

# 偏远地区地下水监测系统通信组网方法

张 慧<sup>1,2</sup>, 刘 伟<sup>1,2</sup>, 王江燕<sup>1,2</sup>, 王键键<sup>1,2</sup>, 邹 巍<sup>1,2</sup>

(1. 水利部南京水利水文自动化研究所, 江苏 南京 210012;

2. 水利部水文水资源监控工程技术研究中心, 江苏 南京 210012)

**摘要:**针对偏远地区地下水监测中存在的数据传输稳定性低、GPRS通讯网络存在覆盖盲区等问题,研究利用北斗卫星通信短报文点对点数据传输、覆盖范围广、高效便捷等特点,将GPRS、北斗卫星通信组网应用于偏远地区地下水监测。结合西藏野外环境特点,对西藏自治区地下水水位以及温湿度数据进行监测,监测的水文数据传回中心站,对数据进行处理、分析与展示等。结果表明,GPRS+北斗卫星通信的双信道一体化地下水监测系统,能够解决公共通信网络覆盖盲区以及应急监测信号不稳定等问题,提高数据畅通率,为偏远水文高质量建设与运行管理提供技术支撑。

**关键词:**北斗卫星通信; GPRS; 通信组网; 地下水监测; 西藏自治区

中图分类号: TP273

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2021)06-0047-0005

## Communication network method of groundwater monitoring system in remote areas

ZHANG Hui<sup>1,2</sup>, LIU Wei<sup>1,2</sup>, WANG Jiangyan<sup>1,2</sup>, WANG Jianjian<sup>1,2</sup>, ZOU Wei<sup>1,2</sup>

(1. Nanjing Automation Institute of Water Conservancy and Hydrology, Ministry of Water Resources, Nanjing 210012, China; 2. Engineering Research Center of Hydrology and Water Resources Monitoring, Ministry of Water Resources, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** In view of the problems of low data transmission stability and blind coverage of GPRS communication network in groundwater monitoring in remote areas, this paper applies GPRS and Beidou satellite communication network for groundwater monitoring in remote areas by utilizing the characteristics of point-to-point data transmission, wide coverage, high efficiency and convenience of Beidou satellite communication short message. Combined with the characteristics of field environment in Tibet, groundwater level, temperature and humidity data in Tibet Autonomous Region are monitored and sent back to the central station for processing, analysis and display. Results show that the dual-channel integrated groundwater monitoring system including GPRS and Beidou satellite communication can solve the problems of blind coverage area of public communication network and unstable emergency monitoring signal, improve the data unimpeded rate, and provide technical support for the high-quality construction and operation management of hydrology in remote area.

**Key words:** Beidou satellite communication; GPRS; communication network; groundwater monitoring; Tibet Autonomous Region

收稿日期: 2021-12-24

作者简介: 张慧(1990—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事水利信息化工作。E-mail: zhanghui@nsy.com.cn

地下水是水资源的重要组成部分,保护和合理开发利用地下水资源是经济社会可持续发展的基础保障条件。地下水监测是掌握地下水位(埋深)、水温、水质、水量等动态要素,掌握地下水水质状况及污染变化趋势的工作,同时也是分析评价地下水资源、制定合理开发利用与有效保护措施、减轻和防治地下水污染及其相关生态环境等问题的重要基础<sup>[1]</sup>。

王芳<sup>[2]</sup>提出无线通信系统进行了功能设计,实现远端单片机数据采集、通讯,主控端数据接收、控制与计算机接口通信。姚蓓蓓等<sup>[3]</sup>提出了基于单片机的水情自动测报系统设计,该系统采用GPRS通讯方式,具有网络覆盖率高、成本低等优点。陈敏等<sup>[4]</sup>设计了一种基于NB-IoT的水雨情实时监测系统,提高了水雨情监测效率。然而地下水监测工作一般在野外开展,特别是对于环境恶劣、自然灾害频发、交通不便等地区,移动公网无法覆盖,上述系统难以大面积推广,同时在险情来临时无法保证信号的稳定传输。

西藏位于青藏高原西南部,平均海拔在4 000 m以上,GPRS通讯网络在西藏偏远地区存在信号覆盖盲区,数据畅通率低,为地下水数据稳定、实时的监测带了困难,而西藏地下水监测站点分散,而对带宽要求不高。基于此,本文设计了GPRS+北斗卫星通信的双信道一体化地下水监测系统,该系统配备GPRS+北斗卫星通信主备份信道,正常情况下遥测站通过GPRS实现与中心站的交互,而对于应急情况下以及偏远地区,GPRS网络无法覆盖时,系统切换到北斗卫星通信方式,实现遥测站与中心站的通信,弥补了GPRS在偏远地区公网覆盖盲区的短板,有效提高西藏偏远地区数据畅通率,确保地下水监测站的数据通信、运行维护与管理水平,确保地下水监测信息采集传输的时效性和准确性。

## 1 北斗卫星通信系统

随着我国科学技术的发展,卫星通信越来越多地被应用到水文监测领域当中,通过更加精准、实时的定位辅助,为工作人员提供了有效的数据导向支持,大大提高了水文监测站的工作质量和工作效率。由我国自主研发的北斗水文测报系统具有相对完善的体系,该系统采用先进新型技术,安全性高,使用方便快捷,是我国水文测报领域的巨大成功以及动力<sup>[5]</sup>。

北斗卫星系统由空间系统、地面系统和用户系

统组成<sup>[6]</sup>。短报文发送和接收端通过出站、入站链路形成一个M形通信机制。北斗卫星系统具有点对点双向数据传输功能,该系统以数据包的形式传输,数传终端发送采用码分多址直接扩频序列调制,发送频率为L波段短报文,通过卫星转换为C波段短报文由地面站接收,经处理后发到卫星,再经卫星转换为S波段短报文发送到数传终端,完成一次点对点的通信,反向发送过程亦然<sup>[7]</sup>,具体原理如图1所示。正常情况下,用户一次可发送70字节左右的有效信息,由于其信道编码与调制方式为码分多址即CDMA方式,利用冗余编码方法使得入站数量达到200站,按照水文信息传输整点报的需求,以10 min收集全部站点数据计算,此类用户理论上可容纳12万测站用户,所以其信道容量极大。

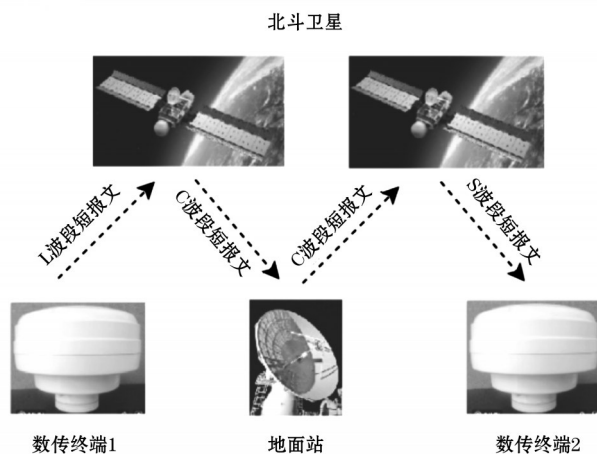


图1 北斗卫星通信报文传输流程

## 2 总体架构

基于北斗卫星通信的一体化地下水监测系统由:地下水遥测站、GPRS+卫星通信部分、中心站等组成,系统采用GPRS和北斗卫星通讯主备份信道方式,用于对地下水水位(埋深)、温湿度等数据的实时、自动、连续不间断监测。测量数据自动保存在仪器内部的存储单元内,通过通信网络,将监测数据传入中心站,完成数据的采集、传输、存储、处理以及展示等,为监测部门提供信息支持。系统总体架构如图2所示。

### 2.1 传感器

水位传感器采用WYS-Ⅲ型压力水位计,该传感器采用静压液位测量原理,中央处理单元实时采集或定时采集压力传感器数据,并在内部运用算法对压力传感器数据进行线性修正和温度补偿。

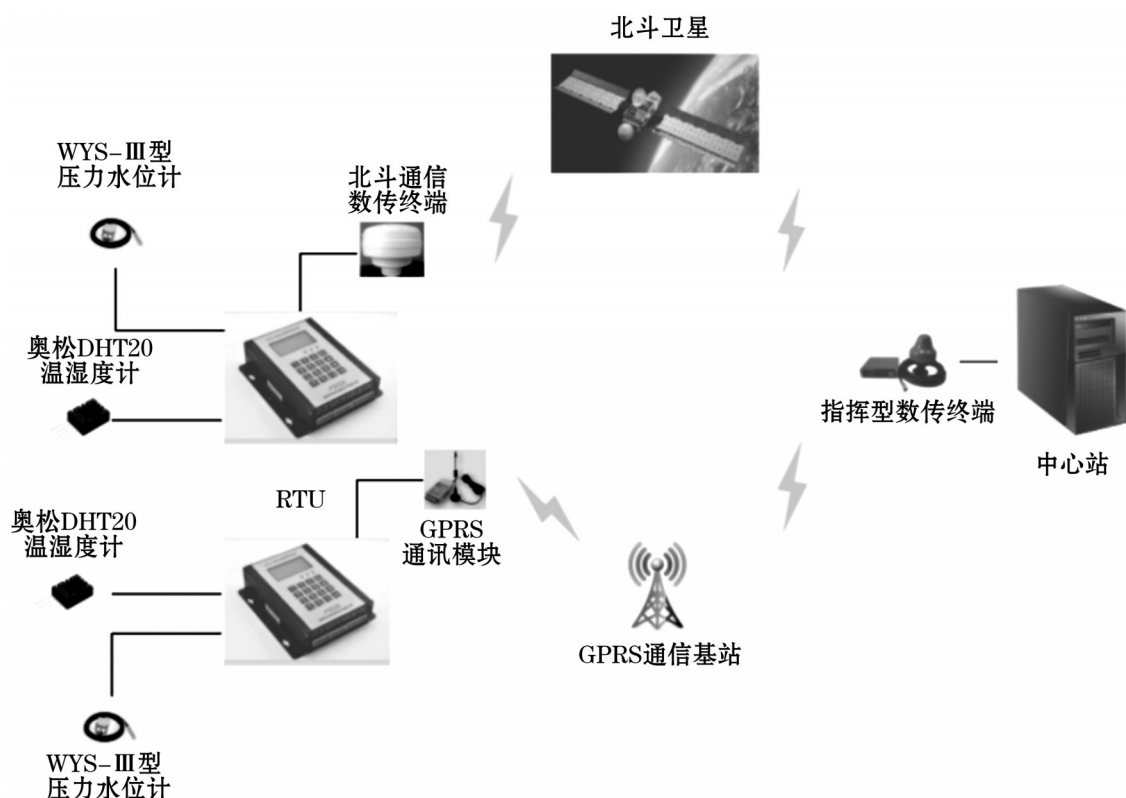


图2 系统总体架构

RS485 数字输出接口,数据协议为标准 MODBUS-RTU 协议,支持组网。该传感器精度高、功耗低、免维护,西藏偏远无人值守地区供电、维护困难,因此,选用该型号水位传感器,产品外形图见图3。

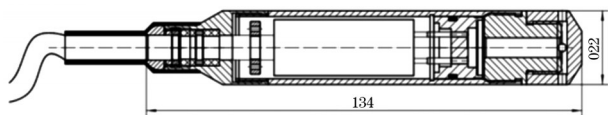


图3 WYS-III型压力水位计外形

温湿度传感器采用国产的奥松 DHT20 温湿度传感器,模块内配置一颗 ASIC 专用芯片、MEMS 半导体电容式湿度传感元件和一个温度传感元件,具有免标定、低功耗、高精度、高稳定性等特点。

## 2.2 遥测终端机

遥测终端机采用 YDH-1L 型地下水一体化遥测终端机(以下简称 YDH-1L),YDH-1L 不仅能监测水位,而且能监测水温、气温等水文参数,完成数据的定时采集、存贮及传输,待机功耗低,适用于西藏偏远无电源地区的地下水监测。遥测终端机基本功能框如图4所示。

## 2.3 通信单元

系统采用 GPRS 和北斗卫星通道相互融合,该

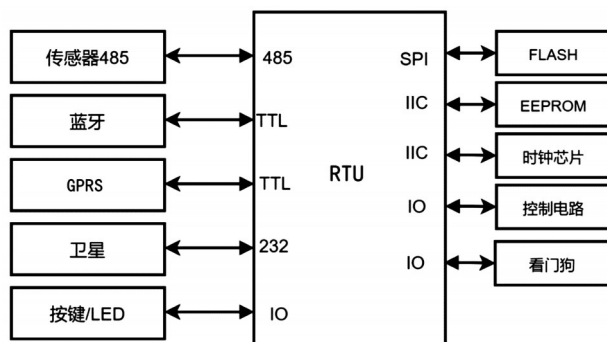


图4 遥测终端机基本功能框

系统采用时间触发的方式触发装置发送报文,首先发送判断指令,判断指令大于预先设定值得时候,查询 GPRS 信号强度,当 GPRS 信号强度大于设定值时,便选用 GPRS 信道发送地下水数据;而当 GPRS 信号强度小于等于设定值时,则判断该地区 GPRS 存在信号覆盖盲区,启动北斗通讯模式。通信工作流程如图5所示。

由于传统的地下水中心站没有北斗卫星接收,因此将北斗卫星的数据接收中心放置在水利部南京水利水文自动化研究所。而 GPRS 中心站布设于拉萨水文局服务器,沿用原先建设的地下水中心站。

## 2.4 供电单元

由于地下水装置无法进行电量补充,而通常不

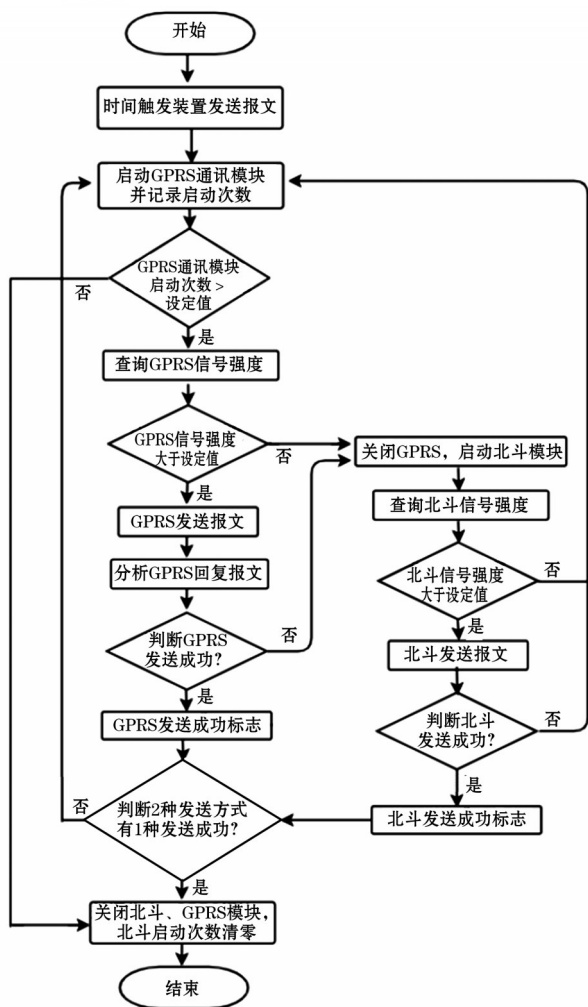


图5 通信工作流程

可充电锂电池供电。本系统采用大电流、宽电压同步升压技术和超级电容技术实现负载断开功能,突破电池供电电压和电流的限制,从而保证卫星通信的畅通率。同时能够达到极低静态功耗,从而实现长值守运行<sup>[8]</sup>。

### 3 软件设计

本系统从数据接收、分析、处理到表示,适合采用分层体系结构,包括信息源层、数据采集层、数据处理层及表示层。该地下水监测系统软件在Windows 32/64位平台上按B/S结构设计开发,数据库采用SQL Server 2016,基于Visual C++系统开发平台,支持远程参数配置,实时、定时召测,地下水监测数据查询、存储、展示等。

主程序上电后实现第一次上电将GPRS、卫星、BLE模块和EEPROM中的RTU参数初始化的功能。主程序流程如图6所示。

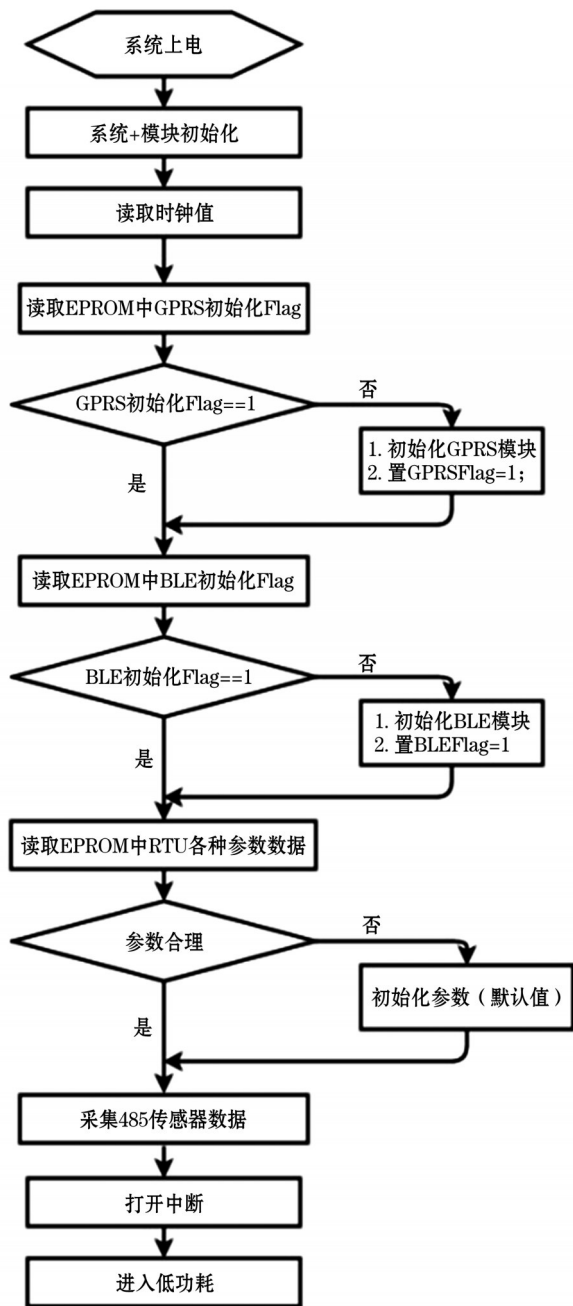


图6 主程序流程

### 4 野外应用分析及试验结果

选取“西藏全区山洪灾害防治县级非工程措施建设项目”“西藏国家水资源监控能力建设项目”“满拉水库洪水调度系统”等项目中典型地下水监测站点进行GPRS通讯方式与GPRS+北斗卫星通讯方式数据畅通率对比分析,选取的站点地处偏僻,GPRS公网覆盖存在盲区。西藏地区地下水监测系统畅通率统计表见表1,根据表1的数据计算得到GPRS通讯方式下西藏自治区地下水监测站点的数



表1 西藏地区地下水监测系统畅通率统计

序号	站点名	GPRS			GPRS+北斗卫星通信		
		应到报文/份	实到报文/份	畅通率/%	应到报文/份	实到报文/份	畅通率/%
1	昌都堰塞湖	744	521	70.03	744	744	100
2	木协	744	516	69.35	744	737	99.06
3	雁石坪	744	534	70.43	744	737	99.06
4	格拉丹东	744	509	68.41	744	738	99.19
5	羊村	744	520	69.89	744	744	100
6	拉多乡	744	519	69.76	744	738	99.19
7	加拉应急	744	513	68.95	744	744	100
8	加加	744	531	71.37	744	731	98.25
9	加热村	744	529	71.10	744	738	99.19
10	日喀则水	744	524	70.43	744	744	100
11	昆章	744	516	69.35	744	730	98.12
12	东喜乡	744	518	69.62	744	737	99.06
13	嘎普乡	744	524	70.43	744	738	99.19
14	则嘎镇	744	527	70.83	744	738	99.19
15	那曲色林	744	517	69.49	744	744	100
16	工布学水	744	540	72.58	744	737	99.06
17	堆站冰湖	744	533	71.64	744	738	99.19
18	德庆	744	521	70.03	744	737	99.06
19	措折罗玛	744	516	69.35	744	738	99.19
20	协德	744	513	68.95	744	738	99.19

据通畅率为70.10%,采用GPRS+北斗卫星通信主备份信道的组网方式数据畅通率为99.26%,大大提升了数据传输的稳定性和畅通率。

5 结 语

本文开展了偏远地区地下水监测系统通信组网方法研究,在现有的科研成果基础上,设计了GPRS+北斗卫星通信的双信道一体化地下水监测系统,该系统利用水位传感器、温湿度传感器收集地下水水文数据,经过GPRS及北斗卫星通信主备份信道,发送到中心站,中心站软件对采集的数据进行处理、查询、展示等。本文研究公网信道和北斗卫星通信信道融合,信道根据环境可自由配置,保证监测数据有效传输,解决公共通信网络未覆盖地区公共通信信道无法使用的问题,成果的适用环境可满足西藏恶劣环境下的水文测验运行要求,为偏远地区防汛减灾工作提供良好的技术支撑。

参考文献:

[1] 章雨乾,章树安. 对地下水监测有关问题分析与思考[J]. 地下水,2021,43(1):53-56.

[2] 王芳. 基于GSM短消息无线通信系统的研究[D]. 南京: 河海大学,2006.

[3] 姚蓓蓓,常晓敏,窦银科,等. 基于单片机的水情自动测报系统设计[J]. 水力发电,2017,43(9):93-96.

[4] 陈敏,胡春杰,阮聪,等. 基于NB-IoT的水雨情实时监测系统与设计[J]. 电子测量技术,2020,43(2):133-138.

[5] 曹冲. 卫星导航常用知识问答[M]. 北京:电子工业出版社,2010.

[6] 唐金元,于潞,王思臣. 北斗卫星导航定位系统应用现状分析[J]. 全球定位系统,2008,33(2):26-30.

[7] 张舒黎,石元兵,王雍. 北斗短报文通信安全研究[J]. 通信技术,2019,52(11):2776-2780.

[8] 钱伟. 电动汽车电驱动系统高效功率变换与控制研究[D]. 上海:上海交通大学,2019.