

海底大地电磁探测的实时数据备份技术

王 猛, 邓 明, 张启升, 陈 凯

中国地质大学地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室, 北京 100083

摘要: 海洋环境复杂, 国外的文献和国内的应用例子均表明, 电磁探测仪器在海底工作时, 由于各种不测因素导致数据丢失的现象时有发生. 相对于陆上同类测量而言, 海底大地电磁探测成本高, 作业难度大, 且不易实施数据采集的重复观测. 因此, 实时数据备份技术的研发, 对确保实测数据的完整性, 从而提取探测区域的全部介质电性信息, 将具有重要的科学意义. 在所确定的技术方案中, 以 PC104 计算机为主控单元, 自主开发 ISA 总线转 USB 总线的接口电路, 实现将海底采集的大地电磁数据实时地同时存入 IDE 盘和 U 盘. 电路采用了 CPLD 译码及逻辑控制、双向数据收发及 CH375A 接口转换等芯片, 并在 PC104 源程序中扩展了对上述芯片的控制指令. 仪器具备了实时数据备份的功能后, 以冗余的数存量确保了海底大地电磁信息的完整保存. 经黄海海试, 证实了本技术的实用效果.

关键词: 海底大地电磁; 数据采集; 接口电路; 实时备份.

中图分类号: P631.3

文章编号: 1000—2383(2007)04—0511—06

收稿日期: 2007—03—12

The Technique for Memorizing Acquisition Data Doubly and Simultaneously on the Marine Magnetotellurics

WANG Meng, DENG Ming, ZHANG Qi-sheng, CHEN Kai

Geo-detection Laboratory of the Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083 China

Abstract: The marine environment is complex. Both the overseas literatures and the domestic applications indicate that when the detecting device is working on the seafloor, losing the data occasionally happens because of various unexpected factors. Compared with continental operation, there are higher risk and expenses in detecting and more difficult in acquisition repeatedly on the marine magnetotellurics. Therefore, it is of great scientific significance to study the technique prospecting doubly and simultaneously so as to extract the whole medium electric information in exploration areas and ensure the integrality of the real acquisition data. The project chooses the PC104 computer as microcontroller and also comprises of the interface circuit, which converts the PC104 bus to the USB bus and saves the real time data acquired on the marine magnetotellurics into the IDE disk and U disk simultaneously. The chips adopted by the circuit include CPLD in encoding and logic controlling, bi-directional data received and transmitted and CH375A of interface conversion, and the source program of PC104 also contains their corresponding instructions. With that function, it has insured the full preservation of the acquisition because of redundant data. The practicality has been approved by Huanghai Sea experimentation.

Key words: marine magnetotelluric; acquisition; interface circuit; real time backup.

1 问题的提出

实时数据备份技术是指信号采集过程中, 将同一组实测数据或同一批数据流同时分别存入两个独

立的电子硬盘. 这一技术是针对海底大地电磁探测环境的特殊性提出的. 追问特殊性的缘由, 其一, 探测仪器为抵达海底进行信号观测, 需经过海面设备投放、海底声控弃锚以及海上打捞回收等一系列动

态作业过程(邓明等, 2004). 恶劣的海底环境、作业过程的强烈振动等原因导致探测仪器出现了陆地同类测量中从未出现过的种种复杂问题, 包括本文要专门探讨的实测数据偶尔丢失的问题. 其二, 海洋探测有其自身的特点. 通常情况下, 作业船仅有一艘, 且一个航次需承担多项海洋调查任务. 它强调高效率, 每天 24 小时轮班作业, 以节省昂贵的出海成本. 可见, 实施海底大地电磁探测, 不可能长时间地占用船只. 一般的作业程序是, 调查船沿所设计的航线及测网, 将多台海底大地电磁仪按先后次序逐台投放至预定的点位. 之后, 调查船驶离, 去执行其他勘查任务. 若干天后, 再回到原投放点进行设备回收. 这种作业特点决定了海底测量难以在相同点位重复进行. 倘若某台仪器出现了实测数据的丢失, 就意味着学术和经济价值的重大损失. 因而, 海底实测数据显得十分珍贵.

国外关于海底地电探测的文献中提到了关于测量数据欠佳的问题. 1990 年 9 月至 1992 年 2 月, 由美国 WoodsHole 海洋研究院和夏威夷大学海洋系的多位学者组成的研究组, 使用 11 套海底地电仪, 在北大西洋 $26.478^{\circ} \sim 26.528^{\circ} \text{N}$ 、 $72.602^{\circ} \sim 76.848^{\circ} \text{E}$ 的海区进行了为期一年半的超低频海底地电场采集, 试图通过地电分析了解该海域深部热盐环流的规律. 可惜的是, 只有其中的 4 台仪器采集到了有价值的数据, 其余多数仪器的数据都不能用于地质解释(Chave et al., 1997). 这里面, 不排除有数据丢失的因素. 上世纪末, 在东南太平洋法属 Ploynesia 群岛附近, 来自法国 Bretagne 大学和美国 Scripps 海洋研究所的地球物理学家, 使用大地电磁成像技术调查 Tahiti 地热区的热源分布. 在海底数据采集过程中, 参与测量的 9 台仪器中有 3 台仪器数据不全(Nolasco et al., 1998). 再看国内的情况. 2000 年 7 月, 中国首次进行了海底大地电磁探测试验(邓明等, 2002b), 在被投放的 6 台(次)仪器中, 有 1 台仪器出现了部分实测数据丢失. 2005 年 7 月, 在南海进行了同类试验(邓明等, 2006), 4 台下海的仪器中又有 1 台出现了同样的问题. 综上所述, 海底电磁探测中出现的实测数据丢失是一种概率不低的事件, 必需予以足够重视.

至目前, 实时数据备份技术至少在地学探测领域内没有前人的工作. 它既不是从一个盘到另一个盘的数据拷贝, 而是同时地将数据流引导至两路存储通道; 它更不是对同一个硬盘的两个分区进行写盘, 而是对两个独立的电子硬盘进行实时操作. 现在

所有已商品化的计算机都没有这样的功能. 因此, 实时数据备份属于一种新的技术研发.

2 硬件电路设计与实现

2.1 设计要点

设计的主导思想是, 选择两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 PC104 计算机的主板上(邓明等, 2002a), 而 USB 接口需要自主搭建. 上述的两种接口由于硬件结构不同, 各自的读写时序、存盘格式以及安装方式等均有不同的特点. 因而, 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, 一次干扰造成两个硬盘内的数据都发生丢失的可能性较低, 这就为实时数据备份技术的实现提供了硬件基础.

如图 1, 可将技术流程概括如下. 仪器在海面被投放至海底后, 按预定的程序, 仪器自动进行海底大地电磁数据采集(邓明等, 2003). 实测数据从缓存区输出后, 经 PC104 总线(即 ISA 总线)被引导至两路存盘通道, 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. 其中 ISA 转 USB 接

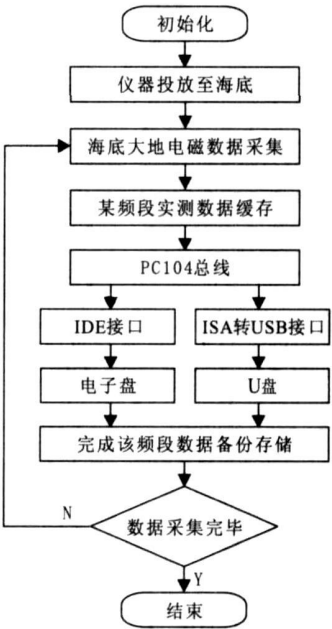


图 1 海底大地电磁探测实时数据备份技术流程图

Fig. 1 The flow chart of memorizing acquisition data doubly and simultaneously in the marine magnetotelluric prospecting

1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

口部分需要自主完成从硬件到软件的研发。

2.2 电路原理

ISA 转 USB 接口的硬件电路原理如图 2 所示。当 PC104 发出数据存盘指令后, 总线将数据备份的控制线、地址线送至译码及控制单元, 使该单元送出片选信号以及八位双向数据收发器的使能信号, 选

中 USB 接口芯片, 并使数据收发器处于开通状态。与此同时, PC104 总线送出地址线的最低位及读写控制信号, 驱动 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, 然后存储至 U 盘。

所设计的硬件电路图如图 3 所示。电路包括 CPLD 逻辑单元、PC104 总线转 USB 总线接口等主要电路模块。图中, JAB、JCD 为 PC104 总线; U1 为译码及逻辑控制的 CPLD 芯片; U2 为八位双向数据收发器芯片; U3 为 USB 接口转换芯片, 其型号为 CH375A; P1 为 USB 端口。

CPLD 芯片用来提供整个电路系统所需的组合逻辑。输入信号包括 PC104 总线的第一位至第九位地址线、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

图 2 硬件电路原理框图

Fig. 2 The block diagram of circuit

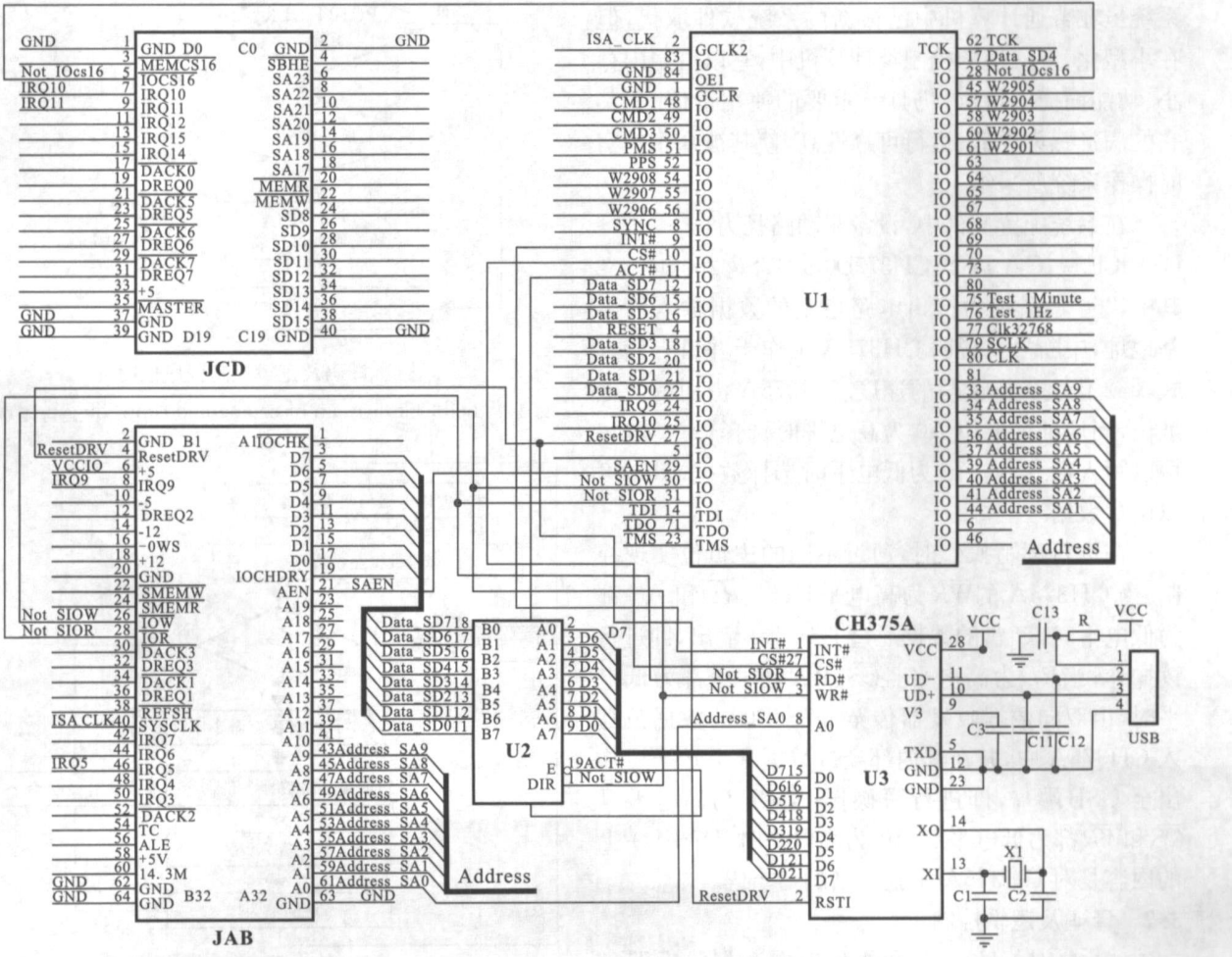


图 3 硬件电路图

Fig. 3 The diagram of hardware circuit

下,芯片译码输出 USB 接口的片选信号 CS #和八位双向数据收发器的使能信号 ACT #.硬件连接时,CH375A 的 TXD 引脚接地,使其工作于并口查询方式.此外, 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.

3 控制软件设计

3.1 CH375A 的读写驱动

通过在 DOS 系统下的设备驱动程序将 U 盘仿真为普通硬盘.对此,需将驱动程序即 CH375DOS.SYS 文件复制到海底大地电磁仪 DOS 文件目录中,然后修改系统配置文件 CONFIG.SYS,以启用实时数据备份接口电路.值得指出的是,目前 DOS 系统虽在普通计算机中已被新的系统软件取代,但在小型化、专一性的控制类计算机中,它以占用内存小、功能简捷的特点,仍具有重要的使用价值.尤其它的病毒感染率低、运行可靠性高,使其被众多的实时操作系统所采纳.

在系统配置文件中,设备驱动路径为:
DEVICE = C:\DOS\CH375DOS.SYS @260 #0%2
其中,260 是系统为接口电路指定的数据输入输出基地址,中断号 0 说明 CH375A 工作于并口查询方式,%2 代表数据读写的速度.CH375A 占用两个地址位,当地址最低位 A0 为高电平时选择命令端口,可以写入命令;当 A0 为低电平时选择数据端口,可以读写数据.

在进行读写操作时,通过不同的逻辑位实现控制.当 CH375A 的 $\overline{WR}$ 为高电平且 $\overline{CS}$ 、 $\overline{RD}$ 和 A0 都为低电平时, U 盘的数据通过 D7 ~ D0 输出,即进行读操作;当 $\overline{RD}$ 为高电平且 $\overline{CS}$ 、 $\overline{WR}$ 和 A0 都为低电平时,由双向数据收发器传至 D7 ~ D0 的数据被写入 CH375A 中,并在其内部经过数据并串转换后输出至 USB 端口,即进行写操作;当 $\overline{RD}$ 为高电平且 $\overline{CS}$ 和 $\overline{WR}$ 都为低电平而 A0 为高电平时, D7 ~ D0 上的内容是对 CH375A 实施控制的指令码.

3.2 译码及逻辑控制

CPLD 对 CH375A 和八位双向数据收发器进行译码控制时,其逻辑关系如下.

$$CS = \overline{Address_SA9} \circ \overline{Address_SA8} \circ \overline{Address_SA7} \circ \overline{Address_SA6} \circ \overline{Address_SA5} \circ \overline{Address_SA4} \circ \overline{Address_SA3} \circ \overline{Address_SA2} \circ \overline{Address_SA1} \circ X$$

即当地址线 A9—A0 为 260H 或 261H 时,芯片片选信号有效.上式中 X 为 "0" 或 "1".

如图 4,当总线时钟 PC104_CLK 的下降沿到来时,CPLD 先比较预先分配的地址是否与 PC104 总线送出的地址相同,如果相同,则执行译码和读写控制;否则,CH375A 不被开启.

3.3 实时数据备份流程

存盘程序流程图如图 5 所示.在海底大地电磁数据采集过程中,某一频段数据经缓存区送出后,进

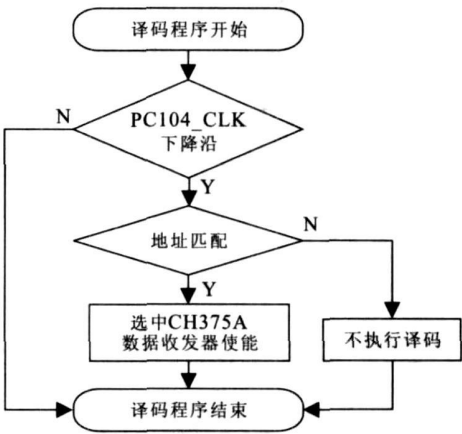


图 4 译码及逻辑控制程序框图
Fig. 4 The block diagram of coding and controlling program

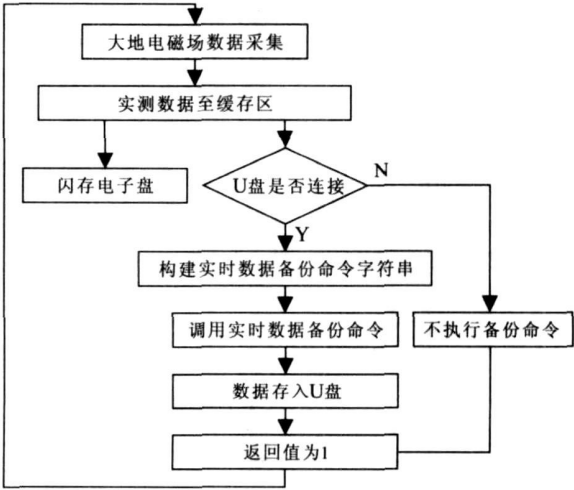


图 5 U 盘备份程序流程图
Fig. 5 The flow chart of the backup program to the U disk

入实时数据存储的两路通道. U 盘存数时, 首先检测 U 盘是否已连接, 若 U 盘存在则构建实时数据备份命令字符串, 然后调用该命令, 完成数据从缓存区到 U 盘的数据存储.

具体实现 CH375A 译码及控制的 VHDL 程序如下:

```
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
        NOT_CS<= Not_SIOW AND Not_SIOR;
        NOT_ACT<= Not_SIOW AND Not_SIOR;
    ELSE
        NOT_CS<= 1';
        NOT_ACT<= 1';
    END IF;
END IF;
END PROCESS Process_access_CH375A;
```

需强调说明, 本文所提出的实时数据备份技术, 并不要求同一组数据毫秒不差地同时到达两个电子盘. 事实上, PC104 是一种单线程计算机, 在发出存盘指令时, 针对不同盘的地址码会有先后排序. 在存盘路径上, 由于硬件的不同, 使得数据到达 U 盘的时间比到达闪存电子盘的时间稍迟一点, 但这丝毫不失同时存盘的技术含义.

4 海洋试验

在室内实验表明所研发的实时数据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, 结合“南黄海前第三系油气前景研究”国家专项下属“南黄海海域大地电磁探测技术方法研究”子项目和国家 863 计划课题的海试任务, 本课题组携带已嵌入了实时数据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 $34^{\circ}16'19.553''\text{N}$ 、 $122^{\circ}39'59.313''\text{E}$, 即江苏省连云港市以东约 150 海里 (278 km) 的我国专属经济海区上. 这是南黄海海域首次应用海底大地电磁探

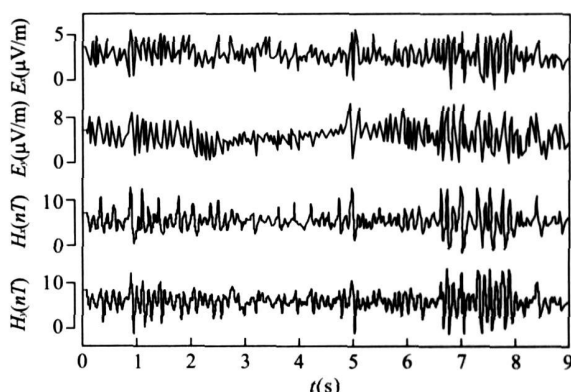


图6 U 盘记录的部分海底大地电磁时间序列回放曲线

Fig. 6 The parts of time series of the marine magnetotellurics recorded in the U disk

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 53 h, 工作情况正常. 仪器内的两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于图 6, 图中各曲线从上至下分别代表水平正交的电场分量 E_x 、 E_y 和磁场分量 H_x 、 H_y . 曲线所显示的相关性特征表明, 所测取的数据是真实的海底大地电磁场信息. 至此, 自主研发的实时数据备份电路的实用性已得到了海试的验证.

5 结论

(1) 海洋环境的复杂性和海上作业的特殊性, 使得海底大地电磁数据采集难以在相同位置重复进行. 为了克服测量过程中实测数据丢失的问题, 确保数据的完整性, 有必要对实测数据进行实时备份.

(2) 自主研发的实时数据备份技术主要包括 CPLD 逻辑控制和 PC104 总线转 USB 总线接口等电路的硬件部分, 以及相关的电路驱动软件.

(3) 南黄海试验结果表明, 所研发的实时数据备份技术实用可行, 并可为今后海底探测仪器的设计提供经验借鉴.

References

- Chave, A. D., Luther, D. S., Filloux, J. H., 1997. Observations of the boundary current system at 26.5°N in the subtropical North Atlantic Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, 27: 1827—1848.
- Deng, M., Bai, Y. C., Chen, R. J., et al., 2002a. The applica-

- tion of PC104 in sea-floor magnetotelluric signal acquisition. *Journal of Central South University of Technology*, 33(6): 555—558 (in Chinese with English abstract).
- Deng, M., Wei, W. B., Yu P., et al., 2002b. The marine experiments of seafloor magnetotelluric prospecting. *Geoscience*, 16(4): 443—447 (in Chinese with English abstract).
- Deng, M., Du, G., Zhang, Q. S., et al., 2004. The characteristic and prospecting technology of the marine magnetotelluric field. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 25(6): 742—746 (in Chinese with English abstract).
- Deng, M., Liu, F. L., Zhang Q. S., et al., 2006. Long-span and multi-point synchronizing data acquisition for seafloor magnetotelluric based on union of marine and land. *Science & Technology Review*, 24(10): 28—32 (in Chinese with English abstract).
- Deng, M., Wei, W. B., Tan, H. D., et al., 2003. Collector for seafloor magnetotelluric data. *Chinese Journal of Geophysics*, 46(2): 217—223 (in Chinese with English abstract).
- Nolasco, R., Pascal, T., Filloux, J. H., et al., 1998. Magnetotelluric imaging of the Society Islands hotspot. *Journal of Geophysical Research*, 103(B12): 30287—30309.

附中文参考文献

- 邓明, 白宜诚, 陈儒军, 等, 2002a. PC104 嵌入式计算机在海底大地电磁信号采集中的应用. 中南工业大学学报, 33(6): 555—558.
- 邓明, 魏文博, 余平, 等, 2002b. 海底大地电磁探测的海洋试验研究. 现代地质, 16(4): 443—447.
- 邓明, 杜刚, 张启升, 等, 2004. 海洋大地电磁场的特征与测量技术. 仪器仪表学报, 25(6): 742—746.
- 邓明, 刘方兰, 张启升, 等, 2006. 海陆联合大跨度多点位海底大地电磁同步数据采集. 科技导报, 24(10): 28—32.
- 邓明, 魏文博, 谭捍东, 等, 2003. 海底大地电磁数据采集器. 地球物理学报, 46(2): 217—223.