

TOFD 检测技术应用与分析

张成华

(广东华泰检测科技有限公司)

摘要：随着中国经济的快速发展，各行各业日新月异，中国工业也在如火如荼地飞速发展，特别是在石油化工、核工业、电力等方面顺应经济的发展潮流国家也加大投资，一批批国家重点工程项目应接不暇出现在大江南北，与此对应，工程项目的质量安全对工程检测技术的要求也越来越高。工程质量的检测技术方法种类很多，其各自的检测特点不一，适用对象也不一定一样，一般都有优点与局限性，在工程检测中互为补充，取长补短，以便优质、高效、安全、快捷、经济的为工程建设服务，因此，TOFD 技术就应运而生了。TOFD 检测技术经过从国外引进及学习推广，已经成熟地运用于国内各行各业的检测中，与其他检测方法相比，它有许多优点。它在检测精度、可靠性、效率及效益、安全与环保等方面表现比较突出，TOFD 技术必将具有良好的应用前景与快速发展。

关键词：TOFD 检测；优点；应用

TOFD：衍射时差法超声检测技术，当前这项技术在工程中得到了广泛的应用，给工程检测带来了极大的便利。为了更好地利用这项技术服务好工程质量检测工作，首先要进一步了解与学习并掌握它，分析比较 TOFD 与其他检测技术的优缺点。TOFD 技术，国内在学习、引进、消化、吸收、改进、提高及应用方面走出了一条比较成功的国产化道路，检测设备已经由进口到可以完全国产化，解决了硬件问题，与此同时，人员学习培训及相关技术同步发展，现在经过多年的工程实践证明 TOFD 已经取得了很大成功。经过分析比较，随着 TOFD 技术的逐步改进与优化，结合近年相控阵新技术的逐步引进、推进、完善与提高和成熟，我们相信不多久，在工程质量检测领域将发生极大发展与可喜变化，会在检测服务方面取得长足发展与进步。

一 TOFD 技术的原理

TOFD 是一种利用超声波衍射时间差进行检测的无损检测方法。有别于常规脉冲反射超声检测，它采用双探头一发一收、纵波检测；两个探头需要满足条件：同频率、同尺寸、同角度的纵波斜探头，还要小晶片大扩散角的宽频带和窄脉冲的探头，以保证检测覆盖范围和深度方向的分辨力要求。

二 TOFD 技术的优点及局限性

TOFD 技术还有别于常规超声检测技术的两个不同点：一是由于缺陷衍射信号与角度无关，其检测可靠性与精度不受缺陷与入射波之间角度的影响，二是根据衍射信号传播时间差确定衍射点位置，缺陷的定位与定量不依据信号振幅。

其优点：检测可靠性高、定量精度高（误差小于 1mm，主要是测缺陷自身高度误差只有零点几毫米）、检测效率高、给缺陷定位方便与利于识别分析缺陷、便于记录、保存、信号处理、传输、远程诊断等检测安全环保。

局限性：先天性的检测盲区（检测面与底面盲区-需要辅之以其他检测方法）、缺陷定性及其图谱识别难（需要经验丰富）、对粗晶材料检测难（信噪比低）、对检测对象的厚度有要求、对复杂几何形状工件需要专门工装、对检测面受限的检测对象也无法检测等。

三 TOFD 技术的实际应用

3.1 在安装工程中的应用：

随着国内 TOFD 技术的成熟，设备及检测技术人员的水平提高，TOFD 技术已经大量的运用于各行各业的安装工程的质量检测服务中，最常见如球形储罐的 TOFD 检测，取代了以往的射线检测，这样辅之以其他检测方法，可以优质、高效、安全、快捷的完成检测工作，杜绝了由于射线检测易带来的辐射安全危害及环保方面的污染；厚壁管道的 TOFD 检测，装置里涉及射线检测用源安全问题及施工进度问题时，符合 TOFD 检测条件的焊口，均可使用 TOFD 检测，事实证明，TOFD 技术结合 UT 检测，缺陷检出率在 80-95% 左右，特别是对危害性缺陷如裂纹、未熔合、未焊透等面状缺陷的检出率更高，优于传统的射线检测的 75-80% 左右；（射线检测有时因为透照角度的问题有可能对裂纹、未熔合造成漏检）。

3.2 在役检测中的应用：

各类承压设备、压力管道、装置在使用一定时间后，需要定检，一般情况需要停车检修，这样就给生产造成一定影响，当然为了使用安全，这是必须的也是国家强制要求规定的。这就涉及到生产单位停车时间端，要求检测单位（检测机构）尽可能的快速安全完成检修检测任务，对在役检测的确面临很大难度，所以，对符合 TOFD 技术条件的设备及管道焊口均可优先使用 TOFD 检测，（因为在役检测，各装置都有生产人员值班与巡检，夜间射线检测时间短和辐射安全得不到保证），当前，TOFD+UT+相控阵+少量 RT+MT/PT 就完全可以在检修中满足检测要求，达到安全、优质、高效、快速、环保完成检测服务工作，在现在的确实不能完全取代射线检测在工程质量检测领域的主导作用，但是随着各类其他检测技术的不断完善，相信在不久射线检测就会退居检测次要地位，被其它检测技术取而代之。

四 TOFD 检测信号发现分析

4.1 焊接：安装工程常见的焊接是熔焊，通过焊条加热工件使其局部熔化形成熔池，熔敷金属不断填充冷却凝固后将工件结合在一起。这样，在冷却过程中或之后有可能产

（下转第 3 页）

(上接第1页)

生缺陷,有影响安全使用的、或不影响安全使用的,就需要相应的检测技术手段进行检测来更好更快更安全快捷环保的检测出来并进行分析判断,TOFD技术是发现缺陷的无损检测技术之一,下面就个人理解结合解剖分析一下相关信号显示。

4.2 TOFD 检测缺陷信号特征分类:

表面开口缺陷及埋藏缺陷两类

表面开口缺陷:上表面开口、下表面开口、贯穿性缺陷;

埋藏型缺陷:点状、线状、面状缺陷

4.3 典型缺陷信号特征:

上表面开口缺陷:图谱显示直通波消失或下沉或其波幅降低减小,只有下尖端衍射信号,同时,底面波一般情况没有变化,且无异常变形波;上表面开口缺陷主要有表面裂纹或表面气孔或表面沟槽,注意识别;

下表面开口缺陷:图谱显示底面波消失或减弱,直通波基本无变化,只有上尖端衍射信号;下表面开口缺陷主要有裂纹、未焊透、根部未熔合、内凹、咬边、气孔、腐蚀等,其信号容易被底面反射波掩盖或混肴,不易识别。如底面开口缺陷自身高度很大,则底面波的信号会消失;如果底面开口缺陷自身高度较小,则底面波信号变化不大,局部不会消失,低波不完全断开,只是波幅减小;

贯穿型缺陷不多见,在工程检测中很少发现,如图谱出

现直通波和底面波都会在同一部位有断开现象,同时其左右有衍射的特征弧线;

点状缺陷:图谱上显示分散的抛物线型弧线,只是点渣其弧线尾巴较短,而气孔弧线尾巴长一些,很好识别;

埋藏型线状缺陷:指没有自身高度的条渣、条孔、小于1mm高度的未焊透与裂纹及未熔合。其图谱显示很难分辨出其高度,也就是说其上下端点信号不够明显,不易分辨其性质;

埋藏型面状类有自身高度的缺陷:主要指裂纹与未熔合(也含自身高度较大的条渣与条孔),裂纹与未熔合信号有上下两个尖端衍射波组成,两个信号的相位相反,振幅较弱;不过,裂纹的上下端点一般不规则,在深度平面上很少是一条直线的,在上下端点间还有其它杂散信号;而未熔合上下端点比较规则,在深度平面上基本上为直线或曲线,其间杂散信号较少。有足够高度的条渣的图谱与裂纹优点想象,不过条渣的上端点信号较强,裂纹上端点衍射较弱。

总之,TOFD技术已经广泛应用于多领域的工程质量检测服务中,为国民经济发展添砖加瓦,为工程建设质量保驾护航,结合其它无损检测方法,比较高效、安全、快捷而经济地服务于工程建设中。

参考文献:

[1]衍射时差法超声检测技术

[2]能源行业标准 NB/T 47013.10-2015