第 38 卷 第 3 期
2016 年 6 月

地 震 工 程 学 报
CHINA EARTHQUAKE ENGINEERING JOURNAL

Vol. 38 No.3
June, 2016

基于 STC89C52 单片机的地震台站远程监控系统①

全建军[1,2]，方传极[2]，刘水莲[1]，郑永通[3]，刘礼诚[1]，巫立华[4]，陈美梅[1]

(1.福建省地震局永安地震台，福建 永安 366000；2.福建省地震局南平仪器维修分中心，福建 南平 353000；
3.福建省地震局龙岩地震台，福建 龙岩 364000；4.福建省地震局监测中心，福建 福州 350003)

摘要：针对无人地震监测点日益增加和台网运行维护存在不足的现状，提出一种基于 STC89C52 单片机的远程监控系统。对该系统的单片机微控制器、通信模块、温湿度检测模块等硬件组成进行描述，并介绍其控制程序。实践证明，该系统可以对无人值守台站的设备进行断电和重启等远程操作并对工作环境进行实时监测，为地震监测设备的实时维护和稳定运行提供依据与保障。

关键词：STC89C52；单片机；监控；地震台站

中图分类号：TP277；P315.62　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1000－0844(2016)03－0485－06

DOI:10.3969/j.issn.1000－0844.2016.03.0485

Remote Monitor and Control System for Seismic Stations Based on STC89C52 Single Chip Microcomputer

QUAN Jian-jun[1,2], FANG Chuan-ji[2], LIU Shui-lian[1],
ZHENG Yong-tong[3], LIU Li-cheng[1], WU Li-hua[4], CHEN Mei-mei[1]

(1.*Yongan Seismic Station*, *Yongan* 366000, *Fujian*, *China*;
2.*Nanping Equipment Maintenance Sub-centers*, *Nanping* 353000, *Fujian*, *China*;
3.*Longyan Seismic Station*, *Longyan* 364000, *Fujian*, *China*;
4.*Monitoring Centre*, *Earthquake Administration of Fujian Province*, *Fuzhou* 350003, *Fujian*, *China*)

Abstract: The number of unmanned seismic monitoring stations is increasing together with an associated lack of operation and maintenance activities. This study puts forward use of a remote monitoring system based on a STC89C52 single chip microcomputer (SCM). The detection and control part of the system mainly includes a microcontroller, communication module, LCD character module, power supply module, reset circuit, and all types of sensors. Temperature and humidity are real-time collected and the SCM instructs the control relay to absorb and release. If an anomaly occurs at the station, the warning detection system transforms information into an abnormal event alarm command using a GPRS Modem; a command is then sent using a GSM communication link to the mobile phone of the person responsible for maintaining the instrument in the form of short message, providing references and decisions made. For example, if damage to equipment is not caused by the instrument, the GSM will issue a corresponding SMS command, which can lead to termination of power and restarting operation of the equipment using the device reset circuit. In

① **收稿日期**：2015-04-16

基金项目：2014 年福建省地震局科技基金项目(SF201406)；2015 年中国地震局“地震监测、预报、科研三结合”课题(151302)；2015 年度福建省地震局青年科技基金(Y201508)

作者简介：全建军(1984－)男，福建永安人，工程师，主要从事台站电磁、形变观测和信息节点、地震仪器维护管理工作。
E-mail：qjjkt@163.com。

contrast, if the instrument causes damage, a maintenance engineer is sent to repair the instrument. Based on the principle that intermediate relay is controlled by the SCM, the system can remotely reboot the industrial board power supply using the intermediate relay to drive the AC contactor. This solves problems such as that which occurred when the FHD-2B proton magnetometer at Yongan geomagnetic station, which was controlled by a PC104 industrial control computer, crashed repeatedly and the network interface RJ45 was continually blocked.

Key words: STC89C52; single chip microcomputer (SCM); monitoring; seismic station

0 引言

“十五”以来,随着中国地震局“中国数字地震观测网络项目”的推进,福建省地震局台站数量成倍增加,接下来的几年在每个县城人口密集区域还将建造 1～2 个自由场强震观测点。台网运行过程中,一旦仪器出现故障,台站托管人员将到现场进行逐项排查,故障的判断和排除速度取决于台站托管人员的业务水平以及是否迅速及时地赶到现场。因此应努力发展台站的远程监控系统,争取做到非设备损毁性故障可以通过相应的控制系统进行恢复,并远程对地震台站设备工作环境进行监测[1]。目前我国基层台站设备和观测环境的远程监控系统还处在初步阶段,过去单片机监控系统都是采用 TCP/IP 通信协议,但是单一监控通信方式还不能完全满足台站监控需求。基于 GSM 网络稳定、成熟、快捷的特点,可降低监控系统对 SDH 链路的依赖及影响,还可与 SDH 网络形成互补,所以本系统基于 STC89C52 单片机微控制器,采用 GSM 通信协议构成。系统的运行必将为地震专业设备的可靠运行和及时维护提供保障和依据。

1 系统设计

地震台站远程监控系统的检测控制部分主要包括:单片机微控制器、通信模块、液晶显示字符模块、供电模块、设备复位电路、各种传感器等。通过单片机实时采集摆房观测环境的温、湿度及控制继电器的吸合、释放。通过预警报警机制进行判断,如果判断结果为台站出现异常,检测系统则利用 GPRS Modem 将本次异常事件形成的告警指令通过 GSM 通信链路,以短信形式发送给仪器维修人员,为台站人员进行仪器维修提供参考与判断。当判断为非设备性损毁造成的仪器故障时,通过 GSM 发出相应短信指令(支持中文指令操作),利用设备复位电路对设备进行断电和重启等操作;当判断是设备损毁造成的仪器故障时,则派维修人员到现场进行维修[2](图 1)。

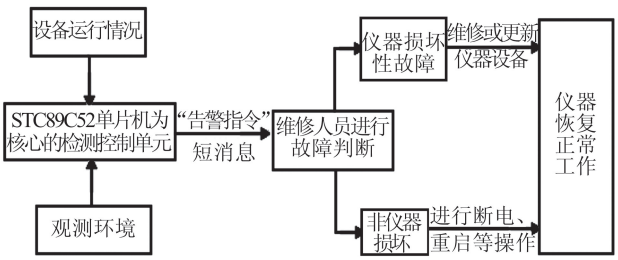

图 1 远程监控系统总体结构框图

Fig.1 The structural map of the remote monitoring system

2 硬件设计与实现

系统硬件电路主要由单片机微控制器、通信模块、液晶显示字符模块、供电模块、设备复位电路和各种传感器等组成(图 2)。

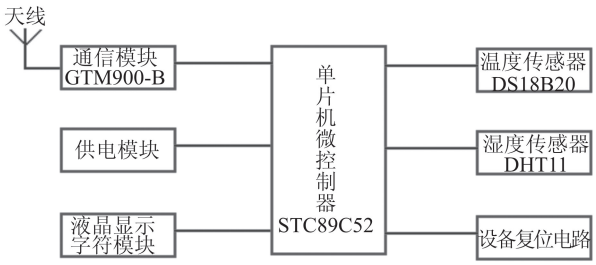

图 2 远程监控系统硬件结构框图

Fig.2 The structural map of the system hardware

2.1 单片机微控制器

本系统单片机微控制器采用 STC89C52 单片机,该单片机是宏晶科技研制的新一代高速、功耗低、超强抗干扰的单片机,指令代码完全兼容传统的 8051。它含有 8 kB 的 Flash 程序存储器,512 字节的数据 RAM,32 根可编程 I/O 口线,一个全双工的可编程串行通信口,完全可以满足远程控制系统数字逻辑控制的需要[3],具有极高的性价比。

2.2 通信模块

短信收发模块采用华为公司生产的高性能通信模块 GTM900-B,该模块主要由 GSM/GPRS 基带处理器、GSM/GPRS 射频模块、供电模块、闪存、

ZIF 连接器以及天线接口 6 部分组成（图 3）。GSM/GPRS 基带处理器是核心部件，相当于协议处理器，用来处理经过串口发送进来的外部系统的 AT 指令。其外部集成了 4 V 电源接口、通用的 RS232 串行数据通信接口、SIM 卡插槽以及模拟音频输入接口，可以实现短消息、数据、语音以及传真等多种功能的传送。只需将 GTM900-B 的 RS232 通信串口与单片机微控制器的串口相连，就能使用 AT 指令与 GTM900-B 模块实现信息互通。在使用通信模块时，首先将一张 SIM 卡放置到 GPRS Modem GTM900-B 内，再到通信营运商处开通此卡。因此，这个 GTM900-B 模块是一个与之对应的手机号码，当 AT 指令以短信息形式发送给这个手机号码时，GTM900-B 模块就会接收到此短消息，并通过 AT 指令格式发送给单片机微控制器，控制继电器的吸合、释放。同样，当摆房的温、湿度达到设定的上下限值，单片机微控制器向 GTM900-B 模块发送短消息的 AT 指令时，手机也会收到相应的温、湿度告警短消息，从而实现无人值守台站故障告警以及控制等功能。

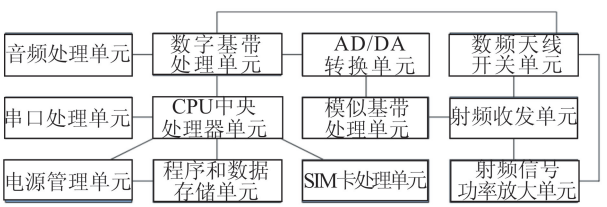

图 3　GTM900-B 通信模块的逻辑框图

Fig.3　Logic diagram of the GTM900-B communication module

当 GPRS Modem 与单片机（或 PC 机）相连结时，单片机须按照 AT 指令的要求与 GPRS Modem 进行信息的控制和发送。20 世纪 90 年代初，AT 命令只用于进行调制解调器的操作，不能利用文本信息对移动电话进行控制，若干年后，摩托罗拉、三星等主要移动电话厂商共同研发了一组适用于 GSM 系统的 AT 命令集，从而可以控制 SMS 信息[4]。控制 SMS 信息的方法一般有 3 种，即 PDU 模式（Protocol Data Unit）、Text 模式和 Block 模式。其中 Text 模式较容易实现，可以直接完成字符与数字的收发，但无法完成中文短信的收发。如果要接收、发送中文或者中英文结合的短信息要使用 PDU 模式，且发送短信息正文之前需将其进行十六进制编码。地震台站远程监控系统中要求以中文短消息的形式进行指令的接收和传送，因此采用 PDU 模式来发送接收短消息。所有 AT 操作指令均以“AT”开头，常用的 AT 指令见表 1。

表 1　常见的 AT 指令

Table 1　Common AT commands

AT 指令	功能
AT＋CMGC	发出一条短消息命令
AT＋CMGD	删除存储在 SIM 卡内的短消息
AT＋CMGF	选择短消息的格式：0-PDU；l-文本
AT＋CMGL	列出 SIM 卡中的短消息
AT＋CMGR	读短消息
AT＋CMGS	发送短消息
AT＋CMGW	将待发的短消息写入到 SIM 内存中
AT＋CMSS	将 SIM 内存的短消息进行发送
AT＋CNMI	显示新收到的短消息
AT＋CPMS	选择短消息内存
AT＋CSCA	短消息中心地址

2.3　温、湿度检测模块

远程监控系统对温度有效值的检测采用 DALLAS（达拉斯）公司生产的 DS18B20 温度传感器，该传感器具有体积超小、硬件开消超低、抗干扰能力强、精度高、附加功能强等特点，并具有 12 位高分辨率，精度可达±0.5 ℃，最大工作周期为 750 ms，检测温度范围为－55～＋125 ℃。湿度检测采用 DHT11 传感器，即一款含有已校准数字信号输出的温、湿度复合传感器，具有品质卓越、超快响应、抗干扰能力强、性价比极高等优点，其精度可达土 5% RH，检测湿度范围为 20%～90%[5]。

2.4　设备复位电路

系统的设备复位电路利用的是单片机对中间继电器进行控制原理，通过中间继电器对交流接触器进行驱动，从而实现对无人地震监测点观测仪器电源的远程断电和重启等操作，其响应是根据单片机微控制器 STC89C52 给出的控制信号进行的。交流接触器的电流参数根据无人地震监测点观测仪器的负载电流大小确定。考虑到某些无人地震监测点会有接入电话线路（遭到感应雷击的一个重要原因），将仪器电源断开的同时，还应断开电话线路，所以设备复位电路还会有一路专门对电话线的接通和断开进行控制的电路。由于 GTM900-B 通信模块的工作电流会瞬间达到 2 A，所以采集及控制装置不仅需提供 12 V 的输出电源，还需具备 2 A 电流的驱动能力，否则可能导致 GTM900-B 模块无法正常工作。为保证该模块具有良好的信号接收效果，其天线通常采用外接方式（天线实际为 35 cm 左右）。

2.5　液晶显示字符模块

在常见的单片机人机交流界面中，一般有如下几种输出方式：LED 数码管、发光管及液晶显示器。

本文的远程监控系统采用 LCD1602A 液晶显示字符模块作为主要的输出方式。该模块具有显示质量高、体积小、重量轻、功耗低、数字式接口等优点。通过该模块,台站管理员可以看到摆房实时的温度与湿度,并很方便对温、湿度的上下限值进行设置。

3 软件设计与实现

系统的数据采集及控制装置采用 STC89C52 单片机微控制器,所以单片机的编程是整个流程的关键。而单片机与 GTM-900B 模块之间的通信技术实际上是单片机与 GSM 短信息有关的 AT 指令控制移动电话技术,例如对 GTM-900B 模块的短信息内容进行读取,对 GTM-900B 模块的内容进行初始化,对 GTM-900B 模块上的短信内容进行删除,利用 GTM-900B 模块完成短信息内容发送等。经过标准异步的 RS232 全双工方式,可以实现单片机 AT 指令到 GTM-900B 模块的发送[6],程序框图如图 4 所示。

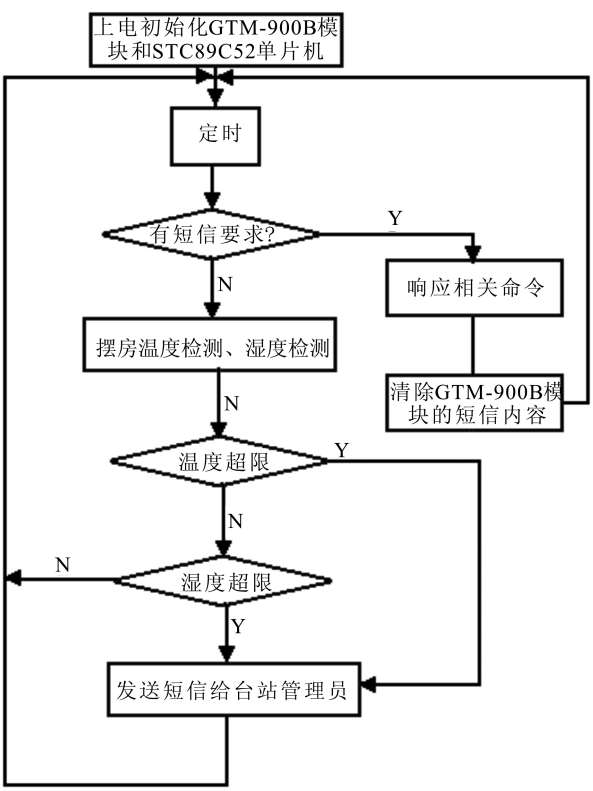

图 4 远程控制系统的程序框图

Fig.4 Program flowchart of the remote control system

单片机能否准确无误地读出 GTM900-B 模块接收的短消息是整个程序的关键。GSM 模块(手机 Modem 板)与单片机微控制器之间采用一组 AT 命令集作为通信协议,每个命令以“AT”开始,以回车结尾。PDU 模式是把 GB2312 的中文编码转变成代码模式页为 CP936 的 Unicode 编码,中文编解码更容易完成[7]。由于 GSM 采用 PDU 格式进行中文短消息收发,因此对单片机编程的数据格式要使用相应的 PDU 格式编写或解读,这样才能完成短消息的接收与发送。

中文字符按照 Unicode 进行编码,与计算机的汉字编码不同,例如要发送“查询温度”的指令短信,根据 Unicode 二个字节代码表示一个汉字的编码原则,其 Unicode 编码表示是 67E5 8BE2 6E29 5EA6,而单片机要把 GTM900-B 模块指令代码编译出来,必须通过 AT 指令来完成。单片机发送“短消息到达通知”指令即“AT+CMNI”到 GTM900-B 模块,这样 GTM900-B 模块会在接收到一条新短消息后,立即向单片机发送一条新短信到达的信息,单片机就会将 GTM900-B 模块内的新短消息读取后再响应相关命令。单片机将本次命令响应完后再发一条“清短消息”的指令即“AT+CMGD”到 GTM900-B 模块,从而为下次再接收新的短消息做好准备(图 3)。单片机每发送一条 AT 指令到 GTM900-B 模块后,都要再发送一个回车代码即“ODH”,以表示本次 AT 指令发送结束,如果此时单片机发送的 AT 指令被 GTM900-B 模块准确接收到,它就会收到 GTM900-B 模块回复的一个确认代码,即“OK”。因此台站工作人员可以利用代码“OK”来确定本次指令的通信是否成功。

下面是通信模块 GTM900-B 接收的一条指令短信,经 Unicode 编码后的内容为 09 82 683108509805F0 151E02 685186805773F4 3219 3130114038212 08 67E58BE26E295EA6。其中:09 代表短信中心的地址长度位数;82 代表短信中心号码所属类型;683108509805F0 代表福建三明移动短信中心号码;151E02 表示一种代码即发送方特征;685186805773F4 为 GSM 模块上用以接收指令短信的手机号码;3219 为数据编码方式与标识协议;3130114038212 为短信接收具体时间;08 代表指令数据的长度位数(表示该短信代码由 8 个字节构成);67E58BE26E295EA6 代表指令数据(指令“查询温度”由 8 个字节的短信代码构成)。上面的代码全部为十六进制代码,由 GPRS Modem GTM900-B 接收到指令短信后产生代码,再通过 RS232 串口发送给单片机。

下面是单片机经由通信模块 GTM900-B 发送的一条短信息 Unicode 的编码。00 10 01 0D 82 68

3166182513F2 19 32 BC 0E 6C996C9F5173673A。其中：01 为短信息中心地址长度，在这里为 1，表示存放在 SIM 卡中的所用短信息中心地址；10 为短消息发送的第一个 8 位；0D 表示短消息发送者的地址信息，在这里为 1，表示用本机号码进行发送；1E 为短消息接收者的号码长度；82 为短消息接收者号码所属类型；683186805663F2 为接收方手机号码；19 为协议标识；32 为数据编码方案；BC 为有效期；0E 为用户数据长度；6C99 6C9F 5173 673A 为用户数据。该用户数据是中文“洪田已经关电源”的 Unicode 码（洪田是一个台站名）。单片机在编程时对短信息进行预先设定就形成了用户数据代码，利用 AT 指令，通过 RS232 通信串口传输到 GTM900-B 模块，模块再把此短信发送出去。

通过上述两个具体实例，可以对短信息的 Unicode 编码形成格式有更清楚的认识。但要注意实际的编程操作过程中，GTM900-B 模块与单片机的短信息收发过程，通常用十六进制数据表示 PDU 数据包中内容，但并不是将十六进制的数据直接传输给单片机，而是将所有的十六进制数据转换成 ASCII 编码再进行发送。因此一个字节形成的十六进制数据就要由二个字节构成的 ASCII 代码来代替。但是 PDU 数据包中的数据字节总长度并未发生改变，依旧是实际字节的总长度，没有转变成 ASCII 代码的字节总长度。同样单片机将短信息发送给 GTM900-B 模块时，也需把 PDU 数据包内的十六进制数据转换成 ASCII 编码后再进行发送。因为单片机与 GTM900-B 模块之间必须遵照严格的字节长度格式进行信息收发，所以在编程中发生任何细小的错误都可能导致信息无法正常接收和发送。

4　应用测试

永安地磁台拥有数字化观测手段，是一个无人值守地震前兆监测台，台站到永安地震台信息节点的传输线路为 SDH 光缆。目前该台采用的是江苏省地震局研制的智能化分量质子磁力仪，即 FHD-2B 质子磁力仪，具有数字化程度高和观测精度高的特点[8]。在仪器的运行过程中，永安地磁台的 FHD-2B 质子磁力仪多次发生 PC104 工业控制计算机死机以及网络接口 RJ45 口堵包现象。由于工控机主要是实现网络的通信与控制、网络数据的存储以及实时测量数据的显示等功能，所以一旦工控机发生死机或者网络接口 RJ45 发生堵包就会导致前兆数据处理人员无法远程收取地磁数据，给永安地磁台的工作质量造成很大影响。考虑故障排除效率，选择永安地磁作为试点进行测试。

安装时将工控板的电源控制线从 FHD-2B 主机上卸下，接到监控系统设备复位电路的交流接触器上，通过手机短信将指令发送监控系统 GTM900-B 模块上，模块再将指令以“AT”命令格式以标准异步的 RS232 全双工方式发送到单片机，利用单片机对中间继电器进行控制的原理，通过中间继电器对交流接触器进行驱动，实现对工控板电源的远程重启操作，从而解决工控机发生死机和网络接口 RJ45 发送堵包的故障。永安地磁台半年多的实际运行表明，该监控系统运行可靠，也没有对 FHD-2B 质子磁力仪的正常工作造成影响，达到了设计目的。通过该系统，永安地磁台 FHD-2B 磁力仪观测资料在福建省观测资料质量评比中获第一名的佳绩。

5　结语

本文提出的地震台站远程监控系统，经实际运行检验，可以远程对无人值守台站的设备进行断电和重启等操作，并对工作环境进行实时监测。其可靠性高，能有效提高数字地震台网的工作效率，对台站故障快速判断、台站维护效率、台站的连续运行率、数据的稳定可靠都具有积极的意义和广阔的应用价值。

参考文献（References）

[1]　李小军，袁国旭，李冬圣，等.基于 JB35GSM 模块的地震台站远程监控系统[J].地震地磁观测与研究，2013，34(3/4)：232-233.
LI Xiao-jun，YUAN Guo-xu，LI Dong-sheng，et al.Remote Monitor and Control System for Seismic Station Based on JB35 GSM Module[J].Seismological and Geomagnetic Observation and Research，2013，34(3/4)：232-233.(in Chinese)

[2]　孙宏志，王学成，刘一萌，等.基于 3G 无线传输的测震台站监控设备的研制[J].地震工程学报，2014，36(2)：378-388.
SUN Hong-zhi，WANG Xue-cheng，LIU Yi-meng，et al. The Design and Realization of a Type of Monitoring Equipment for Seismic Stations Based on 3G Wireless Data Transmission[J]. China Earthquake Engineering Journal，2014，36(2)：378-388.(in Chinese)

[3]　王幸之，种爱琴，王雷，等.AT89 系列单片机原理与接口技术[J].北京：北京航空航天大学出版社，2004：71-79.
WANG Xing-zhi，ZHONG Ai-qin，WANG lei，et al. Principle and Interface Technology of AT89 Series Single Chip Microcomputer[J]. Beihang University press，2004：71-79(in Chinese)

[4]　张茂军，张晋川，袁燕妮，等.基于 TC35T 模块在无人值守地震

台站遥控电源开关的应用[J].地震地磁观测与研究,2008,29(1):91-92.
ZHANG Mao-jun, ZHANG Jin-chuan, YUAN Yan-ni, et al. Application of Remote Control Switcher Based on the TC35T Module to the Seismic Station[J].Seismological and Geomagnetic Observation and Research,2008,29(1):91-92.(in Chinese)

[5] 张念,苏印文.台站仪器温湿度控制器[J].地震地磁观测与研究,2008,29 (1):95-98.
ZHANG Nian, SU Yin-wen. A Temperature and Humidity Controller in Seismic Station[J].Seismological and Geomagnetic Observation and Research,2008,29 (1):95-98 .(in Chinese)

[6] 芦永,杨军,田韬,等.串行通讯技术在地震电磁波监测仪中的应用[J].地震地磁观测与研究,2007,28 (3):74-78.
LU Yong, YANG Jun, TIAN Tao, et al. The Application of Serial Communication Techonology in the Earthquatke Electromagnetic Wave Monitoring Device[J].Seismological and Geomagnetic Observation and Research,2007,28 (3):74-78 .(in Chinese)

[7] 王冬胜,胡德军,洪刚杨,等.手机短信在无人值守地震监测点防盗报警中的应用[J].四川地震,2009(3):26-27.
WANG Dong-sheng, HU De-jun, HONG Gang-yang, et al. Applying Short Messages to the Alarming Device in an Unmanned Seismic Station[J].Sichuan Earthquake,2009(3):26-27.(in Chinese)

[8] 夏忠,冯志生,稽才建,等.FHD-1 型质子磁力仪的改进与完善[J].地震学刊,2002,22(2):28-31.
XIA Zhong, FENG Zhi-sheng, JI Cai-jian, et al. The Improvements of the FHD-1 Type Proton Magnetometer[J].Journal of Seismology,2002,22(2):28-31.(in Chinese)

(上接 470 页)

FENG Jian-gang, JIANG Chang-sheng, HAN Li-bo, et al. Collection and Reestablish Work for the Earthquake Observation Reports of the Gansu Seismographic Network Since 1970 and Earthquake Relocation [J]. Northwestern Seismological Journal,2012,34(3):289-293.(in Chinese)

[5] 陈贵美,刘锦,刘军,等.数字地震台网对不同区域地震事件的震中定位研究[J].华北地震科学,2010,28(1):59-64.
CHEN Gui-mei, LIU Jin, LIU Jun, et al. Analysis on Precision of Deferent Earthquake Location Methods in Guangdong Digital Seismic Network [J]. North China Earthquake Sciences, 2010,28(1):59-64.(in Chinese)

[6] 李莹甄,殷娜,李小晗.不同震级标度转换关系研究概述[J].地震工程学报,2014,36(1):80-87.
LI Ying-zhen, YIN Na, LI Xiao-han. Review of the Conversional Relationship for Different Magnitude Scales[J].China Earthquake Engineering Journal,2014,36(1):80-87.(in Chinese)

[7] 蔡杏辉,曹轶,许振栋.福建与台湾地震台网测定震级偏差浅析[J].防灾科技学院学报,2013,15(3):72-77.
CAI Xing-hui, CAO Yi, XU Zhen-dong. Deviation Analysis of Earthquake Magnitude Determination by Fujian and Taiwan Seismic Network[J]. Journal of Institute of Disaster Prevention,2013,15(3):72-77.(in Chinese)