

文章编号: 1001-8166(2005)05-0505-06

青藏高原地震前 CO 的排放与 卫星热红外增温异常*

姚清林, 强祖基, 王弋平
(中国地震局地质研究所, 北京 100029)

摘要 地震前卫星热红外图像的亮温异常与地球的排气作用有关。由于以往仅在个别点上对 CO₂、CH₄ 等气体取样或监测, 对这些温室气体震前排放的范围缺乏足够的了解。用美国 EOS 卫星携带的 MOPITT 探测仪资料, 获得了 2000 年 4 月 30 日 CO 在青藏高原大面积逸出的情况, 图像显示 CO 含量异常升高的区域具形状不规则的圈层结构, 累计长度约 3 200 km, 总面积约 267 万 km², 其 CO 体积分数值内高外低, 体积分数最大的区域 (31×10^{-8} (CO) $> 27 \times 10^{-8}$) 大致呈 EW 向分布, 长约 800 km, 宽约 280 km, 面积约 22.41 万 km²。整个 CO 逸出区 (CO) 为 2002 年正常值的 1.57 ~ 4.10 倍, 与从卫星热红外图像上发现的 2000 年 4 月 29 ~ 30 日在青藏高原上的大面积多处孤立升温有较好的一致性, 且这种 CO 逸出的现象至少在 2000 年 4 月 30 日之前的数天内是持续存在的, 它们都是 2000 年 6 月 6 日甘肃景泰 Ms 5.9 地震及 2000 年 6 月 8 日缅甸北部 Ms 6.9 地震的前兆。这一方面说明, 气—热震兆机理是有实际依据的, 同时也反映了青藏高原上空臭氧层空洞或低值中心的出现可能与 CO 气体在高空中的不断氧化有关。

关键词 CO 升温, 地震前兆, 卫星遥感, 青藏高原

中图分类号: P315.72^{*8} 文献标识码: A

0 引言

利用卫星热红外图像对震前地面或水面增温现象的反映, 可以进行地震预测。关于升温震兆的机理, 目前有 2 种主要的认识: 一是强祖基等^[1-2]提出的气—热说, 认为震前增温异常为地球排气作用的结果。实验发现不同比例的混合气体 (CO₂ 和 CH₄ 等) 在外加瞬变电场的作用下可引起增温约 6^[3], 太阳辐照上述混合气体可引起增温约 3^[2]。这些模拟结果与临震前卫星热红外增温幅度 (5 ~ 6) 基本一致。大量观测资料表明临震前普遍存在着地球排气现象^[3], 并且由于岩石压电效应, 观测到地震前低空电场突变, 其异常幅度最大值可超过 - 500

V/m^[4], 因此, 临震前地球排气与卫星热红外增温异常有着较好的一致性^[1, 3, 5, 6]。另一种观点是岩石在应力作用下可直接增温, 或增加红外辐射的强度^[7, 8], 认为机械能够直接激发岩石分子的振动态能级跃迁^[9]。

我们认为这 2 种增温震兆机理都值得探讨。尤其是震前气体排放量增加, 在瞬变电场作用下引起的增温, 更具普遍性, 因为在水面或深源地震区, 由于水体或较厚地壳的阻隔, 应力作用下直接的岩石增温难以有效地到达地表, 地面或水面的增温现象却照样存在, 说明这种异常增温的原因很可能与震前地下岩石受应力产生裂隙, 隐藏在地层中的 CO₂、CH₄ 等温室气体逸出地表或水面有关。

* 收稿日期: 2004-01-19, 修回日期: 2004-09-20。

* 基金项目: 国家自然科学基金项目“用卫星热红外图像分析海洋、石油、气体水合物富集带”(编号: 49871063)资助。

作者简介: 姚清林 (1958-) 男, 河南驻马店人, 副研究员, 主要从事地震防灾、救灾、预报的有关理论方法研究。

E-mail: qinh@sohu.com

由于以往仅在个别点上对 CO_2 、 CH_4 等气体取样或监测,对这些气体震前排放的范围缺乏足够的了解。尤其是在陆区地壳中天然气、石油、煤成气、水底气体水合物等不一定广泛存在,是否在震前也大范围地存在这些温室气体含量异常增高的现象?弄清这一问题,对于认识震前地表增温机理,了解增温震兆的演变规律与这些气体异常的动态关系,改善热红外地震预测,都是必要的。

1 震前地球的排气与地表增温现象

震前亮温升温时在震中附近采集气体样品,经化验分析证明 CH_4 和 CO_2 等温室气体含量能成倍增加。1991 年以来在北京地区对低空大气进行 CH_4 及甲烷同位素、 CO_2 与锶比值观测,证明在北京周围 400 km 内发生中强地震时都可记录到 CH_4 呈 1~5 倍于正常大气含量的增加^[6]。车用太等^[10] 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 、 H_2g 和 He 等气体。在不少震例中,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,它们出现的时间往往相互一致^[1]。

海域的情况也是如此。比如在临震前,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。卢振权等^[11] 初步认为,那是由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。天然气水合物是由 CH_4 等较小的气体分子和 H_2O 在低温高压下形成的一种固态结晶物质,临震前当温度升高或压力降低时它将发生分解,还原成 CH_4 和 H_2O ,沿着断裂构造带向上渗逸至海面以上的低空大气中,造成增温异常。

中强地震活动时与 CH_4 、 CO_2 高含量异常相伴,面积达数万平方公里,增温幅度 1~6 的卫星热红外增温异常,往往在沉积盆地中与油气聚集带的空间位置紧密相关^[12]。

从这些监测实例与分析可以看出,与地表增温、地震相对应的 CH_4 、 CO_2 等温室气体含量增高的异常现象是客观存在的,油气、气体水合物等有助于这一现象的发生。

2 青藏高原震前 CO 大面积逸出的监测实例

美国 EOS 卫星于 1999 年 12 月 6 日发射成功,卫星上携带的 MOPITT 探测仪(大气对流层污染物

探测仪)于 2000 年 2 月开始工作,可测得 CO 含量,精度为 10%,高度范围为 0~15 km,水平分辨率 22 km,垂直分辨率 4 km,扫描速率为每 0.4 s 可提供 1 次有关数据。我们用它重点研究了中国大陆青藏高原上的震前 CO 逸出情况。

据中国地震台网(CSN)地震目录,2000 年 5 月底、6 月初,青藏高原地区有多次 $M_s > 4.5$ 地震,即 5 月 29 日西藏(31.07°N, 87.30°E) $M_s 4.8$ 地震、6 月 1 日青海(34.16°N, 98.53°E) $M_s 4.6$ 地震、6 月 3 日西藏(31.06°N, 87.29°E) $M_s 4.6$ 地震、6 月 6 日甘肃景泰(37.1°N, 104°E) $M_s 5.9$ 地震和 6 月 8 日缅甸北部(26.97°N, 97.21°E) $M_s 6.9$ 地震。在这些地震的孕育、发生过程中,不均衡的地下应力格局不断发生渐变、突变的调整演化,受力岩石的微破裂与宏观破裂必将为温室气体的释放与逸出地表创造条件。2000 年 4 月 30 日的 MOPITT 图像显示青藏高原上 CO 气体的含量异常升高,异常区内 CO 的体积分数数值内高外低,具宽窄不均、形状不规则的圈层结构(图 1),体积分数最大的区域(31×10^{-8} (CO) $> 27 \times 10^{-8}$)大致呈 EW 向分布,长约 800 km,宽约 280 km,面积约 22.41 万 km^2 ,该区外面的 2 个 (CO) 次大的圈层包围的面积分别约为 39.3 万 km^2 与 70 万 km^2 。整个研究区内,CO 气体含量异常增高区的累计长度约为 3 200 km,总异常面积约 267 万 km^2 。

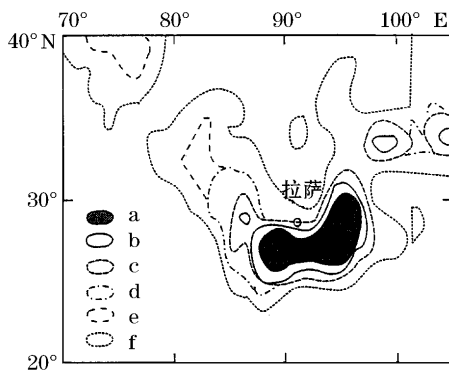


图 1 2000 年 4 月 30 日青藏高原 CO 气体的体积分数异常升高的区域(据 MOPITT 图像绘制)
Fig. 1 Distribution of CO with larger volume percentage in Tibetan Plateau on April 30, 2000 (according to the MOPITT image)

a. 31×10^{-8} (CO) $> 27 \times 10^{-8}$; b. 27×10^{-8} (CO) $> 19 \times 10^{-8}$; c. 19×10^{-8} (CO) $> 18 \times 10^{-8}$; d. 18×10^{-8} (CO) $> 16 \times 10^{-8}$; e. 16×10^{-8} (CO) $> 14 \times 10^{-8}$; f. 14×10^{-8} (CO) $> 12 \times 10^{-8}$

青藏高原地区地震频繁, 1999 年 5 月 1 日以来, Ms 4.5 以上地震间隔时间最长的是 2001 年 12 月 8 日(青海格尔木地震, Ms 5.4)至 2002 年 6 月 4 日(西藏普兰地震, Ms 5.7), 178 天无强震, 属相对平静期。其中 2002 年 1 月 1 日, 统计区域 28 ~ 30 N, 86 ~ 90 E 内, 由 MOPITT 资料共获得 49 个数据, 算得 CO 体积分数均值 (CO) = 7.646 × 10⁻⁸, 如把它看作 CO 体积分数未升高时的正常值, 可以估算, 2000 年 4 月 30 日, 青藏高原上有大片区域 CO 的体积分数曾上升到正常值的 1.57 ~ 4.10 倍。

为进一步比较 CO 体积分数在地震平静期与活动期的变化情况, 把小区域 27 ~ 29 N, 85 ~ 87 E 作为一个点, 据 NASA Langley 大气科学数据中心提供的 CO 反演数据 (RBCO), 连续统计分析了 2000 年 4 月 21 ~ 30 日(每日 2 ~ 3 个时间段, 分别位于世界时 04:20 ~ 05:59, 15:39 ~ 17:49 区间内)与 2002 年 1 月 1 ~ 10 日(每日 2 ~ 3 个时间段, 分别位于世界时 04:05 ~ 05:33, 15:30 ~ 16:58 区间内)各 10 天的 CO 体积分数均值(个别天因云覆盖等原因无数数据)结果见表 1。

是分段连续采集的, 还是能看出来 2000 年 4 月采样区间的 CO 体积分数值总体上确实比 2002 年 1 月的高。

3 震前 CO 逸出与青藏高原上空的臭氧损耗

2000 年 4 月 30 日 CO 气体含量在青藏高原大范围增加, 一方面支持了气—热震兆机理说; 另一方面也为青藏高原地下深处巨大液体囊的存在, 上空臭氧层空洞的出现可能与 CO 气体等在高空不断氧化有关提供了证据。周秀骥等^[13]于 1994 年利用美国提供的 1979—1991 年的雨云气象卫星 TOMS 资料, 对中国地区臭氧总量的时空分布进行分析, 发现青藏高原上空臭氧损耗过程较为显著, 尤其在 6 ~ 9 月, 青藏高原上空存在明显的臭氧总量低值。与同纬度的东部地区对比, 两地的臭氧总量月平均值在这几个月的差别可达 10% 左右, 最大差别发生在 6 月份, 达 11%。显然, 青藏高原夏季存在着显著的臭氧损耗增强的物理与化学过程, 这种异常的臭氧损耗现象称之为青藏高原臭氧低值中心。对此一些专家学者有着不同的解释或推测, 周秀骥等^[13]认为青藏高原在夏季是对流层低空物质向平流层输送的一个重要渠道, 即青藏高原周围数百公里范围内的低空污染物可能向青藏高原辐合, 在高原上升到平流层, 在那里引起的物理化学过程可能是引起臭氧总量异常降低的原因。笔者认为不论什么成因, 地震前温室气体的排放都会加剧空中臭氧损耗的程度, 其影响机制存在于温度与化学作用 2 个方面。

青藏高原在夏季太阳辐射本来就很强, 再加上频繁的地震孕育过程引起的升温, 使当地的地表附近温度更高, 其上空有很强的上升气流。臭氧层下方的大气中, 垂直向上的物质输送作用很强, 除直接把工业排放的废气带上去破坏了臭氧层, 或将臭氧含量较少的低层空气带向高空, 冲淡臭氧含量外, 也会把地下释放的 CO 等温室气体带到臭氧层中, 与臭氧发生化学反应。由于震前地下释放的气体是大面积、高浓度的, 对臭氧层的破坏作用不可忽视。

青藏高原分布有 3 个地震区, 包括 12 个地震亚区, 地震强度大, 频度高。如在 1993 年 1 月 1 日至 2002 年 12 月 31 日这 10 年间, 据中国地震台网地震目录, 青藏高原地区发生了 M 4.5 地震 760 次, 平均每 4.8 天就发生 1 次; 考虑到地震目录中的震级表达方式有数种, 不易进行对比, 故统一采用面波震级, 并把震级下限提高到 5 级, 在 1999 年 6 月 1 日

表 1 地震活动期与平静期 CO 体积分数的比较

Table 1 Comparison between CO volume percentage in seismic active period with that in quiet period

日期	n	(CO) (10 ⁻⁸)	日期	n	(CO) (10 ⁻⁸)
2000-04-21	5	17.2	2002-01-01	27	9.6
2000-04-22	6	16.45	2002-01-02	0	—
2000-04-23	5	22.0	2002-01-03	27	13.2
2000-04-24	0	—	2002-01-04	0	—
2000-04-25	0	—	2002-01-05	22	13.7
2000-04-26	46	13.44	2002-01-06	39	8.39
2000-04-27	0	—	2002-01-07	2	8.25
2000-04-28	27	15.2	2002-01-08	26	8.64
2000-04-29	2	12.05	2002-01-09	0	—
2000-04-30	2	23.0	2002-01-10	38	9.94

注: (CO) 为 CO 体积分数均值, n 为样本数

应该注意到, CO 的体积分数受风速等气候因素的影响较大, 风速较大时, CO 从地下逸出后, 不论是整体分布结构还是体积分数高值区都有可能发生变化、漂移或淡化, 如 2000-04-27T04:39 的高值区大约在 26 ~ 28 N, 93 ~ 96 E (n = 26, (CO) = 21.2), 而到了当天 17:15 附近便移到了 25 ~ 26 N, 82 ~ 83 E 左右 (n = 9, (CO) = 21.1)。震前 CO 体积分数震兆变化是一个区域现象, 个别采样点未必能反映其整体结构的变动, 尽管如此, 由于这 20 天数据

至 2004 年 5 月 31 日这 5 年期间,青藏高原发生 M_s 5 地震 79 次,平均每 23 天发生 1 次。如此频繁的地震,反映了地壳或有关的构造体系是相当活动的。震前青藏高原地下的固、液态物质(如超级油气田等)不但会把 CO 大面积地释放出地表,达到较高的体积分数,而且随着监测的继续进行,研究的进一步深入,很可能也会发现还有 CH_4 或其他温室气体大量逸出现象。这些温室气体在瞬变电场作用下引起增温,并通过化学作用损耗臭氧层,同时也可能加剧全球变暖的趋势,值得进一步深入研究。

4 青藏高原的 CO 逸出与地表增温、地震发生的关系

从静止气象卫星(日本葵花卫星)的红外图像上发现 2000 年 4 月 30 日 02:32 ~ 05:32 (世界时,北京时间 10:32 ~ 13:32 青藏地方时则是上午 8:32 ~ 11:32),在中国西藏雅鲁藏布江东段附近呈 EW 向增温(7 ~ 10 °C; 图 2),藏北高原有 2 处孤立增温(17 °C),分别是在甘肃、青海、宁夏一带,新疆西部、塔里木西南南部呈孤立增温(10 ~ 15 °C)。到了 11:32 (当地时间),雅鲁藏布江上游和印度恒河孤立增温,分别是 17 °C 和 23 °C,出现这些升温异常 39 天和 41 天后,分别在甘肃景泰发生 M_s 5.9 (2000 年 6 月 6 日)和缅甸北部发生 M_s 6.9 地震(2000 年 6 月 8 日)因此 4 月 30 日青藏高原大面积多处孤立升温可作为地震的短期前兆。这与 MOPITT 图像显示的青藏高原 CO 气体的体积分数值升高也是一致的,从图 1、2 可见,拉萨周围 4 ~ 10 °C 的增温区无论是位置还是形状都与 CO 逸出形成的最大、较大含量分布区比较吻合,其西北侧的 10 ~ 15 °C 增温区与同一区域内独立的、较小的 CO 释放区(16×10^{-8} (CO) $> 12 \times 10^{-8}$)比较接近,研究区东北角的 7 ~ 10 °C 增温区与其北侧 EW 向的 CO 分布区(27×10^{-8} (CO) $> 16 \times 10^{-8}$)及其周围区域(14×10^{-8} (CO) $> 12 \times 10^{-8}$)有一定的关系。2000 年 5 月 20 日 05:56 和 5 月 22 日 00:56 (世界时)的地表增温(图 3、4)进一步为这 2 次强震的预测提供了线索。图 3 显示在缅甸北部伊洛瓦底江的上游出现的直径 300 ~ 400 km 的增温环(5 °C,部分被云覆盖)的南部为未来的缅甸北 M_s 6.9 地震震中。图 4 显示在甘肃走廊以东,陕、甘、宁北部,内蒙大部及蒙古南部出现了大面积的孤立升温异常(10 ~ 30 °C, 33 °C),异常面积在 50 万 km^2 以上,其中 33 °C 升温异常区的 S、SW 端为未来的甘肃景泰地震震中。

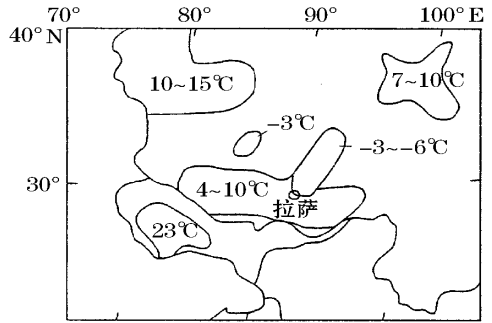


图 2 卫星热红外温度分布图(2000-04-30T02:32,世界时)
Fig. 2 Distribution of temperature imaged by the satellite thermal infrared (2000-04-30T02:32, universal time)

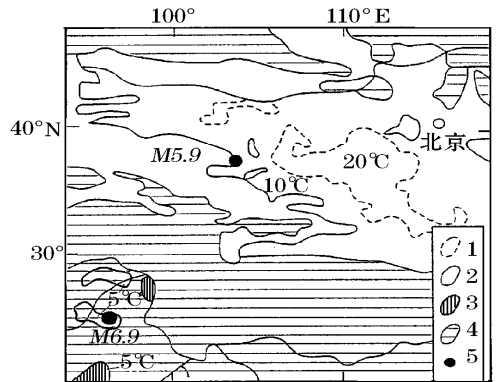


图 3 卫星热红外温度分布图(2002-05-20T00:56,世界时)
Fig. 3 Distribution of temperature imaged by the satellite thermal infrared (2002-05-20T00:56, universal time)
1. 20 气温分布边界; 2. 10 气温分布边界;
3. 5 气温分布边界; 4. 云; 5. 地震震中

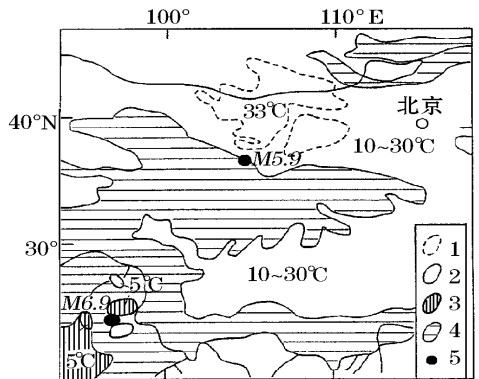


图 4 卫星热红外温度分布图(2002-05-22T05:56,世界时)
Fig. 4 Distribution of temperature imaged by the satellite thermal infrared (2002-05-22T05:56, universal time)
1. 33 气温分布边界; 2. 10 ~ 30 气温分布边界;
3. 5 气温分布边界; 4. 云; 5. 地震震中

5 结论与讨论

地震前^{CO}、^{CO}₂、^{CH}₄等温室气体排放量的增加以及相应的增温现象,已经在不少监测中得到证实。然而,通过EOS卫星的MOPITT图像发现,中国青藏高原及其邻近地区在地震前有约267万km²的^{CO}从地下逸出(其中^{CO}的体积分数值较高的区域约70万km²)还是第1次。其意义在于证实了震前地球排气是一种区域性现象,与增温震兆在位置、范围等方面都具有一定的对应关系。由于以往对震前排气异常的监测都是点状的,虽然发现^{CO}₂、^{CH}₄等温室气体的体积分数值在震前升高,却无法肯定这种升高是点状的(如与震源或地下应力集中点、闭锁点、受力岩石的中部等相对应)、带状的(如沿地震断裂带、破碎带等)还是面状的。因为强震前的地表附近增温往往都有较大的面积,一般可达几万至100万km²以上,如果震前排气仅仅是点、线状的,便不足以引起大面积的震兆升温,震兆增温的气—热机理说也就不具说服力,很多震兆增温现象也就难以解释。而这次青藏高原震前大范围的^{CO}排放,不但有力地支持了气—热说,也反映了地震的孕育、发生不是一条或一段断层、一个震源体封闭的应力现象,而是一个区域场综合的物理、化学演化过程,并与空间大气场、地空界面的一些现象系统相关。^{CO}的逸出可能从升温的物理效应与对臭氧的化学作用²个方面加重了上空臭氧层的损耗,同时也带有地下结构的一些信息。青藏高原是个地震多发地区,对这些温室气体的研究不论对地震短临预报还是对地壳结构、环境保护、资源开发等方面的探测研究都具有重要意义。

致谢:感谢中国科学院地理科学与资源研究所郭广猛博士在收集^{CO}数据时提供的帮助。

参考文献(References):

[1] Qiang Zuji, Kong Lingchang, Wang Yiping, et al. Gases release from the crust, thermal infrared anomaly and earthquake activities [J]. Chinese Science Bulletin, 1992, 37(24): 2259-2262. [强祖基, 孔令昌, 王弋平, 等. 地球排气、热红外异常与地震活动[J]. 科学通报, 1992, 37(24): 2259-2262.]

[2] Qiang Zuji, Kong Lingchang, Guo Manhong, et al. An experimental study on temperature increasing mechanism of satellite thermal infrared [J]. Acta Seismologica Sinica, 1997, 19(2): 197-201. [强祖基, 孔令昌, 郭满红, 等. 卫星热红外增温机制的实验研究[J]. 地震学报, 1997, 19(2): 197-201.]

[3] Qiang Zuji, Xu Xiudeng, Lin Changgong. Satellite thermal infrared anomaly precursor of impending earthquakes [J]. Chinese Science Bulletin, 1990, 35(17): 324-327. [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): 324-327.]

[4] Hao Jianguo. Near Earth surface anomalies of the atmospheric electric field and earthquakes [J]. Acta Seismologica Sinica, 1988, 10(2): 206-211. [郝建国. 近地表大气电场异常与地震[J]. 地震学报, 1988, 10(2): 206-211.]

[5] Qiang Zuji, Lin Changgong, Zhao Yong, et al. Instantaneous crustal movement and impending earthquake-prediction [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(1-2): 213-224. [强祖基, 侯常恭, 赵勇, 等. 瞬时地壳运动与地震短临预报[J]. 地学前缘, 1995, 2(1-2): 213-224.]

[6] Qiang Zuji, Lin Changgong, Li Lingzhi, et al. Satellite thermal infrared brightness temperature anomaly image-short-term and impending earthquake precursors [J]. Science in China(D), 1998, 28(6): 564-573. [强祖基, 侯常恭, 李玲芝, 等. 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.]

[7] Geng Naiguang, Cui Chengyu, Deng Mingde. Remote sensing observation in the rock rupture experiment and beginning of remote sensing rock mechanics [J]. Acta Seismologica Sinica, 1992, 14(suppl.): 645-652. [耿乃光, 崔承禹, 邓明德. 岩石破裂实验中的遥感观测与遥感岩石力学的开端[J]. 地震学报, 1992, 14(增刊): 645-652.]

[8] Geng Naiguang, Yu Ping, Deng Mingde, et al. The simulated experimental studies on cause of thermal infrared precursor of earthquakes [J]. Earthquake, 1998, 18(1): 83-86. [耿乃光, 于萍, 邓明德, 等. 热红外震兆成因的模拟试验研究[J]. 地震, 1998, 18(1): 83-86.]

[9] Yin Jingyuan, Fang Zongfei, Qian Jiadong, et al. Research on the application of infrared remote sensing in earthquake prediction and its physical mechanism [J]. Earthquake Research in China, 2000, 16(2): 140-148. [尹京苑, 房宗菲, 钱家栋, 等. 红外遥感用于地震预测及其物理机理研究[J]. 中国地震, 2000, 16(2): 140-148.]

[10] Che Yongxai, Yu Jinzi, Liu Wuzhou. Dynamic monitoring of degassing of the crust and prediction of the Zhangbei-Shangyiearthquake of magnitude 6.2 [J]. Geological Review, 1999, 45(1): 59-65. [车用太, 于金子, 刘五洲. 地壳放气动态监测与张北—尚义Ms6.2级地震预报[J]. 地质论评, 1999, 45(1): 59-65.]

[11] Huang Fulin, Zhang Xinhua, Xia Xianhua, et al. Distribution of methane and its homologues in low-layer atmosphere over eastern China and seas [J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43(16): 1767-1771. [黄福林, 张训华, 夏响华, 等. 中国东部和海域低层大气甲烷及其同系物分布[J]. 科学通报, 1998, 43(16): 1767-1771.]

[12] Lu Zhenquan, Qiang Zuji, Wu Bihao. A tentative interpretation of the formation of high temperature anomaly in satellite based Thermal Infrared Scanning Images (STIS) of the South China

Sea before earthquake [J]. Acta Geoscientia Sinica , 2002 , 23 (1) : 42-46 . [卢振权 , 强祖基 , 吴必豪 · 南海临震前卫星热红外增温异常原因初探 [J] 地球学报 , 2002 , 23 (1) : 42-46 .]

[13] Zhou Xiuji , Luo Chao , Li W eiliang , et al . Change of gross ozone value in China and low value center of ozone over Tibetan

Plateau [J] . Chinese Science Bulletin , 1995 , 40 (15) : 1 396-1 398 . [周秀骥 , 罗超 , 李维亮 , 等 · 中国地区臭氧总量变化及青藏高原低值中心 [J] · 科学通报 , 1995 , 40 (15) : 1 396-1 398 .]

CO RELEASE FROM THE TIBETAN PLATEAU BEFORE EARTHQUAKES AND INCREASING TEMPERATURE ANOMALY SHOWING IN THERMAL INFRARED IMAGES OF SATELLITE

YAO Qing-lin , QIANG Zu-ji , WANG Yi-ping

(Institute of Geology , China Earthquake Administration , Beijing 100029 , China)

Abstract : The anomaly of increasing temperature which can show in thermal infrared images of satellite before earthquakes relates to the gases release from the crust . Because the gases such as CO_2 and CH_4 were monitored or sampled only on a few sites , scope of the gases release before earthquakes were not understood enough . From MO-PITT data of America EOS satellite , we found a large-scale discharge of CO from the Tibetan Plateau on April 30 , 2000 (before it , CO continuously released at least for some days) . The image shows that the area with abnormally higher CO content bears circle structure with irregular forms , its accumulative length and area respectively were about 3200 km and $2.67 \times 10^6 \text{ km}^2$, and volume percentage of CO is higher in inner circles than that in outer ones . The region with the largest CO volume percentage (31×10^{-8} (CO) $> 27 \times 10^{-8}$) distributes roughly in EW direction with the length about 800 km , width about 280 km , and area about $22.41 \times 10^4 \text{ km}^2$. (CO) in the anomaly area was about 1.57 ~ 4.10 times the normal value observed in January , 2002 . This phenomenon has a good coherence with large-scale temperature increase on several sites of the Tibetan Plateau from April 29 to 30 , 2000 . All of them are precursors of the earthquake with Ms 5.9 at Jingtai , Gansu province , June 6 , 2000 and that with Ms 6.9 in the north of Burma , June 8 , 2000 . This means that gases-hot mechanism of earthquake precursors is truthfulness , and low value center of ozone over Tibetan plateau may relate to oxidation of CO in the upper air .

Key words : CO ; Temperature ; Earthquake precursors ; Satellite remote sensing ; Tibetan plateau .