

江苏地区地磁变化和三个 5 级以上的地震磁效应

彭纯一 张晓勇 杨心平 徐国铭

(中国南京 210014 江苏省地震局)

自 1979 年以来,江苏地区地磁总强度和垂直分量台网已进行了十年的观测和试验。在上述时间内共获得三个 5 级以上的地震磁效应。十年观测结果表明,本区在没有发生 5 级以上地震的期间,地磁垂直分量也未出现过异常变化。

本文认为,在中低纬度地区,用较密集连续观测垂直分量台网来捕捉地震磁异常,有可能改善地磁方法预报 5 级以上地震的效果和作用。

关键词 Z 分量;高密度台网;地震磁效应;近震中分布;短临异常

一、前 言

在地震预报中,地磁方法是值得重视的一种手段。我们在探索江苏地区震磁关系中取得了几个有意义的震例,希望它对今后震磁现象的观测研究与地震预报有所促进。

本文介绍江苏地区绝对地磁观测同相对记录配套且具有较高密度台网的定点,每日观测 Z, F 全过程资料情况,并对几个 Z 分量震磁关系异常做了初步的分析和计算。

二、台网情况和观测资料

江苏西北部地处郯城、庐江大断裂中南段,为强地震监视区;扬州、铜陵地震带(包括茅山断裂和东部沿海及其近海海域)为中强地震活跃区。1974 年 4 月和 1979 年 7 月,分别在茅山地区的溧阳县境内发生 $M_s 5.5$ 和 $M_s 6.0$ 地震;1984 年 5 月在黄海勿南沙发生 $M_s 6.2$ 地震;1987 年 2 月,在射阳发生 $M_s 5.1$ 地震,由此可见,江苏境内的地震监测工作除郯、庐中南段可能发生的强震外,主要是研究茅山断裂,东部沿海(包括近海海域)可能再发生的中强地震。

为了解震磁关系异常在时间和空间上变化的全过程,研究它们的形态规律特点,提取更加丰富的信息,我们于 1978 年底开始在江苏境内的上述重点监视地区,逐步建立起 21 个质子磁力分量仪观测台站,其中多数与 Z 磁变仪配套,组成 Z, F 记录台网(图 1)。不同地震监视地区台网的密度有所不同,在郯庐中南段沿新沂、宿迁、泗洪、盱眙一线和沿海

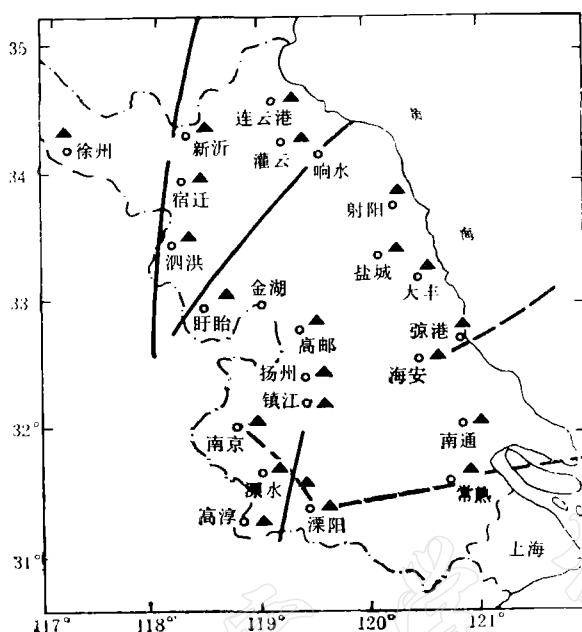


图 1 地磁台站分布

○市、县 ▲地磁台

地区,台站相距约 50km,茅山地区的溧阳一带,台站相距约 30km,其中有三年以上资料的共 10 个台,五年以上资料的共 11 个台。

地震是局部的地球物理现象,与之相联系的地磁异常很可能也是局部的、近震中分布的。距震源区一定远的地方,地磁观测结果不受或很少受地震的影响,可视为正常变化;为了能够做到在相隔一定距离的台站上取得的读数进行简单差分之后其标准偏差 $\sigma_{n-1} \leq \pm 2\text{nT}$;为了消除局部长期变,以及避免多次通化带来误差,本区三个小台网观测站和参考台之间在 200km 范围内进行资料通化。

有关台网的观测步骤、数据采集、资料预处理及分析方法详见文献[3]。

对十年来观测资料的分析得到如下结论: 对于 Z 分量,两台同步差值的标准偏差 $\sigma_{n-1} \leq \pm 2\text{nT}$ (表 1),常年测值保持在 $\pm 3\text{nT}$ 的噪声线范围内随机波动。如果两台差值连续变化数天超过噪声线,在排除人为因素干扰的前提下可视为与地震有关的异常。

三、台网观测资料和三个震例

江苏地磁 Z, F 台网自 1979 年初启用至今已获得 1979 年 7 月 9 日溧阳 $M_s 6.0$ 、1984 年 5 月 21 日黄海勿南沙 $M_s 6.2$ 、1987 年 2 月 17 日射阳 $M_s 5.1$ 三次 5 级以上地震 Z 分量的磁效应,现分述如下:

1. 溧阳 6.0 级地震。分析认为垂直分量 Z 异常与断层面及其附近的应力分布有直接关系,由构造磁效应研究本次地震震时的断层面破裂特征,地震发生在两组断裂的交汇处,无论宏观或微观分析都有两种截然相反的结论,一种定 NWW 为断层面,另一种定

表 1 江苏地磁台网历年 Z 标准偏差 (σ_{n-1})

标 准 偏 差 (nT)

台站	连云港 减 溧阳	连云港 减 新沂	连云港 减 南京	连云港 减 泗洪	连云港 减 射阳	连云港 减 盐城	连云港 减 灌云	连云港 减 宿迁	连云港 减 海安	连云港 减 高邮	连云港 减 盐城	连云港 减 大丰			
1980	±1.74	±1.73	±1.63	±1.76											
1981	±1.71	±1.62	±1.42	±1.84											
1982	±1.56	±1.46	±1.45	±1.39	±1.20	±1.79									
1983	±1.40		±1.10	±1.60	±1.72		±1.78								
1985		±1.59		±1.78	±1.48	±1.80	±1.50	±1.39	±1.46						
1986		±1.22		±1.42	±1.36	±1.74	±1.88	±1.68	±1.82	±1.52	±1.74				
台站	高淳 减 镇江	高淳 减 南京	高淳 减 溧阳	高淳 减 溧水	南京 减 溧阳	南京 减 镇江	宿迁 减 海安	宿迁 减 高邮	宿迁 减 射阳	宿迁 减 高邮	宿迁 减 盐城	宿迁 减 大丰	宿迁 减 新沂	宿迁 减 泗洪	连云港 减 宿迁
1983	±1.57	±1.47	±1.54	±1.54											
1984					±1.34	±1.39	±1.70	±1.80	±2.08	±1.94	±2.01	±1.36			±1.43
1985	±1.91	±1.74		±1.56	±1.44	±1.68									
1986	±1.65	±1.75	±1.77		±1.72	±1.72									

NNE 为断层面。但是，都认为这次地震的断层面很陡，错动方式以水平剪切为主。这样，文献[2]提出的剪切应力压磁模式，利用溧阳 Z 分量观测资料通过实验计算，比较合理地解决了宏观与微观断层面出现的矛盾^[4]。

2. 黄海勿南沙 $M_s6.2$ 地震。地震发生在海内，距震中最近(约 60km)的琼港质子磁力分量仪观测站、110km 处的海安地磁台，以及 130km 处的射阳地磁台都在震前观测到 Z 分量变化异常。关于本次地震 Z 异常我们已在文献 [5] 中做了理论计算和解释 (图 2a)。

我们还对震中附近有磁 (Z) 变仪台站日变幅差值进行了计算，发现以海安为中心的震前日变幅负异常为 -8nT ，持续时间与上述 Z 异常基本一致，而且正好覆盖在 Z 正异常分布区 (图 2b)。

联系到用多道滤波获得的 Z 时均值异常、电磁辐射异常等，说明在 Z 异常出现的同时伴随有多种高频成份磁异常。

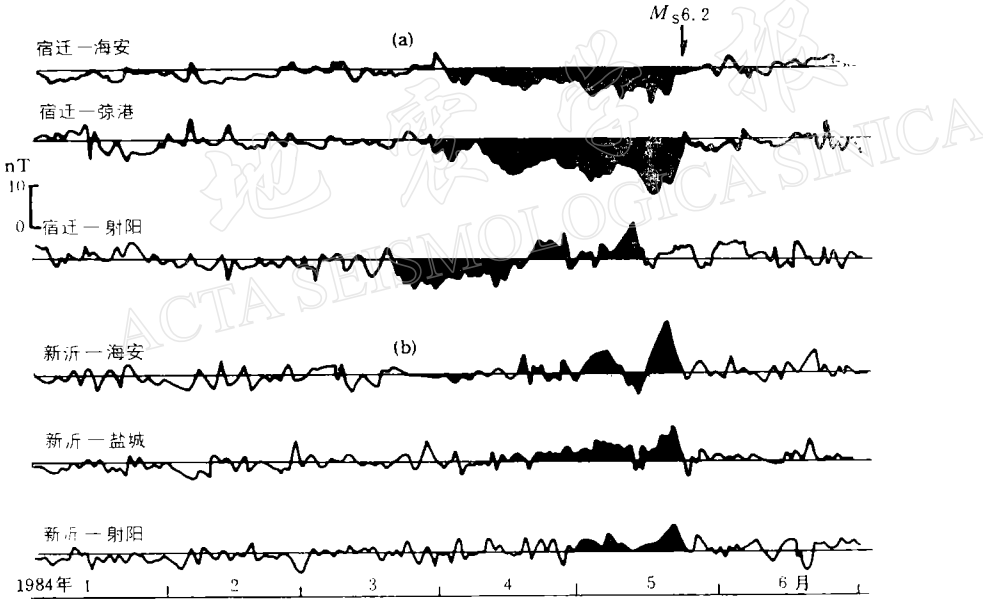


图 2 地磁 Z 差值 (a) 和 Z 日变幅差值 (b)

3. 1987 年 2 月 17 日射阳 $M_s5.1$ 地震，距震中约 80km 的琼港台平时测值与盐城台同步差值的标准偏差 σ_{n-1} 为 1.5nT ，1987 年 2 月 6 日起，琼港 Z 缓慢上升，至 13 日陆续超过噪声线 ($\pm 3\text{nT}$) 3nT ，异常于 15 日结束。距震中较近(约 40km)的射阳、大丰两台未出现异常的变化。这次地震 Z 异常持续时间短、幅度小，但从图 3 看出，琼港台平时测值稳定，异常是明显的。由于地震发生在滩涂，缺少震中地区地质、岩石磁性及地形变等资料，对异常做定量计算有困难，但我们仍可以对其做定性的分析。

由测震提供的震源机制解知，本次地震的主压应力 P 轴 45° ；主张应力 T 轴 317° ；主破裂面为 8° 。由图 4 可见，沿主破裂面正好是 1984 年勿南沙 6.2 级地震后形成的一 $M_L \geq 2.0$ 的小震活动条带，据此认为它是这次地震的发震构造，琼港台正好位于这个带

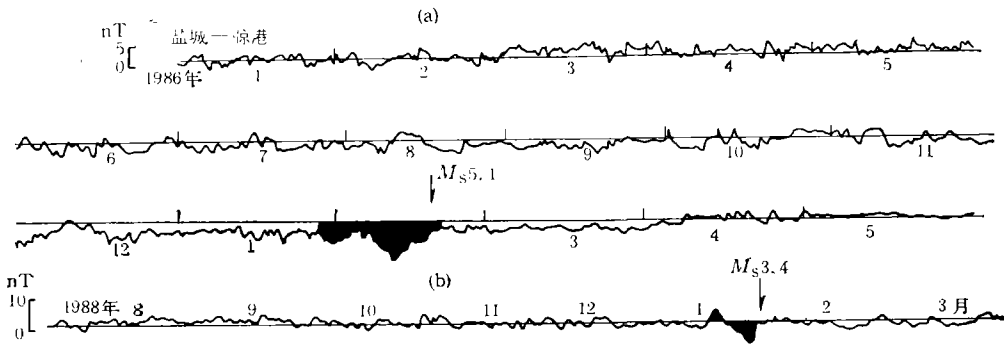


图 3 (a) 盐城减凉港 09 与 21 时差值(北京时);
(b) 盐城减凉港差值(北京时 21 时)

的中部。根据地质、地球物理资料分析,发震地区地下火山岩系的磁性是很强的,故在弼港观测到构造磁效应的 Z 分量异常是可能的。反之,射阳、大丰两台远离发震构造约 30km,观测不到磁异常也是可能的。

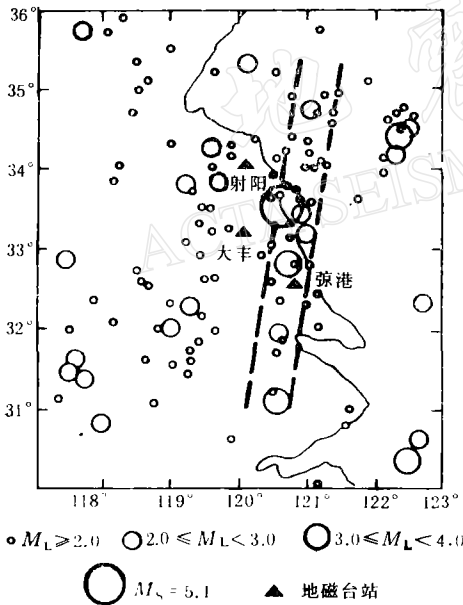


图 4 $M_s 5.1$ 小震活动分布
(1984.6.1—1987.2.17)

此外,本文还介绍一个特殊而有意义的震例,即 1989 年 1 月 27 日在东台县弼港发生 $M_s 3.4$ 地震,距震中约 5km 的弼港质子磁力分量仪 09 时和 21 时值观测到持续 7—8 天的 Z 分量异常,异常最大幅度约 9nT,于震前 3 天结束(见图 3)。这次地震虽然小,但距弼港台很近并处同一发震断层上。它的重要意义在于传递给我们这样的信息:震磁异常不仅存在,而且在一定空间范围的某些点位上是能够观测到的。

四、讨 论

1. 江苏地磁台网观测到的上述几次地震 Z 分量异常有以下共同之处:

(1) 所有异常不仅表现为近震中分布,且与观测点的位置有关。从表 2 看出,溧阳 6.0 级地震,溧阳地磁台距震中约 18km,其他台站无异常;勿南沙 6.2 级地震,弼港台距震中约 60km、海安距震中 110km、射阳距震中 130km;射阳 5.1 级地震,弼港距震中 80km;弼港 3.4 级地震,弼港台距震中不到 5km。勿南沙 6.2 级地震 Z 异常空间分布最广,但 Z 异常距震中最远为 130km,其他外围台站无异常。不仅如此,异常只能在震中附近的某些点位才能观测到。值得指出的是,几乎所有的上述地震的 Z 异常出现在活动断层上或其附近。例如,弼港地磁台位于活动断层上,勿南沙 6.2 级、射阳 5.1 级、弼港 3.4 级

三次地震都观测到震前 Z 分量异常。

表 2 江苏震磁异常分布情况

地震时间 (年·月·日)	震级 (M_s)	地 磁 Z 分 量 异 常					
		台站	幅度 (nT)	持续时间 (天)	震中距 (km)	震前结束时间 (天)	其他台站
1979.7.9	6.0	溧阳	16	20	18	3	无异常
1984.5.21	6.2	琼港	12	60	60	1	无异常
		海安	9	60	110	3	
		射阳	10	60	130	5	
1987.2.17	5.1	琼港	9	9	80	2	无异常
1989.1.27	3.4	琼港	8	5	5	3	无异常

(2) 上述地震 Z 异常都是以短临形式出现的，如勿南沙 6.2 级地震磁异常持续时间约 60 天，溧阳 6.0 级地震磁异常约 20 天，射阳 5.1 级地震磁异常时间约 9 天。地震越大，磁异常持续时间要长一些。

(3) 上述地震 Z 异常都是在地震前结束的。 勿南沙 6.2 级地震，射阳台异常于震前 5 天，海安台异常于震前 3 天，琼港台异常于震前 1 天、海安等台 Z 日变幅异常于震前 1 天结束；溧阳 6.0 级地震异常于震前 3 天结束；射阳 5.1 级地震异常于震前 2 天结束；琼港 3.4 级地震异常于震前 3 天结束。 总之，上述地震 Z 异常无一例外地于震时已恢复至正常值。最长于震前 5 天，最短于震前 1 天结束。

2. 通过对资料的清理，我们发现，同 Z 分量异常成鲜明的对照，上述地震总强度 F 都没有显示出明显的异常。

这是因为，本区台网处中低纬度地区，在磁纬 20° — 22° 范围内，垂直分量 Z 外源场非均匀性比总强度和水平分量小，前者变化平稳波动小，后者变化剧烈波动大，根据实测结果^[3]，在磁静日，Z 变化几个 nT， F 变化 20—30nT；磁暴日，Z 变化 10—20nT， F 达 100nT，其原因是本区台网距赤道较近， F 受 H 控制的缘故。在磁静日，Z 的外源场与内源场是反向的，相互削弱的。

由于 F 变化剧烈波动大，时间服务要求很严格，两台同步观测时间差 1 分钟， F 扰日比静日大；磁暴日资料无法对比分析。但是，对于 Z，只要分量补偿线圈产生的抵消水平磁场 H 的人工场进行准确的补偿，即使外空水平磁场 H 变化 100nT 给 Z 测值带来的影响也不会超过 0.1nT^[3]。

根据三维断层压磁模式理论计算结果^[6]，在邻近赤道的中低纬度地区，震磁效应的观测，其垂直分量 Z 比总强度 F 、水平分量 H 更为有效，而且难以观测到构造磁效应的 F 异常，从而说明，中低纬度地区进行 Z 分量观测是十分必要的。

3. 江苏地磁 Z、 F 台网自 1979 年初建立至今已有十年，全部资料结果表明：除上述三次 $M_s>5.0$ (除特殊条件下琼港 $M_s3.4$)地震 Z 异常外，本区未发生过其他大于 $M_s5.0$ 地震，Z 也未出现过异常的变化。为节省篇幅，本文给出全过程资料的一部分作为所论述问题的例证，如图 5 为溧阳台 1979 年—1986 年与参考台差值曲线。到目前止，溧阳台除

观测到 1979 年 6.0 级地震 Z 异常外, 在该台 200km 范围内再未发生过其他 $M_s > 5.0$ 地震, Z 也未出现过异常的变化。

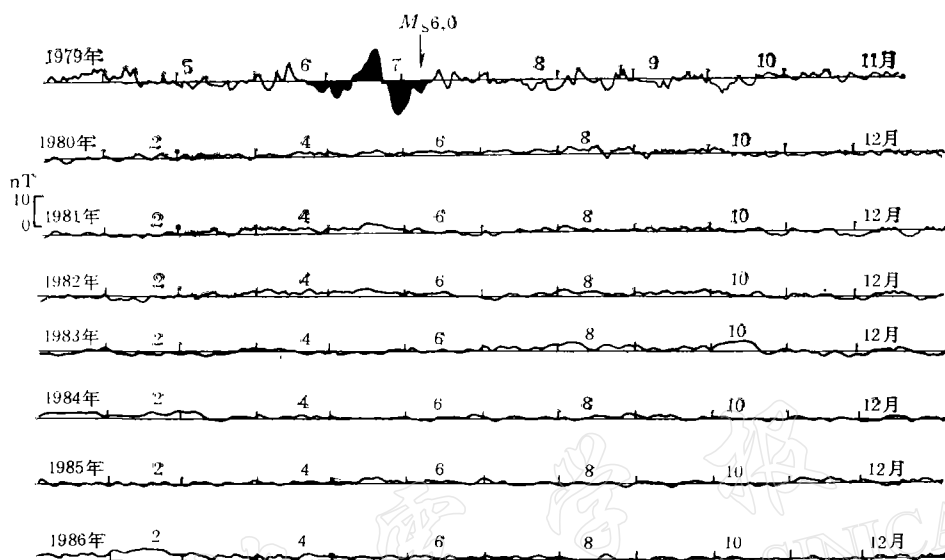


图 5 地磁 Z 差值
(北京时间 21 时)

综上所述, 虽然地磁方法是在强背景下提取微弱的震磁异常变化信息^[1]。但是, 这种干扰主要来自高空磁场, 在较小范围内的台网条件下, 是能够识别和排除的, 即使一个中强地震, 只要方法得当是能于震前捕捉到这种变化的。

五、两 点 认 识

1. 基本磁场异常量级比较小, 持续时间也比较短, 即使较强地震, 异常也只能在较小空间范围内的某些点位才能观测到。尤其在活动断层及其附近连续观测可能是行之有效的。因此, 在地震监视区, 一个较高密度的台网是不可少的。

2. 在中低纬度地区应进行垂直分量 Z 观测, 有利于捕捉震磁信息。

本文为地震科学联合会赞助项目。

参 考 文 献

- [1] 章公亮, 1988. 地磁观测、震磁现象与地震预报, 地震监测与预报方法清理成果汇编, 国家地震局科技监测司, 地磁地电分册, 3—8. 地震出版社, 北京.
- [2] Stacey, F. D., 1964. Seismo-Geomagnetic Effect. *Pure Appl. Geophys.*, 58, 5—22.
- [3] 彭纯一、徐国铭, 1985. 江苏地区地磁 F, Z 观测台网的试验与研究. 地震地磁观测与研究, 6, 3, 29—36.
- [4] 贺楚如、彭纯一、张四维、张治天、徐国铭、过娟秀, 1983. 溧阳六级地震磁异常与断层面的破裂特征. 地震地质, 5, 2, 52—58.

- [5] 彭纯一、徐国铭, 1986. 黄海 6.2 级地震磁效应. 地震学报, 8, 310—316.
[6] 郝锦琦, 1985. 唐山地震与震磁效应的最佳观测. 地震学报, 7, 300—310.

GEOMAGNETIC FIELD VARIATIONS AND THE GEOMAGNETIC EFFECT OF THREE M -OVER-5 EARTHQUAKES ($M_s > 5.0$) IN JIANGSU PROVINCE

PENG CHUNYI, ZHANG XIAOYONG, YANG XINPING AND XU GUOMING

(Seismological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210014, China)

Abstract

Since 1979 repeated observations and experiments of geomagnetic total intensity and its vertical component have been carried out for ten years at the geomagnetic network which is located over Jiangsu Province. In this period the geomagnetic effects of three earthquakes were observed. The observation results show that no anomalies of the vertical component of geomagnetism have been observed as long as earthquake of $M_s > 5.0$ have not occurred.

In this paper, it is suggested that a dense network for continuous observation of the vertical component of geomagnetism may catch geomagnetic anomalies associated with earthquakes of $M > 5$, and this may improve effectiveness of earthquake prediction by geomagnetic observation at mid-or-low latitudes locations.