

地质勘探钻机钻探实时深度测量系统设计

袁丽艳

(山东电子职业技术学院, 济南 250200)

摘要: 为实现地质勘探的智能化和信息化, 提出一种利用超声波对地质勘探钻机钻探深度实时测量的设计方案; 设计了以 STM32F103RBT6 芯片为处理器的主控电路, 以超声波模块为主体的测距电路, 以及 LED 数码管、液晶显示、TF 卡存储电路等辅助电路; 为更好地将物联网技术应用到地址勘探测量中, 同时设计了蓝牙通信与 GPRS 通信电路, 以便捷的将测量数据上传到云服务器; 系统提高了钻探效率, 增加了勘察全过程的可控性。

关键词: 地质勘探; 钻探深度测量; GPRS 通信

Design of Drill Depth Real-time Measuring System for Geological Exploration

YUAN Liyan

(Shandong College of Electronic Technology, Jinan 250200, China)

Abstract: A drill depth real-time measuring system based on ultrasonic ranging technology is presented, in order to enhance the intelligence and informatization of geological exploration. The main control circuit is designed with STM32F103RBT6 processor, and depth measuring circuit mainly consists of ultrasonic module. The auxiliary circuits are also built, including LED Nixie tube, LCD screen, TF-card memory circuit. At the same time, Bluetooth communication circuit and GPRS communication circuit are designed to apply the Internet of Things technology in geological exploration, so that the measurements can be uploaded to the cloud server. The system improves the drilling efficiency and the controllability of the whole investigation process.

Keywords: geological exploration; drill depth measuring; GPRS communication

0 引言

目前的建筑、交通施工前期的地质勘探技术中, 利用勘探钻机钻孔取样方法确定地下岩芯信息, 在未来相当长的时期内仍是不可替代的技术手段。小型钻机的实时深度测量信息是一个重要数据, 但是限于成本等问题, 目前小型钻机一直都没有配置此项功能, 该类钻机基本没有配套的信息化设备。而数据后期编录、勘探过程记录等都需要这一数据, 真正需要的时候钻探过程中的钻探深度等信息完全依靠人工记录, 这样做一方面勘探过程中的人力和物力成本较高、信息滞后, 另一方面后期数据记录、整理工作量繁杂且容易出现错误, 不利于地质勘探信息化工作的开展。

利用超声波技术、移动互联通信等技术, 结合全球定位系统技术 (GPS), 研制地质勘探钻机钻探实时深度测量系统, 在此基础上建立基于物联网技术的工程勘察智慧云系统, 可为地质勘探工作提供良好的技术支撑, 实现工程勘探工作由传统方式向信息化方式转变, 可以有效降低地质勘探过程的人力、物力成本, 减轻地质勘探工作者的劳动强度, 提高地质勘探工作的效率。

1 系统网络结构设计

本系统面向建筑、交通施工地质勘探钻机信息化的需求, 以 STM32 处理器为核心, 提供了钻机钻孔实时深度测量与数据保存、上传的新型解决方案。通过深度测量系统实时测量钻杆在地面部分的长度, 根据录入的杆号自动计算出钻探深度并通过现场 LED 屏幕实时显示。设计出了友好的人机界面, 通过键盘本地录入或者通过客户端远程录入杆号及杆号对应的长度, 通过键盘添加钻探所使用的钻杆并进行保存。钻探深度通过 GPRS 实时传输到云服务器, 并设计了网络异常时的降档处理措施, 即当网络异常时暂时把数据保存至本地 TF 卡中, 等网络恢复正常时再重传。系统总体网络拓扑结构如图 1 所示。

本系统设计参数如表 1 所示。

2 系统硬件结构设计

系统基于 STM32 处理器设计嵌入式主机, 通过蓝牙模块和超声波测距模块通信。超声波测距模块的发射换能器发射一定个数的脉冲信号, 超声波接收换能器接收反射回波信号, 并对其放大、滤波、整形处理, 处理结果通过

收稿日期: 2020-11-30; 修回日期: 2021-03-26。

基金项目: 山东省重点研发计划(2019GGX104105)。

作者简介: 袁丽艳(1980-), 女, 山东菏泽人, 硕士研究生, 副教授, 主要从事智能制造与嵌入式系统方向的研究。

引用格式: 袁丽艳. 地质勘探钻机钻探实时深度测量系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(9): 67-72.

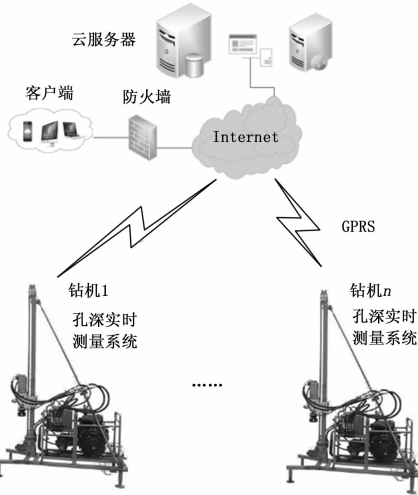


图 1 系统总体网络拓扑结构

表 1 系统设计参数

参数名称	参数值
键盘与主机通信方式	RS-485
主机与云服务器通信方式	GPRS
主机本地存储方式	SD 卡
主机主处理器	STM32F103
深度测量误差	≤3 cm
远程数据传递正确率	≥98%

蓝牙通信的传输到接收主机上，主机计算出钻探深度并在四位 LED 数码管显示屏上实时显示。系统另外配置一个 12864 的 LCD 显示屏用来提供系统设置等人机交互接口，无操作时显示当前日期和时间（获取实时时钟芯片数据）。测量数据通过 GPRS 模块以 TCP/IP 协议传送到云端服务器，并提供本地 TF 卡数据存储功能。系统硬件结构示意图如图 2 所示。

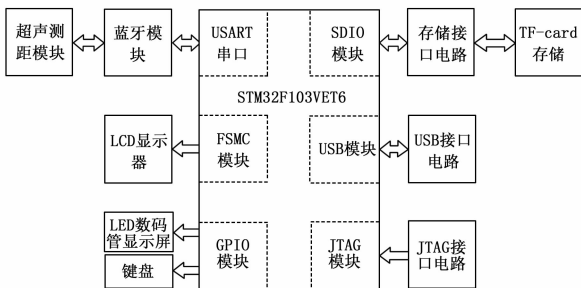


图 2 系统硬件结构示意图

3 系统模块设计

3.1 主控模块设计

根据任务要求，结合实际应用以及技术指标，本系统设计采用了 ST 公司的 STM32F103VET6 作为主控芯片。它具有低功耗、低成本和高性能等特点，提供了时钟、复位和电源管理等功能。该款芯片为 100 引脚，512 kFLASH

和 64 kSRAM，LQFP 封装以及 32 位 Cortex 内核，CPU 工作频率 72 MHz，工作电压 2.0~3.6 V，这里我们采用了 +3.3 V 电压供电。芯片上共有五对 VSS 和 VDD，管脚均匀分布在芯片四周，可以为芯片提供最好的电源质量，降低电源阻抗，保证高速数字电路可靠工作。本系统电路在电源引脚附近设置了去耦电容，以避免电流变化引起的电源电压波动传递到其他电源引脚，起到电源滤波的作用。在实际的系统功能编程中，ST 官方提供了大量安全有效无误的固件库函数，加快了开发和设计的速度，提高了开发的效率。主控模块基本电路如图 3 所示。

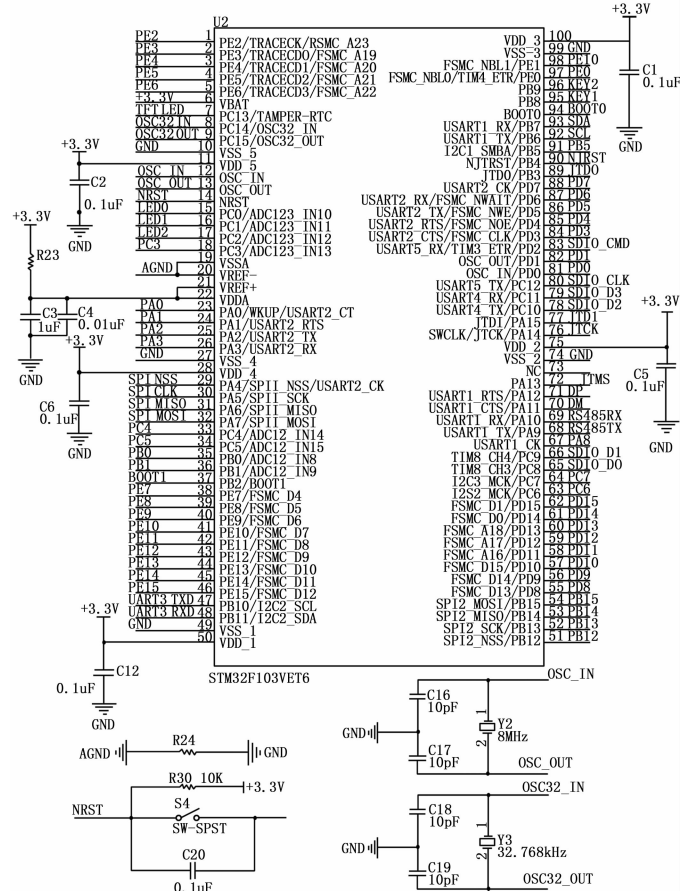


图 3 主控模块电路图

对于单片机来说，复位电路是系统中不可缺少的一部分，复位操作就是把单片机正在运行的状态恢复到起始状态。STM32 的 F1 系列的单片机，支持系统复位，上电复位和备份区域复位 3 种方式。本系统设计了按键复位电路，当按键被按下时，NRST 引脚与地连接，产生一个低电平信号，NRST 引脚被拉低，从而实现系统复位。此电路采用 10 kΩ 电阻和 0.1 μF 电容，复位脉冲时间为：

$$t = 1.1 * RC = 1.1 \times 10 \text{ k}\Omega \times 0.1 \mu\text{F} = 1100 \mu\text{s} \quad (1)$$

计算结果表明，该复位电路满足 STM32F103VET6 的复位要求。

STM32 系列单片机工作时需要接入一个主频和一个时钟频率，其中主频 4~16 MHz 居多，本系统采用常用的 8

MHz 晶振，提供时钟频率的是 32.768 kHz 晶振。

本系统的超声测距模块为独立收发一体式模块 HC-SR04，基于 ATMEL 公司的 AVR Mega16 单片机设计了数据采集和蓝牙通信电路，采集并处理数据，处理的结果通过蓝牙传输到主机，有主机完成 GPRS 传输和 TF 卡存储。

3.2 深度测量模块

测量方案的正确选择是本系统正常工作的前提。本系统采用测量钻机头离地面的高度间接测量钻探深度。在测量出高度之后，通过读取主机上设置好的安装钻杆的长度数值，两者相加即可得到钻探深度。因此，本系统深度测量方法转变成为距离测量方法。目前常用的测距方案有红外测距、激光测距、超声测距等。红外测距精度较高，但本装置使用场景为野外，太阳光对红外测距的影响非常大，阳光强烈时能使红外测距彻底失灵。激光测距测量距离远、测距速度快、性能可靠、精度高，在矿山开采、港口等领域具有广泛的应用，但是价格较高，从装置产品化经济性方面考虑也不宜采用。超声波测距测量精度不及红外和激光，但能满足本系统要求（钻孔深度测距误差在±5 cm 即可）；测量距离也较短，但其不受光线影响，而且成本较低，安全性高，从综合因素考虑，超声波传感器最适合本系统的要求。

本系统距离测量采用发送和接收在同一端的方式，可以选用市场上成熟的发射超声头和接收超声头做在一起的集成模块。超声波发射头发射超声波后，单片机开始开始

计时，遇到地面后反射回来，超声波接收头收到反射回来的声波后就立即停止计时，然后根据声波在空气中的传播速度，即可计算得出声波传输的距离。因为超声波是行走了往返两个路程，所以实际距离为超声波总传输距离的二分之一。本系统设计的超声波测距模块电路原理图如图 4 所示。

模块具有单独的处理器（STC11 单片机），完成超声波的增强发射、接收放大等工作。测距时，单片机发送一段 40 kHz 波形给 MAX232 芯片，MAX232 对 40 kHz 的信号进行电平转换，以放大超声波功率，达到较远的测量距离。接收电路以 TL074 为四路低噪声输入运算放大器为主，对接收到的超声波电压信号进行信号放大、滤波、电压比较等。主机通过蓝牙发送开始测距命令给测距模块，超声波测距模块内部将发出 8 个 40 kHz 周期的电平并检测回波信号，如若有回波信号被检测出则输出回响信号，回响信号的脉冲宽度与所测的距离成比例。

3.3 GPRS 通信电路设计

GPRS 通信电路负责将数据通过 TCP/IP 协议上传到云端服务器，本系统选用 SIM900A 作为通信模块。SIM900A 是一个双频（EGSM 900 MHz 和 DCS 1 800 MHz）的 GSM/GPRS 模块。SIM900A 模块提供 UART 通信接口，制作电路板时将其 TXD、RXD 两个引脚与单片机的 UART 的 TXD、RXD 两个引脚交叉连，即可实现单片机和 SIM900A 之间的数据双向传递。SIM900A 模块另一端与

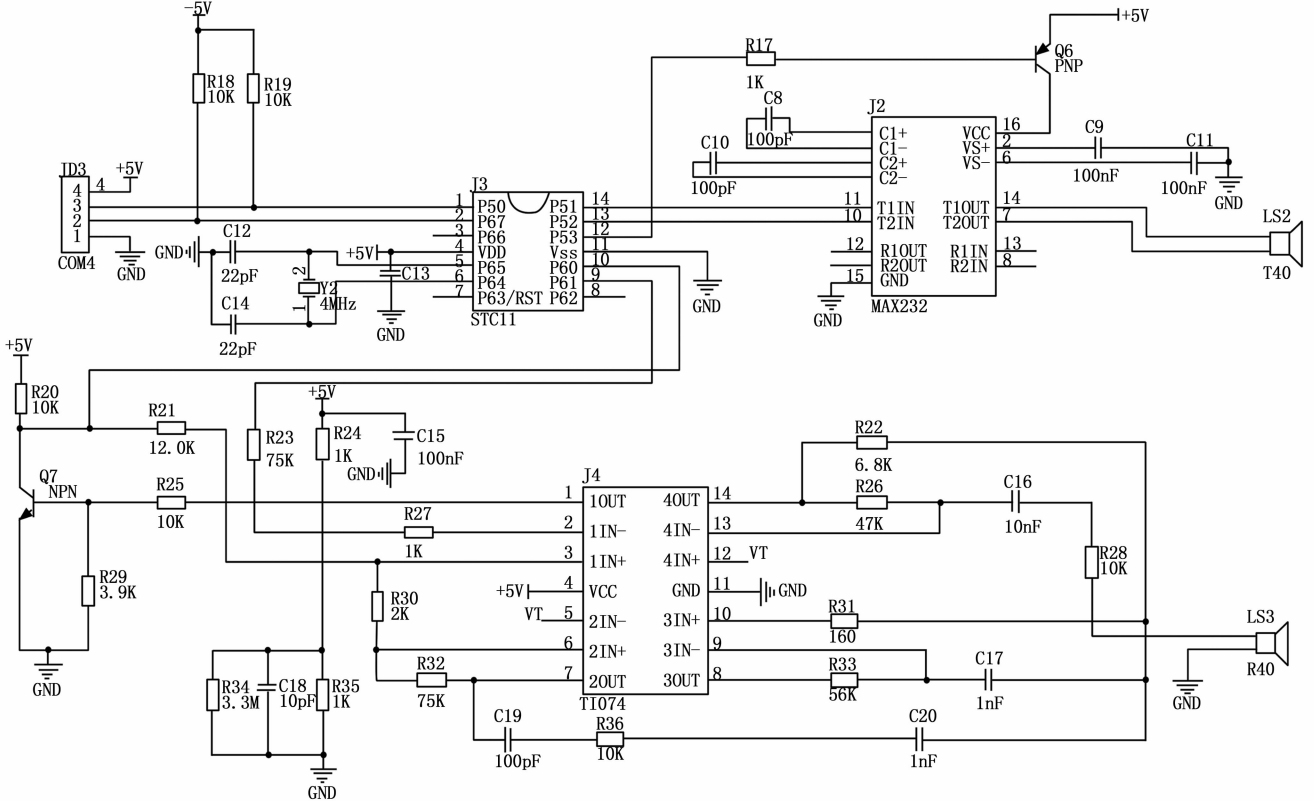


图 4 超声波测距模块原理图

SIM 卡通信，其中的 5 个引脚连接 SIM 卡的 5 个对应引脚（电源、地、复位、时钟、输入输出信号）。SIM900A GPRS 通信电路如图 5 所示。

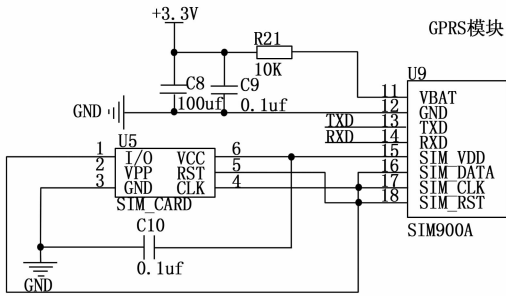


图 5 SIM900A GPRS 通信电路

在电路中，SIM900A 模块的 TXD、RXD 两个引脚连接到单片机的 PA9、PA10 这两个引脚，该两个引脚可以工作在 UART 串行通信模式。

3.4 蓝牙模块设计

当钻机进行工作时，深度测量模块需要将测量结果实时反馈到主机上，虽然有有线传输速度快，稳定性和可靠性强，但由于钻机结构杂乱，工作时钻头钻杆位置不固定，不方便使用有线通信，因此本系统选用了蓝牙通信作为深度测量模块和主机之间的无线通信方式。基于 HC-05 的蓝牙模块电路原理图如图 6 所示。

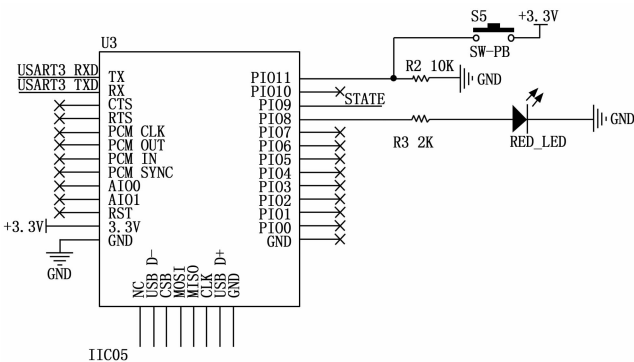


图 6 蓝牙模块

该模块可以直接连接各种单片机，它的供电电压为 3.3 ~ 3.6 V，跟本设计的供电电压吻合，而且它可以通过 AT 指令集配置模块，采用 CSR 主流蓝牙芯片，蓝牙 V2.0 协议标准。配对以后当全双工串口使用，无需了解任何蓝牙协议，方便使用。

3.5 存储模块

本系统 TF SD 卡作为本地存储器。TF SD 卡具有容量大、读写速度快和使用方便等特点，同时它的体积很小，便于电路板小型化设计。本次设计的存储模块电路如图 7 所示。

TF SD 卡通过 SDIO 口与单片机芯片连接。SDIO 是安全数字输入/输出接口，完全兼容多媒体卡系统规范版本 4.2，完全支持 CE-ATA 功能，数据传输可达 48 MHz。

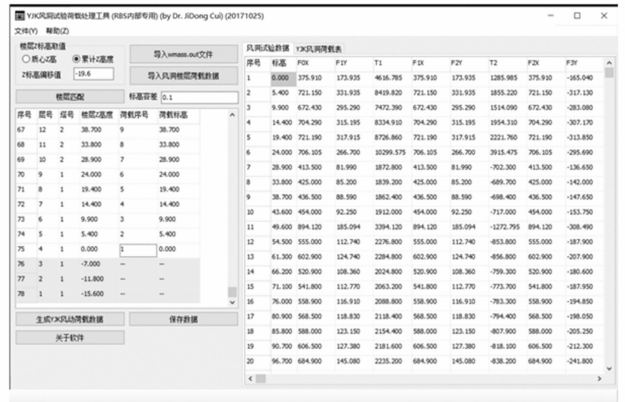


图 7 存储模块电路

SD 数据传输支持单块和多块读写，它们分别对应不同的操作命令，多块写入还需要使用命令来停止整个写入操作。数据写入前需要检测 SD 卡忙状态，因为 SD 卡在接收到数据后编程到存储区过程需要一定操作时间。SD 卡忙状态通过把 D0 线拉低表示。数据块读操作与之类似，只是无需忙状态检测。但是单块写传输速度较慢，对于大量存储数据，无法满足要求，所以文章采用了传输速度更快的多块写操作。多块写操作可以看成是对单块写操作的程序优化，通过节省主函数循环调用子函数及单块写操作每次初始应答的时间，提高了数据写入速度。使用 4 数据线传输时，每次传输 4 bit 数据，每根数据线都必须有起始位、终止位以及 CRC 位，CRC 位每根数据线都要分别检查，并把检查结果汇总然后在数据传输完后通过 D0 线反馈给主机。SD 卡数据存储的工作流程如图 8 所示。

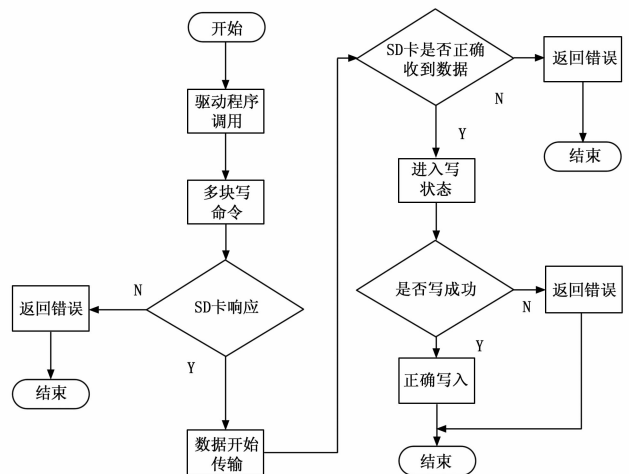


图 8 SD 卡存储工作流程图

4 信息管理软件设计

地质勘探钻机钻探数据管理与在线监测系统基于 B/S 架构，在 Maven 工程项目中采用 Spring、MyBatis、Shiro 框架下的开发平台 Renren-security 开发了服务器后台程序。采用 Token 令牌的单线程通信方式，和 MySQL 数据库进行数据交换，搭配 Vue 框架设计的实现人机交互的

Web 浏览器操作界面。系统通过 HTTP 协议、TCP 协议实现信息交互，使用 IDEA 开发工具、Node.js 模型以及 Vue.js 框架完成了开发，采用了接口和类的编写方式，实行 Java 封装，极大地优化了编译过程，减少了工作量，同时实现了丰富的功能。系统具有良好可扩展性，可复用性强，功能完善、界面简约大方、便于用户前台查询和管理员后台管理维护。钻探数据管理与在线监测系统数据流向示意图如图 9 所示。

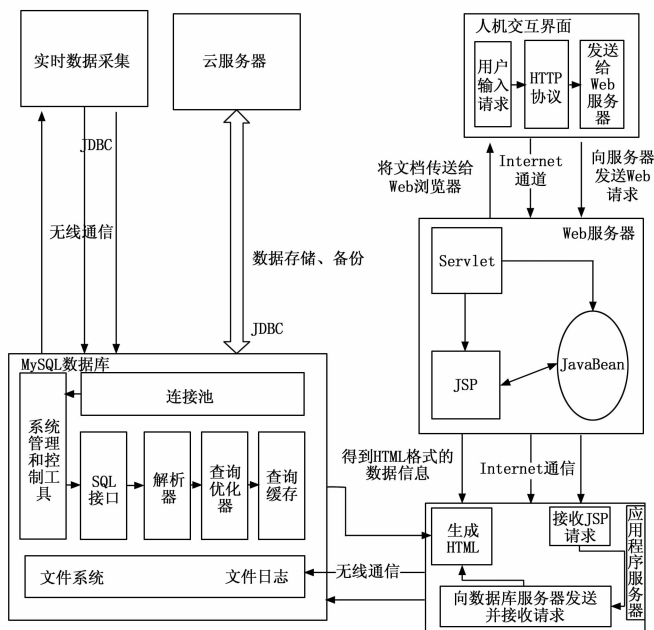


图 9 钻探数据管理与在线监测系统数据流向示意图

使用 JavaWebb 技术实现系统的 B/S 架构，Web 服务器布置 Servlet，完成 HTTP 协议信息交互。基于 JavaBean 实习部分服务器后台程序，基于 JSP 实现 Web 服务器前台动态交互。应用服务器程序采用 C++ 语言编写了 TCP 通信程序，通过数据驱动接口将数据存储到 MySQL 数据库。

5 实验结果与分析

本文搭建了实验系统用于验证系统深度测量和数据传输的准确度。

根据前文介绍的测量原理，实际深度测量的直接测量数据时测量仪安装位置距离地面的高度。为验证测量准确度，实验环境布设为钻孔周边为平整地面。钻机作业过程中，钻机旁边放置一个高 2.5 米的梯子，验证人员在梯子上用长卷尺测量测量仪离地面高度，与测量主机读数进行比较。共进行了 200 次实验对比，随机选取 20 次测量结果列于表 2 中。

为减少人工测量因测量人员读数严谨性造成的不准确，这 200 次实验对比是由 20 个测量人员完成，每个测量人员测量 10 次。表 2 中的 20 组数据为每个测量人员选取了一组数据列出来，由测量对比结果可以看到，系统测量误差小于等于 1.4 cm，符合系统设计指标。

表 2 选取 20 组测距结果对比 cm

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
系统读数	75.8	77.6	80.5	82.7	88.2	90.2	96.3	98.2	101.5	104.3
人工测量	75.3	77.1	79.5	83.1	88.9	91.2	96.8	99.2	101.6	104.9
误差	-0.5	-0.5	-1	0.4	0.7	1	0.5	1	0.1	0.6

序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
系统读数	106.8	115.3	116.8	125.3	128.9	175.6	182.6	185.9	195.6	233.5
人工测量	105.4	114.3	115.9	126.1	128.1	176.2	182.5	185.1	194.8	233.8
误差	-1.4	-1	-0.9	0.8	-0.8	0.6	-0.1	-0.8	-0.8	0.3

另外，为了测试数据传输的准确程度，在测量深度准确度的同时，远程数据平台也记录了实时测量结果，与本地结果进行对比。选取与表 1 同样的本地系统数据，与远程采集数据对比列于表 3 中。

表 3 选取 20 组传输结果对比 cm

序号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
系统读数	75.8	77.6	80.5	82.7	88.2	90.2	96.3	98.2	101.5	104.3
远程读数	75.8	77.6	80.5	82.7	88.2	90.2	96.3	98.2	101.5	104.3
误差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

序号	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
系统读数	106.8	115.3	116.8	125.3	128.9	175.6	182.6	185.9	195.6	233.5
远程读数	75.8	77.6	80.5	82.7	88.2	90.2	96.3	98.2	101.5	104.3
误差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

由表 3 可见，传输数据准确率为 100%，优于设计标准，有力的保障了测量数据的可靠传递和存储。

6 结束语

本文介绍了一种具有 GPRS 通信功能的地质勘探钻机实时孔深测量系统的设计方案。系统采用了 STM32 系列微处理器芯片 STM32F103VET6 作为主控单元，数据存储选用了金士顿 64Gclass10 高速 SDHC 卡，通过 USB 接口技术实现数据的存储，通过 TCP/IP 协议完成了与云服务器之间的数据传输，并开发了基于 B/S 架构的地质勘探钻机钻探数据管理与在线监测系统，实现了对地质勘探钻机工作信息的数据采集、存储与管理。系统在建筑工地进行了试验验证，数据正确率高，系统工作稳定，但工作现场泥水较多，如何做好系统样机的防护设计，达到真正实用的程度，尚需进一步研究^[1-11]。

参考文献：

[1] 卫林琼. 浅谈信息化时代地质勘探技术创新扩散影响因素分析

[J]. 山东工业技术, 2017 (20): 76-76.

[2] 陈 健. 岩心管理信息化的几点思考 [J]. 兰台世界, 2017 (s1): 137-137.

[3] 董 梅, 贺振斌. 旋挖钻机几种钻孔深度测量装置原理及特点 [J]. 工程机械与维修, 2014 (10): 124-125.

[4] 高 珺. 煤矿井下钻孔深度检测技术研究 [J]. 煤炭科学技术, 2016, 44 (4): 106-109.

[5] 吴学富, 刘忠富. 基于 STM32 的车辆远程预警系统设计 [J]. 智能计算机与应用, 2018 (1): 138-140.

[6] 殷万君, 熊建云. 基于 STM32 传输层子系统的无线数据传输设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017, 17 (3): 32-35.

[7] 马文华, 刘海波, 刘昕彤, 等. 基于单片机和 GPRS 的煤矿井

下超声波避障器研制 [J]. 煤炭技术, 2018 (1): 237-238.

[8] 王家乐, 关 越, 邓 哲, 等. 基于 MEMS 传感器的运输环境监测仪的研制 [J]. 测控技术, 2017, 36 (2): 107-110.

[9] 李森林, 戴海燕, 徐杰龙, 等. 基于 STM32 的 FSAE 赛车底盘数据采集系统设计 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (6): 155-158.

[10] 郭建军, 匡家兵, 孙 笑. 基于 Struts+Hibernate+Spring 的高校毕业设计 (论文) 管理系统的设计与实现 [J]. 工业控制计算机, 2017, 30 (6): 118-119.

[11] 张位锋, 王东红. 基于 Spring MVC 框架的智慧旅游团队出行监控系统研究 [J]. 自动化与仪器仪表, 2017 (11): 163-164.

上接第 36 页) [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2020, 6 (99): 1-9.

5 结束语

设计了一种单粒排种器单片机检测系统, 用于准确判断不同漏报状态。通过对漏苗实时检测方法的研究, 主要得出: 在确定“稀苗”两种不同的漏苗状态下, 分别确定稀苗系数和判断漏苗的规则, 该模型全面覆盖了应用中任意两个系数组合所反映的单种排种器泄漏状态类型。

单籽油菜精密计量装置的漏检与补播后续工作可进一步从以下方面开展: 对漏报的实时检测算法优化, 缩短延迟距离。提出的漏电实时检测方法, 通过调整检测时间窗口, 可以在一定程度上缩短滞后距离, 但最小滞后距离仅为 0.5 米。为缩短检测滞后距离, 提高检测的实时性, 并改善不同运行环境的性能。

参考文献:

[1] 李 倩. 基于 MSP430 单片机的嵌入式 Web 服务器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (9): 164-168.

[2] 安 霆, 杨旭海, 邓赞石, 等. 气吸式排种器监测系统设计 [J]. 农机化研究, 2018, 40 (11): 69-73.

[3] 丁幼春, 杨军强, 张莉莉, 等. 油菜精量排种器变量补种系统设计 [J]. 农业工程学报, 2018, 34 (16): 27-36.

[4] BISWAS R, KHIRID S, SAHA M, et al. Seed free high yield gold nanorods synthesis from single precursor gold (I) dithiophosphate complex [J]. Applied Organometallic Chemistry, 2019, 10 (5): 52-60.

[5] 秦贞宇, 卢俊强, 鞠晓东, 等. 基于 PIC 单片机的随钻声波测井仪电源管理设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (8): 155-158.

[6] WU M, ZHANG Z, XU X, et al. Seeded growth of large single-crystal copper foils with high-index facets [J]. Nature, 2020, 581 (7809): 406-410.

[7] 李明生, 叶 进, 李 登, 等. 基于离散单元法的荞麦播种机排种器设计与试验 [J]. 西南大学学报 (自然科学版), 2019, 41 (4): 78-85.

[8] UEHLIN J P, SMITH W A, VR PAMULA, et al. A Single-Chip Bidirectional Neural Interface With High-Voltage Stimulation and Adaptive Artifact Cancellation in Standard CMOS

[9] 李 明, 丁幼春, 廖庆喜, 等. 气力油菜精量排种器漏播检测系统的设计 [J]. 沈阳农业大学学报, 2020, 51 (2): 185-191.

[10] 印 祥, 杨腾祥, 金诚谦, 等. 玉米精量播种智能控制系统研制 [J]. 农机化研究, 2018, 40 (9): 125-128, 133.

[11] 郑雯璐, 衣淑娟, 李抒昊, 等. 玉米精量播种机排种性能检测系统研究——基于光电法 [J]. 农机化研究, 2019, 41 (4): 200-203.

[12] WANG P, SHEN X, ZENG Z N, et al. High-performance seed pulses at 910nm for 100pw laser facilities by using single-stage nondegenerate four-wave mixing [J]. Optics letters, 2019, 44 (16): 3952-3955.

[13] 田 雷, 衣淑娟, 尧李慧, 等. 基于电容信号的排种监测系统研究 [J]. 农机化研究, 2018, 40 (1): 189-194.

[14] CHAHAL G K, KAUR A, DHATT A S. A Single-Gene Mutation Changed the Architecture of Pumpkin Seed: A Review [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2021 (5): 1-6.

[15] 李继霞, 姜有忠, 黄光迪, 等. 基于振动调序有序充种滚筒式排种器设计与试验 [J]. 农机化研究, 2020, 42 (8): 174-179.

[16] KIM T, BHARGAVA P, POULTON C V, et al. A Single-Chip Optical Phased Array in a Wafer-Scale Silicon Photonics / CMOS 3D-Integration Platform [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2019, 6 (99): 1-14.

[17] 陈益千, 向 阳, 吴明亮, 等. 基于线阵 CCD 的油菜条播排种器播量在线监测装置的设计及试验 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2019, 45 (3): 327-331.

[18] 李宗荫, 郭迎庆. 基于单片机的接触网参数检测控制系统设计 [J]. 电子测量技术, 2020, 43 (8): 23-27.

[19] CORCORAN B, TAN M, XU X, et al. Ultra-dense optical data transmission over standard fibre with a single chip source [J]. Nature Communications, 2020, 11 (1): 1-8.

[20] 都 鑫, 刘彩玲, 姜 萌, 等. 自扰动内充型孔轮式玉米精量排种器设计与试验 [J]. 农业工程学报, 2019, 35 (13): 23-34.

[21] 姜有忠, 侯晓晓, 赵永满, 等. 气吹投种的气吸滚筒式精量排种器设计与试验 [J]. 甘肃农业大学学报, 2019, 54 (2): 217-224.