
核技术利用建设项目

宁夏宝丰集团红四煤业有限公司矿用
钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置
环境影响报告表

宁夏宝丰集团红四煤业有限公司

2022 年 8 月

中华人民共和国生态环境部制

核技术利用建设项目

宁夏宝丰集团红四煤业有限公司矿用
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：宁夏宝丰集团红四煤业有限公司

建设单位法定代表（签名或签章）：

通用地址：宁夏宝丰集团红四煤业有限公司

邮政编码：750000 联系人：贺宁

电子邮箱：442659637@qq.com

联系电话：18895291378

2022 年 8 月

表 1 项目基本情况

建设项目名称		矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置			
建设单位		宁夏宝丰集团红四煤业有限公司			
法人代表	孔军峰	联系人	贺宁	联系电话	18895291378
注册地址		宁夏银川市兴庆区宁夏国际小商品交易中心 1 号楼 1A019			
项目建设地点		宁夏宝丰集团红四煤业有限公司			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	55	项目环保投资 (万元)	13.5	投资比例(环保 投资/总投资)	24.54%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封 放射性 物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 甲 ☐ 乙 ☐ 丙		
	射线 装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	1.1 建设单位情况 宁夏宝丰集团红四煤业有限公司成立于 2012 年 09 月 28 日,位于宁夏银川市兴庆区贺兰山东路,红四煤矿是国家发改委批复的宁夏银川市红墩子矿区总体规划(发改能源[2013]374 号)中的规划矿井之一。井田范围北部以贺兰山公路保护煤柱线为界,东部以±0m 水平线为界,西部以各煤层风化带底界为界,南部以红墩子矿区矿业权设置方案批复的范围为界。矿井地质资源储量 2.7769 亿吨,设计可采储量 1.64 亿吨,煤质为气煤,设计生产能力 2.4Mt/a。井田东西长约 5.3km,南北宽约 4.8km,面积 22.3km²,开采标高为+700m~±0m。采用立井开拓,井底车场为+280m 水平,采用主要石门及上山巷道贯穿整个采区;通风方式为中央并列抽出式,主、副井进风,风井回风,采区已形成全风压通风。 1.2 建设目的及规模 1.2.1 建设目的				

皮带输送机是煤矿生产中必不可少的设备，皮带(强力皮带)是带式输送机牵引和运载的重要部件，在使用过程中，由于皮带载荷量增加、被矸石等异物或障碍物划伤、长期在恶劣环境下使用使皮带老化、钢丝绳芯接头搭接和硫化不好等原因而产生钢丝绳芯断裂、划伤、锈蚀、接头伸长等故障，一旦发生故障将会造成重大安全事故和人员伤亡。因此宁夏宝丰集团红四煤业有限公司拟设置 2 台 KJ1143 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置对输送皮带的断绳、锈蚀、损伤等状况进行检测。

因核技术应用项目会对周围的环境带来一定程度的辐射影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》，宁夏宝丰集团红四煤业有限公司使用的 2 台 KJ1143 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置项目需要进行辐射环境影响评价。

根据《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）、《射线装置分类办法》（环保部公告 2017 第 66 号），本项目使用的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》，本项目使用 II 类射线装置应编制环境影响报告表。宁夏宝丰集团红四煤业有限公司委托宁夏北国润清生态环境咨询有限公司对 2 台 KJ1143 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置进行环境影响评价。

1.2.2 符合性分析

□与《产业结构调整指导目录（2019 年本）》的符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号）中第一类鼓励类中“六、核能：6.同位素、加速器及辐照应用技术开发”和“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”，属于国家鼓励类项目，因此，项目建设符合国家产业政策。

□项目实践正当性

本项目使用 II 类射线装置进行无损检测。辐射工作人员于 2022 年 6 月参加了 X 射线探伤辐射安全与防护平台的培训，并通过考核，成绩合格（见附件 2）。工作人员及公众受辐射剂量在采取各项防护措施后均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员、公众成员的年有效剂量限值。

通过无损检测系统的应用,对于预测矿用钢丝绳芯输送皮带的断裂有其他技术无法替代的特点,对减少煤矿因为皮带断裂引起的安全和影响生产的情况发生起了一份重要的作用,具有明显的社会效益和经济效益。因此,本项目的实施对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要远大于其可能引起的辐射危害,项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

1.2.3 建设规模

本项目为宁夏宝丰集团红四煤业有限公司首次使用辐射装置,主要在井场内新建 2 套 KJ1143 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置,分别位于采区胶带上山机头硐室、西翼胶带机上山段,用于准确评定钢丝绳芯输送带工作状态是否存在隐患,项目主要为设备的安装,具体建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目建设内容一览表

工程名称	建设内容		主要环境影响因素		备注
			施工期	运营期	
主体工程	采区胶带上山机头硐室 X 射线探伤装置	安装 X 射线探伤装置发射箱、接收箱、电缆、机架等,并在出束口安装 1mm 铅+1mm 钢板厚内漏斗状防护板,在流向、过道及顶部安装 1mm 铅+1mm 钢板厚防护板组成的防护罩(2126mm*914mm*2140mm)。	设备安装,产生施工噪声;设备调试产生辐射影响。	X 射线辐射	皮带规格分别为 900m*1.4m 及 1200m*1.4m,皮带带速均为 3.15m/s。
	西翼胶带机上山段 X 射线探伤装置	安装 X 射线探伤装置发射箱、接收箱、电缆、机架等,并在出束口安装 1mm 铅+1mm 钢板厚内漏斗状防护板,在流向、过道及顶部安装 1mm 铅+1mm 钢板厚防护板组成的防护罩(2126mm*914mm*2140mm)。			
	控制室	位于地面调度室,主要配置计算机、显示器、打印机,可实现皮带实施动态,实现智能分析及抓拍。			
依托工程	控制室依托现有地面调度室;装置位于地下 930m 处,依托巷道或硐室内的混凝土墙可进一步减少射线影响;工作人员从厂区人员调配。		/	/	无新增劳动定员

本项目 2 套矿用钢丝绳芯输送带无损检测装置具体参数见表 1-2。

表 1-2 射线装置基本参数一览表

装置位置	名称	类别	数量	型号	最大管电压(KV)	最大管电流(mA)	发射功率(mW)	出束时间(min/d)	辐射剂量率(μSv/h)	
									控制区边界	监督区边界
采区胶带	矿用钢丝	□	1	KJ1143	150	1	≤150	25	≤15	≤2.5

上山机头硐室	绳芯输送带 X 射线探伤装置									
西翼胶带机上山段		□	1	KJ1143	150	1	≤150	11	≤15	≤2.5

1.2.4 劳动定员及工作时间

建设单位煤炭开采采用三班工作制，每班工作 8h，年工作时间 350d。

在皮带机头处各设置有皮带操作室，分别位于距离探伤机 24m、20m 处，各配备 1 名皮带操作人员，负责皮带输送机的开启、关闭，在不操作时参与其他杂务。

X 射线探伤装置每天开机检查一次，拟配备 1 名辐射工作人员，位于地面控制室控制探伤系统；位于采区胶带上山机头硐室皮带出束时间为 25min/d（146h/a），西翼胶带机上山段皮带出束时间为 11min/d（64h/a）。

1.3 项目选址及保护目标

1.3.1 项目选址

本项目位于宁夏宝丰集团红四煤业有限公司内，其东侧为内部路，西、北、南侧均为空地，项目地理位置见图 1-1，项目具体位置示意图见图 1-2。

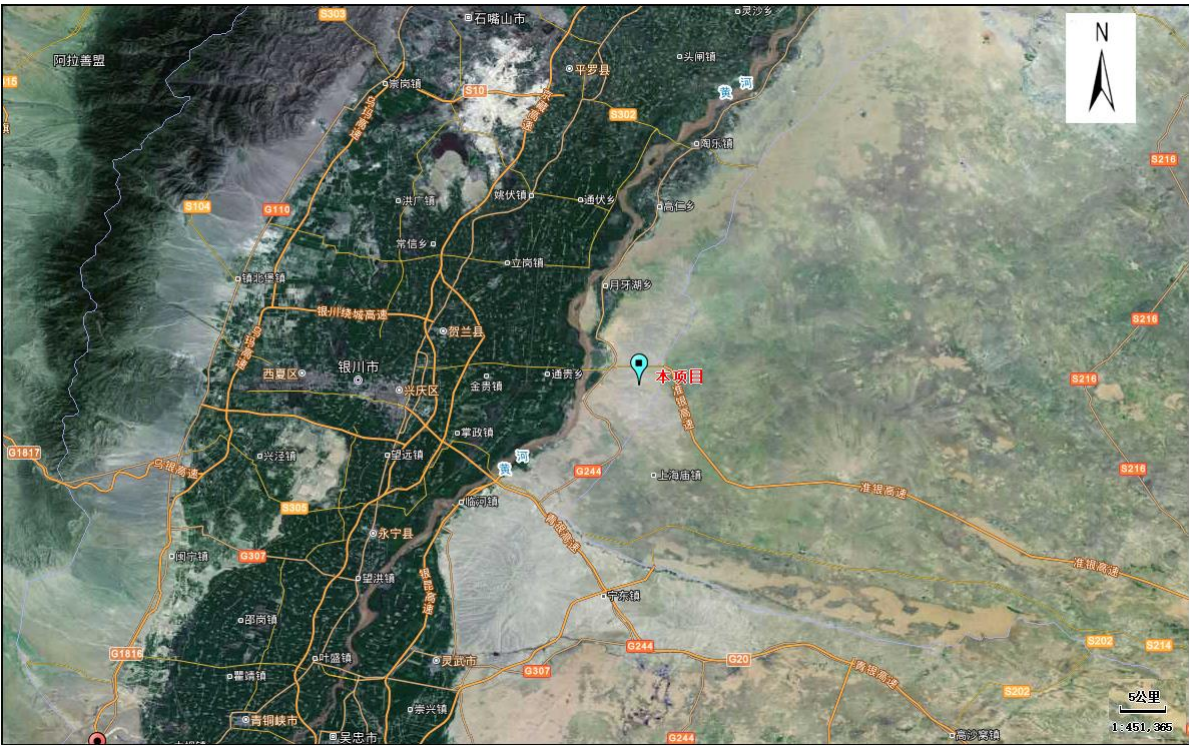


图 1-1 项目地理位置

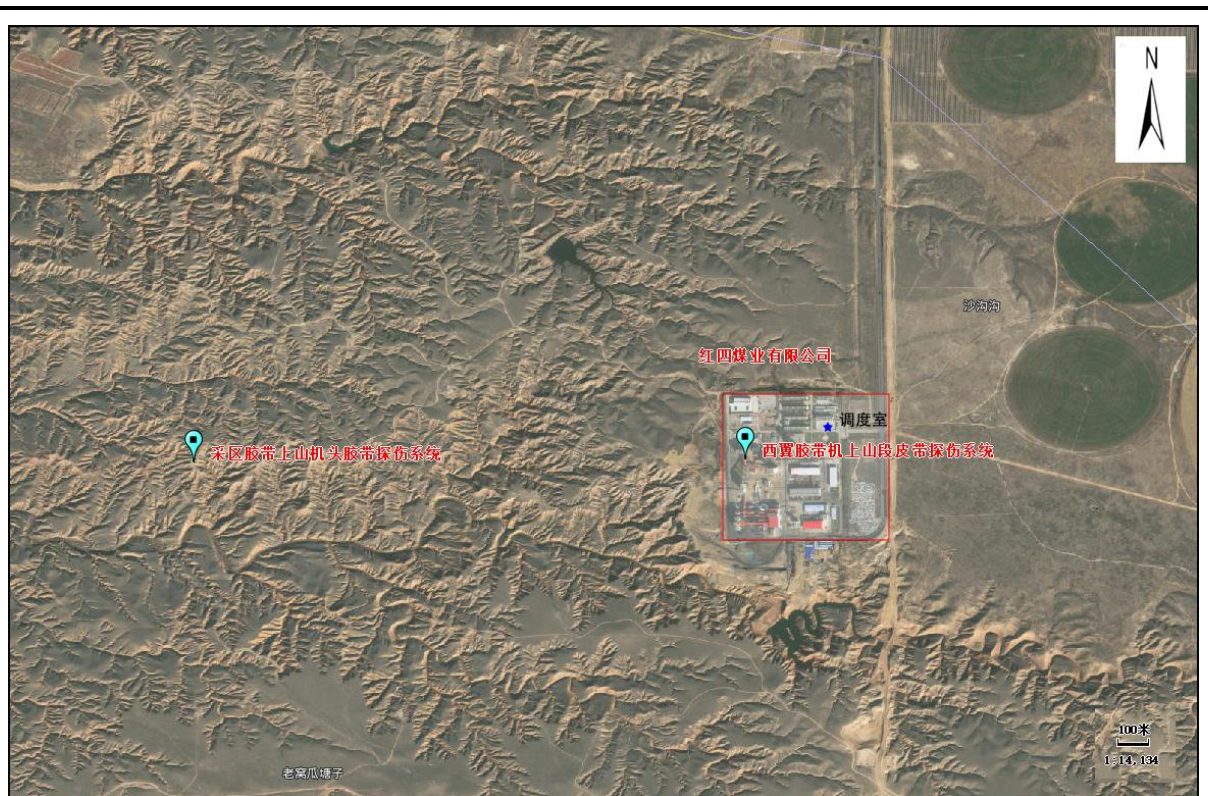
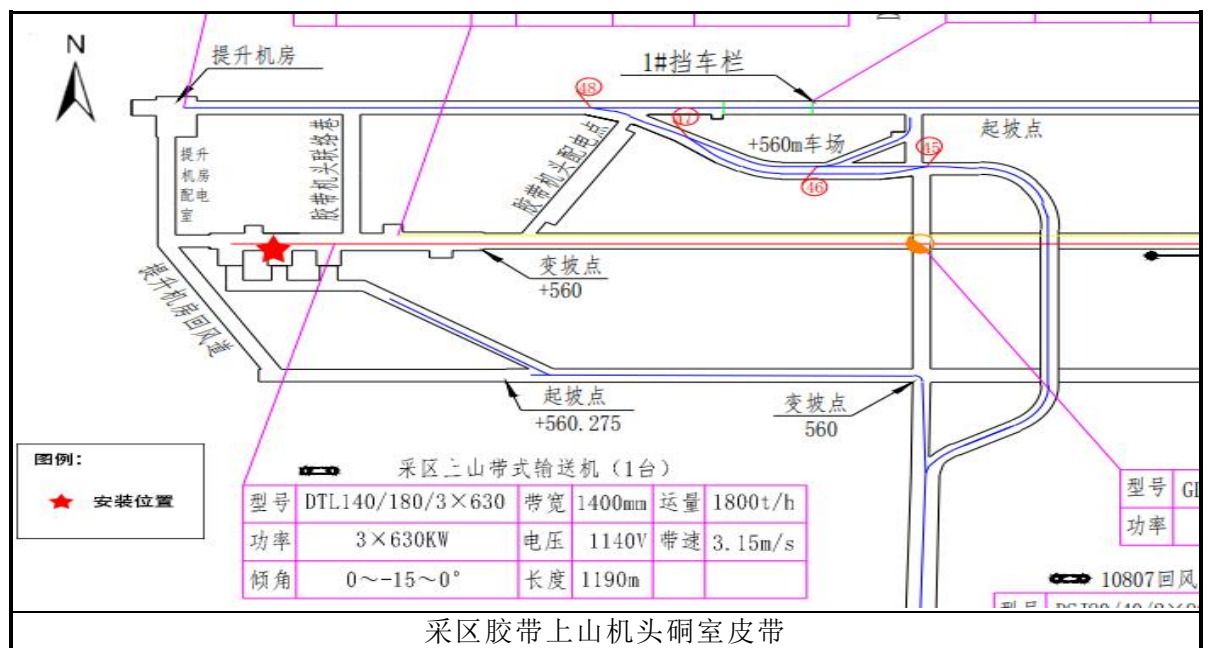


图 1-2 项目具体位置示意图

本项目 2 套 X 射线探伤装置均位于井下 930m 深处，设备安装地点分别位于采区胶带上山机头硐室，西翼胶带机上山段。2 套 X 射线探伤装置控制室与装置安装位置水平距离分别约 2213m、406m；四周平面布置图见图 1-3。



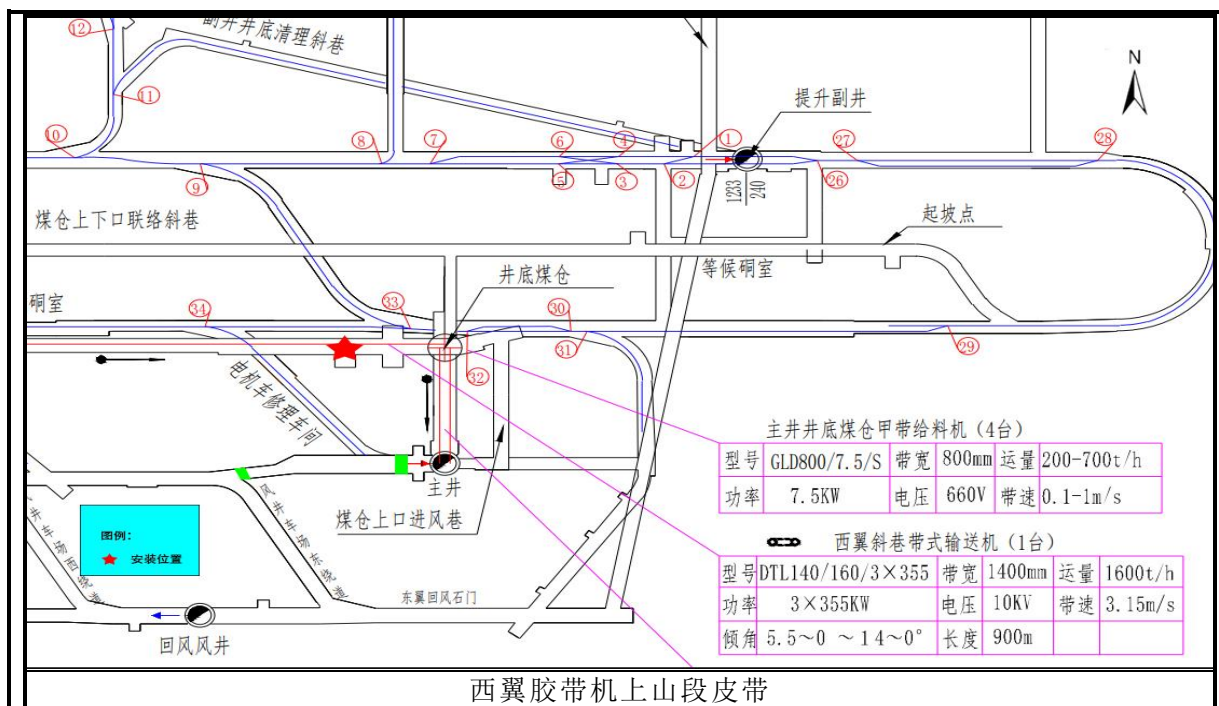


图 1-3 项目四周平面布置图

X 射线发生器安装在输送带皮带下侧，主射线方向向上，安装示意图见图 1-4。

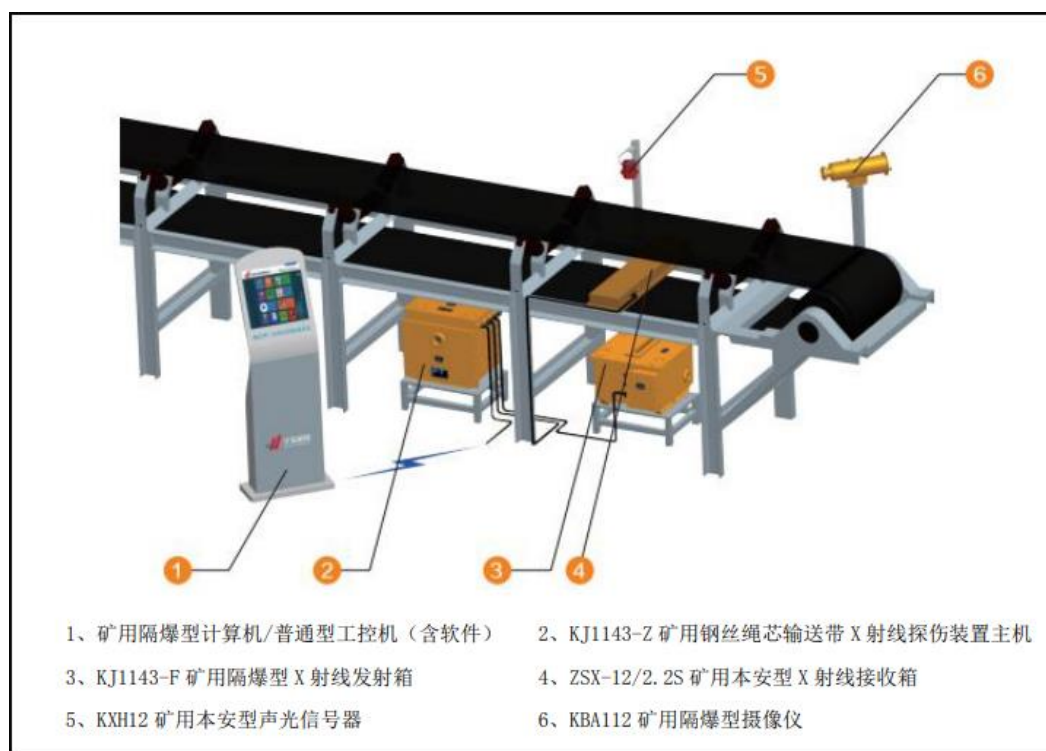


图 1-4 探伤机安装位置示意图

该探伤装置全部安装于井下，探伤区域包括西翼胶带机上山段皮带，采区胶

带上山机头皮带，井下皮带除操作人员及皮带检修、巡查人员外无外来人员进入，探伤区域工艺流畅、布局合理，满足安全防护要求，便于分区管理和辐射防护，平面布置合理。无制约因素，选址合理可行。

1.3.2 环境保护目标

项目周围相对空旷，项目周围 50m 范围内无常住居民。本项目保护目标主要为皮带操作人员、巡查人员。

表 2 放射源

序号	核素名称	活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	本项目不涉及放射源	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	本项目不涉及非密封放射性物质	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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	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（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等。

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	1 台	KJ1143	150	1	无损检测	采区胶带上山机头硐室	/
2	X 射线探伤机	II	1 台	KJ1143	150	1	无损检测	西翼胶带上山段	/

(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	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^3 ，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^3)和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	1. 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）； 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月）； 3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月）； 4. 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 6 月）； 5. 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》； 6. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订）； 7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2017 年 12 月修改，部令第 47 号)； 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月）； 9. 《关于发布放射源分类办法的公告》（2005 年 12 月）； 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》（2006 年 9 月）； 11. 《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》（2019 年 2 月）。
技术标准	1. 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）； 2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 3. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61—2021）； 4. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157—2021）； 5. 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)； 6. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)。
其他	1. 环境影响评价委托书； 2. 项目辐射现状监测报告； 3. X 探伤机说明书； 4. 建设单位提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的格式和内容》（HJ10.1-2016）中“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”的要求（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 2 台 KJ1143 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置均位于井下 930m 处，采区胶带上山机头硐室探伤装置所在位置为硐室内，西翼胶带机上山段探伤装置所在位置为巷道内，因此项目辐射评价范围为射线装置所在巷道或硐室 50m 水平距离范围内。

7.2 保护目标

本项目新建 2 台 KJ1143 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置，该装置位于地下 930m，采区胶带上山机头硐室段周围为巷道，无行人通道。西翼胶带机上山段有一段 24m 长通道及皮带操作室。本项目周围保护目标见表 7-1。

表 7-1 保护目标具体分布情况

类型	工作场所	保护目标	方位	距离	人数
一般工作人员	皮带操作室	皮带操作人员	监督区周围	50m 内	2 人
公众人员	通道	流动人群	监督区周围	50m 内	约 5 人

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

根据附录 B 中规定：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应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)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；

- 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。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

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。

本项目取年有效剂量限值的四分之一作为年管理剂量约束值，即对工作人员年管理剂量约束值不超过 5mSv，公众年管理剂量约束值不超过 0.25mSv。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于适用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置(以下简称 X 射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

□工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

- a)探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。
- b)一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围内划为控制区。
- c)控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。
- d)现场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，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施(如铅板)。
- e)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。
- f)应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 μ 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。

g)现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时,应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

h) 探伤机控制台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) 相关标准限值要求

表 7-3 相关标准限值要求

分类	限值要求			参照标准
年有效剂量	类别	剂量限值	剂量约束值	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
	职业照射	20mSv/a	5mSv/a	
	公众照射	1mSv/a	0.25mSv/a	
射线装置 外剂量率	控制区剂量当量率	>15μSv/h		《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）
	监督区剂量当量率	(2.5-15) μSv/h 之间		

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

为掌握项目拟安装装置工作场所及周围环境的辐射水平，本次评价委托宁夏盛世蓝天环保技术有限公司对本项目安装场所及周边环境的辐射环境进行了监测。

（1）监测方案

监测时间：2022 年 07 月 15 日

天气条件：气温 24.7-26.2℃，风湿度 45.5-47.1%

技术参数：仪器对宇宙射线的响应值（宁夏回族自治区平罗县沙湖）：

28.9nSv/h

评价对象：环境 γ 辐射

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在拟建位置四周及硐室入口、皮带操作室处等点位进行监测，监测布点图见图 8-1。

监测方案如下：

测量的目的：获得环境辐射天然本底水平资料

测量频次：1 次

使用的仪器和方法：AT1123 型 X- γ 辐射剂量测量仪，《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

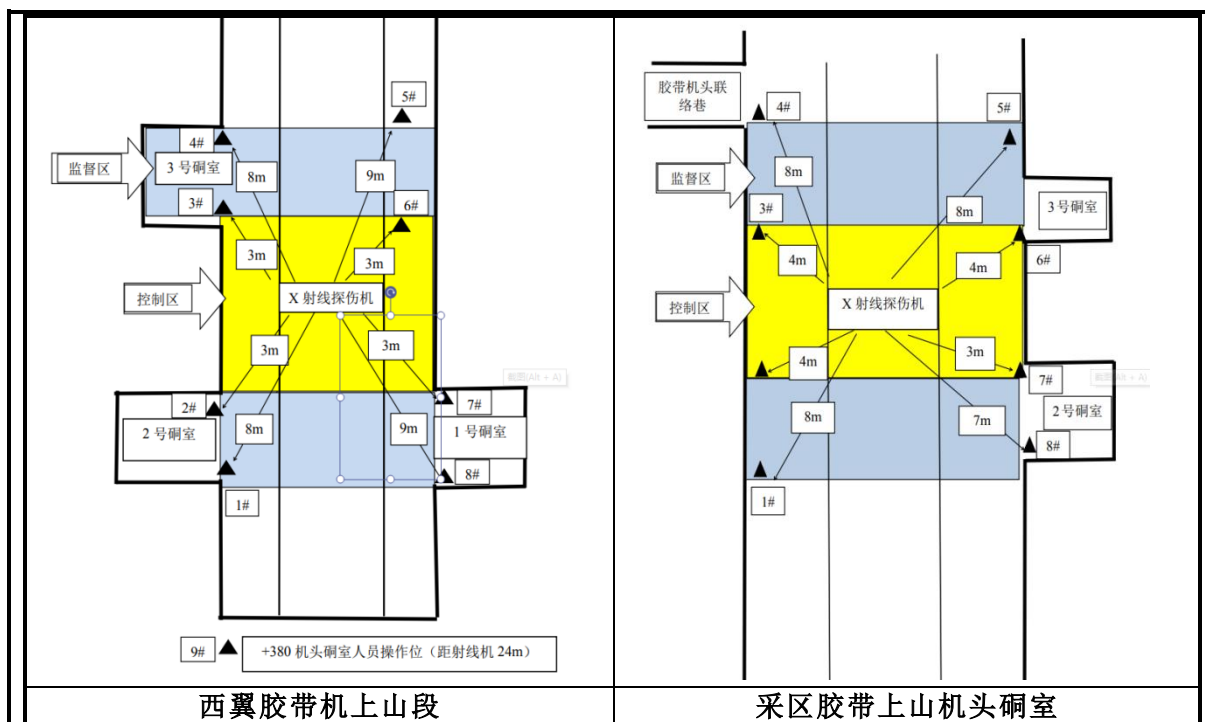


图 8-1 监测点位图

(2) 质量保证措施

仪器性能符合《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）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；辐射环境调查使用的仪器为 AT1123 型 X- γ 辐射剂量测量仪，量程范围：10 μ Sv/h~10Sv/h，仪器于 2022 年经上海市计量测试技术研究院检定，检定证书号：2022H21-10-3869751001。

(3) 监测结果

拟安装位置周围辐射环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-1。

表 8-1 拟安装位置本底监测结果 单位：nSy/h

序号	监测地点	γ 空气吸收剂量率
1	西翼胶带机上山皮带探伤装置东南侧 4m 处	74.4
2	西翼胶带机上山皮带探伤装置西南侧 4m 处	75.4
3	西翼胶带机上山皮带探伤装置东北侧 4m 处	72.8
4	西翼胶带机上山皮带探伤装置西北侧 4m 处	68.2
5	西翼胶带机上山皮带探伤装置安装位置	72.4
6	+560m 采区胶带上山皮带探伤装置西北侧 4m 处	67.6
7	+560m 采区胶带上山皮带探伤装置东北侧 4m 处	71.4
8	+560m 采区胶带上山皮带探伤装置东南侧 4m 处	73.2
9	+560m 采区胶带上山皮带探伤装置西南侧 4m 处	73.0
10	+560m 采区胶带上山皮带探伤装置安装位置	72.4

11	井下对照点	68.8
未扣除仪器对宇宙射线的响应值。		
由表 8-1 监测结果可知,探伤装置周围辐射环境本底 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 67.6nSy/h~75.4nSy/h(未扣除仪器对宇宙射线的响应值),根据《2020 年宁夏生态环境质量状况》中银川市环保局西夏分局站点的 γ 辐射空气吸收剂量率最为 87.1nSy/h,本项目辐射环境质量在银川市天然环境本底范围内。		

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备

KJ1143 型矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置由矿用隔爆型 X 射线发射箱、矿用本安型 X 射线接收箱、矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置主机等组成。

(1) 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置主机

该部分主要实现了电源控制通断、电压转换，设备状态监测和信号传输功能，输入电源首先通过电压转换电路，实现多路不同电压输出形式，各路输出电压通过控制器控制通断状态；控制器接收上位机命令实现控制命令，并将采集到的信号以规定信号格式从指定传输接口发送至上位机。

(2) 矿用隔爆型 X 射线发射箱

该部分主要实现射线束的产生、发射功能，通过将接入的电压进行升压处理，使管端压差达到一定值后产生射线，射线经过过滤后形成射线束。

(3) 矿用本安型 X 射线接收箱

采集电路通过采集穿透皮带后的射线信号，将其转化为不同模拟电压信号，模拟电压信号通过高精度 AD 转化为数字信号，数字信号经处理器编码后存储，在接收到上传命令后，组织数据以规定信号格式从指定传输接口发送至装置的主机。本项目主要设备见表 9-1。

表 9-1 主要设备清单

序号	名称	规格	数量
井下部分			
1	矿用隔爆型 X 射线发射箱	KJ1143-F	2 台
2	矿用本安型 X 射线接收箱	ZSX-12/口 S	2 台
3	矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置主机	KJ1143-Z	2 台
4	矿用本安型声光信号器	KXH12	2 台
5	煤矿用移动轻型橡套软电缆	MYQ-0.3/0.5	/
6	煤矿用阻燃通信光缆	MGXTSV	/
7	机架及铅防护	现场定制	2 套
井上部分			
8	计算机	研华	2 台
9	显示器	/	2 台
10	打印机	A4	1 台

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的

材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属(如钨、铂、金、担等)制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 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。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构示意图如图 9-1 所示：

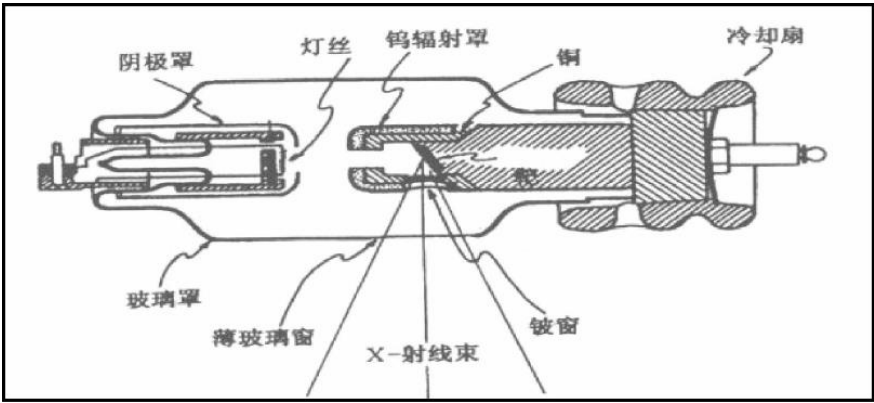


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

主要技术参数见表 9-2。

表 9-2 设备主要技术参数

项目	参数
系统电源电压	可选交流 AC1140V/660V/380V/127V，50Hz
可容监测输送带运行速度	0~10m/s
可容监测输送带宽度	≤2200mm
可容监测输送带厚度	全系列
可检测接头硫化等级	自动识别各级或混合搭接的接头
通讯方式	无线 WiFi+以太网+光纤传输
检测原理	X 射线透视
损伤点定位误差	纵向≤50mm、横向≤10mm
检测分辨率	1.6mm
外壳防护等级	接收箱 IP65，其他 IP54

9.2 工作流程

工作流程：本系统基于 X 射线透视技术，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，实现对输送带内钢绳芯断绳、锈蚀、接头抽动及带面损伤等工况的高速、在线、无损检测及定位，对发现的可疑部分可以抓拍、定位、比对及测量，并可将视频图像及报表打印输出。设备工作原理如下图 9-2：

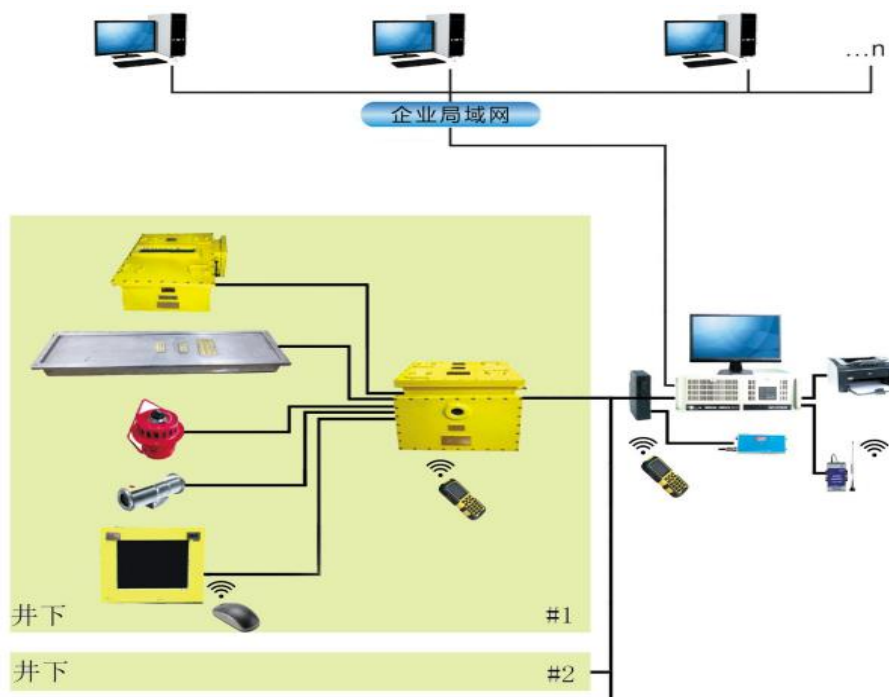


图 9-2 矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置工作原理

本项目系统控制室位于地面调度室，操作人员无需到达现场，就可以通过安装在控制室的远程计算机系统完成所有设备操作和检测工作。操作人员只需在软件界面上按下一个按钮，系统即启动运行，并在完成皮带数据读取、识别、储存等整个检测过程后自动关闭设备电源退出。

矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置安装在井下采区胶带上山机头硐室及西翼胶带机上山处，皮带运行状态实时显示在电脑屏幕上，用户可以直观地看到皮带状态。设备正常运行时，当有接头或其它异常通过探测器时，系统进行智能分析并抓拍，同时有声光报警提示。皮带运行一圈后，系统自动将本次测试过程中识别的信息自动排序，并形成 PDF 格式的图文报告，方便用户拷贝、打印等。

通过软件算法对胶带数据进行自动分析，无需人员辅助即可完成对整条胶带数据中的断裂、异常和接头抽动等情况的识别，并将各种缺陷数据分类罗列，方便用户查阅及维修。

启用“无人值守”功能后无需人员看守，软件即可根据用户设定的时间自动运行并完成检测工作。

9.3 工作方式及频次

采区胶带上山机头硐室探伤装置出束时间为 25min/次，西翼胶带机上山皮带探伤装置出束时间为 11min/次，1 次/天，固定时间段操作。

在采区胶带上山机头硐室及西翼胶带机上山皮带机处各配备一名皮带作业人员，皮带操作人员在开启皮带后远离至监督区外。与地面控制室确定远离后，系统开启 X 射线源前，操作人员点击主界面的预警功能，通过语音“射线源即将启动，请远离”提示附近人员离开。设备运行过程中，会持续发出鸣笛警报，对附近过往人员进行安全警示；探伤装置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。“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，在探伤室外醒目位置设置“预备”和“照射”信号意义的说明；在距 X 射线探伤装置外设置防护围栏，围栏高 2.5m，设置门-机连锁装置，围栏门打开设备即会自动断电并保证门在关闭后 X 射线装置才能探伤作业，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；在探伤装置外设置防护网，设置有辐射警示标识及紧急停机按钮，在出现紧急事故时能立即停止照射；在确认探伤作业结束后再进入皮带操作室工作。

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。

（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臭氧，由于本项目产生的臭氧量很小，且臭氧化学性质活泼，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。

（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。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

(1) 项目工作场所布局

2 套 X 射线探伤装置均位于井下 930m 处,其中一套探伤装置安装在采区胶带上山机头硐室,该段为斜井带式输送;另一套探伤装置安装在西翼胶带机上山机头处,该段为水平皮带输送。周边均为硐室或巷道,平常仅有皮带操作员或巡检人员通过。控制室位于地面行政楼调度室,水平距离分别为 406m,2213m。射线装置运行分别 11 分钟/次和 25 分钟/次,1 次/天,固定时间段操作。

现场检测无需人员看守和操作,所有操作均在地面调度室内进行,极大提高了辐射环境的安全性,满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GB117-2015)的防护要求。探伤装置布局合理。

10.2 分区原则和区域划分情况

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。

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GB117-2015)的防护安全要求应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划分为控制区,与墙壁外部相邻区域划分为监督区",并根据设备生产单位对场所分区的指导方案,将本项目场所进行分区管理,划分为控制区和监督区,并设置相应标识。探伤装置分区管理图见图 8-1。

控制区:将辐射工作场所周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区,控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”的警告牌。

监督区: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,边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌。必要时安排专人负责警戒,防止无关人员入内。

本项目拟使用“1+1”模式进行屏蔽,即 X 射线发射箱发射口设置内漏斗状的防护外壳,采用 1mm 厚铅+1mm 厚钢板;侧向防护板四周采用 1mm 厚铅+1mm 厚钢板复合材料做为防护罩对射线进行屏蔽。探伤室顶部采用 1mm 厚铅+1mm 厚钢板复合材料作顶部防护。

控制区与监督区划定:

屏蔽铅层的厚度当量为 2.18mmPb。

引用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算方法，关注点的剂量率按下式计算：

$$H = \frac{I \times H_0 \times 6 \times 10^{-4} \times B}{R^2} \dots\dots\dots (式 10-1)$$

式中：

H —关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；（1mA）

B —屏蔽透射因子，取 $10^{-3.85}$ ；

R —距辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

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 ；经查询《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT 250-2014）中表 B.1 可知，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 见表 10-1，本项目 X 射线机最大管电压为 150kV 进行估算。

表 10-1 X 射线输出量

序号	管电压 kV	过滤条件	输出量 $H_0 \text{ mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$
1	150	3mm 铝	18.3

经计算，控制区与监督区边界如下表：

表 10-2 有用线束方向控制区与监督区边界范围估算结果

序号	X 射线探伤机型号	H_0	控制区边界（m）	监督区边界（m）
1	KJ1143	18.3	3.2	7.9

本项目 X 射线探伤机满功率开机条件下探伤，使用 1mm 铅皮+1mm 钢板复合材料包裹 X 射线出束口，并在设备四周及顶板采用 1mm 铅皮+1mm 钢板做为防护罩对射线进行屏蔽，则有用线束射线方向控制区范围最大约为 3.2m，监督区最大约为 7.9m。控制区与监督区边界图见图 10-1。

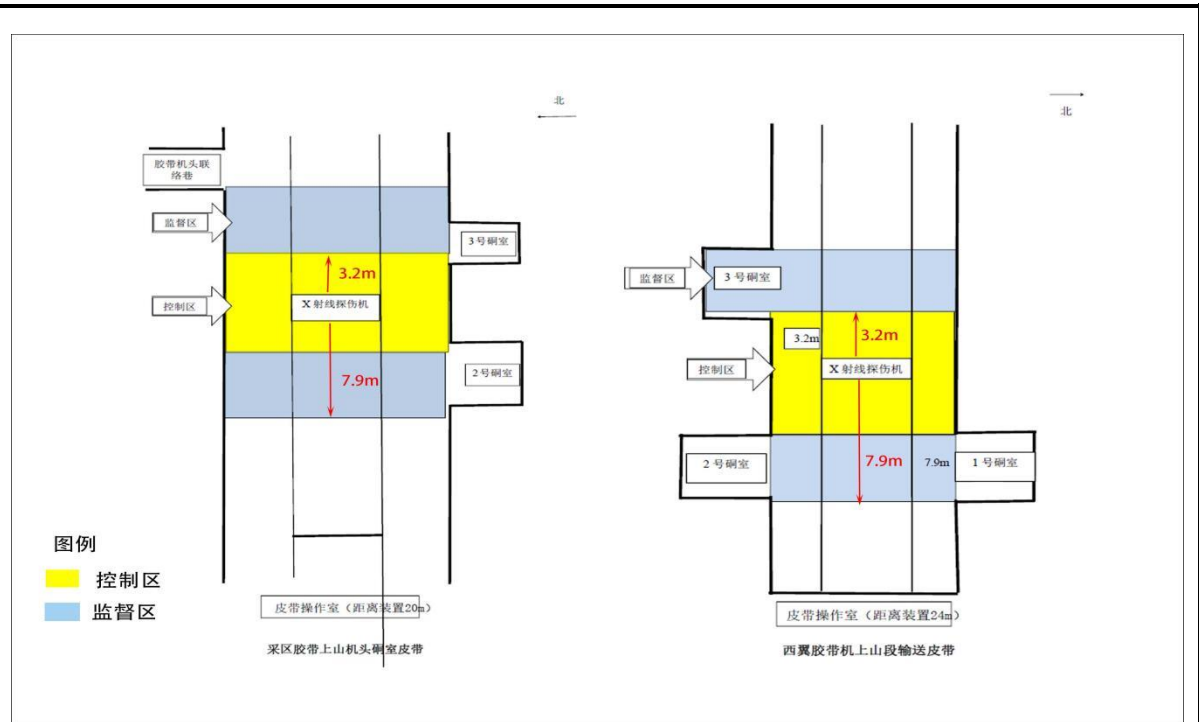


图 10-1 项目控制区与监督区边界示意图

10.3 工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目 X 射线探伤装置固定向上出束，使用 1mm 铅皮+1mm 钢板复合材料呈内漏斗状包裹住 X 射线出束口，并在设备四周及顶板采用 1mm 铅皮+1mm 钢板做为防护罩对漏射线、散射线进行屏蔽。

10.3.1 辐射安全措施

(1) 远程控制

操作人员在调度室内进行远程操作，X 光机设有密码，未启动设备自带软件的开关按钮，设备无法运行；管电压与管电流由软件自动设定，控制器自动稳定管电压和管电流。

(2) 工作状态指示灯

无损检测系统顶部设置工作状态指示灯，X 射线出束过程中，报警灯会持续闪烁红光。

(3) 控制器监控

当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压。

10.3.2 安全联锁装置

(1) 自动联锁

探伤装置机柜安装有门机联锁安全装置，在机柜关闭时，射线管才进行加高压操作，机柜受力松动或打开时会自动关闭 X 射线。

(2) 防护围栏

在距 X 射线探伤装置外设置防护围栏，围栏高 2.5m，围栏的门与探伤装置联锁，围栏门打开设备即会自动断电。

(3) 紧急止动开关

设备上自带紧急止动按钮，按下即可停止 X 射线出束。

(4) 视频监控装置

探伤装置周围设置监控摄像头，辐射工作场所设置监视用摄像装置，以观察辐射工作场所内人员驻留情况和设备运行状态。

(5) 安全警示标志、警示系统

1) 安全警示标志

在辐射源箱体表面设置醒目的电离辐射警示标志，警示周围人员不要靠近。在控制区边缘设置醒目的警示标志，悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌。在控制区安装可以上锁的防护围栏，探伤作业时防护栏杆上锁，防止人员进入探伤场所。进入探伤场所。在监督区边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并安排专人负责警戒，防止无关人员入内。

2) 警示系统

主斜井带式输送机上段主井井口房内无损检测系统应有提示“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。

3) 语音广播设备

在探伤系统内应设置语音广播设备，在辐射工作场所内设置扬声器，用于提醒现场人员注意和撤离辐设工作区。

10.3.3 安全操作要求

(1) 探伤工作人员进入探伤区域时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人

员应立即离开探伤区域，同时阻止其他人进入探伤区域，并立即向辐射防护负责人报告。

(2) 应定期测量围栏外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当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。

(3) 交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

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

(5) 定期检修设备，有使用寿命的必须按时更换，防止因设备故障而发生辐射事故。

通过加强以上防护设施，本项目能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GB117-2015)提出的防护要求。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，将 X 射线探伤装置及周围区域划分为控制区和监督区。以 X 射线探伤装置防护外门、墙为界，将其划为控制区，严禁无关人员进出控制区，保障该区的辐射安全；该控制区以外部分划为监督区，对该区不需采取专门的安全防护措施，但要定期检查其辐射剂量。

1) 控制区：

仅限工作人员入内，其它人员不能在这些区域停留，并设置明显的电离辐射标志，控制区边界应设置红色醒目标识线。

2) 监督区：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)和《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)的要求，结合本项目具体情况，将本项目各辐射工作场所划分为控制区和监督区。

(6) 应急物资：本项目每台装置拟各配备铅衣 2 套、铅箱 1 个，长柄夹 1

支，灭火器若干。

(7) 人员培训：所有辐射工作人员应通过生态环境部开发的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，未通过考核不得领取或使用 X- γ 射线探伤机。本项目建成时应确保辐射工作人员均通过辐射安全与防护考核，持证上岗。

上岗后，公司应按照规定定期组织辐射工作人员、皮带操作员进行职业健康体检，建立个人健康档案。定期组织辐射工作人员的再培训，以保证辐射工作人员达到所需要的水平。

10.4 环保投资

本项目总投资 55 万元，环保投资 13.5 万元，占总投资的 24.54%。环保设施（措施）及其投资估算见表 10-3。

表 10-3 环保设施（措施）及投资估算一览表

分类	环保设施	数量	投资 (万元)
屏蔽防护	在出束口安装 1mm 铅+1mm 钢板厚内漏斗状防护板，在流向、过道及顶部安装 1mm 铅+1mm 钢板厚防护板组成的防护罩（2126mm*914mm*2140mm）	/	5.0
场所设施	射线装置监督区、控制区标识、电离辐射标志、警戒线、声光警示灯等	若干	4.0
	监控摄像头、红外报警装置	2 套	
监测设备	便携式 X- γ 剂量率仪	2 台	3
	个人剂量报警仪（有监测功能）	3 台	
应急物资	铅衣	4 套	1.5
	长柄夹	2 支	
	应急铅箱	2 个	
	灭火器	若干	
合计			13.5

10.5 三废的治理

□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臭氧，由于本项目产生的臭氧量很小，且臭氧化学性质活泼，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。可利用巷道的通风装置进行通风。

□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。工作人员办公生活废水依托厂区现有废水处理设施处理。

□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。

表 11 环境影响分析

11.1 建设或安装阶段对环境的影响 本项目将 X 射线探伤装置安装在输送皮带上，在硐室及巷道内进行，不存在土建施工影响。 探伤装置在建设过程不产生 X 射线，不会对周围辐射环境产生影响。在安装调试中会产生 X 射线，但时间很短，辐射影响很小。安装调试由厂商进行，建设单位不得执行拆卸、安装设备。安装调试期间，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，在探伤装置周围设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。安装调试结束后，项目建设阶段影响将随之消除。
11.2 运行阶段对环境的影响 本项目运行阶段产生的环境影响主要为系统检查过程中产生的 X 射线的辐射影响。因该系统控制室位于地面，采区胶带上山输送设备探伤装置装置位于皮带运输通道内，无行人通道、主射方向为无人员可达区，在距离装置 24m 外位皮带操作室，主要为皮带操作人员开关皮带机使用；西翼斜巷带式输送设备探伤装置装置处有一条较短的行人通道，与装置最近距离为 2.5m，距离探伤装置 24m 处为皮带操作室，主要为皮带操作人员使用。因此，对采区胶带上山输送设备探伤装置仅考虑四周漏射、散射影响，西翼斜巷带式输送设备探伤装置考虑四周漏射、散射影响及公众人员影响。 本项目 KJ1143 型矿用钢丝绳芯输送带 X 射线探伤装置最大管电压为 150kV，最大管电流为 1mA， 本项目 X 射线发射箱出束方向向上，采区胶带上山输送设备探伤装置运行时间为 25min，西翼斜巷带式输送设备探伤装置运行时间为 11min，矿区年工作时间约 350d，则两台设备年使用时间分别为 146h、64h。X 射线探伤装置固定向上出束，本项目 X 射线探伤装置固定向上出束，使用 1mm 铅皮+1mm 钢板复合材料呈内漏斗状包裹住 X 射线出束口，并在设备四周及顶板采用 1mm 铅皮+1mm 钢板做为防护罩对漏射线、散射线进行屏蔽。 （1）泄露辐射方向防护距离 根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h；泄露辐射屏蔽透射因子 B 按照下

式计算：

$$B = \frac{H_c \cdot R^2}{H_L} \dots\dots\dots \text{（公式 11-1）}$$

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{（公式 11-2）}$$

$$X = -TVL \cdot \lg B \dots\dots\dots \text{（公式 11-3）}$$

式中：

H-关注点的剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

B-为屏蔽透射因子；

H_c-为剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R-辐射源点(靶点)至关注点的距离，m；

H_L-距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，查 GBZ/T250-2014 表 1 得到 150kV 管电压的数据取为 $2.5 \cdot 10^3 \mu\text{Sv}$ 。

X-屏蔽物质厚度，与 TVL 单位相同；

TVL-屏蔽物质的什值层厚度，查 GBZ/T250-2014 附录表 B2 得到，150kV 管电压的相应值为 0.96mm。

（2）散射辐射

$$B = \frac{H_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot a} \dots\dots\dots \text{（公式 11-4）}$$

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{（公式 11-5）}$$

式中：

H-关注点的剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_s-为散射体至关注点的距离，m；

R₀-辐射源点(靶点)至探伤物的距离，0.9m；

I-X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流；

H₀—距辐射源点(靶点)1m 处输出量，查 GBZ/T250-2014 附录表 B.1，得 150kV 管电压时的最大输出量为 $1.1 \cdot 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

F-R₀ 处的辐射野面积，取 $1.4\text{m} \cdot 0.9\text{m} = 1.26\text{m}^2$ ；

a-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。根据附录表 B.4：本次评价按推荐值取 1.6×10^{-3} 。

(3) 泄露辐射屏蔽计算

根据公式 11-1、11-2、11-3 计算射线装置四周泄露辐射屏蔽厚度结果见表 11-1。

表 11-1 射线装置四周漏射辐射屏蔽厚度计算结果表

射线装置位置	位置	参考控制	靶点至关注点的距离 (m)	B 透射因子	理论计算屏蔽厚度 (mmPb)
采区胶带上山机头硐室	皮带通过侧 (东西)	$15\mu\text{Sv/h}$	1.5	0.0135	1.79
	皮带过道两侧 (南北)		2.5	0.0375	1.37
西翼胶带机上山段	皮带通过侧 (东西)	$15\mu\text{Sv/h}$	1.5	0.0135	1.79
	皮带过道两侧 (南北)		2.5	0.0375	1.37

(4) 散射辐射屏蔽计算

根据公式 11-3、11-4 计算射线准直四周散射辐射屏蔽厚度，计算结果见表 11-2。

表 11-2 散射辐射屏蔽厚度计算结果

射线装置位置	位置	参考控制	散射体至关注点的距离 (m)	B 透射因子	理论计算屏蔽厚度 (mmPb)
采区胶带上山机头硐室	皮带通过侧 (东西)	$15\mu\text{Sv/h}$	1.5	0.01233	1.83
	皮带过道两侧 (南北)		1.6	0.01400	1.78
西翼胶带机上山段	皮带通过侧 (东西)	$15\mu\text{Sv/h}$	1.5	0.01230	1.83
	皮带过道两侧 (南北)		1.6	0.01400	1.78

(5) 屏蔽计算结果

铅在 150kV 的管电压下半值层厚度 TVL 为 0.96mm，由表 11-1、11-2 计算可知，泄露射线和散射线的铅屏蔽厚度相差小于 0.96mm 时，屏蔽设计按较厚的计算结果加一个半值层厚度 (HVL) 0.29mm，作为最终拼壁厚度。则射线转回周围屏蔽厚度计算结果如表 11-3。

表 11-3 射线装置周围屏蔽厚度计算结果表

射线装	位置	理论计算屏蔽厚度 (mmPb)	屏蔽层实际设计	是否
-----	----	-----------------	---------	----

置		漏射	散射	综合	厚度	满足
采区胶带上山机头硐室	皮带通过侧（东西）	1.79	1.83	2.12	1m 铅+1mm 钢板+1m 铅+1mm 钢板=2.18mmPb	是
	皮带过道两侧（南北）	1.37	1.78	2.07		是
西翼胶带机上山段	皮带通过侧（东西）	1.79	1.83	2.12		是
	皮带过道两侧（南北）	1.37	1.78	2.07		是

通过上述计算纸质，本项目探伤装置屏蔽设计能满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的标准要求。

（6）年有效剂量估算

根据建设单位预期工作量，系统投入使用后，由工作人员每天早班进行 1 次监测，西翼斜巷带式输送设备每次出束时间约 11 分钟；采区胶带上山输送设备每次出束时间约 25 分钟。矿区年工作时间约 350d，则两台设备年使用时间分别为 64h、146h。按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中对辐射工作场所的分区要求进行管理，在进行探伤作业时，辐射工作人员位于地面控制室通过计算机进行探伤作业，皮带操作人员在开启皮带后远离。

因此，本次评价只考虑工作人员及公众人员在辐射场所附近临时驻留或活动的年有效剂量。采区胶带上山输送设备位于皮带运输通道内，无行人通过。西翼斜巷带式输送设备探伤装置距离最近的关注点为 2.5m。

根据公式 11-2、11-3、11-5 计算工作人员及公众人员在各关注点的辐射剂量率见表 11-4。

表 11-4 各关注点辐射剂量率计算

关注点		主要辐射源	屏蔽层厚度	到靶点距离	透射因子	辐射剂量率（μSv/h）	
西翼斜巷带式输送皮带	皮带操作室	散射	2.18mm	24m	0.00536	0.02326	0.0487
		漏射				0.02552	
	通道	散射	2.18mm	2.5m	0.00536	2.144	4.49
		漏射				2.3467	
采区胶带上山输送皮带	皮带操作室	散射	2.18mm	20m	0.00536	0.0335	0.0703
		漏射				0.036758105	
	通道	散射	2.18mm	2.5m	0.00536	2.144	4.49
		漏射				2.346666667	

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按照下列公式计算：

$$H = D_r \times W \times T \times Q \dots\dots\dots (公式 11-6)$$

式中:

H—年有效剂量当量, $\mu\text{Sv/a}$;

D_r —空气吸收剂量率, $\mu\text{Gy/h}$

T—年照射时间, h/a;

W—辐射种类的辐射权重因子, 1;

Q—居留因子。

根据上式计算工作人员及公众人员的年有效剂量

表 11-5 辐射工作人员年有效剂量率估算表

场所		受照人员	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	受照时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量率(mSv/a)	约束值 (mSv/a)
西翼斜巷带式输送机	皮带操作室	工作人员	0.0487	64	1/3	1.04×10^{-3}	5
	通道		4.49	64	1/8	0.0359	
	皮带操作室	公众	0.0487	64	1/16	1.95×10^{-4}	0.25
	通道		4.49	64	1/30	9.57×10^{-3}	
采区胶带上山输送机	皮带操作室	工作人员	0.0703	146	1/3	3.42×10^{-3}	5
	通道		4.49		1/10	0.0656	
	皮带操作室	公众	0.0703	146	1/16	6.41×10^{-4}	0.25
	通道		4.49		1/40	0.0164	

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 5mSv/a 的管理要求。

□在本项目辐射场所附近驻留或活动的其他工作人员和公众成员的年有效剂量见表 11-5。

以上公众人员年有效剂量低于《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 0.25mSv 的要求。

11.3 事故影响分析

事故是指引起异常的辐射危害的任何情况,事故的目的是分析存在的潜在的危险,提出合理可行的防范、应急与减缓措施。射线装置仅在运行时产生 X 射线,停机后射线就会消失,故只有在开机状态下,射线装置产生的 X 射线才会贯穿屏蔽设施进入外环境,从而带来一定的辐射影响。

(1) 事故源项

本项目使用的射线装置属于□类射线装置。根据该射线装置的作业特点，可能发生的安全事故工况主要有以下几种情况：

□矿用输送带探伤装置因生产制造问题不能满足辐射防护要求，致使 X 射线泄漏，使工作人员受到额外的照射及给周围活动的人员造成不必要的照射。

□由于探伤工作场所分区不合理，造成人员误入或滞留管控区而受到超剂量的照射。

□矿用输送带探伤装置在开机探伤过程中四周防护板未安装紧固，意外脱落，致使 X 射线泄漏，使工作人员受到额外的照射及给周围活动的人员造成不必要的照射。

□工作人员误操作，或人员误入等，在控制区有人的情况下操作机器，受到的不必要的照射。

□警示标识没有或者不明显，公众不知道射线装置附近有辐射，长时候在辐射区停留造成的意外辐射照射。

□设备维修期间，维修工程师在检修期间误开机，造成辐射伤害。

（2）辐射事故环境影响分析

根据评价项目检查系统的工作方式可知，该评价项目发生的最重要辐射事故为设备维修期间，维修工程师在检修期间误开机，造成辐射伤害。由于探伤装置上安装有紧急止动开关，当发生辐射事故时，相关人员可以立即通过探伤装置上的紧急止动开关终端电源，整个处理过程约 10s，单次辐射事故受照射按以下公式进行计算

$$D_1 = I \cdot \delta_x / r^2$$

式中：

D_1 -空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

I --管电流， mA ；

δ_x -发射率常数，查 GBZ/T250-2014 附录表 B.1 得到，本次取最大管电压 150kV 的数据为 $18.3 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \text{min}^{-1}$ ；

r -参考点距 X 射线管焦斑的距离， m 。

事故状态下人员距离探伤装置靶正面距离最近为 0.575m，则一次受照射剂量为 6.5mSv，低于虽然并未超过剂量限值，但从辐射防护最优化考虑，应该尽

可能降低或避免人员受到不必要的额外照射。

（3）误照事故防范措施

要避免误照事故的发生及发生后能采取立即采取有效防范措施，建设单位需做好以下防范措施：

1)定期仔细核查安全联锁、紧急制动装置监视与警示装置，确定其处于正常状态。

2)加强辐射安全管理，严格禁止无关人员进入控制区，在严格落实此措施可以确保人员的清场，杜绝误照事故的发生。

3)严格遵循每次检测前清场制度，在确保控制区内无人的前提下方可进行检测作业。

4)检查系统准备启动和工作中，控制室辐射工作人员应密切注视监视器，以便在发生异常情况时及时切断放射源束或停机，防止事故发生。

5)检查系统发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动放射源。

6)检查系统停止运行时，操作室负责人应取走主控钥匙并妥善保管。未经许可不得使用。

7)调试和维修时，应保证切断放射源束状态。解除安全联锁时，需经负责人同意并通告有关人员。工作结束后，先恢复安全联锁并经确认系统正常后再行使用。

8)辐射工作场所应醒目设置以下警示标识：探伤装置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。“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。

照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

（4）辐射事故应急措施

针对本项目可能会发生的误照射事故，需采取以下的具体应急措施：

1) 发生辐射事故时，操作人员应立即关闭电源，迅速撤离现场并及时向上级领导报告。射线装置使用单位在接到事故报告后，应以最快的速度组织应

急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件(紧急救援需要除外)。

2) 对受照人员，送医院进行检查和抢救，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境、卫生等主管部门。

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

4) 事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构设置 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，为了加强对射线装置安全和防护的监督管理，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机构，统一管理公司内的辐射安全防护工作。 （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）负责公司内辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训； （4）检查安全环保设施，开展环保监测，对公司内使用放射源、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。
12.2 辐射安全管理规章制度 红四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）操作规程 建设单位应制定安全操作规程，详细阐述射线装置开机前的检查、启动、运行、停机及故障处理等方面的操作步骤，确保探伤工作全过程在受控状态下进行。 （2）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，制定检测人员岗位职责，规定相关人员的安全岗位职责，明确上至监督人员、下至操作人员的安全职责，确保建设单位的安全责任落实到具体的人并能顺利实施。

（3）辐射防护和安全保卫制度

建设单位应制定辐射防护与安全保卫制度，明确公司辐射安全防护的日常管理工作，要求辐射工作人员在岗时必须佩带个人剂量仪、剂量报警仪及防护用品，并定期接受个人剂量检测和职业健康体检，定期维护设备及防护设施。

（4）设备检修维护制度

建设单位应制定辐射设备维护检修制度，明确规定须定期对辐射装置、防护设备进行检测维护，做好检修记录。建设单位必须严格落实检修维护制度，建立检修维护记录。

（5）人员培训制度

建设单位应制定辐射工作人员培训制度及计划，要求从事辐射工作的管理人员和操作人员须参加环保部门组织的培训与考核，持证上岗，并规定取证后四年复训一次。

（6）个人剂量及健康管理制

建设单位应制定个人剂量监测计划、职业健康体检及管理规定，要求所有从事或涉及辐射工作的探伤人员，必须每季度接受个人剂量检测，并建立个人剂量档案。检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

建设单位应为每位辐射工作人员配备个人剂量计，并按规定开展个人剂量检测和职业健康体检，建立健康监护档案。建设单位辐射工作人员健康制度可有效保证探伤作业过程中人员的安全，符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部 18 号令)的要求。

（7）自行检查和评估制度

建设单位应制定辐射安全防护自行检查和评估制度，要求建设单位辐射防护安全管理小组定期对本公司辐射防护工作人员执行国家法律法规和条例的情况进行监督检查，定期进行安全和防护知识教育培训和考核、个人剂量检测和职业健康检查，每年由辐射防护安全管理小组对本年度辐射安全防护工作进

行年度评估，评估结果存档，发现安全隐患时及时上报，并限期整改，落实到人。

建设单位必须于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(8) 辐射安全许可证

在取得本次环评批复后，建设单位应按照申请程序，申请领取辐射安全许可证。

综上所述，建设单位辐射管理机构与制度文件满足国务院第 449 号令、环保部第 3 号令和环保部第 18 号令的要求，可有效避免辐射事故的发生，确保探伤作业处于受控状态。

12.3 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：

- ☐ 通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；
- ☐ 射线装置外 0.3m 离地面高度 1m 处，监测射线装置四个方向左、中、右各 3 个点：

3) 监测内容：X- γ 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，应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

12.4 辐射事故应急

(1) 辐射事故应急响应机构的设置

宁夏宝丰集团红四煤矿有限公司应成立辐射事故应急机构，负责指挥辐射事故应急响应行动。公司法人为领导小组组长，应急机构应设有技术处理组合后勤保障组等，并附相关人员联系方式。

明确辐射事故应急机构的职责包括：应急预案的启动、应急响应处置及解除、应急人员的组织和培训、应急物资准备、应急预案演习等。

(2) 辐射事故应急预案

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理报告制度的通知》环发[2006]145号文件的规定，本项目发生的辐射事故属于一般辐射事故。应急预案应包含以下内容：

1) 公司应成立事故应急组织，明确参与应急准备的每个人、小组或组织的角色和责任；

2) 制定出合适的应急预案及其中必要的应急程序，指明需要采取的主要应急行动及其主要特征和必须物品；

3) 确定参与应急响应的人员，如辐射防护负责人，审管机构、应急服务组织、合格专家和其他人员，包括其姓名、电话号码及其他信息；

4) 制定应急培训演练计划，定期对应急人员进行培训和演练，以提高执行应急程序的能力；

5) 公司应保证与外界联络畅通，以确保与环保、公安、消防、卫生及医学救治部门的联络；

6) 配备适当的应急响应设备。

一旦发生辐射事故，应当立即启动辐射事故应急预案，采取应急措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告；还应当同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

应急预案中需有应急人员及当地生态环境、公安、卫生等部门的联系电话，明确上报程序上报内容。

7) 辐射事故应急响应解除。本项目意外辐射解除或降至规定限值以内，

则辐射事故应急响应解除。

(3) 应急人员的培训演习计划

制定完应急预案后，应规定应急人员的培训演习计划。

(1)制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、人员等。

(2)进行合理的人员分工，成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。

(3)做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。

(4)认真开展实战演练，按照事先预定的方案和程序进行。

(5)演练完毕后及时进行总结归纳。

12.5 环保竣工验收

表 12.1 环保竣工验收一览表

项目	内容	验收内容
辐射安全管理机构	辐射防护管理	建立辐射防护机构，配备专业技术人员，持证上岗；
辐射安全防护措施	安全防护措施（警示标志、工作指示灯等）配置	配置警示标志、工作指示灯等；
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	参与辐射与安全培训，考核合格后上岗；
	个人剂量监测	辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检并建立个人剂量档案；
	人员职业健康监测	定期体检，建立职业健康档案；
监测仪器防护用品	个人剂量报警仪（有监测功能）	新增足够数量个人剂量报警仪；
	辐射环境检测仪	配置一台便携式剂量监测仪；
监测限制	个人剂量监测	工作人员和公众收到的年附加有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对职业人员要求的剂量限值 20mSv 和本报告表执行的剂量约束值 5mSv 的要求；对公众要求的剂量限值 1mSv 和本报告表执行的剂量约束值 0.25mSv 的要求
	屏蔽体外监测限值	低于《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求
辐射安全管理制度	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、辐射事故应急措施	有相关操作规程、岗位职责、应急措施等

表 13 结论与建议

13.1 辐射安全与防护分析结论

宁夏宝丰集团红四煤矿有限公司 X 射线探伤装置利用项目在落实本次环评提出的实体防护和专业辐射防护措施后，不会对周围环境产生辐射影响。

根据本项目预测结果显示，射线装置拟安装场所及周边 x-辐射瞬时剂量率远低于《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中的要求。

通过剂量估算结果显示，辐射一般工作人员及公众人员受照射年有效剂量最大值分别为 0.0359mSv 和 0.0164mSv，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员、公众成员的年有效剂量限值(辐射工作人员 20mSv/a，公众人员 1mSv/a)。

13.2 辐射防护措施

本项目按照规范要求安装射线屏蔽措施，为辐射操作人员配备铅衣、铅帽、个人计量仪、个人剂量报警仪，辐射监测设备等，同时安装警示灯、电离辐射警告标志、视频监控系统等，并定期进行辐射工作场所的监测和个人剂量检测。

同时，建设单位须按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环保部第 3 号令)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部令第 18 号)等法律的规定，成立了辐射防护安全管理机构，明确各成员的职责，制定应急预案并进行应急演练。

13.3 可行性分析结论

(1) 与产业政策的符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号)中第一类鼓励类中“六、核能：6.同位素、加速器及辐照应用技术开发”和“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”，属于国家鼓励类项目，故符合国家及地方现行产业政策。

(2) 实践正当性

本项目使用 II 类射线装置进行无损检测。辐射工作人员于 2022 年 6 月参加了 X 射线探伤辐射安全与防护平台的培训，并通过考核，成绩合格（见附件 2）。工作人员及公众受辐射剂量在采取各项防护措施后均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员、公众成员的年有效剂量限值。

通过无损检测系统的应用，对于预测矿用钢丝绳芯输送皮带的断裂有其他技术无法替代的特点，对减少煤矿因为皮带断裂引起的安全和影响生产的情况发生起了一份重要的作用，具有明显的社会效益和经济效益。因此，本项目的实施对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要远大于其可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

13.4 结论

综上所述，建设单位具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项辐射防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.5 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) 每年委托有资质单位进行放射性场所进行监测以及个人剂量的监测，一般工作人员也应进行个人剂量监测，每年 1 月 31 日前向生态环境部门报上一年的辐射评估报告。
- 4) 项目建成后由宁夏宝丰集团红四煤矿有限公司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。
