

翁少林. 汕头台地下水观测异常与地震的相关性研究[J]. 华南地震, 2017, 37(S1): 83–87. [WENG Shaolin. Study on the Correlation Between Abnormal Groundwater Observation and Earthquake in Shantou Seismic Station[J]. South China journal of seismology, 2017, 37(S1): 83–87.]

## 汕头台地下水观测异常与地震的相关性研究

翁少林

(广东省汕头地震台, 广东 汕头 515063)

**摘要:** 对汕头台东湖观测井地下水多年的观测资料进行整理, 分析提取异常后综合对比周边地区历史地震事件, 通过深度的挖掘和多角度的分析比较, 较为全面、系统地找出观测项目异常与周边地震的相关性。在梳理历史观测资料的同时, 也对日后关于该地区的相关研究起到十分积极的作用。

**关键词:** 数字化; 水位动态; 监测效能

中图分类号: P315.7      文献标志码: A      文章编号: 1001-8662 (2017) S1-0083-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2017.S1.013

## Study on the Correlation Between Abnormal Groundwater Observation and Earthquake in Shantou Seismic Station

WENG Shaolin

(Shantou Seismic Station, Shantou 515063, China)

**Abstract:** The paper sorts out the observation data of the groundwater of observation wells of Dongshan lake in Shantou Seismic Station over the years. It makes a comprehensive comparison of the historical earthquakes of the surrounding areas through analyzing and extracting anomaly. Through deep digging and analysis and comparison from multiple perspectives, the paper comprehensively and systematically finds out the correlation between the anomaly of earthquake observation projects and the surrounding earthquakes, which plays an active role in the future related research about the region as well.

**Keywords:** Underground fluid; Water radon; Abnormality in the quality of water

收稿日期: 2017-07-30

基金项目: 中国地震局三结合课题“汕头台地下流体资料与周边地区地震活动的相关性研究”(编号: 2011577)

作者简介: 翁少林(1978-), 男, 工程师, 现主要从事地震监测工作。

E-mail: wengshaolin@163.com.

## 0 引言

在地震观测中实践已证明, 地下流体是沟通地壳应力与固体变形之间关系最敏感的物质, 地震孕育与发生离不开流体的作用, 由于流体具有很强的信息传递能力, 地下流体学科在地震预测、特别是短临预测中可以发挥其重要作用。陈运泰院士也明确地提出: “要关注地下流体与地震的关系”, “地下水对地震很敏感”<sup>[1]</sup>。地下流体的观测值是多种因素共同作用于地壳和观测系统的综合物理变化量, 这些观测数据的变化中各自引起的因素是错综复杂的。本研究对汕头台地下水观测项目多年的历史数据进行梳理, 从中提取可能的地震异常信息, 结合对比周边地区的地震发生情况, 通过多角度的分析和深度的挖掘比较得出相关性特征, 这为以后地震预报的修正和完善等方面提供基础, 也充分发挥地震观测原始数据的应用价值。

## 1 背景资料

### 1.1 井口简介

汕头台地下流体观察项目是粤东地区的重要前兆手段之一, 观测井始建于 1983 年, 位于潮安沙溪镇距离台站 20 多公里外的东山湖温泉区, 热区层以花岗岩为主, 表层为第四纪黏土, 长年水温高达 80℃~100℃, 孔内最高温度高达 102℃。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。

### 1.2 观测资料

东山湖观测水点条件良好且观测连续可靠、观测时间足够长, 除极个别时间受客观因素影响造成缺数外, 资料完整率接近 100%, 积累了从 1986—2016 年的观测资料。

东山湖的观测项目包括  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、电导率以及水氡。在 1986 年 1 月至 1986 年 12 月的时间里, 东山湖井的观测资料属正常动态。在无人为干扰的情况下,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、电导率变化平稳, 变化也较同步, 变化幅度不超过 3%, 该井总体上具有平稳变化的动态特征, 这给识别地震异常特征提供了基础<sup>[2]</sup>。

### 1.3 震例选取

本研究所使用的地震目录取自中国地震台网

中心编目震例, 时间为 1993—2016 年, 选取地震的原则是距该井 250 km 以内,  $M_L \geq 3.0$  地震和台湾海峡附近  $M_L \geq 5.0$  的地震。其中广东南澳海域 8 次, 广东丰顺 2 次、澄海、揭阳、潮安各 1 次, 另外还选取了台湾地区 6 次较有影响的地震, 其中有 1994 年 09 月 16 日台湾海峡 7.3 级地震, 1999 年 9 月 21 日台湾南投 7.6 级地震。

## 2 研究过程

地下水观测异常变化的复杂性, 除受干扰因素的影响外还与现有的观测手段和技术有关。首先利用分析软件, 对全部数据逐年进行分析并找出年度季度的基本测值变化特征, 以及对多年来观测中设备的更换等外在因素影响的排除。计算时根据测项的特点对各项资料进行异常的判别、干扰剔除和提取, 以日测值作为计算的基本数据序列, 以 2.5 倍均方差作为判定异常的阈值, 超出阈值并确认无干扰者提取为异常, 最后得到可靠完整以备分析的测项数据。

在震例研究中, 由于发震时间是确定的, 把较有影响的地震反推测项的数据前后分析 1~2 年进行对比分析, 再把时间逐步锁紧至短期直到短临; 对于周边小的但有感的地震周边的地震重点分析前后分析 3~5 个月以内的数据, 但在较短的背景下异常不明显, 可调整在更长的时间背景下分析异常; 对于变化缓慢不明显的异常, 首先对比往年的连续变化特性, 找出是否属于正常的变化; 对于单个测项值异常, 首先排除是否干扰或者其他因素对测值的影响, 再做地震相关异常的对应分析。根据这种思路进行震例研究并通过发震时刻的前后对比, 从震前异常、异常-发震-异常、震后异常对地下水资料进行对比研究, 找出与周边地区震例的相关对应性<sup>[3-4]</sup>。

### 2.1 区域地震的异常表现

#### 2.1.1 南澳海域

南澳海域是本地区地震较为多发的区域, 所以单独作为一个区域进行研究, 选择南澳海域 8 个  $M_L > 3.0$  的地震, 完全对应的有 4 个, 且都有水氡测项的异常对应, 其余 4 个地震在水氡、水化学各测项均无明显异常对应。水氡在南澳海域的异常表现较为明显, 这说明水氡测项在南澳地区的地震相对于水化学测项灵敏, 水氡异常持续时间表现从几天到几个月不等, 且以震前异常为主(表 1)。

表 1 南澳海域地震异常对应表

Table 1 Corresponding Table of the earthquake anomaly in Nanao sea areas

震例	发震时间	测项	震中距/km	异常时间		异常形态	幅值/(mg·L <sup>-1</sup> )
				起始时间	结束时间		
南澳海域 4.2 级	1993-10-21	水氡	<80	1993-10-02	1993-10-04	上升-发震	52.1
南澳海域 3.1 级	2012-04-28	水氡		2012-03-06	2012-03-07	下降-发震	27.8
南澳海域 3.2 级	2014-05-29	水氡		2014-05-15	2014-05-16	下降-发震	24.3
		水氡		2013-12-10	2014-01-16	发震-下降	3.5
南澳海域 3.6 级	2013-12-05	Ca <sup>2+</sup>		2013-11-30	2014-01-20	上升-发震-下降	19.4
		Cl <sup>-</sup>		2013-11-30	2014-01-20	上升-发震-下降	532
				2013-11-30	2014-01-20	上升-发震-下降	71.4

2.1.2 潮汕周边地区

对比研究潮汕周边其它地区地震的情况，同样发现水氡测项异常的表现较为明显，有异常对应的地震在水氡测值上均呈现相应的变化。而水化学测项在数值变化上没有水氡那么明显，也不经常表现出同步异常对应，只有丰顺 3.4 级地震在水化学多个测项上表现出对应异常(表 2)。

2.1.3 台湾海峡

台湾地区特别是台湾海峡区域的有感地震对

本区造成一定的影响，选取 1992 年到 2015 年 6 个有感地震，其中包括 2 个台湾海峡地震(图 1~3)。通过对比分析得知，水氡在台湾地震的发生前后可以看到观测项数值的变化异常，在水化学上也偶尔出现异常对应，但时间没有出现一定的规律性。1994 年 9 月 16 日的地震水氡在震后有所表现，如图 1 所示呈现震后-回升的状态，而该地震在水化学测项没有明显的异常特征。

表 2 潮汕周边地震异常对应表

Table 2 Corresponding table of the earthquake anomaly in the surrounding areas of Chaoshan

震例	发震时间	测项	震中距/km	异常时间		异常形态	幅值/(mg·L <sup>-1</sup> )
				起始时间	结束时间		
澄海 4.2 级	2004-01-16	水氡	<20	2003-12-09	2004-01-16	上升-发震	284
潮安 3.2 级	2012-10-28	水氡	<15	2012-07-16	2012-10-27	下降-发震	31.3
		水氡		2013-12-04	2014-01-18	发震-下降	3.5
丰顺 3.4 级	2013-12-04	Ca <sup>2+</sup>	<50	2013-12-01	2014-01-21	发震-上升	19.7
		Cl <sup>-</sup>		2013-12-01	2014-01-20	发震-上升	532
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		2013-12-01	2014-01-20	发震-上升	71.4

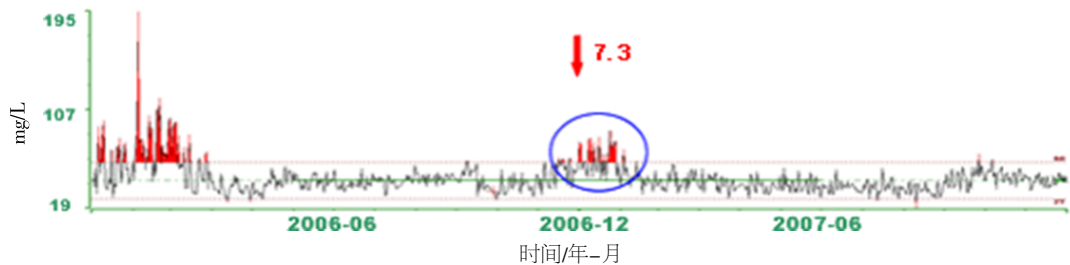


图 1 2006 年 12 月 26 日台湾地震水氡观测值异常

Fig.1 Water-radon observation anomaly during the earthquake in Taiwan on Decemner 26<sup>th</sup>, 2006

2.2 水氡测项的异常表现

地下水中氡气含量的突然大幅度增加或减少是地应力变化后，使岩石释放出一定量的氡气，从而使地下水中氡气含量的变化形成水氡异常。在研究汕头台地下流体测项的变化中，通过对比

跟踪发现水氡测值的异常表现较为明显<sup>[5-6]</sup>。

在选取的 19 个地震中通过对比分析发现有 13 个有相关异常对应。南澳海域有 5 次在地震前后有对应，对应较为明显。从异常持续时间来看，异常持续时间一般是几天到几个月之间，如：

2006 年 12 月 26 日的台湾 7.3 级地震在震后水氡观测值产生一个月的变化(图 1); 2004 年 01 月 16 日广东澄海 4.2 级地震水氡震前 1 个月观测值有明

显的变化幅值上升到 284 mg/L 后发震(图 2); 2000 年 02 月 12 日广东南澳海域 4.4 级地震水氡观测值也出现异常(图 3)。

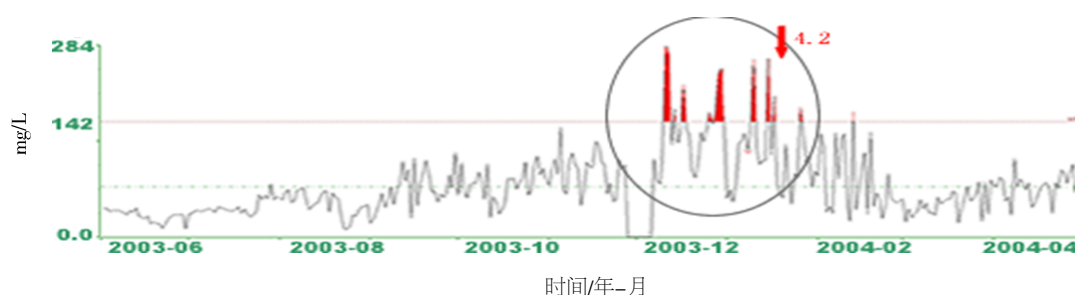


图 2 2004 年 1 月 16 日广东澄海 4.2 级地震水氡观测值异常

Fig.2 Water-radon observation anomaly during the M4.2 earthquake in Chenhai, Guangdong on January 16<sup>th</sup>, 2004

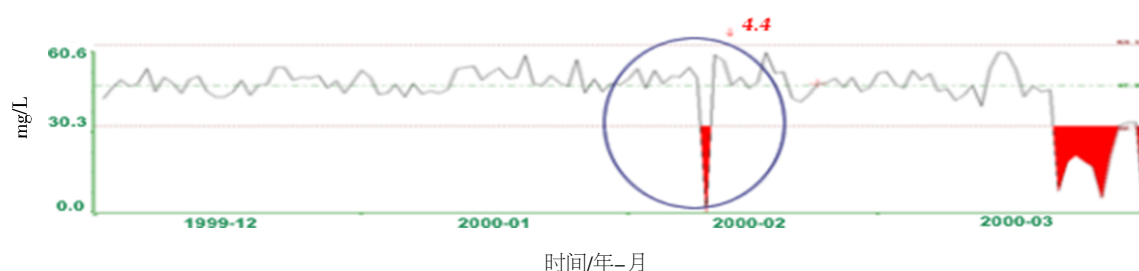


图 3 2000 年 2 月 12 日广东南澳海域 4.4 级地震水氡观测值异常

Fig.3 Water-radon observation anomaly during the M4.4 earthquake in Nanao sea areas, Guangdong on 12<sup>th</sup> February 2000

### 2.3 水质测项异常

从地下流体的水化学测项特征上看(图 4~7), 在所有震例中钙离子异常对应 4 个, 氯离子对应 5 个, 重碳酸根离子对应 5 个, 电导率在对上共有 2 个。南澳海域 8 个地震只有 2 个地震在水化学上有震前异常对应。潮汕周边的 5 个地震中丰顺 2 个地震都有异常对应。对应于地震

活动的异常特征没有出现普遍性, 只有个别地震在钙离子、氯离子、PH 值有出现过异常对应。而在同一种测项, 对哪个地方地震响应比较灵敏没有一定的规律性。

图 7 所示 2013 年 12 月 4 日广东丰顺 3.4 级地震过后持续一段时间, 钙离子、氯离子、重碳酸根离子等多个测项值都发生超出两倍均方差的明显变化。

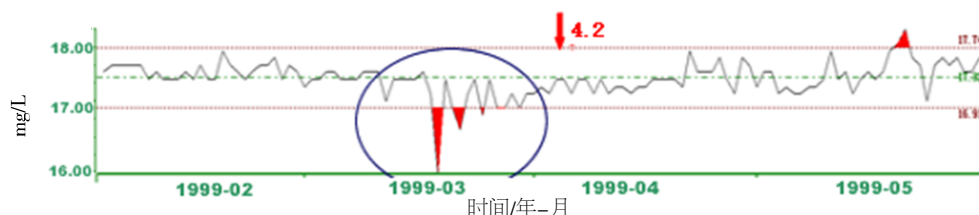


图 4 1999 年 04 月 06 日广东南澳海域 4.2 级地震钙离子观测值异常

Fig.4 The observation anomaly of calcium ion during the M4.2 earthquake in Nanao on April 6<sup>th</sup>, 1999

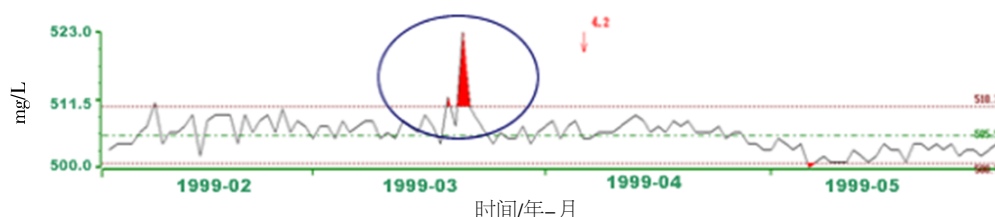


图 5 1999 年 04 月 06 日广东南澳海域 4.2 级地震氯离子观测值异常

Fig.5 The observation anomaly of chloridion during the M4.2 earthquake in Nanao on April 6<sup>th</sup>, 1999



图6 2012年10月28日广东潮安3.2级地震水质钙离子、氯离子观测值异常

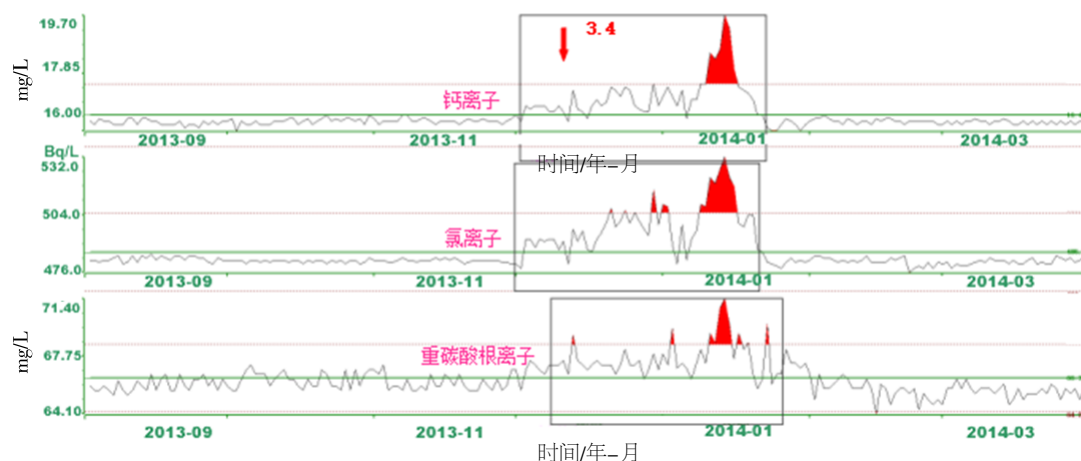
Fig.6 The observation anomaly of calcium and chloridion during the  $M_{3.2}$  earthquake in Chaoan on October 28<sup>th</sup>, 2012

图7 2013年12月4日广东丰顺3.4级地震水质观测值异常

Fig.7 The water quality observation anomaly in the 3.4 magnitude earthquake in Fengshun on December 4<sup>th</sup>, 2013

### 3 结语

根据对比研究,得出主要结论如下:

(1) 地下流体各项观测中,地下气体水氡短临表现较为灵敏,出现趋势性异常以水氡为主;水氡异常与南澳海域对应较好,在本地区地震临震异常观测值相对较有价值,有必要重点关注。

(2) 对震例研究表明异常与地震存在对应关系,可以从中把握一定的震前信息,但总体来说,现在看到的地下流体短、临异常还有较大的复杂性和多解性,没有形成一定的规律特征,今后应结合其他学科去做更深一步研究。

### 参考文献:

- [1] 陈运泰. 地震预报战略研究会上的发言[J]. 国际地震动态, 2005(5):34
- [2] 刘锦,何萍,陈贵美. 广东潮州井水化学地震前兆异常特征分析[J]. 地震研究,2010,33(4):288.
- [3] 龚永俭,陈 嵩,程立康,等. 宝坻新台井水位对地下水开采的响应特征及机理探讨[J]. 华南地震,2015,35(2):1-9.
- [4] 解晓静. 海南省井水位的数字化观测在地震前兆监测中的效能[J]. 华南地震,2015,35(2):28-36.
- [5] 解晓静,李 盛,卢启明,等. 海南琼海加积井水位受万泉河水位的影响特征及震例分析 [J]. 华南地震,2015,35(3):25-33.
- [6] 范雪芳,刘国俊,王 霞,等. 山西运城东郭井水位异常变化成因研究[J]. 华南地震,2016,36(2): 60-69.