

钻井局域网实时监控设备研发

韩晓玲¹, 闫思江¹, 韩文峰², 张圣杰¹, 韩红玲¹

(1.青岛港湾职业技术学院, 山东 青岛 266404; 2.东营荣利达石油设备有限公司, 山东 东营 257091)

摘要:为实现钻井指挥部对各钻井站点钻采工艺的远程监控,在前期钻井工艺参数自动实时监测的单机研发基础上,本文应用 TIA portal 软件进行主站从站组网监控研究,实验设备用 Siemens1200PLC 做主控机,用 Siemens200PLC 做从站控制机监控钻采现场工艺参数,通过主控机与各从站点组态,实现主控机对从站主从控制。装机后在钻采现场进行了无线网传输实验,实验结果表明,应用互联网通信技术解决无线网断点续传问题,能够实现了钻采实时监控数据短距离传输。

关键词:钻井;组态;主从监控;局域网;实时监控

中图分类号:P634;TE92 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2020)12-0030-06

Research and development of real-time monitoring equipment for drilling local area network

HAN Xiaoling¹, YAN Sijiang¹, HAN Wenfeng², ZHANG Shengjie¹, HAN Hongling¹

(1.Qingdao Harbour Vocational and Technical College, Qingdao Shandong 266404, China;

2.Shandong Province Dongying Ronglida Petroleum Equipment Co., Ltd., Dongying Shandong 257091, China)

Abstract: In order to realize remote monitoring of the drilling process at each drilling station by the drilling headquarters, on the basis of the single station for automatic real-time drilling monitoring developed in the early stage, TIA portal software was applied to develop the master-slave station for drilling monitoring with Siemens1200PLC used as the master control equipment, and Siemens200PLC as the slave control equipment to monitor the drilling parameters at each drilling station. Master-slave controlling is realized through the configuration of the master control equipment and slave control equipment at each station. Internet was used to test transmission after the master-slave station was set up, and the results showed that internet can provide continuous transmission from breakpoint and short-distance transmission of real-time monitoring data on drilling.

Key words: drilling well; configuration; master-station monitor; local area network; real-time monitoring

随着物联网的发展,钻井监控和数据采集也趋向远程化和智能化^[1-3]。为实现钻井指挥部对各钻井站点钻采工艺随钻实时井下和地面参数的远程监控,提高钻采效率^[4-5];更重要的是为了能够远程预测、防范钻井事故;本文在前期钻井站点单机自动实时监测研发基础上^[6],进行了主从站点控制研究,并进行了钻采现场无线网传输实验。

1 钻井随钻监控数据

钻井工程参数^[7-8]包括:钻头转速^[9]、钻压、钻时、转盘扭矩等工艺参数;地质录井现场实时监测参

数包括:烷烃含量、电导率等地质参数。这类信号是通过末端传感器(如温度传感器、压力传感器、速度传感器等、电导率传感器)直接采集,是下文的第一类信号。

钻井液性能参数^[10]包括钻井现场粘度系数、失水量、含砂量和固相含量、钻井液润滑系数、密度等^[11];粘度系数、失水量、含砂量和固相含量信号采集方法在钻采工艺参数监控单机研发中介绍,见文献^[6]。其中失水量、含砂量、固相含量等信号不能直接用传感器采集,这类信号分两步完成,第一步:设备进行自动取样;第二步:信号采集、转换、存储、上

收稿日期:2020-05-27;修回日期:2020-09-13 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.12.005

基金项目:青岛港湾职业技术学院科技项目“石油钻井局域网监控设备研制”(编号:QDGW2017Z01)

作者简介:韩晓玲,女,汉族,1971年生,副教授,从事机电一体化方面研究工作,山东省青岛市黄岛区映山红路316号,576254627@qq.com。

引用格式:韩晓玲,闫思江,韩文峰,等.钻井局域网实时监控设备研发[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(12):30-35.

HAN Xiaoling, YAN Sijiang, HAN Wenfeng, et al. Research and development of real-time monitoring equipment for drilling local area network[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(12):30-35.

传。是下文的第二类信号。

2 钻井实时预警监控系统主从控制

本文采用 TIA portal 软件进行 PLC 编程和组态, 它是一款由 SIEMENS 公司提供的自动化集成软件。本文所应用主要硬件也是选用了 Siemens PLC、Siemens 触屏。

该预警监控设备通过主站 Siemens1200PLC (井队主站预警监控系统) 与从站 Siemens200PLC (各钻井平台) 进行组态, 钻采网络主从监控原理如图 1 所示, 各钻井现场设从站, 从站配备工艺参数传感器, 自动完成钻井工艺参数采集和监测, 见文献 [6]; 主站(主控室) 与从站(钻采平台) 通过网络链接, 主站对各从站进行监测并能远程控制。从而实现: (1) 主从控制, 实现钻采过程中主站对从站的远程钻井工程数据实时预警监控; (2) 通过从站站点间互相访问信息共享。

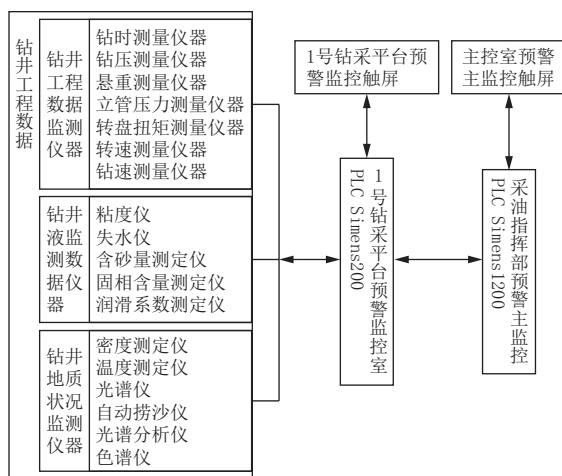


图 1 钻采网络主从监控原理

Fig.1 Schematic diagram of master-slave monitoring for the drilling network

2.1 钻井预警监测系统通信

2.1.1 钻井预警监测系统通信设备构成

站点分为主控站点和各从站点, 主站点一般设在井队采油指挥部监控室; 从站点设在采油现场。主站配置 Siemens1200PLC, 从站配置 Siemens200PLC。钻井预警监测系统设备主要包括: 主站 Siemens1200PLC 电脑主机、无线数传模块、从站 Siemens200PLC 和从站各参数监测仪传感器。设备主要硬件如图 2 所示。

数据传输优选现成基站, 由于井队现场的网络

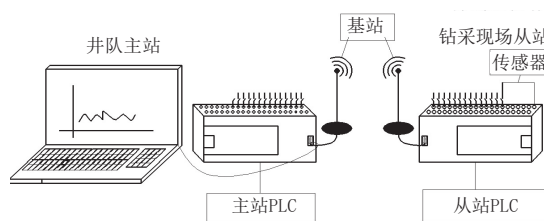


图 2 钻井预警监测系统硬件组成示意图

Fig.2 Hardware composition of the drilling early warning and monitoring system

条件有限, 钻井现场如不具备信号覆盖条件, 选用设备配置的无线数传模块发送无线信号与预警监控系统主控计算机(主站)联系, 同时, 主站预警监控系统主机(主站 Siemens1200PLC)的控制指令通过无线数传模块下载给从站 PLC, 完成井上远程监测^[12-14] 和远程控制^[15]。

2.1.2 主从控制预警监控远程通信中断点续传

预警监控系统进行远程实时数据传输失败时, 需要启动断点续传。解决断点续传必须具备 2 个条件: (1) 现场设备提供数据缓存进行数据实时存储; (2) 通信协议支持分布式通信管理组件, 提供断点续传功能。该系统解决断点续传的方法有 3 个: (1) 通过本设备 PLC 编程来处理, 即从站配置 PLC Siemens200, 每个扫描周期进行 1 次数据备份并直接上传至从站电脑储存; 遇到断点时, 触发续传请求, 续传从断点开始, 数据从寄存器调用; 断点续传请求失败时, 系统报警。(2) 随着网络技术的发展, 通用网络数据断点续传得到解决, HTTP/1.1 版本开始支持断点续传, 这种续传采用切片并行传输, 续传效果较好。(3) 安装断点续传控件。

2.2 主站预警监控人机交互界面

主站触屏一级监控界面如图 3 所示。监控内容包括各从站点工程参数和报警信息, 均显示在主触屏上。主控室通过 Siemens1200PLC 分别对 1 号、2 号、 n 号等多个 PLC 和触屏进行参数配置、建立通信, 即进行组态。图 3 所示的主控人机交互界面的钻井平台参数分别链接到相应的 PLC 和触屏。在主控界面可以直接查看并控制 n 个站点, 从而实现主站对各井队从站钻井工艺参数监控。

某钻采平台需要监控的参数全部通过该从站 PLC (Siemens200PLC + 扩展) 完成现场监控, 并上传给指挥部主站 PLC (Siemens1200PLC)。通过主触屏和从站触屏可以同时在主站和从站监测该钻采

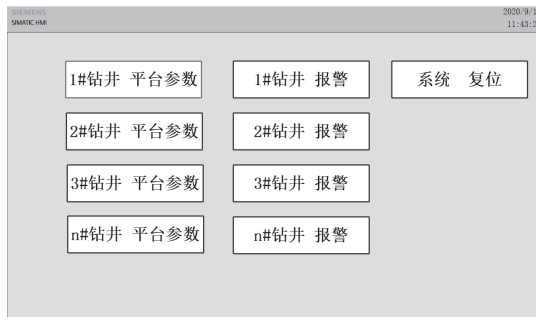


图3 主控触屏监控组态界面

Fig.3 Monitoring interface of the main control touch screen

平台动态数据和实时状态。

2.3 主从控制实现方法

主站的主要功用在于组态。通过主控 Siemens1200PLC 编制主程序完成如下功能:(1)系统自检;(2)主程序调用子程序。如图4所示。

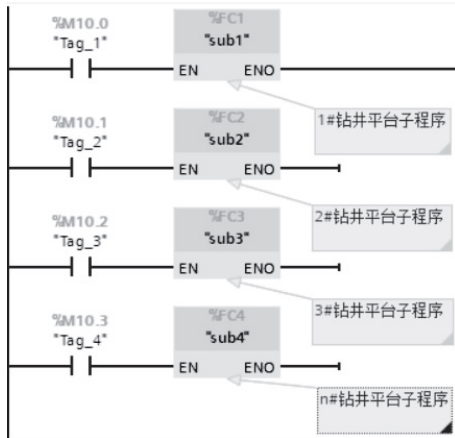


图4 主控主程序示意图

Fig.4 Schematic diagram of the main control program

通过主控(Siemens1200PLC)对火灾自动报警系统和火灾自动预警系统的控制器进一步组态并扩展程序,可实现将该监控设备与火灾报警系统信息共享,达到实时预警和诊断目标。

3 钻井实时监控预警系统从站控制

在钻采现场设置的各从站点主从控制与1号钻采预警监控平台类似,本文以1号钻台主从控制加以阐述。

根据《石油天然气工程设计防火规范》(GB 50183-2004),该设备进钻采现场必须采用隔爆电机。根据规范系统的非防爆仪表及电气设备,应符合下列要求:(1)监控设备应位于爆炸危险范围以外;(2)含有

甲、乙类油品、可燃气体的仪表引线不得直接引入室内。因此,甲烷自动采样布置在监控室外安全位置。

3.1 从站钻井实时预警监控系统原理

1号钻井平台工程参数通过1号从站PLC监测和控制,自动监控系统原理如图5所示。钻井现场的各种传感器及测量仪器直接或间接采集信号传送到1号从站监控PLC,监测信号经过处理后再上传到1号无线数传模块,后者发送信号给监测室1号从站上位机。

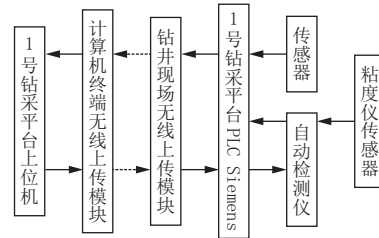


图5 1号从站钻井监测原理

Fig.5 Schematic diagram of drilling monitoring for Slave Station - 1

3.2 从站监控数据实时采集

从站 Siemens200PLC 作为从站的核心部件,采集现场信号。但它只有4个模拟量通道,仅能采集4个传感器或监测仪信号,本文试验设备外加2个EM235扩展模块来增加模拟信号通道,每个EM235扩展模块有4个输入量。

3.2.1 传感器的信号采集

第一类信号是通过末端传感器直接采集,例如,温度、压力、速度。现以温度传感器为例,说明第一类信号采集过程:将温度传感器连接到从站 Siemens200PLC 模拟量接通道0(AIW0)。传感器输出信号为标准4~20 mA 电流信号,AIW0所对应的模拟数值位于6400~32000之间。通过PLC将AIW0电流信号进行A/D转换,将电流值存入VW20(6400~32000);最后电流值转换成对应监测温度值VW30。温度传感器可以用温度计校验,并通过修改程序进行调整。编程简图如图6。各模拟量信号采集思路相似。采用前馈的闭环差值控制,能够得到更精确的结果。

3.2.2 自动监测仪的信号采集

第二类信号为不能直接采集的信号,分两步完成。第一步:设备进行自动采样;第二步:信号采集、转换、存储、上传。下面以泥浆固相含量的自动测定为例进行说明。

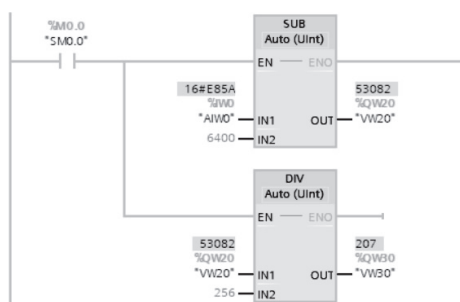


图 6 传感器信号转换 PLC 程序简图

Fig.6 PLC program for sensor signal conversion

泥浆固相含量测定,采用筛析原理^[16-18]。筛析过程如图 7 所示。

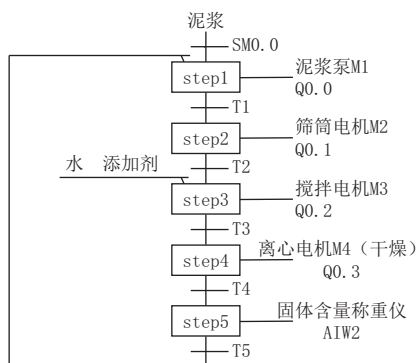


图 7 固相含量自动采集流程图

Fig.7 Flow chart for automatic sampling of solid content

固相含量自动采集设备硬件配置包括泥浆泵、筛洗电机、搅拌电机、离心机、称重仪。各电机所对应的 PLC 输出点和工作时间见表 1。

表 1 固相含量自动采集部件配置
Table 1 Configuration of the components for automatic sampling of solid content

工步	驱动设备部件	对应 PLC 输出点	部件工作时间
step1	隔爆泥浆泵电机 M1	Q0.0	T1 Kx2
step2	隔爆筛筒电机 M2	Q0.1	T2 Kx2
step3	隔爆搅拌电机 M3	Q0.2	T3 Kx3
step4	隔爆离心机电机 M4	Q0.3	T4 Kx4
step5	固相含量称重仪	AIW2	T5 Kx5

自动采样流程如下:

- (1)step1,泥浆泵 M1 抽入泥浆,耗时 T1;
- (2)step2,筛筒电机M2 筛洗泥浆、滤水,耗时 T2;
- (3)step3,滤水后,加水和添加剂再次清洗,启动搅拌器电机M3,耗时 T3;
- (4)step4,清洗后固相进入离心机脱水,启动离心电机 M4,耗时 T4;

(5)step5,脱水后的固相进入固相含量仪(用重量传感器改造)进行称重,耗时 T5。

由于每种泥浆的粘性不同,故各电机耗时 T1、T2、T3、T4、T5 的时间 k 值都链接到触屏上,通过触屏进行人工调整。

此固相含量仪接在 PLC 的模拟量通道 1 上,(AIW2,1 个通道占 2 个字),耗时 T5,自动采集固相值,通过 PLC 计算换算固相含量,模拟量采集转换与温度传感器类似。至此,固相含量一个完整周期结束。

信号采集流程如下:

- (1)将固相含量仪测得的模拟量 AIW2 进行 A/D 转换,结果存入 VW40(电压或电流信号数值);
- (2)将从站 SiemensPLC200 的 AIW2 实际值电流信号进行 A/D 转换,将转换值存入 VW40;
- (3)然后将固相含量仪差值 = VW40 转换成固相含量质量值或换算百分比存入 VW50,VW50 值即为固相含量监测值;
- (4)人工采样校验 VW50 值是否正确,并进行程序调试;
- (5)“固相含量监测实际值”= VW50;“固相含量预设阈值”= VW51;“固相含量差值”= VW52;“固相含量报警指示灯或警铃”= q1.0;通过“固相含量监测实际值”= VW50 与“固相含量仪报警阈值 = VW51(设定)”比较;如果监测值超差,则 Q1.0=1,系统报警。

固相含量自动采样 PLC 程序,如图 8 所示。

3.3 从站预警监控人机交互界面

3.3.1 从站预警监控人机交互主界面

各从站监控内容相近。仍以 1 号钻井平台为例,对 1 号从站监控人机交互界面进行阐述。从站监控参数分为钻井液参数^[19-20]、钻井工程参数^[21-22]和钻井地质参数^[23-24]3 大类,如图 9 所示,从站人机交互界面主页。

3.3.2 从站预警监控现场人机交互界面与 PLC 的链接

主页所有被监测参数^[25]都有二级目录,以固相含量为例对 1 号从站预警监控现场人机交互界面二级目录进行阐述。如图 10 所示。可以在现场监控室或主控主机进行钻采现场工程参数监测,如果将监测接入预警监控系统,逻辑运算后可作为火警的触发信号。触屏每个按钮都对应一个链接。链接有

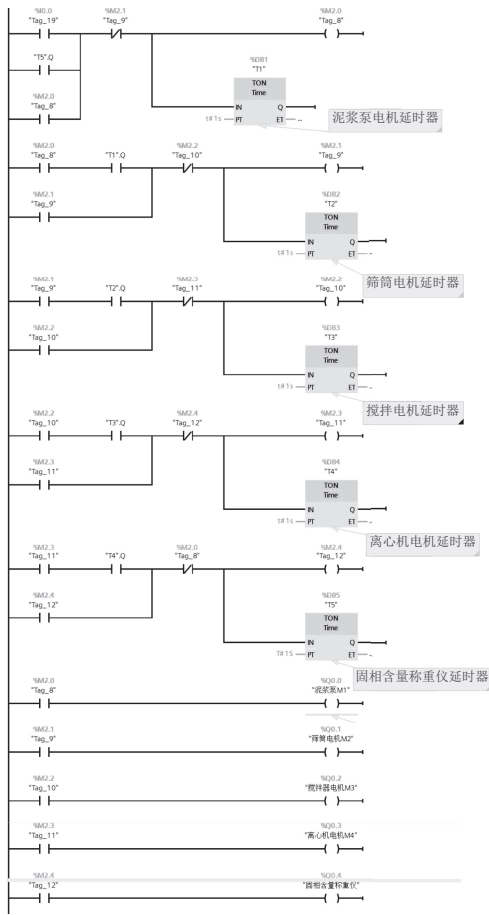


图8 固相含量自动采集 PLC 程序图

Fig.8 PLC program for automatic sampling of solid content



图9 从站人机交互界面主页

Fig.9 Main page of the human-computer interaction interface of the slave station

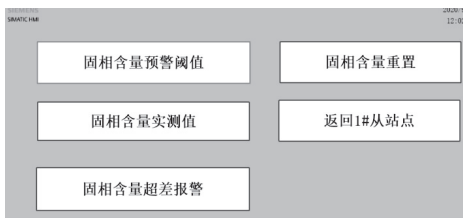


图10 1号从站固相含量触屏显示界面

Fig.10 Touch screen display interface of Save Station - 1 for solid content

2种方式,一种是触屏自身变量定义;一种链接到PLC的变量,通过PLC与触屏的通信,将人机交互界面与PLC设备建立联系。譬如图9回主站按钮,是触屏不同层切换。先以固相含量为例,建立触屏与PLC变量的链接:

“固相含量预设阈值”=VW51;(见3.2.2 PLC变量);

“固相含量监测实际值”=VW50;(见3.2.2 PLC变量);

“固相含量差值”=VW52;

“固相含量报警指示灯或警铃”=q1.0;(见3.2.2 PLC变量)。

这是单个监测参数的PLC编程思路。多个模拟量采集思路相似。

4 结论

本文采用TIA portal软件进行主站从站组网监控研究,通过组态:(1)实现站点主从控制,即主站对从站远程实时监控;(2)实现从站远程实时监控和采集钻井工程数据;(3)在数据传输过程中,应用互联网通信技术解决无线网断点续传问题,实现了钻采实时监控数据短距离传输。

参考文献(References):

[1] 董正亮,刘加杰,王鹏,等.国内井矿盐钻井技术新进展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(8):67-72.
DONG Zhengliang, LIU Jiajie, WANG Peng, et al. Advances in drilling technology for borehole salt mining[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(8):67-72.

[2] 李广福.石油钻井技术的发展现状及趋势[J].化学工程与装备,2019(10):248-249.
LI Guangfu. Development status and trend of oil drilling technology[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2019(10):248-249.

[3] 薛倩冰,张金昌.智能化自动化钻探技术与装备发展概述[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):9-14.
XUE Qianbing, ZHANG Jinchang. Advances in intelligent automatic drilling technologies and equipment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(4):9-14.

[4] 何博.钻井工程施工中的安全隐患及注意事项[J].石化技术,2020,27(3):285-286.
HE Bo. Safety hazards and precautions in drilling engineering construction[J]. Petrochemical Industry Technology, 2020,27(3):285-286.

[5] 解伟,王明明.CMT技术在地下水多层监测中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(10):18-21.
XIE Wei, WANG Mingming. Study on the application of continuous multi-channel monitoring technique to groundwater

- multi-layer monitoring[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017,44(10):18-21.
- [6] 韩晓玲, 李凡国, 陈春光, 等. 基于 PLC 的钻井实时监测设备的研发[J]. *石油和化工设备*, 2016,19(5):11-14.
HAN Xiaoling, LI Fanguo, CHEN Chunguang, et al. Research of drilling real-time monitoring equipment based on PLC[J]. *Petro & Chemical Equipment*, 2016,19(5):11-14
- [7] 张文哲, 李伟, 符喜德, 等. 延长油田罗庞塬区水平井钻井液防塌技术研究[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017,44(7):15-18.
ZHANG Wenzhe, LI Wei, FU Xide, et al. Research on anti collapse technology of horizontal well drilling fluid in Luopan-yuan Block of Yanchang Oilfield[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017,44(7):15-18.
- [8] 刘璐, 王瑜, 王镇全, 等. 全金属螺杆钻具研究现状与关键技术[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2020,47(4):24-30.
LIU Lu, WANG Yu, WANG Zhenquan, et al. Research status and key technology of metal-to-metal screw PDM drills[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020,47(4):24-30.
- [9] 狄勤丰, 张绍槐. 井下闭环钻井系统的研究与开发[J]. *石油钻探技术*, 1997(2):57-63.
DI Qinfeng, ZHANG Shaohuai. Study and development trend of underground closed-loop drilling systems[J]. *Petroleum Drilling Techniques*, 1997(2):57-63.
- [10] 张绍槐. 电测作业的井筒完整性标准[J]. *石油钻采工艺*, 2019,41(1):54-62.
ZHANG Shaohuai. Standard on well integrity in the process of electric log[J]. *Oil Drilling & Production Technology*, 2019,41(1):54-62.
- [11] 张飞. 钻井施工过程中对钻井液性能的影响[J]. *石化技术*, 2020,27(3):219-209.
ZHANG Fei. Influence on drilling fluid performance during drilling construction[J]. *Petrochemical Industry Technology*, 2020,27(3):219-209.
- [12] 窦洪林. 钻井工程施工的安全隐患及注意事项[J]. *化工管理*, 2017(18):168.
DOU Honglin. Safety hazards and precautions of drilling engineering construction[J]. *Chemical Enterprise Management*, 2017(18):168.
- [13] 葛景凯. 综合录井参数在钻井工程异常预警中的应用探讨[J]. *信息系统工程*, 2020(3):97-98.
GE Jingkai. Discussion on the application of comprehensive logging parameters in the abnormal early warning of drilling engineering[J]. *China CIO News*, 2020(3):97-98.
- [14] 孔令飞. 钻井工程生产现场电气故障检测探讨[J]. *中国设备工程*, 2020(2):121-122.
KONG Lingfei. Discussion on electrical fault detection of drilling engineering production site[J]. *China Plant Engineering*, 2020(2):121-122.
- [15] 江樵. 钻井工程中综合录井技术的应用[J]. *石化技术*, 2019,26(12):59-63.
JIANG Qiao. Application of comprehensive logging technology in drilling engineering[J]. *Petrochemical Industry Technology*, 2019,26(12):59-63.
- [16] 杨玉洁, 谭涛, 吴琼, 等. 泥浆泵传动系统研究与改造[J]. *中国石油石化*, 2016(22):98-99.
YANG Yujie, TAN Tao, WU Qiong, et al. Research and reform of drive system of mud pump[J]. *China Petrochem*, 2016(22):98-99.
- [17] 胡童颖, 董向宇, 冉恒谦, 等. 地热井钻井液对井壁温度分布的影响研究[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2020,47(1):20-25.
HU Tongying, DONG Xiangyu, RAN Hengqian, et al. Study on influence of drilling fluids on temperature distribution over the borehole wall in geothermal wells[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020,47(1):20-25.
- [18] 曹品鲁, 陈卓, 曹宏宇, 等. 冰层回转钻进钻头切削具温度理论计算分析[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2020,47(1):5-12.
CAO Pinlu, CHEN Zhuo, CAO Hongyu, et al. Theoretical calculation and analysis on cutting heat with drilling fluid in ice core drilling[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020,47(1):5-12.
- [19] 王姝婧, 刘宝昌, 李闯, 等. 含缓蚀剂钻井液对铝合金钻杆材料的腐蚀影响[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2020,47(2):42-48.
WANG Shujing, LIU Baochang, LI Chuang, et al. Effect of drilling fluids containing corrosion inhibitors on aluminum alloy drill pipe corrosion[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020,47(2):42-48.
- [20] 范海鹏, 吴敏, 曹卫华, 等. 基于钻进状态监测的智能工况识别[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2020,47(4):106-113.
FAN Haipeng, WU Min, CAO Weihua, et al. Intelligent drilling mode identification based on drilling state monitoring while drilling[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020,47(4):106-113.
- [21] 汤凤林, Чихоткин А.В., Есауленко В.Н., 等. 深井钻进时井底参数自动遥控系统研究与探讨[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2020,47(5):36-45.
TANG Fenglin, ЧИХОТКИН А.В., ЕСАУЛЕНКО В.Н., et al. Automatic remote measurement and control system for down-hole parameters in deep well drilling[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020,47(5):36-45.
- [22] 汤小仁, 孟义泉, 瞿兵, 等. 钻探参数实时采集系统研制与应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2020,47(6):46-53.
TANG Xiaoren, MENG Yiquan, ZI Bing, et al. Development and application of the real time acquisition system for drilling parameters[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2020,47(6):46-53.
- [23] 王达, 赵国隆, 左汝强, 等. 地质钻探工程的发展历程与展望——回顾探矿工程事业 70 年[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2019,46(9):1-31.
WANG Da, ZHAO Guolong, ZUO Ruqiang, et al. The development and outlook of geological drilling engineering—To review the 70th anniversary of exploration engineering[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2019,46(9):1-31.
- [24] 李炯, 王瑜, 周琴, 等. 环境取样钻机的高新技术及发展趋势研究[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2019,46(9):81-87.
LI Jiong, WANG Yu, ZHOU Qin, et al. Research on key technology and development trend of environmental sampling rig[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2019,46(9):81-87.
- [25] 张德龙, 翁炜, 黄玉文, 等. 油气地质调查井钻井技术与对策[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017,44(12):21-25.
ZHANG Delong, WENG Wei, HUANG Yuwen, et al. Problems and countermeasures of oil and gas geological survey drilling[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017,44(12):21-25.