

表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线数字成像检测系统核技术利用项目			
建设单位		北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司			
法人代表	封利民	联系人	谢明召	联系电话	15829084755
注册地址		陕西省西安市丈八东路 168 号			
项目建设地点		陕西省渭南市华州区高塘镇黄家村莫胡沟华州生产中心 202 工房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	100	项目环保投资（万元）	12.6	投资比例（环保投资/总投资）	12.6%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	23.01
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		
其他	/				
<p><b>项目概述</b></p> <p>一、项目背景</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司是由西安近代化学研究所和斯伦贝谢技术（新加坡）有限公司共同出资成立的中外合资企业，主要从事油气田领域民用爆破器材技术、产品的研制开发、生产、销售和工程技术服务。</p> <p>公司主导产品为耐热炸药系列产品、聚能射孔弹系列产品、复合射孔器系列产品、切割弹系列产品、取芯药盒、桥塞火药柱、高能气体压裂弹系列产品等。同时，提供工程技术服务，如高新复合射孔系列技术、油气井高能气体压裂技术、套管破损燃气动力补贴技术、套管变形段整形修复技术、特种切割技术等。目前，北方斯伦贝谢油</p>					

田技术（西安）有限公司设有分厂区 1 个，即华州生产中心。

## 2、项目由来

为满足公司业务发展需要，北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司拟在华州生产中心 202 工房检验室新建 1 套 UND160 型 X 射线数字成像检测系统对工件进行无损检测，本次被检工件最大厚度为 50mm，工件材质主要为环氧树脂+氧化剂混合物。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》及《建设项目环境保护管理条例》，本项目需作环境影响评价。本项目为工业用 X 射线探伤装置，根据《射线装置分类》，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》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目”中“……生产、使用 II 类射线装置的；……”项目，应编制环境影响报告表。

北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司于 2022 年 1 月 19 日委托我公司进行该项目的环评。接受委托后，我公司随即组织技术人员开展资料收集、现场踏勘、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《X 射线数字成像检测系统核技术利用项目环境影响报告表》。

## 二、项目概况

### 1、建设规模

本项目拟建地位于渭南市华州区高塘镇黄家村莫胡沟华州生产中心 202 工房，本次拟在 202 工房检验室内布置 1 套 UND160 型 X 射线数字成像检测系统，设备自带屏蔽体。设备参数见表 1-1。

表 1-1 本项目设备参数表

名称	设备型号	最大管电压	最大管电流	最大靶功率	曝光类型	用途	工作场所	备注
X 射线检测设备	UND160 型	160kV	30mA	480W	定向，射线束角：36°	无损检测	202 工房检验室	实时成像；最大管电压为 160kV 时，最大管电流为 3.0mA

### 2、工作制度及劳动定员

根据建设单位提供资料，本次 UND160 型 X 射线数字成像检测系统每天射线出束

时间36min（0.6h），每周工作5d，全年工作170d，全年出束时间102h。

本项目共配置辐射工作人员2人，从现有工作人员中调配，均为新增辐射工作人员。

### 三、项目产业政策符合性及实践正当性分析

本项目利用 X 射线进行无损检测，系核技术应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）》（2021 年修改），属于“鼓励类”中“十四、机械—6、科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜”、“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。

本项目主要用于北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司产品的无损检测，通过无损检测和信息反馈，可保证工件的质量，便于研究调整生产工艺等，其对受照个人或社会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）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

### 四、项目选址及周边环境关系

#### 1、地理位置

项目位于渭南市华州区高塘镇黄家村莫胡沟华州生产中心 202 工房内，地理位置见图 1-1。



## 2、周边环境关系及平面布置

本项目位于渭南市华州区高塘镇黄家村莫胡沟华州生产中心 202 工房检验室，华州生产中心平面布置见图 1-2。由图可知，202 工房位于华州生产中心厂区的中部，东侧为厂区道路，南侧为射孔弹生产工房，西侧为山体，北侧为厂区道路。

本项目检验室所在的 202 工房为一层建筑，无地下建筑，平面布置情况见图 1-3。由图可知，本次拟配备设备所在检验室东侧为 202 工房室外道路及厂区道路；南侧依次为安全通道、包装材料存放间、操作间 3、操作间 4、模具间；西侧为操作走廊、退模机间、数控车间；北侧依次为备件间、称量间、热水机组间、杂品间、配电间、筛分间、监控室、卫生间。

本项目设备位于检验室内，检验室尺寸为  $3.57\text{m} \times 5.8\text{m} \times 4.4\text{m}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 梁高，房顶高度  $4.8\text{m}$ ，均为内尺寸），设备外尺寸为  $1.22\text{m} \times 1.52\text{m} \times 2.143\text{m}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 高，宽度包括防爆电柜），设备内部屏蔽体尺寸为  $1.092\text{m} \times 1.072\text{m} \times 1.857\text{m}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 高），本项目所在检验室内平面布置见图 1-4~5，由图可知，进入检验室的门位于检验室西南侧，检验室由隔墙分为操作间、检验间。本次拟新增 X 射线数字成像检测系统操作台位于操作间，设备位于检验间，设备北侧为带传送功能的置物台，传送带（预留）位于置物台北侧。

X 射线数字成像检测系统总体平面布置见图 1-6。由图可知，工件进出的升降铅门位于设备的北侧，南侧、西侧各设维修铅门 1 个，东侧紧邻防爆电柜，通风设施位于设备顶部。

## 五、现有核技术利用项目情况

根据企业提供资料及现场调查，北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司目前尚未开展过核技术利用项目。

## 六、评价目的

(1) 通过对区域辐射环境水平基础资料的收集、分析，了解项目所在区域辐射环境背景情况。

(2) 通过对企业拟新增射线装置产生的辐射环境影响进行预测、分析，确定其对环境的影响程度与影响范围，分析辐射防护措施的效果，提出减少辐射影响的防护措施。

(3) 对项目运行过程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”。

(4) 满足国家和地方生态环境部门对射线装置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。

仅供北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司X射线数字成像检测系统核技术应用项目报批前公示用



图 1-2 项目厂区平面布置及评价范围示意图

仅供北方斯伦贝谢油田技术(西安)有限公司射线数字成像检测系统核技术应用项目报批前公示用

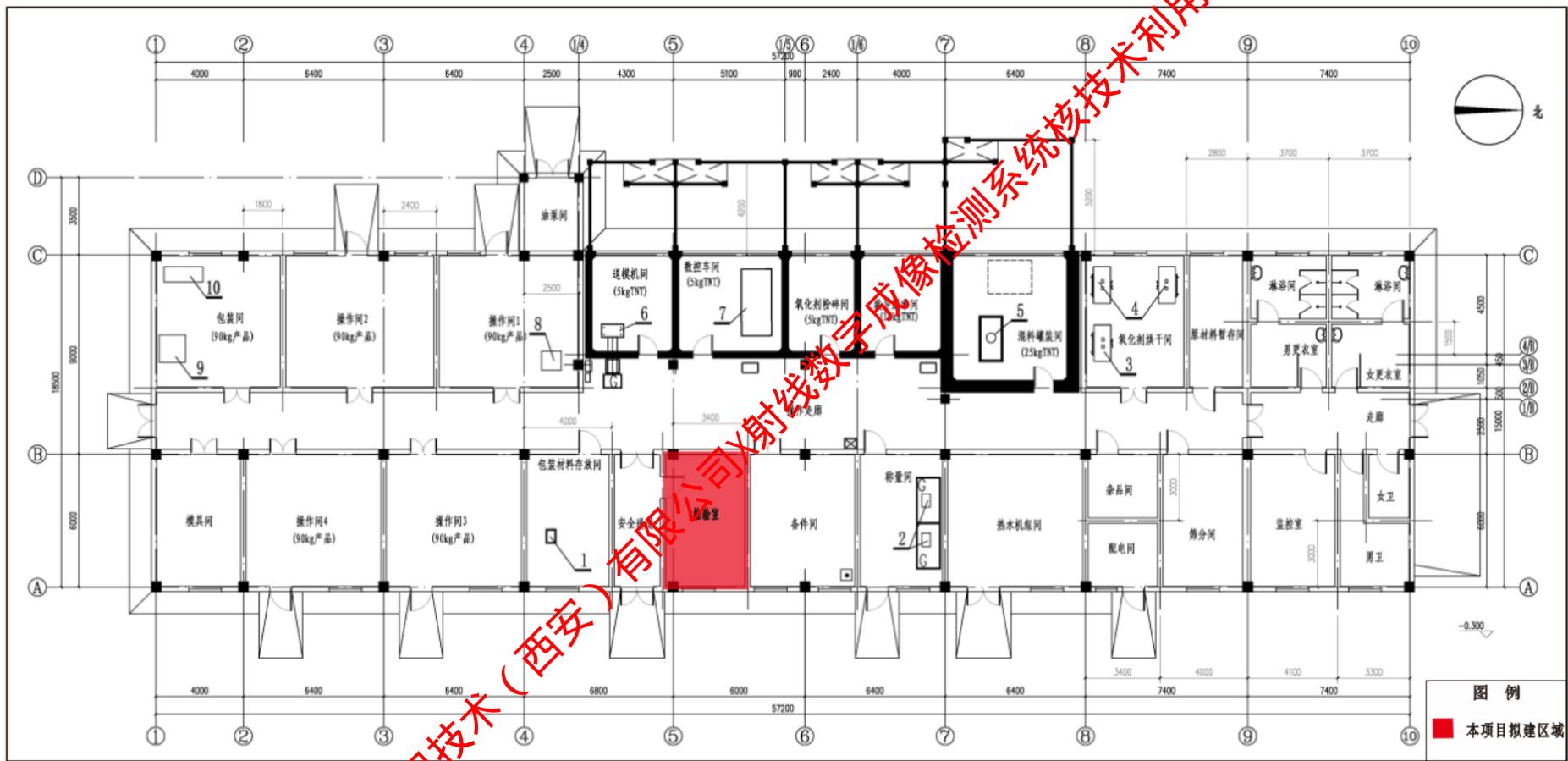


图 1-3 本次项目检验室所在 202 工房平面布置图

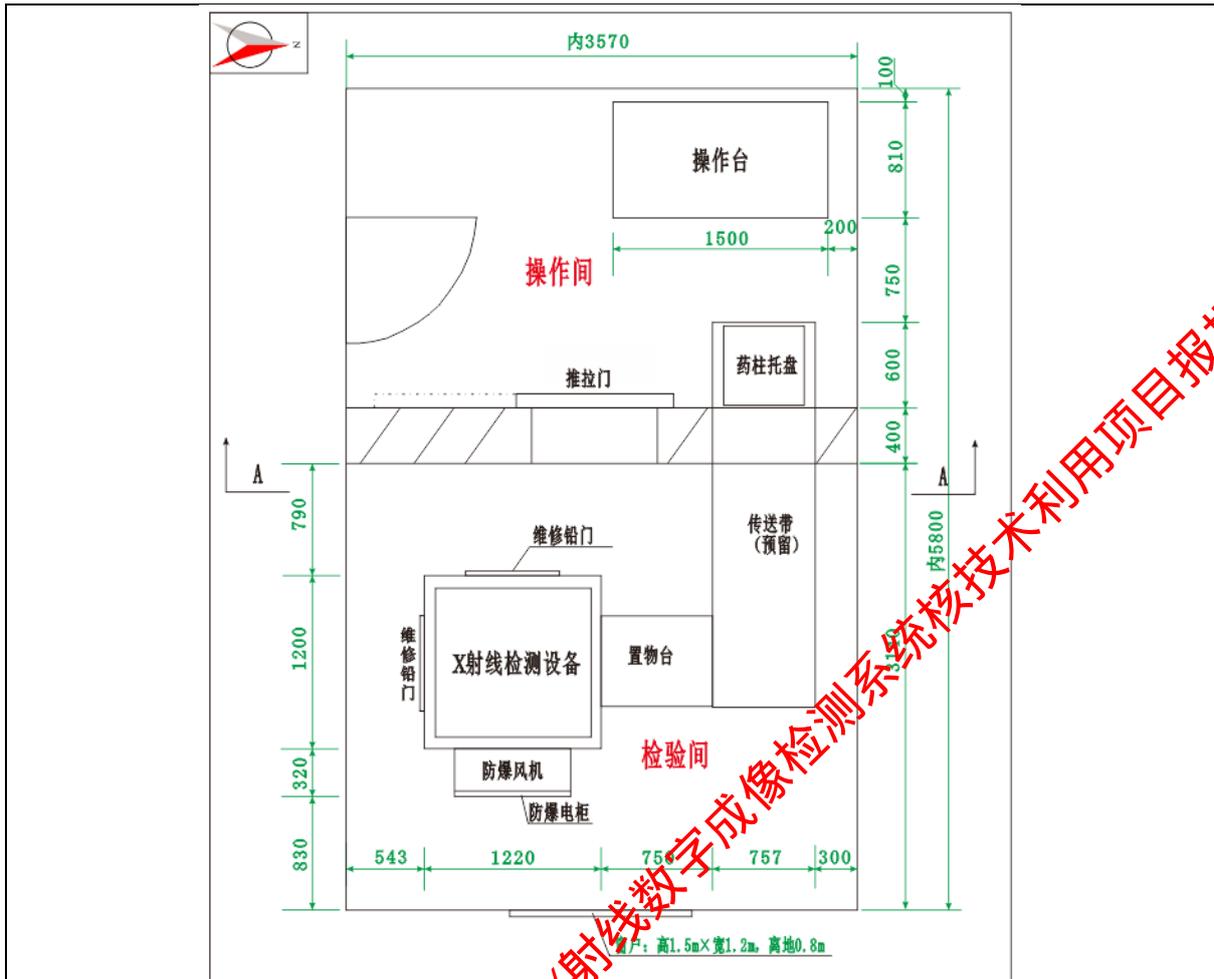


图 1-4 本项目检验室内平面布置图 (单位: mm)

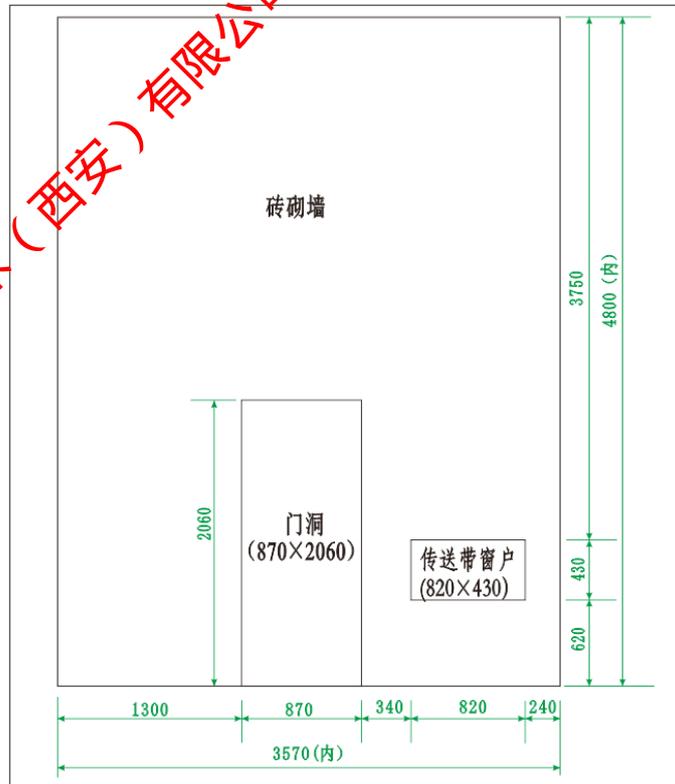


图 1-5 本项目检验室 A-A 断面图 (单位: mm)

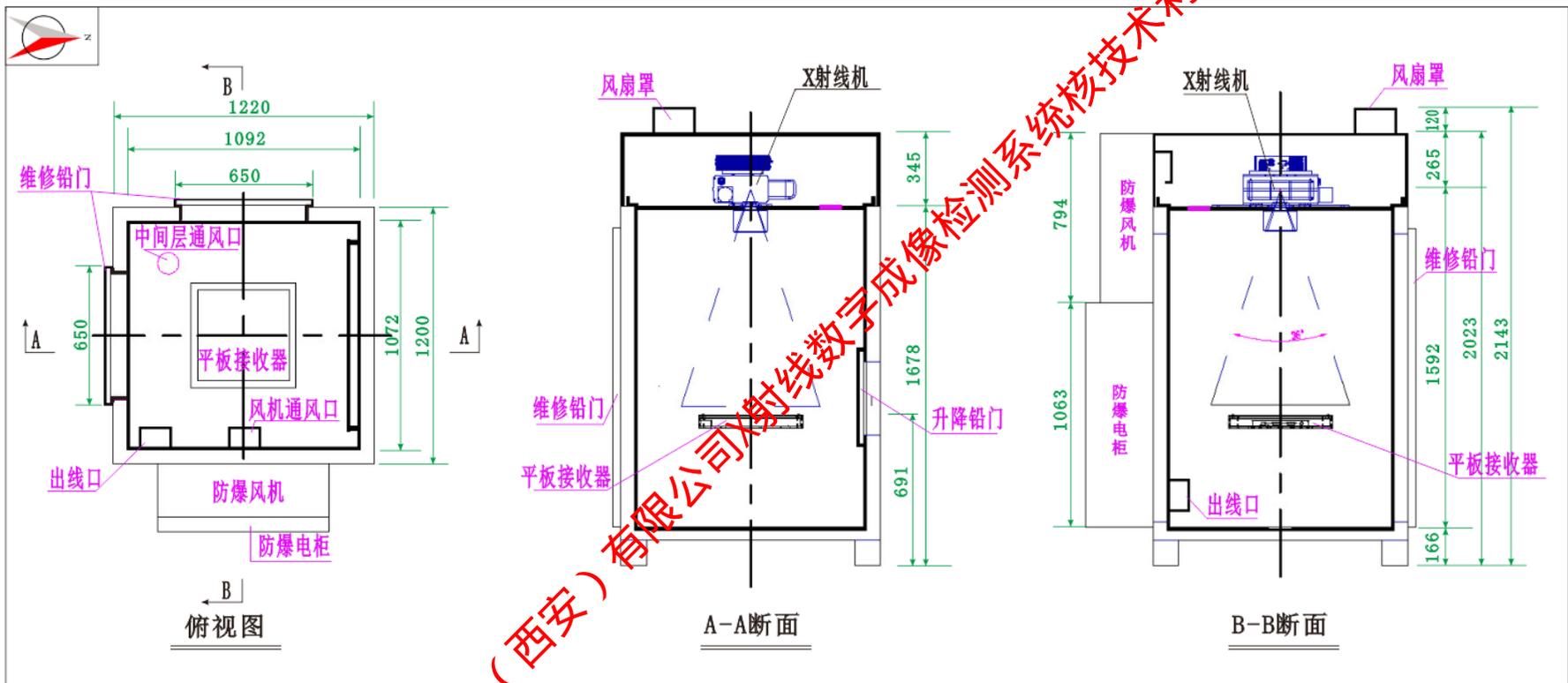


图 1-6 设备内部平面布置图 (单位: mm)

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线数字成像检测系统	II 类	1 套	UND160	160	30	无损检测	202 工房检验室	最大管电压为 160kV 时，最大管电流为 3.0mA；最大管电流为 30mA 时，最大管电压为 16kV
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
本项目运行过程中不产生放射性“三废”	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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）。

仅供北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司X射线数字成像检测系统核技术应用项目报批前公示用

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》(修订版), 2015 年 1 月 1 日;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(修正), 2018 年 12 月 29 日;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(修订), 国务院令 第 682 号, 2017 年 10 月 1 日;</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版), 生态环境部令 第 16 号, 2021 年 1 月 1 日;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 国务院令 第 709 号, 2019 年 3 月 2 日;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 修改), 生态环境部令 第 20 号, 2021 年 1 月 4 日;</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环境保护部 18 号令, 2011 年 5 月 1 日;</p> <p>(9) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》, 环发〔2008〕13 号, 2008 年 4 月 14 日;</p> <p>(10) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》, 环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 6 日;</p> <p>(11) 《陕西省放射性污染防治条例(2019 年修正)》, 2019 年 11 月 6 日;</p> <p>(12) 《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项目表&gt;的通知》, 陕环办发〔2018〕29 号文;</p> <p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告 2019 年第 57 号。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015);</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及其修改单;</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>(5) 《辐射环境检测技术规范》(HJ61-2021);</p>

	<p>(6) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 北方斯伦贝谢油田技术(西安)有限公司 X 射线数字成像检测系统核技术利用项目环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 北方斯伦贝谢油田技术(西安)有限公司 X 射线数字成像检测设备技术方案;</p> <p>(3) 北方斯伦贝谢油田技术(西安)有限公司 X 射线数字成像检测系统核技术利用项目辐射环境现状监测报告;</p> <p>(4) 北方斯伦贝谢油田技术(西安)有限公司提供的其他资料。</p>

仅供北方斯伦贝谢油田技术(西安)有限公司X射线数字成像检测系统核技术利用项目报批前公示用

表 7 保护目标及评价标准

<p><b>评价范围</b></p> <p>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内容和格式》(HJ 10.1-2016)中“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”要求,确定本项目评价范围为以射线装置所在设备外表面为边界、半径 50m 范围内的区域,评价范围见图 1-2。</p>																																																							
<p><b>保护目标</b></p> <p>本项目环境保护目标主要为评价范围内从事射线装置操作的辐射工作人员及周围区域的公众。项目环境保护目标见表 7-1,保护目标分布情况见图 1-2-3。</p> <p style="text-align: center;"><b>表 7-1 主要环境保护目标一览表</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>保护对象</th> <th>常居留人数</th> <th colspan="2">相对方位与区域</th> <th>与设备相对最近距离*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>辐射工作人员</td> <td>2 人</td> <td colspan="2">西侧操作台</td> <td>2.5m</td> </tr> <tr> <td rowspan="10">2</td> <td rowspan="10">公众人员</td> <td>流动人员</td> <td rowspan="2">东侧</td> <td>202 工房外侧道路</td> <td>1.5m</td> </tr> <tr> <td>流动人员</td> <td>厂内道路</td> <td>12.6m</td> </tr> <tr> <td>流动人员</td> <td rowspan="3">南侧</td> <td>202 工房内安全通道</td> <td>0.8m</td> </tr> <tr> <td>4 人</td> <td>202 工房包装材料存放间、操作间 3、操作间 4、模具间</td> <td>3.1m</td> </tr> <tr> <td>流动人员</td> <td>202 工房外侧道路</td> <td>23.9m</td> </tr> <tr> <td>流动人员</td> <td rowspan="4">西侧</td> <td>厂内道路</td> <td>35.1m</td> </tr> <tr> <td>流动人员</td> <td>操作走廊</td> <td>3.7m</td> </tr> <tr> <td>3 人</td> <td>202 工房数控车间、退模机间</td> <td>8.1m</td> </tr> <tr> <td>2 人</td> <td>202 工房备件间、称量间、热水机组间、杂品间、配电间、筛分间、监控件等</td> <td>2.1m</td> </tr> <tr> <td>流动人员</td> <td rowspan="2">北侧</td> <td>202 工房外侧道路</td> <td>32.2m</td> </tr> <tr> <td>流动人员</td> <td>厂内道路</td> <td>43.0m</td> </tr> </tbody> </table> <p>注:表中“距离”均以设备外表面(不包括防爆电柜)外作为起点进行计算。</p>					序号	保护对象	常居留人数	相对方位与区域		与设备相对最近距离*	1	辐射工作人员	2 人	西侧操作台		2.5m	2	公众人员	流动人员	东侧	202 工房外侧道路	1.5m	流动人员	厂内道路	12.6m	流动人员	南侧	202 工房内安全通道	0.8m	4 人	202 工房包装材料存放间、操作间 3、操作间 4、模具间	3.1m	流动人员	202 工房外侧道路	23.9m	流动人员	西侧	厂内道路	35.1m	流动人员	操作走廊	3.7m	3 人	202 工房数控车间、退模机间	8.1m	2 人	202 工房备件间、称量间、热水机组间、杂品间、配电间、筛分间、监控件等	2.1m	流动人员	北侧	202 工房外侧道路	32.2m	流动人员	厂内道路	43.0m
序号	保护对象	常居留人数	相对方位与区域		与设备相对最近距离*																																																		
1	辐射工作人员	2 人	西侧操作台		2.5m																																																		
2	公众人员	流动人员	东侧	202 工房外侧道路	1.5m																																																		
		流动人员		厂内道路	12.6m																																																		
		流动人员	南侧	202 工房内安全通道	0.8m																																																		
		4 人		202 工房包装材料存放间、操作间 3、操作间 4、模具间	3.1m																																																		
		流动人员		202 工房外侧道路	23.9m																																																		
		流动人员	西侧	厂内道路	35.1m																																																		
		流动人员		操作走廊	3.7m																																																		
		3 人		202 工房数控车间、退模机间	8.1m																																																		
		2 人		202 工房备件间、称量间、热水机组间、杂品间、配电间、筛分间、监控件等	2.1m																																																		
		流动人员	北侧	202 工房外侧道路	32.2m																																																		
流动人员	厂内道路	43.0m																																																					

## 评价标准

### 一、职业人员和公众的辐射剂量约束值

#### 1、职业照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 B 中 B1.1.1 剂量限值:应对任何工作人员的职业水平进行控制,使之不超过下述限值:a)由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均),20mSv。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)第 4.3.3.1 条“对于来自一项实践中的任一特定源的照射,应使防护与安全最优化,使得在考虑了经济和社会因素之后,个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平;这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)”,结合本项目射线装置的使用情况,综合考虑企业核技术利用项目的现状并着眼于企业长期发展,为其它辐射设施和实践活动留有余地,本次评价对职业照射人员的年受照剂量约束值按标准剂量限值的 1/10 执行,即 2mSv。

#### 2、公众照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002):附录 B 中 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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)第 4.3.3.1 条,结合本项目射线装置的使用情况,综合考虑射线装置现有使用并为企业的远期发展预留空间,本次评估对公众的年受照剂量约束值按标准剂量限值的 1/10 执行,即 0.1mSv。

### 二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)

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。本项目实际运行过程中设备屏蔽体等同于探伤室,因此,本项目按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)中防护要求。

#### 4.1 防护安全要求:

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全,操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 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为

控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁临近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3；

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

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门（包括人员门和货物门）关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内的人员在紧急情况下离开探伤室。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 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。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

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

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理位置

本项目位于渭南市华州区高塘镇黄家村莫胡沟华州生产中心，项目地理位置见图 1-1。

2、项目场所位置

本项目拟建于 202 工房检验室内，项目拟建场所及周边环境关系见图 1-3。

3、环境质量现状

本次委托西安志诚辐射环境检测有限公司对北方斯伦贝谢油田技术(西安)有限公司华州生产中心 202 工房 X 射线数字成像检测系统核技术利用项目进行辐射环境现状监测。

(1) 监测因子、点位

监测因子：X、 $\gamma$  辐射剂量率；

监测点位：拟建场所及邻近场所各功能区域。监测点位分布见图 8-1、8-2。



图 8-1 项目拟建地 X、 $\gamma$  辐射剂量率监测点位示意图（一）

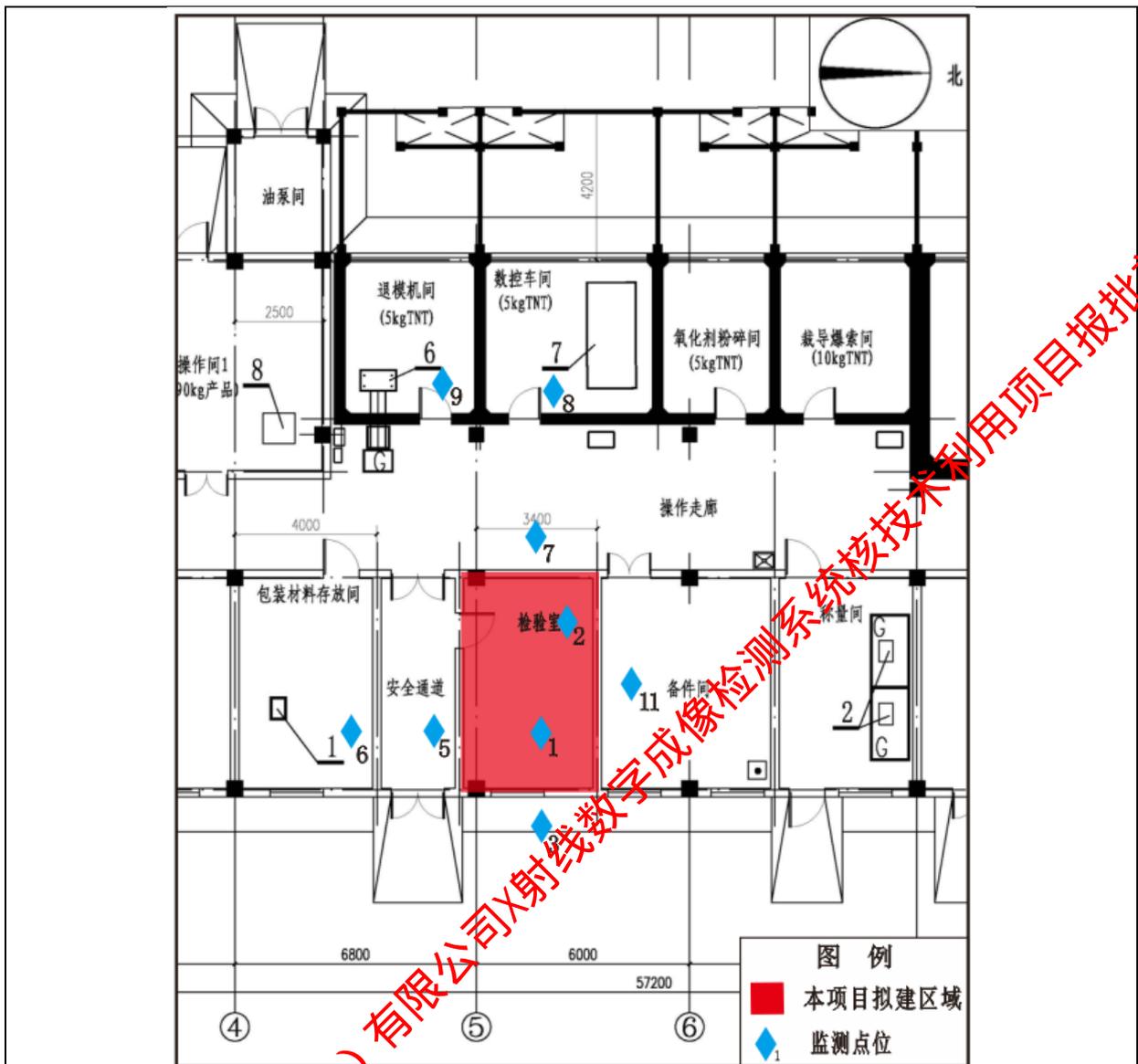


图 8-2 项目拟建地 X、 $\gamma$  辐射剂量率监测点位示意图 (二)

(2) 监测时间

2022 年 2 月 16 日。

(3) 监测仪器

监测仪器相关参数见表 8-1。

表 8-1 监测仪器一览表

监测仪器	环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪		
型号规格	FD-3013H	仪器编号	XAZC-YQ-016
检出限	0.01 $\mu$ Gy/h~200 $\mu$ Gy/h	检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书编号	2021H21-20-3331352001-01	检定有效期	2021.6.1~2022.5.31

(4) 质量保证措施

① 监测人员持证上岗；

② 严格按照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2021）、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射监测仪 第一部分 剂量率仪型》（EJ/T 984-95）进行监测；

③ 监测结果经三级审核，保证监测数据的准确。

(5) 监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目 X、 $\gamma$  辐射剂量率监测结果

监测点位	点位描述	X、 $\gamma$ 辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	
		均值	标准偏差
1	项目设备拟建地	0.15	0.01
2	操作台拟建地	0.15	0.01
3	拟建地东侧（202 工房外道路）	0.11	0.01
4	拟建地东侧（厂区道路）	0.11	0.01
5	拟建地南侧（安全通道）	0.15	0.01
6	拟建地南侧（包装材料存放间）	0.15	0.01
7	拟建地西侧（操作走廊）	0.15	0.01
8	拟建地西侧（数控车间）	0.13	0.01
9	拟建地西侧（退模机间）	0.13	0.01
10	拟建地西侧（202 工房西侧）	0.12	0.01
11	拟建地北侧（备件间）	0.15	0.01

注：监测结果已校准，未扣除仪器对宇宙射线响应值。

(6) 监测结论

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），在测量环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率时，仪器读数中包含探测器对宇宙射线电离成分的响应值，不同类型探测器的宇宙射线响应值差别较大，在监测结果中应予以扣除，不扣除时应注明。

根据表 8-2 监测结果，北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司新建 X 射线装置拟建场所及周边各监测点位 X、 $\gamma$  辐射剂量率测量值范围为 0.13~0.15 $\mu\text{Gy/h}$ ，即 130~150nGy/h；室外监测点位 X、 $\gamma$  辐射剂量率测量值为 0.11~0.12 $\mu\text{Gy/h}$ ，即 110~120nGy/h，未扣除宇宙射线。

对照《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社），渭南市天然贯穿辐射室外剂量率均值为 97.0nGy/h（按点平均），室内剂量率均值为 133.0nGy/h（按点平均）。经对比，本工程拟建场所辐射环境现状监测结果属于天然辐射环境本底波动水平。

表 9 项目工程分析和源项

工程设备和工艺分析

1、工程设备

根据建设单位提供的资料，本项目采用 X 射线数字成像检测系统对工件进行成像，整个检测系统由 X 射线探伤机、高分辨实时成像单元、计算机图像处理单元、机械传动单元、电气控制单元、X 射线防护单元（即屏蔽体）组成。

2、X 射线实时成像原理

X 射线实时成像是是指在曝光的同时就可观察到所产生的图像的检测技术。具体工作原理是：通过控制器输出控制初级电压，给高压发生器的初级线圈以及 X 射线管灯丝电压，产生二次电压，通过高压电缆输送到 X 射线管而产生 X 射线，然后由图像增强器将其影响进行放大，放大的倍数决定于射线源与工作面的距离和射线源与成像平面的距离，最后将其实时传输到显示屏上的过程，可以直观地反应检测件的内部结构与缺陷。

3、X 射线机工作原理

X射线机主要由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、钽等）制成。典型的X射线管结构图见图9-1。

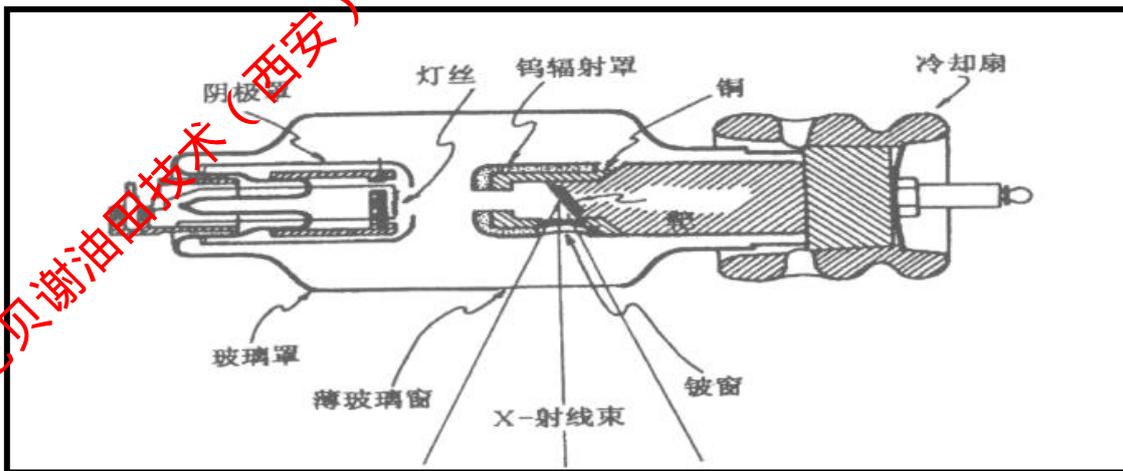


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

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，能使检测器感光，接收射线越多的部位颜色越深，这个作用叫做射线的照相作用。根据检测器上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像差异，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等。

根据射线机出束方式不同射线机分为定向和周向两种类型，本项目使用的探伤机为定向向下出束（图 9-2）。

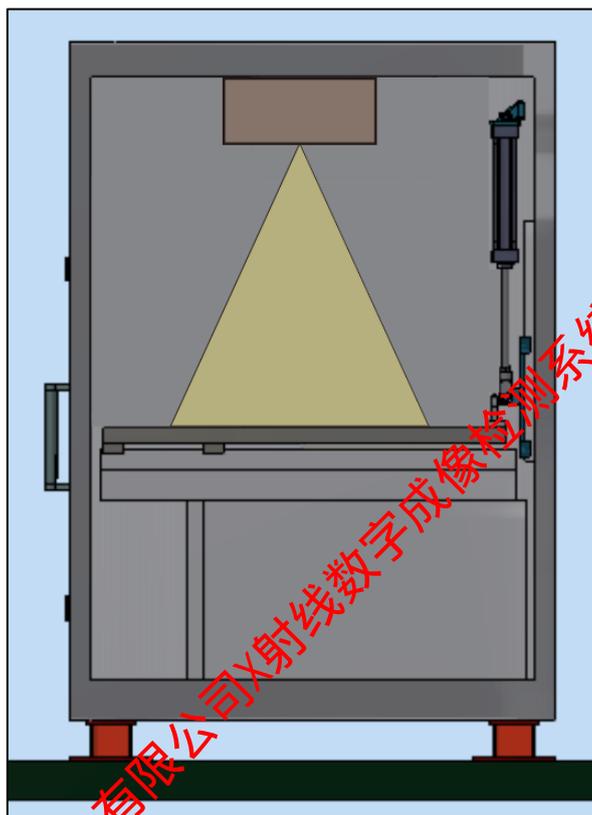


图 9-2 定向射线机

根据企业提供的(西安)设计资料，本项目 UND160 型 X 射线数字成像检测系统不具备水平、垂直移动功能。射线机射线可到达区域范围见图 9-3。

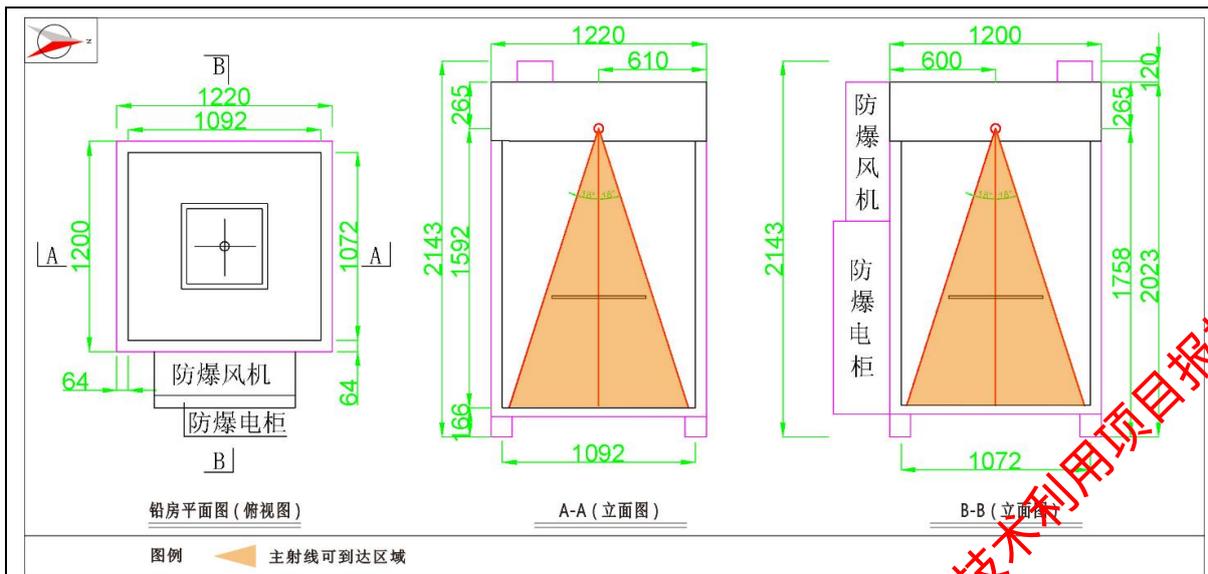


图 9-3 射线源安装位置、主射线可达区域示意图 (单位: mm)

#### 4、操作流程及产污环节

##### (1) 操作流程

- ① 开机前检查机械设备所有限位、电源电压等是否正常。
- ② 开启升降铅门，将工件放置于托盘内，并通过传送带输送工件至检测位置。
- ③ 关闭升降铅门，自动跑位调整至检测位置，开启高压曝光检测。
- ④ 检测完毕后关闭高压电源，然后开启升降铅门、将检测工件通过传送带输送

至传送带窗口、取走工件，准备下一轮检测。

- ⑤ 检测完毕后关机。

##### (2) 产污环节

射线装置工作流程及产污环节见图 9-4。

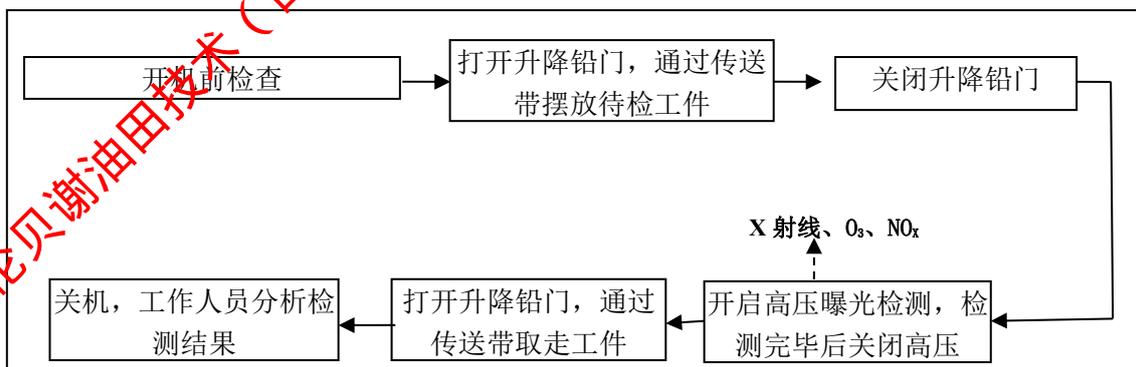


图 9-4 X 射线探伤机工作流程及产污环节图

#### 5、正常工况的污染途径

射线装置发出的X射线经透射、散射，对作业场所及周围环境产生X射线辐射，

会对工作人员和公众产生一定的外照射。

## 6、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：安全联锁装置出现故障，设备屏蔽体维修铅门、升降铅门未完全关闭就出束，造成门外泄漏射线量大大增加，将会对此区域活动人员产生不必要的照射；人员误入工作中的X射线数字成像检测系统内受到的额外照射；设备因短路或其他原因使射线装置处于失控状态，对周围活动人员产生的误照射等。

## 污染源项描述

本项目使用1套UND160型X射线数字成像检测系统，运行期主要污染源项为X射线、O<sub>3</sub>和NO<sub>x</sub>有害气体，不产生放射性“三废”。

### 1、X射线

由X射线的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目射线装置只有在开机并处于出射线状态时才会发出X射线。因此，在检测期间，X射线成为污染环境的主要污染因子。

X射线球管出束照射工件期间，它产生的X射线能量在0~160keV之间，为连续能谱分布，其穿透力与X射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的X射线包括有用线束、泄漏射线和散射射线，

(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。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) 泄漏射线：除了有用的辐射束外，从辐射源组装体泄漏出的任何其他辐射。

(3) 散射射线：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、废气

当电压为0.6kV以上时，X射线能使空气电离，本项目X射线机最大管电压为160kV，运行时将产生少量O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、辐射工作场所分区及合理性分析

(1) 布局合理性分析

本项目检验室内平面布置见图 1-4。操作台与射线装置隔室摆放，射线装置向下照射，操作台位于射线装置西侧操作间，避开了有用线束照射方向，按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向”，本项目布局合理。

(2) 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 条：“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”，第 6.4.1.1 控制区“注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围”，第 6.4.2.1 监督区“注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区，这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。

按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第 4.1.2 条：“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为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区”的要求，并结合本项目实际情况，将射线装置所在的设备整体区域划分为控制区，设备所在的检验间划分为监督区，辐射工作场所分区示意图见图 10-1。

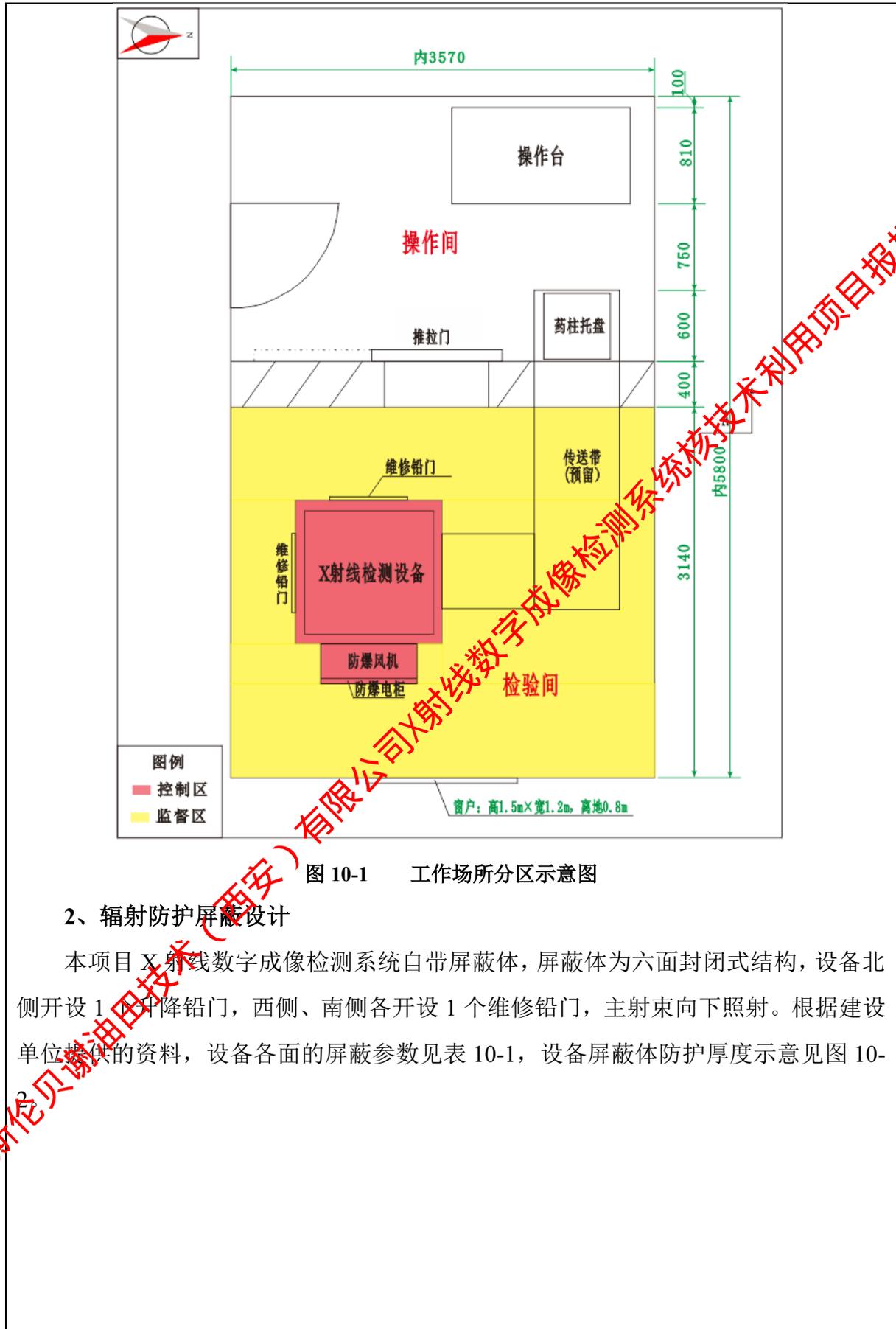


图 10-1 工作场所分区示意图

## 2、辐射防护屏蔽设计

本项目 X 射线数字成像检测系统自带屏蔽体，屏蔽体为六面封闭式结构，设备北侧开设 1 个升降铅门，西侧、南侧各开设 1 个维修铅门，主射束向下照射。根据建设单位提供的资料，设备各面的屏蔽参数见表 10-1，设备屏蔽体防护厚度示意图 10-

表 10-1 设备屏蔽主要设计参数

序号	位置	设计屏蔽体主要设计参数及材料（由内至外）	备注
1	东侧面（上部）	2mm 钢板+7mm 铅板+2mm 钢板	/
2	南侧面（上部）	2mm 钢板+7mm 铅板+2mm 钢板	/
3	西侧面（上部）	2mm 钢板+7mm 铅板+2mm 钢板	/
4	北侧面（上部）	2mm 钢板+7mm 铅板+2mm 钢板	/
5	东侧面（下部）	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	屏蔽体下部 400mm 的高度
6	南侧面（下部）	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	
7	西侧面（下部）	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	
8	北侧面（下部）	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	
9	顶面（外表面）	3mm 钢板+7mm 铅板+3mm 钢板	/
10	底面	3mm 钢板+10mm 铅板+3mm 钢板	/
11	射线装置安装位置中间层	3mm 钢板+7mm 铅板+3mm 钢板	/
12	升降铅门（位于北侧）	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	/
13	维修铅门（南侧）	2mm 钢板+7mm 铅板+2mm 钢板	/
14	维修铅门（西侧）	2mm 钢板+7mm 铅板+2mm 钢板	/
15	屏蔽体	上部尺寸：长 1220mm×宽 1200mm×高 345mm 下部尺寸：长 1092mm×宽 1072mm×高 1512mm	体积： 2.28m <sup>3</sup>

仅供北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司X射线数字成像检测系统技术利用项目报批前公示用

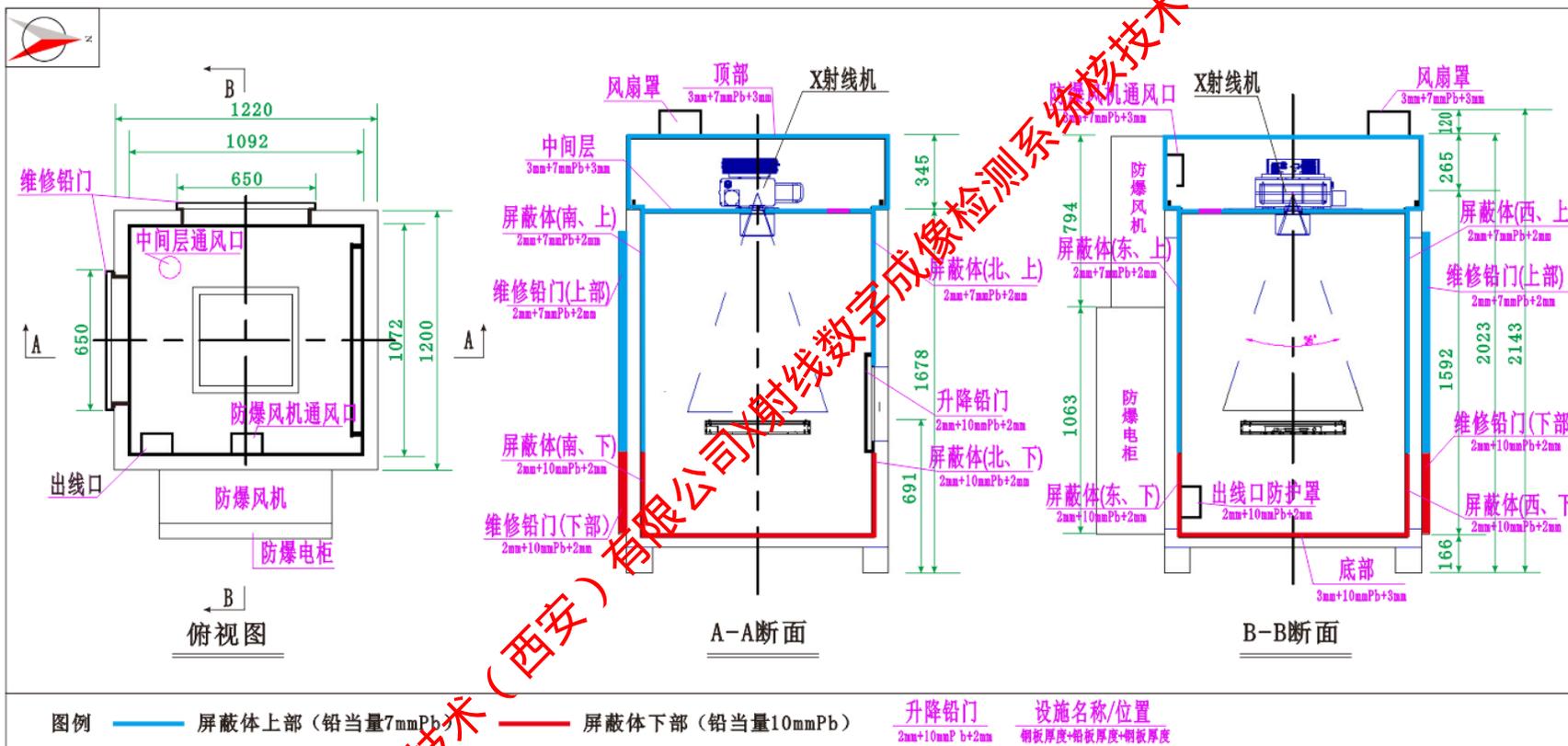


图 10-2 设备屏蔽体布置及厚度示意图

### 3、辐射安全措施

本项目 X 射线数字成像检测系统自带屏蔽体，屏蔽体等同于探伤室，其防护设施参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中相关规定。本项目屏蔽体除实体屏蔽外，拟采取的其他辐射安全措施如下，防护设施位置示意图 10-3。

(1) 操作台与设备隔室设置，并避开有用线束照射的方向。

(2) 对探伤工作场所实行分区管理。将射线装置所在的设备整体区域划分为控制区，设备所在的检验间划分为监督区。

(3) 门-机连锁：系统 2 个维修铅门、升降铅门、检验间推拉门均与射线装置连锁，并保证在任意一个门处于开启状态时射线装置无法出束。当 X 射线管处于出束状态时，推拉门、升降铅门、维修铅门打开则 X 射线照射将立即停止，未上锁门不能自动开始 X 射线照射。

(4) 设备外设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，“预备”信号持续足够长的时间，确保检验间内人员安全离开。指示灯与 X 射线探伤机连锁，“预备”信号和“照射”信号有明显的区别。项目建成后，应在设备外及操作间内醒目位置处标注有清晰的对指示灯“预备”和“照射”信号意义的说明。设备内配备辐射剂量报警仪探头。工作人员进入设备时应配备个人剂量报警仪。

(5) 升降铅门、维修铅门上设有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(6) 急停装置：设备内设置急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮应当带有标签，标明使用方法。

(7) 监控系统：设备内安装监控摄像头，摄像头视频接入专用显示器，配备实时监控硬盘录像机，方便了解操作过程中设备内实时情况。设备所在检测室检验间安装监控摄像头，以便于查看设备运行过程中设备外部的实时情况。

(8) 通风系统：在设备顶部西南角设有通风换气孔，配有 1 套轴流风机，将设备内废气排出，风机风量为  $200\text{m}^3/\text{h}$ ，效率按 50% 计；在设备顶部东侧设有防爆风机 1 台，风量为  $120\text{m}^3/\text{h}$ ，亦具有将设备内废气排出的作用，效率按 50% 计，本项目设备体积为  $2.28\text{m}^3$ ，则每小时有效通风次数约为 70 次。在换气轴流风机上部设有铅板风扇罩，铅当量为 7mm；在防爆风机通风口设有铅板防护罩，铅当量 7mm，可避免射线泄漏。

(9) 操作台：配备 1 个单独的操作台，操作台与射线装置连锁。操作台上设有铅门开关等各类操作按钮；设有显示屏指示设备工作状态；设有电源、电压及故障指示

灯，分别指示电源开关、高压接通状态及故障报警；设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束；操作台上安装有急停按钮。

(10) 监测仪器及个人防护用品：企业为该射线装置配备 2 台个人剂量报警仪，用于人员进出设备时的安全报警；配备 2 台个人剂量计，用于人员个人剂量监测；配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪，用于工作场所的日常监测。

(11) 线缆穿过设备的孔道采用 U 型槽，在出线口设铅当量为 10mm 的铅防护罩。屏蔽门与设备表面的间隙小于 5mm，门体与门套左/右搭接不少于 100mm，门框上下搭接 100mm。

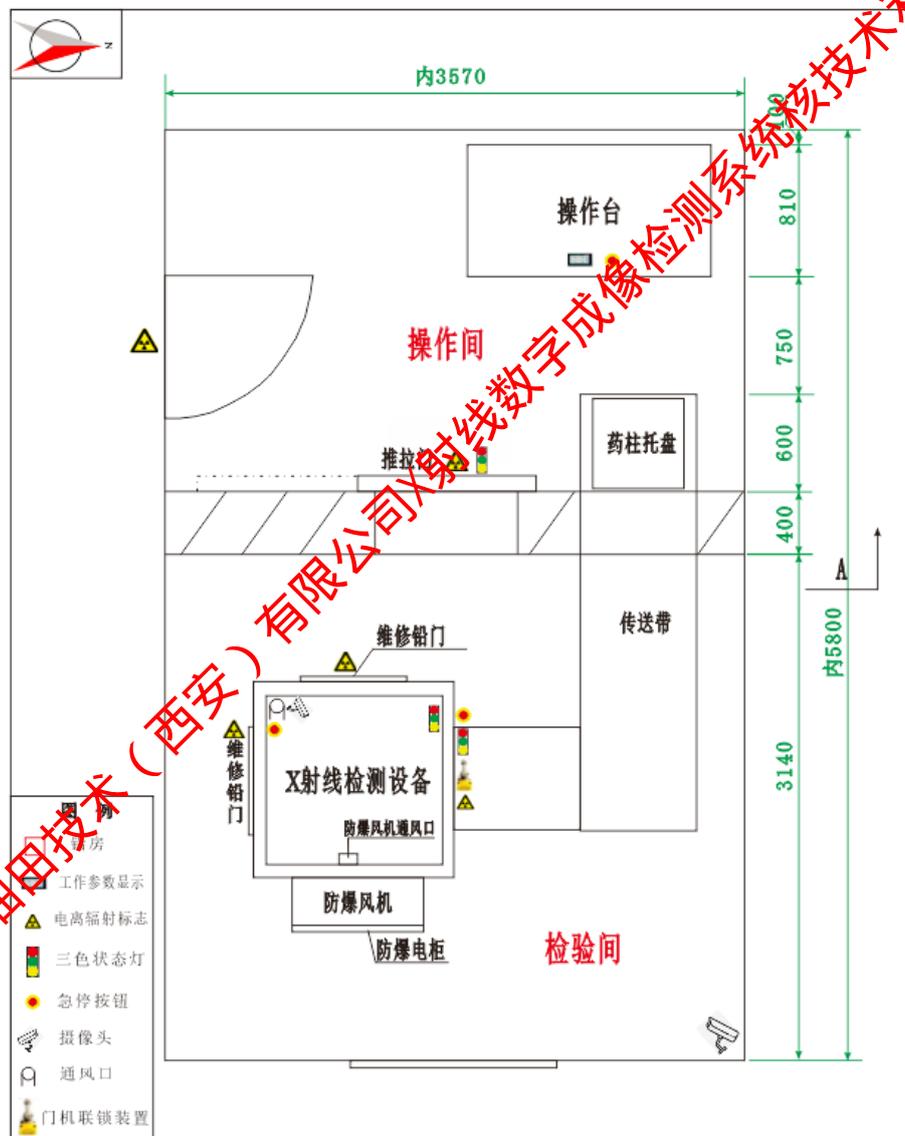


图 10-3 防护设施位置示意图

#### 4、核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据陕环办发〔2018〕29 号《关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安

全管理标准化建设项目表>的通知》，核技术利用单位应进行辐射安全管理标准化建设。根据建设单位提供资料，北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司目前尚未开展过核技术利用项目。本次环评要求在本项目建成后，企业需按照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》进行辐射安全标准化建设，辐射安全管理部分内容及须采取的辐射安全防护措施详见表 10-2、10-3。

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（二）  
—辐射安全管理部分

管理内容		管理要求
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
		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
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障
	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
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 6 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告
		建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责
		建立辐射环境安全管理档案
	直接从事放射工作的作业人员	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
		岗前进行职业健康体检，结果无异常
		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
		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
	机构建设	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
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		
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	
	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	
	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	
	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	
	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	
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性	

	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）
	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
	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
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
	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

表 10-3 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——工业探伤类

项目		具体要求		
工业 X 射线探伤	控制台安全性能	X射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志		
		控制台设有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置		
		控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置		
		控制台或X射线管头组装体上设置探伤室门联锁接口		
		控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束		
		控制台设有紧急停机开关		
	固定式探伤作业场所	分区	按标准要求划分控制区、监督区	
			控制区：探伤室墙围成的内部区域 监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域	
		布局	操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向	
	标志及指示灯	通风	探伤室设置机械通风装置，排风管道外口避开朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次	
			标志及指示灯	探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明
				探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与X射线探伤装置联锁
	标志及指示灯	辐射安全与联锁	探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明	
			探伤室设置门-机联锁装置	
			探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法	
监测设备及个人防护用品		X-γ剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等		

### 三废的治理

本项目使用 1 套 UND160 型 X 射线数字成像检测系统，不产生放射性“三废”，非放射性废物主要为空气被电离产生的  $O_3$ 、 $NO_x$ 。

根据设计单位提供的资料，设备顶部西南角设有换气通风孔，配有1台轴流风机，将设备内废气排出，风机风量为 $200m^3/h$ ，效率按50%计；在设备顶部东侧设有防爆风机1台，风量为 $120m^3/h$ ，亦具有将设备内废气排出的作用，效率按50%计，本项目屏蔽体体积为 $2.28m^3$ ，则每小时有效通风次数约为70次。设备屏蔽体内废气排入检验间内，检验间设有斜流风机，风机排风量为 $1500m^3/h$ ，效率按50%计，本项目检验间体积为 $53.81m^3$ ，则每小时有效通风次数约为13次，斜流风机排风口位于检验间顶部东侧。按照《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求，本项目运行过程中满足要求。

仅供北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司X射线数字成像检测系统技术利用项目报批前公示用

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

建设期间对环境的影响主要为检验室隔墙施工、安装设备过程产生的噪声以及工人生活污水、生活垃圾、建筑垃圾。

项目施工现场位于 202 号工房检验室内，隔墙尺寸为 3.57m×4.8m（长×高），为 0.4m 厚砖墙，在施工过程中产生少量的建筑垃圾，经统一收集后运往当地指定的建筑垃圾填埋场进行填埋处置。

项目施工现场位于 202 工房检验室内，设备为一体式，安装过程方便，施工噪声造成的影响不大。生活垃圾和生活污水产生量较小，生活污水依托企业现有污水处理设施处理，生活垃圾纳入厂区现有垃圾清运系统。

综上所述，本项目建设阶段对环境产生影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

本次评价的工业 X 射线数字成像检测系统自带屏蔽体，安装于华州生产中心 202 工房检验室内，检验室地下为建筑基础及土层。根据建设单位提供资料，X 射线定向向下照射，经查阅设备说明书，设备最大管电压为 160kV 时的最大管电流为 3.0mA。

本次评价采用理论估算的方法进行辐射影响分析。

**1、辐射防护屏蔽理论估算模式**

采用理论估算的方法验证设备屏蔽体屏蔽防护性能，计算模式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），该标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室防护性能估算。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），具体计算如下：

**(1) 屏蔽体辐射屏蔽的剂量参考控制水平**

设备屏蔽体四周屏蔽面和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

- ① 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按以下公式计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{公式 (11-1)}$$

式中： $H_c$ —周剂量参考控制水平，单位为  $\mu\text{Sv/周}$ ，职业工作人员  $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ，

公众  $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

$U$ —探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子；

t—探伤装置周照射时间，单位为 h/周。

② 关注点最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$ ：

$$H_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h} \quad \text{公式 (11-2)}$$

③ 关注点剂量率参考控制水平

$H_c$  为上述  $H_{c,d}$  和  $H_{c,max}$  二者的较小值。

(2) 设备屏蔽体顶部的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

① 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同公式 (11-1)。

② 除①的条件外，应考虑下列情况：

a 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 (11-1) 的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

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

本项目拟新建设备高度 2.143m，设备上方不需要人员到达，设备所在检验室为一层建筑，因此，本次设备屏蔽体顶部辐射屏蔽的剂量参考控制水平按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中相关规定取  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 有用线束屏蔽估算

a 关注点达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按下式计算：

$$B=\dot{H}_c \cdot R^2 / (I \cdot H_0) \quad \text{公式 (11-3)}$$

式中：B—为屏蔽所需透射因子；

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

R—为辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

I—为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

$H_0$ —为距离辐射源点（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 对于估算处的屏蔽透视因子 B，所需屏蔽物质厚度 X 按下式计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad \text{公式 (11-4)}$$

式中：TVL—为屏蔽物质的什值层厚度，mm；

B—达到剂量率参考控制水平  $H_c$  时所需的屏蔽透射因子。

c 对于给定屏蔽物质 X 时，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按下式计算：

$$H = (I \cdot H_0 \cdot B) / R^2 \quad \text{公式 (11-6)}$$

式中：I—X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，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；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

#### (4) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽

##### ① 泄漏辐射屏蔽

a 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽因子按下式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{公式 (11-6)}$$

式中：X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—屏蔽物质的什值层厚度；

b 泄漏辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \dot{H}_c \cdot R^2 / H_L \quad \text{公式 (11-7)}$$

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

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$H_L$ —距离辐射源点（靶点）1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

c 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式 (11-7) 计算，泄漏辐射的关注点的剂量率  $\dot{H}$  按下式计算：

$$\dot{H} = (H_L \cdot B) / R^2 \quad \text{公式 (11-8)}$$

式中：B—屏蔽透射因子；

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射线管组装体的泄漏辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ 。

## ② 散射辐射屏蔽

a 散射辐射屏蔽物质的透射因子  $B$  按下式计算:

$$B = \dot{H}_c / I \cdot R_s^2 / H_0 \cdot R_0^2 / (F \cdot a) \quad \text{公式 (11-9)}$$

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

$R_s$ —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最大管电流, 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,  $\text{m}^2$ ;

$a$ —散射因子, 入射辐射被单位面积散射体散射到距其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 对于给定屏蔽物质厚度  $X$  时, 相应的屏蔽透射因子  $B$ , 确定  $90^\circ$  散射辐射的 TVL, 然后按公式 (11-7) 计算。关注点的散射辐射剂量率  $\dot{H}$  按下式计算:

$$\dot{H} = \frac{(I \cdot H_0 \cdot B)}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \quad \text{公式 (11-10)}$$

式中:  $I$ —X射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流, mA;

$H_0$ —距离辐射源点(靶点)1m处的输出量,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ;

$B$ —屏蔽透射因子;

$F$ — $R_0$ 处的辐射野面积;

$R_s$ —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;

$a$ —散射因子。

## ③ 泄漏辐射和散射辐射的复合作用

分别估算泄漏辐射和散射辐射, 当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度或更大时, 采用其中较厚的屏蔽, 当相差不足一个什值层 (TVL) 时, 则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL)。

## (5) 年有效剂量计算

年有效剂量可按下式计算:

$$P_{\text{年}}=H \cdot U \cdot T \cdot t$$

公式 (11-11)

式中:  $P_{\text{年}}$ —年有效剂量, mSv/a;

$t$ —年工作时间, h/a。

## 2、理论估算参数

根据设备厂家提供资料,本次所采用的射线机在管电压160kV条件下距靶原点(靶点)1m处的输出量为 $1200000\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ,每天射线出束时间0.6h,每周工作5d,全年工作170天,各关注点的距离R、T、U等因子取值见表11-1。

表 11-1 UND160 型 X 射线探伤机及屏蔽体参数选取

序号	方向	使用因子 U	居留因子 T	周照射时间 t (h/周)	距离 R (m)	关注点剂量率参考控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	需屏蔽的辐射
1	东侧面(上部)	1	1	3	0.90	2.5	泄漏辐射、散射辐射
2	南侧面(上部)	1	1	3	0.91	2.5	泄漏辐射、散射辐射
3	西侧面(上部)	1	1	3	0.90	2.5	泄漏辐射、散射辐射
4	北侧面(上部)	1	1	3	0.91	2.5	泄漏辐射、散射辐射
5	东侧面(下部)	1	1	3	1.70	2.5	泄漏辐射、散射辐射
6	南侧面(下部)	1	1	3	1.50	2.5	泄漏辐射、散射辐射
7	西侧面(下部)	1	1	3	1.48	2.5	泄漏辐射、散射辐射
8	北侧面(下部)	1	1	3	1.50	2.5	泄漏辐射、散射辐射
9	顶部	0.5	1/16	3	0.565	100	泄漏辐射、散射辐射
10	升降铅门	1	1	3	1.18	2.5	泄漏辐射、散射辐射
11	维修铅门(南侧)	1	1	3	1.18	2.5	泄漏辐射、散射辐射
12	维修铅门(西侧)	1	1	3	1.17	2.5	泄漏辐射、散射辐射
13	底部	1	1	3	1.758	2.5	有用线束

## 3、设备屏蔽体屏蔽厚度估算结果

根据以上公式,估算 160kV 射线机工作时各屏蔽面所需的屏蔽厚度,本次预测中

所取的参数见表 11-2，估算结果见表 11-3。

表 11-2 辐射预测参数取值表

有用线束			泄漏辐射		散射辐射		
$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	I (mA)	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$H_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	I (mA)	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
2.5	3	1200000	2.5 (顶部: 100)	2500	2.5 (顶部: 100)	3	1200000

表 11-3 设备屏蔽体防护厚度核算

屏蔽面		$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	屏蔽透射因子 B	估算防护厚度 (mm)		设计防护厚度 (mm)	符合性
东侧面 (上部)	泄漏	2.5	8.10E-04	3.2	3.6	2mm 钢板+7mm 铅板 +2mm 钢板	符合
	散射	2.5	2.57E-03	2.5			
南侧面 (上部)	泄漏	2.5	8.28E-04	3.2	3.6	2mm 钢板+7mm 铅板 +2mm 钢板	符合
	散射	2.5	1.99E-03	2.6			
西侧面 (上部)	泄漏	2.5	8.10E-04	3.2	3.6	2mm 钢板+7mm 铅板 +2mm 钢板	符合
	散射	2.5	1.96E-03	2.6			
北侧面 (上部)	泄漏	2.5	8.28E-04	3.2	3.6	2mm 钢板+7mm 铅板 +2mm 钢板	符合
	散射	2.5	1.99E-03	2.6			
东侧面 (下部)	泄漏	2.5	2.89E-03	2.6	3.0	2mm 钢板+10mm 铅 板+2mm 钢板	符合
	散射	2.5	1.75E-03	2.6			
南侧面 (下部)	泄漏	2.5	2.25E-03	2.8	3.2	2mm 钢板+10mm 铅 板+2mm 钢板	符合
	散射	2.5	1.01E-03	2.9			
西侧面 (下部)	泄漏	2.5	2.19E-03	2.8	3.2	2mm 钢板+10mm 铅 板+2mm 钢板	符合
	散射	2.5	9.87E-04	2.9			
北侧面 (下部)	泄漏	2.5	2.25E-03	2.8	3.2	2mm 钢板+10mm 铅 板+2mm 钢板	符合
	散射	2.5	1.01E-03	2.9			
顶部	泄漏	100	1.28E-02	2.0	2.3	3mm 钢板+7mm 铅板 +3mm 钢板	符合
	散射	100	1.05E-01	0.9			
升降铅门	泄漏	2.5	1.39E-03	3.0	3.3	2mm 钢板+10mm 铅 板+2mm 钢板	符合
	散射	2.5	9.87E-04	2.9			
维修铅门 (南侧)	泄漏	2.5	1.39E-03	3.0	3.3	2mm 钢板+7mm 铅 板+2mm 钢板	符合
	散射	2.5	9.87E-04	2.9			
维修铅门 (西侧)	泄漏	2.5	1.37E-03	3.0	3.3	2mm 钢板+7mm 铅 板+2mm 钢板	符合
	散射	2.5	9.87E-04	2.9			
底部	有用	2.5	2.15E-06	6.0	6.0	3mm 钢板+10mm 铅板+3mm 钢板	符合

注：①  $H_0$ ：根据设备厂家提供资料，X 射线管电压 160kV 的条件下，距辐射源点（靶点）1m 处输出量为  $1200000\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

② TVL：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 B.2，利用内插法，X 射线管电压为 160kV 时，对应铅的什值层厚度约为 1.05mm；

③ 公式 9 中，根据设备尺寸，确定  $R_0=0.955\text{m}$ ； $R_0$  处的辐射野半径为 0.305m，则  $F=0.2920\text{m}^2$ ，

$a$  值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 B.4.1, 保守取管电压 200kV 条件下  $90^\circ$  散射角  $a$  值 0.0019;

- ④ X 射线  $90^\circ$  散射辐射最高能量相应的 kV 值, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中表 2 取 150kV, 对应的铅当量厚度 TVL 为 0.96mm;
- ⑤ 忽略本项目设备屏蔽体内壁钢板、外壁钢板的辐射防护效果;
- ⑥ 设备屏蔽体防护厚度核算时不考虑被照射工件的厚度;
- ⑦ 顶部的防护厚度计算忽略中间层对散射辐射的屏蔽作用。

由表 11-3 可知, 本项目拟建设备屏蔽体东侧面、南侧面、西侧面、北侧面的上部及下部、顶部、升降铅门、维修铅门、底部的设计辐射防护厚度均大于达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时的估算防护厚度, 因此, 设备各面的设计厚度满足防护要求。

#### 4、工作场所辐射剂量率估算

按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中相关公式估算设备屏蔽体外 30cm 处各关注点剂量率, 各关注点位置示意图 11-1, 估算结果如下:

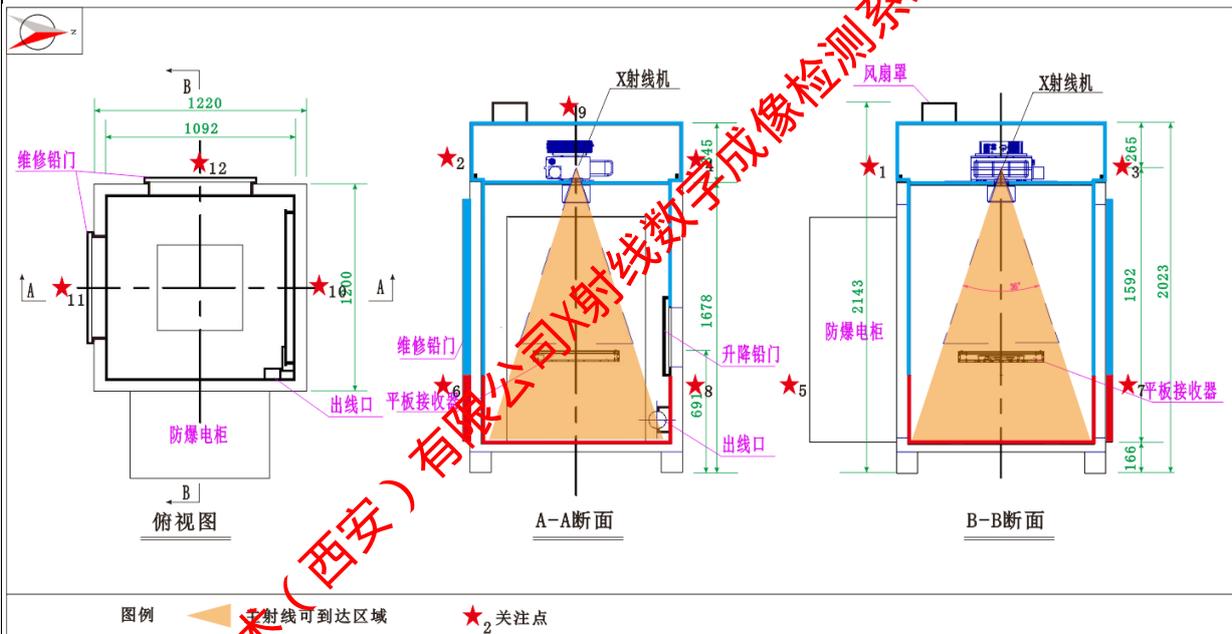


图 11-1 射线装置安装位置、主射线可达区域及关注点分布示意图

表 11-4 关注点剂量率估算结果

关注点 编号	关注点(屏蔽体 外 30cm 处)	屏蔽设计铅 当量 <sup>①</sup>	与辐射源 点距离 (m)	最大管电 流 (mA)	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )			总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
					有用线 束	泄漏	散射	
1	东侧面(上部)	7mmPb	0.90	3	/	6.65E-04	4.97E-05	7.15E-04
2	南侧面(上部)	7mmPb	0.91	3	/	6.50E-04	6.42E-05	7.15E-04
3	西侧面(上部)	7mmPb	0.90	3	/	6.65E-04	6.52E-05	7.30E-04
4	北侧面(上部)	7mmPb	0.91	3	/	6.50E-04	6.42E-05	7.15E-04
5	东侧面(下部)	10mmPb	1.70	3	/	2.59E-07	5.46E-08	3.14E-07
6	南侧面(下部)	10mmPb	1.50	3	/	3.33E-07	9.50E-08	4.28E-07

7	西侧面（下部）	10mmPb	1.48	3	/	3.42E-07	9.70E-08	4.39E-07
8	北侧面（下部）	10mmPb	1.50	3	/	3.33E-07	9.50E-08	4.28E-07
9	顶部	7mmPb	0.565	3	/	1.69E-03	4.84E-05	1.74E-03
10	升降铅门	10mmPb	1.18	3	/	5.37E-07	9.70E-08	6.35E-07
11	维修铅门（南侧）	7mmPb	1.18	3	/	3.87E-04	1.29E-04	5.16E-04
12	维修铅门（西侧）	7mmPb	1.17	3	/	3.93E-04	1.32E-04	5.26E-04

注：①由于本项目屏蔽体设计中内壁钢板、外壁钢板的折算铅当量均较小，因此，在本次计算中屏蔽设计铅当量的辐射防护效果，仅按照铅板的铅当量进行计算；

② 本项目设备内部中间层铅当量为 7mmPb，由于顶部设有中间层通风口，因此，在计算设备顶部关注点的散射辐射时，顶部关注点处的屏蔽厚度不考虑中间层的屏蔽作用；

③ 关注点剂量率估算时不考虑被照射工件的屏蔽作用。

由表可知，UND160 型 X 射线数字成像检测系统在最大工作状态下，设备屏蔽体四周、升降铅门、各维修铅门外 30cm 处各关注点剂量率范围为  $3.14\text{E-}07\sim 7.30\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算所得的各关注点最高剂量率参考控制水平限值（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）的要求；设备屏蔽体顶部 30cm 处剂量率为  $1.74\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ，满足本次按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）所取的剂量率参考控制水平限值（ $100\mu\text{Sv/h}$ ）的要求。

### 5、辐射工作人员及公众年有效剂量估算

根据表 11-4 中 X 射线数字成像检测系统工作时设备外各关注点的剂量率，计算辐射工作人员及公众的年有效剂量。公众关注点分布见图 11-2，结果见表 11-5。

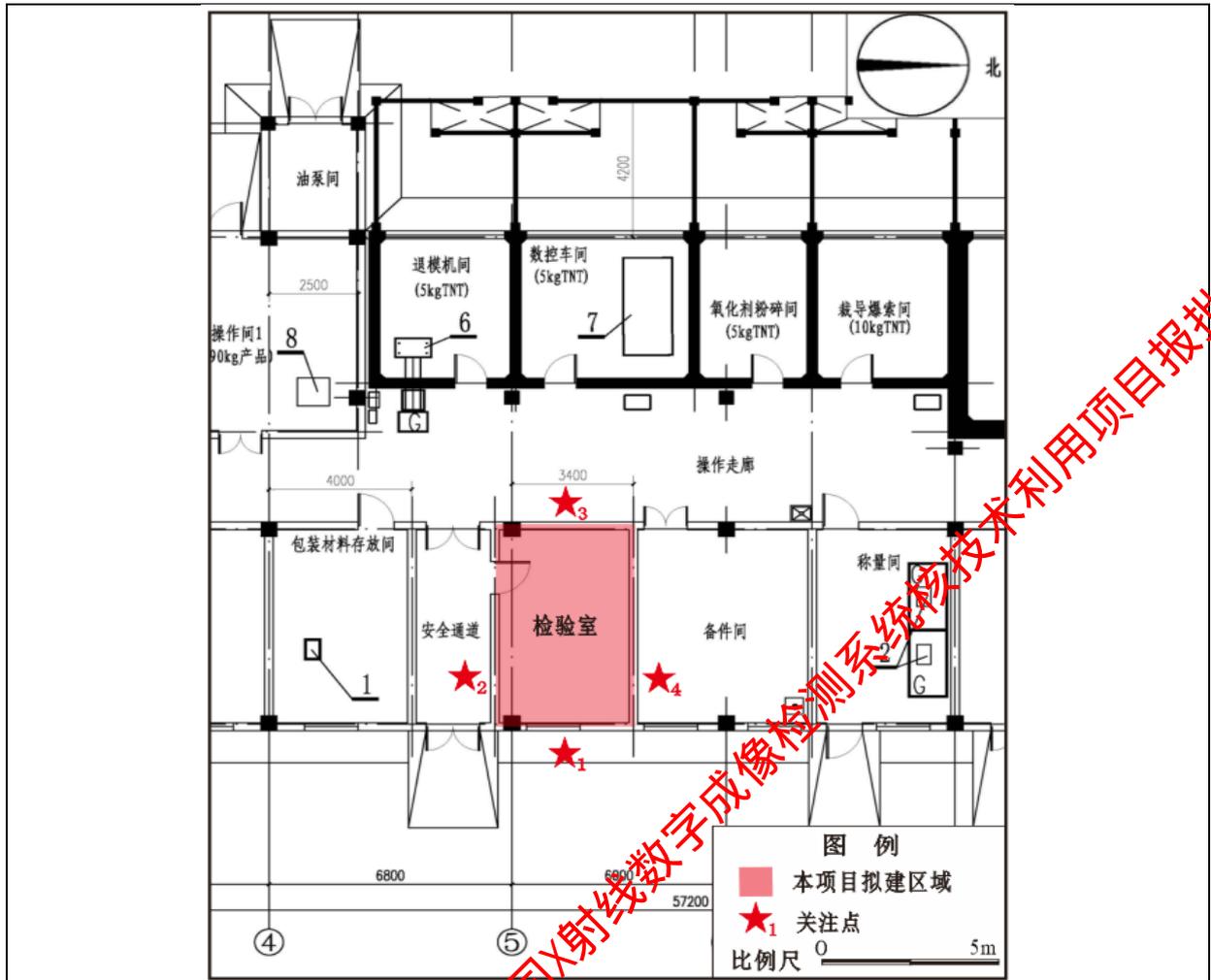


图 11-2 公众受照剂量计算关注点示意图

表 11-5 辐射工作人员及公众年有效剂量估算表

关注点	受照者类型	距辐射源点距离 (m)	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )				居留因子	年受照时间 (h)	年附加有效剂量 (mSv)
			有用线束率	泄漏剂量率	散射剂量率	总剂量率			
操作台	职业照射	3.14	/	5.16E-05	1.13E-05	6.29E-05	1	102	6.42E-06
1#东侧面 (202 工房外道路)	公众照射	2.47	/	8.07E-05	1.82E-05	9.89E-05	1/8	102	1.26E-06
2#南侧面 (安全通道)		1.69	/	1.01E-04	2.38E-05	1.25E-04	1/4	102	3.18E-06
3#西侧 (操作走廊)		4.59	/	1.61E-05	3.28E-06	1.93E-05	1/4	102	4.93E-07
4#北侧 (备件间)		2.96	/	3.72E-05	7.87E-06	4.51E-05	1	102	4.60E-06

注：① 本项目检验室东侧、南侧、西侧、北侧墙体为 240mm 厚砖墙，检验室内隔墙为 400mm 厚砖墙。东侧墙上有 1.5m×1.2m 的窗户，本次在公众年有效剂量计算中忽略其的屏蔽作用；检验室内隔墙为 400mm 厚砖墙，墙上设有推拉门及传送带窗口，本次在操作人员年有效剂量计算中忽略其屏蔽作用。根据《X 射线和 γ 射线防护手册》表 11.B，黄土砖（密度 1.6g/cm<sup>3</sup>）在 200kV 电压下，200mm 厚黄土砖的铅当量为 0.17mm，300mm 厚黄土砖的铅当量为 0.26mm，采用内插法确定，在 200kV 电压下，240mm 厚黄土砖的铅当量约为 0.2mm，因此，本次在公众年有效剂量计算中，保守取检验室南侧、西侧、北侧墙体的铅当量为 0.2mmPb；

② 辐射工作人员及公众处的剂量率估算时不考虑被照射工件的屏蔽作用。

由表 11-5 可知，本项目运行后，辐射工作人员年有效剂量为 6.42E-06mSv，公众年有效剂量为 4.93E-07~4.60E-06mSv，满足本次环评提出的剂量约束值（职业工作人员 <2mSv/a，公众 <0.1mSv/a）。

## 6、小结

(1) 根据核算，本项目拟建设备屏蔽体四周、顶部、升降铅门、维修铅门、底部的设计辐射防护厚度均大于估算所需防护厚度，该项目设计屏蔽体厚度可以达到防护要求。

(2) 根据估算，UND160 型 X 射线数字成像检测系统在最大工作状态下设备屏蔽体四周、升降铅门、各维修铅门外 30cm 处各关注点剂量率范围为 3.14E-07~7.30E-04μSv/h，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算所得的各关注点最高剂量率参考控制水平限值（2.5μSv/h）的要求；设备屏蔽体顶部 30cm 处剂量率为 1.74E-03μSv/h，满足本次按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）所取的剂量率参考控制水平限值（100μSv/h）的要求。

(3) 根据估算，本项目运行后，辐射工作人员年有效剂量为 6.42E-06mSv，公众的年有效剂量为 4.93E-07~4.60E-06mSv，满足本次环评提出的剂量约束值（职业工作人员 <2mSv/a，公众 <0.1mSv/a）。

## 三、非放射性污染物环境影响分析

### 1、废气

根据设计单位提供的资料，本项目 O<sub>3</sub>和 NO<sub>x</sub>由设备顶部西南角换气通风孔、东侧的防爆风机通风口排出，每小时有效通风次数约 70 次，检验间内设有斜流风机，每小时有效通风次数约为 13 次，排风口位于检验间东侧顶部，避开了人员密集活动区域。因此，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，对环境的影响小。

## 四、事故影响分析

### 1、事故分析

本项目射线装置运行期间可能发射的辐射事故包括：安全联锁装置出现故障，设备屏蔽体维修铅门、升降铅门未完全关闭就出束，造成门外泄漏射线量大大增加，将会对此区域活动人员产生不必要的照射；人员误入工作中的设备受到的额外照射；设备因短路或其他原因使射线装置处于失控状态，对周围活动人员产生的误照射等。

本次假设维修铅门未关闭、人员误入设备受到误照射，有用线束向下照射，人员可能在西侧维修铅门进出设备，主要受到泄漏辐射及散射辐射。参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”中相关公式，估算人员在距X射线机1m处时所受的有效剂量，结果见表11-6。

表 11-6 事故工况下人员所受剂量估算结果

受照时间	5.99s	10s	30s	59.88s	1min	2min	3min
受照剂量	2mSv	3.34mSv	10.02mSv	20mSv	39.04mSv	40.08mSv	60.12mSv

由估算结果可知，在距离X射线机1m处时，工作人员停留5.99s时受照剂量即达到本次环评提出的剂量约束值（职业工作人员 $<2\text{mSv/a}$ ）；工作人员停留59.88s时受照剂量即达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的职业人员连续5年的平均有效剂量限值20mSv。因此应加强辐射工作人员的管理，防止辐射事故的发生。

### 2、事故防范措施建议

(1) 定期对射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

(2) 操作人员需按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置，如出现设备不能正常运行或无法停止照射时，应立即切断总电源并进行排查；

(3) 每次工作前检查门机联锁装置和工作状态指示灯装置，确保在屏蔽门关闭后，X射线数字成像检测系统才能进行照射；

(4) 定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

(5) 为防止人员误留辐射工作场所受到误照射，工作人员操作时须携带个人剂量报

警仪：

(6) 定期检查辐射安全管理制度落实情况，发现问题及时纠正；

(7) 制定《辐射事故应急预案》，如发生辐射事故，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施，并定期组织辐射事故的应急演练。

仅供北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司X射线数字成像检测系统核技术应用项目报批前公示用

表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司应按照《中华人民共和国放射性污染防治法》、陕西省生态环境厅（原陕西省环境保护厅）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建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29号）等法律法规的要求，成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安全与环境保护管理机构和负责人，负责公司的辐射安全与防护管理工作。

辐射安全与环境保护管理机构的职责为：

- (1) 组织建立、健全辐射人员岗位责任制；
- (2) 组织制定辐射安全环境管理制度与岗位操作规程；
- (3) 组织辐射安全环境管理监督检查；
- (4) 协调解决重大辐射安全环境管理隐患的整改；
- (5) 组织编制公司辐射环境事故应急预案，并组织开展预案培训及演练；
- (6) 及时按要求上报辐射安全环境事故；
- (7) 对辐射安全环境管理重大事项进行协调。

### 辐射安全管理规章制度

北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、陕西省生态环境厅（原陕西省环境保护厅）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建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29号）的要求制定辐射环境管理规章制度，如《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》、《射线装置岗位职责及操作规程》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《辐射工作人员剂量管理制度》、《辐射工作人员职业健康体检管理制度》、《辐射安全防护设施的维护与维修制度》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》等，以确保辐射作业中的辐射安全管理与防护。

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》（生态环境部公告2019年第57号，2019年12月23日），本项目2名辐射工作人员需经培训并取得培训合格证书方可上岗。

## 辐射监测

### (1) 工作场所监测

北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司拟配备 1 台 X- $\gamma$  辐射检测仪用于本项目工作场所日常监测。本次环评要求北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司制定《辐射工作场所监测制度》，按照制度要求开展自行检测，并委托有资质单位每年对辐射工作场所进行 1 次监测。每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关提交本单位上一年度的辐射安全年度评估报告。

### (2) 个人剂量监测

北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司需为本项目的 2 名辐射工作人员配备个人剂量计，并委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量监测工作，每季度监测 1 次，监测数据存档。

### (3) 本项目运行后监测要求

本项目投产后，应定期进行监测，监测要见表 12-1。

表 12-1 监测计划

工作场所	监测因子	监测点/对象	监测频次
202 号工房检验室	X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	设备屏蔽门及缝隙外表面 0.3m 处、屏蔽体四周及顶部外表面 0.5m 处、线缆孔处	年度例行监测：每年由有资质单位监测 1 次 日常检测：每月至少 1 次
	个人剂量	辐射工作人员的个人剂量计	每季度由有资质单位监测 1 次

## 辐射事故应急

本项目建成后，北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司需按照陕西省生态环境厅（原陕西省环境保护厅）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建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）中应急管理的要求，制定具有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。

北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司须成立辐射事故应急救援领导小组，领导小组全面负责突发事件的应急指挥工作。一旦发生辐射事故，公司应立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由公司辐射事故应急小组上报生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生行政主管部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

## 项目环保投资及竣工环境保护验收

### 1、项目环保投资估算

本项目总投资 100 万元，其中环保投资 12.6 万元，占总投资的 12.6%，主要用于环保设施、辐射安全防护设施建设，个人防护用品购置等。环保投资估算见表 12-2。

表 12-2 项目环保投资估算表

实施时段	类别	污染源	污染防治措施或设施	费用(万元)	资金来源	责任主体
施工期	固体废物	生活垃圾	统一纳入厂区生活垃圾清运系统	—	建设单位环保专项资金	施工单位
		建筑垃圾	统一收集后运往当地主管部分指定建筑垃圾场	0.4	建设单位环保专项资金	施工单位
运营期	辐射防护措施	X 射线	X 射线防护单元(屏蔽体)	纳入设备投资	建设单位环保专项资金	建设单位
			门机连锁系统			
			警示装置	0.5		
			急停装置	0.5		
			监控装置	1.0		
	操作台急停按钮等	3.0				
	NO <sub>x</sub> 、O <sub>3</sub>	轴流风机等排风系统	2.0			
	个人防护用品	X 射线	X-γ 辐射监测仪	2.0		
个人剂量报警仪			0.5			
个人剂量计			0.2			
环境监测	工作场所定期监测		2.0			
	个人剂量定期监测		0.5			
总投资				12.6	—	

### 2、项目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), 本项目竣工后, 企业应及时对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收, 编制验收监测报告表。项目竣工环保验收清单(建议)见表 12-3, 验收合格并取得辐射安全许可证后, 方可投入生产或使用。

表 12-3 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	验收内容	验收要求
1	剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，本项目公众个人年剂量约束值取 0.1mSv，职业人员个人年剂量约束值取 2mSv
2	安全防护措施	按照相关规范及环评要求配备门机联锁、标志及指示灯、紧急停机装置等
3	屏蔽设计	项目的建设和布局符合环评报告描述，屏蔽体和屏蔽门满足辐射防护的要求，通风换气设施运转正常，通风能力满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 要求； 按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)，设备屏蔽体四周升降铅门、维修铅门外各关注点最高剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h，顶部表面 30cm 处的最高剂量率参考控制水平不大于 160 $\mu$ Sv/h
4	辐射监测	制定满足管理要求的辐射监测制度；配备 X- $\gamma$ 辐射监测仪 1 台，定期进行巡测并建立检测档案，委托有资质单位每年监测不少于 1 次，监测记录存档
5	辐射安全管理	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；制定相关制度，须满足《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》(陕环办发〔2018〕29 号) 等要求
6	人员培训	2 名辐射工作人员须参加辐射安全防护岗前培训并定期参加辐射安全防护培训，考核合格、持证上岗
7	个人剂量及健康	辐射工作人员配备个人剂量计、剂量报警仪，作业时按要求佩戴，定期进行个人剂量监测、职业健康检查，并建立个人剂量监测档案和健康档案

仅供北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司X射线数字成像检测系统技术利用项目报批前公示用

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

为满足公司业务发展的需要，北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司拟在渭南市华州区高塘镇黄家村莫胡沟华州生产中心 202 工房内建设检验室 1 间，新建 1 套 UND160 型 X 射线数字成像检测系统进行无损检测。

根据《射线装置分类》，属于 II 类射线装置。

本项目主要用于北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司产品无损检测，通过无损检测和信息反馈，可保证工件的质量，便于研究调整生产工艺等。其对受照个人或社会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）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

2、辐射环境影响分析

(1) 根据核算，本项目拟建设设备屏蔽体四周、顶部、升降铅门、维修铅门、底部的设计辐射防护厚度均大于估算所需防护厚度，该项目设计屏蔽体可以达到防护要求。

(2) 根据估算，UND160 型 X 射线数字成像检测系统在最大工作状态下设备屏蔽体四周、升降铅门、各维修铅门外 30cm 处各关注点剂量率范围为  $3.14E-07 \sim 7.30E-04 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算所得的各关注点最高剂量率参考控制水平限值（ $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ）的要求；设备屏蔽体顶部 30cm 处剂量率为  $1.74E-03 \mu\text{Sv/h}$ ，满足本次按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）所取的剂量率参考控制水平限值（ $100 \mu\text{Sv/h}$ ）的要求。

(3) 根据估算，本项目运行后，辐射工作人员年有效剂量为  $6.42E-06 \text{mSv}$ ，公众的年有效剂量为  $4.93E-07 \sim 4.60E-06 \text{mSv}$ ，满足本次环评提出的剂量约束值（职业工作人员  $< 2 \text{mSv/a}$ ，公众  $< 0.1 \text{mSv/a}$ ）。

(4) 辐射安全与防护：本项目设备屏蔽体的防护设施按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中相关规定执行，拟采取的主要辐射安全措施包括门-机连锁、分区管理、张贴警告标识、设置急停装置等；同时，根据相关法律法规要求成立辐射安全管理领导小组、制定相关辐射安全管理制度。在各项设施、措施正常运行的前提下，可有效防止辐射事故发生。

### 3、可行性分析结论

北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司拟新建 X 射线数字成像检测系统对工件进行无损检测。该项目在落实报告中提出的防护措施后，可以使辐射影响达到合理尽可能低的水平，满足辐射防护最优化原则。项目运行所致工作人员和公众年附加有效剂量满足本次环评提出的剂量约束值要求。从辐射环境保护角度，本项目建设可行。

### 建议和承诺

- (1) 项目竣工后办理验收手续，验收合格并取得辐射安全许可证后方可投入使用；
- (2) 加强设备屏蔽体安全联锁系统的检查维护，确保各种安全防护设施的正常使用；
- (3) 定期对本项目辐射工作人员的个人剂量进行监测，对设备进行环境辐射水平监测；
- (4) 每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关提交本单位上一年度的辐射安全年度评估报告；
- (5) 根据陕环办发〔2018〕29 号文件要求进行辐射安全管理标准化建设。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

仅供北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司X射线数字成像检测系统核技术应用项目报批前公示用

审批意见：

仅供北方斯伦贝谢油田技术（西安）有限公司X射线数字成像检测系统核心技术利用项目报批前公示用

经办人

公章

年 月 日