

**表 1 项目概况**

单位名称	中国船舶重工集团公司第十二研究所		地址	陕西省兴平市	
法人代表姓名	宇文建鹏		电话	029-38316199	邮编 713102
联系人及电话	李宝备 029-38316959				
项目名称	工业 X 射线探伤项目	项目地点	陕西省兴平市西城区中国船舶重工集团公司第十二研究所		
项目用途	无损检测	项目依据	—		
总投资(万元)	260		核技术项目投资(万元)	—	
核技术项目环保投资(万元)	20	核技术环保投资占项目总投资的比例(%)		7.69	
应用类型	放射性同位素应用	密封源	射线装置		其它
	—	—	X 射线探伤机 1 台, 属 II 类射线装置		—
<b>1 核技术应用的目的是任务</b>					
<b>1.1 目的和任务</b>					
<p>2016 年, 中国船舶重工集团公司第十二研究所拟在厂房内新建一间探伤室, 购置一套型号为 XYG-4510/2 型的 X 射线数字成像检测系统。其主要目的是对生产的不同电压等级的压力容器纵、环缝的焊缝进行无损检测, 以保证产品的安全性和质量的可靠性。</p>					
<b>1.2 单位概述</b>					
<p>中国船舶重工集团公司第十二研究所 1964 年成立, 位于陕西兴平市西城区, 是我国船舶行业唯一集铸造、锻造、热处理及理化检测为一体的热加工工艺研究所。十二所拥有一支经验丰富、具有较强战斗力、良好团队精神的科研队伍, 与西安交大等当地高校、院所长期保持着技术研究、人才培养等多方面的合作。近 50 年来, 十二所在热加工先进制造技术和研究方面开展了大量工作, 有用科研成果 100 多项, 在金属材料、复合材料及辅料、特殊热处理、精密成形、金属零件和构件的失效分析、精密复杂铸锻件的国产化研制等方面攻克了许多关键技术难题。十二所现有职工 368 人, 其中研究员 321 人, 高工 61 人, 工程师 82 人, 5 人被评为国务院突出</p>					

贡献专家，6人被评为部级中青年专家。

根据国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和国家环保总局第 31 号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，本项目工业 X 射线探伤装置的应用应编制环境影响报告表。建设单位委托陕西科荣环保工程有限责任公司编制工业 X 射线装置应用的环境影响报告表。在接受委托后，我单位随即组织有关技术人员进行现场调查，收集相关资料。在对相关资料的整理分析的基础上，依据（HJ/T10.1-1995）《辐射环境保护管理导则—核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》，编制本环境影响评价报告表。

### 1.3 编制依据

- (1) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2003 年 9 月）；
- (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月）；
- (3) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2015 年 6 月）；
- (4) 国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 12 月）；
- (5) 环保部第 3 号令《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》（2008 年 12 月）；
- (6) 环保部 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月）；
- (7) 中国船舶重工集团公司第十二研究所开展环境影响评价的委托书（2016 年 1 月）。

### 1.4 评价标准与技术导则

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；
- (3) 《辐射环境保护管理导则—核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T10.1-1995）；
- (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）。

### 1.5 控制与保护目标

#### 1.5.1 控制目标

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 中的规

定，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，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）不超过 20mSv；实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均有效剂量估计值不应超过 1mSv。

另据（GB18871-2002）11.4.3.2 款规定：剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

本次评价取标准限值的四分之一作为剂量约束值，即对公众成员取 0.25mSv 作为剂量约束值。工作人员的职业照射取 5mSv 作为剂量约束值。

### 1.5.2 保护目标

主要保护目标为射线装置使用场所的工作人员以及射线装置工作场所周围的公众所接受的剂量应达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和评价提出的剂量约束值以下。

### 1.6 评价单位及评价许可证

陕西科荣环保工程有限责任公司是一家民营企业，2008 年获得国家环保总局颁发的《建设项目环境影响评价资格证书》，评价证书编号为：国环评证乙字第 3623 号，目前评价范围为环境影响报告书类别——化工石化医药、建材火电、采掘、社会区域、输变电及广电通讯；环境影响报告表类别——一般项目环境影响报告表、特殊项目环境影响报告表。

### 1.7 评价范围

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）对 X 射线探伤室的设计要求，评价范围为 X 射线探伤室屏蔽墙外公众近距离活动的范围，并根据探伤室辐射防护措施的效果，确定评价范围为 20m。

### 1.8 核技术应用

#### 1.8.1 X 射线数字成像系统工作原理

X 射线数字成像检测系统是新一代的无损检测设备，以实时成像的技术，取代传统的拍片方式。该检测系统将光电转换技术和计算机数字图像处理技术相结合，通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减减弱规律，利用 X 射线束穿过被检工件被吸收、散射、透射特性，一旦工件局部区域存在缺陷或结构差异，将使不同部位透射强度不同，再利用图像增强方法把由探测器接受到透射线强度分布图像转换为视

频图像，经计算机数字化图像处理，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测目的。

X 射线数字成像检测系统由铅房、整机控制柜、高压发生器、X 射线管头、图像增强器、高压电缆及机械传动装置等组成。X 射线管头主要由 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、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，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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。

### 1.8.2 X 射线数字成像检测系统检测过程简述

X 射线数字成像检测系统设在铅室内，操作人员在铅室外操作台采用专用钥匙进行操作。首先打开防护门，将被测物体放入载物台中央位置，再关闭防护门，根据检测需要调节电压、电流，平板的高度，X 射线光管高度以及图像的对比度，曝光度、亮度、黑白度和过滤等级，得到最佳的图片并保存。然后关闭电源，取出被测物体，将防护门关闭，即完成一次检测。

### 1.9 拟建探伤室周围环境现状

本项目新建探伤室与车间相对位置见附图 1；新建探伤室平面布置见附图 2。

根据现场踏勘，新建的 1 座探伤室位于厂区空压站南侧厂房内，厂房为一层设计、建设；由北向南布置 X 射线探伤室（2700×2500×2500mm）和控制室（3000×6000×5000mm）。

①探伤室东屏蔽墙外依次为厂房 240mm 砖墙、厂区道路、绿化带、界墙、城市道路、陕柴重工空地、绿化带、道路、厂房（距离约 130m）；

②探伤室南屏蔽墙外 2m 处为控制室，控制室向南为空房、厂区道路、生产车间（距离约 63m）；

③探伤室西屏蔽墙外约 7m 处为厂房大门，门外为厂区道路和空地；

④探伤室北屏蔽墙外约 3m 处为厂房 240mm 砖墙、向北为空压站、厂区道路和空地。

新建探伤室四周屏蔽墙与厂界距离最近为东厂界约 15m，新建的探伤室周围无常住居民。

### 1.10 环境敏感目标

根据厂区平面布置、新建探伤室的位置及周围建筑物、人群分布情况，新建探伤室周围的环境保护目标见表 1.10-1。

表 1.10-1 主要环境保护目标

序号	保护对象	相对方位	距离 (m)	保护内容	控制目标
1	控制室工作人员	S	2	年有效剂量	年有效剂量不大于 5mSv
2	空压站工作人员	N	3		年有效剂量不大于 0.25mSv

表 2 放射性同位素及密封源

核素名称	放射性活度 (Bq)	物理、化学性状	日等效操作量 (Bq)	年等效用量 (Bq)	操作方式	贮存方式与地点
项目不使用密封放射源	—	—	—	—	—	—

注：1. 密封源要注明并说明源强 (Bq)；栏 2 中放射性活度是指核素年使用量 (Bq/a)。  
 2. 密封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)。  
 3. 等效操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

表 3 废弃物（重点是放射性废弃物）

废弃物名称	状态	排放口浓度	年排放总量	暂存情况	最终去向
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. 含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg，或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

**表 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

名称型号	生产厂家	加速粒子	能量 (MeV)	流强 (μA)	用途	备注
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
废物类型	数量		总活度 (Bq)	主要感生放射性核素		废物去向
废靶	— 个		—	—		—
放射性废物 年产生量	气态	— m <sup>3</sup>	—	—		—
	液态	— m <sup>3</sup>	—	—		—
	固态	— kg	—	—		—

(二) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

名称型号	生产厂家	电压 (kV)	靶流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	备注
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
氚靶情况 (含废弃的)			含放射性废弃物年产量 (含感生的和含 <sup>3</sup> H 的废泵油)			
活度 (Bq)	保管方式	备注	数量	总活度	放射性活度	废物去向
—	—	—	气	m <sup>3</sup>	—	—
—	—	—	液	m <sup>3</sup>	—	—
—	—	—	固	kg	—	—

(三) 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

名称、型号	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	用途	生产厂
XYG-4510/2 型	450	10	无损检测	丹东奥龙射线仪器集团有限公司
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—



**表 5 污染源分析（包括贯穿辐射污染）**

**5 主要放射性污染物和污染途径（正常工况和事故工况）**

**5.1 正常工况**

中国船舶重工集团公司第十二研究所新建一座探伤室位于厂区空压站南侧厂房内。X 射线探伤系统在工作过程中不产生气、液态污染物，其污染物为 X 射线装置工作时所产生的 X 射线，污染途径主要为由于探伤室的屏蔽墙和防护门的屏蔽缺陷而导致 X 射线外泄对局部环境的影响。工业 X 射线探伤为数字成像，没有洗片过程，不产生洗片废液。

**5.2 事故工况**

工业 X 射线探伤的事故主要为：

①当射线装置处于开机运行状态时，人员误入照射室或辐照控制区所受到的意外照射事故，为防止人员在 X 射线探伤机处于开机运行状态时进入探伤室，在探伤室的工件出入口和人员出入口安装灯光报警装置，提醒人员射线装置处于工作状态，不要靠近照射室和控制区，并经常检查报警装置处于良好的工作状态，防止由于报警装置出现故障，人员误入照射室受到照射的事故；

②当射线装置进入工作状态而探伤室的防护门未关闭，导致大量射线进入周围环境，对周围的人员产生照射事故，为防止此类事故的发生，应保证射线装置的门机连锁装置处于良好的工作状态。

③射线装置意外开机事故，当操作人员处于透照室内时，由于信号误传，导致探伤机启动，进行探伤作业，使透照室内人员受到意外照射事故，故要求当人员进入透照室时，控制台必须有一人操作人员值班，否则，当人员进入透照室时，探伤机应切断电源，防止发生意外事故。

**5.3 监测计划和污染防治措施**

**5.3.1 监测计划**

（1）该单位应配备辐射监测仪器，根据探伤室的工作情况，不定期对射线装置工作场所及周围环境进行监测；

（2）每年委托有辐射监测资质的单位对探伤室周围的辐射环境进行复合性监测一次。具体监测计划见表 5.3-1。

表 5.3-1 辐射环境监测计划

监测项目	监测地点	监测周期
X-γ 辐射剂量率	控制室	自主监测不定期进行， 复合监测每年一次
	防护门	
	屏蔽墙	
	探伤室周围环境 (东侧屏蔽墙外 1 个、西侧防护门外 1 个、 南侧屏蔽墙外 1 个、北侧屏蔽墙外 1 个)	
个人剂量计		每季一次

个人剂量计每季度送检一次，定期对操作人员进行健康检查，并建立个人健康档案和计量档案。

### 5.3.2 污染防治措施

工业 X 射线探伤设备的使用，应制定防辐射污染的措施，评价对该单位的 X 射线污染的防治提出以下措施：

(1) 制定 X 射线无损检测系统安全操作规程，XYG-4510/2 型 X 射线探伤设备维护、维修制度，X 射线辐射防护和安全保卫制度，辐射工作人员培训制度，辐射人员岗位职责；辐射工作场所监测制度；X 射线探伤辐射事故应急预案。

建立辐射防护领导小组：单位主管生产的副总经理（或生产厂长）任组长，由环保、安全及生产、技术、设备等部门领导组成，在环保科配备 1 人具体负责辐射防护的监督、检查、检测、管理和事故处理等日常工作。

(2) 探伤机操作人员在操作时应佩戴个人剂量计，并定期送检剂量计，确保操作人员所接受的剂量在国家标准限值以下，保证操作人员的身心健康。

(3) 探伤室的防护门应设置照射信号报警装置，在探伤机工作期间提醒人们不要接近探伤室。

(4) 探伤机要设置门-机联锁装置，探伤机的联锁装置应处于良好的工作状态，防止防护门未关闭探伤机进入工作状态，使大量 X 射线外泄。

(5) 配备一台 x-y 剂量率监测仪器，对探伤室周围的辐射剂量率应定期监测，建立监测档案，防止由于辐射屏蔽的效果的降低，探伤室外环境的辐射剂量率超过标准限值。

(6) 电力线等外接线路必须敷设在地缆沟，应配置防射线泄漏的辐射防护措施；

(7) 辐射防护人员必须持证上岗、建立定期体检和剂量监测档案等。

(8) 探伤室防护门为中间对开门，严格做好对开门缝的密封措施，防止线束泄漏。

## 表 6 环境影响分析

### 6 建设或安装过程和运行（使用）后对环境的影响的分析

#### 6.1 项目概况：

##### 6.1.1 地理位置

项目位于兴平市西城区金城路十二所厂区内，厂区占地面积 92430m<sup>2</sup>，厂区北侧为金城路，向西连接省道 104，交通运输较为便利。地理位置见附图 3。

##### 6.1.2 规模

本项目在厂区空压站南侧厂房内新建 1 座探伤室，配置 1 台探伤设备，探伤设备技术参数及分类见表 6.1-1。

表 6.1-1 探伤设备技术参数及分类一览表

序号	型号	分类	用途	技术参数		备注
				管电压 kv	管电流 mA	
1	XYG-4510/2 型 X 射线数字成像检测系统	II	无损检测	450	10	新购工业 X 射线探伤设备 1 台

##### 6.1.3 探伤室位置的合理性分析

根据厂区平面布置图以及新建探伤室与车间相对位置图，新建探伤室位于厂区空压站南侧厂房内，由北向南依次布置 X 射线探伤室、控制室，探伤室与控制室间隔约 2m。厂房为一层地面建筑。

探伤室所在的厂房外为空压站、空厂房、道路和空地。周围无常住居民。新建探伤室四周屏蔽墙与厂界的距离最近为东厂界约 15m。

根据该探伤室所处位置以及周围的环境状况，评价认为该探伤室的选址基本合理。

#### 6.2 辐射防护措施

##### 6.2.1 探伤室的屏蔽

建设探伤室尺寸为 2700×2500×2500mm，面积约 6.8m<sup>2</sup>；探伤室四周防护墙为钢-铅-钢夹层结构，铅板固定在两面 3mm 厚钢板中间。两个主射面西面、北面中间夹 63mm 铅板，东面、南面和顶、底部夹 35mm 厚铅板。探伤室门洞口尺寸为 1200×1800mm（宽×高），防护门为 800×2200（宽×高）双扇中间对开电动平移铅门，铅板厚 63mm。门扇对开部位采用交叉结构，交叉凸起部位尺寸 100×35mm（长×宽）。控制室位于探伤室外南侧，间距 2m。

拟建探伤室具体设计参数一览表见表 6.2-1

表 6.2-1 探伤室具体设计参数 单位: mm

探伤室规格内径尺寸: 2.7m 长×2.5m 宽×2.5m 高							
屏蔽材料	东墙	西墙	南墙	北	顶部	底部	防护门
钢板 (mm)	6	6	6	6	6	6	6
防护铅板(mm)	35	63	35	63	35	35	63

### 6.2.2 其他安全防护措施

(1) 安全互锁: 设置高灵敏度限位开关, 一旦防护门开启, X 光管立即自动断电。

(2) 急停开关: 紧急情况按下急停开关, 可快速切断供电系统。

(3) 机械自动保护功能: 防护门一旦开启, 设备立刻进入停机保护状态。

(4) 防护门入口处设置有固定的“当心电离辐射”醒目标志, 铅室上方安装声光警示灯, 检测作业时, 警示声光开启, 告诫无关人员勿靠近铅室附近。

(5) 铅室操作台设置钥匙开关, 防止检修时关闭铅门, 开启射线检测装置。

### 6.2.3 探伤工作时间、工作方式

该单位无损检测的工作时间拟采用 8 小时工作制, 探伤机曝光时间与停机休息时间为 1: 1, 每天曝光时间最大为 240min, 全年工作日数 250 天, 全年曝光时间最大为 1000h。探伤作业全部在探伤室进行, 不进行现场探伤。

### 6.3 辐射环境现状

根据 2012 年《陕西省辐射环境质量报告》, 咸阳市陆地  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测值在 67.5~102.4nGy/h, 均值为 80.9nGy/h。与《陕西省环境伽马辐射剂量水平现状研究》(1988 年) 报告中在同一水平范围 (全省室内为 87~203nGy/h, 平均值为 130nGy/h, 室外为 66~188nGy/h, 平均值为 99nGy/h)。所以该厂区周围辐射环境本底属正常辐射环境本底水平。

### 6.4 新建探伤室的辐射防护措施的理论验证

新建探伤室的主要设计参数见表 5。

目前, 该项目 X 射线数字成像系统尚未到位, 根据提供的相关技术资料, 本次环评采用理论计算的方法验证该铅室的防护性能。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中“3.3.2 控制室应避开有用射束照射的方向。”本项目探伤室内设工件轨道, 定向探伤机主射线朝向西面和北面照射, 为保守起见本项目在估算辐射影响时西面和北面屏蔽墙主要考虑主

射线影响，其他方向主要考虑散射线及漏射线影响。

### (1) 辐射屏蔽估算模式

#### ①透射因子估算

对于给定的屏蔽物质厚度  $X$ ，相应的辐射屏蔽透射因子  $B$  可采用以下公式进行计算：

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

式中： $X$ —不同屏蔽物质的厚度，mm；

$TVL$ —不同屏蔽物质的十分之一值层厚度，mm；

$B$ —为屏蔽材料透射因子；

除此之外，也可以依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 B.1 曲线查出屏蔽透射因子  $B$ 。

#### ②有用线束屏蔽估算

关注点的剂量率为：

$$H=I \times H_0 \times B/R^2$$

式中： $I$ —X 射线装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

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

$B$ —为屏蔽材料透射因子；

$R$ —为辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

#### ③泄漏辐射屏蔽估算

泄漏辐射关注点的剂量率为：

$$H=H_L \times B/R^2$$

式中： $H_L$ —距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线管泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$B$ —为屏蔽材料透射因子；

$R$ —为辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

#### ④散射辐射屏蔽估算

散射辐射关注点的剂量率为：

$$H=I \times H_0 \times B \times F \times a/R_S^2 \times R_0^2$$

式中： $I$ —X 射线装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

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

$B$ —为屏蔽材料透射因子；

F— $R_0$  处照射野面积,  $m^2$ ;

a—散射因子;

$R_0$ —为辐射源 (靶点) 至被检工件的距离, m;

$R_s$ —为散射体至关注点的距离, m

## (2) 预测结果

新建 X 射线数字成像系统最大运行管电压为 450kV、输出电流为 10mA。据模式估算, X 射线数字成像检测系统正常运行工况下屏蔽墙外关注点的辐射剂量率估算结果见表 6.4-1。

表 6.4-1 正常运行工况下的理论估算统计表  $\mu\text{Sv/h}$

参数	主射面有用线束屏蔽		其他方向泄漏辐射屏蔽				其他方向散射辐射屏蔽				
	西 (防护门)	北	东	南	顶部	底部	东	南	顶部	底部	
X (mm)	63mmPb+6mmFe		35mmPb+6mmFe				35mmPb+6mmFe				
I (mA)	10		10				10				
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})$	$1.78\times 10^6$		$1.78\times 10^6$				$1.78\times 10^6$				
R (m)	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4 <sup>①</sup>	1.5	1.6	1.6	1.4 <sup>①</sup>	
B	$2.14\times 10^{-7}$		$2.0\times 10^{-4}$				$7.24\times 10^{-7}$				
$H_L(\mu\text{Sv/h})$	$5\times 10^3$		$5\times 10^3$				$5\times 10^3$				
TVL	9.45		9.45				9.45				
$R_s$	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4 <sup>①</sup>	1.5	1.6	1.6	1.4 <sup>①</sup>	
$R_0^2/(F\cdot\alpha)$	50		50				50				
关注点处剂量率 $H_{\mu\text{Sv/h}}$	估算值	1.69	1.49	0.44	0.39	0.39	0.51	0.11	0.1	0.1	0.13
	控制值	2.5	2.5	泄漏+散射量: 东 0.55、南 0.49、顶部 0.49、底部 0.64							
	评价结果	满足	满足	满足							

注: ①新建探伤室底部距离所在厂房地面约 0.15m, 底部关注点为厂房地面

据表 6 估算结果表明, 新建 X 射线数字成像系统建成正常运行工况下, 其主射束铅室屏蔽墙外关注点处最大辐射剂量率约为  $1.69\mu\text{Sv/h}$ , 其他方向屏蔽墙外关注点处辐射剂量率为泄漏辐射剂量率与散射辐射剂量率之和, 最大约为  $0.64\mu\text{Sv/h}$ , 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 规定的 ( $2.5\mu\text{Sv/h}$ ) 标准限值要求。

## 6.5 保护目标剂量估算

X 射线数字成像检测系统工作人员和周围公众接受的剂量, 可根据 X 射线检测时间和估算的最大辐射剂量率进行估算。



考虑到本项目 X 射线数字成像检测系统尚未投入运行，从保守角度，本次主要通过理论估算计算其工作人员和周围公众的最大年附加有效剂量。

本项目探伤设备年工作 250d，每天曝光时间最大为 240min，全年曝光时间最大为 1000h。操作位置距铅室 2.0m；估算的最大辐射剂量率值为 1.69 $\mu$ Sv/h 和 0.64 $\mu$ Sv/h。

探伤室辐射工作人员和周围公众周剂量可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中以下公式计算：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

由式上式可得到：

$$H = H_c \cdot t \cdot U \cdot T / 1000$$

式中：H—年剂量，mSv/a；

H—参考点处剂量率， $\mu$ Sv/h；

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，可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录表 A.1 得到；

t—探伤装置周照射时间，单位为 h/a。

经估算，新建探伤室在正常运行工况下，其工作人员及周围公众接受的附加有效剂量见表 6.5-1。

表 6.5-1 正常运行工况下的附加有效剂量  $\mu$ Sv/h

参数	受众	周围公众		
	辐射工作人员	N	E	W
H( $\mu$ Sv/h)	0.49	1.49	0.55	1.69
U	1/16	1	1/16	1
T	1	1/16	1/16	1/16
t (h/a)	1000			
附加年有效剂量 (mSv/a)	0.03	0.09	0.002	0.11
约束值 (mSv/a)	5	0.25		
评价结果	满足	0.09+0.002+0.11=0.202<0.25，满足		

新建探伤室在正常运行工况下，其工作人员及周围公众接受的附加有效剂量满足本项目控制目标。

## 6.6 射线装置事故应急预案

据 X 射线数字成像系统检测装置在运行工况下的分析，其事故类别主要为检测

时或射线装置出束时的意外照射事故。项目辐射事故主要归纳为：检测时或射线装置出束时，安全装置失灵，X射线从防护门泄漏，使铅室外人员受到不必要的照射。X射线检测装置自身设置了专用钥匙开关、防护门与主机连锁装置及急停开关，可有效防止X射线泄漏。

一旦发生事故，立即启动应急预案，由专人负责，责任分工明确，使辐射影响尽可能降到最低水平。

应急预案对事故发生采取的措施主要有：

- (1) 一旦发现检测装置运行时防护门打开，迅速按下停机开关；
- (2) 分析受照人员接受的放射照射时间，必要时采取跟踪体检，查清受损伤程度并送至相关医疗机构检查治疗，并备案存档；
- (3) 在第一时间将事故情况通报有关环保、卫生等主管部门；
- (4) 分析确定发生事故的原因，记录发生事故时X光机的工作状态（如工作电压、电流等参数）、事故延续时间，以便及时确定事故时受照个体所接受的剂量；
- (5) 总结事故原因，写出事故报告，及时修改应急预案，避免此类事故再次发生。

评价建议单位对制定的相关管理规程应及时落实，对操作人员进行检测操作前，对射线装置的辐射安全装置进行检查，确保安全防护装置处于良好的工作状态下，方可进行检测作业；同时加强操作人员的自身辐射防护意识，严格操作规程，严禁违章操作。

## **6.7 辐射管理和监测计划**

### **6.7.1 辐射管理**

中国船舶重工集团公司第十二研究所对射线装置的应用制定了《X射线无损检测系统安全操作规程》、《X射线探伤安全专项防护方案》等管理制度，成立了射线安全和防护装置管理领导小组并制定了《辐射安全应急预案》《放射事故应急处理预案》，以满足射线装置应用环境管理的要求。

对X射线装置的管理上要求：应每年对射线装置的防护性能和安全设施进行一次检验，当发现有射线泄漏时，应及时对射线装置进行维修，保证射线装置处于良好的工作状态。

### **6.7.2 人员能力评价**

根据《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



《安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，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名具有理工本科以上学历的有3年辐射工作经历的技术人员专职负责，探伤工作人员参加环境保护主管部门认可的有关辐射安全培训。

中国船舶重工集团公司第十二研究所X射线工业探伤项目，属使用Ⅱ类射线装置的单位。按上述要求，该单位应在项目运营前完善辐射防护领导小组，探伤室建议设置2名工作人员，探伤工作人员须参加环境保护主管部门认可的有关辐射安全培训并考核合格后方可上岗。

### 6.7.3 安全管理制度评价

中国船舶重工集团公司第十二研究所应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环保总局令第31号）制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、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、事故应急制度等。本报告对各项制度的要点提出以下建议：

（1）辐射安全管理能力：成立辐射防护领导小组，明确职责，配备不少于1名理工科本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护工作，并以文件的形式明确其管理职责。

（2）操作规程：明确探伤工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作时必须配戴个人剂量计和剂量报警仪，避免事故发生。

（3）岗位职责：明确管理人员、探伤工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（4）辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对X射线探伤机的保管和维修要落实到个人。

（5）设备维修制度：明确X射线探伤机和探伤室门机联锁装置在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保X射线探伤工作安全有效地运转。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪必须保持良好工作状态。人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并加强对培训档案的管理，做到有据可查。

### 6.7.4 辐射监测计划

中国船舶重工集团公司第十二研究所应制定探伤室的辐射监测计划，以便及时了解探伤室的辐射水平。评价要求厂配备辐射剂量率监测仪器一台，在探伤机工作

时，不定期对探伤室周围的辐射剂量率进行监测，监测地点主要为：探伤室防护墙表面、防护门表面和侧面，探伤室周围工作人员的工作地点等。监测周期为：平时由厂自主监测，每年一次由具有监测资质的单位进行监督性复合监测。

## 6.8 环保投资和环保验收

### 6.8.1 环保投资

中国船舶重工集团公司第十二研究所工业 X 射线探伤项目总投资 260 万元，其中环保投资 20 万元，环保投资主要为探伤室的辐射防护和个人辐射防护。

### 6.8.2 环保验收

新建探伤室建成后，应申请竣工验收，保证专用探伤室的辐射防护效果满足（GBZ117-2015）《工业 X 射线探伤放射防护要求》对探伤室的辐射剂量率的要求。环保验收清单见表 6.8-1。

表 6.8-1 环保验收清单

项目	验收项目	规格、数量	验收指标
探伤室	防护墙	北墙和西墙 63mmPb+6mmFe; 东、南、顶、底部 35mmPb+6mmFe	铅当量达到环评要求
	防护门（双扇）	63mmPb+6mmFe，门扇对开部位采用交叉结构，交叉凸起部位尺寸 100×35mm（长×宽）	防护门缝隙做好密封措施，铅当量达到环评要求
	门机连锁装置	1 套	门机连锁装置、报警装置处于良好状态
	防护门报警装置	1 套	
个人防护用品	个人剂量计、剂量报警仪、巡检仪		根据操作人员情况配备
辐射防护机构	机构是否完整		人员配备情况
监测计划	监测计划的制定是否完善		监测时间、监测项目与频次应满足相关标准的要求
环境监测	设置 4 个监测点		辐射剂量率处于环境本底水平
环保管理规章及制度	管理制度是否制度完备		各类射线装置的操作规程、应急预案、管理制度
环境保护档案	是否建立档案管理制		环境保护各项档案是否完整

## 6.9 结论及建议

### 6.9.1 结论

(1) 中国船舶重工集团公司第十二研究所为保证生产的产品质量，降低生产成本，在采取了有效的辐射防护措施后，新建 1 座无损探伤室是合理的。新购安装 1 台 XYG-4510/2 型 X 射线数字成像检测系统，便于无损探伤与管理。

(2) 根据 2012 年《陕西省辐射环境质量报告》，咸阳市陆地  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测值与《陕西省环境伽马辐射剂量水平现状研究》(1988 年) 报告在同一水平范围，该厂区周围辐射环境本底属正常辐射环境本底水平。

(3) 新建探伤室防护设计：北墙和西墙 63mmPb+6mmFe，东、南、顶、底部 35mmPb+6mmFe，防护门 63mmPb+6mmFe，据辐射防护效果理论计算结果，保守考虑，项目建成正常运行工况下，探伤室四周墙体，顶底部及防护门的辐射防护效果可以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 的要求。

(4) 根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员和公众年受照剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目控制目标，职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv 的剂量限值要求。

综上所述：评价认为中国船舶重工集团公司第十二研究所工业 X 射线项目的建设及运行，符合时间的正当性原则；项目采取的辐射防护措施，可以满足辐射防护最优化原则；对项目操作人员和公众产生的附加剂量在国家规定的剂量限值内，达到剂量限值约束原则，从辐射环境保护角度考虑，该项目的建设运行是可行的。

### 6.9.2 要求和建议

(1) 要求该单位在新建探伤室建成后，应委托有资质的监测单位对工业 X 射线装置应用项目进行环保验收监测，对该项目申请环保验收；

(2) 辐射防护门入口处必须有固定的“当心电离辐射”标志，照射期间有醒目的“禁止入内”警示标识，探伤室入口处及被探物件出入口处必须设置声光报警装置；

(3) 结合本单位实际情况，对事故风险制定应急预案，并进行适当的演练，确保在发生事故时能及时启动应急预案；

(4) 每年应对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并报省环保厅发证部门和地方环保主管部门；

(5) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻

痹大意思，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低；

(6) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠；

(7) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患；

(8) 完善辐射管理相关制度，包括辐射安全管理制度、使用安全程序、人员培训制度、事故应急制度等。

工业X射线探伤项目

7 审批

主管单位环保机构预审意见:

经办人签字:

年 月 日

单位盖章:

年 月 日

市级环保主管部门意见:

经办人签字:

年 月 日

单位盖章:

年 月 日

省级环保部门审批意见：

工业X射线探伤项目

经办人签字：

年 月 日

单位盖章：

年 月 日