

深孔智能化钻井参数无线实时传输系统研究

罗光强^{1,2}, 周 策^{1,2}, 李 扬^{1,2}, 陈文俊^{1,2}

(1. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734;
2. 中国地质调查局地质灾害防治技术中心, 四川 成都 611734)

摘要:智能化、自动化、信息化是钻井工程的发展方向。为实时、安全、准确、高效地获取钻井现场实时数据, 研究了一套由 3 种无线传输模式组成的深孔智能化钻井参数无线实时传输系统。基于 LabVIEW 软件平台采用模块化编程, 完成由无线发送接收模块、远程网络传输模块、数据库模块、复杂钻进工况识别模块、事故诊断模块等 5 大模块组成的无线实时传输系统。通过室内仿真测试与现场应用, 说明其满足现场应用要求, 可应用于复杂、深孔、智能化钻井现场, 满足深部资源探矿工程的需要, 支持国家重要能源资源勘探工程。

关键词:智能化; 钻井参数; 无线实时传输; 网络传输; 科学钻探; 深孔钻探; LabVIEW

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2019)11-0060-05

Wireless real-time transmission system of deep hole intelligent drilling parameters

LUO Guangqiang^{1,2}, ZHOU Ce^{1,2}, LI Yang^{1,2}, CHEN Wenjun^{1,2}

(1. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China;
2. Technical Center for Geological Hazard Prevention and Control, CGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: As the development trend, drilling engineering will become intelligent, automated and IT based. In order to obtain safe, accurate and efficient real-time data at the drilling site, an wireless real-time transmission system for deep-hole intelligent drilling parameters, which combines three wireless transmission modes was researched. With modular programming based on the LabVIEW software platform, the wireless real-time transmission system composed of five major modules was developed, including a wireless transmission and reception module, a remote network transmission module, a database module, a complex drilling condition recognition module and an accident diagnosis module. Indoor simulation tests and field application showed that it meets the requirements of field application, and can be applied to complex, deep-hole, and intelligent drilling sites, which may meet the needs of deep resource exploration engineering, and provide support for national important energy resource exploration projects.

Key words: intelligent; drilling parameters; wireless real-time transmission; network transmission; scientific drilling; deep hole drilling; LabVIEW

钻探是地质调查和矿产勘查工作最直接的技术手段^[1]。钻探行业与很多其他国民经济行业不同, 钻井工程在井底, 看不见摸不着^[2], 缺少很多数据支撑, 很难用完整、准确的数据表达^[3]。智能化、自动化、信息化是钻井工程的发展方向^[4]。随着国家对重要资源能源的需求不断增加, 加上找矿难度的不

断加大, 钻井深度的不断加深, 为减少钻井工程的盲目性^[5], 实时准确地完成钻井参数的传输十分重要。目前, 设计完善、使用可靠广泛的无线实时传输系统都只应用于国内外石油行业^[6], 然而, 对于岩心钻探行业来说, 研制还处于调试阶段, 还未大范围的推广应用, 应用也较少^[7], 都存在或多或少的问题。因

收稿日期: 2019-04-25; 修回日期: 2019-10-24 DOI: 10.12143/j.tkgc.2019.11.011

基金项目: 国土资源部深部地质钻探技术重点实验室开放基金资助(编号: KP201803); 中国地质调查局地质调查项目“怒江流域泸水-芒市段灾害地质调查”(编号: DD20190643)

作者简介: 罗光强, 男, 汉族, 1988 年生, 地质工程专业, 硕士, 从事科学钻探、地质灾害监测技术、仪器仪表测试控制等相关研究工作, 四川省成都市郫县现代工业港(北区)港华路 139 号, luodida@163.com。

引用格式: 罗光强, 周策, 李扬, 等. 深孔智能化钻井参数无线实时传输系统研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(11): 60-64.

LUO Guangqiang, ZHOU Ce, LI Yang, et al. Wireless real-time transmission system of deep hole intelligent drilling parameters[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(11): 60-64.

此,在钻井工程中,对钻进参数的实时、安全、准确、高效传输就显得十分重要。拟研究一套由无线发送接收模块、远程网络传输模块、数据库模块、复杂钻进工况识别模块、事故诊断模块等 5 大模块组成的深孔智能化钻井参数无线实时传输系统,可以实现智能传输、分许存储、三维显示、网络传输等功能,解决复杂、深孔、智能化钻井参数传感器信号无线传输难题。

1 智能化钻井参数无线实时传输系统构成

智能化钻井参数无线传输可以通过多种方式组合实现实时传输,将现场的多路钻井参数通过无线模块、无线电台、网络传输等多种传输方式共同实现,不需要所有人都在钻井平台上,也可以实时了解钻井现场的各个参数,分析现场情况,给出实时建议。

智能化钻井参数无线实时传输系统可以分为下面几种方式:基于工控机的无线传输系统、基于单片机控制的无线传输系统、基于虚拟仪器 LabVIEW 软件平台的网络无线传输,可以通过这 3 种无线传输系统来实现近程基地和远程网络的实时监控^[8]。智能化钻井参数无线传输系统构成如图 1 所示。

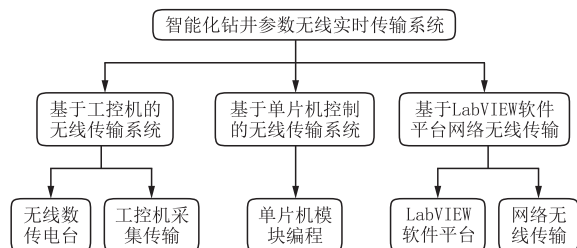


图 1 智能化钻井参数无线实时传输系统构成

Fig.1 Composition of the wireless transmission system for intelligent drilling parameters

2 基于工控机的无线传输系统

基于工控机的无线传输系统是通过虚拟仪器 LabVIEW 软件平台编程实现的,主要功能是实现 20 km 范围内的高速无间断的实时传输。可以选用 2 个 E90-DTU(433L37)无线数传电台即可实现其中一个电台发送,另外一个电台接收。其主要功能:可以 20 km 范围内之间的连续传输,高增益吸盘天线,传输距离远;高速不间断的实时传输,数据传输能力强;标准的 Modbus 串口协议,通信方便;可以通过 RS485 或者 RS232 串口连接;远距离抗干

扰能力强;可以在 $-40 \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围内正常传输工作;自动适应波特率,双向选择,收发一体。无线数传电台工作原理如图 2 所示^[9]。

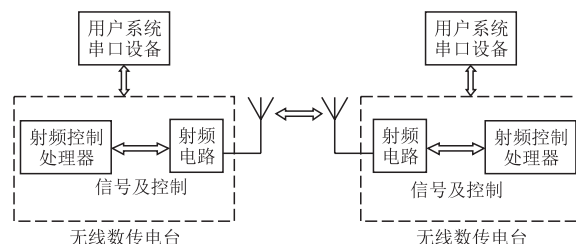


图 2 无线数传电台工作原理

Fig.2 Working principle of wireless digital radio

野外钻井现场将采集到的传感器数据通过带有高增益天线的无线发送电台传输至 20 km 范围内的基地,然后基地工控机进行采集、分析、计算、显示、存储,其无线传输流程如图 3 所示。

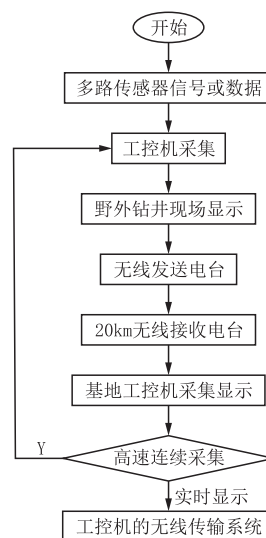


图 3 基于工控机的无线传输系统原理

Fig.3 Principle of the wireless transmission system based on the industrial computer

发送接收端都通过 LabVIEW 软件平台实现,即是通过 LabVIEW 软件与无线发送接收电台相连,实现无线传输^[10]。操作流程:(1)LabVIEW 软件中设置无线发送电台的串口号、波特率、校验位、数据位、停止位等,下一步如果接收到开关按钮的数字信号,就将数据放在一组数据中,传输至无线发送电台;(2)通过无线接收电台,将 20 km 范围内的数据传输至电台中,再通过 USB 串口,读入 LabVIEW 软中;(3)在工控机端打开“数据接收”开关信号,即可实现现场传感器数据的无线远程传输。另外,还可以实现一个基地采集传输多个野外现场的

钻井数据。

3 基于单片机控制的无线传输系统

基于单片机控制的无线传输系统主要是应用 CC2530 模块,运用 51 单片机编程来实现无线发送接收功能。将其中一个 CC2530 模块作为发送模块,与传感器组装构架为一个整体,将另外一个 CC2530 模块作为接收模块,通过 485 或者 232 转换接头即可实现数据实时传输。基于单片机控制的无线传输系统操作灵活^[11],可以不用电缆线,特别适合深孔或条件复杂的钻井现场。

无线传输系统的硬件组成有 2 件 CC2530 模块、2 件 STC12C5A602S 单时钟周期单片机、2 件最小模块单片机、2 个大晶振及数据线若干。

基于单片机控制的无线传输系统实施流程:(1)单片机模块设置,将 EA 接高电阻 20000 Ω ,与高电平接通;替换 2 个 22.1184 Hz 晶振;接线串联,将单片机模块分别与 CC2530 模块相连,通电后各自的指示灯亮^[12];(2)单片机软件编程,在 keil 软件中用 C++ 编程,实现数据的采集存储;(3)单片机软件下载植入,单片机与 PC 机相连通信,在 keil 软件中编译、连接、重新建立,通过 STC-ISP 软件,将单片机的采集存储软件下载植入到 STC12C5A602S 单片机模块中。需要说明的是单片机模块是 TTL 接头,采用 TTL 转 232 的转换接头来连接单片机,TTL 模块需要单独供电,中间 2 个接口分别与不带盆的输入输出端口连接^[13];(4)无线发送接收模块 CC2530 设置,设置《2530 组网透传简易版》,将 2 个模块的波特率都设置为 19200,一个模块用 EP 下载,另外一个 CC2530 用 PE 下载,就可实现 2 个模块的发送、接收;(5)再用单时钟的单片机模块与 CC2530 模块通信联调,将其中一个 CC2530 模块作为发送模块,与传感器组装构架为一个整体,将另外一个 CC2530 模块作为接收模块,通过 485 或者 232 转换接头与 PC 机相连,即可实现二者之间的通信^[14];(6)无线传输通信,利用串口调试助手或者其他专用软件即可完成无线传输通信。

4 基于虚拟仪器 LabVIEW 软件平台的无线网络传输

无线网络传输可以通过无线卫星通信、GPRS/CDMA、无线光纤网络等进行传输,其中,无线光纤

网络借助虚拟仪器软件平台是最便捷、最快速、最具性价比的方式^[15]。借助虚拟仪器 LabVIEW 软件平台可以快速高效的完成测试、控制,同时利用 LabVIEW 软件平台的网络传输模块插件,即可实现基于虚拟仪器 LabVIEW 软件平台的无线网络传输功能^[16]。

LabVIEW 软件平台网络无线传输流程:(1)前期准备,在有光纤网络的野外现场基地,借助虚拟仪器 LabVIEW 软件平台,同时安装好网络传输模块插件^[17];(2)网络设置,在软件平台中设置好“Web 发布工具”,输入 VI 名称(传输软件的名称)及页眉页脚等相关参数;选择“显示器”的查看模式,同时“启动 Web 服务器”按钮;然后将网页保存在本地的磁盘中,再生成软件的 HTML(超文本链接标示语言)链接;(3)网络无线传输的实现,野外现场基地打开可行性文件或安装软件,运行 Web 服务器,在客户端按照规定输入相应的网站,可以查看,同时也可以控制修改软件界面,就可以实现网络无线传输^[18],无线网络传输的流程如图 4 所示。

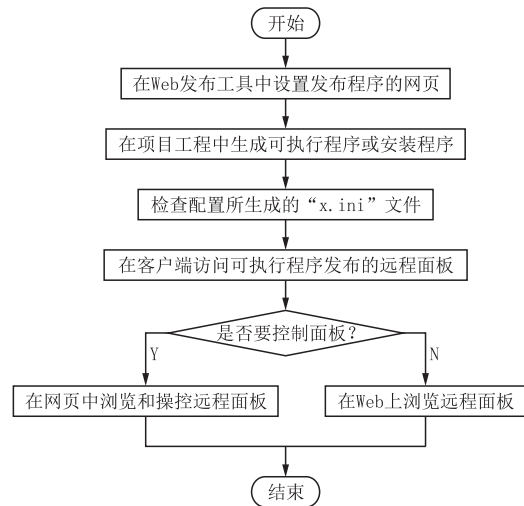


图4 网络远程无线传输的流程

Fig.4 Network remote wireless transmission process

5 科学钻探现场应用研究

深孔智能化钻井参数无线实时传输系统多次应用于不同的科学钻探钻井现场,并且应用在不同类型的钻探设备中,经过反复试验,无线实时传输系统均能实时传输、准确显示,满足科学钻探现场需求,提高钻进效率、保障钻进安全,得到现场的好评。本系统应用于山东莱州 4000 m 科学钻探、甘肃金川 JCSD-1 钻孔科学钻探、安徽铜陵 3000 m 科学钻

探等钻井现场,均取得了良好的应用效果。经过多次室内调试及现场应用试验,解决了传输过程中的 bug 问题,也使系统逐步完善。甘肃金川 JCSD-1

钻孔科学钻探现场钻井参数无线实时网络传输软件界面如图 5 所示。



图 5 钻井参数无线实时网络传输

Fig.5 Wireless real-time network transmission of drilling parameters

通过无线实时传输,在网页中输入固定的网址,即可访问钻井现场实时数据,了解现场钻进工况,还可以不同地方专家同时会诊,提出建议意见,优化钻进参数,调整钻井工艺。现场应用效果达到设计目的,可以满足不同科学钻探现场的需求。

6 总结

(1)智能化钻井参数无线实时传输系统主要由基于工控机的无线传输系统、基于单片机控制的无线传输系统、基于虚拟仪器 LabVIEW 软件平台的网络无线传输组成。

(2)采用模块化编程,主要由无线发送接收模块、远程网络传输模块、数据库模块、复杂钻进工况识别模块、事故诊断模块等 5 大模块组成。

(3)通过山东莱州 4000 m 科学钻探、甘肃金川 JCSD-1 钻孔科学钻探、安徽铜陵 3000 m 科学钻探及多次应用测试实验,证明深孔智能化钻井参数无线实时传输系统满足科学钻探野外现场数据传输要求,实时便捷,现场适用性强,可以广泛应用于复杂、深孔、智能化钻井现场,满足深部资源探矿工程

的需要,支持国家重要能源资源勘探工程。

参考文献(References):

- [1] 王达,李艺,周红军,等.我国地质钻探现状和发展前景分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(4):1-9.
WANG Da, LI Yi, ZHOU Hongjun, et al. Analysis on present situation of geological drilling in China and the development prospects[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(4):1-9.
- [2] 张金昌,冉恒谦,刘芳霞.钻探技术面临的新形势、新机遇和新任务[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):13-15.
ZHANG Jinchang, RAN Hengqian, LIU Fangxia. New situation, new challenges and new task faced by drilling technique[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007,34(9):13-15.
- [3] 胡郁乐,张晓西,张惠,等.SinoProbe-05 深部探测项目钻探技术问题总结与对策研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):32-37.
HU Yule, ZHANG Xiaoxi, ZHANG Hui, et al. Conclusion and countermeasures of drilling technology of deep exploration project[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(9):32-37.
- [4] 胡郁乐,张晓西,张恒春,等.科学深钻岩心钻探钻进参数随钻检测与监控系统研究[J].工程地球物理学报,2011,8(1):121-124.

- HU Yule, ZHANG Xiaoxi, ZHANG Hengchun, et al. A study of drilling parameter detecting and monitoring system for deep core drilling[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2011,8(1):121-124.
- [5] 李永钊.无线钻井参数测量仪器的研究现状及发展趋势[J].石油管材与仪器,2017,3(1):18-21.
LI Yongzhao. Research status and development trend of wireless drilling parameter measuring instrument[J]. Petroleum instruments, 2017,3(1):18-21.
- [6] 胡郁乐.中国大陆科学深钻井下参数随钻记录与回放系统[J].地质科技情报,2005,24(1):99-102.
HU Yule. Logging while drilling and review system of downhole parameters in China Continental Scientific Drilling[J]. Geological Science and Technology Information, 2005,24(1):99-102.
- [7] 赵大军,罗启钟,王君,等.JSL-30型钻机钻进参数检测系统的研究[J].地质与勘探,2006,42(3):97-99.
ZHAO Dajun, LUO Qizhong, WANG Jun, et al. Research on the test system of drilling parameters of JSL-30 drill rig[J]. Geology and Prospecting, 2006,42(3):97-99.
- [8] 王要伟,阎春平.基于Internet的钻井工程参数远程实时监测系统[J].新型工业化,2013,3(8):41-49.
WANG Yaowei, YAN Chunping. Remote and real-time monitoring system based on internet for drilling parameters[J]. The Journal of New Industrialization, 2013,3(8):41-49.
- [9] 罗光强,胡郁乐.基于LabVIEW大钩高程监控系统设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(5):53-56.
LUO Guangqiang, HU Yule. Design and application of hook position monitoring system based on Labview[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(5):53-56.
- [10] Wrobel, P., et al. LabVIEW control software for scanning micro-beam x-ray fluorescence spectrometer[J]. TALANTA, 2012(93):186-192.
- [11] 胡郁乐,王元汉,乌效鸣.大陆科学深钻井下参数测试系统研究[J].石油钻采工艺,2004,26(3):10-13.
HU Yule, WANG Yuanhan, WU Xiaoming. Research on downhole parameter testing system in continental scientific drilling[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2004,26(3):10-13.
- [12] Van De Sande, F., Lugil, N., Demarsin, F., et al. A 7.2 GSa/s, 14 Bit or 12 GSa/s, 12 Bit Signal Generator on a Chip in a 165 GHz ft Bimos Process[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2012,47(4):1003-1012.
- [13] 方鹏.15000 N·m大功率定向钻机关键技术研究[J].煤田地质与勘探,2019,47(2):7-12.
FANG Peng. Research on key technology of the 15000N·m high-power directional drilling rig[J]. Coal Geology & Exploration, 2019,47(2):7-12.
- [14] WANG J L, WANG W Z. Research on the impact dynamic simulation between drillstring and wellbore[C]//Proceedings of the second international conference on modeling and simulation (ICMS2009). United Kingdom: World Academic Union, 2009:262-266.
- [15] 张恒春,闫家,谈晓丽,等.基于LabVIEW的松科二井项目管理系统的开发[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(10):171-176.
ZHANG Hengchun, YAN Jia, TAN Xiaoli, et al. LabVIEW-based Songliao Scientific Drilling Project (SK2) management system[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(10):171-176.
- [16] 张海涛,许光泉.基于Visual Basic 6.0的含水层水文地质参数求取软件的开发及应用[J].煤田地质与勘探,2018,46(2):105-110.
ZHANG Haitao, XU Guangquan. The development and application of aquifer hydrogeological parameter calculation software based on Visual Basic 6.0[J]. Coal Geology & Exploration, 2018,46(2):105-110.
- [17] 陈思博.电磁波测量无线传输系统在定向井中的应用[J].西部探矿工程,2018,30(3):70-71.
CHEN Sibao. Application of wireless transmission system for electromagnetic measurement in directional wells[J]. West-China Exploration Engineering, 2018,30(3):70-71.
- [18] 关学忠,郭小勇,张红,等.基于单片机的井场仪表参数无线传输系统设计[J].现代电子技术,2008(7):71-72.
GUAN Xuezhong, GUO Xiaoyong, ZHANG Hong, et al. Design of wireless transmission system for parameters of instruments in well site based on single chip[J]. Modern Electronics Technique, 2008(7):71-72.

(编辑 韩丽丽)