

# 超声衍射时差技术的标准化

香 勇<sup>1</sup>,彭 波<sup>1</sup>,金宇飞<sup>2</sup>,阎夏楠<sup>3</sup>,彭 春<sup>1</sup>,王宇云<sup>1</sup>

(1. 硕德(北京)科技有限公司,北京 100101;2. 上海材料研究所,上海 200437;  
3. 内蒙古师范大学,内蒙古 010022)

**摘要:**超声衍射时差技术是近年国际上被广泛认可的超声检测新工艺,具有自动化、检测速度快以及结果显示直观等特点。目前由于国内缺乏仪器设备的优势和标准规范的支持,在该领域已形成一定的技术壁垒,并对国内企业的技术研发和产业化构成了一定冲击。但是挑战与机遇并存,这同时也为我国自主创新并实施产业化战略提供了良机。

**关键词:**超声衍射时差技术;标准化

中图分类号:TG115.28 文献标志码:A 文章编号:1000-6656(2009)03-0236-03

## The Standardization for Time of Flight Diffraction Technique

XIANG Yong<sup>1</sup>, PENG Bo<sup>1</sup>, JIN Yu-Fei<sup>2</sup>, YAN Xia-Nan<sup>3</sup>, PENG Chun<sup>1</sup>, WANG Yu-Yun<sup>1</sup>

(1. Solid (Beijing) Technology Co. Ltd, Beijing 100101, China;  
2. Shanghai Research Institute of Materials, Shanghai 200437, China;  
3. Inner Mongolia Normal University, Inner Mongolia 010022, China)

**Abstract:** Time of flight diffraction is a new advanced technology of ultrasonic testing. It is accepted for the advantages of automatic and high speed scanning with intuitive display. Now due to the fact that there is a lack of strong support of the relative criterion and kernel technique of equipment, so technical barriers might appear with the deep influence to the schedule of research and industrialization of our country. But it is just the good opportunity to establish our independent technique and realize the strategy of industrialization.

**Keywords:** Time of flight diffraction technique; Standardization

超声衍射时差技术(简称 TOFD)是近年国际上被广泛认可的超声检测新工艺,具有自动化、检测速度快以及显示结果直观等特点。该技术的标准化实施符合我国《国家标准化发展纲要》和《标准化“十一五”发展规划》中对装备制造业标准和检测技术标准等十个重点领域的标准体系建设的要求。

## 1 TOFD 技术简介

TOFD 技术原理及成像方法如图 1 所示。该方法是通过检测缺陷端部的超声衍射波信号来对缺陷的位置和大小进行测量,而传统的脉冲回波法是将

缺陷反射波幅的大小作为缺陷定量依据的。在 TOFD 检测中,除可显示 A 型波形图外,还可以得到 B 扫描图像,检测结果更为直观,将工业超声检测评估从一维信号分析向二维图像诊断推进,是超声检测的一次重要创新。同时,TOFD 技术还具有检测速度快、精度高、缺陷检出率高以及定位准确等优点,在焊缝检测中的应用日益广泛。

## 2 国际 TOFD 标准化现状

目前美国、欧盟和日本等国家已掌握了 TOFD 技术并进行产业化,形成了具有此技术特征的仪器设备产业优势,在各国家标准组织的协调和产业推动下相继发布了相应的标准规范。

英国率先在 1993 年对 TOFD 确立了标准规范 BS 7706—1993<sup>[1]</sup>,2004 年又发布了 BS DD CEN/TS

收稿日期:2008-03-14

作者简介:香 勇(1977—),男,博士,高级工程师,主要研究方向为超声检测与成像,如相控阵与 TOFD。

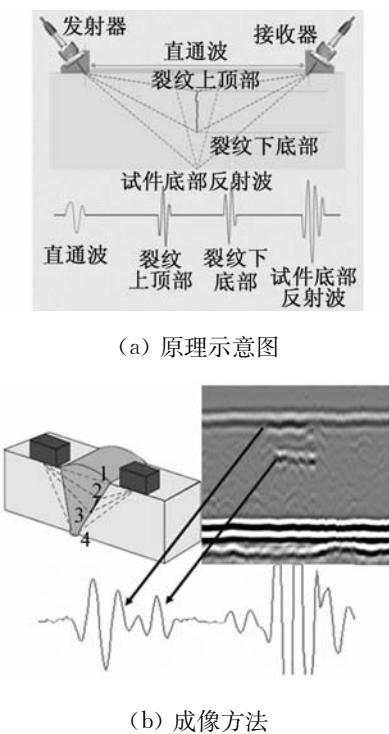


图1 超声衍射时差(TOFD)技术示意图

14751—2004。2000年,以BS 7706—1993作为主要参考标准建立了欧盟标准ENV 583—6:2000<sup>[2]</sup>。美国标准ASTM E2373-04<sup>[3]</sup>规范了TOFD方法,并于1996年先后在ASME Code Case no. 2235<sup>[4]</sup>和ASME Code Sec. V Part. 4 App. E中得以认可。日本于2001年也制定了相关标准NDIS 2423—2001<sup>[5]</sup>。

ASME锅炉压力容器规范(BPVC)中规定,动力锅炉和压力容器对接接头用射线照相进行无损检测。1996年美国石油公司向日本某压力容器制造厂订购了壁厚很大的压力容器,日方为采用TOFD法取代射线照相,对其环焊缝的检测作了试验,并于1997年2月向美方提出申请。美方为判断该方法的有效、实用性,用与实际容器相同的材质和板厚制作了一系列含缺陷焊接试样,要求日本检测咨询公司会同验证。日方用实际使用的TOFD检测装置对这批试样进行扫查,对检出缺陷进行测深、测高和测长,并与实际数据一一对照。验证结果表明,TOFD法对规定值以下的缺陷尺寸均能检出。缺陷定位与测长误差≤1.0 mm,缺陷测高误差为-0.05~2.6 mm。日方在报告中将上述情况作了小结,提出TOFD法可用于美方所订购的压力容器焊缝检测。双方在旧金山美国石油公司石油联合企业内召开了最终采纳会议。ASME及BPVC委员会认可了这一案例,并命名为案例2235-1。随后案例2235又经1999,2000和2001年三次修订<sup>[6]</sup>。

### 3 国内TOFD标准化进程

随着我国工业化进程的推进,国内石油化工、天然气管道、压力容器和航空航天等领域在引进设备的同时也率先开始使用TOFD技术,并逐渐被国内其它相关领域接受和应用。同时,相关技术规范的基础研究、试验验证和标准制定的缺乏限制了TOFD技术在国内的进一步推广。在西气东输和三峡建设等重大项目超声检测实施过程中,暴露出来两个方面的问题:仪器设备全部依赖进口以及检测工程实施和验收缺乏标准规范的支持。

水电行业在三峡建设的质量检测中,原定的射线检测方法由于检测施工现场无法提供足够的安全防护并且无法与其它工程同时进行,严重影响了建设进度,为此各相关单位进行了TOFD方法替代射线检测的试验对比和方法论证,并于2006年召开了专家论证会,决定采用TOFD方法部分替代射线检测。国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局[2007]402号文件,关于对现场制造厚度较大的压力容器,可以采用TOFD检测方法替代射线进行无损检测的规定,加快了TOFD技术的推广,规范了TOFD检测技术的应用。并举办了相应的培训和技术研讨。

2005年,硕德(北京)科技有限公司提出制定《无损检测 超声检测 超声衍射声时技术检测和评价方法》机械行业标准的申请。该标准于2006年得到国家发展和改革委员会办公厅批准,制定任务以发改办工业[2006]1093号文下达。同年6月全国无损检测标准化委员会SAC/TC 56[2006]15号文据此下达标准制定的通知。为此,相关单位展开了对该方法的适用性、设备要求和工艺方法等方面的研究验证,希望以此为据得出适当的结论并制定出我国相应标准。

### 4 标准化对产业的影响

目前由于缺乏仪器设备的产业化优势和标准规范的支持,在TOFD技术领域,美国、欧盟和日本对我国已形成一定的技术壁垒,并对国内企业的技术研发和产业化构成了一定冲击。但挑战与机遇并存,这也为我国自主创新并实施产业化战略提供了良机。我国在超声检测领域起步并不晚,但后续的设备研发和产业化与科研环节出现成果转化的脱节,在没有产业基础的前提下,国家标准化工作的推

动就成了一次产业发展的契机。

#### 4.1 自主创新与标准化

走中国特色的自主创新道路,建设创新型国家是我国的重大战略决策。这战略关系国家的竞争力,也关系着企业的成长和发展。技术创新能力和水平已成为企业乃至国家竞争力的核心,国家的经济发展必须有技术支持,中国的工业化必须有可靠的技术来源<sup>[7]</sup>。近年来,无损检测设备提供商的产业化调整,全球产业集中度空前提高,一些强大的跨国公司凭借技术、品牌优势和市场资本的交互作用,以及不断的跨国并购重组,在全球范围放大自己的优势,已成为该领域全球经济的主导力量。例如,GE 并购 AGFA 的胶片、KK 的便携超声仪器、HOCKING 涡流设备、NUTRONIK 的超声检测系统和 SEIFERT 的 X 射线机等专业无损检测设备提供商;OLYMPUS 在自身具有的目视检测领域优势基础上,整合了 PANAMETRICS 的便携超声仪器、RD/TECH 的超声系统和 NORTEC 的涡流设备,形成了另一个重要的巨头;SONATEST 凭借自身在超声检测领域的优势,也在产品互补的情况下进行着重组和兼并,将 HARFANG 的相控阵、DAKOTA 超声测厚和 BALTEAU 的 X 射线机收入麾下<sup>[8,9]</sup>。

企业是技术创新的主体,它对技术创新的热情投入和所付出的努力,决定国家的技术创新能力<sup>[10]</sup>。在标准体系建设中,为了推动以企业为主体参与标准制/修订工作的体制创新,我国正鼓励企业申报国家标准制/修订工作项目,积极鼓励我国自主核心技术与标准的有机结合,提高了标准中自主知识产权的含量。产业发展是以企业为主体的,企业是参与市场活动的重要力量。企业参与制/修订工作有利于提高企业的自主创新能力,有利于更高效地将技术成果进行市场化运作。

#### 4.2 研发与标准一体化

传统认为标准化与技术研发的关系是:技术研发早于标准制定,当前科技发展速度很快,技术成果转化速度的快慢一定意义上决定着产业化步伐节奏,并推动着标准化的进程。国际上,美国采用的是市场化导向的标准化策略,欧盟采用了战略性标准化政策,日本则是标准化与研发一体化的推进策略。各国采用的标准化策略都是从相应的技术实力和市场容量等因素的考虑后的决定,也就是说,采用何种标准化策略是根据具体情况而定,并没有统一规定的方法。从美国、欧盟和日本的标准化战略的优缺

点来看,我国当前的总体技术水平相对较为落后,但我国拥有巨大的市场潜力,要实现标准的跨越式发展,必须要集中力量于我国高水平的技术上,借鉴日本的标准化与研发一体化的做法,加快研发的商业化,确保领先技术能转化为生产力。

我国目前的标准化策略中,存在技术创新和技术标准制定主体的错位问题、技术标准与科技研发的组织管理问题以及成果转化过程的脱节问题。综合我国在科技研发和技术标准上产生的问题,目前迫切需要一套有效的标准化策略,把科技研发、技术标准和市场需求结合起来,日本的研发和标准一体化策略是一个很好的参考。在借鉴日本经验时,需要结合我国的技术水平和消费市场的特征,并避免研发和标准一体化策略所带来的技术之间的竞争问题。

### 5 结论

综上所述,TOFD 技术作为超声检测新技术在国际上已被广泛认可。虽然我国的标准化进程落后于欧盟、美国和日本,但在我国巨大市场需求的支撑下,应积极采取以企业为主体、研发与标准一体化的思路,才能有效地促进相关产业的发展。

#### 参考文献:

- [1] BS 7706—1993 Guide to Calibration and Setting-up of the Ultrasonic Time of Flight Diffraction(TOFD) Technique for the Detection, Location and Sizing of Flaws.
- [2] ENV 583/6: 2000 Time-of-Flight Diffraction Technique as a Method for Detection and Sizing of Discontinuities.
- [3] ASTM E2373-04 Standard Practice for Use of the Ultrasonic Time of Flight Diffraction(TOFD) Technique.
- [4] ASME 2235: 2000 Ultrasonic Examination-Part 6: Time-of-Flight Diffraction Technique as a Method for Defect, Detection and Sizing.
- [5] NDIS 2423: 2001 Method of Measuring Defect Height by using TOFD Technique.
- [6] 李衍. ASME 规范案例和焊缝超声检测新规定[J]. 无损检测, 2005, 27(02): 100—104.
- [7] 李传卿. 在全国标准化科技创新工作会议上的讲话(摘要)[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2007, 27(04): 4.
- [8] 彭春, 香勇, 彭雪莲, 等. 基于时间融合的波形方式高精度超声测厚[J]. 应用声学, 2005, 24(02): 93—96.
- [9] 香勇, 霍健, 施克仁, 等. Mixed Frequency Ultrasound Phased Array[J]. 清华大学学报(英文版), 2004, 9(5): 578—582.
- [10] 陈清泰. 关于创新型国家与创新型企业[J]. 中国科技产业, 2006, (10): 12—17.