

# 清水李沟井与礼县石桥井流量 异常变化与地震的关系<sup>\*</sup>

陈 洁<sup>1</sup>, 王建荣<sup>2</sup>

(1. 中国地震局兰州地震研究所天水中心地震台, 甘肃 天水 741020;

2. 天水市北道区地震局, 甘肃 天水 741025)

**摘要:** 分析了清水李沟井与礼县石桥井流量变化与邻近地区发生的中强地震的对应关系. 发现在邻近地区发生的部分中强地震前半年左右 2 口井的流量开始出现上升或波动现象, 异常变化的幅度最大可达 3.75 mL/s, 对震级较小, 而且距离较远的地震无明显的异常反映. 2 口井流量异常对 5 级地震的映震范围为 250 km, 6 级地震为 350 km, 7 级地震为 500 km.

**关键词:** 甘肃; 李沟井; 石桥井; 流量; 异常特征; 映震能力

**中图分类号:** P315.72<sup>+</sup>3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2001)03-0238-05

## 0 引言

在地震孕育过程中, 震中及其附近地区地下水动态如流量等常出现较大幅度的异常变化, 这一现象日益引起人们的重视, 并把地下水动态观测作为地震监测预报的重要手段之一. 天水地区的清水李沟井与礼县石桥井流量在该地区及邻区部分中强地震前有明显的异常变化. 天水地区历史上强震活动频繁, 并且近年来中强地震较多, 为了使 2 口井的观测资料在地震监测预报中更好地发挥作用, 本文分析了这 2 口井的流量异常变化与地震活动的关系.

## 1 井孔概况与构造背景

### 1.1 清水李沟井

该井位于清水县城以西 6 km 处, 其构造位置属于陇西系南段、秦岭北缘大断裂的北侧(图 1). 该井原为甘肃省地质局水文一队勘探井孔, 成井于 1979 年 12 月 13 日, 井深 165.01 m. 钻孔揭露的井孔深度范围内地层为第三系和第四系, 含水层位于 42.16 m 以下, 属于第三系, 其透水性较差, 但水头压力较高, 静水位达 15 m. 由于该井属于自流井, 不宜观测动水位, 所以从 1981 年 6 月开始直接观测流量. 观测方法为定体积测时间法, 即记下每流满 1 L 容器所需的时间, 然后换算成 mL/s. 同时观测水温、气压和降水量变化.

虽然该井距离一条季节性河流仅 100 m 左右, 但河水水位变化不影响其流量. 清水地区年

收稿日期: 2001-03-19

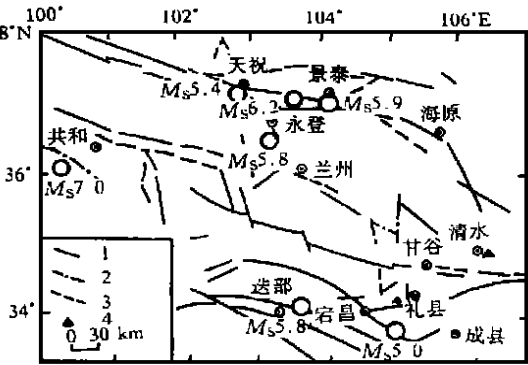
<sup>\*</sup> 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2001049

作者简介: 陈洁(1957—), 男(汉族), 甘肃成县人, 工程师, 主要从事地震台站管理与监测工作.

正常降水量在 600 mm 以上, 一般降水对该井流量没有影响. 30 mm 以上的一次性降水可使该井的流量增大, 达 1.934 mL/s, 比正常流量 (1985 年) 1.887 mL/s 增加了 0.047 mL/s, 即流量增加了 2.5%. 但这样的降水在 1 年之中并不多见.

该井流量比较稳定, 但与气压有一定的相关性, 其气压日均值与流量 8 时值的相关系数为 0.62. 气压变化 1 毫巴可引起井水流量变化 1 mL/s.

该井流量时值变化曲线与固体潮形态类似 (图 2), 说明该井对地壳应力、应变有一定的反映能力.



1 断层; 2 解释断层; 3 隐伏及推测断层; 4 观测井  
图 1 观测井点、构造和震中分布  
Fig. 1 Distribution of observation wells, structures and epicenters.

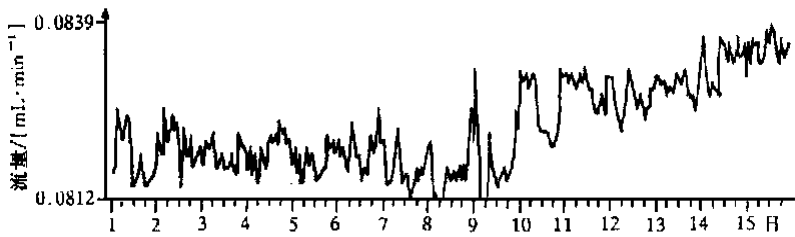


图 2 1990 年 3 月清水李沟井流量时值曲线

Fig. 2 The hourly values of discharge of Ligou well Qingshui in March, 1990.

1.2 礼县石桥井

该井位于西礼盆地西南缘, 礼县—宕昌断裂带以南 10 km 处 (图 1), 也是甘肃省地质局水文一队的勘探井孔, 成井于 1981 年 6 月 21 日, 井深 268.40 m. 钻孔揭露的井孔深度范围内地层为第三系和第四系, 其中第四系厚度为 11.46 m. 井内套管长 267.70 m, 含水层在 24.19 m 以下, 其岩性为第三系砂岩, 富水程度比较差. 该井流量比较小, 为 6.25 mL/s, 但水头压力较高 (2.4 m), 属于自流井. 该井流量观测从 1981 年 10 月开始, 观测方法与清水李沟井相同, 同时也观测水温、气压及降水量变化.

礼县地区平均年正常降水量约 600 mm 左右. 降水量较大时对该井流量有一定的影响, 如 1984 年 7 月 25 日一次性降水达 100.2 mm, 4 天后流量增加了 0.89 mL/s; 1988 年 7 月 1 日和 8 月 8 日 2 次降水分别达 57 mm 和 61.5 mm, 降水当天, 该井流量分别增加了 3.37 mL/s 和 3.75 mL/s. 当然, 这样的降水在 1 年中很少见, 一般降水时该井流量无变化. 该井流量受气压影响较大, 经计算, 二者相关系数为 0.89, 气压变化 1 毫巴可引起的流量变化幅度为 0.06 mL/s.

2 口井虽然相距约 100 km, 并且井况也有所不同, 但它们都同处在南北地震构造带和秦岭纬向构造带的交汇部位 (图 1).

2 李沟井和石桥井流量的异常变化与地震的关系

清水李沟井流量的长期变化趋势为持续下降, 年变化幅度为 0.025 mL/s 左右. 如果在正

常下降过程中出现流量增大的现象,就可视为异常.礼县石桥井流量的长期变化中无明显的升降趋势,其年变形态较为稳定,最大变化幅度为 8.04 mL/s 左右.如果在正常情况下流量出现高值或低值波动则可视为异常.

选取了自观测以来井孔周围 500 km 范围内发生的  $M_S \geq 5.0$  地震与同期观测资料进行对比分析.近年来,在 2 口井的西部共发生  $M_S \geq 5.0$  地震 7 次,其中 4 次地震前 2 口井的流量出现了异常变化,2 次地震前没有异常出现.2000 年 6 月 6 日景泰  $M_S 5.9$  地震前,礼县石桥井流量出现异常,而清水李沟井流量则无异常变化(图 3、表 1).

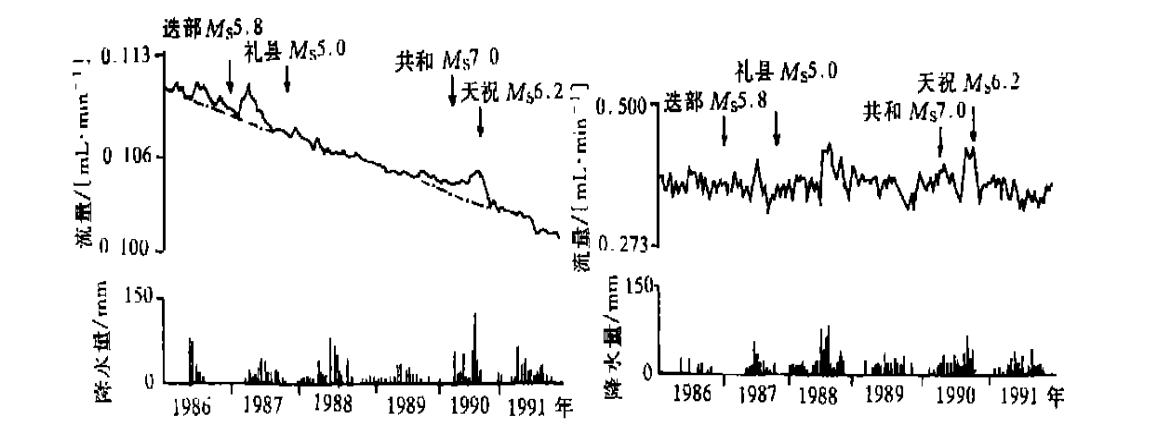


图 3 清水李沟井、礼县石桥井流量和降水量旬均值

Fig. 3 Mean values of ten days of discharges of Ligou well, Qingshui and Shiqiao well  
Lixian and precipitations.

表 1 清水李沟井和礼县石桥井流量异常变化与地震的对应关系

| 序号 | 井孔名称 | 出现异常日期     | 异常结束日期     | 异常持续时间/d | 异常幅度/[mL·s <sup>-1</sup> ] | 异常形态                 | 异常恢复至发震时间/d | 出现异常至发震时间/d | 发震日期       | 震中位置  |        | 发震震级地点( $M_S$ ) | 震中距/km    | 备注  |
|----|------|------------|------------|----------|----------------------------|----------------------|-------------|-------------|------------|-------|--------|-----------------|-----------|-----|
|    |      |            |            |          |                            |                      |             |             |            | 北纬    | 东经     |                 |           |     |
| 1  | 清水李沟 | 1986-06-23 | 1986-12-31 | 192      | 0.071                      | 高值波动                 | 8           | 200         | 1987-01-08 | 34.3° | 103.7° | 甘肃迭部 5.8        | 240       | —   |
|    | 礼县石桥 | 1986-06-21 | 1986-09-29 | 101      | 0.020                      | 高值波动                 | 101         | 202         |            |       |        |                 |           |     |
|    | 清水李沟 | 1987-03-04 | 1987-10-10 | 229      | 0.063                      | 高值波动、缓降              | 7           | 236         |            |       |        |                 |           |     |
| 2  | 礼县石桥 | 1987-06-26 | 1987-10-25 | 122      | 0.023                      | 高值波动、缓降<br>高值波动转低值波动 | 当天          | 122         | 1987-10-25 | 33.5° | 105.1° | 甘肃礼县 5.0        | 120       | —   |
|    | 清水李沟 | 1989-11-29 | 1990-03-01 | 92       | 0.167                      | 正弓形                  | 56          | 148         | 1990-04-26 | 36.1° | 100.3° | 青海共和 7.0        | 520       | —   |
| 3  | 礼县石桥 | 1989-09-11 | 1989-12-27 | 108      | 0.019                      | 低值波动                 | 120         | 228         |            |       |        |                 | 460       | —   |
| 4  | 清水李沟 | 1990-04-29 | —          | —        | 0.077                      | 正弓形伴有突跳              | —           | 175         | 1990-10-20 | 37.1° | 103.5° | 甘肃景泰 6.2        | 震后 37 天恢复 | —   |
|    | 礼县石桥 | 1990-05-19 | —          | —        | 0.017                      | 低值波动转高值波动            | —           | 155         |            |       |        |                 | 震后 20 天恢复 |     |
| 5  | 清水李沟 | —          | —          | —        | —                          | —                    | —           | —           | 1995-07-22 | 36.5° | 103.0° | 甘肃永登 5.8        | 340       | 无异常 |
|    | 礼县石桥 | —          | —          | —        | —                          | —                    | —           | —           |            |       |        |                 | 320       | 无异常 |
| 6  | 清水李沟 | —          | —          | —        | —                          | —                    | —           | —           | 1996-06-01 | 37.2° | 102.9° | 甘肃天祝 5.4        | 300       | 无异常 |
|    | 礼县石桥 | —          | —          | —        | —                          | —                    | —           | —           |            |       |        |                 | 370       | 无异常 |
| 7  | 清水李沟 | —          | —          | —        | —                          | —                    | —           | —           | 2000-06-06 | 37.1° | 104.0° | 甘肃景泰 5.9        | 330       | 无异常 |
|    | 礼县石桥 | 2000-04-20 | —          | —        | —                          | 低值波动                 | —           | —           |            |       |        |                 | 340       | —   |

1987 年 1 月迭部  $M_S 5.9$  和同年 10 月礼县  $M_S 5.0$  地震,距 2 口井均在 250 km 以内.这 2 次地震前 2 口井的流量出现了异常.1995 年 7 月永登  $M_S 5.8$  地震、1996 年 6 月天祝  $M_S 5.4$  地震和 2000 年 6 月景泰  $M_S 5.9$  地震,与 2 口井的距离均大于 350 km.由于震中距偏大,而且震级

偏小, 因此 2 口井流量无异常反映. 但是 1990 年 10 月景泰  $M_S6.2$  地震前 2 口井流量分别提前约 175 d 和 155 d 出现异常. 这说明流量异常可能与震级的大小有关. 另外, 1990 年 4 月青海共和  $M_S7.0$  地震与 2 口井的距离在 500 km 左右, 地震前 2 口井分别提前 148 d 和 228 d 出现异常变化. 由此可以认为, 2 口井的流量对发生在其周围 250 km 范围内的  $M_S5.0$  地震, 发生在 350 km 范围内的  $M_S6.0$  地震及发生在 500 km 范围内的  $M_S7.0$  地震有明显的异常反映.

对距 2 口井较近的地震, 流量异常持续时间长且幅度大, 如 1987 年迭部地震和礼县地震(图 4).

对于震中距较大, 且震级较大的地震, 2 口井流量异常持续时间长, 但幅度比较小, 如 1990 年青海共和地震(图 5). 对于震中距较小, 但震级较大的地震, 2 口井的流量异常变化除了显示持续时间长和幅度大的特点外, 还常伴有突跳或转折, 如 1990 年景泰地震(图 6).

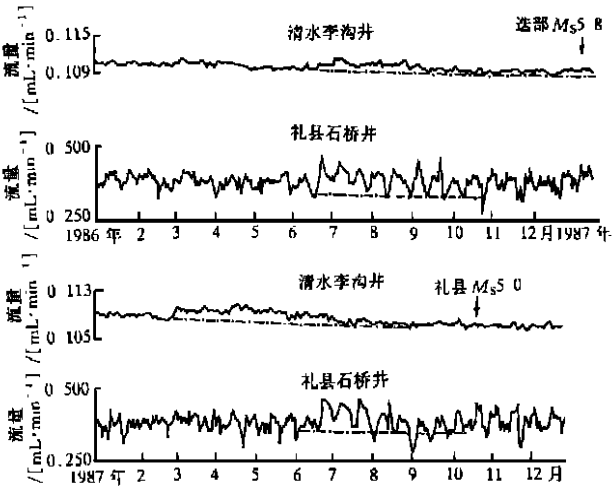


图 4 1987 年迭部  $M_S5.8$  和礼县  $M_S5.0$  地震前后李沟井和石桥井流量异常变化  
Fig. 4 Anomalous changes of discharges of Ligou and Shiqiao wells before and after the Diebu  $M_S5.8$  and the Lixian  $M_S5.0$  earthquakes in 1987.

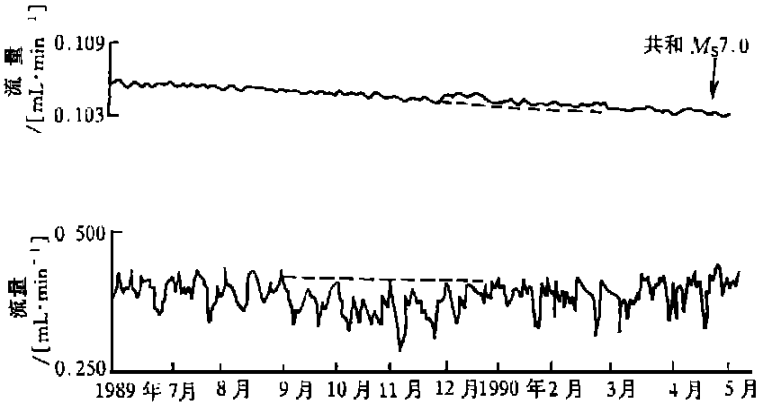


图 5 1990 年共和  $M_S7.0$  地震前李沟井和石桥井流量异常变化  
Fig. 5 Anomalous changes of discharges of Ligou and Shiqiao wells before the 1990 Gonghe  $M_S7.0$  earthquake.

异常出现至发生地震的时间间隔为 100~200 d, 个别地震超过 200 d. 清水李沟井流量异常幅度为 0.02~0.06 mL/s, 礼县石桥井流量异常幅度为 2.37~3.75 mL/s.

3 结语

综上所述, 清水李沟井与礼县石桥井流量变化对邻区中强地震有一定的映震能力, 特别是对 2 口井西部的中强地震的映震能力较强. 清水李沟井流量异常变化特征为流量增大, 礼县石

桥井为高值或低值波动, 个别情况下伴有流量增大现象.

本文仅分析了 2 口井流量的变化与地震的关系, 对映震机制及今后的预报效果尚需在实践中不断探索.

[ 参考文献]

[1] 冯学才, 蔡祖煌, 石慧馨, 等. 地下水与地震[ J]. 西北地震学报, 1980, 2(3): 112—116.

[2] 张文冕, 姚庆春, 杨淑英, 等. 海原 5.5 级地震前后水氡和水动态资料分析[ J]. 西北地震学报, 1983, 3(增刊): 31—34.

[3] 黄永祥. 1966 年 2 月 5 日东川 6.5 级地震水动态过程 and 孕震震源的研究[ J]. 西北地震学报, 1985, 5(增刊): 130—136.

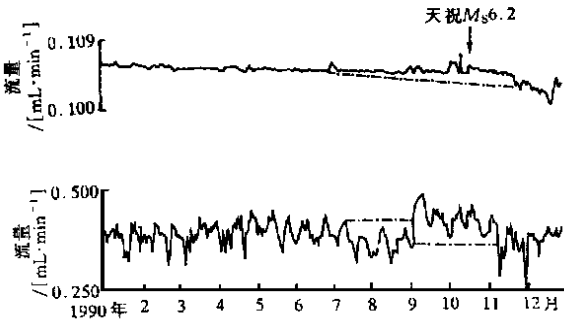


图 6 1990 年景泰  $M_s6.2$  地震前李沟井和石桥井流量异常变化

Fig. 6 Anomalous changes of discharges of Ligou and Shiqiao wells before the 1990 Jingtai  $M_s6.2$  earthquake.

A STUDY ON RELATION BETWEEN ANOMALOUS CHANGES OF DISCHARGES OF LIGOU WELL, QINGSHUI AND SHIQIAO WELL, LIXIAN AND EARTHQUAKES

CHEN Jie<sup>1</sup>, WANG Jian-rong<sup>2</sup>

(1. Tianshui Seismic Station, LIS, Tianshui 741020, China;

2. Seismological Office of Beidao District, Tianshui City, Tianshui 741025, China)

**Abstract:** The relation between discharge changes of Ligou well, Qingshui and Shiqiao well, Lixian and mid-strong earthquakes in neighboring region is analyzed. It is found that discharges of the two wells rise or undulate about half of year before part of the mid-strong earthquakes in the neighboring region, with a maximum anomalous amplitude of 3.75 mL/s. There are no the anomalies of the discharges before the events with smaller magnitude relatively distant from the wells. The reflecting range of the anomalies of the two wells to  $M_s5$  events is 250 km, that to  $M_s6$  events is 350 km and that to  $M_s7$  events is 500 km.

**Key words:** Gansu; Ligou well; Shiqiao well; Discharge; Anomalous character; Reflecting earthquake ability