

基于铝加工建设项目中的 X 射线测厚仪放射防护评价

胡传朋, 李永兴, 魏坤杰, 时峰

河南省职业病防治研究院, 河南 郑州 450052

摘要: 目的 调查 X 射线测厚仪职业病危害现状, 评价运行过程中存在的职业病危害因素的危害及放射防护安全设施、管理措施有效性。方法 采用职业卫生调查方法, 对安全防护设施及管理措施进行调查, 采用放射防护检测方法对工作场所周围辐射水平检测。结果 设备在正常运行条件下, 各类安全防护设施有效运行, 防护管理措施基本落实; 冷轧车间及其周围区域的剂量当量率小于仪器的探测下限; 在热轧车间里, 工作人员受到的最大年剂量为 0.11 mSv; 公众人员受到的最大年剂量为 0.07 mSv。结论 建设项目的防护检测结果符合相关规定和要求, 正常运行情况下防护安全设施及措施能够控制职业病危害。

关键词: X 射线; 测厚仪; 评价; 放射防护

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2016)04-0420-03

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2016.04.013

X 射线具有很强的穿透本领, 在医学、工业及农业等领域里应用广泛^[1-6]。目前, 在工业领域中材料厚度测量时首选的测量方式是应用 X 射线测厚仪, 其测量范围为 0.01 mm ~ 8.0 mm, 无论是静态精度还是动态精度都达到了 $\pm 1\%$ 。其测量原理依据 X 射线穿透物质时的衰减规律^[7]。工作人员作业过程中, 防护不到位或者屏蔽设施达不到相应的标准, 就很可能对工作人员和公众造成放射性损伤^[8]。

受建设单位的委托, 依据《中华人民共和国职业病防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关的法律法规, 对建设单位的特大高精度铝加工建设项目中运用的 X 射线测厚仪进行放射性职业病危害防护评价, 并衡量该项目是否满足竣工要求。通过现场实地勘察和检测, 对建设项目提出了全面的辐射防护意见和建议, 为相关监察单位在审批建设项目时提供技术依据, 也期待建设单位采取相应的

防护措施来更好的保护相关工作人员和公众的健康。同时, 该评价方法也为技术服务部门提供一定的参考。

1 材料和方法

1.1 仪器 本次检测所使用的仪器为 6150AD-b/H X、 γ 巡测仪, 并且为了测量数值的准确使用了 6150AD-b/H 环境级的 X、 γ 探头, 且在检定有效期限范围内。该仪器的测量范围为 1 nSv/h ~ 99.9 μ Sv/h; 能量响应范围(无盖状态)为 20 keV ~ 7 MeV; 探测限为 50 nSv/h; 本底小于 0.10 μ Sv/h。

1.2 辐射源项分析 建设项目位于厂区的生产车间内, 车间为单层建筑, 无二层和地下一层。一共分成两个车间: 热轧厂板带车间和冷轧厂板带车间。建设项目的生产线上共新安装 4 台 X 射线测厚仪: 其中热轧厂板带车间安装 1 台多通道凸度仪、1 台三点测厚仪和 1 台单点测厚仪而冷轧厂板带车间安装 1 台单点测厚仪。每台测厚仪装置均由 X 射线管、高压发生

作者简介: 胡传朋, 男, 主管医师, 主要从事放射诊疗设备的质量控制检测与诊疗建设项目的放射防护评价工作。

参考文献

- [1] 宋钢, 林辉, 赵攀, 等. 剂量计算中解析组织非均匀性修正方法的比较研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2007, 27(5): 470-472.
- [2] 赵艳群, 王培, 黎杰, 等. 不同算法在非均匀组织模体中光子剂量计算精确度比较[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21(1): 72-75.
- [3] 庄名赞, 吴仁华, 邱庆春, 等. 调强适形放射治疗剂量验证中 CT 密度值的校准分析[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2011, 35(1): 54-58.
- [4] P Alvarez, A Molineu, N Hernandez et al. TU-E-224A-01: E-

valuation of Heterogeneity Corrections Algorithms Through the Irradiation of a Lung Phantom[J]. Medical Physics, 2006, 33(33): 2214-2214.

- [5] ICRU. ICRU Report 24. Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or Gamma rays in radiotherapy procedures [R]. Bethesda: ICRU, 1976.
- [6] 王军良, 杨国山, 周振山, 等. CT 值对剂量计算结果的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2012, 29(2): 3231-3233.

收稿日期: 2016-04-25 修回日期: 2016-06-23

器、X 射线控制单元、后台计算机等部分组成。建设单位提供了测厚仪的安装位置、距离安全栏和操作间的最小距离如表 1 所示。建设项目中的 X 射线测厚仪装置的基本情况如表 2 所示。

在正常运行状态或者在如测厚仪发生机器故障、人员错误操作等异常工作以及事故状态时,测厚仪产生的辐射危害主要是由射线装置产生的 X 射线,包括有用线束、漏射线和散射线。测厚仪产生的 X 射线是造成该项目发生职业病的危害因素。

表 1 测厚仪的类型及相关距离

车间	位置	设备	最小距离(m)	
			与安全围栏	与操作间
热轧	粗轧机出口	单点测厚仪 (MXR - 161 IMS)	5.0	26.7
	宽板轧机出口	三点测厚仪 (MXR - 226/IA)	7.0	18.4
	机架精轧机出口	多通道凸度仪 (MXR - 75/30 IMS)	2.0	14.4
冷轧	架冷轧机机架出口	单点测厚仪 (MXR - 75/30 IMS)	1.0	5.0

表 2 X 射线测厚仪装置基本情况

设备	额定 电压 (kV)	额定 电流 (mA)	工作 电压 (kV)	工作 电流 (mA)	周工作 时间 ¹⁾ (h)	球管 数量
多通道凸度仪	75	13	40	3	60	6
三点测厚仪	225	25	180	3	60	3
单点测厚仪	160	15	120	3	60	1
单点测厚仪	75	13	30~40	3~5	60	1

注: 1) 三班运转,每班按出束 4 h 估算。

1.3 评价方法和依据 根据建设项目产生的职业病危害特点,调查建设项目放射防护设施的布局、个人防护用品的配置以及作业场所状况等现场情况,与国家相关的法律法规、标准的具体要求进行比较、评价。测厚仪正常工作状态时,使用 6150AD - b/H X、 γ 巡测仪,测量操作间和安全围栏外人员可达位置的周围剂量当量率。依据检测结果和调查的工作负荷,估算和评价放射工作人员及公众接受的年剂量。

评价依据《职业卫生技术服务机构工作规范》、AQ/T 8008 - 2013《职业病危害评价通则》、GB 18871 - 2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、GBZ 128 - 2002《职业性外照射个人监测规范》、GBZ 98 - 2002《放射工作人员健康标准》、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》等^[9-12]相关法律法规及行业标准,并结合建设单位提

供的相关资料,通过对现场的防护数据检测和防护设施的检查,对建设项目进行综合评价。评价过程中严格按照 GBZ/T 181 - 2006^[12]和质量控制程序的要求,对评价报告书采取方案审核、内审及外审的三审制度和初稿、送审稿及终稿的三稿制度。

2 结果

根据 GB 18871 - 2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》^[9]的要求可知,有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过相应剂量限值时,可认为由辐射而引起的随机性效应的发生几率在可接受的范围之内。为了减少工作人员发生放射性职业病的几率,建设单位提出了年有效剂量管理目标值:①放射职业工作人员的有效剂量管理目标值不超过 5 mSv/a;②对公众成员不超过 0.25 mSv/a。根据建设单位提出的管理目标对建设项目工作场所进行了辐射水平检测。冷轧车间里的单点测厚仪 MXR - 75/30 IMS 在测厚时所发射的 X 射线强度低于探测仪器的探测限,在计算最大年剂量时按本底剂量率 0.10 μ Sv/h 计算。

根据测量结果估算正常工作条件下,工作人员所受到的最大年剂量,具体结果如表 3 所示。表 3 表明放射职业工作人员和公众人员在热轧车间里所受到的剂量比冷轧车间里所受到的剂量高;在热轧车间里的放射职业工作人员在操作三点测厚仪时所受到的最大年剂量为 0.11 mSv,操作多通道凸度仪时所受到的最大年剂量为 0.07 mSv;公众所受到的最大年剂量为 0.07 mSv,正常运行情况下放射工作人员和公众受到的年剂量均满足建设单位提出的年有效剂量管理目标。

表 3 辐射检测结果及人员剂量估算

车间	设备	剂量率最大值(μ Sv/h)		年剂量 ¹⁾ (mSv)	
		安全围栏外	操作间	公众	工作人员
热轧车间	单点测厚仪	0.32	0.10	0.05	0.10
	三点测厚仪	0.23	0.11	0.04	0.11
	多通道凸度仪	0.47	0.07	0.07	0.07
冷轧车间	单点测厚仪	<探测限	<探测限	0.01	0.03

注: 1) 公众居留因子取 1/20,工作人员居留因子取 1。

建设单位在生产区位置按照危害的类型进行分区,并设置了部分职业病防护设施。测厚仪上有电离辐射标志并且有红黄绿三色工作状态指示灯。建设单位在 X 射线测厚仪区域附近设置了“X 射线源”警告标志,但对围栏外电离辐射标志和警示装置的设置

位置和细节没有明确。放射工作人员都配置了个人剂量报警仪和个人剂量计和部分个人防护用品。建设单位设有报警系统、通讯系统、救援通道、急救药箱,并有具体的放射事故应急预案。这些防护措施和相应的应急预案都可以有效的保护放射性工作人员的身体健康,符合国家的有关规定。

3 结论与讨论

根据《建设项目职业病危害风险分类管理目录(2012 版)》结合建设单位使用方式和现场辐射水平,该建设项目的总体布局、设备布局、生产工艺以及相应的防护措施均满足放射卫生学的基本要求。在采取防护措施后,相关危害因素的强度和范围基本满足国家对放射性职业病的法律法规和行业标准要求。建设项目在正常运转时,可以有效的控制放射性职业人员和公众人员职业病的发生。

为了更好的保护放射性职业人员和公众人员的生命健康与安全,对建设单位提出以下建议:①加强工作人员有关辐射防护方面的教育,以提高工作人员的辐射防护意识。②加强对工作人员的辐射保护力度,以减少工作人员在平时工作中所受到的辐射剂量。③加强工作人员的技能培训,使工作人员熟练掌握各项操作规范,以减少工作人员出现误操作而导致出现相应事故的概率。④建设单位应该加强现场辐射水平检测并建立相应的辐射应急机制,在出现放射事故时对受照者采取必要的应急救治。⑤建设单位应该采取必要的隔离措施,禁止非操作人员进入操作区,以防止人员受到不必要的剂量辐射。

X 射线具有穿透性强和定位准确等特点,与传统的测厚技术相比,X 射线测厚技术能满足更高的精度要求。随着 X 射线测厚技术的发展^[13-14],未来 X 射线在测厚方面将有十分广阔的应用前景。尽管在相关项目建设和运行过程中会采取多种多样的防护措施,但是 X 射线测厚仪在实际测量过程中仍然可能发生 X 射线漏泄和散射现象。这也成为威胁工作人员与公众生命健康的最大不确定因素。因此,在未来的

工作中加强设备运行过程中的辐射防护监测工作仍然是工作中的重点。

参考文献

- [1] Rubini G, Niccoli - Asabella A, Ferrari Cristina, et al. Myeloma bone and extra - medullary disease: Role of PET/CT and other whole - body imaging techniques [J]. Crit Rev Oncol Hematol, 2016, 5(16): 169 - 183.
- [2] Yu B, Liu T, Du Y, et al. X - ray - responsive selenium nanoparticles for enhanced cancer chemo - radiotherapy [J]. Colloids Surf Biointerfaces, 2006, 139: 180 - 189.
- [3] Hoban JM, Hopkins DL, Kirby N, et al. Application of small angle X - ray scattering synchrotron technology for measuring ovine meat quality [J]. 2016, 117: 122 - 129.
- [4] 强佩喜. 工业 X 射线 CT 在火工品检测中的应用 [J]. 火工品, 2000, 3: 48 - 52.
- [5] 吉桂琴, 王岩, 刘伯森. X 射线实时成像系统在工业无损检测中的应用 [J]. 黑龙江工程学院学报, 2014, 28(4): 47 - 50.
- [6] 胡耀东. X 射线衍射在岩石矿物学中的应用 [J]. 云南冶金, 2010, 39(3): 61 - 63.
- [7] 沈纲. 测厚仪系统的组成及其应用 [J]. 酒钢科技, 2014, 1: 55 - 59.
- [8] International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Publication 103 [J]. Ann ICRP, 2007, 37(2-4): 1 - 332.
- [9] 国家质量监督检验检疫总局. GB 18871 - 2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GBZ 128 - 2002 职业性外照射个人监测规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [11] 中华人民共和国卫生部. GBZ 98 - 2002 放射工作人员健康标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [12] 中华人民共和国卫生部. 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]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [13] 任波伟, 吉丽萍. X 射线测厚仪测量钢板厚度的方法及信号处理浅析 [J]. 中国冶金, 2012, 24: 33 - 38.
- [14] 马竹梧. X 射线测厚影响因素分析、技术进展及其在冶金工业中的应用(上) [J]. 冶金自动化, 2011, 1(35): 1 - 5.

收稿日期: 2016 - 04 - 24 修回日期: 2016 - 06 - 17