

液面回声仪应用问题浅析

陈业亭

中国石油大庆油田有限责任公司测试技术服务分公司 黑龙江大庆 163853

通讯作者:Email:dlts_chenyt@petrochina.com.cn

引用:陈业亭. 液面回声仪应用问题浅析[J]. 油气井测试, 2021, 30(2): 56-60.

Cite: CHEN Yeting. Analysis on application of liquid level echo-meter [J]. Well Testing, 2021, 30(2): 56-60.

摘要 大庆油田榆树林区块油井液面恢复测试时,常出现液面测试曲线混乱、不清晰和无明显液面曲线等现象,难以有效提供真实准确的油井液面恢复资料。对2015年3月-2016年10月189井次液面测试资料进行梳理,按照归纳法整理为测试曲线无液面波和测试曲线液面波位置异常两大类;针对每类问题的各个现象,从仪器、井口或井下工具,以及井下流体对仪器测试时产生的影响进行分析,提出测试前的避免措施、测试中的注意事项,以及测试后的修正方法。2017年3月-2019年10月在榆树林油田进行液面测试297井次,成功率达87.2%,准确率达88.3%,为油田试井资料的精准录取提供了依据。

关键词 试井;回声仪;反射波;油井液面;泡沫层;动态监测**中图分类号**:TE927 **文献标识码**:B **DOI**:10.19680/j.cnki.1004-4388.2021.02.011

Analysis on application of liquid level echo-meter

CHEN Yeting

Well Testing Technology Service Branch, PetroChina Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang 163453, China

Abstract: During the oil well level recovery test in Yushulin block of Daqing Oilfield, the phenomena such as confusion, unclear and no obvious liquid level curve often appear, which makes it difficult to effectively provide real and accurate data of oil well liquid level recovery. In this paper, liquid level test data of total 189 wells from March 2015 to October 2016 are sorted out. According to induction method, these data are classified into two categories: no liquid level wave in test curve and abnormal position of liquid level wave in test curve. According to each phenomenon of each kind of problem, the influence of instrument, wellhead, downhole tool and downhole fluid on instrument test is analyzed, and the avoided measures before the test, the matters needed to pay attention to in the test and the correction methods after the test are put forward. From March 2017 to October 2019, 297 wells in Yushulin Oilfield were tested by this method, and the success rate was 87.2% and the accuracy rate was 88.3%, which provided a basis for accurate logging of well test data.

Keywords: well test; echo-meter; reflected wave; liquid level of oil well; foam layer; dynamic monitoring

在油田油井测试中,对于液面没有上升至井口的油井,一般都采用液面回声法探测液面。常用的仪器是声弹式液面深度测试回声仪。陈殿房等^[1]曾对此做过现场应用特点方面的研究。通过这种方法,测出油井在关井后一段时间内,井内液面深度的数值,根据这些数值的变化规律推测出油井当前的生产状况。榆树林油田目前的油井测试基本采用此方法。

这种仪器的工作原理是^[2]:声弹激发时产生的声波通过与回声仪相连的井筒壁,向井下传播。当声波在遇到障碍物时,就会产生一个反射,回声仪接收这些反射的声波,并将之记录在测试卡片上。

在反射的声波中,通常液面处反射的声波最为明显,依此判断液面的深度。但是,在现场施工时,经常有测不出液面或测出的液面不真实的情况存在,影响施工效率和测试质量。针对这种现象,国内外学者从理论方面做了很多研究,但大多都是分析流体的渗流机理特性。如李中华等^[3]根据油气比、含水率、气体比重进行的研究。段建萍等^[4]从传导压力方面做的理论公式校正等。而一些新的动液面监测技术,如油井井筒动液面测量系统、高压氮气枪测试技术等^[5-7],在榆树林低产油田又略显成本过高;几种新的动液面监测方法也属于研究阶段^[8-10]。李瑗辉^[11]、杨利萍^[12]、周伟等^[13]的示功

图等方法也不适用于低产油井。本文紧密结合生产实际,通过对测试人员、测试仪器及测试环境三个主要要素进行分析,对问题的现象进行分类查摆,找出影响关键点,寻找解决办法,并取得了较好的应用效果。

1 测试曲线无明显液面波

基于声波反射原理的回声仪是通过记录反射波信号来检测动液面,而在日常现场测试中,经常有液面反射波不明显、不能准确判断动液面位置的现象。针对此类问题,进行原因分析。

1.1 声波能量不够

声波能量不够主要表现在:声弹击发能量不足、仪器连接不紧固,或者测试过程中有压力泄露情况。

1.1.1 声弹击发能量不足

主要原因:由于生产工艺等原因,声弹式回声仪所使用的测试声弹的激发能量具有一定的差异性^[14]。一些激发能量较少的声弹在使用时,会出现声波能量不足的情况(图 1a)。

解决方法:完成一次测试后,在现场观察测试曲线,若不能明确辨识出液面,应立即复测至液面位置清晰可辨(图 1b)。

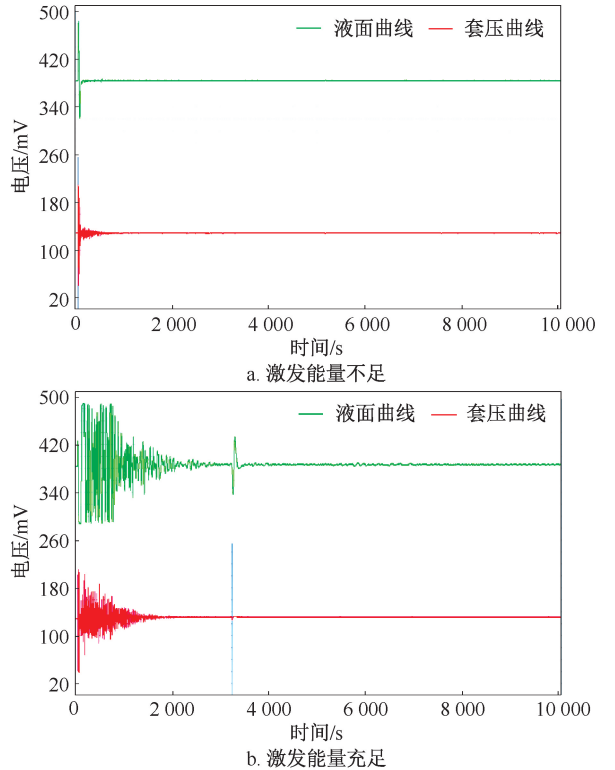


图 1 液面测试曲线
Fig. 1 Test curve of liquid level

主要原因:①在施工时,测试仪器未与油井套管紧固连接,导致传入井下的声波能量不够;②测试仪器密封胶圈有破损。

解决方法:①施工前,检查测试仪器和采油树套管放空螺纹是否完整,确保施工时各链接处紧固连接;②更换测试仪器密封胶圈。

1.1.2 测试过程中压力泄露

主要原因:①采油树偏心堵头有压力泄露;②采油树生产阀门未关或未关严。

解决方法:①更换采油树偏心堵头;②检查生产阀门是否需要更换。

图 2a 是一口油井液面测试曲线。从曲线形态看,声弹激发能量全部集中在井口释放,未测到液面。经现场检查,采油树偏心堵头无密封胶圈,更换偏心堵头并加装密封胶圈后,测试曲线正常(图 2b)。

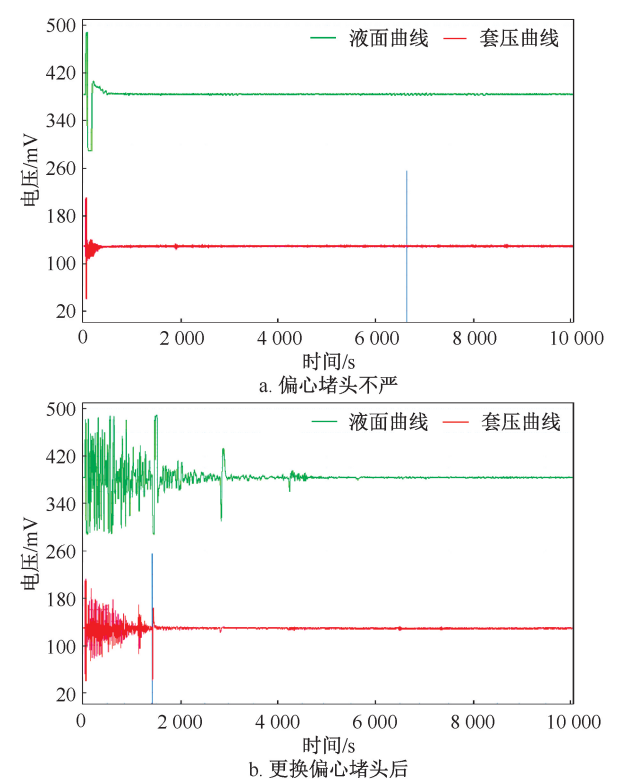


图 2 油井液面测试曲线
Fig. 2 Test curve of liquid level of oil well

1.2 测试曲线混乱

管壁附着物过多或管柱出现异常表现出测试曲线混乱。

1.2.1 管壁附着物过多

主要原因:油井管壁上在较长的距离区间内附着了稠油、石蜡或其它附着物,声波在传经这里时,被吸收了大量的能量,导致透过的能量不足^[15]。

解决方法:可以采用机械、热力、化学三种方法清洁管壁^[16]。其中机械方式为利用专门的工具来刮除管壁结构上的附着物,再利用液流冲走刮落物;热力方式为利用高温来融化附着在管壁上的蜡质、沥青质和凝油等附着物^[17-18];化学方式为注入化用化学药剂来降凝、降黏、解堵^[19]。

1.2.2 管柱出现异常

主要原因:油井的某处管注存在措断、变形等异常,阻碍了声波经此传播。

解决方法:对管柱进行措施作业后重新测试。

1.3 仪器档位选取过小

主要原因:若仪器档位选取过小,返回波经滤波器后,测试卡片上的曲线会显示为近似一条直线,无法找出液面。

解决方法:调整档位重新测试。

2 测试曲线液面波位置异常

在日常现场测试中,由于受到井下一些因素的干扰,有时还出现液面位置与油井生产管理状态明显矛盾的现象,如正常生产状态下的油井测试结果却反映液面过高等。这种不真实的液面俗称“假液面”,针对此类现象,对造成的原因进行了分析。

2.1 泡沫层段造成的干扰

油井测试、闸门不严,以及添加药剂等,都会引起泡沫层,对液面位置的准确判断产生干扰。

2.1.1 油井测试引起泡沫层

主要原因:在将测试仪器连接至油井时,需要打开油井的闸门,会导致井筒内的压力下降。原油中通常都会含有一部分的伴生气溶于其中。当环境压力下降时,这些伴生气开始析出,并在析出过程中,生成泡沫^[20]。当在短时间内有大量的气体析出时,会在原来的液面上方形成一层泡沫层,泡沫层在测试的过程中,也会反射声波,并会掩盖真正的液面,从而对液面位置的判断造成干扰^[21]。

解决方法:可快速安装测试仪器,并立刻测试,在大量的泡沫产生之前完成测试,减少因泡沫产生的误差。

2.1.2 闸门不严引起泡沫层

主要原因:某些油井闸门的密闭性不好,常会使油井环空内的原油因脱气的原因而产生泡沫层。

解决方法:更换闸门,待油井稳定后,再行测试。

2.1.3 添加药剂引起泡沫层

主要原因:为了防止油井结蜡、结垢,会定期向

油井的油套环形空间内加入一定量的防蜡剂及防垢剂。这些化学药剂的加入会诱使油井环空液面上涨,在较长的时间内出现泡沫层。

解决方法:应等待数日,待由此诱发的泡沫消退后,再行测试。

2.2 油井管柱结蜡造成的干扰

主要原因:在油井管柱的中上部,温度相对较低,原油中凝结温度较高的一些组分便易于在此析出凝结,造成结蜡或凝油等情况^[22-24]。在同一个位置大量析出或凝结的这些组分,会在测试过程中反射出明显的反射波,干扰对液面位置的判断。

解决方法:可采取与清理油井管壁附着物相同的方法来排除干扰。

3 应用效果

通过对声弹式液面深度测试回声仪几种异常情况产生的原因进行分析,明确了每一种影响因素产生的原因及解决方法,在后期的工作,用这些方法来处理现场施工出现的异常。例如位于榆树林油田的老区块树××-××井2017年在首次测量时,测试曲线混乱,无明显反射波(图3a),属于总结中的管壁附着物过多,对管柱作业洗井后再进行测试,曲线正常(图3b)。

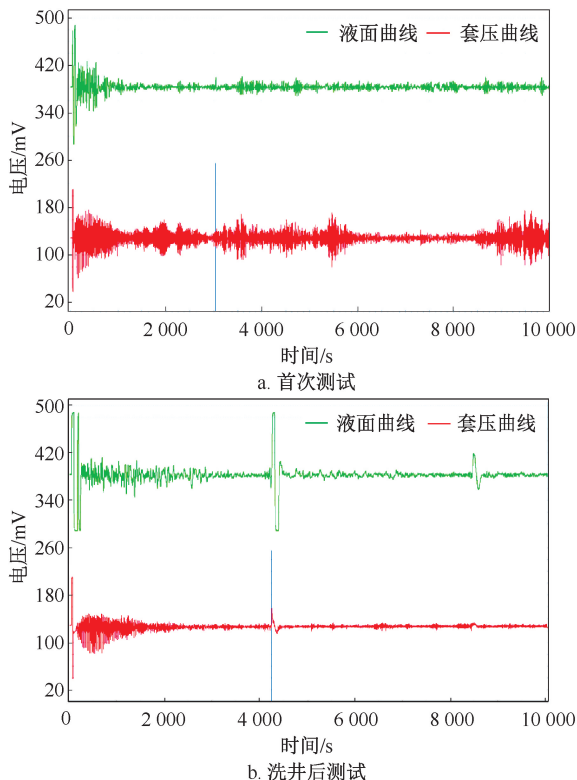


图3 树××-××井测试曲线

Fig.3 Test curve of Well Shu ××-××

再例如2018年肇××-××井在首次测量时,曲线除井口有些波动外其余呈直线,属于总结中的声弹能量不够(图4a)。经检查,偏心堵头在投产时未加密封胶圈切未紧固。加密封胶圈紧固后测试,曲线正常(图4b)。

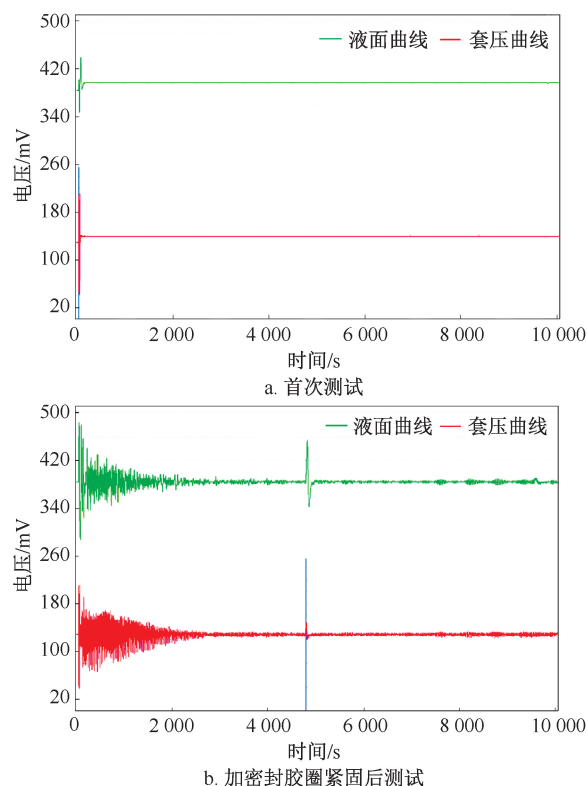


图4 肇××-××井测试曲线

Fig. 4 Test curve of Well Zhao ××-××

通过这些方法,2017年3月-2019年10月在榆树林油田共进行液面测试297井次,测试成功率提升到87.2%,准确率提升到88.3%,有效地为榆树林油田地质分析提供真实准确的动液面测试资料。

3 结论

(1)通过对声弹式液面深度测试回声仪在大庆油田榆树林区块测试中的几种异常情况分析,找出了在生产中解决或避免的办法,为油田试井资料的精准录取提供了依据。

(2)本文适用于油田日常生产油井动、静液面测试中疑难问题参考。

(3)在今后应用声弹式液面深度测试回声仪进行测试时,还要注意特殊异常现象的收集与分析,以便更好地完善此项技术测试资料的准确性。

致谢:感谢大庆油田榆树林有限责任公司测试分公司的领导和同事们在论文写作过程中提供的帮助。

参考文献

- [1] 陈殿房,韩祥立,杨晶. 油井液面探测方法探讨[J]. 油气井测试,2008,17(2):60-61.
CHEN Dianfang, HAN Xiangli, YANG Jing. Discuss on survey method for liquid level of oil well [J]. Well Testing, 2008,17(2):60-61.
- [2] 张代宇,苑青龙. 采油井动态液面测量技术研究分析[J]. 中国石油和化工标准与质量,2012,32(1):117.
ZHANG Daiyu, YUAN Qinglong. Research and analysis of dynamic liquid surface measurement techniques for oil wells [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2012,32(1):117.
- [3] 李中华,鲁章成,王永伟,等. 抽油井真实液面测试技术研究及应用[J]. 西南石油学院学报,2003,25(1):49-51.
LI Zhonghua, LU Zhangcheng, WANG Yongwei, et al. The testing technology and application of pumping oil well true liquid surface [J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2003,25(1):49-51.
- [4] 段建萍,肖胜君,朱晶,等. 影响抽油机井动液面异常变化原因分析[J]. 油气田地面工程,2003,22(8):28-29.
DUAN Jianping, XIAO Shengjun, ZHU Jing, et al. Analysis of the causes of the abnormal changes in the fluid surface in the pumping well [J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2003,22(8):28-29.
- [5] 任建. 油井井筒动液面测量系统设计与研究[D]. 青岛:中国石油大学(华东),2008.
REN Jian. Research and design on working level measurement system of oil well pit shaft [D]. Qingdao: China University of Petroleum (Huadong), 2008.
- [6] 李伟强. 基于动液面的智能采油控制系统研究[D]. 西安:西安石油大学,2018.
LI Weiqiang. Research on intelligent control system of oil extraction for oil pumping machine based on dynamic fluid level [D]. Xi'an: Xi'an Shiyou University, 2018.
- [7] 关彬. 新型液面测试技术[J]. 油气田的面工程,2010,29(8):105-106.
GUAN Bin. New liquid surface test technology [J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2010,29(8):105-106.
- [8] 魏佳超,田新民,能学春. 新型动液面测试设备的试验与应用[J]. 设备管理与维修,2011(S1):84-86.
WEI Jiachao, TIAN Xinmin, NENG Xuechun. Tests and applications of new dynamic and liquid surface test equipment [J]. Plant Maintenance Engineering, 2011(S1):84-86.
- [9] 杨显志. 环空注气测试稠油井液面技术研究[J]. 油气井测试,2015,24(6):52-54.
YANG Xianzhi. Research on liquid level technology of heavy oil well from annular gas injection test [J]. Well Testing, 2015,24(6):52-54.
- [10] 胡萍. 超声波测距仪的研制[J]. 计算机与现代化,

- 2003(10):54-56.
- HU Ping. Study of high precision ultrasonic range finder [J]. Computer and Modernization, 2003(10):54-56.
- [11] 李瑗辉. 难测井动液面测试方法研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, 32(5):51.
- LI Aihui. Study on the test method of hard to measure hydrographic surface [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2012, 32(5):51.
- [12] 杨利萍. 用示功图计算抽油机井动液面深度[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(5):101-103.
- YANG Liping. Calculation of the depth of dynamic liquid surface in pumping wells using power charts [J]. Petroleum Geology and Engineering, 2010, 24(5):101-103.
- [13] 周伟, 贾威, 郭小渝, 等. 基于管柱声场模型的油井动液面检测新方法[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2015, 37(4):166-172.
- ZHOU Wei, JIA Wei, GUO Xiaoyu, et al. A new method for oil well dynamic fluid level detection based on the column sound field model [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2015, 37(4):166-172.
- [14] 孙祖玲. 采油测试工[M]. 北京:石油工业出版社, 2004:59-67.
- [15] 陈术, 张学典, 姚晨, 等. 新型油田无线示功仪的研制[J]. 机电工程技术, 2012, 41(5):42-46.
- CHEN Shu, ZHANG Xuedian, YAO Chen, et al. Research of wireless dynamometer for oil-well measurement [J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2012, 41(5):42-46.
- [16] 高科超, 高飞, 杨子, 等. 渤海油田普通稠油冷采测试工艺[J]. 油气井测试, 2019, 28(1):38-45.
- GAO Kechao, GAO Fei, YANG Zi, et al. Cold production testing technology for heavy oil well in Bohai Oilfield [J]. Well Testing, 2019, 28(1):38-45.
- [17] 卢中原, 谭忠健, 许峰, 等. 渤海油田稠油测试井智能双频加热降黏技术[J]. 油气井测试, 2018, 27(6):27-32.
- LU Zhongyuan, TAN Zhongjian, XU Feng, et al. Intelligent dual-frequency heating and viscosity reduction technology for heavy oil test wells in Bohai Oilfield [J]. Well Testing, 2018, 27(6):27-32.
- [18] 文宏武, 王靖淇, 刘萍, 等. 双空心抽油杆螺杆泵热泵采试油技术[J]. 油气井测试, 2018, 27(5):24-30.
- WEN Hongwu, WANG Jingqi, LIU Ping, et al. Screw pump thermal recovery test technology driven by double hollow sucker rod [J]. Well Testing, 2018, 27(5):24-30.
- [19] 刘峰, 纪晓红. 多措施进行油井化学清蜡[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2011, 31(7):64.
- LIU Feng, JI Xiaohong. Multiple measures for chemical wax removal from oil wells [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2011, 31(7):64.
- [20] KABIR C S, HASAN A R. Application of material balance in pumping well analysis [C]. SPE 9932, 1981.
- [21] 杨勇. 油田自动化系统中油井监控技术的应用[J]. 信息系统工程, 2012(10):94-95.
- YANG Yong. Application of oil well monitoring technology in oil field automation system [J]. China CIO News, 2012(10):94-95.
- [22] 张瑞臣, 陈琰, 张金柱, 等. 谈油气井测试的工艺优化[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014, 34(5):41.
- ZHANG Ruichen, CHEN Yan, ZHANG Jinzhu, et al. Talk about the process optimization of oil and gas well testing [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2014, 34(5):41.
- [23] 周世彬. 油井结蜡原因及处理措施研究[J]. 中国新技术新产品, 2014(5):90.
- ZHOU Shibin. Research on causes and treatment measures of wax deposition in oil wells [J]. China New Technologies and Products, 2014(5):90.
- [24] 肖进军. 油井结蜡及清防蜡技术探讨[J]. 化学工程与装备, 2010(7):65-66.
- XIAO Jinjun. Discussion on wax formation and wax removal and prevention technology in oil wells [J]. Chemical Engineering & Equipment, 2010(7):65-66.

编辑 王 军

第一作者简介:陈业亨,男,1981年8月出生,硕士,工程师,2007年毕业于东北石油大学地球探测与信息技术专业,主要从事油水井生产井测试工作。电话:0459-4697810, 18944586259; Email: dlts_chenyt@petrochina.com.cn。通信地址:黑龙江省大庆市红岗区创业庄采油九厂测试九大队,邮政编码:163853。