

盛艳蕊, 张子广, 丁志华, 周月玲, 张素欣, 2015. 楼盘施工对深州地震台土壤二氧化碳浓度测值的影响. 震灾防御技术, 11 (2): 367—374. doi: 10.11899/zzyf20160220

楼盘施工对深州地震台土壤二氧化碳浓度的影响¹

盛艳蕊 张子广 丁志华 周月玲 张素欣

(河北省地震局, 石家庄 050021)

摘要 本文研究了深州地震台土壤二氧化碳浓度的变化与地温、降水以及环境影响等因素的关系。深州台 CO₂ 浓度具有夏高冬低的年变特征。2014 年 7 月 CO₂ 浓度值在正常上升的背景下, 出现转平而变低, 导致了与正常年动态不一致。通过与地温、降水以及环境影响等因素相关分析, 认为台站周边楼盘施工开槽打桩使 CO₂ 扩散通量增加, 使土壤 CO₂ 逃逸, 造成深州台 CO₂ 浓度测值变低。

关键词: CO₂ 深州地震台 开槽打桩 扩散 土壤气

引言

来自地壳深部的二氧化碳沿裂隙、破碎带和断层等向上迁移 (Smith 等, 2008), 可以反映地球深部的构造活动 (杜建国等, 2000), 在一些中强地震前形成异常显示 (林元武等, 1998; 王基华等, 2000; 王祯祥等, 2002)。因此, 断层土壤气二氧化碳逐渐成为观测地震前兆的有效手段。但土壤气受湿度、大气压、风速及降雨等影响 (车用太等, 2004; Viveiros 等, 2008), 因此分析 CO₂ 浓度动态变化提取地震信息时需要剔除这些因素的影响。本文以深州地震台土壤二氧化碳为研究对象, 从降水、地温以及测点周边环境等方面分析其动态变化特征。

1 深州地震台二氧化碳观测概况

深州地震台二氧化碳观测点位于深州台站院内, 该台站位于冀中拗陷的深州凹陷内, 南侧与邢衡隆起相连, 与深县断裂距离小于 20km (图 1)。受新华夏扭动构造体系和纬向构造体系的交叉作用, 该区属于应力较易集中的地区, 此处第四纪松散沉积厚度逾 400m (张子广等, 2002; 尹宏伟等, 2004; 河北省地震局, 2005)。

深州地震台采用 EY-2 型二氧化碳测定管测量二氧化碳, 在观测孔中连续测量 24h 土壤气中二氧化碳的释放量 (累积法) (林元武等, 1994; 龚永俭等, 2014), 测点孔深 2.75m, 测绳长 2.55m, 温度计和测定管绑定在一起, 悬挂在观测孔内, 同时测定地温 (图 2)。

¹ 基金项目 河北省地震科技星火计划项目 (DZ20150420030)

[收稿日期] 2015-07-15

[作者简介] 盛艳蕊, 女, 生于 1983 年。高级工程师, 硕士。研究方向: 地震地下流体。E-mail: shengyr2007@sina.com

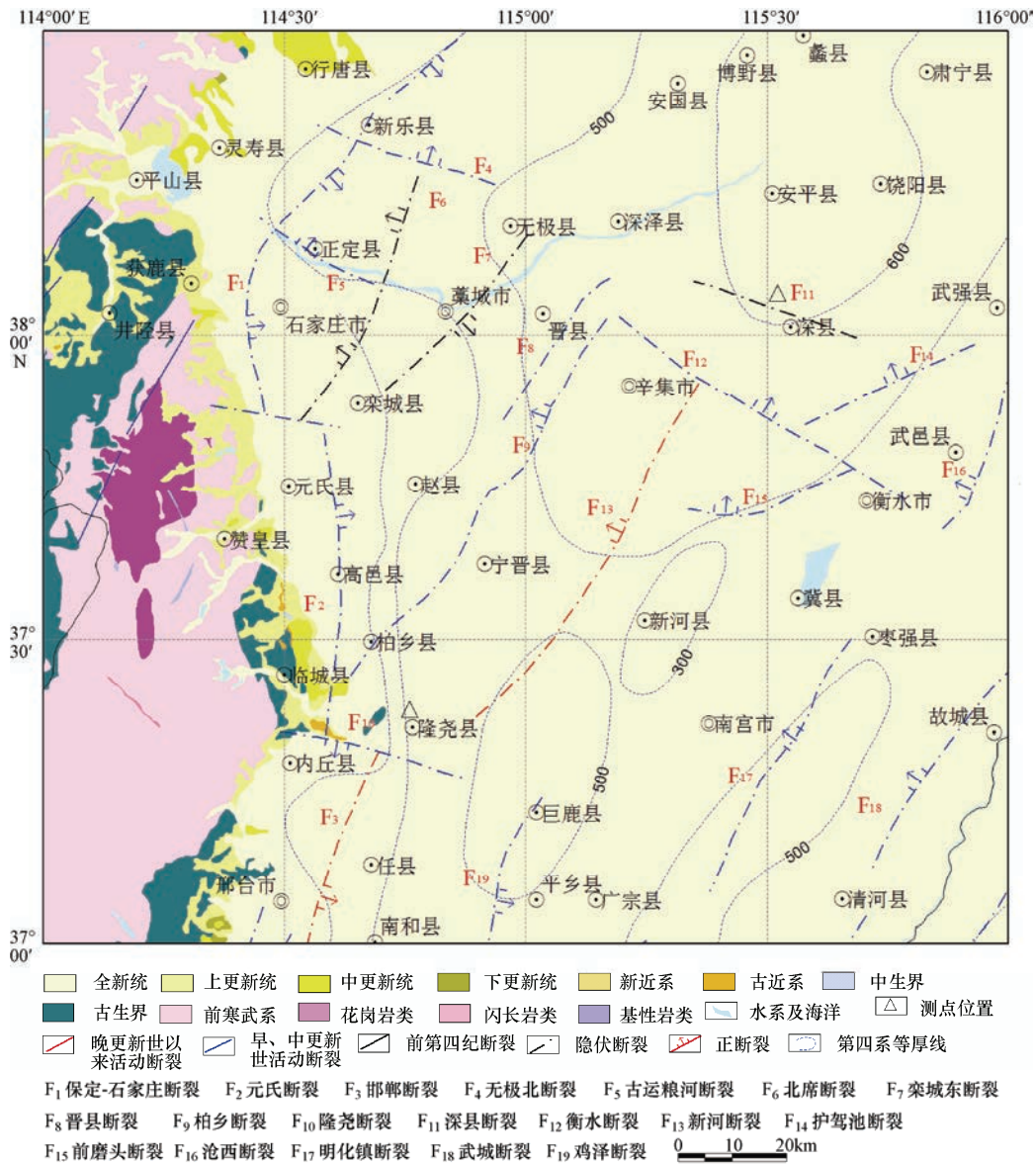


图 1 深州地震台二氧化碳观测点周边构造地质图

Fig. 1 Geological map showing the location of carbon dioxide observation point at the Shenzhou seismic observatory

2 深州地震台二氧化碳浓度的动态特征

深州地震台二氧化碳从 2005 年 3 月开始观测, 具有明显的年变规律, 即呈现出夏高冬低的变化特征, 1—3 月最低, 4—5 月上升, 夏季为高值时段, 10 月转为下降 (图 3)。

从 2014 年 7 月开始, 深州地震台二氧化碳测值在正常上升背景下, 出现转平的变化, 测值最高点为 14.1mg/d, 较往年同期 (最高值 20.0mg/d, 最低值 18.5mg/d) 降低了 26%, 明显打破了正常年变规律 (图 3), 截止到 9 月底, 二氧化碳测值没有转折上升迹象。这是自观测

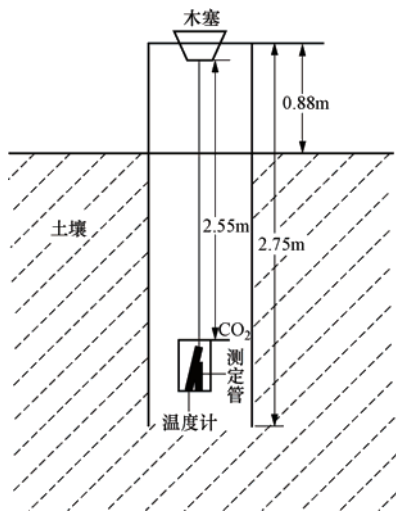


图2 深州地震台二氧化碳测点观测示意图
Fig. 2 Observation setup of carbon dioxide point at the Shenzhou seismic observatory

以来, 深州台二氧化碳浓度没有出现过的低值变化。

3 讨论

3.1 地温对二氧化碳的影响分析

深州台二氧化碳浓度动态受地温影响明显(图4), 选取二氧化碳变化平稳期 2008—2013 年深州二氧化碳与地温测值, 计算两者相关系数为 0.8848, 呈现很好的正相关性, 地温升高, 二氧化碳测值升高; 地温下降, 二氧化碳测值降低。

利用一元线性回归法拟合二氧化碳受地温影响的变化模型(线性公式为: $y=3.807+0.586x$), 计算观测值与拟合曲线的差值, 来消除地温对深州台二氧化碳的干扰(中国科学院数学研究所数理统计组等, 1974), 从残差曲线(图5)可以看出, 消除地温影响之后, 2014 年 7 月以来深州台二氧化碳与往年同期相比, 仍处于低值变化, 因此可以排除其低值是受地温变化影响的可能。

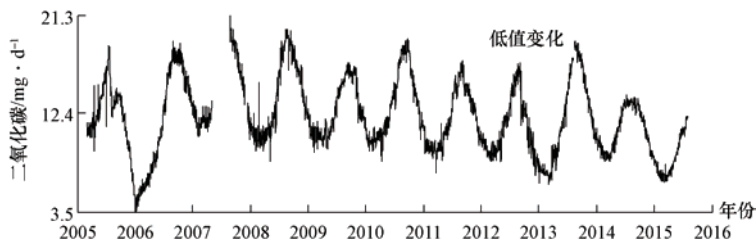


图3 深州地震台二氧化碳变化曲线(图中黑框为低值异常变化)

Fig. 3 Variation curve of carbon dioxide with time from the Shenzhou seismic observatory (Low-value anomalous is indicated by the black rectangle)

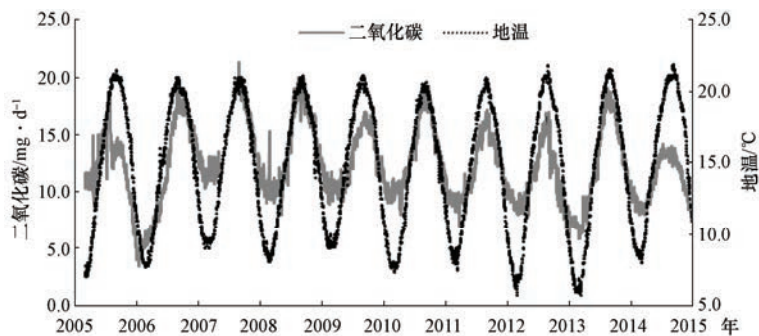


图4 深州地震台二氧化碳与地温动态对比曲线(日值)

Fig. 4 Carbon dioxide vs. daily ground temperature at the Shenzhou seismic observatory

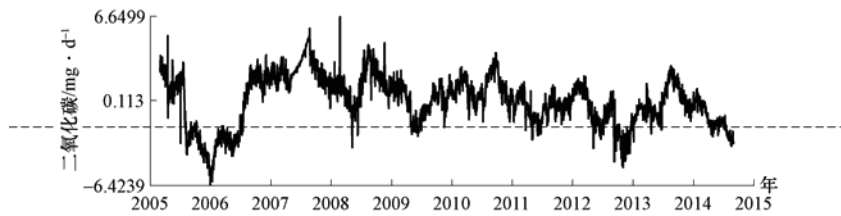


图5 消除地温影响之后的深州地震台二氧化碳动态曲线

Fig. 5 Dynamic curve of carbon dioxide after removing the influence of ground temperature at the Shenzhou seismic observatory

3.2 降水对二氧化碳的影响分析

深州台土壤气 CO_2 多年的观测结果表明, 小的降水会在地表形成不透气层, 阻碍土壤气脱气, 使得断层土壤气 CO_2 浓度增高; 大的降水通过溶解或置换土壤气, 使土壤气 CO_2 浓度降低 (Hinkle 等, 1987; 杜建国等, 1998)。利用消除地温影响之后的深州台 CO_2 月变化幅度与月降水量进行相关分析, 相关系数为 0.52, 表明深州台 CO_2 动态与降水有较好的相关性。

由图 6 可看出, 雨季月降水量较大时 (大于 100mm): 2005 年 7 月降水量 109.7mm, 2006 年 8 月降水量 143mm, 2009 年 8 月降水量 243.6mm, 2011 年 7 月降水量 145.5mm, 2012 年 7 月降水量 231.7mm, 均使深州台二氧化碳浓度下降。2014 年 6—8 月雨季总降水量 103.8mm, 较往年同期明显偏少 (图 6), 观测孔内没有积水, 因此认为二氧化碳浓度出现的低值变化受降雨影响不大。

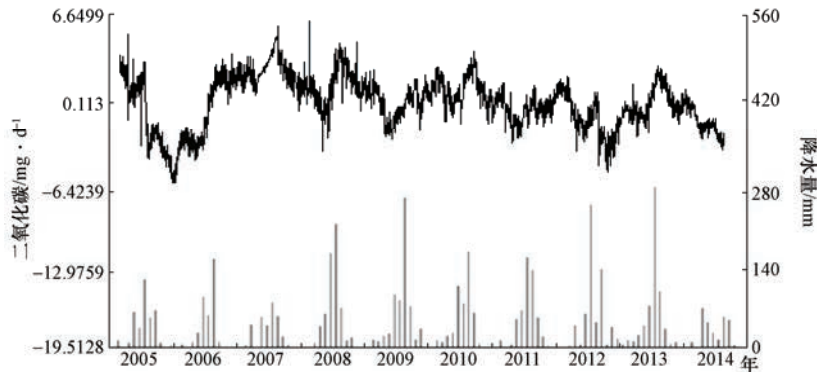


图6 消除地温影响之后的深州台二氧化碳与降水量对比曲线

Fig.6 Contrast of carbon dioxide after removing the influence of ground temperature and rainfall at the Shenzhou seismic observatory

3.3 环境影响分析

近两年深州地震台周边拆迁、楼盘施工、公园建设等环境的改变可能会对二氧化碳观测造成一定的影响 (盛艳蕊等, 2013)。台站周边楼盘基本情况为: 一期工程 15 栋楼, 其中台站所处位置 1 栋; 于 2013 年 11 月开始地基开槽、打桩, 开槽深度约 3m 左右, 目前台站北侧、南侧、西侧已有 14 栋楼建成。2014 年 5 月台站东边二期工程开始拆迁施工, 于 8 月中

旬开始地基开槽、打桩。开槽位置在台站东北侧, 目前基槽大约 2.5m 深, 东西长约 200m, 南北长约 200m, 9 月初开始打桩 (图 7)。从上述数据看出, 楼盘施工开槽、打桩的深度 (2.5m) 大于二氧化碳观测孔集气管 (1.87m) 的深度, 且距离观测点近, 开槽面积大, 可能会对集气管的观测结果造成影响。美国圣安德列斯断裂 CO_2 逸散通量均值 $63.01\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ (Lewicki 等, 2000), 生物来源的 CO_2 逸散通量为 $26\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ (Chiodini 等, 2008), 深州台观测的 CO_2 来源于深部, 所处的深县断裂近年来无明显构造活动, 因此假定 CO_2 逸出通量为 $40\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 开槽区 CO_2 逸出浓度约 $1.6 \cdot 10^6\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$, 如此高浓度的 CO_2 扩散, 势必会引起深州台 CO_2 的浓度降低。

刘广深等 (2002) 认为, 农田翻耕改变土壤的透水透气性, 利于蓄积在深层的土壤气迁移至浅层, 在地面附近观测到高值。耿杰等 (2000) 发现, 在距离烟台土壤气 CO_2 观测点约 2m 处堆积土石, 引起 CO_2 测值大幅上升, 清除测点周围土石后, 测值由高值恢复正常; 堆积土石相当于在地表增加了覆盖层, 阻碍 CO_2 向空气扩散, 因此, 集气管观测到的 CO_2 测值会升高; 清除土石, 增加了土壤的透气性, 利于 CO_2 向空气扩散, 使集气管观测到的 CO_2 浓度降低。根据上述研究结果, 笔者认为深州台二氧化碳观测点周边大面积楼盘施工开槽、打桩, 增大了土壤的透气性, 使得土壤气的逸出通道增加, 引起土壤中二氧化碳向空气中扩散通量增加, 同时施工振动也会加大土壤气向大气排放; 从而导致深州台土壤二氧化碳浓度降低。

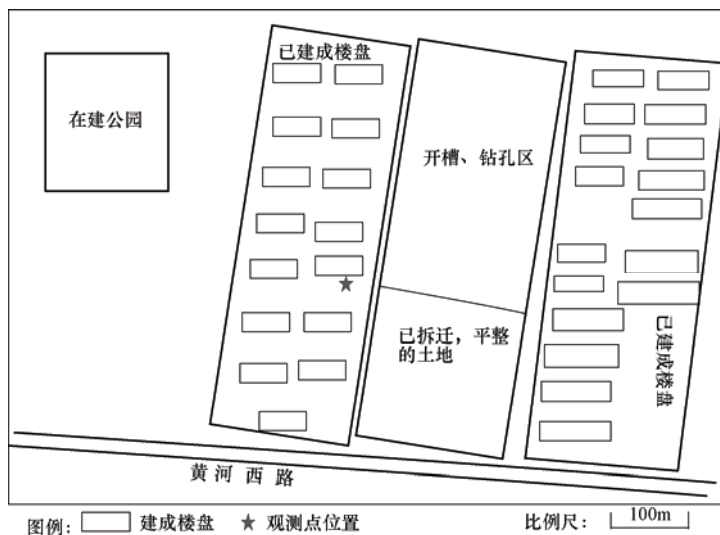


图 7 深州地震台周边环境示意图

Fig. 7 Sketch map of surroundings at the Shenzhou seismic observatory

3.4 对比分析

隆尧地震台二氧化碳测点位于新河断裂的西南段, 属于冀中拗陷西南段, 与同处于新河断裂延伸东北段的深州台二氧化碳测点距离约 120km, 同期没有出现类似深州二氧化碳的低值异常变化 (测点分布图如图 1, 动态曲线如图 8), 排除受区域应力改变的影响, 认为深州二氧化碳低值变化是本区域某种因素的影响。结合上述分析, 进一步确定深州二氧化碳低值变化主要受周边楼盘施工开槽、打桩的影响。

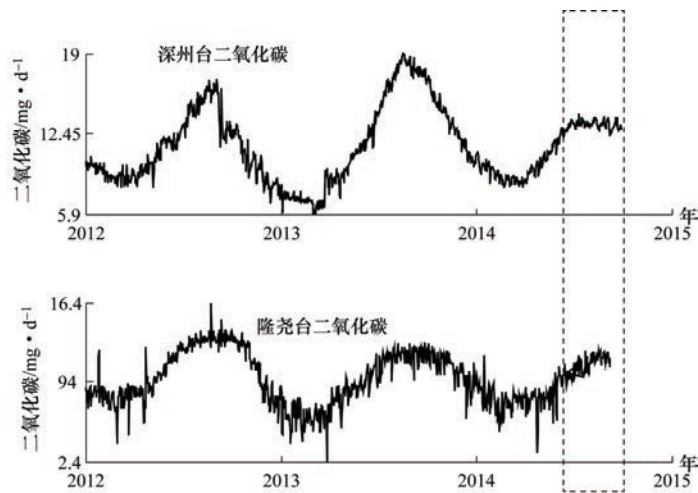


图8 深州地震台二氧化碳与隆尧地震台二氧化碳动态对比曲线

Fig. 8 Contrast of carbon dioxide dynamic curve between the Shenzhou and Longyao seismic observatories

4 结论

(1) 通过地温、降水与深州地震台二氧化碳浓度变化的对比分析,认为气象因素对其低值变化的影响不大。通过对台站周边环境因素的分析,结合二氧化碳的逸出机理,认为深州地震台二氧化碳的低值变化受台站周边楼盘施工、开槽打桩等影响较大。

(2) 对比分析位于同一地质构造单元的隆尧台二氧化碳浓度的变化动态,没有出现类似深州地震台二氧化碳的低值变化,排除该变化受区域构造应力影响的可能,认为是受本区域某种因素的作用结果。结合对台站周边环境的调查分析,进一步确定其低值变化主要受周边楼盘开槽、打桩的影响。

(3) 近几年,由于经济的发展,很多地震监测台站周边环境发生改变,给观测工作造成明显干扰。因此,地震工作者应大力宣传关于地震监测设施和地震观测环境的保护方面的法律法规及相关知识,加大对地震观测环境的保护力度。

致谢: 感谢河北省地震局王江和深州地震台尹宏伟、梁丽环、韩文英提供的相关资料。

参考文献

- 车用太,王吉易,李一兵等,2004.首都圈地下流体监测与地震预测.北京:气象出版社,100—103.
- 杜建国,康春丽,2000.强地震前兆异常特征与深部流体作用探讨.地震,20(3):95—101.
- 杜建国,宇文欣,李圣强等,1998.八宝山断裂逸出氢的地球化学特征及其映震效能.地震,18(2):155—162.
- 耿杰,薛革,魏焕等,2000.环渤海地区断层气CO₂监测网观测结果的初步分析.华南地震,20(1):28—31.
- 龚永俭,程立康,李越等,2014.断层土壤气CO₂含量快速测定法关键问题探讨.华北地震科学,32(1):45—52.
- 河北省地震局,2005.河北省地震监测志.北京:地震出版社,168—170.

- 林元武, 王基华, 高松升, 1998. 断层气 CO₂ 测定新方法 with 张北-尚义 6.2 级地震预报. 地震, **18**(4): 353—357.
- 林元武, 翟盛华, 范树全等, 1994. 隐伏断裂不同深度 CO₂ 异常特征研究. 华北地震科学, **12**(3): 36—42.
- 刘广深, 徐文彬, 洪业汤等, 2002. 土壤 N₂O 释放通量季节变化的主要环境驱动因素研究. 矿物学报, **22**(3): 229—234.
- 盛艳蕊, 张子广, 张素欣等, 2013. 楼盘施工注浆及荷载对唐山矿井水位的影响分析. 中国地震, **29**(1): 142—147.
- 王基华, 林元武, 高松升等, 2000. 1998 年怀来后郝窑断层气 CO₂ 变化特征分析. 西北地震学报, **22**(1): 28—32.
- 王祯祥, 燕志强, 2002. 乌海 4.6 级地震前断层气 CO₂ 异常特征分析. 华北地震科学, **20**(3): 36—38.
- 尹宏伟, 梁丽环, 韩文英等, 2004. 新泽 5 井水位趋势下降分析. 华北地震科学, **2**(2): 27—31.
- 张子广, 冯录刚, 张素欣等, 2002. 新泽 5 井数字化水位特征分析. 地震, **22**(4): 94—99.
- 中国科学院数学研究所数理统计组, 1974. 回归分析方法. 北京: 科学出版社.
- Chiodini G., Caliro S., Cardellini C., Avino A., Granieri D. and Schmidt A., 2008. Carbon isotopic composition of soil CO₂ efflux, a powerful method to discriminate different sources feeding soil CO₂ degassing in volcanic—hydrothermal areas. *Earth and Planetary Science Letters*, **274**(3—4): 372—379.
- Giammanco S. and Gurrieri S., 1997. Soil CO₂ degassing along tectonic structures of Mount Etna (Sicily): the Pernicana fault. *Applied Geochemistry*, **12**: 429—436.
- Hinkle M. E. and Ryder J. L., 1987. Effect of moisture and carbon dioxide on concentrations of helium in soils and soil gases. *Journal of Geophysical Research*, **92**: 12587—12594.
- Lewicki J. L. and Brantley S. L., 2000. CO₂ degassing along the San Andreas Fault, Parkfields, California. *Geophysical Research Letters*, **27**(1): 5—8.
- Smith S. A.F., Colletini C., Holdsworth R. E., 2008. Recognizing the seismic cycle along ancient faults: CO₂-induced fluidization of breccias in the footwall of a sealing low—angle normal fault. *Journal of Structural Geology*, **30**: 1034—1046.
- Viveiros F., Ferreira T., Vieira J. C., Silva C. and Gaspar J.L., 2008. Environmental influences on soil CO₂ degassing at Furnas and Fogo volcanoes (Sao Miguel Island, Azores archipelago). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **177**: 883—893.

Effect of Civil Construction on Concentration of CO₂ in Soil Gas at the Shenzhou Seismic Observatory

Sheng Yanrui, Zhang Ziguang, Ding Zhihua, Zhou Yueling and Zhang Suxin

(Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract Concentration of CO₂ in soil at the Shenzhou seismic observatory was analyzed to study the effect of rainfall, the ground temperature and environmental factor. Concentration of CO₂ in soil at the observatory varied annually, showing higher values in summer and lower values in winter. Since July 2014, with the overall background of increase, it starts to turn flat and decrease, which was 26% lower than the mean value in the same period of previous year and changed the general annual variation curve. Through comprehensive analysis of concentration of CO₂, rainfall, ground temperature and environmental factors we found that the low value of carbon dioxide is caused by increases of CO₂ diffusion fluxes resulted from building construction, especially piling and slotting nearby the observatory.

Key words: Carbon dioxide; Shenzhou seismic observatory; Slotting and piling; Diffusion; Soil gas