

# 新疆 OLR 基本特征及强震前的异常现象

郭卫英, 王琼, 高歌, 高小其

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘要:**利用美国国家环境监测中心的 NOAA 卫星长波辐射(OLR)月际资料进行数据的月距平、涡度场计算等处理,总结分析了新疆地区长波辐射场的基本特征。对2003年以来新疆及其周边地区发生的中强震进行研究,发现在部分地震前震中及附近地区出现较明显的高值辐射异常,认为这种现象可能与强震前的地-气系统变化有关。应用 OLR 资料进行新疆地区的地震趋势预测研究可在一定程度上弥补前兆台网监测能力的不足。

**关键词:**新疆; 长波辐射; 年变特征; 地震前兆; 异常现象

**中图分类号:** TP79; P315.72      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0844(2008)02-0163-05

## OLR Characteristics in Xinjiang and the Abnormal Phenomena before Strong Earthquakes

GUO Wei-ying, WANG Qiong, GAO Ge, GAO Xiao-qi

(Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China)

**Abstract:** Using the Outgoing Longwave Radiation(OLR) data of NOAA satellite from the National Center of Environmental Prediction(NCEP) of U. S. A., the monthly distance average and eddy field calculation are done, and the main characteristics of OLR field in Xinjiang are summarized. By analyzing the abnormal phenomena before moderate and strong earthquakes since 2003, it is found that high anomalous values appeared very close to the epicenter regions before some of earthquakes. It is considered that this feature is related to the change of earth-atmosphere system before strong earthquakes. Applying OLR data to earthquake prediction can remedy shortage of the precursor station in Xinjiang.

**Key words:** Xinjiang; Outgoing Longwave Radiation; Seasonal characteristic; Earthquakes precursor; Abnormal phenomena

## 0 引言

长波辐射(Outgoing Longwave Radiation, 简称 OLR, 单位为  $W/m^2$ )是气象卫星红外遥感资料中的一种,是由气象卫星搭载的红外传感器从高空对地扫描探测到的地球-大气系统的长波辐射量。根据斯提芬-玻尔兹曼定律:地面物体的辐射能量与温度的4次方成正比,即地物温度极微小的变化,都会引起地物辐射能量的极大改变。因此,应用长波辐射资料监测地震前的热异常,在某种程度上可以有效避免环境因素的干扰,突出有震兆意义的异常信

息。

地震前地表及浅层地温有增温异常这一现象已被大量前兆观测结果所证实<sup>[1-2]</sup>。早在1976年的唐山地震以及1975年海城地震人们在研究中就发现,地震前震中区的浅层地温出现不同程度的异常增温现象,在卫星遥感资料中对地表温度敏感的长波辐射通道可以记录到这种变化。中国地震局地震预测研究所的刘德富、康春雨等应用长波辐射资料进行地震预报的探索研究,得到了许多有意义的认

收稿日期:2007-12-03

基金项目:新疆科技厅少数民族特培项目(200623104);国家“十一五”科技支撑项目(2006BAC01B03-04-02);新疆地震科学基金(200703)

作者简介:郭卫英(1969-),女(锡伯族),新疆伊犁人,副研究员,主要从事地震综合预报、遥感与地震地质的应用研究。

识<sup>[3-7]</sup>。随后青海、甘肃、内蒙古等省区地震局研究人员也相继开展了卫星热红外信息与地震短临异常的应用研究<sup>[8-11]</sup>。新疆地震局预报中心自2005年起在新疆地震科学基金的支持下也开展了这项工作,并在地震趋势预测中得到初步检验,得到了较好的预报效果<sup>[12]</sup>。

气象卫星接收的地-气系统射出的长波辐射,主要由下垫面和云顶温度所决定。新疆地区植被稀少,地面裸露,大气干燥,获取的遥感信息干扰因素相对较少。此外,新疆地区的地震频次多、强度大,地震监测台网相对稀疏,是开展红外遥感长波辐射研究的优势地区。

## 1 资料收集与处理

本文利用的是美国国家环境监测预报中心(NCEP)提供的全球再分析数据集。该数据集是NOAA系列极轨卫星利用其辐射仪的红外窗区通道(波段带宽 $10.5 \sim 12.5 \mu\text{m}$ )从宇宙空间所观测到的地球-大气系统的长波辐射量。NOAA卫星是与太阳轨道同步的极轨式卫星,绕极近南北向环绕地球一圈约102分钟,红外波段星下点的分辨率可达 $1.1 \text{ km}$ ,扫描宽度为 $2500 \text{ km}$ ,对任一确定地区可每日飞经两次。NCEP对该数据进行多次空间平均后,可向用户提供便于计算处理的、按地理经纬网格 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 间距的全球逐日平均和逐月平均OLR数据资料。对新疆及邻区OLR资料选取范围为 $N30^\circ \sim 50^\circ$ ,  $E75^\circ \sim 100^\circ$ 的矩阵数列,逐年、逐月分析OLR值的时空演变特征。主要处理方法如下:

### 1.1 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。该方法可以部分消除因气候突变引起的影响,表示为

$$Y_{ij} = X_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}$$

$$(i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 12)$$

式中:  $Y_{ij}$ 是当月的距平值(即第*i*年第*j*个月);  $X_{ij}$ 是当月的OLR月均值;  $n$ 表示年数。本文应用的是1979—2006年间的27年平均数据作为背景场。

### 1.2 涡度场计算

为了找出特定区域内变化幅度最大的异常点,在对OLR数据进行距平化处理的同时,还可将各个网格点数据与其相邻数据进行差平均的对比分析,查找空间区域内长波辐射的奇异点。当月涡度场分

布中最高“+”值区位或相对周围呈孤立性的高“+”值区位,可视为短期内将有致灾事件可能发生的预警区<sup>[3]</sup>。

### 1.3 叠加GIS数据综合分析

由于受数据空间分辨率的限制,使得OLR异常高值点的地理信息比较模糊,不利于异常点位的准确判定。地震的发生与活动构造密切相关,而强震的震中大都位于主干断裂的交叉点、复合部位,或断陷盆地间有横向构造穿越的部位等。因此在研究长波辐射资料时,还需要结合GIS空间数据对特定活动构造区进行综合分析。

## 2 新疆地区OLR的基本特征

地震等重大自然灾害事件发生前,热辐射场所表现的异常特征由于所处地域的构造环境、季节变化、气象状况等影响因素的不同会有所差异,因而在利用卫星遥感OLR资料提取震前异常信息时,对研究区正常年变特征的了解是判别热红外温度异常的必要前提。图1(a)~(d)分别给出了新疆地区代表冬、春、夏、秋四季的1、4、7、10月的27年平均OLR等值面图。图中深色表示OLR相对高值区,浅色表示相对低值区,细黑线表示断层分布。分析结果显示,新疆境内年最高出射辐射值为 $280 \text{ W/m}^2$ ,最低值为 $160 \text{ W/m}^2$ 。

在1月(图1(a)),新疆地区OLR等值线较稀疏,总体呈纬向分布。低值中心主要集中在环塔里木盆地的西部,平均值为 $164 \text{ W/m}^2$ ;与其相邻的哈密-吐鲁番盆地则显示较高的辐射水平,为 $196 \text{ W/m}^2$ ;天山地区、喀什-乌恰地区和西昆仑地区显示中等辐射水平,平均为 $188 \text{ W/m}^2$ 。

夏季(7月,图1(c))的OLR等值线较密集,说明这个季节大气环境比较复杂。夏季由于中国大陆地区太阳高度角大,地球-大气系统吸收太阳短波辐射强,地表温度高,向外射出的长波辐射也是最强的季节。OLR的高值区主要集中在塔里木盆地和吐哈盆地,中心值为 $258 \text{ W/m}^2$ ,这反映了该地区在夏季晴干少雨、气候干旱的高温特点;而伊犁盆地则呈现出低值辐射水平,平均值仅为 $222 \text{ W/m}^2$ ,表现出该地区夏季云量丰沛,湿润多雨的气候特点。

新疆地区春、秋两季的辐射水平较接近,OLR值的空间分布也比较均匀(图1(b)和图1(d))。以塔里木、哈密和吐鲁番盆地共同形成一个高值闭合区,平均值为 $230 \sim 240 \text{ W/m}^2$ 。阿勒泰地震带、天山地震带和阿尔金地震带表现中等辐射水平,平均值

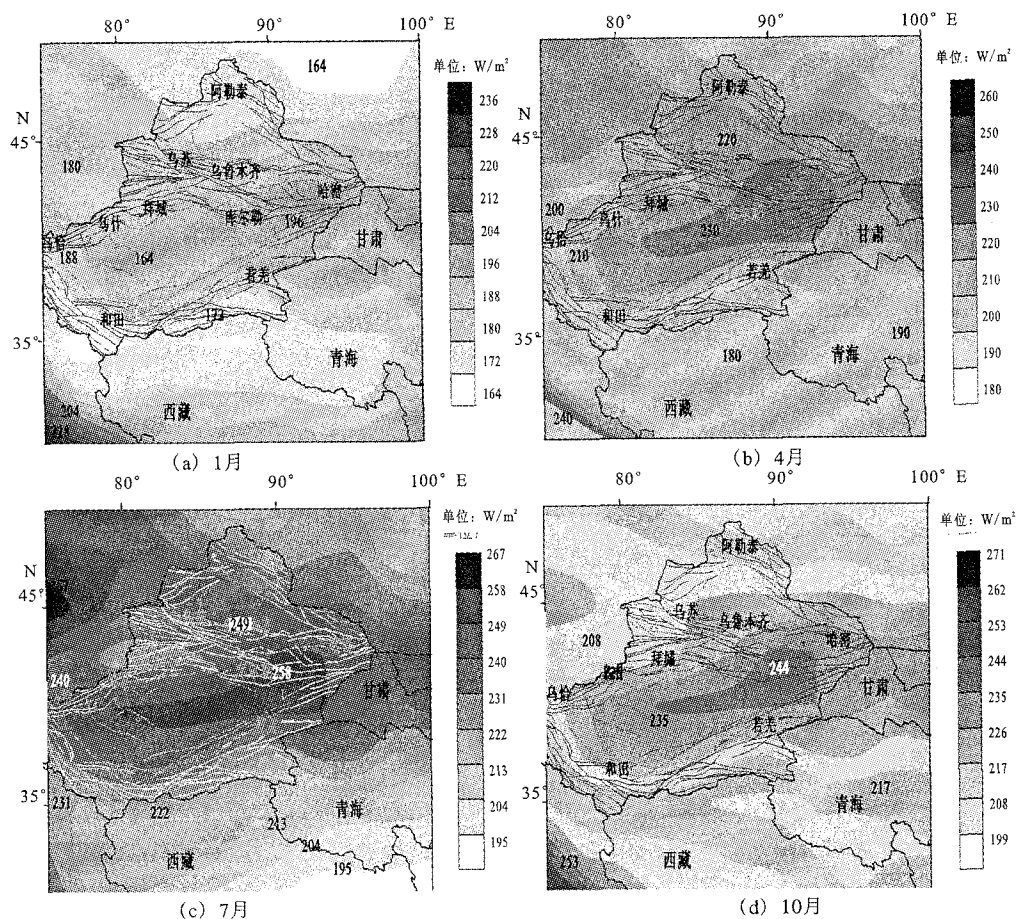


图1 新疆地区1979—2007年27年平均OLR等值线图

Fig.1 OLR isoline maps of mean value from 1979 to 2007 in Xinjiang area.

为  $210 \text{ W/m}^2$ 。西昆仑地震带和帕米尔则表现为最低值。

### 3 震例分析

前人研究表明,震前长波辐射大都异常增高,且长波辐射的距平值越大,地震的震级越大。对于我国陆地多数6级以上强震,红外辐射异常增强现象一般在震前几天到3个月左右出现,地震发生当月或震后一个月消失<sup>[5]</sup>。2003年以来新疆及邻区发生多次中、强地震,其中在一些强震前比较容易观察到OLR值的异常增强变化。地震基本参数和OLR异常对应情况列表1。

#### (1) 2003年伽师—巴楚6.8级地震

2003年2月24日在新疆伽师—巴楚( $39.5^\circ\text{N}$ 、 $77.2^\circ\text{E}$ )发生 $M_s 6.8$ 地震。该地区位于塔里木地块的西北缘,是我国大陆受印度板块推动力作用最强烈的地区之一。1900年以来发生过1次8级地震,5次7级地震,平均每2年发生1次6级地震,尤其在1996—1998年在其周围几十公里范围内连续发

生11次6级以上强震。王海涛等研究表明伽师强震群发生后伽师及其周围地区小震活动水平持续增强,高于背景水平,2003年巴楚—伽师 $M_s 6.8$ 地震即是在此增强的背景下发生的<sup>[13]</sup>。

表1 2003年以来新疆及邻区中强地震及OLR异常情况

序号	发震时间	$\phi\text{N}$	$\lambda\text{E}$	震级/ $M_s$	参考地名	异常对应情况
1	2003-02-24	$39^\circ 37'$	$77^\circ 16'$	6.8	伽师—巴楚	有
2	2003-09-27	$50^\circ 09'$	$88^\circ 01'$	7.9	中俄蒙交界	有
3	2003-12-01	$42^\circ 59'$	$80^\circ 28'$	6.1	昭苏	无
4	2005-02-15	$41^\circ 43'$	$79^\circ 22'$	6.3	乌什	无
5	2005-10-08	$34^\circ 36'$	$73^\circ 36'$	7.8	巴基斯坦	有
6	2007-05-05	$34^\circ 18'$	$81^\circ 06'$	6.1	西藏日土—改则	有
7	2007-07-20	$42^\circ 55'$	$82^\circ 18'$	5.9	特克斯	有

图2为伽师—巴楚 $M_s 6.8$ 地震前1个月OLR距平等值面图。图中显示在距离震中约150 km的喀什—乌恰交汇区( $40^\circ\text{N}$ 、 $75^\circ\text{E}$ )出现OLR值等值线高密度变化的辐射中心,月距平值增强达 $17 \text{ W/m}^2$ 。该点位的这一变化幅度是历年(27年)1月份从未出现过的高值辐射。

#### (2) 2003年中、俄、蒙交界7.9级地震

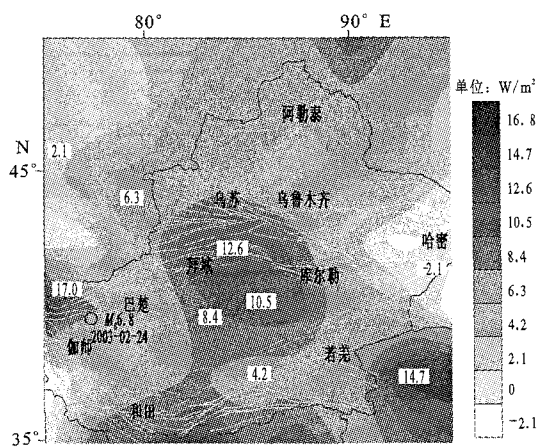


图2 2003年巴楚-伽师  $M_s6.8$  地震前的 OLR 距平等值线图

Fig.2 The isoline map of OLR distance average values before Bachu - Jiashi  $M_s6.8$  earthquake in 2003.

2003年9月27日,在中、俄、蒙交界地区(北纬  $49.9^\circ$ ,东经  $87.9^\circ$ )发生7.9级地震。震中距离中国边境约80 km,距我国新疆阿勒泰市约230 km,阿勒泰地区有强烈震感。

分析地震前后的 OLR 资料显示,2003年8月在我国境内距离震中约200 km的阿勒泰北部地区出现一个涡度场的高值中心,中心值达  $6.5 \text{ W/m}^2$ ,沿着该涡度场的高值中心还有一个向NW方向延伸的 OLR 次高值区(图3)。研究表明震中所在的阿勒泰山及其以西地区以NNW、NW走向的大型走滑性质的断裂为主,这次  $M_s7.9$  地震就发生在富蕴西北一条规模相对较小的NW向断裂带上,震源机制解结

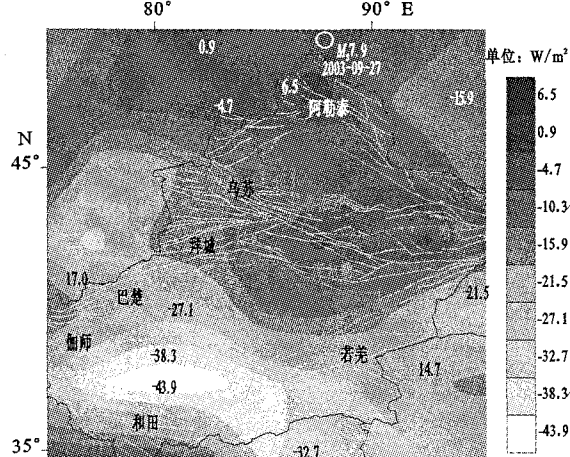


图3 2003年中俄蒙交界  $M_s7.9$  地震前的 OLR 涡度值高值异常区

Fig.3 Anomalous high changes of OLR eddy values close to the epicenter of  $M_s7.9$  earthquake before the shock in border area of China, Russia and Mongolia.

果表明地震发震断层走向  $127^\circ$ ,破裂主要发生在长110 km,宽30 km的中地壳以上,而余震主要发生在  $M_s7.9$  地震的东南方向<sup>[14]</sup>。本文得出的 OLR 异常展布状态与发震断层的破裂方向、破裂长度基本一致。

(3) 2005年10月巴基斯坦7.8地震

2005年10月8日,在巴基斯坦首府伊斯兰堡北95 km处发生7.8级地震( $N34.4^\circ, E73.6^\circ$ )。这次地震是由每年向北移动40~50 mm的印度板块和欧亚板块挤压碰撞所造成。

资料处理结果显示,在2005年9月,在新疆西南部境外地区出现卫星红外长波辐射 OLR 值的低值辐射现象。而在10月,即发震当月出现显著的高值变化,OLR 距平值最高点达  $58.73 \text{ W/m}^2$ ,并且多点连续,形成NW向条带(图4)。遗憾的是我们现有的资料只覆盖  $75^\circ\text{E}$  以东的中国大陆地区,没能看见该异常的完整形态。尽管如此,仍可看出其显著的孤立型特征,异常区的空间展布方向与喜马拉雅构造带的走向一致。钟美姣等研究了巴基斯坦7.8级震区  $7^\circ \times 7^\circ$  的 NOAA-17 热红外影像,结果表明震源区的地表亮温在震前三个月出现明显的辐射异常,这种异常现象在震后迅速消失<sup>[15]</sup>。这种认识与本文得出的结果部份一致。

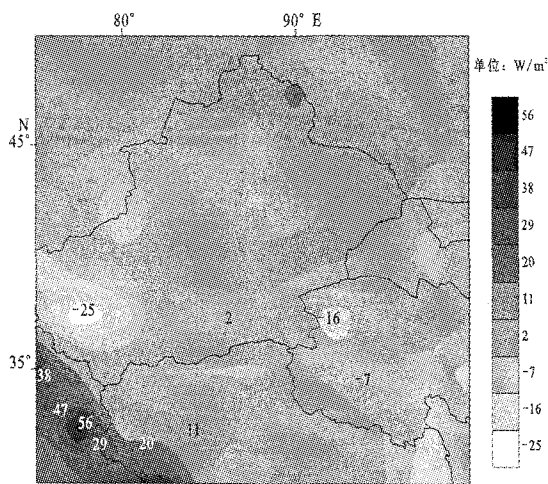


图4 2005年10月新疆长波辐射距平值分布  
Fig.4 Distribution of OLR distance average values in Oct. 2005 in Xinjiang.

(4) 2007年5月西藏日土一改则6.1地震

2007年5月5日16时51分,西藏的日土一改则县交界地区( $34.30^\circ\text{N}, 81.9^\circ\text{E}$ )发生  $M_s6.1$  地震,这次地震打破了中国大陆持续750多天的6级地震平静。资料处理结果显示,在2007年3月和4月,在新疆西南部地区出现卫星红外长波辐射 OLR 值

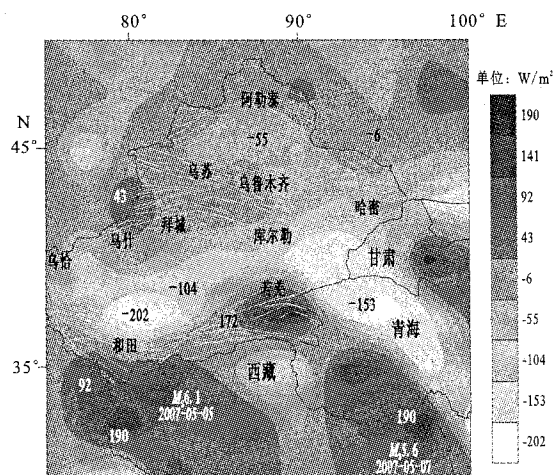


图5 2007年4月 OLR 涡度值显示在日土—改则 6.1 震中附近出现“V”字形高值异常区

Fig.5 Anomalous OLR eddy values showed "V" type close to the epicenter of Ritu - Gaize  $M_s6.1$  earthquake in Apr. 2007.

的明显高值异常区。图5给出了2007年4月的长波辐射涡度场等值线图,图中看出在位于新疆西南部的 $32.5^{\circ}\text{N}, 80.0^{\circ}\text{E}$ 点位出现辐射高值区,OLR中心涡度值为 $19.0\text{ W/m}^2$ ,中心异常区距离震中约为200 km,并且多点集中,形成NE - NW向V字形高值区。该V字形区的OLR高值中心正处于阿尔金断裂和西昆仑地震带的交汇部位。上述异常表现出较明显的孤立型特征,分析认为这种现象可能反映了日土—改则 $M_s6.1$ 地震前红外辐射场的增强过程。此外,值得关注的是在这次 $M_s6.1$ 震后2天,在西藏东北部的妥坝县又发生 $M_s5.6$ 地震,在震前也有不同程度的异常显示。

## 4 结论和讨论

(1) 新疆地区 OLR 等值线总体呈东西走向,北低南高。相对高值区主要在塔里木盆和哈密—吐鲁番盆地。阿勒泰地震带、天山地震带、西昆仑地震带和阿尔金断裂带等表现出次高值辐射水平。相对低值辐射区主要分布在西昆仑和帕米尔地区。

(2) OLR 异常与地震强度有关。在一些强震震中附近较容易发现长波辐射的异常增强现象,如2003年2月24日的伽师—巴楚6.8级地震、2003年9月27日的中俄蒙交界的7.9级地震、以及2005年10月8日的巴基斯坦7.8级地震之前,均发现OLR辐射场的显著变异现象。但是地震震级的大小与异常出现面积之间无明显的对应关系。

(3) 在判读震前 OLR 异常时,识别 OLR 值空间

分布的孤立型特征非常重要。它往往与活动断裂的空间分布有关,可能表明了局部地区的热活动状态,而非大气环境或太阳辐射引起的增强异常。

在新疆地区开展 OLR 场震兆异常研究尚处于探索阶段。由于资料积累有限,对 OLR 值的变化规律认识仍不完整,目前应用该方法进行地震短临预报还存在许多不定性问题。如异常机理不明确,预报强度模糊,虚报率较高是该方法存在的主要问题。因此仍需积累更多震例,在今后的预报实践中继续探索和改进。

致谢:工作中得到中国地震局地震预测研究所刘德富研究员的指导和帮助,在此表示感谢。

## [参考文献]

- [1] 王勇,段立新. 昌平地震台地温前兆特征分析[J]. 西北地震学报,2000,22(3):236-240.
- [2] 刘小凤. 青藏高原北部浅层地温异常特征及中短期地震预报[J]. 高原地震,2002,14(2):1-7.
- [3] 刘德富,罗灼礼,彭克银. 强震发生前的 OLR 异常现象[J]. 地震,1997,17(2):126-132.
- [4] 刘德富,彭克银,刘维贺,等. 地震有“热征兆”[J]. 地震学报,1999,21(6):652-656.
- [5] 刘德富,康春丽. 地球长波辐射(OLR)遥感与重大自然灾害预测[J]. 地学前缘,2003,10(2):427-436.
- [6] 康春丽,刘德富. 卫星遥感在监视地震中的可应用性[J]. 测绘科学,2001,26(3):46-48.
- [7] 康春丽,刘德富,陈艳,等. 长波辐射(OLR)信息预测华北地震的方法研究[J]. 西北地震学报,2006,28(1):59-63.
- [8] 丁风和,哈媛媛,魏建民,等. 内蒙古自治区东部两次 $M_s5.9$ 地震前后长波辐射时序特征分析[J]. 地震,2008,28(1):87-91.
- [9] 秦松涛,孙洪斌,德令哈. 6.6级地震前卫星红外长波辐射 OLR 的分析[J]. 高原地震,2003,15(3):42-51.
- [10] 张元生,郭晓,张小美,等. 应用静止卫星热红外遥感亮温资料反演地表温度的方法研究[J]. 西北地震学报,2004,26(2):113-117.
- [11] 郭安宁,陈家超,郭增建. 近年来我国和邻区特大地震前的热红外倍九律[J]. 西北地震学报,2007,29(3):245-247.
- [12] 郭卫英,王琼,温和平,等. 西藏日土—改则6.1地震前的 OLR 值异常变化[J]. 内陆地震,2007,21(4):311-315.
- [13] 王海涛,王琼,赵翠萍. 2003年2月24日新疆巴楚—伽师 $M_s6.8$ 地震的应力触发作用研究[J]. 西北地震学报,2006,28(4):335-340.
- [14] 赵翠萍,陈章立,郑斯华,等. 2003年9月27日中、俄、蒙边界 $M_s7.9$ 地震震源机制及破裂过程研究[J]. 地震学报,2005,27(3):237-249.
- [15] 钟美娇,张元生. 2005年10月8日巴基斯坦7.8级地震前的热红外异常[J]. 西北地震学报,2007,29(2):137-140.