

黄海地震前后的地磁日变化

高 玉 芬

(中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所)

摘要

本文采用多道滤波的方法,对江苏省内地磁台网记录到的地磁垂直分量日变化进行分析,结果表明,黄海地震发生前,特别是地震前三天,距震中最近的海安台原始数据和滤波器实际输出之间的日标准偏差,明显高于平常水平,发震后又恢复到正常水平。

关键词 地磁日变化;多道滤波;震磁效应

一、引言

对地震孕育过程中可能引起的地磁场变化(震磁效应)早已受到许多科学家的密切关注并进行了广泛的研究^[1-3]。这些研究包括两方面的内容:一方面对来自震区和非震区记录到的资料进行对比分析,通过各种办法对实际资料进行分析处理,提取由于地震所引起可能的地磁场的变化,并把这些结果用于地震预报中;另一方面是对地震可能引起地磁场变化的物理机制进行探讨。在对实际资料的分析中,包括对各种地磁场成分的分析,如长期变化、日变化、短周期变化以及磁脉动等^[4],有些已应用于地震预报并取得了一些成功的例证^[5]。在物理机制研究方面,包括了压磁效应、感应磁效应以及膨胀效应等^[6-9]。所有这些工作都尚在探索过程中。

本文拟通过多道 Wiener 滤波方法,利用江苏省内小台网记录到的地磁垂直分量(Z)日变化时均值的资料进行分析,提取 1984 年 5 月 21 日黄海地震期间可能引起地磁异常变化。

二、基本思想和方法简介

众所周知,磁变仪记录到的地磁变化是各种地磁信号的迭加结果。其中最为明显的变化是以太阳日为周期的地磁日变化。日变化主要是由距地面以上 90—150km 的电离层区发电机效应形成的电流体系所产生的。因此,对于远离均匀源的地面局部区域小台网记录到的日变化是非常相似的,而通常认为,地震磁效应的影响范围比起电离层源来要小得多。图 1 给出了江苏省四个地磁台记录到的 1984 年 3 月垂直分量地磁静日变化

1988 年 8 月 13 日收到本文初稿,1988 年 10 月 11 日决定采用。

$S_q(Z)$ (5天国际磁静日平均)。从图中可以清楚地看出,各台记录到的相位、幅度、形态都非常相似。

据我国东部台站统计,在春秋分和夏季,垂直分量日变化的日变幅约为 20—30nT, 极小值出现时间约在 11—12 hBT^[10](北京时)。地磁扰动对垂直分量的影响不像对水平分量那样明显。通常所谓的正常变化即如图 1 所示。除了这种来自外空场的地磁变化外,还有其他源引起的变化迭加在记录上。实际上,图 1 的变化曲线还包含着电离层中电流体系在地球内部感应引起的电流产生的磁场变化。在地震孕育过程中,由于岩石电磁性质的变化,岩石微破裂时水的渗入等都会引起周围电磁场的变化,这些变化比起正常变化来要小得多,影响范围也要小。但从地震预报角度看,这些来自地震孕育过程中的微小变化才正是我们要寻找的“信号”,而外空场引起的变化反倒成了“噪声”或“干扰”。因此,对于用地磁场变化来预报地震来说,就是要在强干扰下提取弱信号。近些年来,时间序列分析方法有了很大进展^[11],这里拟采用多道 Wiener 滤波方法。此方法可使多个时间序列的共源信号得到强化或突出。但这里并不是直接提取地震引起的地磁变化信号,而是首先提取日变化及其他共源信号。由于各地磁台离震中距离或位置不同,地震引起的地磁场的变化是不同的,这部分变化就包含在原始资料扣除了共源变化的剩余部分中。因此,这里主要分析提取了主要信号后的剩余量,即用滤波器的实际输出和原始资料间的日标准差作为研究对象。

设 Y_t 为经过滤波器的 M 道实际输出时间序列, X_t 为 N 道输入时间序列, Z_t 为 M 道期望输出时间序列, 则:

$$Y_t = f_0 X_t + f_1 X_{t-1} + \cdots + f_l X_{t-l} \quad (1)$$

其中 f_0, f_1, \dots, f_l 为滤波系数,每一项都是 $M \times N$ 阶矩阵,为未知数,要通过 X_t 的自相关系数矩阵及 X_t 与理想输出 Z_t 的互相关系数矩阵求出。求出滤波系数后代入方程(1)即可得出实际输出。最后分析理想输出(原始资料)与实际输出之间的均方差。

三、资料和结果

1984 年 5 月 21 日在黄海发生了 $M_s = 6.2$ 地震。在此之前,江苏省地震局已在本省范围内布设了四个有连续记录垂直分量磁变仪的台站^[12], 仪器工作状况良好。台站布

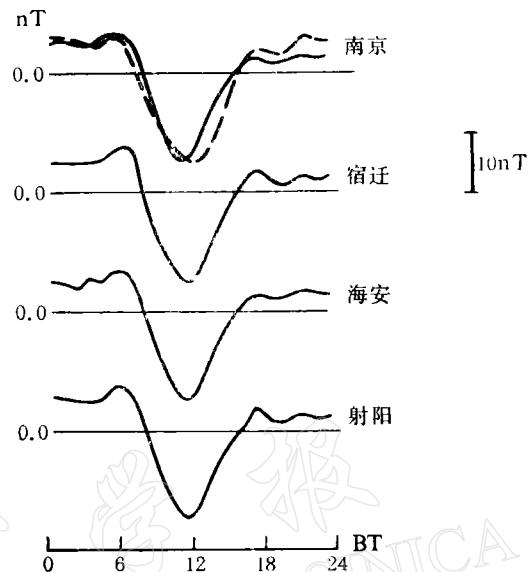


图 1 江苏省地磁台网记录到的 1984 年 3 月垂直分量静日变化 $S_q(Z)$

实线: 静日变化; 虚线: 同一月份扰日变化

局如图 2 所示。其中离震中最近的海安台距震中约 100km。

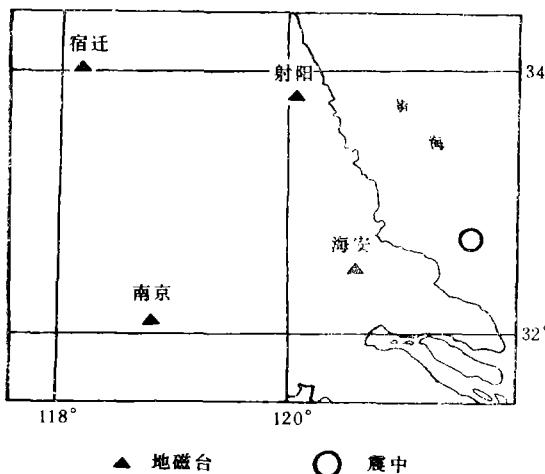


图 2 江苏省地磁台站及震中位置

滤波系数为：

$$\begin{aligned}f_0 &= (0.04, 0.01, 0.63) \\f_1 &= (-0.04, -0.01, 0.44) \\f_2 &= (0.01, -0.01, -0.06)\end{aligned}$$

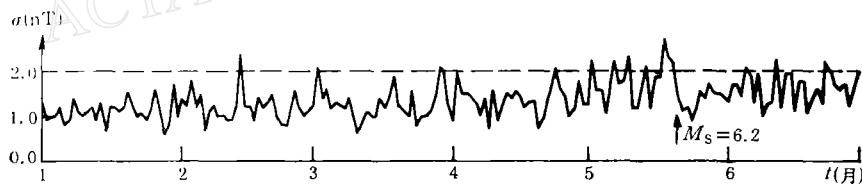


图 3 海安台垂直分量原始资料与实际输出日标准偏差

从图中可以看出，标准偏差的平均水平约为 1.36nT，绝大部分小于 2.00nT。在 5 月份之前，标准偏差大于 2.00nT 的只有 5 次且分布分散，但在发震之前的 20 几天内就出现了 7 次，特别是在地震前，连续三天出现 $\sigma > 2.00$ nT，最大值达 2.70nT，震后又恢复到正常水平。为确定这种情况是正常还是异常，可借用统计检验概念进行检验^[13]。应用 F 检验，其公式为 $F = \sigma_i^2 / \sigma_0^2$ ， σ_0 取平均态值， σ_i 取某日值，若 $\sigma_0 = 1.36$ ， $\sigma_i = 2.00$ ，则可得 $F = 2.16$ ，查表可知，在 0.05% 显著性水平下，数据点为 24 时， $F_{0.05} = 1.99$ ，因此 $F > F_{0.05}$ ，这说明这种差异是显著的，也即是说在地震之前频繁并连续出现 $\sigma > 2.00$ 的情况是一种异常。当用其他较远台站作同样处理时，并没有这种现象出现。这说明，这种异常现象的出现是与黄海地震活动有关。至于引起这种异常变化的物理机制，还有待于进一步研究。

取 1984 年 1 月 1 日到 6 月 30 日共 6 个月的垂直分量时均值资料进行分析。宿迁、南京和射阳三个台站的资料作为输入时间序列，海安台作为理想输出，即相当于公式(1)中 $M = 1$ ， $N = 3$ ，取滤波器长 $LF = 3$ 。所有资料首先消除日均值。实际输出为海安台经滤波后的日变化。根据公式：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{24} (Y_t(i) - Z_t(i))^2}{23}} \quad (2)$$

求出实际输出与海安台原始资料的每日标准偏差作为最后结果。图 3 给出了半年内标准偏差的结果图。求得的

四、讨 论

地震孕育过程必然会引起地磁场的变化，但这种变化是以什么形式出现，是缓慢的还是突然的，其变化周期是什么，量级到底有多大等等，都是待研究的问题。这种复杂的物理过程作为稳态处理是不理想的。但在物理机制还不清楚的情况下尚不能用动态过程处理。然而把地磁日变化作为稳态处理并不失一般。因此，在本文中研究实际输出与理想输出的信息差是利用地磁日变化分析震磁效应的有效方法。多道滤波不但可强化信号而且可以预测，若有一个合适的台网，用这种方法来监视地震的发生是可以尝试的。

本文系地震科学联合基金资助项目。

参 考 文 献

- [1] 力武常次著，冯锐、周新华译，1978. 地震预报，129—142. 地震出版社，北京。
- [2] M. U. 拉披娜著，章公亮译，1954. 地震地磁现象. 地球物理学报，3, 191—203.
- [3] Stacey, F. D., 1964. Seismomagnetic effect. *Pure and Appl. Geophys.*, 58, 5—22.
- [4] 丁鉴海，1988. 地磁预报地震方法探索，国家地震局科技监测司，地震监测与预报方法清理成果汇编(地磁地电分册)，108—122. 地震出版社，北京。
- [5] 丁鉴海，1982. 十次大震前地磁垂直分量低点时间异常图. 地震，4: 12—16.
- [6] 中国科学院地球物理研究所第十研究室第二组，1977. 地震感应磁效应(1). 地球物理学报，20, 70—79.
- [7] 中国科学院地球物理研究所第十研究室第二组，1981. 地震感应磁效应(2). 地球物理学报，24, 296—309.
- [8] 祁贵仲，1978. “膨胀”磁效应. 地球物理学报，21, 18—33.
- [9] 郝锦绮，1985. 唐山地震与压磁效应的最佳观测. 地震学报，7, 300—313.
- [10] 高玉芬、祁燕琴，1981. 中国地区地磁垂直分量日变幅的空间分布及高空电流体系焦点位置的移动. 地震学报，3, 143—151.
- [11] 郑治真，1979. 波谱分析基础，105—180. 地震出版社，北京。
- [12] 彭纯一、徐国铭，1986. 黄海 6.2 级地震磁效应. 地震学报，8, 309—316.
- [13] 中国科学院数学研究所统计组，1978. 常用数理统计方法，19—26. 科学出版社，北京。

GEOMAGNETIC DAILY VARIATIONS AROUND THE HUANGHAI EARTHQUAKE

GAO YUFEN

(Institute of Geophysics, State Seismological Bureau, Beijing 100081, China)

Abstract

The geomagnetic daily variations of the vertical component, which were recorded by a geomagnetic network in Jiangsu province, are investigated with the method of Multichannel Wiener Filtering. The results show that the daily standard errors between raw data and the actual output of the filter for the nearest station from the epicenter are distinctly higher than the ordinary level before (especially three days before) the Huanghai earthquake, then return to normal level after the earthquake.