

唐山矿井模拟与数字水位的记震能力对比分析

张素欣^{1,2}, 杨卫东^{2,3}, 张子广¹

(1. 河北省地震局, 河北 石家庄 050021; 2. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026;
3. 衡水市地震局, 河北 衡水 053000)

摘要:介绍了唐山矿井模拟水位与数字水位观测的基本情况, 对 2004 年 7 月至 12 月 11 次全球 7 级以上地震引起唐山矿井模拟水位与数字水位水震波特征进行了对比分析。结果表明数字水位有较模拟水位的记震特征易识别, 水震波初动清楚, 资料连续, 误差小等优点, 但数字水位采样率低, 水震波记录存在畸变。

关键词:唐山矿井; 模拟水位; 数字水位; 水震波; 对比分析

中图分类号: P315.62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2007)02-0170-04

Comparison of the Ability of Recording Seismic Wave between Digital and Analogue Groundwater Level Observation in Tangshan Mine Well

ZHANG Su-xin^{1,2}, YANG Wei-dong^{2,3}, ZHANG Zi-guang¹

(1. Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China;
2. College of Geoporation Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China;
3. Earthquake Administration of Hengshui City, Hebei Hengshui 053000, China)

Abstract: The basic observation conditions of both digital and analogue groundwater level observation in Tangshan mine well is introduced, and the ability for recording seismic wave from 11 global earthquakes ($M_s \geq 7$) from July to December in 2004 for two kinds of observation is analyzed. The result shows that the digital data have some advantages: the character recognition is easier, the initial motion is clear, the data are continuous, and the interference is small. But it is still has some shortages such as the sampling rate is lower, and the water level vibration is easier to be distorted.

Key words: Thangshan mine well; Analogue water level; Digital water level; Water level vibration; Comparisonal analysi

0 前言

唐山矿井模拟(SW40-1型记录仪)水位资料的水震波特征、水位对含水层应力应变的响应特征已进行了探讨与研究, 认为该井水位的记震能力很强^[1], 全球 7 级以上的地震都能记录到, 东部洋壳 6 级左右的地震也能记录到^[2]。1985 年到 1991 年全球 6 级以上地震 260 次中有 227 次记录到水震波^[3]。记录到的水位振荡图无任何放大和缩小即可

与经上万放大倍数的地震记录图相对比。2001 年 9 月在唐山矿井安装了 LN-3 型水位数字观测仪进行水位连续自记, 采样率每分钟 1 个值, 水位整点值不是分钟值的平均而是整点的测值。自 2001 年 10 月 1 日开始水位的模拟与数字并行观测以来, 水位仪器工作稳定, 模拟水位与数字水位变化的同步性很好。

该井水位记录固体潮变化清晰, 潮差大, 水震波

收稿日期: 2006-04-11

基金项目: 河北省地震局震情专项研究资助

作者简介: 张素欣(1965-), 女, 河北元氏人, 高级工程师, 吉林大学地球探测科学与技术学院在职研究生, 主要从事地震地下流体地震分析预报等研究。

振幅大。由于数字水位增加了分钟值,可更好地将这些分钟值所包含的地震孕育和发生的信息应用于短临地震预报。本文对数字水位记录水震波的特征与模拟水位记录水震波的特征进行对比分析。

1 井点及资料概况

1.1 井点概况

唐山矿井位于唐山市人民公园内,地理坐标为 118.18°E , 39.62°N 。成井井深286.57 m,现有井深207.00 m,孔口标高25.43 m,观测段深度154~207 m。该井水位埋深已超过60 m,含水层系奥陶系灰岩岩溶裂隙水。奥陶系灰岩大致呈北东向分布,富含岩溶裂隙水,局部承压,封闭性不好。该井构造上位于燕山褶断带与华北平原沉降带的结合部,北东向唐山断裂与北西西向隐伏断裂于此通过。

1.2 资料概况

唐山矿井的水位动态存在着明显的年变形态:雨季来临之前水位最低,冬末春初水位最高。水位的潮汐明显,气压效应不显著。利用该井2004年2月数字水位、模拟水位计算的 M_2 波潮汐因子分别为0.870 2和0.822 8,相对误差分别为0.045 3和0.047,可见数字水位较能更好地反映水位微动态变化(见图1)。2004年2月数字水位、模拟水位的线性相关系数为0.982 1。纵观3年来的数字水位固体潮在朔、望时段潮差一般在8~15 cm。需说明的是,图1显示的数字水位和模拟水位同时间的数值不相符,变化幅度差2.9 cm。2001年安装数水位仪器时,将两种水位资料进行了一致性衔接,目前存在的数值差异可能与数字仪器的漂移、电信号转换时加减常数以及电压对数采的影响有关,这类问题有待研究,在此不多述。

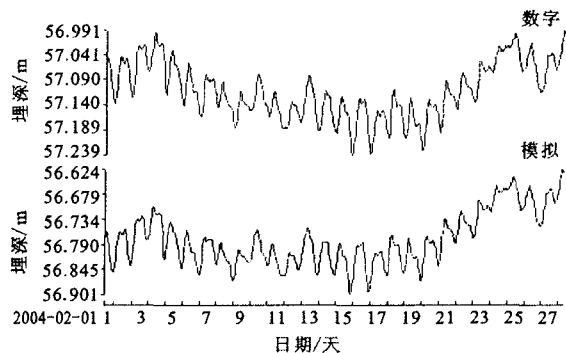


图1 唐山矿井数字水位、模拟水位记录曲线

Fig. 1 The recorded curves from both digital and analogue groundwater level in tangshan mine well.

2 水震波特征

造成水位震荡的地震波有两种,一种是纵波即P波;另一种是垂直方向的偏振横波SV波。还有一种面波即瑞利面波是P波和SV波两种成分的合成波,因此造成水位震荡的地震波只能是垂直方向振动的地震波。也就是说P波和SV波和瑞利面波可以造成传播介质体积的变化^[4-5]。当地震波通过时引起含水层的瞬时变形,激发孔隙压力改变,使孔隙水没有足够的时间与外界交换,因此可以认为地震波引起含水层变形时,近似为不排水条件。对井一含水层系统而言,该系统是开放型的,含水层与井之间的水量交换与含水层的渗透系数有很大的关系。地震波通过时,渗透系数越大水位振荡幅度越大,映震效果越明显^[6]。另外井径、井孔水柱高度及水位仪频率特性等与记录水震波有关^[7]。

2.1 模拟水位与数字水位记震形态分析

水位对地震波的响应是以水位振荡的形态表现,即水震波的形态记录地震。震级越大水位振荡幅度越大。本文对2004年7月1日至2004年12月31日全球发生的17次7级以上的地震(地震取自中国地震局Apnet P01目录)进行水震波事件分析(表1)。由于模拟记录采取滚筒式水笔记录,在地震波通过时如果水位振荡幅度大,周期短,就造成记录曲线虚看不清楚,有些造成振幅超限,还有些造成浮漂进水记录中断,以及人工换纸造成的资料缺失和人为误差,记录笔污染图纸等情况。所以在分析的17次水震波事件中,模拟水位的水震波事件挑选了2个记录较清楚的曲线显示(图2),即第10次2004年10月23日日本7.0级地震和第5次2004年11月29日北海道7.1级地震。图3为数字水位记录17次7级地震事件的水震波曲线。

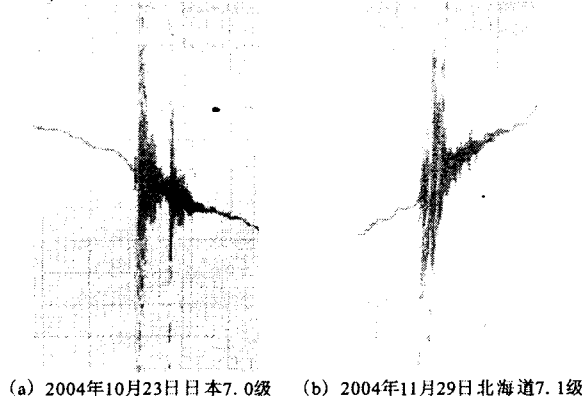


图2 唐山矿模拟水位记震曲线图

Fig. 2 The seismic wave curves of analogue groundwater level in tangshan mine well.

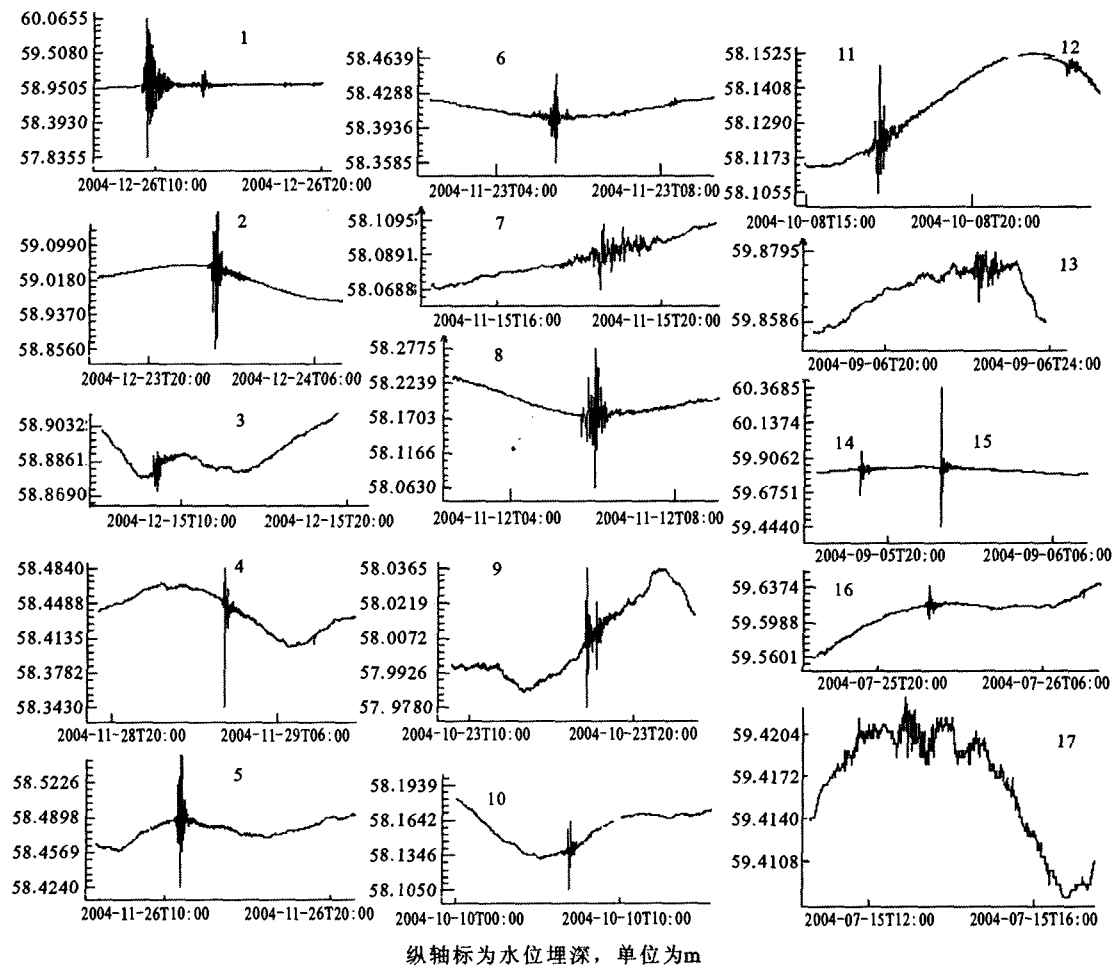


图 3 唐山矿数字水位记震曲线图

Fig. 3 The seismic wave curves of digital groundwater level in tangshan mine well.

表 1 17 次水震波所对应的地震

编号	发震时间	震中位置		震级 / M_s	地区
		纬度	经度		
1	2004-12-26T12:21	6.8°N	92.8°E	7.5	尼科巴群岛
2	2004-12-26T08:58	3.9°N	95.9°E	8.7	苏门答腊西北近海
3	2004-12-23T22:59	50.1°S	160.3°E	7.8	麦阔里岛以北地区
4	2004-12-15T07:20	19.1°N	81.1°W	7.1	加勒比海
5	2004-11-29T02:32	42.9°N	145.2°E	7.1	日本北海道
6	2004-11-26T10:25	3.4°S	135.6°E	7.1	印度尼西亚
7	2004-11-23T04:26	46.6°S	164.8°E	7.3	新西兰南岛西海岸远海
8	2004-11-15T17:06	4.6°S	77.5°W	7.4	哥伦比亚西海岸近海
9	2004-11-12T05:26	8.1°S	124.8°E	7.4	印尼阿罗群岛
10	2004-10-23T16:56	37.3°N	139.0°E	7.0	日本
11	2004-10-10T05:26	11.5°N	86.6°W	7.4	尼加拉瓜
12	2004-10-08T16:27	10.7°S	162.1°E	7.0	所罗门群岛
13	2004-09-06T20:43	55.6°S	29.2°W	7.0	南乔治亚岛地区
14	2004-09-05T18:07	33.1°N	137.0°E	7.2	日本本州南部近海
15	2004-09-05T22:57	33.1°N	136.8°E	7.4	日本本州南部近海
16	2004-07-25T22:35	2.3°S	104.1°E	7.3	苏门答腊
17	2004-07-15T12:27	17.3°S	179.0°W	7.0	汤加群岛

记震特征,将 17 次地震事件的水位变化特征整理列表(表 2)。

表 2 模拟水位、数字水位记震特征一览表

编号	模拟水位水震波特征			数字水位水震波特征		
	最大双振幅/m	初荡到最大振幅时间/min	振荡时 间/min	最大双振幅/m	初荡到最大振幅时间/min	振荡时 间/min
1	浮漂进水 (浮漂进水)	—	—	0.404	10	42
2	限幅 (浮漂进水)	—	—	2.230	16	361
3	限幅	45	165	1.324	46	167
4	0.052	换纸资料缺失	42	0.019	18	56
5	0.28	8	80	0.141	9	79
6	0.255	20	110	0.125	14	90
7	不清	虚	68	0.089	32	62
8	不清	虚	150	0.049	59	149
9	虚	虚	180	0.204	2	119
10	0.203	10	110	0.059	10	103
11	没显示	—	—	0.052	38	72
12	0.005	30	29	0.043	26	72
13	0.016	12	48	0.014	8	46
14	记录不清	曲线虚	110	0.286	7	77
15	记录不清	曲线虚	160	0.925	8	126
16	0.044	13	58	0.036	13	63
17	0.004	不清	24	0.005	14	224

2.2 模拟水位与数字水位记震特征对比

为了更深入地分析对比模拟水位与数字水位的

从表2可明显的看出数字水位记震信息连续、特征较明显;模拟水位记震信息残缺不全,特征参量清晰度差,17次事件有10次记录不完整或缺失,严重造成信息流失。从模拟水位能清晰记录到的水位振荡幅度看,记录到的振荡幅度大部分大于数字水位记录到的振荡幅度,这可能是由于数字水位每分钟一个测值的采样率低造成的。

按照数字水位水震波最大振幅由大到小进行排序,其地震编号的顺序为(括号内为震级)2(8.7),3(7.8),15(7.4),1(7.5),14(7.2),9(7.4),5(7.1),6(7.1),7(7.3),10(7.0),11(7.4),8(7.4),12(7.0),16(7.3),4(7.1),13(7.0),17(7.0)。从序列的排序

看震级是影响水震波幅度的主要指标。以日本的4次7.1级地震为例,其水震波最大振幅由大到小顺序与震级的大小顺序一致。图4(a)显示了水震波振幅与震级的关系。从4次7.4级的地震分析,水震波振幅与震中距成反比。2号地震和16号地震都位于苏门答腊,震中距相差无几,震级相差1.4级,水震波振幅则相差60倍;14号和15号地震都位于日本本州南部近海,震级相差0.2级,水震波振幅则相差2.2倍。由此可见震级大小与水震波振幅大小的关系不是线性关系。震级相当的情况下,震中距会起到相对主要作用。以4次7.4级地震为例,从图4(b)可见水震波振幅越小,震中距越大。

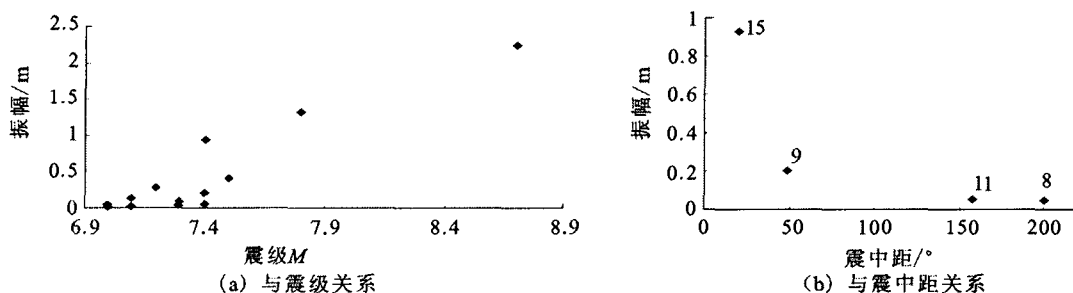


图4 水震波振幅与震级和震中距关系图

Fig. 4 Relationship between the amplitude of water level vibration and earthquake magnitude/epicenter distance.

按照数字水位水震波振荡时间由长到短进行排序,其地震编号顺序为2(8.7),17(7.0),3(7.8),8(7.4),15(7.4),9(7.4),10(7.0),6(7.1),5(7.1),14(7.2),11(7.4),12(7.0),16(7.3),7(7.3),4(7.1),13(7.0),1(7.5),除去17和1号地震,总体来看水震波振荡时间的长短与震级大小有关。13号地震震级不大,水震波振荡幅度不大,但振荡时间长,是否与震源破裂特征有关或叠加了干扰有待研究,1号地震的振荡时间偏小可能与震中距有关。

4 几点认识

唐山矿井具有良好的记震能力。其模拟水位是连续曲线记录,振幅和振荡时间都存在优势,但存在换纸造成的资料缺失和人为误差,以及记录笔污染图纸和记录曲线虚的弊端。数字水位是分钟估点测记录,虽然连续性差,水震波存在畸变,但资料缺失现象少。唐山矿井水位对地壳应力应变的反映频带宽,可记录到以年为周期至以秒为周期的信息。数字水位采样率低,使秒为周期的信息畸变。以往模拟记录录入数据库的是整点值,数字记录是分钟值,因此认真仔细地剖析数字化水位的高频资料信息有着重要的意义,因为在高频带内干扰因素大大降低,

而且高频信息的异常变化可能受地壳应力应变状态的变化影响更为灵敏,对捕捉地震前兆异常短临信息更有意义^[2]。

数字水位是分钟估点测记录,对于水震波的主要周期而言,需要提高仪器记录精度。模拟水位记录到的振荡幅度大部分大于数字水位记录,这可能是由于数字水位每分钟一个测值的采样率低造成的。

【参考文献】

- [1] 张子广,张素欣,郑云贞,等.山西水2和岳42井水位记震能力分析[J].西北地震学报,2002,24(3):262-266.
- [2] 张子广,万迪望,董守玉.水震波与地震面波的对比研究及其应用[J].地震,1998,18(4):399-404.
- [3] 鱼金子,车用太,王爱英,等.水震波异常与中期强震危险性关系初探[J].地震,1993,13(4):30-37.
- [4] 汪成民,车用太,万迪望,等.地下水微动态研究[M].北京:地震出版社,1988.
- [5] 殷积涛.井口水位对几种含水层变形的响应函数[A]//中国地震局科技监测司编.地震预报方法实用化研究文集:水位、水化专集[G].北京:地震出版社,1990.
- [6] 赵利飞,尹京苑.地下水前兆敏感水力学条件的数值模拟研究[J].西北地震学报,2000,22(3):306-310.
- [7] 张昭栋,王允培,郑金涵.井孔变径与水井含水层系统对地震波的响应[J].华北地震科学,1992,10(3):66-74.