

地震前地磁垂直分量变化特征 及其成因的讨论

赵志新 王仕明 吴德珍

(兰州地震研究所)

摘 要

本文分析了1976年7月28日唐山7.8级地震和1982年4月14日海原5.5级地震前的地磁变化。指出地震前地磁垂直分量减小的变化可能是高电导带附近的地震地磁前兆的一种特征。同时认为,这种地磁变化的原因可能是由于地幔物质对流导致居里等温面的变化所引起的。

一、引 言

长期以来人们在对地磁与地震关系的研究方面,无论是野外观测还是理论都已积累了大量的资料和许多有指导意义的见解^{[1][2][3]}。这些对我们认识“震磁效应”的规律具有一定的指导意义。

众所周知,构成地磁场成份多,各种现象纷繁复杂,而且出现的随机性强,地震前地磁变化的增加或减少特征也不尽一致。这除了要求我们必须把研究和观测的时间尺度扩大,频带增宽^[4]以外,本文认为结合孕震过程给各种不同变化现象以确切的物理解释是逐步加深对“震磁关系”认识的不可缺少的一步。在早年的地磁研究中指出,地核物质对流是产生地磁场的原因。近年来,地球内部物理学和地球动力学的研究指出,地幔物质的对流运动不仅是造成板块构造和大陆漂移的原因而且实际上也是所有地质活动的根源。这就启发我们在探索“震磁效应”关系时,既要注意到震源区附近的构造应力场的变化,也必须注意到地下物质的运动,两者应该结合起来一起研究。本文根据1976年7月28日唐山7.8级地震和1982年4月14日海原5.5级地震前局部磁场变化的实际资料,结合孕震过程及地下物质的运动过程来讨论地震前的一些地磁变化。

二、地震前地磁垂直分量减小的变化特征

本文所讨论的两个地震在其震中附近都存在高导异常带^{[5][6]},地震前的地磁变化都以

垂直分量减小的现象为主要特征，表1给出两个地震的参数。

震源机制解 表1

参数类别 地震	节面 A			节面 B			X _A		X _B		P		T		N		资料来源
	走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	
1976.7.28唐山7.8	41°	SE	85°	309°	NE	70°	39°	20°	130°	8°	86°	18°	346.5°	10°	258°	69°	据邱群等
1982.4.14海原5.5	352°	W	84°	79°	S	64°	169°	25°	262°	5°	219°	20°	123°	13°	4°	63°	据秦保燕等

1.1976年7月28日唐山地震前地磁的异常变化

唐山地震发生在唐山—昌黎这一构造性磁异常带的附近。周围有密集的京津地磁观测网。图1a是其周围部分观测台的分布图，图1b和图1c是京津及其外围地区部分台站地磁垂直分量随时间变化曲线和部分台组之间的差值变化曲线〔7〕。根据文献〔7〕的看法，1974年到1975年7月各台Z分量变化的一致性较好， ΔZ 曲线基本稳定，未出现明显异常。1975年7月后，昌黎台相对外围的红山台呈趋势性下降，持续时间达一年左右，至唐山地震前下降幅度达10伽马以上。北京台相对红山台也有下降显示，但变化幅度较小，地震后异常稍有回升，但未恢复原值，而在新的水平上保持相对稳定。

在对唐山周围一些台站进行长期年变校正后，所得地震前各台地磁垂直分量的异常量，列于表2。

由表2可见大部分异常为负值异常，其中昌黎台异常幅度最大为-11.5伽马，其它台的异常量都较小，所以经长期变化校正后，唐山地震前的地磁异常主要在昌黎地区。总的异常范围大约有200公里。

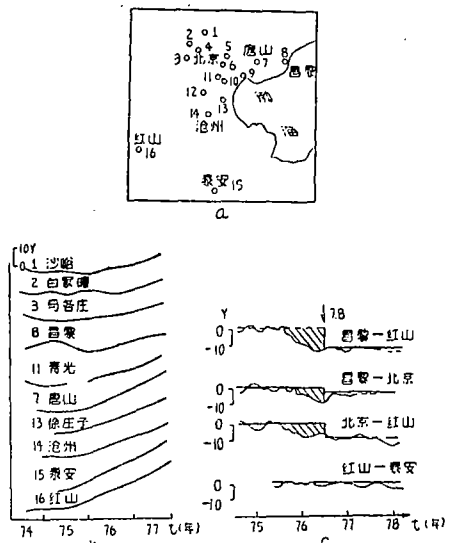


图1 唐山地震前地磁垂直分量的变化
a.地磁观测点的分布；
b.各测点Z分量观测曲线；
c.主要台站 ΔZ 变化曲线。

Fig.1 Variation of magnetic Vertical component before Tangshan earthquake.

经长期年变校正后唐山震前异常量（伽马） 表2

台站	红山	文安	沧州	宝坻	青光	唐山	沙峪	白家疃	马各庄	马家店	宁河	东堤头	昌黎
异常值	0	-2.7	-2.5	-2.9	-5.3	+1.7	-4.3	-3.4	-4.5	-2.5	-2.8	+3.0	-11.5

2.1982年4月14日海原地震前的地磁异常

与唐山地震相仿，海原位于兰州—天水之间的东西向高导异常带附近，图2a是海原周围地磁台分站布图。为了避免资料受仪器零漂影响，本文选取日变幅度作为这次地震前“空间相关”分析参量。将距海原380公里的河西堡台作为参考点，与海原周围的兰州、景泰、银川、固原和天水进行幅度比相关分析，分析结果见图2b。由图2b可见，从1981年1月份

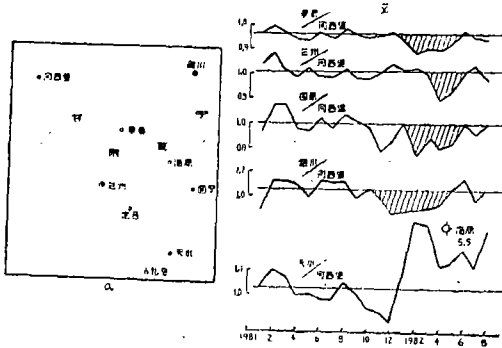


图 2 a. 海原地区周围地磁台站分布图

b. 海原地震前日变幅之比变化曲线

Fig.2a. The distribution of the geomagnetic observatories near Haiyuan.

b. Sq amplitude rate change before the Haiyuan earthquake.

到10月份各台与河西堡日变幅之比曲线变化基本稳定,自1981年10月份后景泰、兰州、固原和银川四台与河西堡的幅值比相继出现负的异常,银川、固原的异常变化大约从1981年底开始,兰州、景泰的异常变化稍晚些,到震前异常幅度达到15%左右,震后到1982年5、6月份异常恢复。唯天水台是在1981年10月份先开始出现负的异常变化,到1982年元月又转为正的异常变化,而且震后没有恢复到原来的变化水平,在一个新的基础值上保持相对稳定。这次地震的异常范围也达200公里左右。

为了进一步分析伴随这次地震的地磁变化,我们又分析了在震前具有多年绝对观测的兰州地磁台的垂直分量的长期变化。由图 3 a可见,震前几年,垂直分量一直处于逐年上升的状态。然而,图 3 b中的逐日变化曲线却自1981年5月份以来,垂直分量改变了原来逐步上

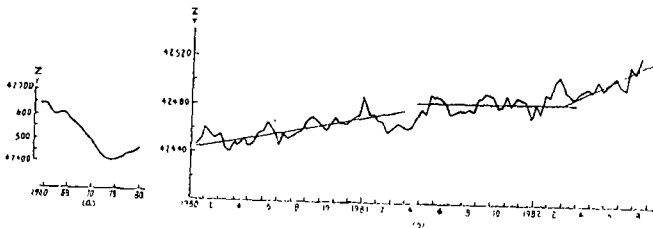


图 3 a. 兰州台长期变曲线

b. 海原地震前兰州台地磁垂直分量的变化

Fig.3a. Vertical component secular change in Lanzhou observatory.

b. Vertical component change in Lanzhou before Haiyuan earthquake.

升的变化趋势,直到1982年2月份都一直保持在同一水平的平直变化,到1982年4月份后又和原来差不多的速率上升,我们认为自81年5月份到82年2月份这一期间垂直分量的减少与海原地震有关。图 4 是地磁谱中暴时变化 D_{st} ,磁暴急始SC和磁湾Bay三种不同周期变化现象的有关参量的震前变化。它们的共同特征是异常变化差不多于1981年8、9月份开始,而又大约于82年2月份或稍晚一点结束,其变化的实质都体现出地磁场垂直分量减少的变化。

综上所述,在这两次地震前数月到一个年的时间内都伴随有地磁场垂直分量减少的前兆现象,持续时间也在数月之久,而且异常范围都在200公里左右。具有这种特征的地磁前兆变化,其它文献也曾报道过〔8〕。

上面所观测到的垂直分力减少的现象不能由表 1 中的震源机制解得到圆满的解释。根据

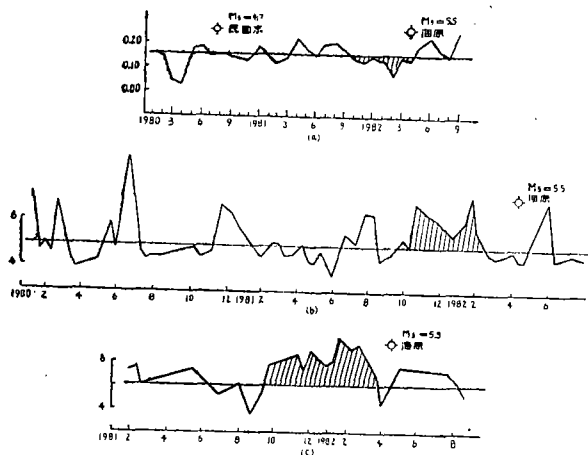


图4 海原地震前兰州台不同周期事件幅值比变化图

- a. $|K|$ 变化曲线
b. $SC\Delta H/\Delta Z$ 变化曲线
c. $bay\Delta H/\Delta Z$ 变化曲线

Fig.4 Amplitude rate variations on different periodical events in Lanzhou before Haiyuan earthquake.

压磁学说所导出的震磁效应如图5所示。由表1可知这两次地震的主压应力P轴倾角不大于 20° ，近似认为受水平力作用，那末如图5那样沿 op 方向有磁场的减少变化，而垂直于 po 方向的 oz 方向应有磁场的增加，这与前面提及的观测结果相矛盾。

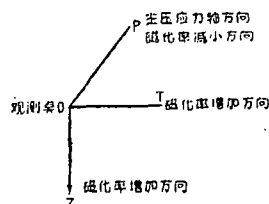


图5 压磁效应各向异性示意图

Fig.5 Sketch map of anisotropic component on piezomagnetic effect.

三、讨 论

以上震前地磁垂直分量减少变化的特征是否会由外空场变化所致呢？我们的回答是否定的。因为在分析上述两震例时所采用的差值法、幅值比法从原理上讲都能消除部分外空场的影响，而在分析唐山地震前地磁变化时进行长期变改正后仍然存在异常变化。特别是海原地震前兰州台三种不同变化周期事件都有垂直分量减少变化，而这些变化中磁暴和磁湾变化是成因不同的两种地磁现象。磁暴主要是由于太阳风所形成的，而磁湾变化不仅由于大气层中的电流变化而且还由于地球内部的感应电流作用所形成的，而且后一部分的作用几乎占了全部变化的40%。就出现的时间来讲，磁暴和磁湾也没有什么必然的联系。所以图4中三者的同时变化可能是在震前受到一个共同的地下物理因素所引起的。近年来，人们根据深震和浅震在地理分布上的密切相关性，指出浅震和深震受着同样的深部作用过程的控制。而我们观测到水平运动占显著优势的地震现象使得地下机制被掩盖了。目前认为这种机制是起因于地球的（固体）地幔中物质对流〔8〕。本文所列举的两个地震都处于高导带附近，而高导带又与地下深部物质的热运动有着密切的关系。这就要求我们在探索震磁效应时必须考虑和研究深部物质的运动和变化。

正如文献〔8〕所指出的那样，地幔物质对流运动的基本特征是相对垂直运动。众所周知地球内部温度随深度而增加，来自深部高温物质上涌的过程中，有可能改变所历各层的温度分布，使温度上升。地磁研究表明，地球内部电导率变化范围很大，特别与温度紧密相关。那末由于温度的增高变化，有可能引起地下介质的电导率增大，使整个上地幔的电性分布发生变化；另一方面，对流物质接近地球刚性层时（该层厚度大约有70~200公里），就会影

响地幔顶层和地壳的温度,使地球内部的居里等温面发生升高变化,从而使地下岩层的电导率上升,使地球内部感应能力增高。这种变化在我们观测到的某些频段范围内的地磁变化现象会反映出来的。依据“响应函数”的理论^[9],磁暴急始和磁湾的响应函数值的变化反映了地壳和上地幔介质的电性变化;而 $|K|$ 的变化则主要反映了地下400公里深度处的电性变化^[8]。所以本文中图4的变化可能显示了海原地震前的地下介质的电性特征变化。一般而言,我们观测到的各种频率的地磁变化现象都由内场和外场两部分组成。如果把上述的震磁效应的变化源视为一个地下的磁偶极子的话,则它也属于内源场部分。按照球谱分析理论,有

$$\vec{\Delta H} = -\text{grad}(U_e + U_i)$$

其中 $\vec{\Delta H}$ 为地磁变化场, U_e 和 U_i 分别表示外源变化场和内源变化场的磁位。对垂直分量而言

$$\Delta Z_e = \frac{-\partial U_e}{\partial Z} = -\frac{\partial U_e}{\partial r}$$

$$\Delta Z_i = \frac{-\partial U_i}{\partial Z} = \frac{\partial U_i}{\partial r}$$

其中 ΔZ_e 和 ΔZ_i 分别表示外、内源引起的垂直分量变化部分, r 为球坐标矢径。可见垂直分量变化场中的内、外源部分有着反向的变化,所以当震前球内电导率升高,内部感应场强增大时,就会引起实际上观测到的变化磁场的垂直分量减少;同时由于居里等温面的升高引起岩石的退磁现象,无疑地也会引起地磁垂直分量的减少。这也就是地球内部上地幔物质对流在震前引起各种现象垂直分量减少的原因。

四、上地幔物质对流也会造成地面上其它 地球物理现象的震前异常

以力学原理为出发点的“压磁学说”,很难解释地震前在数百公里大范围内观测到的地磁单一变化异常。本文涉及的两个地震的观测表明,一个大震的异常范围往往都有二、三百公里,且异常分布与构造无明显关系,而形成类似“红肿区”^[10]的异常区。美国学者 Jonestone 的研究也表明,在断层两边近距离观测震磁效应似乎得不到相反的变化^[11]。而居里等温面的变化很容易解释大范围内观测到的震前垂直分力减少的变化。

地下深部物质的对流除了能够引起地下电导率和介质磁化率的变化,从而引起地磁场的变化外,同时由于地下高温物质的运动必然伴之以地热流的异常。这与许多学者所指出的高电导区、热流高值区、波速异常区在地理位置上往往吻合的结论一致。当地幔物质的这种相对垂直运动施加于地壳时,除上述的热力学效应外,还同时对地壳施加一垂直力作用,形成孕震力源之一,会引起和促使地震的发生。文献^[12]^[13]已经详细地讨论了这种力的作用过程和对地震的作用,伴之以这种力的作用过程会使地壳产生形变和重力异常变化,上述地震前出现的这些异常现象的原因及其范围之大也都可从地下物质对流这一过程得到解释。

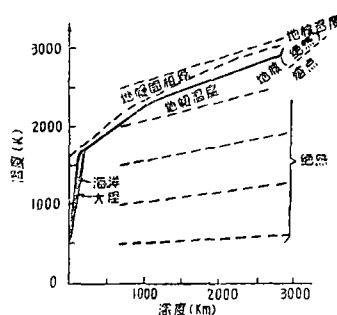


图6 地幔的温度分布图

Fig.6 Temperature distribution in mantle.

结 束 语

由震源体破裂而引起发生的地震主要表现为一种力学过程。所以研究力学效应的各种前兆现象的机制无疑是很重要的，然而要解释孕震过程的许多前兆现象，包括它们的能量转换过程有必要借助于物理学、化学等其它学科的知识。致力于这些效应的研究可能会对震磁关系的研究起到了一定有益作用。

虽然本文例举的两个地震都位于高导带附近，然而这种垂直分量减少的特征变化能否成为高导区附近地震前的普遍现象仍有待在今后预报实践中的进一步检验。本文不足之处是，由于我国另外其它几次7级以上大震前，震中附近连续的观测资料较少，尤其是连续的绝对观测资料较少，故未能作出同样的分析。所以本文根据有限资料得出的认识也仅仅是一种尝试性的，所有这些都有待于今后工作中资料的进一步积累和认识的不断深化。

参 考 文 献

- [1] T. Nagata, Application of tectonomagnetism to earthquake phenomena, *Tectonophysics*, 14, 1972.
- [2] 祁贵仲, 膨胀磁效应, *地球物理学报*, Vol. 21, No. 1, 1978.
- [3] 徐文耀、王仕明等, 地球深部电性变化及相变机制, *西北地震学报*, Vol. 2, No. 3, 1980.
- [4] 中国科学院地球物理研究所第十研究室第一组, 地磁场的空间相关性及其在地震预报中的应用, *地球物理学报*, Vol. 21, No. 3, 1978.
- [5] 陈伯舫, 渤海西岸的电导率异常, *地球物理学报*, Vol. 17, No. 3, 1974.
- [6] 徐文耀等, 甘肃东部地区地磁变化异常及其与地震的关系, *地球物理学报*, Vol. 21, No. 3, 1978.
- [7] 马宗晋等, 1966—1976年中国九大地震, 地震出版社, 1982.
- [8] (澳) Frank D. Stacey, 地球物理学, 中国科学技术大学地球物理教研室译, 地震出版社, 1981.
- [9] K. Yanagilara and T. Nagata, Time change of transfer function in the central Japan anomaly of conductivity with special reference to earthquake occurrences, *J Geomag Geoelectr*, 28, 157—163, 1976.
- [10] 付承义, 地球十讲, 科学出版社, 1976.
- [11] Jonestone et al., Preseismic and coseismic magnetic field measurements near the Coyote lake, California, Earthquake of August 6, 1979., *Journal of Geophysical Research*, Vol. 86, 1981.
- [12] 郭增建、秦保燕, 由地震时震中区的显著下沉讨论震源的底部条件, *西北地震学报*, Vol. 1, No. 1, 1979.
- [13] 秦保燕, 论地震孕育的层间解缚模式与我国某些大地震的余震机制, *西北地震学报*, Vol. 4, No. 3, 1982.

A PRESEISMIC DECREASE VARIATION OF THE GEOMAGNETIC VERTICAL COMPONENT AND A DISCUSSION ABOUT ITS CAUSE

Zhao Zhi-xin Wang Shi-ming Wu De-zhen
(Lanzhou Seismological Institute)

Abstract

In this paper, the geomagnetic variations on the earthquake of magnitude Ms7.8 occurred near Tangshan on July 28, 1976, and the earthquake of magnitude Ms5.5 occurred near Haiyuan were analysed. Then it is pointed out that the preseismic decrease variation of the geomagnetic vertical component may be a characteristic of the seismomagnetic warning sign of the earthquake occurred near the high electrical conductivity area. Meanwhile it is suggested that this geomagnetic variation may be caused by the change of the Curie constant temperature surface caused by the underground medium convection.

周至—西安凹陷地震趋势讨论会在周至举行

1982年6月30日至7月1日陕西周至县境内发生了76次小震群。这一现象是在鄂尔多斯块体周缘中强地震活动增强的背景上发生的,为此,咸阳地区地震办公室邀请了陕西省地震局、国家地震局兰州地震研究所及宝鸡、渭南、铜川、商洛、汉中的地震工作者共36人,于1983年7月9日至13日在周至县举行了“周至—西安凹陷地震趋势讨论会”。代表们讨论了该地区今后的地震趋势问题。

(安宁)

宝鸡市地震局建成穴居动物实验站

在中国科学院生物物理所蒋锦昌和陕西省地震局李永善同志指导下,宝鸡市地震局于1982年10月建成了一个穴居动物(以蛇为主)地震前兆实验站,主要实验地震前的温度变化、地气味、声波振动对这类动物的影响。

(周可兴)