

# 核技术利用建设项目

任家庄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

宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿

2024年4月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

任家庄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：宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：灵武市临河镇任家庄煤矿

邮政编码：750403

联系人：李进元

电子邮箱：474317559@qq.com

联系电话：13519284940

## 编制说明

《核技术应用项目环境影响报告表》由具有从事辐射环境影响评价工作资质的单位编制。

1. 申请领取许可证的辐射工作单位从事下列活动的，应当组织编制环境影响报告表：制备 PET 用放射性药物的；医疗使用 I 类放射源的；使用 II 类、III 类放射源的；生产、使用 II 类射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒籽源的除外）；在野外进行放射性同位素示踪试验的。

2. 密封源要注明名称并说明源强。

3. “环境影响分析”主要是指利用核技术应用项目周围环境现状资料、设备技术参数及环境本底监测数据，分析核技术应用项目对环境造成的影响，给出结论。同时提出减少环境影响的建议。

4. 《核技术应用项目环境影响报告表》报自治区生态环境部门审批。

**表1 项目基本情况**

建设项目名称	任家庄煤矿矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置				
建设单位	宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿				
法人代表	蒋学明	联系人	李进元	联系电话	13519284940
注册地址	灵武市临河镇任家庄煤矿				
项目建设地点	宁夏回族自治区灵武市临河镇任家庄煤矿内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	90	项目环保投资 (万元)	2.8	投资比例(环保 投资/总投资)	3.11%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <sup>2</sup> )	/
应用 类型	放射源	<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 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		
	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 type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
<b>项目概述</b>					
<b>1.1建设单位情况</b>					
<p>宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿位于灵武市临河镇，矿井所处位置为宁夏能源化工基地横城矿区，井田地理坐标范围为东经106°26'151"~106°33'452"，北纬38°07'303"~38°17'302"。任家庄煤矿于2008年3月竣工投产，设计生产能力为240万吨/a，首先开采11采区，在三煤层布置一个综采工作面。2014年重新核定生产能力360万吨/年，矿井已进入新接替采区准备时期，接续采区为12采区，属于11采区的深部。目前，任家庄煤矿11、12采区主井处于正常生产状态，矿井开拓方式选用斜井+立井混合开</p>					

拓，采煤方法采用综合机械化采煤法，井下开采的原煤由主井大倾角带式输送机提升至主井井口转载站，利用原煤转载站胶带输送机走廊胶带输送至筛分破碎车间，经筛分破碎系统处理后，原煤通过皮带输送至<50mm混煤转载站转载至产品装车仓内。为确保煤矿安全生产，为煤矿在使用钢丝绳芯输送带的生产过程中清除安全隐患，建设单位拟在850运输大巷胶带输送机机头处和12采区运输下山胶带输送机机头处分别安装并使用1台矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置。

### 1.2项目建设规模

本项目拟购置2台KJ581型矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置，最大管电压为160kV，最大管电流为1.0mA，2台射线装置分别安装于850运输大巷胶带输送机机头处和12采区运输下山胶带输送机机头处，850运输大巷输送带长度6200m、宽1.4m、厚20mm，12采区输送带长度1320m，宽1.4m、厚20mm。根据《射线装置分类办法》（2017年），本项目X射线探伤装置属于II类射线装置，射线装置基本情况见表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	KJ581	山西戴德测控技术股份有限公司	II	160	1.0	2	探伤	定向	向上	固定安装	1 台安装于 850 运输大巷胶带输送机机头处，1 台安装于 12 采区运输下山胶带输送机机头处

### 1.3目的和任务的由来

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，为煤矿在使用钢绳芯输送带的生产过程中清除了安全隐患，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。宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿于2024年2月28日委托宁夏致清环境科技有限公司对任家庄煤矿矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置进行环境影响评价，环评委托书见附件1。

#### 1.4原有核技术利用情况

宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿于2021年11月25日取得宁夏回族自治区生态环境厅下发的辐射安全许可证，证书编号：宁环辐证（N0085），有效期：2025年09月15日，许可种类与范围：使用II类射线装置。企业目前在用射线装置共有两套，自取证后运营至今，未发生过辐射事故。辐射安全许可证见附件2，在用射线装置基本情况见表1-2。

表 1-2 在用射线装置基本情况一览表

序号	装置名称	规格型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类别	安装场所	生产厂街
1	钢丝绳芯胶带在线监测装置	ZSX127D-Z	160	1.25	II类射线装置	主井驱动机房	山西戴德测控技术股份有限公司
2	钢丝绳芯胶带在线监测装置	ZSX127D	160	1.25	II类射线装置	21采区集中运输斜巷	

#### 1.5项目周边保护目标及场址选址情况

本项目拟使用的2台矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置为固定安装，但现场探伤场所为开放式场所。2台探伤装置分别安装于850运输大巷胶带输送机机头处和12采区运输下山胶带输送机机头处，井下安装位置沿皮带左右两侧及上下均为实体墙壁。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。探伤作业时，由现有1名操作人员在地面主井驱动机房控制室进行操作，另1名辐射工作人员使用辐射监测仪在监督区外进行巡测及巡视，防止无关人员进入。因此，环境保护目标主要为探伤现场巡视的辐射工作人员和有可能在探伤现场逗留的煤矿其他工作人员。

项目地理位置图见附图 1-1，850 运输大巷胶带输送机机头处 X 射线探伤机安装位置见附图 1-2，12 采区运输下山胶带输送机机头处 X 射线探伤机安装位置附图 1-3，厂区平面布局图见附图 1-4。

**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》 (GB 18871-2002)。

**表4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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	钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置	II	1	KJ581	160	1.0	皮带钢丝无损探伤	850 运输大巷胶带输送机机头处	山西戴德测控技术股份有限公司
2	钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置	II	1	KJ581	160	1.0	皮带钢丝无损探伤	12 采区运输下山胶带输送机机头处	山西戴德测控技术股份有限公司

(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 ( $\mu\text{A}$ )	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

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

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

<p>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）；                  (2)《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日）；                  (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日）；                  (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）；                  (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）；                  (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1日，2019年修订）；                  (7)《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委第7号令）；                  (8)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；                  (9)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境部令〔2021〕20号，（2021年1月4日修改）；                  (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）；                  (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）；                  (12)《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》（宁政办发〔2022〕23号）。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1)《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）；                  (2)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；                  (3)《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-1988）；                  (4)《生态环境部核技术利用监督检查技术程序》（2020年版）；                  (5)《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021年版）》；                  (6)《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）；                  (7)《关于发布&lt;建设项目竣工环境保护验收暂行办法&gt;的公告》，国环规环评〔2017〕4号，2017年11月20日；                  (8)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；                  (9)《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；                  (10)《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；                  (11)《环境地表<math>\gamma</math>辐射剂量率测定规范》（HJ1157-2021）；                  (12)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；                  (13)《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）；                  (14)《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）。</p>
<p>其他附件</p>	<p>(1)环境影响评价委托书；                  (2)辐射安全许可证及射线装置台账；                  (3)辐射工作人员培训证书；                  (4)辐射环境现状检测报告；                  (5)工作场所辐射水平检测及个人剂量检测报告。</p>

## 表7 保护目标与评价标准

### 7.1评价范围

根据本项目X射线装置产生的X射线为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，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格式和内容》（HJ10.1-2016）相关要求，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）。结合本项目2台射线装置布置情况，确定以X射线探伤装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围作为本项目的的评价范围，评价范围见附图7-1、附图7-2。

### 7.2保护目标

本项目拟使用矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置，该装置虽然为固定安装，但现场探伤场所为开放式场所，本项目两台X射线机控制台均位于地面主井驱动机房控制室内，控制台远离射线机，因此辐射工作人员只涉及在井下探伤现场巡视的工作人员。探伤作业时，由现有1名操作人员在地面主井驱动机房控制室进行操作，另1名辐射工作人员使用辐射监测仪在监督区外进行巡测及巡视，防止无关人员进入。因此，环境保护目标主要为探伤现场巡视的辐射工作人员和有可能在探伤现场逗留的煤矿其他工作人员。

表7-1 项目射线装置与环境保护目标位置关系表

类型	工作场所	保护目标	方位	距离	人数	剂量管理约束值(mSv/a)
辐射工作人员	850 运输大巷胶带输送机机头处（井下安装标高+920）	巡视人员	监督区外	/	2 人	5
	12 采区运输下山胶带输送机机头处（井下安装标高+700）	巡视人员	监督区外	/	2 人	
其他工作人员（公众）	矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤现场	煤矿其他工作人员	X 射线探伤装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m	/	随机	0.1

## 7.3评价标准

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

#### 7.3.1 防护与安全的最优化

4.3.3.1 条款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）。

#### 7.3.2 剂量限值

##### 1.职业照射

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

②B1.1.1.1 款应对任何工作人员的的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作为追溯性平均），20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

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），剂量约束可取限值的 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 25%，即 5mSv 作为本项目职业照射约束剂量。

##### 2.公众照射

①B1.2.1 款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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002), 剂量约束可取限值的 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, 对于公众成员本次评价取其 10%, 即公众照射约束剂量 0.1mSv 作为公众照射约束剂量。具体见表 7-2。

**表 7-2 本项目辐射照射剂量要求 单位: mSv/a**

分类	标准要求年剂量管理约束限值	本项目执行年剂量管理约束限值
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

## 二、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)

5.1.1 X射线探伤机在额定工作条件下, 距X射线管焦点100cm处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表7-3的要求。

**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

本项目安装的2台X射线探伤机最大管电压均为160kV, 根据表7-3, 介于150~200kV之间, 漏射线所致周围剂量当量率控制值取2.5mSv/h。

### 5.1.2 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。

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。

## **7 移动式探伤的放射防护要求（因为采用开放式操作方式，参照移动式探伤防护要求）**

### **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）。

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。

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。

### **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 $15\mu\text{Sv/h}$ 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。

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。

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。

7.2.6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。

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。

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。

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。

7.2.10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。

### **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。

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。

7.3.3X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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。

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。

## 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。

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。

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。

7.4.4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。

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- $\gamma$ 剂量率仪，两者均应使用。

## 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。

### 8.4 移动式探伤放射防护检测

#### 8.4.1 检测要求

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。

8.4.1.2 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。

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。

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。

#### 8.4.2 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条确定的剂量当量率值确定控制区边界，以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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。

#### 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1.25mSv。

#### 8.4.4结果评价

控制区边界不应超过第7.2.2条确定的剂量率值，监督区边界不应超过2.5 $\mu$ Sv/h。

### 三、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

不同场所与环境条件下的居留因子见下表。

**表 7-4 不同场所与环境条件下的居留因子**

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

## 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《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990年）》，宁夏地区 $\gamma$ 辐射剂量率水平为62.3-137.8nGy/h，监测结果将与该辐射水平进行对比，以确定项目建设区域辐射环境水平。

### 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，我公司委托宁夏盛世蓝天环保技术有限公司于2024年3月11日对本项目进行了 $\gamma$ 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3月11日；环境条件：环境温度22.2℃，湿度32.7%。

### 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

项目检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

检测项目	$\gamma$ 辐射瞬时剂量率			
	仪器名称及型号	测量范围	生产厂家	检定与校准
检测仪器	便携式 X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪 仪器型号：MR-3512	10nGy/h~100mGy/h	微影（上海）仪器科技有限公司	出厂编号：DR2023G230 设备编号：LT-DL04 检定单位：上海市计量测试技术研究院 检定证书号： 2023H21-20-4842274001 证书有效期：

				2023年9月21日-2024年9月20日
经检测仪器对宇宙射线响应值为：28.1nSv/h （平罗县沙湖 106°21'34.36"，38°48'48.59"，海拔 1101 米）				

### 8.8 检测布点及检测结果

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境γ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检测点，检测结果见表 8-2，检测点位图见附图 8-1、附图 8-2。

**表 8-2 γ 辐射瞬时剂量率检测结果**

序号	检测点位	γ辐射瞬时剂量率 (nGy/h)	相对扩展不确定度 $U_R$ , % (k=2)
1#	井下 850 运输大巷拟建探伤装置东北侧 3m 处	69.6±0.9	6.6
2#	井下 850 运输大巷拟建探伤装置东南侧 3m 处	68.7±0.6	6.5
3#	井下 850 运输大巷拟建探伤装置西南侧 3m 处	70.1±0.3	6.5
4#	井下 850 运输大巷拟建探伤装置安装位置	68.7±0.6	6.5
5#	井下 850 运输大巷胶带输送机控制主机位置	69.2±0.2	6.5
6#	井下 12 采区拟建探伤装置东南侧 3m 处	69.1±0.3	6.5
7#	井下 12 采区拟建探伤装置西南侧 3m 处	69.4±0.4	6.5
8#	井下 12 采区拟建探伤装置西北侧 3m 处	68.8±0.5	6.5
9#	井下 12 采区拟建探伤装置东北侧 2m 处	68.7±0.5	6.5
10#	井下 12 采区拟建探伤装置安装位置	68.8±0.5	6.5
11#	井下 12 采区胶带输送机控制主机位置	111±0.5	6.5
12#	井上对照点	69.1±0.7	6.5
13#	井下对照点	69.6±0.5	6.5

注：检测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应值

根据本项目检测结果显示，射线装置安装场所及周边γ辐射瞬时剂量率扣除检测仪器对宇宙射线的响应值为 40.6±0.5~82.9±0.5nGy/h，均在宁夏天然本底辐射水平范围内。

表9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 9.1KJ581型矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤设备组成和工作原理

KJ581 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤是采用 X 光无损探测技术研制的一种强力输送带安全无损监测装置。该装置能够远程在线检测强力输送带钢丝绳芯，自动识别输送带钢丝绳芯锈蚀、断裂或接头伸长等故障，并对其性能进行分析，及时报警，避免重大断带安全事故的发生、设备的损坏、停产和人员伤亡，减少运输物料的损耗和经济损失，提高生产效率，具有显著的经济效益和社会效益。该装置可广泛应用于矿山、港口码头、发电厂、钢厂、水泥厂等领域使用强力输送带的场合，特别适用于煤矿生产中输送带的检测，也可以用于其它工业生产的产品和货物的检测。

#### 1.功能

(1)钢绳芯输送带在 0~9m/s 速度工作运行中，可实时显示输送带内钢绳芯清晰的 X 光透视图像。

(2)适用于宽度 2.4m 以下，任意高度的输送带设备。

(3)可识别 0.8mm 以上的钢丝绳断头，识别位移距离 1.6mm 以上的接头抽动。

(4)对断头的判断准确率达 99%，对接头抽动的判断准确率达 98%。

(5)对钢丝绳芯缺陷定位的横向误差 $\leq 1\text{cm}$ ，纵向误差 $\leq 5\text{cm}$ 。

(6)随机存储以帧为单位的图像，可图像回看、放大、处理。

(7)依据 X 光图像，对输送带强度进行智能计算、分析、评估，当其强度值低于安全值时实施自动报警。

(8)采集到的图像数据可通过远程客服系统发送至本公司，由专业人员对输送带强度进行分析。

#### 2.特点

(1)产品模块化。设备可拆分为四部分独立的箱体，便于长途运输与设备下井；硬件模块化，便于安装、调试、维修、更换。

(2)设备开、停机及监控均可在地面工控机上远程操作，方便操作。

(3)设备可在输送带正常工作状态下进行实时检测，无需停机，不影响生产。

(4)采用光纤通讯，可保证 20 公里以内的数据传输。此外，还可使用以太网、CAN 等多种通讯方式进行数据传输。

(5)现场使用的系统设备均集成在一个组合箱体内，便于现场标准化管理。

(6)设备高度可调，可适用于任何高度的胶带设备。

(7)只需要接入 127V 输入和光纤，现场安装简便、快捷。

(8)设备有多种规格可供选择，防爆等级有隔爆和本安两种，可根据生产现场不同需求选取适宜型号的设备。

(9)X 射线源漏泄剂量大大低于国家标准允许的范围内，设备周围 5cm 漏泄剂量小于 0.5mR/h。

(10)机壳为钢结构，适应现场恶劣的使用条件。

### **3.技术指标**

#### **3.1 性能参数**

(1)设备控制方式：地面上位机软件远程控制。

(2)可容检测胶带厚度：≤50mm。

(3)分辨率：0.8mm。

(4)系统电源电压：AC86~140V 宽电压输入，频率 50Hz，功率<1000W。

(5)防护等级：IP57。

(6)通讯距离：≥20km。

(7)通讯界面：USB，传输速率：最高 480Mbit。

(8)通讯媒介：网线、光缆。

(9)软件运行环境：Windows7/8/10 x86。

### **3.2 环境参数**

(1)环境温度一般为：-20°C~+40°C。

(2)平均相对湿度：不大于 95%（+25°C）。

(3)大气压力：86~106kPa。

(4)有爆炸性混合物，但无破坏绝缘的腐蚀性气体的场合。

(5)电气环境

供电电压：AC 127-220V，可承受波动范围：75%~110%。

输入工作电流：<5A，消耗功率：<635W。

### **3.3 本质安全参数**

(1)最高输出电压：DC 12.5V。

(2)工作电流：660mA。

(3)最大输出电流：1.3A。

## **4.安装与调试**

### **4.1 设备清单**

(1)安装防护支架（含安装辅材）

(2)矿用隔爆兼本安型钢绳芯输送带无损监测装置主机

(3)矿用隔爆型 X 射线发射箱

(4)矿用本安型 X 射线接收箱

(5)工控机（防爆计算机）

(6)专用操作台

(7)网线（光缆）

### **4.2 设备功能及原理**

(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 160kV，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、高度调整好后固定各箱体保证运行稳定。



设备主机



射线源



接收箱



可调安装支架

### 4.3 设备组成示意图

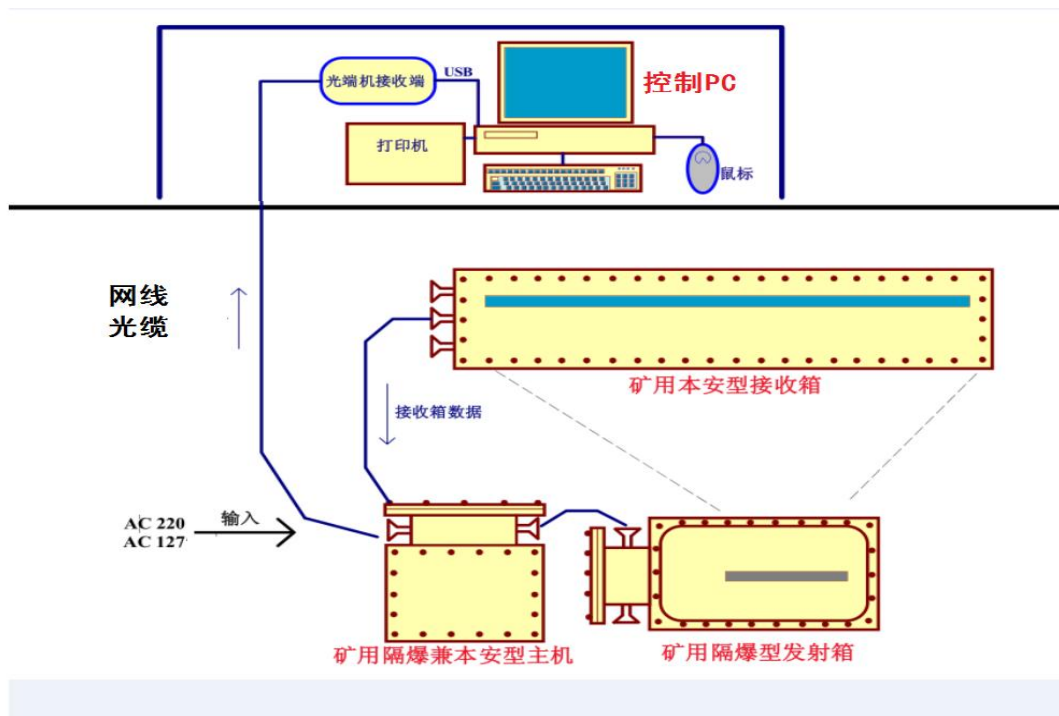


图 9-1 设备组成示意图



### 4.4 设备安装

(1)首先在下皮带找一个皮带下方空间 1m 以上高度的地方安装防护支架，支架尽量保持与皮带平行，1.2m 皮带保证支架底面到皮带检测面高度 1m 以上（皮带每增加 20cm 高度增加 10cm），接收箱到检测皮带距离尽量保持在

5~10cm 之间，设备尽量减少与皮带机架接触减少设备震动。

(2)射线源从支架开口测放入支架箱体（接线处朝外），射线源尾部到升降支腿距离为支架整体宽度三分之一地方。接收箱窗口向下，安装于检测皮带的上方；发射箱窗口向上与接收箱窗口垂直正对。

(3)按照接线腔视图连接设备，光电转换模块通过 USB 线缆连接电脑 U 口。

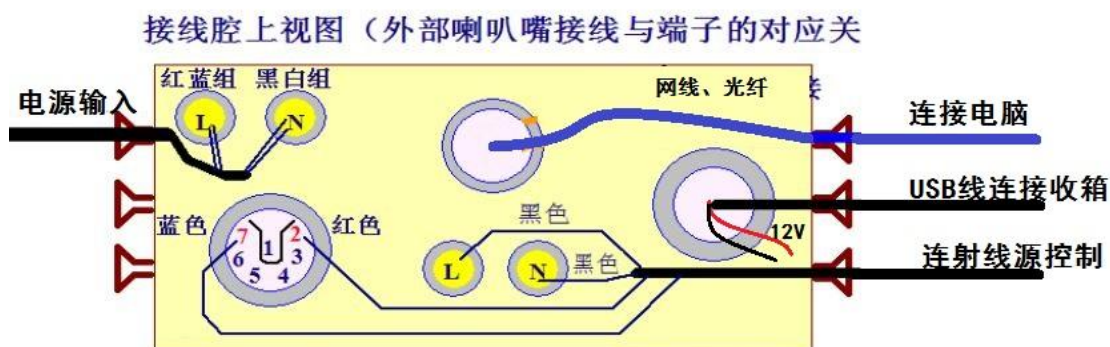


图 9-2 接线腔上视图

(4)确保输入电压为单相交流 100V~240V，通电后 PC 端光电转换模块 Power、Link、Host 灯常亮、Activity 闪烁。

## 5. 数据采集系统使用说明

### 5.1 系统主界面

在桌面上双击“图像采集”，系统进入采集主界面。

### 5.2 系统设置

首次运行系统时需要进行参数设置,点击主界面中的“系统配置”,输入密码 123456,弹出对话框。

采集卡数：根据接收箱宽度送入。举例，如 2m 接收箱时，采集卡数为 20。

通道基数：默认值为 64，不需用改动。

图像高度：在即时采集的过程中,主界面中看到的皮带图像的高度.如果高度没有覆盖到整个荧幕（即显示界面上下部分有空白间隙），用户可以先停止采集,调整此数值以适应整个荧幕高度,使图像显示为满荧幕。

N 分钟之后开始采集：当皮带开始运行时，起始速度并不会达到标称的速度，会有一些的延时，此值用来适应皮带从开始运行到以匀速运行所需要的时间。一般设置为默认值 0.1。

分辨率：以标称的分辨率来采集数据.即荧幕上的一个像素点代表 1.6\*1.6 大小的矩形，一般不需要调整。

皮带长度：此值为皮带长度预算值.即矿上皮带长度为 1500m，则此值可适当加大为 1800-2000m，这样保证采集到的数据完整而且能够有一个重复接头。

皮带速度：设置为皮带正常运行时的速度即可。

数据存放路径：默认路径为 D: \Data。

以上设置在第一次设置完毕后始终有效。下次运行采集系统时无需重新设置。更换检测皮带后需要重新设置，设置完成后点击“设置”并退出。

### 5.3 仪器操作流程

(1)开启电源：单击"开启电源"按钮，这时系统弹出“采集方式”对话框，如果用户选择“是”，则系统将自动进入无人值守模式，以后的“开启射线源”，“开始采集”，以及数据分析都将会以无人值守的方式运行，无需人工干预。如果选择“否”，则后续操作将以手工（人工干预）的方式进行（皮带首次调试必须选择手动干预模式）。如果命令发送成功，即电源开启成功，按钮会自动变为"关闭电源"。

(2)开启射线源：此按钮只在“人工干预”方式下有效。单击“开启射线源”按钮，软件会向底层发送开射线的命令，底层设备接收到命令后会自动开启射线源，为数据采集做准备。如果命令发送成功，则此按钮会变为“关闭射线源”。

(3)开始采集：此按钮只在“人工干预”方式下有效。单击此按钮，则采集系统会将采集回来的数据实时显示在荧幕上，并存入硬盘，以供后续观察。

(4)关闭采集：单击此按钮，系统将依次进行下列操作，自动停止采集数据，

关闭射线源，关闭电源。若数据为正常采集时，无需点击“关闭采集”，当皮带转够一圈时，软件会自动停止采集，同时自动关闭射线源和关闭电源。若为非正常采集时，可手动点击逐个关闭。

(5)关闭射线源：单击此按钮，系统将会关闭射线源。

(6)关闭电源：单击此按钮，系统将会关闭采集系统的电源。

(7)图像处理：单击此按钮，系统将会启动数据分析软件。

(8)退出系统：单击此按钮，系统将在自动关闭射线源和电源之后退出。

(9)系统信息窗口：此窗口将显示系统运行的各项详细参数。

(10)操作日志窗口：此窗口将显示操作员进行的各项详细操作，以及系统运行状态。

## **6.数据分析系统使用说明**

### **(1)系统主界面**

当数据采集完成后点击数据处理软件会自动跳入数据分析系统主界面。

点击标题栏左上角“文件”“打开图像工程文件”弹出对话框选择“D盘”“data”“数据日期时间”“tifflist”皮带图像会再软件呈现。

### **(2)参数设置**

①图像导入完成后移动鼠标至皮带左边缘和右边缘读取横向坐标。

②点击“系统设置”后正确输入密码（123456），进入系统设置界面，点击“系统设置”密码“123456”，读取横向坐标数值对应输入“横向起始检测边界”和“横向终止检测边界”。接头数量、皮带宽度需要根据皮带参数输入。梯度分割门限：根据图像的灰度来确定；高斯 SIGMA 值：值越大检测的断裂越粗略，值越小检测的断裂越细小；完成后点确定退出。

③导入数据完成后，显示窗口显示出皮带的 X 射线图像。在做非接头部位定标时先应做一次清除非接头部位定标，点击“功能”下拉栏中的“清除非接头部位定标”密码“123456”。

④选择一处相对完好的非接头位置点击“功能”下拉栏中的“非接头部位定标”密码“123456”。定标的作用是为皮带的检测提供一个 X 射线的能量值。软件对整个皮带的检测判断将以此能量值为基础。这一操作可以在皮带的不同部位多次进行非接头部位定标（最多 5 次）。非接头部位定标时提示“文件左右有效边界错误”时需要调整左右检测起始边界。

#### ⑤接头实际编号设置

打开我的电脑\C 盘\DDCK\chain\alias，按照皮带运行方向实际接头编号编辑完成。

### (3)检测

①在参数设置完成后，点击“检测”按钮，开始检测皮带接头、断裂、抽动、异常等状况。

②检测完成后在图像的左侧观察点里可以看到所有的接头编号都是“0”，然后对接头进行编号（确保读取接头准确无错判），在指定的接头处点击鼠标右键的下拉菜单里点击“指定接头序号”，然后在弹出的对话框里输入该接头编号，这时所有的接头都会依次对应编号，前面为皮带接头实际编号后面为逻辑接头编号，后面为该接头到下一接头实际距离。

#### (4)接头参考图保存

点击菜单-》系统-》保存接头参照，（密码为 DDCK）确定后将所检测到的接头保存到默认位置（在 C 盘下的 PP 文件夹），保存成功会提示保存接头参照成功；若出现保存接头参照为灰色且无法点击时，可在图像区域点击鼠标左键激活。重新硫化接头后需要重新保存接头图片。

#### (5)接头形变抽动判断

当非第一次检测后，点击菜单-》功能-》接头形变量计算，将本次接头数据与初次对比得到变形量。

#### (6)过滤检测结果

过滤检测结果的目的是为了将皮带采集多出的部分去除掉，一般在采集数据时，为了确保采集的数据完整性都会比实际的长度多设置 2-3 个接头的长度，但又不可以影响采集结果，所以待图像处理完之后都需将多余部分去掉。

具体操作步骤：双击第一个接头，这时图像会显示当前的接头部分，点击向前翻阅使其翻阅至接头的红框外面，点击鼠标右键下拉菜单中的“设定起始点”；双击下一个与第一个重复的接头，这时图像会显示当前的接头部分，点击向后翻阅，使其翻阅至接头的红框外面。点击鼠标右键下拉菜单中的“设定终止点”；在指定完起始点与终止点之后，点击菜单-》功能-》过滤检测结果。

### **(7)输出报告**

①打开我的电脑\C盘\DDCK\chain\StripeXP 更改客户名称和皮带长度后保存退出。

②点击处理软件主界面“报告”后电脑会出现短时无响应不需要进行操作，等电脑相应后会自动生成 PDF 格式图文报告，报告路径为 D: \Report 文件夹。

### **(8)向前向后翻阅**

①使用此按钮可以对皮带图像进行向前向后翻阅，方便观察，操作时点击后开始翻阅，再点击时停止翻阅。

②翻阅速度快慢可以根据自己需要进行调整，点击“浏览”下拉点击“浏览速度”进行修改。

### **(9)缺陷定位**

在观察点双击“接头”“断裂”“异常”“抽动”显示界面会自动跳转到该位置，并用相应颜色将该位置圈定。其他缺陷的定位操作类同。

### **(10)放大镜**

此功能用于放大局部图片，使用户能更清晰的看到缺陷图像。用法如下：点击“放大镜”按钮，图片显示区域将显示一个绿色方框。此时鼠标左键点选住绿色方框的右下角拖动，即可实现放大或者缩小功能。用鼠标向点击绿框内任

意一点拖动可以实现放大镜的移动。

### (11)距离测量

可对皮带任意两点之间距离进行测量，首先在皮带界面右键点击“计算两点之间距离”，在要测量的左键点击一下。然后到相对位置的点点击一下，软件下方会显示两点之间相对距离。软件下方会显示两点之间相对距离。

### (12)数据回放

在我们采集完数据时，系统都会自动将数据储存在 D: \Data 中，并按日期时间命名，方便以后查看，点击桌面上的“数据回放”功能，或“C 盘”“DDCK”“数据回放”找到“数据回放 exe”打开选择要回看的日期确定后即可打开

## 9.2 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤工作原理

矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤通过 X 射线实时成像从而达到检测目的，检测主装置一般由 X 射线管，图像增强器和摄像机组成，核心部件是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电磁向阳极运行，形成静电式加速，获得能量，具有一定动能的高速运动电子撞击靶材料，产生大量 X 射线。在 X 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质密度越大，射线强度减弱越大。而当工件内部存在焊接短路、破损、断线等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，既透过的射线强度较大，透过 X 射线被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信息转换为电子图像并经增强后变成视频图像信号传输至控制室，在监控器上实时显示，可迅速对工件的焊接短路、破损、断线等缺陷进行辨别。由于 X 射线只有在通电且出束的情况下才会对周围环境产生辐射影响，在整个工艺流程中，在对钢丝绳芯输送带进行成像时将会产生 X 射线，且为本项目辐射环境污染因子。

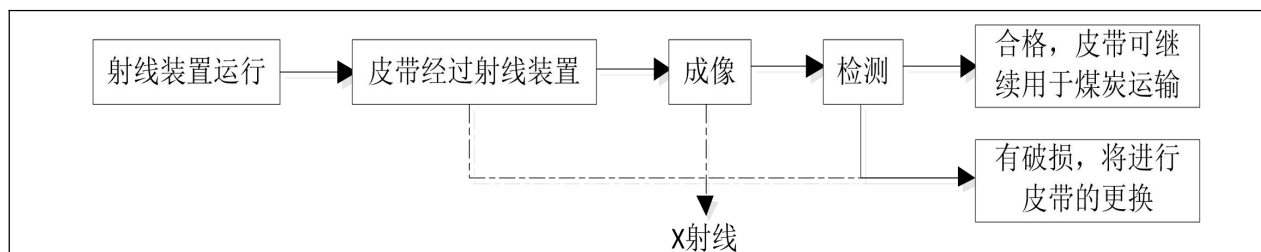


图 9-3 本项目 X 射线机工作原理及产污环节示意图

### 9.3 矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤运行过程中辐射防护简述

本项目射线装置运行期间，皮带经过射线装置，成像检测环节会产生 X 射线。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 3mm 铅板进行防护。虽然本项目射线装置是固定安装，但是由于作业环境为开放式场所，故按照移动式 X 射线装置现场探伤进行管理。在进行探伤作业前，1 名辐射工作人员会对控制区和监督区进行清场，确保控制区和监督区无其他人员；在控制区、监督区边界处设置警示灯、警戒线及警示标志并佩戴个人剂量计等；本项目两台 X 射线机控制台均位于地面主井驱动机房控制室内，控制台距 850 运输大巷 X 射线探伤机水平距离为 1500m，距 12 采区 X 射线探伤机水平距离为 850m，控制台远离射线机，因此本项目辐射工作人员只涉及在井下探伤现场巡视的工作人员，探伤作业时 1 名辐射工作人员使用辐射监测仪在监督区外进行巡测及巡视，防止无关人员进入。

### 9.4 产污环节

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。

### 9.5 探伤工作频次与状态

本项目拟使用的矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤工作场所固定，由4名辐射工作人员每2人一班轮班进行操作，年使用天数为350天，每名辐射工作人员年最大作业时间为175h。具体探伤时间及工作量见表9-1。

**表9-1 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	850 运输大巷胶带输送机机头处	每天 1 次	30	10500
2	12 采区运输下山胶带输送机机头处	每天 1 次	30	10500

### 9.6 污染源项描述

由矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失的。本项目使用的X射线探伤机只有在开机并处于曝光状态时才会发出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。系统产生的X射线会使空气电离产生O<sub>3</sub>和NO<sub>x</sub>，NO<sub>x</sub>主要以NO<sub>2</sub>为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目O<sub>3</sub>和NO<sub>x</sub>产生量较小，建设单位在井下巷道内设置机械通风设施，850运输大巷1号回风斜井主扇通风量9804m<sup>3</sup>/min，12采区2号回风斜井主扇通风量8121m<sup>3</sup>/min，以满足每小时有效通风换气次数不低于3次的要求。

### 9.7 正常工况污染途径分析

矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤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。

### 9.8 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），将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，控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则采取专门的防护措施。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，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。控制区、监督区划分示意图见图10-1。本项目矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤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。

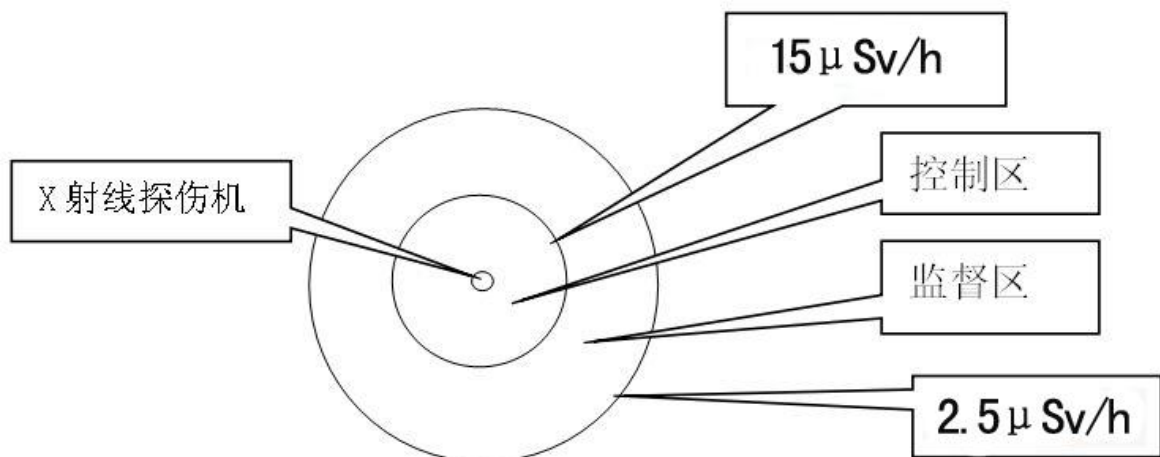


图10-1 X射线探伤机控制区、监督区划分示意图

### 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。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 3mm 铅板进行防护。本项目两台 X 射线机控制台均位于地面主井驱动机房控制室内，控制台距 850 运输大巷 X 射线探伤机水平距离为 1500m，距 12 采区 X 射线探伤机水平距离为 850m，控制台远离射线机，确保操作位工作人员受到 X 射线探伤影响达到尽量低的水平。

## 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。在探伤现场安装声光警示灯，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.配备必要的个人防护用品和便携式辐射剂量监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪及防护器材。

8.对矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤进行定期维护，每年至少维护一次。

设备维护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，须保证所更换的零部件都来自设备制造商，并做好设备维护记录。

9.本项目4名辐射工作人员已取得了辐射安全与防护考核合格证书，当建设单位拟更换或新增辐射工作人员时，须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，并建立档案终生保存。

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，须及时采取应急措施。

12.辐射工作人员在控制区边界外操作，否则采取专门的防护措施。

13.矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤专用钥匙和软件登录密码由专人负责保管和掌握，在人员离开探伤装置时，须关闭电脑和探伤装置，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，须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.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。

## **10.2项目投资及环保投资**

为确保项目正常运行，根据本项目实际情况，按照辐射防护措施设置防护设施，如电离辐射标志，警示灯等。本项目总投资90万元，其中核技术利用环保投资估算为2.8万元，占总投资3.11%，环保投资分项估算见表10-1。

**表10-1 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	/
便携式辐射剂量监测仪	2	1.0
紧急停机按钮	设备自带	/
个人剂量报警仪	依托现有	/
个人剂量计	依托现有	/
声光警示灯	2个	0.3
电离辐射警示标志	4个	0.2
监控器	2个	0.2
警戒线	若干	0.1
通风系统	依托现有	/
胶带输送机防护网	若干	1.0
铅衣	依托现有	/
合计：2.8万元		

### 三废的治理

本项目在矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤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O<sub>3</sub>和NO<sub>x</sub>，建设单位在井下巷道内设置机械通风设施，850运输大巷1号回风斜井主扇通风量9804m<sup>3</sup>/min，12采区2号回风斜井主扇通风量8121m<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工作场所分区

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，由于 X 射线装置垂直地面向上发射 X 射线，经接收器后，再由接收器及 3mm 铅板屏蔽，皮带上方人员无法通过。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），将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），对探伤工作场所实行分区管理，结合本项目实际情况，将作业场所中周围计量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的范围化为控制区，控制区边界设置红色醒目标识线，将作业场所中周围计量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的范围化为控制区，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。

为确定本项目控制区和监督区理论距离，以便为建设单位提供参考，根据本项目X射线源保守强度，可根据下式来估算X射线空气比释动能率Ka：

$$K_a = I \delta_x / (r^2 / r_0^2)$$

式中：

K<sub>a</sub>—距 X 射线管焦斑 r<sub>0</sub> 处的空气比释动能率，mGy/min；

I—管电流，mA，取 1.0mA

$\delta_x$ —发射率常数，mGy·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>；根据厂家提供，本项目 X 射线装

置最大管电压为 160kV，滤过条件为 3mm 铝。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1，初始射线保守取值按照管电压 200kV，滤过条件 3mm 铝，对应发射率常数取 8.9mGy·m<sup>2</sup>/mA·min。

$r_0$ —X 射线管钨靶离焦点的距离，m；

$r$ —X 射线机距计算点的距离，m。

**表 11-1 X 射线空气比释动能率计算结果一览表**

类别	管电流 (mA)	发射率常数 (mGy·m <sup>2</sup> /mA·min)	X 射线管钨靶离焦点的距离 (m)	X 射线机距计算点的距离(m)	空气比释动能率 (mGy/min)
数值	1.0	8.9	1	1	8.9

由于 X 射线装置垂直地面向上发射 X 射线，经接收器后，再由接收器及 3mm 铅板屏蔽，皮带上方人员无法通过，故在估算控制区与监督区距离时仅考虑泄漏射线和散射射线。

### (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 3mm 铅板进行防护。

射线穿过 3mm 铅板后的泄漏辐射在关注点的剂量率  $H$  可用下式计算：

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

式中：

$R$ —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 160kV，介于  $150 \leq kV \leq 200kV$  之间，距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率取  $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

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

$B$ —屏蔽投射因子；

$X$ —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位，mm，本项目取 3mm；

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 160kV, 本次评价按照 X 射线管电压 200kV, 铅的半值层厚度 TVL 取 1.4mm。

由上述参数计算得出  $B=10^{-X/TVL}=10^{-3/1.4}=7.2\times 10^{-3}$ ,  $H=2.5\times 10^3\times 7.2\times 10^{-3}/1=18\mu\text{Sv/h}$ 。

**表 11-2 X 射线探伤装置经 3mm 铅板屏蔽后泄漏辐射剂量率计算表**

类别	屏蔽透射因子 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	$7.2\times 10^{-3}$	$2.5\times 10^3$	3	1.4	1	18

### (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 1.0mA;

$H_0$ ——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  $6\times 10^4$ ; 根据厂家提供, 本项目 X 射线装置最大管电压为 160kV, 滤过条件为 3mm 铝。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 散射辐射屏蔽, 按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值, 散射辐射按照表 2 取管电压 150kV, 滤过条件 3mm 铝, 对应发射率常数取  $5.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ , 即  $5.2\times 6\times 10^4=3.12\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ;

B——屏蔽透射因子;  $B=10^{-X/TVL}=10^{-3/0.96}=7.5\times 10^{-4}$ ; 皮带未经屏蔽时取 1;

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

$\alpha$ ——散射因子, 入射辐射被单位面积 ( $1\text{m}^2$ ) 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（靶点）至探伤工件的距离，m；本项目取 0.8m；

$R_s$ ——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 3mm 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 $H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$ )	屏蔽透射因子 B	辐射野面积 ( $\text{m}^2$ )	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 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
计算结果	1	$3.12 \times 10^5$	$7.5 \times 10^{-4}$	0.035	0.0475	0.8	1	0.607

经计算，经 3mm 铅板屏蔽后，关注点的散射辐射剂量率 H 为  $0.607\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，未经铅板屏蔽部分关注点的散射辐射剂量率 H 为  $810.468\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。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  $811.075\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

### (3)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  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，监督区边界剂量率不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，可计算出 X 射线探伤装置运行时控制区最大距离约为 7.35m，监督区最大距离为 18.01m。建议采取以射线装置为中心，运输带沿线 7.35m 及两侧通道的区域为控制区，在控制区边界以外，以射线装置为中心，运输带沿线 18.01m 及两侧通道的区域为监督区，详见附图 11-1、11-2。

## 11.2 对探伤工作人员的辐射影响

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 175h，在进行探伤作业时，操作人员位于控制区以外通过计算机进行曝光，则操作人员所能接受到最大辐射剂量率为控制区边界剂量率  $15\mu\text{Sv/h}$ 。

$$H = K \times D_r \times t \times T \quad (\text{式 4})$$

式中：H—年有效剂量，Sv/a；

K—空气比释动能对有效剂量的换算系数，Sv/Gy，本项目取 1；

$D_r$ —空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

t—年受照时间，h/a，取 175h/a；

T—居留因子。

根据探伤工作状态与工作频次，考虑到射线装置运行时，1名辐射工作人员进行操作，本项目两台X射线机控制台均位于地面主井驱动机房控制室内，控制台距850运输大巷X射线探伤机水平距离为1500m，距12采区X射线探伤机水平距离为850m，控制台远离射线机，因此本项目辐射工作人员只涉及在井下探伤现场巡视的工作人员，探伤作业时1名辐射工作人员使用辐射监测仪在监督区外进行巡测及巡视，而本项目保守计算出的监督区边界为18.01m。则按照整个探伤过程中作业人员在X射线探伤现场的周围剂量当量率取监督区边界外最大值 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行计算，居留因子取1，由式4计算可知，探伤工作人员最大年附加有效剂量为： $0.438\text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的对辐射工作人员年剂量管理约束值5mSv的要求。

## 11.3对公众的影响

因建设单位人员管理严格，在探伤现场偶尔逗留的其他煤矿工人居留因子取1/16，其所能接触到最大X辐射剂量率按照监督区边界最大值2.5 $\mu$ Sv/h来计算，则公众年最大有效剂量为0.03mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众成员年剂量管理约束值0.1mSv的要求。

## 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的影响和损害程度，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、能量相对较高、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，敏感程度存在一定差异，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须进行日常监测，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，须及时分析原因，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.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，辐射工作人员同时佩戴个人剂量计和剂量报警仪。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**

按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，建设单位设置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。为此，建设单位按照实际情况，在原有辐射防护管理机构的基础上更新相关管理人员，确保专人负责辐射安全管理措施的落实，并做到以下要求：

1.单位负责人为辐射工作安全责任人，设置以主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤的安全和防护工作。

2.辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

3.辐射防护领导机构应加强监督管理，指定专人负责各项规章制度的实施。

### **辐射安全管理规章制度**

#### **1.制定辐射安全管理规定**

在工业 X 射线探伤项目依法取得生态环境部门相关批复手续后方可使用。在射线装置日常使用过程中严格按照监管部门要求进行辐射安全管理，严格规定辐射防护责任制，明确各部门辐射防护职责，确保 X 射线探伤装置安全使用。

#### **2.制定辐射安全操作规程**

凡涉及对 X 射线探伤进行操作的岗位，都要有明确的操作规程，操作人员必须按操作规程进行操作，并做好个人的防护。

#### **3.制定辐射工作岗位职责**

按照安全第一、预防为主的方针及“谁主管谁负责”的原则，制定辐射工作岗位职责，规定辐射工作岗位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，做到分工明确、职责分明，确保安全责任落实到具体人并能顺利实施。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。

#### 4.制定辐射防护和安全操作规程

制定严格的操作规程，辐射工作人员必须按操作规程进行操作，并做好个人的防护。

5.定期对辐射安全和防护设施进行检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。

#### 6.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定期进行检定或者校准，确保监测数值准确可靠。

#### 7.制定辐射工作人员培训及考核管理制度

单位定期组织内部辐射安全培训，辐射管理人员与辐射工作人员须参加生态环境主管部门组织的考核，考核通过后方可上岗。

#### 8.辐射工作人员个人剂量及职业健康管理制

所有从事X射线探伤操作的工作人员进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，个人剂量档案除了包括放射工作人员平时正常工作期间的个人剂量记录外，还包括其在异常情况（事故或应急）下受到的过量照射记录，职业照射个人剂量档案终生保存。在进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案终生保存。

## 日常管理要求

1.每年1月31日前向辐射安全许可证颁发部门提交上一年度辐射安全与防护评估报告。

2.每次进行探伤作业确保由两人共同进行,辐射工作人员通过辐射防护考核方可开展辐射工作。

3.定期对公司内部辐射安全管理情况进行自查,发现辐射安全隐患及时进行整改。

4.定期检查矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤机

定期检查的项目包括: 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按钮的检查; d) 制造商推荐的其他常规检测项目。

5.每年对矿用钢丝绳芯输送带X射线探伤装置至少开展一次维护

设备维护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,须保证所更换的零部件都来自设备制造商。做好设备维护记录。

## 辐射监测

定期委托有资质的辐射环境监测机构进行工作场所辐射环境剂量监测和辐射工作人员个人剂量监测。

1.监测内容

工作场所辐射环境剂量监测、辐射工作人员个人剂量监测。

2.监测频次

(1)每年委托有资质的辐射环境监测机构对辐射工作场所进行X辐射剂量当量率监测;

(2)委托有资质的辐射环境监测机构进行个人剂量监测;常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂

量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为1个月，最长不超过3个月。

(3)异常结果调查：当工作人员职业外照射个人监测结果超过调查水平时，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中附录C的C.4所示的内容进行调查。

(4)每个月对探伤装置周围剂量率进行定期自行监测，以验证场所分区及操作位安全性，自行监测点位图见附图12-1、附图12-2。

### 3.监测点位

操作位、监督区及控制区边界等其他敏感点。

### 4.其他要求

监测记录清晰、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，该公司须及时修订《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须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，要及时收集和保存个人剂量计或其他材料，协助有关部门或机构对受照人员开展剂量评估；

(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)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

宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置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》（GBZ 117-2022）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 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，由于 X 射线装置垂直地面向上发射 X 射线，除用于 X 射线出束格外，其他方向均使用 3mm 铅板进行防护。参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），结合本项目实际情况，将作业场所中周围计量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的范围化为控制区，控制区边界应设置红色醒目标识线；将作业场所中周围计量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的范围化为控制区。本项目两台 X 射线机控制台均位于地面主井驱动机房控制室内，控制台远离射线机，因此本项目辐射工作人员只涉及在井下探伤现场巡视的工作人员，探伤作业时 1 名辐射工作人员使用辐射监测仪在监督区外进行巡测及巡视，防止无关人员进入。在控制区、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。

## 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为 0.438mSv/a，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。

## 3.对公众的辐射影响结论

公众年最大有效剂量为 0.03mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众成员年剂量管理约束值 0.1mSv 的要求。

# 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（2024 年本）》（国家发展改革委第 7 号令）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 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

宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤，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，宁夏宁鲁煤电有限责任公司任家庄煤矿矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤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》（GBZ 117-2022）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）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，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。

