

万全井水位非前兆应变信息的探讨

贾化周 董守玉 万迪堃

(河北省地震局)

摘 要

本文系统地讨论了万全井近五年来水位由趋势性下降转向趋势性上升的全过程,认为这不是地震前兆信息,而是一种非前兆应变信息。万全井水位持续两年的下降现象,是在特定的水文地质条件和观测条件下,地壳弹性储量消耗引起孔隙水压降低的结果;持续半年多的水位转向是由于万全地震的影响,使充水断层改善了导水性能,从而引起水量、水头的变化;近两年井水由加速上升转向高值平稳的发展过程是在菏泽地震及一些较远的大震的远场效应作用下,使充水断层的导水性能进一步改善的结果。

引 言

地震预报的实践表明,在较大地震发生前地下水位有不同程度的异常变化。但是有异常并不一定都要发生地震,异常并不等于必震的信息。这是因为异常只能表明某一地区在某一时段内地壳应力在集中和加强,应变能在积累;或者是由于受到某种力的作用,使地壳内原来的平衡被打破,从而在新的条件下逐步形成新的平衡。至于是区域应力场作用引起的还是震源应力场引起的,目前是分辨不清楚的。研究表明,只有震源应力场作用引起的异常,才与地震的发生有因果关系,而区域应力场作用引起的异常与地震的发生属同源关系。目前由于难于区分这两类异常,所以预报是不确定的。另外在区域应力场加强的过程中,一些敏感地区和敏感点可能产生明显的异常变化,但不一定就在这些敏感点上发震。因为地壳内的应变能除了以地震的形式释放外,还可以以变形、热能散失、断层蠕滑、自身的调整等多种形式释放。研究非前兆应变信息,对于减少虚报、提高预报准确率有一定的实际意义。万全井近几年的水位变化为研究非前兆应变信息提供了丰富的资料。

井孔条件及水位异常动态分析

万全井位于万全盆地西缘,河北省万全县城西河高河漫滩上,北依低山,南临山前平原,井深21米。其上部35米为第四系冲洪积砂砾石层,中部为上侏罗统南天门组砂页岩夹煤

层,下部为上侏罗统张家口组以石英斑岩为主的火山岩系。井口以下至167米处下直径为146毫米的套管,167米—211米下直径为89毫米的套管,滤水管部位在171—206米。水头高出地面25.7米水温15.6℃,属破碎带裂隙承压水。由于水泥止水效果欠佳,成井时发现因接头不严密局部有渗水现象。

自1981年3月观测以来,万全井水位资料连续可靠。其水位动态与附近潜水、承压水迥然不同,无年周期变化(图1)。水位动态变化大致可分为三个阶段。第一阶段是1981年3月至1983年4月2日;第二阶段是1983年4月3日至11月6日;第三阶段是1983年11月7日至现在。现分述如下:

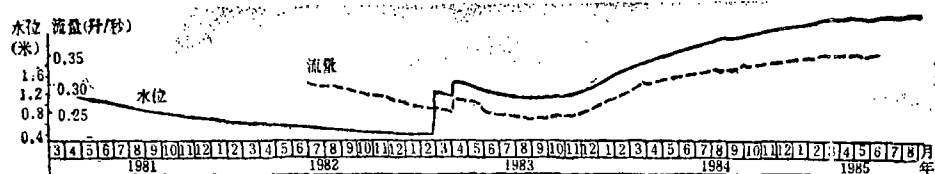


图1 万全井水位流量曲线

Fig.1 Flow curve of water level of Wanquan well

1.第一阶段水位动态变化一直处于缓慢的下降过程中,总下降量达930毫米,其中1981年3月至12月下降600毫米,平均每月下降60毫米;1982年下降300毫米,平均每月下降25毫米,1983年1—2月下降30毫米,平均每月下降15毫米。2月25日调小放水闸门,水头升高,2月25至4月3日水位继续下降约50毫米,这一阶段的水位下降曲线是按负指数方程变化的。造成这种水位动态变化的原因主要是井孔水文地质条件的变化。该井距补给区仅20公里,井水矿化度较高(1.9克/升),据水文地质剖面图揭示,石英斑岩含水岩系在盆地内的水力坡度由15.7%骤降至1.6%,可见盆地内地下径流不畅。此外,尽管该层地下水属大气成因,但水中溶解气体 N_2 含量高达88.5%,而 O_2 含量仅3.86%,与空气中含量相差甚大,表明地下水处于还原环境。水中溶解气体 CO_2 含量为5.%, He 含量为0.5%,分别比空气中的含量高出2—3个数量级, F 含量高达23.8毫克/升,单位涌水量仅0.068升/秒·米,这进一步说明了万全井地下径流滞缓,水量不大,封闭性好。所以当放水观测后,必然消耗其周围地壳内的弹性储量,使孔隙水压降低,有效压力增大,含水岩系的孔隙裂隙率减小,从而造成井水位连续下降,流量减少,下降速率逐渐变缓直至平衡。所以,这一阶段水位动态变化是在新的条件下,在孔隙水压与有效压力相互调整过程中的正常动态。

2.第二阶段水位动态变化形态较复杂,可分为陡升、急剧下降、缓慢、平稳、缓升五个过程。水位陡升乃是万全地震的震时效应,后面四个过程是下面几种因素综合影响的结果:(1)万全地震时水位陡升后的下降恢复;(2)一定放水量引起的水位自然下降;(3)万全地震引起井孔及其附近地下介质状态发生一定变化,即提高了含水岩体的导水性能,从而使进入井孔的水量增加,导致水位上升及水流量增大。当第(1)、(2)种因素导致水位下降的作用大于第(3)种因素导致水位上升的作用时,水位仍持续下降。在水位下降过程中,第(1)、(2)种因素的作用逐渐减弱,水位下降速率也逐渐变缓,直至与第三种因素的作用相当时,水位将转平稳;当第(1)种作用完全消失后,第三种因素的作用大于第二种因素时,水位将缓慢上升。

1983年4月3日万全4.5级地震位于F₁断层向南延伸的部位上,距该井15公里,其震源机制解的节面I走向13°,倾向直立,倾角90°。据河北省地矿局地质三队区测报告,在钻探过程中在万全井的195—214米处遇破碎带(F₁),该破碎带在井孔北部丘陵区已露出地表,出露长度500米,走向近南北,倾向西,倾角70°,属正断层,向南在城西河河床内隐伏地下(图2),断层带内有水充填。因此有理由推断,万全地震很可能就是F₁断层的一次活动,或万全地震牵动了F₁断层活动,并导致万全井附近地下介质状态发生了某些改变(如裂隙的勾通、渗透性能的增强等)。这可以由万全地震后该井反映地震的能力明显增强的事实来证实。

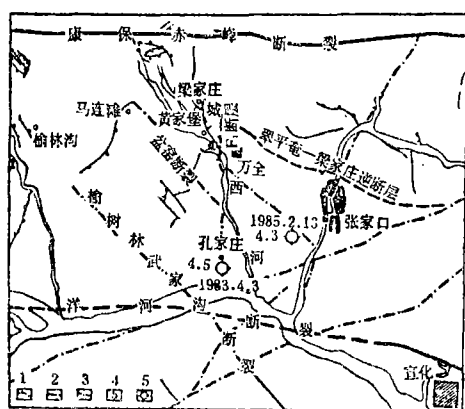


图2 张家口地区地质构造、

井孔位置及震中分布图

1. 隐伏断层 2. 深大断裂 3. 推测断裂
4. 万全井 5. 震中

Fig. 2 Geological structure, well position and epicentral distribution of Zhangjiakou area

在万全地震前的两年多时间的观测中,万全井水位自记图上仅记录到两次来自太平洋方向的远距离的大震。万全地震后仅两个月的时间,该井就记录到同一区域的九次地震,直到现在,对地震的反应仍很灵敏。例如,1983年11月7日山东菏泽5.9级地震,万全井距震中627公里,井水位于震前3小时20分突降4毫米,震时记录到地震波引起的水位振荡,并伴有水位阶变,震后6小时40分水位突升7毫米。水位在震前、震时和震后形成一个完整的异常图形,这是观测以来所未曾见到的,是完全可信的。自菏泽地震后到目前,对于在太平洋方向发生的一些远距离的大震,万全井也多次记录到上述图形,重现性较好。上述事实说明万全井对应力变化有较灵敏的反映,其灵敏性在于井孔所处部位的构造不稳定性和水动力状态的不稳定性。

H.H.Cooper等人在研究水震波时给出一个公式:

$$\beta = \frac{\gamma_w^2}{4T} \sqrt{\frac{g}{H}} \ker(\alpha)$$

式中 β 为含水层系统的阻尼系数, γ_w 为井孔半径, g 为重力加速度, H 为井孔水柱高度, $\ker(\alpha)$ 为开尔文函数的实部, T 为含水层的导水系数(等于含水层厚度 M 与渗透系数 K 的乘积)。由公式可知,当井孔半径 γ_w 、重力加速度 g 不变且井孔水柱高度 H 变化很小的情况下,含水层的导水系数 T 的增大可使含水层阻尼系数 β 减小,从而提高井孔水位反映地震的灵敏度。所以这个阶段使水位转向上升,形成新的动态变化的决定性因素是万全地震。

3. 第三阶段水位经历了急剧上升、缓慢上升、逐渐转平几个过程。1983年11月7日至1984年4月10日的156天中,水位上升610毫米,日均上升3.91毫米;1984年4月11日至8月2日的113天中,水位上升300是毫米,日均上升2.66毫米;1984年8月3日至1985年3月20日的228天中,水位上升400毫米,日均上升1.84毫米;1985年3月21日以来,水位在2450毫米的水头高度上下波动。整个水位动态变化是按一定的指数方程衰减的,其变化曲线

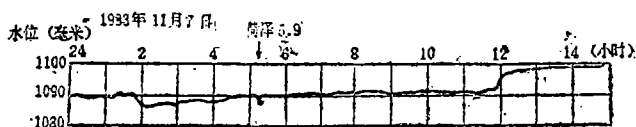


图3 · 万全水位瞬时变化曲线

Fig. 3 Instantaneous variation curve of water level in Wanquan well

类似于抽水停止后的水位恢复曲线。根据张家口水文地质观测站资料,本区地下水补给区在坝上,近年来坝上张北县油篓沟乡喜顺沟村40号井(火山岩承压水)和东窑子乡土井子村井(火山岩潜水)水位均无明显的上升或下降趋势,而是处于平稳变化之中。万全井附近地区梁家庄井(火山岩承压水)、马莲滩井(火山岩自流井)无论是水位还是自流量均呈下降趋势。本区潜水位大幅度下降,井孔附近的潜水位埋深已下降至50米以下,大部分民井均已干涸。综上所述,不论是在补给区坝上,还是井孔附近,均没有与万全井水位动态相呼应的变化,因此,仍需从井孔自身的条件探讨其上升的原因。

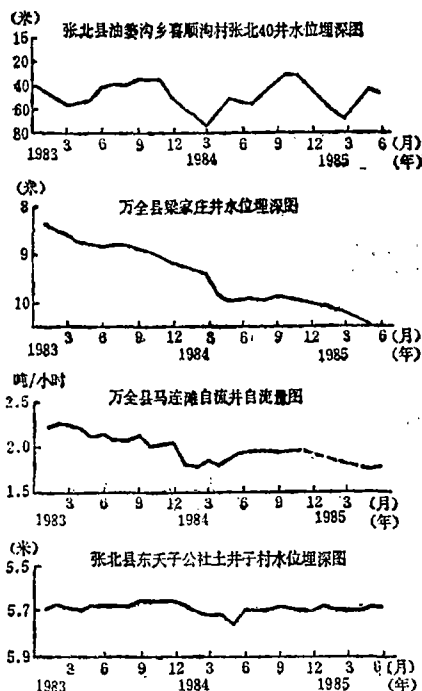


图4 区域地下水位动态对比图

Fig. 4 Contrast of water level dynamic state of regional groundwater

万全井水位上升速率加快发生在菏泽地震之后。从该井水位异常图象上可以看出,井孔受到引张力的作用,从而进一步改善了 F_1 断层的导水条件及含水岩体的导水性能。以后井水位的加速上升以陡坎形式出现,均发生在远距离的大震发生的前后,这是万全井水位的远场效应。万全井水位比 F_1 断层附近的石英斑岩含水层水位高出近8米,可视为属于水动力异常带的水,水位对地壳内应力的变化有灵敏的反映是可以理解的。刁桂苓根据北京地震台网地震观测报告选取1982年7月—1984年6月期间,北纬 $39^{\circ}30'$ — 41° ,东经 $113^{\circ}46'$ — 116° 范围内的地震,求得三个综合断层面解(表1)。1983年4月3日万全4.5级地震震源机制解见表2。综合分析表1和表2可以看出,万全地震前后,区域应力场没有发生显著变化,但是在1983年4月4日—1983年11月8日还是有微小的变化,矛盾符号比较低,也就是说在万全地震至菏泽地震之间,区域应力场有过一些变化,菏泽地震后又恢复到原来的状态。

在这个较小的应力场调整过程中,正是敏感的万全井水位转向、加速上升的过程,因此除了两个地震引起充水断层导水性能的改变外,万全井水位的变化可能还包含一定的区域应力场调整过程的信息。

表 1

时 间 段	A 节 面			B 节 面			P 轴		T 轴		矛盾符 号比%
	走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位	仰角	方位	仰角	
1982.7.1—1983.4.2	18°	SE	88°	108°	SW	85°	243°	2°	153°	5°	24.3
1983.4.4—1983.11.18	27°	直立	90°	117°	SW	75°	254°	11°	162°	11°	19.8
1983.11.10—1984.6.30	17°	NW	80°	102°	SW	87°	242°	24°	147°	8°	26.2

表 2

A 节 面			B 节 面			P 轴		T 轴	
走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位	仰角	方位	仰角
13°	直立	90°	103°	SW	750°	239°	10°	147°	10°

结 束 语

自观测以来，万全井水位的动态变化经历了下降、转平、上升、高值稳定等过程。尽管每个过程的机理、形态各不相同，但都是属于非前兆应变信息。如果对这种信息认识不足，将会造成虚报，这是在地震预报中应予以重视的问题。

（本文1986年6月26日收到）

STUDY OF UNPRECURORY STRAIN INFORMATION ON WATER LEVEL OF WANQUAN WELL

Jia Huazhou Dong Shouyu Wan Dikun
(*Seismological Bureau of Hebei Province*)

Abstract

This paper systematically discusses the whole process for nearly five years in which the tendency descension of water level of Wanquan well changed into tendency ascension. It has been considered that it is not seismic precursory information, but a reaction of unprecusoray strain information. The water level descension lasted for two years is as a result of decrease of pore water pressure caused by the consumption of elastic reserve under the special hydrogeological and observation conditions; the water level reversion for more than half a year is as a result of that water-filled fault changed the performance of water conduction, thus caused the changes of water quantity and water head; the developing process for nearly two years in which the accelerative ascension of the water level turns stable with high value is a result of further changing the conduction performance of water-filled fault for the sensitive Wanquan well under the reaction of effects of Heze earthquake and some large distant earthquakes.