

除砂器排砂预警装置

张怀

中国石油大庆油田有限责任公司试油试采分公司 黑龙江大庆 163412

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

项目支持:股份公司科技重大专项“松北深层天然气富集规律、勘探技术与规模增储”子课题“徐家围子深层有效排液配套工艺及产能评价技术研究”(QR/A0/7-13-01)

引用:张怀. 除砂器排砂预警装置[J]. 油气井测试, 2020, 29(1):48-52.

Cite: ZHANG Huai. Sand draining warning device of desander [J]. Well Testing, 2020, 29(1):48-52.

摘要 出砂井试气施工过程中,除砂器压差常常会急速上升,无法及时倒换砂筒或清理滤网,导致滤网变形、损坏,造成试气施工中断。根据滤网式除砂器结构及工作特点,采用自动控制技术,研制出由压力及压差传感器、PLC 控制器、报警器、电动阀门四部分组成的除砂器排砂预警装置。压差传感器通过上下游压力传感器对滤砂筒压差进行监测,当压差接近最大允许工作压差时,PLC 控制器指挥预警系统报警;当压差继续上升至危险值,PLC 控制器指挥电动阀快速开启,进行排砂作业以降低工作筒压差,达到保护滤网的目的。ZS32 井设定开启压差 2.1 MPa,装换压差 3.0 MPa。当压差达到 2.1 MPa,电动阀门在 10 s 内完全开启,报警器报警;当压差达到 3.0 MPa,预警器自动转换砂桶,预警器正常。该装置在低气温、高压、高吐砂等极端作业条件下,可提高滤网除砂器的适应性及安全性,保证试气施工顺利进行。

关键词 试气; 除砂器; 自动控制; 工作压差; 滤网; 排砂; 预警装置; 放喷

中图分类号:TE353 文献标识码:B DOI:10.19680/j.cnki.1004-4388.2020.01.009

Sand draining warning device of desander

ZHANG Huai

Test production branch of PetroChina Daqing Oilfield, Daqing, Heilongjiang 163412, China

Abstract: In the process of gas test in sand production well, the pressure difference of desander often rises rapidly, so it is impossible to change the sand cylinder or clean the filter screen in time, which results in the deformation and damage of the filter screen and the interruption of gas test. A warning device for desander sand discharge is developed according to the structure and working characteristics of the screen type desander, which is composed of four parts: pressure and differential pressure sensor, PLC controller, alarm and electric valve. The pressure difference sensor monitors the pressure difference of the sand filtering cylinder through the upstream and downstream pressure sensors. When the pressure difference approaches the maximum allowable working pressure difference, the PLC controller will command the warning system to give an alarm. When the pressure difference continues to raise to the dangerous value, the PLC controller will command the electric valve to open quickly to discharge sand so as to reduce the pressure difference of the working cylinder and protect the filter screen. For Well ZS32, an opening differential pressure is set as 2.1 MPa and a replacement differential pressure as 3.0 MPa. When the pressure difference reaches 2.1 MPa, the electric valve will be fully opened within 10 s, and the alarm will give an alarm. When the pressure difference reaches 3.0 MPa, the alarm will automatically convert the sand barrel, and the alarm will be normal. The device can improve the adaptability and safety of the filter screen desander and ensure the smooth of gas test construction under the extreme operating conditions of low temperature, high pressure and high sand discharge.

Keywords: gas test; desander; automatic control; working pressure difference; strainer; sand draining; warning device; blowout

“十三五”期间,大庆地区深层气井由原来的常规压裂向大规模压裂发展^[1-4],由油管多段压裂向套管多段压裂转型,目的层更加致密、非均质性增强,导致压裂规模普遍增大,压裂过程中压裂砂使用规模越来越大,压后放喷出砂也越来越多^[5-6]。

同时,随着大庆油田体积压裂的推进,高产井及高吐砂井逐年增多^[7-9],除砂器成为测试求产中必不可少的设备^[10-13]。随着设备冲蚀情况日益严重,结合滤除井内流体中的固相颗粒,为保护下游地面设备的关键性作用,引入滤网式除砂器进行压裂放喷

及测气除砂作业^[14]。滤网式除砂器在大庆油田徐深气田进行推广应用,缓解了地层出砂对设备的损坏^[15]。但是,使用过程中多次出现因为砂堵造成压差过高,导致滤网损坏,除砂器无法正常使用,进而造成试气中断的问题。为此,研发了除砂器排砂预警装置。该装置和滤网式除砂器配合使用,可有效解决砂堵现象出现,保证设备安全及试气顺利进行。

1 滤网式除砂器工作原理及存在问题

通过对近几年大庆徐深气田使用的滤网式除砂器结构、工作原理及使用存在问题进行分析,找到了该工具存在的不足及需要完善部分。

1.1 滤网式除砂器工作原理

滤网除砂器对固相颗粒实现二级分离,一级分离主要利用旋流离心分离来完成,同时在旋流分离的过程中降低流体的流速,使固相颗粒沉降在滤砂筒底部;二级分离使用可拆卸的滤网去过滤,当流体从滤网外部流进滤网内部,固相颗粒被阻挡在滤网的外部,沉降在滤砂筒的底部,滤液通过滤网内部流出。流动区域不会被堆积的砂粒阻碍,同时固相颗粒可以通过排砂管线被排出滤砂筒,无需提出滤网。结构示意图及工作原理图如图 1 所示。

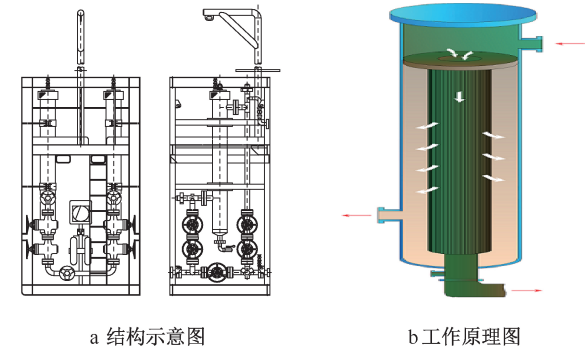


图 1 滤网除砂器砂筒结构示意图及工作原理示意图
Fig.1 Schematic diagram of working principle of sand cylinder of filter screen desander

滤网除砂器通过压差表来监测压差以判断滤砂筒是否充满。但是,在极端作业条件下如返排液黏度过高、出砂量过大或温度太低等都会导致滤网除砂器压差迅速上升,影响滤网除砂器的使用。

1.2 存在问题分析

面对极端的作业条件,滤网式除砂器在使用过程中需要面临很多问题,其中最严重的是在极端作业条件下滤网压差会急速上升的问题。压差急速上升会导致操作人员无法及时倒换砂筒或清理滤网进而影响到作业进度,同时也可能导致滤网变形、损坏。

1.2.1 冰堵损坏滤网漏斗

2013 年 12 月,XS1-XX 井进行除砂器排液测试作业,气温-14℃,当井内流体经过除砂器时,由于滤网部分节流作用发生冰堵,压差迅速上升,关井检查设备发现滤网上结有大量冰霜并且滤网漏斗损坏(图 2、图 3)。



图 2 结冰的滤网
Fig.2 Frozen strainer

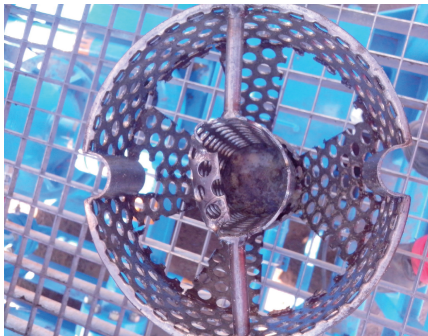


图 3 损坏的底部漏斗
Fig.3 Damaged bottom funnel

1.2.2 压裂砂导致压差过大使砂筒撕裂

2018 年 6 月,LP-XXH1 井进行压裂后返排除砂器作业。除砂器连接于流程最上游,压裂后返排初期井内大量出砂,当流体经过除砂器时,工作筒压差迅速超过最大允许工作压差。关井后,操作人员排出滤砂筒内大量固相颗粒,并在打开滤砂筒后发现滤网已经变形损坏(图 4)。



图 4 压差过大造成砂筒撕裂实物图
Fig.4 Physical picture of sand cylindr tornd by too large pressure difference

2 除砂器排砂预警装置

通过对滤网式除砂器结构、工作原理及使用过程中存在问题进行分析,同时根据徐深气田生产实际需要,研发了除砂器排砂预警装置。

2.1 组成及各部功用

为了解决滤网式除砂器砂堵问题,根据滤网式除砂器结构及工作特点,利用自动控制技术,研发了除砂器排砂预警装置。排砂预警装置由压力及压差传感器、PLC 控制器、报警器、电动阀门四部分组成。

2.1.1 压力传感器

压力传感器是将压力转换为电信号输出的传感器^[16],根据作业现场极端的施工条件,选择蓝宝石压力传感器。

蓝宝石压力传感器是利用应变电阻式工作原理,采用硅-蓝宝石作为半导体敏感元件,具有良好的计量特性^[17]。将压力传感器安装在滤砂筒的上、下游,用于检测滤砂筒的上、下游压力,并向压差传感器发送信号。

2.1.2 压差传感器

压差传感器是一种用来测量两个压力之间差值的传感器^[18],通常用于测量某一设备或部件前后两端的压差。压差传感器通过一定的设计结构,把压力前后相差的变化转换为传感器内置压敏元件的变化,再把输出由压敏元件形变产生微弱信号进行处理调制,或再通过模数转换和芯片运算处理,输出模拟信号或数字信号。压差传感器用于接收压力传感器信号,并计算滤砂筒压差,同时向 PLC 可编程控制器发送信号。

2.1.3 PLC 可编程程序控制器

可编程程序控制器采用了可程序的存储器^[19],用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字的、模拟的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。

PLC 整个工作过程是以循环扫描的方式进行的。循环扫描方式是指在程序执行过程的周期中,程序对各个过程输入信号进行采样,对采样的信号进行运算和处理,并把运算结果输出到生产过程的执行机构中。

PLC 用于接收压差传感器信号,并根据该信号指挥报警系统和电动阀门做出相应的动作。

2.1.4 电动阀门

电动阀门就是用电动执行器控制阀门,从而实现阀门的开启和关闭。其可分为上下两部分,上半部分为电动执行器,下半部分为阀门。用于接收并执行 PLC 发出的指令。

2.2 工作原理

压差传感器通过上、下游压力传感器来对滤砂筒压差进行监测,同时不断向 PLC 控制器传输信号。当压差接近最大允许工作压差时,PLC 控制器指挥预警系统报警,提示作业人员进行排砂或倒砂筒。如果压差继续上升至危险值(360 psi 约 2.5 MPa),PLC 控制器指挥电动阀快速开启(约 10 s)进行排砂作业以降低工作筒压差,达到保护滤网的目的。工作筒压差降低后,PLC 控制器下达指令,关闭电动阀及预警系统。其工作流程图如图 5 所示,工作原理图如图 6 所示。

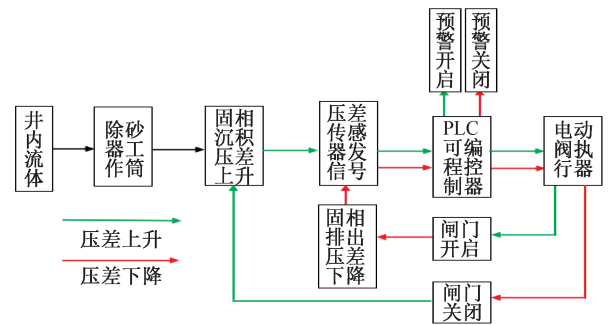


图 5 除砂器排砂预警装置工作流程图
Fig.5 Working flow of sand draining warning device of desander

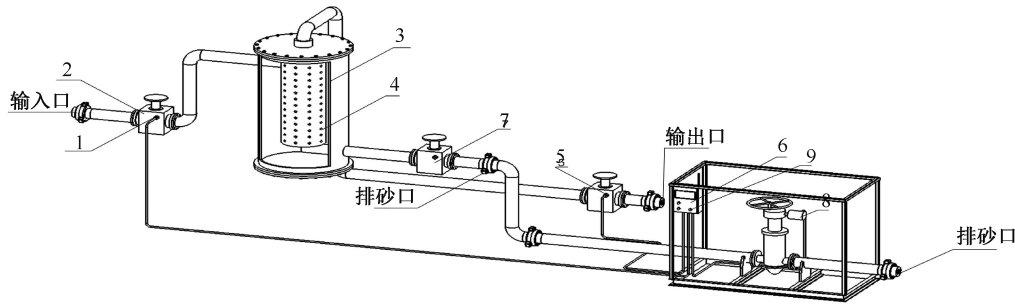


图 6 除砂器排砂预警装置工作原理示意图

Fig.6 Schematic diagram of working principle of sand draining warning device of desander

3 现场应用

2019年初开始应用除砂器排砂预警装置,提高了设备除砂能力,实现连续除砂,获得良好效果。

ZS32井位于松辽盆地东南断陷区徐家围子断陷徐西凹陷带,对其沙河子组油层采用复合桥塞分9段压裂。压裂后,井口有明显出气显示后进入流程正式测气,地面流程如图7所示。

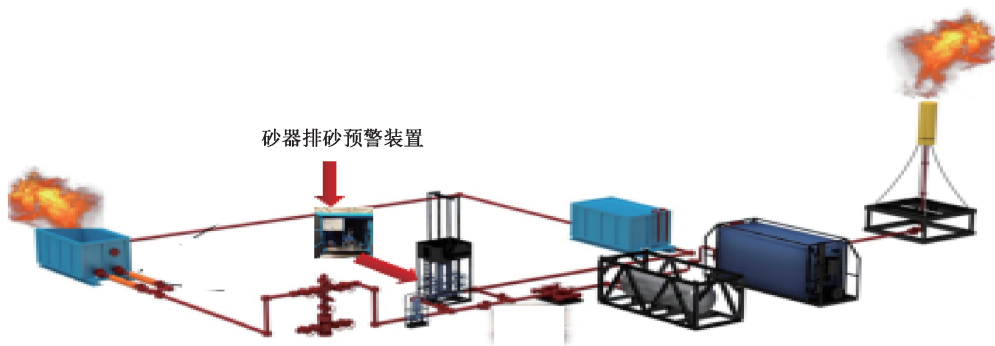


图7 ZS32井测气地面流程图
Fig.7 Gas measurement flow of Well ZS32

4月26日开井放喷,应用了除砂器排砂预警装置,排砂预警装置压差设定为开启压差2.1 MPa,装换压差3.0 MPa。26日15:54在CO₂大量返出的情况下出砂加重,流体携砂量最大12%(逐渐减少),15:56压差达到2.1 MPa,电动阀门在10 s内完全开启,同时报警器报警。16:10压差达到3.0 MPa,预警器自动转换砂桶,预警器正常。经过8 h的试气工作,流体携砂量达到4%(逐渐减少)。经过48 h试气工作,井口压力达到50 MPa,流体内基本无砂,共过滤出压裂砂3.5 m³,未出现因为除砂导致关井现象,获取了该井压后连续放喷排液求产资料(图8)。

增效的目的。

(2)完成了除砂器排砂预警装置控制系统的程序设计,并在现场成功应用。该系统可对滤网压差进行实时监测并远传监控,实现双监控,增加了除砂作业的安全性及时性;预警装置可提醒作业人员关注滤网压差,及时进行排砂或倒滤桶作业,保证了除砂器的正常使用,进一步降低了除砂作业的风险。

(3)除砂器排砂预警装置成功地应用于深层气井压后放喷测气的除砂作业施工,有效避免了低气温、高压、高吐砂等极端作业条件下,压差迅速升高导致滤网损坏的问题,提高滤网除砂器的适应性及安全性。

致谢:感谢大庆试油试采分公司同意本论文公开发表。

参考文献

- [1] 苏博鹏. 海拉尔油田压裂技术现状与发展趋势[J]. 油气井测试, 2017, 26(6): 52-55.
SU Bopeng. Current situation and developing trend of fracturing technology in Hailar Oilfield [J]. Well Testing, 2017, 26(6): 52-55.
- [2] 王洪伟. 大规模压裂注水开发一体化技术在特低渗透油藏的应用[J]. 石油钻采工艺, 2018, 40(1): 102-106.
WANG Hongwei. Application of integrated large-scale fracturing and water flooding development technology in extra low permeability oil reservoirs [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2018, 40(1): 102-106.
- [3] 苏爱民. 萨北开发区北部过渡带水平缝大规模压裂技术现场试验[J]. 化学工程与装备, 2018(11): 69-70.
SU Aimin. Field test of large scale fracturing technology for horizontal fractures in the northern transitional zone of Sabei development zone [J]. Chemical Engineering & Equip-

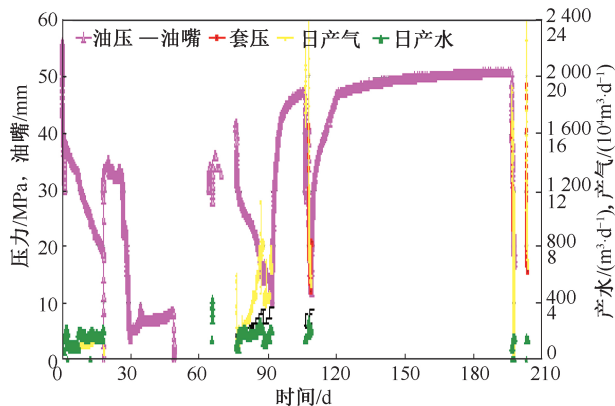


图8 压后排液求产曲线

Fig.8 Production curve after hydraulic fracturing

4 结论

(1)通过研制除砂器排砂预警装置控制系统,提高了滤网式除砂器在极端作业条件下的适应性,增加了滤网除砂器除砂作业的安全性,实现了降本

- pment, 2018(11):69-70.
- [4] 蒋国斌,才庆,杨景海,等. 基于大规模多段压裂水平井返排数据的压裂效果评价方法[J]. 油气井测试, 2019, 28(2):14-19.
JIANG Guobin, CAI Qing, YANG Jinghai, et al. Fracturing effect evaluation method based on flowback data of horizontal well with large-scale multi-stage fracturing [J]. Well Testing, 2019, 28(2):14-19.
 - [5] 尚立涛,张玉广,邓大伟,等. 深部气藏压裂出砂原因与预测技术[C]. 2015年全国天然气学术年会论文集. 中国石油学会天然气专业委员会、四川省石油学会:中国石油学会天然气专业委员会, 2015:258-264.
SHANG Litao, ZHANG Yuguang, DENG Dawei, et al. The analysis and forecasting technology of the deep gas reservoir fracturing [C]. Proceedings of 2015 National Natural Gas Academic Annual Meeting, 2015:258-264.
 - [6] 贺顺义. 大庆外围低渗透油藏应力场恢复模拟及裂缝预测[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2010.
HE Shunyi. Structure stress simulation and prediction of fracturing of low permeability reservoir of Daqing Oil Field [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2010.
 - [7] 宋明春. 大庆油田吐砂井连续冲砂工艺技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学, 2007.
SONG Mingchun. Research on consecutive sand washing technology for vomit wells of Daqing Oilfield [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2007.
 - [8] 李军贤. 地层出砂井测试工艺优化[J]. 油气井测试, 2018, 27(2):47-52.
LI Junxian. Optimization of testing techniques for wells with formation sand production [J]. Well Testing, 2018, 27(2):47-52.
 - [9] 李雷. 油井防砂技术措施[J]. 化工设计通讯, 2019, 45(4):249.
LI Lei. Oil well sand control technical measures [J]. Chemical Engineering Design Communications, 2019, 45(4):249.
 - [10] 王志强. 稠油热采新型防砂器的研制及应用[D]. 镇江:江苏大学, 2016.
WANG Zhiqiang. Development of new sand control equipment in heavy oil thermal recovery and it's use [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2016.
 - [11] 严亚忠,鲁献春,李俊华,等. 螺杆泵空心抽油杆分段冲砂器的研制及应用[J]. 石油矿场机械, 2002, 31(5):25-27.
YAN Yazhong, LU Xianchun, LI Junhua, et al. Development and application of the stepwise sand washer for progressing cavity pump hollow sucker rod system [J]. Oil Field Equipment, 2002, 31(5):25-27.
 - [12] 邓建红. 高压双筒筛除砂器在牛东1井的应用[J]. 石化技术, 2017, 24(7):88.
DENG Jianhong. Application of high pressure double cylinder anti sulfur desander in Niudong 1 Well [J]. Petrochemical Industry Technology, 2017, 24(7):88.
 - [13] 王月文,赵立新,徐保蕊,等. 一种旋流除砂装置的数值模拟研究[J]. 化工机械, 2017, 44(3):334-339.
WANG Yuewen, ZHAO Lixin, XU Baorui, et al. Numerical simulation study of cyclone desander [J]. Chemical Engineering & Machinery, 2017, 44(3):334-339.
 - [14] 王震,蔡天舒,刘刚,等. 滤网式除砂器研制及应用讨论[J]. 机械工程师, 2016(5):74-76.
WANG Zhen, CAI Tianshu, LIU Gang, et al. Research and application of filter desander device [J]. Mechanical Engineer, 2016(5):74-76.
 - [15] 贺秋云. 试油地面除砂器作业适应性分析[J]. 钻采工艺, 2017, 40(5):50-52.
HE Qiuyun. Applicability of well testing desander [J]. Drilling & Production Technology, 2017, 40(5):50-52.
 - [16] 刘明尧,杜常饶,武育斌. 环氧树脂封装的 EFPI-FBG 复合压力温度传感器[J]. 光学精密工程, 2019, 27(10):2080-2088.
LIU Mingyao, DU Changrao, WU Yubin. EFPI-FBG composite pressure and temperature sensor embedded in epoxy resin [J]. Optics and Precision Engineering, 2019, 27(10):2080-2088.
 - [17] 李亚萍,曲鸣飞. 硅蓝宝石压力传感器的原理及应用探析[J]. 中国新通信, 2019, 21(13):216.
LI Yaping, QU Mingfei. Principle and application of silicon sapphire pressure sensor [J]. China New Telecommunications, 2019, 21(13):216.
 - [18] 陈玉玲,史岩峰,张艳华,等. 高可靠性压差传感器的设计与测试[J]. 仪表技术与传感器, 2018(5):12-15.
CHEN Yuling, SHI Yanfeng, ZHANG Yanhua, et al. Design and test of high reliable differential pressure sensor [J]. Instrument Technique and Sensor, 2018(5):12-15.
 - [19] 孙荣创. 基于 PLC 可编程序控制器的件数差压铸造电气控制系统设计[J]. 环境技术, 2019, 37(4):121-126.
SUN Rongchuang. Design on electrical control system for differential pressure casting based on PLCprogrammable controller [J]. Environmental Technology, 2019, 37(4):121-126.

编辑 张静仪

第一作者简介:张怀,男,1979年4月出生,硕士,高级工程师,2003年毕业于西南石油学院石油工程专业,主要从事试油现场技术指导及管理工作。电话:0459-5672042, 13704592791;Email:sc_zhanghuai@petrochina.com.cn。通信地址:黑龙江省大庆市让胡路区试油试采分公司试油大队, 邮政编码:163412。