

澜沧—耿马地震前 地下水流量动态的异常特征

王安滨 万登堡* 杨国军 黄振义

(天津市地震局)

摘 要

本文在分析云南澜沧—耿马强震前地下水流量动态异常变化特征的基础上,对其形成的力学机制进行了探讨。得到的结论是,地下水流量对区域构造应力活动及地震活动具有非常灵敏的反映能力。其异常变化多出现在短临阶段,在时间上表现出集中性,在区域分布上表现出普遍性和不均一性,在表现形式上则具有多样性和复杂性。随着震中距的改变异常变化量显示出一定的规律。

引 言

1988年11月6日21点03分澜沧县境内发生了7.6级强烈地震,相隔仅12分钟,耿马县境内又发生了7.2级强震。这次地震活动属于双主震—余震型,两次主震的震源深度分别为13km和8km,震中烈度均为9度,高烈度等震线方向为北西向,两次强震的震中相距63km。余震沿澜沧至耿马长约120km、宽约50—60km的范围内呈北西向条带状分布。

在这次强震发生之前,震中区及其附近一些井、泉的地下水流量动态曾经出现过前兆异常显示。本文以笔者在云南进行地下水流量调研过程中所搜集到的14口井(泉)的观测资料为基础,分析讨论了这次地震的地下水流量异常特征及其反映地震的力学机制。

一、地下水流量异常动态

本文所调查的14口观测井(泉)中,有11口在震前出现了较为显著的异常变化,只有极少数的井、泉没有异常显示,异常出现的区域范围是相当广泛的。出现流量异常的井、泉均位于构造活动的敏感点上(图1),其分布主要受地质构造条件的控制(观测井、泉的基本情况详见表1)。异常的变化幅度一般都比较大,超过了其他任何自然因素的影响程度。异常形态清晰,易于辨别。各井、泉流量异常的基本情况见表2和图2。

* 云南省地震局。

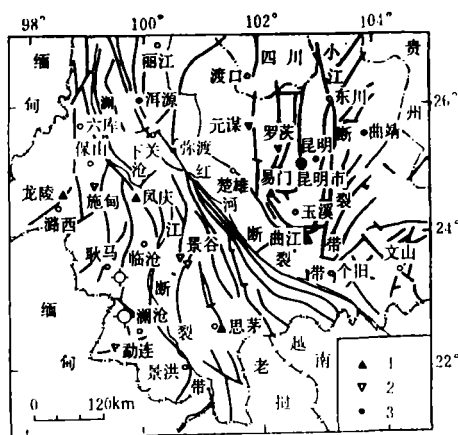


图1 云南地区地质构造、观测井、泉分布及震中位置

1. 上升异常点 2. 下降异常点 3. 无异常观测点

Fig. 1 The distribution of geological structures, wells and springs and epicenters in Yunnan area

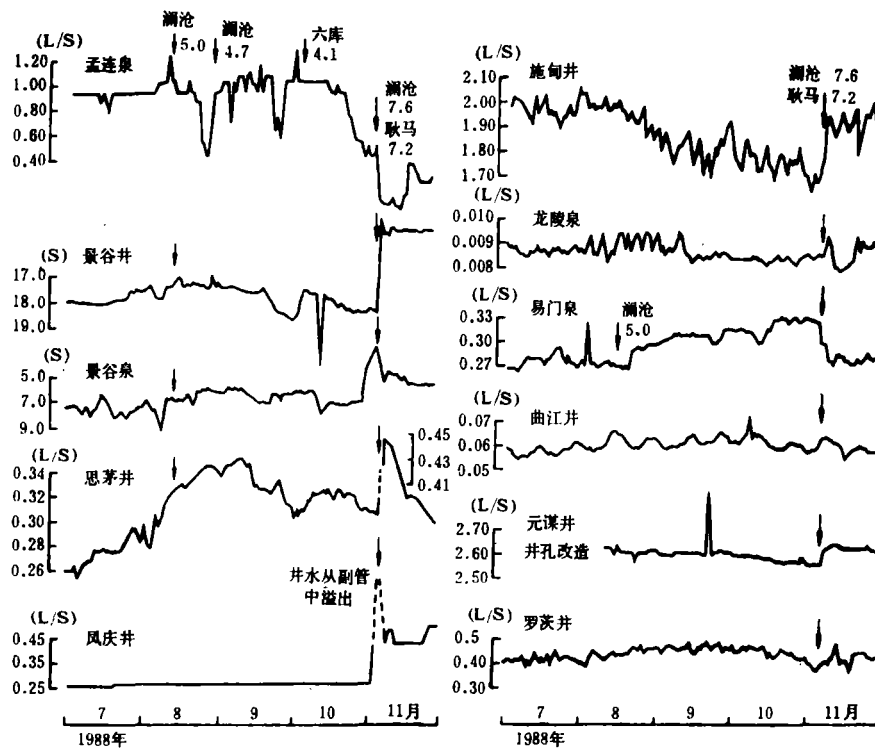


图2 澜沧—耿马地震前各井、泉流量异常动态曲线

Fig. 2 Anomalous changes of groundwater outflow of wells and springs before the Lancang-Gengma earthquakes in Yunnan

表1

观测井、泉基本情况一览表

井泉名称	地理位置	构造部位	井、泉深度 (m)	观测层深度 (m)	观测层时代及岩性	地下水类型	单一或混合含水层	水头高度 (m)
孟连泉	孟连县西郊	孟连断裂次级构造带上	2.0	不详	奥陶系—志留系灰岩、砂岩	基岩裂隙承压水	多层混合	0.2
景谷井	景谷县近郊	景谷背斜西翼	311.35	不详	第三系砂岩	基岩裂隙承压水	不详	自流
景谷泉	景谷县北郊	景谷背斜西翼	不详	不详	第三系砂岩	孔隙、裂隙承压水	多层混合	0.08
思茅井	思茅地区大寨村	倚象断裂带	112.27	26.69~110.76	白垩系砂岩	基岩裂隙承压水	多层混合	2.74
凤庆井	凤庆县落星乡	澜沧江—柯街断裂	230.8	不详	花岗岩—砂岩边缘	孔隙、裂隙承压水	多层混合	自流
施甸井	施甸县仁和乡	胡家山—施甸断裂	150.91	109.76~150.91	石炭系角砾岩、白云质灰岩	孔隙、裂隙承压水	多层混合	8.0
龙陵泉	龙陵县近郊	香柏河断裂	不详	不详	(时代?) 花岗片麻岩	基岩裂隙承压水	多层混合	自流
易门泉	易门县近郊	罗茨断裂南端	3.4	不详	元古界、中生界白云岩	岩溶、裂隙承压水	多层混合	0.3
曲江井	建水县曲江乡	曲江断裂带	101.23	21.86~89.04	震旦系石英砂岩	基岩裂隙承压水	单一	0.7
元谋井	元谋县龙泉乡	绿汁江断裂西侧	545.66	542.77~545.66	元古界橄榄岩	基岩裂隙承压水	单一	14.64
罗茨井	禄丰县罗茨乡	罗茨—易门断裂西侧构造带上	398.42	38.0~235.0	元古界白云岩	基岩裂隙承压水	单一	0.9
洱源井	洱源县城东	红河断裂北端	266.56	80.22~250.0	前寒武系变质岩	基岩裂隙承压水	单一	4.60
弥渡井	弥渡县城东南	红河断裂边缘	41.95	23.0~41.95	二迭系灰岩	岩溶、裂隙承压水	多层混合	1.8
昆明井	昆明市东郊区	小江断裂西侧新庄背斜轴顶部	2156.0	1146.52~2156.0	寒武系—震旦系石英砂岩、砂页岩及白云岩	基岩裂隙承压水	多层混合	自流

表2

澜沧—耿马地震前观测井、泉流量异常统计表

异常井、泉名称	震中距 (km)	异常起始时间	距发震时间 (天)	异常具体变化形态	异常总体形态	相对异常量 $\Delta Q/Q$ (%)	震时及震后效应
孟连泉	55.116	10月19日	18	快速下降	下降	150	快速下降
景谷井	125.105	9月24日	43	下降、负向脉冲	下降	140	急剧上升
景谷泉	125.105	9月15日	52	下降、急剧回升	下降	150	快速下降
思茅井	166.192	10月8日	33	上升—下降	上升	100	急剧上升
凤庆井	198.136	11月4日	2	大幅度急剧上升	上升	/	快速下降
施甸井	224.160	8月1日	97	下降—回升—下降	下降	50	急剧上升
龙陵泉	235.170	8月1日	97	大幅度高值振荡—平稳	上升	70	速升—速降
易门泉	324.294	8月21日	77	突升—缓升、下降	上升	40	快速下降
曲江井	340.328	10月10日	27	脉冲、固体潮畸变	上升	30	上升
元谋井	384.336	9月21日	56	脉冲、缓慢下降	下降	25	上升
罗茨井	384.347	10月13日	24	缓降—快速下降—回升	下降	40	上升

二、各观测井、泉流量异常特征

根据前述震例资料, 可将澜沧—耿马地震前地下水流量异常特征大致归纳为以下几个方面。

1. 异常变化的普遍性

流量异常变化的普遍性表现为震前在相当广泛的区域内有大量的异常点出现, 充分显示了地下水的异常变化与地震活动之间的密切联系。在笔者调查统计的14口流量观测井(泉)中有11口出现了程度不同的异常变化, 异常井(泉)数为统计井(泉)数的85%左右, 所占比例是非常高的。

2. 异常形态的多样性

流量异常变化的形态不是单一的, 具有多样性和复杂性。其具体表现为: 一是在变化形式上既有上升, 亦有下降, 还有突跳或者振荡; 二是在变化速率上, 有的趋于平缓, 有的则变化加剧; 三是在组合形式上既有单一形态的, 也有多种形态复合在一起的; 四是在异常时间上, 有些异常结束于震前并伴有临震转向恢复形态, 而有些异常则是延续至发震以后。异常形态的多样性和复杂性反映出异常形成条件和形成机理的差异性。

3. 异常时间的集中性

流量异常变化出现的时间主要集中在短临阶段, 即震前几个月或几天以内。绝大多数异常出现在震前2个月以内, 个别者出现在震前3个多月(施甸井、龙陵泉)。在11口流量异常井、泉中, 震前1个月内出现异常的有4口, 占36%强; 震前2个月内出现异常的为8口, 约占73%。由此可知, 地下水流量动态的映震特征主要表现为短临前兆异常。

4. 异常时间随震中距的差异性

对11口异常井、泉的震中距和异常起始时间进行统计后不难看出, 流量异常出现的时间随着震中距的变化而有着较大的差异, 二者之间存在着一定的内在联系(图3)。图3的统计曲线表明, 异常首先在距震中200公里附近出现, 尔后分别向震中及外围扩展, 表现为其开始时间分别相应推迟, 而其距发震时间则分别相应缩短。

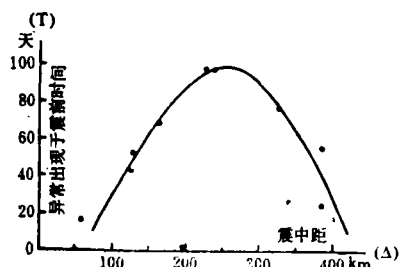


图3 观测井、泉流量异常出现时间与震中距关系统计曲线

Fig. 8 The statistic curve of relationship between the anomalous time of groundwater outflow of wells and springs and the epicentral distance

5. 异常空间分布的不均一性

异常的空间分布主要受震中距和构造条件的控制, 具有不均一和不连续的特征。在距震中200公里范围内, 不但异常井、泉的数量多, 而且异常变化的程度也最为剧烈。随着震中距的加大, 异常点数有所减少, 且异常幅度也相应减弱。这些现象都可能反映出构造对异常分布的控制作用。

6. 异常量随震中距变化的规律性

将表2中算得的各井、泉流量相对异常变化量与震中距参数同置于一个坐标系之中绘成图4。从中不难看出, 随着震中距的不

断加大, 流量动态的相对异常量相应逐渐变小, 二者之间存在着比较显著的统计关系, 显示出一定的规律性(图4)。

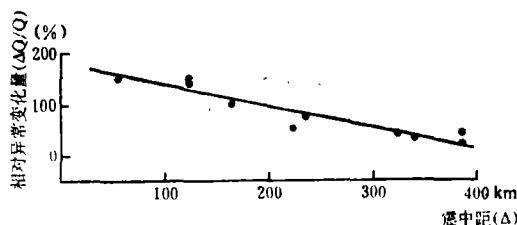


图4 观测井、泉流量的相对异常变化量与震中距关系

Fig. 4 Relationship between the relative anomalous quantity of groundwater outflow of wells and springs and the epicentral distance

三、流量异常反映地震的力学机制

海潮荷载作用(叶玲玲, 1982)、列车荷载作用(车用太等, 1987)、地下核爆炸的冲击力作用(车用太等, 1987)以及水压致裂作用(杨国军等, 1989)等一系列的野外试验结果已经表明, 地壳中力的传播是按指数规律衰减的。因此, 一次大的地震孕育过程中, 震源力的直接影响范围是有限的。由此看来, 大范围出现的地下水流量异常信息多数不是来自震源, 而是来自区域应力场的活动。由于板块的挤压、地幔物质的流动或地球自转速度的变化等大范围区域动力作用, 地壳中的一部份形成附加的区域应力场。在附加区域应力场中, 由于各个点的地壳结构不同, 在统一的区域构造应力作用下可能出现的应力性质、大小及发展过程是不同的。澜沧—耿马地震前流量异常所表现出的不同形态, 正是这种力学过程的具体反映。

地下水动态前兆信息的形成, 一般认为是和含水岩体的微破裂发展有关的。不同温度与围压条件下岩石变形破坏的试验结果表明(车用太等, 1988), 无论是岩石的屈服强度还是峰值强度都是随着有效围压的增加而变大, 随着温度的升高而变小。即温度越高, 有效围压越小, 岩石越容易变形和破裂。自流水的水头一般都比较低, 初始孔压较大, 在等深度的含水层中其有效围压变小。另外, 自流水的温度大都较高, 相对而言热水层岩土比冷水层岩土更容易发生变形和破坏。这样就对流量动态能够灵敏反映地震的原因, 从其岩土力学的机制上得到了合理的解释。

从水动力学机制上讲, 由于自流水的温度相对较高, 其粘滞性比非自流的冷水要小得多, 所受到的运动阻力也就相对减弱, 相同的孔隙压力作用下更容易在井孔—含水层之间发生流动, 因而对于地壳内部的孕震信息具有反应灵敏、传递速度快等特点。对此, 可以从地下流体的运动方程中得到进一步的解释。方程的具体形式为:

$$V = -\frac{1}{B} \cdot \frac{dA}{dL} \quad .$$

式中 V 表示地下水的运动速度, A 是动态要素(水头高度等), dA/dL 是运动动力(水力坡度); B 是运动阻力(包括液体本身的粘滞性), 负号表示流体由水头高处向低处流动。方程右端表示的是单位时间内通过单位截面运动的物质或传递的能量。由该方程可知, 地震前地壳固体物理状态的变化引起某些部位流体动态要素的变化, 进一步引起物质的运动和能量的传递, 其速度不但取决于运动动力(dA/dL), 而且还取决于运动阻力 B 。温度越高, 运动阻力越弱, B 值也就越小, 传递的速度越快; A 值越高, 传递的能量越大。另外, 自流

水(尤其是自流热水)中含汽较多,比重轻,相等孔隙压力变化下等效水柱高度偏大,因而流量异常的幅度一般较大,形态清晰,易于识别。

结 语

流量动态异常反映地震已经成为一个显著的事实呈现在人们面前,有关资料已充分表明,这是一种有着广阔发展前景的短临监测预报方法。通过对流量异常映震力学机制的分析讨论,使我们更进一步认识到了这种观测方法的优越性。有关流量异常机理方面的问题,有待于开展更深入的研究工作。

云南省地震局董安忠、洪宗杰、朱斌、何琼仙等同志以及思茅地办、景谷地办、孟连地办、临沧地办和易门地办等单位的同志们对笔者的调研工作给予了大力的支持和帮助,为本文提供了丰富的素材,在此一并致谢。

(本文1990年4月6日收到)

参 考 文 献

- [1] 姜葵等, 1988年澜沧—耿马地震的预报、速报与对策, 地震研究, Vol.12, No. 4, 1989.
- [2] 蔡静观, 澜沧—耿马地震序列特征, 地震研究, Vol.12, No. 4, 1989.
- [3] 汪成民等, 地下水微动态研究, 地震出版社, 1988.
- [4] 蔡祖煌等, 地震流体地质学概论, 地震出版社, 1980.

THE ANOMALOUS CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER OUTFLOW BEFORE THE LANCANG-GENGMA EARTHQUAKES

Wang Anbin

(*Seismological Bureau of Tianjin*)

Wan Dengbao

(*Seismological Bureau of Yunnan Province*)

Yang Guojun, Huang Zhenyi

(*Seismological Bureau of Tianjin*)

Abstract

Based on the analysis of the anomalous characteristics of groundwater outflow before Lancang-Gengma strong earthquakes in Yunnan, the mechanical mechanism of the anomalies is discussed in this paper. We have obtained the following conclusions: the groundwater outflow has extremely sensitive reflection ability for tectonic stress and earthquake activities in a region. The anomalies of groundwater outflow mostly occurred during the short-term and impending earthquakes, and the concentricity of anomalous duration, the generality and heterogeneity of regional distribution, the complexity and diversity of anomalous variations are appeared as well. With the change of epicentral distance the anomalous variational quantity showed certain regularity.