

核技术利用建设项目

西安西电开关电气有限公司移动式 X 射线

现场探伤项目

环境影响报告表

西安西电开关电气有限公司

环境保护部监制

# 核技术利用建设项目

## 西安西电开关电气有限公司移动式 X 射线 现场探伤项目 环境影响报告表

建设单位名称：西安西电开关电气有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省西安市高新区唐兴路 7 号 A 座 601 室

邮政编码：710075

联系人：高飞

电子邮箱：15802990316@163.com

联系电话：029-84226592

## 《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价工作资质的单位编制。

1.项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过30个字（两个英文字段作一个汉字）。

2.建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点。

3.行业类别——按国标填写。

4.总投资——指项目投资总额。

5.主要环境保护目标——指项目区周围一定范围内集中居民住宅区、学校、医院、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等。

6.结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结论，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议。

7.预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填。

8.审批意见——由负责审批该项目的环境保护行政主管部门批复。

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	西安西电开关电气有限公司移动式 X 射线现场探伤项目				
建设单位	西安西电开关电气有限公司				
法人代表	权晓莉	联系人	高飞	联系电话	029-84226592
注册地址	西安市高新区唐兴路 7 号 A 座 601 室				
项目建设地点	陕西省西安市行政区域内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	500	项目环保投资 (万元)	5.8	投资比例 (环保投资/总投资)	1.16%
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其它	/			
	<b>项目概述</b>				
<p><b>一、建设单位概况</b></p> <p><b>1、建设单位简介</b></p> <p>西安西电开关电气有限公司是国务院国资委监管的我国输配电行业中的大型企业——中国西电集团公司的核心子企业，其前身为西安高压开关厂，始建于 1955 年，是以我国“一五”计划期间 156 项重点工程之一为基础形成发展的高压、超（特）高压开关设备研发、制造、销售和服務的大型企业，主导着我国开关行业的发展，是中国高压开关行业的领导者。</p> <p>西安西电开关电气有限公司位于西安市高新区唐兴路 7 号 A 座 601 室，该公司地理位置及交通图见图 1-1。</p>					

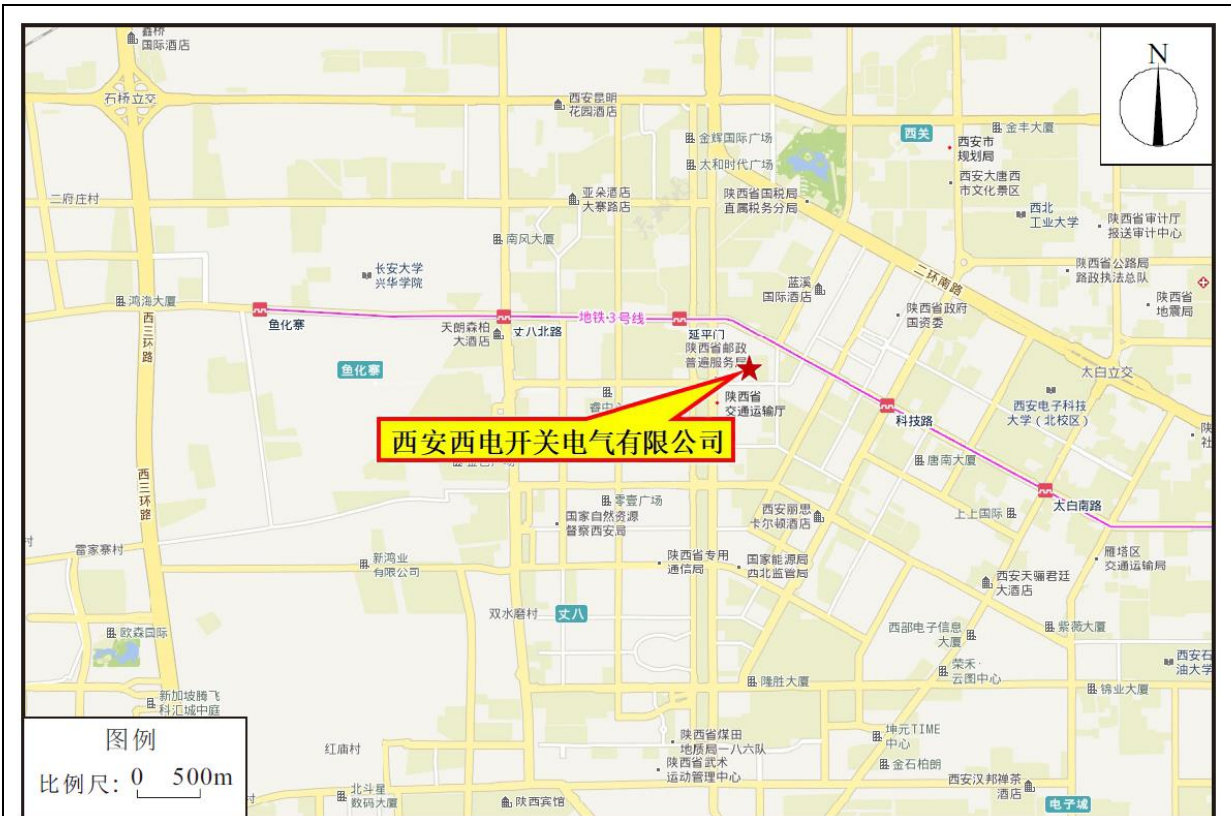


图 1-1 西安西电开关电气有限公司地理位置图

## 2、项目由来

为现场检测变电站 GIS 设备内部零部件是否存在故障，预防因 GIS 设备故障导致城市断电的情况发生，西安西电开关电气有限公司拟建设“西安西电开关电气有限公司移动式 X 射线现场探伤项目”。该项目使用 1 台移动式 X 射线机（300kV/4.5mA）用于变电站现场 GIS 等设备的无损检测。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订）、《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号），西安西电开关电气有限公司移动式 X 射线现场探伤项目应进行环境影响评价；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中“五十五、核与辐射”、“172、核技术利用建设项目”中“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子源的除外）；在野外进行放射性同位素示踪试验的；以上项目的改、扩建（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的）”应编制环境影响报告表。本项目拟使用 1 台移动式 X 射线机用于变电站现场 GIS 等设备的无损检测，根据《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 第 66 号），本项目

使用的 X 射线探伤机属于“工业用 X 射线探伤装置”，为 II 类射线装置，因此，应编制环境影响报告表。

西安西电开关电气有限公司于 2020 年 12 月 14 日委托我公司对本项目开展环境影响评价工作。接受委托后，我公司随即组织技术人员开展资料收集、数据核算等工作，按照《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的要求，编制完成了《西安西电开关电气有限公司移动式 X 射线现场探伤项目环境影响报告表》。

## 二、项目概况

### 1、项目名称及位置

(1) 项目名称：西安西电开关电气有限公司移动式 X 射线现场探伤项目

(2) 公司位置：西安市高新区唐兴路 7 号 A 座 601 室

(3) 项目场所位置：陕西省西安市行政区域内需要做 X 射线无损检测的场地。

(4) 项目设备存放场所：本项目移动式 X 射线机存放于西安西电开关电气有限公司厂区的绝缘车间 X 射线探伤室内，位于西安市莲湖区大庆路 509 号。具体位置见图 1-2 所示。

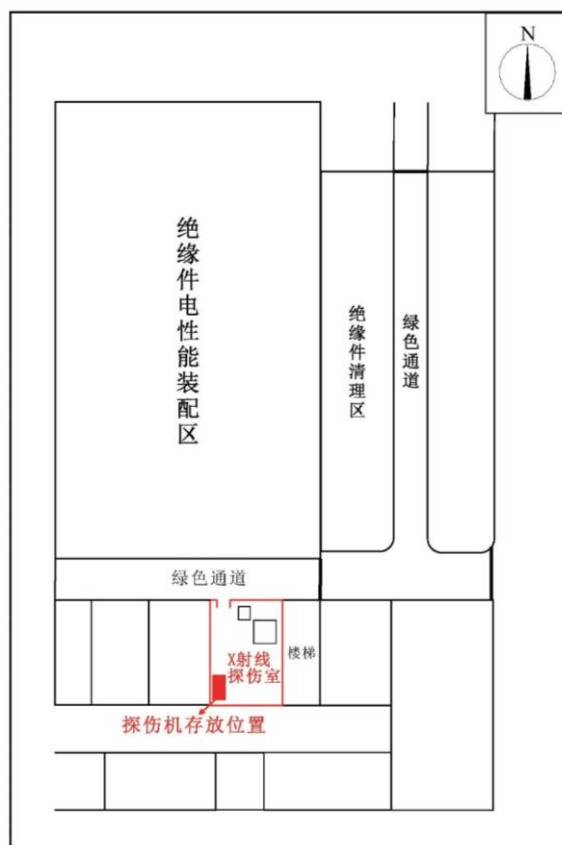


图 1-2 项目设备存放场所示意图

## 2、项目建设规模

西安西电开关电气有限公司拟新增使用 1 台 SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机用于变电站现场 GIS 等产品检测。

根据《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 第 66 号），本项目使用的 X 射线探伤机属于“工业用 X 射线探伤装置”，本次拟使用 X 射线探伤机为 II 类射线装置，其设备、电流、电压等技术参数见表 1-1。项目组成情况见表 1-2 所示。

表 1-1 本项目拟使用 X 射线探伤机技术参数一览表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类型
1	移动式 X 射线机	II	1 台	SMART EVO 300DS	300	4.5	定向

注：本项目使用的 SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机配备平板探测器套装，数字图象处理和存储系统 1 套，实时成像，无需使用胶片曝光。

表 1-2 项目组成一览表

名称	建设项目及规模
主体工程	本项目拟使用 1 台 X 射线探伤机在陕西省西安市行政区域内开展现场无损检测业务
辅助工程	探伤机存放库房
公用工程	利用探伤地周围公共设施
办公及生活设施	利用公司其他办公室及生活设施

## 2、工作制度及劳动定员

根据西安西电开关电气有限公司提供的资料，该公司工业 X 射线探伤工作实行双人共同操作，不允许单独作业。因此，本项目拟从现有工作人员中调配 6 名职业人员，分 3 组轮换作业，每组 2 人（1 名操作人员和 1 名安全员）。本项目只针对 GIS 设备的部分出现问题的位置进行检测，位置不定，实际工作时间较短，本次环评保守计算，其年拟拍摄工作项目数量约为 40 个，每个项目拟拍摄 2 天，每天拍摄的透照时间为 1h，则年工作时间为 80h。

## 三、产业政策符合性

本项目利用射线装置进行无损检测，系核技术利用项目在工业领域内的运用。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，属于鼓励类中“三十一、科技服务业—1、工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”项目，符合国家产业政

策。

#### 四、实践正当性

本项目在进行工业 X 射线移动探伤过程中对工作人员及周围环境造成一定的辐射影响。建设单位在开展 X 射线移动探伤过程中对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，该项目对周围环境和人员产生辐射影响可以控制在相关标准允许范围之内。

西安西电开关电气有限公司拟使用 1 台移动式 X 射线机（300kV/4.5mA）用于检测陕西省西安市行政区域内变电站现场 GIS 设备内部零部件是否存在故障，预防因 GIS 设备故障导致城市断电的情况发生。该项目的开展所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的“实践的正当性”原则。

#### 五、现有核技术利用项目情况

##### 1、环保手续履行情况

西安西电开关电气有限公司现有放射源<sup>241</sup>Am、1台Y.MU2000型X射线实时成像仪和1台HS-XYD-320型X射线实时成像仪。环保手续履行情况见表1-3。批复文件见附件。

表1-3 环保手续履行情况

放射源/仪器名称	填报/环评单位	项目名称	批复日期		批复编号
<sup>241</sup> Am	西安西电开关电气有限公司	《西开电气环氧浇注线射线密度计项目环境影响登记表》	2005 年		/
Y.MU2000 型 X 射线实时成像仪	陕西椿源辐射咨询服务 有限公司	《西安西开高压电气股份有限公司 射线工业探伤辐射环境影响报告表》	环评	2007 年 7 月	陕环批复 (2007) 488 号
			验收	2012 年 2 月	陕环批复 (2012) 331 号
HS-XYD-320 型 X 射线实时成像仪	陕西中圣环境科技发展 有限公司	《西安西电开关电气有限公司 HS-XYD-320 工业 X 射线实时成像检测系统核技术应用项目环境影响报告表》	环评	2013 年 11 月	陕环批复 (2013) 573 号
			验收	2015 年 11 月	陕环批复 (2015) 614 号

##### 2、辐射安全许可证

2020 年 10 月 11 日陕西省生态环境厅以《关于西安西电开关电气有限公司重新申请辐射安全许可证的批复》（陕环批复〔2020〕262 号，见附件）文件对西安西电开关



电气有限公司辐射安全许可证进行了批复，许可证编号为陕环辐证（00064）（见附件），有效期至 2022 年 7 月 30 日，许可证种类和范围为使用IV类放射源；使用II类射线装置。西安西电开关电气有限公司辐射安全许可证台账明细见表 1-4。

**表 1-4 西安西电开关电气有限公司辐射安全许可证台账明细**

放射源							
序号	核素	出厂日期	出厂活度 (贝可)	编码	类别	用途	场所
1	<sup>241</sup> Am	20000801	3.7E+9	0400AM307094	IV	密度计	大庆路 509 号 绝缘车间
射线装置							
序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	活动种类	
1	X 射线实时成像仪	Y.MU2000	II类	工业用 X 射线探伤装置	大庆路 509 号绝缘车间	使用	
2	X 射线实时成像仪	HS-XYD-320	II类	工业用 X 射线探伤装置	大庆路 509 号绝缘车间	使用	

### 3、辐射安全管理现状

#### (1) 辐射防护管理机构

西安西电开关电气有限公司已成立辐射安全管理机构，该机构下设于安全生产/环保委员会，其职责见表 1-5。公司总经理为安全生产/环保委员会的第一责任人，由安全生产/环保委员会副主任担任辐射安全管理机构组长，成员为各环保管理人员，负责公司辐射安全与环境管理工作。

**表 1-5 西安西电开关电气有限公司辐射安全管理机构职责**

部门名称	职责内容
安技环保管理职能部门	是放射作业的安全主管部门，负责联系处理上级主管部门有关探伤设备、放射源的管理批准等及日常的辐射防护检测
质量检验管理职能部门	负责探伤设备每年定期的鉴定，保证射线装置的符合剂量要求
使用部门	负责探伤设备及放射源的日常维护管理以及防护装置、设施的完好性维护与检查
人力资源管理部门	负责辐射设备操作人的配备及培训工作
工会管理职能部门	负责进行辐射安全的监督检查

#### (2) 规章制度建设及落实情况

公司目前已制定了《环境管理制度》（XD/XKDQ-AHGL-ZN-05（第五版）-2019），包括放射作业管理等内容；公司已编制并下发了《西安西电开关电气有限公司辐射安全事故应急预案》（YA(FS)-001），确保辐射作业中的安全防护。

#### (3) 工作人员培训情况辐射安全管理现状

目前，西安西电开关电气有限公司的辐射工作人员 8 人，均已参加陕西省核安全辐

射工作单位人员技术培训，并取得合格证书。

#### (4) 个人剂量检测及职业健康检查情况

公司为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量检测工作。本项目拟从现有工作人员中调用 6 名辐射工作人员，根据陕西新高科辐射技术有限公司出具的职业性外照射个人剂量监测报告（见附件），2019 年，每季度检测 1 次，共 4 次。探伤操作人员中的年有效剂量为 0.07~0.22mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值，检测数据由环保监督科存档。

现有辐射工作人员于 2020 年 12 月在核工业四一七医院（陕西省临潼职业病医院）进行了职业健康体检，职业健康检查报告见附件，体检结果显示西安西电开关电气有限公司质检处的 8 名工作人员均可继续从事辐射工作。

#### (5) 工作场所及辐射环境监测情况

公司制定了辐射环境监测方案，委托陕西省放射性物质监督检验站对辐射工作场所每年进行 1 次定期监测。

根据陕西省放射性物质监督检验站出具的 2020 年西安西电开关电气有限公司辐射环境监测报告（监测报告编号：陕放检字（2020）第 074 号，见附件），西安西电开关电气有限公司现有的 1 个含密封源仪表工作场所，距各监测点位 5cm 处周围剂量当量率为 0.085~0.091 $\mu$ Sv/h，距各监测点位 100cm 处周围剂量当量率为 0.082~0.095 $\mu$ Sv/h，工作人员巡检位周围剂量当量率为 0.096~0.098 $\mu$ Sv/h，均符合《含密封源仪表的放射卫生防护要求》（GBZ 125-2009）4.7 条中“对人员的活动范围不限制”的要求，即距各监测点位 5cm 处周围剂量当量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h，距各监测点位 100cm 处周围剂量当量率小于 0.25 $\mu$ Sv/h；Y.MU2000 型 X 射线实时成像仪工作场所的各监测点位周围剂量当量率为 0.075~0.149 $\mu$ Sv/h，HS-XYD-320 型 X 射线实时成像仪工作场所的各监测点位周围剂量当量率为 0.064~0.112 $\mu$ Sv/h，均符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.3 条中“关注点最高剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

公司已按时向陕西省生态环境厅提交了 2020 年度放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。

## 六、评价目的

(1) 对该项目工业 X 射线移动探伤过程中的辐射环境影响进行分析，得出采取的辐

射安全防护措施能否达到防护要求，环境影响是否可接受的结论；

(2) 针对该项目运行中对周围环境可能产生的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”；

(3) 满足国家和地方环境保护部门对该项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

**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	移动式 X 射线机	II类	1	SMART EVO 300DS	300	4.5	无损检测	探伤现场	新增
2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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)	最大管电流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O <sub>3</sub> NO <sub>x</sub>	气态	/	/	少量	少量	/	/	大气环境
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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><b>法规文件</b></p>	<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》（修订），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) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）；</p> <p>(5) 《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>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院 449 号令，2005 年 12 月 1 日起实施，国务院令 709 号修订，2019 年 3 月 2 日起实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及修改单，环保部令第 47 号，2017 年 12 月 20 日修改；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，环境保护部 国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 第 66 号，2017 年 12 月 6 日；</p> <p>(10) 《关于进一步加强流动放射性同位素和射线装置应用监督管理工作的通知》，陕环函〔2012〕681 号；</p> <p>(11) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年 7 月 31 日修正）；</p> <p>(12) 《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的&lt;陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表&gt;的通知》，陕环办发〔2018〕29 号。</p>
<p><b>技术标准</b></p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；</p> <p>(4) 《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》（HJ 10.1-2016）。</p>
<p><b>其他</b></p>	<p>(1) 环境影响评价委托书（附件 1）；</p> <p>(2) 建设单位提供的其他支持性文件。</p>

**表 7 保护目标及评价标准**

**评价范围**

本项目的辐射环境污染为能量流污染，根据其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的中规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，本项目射线装置的移动式探伤，探伤地点主要为工程探伤现场，一般无实体边界；根据“环境影响分析”章节计算结果，有用线束方向，在工件+局部屏蔽的情况下监督区距离为 100m；非有用线束方向，在无工件屏蔽下采取局部屏蔽，则监督区距离为 22m。故确定评价范围为移动探伤时射线装置至监督区边界区域且评价范围为 100m。

**保护目标**

本项目环境保护目标主要为西安西电开关电气有限公司从事现场探伤的操作人员，现场探伤周围活动其他公众人员，其所接受的年附加有效剂量应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求和本次评价提出的剂量约束值。

西安西电开关电气有限公司拟为本项目从现有工作人员中调用 6 名辐射工作人员，本项目环境保护目标见表 7-1。

**表 7-1 本项目主要环境保护目标**

序号	保护对象	人数	相对方位	距射线装置距离	保护内容	年有效剂量约束值
1	X 射线探伤机操作人员	1×3	/	5m	人体健康	5mSv/a
2	安全员	1×3	/	5~22m		
3	探伤现场其他工作人员及公众	临时路过，没有固定人群	/	>22m		0.25mSv/a

备注：X 射线探伤机操作人员和安全员在实际工作中可根据调班情况互换。



## 评价标准

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

#### 1、标准相关内容

11.4.3.2 剂量约束值通常应在照射剂量限值 10%~30%的范围之内。

附录 B 剂量限值和表面污染控制水平：

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

B1.2.1 条规定：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算值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

#### 2、环评要求年受照剂量约束值

综合考虑西安西电开关电气有限公司核技术利用项目的现状，并着眼于长期发展，为其它辐射设施和实践活动留有余地，本次评估分别对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了设定：

(1) 取职业照射年有效剂量限值的 1/4，作为放射性工作人员的年受照剂量约束值，即 5mSv/a；

(2) 取公众年有效剂量限值的 1/4，作为公众的年受照剂量约束值，即 0.25mSv/a。

### 二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 相关内容

本标准规定了工业 X 射线探伤装置和探伤作业场所及有关人员的放射卫生防护要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置）的生产和使用。主要规定如下：

#### 5 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

##### 5.1 X 射线现场探伤作业分区设置要求

5.1.1 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。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区。如果每周实际开机时间明显不同于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按式(1)计算：

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \dots \dots \dots (1)$$

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

t——每周实际开机时间，单位为小时（h）；

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

5.1.3 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。

5.1.4 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）。

5.1.5 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。

5.1.6 应将控制区边界外、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。

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或者工地实施时，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。

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能减低操作人员的受照剂量。

## 5.2 X 射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前，运营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。

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场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）。

5.2.4 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，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灯，避免造成混淆。委托方应给予探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

## 5.3 X 射线现场探伤作业安全警告信息

5.3.1 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。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

5.3.3 在控制区的所有边界都应能清楚的听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

#### 5.4 X 射线现场探伤作业安全操作要求

5.4.1 周向式探伤机用于现场探伤时，应将 X 射线管头组装体至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）。

5.4.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

#### 5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

5.5.1 开始现场探伤之前，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。

5.5.2 控制区的范围内清晰可见，工作期间要有良好的照明，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。

5.5.3 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。

5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.5 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

## 6 放射防护检测

### 6.1 检测的一般要求

#### 6.1.1 检测计划

运营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。

#### 6.1.2 检测仪器

用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定，并取得相应证书。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。

### 6.1.3 检测条件

检测应在 X 射线探伤装置的限束装置开至最大，额定管电压、管电流照射的条件下进行。

## 6.3 现场探伤的分区及检测要求

6.3.1 使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

6.3.2 当 X 射线探伤装置、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。

6.3.3 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以接受的。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

6.3.5 探伤机停止工作时，还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。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**环境质量和辐射现状**

**一、单位地理位置和项目场所位置**

(1) 单位地理位置

西安西电开关电气有限公司位于西安市高新区唐兴路 7 号 A 座 601 室，单位地理位置见图 1-1。

(2) 项目场所位置

西安西电开关电气有限公司拟在陕西省西安市行政区域内开展工业 X 射线移动探伤业务，项目主要对各地变电站的 GIS 设备的无损检测，属流动式作业，不在某一场所长期作业。

**二、辐射环境质量现状**

本项目为射线装置移动探伤项目，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气的影响很小，不会对水环境、声环境产生影响。由于本项目不涉及固定探伤室的建设，且的射线装置移动探伤项目为流动式作业，不在某一场所长期作业，故本次评价未开展辐射环境现状监测。

根据《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护，第 14 卷第 4 期，1994 年 7 月），陕西省室内 X- $\gamma$  辐射剂量率为 56.0~169.0nGy/h，平均值为 98.0nGy/h；原野 X- $\gamma$  辐射剂量率为 25.0~150.0nGy/h，平均值为 61.0nGy/h；道路 X- $\gamma$  辐射剂量率为 20.0~160.0nGy/h，平均值为 63.0nGy/h。

根据《西安市 2020 年第三季度环境质量状况》，2020 年第三季度，全市 2 个辐射环境自动监测站点运行状况稳定，监测结果在正常水平范围内波动，陆地  $\gamma$  剂量率日平均值为 0.0902~0.1204 $\mu$ Gy/h，月平均值为 0.1039 $\mu$ Gy/h。

可见，西安市的辐射环境本底值处于正常水平，辐射环境现状良好。

表 9 项目工程分析和源项

工程设备和工艺分析

一、放射性污染源

本项目主要利用 1 台 SMART EVO 300DS 型 X 射线机在工作时发出的 X 射线对变电站内 GIS 等产品进行无损检测。根据《射线装置分类》(公告 2017 第 66 号), 工业用 X 射线探伤装置(工业用 X 射线探伤装置分为自屏蔽式 X 射线探伤装置和其他工业用 X 射线探伤装置, 后者包括固定式 X 射线探伤系统、便携式 X 射线探伤机、移动式 X 射线探伤装置和 X 射线照相仪等利用 X 射线进行无损探伤检测的装置)属于 II 类射线装置。因此, 西安西电开关电气有限公司使用的工业 X 射线探伤机均属于 II 类射线装置, II 类射线装置为中危险射线装置, 事故时可以使受照人员产生较严重放射损伤, 大剂量照射甚至导致死亡。

二、工艺原理及产污环节

1、X 射线探伤机工艺原理及组成

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熔金属(如钨、铂、金、钼等)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, 直接射向嵌在金属阳极中的靶体, 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到很高的速度, 这些高速电子轰击靶物质, 与靶物质作用产生韧致辐射, 释放出 X 射线, X 射线探伤所利用的就是其释放出的 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-1。

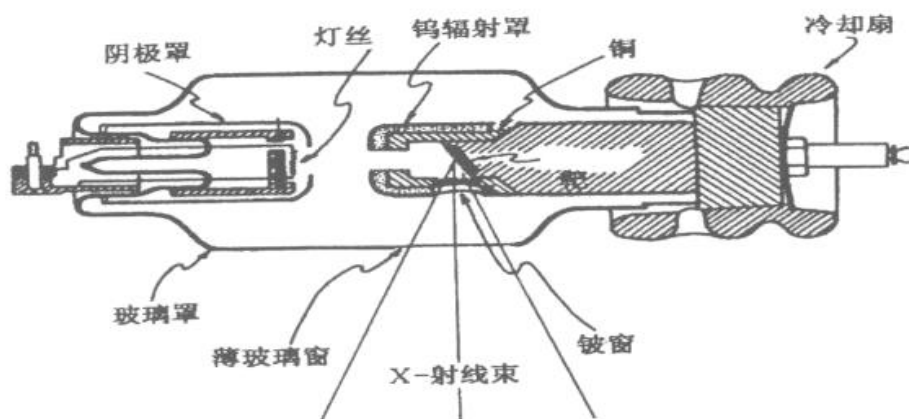


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的无损检测装置，它利用射线透过物体时，会发生吸收和散射这一特性，通过测量材料中因缺陷存在影响射线的吸收来探测缺陷的。当 X 射线照射胶片或其他检测器时，与普通光线一样，能使胶片或其他检测器感光，接收射线越多的部位颜色越深。根据底片或检测器上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等。

探伤机根据曝光类型可分为定向探伤机和周向探伤机，本项目 X 射线探伤机为定向探伤机（图 9-2），其型号为 SMART EVO 300DS。

SMART EVO 300DS 型 X 射线探伤机外形见图 9-3。

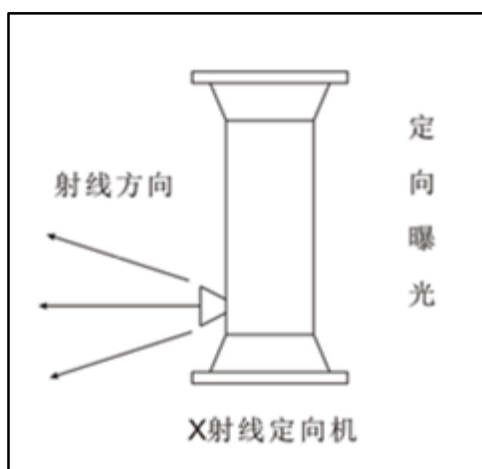


图 9-2 定向探伤机曝光示意图



图 9-3 本项目 X 射线探伤机外形示意图

## 2、工作流程及产污环节

(1) 西安西电开关电气有限公司接受无损检测委托任务后，根据现场探伤具体场所及检测对象情况制定现场探伤计划书。计划书含本次现场探伤任务的人员安排、检

测时间安排、检测人员职责及探伤现场辐射防护方案和辐射事故应急预案等内容。

(2) 西安西电开关电气有限公司工作人员持计划书，根据设备出入库管理制度，与仪器设备管理员办理设备出入库台账登记，领取设备。

(3) 设备交接：采用专用车辆将 X 射线探伤机运输至拟开展现场探伤的场地，并于现场探伤人员办理设备交接手续，由探伤小组的安全员负责看管。

(4) 设备系统安装及安放至产品检测位置：将平板探测器、X 射线机安放在产品检测位置，平板探测器和 X 射线机放置在产品两侧，控制器放在远离 X 射线机处，操作人员穿戴铅服等防护用品。

(5) 划定控制区和监督区：根据工件现场探伤的位置，初步划定控制区和监督区；连接控制器及电缆，进行试曝光，再次确定控制区和监督区边界并进行调整，确保控制区边界周围剂量当量率 $<50\mu\text{Sv/h}$ （依据见“表 10 辐射安全与防护”的“1、控制区、监督区的理论划分”），监督区边界周围剂量当量率 $<2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(6) 放置安全围栏和警戒标识：在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”警示标志；在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。作业期间，安排 1 名工作人员（安全员）对控制区边界进行巡查，严禁未经许可人员进入。

(7) 清空现场闲杂人员：探伤工作人员需对区域内的无关人员进行清场。

(8) 探伤阶段：合电源开关，进入训机模式，训机完成后进入操作模式，设定 kV、mA、Time 和焦点等参数，开始检测产品；探伤工作人员在设定合理试验电压和延时升压时间后，按升压按钮并迅速离开至安全区域。

(9) 检查图像质量：拍照完成后，检查图像质量，如图像未达到要求可重复步骤(5)进入训机模式，重新拍照。

(10) 完成检测：检测完成后，分电源开关，关机。

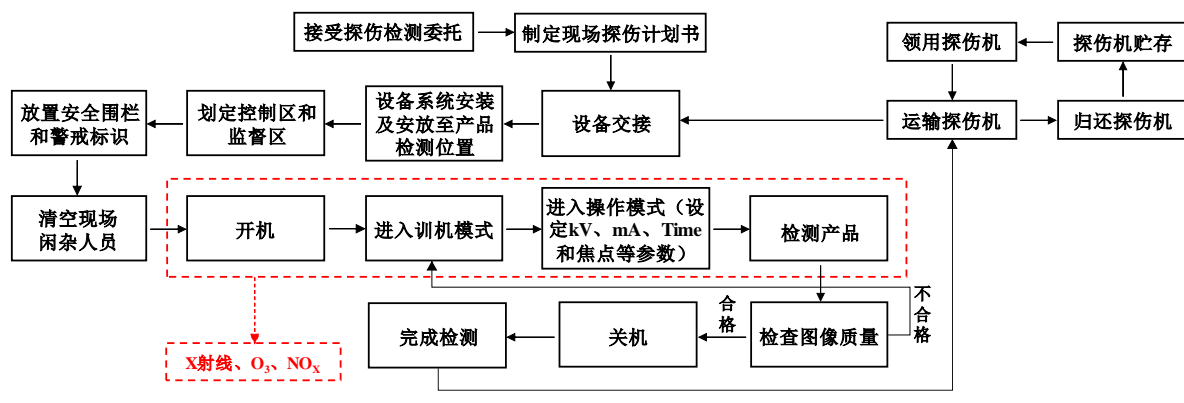




图 9-4 X 射线探伤机工作流程及产污环节图

### 三、正常工况的污染途径

X射线探伤机产生的韧致辐射X射线，主要通过透射、漏射、散射后等途径对工作场所及其周围环境产生辐射影响；空气在X射线强辐射作用下，吸收能量并通过电离作用产生O<sub>3</sub>和NO<sub>x</sub>等有害气体，可能对周围环境产生影响。

### 四、事故工况的污染途径

本项目在运行过程中可能发生的事故有：

(1) 仪器故障：X射线机漏射线指标达不到《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定的要求，或探伤机故障以及控制系统失灵，出现异常曝光可致人员受到一定的照射剂量，造成工作人员不必要的照射。

(2) 未分区管理：X射线探伤机在照射状态，作业现场未标划控制区和监督区、未设置警戒线或曝光前未清查现场，使人员误入或误留辐射区，受到不必要的照射。或探伤作业人员未按规定撤离到安全区域，导致工作人员受照剂量偏高，超出剂量约束值，或者超出剂量限值。

(3) 人员误照：在探伤现场没有搞好警戒工作，工作人员和公众误留在监督区内，使工作人员或公众造成不必要照射。

(4) 在不适合探伤的场地实施现场探伤，且未做好相应的防护措施（如增加铅板遮挡等），造成公众或者工作人员受到不必要的照射。

### 污染源项描述

本次评价的工业 X 射线探伤机是利用 X 射线可以穿透物质的这一特点对工件进行无损检测，主要污染因子是 X 射线对周围环境产生的外照射；另外，X 射线能使空气电离，X 射线机运行时产生的 X 射线会使空气电离产生少量 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>。

#### 1、X 射线

由 X 射线机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线机探伤机只有在开机并处于出射线状态时（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。

根据本项目使用的 SMART EVO 300DS 型 X 射线探伤机用户手册可知，SMART EVO 300DS 型 X 射线探伤机采用恒定电位原理，即 X 射线将由一个直流高压产生，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口过滤有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

(1) 有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关，靶物质原子序数、加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

(2) 漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。

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

## **2、O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>**

本次评价项目使用的工业 X 射线探伤机工作时的最大电压为 300kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此本次评价的 X 射线探伤机运行时产生的 X 射线会使空气电离产生少量 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>。

**表 10 辐射安全与防护**

**项目安全设施**

**一、工作场所及区域划分**

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。本次环评中根据国际放射防护委员会第 103 号出版物对控制区和监督区的定义:

控制区: 在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散, 以及在一定程度上预防或限制潜在照射, 要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

监督区: 未被确定为控制区、通常不需采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

**1、控制区、监督区的理论划分**

根据《工业 X 射线探伤放射卫生防护要求》(GBZ117-2015), X 射线探伤现场探伤作业时, “一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的范围内划为控制区。如果每周实际开机时间明显不同于 7h, 控制区边界周围剂量当量率应按式(1)计算:

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \dots \dots \dots (1)$$

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

t——每周实际开机时间, 单位为小时 (h);

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

根据西安西电开关电气有限公司提供的资料, 本项目只针对 GIS 设备的部分出现问题的位置进行检测, 位置不定, 实际工作时间较短, 本次环评保守计算, 其拟年拍摄工作项目数量约为 40 个, 每个项目拟拍摄 2 天, 每天拟拍摄的透照时间为 1h, 则年工作时间为 80h, 每周最多一个项目, 则每周实际开机时间为 2h。

由上述可知, 每周开机时间明显不同于 7h, 应根据公式(1)进行计算。保守计算后, 应将周围剂量当量率大于 50 $\mu$ Sv/h 的区域划为控制区, 周围剂量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的区域划分为监督区。

由于实际现场探伤过程中, 有用线束方向均有工件屏蔽, 故根据“表 11 环境影响

分析”计算结果，有用线束方向，在工件+局部屏蔽（铅板厚度为：7mm）的情况下控制区距离为 23m，监督区距离为 100m。非有用线束方向，漏射线和散射线累加计算，在无工件屏蔽下采取局部屏蔽后（铅板厚度为：4mm），控制区距离为 5m，监督区距离为 22m。分区示意图见图 10-1 所示。

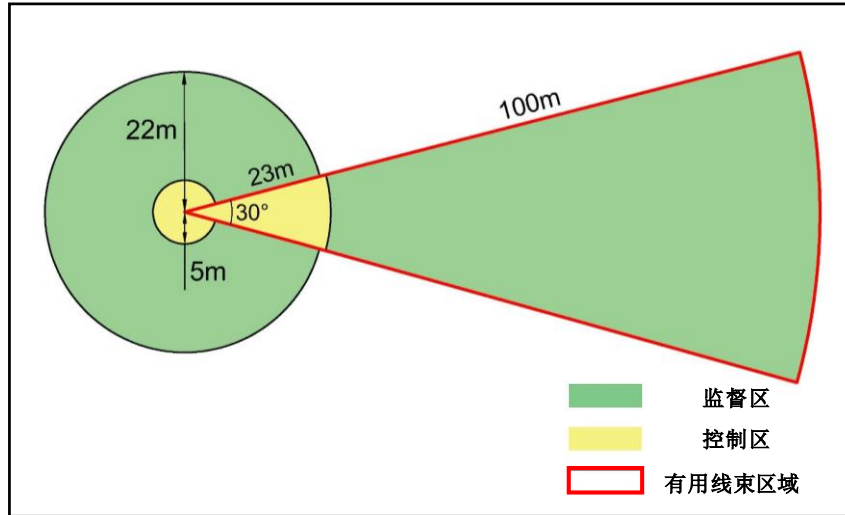


图 10-1 SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机分区示意图

## 2、实际探伤过程中控制区和监督区的划分

实际探伤时，由于探伤对象不同、工件厚度的变化，控制区和监督区边界随着现场情况的不同其距离也不同。一般的做法是：

(1) 首先根据理论计算保守的设定控制区和监督区边界。根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 中“工业 X 射线现场探伤的放射防护要求”的规定“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）。”；“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”。为尽可能的缩短控制区和监督区的距离，西安西电开关电气有限公司应根据实际现场周围环境，不同距离配备不同厚度的铅板进行局部屏蔽。

(2) 然后保持操作人员与现场安全员联系畅通，在操作人员试曝光的情况下，现场安全员使用便携式 X-γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，到 2.5μSv/h 划定监督区边界，到 50μSv/h 划定控制区边界；

(3) 关机后，在探伤位置四周以该剂量的等剂量线为基础，确定控制区边界和监督区边界。探伤过程中，安全员使用便携式 X-γ 剂量率仪进行监督监测。

探伤作业期间，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”警示标志；在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。设安全员对控制区边界进行巡逻，未经许可人员不得进入边界内，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者辐射束的方向发生改变时，如有必要需要调整控制区的边界。

## 二、西安西电开关电气有限公司计划采取的辐射安全防护措施

(1) 开展 X 现场探伤工作的探伤机计划配备 6 名工作人员，公司应根据现场探伤工作情况配备足够的工作人员。

(2) 计划使用 1 台 X-γ 辐射巡测仪。

(3) 计划配备铅防护服（含护目镜、手套、围脖）2 套。

(4) 计划设置警戒线、警戒标识：在控制区、监督区的边界设置警戒线，并悬挂清晰可见的“探伤作业禁止入内”、“当心电离辐射”等警告牌及电离辐射警示标识。

## 三、还应采取的辐射防护措施

### 1、现场探伤时应采取的辐射安全防护设施

(1) 目前西安西电开关电气有限公司已配备 1 台 X-γ 辐射巡测仪，运行后应针对本项目新增 1 台 X-γ 辐射巡测仪。开始探伤工作之前，应对检测仪进行检查，确认检测仪能正常工作。

(2) X 现场探伤工作期间，X-γ 便携式辐射检测仪应一直处于开机状态。

(3) 放射性工作人员在现场探伤期间，应配备个人剂量计和个人剂量报警仪，且个人剂量报警仪不能替代 X-γ 便携式辐射检测仪。目前西安西电开关电气有限公司已对每位辐射工作人员配备个人剂量计，运行后应针对本项目新增 2 台个人剂量报警仪。

### 2、移动探伤过程中应采取的辐射安全管理措施

(1) 探伤作业前，应划定作业场所工作区域，并在相应边界设置警示标识。工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，开机状态以探伤机射线管为中心由远到近用剂量率仪巡测划定，建立并保持巡测记录。

① 将作业时被检物体周围的剂量当量率大于  $50\mu\text{Sv/h}$  的范围内划分为控制区，如果每周实际开机时间明显不同于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按式《工业 X 射线探伤卫生防护标准》（GBZ117-2015）的相关条款计算，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。

② 控制区的边界外、作业时周围剂量大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  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。

(2) 现场探伤工作在多楼层的工厂或者工地实施时，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。

(3) 应尽量避免在人群密集区和居民区进行现场探伤，无法避免时，应划定工作区域，把无关人员疏散至监督区以外；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等。

(4) 探伤机控制台应设置在合适的位置或者设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

(5) 探伤现场应有“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其他报警信号有明显区别；警示信号指示装置应与探伤机连锁；在控制区所有边界都应能听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

(6) 控制区的方位应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有无关人员进入控制区；如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排人员进行巡查。

(7) 现场探伤操作人员必须经过操作业务培训，熟练掌握操作方法后方可开展移动探伤工作。

### **3、野外探伤作业时应采取的辐射安全管理措施**

X 射线基本防护原则是远离 X 射线并加以必要的屏蔽。对外照射的防护方法有源项控制法、距离防护法和屏蔽防护法。在进行野外（室外）探伤作业时，利用探伤具体地点地形特征及周围设施防护，如大石、墙体、拐角、坑体等有利地形，因地制宜，选择有利地形。根据具体照射情况选择射线装置的投照方向，并在受照射量最大的方向安置铅皮、钢板等进行屏蔽，达到多层纵深防护，有效地降低射线对人体的照射剂量。

#### **(1) 屏蔽防护**

在野外（室外）探伤作业时应应对射线机头采取屏蔽防护，本项目探伤机操作人员根据需要穿戴铅防护服，拟配备铅防护服（含护目镜、手套、围脖）2 套（铅当量不低于  $0.5\text{mm}$ ）。

## (2) 源项控制

本项目的 X 射线探伤机对产生的 X 射线用屏蔽套屏蔽，射线装置泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值。且 X 射线装置均装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。同时针对不同厚度的材料探伤工件，建设单位将设置不同的曝光工况和曝光时间，以减小不必要的照射。

## (3) 距离防护

由于野外（室外）探伤的特殊性质，不可能人为做到实体防护，只能通过控制距离作为野外（室外）探伤的主要防护手段，包括划分控制区和监督区、张贴公告、设置警戒线和警戒标识等方式，扩大辐射源与受照射人员的距离，以有效降低人员的受照剂量。

① 划分控制区和监督区：将现场工作区域划分为控制区和监督区。本项目控制区边界外 X 射线空气比释动能率应大于  $50\mu\text{Sv/h}$ ；监督区位于控制区外，其边界剂量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。本项目共配置射线操作人员 3 名，安全管理员 3 名，安全管理员主要负责控制区和监督区的划定与控制，在控制区、监督区边界巡逻、看守。

② 尽量避免在人群密集区和居民区进行现场探伤，无法避免时，会划定工作区域，把无关人员疏散至监督区以外。在无法疏散时，必须采取防护措施，保证无关人员所处位置的空气比释动能率不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并设专人警戒，防止无关人员进入监督区和控制区，引起不必要的意外照射。

③ 现场公告：应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、单位法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。

④ 设置警戒线、警戒标识：在控制区、监督区的边界设置警戒线（离地 0.8-1.0m 左右），并悬挂清晰可见的“探伤作业禁止入内”、“当心电离辐射”等警告牌及电离辐射警示标识，电离辐射警示标识应符合 GB18871-2002 的要求。

⑤ 夜间进行探伤作业时，必须在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌，必要时设专人警戒。操作工作人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的辐射防护措施，控制区边界必要时安排专人看守，避免公众误入监督区、控制区。本项目根据实际情况，对两种出束方式分别进行了核算，并划定了相应的控制区与监督区范围。

#### (4) 时间防护

在确保产品质量的前提下，在每次使用探伤机进行探伤之前，根据工件满足的实际质量要求制定最优化的探伤方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间。如果工程区域周围有人群等敏感目标，作业时间必须避开公众活动的高峰时段，同时做好工程区域内的人员清场工作。

#### (5) 其它

##### ① 制定野外探伤工作方案

接受现场探伤任务后，在野外探伤作业前，按项目应制定现场探伤工作方案，该工作方案主要包括探伤工况、时间、地点、控制区范围、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工。工作期间做好相关记录，与方案一同存档备查。具体内容包括：

a 作业活动开始前报备方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；

b 环保部门现场检查记录及整改要求落实情况；

c 作业活动期间的相关记录和日志：包括现场公示、射线装置的领用记录、设备检查记录及帐务复核记录，每次作业的时间、地点、操作人员、每次作业清场、两区划分记录（采取影像资料和文字形式），对工作场所和周围环境监测记录；

d 作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其它有关情况。

##### ② 探伤个人防护

环评要求项目单位在探伤作业前开展制定探伤工作方案、张贴探伤作业公告、划定控制区和监督区、清场、个人防护等准备工作。保证野外探伤开展作业时至少有 1 台便携式 X 辐射剂量监测仪和 2 台个人剂量报警仪和若干警示标志、警戒绳、防护铅服。同时，还要为每名操作人员配备一个人剂量计，个人剂量计应编号并定人佩戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。

③ 设置的探伤机存放库房需具备防盗和安全等功能，周围有摄像头 24 小时监控，并设置专人看管探伤机存放库房，存放库房钥匙交由专人进行保管，探伤机从存放库房出库进行野外作业、野外探伤完毕送回仓库时都需进行登记，严格做好记录管理工作，探伤机出库作业前辐射工作人员需报相关领导批准后方可出库开展探伤作业，探伤机在野外探伤完毕后，探伤机需及时送回公司仓库内进行保管。



#### ④ 探伤时辐射防护工作

探伤准备：探伤机架设安装完毕后，再一次对探伤区和防护区进行清场，确认无人后，开启警报器；除探伤机操作人员外，其余工作人员与安全检查员一道分别在监督区边界指定位置放置警示牌，严禁无关人员进入该区域；

探伤操作：设备安装调试完之后，待操作人员退至控制区距离外，采取远程无线遥控方式对探伤机进行操作命令。

在野外探伤任务期间，未进行探伤时，由专人对探伤机进行保管。

#### 4、其他辐射安全管理措施

根据《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（中华人民共和国环境保护部令第3号）、《突发环境事件信息报告办法》（中华人民共和国环境保护部令第17号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第18号）的要求：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核”、“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案”等。

(1) 该单位为保证移动探伤辐射防护措施的落实和射线装置操作的安全，保证操作人员的辐射剂量满足个人剂量限值的要求，应按照国家标准和法律法规的要求，完善相关管理制度。

(2) 西安西电开关电气有限公司拟为本项目配备6名辐射工作人员，皆从原有辐射工作人员中调配。辐射工作人员应根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告2019年第57号）要求，本项目在建成运行前，若其原持有的辐射安全培训合格证书到期，需参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台重新学习报名并通过考核后方可上岗。

(3) 放射性工作人员上岗前应先进行身体检查，体检合格后方可上岗，上岗后要根据国家标准的相关规定定期体检，建立健康档案；公司应为放射性工作人员配备个人剂量计，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测1次，做到定期送检，专人专戴，建立个人剂量档案。

(4) 每年1月31日前向辐射安全许可证发证机关报送辐射环境年度评估报告。

## 5、异地作业登记

到省内其他设区的市行政区进行探伤作业时，建设单位应当根据《陕西省放射性污染防治条例（2019年修正）》中“第十七条 跨设区的市行政区转移使用放射性同位素和射线装置的单位，应当于活动实施前、结束后十日内，向转出地和转入地设区的市生态环境行政主管部门分别办理登记、注销手续”的规定，于活动实施前后向转出地和转入地设区的市生态环境行政主管部门分别办理登记、注销手续。

## 6、核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29号），对核技术利用单位辐射安全管理和辐射安全防护的标准化建设提出了要求。西安西电开关电气有限公司目前已有IV类放射源  $^{241}\text{Am}$ 、2台II类X射线装置，并且对辐射安全管理进行了标准化建设，符合性分析详见表10-1。评价要求，建设单位应按照文件要求对移动探伤场所进行标准化建设，详见表10-2。

表 10-1 西安西电开关电气有限公司现有辐射安全管理标准化建设符合性分析

管理内容		管理要求	是否符合要求
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作	是
		年初工作安排的和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容	是
		明确涉辐部门和岗位的辐射安全职责	是
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障	是
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识	是
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告	是
		建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责	是
		建立辐射环境安全管理档案	是
		对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有巡查及整改记录	是
	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常	是
参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗		是	
了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺		是	
熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理		是	

续表 10-1 西安西电开关电气有限公司现有辐射安全管理标准化建设符合性分析

管理内容	管理要求	是否符合要求
机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人	是
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	是
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账	是
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案	是
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案	是
	建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性	是
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容），并建立维护、维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）	是
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案	是
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案	是
应急管理	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练	是
	应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序。	是

表 10-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）—辐射安全防护措施部分

项目		具体要求	
工业 X 射线探伤	移动式探伤作业场所	分区	按标准要求划分控制区、监督区。
		标志及指示灯	控制区边界设置明显的警戒线和电离辐射警示标志，悬挂“禁止进入 X 射线区”警告牌。
			控制区边界设置提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。警示信号指示装置应与探伤机联锁。
			监督区边界和建筑物进出口的醒目位置设置电离辐射警示标志和悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌。

续表 10-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）-辐射安全防护措施部分

项目			具体要求
工业 X 射线探伤	移动式探伤作业场所	辐射安全措施	探伤作业期间，应安排人员对控制区边界进行巡逻。
			探伤作业期间，便携式辐射检测仪应一直处于开机状态。
			作业前、结束后现场辐射水平的检测情况及结果记录。
监测设备及个人防护用品			便携式辐射检测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、铅衣、铅手套等

项目建成后，西安西电开关电气有限公司将本项目建设纳入现有管理体系即可。按照表 10-2 要求，采取必要的辐射安全防护措施，并配备必要的监测设备和个人防护用品，制定监测计划并开展防护监测，按标准化建设要求规范开展移动探伤工作。

### 三废的治理

本项目不产生放射性废气、废水、固体废物；主要为 X 射线探伤机曝光时产生的 X 射线，使空气电离产生少量的 O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>。

本项目 X 射线探伤机曝光时产生的 X 射线，X 射线使空气电离产生少量的有害气体，主要为 O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>。由于移动探伤地点均为开阔的场所，扩散条件较好，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

**表 11 环境影响分析**

<p><b>建设阶段对环境的影响</b></p>
<p>本项目为探伤机流动式无损检测项目，现场探伤不建设专用探伤室，故不存在建构物建设和设备的安装过程，不存在建设阶段对外环境产生影响的环境因素。</p>
<p><b>运行阶段对环境的影响</b></p>
<p>本项目拟使用的 SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机采用数字平板探测器，对实时拍摄的照片进行数字化图像处理并储存。</p>
<p><b>一、X 射线探伤机运行过程环境影响预测</b></p>
<p>本项目为改扩建项目，拟使用的 SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机无固定工作场所，因此，本次评价采用理论预测的方式进行影响预测。</p>
<p><b>1、有用线束辐射剂量率估算</b></p>
<p>根据西安西电开关电气有限公司提供的资料，本项目仅配备了定向式探伤机，故本项目未配备准直器。</p>
<p>(1) 有用线束屏蔽估算模式</p>
<p>① 关注点达到剂量率参考控制水平<math>\dot{H}_C</math>时，屏蔽设计所需的屏蔽投射因子 B 按公式 11-1 计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。</p>
$B = \frac{\dot{H}_C \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad (\text{公式 11-1})$
<p>式中：B—屏蔽所需透射因子；</p>
<p><math>\dot{H}_C</math>—剂量率控制水平，<math>\mu\text{Sv/h}</math>；</p>
<p>R—为辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；</p>
<p>I—X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；</p>
<p><math>H_0</math>—距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量，<math>\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})</math>，以 <math>\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})</math> 为单位的值乘以 <math>6 \times 10^4</math>。</p>
<p>② 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<math>\dot{H}</math>按公式 11-2 计算：</p>
$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{公式 11-2})$
<p>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；</p>

$H_0$ —距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以  $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$  为单位的值乘以  $6\times 10^4$ 。

B—屏蔽所需透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

③ 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式 11-3 计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \dots\dots\dots \text{（公式 11-3）}$$

式中：X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度，mm；见附录 B 表 B.2。

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），X 射线探伤现场探伤作业时，由于每周实际开机时间明显不同于 7h，经保守计算，应将周围剂量当量率大于  $50\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区，周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的区域划分为监督区。

(2) 屏蔽状态下有用线束方向辐射剂量率及控制区监督区边界距离估算

X 射线现场探伤时，被探工件厚度最薄为 3~4mm 钢，最厚为 50mm 钢，较多的为 8~30mm。X 射线探伤机在管电压大于 270kV~300kV 的工况下主要用于检测壁厚大于 40mm 的罐体或管件；250kV~270kV 的工况下主要用于检测壁厚 30mm~40mm 的罐体或管件；160kV~250kV 的工况下主要用于检测壁厚 20mm~30mm 的罐体或管件。本项目使用的移动式 X 射线机（SMART EVO 300DS）管电压为 300kV，且根据西安西电开关电气有限公司提供的资料，该型号的 X 射线机穿透厚度的设计参数为  $\geq 36\text{mm}$ （A3 钢）。实际工作主要从外侧对 GIS 设备进行探伤，因而需要穿透双层的钢件。因此，本次评价工件壁厚取 50mm 进行计算。

① 工件屏蔽

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在工件屏蔽状态下，关注点辐射剂量率计算参数见表 11-1；根据公式 11-1、公式 11-2 和公式 11-3，在工件屏蔽状态下有用线束方向，控制区和监督区边界计算结果见表 11-1。

表 11-1 工件屏蔽状态下关注点辐射剂量率计算参数及控制区监督区边界计算结果

参数名称	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)	备注
在最高管电压下的常用最大管电流 I (mA)	4.5	/
管电压 (kV)	300	/

续表 11-1 工件屏蔽状态下关注点辐射剂量率计算参数及控制区监督区边界计算结果

参数名称	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)	备注
距离辐射源点(靶点) 1m 处的输出量 $H_0$ ( $\mu\text{Sv m}^2/$ (mA h))	$\frac{25.6 \times 10 \times 6 \times 10^4 \times 0.6^2}{4.5}$	SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机外置滤波为 4mmAlMg3, 根据西安西电开关电气有限公司委托中国计量科学研究院对于 SMART EVO 300D 型探伤机的计量检测报告(见附件), 外置滤波同样为 4mmAlMg3。检测结果表明, 距离探伤机 0.6m 处的空气比释动能率为 25.6cGy/min。换算得知 1m 处距离辐射源点(靶点) 1m 处的输出量 $H_0$ 。
工件厚度 (mm)	50	/
钢在不同电压时的铅当量 (mmPb)	6.4	参考《X 射线和 $\gamma$ 射线防护手册》表 11.A 中 300kV 的铅当量取值
屏蔽所需透射因子 B	0.0754	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 B.2 得到值层厚度后, 根据公式 11-3 计算屏蔽透射因子
控制区 (m)	91.3	周围剂量当量率大于 $50\mu\text{Sv/h}$ 的区域
监督区 (m)	408.3	周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域

根据计算结果可知, 工件屏蔽状态下控制区和监督区的范围过大, 不利于实际探伤工作的进行。为尽可能的缩短控制区和监督区的距离, 西安西电开关电气有限公司应根据实际现场周围环境, 不同距离配备不同厚度的铅板进行局部屏蔽。

② 工件+局部屏蔽

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), 在工件屏蔽和局部屏蔽状态下, 关注点辐射剂量率计算参数见表 11-2; 根据公式 11-1、公式 11-2 和公式 11-3, 局部屏蔽下应配备的铅板厚度见表 11-2 所示。

表 11-2 局部屏蔽所需的铅板厚度

局部屏蔽铅板的厚度(mm)	钢在不同电压时的铅当量 (mmPb)	工件+局部屏蔽铅的厚度(mm)	屏蔽所需透射因子 B	控制区 (m)	监督区 (m)
1	6.4	7.4	0.0503	74.6	333.6
2		8.4	0.0336	61.0	272.6
3		9.4	0.0224	49.8	222.7
4		10.4	0.0150	40.7	182.0
5		11.4	0.0100	33.3	148.7
6		12.4	0.0067	27.2	121.5
7		13.4	0.0045	<b>22.2</b>	<b>99.3</b>
8		14.4	0.0030	18.1	81.1
9		15.4	0.0020	14.8	66.3
10		16.4	0.0013	12.1	54.2

续表 11-2 局部屏蔽所需的铅板厚度

局部屏蔽铅板的厚度(mm)	钢在不同电压时的铅当量 (mmPb)	工件+局部屏蔽铅的厚度(mm)	屏蔽所需透射因子 B	控制区 (m)	监督区 (m)
11		17.4	0.0009	9.9	44.3
12		18.4	0.0006	8.1	36.2

由上述计算结果可知，在工件+局部屏蔽的情况下，采取的局部屏蔽应至少配备 7mm 的铅板，根据实际探伤场所调整铅板的厚度。若局部屏蔽选用 7mm 的铅板进行计算，则工件+局部屏蔽状态下有用线束方向辐射剂量率计算结果见表 11-3。

表 11-3 工件+局部屏蔽状态下有用线束方向辐射剂量率

辐射剂量率 (μSv/h)	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)
距离 (m)	
10	246.50
20	61.62
30	27.39
40	15.41
60	6.85
80	3.85
100	2.46
200	0.62
300	0.27

2、非有用线束控制区与监督区边界估算

有工件条件下，非主射束方向主要考虑漏射线和散射线。

(1) 泄漏辐射屏蔽估算模式

① 关注点达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_C$  时，泄露辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_C \cdot R^2}{H_L} \dots\dots\dots \text{(公式 11-4)}$$

式中： $\dot{H}_C$ —剂量率控制水平，μSv/h；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$H_L$ —距离辐射源点（靶点）1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率，μSv/h，其典型值见 GBZ/T 250-2014 中表 1。

B—屏蔽透射因子。

② 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按公式（11-3）计算，然



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

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots \dots \dots \text{（公式 11-5）}$$

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）；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），其典型值见 GBZ/T 250-2014 中表 1。

(2) 散射辐射屏蔽估算模式

① 关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_C$ 时，散射辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{H_C \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \dots \dots \dots \text{（公式 11-6）}$$

式中： $H_C$ —剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，m；

$R_0$ —辐射源点至探伤工件的距离，m；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

$H_0$ —距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以  $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$  为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ ；

F— $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

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

B—屏蔽透射因子。

当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为  $20^\circ$  时，X 射线管电压为 200kV~400kV 时， $R_0^2 / F \cdot \alpha$  因子的值为 50。

② 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，按 GBZ/T 250-2014 中的表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定  $90^\circ$  散射辐射的 TVL，然后按公式（11-3）计算。关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按公式（11-7）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots \dots \dots \text{公式（11-7）}$$

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

$H_0$ —距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以  $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$  为单位的值乘以  $6\times 10^4$ ；

B—屏蔽透射因子；

F— $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

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

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

### (3) 非有用线束的控制区与监督区的边界距离估算

根据《工业 X 射线探伤放射卫生防护要求》（GBZ117-2015），X 射线探伤现场探伤作业时，应将周围剂量当量率大于  $50\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区，周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的区域划分为监督区。

由于工件与散射线、漏射线的方向基本不在一个方向，本次评价不考虑工件的屏蔽作用。

#### ① 非有用线束方向泄漏辐射控制区和监督区边界距离估算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和公式 11-3、公式 11-4，无屏蔽状态下，非有用线束方向，泄漏辐射控制区和监督区边界距离估算结果见表 11-4。

表 11-4 无屏蔽状态下非有用线束泄漏辐射的控制区与监督区边界

参数名称	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)	备注
X 射线管电压 (kV)	300	/
距离辐射源点（靶点） 1m 处 X 射线管组装体的 泄露辐射剂量率 $H_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	5000	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T 250-2014) 表 1 中 X 射线探 伤机的泄漏辐射剂量率
屏蔽所需透射因子 B	1	无屏蔽状态下，透射因子 B 为 1
控制区 (m)	10	周围剂量当量率大于 $50\mu\text{Sv/h}$ 的区域
监督区 (m)	44.7	周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域

根据有用线束计算结果可知，需要根据实际探伤工作决定局部屏蔽所需的铅板厚度。但是，泄漏辐射在实际工作中无需配备和有用线束一样的铅板厚度，因此，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）计算，泄漏辐射在局部屏蔽

状态下，关注点辐射剂量率计算参数见表 11-5；根据公式 11-1、公式 11-2 和公式 11-3，局部屏蔽下应配备的铅板厚度见表 11-5 所示。

**表 11-5 泄漏辐射在局部屏蔽下所需的铅板厚度**

局部屏蔽的铅板厚度(mm)	屏蔽所需透射因子 B	控制区 (m)	监督区 (m)
1	0.6677	8.2	36.5
2	0.4458	6.7	29.9
3	0.2976	5.5	24.4
4	0.1987	<b>4.5</b>	<b>19.9</b>
5	0.1327	3.6	16.3
6	0.0886	3.0	13.3

由上述计算结果可知，在局部屏蔽的情况下，采取的局部屏蔽应至少配备 4mm 的铅板，根据实际探伤场所调整铅板的厚度。若局部屏蔽选用 4mm 的铅板进行计算，则非有用线束泄漏辐射在局部屏蔽状态下的辐射剂量率计算结果见表 11-6。

**表 11-6 非有用线束泄漏辐射在局部屏蔽状态下的辐射剂量率**

辐射剂量率 (μSv/h)	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)
距离 (m)	
1	993.61
2	248.40
3	110.40
4	62.10
5	39.74
10	9.94
20	2.48
40	0.62
60	0.28

② 非有用线束方向**散射辐射**控制区和监督区边界距离估算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 和公式 11-3、公式 11-6，非有用线束方向，散射辐射控制区和监督区边界距离估算结果见表 11-7。

**表 11-7 非有用线束散射辐射的控制区与监督区边界**

参数名称	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)	备注
在最高管电压下的常用最大管电流 I (mA)	4.5	/
管电压 (kV)	300	/

续表 11-7 非有用线束散射辐射的控制区与监督区边界

参数名称	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)	备注
距离辐射源点 (靶点) 1m 处的输出量 $H_0$ ( $\mu\text{Sv m}^2/(\text{mA h})$ )	$\frac{25.6 \times 10 \times 6 \times 10^4 \times 0.6^2}{4.5}$	SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机外置滤波为 4mmAlMg3, 根据西安西电开关电气有限公司委托中国计量科学研究院对于 SMART EVO 300D 型探伤机的计量检测报告 (见附件), 外置滤波同样为 4mmAlMg3。检测结果表明, 距离探伤机 0.6m 处的空气比释动能率为 25.6cGy/min。换算得知 1m 处距离辐射源点 (靶点) 1m 处的输出量 $H_0$ 。
屏蔽所需透射因子 B	1	
控制区 (m)	47.0	周围剂量当量率大于 50 $\mu\text{Sv/h}$ 的区域
监督区 (m)	210.3	周围剂量当量率大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的区域

与泄漏辐射的计算方法一样, 散射辐射在实际工作中也无需配备和有用线束一样的铅板厚度, 因此, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 计算, 散射辐射在局部屏蔽状态下, 关注点辐射剂量率计算参数见表 11-8; 根据公式 11-1、公式 11-2 和公式 11-3, 局部屏蔽下应配备的铅板厚度见表 11-8 所示。

表 11-8 散射辐射在局部屏蔽下所需的铅板厚度

局部屏蔽的铅板厚度(mm)	屏蔽所需透射因子 B	控制区 (m)	监督区 (m)
1	0.1931	20.7	92.4
2	0.0373	9.1	40.6
3	0.0072	4.0	17.8
4	0.0014	<b>1.8</b>	<b>7.8</b>
5	0.0003	0.8	3.4

注: 屏蔽所需透射因子 B 的计算: 原始电压为 300kV, 则散射应根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的表 2 取 200kV, 再根据表 B.2 得到什值层厚度后, 利用公式 11-3 计算屏蔽透射因子。

由上述计算结果可知, 在局部屏蔽的情况下, 采取的局部屏蔽应至少配备 4mm 的铅板, 根据实际探伤场所调整铅板的厚度。若局部屏蔽选用 4mm 的铅板进行计算, 则非有用线束散射辐射在局部屏蔽状态下的辐射剂量率计算结果见表 11-9。

表 11-9 非有用线束散射辐射在局部屏蔽状态下关注点的剂量率

辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)
距离 (m)	
1	153.67
2	38.42

续表 11-9 非有用线束散射辐射在局部屏蔽状态下关注点的剂量率

辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	移动式 X 射线机 (SMART EVO 300DS)
距离 (m)	
4	9.60
6	4.27
8	2.40
10	1.54
15	0.68
20	0.38
30	0.17
40	0.10

### 3、X 射线现场探伤环境影响分析

根据《工业X射线探伤放射卫生防护要求》(GBZ117-2015), X射线探伤现场探伤作业时, 根据“表10 辐射安全与防护”的“1、控制区、监督区的理论划分”的计算后, 应将周围剂量当量率大于 $50\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区, 周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划分为监督区。为尽可能缩短控制区和监督区的距离, 需要用铅板进行局部屏蔽, 根据“1、有用线束辐射剂量率估算”中, 本次评价计算得知的局部屏蔽所需铅板的厚度至少取7mm。本次铅板厚度取7mm进行计算, 则在工件+局部屏蔽的情况下, 有用线束方向控制区距离为23m, 监督区距离为100m。

对于有用线束方向, 西安西电开关电气有限公司根据探伤现场实际情况, 按照设置控制区、监督区的范围采取相应的局部屏蔽措施, 采取局部屏蔽措施的铅当量与控制区、监督区范围的关系见表11-10。

表 11-10 有用线束方向局部屏蔽措施铅当量与控制区、监督区范围关系

局部屏蔽措施铅当量	控制区范围	监督区范围
7mm Pb	23m	100m
8mm Pb	19m	82m
9mm Pb	15m	67m
10mm Pb	13m	55m
11mm Pb	10m	45m

非有用线束方向, 在实际工作中无需配备和有用线束一样的铅板厚度, 此方向主要考虑漏射线与散射线的累加。西安西电开关电气有限公司根据探伤现场实际情况, 按照设置控制区、监督区的范围采取相应的局部屏蔽措施, 采取局部屏蔽措施的铅当量与控制区、监督区范围的关系见表11-11。

表 11-11 非有用线束方向局部屏蔽措施铅当量与控制区、监督区范围关系

局部屏蔽措施铅当量	控制区范围	监督区范围
1mm Pb	23m	100m
2mm Pb	12m	51m
3mm Pb	7m	31m
4mm Pb	5m	22m

探伤作业期间，操作人员在控制区边界操作X射线探伤机，安全员在控制区和监督区边界进行巡检。探伤作业期间，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”警示标志；在控制区边界还应放置“禁止进入X射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。在采取以上措施后，X射线探伤过程中，对职业人员和周边环境的影响较小。

### 三、个人年附加有效剂量估算

#### 1、X 射线探伤过程中操作人员年附加有效剂量估算

X 射线现场探伤需根据现场情况对探伤检测现场划分控制区和监督区，控制区边界剂量率应不大于  $50\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）5.1.3 要求，探伤作业人员在控制区边界外操作。安全员主要负责现场探伤过程中的 X 射线机的看管、控制区和监督区的划分和警戒、对作业区边界上的实时剂量率进行巡测和安全巡视。探伤作业期间，安全员一直在控制区~监督区边界进行巡逻。

本项目 X 现场探伤拟配备 6 名职业人员，分 3 个探伤小组，每个探伤小组 2 人（1 名操作人员和 1 名安全员）。根据建设单位提供的资料，X 射线探伤机累计全年照射时间最大为 80h。假设现场探伤过程中，由探伤小组中的 2 人（操作人员）共同完成 X 射线探伤机的操作，另 1 人（安全员）负责现场探伤过程中的安全巡查。操作人员和安全员与探伤机的最近距离均位于控制区外，控制区边界剂量率应不大于  $50\mu\text{Sv/h}$ 。则每个职业人员年附加有效剂量最大值为  $50\mu\text{Sv/h} \times 80\text{h/a} \div 3 = 1.33\text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本次环评提出的年剂量约束值（5mSv）。

探伤工作人员有可能操作 Y.MU2000 型 X 射线实时成像仪或 HS-XYD-320 型 X 射线实时成像仪，按照西安西电开关电气有限公司提供的 2019 年个人剂量监测报告可知（见附件），探伤操作人员中的年有效剂量最大为 0.22mSv，二者叠加，则探伤操作人员的年有效剂量最大为 1.55mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002) 中职业照射限值和本次环评提出的年剂量约束值 (5mSv)。

## 2、X 射线探伤过程公众的影响分析

一般情况下，每个探伤工作项目使用 1 台 X 探伤机，每个项目的地区不同，所影响公众不定，现场探伤作业基本 2 天可完成，每天拍摄的透照时间为 1h，则每个项目的拍摄的透照时间为 2h。本项目公众活动区域主要位于监督区外，监督区边界剂量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。则公众年附加有效剂量最大值为  $2.5\mu\text{Sv/h}\times 2\text{h}=0.005\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中职业照射限值 and 本次环评提出的年剂量约束值 (0.25mSv)。可见，在现场探伤过程中，探伤机产生的 X 射线对公众的影响很小。

由于该单位在探伤前预先划定了控制区和监督区，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”，在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场；且现场探伤多为流动式作业，不会在同一位置长期作业，故一般情况探伤过程对公众的影响甚微。

## 四、大气环境影响分析

本项目探伤机工作时，X 射线探伤机产生的 X 射线使空气电离产生少量的有害气体，主要为  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$ 。由于移动探伤地点均为开阔的场所，扩散条件较好，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

## 五、放射性废物影响分析

本项目拟使用的 SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机采用数字平板探测器，对实时拍摄的照片进行数字化图像处理并储存。因此 X 射线探伤机在工作过程中不产生放射性废气、放射性废水、固体废物。

## 事故影响分析

### 一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号) 第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-12。

**表 11-12 辐射事故等级划分表**

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射源同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以上（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

本项目 X 射线探伤机属II类射线装置，可能发生射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射或急性重度放射病、局部器官残疾，属于较大辐射事故、一般辐射事故。

## 二、辐射事故识别

本项目的环境风险因子为 X 射线，危害因素为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

(1) 探伤工作过程中，探伤机定时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成额外照射；

(2) 操作人员不遵守操作规程，违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

(3) X 射线机被盗，使 X 射线机使用不当，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

## 三、辐射事故影响分析

### 1、误照射事故影响分析

当 X 射线探伤工作过程中，探伤机定时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成误照射；或有无关人员误闯入监督区，此时会对该人员造成误照射。应当定期检查、维修设备，并加强探伤过程中的巡查，尽量避免误照射的发生。

在发生该事故后：

(1) 第一时间切断电源，确保 X 射线探伤机停止出束；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

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和报告制度的通知》



及《陕西省辐射污染防治条例》，当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1h 后向所在地环境保护和公安部门报告，并在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。

#### 四、风险防范措施

由于本项目存在发生事故的风险，所以必须制定相应的风险防范措施：

(1) 现场探伤作业时，先进行清场，并对工作现场进行分区管理，在相应边界设置警示标识。控制区边界悬挂“禁止进入X射线区”警告牌，监督区边界设置“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设置专人警戒巡逻。

(2) 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体），临时屏障或临时拉起警戒线等，防止无关人员误闯入控制区或监督区而造成误照射。

(3) 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，防止对公众造成误照射。

(4) 探伤机控制台应设置在合适的位置或者设有延时开机装置，避免工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成误照射。

(5) 探伤现场应有“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其他报警信号有明显区别；警示信号指示装置应与探伤机联锁；在控制区所有边界都应能听见或看见“预备”信号和“照射”信号，防止无关人员误闯入控制区而造成误照射。

(6) 控制区的方位应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有无关人员进入控制区；如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排人员进行巡查，防止无关人员误闯入控制区而造成误照射。

(7) 应严格按照操作规程进行，对未经培训的探伤工作人员严禁进行探伤操作；防止操作人员不遵守操作规程或违规操作而造成周围人员的不必要照射。

(8) 定期对探伤机进行检查，对发现有问题的部件应及时更换或维修。

(9) 加强对 X 射线机在贮存、使用现场的管理，防止发生射线机的被盗、丢失情况的发生，造成公众超剂量辐射事故。

(10) 制定辐射事故风险的应急预案，一旦发生事故能及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理。

**表 12 辐射安全管理**

### **辐射安全与环境保护管理机构的设置**

#### **1、辐射安全管理机构设置**

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许可管理办法》第十六条“使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作”等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强射线装置的安全和防护的监督管理，以正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命安全和财产，西安西电开关电气有限公司应成立以单位主要领导为组长，项目负责人为成员的辐射安全与环境保护管理小组，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并安排专业人员兼职负责该单位辐射安全工作。

#### **2、辐射安全与环境保护管理小组主要职责**

- (1) 认真贯彻落实国家法律法规的有关规定；
- (2) 对该单位使用的射线装置的安全和防护工作负责，并依法对其造成的放射性危害承担责任；
- (3) 组织制定并落实辐射防护相关管理制度；
- (4) 按照国家有关规定，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，发现安全隐患的应及时进行整改，确保设备正常使用；
- (5) 组织对放射性操作人员进行辐射与安全防护培训，进行个人剂量检查、职业健康检查，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案；
- (6) 制定辐射事故应急预案并定期组织演练；
- (7) 记录该单位发生的放射事故并及时报告卫生行政部门、环境保护主管部门。

#### **3、人员配备与职能**

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、

销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

西安西电开关电气有限公司拟为本项目配备 6 名辐射工作人员，皆从原有辐射工作人员中调配，且均取得辐射安全培训合格证书（见附件）。辐射工作人员应根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年 第 57 号）要求，本项目在建成运行前，若其原持有的辐射安全培训合格证书到期，需参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台重新学习报名并通过考核后方可上岗。

### 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第六款的要求，使用射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；第七款的要求，使用射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。

根据相关法律法规和《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）要求，西安西电开关电气有限公司已制定《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《射线装置管理制度》、《X 射线探伤机操作规程》、《射线装置负责人岗位制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康体检管理制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射监测设备使用与检定管理制度》、《放射性事故应急处理预案》等规章制度。

西安西电开关电气有限公司需在取得《辐射安全许可证》且通过项目竣工环境保护验收合格后方可正式进行现场探伤工作，现场探伤过程中应严格按照规章制度执行，按照监测计划对辐射环境进行监测，编制年度辐射安全与环境管理评估报告。

### 辐射监测

#### 一、辐射监测

根据调查，西安西电开关电气有限公司目前已配备 1 台 X·γ 辐射巡测仪，并制定辐射环境监测方案，每年委托有资质单位对辐射工作场所进行 1 次定期监测，每年按时向环保部门提交本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。公司为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托有资质每季度对辐射工作人

员进行个人剂量检测，个人剂量检测报告存档。

本项目投产后，新增 SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机，无固定的工作场所，监测要求如下：

本项目辐射工作人员从已有人员中调配，已配置个人剂量计，应加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，做到定期送检，专人专戴；建立了放射性工作人员个人剂量档案，定期组织放射性工作人员体检；建立有辐射工作人员个人健康档案。

根据 X 射线现场探伤作业特点，制定辐射环境监测计划。个人剂量监测和工作场所监测的监测内容、点位布设及监测频次见表 12-1。公司应严格执行此监测计划，并保存监测记录。

表 12-1 辐射环境监测计划表

序号	工作场所	监测项目	监测点位	监测频次	监测目的
1	无损检测现场	周围剂量当量率	探伤作业现场--警戒线边界处	控制区、监督区边界确定时监测 1 次；现场探伤期间，对监督区进行巡测	确定控制区、监督区边界，并确保周边剂量率符合要求
			探伤作业现场	探伤机停止工作时，对操作人员所在位置进行检测	确认探伤机已停止工作
2	工作人员个人剂量	个人剂量当量	/	每 3 个月送有资质检测机构检测 1 次	建立个人剂量档案

## 环保投资和竣工验收清单

### 二、环保投资估算

根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关规定》，并根据项目实际情况，本项目环保设施（措施）要求及投资估算见表 12-2。

本项目总投资 500 万元，环保投资 5.8 万元，占总投资的 1.16%。

表 12-2 项目环保投资估算表

类别	环保设施/措施	数量	投资金额（万元）	备注
防护设施	辐射防护服	2 套	1.0	/
	大功率喊话器	2 个	0.2	/
	个人剂量报警仪	2 个	1.2	/
	铅皮或铅板	4 个	2	
	警示信号指示装置	1 套	0.1	

**续表 12-2 项目环保投资估算表**

类别	环保设施/措施	数量	投资金额（万元）	备注
	安全警戒线	2 盘	0.1	/
	警示标志	若干	0.2	/
监测	X-γ 剂量率检测仪	1 台	1.0	/
	个人剂量计	与人员配套（现有）	/	/
合计			5.8	/

### 三、竣工环境保护验收内容及要求

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），本项目竣工后，建设单位应按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，及时对本项目配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

本项目竣工环境保护验收清单（建议）见表 12-3。

**表 12-3 项目竣工环境保护验收清单（建议）**

序号	验收内容	防护措施	验收效果和环境预期目标
1	辐射安全与环境管理领导机构和辐射事故应急领导组织	设立以公司主管领导为组长相关部门负责人参加的辐射安全与环境管理领导小组，负责整个公司辐射安全与环境管理工作	以文件形式成立辐射安全与环境保护管理小组
2	辐射环境监测	监测工作场所辐射剂量率，避免相关人员受到不必要的辐射	放射性工作场所及其周围环境进行监测，保存监测记录
3	工作场所区域划分，设立电离辐射警示标志	防止无关人员进入边界以内的操作区域	探伤现场划分控制区（大于 50μSv/h）、监督区（大于 2.5μSv/h）；区域边界设置警戒线、电离辐射警示标志以及警示信号指示装置；局部屏蔽所需的铅板
4	监测仪器	移动探伤工作小组均应配备相应的监测仪器	X-γ 剂量率检测仪 个人剂量报警仪
5	个人剂量档案和健康档案	进行现场探伤操作时按要求佩戴个人剂量计，每个季度送有资质监测机构监测 1 次；并建立个人剂量档案和健康档案	建立个人剂量档案和健康档案；工作人员年附加有效剂量低于 5mSv，公众年附加有效剂量低于 0.25mSv
6	个人防护用品	为现场探伤操作人员配备个人防护用品	配备铅衣等个人防护用品
7	放射性工作人员资质	新从事辐射活动的人员以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员均按要求参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并通过考核	参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并通过考核

续表 12-3 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	验收内容	防护措施	验收效果和环境预期目标
8	标准化建设	按《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）要求进行标准化建设	对公司的辐射安全管理进行标准化建设
			确保探伤现场操作与管理的标准化

### 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》第四十一条之规定：“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。”，结合公司实际运行情况和本项目事故工况分析，制定《辐射事故应急预案》并成立事故应急组织机构，一旦发生事故及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理。

#### 一、辐射应急预案内容

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《陕西省放射性污染防治条例》以及《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）中对于辐射事故应急预案应包含的内容都提出了要求，西安西电开关电气有限公司现已制定《辐射事故应急预案》并成立事故应急组织机构，符合性分析详见表 12-4。

表 12-4 辐射事故应急预案主要内容符合性分析

序号	文件名称	具体条文	条文规定内容	是否符合
1	《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令）	第四十一条	辐射事故应急预案应当包括下列内容： （一）应急机构和职责分工；（二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故调查、报告和处理程序	是
2	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）	第四十三条	辐射事故应急预案应当包括下列内容： （一）应急机构和职责分工；（二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故的调查、报告和处理程序；（五）辐射事故信息公开、公众宣传方案	是

续表 12-4 辐射事故应急预案主要内容符合性分析

序号	文件名称	具体条文	条文规定内容	是否符合
3	《陕西省放射性污染防治条例》(2019年7月31日修正)	第三十二条	应急预案应当包括下列内容:(一)可能发生的辐射事故及危害程度分析;(二)应急组织指挥体系和职责分工;(三)应急人员培训和应急物资准备;(四)辐射事故应急响应措施;(五)辐射事故报告和处理程序	是
4	《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》(陕环办发〔2018〕29号)	辐射安全管理部分--应急管理	应急预案应当包括下列内容:(一)可能发生的辐射事故及危害程度分析;(二)应急组织指挥体系和职责分工;(三)应急人员培训和应急物资准备;(四)辐射事故应急响应措施;(五)辐射事故报告和处理程序	是

## 二、辐射事故应急预案启动与报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部第18号令)中要求,发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时,公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案,采取应急措施,并在2h内填写《辐射事故初始报告表》,向当地人民政府环境保护主管部门报告;还应当同时向当地人名政府、公安部门和卫生主管部门报告。

## 三、应急演练及应急预案修订

应急预案编制后,西安西电开关电气有限公司应当定期组织开展应急演练,并根据演练中发现的问题,完善修订应急预案,维持应急能力。

**表 13 结论与建议**

## 一、结论

### 1、项目概况

项目名称：西安西电开关电气有限公司移动式 X 射线现场探伤项目

建设单位：西安西电开关电气有限公司

建设性质：改扩建

建设内容：西安西电开关电气有限公司拟使用 1 台移动式 X 射线机(300kV/4.5mA)用于全国各地变电站现场 GIS 等设备的无损检测。本次使用 X 射线探伤机为II类射线装置。

本项目总投资 500 万元，其中环保投资 5.8 万元，占总投资的 1.16%。

### 2、产业政策符合性及实践正当性结论

本项目利用 X 射线对物体/工件进行无损探伤,属于《产业结构调整指导目录(2019 年本)》中的“鼓励类”，符合国家产业政策规定。

西安西电开关电气有限公司拟使用 1 台移动式 X 射线机（300kV/4.5mA）用于检测全国各地变电站现场 GIS 设备内部零部件是否存在故障，预防因 GIS 设备故障导致城市断电的情况发生。该项目的开展所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的“实践的正当性”原则。

### 3、辐射安全与防护分析结论

根据《工业 X 射线探伤放射卫生防护要求》（GBZ117-2015），X 射线探伤现场探伤作业时，将周围剂量当量率大于  $50\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区，周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的区域划分为监督区。作业控制区、监督区边界设置警戒线，在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。作业现场设专人警戒，并由探伤小组的安全员负责巡视，避免无关人员进入。

### 4、环境影响分析结论

#### (1) 职业人员年附加有效剂量

本项目 X 现场探伤拟配备 6 名职业人员，分 3 个探伤小组，每个探伤小组 2 人（1 名操作人员和 1 名安全员）。根据建设单位提供的资料，X 射线探伤机累计全年照射



时间最大为 80h。假设现场探伤过程中，由探伤小组中的 2 人（操作人员）共同完成 X 射线探伤机的操作，另 1 人（安全员）负责现场探伤过程中的安全巡查。操作人员和安全员与探伤机的最近距离均位于控制区外，控制区边界剂量率应不大于  $50\mu\text{Sv/h}$ 。则每个职业人员年附加有效剂量最大值为  $1.33\text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本本次环评提出的年剂量约束值（ $5\text{mSv}$ ）。

探伤工作人员有可能操作 Y.MU2000 型 X 射线实时成像仪或 HS-XYD-320 型 X 射线实时成像仪，按照西安西电开关电气有限公司提供的 2019 年个人剂量监测报告，将探伤操作人员年有效剂量的最大值与本项目年附加有效剂量最大值进行叠加，则探伤操作人员的年有效剂量最大值为  $1.55\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本本次环评提出的年剂量约束值（ $5\text{mSv}$ ）。

#### (2) 公众年附加有效剂量

一般情况下，每个项目使用 1 台 X 探伤机，每个项目的地区不同，所受公众不定，现场探伤作业基本 2 天可完成，每天拍摄的透照时间为 1h，则每个项目的拍摄的透照时间为 2h。本项目公众活动区域主要位于监督区外，监督区边界剂量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。则公众年附加有效剂量最大值为  $0.005\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本本次环评提出的年剂量约束值（ $0.25\text{mSv}$ ）。可见，在现场探伤过程中，探伤机产生的 X 射线对公众的影响很小。

由于该单位在探伤前预先划定了控制区和监督区，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”，在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场；且现场探伤多为流动式作业，不会在同一位置长期作业，故一般情况探伤过程对公众的影响甚微。

#### (3) 大气环境影响分析

本项目探伤机工作时，X 射线探伤机产生的 X 射线使空气电离产生少量的有害气体，主要为  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$ 。由于移动探伤地点均为开阔的场所，扩散条件较好，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

#### (4) 放射性废物影响分析

本项目拟使用的 SMART EVO 300DS 型移动式 X 射线机采用数字平板探测器，对实时拍摄的照片进行数字化图像处理并储存。因此 X 射线探伤机在工作过程中不产生放射性废气、放射性废水、固体废物。

### 5、环境影响可行性结论

西安西电开关电气有限公司拟使用 1 台移动式 X 射线机（300kV/4.5mA）用于检测全国各地变电站现场 GIS 设备内部零部件是否存在故障，预防因 GIS 设备故障导致城市断电的情况发生，其带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合辐射防护实践的正当性要求，项目建设的目的是可行的。建设单位对该项目采取了辐射防护措施，使辐射影响达到了尽可能低的水平。

西安西电开关电气有限公司只要严格执行国家相关法律法规和标准要求，根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）要求建立健全各项规章制度，加强运行管理；切实落实本报告表中提出污染防治措施和建议，根据探伤现场实际情况采取相应的局部屏蔽措施，本项目对工作人员和公众产生的辐射影响就可以控制在国家标准允许的范围之内。因此从辐射环境保护角度分析，该项目可行。

## 二、建议和承诺

(1) 辐射操作人员必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并通过考核，考核合格后才能上岗。若其原持有的辐射安全培训合格证书到期，需重新学习报名并通过考核后方可上岗。

(2) 加强对员工的核与辐射安全知识培训，增强员工的安全意识和自我保护意识。每年开展一次辐射事故应急演练，增强事故应急能力，常备不懈。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

审批意见：

经办人

公章  
年 月 日