

基于红外遥感资料的断层活动变化特征研究 ——以岷县—漳县 6.6 级地震为例

张璇¹⁾, 张元生^{1,2)}, 田秀丰¹⁾, 汤倩¹⁾, 徐溶¹⁾

1) 中国地震局兰州地震研究所, 兰州, 730000;

2) 中国地震局地震预测研究所兰州科研创新基地, 兰州, 730000

关键词: 岷县—漳县地震; 断层活动; 红外遥感; 小波变换; 相对功率谱

断层活动与地表热环境紧密相关, 同时发挥着把热异常和地震联系起来的承载作用。大多数强烈地震前都存在突出的热红外异常现象(徐秀登等, 1991; 陈梅花等, 2003; 邓志辉等, 2003; 康春丽等, 2003), 且可以利用有效的提取方法进行判定和识别(张元生等, 2011; 荆凤等, 2013; 张璇等, 2013; 郭晓等, 2013)。地震热红外异常形态在震中区大多表现出与发震断裂走向基本一致的特征, 该现象也说明地震热红外异常变化与断层活动具有明显相关性。基于此, 本文应用小波差值法和相对功率谱法相结合的红外数据处理流程, 对岷县—漳县 6.6 级地震及其发震断裂带进行再研究, 以期获得该次地震前后与断裂带活动相关的热红外时空分布特征和演化过程。

1 地震情况

2013 年 7 月 22 日甘肃省定西市岷县与漳县交界地区发生了 6.6 级地震, 震中位于 34.5° N, 104.2° E, 地震发生在甘肃省东南部地区的临潭—宕昌断裂带的东北侧, 该次地震未在地表形成明显破裂, 致使对其发震构造特征和变化过程的判定存在一定困难。

2 数据来源及处理方法

本文研究中使用中国静止气象卫星 *FY-2C/E* 的亮温资料为数据源, 该数据通过卫星荷载的红外和

可见光自旋扫描辐射计进行观测而获得。为了减小太阳辐射对地表温度的影响, 亮温数据选择北京时间 01~05 时段的观测数据, 使用补窗法剔除其中的干扰值、错误值及突跳值, 建立以二进制格式存储的原始数据库。

2.1 小波差值分析

应用 db8 小波基对亮温数据进行小波变换处理, 选取小波 7 阶的尺度部分, 以获得与断层活动周期相似的长周期成份。其次, 对选定断层进行跨断层垂直剖面线的描绘, 并提取剖面线上所有象元点的亮温小波数据, 由剖面线的起始点逐点计算其相对温差, 进而绘制跨断层剖面的亮温时空变化图。

2.2 相对功率谱分析

为了研究地震前后发震断裂带附近的红外前兆异常过程, 利用震前大都有形态畸变的 6 阶小波数据, 进行相对功率谱的计算来获得优势频率和优势幅值。具体选择所需的窗长和滑动窗长(本文研究过程考虑地震前兆及断层活动的周期, 选择窗长为 256 d, 滑动窗长为 1 d), 对每一个象元进行滑动以获得时频空间数据, 而后对所有功率谱做相对处理, 并进行全时空和全频段扫描, 从而有效捕捉地震前的热异常。

3 数据处理结果

考虑西秦岭北缘断裂与临潭—宕昌断裂间的区域曾发生过 2003 年 11 月 13 日岷县 5.2 级地震, 故首先以该次地震震中为垂线中点做与临潭—宕昌断

注: 本文为甘肃省自然科学基金(编号: 17JR5RA339)的成果。

收稿日期: 2019-01-10; 改回日期: 2019-03-20; 责任编辑: 周健。 Doi: 10.16509/j.georeview.2019.s1.136

作者简介: 张璇, 女, 1985 年生。硕士, 副研究员, 固体地球物理学专业, Email: zhangx198565@126.com。通讯作者: 田秀丰, 男, 1984 年生, 高级工程师, 主要从事地震预警及强震动研究工作, Email:txf913@163.com。

裂垂直的剖面 CZ1, 而后过岷县—漳县地震震中点对断层轨迹线做与之垂直的剖面 CZ2 (图 1), 长度均控制在 220 km 左右, 计算各垂直剖面线上的象元差值并绘图 (图 2)。图 2 显示, CZ1 和 CZ2 剖面中 120 km 处都出现较明显热条带, 连续性一般, 大致位置在临潭—宕昌断裂北东方向。同时, 参考测震学相关研究结果, 岷县—漳县 6.6 级地震的孕震和发震构造和临潭—宕昌断裂存在一定偏差, 或为一条隐伏断裂 (冯红武等, 2013)。图中虚线为推测的发震断裂带大致位置。

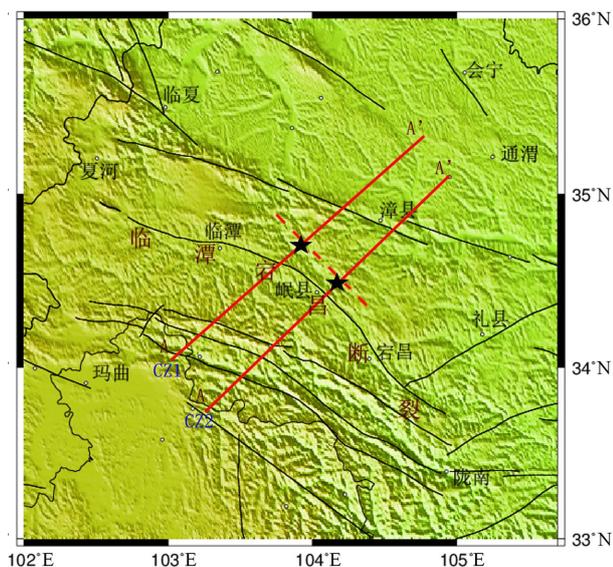


图 1 临潭-宕昌断裂带亮温剖面分布位置示意图 (★为震中, 虚线为推测断裂)

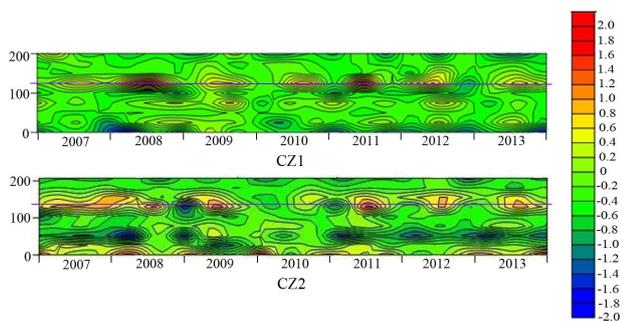


图 2 临潭-宕昌断裂带垂直剖面亮温差值图 (紫色线为亮温所示断层位置)

利用相对功率谱法对该次地震震中及附近区域局部扫描发现 (图 3), 震前 60 d 左右震中区北东方向出现大面积热增温现象, 随着时间推移, 震前 30 天热异常区域缩小, 并在西秦岭北缘断裂的中段显现出较清晰的带状亮温分布特征。而在临潭—宕昌断裂以北方向, 出现功率谱幅值极大且近似带状的亮温异常点 (图 3 中黑色圈处), 其位置与

断层垂直剖面结果推测的发震断裂具有一致性。该次地震亮温峰值出现在震前 2 天, 震中位于异常热条带的偏东部位。震后 30 d 左右, 断裂带及其周边的亮温异常明显收缩直至完全消失。

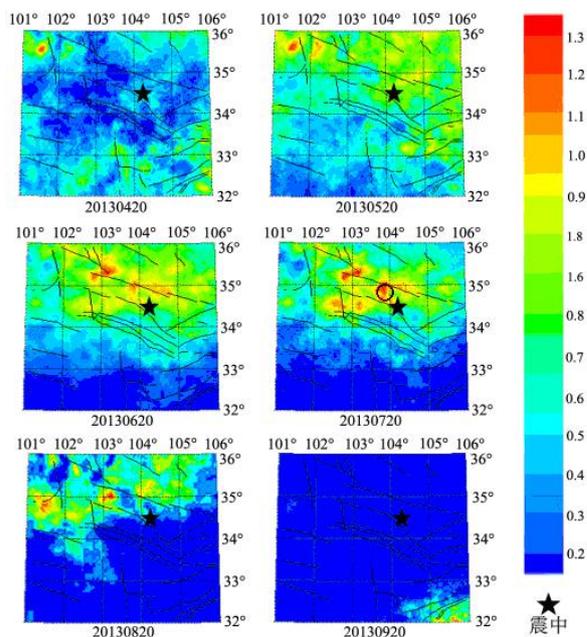


图 3 岷县-漳县 6.6 级地震亮温功率谱时空演化图

4 结论与讨论

通过应用小波差值法结合相对功率谱法对岷县-漳县 6.6 级地震前后的亮温数据进行处理, 获得与断层活动有关的热红外有异常信息, 综合上述图像处理结果可得到如下结论:

(1) 该方法处理结果可清晰地看到与地震活动有关的热红外亮温变化过程, 并可获得研究区域内断裂活动强弱的差异。

(2) 临潭—宕昌断裂带垂直剖面亮温差值图中的热条带在 20 km 左右, 应为红外亮温差异的影响宽度。

(3) 震前热红外异常形态以近似带状展布, 并在西秦岭北缘断裂的中段表现出辐射强度最高的分布特征, 热异常持续时间达 5 个月, 震中位于异常热条带的偏东部位, 可认为其与断裂带的活动性增强有关。

利用一些数学方法研究断层活动的热红外信息属于一个尝试性的开始, 文中对于震中区断裂带的亮温变化进行的分析和研究可为遥感信息在地震研究应用上提供更多判据。但由于目前地震热辐

射异常的成因机理仍是地震红外前兆研究工作中的难点,文中有关解释和结果还需进一步结合遥感实地测量、地质野外科考等相关研究手段来相互佐证。

参 考 文 献 / References

陈梅花, 邓志辉, 贾庆华. 2003. 地震前卫星红外异常与发震断裂的关系研究. 地震地质, 25 (1): 100~108.

邓志辉, 王煜, 陈梅花, 等. 2003. 中国大陆几次强地震活动的卫星红外异常分析. 地震地质, 25 (2): 327~337.

冯红武, 张元生, 刘旭宙, 等. 2013. 2013 年甘肃岷县漳县 MS 6.6 地震及余震序列重定位. 地震工程学报, 35 (32): 443~447.

郭晓, 张元生, 魏从信, 等. 2014. 汶川 8.0 级和仲巴 6.8 级地震中波红外热辐射异常. 地球学报, 35 (3): 338~344.

荆凤, 申旭辉, 张铁宝, 等. 2013. 与地震有关的活动断裂带红外辐射变化特征. 国土资源遥感, 25 (1): 56~60.

康春丽, 陈正位, 陈立泽, 等. 2003. 昆仑山 8.1 级地震的热红外前兆特征分析. 西北地震学报, 25 (1): 12~15.

徐秀登, 强祖基, 赁常恭. 1991. 卫星热红外图像与震兆异常-澜沧地震前热红外图像的启示. 环境遥感, 6 (4): 261~266.

张璇, 张元生, 魏从信, 等. 2013. 云南彝良 5.7 级地震前卫星热红外异常. 地震工程学报, 35 (1): 171~176.

张璇, 张元生, 魏从信, 等. 2013. 四川芦山 7.0 级地震卫星热红外异常解析. 地震工程学报, 35 (2): 272~277.

张元生, 郭晓, 魏从信, 等. 2011. 日本 9 级和缅甸 7.2 级地震热辐射表现特征. 地球物理学报, 54 (10): 2575~2580.

ZHANG Xuan, ZHANG Yuansheng, TIAN Xiufeng, TANG Qian, XU Rong: Study of the characteristics of fault activity based on infrared remote sensing data-Take Minxian-Zhangxian M6.6 earthquake as an example
Keywords: Minxian-Zhangxian earthquake; fault activity; infrared remote sensing; wavelet transform; rrelative power spectrum