

西安高陵 $M_s4.4$ 地震天体引潮力和温度变化过程初探

陈闻晨^{1,2}, 叶 玮^{1,2}, 冯义雄², 李黎霞², 马未宇^{1,2}, 赵 虎^{1,2}

(1. 浙江师范大学卫星遥感与环境灾害研究中心, 浙江 金华 321004;

2. 浙江师范大学旅游与资源管理学院, 浙江 金华 321004)

摘 要:对2009年11月5日西安高陵 $M_s4.4$ 地震的天体引潮力周期变化过程进行计算, 并据该周期分析多源综合温度数据资料, 提取地震过程的异常温度变化图像。结果表明: 天体引潮力对地应力处于临界状态的活动断层具有诱发作用; 震前温度发生明显异常, 经历了起始增温—异常减温—温度恢复的演变过程。显示微震过程中天体引潮力作用明显, 温度异常也有清晰反映, 是地震热异常现象的有力证据, 也是对利用热异常预测地震方法科学性的补充证实。

关键词: 地震; 天体引潮力; 温度变化; 异常减温; 西安高陵

中图分类号: P315.728

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2011)01-0080-04

Primary Research on the Tidal Force of Celestial Body and Temperature Change during Gaoling $M_s4.4$ Earthquake in Xi'an City

CHEN Wen-chen^{1,2}, YE Wei^{1,2}, FENG Yi-xiong², LI Li-xia², MA Wei-yu^{1,2}, ZHAO Hu^{1,2}

(1. Lab. of Remote Sensing Application, Zhejiang Normal University, Zhejiang Jinhua 321004, China;

2. College of Tourism and Resource Management, Zhejiang Normal University, Zhejiang Jinhua 321004, China)

Abstract: The cycle process of tidal force of celestial body for Gaoling $M_s4.4$ earthquake near Xi'an city on Nov. 5, 2009 is calculated. According to this cycle the integrated multi-source temperature data are analyzed, and the abnormal temperature change images before the earthquake are gottern. The result indicates that the tidal force of celestial body has a triggering effect on fault activity. The temperature abnormal change can clearly reflect the procession of seismic fault activity: initial temperature rise→abnormally drop→return to baseline. It is shown that the effect of tidal force of celestial body on micro-earthquake activity is obvious and the temperature anomalies in micro-earthquakes are also clear. It is a good evidence for relationship between earthquake and thermal anomaly, and also for using geothermal anomaly to predict earthquake.

Key words: Earthquake; Tidal force of celestial body; Temperature variation; Abnormal attemperatation; Gaoling in Xi'an city

0 引言

强震前地温的异常变化现象早已为国内外学者所关注^[1-3]。目前的研究工作主要集中在强震方面, 取得了诸多成果, 而对有感甚至破坏性的中小震研究较为缺乏。微震同样反映地应力变化的过程, 对其研究的结果在理论上是对地震研究的有力补充和

完善。天体引潮力作为诱发地震的重要外部因素之一^[3], 具有明显的周期性。天体引潮力对地震构造的作用与地震活动中的温度异常现象在物理本质上是一致的, 反映的都是构造运动达到一定程度发生突变—短临地震活动发生这一临界点的状态。而天体引潮力作为目前唯一能够预先计算出的地球形变

收稿日期: 2009-12-12

基金项目: 国家自然科学基金(40572167; 41071002)

作者简介: 陈闻晨(1985—), 男(汉族), 浙江杭州人, 硕士研究生, 现主要从事地理信息与遥感应用研究。

现象,在时间域上具有一定的指示作用。本文利用天体引潮力计算和多源遥感数据结合提取温度异常信息,对2009年11月5日发生在陕西省西安市高陵的 $M_s4.4$ 地震进行初步的研究。

1 天体引潮力附加构造应力对发震断层的作用

2009年11月5日在陕西省西安市高陵县发生 $M_s4.4$ 地震,震中位于东经 109.2° ,北纬 34.5° ,震中平均海拔约400 m,位于断层带上。

本文根据 LONGMAN 计算方法^[4],计算出西安地震前后天体引潮力随时间变化的曲线(图1)。看出天体引潮力变化是一个连续的过程,具有明显的周期性,经历高峰—低谷—高峰的循环。该周期可分为两个阶段:第一个阶段从10月28日至11月4日,引潮力由低向高连续变化;第二个阶段从11月4日至11月11日,引潮力由高向低连续变化。地震发生在第二个阶段天体引潮力达到最大值后的第二天。应力是连续积累、加强的过程,在时间上往往存在一定的滞后性。天体引潮力对地震构造应力平衡的破坏作用是一个持续过程,当断层应力的积累达到使断层破裂滑动的条件时可能会发生地震。

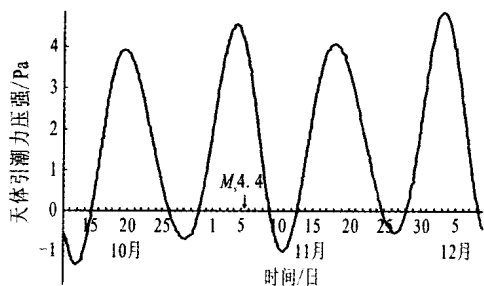


图1 高陵地震前后天体引潮力变化

Fig. 1 Variation of tidal force of celestial body before and after Gaoling earthquake.

2 温度变化图像

为了解决不能穿透云、以及地震引起的增温过程和气象增温叠加干扰而无法有效获取异常增温信息,消减干扰因子的作用^[5],反映地面实际温度变化,本文采用美国国家环境预测中心全球再分析温度数据,并辅以地面实测温度进行同化处理的多源综合温度数据进行分析。该数据具有资料分析时间尺度长、空间范围广、全球标准统一、不受云层干扰等特点,具有明显的可比性;每天有4个时次(00:00,06:00,12:00,18:00 UTC),具有准实时性。数

据以标准的二进制形式(GRIB)存储在 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ lon/lat 网格点上^[6],能够满足宏观监测温度时空动态变化及其所反映的板块活动和短临地震构造活动。同时,为了减少地形地物与非震因素等干扰,以突出地震构造活动引起的增温异常。根据天体引潮力变化周期^[7-9]采用图像(天体引潮力变化转折点即10月28日)为正常背景值与同时次(本文为0:00 UTC,北京时间8:00)该周期其它时间的图像连续相减的方法,获取该周期的逐日温度变化异常系列图像(图2),以进行时空分析。

在此次地震过程中,震中附近在构造部位上处于秦岭褶皱带与鄂尔多斯台地两个构造单元的结合地带。断裂构造按其展布方向可分为4组,即EW向、NE向、NW向和NNE向,其中EW向、NE向和NW向断裂最为发育,主要形成于中生代时期。2009年10月29日出现弱异常增温现象,较背景值高1至 2°C (该温标0即为背景温度)。此时沿断层走向平移的倾向断层倾角开始增大。10月30日震中附近回复平静,周围温度场异常增温面积扩大,在震中往南方向增温明显,增温4至 5°C ,表明温度场在空间上正在朝南特别是东南方向移动。10月31日异常增温面积明显衰减,在震中往南方向增温幅度达到峰值,高达6至 7°C ,震中附近没有增温异常显现,表明温度场在空间上趋于集中。断裂表现为有少量扭性活动。

自11月1日始温度图像在背景温度标准以上显示不明,采用背景温度标准以下(图3)显示10月31日之后的温度变化。10月31日震中附近出现异常减温现象,与背景值相比减温达到5至 6°C (图3)。断裂表现出先压(或压扭)后张的活动特点,张性正断活动较强烈。11月1日震中附近温度场减温面积扩大,震中往北方向减温9至 10°C 。11月2日震中附近异常减温现象非常明显,幅度提高到15至 18°C ,达到峰值。11月3日异常减温面积继续扩大,但减温幅度开始衰减,表明温度开始回升,震中附近温度与背景值相比低 12°C 左右。11月4日震中附近温度继续回升,减温5至 10°C 。11月5日,即地震发生之后,震中附近温度接近背景值,温度异常区域基本消失(图3)。

天体引潮力是使压应力处于高临界状态的构造带诱发地震的外部因素,温度变化的过程正是天体引潮力使岩石连续积累地应力的过程。岩石变形与破裂过程不仅引起了增温效应,也引起降温效应,地壳岩体及地球表面的温度场变化一旦出现高温异常

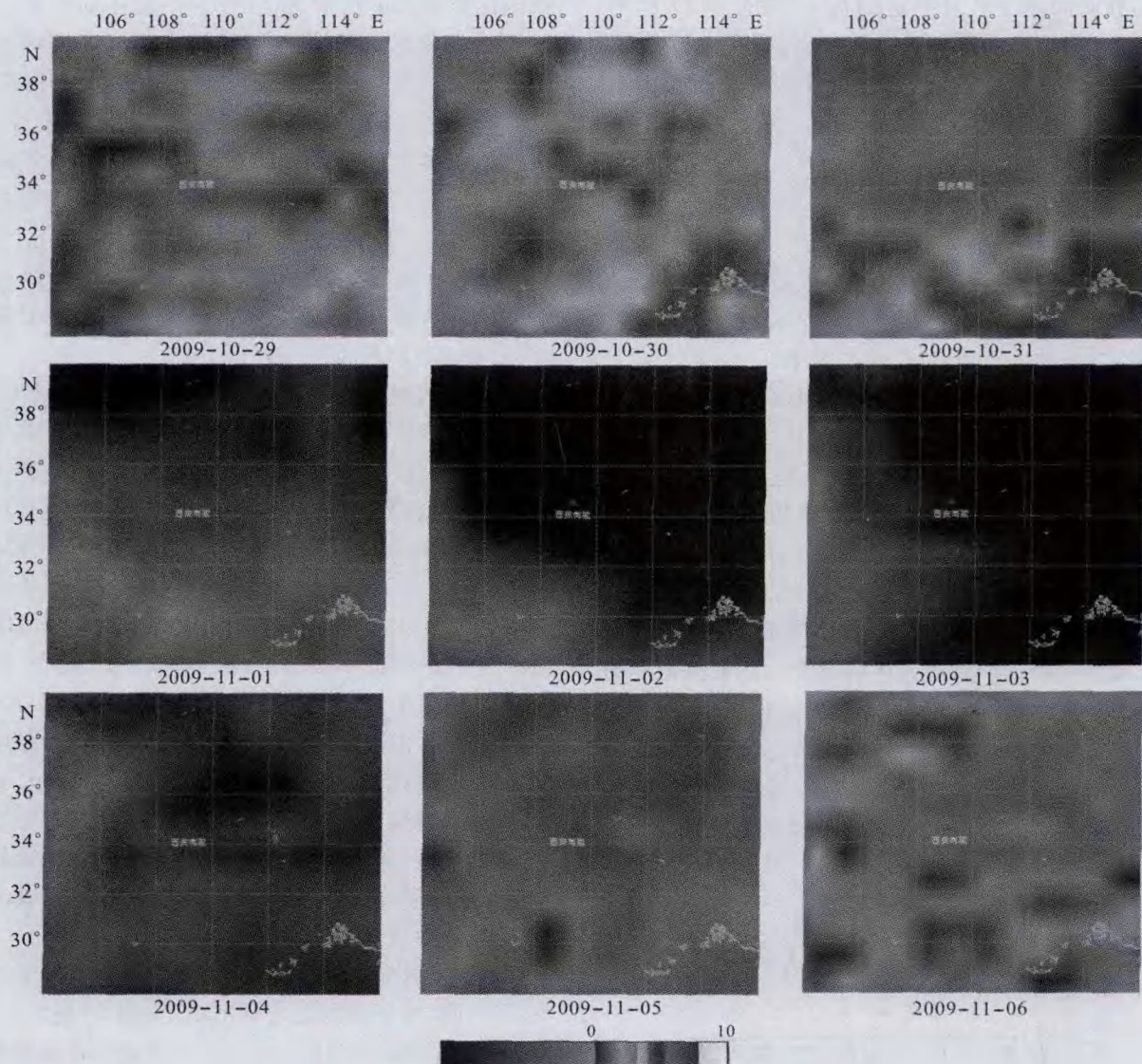


图2 震前震中附近温度场的变化特征

Fig. 2 Variation of the temperature field near the epicenter before earthquake.

条带与低温异常区相间的温度场格局,表明地壳岩石微破裂大规模发育^[10]。10月31日即开始出现该情况。无论高温条带还是低温区域,在临失稳前都出现了短暂的降温,且低温区域降温幅度较大。这种临失稳前的降温异常是岩石破裂失稳的重要晚期前兆,其出现意味岩石即将发生宏观破裂和失稳灾变,可以作出临期灾变预报。11月2日异常减温峰值时处于该情况。异常条带的位置与破裂的位置相对应,降温异常条带对应张性破裂^[11-12]。在断层失稳引起温度场和热红外辐射亮度场上升之前,在两断层段之间的岩桥区发生降温变化^[13]。11月4日岩石破裂加强,温度回升。11月5日能量释放发震。从岩石力学角度可能反映构造运动由:挤压→

岩石微破裂→能量积累→岩石破裂加强→能量释放发震^[14-17]。这可能揭示了地震构造活动的一般过程,与天体引潮力附加构造应力变化过程基本一致。

3 结论和探讨

(1) 本次地震发生在天体引潮力附加构造应力经历由高峰到低谷的变化过程中,表明天体引潮力对地震构造应力平衡的破坏作用是一个连续作用的过程。天体引潮力对地应力处于临界状态的活动断层具有诱发作用,在时间上有一定的滞后性,对发震时间的预测具有一定的指示意义。

(2) 震前温度发生明显异常,经历了起始增温—异常减温—温度恢复的演变过程。表明震前不仅

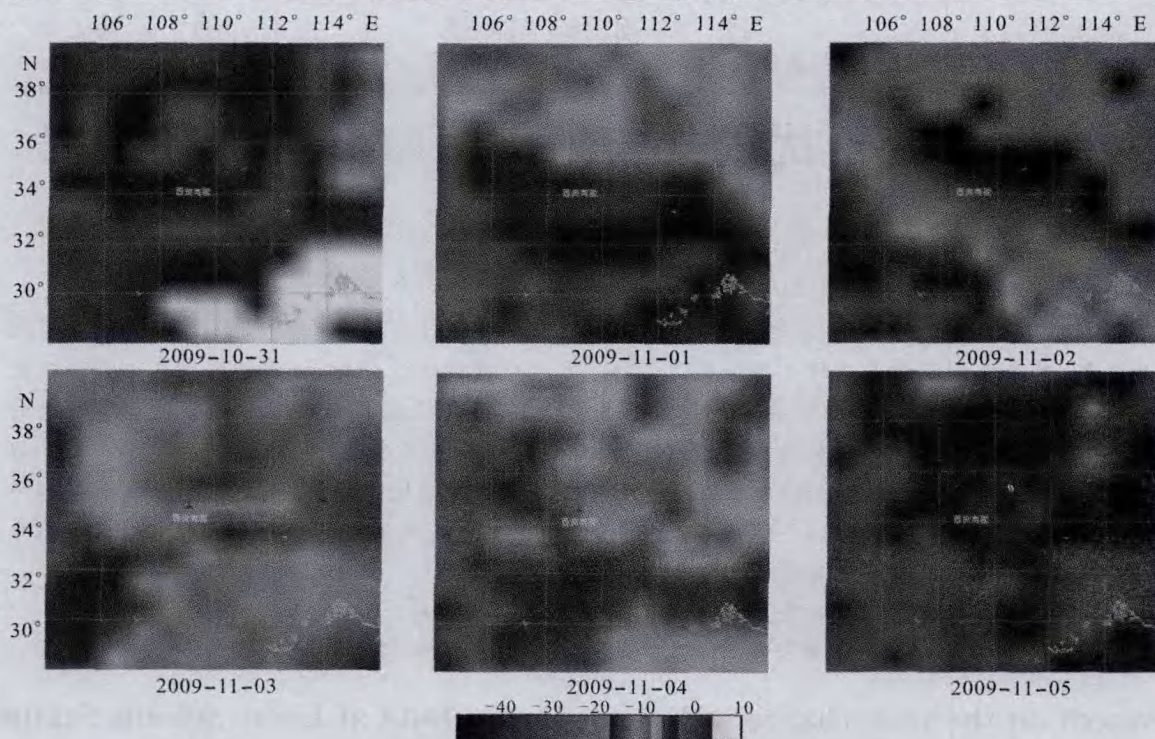


图3 临震前震中附近显示的降温异常

Fig. 3 Temperature abnormal decrease near the epicenter before earthquake.

存在异常增温现象,同时亦存在异常减温现象,该现象对应了岩石变形与破裂的过程,可能反映了地震构造活动的一般过程。

(3) 对此次微震的研究结果表明温度异常不仅在强震方面,在微地震方面也有清晰反映。微震过程中引力作用明显,是对地震—热异常的有力证据,同时也是对用热异常预测地震方法科学性的补充证实。

[参考文献]

- [1] 马宗晋,傅征祥,张珍. 1966—1976 年中国九大地震[M]. 北京:地震出版社,1982.
- [2] Gorny V I, Salman A G, Tronin. The earth outgoing IR radiation as an indicator of seismic activity[J]. Sci. USSR, 1988, 30 (1): 67-69.
- [3] 聂永安,姚兰予,赵国敏. 大震前宏观异常的机理研究[J]. 西北地震学报, 2009, 31(2): 196-200.
- [4] McNutt S R, Beavan R J. Volcanic earthquakes at Pavlof volcano correlated with the earth tide[J]. Nature, 1981 294: 615-618.
- [5] 汪忠德. 中国大陆自然电场的前兆机理[J]. 西北地震学报, 2008, 30(4): 360-365.
- [6] 周波, 翟有甜, 赵虎. 河北文安地震异常增温识别[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(4): 2.
- [7] MA W Y. A preliminary study on the use of NCEP temperature images and Astro-Tidal-Triggering to forecast short-im-
- pending earthquake[J]. Earthquake Research in China, 2007, 21(1): 85-93.
- [8] 马未宇, 赵虎, 周波. 汶川 $M_s 8.0$ 地震天体引潮力和温度变化过程[J]. 国际地震动态, 2008, (11): 104.
- [9] 马未宇, 徐秀登, 徐保华. 印度尼西亚 $M_w 9.0$ 地震序列与增温异常和天体引潮力的相关关系研究[J]. 西北地震学报, 2006, 28(2): 129-133.
- [10] 刘善军, 吴立新, 张艳博. 岩石破裂前红外热像的时空演化特征[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2009, 30(7): 1034-1038.
- [11] 耿乃光, 崔承禹, 邓明德. 岩石破裂实验中的遥感观测与遥感岩石力学的开端[J]. 地震学报, 1992, 14(S): 645-652.
- [12] Wu L X, Liu S J, Wu Y H. Precursors for rock fracturing and failure-part 1: IRR image abnormalities [J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2006, 43(3): 473-482.
- [13] 马瑾, 刘力强, 刘培洵. 断层失稳错动热场前兆模式: 雁列断层的实验研究[J]. 地球物理学报, 2007, 50(4): 1141-1149.
- [14] 吴立新, 刘善军, 吴育华. 遥感—岩石力学(I): 非连续组合断层破裂的热红外辐射规律及其构造地震前兆意义[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(1): 24-30.
- [15] 吴立新, 刘善军, 吴育华. 遥感—岩石力学(II): 断层双剪黏滑的热红外辐射规律及其构造地震前兆意义[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(2): 192-198.
- [16] 吴立新, 刘善军, 许向红. 遥感—岩石力学(III): 交汇断层黏滑的热红外辐射与声发射规律及其构造地震前兆意义[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(3): 401-407.
- [17] 梁庆国, 韩文峰. 强震区岩体地震动力破坏特征[J]. 西北地震学报, 2009, 31(1): 15-20.