

地震活动性热红外异常提取方法研究

屈春燕, 单新建, 马 瑾

(中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室 北京 100029)

摘要 热红外遥感以其大视野、高精度和短周期等诸多优势以及对某些强震红外异常的良好反映, 成为监测断裂活动性及地震短临前兆的很有前途的观测技术。热红外异常与地震关系的研究也受到国内外地震学者的广泛关注。但由于地表热红外辐射受云层、地形地貌、地物类型和气象等诸多非震因素的影响, 因此, 如何从复杂的红外遥感数据中提取出与地震活动有关的热异常一直是这项研究中的瓶颈问题。在对若干震例和地震活动区的热红外影像进行长期分析研究的基础上, 对这一问题进行了探讨, 同时提出了一些实用化的异常识别与提取方法, 并对其可行性进行了分析。认为地震红外异常是地表亮温的相对变化, 判别地震异常时, 至少需利用两年以上的卫星资料, 从不同的时空尺度上加以综合对比分析, 仅靠震前震后一定时段的卫星资料不足以排除所有非震因素的影响。

关键词 热红外异常; 活动断裂; 地震; 异常提取

中图分类号 P315.72, TP79 **文献标识码** A

热红外遥感主要是接收来自地球表面或低空大气的电磁辐射, 通过探测地物自身在热红外波段的辐射特性来反演地表温度。利用热红外遥感来探测地震前兆的科学思想于20世纪80年代末由前苏联科学家提出^[1-3], 其基本出发点是认为地震活动能引起地表及低空大气的增温异常, 而利用热红外遥感能够监测到这种异常。10多年来, 国内外许多学者相继在这方面开展工作, 取得了不少进展^[1-10]。但由于地表温度的变化非常复杂, 地震活动引起的增温异常相对于地表温度的自然变化可能是极其微弱的。因此, 用热红外遥感来捕获地震前兆是一个高难度的课题, 有许多不确定因素存在。如何从复杂的热红外信息中提取出与地震活动有关的热异常一直是这项研究中的瓶颈, 也是该研究领域亟待攻关的难关。本文在对若干震例和地震活动区的热红外影像进行长期分析研究的基础上, 对地震活

动热红外异常的识别与提取方法进行了探讨, 并提出了一些初步的解决方案。

1 地震热红外异常提取中的一些基本问题

1.1 地震红外异常识别的基本思路

热红外异常实际上就是地表温度异常, 而地表温度是地表热平衡过程中的一个综合性参数, 它是地壳深部地震活动及地形地貌、地物类型和气象等非震因素共同作用的结果。而来自深部的热信息对地表温度的影响相对于地面以上太阳辐射和气象变化的影响可能是微不足道的, 因此, 地震活动热红外异常的提取是强背景弱信号条件下的信息获取问题, 具有相当的难度。前人已在这方面做了大量工作^[1-10]。多数学者以震例为研究对象, 利用震中周围一定区域内震前震后数月或数十天的红外影像资

* 收稿日期: 2005-12-06, 修回日期: 2006-06-20.

* 基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划“中国西部活断层与卫星热红外信息”(编号: 90202018) 地震科学基金项目“卫星准实时地震监测系统建设及其应用潜力研究”(编号: 106045) 资助.

作者简介: 屈春燕(1966-), 女, 内蒙古鄂尔多斯人, 副研究员, 主要从事地震地质、活动构造及遥感、GPS的应用研究.

E-mail: dqchuy@schu.com

料进行分析。本文作者在鉴戒前人工作的基础上采用以下研究思路。

1.1.1 针对特定地理区域进行长期跟踪研究

已有的研究成果表明,震前卫星热红外异常是存在的,但异常与地震发生之间的关系复杂多变。首先,并非每次地震都有明显热红外异常,也并非有此热异常就有地震发生。其次,不同震例表现出不同的异常演化特点,有些异常在震前 $1 \sim 30$ 天出现^[4,5],也有些异常在震前 $4 \sim 6$ 个月^[6]、年甚至更长时间出现^[6]。异常的面积和距震中的距离也相差很大,异常的幅值多数认为是 $2 \sim 6$,也有高达 10 以上的^[7]。异常与地震发生之间有时有较好的对应,多数情况是很难确定,而且,并非震级越大异常也越大。这些一方面说明震前热红外异常的复杂性,另一方面也说明,针对震例的研究,以一次地震发生前后一定时段、一定地理区域内的热红外影像为研究对象,由于不同学者选用资料的时空范围不同,对同样的地震,有可能得出不同的异常演化特征,从而使研究结果的可比性降低,不利于探索地震异常的规律性和共性。本文作者认为针对一个特定的构造活动区域进行长期跟踪研究,使研究范围在空间上固定,在时间上连续。首先掌握无震情况下研究区不同季节的热红外影像特征,明确区域内不同地貌及地质构造单元在热红外影像上的反映及其红外亮温随时间的变化过程,建立无震年份研究区的热红外亮温动态背景场,在此基础上通过影像的逐日对比和温度场的统计分析提取出可能的异常,并形成异常动态演化序列。然后,将异常演化序列与区域内的地震发生序列进行对比,探索二者的相关性将是可取的思路。

1.1.2 重点研究非震因素及其红外影像特征

根据已有的研究成果,地震活动引起红外增温异常勿容置疑,但地震红外异常具有什么样的特征及标志,我们还知之甚少。这一方面是因为干扰因素太复杂,另一方面是由于地震是小概率事件,加之云层的干扰,可供分析的震例资料非常有限,而仅靠有限的几个震例分析很难把握地震红外异常的特征,也很难提取异常。相反,影响地表热红外辐射的各类非震因素是时刻存在的,研究这些非震因素的红外影像及其亮温变化特征,数据源要相对充足得多。而一旦掌握了非震因素控制的地表亮温正常动态背景场及其变化规律,就有可能通过消除正常动态背景的方法提取地震异常。因此,作者的思路是建立工作区的地形地貌、岩性、植被、水体等影响因

素数据库及多年的红外影像库,通过对两类数据库的对比分析,建立研究区的红外亮温空间分布模式,掌握无震情况下的亮温正常动态背景场,然后通过分析各年份亮温与正常背景场的差异来提取地震异常。

1.1.3 直接利用辐射亮温进行异常判别

地表亮温是地表的辐射温度,即按地表红外辐射能量反演的地表等效黑体温度。而实际上,地表物体并非黑体,因此,亮温与实际地表温度有一定差异。由于大气的衰减作用和地表物体比辐射率的不同,一般地表亮温要低于实际地表温度。从热红外辐射量反演实际地表温度需进行大气校正和地表比辐射率校正。由于地表比辐射率的复杂性,反演实际地表温度是一个很复杂很专业的问题。考虑到地震红外异常是地表温度的相对变化,而对于温度的相对变化,大气及比辐射率的影响可通过亮温的差值运算基本消除,加之,大气在红外辐射能量集中的 $10 \sim 12 \mu\text{m}$ 波段的影响可忽略不计。因此,作者认为可直接利用地表亮温进行异常判别。这样,可以避免反演实际地表温度的繁杂过程,把工作重点放在分析温度的相对变化及其与活动构造的关系上。

1.2 地震红外异常识别的关键与难点

地震热红外异常的研究目的在于探索异常的时空演化特征及其与地质构造环境的内在联系,进而为地震的短临预报提供依据。而欲达此目的要解决的关键问题是能够正确识别出与地震及深部断裂活动有关的热信息。只有识别出那些真正由地震或断裂活动导致的热异常,后续的研究才是有意义的。如果将某些非震因素引起的温度异常当成了地震异常,或者将真正的地震异常漏掉,都会对进一步分析产生负面效应,甚至引起误导。而正确识别地震异常的难点在于如何克服气温的正常变化所带来的影响。从热红外辐射的影响因素分析可知,地震红外异常的干扰因素可分为 3 类,即大气的衰减、地形地物本身的差异和气象的变化。其中,大气对地表热红外辐射的影响在其能量集中的 $10 \sim 12 \mu\text{m}$ 波段可忽略不计。地形地物引起的温度差异可以通过建立背景温度场及单幅影像与背景温度场的差值运算基本消除。但气象的影响则很难消除。气象的影响主要是云和气温的正常变化。其中,云的影响主要是大大减少了可用数据,打断了数据的连续性。目前,对云的消除是相对容易的,只需识别出云并挖去被云覆盖的数据即可。因此,相对而言云还不是地震异常提取的难点,而气温的正常变化才是这一问

题中的最大瓶颈。很显然,在日照及天气过程的作用下,近地表气温的变化是相当复杂的,而地表温度与近地表气温息息相关,几乎是同步变化的。因此,地表温度本身就是一个随时间地点复杂变化的动态场,同一时刻不同地点温度不同,不同时刻同一地点温度也不同。虽然在一年内地表温度的变化具有明显的节律性,但在短期内其变化几乎是反复无常的,在整体升温背景上出现局部降温过程和在整个降温背景上出现局部升温过程均属正常现象,我们很难判断什么样的温度变化过程属于正常变化,什么样的温度变化属于异常变化,也没有足够的证据判定一个地表温度变化过程是否与地震活动有关。这是目前地震热红外异常研究中最难以攻克也是急待攻克的难关。

2 几种地震热红外异常提取方法及可行性分析

地震热红外异常的识别方法是许多学者潜心探索的问题。在借鉴前人工作的基础上,本文采用了如下几种异常判识方法。

2.1 震前震后亮温差值

一些学者用震中周围一定区域内震前震后的亮温差值来进行异常判识。如果震前亮温高于震后,就意味着地震前可能出现了增温异常。本文在对2003年10月16日云南大姚6.1级地震及2004年3月24日内蒙东部5.9级地震的分析中也使用该方法,但认为实际情况比较复杂^[11,12]。在遥感图像处理中,图像差值法是用来反映地物随时间变化的一种有效方法,比如一个城市不同时期的遥感影像差值图像可以反映城市的发展变化。但用该方法来监测地震热红外异常时,远不及用其监测有形下垫面的变化那样有效。地震热红外异常是地表温度相对变化量中的一部分,而地表温度变化很复杂,在连续数日持续升温、持续降温或是升温降温过程交替出现都有可能,很难鉴别某一升温过程是正常的天气变化还是由地震活动引起的异常变化。因此,在根据震前震后的亮温差值来识别地震热红外异常时,必须结合其它方法的监测结果才能准确判断。

2.2 断裂带内外亮温差值

根据构造地震的理论,地震是活动断裂剧烈错动的结果,而活动断裂带则是地震相关热信息积累和运移的主要通道。因而,利用断裂带内外的亮温差值来提取地震异常被认为是比较有效的方法。本文在研究2003年10月16日云南大姚地震的红外

异常时,利用川滇地区1999年、2003年和2004年的红外影像资料,对红河断裂带内及其东西两侧的亮温进行了统计分析^[12]。结果表明,地震年份和非地震年份,红河断裂带内与其东西两侧亮温的相对关系是一致的,均表现为断裂带内的亮温高于断裂带东西两侧,而断裂带东侧的亮温又略高于西侧。但断裂带内的亮温年均值却为2003年明显高于1999年和2004年。这说明红河断裂带与其东西两侧的亮温差异主要是由地形地貌和水体等环境因素所致,地震活动引起的断裂带内外亮温差异不明显。但是地震年份断裂带内的亮温年均值明显高于非地震年份,可能是由地震引起的高温年变异常。由此可见,在利用断裂带内外的亮温差异来提取地震异常时,至少需利用两年以上的资料进行对比,才能区分断裂带内外的温度变化是由地震活动引起还是由地表自然因素所致。

2.3 邻近点域同时相亮温对比分析

如前所述,地震热红外异常识别的最大干扰因素是气象,特别是气温的正常变化。但气象对地表温度的影响和地震活动对地表温度的影响还是有一定区别的。首先,气象因素的变化在空间域上不受活动构造的控制,它对地表温度的影响往往具有大区域和同步性特点。而地震引起的热信息在空间域上受活动构造的控制,它对地表温度的影响范围应主要集中在活动断裂带上。这就意味着地震活动引起的地表温度变化在不同地质构造单元上是不同的。

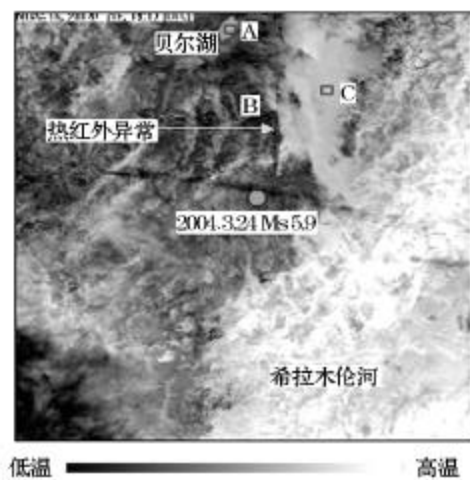


图1 内蒙东部研究区2004年1月17日03:30(北京时)的热红外亮温图像

Fig.1 The thermal infrared image of east Inner Mongolia on Jan. 17, 03:30 (GMT +8) 2004

其次,气温的影响强度在空间上是逐渐过渡的,在时间上是数天或至少数小时连续的。而地震热红外异常,由于主要集中在活动断裂带上,因而有可能在增温区与非增温区之间形成较明显的温度梯度带。在时间上,地震异常的出现具有突发性特点,它不是在数日或数小时内连续存在,而是在一定时段内断续出现^[4-7]。这些差异均使地震异常的识别成为可能。

基于这样的考虑,我们认为在一个可视处于同一气象条件影响下的小区域内,可通过多点亮温的差值对比来识别异常。当然选用的对照点应具有代表性,要尽可能位于不同的构造部位或下垫面上,如断裂带上或断裂的交叉部位,完整岩体上,水面上等。在没有地震或其它热异常的正常状况下,所有对照点的温度变化应具有同步性,即它们的亮温差应具有相对稳定性。如果某些点的亮温变化趋势出现明显偏离,就意味着这些点位处出现了异常。作者在研究 2004 年 3 月 24 日内蒙东部 5.9 级地震的红外异常时曾用了这种方法,结果发现了明显的异常(图 1,图 2)。图 1 中 A、B、C 是用于亮温对比的 3 个代表性的点域,其中 A 点是水面, C 点是在影像上通过目视解译认为有异常的地方, B 选作参

照点,间于 A、C 两点之间。图 2 为 2004 年 1~3 月这三点的亮温变化曲线。A 点为水体,其夜间亮温高于陆面,是明显的暖标记。B 处的亮温变化趋势与水面 A 处基本同步,只是亮温值低约 8,而 C 处的亮温出现了大幅波动,且变化具突发性和非连续性。这说明 C 处地表温度出现了明显异常。当然,这种异常是否一定与地震有关,还要分析其与地震发生的时间相关性,并排除一切非震成因的可能。在本例中,经过对研究区 1999 年,2003 年和 2004 年 3 年资料的综合研究后认为,这种异常具有明显的季节性,应为大气逆温现象^[11,13],而非 2004 年 3 月 24 日内蒙地震引起的红外异常。但是,这种异常提取方法是可取的。

作者在分析上海及附近海域的热红外影像特征时,也利用了邻近区域多点亮温的对比方法。在上海市区、上海郊区、长江入海口和南黄海各取 5 pixels × 5 pixels 的小区域进行亮温统计,以区域内各像元的亮温均值作为该区域的温度,利用 1999 年,2003 年,2004 年的 NOAA 卫星资料,得出的统计结果如图 3 所示。图 3 表明,上海市区、上海郊区、长江入海口和南黄海 4 点的亮温虽因下垫面的不同而

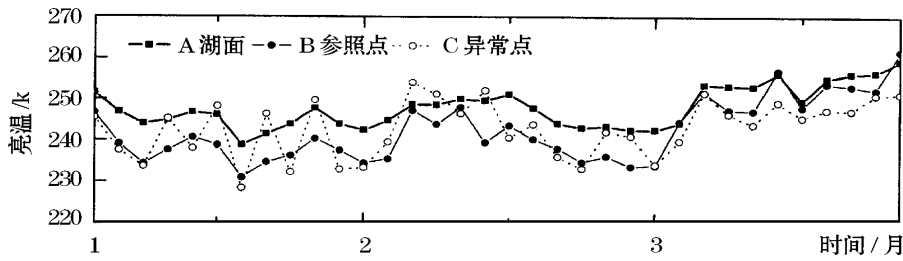


图 2 2004 年 1~3 月 A(湖面), B(参照点), C(异常点) 3 点亮温变化曲线
Fig.2 The brightness temperature graph of A, B, C in January to March 2004

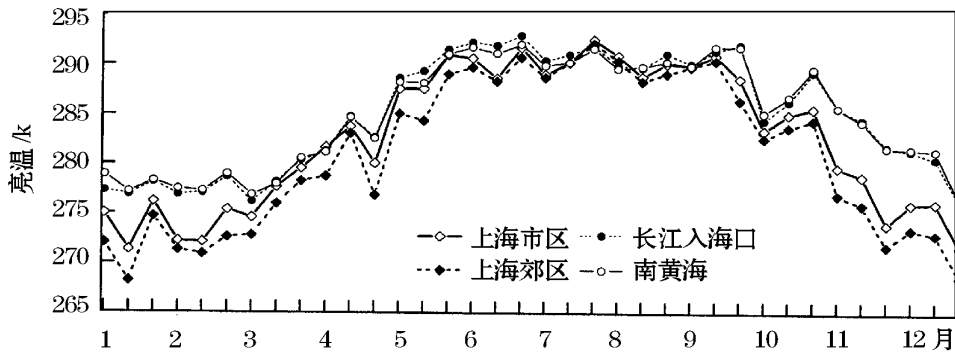


图 3 1999 年上海市区、上海郊区、长江入海口及南黄海的亮温年变曲线
Fig.3 The annual variation of brightness temperature of Shanghai city, Shanghai suburb, Changjiang entrance to sea and south Huanghai in 1999

有差异,但它们的相对关系是稳定的,曲线没有出现异常突跳。这说明在正常情况下,邻近区域内各点同时相亮温是相对稳定的,并具有较好的可比性,利用这一规律进行异常识别是很有效的。

2.4 历年同期同时相亮温对比分析

地表温度的变化虽然复杂,但在多年的统计意义上是有规律的。地面上同一点历年同期同时相的亮温,虽然不完全相同,但受季节的控制,亮温值只能在一定范围内上下波动,即各年的亮温年变曲线是相似的,因而具有较好的可比性。因此,利用地面上同一点多年的亮温年变曲线就可以拟合出该点的亮温变化模型,此模型代表该点地表温度变化的基准场。不同年份的亮温年变曲线形态虽然不同,但都在这个基准场附近一定范围内上下波动。因此,根据不同年份的亮温相对于基准场的偏移量就可以进行异常判别。而亮温基准场则可以通过同一点多年同期同时相亮温的平均值和标准差来描述。比如观测点 $P(x, y)$ 的多年同期同时相亮温平均值和标准差分别为 T_0 和 σ , 而某一具体观测值为 $T(x, y, t)$, 那么表达式 $T(x, y, t) - (T_0 + 2\sigma)$ 就可用于刻画观测值相对于基准场的偏离程度。当然,基准温度场的建立至少需要 3 年以上的卫星资料。

2.5 不同热红外通道亮温的对比分析

NOAA AVHRR 的 3 个热红外通道分别是三通道(3.55 ~3.93 μm), 四通道(10.5 ~11.5 μm)和五通道(11.5 ~12.5 μm)。这 3 个通道红外亮温的相对关系有助于区分异常的成因。根据我们对几个研究区连续几年的观测结果,在正常情况下的夜间

晴空影像上,3 个通道亮温的相对关系是比较稳定的,均为三通道的亮温高于四、五通道 1 K 左右,而四、五通道的亮温很接近,差值在 1 K 以内。但在异常影像上,3 个通道亮温的相对关系会发生变化,并因异常成因的不同而不同。如前所述,我们在研究 2004 年 3 月 24 日内蒙东部 5.9 级地震的红外影像时,发现了明显与气象变化不符的红外异常。2003 年 12 月 23 日晚上,在重庆开县发生的天然气井喷事故,也在红外影像上形成了明显异常^[14](图 4a)。将这两种红外异常进行对比,发现二者有明显区别。在内蒙东部的异常影像上,三通道的亮温增幅远低于四、五通道(图 4b),而在井喷事故的异常影像上,三通道的亮温增幅高于四、五通道(图 4c)。这种差异可能与异常的成因有关。井喷事故的红外异常是由喷出的温室气体引起的,气体的成分主要是 CH_4 (84%) 和 CO_2 (10%)。这可能意味着由温室气体引起的红外异常,在三通道的增温幅度要大于四、五通道。而内蒙东部的红外异常是由大气逆温所致。由于逆温层下聚集的水汽对红外辐射具有强烈的吸收作用,而且波长愈短吸收愈甚,因而使三通道的亮温增幅低于四、五通道。通过对比分析这两种异常使我们认识到,不同成因的异常在 3 个热红外通道的相对增温幅度不同,而这一点对于识别地震热红外异常很有意义。因为在地震异常判别时,不仅要识别出异常,还要判定其是否由地震引起。如果我们知道了不同成因的异常在 3 个热红外通道的增温特征,就向地震异常的正确识别迈进了一步。强祖基等^[4]认为地震前卫星红外增温异常是由地

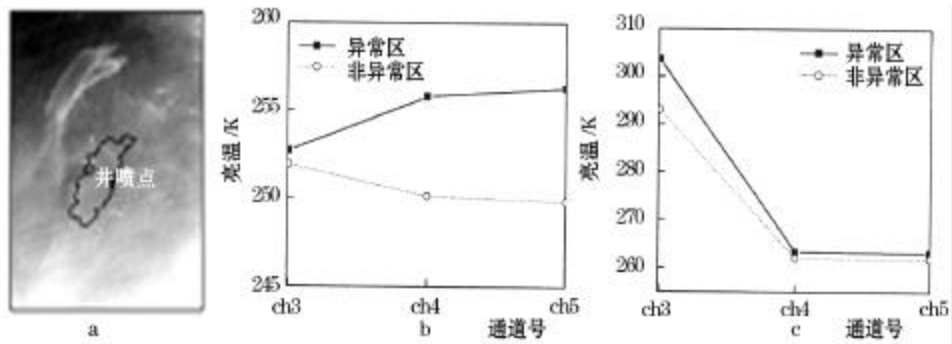


图 4 a. 2003 年 12 月 23 日重庆开县天然气井喷形成的红外异常; b. 内蒙东部红外影像上异常处与非异常处 3 个热红外通道亮温的关系; c. 井喷红外影像上异常处与非异常处 3 个热红外通道亮温的关系

Fig.4 a. The thermal infrared anomaly caused by gas gush occurred in Kai county of Chongqing on Dec. 23 2003; b. The comparison of brightness temperatures of ch3, ch4 and ch5 between anomalous image and normal image in east Inner Mongolia; c. The comparison of brightness temperatures of ch3, ch4 and ch5 between anomalous image and normal image in Kai county of Chongqing

球排气引起的。即地震前地下的温室气体逸出导致地表和低层大气增温。而这次天然气井喷事故为地震工作者提供了一次天然地球排气试验。对这次井喷红外异常的研究有助于我们研究地震红外异常。

2.6 亮温图像的目视解译

受地形地物的控制,一定区域内红外亮温的空间分布结构是相对稳定的。随着时间的推移,虽然区域内各点的温度都在变化,但温度的空间分布格局不会发生大的变化,一般高温的地方总是高温,低温的地方总是低温。这样,在对一个区域的红外影像进行长期连续观测分析后,就能够基本掌握该区域的红外亮温分布特征,明确影像上不同的温度区域与地面上不同地形地貌及地物类型的对应关系,在此基础上,通过对图像进行适当的增强和放大处理,直接从影像上目视解译出反季节、反气象及与地形变化不符的明显异常区域是完全可能的。这也是目前进行地震红外异常判别的最便捷有效的方法之一。

3 结 语

(1) 国内外大量研究表明,地震活动能够引起红外增温异常,但由于红外现象的复杂性,异常的提取有相当难度。本文基于前人的工作,在这方面做了一些尝试,提出了几种异常提取方法,并结合实际应用效果,对其可行性进行了讨论。作者认为,尽管目前还尚未形成一套成熟完善的地震红外异常提取方法,但红外遥感技术毕竟为地震活动性研究开辟了一条新的途径,使地震前兆的监测能够从传统的静态定点观测模式向动态连续的大面积观测模式发展。相信随着地震科研人员的不断努力,这方面的研究在不久的将来会有突破性进展。

(2) 地震红外异常识别的难点在于如何克服地表温度本身的时空动态性,尤其是时间变化过程。而要解决这个问题,仅靠研究红外影像本身可能是不够的,需要与一些常规的前兆观测手段和 GPS 等地壳形变监测结果结合。深井地温和深井电磁波等常规观测手段,虽然观测范围局限,仅能获得少量离散的点状信息,但由于几乎与地表以上的干扰因素隔绝,因而其观测结果的可靠性相对较高。而热红外遥感手段虽具有动态连续、大视野和便捷经济等诸多优点,但在数据获取容易的同时也带来有用信息提取的难度。将这两种观测手段结合将有助于提高地震红外异常判识的可靠性。

参考文献(References) :

- [1] . Earthquake thermal infrared radiation-indicator of seismicity[J]. Xu Xiudeng, et al. translated. Translated works of Seismogeology, 1990, 12(2): 38-39. [. 地球热红外辐射:地震活动性的标志[J]. 徐秀登等译. 地震地质译丛, 1990, 12(2): 38-39.]
- [2] Tronin A A, Biagi P F, Molchanov O A, et al. Temperature variations related to earthquakes from simultaneous observation at the ground stations and by satellites in kamchatka area[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2004, 29: 501-506.
- [3] Tronin A A, Masashi Hayakawa, Molchanov O A. Thermal IR satellite data application for earthquake research in Japan and China [J]. Journal of Geodynamics, 2002, 33: 519-534.
- [4] Qiang Zuji, Du Lixian. Earth degassing, forest fire and seismic activities[J]. Earth Science Frontiers, 2001, 8(1): 235-245. [强祖基, 杜乐天. 地球排气与森林火灾和地震活动[J]. 地学前沿, 2001, 8(1): 235-245.]
- [5] Qiang Zuji, Lin Changgong. Satellite infrared brightness temperature anomaly—Earthquake imminent precursor[J]. Science in China(D), 1998, 28(6): 564-573. [强祖基, 侯常恭. 卫星热红外图像亮温异常——短临震兆[J]. 中国科学: D 辑, 1998, 28(6): 564-573.]
- [6] Liu Fang, Cheng Wanzheng, Zhang Yongjiu, et al. Remote sensing observation of thermal infrared image taken by satellite and earthquakes[J]. Earthquake, 2001, 21(2): 65-69. [刘放, 程万正, 张永久, 等. 卫星遥感热红外辐射与川滇强震探讨[J]. 地震, 2001, 21(2): 65-69.]
- [7] Ye Minquan, Wu Qiyong. Relation between satellite thermal infrared anomalies and earthquakes[J]. Xinjiang Meteorology, 2000, 23(3): 1-4. [叶民权, 吴其勇. 卫星热红外异常与地震关系的研究[J]. 新疆气象, 2000, 23(3): 1-4.]
- [8] Wang Jingyao, Wu Yun. Present situation and trends in monitoring and prediction researches on current crustal movement and earthquakes[J]. Advances in Earth Science, 2000, 15(1): 84-89. [王静瑶, 吴云. 现代地壳运动与地震监测预报研究的现状和发展趋势[J]. 地球科学进展, 2000, 15(1): 84-89.]
- [9] Wang Hongtao, Qiang Zuji. Research on earthquake prediction using satellite thermal infrared anomaly[J]. Advances in Earth Science, 1995, 10(6): 537-541. [王洪涛, 强祖基. 应用卫星热红外异常预测地震的研究[J]. 地球科学进展, 1995, 10(6): 537-541.]
- [10] Huang Miaocen, Liu Shaomin, Liu Suhong, et al. A study of the difference between true surface temperature and radiometric surface temperature[J]. Advances in Earth Science, 2005, 20(10): 1075-1082. [黄妙芬, 刘绍民, 刘素红, 等. 地表温度和地表辐射温度差值分析[J]. 地球科学进展, 2005, 20(10): 1075-1082.]
- [11] Qu Chunyan, Ma Jin, Shan Xinjian. Counterevidence for an earthquake precursor of satellite thermal infrared anomalies[J]. Chinese Journal of Geophysical, 2006, 49(2): 490-495. [屈春燕, 马瑾, 单新建. 一次卫星热红外地震前兆现象的证伪

- [J]. 地球物理学报, 2006, 49(2): 490-495.]
- [12] Qu Chunyan, Shan Xinjian, Ma Jin. Formation cause of thermal infrared high temperature belt along honghe fault and its relation to earthquakes[J]. Acta Seismologica Sinica, 2006, 19(1): 1-7. [屈春燕, 单新建, 马瑾. 红河断裂高温条带的成因及其与地震活动性的关系探讨[J]. 地震学报, 2006, 19(1): 1-7.]
- [13] Yuan Renmin, Ma Chengsheng, Fan Aiyuan. Characteristics of the capping inversion above the atmospheric convective boundary layer[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2003, 33(2): 247-252. [袁仁民, 马成胜, 范爱媛. 混合层顶覆盖逆温层变化规律研究[J]. 中国科学技术大学学报, 2003, 33(2): 247-252.]
- [14] Qu Chunyan, Ma Jin, Shan Xinjian. An attempt to observe gas releasing phenomena of the Earth by using satellite thermal infrared technique[J]. Seismology and Geology, 2004, 26(3): 539-547. [屈春燕, 马瑾, 单新建. 利用卫星热红外观测地球排气现象的一次尝试[J]. 地震地质, 2004, 26(3): 539-547.]

Study on the Methods for Extracting Earthquake Thermal Infrared Anomaly

QU Chun-yan, SHAN Xin-jian, MA Jin

(State Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Institute of Geology, China Earthquake
Administration, Beijing 100029, China)

Abstract: The satellite thermal infrared remote sense has become a promising technique for detecting earthquake and fault activities, because of its many advantages, such as large observation area, high spatial resolution and short observation period, also owing to its good reflection to some strong earthquakes thermal anomaly. But the thermal infrared radiation of earth surface is influenced not only by earthquake and fault activities but also by many factors such as terrain, vegetation, weather and so on. Therefore, how to extract the thermal variation really related to earthquake and fault activities from complex infrared remote sensing data is a key problem. The paper, based on several years' analyses of NOAA AVHRR data of typical tectonic active areas, gave a detailed discussion to this question, put forward some applied methods for identifying and extracting thermal infrared anomaly caused by earthquakes or fault activities, and also evaluated the feasibility of these methods. The author thought the earthquake thermal infrared anomaly is a part of relative change of earth surface temperature. In order to effectively extract the earthquake anomaly and get rid of the impacts of non-earthquake factors, we need do comparative and comprehensive analyses using at least two years satellite data in different temporal and spatial scale.

Key words: Thermal infrared anomaly; Active fault; Earthquake; Method.