

地磁干扰噪声的实验观测*

詹志佳 高金田 郭启华 胡荣盛

张洪利 赵从利 沈文志

(国家地震局地球物理研究所)

摘 要

为探查1988年3月前后在北京地磁台附近出现的较明显的地磁干扰噪声,我们在苏家坨—卧龙岗一带布设了8个测点,开展了专门的地磁干扰噪声实验观测。结果表明,该地磁干扰噪声主要是来自香山一带的电磁干扰,其次是北京市的地铁干扰。此地磁干扰噪声出现于每天06^h—23^h(北京时),其主要频谱成分在短周期($T=2-4\text{m}$)部分。另外本文的观测研究方法对于监测地磁台站(测点)的环境状况,改正受污染的地磁资料等方面具有实际应用价值。

一、前 言

北京地磁台创建于1954年。该台座落在北京市西郊白家疃。创建时台址周围环境很好,没有任何电磁干扰噪声。随着城市建设的发展,到70年代后期,发现该台附近出现了干扰。孙枋友与王秀山于1978年作了实验观测,认为这种电磁干扰是由北京市地铁引起的^[1]。在1983—1984年国家地震局组织的地磁清理工作中,亦发现该台的地磁记录中存在幅度约为 1nT 的地铁干扰^[2]。

在构造磁效应的观测研究中,我们从地磁总强度的记录中发现,1988年3月间北京台的地磁噪声背景有所增强。为此,我们于1988年4月8日—9日进行了实验观测。本文介绍了这次实验观测的情况及主要结果。

二、实验观测概况

在这次实验观测中共布设了8个测点(图1),测点周围无电磁干扰,其周围地磁梯度小于 3nT/m 。使用G—816与G—826磁力仪观测地磁总强度。G—816磁力仪的灵敏度与精度均为 1.0nT ,G—826磁力仪的灵敏度为 0.25nT ,精度为 10nT 。

西小营、温泉和南山3个测点使用G—816磁力仪观测,人工读数。其余5个测点

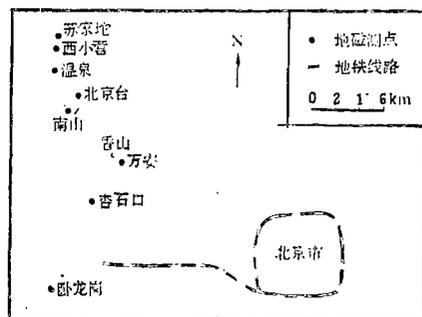


图1 地磁观测点与北京市地铁路线的位置
Fig. 1 Locations of geomagnetic sites and subway line in Beijing City

*本工作得到地震学联合科学基金会资助

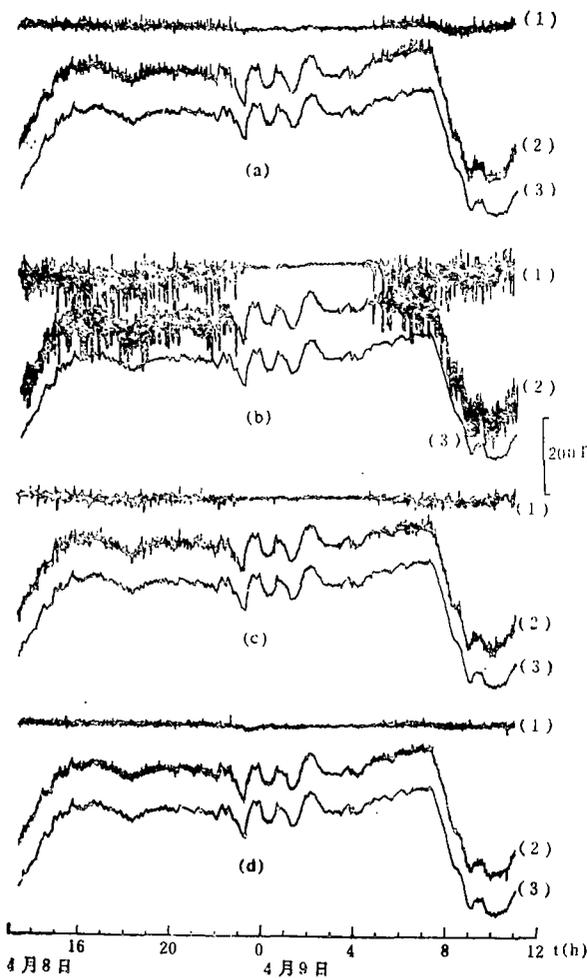


图2 各测点(曲线(1))与苏家坨测点(曲线(3))地磁总强度变化及其同步差值变化(曲线(2))

Fig. 2 Synchronous variations of geomagnetic total intensity at various sites (middle curve) and Suijiatuo site (lower curve) and the change of their difference (upper curve)

表1 在同一时段内各测点相对苏家坨测点地磁总强度差值的均方差 σ 与极差 δf

测点	西小营	温泉	北京台	南山	万安	杏石口	卧龙岗
σ (nT)	0.38	0.51	0.73	1.06	2.70	0.84	0.54
δf (nT)	2.5	3.3	3.8	4.2	12.4	4.5	2.3

综上所述,地磁干扰噪声主要出现在每天06^h—23^h(北京时),而在00^h—05^h噪声基本消失。在万安测点地磁干扰噪声最强,由万安测点往南与往北都呈现衰减趋势,在北部苏家坨测点和南部卧龙岗测点则趋于消失,但卧龙岗测点仍有较弱的干扰。

使用G—826磁力仪观测,配有自动打印机^[8]连续打印记录。所有磁力仪均为每分钟取样一次,同步观测地磁总强度,其同步性在5秒之内。实际使用的磁力仪探头杆为2.5m,以避免地面散杂物质对观测可能产生的影响。用绳子固定探头杆,保证在观测期间探头位置固定不变。

三、实验结果及分析

1. 地磁干扰噪声的时空分布

为研究地磁干扰噪声的时空分布状况,选取苏家坨测点为对比参考点,因为该测点基本不受地磁干扰噪声的影响。从图2中各测点的地磁总强度同步变化及其与苏家坨测点的同步差值变化可见,地磁干扰噪声在万安测点最大,相应差值的均方差 $\sigma = 2.70 \text{ nT}$,极差 $\delta f = 12.4 \text{ nT}$ (表1);南山测点、北京台测点与杏石口测点次之;在苏家坨测点已趋于消失。此外,图2还清楚地显示,在北京时06^h—23^h存在地磁干扰噪声,而在00^h—05^h则基本消失。

观测期间每日00^h—05^h各测点相对苏家坨测点每小时地磁总强度同步差值的均值 ΔF 随时间的变化很小,而各测点的方差 σ 与极差 δf 都较小,且数值相当一致;在其他时段中,万安测点的 σ 与 δf 最大,其时均值 ΔF 的平均值变化约为2.5nT,反映了地磁干扰噪声的影响;杏石口与北京台测点次之,卧龙岗测点较小(表2、图3)。

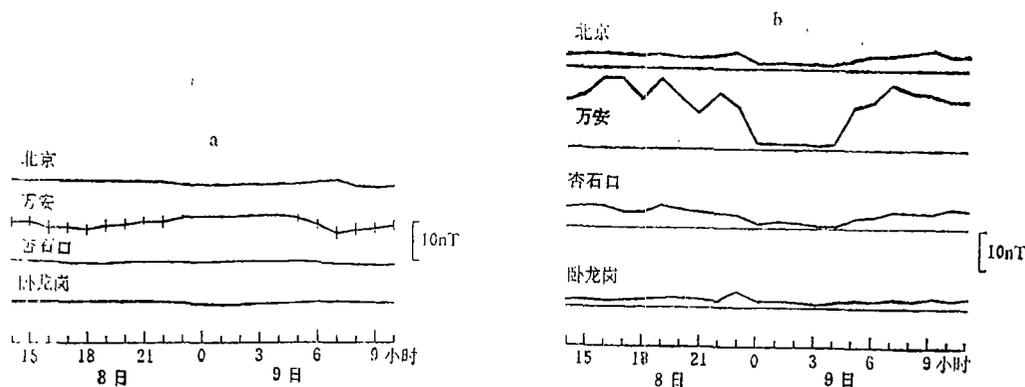


图3 各测点相对苏家坨测点地磁总强度同步差值的时均值和极差随时间的变化

a. 同步差值 b. 极差

Fig. 3 Changes in hourly mean (a) and maximum deviation (b) of synchronous difference of geomagnetic total intensity during each hour at various sites relative to Sujiatuo site

表 2

时 段	测 点	北京台	万安	杏石口	卧龙岗
		ΔF	347.5	291.5	-404.4
8日14h—23h	σ	0.67	2.86	0.81	0.41
	δf	3.6	15.1	4.9	2.3
	ΔF	346.4	-289.5	-404.3	-486.4
9日00h—05h	σ	0.23	0.22	0.22	0.22
	δf	1.3	1.3	1.3	1.3
	ΔF	346.5	-292.2	-405.0	-486.1
9日06h—11h	σ	0.71	2.74	0.77	0.42
	δf	4.1	15.0	4.6	2.4

2. 地磁干扰噪声的频谱特性

本文应用快速谱分析 (FFT) 方法^[4]处理这次实验观测数据。由图2可见, 上述地磁干扰噪声主要是一种短周期的波动噪声。为满足FFT要求的数据个数为 $N = 2^k$ 的条件, 本文选取数据样本数 $N = 2^6 = 64$ 个, 各测点相对苏家坨测点地磁总强度同步差值的FFT结果见图4。图4中纵坐标A为FFT幅度, 横坐标F(N)为频率, 以N表示, 相应周期 $T = 64$ 分钟/N。由图4与表3可见, 万安测点的FFT幅度最大, 其中周期 $T = 2 - 4$ 分钟的最为显著, 南山测点次之。西小营、温泉、卧龙岗等测点的快谱幅度大致在 $A = 0.1nT$ 上下波动, 考虑到仪器的精度与背景噪声谱^[5], 这已基本属于背景白噪声谱。

图5为快谱幅度随时间的变化, 由图可见, 万安测点的快谱幅度A最大, 而且万安测点的快谱幅度的变化图象清楚地揭示了地磁干扰噪声的时间变化与频率特征。

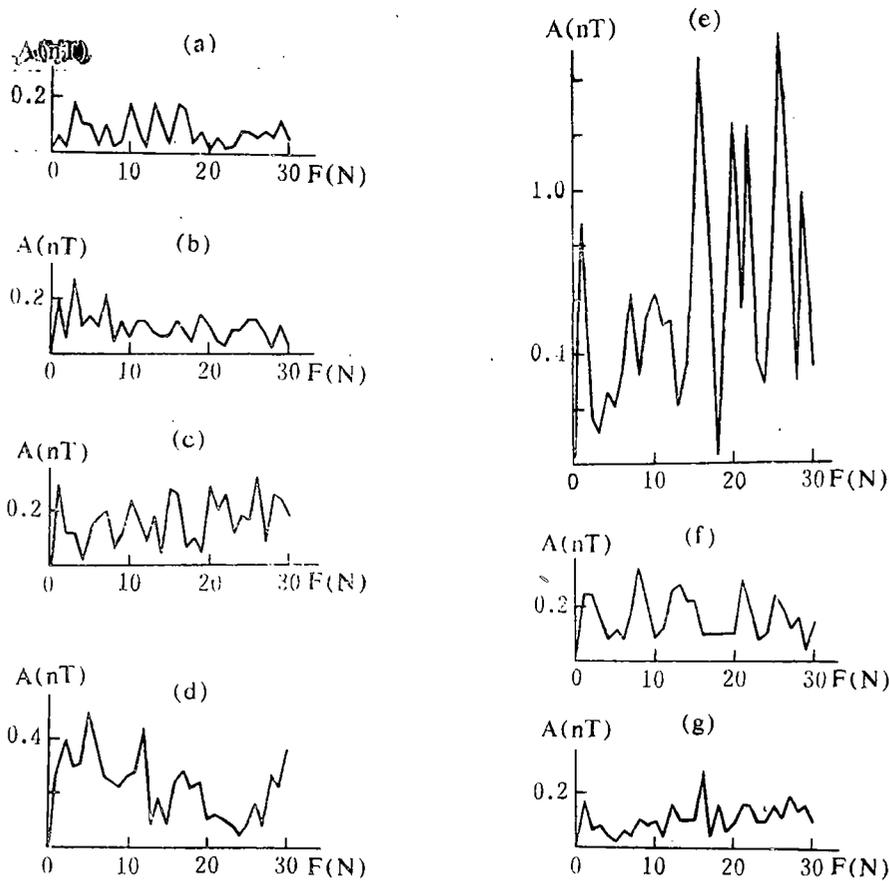


图4 1988年4月9日09^h—10^h各测点地磁总强度差值的FFT结果

Fig. 4 FFT results of geomagnetic total intensity difference at various sites relative to Sujiatuo site in period of 09^h—10^h on April 9, 1988

1988年4月9日09^h—10^h各测点相对苏家坨测点地磁
总强度同步差值的快谱幅度的平均值(单位为1nT)

表3

N	T	西小营	温泉	北京台	南山	万安	杏石口	卧龙岗
1—10	> 6 m	0.10	0.14	0.16	0.35	0.37	0.15	0.08
16—29	≤ 4 m	0.10	0.11	0.28	0.18	1.30	0.11	0.16

四、讨 论

1. 调查表明, 在香山一带存在较强电磁干扰源, 当时它的工作时间与上述地磁干扰时间一致, 万安测点在香山近旁, 因此该测点的地磁干扰噪声最大。卧龙岗测点与苏家坨测点分别位于万安测点南北两侧, 它们均距香山较远, 且距离相当, 因此这两个测点的地磁干扰噪声较小甚至趋于消失。由于卧龙岗测点距地铁较近, 因此该点的地磁干扰噪声可能是地铁的影响。由此推测, 本文所述的地磁干扰噪声主要是来自香山一带的电磁干扰, 其次是北京市的地铁干扰。

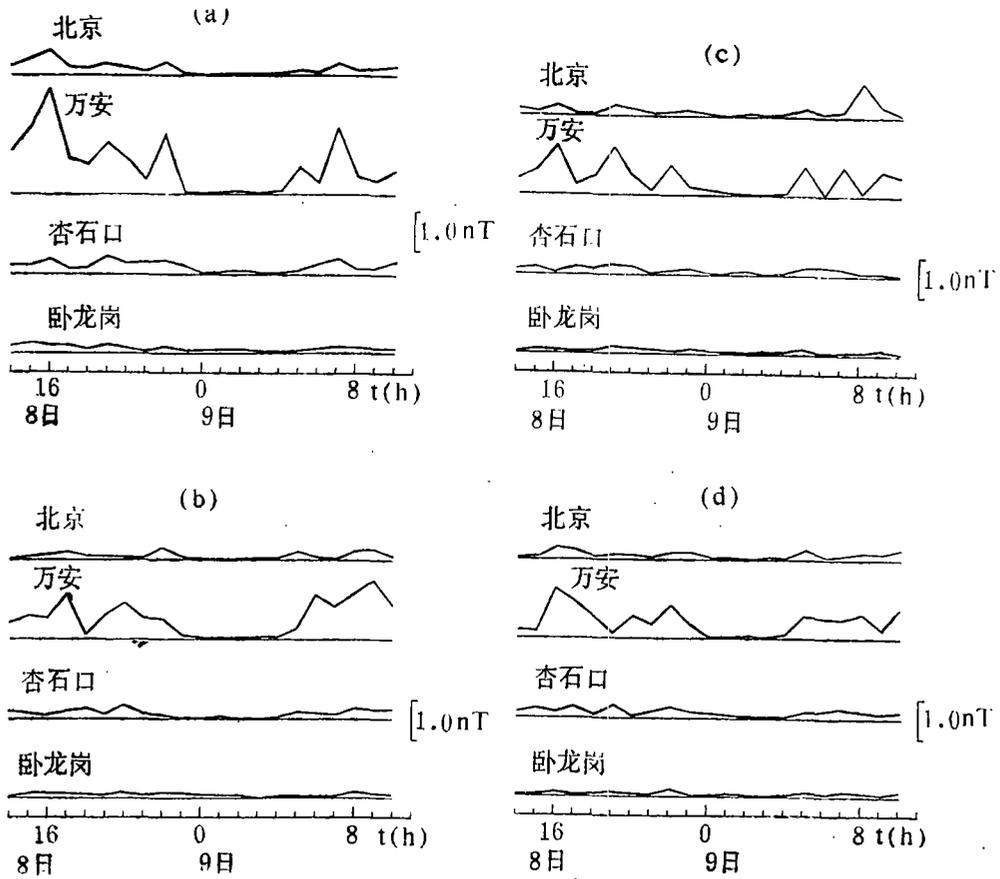


图 5 各测点相对苏家坨测点地磁总强度差值FFT幅度的变化
 a. $T=2.1m$ b. $T=4m$ c. $T=6.4m$ d. $T=12.8m$

Fig. 5 Changes in FFT amplitude of geomagnetic total intensity difference at various sites relative to Sujiatuo site

2. 快谱分析结果表明，地磁干扰噪声的主要成分为短周期 ($T = 2 - 4 m$) 部分。万安测点的地磁干扰噪声的快谱幅度在周期 $T = 6 - 64 m$ 时的平均值约为 $0.4 nT$ ，而在 $T = 2 - 4 m$ 时的平均值可达 $1.0 nT$ 。

3. 表 4 列出了 1987—1988 年北京台测点与卧龙岗测点地磁总强度同步差值的均方差 σ ，其中 n 为数据个数， A_p 为观测时段内逐日地磁行星指数。由表 4 可见，1988 年 3 月的 σ 最大，

表 4

观测时间		n	$\sigma(nT)$	A_p
1987年	3月16—18日	1357	0.60	12, 10, 12
	6月22—24日	1405	0.77	4, 8, 7
	8月31日—9月2日	1367	0.67	34, 34, 12
	11月9—11日	1433	0.43	10, 11, 14
1988年	3月8—5日	1426	1.00	10, 19, 8
	5月23—25日	993	0.61	6, 8, 6
	9月1—8日	1160	0.75	21, 12, 8
	12月5—7日	528	0.34	4, 3, 8

其值为1.00nT, 但此观测时段内没有磁暴或磁扰发生, 这说明1988年3月及其前后的地磁干扰噪声较强。因此, 在实际应用北京台该时段的地磁资料时, 应当参考本文的研究结果。

4. 本文提供了探查地磁干扰噪声的一种观测研究方法。本文的工作对于监测地磁台站(测点)的环境状况与改正受污染的地磁数据是具有实际应用意义的。

(本文1989年12月19日收到)

参 考 文 献

- [1] 孙枋友、王秀山, 北京市地下铁路电磁场地面分布的测绘结果, 地震地磁观测与研究, Vol. 5, No. 1, 1984.
- [2] 张崇阳、顾子明, 地磁台站概况, 地震监测与预报方法清理成果汇编—地磁、地电分册, 30—41, 地震出版社, 1988.
- [3] 詹志佳、林云芳, 美国地磁观测技术的概况, 地震地磁观测与研究, Vol. 6, No. 1, 37—39, 1985.
- [4] 布赖姆, E.O., 快速付里叶变换, 上海科技出版社, 1979.
- [5] Johnston, M., Mueller, R., Ware, R. and Davis, P., Precision of geomagnetic field measurements in a tectonically active region, J. Geomag. Geoelec., Vol. 36, 83—95, 1984.

EXPERIMENTAL OBSERVATION OF GEOMAGNETIC INTERFERENCE NOISE*

Zhan Zhijia, Gao Jintian, Guo Qihua, Hu Rongsheng
Zhang Hongli, Zhao Congli and Shen Wenzhi
(*Institute of Geophysics, SSB, Beijing, China*)

Abstract

To search for the obvious noise of geomagnetic interference occurred near the Beijing observatory round about March of 1988, we set up 8 sites in Sujiatuo-Wolonggang area. The special experimental observation of the geomagnetic interference noise was carried out with the model G—816 and G-826 proton precession magnetometers. The results show that the geomagnetic interference noise mainly originated from the electromagnetic interference in the Xiangshan region, and subsequently from the subway in the Beijing City. The geomagnetic interference noise occurred at 06h—23h (the Beijing time) each day. Its dominant spectrum is at short—period ($T = 2 - 4$ m). The method of the observation and research in this paper has practical application value for monitoring the environmental condition of geomagnetic observatory (site) and for correcting the contaminated data of geomagnetic field.

*This work is supported by the Chinese Joint Seismological Science Foundation.