

G-856 质子旋进磁力仪及其在野外 震磁测量中的应用^{*}

詹志佳, 高金田, 赵从利, 张洪利, 沈文志

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

摘要: G-856 质子旋进磁力仪是一种高分辨率、高精度、微处理机控制的智能化磁力仪, 适合于震磁前兆观测与地震预测研究. 介绍了该仪器的主要性能及性能试验结果. 最佳的震磁观测应当是以质子磁力仪观测地磁总强度为主, 配合地磁 3 分量与地磁短周期变化的观测.

关键词: 质子旋进磁力仪; 地磁测量; 地磁异常

中图分类号: P315.62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)01-0074-05

0 前言

地磁仪器对于地磁观测研究是至关重要的. 目前, 地磁观测仪器类型很多, 主要有磁变仪、地磁偏角倾角仪、质子磁力仪、磁通门磁力仪、光泵磁力仪与超导磁力仪. 应用这些仪器, 在固定台站与野外现场进行观测, 可以准确可靠地记录地磁场及其各种时空变化.

质子磁力仪是依据核磁共振原理制成的, 其信号的频率正比于总的磁场强度, 比例系数为质子的旋磁比. 众所周知, 质子的旋磁比是一个原子常数. 因此, 质子磁力仪的观测精度高, 不受温度、湿度等环境因素的影响, 具有良好的长期稳定性, 而且携带方便, 操作简便, 是观测地磁总强度的理想的仪器.

G-856 质子旋进磁力仪(以下简称 G-856 磁力仪)是美国 Geometrics 公司生产的质子磁力仪系列^[1]之一, 是一种高精度的仪器, 适合于震磁前兆观测研究. 在中国地震局“九五”规划 1997 年专项的支持与资助下, 我们购置了 2 台 G-856 磁力仪, 以加强首都圈地区的震磁前兆监测与地震预测工作. 本文介绍了 G-856 磁力仪的主要特性及其性能试验结果.

1 G-856 磁力仪及其性能试验

1.1 仪器主要特性

G-856 磁力仪是一种便携式的高精度磁力仪(表 1). 其分辨率与精度均为 0.1 nT, 特点是具有按键式的功能性键盘, 操作简单、灵活, 且机内配有一个存储 10 000 多个数据的存储器, 从而改变了野外测量人工记录的传统方式, 而且可以自动输出所存储的数据到计算机. 如

收稿日期: 1999-01-25

^{*} 中国地震局地球物理研究所论著: 99AC2029

作者简介: 詹志佳(1941—), 男(汉族), 研究员, 现从事地磁学、构造磁学、震磁前兆与地震预测的研究.

果配备笔记本微机, 则可以实现野外现场观测数据的自动记录与实时分析处理, 从而可以及时有效地开展地震监测预报工作。

表 1 美国 Geometrics 公司生产的质子磁力仪参数

类型	G-816	G-826	G-856	G-866
分辨率	1 nT	0.25 nT	0.1 nT	0.1 nT
精度	1 nT	0.5 nT	0.1 nT	0.1 nT
采样率	人工读数	6 s ~ 10 min	4 ~ 999 s	4 ~ 999 s
数据记录	人工读数	打印记录	机内存储	打印或绘图

G-856 磁力仪可以按实际需要选择数据采样率, 其采样时间间隔为 4 ~ 999 s, 因此能自动地进行地磁监测. 特别是它的采样时间包括几秒钟, 具有较高的采样率, 可以记录地磁短周期变化与地磁脉动, 故可以为地磁研究与震磁前兆信息分析提供更为丰富的资料与有利的条件。

G-856 磁力仪工作由一个微处理器控制, 是一种智能化仪器. 它重量轻, 结构紧凑, 能在各种气候条件下及很大温度范围 ($-20 \sim 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$) 内工作, 电源为 9 节 1.5 v 电池. 因此, G-856 磁力仪既适用于固定台站, 亦适用于野外测量工作。

1.2 仪器性能试验

G-856 磁力仪配备了一个按键式的功能性键盘, 其操作十分简单、灵活. 大多数键都具有 2 种功能, 即数字方式与指令方式. 主要功能键有 8 个: 自动记录方式 AUTO、清除数据键 ERASE、恢复磁场读数 FIELD、输数到外设 OUTPUT、读数键 READ、取数键 RECALL、存数键 STORE、置(显)时间键 TIME 与调谐键 TUNE. 此外, 还有清除指令键 CLEAR、数字键 SHIFT 与输入键 ENTER. 应用这些键及其适当的组合, 就可以方便地进行校对时间、调谐信号强度、读数与存储、设定采样率进行自动的连续观测、数据显示与回放等操作。

按照操作手册, 对 G-856 磁力仪的各项性能与上述功能, 逐一进行反复试验, 结果表明, 其性能正常, 各功能键有效。

在自动方式下, 以不同的采样率对 2 台 G-856 磁力仪进行了同步观测试验. 将 G-856 磁力仪存储的数据回放到 586 型微机, 进行同步差值处理, 计算其标准偏差 σ . 图 1 为 2 台 G-856 磁力仪以 2 分钟采样的地磁同步变化及其差值. 由图可见, 其同步变化的一致性很好, 相应差值相当平稳, 数据个数 $N = 2236$, 差值的标准偏差 $\sigma = 0.22 \text{ nT}$.

表 2 列出了 2 台 G-856 磁力仪以不同采样率记录的地磁同步差值的标准偏差 σ . 由表 2 可见, 不同采样率的 $\sigma < 0.3 \text{ nT}$, 表明这 2 台 G-856 磁力仪性能一致性良好, 在不同采样率下磁力仪工作正常、稳定。

2 实际应用

由于 G-856 磁力仪具有上述的性能, 因此, 它既适用于台站观测, 亦适用于野外测量. 应用于台站, G-856 磁力仪

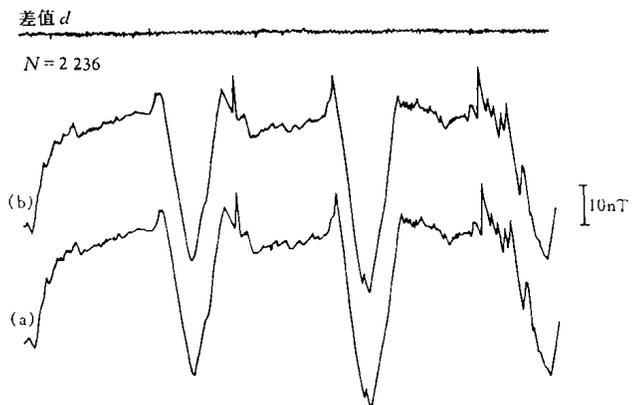


图 1 2 台 G-856 磁力仪以 2 分钟采样的地磁同步变化(a 和 b)及其差值 d

Fig. 1 Geomagnetic synchronous variations observed by 2 G-856 magnetometers (a and b) for 2-min sample and their difference d .

可根据实际要求选择采样率进行自动记录. 如与计算机连用, 则可实现数据处理计算机化.

表2 2台 G-856 磁力仪以不同采样率同步进行地磁记录的试验结果

时间间隔 T	4 s	10 s	15 s	20 s	30 s	1 min	2 min	5 min	10 min	15 min
数据个数 N	968	627	735	416	380	1 045	2 236	232	62	61
σ/nT	0.25	0.28	0.21	0.26	0.24	0.28	0.22	0.24	0.27	0.27

G-856 磁力仪应用于野外测量亦十分便利. 在测量时, 要设定时间、测线编号和测点编号, 与地磁测量数据一起存储. 将测量资料回放到计算机, 则可以进行测量数据的通化处理与所要求的分析研究.

作为实际应用的一个实例, 图 2 给出了 1998 年 7 月 9 日 2 台 G-856 磁力仪记录的地磁变化及其同步差值. 这 2 台磁力仪分别布设在紫荆关断裂二侧, 以 6 秒的采样率同步记录地磁总强度, 数据个数 $N = 1\ 311$. 从图 2 可见, 2 台磁力仪的地磁记录一致性良好, 其差值稳定, 相应的标准偏差为 0.28

nT. 图 3(a) 与 (b) 分别为 2 台磁力仪所记录的地磁变化的频谱, 纵坐标为幅度 A , 横坐标为频率, 用 n 表示, 相应的周期 $T = 1\ 024 \times 6\ s / n = 102.4\ min / n$. 从图 3 可见, 2 台磁力仪记录的频谱幅度随周期的减小呈下降趋势, 形态与数值都十分接近.

3 讨论

自 20 世纪 50 年代应用质子磁力仪以来, 震磁观测有了很大的改变. 从图 4 可见, 近百年来所观测到的震磁异常幅度随时间的推移而下降^[2], 其中以质子磁力仪在震磁观测中的应用时间为分界线, 在此之前所报道的与地震有关的地磁异常是不可靠的, 其中大多数是地震波引起的机械振动效应, 而观测仪器性能不稳定也是引起地磁变化的主要原因. 而在此后, 由于应用了质子磁力仪及采用了一些降低噪声的方法, 所获得的震磁效应是较为可靠的. 因此, 质子

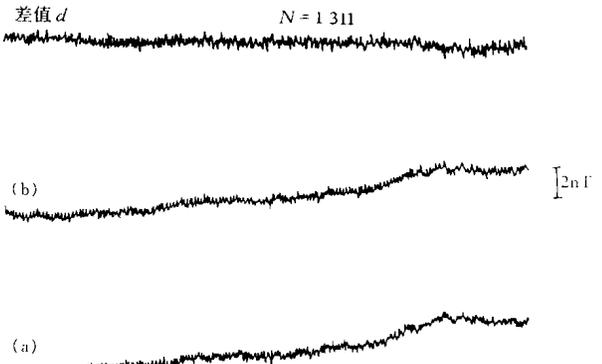


图2 2台 G-856 磁力仪(a与b)以6秒采样率记录的地磁变化及其同步差值 d

Fig. 2 Geomagnetic synchronous variations observed by 2 G-856 magnetometers (a and b) for 6-second sample and their difference d .

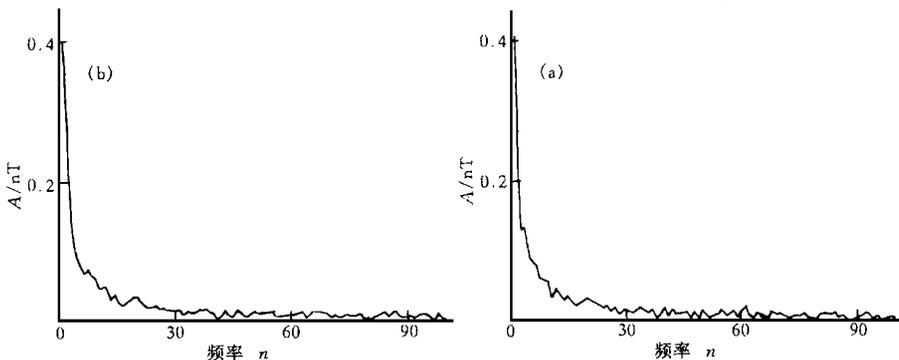


图3 2台 G-856 磁力仪(a与b)6秒采样率的地磁频谱

Fig. 3 Geomagnetic spectrum (a and b) for 6-second sample of 2 G-856 magnetometers.

磁力仪广泛地应用于各国地震预报实验场的震磁前兆观测研究, 并且获得了可喜的进展^[3-6].

在“九五”规划中作者提出将 G-856 磁力仪作为全国地震地磁测量工作技术改造的主要仪器之一。目前, 中国地震局已经并将继续执行地震前兆观测技术改造规划, 大部分磁测部门已配备或将配备 G-856 磁力仪, 并投入实际工作中。可以预计, G-856 磁力仪将广泛应用于震磁监测工作。基于这种情况, 作者建议, 1985 年原国家地震局颁布的“地震地磁野外测量规范”^[7]与“全国地磁测量工作检查验收评比办法”^①应当在适当的时候进行修订, 以适应 G-856 磁力仪的实际观测状况, 进一步推进地震监测预报工作。

观测研究表明, 震磁前兆信息不仅显示于地磁总强度变化, 而且显示于地磁分量与地磁短周期变化方面^[8]。质子磁力仪有一定的局限性, 它只能测量地磁总强度, 而且由于受极化时间的限制而不能长期以高采样率进行连续观测。因此, 在野外震磁观测网中, 用质子磁力仪观测地磁总强度, 配合地磁 3 分量与地磁短周期变化的观测, 是最佳的观测方案。这样可以从地磁 3 分量及其较宽频带中捕捉与监测震磁前兆信息。

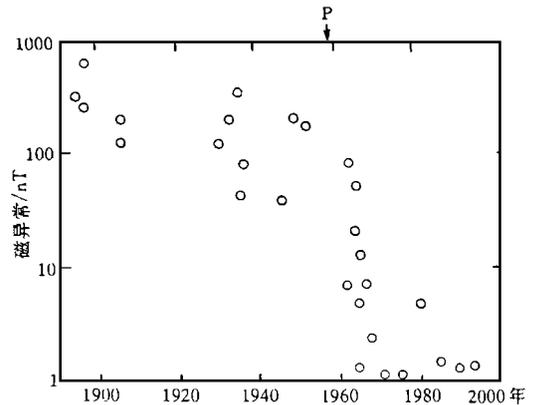


图 4 近百年来观测的震磁异常随时间的变化(其中 P 表示应用质子磁力仪的时间)

Fig. 4 Changes of seismomagnetic anomalies observed in recent 100 years with time.

[参考文献]

- [1] 詹志佳, 林云芳. 美国的地磁观测技术概况[J]. 地震地磁观测与研究, 1985, 6(1): 37~39.
- [2] Johnston M. Review of electric and magnetic fields accompanying seismic and volcanic activity[J]. Surveys in Geophysics 1997, 18: 441~475.
- [3] Mueller R, Johnston M, Smith B and Keller V. USGS magnetometer network and measurement techniques in western USA[R]. USGS Open-file Report 81~1346, Menlo Park, CA, 1981.
- [4] Rikitake T, Honkura Y, Tanaka H, et al. Changes in the geomagnetic field associated with earthquakes in the Izu Peninsula Japan[J]. J Geomag Geoelectr, 1980, 32: 721~739.
- [5] Shapiro V and Abdullabekov K. Anomalous variations of the geomagnetic field in East Fergana-magnetic precursor of the Akay earthquake with 7.0 (1978 Nov. 2)[J]. Geophys J R Astr Soc, 1982, 68: 1~5.
- [6] Zhan Zhijia. Tectonomagnetic investigations in China[J]. Phys Earth Planet Inter, 1989, 57: 11~22.
- [7] 国家地震局(编). 地震地磁野外测量规范[S]. 北京:地震出版社, 1986.
- [8] 詹志佳. 震磁现象及其物理基础[A]. 见:国家地震局科技监测司(编). 地震监测与预报方法清理成果汇编——地磁地电分册. 北京:地震出版社, 1988. 88~107.

① 詹志佳, 等. 全国地磁测量工作检查、验收、评比办法. 1991.

G-856 PROTON PRECESSION MAGNETOMETER AND ITS APPLICATION IN FIELD SEISMOMAGNETIC SURVEY

ZHAN Zhi-jia, GAO Jin-tian, ZHAO Cong-li, ZHANG Hong-li, SHEN Wen-zhi
(*Institute of Geophysics, CSB, Beijing 100081, China*)

Abstract: The G-856 proton precession magnetometer is characterized by high accuracy, intelligence and combined application with computer. It is suitable for seismomagnetic precursor observation and earthquake prediction research. Main property of the magnetometer and results of its property test are introduced. The optimum seismomagnetic observation should be to mainly observe geomagnetic total intensity with proton magnetometer and combine to observe geomagnetic three components and geomagnetic short-period variations.

Key words: Proton precession magnetometer; Geomagnetic survey; Geomagnetic anomaly