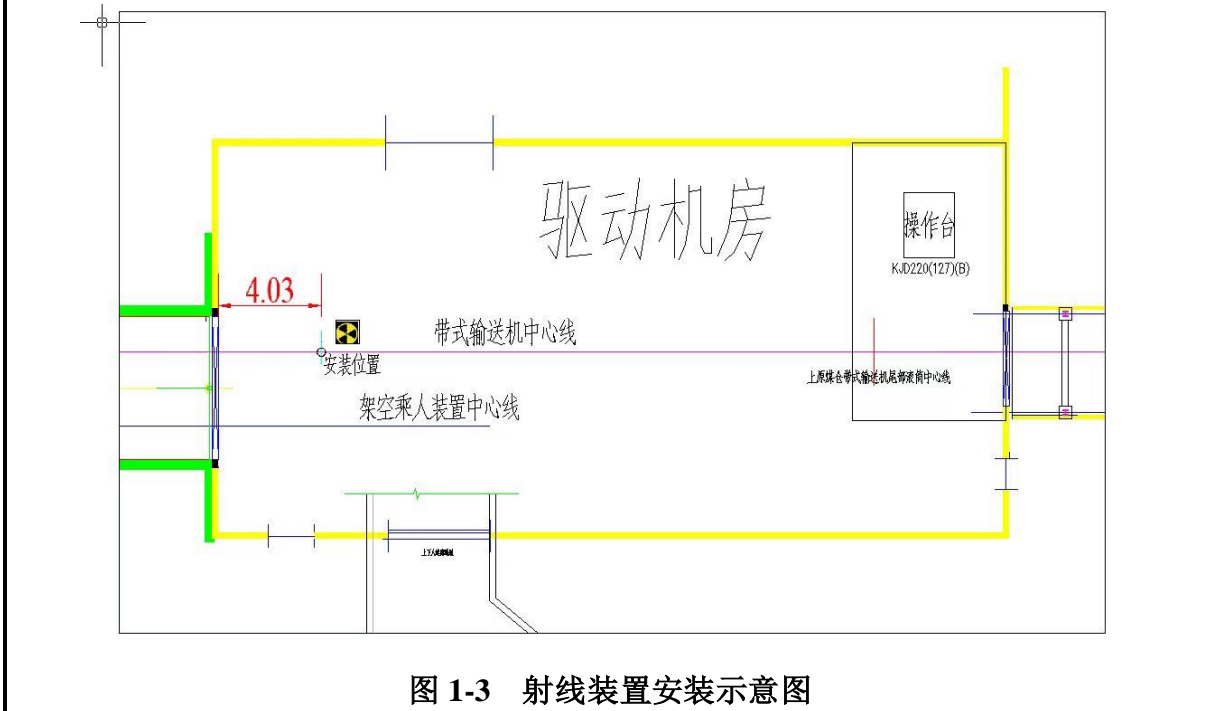


图 1-3 射线装置安装示意图

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/								

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (KV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II 类	1	ZSX220(127) D(B)	80	0.7	无损检测	驱动机房主斜井皮带机头	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>)和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令 第 682 号，（2017 年 10 月 1 日）；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》生态环境部令 第 16 号，（2020 年 11 月 30 日）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院令 第 449 号，（2005 年 12 月，2019 年修订）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日修正；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》原环境保护部令 第 18 号，（2011 年 5 月）；</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》的公告，原环境保护部、原国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，（2006 年 9 月 26 日）；</p> <p>(11) 《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》宁夏回族自治区人民政府令 第 102 号，（2019 年 2 月）；</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第 9 号，2019 年 9 月；</p> <p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2020 年 1 月 1 日）。</p>
------	--

<p><b>技术标准</b></p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022);</p> <p>(5) 《环境地表 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测定规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(7) 《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）；</p> <p>(8) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）。</p>
<p><b>其他附件</b></p>	<p>1.环境影响评价委托书；</p> <p>2.建设单位提供的其他资料。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**7.1 评价范围**

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的格式和内容》（HJ10.1-2016）中相关要求，射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。

本项目新建 1 台矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置位于驱动机房主斜井皮带机头，因此项目辐射评价范围为主驱动机房实体围墙外 50m 水平距离范围，具体评价范围详见图 1-2。

**7.2 保护目标**

结合本评价项目的评价范围，确定本项目生态环境保护目标为评价范围内探伤现场从事 X 射线探伤机操作的 2 名辐射工作人员，以及主驱动机房实体围墙外 50m 内活动的煤矿其他工作人员，环境保护目标具体分布情况见表 7-1。

**表 7-1 环境保护目标分布情况一览表**

类型	工作场所	保护目标	方位	距离	人数	剂量管理约束值
辐射工作人员	主驱动机房操作台（主驱动机房内部）	皮带操作人员（辐射工作人员）	东侧	操作台距源最近 24.5m	2 人	5 mSv/a
煤矿其他工作人员（公众）	配电室（已建）	巡检人员	北侧	紧邻驱动机房	1-2 人	0.1mSv/a
	空压站（已建）	巡检人员	北侧	距离驱动机房最近 40m	1-2 人	
	井口综合楼（已建）	流动人员	南侧	距离驱动机房最近 6.5m	70 人/班	
	工装库（已规划，尚未建设）	工作人员	东南侧	距离驱动机房最近 20m	2 人/班	
	矿灯房（已规划，尚未建设）	工作人员	东南侧	距离驱动机房最近 25m	2 人/班	
	洗衣房（已规划，尚未建设）	工作人员	东南侧	距离驱动机房最近 37m	2 人/班	
	区队办公楼（已规划，尚未建设）	工作人员	东南侧	距离驱动机房最近 40m	60 人/班	

## 7.3 评价标准

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

#### 7.3.1.1 防护与安全的最优化

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

#### 7.3.1.2 剂量限值

##### (1) 职业照射

①对个人受到的正常照射加以限制，以保证《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录 B)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

②对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- a)连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；
- b)任何一年中的有效剂量，50mSv(但不可作任何追溯性平均)；
- c)眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d)四肢(手和脚)或皮肤的年当量剂量，500mSv。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv；约束可取限值的 10%~30%，本次评价从辐射防护最优化原则出发，尽量避免不必要的附加剂量照射，并为其它可能的辐射照射留下余额，本次评价取其四分之一，即 5mSv 作为本项目职业照射约束剂量。

##### (2) 公众照射

①实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a)年有效剂量，1mSv；

b)特殊情况下，若5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv；

c)眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d)皮肤的年当量剂量，50mSv。

本次评价取公众年有效剂量限值的十分之一作为年管理剂量约束值，即公众年管理剂量约束值不超过0.1mSv。

表 7-2 本项目辐射照射剂量要求 单位：mSv/a

分类	5年平均有效剂量	年剂量管理约束限
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

#### 附录 F 电离辐射的标志和警告标志

##### F1 电离辐射标志

电离辐射的标志如图 F1 所示。

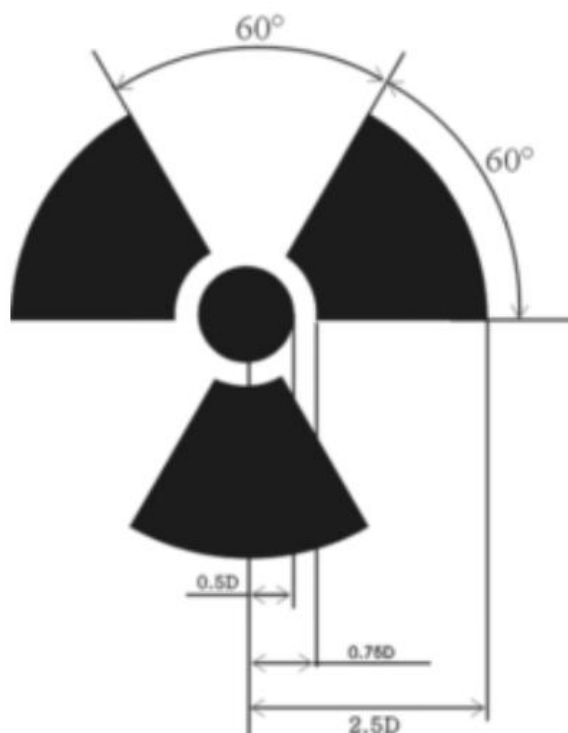


图 F1 电离辐射的标志

## F2 电离辐射警告标志

电离辐射的警告标志如图 F2 所示。警告标志的含义是使人们注意可能发生的危险。其背景为黄色，正三角形边框及电离辐射标志图形均为黑色，“当心电离辐射”用黑色粗等线体字。正三角形外边  $a_1=0.034L$ ，内边  $a_2=3.0500a_1$ ， $L$  为观察距离。



图 F2 电离辐射警告标志

### 7.3.2 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

#### 7.3.2.1 探伤机的放射防护要求

(1) X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 7-3 的要求

表7-3 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

(2) 工作前检查

- 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。

(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。

### **7.3.2.2 移动式探伤的放射防护要求**

(1) 作业前准备

a)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)。

b)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。

c)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。

(2) 分区设置

a)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。

b)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。

c)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。

d) 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。

e) 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。

f) 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- $\gamma$  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。

J) 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。

k) 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。

l) 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。

m) 探伤机控制台(X 射线发生器控制面板)应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

### (3) 安全警示

a) 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。

b) 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。

c) X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

d) 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。

e)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。

#### (4) 边界巡查与检测

a) 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。

b)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。

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

d) 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- $\gamma$  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- $\gamma$  剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

e)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- $\gamma$  剂量率仪，两者均应使用。

#### (5) 移动式探伤操作要求

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

b)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。

#### 7.3.2.3 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) 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；

b) 当射线机从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续；

c) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知;

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

#### **7.3.2.4 探伤机检测**

##### (1) 防护性能检测

###### a) 检测方法

X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T26837 的要求进行;

###### b) 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。

###### c) 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。

##### (2) 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。

##### (3) 检验仪器

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。

#### **7.3.2.4 移动探伤放射防护检测**

##### (1) 检测要求

a) 进行移动式探伤时, 应通过巡测确定控制区和监督区。

b) 当 X 射线探伤机、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，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

c)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。

d)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。

### (2) 检测方法

在探伤机处于照射状态，用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界，以 2.5 $\mu$ Sv/h 为监督区边界。X 射线探伤机停止照射后，确定控制区边界和监督区边界。

### (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) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

### (4) 结果评价

控制区边界不应超过 15  $\mu$  Sv/h，监督区边界不应超过 2.5  $\mu$  Sv/h。

## 7.3.3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250--2014）

### 7.3.3.1 需要屏蔽的辐射

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

2) 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

### 7.3.3.2 探伤室辐射屏蔽估算方法

#### (1) 有用线束

有用线束的屏蔽估算方法如下：

a) 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  $H$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按下式计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2}$$

式中:

$I$  ——  $X$  射线管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  $6 \times 10^4$ , 见附录表 B.1;

$B$ —屏蔽透射因子;

$R$ —辐射源点(靶点)至关注点的距离, 单位为米 (m);

### (2) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽

屏蔽物质厚度  $X$  与屏蔽透射因子  $B$  的相应关系计算如下:

$$B = 10^{-X/TVL}$$

式中:

$X$  —— 屏蔽物质厚度, 与  $TVL$  取相同的单位;

$TVL$  —— 见附录 B 表 B.2。

### (3) 泄漏辐射屏蔽

泄漏辐射的屏蔽估算方法如下:

在给定屏蔽物质厚度  $X$  时, 相应的屏蔽透射因子  $B$  按上式计算, 然后按下式计算泄漏辐射在关注点的剂量率  $H$  单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ ):

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2}$$

式中:

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$H_L$  ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）见表 7-3。

**表 7-3 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率**

X 射线管线电压 kV	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 $H_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
<150	$1 \times 10^3$
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	$2.5 \times 10^3$
>200	$5 \times 10^3$

(4) 散射辐射屏蔽

散射辐射屏蔽估算方法如下：

a) 90° 散射辐射的 TVL X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线（见表 7-4）的什值层（见附录 B 表 B.2）计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

**表 7-4 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率**

原始 X 射线 kV	散射辐射 kV
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	150
$200 < \text{kV} \leq 300$	200
$300 < \text{kV} \leq 400$	250

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按式（5）计算。关注点的散射辐射剂量率 H ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按式（10）计算：

$$\dot{H}_s = \frac{I \cdot H_0 \cdot B \cdot F \cdot \alpha}{R_s^2 \cdot R_0^2}$$

式中：

I —— X 射线管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 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  $6 \times 10^4$ ，见附录表 B.1；

B ——屏蔽透射因子；

F —— $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米 ( $m^2$ )；

$\alpha$  ——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。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值时，可以水的  $\alpha$  值保守估计，见附录 B 表 B.3；

$R_0$  ——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)。

### 附录 A 居留因子

不同场所与环境条件下的居留因子列于表 A.1。

**表 A.1 不同场所与环境条件下的居留因子**

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	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、楼体、人行道

注：取自 NCRP144。

### 附录 B 辐射屏蔽估算用的典型参数

#### B.2 X 射线输出量

不同 X 射线管电压 (kV) 和不同过滤条件下的 X 射线距辐射源点（靶点）1m 处输出量  $H_0$  列于表 B.1。

**表 B.1 X 射线输出量**

管电压 kV	滤过条件	输出量 $H_0 mGy m^2/(mA min)$
150	2mm 铝	18.3
	3mm 铝	5.2
200	2mm 铝	28.7
	3mm 铝	8.9
250	0.5mm 铜	16.5
	3mm 铝	13.9
300	3mm 铝	20.9
	3mm 铜	11.3
400	3mm 铜	23.5

注 1: 表中值取自 ICRP33, 在本标准中以等量值的  $mSv m^2/(mA \cdot min)$  进行屏蔽计算。  
 注 2: 有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量。  
 注 3: 在未获得厂家给出的输出量, 散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏 (kV) 下输出量的较大值保守估计。

### B.3 半值层厚度 (HVL) 和什值层厚度 (TVL)

X 射线在铅和混凝土中的半值层厚度和什值层厚度列于表 B.2。

表 B.2 X 射线束在铅和混凝土中的半值层厚度和什值层厚度

X 射线管电压 kV	半值层厚度 (HVL)		什值层厚度 (TVL)	
	铅	混凝土	铅	混凝土
150	0.29	22	0.96	70
200	0.42	26	1.4	86
250	0.86	28	2.9	90
300	1.7	30	5.7	100
400	2.5	30	8.2	100

注 1: HVL 和 TVL 均为 X 射线经强衰减后的值。

注 2: 表中值取自 ICRP33, 铅的密度为  $11.3t/m^3$ , 混凝土的密度为  $2.35t/m^3$ 。

### B.4 散射因子

B.4.1 入射辐射被面积为  $400cm^2$  水模体散射至 1m 处的相对剂量比份  $\alpha W$

表 B.3 入射辐射被面积为  $400cm^2$  水模体散射至 1m 处的相对剂量比份  $\alpha W$

管电压 kV	90° 散射角的 $\alpha W$
150	1.6E-3
200	1.9E-3
250	1.9E-3
300	1.9E-3
400	1.9E-3

a: 4.2.3 中的散射因子  $\alpha$  可保守地取为  $\alpha W \cdot 10000/400$ 。

b: 取自 NCRP49。

c: 本标准中建议保守地取 300kV 的  $\alpha W$  值。

## 7.4 评价目的

(1) 对建设项目环境辐射现状进行调查或监测, 以评价该地区辐射环境状况及场址周围的辐射环境现状水平;

(2) 评价项目在运行过程中对工作人员及公众成员所造成的辐射影响;

(3) 评价辐射防护措施效果, 提出减少辐射危害的措施, 为生态环境主管部门

的管理提供依据；

（4）通过项目辐射环境影响评价，为使用单位保护环境和公众利益给予技术支持；（5）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

（6）评价项目的可行性，从环境保护角度为生态环境主管部门和宁夏力量矿业有限公司永安煤矿开展辐射环境管理提供依据。

## 7.5 评价原则

依据国家相关法律、法规及部门规章展开评价，严格执行国家和宁夏回族自治区的有关标准。要求辐射防护设计和安全措施必须满足相关标准的规定，并保证各类人员受照剂量在规定的限值以内，满足辐射实践的正当性、辐射防护与安全的最优化原则。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 环境天然辐射水平

本次环境天然辐射水平评价参照生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》，宁夏地区 4 个自动站空气吸收剂量率年均值范围为 82.5~92.6nGy/h。

### 8.2 环境质量和辐射现状

为掌握本项目拟安装装置工作场所及周围环境的辐射水平，本次委托宁夏安谱检测有限公司对本项目拟安装 1 台矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置场所及其周围进行了  $\gamma$  辐射瞬时剂量率本底监测。

### 8.3 监测因子

$\gamma$  辐射瞬时剂量率

### 8.4 监测时间及环境条件

监测时间：2024 年 1 月 5 日；环境条件：环境温度 2.1℃，环境相对湿度 32.3RH。环境气压：87.1KPa。

### 8.5 监测方法

本次现状监测方法主要依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中提供的方法。

### 8.6 质量保证措施

监测时间应在仪器检定证书有效期之内；仪器性能符合《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中相关规定；合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性；在测量前后进行标准源检验；监测人员持证上岗；监测单位通过 CMA 计量认证。

### 8.7 检测仪器

表 8-1 本项目检测仪器技术参数

检测仪器	仪器型号（内部编号）	技术指标
$\gamma$ 辐射剂量测量仪	AT1117M 型 编号：NAJ-C052-01	量程范围：0.05 $\mu$ Sv/h-10Sv/h；能量响应：20KeV-3MeV； 证书编号：228084683；校准日期：2024 年 10 月 9 日

## 8.8 监测布点及监测结果

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中的有关布点原则和方法，结合本项目的实际情况，选取射线工作场所和周边布置监测点，监测点位设置见下表及图8-1。监测结果如下：

表 8.2 本项目本底监测结果

点位编号	检测点位	$\gamma$ 辐射瞬时剂量率(nGy/h)	相对扩展不确定度 $U_R, \% (K=2)$
1#	拟安装位置	$62 \pm 2.0$	6.8
2#	拟安装位置东侧 1m 处	$63 \pm 1.7$	6.7
3#	拟安装位置南侧 1m 处	$64 \pm 1.3$	6.6
4#	拟安装位置北侧 1m 处	$63 \pm 2.0$	6.8
5#	拟安装位置西侧 1m 处	$65 \pm 1.8$	6.7
6#	拟安装位置北侧 10m 处	$61 \pm 2.0$	6.8
7#	拟安装装置操作台	$63 \pm 1.8$	6.7

注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应值。

由表 8-2 监测结果可知，X 射线探伤机安装场所及周边  $\gamma$  辐射瞬时剂量率本底测值为  $61 \pm 2.0 \sim 64.5 \pm 1.8$  nGy/h，在宁夏天然本地辐射水平范围内。

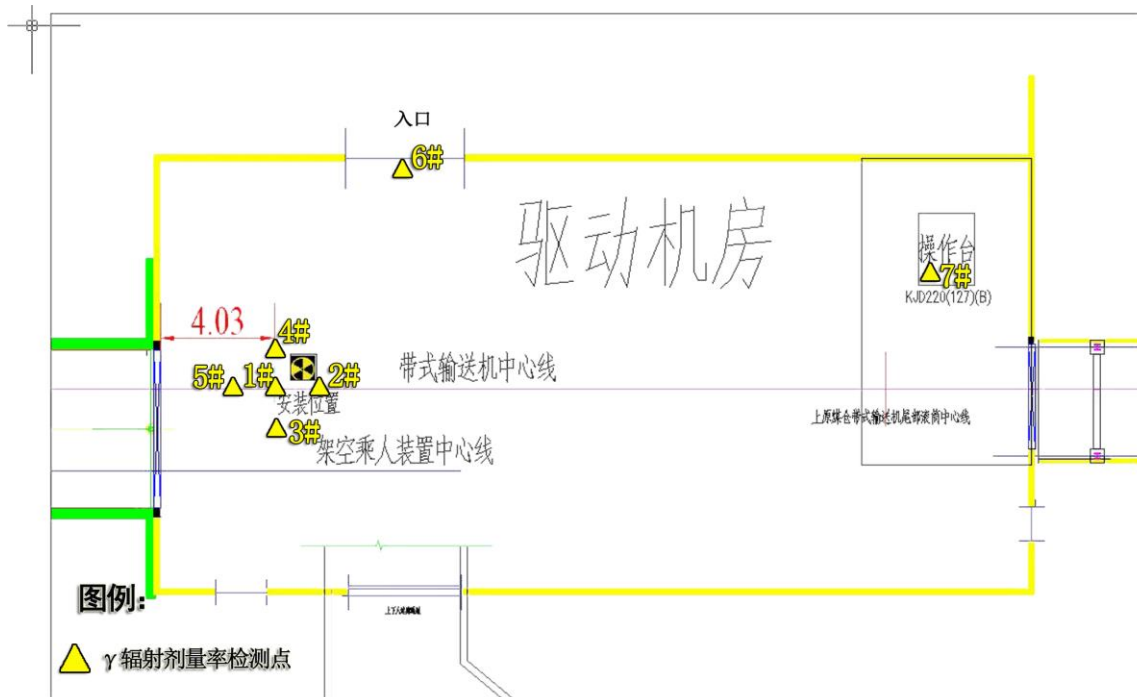


图 8-1 项目  $\gamma$  辐射瞬时剂量率监测布点图

**表 9 项目工程分析与源项**

## 工程设备和工艺分析

### 9.1 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置工作原理

矿用钢丝绳芯输送带 X 射线实时在线检测系统，将煤矿井下的钢绳芯输送带在任何工况状态下的内部结构，以 X 光照片的形式实时上传至计算机，经过专用的软件分析，对输送带内钢丝绳的断头、接头状况及输送带强度进行准确判断，并及时预警，为煤矿用户在使用钢绳芯输送带的生产过程中清除了安全隐患。矿用钢丝绳芯输送带 X 射线实时在线检测系统一般主要由以下设备组成：安装防护支架（含安装辅材）、矿用隔爆兼本安型钢绳芯输送带无损监测装置主机、矿用隔爆型 X 射线发射箱、矿用本安型 X 射线接收箱、工控机（防爆计算机）、专用操作台和网线（光缆）。

#### (1)设备主机

通过电源转换模块给控制单元供电，其他单元部分和外部输出均无电压输出，控制单元首先给光电转换模块供电，并等待上位机命令，在收到上位机命令后，按照规定的命令作出相关的动作响应实现对其他组成部分的控制。

#### (2)射线源

实现 X 射线的产生和发射，通过射线源控制器将电压升至额定电压，使射线发生管两端在高压作用下激发管端电子，电子在场内高压作用下加速，射线发生器通过特定材质滤掉能量较弱的电子，将其余射线从指定出口发射。

#### (3)接收箱

实现了对 X 射线的成像和数据的传输。通过采集单元接收 X 射线能量，经过一系列的信号转换和处理，将最终数据按照固定的通讯协议打包，并根据上位机命令传输至上位机显示。本安型防爆类型使设备安全性更高，整体体积更轻。

#### (4)可调安装支架

可调支架用于现场设备各箱体安装固定及防护，根据现场情况对支架宽度、高度

调整好固定各箱体保证运行稳定。

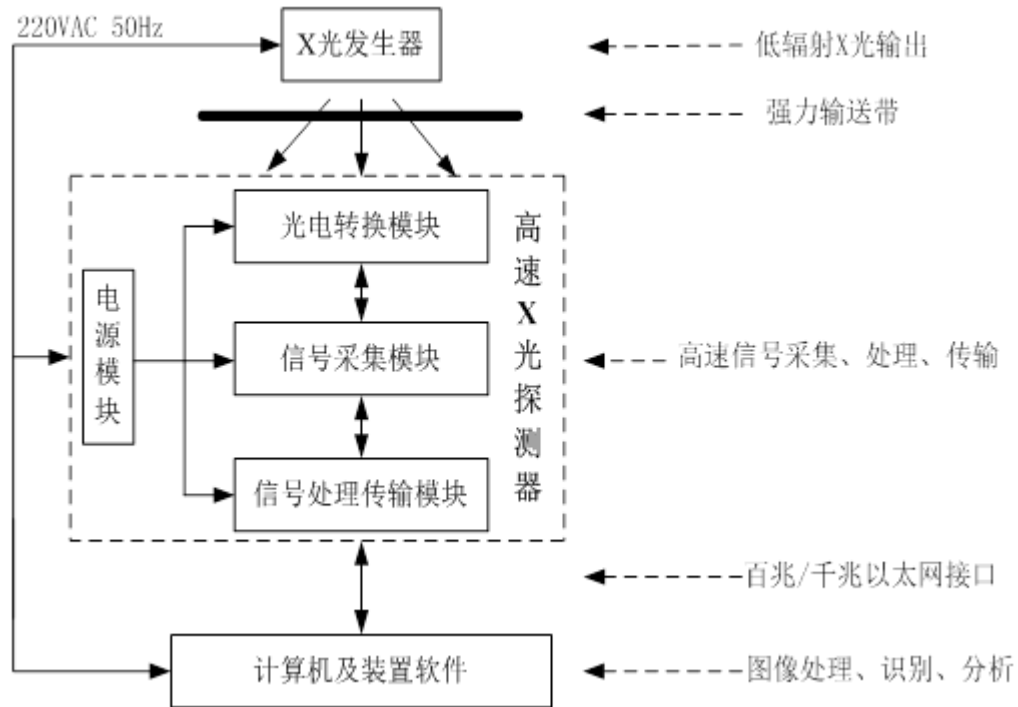


图 9-1 X 射线探伤装置组成示意图

## 9.2 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置设备组成

本项目装置具体包括：

(1) ZSX220 (127) D-F 矿用隔爆型钢绳芯输送带无损监测装置发射箱 1 台，该装置具体工况条件为：

①额定工作电压： AC 220V/127V；

②输入视在功率：  $\leq 200\text{VA}$ ；

③基本功能：在发射箱电源开关启动的情况下，启动或者关闭射线开关时，应能发射或者停止发射短波射线。

④外形尺寸：732×519.7×266 mm，如图 9-1 所示。

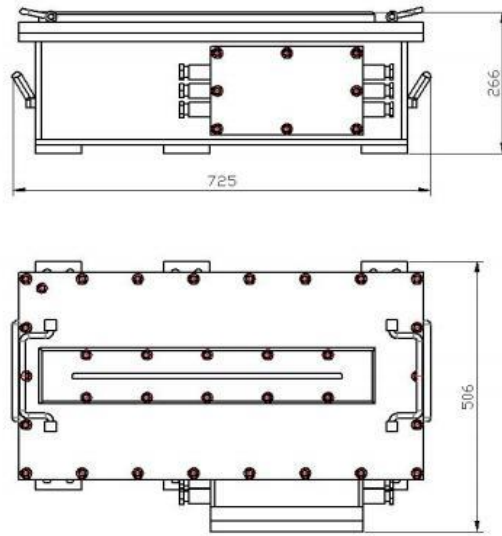


图 9-1 发射箱外形尺寸

(2) ZSX12D-S(B)矿用本安型 X 射线接收箱 1 台，该装置具体工况条件为：

- ①额定工作电压： DC 12V；
- ②额定工作电流：  $\leq 1.7A$ ；
- ③以太网接口：接口数量 1 路，传输 TCP/IP 协议，传输速率 100/1000Mbps 自适应，信号工作电压峰峰值  $\leq 5V$ ，最大传输距离 100m；
- ④基本功能：接收发射箱发出的短波射线，进行处理和数据传输；
- ⑤外形尺寸：2481.5×434×102.8 mm，如图 9-2 所示。

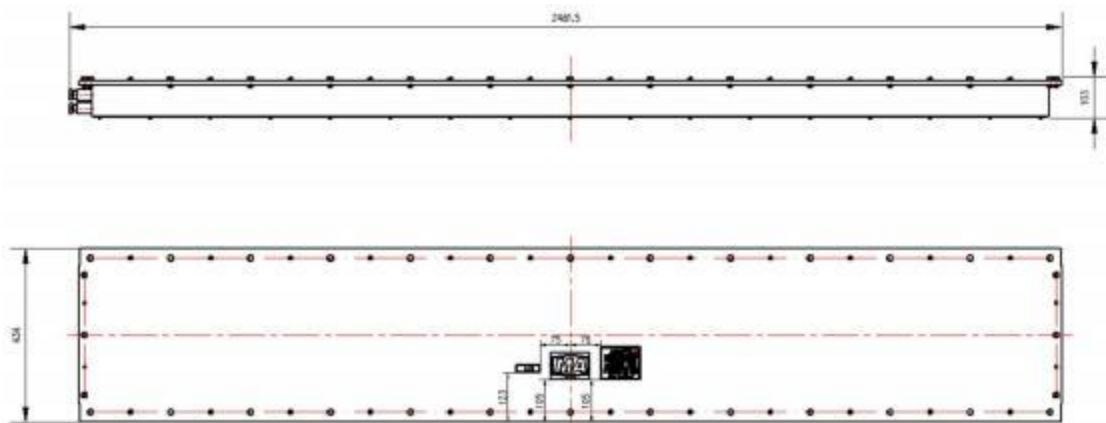


图 9-2 接收箱外形尺寸

(3) KXJ127 (B) 矿用隔爆兼本质安全型控制箱 1 台，该装置具体工况条件为：

- ①额定工作电压： AC 127V；

②输入视在功率：  $\leq 100\text{VA}$ ；

③以太网接口(本安):接口数量 3 路,传输 TCP/IP 协议,传输速率 100/1000Mbps 自适应,信号工作电压峰峰值  $\leq 5\text{V}$ ,最大传输距离 100m;

④以太网光口 : 接口数量 2 路,传输 TCP/IP 以太网光信号传输,传输速率 1000Mbps,光发射功率:  $-10\text{dBm} \sim 0\text{dBm}$ ,光接收灵敏度  $-20\text{dBm}$ ,6) 最大传输距离: 20km;

⑤信号输出: 3 继电器输出,接点容量为 AC250V/8A (阻性负载),接点闭合时接触电阻  $\leq 1.0\Omega$ ;

⑥基本功能 : 控制箱应具有通过本安型接口或光口与 PC 机通信的功能,控制箱具有与上位机数据交换功能。

⑦外形尺寸:  $348 \times 316 \times 270.6 \text{ mm}$ ,如图 9-3 所示。

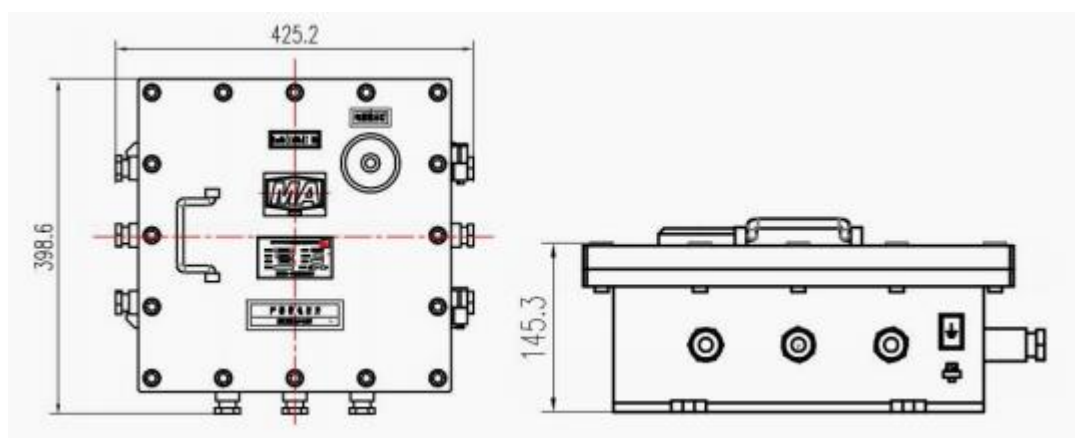


图 9-3 控制箱外形尺寸

(4) KDW127/12 直流稳压电源 1 台 (置于控制箱内);

①额定输入电压:  $220/127\text{VAC}$ ,频率 50Hz,电压变化范围 75%~110%;

②基本功能: 直流稳压电源具有过流保护、短路保护、过压保护,故障解除后能自动恢复功能;

③输出参数见表 9-1:

表 9-1 电源输出参数

项目列表	第一路额定 DC12V 本安输出	第二路额定 DC12V 本安输出
额定电流	800mA	800mA
输出电压偏离值	不超过标称值的 5%	不超过标称值的 5%
负载效应	不大于 5%	不大于 5%
源效应	不大于 5%	不大于 5%
周期与随机偏移峰-峰值	≤250mV	≤250mV

- (5) KJD220 (127) (B) 矿用隔爆兼本安型计算机 1 台；
- (6) BZAI-5/36-1 矿用隔爆型控制按钮；
- (7) FHJ3W(B) 矿用本质安全型无线键盘；
- (8) 专用架体 1 套；
- (9) 防护铅板 1 套；
- (10) 连接电缆 1 套。

### 9.3 本项目 X 射线机工艺流程

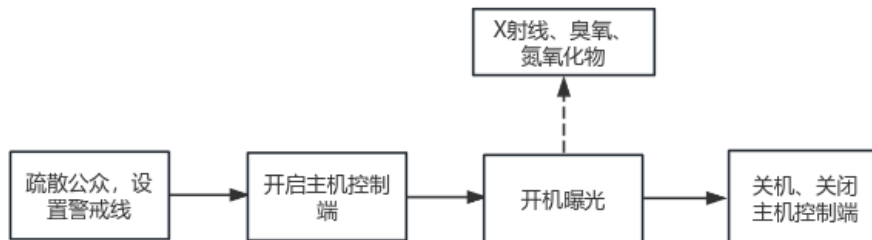


图 9-7 X 射线探伤装置工作流程及产污环节示意图

#### 9.3.1 X 射线探伤装置工作流程：

- (1) 在开始检测工作前, 应确保检测设备周边无公众成员, 在设备边界外 50m 设置警戒线、声光警示灯和警示标识。
- (2) 打开控制主机, 进入系统主界面, 开启电源, 开启射线装置。
- (3) 操作人员点击采集数据按钮, 进行数据采集工作, 采集结束后关闭采集。

(4) 关闭射线装置，关闭电源，由主机开始数据分析以及图像处理。

(5) 图像处理完成后，关闭控制主机。

### 9.3.2 工作状态及频次

本项目拟使用的矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置工作场所固定，由 2 名辐射工作人员轮班进行操作，本项目新增 2 名辐射工作人员，均参加过“X 射线探伤 辐射安全与防护考核”培训教育，并取得核技术利用辐射安全与防护考核证书，探伤机年最大作业时间为 41h。具体探伤时间及工作量见下表。

表 9-2 探伤工作频次及时间统计表

序号	工作场所	工作频次	每次开机时间 (分钟)	年最大工作时间 (分钟)
1	驱动机房主斜井 皮带机头	每三天 1 次	20	2440

## 9.4 污染源项描述

### (1) X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、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线状态时(曝光状态)才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子，污染途径是 X 射线外照射。

本项目 1 台矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置最大管电压均为 80kV，最大管电流为 0.7mA，过滤片为 2mm 厚铝片。参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 B.2 中管电压 < 150kV 探伤机最大发射率常数  $\delta_x$  为  $18.3\text{mGy m}^2 \text{mA}^{-1} \text{min}^{-1}$  保守作为本项目射线源的发射率常数。

### (2) 废气

本项目射线装置在出束过程中会电离空气中的氧气产生微量的臭氧和氮氧化物，

正常工况下，通过机械通风，臭氧和氮氧化物气体不会累积，对周围人员和环境的影响处于可忽略水平。

### (3) 废水

该系统采用数字化终端成像系统，不涉及使用定影液等，不产生废水。

### (4) 固体废物

该系统采用数字化终端成像系统，不涉及固体废物及危险废物的产生。

### (5) 噪声

本项目设备运行过程中无噪声影响。

综上所述，确定本项目主要为 X 射线的辐射影响。

## 9.5 正常工况污染途径分析

矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置在不接通电源并且未加高压状态下，无 X 射线产生。在对皮带进行探伤检测时，X 射线经透射、反射及散射对作业场所及周围环境产生辐射影响。

## 9.6 事故工况污染途径分析

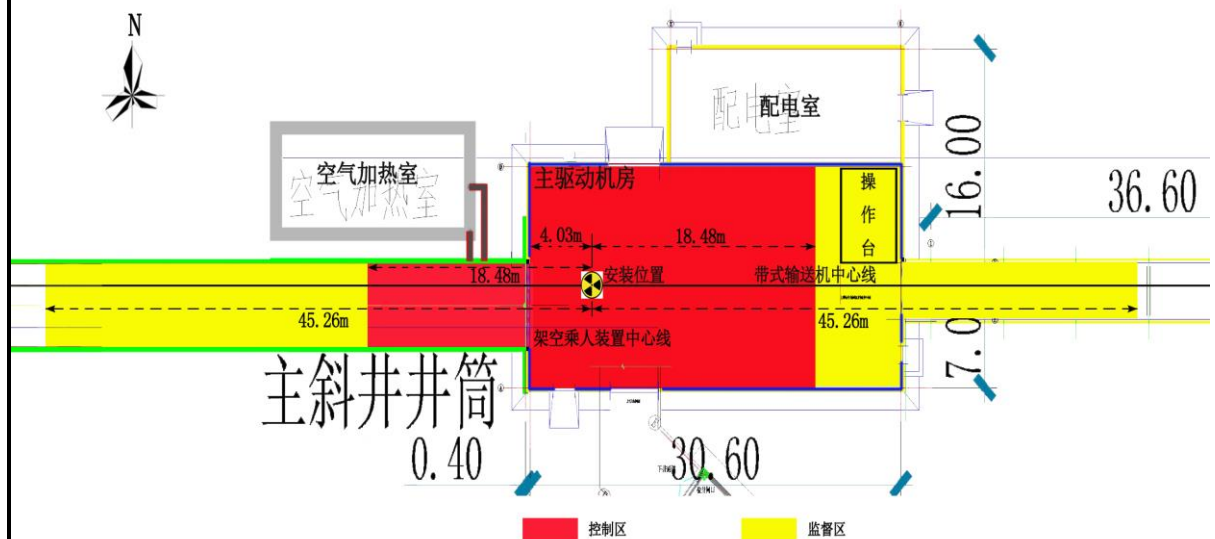
X 射线探伤装置在事故工况下，主要是 X 射线探伤装置紧急停机按钮、开关按钮失灵，无法正常关闭 X 射线探伤装置，或者探伤过程中人员误入探伤现场，从而导致人员接受到附加照射。

**表 10 辐射安全与防护**

**项目安全设施**

**10.1 辐射工作场所分区管理**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），一般应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15 \mu\text{Sv/h}$  的范围内化为控制区，控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的范围化为监督区，本项目矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置在初次使用时必须按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求划分控制区和监督区，并根据实际情况在监督区外设置警戒线，放置报警灯，防止其他人员进入作业现场；主斜井工作人员乘坐猴车（架空乘人索道）时严禁进行探伤作业，进行探伤作业时架空乘人索道井上出入口及井下出入口设置警戒线，放置报警灯，防止其他人员进入作业现场。控制区、监督区划分示意图见图 10-1。



**图 10-1 X 射线探伤机控制区和监督区边界示意图**

## 10.2 辐射安全和防护措施

### (1) 控制台及其使用要求

本项目矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置由防爆计算机控制，计算机由射线装置由天津市恒一机电科技有限公司与天津工业大学联合研制，安装了矿用钢绳芯输送带无损检测系统软件。其控制软件设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。设置了高压接通时的外部报警或指示装置。防爆计算机设有专用钥匙开关，控制软件设置专用密码，只有在同时使用专用钥匙和密码登录软件后 X 射线管才能出束。射线装置设置了紧急停机开关，并按要求设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

### (2) 紧急停机

射线装置控制台设置了紧急停机按钮，并按要求设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

### (3) 警示标示

在 X 射线发射机箱、安装位置附近、控制区和监督区边界设置醒目的电离辐射警示标示，安装声光报警灯，且与射线装置联锁，当声光报警灯正常工作，X 射线装置才能发出射线。

(4) 在 X 射线探伤工作开始前，必须对探伤现场进行清场，确保无其他人员的情况下方可进行探伤作业。在探伤现场安装喊话器，在探伤过程中通过声音提示他人不得进入探伤区域。

(5) 作业现场配备监测仪器，随时监测工作区域的辐射剂量，不超出剂量水平的限值下，停机情况下恢复至本底水平时，其他人员方可进入。

(6) 使用 X 射线探伤的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。

(7) 应配备必要的个人防护用品和便携式辐射剂量仪、个人剂量计、个人剂量

报警仪及防护器材。

(8) 应对矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置进行定期维护，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。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。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都来自设备制造商，应做好设备维护记录。

(9) 本项目新增两名辐射工作人员，应取得辐射防护培训证书，当建设单位拟更换辐射工作人员时，应对组织新入职辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，通过辐射安全与防护考核后方可上岗，杜绝无证上岗。同时要求工作人员熟练掌握操作技能，从而达到减少受照剂量的目的。

(10) 委托有资质的单位对所有辐射工作人员进行个人剂量监测，并建立档案。

(11) 对所有从事工业 X 射线探伤的工作人员定期体检并形成制度，凡发现接触射线的工作人员出现不适应症应及时采取应急措施。

(12) 辐射工作人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

(13) 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置专用钥匙和软件登录密码应由专人负责保管和掌握，在人员离开探伤装置时应关闭探伤装置，拔下钥匙，退出软件，防止他人进行操作。

(14) 射线装置到达使用年限或者不再使用时，应对射线装置进行报废处理，破坏射线装置 X 射线发生器，确保其不能再产生 X 射线。

(15) 应在钢丝绳芯输送带两侧监督区边界外过道处安装栅栏，在射线装置开机时防止其他工人进入作业现场。

(16) 探伤作业区域安装监控器，确保在控制室能够实时观察现场情况，防止发生人员误入。

(17) 主斜井工作人员乘坐猴车 (架空乘人索道)时严禁进行探伤作业，进行探伤作业时架空乘人索道井上出入口及井下出入口设置警戒线，放置报警灯，防止其他人

员进入作业现场

### 10.3 项目投资及环保投资

为确保项目正常运行，应根据本项目实际情况，在原有环保设施基础上补充部分辐射防护设施，如电离辐射标志，警示灯等。本项目总投资 27 万元，其中核技术利用环保投资估算为 3.55 万元，占总投资 13.15%，环保投资分项估算见表 10-3。

表 10-3 环保投资分项估算表

环保投资项目	数量	环保投资估算（万元）
射线装置防护体屏蔽	厂家自带	/
便携式辐射监测仪	1	1.0
紧急停机按钮	1	0.5
个人剂量报警仪	1	0.1
个人剂量计	2	0.2
防护服（铅衣）	2	0.2
防护手套	2	0.05
防护眼镜	2	0.1
警示灯	4 个	0.05
电离辐射警示标志	4 个	0.05
警戒线	若干	0.1
过道栅栏	3 个	0.5
合计		3.55

### 三废的治理

本项目在矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置建设及运行过程中不产生放射性废气、废水及放射性固体废弃物。在发出 X 射线过程中会产生少量的臭氧和氮氧化物，驱动机房内风机有效风量不低于 2000m<sup>3</sup>/min，可满足每小时有效通风换气次数不低于 3 次的要求，对周围环境和人员产生影响轻微。

表 11 环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线探伤机只有在开机并处于出束过程中才会产生 X 射线，在取得辐射安全许可证后购买使用才会产生 X 射线，项目建设阶段仅是对矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置的安装，其安装过程中不产生 X 射线，不会对周围环境产生影响。也不会产生放射性废气、废液和固体废弃物，对周围环境不会产生辐射污染。

### 运行阶段对环境的影响

#### 11.1 运行阶段对环境的影响

本项目 X 射线探伤机在使用过程中检测对象为矿用钢丝绳芯输送带，作业时 X 射线源位于皮带下侧，通过安装的防护架垂直向上发射 X 射线，接收器位于皮带上方，X 射线通过皮带时将发生散射，主射线方向为接收器及上方实体洞壁，故划分监督区控制区时应考虑泄漏射线和散射线。在实际操作过程中，巡测人员会手持便携式辐射监测仪按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）将作业场所中周围剂量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的范围内化为控制区，将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的范围化为监督区。监督区边界放置清晰的“禁止进入 X 射线工作区”警示牌、警示灯，拉好警戒线，并安排辐射工作人员进行警戒。

##### (1) 泄漏射线

考虑辐射防护最优化，设备生产厂家制作了防护支架用于固定射线装置并进行防护，除用于 X 射线出束格外，其他方向均使用 4mm 铅板进行防护。

射线穿过 4mm 铅板后的泄漏辐射在关注点的剂量率  $\dot{H}$  可用下式计算：

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2}$$

$$B = 10^{-X/TVL}$$

式中：

$B$ —屏蔽投射因子,  $B=10^{-X/TVL}=10^{-4/0.96}=6.8\times 10^{-5}$ ;

$R$ —辐射源点(靶点)至关注点的距离, m, 本项目取 1;

$H_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ , 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 1, 本项目 X 射线装置最大管电压为 80kV, 小于 150kV, 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率取  $1\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ;

$X$ —屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位, mm;

TVL—参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 B 表 B.2, 本项目 X 射线装置最大管电压为 80kV, 初始射线保守取值按照管电压 150kV, 铅的半值层厚度 TVL 取 0.96mm。

表 11-1 X 射线探伤装置经 4mm 铅板屏蔽后泄漏辐射剂量率计算表

类别	屏蔽投射因子 $B$	距靶点 1m 处泄漏辐射剂量率 $H_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	屏蔽物质厚度 $X$ (mm)	半值层厚度 (mm)	靶点至关注点的距离 (m)	泄漏辐射在关注点处剂量率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
计算结果	$6.8\times 10^{-5}$	$1\times 10^3$	4	0.96	1	0.07

## (2) 散射辐射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)计算方法, 关注点的散射辐射剂量率  $H$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按下式计算:

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

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, mA; 本项目取 0.7mA;

$H_0$ —距辐射源点 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  $6\times 10^4$ ; 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录表 B.1, 散射线取值按照管电压 150kV, 滤过条件 2mm 铝, 对应发射率常数取  $18.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ , 即  $18.3\times 6\times 10^4=1.1\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ;

$B$ —屏蔽透射因子;  $B=10^{-X/TVL}=10^{-4/0.96}=6.8\times 10^{-5}$ , 未经屏蔽时取 1。

F—— $R_0$  处的辐射野面积， $m^2$ ；本次皮带宽  $1.4m \times$  照射宽度  $0.025m$ ，即  $0.035m^2$ ；

$\alpha$ ——散射因子，入射辐射被单位面积（ $1m^2$ ）散射体散射到其  $1m$  处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值时，可以水的  $\alpha$  值保守估计，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

附录 B 表 B.3， $\alpha = \alpha_w \cdot 10000/400 = 1.9E-3 \cdot 10000/400 = 0.0475$ ；

$R_0$ ——辐射源点至探伤皮带的距离， $m$ ；本项目取  $0.5m$ ；

$R_s$ ——散射体至关注点的距离， $m$ ，本项目取  $1m$ 。

**表 11-3 X 射线探伤装置经 4mm 铅板屏蔽后散射辐射剂量率计算表**

类别	最大管电流 (mA)	距辐射源点 1m 处输出量 $H_0$ ( $\mu Sv \cdot m^2 / mA \cdot h$ )	屏蔽投射因子 B	辐射野面积 ( $m^2$ )	散射因子 $\alpha$	$R_0$ (m)	散射体至关注点的距离 $R_s$ (m)	关注点处散射辐射剂量率 H ( $\mu Sv/h$ )
计算结果	0.7	$1.1 \times 10^6$	$6.8 \times 10^{-5}$	0.035	0.0475	0.5	1	0.35

经计算，经 4mm 铅板屏蔽后，关注点的散射辐射剂量率 H 为  $0.35 \mu Sv/h$ ，未经铅板屏蔽部分关注点的散射辐射剂量率 H 为  $5121 \mu Sv/h$ 。考虑到散射线与泄漏射线叠加，则距离 X 射线机  $1m$  处辐射剂量率为  $5121 \mu Sv/h$ 。

### (3) 驱动机房屏蔽散射辐射

根据建设单位提供的数据，本项目地面驱动机房实体墙壁厚  $350mm$ ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 计算方法，关注点的散射辐射剂量率 H ( $\mu Sv/h$ ) 按下式计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

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，mA；取  $0.7mA$ ；

$H_0$ ——距辐射源点  $1m$  处输出量， $\mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$ ，以  $mSv \cdot m^2 / (mA \cdot min)$  为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ ；取值同前，即  $18.3 \times 6 \times 10^4 = 1.1 \times 10^6 \mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$ ；

B——屏蔽透射因子； $B=10^{-X/TVL}=10^{-350/70}=1.0\times 10^{-5}$ ；

F—— $R_0$  处的辐射野面积， $m^2$ ；取值同前，即  $0.035m^2$ ；

$\alpha$ ——散射因子，取值同前，即 0.0475；

$R_0$ ——辐射源点至探伤工件的距离，m；本项目取 0.5m；

$R_s$ ——散射体至关注点的距离，m，本次取 4m（X 射线装置距离驱动机房墙体最近点距离）。

表 11-4 X 射线探伤装置经 350mm 实体墙壁屏蔽后散射辐射剂量率计算表

类别	最大管电流 (mA)	距辐射源点 1m 处输出量 $H_0$ ( $\mu Sv \cdot m^2 / mA \cdot h$ )	屏蔽透射因子 B	辐射野面积 ( $m^2$ )	散射因子 $\alpha$	$R_0$ (m)	散射体至关注点的距离 $R_s$ (m)	关注点处散射辐射剂量率 H ( $\mu Sv/h$ )
计算结果	0.7	$1.1 \times 10^6$	$1.0 \times 10^{-5}$	0.035	0.0475	0.5	4	$3.2 \times 10^{-3}$

#### (4)控制区与监督区划定

根据辐射场中某点的辐射剂量均与该点和源的距离的平方成反比，也就是平方反比定律，可计算出本项目控制区和监督区的距离即：

$$D_1/D_2=R_2^2/R_1^2 \quad (\text{式 3})$$

$D_1$ ——距 X 射线管焦点  $R_1$  处辐射剂量率；

$D_2$ ——距 X 射线管焦点  $R_2$  处辐射剂量率；

$R_1$ ——距 X 射线管焦点处的距离；

$R_2$ ——距 X 射线管焦点处的距离。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求：控制区边界剂量率不大于  $15\mu Sv/h$ ，监督区边界剂量率不大于  $2.5\mu Sv/h$ ，可计算出 X 射线探伤装置运行时控制区最大距离约为 18.48m，监督区最大距离为 45.26m。

考虑到驱动机房 X 射线探伤装置安装于驱动机房内部，且驱动机房属于实体封闭式机房（墙壁厚 350mm），项目建成后根据具体监测结果调整监督区和控制区，以优化分区，如果驱动机房墙外剂量率不大于  $2.5\mu Sv/h$ ，则以驱动机房四周墙壁以内控制

区以外为监督区,同时,主驱动机房西侧围墙靠近 X 射线装置的窗户必须进行混凝土封闭。

## 11.2 对探伤工作人员的辐射影响

### 11.2.1 年有效剂量估算公式

根据建设单位提供的资料,探伤作业时,在控制区边界临时拉起警戒线(绳),悬挂清晰可见的“禁止无关人员进入 X 射线区”警示牌,安排专人进行巡视,禁止任何人入内。在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警示牌,必要时设专人警戒,操作人员年最大操作时间为 41h。

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)第 3.1.1 条款中公式(1),人员受年有效剂量计算公式如下:

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3}$$

式中:

$H$ —年有效剂量当量, mSv/a;

$\dot{H}$ —关注点处周围剂量当量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$t$ —探伤装置年照射时间, h/a;

$U$ —探伤装置向关注点方向照射的使用因子,本次评价均保守取 1;

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子。

### 11.2.2 居留因子确定

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 A 表 A.1,不同场所与环境条件下的居留因子见表 11-5。

表 11-5 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	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、楼体、人行道

注:取自 NCRP144。

### 11.2.3 辐射工作人员年有效剂量

#### (1) 操作台操作人员

本项目操作台距离 X 射线探伤仪为 24.5m，大于控制区最大距离 18.48m，因此，项目关注点处剂量当量率保守按照控制区边界剂量率  $15\mu\text{Sv/h}$  计，居留因子取 1，探伤装置年最大照射时间为 41h/a（0.7h/周），则本项目职业人员年有效剂量当量为  $15 \times 41 \times 1 \times 1 \times 10^{-3} = 0.62\text{mSv/a}$ ，小于本项目职业人员剂量约束值  $5.0\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量管理目标值不超过  $5\text{mSv/a}$  的管理要求；周有效剂量为  $10.5\mu\text{Sv/周}$ ，小于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中放射工作场所，其值应不大于  $100\mu\text{Sv/周}$  的限制要求。

#### (2) 评价范围内环境保护目标年有效剂量

本项目 X 射线探伤仪安装于主驱动机房内部，且主驱动机房属于实体封闭式机房（墙壁厚 350mm），根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式，计算对于周边其他工作人员（公众）年有效剂量的计算结果见下表。

表 11-6 项目周边公众及环境保护目标年和周有效剂量估算

人员属性	关注点	周围剂量当量率 H ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年照射时间 t (h/a)	居留因子 T	年有效剂量 (mSv/a)	周照射时间 t (h/周)	周有效剂量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )
煤矿其他工作人员 (公众)	配电室	2.5	41	1/16	0.006	0.7	0.109
	空压站	0.002	41	1/16	$5.0 \times 10^{-6}$	0.7	$8.8 \times 10^{-5}$
	井口综合楼	0.059	41	1/16	$1.5 \times 10^{-4}$	0.7	$2.6 \times 10^{-3}$
	工装库	0.006	41	1	$2.5 \times 10^{-4}$	0.7	$4.2 \times 10^{-3}$
	矿灯房	0.004	41	1	$1.6 \times 10^{-4}$	0.7	$2.8 \times 10^{-3}$
	洗衣房	0.002	41	1	$8.2 \times 10^{-5}$	0.7	$1.4 \times 10^{-3}$
	区队办公楼	0.002	41	1	$8.2 \times 10^{-5}$	0.7	$1.4 \times 10^{-3}$

综上，本项目 X 射线探伤仪运行所致公众受到的年有效剂量最大值为  $0.006\text{mSv/a}$ ，小于本项目公众成员剂量约束值  $0.1\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量管理目标值不超过  $0.1\text{mSv/a}$  的管理要求；周有效剂量最大值为  $0.109\mu\text{Sv/周}$ ，小于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

中“探伤室墙体和门辐射屏蔽：关注点的周围剂量当量参考控制水平，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ Sv/周”的限值要求。

## 事故影响分析

本项目环境事故影响分析目的是分析和预测矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置在运行期间存在的潜在危险和有害因素，可能发生的突发性事件或事故，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使本项目事故概率、损失和环境影响达到可接受的水平。X 射线探伤机对人体的照射主要来自于其产生的 X 射线。X 射线具有穿透能力强、速度快、电离密度小等特点，因此射线对人体主要危害是外照射。一般来说，剂量越大，危害就越大。人体受危害的程度与电离辐射的剂量有很大关系，不同剂量引起的危害见表 11-4。但同等的剂量条件下，不同个体的机能状态不同，敏感程度差异很大，故危害程度也有所不同。

表 11-4 不同剂量引起的危害

剂量(Sv)	危害程度
0-0.25	无明显自觉症状
0.25-0.5	出现可恢复的机能变化,有血液学的改变
0.5-1.0	出现机能变化,血相改变
1-6	可出现轻、中、重度放射病
>6	可出现死亡

## 11.4 主要环境风险

1.X 射线探伤机停机按钮失灵，无法正常关闭 X 射线探伤装置，从而导致人员接受到附加照射。

2.人员误入正在进行探伤作业的工作场所，而导致人员误入照射区域受到照射。

## 11.5 环境风险防范措施

1.建设单位配备辐射监测仪应进行日常监测，并定期委托有资质单位对辐射场所进行监测，检测结果妥善保管。当监测结果出现异常时，应及时分析原因，采取相应

措施，确保射线装置防护屏蔽能力满足相关标准要求。

2.应在辐射工作场所安装警示灯等安全防护设施并为辐射工作人员配备个人剂量计、剂量报警仪等防护用品。每次辐射工作人员进行现场巡视时，辐射工作人员应佩戴个人剂量计和剂量报警仪。应定期开展个人剂量检测和职业健康体检，并妥善保管个人剂量检测和职业健康体检结果，出现异常情况时分析原因并采取相应措施。

**表 12 辐射安全管理**

### **辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强对放射性同位素、射线装置安全和防护的监督管理，促进放射性同位素、射线装置的安全应用，正确应对突发性放射性事故，确保事故发生时能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障公司内职工生命安全和财产安全，维护正常的工作秩序，公司应成立辐射安全与生态环境管理领导小组，统一管理公司内的辐射安全防护工作。

领导小组的职责是：

- (1) 全面负责公司内的辐射安全管理工作；
- (2) 认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司实际制定安全规章制度并检查监督实施；
- (3) 负责公司内辐射设备操作人员的法规教育和安全环保知识培训；
- (4) 检查安全环保设施，开展环保监测，对公司内使用射线装置安全防护情况进行年度评估；
- (5) 实施辐射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作；
- (6) 编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；
- (7) 定期向生态环境部门报告辐射安全管理工作；
- (8) 设置专职辐射安全管理人员且具有大学本科以上学历。

### **辐射安全管理规章制度**

永安煤矿应制定安全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等相关辐射管理制度，并按相关要求将操作规程、应急预案等相关辐射管理制度上墙明示。

- (1) 辐射安全管理规定

在本项目依法取得生态环境部门相关批复手续后，无损检测装置方可投入使用。在射线装置日常使用过程中应严格按照监管部门要求进行辐射安全管理。

#### (2) 制定辐射工作岗位职责

明确辐射工作岗位人员职责，做到分工明确、职责分明。至少有 1 名专职人员负责辐射安全与生态环境管理工作，定期对本单位的辐射安全进行自查，迎接生态环境部门的检查。

#### (3) 辐射安全和设备检修维护制度

定期对探伤装置的配件及性能进行检查、维护，并对辐射安全和防护设施进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。

#### (4) 岗位职责

建设单位应依照国家安全生产管理规定，按照安全第一、预防为主的方针及“谁主管谁负责”的原则，制定无损检测人员岗位职责，规定相关人员的安全岗位职能，明确上至管理人员，下至操作人员的安全职责，确保安全责任落实到具体人并能顺利实施。

#### (5) 制定监测仪表使用与校验管理制度

对使用的辐射监测仪表应定期进行检定或者校准，确保监测数值准确可靠。

#### (6) 辐射工作人员培训及考核管理制度

建设单位定期组织内部辐射安全培训，辐射工作人员应取得辐射安全与防护培训合格证，或通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并通过考核，持证上岗，并规定取证后四年复训一次。未通过考核不得使用矿用钢丝绳芯输送带无损检测装置。

#### (7) 辐射工作人员个人剂量管理制度

辐射工作人员应进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。在

进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案应终生保存。

### 制定射线装置管理制度

(1) 要求企业对安全和防护设施定期维护维修；由辐射安全管理负责人组织对本单位所有辐射防护安全工作定期进行自查，发现问题及时整改；每年 1 月 1 日至 1 月 31 日之前，向辐射安全许可证发证单位上报上一年度评估报告（含工作场所及个人剂量检测报告）。

(2) 定期检查矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤

定期检查的项目应包括：

- a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；
- b) 制冷系统过滤器的清洁或更换；
- c) 所有的联锁和紧急停机开关的检查；
- d) 制造商推荐的其他常规检测项目。

(3) 每年对矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤至少开展一次维护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。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。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都来自设备制造商。应做好设备维护记录。

(4) 辐射安全许可证

宁夏力量矿业有限公司永安煤矿应向宁夏回族自治区生态环境厅申领辐射安全许可证，待申领辐射安全许可证后，本次评价中的无损检测装置完成建设可投入试运行，试运行两个月内验收通过可正常投入使用。

### 辐射监测

建设单位须委托有资质的单位定期对辐射工作场所周围环境进行辐射环境监测，并建立监测档案，监测数据每年年底向上级环境保护主管部门上报备案。

(1) 辐射工作场所的监测

1) 监测频率：每年至少常规监测一次；企业应自备便携式监测装置对工作场所定期进行监测并建档。

2) 监测范围：

①通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；

②监测射线装置操作位设 1 个点；监督区四周边界各 1 个点。

3) 监测内容：X- $\gamma$  辐射剂量率。

监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

(2)个人剂量检测

建设单位应定期将个人剂量计送有关部门进行检测。

检测频度：每个季度一次。

检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

## 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条之规定，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备；发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生健康主管部门报告。

结合实际情况及可能发生的辐射事故，建设单位应及时编制《辐射事故应急预案》，预案中应包括但不限于以下内容：

### 1.辐射事故应急处理机构与职责

本单位成立辐射事故应急处理领导小组，组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至单位领导层并落实整改措施。

(1) 发生人员受超剂量照射事故应启动本预案并立即撤离相关工作人员，封锁

现场切断一切可能扩大污染范围的环节,并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》,向当地生态环境部门报告,涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应当同时向当地卫生行政部门报告。

(2) 事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理;

(3) 负责向行政部门及时报告事故情况;

(4) 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作;

(5) 辐射事故中人员受照时,要通过个人剂量计或其他工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量;

(6) 负责迅速安置受照人员就医,组织控制区内人员的撤离工作,并及时控制事故影响,防止事故的扩大蔓延。

## **2.辐射事故应急救援应遵循的原则**

(1) 迅速报告的原则;

(2) 主动抢救的原则;

(3) 生命第一的原则;

(4) 科学施救,控制危险源,防止事故扩大的原则;

(5) 保护现场,收集证据的原则。

## **3.辐射事故应急处理程序**

(1) 发生人员受超剂量照射事故应启动本预案并立即撤离相关工作人员,封锁现场切断一切可能扩大污染范围的环节,并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》,向当地环境保护部门报告,涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告,造成或可能造成人员超剂量照射的,还应当同时向当地卫生行政部门报告。

(2) 应急处理领导小组召集专业人员,根据具体情况迅速制定事故处理方案;

(3) 事故处理必须在单位负责人领导下,在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护检测人员的允许不得进入事故区;

(4) 各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。编写事故发生的基本情况，原因分析及处理结果书面报告生态环境部门。

#### **4.宣传、培训与演练**

##### **(1) 宣传和培训**

制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训，重点培训内容包括：应急响应程序；仪器设备的原理和使用方法；辐射事故的现场控

制方法；公众和应急人员的安全防护措施，环境保护的应急措施。

##### **(2) 预案演练**

结合本单位实际情况，有计划、有重点的组织辐射事故应急预案演练，演练完毕总结评估应急预案的可操作性，必要时对应急预案做出修改和完善。

#### **5.应急通讯方式及应急物资清单**

根据本单位辐射事故报告程序，详细列出相关人员通讯方式，以及生态环境部门、公安部门、卫生健康部门通讯方式，调查本单位及周边区域辐射事故应急物资，列出应急物资清单，并确保应急物资时刻处于良好状态。

**表 13 结论与建议**

## 结论

### 一、辐射安全与防护分析结论

宁夏力量矿业有限公司永安煤矿矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置项目在对探伤工作场所分区，落实各项污染防治措施及辐射安全管理要求后，监督区、控制区的划分满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求；辐射工作人员和公众年附加有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。

### 二、环境影响分析结论

#### （一）建设或安装过程对环境的影响分析结论

由于 X 射线探伤机只有在开机并处于出束过程中才会产生 X 射线，因此建设阶段过程中不产生 X 射线，不会对周围环境产生影响。也不会产生放射性废气、废液和固体废弃物，对周围环境不会产生辐射污染。

#### （二）运行（使用）后对环境的影响结论

##### 1.工作场所分区

由于探伤装置为固定安装，在现场探伤时管电压、管电流、照射方向、被检测物体等变化不大。本项目主射线方向及泄露射线方向防护距离的估算只能作为现场控制区与监督区的划分参考。现场探伤作业时，在对所有其他人员进行清场后，使用辐射巡测仪测量现场剂量以划分控制区、监督区。控制区、监督区划分好后，在监督区边界放置清晰的“禁止进入 X 射线工作区”警示牌、警示灯，拉好警戒线，并安排辐射工作人员进行警戒。

##### 2.对探伤工作人员的辐射影响结论

辐射工作人员最大年附加有效剂量最大为 0.62mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员年剂量管理约束值 5mSv 的

要求；周有效剂量为 10.5 $\mu$ Sv/周，小于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中放射工作场所，其值应不大于 100 $\mu$ Sv/周的限制要求。。

### 3.对公众的辐射影响结论

本项目 X 射线探伤仪运行所致公众受到的年有效剂量最大值为 0.006 mSv/a，小于本项目公众成员剂量约束值 0.1 mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a 的管理要求；周有效剂量最大值为 0.109 $\mu$ Sv/周，小于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“探伤室墙体和门辐射屏蔽：关注点的周围剂量当量参考控制水平，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ Sv/周”的限值要求。

## 三、可行性分析结论

### （一）产业政策符合性结论

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（国家发展改革委第 29 号令）“第一类鼓励类”中“十四机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

### （二）实践正当性结论

宁夏力量矿业有限公司永安煤矿矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置项目，是利用 X 射线无损探伤手段通过对矿用钢丝绳芯输送带检测后图像显示的缺陷，准确评定矿用钢丝绳芯输送带是否出现裂纹，以保证煤矿的安全生产。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“实践的正当性”的原则与要求。

综上所述，宁夏力量矿业有限公司永安煤矿矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置项目符合产业政策与实践的正当性，在采取严格的污染防治措施及辐射环境管理措施后，工作场所分区符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对控制区、监督区划分的要求；辐射工作人员及公众年附加有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的

要求。因此，从环保角度分析，该项目的运行是可行的。

### **建议和承诺**

- 1.便携式环境监测仪器应按照检定周期按期检定。
- 2.不断完善相关管理制度及辐射事故应急预案，加强日常演练，做到有备无患。
- 3.在本次环评结束后建设单位应按照申请程序，重新申请领取辐射安全许可证。
- 4.项目建成后由建设单位应在三个月内自行组织环境保护竣工验收，经验收合格后投入运行。