

1998年怀来后郝窑断层气 CO₂ 变化特征分析

王基华, 林元武, 高松升, 刘成龙

(中国地震局地质研究所, 北京 100029)

摘要: 分析了 1998 年怀来后郝窑测点断层气 CO₂ 变化特征及其与影响因素地温和降雨的关系. 一般情况下该测点 CO₂ 变化与地温呈正相关. 讨论了导致该测点断层气 CO₂ 变化与地温呈负相关的原因. 认为 3 月~6 月初该测点 CO₂ 测值与地温呈反向变化是张北尚义 6.2 级地震的后效; 6 月中旬至 9 月中旬的反向变化是由于降雨过多引起的. 介绍了 1999 年 1 月 29 日内蒙古锡林浩特 5.2 级地震及 3 月 11 日张北 5.6 级地震前后该测点断层气 CO₂ 的变化特征.

主题词: 断层气; 异常特征; 异常识别; CO₂

中图分类号: P315.72⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)01-0028-05

0 引言

自 1991 年 6 月开始, 在河北省怀来县后郝窑建立了断层气 CO₂ (快速测定管法) 的观测点. 观测结果表明, 该测点断层气 CO₂ 的变化对其附近的地震有较好的反映, 利用该测点 CO₂ 的变化可以进行地震的短期预报, 而且在实际地震监测预报中取得了一些较好的效果^[1,2]. 多年的观测研究还表明, 断层气 CO₂ 的正常年动态呈夏高冬低的特点, 与地温呈显著的正相关关系, 其相关系数达 0.9. 然而, 1998 年该测点的断层气 CO₂ 的变化却与地温呈负相关关系, 特别是 6~9 月这种现象尤为明显. 本文对该测点断层气 CO₂ 的这种变化特征及其产生的原因进行了分析.

1 断层气 CO₂ 正常年动态特征

多年的观测实践表明, 怀来后郝窑测点断层气 CO₂ 具有明显的年变化规律. 以首都圈地区地震活动水平相对较低的 1994 年为例, 断层气 CO₂ 具有明显的夏高冬低的特点, 见图 1. 由图 1 可见, 高低值之间的变化是渐变关系, 而不是大幅度的突变. CO₂ 的这种变化规律是由于地下生物化学作用引起的^[3,4]. 此外, 图 1 中还给出了该测点地温变化曲线, 与 CO₂ 变化曲线对比可以看出, 二者变化大致同步.

2 断层气 CO₂ 短临前兆异常特征

前已述及, 后郝窑测点断层气 CO₂ 正常动态的高低值之间的过渡是渐变的, 而其前兆异

收稿日期: 1999-03-30

基金项目: 地震科学联合基金资助项目(199066); 中国地震局地质研究所论著编号: 2000C0001.

作者简介: 王基华(1941—), 男(汉族), 山东人, 副研究员, 从事气体地球化学监测预报地震的研究工作.

常则表现为测值的突变(图 2), 且异常信噪比很高. 这一特征是识别该测点断层气 CO₂ 异常的重要标志. 虽然在夏季该测点断层气 CO₂ 测值起伏较大, 但是其异常信噪比仍然很高, 是易于识别的, 见图 2(a)和(b). 从图 2 中还可以看出, CO₂ 的异常变化幅度与震级有关, 震级越大, 其异常幅度越大. 如浑源东北 4.5 震群的 CO₂ 异常峰值是正常背景值的 2.5 倍; 苏尼特右旗 5.8 级地震 CO₂ 异常峰值是正常背景值的 3.2 倍; 而包头西 6.4 级地震和张北-尚义 6.2 级地震的 CO₂ 异常峰值则是正常背景值的 10 倍左右. 多数地震发生在断层气 CO₂ 异常峰值转折下降过程中.

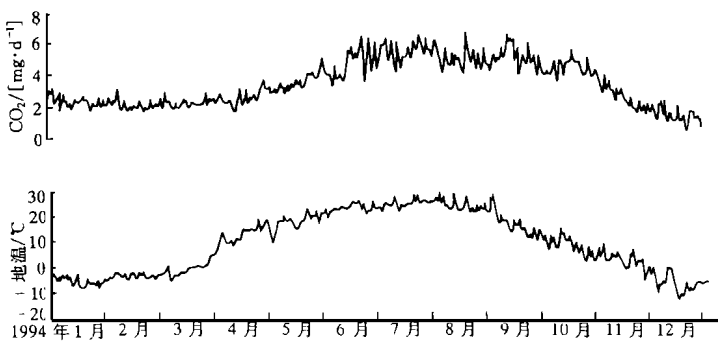


图 1 1994 年怀来后郝窑断层气 CO₂ 和地温变化曲线
Fig. 1 Dynamic curves of CO₂ in fault product gas and geotemperature in Houhaoyao, Huailai county in 1994.

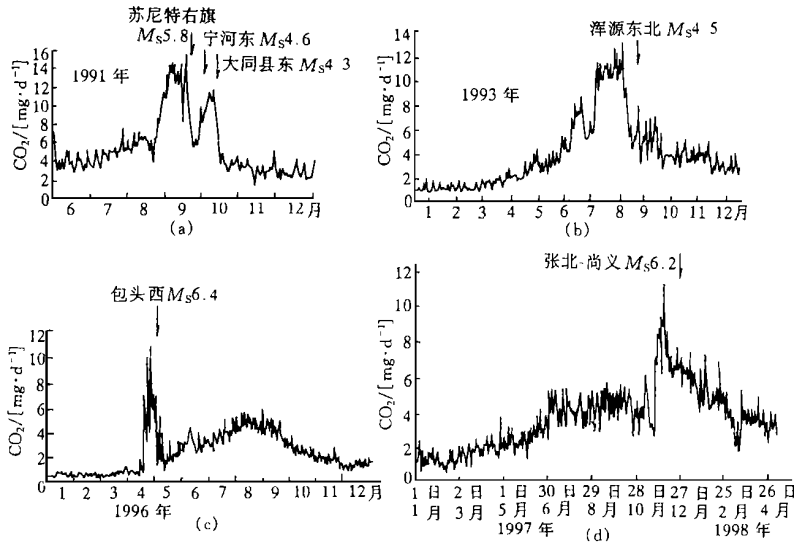


图 2 怀来后郝窑断层气 CO₂ 短临前兆异常
Fig. 2 Short-term anomalies of CO₂ in fault product gas in Houhaoyao, Huailai county.

3 1998 年后郝窑测点断层气 CO₂ 变化分析

3.1 1998 年 1~10 月断层气 CO₂ 变化特征分析

自 1998 年 1 月 10 日张北-尚义 6.2 级地震后, 后郝窑测点 CO₂ 测值一直缓慢下降, 到 6 月初下降到正常值. 3 月~6 月初这一时段 CO₂ 与地温呈反向变化(图 4), 也与往年同期的正常变化反向. 作者研究认为, 这可能是由于张北-尚义 6.2 级地震前, 该测点 CO₂ 测值大幅度升高, 震后由异常高值向正常背景值恢复, 显示为测值的下降, 因之与地温变化反向. 因此, 不能判定为异常. 到 6 月初该测点 CO₂ 基本恢复到正常背景值水平. 该次地震后, CO₂ 异常恢复到正常水平的时间比以往的震例长, 这可能与该次地震震级较大且震中距较近有关.

在正常情况下,从6月中旬到9月中旬是该测点CO₂测值在全年中最高的时段.然而,1998年该时段CO₂测值却明显偏低,特别是7月~8月,而且与地温变化反向(图4).经多次落实分析,发现1998年6~8月当地的降雨量比往年多近一倍.1998年6~8月降雨量为294.5 mm,1997年同期降雨量为161.5 mm.由于降雨量的增加,使地下水位升高,观测孔内积水.8月6日观测孔内积水达16 cm,到8月20日观测孔内积水达46 cm.由于观测层岩土孔隙中的水达到饱和状态,从而使地下气体的运行通道受阻,阻碍了地下气体的运移与释放.另外,从表1中可以看出,CO₂的溶解度很大.

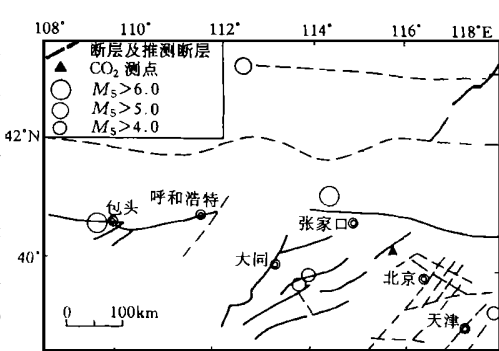


图3 断层气测点、构造与震中分布
Fig.3 Distribution of site observing fault gas structures and epicentres

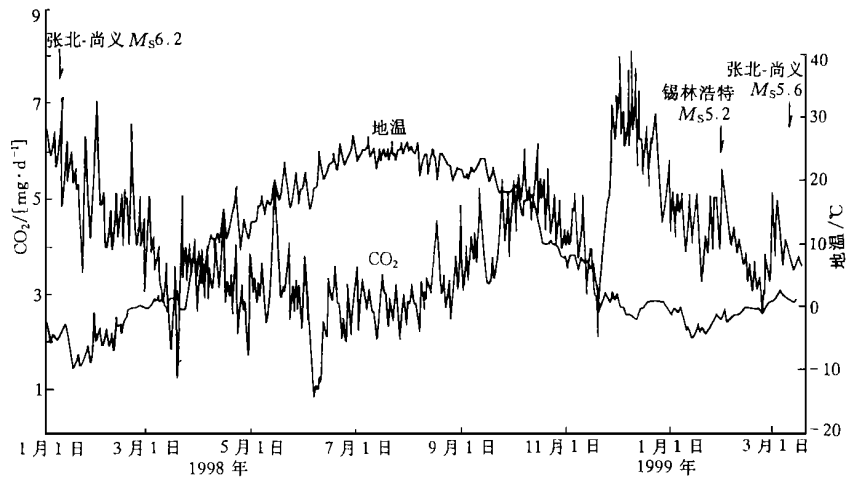


图4 1998~1999年3月怀来后郝窑断层气CO₂与地温变化曲线
Fig.4 Dynamic curves of CO₂ in fault product gas and geotemperature in Houhaiyao, Huailai county from 1998 to March, 1999.

以温度为20℃为例,CO₂的溶解度是溶解度最小的He的63.6倍,是溶解度较大的Ar的23.7倍.由于观测孔内积水多,部分CO₂溶解于积水中.由于上述2个方面的原因,导致该测点CO₂偏低,因而不能将此时段CO₂变化视为异常.

9月中旬以后,该测点观测孔内已无积水,其CO₂测值开始缓慢升高(图4).这属于正常的回升过程.

3.2 锡林浩特5.2级地震前后CO₂变化特征

从图4中可以看出,1998年10月中旬以后,该测点CO₂测值开始缓慢下降,与地温变化一致,进入了正常变化阶段.然而,从11月25日开始CO₂测值又开始升高,打破了年变化规律,到12月8日CO₂测值高达8.0 mg/d,为正常值的3倍左右.而后转折起伏下降.1999年1月29日在内蒙古锡林浩特发生了5.2级地震.震后CO₂测值缓慢下降,至2月下旬恢复到正常水平.2月28日CO₂测值又呈现上升的趋势,3月1日其测值为5.0 mg/d,变化幅度不大,之后下降,3月11日发生了张北5.6级地震.

在断层气CO₂出现异常期间,笔者曾多次去现场落实,排除了其它干扰引起CO₂测值升高

的可能性, 确认数据准确、可靠, 异常是可信的. 在此期间, 笔者多次提出该异常的存在, 并认为在首都圈地区及其外围 (特别是西北部) 近期有发生 $M_s5.0$ 或稍大地震的可能性.

表 1 不同温度下某些气体在水中的溶解度 (ml/L)

温度/℃	H ₂	He	Ar	N ₂	CH ₄	O ₂	CO ₂
0	0.021 48	0.015	0.058	0.023 54	0.055 63	0.048 89	1.713
5	0.020 44	—	—	0.020 86	0.048 05	0.042 87	1.424
10	0.019 55	0.014	0.045	0.018 61	0.041 77	0.038 02	1.194
15	0.018 83	0.013 9	0.040	0.016 85	0.036 90	0.034 15	1.019
20	0.018 19	0.013 8	0.037	0.015 45	0.033 08	0.031 03	0.878
25	0.017 54	—	—	0.014 34	0.030 06	0.028 31	0.759
30	0.016 99	—	0.03	0.013 42	0.027 62	0.026 08	0.665
35	0.016 66	—	—	0.012 56	0.025 46	0.024 40	0.592
40	0.016 44	0.013 9	0.027	0.011 84	0.023 69	0.023 06	0.530
45	0.016 24	—	—	0.011 30	0.022 38	0.021 87	0.479
50	0.016 08	0.014	—	0.010 88	0.021 34	0.020 90	0.436
60	0.016 00	—	—	0.010 23	0.019 54	0.019 46	0.359
70	0.016 00	—	—	0.009 77	0.018 25	0.018 33	—
80	0.016 0	—	—	0.009 58	0.017 70	0.017 61	—
90	0.016 0	—	—	0.009 5	0.017 35	0.017 2	—
100	0.016 0	—	—	0.009 5	0.017 0	0.017 2	—

4 认识

通过对 1998 年怀来后郝窑断层气 CO₂ 观测资料的分析, 可以得出以下认识:

(1) 由于断层气观测孔较浅, 一般都位于包气带内, 干扰因素较多, 特别是气象因素对观测影响较大. 因此, 识别和排除这些干扰因素的影响就显得特别重要. 在开展断层气观测时应同时进行气象因素的观测, 这样有利于对观测资料的分析和异常信息的提取. 而目前对于干扰还只能进行定性识别. 定量地排除干扰因素的影响, 虽然方法很多, 但难度较大, 有时效果不理想, 所以今后应强化定量排除干扰的研究.

(2) 1999 年 1 月 29 日锡林浩特 5.2 级地震的 CO₂ 短临异常特征, 与以前的 4 次中强以上地震基本相似^[1]. 不同之处是这次地震震级虽然较小 (与包头西 6.4 和张北 6.2 级地震相比), 但 CO₂ 异常持续时间却长达 66 天 (对张北 5.6 级地震则是 107 天), 而以前的震例 CO₂ 异常持续时间最短为 16 天, 最长为 47 天. 对这次 CO₂ 异常有 2 种不同的看法: 一种认为是锡林浩特 5.2 级地震的前兆; 另一种则认为是锡林浩特 5.2 级和张北 5.6 级地震的前兆的叠加, 故异常持续时间较长. 笔者倾向于前一种看法. 1998 年 1 月 10 日张北-尚义 6.2 级地震后, 发生了多次 4.5 级以上的强余震, 后郝窑测点的 CO₂ 测值变化均不明显. 1999 年 2 月 28 日该测点 CO₂ 测值又开始升高, 但变化幅度不大. 这次异常应视为是 3 月 11 日张北 5.6 级强余震的前兆. 余震的孕育主要是震中区应力调整引起的, 而不是区域构造活动或区域应力作用的结果, 其影响范围较小. 因此, 后郝窑测点的 CO₂ 测值从 1998 年 11 月 25 日开始出现的异常不可能是锡林浩特 5.2 级地震和张北 5.6 级强余震前兆异常的叠加. 对于锡林浩特 5.2 级地震前该测点 CO₂ 异常持续时间较长的原因还有待今后进一步研究.

- [1] 王基华, 林斌, 高松升. 怀来断层气 CO_2 监测及张北-尚义地震的短临预报[J]. 地震地质, 1998 20(2): 113 ~ 116.
- [2] 林斌, 刘五洲, 王基华, 等. 张北-尚义地震现场 CO_2 测量与震后趋势判断[J]. 地震地质, 1998 20(2): 117 ~ 121.
- [3] 王基华, 王亮, 孙凤民, 等. 断层气动态特征及其与地震活动的关系[J]. 地震, 1994, (3): 59 ~ 63.
- [4] Sugi saki R Masahiko, Hiroshi T, et al. Origin of hydrogen and carbon dioxide in fault gases and its relation to fault activity[J]. Journal of Geology, 1998 91(3): 239 ~ 259.

ANALYSIS ON CHANGE OF CO_2 IN FAULT PRODUCT GAS IN HOUHAOYAO, HUAILAI COUNTY IN 1998

WANG Ji-hua, LIN Yuan-wu, GAO Song-sheng, LIU Cheng-long
(*Institute of Geology, CSB, Beijing 100029, China*)

Abstract: The relationship between the characteristics of change of CO_2 in fault product gas in Houhaoyao, Huailai county in 1998 and influence factors, such as geotemperature and rainfall is analysed. The observation values of CO_2 in fault product gas and geotemperature change generally in synchronism. The reason of negative correlation between change of CO_2 and geotemperature is discussed. The negative correlation from March to early in June, 1998 resulted from recovery process of CO_2 observation values from high to low after the Zhangbei-Shangyi $M_s6.2$ earthquake. The negative correlation from the middle of June to the middle of Sept., 1998 resulted from excessive rainfall during this period. The anomalous characteristics of CO_2 before and after the Xilinhaote $M_s5.2$ earthquake, Inner Mongolia on January 29, 1999 and the Zhangbei $M_s5.6$ strong aftershock on March 11, 1999 are introduced.

Key words: Fault product gas; Anomalous character; Anomaly recognition; CO_2