

# 某石油化工机械公司 X 射线探伤室及探伤机应用项目辐射环境监测分析

陈 达 王路杰 张博栋

浙江杭康检测技术有限公司 浙江杭州 310000

**摘 要:** X 射线探伤机在工业领域较为常见, 对于探伤产品要求较低, 能够在工业质量监管中发挥重要价值。为进一步剖析 X 射线探伤机的应用, 本文以某石油化工机械公司 X 射线探伤室为核心, 提出探伤机应用辐射环境监测意义, 指明辐射环境监测评价标准, 继而分析探伤机应用项目辐射环境监测结果, 以供参考。

**关键词:** 石油化工; X 射线探伤室; 辐射环境监测

## Radiation environment monitoring and analysis of X-ray inspection room and inspection machine application project of a petrochemical machinery Company

Da Chen, Lujie Wang, Bodong Zhang

Zhejiang Hangkang Testing Technology Co., Ltd. Zhejiang Hangzhou 310000

**Abstract:** X-ray inspection machines are commonly used in the industrial sector and play an important role in industrial quality control, especially for products with low inspection requirements. In order to further analyze the application of X-ray inspection machines, this paper focuses on the X-ray inspection facility of a petroleum and chemical machinery company. It proposes the significance of radiation environment monitoring in the application of inspection machines and identifies the evaluation criteria for radiation environment monitoring. Furthermore, it analyzes the results of radiation environment monitoring in various application projects of the inspection machine for reference.

**Keywords:** petrochemical industry; X-ray inspection room; Radiation environment monitoring

### 前言

X 射线检测设备可用于金属、塑料等不同材料内部结构的无损检测, 除了检测速度快准确外, 它还具有检测深度的优势。例如, 它可以检测深达 10cm 的钢铁产品, 并且可以轻松用于更厚的铸件。与便携式 X 射线探伤设备相比, 固定式探伤设备具有功率大、工作电压高、辐射剂量大等特点, 在某些特定情况下, 由于透射、泄漏和散射因素, X 射线的使用可能会导致周围的人受到额外的照射, 例如门探照灯操作员的锁失灵。正因为 X 射线会对人体造成重大的身体伤害, 所以有必要对相关应用的环境进行监测和评估。

### 一、石油化工机械公司 X 射线探伤室与探伤机应用辐射环境监测意义

为满足生产需要, 保证产品质量, 某公司建设 X 射线探伤机及探伤室应用项目, 而 X 射线探伤机产生的 X 射线在进入物体时会与材料发生相互作用, 有缺陷的部分和未损坏的部分穿透强度不同, 底片相应部分出现暗色, 根据暗度的变化确定探头是否有缺陷以及缺陷类型。通过及时反馈检测结果, 员工可以调整生产工艺参数等, 以保证公司产品的

质量。X 射线探伤机在工作过程中可能会对环境产生一定的辐射影响, 为保护环境和公众利益, 项目在使用第二类辐射装置时, 必须提交环境影响报告书, 并对辐射环境展开全方位监测<sup>[1]</sup>。

### 二、辐射环境监测评价标准

#### 2.1 评价范围

辐射源和放射性设施的使用通常在设备所在物体的物理边界 50m 以内进行评估。该项目的诊断室估计距离室外摄像机周围的屏幕有 50m。

#### 2.2 控制标准

对于不需要人员在场的探伤室顶部, X 射线室墙壁和入口观察点环境中的最大当量剂量参考水平不应超过  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ , 并且剂量率为距探伤室顶部外表面 30cm。如果室外工作人员无法到达, 请将  $\text{SV/H}$  范围内的  $100 \mu$  参考剂量控制水平作为探伤室的注意点<sup>[2]</sup>。

#### 2.3 屏蔽要求

固定式 X 射线检查对检查室周围辐射环境, 及辐射人员所受辐射剂量的要求如下: X 射线检查室墙壁和入口门的辐射屏蔽必须满足同时满足以下要求:  $\mu\text{Sv/周}$ , 公众不应超

过  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$  点辐射系数不应超过  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ (2) 工业 X 射线摄像机的辐射屏蔽主要采用屏蔽墙、屋顶和由混凝土或铅材料制成的防护门。也就是说, 坚固的结构可以防止 X 射线。

#### 2.4 工艺分析

2.4.1 射线原理。X 射线是由 X 射线管中的高速电子与阳极靶碰撞, 从而产生 X 射线。X 射线管由安装在真空玻璃外壳中的阴极和阳极组成。阴极是安装在焦杯中的钨丝。当白炽灯丝通电加热时, 电子“汽化”。聚焦杯的作用是将这些电子聚焦到电子束上, 并将它们直接指向阳极中的目标。在 X 射线管的两极之间施加的高压使电子在到达目标之前加速到很高的速度。靶通常由高原子序数难熔金属制成, 例如钨或铂。当电子到达靶核时, 其运动突然受到核库仑场的阻碍, 其能量以电磁波(X 射线)的形式释放出来。为了减少不需要的低能光子的照射, 通常使用适当厚度的滤光片来过滤低能光子<sup>[3]</sup>。

2.4.2 探伤原理。在 X 射线探伤机的操作过程中, 被检查的零件会暴露在 X 射线下。当光束通过裂缝时, 其衰减明显降低, 薄膜产生的辐射增加。焊接质量取决于暴露强度的差异。如果出现焊接质量等问题, 在显影后的胶片上会产生强烈的影像, 显示裂纹的位置, X 射线探伤机利用它来达到探伤的目的。

2.4.3 探伤流程。放射人员应佩戴个人剂量计和警报装置, 在开放的房间内应安装通风系统; 长期不用或初次使用的探伤机, 应先培训增加 X 光管的真空度, 如果真空度不好, 可能导致 X 射线管阳极烧毁或穿孔, 导致失效甚至报废, 首次使用探伤机前应进行相应的检查, 显示曝光曲线, 至少检查曝光曲线一年一次。检修后, 设备必须改变曝光曲线, 将被测零件按轨道转移到曝光室, 放置在合适的位置, 固定并粘贴胶片, 并对被测零件进行标记; 根据探伤要求, 进行探伤机的位置、焦距调整、曝光管电压设置和曝光时间等; 疏散清理空地人员, 关闭空地安全门等; 在操作过程中, 放射科医师打开探伤机以暴露探头; 曝光结束后, 关闭探伤机; 辐照人员进入探伤室组织位置, 关闭通风系统后离开; 胶片经过冲洗、评片, 最后出具探伤报告。

### 三、石油化工机械公司 X 射线探伤室及探伤机应用项目辐射环境监测结果分析

#### 3.1 污染源

(1)X 射线。X 射线探伤机在室内作业或学习时会产生 X 射线, 对环境和人体有辐射作用。当探伤机打开或关闭时, X 射线会产生并消失。(2)非活性废物。在 X 射线探伤机工

作时产生的 X 射线照射下, 空气吸收辐射能量, 通过电离作用产生少量非放射性有害气体, 主要是臭氧和氮氧化物。在胶片制作和展示过程中, 可能会产生废胶片、废显影剂等, 属于危险废物。废弃物类别为感光材料 HW16 废弃物。废物代码 900-019-16, 危险特性有毒。根据建设单位提供的资料和项目工作量, 每年最多可拍摄 4000 部影片。存档 8 年后, 胶片可以作为废物处理。归档过程中, 因甲方归档保存, 会产生少量废胶片; 贮存期满后, 每年会产生约 15 公斤的过期胶片。每年生产约 20 公斤报废显影液和定影液<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 探伤室影响

门缝辐射影响。在固定的 X 射线实验室中, 相机周围的辐射环境主要取决于 X 射线探测器的主要辐射、泄漏和散射。在探伤室的设计和施工中, 采用混凝土对探伤室进行保护, 其主体结构通常采用连铸形式。探伤室主墙体无明显裂缝和裂纹, 主体结构屏蔽工作良好。但在检查室的防护门上, 由于一般防护门与墙壁重叠, 必须留有缝隙, 以免防护门接缝外的辐射泄漏过多。在探伤室设计中, 防护门与屏蔽墙的搭接宽度通常不小于搭接间隙长度的 10 倍, 以降低辐射泄漏值。当 X 光机的主光束不向防护门辐射时, 即防护门只受到少量零散散乱光束的影响时, 重叠门和墙的设计方法显示出良好的防护效果, 只屏蔽 X 光机产生的泄漏和散射光束。但在实际探伤过程中, 由于被检部位不固定, X 射线探伤机的主要照射方向也不固定, 如屏蔽墙、屋顶、门部位、工作人员门等, 探伤室周围可能受到 X 射线探伤机主要辐射的照射。在这种情况下, 间隙将受到辐射到防护门表面, 从而导致在通过缝隙泄漏的高剂量辐射中。因此, 假设 X 射线探伤机主射线射向防护门的一次散射辐射, 以及 X 射线探伤机无主射线射向防护门的二次散射辐射, 将会影响防护门接头外辐射。

#### 3.3 门缝影响弥补措施

在长期的辐射检测工作中发现, 当检查室门与屏蔽墙的重叠间隙较小, 而防护门与墙的重叠宽度为间隙宽度的十倍以上时, 可有效防止门缝隙外辐射过多泄漏。但是, 在实际施工过程中, 由于隔墙安装过程的不规则性和防护门位置的偏差, 防护门与隔墙之间往往存在一定的缝隙。在第一探伤室进行的监测显示, 门缝处的泄漏更为明显, 瞬时剂量甚至超过标准限值数倍。为避免门缝漏水过多, 我建议施工单位对已完工的探伤室防护门采取措施进行校正, 在探伤室洞口内侧贴一层铅板, 再贴一层铅板。防护门侧面与探伤室方向垂直, 减少防护门与墙体的重叠缝隙, 防止漫射辐射在没有防护的情况下直接到达室外。在采取简单的补救措施后, 重

新监测门缝的辐射剂量,发现门缝的辐射剂量已明显降低,可控制在标准限值内<sup>[5]</sup>。

### 3.4 环境影响

(1)粉尘。施工过程中,粉尘要来自开挖、堆放、物料运输、装卸等工序,施工过程中,应定期对施工现场进行保湿,有效减少扬尘量,对环境的影响小。(2)噪声。施工噪声主要是指施工过程中各种机械作业产生的机械噪声。应选用低噪声机械设备,合理安排施工时间和工艺,注意维护保养,有效降低机械噪声。(3)污水。施工废水主要包括施工污水和施工人员产生的生活污水。在施工区设置一定容量的沉淀池,将施工废水收集入沉淀池充分沉淀,回用清水,在开挖基层上回填沉淀物。施工人员生活污水处理依托厂区现有污水处理厂。施工人员产生的施工及生活污水可妥善处理,对环境的影响小。

### 3.5 辐射防护途径

(1)控制台设计有 X 射线管电压显示和高压开关,以及选择和调整管电压、管电流和曝光时间的显示。还设计有开启外部高压报警或指示灯、紧急停机开关、电离辐射警告、光束输出指示、未经授权使用警告等标志;防护门相关接口设计,保证防护门未关闭时 X 射线管电压无法关闭。连接时,防护门打开时可立即断开连接的 X 射线管电压;开发钥匙开关,只有在控制台上打开钥匙开关,X 射线管才能离开光束;钥匙只能在关机或待机状态下取出。(2)大小防护门采用门锁设计。当大大小小的防护门打开时,X 射线立即停止。关闭的门不会自动激活 X 射线。防护门内装有应急开门装置,方便探伤室人员在紧急情况下进出。(3)大小防护门和曝光室内设计有工作状态指示灯和声音提示,可显示“准备”和“照射”状态,准备信号持续时间确保人员可以安全走出探伤室。这两个报警器与站点周围使用的其他报警器非常不同。工作状态指示灯可被 X 光设备有效遮挡;该公司计划在检测室内外的显著位置放置两个信号。

### 3.6 三废治理

(1) X 射线探伤机工作过程中产生的有害气体主要采

用通风控制。曝晒室内建议安装通风系统,设计为 5000m<sup>3</sup>/h,每小时通风量约 3.1 次,排气孔尺寸为 500mmx500mm。位于曝光室南墙东侧,避开人员密集区。排气口外接通风管,非放射性有害气体通过排气口和通风管向 3#厂房南侧的外部环境排放,人员较少。(2)项目产生的显影剂和胶片废弃物列为危险废物,编号为 HW16900-019-16。公司拟将危险废物采用专用容器暂存于危险废物暂存库。危险废物暂存区具有防风、防雨、防晒、防渗等功能,室外有规范的警示标志。公司共同管理和危险废物账户,并定期指示授权运输危险废物的组织将其运输到有资格处理危险废物的组织。

## 四、结束语

总而言之,该项目基本符合辐射安全管理制度和辐射安全要求,具备竣工建设项目的环境验收条件。但是,辐射安全必须时刻保持警惕,辐射防护不能放松。建造探伤室时,应注意薄弱环节,如在门框上加装铅板,以减少通过门缝的辐射量;探伤机工作过程中,辐射照射方向尽量不正确,以防护门、通风孔等为宜。同时,还需要进一步提高人员的安全操作知识,由于产品的个体差异,探伤现场存在一定的变数,存在一定的风险。因此,对于需要探伤的产品,必须注意其结构、材料等相关情况,有针对性地进行工作。

## 参考文献:

- [1]王美霞,许志强,徐海娟,钟蝶娴,梁旭.自屏蔽 X 射线无损检测装置的辐射安全分析[J].仪器与设备,2022,10(3): 166-171.
- [2]罗磊,葛婷,贾河顺.某新能源装备公司 X 射线探伤机项目辐射环境监测评价[J].科技创新导报,2021,18(6): 67-69.
- [3]闫永军.石油化工机械设备安装中的问题及对策[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1): 67-70.
- [4]林放.深入分析造成石油化工机械设备腐蚀原因和应对措施[J].中国科技期刊数据库工业 A,2022(5): 54-57.
- [5]李胜浓.不同类型辐射剂量仪应用于 DR 机房环境辐射监测的适用性分析[J].中国新技术新产品,2022(14): 13-17.