

地下核爆炸前后的地磁 观测及其结果*

詹志佳 高金田 胡荣盛
张洪利 赵从利 沈文志

(中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所)

摘 要

为研究震磁效应,在我国西部地下核试验现场布设了17个测点,于1983年9-10月间进行了地磁总强度的观测.资料分析结果表明,在离地下核爆炸点3.8-140 km范围内,各测点地磁总强度的差值变化在地下核爆炸前后存在异常,最大异常约为1.9 nT;而且该异常与各测点至地下核爆炸点的距离具有一定的关系.在地下核爆炸时刻,存在2-3 nT地磁总强度的异常变化.这一结果对震磁关系与地磁预报地震的探索研究具有一定的参考意义.

关键词 地磁观测;地下核爆炸;震磁效应

一、引 言

震磁前兆是地震预报探索研究中的重要项目之一.因此,国内外都积极开展震磁前兆的观测与地磁预报地震的探索.目前,美国、苏联、日本、中国等多地震国家,都在地震预报实验场专门布设了震磁观测网,并已获得了一批有意义的结果;而且,在有些地震之前利用地磁方法进行了比较成功的预测,显示了地磁手段在地震预报应用中的良好前景(Rikitake *et al.*, 1985; Johnston, 1987; Shapiro *et al.*, 1982; Zhan, 1989).虽然震磁研究已取得较大进展,但对震磁前兆现象尚未达到规律性认识,地磁预报地震仍然是较难攻克的科学问题,需要进一步的观测研究.

地震是地下某处在极短时间内释放大量能量的地球物理现象.就这个意义上说,地下核爆炸相当于一次人工地震.而且,与天然地震相比,它的“震中位置、发震时间与震级”都是完全确定的,这就为震磁效应的观测研究提供了准确的地震参数.我们利用在我国西部地区进行地下核爆炸(相当于 $M=4.7$ 地震)的难得时机,在试验现场及其附近布设了17个测点,于1983年9月19日至10月10日进行了地下核爆炸前后地磁总强度的观测工作.本文描述了这次地磁观测及其结果.

* 本工作得到地震科学联合基金会的资助;国家地震局地球物理研究所论著92A0002.

1990年5月17日收到本文初稿,1991年4月30日决定采用.

二、测点布局与观测方法

为了观测研究地下核爆炸的地磁效应,在对地下核试验场区进行实地勘察与地磁梯度测量之后,布设了如图 1 所示的 17 个地磁测点.从图 1 可见,离地下核爆炸点最近的是 1 号测点,约 3.8 km,最远的是 17 号测点,约 140 km. 3—12 号测点的相邻点距为 3—5 km, 12—17 号测点的相邻点距约为 20 km.

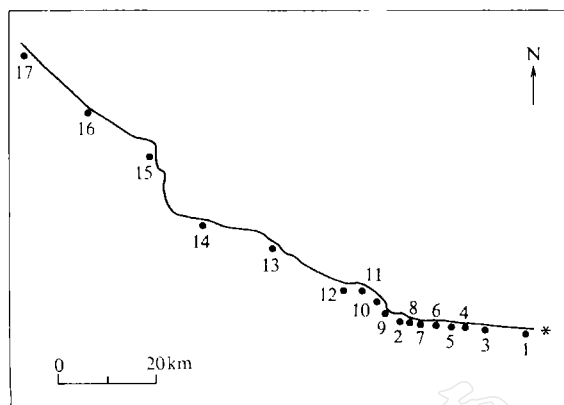


图1 地磁测点与地下核爆炸点(星号表示)的位置.图中数字表示测点的编号

使用美国 Geometrics 公司生产的 G-816 与 G-826 质子旋进磁力仪,观测地磁总强度. G-816 磁力仪的灵敏度与精度均为 1.0 nT; G-826 磁力仪的灵敏度为 0.25 nT,精度为 1.0 nT (詹志佳等, 1985).

1 号与 2 号测点使用 G-826 磁力仪,在 1983 年 9 月 19 日至 10 月 10 日期间连续记录地磁总强度. 1 号测点的磁力仪每 5 分钟采样一次; 2 号测点作为地磁测量的参考点,因此,该测点的磁力仪在地磁测量的时段内每分钟采样一次,而在其余时段则每 5 分钟取样一次.

在 3—17 号测点上,使用 G-816 磁力仪,测量地磁总强度. 在 1983 年 9 月 20 日至 10 月 10 日期间,一共进行了 8 次测量,其中在地下核爆炸前后分别为 6 次与 2 次测量. 为了获得可靠的观测资料,在每次测量中,先后使用 2 台 G-816 磁力仪,每台仪器观测 5 分钟,每 10 秒钟读取一个数据,计 60 个数据.

为探讨地下核爆炸前后地磁总强度比较详细的变化情况,在地下核爆炸之前 1.5 小时至爆炸之后约 4 小时的时间段内,于 1, 2, 12 与 14 号测点上进行了每 10 秒钟同步观测 1 次地磁总强度,其中 1, 2 号测点仍使用 G-826 磁力仪,而 12, 14 号测点使用 G-816 磁力仪. 同步观测的时间误差约为 3 秒钟.

为保证地磁观测数据的可靠性,所有测点选在无电磁干扰的地方,各测点周围的地磁场梯度均小于 1.0 nT/m. 每个测点埋设了固定标桩,每次测量时磁力仪的探头位置变化小于 5 cm. 每次测量前后进行了严格的仪器比测,结果表明,该磁力仪精度高、性能稳定.

地磁资料的统计处理得出,其平均标准偏差为 0.46 nT,表明这次地下核爆炸前后的地磁总强度观测数据是相当可靠的.

三、数据处理及其结果

本文以 2 号测点为参考点,计算该测点与其它测点地磁总强度观测数据的同步差值,分析此差值的时空变化,研究地下核爆炸的地磁效应. 选择 2 号测点作为参考点,是因为没有更适合的这种同步观测地磁总强度的较远台站或测点. 从图 1 可见,2 号测点与 17

号测点相距最远, 约为 100 km. 这次地下核试验场在北纬 41° 附近, 处于中纬地区. 观测研究表明, 在中纬地区约 100 km 的局部范围内, 地磁变化是相当一致的(刘志远等, 1989; Zhan *et al.*, 1990). 这次地磁观测资料分析得到, 2 号测点与其它测点的同步差值的标准偏差在 0.36–0.59 nT 之间, 说明以 2 号测点为参考点是合适的, 可以较好地消除诸如地磁日变化、磁暴等因素的影响.

图2表示各测点相对于2号测点的地磁总强度差值随时间的变化, 其中1 号测点的曲线相应于该测点与2 号测点地磁总强度每5 分钟采样的同步差值的日均值; 横坐标为日期, 其中“0”为地下核爆炸的当天. 虽然图2 没有显示各测点地磁总强度差值随时间的趋势变化与地下核爆炸前后的明显突跳变化, 但仔细考察可见1、3 号测点的曲线在地下核爆炸之后比其前略有下降, 而17 号测点的曲线在地下核爆炸之后比其前则有所上升. 表1 列出了地下核爆炸前后各测点相对于2 号测点地磁总强度的平均差值变化. 综观表1, 这次地下核爆炸前后各测点的差值变化, 从1 号、3 号测点的–0.6nT, –0.8nT 递增到17 号测点的

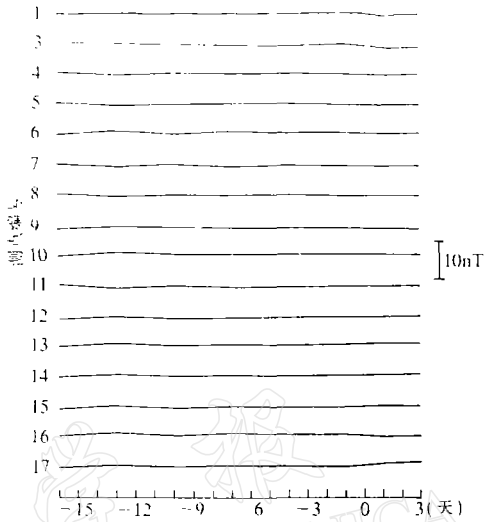


图2 各测点相对于2号测点的地磁总强度差值随时间的变化

1.1nT, 除了8、16 号测点之外, 呈现出较有规律的递增现象. 考虑到参考点的选择有着一定的随意性, 而且作为参考点的2 号测点离地下核爆炸点约30km, 可能受地下核爆炸的影响, 因此, 从总体上分析, 这次地下核爆炸前后观测到的地磁总强度最大异常变化约为 1.9nT, 平均约为 1.0nT. 这是在离地下核爆炸点3.8–140km 范围内的观测结果.

为研究上述地下核爆炸前后各测点地磁总强度的差值变化 δF 与各测点到地下核爆炸点的距离 d 之间可能存在的关系, 应用最小二乘法, 得到的结果如图 3 所示, 其拟合式为

$$\delta F = 0.504 \ln d - 1.85$$

其中 δF 的单位为 nT, d 的单位为 km, 其拟合残差为 0.30 nT.

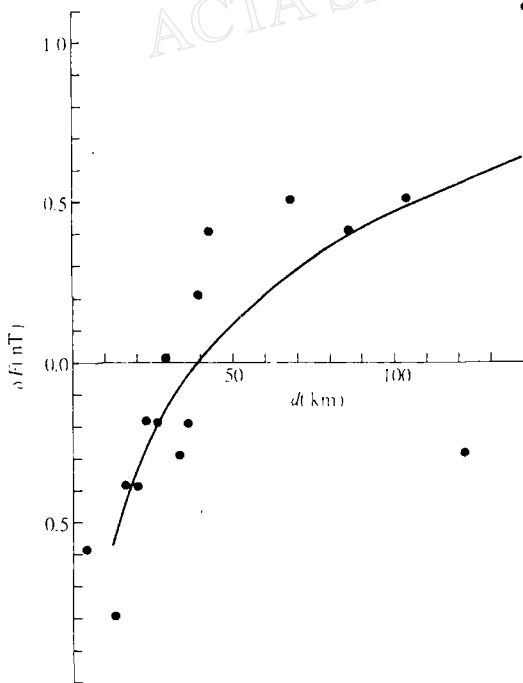


图3 δF 与 d 之间的拟合曲线

表 1 地下核爆炸前后各测点相对于 2 号测点地磁总强度的平均差值变化 δF (单位为 1 nT)

测点编号	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
δF	-0.6	-0.8	-0.4	-0.4	-0.2	-0.2	0.0	-0.3	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.4	0.5	-0.3	1.1

从图 4 可见,在地下核爆炸前后的几个小时之内,地磁总强度差值没有明显的趋势变化,但在地下核爆炸的时刻出现大约 2–3 nT 突跳式的异常变化.

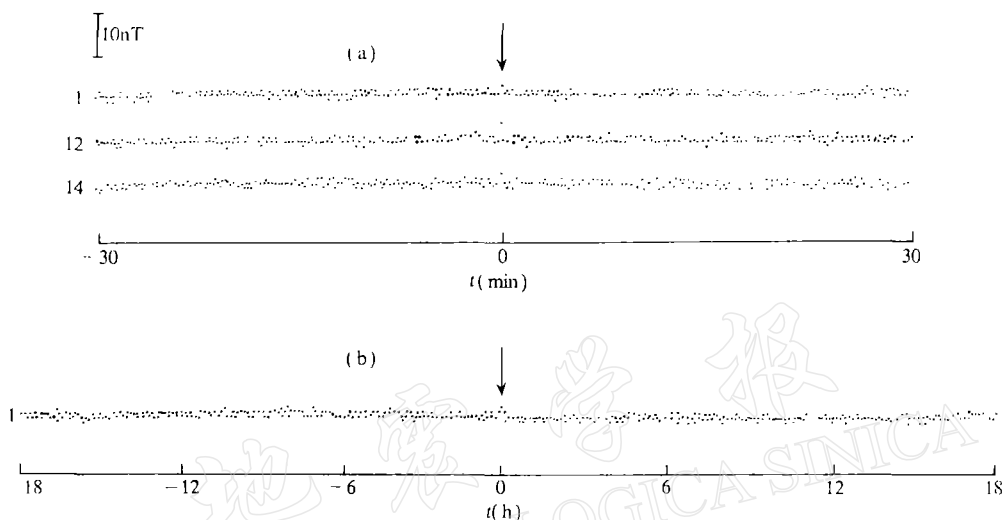


图 4 地下核爆炸前后 1、12 与 14 号测点相对于 2 号测点的 10 秒采样(a)与 5 分钟采样(b)地磁总强度同步差值的变化.图中箭头表示地下核爆炸的时刻

为了进一步探讨地下核爆炸前后 10 秒钟采样的地磁资料可能包含的信息,对这种地磁数据进行了快速谱分析,结果表明,地下核爆炸前后的地磁总强度频谱特性没有明显的差异变化.

四、结论与讨论

1. 综上所述,这次地下核爆炸前后的地磁观测获得了可靠的资料.分析结果表明,在离地下核爆炸点 3.8–140 km 的范围内,地下核爆炸前后的最大地磁异常变化约为 1.9 nT,而在地下核爆炸时刻存在 2–3 nT 的地磁异常变化.地磁观测数据的平均标准偏差 $\sigma = 0.46$ nT,可见上述异常变化量均大于 3σ .因此,该地磁异常变化是显著的,对震磁关系与地磁预报地震的探索研究具有一定的参考价值.

2. 为了比较本文所得到的地下核爆炸的地磁效应,图 5 给出了苏联米迪奥(图 5a)与美国坎尼金(图 5b)地下核爆炸前后地磁总强度的观测结果.从图 5 可见,苏联米迪奥地下核爆炸,在离该爆炸点约 0.7 km 处记录到约为 8 nT 的地磁异常变化(Abdullabekov *et al.*, 1972);在美国坎尼金地下核爆炸之后 30 秒钟,于离该爆炸点约 3.0 km 的台站观测到约 9 nT 的突跳式异常变化(Hasbrouck *et al.*, 1972).本文分析结果表明,这次地下核爆炸时刻及其

前后所观测到的地磁总强度异常变化约为 $2-3\text{ nT}$, 观测点与地下核爆炸点之间的距离在 $3.8-140\text{ km}$ 范围内, 可见观测距离比较远。从能量上看, 美国坎尼金地下核爆炸的能量相当于 $M_s=5.74$ 地震 (Willis *et al.*, 1972), 而我国这次地下核爆炸相当于 4.7 级地震, 其能量比较小。从地下核试验场的地下岩石磁性上看, 苏联米迪奥地区的岩石为花岗岩, 其剩余磁化强度约为 $(5-100) \times 10^{-4}\text{ A/m}$; 美国坎尼金地区的岩石为火山岩, 其剩余磁化强度约为 $5 \times 10^{-2}\text{ A/m}$, 磁化率约为 15×10^{-4} ; 我们从这次地下核试验现场获得的岩石样品表明, 其地下岩石为黑云母花岗岩, 磁性很弱, 测试得到的磁化率约为 $(1-6) \times 10^{-7}$ 。因此, 根据压磁理论, 本文所报告的这次地下核爆炸的地磁效应较小, 可能与其能量较小、地磁观测点与地下核爆炸点之间的距离较远、以及地下岩石磁性较弱等因素有关。

3. 如上所述, 地下核爆炸相当于人工地震。因此, 其地磁效应可能是震磁效应的较好模拟。根据上述观测结果, 在地震活动区布设密集的地磁观测网, 使用精度高、性能稳定的磁力仪, 是可能观测到震磁前兆的。

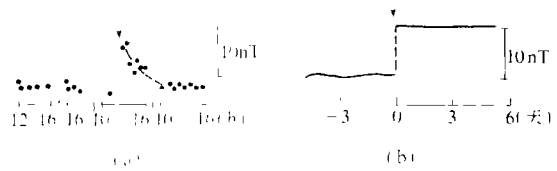


图 5 苏联米迪奥(a)与美国坎尼金(b)地下核爆炸前后地磁总强度的观测结果。图中箭头表示地下核爆炸的时间

参 考 文 献

- 刘志远, 高金田, 张洪利, 林云芳, 詹志佳, 1989. 京津与河北省地区地磁测网的考察与实验观测. 地震地磁观测与研究, 10, 4, 39-46.
- 詹志佳, 林云芳, 1985. 美国的地磁观测技术概况. 地震地磁观测与研究, 6, 1, 37-39.
- Abdullabekov, K. N., Bezuglaya, L. S., Golovkov, V. P. and Skovorodkin, Yu. P., 1972. On the possibility of using magnetic methods to study tectonic processes. *Tectonophysics*, 14, 257-262.
- Hasbrouck, W. P. and Allen, J. H., 1972. Quasi-static magnetic field changes associated with the Cannikin nuclear explosion. *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 62, 1479-1487.
- Johnston, M. J. S., 1987. Tectonomagnetism and tectonoelectricity. *Reviews of Geophysics*, 25, 983-988.
- Rikitake, T. and Houkura, Y., 1985. *Solid Earth Geomagnetism*. Terra Scientific Publishing, 171-191. Tokyo, Japan.
- Shapiro, V. A. and Abdullabekov, K. N., 1982. Anomalous variations of the geomagnetic field in East Fergake — magnetic precursor of the Alay earthquake with $M=7.0$ (1978, November 2). *Geophys. J. R. astron. Soc.*, 68, 1-5.
- Willis, D. E., George, G. D., Poetzi, K. G., Saltzer, C. E., Shakal, A. F., Torfin, F. D., Woodzick, T. L. and Wolosin, C., 1972. Seismological aspects of the Cannikin nuclear explosion. *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 62, 1377-1395.
- Zhan, Z. J., 1989. Investigations of tectonomagnetic phenomena in China. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 57, 11-22.
- Zhan, Z. J., Yao, F. X., Johnston, M., Mueller, R. and Gao, J. T., 1990. Analytical comparison of geomagnetic total field between Sino-U. S. stations. *Proceedings of the International Symposium on Geomagnetism*, 128-133, 17-20, April, 1990. Shanghai, China.