

2007年云南丘北小震群与云鹏电站水库蓄水关系*

李若飞¹, 毛玉平²

(1. 文山州地震局, 云南 文山 663000; 2. 云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 通过对1965年以来云南丘北、泸西地区地震活动性的研究, 并结合该地区新建的云鹏水电站的水位、库容变化情况进行对比分析, 得出2007年3月至2008年4月丘北、泸西地区发生的一系列小震主要与云鹏电站水库蓄水有关。

关键词: 震群; 云鹏电站; 蓄水; 云南

中图分类号: P315.75

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2010)01-0031-04

0 引言

水库诱发地震具有多种成因, 其发震机理和诱震因素十分复杂, 目前还没有完全为人们所认识。2006年12月, 云南丘北、弥勒交界处的南盘江上新建的云鹏电站开始蓄水。自2007年3月后的1年多时间里, 水电站蓄水区域及其周边20 km范围内($24^{\circ}15' \sim 24^{\circ}42' \text{N}$, $103^{\circ}48' \sim 104^{\circ}05' \text{E}$)发生了187次2级以上地震。在水电站蓄水前后, 该区域地震活动性出现了明显的变化, 引起了地震工作者的关注。由于此次小震群中3级以上地震多发生在云南丘北县境内, 因此称之为丘北小震群。本文结合该地区历史地震活动性及电站建设情况进行分析, 试图对丘北小震群的发生与云鹏电站水库蓄水之间的关系做出客观的解释。

1 云鹏电站基本情况

云鹏电站拦江大坝为粘土心墙堆石坝, 最大坝高100 m, 坝顶长447.5 m, 宽10 m。正常水位高程902 m, 水库淹没总面积12.29 km², 总库容 $3.8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 淹没南盘江河段约40 km, 装机容量 $2.1 \times 10^5 \text{ kW}$, 年发电量 $8.95 \times 10^8 \text{ kW}$ 。该电站于

2003年8月开工建设, 2006年12月开始蓄水, 2007年3月第一台机组发电, 2007年9月3台机组全部运行发电。

2 蓄水前后库区地震活动对比

据云南省地震局测震台网地震目录统计, 云鹏电站水库蓄水前, 坝址附近50 km范围内, 1965年以来发生的最大地震为2000年1月27日丘北5.5级地震($24^{\circ}09' \text{N}$, $103^{\circ}38' \text{E}$), 且无4级地震发生。1965年到2006年12月, 在库区及其附近区域内, 发生2.0~2.9级地震16次, 3.0~3.9级地震2次, 每年发生2级以上地震平均为0.44次, 而水库蓄水前10年内研究区域内也仅发生过7次2.0~2.9级、1次3.1级地震(图1), 说明该区域地震活动水平较低, 属于地震活动相对弱的地区。

云鹏电站水库2006年12月开始蓄水后, 库区内地震活动频度明显增强。笔者统计, 自开始蓄水到2008年6月, 在云鹏电站水库区南北方向20 km范围内共记录到1级以上地震215次, 其中2.0~2.9级地震163次, 3.0~3.9级地震24次(表1), 最大震级为3.6级, 这些地震都集中在研究区内(图2)。从图3可以看出, 在水库蓄水期间, 研究区地震活动频度和强度较蓄水前有明显增强。

* 收稿日期: 2009-10-25.

基金项目: 云南省科技攻关项目“复杂构造区水库诱发地震监测预警研究”(2006SG01)资助。

表 1 丘北小震群 3 级以上地震目录

Tab. 1 Qiubei group of three or more small earthquakes earthquake catalog

序号	发震时间	发震地点		地点	震级 M_L	震源深度	监测精度	监测台数
	年-月-日 时:分	φ_N	λ_E			/km		
1	2007-05-08 14:57	24°35′	103°58′	师宗	3.0	4	3	4
2	2007-08-11 05:27	24°21′	103°56′	丘北	3.2		3	5
3	2007-08-11 06:46	24°21′	103°56′	丘北	3.1		3	4
4	2007-08-16 01:21	24°21′	103°56′	丘北	3.4		3	5
5	2007-08-16 04:10	24°21′	103°56′	丘北	3.0		2	5
6	2007-08-16 09:12	24°32′	103°59′	卢西	3.1		3	3
7	2007-08-16 11:10	24°19′	103°56′	丘北	3.0	3	3	4
8	2007-08-17 05:55	24°21′	103°56′	丘北	3.0		3	4
9	2007-08-20 03:18	24°22′	103°54′	丘北	3.1		3	5
10	2007-09-10 00:25	24°23′	104°00′	丘北	3.0		3	5
11	2007-09-10 00:31	24°22′	103°58′	丘北	3.2		3	5
12	2007-09-10 00:35	24°23′	104°00′	丘北	3.5		3	5
13	2007-09-10 00:41	24°23′	104°00′	丘北	3.0		3	5
14	2007-09-11 05:34	24°20′	103°56′	丘北	3.5	5	3	6
15	2007-09-11 06:02	24°22′	103°56′	丘北	3.6	5	3	5
16	2007-09-12 13:28	24°25′	104°00′	丘北	3.1		3	4
17	2007-09-14 10:32	24°28′	103°59′	卢西	3.2	3	3	3
18	2007-09-14 10:33	24°28′	103°58′	卢西	3.0	3	3	3
19	2007-09-17 12:28	24°25′	103°58′	丘北	3.0	4	3	3
20	2007-10-01 02:11	24°25′	104°00′	丘北	3.0	2	3	4
21	2007-10-08 04:32	24°25′	103°56′	丘北	3.0	3	3	4
22	2007-10-17 04:17	24°20′	103°55′	丘北	3.5		3	5
23	2007-10-17 16:43	24°17′	103°58′	丘北	3.0	3	2	4
24	2007-12-20 05:17	24°26′	104°00′	丘北	3.1		3	4

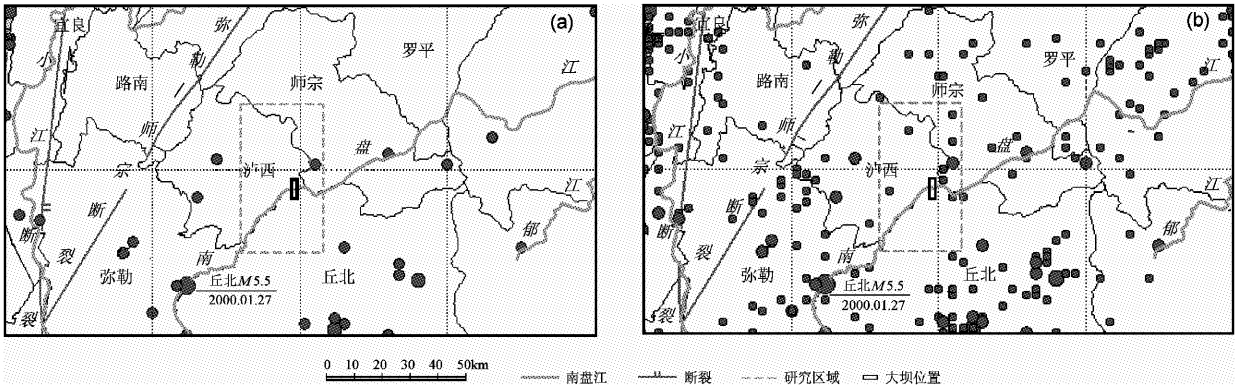


图 1 云鹏水库蓄水前库区及其邻近地区 3 级以上 (a) 和 2 级以上 (b) 地震震中分布图 (1997-01-01~2007-01-01)

Fig. 1 Epicenter distribution map of $M \geq 3.0$ (a) and $M \geq 2.0$ earthquakes (b) in Yunpeng reservoir area and its surrounding areas from January 1, 1997 to January 1, 2007

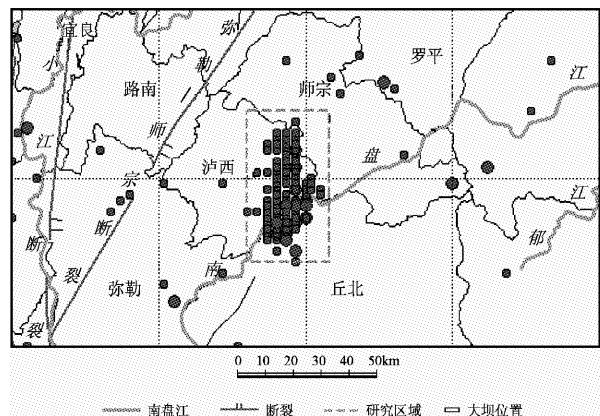


图 2 云鹏水库蓄水后库区及其邻近地区 2 级以上地震震中分布图 (2007 - 01 - 01 ~ 2008 - 07 - 01)

Fig. 3 Epicenter distribution map of $M \geq 2.0$ earthquakes in Yungpeng reservoir and its surrounding areas after the storage from January 1, 2007 to July 1, 2008

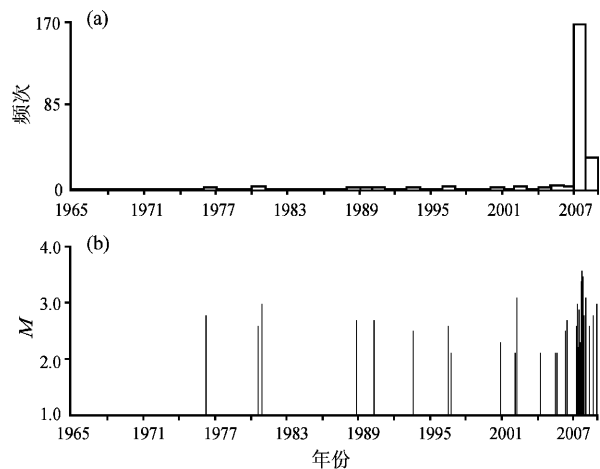


图 3 研究区内 1965 年以来 2 级以上地震 $N-T$ 图 (a) 和 $M-T$ 图 (b)

Fig. 3 $N-T$ chart (a) and $M-T$ chart (b) of $M \geq 2.0$ earthquakes in the study area since 1965

3 丘北小震群与云鹏电站水库蓄水关系研究

云鹏电站水库蓄水后，库区内地震活动与水库水位的变化有明显的对应关系（图 4）。2006 年 12 月 3 日到 2007 年 6 月 29 日，水位由 825.0 m 上升到 899.7 m，库区附近开始断断续续发生 2、3

级地震，最大为 3.0 级。7 月份水库水位下降到 892.4 m，期间只发生了 9 次 2 级以上地震，最大为 2.3 级。8 月份继续蓄水，到 2008 年 1 月，水库水位基本稳定，保持在 900 m 左右，在这期间 2、3 地震频繁发生，其中 2 级以上地震 149 次，3 级以上 23 次。为减小洪灾影响，水库须在汛前降低库水位，于 2008 年 2 月开始泄洪以降低水位，至 6 月 21 日泄洪结束。在这期间，库区附近仅发生了 1 次 2.6 级地震。

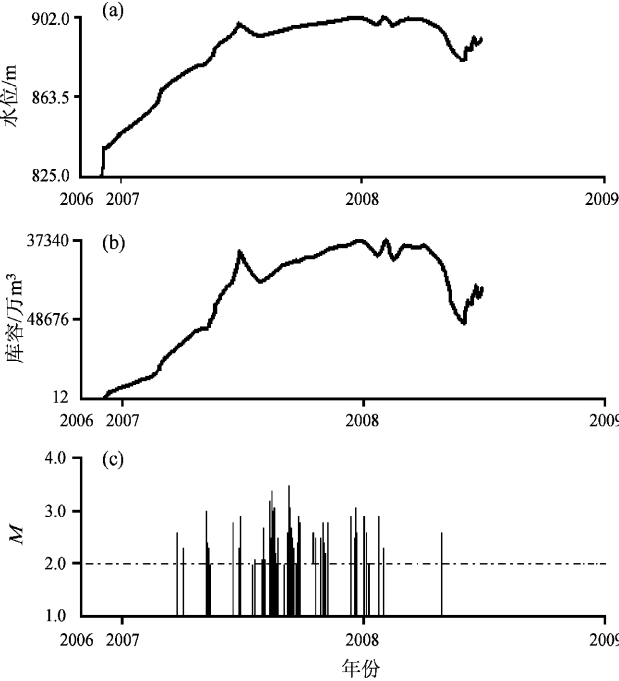


图 4 丘北小震群与云鹏电站水库蓄水过程对应图
(a) 水位变化；(b) 库容变化；
(c) 丘北小震群 $M-T$ 图

Fig. 4 relation between Qiubei small earthquake swarms and the storage process of Yungpeng reservoir

(a) Wate level diagram；(b) Capacity diagram；
(c) $M-T$ diagram of earthquake clusters in Qiubei

可见，云鹏电站水库蓄水后，库区附近 20 km 范围内地震活动明显增强，并且多发生在水库水位上升时期，水库 20 km 以外范围地震活动没有增强现象。对比有关水库诱发地震震例特征（谢蓉华等，2004；毛玉平等，2008）可以看出，2007 年丘北小震群的水库诱发特征明显。

4 结论

(1) 库区蓄水前历史地震活动较弱, 蓄水后地震活动频度明显增强, 远远高于历史地震频度, 而当库水位达到最高值且稳定后, 地震频度和强度随时间的延长呈明显的下降趋势。

(2) 在时间上分布, 87% 的 2 级以上地震都发生在蓄水后 1 年内, 且地震活动与水库的水位、库容变化有较强的对应关系。

(3) 在空间上, 地震分布比较集中, 主要分布在库区及其周围 20 km 范围内, 以 2、3 级弱震为主, 且地震震源浅, 大多在 10 km 以内, 没有超过 20 km 的。

综合此次地震活动的时空分布、地震强度、震源深度及地震与水库水位变化的相关性等特征, 并结合国内外水库诱发地震的震例特征 (麻泽龙等, 2005; 蔡国福, 1982; 陈光祥, 2004; 胡毓良, 陈献程, 1979; 孔凡健, 于品清, 1982), 可以判断丘北小震群是由云鹏电站水库蓄水引发的,

属于水库诱发地震。结合地震诱发时间与库水位变化的关系, 认为此次地震为快速响应型水库诱发地震。根据此次水库诱发地震的震级、能量等主要特征, 认为此次水库诱发地震为震群型水库诱发地震。

参考文献:

- 蔡国福. 1982. 水库诱发地震的特征及诱发成因的探讨[J]. 人民珠江, (5): 33-39.
- 陈光祥. 2004. 水库诱发地震机制和实例[J]. 云南地质, 23(2): 266-269.
- 胡毓良, 陈献程. 1979. 我国的水库地震及有关成因问题的讨论[J]. 地震地质, 1(4): 45-57.
- 孔凡健, 于品清. 1982. 我国水库地震若干活动特点[J]. 防灾减灾工程学报, (3): 19-26.
- 麻泽龙, 程根伟, 谭小琴. 2005. 水库触发地震研究进展[J]. 地球与环境, 33(S1): 211-215.
- 毛玉平, 王洋龙, 付虹, 等. 2008. 漫湾和大朝山电站水库诱发地震活动及其构造环境研究[J]. 地震研究, 31(3): 209-214.
- 谢蓉华, 陈农, 胡先明. 2004. 大桥水库诱发地震研究[J]. 水电站设计, 20(4): 61-66.

Relations between the Qiubei Earthquake Swarm and the Yunpeng Hydropower Station's Storage in 2007

LI Ruo-fei¹, MAO Yu-ping²

(1. Earthquake Administration of Wenshan Prefecture, Wenshan 663000, Yunnan, China)

(2. Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Comparing with the water-level and capacity of the newly-built reservoir of Yunpeng hydropower station, we study the seismic activities in the areas of Qiubei and Luxi in Yunnan Province since 1965. We find that a series of small earthquakes occurred in the area of Qiubei and Luxi from March, 2007 to April, 2008 are relative with the storage of the reservoir of Yunpeng hydropower station.

Key words: Earthquake swarms; Yunpeng hydropower station; storage; Yunnan