

南海临震前卫星热红外增温异常原因初探

卢振权¹⁾ 强祖基²⁾ 吴必豪¹⁾

(1)中国地质科学院矿产资源研究所 ,北京 ,100037 (2)中国地震局地质研究所 ,北京 ,100029)

摘 要 南海在临震前常出现大面积的卫星热红外图像亮温异常。本文旨在对南海临震前卫星热红外增温异常的原因进行初步的探讨。经长期观察与对比 ,发现南海临震前卫星热红外增温异常与已知的浅水区油气和深水区潜在的天然气水合物藏关系密切 ,而与扩张中心区关系不大。结合前人的实验模拟结果认为 ,南海临震前卫星热红外增温异常乃临震前各种应力作用于油(气)藏、海底天然气水合物藏等 ,使其发生漏渗或分解 ,甲烷等气体扩散至海面以上 ,在瞬变电场、太阳辐射等的作用下所致 ,并映证在卫星热红外扫描图像上。

关键词 南海 临震前卫星热红外增温 常规油气藏 天然气水合物藏

A Tentative Interpretation of the Formation of High Temperature Anomaly in Satellite-based Thermal Infrared Scanning Images (STISI) of the South China Sea before Earthquake

LU Zhenquan¹⁾ QIANG Zuji²⁾ WU Bihao¹⁾

(1)Institute of Mineral Resources ,CAGS ,Beijing ,100037 (2)Institute of Geology ,China Seismological Bureau ,Beijing ,100029)

Abstract High temperature often occurs in Satellite-based Thermal Infrared Scanning Images (STISI) of the South China Sea before earthquake. This paper aims at interpreting the formation of the temperature anomaly in STISI of the South China Sea before earthquake. According to long period of observation and analysis , it is found that high temperature anomaly in STISI before earthquake is closely related to gas and oil reserves as well as gas hydrates , but has little to do with the expanding area in the South China Sea. Combined with previous experimental results , the authors consider that the high temperature in STISI results from the induced polarization and the green house effects of such gases as CH₄ and CO₂ emitted from the seepages of conventional oil and gas reserves and marine gas hydrates before earthquake.

Key words the South China Sea high temperature anomaly in STISI before earthquake conventional oil and gas reserves gas hydrates

90 年代初 ,强祖基等(1990)曾报道中国陆上一些地区在临震前出现过大面积的卫星热红外图像增温异常 ,增温面积达几万至 100 多万平方公里、累积增温幅度达 2~10 ℃ ;卫星热红外图像增温异常发生在地震前约 7~9 d ,并沿着断裂构造带向四周成带状、片状展布 ,为临震前地球排气作用的结果(强祖基等 ,1992 ,1997)。据此 ,他们结合地质理论多次成功地进行过地震短临预报(强祖基等 ,1995 ,1998) ,并将卫星热红外遥感应用到中国陆上油气田

的勘查中(强祖基等 ,1994)。黄福林等(1998)在对中国东部陆上和近海区长期、定点、同步观测中发现临震前已知油气区低空大气中存在着 CH₄ 及其同系物等高浓度的异常 ,并同步出现 1~6 ℃ 的卫星热红外增温异常 ,认为临震前卫星热红外增温异常可作为指示深部油气藏的重要标志。

近几年来 ,通过利用卫星热红外遥感方法来探测南海天然气水合物 ,对南海临震前卫星热红外增温状况进行了长期的观测 ,发现南海诸陆(岛)坡区

本文由“ 863 ”海洋领域前沿探索课题(820-探-5)资助。

改回日期 2001-7-5 ;责任编辑 :宫月萱。

第一作者 :卢振权 ,男 ,1972 年生 ,博士 ,从事天然气水合物等海底资源勘探与开发研究工作 ,Tel :010-68320440 ;E-mail :bj-hydate@263.net

特别是在盆地构造区存在着大面积的卫星热红外增温异常现象。

1 临震前卫星热红外增温异常特征

在对美国、日本气象卫星所扫描的西太平洋和中国近邻海域的研究中,特别是对南海地区的卫星热红外图像资料进行了长期的观察。在长期的观察过程中多次看到:在临震或瞬时构造运动前,西沙海槽、东沙群岛、吕宋海槽、南沙海槽等地常出现大面积的卫星热红外图像亮温异常^①。其特点是:

(1)部分卫星热红外亮温异常与已知的油气盆地分布相一致,如莺歌海盆地、琼东南盆地、珠江口盆地、台西南盆地、巴拉望盆地等;而另一部分卫星热红外亮温异常一直延伸到深水陆坡区,如东沙群岛岛坡区、笔架南盆地、吕宋海槽、西沙海槽、南沙海槽等。

(2)南海卫星热红外亮温异常可分为 5 个区带:莺歌海-琼东南-西沙海槽-珠江口-东沙群岛-台西南盆地一带、中沙群岛-笔架南盆地一带、北吕宋海槽-西吕宋海槽盆地一带、南沙海槽-巴拉望盆地一带、中建南盆地一带。在构造上,它们分别与南海北部陆架与陆坡区断裂带(琼粤滨海断裂和北部陆坡南缘断裂)、中沙群岛-笔架海山构造带、马尼拉海沟断裂带、南沙海槽断裂带、西部陆缘断裂带相对应。其中,莺歌海-琼东南-西沙海槽-珠江口-东沙群岛-台西南盆地一带的卫星热红外增温异常又可细分为 2 个亚带:莺歌海-琼东南-珠江口-台西南盆地一带和西沙海槽-东沙群岛一带,但 2 个亚带常交织在一起。

(3)南海海盆扩张中心区很少出现卫星热红外增温异常,至少没有明显的异常。

所有这些卫星热红外图像亮温异常都是在地震期间(大部分在临震前)观测到的,且大部分图像都是在北京时间 18 点至凌晨 5 点间记录下来的,如此明显的大面积卫星热红外亮温异常常在夜间,且在隔着一厚层海水的情况下出现,说明此种卫星热红外亮温异常非水文气象因素所致,理应是地震期间地内因素所致。

2 增温异常与海底油气、天然气水合物的关系

南海的陆架区分布着一大批大、中、小规模不等

的油气田已是基本的事实(许东禹等,1997),如:珠江口盆地是我国目前海上原油的主要产区,年产量达 500×10^4 t 以上,已有 8 个海上油气田建成投入生产;琼东南盆地的崖 13-1 大气田,已探明天然气储量 968×10^8 m³,是我国最大的海上天然气田,近年又陆续发现 2 个气田(崖 21-1、崖 35-1);莺歌海盆地已发现 3 个构造气藏(东方 1-1、乐东 15-1、乐东 20-1);南沙海域据不完全统计,在 7 个主要盆地中共发现 180 个油气田或含油气构造,探明可采储量 118.21×10^5 t 油和 329.60×10^8 m³ 天然气。这些油气田的分布大体上与南海临震前卫星热红外增温异常带莺歌海-琼东南-珠江口-台西南盆地亚带、南沙海槽-巴拉望盆地等相一致。

在南海的深水(陆坡区),目前普遍认为蕴藏着丰富的天然气水合物资源(吴必豪等,1998)。德国科学家(Berner 等,1992)在南沙海槽区曾发现过指示天然气水合物存在的地震地球物理标志(Bottom Simulating Reflector,简称 BSR)。台湾学者(Chi 等,1998)在台西南盆地东缘也发现有 BSR。姚伯初(1998)也认为,在东沙附近岛坡存在着 BSR。广州海洋地质调查局 1999 年在对西沙海槽区的初步调查中发现存在着 BSR,并在对以往地球物理资料的复查中也发现南海北部陆坡西段的南北斜坡区及东沙群岛附近的海域存在有 BSR(张光学等,2000)。此次研究中通过地球化学工作也显示了西沙海槽区、笔架南盆地、北吕宋海槽区的附近海域可能存在着天然气水合物^②。这些潜在的天然气水合物分布区基本与南海临震前卫星热红外增温异常带西沙海槽-东沙群岛-台西南盆地、笔架南盆地一带、北吕宋海槽一带、南沙海槽-巴拉望盆地一致。

南海海盆扩张中心被认为现在仍在活动中,该地区热流值很高。在地震期间,此扩张中心理应更脆弱,更易活动,以致于深部气体逸出至海面而引起卫星热红外增温异常。而实际上,卫星热红外亮温异常在此处并未出现或不明显,表明南海卫星热红外亮温异常可能与深部逸出气体的关系不大。由此可以看出,南海临震前卫星热红外增温异常一部分与浅水区油气盆地有关,如莺歌海盆地、琼东南盆地、珠江口盆地、台西南盆地、巴拉望盆地等;另一部

① 卢振权,强祖基,吴必豪.2002.利用卫星热红外遥感探测南海天然气水合物.地质学报(待刊).
② 卢振权.2000.南海天然气水合物非常规物化探方法找矿的初步研究.中国地质科学院研究生部.博士学位论文.

分卫星热红外亮温异常与深水陆坡区潜在的天然气水合物有关,如东沙群岛岛坡区、笔架南盆地、吕宋海槽、西沙海槽、南沙海槽等。

3 增温异常原因初探

人们在研究陆地上卫星热红外增温异常与地震构造活动的关系中发现,地震前地球的排气作用、气体异常释放与临震前卫星热红外增温异常有着较好的一致性(强祖基等,1990,1992,1995,1998)。大量观测资料表明,临震前地球排气作用、气体异常释放是一种普遍现象(强祖基等,1990)。表1列出了陆

地上一些地震前甲烷气体的异常情况。车用太(1999)在1998年1月10日张北-尚义6.2级地震临震前,监测到地壳不断逸出 CO_2 、 H_2 、 Hg 和 He 等气体。在前苏联、日本等地,也见有临震前气体异常或地壳放气现象的报道(强祖基,1998;Sugisaki等,1996)。在这些实例中, CH_4 、 CO_2 等气体始终是临震前异常气体的主要成份,也是被重点监测的对象。伴随着临震前出现气体异常的同时,还常出现卫星热红外增温异常、实测的地面增温异常,以及瞬变的地电场异常等出现的时间往往相互一致(强祖基等,1992)。可以推知,临震前地球排气作用导致释放的异常气体是卫星热红外增温异常的直接原因。

表1 临震前北京地区地面大气甲烷质量浓度										
Table 1 Methane content of the atmosphere in Beijing region before earthquake										
地震时间及数据		甲烷质量浓度/ $\times 10^{-6}$								
1991年5月30日唐山地震 $M=5.1$, $\Delta=180$ km	日/月	21/5	29/5							
	甲烷	2.92	2.36							
1991年7月27日滦县地震 $M=4.6$, $\Delta=200$ km	日/月	09/7	10/7	11/7	16/7	19/7	23/7	24/7	25/7	26/7
	甲烷	5.4	6.2	3.1	9.3	4.5	5.6	3.0	3.16	2.6
1991年8月10日河间地震 $M=3.8$, $\Delta=158$ km	日/月	28/7	29/7	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	8/8	
	甲烷	4.5	3.59	4.43	3.28	3.2	2.7	3.7	3.9	
1991年9月2日渤海地震 $M=4.6$, $\Delta=400$ km	日/月	13/8	21/8	31/8						
	甲烷	3.6	3.2	3.65						

注:数据源于强祖基等,1992; M 表示震级; Δ 表示震中离北京测站的距离。

一些学者还模拟地震前低空大气中的物理条件进行实验研究,证实了 CH_4 、 CO_2 等气体的温室效应和激发极化效应确能引起卫星热红外增温异常(强祖基等,1997)。其模拟结果见图1和表2所示,可以看出: CH_4 、 CO_2 等在太阳的辐照下可升温 $3\sim 5^\circ\text{C}$,在突变电场的作用下最大增温幅度可达 6.1°C 。另外一些实验还发现,若将这些气体在激发极化效应和温室效应的综合作用下,其增温效应会更明显,如气体在太阳辐射下,加之在一定的电场作用下,其增温效果非常明显,增温幅度达 $4.4\sim 6.6^\circ\text{C}$ (徐秀登等,1995)。这些模拟结果与临震前卫星热红外增温幅度($5\sim 6^\circ\text{C}$)基本一致。

在海域,卫星热红外增温异常情况也是如此。黄福林等(1998)近几年在中国东部近海区定点、长期、同步地对低空大气的观测中,发现中强地震前在已知油气区低空大气中 CH_4 高出平均值2倍多及乙烷-丁烷等高浓度的异常,同时伴有 CO_2 高出平均

值2.6倍的异常(表3),同期还发现增温幅度为 $1\sim 6^\circ\text{C}$ 的卫星热红外增温异常。这也足以用地球排气作用导致油气渗漏的气体来解释,即卫星热红外增温异常是由高浓度的 CH_4 等烃类及 CO_2 气体的各种增温效应所致。

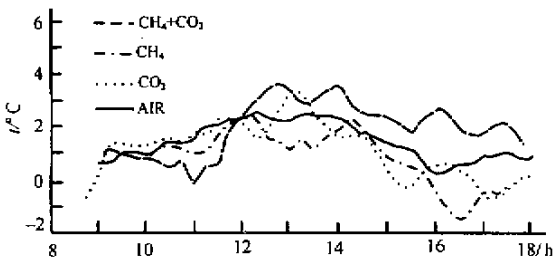


图1 各种气体在太阳辐射下的温度变化特征
(据强祖基等,1997)

Fig.1 Temperature variation of different gases under the sun's heat radiation (after Qiang et al., 1997)

表 2 各种气体在不同电场下的增温特征

Table 2 Temperature increase of various gases under the different electric fields ℃

气体样品	加电场前温度	加电场后温度		温度变化
		电场不变	电场瞬变	
含 8.15%CO ₂ 的空气	28.2	28.2	32.0	3.8
含 8.15%CO ₂ 和 11.41%CH ₄ 的空气	28.9	28.9	35.0	6.1
含 3.8%CH ₄ 的空气	28.8	28.8	34.0	5.2
含 1.52%CH ₄ 的空气	28.5	28.5	32.0	3.5
正常空气	28.8	28.8	31.4	2.6
含 5.3%He 的空气	26.2	26.2	26.8	0.6

注 :数据源于强祖基等 ,1997。

表 3 中国东部海域低层大气中甲烷等烃类浓度特征

Table 3 Abundance of gases such as methane in the lower atmosphere of the eastern China

类 别	小麦岛海滨	绥中油田	青岛市南	渤海远景区	东营油田	浙东浅成气	黄桥 CO ₂ 气田	东海平湖气区
甲烷平均值	1.92	1.94	2.12	2.41	3.05	3.99	4.25	4.52
乙烷平均值	0.05	0.10	0.12	0.05	0.17	0.04	0.08	0.05
丙烷平均值	0.04	0.10	0.027	0.07	0.09	0.03	0.025	0.04
异丁烷最大值	0.06	0.48	0.59	0.76	0.10	0.15	0.01	0.01
正丁烷最大值	0.01	0.03	0.04	0.20	0.39	0.15		
正戊烷最大值					0.15			
CO ₂ 平均值	0.08	0.557	0.261	0.056	0.557	0.373	0.567	0.293

注 :数据源于黄福林等 ,1998 ,烃类浓度 : $\times 10^{-6}$,CO₂ 浓度 : $\times 10^{-2}$ 。

由此推广开来 ,此次工作中对南海临震前卫星热红外增温异常的海域虽未进行低空大气气体测量工作 ,但据前面分析的其与海底油气、天然气水合物的对应关系来看 ,可以初步认为 ,南海临震前卫星热红外增温异常是由临震前地球排气作用导致的油气渗漏和海底天然气水合物分解后扩散所致。地球排气作用导致的油气渗漏较容易被理解。天然气水合物是由 CH₄ 等直径较小的气体分子和 H₂O 在低温高压下形成的一种固态结晶物质 ,它对温度和压力的响应特别灵敏 ,当温度升高或压力降低时其都将会发生分解 ,还原成 CH₄ 和 H₂O。例如在地震等构造活动期间 ,天然气水合物遇到压力降低发生分解 ,分解出的 CH₄ 等气体沿着断裂构造带向上渗逸至海面以上低空大气中 ,使其气体浓度异常升高 ,从而造成临震前卫星热红外图像上出现增温异常。

因此 ,南海临震前卫星热红外增温异常原因可以这样解释 :在临震前 ,各种应力作用(如构造活动)可使得这些圈层气体集中的地方 ,如油(气)藏、海底天然气水合物藏等 ,很容易受到影响或分解 ,气体发生漏渗 ,沿着断裂急剧上升、集中 ,出现大面积、高浓

度的气体异常 ,以致于在瞬变电场、太阳辐射等作用下 ,映证在卫星热红外扫描图像上出现增温异常。

4 讨论与结论

前人在研究陆地上卫星热红外增温异常时还考虑到地震的生热效应。但此种因素在海域中的影响可忽略 ,这是因为 :实验证实此种增温效应较小 ,一般只有零点几摄氏度 ,最大只达 2.5℃(徐秀登等 ,1995) ,且海域在隔着一层厚厚的水体 ,这种效应对卫星热红外增温的贡献就更小。

因此 ,可以得出如下结论 :

(1)在临震或瞬时构造运动前 ,南海的陆架和陆坡区经常出现大面积的卫星热红外图像增温异常 ,其总体上可分为 5 个区带 ,基本与南海的构造线一致。

(2)南海临震前卫星热红外增温异常与已知的浅水区油气盆地和深水区的由多种标志显示的潜在天然气水合物藏密切相关 ,而与扩张中心地壳深部逸出的气体关系不大。

(3)南海临震前卫星热红外增温异常的原因应

为临震前各种应力作用于油(气)藏、海底天然气水合物藏等,使其受到影响或分解,然后气体漏渗、扩散至海面以上的低空大气中并在瞬变电场、太阳辐射等的作用下所致,而映证在卫星热红外扫描图像上的结果。

参 考 文 献

- 车用太,于金子,刘五洲. 1999. 地壳放气动态监测与张北-尚义 Ms 6.2 级地震预报. 地质论评, 45(1):59~65.
- 许东禹,刘锡清,张训华等. 1997. 中国近海地质. 北京:地质出版社.
- 吴必豪,马开义,陈邦彦等. 1998. 西太平洋天然气水合物矿藏找矿远景刍议. 矿床地质, 17(增刊):741~744.
- 张光学,文鹏飞. 2000. 南海甲烷水合物的地震特征研究. 首届广东青年科学家论坛论文集. 北京:中国科学技术出版社.
- 姚伯初. 1998. 南海北部陆缘天然气水合物初探. 海洋地质与第四纪地质, 18(4):11~18.
- 徐秀登,徐向民,马升灯等. 1995. 临震大气增温异常成因的初步认识. 地震学报, 17(1):123~127.
- 黄福林,张训华,夏响华等. 1998. 中国东部和海域低层大气甲烷及其同系物分布. 科学通报, 43(16):1767~1771.
- 强祖基,孔令昌,郭满红等. 1997. 卫星热红外增温机制的实验研究. 地震学报, 19(2):197~201.
- 强祖基,徐秀登,侯常恭. 1990. 卫星热红外异常——临震前兆. 科学通报, 35(17):1324~1327.
- 强祖基,侯常恭,李玲芝等. 1998. 卫星热红外图像亮温异常——短临震兆. 中国科学(D辑), 28(6):564~573.
- 强祖基,侯常恭,赵勇等. 1995. 瞬时地壳运动与地震短临预报. 地学前缘, 2(1~2):213~224.
- 强祖基,侯常恭,黄福林等. 1994. 寻找油气富集带的遥感找矿新方法——卫星热红外探测技术. 科学通报, 39(18):1725~1726.
- 强祖基,孔令昌,王弋平等. 1992. 地球放气、热红外异常与地震活动. 科学通报, 37(24):2259~2262.
- Huang Fulin, Zhang Xunhua, Xia Xianghua et al. . 1998. Distribution of methane and its series at the lower atmosphere in the east of China and in the Coastal Seas. Chinese Science Bulletin, 43(16):1767~1771 (in Chinese).
- Qiang Zuji, Dian Changgong, Huang Fulin, Zhao Yong. 1994. New remote sensing method on prospecting for oil(gas) accumulation zone——satellite thermal infrared sensing technology. Chinese Science Bulletin, 39(18):1725~1726 (in Chinese).
- Qiang Zuji, Dian Changgong, Li Lingzhi et al. . 1998. Satellite thermal infrared anomaly-earthquake prediction in advance and in short-term. Science in China(Series D), 28(6):564~573 (in Chinese).
- Qiang Zuji, Dian Changgong, Zhao Yong et al. . 1995. Instantaneous crust movement and earthquake prediction in advance and in short-term. Earth Science Frontiers, 2(1~2):213~224 (in Chinese).
- Qiang Zuji, Kong Lingchang, Guo Manhong et al. . 1997. Experimental research on mechanism of the increased temperature of satellite thermal infrared anomaly. Acta Seismologica Sinica, 19(2):197~201 (in Chinese with English abstract).
- Qiang Zuji, Kong Lingchang, Wang Yiping et al. . 1992. Degassing of the Earth, thermal infrared anomaly and earthquake activity. Chinese Science Bulletin, 37(24):2259~2262 (in Chinese with English abstract).
- Qiang Zuji, Xu Xiudeng, Dian Changgong. 1990. Satellite thermal infrared anomaly——earthquake cursor in advance and in short-term. Chinese Science Bulletin, 35(17):1324~1327 (in Chinese).
- Ryuichi Sugisaki, Takamori Ito, Koichiro Nagamine et al. . 1996. Gas geochemical changes at mineral springs associated with the 1995 southern Hyogo earthquake(M = 7.2), Japan. Earth and Planetary Science Letters, 139:239~249.
- Wu Bihao, Ma Kaiyi, Chen Bangyan et al. . 1998. Potential orientations for gas hydrate in the western Pacific. Mineral Deposits, 17(Sup.):741~744 (in Chinese).
- Xu Dongyu, Liu Xiqing, Zhang Xunhua et al. . 1997. Geology Offshore China. Beijing: Geological Publishing House, 56~258 (in Chinese).
- Xu Xiudeng, Xu Xiangmin, Ma Shengdeng et al. . 1995. Preliminary knowledge on origin of the increased temperature anomaly before earthquake. Acta Seismologica Sinica, 17(1):123~127 (in Chinese).
- Yao Bochu. 1998. Preliminary exploration of gas hydrate in the north margin of the South China Sea. Marine Geology and Quaternary Geology, 18(4):11~18 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Guangxue, Wen Pengfei. 2000. Research on the seismic characteristics of gas hydrate in the South China Sea. In: Collections of First Guangdong Youthful Scientists' Forum, Beijing: China Science & Technology Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Berner U and Faber E. 1992. Hydrocarbon gases in surface sediments of the South China Sea. In: X. Jin, H. R. Kudrass and G. Pautot (eds.), Marine geology and geophysics of the South China Sea, Beijing: China Ocean Press, 199~211.
- Che Yongtai, Yu Jinzi, Liu Wuzhou. 1999. Dynamic monitoring of degassing of the crust and prediction of the Zhangbei-Shangyi earthquake of magnitude 6.2. Geological Review, 45(1):59~65 (in Chinese).
- Chi Wu-Cheng, Donald L Reed et al. . 1998. Distribution of the bottom-simulating reflector in the offshore Taiwan collision zone. TAO, 9(4):779~794.

References