

基于 CDMA 的海岸带地下水 自动监测系统

苏国辉^{1,2,3}, 林 峰^{2,3}, 刘京鹏^{2,3}, 高茂生^{2,3}

(1 中国地质大学(武汉)国家地理信息系统工程技术研究中心, 武汉 430074;

2 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071;

3 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘 要:针对当前海岸带地下水监测现场分散、采集费用高、分析和信息发布滞后等问题, 基于 CDMA 无线传输技术、传感器技术、计算机技术, 研制了海岸带地下水自动监测系统。系统通过探头传感器实时获取海岸带地下水矿化度、温度、压力等监测数据, 通过自主研发的监控主机获取站点位置、视频图像、传感器电量, 并基于 CDMA 网络和 CDMA DTU 无线数传模块实现远程传输、自动解析存储, 通过网络在线服务软件进行数据的发布共享、设备异常报警和远程操控。系统具有传输效率高、稳定可靠、成本低、扩展灵活等特点, 已经在山东半岛地区进行了部署, 满足了对海岸带地下水自动监测数字化和网络化要求, 有效地提高了该地区海岸带地下水监测工作质量和效率, 可以为海岸带地区地下水资源实时监测及管理提供服务。重点介绍了系统总体结构、无线传输方式、现场监测设备及远程监控平台, 同时介绍了系统扩展性及安全性设计。

关键词: 地下水; CDMA DTU; 无线远程监测

中图分类号: TP3

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2016.12009

海岸带作为陆地与海洋的过渡地带, 地质构造复杂, 自然环境脆弱^[1,2]。我国海岸带地区地下水咸淡交错、水质复杂, 特别是第四纪广泛分散层分布海岸带, 因过度开采地下水, 致使海水入侵现象尤为突出^[3]。为此近年来开展了海岸带地下水水体化学监测, 通过定期采集分析监测孔水体的化学组分对海水入侵状况进行评判。

目前监测工作还存在一些问题: ①采用传统的监测方法, 技术手段相对落后, 通过传统传感器

采集信息后, 需要人工到达监测点获取数据, 无法进行实时监测, 使得数据采集、分析和信息发布都滞后; ②监测点分散, 分布范围广, 大多设置在环境较恶劣的野外地区、人工现场采集费用高、效率低; ③当传感器设备出现故障、电量不足或监测点环境发生变化时, 无法及时了解设备运行状况, 会带来数据丢失。为此基于智能传感器技术^[4]、3G 无线通讯技术^[5]、计算机技术, 研制了海岸带地下水自动监测系统, 并部署在了山东半岛地区实现了数据自动实时采集、传输、存储和在线发布、查询和输出, 实现了对现场监测设备运行参数、状态、故障的动态监控, 满足了对海岸带地下水自动监测数字化和网络化要求, 既保证了对地下水资源监测的及时性, 又实现了监测管理的自动化, 提升了我国海岸带地下水资源的监管水平。

收稿日期: 2016-06-02

基金项目: 中国地质调查局地质调查工作项目 (GZH201200514)

作者简介: 苏国辉(1977—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事海洋地质信息化、数据库、地理信息系统研究工作。E-mail: qdsguohui@126.com

1 系统构成

1.1 系统总体结构

海岸带地下水自动监测系统以海岸带地下水的温度、压力、矿化度等参数为监测变量,采用模块化设计思想构建,系统总体架构如图 1 所示,包括部署在各个野外站点的现场监测设备和部署在

监控中心的监控平台,两者借助 3G 无线网络实现远程通信。其工作的基本原理是:野外现场监测设备完成各项数据的采集和处理,经编码调制后,发送数据到 3G 无线网络,再经过服务转换进入到 Internet 网络传输到监控中心服务器,监控中心服务器在数据接收软件支持下,接收每个监测设备发送的数据,存入数据库,并由监控系统软件完成各种数据的显示、分析汇总、报警和打印等处理^[6]。

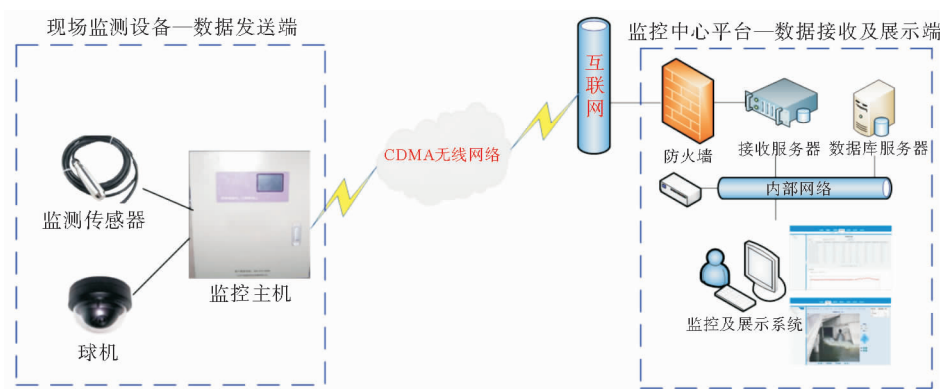


图 1 海岸带地下水自动监测系统总体结构

Fig. 1 Structure of coastal groundwater automatic monitoring system

1.2 基于 CDMA 网络的数据传输

1.2.1 数据传输概况分析

海岸带地下水监测野外站点分布特点是范围广、地点分散且大多在没有有线通讯设施的野外地区,则本系统需要采用 3G 无线网络。3G 网络无线传输具有传输数据快、通信可靠、通信设备简单和传输成本低等特点,相较于传统的无线传输方式解决了远程数据监测中传输速率慢、发送距离短、存储量小等数据传输、储存与分析中的难题^[7]。考虑到站点位置与现有 3G 网络覆盖范围、传输数据量、组网灵活性等因素,结合对部分监测站点现场信号测试效果(GPRS 实际测试速率为 40 kbit/s 左右,CDMA 实际测试速率为 80 kbit/s 左右,且 CDMA 稳定性也很好),本系统采用中国电信的 CDMA 无线网络进行数据传输。

1.2.2 CDMA 网络工作原理与传输过程

CDMA 是码分多址^[8]的英文缩写(Code Division Multiple Access),它是在扩频通信技术上

发展起来的一种成熟的无线通信技术。即将需传送的具有一定信号带宽的信息数据,用 1 个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制,使原数据信号的带宽被扩展,再经载波调制后发送出去。接收端使用完全相同的伪随机码,与接收的带宽信号作相关处理,把宽带信号还原成原信息数据的窄带信号,即解扩,以实现数据传输^[9]。

CDMA 扩频通信具有较强的抗干扰能力、抗衰落能力和抗截获能力,同时它还拥有多个用户可以同时接收、同时发送的优点,目前我国的大部分地区都已开通^[10]。

本项目的设计采用的是 CDMA2000 1xEV-DO 技术^[11]进行数据传输,数据通讯方式采用定时自报式,即现场监测设备完成各参数数据的自动定时采集和数据处理后自动传输。首先,利用各类传感器监测矿化度、温度、压力等,采集信号经现场数据采集模块处理后,由 CDMA DTU (CDMA Data Transfer Unit)无线传输模块^[12]依次进行 TCP 封装、IP 封装,然后将数据发送到

CDMA 网络,通过路由和网关,最后由 Internet 网络以 TCP/IP 传输协议送到绑定公网固定 IP 的路由服务器上,通过局域网内 NAT (Network Address Translation) 端口映射技术将其映射到数据中心服务器上。

1.3 野外现场监测设备

1.3.1 监测设备设计

野外现场监测设备作为数据采集及发送端,用于实现监测数据的实时采集,同时获取站点 GPS 信息、站点环境影像、传感器电量和运行状态等信息,并完成对以上数据的远程传输。

现场监测设备主要包括了监测传感器、监控主机、球型摄像机和太阳能电池板,如图 2 所示。

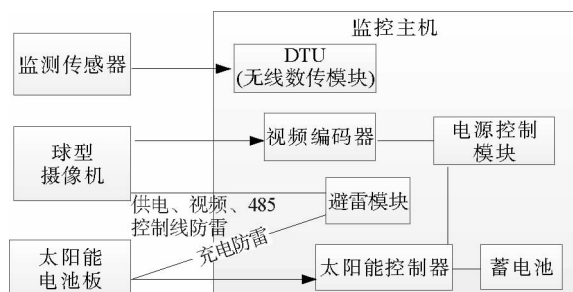


图 2 野外监测设备结构

Fig. 2 Structure of monitoring device

监测传感器进行数据的测量采集,本系统中目前主要采用了自记式压力探头(CTD Diver 系列),其内部核心组件包括压力传感器、温度传感器、电导率传感器、数据存储介质、电池,可独立完成“供电—测量—存储”3 个工作环节。

监控主机实现数据传送和远程控制,主要由 CDMA DTU 数传模块、视频编码器、避雷模块、电源控制模块、太阳能控制器和蓄电池组成。其中,CDMA DTU 数据模块是监控主机的核心,与传感器连接获取监测数据,实现无线远程通信,同时进行 GPS 定位。视频编码器对视频数据进行压缩、解码,通过 RS485 串口与球机连接获取视频数据。避雷模块包括视频防雷、摄像头防雷和太阳能板防雷。电源控制模块控制整个设备电源。蓄电池模块用来给设备供电。

球型摄像机(球机)用于野外现场及周边环境的监视,本系统采用的球机支持定时上线、短信唤

醒、云台控制、焦距调整和抓拍。

太阳能电池板用来给设备补充供电,通过和蓄电池的双重供电保障,共同确保监测设备的稳定电力供应。

1.3.2 CDMA DTU 数传模块

本系统使用的 CDMA DTU 数据传输模块可以实现 RS232/RS485 串口设备的串口通信与 CDMA 无线网络通信的双向转换,同时具有掉线自动重拨功能、支持静态 IP 或域名方式连接远程主机、开机就能自动建立并维护数据通道链路等特点。其传输过程是首先通过 DTU 配置软件为 DTU 设置通信参数,DTU 上电之后通过中心的 IP 地址以及端口号等参数,主动连接远程监控中心,向数据中心发起通信请求。在得到中心的响应后,CDMA DTU 与中心握手成功,然后就保持这个通信连接一直存在,DTU 一旦接收到单片机的串口数据,就立即将其封装在一个 TCP/IP 包里,发送给远程监控中心。远程监控中心服务器的设备控制管理软件通过侦听端口,就可以接收到来自 DTU 无线远程传输的数据。

1.4 监控中心平台

监控中心平台是部署在服务器端的一套应用系统,包括设备控制管理软件和网络在线监控系统。以上 2 个软件均利用 Dot Net 技术和 C# 语言开发,操作系统全部采用 Windows 2003 Server,数据库采用 SQL Server,其中配置软件采用单机运行模式,在线监控系统采用浏览器/服务器运行模式。

设备控制管理软件与野外监测设备配合使用,用于各项参数配置和接收野外现场设备发送的数据包,对数据包进行解包、处理、分析,然后存入数据库中进行数据备份,同时解析 WEB 下发的远程操作指令。其主要功能模块有:①数据解析、存储模块:对接收的数据按编码规则进行解析并存储到数据库中;②DTU 参数配置模块:用于进行 DTU 采集监听端口配置;③视频参数配置模块:设置视频服务器的 IP、用户名及口令、视频端口和 GPS 端口;④短信配置模块:用于设置短信串口和波特率;⑤数据库配置:用于设置数据库连接信息;⑥采集时间周期配置:用于设置数据采集的时间间隔(图 3)。

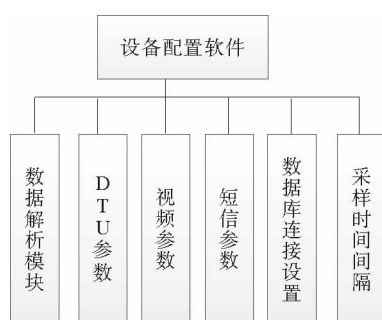


图3 配置软件主要功能模块

Fig. 3 Main functional modules of configuration software

网络在线监控系统使用户可以通过网络及时获取监测数据、设备运行状况和站点影像等信息,并能进行设备的远程操控。其主要功能模块有:

- ①实时数据模块:系统的核心模块,以表格和动态曲线图方式展示实时获取的数据,用户可查询浏览温度、压力、矿化度、设备电量、GPS 定位数据;
- ②历史数据模块:可设置时间段自由选择查询历史数据、小时数据,并生成报表进行打印和输出;
- ③视频监控模块:可以随时跟踪查看视频信息,并可实现抓拍、录像功能和云台控制;
- ④远程控制模块:可以远程给现场设备下发指令,包括设置采样时间间隔、清空设备存储数据、短信远程设置设备开关等操作;
- ⑤报警模块:包括 GPS 报警、电量报警、温度压力超阈报警,用户可根据时间段查询以上报警信息;
- ⑥站点管理模块:对监测区及监测点的属性信息进行维护管理(图 4)。

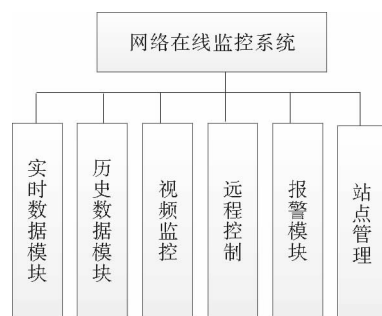


图4 在线监控系统主要功能模块

Fig. 4 Main functional modules of online monitoring system

1.5 系统扩展设计

在实际工作中,由于监测目的不同,可能会采用不同厂商、不同型号的传感器,为此系统采用了

透明通道的方式来满足扩展需求,即将串口数据直接发送到服务器端,由服务器端进行数据分析,这样就可集中更新、部署数据解析程序。当增加传感器时,如增加的是已有型号传感器,在设备配置软件上进行参数配置即可。如增加的传感器是新型号,在服务器上部署新的数据解析程序即可,避免了烧录监控主机芯片的过程。

1.6 系统安全设计

系统安全分为 2 个方面,一是野外监测设备的物理安全,包括防盗和防雷等;另一方面是数据的信息安全,包括数据的传送和信息的存储备份。

设备安全方面,野外监测设备放置在有锁的机柜中,并内置 GPS 芯片。当检测到设备 GPS 位置发生改变时,会自动启动视频监控并向监控中心发送报警信号。视频摄像机选择红外摄像头,确保 24 小时均可清晰成像。监控主机内置软硬件看门狗,能自动检测到系统宕机等故障状况,并控制设备自动重启,保证系统正常运行。

信息安全方面,由于监测数据经过串口协议读取后不经过解析而发往指定服务器,则在 3G 网络中传输的是二进制数据流,不是解译的数据,只在服务器端进行数据的解析,可以依靠 3G 的传输协议保证数据传输过程中信息安全。同时数据存储存储在数据库后,会定时自动备份,避免误操作或系统宕机而造成的数据损失。

2 应用效果

海岸带地下水自动监测系统首先在山东东营地区选取 2 个监测点进行试验应用,运行一年后再在山东潍坊、莱州湾地区进行部署推广,目前山东半岛地区正在运行的监测站点已达 17 个。系统运行应用效果显示:①该监测系统能够实时获取监测数据、导航定位数据和图像数据,数据传输实时、准确,具备了承担地下水监测数据获取和实时传输任务的能力;②可通过 3G 网络和 CDMA 技术建立野外监测终端与服务器的远程无线连接,本项目中采用的 CDMA2000 1xEV-DO,实际测试速率为 80 kbit/s,高于 GPRS 数据传输速率,且数据传输稳定可靠,实现了高效、安全、可靠、经济的数据传输与处理;③对比监测传感器采集数

据和读取监控主机模块获取的数据,两者数据一致,数据准确可靠;④监控中心平台运行稳定,授权用户能对地下水进行远程实时监测采集和分析处理,能及时掌握和控制监测设备,弥补了现有工作不足,节约了人力和财力;⑤通过更换新型传感

器的测试,该系统能满足快速适应不同型号传感器需求,该系统为其他数据采集和远程监测提供了一种较为通用、理想的信息采集处理模型,则可以通过扩展应用于海洋地质环境监测、海岸带地质灾害监测和岸滩监测等领域(图 5、6)。



图 5 在线监控系统页面

Fig. 5 Main page of online monitoring system



图 6 WFZK09-80 监测站点部分数据结果

Fig. 6 Real-time data of WFZK09-80 monitoring points

3 结论

(1)海岸带地下水自动监测系统将地下水监测工作由人工采集数据和资料整编分析转变为全程信息化管理,实现了数据的自动采集、传输、解析、存储、输出和分析,有效地提高了海岸带地下水监测工作质量和效率,为我国海岸带地区地下

水资源监测及管理提供服务。

(2)本系统以 3G 无线网络和 CDMA 技术建立数据无线传输网络,采用 DTU 模块作为数据传输终端,实现了海岸带地下水自动监测的数字化和网络化。

(3)本系统设计的现场监测设备和监控系统软件实现了地下水监测数据、监测点定位数据、视频图像和设备状态的准确获取和远程传输,以及

数据的大容量存储、实时显示和报表输出,满足了实时获取监测数据和操控设备的需求,便于进行海岸带地下水资源历史信息的对比分析,提高了动态监测信息分析评价的水平和数据资源的利用价值,同时,也可用于地下水的长期动态监测及数据集成。

参考文献:

- [1] 陈梦熊. 沿海地区地质环境特征与地质环境系统——兼论“人地系统”[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1998, 11(增): 81-86.
- [2] 张寿全, 王世敬, 黄 巍. 中国沿海地质环境与区域持续发展若干问题探讨[J]. 工程地质学报, 1996, 4(3): 24-29.
- [3] 崔振昂. 我国海岸带地质环境监测技术及应用现状[J]. 海洋地质, 2012(4): 1-11.
- [4] 王 祁, 于 航. 传感器技术的新发展——智能传感器和多功能传感器[J]. 传感器与微系统, 1998(1): 56-58.
- [5] 刘亦电. 3G 无线通讯技术[J]. 科技创新导报, 2008(7): 7-8.
- [6] 赵冬莉. 昌吉州地下水动态监测管理系统研究与应用[J]. 水土保持应用技术, 2012(4): 13-14.
- [7] 姜舒文, 陈桂芬. 基于 3G 的在线土壤水分监测系统设计与实现[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(25): 15815-15816, 15819.
- [8] 樊昌信 曹丽娜. 通信原理第五版[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001: 332-339.
- [9] 孙鸿雁, 李 岩, 陆阳等. 基于 CDMA 网络的动力供水监测系统设计与实现[J]. 吉林大学学报: 信息科学版, 2011, 29(5): 413-418.
- [10] 丁 伟. 基于 CDMA 的地下水水位水温自动监测与传输技术方法[J]. 廊坊师范学院学报: 自然科学版, 2011, 11(2): 33-34.
- [11] 张文涛、吴小平. CDMA2000 1xEV-DO 增强中的智能网络技术[J]. 电信网技术, 2012, 4(4): 43-45.
- [12] 宋 瑞. 基于 CDMA1X 的无线数据终端 DTU 的设计与实现[D]. 大连: 大连海事大学, 2006.

AN AUTOMATIC COASTAL GROUNDWATER MONITORING SYSTEM BASED ON CDMA

SU Guohui^{1,2,3}, LIN Feng^{2,3}, LIU Jingpeng^{2,3}, GAO Maosheng^{2,3}

(1 National Engineering Research Center for Geographic Information System, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074, China; 2 The Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, MLR, Qingdao 266071, China; 3 Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China)

Abstract: We hereby make an introduction to a new automatic remote monitoring system specially designed for coastal groundwater based on CDMA wireless transmission technology, sensor technology and computer technology. Monitoring sensors are used for collect the original data of temperature, pressure, salinity and others. A self-developed monitoring host is used to monitor the site location, video and sensor power. And a network of online service software is used for remote transmission of images, sharing data among users, and remote controls of sensors and abnormal alarms. The system is advantaged by high transmission efficiency, stability and reliability, low cost and flexibility for extension. A trial case of the system has been established in the area of Shandong peninsula, which exactly meets the requirement of automatic and digital monitoring of groundwater to effectively improve the quality and efficiency of groundwater monitoring. The system can also provide better services for coastal groundwater resource management. In this paper, the system network, wireless transmission mode, monitoring device and remote monitoring platform are introduced and discussed.

Key words: groundwater monitoring; CDMA DTU; wireless-remote monitor