



## 北京及邻区地磁总场频谱的分析研究

张玉敏, 高金田, 詹志佳

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

**摘要:**应用北京及邻区 2 min 采样的地磁总场观测资料, 分析了北京台与各临时台地磁总场的频谱特性与频谱幅比的时空变化。结果显示, 该地区地磁总场的频谱幅度随周期增大呈下降趋势; 各临时台与北京台的频谱幅比具有一定的时空变化, 可能与该地区地下电磁结构、地震及构造活动有关。

**关键词:** 北京地区; 地磁总场; 频谱; 快谱分析

中图分类号: P318.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2004)04-0374-03

### 0 前言

地磁场的变化灵敏地反映了地球内部与地球外部空间中发生的与电磁过程有关的各种物理过程。地磁场变化包含着十分丰富的频谱成分<sup>[1]</sup>。本文所关注的地磁短周期变化是由两部分构成: 外空电离层与磁层电流体系所产生的源场和源场在地球内部所感应的电流引起的感应场。因此, 地磁短周期变化携带着外层空间与地球内部的电磁信息, 观测与研究地磁短周期变化可以探讨日地空间的电磁环境与地球内部的电磁过程<sup>[2-4]</sup>。在震磁研究中, 利用地磁短周期变化的记录资料分析其时空分布特征以及转换函数的变化, 可获得与区域地震活动性相关的有意义成果<sup>[5-6]</sup>。

本文应用北京台与 11 个临时台地磁总场 2 min 采样的资料, 分析了北京及邻区的地磁总场频谱及其幅比的变化, 讨论了它们的地球物理意义与研究前景。

### 1 地磁观测资料及处理方法

#### 1.1 观测资料

图 1(a) 为北京台与 11 个临时台的位置。这些临时台周围环境良好, 无电磁干扰, 符合地磁观测条件。各台架设由美国地质调查局提供的记录式磁力仪, 其主要性能: 记录地磁总场, 分辨率 0.25 nT, 精度 1.0 nT, 采样率 4~999 s, 可根据实际需要选定, 数据为打印记录。该磁力仪的性能稳定, 仪器工作正常, 取得资料准确可靠。

为满足快谱(FFT)分析对地磁总场资料的数量要求, 各台以 2 min 采样率同步地连续记录在 2 天(48h)以上。

#### 1.2 资料处理方法

本文采用快谱(FFT)分析方法, 计算在同一时间段内各临时台与北京台的地磁频谱:

$$A_j = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} F(k \cdot \Delta t) e^{-i2\pi k/N} \quad (1)$$

其中  $F$  为地磁总场的记录数据, 采样间隔  $\Delta t = 2 \text{ min}$ , 数据个数  $N = 1024$ , 截止周期  $T_0 = 2 \cdot \Delta t = 4 \text{ min}$ , 最大周期  $T = N \cdot \Delta t = 34.1 \text{ h}$ 。

对各临时台与北京台同一时间段内的地磁总场变化进行 FFT 分析, 从而可以比较各台的地磁频谱特性; 同时计算各临时台与北京台相同周期的快谱幅比  $\alpha$  与相位差  $\Delta\phi$ :

$$\alpha = A_i/A_0; \Delta\phi = \phi_i - \phi_0 \quad (2)$$

其中  $A_i$  与  $A_0$  分别为各临时台与北京台相同周期的快谱幅度;  $\phi_i$  与  $\phi_0$  分别为各临时台与北京台相同周期的快谱相位。

### 2 分析结果

快谱分析的分析结果表明, 随周期的减小频谱幅度呈下降的趋势; 在相同时间段内各临时台与北京台的地磁总场频谱均具有良好的一致性, 与北京地区地磁变化的区域特征相符<sup>[1]</sup>。

图1(b-d)表示各临时台与北京台3个周期的地磁总场快谱幅比与相位差的分布。可见:当周期 $T = 17.1$ 小时,各临时台与北京台地磁总场快谱幅比接近于1,相位差亦小;当周期 $T = 4.3$ 小时与 $T = 2.1$ 小时,昌黎与海岸临时台的FFT幅度较大些,相位差亦较大。

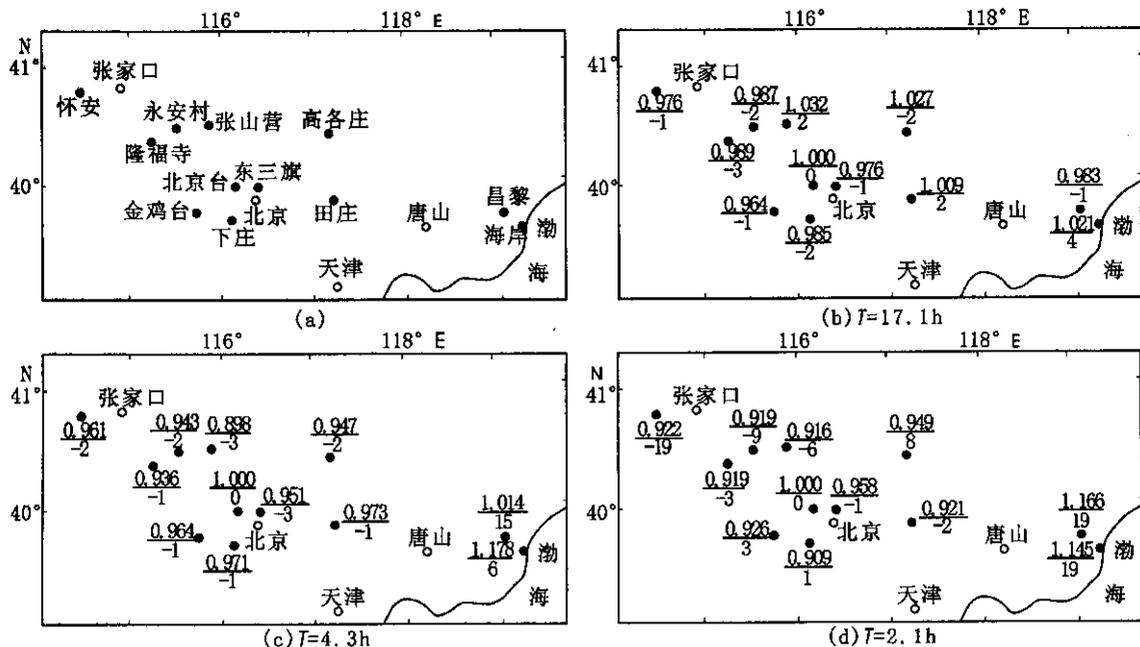


图1 北京地区台站分布、地磁总场快谱幅比和相位差(横线上方数字为快谱幅比,下方为相位差,单位为 $1^\circ$ )

Fig. 1 Distribution of stations in Beijing area (a) amplitude ratios and phase differences of fast spectrum of geomagnetic total field between Beijing station and other temporary stations (b-d).

图2表示各临时台与北京台地磁总场快谱幅比随时间的变化( $T = 4.3$ h)。从图2可见其变化曲线比较平稳。但1993年田庄临时台的地磁总场快谱幅比下降,相对下降幅度约为10%;1995年隆福寺与永安村临时台的地磁总场快谱幅比下降,相对下降幅度为10%,变化比较明显。

### 3 讨论

综上所述,北京及邻区的地磁总场的快谱幅度随周期增大呈下降的趋势,这是其频谱的总体特征。该地区各临时台对北京台在同一时段中相同周期的快谱幅比呈现区域差异与时间变化。众所周知,地面观测的地磁场包含外空源场及其地下感应场两部分,本文的研究范围不大,外空源场应是比较均匀的,故上述地磁总场快谱幅比与相位差的区域差异与时间变化主要与来自地下的某些信息有关。

根据文献[4],渤海周围地区存在地磁短周期变化异常与地下高导层的局部隆起,其中昌黎一带为正异常,以 $\Delta Z$ 或 $\Delta Z/\Delta H$ 明显增大为特征<sup>[4]</sup>。本文所得到的昌黎与海岸临时台对北京台的 $T = 4.3$ h和 $2.1$ h的地磁总场快谱幅比较大与此相吻合。因为该地区磁倾角 $I = 58^\circ$ , $\Delta Z = \Delta F \cdot \sin I$ ,当 $\Delta Z$ 增大,则 $\Delta F$ 增大,从而使相应的快谱幅比较大。而上述相应周期的快谱相位差较大,则可能与该地区地下高导层局部隆起的特征构造有关。

理论研究在现场观测表明,地震孕育过程中地下电导率将变化,由此产生地震感应磁效应<sup>[7-8]</sup>。分析研究各临时台相对北京台的快谱幅比随频率、时间与空间的演变状况,可以探讨地磁感应场的前兆信息。地磁总场的快谱幅比可以作为地震感应磁效应的监测因子。图2中1993年田庄与1995年永安村和隆福寺的快谱幅比均呈现明显下降,而1993年11月18日

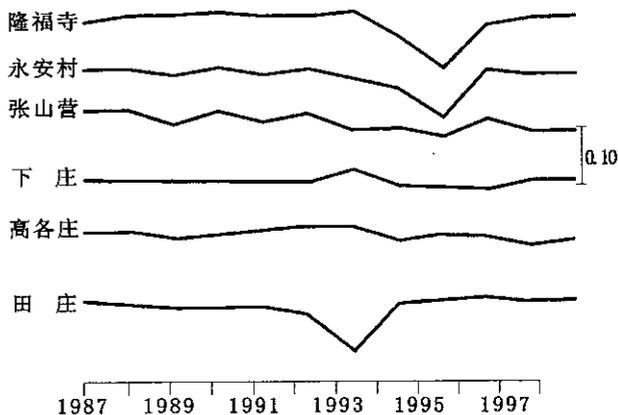


图2 各台地磁总场快谱幅比随时间的变化( $T = 4.3$ h)

Fig. 2 Variations of fast spectrum amplitude ratio of geomagnetic total field with time at Beijing observatory station and the temporary station.

宝坻发生  $M4.5$  地震, 1995 年 7 月 20 日怀来发生  $M4.3$  地震。田庄临时台距宝坻地震约 30 km, 怀来地震离永安村、隆福寺等约 20 km, 其他临时台离这两个地震都较远。因此, 从这种时空的对应性与相关性可以认为快谱幅比的时间变化是与区域地震发生相关的。与此相关的是, 离宝坻地震震中 10 km 的九王庄测点于震前 7 个月出现前兆地磁异常变化, 异常幅度为 5.2 nT, 离怀来地震震中约 15 km 的张庄测点于震前 3 个月呈现前兆磁异常, 其变化幅度约为 3.0 nT<sup>[9]</sup>。

以上讨论表明地磁总场快谱幅比可能是探测地下电磁构造与监测地震孕育过程的一个有用因子, 值得今后继续探索与研究。

#### [ 参考文献 ]

- [ 1 ] 詹志佳, 姚富鑫, Johnston, 等. 中美地磁总强度日变化的分析比较[ J ]. 地震学报, 1992, **14**( 1 ): 83 - 89
- [ 2 ] 付承义, 陈运泰, 祁贵仲. 地球物理学基础[ M ]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [ 3 ] Rikitake T, Honkura Y. Solid Earth Geomagnetism[ M ]. Tokyo, Japan: Terra Scientific Publishing, 1985.
- [ 4 ] 祁贵仲, 詹志佳, 侯作中, 等. 渤海地区地磁短周期变化异常—上地幔高导层的分布及其与唐山地震的关系[ J ]. 中国科学, 1981( 7 ): 869 - 879.
- [ 5 ] 詹志佳, 高金田, 张玉敏, 等. 唐山地震前后地磁场短期周期变化的分析[ J ]. 地震研究, 1987, **10**( 2 ) 247 - 257.
- [ 6 ] Beamisk D A. Geomagnetic precursor to 1979 Carlisle earthquake[ J ]. Geophys. J. R. Astr. Soc., 1982, **68**( 2 ) 531 - 543.
- [ 7 ] 祁贵仲, 侯作中, 范国华, 等. 地震的感应磁效应( 2 ) [ J ]. 地球物理学报, 1981, **24**: 296 - 309.
- [ 8 ] Johnston M. Review of electric and magnetic fields accompanying seismic and volcanic activity[ J ]. Surveys in Geophysics, 1997, **18**( 1 ): 441 - 475.
- [ 9 ] Zhan Zhijia, Gao Jintian, Zhang Hongli, et al.. Seismomagnetic signals observed in China[ A ]. In: Hayakawa M( ed. ). Atmospheric and Ionospheric Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes[ C ]. Tokyo, Japan: Terra Scientific Publishing Company, 1999. 185 - 196.

## ANALYSIS ON SPECTRUM OF GEOMAGNETIC TOTAL FIELD IN BEIJING AND ITS ADJACENT AREAS

Zhang Yu-min, Gao Jin-tian, Zhan Zhi-jia

( Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China )

**Abstract**: Based on the data of 2 min geomagnetic total field observation in Beijing and its adjacent areas, the frequency spectrum characteristic and the time-space variation of amplitude ratio of frequency spectrum for Beijing station and other 11 temporal stations are analyzed. The results show that the spectrum amplitude of geomagnetic total field in this area appears decreasing tendency with the increasing of period. The amplitude ratio of spectrum between temporal stations and Beijing station varies with time - space changes, which may be related to the underground electromagnetic structures, earthquakes and tectonic activities in this area.

**Key words**: Beijing area; Geomagnetic total field; Frequency spectrum; Fast Fourier analysis