

减少海底电磁探测数据丢失的实时备份技术

邓明, 魏文博, 张启升, 王猛

(中国地质大学 地球物理与信息技术学院, 北京, 100083)

摘要: 针对海底电磁探测过程中容易引发的实测数据丢失的问题, 提出实时数据备份的技术方案。该技术是指将同组实测数据同时分别地存入2个独立的电子硬盘。2个盘冗余的信息量, 足以弥补单个盘存储数据所潜在的信息丢失的缺陷。在所设计的电路中, 以PC104嵌入式计算机为控制单元, 扩展USB接口芯片及逻辑控制门阵列。针对硬件所需实现的功能, 开发相应的电路驱动程序, 引导数据流流向两路存盘通道, 对IDE盘和U盘实施同时的存盘操作。海洋试验中, 将所研发的电路嵌入至海底大地电磁仪。将仪器投放到海底, 采集并同时备份实测数据。结果显示, 仪器在海底运行正常, 2个盘均记录到了实测数据。由此证明, 使用本技术可极大地降低海底电磁探测数据丢失的风险, 提高数据存储的可靠性。

关键词: 海底电磁探测; 大地电磁; 实时备份; 电路

中图分类号: P318.6

文献标识码: A

文章编号: 1672-7207(2008)02-0362-06

Real-time backup technique for reducing data loss in seafloor magnetotelluric data acquisition

DENG Ming, WEI Wen-bo, ZHANG Qi-sheng, WANG Meng

(School of Geophysics and Information Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: To overcome the problem of measured data loss easily triggered in the magnetotelluric acquisition, the real-time data backup is raised. This technique refers to saving one set of data into two independent hard disks simultaneously during data acquisition and making up for the data loss caused by only one hard disk using the redundancy of two disks. For the circuit design proposed in this paper, the main technical approach is to expand the USB interface chip and the array of logical control gates while using a PC104 embedded computer as the control unit, to program a circuit driver to direct the data stream to the two transmission channels, and to save the data simultaneously into the IDE disk and the USB disk. The designed circuit is loaded in the magnetotelluric acquisition instrument for the marine experiments. The instrument begins to acquire the data and backup simultaneously after it is deployed on the seafloor. The result suggests that the instrument runs well and both the two disk get the measured data. Thus the risk of data loss in the magnetotelluric acquisition can be greatly reduced, and at the same time, the reliability of data saving can be greatly improved.

Key words: seafloor electromagnetic detection; magnetotelluric; real-time backup; circuit design

在海洋进行大地电磁勘探的过程中, 下至海底进行探测的仪器需经过海面投放、负重下沉、海底测量、声控弃锚以及上浮海面等一系列动态的作业过程^[1-4]。

多种不测因素对仪器形成随机干扰, 情况严重时, 测量的质量就难以保证。其中, 仪器内实测数据的丢失或缺损, 是海底电磁探测亟待解决的问题之一。国外

收稿日期: 2007-07-04; 修回日期: 2007-08-26

基金项目: 国家“863”计划项目(2002AA615020; 2006AA09A201)

通信作者: 邓明(1956-), 男, 云南西畴人, 博士, 教授, 从事海洋地球物理探测技术与仪器的研究; 电话: 010-82320175; E-mail: dengming@cugb.edu.cn

的应用例子^[5-7]和国内的研究经验^[8-11]均表明, 上述问题是一种概率不低的事件。由于海洋探测成本昂贵, 在一般情况下, 不允许在同一位置进行重复测量作业。倘若在数天海底连续测量过程中, 某一数据块发生缺损, 就意味着某一探测深度的介质电性无法揭示^[12], 会产生巨大的经济损失和学术价值损失。因而, 实测数据的完整性显得十分重要。国外新近的技术表明, 采用有缆拖曳或声学编码传输可实时观测到测量结果^[13-14], 但仪器成本较高。在不增加仪器造价的前提下, 探讨减少数据丢失的有效方法, 本文提出对实测数据进行实时备份。应指出, 这里所谈的实时备份, 其技术新颖点在于, 将同一组实测数据或同一批数据流同时分别存入 2 个独立的电子硬盘。与通常所认为的数据备份的区别在于, 它既不是从一个盘到另一个盘的数据拷贝, 也不是对同一个盘的 2 个分区进行数据存储。因为数据拷贝不具有同时性, 而同一个盘的 2 个分区不属于 2 种独立的存储介质。目前, 在已商品化的工控类计算机中, 均不具备这里所谈的实时备份功能。支撑这一技术的软硬件需要自主研发。

1 实时备份的硬件电路

1.1 设计思路

设计的主导思想是: 选择 2 种不同硬件结构的硬盘, 即具有 IDE 接口的闪存电子盘和具有 USB 接口的 U 盘。其中 IDE 接口已固化在海底电磁探测仪器内主控计算机 PC104 的主板上^[15], 而 USB 接口属待扩展的存储单元。上述 2 种接口及硬盘由于组成原理不同, 各自的读写时序、存盘格式以及安装方式等均具有不同的特点。在同一时刻对于同一种干扰源, 所表现的受影响程度也不一样。在一定范围内, 一次干扰造成 2 个硬盘内的数据都发生丢失的可能性较低。因而, 有望实现用 2 个盘的存储确保获得一份完整实测数据的目的。

如图 1 所示, 海底电磁探测实时备份技术的运行过程为: 仪器在海面上被投放, 自由下沉。抵达海底后, 按预定的程序, 自动进行电磁信号采集^[16]。实测数据从缓存区输出后, 在 PC104 总线^[17](即 ISA 总线)上被引导至 2 路存盘通道: 一路经 IDE 接口存入闪存电子盘; 另一路经接口转换电路存入 U 盘。

1.2 电路组成

ISA 转 USB 接口的电路组成如图 2 所示。当需要对 U 盘进行读写操作时, PC104 通过其总线向地址译

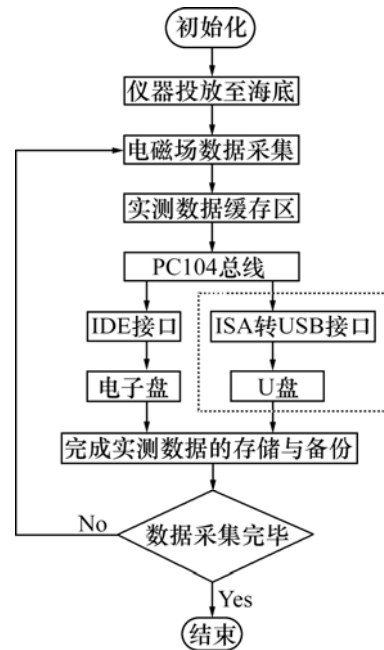


图 1 海底电磁探测实时备份技术流程图

Fig.1 Flow chart for real-time memorizing double data in seafloor magnetotelluric prospecting

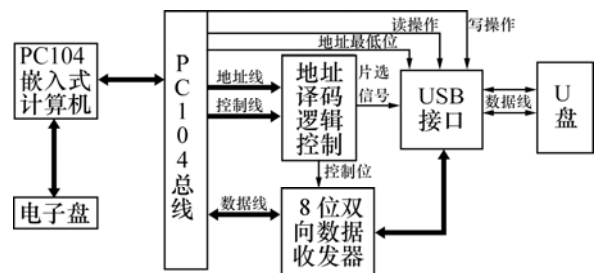


图 2 实时备份硬件电路组成及原理框图

Fig.2 Block diagram of circuit for real-time memorizing double data

码及逻辑控制单元发出指令, 相应输出的片选信号选中 USB 接口芯片, 而逻辑控制位使数据收发器处于开通状态。与此同时, PC104 总线送出地址最低位及读写驱动信号, 使 USB 接口实施读或写操作。若进行写数据, 则在接口芯片内, 将数据收发器送来的并行数据转为串行数据, 然后存至 U 盘。若进行数据回放, 则执行数据存盘格式并串转换的逆操作, 然后, 由数据收发器将数据挂在 PC104 总线上, 再通过串口传至上位机^[18]。

所设计的硬件电路如图 3 所示。其中, JAB 和 JCD 为 PC104 总线; U1 为译码及逻辑控制的 CPLD 芯片; U2 为 8 位双向数据收发器芯片; U3 为 USB 接口转换芯片, 其型号为 CH375A。

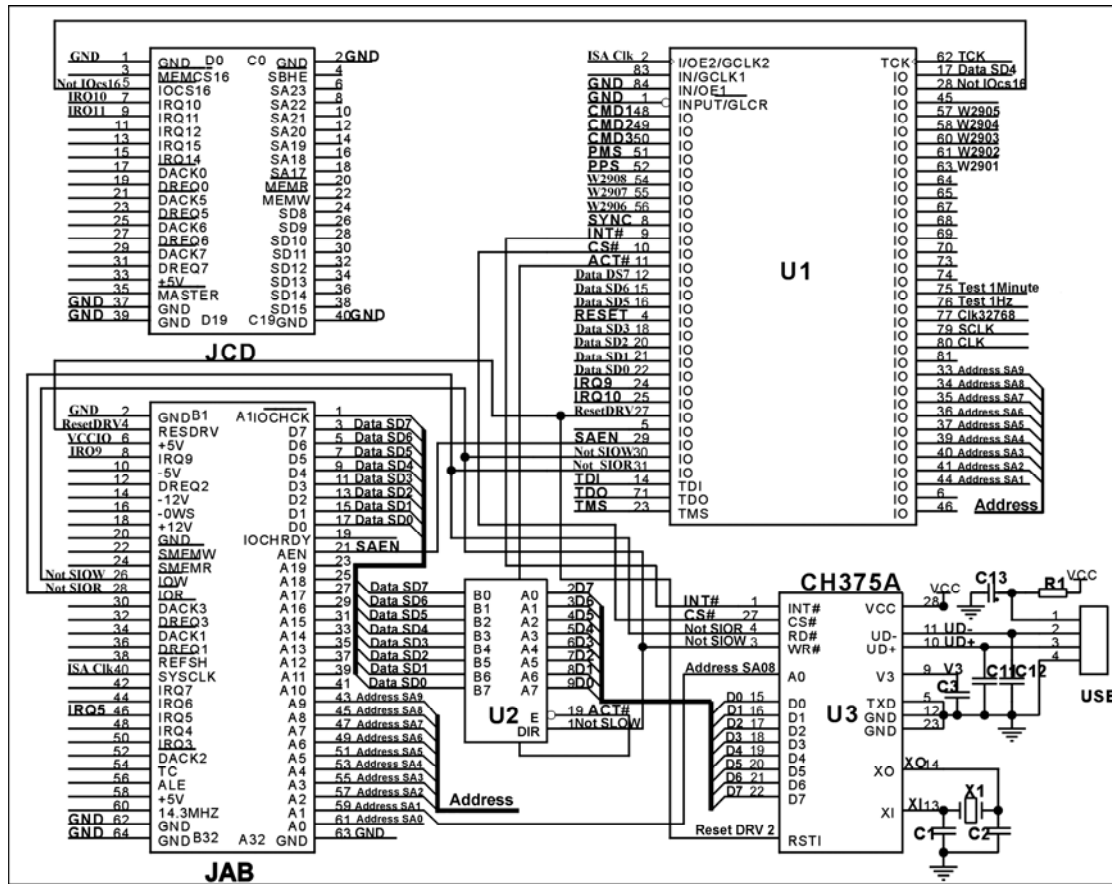


图 3 实时备份硬件电路图

Fig.3 Diagram of hardware circuit for real-time memorizing double data

CPLD 芯片用来提供整个电路系统所需的组合逻辑。其输入信号包括：PC104 总线的第 1 位至第 9 位地址线，地址允许信号 SAEN，复位控制信号 ResetDRV，16 位 I/O 选择控制信号 Not_IOCs16，读写信号 Not_SIOR 和 Not_SIOW 等。在输入的触发控制下，芯片译码输出 USB 接口的片选信号 CS#和 8 位双向数据收发器的控制位 ACT#。硬件连接时，CH375A 的 TXD 引脚接地，使其工作于并口查询方式^[19]，RD# 和 WR#分别连接到 PC104 总线的读写选通输出引脚 Not_SIOR 和 Not_SIOW；地址输入引脚 A0 接到 PC104 总线中地址线的最低位 Address_SA0。UD+和 UD-为连接 USB 的数据端口。

2 控制软件

2.1 译码驱动

对 CH375A 和八位双向数据收发器进行驱动时，PC104 向 CPLD 发出的地址码满足如下逻辑关系式：

$$CS = SA9 \cdot \overline{SA8} \cdot \overline{SA7} \cdot \overline{SA6} \cdot \overline{SA5} \cdot \overline{SA4} \cdot \overline{SA3} \cdot \overline{SA2} \cdot \overline{SA1} \cdot X \quad (1)$$

即当地址线 A9-A0 为 260H 或 261H 时(式(1)中 X 的可能值为 ‘0’ 或 ‘1’)，芯片片选信号 CS 有效，CH375A 和 8 位双向数据收发器被同时开启。

实现译码及控制的 VHDL 程序为

```

Process_access_CH375A: PROCESS(PC104_Clk)
BEGIN
    IF PC104_Clk'EVENT AND PC104_Clk='0' THEN
        IF (Address_WR260=Address_WLatch and Not_SIOW='0') OR (Address_WR260= Address_RLatch and Not_SIOR='0') THEN
            --若基地址和读写命令发出，则片选和使能信号有效。
            NOT_CS<=Not_SIOW AND Not_SIOR;
            NOT_ACT<=Not_SIOW AND Not_SIOR;
        ELSE
            --否则，片选和使能端置停止位。
            NOT_CS<='1';
            NOT_ACT<='1';
        END IF;
    END IF;

```

END IF;

END PROCESS Process_access_CH375A;

2.2 信息交互

实时备份软件流程如图4所示。在海底电磁数据采集过程中, 某一组实测数据从缓存区送出后, 同时被引导进入数据存储的2路通道。在U盘存数通道, 首先检测该盘是否已连接, 得到确认则构建实时备份命令。然后调用相关子函数, 完成数据从缓存区到U盘的存储。

以下程序适用于对U盘的读写。

```
#include<conio.h> /*用于读 CH375A 的寄存器*/
#include<stdio.h>
#define MY_CH375_IO_ADDR 0x0260
/*0x0260 为读写 CH375A 的基地址*/
unsigned short PortBaseAddr;
/*基地址+0 为数据端或+1 为命令端*/
void CH375WriteCmd(unsigned char cmd)
{
    outportb(PortBaseAddr +1, cmd);
    /*向 CH375A 发命令码*/
    delay(1000); /* 延时 33 μs */
}
void CH375WriteData(unsigned char dat)
{
    outportb(PortBaseAddr +0, dat);
    /*向 CH375A 发数据*/
    delay(1000);
}
unsigned char CH375ReadData(void)
{
    unsigned char d;
    delay(1000);
    d = inportb(PortBaseAddr + 0);
    /*从 CH375A 读数据*/
    return(d);
}
unsigned char CH375ReadReg( unsigned char RegAddr )
/* 读 CH375A 寄存器 */
{
    unsigned char d;
    CH375WriteCmd(0x0A); /* 写命令口 */
    CH375WriteData(RegAddr); /* 写数据口 */
    d = CH375ReadData(); /* 读数据口 */
    return(d);
}
```

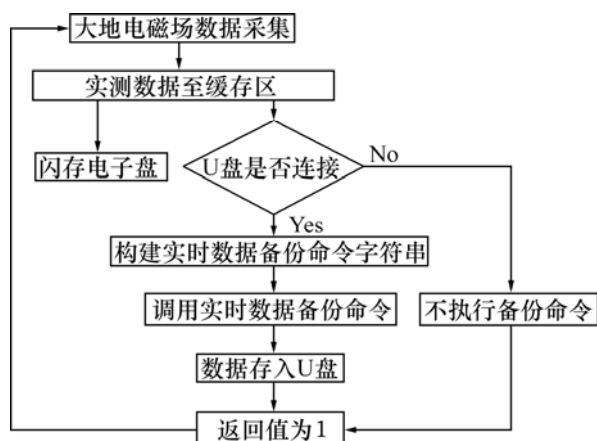


图4 U盘存盘程序流程图

Fig.4 Flow chart of backup program to U disk

需强调的是, 本文所提出的实时备份技术, 并不要求同一组数据毫秒不差地同时到达2个电子盘。事实上, PC104使用的是单线程操作系统, 在发出存盘指令时, 针对不同盘的地址码会有先后排序^[20]。在存盘路径上, 由于硬件的不同, 同组数据到达U盘的时间比到达闪存电子盘的时间稍迟, 但这对同时存盘不产生任何影响。

3 试验情况

在室内实验表明所研发的实时备份技术已满足设计要求之后, 为验证其在海洋环境下的工作情况, 2006年4月29日至2006年5月12日, 本课题组携带已嵌入了实时备份电路的海底大地电磁仪赴南黄海进行试验。海试点位位于34°16'19.553"N和122°39'59.313"E, 即江苏省连云港市以东的我国专属经济海区上。这是在南黄海海域首次应用海底大地电磁探测技术对该海域的中-古生界地层提取岩石介质的电学信息。

被投放的仪器在海底连续采集数据53h, 工作情况正常。仪器内的2个盘都记录到了相同的数据。将U盘中的数据截取某一段时间序列展示, 如图5所示, 图中各曲线从上至下分别代表水平正交的电场 E_x 和 E_y 以及磁场 H_x 和 H_y 。各曲线的相关性特征^[21]表明, 所测取的海底大地电磁场信息真实可靠。至此, 自主研发的实时备份电路的实用性已得到海试验证。

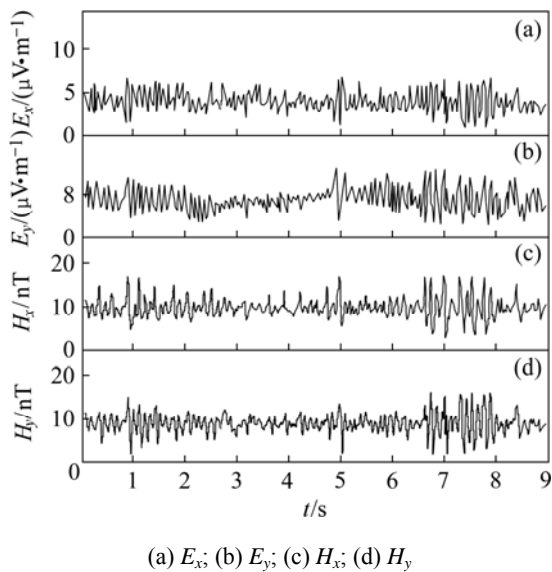


图 5 南黄海大地电磁部分时间序列

Fig.5 Parts of magnetotelluric time-series collecting in South-Yellow Sea

4 结 论

a. 复杂的海洋作业环境引发海洋电磁探测实测数据的意外丢失, 而传统的信号采集电路均以 1 个盘进行数据存储, 这不足以确保实测数据的完整性。为获取全部的探测信息, 且兼顾节约出海成本、避免重复作业的走航要求, 有针对性地提出实时备份的技术方案, 即以 2 个独立的、不同硬件结构的电子硬盘, 同时对同组实测数据进行存储。一旦出现某一个盘内的数据丢失, 可在另一盘中找回所缺损的信息。对整台探测仪器而言, 实时备份技术所占用的电路资源虽然较小, 但所起的作用不可忽视。

b. 实时备份电路在 PC104 总线的外围扩展, 以 CPLD 执行地址译码及相关的逻辑控制; 8 位双向数据收发器实现数据的读写锁存; 接口转换芯片进行数据格式的转换。实测数据从缓存区输出后, 在总线上并行地进入 2 路数据通道, 同时将数据存入 IDE 盘和 U 盘。

c. 电路驱动软件包括 CPLD 的硬件描述语言和 PC104 的 C 程序。前者提供硬件选址及启停的功能, 执行对硬件电路的逻辑控制; 后者与命令口和数据口进行信息交互, 实现数据的读或写。在海底数据采集阶段, 引导数据流流向 2 个盘, 完成数据的写操作。在数据回放阶段, 把存盘数据上传, 完成数据

的读操作。

d. 所研发的实时备份技术在近期的海洋试验中运行正常, 表明该技术具有实用性。

参考文献:

- [1] 邓明, 魏文博, 余平, 等. 海底大地电磁探测的海洋试验研究[J]. 现代地质, 2002, 16(4): 443-447.
DENG Ming, WEI Wen-bo, YU Ping, et al. The marine experiments of seafloor magnetotelluric prospecting[J]. Geoscience, 2002, 16(4): 443-447.
- [2] 邓明, 魏文博, 谭捍东, 等. 海底大地电磁数据采集器[J]. 地球物理学报, 2003, 46(2): 217-223.
DENG Ming, WEI Wen-bo, TAN Han-dong, et al. The collector for seafloor magnetotelluric data[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2003, 46(2): 217-223.
- [3] Webb S C, Constable S C, Cox C S, et al. A seafloor electric field instrument[J]. Geomag Geoelectr, 1985, 37: 1115-1129.
- [4] Constable S C, Orange A S, Hoversten G M, et al. Marine magnetotellurics for petroleum exploration. Part 1: A sea-floor equipment system[J]. Geophysics, 1998, 63(3): 816-825.
- [5] Chave D, Luther D, Filloux J. Observations of the boundary current system at 26.5°N in the subtropical North Atlantic ocean[J]. Journal of Physical Oceanography, 1997, 27: 1827-1848.
- [6] Nolasco R, Pascal T, Filloux H, et al. Magnetotelluric imaging of the Society Islands hotspot[J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103: 30287-30309.
- [7] Hoversten G, Constable S, Morrison H. Marine magnetotelluric for base-of-salt mapping: Gulf of Mexico field test at the Gemini structure[J]. Geophysics, 2000, 65: 1476-1488.
- [8] 邓明, 张启升, 邱开林, 等. 海洋环境下大地电场勘探的若干技术问题[J]. 仪表技术与传感器, 2004(9): 48-50.
DENG Ming, ZHANG Qi-sheng, QIU Kai-lin, et al. Difficulties and solutions of marine geoelectrical field prospecting[J]. Instrument Technique and Sensor, 2004(9): 48-50.
- [9] 邓明, 刘方兰, 张启升, 等. 海陆联合大跨度多点位海底大地电磁同步数据采集[J]. 科技导报, 2006, 24(10): 28-32.
DENG Ming, LIU Fang-lan, ZHANG Qi-sheng, et al. Long-span and multi-point synchronizing data acquisition for seafloor magnetotelluric based on union of marine and land[J]. Science & Technology Review, 2006, 24(10): 28-32.
- [10] 邓明, 魏文博, 高从友, 等. 硬件系统集成——海底大地电磁测量的关键技术[J]. 现代地质, 2002, 16(2): 214-219.
DENG Ming, WEI Wen-bo, GAO Cong-you, et al. Hardware system integration—the key technique of seafloor magnetotelluric exploration[J]. Geoscience, 2002, 16(2): 214-219.

- [11] 邓明,魏文博,邓靖武,等.海底天然大地电磁场的探测[J].测控技术,2003,22(1):5-8.
DENG Ming, WEI Wen-bo, DENG Jing-wu, et al. The natural magnetotelluric field detection on the seafloor[J]. Measurement & Control Technology, 2003, 22(1): 5-8.
- [12] 柳建新,严家斌,何继善,等.基于相关系数的海底大地电磁阻抗 Robust 估算方法[J].地球物理学报,2003,46(2):241-245.
LIU Jian-xin, YAN Jia-bin, HE Ji-shan, et al. Robust estimation method of Sea magnetotelluric impedance based on correlative coefficient[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2003, 46(2): 241-245.
- [13] Evans R. Using CSEM techniques to map the shallow section of seafloor: from the coastline to the edges of the continental slope[J]. Geophysics, 2007, 72(2): 105-168.
- [14] Constable S, Srnka L. An introduction to marine controlled-source electromagnetic methods for hydrocarbon exploration[J]. Geophysics, 2007, 72(2): 3-12.
- [15] 陈儒军,白宜诚,崔燕丽,等.海底大地电磁探测仪的测试方法[J].中南工业大学报:自然科学版,2002,33(4):344-347.
CHEN Ru-jun, BAI Yi-cheng, CUI Yan-li, et al. Testing method for ocean-bottom magnetotelluric instrument[J]. Journal of Central South University of Technology: Natural Science, 2002, 33(4): 344-347.
- [16] 邓明,杜刚,张启升,等.海洋大地电磁场的特征与测量技术[J].仪器仪表学报,2004,25(6):742-746.
DENG Ming, DU Gang, ZHANG Qi-sheng, et al. The characteristic and prospecting technology of the marine magnetotelluric field[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2004, 25(6): 742-746.
- [17] 邓明,白宜诚,陈儒军,等.PC104嵌入式计算机在海底大地电磁信号采集中的应用[J].中南工业大学学报:自然科学版,2002,33(6):555-558.
DENG Ming, BAI Yi-cheng, CHEN Ru-jun, et al. The application of PC104 in sea-floor magnetotelluric signal acquisition[J]. Journal of Central South University of Technology: Natural Science, 2002, 33(6): 555-558.
- [18] 邓明,魏文博,谭捍东,等.海底大地电磁数据采集电路的接口技术[J].物探与化探,2003,27(1):23-27.
DENG Ming, WEI Wen-bo, TAN Han-dong, et al. The interface technology of the seafloor magnetotelluric acquisition circuit[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2003, 27(1): 23-27.
- [19] 刘建峰,刘爱华.基于CH375的海量数据采集存储系统[J].仪表技术,2006(2):44-46.
LIU Jian-feng, LIU Ai-hua. Mass data collecting and storing system based on CH375[J]. Instrumentation Technology, 2006(2): 44-46.
- [20] 张启升,邓明,罗锋,等.海底大地电磁信号采集电路的驱动程序[J].地球物理学进展,2004,19(4):789-793.
ZHANG Qi-sheng, DENG Ming, LUO Feng, et al. Circuit drivers of signal-acquiring unit in seafloor magnetotelluric system[J]. Progress in Geophysics, 2004, 19(4): 789-793.
- [21] 陈乐寿,王光镔.大地电磁测深法[M].北京:地质出版社,1990.
CHEN Le-shou, WANG Guang-e. Magnetotelluric sounding[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990.