

昆仑山口西 8.1 级地震的卫星 热红外前兆特征分析

康春丽, 陈正位, 陈立泽, 田勤俭, 刘德富

(中国地震局分析预报中心, 北京 100036)

摘要:以卫星热红外遥感产品的两种参数——长波辐射强度(OLR)(月际资料)和亮度温度(日际资料)为基础,对2001年11月14日昆仑山口西8.1级地震前后的卫星热红外变化特征进行了分析.结果表明,在8.1级地震发生前一个月长波辐射强度(OLR)出现增强异常;震前6~7天出现亮度温度的增强,异常现象在空间分布上呈现为条带状,与震中区的构造分布一致.

关键词:昆仑山口西8.1级地震;长波辐射;亮度温度;前兆异常

中图分类号:P315.72⁺8 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0844(2003)01-0012-04

0 前言

2001年11月14日,在青海省昆仑山口以西地区发生了8.1级地震,引起了国内外地震科学家们的极大关注.由于地震发生在人烟稀少、监测能力较差的昆仑山地区,现有的前兆监测手段没有捕捉到震前的异常现象,因此,对于这次地震的发生人们事先并未作出预测意见.

近几年来,科学家们将卫星遥感技术应用到地震监测预报系统^[1~8],并取得了明显的预报效果.通过对2001年前后卫星遥感产品的不同表现形式——长波辐射场强度(月际资料)和亮度温度(日际资料)变化的分析,发现在昆仑山口西地震发生前后,卫星热红外资料表现出了可以识别的前兆异常特征.

1 卫星热红外遥感资料和数据处理方法

目前,红外遥感卫星数据处理方法有许多种,根据地震前兆监测要求和前人遥感数据处理经验,本研究主要选用了长波辐射强度OLR和亮度温度两种参数对接收到的卫星数据资料进行了处理.

1.1 长波辐射场强度 OLR(Outgoing Longwave Radiation)

根据美国NOAA系列极轨卫星提供的全球性地表射出长波辐射数据资料,经过数据处理,可以获得中国大陆区域 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 月际长波辐射场强度OLR(瓦/平方米)资料.主要的处理方法包括:

(1)距平化处理:将每月的长波辐射OLR值与该月的多年平均OLR值相减,并绘制等值线图,形成长波辐射距平场分布图.

(2)涡度处理:为了找出变化幅度最高的高值点,在对OLR数据进行距平化处理的同时,还可对不同网格点数据与其相邻数据进行对比分析,形成长波辐射涡度场分布图.

1.2 亮度温度

收稿日期:2002-12-30

基金项目:“十五”科技攻关项目2001BA601B02-02-05子专题资助.

作者简介:康春丽(1964-),女(汉族),陕西大荔人,副研究员,主要从事地下流体地球化学、热红外遥感的日常监测及其在地震预报中的应用等方面的研究工作.

以日本静止气象卫星 GMS-5 所接收的红外一通道资料为主要研究对象. 该卫星定位于地球赤道上空 35 800 km 的同步轨道上, 星下点为东经 140° , 可每小时发送一次云图资料. 经过处理, 即可获取连续可靠的亮度温度资料. 根据研究的需要, 可对获取的亮温资料分别进行 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 、 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 、 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的处理.

2 昆仑山口西地震活动中的热红外异常特征分析

2.1 长波辐射场变化特征

2.1.1 涡度处理

为了分析昆仑山口西地震前后长波辐射强度 OLR 的变化, 我们选取东经 $80^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 、北纬 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 为研究区范围, 对 2001 年 1~12 月的 OLR 数据资料进行了涡度处理. 图 1(图版 I) 是处理后的长波辐射强度涡度场图, 从图中分析看出:

(1) 从 2001 年 1 月至 6 月, 该区的 OLR 强度场分布基本相似, 即在震中区附近存在着一条近东西向再转北东向的辐射增强条带(图版 I 图 1a). 8 月开始, 长波辐射强度出现了增强趋势, 但整个研究区的涡度场分布没有发生变化.

(2) 到 9 月份, 研究区的辐射强度涡度场的分布发生了明显的变化, 在震中区附近, 辐射强度涡度值增强最大, 且在空间分布上表现为近东西向的增强条带(图版 I 图 1b).

(3) 10 月份, 虽然涡度场的空间分布恢复到了 9 月以前的状态, 但辐射强度的增强现象表现也较为明显, 条带范围也有所增加(图版 I 图 1c).

(4) 11 月, 即地震发生当月, 辐射强度的增强现象较 10 月份有所减弱(图版 I 图 1d).

2.1.2 距平涡度处理

为了更为详细地分析昆仑山口西地震前后的 OLR 的变化特征, 在涡度处理的基础上, 进行了距平涡度处理. 在去除了年变趋势及其季节因素的影响后, 可以真实地反映 2001 年每一个月长波辐射场的真实变化. 处理结果如图 2(图版 I) 所示. 可以明显看出, 从 2001 年 9 月开始震中区附近的 OLR 出现了明显的增强现象, 而且增强幅度最大, 空间分布范围较广. 10 月份以后虽然震中区也存在着 OLR 增强带, 但与 9 月相比, 无论是空间分布范围还是变化幅度, 都较 9 月份有所降低(图版 I 图 2a~d). 更为重要的是, 从场的角度来看, 在地震活动结束后的 12 月份在震中区附近沿近东西向展布的长波辐射增强带基本消失, 而在震中区南部出现了一条空间展布与上述异常条带不同的新的长波辐射增强带.

为了更清楚地反映 8.1 级地震前的长波辐射增强现象, 我们以震中附近 90°E 、 35°N 点为例, 对其多年 9 月份的长波辐射场涡度进行了纵向对比. 图 3 是该点自 1980 年以来历年 9 月份的长波辐射涡度变化情况. 从图中可以明显地看出, 自 1980 年以来长波辐射的涡度值出现了两次较明显的增强现象, 每次增强之后震中区都有地震发生, 分别是 1992 年 12 月 23 日的可可西里 5.6 级地震(88.3°E 、 34.9°N)和 2001 年 11 月 14 日的昆仑山口西 8.1 级地震(90.9°E 、 36.2°N).

2.2 亮度温度

为了获取昆仑山口西地震区亮温资料的变化背景, 选取同一时段(国际时间 17 点 02 分、北京时间夜间 1 点 02 分), 2001 年 10 月 15 日以来的 GMS-5 红外一通道亮度温度场资料, 对其进行 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的数据处理, 形成中国区域亮温场分布图(图版 II 图 4). 看出, 在中国大陆范围内, 昆仑山口西地震区处于一个低值的背景区, 而且亮温场变化很不均匀, 这种现象一直持续到 2001 年 11 月 7 日(图版 II 图 4a~c).

(1) 从 11 月 8 日开始至 10 日, 震中区普遍出现了亮温值升高现象, 由于震中区亮温值普遍升高, 亮温的变化幅度也似乎趋于稳定(图版 II 图 4d).

(2) 从 11 月 13 日开始到 14 日, 震中区升温现象更为明显, 达到了该地区的最高值(整个区域均出现了高于 250 K 等高线的现象)(图版 II 图 4e~f).

(3) 11 月 15 日以后, 震中区局部范围又出现了低值区; 从 11 月 19 日开始, 低值区逐渐增多, 与 11 月 8 日前的变化比较相似.

为了更为明显的看出昆仑山地震前后震中区的亮温变化状态,以11月3日的亮温场分布为背景进行了差值处理.图4g、4h(图版II)分别是11月7日和11月13日的亮温场与11月3日亮温场相减后所得到的结果.可以看出,随着地震的临近,震中区的亮温增强幅度明显高于周围地区.

2.3 昆仑山口西地震活动中的热红外异常特征

以上分析结果显示,昆仑山口西8.1级地震活动过程中,不论是卫星遥感长波辐射场强度,还是亮度温度都出现了较明显的异常变化,其变化特征主要表现在以下方面:

- (1) 在空间分布上,昆仑山口西地震前长波辐射强度和亮度温度都出现了增强趋势,表现为沿近东西向展布的异常条带.地震结束后,长波辐射强度出现了与上述条带展布范围和方向完全不同的新的增强条带.
- (2) 在时间上,长波辐射强度的异常变化在震前2个月(9月份)出现;而亮度温度的异常变化出现时间较短,在震前的6~7天内出现,并呈现逐渐增强趋势.
- (3) 热红外的异常增温条带与震中区的构造断裂带展布方向基本一致.
- (4) 这种增温条带在地震活动结束后基本消失.

3 讨论

利用卫星热红外技术进行地震监测预报,是一个很有前景的新技术方法.但是,卫星遥感热红外在地震监测预报中的应用性研究还刚刚开始,还存在许多尚待解决的关键问题.

(1) 如何正确识别与地震活动相关联的热红外前兆异常,是利用热红外进行地震预报急需解决的关键问题.在昆仑山口西8.1地震发生前后,卫星热红外资料出现了较明显的增温异常现象,这种现象是否由地震孕育相关的构造活动引起,能否作为一种判识指标运用于未来的地震预测,还需要进行大量的震例研究工作.

(2) 从上面的分析可以看出,在地震发生前6~7天的时间内,热红外亮温资料出现了明显的升温现象,范围大致在东经 $85^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 、北纬 $35^{\circ} \sim 38^{\circ}$ 之间,呈带状沿东西向展布.据研究,昆仑山口西8.1级地震的发震构造为东昆仑构造断裂带的布格达板—昆仑山口段,断裂走向近东西^[9,10],与热红外所显示的增温条带展布方向基本吻合,说明这种地热增温可能与断裂活动有关.

(3) 对长波辐射强度的分析显示,在昆仑山口西地震结束后,出现了与震前异常条带空间展布完全不同的新的辐射增强条带.这种现象的出现是否预示着昆仑山地震活动所释放的能量可能主要沿着这一新的OLR增强带展布方向传递,还需要进行更进一步的跟踪与研究.

(4) 关于卫星遥感热红外用于地震预报的机理,目前有多种解释,如地球放气^[7]、破裂引起的电磁效应^[2]等.本次昆仑山口西地震活动过程中热红外异常条带的展布与震中区主要构造带的延伸方向基本一致,这对于热红外前兆异常机理研究具有一定的指导意义.

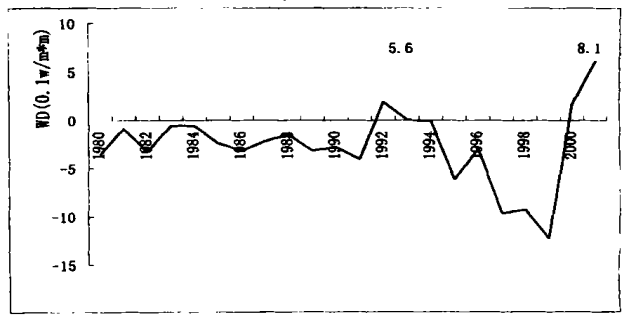


图3 震中区($90^{\circ}\text{E}, 35^{\circ}\text{N}$)历年9月份的长波辐射涡度变化曲线(1980~2001)

Fig. 3 Curve of OLR eddy values in September from 1980 to 2001 at the point of $90^{\circ}\text{E}, 35^{\circ}\text{N}$.

[参考文献]

- [1] 邓明德, 崔承禹, 耿乃光. 遥感用于地震预报的理论及实验结果[J]. 中国地震, 1993, 9(2): 163—169.
- [2] 邓明德, 崔承禹, 耿乃光, 等. 遥感用于地震预报的途径[J]. 西北地震学报, 1992, 14(2): 49—52.
- [3] 叶民权, 吴其勇, 杨忠东. 卫星热红外异常与强震关系研究实例[J]. 科学通报, 1994, 39(22): 2074—2077.
- [4] 刘德富, 彭可银, 刘维贺, 等. 地震有“热征兆”[J]. 地震学报, 1999, 21(6): 652—656.

- [5] 刘德富. 台湾集集强震前的卫星遥感长波辐射场变异分析[J]. 地球信息科学, 2000, 2(1): 33—36.
- [6] 强祖基, 孔令昌, 郭满红, 等. 实验室模拟卫星热红外增温机制的研究[J]. 科学通报, 1995, 40(1): 96.
- [7] 强祖基, 孔令昌, 王弋平, 等. 地球放气、热红外异常与地震活动[J]. 科学通报, 1992, 37(24): 2259—2262.
- [8] 强祖基, 徐秀登, 侯常恭. 卫星热红外异常—临震前兆[J]. 科学通报, 1990, 35(17): 1324—1327.
- [9] 青海省地震局, 中国地震局地壳应力研究所. 东昆仑活动断裂带[M]. 北京: 地震出版社, 1999. 186.
- [10] 刘光勋. 东昆仑活动断裂带及其强震活动[J]. 中国地震, 1996, 12(2): 119—126.

ANALYSIS ON THE SATELLITE INFRARED ANOMALY FEATURE BEFORE WEST TO KUNLUN MOUNTAIN PASS M8.1 EARTHQUAKE

KANG Chun-li, CHEN Zheng-wei, CHEN Li-ze, TIAN Qin-jian, LIU De-fu

(Center for Analysis and Prediction, CSB, Beijing 100036, China)

Abstract: Based on the two products of infrared from satellite remote sensing, i. e. . Outgoing Longwave Radiation (OLR) and Bright Temperature (BT), the precursor anomaly feature of infrared radiation before west to Kunlun Mountain Pass M 8.1 earthquake on Nov. 14, 2001, is analyzed. The result shows that the increasing anomaly of OLR appeared since a month and BT since a week before the earthquake, and both anomalies stretched along the seismo-tectonic zone in the epicenter district.

Key word: West to Kunlun Mountain Pass M8.1 earthquake; Longwave radiation; Bright temperature; Precursor anomaly

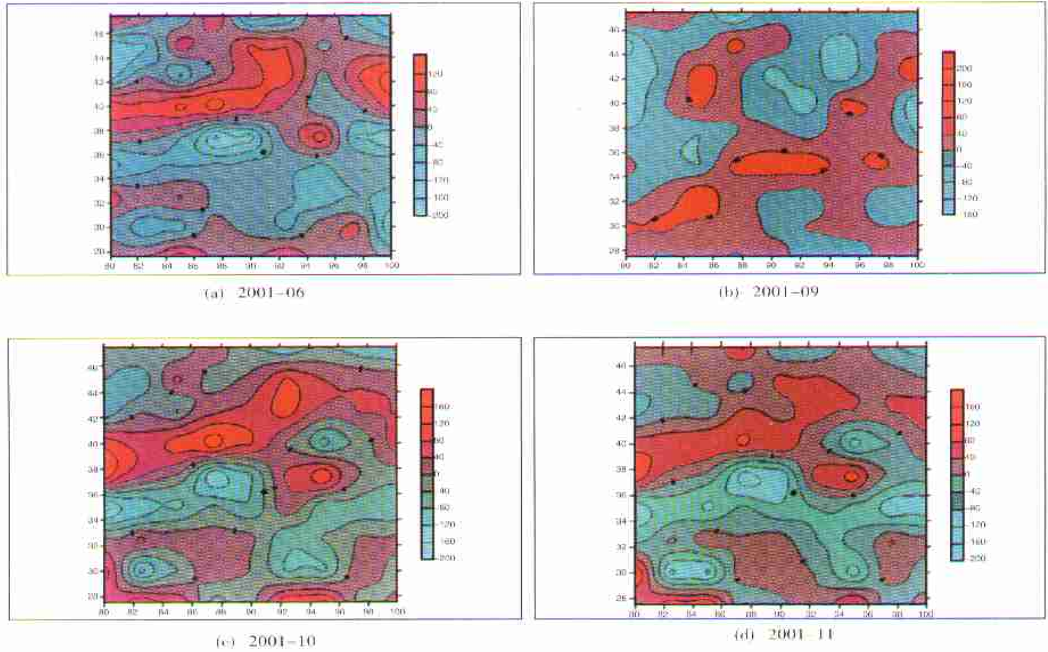


图1 昆仑山口西地震前长波辐射涡度场分布图(单位: 0.1瓦/平方米)

Fig.1 Eddy field of OLR values in 4 months before west to Kunlun Mt. Pass earthquake.

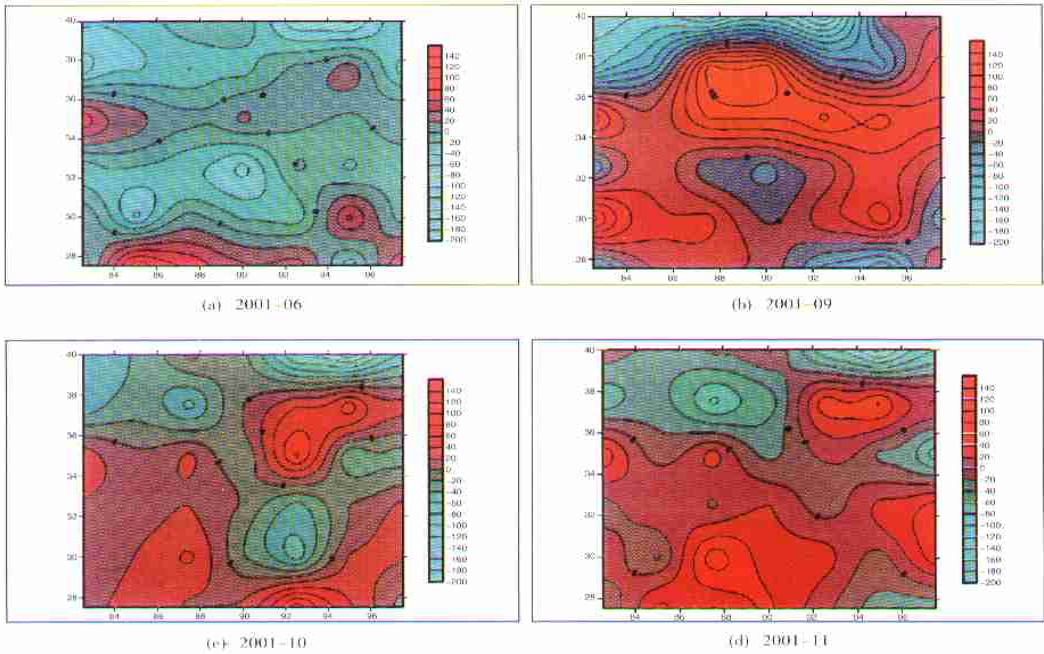


图2 昆仑山口西地震前长波辐射距平涡度场分布图(单位: 0.1瓦/平方米)

Fig.2 Eddy field of OLR departure values in 4 months before west to Kunlun Mt. Pass earthquake.

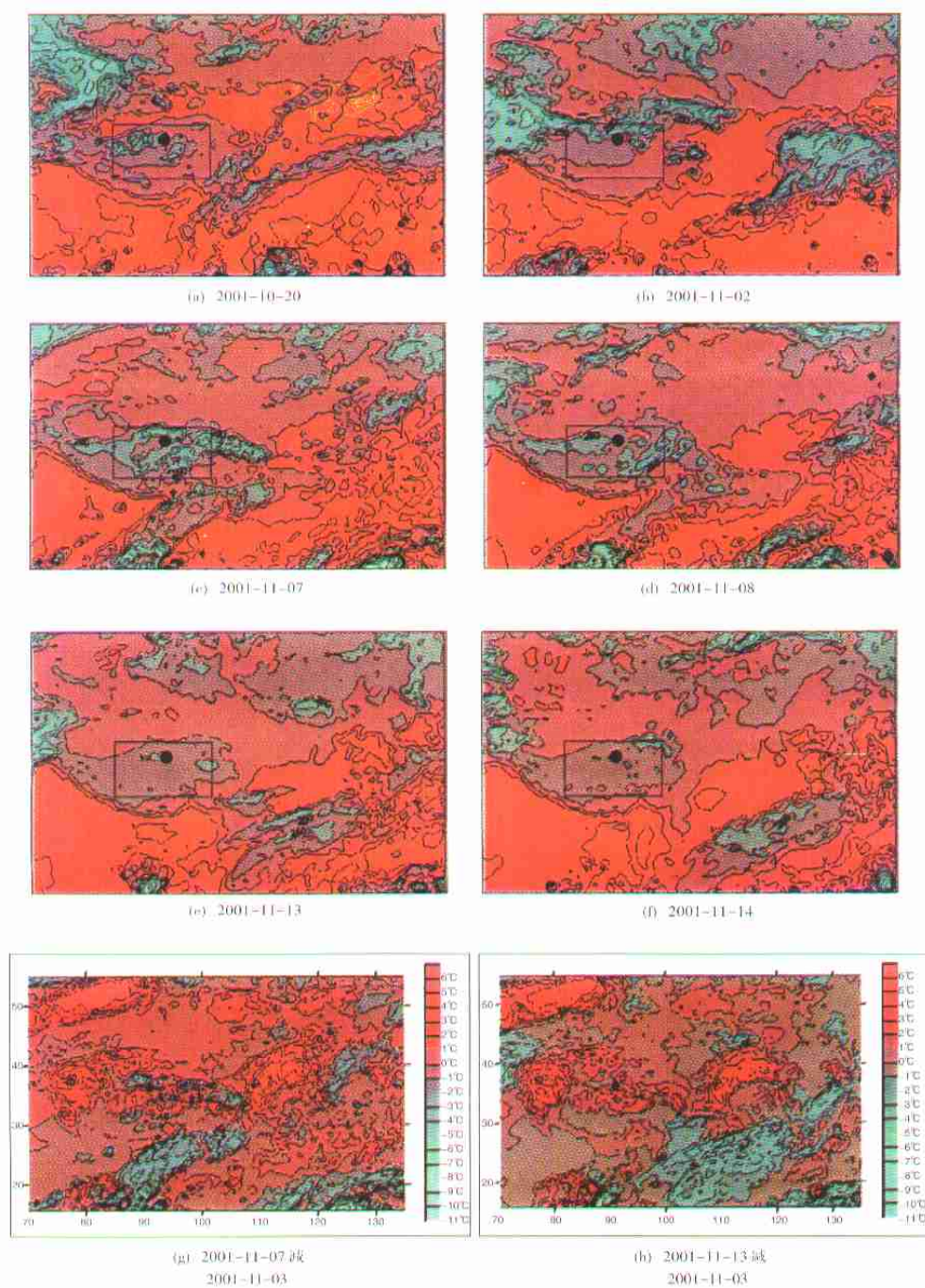


图 4 昆仑山口西地震前中国大陆 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 亮温场分布图(方框内为研究区)

Fig. 4 Variation of bright-temperature field ($0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$) in mainland of China before west to Kunlun Mt. Pass earthquake.