

核技术利用建设项目

# X 射线装置应用项目 环境影响报告表

中核建中核燃料元件有限公司

二〇二二年三月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

# X 射线装置应用项目 环境影响报告表

建设单位名称：中核建中核燃料元件有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：宜宾市 273 信箱

邮政编码：644000

联系人：张彦

电子邮箱：aqhbb@cjnf.com.cn

联系电话：0831-8279196

## 目 录

|      |                      |    |
|------|----------------------|----|
| 表 1  | 项目基本情况 .....         | 1  |
| 表 2  | 放射源 .....            | 10 |
| 表 3  | 非密封放射性物质 .....       | 10 |
| 表 4  | 射线装置 .....           | 11 |
| 表 5  | 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... | 12 |
| 表 6  | 评价依据 .....           | 13 |
| 表 7  | 保护目标与评价标准 .....      | 15 |
| 表 8  | 环境质量及辐射现状 .....      | 18 |
| 表 9  | 项目工程分析与源项 .....      | 20 |
| 表 10 | 辐射安全与防护 .....        | 27 |
| 表 11 | 环境影响分析 .....         | 35 |
| 表 12 | 辐射安全管理 .....         | 52 |
| 表 13 | 结论与建议 .....          | 58 |
| 表 14 | 审批 .....             | 62 |

## 附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 厂区平面布置图

附图 3 145 大厅探伤室周边关系图

附图 4 540 大厅射线装置周边关系图

附图 5 探伤室平面布置图

附图 6 145 大厅探伤室两区划分图

附图 7 540 大厅探伤机两区划分图

## 附件

附件 1 项目委托书

附件 2 营业执照

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 原有项目环评批复及验收意见

附件 5 环境质量现状监测报告

附件 6 辐射事故专项应急预案

表 1 项目基本情况

|                 |          |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                       |                |                       |
|-----------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|
| 建设项目名称          |          | X射线装置应用项目                                                                                                                             |                                                                                                                                                       |                |                       |
| 建设单位            |          | 中核建中核燃料元件有限公司                                                                                                                         |                                                                                                                                                       |                |                       |
| 法人代表            | 刘振河      | 联系人                                                                                                                                   | 张彦                                                                                                                                                    | 联系电话           | 0831-8279196          |
| 注册地址            |          | 宜宾273信箱                                                                                                                               |                                                                                                                                                       |                |                       |
| 项目建设地点          |          | 中核建中核燃料元件有限公司厂区540大厅和145大厅                                                                                                            |                                                                                                                                                       |                |                       |
| 立项审批部门          |          | /                                                                                                                                     | 批准文号                                                                                                                                                  | /              |                       |
| 建设项目总投资<br>(万元) | 406      | 项目环保投资<br>(万元)                                                                                                                        | 50                                                                                                                                                    | 投资比例（环保投资/总投资） | 12.32%                |
| 项目性质            |          | <input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" 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 type="checkbox"/> 使用                                                                                                           | <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                 |                |                       |
|                 | 其他       |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                       |                |                       |

**项目概述**

**1.1 项目基本情况**

**1.1.1 单位基本情况**

中核建中核燃料元件有限公司，隶属中国核工业集团公司，是国有大型企业，现有职工约4800人，主要从事核燃料元件制造，是我国目前最主要的核燃料元件制造基地。公司位于四川省宜宾市宜宾县柏溪镇迎宾街，占地38公顷（570亩），厂址东南面边界紧邻金沙江，西南侧紧邻金江路，西北侧紧邻柏溪花园，北侧紧邻南星大道。。

公司现持有四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证。证书编号：川环辐证[00075]，证书有效期至2022年8月18日。

许可种类和范围：销售、使用III类放射源；使用IV类、V类放射源；使用II类、III类射线装置，详见附件3。

**1.1.2 项目由来**

由于140生产线停产，将140大厅1线下环1台型号为MG325的X射线探伤机搬迁到540大

厅2线下环进行探伤检测，140大厅1线上环1台型号为MG325的X射线探伤机搬迁到540大厅2线上环进行探伤检测，X射线探伤机最大管电压为320kV，最大管电流为20mA；在145大厅X射线探伤室内增加1台型号为ISOVOLT Titan E320 的X射线探伤机，探伤机最大管电压为320kV，最大管电流为20mA。

为了加强X射线探伤机在应用中的辐射环境管理，防止放射性污染，确保探伤机的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，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防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设方需对该项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行）本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，应编制环境影响报告表，向四川省生态环境厅申请审批。

中核建中核燃料元件有限公司委托我单位核工业航测遥感中心承担本项目的环评工作，接受委托后组织技术人员进行现场探勘、资料收集等工作，结合项目特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成了中核建中核燃料元件有限公司《X射线装置应用项目环境影响报告表》。

### **1.1.3 项目概况**

#### **1 项目名称、性质**

项目名称：X射线装置应用项目

建设单位：中核建中核燃料元件有限公司

建设地点：四川省宜宾市叙州区柏溪镇园门街中核建中核燃料元件有限公司540大厅2线和145大厅X射线探伤室。

项目性质：改扩建

工程投资：项目总投资406万元，其中环保投资50万，占项目总投资的12.32%。

#### **2 建设内容和规模**

项目建设内容为购置1台X射线探伤机安装在145大厅X射线探伤室内部，145大厅为单层建筑，操作室位于探伤室的东南侧2m处，探伤室为原有项目，本次只涉及X射线装置安装和管线铺设不涉及建筑施工，联锁装置、屏蔽等利用原有、视频监控、应急和控制台等利用原有。

将140大厅的2台X射线探伤机搬迁到540大厅2线进行工业探伤，搬迁两台X射线探伤机

自带铅房屏蔽，并同时进行相应环保工程设施建设。

建设单位为项目调配6名辐射工作人员进行项目探伤使用，项目开展后6名工作人员不在从事其他辐射工作。

本项目3台X射线装置均属于Ⅱ类射线装置，均为定向探伤机；建设单位拟将2台原140生产线探伤机（探伤机型号：MG325；最大管电压为320kV，管电流20mA）搬迁到540大厅2线进行工业探伤使用。145大厅X射线探伤室内新增一台探伤机（探伤机型号为ISOVOLT Titan E320，最大管电压为320kV，最大管电流为20mA）。

#### **探伤室：**

项目在145大厅东北部探伤室，探伤室长9.5m，宽6.8m，高度4.5m，探伤室墙体和屋顶均为混凝土浇筑，四周墙体厚度均为40cm，屋顶厚度为60cm。防护门为铅门，铅门尺寸高3m，宽1.9m，防护门和墙体两侧均有20cm的搭接。

540大厅探伤机均位于铅室内部，探伤室大小为0.665m×0.665m×1.10m，铅室为下部圆锥形，上部为方形，项目探伤工作时将需要探伤的位置通过传料机构从探伤室侧壁留有的孔位进入。

#### **屏蔽条件：**

145大厅探伤室四周墙体均为混凝土墙体，墙体厚度40cm，屋顶为混凝土浇筑，屋顶厚度60cm；防护门与墙体搭接长度为20cm；防护门厚度120mm，防护门内含25mm铅板。

MG325型探伤机均位于铅室内部，铅房采用铅房采用5mm钢板+30mm铅板+5mm钢板形式搭建组焊。

#### **本项目工件尺寸：**

145大厅探伤室用于导向管的探伤检测，工件尺寸为长3286mm；直径12.9mm，厚度0.5mm。

540大厅探伤机用于燃料棒的探伤检测，工件尺寸长3200mm；直径10mm，厚度0.7mm。

#### **探伤实际：**

根据建设单位提供的信息，本项目145探伤机每周进行72次探伤测试，单次出束时长最长为5min，累积周工作出束时长为6h，累积年工作时长为300h。

540大厅探伤机每台每周进行200次探伤测试，单次出束时间最长为3min，累积周工作出束时长为10h，累积年工作时长为500h。

本项目主要组成及环境问题见表1-1。

表1-1 项目主要建设内容一览表

| 名称   | 建设内容及规模                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 可能产生的环境影响 |           |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 施工期       | 运行期       |
| 主体工程 | <b>射线装置:</b> 搬迁140大厅1线上环1台型号为MG325的X射线探伤机至540大厅2线上环进行探伤检测, 最大管电压为320kV, 管电流20mA, 探伤机探伤在漏斗状屏蔽体内部, 主束方向向上。<br><b>工作时间:</b> 每周进行200次探伤测试, 单次出束时间最长为3min, 累积周工作出束时长为10h, 累积年工作时长为500h。<br><b>屏蔽条件:</b> 铅房为一体式结构, 铅房均采用5mm钢板+30mm铅板+5mm钢板焊接而成。                                               | /         | X射线、噪声、臭氧 |
|      | <b>射线装置:</b> 搬迁140大厅1线下环1台型号为MG325的X射线探伤机至540大厅2线下环进行探伤检测, 最大管电压为320kV, 管电流20mA, 探伤机探伤在漏斗状屏蔽体内部, 主束方向向上。<br><b>工作时间:</b> 每周进行200次探伤测试, 单次出束时间最长为3min, 累积周工作出束时长为10h, 累积年工作时长为500h。<br><b>屏蔽条件:</b> 铅房为一体式结构, 铅房均采用5mm钢板+30mm铅板+5mm钢板焊接而成。                                               |           |           |
|      | <b>射线装置:</b> 145大厅X射线探伤室内新增1台型号为ISOVOLT Titan E320 的X射线探伤机和实时成像系统, 最大管电压为320kV, 最大管电流为20mA, 主束方向向下。<br><b>时间:</b> 每周进行72次探伤测试, 单次出束时长最长为5min, 累积周工作出束时长为6h, 累积年工作时长为300h。<br><b>屏蔽条件:</b> 四周墙体均为混凝土墙体, 墙体厚度40cm, 屋顶为混凝土浇筑, 屋顶厚度60cm; 防护门与墙体搭接长度为20cm; 防护门厚度120mm, 防护门内含25mm铅板, 探伤室利用原有。 |           |           |
| 环保工程 | 固废: 废显影液、废定影液、废胶片暂存危废暂存间, 暂存间依托原有危废间;<br>废水依托厂区内污水处理设施, 不新建。                                                                                                                                                                                                                            | /         | 危险废物、废水   |
| 辅助工程 | 评片室、暗室利用原有。                                                                                                                                                                                                                                                                             | /         | /         |
| 公用工程 | 供电工程依托原有。                                                                                                                                                                                                                                                                               | /         | /         |

### 3 本项目主要原辅料及能耗情况

项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。

表1-2 主要原辅材料及能耗情况表

| 类别    | 名称  | 年耗量   | 来源 | 主要化学成分                                                                                                           |
|-------|-----|-------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主(辅)料 | 胶片  | 5000张 | 外购 | AgBr和涤纶米吐尔(N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐)、菲尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )、碳酸钠(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) |
|       | 显影液 | 200L  | 外购 |                                                                                                                  |
|       | 定影液 | 200L  | 外购 |                                                                                                                  |
| 能源    | 煤   | /     | /  | /                                                                                                                |

|    |     |           |      |   |
|----|-----|-----------|------|---|
|    | 电   | 20000kW·h | 市政电网 | / |
|    | 天然气 | /         | /    | / |
| 水量 | 地表水 | 0         | /    | / |
|    | 地下水 | 0         | /    | / |

#### 4 项目涉及射线装置

本项目设计射线装置情况见表1-3。

**表1-3 本项目使用射线装置的相关情况**

| 设备型号               | 最大管电压 | 最大管电流 | 投射类型 | 靶材料 | 辐射角度 | 单次照射最长时间 | 周照射次数 | 年出束时间 | 备注 |
|--------------------|-------|-------|------|-----|------|----------|-------|-------|----|
| MG325              | 320kV | 20mA  | 定向   | 钨靶  | 40°  | 3min     | 200   | 500h  | 搬迁 |
| MG325              | 320kV | 20mA  | 定向   | 钨靶  | 40°  | 3min     | 200   | 500h  | 搬迁 |
| ISOVOLT Titan E320 | 320kV | 20mA  | 定向   | 钨靶  | 40°  | 5min     | 72    | 300h  | 新增 |

#### 5 选址合理性

项目位于中核建中核燃料元件有限责任公司的现有生产车间内。本项目2台射线装置搬迁安装在540大厅2线上环、540大厅2线下环，新增1台X射线装置安装在145大厅探伤室内，不涉及新增建设占地。540大厅搬迁2台X射线装置均安装在铅房内，对射线装置产生的X射线实施有效屏蔽；145大厅探伤室可对其安装的X射线探伤机产生射线进行有效屏蔽，对周围产生的电离辐射环境影响轻微。

#### 6 产业政策符合性

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第六项核能中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

#### 7 工作人员及工作制度

人员配置：项目为每台射线装置配备2名工作人员，人员共计6名。

### 1.2 项目外环境

#### 1.2.1 公司周边环境

公司位于四川省宜宾市叙州区柏溪镇迎宾街，厂址东南面边界濒临金沙江，西南侧紧邻金江路，西北侧紧邻柏溪花园，北侧紧邻南星大道。

#### 1.2.2 厂区平面布置

公司占地38公顷（570亩）。按照工业功能划分为核保护区和辅助区两个区域。本项目探伤机位于540大厅和145大厅。

540大厅东北侧紧邻道路，东北侧3m为120大厅；东南侧为道路，东南侧25m为110大厅；西南侧紧邻道路，西南14m为2140大厅，西北侧紧邻140大厅。

145大厅探伤室位于145大厅的东北部，145大厅东北侧紧邻办公楼，东南侧为紧邻厂区道路，西南为道路和绿化带，西南15m为7车间，西北侧为绿化带，西北侧13m为133办公楼。

### 1.2.3 X射线装置周边环境及保护目标

540大厅2线安装的2台X射线探伤机均为自带铅房屏蔽的探伤机以2号生产线作为监测区，监测区东北侧3-50m为120大厅；东南侧0-3.5m、3.5-9m、9-34m、34-50m分别为走廊、组装区、道路和110大厅；西南侧0-6m、6-50m分别为走廊和组件库；西北侧0-19m、19-46m、46-50m分别为540大厅1号生产区、140大厅和道路。

145大厅探伤室周边环境：探伤室西南侧0-2.7m、2.7-31m、31-45m、45-50m分比为TP芯块装管间、145大厅、道路、7车间；西北侧0-13m、13-30m、30-37m、37-50m分别为绿化带、133办公楼、道路、信息楼；东北侧0-3.6m、3.6-22.6m、26-50m为库房、办公楼、办公楼；东南侧0-3m、3-28m、28-50m分别为走廊、道路和140车间。操作位位于东南侧2m处。

## 1.3 核技术利用现状

### 1.3.1 建设单位辐射安全许可证情况

#### （1）已获许可使用核技术应用活动情况

中核建中核燃料元件有限公司现有核技术应用实践活动已取得四川省生态环境厅行政许可，持有四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00075]）。许可种类和范围：销售、使用Ⅲ类放射源；使用Ⅳ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，有效期至2022年08月18日，地址为四川省成都市257信箱丁67分箱。公司获得许可情况详见附件3。

#### （2）近期核技术应用活动变更及履行环保审批情况

2007年7月2日，建设单位取得了四川省环境保护局（现四川省生态环境厅）下发的《关于对中核建中核燃料元件公司射线装置与放射源使用建设项目环境影响报告表的批复》（川环建函[2007]937号），项目环评批复见附件4。批复建设内容为：项目设计辐射的主体工程包括：①电梯厂探伤室（现7车间探伤室）；② $\gamma$  计量仪器刻度室；③140车间3台X射线探伤机、1台 $^{252}\text{Cf}$ 中子活化 $^{235}\text{U}$ 富集度检测装置、2台 $^{241}\text{Am}$ 间隙及空腔长度检测装置；④20车

间2台X射线探伤机；⑤145车间1台X射线探伤机；⑥一车间4台 $^{137}\text{Cs}$ 浓度计；⑦江南分厂1台 $^{85}\text{Kr}$ 测厚仪和1台 $^{137}\text{Cs}$ 浓度计；⑧放射源封存库；⑨职工医院X光机房和江南医院X光机房。辅助工程包括电梯厂探伤室控制室、暗室、评片室、刻度室控制室、X光机控制台、 $^{137}\text{Cs}$ 浓度计控制室、职工医院放射科控制室、江南医院放射科控制室等组成。X射线探伤机属于第II类射线装置；放射科的X射线机属于第III类射线装置。刻度室使用的 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{241}\text{Am}$ 放射源，140车间使用的 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ 放射源，江南分厂使用的 $^{137}\text{Cs}$ 放射源均属IV类放射源；一车间使用的 $^{137}\text{Cs}$ 放射源、放射源封存库 $^{239}\text{Pu}$ 放射源、江南分厂 $^{85}\text{Kr}$ 放射源均属V类放射源。项目于2007年10月26日通过竣工环境保护验收，竣工环保验收意见见附件4。

### 1.3.2 核技术应用活动的安全和防护状况

根据调查了解，公司自取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故。公司每年定期委托有资质的单位对公司既有辐射工作场所和设备性能进行年度监测，以确保公司各放射工作场所满足辐射安全防护要求。

### 1.3.3 辐射工作人员

#### 1 辐射安全培训

项目的辐射工作人员共计6人，该6人均取得了辐射安全培训合格证，证书均在有效期内。

#### 2 辐射工作人员的个人剂量管理

射线装置工作人员均配有个人剂量计，并且每3个月进行一次个人剂量检测，根据单位提供的辐射工作人员个人剂量检查报告，工作人员季度个人剂量最高为0.64mSv，年度个人剂量高为1.28mSv，个人年度剂量满足GB18871-2008 规定的职业剂量限值（年度小于20mSv）和剂量管理约束值（季度小于 1.25mSv、年度小于 5mSv）要求。

### 1.3.4 辐射安全管理制度的执行情况

公司成立有放射防护管理委员会，负责全单位辐射安全和防护管理工作。根据相关规范文件要求，结合公司实际情况，公司制定了一套相对完善的辐射安全管理制度和操作规程并有效实施。已制定的制度和规程包括：X射线探伤机设备操作委员会规程、X光检验班组岗位安全操作规程、X射线探伤机设备检修规程、放射性同位素与射线装置管理规定、辐射防护管理大纲、辐射事故专项应急预案、个人剂量监测管理规定、核燃料元件生产线工作场所 $\gamma$ 外照射剂量率监测方案、环境监测设备管理规定、通风系统运行管理规定。

其中《辐射安全管理规定》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》

和《放射事故应急处置流程》按要求在各放射工作场所实行上墙制度。

公司制定的各种安全管理制度较为全面，具有可行性。在辐射安全与环境保护领导小组的领导下，明确各工作人员责任，按照制定的辐射安全管理规章制度严格落实，定期组织对辐射工作场所和设备进行放射防护检测、监测和检查，制度执行情况较好。

### **1.3.5 年度评估**

中核建中核燃料元件有限公司编制了《中核建中核燃料元件有限公司2021年度放射性射线装置安全与防护状况年度评估报告》，包括基本信息、辐射安全许可证符合性检查及变更情况、射线装置使用台账及变更情况、辐射防护设施设备及废物处置、辐射安全与防护制度的修订和落实情况、辐射工作人员和个人剂量情况、场所辐射环境监测及监测数据、辐射事故及应急响应情况、辐射安全隐患及整改情况等。

现公司辐射安全管理情况如下：

- (1) 现单位名称、地址未发生变化；
- (2) 辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生变化。
- (3) 现有的放射性同位素与射线装置与台账明细一致；
- (4) 现有的个人剂量档案和职业健康档案较为齐全；

(5) 辐射防护设施、设备均定期进行检查与维护；配备有热释光个人剂量测量仪、X-伽马剂量率仪、中子剂量率仪等各类辐射监测仪器以防护用品；各场所辐射安全和防护设施运行无异常。

(6) 按要求委托有资质的单位进行了年度监测和个人剂量检测；新增人员均完成上岗培训，辐射工作人员均按要求进行了四川省科学学会和生态环境部核与辐射安全中心组织的辐射安全与防护培训并持有有效合格证。

(7) 公司自从事辐射探伤以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

2021年度公司安全环保部组织对放射源和射线装置进行了日常维护运行记录规范，放射源和射线装置管理和操作人员进行了培训面防护用品实用规范，全年公司未发生放射源丢失、被盗和射线装置泄露的辐射安全事故，公司所有放射源和射线装置均处于安全可控状态。

### **1.3.6 辐射事故和应急相应情况**

单位制定《辐射事故应急预案》，单位每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练

结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。2021年对公司的辐射安全和规章制度进行和修订和完善，辐射事故应急预案详见附件7。自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

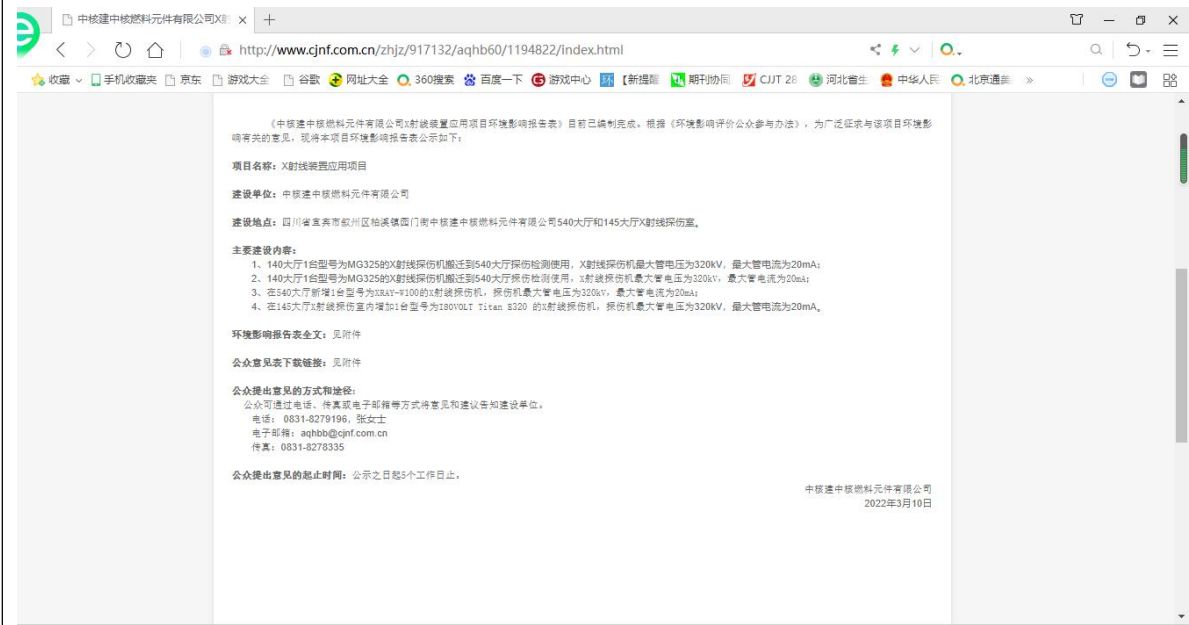
1.3.7 有项目有关的原有环境问题

145大厅X射线探伤室新增1台X射线探伤机，探伤室辐射防护措施正常，无原有环境问题；搬迁2台X射线探伤机安装在屏蔽铅房内，现有辐射防护措施正常有效，无原有环境问题。委托有资质单位安全转移处置X射线装置运行产生的废弃定影液、显影液等感光材料。

1.3.8 环境影响评价报告信息公示

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公众参与公开力度，依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》的规定，结合四川省生态环境厅要求，建设单位在向环境保护主管部门提交建设项目环境影响报告前，应依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息。根据以上要求，建设单位中核建中核燃料元件有限公司在环境影响评价信息公示平台公开发布了《X射线装置应用项目环境影响报告表》，对该项目进行了公示。公示网址为：

<http://www.cjnf.com.cn/zhjz/917132/aqhb60/1194822/index.html>。



本项目公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

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)<br>/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<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 用途   | 工作场所         | 备注 |
|----|---------|------|----|--------------------|---------------|---------------|------|--------------|----|
| 1  | X 射线探伤机 | II 类 | 1  | MG325              | 320           | 20            | 无损检测 | 540 大厅 2 线上环 | 搬迁 |
| 2  | X 射线探伤机 | II 类 | 1  | MG325              | 320           | 20            | 无损检测 | 540 大厅 2 线下环 | 搬迁 |
| 3  | X 光射线探伤 | II 类 | 1  | ISOVOLT Titan E320 | 320           | 20            | 无损检测 | 145 大厅探伤室    | 新增 |
|    |         |      |    |                    |               |               |      |              |    |
|    |         |      |    |                    |               |               |      |              |    |

(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<br>压 (kV) | 最大靶电流<br>( $\mu$ A) | 中子强度<br>(n/s) | 用途 | 工作场<br>所 | 氚靶情况    |      |    | 备注 |
|----|----|----|----|----|----------------|---------------------|---------------|----|----------|---------|------|----|----|
|    |    |    |    |    |                |                     |               |    |          | 活度 (Bq) | 贮存方式 | 数量 |    |
| /  | /  | /  | /  | /  | /              | /                   | /             | /  | /        | /       | /    | /  | /  |
|    |    |    |    |    |                |                     |               |    |          |         |      |    |    |
|    |    |    |    |    |                |                     |               |    |          |         |      |    |    |

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称 | 状态 | 核素名称 | 活度 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
|----|----|------|----|------|-------|-------|------|------|
| /  | /  | /    | /  | /    | /     | /     | /    | /    |
| /  | /  | /    | /  | /    | /     | /     | /    | /    |
| /  | /  | /    | /  | /    | /     | /     | /    | /    |
| /  | /  | /    | /  | /    | /     | /     | /    | /    |
| /  | /  | /    | /  | /    | /     | /     | /    | /    |
| /  | /  | /    | /  | /    | /     | /     | /    | /    |
| /  | /  | /    | /  | /    | /     | /     | /    | /    |

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<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

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法规文件 | <p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订本), 中华人民共和国2014年主席令第9号, 自2015年1月1日起施行;</p> <p>2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年修正本), 中华人民共和国2018年主席令第24号, 自2018年12月29日起施行;</p> <p>3)《中华人民共和国放射性污染防治法》, 中华人民共和国2003年主席令第6号, 自2003年10月1日起施行;</p> <p>4)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年修订本), 中华人民共和国2020年主席令第43号, 自2020年9月1日起施行</p> <p>5)《建设项目环境保护管理条例》(2017年修正本), 中华人民共和国2017年国务院令第682号, 自2017年10月1日起施行;</p> <p>6)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 中华人民共和国原环境保护部令第18号公布, 自2011年5月1日起施行;</p> <p>7)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年修正本), 中华人民共和国2019年国务院令第709号, 自2019年3月2日起施行;</p> <p>8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年修正本), 中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正, 自2021年1月4日起施行;</p> <p>9)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》, 中华人民共和国生态环境部2021年部令第16号, 自2021年1月1日起施行;</p> <p>10)《国家危险废物名录》(2021年版), 中华人民共和国生态环境部2021年部令第15号, 自2021年1月1日起施行;</p> <p>11)《射线装置分类》, 中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号, 自2017年12月5日起施行;</p> <p>12)《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》, 原国家环保总局, 环发〔2006〕145号, 自2006年9月26日起施行;</p> <p>13)《关于启用环境影响评价信用平台的公告》, 中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号, 自2019年11月1日起施行);</p> <p>14)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号, 自2019年11月1日起施行;关于发布《建设项目环境影响报告书(表)</p> |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>15) 《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>16) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》，中华人民共和国环境保护部环办〔2013〕103号，2014年1月1日试行；</p> <p>17) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号，2016年6月1日实施；</p> <p>18) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函【2016】1400号。</p>                                                                                 |
| 技术标准 | <p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>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）；</p> <p>3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>8) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>9) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》，2012 年 3 月发布实施。</p> |
| 其他   | <p>1) 《2020 年全国辐射环境质量报告》，中华人民共和国生态环境部。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

表 7 保护目标与评价标准

### 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2006）中：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”相关规定，本项目评价范围取 145 探伤室实体屏蔽物边界外 50m 的范围以内的区域作为评价范围；540 大厅 X 射线探伤机评价范围为 X 射线装置自带屏蔽铅房外 50m 范围的区域。

### 保护目标

本项目主要环境影响因素为电离辐射。环境保护目标主要是工作人员和周边公众。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析。项目具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

| 类型   | 保护目标    | 相对位置   | 靶源最近距离（m） | 人数  | 工作场所      |
|------|---------|--------|-----------|-----|-----------|
| 职业照射 | 辐射工作人员  | 探伤机西南侧 | 2         | 2   | 540大厅2线下环 |
| 公众照射 | 道路上公众   | 探伤机东南  | 12-37     | 3-5 |           |
|      | 大厅内工作人员 | 探伤机四周  | 5-50      | 31  |           |
| 职业照射 | 辐射工作人员  | 探伤机南侧  | 2         | 2   | 540大厅2线上环 |
| 公众照射 | 大厅内工作人员 | 探伤机四周  | 5-50      | 31  |           |
|      | 道路公众    | 探伤机东南  | 14-39     | 3-5 |           |
| 职业照射 | 辐射工作人员  | 探伤室东南侧 | 2         | 2   | 145探伤室    |
| 公众照射 | 133办公楼  | 探伤室西北侧 | 12.4      | 10  |           |
|      | 库房      | 探伤室东北侧 | 6.2       | 2   |           |
|      | 装管间     | 西南侧    | 1.7       | 3   |           |
|      | 大厅内工作人员 | 探伤机四周  | 8.6       | 60  |           |

## 评价标准

### 一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准及其修改单。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类功能区标准。

### 二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) 废水：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准限值；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类功能区标准。
- (4) 固体废物：一般工业固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单中相关标准。

### 三 电离辐射标准

#### 3.1 剂量限值

(1) 职业照射剂量限值：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。项目对于职业人员，要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量的 1/4 执行，即 5mSv/a，作为本项目职业照射年有效剂量约束值。

(2) 公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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计值不应超过年有效剂量 1mSv。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量的 1/10 执行，即 0.1mSv/a，作为本项目公众照射年有效剂量约束值。

#### (二) 《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

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。

- 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100μSv/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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）评价标准，确定业 X 射线探伤项目设定的管理目标为：

- 辐射剂量率控制水平：铅房四周及顶面30cm处剂量率不超过  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;
- 辐射剂量控制水平：职业工作人员周剂量不大于 $100\mu\text{Sv}$ ;

职业人员年有效剂量不超过 $5\text{mSv}$ ;

公众周剂量不大于 $5\mu\text{Sv}$ ;

公众年有效剂量不超过 $0.1\text{mSv}$ ;

表 8 环境质量及辐射现状

### 1、项目地理和场所位置

中核建中核燃料元件有限公司位于四川省宜宾市叙州区柏溪镇园门街，厂址东南面边界濒临金沙江，西南侧紧邻金江路，西北侧紧邻柏溪花园，北侧紧邻南星大道。

540大厅东北侧紧邻道路，东北侧3m为120大厅；东南侧为道路，东南侧25m为110大厅；西南侧紧邻道路，西南14m为2140大厅，西北侧紧邻140大厅。

145大厅探伤室位于145大厅的东北部，145大厅东北侧紧邻办公楼，东南侧为紧邻厂区道路，西南为道路和绿化带，西南15m为7车间，西北侧为绿化带，西北侧13m为133办公楼。

#### 1.2.3 X射线装置周边环境及保护目标

540大厅2线安装的2台X射线探伤机均为自带铅房屏蔽的探伤机以2号生产线作为监测区，监测区东北侧120大厅；东南侧走廊、组装区、道路；西南侧走廊和组件库；西北侧为540大厅1号生产区。

145大厅探伤室周边环境：探伤室西南侧为TP芯块装管间；西北侧绿化带；东北侧库房、办公楼；东南侧走廊、道路和140车间。

### 2、监测方法

(1) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

(2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

### 3、监测点布设情况

监测点位布设在 145 大厅探伤室的四周、540 大厅 MG325 拟建探伤机位置和操作位和周围公众可能出现位置，共布设监测点 13 个，详见附件 5。

### 4、监测因子

X- $\gamma$  辐射剂量率

### 5、监测质量保证

本次监测单位为核工业航测遥感中心，单位通过计量认证，并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

(1) 合理布设监测点位，保证各监测点为布设的科学性和可比性。

(2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。

(3) 监测仪器每年定期经剂量部门检定，检定合格后方可使用。

(4) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

(5) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核，最后由技术总负责审定。。

## 6、监测结果及评价

**表 8-1 X-γ 辐射剂量率检测结果**

| 序号 | 检测点位           | 检测结果 (nGy/h)<br>(测量值±标准差) |
|----|----------------|---------------------------|
| 1  | 探伤室中央          | 64.1±0.7                  |
| 2  | 探伤室东北墙外 30cm 处 | 56.9±1.5                  |
| 3  | 探伤室东南墙外 30cm 处 | 72.8±0.7                  |
| 4  | 探伤室西南墙外 30cm 处 | 63.2±3.3                  |
| 5  | 探伤室西北墙外 30cm 处 | 77.7±0.9                  |
| 6  | 防护门外 30cm 处    | 74.4±1.1                  |
| 7  | 操作位            | 73.0±2.2                  |
| 8  | 133 办公楼        | 90.4±1.0                  |
| 9  | 2 线上环拟安装探伤机位置  | 79.2±1.1                  |
| 10 | 2 线上环拟设操作位     | 82.9±2.4                  |
| 11 | 2 线下环拟安装探伤机位置  | 185±2.7                   |
| 12 | 2 线下环拟设操作位     | 161±5.1                   |
| 13 | 东南侧道路          | 84.2±1.2                  |

根据现场监测报告，本项目所在区域 X-γ 空气吸收剂量率为 56.9nGy/h~185nGy/h，除 2 线下环位置剂量率外其余监测点 X-γ 空气吸收剂量率（56.9~90.4Gy/h）与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.5nGy/h~121.3nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平；2 线下环位置剂量率为 161~185 Gy/h，略高于本底水平，产生监测值偏高原因周边库房存放原料引起。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 施工期环境影响分析

145 大厅探伤室内新增设备施工期仅涉及 X 射线探伤机的安装和调试,不涉及土工作业。

540 大厅 2 生产区探伤装置施工期仅涉及 X 射线探伤机的安装,探伤机自带铅房屏蔽,不涉及土工作业。

X 射线探伤机安装和调试工作由生产厂家专业人员进行操作,安装调试在安装调试阶段,应加强辐射防护管理,在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位,醒目位置设立辐射警示标志,禁止无关人员靠近。

X 射线探伤机安装和调试期间会产生少量固体废物、噪声和少量生活污水。固体废物主要为废弃包装箱,与生活垃圾一起集中收集后,交由环卫部门收运处置;射线装置安装过程施工噪声主要为机械安装噪声,噪声产生为间断性,施工周期短,对周围声环境影响小,随施工期结束而小时;产生的生活污水经厂区内污水处理设施预处理后,通过污水管网送至园区污水处理厂处理,不会对周围水环境造成影响。

### 9.1.2 工程概况

#### 9.1.2.1 探伤机工作原理

##### 1 工作原理

工业 X 射线探伤机由 X 射线管和高压电源组成,核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管,由阴极和阳极组成,阴极通常是装在聚焦杯中的钨制灯丝,阳极靶则根据应用的需要,由不同材料制成各种形状,一般采用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。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焦成束,直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。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达到很高的速度,这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡而产生 X 射线。

工业 X 射线探伤机包括实时成像和胶片成像系统两种形式,本项目所用 X 射线探伤机采用胶片成像系统,是利用 X 射线穿透试件、以胶片作为记录信息的无损检测方法。通过 X 射线对受检部位进行透照,当 X 射线穿过有缺陷部位时,由于被检工件内部结构密度不同,其对 X 射线的阻挡能力也不一样,物质的密度越大、X 射线强度减弱越大,底部感光量就越小。当工件内部存在气孔、裂缝夹渣等缺陷时,X 射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多,其强度减弱较小,即透过的 X 射线强度较大,底片感光量较大,

从而可以从底片曝光强度的差异判断焊口的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机据此实现探伤目的。

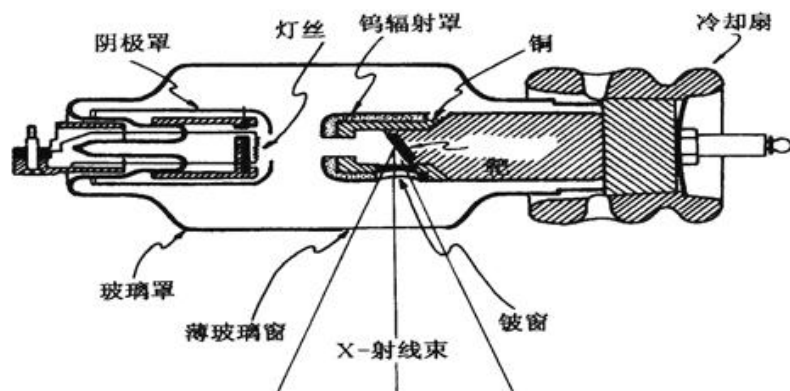


图 9-1 典型 X 射线管结构

## 2 设备组成

项目涉及探伤机类型为 2 种类型探伤机，其中 1 种探伤机为 ISOVOLT Titan E320 的数字成像探伤机，探伤机安装在 145 大厅探伤室内部；另一种为型号 MG325 的探伤机，探伤机安装在自屏蔽铅室。

X 射线整体探伤装置，X 射线探伤机安装在铅房底部，射线机位于铅房内部，主束方向向上，探伤机示意图如图 9-2。X 射线整体探伤装置由 X 射线机，上下料机构，铅室，转角机构，自控系统组成。

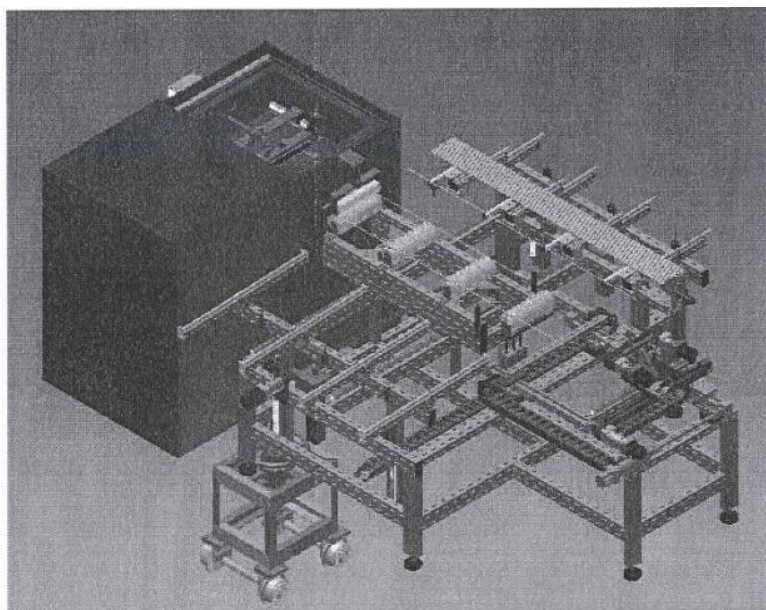


图 9-2 项目使用 X 射线探伤装置实物照片

X 射线机最大管电压 320kV，最大管电流为 22.5mA，主束照射方向向上。

铅室：项目探伤机位于铅房内，铅室四周屏蔽厚度为 40mm，铅室四壁由 5mm 钢+30mm 铅板+5mm 钢板，探伤机剖面示意图见图 9-3。

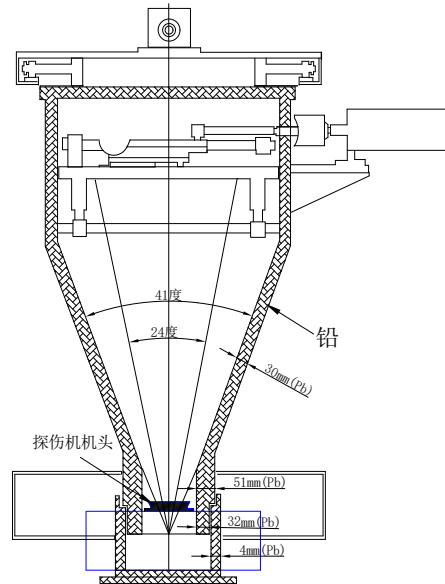


图 9-3 X 探伤室剖面图

### 9.1.3 工作流程

#### 9.1.3.1 145 大厅 X 射线探伤机工作流程

本项目探伤工艺流程主要有：放置固定好探伤工件、待检工件准备、关闭铅防护门、设置电压和曝光时间、调整焦距离、X 射线成像、关机等。

①每次开机前进行常规检查，包括：探伤机外观是否存在可见的损坏；电缆是否有断裂、扭曲及配件破损；液体制冷设备是否有渗漏；安全联锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行；螺栓等连接件是否连接良好；工业 X 射线探伤机首次使用或停用 8 小时以上时，必须按规定进行训机，合格后方可使用。

②辐射工作人员用平板车将待检测产品运送至探伤室内，人工将待检测产品放置在检测台上、固定。

③待检测产品进行探伤前，所有人员退出探伤室并关闭铅门；

④确认所有人员退出且铅门关闭之后，开机并打开测试软件；

⑤打开操作台开关，触摸屏出现示数，设置电压、电流，点击成像运行；

⑥开启高压系统，检测屏能够看到实时图像后，用鼠标点击测试软件界面实时图像，并开始检测；

⑦完成检测，并进行拍照存贮，视频存储、长度标记与报告生成；

⑧检测完成后，打开铅门，取出已检测产品，并放入下一批待检测产品，开启下一轮的检测。

根据受检工件的厚度，按曝光曲线选择适当的透照参数(电压、时间)、贴片，进行透照。

X 射线探伤机使用流程示意图见图 9-5。

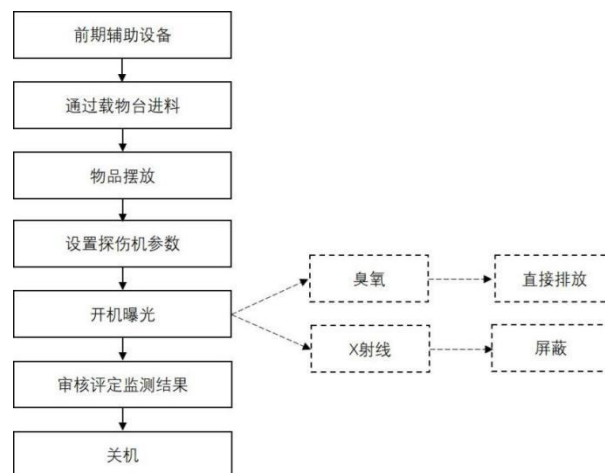


图 9-4 X 射线探伤机使用工艺流程示意图

#### 9.1.3.2 MG325 型 X 射线探伤机

①打开系统电源，系统通电，系统通电后，工控机将自动开机并自动启动监控软件，进行相关参数设置。

②读取到 MES 的棒号后，上料机构将开始一根一根的上料，每上一根料，将读取燃料棒的条码，如条码读取失败，则自动弹出提醒，进行人工干预，重新扫码，至确认无误。

③当全部燃料棒校验完成后，上料系统自动将燃料棒送至铅室拍照工位，此时打开铅室门，人工将胶片袋装入胶片盒，放置完成后按“铅室门开/关”按钮，铅室门自动关闭。

④铅室门关闭后，启动 X 射线机进行第一次曝光；第一完成拍照后，系统自动将所有燃料棒旋转  $120^{\circ}$ ，胶片向前移动 35mm，进行第二次曝光；第二次曝光完成后，系统将所有燃料棒旋转  $120^{\circ}$ ，胶片向前移动 35mm，进行第三次曝光，第三次曝光完成后自动程序将相关信息发送至 MES 系统。

⑤第三次曝光完成后，上下料机构自动将所有产品下料到下一工位。

⑥停机，取出胶片，进行胶片冲洗，清洗评片作业，出具评定结果。

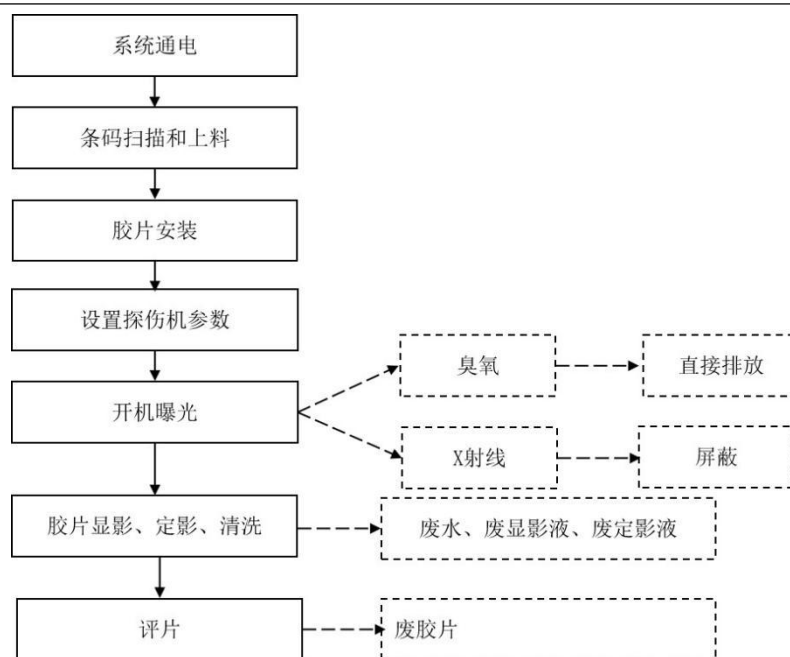


图 9-5 MG325 型 X 射线探伤机操作流程

#### 9.1.4 人流和物流

本次 X 射线探伤机布置在 145 大厅 X 射线探伤室内，结合本项目的工艺流程，本次项目的人流、物流路径规划具体如下：

##### 1) 工作人员路径：

工作人员从东南侧走廊东北侧进入机房，在机房完成准备工作后，原路返回经防护门后走到探伤室东南侧操作位置。

##### (2) 工件路径：

被探伤工件由其他辅助设施经防护门进入探伤室，在完成拍片后原路返回。

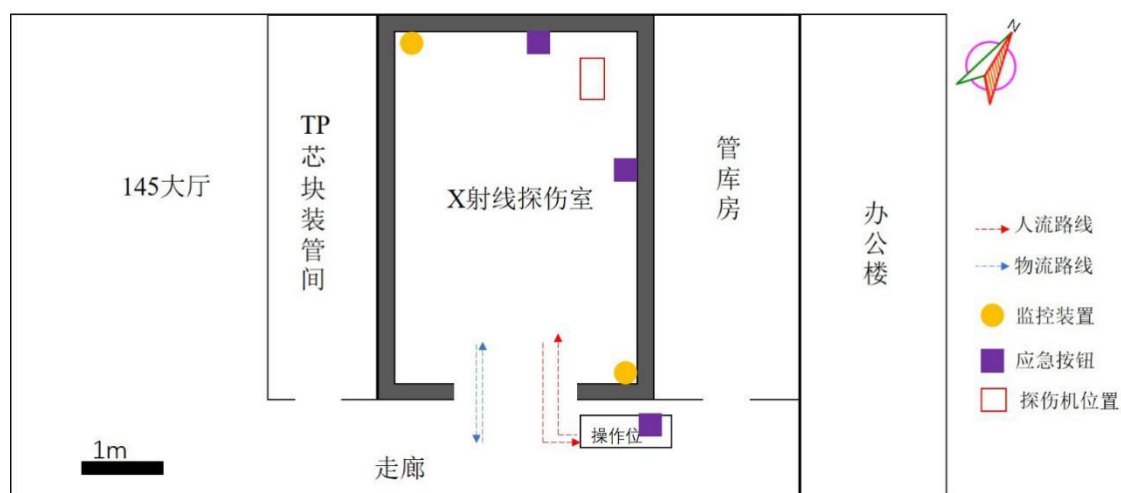


图 9-6 人流、物流布置示意图

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 建设期

项目 X 射线探伤设备安装和调试由生产厂家专业人员进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。

整个装置由设备厂家生产、运输，在建设单位进行组装，在组装制作期间会产生少量固体废物、噪声和少量生活污水。固体废物可回收处理部分由厂家安装工人回收处理，不能回收部分与生活垃圾一起集中收集后，交由环卫部门收运处置；设备安装时间较短，对周围环境影响较小；项目产生的生活污水经预处理池收集后，通过污水管网外排市政污水管网。

### 9.2.2 运行期

#### 9.2.2.1 电离辐射

当 X 射线管发射的电子轰击靶物质时，产生 X 射线，X 射线经透射、漏射和散射，对作业场所及其周围环境产生辐射影响。不开机状态不会产生的辐射。

#### 9.2.2 废气

铅房内空气与 X 射线作用下产生极少量臭氧、氮氧化物等有害气体。

#### 9.2.3 废水

本项目工作人员 6 人，用水按每人每天 50L 计，污水排放系数取 0.8，产生的生活污水  $72\text{m}^3/\text{a}$ ，经厂区预处理设备处理后排入市政污水管网。

#### 9.2.4 固体废物

项目不新增工作人员，不新增生活垃圾。

#### 9.2.5 噪声

本项目噪声源主要有工业 X 射线探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪音风机，其噪声值不超过 65dB (A)，并且所有设备均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对厂界噪声的贡献很小。项目对所在周边声环境影响很小。

#### 9.2.6 危险废物

本项目拍片完成后，在暗室洗片过程中将产生废显影液、废定影液和胶片清洗废水，在评片过程中将产生废弃胶片。废显影液中含有硫酸甲基对氨基苯酚（又名米吐尔）和对苯二酚（海多吉浓）等强氧化剂；废定影液主要含有硫代硫酸钠和钾矾或铬矾等化学物质。根据《国家危险废物名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日起实施）中的危险废物划分类别，

该废显影液、废定影液和废胶片属于感光材料废物，其危废编号为 HW16。

本项目产生的危险废物暂存于贴有危废标识的专用容器里，放置于危险废物暂存间内，将与有相应处理资质的单位签订回收合同，不外排。

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 辐射工作场所布局

145大厅探伤室位于145大厅西北角，探伤室9.5m，宽6.0m，高度4.5m。探伤室东北侧为库房、东南侧为走廊、西南侧为TP芯块组装室、西北侧为绿化带，隔绿化带为133办公楼，探伤室平面布置图见附图4。

540大厅2线X射线探伤装置共安装2台射线装置，射线装置沿生产线呈东北向分布，其中一台X射线探伤机分布在2上环位置，一台分布在2线下环位置。射线装置周围50m范围主要为生产线工作人员，距离最近的工作人员为2线下环东南侧2m射线装置操作人员。

### 10.1.2 工作区管理

#### 1、两区划分

为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定辐射控制区和监督区。

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，工作人员必须在控制边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在其边界上必须设置警示标识，信号灯、警戒线、电离辐射标志，并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”、“当心电离辐射”的警告牌，必要时设专人警戒。其他人员不能在这些区域内，监督区附近不应有经常停留的公众成员。

项目540大厅内安装的2台X射线装置均自带铅室进行射线屏蔽，将铅室、探伤机进料口外至上料架划分为控制区，人员操作位，上料架外3.6m划分为监督区。

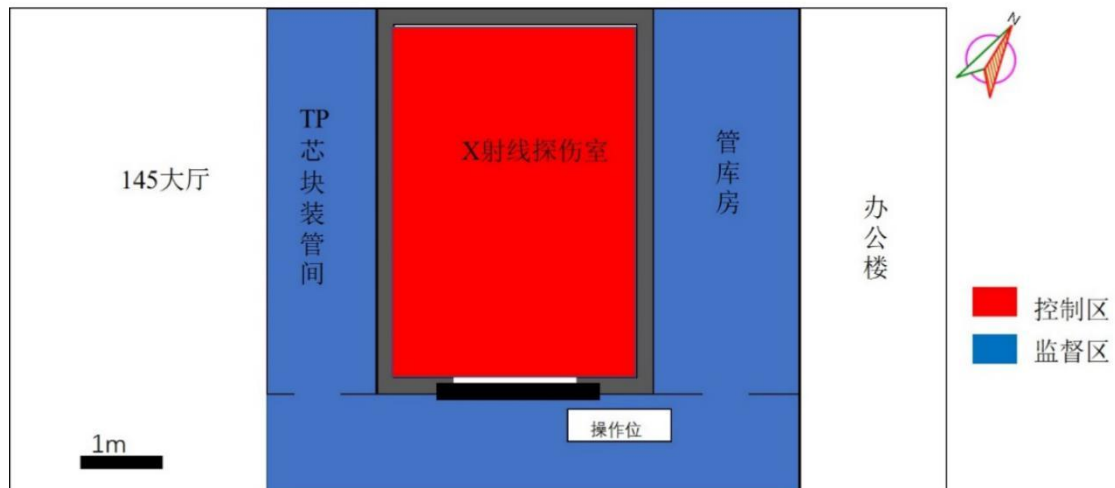
145大厅X射线探伤室划分为控制区，曝光过程中严禁任何人员进入；探伤室东侧库房划分为监督区，禁止非辐射工作人员进入。

本项目辐射工作场所两区划分情况见表10-1，两区划分示意图见图10-1。

表10-1 项目辐射工作场所两区划分情况

| 射线装置 | 控制区范围 | 监督区 |
|------|-------|-----|
|------|-------|-----|

|               |                         |                                  |
|---------------|-------------------------|----------------------------------|
| 540大厅2台X射线探伤机 | 探伤机、探伤机进料口外至上料架         | 探伤机外2号生产线、东南侧走廊，探伤机进料口外4.5-8.1m。 |
| 145大厅探伤机      | X射线探伤室                  | 东南侧走廊、装管间和库房                     |
| 要求            | 探伤装置曝光过程中严禁任何人员进入，设置标识。 | 设置警戒线，标识显示控制区，禁止无关人员入内           |



145大厅探伤室两区划分示意图

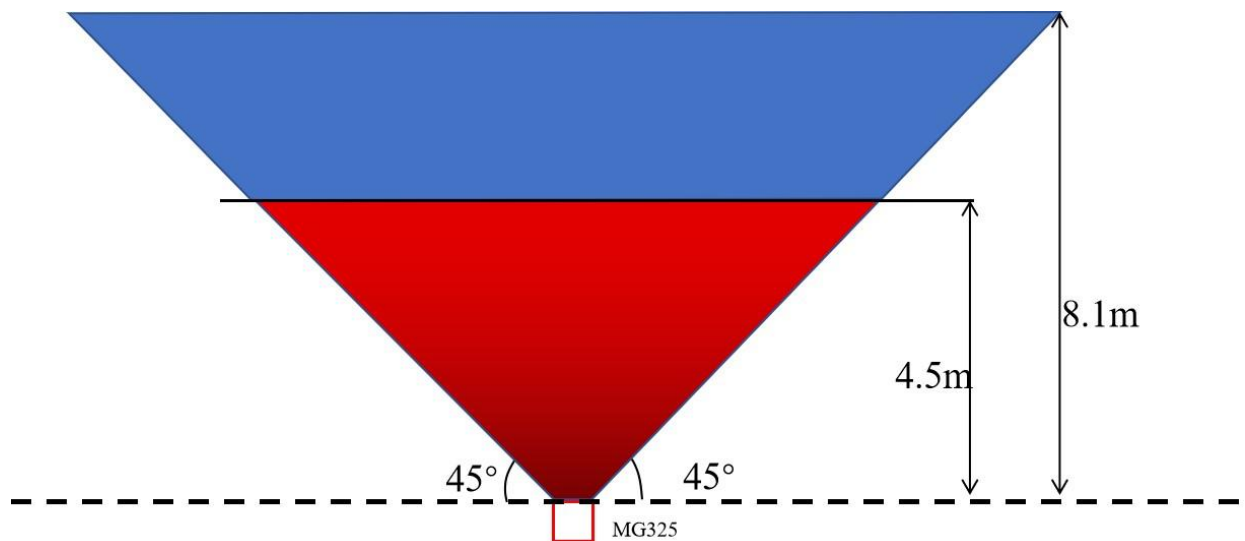


图10-1 两区划分示意图

### 10.1.3 辐射安全防护措施

#### 1、场所屏蔽防护措施

本项目540大厅X射线探伤机探伤机位于一体式铅房内，在铅房防护门等明显位置设有电离辐射警示标志及中文警示说明，告知无关人员不要在此逗留，需当心辐射、注意安全。项目X射线装置辐射防护屏蔽措施见表10-2。

表10-2 辐射防护屏蔽措施

| 项目      | 防护措施                |
|---------|---------------------|
| 长×宽×高   | 0.665m×0.665m×1.10m |
| 铅房屏蔽体厚度 | 5mm钢板+30mm铅板+5mm钢板  |
| 铅门      | 5mm钢板+30mm铅板+5mm钢板  |

145大厅射线探伤室四周和屋顶采用铅板进行屏蔽。探伤机及探伤室屏蔽防护措施见表10-3。

**表10-3 145大厅探伤室屏蔽防护措施一览表**

| 项目     | 防护措施                 |
|--------|----------------------|
| 长×宽×高  | 9.5m×6.0m×4.5m       |
| 墙体屏蔽措施 | 400mm混凝土             |
| 屋顶     | 600mm混凝土             |
| 防护门    | 防护门厚度120mm，其中铅厚度25mm |

## 2、设备固有安全性

本项目设备拟购买于正规厂家，各项安全措施齐备，设备本身采取了多种安全防护措施：

①开机系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，该探伤机会示意操作者可以进行曝光或训机操作。若诊断出现故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

② 延时启动功能：按下高压按钮启动曝光后，在产生X射线前，在延时阶段，会听到“滴——滴”警报声，这时用户也可以按下停高压按钮来停止探伤机的启动。

③ 当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

④本项目 X 射线装置由有资质的厂家生产，泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值。且 X 射线装置装有限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

## 3、联锁装置

### （1）门机联锁

防护门与 X 射线探伤机高压电源联锁，如关门不到位，高压电源不能正常启动，高压电源未关闭，高压电源不能启动；门打开时立即停止X射线照射。

### （2）门灯联锁

540大厅X射线探伤机设有工作状态指示灯，并于防护门联锁。防护门关闭后，工作

状态警示灯亮起，起到警示作用。

X射线探伤室外安装工作状态指示灯，探伤机出束时工作状态指示灯闪烁。X射线发射时亮起并发出警示音。

#### 4、紧急止动装置

540大厅2线一体式探伤机控制台设置1个紧急停机按钮，紧急停机按钮按下后，可立即切断电源。

X射线探伤室内部设置急停开关2个，控制台设置急停开关1个“急停开关”。若发生有人误入铅房或者其他误操作，人员可以在探伤室内启动应急开关，切断电源，使探伤机立即停止工作。铅房内的“急停开关”与控制台上的“急停开关”联动。

#### 5、视频监控

探伤室内部设置2个摄像头，内部摄像头一只对准工件整体，用于人员在铅房内部布置胶片过程和工件检测过程的状态监控和记录；另一只对准铅门，针对铅门及其内部附近的监控和记录，两只摄像头可全方位监控铅房内的空间和死角。

#### 6、控制台锁定开关及钥匙控制

控制台设计有防止非工作人员操作的锁定开关。探伤机的电源启动钥匙和人员门的钥匙以及控制台上的钥匙牢固连接在一起，该串钥匙应与便携式辐射检测报警仪连在一起，由操作员随身携带。通过这些控制措施，可以大幅度降低误操作的可能性。

#### 7、警示标志和状态显示

在铅房和探伤室外侧面设置电离辐射标志和电离辐射警告标志。

#### 8、控制台

1) 设置有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置；

2) 设置有高压接通时的外部报警或指示装置；

3) 设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态是才能拔出；

4) 设置1个紧急停机按钮紧急停机按钮按下后，可立即终止作业；

5) 设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告灯标识。

#### 9、剂量监测设备

①便携式辐射监测仪

建设单位已经配制 1 台便携式 X- $\gamma$  检测仪，用于日常辐射剂量监测巡检管理。该设备具有自动报警功能，及时提醒工作人员及相关公众迅速采取必要的措施，保护人身安全。

#### ②个人剂量计

辐射工作人员均已经配置个人剂量计，人均两个，一备一用，辐射工作人员作业期间必须佩带个人剂量计。

#### ③个人剂量报警仪

建设单位已经配备3个人剂量报警仪，辐射工作人员作业期间必须携带个人剂量报警仪。

#### 10.1.4 辐射防护安全装置配备综合要求

为防止发生辐射事故，根据《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》（2020年版）和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400 号）中对工业用 II 类射线装置辐射防护安全装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表10-4。

表10-4 项目辐射安全防护设施对照分析表

| 项目       | 具体要求                                                                                    | 项目实际情况 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 探伤建筑屏蔽设计 | 探伤室防护厚度充分考虑X射线直射、漏射、散射效应；MG325探伤机设备自带屏蔽。                                                | 已具备    |
| 门机联锁     | 探伤室防护门与操作台联锁，探伤室防护门关闭后，探伤机射线方可启动，防护门打开，探伤机射线自动切断；MG325型探伤机铅室门关闭后探伤机方可启动。                | 已具备    |
| 门灯联锁     | 145大厅探伤室防护门上方安装工作状态警示灯，并与防护门联锁，工作状态指示灯显示正常作业时，探伤室防护门无法打开；MG325探伤机上安装状态指示灯，开机工作室状态指示灯闪烁。 | 已具备    |
| 紧急装置     | 探伤室安装紧急按钮2个，操作位置安装紧急按钮1个；MG325在控制台位置安装紧急按钮1个                                            | 已具备    |
| 视频监控系统   | 145大厅探伤室内安装1套视频监控系统，包含2个摄像头和1块显示屏，视频探头安装于铅室的东北墙和西南墙，可查看曝光室内全部情况。                        | 已具备    |
| 警告标志     | 探伤室铅门醒目位置张贴“当心电离辐射”警告标志；MG325探伤机上张贴“当心电离辐射”警告标志                                         | 已具备    |
| 通风系统     | 探伤室内设置了通风系统，可确保臭氧浓度低于国家标准值。                                                             | 已具备    |
| 监测设备     | 便携式辐射监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪                                                                  | 已具备    |

建设单位按照表10-5中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

## 10.2 三废的治理

### 10.2.1 废气治理措施

540大厅安装的2台X射线装置均位于铅箱内部，安装在2号生产线。X射线装置曝光过程中产生少量的臭氧、氮氧化物，项目设备自带排风系统，箱体内少量的空气被电离产生的少量臭氧，经通风后随周围环境不会产生明显影响。

145大厅设置机械风机进行通风，产生的少量O<sub>3</sub>可通过排风设施排出探伤室，探伤室周边无敏感目标分布，对敏感影响较小。

### 10.2.2 废水

项目无生产废水产生，射线装置操作人员无新增操作人员，人员从内部调剂，因此生产过程无新增员工生活污水。员工生活污水经厂区化粪池处理后外排市政污水管网，不会对周边水环境产生影响。

### 10.2.3 固废

项目运行期产生的固体废物主要为员工生活垃圾和废显影液、定影液、胶片清洗废水和废胶片等危险废物。

废显影液、定影液产生量为400L/a、胶片清洗废水800L/a、废胶片20张/a，属于危险废物，危废编号为HW16。项目产生废危险废物依托现有危废间进行暂存，全部委托资质单位进行处置，不外排。

本项目探伤产生危险废物暂存在设置了危废标志的专用容器中，放置于危险废物暂存间内，并于有相应处理资质的单位签订回收合同，不外排。

探伤产生的危险废物定期交由有回收处理资质的单位进行回收处理并填写危险废物转移联单。危险废物暂存间应做好防渗、防水、防倾倒、防腐等工作，防止泄露后造成二次污染，严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）中要求进行建设和管理。同时，危废暂存点及危废处置应做好以下几点：

①危废暂存点已严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）中规定的要求，采取“防渗、防雨、防流失”等措施。采取防渗措施为：危废暂存点为可密闭房间，具有防雨措施，采用防渗混凝土+HDPE膜（2.0mm厚、渗透系数不高于 $1.0 \times 10^{-10}$ cm/s的HDPE膜作为防渗层）防渗，暂存间设置围堰，防止危废流失。

②危险废物贮存设施应按环境保护图形标志《固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）的规定设置警示标志。

③建设单位必须将上述危险废物交由有相应处理资质的单位处理，并签订协议。

④危险废物转移应按照《危险废物转移联单管理办法》的有关要求规定填写五联单。同时，建设单位需加强危险废物的管理，严禁随意露天堆放、随意倾倒和将危险固废混入一般固废中，以避免污染周边环境和防止发生泄漏污染地下水。

项目产生的危险废物在收集、暂存和转运过程中，应严格遵守下列要求：

1 ) 危险废物收集、贮存的一般要求

A、从事危险废物收集、贮存、运输经营活动的单位应具有危险废物经营许可证。在收集、贮存、运输危险废物时，应根据危险废物收集、贮存、处置经营许可证核发的有关规定建立相应的规章制度和污染防治措施，包括危险废物分析管理制度、安全管理制度、污染防治措施等；危险废物产生单位内部自行从事的危险废物收集、贮存、运输活动应遵照国家相关管理规定，建立健全规章制度及确保该过程的安全、可靠。

B、危险废物转移过程应按《危险废物转移联单管理办法》执行。

C、危险废物收集、贮存、运输单位应建立规范的管理和技术人员培训制度，定期针对管理和技术人员进行培训。培训内容至少应包括危险废物鉴别要求、危险废物经营许可证管理、危险废物转移联单管理、危险废物包装和标识、危险废物运输要求、危险废物事故应急方法等。

D、危险废物收集、贮存、运输单位应编制应急预案。应急预案编制可参照《危险废物经营单位编制应急预案指南》，涉及运输的相关内容还应符合交通行政主管部门的有关规定。针对危险废物收集、贮存、运输过程中的事故易发环节应定期组织应急演练。

E、危险废物收集、贮存、运输过程中一旦发生意外事故，收集、贮存、运输单位及相关部门应根据风险程度采取如下措施：

a 设立事故警戒线，启动应急预案，并按《突发环境事件信息报告办法》(环保部令第17号)要求进行报告。

b 若造成事故的危险废物具有剧毒性、易燃性、爆炸性或高传染性，应立即疏散人群，并请求环境保护、消防、医疗、公安等相关部门支援。

c 对事故现场受到污染的土壤和水体等环境介质应进行相应的清理和修复。

d 清理过程中产生的所有废物均应按危险废物进行管理和处置。

e 进入现场清理和包装危险废物的人员应受过专业培训，穿着防护服，并佩戴相应的防护用具。

## 2) 危险废物的收集

A、危险废物产生单位进行的危险废物收集包括两个方面，一是在危险废物产生节点将危险废物集中到适当的包装容器中或运输车辆上的活动；二是将已包装或装到运输车辆上的危险废物集中到危险废物产生单位内部临时贮存设施的内部转运。

B、危险废物的收集应根据危险废物产生的工艺特征、排放周期、危险废物特性废物管理计划等因素制定收集计划。收集计划应包括收集任务概述、收集目标及原则、危险废物特性评估、危险废物收集量估算、收集作业范围和方法、收集设备与包装容器、安全生产与个人防护、工程防护与事故应急、进度安排与组织管理等。

C、危险废物的收集应制定详细的操作规程，内容至少应包括适用范围、操作程序和方法、专用设备和工具、转移和交接、安全保障和应急防护等。

D、危险废物收集和转运作业人员应根据工作需要配备必要的个人防护装备，如手套、防护镜、防护服、防毒面具或口罩等。

### 10.2.4 射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处理时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。

本项目使用的 X 射线探伤机在进行报废处理时，将 X射线探伤机高压射线管进行拆解并破碎处理，同时将 X射线探伤机主机的电源线绞断，使 X射线探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。拆解和去功能化处理后有原厂家回收。在射线装置退役后应及时在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上对信息进行更新，并到发证机关更换辐射安全许可证。

表 11 环境影响分析

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>11.1 建设阶段对环境的影响</b></p> <p>145 大厅探伤室内新增设备施工期仅涉及 X 射线探伤机的安装和调试，不涉及土工作业。</p> <p>540 大厅 2 线探伤装置施工期仅涉及 X 射线探伤机的安装，探伤机自带铅房屏蔽，不涉及土工作业。</p> <p>整个装置由设备厂家生产、运输，在建设单位进行组装，在组装制作期间会产生少量固体废物、噪声和少量生活污水。固体废物可回收处理部分由厂家安装工人回收处理，不能回收部分与生活垃圾一起集中收集后，交由环卫部门收运处置；设备安装时间较短，对周围环境影响较小；项目产生的生活污水经预处理池收集后，通过污水管网送至园区污水处理厂处理，不会对周围环境造成影响。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>11.2 运行阶段对环境的影响</b></p> <p><b>11.2.1 机房屏蔽厚度合理性分析</b></p> <p>本项目 145 大厅 X 射线探伤室安装 1 台型号为 ISOVOLT Titan E320 的 X 射线探伤机，探伤机最大管电压为 320kV，最大管电流为 20mA。探伤室四周墙壁为 400mm 混凝土，屋顶为 600mm 混凝土、防护门为 18mm 铅当量防护门，主束方向向下。</p> <p>540 大厅安装 2 台 X 射线探伤机，2 台探伤机型号为 MG325。MG325 探伤机位于屏蔽铅房内部，四壁、防护门和顶部的铅板厚度为 30mm，主束方向向上。</p> <p>1、关注点设立及屏蔽体外剂量控制水平</p> <p>（1）关注点剂量控制水平</p> <p>各屏蔽体外关注点导出控制剂量按下式进行计算：</p> $H = \dot{H}_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (\text{式 11-1})$ <p><math>\dot{H}</math>-导出剂量率参考控制水平，<math>\mu\text{Sv/h}</math>；</p> <p><math>\dot{H}_c</math>-年剂量率参考控制水平，职业人员取 <math>5000 \mu\text{Sv/h}</math>，公众取 <math>100 \mu\text{Sv/h}</math>；</p> <p><math>U</math>—探伤装置向关注点照射的使用因子，项目取 1；</p> <p><math>T</math>-人员在相应关注点驻留的居留因子；</p> <p><math>t</math>-探伤装置工作时间，145 大厅探伤机工作时间为 300h，540 大厅探伤机工作时间为 500h。</p> <p>②根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）3.1.1，关注点的最高剂量率参考控制水平为<math>\dot{H}_{c, \max} = 2.5 \mu\text{Sv/h}</math>，145探伤室屋顶<math>\dot{H}_{c, \max} = 100 \mu\text{Sv/h}</math></p> <p>③取①、②中较小值作为关注的剂量率参考控制水平。</p> |

表11-1 关注点控制剂量率水平参数选取及计算结果表

| 场所                | 关注点      | 射线类型  | 使用因子 | 居留因子 | 受照类型 | R    | $\dot{H}$ | $\dot{H}_{c, \max}$ | 剂量率参考水平 |
|-------------------|----------|-------|------|------|------|------|-----------|---------------------|---------|
| 145大<br>厅X探<br>伤室 | 西南墙外30cm | 散射、泄露 | 1    | 1/4  | 公众   | 1.7  | 1.33      | 2.5                 | 1.33    |
|                   | 东南墙外30cm | 散射、泄露 | 1    | 1    | 职业   | 8.7  | 16.7      | 2.5                 | 2.5     |
|                   | 东北墙外30cm | 散射、泄露 | 1    | 1/4  | 公众   | 6.2  | 1.33      | 2.5                 | 1.33    |
|                   | 西北墙外30cm | 散射、泄露 | 1    | 1/8  | 公众   | 2.2  | 2.66      | 2.5                 | 2.5     |
|                   | 屋顶上30cm  | 散射、泄露 | 1    | 1/40 | 公众   | 3.0  | 13.3      | 100                 | 13.3    |
|                   | 门外30cm   | 散射、泄露 | 1    | 1    | 职业   | 8.7  | 16.7      | 2.5                 | 2.5     |
| 540大<br>厅探伤<br>装置 | 铅室顶部     | 主射    | 1    | 1    | 职业   | 1.45 | 10        | 2.5                 | 2.5     |
|                   | 铅室四周30cm | 散射、泄露 | 1    | 1    | 职业   | 0.63 | 10        | 2.5                 | 2.5     |
|                   | 周边工作位    | 散射、泄露 | 1    | 1    | 公众   | 5.53 | 0.2       | 2.5                 | 0.2     |

注：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）①关注点的最高剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c, \max}$ ）为 2.5 $\mu$ Sv/h，②屋顶最高剂量率参考控制水平取值为100 $\mu$ Sv/h；本次评价参考较小水平进行评价。

## 2 屏蔽厚度校核

### （1）主射方向屏蔽厚度

根据《工业X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014），有用线束的屏蔽计算，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。项目射线装置最高管电压为3230kV，项目屏蔽核算按照300kV进行核算。

根据《工业X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中4.1 节，关注点达到剂量率控制水平，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按下式进行计算：

$$B1 = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad (\text{式11-2})$$

式中：

$\dot{H}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu$ Sv/h；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，取值 22.5；

H0—距离靶点 1m 处输出量， $\mu$ Sv  $\cdot$  m<sup>2</sup>/(mA  $\cdot$  h)，以 mSv  $\cdot$  m<sup>2</sup>/(mA  $\cdot$  h)为单位的值乘以 6 $\times$ 10<sup>4</sup>，项目取值 13.9 $\times$ 6 $\times$ 10<sup>4</sup>；

B ——屏蔽透射因子；

本项目 X 射线探伤机主射方向达到剂量率控制水平所需的屏蔽透射因子计算的相关参

数及计算结果见表 11-2。

表 11-2 主射辐射屏蔽厚度计算表

| 工作场所      | 墙体   | 距离<br>(m) | $I \times H_0$<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | B        | 理论计算<br>所需厚度 | 设计厚度 | 屏蔽材料 |
|-----------|------|-----------|----------------------------------------|----------|--------------|------|------|
| 540 大厅探伤机 | 铅房顶部 | 1.45      | 4.75E+06                               | 1.11E-06 | 27mm         | 30mm | 铅板   |

## (2) 其他方向屏蔽厚度校核

本项目铅房非主射束方向上屏蔽厚度校核考虑 X 射线的散射和漏射。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，先分别计算出屏蔽散射和漏射各自所需的屏蔽厚度，当屏蔽厚度相差一个什值层厚度 (TVL) 或更大时，取较厚的屏蔽厚度为屏蔽所需厚度；当相差不足一个 TVL 时，在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL) 为屏蔽所需厚度。

### A、漏射辐射屏蔽厚度 计算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，漏射辐射屏蔽透射因子由式 11-3 计算。

$$B = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad (\text{式 11-3})$$

$\dot{H}$ -关注点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；

$\dot{H}_L$ -距离靶点 1m 处 X 射线管的漏射辐射剂量率；项目取值  $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

对于估算出的屏蔽透射因子 B1，所需的屏蔽物质厚度 X 按式 11-3 计算。

式中：TVL-什值层厚度，根据《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》(GBZ/T250-2014)附录 B 表 B.2，项目取值选择 300kV，铅什值层取值 5.7mm，混凝土什值层取值 100mm。

对于估算出的屏蔽透射因子 B<sub>1</sub>，所需的屏蔽物质厚度 X 按式 11-4 计算。

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

式中：TVL-什值层厚度，根据《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》(GBZ/T250-2014)附录 B 表 B.2，项目取值选择 300kV，铅什值层取值 5.7mm，混凝土什值层取值 100mm。

对于估算出的屏蔽透射因子 B，所需的屏蔽物质厚度 X 按式(11-4)计算。

表 11-3 漏射辐射屏蔽体屏蔽厚度计算表

| 场所    | 关注点  | $\dot{H}$ | R   | $\dot{H}_L$     | B        | TVL | 理论计算所需厚度<br>(mm) | 设计厚度<br>(mm) | 屏蔽材料 |
|-------|------|-----------|-----|-----------------|----------|-----|------------------|--------------|------|
| 145 大 | 西南墙外 | 1.33      | 1.7 | $5.0 \times 10$ | 7.69E-04 | 100 | 243              | 400          | 混凝   |

|                           |              |      |      |   |          |     |     |     |   |
|---------------------------|--------------|------|------|---|----------|-----|-----|-----|---|
| 厅 X<br>探伤<br>室            | 30cm         |      |      | 3 |          |     |     |     | 土 |
|                           | 东南墙外<br>30cm | 2.5  | 8.7  |   | 3.78E-02 |     | 204 | 400 |   |
|                           | 东北墙外<br>30cm | 1.33 | 6.2  |   | 1.02E-02 |     | 217 | 400 |   |
|                           | 西北墙外<br>30cm | 2.5  | 2.2  |   | 2.42E-03 |     | 243 | 400 |   |
|                           | 屋顶外 30cm     | 13.3 | 3    |   | 2.39E-02 |     | 139 | 600 |   |
|                           | 防护门外<br>30cm | 2.5  | 8.7  |   | 3.78E-02 | 5.7 | 8   | 18  | 铅 |
| 540 大<br>厅 2 线<br>探伤<br>机 | 铅室四周<br>30cm | 2.5  | 0.63 |   | 1.98E-04 | 5.7 | 21  | 30  | 铅 |
|                           | 东南侧工作位       | 0.2  | 1.33 |   | 1.22E-03 |     | 17  | 30  |   |

\* 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）表 1，本项目 320kV 探伤机距靶 1m 处的泄漏辐射剂量率取值为  $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

\*\* 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）表 B.2，按 300kV 考虑，铅的 TVL 取值为 5.9mm，混凝土取值 100mm。

## B、散射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射，散射辐射屏蔽透射因子由式 11-5 计算。

$$B = \frac{\dot{H} \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \times \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

$\dot{H}$ -关注点剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R_s$ -散射体值关注点的距离，m

$I$ -X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA，项目常用电流取值 7mA；

$H_0$ -距离靶点 1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以  $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$  为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ ，项目取值  $11.3 \times 6 \times 10^4$ ；

$R_0$ -靶点至探伤工件距离，m；

$F$ - $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ -散射因子。

本项目散射屏蔽所需屏蔽厚度计算结果见表 11-4。

表 11-4 散射辐射屏蔽体屏蔽厚度计算表

| 关注点       | H    | R    | 透射因子     | TVL (mm) | 理论计算厚度 | 实际厚度 |
|-----------|------|------|----------|----------|--------|------|
| 西南墙外 30cm | 1.33 | 1.7  | 4.05E-05 | 90       | 395    | 400  |
| 东南墙外 30cm | 2.5  | 8.7  | 1.99E-03 | 90       | 243    | 400  |
| 东北墙外 30cm | 1.33 | 6.2  | 5.39E-04 | 90       | 294    | 400  |
| 西北墙外 30cm | 2.5  | 2.2  | 1.27E-04 | 90       | 351    | 400  |
| 屋顶外 30cm  | 13.3 | 3    | 1.26E-03 | 90       | 261    | 600  |
| 防护门外 30cm | 2.5  | 8.7  | 1.99E-03 | 2.9      | 8      | 18   |
| 铅室四周 30cm | 2.5  | 0.63 | 1.05E-05 | 2.9      | 14     | 30   |
| 东南侧工作位    | 0.2  | 1.33 | 6.44E-05 | 2.9      | 12     | 30   |

本项目铅房屏蔽设计校核情况汇总见表 11-5。从表 11-5 可见，本项目铅房各墙体及屋顶屏蔽厚度设计满足所需的屏蔽要求。

表 11-5 屏蔽厚度计算与实际设计厚度汇总表

| 场所            | 关注点   | 有用线束屏蔽厚度 | 漏射线束屏蔽厚度 | 散射屏蔽厚度 | 理论计算厚度 | 实际设计厚度 | 是否满足屏蔽要求 |
|---------------|-------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|
| 145 大厅 X 探伤室  | 西南墙   | /        | 243      | 378    | 395    | 400    | 是        |
|               | 东南墙   | /        | 204      | 232    | 243    | 400    |          |
|               | 西北墙   | /        | 217      | 281    | 294    | 400    |          |
|               | 东北墙   | /        | 243      | 335    | 351    | 400    |          |
|               | 屋顶    | /        | 139      | 249    | 261    | 600    |          |
|               | 防护门   | /        | 8        | 4      | 8      | 25     |          |
| 540 大厅 2 线探伤机 | 铅室顶部  | 27mm     |          | /      |        | 30     | 是        |
|               | 四壁    | /        | 21       | 7      | 14     | 30     |          |
|               | 周边工作位 |          | 17       | 6      | 12     | 30     |          |

#### 11.2.2 正常运行辐射环境影响

本项目正常运行期间，X 射线探伤机运行对周围环境的辐射影响为 X 射线贯穿辐射。

##### 11.2.2.1 关注点及评价范围内环境保护目标处的辐射剂量率水平

##### 1 X 射线间周围环境各房间的功能及用途

540大厅2线安装的2台X射线探伤机均为自带铅房屏蔽的探伤机，X射线探伤机周边公众人员均为540大厅、140大厅工作人员和周围道路上路过公众，距离探伤机最近人员为南侧4m的组件组装人员。

1台X射线探伤机安装与145大厅X射线探伤室内，探伤室西侧为TP芯块装管间，东侧管库房，南侧走廊，北侧为绿化带。

##### 2 预测点选取

本次评价选取关注点预测其在探伤机正常工况下的辐射剂量率，一类是探伤室屏蔽体外30cm 处的辐射剂量率，包括探伤室四面及屋顶外的辐射剂量率；一类是评价范围（50m）内最近的环境保护目标位置处的辐射剂量率。

145 大厅探伤室预测点：选取探伤室屋顶外 30cm 处（1#）、防护门外 30cm（2#）、东南墙外 30cm（3#）、西南墙外 30cm（4#）、西北墙外 30cm（5#）、东北墙外 30cm（6#）、人员操作位（7#）、东北办公楼（8#）、西南侧 145 大厅人员（9#）和西北办公楼（10#）。

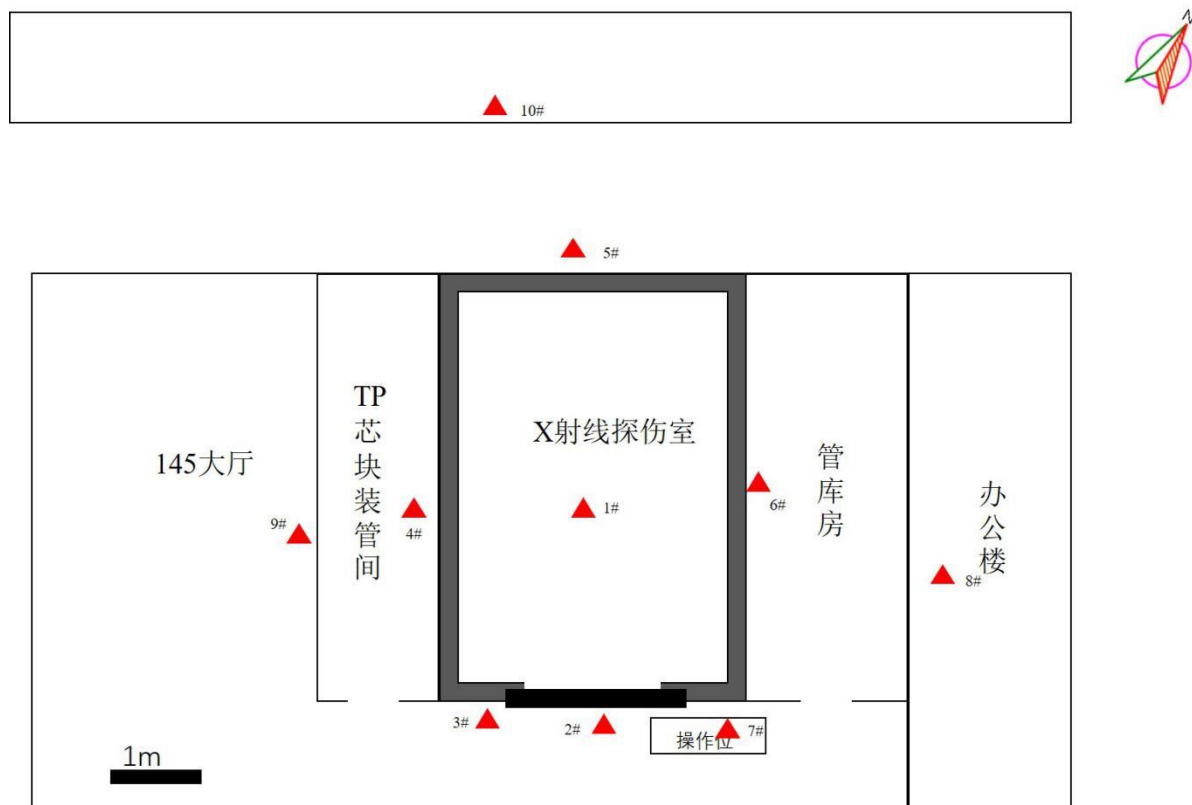


图 11-1 探伤室平面布置及预测点分布图

540 大厅射线装置预测点选取：

540 大厅探伤室预测点：选取探伤机东北屏蔽体侧外 30cm 处（1#）、东南侧屏蔽体外 30cm（2#）、西南侧屏蔽体外 30cm（3#）、西北侧屏蔽体外 30cm（4#）、探伤机顶部 30cm（5#）、人员操作位（6#）、2 号探伤机东北侧屏蔽体外 30cm（7#）、2 号探伤机东南侧屏蔽体外 30cm（8#）、2 号探伤机东南侧屏蔽体 30cm（8#）、西南侧屏蔽体外 30cm（9#）和西北屏蔽体外 30cm（10#）、探伤机顶部 30cm（11#）、2 号探伤机操作位（12#）、2 号生产线东南侧走廊（13#）、540 大厅组装区（14#）、540 大厅东南侧道路（15#）、120 大厅（16#）、540-1 大厅（17#）、140 大厅（18#）。



图 11-2 540 大厅预测点位图

### 3 计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 情况下，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B，关注点的辐射剂量率按式 11-6 计 算

#### ①有用射束屏蔽计算

$$\dot{H}=\frac{I*B*H_0}{R^2} \quad (\text{式11-6})$$

式中：

$\dot{H}$ -关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$H_0$ —距离靶点 1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以  $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$  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；

#### ②泄漏辐射屏蔽预测

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 情况下，相应的辐射屏蔽透射因子 B 由式 11-7 计算

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

(式 11-7)

式中:

B —屏蔽透射因子;

X —屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL —半值层厚度, mm, (见附录 B 表 B.2)。

泄漏辐射在关注点的剂量率按式 11-8 计算。

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

$\dot{H}$ —关注点剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

$H_L$ —距靶点 1m 处泄露辐射剂量率输出量,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

B —屏蔽透射因子;

### ③散射辐射屏蔽效果预测

对于散射辐射屏蔽采用以下公式计算关注点处的辐射剂量率

$$H=I \cdot H_0 \cdot B \cdot F \cdot \alpha / (R_s^2 \cdot R_0^2) \quad (\text{式 11-9})$$

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;

$H_0$ —距辐射源点 (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  $6 \times 10^4$ , (见附录表 B.1);

B —屏蔽透射因子, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 2, 确定  $90^\circ$  散射辐射最高能量相应的 kV 值, 并查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 B 表 B.2 的相应值, 确定  $90^\circ$  散射辐射的 TVL, 然后按照式 11-3 中透射因子的计算公式计算。300kV X 射线  $90^\circ$  散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。

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, 与散射物质有关, 在未获得相应物质的  $\alpha$  值时, 可以用水的  $\alpha$  值保守估计, 见附录 B 表 B.3;

$R_0$  —辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, m;

$R_s$  —散射体至关注点的距离, m。

### 4 相关参数及计算结果

根据生产厂家提供的资料, 本项目使用的 X 射线探伤机方向 1m 处的最大辐射剂量率 ( $I \cdot H_0$ ) 为  $4.75 \times 10^3 \text{Sv/h}$ 。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）表 1，320kV 探伤机距靶 1m 处的泄漏辐射剂量率取值  $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）附录 B 表 B.2，320kV 探伤机按 300kV 考虑，铅的 TVL 取值为 0.96mm。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）附录 B 的 B.4.2 条规定，项目 320kV 探伤机  $R_0^2/(F \cdot \alpha)$  的值取 50。

本项目关注点辐射剂量率水平计算所取的其他相关参数及计算结果见表 11-7。

**表 11-7 145 大厅 X 射线探伤机关注点辐射剂量率计算参数及结果**

| 关注点位置    |          | 辐射类型 | 距离（m）    | 屏蔽厚度      | 辐射屏蔽因子   | 剂量率（μSv/h） | 关注点剂量率（μSv/h） |
|----------|----------|------|----------|-----------|----------|------------|---------------|
| 辐射剂量率控制点 | 西南墙外30cm | 泄露   | 1.7      | 400mm 混凝土 | 1.00E-04 | 1.73E-01   | 1.35E+00      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 1.18E+00   |               |
|          | 东南墙外30cm | 泄露   | 8.7      |           | 1.00E-04 | 6.61E-03   | 5.17E-02      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 4.51E-02   |               |
|          | 东北墙外30cm | 泄露   | 6.2      |           | 1.00E-04 | 1.30E-02   | 1.02E-01      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 8.87E-02   |               |
|          | 西北墙外30cm | 泄露   | 2.2      |           | 1.00E-04 | 1.03E-01   | 8.08E-01      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 7.05E-01   |               |
|          | 屋顶外30cm  | 泄露   | 3        | 600mm 混凝土 | 1.00E-06 | 5.56E-04   | 5.56E-04      |
|          |          | 散射   |          |           | 2.15E-07 | 2.15E-07   |               |
| 防护门外30cm | 泄露       | 8.7  | 25mmPb   | 2.40E-09  | 1.58E-07 | 1.61E-07   |               |
|          | 散射       |      |          | 1.39E-13  | 2.40E-09 |            |               |
| 环境保护目标   | 操作位置     | 泄露   | 9.7      | 400mm 混凝土 | 1.00E-04 | 5.31E-03   | 4.16E-02      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 3.63E-02   |               |
|          | 西南装管间    | 泄露   | 1.7      |           | 1.00E-04 | 1.73E-01   | 1.35E+00      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 1.18E+00   |               |
|          | 东北库房     | 泄露   | 6.2      |           | 1.00E-04 | 1.30E-02   | 1.02E-01      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 8.87E-02   |               |
|          | 办公楼      | 泄露   | 5        |           | 1.00E-04 | 2.00E-02   | 1.56E-01      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 1.36E-01   |               |
|          | 145 大厅   | 泄露   | 8.6      |           | 1.00E-04 | 6.76E-03   | 5.29E-02      |
|          |          | 散射   |          |           | 3.59E-05 | 4.61E-02   |               |
| 133 办公楼  | 泄露       | 12.4 | 1.00E-04 | 3.25E-03  | 2.54E-02 |            |               |
|          | 散射       |      | 3.59E-05 | 2.22E-02  |          |            |               |

由表 11-7 可知，145 大厅 X 射线探伤机正常工作情况下，本项目探伤室屏蔽墙体外 30cm 处的辐射剂量率为  $1.61 \times 10^{-7} \mu\text{Sv/h} \sim 1.35 \mu\text{Sv/h}$ ，小于本次评价确定的  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的辐射剂量率限值，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）规定的探伤室屏蔽要求。

表 11-8 540 大厅探伤机关注点辐射剂量率计算参数及结果

| 关注点    |               | 辐射类型 | 关注点距离 | 屏蔽因子     | 剂量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 关注点剂量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) |
|--------|---------------|------|-------|----------|-----------------------------|--------------------------------|
| 剂量率关注点 | 屏蔽体顶部<br>30cm | 主射束  | 1.45  | 2.10E-07 | 4.74E-01                    | 5.43E-01                       |
|        | 屏蔽体四周         | 漏射   | 0.63  | 5.46E-06 | 6.87E-02                    | 6.87E-02                       |
|        |               | 散射   | 0.63  | 4.52E-11 | 1.08E-05                    |                                |
| 关注敏感目标 | 操作位置          | 漏射   | 1.33  | 5.46E-06 | 1.54E-02                    | 1.54E-02                       |
|        |               | 散射   | 1.33  | 4.52E-11 | 2.43E-06                    |                                |
|        | 组装区           | 漏射   | 5.53  | 5.46E-06 | 8.92E-04                    | 8.92E-04                       |
|        |               | 散射   | 5.53  | 4.52E-11 | 1.40E-07                    |                                |
|        | 540 大厅        | 漏射   | 6.5   | 5.46E-06 | 6.46E-04                    | 6.46E-04                       |
|        |               | 散射   | 6.5   | 4.52E-11 | 1.02E-07                    |                                |
|        | 140 大厅        | 漏射   | 22.6  | 5.46E-06 | 5.34E-05                    | 5.34E-05                       |
|        |               | 散射   | 22.6  | 4.52E-11 | 8.40E-09                    |                                |
|        | 120 大厅公众      | 漏射   | 10    | 5.46E-06 | 2.73E-04                    | 2.73E-04                       |
|        |               | 散射   | 10    | 4.52E-11 | 4.29E-08                    |                                |
|        | 走廊            | 漏射   | 3     | 5.46E-06 | 3.03E-03                    | 3.03E-03                       |
|        |               | 散射   | 3     | 4.52E-11 | 4.77E-07                    |                                |
|        | 东南侧道路         | 漏射   | 12    | 5.46E-06 | 1.89E-04                    | 1.89E-04                       |
|        |               | 散射   | 12    | 4.52E-11 | 2.98E-08                    |                                |

由表 11-8 可知，540 大厅 X 射线探伤机正常工作情况下，本项目探伤室屏蔽墙体外 30cm 处的辐射剂量率为  $0.0687\mu\text{Sv/h} \sim 0.543\mu\text{Sv/h}$ ，小于本次评价确定的  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的辐射剂量率限值，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）规定的探伤室屏蔽要求。

#### 11.2.2.2 项目运行对辐射工作人员和周围公众产生的附加剂量

年有效剂量可按下式计算：

$$P_{\text{年}} = H \times U \times T \times t \quad (\text{式 11-10})$$

式中：

$P_{\text{年}}$ —人员所受年有效剂量， $\mu\text{Sv/a}$ ；

$H$ —人员所在场所辐射剂量率当量， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$t$ —年照射时间，h；

$U$ —探伤机关注点方向照射的利用因子；

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子。

本项目关注点处职业工作人员及公众辐射剂量计算结果见表 11-9。

表 11-9 年有效剂量计算参数及结果

| 关注点位置     |         | 人员性质 | 居留因子  | 使用因子 | 工作时间 (h) | 剂量率 (μSv/h) | 年有效剂量 (mSv/a) |
|-----------|---------|------|-------|------|----------|-------------|---------------|
| 540 大厅    | 操作位置    | 职业   | 1     | 1    | 500      | 3.08E-02    | 1.54E-02      |
|           | 组装区     | 公众   | 1     | 1    | 500      | 1.78E-03    | 8.92E-04      |
|           | 540 大厅  | 公众   | 1     | 1    | 500      | 1.29E-03    | 6.46E-04      |
|           | 140 大厅  | 公众   | 1     | 1    | 500      | 1.07E-04    | 5.34E-05      |
|           | 120 大厅  | 公众   | 1     | 1    | 500      | 5.46E-04    | 2.73E-04      |
|           | 走廊      | 公众   | 0.25  | 1    | 500      | 6.06E-03    | 7.58E-04      |
|           | 东南侧道路   | 公众   | 0.25  | 1    | 500      | 3.79E-04    | 4.74E-05      |
| 145 大厅探伤机 | 操作位置    | 职业   | 1     | 1    | 300      | 4.16E-02    | 1.25E-02      |
|           | 办公楼     | 公众   | 1     | 1    | 300      | 1.56E-01    | 4.69E-02      |
|           | 145 大厅  | 公众   | 1     | 1    | 300      | 5.29E-02    | 1.59E-02      |
|           | 133 办公楼 | 公众   | 1     | 1    | 300      | 2.54E-02    | 7.63E-03      |
|           | 装管间     | 公众   | 0.125 | 1    | 300      | 1.35E+0     | 0.051         |
|           | 库房      | 公众   | 0.125 | 1    | 300      | 1.02E-01    | 0.039         |

由表 11-9 可知,145 大厅探伤机运行对辐射工作人员产生的附加年有效剂量为 0.0125mSv, 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的 20mSv/a 职业照射剂量限值, 也小于本次评价确定的 5mSv/a 职业照射剂量约束值; 540 大厅探伤机运行对辐射工作人员产生的附加年有效剂量为 0.0154mSv, 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的 20mSv/a 职业照射剂量限值, 也小于本次评价确定的 5mSv/a 职业照射剂量约束值。

145 大厅探伤机运行对周围公众产生的附加年有效剂量在  $7.63 \times 10^{-3}$ mSv/a~ $5.1 \times 10^{-2}$ mSv 范围, 最大值为 0.051mSv, 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的 1mSv/a 公众照射剂量限值, 也小于本次评价确定的 0.10mSv/a 公众照射剂量约束值; 540 大厅探伤机运行对辐射工作人员产生的附加年有效剂量在  $4.74 \times 10^{-5}$ ~ $8.92 \times 10^{-4}$ mSv 范围之间, 最大值  $8.92 \times 10^{-4}$ mSv, 小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的 1mSv/a 公众照射剂量限值, 也小于本次评价确定的 0.1mSv/a 公众照射剂量约束值。

由此可见,本项目探伤机运行对辐射工作人员和周围公众所致附加年有效剂量满足国家相关标准要求, 所产生的辐射环境影响小, 是可接受的。

#### 11.2.2.3 MG325 型探伤机进出口监督区和控制区划分

由于 MG325 型探伤机铅房在一侧探伤物体进出口留有少量缝隙, 会存在少量散射射线泄露, 项目拟在探伤机物料进出口对应上料位置一侧安装 8mmPb 板防治散射射线对周边辐射影响。

根据公式 11-9, 经计算可知本项目估算探伤机在散射射线作用下, 探伤机进出口一侧的

射线监督区和控制区范围计算结果见表 11-10。

表 11-10 射线装置控制区、监督区范围情况表

| 关注点 | B        | I, mA | H0, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ | R <sub>s</sub> , m | $F\cdot\alpha/R_0^2$ | H, $\mu\text{Sv/h}$ |
|-----|----------|-------|------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| 控制区 | 1.74E-03 | 7     | $11.3\times 6\times 10^4$                                  | 3.32               | 0.02                 | 15                  |
| 监督区 | 1.74E-03 | 7     | $11.3\times 6\times 10^4$                                  | 8.13               | 0.02                 | 2.5                 |

由上表可知，理论计算铅房探伤物体进出口以外区域监督区为 8.13m，控制区为 3.32m，选用参数为探伤机 300kV 管电压的情况，计算结果比实际情况大。

建设单位配备 1 台 X- $\gamma$  辐射剂量仪，辐射剂量仪可用于辐射剂量超标报警，实际工作时根据剂量监测结果确定监督区、控制区范围。同时，职业工作人员工作时位于监督区范围，远离探伤机。

#### 11.2.3 废水影响分析

项目无生产废水产生，射线装置操作人员无新增操作人员，人员从内部调剂，因此生产过程无新增员工生活污水。员工生活污水经厂区化粪池处理后外排市政污水管网，不会对周边环境产生影响。

#### 11.2.4 废气对周围环境的影响分析

X 射线探伤机发射的 X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，由于 X 射线探伤机在探伤室内，排出的少量臭氧和氮氧化物会从探伤室的排风系统排出，不会形成局部聚集，且臭氧在 22-25 分钟后自动分解为氧气，对环境不会产生影响。

#### 11.2.5 固体废物对周围环境的影响分析

##### (1)固体废物处置措施

本项目产生固体废物包括废显、定影液(含冲洗废水)，废胶片,根据《国家危险废物名录》（环保部令第 39 号），废显、定影液、胶片冲洗废水(900-019-16)，废胶片(900-019-16)、均属于危险废物。废显、定影液、胶片冲洗废水采用专用容器收集后，置于危废暂存间内，分区暂存，定期送有资质的危险废物处置单位进行处置，不外排。本项目废显影液、废定影液产生量约为 400L/a、胶片冲洗废水 800L/a。

##### (2)危险废物贮存场所（设施）环境影响分析

##### ①危险废物暂存间选址可行性分析

本项目危废暂存间位于 140 大厅中间位置，根据厂区所在区域自然环境情况可知，所处区域不属于溶洞区或易遭受严重自然灾害如洪水、滑坡、泥石流、潮汐等影响的地区，危废暂存间周边无易燃、易爆等危险品仓库、高压输电线路，符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597）及其修改单中关于危险废物贮存设施的选址原则。

## ②危险废物暂存间贮存可行性分析

正常工况下，危险废物清运频次为每年一次。以危险废物在危险废物暂存间暂存，废显、定影液产生量为 400L/a，冲洗废水产生量为 800L/a 液体危废与固体危废分区暂存，危废暂存间规格为长(2m)×宽(2m)，面积 4m<sup>2</sup>，危险废物暂存间未达到最大储存能力，可以满足本项目实施后危险废物暂存需求。

## (3)危险废物运输过程的环境影响分析

本项目危险废物委托有危废处置资质单位处理，并负责危险废物转运。危险废物的转移应遵从《危险废物转移联单管理办法》及其它有关规定的要求。

## (4)危险废物委托利用或者处置的环境影响分析

本项目危险废物收集后存放于危险废物暂存间，根据危险废物种类及数量，委托项目周边具有资质的危险废物处置单位进行处理，因此本项目产生危险废物委托处理措施可行。

## (5)危险废物暂存间防渗及管理措施

按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及修改单(环保部公告 2013 年第 36 号)和《危险废物收集、贮存、运输技术规范》(HJ2025-2012)中的相关要求，废显影液、废定影液及废胶片(HW16)等采用专用的容器分类分区存放，并置于危废暂存间内，防止风吹雨淋和日晒。危废暂存间设立危险废物警示标志，双人双锁，由专人进行管理，做好危险废物排放量及处置记录。危废暂存间的地面和四周围挡均需进行防渗处理，防渗材料需耐腐蚀，耐热且表面无裂隙，容器外设置围堰，同时设置泄漏液体的收集装置。防渗层渗透系数小于  $1 \times 10^{-10}$ cm/s。对装有危废的容器进行定期检查，容器泄漏损坏时必须立即处理，并将危废装入完好容器内。

本项目产生的固体废物均得以妥善处置，危险废物暂存设施均采取了严格的防渗处理，不会因长期堆存而对周围环境产生影响。

综上，项目产生的固体废物全部得到妥善处置，不会对周围环境产生明显影响。

为防止危险废物在厂区内临时贮存过程中对环境产生污染影响，本评价对危险废物管理提出以下要求：

①按照危险废物贮存污染控制标准要求，废显影液、废定影液及废胶片(HW16)等采用专用的容器分类存放，并置于危废暂存间内，防止风吹雨淋和日晒。危废暂存间设立危险废物警示标志，双人双锁，由专人进行管理，做好危险废物排放量及处置记录。

②危险废物贮存间内按照危险废物类别，不同的危险废物分开存放，并设置隔离间隔段。

③危险废物收集、贮存、运输时应按毒性、易燃性和反应性等危险特性进行分类、包装并设置相应的标志及标签。禁止将不相容(相互反应)的危险废物在同一容器内混装。

④对装有危废的容器进行定期检查，容器泄漏损坏时必须立即处理，并将危废装入完好容

器内。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 事故评价目的

本项目事故风险评价目的是分析、预测射线装置在使用过程中存在的潜在危险和有害因素，可能发生的突发性事件或事故（一般不包括人为破坏及自然灾害），引起电离辐射泄漏，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以防止辐射事故发生，尽量降低辐射事故后果的负面影响。

#### 11.3.2 事故风险识别

本项目为“使用Ⅱ类射线装置”核技术应用项目，营运中可能存在风险和潜在事故隐患。

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），辐射事故从重到轻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。见表 11-11。

表 11-11 辐射事故等级分级一览表

| 名称      | 风险因子 | 辐射伤害程度                    | 事故等级   | 上报程序                |
|---------|------|---------------------------|--------|---------------------|
| X 射线探伤机 | X 射线 | 若 X 射线探伤机失控导致人员受超年剂量限值的照射 | 一般辐射事故 | 事故发生后 2 小时内报当地生态环境局 |
|         |      | 若 X 射线探伤机失控，导致 9 人        | 较大辐射   | 事故发生后 2 小时内报省生      |

|  |  |                 |    |              |
|--|--|-----------------|----|--------------|
|  |  | 以下(含 9 人)局部器官残疾 | 事故 | 态环境厅和当地生态环境局 |
|--|--|-----------------|----|--------------|

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值，以及表后“对低 LET 辐射，皮肤损伤的阈值量 3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见表 11-8），从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故，以 5.5Gy 界定是否会导致人员死亡。

表 11-12 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

| 辐射剂量/ Gy | 急性放射病发生率/% | 辐射剂量/ Gy | 死亡率/% |
|----------|------------|----------|-------|
| 0.70     | 1          | 2.00     | 1     |
| 0.90     | 10         | 2.50     | 10    |
| 1.00     | 20         | 2.80     | 20    |
| 1.05     | 30         | 3.00     | 30    |
| 1.10     | 40         | 3.20     | 40    |
| 1.20     | 50         | 3.50     | 50    |
| 1.25     | 60         | 3.60     | 60    |
| 1.35     | 70         | 3.75     | 70    |
| 1.40     | 80         | 4.00     | 80    |
| 1.60     | 90         | 4.50     | 90    |
| 2.00     | 99         | 5.50     | 99    |

### 11.3.3 可能发生的辐射事故

本项目使用的 X 探伤机为 II 类射线装置，辐射危害因子为 X 射线。通过分析，本项目 X 探伤机在使用过程中可能发生如下的辐射事故：

（1）X 探伤机运行时，辐射安全联锁失效，人员误入铅房而 X 探伤室未停机，造成人员误照射。

（2）维修/检修 X 探伤机时，X 探伤机意外开机，造成维修/检修人员被误照射。

### 11.3.4 事故情况下辐射影响

#### 11.3.4.1 人员误入探伤室事故

##### 1 事故情景假设

（1）X 射线探伤机在额定工况（320KV）运行，在主射束方向上 1m 处的辐射剂量率为 4750mGy/h；

（2）运行时有人通过铅门误入铅房，误入人员与探测物体距离为 0.3m 处，无任何屏蔽

措施；

(3) 误入人员最长受照时间按单次曝光时间 3min 考虑；

## 2 事故剂量预测

误入人员受到漏射和散射的照射，屏蔽透射因子取值 1，最长受照时间为 3min。事故工况下人员受照剂量计算结果见表 11-13。

表 11-13 事故情况下的受照剂量估算

| 距离(m) | 时长(s) | 剂量率 (mGy/h) | 剂量(mSv) |
|-------|-------|-------------|---------|
| 0.3   | 5     | 1110.22     | 1.54    |
| 0.3   | 10    | 1110.22     | 3.08    |
| 0.3   | 180   | 1110.22     | 55.51   |
| 1     | 5     | 99.92       | 0.14    |
| 1     | 10    | 99.92       | 0.28    |
| 1     | 180   | 99.92       | 5.00    |

## (3) 事故后果

从 11-13 可知：一次事故所受照剂量最大值为 55.51mSv/次，此辐射剂量使受照人员发生急性放射病的概率很低（根据《实用辐射安全手册》，小于 1%），未超过职业人员年照射剂量限值（20mSv），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），事故等级为一般事故。

### 11.3.4.2 维修/维护人员误照射

#### (1) 事故情景假设

① 设备维修/维护人员在对 X 探伤机的射线管进行维修/维护时，突然发现 X 探伤机正处于开机出束状态，便立即离开并切断电源关机；

② 假设 X 光无损检测仪处于额定运行工况的出束状态，在主射束方向上距靶点 1m 处的辐射剂量率为 4750mGy/h；

③ 维修/检修人员从发现 X 光无损检测仪在处于开机出束状态到离开的最大受照时间按 60s 考虑；

④ 保守考虑维修/检修人员处于主射束方向，距靶点最近为 1m，受到主射束照射且无任何屏蔽措施。

#### (2) 预测结果

维修/检修人员受到主射束照射，射束方向上距靶点 1m 处的辐射剂量率为 4750mGy/h，最长受照时间为 60s，因此人员受照最大剂量为 79.17mGy。

表 11-14 事故情况下的受照剂量估算

| 距离(m) | 时长(s) | 剂量率 (mGy/h) | 剂量(mSv) |
|-------|-------|-------------|---------|
| 1     | 5     | 4750.00     | 6.60    |
| 1     | 10    | 4750.00     | 13.19   |
| 1     | 30    | 4750.00     | 39.58   |
| 1     | 60    | 4750.00     | 79.17   |

### (3)事故后果

在上述事故情景假设条件下，维修/检修人员的受照最大剂量为 79.17mSv，此辐射剂量使受照人员发生急性放射病的概率很低（根据《实用辐射安全手册》，小于 1%），超过了职业人员年照射剂量限值（20mSv）。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），事故等级为一般辐射事故。

### 11.3.5 预防措施

为了避免上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下预防措施：

（1）定期认真的对本单位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，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

（2）凡涉及对探伤机进行操作，必须有明确的操作规程，探伤作业时，至少要有两名工作人员同时在场，操作人员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。

（3）每月对使用探伤机的安全装置进行维护、保养，对可能引起的操作失灵的关键零配件定期进行更换。

（4）加强对探伤操作人员的培训，持证上岗。

一旦发生意外受照事故，立即启动《辐射事故专项应急预案》，详见附件 7。

表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

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》及环境保护主管部门的要求，公司应设置专门的辐射安全与环境保护管理机构。

##### 1、组织机构

公司已成立“辐射安全与环境保护管理小组”，负责辐射安全与环境保护管理相关工作，放射防护管理领导小组的职责是：

- (1) 全面负责公司辐射安全管理工作；
- (2) 认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合本单位实际制定安全规章制度并检查监督实施；
- (3) 负责公司辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；
- (4) 检查安全环保设施，开展环保监测，对公司使用的射线装置安全防护情况进行年度评估；
- (5) 实施辐射工作人员的个人剂量检测并做好个人剂量的档案管理工作；
- (6) 编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；
- (7) 定期向环保和主管部门报告安全工作，接受环保监督、监测部门的检查指导。

#### 12.1.2 辐射人员设置

劳动定员：本项目建设单位配置6名辐射工作人员。操作人员定岗定责，不从事其它辐射工作岗位，不存在剂量叠加的问题，此外公司有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。

操作人员配备 6 套个人剂量计。个人剂量计应编号定人配戴，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，完善个人剂量监测及健康档案管理制度。辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任探伤实践，而且对安全防护与相关法规知识也需作相应了解，实际操作中须按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。从事探伤检测的辐射工作人员应严格按照生态环境部 2019 年第 57 号公告的要求，自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗。

## 辐射安全管理规章制度

### 12.2.1 档案管理分类

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》，建设单位应该根据使用射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。具体要求如下：辐射安全档案资料可分以下十类，见表 12-1。

表 12-1 辐射安全档案资料类别

| 序号 | 辐射安全档案资料类别 |
|----|------------|
| 1  | 制度文件       |
| 2  | 环评资料       |
| 3  | 许可证资料      |
| 4  | 放射源和射线装置台账 |
| 5  | 监测和检查记录    |
| 6  | 个人剂量档案     |
| 7  | 培训档案       |
| 8  | 辐射应急资料     |
| 9  | 废物处置记录     |

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》，建设单位应建立动态的台账，射线装置应做到帐物相符，并及时更新。

只要项目单位能够结合项目实际，建立健全上述各项规章制度，环评认为，项目单位制定的规章制度符合《辐射安全许可证》发放条件、中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全防护管理办法》、环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序和川环函[2016]1400 号等相关文件的要求。

台账的内容应该包括：射线装置型号、相关参数，购买时间，报废时间；射线装置使用或保管部门、责任人员、目前的状况（使用、检修、闲置、暂存、收贮或销售）；射线装置转让单位名称及《辐射安全许可证》持证情况、有效日期等内容。

### 12.2.2 建立的主要规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 3 号）“第十六条”、《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》及《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位已制定的规章制度如下：

表 12-2 建设单位辐射安全管理制度情况表

| 序号 | 辐射安全管理制度          | 落实情况 |
|----|-------------------|------|
| 1  | 辐射安全与环境保护管理机构文件   | 已落实  |
| 2  | 辐射安全管理规定          | 已落实  |
| 3  | 辐射工作设备操作规程        | 已落实  |
| 4  | 辐射安全和防护设施维护维修制度   | 已落实  |
| 5  | 辐射工作人员岗位职责        | 已落实  |
| 6  | 放射源与射线装置台账管理制度    | 已落实  |
| 7  | 辐射工作场所和环境辐射水平监测方案 | 已落实  |
| 8  | 监测仪表使用与校验管理制度     | 已落实  |
| 9  | 辐射工作人员培训制度        | 已落实  |
| 10 | 辐射工作人员个人剂量管理制度    | 已落实  |
| 11 | 辐射事故应急预案          | 已落实  |

在制定规章制度时，需注意以下几个问题：

（1）《辐射监测方案》中应包含：单位应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；单位定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。

（2）《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含：对于每季度检测数值超过1.25mSv的，单位应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值5.0mSv的，单位应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

（3）《辐射工作人员培训制度》中应包括：所有从事辐射检测的工作人员和管理人 员，自觉进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核合格成绩单超过 5 年的辐射工作人员，需进行再次参加进行学习和考核。

（4）《辐射事故应急预案》中应包括：“应急物资的准备和应急责任人员、生态环境主管部门应急电话及发生事故时的辐射事故处理措施”的内容。

已上墙的规章制度：《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内

容，结合单位实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

### 12.3 辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

#### 12.3.1 个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量片，监测周期为1次/季（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。此外，公司还应按以下要求实施：

（1）按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）要求，公司应做好以下工作：

①按照法律、行政法规以及国家环境保护标准，发现个人剂量检测结果异常的，应当立即核实和调查，并由当事人签字确认，同时将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

②公司应安排专人负责个人剂量检测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息，工作岗位，剂量检测结果等材料。

③辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位提供个人剂量档案的复印件。

（2）按照《四川省环境保护厅关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知》（川环办发〔2010〕49号）文要求公司应做好以下工作：

公司在每年的1月31日前向《辐射安全许可证》发证机关送报本单位射线装置安全和防护状况年度评估报告，并在该报告中增加各辐射工作人员剂量检测数据及安全评估的内容。

环评要求：

（1）公司应每一季度将个人剂量计送交有资质的部门进行检测。当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应

存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128--2019）中职业照射个人剂量档案终生保存，公司应当将个人剂量档案终生保存。

### 12.3.2 场所监测

#### 12.3.2.1 自我监测

##### 1、自我监测要求

为对辐射场所日常营运情况进行监督，环评要求，建设单位每月应对辐射场所进行自我监测，并将监测结果记录在案，做好留存管理。

其监测点位及监测报告可以参考《安全和防护状况年度评估报告》中委托监测报告的点位和报告格式，并且每年对便携式辐射监测仪进行校准。

##### 2、监测设备

项目监测采用设备为 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪。

#### 12.3.2.2 委托监测

为判断辐射工作人员所在工作场所的安全程度，检查辐射场所屏蔽防护的效能，委托有资质的单位定期开展监测。

本次评价按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关要求对辐射工作场所射线装置屏蔽体外 30cm 处、辐射工作场所周围 50m 范围敏感目标处开展 X- $\gamma$ 空气吸收剂量率监测，并记录备查。

每年委托有资质的机构对辐射作业场所及周围环境至少进行 1 次辐射监测。该辐射监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

## 12.4 辐射事故应急

### 12.4.1 辐射事故应急预案主要内容

针对单位可能发生的辐射事故风险，制定了相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

### （1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即停机，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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告 表》，向市、省生态环境部门和公安部门报告，四川省生态环境厅白天值班电话。造成或 可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

### （2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计。

④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

#### 12.4.2 应急预案执行情况

根据调查，单位运行至今未发生过辐射事故。

单位定期组织辐射事故应急演练，根据演练反应的问题，及时修改完善预案内容，使之具有针对性和可操作。

表 13 结论与建议

## 13.1 结论

### 13.1.1 项目基本情况

#### 1 项目名称、性质

项目名称：X射线装置应用项目

建设单位：中核建中核燃料元件有限公司

建设地点：四川省宜宾市叙州区柏溪镇园门街中核建中核燃料元件有限公司540大厅2线和145大厅X射线探伤室。

项目性质：改扩建

工程投资：项目总投资406万元，其中环保投资50万，占项目总投资的12.32%。

#### 2 建设内容和规模

项目建设内容为新增1台X射线探伤机，搬迁2台X射线探伤机。

将140大厅1线下环1台型号为MG325的X射线探伤机搬迁到540大厅2线下环探伤检测使用，140大厅1线上环1台型号为MG325的X射线探伤机搬迁到540大厅2线上环探伤检测使用，X射线探伤机最大管电压为320kV，最大管电流为20mA；在145大厅X射线探伤室内增加1台型号为ISOVOLT Titan E320 的X射线探伤机，探伤机最大管电压为320kV，最大管电流为20mA。

### 13.1.2 产业政策符合性

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。

### 13.1.3 选址合理性分析

项目拟建地周围主要以工业企业为主，评价范围内（50m 范围）没有医院、学校、集中居民区、饮用水源保护区等环境敏感区，同时也无自然保护区、风景名胜区等生态敏感区。本项目不新增用地，且项目使用的探伤室为专用辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，MG325 探伤机为自带屏蔽探伤机，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，满足报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

#### 13.1.4 辐射环境质量现状

本项目所在区域 X- $\gamma$  空气吸收剂量率为 56.9nGy/h~185nGy/h，除 2 线下环位置剂量率外其余监测点 X- $\gamma$  空气吸收剂量率（56.9~90.4Gy/h）与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.5nGy/h~121.3nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平；2 线下环位置剂量率为 161~185Gy/h，略高于本底水平，产生监测值偏高原因周边库房存放原料引起。

#### 13.1.5 项目正常运行工况下的环境影响结论

##### （1）辐射环境影响分析

在正常工况下，本项目辐射工作人员最大受照射剂量为  $1.54 \times 10^{-2}$  mSv/a，满足 5mSv/a 的剂量约束限值；公众最大受照射剂量为 0.051mSv/a，满足 0.1mSv/a 的剂量约束限值，本项目建设不会对周围辐射环境产生不利影响，辐射工作场所满足辐射防护要求。

##### （2）大气的环境影响分析

项目运行产生臭氧，通过换气系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095—2012）中臭氧小时平均浓度低于二级标准限值（0.20mg/m<sup>3</sup>）的要求，不会对环境空气质量造成明显影响。

##### （3）废水的环境影响分析

目无生产废水产生，射线装置操作人员无新增操作人员，人员从内部调剂，因此生产过程无新增员工生活污水。员工生活污水经厂区化粪池处理后外排市政污水管网，不会对周边环境产生影响。

##### （4）固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 1.5kg/d，依托厂区既有垃圾收集设施收集。

废显影液、定影液产生量为 400L/a、胶片清洗废水 800L/a、废胶片 20 张/a，属于危险废物，危废编号为 HW16。项目产生废危险废物依托现有危废间进行暂存，全部委托资质单位进行处置，不外排。

##### （5）噪声

风机工作时将产生一定噪声，本项目拟采用低噪声设备，噪声源强低于 65dB（A），使厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准限值要求。探伤机在探伤期间产生的噪声很小，经距离衰减及厂房隔声降噪后，对厂区周围声环境质量不会造成影响

#### 13.1.6 事故影响分析结论

经预测，假若本项目发生辐射事故，则最大的事故等级为一般辐射事故。环评认为，项目单位按相关规定和本环评要求，对现有的辐射事故应急预案进行补充和完善后，可适用于本项目单位发生的辐射事故的应急处置。

#### 13.1.7 环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

#### 13.1.8 辐射全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，考试（核）合格，有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

#### 13.1.9 结论

综上：本项目符合国家产业政策，选址合理，总平布置合理。在落实报告表所提出的辐射安全防护和环境保护措施的前提下，可确保辐射工作人员和公众所受到的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。从环境保护和辐射安全防护的角度分析，项目的建设是可行的。

### 13.2 建议

为了保护环境，确保污染源的长期稳定达标，减小对周围环境的影响，本评价提出以下要求：

（1）严格落实本项目所提各项屏蔽措施、管理措施及防护措施等相关措施，避免射线照射超标对职业工作人员及公众人员的伤害。

（2）加强对职业工作人员的宣传教育，相关岗位人员应取得上岗证及相应资质方可上岗工作。

（3）严格落实本项目所提各项防护安全和环保措施及各项规章制度。

（4）项目建成后进行竣工验收，如有不符合规定的要整改，对不满足环保要求的部分，应对其采取治理措施，直至满足环保要求。

### 13.3 项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、

同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应依法开展项目竣工环保验收工作。本项目竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 项目竣工验收一览表

| 辐射场所 | 内容        |                   | 数量  |
|------|-----------|-------------------|-----|
| 屏蔽设施 | 145 大厅探伤室 | 墙体和屋顶采用混凝土屏蔽      | 1 间 |
|      | MG325 探伤机 | 铅房屏蔽              | 2 个 |
| 安全联锁 | 145 大厅探伤室 | 门机联锁装置            | 1   |
|      |           | 门灯联锁装置            | 1   |
|      |           | 紧急制动按钮            | 3 个 |
|      |           | 电离辐射标志、状态指示灯      | 1 套 |
|      | MG325 探伤机 | 门机联锁装置            | 2   |
|      |           | 声光报警装置            | 2   |
|      |           | 工作状态指示灯           | 2   |
|      |           | 紧急止动按钮            | 2   |
| 监测仪器 |           | 个人剂量计             | 6 套 |
|      |           | X- $\gamma$ 辐射监测仪 | 1 台 |
|      |           | 个人剂量报警仪           | 2 个 |
| 台账管理 |           | 个人剂量档案            | /   |
|      |           | 射线装置及放射源台账        | /   |

表 14 审批

|              |       |
|--------------|-------|
| 下一级环保部门预审意见： |       |
| 公章           |       |
| 经办人：         | 年 月 日 |

|       |       |
|-------|-------|
| 审批意见： |       |
| 公章    |       |
| 经办人：  | 年 月 日 |

## 附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 厂区平面布置图

附图 3 145 大厅探伤室周边关系图

附图 4 540 大厅射线装置周边关系图

附图 5 探伤室平面布置图

附图 6 145 大厅探伤室两区划分图

附图 7 540 大厅探伤机两区划分图

## 附件

附件 1 项目委托书

附件 2 营业执照

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 原有项目环评批复及验收意见

附件 5 环境质量现状监测报告

附件 6 辐射事故专项应急预案