

2000—2006年怀来 CO₂ 变化特征分析杨竹转¹, 邓志辉¹, 刘成龙¹, 宋晓冰², 黄辅琼³(1. 中国地震局地质研究所, 北京 100029; 2. 河北省地震局怀来地震台, 河北 怀来 075400;
3. 中国地震台网中心, 北京 100036)

摘要:介绍了怀来 CO₂ 测点的地质条件和基本动态特征, 重点分析了2000年以来测值最高值逐年升高的变化特征。逐一排除了测试管、地温、降雨等因素引起变化的可能性, 与40 km外延庆松山 CO₂ 监测点类似的变化特征对比也说明这种变化不是人为因素所致。分析显示 CO₂ 测值逐年升高的特征与测点周围300 km范围内最高震级逐渐增大的特征相吻合, 可能反映了京西北地区能量的逐渐积累, 应力状态的不断增强的过程。

关键词: 怀来; CO₂; 变化; 上升

中图分类号: P315.72⁺⁴

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2008)03-0288-05

Analysis on Change Characteristic of CO₂ in Huailai, Hebei Province, during 2000—2006

YANG Zhu-zhuan¹, DENG Zhi-hui¹, LIU Cheng-long¹, SONG Xiao-bing², HUANG Fu-qiong³

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

2. Huailai Seismic Station, Earthquake Administration of Hebei Province, Hebei Huailai 075400, China;

3. China Earthquake Networks Center, Beijing 100029, China)

Abstract: The geological conditions and principal characters of CO₂ changes in Huailai county are described in brief, with the emphasis on gradually rising of the observation values year after year since 2000. Some possible influencing factors such as test pipe, underground temperature and rainfall are ruled out by research, and similar characteristic of CO₂ changes in Songshan, Yanqing county, where is 40 km away from Huailai, show it is not result of artificial environment changes. Further study shows that characteristic of CO₂ changes is consistent with the rising of magnitude of earthquake gradually in 300 km around, which probably indicating the process of energy-accumulation, stress-intensification.

Key words: Huailai; CO₂; Changes; Rising

0 引言

目前在我国地震系统内 CO₂ 主要有两种测量方法, 即气相色谱法和快速测定法。前一种方法测量一定体积气体中 CO₂ 的相对百分含量; 后一种方法测量一天时间内封闭孔中释放出的 CO₂ 的绝对重量, 又可称为积累测定法。后者具有简便、可靠有效、映震效能高和干扰少等特点^[1]。怀来 CO₂ 用快速测定法进行观测, 1991年至1999年取得了一些好的震例, 前人对其已进行过报道与研究^[2,4], 本文

拟重点分析讨论2000年以来测值变化特征。

1 测点地质条件

河北怀来处于不同新构造单元相复合的地带, 位于山西裂谷带的北段, 阴山—燕山南缘构造带和张家口—渤海构造带也从此处通过。从活动块体的观点看处于燕山—阴山块体、鄂尔多斯块体、华北平原块体的交汇区(图1)。具体位于延庆盆地和涿鹿

收稿日期: 2007-12-19

基金项目: 中国地震局地质研究所所长基金(2060302)

作者简介: 杨竹转(1976-), 女(汉族), 山西人, 助理研究员, 主要从事流体监测及预报相关工作。

盆地的之间,第四纪以来以块断差异运动为主要特征^[5]。

怀来后郝窑地区为一地热田,断层气CO₂监测点(N115.5°,E40.33°)位于热田区施庄断裂与黑山寺—黄柏寺断裂的交汇部位,基底岩石破碎,裂隙发育。观测点处第四系沉积厚度为72 m,其底部为砾

石层,中部为粉砂层,上部为亚砂土,特定的地质条件为地下深部气体向上运移提供了良好的条件^[3]。怀来CO₂测点孔深2.5 m,1991年6月开始观测,自1992年4月开始在孔内同步悬挂一个温度计,每天同时读取CO₂和地温测值。

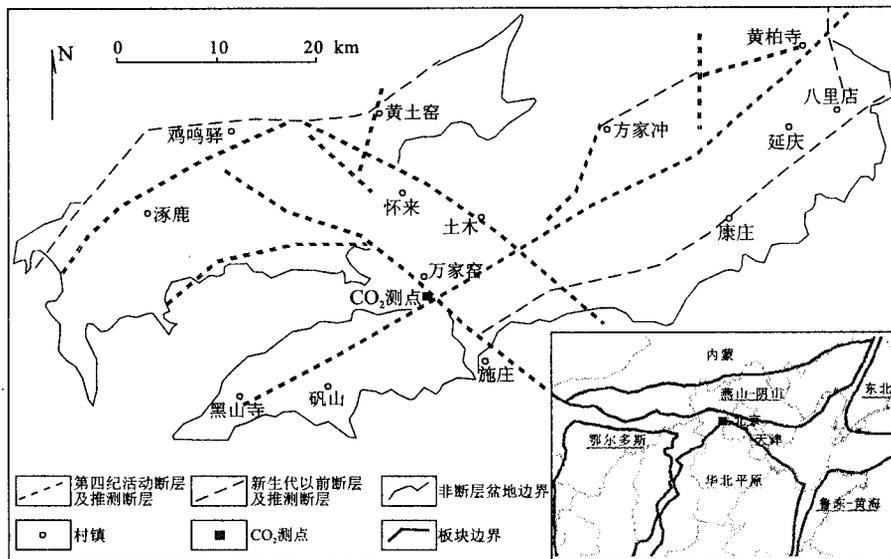


图1 怀来CO₂测点地质构造简图(地质构造据文献[5];活动地块划分据文献[6])
Fig.1 Geological map of CO₂ observation site in Huailai county.

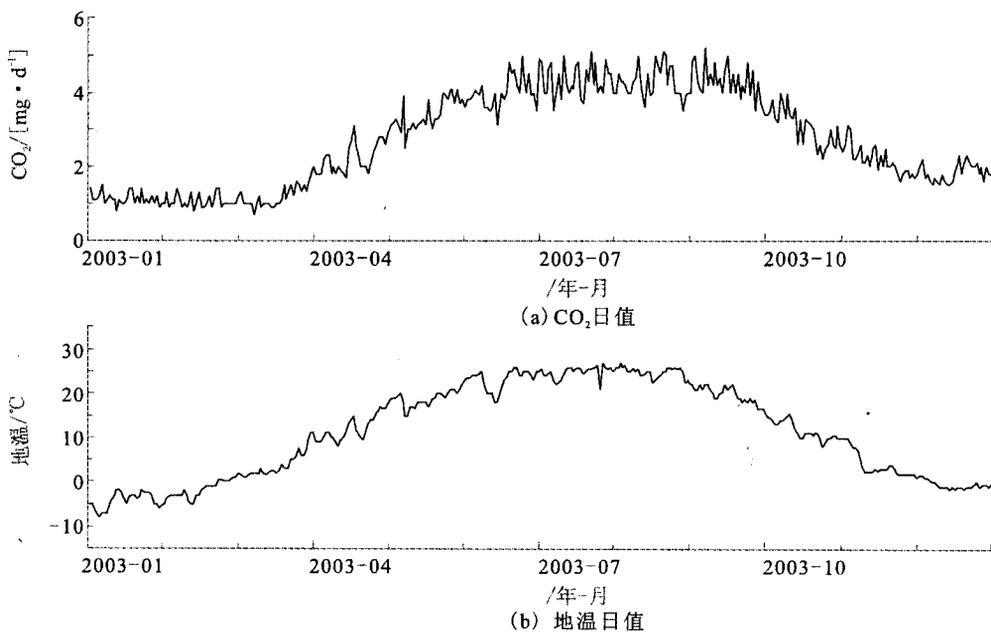


图2 2003年怀来CO₂日值与地温变化比较
Fig.2 Comparison of daily CO₂ values with underground temperature at Huailai station in 2003.

2 CO₂ 动态基本特征

多年的观测结果表明,正常情况下CO₂测值表

现出明显的夏高冬低的年变特征。以2003年变化特征为例,CO₂的渐变特征与地温变化相吻合(图2)。此类年变化规律与地下的生物化学作用有

关^[3]。影响 CO₂ 测值变化的另一个因素是降雨,根据文献[3],由于大量的降雨使得岩层岩土孔隙中的水达到饱和状态,阻碍了地下气体向大气的运移与释放;同时,CO₂ 溶解度较大,观测孔中积水时部分 CO₂ 溶解于水中,以上两个因素造成当年8月份测值偏低。

CO₂ 测值震前异常表现为快速上升,震前15~47天出现异常,下降过程中或下降恢复到正常值后发震。以1998年1月10日张北 M_s6.2地震为例,自1997年11月24日起,断层气 CO₂ 动态与地温变化规律明显背离,出现了跳跃式的突升异常,12月7日 CO₂ 出现异常峰值,最高峰值达 11 mg/d,是往年

正常背景值的10倍左右,之后出现转折性的下降,1月10日发震^[2](图3)。

3 2000—2006 动态特征和分析

3.1 动态特征

由1991—2006年怀来 CO₂ 日值图(图4)可见,2000年以来怀来 CO₂ 测值表现出以下特点:

- (1) 2000年 CO₂ 最高值仅有 3 mg/d 左右,是1991年观测以来最低值;
- (2) 没有出现明显的突变性的短期上升异常;
- (3) 2000—2006年以来年最高值逐年升高。

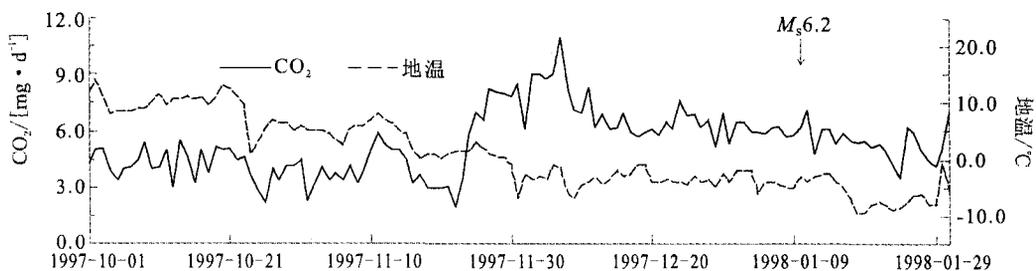


图3 1998年1月10日张北 M_s6.2地震前后 CO₂(实线)和地温(虚线)日值图

Fig. 3 The CO₂ and underground temperature daily values at Huailai station before and after the Zhangbei M_s6.2 earthquake on Jan. 10, 1998.

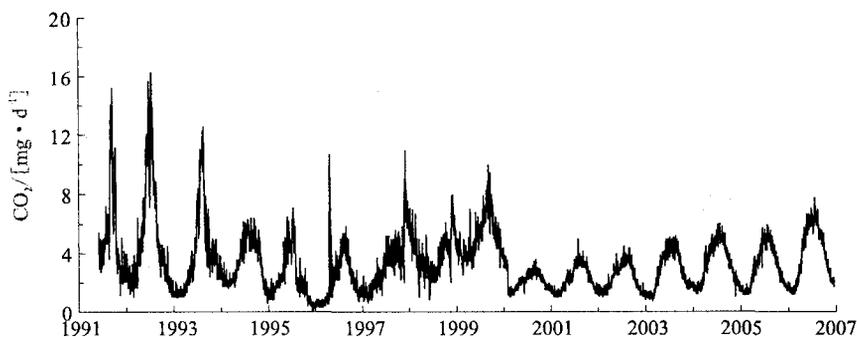


图4 1991—2006年怀来 CO₂ 日值图

Fig. 4 Daily CO₂ values at Huailai station from 1991 to 2006.

3.2 干扰因素分析

为减小人为读数误差和外在短期变化因素的干扰,用当日测值加上前后两日的测值求均值,绘1998—2006年 CO₂ 和地温测值五日滑动均值、降雨量日值图(图5)。

对2000年以来 CO₂ 变化原因从以下几个方面进行分析:

(1) 测试管来自于同一生产厂家,厂家确定测试管的制作方法没有大的技术上的变化。而且倘若由测试管引起变化,最有可能是阶变,而不是逐年升高的渐变过程,排除了测试管因素的影响。

(2) 地温是 CO₂ 测值变化的一个重要影响因素。地温滑动五日均值曲线图(图5虚线)显示地温的年变化特征是基本相同的,1998—2006年地温年最高值统计值(表1)显示地温年最低值、最高值并没有出现有规律变化或逐年升高的特点。

(3) 影响 CO₂ 测值变化另一个重要因素是降雨,短期内大量的降雨或观测孔中积水会造成测值偏低。由表1可见2000年年降雨总量最大,日值资料显示在2000年7月4日当天降雨量达81 mm,但2001—2006年降雨量波动范围不是很大,且没有出现有规律的变化特征。短期内大量的降雨也许可以

对后来几日乃至数月的测值产生影响,比如1998年夏季的测值受降雨影响^[3],但不可能对以后的几年观测值都产生影响。

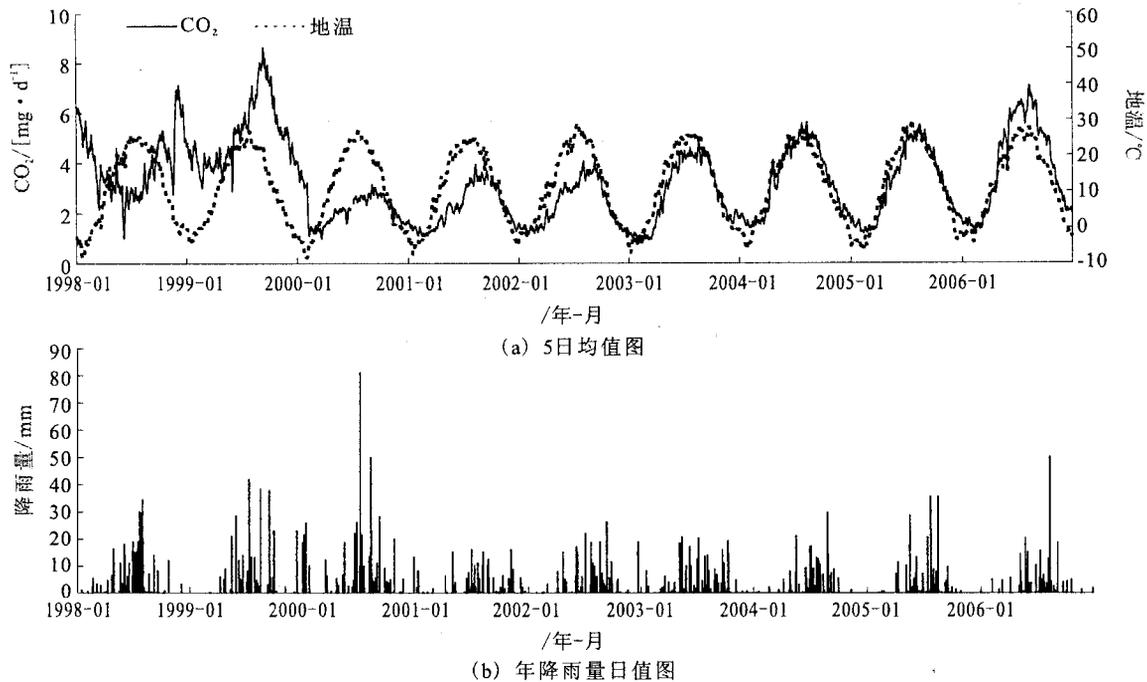


图5 1998—2006年怀来CO₂、地温五日均值图和年降雨量日值图

Fig.5 Five daily average curves of CO₂, underground temperature and daily rainfall at Huailai station from 1998 to 2006.

表1 1998—2006年怀来CO₂测项同步地温五日滑动均值、年降雨量统计值

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
地温最低值/°C	-8.5	-4.6	-8.4	-7.4	-5	-7.2	-6.3	-5.8	-4.04
地温最高值/°C	25.8	26.8	27.1	25.1	29.1	26.3	26.56	29.54	27.66
年降雨量/mm	404.8	366.1	528.3	241.5	335.4	365.3	294.7	307	279.5

(4) 近几年来测点周围较大的外界环境变化是在2001年7—9月份“九五”数字化改造时在测点周围小块范围内做了水泥地面,前后对比观测显示CO₂测值无大的变化。而且测值突然降低和逐年升高的开始时间从2000年开始,早于周边环境改造时间。

距怀来CO₂测点西北约40 km的延庆松山CO₂测值也出现类似的变化特征(图6),2000年测值突然降低,至2006年以来逐年升高,说明怀来CO₂测值变化并不是由小范围的人为环境变化引起的。

3.3 成因分析

断裂区内应力和应变场的变化能引起裂隙微裂隙的闭合、开启和重新分布,裂隙正是气体溢出的通道,微小的调整即可引起CO₂等测值的变化^[7-8]。地震前兆模式裂隙串通理论认为,在地震孕育过程构造应力的作用使得原来地壳岩石中随机分布的微裂隙不断发展,其数量不断增加,规模不断增大,从

而互相串通,这有利于深部气体和岩石破裂释气向上运移。在中强震孕育过程中,应力应变场的变化引起微裂隙的变化将影响到CO₂、氦、汞等气体的逸出,在多次中强震前已观测到气体的异常变化^[9-10]。我们对怀来CO₂测点周围300 km范围内的4级以上地震做M—T图(图7),由图可见2000年以来最高震级也有一个逐渐增大的趋势,因此我们认为CO₂测值的逐年增高可能反映了京西北地区能量的逐渐积累,应力状态的不断增强的过程。

4 结论与讨论

对映震效能较好的怀来CO₂监测点2000年逐年升高的变化特征进行分析,得出以下结论:

(1) 逐一分析排除了测试管、地温、降雨因素的影响;

(2) 相距40 km延庆松山CO₂监测点出现类似的变化情况说明怀来CO₂测值变化并不是由小范

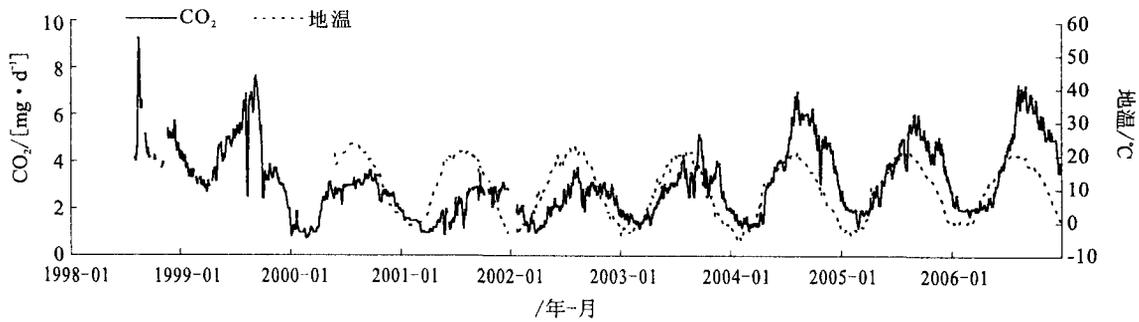


图6 1998—2006年延庆松山CO₂、地温五日均值图

Fig. 6 Five daily average curves of CO₂, underground temperature at Songshan station in Yanqing county from 1998 to 2006.

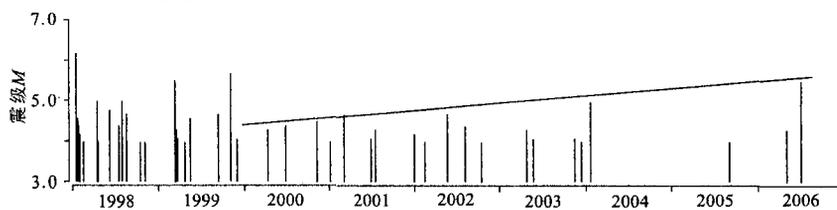


图7 1998—2006年怀来周边4级以上地震M—T图

Fig. 7 The time sequence of seismicity near Huailai station from 1998 to 2006 with $M \geq 4.0$ earthquake.

围的人为环境变化引起的；

(3) CO₂ 测值的逐年升高的特征与测点周围最高震级逐渐增大的特征相吻合,可能反映了京西北地区能量的逐渐积累,应力状态的不断增强的过程。

当然,CO₂ 测值变化可能受其它因素的影响,有赖于以后震情的发展来进行检验。

本论文得到车用太研究员的指导与帮助,深表谢意。

[参考文献]

[1] 林元武,翟盛华. 断层气 CO₂ 快速测定法及其在地震研究中的应用[J]. 地震,1993,(6):65-67.
 [2] 林元武,王基华,高松升,等. 断层气 CO₂ 测定新方法 with 张北—尚义地震 6.2 级地震预报[J]. 地震,1998,18(4):353-357.
 [3] 王基华,林元武,高松升,等. 怀来断层气 CO₂ 监测及张北—尚义地震的短临预报[J]. 地震地质,1998,20(2):113-116.

[4] 王基华,林元武,高松升,等. 1998 年怀来后郝窑断层气 CO₂ 变化特征分析[J]. 西北地震学报,2000,22(1):28-32.
 [5] 吴子荣,袁宝印,孙建中,等. 延—怀盆地新构造与地震[J]. 地震地质,1979,1(2):46-55.
 [6] 张培震,邓起东,张国民,等. 中国大陆的强震活动与活动地块[J]. 中国科学(D辑),2003,33(增刊):12-20.
 [7] J M L Salazar, N M Pérez, P A Hernández, et al.. Precursory diffuse carbon dioxide degassing signature related to a 5.1 magnitude earthquake in El Salvador, Central America[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2002, 205(1-2):81-89.
 [8] 张慧,张新基,苏鹤军. 强震水气前兆场异常特征及其物理解释[J]. 西北地震学报,2005,27(3):228-232.
 [9] 陈燕,石绍先,刘强. 云南水汞群体非均匀度异常与成组强震活动关系[J]. 西北地震学报,2007,29(2):161-164.
 [10] 范雪芳,王吉易,张淑亮,等. 山西及其邻区地下流体强震中期和中短期预测时间方法研究[J]. 西北地震学报,2007,29(2):177-182.