

北斗通信模块在盐湖水文采集系统中的应用

李建波¹, 陈亮², 房毅卓¹

(1. 广东机电职业技术学院, 广东 广州 510515; 2. 中国科学院青海盐湖研究所, 中国科学院盐湖资源综合高效利用重点实验室, 青海 西宁 810008)

摘要: 无公网覆盖的偏远地区是盐湖水文数据采集的一个难题。介绍了一种基于北斗短报文通信的北斗模块盐湖水文采集系统, 系统包括主站点和若干个子站点。子站点中设备按照北斗报文规定通信协议, 配置北斗模块的波特率, 完成时间查询、数据通信功能。子站点中北斗模块在设备控制下和主站点中北斗模块进行数据通信, 主站点中北斗模块接收到信息后转发给接收设备, 接收设备进行数据拆包, 转发给手机存储、检测。以西台盐湖地区采集系统为例, 分析一年来水温、水位和太阳辐射等数据, 剖析北斗模块盐湖水文采集系统在目前应用中存在问题以及保障措施。

关键词: 盐湖; 数据采集; 北斗通信; 通信协议

中图分类号: TN927.23

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2021)04-0074-07

我国盐湖主要分布在青海、西藏、新疆、内蒙古四个省区, 且以数量众多、类型齐全和分布面积大而闻名于世, 全国大于1 km²的盐湖有1 000多个。盐湖不仅具有极其丰富的石盐、芒硝、石膏、天然碱、硼盐、钾盐、镁盐及锶盐等固体盐矿, 而且盐湖卤水中还富含钾、硼、锂、镁、铷、铯、溴等60多种有用液体化学组分, 以及具重要经济价值与科学意义的生物资源。盐湖地区大部分地处于无公网覆盖的偏远地区, 采用人工采集盐湖水文数据工作量大, 在恶劣天气甚至无法进行数据采集, 迫切需要自动采集数据以促进科学研究和绿色开发。近年来, 北斗卫星导航系统在亚太地区的导航定位、短报文通信正式投入运行, 短报文通信覆盖范围大, 可实现点对点、多点对多点的双向数据传输。结合前人根据盐湖特点改进传感器及在盐湖卤水中的使用情况分析^[1], 本文研制北斗模块盐湖水文采集系统, 主站点在实验室, 子站点分布在需要监测盐湖水文数据位置, 长期实时传递盐湖水文到主站点, 为科研人员提供盐湖水文数据,

支持盐湖开发。

1 基于北斗模块通信系统构成

北斗模块构成的盐湖水文数据采集通信系统主要由一个主站点和若干个子站点构成^[2], 如图1所示。主站点主要由一个北斗模块(卡号: 307760)、电源供电部分、数据转发部分和手机接收部分构成。子站点主要由太阳能电池板、锂电池、控制器、北斗模块(例如卡号: 307761)等构成。

2 北斗模块通信系统工作原理

2.1 子站点定时采集传输

盐湖数据采集普遍采用定时模式, 每个子站点中的控制器内置时钟芯片, 用于控制本站点的数据采集时间点, 并作为当前数据采集的时间数据参数一同存储在数据库中。当到达设定时间(例如一小时整点), 子站点中控制器启动传感器

收稿日期: 2020-10-10; 修回日期: 2020-11-16

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41671521)“基于多源信息融合理论的盐湖综合监测与洪水预警系统研究——以柴达木盆地那陵格勒尾间盐湖为例”

作者简介: 李建波(1973-), 男, 工学博士, 副教授, 主要从事电子科学与技术、家用电子领域的研究、教学和应用工作。Email: 529010397@qq.com。

进行温湿度、高度等数据测量,然后启动子站点中的北斗模块,控制器通过串口将数据发送给北斗模块,北斗模块将数据转发主站点中北斗模块。

主站点中北斗模块,将数据通过串口转发给数据转发模块,数据转发模块处理数据后,转发给手机。

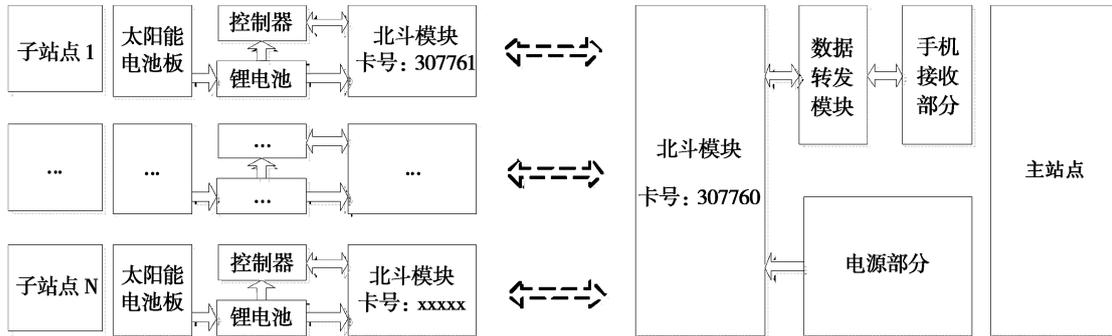


图1 北斗模块盐湖水文采集通信系统

Fig. 1 Salt lake hydrologic collection system

特别说明,主站点的北斗模块可以通过服务器的串口直接将数据传输到服务器,但因北斗模块顶部不能有遮挡物,因此北斗模块安装位置距离服务器比较远,布线不方便。因为在有手机GPRS网络信号的盐湖,站点数据是通过手机发送到服务器的,所以我们专门开发了与手机配套接收程序,先把北斗模块收到的数据进行格式转换,然后通过蓝牙通信发送到手机,再由手机存储数据并通过GPRS网转发的服务器。这样做不仅简化了服务器接收程序,而且当服务器因供电或网络等意外原因不能接收数据时,手机还起到了备份数据的作用。实践证明这个设计在遥测系统的实际使用中是必要的。

2.2 北斗模块通信系统存在问题与保障措施

1) 站点电源问题

北斗模块通信系统中的各个子站点地理环境恶劣,荒无人烟。各个站点之间,长达几十公里,甚至几百公里,供电是很大的问题,而且子站点中北斗模块启动电流大,启动瞬间电流达到3A。

采用了太阳能电池板为大容量锂电池进行供电后,大容量锂电池的瞬间供电电流高达数百安培,为了安全,我们选用了内部设有限流(5A)模块的12V/5000mA·h磷酸铁锂聚合物锂电池,保证子站点中北斗模块正常启动、正常通讯。

2) 数据可靠性问题

北斗民用模块每分钟只能发送1次数据,而

接收不受限制。主站点北斗模块很难应答各个子站点(子站点数量高达300,每小时发送一数据,主站点需要应答300次,技术上难以实现),所以不能采用应答模式,这样就不能保证数据传输的可靠性。各个子站点与主站点因距离问题、天气问题,并不能保证每次数据都能正常接收。为此,子站点中控制器每次采集数据后,将数据以递推方式备份到处理器芯片内部存储器,存储器保存24小时的数据。然后选择大容量锂电池电源充足且阳光强烈的时候(例如每天15:00~17:00),重复发送24组数据。具体步骤,子站点中控制器将24小时内24组数据通过串口发给子站点北斗模块,子站点再转发给主站北斗模块,主站北斗模块接收转发数据到手机,手机过滤掉相同时刻的数据,然后存储到手机TF卡。每小时一组数据需要100字节,每天24小时24组数据,每年按365天计算,每年需要 $365 \times 24 \times 100$ 字节。按照手机TF卡32G容量计算, $32 \times 1024 \times 1024 \times 1024 / (365 \times 24 \times 100) = 39223$ 年,足够保存所有的历史数据。

2.3 站点设备与北斗模块通讯

1) 通讯方式

子站点中北斗模块与子站点中控制器通信方式为串口通讯模式。串口通讯方式是按位进行数据传输的一种通讯方式,这种通信方式使用的数据线少,只需要接收和发送2根数据线,接线简

表 1 子站点中控制器发给北斗模块的协议

Table 1 The agreement of the controller to beidou module in the subsite

单位:字节

功 能	指令/ 内容	长度	用户 地址	信息内容					校验和
定位申请	\$ DWSQ	2	3	信息类别 1	高程数据和天线高 4	气压数据 4	入站频度 2	1	
通信申请	\$ TXSQ	2	3	信息类别 1	用户地址 3	电文长度 2	是否应答 1	电文内容 210	1
串口输出	\$ CKSC	2	3	传输速率:1					1
IC 检测	\$ ICJC	2	3	帧号:1					1
系统自检	\$ XTZJ	2	3	自检频度:2					1
时间输出	\$ SJSC	2	3	输出频度:2					1
版本读取	\$ BBDQ	2	3	(空)					1

表 2 子站点中北斗模块到子站点中控制器

Table 2 The agreement of the beidou module to the controller in the subsite

单位:字节

功 能	指令/ 内容	长度	用户地址	信息内容					校验和		
定位信息	\$ DWXX	2	3	信息类别 1	查询地址 3	T 4	L 4	B 4	H 2	ζ 2	1
通信信息	\$ TXXX	2	3	信息类别 1	发信地址 3	H 1	M 1	电文长度 2	电文内容最长 210	CRC 标志 1	1
IC 信息	\$ ICXX	2	3	帧号 1	通播 ID 3	用户特征 1	服务频度 2	通信等级 1	加密标志 1	下属用户总数 2	1
自检信息	\$ XTXX	2	3	IC 卡状态 1	硬件状态 1	电池电量 1	入站状态 1	波束 1	功率状况	波束 6	1
时间信息	\$ SJXX	2	3	年 2	月 1	日 1	时 1	分 1	秒 1	1	
版本信息	\$ BBXX	2	3	版本信息					1		

单,故障率低、通信成本低^[3]。子站点中控制器到子站点中北斗模块协议见表 1,子站点中北斗模块到子站点中控制器协议见表 2。

2) 配置串口波特率

串口默认传输速率 19200bps,起始位 1,数据

位 8,停止位 1,无校验位,可以通过协议来配置串口波特率^[4]。控制器向北斗模块发出“\$ CKSC + 长度 2 字节 + 用户地址 3 字节 + 传输速率 1 字节 + 校验位 1 字节”,当传输速率为 0x00 表示 19 200,0x01 表示 1 200,0 x02 表示 2 400,0x03 表

示 4 800,0x04 表示 9 600,0x05 表示 38 400,0x06 表示 57 600,0x07 表示 115 200。不同的波特率使得传输更加灵活,如果传输线短,可以采用较高的波特率提高传输速度,缩短传送时间。考虑到子站点中北斗模块与子站点中控制器之间的距离小于 1.5m,我们选择北斗模块默认串口波特率为 19 200 作为北斗模块与子站点中控制器之间的通信波特率。

3)通过查询时间数据确定发送数据时机

实际测试发现,给子站点中北斗模块通电后,连接成功卫星通讯网络的时间是不确定的。在没有确认北斗模块与卫星联网成功时,子站点中控制器通过子站点中北斗模块向主站点中北斗模块发送数据,可靠性比较差,不能保证一定收到数据。为保证数据传输的可靠性,必须在确定北斗模块与卫星联网成功时再向北斗模块发送数据。

从子站点中北斗模块到子站点中控制器协议可知,子站点中控制器向子站点中北斗模块发出时间输出请求的指令为 \$ SJSC,子站点中北斗模块收到该指令后返回“SJXX”到子站点中控制器。

子站点中控制器的数据采集单元和子站点中北斗模块通过串口 2 通信的程序流程如图 2,通信格式:19 200,8,N,1。首先初始化串口 2,然后每隔 10 min 发送时间查询指令给北斗,然后在串口中断中接收数据,分析时间信息。

另外,北斗模块应答时间输出的时间数据还用于校准子站点中控制器的系统时钟,以保证所

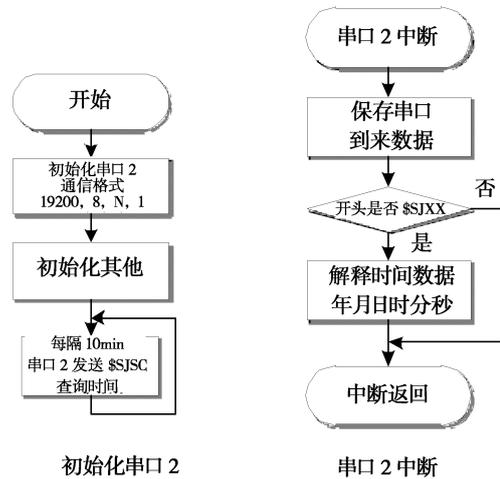


图 2 程序流程图

Fig. 2 Program flow chart

有子站点中控制器的系统时间的准确和同步。为了降低子站点的能耗,各个子站点数据采集系统采用间歇工作方式,子站点传感器单元和北斗模块仅在数据采集期间通电。每次数据采集时,子站点北斗模块必须重新与卫星网络建立连接。实际测试发现,控制器读取北斗模块返回时间年份有可能为 2001(2001 数据是模块出厂初始数据)时,这种情况说明北斗模块与卫星网络没有建立正常的连接。反复读取北斗模块返回时间,确定不是 2001,确认北斗模块与卫星网络建立正常的连接,这时才可以通过北斗模块发送数据,关键代码如下。

```

1  if(! memcmp( pBDCommand1, "$ SJXX", 5)) { //判断北斗回传信息是否包含 $ SJXX,再处理
2      memcpy( hex_str + hexTY, pBDCommand1 + 10, 7); //时间信息从第 10 位开始
3      j = hexTY; //日期
4      temp = hex_str[j] * 256 + hex_str[j + 1]; //年,需要 2 个字节,如 2016
5      if(( temp >= 2018) && ( temp <= 2099)) {
6          Time_flag = 1; } //表示系统已正常联网
7      //其他时间处理代码……
8  }
    
```

4)发送数据通信申请

如果需要通过子站点中北斗模块传递数据,子站点中控制器向子站点中北斗模块发出以

“\$ TXSQ”开头的的数据^[5],子站点中北斗模块转发数据到主站点中北斗模块,主站点中北斗模块收到数据后将数据以“\$ TXXX”开头格式发给手

机,手机保存、转发。

假设子站点中控制器通过子站点中北斗模块(发送端卡号 307761)将“ABC”发往主站点中北斗模块(接收端卡号 307760),数据十六进制格式为:24 54 58 53 51 00 16 04 B2 31 46 04 B2 30 00 20 00 A4 41 42 43 BF,数据解析如下。

24 54 58 53 51: \$ TXSQ
00 16 :长度 22
04 B2 31 :发送端卡号 307761
46 :发送的数据类型
04 B2 30 :接收端卡号 307760
00 20 :发送内容为“ABC”3 个字
符,加发送的数据类型标志,数据总数是 4,放大 8

倍, $4 * 8 = 32$,十六进制是 0x20

00:是否应答

A4:混发格式

41 42 43:发送内容“ABC”

3D:校验位,指从 \$ 符号到校验和前一字节,按字节异或的结果。

5) 主站接收数据的处理

主站点中北斗模块(接收端卡号 307760)接收到子站点中北斗模块(发送端卡号 307761)信息后,将数据以“\$ TXXX”开头打包,然后通过串口发送给接收设备,接收设备通过识别“\$ TXXX”判断是否为数据信息,并转发手机,关键代码如下。

```
1  if(!memcmp(pBDCommand1, "$ TXXX", 5)) //判断北斗回传信息是否包含 $ TXXX,再处理
2      {
3          len = pBDCommand[16] * 0x100 + pBDCommand[17]; //pBDCommand[16]短信长度
4          memcpy(BDSJ + 11, pBDCommand + 18, len); //复制短报文内容
5          //解析信息类别、发信地址、发信时间、短报文内容
6      }
```

3 结论与讨论

3.1 数据采集

将系统安装在西台盐湖地区,获取数据。温度曲线如图 3,太阳辐射如图 4 所示。从图 3 可以看出,2020 年 10 月 22 日最高温度在中午 14:

10 分左右,8.1 摄氏度;最低温度在凌晨 1 点左右,零下 6.9 度。从图 4 可以看出,2020 年 10 月 22 日太阳辐射在中午 14 点至 18:00 之间最大,太阳能电池板获取电能最强,此时可以利用电池板多余能量重复发送前 24 组数据,从而提高数据接收的成功率。通过后台数据分析,接收到有效数据的成功率大于 95%。

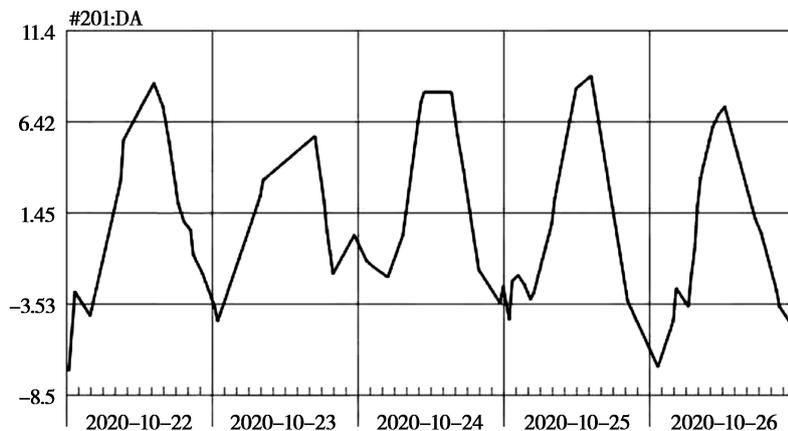


图 3 温度曲线图

Fig. 3 The graph of temperature

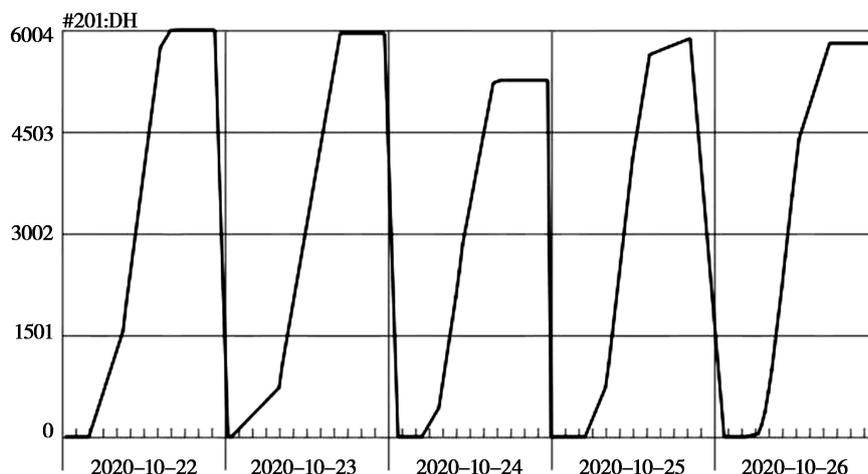


图4 太阳辐射曲线图

Fig. 4 The graph of the solar radiation

3.2 经验

通过这套系统的研发,我们获得的经验如下。

1)采用北斗卫星模块组成数据采集站点,在设计时系统使用的蓄电池必须注意选择蓄电池瞬间放电电流大于3A(锂电池产品厂家为了使用安全,内部加装有限流电路)的产品,蓄电池的使用温度要不低于 -40°C 并采取必要的保温措施。

2)系统研发时测试发现,每隔2 min发送一组数据,一天连续发送720组数据,接收成功率为85%左右,阳光充足的白天成功率基本是95%,夜间收到数据的成功率80%左右。为此,采取每次启动系统发送1次前一小时的一组数据,然后发送当前时间的一组数据,并在14:00~18:00集中重复传输数据,数据接收成功率超过98%。由于受北斗卫星模块民用卡每分钟传输一组数据的限制,北斗卫星模块组成的数据采集系统只能采用开环结构,故传输数据采集系统服务器(或称主站)无法就收到的每一组数据对相关站点进行反馈回复信息;再者卫星网络系统也存在北斗系统偶然延时、短时间无法连接的现象,而中心站点北斗模块与站点模块无法采用应答方式,子站点无法获取主站点是否收到信息,将会导致数据丢失。我们采取措施是,在太阳能供电闲时段重复传输数据,由此解决偶然的数据丢失问题。

3)可能是(北斗模块厂家解释)辽阔水域对卫星信号会产生反射,并对北斗模块的联网和数据传输质量造成影响(非表面盐湖和河流站点没有出现这个问题),建议在北斗模块下部增加一个直径不小于200 mm的开口向下的金属圆盘(我们用304不锈钢材质的餐具盘加工),用于隔离水面反射到模块的卫星信号。如此以来,通讯效率有较大提高,但北斗模块的联网的速度依然比较慢,偶尔仍有5 min之内也连接不到网络的问题(为了节能,我们设定联网时间如果超过5 min,就以站点时钟为测量时间数据,并存储当前测量数据,结束本次测量),怎样更好地解决这个难题尚待进一步探索。

参考文献:

- [1] 房毅卓,祁永唐,董丽萍. 常规电容传感器的改进及在盐湖卤水中的应用[J]. 盐湖研究,1995,3(3):65-69.
- [2] 金金,张文飞,周婷. 基于北斗卫星系统集成抄数据传输技术的应用[J]. 青海电力,2013,32(4):65-66.
- [3] 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,37(12):211-216.
- [4] 李文金,苏凯雄. 基于存储管理的北斗报文传输协议设计与应用[J]. 微型机与应用,2015,34(24):63-65.
- [5] 熊启龙,刘永强,徐章耀,等. 白龟山水库遥测系统北斗卫星信道建设[J]. 水利信息化,2015,2:51-54.

Application of Beidou Communication Module in Salt Lake Hydrologic Collection System

LI Jian-bo¹, CHEN Liang², FANG Yi-zhuo¹

(1. *Guangdong Mechanical and Electrical Polytechnic, Guangzhou, 510515, China;*

2. *Key Laboratory of Comprehensive and Highly Efficient Utilization of Salt Lake Resources, Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China*)

Abstract: Most of the salt lakes are located in isolated areas without public network coverage, thus it is difficult to collect the hydrologic data of salt lakes. In this paper, a hydrological collection system of salt lake based on Beidou short message communication is introduced. This system consists of the main station and several sub-stations. According to the communication protocol of the Beidou message, the equipment in the sub-station shall configure the Baud rate of Beidou module, and complete the functions of time query and data communication. Under the control of the equipment, the Beidou module in the sub-station carries out data communication with the Beidou module in the main station. After receiving the information, the Beidou data in the main station is forwarded to the receiving equipment, which unpacks the data and forwards it to the mobile phone for storage and testing. Taking the collection system of West Taijinar Salt Lake area as an example, through the analysis of data on water temperature, water level, solar radiation, etc., the problems and supporting measures in the application of Beidou module salt lake hydrological collection system are analyzed.

Key words: Salt lake; Hydrologic collection system; Beidou communication; Communication protocol

封面图片:勒斜武担湖

勒斜武担湖,位于可可西里国家级自然保护区西端,青海省玉树藏族自治州治多县境内。属东段昆仑山和可可西里山间形成的断陷湖盆,湖滨为第四系全新统冲洪积砂砾沉积,湖盆大致呈东西走向,长约 30 km,宽约 10 km,湖水面积约 265 km²。湖区海拔多在 5 000 m 以上,属羌塘高原寒带干旱气候,年均温 -10 ~ -8℃,年降水量 100 ~ 150 mm。湖水主要靠冰雪融水及泉水补给,其东部的马兰雪山和西南部的东岗扎日冰川是主要补给源,湖区汇水面积约 1 700 km²。2016 年 11 月现场调查显示,该盐湖为氯化物型,矿化度较低,约 94.5g/L(图片拍摄于 2016 年 11 月 16 日)。

(中国科学院青海盐湖研究所 凌智永)