

焊缝超声波检测在海洋工程钢结构的研究

王清海

博迈科海洋工程股份有限公司 天津 300452

【摘要】：随着科技的发展，我国的工业技术也在飞速发展，目前的工作能源已经越来越短缺，海上石油和天然气的开发也越来越困难。为此，我国在海上勘探中不断地进行改进和发展，采用钢结构焊缝超声波检测法以提高检测效率，确保海洋工程的安全。本文以深海钻井船为例，介绍了海洋工程中钢结构焊缝超声波检测法的有关要求，并给出了相应的检测程序和技术要点。结果表明：超声波检测方法能有效地检测海洋工程钢结构焊缝缺陷。

【关键词】：海洋工程；钢结构焊缝；超声波检测；研究

Ultrasonic detection of welds in the study of steel structures in offshore engineering

Qinghai Wang

BOMESC Offshore Engineering Company Limited, Tianjin 300452

Abstract: With the development of science and technology, China's industrial technology is also developing rapidly, the current working energy has become more and more scarce, and the development of offshore oil and natural gas is becoming more and more difficult. To this end, China in the offshore exploration of continuous improvement and development, the current use of steel structure weld ultrasonic testing method, in order to improve the efficiency of testing, to ensure the safety of marine engineering. Taking a deep-sea drilling vessel as an example, this paper introduces the relevant requirements of ultrasonic inspection method for steel structure welds in offshore engineering, and gives the corresponding testing procedures and technical points. The results show that the ultrasonic detection method can effectively detect the weld defects of offshore steel structures.

Keywords: ocean engineering; steel structure welds; ultrasonic testing; research

引言

随着科学技术的进步，能源短缺问题日益突出，油气资源的开发必将成为全球关注的焦点。目前，海洋石油和天然气工程设备行业已经成为关系到我国能源安全、经济安全的战略行业，也是船舶工业新的盈利增长点，是各大海洋强国竞争的重要领域。海洋工程主要有海洋钻机，海洋钻井平台等。由于工程建设的复杂性、施工环境的严酷，使得工程的质量和投资都很高。在施工期间，业主将委托专门的船级社进行质量监督，并向其提供产品的品质证书。例如，上海造船厂船舶有限公司（挪威船级社）刚刚完工的上海外高桥造船业有限公司（美国船级社）、中国船级社（CCS）拥有自主知识产权的深水半潜钻井平台。本文以入级 DNV 的海洋钻井船为例，介绍了海洋工程中钢结构焊缝超声波检测的基本工艺及关键技术。

1 海洋平台焊接结构超声波检测的相关要求

1.1 检测人员资质

参加本项目超声波检测的人员，应根据 EN473、ISO9712 或其它相同的认可标准及认证系统，对 UT-II 或 UT-III 等级进行资质确认。证书应当显示持卡人者所取得的认证方式/连接方式，并具有一定的焊接技术知识，能够分析造成缺陷的原因，并能提供有建设性的建议^[1]。

1.2 检测系统及其性能指标

超声波检测系统包括仪器，探针，试块，探针和耦合。在检测时，要求仪器、探针与电缆之间的匹配和工作稳定性，以达到所需的检测灵敏度。

1.2.1 对探头的要求

①直探头检测母材上的探针运动区的缺陷，如母材分层、夹杂、母材表面存在的缺陷、母材表面存在的缺陷、母材明显的材料衰减和板厚变化等。同时，T 形和 Y 形接头也采用直检测器，在翼板母材远离焊缝的一侧进行检测，以找出未熔合、未焊透等危害的缺陷。该直检测器由 2~5MHz 的双晶直检测器（检测 $t < 20\text{mm}$ ）和 10mm 的单晶直检测器（检测 $t > 20\text{mm}$ ）^[2]。

②斜探头是用来探测区域中的全部缺陷，在选取探针角度时，应尽量使主声束与预期的缺陷方向相垂直，如非熔融的探测，则应选用与非熔融表面相垂直的主声束。倾斜式探测器的标称角是 45° ，频率为 2-5 MHz，晶圆的有效面积不大于 500mm^2 ，任何一侧长度不超过 25mm，并且要求光束轴线的水平偏差不能超过 2 度，并且探针的主要声束在竖直方向上的偏差不能太大。

1.2.2 对试件的需求

试件由标准试件（IIW—V1、IIW—V2）和一对照试件（RB2），其声学特性与被测对象材料的声学特性相同。试验件

的尺寸精度和表面粗糙度都要符合。

1.2.3 对探测系统的整体性能要求

当探测范围达到最大时,探测系统的探测灵敏度裕度应不低于 10 dB;直探头的远场分辨率在 30 dB 以下,斜探头在 6 dB 以下^[3]。

1.3 检测面的选择和准备

为了对焊缝进行有效的检测,必须根据焊接接头形式、板厚和可能出现的缺陷类型选择检测面。图 1 显示了主要的扫查面。对于薄板平对接,可采用单边双侧扫查,单边双侧扫查不能满足的情况下,可采用双面单边扫查。对于 T 型接头和 Y 型接头,应尽量选择合适的检测面。用于直探头的 T 型和 Y 型接头的清扫宽度是腹板厚度加上焊角尺寸。对斜探头的清扫宽度与对接焊缝要求相同。

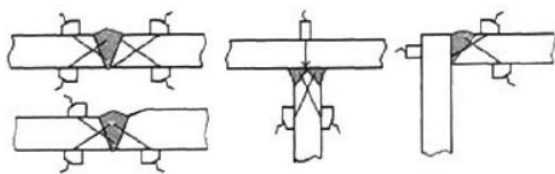


图 1 几种焊接接头的检测面示意图

2 检测系统参数设置

在进行检测前,做好相应的准备工作后,首先要完成仪器、探头的选取与安装,通常需要根据板厚、结构类型、焊接方式等来确定探头类型,并根据要求选用不同的探头类型,一般要求每个探头都要配备三个探头,主要是完成焊缝区域、焊缝两侧母材区域的缺陷等,多探头的探测能够在最短的时间内完成对焊缝区域、焊缝两侧母材区域的缺陷等的检测,并对缺陷类型和位置做出正确的判断,确保检测工作的顺利进行。在进行实际的海洋工程检测之前,必须要使用超声波检测仪,也就是现在最常用的数字超声仪器,这种仪器可以方便的使用,而且使用起来也很简单,一般情况下,这种检测装置可以储存一百多组的数据,这样可以储存大量的 DAC 曲线,而且还可以在检测的时候,把一些信号记录下来,方便以后的分析和研究。在进行实际检测时,应根据不同的探头类型、规格进行选择。一般采用 5P14F10、2.5P14Z、2.5P20Z。当超声波探针被确定后,在正式进行超声波检测前,必须对其各项参数进行进一步的校验,以保证其是否符合实际使用要求。第二个步骤是把它有关的参数设定得很好。在实际的检测工作中,要按照检测要求,将材料的声速、探头类型、频率、工件厚度等参数设定在相应的菜单上,以确保在实际检测中,可以随时调整检测的范围,从而达到最大限度的科学调整。

3 检测实例

为明确海洋工程钢结构焊缝超声波检测的特性,本文以海上工程中常见的钢板对接焊接方式(见图 2)作为实例,介绍

了海洋工程钢结构焊接焊接的超声波,其检测流程如下:

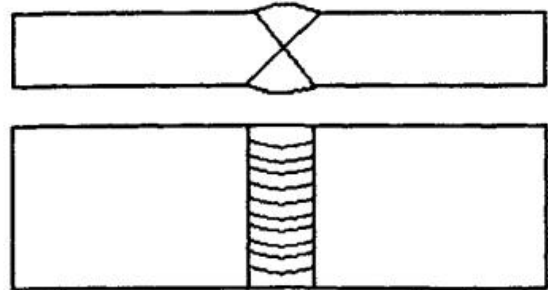


图 2 海洋工程钢结构平板对接焊缝

3.1 检测前准备

在检测开始之前,检测员要对受检部件的基本情况进行全面地了解,包括材料、板厚、结构类型、坡口形式、焊接方法、质量等级、表面状况等,并制定出合理的检测范围。对于 NV420 等级以上的部件,应在焊接后 48 小时内进行检测;其他等级的零件,在焊接 24 小时后进行。

3.2 检测系统参数设置与调整

(1) 仪器、探头选择

根据板厚、结构类型、坡口形式、焊接方法等相关资料,选择适合检测缺陷的探针类型。通常,在每一探测点,应使用 3 个探测器,对焊缝和两侧的母材区域进行探测,以便更精确地确定缺陷的种类和位置。

结合工程的具体需求,选择了汕头超声仪器研究院的 CTS-2000、CTS—2020、CTS—3000 等数字超声波检测设备。该数码仪表便于携带、使用简便,且储存资料不少于 100 套,可储存多套 DAC 曲线,或储存侦测时所遇的回声,供分析与研究。采用上海创辰检测仪器有限公司开发、制造的探头和探头电缆。其探头规格为

直探头: 5P14F10、2. 5P14Z、2. 5P20Z

斜探头: 4P8×12A70、4P8×12A60、4P13×13A70、4P13×13A60、4P13×13A45 使用前应对探针实际参数进行测量,以确定探针与实际参数之间的误差是否符合标准要求。

(2) 仪器的参数设定依据被测物体,在仪表面板相应的菜单中设定材料声速、探头类型、发射强度、重复频率、工件厚度等参数。测量了 11 W-V1 的探针的零点和位移,并对探测范围进行了调整,将最大探测范围的回声调到了显示屏的全标尺的 3/4。

3.3 传输补偿测定

在检测开始之前,检测系统在比较试件和工件上的传输补偿是必需的。这就是由于材料的不同、声程的不同以及表面的耦合等原因,使得接收到的回声能量发生了变化。

3.4 制作 DAC 曲线

将直探头置于与工件同样的材料,外形大小为 300 超声波检测 40 超声波检测 50mm,T=50mm) 的比较试验板上, DAC 曲线表示在图 3 中;将倾斜探头置于 RB2 试验板上, DAC 曲线显示于图 4 中。在探测区域, DAC 曲线至少要有 3 个,而且还要包括最长的声程。

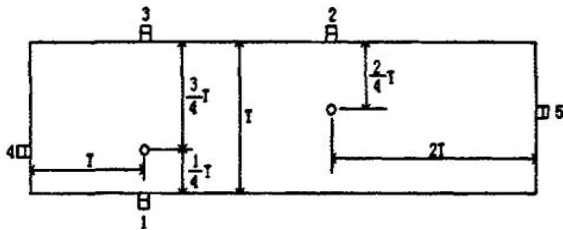


图3 直探头的 DAC 曲线

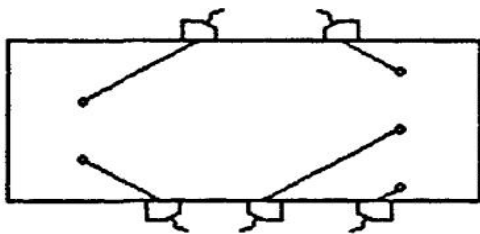


图4 斜探头的 DAC 曲线

3.5 横向缺陷检测灵敏度

在对工件进行斜探头扫查时,横向缺陷的探测是必不可少的。横向缺陷的探测,在原有的探测灵敏度基础上再提高 6 dB。

3.6 扫查速度和方式

扫查速度不超过 150 毫米/秒,探测器的运动确保探测器芯片的宽度至少达到 50%。为便于检测出缺陷和区别的真、假信号,采用前后、左右、旋转和环绕四种扫查方法。在横向缺陷的探测中,应选用 10°~20° 双侧双向扫查;对高磨平后的焊接,可以在焊接处放置探针,从左右两个方向进行扫查。

3.7 扫查灵敏度设置

为全面扫查探测区域,避免漏检、误判,扫查灵敏度不得小于参考灵敏度,也就是 DAC 曲线的 20%,对横向缺陷的扫查要提高 6 dB,同时还要考虑到传输的补偿。

3.8 检测系统的校验和复核

检测系统的可靠性对测试的准确性有很大的影响,所以在整个测试的实施中,都要确保测试系统的稳定性和可靠性。用 3 个以上的回波对 DAC 曲线进行复查,当波高度下降大于 2 dB 时,对上次复查后的全部测试均进行复查;若波高在曲线

参考文献:

- [1] 欧曙光,潘智杰.某工程钢结构焊缝超声波检测实例分析[J].工程质量,2018(09):8-9.
- [2] 孟雷,鲁欣豫.海洋工程钢结构焊缝超声波检测横向扫查[A].中国海洋工程学会,第十五届中国海洋工程学术讨论会文集,2019(1):4.
- [3] 丁兵.海洋工程钢结构焊缝超声波检测[J].中国海洋平台,2020,(03):52—56.

中某一点升高或大于 2 dB,则应对上次复查后的全部记录信号进行重新评估。

3.9 检测信号的评价

采用 DAC 曲线,根据最大回波数据,对缺陷进行定量评价,根据焊缝坡度、焊接工艺、缺陷位置和动态波形等参数,对缺陷的性质进行了评估。具体来说,需要根据图 5 判断被检焊缝是否合格。所有缺陷回波均需 1:1 焊缝剖面图表示,以便准确定位缺陷,并估计其性质。

缺陷编号	探测面	探头角度	声程	前沿-缺陷水平	前沿-焊缝水平	前沿-深度	波幅/dB	L(始)	L(终)	L(长)	作图	备注
1	A	59.5	28	12	10	12	+6	120	145	25	R(圆形)	
2	B	45.0	54	25	22	13	+4	240	280	40	P(矩形)	

试件编号:UT001 测量厚度:25.0 mm 直探头补偿:2 dB 斜探头补偿:6 dB 母材缺陷:无

图5 缺陷记录图

3.10 质量反馈

焊缝无损检测技术是一项重要的生产工艺。检测的结果尽可能地反映出焊接的真实状况,而业主、设计、生产、监造等相关单位则有必要依据检测的结果对其进行评估。因此,加强对检测结果的信息交流是十分必要的。检测单位应及时将检测报告、质量报告、检测报告等信息及时反馈,使各方面对工程质量进行动态的监控,并对施工进度进行调整。

3.11 返修控制

所有未达到合格标准的焊缝均按规定的返修程序进行返修,每次返修数量不得超过 2 次。修复后的焊接要按照原先的检测方法进行检测,然后对两个长度不小于 100 mm 的接头进行检测。

4 结语

海洋工程钢结构焊缝超声波检测与传统焊接工艺不同,它对探针的角度和数目都有严格的要求,既要检查焊接断面,又要检查裂纹、未焊透、未熔合等危险缺陷。通过对焊缝角的分析,确定垂直于缺陷方位的声束方向,有助于检测缺陷。在探测面的选取上,无缝的一次波形是最好的,这样就可以获得很好的回声,从而避免了漏检。此外,1:1 焊缝绘图也是一项重要工作,它可以对回波的全部资料(如波高、位置、回波包络等)进行检测,并将其反射到焊缝断面,从而对缺陷进行定性。焊缝超声波检测对专业的理论和实践的要求很高。由于海洋工程所处的特殊环境,我们必须严格按照检验规范和验收标准进行检验。作为检验员,要通过不断地学习和积累工作经验,正确地选择测试仪器和测试手段,对缺陷进行有效的评估,从而保证产品的质量。