

# 水文水井抽水试验参数自动监测系统硬件设计

龚元明<sup>1</sup>, 胡郁乐<sup>2</sup>, 吴翔<sup>2</sup>, 王培玉<sup>3</sup>, 王建国<sup>3</sup>, 杨增斌<sup>3</sup>

(1. 清华大学自动化系 北京 100084; 2. 中国地质大学 武汉 工程学院 湖北 武汉 430074; 3. 中国人民解放军 84994 部队 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 设计了以单片机为核心的抽水试验参数自动监测系统, 能自动完成水位、出水量、地下水温和承压水水头高度等主要参数的自动监测, 并现场打印数据, 能和 PC 机进行数据通讯, 转储数据, 通过 PC 机进行进一步数据处理, 输出打印  $S = f(t)$  和  $Q = f(t)$  曲线, 建立数据库。

**关键词:** 水文水井; 抽水试验参数; 自动监测; 硬件; 传感器; 单片机

**中图分类号:** TU991.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3746(2001)05-0016-03

**Hardware Design for the Automatic Pump Testing Parameter Monitoring System for Water Well/** GONG Yuan-ming (Tsinghua University, Beijing 100084, China), HU Yu-le, WU Xiang (China University of Geo-sciences, Wuhan Hubei 430074, China), WANG Pei-yu, WANG Jian-guo, YANG Zeng-bin (No. 84994 Unit of PLA, Yingchuan Ningxia 750021, China)

**Abstract:** A pump testing parameter automatic monitoring system has been designed on the basis of the single chip micro-processor. It can automatically monitor main parameters such as water table, yield, ground water temperature, pressure bearing water head, and print out the data in the field. It can also perform data transmission with PCs which will further process the data and print out curves  $S = f(t)$  and  $Q = f(t)$ , creating the data base.

**Key words:** water well; pump testing; automatic monitoring; hardware; sensor; single chip microprocessor

地下水资源的开发和合理应用直接关系到国民经济建设和发展。如何准确地评价和开发地下水资源, 目前普遍采用的方法是通过水文钻孔成井后抽水试验参数来实现, 抽水试验参数是对水文水井成井后的利用价值评价的重要依据。

目前, 虽然有一些水文水井抽水试验参数监测仪, 如无感应水位仪、SKS-01 型半自动测井仪等, 但由于仪器监测方法较落后, 功能单一, 自动化程度低, 手工记录并处理资料, 造成资料失真, 误差很大, 不能适应新一轮国土资源大调查的需要, 特别是西部找水的需要。因此, 研制抽水试验参数自动监测系统具有重要的实际意义, 能为地下水资源的合理开发和利用提供准确的水文资料。

## 1 系统主要功能和性能指标

### 1.1 系统的主要功能

水文水井抽水试验参数自动监测系统是对水文水井抽水试验过程中的水位(承压水测量水头高度)、出水量、水温进行自动监测, 并存储、显示、打印数据的单片机应用监测系统。系统主要功能如下:

(1) 实时监测并显示水位、出水量、地下水温和承压水水头高度和抽水时间等主要参数。

(2) 具有自动报警功能, 当抽水过程中水位波动超过设置的波动阈值时自动报警。

(3) 可以和 PC 机数据通讯, 转储数据, 绘制  $S = f(t)$  和  $Q = f(t)$  曲线, 建立数据库。

(4) 具有掉电保护功能, 在断电情况下可保存数据至少 24 h。

(5) 可采用动力电 220 V 和蓄电池 36 V 二种供电方式。

### 1.2 系统主要性能指标

(1) 系统工作环境: 温度  $-20 \sim 60$  °C, 相对湿度  $< 80\%$ 。

(2) 水位测量范围  $0 \sim 100$  m(可根据电缆长度确定)精度  $0.5\%$ 。

(3) 出水量测量范围  $0 \sim 3000$  m<sup>3</sup>/天, 精度  $1\%$ 。

(4) 水温测量范围  $0 \sim 100$  °C, 精度  $1\%$ 。

(5) 水头高度测量范围  $0 \sim 100$  m, 精度  $1\%$ 。

收稿日期 2000-09-07

基金项目: 国土资源部地质大调查科研项目(DK9902100)

作者简介: 龚元明(1964-), 男(汉族), 湖北蒲圻人, 清华大学自动化系博士后, 副教授, 地质工程专业, 从事检测控制和仪器仪表方面的科研工作 (010) 62776666, gongYM@mail. au. tsinghua. edu. cn.

### 2 参数监测工作原理

水文水井抽水试验主要参数有水位( 水头高度 )、出水量和水温。该系统中采用的传感器主要有 压力传感器和温度传感器。其中水位( 水头高度 )通过散硅压力传感器进行检测。传感器输出的电压信号 ,为了便于信号远距离传输和减小干扰 ,均通过 V/I 变换为 4~20 mA 的标准电流信号。

#### 2.1 水位监测工作原理

水位监测是通过静压法间接测量 ,传感器为带温度补偿的扩散硅压力传感器 ,和地下水温传感器安装在  $\varnothing 24$  mm 的探头中 ,通过测管放于钻孔预定的位置 ,传感器输出信号通过带导气孔的电缆传到地面监测系统中。如果是承压水 ,则通过该传感器测量压力计算出水头高度。水位检测工作原理如图 1 所示。

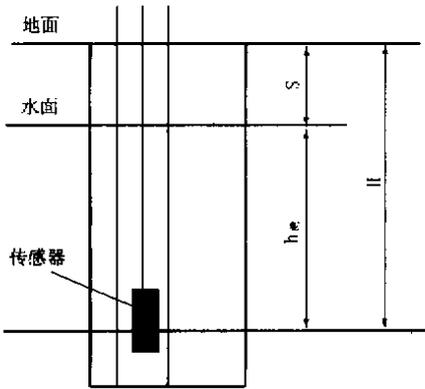


图 1 水位监测原理图

把水位传感器探头投入到钻孔中某一位置时 ,传感器受到的压力为 :

$$P = \rho gh_{测} + P_0$$

式中 : $P$  ——传感器感受到的压强 ,kPa ; $\rho$  ——水的密度  $g/cm^3$  ; $h_{测}$  ——待测液体深度 ,m ; $P_0$  ——液面上的压强 ,kPa ; $g$  ——重力加速度  $9.8 m/s^2$ 。

若传感器背压腔与液面上部大气连通 ,则  $P_0 = 0$  , $h_{测} = P / (\rho g)$

传感器把受到的压力信号转换成电信号 ,此信号与液体深度成正比。则 :

$$S = H - h_{测} = H - P / (\rho g)$$

式中 : $S$  ——水位 ,m ; $H$  ——传感器与地面的距离 ,m。

#### 2.2 温度传感器工作原理

采用 Pt100 电阻 ,利用电桥平衡的原理进行温度的监测。

#### 2.3 出水量监测工作原理

出水量监测工作原理和水位监测工作原理相

同 ,通过传感器检测堰箱三角堰的过堰水深高度  $h$  进行间接测量 ,该方法简单 ,成本低 ,不需要气水分离器。

$90^\circ$ 三角堰流量与过堰水深  $h$  的关系为 : $Q = Ch^{5/2}$ 。  $C$  为随  $h$  而变化的系数 ,其值见表 1。

表 1 系数 C 取值

$h/cm$	$C$	$h/cm$	$C$
5.0	0.0142	15.1~20.0	0.0139
5.0~10.0	0.0141	20.1~25.0	0.0138
10.1~15.0	0.0140	25.1~30.0	0.0137

### 3 单片机数据采集系统硬件设计

#### 3.1 硬件系统工作原理

抽水试验参数自动监测系统的核心为一个单片机数据采集系统。系统通过键盘人为设置工作参数 ( 采样周期 ,传感器离地面的距离和时间以及水位波动阈值 )。设置完毕后 ,各工作参数被存储起来。以设定的工作方式 ,采用定时中断实现对各传感器的模拟信号进行 A/D 转换、存储、数据处理、显示和打印机打印 ,同时判断水位波动是否超过设置的水位波动阈值 ,若超过则报警。

单片机数据采集系统工作原理如图 2 所示。主要由 I/V 变换器及滤波电路 ,12 位 A/D 转换器 MAX197 ,8031CPU ,PSD7219 ,DS1302 时钟电路 ,62256 ,27256 ,MAX233 和 8255 的芯片组成。

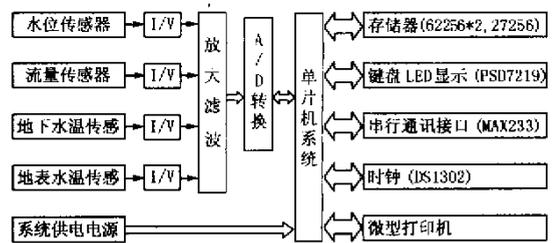


图 2 抽水试验参数自动监测系统硬件工作原理图

#### 3.2 传感器信号处理电路设计

钻孔较深时信号传输电缆较长 ,对传感器输出的毫伏级电压信号衰减大 ,因此所有传感器输出信号均通过变送器转换为 4~20 mA 的电流信号 ,在进入 A/D 转换时通过 I/V 变换转换为 0~5 V 的电压信号。处理电路如图 3 所示。

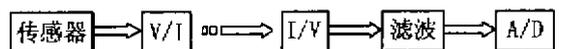


图 3 传感器信号处理电路原理图

#### 3.3 硬件接口电路设计

硬件接口主要是通讯接口和打印机接口。由于单片机串行口和微机 RS-232C 串行口电平标准不一样,需要电平转换才能进行数据通讯。在该系统中采用了不需要任何外围元件的 MAX233 接口芯片,接口电路如图 4 所示。打印接口是通过 8255 的 PA 口和 PC 口中的 PC4 和 PC7 口,接口电路如图 5 所示。

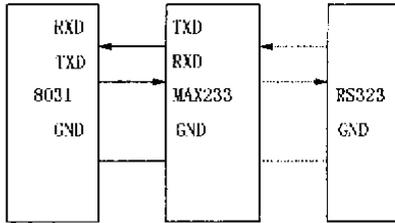


图 4 串行通讯接口图

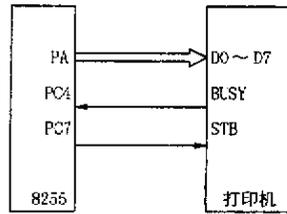


图 5 打印机接口图

在此基础上进一步作以下 2 个方面的开发,将会更进一步提高系统的性能和自动化程度。

(1)开发反馈控制功能,对抽水设备实行自动控制,将进一步提高系统的自动化程度。

(2)自动进行初步的水质分析,如自动检测水的矿化度、pH 值等参数。

### 参考文献:

- [1] 王福瑞,等. 单片机测控系统设计大全[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1998.
- [2] 丁镇生,等. 传感器及传感技术应用[M]. 北京:电子工业出版社,1998.

## 4 结语

该系统于 2000 年 5 月在中国人民解放军 84994 部队给水工程团进行了野外试验,验证了设计原理的正确性,并达到了预期的设计目的。如果

# “盐湖探险一号”钻机首次在西藏羌北无人区高原盐湖勘探获成功

为更好地执行国土资源部青藏高原盐湖矿产与生物资源大调查项目,由中国工程院院士郑建平研究员组织中国地质科学院勘探技术研究所李建华高级工程师等科技人员设计、制造的水陆两栖履带式“盐湖探险一号”钻机,在西藏羌北无人区综合科学考察活动中,首次用于高原盐湖勘查获得圆满成功。

西藏羌北地区湖泊星罗棋布,蕴藏着丰富的盐类矿产资源和盐湖生物资源,但该地区平均海拔 5000 m 以上,享有“世界屋脊的屋脊”之称,气候高寒,长冬无夏,有永久冻土,空气稀薄缺氧,是青藏高原的“干寒中心”,自然条件十分恶劣,高亢地势与泥沼、湖泊交错,人迹罕至,难以进入调查,至今该地区大部分仍为地球科学和生物科学研究的空白区。

“盐湖探险一号”钻机的突出特点就是能够水陆两用,既可以进行矿床勘探,也可用于人员和设备的运输,适合湖泊、滩涂、沼泽等难以进入地区进行科学探险考察和勘探,由于其功率储备大、防腐措施好,更适合高原盐湖缺氧地区使用。该设备工作可靠性高、机动性能好、行驶速度高、操作简单轻便;采用全液压驱动,自动化程度高,工人劳动强度低。“盐湖探险一号”钻机的研制成功为评价西藏羌北无

人区盐湖无机盐和生物以及地热资源提供了强有力的技术手段,其在高原的成功应用为以后研制开发其它高原用机械设备打下了基础。

在本次历时 1 个半月(5~6 月)的综合科学考察活动中,“盐湖探险一号”钻机运载车经过 7000 多 km 的长途颠簸,在恶劣的自然条件下,行驶在平均海拔 4400 多 m、最高 4900 多 m 的高原盐湖、沼泽、滩涂等复杂地表地区,累计总行程达 180 多 km,安全可靠。在喀湖错和聂尔错进行了盐湖勘探,其中在喀湖错是世界上首次在海拔最高的盐湖水域中进行勘探作业,其设备和钻进技术方法都经受了严峻的考验,钻机性能不仅达到了设计要求,而且可完全满足在恶劣环境下勘探施工的要求,安全可靠,钻探技术人员也取得了丰富的高原盐湖的钻探经验。钻机累计进尺 60 余 m,取得大量盐湖的岩心,获得宝贵的第一手资料,达到了科学考察的目的,这对于进一步分析研究古环境和西藏盐湖资源的潜力评价、填补空白点具有重要的科学意义,同时也为祖国的西部大开发做出了贡献。

有关图片资料参见彩插 16。

(刘凡柏 供稿)

## “第二期定向钻进铺管技术培训班”成功举办

为推动我国非开挖技术的发展、提高从业人员的技术水平,中国非开挖技术协会和中国地质学会探矿工程专业委员会于 2001 年 6 月 26 日~7 月 5 日在中国非开挖技术协会培训中心——中国地质科学院勘探技术研究所成功举办了“第二期定向钻进铺管技术培训班”,共有来自不同行业的 40 多人参加了培训。本次培训以从事或即将从事非开挖定向钻进铺管工程的技术人员、管理人员、项目经理为对象,采用理论与实践相结合的教学方式,课程包括定向钻进技术、夯

管锤铺管技术、导向探测仪器操作等,邀请国内知名专家、学者讲课,并进行了导向钻进铺管的现场操作演示。

培训期间还进行了技术座谈和研讨,大家互相交流施工经验,对实际工程中遇到的技术难题进行了热烈的探讨,进一步丰富了非开挖工程施工各方面的知识。

本次培训班的成功举办,必将会进一步推动中国非开挖事业的发展。(车延岗 供稿)