

菏泽5.9级地震地磁异常的再研究

林金狮 苏鸾声

(山东省地震局)

摘 要

本文使用地磁短周期转换函数和提取地磁局部异常的方法,对菏泽5.9级地震前后地磁场的变化进行了再研究。结果表明:该次地震前,菏泽及其附近地区存在地磁短周期成份的异常变化和地磁基本场局部异常。这些异常和地震活动性参数 b 值、小震活动及其它一些前兆异常出现的时间同步,形态相似。

前 言

1983年11月7日山东菏泽发生了 $M_s5.9$ 地震,震中位于北纬 $35^{\circ}14'$,东经 $115^{\circ}17'$,震源深度 12km 。该次地震发生在新生代沉积物覆盖很厚的平原地区,震中区位于菏泽隆起的边缘。菏泽隆起是由古生代沉积盖层组成的背斜构造,其上覆盖厚 $800\text{—}1000\text{m}$ 的沉积物。该隆起主要受聊考断裂的控制。

菏泽地磁台位于震中的东北方 20km 处,台址介质为松散的黄土沉积,厚约千余米,磁场梯度变化均匀,观测环境较好。1981年9月开始用CHD 5—72型核旋仪进行地磁场总强度和垂直分量的绝对观测,同时开始用CB 3型三分量磁变仪进行垂直分量、水平分量和磁偏角的相对测量,1982年有了正规的磁照图资料。几年来,按规范进行比测和校正,仪器性能稳定,工作正常。菏泽5.9级地震前,以简单差值法等方法分析过该台资料,没有发现异常。地震后,不少同志进行了更细致的工作,但结果除人为干扰段外,在该次地震前后仍未发现超出观测误差的异常变化。为了探索地震时是否存在震磁信息,我们采用近几年人们普遍注意的地磁短周期转换函数和提取地磁局部异常的方法,对菏泽地震前后地磁场变化进行了认真的分析,发现菏泽5.9级地震前,菏泽及其附近地区存在地磁短周期变化异常和地磁场局部异常。本文介绍了主要研究结果。

地磁短周期变化异常

由于电导率变化引起地磁短周期成份转换函数 A 、 B 及扰动比值 $\Delta Z/\Delta H$ 的变化不仅与磁变周期有关,而且与选用事件的类型有关,单一的、均匀的变化最易于电导率异常变化的研究,所以我们主要选用磁暴急始(SSC)、急始脉冲 S_i 及一些持续时间相当短的波形完整的孤立的瞬时扰动,前沿持续时间 $3\text{—}10$ 分钟。为保证量图精度和减少误差,分析中选

用磁照图上 ΔH 变幅大于5 mm的扰动事件,由专人用专用量板量图,量得的结果与用最小刻度为0.2mm的刻度放大镜量得结果作了抽样对比,二者误差极小。资料处理中重要的是排除任何主观随意性,所以对量取的原始资料不做任何改正。

短周期扰动比值 $\Delta Z/\Delta H$,是用每一事件垂直分量和水平分量的变幅求出的,考虑到计算均值对样品数的要求,一般选取15—20个磁扰事件为一组求均值,我们求出了季均值。转换函数是根据量取的三个分量的幅值,把 ΔD 单位换算为纳特,借助最小二乘法,按公式

$$\Delta Z/\Delta H = A + B \times (\Delta D/\Delta H)$$

计算每个时段的A、B及标准偏差。考虑到计算对样品数的要求,采用20个事件为一组,10个一滑动的方法计算,结果定为计算时段中间时间的结果。选用菏泽台1982年1月至1987年12月的资料进行了分析,分析结果示于图1。由图可见, $\Delta Z/\Delta H$ 值曲线,在5.9级地震前处于低值状态,一般为0.06左右,最低达0.043,震后1984年急速回升到0.099左右,最大变化0.056,相对变化56.2%,超出标准偏差(0.021)2.67倍。之后逐渐下降,1986年加速下降,1987年降到接近地震前的水平。A、B随时间变化的曲线示于图1,图中竖直线为误差棒,表示标准偏差。菏泽5.9级地震前A值同 $\Delta Z/\Delta H$ 一样,也存在明显的低值异常,一般是0.055左右,最低达0.046,标准偏差一般为0.004—0.017,相对1984年最高值0.103相差达0.057,相对变化54.9%,超出最大偏差值3.3倍以上,低值异常是明显的。震后A值从1984年最高值缓慢下降,1986年加速下降,1987年降到接近震前的水平。B值起伏波动较大,在零值左右波动,5.9级地震前后B值没有显著变化,震前B值无明显异常。

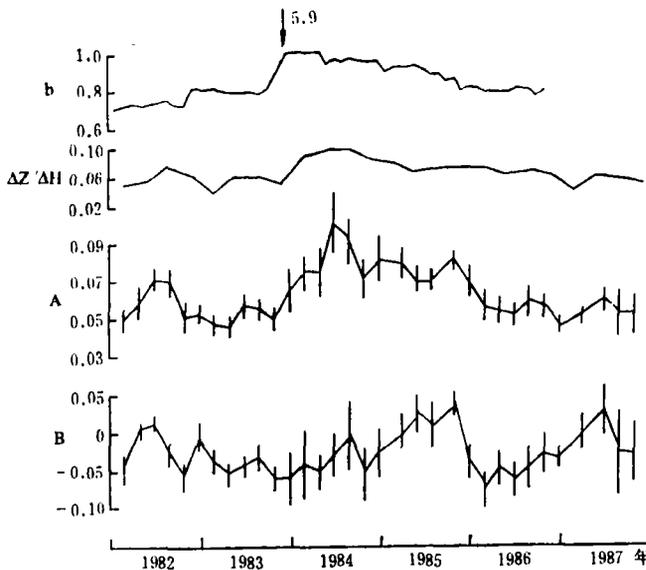


图1 菏泽地区b值、地磁短周期扰动 $\Delta Z/\Delta H$ 和转换函数A、B曲线

Fig.1 Curves showing the b-value, short-period perturbation of geomagnetic field and conversion functions for Heze region

地磁短周期变化的A、 $\Delta Z/\Delta H$ 值随时间变化的形态,和通过菏泽地区的聊考断裂带附近地震活动性参数b值变化形态相似(图1)。计算b值时取震级下限为2.3,上限为4.6,震级差为0.3。用最大似然法3年累计一月一滑动计算,为了便于与地磁资料对比,计算结果亦

定为累计时段中段时间的结果。在5.9级地震前b值亦存在低值异常，最低达0.651，地震前后b值最大变幅约0.362，超出最大标准偏差的2.3倍。b值和 $\Delta Z/\Delta H$ 的相关系数为0.65，大于相关系数检验值0.46，属显著相关。b值和A的相关系数为0.62，大于相关系数检验值0.38，亦属显著相关。b值和A、 $\Delta Z/\Delta H$ 形态相似，数值相关，异常变幅（超出标准偏差的数倍）相近。

由上述分析可见，5.9级地震前，菏泽地区存在地磁短周期成份的A、 $\Delta Z/\Delta H$ 低值异常。

地磁场局部异常

组成地磁场的基本磁场，与整个地球的变化有关，而和局部地区地震的孕育关系不大。当局部地区孕育地震时，地下应力场变化，产生压磁效应，必将引起局部异常磁场的变化。因此，可将某台实测地磁场总强度F，去掉该处基本磁场和变化磁场的影响，利用剩余的局部异常磁场的变化，来分析判断是否存在地磁异常。

分析中我们设某台某日21点总磁场F绝对观测值为

$$F = a + b_{\phi} \cdot \phi + b_{\lambda} \cdot \lambda + \Delta F.$$

式中a为回归系数， b_{ϕ} 为纬度系数（纬向梯度）， ϕ 为纬度， b_{λ} 为经度系数（经向梯度）， λ 为经度， ΔF 为某台局部异常磁场。分析方法采用逐步回归逐步逼近的方法。第一步，将选取的静日中同一天各台观测值（F）先对纬度 ϕ 进行回归相关分析，求出相关系数 $R_{\phi 1}$ 、回归系数 $a_{\phi 1}$ 、纬度系数 $b_{\phi 1}$ ；第二步，用已求得的回归系数 $a_{\phi 1}$ 和纬度系数 $b_{\phi 1}$ ，求出其估计值 $F_{\phi 1}$ ，算出剩余磁场 $\Delta F_{\phi 1}$ ；第三步，将剩余磁场 $\Delta F_{\phi 1}$ 对经度 λ 进行回归相关分析，求出相关系数 $R_{\lambda 1}$ 、回归系数 $a_{\lambda 1}$ 、经度系数 $b_{\lambda 1}$ ；第四步，用已求得的回归系数 $a_{\phi 1}$ 和 $a_{\lambda 1}$ 、纬度系数 $b_{\phi 1}$ 、经度系数 $b_{\lambda 1}$ 和纬度 ϕ 、经度 λ 求出第一次基本磁场 F_{11} ：

$$F_{11} = a_{\phi 1} + a_{\lambda 1} + b_{\phi 1} \cdot \phi + b_{\lambda 1} \cdot \lambda.$$

将 F_{11} 再对纬度 ϕ 、经度 λ 先后分别进行相关分析，求出 F_{12} ，反复进行多次回归相关分析，以逐步剔除局部异常磁场的方法，得出多次求的基本磁场 F_{11} 、 F_{12} 、 F_{13} ……。选取和纬度 ϕ 、经度 λ 相关系数最高的某次基本磁场作为最终计算的基本磁场，我们取到 F_{13} ，相关系数就已达到了最高（ $R_{\phi} = 0.984$ ， $R_{\lambda} = 0.995$ ）。某台某日21点总场绝对观测值F和其基本磁场 F_{13} 的差，即是其局部异常磁场 ΔF ：

$$\Delta F = F - F_{13}.$$

我们选用济南、泰安、菏泽、聊城、临沂、北京、郑州七个台1981年9月至1987年12月总磁场F的资料，每月取K指数最小的两个静日21时的F值作分析，得出几年来这七个台的局部异常磁场 ΔF 随时间的变化。

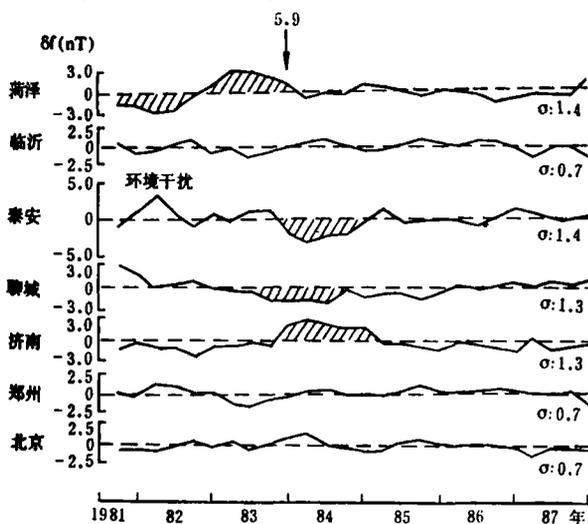


图2 局部异常磁场的相对变化 δf 季均值曲线(σ 为均方误差, 0线为回归线)
Fig. 2 Curves showing the seasonal average value δf of the relative variation of local anomaly of geomagnetic field

但是，由于地磁场长期变分布的非完全线性，所得各台局部异常磁场仍含有少量残存的长期变，根据其变化随时间的线性关系

$$\Delta F = A + B \cdot t$$

(式中t为时间)，求出回归系数A、B，可算出其不同时间的估值 $\Delta F'$ ，计算 ΔF 与 $\Delta F'$ 的差值 δf ；

$$\delta f = \Delta F - \Delta F'。$$

δf 即为各台消除了残存长期变的稳定的局部异常磁场的相对变化(图2)。由图2可见，菏泽台局部异常磁场 δf 在1983年上半年连续2个季度的数值大于2倍均方误差，并出现连续由负值变到正值，幅度达5.5nT左右的趋势性上升异常，在由峰值刚转为下降时发生了菏泽5.9级地震，地震后数值变化平稳。

此外，根据局部异常磁场随时间的趋势性变化和超出均方误差情况的综合考虑，在菏泽以北靠近聊考断裂带中北段的聊城、泰安、济南三个地磁台的 δf ，在菏泽5.9级地震前后似乎也出现了一定程度(幅度3nT左右)的异常变化。聊城 δf 异常是在1983年第3季度(7—9月)出现的，在1984年第3季度结束；泰安台、济南台 δf 异常是在1983年10月出现的，泰安台 δf 异常于1984年底结束，济南台 δf 异常在1985年第1季度结束。经对台站调查，这三个台的变化，难于用干扰来解释。

菏泽5.9级地震前后，菏泽、聊城、泰安、济南4个地磁台的局部异常磁场的相对变化 δf 异常，和当地出现的其它前兆异常在时间上具有同步性。如聊城台 δf 在1983年7—9月出现异常，聊城水化站一向平稳的气体含量氮和氦的比值 N_2/He ，在1983年7—9月出现明显的高值异常(图3)。长清电感地应力深浅孔6个受力元件于1983年8月上旬偏离基

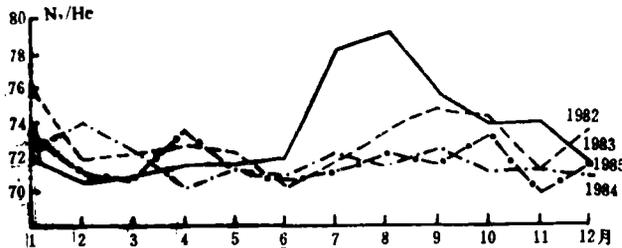


图3 聊城水化站 N_2/He 比值变化曲线
Fig. 8 Curve showing the value of N_2/He of Liaocheng hydrochemistry station

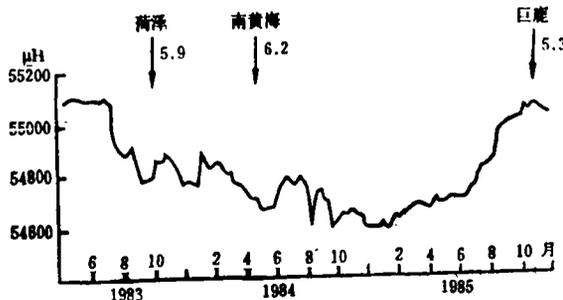


图4 长清电感地应力深孔NS向旬均值曲线
Fig. 4 Curve showing the ten-days average value of electric induction in NS direction of the deep borehole in Changqing stress station

线，8月中旬出现大幅度下降异常(图4)。当长清电感应力异常持续到10月上旬，出现震前第一个最低值时，泰安、济南台的 δf 在10月9日后出现异常；当长清地应力NS向元件异常变化曲线在1985年初发生转折、出现恢复趋势后，泰安、济南台的 δf 异常分别在1984年底和1985年初完全恢复。

上述长清电感地应力、聊城 N_2/He 、地磁台 δf 异常出现时间，和聊考断裂带中、北段(东经 $115.5^\circ-117^\circ$ ，北纬 $36^\circ-37^\circ$)1983年的小震活动也有一定的对应关系(表)。当1983年7—8月长清应力、聊城 N_2/He 和聊考带中北段附近的聊城、济南、泰安台的 δf 出现异常时，聊考带中北段在7—8月出现小震活动；10月9日后，泰安、济南台 δf 出现异常变化时，10月11日济南发生1.7级小震。

1983年聊考带中北段小震活动频度表

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
频次	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1*	0	0

*10月11日济南1.7级

这些前兆异常变化、小震活动和地磁场局部异常 δf 的同步变化和对应关系，对聊城、泰安、济南三台地磁 δf 异常给予了一定程度的肯定。它们可能同时反映菏泽5.9级地震前后，聊考断裂带附近地下应力状态

的变化。异常产生和消失的先后顺序，显示出地震发生前，产生压磁效应的高应力集中区由菏泽沿聊考带向北逐渐扩展；地震发生后，随着震源区能量的释放和地下应力场的调整，高应力集中区由南向北逐渐消失的过程。

聊城水化站 N_2/He 、长清电感地应力资料是由靖继才、赵淑平提供的，在此谨致谢意。

(本文1990年10月14日收到)

RE-STUDY ON THE GEOMAGNETIC ANOMALY OF THE HEZE 5.9 EARTHQUAKE

Lin Jinshi, Su Luansheng

(Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan, China)

Abstract

Using the short-period conversion function and extracting local anomaly from the geomagnetic field, we have re-studied the variation of the geomagnetic field before and after the Heze 5.9 earthquake. It is concluded that before Heze 5.9 earthquake, there exists anomalous variation in short-period component of the geomagnetic field and local anomaly of the fundamental geomagnetic field in Heze and its vicinity. These anomalies synchronize and have similar shape with the b-value, activity of small earthquakes and some other precursory anomalies.