

# 便携式矿石电磁波检测装置的设计<sup>①</sup>

苏维嘉, 宋宇宁, 许 琢

(辽宁工程技术大学 机械工程学院, 阜新 123000)

**摘 要:** 岩体破裂过程中, 电磁辐射(EME)是岩体受载变形破裂过程中向外辐射电磁能量的过程, 与岩体的受载情况及变形破裂过程密切相关。在此基础上设计了一套便携式矿石电磁波检测装置, 硬件系统主要由 LPC2132 处理器, 电磁波检测模块, 信号强度处理模块, 强度指示模块等组成。软件系统由固件程序, 信号自动收发模块等构成。

**关键词:** 无损检测; 信号处理; 电磁波; LPC2132

## Design of Ore Electromagnetic Detection Device

SU Wei-Jia, SONG Yu-Ning, XU Zhuo

(College of Mechanical and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

**Abstract:** Rock fracture process, the electromagnetic radiation (EME) is set by the deformation and fracture of rock during the course of external radiation of electromagnetic energy, and rock deformation and fracture under load conditions and is closely related. On this basis, this paper designed a portable electromagnetic detection device of ore, the main LPC2132 processor hardware system, the electromagnetic wave detection module, the signal strength processing module, strength indication module and other components. Software system by the firmware, the signal transceiver module automatically constituted.

**Key words:** nondestructive detection; signal processing; electromagnetic wave; LPC2132.

岩石是由比较稳定的一种或者几种矿物所组成的固态集合体, 矿物本身是一种天然存在的自然体, 具有一定的物理化学性质。日本和美国等国家开展了这方面的研究工作。在实践中的核爆炸作业中以及煤矿顶板塌陷中观测到了伴随岩石挤压破裂产生的电磁辐射<sup>[1]</sup>。朱元清等对电磁辐射的机理进行了研究<sup>[2]</sup>。郭子祺和郭自强就岩石单轴受载和剪切条件下声发射和电磁辐射的特征进行了实验研究<sup>[3]</sup>。尽管在此方面取得了丰硕的成果, 但是仍没有较好的装置可以检测到辐射强度。

实验室及现场测试结果表明, 电磁辐射与岩体的受载状况及变形破裂过程密切相关。本论文依据该原理设计了电磁辐射检测系统, 旨在工程载荷条件下识别矿石破裂过程中所显现的电磁波强度。

## 1 检测原理

根据电磁学, 在磁场中由线圈组成的电感, 则该电感上会产生感应电动势, 且该感应电动势大小和通过线圈回路的磁通量的变化率成正比。如图 1, 图 2。

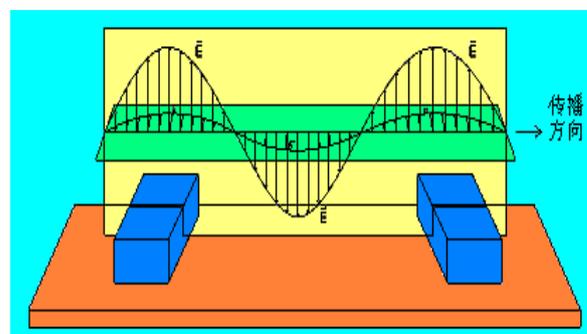


图 1 电磁波传播模型

<sup>①</sup> 收稿时间:2011-04-06;收到修改稿时间:2011-04-25

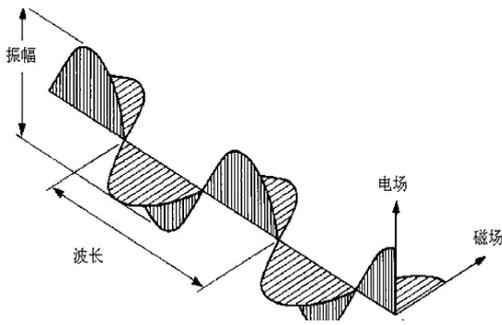


图 2 电磁波参数特性

首先，由毕奥-萨伐尔定律知：通有稳恒电流  $I$  长度为  $L$  的直导线周围会产生磁场，距离导线距离为  $r$  处  $P$  点的磁感应强度  $B$  为：

$$B = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\mu_0 I}{4\pi r} \sin \theta d\theta \quad (1)$$

其中  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} N/A^2$ ，称为真空磁导率， $\theta$  是导线  $r$  与电流  $I$  的夹角。

由此可得到：

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \quad (2)$$

## 2 硬件电路

### 2.1 LPC2132 主控器

LPC2132 主控器是基于一个支持实时仿真和嵌入式跟踪的 32ARM7TDMI-S CPU，并带有 64k 的嵌入式的高速 Flash 存储器。128 位宽度的存储器接口和独特的加速结构使 32 位代码能够在最大时钟速率下运行。多个 32 位定时器、1 个或 2 个 10 位 8 路的 ADC、10 位 DAC、PWM 通道、47 个 GPIO 及 9 个边沿或电平触发的外部中断使它们适用于本系统。系统组成如图 3 所示。

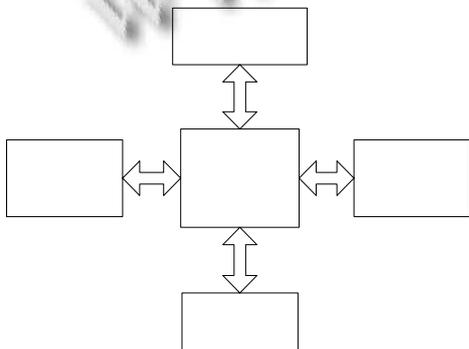


图 3 系统组成框图

### 2.2 电磁波检测模块

由于磁感线的闭合性和方向性，通过两线圈的磁通量的变化方向具有一致性，即产生的感应电动势方向相同，比较两个线圈中产生的感应电动势大小即可判断矿石产生电磁波中心相对于导线的位置。

本方案运用 10mH 的电感置于天线作为确定电磁波中心位置的传感器，如图 4。

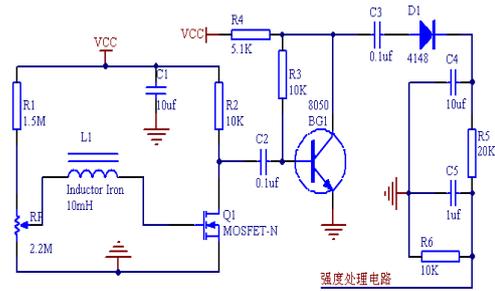


图 4 检波驱动电路

电磁波检测模块所用的敏感元件是一个与场效应晶体管(Q1)连接的电感线圈(L1)。Q1 的漏极上将呈现出 L1 中产生的经过放大的电动势。呈现在电阻 R2 端脚上的被放大的信号经由电容 C2 送到设置在围绕 NPN 晶体管 BG1 建立的公共发射极上的第二放大级。BG1 的集电极上呈现的信号的幅度当然取决于周围的辐射强度；如果用示波器进行测试时，可在 BG1 集电极看到 100mV 以上的电压波形。电容 C3 是耦合电容，它将 BG1 放大后的信号送到强度处理模块的 BG2，同时又起到隔直流的作用。

### 2.3 信号强度处理模块

LPC2132 控制器的中断引脚，使 LPC2132 控制器控制对输入信号保持同步控制，如图 5。BG3 的基极是通过固定电阻 R9、R10 和可变电阻 RP2 建立偏置电压的。调节 RP2 可使 BG3 达到无辐射截止点，从而控制电磁波强度指示模块。当辐射达到一定强度，BG2 输出信号的负半波将导通 BG3，从而点亮电磁波强度指示灯。

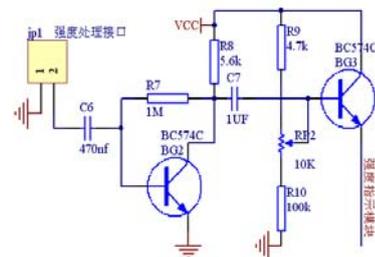


图 5 电磁波强度处理电路



- 2)按照实验要求连接好各仪器,检查各仪器状态。
- 3)启动电磁波检测系统,选定各个参数。
- 4)启动压机,开始加载。

实验过程如图8,图9,图10,图11。



图8 岩样受载实验过程



图9 正在做岩样11号的受压实验

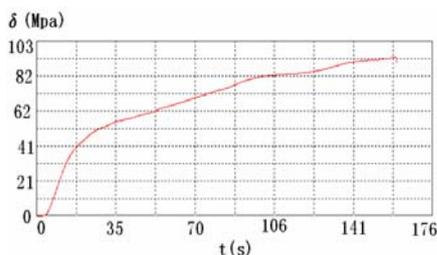


图10 实验施加应力—时间曲线

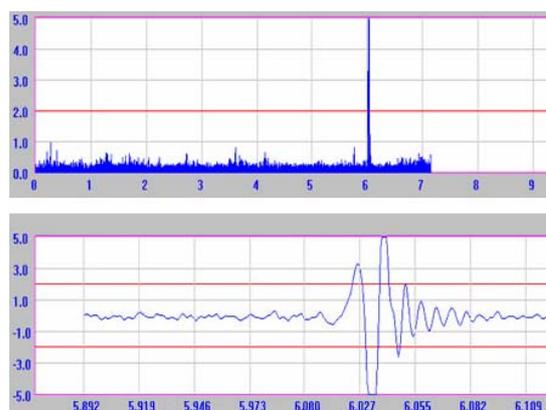


图11 经过本装置测试记录下的曲线

### 5 结论

本系统是智能矿山安全系统中的一部分,通过实验说明装置方案的可行性。本装置是嵌入式技术在矿山安全方面的应用。

本论文依据该原理设计了电磁辐射检测系统,可以为对岩石破裂电磁辐射的检测实验研究重要仪器手段。

### 参考文献

- 1 张继红,张京华,刘敏,张昆.地震前电磁辐射异常变化特征.地震地磁观测与研究,2001.
- 2 朱元清,罗祥麟,郭自强,赵志光,祝中伟.岩石破裂时电磁辐射的机理研究.地球物理学报,1991.
- 3 Silabs.www.Silabs.COM,2004
- 4 苏维嘉.基于 C8051F040 单片机的矿山动力电磁辐射检测仪的研制.辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2008,12.
- 5 张洪平,苏维嘉.岩石声波测量装置研究.辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2008.

(上接第82页)

- 3 Chen HF, Belhumeur PN, Jacobs DW. In search of illumination invariants Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Hilton Head Island, 2000:254-261.
- 4 Geusebroek JM. Color and Geometrical Structure in Images. University of Amsterdam, 2000.
- 5 Geusebroek JM, van den Boomgaard R, Smeulders AWM, Geerts H. Color Invariance. IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell, 2001,23(12):1338-1350.
- 6 Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detector.

- In Alvey Vision Conference, 1988:147-151.
- 7 张洁玉.图像局部不变特征提取和匹配及应用研究.南京:南京理工大学,2010.
- 8 Mikolajczyk K, Schmid C. Indexing Based on Scale Invariant Interest Points. Proc. of the 8th International Conference on Computer Vision, Vancouver, Canada, 2001, 525-531.
- 9 Zhang XH, Wu DM. Substation Remote Infrared Image Registration Based on Multi-scal Harris Corner and Hierarchical Guiding Match Strategy. IEEE International Congress on Image and Signal Processing. 2010:2681-2685.