

目 录

| | | |
|------|----------------------|----|
| 表 1 | 项目基本情况 | 1 |
| 表 2 | 放射源 | 12 |
| 表 3 | 非密封放射性物质 | 13 |
| 表 4 | 射线装置 | 14 |
| 表 5 | 废弃物（重点是放射性废弃物） | 15 |
| 表 6 | 评价依据 | 15 |
| 表 7 | 保护目标与评价标准 | 17 |
| 表 8 | 环境质量和辐射现状 | 28 |
| 表 9 | 项目工程分析与源项 | 30 |
| 表 10 | 辐射安全与防护 | 41 |
| 表 11 | 环境影响分析 | 42 |
| 表 12 | 辐射安全管理 | 70 |
| 表 13 | 结论与建议 | 85 |
| 表 14 | 审批 | 89 |

- 附件 1 委托书
- 附件 2 环保手续
- 附件 3 租赁文件
- 附件 4 检测报告

表 1 项目基本情况

| | | | | | |
|---|--------------|--|---|------------------------|--------------------|
| 建设项目名称 | | 东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司 固定式工业 X 射线探伤核技术利用项目 | | | |
| 建设单位 | | 东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司 | | | |
| 法人代表 | 王肇宇 | 联系人 | 张玉娜 | 联系电话 | 13695357102 |
| 注册地址 | | 陕西省西咸新区泾河新城崇文镇泾科路 1 号副 12 号 | | | |
| 项目建设地点 | | 陕西省西咸新区泾河新城崇文镇泾科路 1 号副 12 号 东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司 1 号厂房北侧中部 | | | |
| 立项审批部门 | | / | | 批准文号 | / |
| 建设项目总投资 (万元) | | 190 | 项目环保投 资(万元) | 8 | 投资比例(环保投 资/总投资) |
| 项目性质 | | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它 | | 占地面积 (m ²) | 96 |
| 应用 类型 | 放射源 | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 | | |
| | 非密封放 射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | / | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙 | | |
| | 射线装置 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> 使用 | <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| 其他 | / | | | | |
| <p>项目概述:</p> <p>1.1 公司概况</p> <p>东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司成立于 2023 年 4 月, 注册资本 12000 万元, 公司主要从事国防军工和高科技行业, 经营范围主要包括金属结构制造; 金属材料制造; 计量技术服务; 技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广。</p> <p>根据调查, 建设单位之前尚未开展过相关 X 射线核技术利用项目, 未申领过辐射安全许可证。</p> <p>1.2 核技术应用的目的和由来</p> <p>为了满足生产工件质量检验的需要, 东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司拟在其现有厂区 1 号厂房北侧中部新建一间探伤间, 并购置一台 TITAN Neo 320X 射线探伤机, 开展专用无损检测工作。</p> <p>根据《射线装置分类》(2017 年 12 月 6 日), 本项目使用的探伤机属于 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》的规定, 本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境</p> | | | | | |

影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目为“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，故应编制环境影响报告表。东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司于2023年7月委托西安桐梓环保科技有限公司对其进行环境影响评价工作（委托书见附件1）。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该项目进行了现场踏勘。

1.3 建设规模及工程内容

(1) 项目概况

探伤室及辅助用房拟建于东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司1号厂房内北侧中部，建筑面积约96m²。东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司拟购置1台TITAN|Neo 320（定向）X射线探伤机，开展专用无损检测工作。

本项目拟购置的X射线探伤机工作方式为室内探伤，不开展现场探伤工作。本项目的建设内容见表1-1。

表 1-1 项目组成一览表

| 类别 | 项目名称 | 建设内容 | 备注 | |
|------|----------|--|----|-----------------------------|
| 主体工程 | 探伤室 | 探伤室位于现有厂房内，四周墙体和顶棚均采用混凝土结构，探伤室内部净尺寸：5400×3900×3100（H）mm，探伤室顶部一般无人到达。探伤室所在地上方区域没有需要高空作业的行车。 | 新建 | |
| | | 防护 | | 四周屏蔽措施：700mm 混凝土。 |
| | | 措施 | | 顶棚屏蔽措施：600mm 混凝土。 |
| | | 施 | | 地面屏蔽措施：混凝土硬化，地下为实土层，故不考虑屏蔽。 |
| | | 设备 | | 防护门体厚度：26mmPb 铅板+4mm 钢板。 |
| | | 1 台 TITAN Neo 320（定向）X 射线探伤机，最大管电压为 320kV，最大管电流为 45mA。 | | |
| 辅助工程 | 操作室 | 操作室位于探伤室的东侧，建筑面积约 23.76m ² 。 | 新建 | |
| | 危废贮存库 | 危废贮存库位于探伤室北侧，建筑面积 3.9m ² 。 | | |
| | 暗室（洗片室） | 暗室位于探伤室北侧，建筑面积约 11.5m ² 。 | | |
| | 评片室 | 评片室位于操作室北侧，建筑面积约 19.3m ² 。 | | |
| 公用工程 | 供配电系统 | 依托厂区供配电系统，厂区用电来源于市政供电。 | 依托 | |
| | 给水系统 | 辐射工作人员生活用水依托厂区给水管网。 | 依托 | |
| | 排水系统 | 辐射工作人员产生的生活污水进入厂区化粪池处理，处理后排入市政污水管网，最终进入泾河新城第二污水处理厂处理。 | 依托 | |
| 环保工程 | X 射线辐射防护 | 采用足够厚度的铅、混凝土进行屏蔽防护。 | 新建 | |
| | 污水处理 | 辐射工作人员产生的生活污水进入厂区化粪池处理，处理后纳入市政污水管网，进入泾河新城第二污水处理厂处理，最终排入泾河。 | 依托 | |

| | | |
|-------|---|----|
| 探伤室通风 | 探伤室西北角顶部设置排风装置，采用轴流风机，风量 400m ³ /h，排风口设置铅防护罩，废气经排气管道引至 1 号厂房北侧顶部排放，距地面约 12m 处排放。 | 新建 |
| 一般固废 | 工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾分类收集箱收集后交由环卫部门统一处理。 | 依托 |

(2) 设备概况

根据建设单位提供的资料，射线装置技术参数详见表 1-2。

表 1-2 射线装置技术参数表

| 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压 | 最大管电流 | 备注 |
|---------|------|-----|---------------|-------|-------|----|
| X 射线探伤机 | II 类 | 1 台 | TITAN Neo 320 | 320kV | 45mA | 定向 |

(3) 探伤工件情况

本项目主要针对航空航天企业制造的合金零部件进行无损检测，主要的探伤工件尺寸见下表。

表 1-3 主要探伤工件外形尺寸一览表

| 工件名称 | 材质 | 形状 | 长 (mm) | 厚度 (mm) |
|----------|--------------|---------|--------|---------|
| 航空发动机零组件 | 不锈钢、高温合金、钛合金 | 环形件，异形管 | ≤1200 | ≤8 |

(4) 计划工作量

工作量以工件尺寸和结构为准，每天照射次数约 84 次，每次照射 2 分钟，每周 5 天，年工作 52 周左右。则本项目预计全年曝光总次数不大于 21840 次，每次曝光时间根据工件的厚度确定，年曝光时间约 728h。本项目年工作 52 周，则周实际开机约 14 小时。项目计划工作量见表 1-4 所示。

表 1-4 项目计划工作量

| 探伤机型号 | 最大管电压 | 最大管电流 | 工作量 | 年工作时间 (最大) | 周工作时间 (最大) |
|---------------|-------|-------|---------------|------------|------------|
| TITAN Neo 320 | 320kV | 45mA | 年曝光次数 21840 次 | 728h | 14h |

注：年工作时间和周工作时间按每次曝光最大时间 2min 计算。

(5) 主要原辅材料

本项目探伤机为胶片成像，采用自动洗片。单次曝光贴胶片的数量结合胶片大小及工件周长确定，使用定向探伤机时单次曝光最多需 4 张胶片，本次评价曝光一次洗片量按 4 张计，探伤机年曝光次数约 21840 次，则本项目年洗片量约为 87360 张。一次配置显影液和定影液各约 19L，10-15 天更换一次。本项目按 10 天更换一次计算，则显影液和定影液更换次数约为 37 次/a；本项目使用浓缩定影液/显影液，无需按 ABC 三种液体配置，直接加水稀释即可使用，一瓶浓缩定影液可以配置 19L 工作用定影液(直接加水稀释即可)，按 1(浓缩液):4(水)的比例配置；一瓶浓缩显影液可以配置 19L 工作用显影

液(直接加水稀释即可),按 1(浓缩液):3(水)的比例配置;包装规格分别为定影液:(2*3.8L),显影液:(2*4.75L)。因此定影液原液和显影液原液用量分别为 140.6L/a、175.75L/a,配置定影液和显影液用水量分别为 562.4L、527.25L。本项目拟采取自动洗片方式,根据建设单位提供的资料,1L 水约冲洗胶片 60 张,冲洗胶片年用水量共约 1456L/a。本项目主要原辅材料见表 1-5。

表 1-5 原辅材料一览表

| 序号 | 名称 | 使用量 | 来源 | 主要化学成分 |
|----|-----|------------|------|--|
| 1 | 胶片 | 87360 张/a | 外购 | 卤化银和涤纶 |
| 2 | 定影液 | 140.6L/a | 外购 | 卤化银、硫代硫酸钠 (Na ₂ S ₂ O ₃) |
| 3 | 显影液 | 175.75L/a | 外购 | 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 ₂ SO ₄)、碳酸钠 (Na ₂ CO ₃) |
| 4 | 水 | 1089.65L/a | 市政管网 | 自来水,用于定影液和显影液配置 |
| | | 1456L/a | 市政管网 | 自来水,用于冲洗胶片 |

(6) 辐射工作人员

本项目拟配置 2 名辐射工作人员,从事本次 X 射线无损检测工作。同时承担洗片、评片、存档工作。

环评要求,本项目涉及的辐射工作人员必须经过辐射安全和防护专业知识以及相关法规的培训,经辐射安全与防护考核,成绩合格后方可上岗操作。在进行无损检测工作时应配备相应的个人剂量计等相关防护用品,定期体检,建立个人健康档案。

1.4 项目地理位置及周边环境概况

(1) 项目所在区域周围环境概况

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司位于陕西省西咸新区泾河新城崇文镇泾科路 1 号副 12 号。项目所在地南侧为空地;东侧为西安海红轴承有限公司;西侧为西安标准热处理有限责任公司整体搬迁技改项目(在建),北侧为陕西重华环境环保设备智造园。本项目地理位置图见图 1-1,厂房四邻关系图见图 1-2。

(2) 探伤室建设区域周围环境概况

本项目探伤室位于 1 号厂房车间内,项目周围无居民住宅敏感点。探伤室拟建区域的北侧为厂房内中间仓库,南侧为厂房内部通道,东侧为焊接扩充区,西侧为厂房内部通道,隔通道为电加工区。厂房建筑结构为 1F,层高为 18m,探伤室外净高度 3.7m,顶部无人员到达。厂房无地下层,探伤室下方为实土层。本项目探伤室所在厂房内部平面布置图见图 1-3,探伤室拟建区域平面布置图见图 1-4。



图 1-1 东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司厂区地理位置图



图 1-2 本项目厂区四邻关系图



图 1-3 本项目探伤室所在地 1 号厂房内部平面布置图

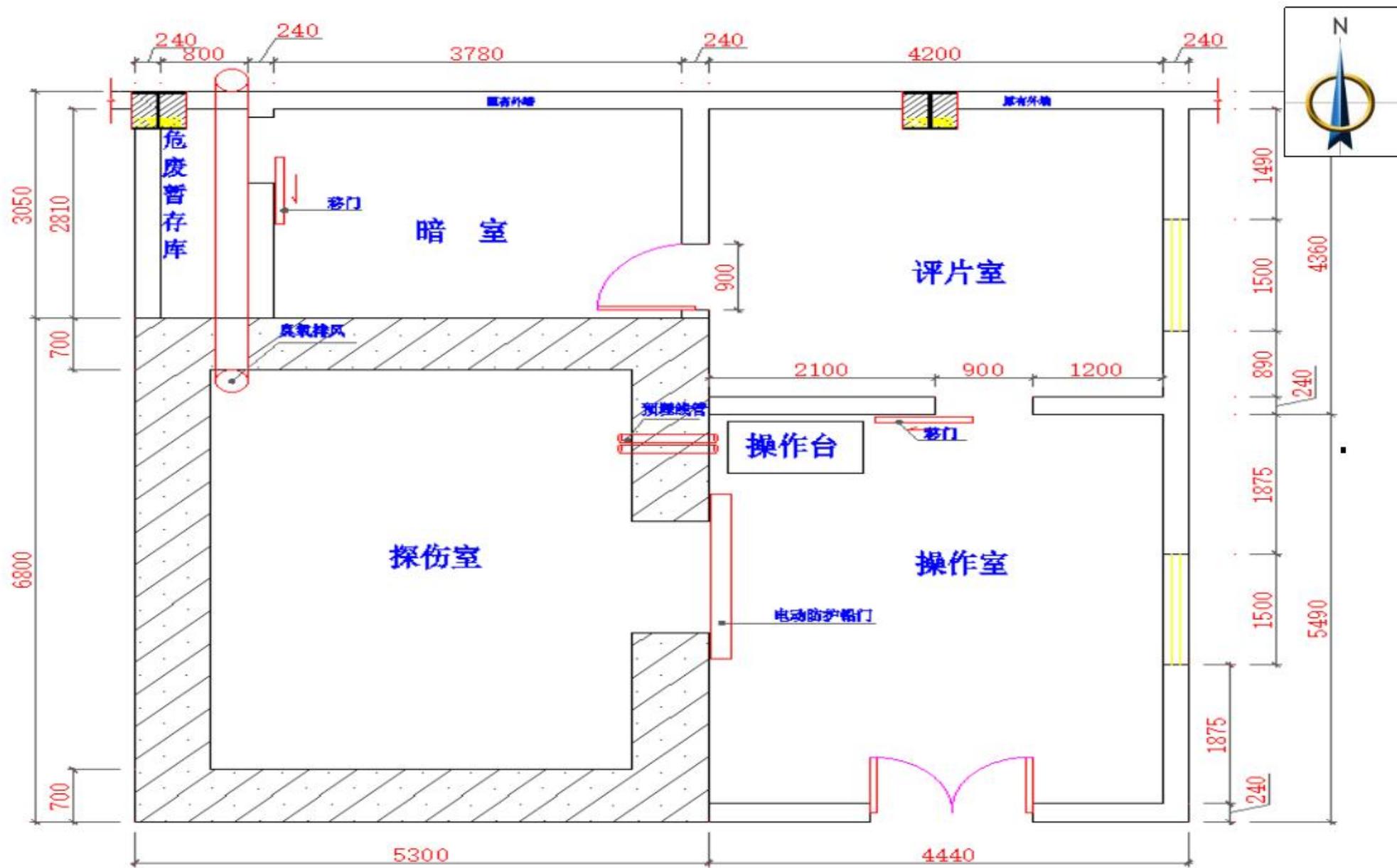


图 1-4 探伤室拟建区域平面布置图

1.5 辐射工作场所选址合理性

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司位于陕西省西咸新区泾河新城崇文镇泾科路1号副12号。东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司厂区所在地南侧为空地，东侧为西安海红轴承有限公司，西侧为西安标准热处理有限责任公司整体搬迁技改项目（在建），北侧为陕西重华环境环保设备智造园项目。本项目位于1号厂房北侧中部区域。拟建探伤室西侧为厂房内道路，隔路为电加工区；南侧为厂房内道路，隔路为数控铣区；东侧为焊接扩充区；北侧为厂房墙体，隔墙为厂区内中间仓库。项目探伤室所在厂房建筑内部净高为18m，顶部无人员到达。探伤室无地下层，建筑下方为实土层。该区域人员活动较少，且无长期滞留人员。因此，探伤室所在位置有利于减少X射线对公众成员的影响。

根据探伤室的辐射安全防护屏蔽理论计算结果分析，探伤室屏蔽体及铅防护门屏蔽防护能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）等要求；根据建设单位提供的屏蔽体和防护门防护厚度预测，探伤时辐射工作人员所受的年附加有效剂量最大为 $2.63 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，远低于放射性工作人员剂量控制目标值 5mSv/a ；公众人员因该项目可能导致其所受的年附加有效剂量为 $1.28 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，低于公众人员剂量控制目标值 0.1mSv/a ，因此，探伤时对辐射工作人员及公众的影响较小。

项目周围50m范围内不涉及居民住宅区，涉及人员主要为厂区的工作人员。探伤室区域内人员主要为辐射工作人员和其他办公人员。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开，本项目操作室位于探伤室东侧，探伤机有用线束照向地面，不照射操作室。探伤室设置视频监控系统，便于辐射工作人员观察工件和探伤机状态及防护门开闭情况。探伤室屏蔽体厚度满足相关要求，且探伤室周围相邻区域无公众人员长期驻留区域，从辐射安全与防护的角度分析，在射线装置运行时，可有效减少公众人员的受照剂量，且本项目监督区和控制区划分明确，因此项目选址合理可行。

1.6 环境保护目标

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护目标为探伤室周围活动的辐射工作人员和公众成员，评价范围为探伤室外50m的区域（见图7-1）。

本项目环境保护目标详见后文表7-1。

1.7 建设单位环保手续履行情况

本项目为新建项目，现有厂房是西安工业投资集团有限公司 2015 年建成，西安电器开关有限公司在 2015 年建设了整体搬迁技术改造项目，该项目于 2015 年 12 月取得原泾阳县环境保护局的批复，批复文号为泾环函〔2015〕125 号，并于 2018 年 9 月完成竣工环保验收（见附件 2），2020 年该项目搬迁，厂房空置。2020 年 9 月西安工业投资集团有限公司与陕西西工投园区建设发展有限公司签订资产托管经营协议（见附件 3），由陕西西工投园区建设发展有限公司进行管理经营活动。2023 年 3 月东方蓝天钛金科技有限公司与陕西西工投园区建设发展有限公司签订租赁合同（见附件 3）。2023 年 9 月东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司委托陕西永信环境工程有限公司编制《航空发动机核心部件生产基地一期项目》环境影响报告表，并于 2023 年 10 月 7 日取得陕西省西咸新区泾河新城管理委员会“关于东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司航空发动机核心部件生产基地一期项目环境影响报告表的批复意见”西咸泾河审准〔2023〕71 号（见附件 2），目前污染类项目正在建设，尚未进行竣工环保验收工作。

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司目前尚未涉及核技术利用项目，该单位为首次涉及核技术利用领域。根据调查，本项目探伤室所在区域目前无核技术应用装置。根据监测，项目拟建地的环境地表 γ 辐射剂量率与西安市的地表 γ 辐射剂量率无明显差异。因此，项目拟建区域不存在与本项目有关的原有核技术应用及污染状况。

1.8 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全，该项目建设有利于发展社会经济，在严格落实各项辐射防护措施情况下为企业和社会带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.9 产业政策符合性分析

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司固定式工业 X 射线探伤核技术利用项目主

要对工件进行无损检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及其 2021 年 12 月 30 日《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》中“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

表4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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 | 最大管电流 | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|---------|------|-----|---------------|-------|-------|------|------|----|
| 1 | X 射线探伤机 | II 类 | 1 台 | TITAN Neo 320 | 320kV | 45mA | 无损检测 | 探伤室 | 定向 |
| | 以下空白 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压 (kV) | 最大靶电流 (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 | |
| | 以下空白 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

表 6 评价依据

| | |
|-------------|---|
| <p>法规文件</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1、《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）； 2、《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）； 4、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日）； 5、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》（2019 年 10 月 21 日）； 6、《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）； 7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），2021 年 1 月 4 日； 8、《射线装置分类》（2017 年 12 月 6 日）； 9、《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》（环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日实施）； 10、《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 2019 年第 57 号公告）； 11、《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及其 2021 年 12 月 30 日《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》； 12、《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号，2018 年 6 月 6 日）； 13、《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年 7 月 31 日）； 14、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日）； 15、《国家危险废物名录（2021 年版）》，部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日实施。 |
| <p>技术标准</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； 3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其第 1 号修改单； 4、《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； 5、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）； 6、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； 7、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 8、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。 |
| <p>其他</p> | <p>本项目环境影响评价委托书及企业提供的其他资料。</p> |

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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》（HJ10.1-2016）中 1.5 评价范围和保护目标：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。

本项目为射线装置应用项目，结合项目能量流污染特征与距离相关关系，室内探伤取所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。

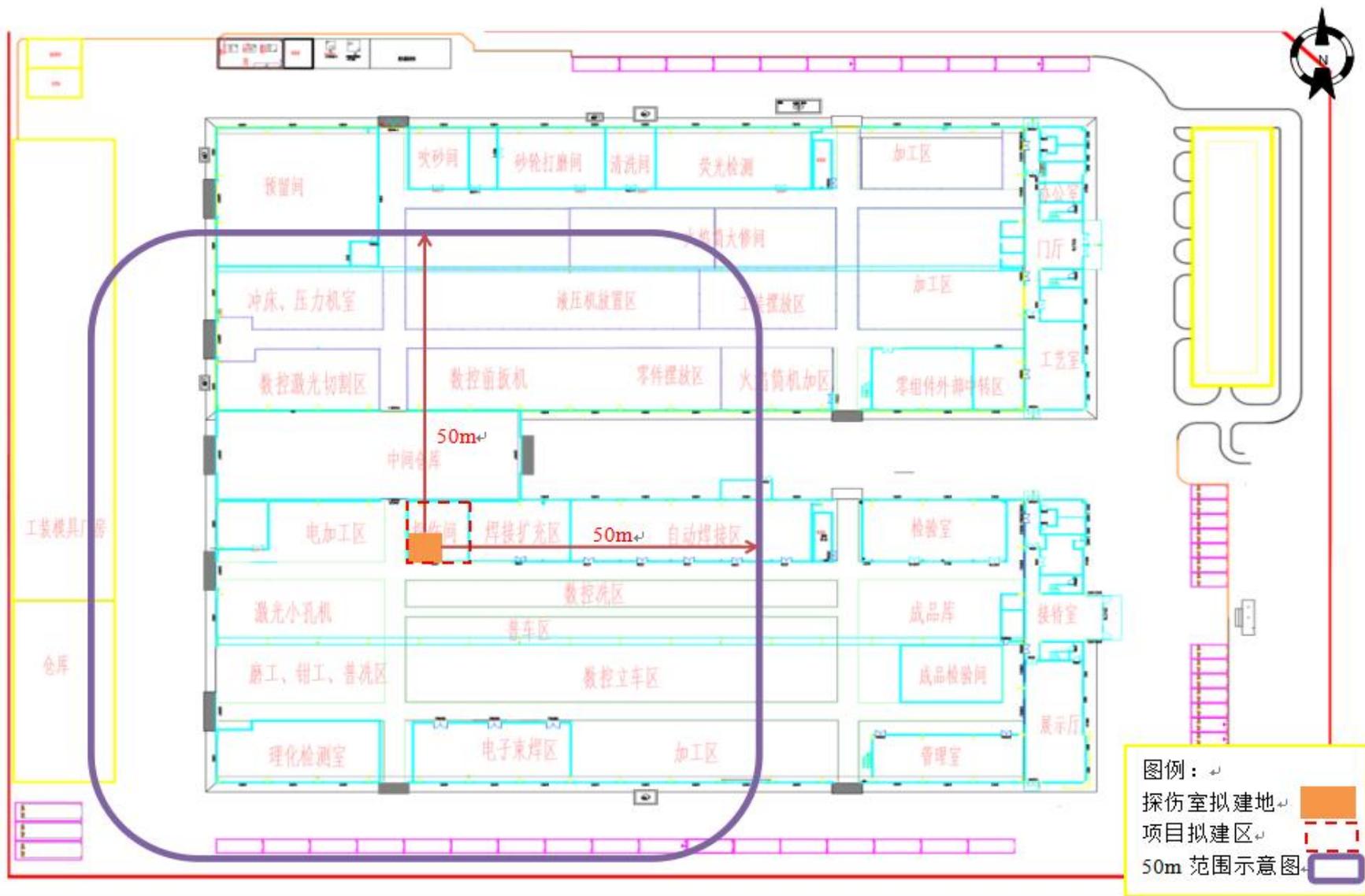


图 7-1 本项目评价范围图

7.2 保护目标

7.2.2 保护目标

根据项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护目标为该探伤室周围 50m 范围内活动的人员。项目探伤室周围环境保护目标统计见表 7-1，本项目评价范围图见图 7-1。

表 7-1 环境保护目标情况

| 序号 | 敏感区域 | 方向 | 距探伤室屏蔽体的距离 | 规模 | 影响因素 | 敏感人群 | 控制目标 |
|----|--------------|--------|------------|--------|------|--------|-------------------|
| 1 | 操作室的操作人员 | 探伤室东侧 | 0-4m | 2 人 | X 射线 | 辐射工作人员 | 年受照剂量不大于 5mSv/a |
| 2 | 评片室的工作人员 | 探伤室东北侧 | 0-4m | | | | |
| 3 | 暗室（洗片室）的工作人员 | 探伤室北侧 | 0-2m | | | | |
| 4 | 数控剪扳机 | 探伤室北侧 | 15-23m | 流动人员 | | 公众人员 | 年受照剂量不大于 0.1mSv/a |
| 5 | 中间仓库 | | 2.8-15m | 约 2 人 | | | |
| 6 | 厂房北侧道路 | | 8-21m | 流动人员 | | | |
| 7 | 火焰筒大修间 | | 45-50m | 约 35 人 | | | |
| 8 | 火焰筒机加区 | | 40-50m | 约 8 人 | | | |
| 9 | 激光切割区 | | 16-26m | 约 8 人 | | | |
| 10 | 普车区 | 探伤室南侧 | 9-24m | 流动人员 | | | |
| 11 | 电子束焊区 | 30-41m | 流动人员 | | | | |
| 12 | 数控立车区 | 13-18m | 约 2 人 | | | | |
| 11 | 普洗区 | 探伤室西南侧 | 45.6-50m | 流动人员 | | | |
| 12 | 理化检测室 | | 32-36m | 约 4 人 | | | |
| 13 | 激光小孔区 | | 4-14m | 流动人员 | | | |
| 14 | 仓库 | | 45-50m | 约 2 人 | | | |
| 15 | 焊接扩充区 | 探伤室东侧 | 4-14m | 约 3 人 | | | |
| 16 | 自动焊接区 | 14-50m | 流动人员 | | | | |
| 17 | 数控激光切割区 | 探伤室西侧 | 15-25m | 约 5 人 | | | |
| 18 | 电加工区 | 3-21m | 约 4 人 | | | | |

7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平：

B1.1.1.1 条规定：应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv；本项目取其四分之一，即 5mSv 作为职业工作人员的年有效剂量约束值。

B1.2.1 条规定：实践使公众中有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量 1mSv。

结合本项目射线装置的使用情况，综合考虑射线装置现有使用情况并为企业的远期发展预留空间，本次评估对公众人员的年受照剂量约束值按标准剂量限值的 1/10 执行，即 0.1mSv。

二、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求（摘录）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GB Z98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

| 管电压 kV | 漏射线空气比释动能率（mGy/h） |
|---------|-------------------|
| <150 | <1 |
| 150~200 | <2.5 |
| >200 | <5 |

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全连锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

- a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
- b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 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自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；
- b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控

制水平通常可取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。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。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 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，并与探伤机联锁。“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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 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。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便

便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

8 放射防护检测

8.1 检测的一般要求

8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

8.1.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

8.2 探伤机检测

8.2.1 防护性能检测

8.2.1.1 检测方法

X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行。

8.2.1.2 检测周期

使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的

性能检测。

8.2.1.3 结果评价

X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。

8.3 探伤室放射防护检测

8.3.1 检测条件

检测条件应符合如下要求：

a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

8.3.2 辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X- γ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

8.3.3 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

b) 探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；

c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；

e) 人员经常活动的位置；

f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

8.3.4 检测周期

探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。X 射线探伤机额定电压增大时，应重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。

8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。

8.5 放射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。

8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

三、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

第 3 条 探伤室屏蔽要求

3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

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) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 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 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按式（1）计算：

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

式中：

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；

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，单位为小时每周（h/周）。

t 按式（2）计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (2)$$

式中：

W ——X射线探伤的周工作负荷（平均每周X射线探伤照射的累积“mA·min”值），mA·min/周；

60——小时与分钟的换算关系；

I ——X射线探伤装置在最高管电压下常用的最大管电流，单位为毫安（mA）。

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

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

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 $\dot{H}_{c\text{-d}}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c\text{-max}}$ 二者的较小值

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射，该项辐射和穿出探伤室的透射辐射在相应关注点的剂量率总和应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

2) 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 $\mu\text{Sv/h}$ 。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各

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

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门，对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门，探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

四、辐射评价标准汇总

综上所述，本次环评结合上述标准以及项目实际情况，本项目取 5mSv/a 作为辐射工作人员的年剂量约束值，取 0.1mSv/a 作为公众人员的年剂量约束限值。同时根据项目实际情况，确定本项目年有效剂量管理目标及污染物排放指标如表 7-2 所示。

表 7-2 本项目管理目标值及辐射评价标准汇总表

| 序号 | 项目 | 控制值 | 执行标准 |
|----|-----------|---|---------------------------|
| 1 | 年剂量管理目标值 | 辐射工作人员：5mSv/a；公众人员：0.1mSv/a | GB18871-2002 |
| 2 | X 射线探伤机要求 | 管电压>200kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线周围剂量当量率：<5mSv/h | GBZ117-2022 |
| 3 | X 射线专用探伤室 | X 射线探伤室外表面 30cm 处周围剂量当量率 ≤2.5μSv/h，顶棚蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 100μSv/h。 | GBZ/T250-2014、GBZ117-2022 |
| 4 | 通风要求 | 探伤室有效通风换气次数应不小于 3 次/h | GBZ117-2022 |

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地辐射环境质量现状，2023 年 10 月 12 日，东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司委托西安桐梓环保科技有限公司对探伤室及周边环境进行了 γ 辐射剂量率监测（见附件 2），监测内容如下：

- (1) 监测因子： γ 辐射剂量率。
- (2) 监测仪器：见表 8-1。

表 8-1 检测设备一览表

| 仪器名称 | 仪器型号 | 仪器编号 | 测量范围 | 检定证书编号 | 有效日期 |
|-------------------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| X、 γ 射线检测仪 | BG9512P | XATZ-YQ-002 | 0.01 μ Gy/h~30mGy/h | 2023H21-20-45823 07001 | 2023 年 05 月 18 日~ 2024 年 05 月 17 日 |

- (3) 质量保证措施：

监测按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）等监测方法，实施全过程质量控制。

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性和可比性；
- ②监测分析方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；
- ③所用监测仪器全部经过计量部门检定并在有效期内；
- ④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- ⑤监测数据严格实行审核制度。

- (4) 监测结果

现状监测结果见表 8-2。监测点位示意图见图 8-1、图 8-2。

表 8-2 拟建区域及周边监测结果

| 序号 | 监测点位描述 | γ 辐射剂量率（ μ Gy/h） | 备注 |
|----|---------------|-----------------------------|--------|
| 1 | 1 号厂房南侧厂区道路 | 0.100 | 室外环境本底 |
| 2 | 1 号厂房西侧厂区道路 | 0.104 | |
| 3 | 1 号厂房北侧厂区道路 | 0.106 | |
| 4 | 探伤室拟建地 | 0.120 | 室内环境本底 |
| 5 | 探伤室西南侧理化检测室 | 0.115 | |
| 6 | 探伤室东侧焊接扩充区 | 0.109 | |
| 7 | 探伤室西侧电加工区 | 0.113 | |
| 8 | 探伤室西北侧数控激光切割区 | 0.108 | |

| | | | |
|----|--------------|-------|--|
| 9 | 探伤室东北侧火焰筒大修间 | 0.111 | |
| 10 | 1号厂房西南侧仓库 | 0.115 | |
| 11 | 探伤室东南侧加工区 | 0.109 | |
| 12 | 探伤室北侧中间仓库 | 0.109 | |

表 8-2 所列监测结果为经校准后的 γ 辐射剂量率值，所测地室内 γ 辐射剂量率为 0.108~0.120 μ Gy/h（已扣除宇宙射线），室外 γ 辐射剂量率为 0.100~0.106 μ Gy/h（已扣除宇宙射线）。

根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年）“西安市原野 γ 辐射剂量率范围为 50.0~117.0nGy/h，道路 γ 辐射剂量率范围为 52.0~121.0nGy/h，室内 γ 辐射剂量率范围为 79.0~130.0nGy/h”。经对比，探伤室周边环境的 γ 辐射剂量率与西安市天然环境 γ 剂量率处于同一水平，属天然辐射本底水平。故项目所在区域辐射环境现状质量良好。



图 8-1 监测点位示意图（室外）



图 8-2 监测点位示意图（室内）

表9 项目工程分析与源项

9.1 施工期

本项目施工期主要为探伤室屏蔽体框架搭建和主体结构的浇筑、探伤室配套用房主体建设、设备线缆、风机安装，探伤室配套用房及探伤室内部装修、设备安装和调试等。土建施工规模较小，施工时间较短，施工位置位于项目所在厂房内空地，该区域平时无人员长期停留，施工时拟设置围挡，因此施工活动对外环境影响较小，且其影响随着施工结束而消失。

(1) 施工废气

施工产生的扬尘主要集中在土建施工阶段，主要是在建材的运输、装卸、物料搅拌过程中，由于外力而产生的尘粒再悬浮而造成。项目施工期较短，施工期间通过洒水抑尘、篷布苫盖等措施降低粉尘的影响。

(2) 施工废水

施工期废水主要为施工废水和施工人员生活污水。施工废水来自混凝土养护过程产生的废水，施工废水收集沉淀后回用于物料搅拌或场地洒水抑尘；施工人员生活污水依托厂区现有化粪池处理后排至市政污水管网。

(3) 施工固废

本项目施工期的固体废物主要来源于建筑垃圾和施工人员生活垃圾。

①建筑垃圾

建设施工过程中将产生建筑垃圾，建筑垃圾由施工单位统一运至建筑垃圾填埋场处置。

②生活垃圾

本项目施工期产生的生活垃圾按每天施工人员 10 人计，每人每天产生的生活垃圾按 0.5kg 计，则每天产生 5kg 生活垃圾。生活垃圾经过分类收集后，可回收利用的统一收集交由物资回收公司，不可回收利用的采取垃圾桶收集后，每日交由环卫部门统一处理。

(4) 施工噪声

施工噪声主要体现在土石方开挖、基础施工、结构施工等阶段，通过选用低噪声施工设备、设置施工围挡、合理安排施工时间，可降低施工噪声的影响。

综上，本项目工程量较小，施工期短，合理安排施工秩序，基本不会对周围环境产生不良影响，并且随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 探伤设备

TITAN|Neo 320 探伤机为工业 X 射线定向探伤机，由控制器、X 射线发生器、连接电缆、电源电缆组成。

(1) 控制器

探伤机控制器为立式结构，所有操作均有面板上的按键式开关进行，电缆插座、电源开关及接地端子设置在接线盒内。控制器由控制板、电容板、供电电源板、前面板、电感线圈、IGBT 斩波模块构成。

(2) X 射线发生器

探伤机 X 射线发生器为组合式，X 射线管、高压发生器与绝缘气体（SF₆）一起封装在桶状铝壳内。X 射线发生器一端装有风扇和散热器。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管冷却风扇、充、放气阀部件构成。

本项目使用的 X 射线探伤机技术参数见表 9-1。

表 9-1 X 射线探伤机的主要性能参数表

| X 射线探伤机型号 | 最大管电压 (kV) | 最大管电流 (mA) | 辐射角度 |
|---------------|------------|------------|------|
| TITAN Neo 320 | 320 | 45 | 40° |

9.2.2 X 射线产生原理

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨制灯丝，阳极靶则根据应用需要，由不同材料制成各种形状，靶体一般用高原子序数难熔金属（如钨、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接射向嵌在金属阳极中靶体，高电压加在 X 射线管两极之间，使电子射到靶体之前被加速到很高速度，这些高速电子轰击靶物质，与其作用产生韧致辐射，释放出 X 射线，X 射线探伤所利用的就是其释放出的 X 射线。X 射线管结构及原理示意图见图 9-1。

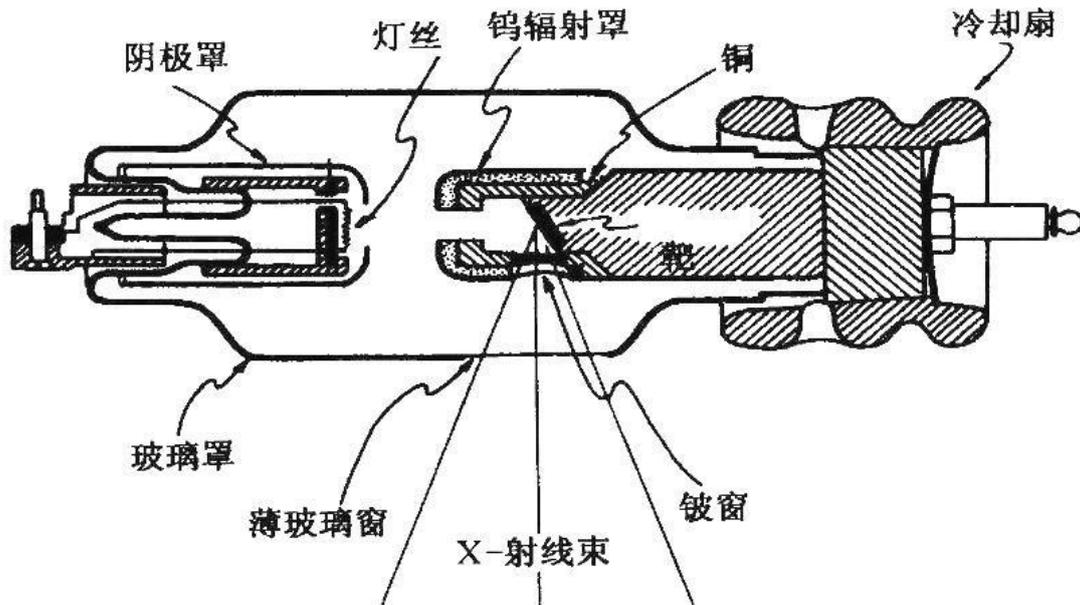


图 9-1 典型 X 射线管结构图

9.2.3 X 射线探伤机

(1) 成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有个重要性质，就是能使胶片感光，当 X 射线照射胶片时，与普通光线一样，能使胶片乳剂层中的卤化银产生潜象中心，经过显影和定影后就黑化，接收射线越多的部位黑化程度越高，这个作用叫做射线的照相作用。把这种曝光过的胶片在暗室中经过显影、定影、水洗和干燥，再将干燥的底片放在观灯片上观察，根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，这就是射线照相探伤的原理。

X 射线穿透工件焊缝在 X 胶片上成像，对 X 胶片进行显影、定影，根据 X 胶片上显示图像颜色的差异判断检测工件是否符合要求，从而达到无损检测的目的。

根据探伤机射线出束方位角度的不同，探伤机分为定向、周向两种类型，本项目使用的探伤机为 1 台定向探伤机。定向型探伤机辐射是固定的，射线束辐射圆锥角一般在 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 范围。典型定向 X 射线探伤机见图 9-2。

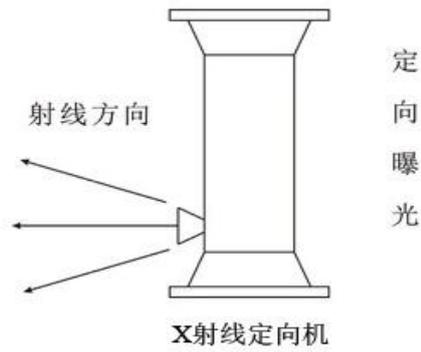


图 9-2 典型定向 X 射线探伤机

(2) 工作程序

本项目探伤机工作场所在探伤室内。探伤机工作流程见图 9-3。

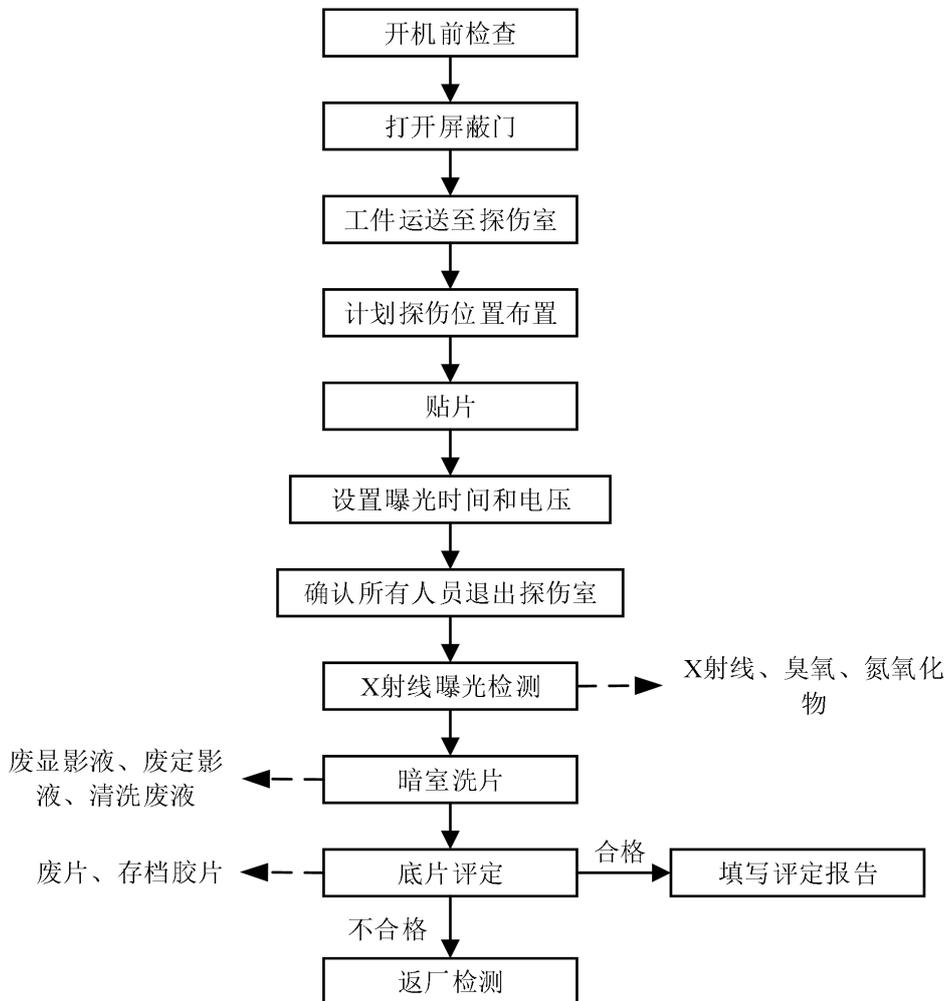


图 9-3 X 射线探伤工艺流程简图

X 射线探伤机操作流程简述：

本项目工业 X 射线探伤机采用拍片的方式进行无损检测，辐射工作人员在工作前必

须做好一切准备，根据探伤规范要求，算出曝光时间、焦距、确定焦点位置，非工作人员不得进入探伤室区域，以免发生误照事故。

①由工人将需要无损检测的工件放置在探伤室工件平台车上，工件平台车通过导轨将工件送至探伤室；

②根据探伤工件型号、大小、尺寸，确定探伤机的布置位置、照射角度；

③选择合适的位置，铺设胶片于需探伤工件或部件；

④人员撤离探伤室，关闭铅门；

⑤根据探伤规范要求，开启控制器电源，确认数码管显示与拨号盘一致、初级电压指示表指针在一半位置上，否则严禁开启高压；当电源电压正常时，调节千伏选择按钮，调整到需要的值；调节时间按钮，选择需要的曝光时间，准备进行下一步骤；

⑥确认探伤室内无人，关闭防护门后，启动高压，按下开高压按钮并持续 1 秒钟，即可启动曝光操作，同时操作面板上的射线警示灯闪动，时间显示窗口开始倒计时，X 射线发生器开始工作，向外辐射 X 射线；当数码管显示“0.0”时，曝光结束。仪器自动切断高压，喇叭鸣叫 3 声，并进入休息，数码管显示预选值，准备下一次曝光，此时，“准备”灯灭，等到与上次工作时间相等时，“准备”灯亮；

⑦探伤结束时，关闭 X 射线探伤机；

⑧确认 X 射线探伤机关闭后，开启防护门；工件平台车通过导轨将工件运出探伤室，由工人取下胶片并更换待检测工件；

⑨全部工件检测完成，关闭高压电源，填写设备运行记录；

⑩取下的胶片在暗室内进行冲洗，本项目采用自动洗片机进行洗片，其基本结构包括胶片传送系统、药液循环系统、药液补充系统、药液温度控制系统、显影时间控制系统、水洗系统、干燥系统、控制显示面板及相关电路。洗片机洗片过程主要由显影、定影、冲洗和烘干四部分组成，胶片先在装有显影药液的显影槽中放置一定时间，再在装有定影药液的定影槽中放置一定时间，接着在冲洗槽中用清水冲洗，然后进行烘干，洗片过程即完成。

⑪进行评片和审片，评定合格的底片填写评定报告，评定不合格的产品，返修检测。本项目洗片工艺流程如图 9-4 所示。

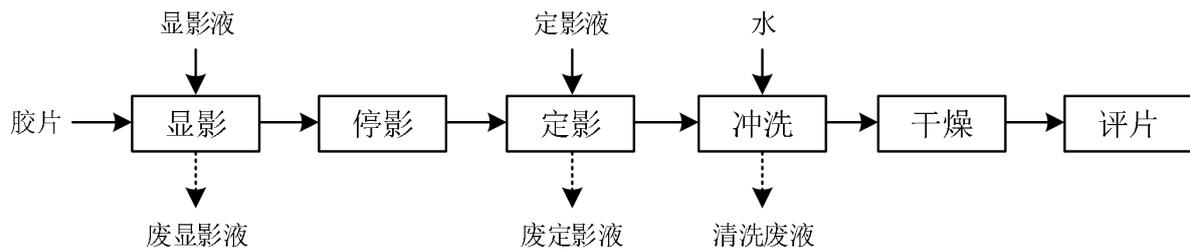


图 9-4 洗片工艺流程图

9.3 污染源项描述

9.3.1 主要污染物

根据工艺流程可知，项目运营期产生的污染物主要有 X 射线探伤机曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）、生活污水、噪声、固体废物（生活垃圾）、废水（生活污水）、危险废物（废显影/定影液、洗片废水、废胶片）。

（1）电离辐射

由 X 射线机工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机状态，并且其 X 射线管处于高压状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 X 射线探伤机工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

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

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。

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

（2）臭氧和氮氧化物

本项目使用的 X 射线探伤机工作时最大电压为 320kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此其运行时产生的 X 射线会使探伤室内空气电离产生少量臭氧和

氮氧化物，产生量少，通过机械排风排入环境。

（3）废水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的少量生活污水。本项目辐射工作人员为2人，工作时间为260d/a。根据陕西省《行业用水定额》（DB61/T943-2020）行政办公人员用水定额 $10\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{a})$ ，本项目生活用水量为 $20\text{m}^3/\text{a}$ ，废水产生系数按0.8计，则生活污水产生量为 $16\text{m}^3/\text{a}$ （ $0.062\text{m}^3/\text{d}$ ）。生活污水依托厂区现有化粪池（有效容积 10m^3 ）处理后排入市政污水管网，最终进入泾河第二污水处理厂处理。

根据建设单位提供资料，东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司污染类项目预计每日排放的污水量最大为 $7.6\text{m}^3/\text{d}$ ，化粪池尚有 2.4m^3 的裕量；本项目废水排放量仅为 $0.062\text{m}^3/\text{d}$ ，污水量不会对厂区化粪池产生冲击负荷，故依托可行。

（4）噪声

探伤室内设置一台轴流风机，风机工作时将产生一定的噪声，建设单位拟采用低噪声设备，噪声值约 $65\text{dB}(\text{A})$ 。

（5）生活垃圾

生活垃圾：本项目工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

（6）危险废物

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司探伤作业产生的洗片废液、冲洗废水（含重金属 Ag^+ ）以及废旧胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物HW16（废物代码900-019-16）。

①洗片废液：曝光产生的胶片在暗室进行冲洗。洗片液由显影液和定影液组成，主要成分为苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银。本项目一次配置的显影液和定影液各约19L，东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司每年最多拍片约87360张，更换显影液和定影液约37次/a，约每10天更换一次，该企业产生废显影液 $0.97\text{t}/\text{a}$ ，废定影液分别为 $0.97\text{t}/\text{a}$ （密度为 $1.375\text{t}/\text{m}^3$ ）。

②冲洗废水：洗片过程中显影和定影后需要用清水进行冲洗，清洗水反复使用，主要含对苯二甲酸和微量的银，污染物浓度较小。根据建设方提供的资料，本项目拟采取自动洗片方式，胶片冲洗水用量约 $1.456\text{t}/\text{a}$ ，保守考虑冲洗水损耗量较小可忽略不计，则废冲洗水产生量约 $1.456\text{t}/\text{a}$ 。

③废旧胶片：废旧胶片包括曝光时产生的废片和存档到期的胶片，属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性。每年废片产生量按拍片量的 1%计，则废胶片产生量约 874 张（0.0874t）。本项目危废产生量及处理措施见下表 9-2。

表 9-2 本项目危废产生量及处理处置措施

| 危废名称 | 危废类别 | 危废代码 | 产生量 | 形态 | 主要成分 | 有害成分 | 产废周期 | 危险性 | 处置措施 |
|------|------|------------|----------|----|---------------|------|-------|-----|-------------------------------|
| 废显影液 | HW16 | 900-019-16 | 0.97t/a | 液态 | 苯二酚、亚硫酸钠、重金属银 | 重金属银 | 每 2 周 | T | 分类收集后暂存于危废贮存库，定期交由有相应资质的单位处置。 |
| 废定影液 | HW16 | 900-019-16 | 0.97t/a | 液态 | 苯二酚、亚硫酸钠、重金属银 | 重金属银 | 每 2 周 | T | |
| 冲洗废水 | HW16 | 900-019-16 | 1.456t/a | 液态 | 对苯二甲酸、重金属银 | 重金属银 | 每天 | T | |
| 废胶片 | HW16 | 900-019-16 | 0.0874t | 固态 | 明胶、卤化银 | 重金属银 | 每周 | T | |

综上，本项目产生的污染因子情况如表 9-3 所示。

表 9-3 项目污染因子一览表

| 污染物 | 污染因子 | 治理措施 |
|------|---|---|
| 辐射 | X 射线 | X 射线通过探伤室进行屏蔽。 |
| 废气 | O ₃ 、NO _x | 探伤室顶部设置机械通风装置，采用轴流风机，风量 400m ³ /h 以上，通风口外部设置铅防护罩，废气经排气管穿过危废贮存库顶棚后引至 1 号厂房北侧排放。 |
| 废水 | COD、BOD ₅ 、SS、NH ₃ -N | 辐射工作人员产生的生活污水进入厂区化粪池处理，经处理后排入市政管网，最终进入泾河新城第二污水处理厂。 |
| 噪声 | 设备噪声 | 本项目探伤室设置有 1 台轴流风机，经过厂房隔声、选用低噪风机等措施，降低风机噪声对周边环境的影响。 |
| 一般固废 | 生活垃圾 | 辐射工作人员产生的生活垃圾交由环卫部门统一处理。 |
| 危险废物 | 废显影液、废定影液、冲洗废水、废胶片 | 危险废物分类收集后暂存于危废贮存库，定期交由有相应资质的单位处置。 |

9.3.2X 射线辐射污染途径

1、正常工况

X 射线经透射、漏射和散射，对工作场所及其周围环境产生辐射影响。

2、事故工况

事故工况可分为人为原因导致和不可预见的客观原因导致两类。

(1) 人为原因

①检测工作结束后，X 射线单元没有关闭，而操作人员未能使用合适的测量仪器进行测量，发现 X 射线管还继续工作发射射线。

②人为解除或门机联锁装置故障，导致 X 射线探伤时人员误入探伤室，使其受到不必要的照射。

③人为解除或门机联锁装置故障，导致 X 射线探伤机工作时防护门未关闭，致使 X 射线泄漏，使周围活动的人员受到不必要的照射。

④工件搬运人员未撤离探伤室，工作人员开机进行 X 射线探伤，导致探伤室滞留人员受照射。

(2) 不可预见的客观原因

由于设备突然失灵、损坏或安全系统失效、外界条件突然变化等，以及探伤室结构不完整、铅门铅沉降等原因，引起的意外照射或辐射事故。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 条：“应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制”的要求，划定相应分区：①控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；②监督区：未被确定为控制区，通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

本项目将探伤室屏蔽体内部划分为控制区。

本项目将探伤室屏蔽体外其他区域，划定理由如下：①、本项目探伤区南北侧均为 1 号厂房内部通道，范围不好界定；②根据表后文表 11-10 探伤室四周屏蔽体辐射剂量率估算表的结果可知，本项目南侧走廊周围剂量当量率为 $1.19 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，西侧走廊周围剂量当量率为 $1.14 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，均远低于本项目拟建地室内本底检测数值 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ ，故本次评价对于探伤室南侧和西侧不设置监督区。综上，本项目将除探伤室屏蔽体以外的其他区域（北侧危废暂存库、北侧洗片室、北侧评片室、东侧操作室）划分为监督区。

本项目具体划分见表 10-1，探伤室控制区、监督区分区图见图 10-1 和 10-2。

表 10-1 本项目控制区、监督区分表

| 分区类型 | 划分区域 |
|-------|-----------------------------------|
| 控制区范围 | 探伤室屏蔽体内 |
| 监督区范围 | 除探伤室屏蔽体以外的其他区域（危废暂存库、洗片室、评片室、操作室） |

根据上述分区，建设单位须采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：探伤室内部，以防护门和探伤室屏蔽墙为界。针对控制区，建设单位拟采取一系列的放射防护与安全措施，设置门-机联锁装置、工作状态指示灯及辐射警示标志等设施，严格限制人员随意进入控制区，射线装置在运行过程中，对控制区进行严格控制，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。

②监督区：操作室、评片室、暗室为辐射工作人员工作场所，禁止非辐射工作人员进入。在操作室、探伤室东侧铅门屏蔽体外设置电离辐射警示标识，警告无关人员远离该区域。对该区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检查其辐射剂量率。

③在监督区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

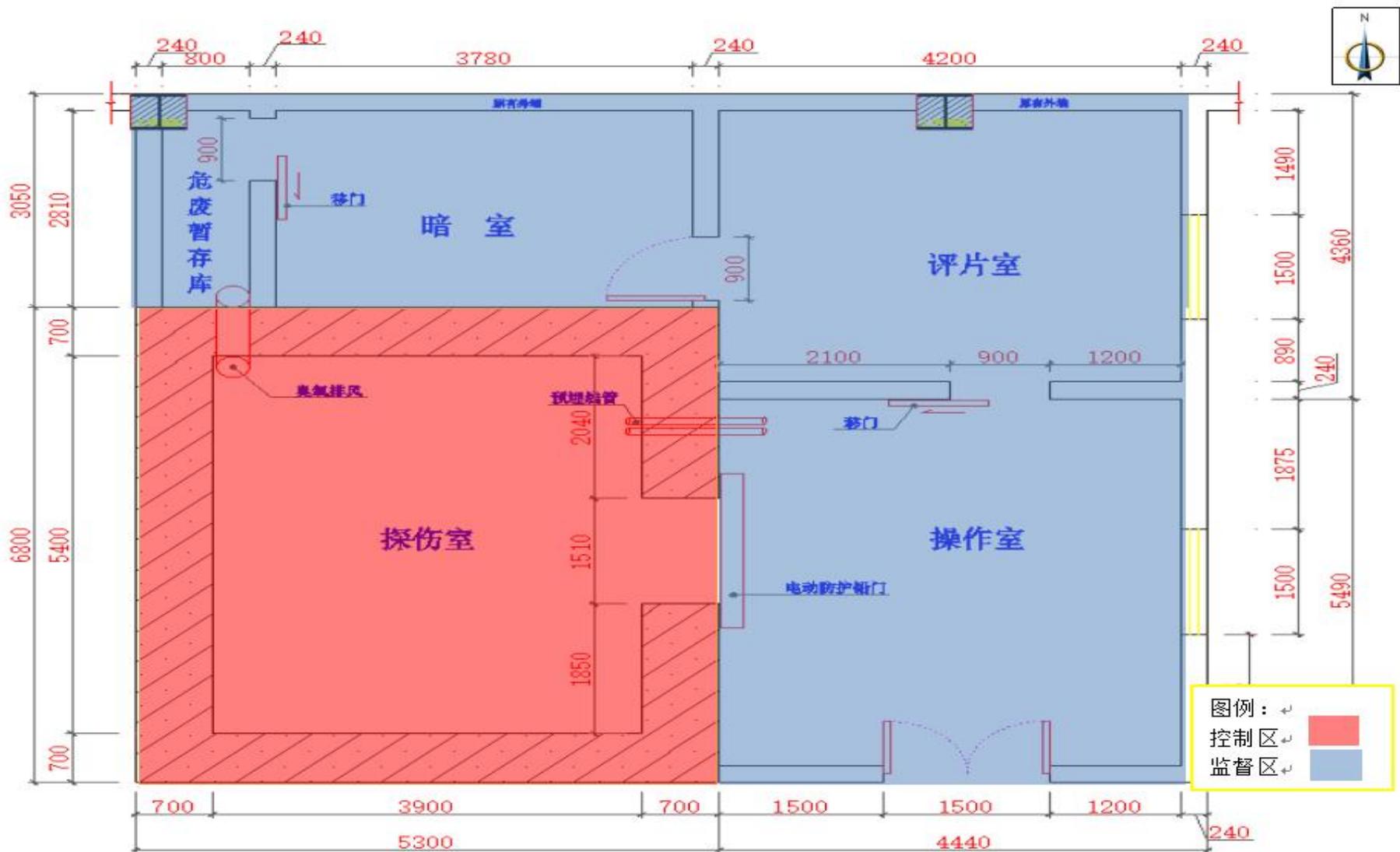


图 10-1 本项目控制区、监督区分区图

10.1.2 探伤室布局

(1) 平面布置图

根据设计资料，本项目包含探伤室、操作室、评片室、暗室（洗片室）等，其平面布置图如图 10-2 所示。

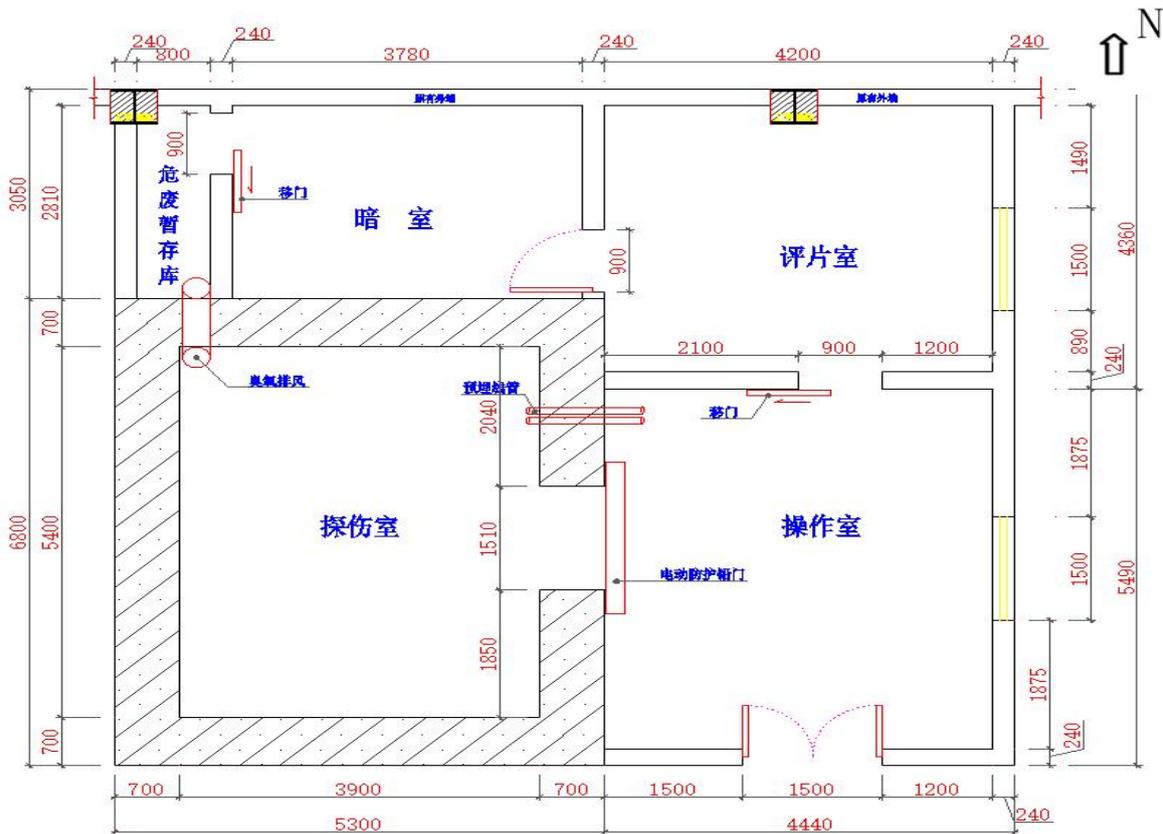


图 10-2 探伤室平面布置图

(2) 布局合理性分析

本项目探伤室位于东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司 1 号厂房北侧中部。探伤室东侧立面设有 1 个防护门。探伤机为定向锥靶射线机，每次探伤时探伤机主射方向朝下曝光。根据探伤室平面布局，考虑到辐射工作人员安全问题，将操作室布置于探伤室东侧。综上所述，本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）“6.1.1 操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开”及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）“3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向”的要求。本项目工业 X 射线探伤机结构示意图见图 10-3。

综上，项目工作场所布局合理。

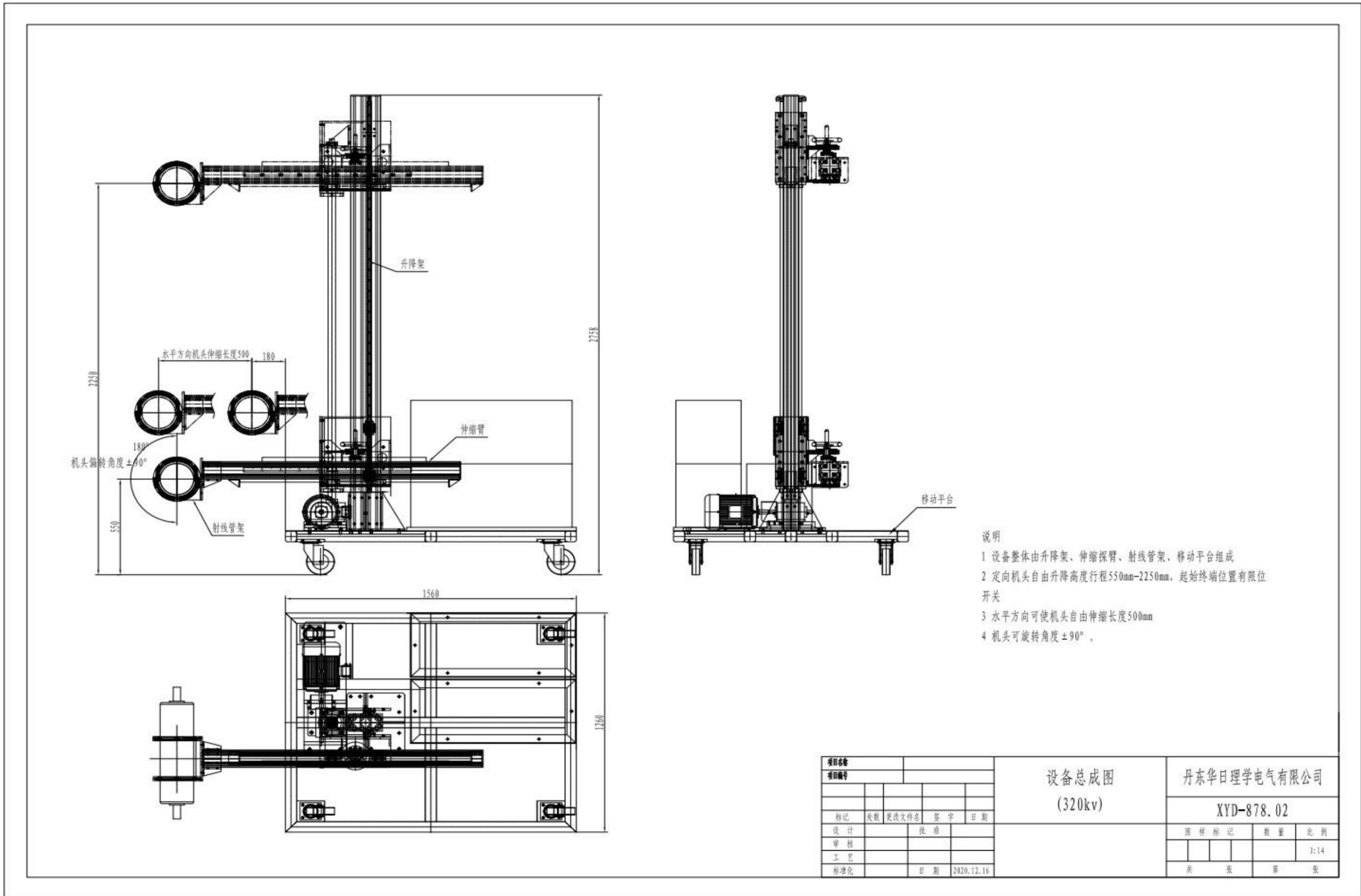


图 10-3 工业 X 射线探伤机结构示意图

10.1.3 辐射防护屏蔽设施

根据建设单位提供的探伤室设计资料可知，本项目探伤室内部净尺寸为 5400×3900×3100mm(长×宽×高)；探伤室屏蔽体采用混凝土浇筑，其四周屏蔽体为 700mm 混凝土墙体。探伤室顶部为 600mm 混凝土墙体，防护门采用 26mmPb+4mm 钢板电动推拉门。探伤室下方为实土层，故不考虑地板屏蔽情况。

根据建设单位提供的资料，探伤室设置机械通风装置，采用轴流风机，风量 400m³/h，每小时通风换气次数约 6 次，通风口外部设置铅防护罩，废气经排气管引至 1 号厂房北侧墙体顶部处排放，排气管出口配备防雨帽。探伤室电缆穿越防护墙的管线采用“U”型预埋管穿越探伤室。铅防护门设置门-机联锁装置，在探伤室门口和内部同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与 X 射线探伤机连锁，探伤室防护门上设置电离辐射警告标识和中文警示说明。探伤室各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-2。

表 10-2 探伤室设计屏蔽设计一览表

| 项目 | 探伤室设计屏蔽措施 |
|--------------|--------------------------|
| 探伤室尺寸（长×宽×高） | 内净尺寸：5400×3900×3100（H）mm |
| 探伤室四周屏蔽厚度 | 四周屏蔽体为 700mm 混凝土墙体 |
| 顶棚屏蔽厚度 | 600mm 混凝土 |
| 地面屏蔽厚度 | 混凝土硬化，土层不考虑屏蔽 |
| 电动铅防护门尺寸 | 1610mm×3100mm |
| 电动铅防护门防护厚度 | 26mmPb+4mm 钢板电动推拉门 |

10.1.4 探伤作业辐射安全与防护措施

1、探伤室实体屏蔽防护措施

（1）探伤室辐射屏蔽

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室屏蔽体采用混凝土和铅门屏蔽防护 X 射线，防护厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射。

根据后文核算，本项目屏蔽体防护厚度可满足辐射防护要求，探伤室屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

（2）防护门的安装

本项目探伤室防护门 26mmPb+4mm 钢板电动推拉门，防护门与探伤机进行高压连锁控制，根据后文核算，X 射线机正常运行时，防护门厚度能保证在防护门关注点的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 的要求。

(3) 排风口防护措施

通风口为该探伤室新建，位于探伤室顶棚西北侧，本项目设置一台轴流风机，设计通风量为 400m³/h，排放口罩有铅防护罩，铅防护罩铅当量不低于 26mmPb。项目运行过程中产生的废气经排气管引至探伤室外 1 号厂房北侧墙体顶部处排放，探伤室通风口屏蔽措施示意图见图 10-4。

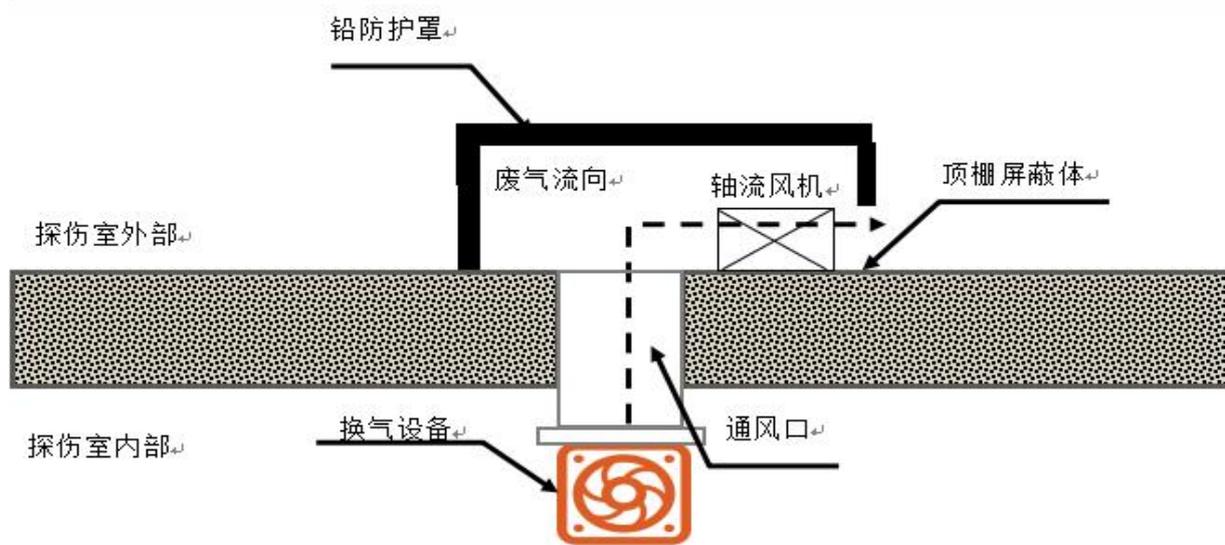


图 10-4 探伤室通风口屏蔽措施示意图

(4) 电缆管线进出口防护

电缆管道穿过探伤室防护墙的孔道应避开有用线束及人员经常驻留的区域。本项目电缆线走线口设于探伤室东侧墙角处，不在探伤机主射方向，内外管线槽上部均设置铅板遮挡，并采用 U 型穿墙形式，不影响墙体的屏蔽防护效果。

因此电缆线走线口的位置及辐射防护补偿措施设置合理，不会影响探伤室的屏蔽能力。本项目探伤室电缆管道等穿过墙面的孔道其穿墙示意图如下。

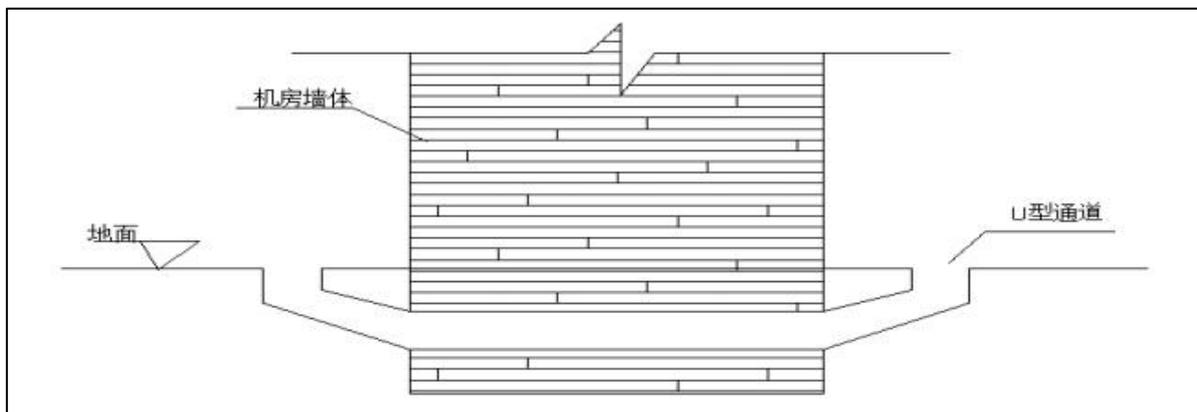


图 10-5 电缆穿墙示意图 (U 型管)

2、探伤室拟采取的辐射安全防护措施

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

(2) 探伤室内设置机械通风装置与新风装置。通风口位于探伤室顶棚西北侧，排放口罩有铅防护罩，产生的废气经排气管引至探伤室外所在的 1 号厂房北侧墙体顶部外排放，设计通风量为 400m³/h。

(3) 探伤室内拟安装 1 台固定式场所辐射探测报警装置，显示屏位于操作台，可以实时监测周围环境中的辐射剂量，当辐射剂量超过安全阈值时，固定式剂量报警仪会自动发出声光报警，提醒操作人员及时采取应急措施，保证人员和环境的安全。

(4) 辐射工作人员进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟配备个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪，并检查探伤室联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否正常。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。若联锁装置异常，禁止进入探伤室，并按照程序进行报告、检修。

(5) 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。个人剂量计定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。

(6) 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

(7) 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

(8) 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。在每一次探伤工作开始前应检查个人剂量报警仪，联锁装置是否正常，检查防护门是否完全关闭，发现异常则不应开始探伤工作。

3、安全联锁及紧急停机

(1) 门机联锁

探伤室拟设置多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。门机联锁：采用电动、手动一体化防护门，与 X 射线探伤机启动电路实行门-机联锁方式，即探伤

室防护门未关闭之前，X 射线探伤机无法启动，在屏蔽铅门全部关闭后，X 射线装置才能启动曝光进行探伤作业。在探伤过程中，防护门被意外打开时，X 射线探伤机立即停止出束，关上门不能自动开始 X 射线照射。

（2）灯机联锁

灯机联锁：为减少公众人员受到不必要的剂量，防护门安装灯机联锁系统，在设备出束时灯亮警示，以预防和控制潜在的照射。射线装置与防护门联锁。

本项目探伤室防护门设置有门机和灯机联锁装置。

（3）声光警示

探伤室门口和内部醒目位置应同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续足够长的时间，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。探伤室内、外醒目位置拟张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

本项目探伤室防护门顶部设置有预备指示灯和照射指示灯。

（4）控制台锁定开关

控制台应设有防止非工作人员操作的钥匙开关，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时才能拔出。钥匙由探伤机操作人员携带保管，换班、检修时检查钥匙交接情况，防止非工作人员误操作探伤机。操作人员离开操作室时，拔出专用钥匙，妥当保管，以防止非工作人员操作而发出射线。

（5）紧急停机

操作台和探伤室内分别设置紧急停机开关，并带有清晰的标签，标明使用方法，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。紧急停机开关处设置标签、标明使用方法。在探伤室内、操作台分别设置紧急停机按钮或拉绳。在紧急情况下，便于探伤室和操作室内的人员及时终止照射，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。

操作台和探伤室内分别设置紧急按钮（探伤室四周侧立面各 1 个，操作台 1 个），紧急停机开关应带有标签，标明使用方法，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

（6）电离辐射警示标志

严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，将探伤室屏蔽体围成的内部区域划为控制区，与探伤室屏蔽体外部相邻的区域划为监督区。在探伤室防护门的醒目位置

张贴固定的电离辐射警告标志和中文警示说明，限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

(7) 视频监控

探伤室内和探伤室出入口安装监视装置，在控制室的操作台设有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况以及防护门开闭情况。

本项目探伤室内设置 2 套视频监控设备，能完全观察探伤室内部。防护门外设置 1 套视频监控设备，方便观察探伤室出入口情况。

(8) 应急时手动开门装置

紧急开门装置是在发生故障或停电等紧急情况下，需要手动打开探伤室门的一种应急设施。本项目探伤室防护门设置有备用电源接口，当停电时可通过外接备用电源的方式启动防护门。

(9) 监督区、控制区标识线

在探伤室入口处即在铅防护门下方地面设置控制区标识线，警示无关人员禁止随意进入控制区。在探伤室东侧的操作室入口，探伤室北侧、西侧及东侧的监督区边界的地面上设置监督区标识线，告诫无关人员远离该区域。

本项目辐射安全设施布局图见图 10-6。

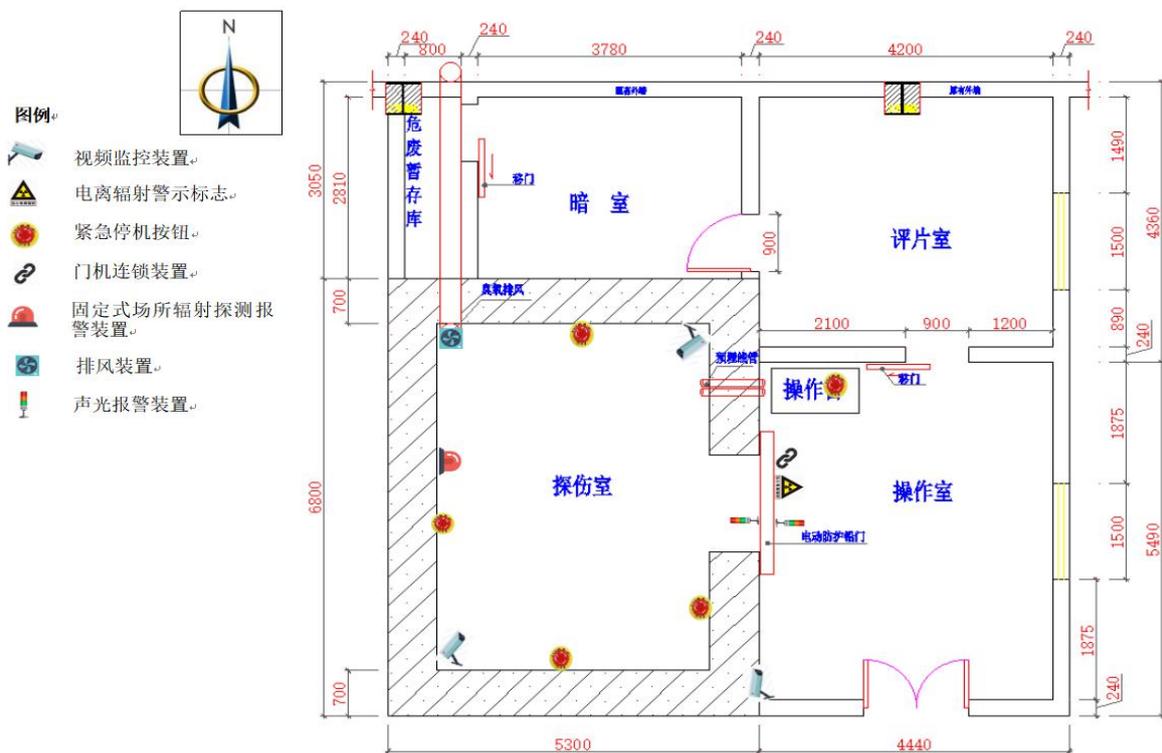


图 10-6 辐射安全设施布局图

4、操作台拟采取的辐射安全防护措施

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

(2) 操作台设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(3) 操作台设高压接通时的外部报警或指示装置。

(4) 操作台或 X 射线管头组装体上设置与探伤室进出门联锁的接口，当探伤室门未全部关闭时不能接通 X 射线管的管电压；已接通的 X 射线管的管电压在铅门开启时能立即切断。

(5) 操作台设钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束。

(6) 操作台设紧急停机开关。

5、安全操作要求

(1) 操作人员必须遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

(2) 辐射工作人员在工作时，必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪。工作期间认真做好当班记录。

(3) 严禁操作人员擅自离开岗位，密切注视控制台仪表及 X 射线探伤机状况，发现异常及时处理。

(4) 工作期间，除设备操作人员外，操作台不得有其他人员。

(5) 只有通过专用钥匙才能使 X 射线探伤机出束，钥匙由专人保管。操作人员离开操作台时，拔出专用钥匙，妥善保管，以防他人误操作而发出射线。

10.1.5 机房通风

当 X 射线探伤装置运行时，X 射线与空气相互作用，可使机房内空气电离，产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)等有害气体。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)第 6.1.10 条的要求：“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。”本项目探伤室设置机械排风系统。废气排放口位于探伤室西北侧。根据设计资料，探伤室通风系统设计情况如表 10-3 所示。

表 10-3 探伤室通风系统设计

| 探伤室容积 (m ³) | 设计排风口位置 | 设计机械排风装置 | 设计排风量 | 设计排风次数 |
|-------------------------|---------|----------|----------------------|--------|
| 5.4×3.9×3.1=65.286 | 探伤室西北角 | 轴流风机 | 400m ³ /h | 6 次/h |

由上表可以看出本项目探伤室每小时有效通风换气次数满足标准要求。

排风口位于探伤室西北角，排放口使用铅屏蔽材料进行防护补偿（排风口设置 L 型铅防护罩），铅防护罩铅当量与其所在立面防护墙体的铅当量一致。项目运行过程中产生的废气经排气管引至探伤室所在的 1 号厂房北侧墙体顶部外排放。排放管道出口位于探伤室所在厂房北侧，上方无建筑物，无人员密集区。排出的臭氧经大气稀释和扩散作用，浓度进一步降低，对周围大气环境几乎无影响。通风口位置示意图见图 10-7。

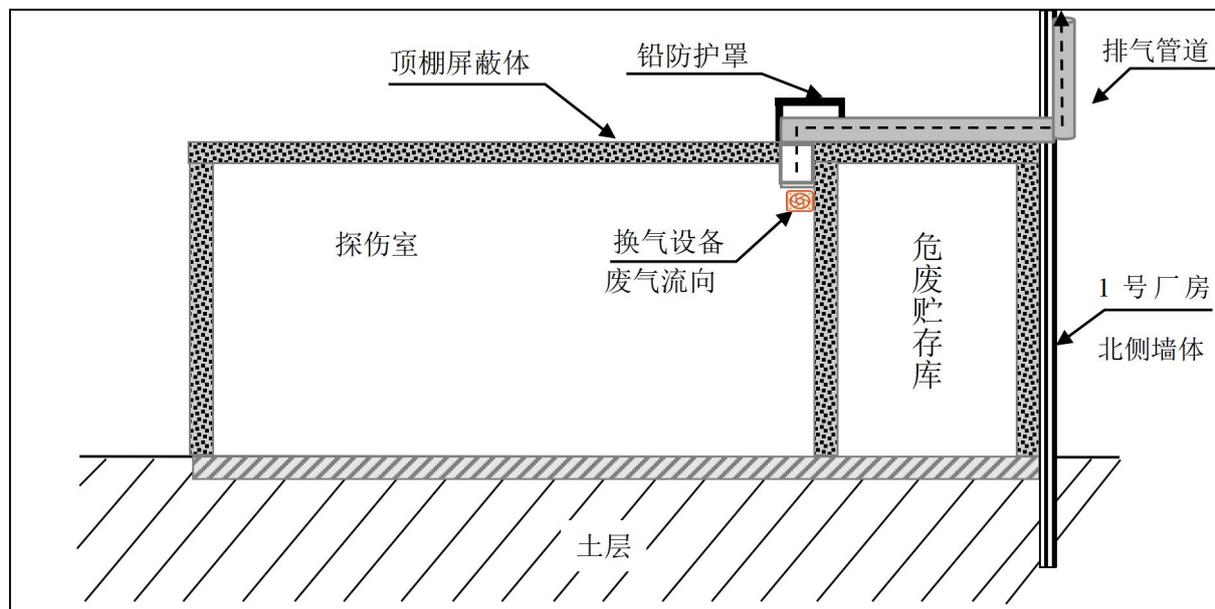


图 10-7 排风口位置示意图

10.1.6 个人防护用品及监测仪器

本项目拟配置的个人防护用品及监测仪器见下表。

表 10-4 个人防护用品及监测仪器

| 序号 | 名称 | 数量 | 用途 |
|----|----------------|-----|--|
| 1 | 个人剂量报警仪 | 1 个 | 辐射工作人员随身携带，实时监测辐射剂量是否超标 |
| 2 | 个人剂量计 | 2 枚 | 辐射工作人员工作期间佩戴，对个人受到的附加剂量进行记录 |
| 3 | 便携式 X-γ 辐射剂量率仪 | 1 台 | 探伤室屏蔽体外定期剂量监测，保证屏蔽体的屏蔽效果 |
| 4 | 固定式场所辐射探测报警装置 | 1 台 | 本次拟在探伤室内设置 1 台固定式场所辐射探测报警装置，剂量显示装置位于操作台。 |

本项目拟配备辐射工作人员 2 名，辐射工作人员数量满足要求。公司拟配置的个人防护用品和监测仪器能满足项目运行的需要。

10.2 三废的治理

根据对该 X 射线无损检测系统正常检测时的污染源项分析，本项目探伤机检测过程中主要产生 X 射线、废定影液、废显影液、冲洗废水、废胶片及少量的臭氧和氮氧化物。

1、废气

本项目探伤机使用过程中会产生微量臭氧和氮氧化物，探伤室配备 1 套机械通风装置，通风量不小于 400m³/h，每小时可通风换气 6 次，项目运行期间进行连续通风，通风系统可将绝大部分的臭氧和氮氧化物排出，探伤室内的臭氧和氮氧化物浓度基本处于本底水平，不会对探伤室工作人员产生影响。项目运行时排出的臭氧经大气稀释和扩散作用，浓度进一步降低，对周围大气环境几乎无影响。

2、危险废物处理措施

本项目产生的危险废物主要为废显影液、废定影液、冲洗废水及废胶片。根据《国家危险废物名录（2021 年版）》，以上废物均为危险废物（HW16 感光材料废物）。废显影液 0.97t/a，废定影液 0.97t/a，主要成分为苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银。本项目拍片后胶片在暗室洗片。配置好的显影液和定影液平时存放在专用水槽中备用，更换时转移至专用废物桶，放置于危险废物贮存库，定期交由有相应资质的单位处置。

洗片过程中需要用清水冲洗，主要含对苯二甲酸和微量的银，浓度很小，产生量约为 1.456t/a。冲洗废水和洗片废液一同暂存于危险废物贮存库的废液桶内，定期交由相应资质的单位处置。

废胶片产生量约为 874 张 0.0874t/a，产生后放置于危险废物贮存库的收纳箱内，定期交由有相应资质的单位处置。

本项目产生的危险废物主要为废显影液、废定影液、冲洗废水及废胶片，其中废显影液、废定影液主要成分为苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银，冲洗废水主要含对苯二甲酸和微量的银，属感光材料废物，废胶片亦属感光材料废物。根据《国家危险废物名录（2021 年版）》，以上废物均为危险废物（HW16 感光材料废物），需委托有资质的危废处理单位回收处理，不能及时回收时需在公司内暂存。本项目危废贮存场所基本情况见下表 10-5。

表 10-5 建设项目危险废物贮存场所基本情况表

| 序号 | 贮存场所名称 | 危险废物名称 | 危险废物类别 | 危险废物代码 | 位置 | 占地面积 | 贮存方式 | 贮存能力 | 贮存周期 |
|----|---------|-----------|--------|------------|----------------|-------------------|------|------|------|
| 1 | 危险废物贮存库 | 废显影液、废定影液 | HW16 | 900-019-16 | 位于探伤室北侧危险废物贮存库 | 3.9m ² | 废液桶 | 0.2t | 30 天 |
| 2 | | 冲洗废水 | HW16 | 900-019-16 | | | 废液桶 | 0.2t | 30 天 |
| 3 | | 废胶片 | HW16 | 900-019-16 | | | 收集箱 | 50kg | 半年 |

3、危险废物管理要求

企业应制定危险废物管理计划，建立、健全污染环境防治责任制度，采取以下措施严格控制危险废物造成环境污染：

a) 制定危险废物管理计划，包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施。管理计划应报县级以上生态环境主管部门备案，内容有重大改变的，应当及时申报；

b) 建立危险废物台账记录，并向县级以上生态环境主管部门申报危险废物的种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。跟踪记录危险废物在厂内运转的整个流程，包括各危险废物的贮存数量、贮存地点、利用和处置数量、时间和方式等情况，以及内部整个运转流程中，相关保障经营安全的规章制度、污染防治措施和事故应急救援措施的实施情况。有关记录分类装订成册，由专人管理，防止遗失，以备生态环境部门检查；

c) 交由持有危险废物经营许可证并具有相关经营范围的企业进行处理，并签订委托处理合同；

d) 在进行危险废物转移时，应参照《危险废物转移联单管理办法》如实进行转移联单的填报登记，并按程序和期限向县级以上生态环境主管部门报告。

根据《陕西省固体废物污染环境防治条例》和《陕西省危险废物转移电子联单管理办法（试行）》相关要求，建设单位须做好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的运输应交由具有资质的危废处置单位统一运输、处置，在项目建成试运行前应签订危险废物处置合同。

4、危废贮存库依托可行性分析

本项目每年产生的洗片废水约 1.456t，废胶片每年产生 0.0874t，废显影液、废定影液每年各产生 0.97t，均属于危险废物，其危废编号为 HW16。探伤过程产生的所有危险废物在危废贮存库暂存，定期转移至厂区危废贮存库内（厂区危险废物贮存库位于厂区西北侧，建筑面积约为 40m²）。本厂区危险废物统一交由有资质的单位处置，不外排。

探伤产生的废显影液、废定影液、洗片废水暂存在专用的、设置有危废标志的容器中，定期交由有资质的单位进行处理并填写危险废物转移联单。危险废液收集桶、废胶片暂存柜放置地点为危废贮存库内。地面整体应做环氧树脂防渗漏，液体危废放置在防溢托盘内，危险废物收集、贮存、处置需建立管理制度，设专人管理，并设立危险废物台账。危险废物贮存库严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中要求进行建设和管理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要为探伤室屏蔽体框架搭建和主体结构的浇筑、探伤室配套用房主体建设、设备线缆、风机安装，探伤室配套用房及探伤室内部装修、设备安装和调试等。土建施工规模较小，施工时间较短，施工位置位于项目所在地 1 号厂房北侧中部，该区域平时无人员长期停留，施工时拟设置围挡，西侧厂区墙外为在建厂区，因此施工活动对外环境影响较小，且其影响随着施工结束而消失。

(1) 施工废气

施工产生的扬尘主要集中在土建施工阶段，主要是在建材的运输、装卸、物料搅拌过程中，由于外力而产生的尘粒再悬浮而造成。项目施工期较短，施工期间通过洒水抑尘、篷布苫盖等措施降低粉尘的影响。

(2) 施工废水

施工期废水主要为施工废水和施工人员生活污水。施工废水来自混凝土养护过程产生的废水，施工废水收集沉淀后回用于物料搅拌或场地洒水抑尘；施工人员生活污水依托厂区现有化粪池处理后排至市政污水管网。

(3) 施工固废

本项目施工期的固体废物主要来源于建筑垃圾和施工人员生活垃圾。

①建筑垃圾

建设施工过程中将产生建筑垃圾，建筑垃圾由施工单位统一运至建筑垃圾填埋场处置。

②生活垃圾

本项目施工期产生的生活垃圾按每天施工人员 10 人计，每人每天产生的生活垃圾按 0.5kg 计，则每天产生 5kg，生活垃圾分类收集，可回收利用的统一收集交由物资回收公司，不可回收利用的采取垃圾桶收集后，每日交由环卫部门统一处理。

(4) 施工噪声

施工噪声主要体现在基础施工、结构施工等阶段，通过选用低噪声施工设备、设置施工围挡、合理安排施工时间，可降低施工噪声的影响。

综上，本项目工程量较小，施工期短，合理安排施工秩序，基本不会对周围环境产生不良影响，并且随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 探伤室屏蔽能力理论预测

根据本项目 X 射线探伤机相关技术参数，本次探伤室配备 1 台 X 射线探伤机，最大管电压为 320kV。为保证射线装置在探伤室内进行无损检测作业时，探伤室周围辐射防护效果满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关辐射防护条款的要求，对探伤室的辐射防护效果进行理论校核。本次探伤室屏蔽能力分析主要依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的相关公式进行理论屏蔽估算，该标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室防护性能计算。

一、理论计算模式

1、探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

（1）探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

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) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员：H_c≤100μSv/周

公众：H_c≤5μSv/周

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ （μSv）按式（1）计算：

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

式中：

\dot{H}_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（μSv/周）；

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。

t 按式（2）计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (2)$$

式中：

W——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累计“mA·min”值），mA·min/周；

60——小时与分钟的换算系数；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

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

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 $\dot{H}_{c\text{-d}}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c\text{-max}}$ 二者的较小值。

(2) 防护探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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

b) 除 a) 的条件外，应考虑下列情况：

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

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

本项目探伤室顶部无人员到达，故本次评价探伤室顶部的剂量率参考控制水平取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

2、探伤室辐射屏蔽估算公式

(1) 有用线束

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式(3) 计算，然后 X 由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad (3)$$

式中：

\dot{H}_c ——剂量率参考控制水平，为 $\dot{H}_{c\text{-d}}$ 和 $\dot{H}_{c\text{-max}}$ 二者的较小值，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R —— 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I —— X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H₀ —— 距辐射源点（靶点）1m 处输送量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按 (4) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (4)$$

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，单位为毫安（mA）；

H₀ —— 距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1。

B —— 屏蔽透射因子；

R —— 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (5) 计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (5)$$

式中：

X —— 屏蔽物质的厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL —— 屏蔽物质的什值层厚度，见附录 B 表 B.2。

b) 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 (6) 计算：

$$X = -\text{TVL} \cdot \lg B \quad (6)$$

式中：

TVL —— 屏蔽物质的什值层厚度，见附录 B 表 B.2；

B —— 达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子。

(3) 泄漏辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子 B 按式 (7) 计算，然后按式 (6) 计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B_2 = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad (7)$$

式中:

\dot{H} ——剂量率参考控制水平, 为 \dot{H}_{c-d} 和 \dot{H}_{c-max} 二者的较小值, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

R——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的漏射辐射剂量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)。其典型值见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率

| X 射线管电压 (kV) | 距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 \dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$) |
|-------------------------------|---|
| <150 | 1×10^3 |
| $150 \leq \text{kV} \leq 200$ | 2.5×10^3 |
| >200 | 5×10^3 |

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (5) 计算, 然后按式

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

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (8)$$

式中:

B——屏蔽透射因子;

R——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)。见表 11-1。

(4) 散射辐射屏蔽

散射辐射屏蔽估算方法如下:

a) 90° 散射辐射的 TVL X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量, 使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线 (见表 11-2) 的半值层 (见 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2) 计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 11-2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

| 原始 X 射线 (kV) | 散射辐射 (kV) |
|--------------|-----------|
| 150≤kV≤200 | 150 |
| 200<kV≤300 | 200 |
| 300<kV≤400 | 250 |

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

a) 关注点达到剂量率参考水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (9) 计算。按表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按式 (6) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B_3 = \frac{\dot{H} \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad (9)$$

式中：

\dot{H} —— 剂量率参考控制水平，为 \dot{H}_{c-d} 和 \dot{H}_{c-max} 二者的较小值，单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)；

R_s —— 散射点至关注点的距离，单位为米 (m)；

R_0 —— 辐射原点 (靶点) 至探伤工件的距离，单位为米 (m)，取 1.0m；

I —— X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)；

H_0 —— 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米 (m^2)；

α —— 散射因子，入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按式 (5) 计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (10) 计算：

$$\dot{H} = \frac{B \cdot I \cdot H_0}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (10)$$

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，单位为毫安 (mA)；

H_0 ——距辐射源点(靶点)1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 见附录表 B.1;

B ——屏蔽透射因子;

F —— R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (m^2);

α ——散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关, 在未获得相应物质的 α 值时, 可以水的 α 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, 单位为米 (m);

R_s ——散射体至关注点的距离, 单位为米 (m)。

3、辐射剂量估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按式 (11) 计算:

$$H_{Er} = H_{(10)} \times T \times t \times 10^{-3} \quad (11)$$

式中:

H_{Er} ——X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量, 单位为毫希 (mSv);

$H_{(10)}$ ——X 或 γ 射线周围剂量当量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子;

t ——X 或 γ 射线照射时间, 单位为小时 (h)。

二、防护能力估算

1、X 射线探伤机主要技术参数及工作负荷

X 射线探伤机主要技术参数及工作负荷见表 11-3。

表 11-3 X 射线探伤装置技术参数及工作负荷

| 设备型号 | 管电压 | 管电流 | 工作量 | 年工作时间 | 周工作时间 |
|---------------|-------|------|---------------|-------|-------|
| TITAN Neo 320 | 320kV | 45mA | 年曝光次数 21840 次 | 728h | 14h |

备注: X 射线探伤装置每次曝光不超过 2min。

2、核算距离、方向

本项目 1 台 X 射线探伤机为定向曝光, 根据建设单位提供的资料, 拟将 TITAN|Neo 320X 射线探伤机用升降支架固定放置于探伤室距东西墙 1.95m、南北侧墙体 2.7m。探伤机在水平方向可向南侧自由伸缩 0.5m, 在垂直方向可上下自由伸缩 0.55-2.25m, 主射方向朝向地面。探伤室地下为实土层, 故不考虑地板设计屏蔽情况, 四周屏蔽体、防护门和顶棚均按泄漏辐射和散射辐射 (非有用线束) 进行估算。本次计算关注点位置示意

图见图 11-1。屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-4。

表 11-4 各方向核算距离一览表

| 考察点 | | | 核算距离 m | |
|-------|----------|-----------|--------|--------------------------|
| 北面 | A: 危废贮存库 | 屏蔽体外 30cm | 散射、漏射 | $2.7+0.7+0.3=3.7$ |
| | B: 暗室 | 屏蔽体外 30cm | 散射、漏射 | $2.7+0.7+0.3=3.7$ |
| | C: 评片室 | 屏蔽体外 30cm | 散射、漏射 | $1.95+0.7+0.3=2.95$ |
| 东面 | D: 铅门外 | 屏蔽体外 30cm | 散射、漏射 | $1.95+0.7+0.03+0.3=2.98$ |
| | E: 操作室 | 屏蔽体外 30cm | 散射、漏射 | $1.95+0.7+0.3=2.95$ |
| 南侧 | F: 通道 | 屏蔽体外 30cm | 散射、漏射 | $2.2+0.7+0.3=3.2$ |
| 西面 | G: 西侧通道 | 屏蔽体外 30cm | 散射、漏射 | $1.95+0.7+0.3=2.95$ |
| H: 顶棚 | | | 散射、漏射 | $0.85+0.6+0.3=1.75$ |

备注：保守估算，本次西北侧 A 点和东北侧 C 点关注点核算距离按垂直最短距离计算。
根据建设单位提供资料，探伤室防护门实际厚度为 26mmPb+4mm 钢板，尺寸为 1610×3100mm。

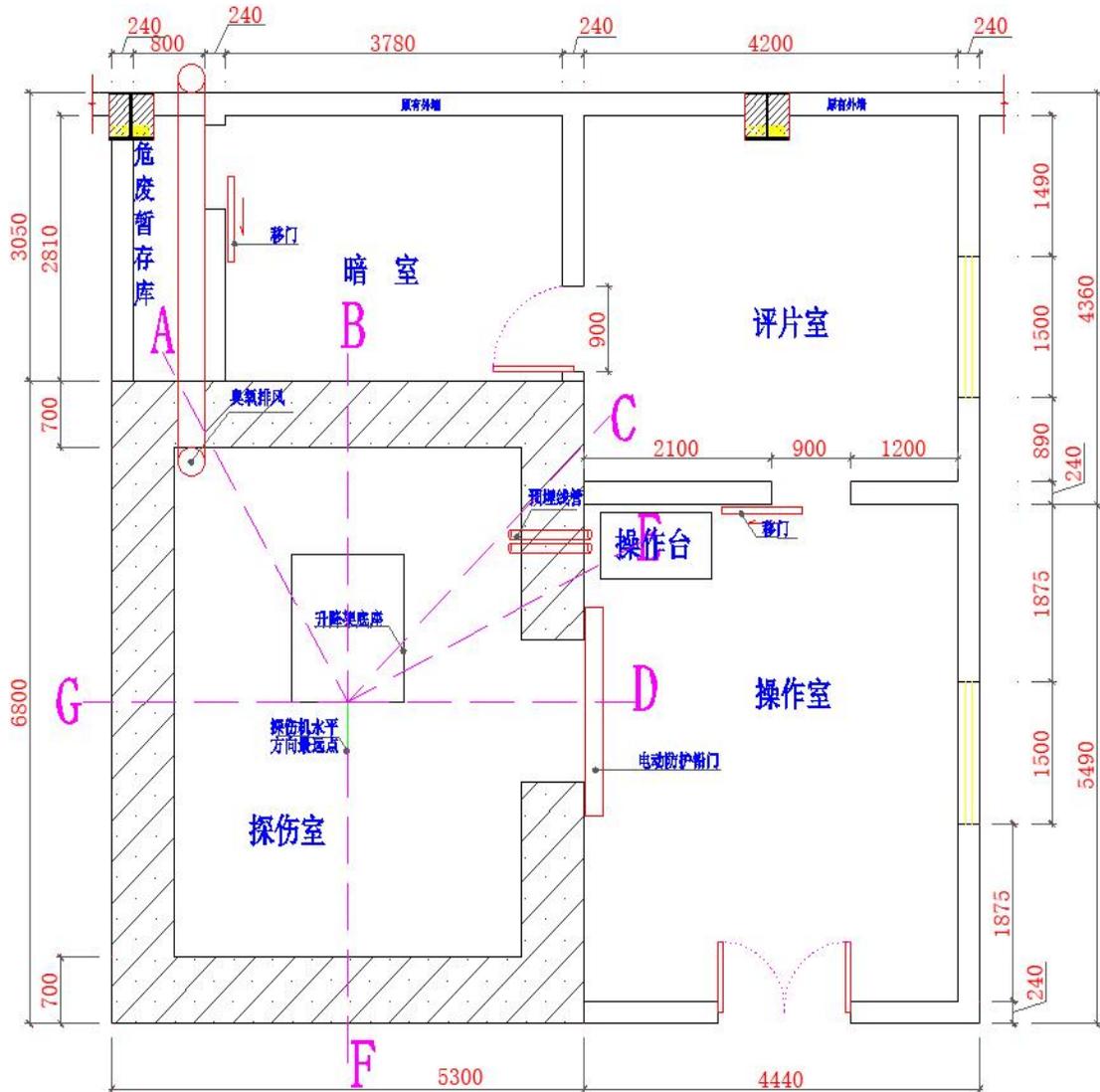
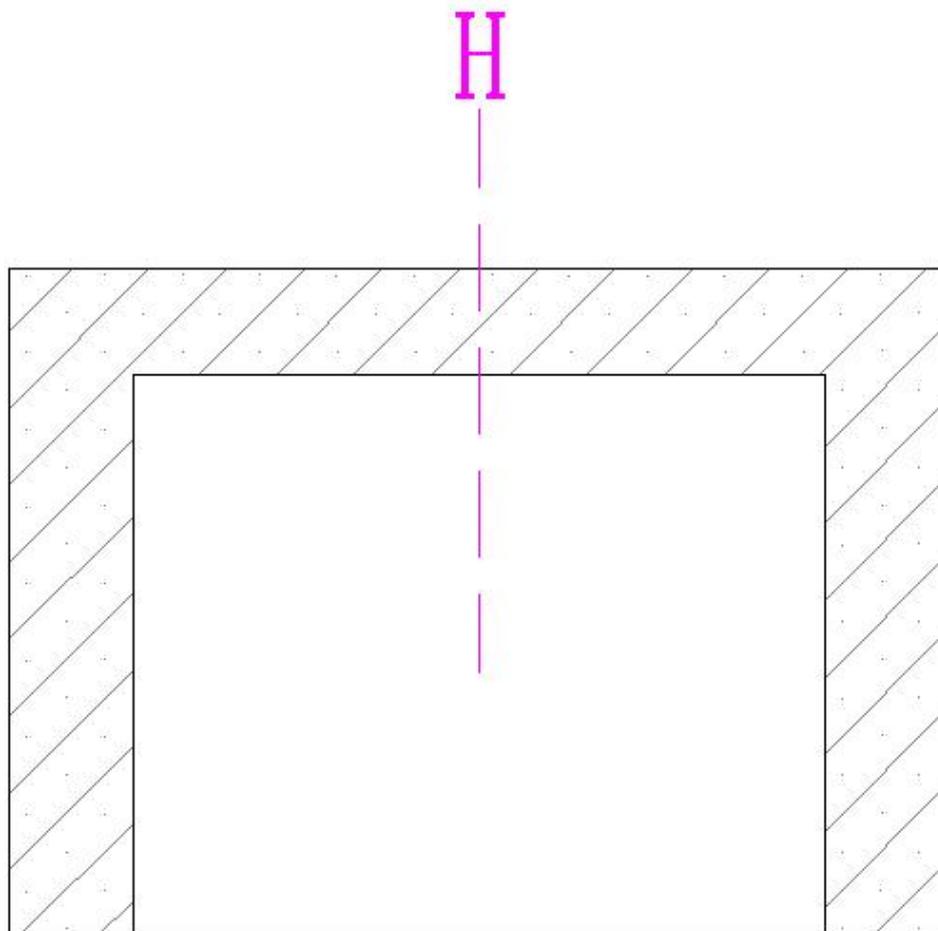


图 11-1 探伤室各关注点距离示意图



地下土层

图 11-2 探伤室各关注点距离示意图(立面图)

3、剂量率参考控制水平的确定

剂量率参考控制水平核算见表 11-5。

表 11-5 剂量率参考控制水平核算表

| 关注点 | | U | T | Hc ($\mu\text{Sv}/\text{周}$) | \dot{H}_{cd} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) | 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ | 最终剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) |
|-----|----------------------|---|-----|-----------------------------------|---|-------------------------------------|--|
| 北侧 | A: 屏蔽体外 30cm (危废贮存库) | 1 | 1/8 | 100 | 57.14 | 2.5 | 2.5 |
| | B: 屏蔽体外 30cm (暗室) | 1 | 1 | 100 | 7.14 | 2.5 | 2.5 |
| | C: 屏蔽体外 30cm (评片室) | 1 | 1 | 100 | 7.14 | 2.5 | 2.5 |
| 东侧 | D: 铅门外 30cm (操作室) | 1 | 1 | 100 | 7.14 | 2.5 | 2.5 |

| | | | | | | | |
|----|--------------------|---|-----|-----|------|-----|-----|
| | E: 屏蔽体外 30cm (操作室) | 1 | 1 | 100 | 7.14 | 2.5 | 2.5 |
| 南侧 | F: 屏蔽体外 30cm (走廊) | 1 | 1/8 | 5 | 2.86 | 2.5 | 2.5 |
| 西侧 | G: 屏蔽体外 30cm (走廊) | 1 | 1/8 | 5 | 2.86 | 2.5 | 2.5 |
| 顶棚 | H: 屏蔽体外 30cm (顶棚) | / | / | / | / | / | 100 |

注：①：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 A，探伤室北侧暗室、评片室和探伤室东侧操作室为辐射工作人员驻留区，居留因子取 1；探伤室北侧危废贮存库、探伤室南侧和西侧走廊为偶然居留区，居留因子取 1/8；

②：Hc 为 \dot{H}_{c-d} 和 \dot{H}_{c-max} 二者的较小值。

③：本项目探伤室安装 1 台 X 射线探伤机，周工作时间为 14h/周。

根据表 11-5 可知，探伤室四周墙体外 30cm 的剂量率参考控制水平均为 2.5 μ Sv/h；探伤室顶棚上方 30cm 的剂量率参考控制水平为 100 μ Sv/h。

4、其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-6 所示。

表 11-6 屏蔽体核算相关参数

| 参数 | 数值 | | |
|--|------------------------|----------|----------|
| 电压 (kV) | 320 | | |
| 电流 (mA) | 45 | | |
| G (mGy·m ² /mA·min) ① | 13 (320kV, 3mm 铜滤过条件下) | | |
| 90°散射辐射最高能量相应的电压(kV) | 250 | | |
| R ₀ ² /F· α ② | 50 | | |
| 泄漏辐射剂量率 H _L (μ Sv/h) | 5×10 ³ | | |
| 什值层 (TVL) 和半值层 (HVL) | 铅 | | |
| | 电压等级 kV | TVL (mm) | HVL (mm) |
| | 320 | 6.2 | 1.86 |
| | 250 (散射) | 2.9 | 0.86 |
| | 混凝土 | | |
| | 电压等级 kV | TVL (mm) | HVL (mm) |
| | 320 | 100 | 30 |
| 250 (散射) | 90 | 28 | |

注：①根据 ICRP33 图 3，管电压为 320kV，滤过条件为 3mm 铜时发射率约为 13mGy·m²/mA·min。

②本项目探伤机 X 射线束圆锥角为 40°，因此圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 20°。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当 X 射线探伤装置圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 20°时，R₀²/F· α 因子的值为 50（200~400kV）。本项目参考典型值取 50。

③根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2，当电压 320kV 时，铅和混凝土的什值层、半值层采用内插法计算所得。

5、复合分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当可能存在泄漏辐

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

6、探伤室防护核算结果

根据公式 1~10，计算使用 X 射线探伤机时探伤室各屏蔽体的屏蔽效果。

(1) 非主照面屏蔽厚度核算

使用 X 射线探伤机时，探伤室屏蔽体的屏蔽效能核算见表 11-7。

表 11-7 探伤室屏蔽效能复核结果一览表（漏射、散射）

| 关注点 | | 剂量率参考控制水平(μSv/h) | 辐射源点至关注点的距离(m) | 屏蔽透射因子 | 计算厚度(mm) | | 实际设计(mm) | 复核结果 |
|----------------------|----|------------------|----------------|-----------------------|----------|--------|----------|------|
| A: 屏蔽体外 30cm (危废贮存库) | 漏射 | 2.5 | 3.7 | 6.85×10^{-3} | 216.46 | 388.08 | 700 混凝土 | 符合 |
| | 散射 | | | 4.88×10^{-5} | 388.08 | | | |
| B: 屏蔽体外 30cm (暗室) | 漏射 | 2.5 | 3.7 | 6.85×10^{-3} | 216.46 | 388.08 | 700 混凝土 | 符合 |
| | 散射 | | | 4.88×10^{-5} | 388.08 | | | |
| C: 屏蔽体外 30cm (评片室) | 漏射 | 2.5 | 2.95 | 4.35×10^{-3} | 236.14 | 405.79 | 700 混凝土 | 符合 |
| | 散射 | | | 3.10×10^{-5} | 405.79 | | | |
| D: 铅门外 30cm (操作室) | 漏射 | 2.5 | 2.98 | 4.44×10^{-3} | 14.59 | 16.45 | 26mmPb | 符合 |
| | 散射 | | | 3.16×10^{-5} | 13.05 | | | |
| E: 屏蔽体外 30cm (操作台) | 漏射 | 2.5 | 2.95 | 4.35×10^{-3} | 236.14 | 405.79 | 700 混凝土 | 符合 |
| | 散射 | | | 3.10×10^{-5} | 405.79 | | | |
| F: 屏蔽体外 30cm (南侧走廊) | 漏射 | 2.5 | 3.2 | 5.12×10^{-3} | 229.07 | 399.43 | 700 混凝土 | 符合 |
| | 散射 | | | 3.65×10^{-5} | 399.43 | | | |
| G: 屏蔽体外 30cm (西侧走廊) | 漏射 | 2.5 | 2.95 | 4.35×10^{-3} | 236.14 | 405.79 | 700 混凝土 | 符合 |
| | 散射 | | | 3.10×10^{-5} | 405.79 | | | |
| H: 屏蔽体外 30cm (顶棚) | 漏射 | 2.5 | 1.75 | 6.13×10^{-2} | 121.29 | 302.42 | 600 混凝土 | 符合 |
| | 散射 | | | 4.36×10^{-4} | 302.42 | | | |

根据上述计算结果可知，X 射线探伤机工作时，探伤室的四周屏蔽体、顶棚、防护门的厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

(3) 辐射剂量估算

按照设计的屏蔽厚度计算各关注点辐射剂量，使用 X 射线探伤机工作时各关注点辐射剂量率计算结果见表 11-10。

表 11-10 探伤室四周屏蔽体辐射剂量率估算表

| 方位 | 外环境 | 敏感人群类别 | 需屏蔽的辐射源 | 预测点瞬时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$) | | 年最大曝光时间 | 居留因子 | 剂量估算 (mSv/a) |
|----|---------------------|--------|----------|------------------------------|----------|----------|----------|-------------------------|
| | | | | | | | | |
| 北面 | A: 屏蔽体外 30cm(危废贮存库) | 辐射工作人员 | 漏射 | 3.65E-05 | 8.92E-04 | 728h | 1/8 | 8.12E-05 |
| | | | 散射 | 8.55E-04 | | | | |
| | B: 屏蔽体外 30cm (暗室) | | 漏射 | 3.65E-05 | 8.92E-04 | | 1 | 6.49E-04 |
| | | | 散射 | 8.55E-04 | | | | |
| | C: 屏蔽体外 30cm (评片室) | | 漏射 | 5.75E-05 | 1.40E-03 | | 1 | 1.02E-03 |
| | | | 散射 | 1.35E-03 | | | | |
| 东面 | D: 铅门外 30cm (操作室) | 漏射 | 3.61E-02 | 3.61E-02 | 1 | 2.63E-02 | | |
| | | 散射 | 8.56E-05 | | | | | |
| | E: 屏蔽体外 30cm (操作台) | 漏射 | 5.75E-05 | 1.40E-03 | | 1 | 1.02E-03 | |
| | | 散射 | 1.35E-03 | | | | | |
| 南面 | F: 屏蔽体外 30cm(南侧走廊) | 公众人员 | 漏射 | 4.88E-05 | 1.19E-03 | 1/8 | 1.09E-04 | |
| | | | 散射 | 1.14E-03 | | | | |
| 西面 | G: 屏蔽体外 30cm(西侧走廊) | 公众人员 | 漏射 | 5.75E-05 | 1.40E-03 | 1/8 | 1.28E-04 | |
| | | | 散射 | 1.35E-03 | | | | |
| 顶部 | H: 屏蔽体外 30cm (顶棚) | 无人到达 | 漏射 | 1.63E-03 | 5.10E-02 | / | / | |
| | | | 散射 | 4.94E-02 | | | | |

备注：因顶部无人到达，故仅对其周围剂量率进行估算，不对其累积剂量进行计算。

①辐射工作人员

本项目配备 2 名辐射工作人员。X 射线探伤机配置到位后，按探伤室屏蔽体外最大瞬时剂量进行估算，使用 X 射线探伤机工作时每名辐射工作人员所受的最大年有效剂量最大为 $2.63 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，远低于本评价管理目标值 5mSv/a ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②公众人员

根据表 11-10 可知，项目使用 X 射线探伤机开展无损检测工作时，在探伤室周围活动的公众成员所受的最大有效剂量为 $1.28 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，远低于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a ，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值的要求。

(4) 对 50m 范围内环境保护目标的影响分析

本项目建设区域位于1号厂房车间内，探伤室建设区域的北侧危废贮存库、暗室、评片室，东侧为操作室，南侧、西侧紧邻厂房内部道路。本项目探伤室建于现有厂房内，该厂房建筑结构为1F，项目探伤室建筑高度为3.7m，探伤室顶部没有人员到达。厂房无地下层，探伤室下方为实土层。项目周围50m范围内主要为厂区车间及内部道路，不涉及居民住宅区，涉及人员主要为厂区的工作人员。

经评价计算，探伤室屏蔽体外30cm处的周围剂量当量率均低于各关注点的剂量率参考控制水平，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求，探伤室各屏蔽面的防护效果较好。

同时本项目探伤室运行后对周围公众成员的年附加有效剂量低于 0.1mSv/a ，满足公众剂量约束值，表明探伤机运行时对探伤室周围敏感目标产生的辐射影响较小，且探伤室与其他不相邻的环境保护目标之间有多道墙体屏蔽，故经距离衰减和墙体屏蔽后，探伤室使用时对其他较远处的环境保护目标产生的影响将更小，环境影响可接受。

11.2.2 废气对环境的影响分析

X射线探伤机工作时，X射线使空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（主要为 NO_2 ）。本项目探伤室设置机械排风装置，排风口接排气管道，将产生的少量的 O_3 、 NO_x 引至室外排放，每小时换气次数为6次，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准要求的换气次数“每小时有效通风换气次数应不小于3次”。能保证室内空气的流通，使少量的 O_3 、 NO_x 得以扩散。

11.2.3 噪声对环境的影响分析

本项目探伤室通排风系统使用轴流风机，其噪声值一般低于 65dB(A) ，噪声源强较小，通过厂房隔声后对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响轻微。

11.2.4 危险废物环境影响

本项目产生的危废主要包括废显影液、废定影液、冲洗废水和废胶片。公司洗片产生的含重金属的饱和废显影液、定影液需要定期更换，废液收集起来存放在危废贮存库内的废液桶内。曝光时产生的废胶片，属于国家危险废物名录中感光材料废物HW16，无放射性，作为危废暂存在危废贮存库收纳箱内。

本项目新建危废贮存库，位于1号厂房北侧中部，建筑面积约 3.9m^2 ，危废贮存库地面设置防渗。本项目洗片废液、洗片废水经收集后定期由有相应资质的单位收集处理。公司建立危废台账，记录危废产生量、处置量及去向，并按照危险废物联单制度进行管

理。

综上所述，在落实上述污染防治及处理措施后，本项目产生的危险废物对环境的影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险事故类型

本项目使用的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，X 射线探伤机产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因此，本项目在探伤室内辐射事故类别主要为检测时或射线装置出束时的意外事故，主要归纳为以下几个方面：

1、丧失屏蔽

X 射线探伤机机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将探伤机的屏蔽块等移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽墙外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

2、人员滞留在探伤室内

探伤工件搬运人员或探伤机检修人员进入探伤室后未完全撤离，仍有人滞留在探伤室内某个不易觉察的地方，操作人员在开启设备前未对探伤室内部情况进行查看，从而对探伤室内停留人员造成大剂量照射。

3、联锁装置失效

由于门-机联锁装置失效，防护门未完全关闭或探伤机工作时门被开启，探伤机仍能开机出束，造成大量射线外泄，对防护门外活动的工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

11.3.2 后果分析

1、探伤机失去自身屏蔽能力

探伤机失去自身屏蔽能力后，可导致探伤室四周墙体均为主射墙。因防护门屏蔽厚度为 26mmPb+4mm 钢板，根据 GBZ/T250-2014 中公式（4）计算得出，主射时，防护门外 30cm 处周围剂量当量率最大为 5.06 μ Sv/h，亦大于屏蔽体外 30cm 处 2.5 μ Sv/h 的限值要求。

2、人员滞留探伤室内

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入探伤室，故考虑单次照射对滞留在探伤室内人员误照射造成的伤害。当探伤机工作时，因项目无损检测工件大小不一，本次

按考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射（泄漏、散射）。在无屏蔽体屏蔽情况下，人员所在位置的周围剂量当量率为 $2.83 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$ ，探伤室内设置有监控和工作状态指示灯，探伤室及操作室内均设置急停按钮，误入探伤室的人员及操作室内工作人员发现误照射后，可通过急停按钮紧急停机，综合考虑，从设备出束到发现事故的时间按 0.5min 考虑，单次照射下人员受照剂量最大为 23.6mSv。

3、联锁失效

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入操作室，故仅考虑单次照射对探伤室外停留人员的误照射造成的伤害。项目主照射方向为地下，四周墙体和防护门不在主射方向（散射、漏射），防护门在未关闭时开展探伤工作，门外周围剂量当量率约为 $7.96 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ ，防护门上设置有监控和工作状态指示灯，操作室内均设置急停按钮，操作室内工作人员发现机房未关闭而处于照射状态，又有人员位于防护门外，可通过急停按钮紧急停机。综合考虑，从设备出束到发现事故并及时关机的时间为 0.5min，单次照射下人员受照剂量最大为 0.663mSv。

11.3.3 事故分级

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情境下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员及公众成员的年剂量限值，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电且长时间处于受照射状态，会达到发生确定性效应阈值，但以轻度：乏力、不适、食欲减退等症状为主，不构成急性重度放射病及局部器官残疾。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，本项目发生事故，事故等级为一般辐射事故。

11.3.4 辐射事故防范措施

(1) 检修、调试应由专业技术人员进行，绝不允许随便拆走探伤机的屏蔽材料，不允许加大照射面积。配置便携式 X- γ 辐射剂量率仪和个人剂量报警仪、联锁装置等，可提供纵深防御。不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线探伤室的铅防护门，如开孔洞、挖沟等。

(2) 撤离探伤室时应清点人数，辐射工作人员对探伤室内进行扫视，确认无人停留在探伤室内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留探伤室内，操作室人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

(3) 定期检查探伤室的门机联锁、灯机联锁装置、声光警示系统的有效性，发现

故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标识，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施及电控系统，制定定期检查和维护制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

(4) 配置便携式 X- γ 辐射剂量率仪，定期巡查（每周）探伤室屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡查铅防护门搭接缝隙处以及穿墙管线洞口等处，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

(5) 定期认真地对本单位 X 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，避免事故发生。

(6) 凡涉及对 X 射线机进行操作，必须有明确的操作规程；辐射工作人员严格按照操作规程进行操作，开机参数需两名辐射工作人员确认无误后方可进行；并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可见到的显眼位置。

11.3.5 射应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则为：

(1) 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源或就近按下紧急停机按钮，停止 X 射线的产生，上报内部管理机构。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(3) 出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划地进行处理。

(4) 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

(5) 事故处理后应累计资料，及时总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

(6) 对可能发生的放射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并上报生态环境等相关行政部门，接受监督部门的处理。

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

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当具有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全和环境保护管理工作。

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司未开展过核技术利用项目，尚未配置辐射防护与安全管理人员。为了加强公司的辐射安全工作管理，待项目建成后，建设单位应按照国家上述要求成立主要领导人为负责人的辐射安全与环境保护领导机构，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并明确领导机构相关成员，规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明，并安排专业技术人员，专职或兼职负责该公司辐射安全和环境保护管理工作：
①全面负责辐射安全防护管理工作。②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。③负责日常防护设备维护。④制定辐射事故应急预案。

核技术利用单位辐射安全管理标准化建设：

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司应结合原陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）相关规定，对单位机构建设、人员管理（决策层、管理层、辐射工作人员）的工作职责进行明确、细化，具体管理要求及落实情况见下表。

表 12-1 陕西省核技术利用单位机构建设、人员管理内容具体要求及落实情况

| 管理内容 | | 管理要求 | 落实情况 |
|------|-----------------------|---|---|
| 机构建设 | | 设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人。 | 拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组，以正式文件明确小组成员组成、相关工作职责。 |
| 人员管理 | 决策层 | 就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。 | 拟成立有决策层级负责的辐射安全与环境保护管理领导小组 |
| | | 年初工作安排的和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容。 | 拟将辐射环境安全管理工作纳入年初工作安排的和年终工作总结 |
| | | 明确辐射安全管理机构和岗位的辐射安全职责。 | 拟设置辐射安全管理部门，制定岗位辐射安全职责。安全管理部门负责为企业提供 |
| | 提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。 | 确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。 | |
| 辐射 | | 参加辐射安全与防护培训并通过考核取 | 辐射防护负责人按照要求参加辐射安全与 |

| | | |
|---------------|--|--|
| 防护负责人 | 得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。 | 防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。 |
| | 负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。 | 待项目运行后企业按要求于每年1月31日前向发证机关及当地生态环境主管部门报送辐射环境年度评估报告。 |
| | 建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。 | 辐射防护负责人负责组织相关部门建立本公司的辐射安全管理制度，并跟踪落实各岗位辐射安全职责。 |
| | 建立辐射安全管理档案。 | 拟建立辐射安全管理档案。 |
| | 对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录。 | 辐射防护负责人拟定期对辐射工作场所进行巡查，发现安全隐患及时整改，并建立巡查及整改记录。 |
| 直接从事放射工作的作业人员 | 岗前进行职业健康体检，结果无异常。 | 辐射工作人员拟进行岗前职业健康体检，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。 |
| | 参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。 | 建设单位拟制定培训计划，本项目拟配置的辐射工作人员按照规定均参加X射线探伤专业的辐射安全防护培训并通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，持证上岗。 |
| | 了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。 | 告知辐射工作人员本岗位工作性质，培养辐射工作人员辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。 |
| | 熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况后，能有效处理。 | 本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成辐射事故应急预案，定期组织辐射事故应急预案演练，培养工作人员发生异常情况后处理能力。 |

表 12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设—辐射安全防护措施部分

| 项目 | | 具体要求 | |
|-----------|---------------------------|-----------------------------------|--|
| 工业 X 射线探伤 | 控制台安全性能 | X 射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志。 | |
| | | 控制台设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置。 | |
| | | 控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置。 | |
| | | 控制台或 X 射线管头组装体上设置探伤室门连锁接口。 | |
| | | 控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束。 | |
| | | 控制台设有紧急停机开关。 | |
| | 固定式探伤作业场所 | 分区 | 按标准要求划分控制区、监督区。 |
| | | | 控制区：探伤室墙围成的内部区域。 |
| | | | 监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域。 |
| | | 布局 | 操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向。 |
| | | 通风 | 探伤室设置机械通风装置，排风管道外口避开朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。 |
| 标志及指 | 探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明。 | | |

| | | |
|-------------|-----------------------------------|--|
| | 示灯 | 探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与 X 射线探伤装置联锁。 |
| | | 探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明。 |
| | 辐射安全与联锁 | 探伤室设置门-机联锁装置。 |
| | | 探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法。 |
| 监测设备及个人防护用品 | X、 γ 剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等 | |

环评要求：东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司应根据本项目射线装置实际应用情况，结合原陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）相关规定，成立辐射安全环境管理机构，编制《辐射事故应急预案》，明确成员相关职责，并不断细化、完善公司决策层、辐射防护负责人、直接从事放射工作的作业人员管理相关要求。辐射工作人员和负责辐射安全防护的管理人员必须经过辐射安全和防护专业知识以及相关法规的培训，经考核通过后，方可上岗操作。落实探伤作业场所的分区、标志及指示灯、通风、安全联锁、监测设备及个人防护用品等措施要求。

12.2 辐射安全管理

12.2.1 辐射安全管理规章制度

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司使用 II 类射线装置，公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订）等相关法律法规要求，结合所使用的 X 射线装置情况，应制定辐射安全管理制度、岗位职责和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度，加强对辐射工作人员的培训，确保射线装置的安全使用。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，建设单位应针对本项目应用的工业 X 射线探伤装置，按照原陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）的相关规定，制定并完善相应的管理制度，包括：《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《射线装置管理制度》《射线装置台账》《射线装置岗位职责、操作规程》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员职业健康体检管理制度》《辐射安全防护设施的维护与维修制度》《辐射环境监测制度》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》《辐

射事故应急预案》等。各制度应健全，内容应齐全。且在项目运营前，应将《射线装置岗位职责》《射线装置操作规程》《辐射事故应急预案》等制作后悬挂于辐射工作场所。

12.2.2 档案管理

本项目辐射工作人员到位后，应认真落实相关制度，将辐射工作人员的健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。

公司辐射类档案资料分以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“年度评估”“辐射应急资料”等。建设单位应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

另外，建设单位项目建成运行后，应及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

12.2.3 射线装置台账管理

项目建设单位应制定射线装置台账管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定。射线装置台账应记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

12.2.4 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司应建立“年度评估”制度，按照规定向生态环境主管部门提交《年度评估》文件，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容，符合要求。建设单位应在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作。

12.3 辐射工作人员

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司拟配备辐射工作人员2名，目前具体人员未

定，但均包含在公司总劳动定员内。

（1）配置数量合理可行性

本项目共配置 2 名辐射工作人员。根据本项目探伤装置的操作需求，进行 X 射线无损检测时，至少应保证 2 名辐射工作人员同时在场。

（2）辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。同时，根据生态环境部《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》（2019 年第 57 号），各级生态环境部门不再对从事辐射安全培训的单位进行评估和推荐，不再要求从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员参加以上单位组织的辐射安全培训。有相关培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

根据建设单位资料，本项目拟从公司员工中培养 2 名辐射工作人员，应在项目运营前，经过培训考核合格后，做到持证上岗。若后期有人员变动应将新增辐射工作人员列入培训计划，经辐射安全与防护培训考核合格后，持证上岗。并每五年再培训。公司应建立辐射工作人员培训档案，档案内容包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等。

（3）个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修正）》第二十九条规定：生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

为加强后续个人剂量监测和职业健康检查管理工作，评价提出以下要求。

①监测、检查周期

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 4.3 节要求，常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的

性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

②个人剂量计佩戴

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 5.3 节要求，对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

③记录要求

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 8.1.1 条要求，准许工作人员查询本人职业照射记录；职业健康管理人員查询相关职业照射记录及有关资料。

④档案

建设单位应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。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。按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）第 7.2 条要求，放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借。

（4）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。建设单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）第 5.1.4 条要求，放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定执行，一般为 1a~2a，不得超过 2a，必要时，可适当增加检查次数。

12.4 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-4。

表 12-4 从事辐射活动能力的评价

| 应具备条件 | 拟落实的情况 |
|-------------------|---------------------------|
| 使用II类射线装置的工作单位，应当 | 拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组，明确小 |

| | |
|---|---|
| 设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。 | 组成员组成、相关工作职责。拟配置 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。 |
| 从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。 | 建设单位拟从公司现有工作人员培养 2 名辐射工作人员，人员按照规定接受辐射防护安全知识与法律法规教育，并取得辐射安全培训证书。 建设单位拟制定培训计划，本项目拟配置的放射工作人员按照规定均参加 X 射线探伤专业的辐射安全防护培训并通过考核，持证上岗。 |
| 射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。 | 设备在探伤室内工作，探伤室有足够屏蔽厚度进行屏蔽；设备安装到位后，拟设置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮。探伤室内外共计拟安装 3 套实时视频监控系统，并连接到控制台。 |
| 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。 | 建设单位拟制定个人剂量管理制度，辐射工作人员在辐射工作场所工作期间，均佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立个人剂量档案并存档。本项目拟为每名专职辐射工作人员均配备 1 枚个人剂量计（共 2 枚），探伤室配备个人剂量报警仪 1 台，项目建成后配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪。固定式场所辐射探测报警装置一套。 |
| 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 | 本项目建成运营前，建设单位应针对本项目应用的工业 X 射线探伤装置，按照相关规定制定并完善相应的管理制度，包括：《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《射线装置管理制度》《射线装置台账》《射线装置岗位职责、操作规程》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员职业健康体检管理制度》《辐射安全防护设施的维护与维修制度》《辐射环境监测制度》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》《辐射事故应急预案》等。各制度应健全，内容应齐全。且在项目运营前，应将《射线装置岗位职责》《射线装置操作规程》《辐射事故应急预案》等制作后悬挂于辐射工作场所。 |
| 有完善的辐射事故应急措施。 | 本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成辐射事故应急预案并备案，并将相应制度悬挂于辐射工作场所，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。 |

建设单位尚未开展过核技术利用项目。待建设单位全部落实上述各项要求后进行环保竣工自主验收，申领辐射安全许可证后，具备从事本项目辐射活动的的能力，本项目方可投入正式运行。

12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》等相关法规和标

准，必须对射线装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位应配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对探伤室周围环境进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所外环境的监测。

12.5.1 常规监测及检查

建设单位在项目建成后应对探伤室外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

1、验收监测：建设项目正式投产运行前，委托有资质的监测单位对公司放射性射线装置工作场所及其周边环境进行常规监测，编制验收监测报告。

2、常规监测：委托有资质的监测单位对公司放射性射线装置工作场所及其周边环境进行常规监测，每年监测一次。

3、日常监测：公司应配备 X- γ 剂量率仪，定期对射线装置工作场所以及周边环境进行监测，做好辐射的日常监测工作，并将监测数据记录存档保存。

此外建设单位应对射线装置的安全和防护状况每年进行一次安全评估，安全评估报告对存在的安全隐患及时提出整改方案，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

12.5.2 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

12.5.3 监测计划

监测计划应包括以下内容：

1、监测频次：项目竣工环境保护验收时进行一次监测；公司日常巡测每季度一次，年度评估委托有资质单位每年监测一次；涉及设备或者防护设施维修后也应进行监测。

2、监测项目：周围剂量当量率。

3、监测点位：探伤室周围屏蔽体外、防护门外 30cm 处、屏蔽体搭接处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

综上所述，建设单位应在项目建成后，委托有资质的监测单位对探伤室的辐射防护设施进行全面的验收监测，监测合格后方可投入使用。此外建设单位应对探伤室外周围剂量当量率进行日常监测，发现问题及时整改，监测计划见表 12-5。

表 12-5 辐射监测计划一览表（建议）

| 工作场所 | 监测项目 | 监测点位 | 监测频次 | 监测目的 |
|--------------|---------|--|--|-----------------|
| 探伤室 | 周围剂量当量率 | 操作人员操作位置；探伤室屏蔽墙体表面 30cm 处、防护门表面 30cm 处；屏蔽体穿墙管线、防护门门缝等搭接薄弱位置；探伤室周边人群停留位置；探伤室周围环境。 | ①竣工验收监测：正式投入使用前委托有资质单位监测 1 次。 ②常规监测：每年委托有资质单位监测 1 次。 ③自主监测：建设单位每季度至少自行监测 1 次。 ④其他监测：涉及设备或者防护设施维修后等也应进行监测。 | 确保工作场所周边剂量率符合要求 |
| 工作人员 个人剂量 | 个人剂量当量 | / | 每 3 个月送有资质检测机构检测 1 次；如发现异常可加密监测频率。 | 掌握放射工作人员有效剂量 |

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》第四十一条的规定：“使用射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备”。

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司应结合实际情况和本报告表的事故工况分析，制定《辐射事故应急预案》，成立辐射事故应急处置管理机构，做好应对辐射事故的充足准备，一旦发生事故及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理。

12.6.1 辐射事故应急预案内容

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和防护管理办法》《陕西省放射性污染防治条例》以及《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）对辐射事故应急预案的内容提出了相关要求，详见表 12-6。

表 12-6 辐射事故应急预案应包含的主要内容

| 序号 | 文件名称 | 条文 | 规定内容 |
|----|--------------------------------|-------|---|
| 1 | 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》 | 第四十一条 | 辐射事故应急预案应当包括下列内容：（一）应急机构和职责分工；（二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故调查、报告和处理程序。 |
| 2 | 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办 | 第四十三条 | 辐射事故应急预案应当包括下列内容：（一）应急机构和职责分工；（二）应急人员的组织、培训以 |

| | | | |
|---|--|------------------|---|
| | 法》（原环保部第 18 号令） | | 及应急和救助的装备、资金、物资准备；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故的调查、报告和处理程序；（五）辐射事故信息公开、公众宣传方案。辐射事故应急预案还应当包括可能引发辐射事故的运行故障的应急响应措施及其调查、报告和处理程序。 |
| 3 | 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年 7 月 31 日修正） | 第三十二条 | 应急预案应当包括下列内容：（一）可能发生的辐射事故及危害程度分析；（二）应急组织指挥体系和职责分工；（三）应急人员培训和应急物资准备；（四）辐射事故应急响应措施；（五）辐射事故报告和处理程序 |
| 4 | 《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》 | （陕环办发〔2018〕29 号） | 辐射安全管理部分--应急管理应急预案应当包括下列内容：（一）可能发生的辐射事故及危害程度分析；（二）应急组织指挥体系和职责分工；（三）应急人员培训和应急物资准备；（四）辐射事故应急响应措施；（五）辐射事故报告和处理程序 |

本次评价结合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《陕西省放射性污染防治条例》和《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》的要求，建议建设单位制定的辐射事故应急预案包含以下内容：

- （1）可能发生的辐射事故及危害程度分析；
- （2）应急组织指挥体系和职责分工；
- （3）应急人员培训和应急物资准备；
- （4）辐射事故分级与应急响应措施；
- （5）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （6）辐射事故信息公开。

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取应急措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向相关主管部门报告。

该公司应制定辐射事故应急预案，为了确保在发生事故时，能及时启动应急预案，故公司应不定期组织相关部门开展辐射事故应急演练，总结演练中存在的问题，及时修订事故应急预案，确保应急预案能及时、有效得到应用。辐射事故应急预案应报所在地生态环境主管部门备案。

12.6.2 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》第四十条：根据

辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

本项目使用II类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员受到不必要的误照射，导致辐射工作人员和公众成员可能受到超过年剂量照射限值，事故等级为一般辐射事故。

12.6.3 响应程序及内容

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》（环发〔2006〕145号）第二条：发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

建设单位涉及的射线装置管理最高级别为II类，可能发生的辐射事故主要为人员受到不必要的误照射，导致辐射工作人员和公众成员可能受到超过年剂量照射限值。根据分析公司突发辐射事故的应急响应为一般辐射事故应急响应。即发生射线装置故障、误操作，射线装置丢失、被盗而导致工作人员或者公众受到意外、异常照射等事故时，启动一般辐射事故应急响应。

应急响应时，应急指挥部按下列程序和内容响应：

发现→逐级上报→内部管理机构→启动预案开展应急救援工作→上报当地生态环境主管部门和公安部门（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）

确认发生辐射事故后，现场人员立即通知内部管理机构，内部管理机构接到报告后应立即通知相关职能部门，立即启动应急预案，及时组织各部门开展应急救援工作。内部管理机构立即向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

12.6.4 事故应急方案与措施

（1）事故的初始处理

在X射线探伤过程中，因突发事故致使工作人员或公众受到（或有可能受到）照射时，应立即到达控制箱或控制台处，立即切断射线装置电源或就近按下紧急停机按钮，上报内部管理机构；发现便携式X射线探伤机丢失或被盗后立即上报内部管理机构。

(2) 应急预案启动

应急指挥部接到报告后应立即启动应急预案，采取应急措施，对受辐射人员进行初步的检查与救治，并立即向生态环境主管部门、公安部门和卫生主管部门报告。

事故处理必须在单位总指挥的领导下，若总指挥不在，则由副总指挥领导，在有经验的辐射工作人员和卫生防护人员的参与下进行。发生辐射事故的场所未经防护检测人员允许不得进入事故区域。

在生态环境主管部门、卫生主管部门及公安部门人员到达本单位后（两小时内到达），生态环境主管部门提供处置方案，卫生主管部门估算人员可能受到的剂量，公安部门负责现场的治安，应急领导小组接受各领导部门的指挥并配合做好事故的应急响应、调查处理、定性定级和医疗应急工作。

估计受照人员所受剂量，根据受照剂量情况立即将可能受到辐射伤害的人员送至卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院进行医学处理或治疗或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

(3) 事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，本项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、区生态环境局和公安部门报告，并在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向区生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(4) 辐射事故应急处置措施

事故发生后，应进行以下几项工作：

①当发生误照射事件后，立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，向内部管理机构报告，迅速控制事故发展，消除事故源。

②事故发生后，应迅速安排受辐射人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员介绍清楚，已估算受照剂量，判定事故级别，提出控制措施。

③当发生误照射事件后，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。

④事故发生后，积极配合有关部门的事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

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。

(5) 辐射事故后处理

启动并组织实施应急预案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

12.7 项目环保投资及竣工环境保护验收清单

12.7.1 项目环保投资

本项目环境保护投资约 8 万元，主要用于辐射防护安全措施、辐射环境监测仪器和个人防护用品购置等，其投资估算如表 12-7 所示。

表 12-7 辐射安全与管理投资估算

| 内容 | 措施 | 投资（万元） |
|--------------|---|--------|
| 防护监测设备 | 项目辐射工作人员配备个人剂量计 2 枚、X、 γ 辐射剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 1 台、固定式场所辐射探测报警装置 1 套。 | 3.0 |
| 室内探伤辐射防护安全措施 | 门机连锁系统、灯机连锁系统 1 套 | 2.5 |
| | 紧急停机按钮 5 套，预备、照射指示灯及信号说明装置 2 套 | |
| | 视频监控设备 3 套 | |
| 管理制度、应急措施 | 制作图框、制度上墙、警示标牌 | 0.5 |
| 警示标志 | 电离辐射警告标志，张贴正确，有中文说明；设置监督区和控制区边界的标识线。 | |
| 人员 | 人员培训、体检、个人剂量监测及其他劳保用品等。 | 2.0 |
| 合计 | | 8 |

12.7.2 项目竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），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。

建设单位应根据“原陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知”（陕环办发〔2018〕29 号），对本项目进行标准化建设和竣工环保验收。

建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，编制验收监测报告。

验收合格后，方可投入生产或使用。本项目竣工环境保护验收清单见表 12-8。

表 12-8 项目竣工环境保护验收清单

| 序号 | 验收内容 | 验收方法 | | 效果和环境预期目标 |
|-------------|-------------|--|---|--|
| 1 | 探伤设备 | 探伤机 1 台, TITAN Neo 320 定向 X 射线探伤机的最大管电压为 320kV, 最大管电流为 45mA。 | | 探伤机最大管电压及其对应的最大管电流不能增大 30%及以上。 |
| 2 | 蔽体及其防护厚度 | 蔽体及其防护厚度 | 四周屏蔽措施: 700mm 混凝土 顶棚屏蔽措施: 600mm 混凝土 探伤室防护门: 26mmPb+4mm 钢板 | 屏蔽体防护厚度满足要求。 |
| 3 | 环保手续 | 项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等齐全。 | | 环保手续齐全 |
| 4 | 探伤室 | 屏蔽墙体表面、操作位置 | | 防护门门缝四周、防护门外 30cm 离地高度 1m 处门的左、中、右侧 3 个点, 门缝四周各 1 个点; 探伤室屏蔽体外 30cm 离地面高度为 1m 处, 每个墙面至少 3 个点; 防护门及穿墙管线孔以及操作位置周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h, 满足 GBZ117-2022 标准要求。 |
| | | 防护门及缝隙表面 | | |
| | | 探伤室的穿墙电缆线、管线孔等均采用铅罩补偿。 | | |
| | | 门-机联锁、门-灯联锁、报警装置、工作状态指示灯, 视频监控设备。 | | 正常有效, 运行良好。 |
| | | 探伤室和控制室分别设置急停开关。 | | |
| | | 预备和照射信号装置。 | | 工作场所醒目处张贴 |
| | | 警示标志及操作规程。设置监督区和控制区边界的标识线。 | | |
| 探伤室内安装通风设施。 | | 确保探伤室内通风换气次数不小于 3 次 h。 | | |
| 5 | 人员要求 | 2 名辐射工作人员, 参加核技术利用辐射安全与防护考核, 考核成绩合格。辐射工作人员定期复训, 并建立培训档案。 | | 辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核, 考核成绩合格。 |
| 6 | 个人剂量档案及健康档案 | 为每个放射性工作人员配备个人剂量计, 探伤作业时按要求佩戴, 建立并保存辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查档案。 | | 确保辐射工作人员安全 |
| 7 | 防护监测设备 | 每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计 (共 2 枚)、X、 γ 辐射剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 1 台、固定式场所辐射探测报警装置 1 套。防护监测设备定期检定。 | | 个人剂量计按规定定期进行剂量检测, 防护监测设备定期检定。 |

| | | | | |
|----|----------|---|----------------------------------|----------------------|
| 8 | 管理机构 | 设立以公司领导为组长、相关负责人为成员的辐射安全与环境管理领导小组，落实相关管理职责。 | | 负责整个项目辐射安全与环境管理工作。 |
| 9 | 建立健全规章制度 | 制定：①射线装置管理制度；②射线装置岗位职责、操作规程；③辐射工作人员培训管理制度及培训计划；④辐射工作人员个人剂量管理制度；⑤辐射工作人员职业健康体检管理制度；⑥辐射安全防护设施的维护与维修制度；⑦辐射环境监测制度；⑧辐射环境监测设备使用与检定管理制度；⑨辐射事故应急预案等规章制度。 | | 保障项目污染防治设施及射线装置正常运行。 |
| 10 | 电离辐射控制要求 | 剂量管理限值 | 辐射工作人员 5mSv/a； 公众人员 0.1mSv/a。 | GB18871-2002 |

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为满足无损检测工作需要，东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司拟在陕西省西咸新区泾河新城崇文镇泾科路 1 号西安工业资产投资集团泾河产业基地副 12 号 1 号厂房北侧中部新建一间探伤室，并购置一台 TITAN|Neo 320X 射线探伤机，开展专用无损检测工作。本次使用的定向 X 射线探伤机的最大管电压为 320kV，最大管电流为 45mA。本项目总投资 190 万元，其中环保投资 8 万元。

13.1.2 产业政策符合性

本项目主要配置 X 射线探伤机用于对工件进行无损检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及其 2021 年 12 月 30 日《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》中“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性

项目使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。该项目建设有利于发展社会经济，在严格落实各项辐射防护措施情况下为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

13.1.4 选址合理性

本项目位于东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司现有厂房内部。厂区南侧邻空地，东侧为西安海红轴承有限公司，西侧为西安标准热处理有限责任公司整体搬迁技改项目(在建)，北侧为陕西重华环境环保设备智造园项目。

东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司 X 射线探伤核技术利用项目位于 1 号厂房北侧墙体中部区域。拟建探伤室西侧为厂房内过道，隔过道为电加工区；南侧为厂房内过道，隔过道为数控铣区；东侧为焊接扩充区；北侧为厂房墙体，隔墙为厂区内中间仓库。项目探伤间所在厂房建筑内部净高为 18m，顶部无人员到达。探伤室无地下层，建筑下方为实土层。该区域人员活动较少，且无长期滞留人员。因此，探伤室所在位置有利于减少 X 射线对公众成员的影响。

根据探伤室的辐射安全防护屏蔽理论计算结果分析，探伤室屏蔽体及铅防护门设计厚度屏蔽防护能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-202）及《工业 X 射线探

《工业探伤放射防护标准》（GBZ/T250-2014）等要求；根据设计单位提供的屏蔽体和防护门防护厚度预测，探伤时辐射工作人员所受的年附加有效剂量最大为 $2.63 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，远低于放射性工作人员剂量控制目标值 5mSv/a ；公众人员因该项目可能导致其所受的年附加有效剂量为 $1.28 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，低于公众人员剂量控制目标值 0.1mSv/a ，因此，室内探伤时对工作人员及公众的影响较小。

项目周围 50m 范围内不涉及居民住宅区，涉及人员主要为厂区的工作人员。探伤室区域内人员主要为辐射工作人员和其他办公人员。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开，本项目操作室位于探伤室东侧，探伤机有用线束不照射操作室。探伤室设置视频监控系统，便于辐射工作人员观察工件和探伤机状态及防护门开闭情况。探伤室屏蔽设计满足相关要求，且探伤室周围相邻区域无公众人员长期驻留区域，从辐射安全与防护的角度分析，在射线装置运行时，可有效减少公众人员的照射剂量，且本项目监督区和控制区划分明确，因此项目选址合理可行。

13.1.5 辐射环境质量现状

项目拟建地室内及周围所测地室外 γ 辐射剂量率为 $0.100 \sim 0.120 \mu\text{Gy/h}$ ，处于辐射环境本底涨落范围内。

根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年）“西安市原野 γ 辐射剂量率范围为 $50.0 \sim 117.0 \text{nGy/h}$ ，道路 γ 辐射剂量率范围为 $52.0 \sim 121.0 \text{nGy/h}$ ，室内 γ 辐射剂量率范围为 $79.0 \sim 130.0 \text{nGy/h}$ ”。经对比，项目拟建地周边环境的空气比释动能率与西安市天然环境 γ 剂量率处于同一水平，属天然辐射本底水平。故项目所在区域辐射环境现状质量良好。

13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对探伤室进行分区管理，划分为控制区和监督区；控制区范围为探伤室内部，以防护门和探伤室屏蔽墙为界；监督区范围为：探伤室北侧的洗片室，操作室、评片室、危废贮存库。

根据探伤机房的辐射安全防护屏蔽理论计算结果分析，探伤机工作时，探伤室四周屏蔽体、防护门的厚度可满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。防护门与探伤室屏蔽体的搭接长度大于间隙宽度的 10 倍。

穿越防护墙的管道（电缆线管、排风管）均采取防护措施，不削弱探伤室的屏蔽能力。探伤室内外安装紧急停机按钮，设置门机联锁、灯机联锁装置、声光警示装置，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。探伤室设计有机械排风系统，具有良好的通风。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.1.7 环境影响分析结论

根据效能核算，探伤机工作时，探伤室各屏蔽体、防护门的厚度可满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。

根据核算，探伤室辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

项目运行不产生放射性废水、放射性废气。少量的臭氧和氮氧化物在机械排风下能迅速排出和扩散，不会对周围环境产生不利影响。本项目洗片废液、废片收集后定期由有相应资质的单位收集处理。公司应建立危废台账，记录危废产生量、处置量及去向，并按照危险废物联单制度进行管理。在落实污染防治及处理措施后本项目产生的危险废物对环境的影响较小。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，辐射工作人员持证上岗，并组织复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量监测档案、辐射环境监测档案等，项目建成后应及时办理《辐射安全许可证》在许可范围内从事辐射活动。在运行过程中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.1.9 总结论

综上所述，东方蓝天钛金科技有限公司陕西分公司固定式工业 X 射线探伤核技术应用项目符合国家产业政策，选址合理，符合实践的正当性原则。项目应切实落实本报告表中提出的污染防治措施和建议，严格按照国家有关辐射防护规定执行，在完善相应的

污染防治措施和环境管理措施后，项目运行时对周围环境、辐射工作人员和公众产生的影响满足环境保护的要求。因此从辐射安全和环境保护角度论证，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下对环境影响是可以接受的，从辐射环境保护角度分析，本项目建设可行。

13.2 建议

(1) 按照国家相关要求进行标准化建设，该 X 射线探伤装置安装到位投入运行前，应委托有资质的监测单位对探伤室的辐射防护设施进行全面的验收监测，监测合格并办理辐射安全许可证后方可开展探伤工作。

(2) 加强对员工的核与辐射安全知识培训，增强员工的安全意识和自我保护意识。

(3) 辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，严禁无证上岗。

(4) 不断完善各项辐射安全管理规章制度和对事故的预防、处理等措施，定期开展辐射事故应急演练，并总结演练过程中出现的问题，不断细化和完善辐射事故应急预案，确保其具有较好的适用性和可操作性。

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