

陕西石泉 M_L 4.7 地震成因探讨

陈希圣

(陕西省地震局)

摘 要

本文根据对石泉水库区地震地质条件、地震活动特征、地下水动态变化、震源机制及地震序列的 b 值等资料的综合分析,初步确定 1978 年 2 月 11 日发生在长水的 M_L 4.7 地震,是因石泉水库蓄水而诱发的。

关键词:石泉水库;诱发地震;地震成因

一、前言

陕西石泉水库位于汉江上游“洋县—石泉”大峡谷谷口处,全长 70 多公里,最深水面宽约 300 米,为狭窄河道型水库。坝基为空腹混凝土重力坝,坝高 65 米。其库容为 4.7 亿立方米,正常高水位为 400 米,平时水位为 393 米。1972 年 10 月开始截流蓄水。蓄水后库区附近地震活动明显增强,最大地震为 $M_L = 4.7$ 级。多年来,对该次地震虽有过一些研究^[1,2],但对其发生机制探讨甚少。本文根据实地考察资料及其他有关资料,对该次地震的成因进行了探讨。

二、石泉水库区地震地质条件

石泉水库区位于华中地洼区边缘^[2],地处三大构造的复合部位。其西南侧是巴山弧形构造带,东北侧是新华夏系第三沉降带,北部为秦岭纬向构造带。

在库区范围内分布有一系列规模巨大的北西、北东及近南北向断裂和褶皱带。这些断裂延伸长,多数切穿地壳,有的达上地幔²⁾,同时还伴有多期岩浆侵入或喷发。

坝址位于秦岭加里东褶皱带凤凰山复式背斜西端的东北翼,岩层主要为下志留系变质黑云母石英片岩,呈单斜构造。在坝址附近共有断层约 100 条,构造裂隙也比较发育。这些断层和构造裂隙成为库水渗透的通道。

表 1 给出了 M_L 4.7 地震的震源机制解。根据节面 I 及宏观考察圈定的等震线长轴延伸方向,确定库区内构造应力场的主压应力方向为北西向。

三、库区地震活动及地下水异常特征

1) 陕西省地震群测群防业务技术讨论会文集, 1983。

2) 陕西省地震综合队, 陕西南部地区地质构造与地震活动关系的研究, 1980。

库区及邻区历史上地震的频度、强度都较低。以 4.7 级地震震中为中心,周围 100 公里范围内,历史上没有发生过 $M \geq 5.0$ 地震。但在上述范围以外的汉中地区,曾于 1624 年

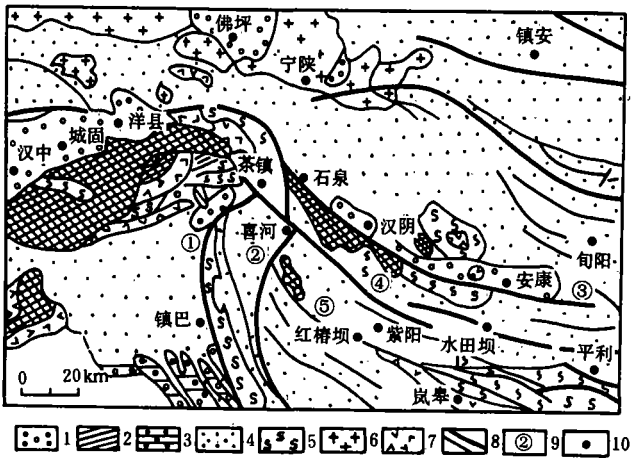


图 1 石泉库区及邻区地质构造略图(据陕西综合队)

- 1. 新生代断陷盆陆相沉积; 2. 古生代、前古生代侵入岩;
- 3. 中生代陆相沉积; 4. 古生代、三迭纪地层;
- 5. 震旦纪、前震旦纪地层; 6. 中生代侵入岩;
- 7. 基性、超基性岩; 8. 大断裂及推测断裂;
- 9. 断裂编号; 10. 城镇
- ① 镇巴—渔渡坝断裂; ② 喜河—麻柳坝断裂;
- ③ 石泉—安康断裂; ④ 茶镇—水田坝断裂;
- ⑤ 红椿坝—岚皋断裂

Fig. 1 Sketch of geological structure in the area of Shiquan reservoir

至 1985 年的 25 年中,库区范围内共发生地震 65 次,最大震级为 4.7,最小为 1.4。其中有 53 次发生在水库蓄水以后,占历年来地震总数的 82%。表明水库蓄水后,地震活动明显增强(图 2)。

1. 库区地震活动与库水位的关系

1972 年 10 月—1973 年 8 月为水库蓄水阶段,水位低于 350 米高程时期,库区没有地震活动。

1973 年 9 月—1976 年 10 月水位由 350 米上升到 409 米,库区内接连发生 $M_L = 1.4 - 3.3$ 地震 18 次,比较集中地分布在库区周围。

1976 年 11 月—1977 年 10 月水位由 409 米下降到正常高水位 400 米左右过程

表 1 石泉 4.7 级地震震源机制解

节面	I	方位 倾向 倾角	错动力	f_1	方位	仰角
		41° NW 75°			219°	5°
运动性质	II	129° SW 85°	P 轴	f_2	310°	15°
	I	左旋正断层			264°	15°
	II	右旋正断层		T 轴	356°	7°
运动性质	I	左旋正断层	N 轴		112°	11°
	II	右旋正断层				

中,水库附近地区共发生 1.4—2.9 级小震 7 次。震中比较分散。

1977 年 11 月—1978 年 2 月水位由 397 米上升到 407 米,然后又急剧下降到历年来

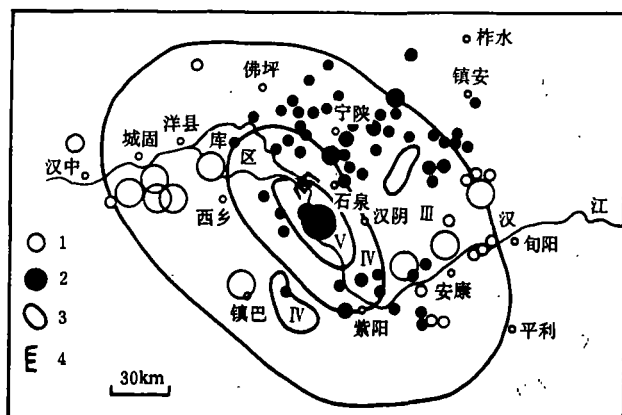


图2 库区及邻区地震分布及等震线图
(公元前1500年—公元1980年)

Fig. 2 Distribution and isograms of the earthquakes
in the area of Shiquan reservoir and around
(B. C. 1500 — A. D. 1980)

最低水位线393米时,在库坝下游16公里处的石泉发生了 $M_L=4.7$ 地震。

1978年3月—1978年12月水位由393米逐步回升到409米,在水库周围发生1.7—2.7级地震10次。震中基本分布在库区边缘地带。

1979年—1985年水位一直稳定在正常高水位400米范围,库区内共发生1.4—2.7级小震17次,平均每年有3次小震发生,且震中较分散(图3)。

上述分析表明,库水位与地震活动相关明显。

2. 库区地震活动与地质构造的关系

水库蓄水后的地震活动与库区内地质构造、岩性和水文地质条件有着

密切的联系。4.7级地震的等震线长轴方向与库区内断裂走向相吻合。尤其需指出,在Ⅲ度区内的汉阴县铁佛、安康县的复兴、镇巴县的兴隆和观音堂等地烈度均达Ⅳ度。这些Ⅳ度区沿北东方向分布。卫星图象显示,沿北东方向,从复兴到铁佛存在有新华夏系隐伏断裂,表明北东向的新华夏断裂与这次地震的发生有一定的联系。

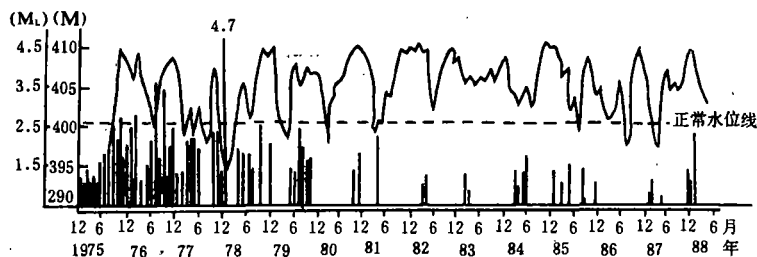


图3 库区地震活动与库水位变化曲线图

Fig. 3 Curves of seismicity versus varying of water level
in the area of reservoir

水库蓄水后的地震频度、强度都超过了库区内蓄水前的正常水平。其主要活动期为1973—1979年。绝大部分小震活动分布在库区周围构造裂隙发育,岩石组合复杂,有利于库水渗透的汉水V型峡谷边缘地段。震中一般距水域几公里到十几公里以上。

3. 地震前地下水异常反映

石泉 4.7 级地震前,位于库区范围内的一些地下水测点异常反映明显。从表 2 和图 4 可知,各测点的岩性结构不同,水力分布状态不一,其地下水异常特征也不相同。在水库尾部回水区花岗岩及片岩地层边缘,由于库水静水压力对岩体的长期侵蚀和压缩作用,使岩石产生新裂隙,改变孔隙度,导致井水位与层间水系联通,因此,位于这一地区的测点的水位和氡气值相应上升。地处汉江谷地沿岸测点水位下降。这里由于其附近岩石因受库水作用和构造应力调整影响,加之灰岩中裂隙和岩溶发育,有利于水沿断裂和裂隙向深层渗透。坝址附近地层大部分是变质岩系,汉江谷地断层产状结构变化复杂,所以在这一地区多观测到翻花冒泡、发浑变质等现象。

表 2 石泉 4.7 级地震前地下水动态变化

观测点	观测手段	震前异常反映	时间(天)	距震中	岩层结构概况
洋县涌泉寺	水氡	+1.5 埃曼	11	70	花岗岩(深度 100 米)
洋县中学	井水位	+100 厘米	7	70	花岗岩、板岩等
石泉县松树乡	井水位	翻花冒泡	5	1	云英片岩、结晶灰岩
汉阴县汉阳乡	井水位	发浑	3	10°	同上
石泉县后柳乡	井水位	十黑灰色	1	15	变质岩、片麻花岗岩
石泉县合溪乡	井水位	一自流井(干枯)	8	12	同上
石泉县曾溪乡	井水位	一干枯	5	22	同上
汉阴县坪溪乡	井水位	一突降	3	17	石灰岩、岩溶发育
紫阳县汉城中学	井水位	一干枯	10	26	同上
镇巴县渔渡乡	河水宏观	震后涨水、断流		54	同上

注:十水位上升,一水位下降或干枯,震中距单位为“公里”。

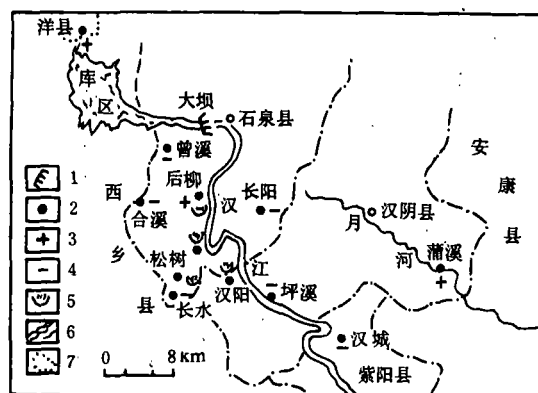


图 4 库区地下水位测点异常分布图

1. 大坝; 2. 测点; 3. 上升区; 4. 下降、干枯区;
5. 变质、冒泡; 6. 江河; 7. 县界

Fig. 4 Distribution of anomaly of groundwater level in the area of reservoir

四、石泉地震成因探讨

根据本文的上述讨论,可以认为,石泉 4.7 级地震是在北西向区域应力场作用下,由于库水向下渗透,致使北东向隐伏断裂活动所致。

从水库蓄水到 4.7 级地震发生,经过了五年多的时间,这可能与蓄水时间长和库区内特殊的地层介质结构有关。另外,该次地震的震源深度为 27 公里,因此库水渗透路程长,这也是该次地震滞后时间长的一个原因。

石泉水库地震序列属前震—主震—余震型,相当于茂木 II 型⁽⁵⁾。4.7 级主震前,陕南地区 1971 年至 1977 年底,地震序列 b

值为 1.18, 高于关中东部地区 (0.87), 表明石泉水库蓄水后的地震频度—震级关系与水库地震特点相一致。

(本文 1991 年 11 月 1 日收到)

参考文献

- (1) 苏刚等, 陕西地区几次 4 级地震的特殊现象和启示, 西北地震学报, Vol. 7, 增刊, 1985.
- (2) 国家地震局广州地震大队, 中国大地构造概要, 地震出版社, 1977.
- (3) 陈希圣, 冯家山水库地震, 西北地震学报, Vol. 5, No. 4, 1983.
- (4) 李永善, 构造应力引起地下水位变化的主要特征, 西北地震学报, Vol. 1, 1No. 1, 1979.
- (5) H. K. 古普塔, B. K. 拉斯托吉, 水坝与地震, 王卓凯等译, 地震出版社, 1980.

STUDY ON CAUSE OF FORMATION OF THE SHIQUAN EARTHQUAKE (Ms4.7)

Chen Xisheng

(Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an)

Abstract

This paper analyses the geological conditions, seismicity, trend of groundwater, source mechanism of Shiquan reservoir area, and considers that the Shiquan Ms4.7 earthquake occurred on Feb. 11, 1978 of the south of Shaanxi province, is induced by reserving water in the Shiquan reservoir.

Key words: Shiquan Reservoir, Induced earthquake, Earthquake cause

(上接 41 页)

ANALYSIS FOR COSMOLOGICAL ENVIRONMENTS OF GREAT EARTHQUAKES

Du Pinren

(Institute of Geology, SSB, Beijing, China)

Abstract

This paper deals with the relationship between great earthquakes and cosmic environment. The statistical results show that the great earthquakes ($M \geq 8$) in Chinese continent and its adjacent regions relate evidently to the revolution of the earth and mostly occur at the intervals when the earth rotation speed gets faster; the events in Chinese mainland have some correlations with sunspot activity, conjunction of the nine planets and return of Halley's Comet; ones in West China and its adjacent regions display significant 18.6 yr. periodicity. These correlations suggest that the development and occurrence of great earthquakes are probably influenced by the cosmological environment conditions.