

莫佩婵、阎春恒、李蕾等, 2018, 广西桂平西山井水位同震特征和机理初探, 中国地震, 34(3), 525~533.

广西桂平西山井水位同震特征和机理初探

莫佩婵 阎春恒 李蕾 李莎 向巍 原永东 周依

广西壮族自治区地震局, 南宁市古城路33号 530022

摘要 收集了2008~2016年广西桂平西山井水位观测数据及全球5级以上地震资料, 分析井孔记录水震波的能力、水震波形态特征及影响因素, 初步探讨了西山井同震的机理, 获得以下认识: 桂平西山井对全球 $M_s \geq 7$ 地震具有较好的同震响应能力, 水震波的形态主要为振荡型, 少数呈现阶升型。井-含水层观测系统、地震震级、井震距是影响井孔记录水震波能力的主要因素。含水层介质受瑞利面波作用会发生体积变化, 导致水位振荡, 是形成振荡型水震波的可能机理。阶变型水震波的形成与区域应力场增强、介质变化及构造活动等因素有关。西山井水位阶升与周边中强地震活动存在较好对应关系, 该认识可为地震预测研究提供参考。

关键词: 地震前兆 水震波 同震效应 同震机理 桂平西山井

[文章编号] 1001-4683(2018)03-0525-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

地震孕育过程中, 由于应力-应变逐渐积累, 会引起局部或区域尺度地壳深、浅部介质结构和物理化学性质的变化(王广才等, 2010)。地下水作为地壳中普遍存在且对地壳应力与固体变形反映最灵敏的物质之一, 其动态变化能反映地壳介质变化和构造活动信息。对于封闭性较好的承压井-含水层系统, 可以将其看作灵敏的应变仪, 其对地壳体应变响应灵敏度可达 10^{-10} 量级(晏锐, 2008; 史浙明等, 2013)。因此, 井-含水层系统可以记录到地震的同震水震波, 即地震波在传播的过程中引起井水位的振荡或阶变现象。研究表明, 影响水震波的因素很多, 包括井-含水层系统的固有频率、水流调节能力与观测仪器的记录能力等(陈大庆等, 2006; 郑江蓉等, 2013; 张立等, 2016)。当地震的孕育过程影响到井区含水层应力状态的变化, 也可能会引起井水位记震能力、水震波振荡幅度与振荡持续时间等参数的异常变化(鱼金子等, 1993; 杨竹转, 2004; 杨竹转等, 2005)。井孔记录的水震波能力和形态特征改变, 可能揭示了地下水动力学作用过程, 可为地震预测研究提供参考。

桂平西山井是广西壮族自治区内对远大震响应最灵敏的水井孔, 积累了丰富的水震波资料。本文收集2008年以来广西桂平西山井水位数据及全球5级以上地震资料, 研究井孔

[收稿日期] 2017-11-10; [修定日期] 2018-06-01

[项目类别] 广西科技攻关计划项目(14124004-4-8、14251008)、广西壮族自治区地震局科研合同制项目(2016004)共同资助

[作者简介] 莫佩婵, 女, 1967年生, 本科, 工程师, 主要从事前兆数据处理分析工作。E-mail: rose.mpc@163.com

阎春恒, 通讯作者, 男, 1983年生, 硕士, 高级工程师, 主要从事地震预测和地球物理反演方面的研究。

E-mail: 148423179@qq.com

记录水震波的能力、水震波形态特征及其影响因素,分析水震波形态与台站周边地震活动的关系,并初步探讨其同震机理。

1 桂平西山井概况

桂平西山井位于广西桂平市西山村,地处西山东侧坡底侵入岩体与第四系砂砾岩交汇处,含水层属泥盆系砂岩。NE 向的灵山-防城断裂带为该地区的主干断裂,具有右旋剪切-引张力学性质(游象照,1988)。受中间高、四周低的地形影响,该地区地表水不发育,地下水类型主要是孔隙水,补给来源主要为大气降水(郑晓明等,2013)。

桂平西山井属自流井,井口海拔高程 44m,井孔深度 186.97m,原水头高 0.9m,孔径 0.146m,经一次变径。该井于 1993 年底勘选和土建,1994 年 3 月建成并投入使用,配备 SW40-1 水位仪进行模拟观测。2007 年经“十五”数字化改造,安装了 LN-3A 数字化仪器,采样率 1 次/分钟。李柳英等(2008)研究结果表明,桂平西山井数字化和模拟观测间的相关性好。除偶尔受到降雨、洪水、台风等自然因素影响外,井孔几乎不受其他人为因素的干扰,观测资料连续、稳定、可靠,能够记录到形态清晰、不同周期的固体潮信息,日最大潮差约 40mm,具有夏高冬低的年变规律。

2 资料选取

收集广西桂平西山井 2008~2016 年数字化水位观测分钟值、模拟水位和该时段内全球 $M_s \geq 5.0$ 地震资料。地震目录从哈佛大学(<http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>)下载,包含地震发震时刻、震源位置、深度、震级、震源机制解等信息,共获得 8220 次地震,其中 $5.0 \leq M_s \leq 5.9$ 地震 7178 次, $6.0 \leq M_s \leq 6.9$ 地震 873 次, $7.0 \leq M_s \leq 7.9$ 地震 159 次, $M_s \geq 8.0$ 地震 10 次。广西及邻区地震整体活动水平不高,桂平西山井周边 $M_s \geq 5.0$ 近震很少,井震距小于 1000km 的地震 11 次,2016 年 7 月 31 日广西苍梧 $M_s 5.4$ 地震(中国地震台网定位结果)井震距最小,约为 175km,其余 10 次地震井震距为 745~1000km,且 $M_s \leq 6.0$ 。图 1 为 2008 年以来该井的水位观测曲线及部分远震水震波。

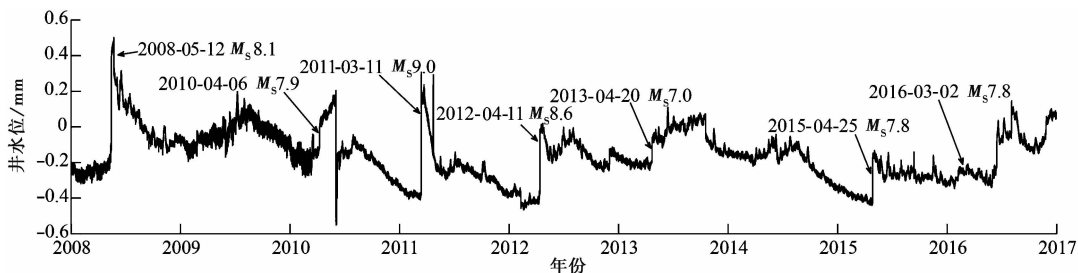


图 1 2008~2016 年西山井水位观测原始曲线和部分地震水震波

3 桂平西山井水震波特征

3.1 桂平西山井水位同震响应能力分析

统计桂平西山井水位变化和 2008 年以来全球 $M_s \geq 5.0$ 地震的相关信息,包括井震距、

水位振荡的幅值、形态、持续时间等信息,进而分析西山井水位的同震效应。已有研究表明,水震波幅度通常与地震震级成正比,与井震距成反比(杨竹转等,2010)。鉴于地震样本量较大,对不同震级档的地震采用不同的分析策略: $M_s < 7.0$ 地震分震级档、按照井震距排列从近到远依次分析,直至井孔无法记录到该震级档的水震波, $M_s \geq 7.0$ 地震全部参与统计。

$5.0 \leq M_s \leq 5.9$ 地震统计结果显示,桂平西山井记录最近的地震为 2016 年 7 月 31 日广西苍梧 $M_s 5.4$ 地震,井震距为 175km,水震波形态为阶升型,幅度 13.9cm(图 2(a))。其余 14 次地震井震距为 746~1027km,均未记录到水震波。推测西山井无法监测到 6 级以下远震水震波。

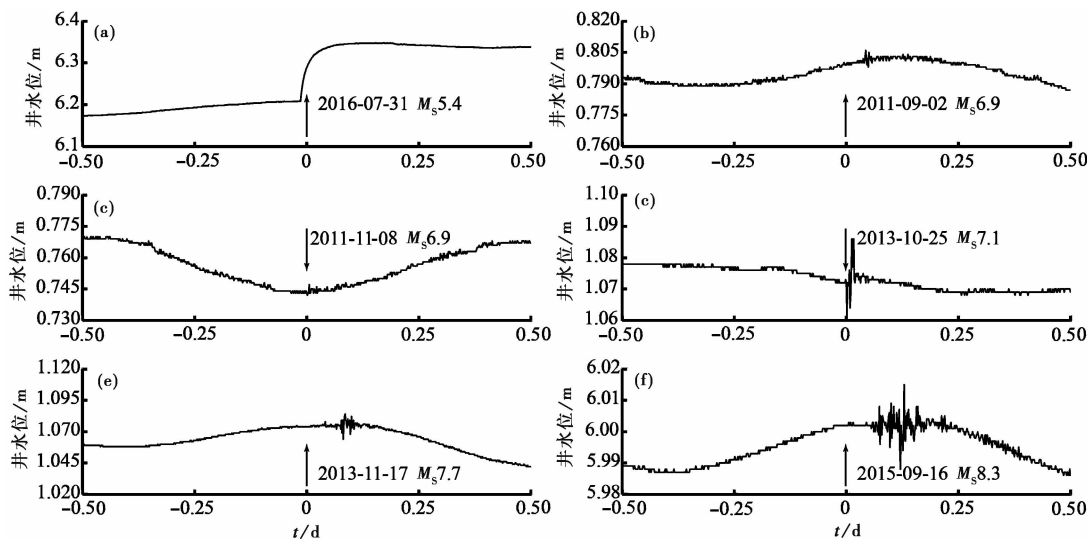


图 2 桂平西山井记录地震水震波示意

- (a) 2016 年 7 月 31 日 $M_s 5.4$ 地震,井震距为 175km;(b) 2011 年 9 月 2 日 $M_s 6.9$ 地震,井震距 7170km;
(c) 2011 年 11 月 8 日 $M_s 6.9$ 地震,井震距 1652km;(d) 2013 年 10 月 25 日 $M_s 7.1$ 地震,井震距 3702km;
(e) 2013 年 11 月 17 日 $M_s 7.7$ 地震,井震距 5049km;(f) 2015 年 9 月 16 日 $M_s 8.3$ 地震,井震距 8025km
取每次地震发生前后 12h 的分钟值资料进行绘图,横坐标为时间,单位为天,0 为地震发震时刻

$6.0 \leq M_s \leq 6.9$ 地震统计结果显示,井震距小于 2000km 的 36 次地震,桂平西山井只记录到 2008 年 3 月 3 日 $M_s 6.9$ 地震的水震波,井震距为 1967km,形态为振荡型,而 2011 年 11 月 8 日 1 次井震距为 1652km 的 $M_s 6.9$ 地震,水震波幅度与噪声水平相近(图 2(c))。由于地震震级对水位同震效应的影响较大,我们进一步统计了井震距小于 20000km 的 23 次 $M_s 6.9$ 地震,只有 4 次地震有同震响应,除 2008 年 3 月 3 日 $M_s 6.9$ 地震外,还有 2009 年 4 月 7 日、2011 年 9 月 2 日和 2011 年 9 月 18 日 3 次 $M_s 6.9$ 地震,井震距分别为 4509、7201、2225km,形态均为振荡型,振荡幅度均很小(图 2(b))。

$M_s \geq 7.0$ 地震统计结果显示,桂平西山井共记录到 114 次地震的水震波,占 $M_s \geq 7.0$ 地震总数的 67%,其中 107 次地震的水震波为振荡型,7 次地震的水震波为阶升型,表明桂平西山井水位对全球 $M_s \geq 7.0$ 大震具有较好的同震响应能力(表 1)。图 1 为 7 次阶升型地震水震波形态,图 2(d)~2(f)为 3 次典型的振荡型地震水震波形态。篇幅所限,表 2 仅给出阶



表 1 桂平西山井对全球 $M_s \geq 7.0$ 地震同震响应统计

$M_s \geq 7$ 地震数	有同震响应地震		阶升型水震波		振荡型水震波	
	地震数	与总地震数比例 /%	地震数	与同震响应总数比例 /%	地震数	与同震响应总数比例 /%
169	114	67	7	6.1	107	93.9

表 2 2008~2016 年桂平西山井记录的部分地震水震波特征

序号	地震日期 (年-月-日)	发震时刻 (时:分:秒)	震中位置		震级 M_s	深度 /km	井震距 /km	水位振荡		水位阶变	
			$\varphi/(^{\circ})$	$\lambda/(^{\circ})$				最大振幅 /mm	持续时间 /min	升/降	幅度 /mm
1	2008-05-12	06:28:40.4	104.10	31.44	8.1	12.8	1073			升	560
2	2009-09-29	17:48:26.8	-171.97	-15.13	8.1	12.0	9489	15	126		
3	2010-04-06	22:15:19.1	96.74	2.07	7.9	17.6	2770			升	109
4	2011-03-11	05:47:32.8	143.05	37.52	9.0	20.0	3506			升	620
5	2012-04-11	08:39:31.4	92.82	2.35	8.6	45.6	2985			升	489
6	2012-04-11	10:43:38.2	92.31	0.90	8.2	54.7	3149	227			
7	2013-02-06	01:12:55.0	165.21	-11.18	8.0	20.2	7120	8	25		
8	2013-04-20	00:02:53.1	103.12	30.22	7.0	22.0	1027			升	109
9	2013-05-24	05:45:08.3	153.77	54.61	8.4	611.0	4998	38	208		
10	2014-04-01	23:47:31.5	-70.81	-19.70	8.2	21.6	19597	31	255		
11	2015-04-25	06:11:58.6	85.33	27.91	7.8	12.0	2526			升	235
12	2015-09-16	22:55:22.9	-72.09	-31.13	8.3	17.4	19126	27	240		
13	2016-03-02	12:50:5.4	94.22	-4.75	7.8	37.2	3569			升	36
14	2016-07-31	09:18:11	111.56	24.08	5.4	10.0	175			升	139

升型或 $M_s \geq 8.0$ 地震水震波参数。

3.2 $M_s \geq 7.0$ 地震水震波变化特征分析

2008 年以来全球 $M_s \geq 7.0$ 级地震主要集中在欧亚地震带和环太平洋地震带,红色为桂平西山井水位能记录到水震波的地震,黄色为未记录到水震波的地震(图 3)。统计结果显示,西山井能记录到欧亚板块内部所有地震的水震波,对板缘地震的记录效果较差。地震井震距介于 1000~20000km(图 4)。64 次地震井震距小于 5000km,其中 61 次记录到水震波,占比为 95%。126 次地震井震距小于 10000km,其中 102 次记录到水震波,占比为 81%。43 次地震井震距大于 10000km,其中 12 次记录到水震波,占比为 28%。可见,随井震距增大,井孔对远震的同震响应能力逐渐下降。

$M_s \geq 7.0$ 地震的振荡型水震波振幅为 2~62mm,持续时间为 3~240min,4 次 8 级以上地震的水震波持续时间均超过 120min。水震波的振幅和持续时间和井震距成反比(图 5)。此外,7 次地震水震波呈现阶变上升型,其共性是 M_s 基本大于等于 7.8,阶变幅度大于 100mm,井震距小于 3600km(图 1、表 2)。表明地震震级越高,阶变幅度越大,持续时间越长。

统计震源机制类型对台站记录水震波的影响(图 4、表 3)。结果显示,桂平西山井对正

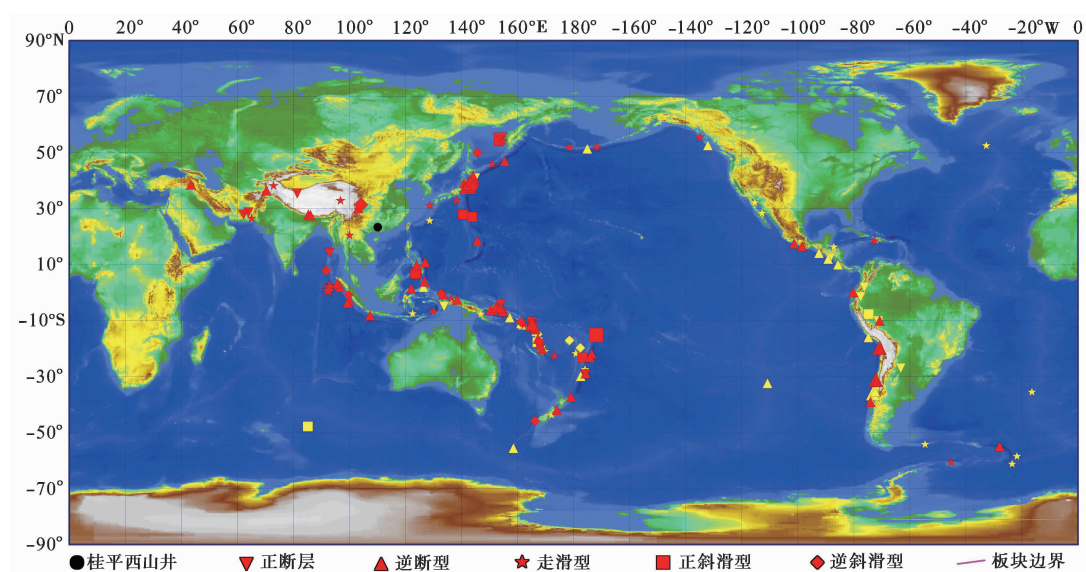


图3 2008~2016年西山井同震效应分布
红色图标表示有同震效应震例;黄色图标表示无同震效应震例

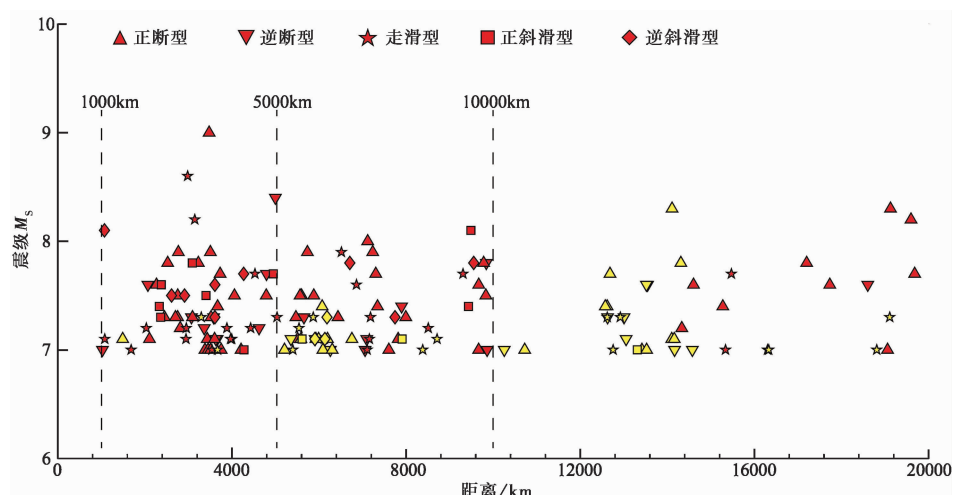


图4 不同类型地震的井震距和同震效应的关系
红色图标表示有同震效应震例;黄色图标表示无同震效应震例

斜滑型地震的响应能力最高,达到 77%,对逆断型地震的响应能力次之,为 72%,对正断型和走滑型地震的响应能力较弱,分别为 63%和 58%。当井震距小于 5000km 时,井孔能记录到几乎所有类型地震的水震波。当距离为 5000~10000km 时,井孔依然能记录到不同类型地震的水震波,但是同震响应能力明显下降,正断型地震降至 78%,逆断型地震降至 70%,其余类型地震降至 57%左右。当距离大于 10000km 时,只能记录到部分逆断型和走滑型地震的水震波。表明桂平西山井对不同类型地震水震波的记录能力存在差异。

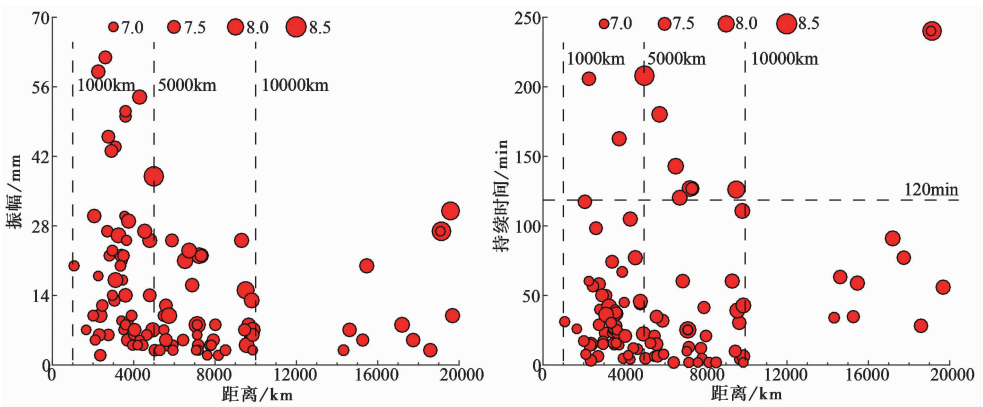


图 5 振荡型水震波幅值和持续时间与井震距的关系

表 3 地震震源机制类型和同震效应的关系

震源机制 类型	逆断型		正断型		走滑型		正斜滑型		逆斜滑型		所有类型	
	数量	百分比 /%	数量	百分比 /%	数量	百分比 /%	数量	百分比 /%	数量	百分比 /%	数量	百分比 /%
有同震效应	52	72	17	63	25	58	10	77	10	71	114	67
无同震效应	20	28	10	37	18	42	3	23	4	29	55	33
合计	72		27		43		13		14		169	

将全球 $M_s \geq 7.0$ 地震划分为 4 个震级档,统计震级对台站记录水震波效果的影响,详见表 4。西山井对 $M_s < 7.5$ 地震的响应能力为 60%,对 $7.6 \leq M_s \leq 7.9$ 地震的响应能力显著提升,达到 89%,对 $M_s \geq 8.6$ 地震的响应能力达到 100%,表明井孔对水震波的记录能力随地震震级增大而显著提升(表 4)。

表 4 地震震级和同震效应的关系

震级	有同震 效应	同震 比例 /%	无同震 效应	无同震 比例 /%	合计
7.0~7.5	74	60	50	40	124
7.6~7.9	31	89	4	11	35
8.0~8.5	7	88	1	12	8
8.6~9.0	2	100	0	0	2

3.3 阶变型水震波与台站周边显著地震活动相关性

6 次阶升型水震波出现后 2 年内,台站周边约 300km 范围内或广西及其邻近北部湾海域均发生了 $M_s \geq 3.6$ 以上地震(表 5),表明桂平西山井记录到阶升型水震波与台站周边或者广西及其邻近北部湾海域中强地震有较好的对应关系。桂平西山井记录到汶川 $M_s 8.0$ 地震的水震波为阶升型,但随后 2 年内台站周边并未发生 $M_s \geq 3.6$ 地震,可能与汶川地震对华南地区地震活动起减震作用有关。

4 桂平西山井水位同震机理探讨

井水位同震效应是否明显,与井-含水层观测系统本身固有周期是否和地震面波振动周期相互匹配有一定的关联。井-含水层观测系统本身固有周期 τ_0 可以用以下公式近似表示(汪成民等,1988)

表 5 水位阶变与台站周边显著地震的关系

产生阶升型水震波的地震参数			区域显著地震参数				与阶升型水震波 时间间隔/d
日期 (年-月-日)	震级 M_S	井震距/km	日期 (年-月-日)	地点	震级 M_S	井震距/km	
2008-05-12	8.0	1073	—	—	—	—	—
2010-04-06	7.9	2770	2010-09-18	龙滩库区	4.4	479	165
2011-03-11	9.0	3506	2011-11-27	北部湾	3.6	345	261
2012-04-11	8.6	2985	2013-02-20	广西平果	4.5	328	315
2013-04-20	7.0	21027	2013-12-06	广东高州	3.7	108	230
			2014-10-23	广东怀集	3.6	307	551
2015-04-25	7.8	2526	2016-07-31	广西苍梧	5.4	247	463
2016-03-02	7.8	3569	2016-09-17	广西来宾	4.1	186	199

$$\tau_0 = 2\pi \sqrt{\frac{H_e}{g}} \tag{1}$$

式中， H_e 为井水柱的有效高度； g 为重力加速度，取 9.81m/s^2 。当井孔只有一次变径时，井水柱的有效高度 H_e 的表达式为：

$$H_e = H + \frac{3}{8}d \tag{2}$$

式中， H 为隔水顶板以上的水柱高度， d 为含水层厚度。

西山井隔水顶板以上的水柱高为 60.09m，含水层厚度为 119.78m，估算西山井固有周期为 20.6s，与瑞利面波 15~20s 左右的振动周期接近，容易产生共振。因此，特定的观测系统是西山井记录水震波能力较强的决定性因素。车用太（1990）研究认为，碳酸岩的透水性最强，砂岩、泥质砂岩次之，岩浆岩最差。井孔含水层的岩性决定了其导水性能的强弱，进而影响记录水震波的效果。西山井含水层属泥盆系砂岩，具有导水性好的地质条件。此外，井孔变径少也是西山井水位响应能力灵敏的因素。

西山井可以记录到 2 种形态的水震波。关于振荡型水震波成因的认识目前有以下 2 种：一种是水位的波动主要由周期为 15~20s 的瑞利面波引起。瑞利面波可同时引起体积膨胀和垂直运动。当 P、SV 瑞利面波通过含水层时，含水层介质发生体积变化使得水位振荡（Cooper et al,1965）。另一种是水震波成因也可能与气体脱逸有关。当直径达 7~8mm 的气泡上涌时，井水位抬升，而气泡由水面释放后，井水位下降，如此反复过程导致了井水位的同震振荡现象（鱼金子等,1997）。西山井含水层观测系统的固有周期和地震的 P、SV 瑞利面波接近，可能会产生共振进而记录到振荡型的水震波。是否存在气体脱逸导致西山井水位振荡，需要观测资料佐证。

关于阶变型水震波的成因，不同学者的认识存在差异。杨竹转等（杨竹转,2004；杨竹转等,2005）研究表明，当井区附近处于地震孕震环境时，受本地应力状态的影响，断层受到挤压闭锁，透水能力下降。阶变同方向，说明阶变方式由观测井局部的地质构造和水文地质条件决定，地震波可能只起到触发作用。国外一些研究认为，几个震源体范围内的同震阶变多是源于多孔弹性介质对静态应力场的响应，而几百乃至上千千米外的地震引起井水位的阶

变则是地震波与含水层交互作用的结果(Roeloffs,1998;Brodsky et al,2003)。

综合分析认为,桂平西山井记录振荡型和阶变型水震波的机理不同。地震发生后,当传播至桂平西山井的地震面波周期和井-含水层观测系统的固有周期接近时,井水位与地震波产生共振,此时可能记录到振荡型的水震波。当西山井所处位置具备区域应力场增强,介质变化及构造活动时,地震波激发含水层受力发生应变,必将引起含水层应力-应变状态的改变,导致含水层导水能力和孔隙水压的变化,应力-应变反映在水位后效上,此时可能记录到阶变型的水震波。阶变方式由观测井局部的地质构造和水文地质条件决定。桂平西山井水位记录到远震阶升型水震波后2年内,台站周边300km或者广西及其邻近北部湾海域均发生了 $M_s \geq 3.6$ 地震。因此,西山井水位阶升可能反映了区域构造应力场增强。以上认识可供地震预测研究借鉴。

5 结论

(1)桂平西山井对全球 $M_s \geq 7.0$ 地震具有较好同震响应,能清晰记录到全球67%的 $M_s \geq 7.0$ 地震同震水震波。水震波形态主要为振荡型,少数为阶变上升型。从空间分布来看,对位于欧亚地震带及欧亚板块内地震的响应能力较好,对板缘地震的记震能力较弱,几乎无法记录到震中位于海洋板块内部的地震水震波。

(2)振荡型水震波振幅变化幅度为3~240mm,持续时间通常为2min到1h。上升阶变型水震波的共性是 M_s 基本大于等于7.8,阶变幅度大于100mm,持续时间通常超过1个月,井震距均小于3600km。

(3)井-含水层观测系统、地震震级、井震距是影响水震波记录效果的重要因素。水震波的变化幅度与地震震级成正比,与井震距成反比。当 $M_s \leq 7.0$ 或井震距大于10000km时,西山井的记录远震水震波的能力骤降。震源机制类型可能会影响井孔记录水震波的效果和形态。振荡型水震波的形成与井-含水层观测系统的固有周期有关,阶升型水震波的形成与区域应力场增强、介质变化及构造活动等因素有关。桂平西山井记录的阶升型水震波现象反映了区域构造应力场增强,该认识可为地震预测研究提供参考。

致谢:中国地震局地质研究所杨竹转副研究员和审稿专家对本研究提出宝贵的意见和建议,在此深表感谢。

参考文献

- 车用太,1990,地下水动态观测井映震灵敏条件研究,中国地震,6(4),67~73.
- 陈大庆、刘耀炜,2006,我国在井-含水层系统对地震波同震响应方面的研究进展,国际地震动态,(7),27~31.
- 李柳英、史水平,2008,广西地下水位数字与模拟观测对比分析,华南地震,28(4),104~112.
- 史浙明、王广才,2013,承压含水层地下水位固体潮潮汐因子和相位滞后与汶川地震的关系,中国科学:地球科学,43(7),1132~1140.
- 汪成民、车用太、万迪坤等,1988,地下水微动态研究,北京:地震出版社.
- 王广才、沈照理,2010,地震地下水动态监测与地震预测,自然杂志,32(2),90~93.
- 晏锐,2008,影响井水位变化的几种因素研究,1~4,硕士学位论文,北京:中国地震局地震预测研究所.
- 杨竹转,2004,地震引起的地下水位变化及其机理初步研究,35~48,硕士学位论文,北京:中国地震局地质研究所.
- 杨竹转、邓志辉、高小其等,2010,新疆乌鲁木齐04号井数字化水位同震阶变的研究,中国地震,26(3),329~339.

- 杨竹转、邓志辉、赵云旭等,2005,云南思茅大寨井水位同震阶变的初步研究,地震学报,27(5),569~574.
- 游象照,1988,广西地震活动与地震地质特征,广西地质,(1),63~73.
- 鱼金子、车用太、刘五洲,1997,井水温度微动态形成的水动力学机制研究,地震,17(4),389~396.
- 鱼金子、车用太、王爱英等,1993,水震波异常与中期强震危险性关系初探,地震,(4),30~37.
- 张立、罗睿洁、高文斐等,2016,云南地下流体对尼泊尔 8.1 级地震的同震响应特征分析,地震研究,39(4),537~544.
- 郑江蓉、杨从杰、江昊琳,2013,江苏流体井网对汶川和日本地震的同震响应特征研究,地震研究,36(1),34~41.
- 郑晓明、周建伟、柴波,2013,广西桂平市西山乳泉的成因探讨,安全与环境工程,20(2),4~9.
- Brodsky E E, Roeloffs E, Woodcock D, et al, 2003, A mechanism for sustained groundwater pressure changes induced by distant earthquakes, J Geophys Res, 108(B8), 2390.
- Cooper H H Jr, Bredehoeft J D, Papadopoulos I S, et al, 1965, The response of well-aquifer systems to seismic waves, J Geophys Res, 70(16), 3915~3926.
- Roeloffs E A, 1998, Persistent water level changes in a well near Parkfield, California, due to local and distant earthquakes, J Geophys Res, 103(B1), 869~889.

Primary Analysis on Characteristics and Mechanisms of Co-seismic Response of Water Level at the Xishan Well, Guiping City, Guangxi Zhuang Autonomous Region

Mo Peichan Yan Chunheng Li Lei Li Sha Xiang Wei Yuan Yongdong Zhou Yi
Earthquake Agency of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530022, China

Abstract Water level observation data at the Xishan well, Guiping City, Guangxi Zhuang Autonomous Region and global earthquakes with magnitude greater than or equal to 5.0 are collected from 2008 to 2016. The capability of recording co-seismic response, characteristics and its influence factors of water level oscillation are analyzed, the mechanism of co-seismic response is discussed and the following conclusions are reached. The well can record co-seismic response of most global earthquakes with magnitude greater than or equal to 7.0. The morphological of most water level change with seismic wave is oscillation, and the minority is step change. Well-aquifer observation system, magnitude and distance from well to earthquake epicenter are the main factors that affect the ability of well bores recording water level fluctuation. The possible mechanism of water level oscillation is the volume of aquifer media changed by seismic Rayleigh wave. Water level step change is related to the factors such as regional stress field enhancement, medium change and tectonic activity. There is a good correspondence between the water level rises of the Xishan well and moderate-strong seismic activities around it. This understanding is beneficial for earthquake prediction research.

Key words: Earthquake; Water level oscillation; Co-seismic response; Co-seismic mechanism; The Xishan well, Guiping City