

# 基于数字图像技术的钻杆裂纹检测研究

王 蓓, 殷肖川

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

**摘 要:** 数字图像在石油钻杆无损检测中应用广泛, 文中重点介绍荧光磁粉成像法。基于该原理, 设计实现了一个表面裂纹无损检测软件, 利用钻杆图像颜色较为单一、干扰因素较少以及图像结构稳定的优点, 在分析钻杆表面裂纹走向的基础上, 主要讨论了图像二值化后裂纹的识别算法和裂纹真伪性的判断。提出了基于顺序扫描法的改进裂纹识别算法, 可以有效地进行裂纹识别, 以及利用圆弧度进行裂纹真伪识别判断, 实验结果证明该系统检测效果良好、效率高。

**关键词:** 数字图像; 裂纹识别和判断; 圆弧度

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)10-0244-03

## Research for Detecting Surface of Drill Pipe Based on Digital Image Technology

WANG Bei, YIN Xiao-chuan

(Telecommunications Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

**Abstract:** The digital image applies widely in lossless examination of the petroleum drill rod. The fluorescence magnetic powder image method is introduced mainly in this paper. Based on this principle, a surface crack lossless examination software has been designed. Using its merits of relatively unitary imaging color in the drill rod, less influencing factors as well as stable image structure, discussed mainly crack recognition algorithm by imaging binaryzation and crack judgement which is true or false on the basis of analyzing surface crack in the drill rod. Based on the order scanning method, proposed of improving crack recognition algorithm in order to carry on crack recognition effectively as well as crack judgement which is true or false by rotundity. The result shows that it has good effect and high efficiency in the process of examining.

**Key words:** digital image; cracking identification and judgment; degree of roundness

## 0 引言

目前在石油钻探行业中, 由于钻柱承受着因交变载荷引起的较大应力突变, 常常会发生断裂失效, 而失效的前期表现就是裂纹的产生。

通常, 对于裂纹的检测是由人工方法来判读, 效率较低, 在面对细微裂纹和大批量的杆件检测时, 肉眼判读就会因生理机能或视觉疲劳等原因导致误判率较高。

针对上述问题, 采用计算机视觉的数字图像处理技术, 利用其再现性好、处理精度高、适用面广、灵活性好的优点, 对改进石油钻杆裂纹检测法十分有意义<sup>[1]</sup>。

## 1 裂纹分析

### 1.1 裂纹产生原因

钻杆内外流动的是泥浆体系, 温度高、压力大, 长达千米的钻杆会受到扭转、弯曲和阻力的共同作用, 成为裂纹产生和扩展的重要来源<sup>[2]</sup>, 如图1所示。

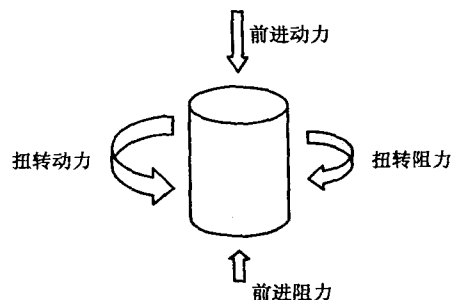


图1 钻杆受力图

### 1.2 裂纹的形状

在较低的扭转载荷下, 当疲劳核心部位(即微裂纹)呈现切应力疲劳扩展(与钻杆的轴线成 $45^\circ$ )。随着裂纹的扩展, 裂纹扩展的主导应力逐渐由切应力(与钻

收稿日期: 2008-01-10

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(01JK134); 教育部激光技术国家重点实验室高级访问学者基金资助项目(2000101)

作者简介: 王 蓓(1979-), 女, 陕西西安人, 硕士, 讲师, 研究方向为计算机应用。

杆的轴线成 45° 转向正应力(与钻杆的轴线成 90°),如图 2 所示。

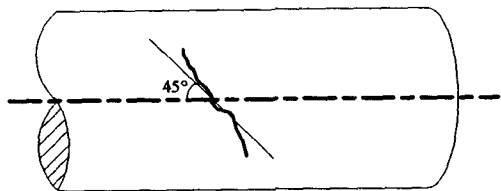


图 2 裂纹夹角示意

## 2 荧光磁粉成像无损检测系统

对裂纹的形成及形状进行分析后,利用计算机代替人工目测及荧光磁粉的渗透性,设计了一套荧光磁粉成像无损检测系统,流程如图 3 所示。

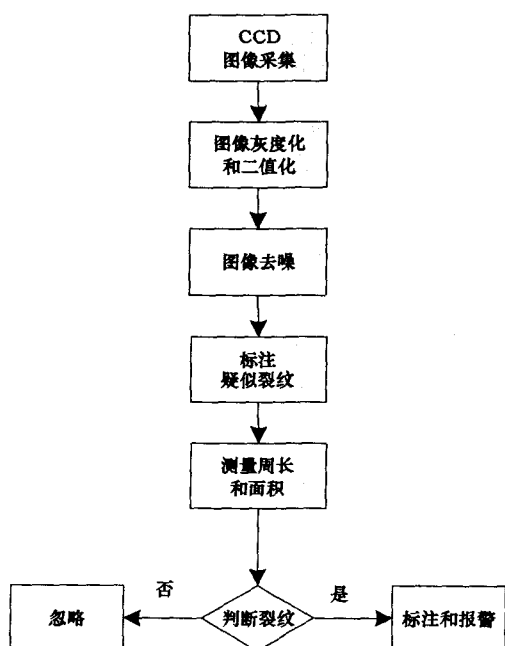


图 3 荧光磁粉成像无损检测系统流程图

### 2.1 图像采集

采集之前对目标钻杆进行清洗,尽可能地去除表面泥土、废屑及油污,在圆周方向均匀喷涂具有吸附性和渗透性的荧光磁粉或是荧光磁粉悬浮液,裂纹处会聚集大量磁粉,用高清晰数码相机进行拍摄,获得图像。

### 2.2 图像预处理

对采集的数字图像进行预处理。将彩色图像灰度化、二值化和去噪。由于图像拍摄是在暗房中进行,因此拍摄效果受阳光、温度等环境因素影响较小,使预处理中各阈值的选取方法较为简单,在这里不做过多描述。

### 2.3 裂纹识别和判断

通过对图像中疑似裂纹的测量和计算,判断是否为裂纹。如果是,发出报警信号,并在原图上进行标记;如果不是,则忽略。

## 3 图像中裂纹的识别与判断

经由预处理后的图像是二值图,因此,对裂纹进行识别、测量和判断都是依据二值图中的“0”、“1”关系。在此将背景像素值设为 0,裂纹处的像素值设为 1。裂纹的识别和判断区域可以看成是裂纹所在区域以中心点表示的 4 连通区域<sup>[3]</sup>。

### 3.1 识别裂纹

从图 2 中看出裂纹的延展走向,可以看成是从左上到右下,这对于识别裂纹是很有帮助。根据走向,确定识别当中的关键坐标  $X_{right}$ 。在已有的算法<sup>[1]</sup>基础之上作以改进,具体识别算法举例如下:

对二值图从左到右、从上到下进行扫描,如图 4 所示:

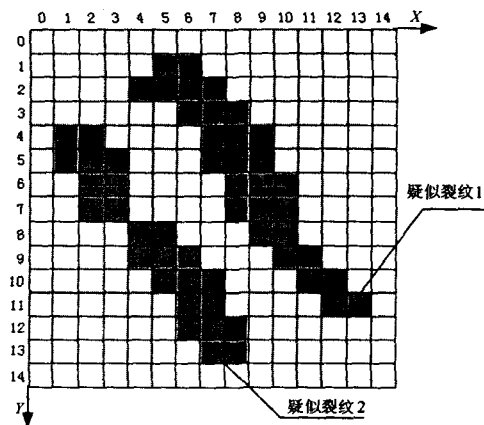


图 4 裂纹标记

1) 找到第一个像素值为 1 的点(5,1),以该点的  $x$  坐标作为  $X_{left[1]} = X_{right[1]} = 5$ ,以该点的  $y$  坐标作为  $Y_{min[1]} = Y_{max[1]} = 1$ ;继续向右扫描,若是 1,则以新点的  $x$  坐标作为  $X_{right[1]}$ ,即  $X_{right[1]} = 6$ ;直到遇见 0 停止。最终得到  $y = 1$  时的  $X_{left[1]} = 5, X_{right[1]} = 6$ 。

2) 对于下一行继续进行扫描,但是以  $(X_{right[1]} = 6, 2)$  作为中心点,无论该点像素值是 1 或 0,都向左右两个方向扫描。如果该中心点是 1,则以其  $y$  坐标作为新的  $Y_{max[1]}$ ,即  $Y_{max[1]} = 2$ ,如果中心点是 0,则  $Y_{max[1]}$  不发生变化,仍为原来的  $Y_{max[1]} = 1$ 。

向左方向扫描时,遇 0 停止;若是 1 需将新点的  $x$  坐标与  $X_{left[1]}$  比较,小者为  $X_{left[1]}$ ,直到遇见 0。

向右方向扫描时,遇 0 停止;若是 1 需将新点的  $x$  坐标与  $X_{right[1]}$  比较,大者为  $X_{right[1]}$ ,直到遇见 0。

3) 以此方法,直至扫描完所有的点,结束。

结果如下:

$y = 2$  时,  $X_{left[1]} = 4, X_{right[1]} = 7, Y_{max[1]} = 2$ ;

$y = 3$  时,  $X_{left[1]} = 4, X_{right[1]} = 8, Y_{max[1]} = 3$ ;

……

$y = 11$  时,  $X_{left[1]} = 4, X_{right[1]} = 13, Y_{max[1]} =$

11;

注:上述的  $X_{left[1]}$ 、 $X_{right[1]}$ 、 $Y_{min[1]}$ 、 $Y_{max[1]}$  中的下角标 [1] 表示为检测到的第一条疑似裂纹,依此类推, $X_{left[n]}$ 、 $X_{right[n]}$ 、 $Y_{min[n]}$ 、 $Y_{max[n]}$  表示第  $N$  条疑似裂纹的相关坐标。

其中,由于各种原因,图像中不可避免地出现没有去除掉的孤立像素点( $1 \times 1$  或  $2 \times 2$ ),都视为干扰。

由于裂纹图像的特点,运用上述算法较为简单。并且,对于一条裂纹中有非 4 连通连接的情况,也能考虑到,如图 4 中对疑似裂纹 2 中的  $y = 7$  与  $y = 8$  之间的非 4 连通的扫描,认为它们都属于同一条裂纹,合并。

### 3.2 测量裂纹

对疑似裂纹进行面积  $S$  和周长  $L$  的测量,为裂纹判断提供数据。

由于每个疑似裂纹的面积  $S$  就是区域内像素值为 1 的像素的数量和,在上述确定裂纹的扫描过程中即可直接测算出<sup>[3]</sup>。而周长  $L$  是由任意一个初始的边界像素点开始遍历全部边界,直至返回这个初始像素点所经历的相邻像素的数量和<sup>[4]</sup>。

### 3.3 判断裂纹

由于裂纹反映在图像上的特点是:细长连续、面积比系统噪音大得多。因此,采用圆形成度来判断裂纹。

区域圆形成度:

$$D = 4\pi \times S/L^2$$

式中  $S$  为区域面积,  $L$  为区域周长。当  $0 < D \leq K$  时,判断为裂纹,疑似区域细长、线形;当  $K < D \leq 1$  时,判断不是裂纹,  $D$  值越接近 1,区域越接近圆形。其中,  $K$  值的选取根据检测材料的不同而不同<sup>[5]</sup>。

## 4 检测系统应用

依据上述系统,实拍用于金属材料,获得了裂纹测试图像,检出裂纹的具体信息,如图 5 所示。

## 5 结束语

通过对荧光磁粉成像系统的设计和实验,可以看出,相比较红外外像法和工业 CT 等等的检测方法,虽然

检测结果不如它们精确,但该方法检测简单、检测时间短、效率高、成本低,不占用大面积厂房和使用昂贵的专用设备,不失为一种快速的检测方法。

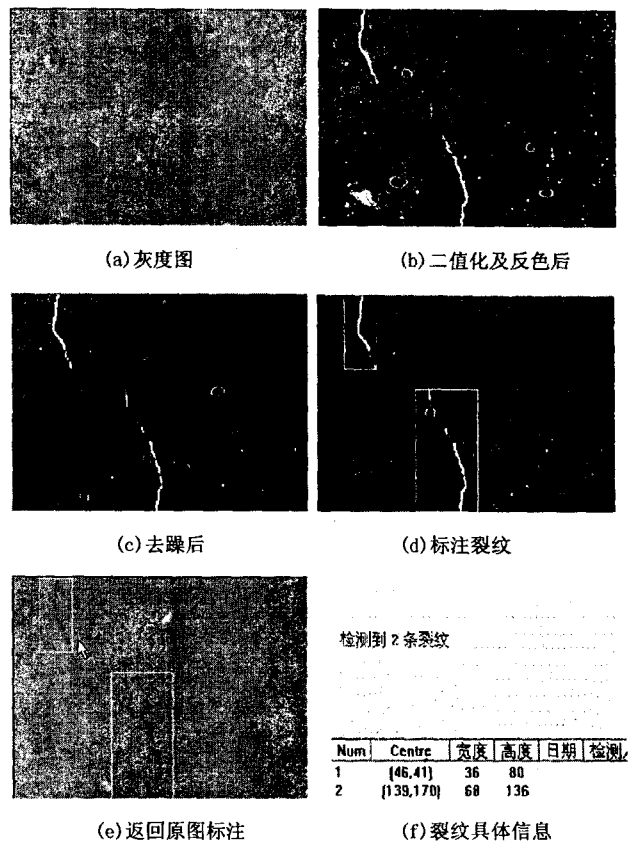


图 5 采用该无损检测系统获得的裂纹检测图像

### 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(9):64-67.
- [2] American Society for Metals. Metals Handbook[M]. 9th ed. Ohio:Metals Park,1987.
- [3] 范永法,郑长宏. 用于表面裂纹自动检测的图像识别算法[J]. 机械设计与制造,2002(8):80-82.
- [4] Pratt W K. 数字图像处理[M]. 邓鲁华,张延恒,译.北京:机械工业出版社,2005.
- [5] 陈书海,傅录祥. 实用数字图像处理[M]. 北京:科学出版社,2005.

(上接第 243 页)

Services Perspective. Tampere, Finland: [s. n.], 2002.

- [6] W3C. Web Services Description Language [EB/OL]. 2002. <http://www.w3.org/2002/ws/desc/>.
- [7] Web 服务:BP ELAWS 专题 [EB/OL]. 2002. <http://www-900.cn.ibm.com/developerWorks/cn/WebServices/ws-theme/ws-bpel.shtml>.
- [8] Skogan D, Gronmo R, Solheim I. Web Service Composition

in UML[C]//In: Proc of the 8th IEEE Int'l Enterprise Distributed Object Computing Conf. Monterey, California, USA: [s. n.], 2004.

- [9] Using OMG's MDA to Integrate Web Services[EB/OL]. 2001. [http://www.omg.org/mda/mda\\_files/MDA-WS-integrate-WP.pdf](http://www.omg.org/mda/mda_files/MDA-WS-integrate-WP.pdf).
- [10] Booch G, Rumbaugh J. UML 用户指南[M]. 邵维忠,等译. 北京:人民邮电出版社,2006.