

实验研究

文章编号: 1671-251X(2009)07-0027-04

# 一种矿用便携式锚杆静态应变仪的设计\*

王国伟<sup>1</sup>, 郭凤仪<sup>1</sup>, 吴志刚<sup>2</sup>

(1. 辽宁工程技术大学电气与控制工程学院, 辽宁 葫芦岛 125105;  
2. 煤炭科学研究院开采分院, 北京 100013)

**摘要:** 现有的用于测力锚杆的应变仪器精度差, 只能人工记录测量数据, 无法准确反应巷道的受力情况。针对以上问题, 文章介绍了一种矿用便携式锚杆静态应变仪的设计, 分析了应变测量的测量原理, 并主要阐述了应变仪的信号调理电路设计及其软件程序设计。试验结果表明, 该应变仪测量精度高、稳定性好, 具有汉字显示、操作简单等特点。

**关键词:** 煤矿; 锚杆; 静态应变仪; 测量精度; 信号调理

**中图分类号:** TD326.2      **文献标识码:**A

Design of a Portable Static Strain Gauge for A nchor Used in Mine

WANG Guowei<sup>1</sup>, GUO Fengyi<sup>1</sup>, WU Zhigang<sup>2</sup>

(1. Faculty of Electrical and Control Engineering of Liaoning Technical University, Huludao 125105, China. 2. The Exploitation Branch of CCRI, Beijing 100013, China)

**Abstract:** The existing strain gauge used in measuring anchor has bad precision, its measuring data only can be recorded manually and it can't response force conditions of tunnel accurately. Aiming at the above problems, the paper introduced design of a portable static strain gauge for anchor used in mine, analyzed measuring principle of strain measurement, and expounded designs of signal conditioned circuit of the strain gauge and its software program. The experiment result showed that the strain gauge has high measuring precision and good stability with characteristics of Chinese display and easy operation.

**Key words:** coal mine, anchor, static strain gauge, measuring precision, signal conditioning

## 0 引言

锚杆支护具有效果好、维护费用低、劳动强度低、利于回采等优点, 是煤矿巷道支护改革的发展方向。测力锚杆是巷道支护设计、安全监测、机理研究不可缺少的观测仪器。现有的应变仪器测量精度差, 需人工记录, 不能准确反映巷道受力状态。本文介绍的矿用便携式锚杆静态应变仪具有测量精度高、稳定性好、汉字显示、操作简单等优点, 可为巷道

技术人员更好地了解支护体的受力情况提供数据保障, 降低顶板事故发生的概率, 从而减小对工人人身安全和矿井正常生产的威胁, 具有很高的社会和经济效益。

## 1 应变测量原理

由物理学可知, 导体或半导体材料在外界作用力下(拉伸或压缩)产生机械变形, 其阻值将发生变化, 这种现象称为“应变效应”。

进行应变测量时, 将一定阻值的电阻应变片粘贴在待测试件处, 当试件受外力作用产生变形时, 应变片阻值将发生变化。在一定范围内, 应变片电阻的相对变化量  $\Delta R/R$  与试件的相对变化量(即应变)成线性关系, 即:

收稿日期: 2009-02-27

\* 基金项目: 辽宁省优秀人才资助项目(2007R22)

作者简介: 王国伟(1983-), 男, 辽宁阜新人, 辽宁工程技术大学在读硕士研究生, 研究方向为电力电子与电力传动。E-mail:

wangguowei37@163.com

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta L}{L} = K \varepsilon \quad (1)$$

式中:  $\frac{\Delta L}{L}$  为相对拉伸量;  $K$  为电阻应变片的灵敏系数, 其数值与电阻丝的材料及绕线方式有关, 一般  $K$  值在 2.0 左右。

笔者选用的传感器为井巷用电阻应变式测力锚杆 CM-300, 其电阻应变片的  $K$  值为 2.0; 其内有 12 个测力应变片、1 个温度补偿片, 分别组成半桥式结构。

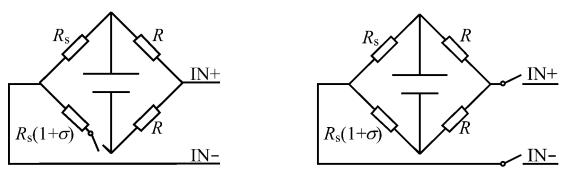
## 2 微应变信号的调理电路

笔者利用上述应变效应, 通过惠斯登电桥实现微应变-电压的转换, 然后利用信号调理电路对电信号进行采集测量和放大。

### 2.1 惠斯登电桥的桥源与信号切换开关

根据惠斯登电桥的设计结构, 不适宜采用电流源, 再考虑到便携式仪表的低功耗要求, 本应变仪桥源选择电压源( $V_{REF}=2.4\text{ V}$ ), 由低功耗稳压二极管 LM385 得到。

为了获取测力锚杆各段的弯曲载荷, 选取电子开关切换各段电桥的通断。电子开关的切换由单片机控制, 其对信号的切换方式有 2 种: 一种用来切换桥源的通断, 如图 1(a) 所示; 另一种用来切换信号到放大器之间的通道, 如图 1(b) 所示。为了保证电桥的平衡, 本应变仪选择第二种切换方式。选择电子开关的关键是要求其在导通时阻抗很小, 切换迅速, 本应变仪选用一种先进的 HEX 型场效应管 IRFD020, 其开启电阻仅为  $0.1\Omega$ , 反应迅速, 温度稳定性好。



(a) 切换桥源的通断      (b) 切换信号到放大器之间的通道

图 1 惠斯登电桥的信号切换开关工作方式图

### 2.2 信号放大部分

由于电桥输出信号一般为  $\mu\text{V}$  级, 因此, 要求电路前级放大部分必须有较强的噪音抑制功能和较高的共模抑制比( $CMRR$ ), 以免有用信号被外部的噪声淹没; 同时, 控制放大倍数不易过大, 以免微小的失调电压可能对电路产生严重影响。

本应变仪的运算放大器采用 Intersil 公司生产的斩波放大器 ICL7650S。ICL7650S 是利用动态校

零技术和 CMOS 工艺制作的差动式低漂移集成运算放大器, 具有输入偏置电流小、失调小(最大失调电压仅为  $1\mu\text{V}$ )、增益高、共模抑制能力强、反应快、低漂移、性能稳定及价格低廉等优点, 可用做差动放大器, 是一种近似理想的直流集成运算放大器, 完全符合微应变信号的放大要求。

放大电路设计普遍采用三运放的形式, 即 2 个输入运放提供增益、1 个输出运放利用差分放大器将 2 个输入的转化信号转换成单端输出。本应变仪的放大电路部分采用双差分放大器的形式, 如图 2 所示。该形式既具有三运放形式的抗共模干扰和高共模抑制比的优点, 又可以降低功耗和减小运放的放大倍数。

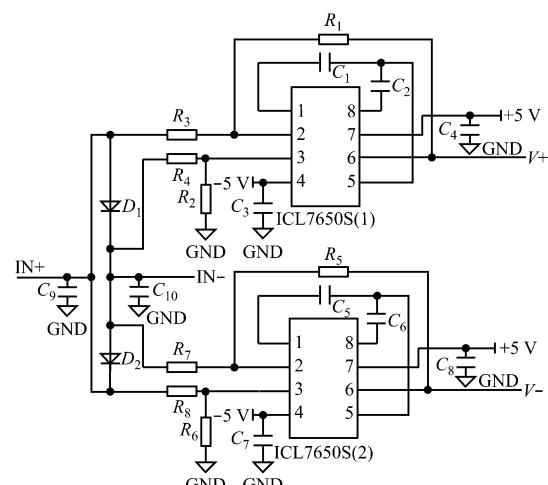


图 2 双差分放大器组成的放大电路图

电容  $C_1 \sim C_8$  选用  $0.1\mu\text{F}$  的瓷片电容; 二极管  $D_1, D_2$  的作用是防止输入电压过大, 保护运放; 电容  $C_9, C_{10}$  选用  $0.01\mu\text{F}$  的独石电容, 起滤除高频噪声的作用; 电阻形成的桥路是对称的, 即  $R_3=R_4=R_7=R_8=r_1, R_1=R_2=R_5=R_6=r_2$ , 要想获得高的  $CMRR$ , 这些电阻的匹配很关键, 同时, 为了在温度变化和电阻老化等原因作用下保持电桥平衡, 采用金属膜电阻阵列。

本应变仪选用的惠斯登电桥如图 1(b) 所示,  $R_s$  为传感器内的温度补偿片,  $R_s(1+\sigma)$  为传感器内的一个测力应变片,  $\sigma=\frac{\Delta R}{R}=K\varepsilon, R_s=R=120\Omega$ 。对电桥的两臂应用戴维宁定理, 采样信号经过 ICL7650S 放大后的输出电压为

$$V_+=\frac{r_2}{R(2r_1+r)} \cdot \\ -\frac{r_1R+r_2R\sigma-r_1^2(2+\sigma)-r_1r_2(2+\sigma)}{R(1+\sigma)+(r_1+r_2)(2+\sigma)} \cdot V_{REF}$$

$$V_{-} = \frac{r_2}{R[(2+\sigma)r_1 + (1+\sigma)R]} \cdot V_{\text{REF}} \\ - \frac{r_1R - r_2R\sigma - 2r_1^2 - 2r_1r_2}{R + 2(r_1 + r_2)} \cdot V_{\text{REF}} \quad (3)$$

对于  $\sigma \ll 1$ , 则有:

$$\Delta V = (V_{+}) - (V_{-}) \\ \approx \frac{2r_2^2\sigma}{(2r_1 + R)[R + 2(r_1 + r_2)]} \cdot V_{\text{REF}} \quad (4)$$

由式(4)可知,  $\Delta V$  与  $\sigma$  是线性关系。根据式(4)可以选取不同的  $r_1$  和  $r_2$  值, 以满足不同情况的放大要求( $r_2/r_1 \geq$  要求的放大倍数  $A$ )。

### 2.3 数模转换部分

A/D 转换器选用美国 Intersil 公司生产的 ICL7135, 它是比较流行的双积分 A/D 转换器, 具有 4 位半的精度(相当于 14 位的 A/D 转换器)、自动校零、自动极性输出、单基准电压、动态字位扫描 BCD 码输出、价格低等特点。由于其精度很高( $-19999 \sim +19999$ ), 而且应变仪的分辨率为 1 个微应变, 即 1 个微应变对应 0.1 mV, 这样运放的放大倍数就不需要很高, 进而降低了失调电压对应变仪的影响。

### 3 整机结构与工作原理

本应变仪的整机硬件由信号调理电路和数字主电路两大部分组成, 如图 3 所示。本设计选择 AT89S53 单片机作为仪表的 CPU, 其具有 12 KB 的 FLASH, 功耗低。AT89S53 外接数据存储器 E<sup>2</sup>PROM (AT24C256), 使其存储数据空间扩展为 32 KB(即可存储 16 000 个数据)。另外, 选用了具有汉字显示功能的 LCD 液晶屏。

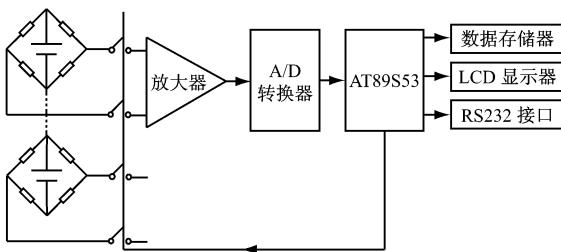


图 3 应变仪的整机硬件组成框图

工作原理: AT89S53 控制电子开关, 使被测信号顺序接通放大器, 并通过惠斯登电桥将应变信号转变为微电压信号, 经过放大、A/D 转换, 成为对应的数字信号, 经 AT89S53 处理后进行存储, 并由 LCD 显示或根据需要通过 RS232 接口与 PC 机通信及上传数据。

### 4 软件设计

本应变仪软件采用模块化程序设计思想, 由主程序、键盘监控程序、采样程序、数据存储程序、转换与处理程序、显示程序和通信程序等构成。其中主程序流程如图 4 所示。

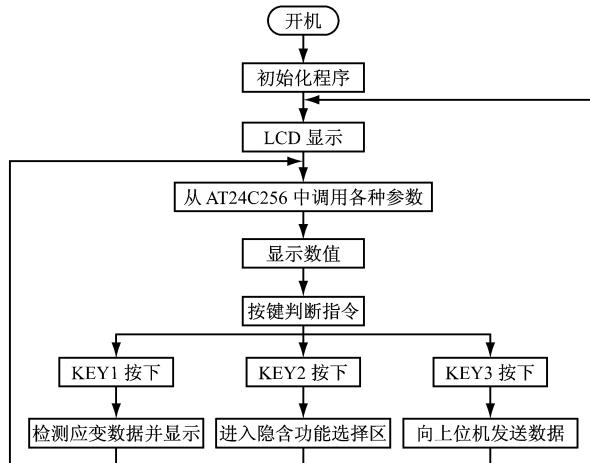


图 4 主程序流程图

在采样程序设计中, 考虑到模拟开关从一个通道切换到另一个通道时, 运放就可能收到 1 个阶跃信号并产生传输延迟和过冲等现象, 使得测量的数据不够稳定, 因此, 在设计该程序时, 设置模拟开关闭合并延时 1 s 后开始采集 A/D 转换器的电压值, 此时测量的数据更加稳定、准确。

### 5 实验室调试

在测量应变值时, 需要开机 3 min 后再开始测量数据(即预热)。通过标准模拟应变量校准器对本仪表进行标定, 测得的数据如表 1 所示。

表 1 应变仪测试数据表

实际应变值 / $\mu\epsilon$	矿用便携式锚杆静态应变仪	
	读数/ $\mu\epsilon$	修正后应变值/ $\mu\epsilon$
0	-5	0
500	495	500
1 000	995	1 000
1 500	1 496	1 501
2 000	1 994	1 999
3 000	2 996	3 001
4 000	3 995	4 000

从表 1 可看出, 该应变仪的线性度很好, 但其起始读数与实际应变值有偏差, 可用软件进行校正; 对同一个应变测量 1 000 次, 测得的数值在  $\pm 1 \mu\epsilon$  内变化, 说明其具有很好的重复性。

文章编号: 1671-251X(2009)07-0030-04

# 基于 Oracle Spatial 的钻孔信息管理系统的研究与实现

张 珊<sup>1</sup>, 吴健平<sup>1</sup>, 郑红波<sup>1</sup>, 朱宇鹏<sup>2</sup>

(1. 华东师范大学资源与环境科学学院地理系, 上海 200062;  
2. 上海科泰世纪科技有限公司, 上海 201203)

**摘要:**为了有效管理煤矿钻孔数据,文章结合 GIS 技术和 Oracle 数据库技术,介绍了一种基于 Oracle Spatial 的钻孔信息管理系统。该系统利用 Oracle Spatial 统一存储和管理钻孔空间数据和属性数据,根据从数据库中读取的离散钻孔点数据构建 DTIN 和 GTP 模型,分别模拟地形表面和地质体,并采用 OpenGL 对地质体进行各种三维可视化表达,从而还原煤矿地质形态的原貌。该系统对于地质勘探施工及监测工程具有重要的现实意义。

**关键词:**煤矿; 钻孔信息; GIS; Oracle Spatial; 三维数据模型; 三维可视化技术

中图分类号: TD672

文献标识码: A

## 0 引言

一般说来,原始的煤矿地质数据主要来自钻孔数据。对钻孔数据建立合理的模型,动态模拟曲面和三维地质体,可为地质勘探工作者提供更加及时、有效、准确的信息,从而达到整体把握地质规律、指导地质工程项目的勘测施工及监测的目的。然而这些钻孔数据大都是离散且不规则的,如何通过这些离散的数据恢复地质形态的原貌,使其更好地为

煤矿生产服务,一直是地质工作者研究的热点和难点。基于此,笔者结合 GIS 技术与 Oracle 数据库技术,建立了基于 Oracle Spatial 的钻孔信息管理系统,为地质工作者方便、高效、低成本地了解和把握研究区域内的地质信息提供了一种很好的手段。

## 1 系统概述

空间数据库管理系统按一定方式组织、存储和管理空间数据,具有较高的程序和数据独立性,能以较少的重复为多个用户或应用程序服务,是整个 GIS 的核心<sup>[1]</sup>。本文研究的钻孔信息管理系统采用 Oracle Spatial 作为空间数据库及空间数据库管理系统统一存储并管理钻孔的空间数据及属性数据。

目前,该仪表仅在实验室得到测量数据,下一步的工作是到现场测试其工作性能。

## 参考文献:

- [1] FRANCO S. 基于运算放大器和模拟集成电路的电路设计 [M]. 3 版. 刘树棠, 朱茂林, 荣 玖, 译. 西安: 西安交通大学出版社, 2004.
- [2] BAKER B. 嵌入式系统中的模拟设计 [M]. 李喻奎, 译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [3] 陈岭丽, 冯志华. 检测技术和系统 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [4] 吴志刚, 王兴库, 王世超, 等. 电阻应变仪多通道技术研究 [J]. 煤矿开采, 2007, 12(5): 96~97.

## 6 结论

(1) 该仪表测量精度高,即精度为测量值的±0.1%,分辨度为 1 με,稳定性好。

(2) 采用先进的电子开关切换技术,放大电路部分采用双运放的形式,可满足对微弱的电压信号稳定放大的要求。

(3) 检测结果采用 LCD 汉字显示,便于理解与操作。

本文提出的矿用便携式锚杆静态应变仪对于减少顶板事故、保障煤矿安全生产具有重大的现实意义。