

李琪, 郭毅, 周锦屏, 朱培育, 杨冬梅, 陈化然, 2007. 1979年普洱6.8级地震前地磁异常现象. 震灾防御技术, 2(3) 317—321.

1979年普洱6.8级地震前地磁异常现象¹

李琪¹⁾ 郭毅²⁾ 周锦屏¹⁾ 朱培育³⁾ 杨冬梅¹⁾ 陈化然¹⁾

1) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

2) 云南省宁洱县(原名普洱县)地震局, 宁洱县 665100

3) 上海市地震局崇明地震台, 上海 202164

摘要 本文介绍了1979年3月15日普洱6.8级地震当天, 在距离微观震中仅6.4 km的磨黑镇, 现场安装的陶瓷偏角磁变仪的磁系出现了异常大幅度摆动的事件, 笔者从陶瓷偏角磁变仪的观测原理和地震当日的地磁场活动程度等方面, 分析了造成这次异常事件的原因, 并指出这种异常现象可能与地震前的震磁效应有关。

关键词: 普洱6.8级地震 地磁异常 磁系摆动

引言

1979年3月15日普洱6.8级地震当天, 在距离微观震中仅6.4 km的磨黑镇安装的陶瓷偏角磁变仪的磁系出现了异常大幅度摆动(对应的 D 分量变化达 $50'$)。震中距离地磁观测仪如此近距离、异常幅度如此大的震例还非常罕见。笔者研究了陶瓷偏角磁变仪的观测原理, 分析了地震发生当日的地磁场活动程度, 排除了地磁外源场的影响, 从不同的角度探究了发生该异常事件的原因。

地磁异常变化与地震的关系早已被人们关注, 国内外很多地震震前都发现有地磁异常信号存在(丁鉴海等, 1994; Molchanov等, 1992; Uyeda等, 2001)。在实验室中进行的岩石实验也发现, 在岩石破裂过程中岩石磁性会发生变化(郝锦绮等, 1993)或者会有电磁辐射产生(郝锦绮等, 2003; 钱书清等, 2003)。

目前, 国外对震前ULF频段的电磁异常信号研究很多(Fraser-Smith等, 1990; Hayakawa等, 1996), 在这些研究结果中震前电磁信号的异常幅度很小, 异常最大活动强度仅为 0.1nT 。然而, 也有一些为数不多的异常幅度很大的震例被观测到, 如范国华等(1990)采用模拟记录的MFM-3和GM-1磁饱和磁力仪, 在云南横跨红河断裂进行的地磁 D 、 H 、 Z 三分量的连续观测中, 记录到了量级达上百 nT 的地磁异常变化(最大幅度的异常变化出现在 D 分量, 达 300nT), 而一个半月之后的1988年11月6日发生了澜沧-耿马7.6级和7.2级地震。此外, 台湾鲤鱼潭地磁台也在1999年9月21日台湾集集7.3级地震震前一个多月, 记录到了地磁总场 F 达上百 nT 的地磁异常变化(Horng-Yuan Yen等, 2004), 该台站距离震中55.3km, 距

1 中国地震局地球物理研究所中央级公益性科研院所基本科研业务专项项目DQJB06B04资助。

[收稿日期] 2007-08-10

[作者简介] 李琪, 女, 生于1975年。副研究员。主要研究领域: 空间天气、震磁关系。E-mail: darcyli@163.com

离引发地震的车笼埔断层北端仅 8km。鲤鱼潭地磁台采用的观测仪器是 G-856 质子旋进磁力仪，采样间隔为 10 分钟，灵敏度为 0.1nT。尽管目前还不了解产生如此大幅度地磁异常的物理机制，但这些震例说明了震前出现地磁场强异常变化的可能性。

1 陶瓷偏角磁变仪简介

陶瓷偏角磁变仪是用陶瓷材料代替铜、铝等有色金属材料制成磁变仪的外壳和支架的仪器，顾名思义称为陶瓷偏角磁变仪。实质上，它是一种记录地磁场偏角相对变化的简易地磁记录仪。20 世纪 70 年代，此类仪器在群众地震测报点、测报站上颇为流行。

磁变仪由主体座、底脚组、陶瓷罩、扭头、吊丝、磁系等几部分组成（如图 1 所示），其中的磁系采用悬挂式结构。作为感应元件的磁针用胶粘贴在反射镜上组成磁系，再用胶将纯聚对苯二甲酸乙二酯（简称聚酯）丝的两端分别固定在扭头吊丝杆的尖端和反射镜上，磁系就被悬挂起来了。

只要将磁针正确地安装在磁系的南北方向上，也即当磁针的磁轴与磁子午线方向一致时，在地磁场比较平静的情况下，磁系便会很快地静止在磁子午线方向。假若磁偏角发生变化，则由聚酯丝悬挂的带有反射镜的磁系就会产生在水平面内绕垂直轴自由偏转的现象，其偏转角就是磁偏角的变化。

陶瓷偏角磁变仪的记录原理如图 2 所示。陶瓷偏角磁变仪配有一个光源灯和一个记录器。当磁针安装在磁子午线方向 AB 时，记录光源 S 的光束照射到反射镜 O 上，并被反射到记录器 CD 的感光纸上 0' 处，当磁偏角发生变化时，照射到反射镜的影子也随之变化，并反射到记录器 CD 的 0'' 处。此时，记录光点在感光纸上移动了 Δn (mm)，用移动量乘以标度值便可知磁偏角的变化量。地磁场周而复始连续不断地变化，感光纸上就记录下了光线变化（即磁场变化）的轨迹。

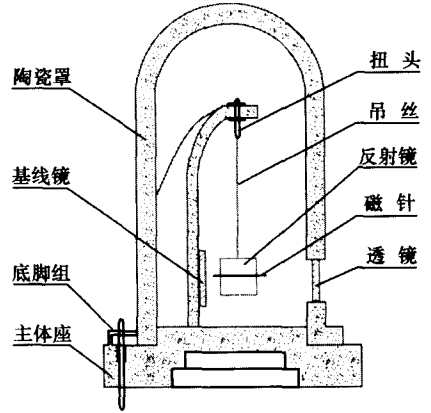


图 1 陶瓷偏角磁变仪主体

Fig. 1 Sketch map of Chinaware Magnetic Declination Variometer (CMDV)

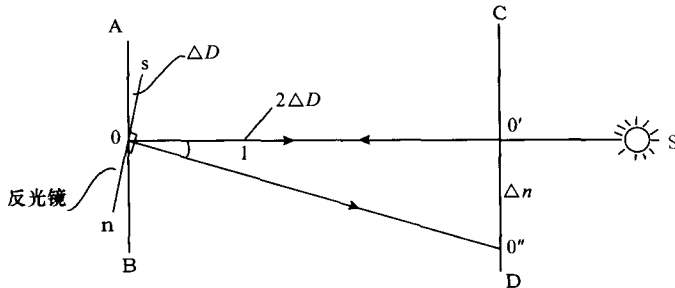


图 2 陶瓷偏角磁变仪记录原理

Fig. 2 Recording mechanics of CMDV

2 1979 年普洱 6.8 级地震之前的磁系异常摆动事件

普洱地区属于地震高发区，宁洱地震震区 50 km 范围内，历史上有记载的 5 级以上地震

共有 14 次: 其中 5.0 级至 5.9 级地震 3 次; 6.0 级至 6.9 级地震 11 次。最大地震就是发生于 1979 年 3 月 15 日的普洱磨黑镇猛先乡的 6.8 级地震, 微观震中位于 $23^{\circ}07'N$ 、 $101^{\circ}15'E$, 震源深度 10km, 震中烈度 IX 度。

陶瓷偏角磁变仪的安装一般仅需要 2 个小时的时间。1979 年 3 月 15 日早上 9 时左右, 宁洱县 (原名普洱县) 地震局的技术人员开始在山洞观测室里安装陶瓷偏角磁变仪, 架设仪器基座、调光点。与往常不同的是, 磁变仪的磁针反光点每次刚对准就又偏离了, 总是无规则的左右摆动。当时观测采用 10cm 宽的感光记录纸 (记录纸中心 ± 5 cm) 记录, 磁变仪磁针反射光点摆幅大于 5cm, 不能正常记录。现场安装的陶瓷偏角磁变仪光源灯到记录器为一次反射, 标度值 $1'/\text{mm}$ 左右。反射光点摆幅大于 5cm, 说明磁场 D 分量变化幅度超过 $50'$ 。

仪器安装工作一直持续到晚上 20 时 52 分 25 秒普洱 6.8 级地震发生, 此时仪器仍因为不能正常记录而没有安装好。地震发生后观测室山洞遭到破坏, 电源中断, 门口砖木结构的房屋严重破坏, 砖瓦掉落。震后 20 多天测报组观测室房屋修复以后, 技术人员再次回到磨黑中学安装陶瓷偏角磁变仪, 此次不足 2 小时就安装好了。

安装陶瓷偏角磁变仪的山洞观测室位于磨黑镇南边的磨黑中学校园内, 东边邻山建有 20m^2 的砖木瓦房一栋, 与山洞观测室相连。山洞观测室洞深 6m, 洞室面积 9m^2 , 观测室周边没有公路和生活住宅, 无铁磁物干扰。陶瓷偏角磁变仪的安装地点距离微观震中 6.4km, 刚好位于宏观震中之上。地震发生时, 距离震中 30km 的普洱中学和普洱八一六地质队测报组也布设有同样的陶瓷偏角磁变仪, 这两套仪器工作记录正常。

3 地震发生日的磁场活动

从陶瓷偏角磁变仪的观测原理看, 引起磁系大幅度摆动的原因是磁场快速、剧烈的变化。地球磁场中变化较快的那部分主要由地球之外的空间电流体系以及通过电磁感应在地球内部产生的感应电流产生。中低纬度区地磁活动程度常用 K_p 指数的大小来衡量。 K_p 指数每 3 小时一个, 每日 8 个, 分为 28 级: 0_0 、 0_+ 、 0_- 、 1_0 、 1_+ 、 \dots 、 9_0 , 数字越大, 表示磁扰越强。若当日 8 个 K_p 指数的和在 30 以下, 则认为这一天的地磁活动是平静的。表 1 给出了 1979 年 3 月 14—15 日 K_p 指数以及每日 K_p 指数的和。由于 K_p 指数是用世界时 (UT) 给出, 世界时与当地时间北京时 (BLT) 的关系为: $BLT = UT + 8$ 。所以 15 日对应的 K_p 指数应从世界时 14 日的后 8 个小时加上 15 日的前 16 个小时。从表 1 相应时段的 K_p 指数可以看出, 这段时间内单个 K_p 指数的大小都在 3 以下, 总和在 10 左右, 因此地球磁场可以说是非常平静。

表 1 1979 年 3 月 14—15 日的 K_p 指数以及每日 K_p 指数的和
Table 1 The K_p index and their summation of each day during Mar. 14—15, 1979

K_p	1	2	3	4	5	6	7	8	Sum (K_p)
3 月 14 日	1.	1.	0 ₊	0 ₊	0 ₊	0 ₊	1	1	5-
3 月 15 日	1.	1 ₊	1	1	2 ₊	3.	3.	3.	14 ₊

中低纬度区地磁场活动程度还可以用 D_{st} 指数来表示, D_{st} 指数每小时一个, 大于 -30 则表示地磁场处于平静状态, D_{st} 指数越大, 磁场越平静。图 3 给出了 1979 年 3 月 15 日的 D_{st} 指数 (地方时), 从 D_{st} 指数的值来看 (最小值为 -6), 3 月 15 日的地磁场确实非常平静。

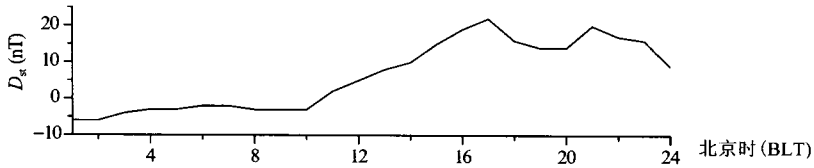


图3 1979年3月15日的 D_{st} 指数曲线

Fig. 3 The D_{st} index curve of Mar. 15, 1979

4 讨论和结论

本文介绍了陶瓷偏角磁变仪的观测原理，叙述了1979年3月15日普洱地震前陶瓷偏角磁变仪磁系大幅度摆动事件的过程，给出了地震当日的 K_p 指数和 D_{st} 指数，从中可以得出以下几个结论：

(1) 由于在震后重新安装该仪器时，很快就安装好了，因此可排除仪器本身的故障问题。

(2) 在磨黑中学安装陶瓷偏角磁变仪的技术人员，当时在宁洱县（原名普洱县）地震局负责管理各种地震和地磁仪器的安装和记录，先后在普洱中学、普洱八一六地质队、思茅震东乡邮电所、墨江县通关中学等地测报组安装过多台陶瓷偏角磁变仪，仪器安装经验丰富，可排除人为的误操作对仪器的影响。

(3) 周围环境没有明显的铁磁干扰和公路（无车辆移动），可排除环境干扰的因素。而且陶瓷偏角磁变仪是一种不太灵敏的仪器，周围环境较弱的铁磁干扰也不会引起磁系的大幅摆动。

(4) 从仪器的观测原理看，磁系的大幅度摆动是由于磁场的快速、剧烈变化引起的。从地震当日的 K_p 指数和 D_{st} 指数可知，当日的地磁活动水平处于特别平静的状态，因此在磨黑中学的山洞观测室里观测到的磁场大幅度变化不是由外空电流体系引起的。

(5) 地磁仪器的安装工作一般推荐在傍晚或晚上地磁场比较平静的时段进行，文中陶瓷偏角磁变仪的安装尽管是从早上9点持续到晚上接近21点，经历了地磁日变的过程，但是地磁日变的幅度不可能达到 $50'$ ，而且在傍晚18—21点这段地磁场比较平静的时段，待安装的陶瓷偏角磁变仪仍在异常摆动，从而也把地磁日变引起这种摆动的可能性排除在外。

(6) 排除了仪器故障、人为因素、环境干扰、外空电流体系和地磁日变几种可能引起磁系大幅摆动的原因，剩余的似乎只有震磁异常这种可能。引言中提到的云南澜沧—耿马7.6级和7.2级地震与台湾集集7.3级地震之前都观测到了变化幅度达上百nT的磁场异常变化，从仪器的安装过程来看，普洱6.8级地震前在震中附近也出现了磁场的大幅度异常变化。尽管另外2个震例的震级都在7级以上，但普洱6.8级地震是这3个震例中观测点距离震中最近的，而且从变化量的大小来看，普洱6.8级地震也是这3个震例中变化幅度最大的。

(7) 距离震中30km以外2个观测点放置的相同类型的仪器工作正常，说明这种异常变化的影响范围非常有限。

(8) 磁系摆动对应的磁场变化幅度之大（ D 分量变化达 $50'$ ）显得匪夷所思，这有可能与陶瓷偏角磁变仪的安装地点（距离微震中6.4km，位于宏观震中之上）距离震中非常近有关。虽然目前仍找不到合理的物理机制来解释震前磁场的强异常变化，但作为一种观测事实，仍值得我们加以重视，并在以后的研究工作中进行探索。

致谢: 文中的 K_p 指数和 D_{st} 指数都来自 <http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/index.html>。

参考文献

- 丁鉴海, 卢振业, 黄雪香, 1994. 地震电磁学. 北京: 地震出版社.
- 范国华等, 1990. 云南澜沧、耿马地震前地磁变化异常. 地震学报, **12** (4): 434—441.
- 郝锦绮, 黄平章, 周建国, 1993. 微破裂对岩石剩磁的影响——对地震预报的意义. 地球物理学报, **36** (2): 203—211.
- 郝锦绮等, 2003. 岩石破裂中的超低频电磁异常. 地震学报, **25** (1): 102—111.
- 钱书清等, 2003. 岩石受压破裂的 ULF 和 LF 电磁前兆信号. 中国地震, **19** (2): 109—116.
- Fraser-Smith A.C. et al., 1990. Low-frequency magnetic field measurements near the epicenter of the M_S 7.1 Loma Prieta earthquake. *Geophysics Researcher Letter*, **17** (9): 1465—1468.
- Hayakawa M. et al., 1996. Result of ultra-low-frequency magnetic field measurements during the Guam earthquake of 8 August 1993. *Geophys. Res. Lett.*, **23** (3): 241—244.
- Hong-Yuan Yen et al., 2004. Geomagnetic fluctuations during the 1999 Chi-Chi earthquake in Taiwan. *Earth Planets Space*, **56**: 39—45.
- Molchanov O.A. et al., 1992. Results of ULF magnetic field measurements near the epicenters of the Spitak ($M_S=6.9$) and Loma Prieta ($M_S=7.1$) earthquakes: comparative analysis. *Geophys. Res. Lett.*, **19** (14): 1495—1498.
- Uyeda S. et al., 2001. Geophysical observatory in Kamchatka region for monitoring of phenomena connected with seismic activity. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **1**: 3—7.

The Geomagnetic Variation Observed Before 1979 Puer Earthquake ($M_S=6.8$)

Li Qi¹⁾, Guo Yi²⁾, Zhou Jinping¹⁾, Zhu Peiyu³⁾, Yang Dongmei¹⁾ and Chen Huaran¹⁾

1) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

2) Earthquake Administration of Ninger County, Ninger, Yunnan Province 665100, China

3) Chongming Observatory, Earthquake Administration of Shanghai, Shanghai 202164, China

Abstract Unusual swing of the magnet of Chinaware Magnetic Declination Variometer (CMDV) was observed before the Puer Earthquake ($M_S=6.8$) in 1979. The instruments being used are installed at Mohei Town which is only 6.4km away from the epicenter of Puer Earthquake. The principle of CMDV and the magnetic activity background level are introduced in this paper, and the unusual swing magnetic signal is believed to be the result possibly caused by the earthquake.

Key words: M_S 6.8 Puer earthquake; Unusual geomagnetic variation; Swing of magnet