

地下水水位水温自动监测仪的设计

Design of the Automatic Monitor for Level and Temperature of Groundwater

张磊 冯建华 袁爱军

(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心,河北 保定 071051)

摘要: 针对当前国内外地下水监测技术的发展现状,研制了一种新型水位水温自动监测仪器。该仪器具有集成度高、智能化、小型化的特点。详细介绍了监测仪器的硬件设计、软件的编写,并采取多项措施来提高监测仪器精度和稳定性。运行一年的野外试验表明,自动监测仪运行状况良好。该仪器有望成为适合我国国情的、理想的地下水自动监测设备,能更好地服务于野外地下水监测方面的工作,从而为地下水监测提供先进的技术手段。

关键词: 地下水 传感器 通信接口 数据采集 MSC1210 低功耗

中图分类号: TP216+.1 **文献标志码:** A

Abstract: In accordance with current developing status of groundwater monitoring technology at home and abroad, the new type of automatic monitoring instrument for water level and temperature has been researched and developed. The instrument features high integration, intellectualization and miniaturization. The design of the hardware and mechanicals structure, and the software programming of the instrument are introduced in detail. Various measures are adopted to improve the accuracy and stability of the instrument. Having been testing in the field for one year, the instrument runs well. Hopefully this instrument may become ideal groundwater monitoring equipment suitable for our country, to better service field groundwater monitoring and provide advanced technical means for groundwater monitoring.

Keywords: Sensor Communication interface Data acquisition MCS1210 Low-power consumption

0 引言

地下水监测既是地质工作中一项基础性的水文地质工作,又是一项公益性事业^[1]。合理地开发和利用地下水资源,必须对地下水动态进行监测^[2]。地下水监测工作存在任务重、工作环境恶劣、数据存储丢失风险大且监测自动化程度不高等缺点^[3]。为了提高效率和监测水平,必须采用智能化的监测。现代野外工作要求监测仪器具备数据分析处理能力强、智能化程度高、运算速度快、仪器小型化、集成化程度高、结构设计先进等特点。为此设计研发了工作稳定可靠的新型地下水水位自动监测仪器,为地下水监测提供先进的技术手段。

1 仪器的结构设计

监测仪器机械结构总体设计原则包括:①监测仪器要向小型化发展,设备结构、装配方式应简单,尽量采用集成化、一体化、积木化的设计方式;②机械各零

部件的材料要考虑抗腐蚀性和可加工性,并对地下水水质不产生影响;③仪器外筒及其各个连接部分密封可靠,仪器入水探头部分要求能够承受 100 m 水柱的压力,主机部分要求能防潮;④机械部件的每个加工件均应确定合理的加工工艺,并有足够的模具配合,保证加工的一致性。

依据以上设计原则,设计人员完成了监测仪器整体外筒的设计、图件绘制及外筒与零部件的加工,重点解决了探头部分与线缆连接处密封防水、主机外壳防水汽、主机外壳可拆卸自行更换电池等的技术难题。仪器外壳采用圆筒式结构,材料选用了强度高、耐磨性较好的不锈钢材料。

监测仪器主要分为主机、线缆和探头三个部分。为了减小仪器整体的体积,充分利用探头部分的空间,把一部分电路板放置入探头内,大大减小了主机的体积。主机主要由通信接口、电池仓、控制电路、气压平衡装置等部分组成;仪器探头包括信号调理电路、温度压力传感器等部分。仪器主体结构如图 1 所示。

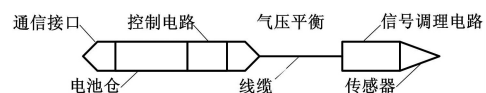


图 1 仪器主体结构

Fig.1 Structure of the instrument

国家重点新产品基金资助项目(编号:2008GR334002)。

修改稿收到日期:2012-11-05。

第一作者张磊(1982-),男,2005年毕业于河北农业大学电气工程及其自动化专业,获学士学位,工程师;主要从事地下水监测仪器的开发与应用方面的研究。

2 监测仪器硬件电路的设计

监测仪器硬件电路设计的原则包括:①监测系统需要在野外长时间运行,尽量降低功耗,以满足长期的野外监测应用;②减小电路板的面积,以便能减小整体仪器外壳的体积,更符合仪器小型化发展的方向;③仪器需要采集大量的数据,所以电路的运算速度要快并且准确;④因为仪器应用于野外,各种环境因素较复杂,所以要求电路的抗干扰能力强。

上述确定的硬件电路改进的原则就是为了使监测仪器朝低功耗、小型化、高精度、高稳定性的现代先进仪器的目标发展。

2.1 传感器的选择

2.1.1 温度传感器

监测仪器的温度传感器为 AD590。AD590 是美国 Analog Devices 公司生产的单片集成两端感温电流源。AD590 具有以下特性^[4]。

① 流过 AD590 的电流(微安级)等于器件所处环境的热力学温度。

② 测温范围为-55 ~ +150 ℃。

③ 电源电压范围为 4 ~ 30 V,可以承受 44 V 正向电压和 20 V 反向电压,因而器件即使反接也不会被损坏。

④ 精度高,在-55 ~ +150 K 范围内,AD590 非线性误差仅为±0.3 K。

2.1.2 压力传感器

目前,耐高温高频响压力传感器主要有压电式和压阻式两大类^[5]。本系统水位测量采用固态压阻式压力传感器,同时采用全新的压力传感器调理电路,使得压力传感器信号输出具有统一性。压力传感器调理电路如图 2 所示。

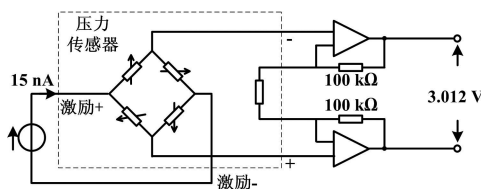


图 2 压力传感器调理电路

Fig. 2 Signal conditioning circuit of pressure sensor

传感器承压膜片的内表面上有四个应变电阻,构成惠斯通电桥,对电桥采用恒压供电。当传感器置于水下某一点时,可以用传感器至水面的水柱高度表示所受的压力,通过压力传感器将所受到的压力值变为电信号^[6]。

为了提高监测数据的测量精度,电路中采用了恒

流供电。当传感器不受压力时,桥路两端电位相等,传感器输出信号为零;受压时,由于应变电阻阻值发生变化,导致桥路两端出现电位差,输出电压 ΔU 与压力 P 成正比,即:

$$\Delta U = KP \quad (1)$$

因此,通过压力传感器的测量电压,根据式(1)即可得到水位值。

2.2 微处理器的选择

微处理器采用 MSC1210 系列作为监测仪的控制核心,其内部集成的 24 位 Σ - Δ 模数转换器可以对传感器的输出信号进行精确采样,保证了计算的精确性。通过该单片机的应用,减少了控制电路的许多分立器件,在缩小监测仪尺寸的前提下,提高了系统的可靠性。

MSC1210 作为智能高精度测量模块的核心,完成了微弱信号的多路切换、信号缓冲、PGA 编程放大、24 位 Σ - Δ APD 转换、数字滤波、数据处理、信号校准以及 SPI 通信等功能。芯片内部集成了 1 个 8 通道 24 位 Σ - Δ APD 转换器,采用 8051 兼容内核。与之前使用的 8051 相比,其最显著的特性是增加了模拟功能,包括^[7-9]:①8 通道可随意配置的差分输入或单端输入方式;②可编程增益放大(PGA),调整范围为 1 ~ 128;③高精密片内基准电压源,精度为 0.2%;④24 位无失码、低噪声(75 nV)模数转换器;⑤数据有效分辨率可达 22 位。

微处理器的电路连接图如图 3 所示。

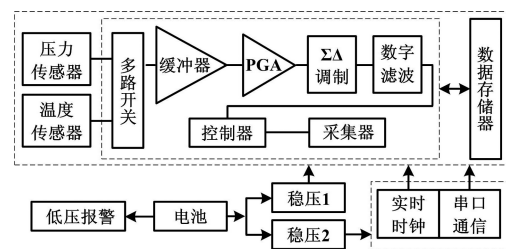


图 3 MSC1210 与系统连接示意图

Fig. 3 Connections between MSC1210 and the system

2.3 系统电源

水文地质的长期监测是一项艰苦而重要的工作,监测地点往往交通不便,有的还没有电力设施,所以监测仪器一般采用电池供电、全自动工作、无人值守、定时测量等^[10]。我们将系统设计成多电源供电系统,即在可靠信号触发后由电源唤醒单元唤醒系统,这时需要必要的功能单元,才能启动消耗能源。一旦系统检测到没有可靠的信号触发或采集数据工作完成后,除维持最基本功能的功能单元,如通信、时钟、功率唤醒

单元外,其他单元全部处于关闭状态,这样可以有效降低功耗,以满足长期的野外监测应用。

电源模块分为主电源部分和辅助电源部分。主电源是可关断电源,当不工作时,通过掉电来降低系统功耗;辅助电源是持续工作电源,保证了系统必要的供电需求。系统电源框图如图4所示。

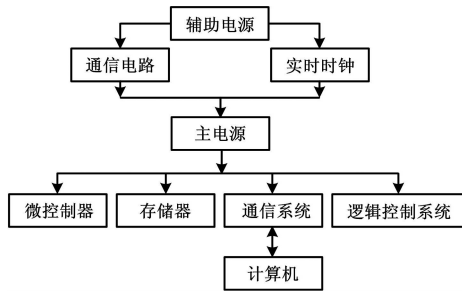


图4 系统电源框图

Fig.4 Power supply of the system

3 仪器的软件设计

仪器的总体设计中除了应考虑硬件的可靠性外,还应考虑软件的可靠性。在软件编制过程中,应尽量减少因考虑不周而导致的软件的故有缺陷和错误,避免由于外界因素导致软件执行失败的可能性。计算机管理软件应考虑选用成熟的模块和接口,增加数据的校验及自恢复能力减少抢占系统资源的可能,提高其安全性。软件流程如图5所示。

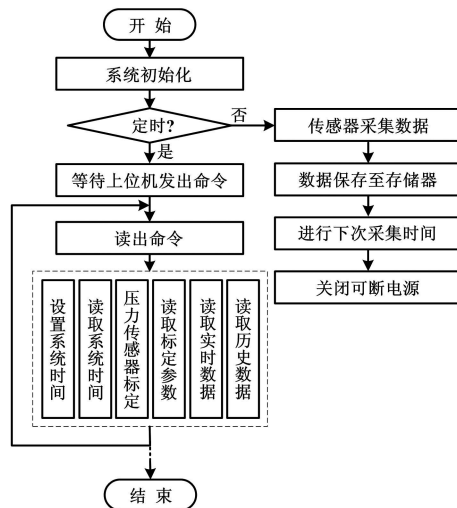


图5 软件流程图

Fig.5 Flowchart of the software

4 系统应用

目前,系统已经安装于野外多个监测点,一年多的《自动化仪表》第34卷第9期 2013年9月

野外应用表明,系统运行状态良好。重庆某监测点的数据曲线图如图6所示。

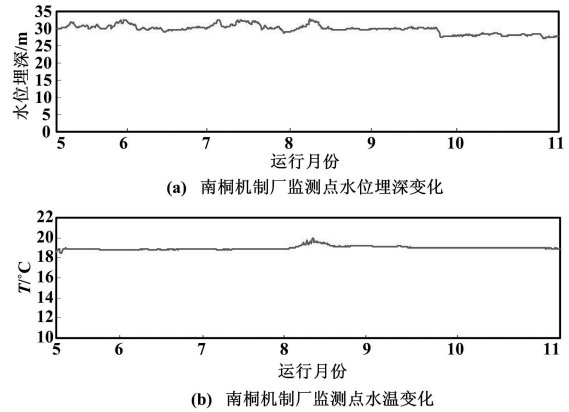


图6 监测数据曲线图

Fig.6 Curves of the monitoring data

5 结束语

本文探索的地下水水位自动监测仪采用科学的结构设计,有效解决了仪器的密封防潮、电池可靠更换等问题,克服因人为操作不当造成的故障,同时仪器操作更轻便。主机电池的动态检测与电量过低的防范措施,保证监测仪在极低的电池消耗下仍能维持最基本操作;通过核心器件的升级换代、信号调理电路的改进,进一步降低了整机功耗,提高了系统的集成性、稳定性和可靠性。

参考文献

- [1] 董殿伟,林沛,晏婴,等.北京平原地下水水位监测网优化[J].水文地质工程地质,2007(1):10-19.
- [2] 叶大华,徐宏声,郝庆斌.北京浅层地下水动态监测网建设发展与应用[J].北京规划建设,2012(3):98-102.
- [3] 郭燕莎,王劲峰,殷秀兰.地下水监测网优化方法研究综述[J].地理科学进展,2011,30(9):1159-1166.
- [4] 何臻,陈大跃,赵春宇.基于多路电流采集的高精度温度测量系统设计[J].国外电子测量技术,2011,30(1):21-27.
- [5] 史云,钱东平,吕长飞.基于智能网络传感技术的地下水动态监测系统[J].农业工程学报,2008,24(S2):68-71.
- [6] 赵立波,赵玉龙,李建波,等.倒杯式高温高频响应压阻式压力传感器[J].西安交通大学学报:自然科学版,2010,44(7):50-54.
- [7] 史云,冯苍旭,冯建华.基于MSC1210Y5的多参数水质监测系统[J].水文地质工程地质,2007(4):126-128.
- [8] 邓宏彬.MSC121X系统级单片机原理与应用[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [9] 胡永建,王晓梅.基于MSC1210的多路高精度湿度采集系统模块[J].电子技术应用,2003,29(7):36-38.
- [10] 冯苍旭,史云,陈实,等.用掉电方式解决长期监测仪器的功耗问题[J].水文地质工程地质,2000(3):57.