

汕头东湖热矿水的物理化学 动态及其与地震的关系

冯绚敏 邢鸿厚 柯玉龙 王莉娅

(广东省地震局)

p315.724

p315.75

摘要 文章概述了汕头东湖高热水化学观测井的地质、水文地质等环境条件,并据实测资料分析认为,该井是震兆反映较灵敏的井孔,其水化学灵敏震兆组分有 Cl^- 、 HCO_3^- 、He、H₂等多项组分。

关键词 热水化学 震兆 映震灵敏性

地震前兆, 地震预报,
地震监测

一、前言

汕头地区地处我国东南沿海泉州——汕头地震带的西南端,是广东省历史强震次数最多的地区,也是现今小震频繁活动的主要地区之一。它与我国地震最多的台湾省隔峡相对。同时,该区正位于我国四大地热带之一的东南沿海地热带的南端,热矿水资源丰富。因此,在汕头地区开展热水化学的地震监测,对地震预报研究是很有意义的。

汕头东湖热矿水化学观测始于1983年,后因故未能连续观测。为地震水化学综合观测的目的,1986年开始连续观测,观测项目也逐渐增加,工作逐渐正常、正规化。并于1988年12月通过国家地震局水化I类台的验收。

二、井孔地质及水文地质条件

东湖地热区位于汕头市西北18km,距汕头地震台12km。SCJ₁观测孔位于热区中心,有关的地质及水文地质条件如下:

1. 断裂构造

东湖区位于新华夏系构造第二隆起带,与南岭东西向构造带的交汇部位,地处潮安—普宁、钱东—惠城两条北东向断裂与古巷—澄海、榕江两条北西向断裂交切的菱形块体的西南部。区内发育有北西、东西及北东向三组断裂。其中,北西向断裂是晚近时期最为活动的构造,也是热区最为醒目的构造格架,具有明显的张扭性,是水热活动的良好通道。东西向断裂也是热区比较主要的构造,为压性或压扭性,其对水热活动也起着一定的控制作用。

2. 岩石及其化学组成

热区内主要分布火成岩,尤以花岗岩为主,属燕山晚期第二、三、五次的侵入岩,为中

• 此为地震科学联合基金会资助课题成果,

细粒斑状黑云母花岗岩、粗中粒花岗岩、细粒斑状花岗岩。此外，局部（热区南面鸡笼山）有喜山期橄榄玄武岩，呈岩筒状，属火山颈相，具超浅成一喷溢的双重特点。岩石的矿物及化学成分列于表1、2。

区内各种岩脉分布较多。第一期岩脉有细晶岩脉、花岗斑岩脉、石英脉等，第二期有煌斑岩脉、闪长玢岩脉、微晶闪长岩脉等。

表1 岩石矿物成分简表
Tab. 1 The mineral component of rocks

岩石名称	钾长石	斜长石	石英	黑云母	微量矿物成分
中细粒斑状	35—45%	18—35%	25—35%	3%	磁铁矿、钨石
黑云母花岗岩					褐帘石、石榴石
中粗粒花岗岩	50%	18—20%	28—30%	2%	辉石、锆石、褐帘石 磁铁矿、萤石

（根据广东省地质局区测队资料）

表2 岩石化学成分简表—氧化物含量（%）
Tab. 2 The chemical composition of rocks

岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	灼失	总和	查氏分类
中细粒斑状黑云母花岗岩	76.33	0.03	11.88	0.04	1.98	0.06	0.04	0.68	2.95	5.12	0.01	0.62	99.74	硅酸过饱和过碱性岩石系列
中粗粒花岗岩	73.12	0.20	13.48	0.76	1.57	0.08	0.34	1.18	3.71	4.93	0.05		99.9	硅酸过饱和过碱性岩石系列
橄榄玄武岩	45.63	2.50	13.39	2.49	10.0	0.19	9.60	8.67	3.05	2.32	0.80		98.64	硅酸不饱和碱性岩石系列

（据广东省地质局区测队资料）

3. 水文地质条件

（1）热矿水

本区地热以热水赋存于北西——南东向的山谷中，经钻孔探明，热区存在两个含热水层（带），即上部孔隙含热水层和下部裂隙含热水带。上部孔隙含热水层由第四系砂砾或含粘土砾石组成，含水层的富水性和水温均随深度增加而增加，下部裂隙含热水带由粗中粒花岗岩中发育的导热构造带组成。北西向和东西向两断裂的交汇处为此含热水带的热中心。

热区裂隙含热水带的热中心与孔隙含热水层的热中心是重合的。热区富水区东西向长约400m，南北宽250—290m，呈长轴为北西西向的椭圆。热水分布范围及等温线形状与北西、东西向两条相交断裂的延伸方向十分一致（图2）。区内热水中Cl⁻含量占阴离子毫克当量数的84—86%，Na⁺含量占阳离子毫克当量数的94—96%，属Cl⁻—Na⁺型水（表3），矿化度

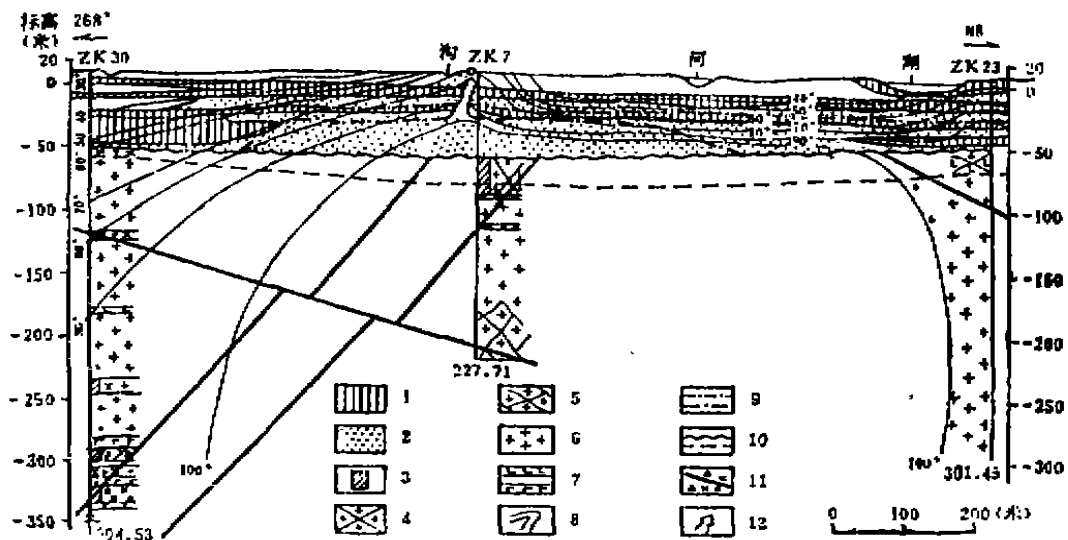


图1 东山湖地热区水文地质剖面图

Fig. 1 Hydrogeological Cross-section of Dongshanhu geothermal area

1. 第四系隔水保温层; 2. 第四系含热水层; 3. 基岩含热水段; 4. 风化花岗岩; 5. 裂隙发育段; 6. 中粒花岗岩; 7. 煌斑岩橄榄玄武岩; 8. 等温线; 9. 局部半成岩范围线及局部成岩范围线; 10. 不整合及花岗岩风化深度线; 11. 断层及角砾岩; 12. 孔隙热水排泄流向 (取自 1/20 万区域水文地质普查报告汕头幅、惠来幅)

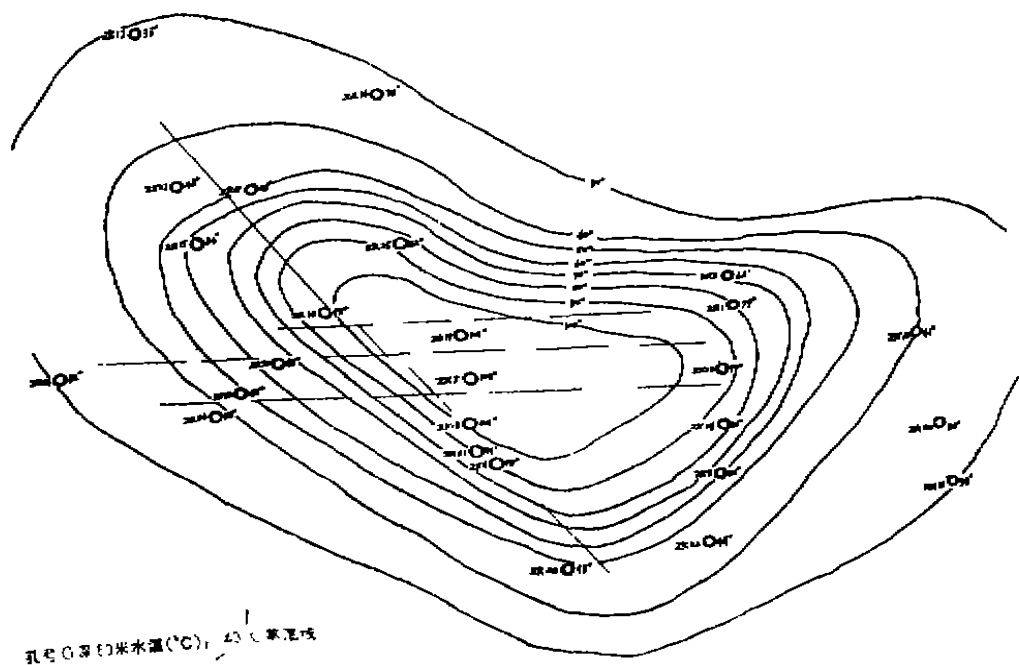


图2 地热等温线图

Fig. 2 Isothermal curve

1.10—1.2g/L, PH值在8以上, F^- 含量9—10mg/L, SiO_2 含量90—100mg/L。据有关的勘探报告, 矿化度等各项的等值线形态与等温线十分相似(图3、4、5)。

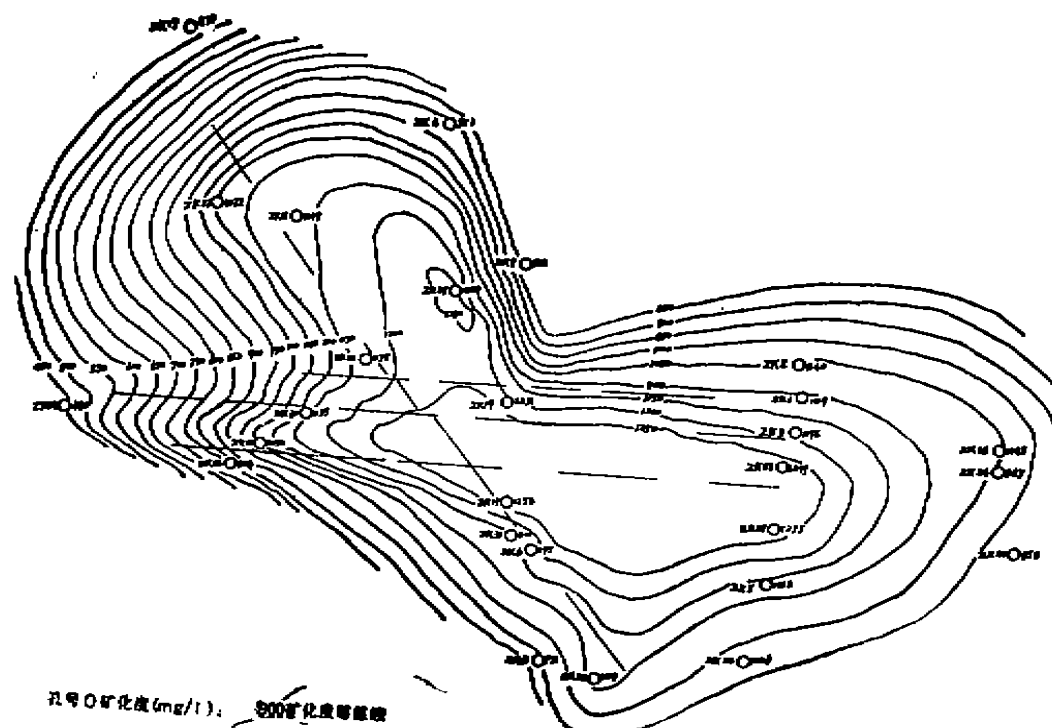


图3 矿化度等值线图

Fig. 3 Isogram of mineralization of groundwater

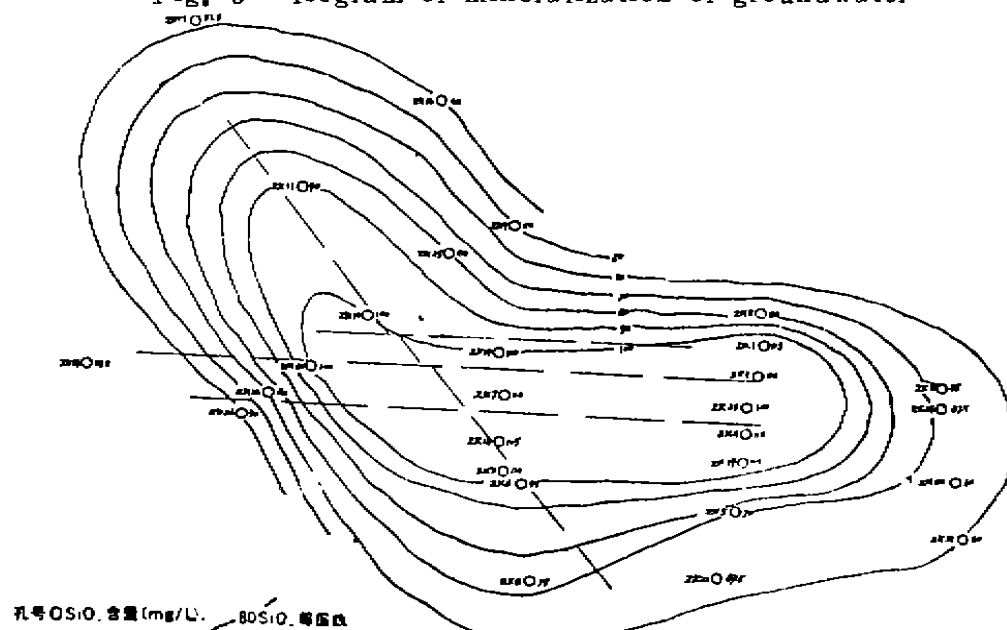


图4 SiO_2 等值线图

Fig. 4 SiO_2 isogram in groundwater

1989、8、22 台湾东部海中 (23° 7' N, 122°, 5' E) M=6.2
 1989、11、26 广东河源 (23° 66' N, 114° 65' E) Ms=4.6、4.4

表3 热矿水与碳酸水水质对比表

Tab. 3 Comparison between the hot mineral water and the carbonic water

项 目	碳 酸 水	热 矿 水
出露情况	隐 伏	热泉、热沟、热地、盐渍地
水温 (℃)	26	99——100
嗅	铁锈臭	微H ₂ S臭
味	麻舌、铁锈味	微 咸
气体成分 (%) CO ₂ N ₂	88——89	2.4 97
游离CO ₂ 含量 (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 ⁻ (毫克当量%)	89.4	5——6
Na ⁺	7.7	93——95
Ca ²⁺	82.8	4——5
水质类型	HCO ₃ -Ca型	CL-Na (食盐) 型

(据广东省地质局水文二队资料)

表4 SC1J孔水质分析结果

Tab. 4 The result of chemical analysis of groundwater in the bore hole No. SCJ1

项 目	含量 (mg/L)		项 目	含量 (mg/L)		项 目	含量 (mg/L)	
	第一次	第二次		第一次	第二次		第一次	第二次
Ca ²⁺	18.63	15.94	Cl ⁻	529.27	516.0	SiO ₂	100	102.4
Mg ²⁺	0	0.23	HCO ₃ ⁻	31.12	77.2	PH	8.75	7.94
K ⁺		15.38	CO ₃ ²⁻	18.30		总硬度	2.33	
Na ⁺	384.83	361.8	SO ₄ ²⁻	45.0	43.08	总碱度	3.14	
Li ⁺		0.37	F ⁻	11.0	9.87			

注：第一次测定为1979年，第二次测定为1987年

因此可以认为，在1987年11—1989年3月的一年半时间里，东山湖热矿水的物理化学变

化与地震因素无关，属正常动态，而周围有地震明显活动的时段，则为研究水化学地震效应提供了条件。

1. 热水物理化学正常动态特征

将各项观测资料按同一时间尺度展开，分析“无震”时段水化学各组分的正常动态特征，结果表明：

(1) 在无人为干扰影响的情况下，水温变化平稳，呈近乎水平直线型动态特征。

(2) 水中 Ca^{2+} 含量的变化似具“年周期”正常动态特征，但幅度不大，即每年6—7月测值降低，下降量不超过7%。由于此变化与其他组分并不同步，因此尚难断定这是雨季大气降水直接补给的结果，其他原因还未查明。

(3) 水中 SiO_2 的含量较高(大于 100mg/L)。据实验可知⁽¹⁾， SiO_2 含量大于 100mg/L 的高温地下热水样品，由于水中二氧化硅呈饱和状态，随水样放置时间延长，水中 SiO_2 含量就会因沉淀而降低。因此，现用一般比色法测得的可溶 SiO_2 含量起伏变化较大，且冬季测值相对较低；反之，夏季较高，显示出温度影响 SiO_2 沉淀的效应。

(4) 水中气体组分的含量变化未显示出明显的“年周期”特征，而呈平稳变化的正常动态特征。

(5) 水中其他离子组分的含量(含PH值的变化)均较稳定，无明显的升、降，呈现平稳变化的正常动态特征。

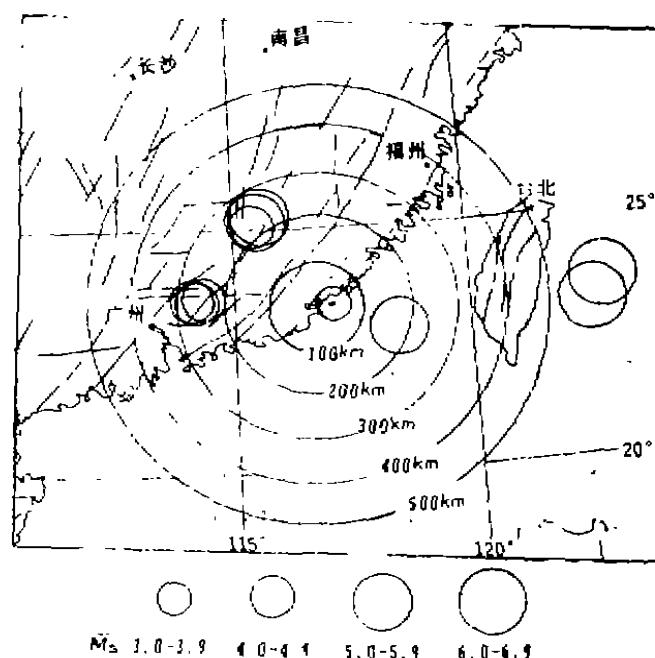


图6 震中分布图

Fig. 6 Sketch map of epicentre distribution

可见，东山湖热水总体上具有平稳变化的物理、化学正常动态特征，这一方面反映出该

(1) 赵凤三，地下热水中二氧化硅的测定问题，地热勘察通讯。

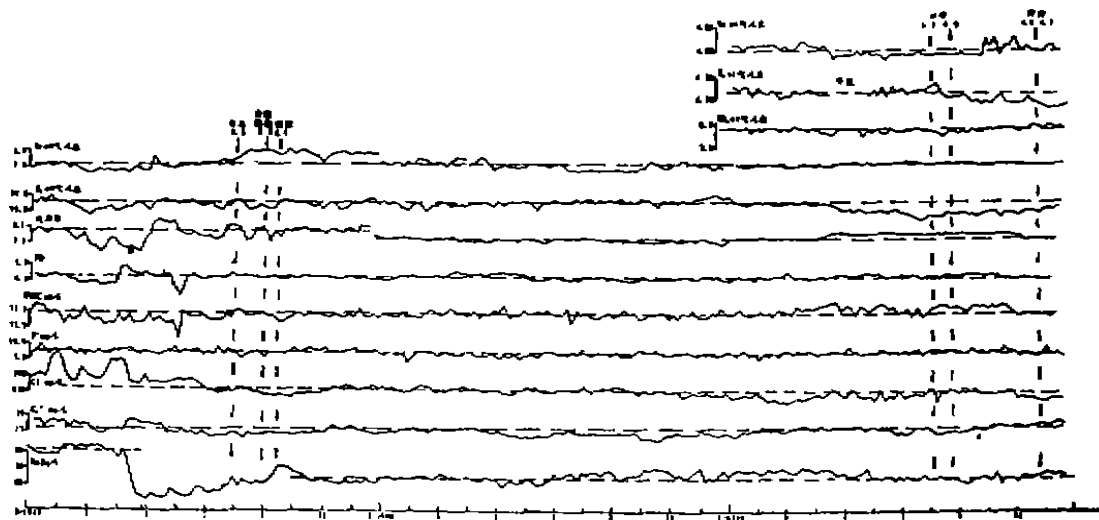


图 7—1 水化学观测曲线

Fig. 7—1 Diagram of hydrochemical monitoring data

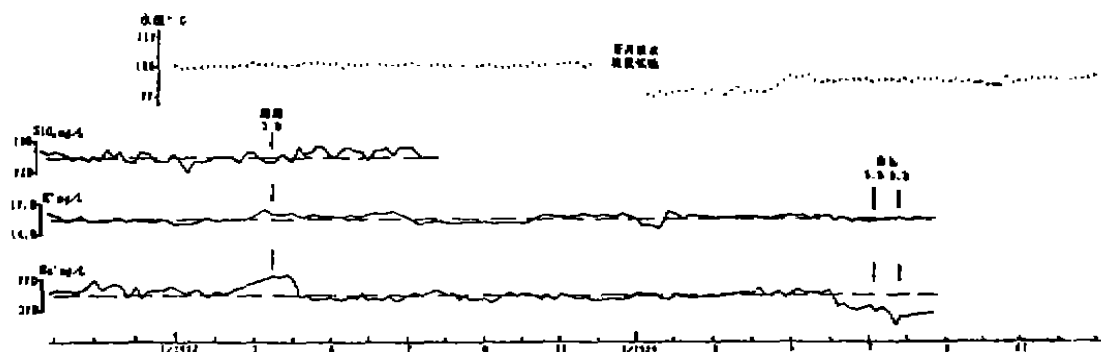


图 7—2 水化学观测曲线

Fig. 7—2 Diagram of hydrochemical monitoring data

热水的补给、深部循环以及其他环境条件方面的稳定性，另一方面也为识别映震异常变化提供了基础和标准。

2. 热水物理化学异常变化与地震的关系

由图 7 所展示的资料明显可见，在 1987 年和 1989 年周围有明显地震活动的两个时段，多数水化组分的测值在此期间出现了明显不同于正常动态的异常变化，其中，气体组分异常变化明显的有 Rn 、 N_2 、 He 、 H_2 ；离子等其他组分异常变化明显的有 Cl^- 、 HCO_3^- 、 PH 、电导

率、 Na^+ 。

从震前异常变化持续时间分析, 1987年寻乌5.5级地震前异常变化的持续时间短的为3个多月, 长的达半年或更长些。1989年台湾6.8级地震前异常变化持续时间多数为3—4个月, 个别的持续时间较长达半年。

异常变化的形态复杂多样。寻乌5.5级地震前的异常有正、有负, 即使同一观测项目也会有正负转化的情况。总的看来, 异常幅度较大, 起伏变化速率也较大。而台湾6.8级地震前的异常也是有正有负, 但异常变化速率较小, 幅度也相对较小, 总的异常多呈趋势性相对较缓慢的变化。

进一步分析震前异常变化特征, 可以得到以下几点:

(1) 分析表明, 震前所观测到的异常变化具有同步性特征, 即震前异常不仅是水中某一组分显示异常变化, 而是水中多种组分有某一时段内集中显示异常变化, 也就是“群体异常”。这种“群体异常”更能代表地下水的物理化学整体异常变化, 也就更具有必然性, 而若仅看某一单项组分的异常变化, 则常会带有更多的偶然性。反过来, 实测资料又证明了开展地下水化学多项综合观测的必要性, 也进一步证明了综合观测对提高映震有效性是很重要的而有意义的措施。

(2) 一次地震前, 各项异常具有相差不多的震前异常持续时间, 它应该是孕震进程的一种表现, 这提示出有可能依各项震前异常持续时间来预测未来地震的震级。

(3) 汕头东湖热水观测井距寻乌5.5级地震相对较近约(200km), 且是大陆上的地震; 台湾6.8级地震相对较远(>600km), 又是发生在海中, 尽管台湾地震震级远大于寻乌地震, 但二者发生前在该井所观测到的水化震前异常持续时间相差不多。因此, 今后依据异常持续时间预测未来地震震级时, 应区分不同震中距情况下的不同震级估计, 即同样的震前异常持续时间, 未来的震中距越大, 预测的震级也应大。

(4) 异常形态对比可见, 震中距较小的未来地震, 其震前异常变化的幅度、变化速率均较大, 具短期、快速变化之特征。而震中距较大的未来地震, 其震前异常变化显出平缓的趋势变化特征。因此, 根据异常形态有可能对未来地震之震中距作出大致的区分或估计。

(5) 1987年河源4.6级地震发生在寻乌5.5级震后40多天, 1989年河源4.6级地震发生在台湾6.8级、6.2级震后2个多月。因此, 它们的震前异常很难分别从寻乌地震、台湾地震震前异常中鉴别出来。这一方面使同一地区发生的两次相同震级的地震之前兆异常对比无法进行, 另一方面也说明, 由于异常的迭加, 会给地震预测增加漏报的机会。

四、结 论

实测资料表明, 汕头东湖高热水化学观测井是震兆反映较灵敏的井孔。它有平稳变化的热水物理化学正常动态特征, 对广东东部及邻近地区中强以上地震和台湾地区发生的强震, 能在一定程度上显示水化学地震前兆异常。据现有资料分析认为, 水中 Cl^- 、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 PH 、电导率、 Rn 、 N_2 、 He 、 H_2 可能是该热水井的水化震兆较灵敏的组分。而 Ca^{2+} 、 F^- 、 SiO_2 等在该井孔条件下, 不具备映震的灵敏性。同时, 为了提高该井映震的灵敏性和有效性, 建议开展水中气体总量、 Na^+ 的测定。

THE PHYSICAL AND CHEMICAL DYNAMIC STATE OF DONGSHANHU HOT MINERAL—WATER IN SHANTOU AND ITS RELATION TO SEISMICITIES

Feng Xuanmin, Xing Honghou, Ke Yulong and Wang Liya

(Seismological Bureau of Guangdong Province)

[Abstract] In this paper, the geologic and hydrogeologic condition of the Dongshanhu hydrochemistry observation well with high temperature groundwater in Shantou, and based on the monitoring data, it is considered that the well is very sensitive to show earthquake precursor and the sensitive hydrochemical constituents include Cl^- , HCO_3^- , He, H_2 and so on.

[Key words] Hydrochemistry of hot groundwater; Earthquake precursor, Sensitivity showing earthquake precursor



国际第四纪研究联合会第 13 届大会 (INQUA XIII) 简介

国际第四纪研究联合会第13届大会于1991年8月2日至9日在北京国际会议中心召开。来自47个国家和地区的1200多名代表参加了这一盛会。这是该联合会自1928年成立以来第一次在中国，也是第一次在亚洲召开的大会。我国政府对此大力支持。国务委员、国家科委主任宋健出席了开幕式并代表中国政府致词。国务院副总理邹家华在大会闭幕前夕会见了部分与会代表。中国科学院院长周光召出席了开幕式，参加了会见。我国著名的地质学家刘东生当选为本届大会主席，这是亚洲人首次获此殊荣。

这次大会的主题是“第四纪时期的人类和全球环境变化”(Humans and Global Changes During The Quaternary)。围绕这一主题，61个国家和地区的科学家们向大会提交了有关论文1780篇。大会举办了学术报告712个。900名代表加参了28条长距离野外地质路线和北京郊区10条一日地质路线的考察活动。会议期间还举办了专业性的展览和书展。会议的重要成果之一是将人类与环境问题，人类与全球环境变化问题等方面的研究，推向一个新的高度。

第四纪研究包括许多方面。由于它们和人类的产生和发展密切相关，所以得到世界各国科学家的普遍重视。我国是最早从事第四纪研究的国家之一，在中国黄土，青藏高原，古人

(下转79页)