

新型集成化淤泥探测仪的设计与应用*

杨 闵, 潘 炜

(安徽农业大学 信息与计算机学院, 安徽 合肥 230036)

摘 要: 为了提高清淤准确度, 使用光电传感器和压力传感器以及相应的调理电路, 采用上位机控制下位机的方式, 研制出一种能够同时测量浮泥层密度和相应的液位以及淤泥底部的集成化探测仪。通过实验对传感器进行了标定。测量结果可以在上位机软件界面实时显示并与时间一起保存在上位机上。在软件界面可以修改系数对传感器进行校准。实际应用表明: 该探测仪测量准确, 实时性好, 使用方便, 能够起到指导清淤的作用。

关键词: 淤泥探测仪; 传感器; 信号处理

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1000-9787(2012)04-0106-03

Design and application of new type integrated silt detector*

YANG Min, PAN Wei

(School of Information and Computer, Anhui Agriculture University, Hefei 230036, China)

Abstract: A new detector is researched which can measure fluid silt layer's density and the corresponding location as well as and the bottom of silt simultaneously. This detector employs photoelectric sensors, pressure sensors, and the corresponding conditioning circuit, and adopts upper computer PC controlling lower computer so as to improve dredging accuracy. Each sensor is calibrated after the experiments, results of measurements are shown on software interface of upper computer and be saved on it at the same time. Coefficient can be modified on the software interface to calibrate the sensor. The practical application proves that the detector performance is stable, fast, accurate, immediate and easy to use. It can be used to conduct the process of dredging.

Key words: silt detector; sensor; signal processing

0 引言

随着河道清淤准确度要求提高, 在清淤工作中要求能够确定清淤起始位置和清淤结束位置, 以便指导人员清淤; 要求测量数据能够实时保存, 以便技术人员了解河道状况。目前, 国内外传统的测量淤泥方法有以下几种: 钻孔取样法, 使用钻机单点采集柱状淤泥样本, 但钻孔取样对淤泥的扰动不能避免; 静力触探法通过单点测定淤泥层对测杆的比贯入阻力来确定淤泥厚度, 无法测定淤泥的密度^[1]; 放射线探测法是根据放射线的放射衰减比率来测定淤泥的密度, 测定精度较高, 但对人员和被测区域环境有潜在的放射性危害; 多普勒双频超声波测量法原理是以高频测量泥水界面, 再通过低频测量淤泥底层距水面距离, 从而得到淤泥厚度, 这种方法较之其他方法高效快速, 但淤泥的密度无法测定^[2]。

以上测量淤泥方法, 存在这样或那样的不足。本文研究了一种新的淤泥探测方法, 能够同时测量浮泥层密度和相应的液位以及淤泥底部, 从而能够界定淤泥层深度, 起到

指导清淤的作用, 所测量的物理量数据能够保存在计算机上, 供技术人员分析数据。该仪器测量时对淤泥扰动小、快速性好、安全性强, 使用方便。

1 探测仪系统框图

系统框图如图 1 所示。用光电传感器测量浮泥层淤泥密度, 用液位传感器测量浮泥层液位深度, 以便确定清淤起始位置; 用土强度传感器测量土强度, 以便确定清淤结束位置。各个传感器的输出信号经信号调理电路输出, 在单片机控制下进行 A/D 转换, A/D 转换后的 TTL 电平信号通过 RS485 集成电路转换成 RS485 电平信号, 此信号经过 15 m 电缆传输后, 通过 RS485-USB 转换器, 由 USB 接口送给计算机。计算机处理监测点的测量数据, 然后显示被测物理量值, 并将被测物理量值和时间同时保存在计算机上。

2 探测仪设计

2.1 硬件设计

2.1.1 密度传感器

采用光电法探测浮泥层淤泥密度。光电传感器主要由

收稿日期: 2011-08-18

* 基金项目: 国家科技重大专项资金资助项目(2008CX07316-004)

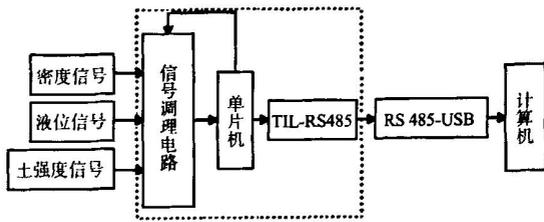


图1 系统框图

Fig 1 System block diagram

红外 LED 和硅光电池组成。红外 LED 发射出红外光,经不同密度的淤泥吸收后,硅光电池接收到的光强度不同,从而产生不同大小的电信号,这样能够将淤泥密度转变成电信号。由三极管和电阻器组成分压式共射极放大电路,光电池一端接在分压式偏置电阻器中间结点上,另一端接三极管基极,光电池输出的电信号放大后从集电极输出至单片机。

在实验室中配制出 7 个不同密度的淤泥样本,将光电传感器放入配置好的样本中,让泥样均匀分布在红外 LED 和硅光电池中间。在密度为 1.00 g/cm^3 的情况下,三极管饱和导通,输出电平最小值为 0.3 V ,随着泥样密度的增加,输出的电平增大,在密度为 1.03 g/cm^3 时,三极管截止,输出电平最大值为 5 V 。进行 6 组试验取平均值^[3],经 A/D 转换和二/十进制转换,十进制数电信号与淤泥密度采用对数曲线拟合,拟合方程为 $y=0.008\ln x + 0.98$,拟合曲线如图 2 所示。

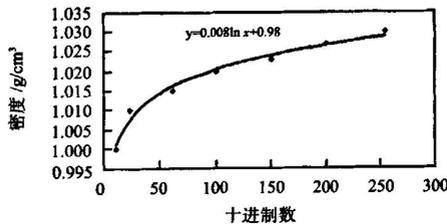


图2 十进制数电信号与淤泥密度值拟合曲线

Fig 2 Fitting curve of decimal electric signal and silt density

河道淤淤时要确定淤泥层的位置,该层面浮泥密度一般认定为 1.04 g/cm^3 左右,虽然不能精确定义,但基本反映了水体与泥层界面的结合部^[4]。本光电传感器可测量在 $1.00 \sim 1.03 \text{ g/cm}^3$ 密度范围的浮泥,因此,当探测仪探测到的淤泥密度达到 1.03 g/cm^3 时,即可认为探测仪已到达泥层界面。

2.1.2 液位传感器

采用防护罩、GE Nova NPI-19A-101GH 型高精度压力传感器以及通气导管构成液位传感器,采用 MAXIM 公司的 MAX1450 作为信号调理芯片,信号调理电路如图 3 所示。此传感器输出信号经调理电路输出电压值。MAX1450 外围电路设置如下;1) $A_2, A_1, A_0 = 001$,即设定放大倍数为 65;传感器以及通气导管构成液位传感器,采用 MAXIM 公司的 MAX1450 作为信号调理芯片,信号调理电路如图 3 所示。

2) 由于压力传感器的电桥驱动要求为 1 mA ^[5],在最小压力下,调节 R_{FSOA} 使 $V_{FSOTRIM} = R_{in} \times 1 \text{ mA}$ (R_{in} 为压力传感器输入阻抗),调节 R_{ISRC} 使 $V_{BBUF} = V_{FSOTRIM}$,将 SOFF 接 V_{DD} ,调节 R_{OFFA} ,改变 V_{OFFSET} ,使 MAX1450 输出 0.5 V 。在最大压力下,调节 R_{FSOA} 使 $V_{FSOTRIM} = V_{BIDEAL} (V_{BIDEAL(25^\circ\text{C})} = V_{FSOTRIM} (1 + \frac{[desired V_{FSO}] - [measured V_{FSO}]}{[measured V_{FSO}]})$ 。调节 R_{ISRC} 使 $V_{BBUF} = V_{BIDEAL}$,使输出端输出 4.5 V ^[6]。如此反复调节,直到输出端在 0 m 液位输出 0.5 V ,在 10 m 液位输出 4.5 V 。在上述调节中,SOTC 所接开关断开、OFFTC 接地。

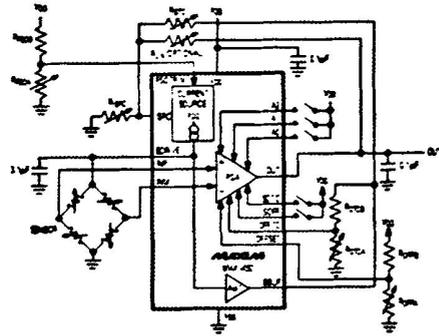


图3 信号调理电路

Fig 3 Signal conditioning circuit

标定时从 $0 \sim 10 \text{ m}$ 等间距分为 10 个点,进行 3 组正反向行程测试,对每个标定点的 6 个输出电压值取平均值,经 A/D 转换和二/十进制转换,十进制数电信号与液位值近似为理想直线,故拟合直线采用理想直线,如图 4 所示。

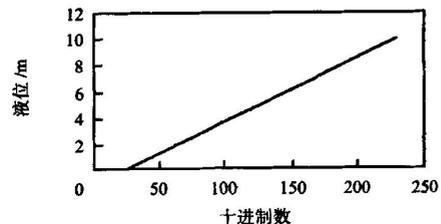


图4 十进制数信号与液位值拟合直线

Fig 4 Fitting curve of decimal electric signal and liquid levels

2.1.3 土强度传感器

采用探测板、压缩缸、杆状活塞、GE Nova NPI-19A-101GH 型高精度压力传感器以及通气导管构成土强度传感器,采用 MAXIM 公司的 MAX1450 作为信号调理电路,此传感器输出信号经调理电路输出电压值,MAX1450 外围电路设置与液位传感器中使用的 MAX1450 设置相同。经 A/D 转换和标量变换,输出土强度值,将土强度传感器的输出值与底泥土强度设定值比较,可判定是否触底,从而停止淤淤。

2.1.4 信号采集与传输

采用 STC12C5410AD 单片机,对上述 3 个传感器调理电路的输出信号进行采集。由于该探测仪按水深 10 m 设计,为了提高数据传输的可靠性,采用 MAX485 集成电路,2.1.4 信号采集与传输

采用 STC12C5410AD 单片机,对上述 3 个传感器调理

将 A/D 转换后的 TTL 电平转变成 RS485 电平,然后通过通气电缆将信号送给 RS485-USB 转换器,经 USB 接口送给计算机。

2.2 软件设计

2.2.1 下位机程序

下位机采样电路中使用 STC12C5410AD 单片机作为控制器,主要实现 A/D 转换的控制和串行口通信 2 个功能。采用上位机控制下位机采集淤泥密度信息,下位机控制红外 LED 电源的开关,以减小电源发热量。

2.2.2 上位机程序

采用 Visual C++ 编写上位机程序,通过选择不同监测点区分不同地点的测量数据,串口号可根据实际使用的串口设定,在软件界面上可以修改拟合方程的系数和底泥土强度值,便于对传感器进行校准和针对不同泥质进行底泥土强度设置,土强度设有报警灯显示,若未超过设定的底泥土强度值,报警灯显示绿色,否则,为红色。液位、密度、土强度数据可实时显示并存储在计算机中,为避免某个文档中数据量过大,设置每个文档存储 1 024 条数据信息,若超过,则自动更换新文档继续记录。

2.3 机械封装

将测量密度、液位以及土强度的传感器封装在一个探头上,电路板安装在探头内部,采用通气电缆作为电路供电导线和输出信号传输线,探头如图 5 所示。

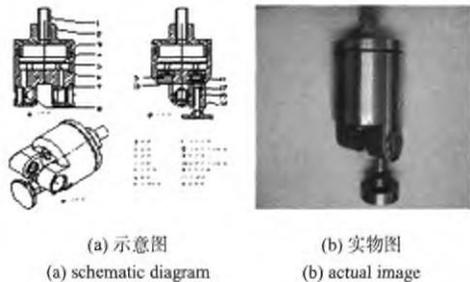


图 5 探头示意图和实物图

Fig 5 Schematic diagram and actual image of probe

考虑到在水下可能碰到障碍物(如,树枝、木板、砖块之类),在设计中对传感器采用了防护措施。对光电传感器中的红外 LED 和硅光电池采用透明玻璃保护;对液位传感器,在其感压面前端采用带孔的铜片保护;对土强度传感器,探测板承受的压力通过杠杆活塞作用在液压油上,通过

液压油将压力传递到压力传感器感压面,保证其不会受损。考虑探头是密封的,要使探头内的气压等于大气压力,因此,采用带空心导管的通气电缆。

3 实际应用

在河道中进行实际探测,部分实测数据如表 1 所示。

表 1 实测数据

Tab 1 Measured datas

序号	液位(m)	密度(g/cm^3)	土强度(kPa)
1	1.132	1.001	6.488
2	1.426	1.001	6.829
3	1.622	1.003	6.829
4	1.769	1.009	16.732
5	1.769	1.009	29.758
6	1.818	1.012	48.781
7	1.867	1.018	56.573

4 结束语

该探测仪可同时测量淤泥层淤泥密度和相应的液位以及土强度大小,能够起到指导清淤人员开始清淤和结束清淤的作用;测量数据和时间可同时保存在计算机上,便于技术人员进行数据分析和处理;拟合方程系数和底泥土强度值在软件界面上可以直接修改,便于对传感器进行校准和针对不同泥质进行底泥土强度设置。

参考文献:

- [1] 朱前维,郭海峰. 水下淤泥的测量与计算[J]. 黄河水利职业技术学院学报,2009(1):12-14.
- [2] 王卫国,谢津平,惠武权,等. 水下地形与淤泥测量 Silas 技术[J]. 地质找矿论丛,2007(3):236-239.
- [3] 董永贵. 传感技术与系统[M]. 北京:清华大学出版社,2006:28-36.
- [4] 徐海根,徐海涛,李九发. 长江口淤泥层“适航水深”初步研究[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,1994(2):91-97.
- [5] NPI-19 Series medium pressure, media isolated pressure sensor[EB/OL]. [2011-07-30]. <http://www.datasheets4u.com/NovaSensor-datasheet.html>.
- [6] Maxim Integrated Products, Inc. Low-cost, 1% -accurate signal conditioner for piezoresistive sensors [EB/OL]. [2009-11-05]. <http://china.maxim-ic.com/datasheet/index.mvp/id/1867>.

作者简介:

杨 闯(1986-),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为计算机控制与应用。

路到微弱信号的处理[M]. 彭军,译. 北京:科学出版社,2006.

- [6] 张彦兵,刘永前. 一种新型便携式静态应变仪的研制[J]. 仪表技术,2005(4):60-67.

作者简介:

郭风仪(1964-),男,内蒙古赤峰人,硕士生导师,教授,多年从事智能化电机与电器、电接触理论及其应用,节能型电力电子技术及应用,电气工程新技术等方面的研究。

(上接第 105 页)

- [3] 王书平,宋雅静,王 惠. 矿用智能锚杆测量仪设计[J]. 煤矿机械,2007(5):28-30.
- [4] Ellis B L, Smith L M. Modeling and experimental testing of strain gauges in operational and failure modes[J]. IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, 2009, 7:2222-2227.
- [5] 远坂俊昭. 测量电子电路设计:模拟篇. 从 OP 放大器实践电