

文章编号: 1671-251X(2010)04-0018-05

基于 CCD 的垂线坐标仪的设计

徐乐年¹, 徐成功², 员玉良³

(1. 山东科技大学信息与电气工程学院, 2. 山东科技大学机械电子工程学院, 山东 青岛 266510;
3. 青岛农业大学机械电子工程学院, 山东 青岛 266109)

摘要: 针对矿井井壁变形引起的径向位移测量问题, 提出了一种基于 CCD 的垂线坐标仪的设计方案, 给出了垂线坐标仪的结构及其在井壁变形监测系统中的布置, 详细介绍了垂线坐标仪的软、硬件设计。该垂线坐标仪利用 CCD 采集光信号并将其转换为视频信号, 采用 LPC932 对采集的视频信号进行二值化处理及计数, 并将处理结果发送至地面计算机进行分析, 从而得到矿井井壁变形引起的径向位移量。测试结果验证了该垂线坐标仪的稳定性和精确性。

关键词: 矿井; 井壁位移; 径向位移; CCD; 垂线坐标仪; 线性标定; 二值化

中图分类号: TD772 **文献标识码:** B

Design of Vertical Plumb Coordinatograph Based on CCD

XU Lenian¹, XU Chenggong², YUN Yuliang³

(1. College of Information and Electrical Engineering of SDUST., Qingdao 266510, China.
2. College of Mechanical and Electronic Engineering of SDUST., Qingdao 266510, China.
3. College of Mechanical and Electronic Engineering of QAU., Qingdao 266109, China)

Abstract: In order to solve the problem of measuring horizontal displacement caused by deformation of shaft wall of mine, a design scheme of vertical plumb coordinatograph based on CCD was proposed, the structure of the vertical plumb coordinatograph and its distribution in monitoring system for deformation of shaft wall were given, and software and hardware design of the vertical plumb coordinatograph were introduced in details. The vertical plumb coordinatograph collects light signals and convert the light signals to video signals by use of CCD, does binary processing and counting of the collected video signals by use of LPC932, and transmits the processed results to computer on the ground for analysis, so that to get horizontal displacement caused by deformation of shaft wall of mine. The testing result showed the stability and accuracy of the vertical plumb coordinatograph.

Key words: mine, displacement of shaft wall, horizontal displacement, CCD, vertical plumb coordinatograph, linear calibration, binarization

0 引言

井筒是煤矿生产的关键部位, 井筒遭破坏会严

重影响煤矿的安全和正常生产, 造成巨大的经济损失。因此, 了解井筒的稳定状况及发展趋势, 做到防患于未然, 对确保煤矿的安全生产有重要的意义。

从井壁出现小型裂隙到井壁发生灾害性破坏, 是井壁材料损伤裂隙演化过程。在这个演化过程中, 井壁的位移是其裂隙演化过程最直观的显现, 通过对井壁的竖向位移及径向位移的监测, 可以得到井壁的变形情况。为获得准确的测量值, 径向位移的测量需采用非接触式测量方式。

非接触式位移测量方法有电感式、电容式、超声

收稿日期: 2009-12-28

基金项目: 山东省科技发展计划项目(2007GG10001005)

作者简介: 徐乐年(1965-), 男, 山东龙口人, 博士, 副教授, 1985年毕业于天津大学电子仪器及测量技术专业, 长期从事煤矿检测仪表和监测系统的研发工作, 先后完成了国家“八五”、“九五”重点攻关项目中的课题1项、横向项目40余项、纵向课题8项、产品30余种。E-mail: xcg99999@163.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

波式、CCD(Charge Couple Devices, 电荷耦合器件)式、磁栅式等。其中, CCD 式测量方法具有精度高、易采集、抗干扰能力强、价格低等优点, 得到了广泛的运用。因此, 笔者设计了一种基于 CCD 的垂线坐标仪, 以此来测量井壁的径向位移。

1 CCD 介绍及其选型

CCD 作为一种自扫描式光电接收器件, 是光、机、电和计算机技术相结合的产物, 具有尺寸小、重量轻、功耗小、超低噪声、动态范围较大、线性好、光计量精确、光谱响应范围宽、几何结构稳定、工作可靠和耐用等优点, 且其线扫描输出光电信号有利于其后续信号处理, 在物体几何尺寸的测量、位置测量、图象识别、光学测量等方面得到了广泛的应用。由 CCD 传感器、光学系统、信号采集与处理器件构成的 CCD 光电非接触式尺寸测量系统的使用范围和优越性是现有其它测量方法无法比拟的。

为保证测量精度, 选用日本东芝公司生产的 TCD1500C。它是一种高灵敏度、低暗电流、5 340 像元的线阵 CCD 图象传感器, 可用于传真、图象扫描和 OCR。该传感器内部的信号预处理电路包括采样保持电路和输出预放大电路, 包含一列 5 340 像元的光敏二极管, 当扫描一张 A3 图纸时, 可达到 16 线/mm(400DPI) 的精度; 当扫描一张 A4 图纸时, 可达到 24 线/mm(600DPI) 的精度。

2 垂线坐标仪在井壁变形监测系统中的布置

通过在井壁的 4 个方向上布置竖向位移传感器和垂线坐标仪即可达到监测效果。采用正垂线法(也可视井深等情况采用倒垂线法)确定垂线坐标仪的垂直基准线。由于垂线坐标仪固定在井壁上, 与井壁一起移动, 则井壁相对于基准垂线的位移反映在坐标仪所测得的垂线的位移变化上。

正常情况下, 当平行光均匀入射到 CCD 传感器的光敏面上时, 光敏单元通过其光电转换功能(内光电效应)将正垂线的“投影”光信号转换成电信号“图象”(即将光强的空间分布转换成与光强成比例的大小不等的电荷包空间分布), 然后利用移位寄存器将这些电荷包在时钟脉冲的控制下实现顺序移出。该输出信号称为视频信号。

然后, 该视频信号经过适当放大后, 送入单片机的模拟比较器中进行二值化处理, 再将得到的规则脉冲信号输入单片机进行数据处理, 得到垂线投影在光敏面上的位移情况。坐标仪需要测量 X、Y

2 个方向上的位移。各坐标仪得到的位移数据通过通信线路传送到地面计算机进行数据分析, 判断井壁变形情况。垂线坐标仪在垂直方向上的布置如图 1 所示。

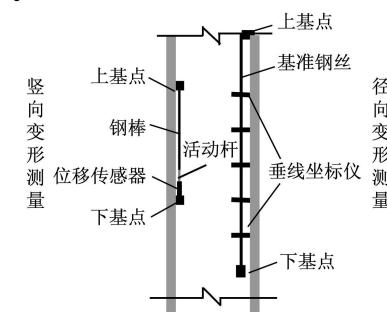


图 1 垂线坐标仪在垂直方向上的布置

3 基于 CCD 的垂线坐标仪结构设计

基于 CCD 的垂线坐标仪需要完成 X、Y 两个方向上位移的测量, 对每一个方向的测量都需要平行光源、CCD 传感器及驱动电路、CCD 信号检测电路、单片机等的协同工作, 其结构如图 2 所示。

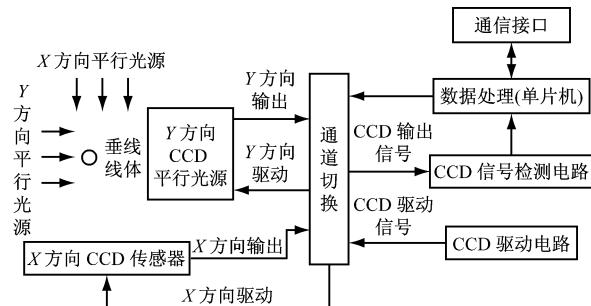


图 2 基于 CCD 的垂线坐标仪结构

4 基于 CCD 的垂线坐标仪硬件设计

4.1 LED 光源电路

为了满足低功耗及分时上电的要求, 且避免复杂的光路设计, 笔者放弃使用激光器产生平行光源, 而选择采用 LED 点光源阵列, 在光源后加一片毛玻璃获得均匀平行光源, 同时使用 LED 光源, 便于调整光强。

LED 光源电路如图 3 所示, 其中电阻值为 $10\ \Omega$ 。该电路采用上海贝领公司研制的升压恒流芯片 BL8532。BL8532 是用于 LED 驱动的 PFM 控制模式的开关型 DC/DC 升压恒流芯片, 通过外接电阻调节可使输出电流恒定在 $0 \sim 500\text{ mA}$ 。BL8532 可以通过多个并联或多并两串的方式给多个 LED 恒流供电, 最多可驱动 32 个小功率的 LED。

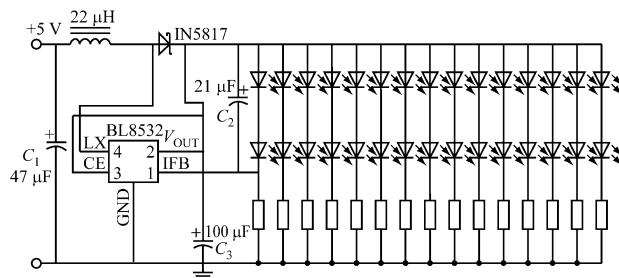


图 3 LED 光源电路

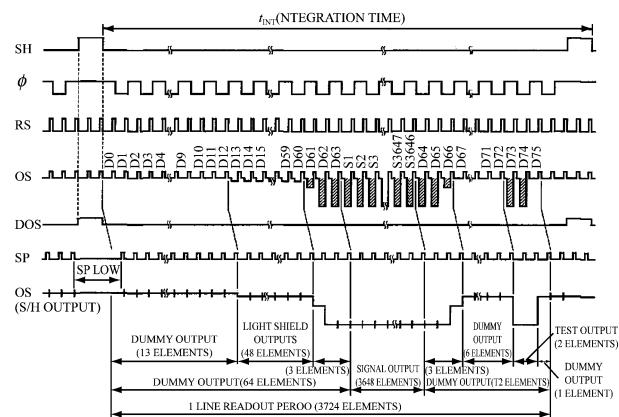
4.2 CCD 驱动电路

CCD 与一般集成电路不同, 集成电路通常需要简单的电源使能工作, 而 CCD 则需要有时钟脉冲发生器, 即 CCD 驱动器才能工作。

CCD 驱动电路主要有两大功能: (1) 产生 CCD 所需的多路时序脉冲; (2) 对 CCD 输出的原始模拟信号进行处理, 包括增益放大、差分信号到单端信号的转换, 最后输出用户所需的模拟或视频信号。

该垂线坐标仪的设计要求能够达到 $20 \mu\text{m}$ 的分辨率和 20 mm 的量程。TCD1500C 的相邻像敏单元中心距为 $7 \mu\text{m}$, 共有 5340 个单元, 可以测量的宽度达 35 mm , 满足设计要求, 且驱动时序相对简单, 故选择 TCD1500C 作为坐标仪的 CCD 传感器。本设计中所采用的 TCD1500C 需要 4 路驱动脉冲, 包括移位寄存器脉冲、复位脉冲、转移栅脉冲和片内采集脉冲, 其工作频率不超过 8 MHz 。

图 4 为 TCD1500C 驱动电路的驱动脉冲与输出脉冲波形。从图 4 可看出, 在加上采样保持栅脉冲 SP 后, 输出信号去掉了调幅脉冲即补偿输出 DOS 成分, 它的幅度直接反映了像敏单元的照度。



SH – 转移栅脉冲; Φ – 时钟脉冲; RS – 复位脉冲; OS – 信号输出;

DOS – 补偿输出; SP – 采样保持栅脉冲

图 4 TCD1500C 驱动电路的驱动脉冲与输出脉冲波形

对于 CCD 驱动信号而言, 最关键的是解决各相脉冲的同步问题。从图 4 可看出, 采样保持栅脉冲 SP、复位脉冲 RS 和转移栅脉冲 SH 是最重要的, 它们的时序要严格按照要求产生, 而片内采集脉冲只要和复位脉冲一样就可以达到要求。

这里采用频率最高的复位脉冲控制其它脉冲的方式, 可以很好地解决同步问题。先采用 12 MHz 的有源晶振产生高稳定度的频率信号, 再经过分频电路进行分频及信号整形, 可以得到 4 种频率的方波, 选择所需要的频率作为复位脉冲 RS(其频率可为 $0.5 \text{ MHz}, 1 \text{ MHz}, 2 \text{ MHz}, 4 \text{ MHz}$), 然后将其二分频, 得到时钟脉冲 Φ, 通过计数器进行计数, 每计 5440 个就输出一个高电平, 触发一个延时电路产生一定宽度的高电平, 这样连续计数输出就得到了所需的转移栅脉冲 SH。此时只要将该转移栅脉冲 SH 和复位脉冲 RS 相或就可以得到采样保持栅脉冲 SP。而片内采集脉冲只需要和复位脉冲 RS 相同就可以了。驱动电路采用简单硬件电路产生, 因此可靠准确, 且分工明确。

基于上述思路设计的 CCD 驱动电路如图 5 所示。

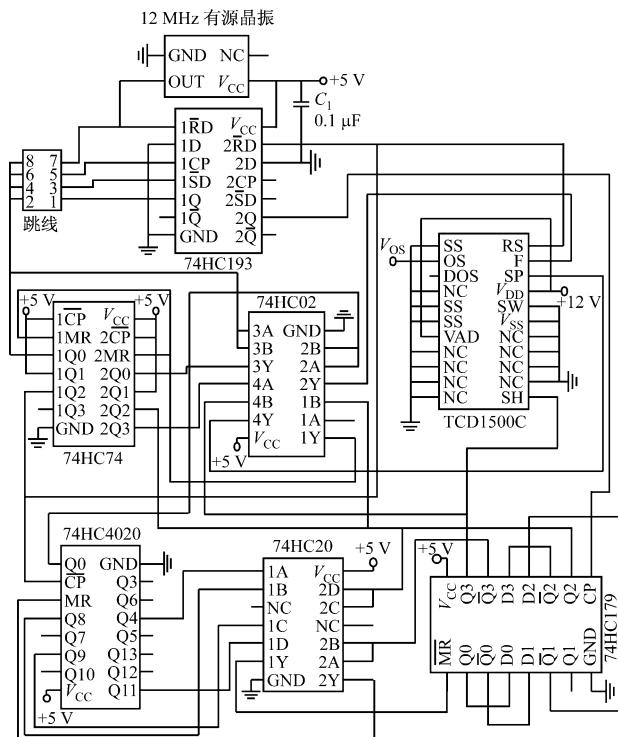


图 5 CCD 驱动电路

4.3 CCD 信号测量放大电路

由于 CCD 传感器输出的电压信号非常微弱, 必须对它进行放大。选用性能良好的 AD8031 放大器, 其工作方式为反相放大方式。AD8031 反相输入端接 CCD 的模拟输出信号, 正相输入端接偏置电平(可通过电位器调节), 如图 6 所示, 其中 R_{16} 用于调整运放的偏置电平, 改变 CCD 的灵敏度。

R_{17} 用于调整放大器的反馈电阻,改变放大倍率。

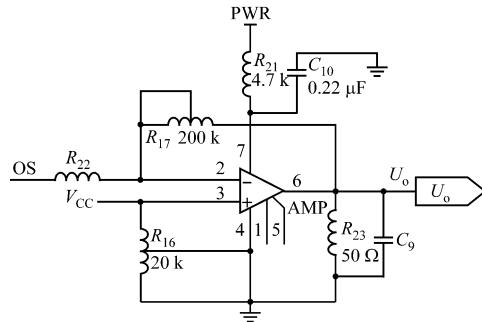


图 6 CCD 信号测量放大电路

5 基于 CCD 的垂线坐标仪软件设计

基于 CCD 的垂线坐标仪软件包括主程序、CCD 测量模块、电源管理模块、数据处理模块等,本文重点介绍 CCD 信号测量模块及数据处理模块的设计。

5.1 CCD 测量模块

对 CCD 输出信号的处理方式有很多,以下是几种典型的用于检测和控制的信号处理方式:

- (1) CCD → 放大 → 二值化处理 → 计数;
- (2) CCD → 放大 → 滤波 → 比较整形 → 高频填脉冲 → 计数;
- (3) CCD → 放大 → 同步采样保持 → 高速 AD 转换 → 存储 → 计算机图象处理。

本文采用第一种信号处理方式,其中放大部分已经在前文讲过,现在主要来介绍怎样将放大后的视频信号进行二值化处理以及怎样进行计数。这 2 个部分功能的实现都是通过单片机(选用 LPC932)实现的,其中二值化处理功能利用 LPC932 的模拟寄存器实现,脉冲计数功能利用捕获比较单元(CCU)实现。

CCD 信号测量程序流程如图 7 所示。首先开启通道 A 定时器中断,捕获转移栅脉冲的上升沿,当第一次捕获到转移栅脉冲的上升沿时,先将定时器置 1,然后递增计数,同时将 A 通道改为下降沿捕获,并开启 B 通道捕获定时器中断,以捕获 B 通道内输入的 CCD 视频信号的下降沿,捕获到后记录存储定时器的时间值,之后改变 B 通道的捕获方式为上沿捕获,捕获到之后再一次记录存储;当关闭 B 通道的定时器中断后,继续捕获 A 通道的下降沿,同时存储记录,最终关中断,退出信号测量程序。这样就完成了一次 CCD 视频信号的测量。通过通道切换可以测量不同方向的视频信号。

5.2 数据处理模块

从 CCD 信号测量模块的介绍中可知 B 通道的

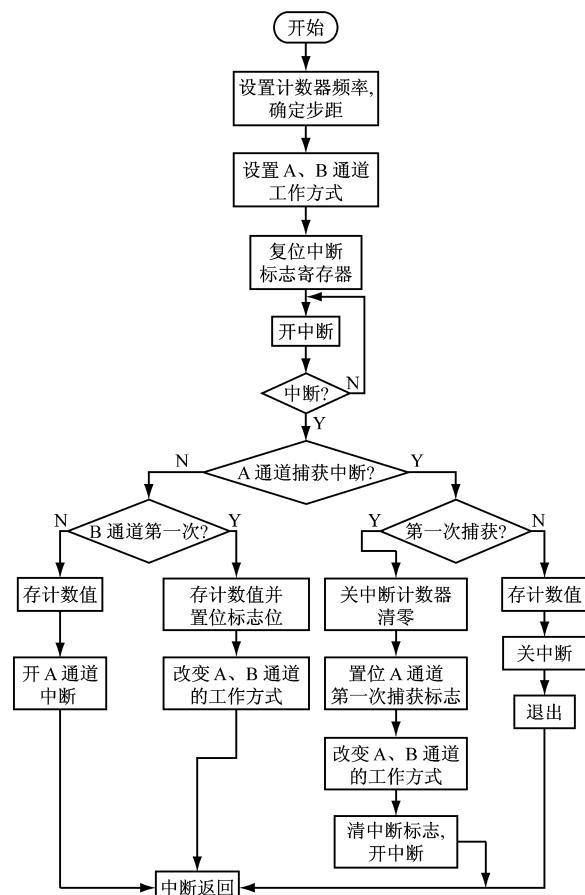


图 7 CCD 信号测量程序流程

捕获结果存储在内存特定的单元中。下面主要介绍怎样进行标定、运算,最终求出垂线的真实位移,其实是一个确定线性斜率的过程。

(1) 线性标定:首先确定测量的标准零点和最大量程。该零点和最大量程可以在所测井壁中任意选取,但为了计算方便,在保持 CCD 工作精度的前提下,最好选取线阵光敏面的中部距离较大的 2 个点,用前述方法分别测出这 2 个点的时间 T_0 和 T_{\max} ,然后测出这 2 个点的真实距离 L ,应用式(1)即可得到位移和时间的线性关系:

$$K = L / T_{\max} - T_0 \quad (1)$$

(2) 位移计算:得到位移和时间的线性比例值 K 后,只要将测定出的信号进行简单的数据运算处理就可以得到垂线在井壁某处 X 或 Y 方向投影的中心线距离该方向零点的位移。计算某方向位移的程序流程如图 8 所示。

6 结语

本文介绍了基于 CCD 的垂线坐标仪的硬件和软件设计,实现了采用线阵 CCD 作为光电转换元件的非接触测量系统。基于 CCD 的垂线坐标仪现已

文章编号: 1671-251X(2010)04-0022-03

一种附加直流电源漏电保护器的研制

高 赘

(西安科技大学电气与控制工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 分析了煤矿井下中性点不接地供电系统对地绝缘电阻的基本要求, 给出了附加直流电源检测对地绝缘电阻的原理与保护方法; 在此基础上介绍了一种附加直流电源漏电保护器的软、硬件设计方案。实验和实际运行结果表明, 该附加直流电源漏电保护器误差较小, 能够满足煤矿井下电网的漏电保护要求。

关键词: 矿井; 电网; 漏电保护; 附加直流电源; 绝缘电阻; 单片机

中图分类号: TD611.5 **文献标识码:**B

Development of a Leakage Protector with Additional DC Source

GAO Yun

(School of Electrical and Control Engineering of Xi'an University of Science and Technology,
Xi'an 710054, China)

Abstract: Basic requirements of insulation resistance between isolated neutral power supply system of coal mine underground and ground were analyzed and principle and protection method of detecting insulation resistance by additional DC source were given. On the basis, a design scheme of software and hardware of leakage protector with additional DC source was introduced. The results of experiment and actual running showed that the leakage protector has small error and can meet requirement of leakage protection of underground power network.

Key words: mine, power network, leakage protection, additional DC source, insulation resistance, single chip microcomputer

收稿日期: 2009-12-08

基金项目: 陕西教育厅资助项目(09JK568)

作者简介: 高 赘(1957-), 男, 陕西兴平人, 博士, 教授, 主要研究方向为控制理论与控制工程、煤矿供电网继电保护等。E-mail: xkdgaoyun@xust.edu.cn

0 引言

煤矿井下供电系统的安全运行是煤矿安全生产的重要保障, 其中漏电保护是井下安全供电的三大保护(过流、漏电保护和保护接地)之一, 是防止瓦斯

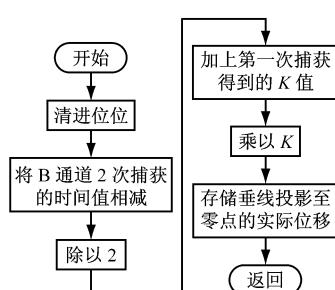


图8 计算某方向位移的程序流程

设计完成, 测试结果表明其测量精度可达0.01 mm, 且性能稳定, 准确性好。

参考文献:

- [1] 王庆有. CCD 应用技术 [M]. 天津: 天津大学出版社, 2000.
- [2] 周立功. LPC900 系列 Flash 单片机应用技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- [3] 胡渝, 荣健. CCD 的发展现状及展望 [J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(8): 718-720.
- [4] 蔡文贵, 李永远, 许振华. CCD 技术及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1992.
- [5] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.