

DOI: 10.3969/j.issn.1673-064X.2020.06.017  
文章编号: 1673-064X(2020)06-0115-04

中图分类号: TE19; TN941  
文献标识码: A

## VideoLog 可视化测井油管接箍自动识别方法

阚绍佑<sup>1</sup>, 巨亚锋<sup>2</sup>, 梁万银<sup>2</sup>, 姚强<sup>3</sup>, 吴银川<sup>1</sup>

1. 西安石油大学 陕西省油气井测控技术重点实验室 陕西 西安 710065;
2. 中国石油长庆油田分公司 油气工艺研究院 陕西 西安 710018;
3. 中石化江汉石油工程技术研究院 湖北 武汉 430000)

**摘要:** 在可视化测井中,深度对于判断油管缺陷位置至关重要,而现有的测深系统具有一定的深度误差。实际工程中,可通过识别油管接箍再参照油管数据表来准确标定仪器的深度。本文基于运动视频图像处理,提出了一种油管接箍自动识别方法。利用 VideoLog 可视化测井系统采集井下油管视频图像,通过对视频图像进行形态学处理、特征参数提取、接箍判决等过程来准确识别接箍。实验结果表明,同一个接箍在视频中会多次出现,也会被多次识别到,同一接箍平均识别率为 86.9%,接箍计数的正确率为 100%。方法已成功用于可视化测井视频解释处理中,取得了较好的工程应用效果。

**关键词:** 接箍识别; 视频图像处理; 可视化测井; 井深测量; 测井解释

### Automatic Identification Method of Tubing Couplings Based on VideoLog

KAN Shaoyou<sup>1</sup>, JU Yafeng<sup>2</sup>, LIANG Wanyin<sup>2</sup>, YAO Qiang<sup>3</sup>, WU Yinchuan<sup>1</sup>

1. Key Laboratory of Shaanxi Province for Gas-Oil Logging Technology, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China;
2. Oil and Gas Technology Research Institute, PetroChina Changqing Oilfield Company, Xi'an, Shaanxi 710018, China;
3. Petroleum Engineering Technology Research Institute, SINOPEC Jiangnan Oilfield, Wuhan, Hubei 430000, China)

**Abstract:** In visual logging, depth is very important to judge the position of tubing defects, but the existing depth measurement systems have certain depth measurement error. In practical engineering, the depth can be accurately calibrated by identifying tubing couplings and referring to tubing data. An automatic identification method of tubing couplings is proposed based on processing of moving video image. The video image of downhole tubing is collected by VideoLog visualization logging system, and the couplings are identified accurately by morphological processing and feature parameter extraction of the video image. The experimental results show that the same coupling will appear and be recognized many times in the video. The average recognition rate of the same coupling is 86.9%, and the correct rate of coupling counting is 100%. The method has been successfully used in visual logging video interpretation and processing, and good engineering application effect has achieved.

**Key words:** coupling identification; video image processing; visual logging; measurement of hole depth; logging interpretation

阚绍佑, 巨亚锋, 梁万银, 等. VideoLog 可视化测井油管接箍自动识别方法[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2020, 35(6): 115-118, 123.

KAN Shaoyou, JU Yafeng, LIANG Wanyin, et al. Automatic identification method of tubing couplings based on VideoLog[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2020, 35(6): 115-118, 123.

收稿日期: 2019-12-31

基金项目: 国家科技重大专项(2016ZX05060); 陕西省教育厅重点实验室项目“缺陷套管中电阻率测井响应特征研究”(15JS097); 陕西省教育厅重点实验室项目“过套管电阻率测井仪器刻度系统研究”(11JS051); 陕西省光电传感测井重点实验室开放基金(09JS042)

第一作者: 阚绍佑(1994-),男,硕士研究生,研究方向: 数字图像处理。E-mail: 2378507418@qq.com

## 引言

可视化测井是新一代测井技术,具有“眼见为实,一目了然”的独特优势,该技术在落鱼打捞、套管检测、井眼检测、射孔产出、生产监测等方面具有广阔的应用前景<sup>[1-2]</sup>。早在1963年,Reinhart设计了一种井下电视装置,该装置是基于同轴电缆传输方式获取井下照片<sup>[3]</sup>。随着相关技术的发展,1994年,Ward等人设计了基于光纤传输的井下电视,该装置能获取实时的井下视频<sup>[4]</sup>。1999年,Whittker等人指出了光纤井下电视在防硫、耐高温方面的局限性,说明该技术发展存在一定的井眼适应性问题,同时介绍了基于普通铠装测井电缆传输的鹰眼井下电视,该装置可实时传输井下视频图像,视频传输帧率为 $0.29\text{ f/s}$ <sup>[5]</sup>。在国内,2001年戴恩汉等人对鹰眼井下电视进行了相关研究,指出其在探测井下落物的形状和位置、监测套管内壁腐蚀、变形、结垢等情况,了解射孔层位产液状况、检查射孔后套管状况等方面具有较好的应用效果<sup>[6]</sup>。2002年严正国等人开始研究井下电视相关技术,对井下高温高压摄像头、视频压缩编码技术、测井电缆高速传输技术进行深入研究,2007年发表井下电视图像压缩技术的论文<sup>[7]</sup>。2017年成功研制出VideoLog可视化测井装备,该测井装置通过改善铠装电缆可实现彩色全帧率高速传输,在5500 m普通铠装测井电缆上最高传输速率超过 $2\text{ Mbit/s}$ ,视频帧率可达 $25\text{ f/s}$ <sup>[8]</sup>。截止2019年12月,VideoLog可视化测井累计服务油气井110余井次,取得了良好的工程应用效果。

在可视化测井中,深度对判断油管缺陷位置至关重要,油管接箍的准确判定,可有效地对测量的深度信息进行校正。VideoLog在气井应用中,为降低作业成本,通常采用钢丝作业,井下实时视频被自动存储,而地面仪将同步记录钢丝深度,测井结束后,通过后续处理将深度信息合成到视频中以便于解释。实际工程中,该深度标定具有以下缺点:(1)井下录制视频和地面仪记录钢丝深度依靠时间同步记录,时间同步误差会造成深度误差;(2)钢丝由于自重会有一定的伸长量,长度越大,伸长量越长,深度误差越大;(3)钢丝的伸长量会因下井仪的体重的不同而伸长不同的长度,造成深度误差;(4)需要根据标记短套管深度数据或者套管接箍数据校正深度。为解决上述问题,论文提出采用视频图像的接箍自动识别方法,为后续仪器深度准确标定做好前期研究工作。

## 1 图像特征分析

油管接箍是油田设备中重要的零配件,油管接箍的主要功能是连接、密封油管。利用VideoLog可视化测井设备获取的接箍图像如图1(a)所示。接箍的形状为圆形,当测井设备照明系统发射光线照射到井壁和接箍上时会反射光,井壁反射的光弱,接箍反射的光强。从获取的井下视频图像中可以看到接箍有一个清晰明亮的轮廓,而周围管壁相对较暗,根据接箍的这个特点,可以结合数字图像处理、接箍判别将接箍识别出来。

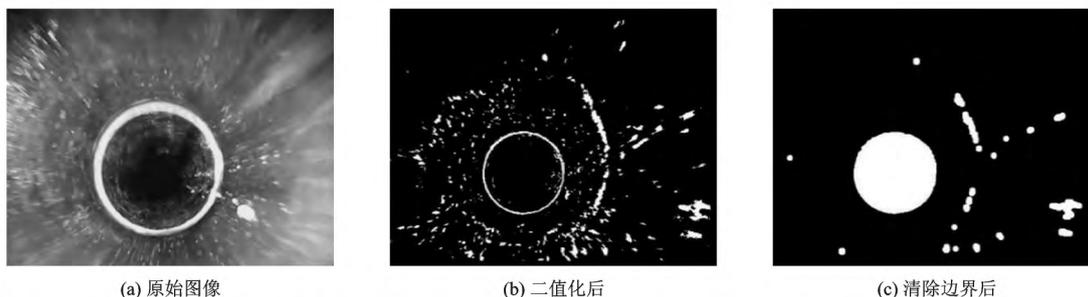


图1 形态学处理前后目标区域差别

Fig.1 Difference of target area before and after morphological processing

## 2 接箍识别方法

### 2.1 视频图像来源

油管接箍识别的视频图像,由VideoLog油气井可视化测井系统在西南某页岩气井采集。采集的井段为 $0\sim 1\ 000\text{ m}$ ,采集的分辨率为 $640\times 480$ ,帧率

为 $30\text{ 帧/s}$ 。测井仪器以 $500\text{ m/h}$ 的速度匀速从直径 $62\text{ mm}$ 的N80倒角油管下入。测井仪器每 $10\text{ min}$ 录制一个视频,共录制了13个视频文件,序号为1至13,总共有106个接箍。

### 2.2 图像预处理和数学形态学处理

数学形态学的基础是集合论,其基本思想是用

具有一定形态学的结构元素去度量和提取图像中的对应形状以达到对图像识别和分析的目的<sup>[9-10]</sup>。

采用图像求差法将接箍凸显出来,采用数学形态学中的灰值化和二值化对图像进行处理(图1(b))。处理后目标区域可能存在孔洞,目标区域外部可能会存在噪声,进行了孔洞填充和清除边界处理(图1(c))。

### 2.3 轮廓提取

采用边缘跟踪算法提取清除边界后二值图像的轮廓,边缘跟踪算法主要包括扫描和跟踪两个过程,算法不同,扫描和跟踪的过程不同。本文采用基于8-邻域链码<sup>[11-12]</sup>的方法进行轮廓跟踪。

8-邻域链码轮廓跟踪是按从左到右,从上到下的顺序扫描图像,将扫描的第一个边缘点作为链码的起点,然后按逆时针方向搜索该点八邻域内边缘点。为避免重复跟踪,依次找出物体边界上的其余像素点,如此反复迭代形成边缘链码,直到又回到起始点为止。

### 2.4 特征提取

#### (1) 目标区域边界的周长 $P$

本文采用了8-邻域链码的方法计算连通区域边界的周长<sup>[13]</sup>。使用8-邻域链码跟踪目标区域的轮廓并记录链码值,设边界线上链码值为偶数的像素个数为  $N_e$ ,为奇数的像素个数为  $N_o$ ,则边界的周长计算公式为

$$P = N_e + \sqrt{2}N_o \quad (1)$$

#### (2) 目标区域边界的面积 $S$

数字图像中目标区域的面积  $S$  计算方法有很多种,本文采用基于链码的面积计算方法<sup>[14]</sup>,即目标轮廓链码代表包围区域的面积。沿着8-邻域链码轮廓对  $x$  轴积分,就可以得到区域面积。基于8-邻域链码的区域面积计算公式如下:

$$S = \sum_{i=1}^n \left[ y_{i-1} + \frac{1}{2} dy(c_i) \right] dx(c_i) \quad (2)$$

$$y_i = y_{i-1} + dy(c_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

式中:  $y_0$  为初始点的纵坐标,  $n$  为链码值的个数,  $dx(c_i)$  和  $dy(c_i)$  分别是横坐标和纵坐标的偏移量。

#### (3) 目标区域边界的质心 $(\bar{x}, \bar{y})$

质心是连通区域的几何中心,质心的计算公式<sup>[15]</sup>定义如下:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m g(i, j) \cdot i}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m g(i, j)} \quad (4)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m g(i, j) \cdot j}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m g(i, j)} \quad (5)$$

式中:  $i, j$  为图像的2个方向;  $m, n$  分别为  $i, j$  方向像素的数量;  $g(i, j)$  为像素点  $(i, j)$  处的灰度值;  $(\bar{x}, \bar{y})$  为质心点的坐标。

#### (4) 目标区域边界的圆度 $D$

圆度是一个对象的轮廓接近圆形程度的描述,其数学定义<sup>[16]</sup>为:

$$D = \frac{4\pi S}{P^2} \quad (6)$$

式中:  $S$  表示检测对象的边缘所围成的面积;  $P$  表示检测对象边缘的周长;  $D$  的大小越接近1,检测对象越接近圆形,当  $D = 1$  时,说明检测对象是圆形。当检测对象为其他任何形状的时候,  $D$  都小于1。

### 2.5 接箍判别

由清除边界后的结果发现图片中仍然存在一定的残留物和噪声。这是由于井下环境目标背景十分复杂,在背景中除了油管内壁可能附着水珠外,还有一些由井下作业导致的井壁刮痕,为了准确识别出接箍,必须满足以下3个条件:

(1) 设置一个圆度的阈值  $threshold$ ,各个连通区域的圆度  $D$  必须大于  $threshold$ 。

(2) 设置一个面积的阈值  $K$ ,各个连通区域的面积  $S$  必须大于  $K$ 。

(3) 设置一个圆形范围  $U$ ,质心  $(\bar{x}, \bar{y})$  必须在这个范围  $U$  内。

## 3 实验验证

### 3.1 接箍计数以及单个接箍识别率

接箍计数是统计视频中观测到的接箍数量,同一个接箍在视频中会多次出现,也会被多次识别,但在接箍计数时,只能计数1次,这样保证了接箍识别的准确性。单个接箍平均识别率为86.9%,见表1。

表1 单个接箍识别率

Tab.1 Recognition success rate of couplings

接箍序号	识别到的次数	视频中出现的次数	识别率/%
1	12	14	85.7
2	8	14	57.1
3	7	9	77.8
4	16	16	100.0
5	22	25	88.0
6	11	11	100.0
7	14	14	100.0

### 3.2 方向识别

当仪器下放时,接箍由远向近运动,同一个接箍第一次识别到的尺寸( $j_1$ )小于最后一次识别到的尺寸( $j_n$ )。反之,当仪器上提时,接箍由近向远运动,同一个接箍,第一次识别到的尺寸大于最后一次识别到的尺寸。由此可以判断仪器运动方向是上提

还是下放,见表2。将识别到接箍所对应的时间 $t$ 、第一次识别到接箍所对应的视频帧数 $F$ 、 $j_1$ 、 $j_n$ 、第一次识别到接箍轮廓所对应的质心 $(\bar{x}_1, \bar{y}_1)$ 、最后一次识别到接箍轮廓所对应的质心 $(\bar{x}_n, \bar{y}_n)$ 保存在识别结果表(表3)中。

表2 上提或下放时识别到接箍的参数

Tab.2 Identified coupling parameters when lifting or lowering

接箍序号	下放时识别到接箍的参数			上提时识别到接箍的参数		
	$j_1$ /像素	$j_n$ /像素	方向	$j_1$ /像素	$j_n$ /像素	方向
1	40.77	92.50	向下	56.54	32.32	向上
2	41.08	85.76	向下	76.84	31.12	向上

表3 识别结果表

Tab.3 Recognition results

序号	$t/s$	$F$ /帧	$j_1$ /像素	$(\bar{x}_1, \bar{y}_1)$	$j_n$ /像素	$(\bar{x}_n, \bar{y}_n)$
1	76	2 225	40.77	(149, 153)	92.51	(143, 145)
2	230	6 863	41.09	(162, 152)	85.76	(169, 146)
3	318	9 506	38.65	(149, 153)	73.55	(172, 148)
4	387	11 576	31.29	(149, 153)	85.06	(165, 144)
5	454	13 562	31.91	(149, 153)	96.52	(175, 142)
6	521	15 605	34.86	(149, 153)	72.80	(171, 163)
7	588	17 597	31.90	(149, 153)	86.58	(135, 153)

利用该算法对13个视频文件进行处理,视频文件中总共106个接箍,自动识别出了106个接箍,识别成功率达100%。

## 4 结 论

(1) 运用数字图像处理技术对VideoLog可视化测井视频进行处理,提出了一种油管接箍自动识别的方法,经实验验证,该方法能够对62 mm内径的油管接箍进行自动识别,识别准确率为100%。

(2) 利用接箍自动识别的方法不仅可以准确识别出油管接箍,还可以判断仪器上提和下放的状态,保证了识别接箍计数的准确性。

(3) 利用接箍自动识别方法,提取到接箍数据,结合帧间运动估计法可以校准由电缆或钢丝所带来的深度误差。

### 参 考 文 献:

- [1] 张家田,郑向秀,吴银川,等.可视化测井技术的发展、装备及应用[J].测井技术,2018,42(5):489-496.  
ZHANG Ji Tian, ZHENG Xiangxiu, WU Yinchuan, et al. Development, equipment and application of visual logging technology[J]. Well Logging Technology, 2018, 42(5): 489-496.
- [2] 刘卫,谭德庆,李超,等.可见光井下电视在生产测井领域的应用[J].石油仪器,2012,26(2):47-48.

LIU Wei, TAN Deqing, LI Chao, et al. Application of visible light downhole TV in production logging[J]. Petroleum Instruments, 2012, 26(2): 47-48.

- [3] REINHART T R. Down-hole television[J]. Drilling and Production Practice, 1963, 33(7): 125-131.
- [4] STEPHEN L W, THOMAS T A, RAYMOND D C, et al. Diagnosing production problems with downhole video surveying at prudhoe bay[J]. Journal of Petroleum Technology, 1994, 46(11): 973-978.
- [5] WHITTAKER J L, SCHULTZ P K, BAKER D L. Development of a portable downhole camera system for mechanical inspection of wellbores[J]. Society of Petroleum Engineers, 1999, 50(6): 34-36.
- [6] 戴恩汉,范建玲,向绪金,等.鹰眼电视测井仪及其应用[J].石油仪器,2001,15(5):35-36,39.  
DAI Enhan, FAN Jianling, XIANG Xujin, et al. Hawkeye downhole video system and its application[J]. Petroleum Instruments, 2001, 15(5): 35-36, 39.
- [7] 严正国,张家田.井下电视图像压缩技术[J].西安石油大学学报(自然科学版),2007,22(5):94-97.  
YAN Zhengguo, ZHANG Ji Tian. Data compression technique of downhole video image[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2007, 22(5): 94-97.
- [8] 严正国,严正娟.通过铠装测井电缆获取井下彩色全帧率视频的装置:CN 208353481U[P].2019-01-08.

(下转第123页)

输 RTU 可以监控数口油井,降低了系统成本。

(2) RTU 实现应用层协议转换,支持 ModBus 通信,现场仪表通过 RTU 可以无缝接入 SCADA 上位机系统,方便油田 SCADA 采集系统的升级、扩展。

(3) 使用分层思想设计通信接口,可以适应不同的井场通讯需求,并为后续开发提供接口,方便系统的升级及扩充。

(4) 现场应用结果表明,本文设计方案不仅可以完成油井工况传输多级异构通信系统互连,而且可以满足系统多接口、可重用、易扩展等方面的需求。

#### 参考文献:

- [1] 杜喜昭,石秀华,赵丽强. 油田抽油机数据采集实时监控[J]. 测控技术, 2010, 29(9): 51-53, 57.  
DU Xizhao, SHI Xiuhua, ZHAO Liqiang. Design and application of Real-Time monitoring in oilfield pumping data acquisition system [J]. Measurement and Control Technology, 2010, 29(9): 51-53, 57.
- [2] 李凤民,潘居臣,宋松,等. 油井远程监控系统采集层设备 RTM 的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(5): 89-92.  
LI Fengmin, PAN Juchen, SONG song, et al. Design and implementation of remote terminal measurement device for oil well monitoring system [J]. Computer Measurement and Control, 2016, 24(5): 89-92.
- [3] EREZ N, WOOL A. Control variable classification, modeling and anomaly detection in Modbus/TCP SCADA systems [J]. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 2015, 10: 59-70.
- [4] GOLDENBERG N, WOOL A. Accurate modeling of Modbus/TCP for intrusion detection in SCADA systems [J]. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 2013, 6(2): 63-75.
- [5] 曹庆年,刘畅,孟开元. 基于 ZigBee 和 WiFi 的油田无线监测系统的设计 [J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2015, 30(3): 100-104.  
CAO Qingnian, LIU Chang, MENG Kaiyuan. Design of oilfield wireless monitoring system based on ZigBee and WiFi. [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2015, 30(3): 100-104.
- [6] 颜瑾,张乃禄,刘雨,等. 基于智能 RTU 的气田井场监控系统 [J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2017, 32(4): 61-66.  
YAN Jin, ZHANG Nailu, LIU Yu, et al. Gasfield well-site monitoring system based on intelligent RTU [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2017, 32(4): 61-66.
- [7] 曹庆年,张珂,孟开元,等. 基于 PSoC5 和 CAN 总线的油田 RTU 设计 [J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2014, 29(2): 107-110.  
CAO Qingnian, ZHANG Ke, MENG Kaiyuan, et al. Design of oil field RTU based on PSoC5 and CAN bus [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2014, 29(2): 107-110.
- [9] 武晓朦,吴凯,王欢,等. 基于数学形态学的焊接熔池图像边缘提取技术研究 [J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2018, 33(3): 113-116.  
WU Xiaomeng, WU Kai, WANG Huan, et al. Research on extraction technique of image edge of welding pool based on mathematical morphology [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2018, 33(3): 113-116.
- [10] 叶云舟,高炜欣. 一种毛细管凝胶图像的分割方法 [J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2017, 32(5): 113-118.  
YE Yunzhou, GAO Weixin. A segmentation method of capillary gel images [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2017, 32(5): 113-118.
- [11] FREEMAN H. On the encoding of arbitrary geometric configurations [J]. IEEE Transactions on Electronic Computers, 1961, EC-10(2): 260-268.
- [12] FREEMAN H. Computer processing of Line-Drawing images [J]. ACM Computing Surveys, 1974, 6(1): 57-97.
- [13] 刘建华,王建伟. 基于图像处理的 CT 图像肝癌诊断技术研究 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2014, 54(7): 917-923.  
LIU Jianhua, WANG Jianwei. Livercancer diagnosis based on CT image processing [J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2014, 54(7): 917-923.
- [14] 杨万扣,任明武,杨静宇. 数字图像中基于链码的目标面积计算方法 [J]. 计算机工程, 2008, 34(1): 30-33.  
YANG Wankou, REN Mingwu, YANG Jingyu. Object area algorithms based on chain code in digital image [J]. Computer Engineering, 2008, 34(1): 30-33.
- [15] 黄悦,胡广书,孙学智. 阿尔茨海默症海马区显微图像的分割算法 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2008, 48(9): 1511-1514.  
HUANG Yue, HU Guangshu, SUN Xuezhi. Microscopic image segmentation of hippocampus for Alzheimer's disease [J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2008, 48(9): 1511-1514.
- [16] 张之稳,宋世军. 利用圆度进行圆定位的方法 [J]. 山东大学学报(工学版), 2006, 36(1): 19-22.  
ZHANG Zhiwen, SONG Shijun. Circle locating method based on roundness [J]. Journal of Shandong University (Engineering Science), 2006, 36(1): 19-22.

责任编辑: 陈景辉

责任编辑: 董瑾

(上接第 118 页)