

# 中国华北地区地磁长期变化的分析\*

林云芳 曾小萍 郭启华  
(国家地震局地球物理研究所)

## 摘要

本文分析处理了华北及其邻近地区以及日本三个地磁台 1960—1977 年的水平分量 ( $H$ )、垂直分量 ( $Z$ ) 和总强度 ( $F$ ) 的观测资料。结果表明, 华北地区  $Z$  的逐年变化在 1974—1976 年呈现一个由下降到上升的转折, 但华北南部和北部的转折时间和速率存在着局部性差异, 同时, 等变线在空间上亦有由南向北的移动现象。 $H$  和  $F$  同样具有类似的区域性特征。

华北地区的上述差异, 曾被一些作者认为是唐山地震的磁效应。他们提出: 北京、昌黎地区地震前出现约数伽马至十几伽马的负异常。从本文的分析可以看出, 这种“负异常”并非局部性的, 它只不过是长期变化大尺度区域性特征的一种表现而已。

## 一、前言

行武毅<sup>[1]</sup>等曾指出, 在 18 世纪, 地球非偶极磁场经历了一个激烈的变化, 其中最显著的事件就是东亚大陆异常的出现。东亚大陆异常虽以强度变化为主, 但仍包含有方向的变化和空间的移动, 使受它影响的地区的地磁长期变化除具有整体性特征外, 还呈现出较大范围的区域性差异。由于中国华北地区位于东亚大陆异常的东南一侧, 因此, 分析中国地磁长期变化的特征, 对了解东亚大陆异常是很重要的。

1976 年华北地区发生了唐山大地震, 有些作者在分析唐山地震的磁效应时, 提出震前北京和昌黎地区与距震中较远的红山台(河北邢台地区)相比,  $Z$  分量出现约数伽马至十几伽马的负异常, 有的作者还进一步做了理论工作。我们认为, 首先要从台站资料所能提供的全部信息来分析判断异常是否可靠。其次, 在分析地震磁效应时, 除了要考虑外空变化场的影响外, 还须考虑作为背景场的长期变化的影响。因为局部地区的地磁异常往往是长期变化区域性特征的一种表现。所以, 在未分析清楚地磁长期变化的时空分布特征之前, 要判断持续时间较长的震磁效应是困难的。

由于在唐山地震磁效应的考察工作中, 主要采用了垂直分量 ( $Z$ ) 的资料, 所以本文着重分析  $Z$  分量长期变化的时空分布特征。

\* 1980 年 3 月 7 日收到初稿, 1981 年 4 月 24 日收到修改稿。

## 二、资 料

我们利用了长春、北京、兰州、武昌、余山(上海)、广州和日本的女满别、柿岡、鹿屋等地磁台 1960—1977 年磁变仪和地磁经纬仪观测的  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  的月、年均值以及北京、天津、昌黎、红山(河北隆尧县)、泰安等台 1974.7—1978.12. 的核子旋进磁力仪在北京时间 21 点所测  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  的月均值资料。这些台站的位置见表 1 和图 1。各台  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  年均值的变化曲线见图 2(a)。

表 1 各地磁台的位置

台 名	地 球 座 标		地 磁 座 标	
	经度 ( $\lambda$ )	纬度 ( $\phi$ )	经度 ( $A$ )	纬度 ( $\phi$ )
女满别	144° 12' (E)	43° 54' (N)	209.7°	34.0°
长 春	125 12	44 03	193.3	33.0
北 京	116 10	40 02	185.7	28.7
昌 黎	119 03	39 43	188.2	28.4
天 津	117 01	39 12	186.5	27.9
柿 岡	140 11	36 13	207.3	26.0
红 山	114 42	37 25	184.5	26.0
泰 安	117 07	36 13	186.7	24.9
兰 州	103 51	36 05	174.9	24.7
鹿 屋	130 53	31 25	199.4	20.5
余 山	121 11	31 06	190.5	19.9
武 昌	114 34	30 32	184.5	19.2
广 州	113 21	23 06	183.5	11.7

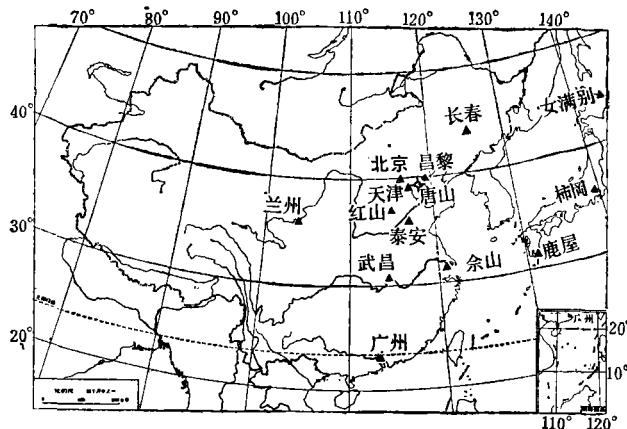
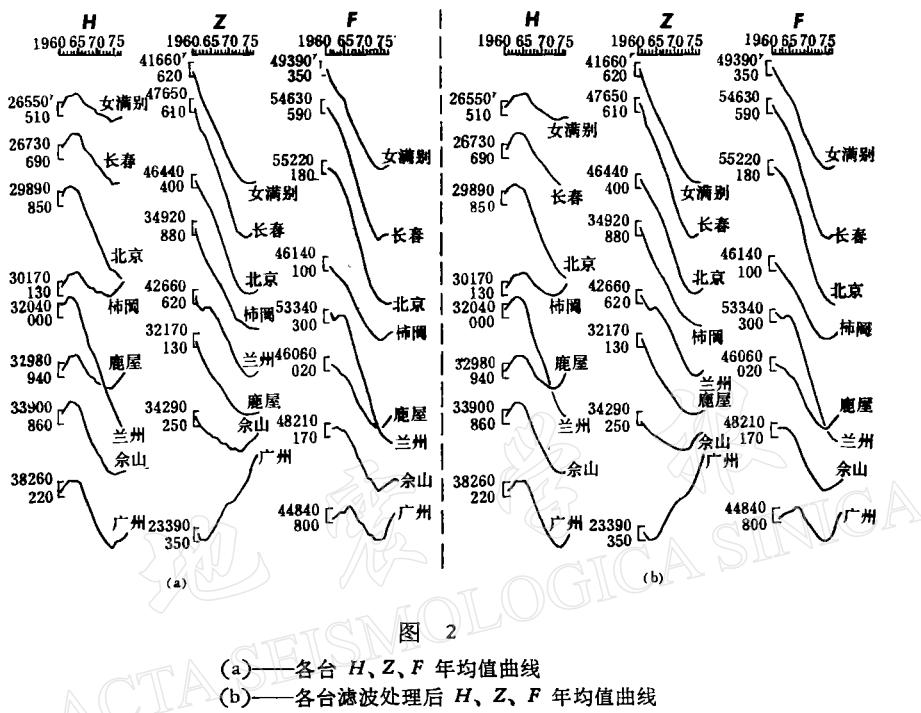


图 1 台站位置分布图

地磁长期变化具有在较长时间内单调变化的特点。为了突出长期变化, 消除较短周期成分(如磁暴、扰后效应、年变化等), 我们对所有各台的  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  月均值作了快速谱分析<sup>[2]</sup>, 得到较短周期成分的周期为 1 年和 2 年的峰。再对各台原始月均值进行了周期

为 2 年的低通滤波处理<sup>[3]</sup>，得出各台滤波处理后的  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  年均值曲线，如图 2(b) 所示。



### 三、中国华北及东部地区地磁长期变化的时空分布特征

我们将滤波处理后算出的年均值计算  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  三要素的年变率：

$$\dot{W}_n = \frac{\Delta W}{\Delta P} = \frac{W_{n+2} - W_{n-2}}{4}$$

此处  $W$  代表  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  的年均值； $n = 1, 2, \dots, 14$ ，分别对应于 1962, 1963, …, 1975 年； $\Delta P = 4$  年。

为了考察地磁长期变化的空间分布特征，我们以 1965, 1970, 1975 年代，每 5 年各做一张  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  的等值线和等(年)变线图，如图 3 所示。图中的虚线为等变线，实线为等值线(各台的绝对值已归算为正常值)。

通过对上述各台资料的处理，现对中国华北及东部地区地磁三要素 ( $H$ 、 $Z$ 、 $F$ ) 的时空分布特征分述如下：

#### 1. $H$ 、 $Z$ 、 $F$ 的时空分布特征

水平分量  $H$  的等变线基本上是南北走向，其数值由西向东增加。1965 至 1970 年代  $H$  等变线由西向东移动，1970 至 1975 年代则由东向西移动(见图 3(a-1)–(a-3))。

垂直分量  $Z$  的等变线基本上是东西走向，其数值由北向南增加。1970 至 1975 年代  $Z$  的等变线由南向北移动(见图 3(b-1)–(b-3))。

总强度  $F$  的等变线是东北—西南走向, 其数值是北部小南部大。1970 至 1975 年代  $F$  等变线由东南向西北移动(见图 3<sub>(c-1)</sub>—<sub>(c-3)</sub>)。

1970 至 1975 年代  $H$ 、 $Z$  和  $F$  等变线的移动速度分别为 230 公里/年、200 公里/年和 320 公里/年左右。

## 2. 转折时间的空间分布特征

1) 垂直分量  $Z$  由图 2 可以看出, 除广州台外, 所有各台  $Z$  分量从 1960 年开始, 一直在下降, 下降速率是北部大南部小, 1970 年代开始出现转折。各台出现转折的开始时间、结束时间和转折的持续时间均列于表 2。

从表 2 可知,  $Z$  分量转折的开始时间是南部早北部迟, 如广州为 1961 年 10 月, 余山为 1971 年 3 月, 北京为 1974 年 11 月。纬度大致相同的台站, 转折的开始时间是西部早东部迟, 如余山为 1971 年 3 月, 鹿屋为 1973 年 8 月。转折的持续时间一般为 2 年左右。用最小二乘法算得各台  $Z$  分量的转折时间  $T_z$  ( $T_z$  为转折开始时间和结束时间的平均值) 与磁纬  $\phi$  的关系(如图 4<sub>(a)</sub> 所示)为:

$$T_z = 1966.6 + 6.750 \log(\phi - 11.5)$$

从图 4<sub>(a)</sub> 可知, 在  $\phi < 20^\circ$  的地区,  $T_z$  随着磁纬的变化激烈, 而在  $\phi > 20^\circ$  的地区,  $T_z$

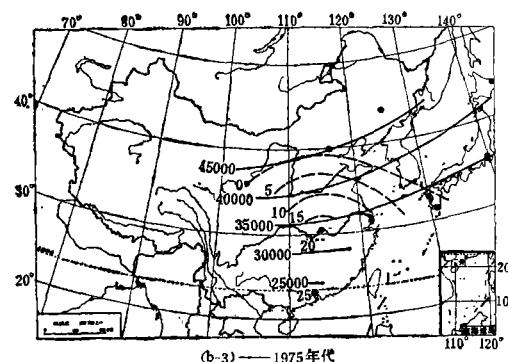
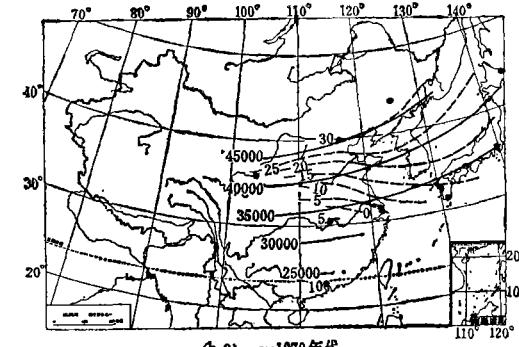
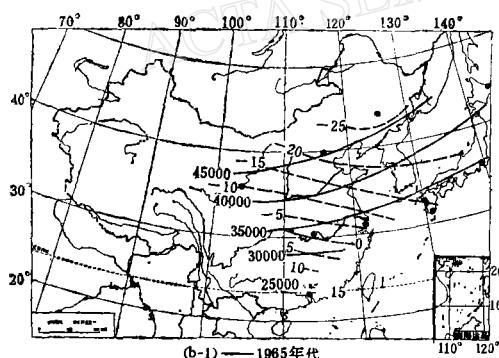
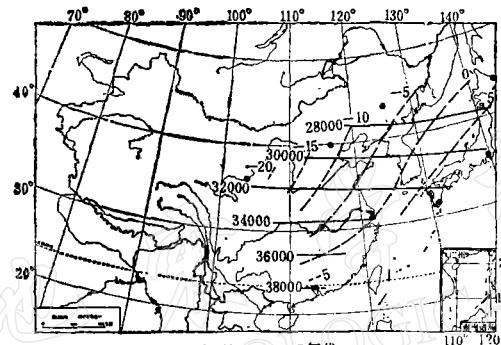
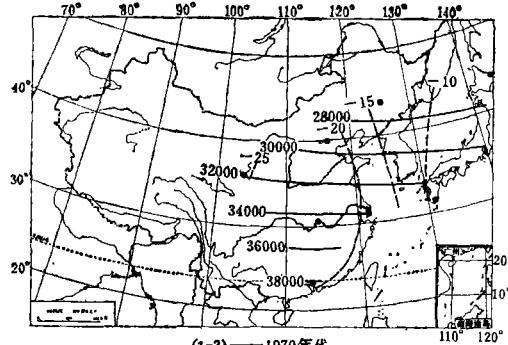
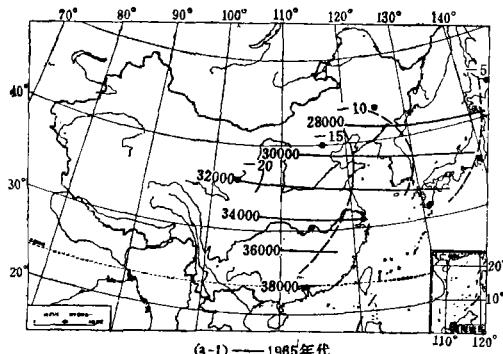
表 2 各台垂直分量  $Z$  出现转折的时间

台 站	开始时间	结束时间	持续时间	备 注
广 州	1961.10.	1963.2.	1 年零 5 个月	
武 昌	1972	—	—	资料不连续, 供参考
余 山	1971.3.	1973.6.	2 年零 4 个月	
鹿 屋	1973.8.	1975.12.	2 年零 5 个月	
兰 州	1974.6.	1975.6.	1 年零 1 个月	
泰 安	—	1975.8.	—	
红 山	—	1975.8.	—	
柿 岗	1975.3.	1977.6.	2 年零 4 个月	
天 津	—	1976.9.	—	
昌 黎	—	—	—	
北 京	1974.11.	1976.11.	2 年零 1 个月	
长 春	1974	1975	1 年	供 参 考
女 满 别	1975.2.	1977.2.	2 年零 1 个月	

值随着磁纬的增加较平缓地增大。

华北地区  $Z$  分量在 1974—1976 年呈现转折(见图 2 和图 4<sub>(a)</sub>), 其强度由下降转为上升, 但其转折时间和速率却存在着局部性差异。华北南部的红山、泰安等地转折的结束时间早(1975 年 8 月), 回升速率大( $10-20''/年$ )。而华北北部地区的北京、天津、昌黎等地, 转折较迟, 转折的开始时间为 1974 年 11 月, 结束时间为 1976 年 11 月, 回升速率小, 例如北京是  $1.7''/年$ 。外围地区日本的女满别台和柿岡台与华北北部地区相比, 虽然转折时间更迟(开始时间为 1975 年 2—3 月, 结束时间为 1977 年 2—6 月), 回升速率也小, 但转折的形态相近。这说明中国华北地区  $Z$  分量的上述差异确实是大范围区域性的。

2) 水平分量  $H$  1963 年左右各台的水平分量  $H$  出现强度由上升转为下降的转折, 转折的持续时间为 1 年左右。1974 年左右,  $H$  又出现由下降转为上升的转折, 转折的持



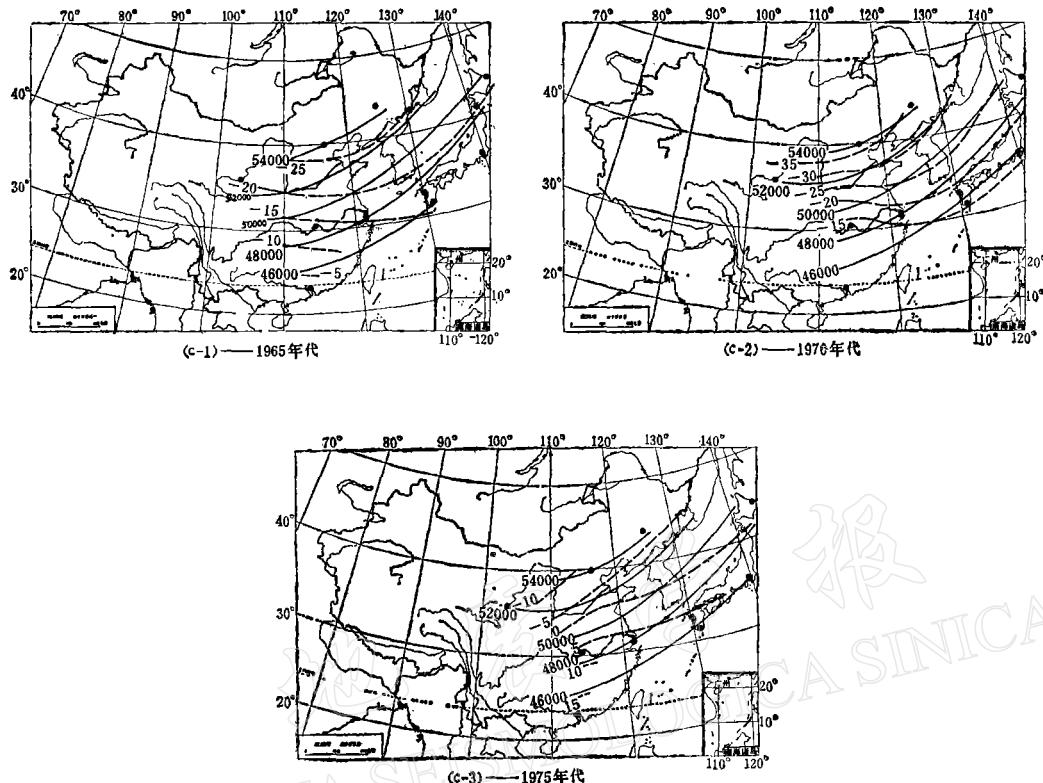


图 3

- (a)——水平分量  $H$  等值线(实线)和等变线(虚线)  
 (b)——垂直分量  $Z$  等值线(实线)和等变线(虚线)  
 (c)——总强度  $F$  等值线(实线)和等变线(虚线)

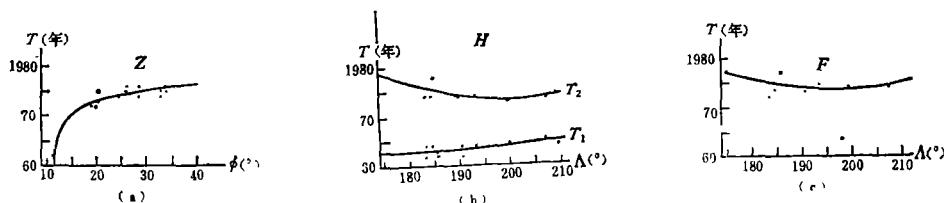


图 4

- (a)——转折时间  $T_Z$  与磁纬  $\phi$  的关系  
 (b)——转折时间  $T_H$  与磁经  $\Delta$  的关系  
 (c)——转折时间  $T_F$  与磁经  $\Delta$  的关系

续时间约为 1—2 年(见图 2)。但兰州和北京两台到 1978 年 12 月还未出现转折。同样,用最小二乘法可得  $H$  的转折时间  $T_H$  与磁经  $\Delta$  的关系(如图 4(b)所示)为:

$$T_{H1} = 1976.3 - 0.1800\Delta + 0.0006\Delta^2 \quad (\text{对应于 1963 年的转折})$$

$$T_{H2} = 2297.6 - 3.2267\Delta + 0.0080\Delta^2 \quad (\text{对应于 1974 年的转折})$$

图 4(b)表明,  $H$  分量在 1963 年前后出现的转折是西部( $\Delta$ 小)早, 东部( $\Delta$ 大)迟, 而 1974 年左右出现的转折则是东部早西部迟。

3) 总强度  $F$  由图 2 可知, 除广州台外, 从 1960 年开始, 各台的总强度  $F$  都在缓慢地下降, 到 1972—1975 年期间, 各台出现转折, 并稍有回升。但是, 和  $H$  分量一样, 兰州和北京两台的  $F$  转折较迟, 直至 1978 年 12 月还未回升。 $F$  的转折时间  $T_F$  和磁经  $\Lambda$  的关系(见图 4(c))为:

$$T_F = 2290.7 - 3.2331\Lambda + 0.0082\Lambda^2$$

从图 4(c), 可以看出,  $F$  的转折时间在  $\Lambda = 195^\circ$  附近有极小值。

综上所述, 中国华北及东部地区地磁三要素 ( $H$ 、 $Z$ 、 $F$ ) 的强度和方向在 1960—1977 年期间都经历了一个复杂的变化过程。从对不同年代等变线图的比较可以看出,  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  的等变线分别以不同的速度在不同的方向上移动, 而且各要素在不同时期都呈现出由下降转为上升, 或由上升转为下降的转折。转折的开始时间、结束时间、下降速率和回升速率在空间上均有差异, 垂直分量  $Z$  尤为明显。 $Z$  的等变线在空间上有由南向北移动的现象, 华北地区  $Z$  分量在 1974—1976 年期间出现了由下降到上升的转折。这说明中国华北和东部地区地磁长期变化除具有整体性特征外, 还呈现出区域性差异。

转折现象是地磁长期变化的一个重要特征。转折时期长期变化剧烈, 表现出来的区域性差异比单调变化时期更为显著。因此, 了解转折时期的地磁长期变化的特征和规律, 不仅有助于对地球内部物质运动状态的研究, 而且对判断地震磁效应也是重要的。

#### 四、关于唐山地震

1976 年 7 月 28 日唐山地震发生后, 有些作者提出从 1975 年 11 月到唐山地震前, 北京、昌黎地区的垂直分量  $Z$  与红山(河北隆尧县)相比, 分别出现 8 $\gamma$  和 15 $\gamma$  的“负异常”, 异常情况如图 5(b) 中的实线所示。他们认为这是唐山地震的磁效应。我们认为只有对资料的可靠性和负异常的性质作出判断后才能得出结论。

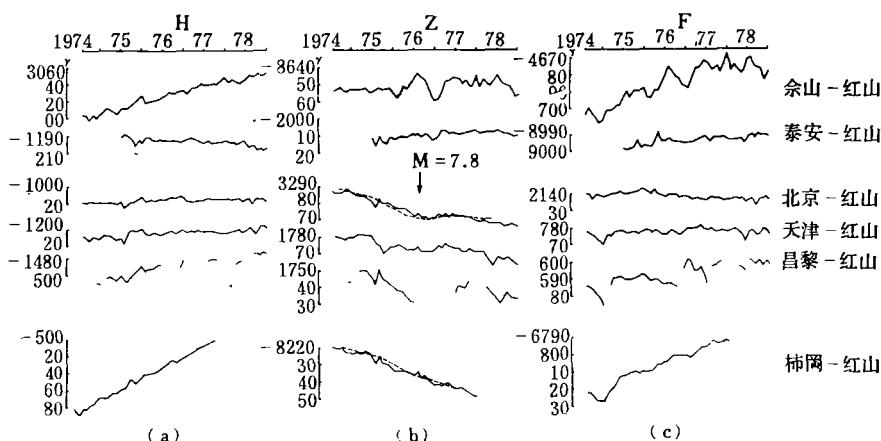


图 5 各台与红山台  $H$ 、 $Z$ 、 $F$  北京时 21 点月均值差值曲线

(a) 水平分量  $H$ ; (b) 垂直分量  $Z$ (虚线为用长期变化规律推算的); (c) 总强度  $F$ .  
(图中箭头为唐山地震发生的时间)

由图 5 可知, 昌黎、北京两台 Z 的形态变化较一致, 但是, 昌黎台资料的连续性较差, 用该台的数据来判断资料的可靠性比较困难。因此, 我们从北京台的资料入手, 考察了该台三套独立观测仪器的一致性。1976 年以来, 北京台有三套绝对观测仪器: 马丁 (Mating) 磁经纬仪、舒米特 (Schmidt) 磁经纬仪和核子旋进磁力仪。由核旋仪和舒米特仪观测得到的 Z 月均值的逐月变化如图 6(a) 所示。图中实线为核旋仪观测的月均值, 虚线为舒米特仪观测的月均值。他们的月均值差的均方差为  $\pm 2.4^r$ 。由于马丁仪观测数据受温度影响, 我们按下式进行了校正:

$$\Delta Z' = 44.3 - 0.3445t - 0.0088t^2$$

此处  $t$  为观测温度的月均值。 $\Delta Z'$  的单位为  $r$ 。核旋仪和经过温度校正后马丁仪的 Z 月均值的逐月变化如图 6(b) 所示。图中实线为核旋仪观测的月均值, 虚线为经过温度校正后的马丁仪观测的月均值。它们的月均值差的均方差为  $\pm 3.0^r$ 。

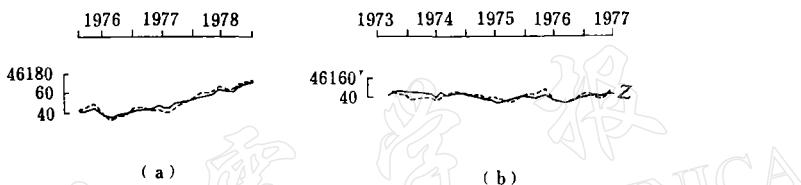


图 6 北京台三套观测系统所测 Z 月均值逐月变化的比较

以上的考察表明, 北京台三套同时进行独立观测的仪器的 Z 月均值之差的均方差  $\Delta_z \leq |3.0^r|$ , 这说明该台的资料可靠, 所谓的“负异常”的确存在。

为便于判断华北北部地区的北京、昌黎相对于南部地区的红山出现的“负异常”是否是地震的磁效应, 我们将下列台站按距离震中的远近分为三组: 余山、泰安为一组, 北京、天津、昌黎为一组, 日本的柿冈为一组。图 5 中 (a)、(b)、(c) 分别为它们与红山台北京时 21 点的 H、Z (简写为  $Z_{21}$ )、F 的月均值差值曲线。

由图 3 和图 4(a) 的分析可知, 由于华北地区 Z 分量在 1974—1976 年转折期间出现南北差异, 所以北部地区的北京、昌黎、天津与南部地区的红山台 Z 的月均值差值曲线必然出现下降趋势 (图 5(b)), 这就是所谓的“负异常”。然而, 外围地区的柿冈台, 由于 Z 的转折更迟, 回升速率亦小, 所以柿冈台与红山台 Z 的月均值之差必然会出现更大的“负异常”。

为进一步判断上述“负异常”的性质, 我们利用以上各台年变率和转折时期的空间差异, 推算出北京台、柿冈台与红山台 Z 月均值之差的逐月变化曲线, 如图 5(b) 中的虚线所

表 3 北京台、红山台  $Z_{21}$  逐年变化之差  $\Delta y$  的计算(单位:  $r$ ;  $r$ /年)

年	北 京 台		红 山 台		二台逐年变化 之差 $\Delta y$
	$Z_{21}$ 年均值	逐年变化	$Z_{21}$ 年均值	逐年变化	
1974.7.—1974.12.	46148.5		42861.9		
1975	142.6	-5.9	861.0	-0.9	-5.0
1976	143.7	1.1	870.1	9.1	-8.0
1977	151.2	7.5	879.2	9.1	-1.6
1978	168.7	17.5	900.8	21.6	-4.1

示。具体推算方法是：1) 由各台年均值算出各台的逐年变化值；2) 算出两台的逐年变化之差  $\Delta y$  (见表 3)；3) 将  $\Delta y$  用线性内插法算出两台逐月变化之差  $\Delta_m$ ；4) 在两台出现转折差异期间(例如北京台与红山台在 1975.8.—1976.11. 期间 Z 反向)，在逐月变化之差  $\Delta_m$  中再加上转折差异  $\Delta_t$  (见表 4)。表 3 和表 4 以北京、红山两台的数据为例，进一步说明上述的算法。

表 4 北京台、红山台在转折差异期间  $Z_1$  逐月变化之差的计算(单位:  $r$ )

年 月	由 $\Delta y$ 内插的逐月差 $\Delta_m$	转折时期差异 $\Delta_t$	二台逐月变化之差 $\Delta_c$	二台实测月均值之差 $\Delta_0$ (减去 3290.0 $r$ )	计算值与实测值之差 $\Delta = \Delta_c - \Delta_0$
1975. 8.	-5.8	-0.9	-6.7	-7.4	+0.7
9	-6.0	-1.8	-7.8	-10.3	+2.5
10	-6.2	-2.7	-8.9	-9.5	+0.6
11	-6.5	-3.6	-10.1	-10.3	+0.2
12	-6.8	-4.4	-11.2	-11.4	+0.2
1976. 1	-7.0	-5.3	-12.3	-13.0	+0.7
2	-7.2	-6.2	-13.4	-13.0	-0.4
3	-7.5	-7.1	-14.6	-12.0	-2.6
4	-7.8	-8.0	-15.8	-15.0	-0.8
5	-8.0	-8.9	-16.9	-16.0	-0.9
6	-7.5	-9.8	-17.3	-18.0	+0.7
7	-6.9	-10.6	-17.5	-17.0	-0.5
8	-6.4	-11.5	-17.9	-17.0	-0.9
9	-5.9	-12.4	-18.3	-19.0	+0.7
10	-5.3	-13.3	-18.6	-20.0	+1.4
11	-4.8	-14.2	-19.0	-19.0	0
12	-4.3	-14.2	-18.5	-18.0	-0.5

从表 4 最后一栏的数据可以看出，考虑了年变率和转折期间的空间差异以后所算出的两台逐月变化差  $\Delta_c$  与两台实测值差  $\Delta_0$  (减去一大数 3290.0 $r$ ) 的差  $\Delta < |3r|$ 。同时，从图 5(b) 中的虚线和实线比较，我们也可以看出推算的差值曲线(虚线)和实测的差值曲线(实线)相当吻合。

由此可见，华北地区在唐山地震前出现的这种地磁“负异常”现象并非局部性的，它只不过是长期变化大范围内区域性特征的一种表现而已。

本文作者对国家地震局地球物理研究所郑治真同志的热情帮助表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] T. Yukutake and H. Tachinaka, The non-dipole part of the earth's magnetic field, Bull. Earthq. Res. Inst., 46, 5, 1027—1074, 1968.
- [2] E. O. 布赖姆, 快速傅里叶变换, 上海科学技术出版社, 1979.
- [3] 郑治真, 波谱分析基础, 地震出版社, 1979.

## AN ANALYSIS OF THE GEOMAGNETIC SECULAR VARIATION OF NORTH CHINA

LIN YUNFANG ZENG XIAOPING GUO QIHUA

(*Institute of Geophysics, State Seismological Bureau*)

### Abstract

In this paper, the geomagnetic observational data of the horizontal intensity (H), the vertical intensity (Z) and the total intensity (F) for the period 1960—1977 at several observatories in North China and its vicinity and also at three observatories in Japan are analysed. The results show that from 1974 to 1976 in North China, the yearly variation of the vertical intensity consists of a stage from decreasing to increasing in values. But there is a local difference in the time length of the stage and rate of change between the northern and southern parts of North China. Also, there appears a displacement of the isomagnetic lines of the rate of annual variation from the south to the north. For H and F of this area, similar regional difference can be seen.

The above differences has been interpreted by some authors as the geomagnetic effect of the Tangshan Earthquake. They maintain that there occurred in Beijing and Changli prior to the earthquake a negative anomaly of a few to more than 10 gammas. But according to our analysis, the negative magnetic anomaly is not a local phenomenon but a large scale regional exhibition of a secular magnetic variation.