

MEMS 加速度计与传统地震加速度计的比较研究^{* 1}

王浩丁炜

(中国地震局地震研究所(地震大地测量重点实验室),武汉 430071)

摘 要 对 MEMS 加速度计记录的地面震动数据与传统地震加速度计记录的数据进行对比研究,探讨 MEMS 加速度计用于地震监测的可行性。

关键词 地震加速度;MEMS 加速度计;地震监测;地震烈度;地震仪器

中图分类号:P224.1 **文献标识码**:A

COMPARISON AMONG MEMS ACCELEROMETER AND TRADITIONAL SEISMOMETER

Wang Hao and Ding Wei

(Key Laboratory of Earthquake Geodesy, Institute of Seismology, CEA, Wuhan 430071)

Abstract Data recorded by the MEMS accelerometer and the traditional seismometer are compared. And the feasibility of earthquake monitoring of the MEMS accelerometer is discussed.

Key words: earthquake acceleration; MEMS accelerometer; earthquake monitoring; earthquake intensity; seismograph

1 引言

近年来,成本低、体积小的 MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems) 加速度传感器已经开始应用于地震监测^[1]。但是, MEMS 加速度计存在精度较差,灵敏度较低的缺点^[2],能否适用于地震烈度监测,还缺少实验数据的验证。本课题组设计了一套基于 MEMS 加速度传感器的硬件系统,通过与传统地震加速度计监测效果的比较,分析 MEMS 加速度计是否适用于地震烈度监测。

2 MEMS 加速度计

使用一片单分向和一片两分向 MEMS 加速度传感器组合监测三个互相垂直分向的加速度信号。

单分向和两分向传感器分别选择 ADXL103 型和 ADXL203 型 MEMS 芯片^[3]。ADXL103/203 的灵敏度典型值为 1 V/g,使用 GPS 模块获取时间信息。使用单片机控制 A/D 转换,采样率为 100 Hz,16 位采样,满度值(32 768)对应 2.5 V。采用高性能的 ARM 处理器和嵌入式 Linux 系统,具有较强的数据处理能力。选用的 ARM 处理器带有两个主 USB 口,可连接两个 USB 接口的无线网卡,能够实现多台终端组网监测,同时也方便与 PC 机之间的通信。其结构框图见图 1。

3 地震加速度计

选择 941-B 型拾振器作为传统地震加速度计^[4],灵敏度为 0.321 2 Vs²/m。数据采集原理如图

* 收稿日期:2013-07-31

基金项目:中国地震局地震科技星火计划项目(XH12032)

作者简介:王浩,男,1982 年生,硕士,研究方向为地震观测技术与仪器. E-mail:31317120@qq.com

2 所示。将拾振器与地震烈度监测终端放置在办公室大理石地面上同一地点。拾振器与一台 ME-I 型微动数据采集器相连,微动数采与地震烈度监测终端均内嵌 GPS 模块,保证两组数据的时钟同步。

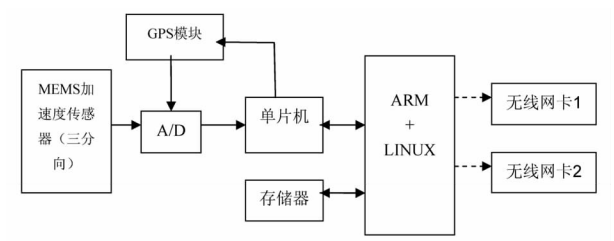


图 1 MEMS 终端结构框图

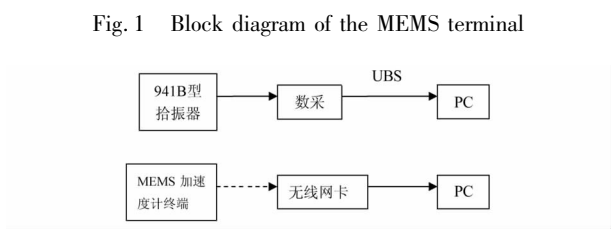


图 2 数据采集系统原理略图

Fig. 2 Schematic diagram of data acquisition system

4 数据的获取与处理

地震烈度监测终端通过内置的无线网卡与接在 PC 机上的无线网卡向 PC 机传输实时数据。微动数采的数据由 PC 机通过 USB 线读出。在 PC 机上,使用软件“微动记录数据浏览系统”显示微动数采记录的数据。其效果见图 3。

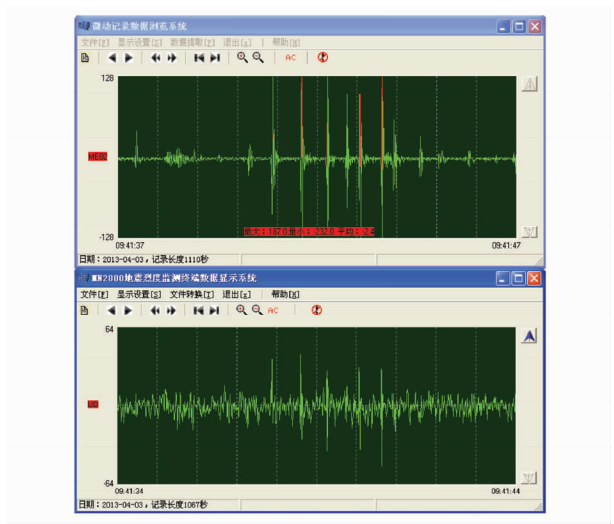


图 3 数据显示软件

Fig. 3 Data display software

实验中,人为地在大理石地面上制造人工地振动,使用两种仪器同时采集约 20 分钟的加速度数据。两组数据均为表示采样值的整数数据,乘以因子 2.5/32768 可转换为电压,根据 941B 型拾振器与

ADXL103/203 型 MEMS 加速度传感器的灵敏度,将电压值转换为以 $1 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-2}$ 为量纲的加速度数据。统一量纲之后的数据波形如图 4 所示。

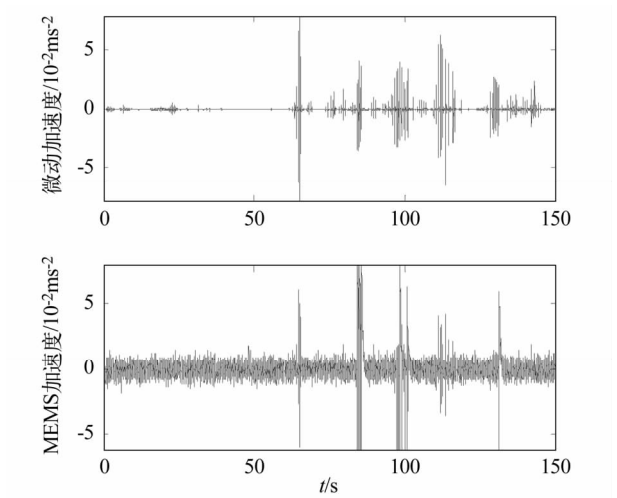


图 4 统一量纲后的数据波形

Fig. 4 Data waveform of unified dimention

4.1 噪声分析

取图 4 波形中 50 ~ 55 s 的一段(图 5)进行分析,从图 5 可见该段没有明显的地震动,微动仪记录的最大幅值不足 $0.1 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-2}$,而 MEMS 加速度计记录的最大幅值在 $1 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-2}$ 左右。如果以微动仪的记录为基准,则 MEMS 加速度计存在约 $1 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-2}$ 的较大噪声。查阅 MEMS 加速度计相关参数,可计算出其产生的噪声的理论典型值约为 $0.98 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-2}$ (均方根)。噪声的实验结果与理论值基本相符。

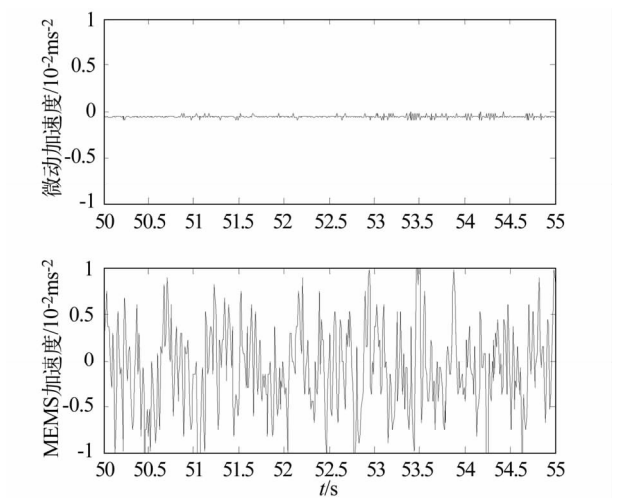


图 5 局部波形

Fig. 5 Partial waveform

4.2 震动波形分析

再取两组记录数据中 63 ~ 66 s 的一段(图 6)进行分析,从图 6 可见该段记录到了一系列明显的震

动,最大幅值约为 $5 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-2}$ 。再在图 6 中取 65 ~ 65.3 s 的局部如图 7 所示。在图 6 中,前两次振

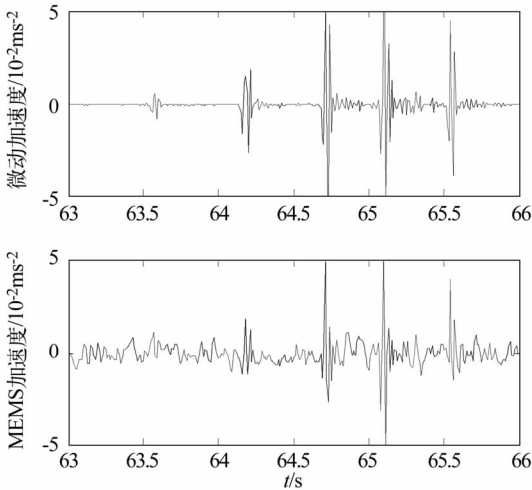


图 6 局部放大波形 1
Fig. 6 Partial enlarged waveform 1

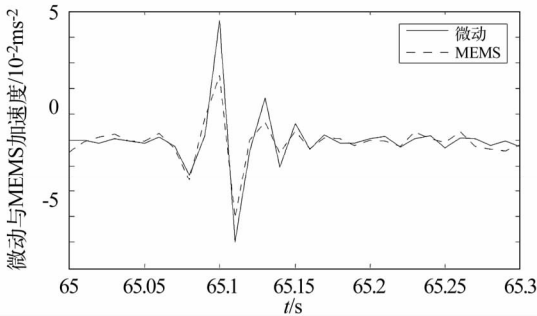


图 7 局部放大波形 2
Fig. 7 Partial enlarged waveform 2

幅较小的震动在 MEMS 加速度计的记录中被噪声淹没。而后三次振幅较大的震动,MEMS 加速度计记录的波形与微动仪所记录的波形在形状和振幅两方面均较吻合。图 7 更加直观地显示了与微动波形相比,MEMS 记录的波形在震动时间、幅值、形状、初动方向等方面均基本一致。

5 结论

通过对比分析我们可以发现,MEMS 加速度计含有最大幅值约 $1 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-2}$ 的噪声,当震动的幅值较小时,无法被 MEMS 加速度计明显地记录到。因此,对弱小震动的监测,MEMS 加速度计并不适用。当振幅较大时,MEMS 加速度计记录的波形与传统加速度计基本吻合,其数据的幅频特性与传统加速度计也基本一致。因此对较强地面震动的监测,MEMS 加速度计的效果与传统加速度计相当。

参 考 文 献

1 Mougenot D and Thorburn N. MEMS based 3C accelerometer for land seismic acquisition: Is it times [J]. The Leading Edge,2004,3: 47 – 58.

2 许建华. 基于微型传感器的地震加速度监测系统技术研究[D]. 中国地震局地球物理研究所,2006.

3 Analog Devices. ADXL103/203 Datasheet [ED/OL]. <http://www.analog.com>.

4 廖成旺,邓涛,丁炜. 微动数据采集高精度时钟同步技术方案与结果[J]. 大地测量与地球动力学,2009,(6): 150 – 153.

(上接第 92 页)

个存储模块,实现记录器的功能,在设定阈值之后,将符合条件的地震事件记录下来。进一步完善软件,增加地震数据处理功能,并开发短信报警功能。

在性能上,提高加速度强振动采集终端防水防尘等的防护等级,同时考虑安装的简易性,以满足野外安装的条件。

4 结束语

将 MENS 加速度计、单片机、开关电源、GPRS DTU 模块集成为加速度强振动采集终端,并使用 GPRS DTU 模块作为主要的通讯模块,在上位机完成数据的读取与处理。该系统具有低功耗低成本、不需要敷设专用的数据电缆、传输可靠、组网快捷、

安装维护方便特点,可应用于核电厂、大坝等大建筑物以及高速铁路线路的地震监测。

参 考 文 献

1 吴晓波. 振动与冲击对建筑物影响的鉴定方法及工程应用[J]. 福建建设科技,2010,1:38 – 40.

2 陈志高. 核岛变形观测技术研究[J]. 大地测量与地球动力学,2007,(S2):101 – 103.

3 袁洪波. 基于 GSM 的农业专家咨询系统[D]. 河北农业大学,2009.

4 吴林斌,等,基于 DTU 的加速度强振动记录终端的设计[J]. 大地测量与地球动力学,2011,(S1):155 – 156.

5 张海涛,阎贵平. MEMS 加速度传感器的原理及分析[J]. 电子工艺技术,2003,24(6):260 – 263.