

# 某铁路集装箱安检系统职业病危害放射防护预评价

张钦富, 刘 成

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2008)04-0465-02

【摘要】 目的 对某铁路集装箱安检系统进行职业病危害放射防护预评价,保障放射工作人员和公众的健康与安全。方法 依据国家法律法规和技术标准进行评价。结果 该安检系统的屏蔽设计和防护设施符合国家法规和标准的要求。结论 正当使用该安检系统,能够保障放射工作人员和公众的健康与安全。

【关键词】 安全检查; 职业病危害; 放射防护; 预评价

为提高铁路货物运输安全检查手段的科技水平,某公司在郑州东站集装箱货场安装铁路货物安检系统。根据《中华人民共和国职业病防治法》的要求,建设单位委托我所编制“某铁路货物安检系统建设项目职业病危害放射防护预评价报告书”,现将结果报告如下。

## 1 概述

1.1 评价目的 保障放射工作人员和公众的健康与安全;为卫生行政部门提供技术依据。

1.2 评价范围 ①区域范围:安检系统安装现场及周围环境;②辐射防护与安全措施范围:安检系统的辐射防护设施、安全管理措施及应急响应;③人员范围:安检系统放射工作人员及周围公众的健康与安全。

1.3 评价内容 建设项目中的辐射源项;安检系统辐射防护设施和防护设计;工作场所辐射防护监测计划、个人剂量监测计划及放射工作人员的健康监护计划;安全操作规章制度、管理措施和应急预案。

1.4 评价依据 根据国家法律法规和技术标准及建设单位提供的技术资料进行评价,其主要的评价依据见参考文献[1-5]。

1.5 评价目标 ①放射工作人员的年有效剂量约束在 $5\text{mSv}$ 以下,公众的年有效剂量约束在 $0.25\text{mSv}$ 以下;②臭氧和氮氧化物等有害气体的浓度低于国家规定的标准;③安检系统拟采取的辐射安全设施符合多重性、独立性的原则,可有效预防人员误照等潜在照射的发生;④有完整的个人剂量监测、放射工作场所监测和放射人员健康监护计划;⑤有完善的辐射防护管

理规章制度和事故应急预案。

## 2 建设项目概况及工程分析

2.1 建设项目位置及建设规模 建设项目位于郑州铁路东站的陇海铁路干线上,交通十分方便。建设项目南面 $50\text{m}$ 是综合办公楼,西面是集装箱车辆通道,东面是货三线站台,北面约 $100\text{m}$ 是郑州东站入口。安检系统检查通道宽度约为 $5\text{m}$ ,长约 $2\times 25\text{m}$ 以射线束中心轴对称布局,每翼防护墙区 $8.5\text{m}$ ,护栏区 $16.5\text{m}$ ,总建筑面积约 $500\text{m}^2$ 。

2.2 建设项目场区及周围环境辐射本底水平 经河南省职业病防治研究所监测,该建设项目场区及周围环境辐射本底水平为 $0.04\mu\text{Gy/h}\sim 0.07\mu\text{Gy/h}$ ,其本底辐射水平在郑州地区的本底辐射范围内。

2.3 安检系统辐射防护管理区域的划分 加速器室和检查通道为辐射控制区;两翼护栏区域为辐射监督区。

## 2.4 系统工作流程

2.4.1 安检系统组成 安检系统的功能设备主要包括:①加速器分系统:可以受控产生X射线脉冲;②探测器分系统:将透过被检物体的X射线脉冲转化成电信号;③图像获取装置:把探测器输出的电信号转换成图像信息;④扫描控制分系统:控制扫描过程和安全联锁装置,是连接各个分系统的接口中心;⑤扫描装置分系统:承载X射线成像系统;⑥拖动装置分系统:用于拖动被检车辆通过扫描区域,实现快速不开箱检查;⑦运行检查分系统:检查货物图像,管理与系统运行及图像检查有关的所有数据和信息,是安检系统的数据与图像处理核心;⑧辐射防护设施:保护有关人员免受辐射伤害,并为系统提供一个相对封闭的运行空间。

2.4.2 工作流程 ①被检集装箱车开到检查通道入口处的指

(3)禁止仅有“三叶草”符号而无加注任何文字警示的非规范标志物使用(防止误解)。

(4)标志物必须醒目,安放的位置合理,长期使用的标志物应当经常油漆,褪色和颜色不明显的标志物不得使用。

(5)在社区和各级教育机构广大公众中普及辐射安全防护知识,辐射防护学课程必须进入医学院校和进入课堂,提高我国临床医生和人民群众的核放射安全文化素养,减少不必要事故的发生。

## 参考文献:

- [1] 英国伦敦科学博物馆. <http://www.scienceuseum.org.uk/online/mmww/index.asp>
- [2] 邓绍根. 中国第一台X光诊断机的引进[J]. 中华医史杂志, 2002 32(2): 99-101.
- [3] 戴吾三. 1897年苏州博习医院引入简易X光机[J]. 中国科技史料, 2002 23(3): 224-227

- [4] Adrian MK, Thomas MB. One hundred years of medical radiology ([http://www.bshr.org.uk/hml/100\\_years.html](http://www.bshr.org.uk/hml/100_years.html)).
- [5] 谢滋. ICRP访华团座谈会记录(H.P.Jammet讲话)[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1981 1(增刊): 42-50
- [6] Stephens LD, Barrett RA. Brief history of a "20th Century Danger Sign"[J]. Health Phys 1979 36(5): 565-571.
- [7] Ryan MT, Fair ME. The radiation warning symbol[J]. Health Phys 1981 41(2): 416-417
- [8] ISQ. Nuclear energy basic symbol for signifying ionizing radiation[S]. ISO-361-1975
- [9] Special Reports. New Scientist 24. 2007(23) February
- [10] IAEA网页(<http://www.iaea.org/NewsCenter/Multimedia/Videos/NewRadiationSymbol/>).
- [11] ISQ. Ionizing-radiation warning-Supplementary symbol[J]. ISO21482:2007

(收稿日期: 2008-04-22)

定位置,司机下车并通过指定通道进入安全等待区域;②拖动小车在检查通道入口处伸出叉子抱紧前轮后抬起;③系统控制员启动系统开始集装箱扫描的按钮;④拖动小车拖动集装箱车进入 X射线束流区,系统出束并采集图像;⑤图像扫描到一定的列数后图像扫描结束;⑥图像检查员开始检查集装箱图像,系统自动将图像存贮并把有关信息传送到数据库;⑦拖动小车将卡车前轮放下后自动收回叉子,并返回到检查通道入口处;⑧司机上车,将集装箱车开到验出区等候检查结果。

### 3 辐射源项

3.1 辐射源 安检系统采用高性能的 6/3MeV 双能双视角驻波电子直线加速器作为辐射源,加速器分系统主要由 X射线机头、调制器和水冷机组组成。加速器只有在通电并加高压后,才能产生 X射线。在断电情况下,加速器不产生辐射。集装箱或车辆内货物经辐照后,亦不会残留任何放射性,对于食品、动物以及感光材料等被辐照后也都是安全的。

3.2 安检系统主要性能参数 ① X射线最大能量: 6MV; ② 输出量率: 200mGy·m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>·h; ③ 加速器泄漏率: 除主束方向外,加速器箱外的泄漏杂散辐射泄漏率为 1.0×10<sup>-5</sup>; ④ 扫描速度范围: 0.2m/s~0.6m/s(标准 0.4m/s); ⑤ 最大通过率: 25个 10m<sup>2</sup>40英尺标准集装箱/h

### 3.3 放射性职业病危害因素分析

3.3.1 放射性职业病危害类别 根据《建设项目职业病危害分类管理办法》,该安检系统加速器属于产生严重职业病危害类别。

3.3.2 正常运行状态下的放射性职业病危害因素 正常运行状态下加速器的辐射危害因素是散射线和漏射线。

3.3.3 异常运行状态下的放射性职业病危害因素 在警示设备、联锁装置等安全设施失灵或者人员违章操作时等异常状态下运行加速器,可能使有关人员受到有用线束的直接照射,引起潜在照射事故的发生,引发放射性疾病。

3.4 其他职业病危害因素 该建设项目虽然理论上可产生 O<sub>3</sub>和 NO<sub>2</sub>等有害气体,但同类辐射源应用实践和已有的众多评价报告均表明,与国家规定的限制浓度相比,是可忽略的。

## 4 防护措施评价

4.1 屏蔽设计 主要采用铅钢结构屏蔽,内层为铅板防护,外层为钢板加固。主要屏蔽厚度为①加速器室:四周墙 65mm铅板,顶 100mm钢板;②过度仓:前墙 60mm钢板,左右侧墙 55mm铅板;③扫描通道两侧墙: 30mm钢板;④竖探测器: 45mm~130mm铅板;⑤横探测器: 120mm铅板。

4.2 剂量估算与评价 拟安装的安检系统进行现场扫描时,拖动小车拖动待检车辆速度为 0.2~0.6m/s,按最慢的 0.2m/s 计算,扫描 18m长的集装箱需用时 90s,如系统一年工作 300d,一天工作 24h(分三班),每小时最多检测 25辆车,则 1年中加速器出束时间最多为 4500h,每班 1500h。据参考文献[5]可知,安检系统检测场所外部的最高剂量率为 1.3μGy/h,按上述条件估算,放射工作人员年受照剂量为 1.95mSv,公众为 0.122mSv(居留因子取 1/16)。估算结果表明放射工作人员和公众所受年剂量能够分别满足 5mSv/a和 0.25mSv/a的剂量约束值要求。

### 4.3 辐射防护措施分析

4.3.1 安全联锁 包括①急停设施:在系统控制操作台、调制器、扫描通道进口、出口等处设置急停按钮;在扫描通道屏蔽墙内侧墙上设置急停拉线开关,当任一急停按钮被按下或拉线开关被拉下时,加速器立即停止出束;②钥匙连锁:在系统控制室的操作台上设置加速器安全联锁钥匙;③软件安全联锁:一旦

束流超过预定的剂量率,将由加速器的控制软件发出指令控制加速器停止出束。

4.3.2 警示、监视及通讯安全设施 ①警示装置:在扫描系统横梁两侧装有出束警铃和工作状态指示灯,加速器出束时,有声音和灯光警示;②警告装置:在车辆出入口设有红外报警装置;在加速器室门外、扫描通道出口、入口设置电离辐射标志牌;③监视/通讯设备:在扫描通道进口和出口内、外处安装一定数量的摄像机,相应的监视器装在系统控制舱操作台上;在扫描系统横梁上安装有扬声器;随系统配备有对讲设备。

4.3.3 辐射剂量仪 用来监测系统的辐射剂量水平,负责辐射安全的操作人员可用该仪器测量系统周围的辐射水平,个人剂量报警仪供与系统工作直接相关的工作人员使用。

4.3.4 辐射警示标识 在辐射防护区域周围设有一些标有电离辐射的警示条,用来指示该区域为辐射区域,禁止入内。

上述的辐射安全措施具有多层次的纵深防御功能,正确运行的情况下能防止潜在照射的发生。

## 5 辐射监测

5.1 工作场所的防护监测 建设单位设专人使用便携式 X-γ剂量率测量仪对控制区周围环境进行辐射水平监测,并建立监测技术资料档案。

5.2 放射工作人员个人剂量监测、健康检查和防护培训 建设单位拟将放射工作人员的个人剂量监测、职业健康检查和培训列入辐射监测计划体系,要求放射工作人员全员佩戴个人剂量计,接受个人剂量监测、健康检查和防护培训,持《放射工作人员证》上岗。

## 6 健康影响评价与事故应急响应

6.1 正常运行条件下的健康影响 安检系统正常运行情况下,放射工作人员和公众所受的年剂量均低于本报告的约束值,能够防止确定性效应的发生。

6.2 异常情况下的健康影响 当人员意外误留在安检系统的扫描区或其加速器室时,可能受到超过正常运行状态时的照射量而引发放射性疾病。安检系统装置及安检工作场所设有一系列辐射安全防护设备并拟制订和完善相应的管理规章制度、安全操作规程,将潜在照射危险概率降低到正常照射剂量限值所相应的健康危险水平以下。

6.3 辐射防护管理 建设单位按照国家相关法律、法规的要求成立了辐射防护管理机构,并明确了各个成员的职责。制订了《辐射防护和安全保卫制度》等相应的操作规程和辐射安全防护管理制度,并以文件形式明确相关人员的岗位要求和工作职责。

6.4 事故应急响应 建设单位根据有关法律、法规的规定和职能管理部门要求,结合自身实际初步建立了《辐射事故应急预案》。

## 7 结论与建议

7.1 结论 ①建设单位拟引进的安检系统存在放射性职业病危害因素,列为严重的职业病危害类别;②职业病危害因素的控制设施和管理措施比较齐备,若正常运行能够有效控制工作场所的放射性职业病危害因素。③建设项目的屏蔽设计能够使放射工作人员及相关公众年有效剂量控制在本报告书的剂量约束值以下;安检系统具有多层次的纵深防御功能,正常运行情况下,能防止潜在照射的发生。

7.2 建议 在建设项目施工时,应根据本预评价报告提出的结论与要求落实相关工作;在场所竣工、设备安装调试完成后,委托职业卫生技术服务机构对安检系统进行辐射剂量水平检

## 一起工业 X射线现场探伤误照事件的调查与处理

张乙眉, 余宁乐, 周献锋

中图分类号: TL73 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2008)04-0467-02

【摘要】 目的 平息一起工业 X射线现场探伤误照引发的周围工作人员恐慌事件。方法 采用现场模拟测试、物理剂量估算、实验室检查和对工作人员的宣传教育。结果 通过现场模拟剂量测试和实验室检查结果, 平息了该起由工业 X射线现场探伤误照引发的周围工作人员恐慌事件。结论 放射性使用单位在进行现场探伤时未及时疏散作业场所周围的工作人员、未按要求在监督区边界悬挂清晰可见的警告牌、或拉警戒线或设专人警戒是造成该起误照事件的直接原因。

【关键词】 X射线现场探伤; 误照; 周围工作人员

工业探伤是目前无损检测的重要手段之一, 近年来随着企业的不断发展壮大和自身生存的需要, 无损检测技术使用的频率也越来越高, 许多大型的管道和探伤件无法运至探伤室内进行探伤, 因此需要工作人员将探伤机携带到现场进行 X射线的现场探伤, 这就增加了工业探伤误照事件发生的概率。

## 1 基本情况

此起误照事件的当事方分别为无锡 xxx有限公司(下简称甲公司)和中国化学工程第 xx建设公司(下简称乙公司), 协调方为中国石化集团金陵石化分公司化肥技改项目总承包项目部。乙公司从 2004年开始承接南京金陵石化化肥厂“油改煤”工程, 其中 3台气化炉是第一套“油改煤”工程的核心设备。气化炉采用超厚耐热钢作为主材, 炉体内衬有三层耐火炉衬, 成型复杂, 制造工艺技术要求较高。乙公司承担管道焊缝的无损 X射线探伤, 甲公司承担气化炉内耐火炉衬的构筑。

我中心于 2005年 4月 15日受中国石化集团金陵石化分公司化肥技改项目总承包项目部的委托, 对该企业 2005年 4月 10日发生的工业 X射线探伤机在探伤过程中对部分工人误受照事件进行现场模拟测试和剂量估算, 并根据误受照工人的健康体检情况, 对工业 X射线探伤操作是否对部分工人造成误照事件以及对工人的健康影响进行评价, 从而平息该起由探伤误照引发的周围工作人员恐慌事件。

误照事件发生的简要过程为: 2005年 4月 10日晚 6 30~8 50 甲公司的九名员工在 A炉施工。具体分工为: 有五名工人负责送料, 主要工作场所为五楼。工作期间五人中有两人从北楼梯上 9楼一次。有四名工人位于八楼平台的气化炉 A炉内进行砌砖工作。供料的工人中有 3人于 8 50上到八楼时, 发现乙公司有两名工作人员正在进行探伤操作, A炉、B炉前各有布置的探伤件共四件, 而两名工作人员称并未进行探伤操作, 而是在作准备。双方发生争执后停止探伤操作。当时共有

胶片 54张。现因 54张胶片已全部曝光, 无法确定当时两名工作人员是否在进行探伤作业。因此难以认定甲公司的九名员工是否受到探伤误照。

## 2 调查与处理

2.1 检测与监测仪器 美国 Victoreen公司生产的 450B型 X $\gamma$ 剂量率仪, 量程为 0~500mSv/h 热释光剂量计 2005年 3月 21日退火, 北京防化研究院生产的 RGD3A型热释光读出装置; 检定时间均为 2004年 8月。

2.2 检测方法 根据双方当事人的叙述, 确定现场模拟监测方案。针对此次误照事件涉及的工作人员较多, 且人员活动场所不固定、活动时间不确定等多项影响因素, 为了客观准确的反映受照情况, 考虑到当事双方对是否探伤及探伤作业时间的描述不一致, 我们按照可能的最长探伤作业时间来进行模拟, 即按照 54张胶片的拍摄时间来测算, 同时, 参考现场所见探伤件来估计照射方向。三个气化炉的分布从北向南依次为 A、C、B。其中 A炉为甲公司工人的作业场所, A炉外的探伤件紧靠 A炉, 现场发现 B炉前也有一探伤件。我们分别按 A炉探伤和 A、B炉探伤情况进行模拟测试。

现场探伤作业所用的探伤机为湖北大冶探伤机厂生产的 2505EGS型 X射线探伤机。据乙公司工作人员介绍, A炉外探伤机工作条件为 190kV 5mA 探伤工件为 457×3.5mm 钢管焊缝, 每次曝光时间为 1min。B炉外探伤机工作条件为 150kV 5mA 探伤工件为 489×8mm 钢管焊缝, 每次曝光时间也为 1min。

模拟监测采用两种方法, 其一采用美国 Victoreen公司生产的 450B型 X $\gamma$ 剂量率仪测累积剂量; 其二用热释光剂量计测累积剂量。根据甲公司 9名工人在此期间的活动情况及探伤件所在位置选用 450B型剂量率仪和热释光剂量计, 分别布点于热电偶外口、内口、炉体内部和外壁、南北楼梯、五楼工作位、八楼操作位等位置, 布点高度离平台 1m左右, 模拟工作人员活动位置, 估算物理剂量, 每个点布放两个剂量计。具体剂量计布放位置见表 1。因该事件发生后, 热电偶口处的三层耐

作者单位: 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210009  
作者简介: 张乙眉(1963~), 女, 四川峨眉山人, 主任医师, 主要从事放射防护检测与职业病危害评价工作。

测和职业病危害放射防护控制效果评价。

## 参考文献:

- [1] GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 [S].
- [2] GBZ/T 181-2006, 建设项目职业病危害放射防护评价报告编制规范 [S].

- [3] GBZ 143-2002 集装箱检查系统放射卫生防护标准 [S].
- [4] 核工业第二研究设计院. 中铁集装箱运输有限责任公司集装箱安全检查工程郑州东站项目可行性研究报告 [Z]. 2007.5
- [5] 北京市疾病预防控制中心. 检测报告 (编号: 2007FS-J0198) [Z]. 2007.12

(收稿日期: 2008-04-15)