

核技术利用建设项目

工业 X 射线室内探伤应用项目

环境影响报告表

建设单位：河南华电金源管道有限公司

二〇二一年七月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

工业 X 射线室内探伤应用项目

环境影响报告表

建设单位：河南华电金源管道有限公司（加盖公章）

法人代表：（签名或盖章）

通讯地址：郑州航空港区空港六路

邮政编码：451162 联系人：董明强

电子邮箱： 联系电话：15136160616

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	9
表 3 非密封放射性物质.....	9
表 4 射线装置.....	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	11
表 6 评价依据.....	12
表 7 保护目标与评价标准.....	13
表 8 环境质量和辐射现状.....	16
表 9 项目工程分析与源项.....	19
表 10 辐射安全与防护.....	22
表 11 环境影响分析.....	25
表 12 辐射安全管理.....	32
表 13 结论与建议.....	36
表 14 审批.....	39

附 件

- 附件 1 本项目环境影响评价委托书
- 附件 2 本项目辐射环境背景水平检测报告
- 附件 3 建设单位辐射安全许可证及台账明细
- 附件 4 原有核技术应用项目环评及验收批复
- 附件 5 建设单位辐射安全管理制度及应急预案
- 附件 6 本项目职业人员辐射安全与防护培训证书
- 附件 7 辐射工作人员及公众人员年剂量管理目标限值
- 附件 8 职业人员 2020 年度外照射个人剂量监测报告

附 图

- 附图 探伤室施工平面结构图

表 1 项目基本情况

项目名称		工业 X 射线室内探伤应用项目			
建设单位		河南华电金源管道有限公司			
法人代表	肖东玉	联系人	董明强	联系电话	15136160616
注册地址		郑州航空港区空港六路			
建设地点		河南华电金源管道有限公司生产厂房西北部探伤室			
总投资		30 万元	环保投资	8 万元	环保投资比例 26.7%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积 163 (m ²)
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类 (医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			

1、建设单位概况

河南华电金源管道有限公司（以下称“建设单位”）成立于 2010 年 12 月，统一社会信用代码：914101005672898538，地址位于郑州航空港区空港六路，是由郑州华电金源管道有限公司和华电重工装备有限公司共同出资设立的子公司，主要从事火电、核电、石油化工等高温高压管道、换热器、冷凝器的技术开发、制造、安装调试服务等。

2、项目建设背景及由来

建设单位现有 1 座探伤室，位于生产厂房内西北部，于 2013 年 3 月 21 日取得原河南省环境保护厅的环评批复，文号：豫环辐表[2013]13 号，原环评批复该探伤室可开展 X 射线和 γ 射线探伤，但由于建设单位的探伤工作需求变化，仅购置了 γ 射线探伤机，X 射线探伤机未购置，故该探伤室前期仅针对 γ 射线探伤开展了竣工环境保护验收，验收批复文号：豫环辐验[2015]6 号。

现阶段因生产发展需要，建设单位拟购 1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机，并利用现有探伤室对其生产的压力容器、管道等工件进行无损检测，本次 X 射线探伤工作均在现有探伤室内进行，不开展野外现场探伤活动。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》及《建设

表 1 项目基本情况

项目环境影响评价分类管理名录》等法律、法规的规定，本项目属于“核技术利用建设项目”类别，且应编制环境影响报告表。为此，建设单位委托河南蔚蓝环保科技有限公司对本项目开展环境影响评价。评价单位接受委托后，立即组织技术人员对本项目进行实地踏勘，收集了相关的技术资料，并对本项目可能产生的环境影响及程度进行了分析评价，提出了相应的环保措施和建议，最终按照国家相关技术规范的要求整理编制完成了本报告表。

3、本期建设内容及规模

本期建设内容及规模：本项目不新建探伤室，X 射线探伤活动利用现有探伤室完成，不开展野外现场探伤，本期拟购 1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机，属于 II 类非医用射线装置，现有探伤室位于建设单位生产厂房内西北部。

表 1-1 本项目 X 射线探伤机基本信息一览表

序号	探伤机型号	最大管电压	最大管电流	出束方式	数量（台）	类别
1	XXG-2505	250kV	5mA	定向	1	II 类

表 1-2 本项目探伤室的建设情况一览表

技术指标		设计建设情况
净尺寸及面积		长×宽×高：15.0m×6.0m×4.5m；面积 90m ²
四周墙材料及厚度		1000mm 厚混凝土
顶棚材料及厚度		800mm 厚混凝土
工件门尺寸及材料		4.9m×4.2m（宽×高），50mmPb 钢铅复合门
迷道墙材料及厚度		1000mm 厚混凝土
辐射安全措施	电离辐射警示标识	防护门外张贴电离辐射警示标识和中文警示说明
	工作状态指示灯	防护门上方安装“预备”和“照射”状态的指示灯，“预备”和“照射”信号有明显的区别，探伤室内外醒目位置有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明；“预备”信号说明即将开始探伤作业，信号需持续足够长的时间，确保曝光室内人员安全离开，“照射”信号说明正在进行探伤作业，勿在曝光室周围停留。
	声音提示装置	防护门外安装出束警报提示装置，提醒人员勿在曝光室周围停留。
	门机联锁装置	防护门安装有门机联锁装置，防护门打开，探伤机立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射，重新启动被终止的照射只能通过控制台进行。
	误操作锁定开关	控制台设置防止人员误操作的锁定开关
	紧急停机按钮	控制室和曝光室内均设置紧急停机开关
	紧急开门按钮	曝光室内防护门内侧设置紧急开门按钮，出现紧急事故时，人员按下开门开关可以电动打开防护门。

表 1 项目基本情况

通风装置	曝光室西墙地坪以上设置 0.4m×0.4m（宽×高）排风口，采用“U”型管道地坪以下穿越西墙到达室外连接至动力排风装置，室外部门采用混凝土加厚防护，每小时有效通风换气不小于 3 次。
电缆通道设计	电缆通道通过地下“U”型管穿过曝光室南墙，在电缆线出口处加盖铅板。

注：混凝土密度 $\geq 2.35\text{t/m}^3$ ，铅密度 $\geq 11.3\text{t/m}^3$ 。

4、原有核技术利用情况

建设单位已取得辐射安全许可证，许可的种类和范围：使用 II 类放射源、使用 II 类射线装置，证书编号：豫环辐证[10138]，有效期至：2022 年 6 月 10 日。

建设单位现有 3 台 γ 射线探伤机（各内置 1 枚 Ir-192 放射源），均属于 II 类放射源，环评批复文号：豫环辐表[2013]13 号，批复时间 2013 年 3 月 21 日；验收批复文号：豫环辐验[2015]6 号，批复时间 2015 年 3 月 6 日。

建设单位现有核技术应用项目均按要求履行了环境影响评价、竣工环保验收及辐射安全许可等环保手续。建设单位成立了辐射安全管理机构，设置有专人负责日常管理工作，制定了详细、完整的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，建立了完整的辐射安全管理档案，现有探伤室采取的辐射安全与防护措施均保持良好的运行状态，且自运行以来未发生辐射安全事故。

5、本项目外环境关系简述

1) 厂区外环境关系

河南华电金源管道有限公司位于郑州航空港区空港六路北侧，公司厂区西侧是郑州中鼎锅炉股份有限公司，东侧为好特建材，北侧为中国建筑股份有限公司港区建设项目部。建设单位地理位置详见图 1，厂区平面布置详见图 2，外环境关系图详见图 3。

2) 探伤室周围环境概况

本项目探伤室位于生产厂房西北部，为一层建筑（顶棚人员无法到达），四面均为车间内部。

3) 探伤室平面布置

本项目探伤室由曝光室、操作室、评片室和暗室组成，曝光室位于北侧，南侧从西向东依次为操作室、暗室和评片室。探伤工件从东侧沿轨道进入曝光室，工作人员从操作室通过迷道进入曝光室。探伤室平面布置详见图 4，现场部分踏勘照片详见图 5。

6、本项目预计工作量

根据建设单位的生产情况，本项目台 X 射线探伤机每年最多工作 50 天，每天最多曝光 2 小时，即全年曝光时间最多约为 100 小时。



图 1 建设单位地理位置图

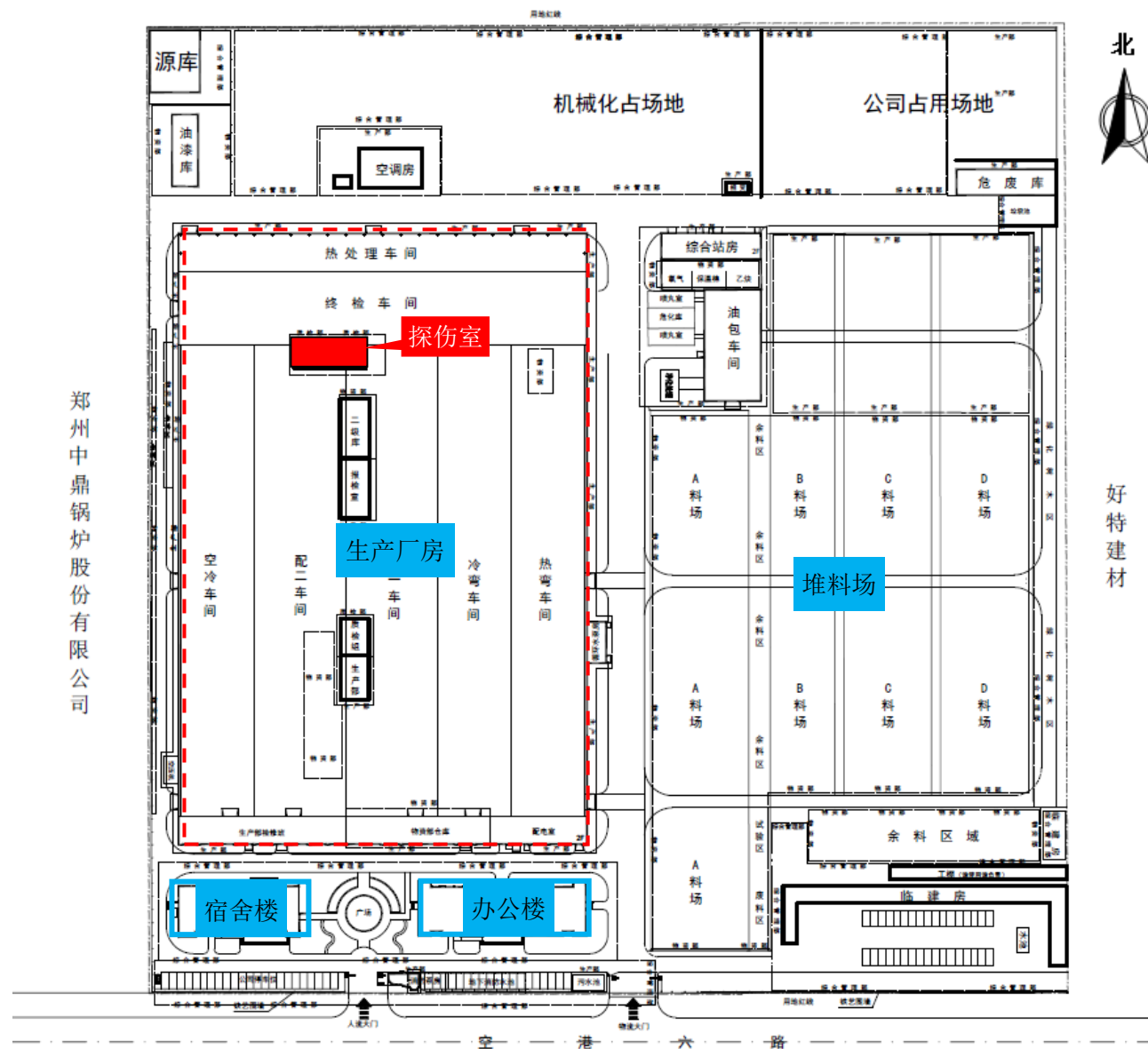


图 2 厂区平面布置图



图3 外环境关系图

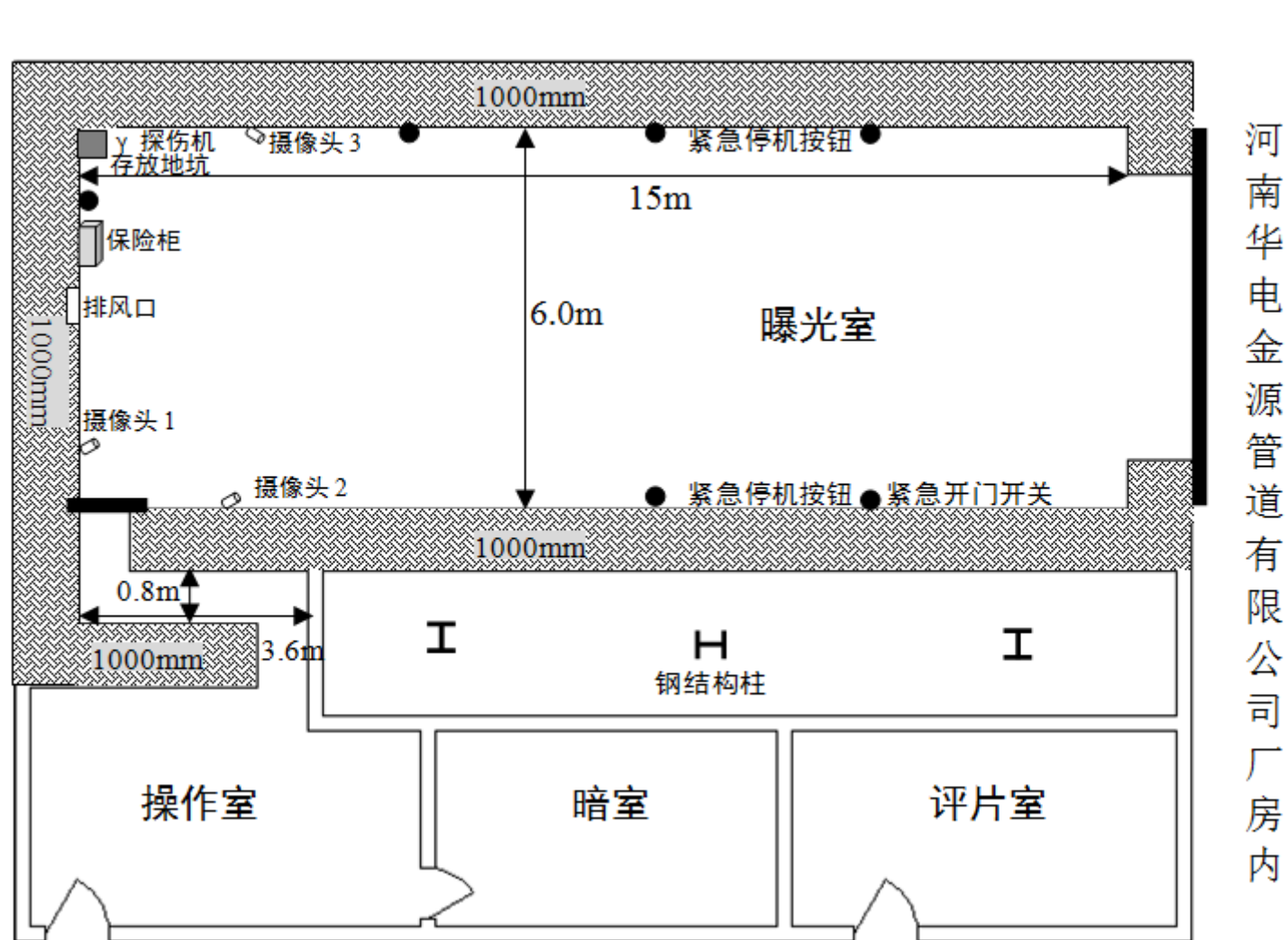


图 4 探伤室平面布置图

表 1 项目基本情况



原有探伤室



探伤室南侧（生产厂房内）



探伤室北侧（生产厂房内）



探伤室东侧（生产厂房内）



探伤室西侧（生产厂房内）



探伤室所在厂房及厂内道路

图 5 现场部分踏勘照片

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
本项目不涉及放射源。								

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途													
序号	装置名称	类别	数量	厂家&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	装置名称	类别	数量	厂家&型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途		工作场所	备注			
1	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	XXG-2505	250	5	无损检测		原探伤室内	定向			
(三) 中子发生器：包括中子管，但不包括放射性中子源													
序号	装置名称	类别	数量	厂家&型号	最大 管电压 （kV）	最大 靶电流 （μA）	中子 强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活度 (Bq)	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废显、定影液	液态	/	/	/	<200L	/	暂存于暗室内专用 塑料废物桶内	交有资质的单位处理
废胶片	固态	/	/	/	<100张	/	暂存于评片室 存放柜内	交有资质的单位处理
臭氧及氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	不暂存	经排风系统排入 大气后稀释转化
本项目不产生放射性废弃物。								

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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

1、法规文件

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行；
- 2) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日起施行；
- 3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日起施行；
- 4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行；
- 5) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日起施行；
- 6) 《河南省辐射污染防治条例》，2016 年 3 月 1 日起施行；
- 7) 《关于发布<射线装置分类办法>的公告》，2017 年 12 月 5 日起施行；
- 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2021 年 1 月 1 日起施行；
- 9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日起施行；
- 10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2019 年 8 月 22 日起施行；
- 11) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 5 月 1 日起施行；
- 12) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，2021 年 1 月 1 日起施行。

2、技术标准

- 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 2) 《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；
- 3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）；
- 4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；
- 5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；
- 6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

3、其他

- 1) 本项目环境影响评价委托书（详见附件 1）；
- 2) 本项目辐射环境背景水平检测报告（详见附件 2）；
- 3) 建设单位辐射安全许可证及台账明细（详见附件 3）；
- 4) 原有核技术应用项目环评及验收批复（详见附件 4）
- 5) 建设单位辐射安全管理制度及应急预案（详见附件 5）；
- 6) 职业人员辐射安全与防护培训证书（详见附件 6）；
- 7) 辐射工作人员及公众人员年剂量管理目标限值（详见附件 7）；
- 8) 职业人员 2020 年度外照射个人剂量监测报告（详见附件 8）。

表 7 保护目标与评价标准

1、评价范围

本项目为使用 II 类射线装置，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》（HJ10.1-2016）的相关规定，对于射线装置应用项目的评价范围，通常取其所在场所实体屏蔽物边界外 50m 范围。因此，本项目的评价范围取探伤室四周屏蔽体外 50m 范围。

2、保护目标

本项目的环境保护目标主要为从事探伤工作的职业人员，以及在探伤室周围活动的公众人员。

表 7-1 本项目主要环境保护目标一览表

序号	主要保护目标	人员分布	所在位置	照射类型
1	操作室内职业人员	1~2 人	操作室内	职业照射
2	厂房内工人	不固定（流动）	探伤室四周附近	公众照射

3、评价标准

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

B1.1.1 职业照射剂量限值

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：a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

本次评价取上述限值的 1/4，即 5mSv/a 作为职业人员的年剂量管理限值。

B1.2.1 公众照射剂量限值

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。

本次评价取上述限值的 1/4，即 0.25mSv/a 作为公众人员的年剂量管理限值。

2)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ H_c ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,d}$ ）：

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；公众 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按下式计算：

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

式中：

表 7 保护目标与评价标准

H_c —周剂量参考控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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， $\text{h}/\text{周}$ ；

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ：

$$\dot{H}_{c,\max}=2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

$\dot{H}_c$ 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中 $\dot{H}_{c,\max}$ 二者的较小值。

经计算，本项目探伤室墙和入口门外关注点处的剂量率参考控制水平取 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)

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邻近建筑物在张立体角区域内时，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部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。

表 7 保护目标与评价标准

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的“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

1、检测时间

2021 年 7 月 7 日

2、检测环境

天气：晴，环境温度：（31.3~34.1）℃，相对湿度：（53.1~59.7）%

3、检测因子

X-γ 空气吸收剂量率，nGy/h

4、检测依据

- 1）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；
- 2）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

5、检测方法

在选定的检测点位处，保持仪器探头在足够长的时间内不动，每个点位以 10s 为间隔读取 10 个数据，最后取均值作为测量结果。

6、检测仪器

表 8-1 主要检测仪器基本信息一览表

仪器名称	环境级 X、γ 剂量率仪	仪器型号	RJ32-3602
制造厂商	上海仁机仪器仪表有限公司	出厂编号	210312E001
检定证书	2021H21-20-3103927001-01	有效期限	2021.03.12~2022.03.11
量程范围	1nGy/h~1000μGy/h	能量范围	（0.02~3.0）MeV
检定单位	上海市计量测试技术研究院	检定结论	合 格

7、质量保证

- 1）建立完整的内部质量管理体系，确保检测数据准确、有效。
- 2）检测仪器定期进行检定或校准，确保在证书有效期内使用。
- 3）检测仪器的各项性能指标及测量准确度满足技术规范要求。
- 4）每次测量前、后均认真检查仪器的状态，确保其正常工作。
- 5）检测方法遵照国家现行有效的导则、标准及技术规范要求。
- 6）现场检测不少于 2 人完成，检测人员均取得岗位合格证书。
- 7）检测原始记录及数据处理结果均经过严格的内部质量审核。

8、检测点位

表 8 环境质量和辐射现状

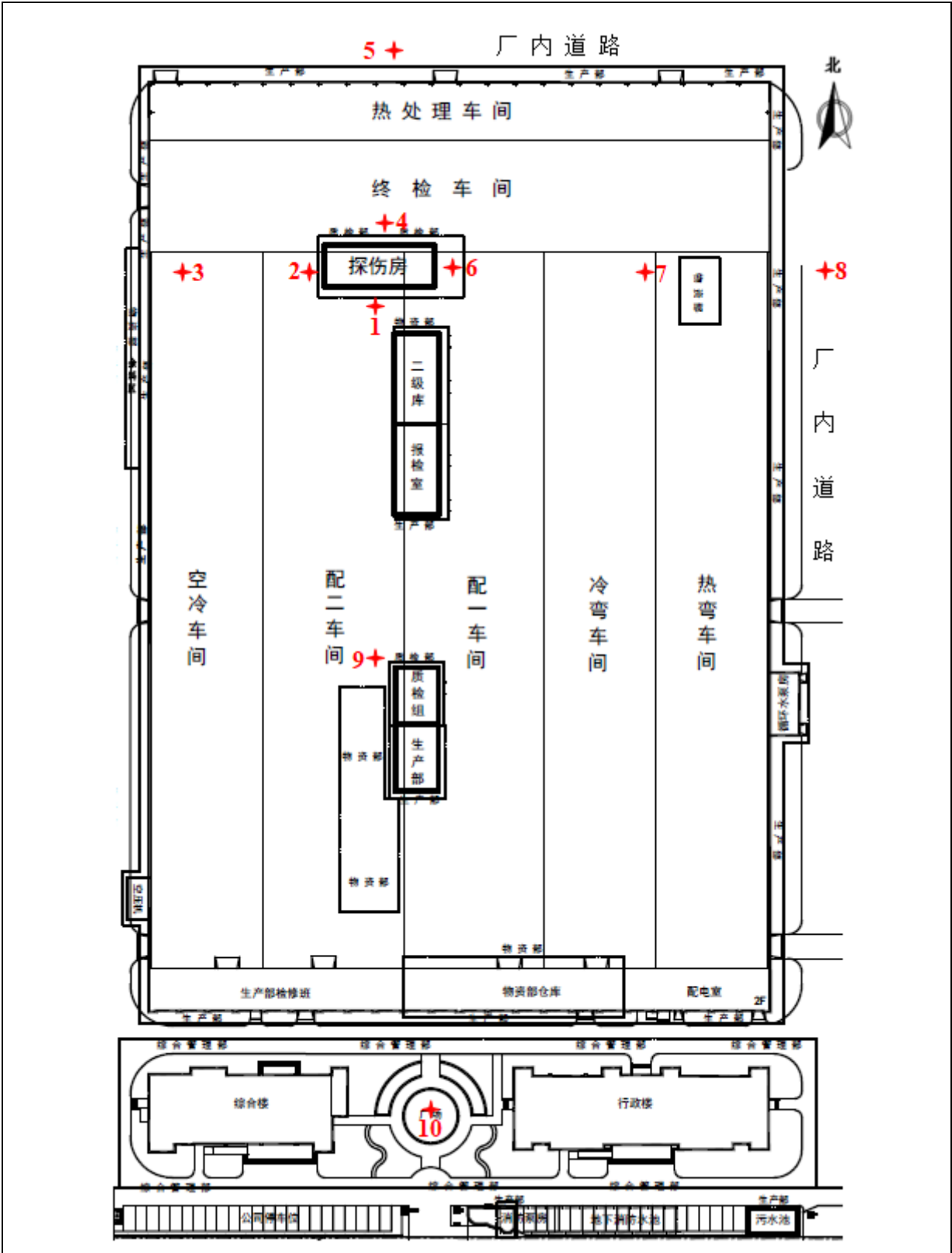


图 6 本项目检测点位示意图

9、检测结果

表 8 环境质量和辐射现状

表 8-2 本项目所在区域的 X- γ 空气吸收剂量率检测结果			
编号	检测点位描述	辐射剂量率 (nGy/h)	备注
1	探伤室南墙外 30cm 处	67.03 $\pm$ 1.46	室内
2	探伤室西墙外 30cm 处	66.84 $\pm$ 0.64	室内
3	探伤室西墙外 25m 处	62.39 $\pm$ 0.91	室内
4	探伤室北墙外 30cm 处	66.14 $\pm$ 1.29	室内
5	探伤室北墙外 30m 处	64.86 $\pm$ 0.61	室外
6	探伤室东侧防护门外 30cm 处	65.40 $\pm$ 1.23	室内
7	探伤室东侧防护门外 30m 处	64.10 $\pm$ 0.87	室内
8	探伤室东侧防护门外 50m 处	61.07 $\pm$ 0.54	室外
9	探伤室南墙外 50m 处	66.98 $\pm$ 0.73	室内
10	厂区广场中央 (参考点)	63.48$\pm$0.62	室外

注：1、上述检测结果已扣除仪器宇宙射线响应值（本仪器为 8.56nGy/h）。

2、本仪器校准因子 0.96。

3、检测期间，原 γ 探伤机为非工作状态，贮存于曝光室西北角贮源坑内。

由上述检测结果可知，本项目辐射工作场所所在区域的 X- γ 空气吸收剂量率背景水平室内检测范围为（62.39 $\pm$ 0.91~67.03 $\pm$ 1.46）nGy/h，室外检测范围为（61.07 $\pm$ 0.54~64.86 $\pm$ 0.61）nGy/h，处于当地的正常辐射环境背景水平，未发现异常情况。

表 9 项目工程分析与源项

1、工作原理简述

X 射线探伤机是利用 X 射线检测工件焊缝内部有无缺陷的检测装置。其工作原理如下：利用 X 射线对工件焊缝处贴的感光片进行照射，若工件内部存在缺陷（裂缝），射线在穿过缺陷部位时的衰减量，会明显少于周围完好部位，使胶片受到更多的照射，最终会在显影后的胶片上产生较黑的图像，工作人员可以根据影像来判断工件内部是否有缺陷以及缺陷的性质、位置等，实现无损检测，达到提高产品质量的目的。

X 射线探伤机主要由 X 射线管和控制器组成，二者通过专用电缆连接。其中，X 射线管是工作在高电压下的真空二极管（阴极和阳极），阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用需要，由不同的材料制成不同形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。阴极灯丝通电加热时会“蒸发”出电子，利用聚焦杯将电子聚集成束，再利用两极间的高电压将电子束加速，被加速的高速电子径直射向嵌在金属阳极中的靶体，受靶面突然阻挡而产生 X 射线。X 射线管的管电压决定 X 射线的光子能量，管电流决定 X 射线的光子数量。

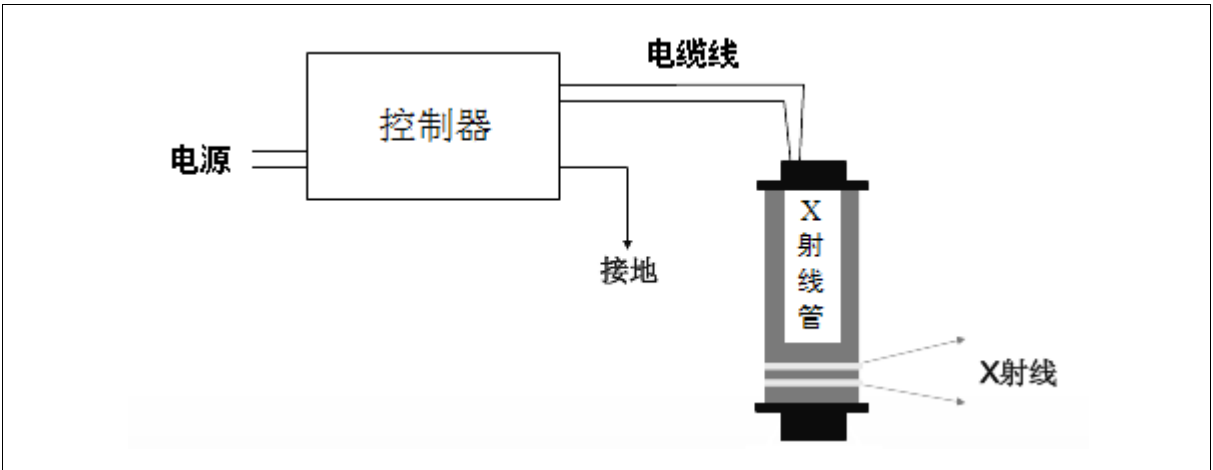


图 7 X 射线探伤机连接原理图

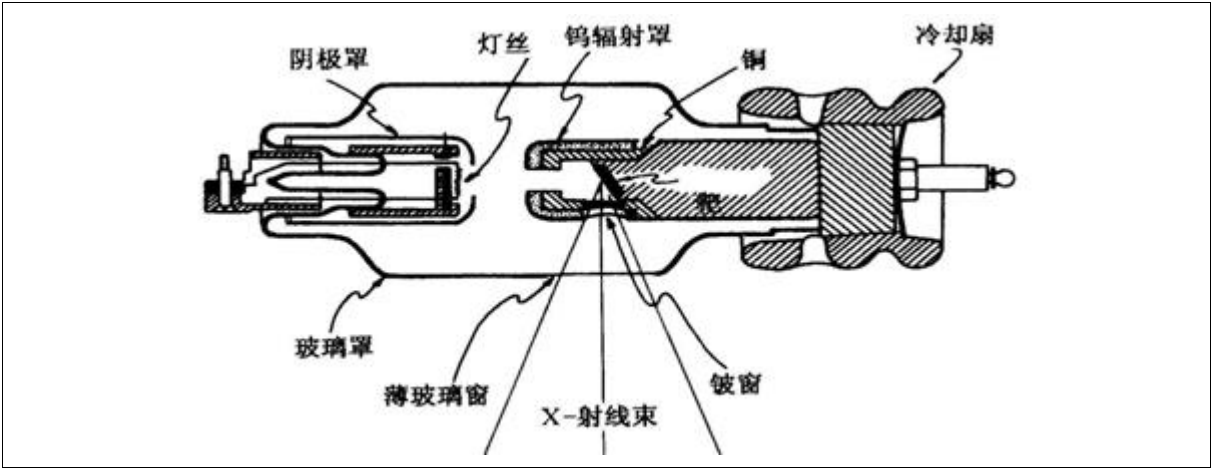


图 8 典型 X 射线管结构原理图

表 9 项目工程分析与源项

2、工作流程简述

- 1) 将需要探伤的工件送入探伤室，并将其放置在适当位置；
- 2) 将 X 射线管置于工件被探照区域附近，调整 X 射线管的照射方向；
- 3) 进行探伤前的准备工作，包括裁片、标记、定位、贴片、接电缆等；
- 4) 前期准备工作完成，检查探伤室内人员滞留情况，确认探伤室内无人后，关闭防护门，开启警示装置；
- 5) 工作人员进入控制室，打开探伤机电源，根据探伤工件的材料及厚度等因素设定管电压、管电流和曝光时间等参数，并在确认无误后开始曝光；
- 6) 曝光完成后，关闭电源和警示装置，开启防护门，工作人员进入探伤室，从探伤工件上取下已曝光的底片，并做好标记；
- 7) 将探伤工件运出探伤室，然后对已曝光的底片进行处理（洗片、烘片），经工作人员评片后出具探伤报告。

3、产污过程简述

- 1) 在探伤机曝光过程中，产生的 X 射线可能会对周围环境产生电离辐射影响。
- 2) 在探伤机曝光过程中，X 射线致使探伤室内空气电离，产生一定量的废气。
- 3) 处理已曝光的底片时，会用到少量的显影液和定影液，产生一定量的废液。
- 4) 工作人员评片过程中，会筛选出少量效果较差的胶片，产生一定量的废片。

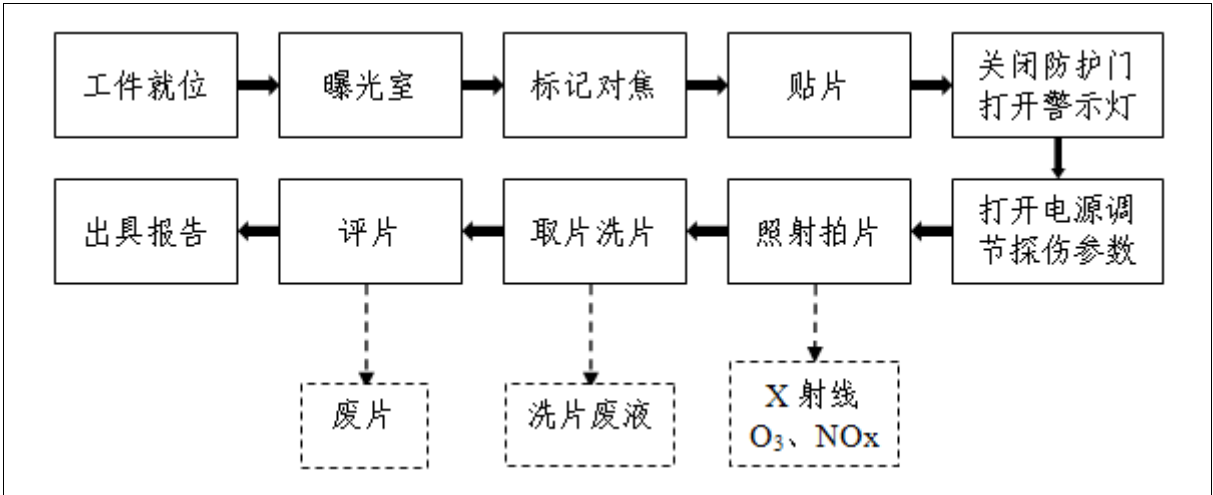


图 9 探伤工作流程及产污过程示意图

4、污染源项描述

1) 正常工况

① X 射线

探伤机只在开机曝光时才会发出 X 射线，断电关机后就不再产生射线，且被照射物

表 9 项目工程分析与源项

也不会残留射线。因此，探伤机正常开机曝光期间产生的 X 射线经透射、反射（散射），可能会对周围环境产生电离辐射影响，其污染途径为外照射。

② 臭氧和氮氧化物

探伤机正常开机曝光期间，X 射线会使探伤室内的空气发生电离，从而产生少量不具有放射性的有害气体，主要为臭氧和氮氧化物。

③ 洗片废液及废片

洗片和评片过程会产生一定量的废显（定）影液和废胶片，均属于《国家危险废物名录》中的 HW16 感光材料废物，无放射性，但需交有资质的单位处置。

2) 事故工况

① 人员误入事故

探伤机在对工件进行曝光时，人员误入曝光室内，使其受到一定的误照射影响。为避免此类事件发生，在探伤室工件出入门和人员出入门外均安装报警装置，并张贴警示标志，提醒无关人员不要靠近曝光室，同时工作人员应在每次探伤前，检查门机联锁和安全警示装置的状态，确保其正常运行。

② 误开机事故

人员尚未从曝光室内完全撤出，由于信号误传，探伤机开始曝光，造成误照射。为避免此类事件发生，要求在控制台处设置视频监控，每次开机前确认探伤室内无人停留；或者当人员进入探伤室时提前切断电源，并在控制台处留人值守。

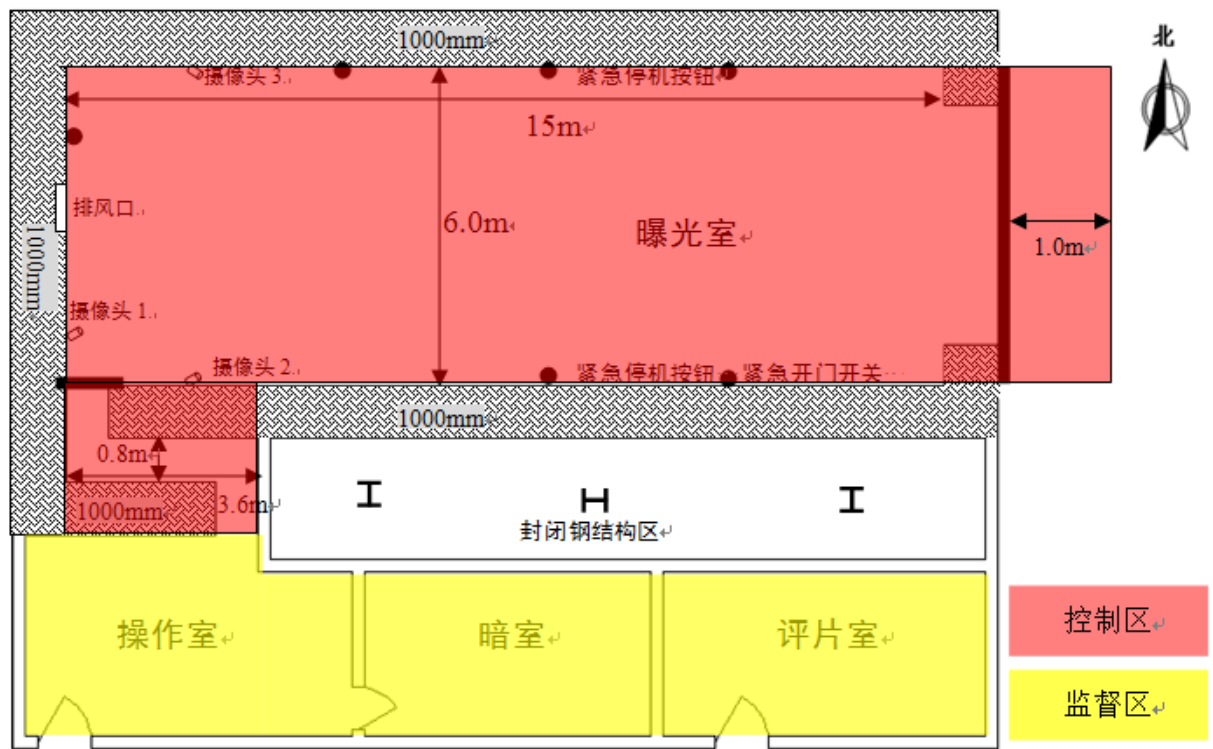
表 10 辐射安全与防护

1、项目安全设施

1) 工作场所布局及分区管理

本项目探伤室为一层建筑，由曝光室、操作室、评片室和暗室组成，曝光室位于北侧，其南侧从西向东依次为操作室、暗室和评片室。探伤工件从东侧沿轨道进入曝光室，工作人员从操作室通过迷道进入曝光室。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求，将该探伤工作场所划分为控制区和监督区。曝光室内及防护门外 1m 内划为控制区，探伤时严禁人员进入；操作室、评片室和暗室划为监督区，探伤时限制无关人员进入。



2) 辐射安全防护措施

① 实体屏蔽：本项目曝光屏蔽墙采用 1000mm 厚混凝土，顶棚采用 800mm 混凝土，迷道采用 1000mm 厚混凝土，工件门采用 50mmPb 钢铅复合门。

② 安全联锁与急停开关：探伤室防护门为电动控制，安装门机联锁装置，防护门打开，探伤机立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射，重新启动被终止的照射只能通过控制台进行。曝光室内墙上和控制台安装紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主束射线就能使用，按下任意一个紧急停机按钮，探伤机停止出束。曝光室内防护门内侧设置紧急开门按钮，出现紧急事故时，人员按下紧急开门按钮可以电动打开防护门（同时也是紧急停机按钮）。

表 10 辐射安全与防护

③ 工作状态指示灯和声音提示装置：探伤室防护门上方拟安装“预备”和“照射”状态的指示灯，“预备”和“照射”信号有明显的区别，探伤室内外醒目位置有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明；“预备”信号说明即将开始探伤作业，信号需持续足够长的时间，确保机房内人员安全离开，“照射”信号说明正在进行探伤作业，勿在机房周围停留。

④ 通风装置：曝光室西墙地坪以上设置 $0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ （宽 $\times$ 高）排风口，采用“U”型管道地坪以下穿越西墙到达室外连接至动力排风装置，室外部门采用混凝土加厚防护，每小时有效通风换气不小于 3 次。

⑤ 电缆通道：连接探伤机控制箱与射线管的电缆线通过地下“U”型管道穿过探伤室南墙，不影响墙体的屏蔽能力，在电缆线出口处加盖铅板防护。

⑥ 警示标识：探伤室防护门外张贴电离辐射警示标识，并配有“当心电离辐射”的中文警示说明。

⑦ 视频监控：探伤室内设置视频监控，工作人员可从操作室内全方位无死角观察机曝光室内情况，确保曝光室内没有人员再开始 X 射线出束。

⑧ 防护用品：配置便携式辐射监测仪 1 台，剂量报警仪 2 台。所有工作人员均佩戴个人剂量计，并定期委托有资质单位进行个人剂量检测。

⑨ 铅门搭接防护：铅门洞 $4500\text{mm} \times 4000\text{mm}$ （宽 $\times$ 高），铅门尺寸 $4900\text{mm} \times 4200\text{mm}$ （宽 $\times$ 高），搭接宽度符合施工规范要求，且能够有效保证铅门与墙体搭接处的防护质量。

⑩ X 射线探伤机日常存储：曝光室内配置固定式铁皮保险柜用于 X 射线探伤机非工作状态下的存放，双人双锁，专人管理，满足防盗、防破坏贮存要求。

⑪ 其他防护措施：操作人员进出口张贴电离辐射警示标识，设置警示信号灯说明正在进行探伤作业，迷道口内设置有红外线自动感应切断装置，探伤机工作状态下，当红外感应探测到人体时，探伤机停止出束。

2、“三废”的处理

1) 洗片废液暂存于暗室内的专用塑料废物桶内，定期委托有资质单位回收，不得擅自处理。

2) 废胶片暂存于评片室内的废胶片存放柜内，定期委托有资质单位回收，不得擅自处理。

3) 探伤室内产生的少量有害气体（主要为臭氧），通过设置的机械排风装置排入大气，由于本项目探伤机的 X 射线能量较低，有害气体的产生量较少，且臭氧在常温常压

表 10 辐射安全与防护

下可自行转化为氧气，故当其排入大气后，能够迅速得到稀释、转化，从而不会对周围大气环境产生明显影响。

表 11 环境影响分析

1、建设期环境影响

本项目为利用原有探伤室扩建 X 射线室内探伤，探伤室已完成建设，因此本项目不涉及建设期环境影响。

2、运行期环境影响

本项目探伤机正常运行时，主要污染因子是 X 射线，其次是少量臭氧和氮氧化物等有害气体。本项目洗片及评片考核所产生的废显（定）影液暂存于暗室内的专用塑料废物桶内，废胶片暂存于评片室内的废胶片存放柜，统一交有资质的单位回收处置。

1) 预计工作量

根据建设单位的生产情况，探伤机每年最多工作 50 天，每天最多曝光 2 小时，即全年曝光时间最多约为 100 小时。

2) 附加剂量计算

按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的规定，本项目 X 射线探伤机工作时放置位置及摆放方向不固定，因此曝光室四周墙体、防护门和顶棚均考虑有用线束的影响。

根据建设单位提供资料，本项目 X 射线探伤的压力管道直径约为 0.5m~2.0m，长度约为 1.0m~10.0m，材质约为 4mm~20mm 钢，压力管道一般采用分段焊接，分段探伤。根据探伤室防护设计施工方案，在最不利情况下，本项目剂量率计算各关注点位主要考虑的射线影响说明如下表 11-1，关注点位置剂量率计算示意图详见图 11。

表 11-1 各关注点参数及主要考虑的射线影响

关注点	点位	距离 R (m)	主要射线影响	剂量率控制限值
A	曝光室南迷道口处（操作室）	4.3	有用线束	2.5μSv/h
B	曝光室西屏蔽墙外 30cm 处	3.0	有用线束	2.5μSv/h
C	曝光室北屏蔽墙外 30cm 处	2.5	有用线束	2.5μSv/h
D	工件出入门外 30cm 处	3.5	有用线束	2.5μSv/h
E	曝光室顶棚外 30cm 处	5.3	有用线束	100μSv/h

表 11 环境影响分析

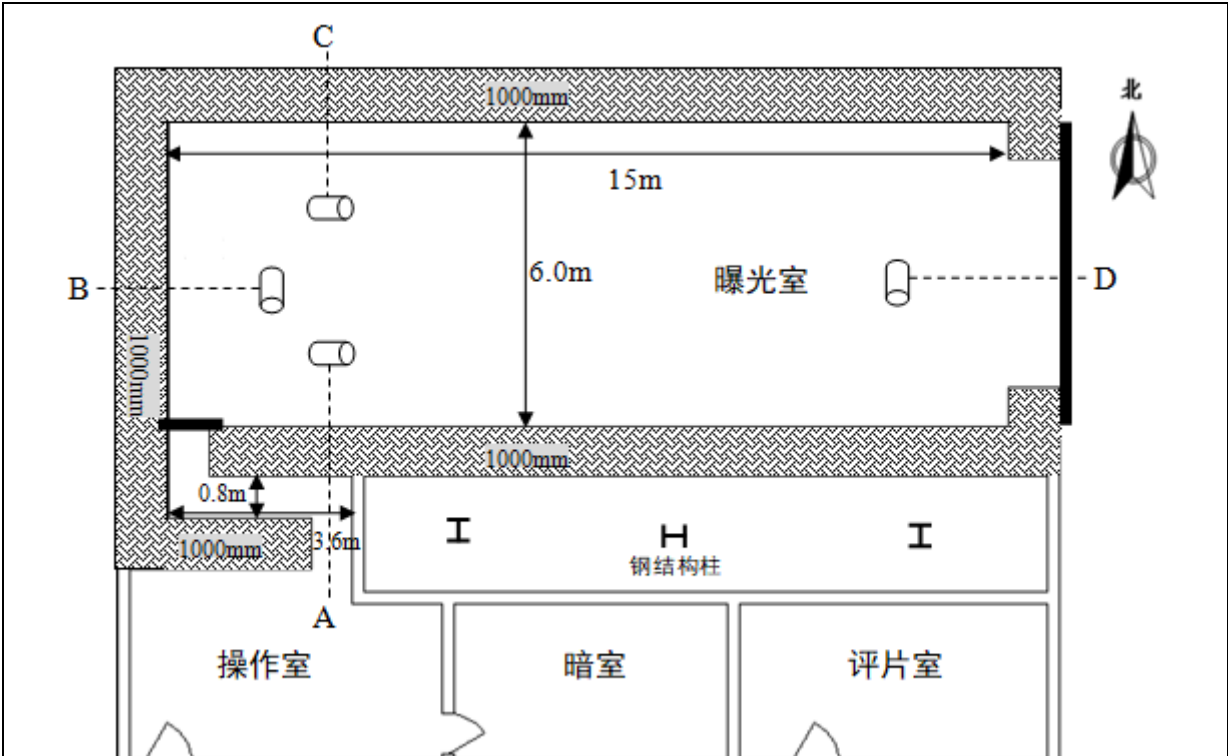


图 11 本项目关注点位置剂量率计算示意图

有用线束在关注点 A、B、C、D 处的辐射剂量率按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）给出的公式计算。

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

- H—关注点处的辐射剂量率，μSv/h；
- I—探伤机最大管电流，mA；
- H₀—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)；
- B—屏蔽透射因子，查 GBZ/T250-2014 中附录 B 图 B.1。
- R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

本项目探伤机，其最大管电压为 250kV，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，管电压 250kV 时，在 0.5mm 铜过滤条件下，X 射线距辐射源点 1m 处输出量 H₀ 为 13.9mGy·m²/（mA·min），即取值 9.90×10⁵μGy·m²/（mA·h）。

表 11-2 各关注点处的剂量率计算结果

关注点	I (mA)	H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	R (m)	X (mm)	B	H (μSv/h)
A	5	9.90×10 ⁵	4.3	1000mm 混凝土	7.7×10 ⁻¹²	2.1×10 ⁻⁶

表 11 环境影响分析

B	5	9.90×10^5	3.0	50mmPb	5.74×10^{-18}	4.5×10^{-11}
C	5	9.90×10^5	2.5	1000mm 混凝土	7.7×10^{-12}	6.1×10^{-6}
D	5	9.90×10^5	3.5	1000mm 混凝土	7.7×10^{-12}	3.1×10^{-6}
E	5	9.90×10^5	5.3	800mm 混凝土	1.29×10^{-9}	2.3×10^{-4}

由计算结果可知：本项目 X 射线探伤机正常运行时，X 射线探伤室墙和入口门各关注点处的附加剂量率在 $(4.5 \times 10^{-11} \sim 6.1 \times 10^{-6}) \mu\text{Sv/h}$ 之间，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 中规定的“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求；探伤室顶外表面关注点的附加剂量率为 $2.3 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 中规定的“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。

3) 附加年有效剂量

人员受到的附加剂量，按联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) 2000 年报告附录 A 给出的公式计算。

$$H_{E-r} = D_r \times t \times k \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

H_{E-r} —X- γ 射线外照射附加剂量，mSv；

D_r —X- γ 射线空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

t —X- γ 射线照射时间，h；

T —居留因子；

① 本项目探伤室职业人员，在工件探伤期间只在操作室内全居留，职业人员居留因子取 1；

② 本项目公众人员主要为探伤室周围活动的普通工人。建设单位规定在探伤期间不允许公众人员在防护门外停留，因此公众人员受本项目产生的附加剂量影响很小，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 A.1，公众人员按偶然居留，保守取居留因子为 1/8。

k —剂量换算系数，国际辐射防护委员会 (ICRP) 第 26 号出版物推荐取 1。

表 11-3 附加年有效剂量计算结果一览表

序号	人员分类	参考位置	D_r ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h/a)	T	H_{E-r} (mSv/a)	约束限值 (mSv/a)
1	职业人员	关注点 A	2.1×10^{-6}	100	1	2.1×10^{-7}	5.0

表 11 环境影响分析

2	公众人员	关注点 B	6.1×10^{-6}	100	1/8	7.6×10^{-8}	0.25
由上表可知，本项目 X 射线探伤机正常运行时，职业人员受到的附加年有效剂量最大为 $2.1 \times 10^{-7} \text{mSv}$，公众人员受到的附加年有效剂量最大为 $7.6 \times 10^{-8} \text{mSv}$，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求，亦满足本次评价提出的职业人员 5mSv/a、公众人员 0.25mSv/a 的年剂量管理限值要求。 根据建设单位提供的“职业人员 2020 年度外照射个人剂量监测报告（详见附件 6）”，职业人员 2020 年度外照射个人剂量监测最大值为 0.78mSv，保守叠加本项目职业人员受到的附加年有效剂量最大值 $2.1 \times 10^{-7} \text{mSv}$，由此计算职业人员受到的年有效剂量亦满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求。 3、事故工况下环境影响分析 1) 事故风险分析 <u>本项目可能发生的辐射安全事故主要为：人员误入正在进行探伤工作的曝光室内，受到一定的误照射影响，或者人员尚未从曝光室撤出，探伤机便开始曝光，从而造成一定的误照射影响。</u> <u>通过采取有效的辐射安全防护措施，同时加强辐射安全管理，此类事故是可以控制和避免的，本项目探伤室工件出入门和人员出入门外均安装了声光报警装置，张贴了电离辐射警示标识，防护门安装有门机联锁，控制台设置有视频监控及紧急停机按钮，每次探伤前工作人员均仔细检查安全警示装置的状态，并严格按照操作规程作业；若发现探伤室内有人员停留，工作人员应第一时间切断探伤机电源，同时曝光室内设置有紧急停机和开门按钮，当人员被关在探伤室内时，只要其了解紧急停机和紧急开门按钮的位置和使用方法，亦可以自行迅速切断电源，减少受照射时间。</u> 2) 误照射剂量估算 本项目使用的最大管电压探伤机类型为周向型，人员误入正在探伤的曝光室后，存在被有用线束直射的情形，考虑环境最不利影响，按照有用线束在人员与探伤机不同距离处的辐射剂量率，估算人员附加剂量。 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）给出的计算公式，计算有用线束在不同距离处的辐射剂量率。 $H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2}$ 式中：							

表 11 环境影响分析

H—不同距离处的辐射剂量率，μSv/h； I—探伤机最大管电流，mA； H₀—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)； B—屏蔽透射因子，无量纲； R—与辐射源点（靶点）的距离，m。 人员受到的附加剂量，按联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 给出的公式计算。 $H_{E-r} = D_r \times t \times k \times T \times 10^{-3}$ 式中： H_{E-r}—X-γ 射线外照射附加剂量，mSv； D_r—X-γ 射线空气吸收剂量率，μGy/h； t—X-γ 射线照射时间，h； T—居留因子，取 1； k—剂量换算系数，国际辐射防护委员会（ICRP）第 26 号出版物推荐取 1。 本项目探伤机最大管电压 250kV，最大管电流 5mA，采用 3mm 铜过滤，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1，H₀=11.3mGy·m²/(mA·min)，即 6.78×10⁵μSv·m²/(mA·h)。在无任何防护情况下，屏蔽透射因子取 1。与探伤机不同距离及不同照射时间下的附加剂量计算结果如下。 本项目探伤机，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，管电压 250kV 时，在 0.5mm 铜过滤条件下，X 射线距辐射源点 1m 处输出量 H₀ 为 13.9mGy·m²/（mA·min），即取值 9.90×10⁵μGy·m²/（mA·h）。在无任何防护情况下，屏蔽透射因子取 1。与探伤机不同距离及不同照射时间下的附加剂量计算结果如下。 表 11-4 不同距离及不同照射时间下的附加剂量计算结果（单位：mSv） <table><tr><th>时 间 距 离</th><th>0.5min</th><th>1.0min</th><th>1.5min</th><th>2.0min</th><th>2.5min</th><th>3.0min</th></tr><tr><td>1m</td><td>41.25</td><td>82.50</td><td>123.75</td><td>165.00</td><td>206.25</td><td>247.50</td></tr><tr><td>2m</td><td>10.31</td><td>20.63</td><td>30.94</td><td>41.25</td><td>51.55</td><td>61.88</td></tr><tr><td>3m</td><td>4.58</td><td>9.17</td><td>13.75</td><td>18.34</td><td>22.91</td><td>27.50</td></tr><tr><td>4m</td><td>2.58</td><td>5.15</td><td>7.74</td><td>10.31</td><td>12.89</td><td>15.46</td></tr><tr><td>5m</td><td>1.65</td><td>3.30</td><td>4.95</td><td>6.60</td><td>8.25</td><td>9.90</td></tr></table> 一般情况下，人员误入正在工作的探伤室，工作人员会通过控制台处的视频监控发							时 间 距 离	0.5min	1.0min	1.5min	2.0min	2.5min	3.0min	1m	41.25	82.50	123.75	165.00	206.25	247.50	2m	10.31	20.63	30.94	41.25	51.55	61.88	3m	4.58	9.17	13.75	18.34	22.91	27.50	4m	2.58	5.15	7.74	10.31	12.89	15.46	5m	1.65	3.30	4.95	6.60	8.25	9.90
时 间 距 离	0.5min	1.0min	1.5min	2.0min	2.5min	3.0min																																										
1m	41.25	82.50	123.75	165.00	206.25	247.50																																										
2m	10.31	20.63	30.94	41.25	51.55	61.88																																										
3m	4.58	9.17	13.75	18.34	22.91	27.50																																										
4m	2.58	5.15	7.74	10.31	12.89	15.46																																										
5m	1.65	3.30	4.95	6.60	8.25	9.90																																										

表 11 环境影响分析

现误入人员，然后迅速切断探伤机电源；或者误入人员发现探伤机正在出束，立即自行通过曝光室内的紧急停机按钮切断电源，保守估计此过程中误入人员受到的照射时间约为 10s，且绝大多数时间停留在防护门附近，并考虑有用线束直接照射情况，按照上述方法算出人员一次误入受到的最大附加剂量。

表 11-5 人员一次误入受到的最大附加剂量计算结果

参数	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	B	R (m)	t (h)	附加剂量 (mSv)
取值	5	9.90×10^5	1	4.0	2.78×10^{-3} (10s)	0.86

由计算结果可知：人员一次误入正在工作的探伤室内，受到的最大附加剂量为 0.86mSv，在探伤工作期间，要求职业人员严格按照操作规程作业，同时应注意检查防护设施的运行状态，最大程度避免辐射事故发生。

3) 事故防范措施

① 严格按照操作规程规范使用探伤机，并定期进行维护保养，保持设备与防护装置的良好性能；

② 定期检查门机联锁装置是否有效、紧急停机按钮和紧急开门按钮是否正常工作；

③ 辐射安全管理小组要定期检查安全制度落实情况，发现问题及时纠正整改，隐患消除前不得继续使用；

④ 职业人员全部参加辐射安全与防护知识培训，并取得合格证书，任何未取得辐射安全与防护培训合格的人员，均不得擅自操作设备。

为了杜绝各类事故发生，建设单位必须要求所有职业人员严格按照操作规程进行作业，确保安全。发生辐射事故时，操作人员必须马上停机，切断电源开关，立即启动辐射事故应急预案，采取必要的防范措施。对于发生的误照射事故，应及时向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生部门报告。

4、其他环境影响分析

本项目正常运行时，会产生少量的臭氧和氮氧化物等有害气体，还会产生一定量的废显（定）影液和废胶片，但均不具有放射性。

1) 废气

探伤机在开机时，X 射线会使探伤室内的空气电离，从而产生少量的臭氧和氮氧化物等有害气体，由于本项目探伤机的最大管电压为 250kV，释放的 X 射线能量相对较小，臭氧和氮氧化物的产额也相对较少，且臭氧在常温常压下可自行转化为氧气，故当其排入大气后，能够迅速得到稀释、转化，不会对周围大气环境产生明显影响。

表 11 环境影响分析

本项目探伤室的曝光室容积约为 405m³，曝光室南墙东侧顶部安装机械排风装置，能够满足本项目探伤室 1 小时排风换气次数不低于 3 次的标准要求。需注意定期检查风机的运行状态，发现其故障或停止运行时，及时进行维修或更换，保证探伤室正常工作时，风机也处于正常工作状态。

2) 废显（定）影液和废胶片

本项目 X 射线探伤机一年工作量约为 100 小时，保守估算本项目每年产生废显(定)影液约 200L，废胶片约 100 张，废显（定）影液和废胶片均属于《国家危险废物名录》中的 HW16 感光材料废物，无放射性，需交有资质的单位妥善处置。本项目产生的废显（定）影液统一暂存于南侧暗室内的专用塑料废物桶内，废胶片统一暂存于评片室内的存放柜内，待存放至一定量后，统一交有资质的单位进行回收。

表 12 辐射安全管理

1、辐射安全与环境保护管理机构的设置

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》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，建设单位成立了“辐射安全与环境保护管理小组”，管理小组成员为李诗玉、宋志刚、负峰、陈大勇、崔学峰、张丰收、董明强、姬现峰、冀伟磊，联系人董明强全面负责本项目的辐射安全与环境保护管理工作。

2、辐射安全管理规章制度

建设单位制定了一套完整可行的辐射安全管理制度，具体包括：《辐射安全管理规定》、《辐射防护及工作人员培训管理制度》、《辐射安全保卫制度》、《应急培训与应急响应演习制度》、《放射源管理制度》、《射线探伤机安全操作规程》、《 γ 射线探伤机常规保养与注意事项》、《安全装置检查制度》、《辐射工作人员健康制度》、《个人剂量监测规定》、《现场辐射监测规定》、《装置维护与维修制度》、《监测仪表检验与刻度管理制度》、《应急物资检查制度》、《人员参观管理制度》及《放射事故应急预案演习方案》。已制定的管理制度符合项目情况，满足正常开展探伤工作的需要，符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位应将各项管理制度张贴于操作室内墙上。

3、辐射监测

1) 辐射环境检测

建设单位制定了辐射环境日常检测计划，由辐射安全与环境保护管理小组组织实施，并至少由两名辐射工作人员参与完成。具体如下：

- ① 检测仪器：便携式辐射检测仪，每年均按要求进行检定。
- ② 检测内容：检测探伤机在正常运行情况下探伤室周围的 X- γ 辐射剂量率。
- ③ 检测频次：每月对辐射工作场所进行一次日常检测，每年委托有资质的单位进行一次全面的辐射环境检测，若日常检测中发现异常数据，立即委托有资质的单位进行一次专业检测。
- ④ 检测位置：工作人员操作位处，四周防护墙或防护门外 30cm 处，防护门门缝四周，实际点位可根据实际情况，按照国家标准规定的检测布点要求进行布设。
- ⑤ 检测要求：进行检测的人员应经过培训，熟悉仪器的操作；进行检测时，操作人员应携带报警仪和个人剂量计。
- ⑥ 存档要求：建立检测记录管理档案，妥善保存各项检测记录及检测报告，日常

表 12 辐射安全管理

检测至少保存 1 年，年度检测至少保存 3 年，检测记录清晰完整，数据真实准确，检测报告每年按要求上报生态环境主管部门。 2) 个人剂量检测 建设单位制定了职业人员个人剂量检测计划，本项目正常运行后，职业人员全部严格按照要求佩戴个人剂量卡，定期统一委托有资质的单位开展个人剂量检测。 4、辐射事故应急 为提高应对突发辐射事故的处理能力，最大程度地预防辐射事故的发生，且在发生辐射事故时，能够及时将其造成的影响和后果控制到最低程度，保障职业人员和公众的安全，建设单位制定了辐射事故应急处理预案。 1) 应急处置机构 建设单位成立了辐射事故应急处置机构，由辐射安全与环境保护管理小组全面负责辐射事故应急处置工作，同时明确了各成员的职责范围。 2) 应急处置程序 ① 发生误照射事故时，现场工作人员迅速引导周边人员撤离，并第一时间切断射线装置电源，同时将发生辐射事故的时间、地点等基本情况向单位辐射事故应急处置机构报告，同时保护好现场，为事故调查和后期处理工作保留证据。 ② 辐射事故应急处置机构接到报告后，立即赶赴现场，组织对事故现场划定隔离区，不让无关人员进入，控制事态发展，防止扩大影响。 ③ 根据辐射事故情况，迅速协调安排对受照射人员进行医疗检查和急救工作，及时将事故情况向生态环境、公安及卫生主管部门进行汇报，积极配合事故调查处理工作。 ④ 根据事故性质，查找事故原因，通知专业人员对射线装置进行全面检查，故障不排除不得进行辐射作业。 ⑤ 辐射事故妥善处置后，组织相关技术人员及管理人员分析查找事故原因，总结经验教训，采取完善的防范措施，并进一步加强日常管理，杜绝类似事故再次发生。 3) 风险防范措施 ① 积极做好辐射事故的技术分析，严格执行各项操作规程，履行辐射工作人员岗位职责，杜绝事故发生。 ② 射线装置发生故障不能工作时，立即关闭设备开关，断开电源，记录发生故障时的状态，设置“禁止使用”标识，立即进行维修。 ③ 从事辐射工作的人员需持有辐射安全与防护培训合格证书，方可操作射线装置，

表 12 辐射安全管理

无关人员严禁随意进入辐射工作场所。

④ 定期对辐射防护设施进行检查，保证视频监控设施，紧急停机按钮，工作状态指示灯等均运行正常。

⑤ 严格按照操作规程进行，每次开始工作前，首先对射线装置、报警装置、防护设施等进行检查，在确保防护门正常关闭，辐射工作场所内无人员停留后，再开机，同时要通知无关人员远离。

⑥ 辐射工作人员在工作时，应携带个人剂量计，牢固树立安全意识和牢记安全防护知识，尽可能的利用现场条件，采用时间、距离、屏蔽等辐射防护方法，努力减少不必要的辐射伤害。

⑦ 探伤机在存放期间，可能会因管理不善，发生失窃事故。为避免此类事件发生，指定专人负责探伤机的保管，建立探伤机使用管理记录。一旦发现探伤机丢失，第一时间通知当地公安部门迅速找回。

5、其他管理情况

1) 职业健康管理

建设单位制定了职业人员健康体检计划，在本项目正常运行期间，每年组织辐射工作人员进行一次健康体检，对于体检中发现不宜从事辐射工作的人员，及时安排其调岗。

2) 人员培训情况

本项目为利用原有探伤室扩建 X 射线室内探伤项目，X 射线探伤工作仍由原探伤室职业人员操作，原探伤室职业人员均已参加辐射安全与防护培训。

表 12-1 本项目职业人员培训证书一览表

序号	姓名	性别	证书编号	培训机构	岗位
1	董明强	男	ZZUC201714013	郑州大学	辐射管理
2	姬现峰	男	H1808033	环境保护部核与辐射安全中心	工业探伤
3	冀伟磊	男	ZZUC201904026	郑州大学	工业探伤
4	赵小川	男	FS21HA1100033	辐射安全与防护培训平台	射线探伤

建设单位承诺对于新增的职业人员，安排其上岗前先进行健康体检，体检合格后，组织其参加辐射安全与防护培训，取得合格证书后，方安排其正式上岗；对于已取得培训合格证的人员，在证书有效期到期之前，及时组织其参加复训。

3) 辐射防护用品

表 12 辐射安全管理

表 12-2 探伤室配置的防护用品及数量									
名称	铅衣	铅帽	铅手套	铅围裙	铅背心	护目镜	剂量报警仪	个人剂量计	X-γ 辐射检测仪
数量	1 件	1 个	2 个	1 件	3 件	2 个	2 个	5 个	1 台
建设单位探伤室配置的防护用品均购置于正规厂家，防护用品的质量和防护效果满足国家规范要求，满足建设单位正常开展探伤工作的需要；另外，建设单位承诺剂量报警仪或辐射检测仪发生故障，立即对其进行维修；辐射检测仪定期进行检定，保证其在检定有效期内使用，铅衣、铅帽等使用一定年限后防护能力下降，重新购置替换。									

表 13 结论与建议

1、结论

1) 本期建设内容及规模

本项目不新建探伤室，X 射线探伤活动利用现有探伤室完成，不开展野外现场探伤，本期拟购 1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机，属于 II 类非医用射线装置，现有探伤室位于建设单位生产厂房内西北部。

本项目总投资 30 万元，其中环保投资 8 万元，占总投资的比例为 26.7%。

2) 原有核技术利用情况

建设单位已取得辐射安全许可证，许可的种类和范围：使用 II 类放射源、使用 II 类射线装置，证书编号：豫环辐证[10138]，有效期至：2022 年 6 月 10 日。

建设单位现有 3 台 γ 射线探伤机（各内置 1 枚 Ir-192 放射源），均属于 II 类放射源，环评批复文号：豫环辐表[2013]13 号，批复时间 2013 年 3 月 21 日；验收批复文号：豫环辐验[2015]6 号，批复时间 2015 年 3 月 6 日。

3) 辐射环境背景水平

本项目辐射工作场所所在区域的 X- γ 空气吸收剂量率背景水平室内检测范围为（62.39 $\pm$ 0.91~67.03 $\pm$ 1.46）nGy/h，室外检测范围为（61.07 $\pm$ 0.54~64.86 $\pm$ 0.61）nGy/h，处于当地的正常辐射环境背景水平，未发现异常情况。

4) 环境影响分析综合结论

① 本项目为利用原有探伤室扩建 X 射线室内探伤，探伤室已完成建设，因此本项目不涉及建设期环境影响。

② 本项目 X 射线探伤机正常运行时，X 射线探伤室墙和入口门各关注点处的附加剂量率在（4.5 $\times 10^{-11}$ ~6.1 $\times 10^{-6}$ ） μ Sv/h 之间，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中规定的“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的限值要求；探伤室顶外表面关注点的附加剂量率为 2.3 $\times 10^{-4}$ μ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中规定的“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 μ Sv/h”的限值要求。

③ 本项目 X 射线探伤机正常运行时，职业人员受到的附加年有效剂量最大为 2.1 $\times 10^{-7}$ mSv，公众人员受到的附加年有效剂量最大为 7.6 $\times 10^{-8}$ mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求，亦满足本次评价提出的职业人员 5mSv/a、公众人员 0.25mSv/a 的年剂量管理限值要求。根据建设单位提供的“职业人员 2020 年度外照射个人剂量监测报告”，职业人员 2020 年度外照射个人剂

表 13 结论与建议

量监测最大值为 0.78mSv，保守叠加本项目职业人员受到的附加年有效剂量最大值 2.1×10^{-7} mSv，由此计算职业人员受到的年有效剂量亦满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求。

④ 本项目探伤机一年工作量约为 100 小时，保守估算本项目每年产生废显（定）影液约 200L，废胶片约 100 张，废显（定）影液和废胶片均属于《国家危险废物名录》中的 HW16 感光材料废物，无放射性，需交有资质的单位妥善处置。本项目产生的废显（定）影液统一暂存于南侧暗室内的专用塑料废物桶内，废胶片统一暂存于评片室内的存放柜内，待存放至一定量后，统一交有资质的单位进行回收。

5) 辐射安全管理结论

① 建设单位成立了“辐射安全与环境保护管理小组”，明确了职责范围，领导小组各成员的责任分工明确，符合相关要求。

② 建设单位现有的辐射安全管理制度基本符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位应将各项管理制度张贴于操作室内墙上。

③ 本项目为利用原有探伤室扩建 X 射线室内探伤项目，X 射线探伤工作仍由原探伤室职业人员操作，原探伤室职业人员均已参加辐射安全与防护培训。

④ 建设单位制定了职业人员健康体检计划和个人剂量检测计划，建立了职业人员健康管理档案和个人剂量检测管理档案。

⑤ 建设单位制定了辐射环境检测计划，定期对机房周围关注点处进行剂量率检测；另外，建设单位每年将委托有资质的单位进行年度辐射安全与防护评估检测，检测记录存档妥善保存。

⑥ 应对突发性事故，建设单位制定了完整、可行的《应急培训与应急响应演习制度》，该预案明确了相应的职责范围，规定了辐射事故应急措施。建设单位应定期进行辐射事故应急演练，以便在事故发生时能够迅速控制事故影响，将辐射事故降低到最低限度。

6) 综合结论

河南华电金源管道有限公司工业 X 射线室内探伤应用项目在严格落实各项污染防治措施和辐射环境管理措施的前提下，能够将项目带来的辐射影响控制在国家允许的标准范围之内，符合环境保护的要求。从辐射环境保护的角度认为本项目建设是可行的。

表 13 结论与建议

2、建议及要求

1) 按法律法规要求，建设单位应在每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门报送上一年度的辐射安全防护评估报告。

2) 要求做好职业人员的辐射安全与防护培训和复训工作，确保全部持证上岗。

3) 每周至少对辐射安全与防护设施进行一次全面的检查，包括：门机联锁装置、急停开关、紧急开门按钮、工作状态指示灯等，确保其正常运行。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:	
经办人:	单位公章 年 月 日
审批意见:	
经办人:	单位公章 年 月 日