

基于 Pipe WIZARD V2 的 AUT 系统缺陷检出能力

孙晓明, 吴 员, 尤卫宏, 张俊杰, 陈 亮, 裴 彪, 张天江, 马仕伟

(海洋石油工程股份有限公司检验公司, 天津 300452)

摘 要: 在客观的试验数据基础上, 通过附加有独立 TOFD 探头的 AUT 系统在设置 20% 及 40% 的检验阈值条件下, 对管线对接环焊缝进行检验, 统计出了缺陷高度结果, 结合缺陷的宏观切片数据, 通过数学建模, 以在 95% 的可信度上达到 90% 的检出率作为合格的标准, 建立“缺陷高度-检出率”的曲线, 对该 AUT 系统的检出能力做出了一个量化的分析、对比, 从而对于不同的验收标准情况下(主要包括 ECA 及 WORKMANSHIP)应当如何使用相应的检验阈值给予建议。

关键词: AUT; 检出率; 检验阈值; 验收标准

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2014)07-0079-02

AUT System Pod Based on Pipe WIZARD V2

SUN Xiao-ming, WU Yuan, YOU Wei-hong, ZHANG Jun-jie, CHEN Liang, PEI Biao, ZHANG Tian-jiang, MA Shi-wei

(Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300452, China)

Abstract: Based on the objective experimental data and pipeline girth weld inspection results by the AUT system with separate TOFD probes using threshold setting up 20% and 40%, the statistical results of defect height were obtained. By combining these results with macro slicing data of the defects and through mathematical modeling, a “flaw height-POD” curve was established under the condition of achieving 90% detection rate with 95% reliability as a qualified standard. A quantitative analysis and comparison was made for the AUT system on its detection ability in order to put forward suggestions for different acceptance standards (including the ECA and WORKMANSHIP) with related inspection thresholds.

Keywords: AUT; Probability of detection; Threshold; Acceptance standard

目前海洋石油管道对接环焊缝的主流检验方法为全自动超声波检验系统, 即 AUT 全自动相控阵超声波检测, 试验不仅对基于 PipeWIZARD V2 的 AUT 系统的检出能力有了一个量化的、客观的认识, 同时对于改善验收标准尤其是 ECA(工程临界分析)的制作提供了一个极具参考性的结论, 对于降低返修率, 提高海底管线的铺设效率, 合理控制检验成本具有指导性意义。

1 系统设置

1.1 AUT 系统设置

试验的 AUT 系统软件为 PipeWIZARD V2, 该

系统主要依靠相控阵探头(PA 探头)发射脉冲回波进行分区检测, 并附加 TOFD 探头增强检测能力, 其中 PA 探头为两个 7.5 MHz 包括 60 个呈线性排列晶片的探头。

对于焊缝根部, 余高, 根部与填充过度区域及体积通道采用脉冲回波法(PE)进行检测, 对填充区域采用串列法(PC)进行检测。

根部反射体为高度 1 mm 的槽, 最大反射高度设置为 80% 满屏高度(FSH), 填充区域反射体为 $\phi 2$ mm 的平底孔(FBH), 最大反射高度设置为 80% 满屏高度(FSH), 表面反射体为高度 1 mm 的槽, 最大反射高度设置为 80% 满屏高度(FSH), 体积通道反射体为 $\phi 1.5$ mm 的平底孔(FBH), 最大反射高度设置为 80% 满屏高度(FSH)。TOFD 通道的灵敏度设置为直通波的 40%~80%。

收稿日期: 2013-12-17

作者简介: 孙晓明(1968—), 男, 总工程师, 主要从事海洋结构物, 包括导管架、井口组块及海底管线的检验技术管理工作。

1.2 焊缝及缺陷设置

检测焊缝为公称直径 60.3 mm、壁厚 15.9 mm 的 SMLS450 无缝钢管焊缝,填充坡口角度为 4° ,根部及填充过度区域半径 2.4 mm,根部高度 2 mm,角度为 4° 。焊接方法为 GMAW(全自动熔化极气体保护焊)。

为满足试验要求^[1],共制作了 49 条焊缝,包括 245 个缺陷,并选取其中的 133 个缺陷进行切片并作为主要分析对象,缺陷尺寸分布如图 1 所示。

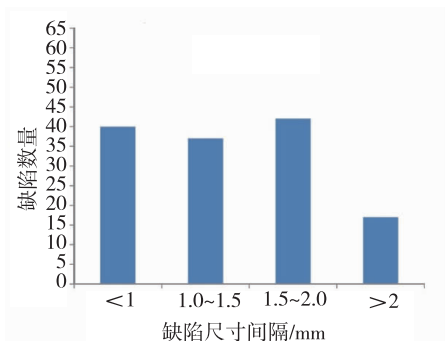


图 1 缺陷尺寸分布

2 数据分析及原理

2.1 数学模型

AUT 系统检出率(POD)分析主要是为了确定系统能够稳定检测到的最小缺陷高度的能力,所谓的稳定性标准一般认为是在 95%可信度的情况下达到 90%的检出率^[2-3]。所采用的统计模型为:

$$P(x; x_0, b) = 1 - \frac{1}{1 + (\frac{x}{x_0})^b} \quad (1)$$

式中: x 为缺陷尺寸; b 及 x_0 为模型参数。

并采用最大似然估计值法求取模型参数,似然定义为:

$$L = \prod_{j=1}^k \left(\frac{n_j}{i_j} p_j^{i_j} \right) \times (1 - p_j)^{n_j - i_j} \quad (2)$$

式中: k 为缺陷的实际数量; n_j 为尺寸 x_j 的缺陷数量; i_j 为检测到的尺寸 x_j 的缺陷数量; p_j 为以 b 及 x_0 为模型参数以 x_0 为变量的统计函数。

为方便计算,对似然函数两边取对数,得到以下公式:

$$\ln L = \left[\ln \left(\frac{n_j}{i_j} \right) + i_j \ln p_j + (n_j - i_j) \ln (1 - p_j) \right] \quad (3)$$

最后,分别对 b 及 x_0 求导,解似然方程。

2.2 数据统计分析

由图 2 可知,在 20%的记录阈值条件下,得到该 AUT 系统在 95%可信度下 90%的检出能力为

0.8 mm;由图 3 可知,在 40%的记录阈值条件下,得到该 AUT 系统在 95%可信度下 90%的检出能力为 2.1 mm。

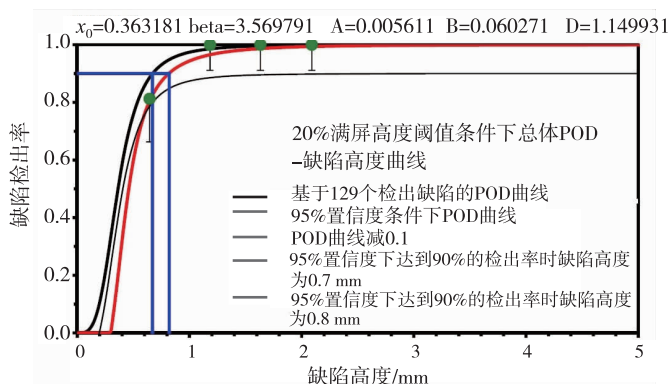


图 2 以 20%满屏高度为记录阈值的 POD 曲线

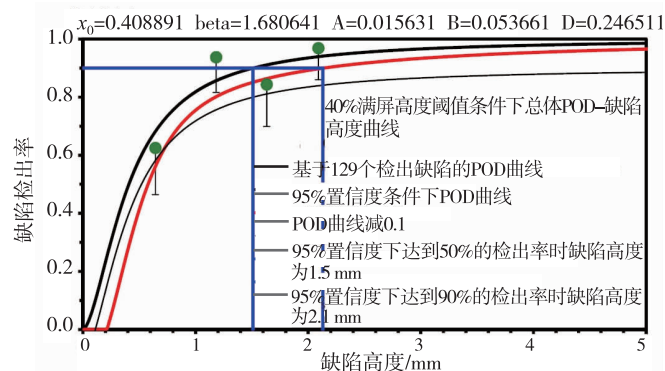


图 3 以 40%满屏高度为记录阈值的 POD 曲线

3 结论

目前,海洋石油海底管线中一般使用 20%或者 40%为 AUT 系统的主要记录阈值,由统计结果得出:在 20%记录阈值情况下检出能力为 0.8 mm,较 40%的记录阈值有明显提高。当工程中引用评判标准更为精确的 ECA 作为评判标准时,应使用检出能力更强的 20%的阈值,并作为制作 ECA 的重要指导数据;当使用 WORKMANSHIP 作为评判标准时应使用 40%的阈值,以降低返修率。

参考文献:

- [1] Det norske veritas offshore standard OS-F101: Submarine Pipeline System (DNV-OS-F101) [S]. [s. l.]:2012.
- [2] Guidelines for NDE reliability determination and description [R]. Nordtest Tech Report394,[s. l.]:1998,04.
- [3] Department of defense handbook[M]. Nondestructive Evaluation System Reliability Assessment, [s. l.]:2009.