

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2106363

# 基于北斗短报文通讯的蓄电池监测系统设计\*

王君瑞 向上 郭腾 吴新举 代丽

(北方民族大学 电气信息工程学院 银川 750021)

**摘要:** 新能源系统中的蓄电池工作于荒野环境中,其数据远程监测常基于 GPRS 等无线通信方式实现,这种传输方式需要架设专属基站,成本较高。北斗短报文通讯通过卫星实现数据传输,无需架设基站。基于上述情况设计了一种基于北斗短报文通讯的蓄电池监测系统,系统由监测终端、北斗接收机、远程监测云平台组成。针对数据采集、数据监测与北斗短报文通讯的软硬件需求,给出了对应的设计思路与实现方案。同时考虑到荒野环境对卫星通讯的影响,提出了一种基于数据备份的传输差错控制方法以提高其传输可靠性。最后通过实际测试验证,该系统能有效的传输监测数据并对蓄电池进行定位,维护人员可通过云平台实时监测数据,降低远程监测的建设与维护成本。

**关键词:** 荒野环境;蓄电池数据远程监测;北斗短报文通讯;数据传输差错控制;云平台;定位

**中图分类号:** TM912;TP274 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510

## Design of battery monitoring system based on Beidou short message communication

Wang Junrui Xiang Shang Guo Teng Wu Xinju Dai Li

(School of Electrical Information Engineering, North Minzu University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** The battery in the new energy system works in a wilderness environment, and its remote data monitoring is often realized based on wireless communication methods such as GPRS. This transmission method requires the establishment of a dedicated base station, which is costly. Beidou short message communication realizes data transmission through satellite, without the need to set up a base station. Based on the above situation, a battery monitoring system based on Beidou short message communication is designed. The system is composed of a monitoring terminal, a Beidou receiver, and a remote monitoring cloud platform. Aiming at the software and hardware requirements of data collection, data monitoring and Beidou short message communication, corresponding design ideas and implementation schemes are given. At the same time, considering the influence of the wilderness environment on satellite communication, a transmission error control method based on data backup is proposed to improve its transmission reliability. Finally, it is verified by actual tests that the system can effectively transmit monitoring data and locate the battery. Maintenance personnel can monitor the data in real time through the cloud platform, reducing the construction and maintenance costs of remote monitoring.

**Keywords:** wilderness environment; remote monitoring of battery data; Beidou short message communication; data transmission error control; cloud platform; positioning

## 0 引言

近年来随着能源互联网的高速发展,新能源发电系统逐渐成为了能源互联网的重要组成部分,蓄电池则是使新能源发电系统稳定运行的关键设备,发挥着稳定系统母线电压的重要功能。考虑到蓄电池多处于恶劣环境中,影响蓄电池正常运行的因素多变且复杂。为了保证蓄电池的可

靠运行以及使用寿命,每个蓄电池需要进行实时远程监测,以便维修人员及时发现并更换异常蓄电池<sup>[1-3]</sup>。日前为了实现蓄电池的状态进行实时监测,主要通过 GPRS 通讯,搭建专用基站实现数据上传。这种方式建设困难、基建成本以及后期维护高,尤其是在沙漠、海洋这样的荒野环境下。同时地形的变化加大了维修人员快速定位异常设备的难度<sup>[4-6]</sup>。

收稿日期:2021-04-12

\* 基金项目:宁夏自然科学基金项目(2019AAC03123)、2019年宁夏重点研发计划(沿黄试验区科技创新专项)项目(2019BDE03010)资助

为了解决上述问题,同时考虑到我国自主研发的北斗导航卫星系统三号系统已经开始运用于我国各个民用领域<sup>[7-11]</sup>。其提供的短报文通讯服务可以实现对蓄电池监测数据的远程传输,提供的无源导航服务可以实现对蓄电池的精确定位。此外,北斗通讯的传输距离不受地域限制,传输成本低<sup>[12-14]</sup>。所以利用北斗通讯方式实现对荒野环境中的蓄电池进行远程监测是一种性价比较高的方案。基于上述思路设计了一种包含监测终端,通讯主站,云平台的监测系统<sup>[15]</sup>。在考虑到传输差错控制问题的前提下,实现了对蓄电池数据、位置信息的实时监测。

### 1 总体设计方案

基于北斗通讯的蓄电池监测系统采用远程终端单元(RTU)主从站的设计思路<sup>[16-17]</sup>,整体系统架构如图1所示,将蓄电池监测终端与北斗通讯模块作为从站负责监测数据采集、北斗短报文发送、北斗通讯差错控制等,北斗接收机作为RTU主站用于接收从站发送数据,实现北斗协议向TCP/IP协议的转换。因为民用三级北斗通讯卡只支持频次为每分钟一次的发送频率。所以考虑到差错控制过程的用时。每个北斗接收机负责40个监测终端的数据上传。最后由云平台将监测、定位数据保存至数据库并显示于前端。

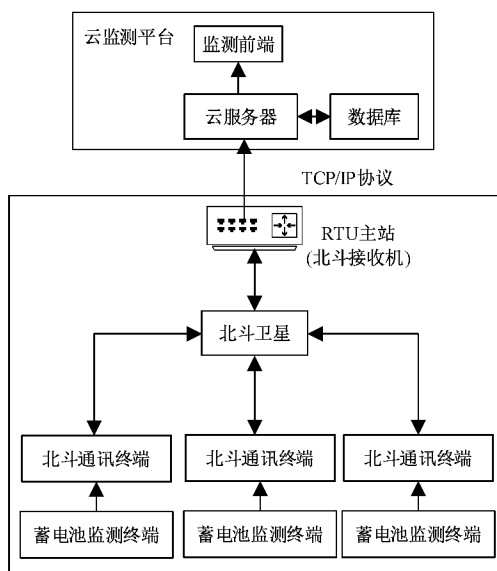


图1 基于北斗通讯的蓄电池监测系统整体架构

### 2 系统硬件设计

#### 2.1 监测终端结构设计

系统硬件包括监测终端与北斗接收机两大部分。其中北斗接收机主要通过软件实现数据传输差错制。而监测终端的功能实现则与硬件电路设计密切相关。监测终端主控制器选用STM32F407,包括蓄电池充放电模块、数据采集模块、北斗通讯模块、电源模块、数据备份模块、显示模块,如图2所示。其中电源模块用于配合蓄电池为整个监测终

端各模块供电,显示模块由可变静态存储控制器(FSMC)结合液晶显示屏用于显示采集数据,数据备份模块采用SD卡作为存储介质在传输中断时暂存数据。

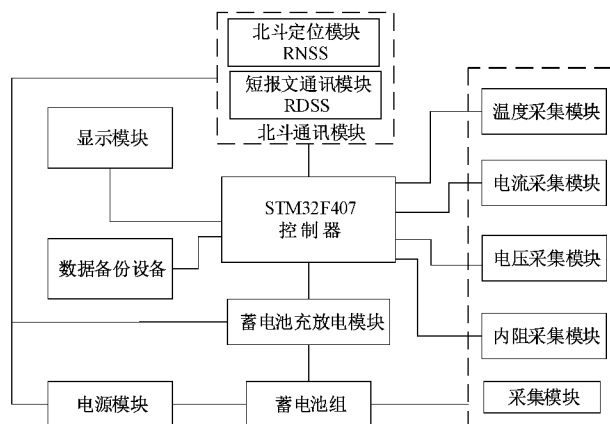


图2 监测终端硬件架构

监测终端充放电主电路以非隔离型 Buck-Boost 作为基本设计思路。功率开关器件选用场效应管 IRF3205。控制芯片通过改变发出的 PWM 信号占空比驱动一对场效应管,从而实现能量的双向流动。

监测终端数据采集包括蓄电池充放电电流、蓄电池端电压、内阻、温度4种数据,其中蓄电池充放电电流通过霍尔元件获得,端电压通过分压电路获得,温度利用温度传感器 MF52-B3950 获得。但蓄电池内阻的变化是蓄电池健康判断的直接依据,误差需要保持在毫欧级以内。其结果受充放电电流等多种因素干扰。因此本系统采用四端子交流注入法测量,该方法可以在避免上述问题的前提下实现对蓄电池内阻的实时采集。

#### 2.2 蓄电池充放电主电路

考虑到实验蓄电池参数,充放电主电路以非隔离型 Buck-Boost 作为基本设计思路。功率开关器件  $Q_1$ 、 $Q_2$  选用场效应管 IRF3205。单片机通过改变发出 PWM 信号的占空比实现驱动场效应管实现能量的双向流动。其电路设计如图3所示。

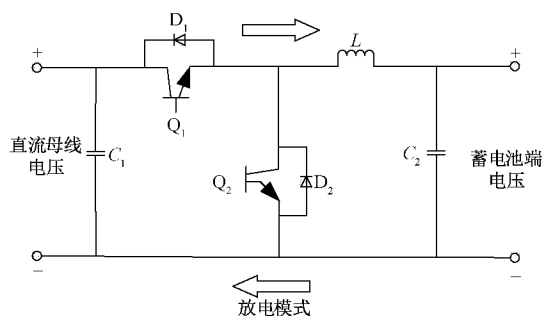


图3 蓄电池充放电主电路电路设计图

#### 2.3 采集模块电路

##### 1) 蓄电池电压采集电路

蓄电池电压测量电路特指采集蓄电池工作状态时的端

电压,这与电池健康工作状态密切相关。通过分压电路配合 LM3581 电压跟随器以实现对充电两端电压数据采集,如图 4 所示。接着采用 ADS1115 芯片实现对信号的模数转换,该芯片内置超小型 16 bit 的高精度模数转换器(ADC)。将蓄电池端的电压信号通过 V1、V2 两个端口输入到 ADS1115 中,与芯片中的基准电压 AVDD(本文设定为 6.048 V)作对比,得到对应电压。通过模数转换电路将模拟信号转换成数字信号,最后通过 I<sup>2</sup>C 端口,把数字信号传送给单片机,其中模数转换模块如图 5 所示。

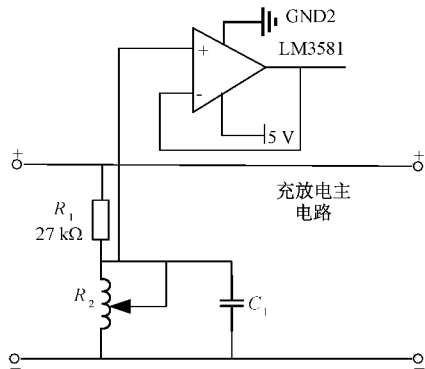


图 4 蓄电池电压信号采集电路

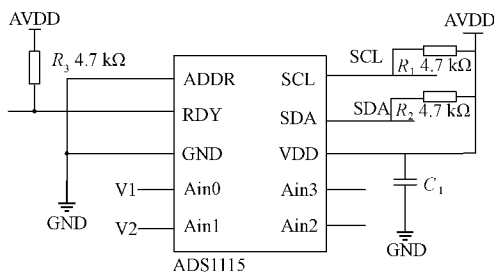


图 5 蓄电池电压信号模数转换电路

### 2) 蓄电池电流信号放大电路

蓄电池电流测量电路与电压采集电路设计思路一致,通过在主电路设置采样电阻结合放大电路与电压跟随电路测得电流,接着经过 A/D 转换将得到电流信号电压送到单片机中,根据已知固定电阻计算得到电流,这里主要说明用于放大、转换电流信号电路,如图 6 所示。本文选用 INA213 芯片,它是电流检测运算放大器。INA213 可以将基准电压 2.5 V 和电阻  $R_0$  放大 50 倍后的电压相加,最后将得到的电压送入单片机,计算得到电流。

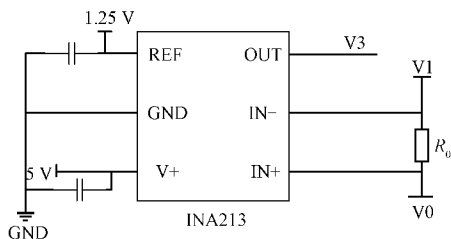


图 6 蓄电池电流测量电路

### 2.4 北斗短报文通讯模块

北斗通讯模块包括两大部分,1)是 RD0538D 北斗卫星无线电台定位系统(RDSS)单模模块,RDSS 通过与卫星进行交互通讯实现定位即有源定位,同时 RDSS 提供短报文通讯功能,该模块的设计框图如图 7 所示。2)是 JS-U810 多模定位模块用于实现卫星无线电导航业务(RNSS)即无源定位。

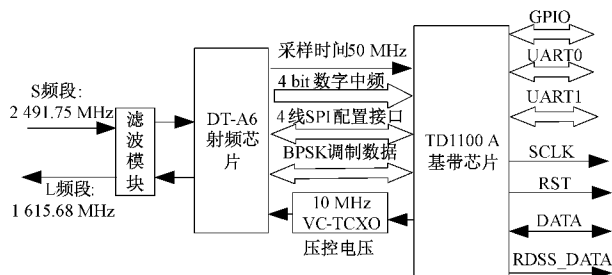


图 7 RDSS 北斗短报文通讯模块设计框图

该芯片支持北斗/GPS/GLONASS 多种定位导航系统,用于实现本系统的定位功能。

RDSS 北斗短报文通讯模块是实现监测系统数据传输的关键,通过基带信号调制解调配合北斗通讯射频信号生成实现。其中基带信号的调制解调主要利用 TD1100A 芯片完成。芯片通过异步通讯与控制器进行基带信号的交互。收发数据时,作为中间件将基带信号与中频信号进行相互转换。

射频信号由 DT-A6 射频通讯芯片配合外围射频信号处理电路以实现。当发送数据时,芯片将基带中频数字信号进行进一步 BPSK 调制至北斗发射载波频段  $1\ 615.68 \pm 4.08$  MHz,最后通过整形、滤波,经过外围射频电路滤波放大由发射天线发向卫星;当接收数据时,天线通过监听北斗通讯射频载波频段  $2\ 491.75 \pm 4.08$  MHz,再将信号通过低噪声放大器放大传入芯片,芯片内部对信号进行混频、中频滤波、模数转换等处理,最后输出 2 bit 或 4 bit 的数字中频信号至基带信号处理芯片。

### 2.5 数据备份模块设计

据备份模块采用 SD(secure digital card)安全数码卡作为存储设备,SD 卡一般支持 SPI 通讯 SDIO(secure digital input and output)安全数字输入输出接口两种数据传输方式,目前很多小卡即 TF 卡不支持 SPI 访问。因此使用 SDIO 实现数据读写是一种较为通用的方式,同时 STM32 也提供了对应的 SDIO 控制器模块,该模块包含 SDIO 适配器模块和 APB2 总线接口,使用时只需要将 SDIO 适配器输出接口与 SD 卡对应连接即可,SDIO 适配器如图 8 所示。

### 3 系统软件设计

监测终端所需要实现的功能主要包括充放电控制、北斗通讯、采集参数显示。因此采用多线程的设计思路进行设计,具体控制流程如图 9 所示。

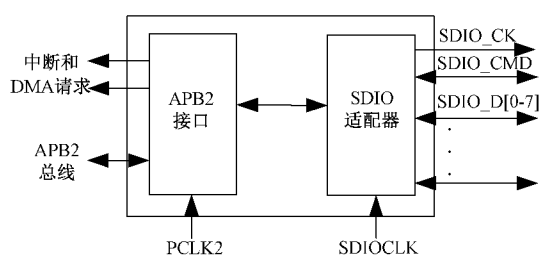


图8 STM32F407 SDIO 适配器结构

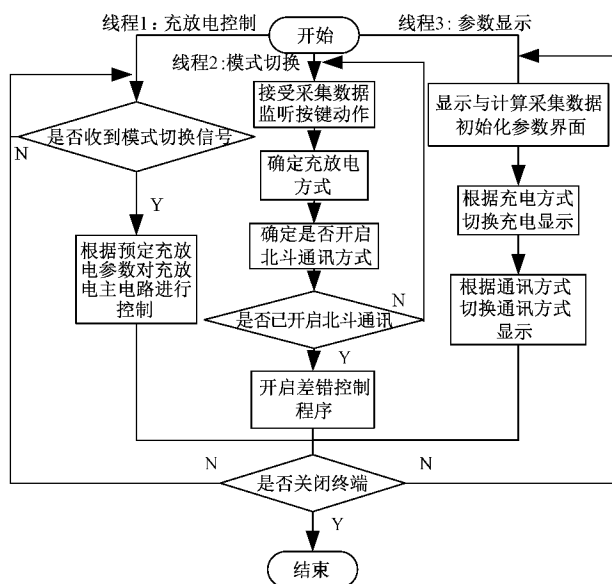


图9 监测终端软件控制流程

线程1用于充放电控制，当线程2监听到按键动作时，线程1则会根据线程2给出的模式切换信号，驱动功率器件实现充放电控制。

线程2用于监听按键动作以实现充放电模式的切换以及通信开关的控制。线程2作为主要逻辑判断线程，首先需要将实时采集数据供充放电控制参数计算以及参数显示使用。接着会根据按键信号确定充放电方式，同时判断北斗通讯及其差错控制程序是否开启，当关闭北斗通讯时，保持备份数据更新并继续监听按键动作。

线程3用于将接收的采集数据在显示屏上显示，包括蓄电池状态、北斗定位信息、充放电信息以及网络状态。其中蓄电池状态参数还包括蓄电池荷电状态SOC (state of charge)，该项参数高低直接影响蓄电池充放电的需求判断，这里采用安时积分法进行实现。具体计算方式如下：

$$SOC = \frac{Q}{Q_N} = SOC_0 \pm \int \frac{\eta I}{Q_N} dt \quad (1)$$

式中： $Q$ 为剩余容量， $Q_N$ 为额定容量， $SOC_0$ 为初始荷电状态， $\eta$ 为充放电效率， $I$ 为充放电电流。

### 3.1 北斗通讯模块协议

RDSS短报文通讯模块在上电以后，首先完成硬件复

位和软件初始化，并在4s内完成通讯卫星锁定，并采用北斗通讯协议进行通讯。本设计采用北斗RDSS2.1协议，可以同时处理10个波束。通讯强度更高。北斗短报文收发信息时，主要使用以下3步及其关键参数进行通讯，举例如下。

1) 发送信息时，需要给RD模块发送语句：

\$ CCTXA,0951147,1,2,A4B7B6B1B1F6C6C65668\*7C

其中CCTXA为发送短报文指令关键字；“0951147”一收件人地址；第1个“1”一普通通信，另外还可选特快通信；第2个“2”一混合传输即字母和汉字，另外可选字母传输和汉字传输；“A4+编码内容”为短报文主体，内容以A4作为段头用于解析，之后则为字母转化的ASCII码以及汉字转化的unicode码；“7C”一异或校验字节。

2) 卫星向客户端回复是否成功发送语句：

\$ BDFKI, TXA, Y, Y, 0, 0060 \* 15

其中“BDFKI”为回复指令关键字；“TXA”一通信申请的关键字；第1个“Y”指示发射成功，对应的“N”表示失败；第2个“Y”Y指示频度设置成功；“0”发射未受到抑制，“0060”表示需要等待时间，单位为s。“15”一异或校验字节。

3) 经过几秒以后，卫星就会转发信息给RD接收模块，如下：

\$ BDTXR,1,0951147,2,A4B7B6B1B1F6C6C65668\*56

其中“BDTXR”为通信回复指令；“1”表示普通通信；“0951147”为发信人地址ID；后续与发送时内容一致“2”表示混合传输；“A4……”为短报文内容；“56”一异或校验字节。

除此之外还可以通过该协议实现对波束强度读取、定位申请、当前时间获取等。

### 3.2 监测终端传输差错控制

荒野环境下终端收发数据极有可能遇到通讯中断等异常情况，本设计采用对数据进行备份，待通讯恢复进行补发的方式实现对传输的差错控制。备份补发方式分为长时备份与短时备份两种，根据通讯状态来决定是否切换备份方式。正常通讯时采用短时备份，每5min更新一次所备份数据，当通讯中断时，备份方式从短时备份切换为长时备份，停止备份数据更新，当通讯状态再次判断为通时，将发送方式设置为补发模式，补发时利用所有带宽进行数据补发，直到补发完毕重新切换为短时备份。综上，终端软件流程如图10所示。

### 3.3 北斗数据接收端协议转换实现

北斗数据接收端在收到数据以后，需要将信息重新封装成TCP/IP协议帧，以便可以通过以太网上传云平台。为了简化协议转换设备。因此采用LWIP(light weight internet protocol)协议栈编写TCP/IP协议通讯接口，以便嵌入北斗接收端硬件控制芯片中。LWIP对内存管理的方式有内存池memp和内存堆mcm两种分配策略本设计采

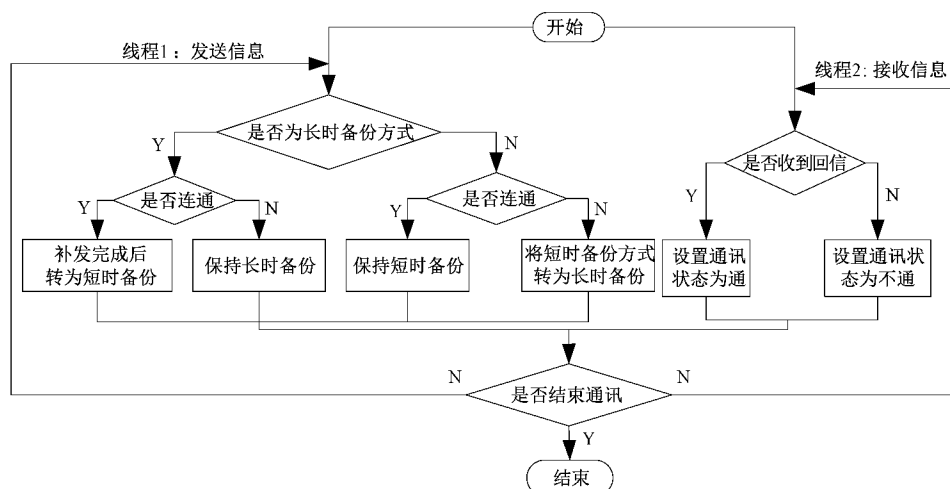


图 10 监测终端数据传输差错控制流程

用基于内存池内存分配策略实现,如图 11 所示为内存池的结构连接图,其特点是预先设定一定大小的内存块,利用链表和地址对内存行管理和释放。其优势在于速度快。缺点是内存块大小固定,由于链表会占用多余的空间,通讯超阈值时容易造成内存溢出。

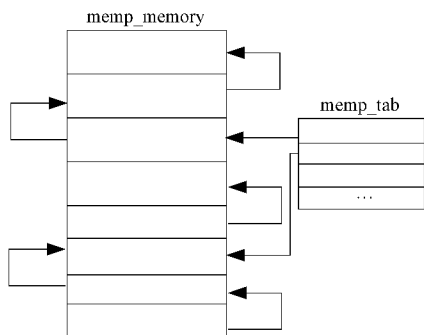


图 11 LWIP 内存池管理结构

### 3.4 蓄电池远程监测云平台

北斗接收机接收到监测端发送信息以后,会将数据包为 JSON 格式,利用 TCP/IP 协议栈 LWIP 将数据包发送至云平台。云平台框架设计如图 12 所示,云平台后端采用 Springboot 框架,利用 JPA 持久层与数据库进行连接,并通过数据序列化传送到前端。前端采用 Layui 设计框架进行开发,可显示多个蓄电池监测数据。借助北斗定位数据结合百度地图 API,则可以实现在地图上对所监测的蓄电池进行精确定位,有利于维护人员即时到场维护。

## 4 系统测试

测试现场主要包括监测对象 12 V/5 A 蓄电池、监测终端控制板与显示屏、北斗通讯模块与北斗通讯天线,由于北斗天线的信号强度受周围遮挡物的影响,所以测试位于窗边进行。在荒野环境周围没有遮挡物信号强度则不用考虑。如图 13 所示为监测终端与其他部分的全局连接

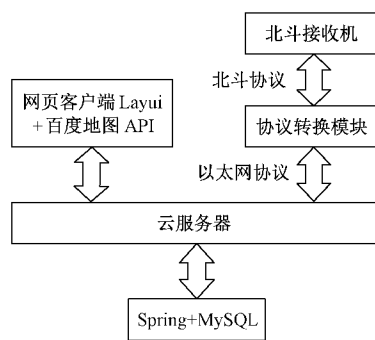


图 12 云平台框架设计

图,其中监测终端控制板与蓄电池相连的主要有给蓄电池充放电的主电路、蓄电池端电压的采集信号线、蓄电池内阻采集信号线。另外北斗通讯天线与北斗模块包括 3 条信号传输线分别为上下行短报文通讯传输线,以及定位数据传输线。

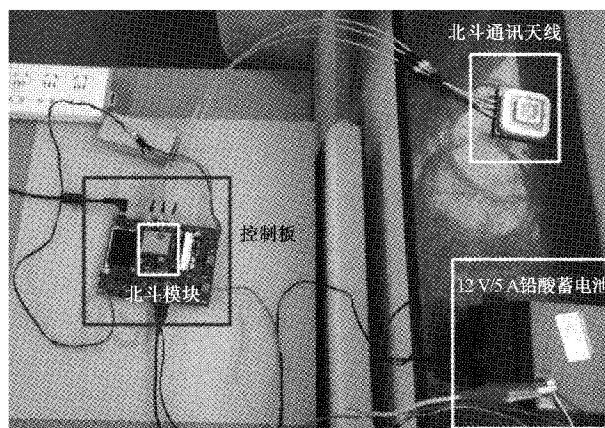


图 13 监测终端全局连接图

当监测终端正常运行时,可通过监测终端观察蓄电池状态,如图 14 所示。也可以通过浏览器远程访问数据监测云平台,显示如图 15 所示,监测页面可同时监测多个电

池,主要包括蓄电池容量、内阻、温度、电压、电流、充放电状态、健康状态、记录时间等信息。

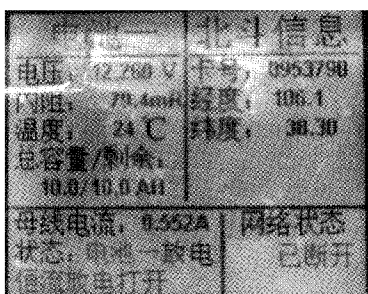


图14 监测终端显示结果

电压/mV	内阻/mΩ	温度/°C	总电流/mA	充/放	健康状态	时间	容量/mAh
14152	102	23	680	charge	健康	2020-07-17 09:07:26	9830
14151	104	23	707	charge	健康	2020-07-17 09:06:16	9829
14148	103	22	755	charge	健康	2020-07-17 09:05:05	9828
14136	104	22	856	charge	健康	2020-07-17 09:04:54	9827
13932	136	23	1051	charge	健康	2020-07-17 09:03:44	9825
11717	102	23	535	Out	健康	2020-07-17 09:02:11	9826

图15 蓄电池性能参数显示页面

页面显示本次测试初始为放电模式即“out”,电流数值与终端预设放电电流值0.5A一致,随后切换充放电状态为“charge”,此时容量稳定上升,证明终端充放电运行正常。同时通过记录时间可以判断记录频次基本为1min,与北斗通讯频次基本一致。证明所有监测数据在上传后正确地保存至数据库。测试结果证明系统所设计的软硬件工作正常,北斗通讯模块能够稳定地将监测终端采集的数据实时传输至云平台实现对蓄电池的远程监测。

接下来访问地图定位页面,验证北斗上传终端定位精度,具体如图16所示,左侧为百度定位显示,右侧为定位数据,每次开机时定位芯片需要进行初始化,所以可以观察到开机后系统有一段时间无法提供定位信息。定位系统与数据监测系统一致可以记录每一次定位信息并保存至数据库,在当前页面可以通过点击“定位”进行显示详细位置。

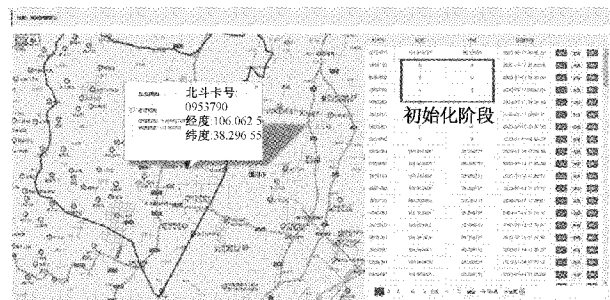


图16 蓄电池定位页面

## 5 结 论

本文以荒野环境下蓄电池组状态监测为研究背景,重点研究设计了将数据采集与北斗通讯相结合的监测终端,以及用于监测蓄电池状态数据与位置的云平台。同时考虑到荒野环境问题,提出了利用存储备份装置进行重传的传输差错控制方法,提高了数据传输的可靠性与可用性。

最后通过测试,证明本监测终端与数据监测云平台工作正常时。完全满足上述要求。系统能够保证荒野环境中的蓄电池的安全使用,同时延长了蓄电池最大使用寿命,降低了蓄电池远程监测的建设成本与人工维护成本。

## 参考文献

- [1] 曾鸣,杨雍琦,刘敦楠,等. 能源互联网“源-网-荷-储”协调优化运营模式及关键技术[J]. 电网技术, 2016, 40(1):114-124.
- [2] 王鹏程,朱长青. 基于STM32的低功耗无线电池监测系统[J]. 电测与仪表, 2020, 57(6):114-119.
- [3] 张成文. 低压台区用电信息采集技术研究[J]. 电子测量技术, 2019, 42(15):139-143.
- [4] HOU Y, ZHAN C, ZHOU Y, et al. The key technology of power Beidou communication module based on electric energy data acquisition[J]. 2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference(IMCEC), 2018:1081-1084.
- [5] 王君瑞,向上,单祥,等. 基于GPRS的蓄电池组云监测系统[J]. 电源技术, 2020, 44(6):905-907.
- [6] 徐政,刘滨,熊强,等. 多地区太阳能资源的监测与分析[J]. 太阳能学报, 2020, 41(10):174-181.
- [7] 王尔申,丛笑林,徐嵩,等. 基于ADS-B报文的“北斗”便携式终端实现[J]. 电讯技术, 2020, 60(2):229-233.
- [8] 刘水,蔡文,周奇,等. 基于无线通信技术的电动汽车智能充电管理系统[J]. 电测与仪表, 2018, 55(S1):90-93.
- [9] GONG Y, FAN S, LUO L, et al. Research on the online monitoring data transmission technology based on Beidou communication [J]. 2018 IEEE 18th International Conference on Communication Technology (ICCT), 2018: 660-663.
- [10] 姚仰平,王俊博. 北斗卫星定位在机场高填方远程变形监测中的应用[J]. 岩土力学, 2018, 39(S1):419-424.
- [11] 周文婷,王涛,袁鸣峰,等. 基于北斗短报文通信的用电信息采集系统的研制[J]. 电力自动化设备, 2017, 37(12):211-217.
- [12] 陈慧,谭志强,鲍捷. 基于北斗短报文通信的新能源监测系统[J]. 电测与仪表, 2020, 57(19):78-85.

- [13] 曲加圣,王嘉鑫.一种用于人员海上救生的北斗信标设计与实现[J].电子测量技术,2019,42(19):63-68.
- [14] 郭树人,蔡洪亮,孟铁男,等.北斗三号导航定位技术体制与服务性能[J].测绘学报,2019,48(7):810-821.
- [15] 袁龙,栗维勋,李一鹏,等.基于云平台的智能电网监测体系研究[J].电测与仪表,2020,57(23):87-91.
- [16] 张佳倅,陈小惠,杨焱存.网络化蓄电池运行参数在线监测系统的设计[J].电子测量与仪器学报,2014,28(2):177-183.
- [17] 刘保罗,孙泽宇.油井工况多参数传输系统 RTU 的设计与实现[J].西安石油大学学报(自然科学版),2020,35(6):119-123.

### 作者简介

王君瑞,教授,主要从事电力电子变换器、风光发电技术的研究。

E-mail:jr09110111@163.com

向上,硕士研究生,主要研究方向为嵌入式与远程监测。

E-mail:up\_shang@126.com

郭腾,硕士研究生,主要研究方向为蓄电池充放电技术。

E-mail:1176870385@qq.com

吴新举,硕士研究生,主要研究方向为蓄电池故障检测。

E-mail:1327314860@qq.com

代丽,硕士研究生,主要研究方向为微电网控制技术。

E-mail:2651833729@qq.com