

# 井潮畸变异常信息的提取及应用

相里晨

(唐山市地震局)

李俊荣

(丰南县科委)

## 摘 要

本文采用复相关分析方法提取井水位震前的固体潮畸变信息, 并给出定量化判别的数值标准, 分析中采用日气压系数代替平均气压系数, 改正气压对井水位的影响。本文还从映震的角度提出以资料异常率和地震对应率作为水位观测质量的判别标准。最后列举了该方法的实际应用效果。

## 一、前 言

目前, 在地震预报工作中, 人们分析井水位固体潮畸变, 提取震前应变信息常采用图象识别法。由于仅将井水位固体潮与理论固体潮的图形作对比, 有时难以确定异常信息, 因此, 应用该方法分析有很大的不确定性, 特别是当干扰较大时异常信息容易被掩盖。随着地震预报由定性向定量化方向发展, 作者试用了一种复相关分析法来提取井水位固体潮畸变异常信息, 效果较好。本文介绍了具体分析方法并进行了检验。

## 二、分析方法

该方法是将目前所能测到的井水位固体潮、气压潮和理论固体潮三者进行复相关分析, 求出复相关系数 $R$ 。当干扰稳定时, 三者相对平衡, 复相关系数大而且稳定在一定范围内。若应力场发生变化, 引起井水位固体潮畸变, 三者平衡被打破,  $R$ 值则下降。因此可以把 $R$ 值作为判定异常的指标。

应用复相关分析方法求取 $R$ 值时, 首先要排除一些主要的干扰因素。

### (1) 趋势变化与年变化的排除

井孔水位的趋势性变化和年变化对 $R$ 值的提取有一定影响。对这两种变化的排除方法有多种, 可用波尔采夫滤波法求出水位的短周期变化, 也可将年变化分为几个时间段, 分段求取其平均变化率。

### (2) 气压影响的排除

气压对水位变化的影响多种多样。处理时最好不用求取平均气压系数进行气压改正的方法。平均气压系数与当日的气压系数有一定的差异，在改正时可能造成改正误差，从而出现假异常。应把气压作为影响水位变化的一项因素，将其作为复相关分析的一个因子。需要改正时也应用当日的日气压系数来改正。日气压系数是指以当日24个气压整点值求得的气压系数。它能较为准确地反映当日气压变化对水位微动态变化的影响。

关于降雨的影响，目前尚无理想的排除方法，分析时将降雨影响时段舍去，不作为异常提取。

具体分析时首先采用波尔采夫滤波法或用分段变化速率法分别消除水位与气压测值的年变化，得到水位与气压的短周期变化数列。将此两数列中每日24个数值与理论固体潮24个数值进行复相关分析，求得每日复相关系数R值及日气压系数。用通常的统计法判断出复相关系数的日变化基值（正常值）、误差和异常标准线。凡是R值低于标准线的即为水位异常日，如有降雨干扰则应从中剔除降雨影响日，并可据此初步进行预报。

若要进一步得出异常日井潮畸变形态，可用图象对比法，即用当日的日气压系数对异常日的水位进行气压改正。用拟合法求出该日的正常水位。把改正后的水位、拟合水位和理论固体潮数值三者画图对比，即可以判断出井水位固体潮畸变异常形态及异常开始和结束时刻。

### 三、效果检验

#### 1. 玉田虹桥井

该井位于林南仓向斜翼部，井深456米，其井水属于岩溶裂隙承压水。1976年唐山大地震前一天其水位突升并溢出井口。该井平均气压系数为6.0—8.0mm/hpa，气压影响类型为中间型<sup>[1]</sup>。其年变幅度小于2米，水位年变化较规则。

分析该井1988年11月至1989年3月共5个月的连续观测资料，得出其复相关系数R日均值为0.981，均方差为0.005。取0.98为基值，取低于4倍均方差即0.96为异常警戒线，结果如图1所示。

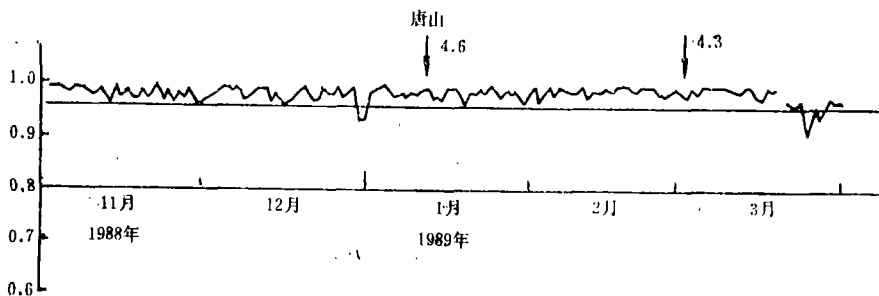


图1 玉田虹桥井水位相关系数R值变化曲线  
Fig. 1 Variation curve of relative coefficient R-value of water level of Hongqiao well, Yutian County

从图1中看出，5个月中共有7个异常日。这7个异常日可分为两组。在第一组异常发生后12天，唐山北发生M<sub>L</sub>4.6级地震。另一次M<sub>L</sub>4.3级地震前无异常反映。第二组异常持续5天，但其后无地震发生。由于数据较少，因此分析其映震效果为时尚早。但可以看出，其

资料异常率较低,为4.6%。该井对地震反映不太灵敏,这可能与其所在玉田县位于1976年唐山大震的低烈度异常区有关。

## 2. 丰南岳42井

该井位于开平向斜西北翼,多组断裂在此交汇,井深700余米。井水属于奥陶系灰岩岩溶裂隙承压水。其水位固体潮形态清晰、规则,潮差大,一般为十几厘米,最大可达14—16厘米(图2)。

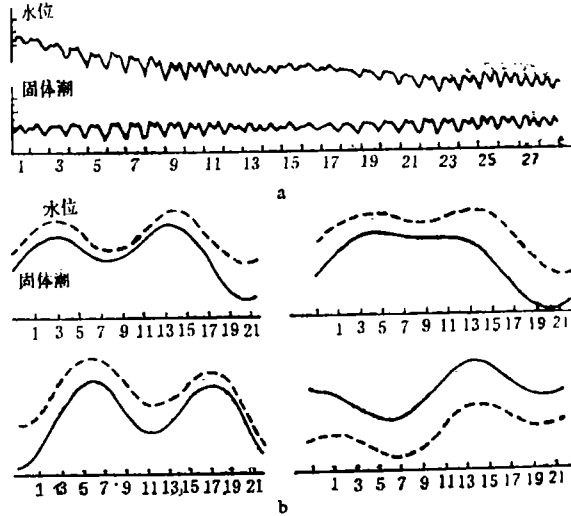


图2 岳42井水位与固体潮测值对比图

a. 水位与固体潮对比图 b. 各种不同形态固体潮与水位逐时值对比图

Fig. 2 A comparison between observed values of water level and earth tide of Yue 42 well

该井的观测资料有明显的年变化。其微动态变化很有规律,水位固体潮受年变影响较小,经年变化消除和气压消除后与理论固体潮曲线形态基本一致。气压对该井的影响比较复杂,需经年变化消除后才能显示气压影响。取该井1986年2月上旬测值作气压分析,得到气压系数变化范围为4.0—7.15mm/hpa,平均为5.8mm/hpa,平均滞后时间为2小时。若做更长时间的气压分析,则气压系数变化远不只这个范围。降雨对该井观测资料干扰大,很难消除。

对该井1986年11月到1987年12月连续14个月的数据逐日进行处理,其复相关系数大部分大于0.97,最高达0.995,其均值为0.976,均方差为0.00496。取低于三倍均方差的数值0.96为异常警戒线,则上述14个月内有异常日86个(图3)。其中7—9月为雨季,受降雨影响的异常日共53个。若剔除这三个月的异常日,则其余11个月有异常日33个,资料异常率为10.2%。这33个异常日可分为9组,它们分别对应了8次地震,其中有两次地震不在唐山老震区,属较远的强震,对应的原因还有待研究。该井对于距离相当近的3.0级左右的地震也有反映。如1987年3月6日丰南3.0级地震距该井5公里,震前该井水位出现异常,我们据此作过预报。

我们还对1987年以前发生在该井周围70公里范围内的 $M_L > 4.0$ 级地震及震群的相应的水位资料进行了处理,结果发现,37次地震中有31次震前有明显异常(表1),其余6次地震因时间间隔近及方向不同等原因互相干扰而无明显异常。可见该井的异常对应地震率很高。其地震反映率可达83%。

表1

序号	年	月	日	震中位置	震级	震中距	异常幅度	
1	1981	2	8	滦县	4.7	63	有	
2	1981	2	12	唐山	5.0	14	0.23	
3	1981	3	13	古冶	4.4			与8月15日分不出
4	1981	3	15	唐山	5.3	28	0.25	
5	1984	4	12	滦县	4.1	55	有异常	
6		4		滦县	4.5	62	0.7	
7		4		滦县	4.0	67		
8		4		滦县	4.2	65		
9		5	29	宁河东	4.3		无异常	
10		7	16	沙河驿	4.7	46	0.08	
11			25	陡河	4.2	27	0.39	
12		10	16	滦县	4.2	50	0.14	
13		10	31	雷庄	4.2	40	有	
14		12	11	丰润东	4.3		无	
15				古冶北	4.4		无	
16				古冶	4.0		无	
17			13	唐山	4.2		无	
18			31	唐山	4.1		无	
19	1985	1	13	丰南	4.9	7.0	0.64	
20		4	22	滦县	5.0	65	0.09	
21				滦县	4.7	62		
22				滦县	4.8	64		
23		5	22	沙河驿	4.7	52	0.04	
24		6	27	卢龙	4.0		有	
25	1985	8	11	滦县	4.3		有	
26				滦县	4.4		有	
27				滦县	4.5		有	
28			23	卢龙	4.0		有	
29			25	古冶	4.5	32	有	
30		10	5	古冶东	5.3	42	0.14	
31	1986	8	16	古冶	4.6			
32	1987	5	22		4.7	22		
33		6	7	宁河	5.0	14		
34		7	10	雷庄	4.2			
35		7	16	雷庄	4.8			
36		7	29	古冶	4.3			
37		8	8	宁河	4.7			

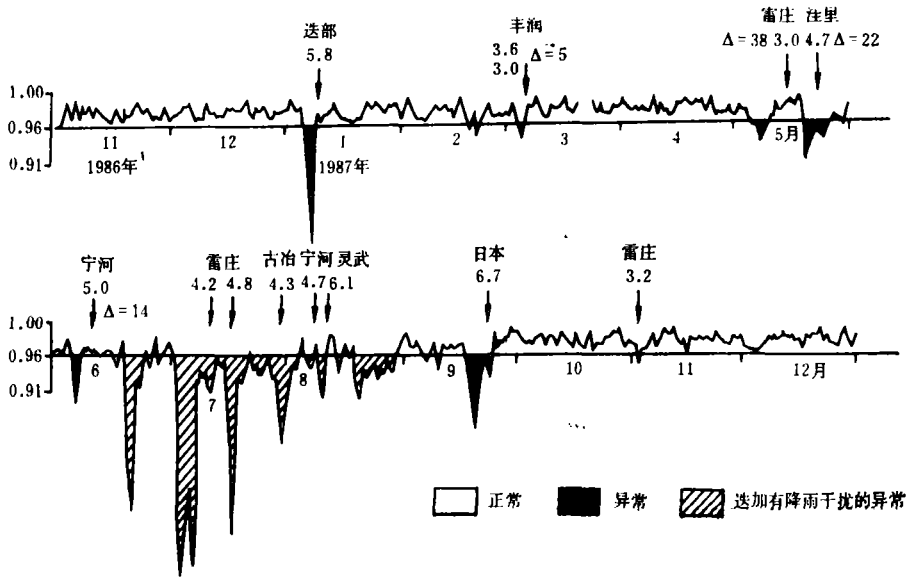


图3 岳42井水位微动态日变图(1986年11月1日—1987年12月31日)  
 Fig. 8 Daily change of microdynamic state of water level of Yue 42 well from Nov. 1, 1986 to Dec. 31, 1987

进一步分析发现,复相关系数R与震中距和震级有明显的关系。经相关计算,三者复相关系数达0.862,异常值大小与震中距关系尤为密切,两者的线性相关系数达0.83,指数相关系数达0.91。可能是由于所处理的地震震级差异小,故异常幅度与震级的相关系数较低(表2)。

表2

震中距	7	14	27	28	42	46	50	52	63	65	65
异常幅度	0.64	0.25	0.39	0.25	0.14	0.08	0.14	0.04	0.03	0.09	0.07
震级	4.9	5.0	4.2	5.3	5.3	4.7	4.2	4.7	4.7	5.0	4.5

### 四、震例检验

#### 1.1985年1月13日丰南4.9级地震

此次地震距岳42井约7公里。震前该井复相关系数R在11日以前一直正常,从11日开始下降,R值为0.885,超出均方差18倍,13日R值为0.87,超出均方差21倍。

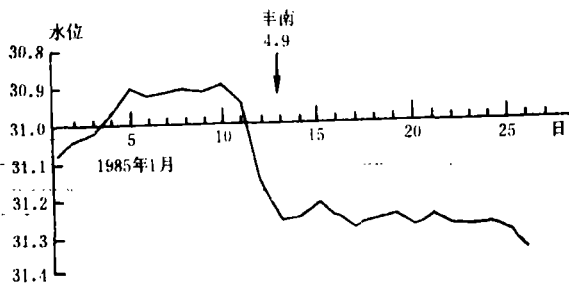


图4 水位日均值图  
 Fig. 4 Daily mean value of water level

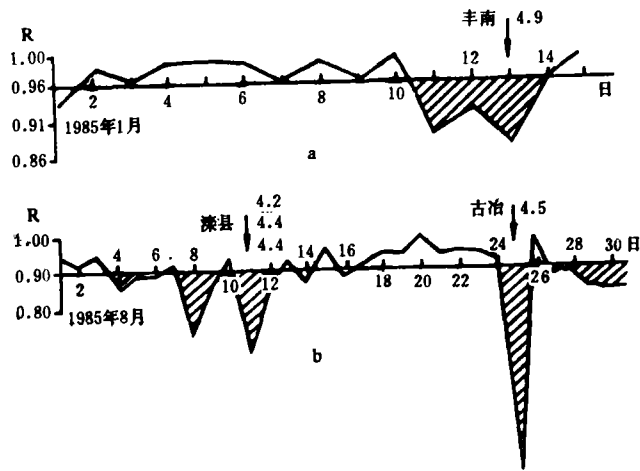


图5 固体潮、水位相关系数R日变图

Fig. 5 Daily change of relative coefficient R of water level and earth tide

2. 1985年8月11日滦县震群

该震群中包括一次4.2级和两次4.4级地震。震群发生前岳42井水位复相关系数R出现异常。

3. 1985年8月25日古冶4.5级地震

该次地震距岳42井约32公里。地震当天该井水位复相关系数R下降到0.24(图5b)。由图6可以看出, 8月25日13点异常开始, 水位由正常上升突变为下降, 17点发生地震, 震后异常持续到24点结束, 共持续10小时。

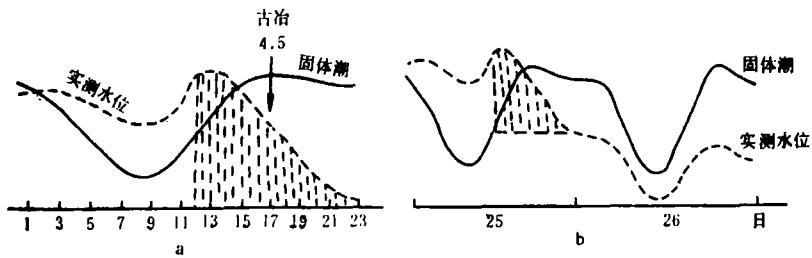


图6 1985年8月古冶4.5级地震前后水位与固体潮对比图

a, 8月25日 b, 8月25-26日

Fig. 6 A comparison between water level and earth tide before and after the Guye earthquake (M=4.5) in August, 1985

五、小 结

用本文提出的复相关分析方法提取地震前井水位固体潮异常信息, 简便易行, 所得出的资料异常率低, 并且有明确的量化数值判别标准。全部分析都可用PC-1500计算机进行, 因此便于推广。

目前通用的气压观测方法精度太低, 与水位观测精度相比, 两者相差悬殊, 不能满足水位微动态分析的需要, 应尽快解决气压的观测精度问题。

丰南岳42井映震能力强。其异常可对应周围70公里范围内的地震。该井资料异常率低,异常对应地震率高。因此,该井可作为监视唐山老震区余震活动的窗口。

作者在研究中得到汪成民、贾化周、万迪堃、董守玉等的大力支持和指导,并得到丰南县科委的大力支持,特此致谢。

(本文1990年3月12日收到)

### 参 考 文 献

- [1]董守玉等,地下水位气压效应的基本特征、类型及机理,华北地震科学, No. 1, 1987.  
 [2]《一九七六年唐山地震》编辑组,一九七六年唐山地震,地震出版社,1982.  
 [3]汪成民等,地震前地下水位短期及临震变化异常,地震学报, Vol. 4, No. 4, 1982.

## METHOD EXTRACTING ANOMALOUS INFORMATION IN EARTH TIDE OF WELL-WATER LEVEL AND ITS APPLICATION

Xiang Lichen

(*Seismological Bureau of Tangshan City, Hebei*)

Li Junrong

(*Science and Technology Committee of Fengnan County, Hebei*)

### Abstract

This paper uses the complex relative analysis method to extract anomalous information in earth tide of well-water level before earthquakes and offers the numerical standard distinguishing the anomalies quantitatively. The daily atmospheric pressure coefficient replaces the mean atmospheric pressure coefficient so as to correct the effect of atmospheric pressure on well-water level. It is suggested that anomalous rate of data and reflective ratio of anomaly to earthquake can be taken as standard distinguishing observed quality of water-level data. Finally, a practical example using this method is cited.