

震前特大地磁异常及其短临预警意义

曾小苹^{1,2}, 郑吉盎^{1,3}, 王翌焱¹, 张素琴², 林云芳^{1,2}

(1. 益正科技震磁关系研究课题组,北京 100192; 2. 中国地震局地球物理研究所,北京 100081;

3. E-Right Research Company, Los Angeles CA91731, USA)

[摘要] 对地磁记录分析的结果显示,大地震前强烈的地磁异常现象反复出现;在震中附近极震区临震前 36 h 至十几分钟,地磁场的特大异常数值随震级增大而增大。归算到距震中 1 km 处,Ms = 6.0 ~ 9.5 级破坏性地震的磁场异常值约为 $10^2 \sim 10^5$ nT,异常强度甚至超过地球磁场量级 5.5×10^4 nT。根据其强度特性及时空分布,这种临震前在震中附近的 ULF 磁场异常,表现为一种“磁间隙喷发”。由此地磁异常的特性,提出利用大地震前短临地磁异常作为预警信号进行防震预警的探讨,由地磁预警突破目前地震预测预报难的现实困境,有望收到防震减灾的新效果。

[关键词] 震磁效应;地磁预警;临震前磁异常;磁间隙喷发;特斯拉效应

[中图分类号] P315;P318 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)04-0048-06

1 前言

地震学界当前的主流观点认为地震预报,尤其是准确的短临预报在未来很长一段时间里难以做到^[1-3]。寻找有效的临震预警方法,避免大地震的重大灾害损失是科学家应当努力的一个方向^[4]。文章给出了临震前地磁异常新的现象和研究结果,以此提出利用临震地磁异常信号进行防震预警的新概念。

2008 年 5 月 12 日,中国四川省汶川县发生 Ms8.0 级大地震($\lambda 103.4^\circ\text{E}$, $\varphi 31.0^\circ\text{N}$,震中烈度 $I_0 = \text{XI}$ 度)。笔者调查证实了重灾区北川县在距地震发生 5 个多小时前,就已有指南针指向错误等磁场紊乱的现象。并且北川中学在地震发生前 13 min,有全班学生集体观察到物理课上指南针教具不规则转圈直至地震发生的奇怪现象。《纽约时报》在 1858 年曾报道当年 11 月 11 日,葡萄牙 Setubal 地震发生前,当地也有指南针异常,甚至航海罗盘指针转圈的事实^[5]。150 年前后的两个临震前的相似现象,说明震前出现剧烈的磁场异常并非偶然。

多年来,科学家一直试图解释震磁关系。1964 年

以来主要的理论有:压磁效应、热应力磁效应、热压磁效应和构造磁效应、电动磁流体效应及平面电流模型^[6-10]。这些理论肯定了与地震有关的磁效应,但所涉及的磁场变化仅有 10^1 nT 的量级,难以解释地震前在极震区实地观察到的特大地磁异常现象,对临震前磁异常的时空分布规律也难深入探讨。其中缘由,一是专业的地磁仪器布点密度相对很低,大地震作为小概率事件的发生,很难有专业的地磁仪器恰好在震中附近记录到很小范围内的磁场变化;再者,在数据分析判断上,专业地磁记录数据分析需要克服太阳对地球磁场的干扰影响和仪器本身所处环境干扰等影响。这使得震磁关系中能揭示规律、有研究突破价值的数据非常少。震磁关系研究存在的限制和障碍,造成过去连专业地磁学者在内的专家学者,往往也忽略了对大地震发生前地磁场剧烈变化的研究,特别忽略了在临近地震能量爆发前的临震时刻,震中及极震区伴随出现的磁异常研究。

2 资料和方法

为考察破坏性地震的震中及附近极震区临震前地

[收稿日期] 2010-12-20

[作者简介] 曾小苹(1939—),女,湖南益阳市人,中国地震局地球物理研究所研究员,中国地球物理学会天灾预测委员会委员,主要从事地磁学、日地关系、震磁关系、地震预测及临震预警研究工作;E-mail: zengxp@vip.163.com

磁异常及其规律,笔者收集了距震中较近的地磁测点或台站的高灵敏度、高采样率的地磁记录资料,对2008年5月12日汶川 Ms8.0 级大地震以及2008年8月30日在距汶川地震震中西南600 km 的四川攀枝花 ($\lambda 101.9^{\circ}\text{E}$, $\varphi 26.2^{\circ}\text{N}$) 发生的 Ms6.1 级地震的震前磁场变化进行研究。

成都地磁观测台距汶川地震震中区30 km;平地地磁观测台距攀枝花地震震中仅6 km。两个地磁台站的震前地磁的每秒采样数据记录完好,笔者各收集处理了此两站在地震前11 d 的地磁秒记录数据,还收集了距离汶川地震震中355 km 的重庆台的地磁秒采样数据,作为对照比较。

本研究由地磁记录中选取 ULF 频段作为主要分析对象。

本研究采用的判据是数据的标准方差 S 。

对震区磁场异常值的推算,遵循磁场强度变化与距离平方成反比的规律进行。

设测点 A 和距震中任一点 E 与震中的距离分别为 R_A 和 R_E , 它们的磁场变化值分别为 ΔB_A 和 ΔB_E (见图1)。由电磁场理论,磁场变化与距离二者满足以下关系: $\Delta B_E / \Delta B_A = R_A^2 / R_E^2$ 。

3 初步结果

地磁 ULF 信号的变化如图2所示。消除人为

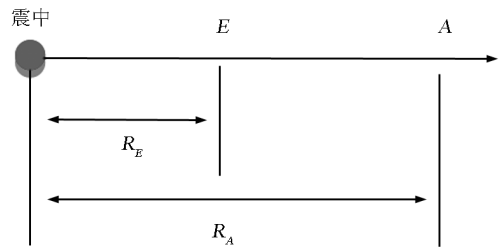
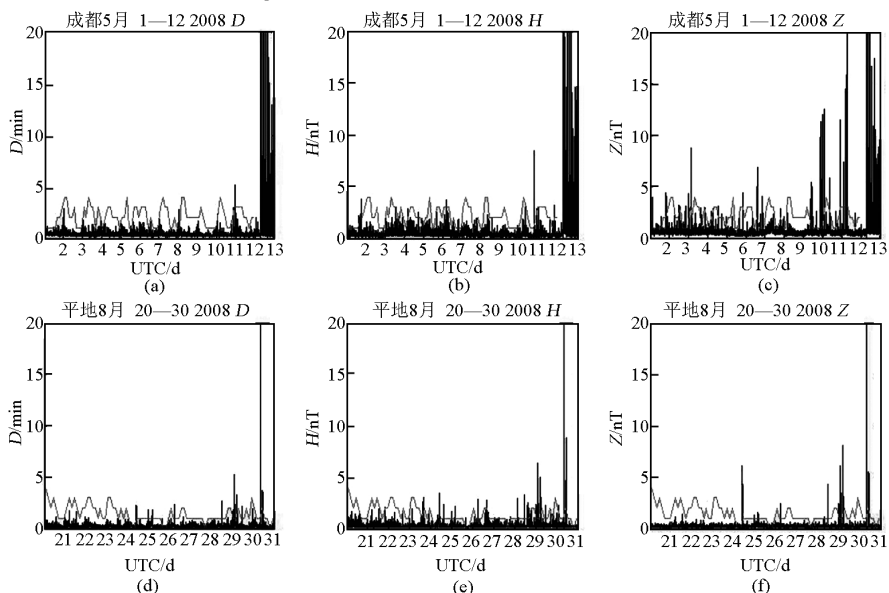


图1 由测点 A 处的磁场值计算任一点 E 处的磁场值示意图

Fig. 1 Sketch view of using measuring point A to calculate a magnetic value R_E in point E which locates anywhere on the route from point A to epicenter

活动干扰 (见图3) 和太阳活动的背景干扰 (K 指数) 后,成都地磁观测台在汶川地震前1天 (即5月11日) 出现有最大幅度突变。出现异常的时间分别是:磁偏角 D 在地震前31 h; 水平分量 H 和总强度 F 均在震前36 h; 垂直分量 Z 在震前24 h。最大异常幅度是: $\Delta D \approx 26S$, $\Delta H \approx 28S$, $\Delta F \approx 31S$, $\Delta Z \approx 95S$ 。震前2天6 h 和9 h, ΔZ 还分别出现了50S 和48S 的大突变异常 (S 为标准方差, 见图2(a) ~ 图2(c))。2008年8月30日发生攀枝花 Ms6.1 级地震,距震中6 km 的平地地磁台在震前32 h ULF 的变化 ΔD , ΔH 和 ΔZ 分别是44S, 25S 和40S (见图2(d) ~ 图2(f))。



注:从左到右分别为磁偏角 (D)、水平分量 (H) 和垂直分量 (Z)。黑线为地震发生时;2008年5月12日06:28(世界时)发生汶川地震((a) ~ (c));2008年8月30日08:30(世界时)发生攀枝花地震((d) ~ (f))。灰线为 K 指数

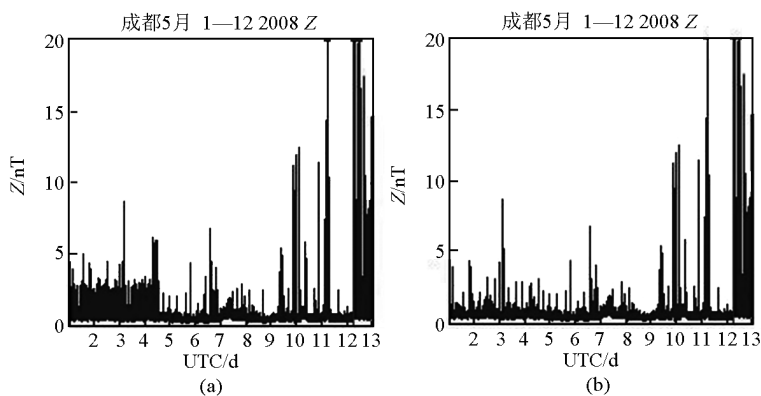
图2 地震前11天至地震发生后1天,成都台((a) ~ (c)) 和平地台((d) ~ (f)) 的地磁变化
Fig. 2 The geomagnetic changes recorded in Chengdu Observatory ((a) ~ (c)) and Pingdi Observatory ((d) ~ (f)) before, during and after the earthquakes

在汶川地震前 11 天,根据成都地磁台(距震中 30 km)和重庆地磁台(距震中 355 km)的地磁幅度垂直分量 Z 的变化,可以看到离震中近的成都台异常变化大,而重庆台则无异常(见图 4 和图 5)。

对比分析美国和日本 3 个强震的磁异常,能更好地了解临近大地震前震中及附近地区所发生的地磁异常情况。美国地质调查局 USGS 的 G. Moore 报告,1964 年 3 月 27 日美国阿拉斯加 Kodiak Ms 9.2 级地震前 1.1 h,距地震断层 30 km 处,快速地磁仪曾记录到 100γ ($1 \gamma = 1 \text{ nT}$) 的突发特大异常^[11]; 1989 年 10 月 17 日美国加利福尼亚州 Loma Prieta Ms 7.1 级地震前,美国斯坦福大学 A. Fraser-Smith 研究小组在距震中 7 km 处安放的地磁记录仪器,记

录到地震当天 ULF 地磁幅度较平时强 20 倍,在震前 3 h 则强 60 倍^[12]。此两震例的地磁变化直接显示震中附近地区存在临震前磁场强烈紊乱。另外,2000 年 7 月 1—15 日,日本伊豆地区三宅岛火山地震群,其中 $M = 6.4/6.1/6.3$ 级地震前约 40 min 至 5 d,出现比平时正常值大 40 倍的 ULF 磁异常^[13]。笔者对上述震例加以引用,进行震前地磁异常值归一化至距震中 1 km 处的磁场异常值的计算分析。

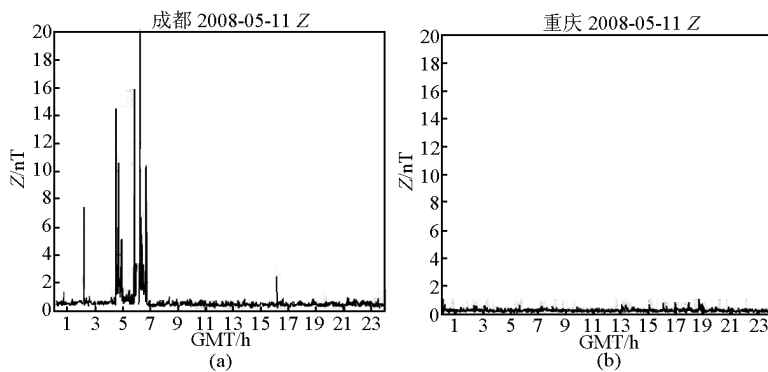
按地磁场强度与距离的平方呈反比关系,计算得出上述 5 个地震的震前地磁变化在距震中 1 km 处的磁场异常值,得到震级与磁异常强度关系的拟合曲线(见图 6)。



注:(a)和(b)图分别为消除人为干扰前、后的变化

图 3 成都台 ULF 垂直分量(Z)2008 年 5 月 1—13 日变化图

Fig. 3 The ULF vertical components (Z) of Chengdu Observatory during 1—13, May 2008



注:成都台的震中距为 30 km,重庆台为 355 km

图 4 汶川地震前 1 天成都台(a)和重庆台(b)ULF 垂直分量(Z)的变化

Fig. 4 ULF changes of vertical component(Z) before the Wenchuan Earthquake in Chengdu Observatory (a) and Chongqing Observatory (b)

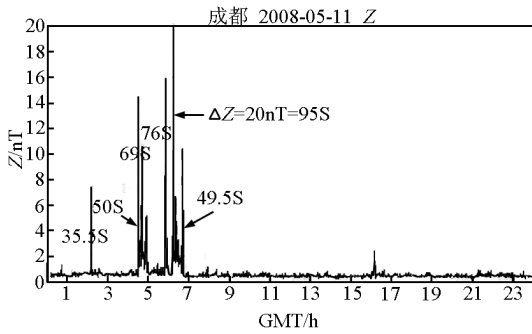
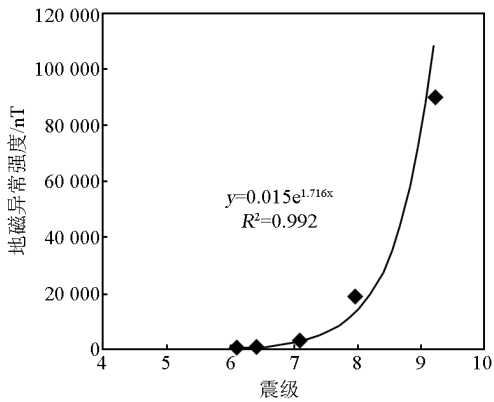


图5 汶川地震前1天成都台 ULF 垂直分量(Z)的变化

Fig. 5 ULF vertical component (Z) changes one day before the Wenchuan Earthquake at Chengdu Observatory



注:黑点为由测点磁场最大变化值推算而得,曲线为拟合曲线

图6 距震中1 km 处磁场最大异常值与震级的关系曲线

Fig. 6 The correlation curve of the greatest magnetic anomalous value and magnitude in the earthquake place of 1 km away from the epicenter

由图6可看到,当震级 $M = 6, 7, 8, 9$ 时,距震中 1 km 处的异常磁场值分别约 450 nT、2 900 nT、18 000 nT 和 90 000 nT。笔者取地球总磁场为 55 000 nT 左右,大地震临近发生时,在震中附近的地磁异常信号却能达到与地球磁场强度可相比拟的程度,如 Ms7.0、8.0 大地震,在离震中 1 km 的地方,磁场异常值分别是地球总磁场值的 5/100 和 3/10, Ms9.0 超强地震前的地磁异常,甚至超过地球磁场值,为其 1.6 倍。Ms6.0 级地震的磁异常,在震中 1 km 处为 450 nT 左右,也达到了相当于中低纬度一个中等磁暴最大变化值的 2 倍。

4 结论和讨论

分析研究汶川地震和攀枝花地震前 11 天的地磁资料,发现震中附近和极震区,在大震发生前 1 ~ 36 h,出现地磁 ULF 特大异常现象,异常值为地磁记录标准方差的 26 ~ 95 倍。

2008 年发生在中国的这两次地震,在震中和断层附近地区观测到的震前异常信号,与 3 次典型的发生在美国和日本的 6.0 级以上的震前地磁异常相比较,则非常相似。

在震中和断层附近地区的磁异常信号,表现为一种“磁间隙喷发”异常现象,其强度以指数关系随震级而增大,与震中距的平方成反比。这表明临震前在震中附近会突然出现特大地磁异常信号,其强度随距离增大快速衰减。

文章推算 $M = 6 \sim 9.5$ 级的破坏性强震,在震中附近 1 km 处,临震前的地磁 ULF 异常信号值可以高达 $10^2 \sim 10^5$ nT 量级,可以与地球磁场量级相比拟;而非此前震磁关系理论所一向认为的 10^1 nT 量级。

上述研究可以解释不同环境下,包括 2008 年汶川 8 级大地震前,地磁异常在极震区的变化可引起指南针不规则扰动、偏转甚至转圈的异常现象。这表明:强震即将发生时,震中局部地区存在磁场紊乱和磁喷异常。不幸的是,此前人们忽视了大自然在大地震前通过地磁扰动发出的强烈警告信号。

临震前地磁场异常的发生机理,可通过压磁压电的实验和理论解释,如 Freund 的实验显示岩石受压会产生电荷,电荷运动产生电流,这种电流在岩石破裂前达到极大,为加压时的 34 倍;岩石受压区电荷会扩散至非受压区并影响其电导率。电导率的陡增,使得局部磁场突变^[14]。笔者进一步设想大地震前地下流体的涌动使得孕震区断层、裂隙产生扩张和闭合运动,并产生出一定频率的 ULF 磁波动。地下岩层的固有频率属性对磁振动频率发生共振响应。文章分析研究的这种临震前小范围(极震区)反复出现的 ULF 地磁信号,其强度随距离增加而迅速衰减,在大地震前表现为一种“磁间歇喷发”,类似物理学家特斯拉以小输入达到强输出的超级传输实验所反映的“特斯拉效应”;从而产生异常剧烈的地磁紊乱效果。临近大地震发生时,地下是否有强共振磁耦合过程,及其能否促进地震的发生,值得地磁学家和地球物理学家深入研究。

目前的防震现实尚难做到准确的短临地震预报,但做好适当的防震预警是可能的。无论人们对地震的可预报性持什么态度,加强对地震预警能力的建设是落实防震减灾任务的有效途径。基于汶川和攀枝花地震前地磁异常的研究,综合几个典型的强震前地磁事件调查和对地磁数据的分析,笔者了解到临近大地震发生前在震中及附近地区的地磁异常强度,远超过以往对震磁关系研究中为人们所熟知的 10^1 nT 的量级水平的认识,并且强烈地磁异常出现时间在临震前几十小时至数小时或数分钟,在空间分布上靠近震中区的强度特大。临震前地磁异常所具有的这些特性,使得利用震前地磁场紊乱,作为监测地震即将发生的预警信号成为可能。局部地区的剧烈地磁异常,尤其对未来地震的震中区短临预警意义更大^[15]。

综上所述,研究发现临近破坏性地震发生前数十小时开始,震中及附近局部地区出现可与地球磁场量级相比拟的、呈间歇喷发的剧烈地磁异常现象;提出临震前震中区附近出现的剧烈地磁异常,应深入研究并加以利用;可由对临震地磁异常信号的监测,实现对大地震的短临预警。笔者认为,地磁与地震关系研究的新认识和新方法,可作为突破地震工作困难的一个努力方向,探讨临震磁异常并开展地磁预警实践工作,可能在未来地震灾害来临前有效地挽救大量的生命和财产。

参考文献

[1] Robert J Geller, David D Jackson, Yan Y Kagan, et al. Earthquakes cannot be predicted [J]. *Science*, 1997, 275: 1616 - 1617.
 [2] Max Wyss. Cannot earthquakes be predicted? [J]. *Science*,

1997, 278: 487 - 490.
 [3] Ian Main. Long odds on prediction [J]. *Nature*, 1997, 385: 19 - 20.
 [4] 胡锦涛. 中国科学院和中国工程院两院院士大会讲话 [R]. 北京, 2008.
 [5] The New York Times. Earthquake in Portugal: graphic description of a recent earthquake [N]. 1858 - 10 - 25.
 [6] Stacey F D. The seismomagnetic effect [J]. *Pure Appl Geophys*, 1964, 58: 5 - 22.
 [7] Nagata T. Tectonomagnetism [J]. *IAGA Bull*, 1969, 27: 12 - 43.
 [8] Sasai Yoichi. Tectonomagnetic modeling based on the piezomagnetism: a review [J]. *Annali Di Geofisica*, 2001, 44 (2): 361 - 368.
 [9] Fitterman D V. Theory of electrokinetic - magnetic anomalies in a faulted half - space [J]. *J Geophys Res*, 1979, 84 (B11): 6031 - 6040.
 [10] Zeng Xiaoping, Liu Zhengyan, Lin Yunfang, et al. The possible connection of the mantle plume phenomenon with the seismo - hydromagnetic effect prior to earthquakes - seismo - hydromagnetic effect and a planar current model [J]. *Earth Science Frontiers*, 2001, 8 (2): 253 - 258.
 [11] Moore G W. Magnetic disturbances preceding 1964 Alaska Earthquake [J]. *Nature*, 1964, 203: 508 - 509.
 [12] Fraser - Smith A C, Bernardi A, McGill P R, et al. Low - frequency magnetic field measurements near the Epicenter of the Ms 7.1 Loma Prieta Earthquake [J]. *Geophysical Research Letters*, 1990, 17: 1465 - 1468.
 [13] Uyeda S. Electric and magnetic phenomena observed before the volcano - seismic activity in 2000 in the Izu Island Region, Japan [J]. *PNAS*, 2002, 99: 7352 - 7355.
 [14] Freunf Friedemann. Toward a unified solid state theory for pre - earthquake signals [J]. *Acta Geophysica*, 2010, 58 (5): 719 - 766.
 [15] 郑吉益. 加强震磁关系研究开发地磁预警产品实现有效防震减灾//高建国. 综合风险鉴别与防范技术研究——灾害预测方法集成 [M]. 北京: 气象出版社, 2010: 65 - 69.

Large geomagnetic anomaly of impending earthquake gives a possibility in earthquake early warning

Zeng Xiaoping^{1,2}, Zheng Ji'ang^{1,3}, Wang Zhaoyi¹,
Zhang Suqin², Lin Yunfang^{1,2}

(1. E-Right Seismomagnetic Study Group, Beijing 100192, China; 2. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China; 3. E-Right Research Company, Los Angeles CA91731, USA)

[**Abstract**] Strong magnetic anomalies repeatedly took place before big earthquakes. Based on geomagnetic record analysis results, we discussed a possible pattern of the magnetic anomalies prior to earthquake. In meizoseismal area or epicenter, in a time period of 36 hours to 10s minutes before earthquake, the exceptional big geomagnetic change increases with the magnitude of earthquake. We calculated that, in a place of 1 km from the epicenter, the magnetic anomaly before destructive earthquakes of Ms 6.0 ~ 9.5 can reach to $10^2 \sim 10^5$ nT (the magnitude of earth's magnetic field is 5.5×10^4 nT), rather than the magnitude of 10^1 nT from seismomagnetic effect theories since 1964. From this we speculated the abnormal magnetic ULF near epicenter before earthquake seems to be an "intermittent magnetic eruption". Accordingly, we proposed that geomagnetic induction earthquake pre-warning can be a new early warning method to surmount hardship in solving the puzzledom of earthquake imminent prediction.

[**Key words**] seismomagnetic effect; geomagnetic induction pre-warning; pre-imminent magnetic anomaly; intermittent magnetic eruption; Tesla effect