

气体钻井微波传输随钻监测系统软件设计*

江 波¹, 夏文鹤², 严焱诚¹, 王希勇¹, 胡万俊², 黄河淳¹

(1.中国石化西南油气分公司石油工程技术研究院, 四川 德阳 618000;

2.西南石油大学 电气信息学院, 四川 成都 610500)

摘要: 国内气体钻井施工过程已开始采用微波中继传输的方式构建随钻监控系统, 但目前在该施工条件下应用的配套随钻监控软件不成熟, 数据解析时间长, 测传速率低且无信道监管功能, 制约了气体钻井的发展。针对气体现场实际需要, 采用事件驱动软件架构开发配套随钻监测软件, 将气体钻井施工过程中各工程参数以曲线、数值、刻度等多种方式进行人机交互, 并能对井筒内微波信道进行监管, 为气体钻井随钻实时监控及钻后分析研究提供了软件支撑。并且该软件的应用大幅提升监测系统测传速率, 其最大测传速率达到 1.194 kb/s, 信道监管功能的引入可增加入井微波中继器的数量, 使测传深度突破 3 000 m, 基本满足目前气体钻井随钻监测的需要。

关键词: 气体钻井; 随钻监测; 微波中继传输; 数据处理; 监控软件

中图分类号: TN92

文献标识码: A

DOI:10.16157/j.issn.0258-7998.200881

中文引用格式: 江波, 夏文鹤, 严焱诚, 等. 气体钻井微波传输随钻监测系统软件设计[J]. 电子技术应用, 2021, 47(10): 90–94.

英文引用格式: Jiang Bo, Xia Wenhe, Yan Yancheng, et al. Microwave relay transmission while drilling monitoring system and software design for gas drilling[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(10): 90–94.

Microwave relay transmission while drilling monitoring system and software design for gas drilling

Jiang Bo¹, Xia Wenhe², Yan Yancheng¹, Wang Xiyong¹, Hu Wanjun², Huang Hechun¹

(1. Petroleum Engineering Technology Institute of Southwest Petroleum Branch, Sinopec, Deyang 618000, China;

2. School of Electrical Engineering and Information, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: Domestic gas drilling construction process has begun to use microwave relay transmission mode to build monitoring while drilling system. However, the supporting LWD monitoring software applied in this construction condition is not mature, the data analysis time is long, the measurement transmission rate is low and there is no channel monitoring function, which restricts the development of gas drilling. According to the actual needs of gas field, this design adopts event driven software architecture to develop supporting MWD monitoring software, which can conduct human-computer interaction of various engineering parameters in the process of gas drilling in various ways such as curve, value, scale, etc., and can supervise microwave channel in wellbore, which provides software support for real-time monitoring while drilling and post drilling analysis and research of gas drilling. Moreover, the application of the software greatly improves the test transmission rate of the monitoring system, and the maximum measurement transmission rate reaches 1.194 kb/s. The introduction of channel monitoring function can increase the number of microwave repeaters entering the well and make the logging transmission depth exceed 3 000 m, which basically meets the needs of current gas drilling while drilling monitoring.

Key words: gas drilling; while-drilling monitoring; microwave relay transmission; data processing; monitoring software

0 引言

随着气体钻井的不断发展和最大储层接触钻井开发理念的提出, 气体钻井技术与水平井等钻井技术相结合在致密低渗油气藏开发方面展现了巨大的潜力。但在气体钻水平井或特殊轨迹井的井眼轨迹测量、井眼轨迹控

制技术领域仍然面临着一些关键的技术难题和挑战^[1-3]。

针对气体钻井安全风险井下工况参数随钻获取难题, 设计在井下监测出水、温度、井下压力、方位等工程参数的测量工具, 有利于快速识别井下安全风险并及时采取控制措施, 避免钻井安全事故, 大大提高钻井成功率^[4]。与此同时, 针对目前井下数据传输效率低、可靠性差的难题^[5], 将钻柱作为微波信号通道, 研制出高效可

* 基金项目: 国家科技重大专项(2016ZX05021-003-003HZ)

靠的信号传输系统,满足气体钻井井下安全监测和数据传输的需要^[6]。

为了满足整个系统流程的需要,完成对气体钻井井下测量设备的监控,故研制配套的地面监控软件,不仅实现数据采集、分析观察,并能对监测到的井下情况并进行及时的评价处理^[7-10]。

1 监控系统总体设计

1.1 监控系统硬件结构

通过实际微波传输测试结果可以观察到,通过点对点直接传输,尚无法实现从近钻到地面3 000 m 的传输距离^[11]。通常可以借助信号中继的方式来实现传输距离的增大和提升。信号中继的方式从某种程度上降低了对发射功率的要求,即可以为狭小的井下空间节省更多体积,对于传输系统而言,使之更加便捷化。虽然该方式会增加入井设备数量,但是在设备可靠性提高的前提下,该方式是提升系统测传距离最直接的方式,因此具有实际价值^[12]。

无线中继传输技术的基本原理是利用无线接力功能,从一个中继点将无线信号传送到下一个中继点,通过多个中继短节进行联通便可以实现目标范围内的网络覆盖^[13]。在钻柱特定的结构特征环境下,微波信号只能通过直线方向从井底向井上方向进行传输,因而整个井下网络中继短节的布置需要按照钻柱结构组成直线状分布,从而形成一个直线分布的链式网络。传输过程中,当上一级中继所发射的微波信号功率在钻杆内的衰减程度与接收灵敏度相接近时(即模块能有效接收到信号的最小功率),就需要有一级新的中继短节加入进来,这样就可以不断地延长信号的传输距离,最终将信号传输至地面^[14-15]。

图1是为井下微波信号中继传输的设计方案,图中共计5种设备,该传输系统的传输过程如下:测量短节位于近钻头处,对井下的实时参数信息进行采集,并利用钻柱内孔信道,向地面方向发送数据。数据依次通过低序号到高序号的微波中继短节,并通过多个中继级联构成的链式网络,最终到达地面,被地面中继器接收。地面中继器在钻柱内外设置收发天线,将微波信号从钻柱内部引出到钻柱外部地面空间^[16],随后井口信号接收器接收数据后通过有线方式传送给终端接收器,进行数据处理后通过人机界面进行显示,以此来实现测量信息从井底向地面传输的过程。为提高传输效率,各中继短节采用透明接力传输。

1.2 微波中继通信系统设备及传输协议

根据 IEEE 802.15.4 协议通信系统的架构设计^[17],微波传输系统主要由井口信号接收器、地面中继短节、中继短节以及测量短节来组成,其中井口信号接收器一个,固定放置于地面控制室,与计算机通过串口线直接连接;二级井口信号接收器(地面中继器)一个,固定放

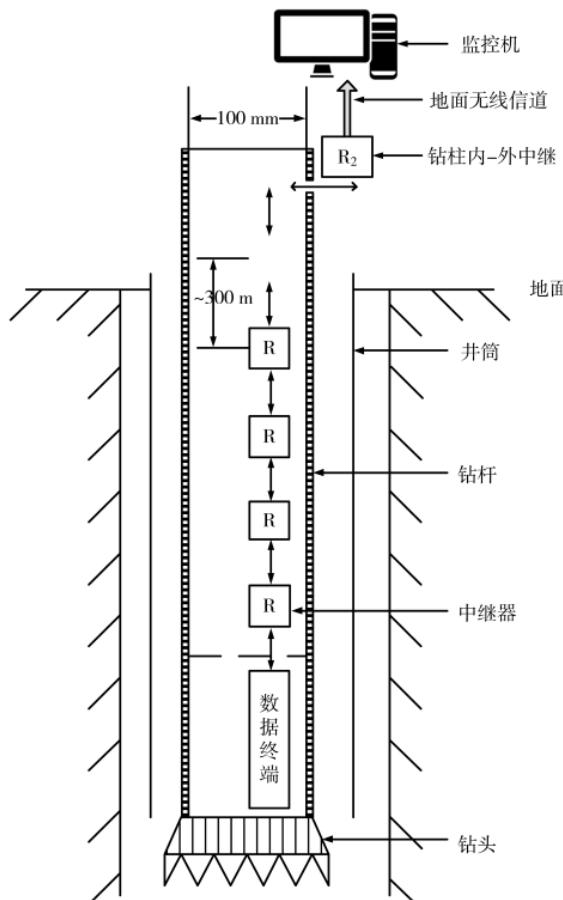


图1 监控系统总体架构

置于井口位置,与井口信号接收器通过微波无线连接;中继短节若干个,放置于钻井的中间,用于数据的无线传输;测量短节1个,放置于近钻头位置,与协调器通过若干中继短节无线连接。各设备的类型编码、设备编码及目的地编码如表1所示。

表1 通信系统各层级设备设定值

设备类型	设备ID	目标设备与ID
井口信号接收器	0xA1	地面中继短节 0xA2
地面中继短节	0xA2	中继短节 0x01-0x9F
中继短节	0xB0	中继短节 0x01-0x9F/测量短节 0xC1
测量短节	0xC1	无目标ID

其中目标ID包括上行和下行目标ID两类。对于下行数据目标ID,模块根据参数“目标ID”转发下行数据;对于上行数据目标ID,模块接收到下行数据时,记录下行数据中的“发送设备ID”,并使用此ID转发上行数据。

2 监控系统软件模块结构

监控系统软件采用事件驱动软件架构开发,采用消息队列及多线程方式采集并处理监控数据,并将气体钻井施工过程中各工程参数以曲线、数值、刻度等多种方式进行人机交互^[18-19],监控软件按功能总共分为4个部

分,分别是:参数设置模块、数据采集模块、数据处理模块、系统管理模块。参数设置模块的功能是设置地下传感器参数、采集数据的转换系数和量程系数。数据采集模块和数据处理模块的功能则是实现随钻监测数据采集,并对数据进行处理计算,得到监测物理量的具体数值,最后存入数据库内,并显示各物理量的趋势变化,同时采集中继短节工作状态数据。系统管理模块主要解析中继短节、井下测量短节的工作状态数据,对中继短节、井下测量短节工作状态进行判断预警。其框图如图2所示。

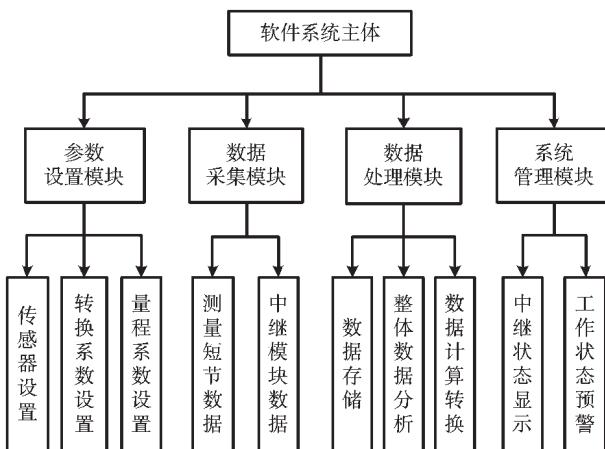


图2 系统功能框架图

参数设置模块如前文所述,主要负责设置软件运行过程中所有参数,方便软件根据实际需求更灵活地处理收集到的数据。下文将着重介绍数据采集模块、数据处理模块和系统管理模块。

2.1 数据采集

如图3所示,数据采集的主要功能是实现对测量短节传输数据的提取、处理、显示分析和存储^[20],软件重点是实现与下位机通信和数据处理。

2.2 数据处理

根据监控系统硬件的设计,上位机数据处理主要包括测量短节数据处理和数据保存两部分^[21]。

2.2.1 测量短节数据处理

软件中设置两个测量短节监控界面,分别为“地下设备1”和“地下设备2”。这两个页面分别对两个测量短节的数据进行显示和监控。测量短节数据处理流程图如图4所示。

软件数据栏会显示测量到的数据,包括环压、电阻率、扭力、钻压、温度、俯仰角和方位角等。而环压、电阻率、钻压、扭矩的数据会根据数据以变化趋势图的方式实时显示,方便观察数据变化;其中扭矩由两个测量短节的角度差和设置好的转换系数在软件后台计算得来。当井深不准确时,可通过手动输入“井深”来调整此时井深数据。而“钻杆姿态”是根据俯仰角和方位角绘制出的实时

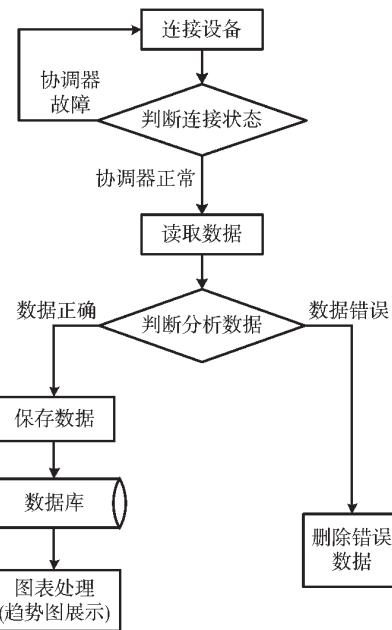


图3 数据采集流程图

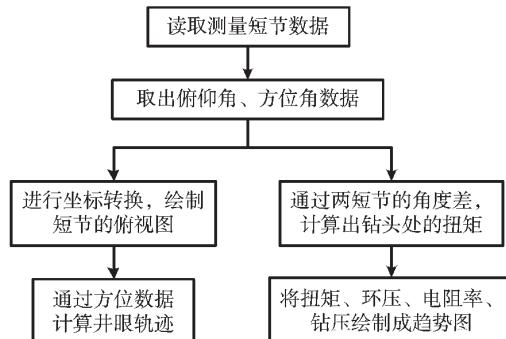


图4 测量短节数据处理流程图

钻杆姿态,可以直观地观察到钻杆姿态变化。

2.2.2 数据保存

提取数据之后,判断数据读取中是否存在中继短节故障情况,如果是则删除掉后面的数据再存入数据库;若不是,则可将现有数据按其编号轮次存入在数据库中,供以后查询。保存数据之后,就可以查看历史数据,导出Excel表格保存。依据数据库内的数据,将所测的环压、电阻率、钻压和通过计算得到的扭矩以趋势图的形式绘制出来并显示,方便比较和观察测试的结果以及解读测试报告,并以坐标的方式直观地展示实时的钻杆姿态。相关流程如图5、图6所示。

2.3 系统管理

在整个随钻监测系统运行过程中,中继短节除了依次传输测量短节的数据外,也需要将自身工作状态上传,包括电量、温度、强度和上传时间。这部分数据在读取后会在中继短节数据界面进行显示,并对数据进行判断。中继短节数据处理流程图如图7所示。

除此以外,中继短节状态分析还对中继短节工作状

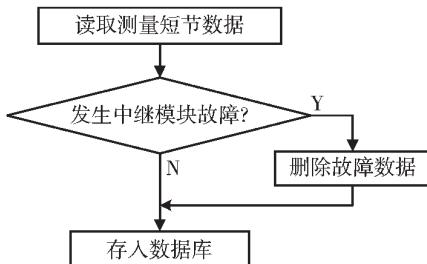


图 5 保存数据功能流程图

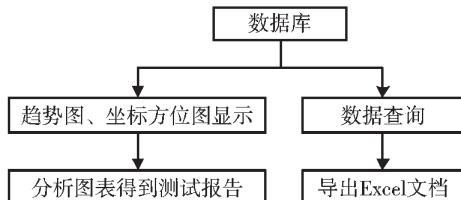


图 6 数据查询、图表显示、导出功能流程图

态进行了处理^[22],当中继短节模块正常工作时,在界面中显示为绿色;如果超过 10 min 未收到上传数据,中继短节模块会变为黄色;若长时间未收到上传数据或出现电量不足温度过高等情况,中继短节模块会变为红色,表示此时该中继短节出现故障。

2.4 软件现场应用

为检验气体钻井微波传输随钻监测系统软件设计的合理性及可靠性,利用微波中继传输系统在元陆 29 井、元坝 205-3 井等进行了多井次现场试验。试验过程中,通过该软件系统,实时获取了井斜、方位、钻压、扭

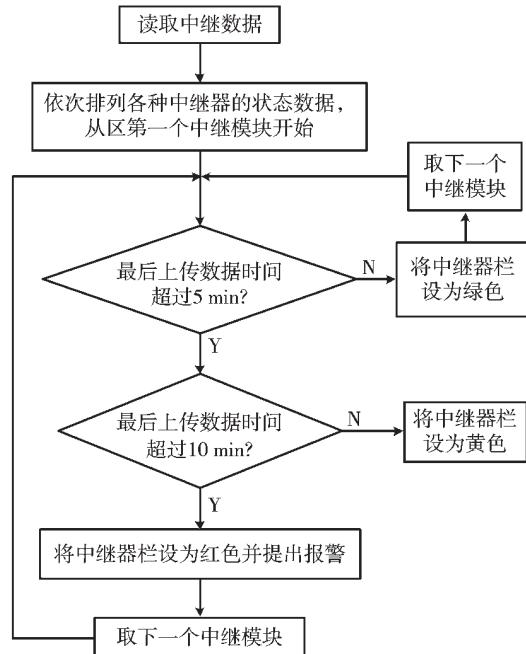


图 7 中继短节数据处理流程图

矩等工程数据。试验过程中,软件工作正常,未影响正常的钻进作业施工。井下最大测传速率为 1.194 kb/s,测传深度 3 110 m,还可进一步增加。软件接收、存储数据正确,无乱码及掉数据现象,说明软件系统能满足气体钻井井下随钻监测的实际应用需求。软件人机交互示意图如图 8 所示。



图 8 软件示意图

3 结论

根据上述软件模块程序流程和架构以及现场实际需要，并借鉴吸收国内外气体钻井随钻监测管理系统的成功经验，本设计针对气体现场实际需要，采用事件驱动软件架构开发配套随钻监测软件，将气体钻井施工过程中各工程参数以曲线、数值、刻度等多种方式进行人机交互，并能对井筒内微波信道进行监管，为气体钻井随钻实时监控及钻后分析研究提供了软件支撑。该软件的应用使最大测传速率达到1.194 kb/s，信道监管功能的引入使测传深度突破3 000 m，基本满足目前气体钻井随钻监测的需要。

参考文献

- [1] 秦晓庆,王希勇,练章华,等.气体钻井钻柱摩阻扭矩新解析模型[J].钻采工艺,2013,36(6):79-81.
- [2] 肖洲,颜小兵,万昕.空气钻井井下燃爆控制技术探讨[J].钻采工艺,2017,40(4):13-14.
- [3] 李富强,刘立东.气体钻井条件下工程异常监测方法[J].录井工程,2013(1):46-49.
- [4] 李皋,李诚,孟英峰,等.气体钻井随钻安全风险识别与监控[J].天然气工业,2015,35(7):66-72.
- [5] 刘修善,侯绪田,涂玉林,等.电磁随钻测量技术现状及发展趋势[J].石油钻探技术,2006,34(5):4-9.
- [6] 张从邦,王大勇,夏文鹤.气体钻井微波中继传输随钻测量系统研究[J].钻采工艺,2017,40(4):4-6,1.
- [7] 吴鹏程,孟英峰,李皋,等.欠平衡钻井随钻监测系统的开发及应用[J].天然气工业,2011,31(5):77-79.
- [8] 王开宇.基于C#的数据与视频监控上位机软件设计[J].现代电子技术,2017,40(10):62-64.
- [9] 王春玲,余佐彬.基于物联网的古树名木监控管理研究[J].计算机工程,2015,41(5):316-321.
- [10] 戴永寿,赵燕,于云华,等.无线录井监控软件的设计与实现[J].计算机工程,2008(19):269-270,276.
- [11] 杜睿攀,周静,白莎.一种随钻测量数据的井下无线短传关键部件研究[J].电子设计工程,2013,21(6):168-171.
- [12] 李田军,鄢泰宁.试论欠平衡钻井中应用电磁波随钻测量技术的若干问题[J].地质科技情报,2005,24(B07):37-39.
- [13] 徐小祥,夏文鹤.气体钻井井下扭矩测量无线传输系统研究设计[J].现代电子技术,2016,39(19):95-98.
- [14] 孟晓峰,陈一健,周静.钻杆中微波传输特性的分析[J].北京师范大学学报(自然科学版),2010(2):151-155.

- [15] 李皋,陈泽,孟英峰,等.气体钻井 MMWD 随钻测量方法研究[J].石油钻探技术,2018,46(5):52-56.
- [16] 胡越发.基于双核单片机的 EM-MWD 地面信号接收系统[J].电子设计工程,2020,28(11):184-188.
- [17] 李亚明,刘陈,刘致尧,等.基于 6LoWPAN 无线传感技术的环境监测系统[J].仪表技术与传感器,2016(9):50-54.
- [18] 郭文才,刘绘新.空气钻井计算方法及应用软件[J].钻采工艺,2001,24(1):8-10.
- [19] 刘岩生,蒋宏伟,周英操,等.欠平衡/气体钻井设计与分析软件[J].石油机械,2012(9):15-18.
- [20] 陈明,陈向东,陈一健,等.基于 WSN 的气体钻井地层出水模拟监测系统[J].仪表技术与传感器,2016(12):76-78,99.
- [21] 周华妹,周华安,李端峰,等.基于 ZigBee 的隧道照明智能控制系统研究与实现[J].测控技术,2019 (2):69-74.
- [22] 夏文鹤,孟英峰,唐波,等.变内径钻柱中微波传输衰减规律[J].石油勘探与开发,2018,45(3):500-506.

(收稿日期:2020-09-04)

作者简介:

江波(1979-),男,本科,高级工程师,主要研究方向:钻井科研与设计。



扫码下载电子文档

欢迎订阅

电子技术应用 月刊

订阅代号: 2-889

定价: 30 元/期

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所