

地震给人类造成了巨大的损失,威胁人们的生命和财产安全。我国广大地震研究工作者们运用现代技术,科学地分析、利用科学数据,研究、预测地震,为我国防震抗震工作做出了不可磨灭的贡献。强祖基教授长期从事卫星热红外地震预测研究工作,对在地震预测中科学数据的科学利用有着深刻的理解和感受。近日,强教授特为本刊撰写文章,与广大读者分享其研究成果,以期引起深入的思考和讨论,促进科学数据的科学利用。

——编者

科学数据在地震短临预报中的科学利用

强祖基^{1,3} 马霄乃² 曾佐勤³

- (1. 中国地震局地质研究所,北京 100029;2. 北京大学遥感与地理信息系统研究所,北京 100871;
3. 中国地质大学长江三峡水库地区地质灾害研究中心,湖北武汉 430074)

摘要:文章在对科学利用卫星遥感热红外数据开展临震预报现状分析的基础上,阐明卫星热红外亮温异常的基本原理,并建立临震地震遥感信息模型。通过20多年试验性预报实践,说明亮温异常数据在地震短期和临震预测中具有重要作用,卫星遥感热红外临震预报技术具有实际应用前景,并提出科学数据只有通过科学地开发与利用,才能造福于人类。

关键词:科学数据;亮温异常;地震短临预测;卫星热红外;四川汶川地震;云南大姚地震

中图分类号: G203, P315.75 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1674-1544.2009.05.001

1 引言

地震预报是用科学的思路和方法,综合分析研究地震活动、电磁、重力、地壳形变、地下水动态等方面异常信息后对未来地震(主要指强烈地震)的发震时间、地点和强度(震级)作出预报。地震预报分为长期预报、中期预报、短期预报和临震预报。长期和中期的地震预测属趋势性预测,主要预报一个地区在未来一年或几年乃至十年内发生地震的可能性和最大震级,可以指导该地区的建筑物抗震设防。短期和临震预报(简称短临预报)则是对几个月、几天甚至更短时间内,在较小区域内可能发生的地震破坏性及程度的预报。短临预报对减少地震带来的损失、保障人民生命财产的安全

全具有重要的作用。

地震预报作为十分复杂的世界性科学难题,人类在30年前正式开始了探索。30年来,我们对地震孕育发生的原理和规律有了初步的认识,能对某些类型的地震做出一定程度的预报,其中中长期预报已经有一定的可信度,而短临预报的成功率还相对较低^[1],仍然处于探索阶段。然而,在广大地震预报工作者的共同努力下,在地震短临预报方面,取得了一定的成效。通过对大量科学数据的综合分析研究,已经成功预报了1975年辽宁海城M7.3级地震,1976年松潘—平武间的M6.7、M7.2级地震,1976年盐源—宁蒗间的M6.7、M6.4级地震以及1998年宁蒗M6.2级震群型地震等破坏性地震,被联合国教科文组织认定为唯一对大地震做出过成功短临预报的国家。

第一作者简介:强祖基(1932-),男,教授,博士,研究员,研究方向是卫星热红外和短临地震预报。

基金项目:教育部“长江三峡库区地质灾害研究”国家级优势学科创新平台建设项目。

收稿日期:2009年8月5日。

迅速发展的卫星遥感技术,推动了我国短期临震预报的研究,利用热红外遥感信息开展短临预报已经取得较大的进展。本文将分析热红外遥感信息在临震预报中的应用现状,阐述热红外影像在临震预报中的应用原理,并构建临震地震遥感信息预报模型,最后笔者结合20余年的研究体会,提出在临震预报中要科学地利用开发科学数据的建议。

2 热红外遥感信息在短临预报中应用原理及案例分析

我们知道,在地球同步气象遥感卫星上的传感器都有热红外的通道,可以进行全球的热红外成像。这些热红外图像长期以来被认为是监测全球云图的工具,没有引起地震学界的关注。直到1988年,人们才开始重视和研究利用热红外遥感信息进行短期和临震预测。气象卫星红外波段用于地震前兆研究起始于俄国人戈尔内(1988)^[2]等人。上世纪80年代末,我国地震短临预测研究者科学地利用了这些反映在气象卫星热红外影像上的、曾被忽视的热红外辐射异常信息,对临震地震进行科学的判断预测。他们从卫星热红外亮温云图中发现热红外增温异常,根据这些异常信息,对地震做出短期和临震分析和判断,如1990年2月9日在江苏常熟东发生的M5.1级地震、1991年3月12日在台湾省台南市发生的M6.0级强震、1992年9月14日在南海东沙发生的M5.9级地震、1990年4月26日在青海共和发生的M7.0级地震。他们还根据大量的卫星热红外亮温云图中热红外增温异常信息对2008年5月12日四川汶川M8.0级巨震及2009年7月9日云南大姚M6.0级地震进行了科学的分析和判断。我国台湾大学地理系王纯莹(2005)曾在其硕士论文中对1990-2000年119次大于或等于M5.0级利用热红外异常信息预测的地震进行了分析研究,发现预测成功率逐年提高,1996年为46%,1997年为53%,1998年为76%,1999年和2000年已达到80%^[3]。

2.1 热红外影像在临震预报中的应用原理

长期以来,由于地震的前兆具有电磁波与声波频谱(全谱段)上的光、热、声、电、磁等多种地球

物理的信息,其中的热红外辐射波长为 $8\mu m \sim 14\mu m$,是地球表面太阳短波辐射入射后,被地面吸收转化发射的地球长波辐射,因此,热红外遥感信息常常被认为是地表的实际温度,而没有引起地震、地球物理学界的重视。然而,地震短临预测研究者却发现,电磁波谱中热红外波段的位置从本质上看是热红外辐射,与实际温度有关,可以称为“表观温度”,但其波长是 $10\mu m \sim 11\mu m$,其形成的地球表面的热红外遥感影像能够反映地球内部能量释放的前兆。因此,他们利用卫星遥感数据中热红外图像的处理技术,采用临震温度的信噪比,进行地震前卫星热红外亮温的分析,发现地震前卫星热红外增温前兆,从而提高地震的临震预报的准确性^[4]。

利用热红外辐射进行地震预报,首先应在气象卫星的热红外波段上对假彩色密度进行分割,掌握地面辐射温度变化规律,发现辐射温度异常,然后利用辐射温度异常的信息判断地震辐射温度的异常,最后对地震做出科学的判断与预测。

而地震热红外辐射温度与气象热红外辐射温度不同。可以假设,地球是一个自组织的系统,发生大小不同的地震都会释放能量,这是保持地球在一定的轨道上运行的条件。地壳在没有能量释放时,遵循着气象辐射温度的变化规律,即白天地表地温随着太阳高度角的增加而增温,其主要决定于地物的热惯量。对于所有的地物,其热惯量是一定的,不随环境变化而变化。因此热惯量大的地物白天增温幅度小,速度慢,夜间降温幅度也小,速度也慢;热惯量小的地物,白天增温幅度大,速度快,夜间降温幅度也大,速度也快。然而,当地壳释放能量时,就打破了气象辐射温度变化规律。地壳释放能量实际上是一个复杂的现象。我们知道,能量必定要附着在“细粒”物质上,那么最细的颗粒就是气体分子。因此,可以假设,临震前地球的能量已经开始溢漏,并以气体的形式将能量释放出来。国外研究证明,在临震前确实有一氧化碳气体从地壳中溢出。随着气体的溢出和能量的释放,热红外辐射温度就发生变化。地震短临预测研究者就可以通过分析热红外辐射温度异常等信息,对地震做出判断与预测。

F. Freund(2002)在实验室进行一系列压力实

验后发现,非导体岩石矿物在撞击下可以变成电导体,出现热红外辐射现象。临震前10多天,这种放气、能量的溢出现象逐渐明显。在热辐射遥感影像上开始发现较小的热辐射温度异常,热辐射面积逐渐增大,热辐射温度也在增高,且在面积增大与温度增高的过程中以一定的速度移动。经数天连续观测后,综合考虑就近的第四纪活动构造带和地震带的状况,依据增温面积扩大的速度与强度,大致可以预测临震地震的震级、预计发震的时间,再依据热应力场和排气的特征就可以判定发震的地点。在这里需要指出的是热应力场作为震兆的显示特点,它有一定增温面积,在同一地貌单元中增加的温度是孤立的、非连续的、短暂的,并有一定的增温推移路径。

2.2 案例分析

笔者结合多年的研究与积累,从大量的卫星热红外图像中选取四川汶川地震和云南大姚地震震前辐射温度数据,分析其震前增温面积扩大的速度与强度,展示判断与预报地震的过程,以说明科学地利用热红外遥感信息可以进行短临地震预报。

(1) 四川汶川地震

关于四川龙门山断裂带的跟踪观测已有多,积累了大量的卫星热红外图像,对地震的预报发挥了重要的作用。本文在众多的卫星热红外图像中撷取3张具有代表性的图片(图1、图2、图3),通过对其分析,了解利用热红外遥感信息预测地震的过程。

2008年5月12日,四川汶川发生M8.0级地震。从震前13天的2008年4月30日世界时15:00的卫星热红外图像(图1)中发现,在 $103^{\circ}\text{E}-120^{\circ}\text{E}$, $25^{\circ}\text{N}-40^{\circ}\text{N}$ 范围内见到增温圆(黄色、浅褐 $18^{\circ}\text{C}-27^{\circ}\text{C}$,浅绿、墨绿 $8^{\circ}\text{C}-17^{\circ}\text{C}$),其南部出现自西向东有乌江、沅江及湘江增温条(暗绿、淡黄 $14^{\circ}\text{C}-21^{\circ}\text{C}$),且向东收敛,力学性质为压扭性。在大的黄色增温圆内有两个更高的增温区(浅褐色),它们的连线呈NWW向,向西延伸交汇于大的增温圆(黄色)的SW边,此交汇点即为未来震中,红圆点为震中^[5]。

在震前7天的2008年5月6日世界时01:00的卫星热红外图像(图2)上,黄河上游兰州、玛曲

等地出现了3小块增温区(黄色),总体呈NW向,并有向南推进的趋势。两个小时后,在当天世界时03:00的卫星热红外图像上发现西部总体呈NW向的黄河上游3小块增温区(黄色、浅褐 $18^{\circ}\text{C}-27^{\circ}\text{C}$)向ES推进、对接。2008年5月6日观察到的3块增温区正好对接在震中处。同时从未来震中位置有100~200Km宽的NS向降温条($4^{\circ}\text{C}-6^{\circ}\text{C}$)展布,表示地球排气正在进行。

于是,地震短临预测研究者对一系列连续的卫星热红外图像信息进行分析研究,判断预测近几天内在确定的未来震中处将发生较大震级的地震。

(2) 云南大姚地震

2009年7月9日北京时间19:19,云南大姚发生M6.0地震,震中位于 25.6°N , 101.1°E 。而在震前4天,2009年7月6日世界时15:00,在卫星热红外图像(图4)上显示以 105° 为SN主轴的一个大椭圆出现在昆明—成都之间,长约为1300Km,宽为900Km($21^{\circ}\text{N}-34^{\circ}\text{N}$, $101^{\circ}\text{E}-110^{\circ}\text{E}$)。SN向昆明—成都大椭圆的南端弧的西翼(淡黄—黄—棕黄色)呈串珠状,由3节构成。最南一节在越南北部平原,向ES延伸到了北部湾和南海,其间出现孤立增温异常($20^{\circ}\text{N}-21^{\circ}\text{N}$, $108^{\circ}\text{E}-112^{\circ}\text{E}$),异常区亮温温度(黄色)比周围高 $3^{\circ}\text{C}-5^{\circ}\text{C}$ 。

经观察,1小时后,即2009年7月6日世界时16:00,发现卫星热红外图像(图5)上的温度异常,不断变化与扩展,增温向NW方向扩展。串珠状变为单棒状。昆明—成都大椭圆的西翼在昆明和西昌这一段有缺口,没有连在一起。昆明—成都大椭圆由两个半椭圆构成,分别是北半椭圆和南半椭圆。当南半椭圆的北西向西翼发展到单棒状时的北端界为未来震中。根据南半椭圆增温面积约45万 Km^2 可以预测近期在未来震中处将发生地震,地震震级为M6.0左右。4天后,云南大姚发生了M6.0地震。

3 构建临震地震遥感信息预报模型

根据上述定性的描述,从定性到定量,可以利用热红外辐射温度构建临震遥感信息预报模型^[6]。

3.1 震级(M)模型

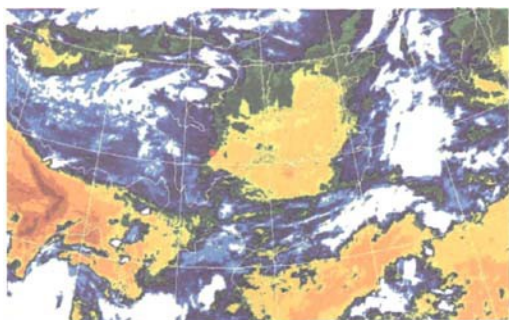


图1 卫星热红外图像4月30日15:00(世界时)

色标: 蓝—深蓝: $-26^{\circ}\text{C} \sim -1^{\circ}\text{C}$; 淡绿: $-1^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$; 浅绿: $0^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$; 绿: $8^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$; 暗绿: $10^{\circ}\text{C} \sim 14^{\circ}\text{C}$; 墨绿: $14^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$; 亮黄: $18^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$; 淡黄: $21^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$; 浅褐: $25^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$; 褐: $28^{\circ}\text{C} \sim 31^{\circ}\text{C}$; 暗褐: $31^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$; 黑褐: $35^{\circ}\text{C} \sim 36^{\circ}\text{C}$; 红: $36^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$

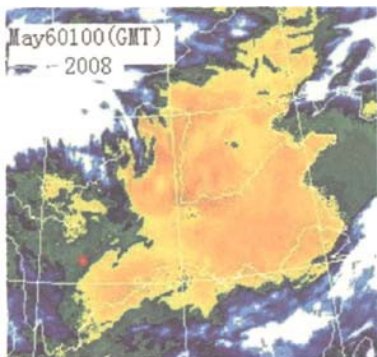


图2 卫星热红外图像5月6日01:00(世界时)

色标: 蓝—深蓝: $-26^{\circ}\text{C} \sim -1^{\circ}\text{C}$; 淡绿: $-1^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$; 浅绿: $0^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$; 绿: $8^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$; 暗绿: $10^{\circ}\text{C} \sim 14^{\circ}\text{C}$; 墨绿: $14^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$; 亮黄: $18^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$; 淡黄: $21^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$; 浅褐: $25^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$; 褐: $28^{\circ}\text{C} \sim 31^{\circ}\text{C}$; 暗褐: $31^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$; 黑褐: $35^{\circ}\text{C} \sim 36^{\circ}\text{C}$; 红: $36^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$

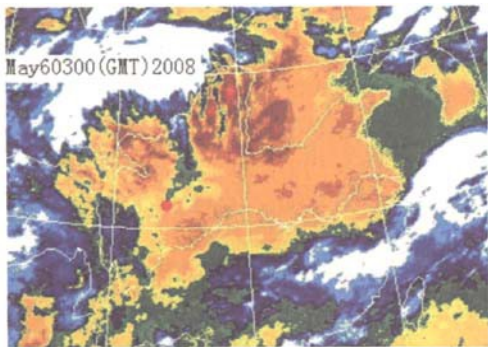


图3 卫星热红外图像5月6日03:00(世界时)

色标: 蓝—深蓝: $-26^{\circ}\text{C} \sim -1^{\circ}\text{C}$; 淡绿: $-1^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$; 浅绿: $0^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$; 绿: $8^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$; 暗绿: $10^{\circ}\text{C} \sim 14^{\circ}\text{C}$; 墨绿: $14^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$; 亮黄: $18^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$; 淡黄: $21^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$; 浅褐: $25^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$; 褐: $28^{\circ}\text{C} \sim 31^{\circ}\text{C}$; 暗褐: $31^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$; 黑褐: $35^{\circ}\text{C} \sim 36^{\circ}\text{C}$; 红: $36^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$

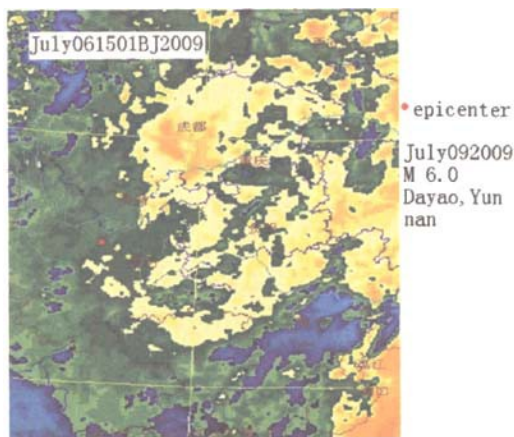


图4 卫星热红外图像7月6日15:00(世界时)

色标: 蓝—深蓝: $-32^{\circ}\text{C} \sim -19^{\circ}\text{C}$; 淡绿: $-19^{\circ}\text{C} \sim -11^{\circ}\text{C}$; 绿: $-11^{\circ}\text{C} \sim -2^{\circ}\text{C}$; 深绿: $-2^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$; 淡黄: $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$; 黄: $10^{\circ}\text{C} \sim 13^{\circ}\text{C}$; 褐: $13^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$; 深褐: $16^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$

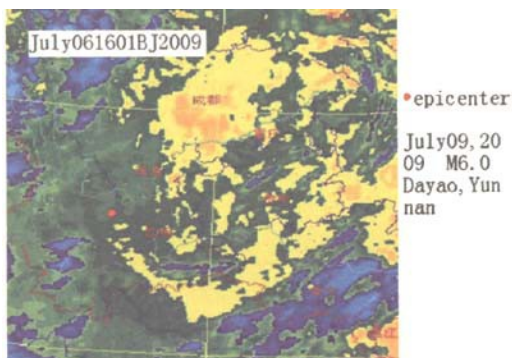


图5 卫星热红外图像7月6日16:00(世界时)

色标: 蓝—深蓝: $-32^{\circ}\text{C} \sim -19^{\circ}\text{C}$; 淡绿: $-19^{\circ}\text{C} \sim -11^{\circ}\text{C}$; 绿: $-11^{\circ}\text{C} \sim -2^{\circ}\text{C}$; 深绿: $-2^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$; 淡黄: $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$; 黄: $10^{\circ}\text{C} \sim 13^{\circ}\text{C}$; 褐: $13^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$; 深褐: $16^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$

地震的能量来自地球内部,无论是地内高压场、电磁场,还是放射场、应力场,最终都将转变为热能而耗散。由释放气体、热耗散引起的温度异常,在地表上是有显示的,在热红外遥感影像上可以提取热辐射异常的信息。这种地震热异常与气候温度变化的规律是不同的,是非气候因素的热辐射温度异常。热辐射温度的量纲实际上是能量的量纲,根据震源能量的关系($E_0 = \frac{\tau_0^2}{N} V$),以及震级与能量的关系($M = 0.5 \lg E - 4$)^[7],可以通过非气象热辐射异常反映地震能量与震级的关系。地

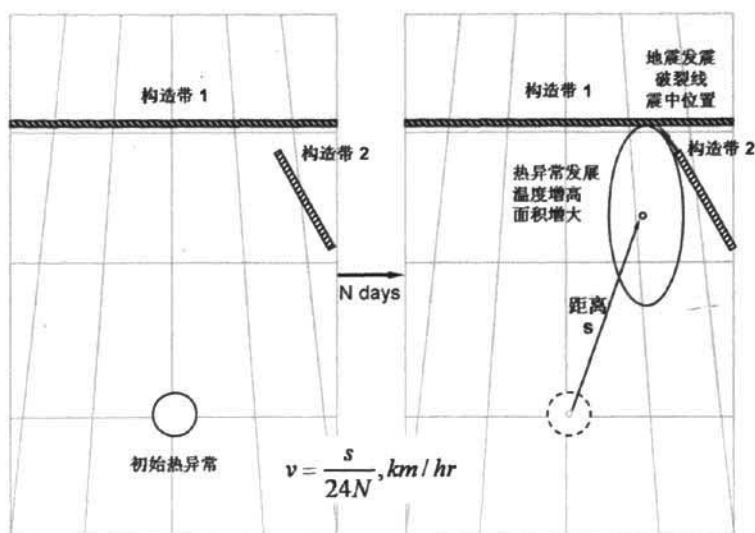


图 6 红外影像上热异常作图预报地震震中位置

震的发展是有一个过程的,表现热辐射温度异常面积由小到大,异常热辐射温度由低到高,热辐射温度异常沿着或者向着构造带移动,且具有一定的速度。因此考虑影响地震震级(M)的函数为:

$$M = f(M_b, T, T_0, T_{1K}, A, A_0) \quad (1)$$

(1) 式中 M_b 为局地背景地震震级; T 为热辐射温度,与面积(A)对应; T_0 为初始异常热辐射温度,与初始面积(A_0)对应;增温 $T_{1K} = 1K$ 。经过量纲分析,可以得到

$$M = m_0 \left(\frac{T - T_0}{T_{1K}} \right)^{m_1} \left(\frac{A - A_0}{A_0} \right)^{m_2} M_b \quad (2)$$

(2) 式说明震级大小与区域背景地震的震级(M_b)是相关的。世界的地震带分布,基本上分布在板块缝合线一带。热辐射温度与面积共同代表了能量的大小。 m_0, m_1, m_2 分别是震级的地理系数与指数,用全球的地震资料,可以求出全球的 m_0, m_1, m_2 影像。

3.2 临震预报预期(Δt)

地震的发震过程,实际上是地壳破裂的过程,从孕育到发震是临震预报的预期(Δt),能量要从震源传递出来,因此与区域地壳的厚度(D)、增温面积移动的速度(v)有关,其函数式为:

$$\Delta t = f(D, v) \quad (3)$$

对(3)式进行量纲分析,得:

$$\Delta t = t_0 \left(\frac{D}{v} \right) \quad (4)$$

这是一个非常明确的预期模型,其中的速度(V)可按照图 6 中 $V = \frac{S}{24W} \text{ km/hr}$ 公式求得。

3.3 地震震中的位置

地震发震的震中并不是一个点,往往是沿着某一构造带延伸破裂线。因此可以在遥感影像上作图求出发震的位置(图 6)。

根据地质构造的展布、热辐射温度异常运动的速度、预测可能发震的位置进行位置与预期时间的预报。根据(2)式的计算,同时预报震级。热辐射温度异常的运动是复杂的,并非完全直线运动,有时候停顿,有时候后退,有时候迂回曲折,因此需要随时进行调整,尽管有模型可以计算,但还是离不开专业人员的判断。

上述模型经过中国东部地区 12 个地震震例的计算,已推算出地理系数与指数,并在 1997 年日本地震预报以及此后多次地震预测中得到了检验。从强度地震的临震遥感信息预报模型的建立过程来看,笔者认为,对地球物理场的光、热、声、电、磁,地球化学场的各种气体、液体、颗粒物质等科学数据,应该全面地进行电磁波遥感成像(Remote Sensing Imaging, RSI)、声波成像(Sound Waves Imaging, SWI)、化学场数字化(Digital

Chemistry Field Model, DCFM)的研究,当各种电磁波场、声波场、化学物质场和多种因素的模型计算同步交汇时,预报短临地震的准确度、精确性将有极大的提高。

4 启迪与建议

综上所述,可以看到,科学、正确地利用科学数据是进行短临地震预测的重要依据,也是提高地震预测准确性的基础。地震预报特别是短临预报是世界性的难题^[8],我们要用科学的思想去认识它并研究它。

随着科学技术的发展,广大地质研究人员和地震预报研究人员掌握了大量的卫星数据。然而对数据的认识不同,处理的方法不同,产生的结论也不同。正如前所述,早在1988年,就开始了气象卫星红外波段用于地震前兆的研究,并对其的应用原理和预测模型进行了深入的研究。我国也在1990年对热红外信息预测地震展开了研究,并取得了一定成绩,得到了业界的认可。

长期以来,面对众多的卫星数据,许多科学家只是把这些大量的热红外遥感信息看作是地表的实际温度,简单地看成连续的、大量的升温异常,从而忽略了其对地震预报的真正价值。地震预报研究人员科学地分析和利用了这些科学数据,从地壳运动的规律出发,及时捕捉到了亮温增温现象——热应力场,提取了特征信息,并充分分析其特性,正确地、科学地应用于短临震预测,发挥了其重要的作用。

当热红外遥感信息为地震预报研究人员所认知后,在进行地震预报预测时,还应采取正确的方法,对大量采集的热红外遥感信息和图像进行深入细致的分析研究。在利用卫星热红外信息预测地震的工作中,我们曾走过一段弯路。如前所述,对于所采集的卫星热红外信息曾一度被认为是地表的实际温度,而采取了在一个区域中求平均值的方法观测温度的升降。但是,热红外温度的变化是微小的,且并不连贯,在用它进行地震预测时,应对某点的温度变化进行研究,而不应在一个较大区域内求平均值。如果用求平均值的方法得到的数据,将会淡化甚至忽略某一时点和场的温度

突然变化情况,从而达不到预测地震的目的。这是因为有的科学家不是从震前热应力场出发,而是只注意了升温异常,致使地震预报的分析人员做出错误的判断。从已发生的地震实际出发,一个M5.0级地震震前的热应力场面积可达到10万~40万Km²,像城市热岛山坡大气逆温等易于识别。在进行地震预报时,不要把某地升温的异常简单地当成震兆。其实这都属于气象的大背景,而不应误导地震预报人员把它当成热兆^[9]。

以笔者20多年从事利用热红外遥感信息进行短临预报的研究工作的经验认为,获取科学数据十分重要,而正确地分析研究利用所获得的科学数据更为重要。科学数据和科技信息必须进行科学管理、正确利用,不断创新,才能最大限度地发挥科学数据的作用,才能真正发挥其功效,更好地服务于社会,造福于人类。

参考文献

- [1] 什么是地震预报 [EO/OL]. [2009-09-16]. <http://www.qzdy.cn/topic/dzj/1.16.doc>.
- [2] Gorny V I, Salman A G, Tronin A A, Shilin B B. The Earth Outgoing IR Radiation as an Indicator of Seismic Activity[J]. Proceeding of the Academy of sciences of the USSR, 1988, 301(1): 67-69.
- [3] 王纯莹. 利用时空内插及资料正规化辅助地震前热异常现象之侦测 [D]. 中国台湾大学地理系硕士论文, 2005.
- [4] 彭以琪. 卫星遥感临震预报研究有进展 [N]. 科技日报, 1993-08-13.
- [5] 强祖基, 姚清林, 魏乐军, 等. 震前卫星热红外环应力场特征[J]. 地球学报, 2008, 29(4): 486-494.
- [6] 马嵩乃. 遥感信息模型 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1997: 42.
- [7] A Ma, Z Qiang. Remote Sensing Information Models for Earthquake Forecasting [J]. Proceeding of the Twelfth International Conference, Applied Geologic Remote Sensing, 1997, 17-19(Nov).
- [8] 张忠震. 美地震专家认为短期临震预报是世界性难题 [EB/OL]. [2009-08-03]. http://news.xinhuanet.com/newscenter/2008-05-20/content_8216443.htm.
- [9] 屈春燕, 马谨, 单新建. 一次卫星热红外地震前兆现象的伪征[J]. 地球物理学报, 2006, 49(2): 490-495.

Application of Scientific Data in Short – term and Close – to Earthquake Forecasting

Qiang Zuji^{1,3}, Ma Ainai², Zeng Zouxun³

(1. Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029;

2. Institute of Remote Sensing and Geographic Information System, Peking University, Beijing 100871;

3. Geologic Disaster Research Center of Yangtze River Three Gorges Reservoir Area,
China University of Geology, Wuhan 430074)

Abstract: Based on the status quo analysis of using the satellite remote sensing thermal infrared data to carry out the close – to earthquake forecasting, this paper expounds the basic principles of satellite thermal infrared brightness – temperature abnormality and constructs the close – to earthquake remote sensing information model. Through the trial forecasting practice for 20 years, it shows that the brightness – temperature abnormal data in short – term and close – to earthquake forecasting has an important role. The technology of satellite remote sensing thermal infrared close – to earthquake forecasting has practice application prospects. The paper puts forward that only by scientific exploitation and utilization can scientific data bring benefit to mankind.

Keywords: scientific data, brightness – temperature abnormality, short – term and close – to earthquake forecasting, satellite thermal infrared, Wenchuan earthquake in Sichuan Province, Dayao earthquake in Yunnan Province