

塔院井水位微动态前兆异常信息的识别与分析

鱼金子 谷园珠 车用太

(国家地震局地质研究所)

摘 要

本文通过对塔院井1984年7月—1985年6月水位微动态资料的系统处理,捕捉到88个微动态异常。在此基础上,分析了这些异常和同期大华北地区的地震活动的关系。结果表明,塔院井水位微动态在多数 $M_L \geq 4$ 级地震前有异常反映,尤其在山西地震带的地震活动前反映较明显。因此,塔院井水位微动态分析有可能作为监测该带地震活动的重要途径之一。

近几年来,我国地震地下水动态的监测与研究取得了显著的进展,特别是建立了全国性的监测井网,积累了相当丰富的观测资料,认识了一系列与地壳的应力应变活动有关的水位微动态现象。认识各类微动态的特征^[1],从中提取出地震前兆信息,有可能提高地下水动态预报地震的能力。我们在前人工作的基础上^[2],从1984年7月开始在塔院井进行了有关研究,并取得了一些进展。

一、井孔概况

塔院井,构造上处于北京西部八宝山断裂与黄庄—高丽营断裂间的菱形块体上,东距黄庄—高丽营深大断裂约200米,北距洼里砾岩体200—300米。

该井所揭露的含水层为中侏罗系髻髻山组(J_{2t})安山岩与安山质凝灰岩,为弱透水的贫水层。观测层之上覆盖有厚59米的中侏罗系泥质页岩与多层第四系粘性土隔水层,使含水层具有承压性。

井孔深度原为361.62米,1982年实测深度为357.4米。观测层深度为252.0—357.4米。由地面开始0—193米深度段的井径为168毫米,193—252米段的井径为146毫米,以上两段均有套管护壁;以下深度段的井径为130毫米,属于裸眼段。井内变径处,水泥止水,其效果较好。

该井自1977年8月开始地震地下水动态观测以来,已积累了近九年的连续水位观测资料。1983年开始使用高精度的SSJ—1型数字水位仪,观测精度可达1毫米,时间误差每月不超过3秒。此外,井口还配备了气压、降雨及风动态观测。

由上可见,塔院井处于特殊的构造部位,动态观测项目较齐全,水位观测精度较高,积累了多年观测资料,具有研究水位微动态的较理想的条件。

二、井水位的正常动态

多年观测结果表明，该井水位动态由两部分组成。一部分是与区域的地下水补给和开采有关的动态，另一部分是与地壳的应力应变活动有关的动态，如水位固体潮、水位的气压效应与降雨荷载效应等。

该井所揭露的含水层主要受京西山区大气降水的补给。补给区位于鲁家滩一带，由于渗入途径长，含水层渗透性差，每年地下水位的趋势性涨落都明显滞后于相应的雨季与旱季，一般 3—4 月水位开始趋势下降，9—10 月水位开始回升，表现出有规律的年变动态。

该井所揭露的含水层富水性差，为非开采层，故该井水位不受城市地下水开采的直接影响。但是该含水层与相邻的其它含水层，如其上伏的第四系砂砾石含水层，在其西部的奥陶系喀斯特含水层。在其北部的洼里灰岩含水层等，或因岩相横向变化，或因断层沟通，均有一定的水力联系，故其动态受上述相邻各含水层开采的间接影响。在这种影响下，该井水位多年来表现出趋势性下降的动态，水位埋深由完钻时（1971 年 6 月）的 3.29 米，降到现在的 21.50 米（1985 年 12 月底），平均每年下降 1.26 米。

塔院井水位的固体潮效应较为明显，日最大潮差为 7.2 厘米（图 1）。据田竹君等人的多年研究，该井水位固体潮主要由多种日波与半日波组成，其中占主导地位的是两个日波与半日波。

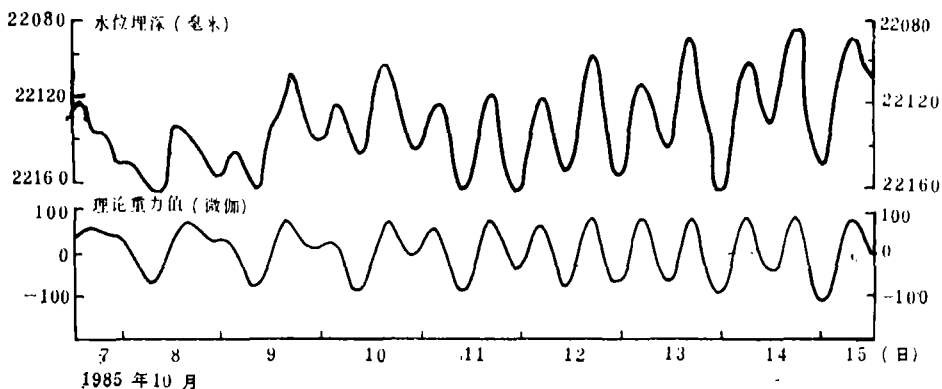


图 1 塔院井水位观测值与理论重力值对比曲线

该井水位受大气压力的影响也较明显（图 2）。井孔水位的气压系数*，据杜品仁（1985 年）用作图法、最小二乘拟合法与滑动平均法等不同方法计算的结果，为 0.25—0.55，平均 0.35。

该井水位在雨季还具有降雨荷载效应，即降雨后由于地表积水和表层渗入水的荷载作用，井孔水位表现出陡升过程，当雨停，地表积水流失及蒸发后，井水位缓缓恢复

*指单位气压（用水柱高度表示）作用下产生的井孔水位变量。

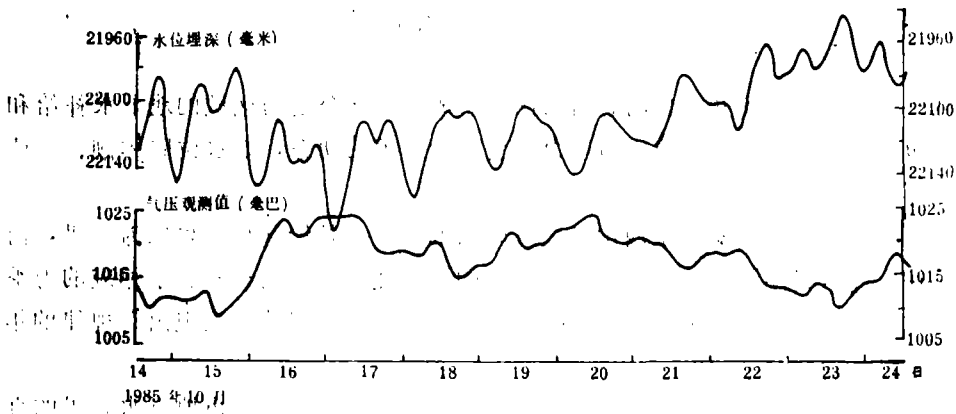


图2 塔院井水位观测值与井口气压观测值对比曲线

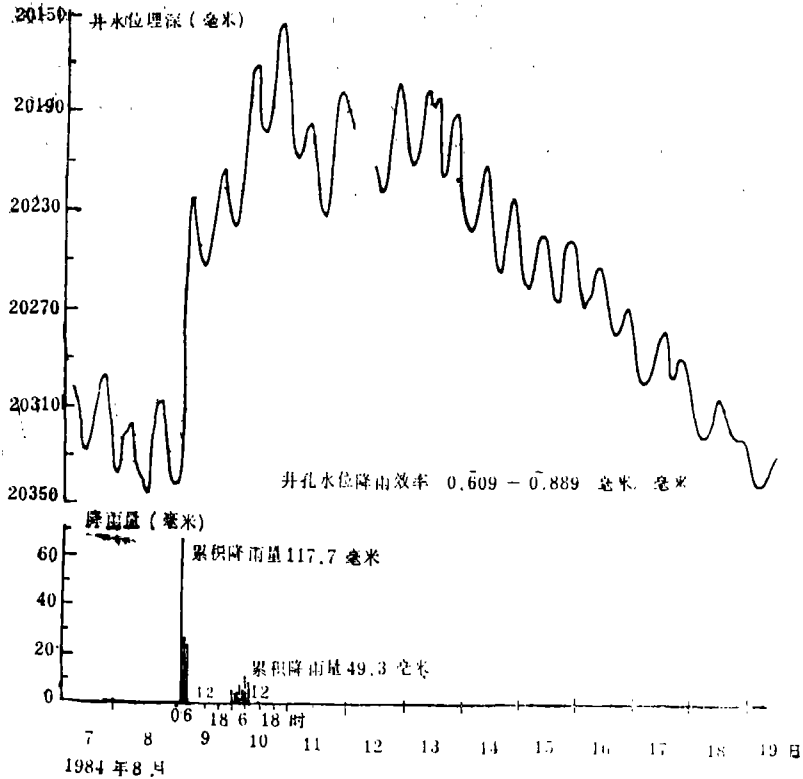


图3 塔院井水位观测值与井口降雨量对比图

(图3), 一般情况下, 连续一次降雨量大于几十毫米时, 才出现这种现象。井水位上升量与降雨量的比值关系为0.4—0.9毫米/毫米, 井水位上升相对于降雨的时间滞后约2小时。然而, 该井水位的降雨荷载效应并不是每次大雨后都很明显, 只是在较长时间的天晴之后第一次降雨时才很明显, 连续几次大雨后, 后来大雨的效应往往就变得不明显。

三、井水位微动态异常信息的提取

由于塔院井水位存在着明显的趋势下降动态和年变动态，故捕捉长周期的趋势性的地震前兆信息显得较为困难，为此近年来我们把工作的重点放在捕捉周期较短的微动态信息方面。为了捕捉微动态前兆信息，首先对水位动态观测数据要进行一系列数据处理^[2]排除各种已知的干扰成分，提取出微动态异常信息，并且认为地震前兆信息，可能就包含在这些异常信息中。

提取异常信息的基本思路^[2,3]，如图4所示。

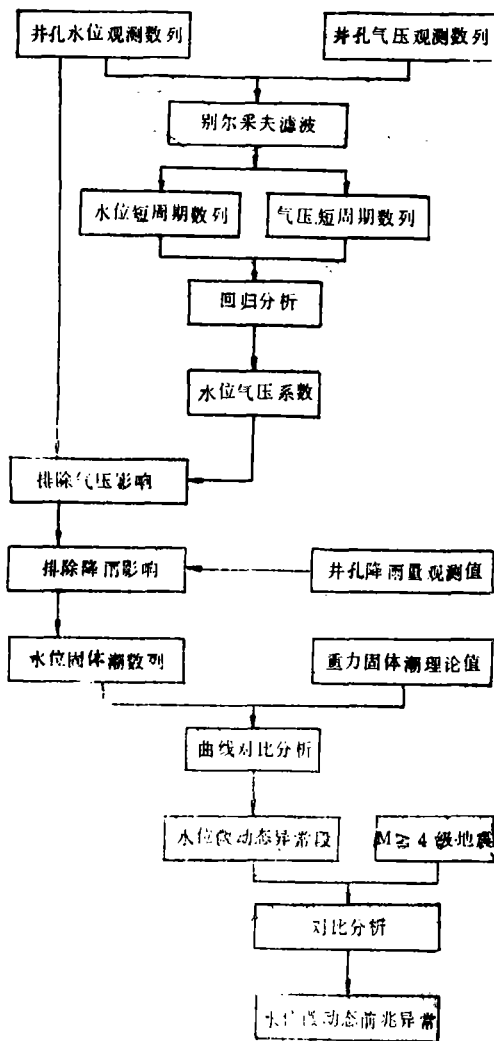


图4 提取井孔水位微动态异常信息的基本思路

首先，对于井孔水位观测数列与井口气压观测数列分别进行别尔采夫滤波分析，各自被分离为长周期数列与短周期数列两部分；再对水位与气压的短周期数列进行一元回归分析，求得井孔水位的气压系数。

然后，从井孔水位观测数列中，利用已求得的气压系数，井口降雨量观测值等，依次排除气压与降雨荷载的影响，求得纯在地球固体潮作用下形成的水位固体潮曲线或数列。

从理论上讲，对这样求得的水位固体潮数列还要进行调和分折，求得各分波的潮汐因子与位相，然后和正常情况下的相应参数进行对比，判断出水位正常与否。但是，由于这样处理需要较大型的计算机，工作起来困难较多，因此我们采用较为直观的图形对比法来判断水位正常与否。

实际上，按上述方法求得的水位固体潮曲线，在正常情况下应和重力理论固体潮曲线十分吻合。但有其它因素作用时，这两条曲线就不会相吻合。因此，通过两条曲线的对比分析，可以找到水位固体潮异常时段，并认为其有可能包含有地震前兆异常信息。

按着这样的思路，对1984年7月至1985年6月间12个月水位微动态观测数据

及有关数据，利用Apple—Ⅰ微机进行了系统处理，绘出每日水位固体潮与理论重力固

体潮的对比曲线。在这样的对比曲线上,经过系统的对比分析,共找到88个日微动态异常。

关于异常段的判别,主要考虑了水位与重力固体潮曲线的相位错动。反向与水位突变等。根据该井正常微动态的研究结果,半日波中以 M_2 分波为主,而该波产生的水位相对固体潮 M_2 波的相位差为 $6.4-19.8^\circ$,即正常情况下可以近似地认为水位峰谷滞后于固体潮峰谷约半小时—1小时半。考虑到计算方法的不完善可能引起的误差,一般相位差超过2小时以上时才被认定是异常。此外,有些情况下水位峰谷与固体潮峰谷的数目不相对应,如固体潮曲线为单峰单谷,但水位曲线上出现多峰多谷时,也被认定是水位异常。塔院井水位的正常微动态曲线与异常微动态曲线,分别选出三日资料,示于图5中。

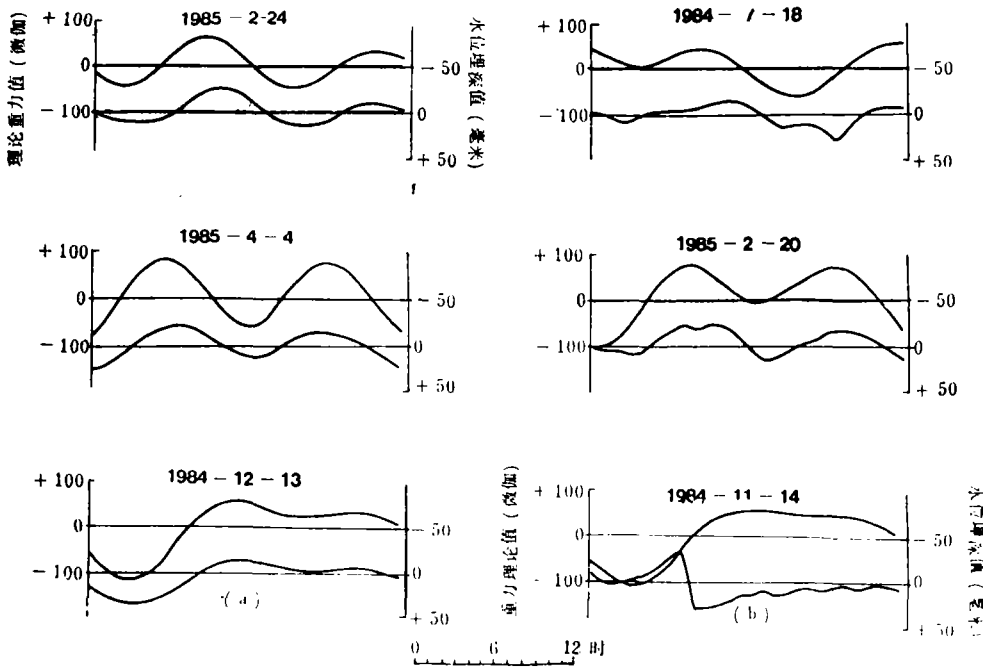


图5 塔院井水位日微动态典型的正常曲线(a)与异常曲线(b)图

四、井孔水位微动态异常与地震关系的分析

从所找到的微动态异常中可能包含有地震前兆异常信息的观点出发,对上述88个异常和地震关系进行了对比分析。

据北京电信传输台网地震目录,在我们所研究的期间内,大华北地区共发生 $M_L \geq 4.0$ 级地震29次(图6),其中 $M_L \geq 5.0$ 级地震有2次,最高震级为 $M_L = 5.7$ 级,这些地震的震中离塔院井的距离多在100—600公里。

为了分析所求得的异常与所发生的地震之间的关系,在逐日时间系列上,把所有异常与地震摆进其相应的位置上,然后对比分析两者的关系。

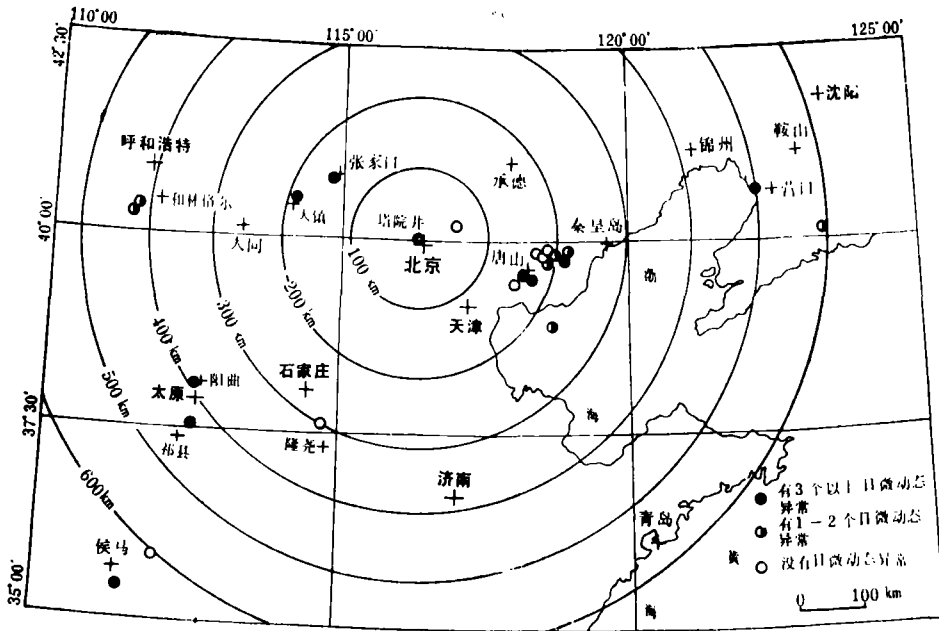


图6 1984年7月—1985年6月间大华北地区发生的 $M_L > 4.0$ 级地震及其前塔院井水位日微动态异常显示强弱程度显示图

按照地下水的震前异常是短临异常为主的观点^[4]，我们取地震前15天内出现的异常做为与该地震可能有关的前兆异常。这样的前提条件下，把88个日微动态异常和大华北地区 $M_L \geq 4.0$ 级的29次地震对比结果，总的说来仍存在着三种情况，①有震有异常；②有震无异常；③有异常无震。但是，29次地震中25次地震的震前有日微动态异常出现，故有震有异常的情况所占的比例较高，约占86%。

当然，每次地震前塔院井水位中出现微动态异常的时间和异常的次数是不等的（表1，表2）。由统计结果可见，80%的地震前异常出现在震前10天以内，70%的地震前出现的异常次数在2次以上。

表1 震前异常出现时间的统计

震前异常出现时间(天)	当 天	1—5	6—10	11—15
异常出现的次数	6	13	8	7

表2 震前异常出现次数的统计

震前异常出现次数	1	2—3	> 3
相应的地震次数	8	6	12

为了提高异常与地震关系分析结果的可信度，我们又进行了一次筛选。从地震前出现异常的时间上，只取震前10天内的异常；从地震前出现异常的次数上，只考虑有三次以上异常的地震，那么，29次地震中，只有12次地震前有异常（表3）。按现有的认识

水平, 我们认为这12次地震前出现的水位的微动态异常可能就是前兆异常。其中, 一个典型的震例示于图7中。

表3

震前塔院井水位微动态异常较明显的12次地震

地震	序号	1	2	3	4-5	6	7	8-10	11	12
	震中	陡河	营口	阳曲	天镇	唐山	张家口	滦县	祁县	候马
	发震时间	7月25日	8月30日	11月21日	11月27日	12月31日	2月13日	4月22日	5月2日	5月7日
	震级	4.2	4.6	4.5	4.3-4.4	4.1	4.3	4.7-5.0	4.9	4.0
异常出现的震前天数	1-4	2-4	1.6-8	2.7	2-4	1-3 8-10	1-3 7-10	2.4 6-9	7-9	
前十天内异常次数	4	8	4	2	3	6	7	6	3	

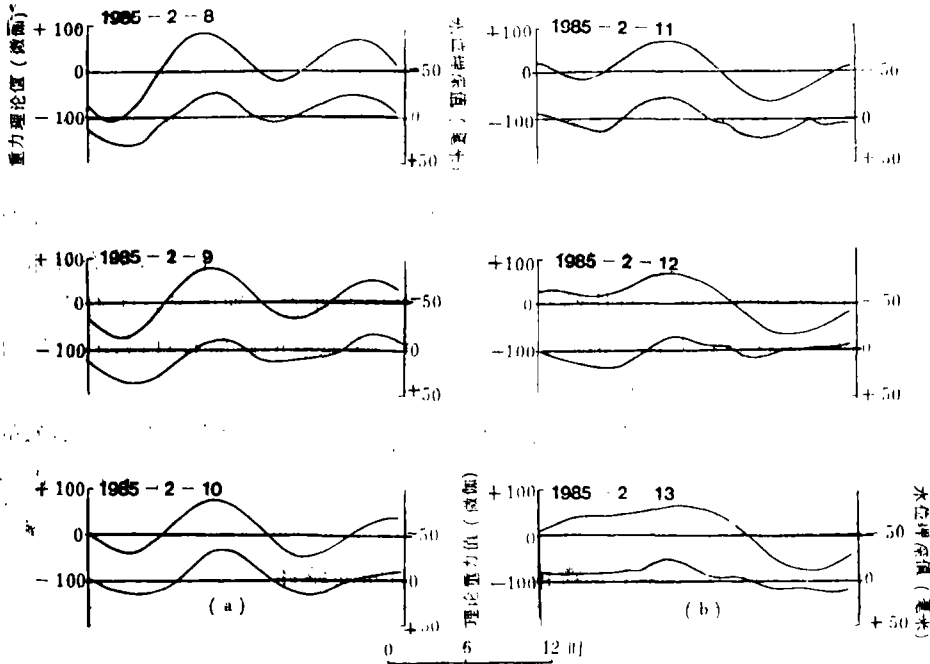


图7 张家口地震(1985年2月13日、 $M_L=4.3$)前塔院井水位微动态变化(a)正常动态组;(b)异常动态组

如果在大华北地区地震分布图上, 特别标注出上述12个地震, 那么不难发现, 其中一半的地震是发生在山西地震活动带上的地震(图6), 这说明塔院井水位微动态对这个带的地震活动可能具有较高的敏感性。这种敏感性还可以从另一方面去看, 在1984年7月—1985年6月间, 该带内共发生7次 $M_L \geq 4.0$ 级地震, 而塔院井竟有6次震前较明显的微动态异常反映, 进一步证实了上述认识是比较可靠的。实际上, 我们对其中的两次地震(天镇、张家口), 曾在震前有所觉察, 当时就写有震前监视报告。塔院井水位

之所以能较灵敏地反映山西地震带的活动，我们认为主要是因为该井处在黄庄—高丽营断裂带上，而该带就是华北拗陷与山西隆起的主要大地构造的分界，隆起带内的地震活动可能和其边界的应力活动有关。

当然，还必须指出，塔院井水位微动态异常与地震关系中，还存在着有震无异常和有异常无震的情况。有四次地震前十五天内塔院井水位没有发现任何微动态异常。还有四组3次以上微动态异常出现后大华北也并没有发生相应的地震，尤其是在1985年3月上旬与中旬，几乎连续出现微动态异常共16日，但大华北却没有地震与之对应，其原因还有待于今后继续研究，目前尚难给出可信的解释。

五、几点认识

对1984年7月—1985年6月间塔院井水位微动态资料的处理与分析，得到如下初步认识：

(1) 地下水位微动态数据的计算机处理，可得到更多的水位异常信息。在塔院井水位动态监测中，在未经处理的水位、气压、理论固体潮与风的对比曲线中，只发现几处明显的异常，但经微动态数据处理之后，却发现88个微动态异常。这对提高地下水动态预报地震的能力，无疑是有益的。

(2) 塔院井水位微动态异常信息中，可以找到具有一定可信度的地震前兆信息。该井水位微动态，对大华北地区的 $M_L \geq 4.0$ 级的多数地震有一定的异常反映，尤其是对山西地震带内的地震活动有较好的前兆异常反映。因此，该井水位微动态观测与分析，可做为监测山西地震带（包括晋冀蒙交界地区）内地震活动的有实际意义的途径之一。

(3) 井孔水位微动态异常与地震关系是复杂的，其原因可能除了与地壳活动本身的复杂性有关外，还可能与微动态数据处理方法的不完善有关，如气压系数的计算方法还不理想，在排除气压对水位的影响时，由于人为地把一口井的气压系数在一个较长时间内看成是常数，由此可能引出一部分“伪异常”。

(4) 要把井孔水位微动态数据处理的方法应用到地震预报的实践中去，必须解决水位与气压的数字化观测及其与微机的联机等技术问题。若不改变现有的水位与气压的模拟记录，纸上人工取数与微机人工操作等状态，是很难发挥这种方法的实际作用的。因此，必须抓紧地下水动态观测技术的自动化与计算机化问题。

参 考 文 献

- [1] 车用太，井孔水位的微动态特征综述，水文地质工程地质，4，1984。
- [2] 田竹君等，地下水位微动态资料的分析与处理，地震地质，3，1985。
- [3] 国家地震局地下水影响因素研究组，地震地下水动态及其影响因素分析，地震出版社，1985。
- [4] 地下水动态攻关组，我国地下水动态预报地震的进展，中国地震，1，1985。

THE RECOGNITION AND ANALYSIS OF PREMONITORY ANOMALOUS INFORMATION IN MICRO-DYNAMIC VARIATION OF WATER TABLE IN TAYUAN WELL

Yu Jinzi Gu Yuanzhu Che Yongtai
(*Institute of Geology, State Seismological Bureau*)

Abstract

88 micro—dynamic anomalies have been found out by systematic treatment of micro—dynamic data of water table in Tayuan well from July of 1984 to Jun of 1985. Based on this, the relationship between these anomalies and seismicity in North China at the same time has been analysed. The results have shown that the microdynamic variation of water table in Tayuan well showed anomalies before most of $M > 4$ earthquakes, especially it showed obvious anomalies before the seismicity in Shanxi seismic zone. So the micro—dynamic variation of water table in Tayuan well can be taken as an important way for monitoring the seismicity in the seismic zone.

国际地震区划学术讨论会在广州召开

经国家科委批准, 国家地震局于1987年12月6日至10日在广州迎宾馆白云楼主持召开了“国际地震区划学术讨论会”。国家地震局付局长周锐同志在开幕式上, 对来自美、日、南、意、希、加、保等国的科学家和国内同行们表示热烈的欢迎, 并预祝大会圆满成功。高文学副局长报告了我国地震区划工作的历史和现状。会议组织委员会主任刘恢光教授作了长篇精彩的学术报告。会议还听取了时振梁先生关于我国第三代地震区划图编制工作的报告。

会议期间, 中外学者除了报告自己的研究成果外, 还进行了广泛地讨论和交流, 大家共同认为地震科学和地震区划研究是人类共同财富, 是没有国界的, 因此各国科学家应该通力合作, 不断交流经验, 以便推动研究工作的进展。

我国是多地震国家, 为了减轻地震灾害, 就要把地震预报和抗震工作结合起来, 做好地震的预测和预防工作。编制地震区划图是制定国家经济建设规划和城市抗震防灾对策的重要依据。为适应国民经济建设的需要, 国家地震局决定在“七五”期间编制我国新的地震区划图。由于近年来国际和国内在地震区划方面进行了广泛深入的研究工作, 会议更好地吸收了国际和国内的先进编图经验和最新成果, 并促进和加强了各国学者之间的交流和合作。通过这次会议, 各国学者还对“中国地震区划图”的编制工作提出了宝贵的意见和建议。会议的学术气息浓厚, 自始至终都在热情洋溢的报告、讨论、交流之中进行。可以说这次会议开得圆满成功, 达到了预期目的。

(河北省地震局 杨理华)