

钻杆螺纹无损检测方法综述

丁劲锋, 康宜华, 武新军

(华中科技大学 机械学院 仪器系, 湖北武汉 430074)

摘 要: 钻杆螺纹根部疲劳裂纹是钻杆钻井服役中产生的常见缺陷类型, 是钻杆发生断裂的一个重要原因。分析了钻杆螺纹失效的特点, 介绍了国内外现有的几种钻杆螺纹的无损检测方法, 对这些方法的原理、实现方法及优缺点进行了说明与分析, 最后对钻杆螺纹的检测方法进行了总结。

关键词: 无损检测; 钻杆; 螺纹; 根部裂纹

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2007)06-0350-03

Overview of Nondestructive Inspection Methods for the Drilling Pipe Thread

DING Jin-feng, KANG Yi-hua, WU Xin-jun

(School of Mechanical Science and Engineering of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The fatigue crack of drilling pipe thread root is one of the most common defects in the drilling service, and it is one important cause to induce the rupture of drilling pipes. Several nondestructive testing methods to inspect the drilling pipe domestic and overseas are introduced; their principle, inspecting techniques, advantages and disadvantages are explained and analyzed. Finally, the conclusion is given about all the inspection methods.

Keywords: Nondestructive testing; Drilling pipe; Thread; Root crack

1 钻杆螺纹失效特点

钻杆螺纹部分的缺陷主要有根部裂纹与刺穿空洞两种失效形式(图 1), 它们分别具有以下特点:

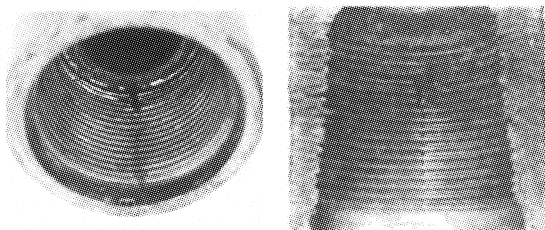


图 1 钻杆纵向裂纹及刺穿空洞照片

(1) 大多数螺纹接头裂纹及刺穿空洞开始于螺纹连接的中部。这是因为螺纹连接中部的环向应力最大, 同时说明接头失效与导致环向应力增大的过扭矩有很大的关系。

(2) 没有独立的刺穿空洞, 只有与纵向裂纹同时存在的刺穿空洞, 刺穿空洞位于纵向裂纹的一端或是裂纹中部。

(3) 纵向裂纹的长度在 60~1 300 mm, 有的裂纹尚未穿透壁厚, 有的裂纹虽然已渗入壁厚但没有刺穿。

(4) 失效内螺纹接头密封端面均有明显的塑性变形。

钻杆螺纹根部断裂裂纹的主要位置特点是, 外螺纹接头的断裂裂纹常发生在从台肩算起第二个或第三个螺扣的根部, 内螺纹接头的断裂裂纹常发生在最后啮合部位的螺扣处(图 2)。这是由于螺纹的几何形状及应力集中效应所致, 在复合交变应力作用下容易萌生疲劳裂纹, 疲劳裂纹在循环应力和腐

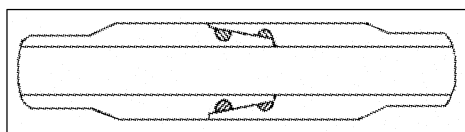


图 2 内外螺纹断裂裂纹位置示意图

收稿日期: 2005-12-06

作者简介: 丁劲锋(1976—), 男, 博士研究生, 从事油田管杆用无损检测设备的研发工作。

蚀作用下扩展,直至断裂^[1,2]。

2 钻杆螺纹缺陷常用无损检测方法

钻杆螺纹缺陷的国内外常用无损检测方法有,湿荧光磁粉法和超声波法以及最近几年出现的交流磁场检测法和局部漏磁场检测法等。这些检测方法有着各自的优点和局限性,检测缺陷的类型和性能指标都有所差异,下面就每种检测方法分别介绍。

2.1 钻杆螺纹磁粉探伤

磁粉检测方法主要包括连续法与剩磁法两种,它们在工艺程序上的差异在于施加磁粉或磁悬液的时机上,连续法磁化与施加磁粉或磁悬液是同步进行的,操作时应注意磁化是间断反复进行的,即每通电磁化 1~3 s 后断电间隔 1~2 s,再反复这个磁化动作,直到磁粉或磁悬液施加完毕,最后断电应在施加磁粉或磁悬液动作完成之后。

剩磁法施加磁悬液是在磁化动作完成之后,它是利用工件的剩磁进行探伤。通电磁化时间短,一般为 1/2~1s,重复磁化 2~3 次。

该方法适用性好,应用十分广泛,主要用于检测某些钢铁材料构件的局部损伤情况,如焊缝和局部裂纹等,因此,在其它检测方法出现以前,一般都采用磁粉检测方法检测钻杆螺纹的根部裂纹。但是磁粉检测方法检测钻杆螺纹存在以下很多限制:

(1) 只能检测外螺纹,对于内螺纹的检测观察难度大,而且只能检测螺纹表面和近表面缺陷,不能检测埋藏较深的内部缺陷,可探测的内部缺陷埋藏深度一般在 1~2 mm 范围内,对于很大的缺陷,检测深度可达 10 mm。

(2) 检测前需要对被测螺纹进行认真清洗,工序繁琐,检测效率低,劳动强度较大。

(3) 难以定量缺陷的大小深度。

(4) 通常都用目视法检测缺陷,磁痕的判断和解释需要有技术经验和素质,检测结果受人为因素影响大,容易产生误检或漏检。

受上述局限性的影响,利用磁粉检测方法检测钻杆螺纹很难大量推广。

2.2 钻杆螺纹超声波探伤

根据超声波检测原理以及钻杆螺纹的结构特征,可以设计专用的超声纵波小角度直探头对钻杆螺纹部位进行检测,检测原理如图 3 所示。检测前,需要对检测仪器进行标定,检测时,探头在涂有耦合剂的钻杆端面缓缓移动,先粗扫查,再细扫查,发现

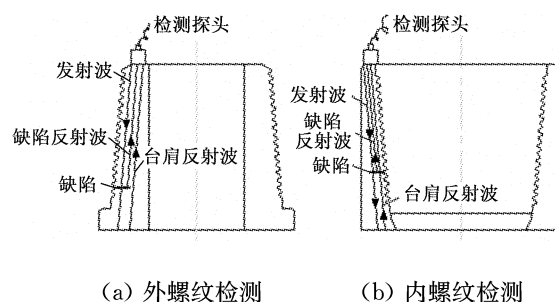


图 3 超声波检测钻杆内外螺纹原理与方法示意图

疲劳裂纹或其它类型缺陷时,确定位置、深度和长度,作好记录和标识,继而进行评定验收。

在实际超声波探伤信号中会出现钻杆的螺纹信号,螺纹信号反射波在显示屏上出现的位置很有规律,并随探头移动范围而前后移动。若在某一纹扣底出现裂纹缺陷,螺纹反射波会被裂纹反射压下而迅速降低,并呈山峰状,跟随裂纹反射波移动,裂纹严重时反射波增强,此时螺纹信号会消失。图 4 为超声波检测有缺陷钻杆螺纹信号的示意图^[3]。

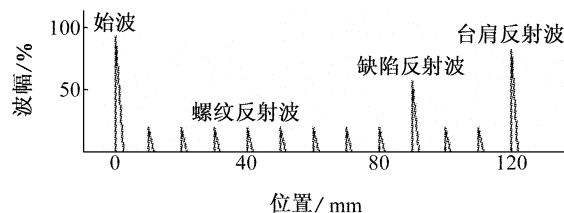


图 4 超声波检测波形示意图

受钻杆螺纹的影响,超声波检测方法检测钻杆螺纹根部裂纹的灵敏度比较低,只能检测较大的能对声波进行反射的裂纹,而且检测探头在钻杆端面扫描的过程中很难平稳,受人为因素的影响比较大。超声波检测方法能够比较准确地识别裂纹的位置,但是很难对裂纹的深度进行量化评估^[4,5]。

2.3 钻杆螺纹交流磁场检测(ACFM)

ACFM(Alternating Current Field Measurement)是英国 TSC 公司研制的一种基于交流磁场的无损检测方法。它的基本原理是采用特殊设计的短螺旋管线圈在测定金属中感应出交流电流,该电流受集肤效应的影响均匀分布在工件的表面上,同时也在表面以上的空间中产生均匀的交流电磁场。如图 5 所示,如果工件表面含有缺陷,则电流的均匀分布受到破坏,其空间电磁场也产生变形。利用两个互相垂直的线圈能够测量出平行于裂纹和垂直于裂纹的磁场分量 B_x 与 B_z 。其中 B_x 的幅度对应于裂纹端点的位置,其方向或符号与电流在裂纹端点处的流

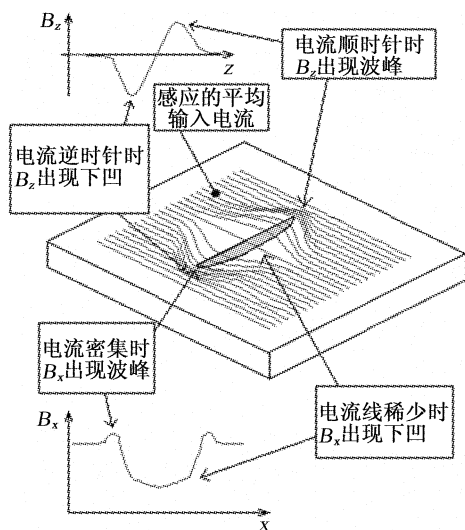


图5 ACFM缺陷检测原理图

向有关,顺时针环流时为负,逆时针环流时为正(或相反)。\$B_x\$的幅值与裂纹深度对应。于是就可以同时测量出裂纹的长度与深度^[6]。

这种方法在工件中通以交变电流,监测工件表面的交变磁场,通过测量磁场变化实现缺陷评定,能同时进行缺陷(主要是表面裂纹)的定性和定量,不需要标定即可完成检验,且具有非接触能力,便于对结构进行带涂层检测。由于交流磁场检测法是国外开发的一种检测方法,目前只有英国TSC公司有相应的钻杆螺纹裂纹检测仪,国内这方面研究的比较少,技术比较薄弱,也很少有实际应用的实例。

2.4 局部漏磁检测方法

局部漏磁检测原理是综合了磁粉检测原理以及传统漏磁检测原理的优点而研究的一种针对一些金属局部构件的漏磁检测方法。该检测方法通过专门设计的磁化器对钻杆的螺纹区域轴向进行磁化,通过专门设计的漏磁检测探头沿着钻杆螺纹的方向对根部进行扫描,从而获取缺陷的漏磁信号。下面以钻杆外螺纹为例说明局部漏磁检测的原理与实现方法。如图6所示,绕制在铁芯上的磁化线圈插入钻

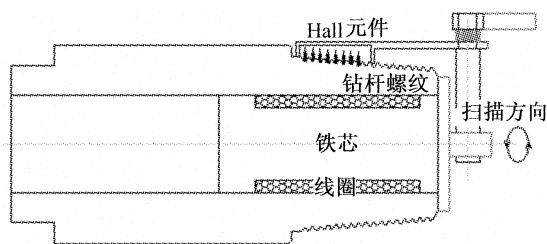


图6 钻杆外螺纹局部漏磁检测原理方法

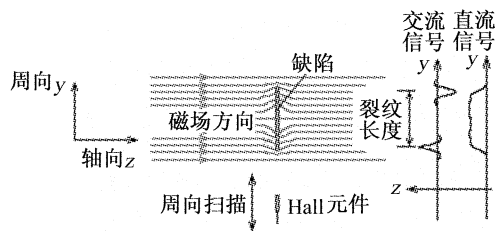


图7 周向展开磁场分布简化示意图

杆端部,相对于钻杆固定,对钻杆螺纹区域进行磁化,形成轴向磁化场;立放的Hall元件沿着螺纹的方向对螺纹根部进行旋转扫描,如根部存在裂纹,就会有漏磁场产生,图7为有裂纹的钻杆周向展开磁场分布示意图。Hall元件感应到的缺陷的漏磁场可以有直流信号和交流信号两种。交流信号有一个波峰(裂纹的起点)和一个波谷(裂纹的终点),波峰波谷的高度显示裂纹的深度,波峰波谷之间的长度显示裂纹的长度;直流信号中的上升沿显示裂纹的起始位置,下降沿显示裂纹的结束位置,直流信号的高度显示裂纹的深度。

局部漏磁检测方法避免了磁粉检测繁琐的工序,不仅可以实现内外螺纹的检测,还可以实现对缺陷大小进行定性量化,采用电脑实现数据的采集、分析、存储和显示,排除了人为判断因素的影响。

3 总结

从现场适用性的角度出发,钻杆螺纹无损检测设备必须能够满足现场环境的要求,对缺陷的识别可靠性好、准确度高,操作方便。以上几种检测方法各有优缺点,可以根据不同的检测条件和需要选择不同的检测方法,而且几种方法的准确性可以相互验证,从而保证钻杆在使用过程中的安全性。

参考文献:

- [1] 巨西民,莫润阳. 钻杆接头螺纹部位疲劳裂纹的超声波检测[J]. 西安石油学院学报(自然科学版),2000,15(5):64-67.
- [2] 解仲英,冯耀荣. 钻杆内螺纹接头纵裂与刺穿失效分析[J]. 石油机械,1996,24(3):14-17.
- [3] 王继新. 直径67 mm内丝钻杆及接头螺纹断裂分析及改进[J]. 探矿工程,1995(4):40-41.
- [4] 彭应秋,朱惠,张红波. 管状螺纹连接件超声探伤方法研究[J]. 南昌航空工业学院学报,1998(3):8-13.
- [5] 张庆社. 无磁钻具螺纹的超声波检测[J]. 无损检测,2004,26(8):423-424.
- [6] <http://www.tscinspectionssystems.com>[OL].