

# 新青 8.1 级地震前卫星热红外异常

张元生, 沈文荣, 徐 辉

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**利用兰州卫星热红外接收站的资料,取  $34^{\circ} \sim 38^{\circ} \text{N}$ ,  $86^{\circ} \sim 94^{\circ} \text{E}$  为研究区域,对 2001 年 11 月 14 日新青 8.1 级地震前的热红外资料进行了处理、分析与研究.结果表明:从 2001 年 10 月 17 日起出现明显的地温异常条带,随着时间的变化,异常区域不断扩大并存在迁移现象,异常持续时间近一个月.

**关键词:**临震前兆; 热红外异常; 新青 8.1 级地震

**中图分类号:** P315.72      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0844(2002)01-0001-04

## 0 引言

强地震前特别是大地震前地温场的异常变化,早已在实验研究和实际观测中被发现,并引起了国内外地震学家的关注.地温异常作为一种地震前兆一直在被人研究.地温观测资料的获取通常有两个途径:一是在深度不同的井中定期测量井水温度的变化;二是应用卫星遥感技术获取大量的热红外观测数据.由于地震发生的地点是不清楚的,应用测井观测技术远远达不到预报未来大震的要求.而卫星观测范围大,覆盖性好,对地震的监视能力有了很大提高.随着高新技术的不断发展,近十年来,把卫星热红外遥感技术应用于地震预测研究,为地震预报开辟了新的研究思路,到目前为止,已取得了一定的进展.

耿乃光等在“热红外震兆成因的模拟实验”<sup>[1]</sup>研究中,对完整岩石破裂前和既存断层粘滑失稳前的红外辐射温度场进行遥感观测时,发现岩石破裂前在未来断层处出现条带状的红外热像;粘滑失稳前断层闭锁点出现升温现象.声发射测量表明,岩石破裂前已有大量微破裂产生.认为地壳中的既存断层和大震前的微小破裂均可能为震前地壳中的热能转移提供通道,从而导致地面热红外震兆的出现.

王庆良等在“地温前兆机理”<sup>[2]</sup>研究中认为,除了传统的热导、热对流和热辐射这 3 种机理之外,应力做功在岩土介质中产生的耗散热能同样也可以引起岩土介质的温度上升.并提出一种较具有普遍意义的应力——耗散热地震地温前兆机理模式.

郭增建指出<sup>[3]</sup>,大震震源区锁住断层会产生预位移,由于这时断层受到的挤压应力有很高的值,使沿断层带温度升高.通常预位移的发生预示着大地震的发生已进入短临阶段,因此监测断层带上温度的变化以及这种变化沿断层带两侧的空间变化进程,可以为大震的短临预报提供可靠的直接的指标.

收稿日期: 2002-01-09

基金项目: 中国地震局兰州地震研究所青年基金课题(D0102); 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2002004.

作者简介: 张元生(1965-), 男(汉族), 贵州湄潭人, 副研究员, 现主要从事地震预报研究.

徐秀登等在研究“台湾南投7.6级大地震前的卫星红外异常”<sup>[4]</sup>时,发现震前10天红外异常明显.震前红外异常形态具有孤立性;分布上具有局限性;与活动构造具有相关性;异常昼夜对比具有相对稳定性;存在时间持久性;异常位置具有迁移性;演变规律呈阶段性.

吕琪琦、丁笠海等<sup>[5]</sup>在研究张北6.2级地震前可能的卫星热红外异常现象时,发现热红外异常的初始变化出现在震前十几天,温度变化的峰值出现在震前1~2天,异常形状为条带状分布,增温是沿断裂发展.

在“九五”期间,中国地震局投资建设的卫星红外遥感接收站能很好的下载极轨卫星FY-1(中国)、NOAA-12、NOAA-14、NOAA-15和NOAA-16(美国)的遥感图象.极轨卫星的运转轨道比同步卫星运转轨道低,扫描范围小,扫描宽度可达3000 km,星下点的扫描精度可达 $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$ .兰州卫星红外遥感接收站下载的极轨卫星扫描图象资料主要覆盖南北地震带和青藏高原北部等地区,为研究这一地区的强震和特大地震提供了数据源.

## 1 红外异常提取方法

红外遥感观测信息场是地表与大气层综合表现出来的物理信息场.大震发生之前,在震源周围或沿某些带存在热红外异常,异常特征与应力环境、构造环境、地震强度及震源深度等存在着密切的关系.引起红外遥感观测信息场变化的因素较多,对于异常还需做进一步判断是地震引起的异常,还是其他因素引起的异常,因此研究如何排除非地震因素影响和异常的提取方法是非常重要的.对热红外信息场起主要作用的因素有太阳辐射、地形、大气及地物辐射强度等.

(1) 辐射校正.应用“极轨气象卫星接收系统”软件,进行可见光、近红外通道的太阳高度角校正.

(2) 几何校正.经几何校正把观测图像与地图配准,使观测信息场准确地对应所扫描的地表区域.

(3) 辐射强度校正.不同的地表有不同的辐射强度,如沙漠、海洋、草原、黄土等.可根据辐射强度公式计算出卫星的各扫描单元的平均辐射强度,应用地表温度与地物辐射强度联合反演的方法可消除由于物体辐射强度的差异与大气层对地温场的影响.

(4) 地形校正.地形对温度的影响十分明显.在同一研究区中,如果地形的起伏较大,不同高程的地物不能用同一温度标准来衡量;在研究范围较大时,同样高程的地物也不能用同一温度标准来衡量.利用“极轨气象卫星接收系统”中的背景图(地形卫照图,已标注了经纬线),可用反算法计算出各像元的真实高程值,再根据红外观测精度,可计算出某个时段地形对温度场的影响值,从而可以扣除地形对温度场的影响.另外也可应用差值法部分地消除地形因素的影响.即在监测区选择一个近期地震相对平静、无干扰的温度场作为正常温度场,并将所研究的其它时相的温度场与其作差值比较.

(5) 云层校正.阴天与晴天的地温场存在有一定差异,气象因素引起的温度场变化是有范围的,与冷、热气流的运动方向有关.而热红外异常往往具有一定的区域性、条带性及局部性.可通参照反照率参数来消除云层对地温场的影响.

## 2 资料处理及结果

2001年11月14日新青8.1级地震发生于库玛断裂带的西段、青藏高原北部( $36.2^{\circ}N$ ,  $90.9^{\circ}E$ ),是中国大陆近50年来最大的一次地震.这一地区是我国地震监控能力较差的地区,

尤其是前兆方面的监视能力.针对这一情况,在中国地震局监测预报司预报处的指导下,在兰州地震研究所的大力支持下,我们利用兰州热红外接收站8月份以来的资料,取 $34^{\circ}\sim 38^{\circ}\text{N}$ , $86^{\circ}\sim 94^{\circ}\text{E}$ 为研究区域,对该次地震前的热红外异常进行了研究.

兰州观象台接收卫星红外观测近一年半,已积累了不少的宝贵资料,为研究2001年11月14日新青8.1级地震前的异常打下了基础.到目前为止,该观测系统所积累的资料中最完备的是风云1号卫星资料,对青海西部地区具有较好的覆盖性和连续性,因此我们主要处理了风云1号卫星的资料.在资料的处理过程中,重点考虑了地形及气象因素对地表温度场的影响,由于数据量极大,我们自行研制了一些可视化程度较高的处理软件,但功能还有待进一步完善.

## 2.1 宏观考察结果

据本次地震的宏观初步考察结果<sup>[6]</sup>,宏观震中位于库赛湖东约30 km一带,即在 $35^{\circ}46'\text{N}$ , $93^{\circ}22'\text{E}$ 点附近.主破裂带总长度可达350 km,总体走向为 $\text{NW}80^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ,西端可能终止于布喀达板峰,距宏观震中约210 km,东端距震中约140 km.应用CDSN资料和美国哈佛大学所作的震源机制解的断层面走向与宏观考察结果是基本一致的(图1(a)).

## 2.2 热红外资料处理结果

(1) 10月17日以前,热红外观测无明显的异常显示(图1(b,c)).10月5~7日,温度场变化正常,变化范围为 $-0.6\sim -0.7\text{C}^{\circ}$ ,只有个别的点温度存在增温现象(图1(b)).

10月8~10日,研究区的绝大部分区域温度变化为 $-1.7\sim -0.1\text{C}^{\circ}$ (图1(c)),基本上处于正常的降温过程,在研究区的东北地区出现大的降温过程,相对降温 $-3.3\sim -1.7\text{C}^{\circ}$ .

(2) 自10月17日起,温度场出现了明显的规律性变化.10月17~20日,出现了高温异常带,长度达数百公里(图1(d,e)),主要分布在 $35^{\circ}\text{N}\sim 36^{\circ}\text{N}$ 之间. $92^{\circ}\text{E}$ 以东条带呈东西向分布,与宏观考察的主破裂带是完全一致的; $92^{\circ}\text{E}$ 往西呈北西向延伸,与主破裂带走向的关系,还有待于进一步的宏观考察.

(3) 10月20~29日,异常带消失,但出现了大面积的升温过程,温度升高 $1\sim 1.5\text{C}^{\circ}$ (图1(f)),这与地表温度正常降温的规律相反.

(4) 11月5~6日,异常区向北迁移(图1(g)),主要集中在 $36^{\circ}\sim 38^{\circ}\text{N}$ , $89^{\circ}\sim 104^{\circ}\text{E}$ 区域.6日比5日的温度相对升高 $0.5\sim 2.0\text{C}^{\circ}$ .

(5) 11月6~7日,异常区向西发展,呈北西向条带分布,东起 $92^{\circ}\text{E}$ ,向西至 $86^{\circ}\text{E}$ .在异常条带内,7日比6日的温度相对升高 $0.2\sim 1.4\text{C}^{\circ}$ (图1(h)).

(6) 11月7~8日,异常区向南迁移至 $34^{\circ}\sim 36^{\circ}\text{N}$ 区域,呈东西向分布(图1(i)),异常不明显,部分地区仍处于升温过程.

(7) 11月10~12日,地温场的变化与前面相比,异常幅度有所降低,但震源区以西温度场仍处于升温过程(图1(j)).

## 3 结论

2001年11月14日新青8.1级地震微观震中位于库玛断裂带的西段、青藏高原北部地区.在正常情况下,该区气候从9、10月开始变冷,地表温度也随之下降,因此温度场以时间轴呈负梯度变化,一般不会出现长时间的升温过程.8.1级地震前近一个月时间内,震源区周围出现了大面积、长时间的升温过程,这与该区的正常气候变化不相符,可能与该区应力场的加速变化有关,属前兆异常.从2001年10月17日起,出现了明显的热红外异常,存在迁移现象,

异常区范围还存在由小变大, 又由大变小的过程.

### [参考文献]

- [1] 耿乃光, 于萍, 邓明德, 等. 热红外震兆成因的模拟实验研究[J]. 地震, 1998, 18(1): 83—88.
- [2] 王庆良, 王文萍, 梁伟锋, 等. 应力—耗散热地温前兆机理研究[J]. 地震学报, 1998, 20(5): 529—534.
- [3] 郭增建, 秦保燕. 震源物理[M]. 北京: 地震出版社, 1979.
- [4] 徐秀登, 徐向民, 王煜, 等. 台湾南投 7.6 级地震前卫星红外异常[J]. 地震学报, 2000, 22(6): 666—669.
- [5] 吕琪琦, 丁鉴海, 崔承禹, 等. 张北 6.2 级地震前的卫星热红外异常[J]. 地震, 1998, 18(3): 240—244.
- [6] 陈文彬, 徐锡伟, 张志坚, 等. 2001 年 11 月 14 日青新交界  $M_s$  8.1 级地震地表破裂带的初步调查[J]. 西北地震学报, 2001, 23(4): 313—317.

## SATELLITE THERMAL INFRARED ANOMALY BEFORE THE XINJIANG QINGHAI BORDER $M_s$ 8.1 EARTHQUAKE

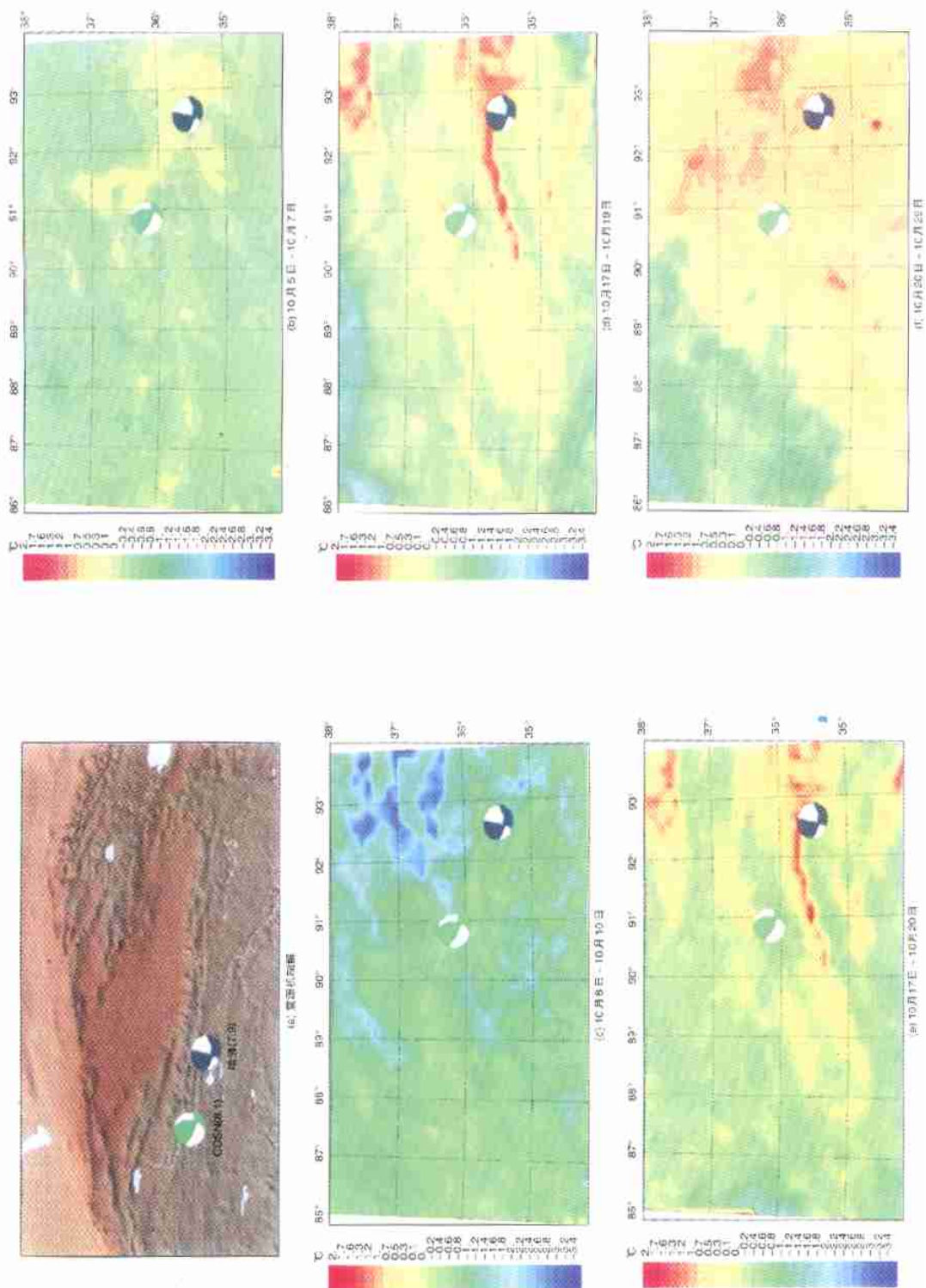
ZHANG Yuan-sheng, SHEN Wen-rong, XU Hui

(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The data of thermal infrared remote sensing of Lanzhou receiving station from meteorological satellite on northern Tibet plateau ( $34^\circ \sim 38^\circ \text{N}$ ,  $86^\circ \sim 94^\circ \text{E}$ ), in three month before Nov. 14, 2001  $M_s$  8.1 earthquake at Xinjiang—Qinghai border are calculated, analyzed and researched. The results shows that obvious belt anomaly of the earth's surface temperature appeared from on Oct. 17, 2001, the anomalous area became more large and with migration phenomena. The whole anomalous time kept on near one month.

**Key words:** Impending precursor; Thermal infrared anomaly; Xinjiang—Qinghai border  $M_s$  8.1 earthquake

张元生等, 新青8.1级地震前卫星热红外异常



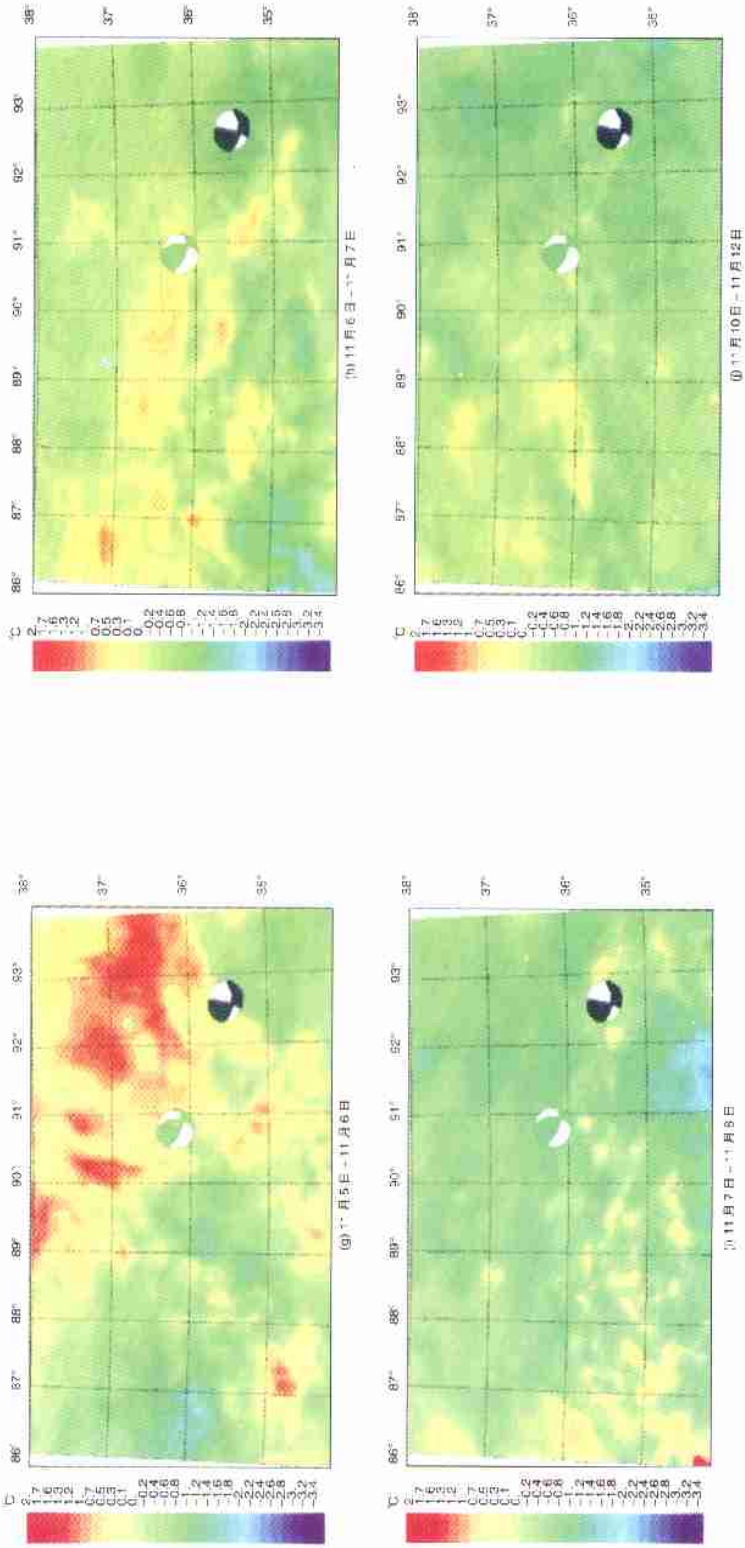


图 1 8.1 级地震及震前热红外异常演化图像

Fig.1 The evolution patterns of thermal infrared anomaly before the  $M_{8.1}$  earthquake.