

doi: 10. 11720/wtyht. 2022. 1635

刘志同,陈儒军,崔益安,等. 基于 Android 平台的 192 道自然电位监测仪测控软件开发[J]. 物探与化探, 2022, 46(6): 1523–1527. [http://doi.org/10. 11720/wtyht. 2022. 1635](http://doi.org/10.11720/wtyht.2022.1635)

Liu Z T, Chen R J, Cui Y A, et al. Development of the Android-based measurement and control software for a 192-channel spontaneous potential monitor [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2022, 46(6): 1523–1527. [http://doi.org/10. 11720/wtyht. 2022. 1635](http://doi.org/10.11720/wtyht.2022.1635)

基于 Android 平台的 192 道自然电位监测仪测控软件开发

刘志同^{1,2}, 陈儒军^{1,2,3,4}, 崔益安^{1,2,3,4}, 王小杰^{1,2}, 王子辉^{1,2}, 刘璿^{1,2}

(1. 中南大学 地球科学与信息物理学院, 湖南 长沙 410083; 2. 中南大学 AIoT(人工智能物联网)与地质地球物理创新创业教育中心, 湖南 长沙 410083; 3. 有色资源与地质灾害探查湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410083; 4. 中南大学 有色金属成矿预测与地质环境检测教育部重点实验室, 湖南 长沙 410083)

摘要: 为了满足 192 道自然电位监测仪便携性、智能化、长时间自动监测的要求, 解决现阶段电法勘探仪器的采集控制设备在人机交互性、续航能力、便携性等方面存在的不足。本文通过将蓝牙、WiFi 等物联网技术与地球物理仪器相结合, 设计了基于 Android 平台的采集控制软件。经过测试, 该软件功能高效, 数据传输质量好、运行稳定。在地质微生物自然电场信号检测实际应用中表现稳定, 可以不间断监测超过 36 h, 数据采集准确度高、可视化效果好, 有较强的实际应用价值。

关键词: 自然电位监测仪; Android; 测量与控制, 软件开发

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2022)06-1523-05

0 引言

地球本身会产生各种天然电场, 这些电场叠加在一起形成的电场称作地电场。在某个区域内, 存在着一些天然的变化电场, 一般称这些电场为大地电场, 又称之为自然电场^[1]。根据引起自然电位方式的不同, 可分为过滤电位、氧化还原电位和扩散电位^[2-3]。大多数情况下, 观测到的自然电位一般是由各种物理、化学反应产生的叠加电场组成^[4]。所以在自然条件下, 即使不施加人工电场, 利用电位监测仪器也可以在两个测量点之间观测到电位差, 这种方法的成本较低^[5]。

随着智能手机的日益普及, 开发基于智能手持终端的地球物理仪器采集控制软件可以充分利用移动设备的优势, 降低地球物理工作者的劳动强度^[6]。将新兴计算机电子技术应用到地球物理仪器中去, 在很大程度上可以推动地球物理仪器的发展^[7]。

随着网络技术、无线传感物联、云计算、大数据等新技术的应用, 地学测量仪器也将迎来新的发展机遇^[8]。如已有的基于 Android 平台的物探测量采集辅助系统^[9]和基于 Android 平台的地震设备维修管理系统^[10]以及基于 Android 平台的重力垂直梯度求解软件的开发^[11]。同时, 利用各种无线技术发展更易于携带的仪器已经成为了趋势^[12], 并且已经有基于 Android 智能设备的地球物理仪器采集控制软件。如冯生强^[13]开发的 Android 平台的折射/反射兼容地震仪器控制系统, 文尚石等^[14]研发的 Android 平台广域电磁接收机采集监控软件。

由于本设计应用于地质微生物自然电位监测, 根据地质微生物自然电位变化缓慢、信号强度较高(可达到几十毫伏)的特点, 本文设计开发了一款基于 Android 平台的多通道自然电位监测软件, 可以对大量自然电位测量点(最多 192 点)按照一定时间间隔进行重复多次观测, 具有充电方便、操作简单、人机交互性友好的特点。

收稿日期: 2021-12-05; 修回日期: 2022-02-17

基金项目: 国家自然科学基金项目“地质微生物自然电场正演模拟与信号特征研究”(41874145)

第一作者: 刘志同(1996-), 男, 中南大学硕士研究生, 主要从事电法、电磁法仪器的研制工作。Email: 2296421375@qq.com

通讯作者: 陈儒军(1973-), 男, 博士, 副教授, 主要从事地球物理仪器及信号处理研究工作。Email: chen.rujun@foxmail.com

1 自然电位监测仪无线通信方案选择

自然电位监测仪嵌入式系统集成成了蓝牙模块与 Wifi 模块,其中蓝牙模块是由秉火科技生产的 BH-HC05 蓝牙串口模块。由于 Android 端软件人机交互性好,显示方便,故 192 道三维自然电位监测仪器采用 Android 设备蓝牙作为主设备发起搜索,仪器蓝牙作为从设备建立通信。本设计选取的 Wifi 模块为 Anylinkin 公司生产的 ALK8266 Wifi 模块,192 道三维自然电位监测仪器采用 Wifi 模块 AP 模式与 Android 手机客户端构建无线局域网建立通信通道实现 TCP/IP 协议通信。

2 自然电位监测仪测控软件设计

2.1 软件设计框架

192 道自然电位监测仪采集控制软件采用手机蓝牙与仪器嵌入式蓝牙模块连接从而发送各种控制命令,采用 Wifi 无线数据传输接收来自仪器采集的数据。自然电位监测仪的数据采集采用基于 CPLD 的分布式多通道数据同步采集系统^[15],采集系统将采集到的二进制数据传输到嵌入式系统中,嵌入式系统主控芯片选用了基于低功耗、高性能的 Cortex-M4 内核的 STM32F429IGT6,192 道自然电位监测仪采集控制软件利用 Android Studio 开发,完成了在 Android 智能手机上的页面开发、命令下发、数据传输、数据处理等内容,软件框架如图 1 所示。

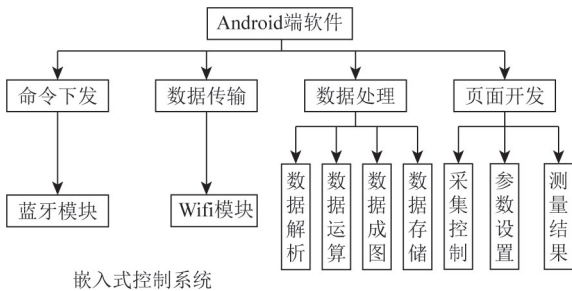


图 1 192 道自然电位监测仪 Android 端软件框架

Fig. 1 Android software framework of 192-channel spontaneous potential monitor

2.2 软件主程序流程设计

为了满足仪器无线通信和长时间自动监测的需求,软件主程序流程设计如图 2 所示,首先通过 Android 端软件实现对仪器蓝牙和热点的搜索与连接,然后发送配置和采集命令,软件就进入自动监测环节,每接收到需要的数据量就自动处理、保存、可视

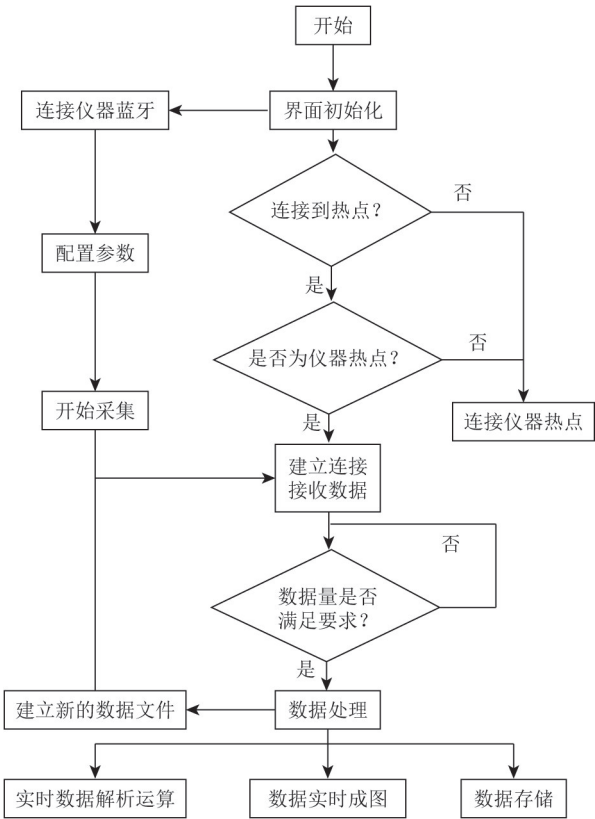


图 2 软件主程序流程

Fig. 2 Main program flow chart of the software

化。然后自动接收下一波数据,不断循环直到用户发送停止采集命令才会停止工作。

3 自然电位监测仪测控软件开发及软件功能

3.1 Android 开发环境搭建

本自然电位监测仪采集软件采用 Java 语言开发,开发环境为 Android studio 3.4+Android SDK + JDK1.8.0_181。测试手机为荣耀 30, Android 10, 内核 4.14.116 版本。

3.2 Android 端软件功能开发

3.2.1 长时间自动监测

由于地质微生物单个观测点的自然电位一般随时间变化并不剧烈,信号强度也不低,观测记录比较容易,但由于是长时间的监测,对仪器的稳定性要求比较高,为保证程序能够长时间自动监测,需要对数据质量严格把控,否则一旦发生数据错误、丢失等问题,就容易在数据处理与可视化过程中出现不可预知的问题,导致程序停止运行。所以为了能够实现长时间自动监测功能,在仪器采集系统采集数据时,通过时钟在每一个二进制数据前加上 4 位的通道序号二进制数据,在 Android 端软件对数据通道号进行严格对比判断数据质量,若发现错误就自动舍弃

当前的数据,避免错误的数 据继续运行导致程序崩溃,同时也避免了保存坏数据结果从而影响到数据结果的二次处理。

流程图如图 3 所示,主要有两种情况会影响仪器稳定性,第一种是 Wifi 数据无法传输,这时会进行超时等待判断,如果传输通道建立后 8 s 内软件无法收到数据,就可以认为是 Wifi 模块或采集模块异常,发送仪器复位命令重置仪器,保证监测能够顺利进行;第二种是数据传输出错,通过通道号校验发现错误并舍弃本组数据,以防止仪器系统崩溃。

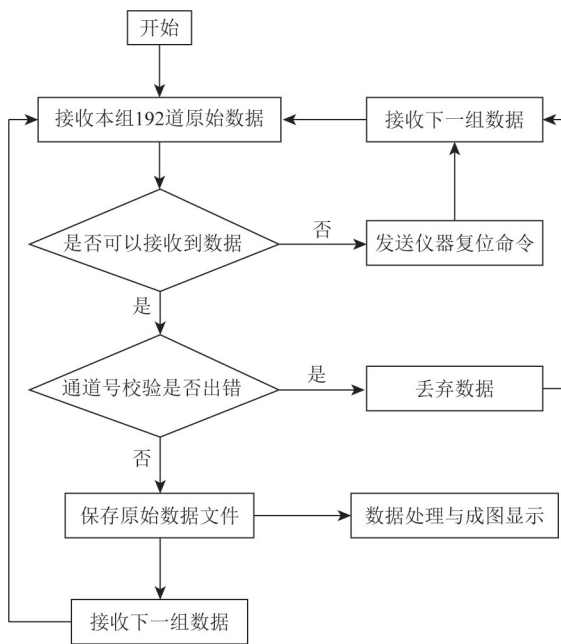


图 3 长时间自动监测流程

Fig. 3 Long time automatic monitoring flow chart

3.2.2 数据处理

对于自然电位监测来说,主要的干扰来自 50 Hz 工频干扰,192 道三维自然电位监测仪器采样率最低 250 Hz,最高可达 1 000 Hz,原始时间序列包括整数个 50 Hz 干扰周期(如 1 s),对测量数据进行叠加,可以增强自然电位信号,压制 50 Hz 干扰。通过对每个自然电位点 1 s 测量的数据进行求平均值运算,将 50 Hz 干扰过滤掉,从而得到自然电位信号。

3.2.3 数据持久化存储

192 道三维自然电位监测仪器 Android 端采集控制软件有两种文件需要持久化存储,一个是原始数据文件,一个是结果数据文件。如图 4c 所示,原始数据文件(.dat 文件)是循环自动生成的,采集完 192 道数据后,以系统时间+采样率+文件生成序号为原始数据文件名,其中文件生成序号是本次采集

中自动生成的文件编号,为了方便后期对原始数据进行整理。

结果数据文件(.txt 文件)是在原始数据文件生成后,通过对原始数据进行解析、运算、处理,每次循环得到 192 个自然电位数据,长时间监测将得到多组 192 道数据,将这些自然电位数据存储到.txt 文件中,然后导出到其他软件中进行专门分析。

3.2.4 数据可视化

Android 软件数据可视化采用的是 MPAndroid-Chart 图表框架。本次设计实现了多曲线图的数据自动刷新,由于采集系统有六个内部通道,每一秒切换一次继电器,单曲线图显示的是每个外部通道 1s 采集的数据的平均值,每接收到新的原始数据文件两个图表就会自动刷新。

3.3 软件功能与测试

3.3.1 Android 端软件页面和主程序主体流程

该应用程序可以安装在 Android 8.0 及以上版本的智能手机中,软件页面如图 4 所示,在参数设置页面进行采样率和增益的设置之后,对仪器进行校准,然后就可以进入采集数据状态,采集控制页面分为 5 部分:时序多曲线图、外部通道号单曲线图、数值显示区、日志信息区、按钮控制区。生成的结果可以在测量结果页面查看,结果文件主要有两种类型,一种是 .dat 原始数据文件,另一种是 .txt 结果数据文件。

3.3.2 测试结果

192 道自然电位监测仪在地质微生物自然电场信号检测实际应用中,表现稳定,可以不间断监测超过 36 h,数据采集准确度高,有较强的实际应用价值。经过测试,192 道三维自然电位监测系统软件实现了自动长时间监测、无线(蓝牙、Wifi)通信、数据存取、数据实时可视化等预期功能(见图 5)。

本次测试设置采样率为 250 Hz,采集完成一组 192 道自然电位数据时间约为 32 s,每一组数据会生成一个原始数据文件,从日志信息可以看到已经接收了 4 365 个文件,仪器已经连续采集工作了 97 h,稳定性良好。

从原始数据曲线看,可以发现较强的 50 Hz 工频干扰,通过数据求平均值处理后,工频干扰受到压制,获得了真实的自然电位信号(如单曲线图所示),通过与万用表直流档测量结果对比,发现本软件处理后的自然电位测量结果与万用表测量结果一致,证明采集软件功能正常,达到了预期效果。



图 4 Android 端 APP 页面框架

Fig. 4 Android APP page frame

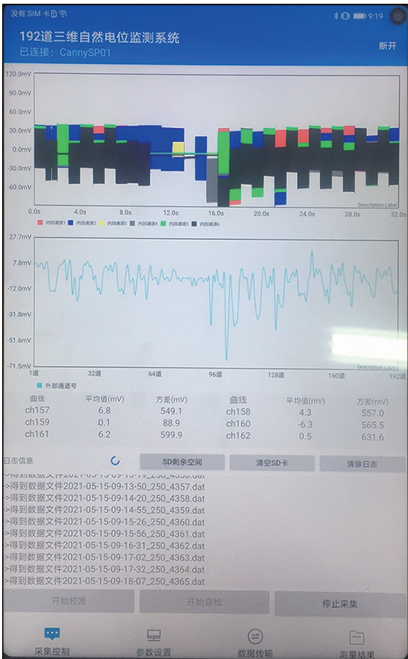


图 5 软件实测

Fig. 5 Actual measurement of the software

4 结论

192 道三维自然电位监测仪器对同一个自然电位电极采样间隔为 32 s,可以满足地质微生物自然电场监测短时变化需求;通过测试可以看出仪器稳定性良好,可以长时间进行自然电位监测,电然电位

监测数据全部保存在文本文件中,可以通过其他软件对长时变化进行专门分析。

192 道三维自然电位监测系统软件具有人机交互效果好、操作简单的优点,具有无线传输、长时间监测、实时数据可视化的优势,可直接安装在 Android 手机上,大大提高地球物理仪器工作的灵活性和可操作性。

参考文献 (References):

[1] 汤洪志,邓居智. 电法勘探[M]. 北京:地质出版社,2015.
Tang H Z, Deng J Z. Electrical exploration [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015.

[2] Maineult A, Bernabe Y, Ackerer P. Electrical response of flow, diffusion, and advection in a laboratory sand box [J]. Vadose Zone Journal, 2004, 3(4): 1180–1192.

[3] Revil A, Linde N. Chemico-electromechanical coupling in micro-porous media [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2006, 302(2): 682–694.

[4] 刘庆杰,汤洪志. 自然电位法在层间氧化带砂岩型铀矿的应用研究——以新疆伊犁地区洪海沟矿床为例[J]. 西部探矿工程, 2018, 30(3): 129–130, 134.
Liu Q J, Tang H Z. Application of self-potential method in sand-stone uranium deposits in interlayer oxidation zone: A case study of Honghaigou deposit in Yili area, Xinjiang [J]. Exploration Engineering in West China, 2018, 30(3): 129–130, 134.

[5] 姜春露,汪根强,郑刘根. 基于自然电位的充填裂隙溶质运移特征试验研究[J]. 工程科学与技术, 2020, 52(4): 89–96.
Jiang C L, Wang G Q, Zheng L G. Experimental study on solute transport characteristics of filling fissure based on self-potential [J]. Engineering Science and Technology, 2020, 52(4): 89–96.

[6] 姜佳宁,吴利军,徐磊,等.地震观测仪器自动监控软件设计与实现[J].地震地磁观测与研究,2019,40(4):167-175.
Jiang J N,Wu L J,Xu L,et al. Design and implementation of automatic monitoring software for seismic observation instruments [J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research,2019,40(4):167-175.

[7] 席玉萍.音频大地电磁仪数据采集软件[C]//中国地球物理学会第二十三届年会,2007.
Xi Y P. Audio magnetotelluric data acquisition software [C]// Proceedings of the 23rd Annual Meeting of Chinese Geophysical Society,2007.

[8] 张昌银,李蛇根.地球物理探测仪数据采集的新型智能化处理探究[J].科技创新与应用,2019(9):43-44.
Zhang C Y,Li S G. Exploration of new intelligent processing of geophysical sounder data acquisition [J]. Science & Technology Innovation and Application,2019(9):43-44.

[9] 关玉东.基于 Android 平台的物探测量辅助软件平台研发[J].物探装备,2015,25(5):326-328,333.
Guan Y D. Research and development of auxiliary software platform for geophysical prospecting and measurement based on Android platform [J]. Geophysical Prospecting Equipment,2015,25(5):326-328,333.

[10] 戴波,王大伟,江昊琳,等.基于 Android 平台的地震设备维修管理系统[J].地震地磁观测与研究,2016,37(2):153-156.
Dai B,Wang D W,Jiang H L,et al. Seismic equipment maintenance management system based on Android platform [J]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research,2016,37(2):153-156.

[11] 贾鲁.基于 Android 平台的重力垂直梯度解算软件的开发[A].国家安全地球物理丛书(十一)——地球物理应用前沿[C].中国地球物理学会国家安全地球物理专业委员会、陕西省地球物理学会军事地球物理专业委员会:中国地球物理学会,2015.
Jia L. Development of gravity vertical gradient computing software based on Android platform [A]. National Security Geophysics Series (11)—Frontier of Geophysical application [C]. National Security Geophysics Professional Committee of Chinese Geophysical Society, Military Geophysics Professional Committee of Shaanxi Geophysical Society: Chinese Geophysical Society,2015.

[12] 柳建新,严发宝,苏艳蕊,等.便携式近地表频率域电磁法仪器研究现状与发展趋势[J].地球物理学报,2017,60(11):4352-4363.
Liu J X,Yan F B,Su Y R,et al. Research status and development trend of portable near surface frequency domain electromagnetic instrument [J]. Chinese Journal of Geophysics,2017,60(11):4352-4363.

[13] 冯生强.基于 Android 平台的折/反射兼容地震仪器控制系统[C]//2016 智能城市与信息化建设国际学术交流研讨会论文集 III,《智能城市》杂志社、美中期刊学术交流协会:旭日华夏(北京)国际科学技术研究院,2016.
Feng S Q. A folding/reflection compatible seismic instrument control system based on Android platform [C]//Smart City Magazine, US-China Journal Academic Exchange Association. 2016 International Academic Exchange Symposium on Smart City and Information Construction III, Smart City Magazine, US-China Journal Academic Exchange Association: Rising Sun Huaxia (Beijing) International Academy of Science and Technology,2016.

[14] 文尚石,汤井田,裴婧,等.基于 Android 平台的广域电磁接收机采集监控软件研究与实现[J].地球物理学进展,2018,33(2):866-873.
Wen S S,Tang J T,Pei J,et al. Research and implementation of wide area electromagnetic receiver acquisition and monitoring software based on Android platform [J]. Progress in Geophysics,2018,33(2):866-873.

[15] 严超,陈儒军,申瑞杰,等.分布式多通道电法电磁法数据同步采集系统[J].地球物理学进展,2021,36(4):1743-1750.
Yan C,Chen R J,Shen R J,et al. Distributed multi-channel electromagnetic data synchronous acquisition system [J]. Progress in Geophysics,2021,36(4):1743-1750.

Development of the Android-based measurement and control software for a 192-channel spontaneous potential monitor

LIU Zhi-Tong^{1,2}, CHEN Ru-Jun^{1,2,3,4}, CUI Yi-An^{1,2,3,4}, WANG Xiao-Jie^{1,2}, WANG Zi-Hui^{1,2}, LIU Jin^{1,2}

(1. School of Geosciences and Info-physics, Central South University, Changsha 410083, China; 2. AIoT Innovation and Entrepreneurship Education Center for Geology and Geophysics, Central South University, Changsha 410083, China; 3. Hunan Key Laboratory of Nonferrous Resources and Geological Disaster Exploration, Changsha 410083, China; 4. Key Laboratory of Metallogenic Prediction of Nonferrous Metals and Geological Environment Monitoring, Ministry of Education, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: In order to meet the requirements of portable, intelligent and long-term automatic monitoring of 192 channel spontaneous potential monitor, the shortcomings of the acquisition and control equipment of current electrical exploration instruments in man-machine interaction, endurance and portability are solved. In this paper, the acquisition and control software based on Android platform is designed by combining Bluetooth, Wifi and other IoT technologies with geophysical instruments. After testing, the software function is efficient, the data transmission quality is good, the software runs stably. In the practical application of natural electric field signal detection of geological microorganisms, the performance is stable and can be monitored continuously for more than 36 h. The data acquisition accuracy is high, and the visualization effect is good, so it has strong practical application value.

Key words: spontaneous potential monitor; Android; measurement and control, software development