

短文

汕头东湖地下水气体地球化学地震效应*

地震前后地下水气体逸出异常的现象已引起人们的关注,国内外学者开展了多方面的观测,积累了丰富的资料。

本文作者为探讨地下水气体地球化学地震效应,选择汕头东湖区高温热水和冷碳酸水各一个观测井,每月一次(第五天)采集地下水逸出气样,测定其气体化学组分。连续观测两年多,得到了有意义的结果。

1. 地下水水文地质及地球化学特征

东湖区距汕头市18公里,位于北东、北西两组断裂交切的菱形块体内(图1),北西向断裂是晚近时期最为活动的构造,具明显的张扭性,是水热活动的良好通道。区内主要分布火成岩,尤以燕山期花岗岩为主,局部有喜山期玄武岩。此外,区内各种岩脉分布也较多。

该区地下热水赋存于北西—南东向山谷中,富水区呈北西西向的椭圆,东西长约400m,南北宽250—290m,面积约0.1km²。在地热中心东南约1500m处,钻孔揭露出冷碳酸水,水区呈北东—南西向椭圆形。无论冷、热水,均揭露于花岗岩中,但二者的水质截然不同,热水属Cl—Na型热矿水,冷水属HCO₃⁻—Ca碳酸水。

2. 气体化学组成特征

连续两年观测的结果表明(表2),研究区内两种不同类型的地下水,其逸出的气体化学组分是明显不同的。

(1) 高温热矿水中,主要气体组分为N₂,含量达86—87%,其次为水蒸汽(观测井成井时孔口水温102℃),CO₂和Ar的含量分别为1.90%和1.80%。而冷碳酸水中,CO₂含量高达75%,其次为N₂,达20—21%。

(2) 无论热水或冷水,逸出气中He的含量均较高,分别为1.6—1.7×10⁻¹%和0.1—0.20×10⁻¹%,明显高于一般地下水的含量,较大气降水的数值高4—5个数量级。

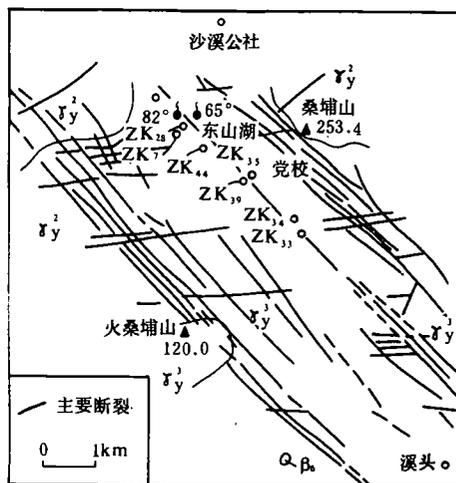


图1 东湖地区构造示意图

* 本研究为中国科学院兰州地质所地球化学开放实验室基金课题。

表1 地下水水质对比

项 目	碳 酸 水	热 矿 水
水温(°C)	26	98—100
CO ₂	88—89	24
气体成分(%)N ₂		97
游离CO ₂ (mg/L)	1300—1400	2.0—2.4
PH	6.2—6.3	8.1
矿化度(g/L)	1.27	1.1—1.2
Cl ⁻	9.4	83—85
HCO ₃ ⁻	89.4	5—6
Na ⁺	7.7	93—95
Ca ²⁺	82.8	4—5
水质类型	HCO ₃ ⁻ -Ca	Cl-Na型

表2 气体化学组成

气体含量(%)	热 矿 水	碳 酸 水
Ne	0.00	0.00
H ₂	0.00	0.00
Ar	1.80	0.28
N ₂	86—87	20—21
CH ₄	0.40	0
O ₂	0.00	1—2
CO ₂	1.90	75
He	0.16—0.17	0.01—0.02
³ He/ ⁴ He	1.58×10 ⁻⁶	6.50×10 ⁻⁶

(3) 比较热水与冷水逸出气中氦同位素组分可见,热水中³He/⁴He为 1.58×10^{-6} ,而冷水中³He/⁴He为 6.50×10^{-6} 。前者略高于空气的比值(1.40×10^{-6}),而后者为空气比值的4.6倍。

水中氢氧同位素测定结果表明,热水中 $\delta D/\delta^{18}O=6.72$,碳酸水中 $\delta D/\delta^{18}O=6.79$,二者很接近,且与粤东现代大气降水的平均结果($\delta D/\delta^{18}O=6.25$)也很接近。

测定的结果表明,区内热水和碳酸水均源于大气降水,在沿断裂长距离循环过程中,燕山期花岗岩介质提供了放射性成因氦,因此,两种不同类型水的逸出气中均有较高的氦含量。此外,地下水深循环中,与活动性深断裂(泉州—汕头断裂带)有关的深部物质(与岩浆活动有关的岩浆源),提供了一定的幔源氦,从而使水中³He/⁴He比值大于大气降水的比值。这说明东山湖地区热水和碳酸水与深部物质活动及活动性深断裂有密切关系,因此,通过对水的动态观测有可能获得来自地壳深部的有关信息。

3. 气体地球化学地震效应

1989年10月至1991年11月,汕头研究区周围发生了几次地震,即1989年11月26日广东河源Ms=4.6和4.4级地震,震中距观测井区约200km;1990年6月14日菲律宾7.5级地震和7月16日8.0级地震,震中距观测区约1050km;1990年7月17日台湾6.1级地震,9月11日台湾6.0级地震和12月13日至25日台湾7次6级以上地震(最大为12月14日的7.1级地震),震中距测区500—600km。

由图2所示的气体含量变化曲线不难看出:

- (1) 在正常情况下,各项气体组分含量变化不大,即有一个较稳定的背景值。
- (2) 地震前后,尤其强地震,大多气体含量会出现异常的升、降变化,这些变化是较容易识别的。
- (3) 两观测井的各气体组分对河源地震显示大多不明显,而对菲律宾、台湾地震显示

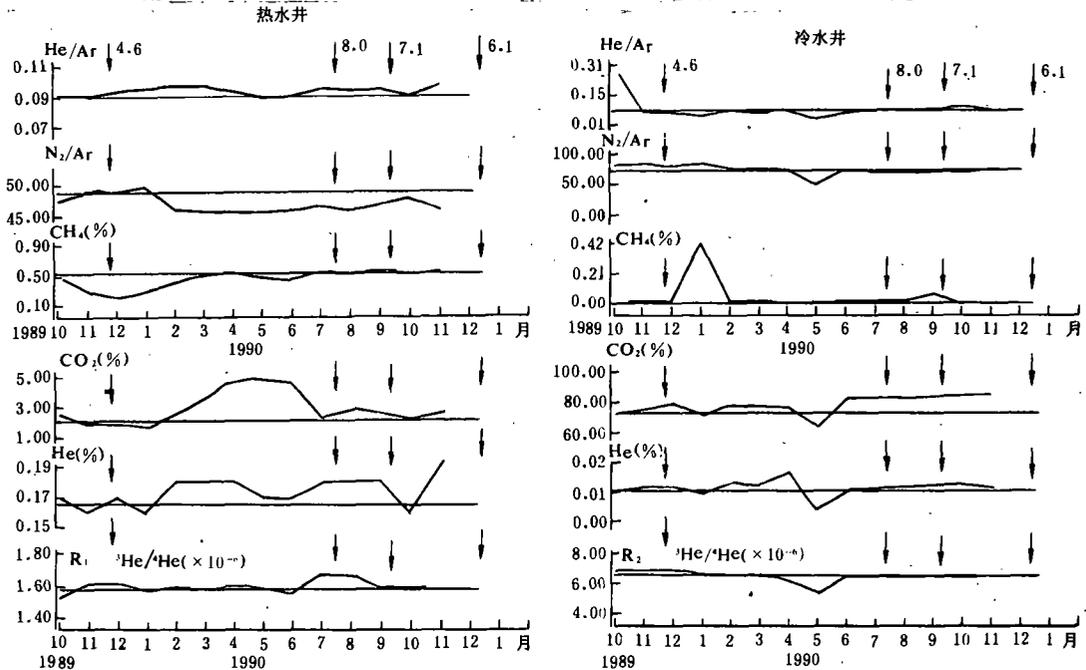


图2 气体含量变化曲线

较好。这说明只有当地震较大时，应力场活动较强，才会影响地下水气体逸出的变化。亦即在一定的距离范围内，只有对较强的地震才能观测到地下气体逸出异常的效应。否则，即使是近场地震也很少能观测到明显而大量的气体地球化学地震效应。

(4) 不同观测井（或不同地下水）显示地震效应的情况是不同的；而同一气体组分，对不同地下水，其映震能力也各异。所测碳酸水，其气体地球化学地震效应以突变异常现象为特征；而热矿水，则以趋势性渐变为特征。以 CH_4 为例，河源地震前后，热矿水中 CH_4 呈相对缓慢的下降—回升变化，持续 3—4 个月，菲律宾、台湾地震前异常变化幅度不大；而碳酸水中 CH_4 则是以急速的突升、突降为特征。又如 CO_2 ，热矿水中 CO_2 在菲律宾地震前有明显的正异常变化，且相对变化幅度达 250%，而碳酸水中 CO_2 含量变化起始时间较前者约晚两个月，变化幅度仅为 27% 左右。

(5) 各项观测结果直观地显示出，气体组分中的主要组分显示地震效应不如少量组分，如热矿水中的 N_2 不如 CO_2 效果好，而碳酸水中的 CO_2 不如 N_2 效果好。两井相比，热矿水中的 N_2 的观测效果不如碳酸水，而热矿水中的 CO_2 观测效果又比碳酸水好。

(6) 气体组分中的稀有气体映震效能要比其它气体组分好，如 He、Ar、 CH_4 、 H_2 等。而某些气体含量之比值更能显示地震效应，如 N_2/Ar 、 He/Ar 。

(7) 氦同位素比值 ($^3\text{He}/^4\text{He}$) 变化的地震效应较好。

4. 结论

(1) 汕头东湖区地下热矿水和冷碳酸水的逸出气化学组成不同，但在气体地球化学地震效应方面均具有一定的灵敏性。

(2) 在显示地震效应的灵敏性方面,稀有气体和微量气体组分优于主要气体组分。该区地下水逸出气中的 He 、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 、 CO_2 、 CH_4 、 N_2/Ar 等有可能作为映震的灵敏气体组分。

(3) 无论近场地震或远场地震,都有可能观测到它的气体地球化学效应,但这种效应的明显程度与地震震级的大小有一定的关系,震级越大,效应越明显。

(4) 不同观测井(或不同地下水)的地质、水文地质及地球化学环境条件各异,其地震的气体地球化学效应也不同。研究区内的热水和碳酸水与活动性深断裂及深部物质活动有密切关系,而它们的映震特征的差异也应与这一基础条件的不同有关。

(本文1991年9月4日收到)

(广东省地震局 冯绚敏 邢鸿厚 柯玉龙 林伟 王莉娅)

SEISMIC EFFECT OF RARE GAS—GEOCHEMISTRY
IN GROUNDWATER IN SHANTOU AREA,
GUANGDONG

Feng Xuanmin, Xing Honghou, Ke Yulong, Lin Wei, Wang Liya

(*Seismological Bureau of Guangdong Province, Guangzhou, China*)

1) 广东省地质局, 1/20 万汕头、惠来幅区域水文地质普查报告, 1980.

2) 广东省地质局水文地质二队, 广东省潮安县东山湖地热区勘探报告, 1979.