

# 移动式 X 射线工业探伤意外照射现场模拟检测 与受照剂量估算探讨

郭 焱, 陈凤娇, 石瑞芬, 梁俭仪, 谢迎庆, 董雪梅, 陈松根  
佛山市职业病防治所, 广东 佛山 528000

**摘要:** **目的** 探讨移动式 X 射线探伤意外照射现场模拟检测及估算工人受照剂量。**方法** 对事故经过及现场进行卫生学调查,工程分析和个案调查,综合分析事故原因及后续引发的问题。**结果** 该能源公司管网安装蒸汽管网时,聘请第三方检测公司对管网进行 X 射线工业探伤,造成 87 名工地工人疑似工业误照;根据现场模拟还原检测,使用辐射剂量仪检测到距离探伤机 1 m 处周围辐射剂量当量率为 1 680  $\mu\text{Sv/h}$ ,距探伤机 20 m 开外地方 X 射线剂量率为 4.1  $\mu\text{Sv/h}$ ,工人将受到 14  $\mu\text{Sv}$  累积剂量;87 名工人辐射应急体检无异常。**结论** 该起事件由于探伤检测公司在实施辐射危害工作前没有做到告知义务,随意开展;投资方、发包方没有履行监督的责任,造成工地工人恐辐心理,以为自己受到误照,导致聚集性事件的发生。相关企业应完善管理制度,认真履行各自职责;加强对员工放射防护知识培训与教育,消除恐慌心理。

**关键词:** 工业探伤;移动式;X 射线;剂量估算

中图分类号:R144.1 文献标识码:A 文章编号:1004-714X(2019)03-0251-03

## A study on simulation test and dose estimation of mobile X-ray industrial inspection accident site

GUO Yao, CHEN Fengjiao, SHI Ruifen, LIANG Jianyi, XIE Yingqing, DONG Xuemei, CHEN Songgen  
*Foshan Occupational Disease Prevention and Treatment Institute, Foshan 528000 China*

**Abstract:** **Objective** To explore the simulation detection of mobile X-ray inspection accident site and estimate the radiation dose of workers. **Methods** The hygiene investigation, engineering analysis and case investigation on accident course and site were investigated, and the accident cause and subsequent problems were comprehensively analyzed. **Results** When installing the steam pipe network, the energy company hired a third-party inspection company to conduct X-ray industrial flaw detection on pipe network, resulting in the suspected industrial exposure of 87 site workers. According to the on-site simulated reduction detection, the radiation dose equivalent rate was 1 680  $\mu\text{Sv/h}$  around 1m away from the flaw detector by the radiation dosimeter, and the X-ray dose rate 4.1  $\mu\text{Sv/h}$  around 20 meters away from the flaw detector, and workers would receive the cumulative dose of 14  $\mu\text{Sv}$ . Radiation emergency physical examination of 87 workers showed no abnormality. **Conclusion** This case occurred because the inspection and testing company did not fulfill the obligation of informing before implementing radiation hazards and carried out it randomly. The investor and the employer failed to fulfill the supervision responsibility, which caused the site works to be afraid of radiation and think that they were exposed by mistake, leading to the occurrence of mass incidents. Relevant enterprises should improve the management system and conscientiously perform their respective responsibilities; Strengthen the training and education of radiation protection knowledge for employees to eliminate panic mentality.

**Key words:** Industrial Radiography; Portable; X-Rays; Dose Estimation

移动式 X 射线工业探伤已经广泛应用于机械制造、冶金、电力、建筑、管道制造与安装等领域,它是在没有防护墙等固定屏蔽体下使用射线装置进行的工业探伤作业<sup>[1]</sup>。由于现场实际情况、构建物、周边情况复杂,如果操作不规范,极易造成工作人员和公众的健康损害。2018 年 9 月,广东佛山市某能源公司工地在管网建设过程中发生一起疑似工业放射误照事件,事件波及人群有 87 人之多。本文通过事故现场模拟检测,探讨工作人员及公众的可能受照剂量,为同类型事件提供现场数据,做好放射防护工作与群众心理疏导提供数据支持。

作者简介:郭焱,男,主管医师,主要从事职业卫生、放射卫生检测与评价。E-mail:ghyj57578@163.com

1 对象与方法

1.1 对象 某能源公司工地在建蒸气钢管道,直径 480 mm,管壁厚 10 mm。使用移动式工业 X 射线(丹东市中意电子有限公司 2505L 型变频 X 射线探伤机)最大输出电压为 250 kV,最大输出电流为 5 mA。

1.2 现场检测 根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117—2015)<sup>[2]</sup>的要求,采用 AT 1123 辐射剂量测量仪(白俄罗斯 ATOMTEX 公司)对周围剂量当量率进行检测,模拟原照射条件 195 kV,5 mA,单次照射时间 90 s。检测设备经过具有资质的计量院检定,并在有效期内。

2 结果

2.1 基本情况 佛山某能源公司位于区级工业园区,主要以天然气为原料进行发电供电,蒸气供热。项目 2017 年开始投资建设,工程正处于外围管网建设与安装期,拥有专职的安全管理人员 4 人。该公司蒸气管道铺设的项目分包给一建筑公司,该建筑公司聘请具有工业探伤资质的第三方检测公司对其管道进行探伤并验收,探伤施工现场平面示意图如图 1 所示。事发时,该工地有建筑工人约 120 人,探伤作业放射工作人员 2 人。

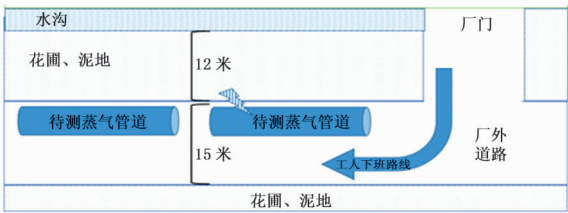


图 1 蒸气管道探伤施工现场平面示意图

2.2 现场模拟还原检测结果 该第三方检测公司的探伤工人在现场模拟当天探伤情况,利用 X 射线辐射剂量检测仪对探伤机周边进行辐射剂量的检测,检测布点图见图 2。现场辐射本底水平为 0.15~0.20 μSv/h。以探伤装置射线口为零点<sup>[3]</sup>,沿主射线方向为正,主射线反方向为负,分别在距装置垂直距离 1 m,5 m,8 m,12 m,距装置水平距离 0 m,5 m,10 m,15 m,20 m 处布点,管道前后各 20 点,共 40 点。

从现场检测结果看,距探伤机射线口水平距离 0 m,垂直距离 1 m 处 X 射线剂量率最大,为 1 680 μSv/h,距探伤机射线口水平距离为 20 m,垂直距离 12 m 处最小为 4.1 μSv/h。在距装置水平距离为 0 m,距装置垂直方向相同距离的检测点,主射线方向 X 射线剂量率均大

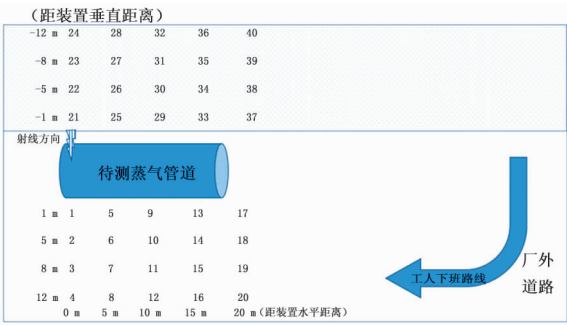


图 2 现场检测布点图

大于主射线反方向的结果。在除距装置水平距离为 5 m 和 10 m,距装置垂直方向 -12 m 略小于 12 m 外,其余 5 m,10 m,15 m,20 m,距装置垂直方向相同距离的检测点,主射线反方向 X 射线剂量率大于主射线方向。现场检测 X 射线剂量率结果如表 1 所示。

表 1 现场检测 X 射线剂量率结果(μSv/h)

距装置垂直距离 (m)	距装置水平距离(m)				
	0	5	10	15	20
-12	24	16.8	8.7	6.5	5.7
-8	39	32	16.3	12	9.5
-5	180	79	32	20.5	14.7
-1	810	195	47	26.7	15.4
1	1 680	27.2	10.2	5.8	4.1
5	460	28.2	9.7	5.9	4.2
8	297	24.8	9.3	5.7	4.1
12	155	18.7	8.9	5.7	4.1

2.3 事故相关人员剂量估算 据调查受到本事件影响的主要有建筑工人以及进行探伤的放射工作人员。事故当天,建筑工人在正常下班通过现场 20 米警戒区域主要有 3 种通过方式,步行通过需要 30 s,骑车通过需要 10 s,驾驶小汽车通过需要 3 s。因此,按建筑工人接触最大剂量 1 680 μSv/h 并且停留 30 s 来估算受照剂量,工人将受到 14 μSv 累积剂量。进行探伤的放射工作人员操作位与探伤机为异侧,即距探伤机射线口水平距离 15 m,垂直距离 1 m 处,单次受照剂量为 0.15 μSv。当工作人员与探伤机为同侧时,即所处位置距探伤机射线口水平距离 -15 m,垂直距离 1 m 处,单次受照剂量为 0.7 μSv。

2.4 事发企业职业卫生管理情况 该能源公司制定了火、电等特殊作业管理和审批制度,但没有严格按照审批流程对本次辐射探伤作业进行监督和管理;公司制定了应急处置预案,但执行不当,简单了事,没有采取措施解除工人对辐射危害的恐惧心态和认知,未能对工人聚集性事件进行良好控制<sup>[4]</sup>。管网建筑公司和第三方检测公司实施作业前并未告知上级发包方与投资方;现场

警戒线、警示牌设置不规范,标识不清晰;从事放射检测工作的操作工人未佩戴个人防护用品,个人剂量计;操作工人安全防护距离不够;施工时未能提供现场记录与照片。

### 3 讨论

工业 X 射线探伤是利用 X 射线对物体内部结构进行摄影的一种检查,按场所区分主要有探伤室内探伤和室外现场探伤。由于受到固定探伤室的大小的限制或需要野外作业等因素,探伤方式主要采取现场探伤作业<sup>[5]</sup>。本次采用现场模拟还原当时情况进行检测。在模拟直接照射马路的方向,进行 X 射线边界周围剂量当量率检测。射线穿过钢构管网 1 m 处测出最大周围剂量当量率 1 680  $\mu\text{Sv/h}$ ,直线距离为 12 m 时周围剂量当量率为 155  $\mu\text{Sv/h}$ ,水平位置距离 20 m 处辐射已经下降到 4.1  $\mu\text{Sv/h}$ ,已低于标准中规定的控制区 15  $\mu\text{Sv/h}$  的边界,但仍大于监督区 2.5  $\mu\text{Sv/h}$  的范围。但实际工作中作业人员由于场地限制或以方便为由随意设置操作位置,期间不严格按照周围剂量当量率进行划区控制,这将导致放射工作人员本身受照剂量增加<sup>[6-7]</sup>。在本次结果中,垂直于主射线方向的辐射剂量比主射线反方向距射线口同等距离的辐射剂量要大,这可能是由于主射线方向穿透探伤对象后仍保留了较大的能量所致,而位于主射线反方向上的辐射能量,由于射线粒子要经过 180° 的方向改变,将使射线能量大大减弱<sup>[8]</sup>。在位于与射线装置同侧的其他位置辐射剂量均大于位于射线装置对面的位置,由于射线散射的作用,导致位于同侧的其他位置在没有经过阻挡的情况下会比经过探伤对象的周围剂量当量率高。

这起事故中,我们按受照累积时间和剂量率的乘积来估算公众的受照剂量。采用可能导致最严重的受照情况进行极限估算,即在用最慢的通行速度与最大的可能受照剂量,工人将受到 14  $\mu\text{Sv}$  的剂量,小于典型成年患者 DR 胸部摄影的受照剂量<sup>[9]</sup>。

根据 GBZ 117—2015《工业 X 射线探伤放射防护要求》,在实施现场探伤工作前,实施单位应对工作环

境,如探伤的地点,接触的工人,附近的公众,天气条件,探伤时间等进行全面评估,保证安全方可工作<sup>[10]</sup>。工作前应与委托单位协商各项事宜,确保安全实施。现场探伤作业工作过程中,检测公司也未对现场进行分区管理,警示标识不规范不明显。大部分工人对辐射安全、工业探伤不了解,极易产生过度的紧张与猜测。

从这次模拟检测结果来看,虽然工作人员及公众在这次事故中,可能受到的辐射剂量不大,但这次事故也充分暴露出我国目前在工业放射卫生工作基础的薄弱,导致实施工业放射的用人单位职业卫生管理较差,用人单位对辐射的认知不足导致了本次事故发生。建议加强对工业放射卫生工作的监管,敦促企业完善特种作业管理制度,认真履行各自职责,加强对员工放射防护知识培训与教育,消除恐慌心理。

### 参考文献

- [1] 刘智慧,许芝剑,黄薇. 移动式工业探伤装置辐射防护要点分析[J]. 山东工业技术,2019(05):148-150.
- [2] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GBZ 117—2015 工业 X 射线探伤放射防护要求[S]. 北京:人民卫生出版社,2015.
- [3] 周海伟. 工业 X 射线探伤项目辐射安全 and 环境影响的分析与评价[J]. 环境与发展,2018,30(8):15-17.
- [4] 黄行. 医用 X 射线机诊断机房屏蔽防护评价与探讨[J]. 中国辐射卫生,2017,26(1):57-58,62.
- [5] 李青,马君健,刘伟,等. 某工厂移动顶棚式 X 射线探伤室环境监测及评价[J]. 辐射防护,2015,35(2):117-122.
- [6] 周忠慈,朱少华. 意大利 VILLA 移动式 X 射线机充电原理及故障快速检修[J]. 医疗装备,2015,28(9):41-42.
- [7] 向辉云,毕心鄰,郑黄婷,等. 沉井式 X 射线探伤室辐射环境影响监测与评价[J]. 中国辐射卫生,2018,27(6):602-604.
- [8] 葛陈程,吕汪洋,石教学,等. 应用二维 X 射线衍射法测定涤纶工业丝结晶和取向行为[J]. 纺织学报,2018,39(3):19-25.
- [9] 刘小莲,麦维基,张素芬. 广东省数字 X 射线摄影患者辐射剂量水平调查[J]. 中国职业医学,2016,43(5):600-604.
- [10] 朱姝,张鑫,钟春明. 工业 X 射线探伤机在现场探伤作业中的辐射防护距离探讨[J]. 湖南有色金属,2015,31(5):65-67,80.

收稿日期:2019-03-20