

邓家桥水库地震*

李愿军 刘忠书

(地震研究所)

人工诱发的水库地震问题,已广泛地引起工程地质,水文地质和地震地质工作者的注意。近50年来不少学者对水库地震的成因和诱发机制提出了不同意见,较为一致的是水库地震是一种特殊类型的构造地震,它的特殊之处就在于水对地震的触发作用,这种触发机理只是在活动构造总的地质背景下才显现出来。本文所介绍的邓家桥水库地震就是这种典型震例。

一 水库的地震地质背景

邓家桥水库位于湖北宜都县境内,地处长江中游,滨临长江,大坝建在长江支流的初级河流上,为三条小河的交汇处(见图1)。

本区地层最大特点是岩性单一构造简单,地表出露地层有奥陶系中统牯牛潭组紫红色瘤状灰岩,奥陶系下统南津关组青灰色或灰色灰岩、白云质灰岩,寒武系上统三游洞群的白云岩。因此,库区喀斯特地貌特别发育,石林、溶洞、岩溶羊背石、石芽和暗河举目皆是,虽为低山丘陵但到处呈现出石骨嶙峋的地貌景观。

从区域构造上,水库位于轴向为北西西的小型向斜之北翼(图2),其核部为奥陶系中统灰岩,两翼对称出露地层是 O_1^{h+d} 、 O_1^{a+1} 和 ϵ_3^{2+1} ,该向斜被北东向断裂截断,断裂

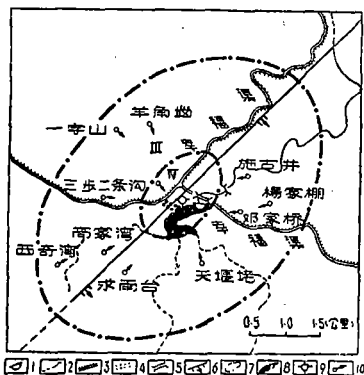


图1 1980年8月1日邓家桥地震裂度图

- 1.石砌拱坝, 2.小河, 3.水渠, 4.暗河, 5.渡槽,
- 6.正断层, 7.等震线, 8.水库, 9.震中, 10.地震声音来源方向。

Fig. 1 The isoseismal map of Dengjiaqiao in August 1, 1980.

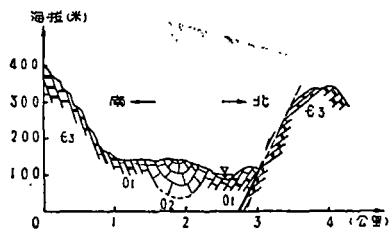


图2 邓家桥水库区地质剖向图

Fig. 2 The geological section of the Dengjiaqiao reservoir area.

*参加调查工作的还有秦兴力、冯选朝、张发骅和李蓉川等同志。

1) O_1^{h+d} 为奥陶系下统红花组和大湾组, O_1^{a+1} 为奥陶系下统分玄组和南津关组, ϵ_3^{2+1} 为寒武系上统上部三游洞群。

的活动严格控制着向斜的形态。断裂展布规模很小,总长度不足八公里,往南西发展其走向转为南西西向。

邓家桥水库的总库容约为35~40万立方米,最大水深10多米,库满时回水线长轴1.5公里,宽不足100米。

大坝坝体是一种石砌内拱滚水坝,未建溢洪道和泻洪闸等分洪工程,雨季洪水期库满,库水直接从坝顶翻越下泻。坝体为石条镶砌,形若弯弓,向库体内拱,其石拱凹向为162度,坝体坚固。因建坝时未做水文地质工作,致使坝体建在地下溶洞上,水从坝下大量漏走。1980年7月13日第一次蓄水库满,坝顶滚水,于1980年8月1日18点18分51.2秒开始发生了主震。

二、地震活动序列和宏观特征

湖北省地震的活动特点是地震少,震级弱,分布稀,历史地震小。公元1221年~1960年间,宜都县境内仅有四次小震,未见到破坏的记述,烈度均小于六度。1961年3月8日,在水库区以西约28公里的潘家湾,发生了宜都县境内有记载以来的最大一次地震,震级5.2,震中烈度七度,极震区范围特别小,六度区也有限,邓家桥水库区位于五度区内。

这次邓家桥地震,经宜昌窑湾和下堡坪地震台测定结果,测得震级 $M_L = 1.9$,微观震中在东经 $111^{\circ}26.5'$ 、北纬 $30^{\circ}15.7'$ 处,震源深度 H 小于3公里。主震之后,在库区附近又发生了多次有感地震。这些余震地点都集中在主震极震区内,远离库区边缘基本无反应。根据我们宏观调查落实,共发生13次地震,前后持续时间达十天之久,其中8月4日竟有6次之多。它没有前震显示,可以认为是主震—余震型的地震序列。

地震声响较大是这次地震的又一特点。调查时群众普遍反映先听到轰的一声,紧接着感到了地面摇动,房屋掉土,稻田秧苗摇摆,水起涟漪。个别人认为尽管声音很大,但响一下就过去了,没有回音共鸣现象,而且地震声音是从水库大坝方向传出来的。据此可确定具体位置在水库北西岸山坡中部。该处正是一暗河通过之处。

这次地震等震线呈椭圆形,长轴半径2.3公里,短轴半径1.5公里,有感面积11平方公里。本区一小断裂正从此通过,其走向与等震线长轴和水库长轴方向一致。

三、地震诱发机制的讨论

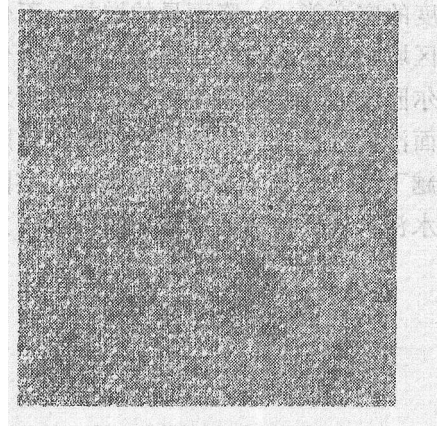
这次地震震级尽管不大,但重要的是与水的作用关系非常明确。震中位置在水库北西岸,水平距水库边线不足50米,有一南东东向暗河从此通过,暗河入水口有南北两个(照片1和2),两入水口相距约40米,出水口(照片3)在水库北西岸水线上,入水口和出水口水平距离约500米。降雨量的增加是这次地震的主要外因之一。本区常年平均降雨量2000毫升,3~5月和7~8月为雨季,据幸福渠邓家桥段降雨量的统计资料,其月平均降雨量约为100毫米,1979年6~7月降雨量是492毫米,而1980年6~7月骤增至727毫米,比79年同期降雨量增加了48%,8月1日地震当天降雨量最大(124.5毫米),地震与降雨量曲线最高点同步出现,无滞后现象。

在岩溶作用过程中,水和岩石是一对主要矛盾,这就是含有碳酸而又充沛流动的溶蚀水和可溶的灰岩、大理岩、白云岩等,其中降雨量的多少,气温的高低,水流的快慢以及水含



照片 1 暗河南入水口

Photo 1 The south water entrance into the underground river



照片 2 暗河北入水口

Photo 2 The north water entrance into the underground river.



照片 3 暗河出水口

Photo 3 The water outlet of underground river.

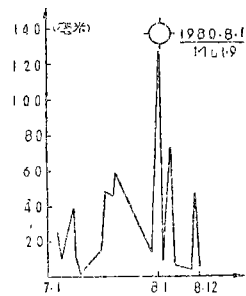


图 3 1980年邓家桥幸福渠段降雨量
Fig 3 The rainfall Picture of Dengjiaqiao Xinqfu canal in August 1, 1980.

酸性的强弱决定了这种溶蚀力的大小和溶解的快慢。暗河就是地下水地质作用的结果。断层的出现及其活动，使岩体的整体性受到破坏，大气降雨和地面汇集的迳流便沿伴随断裂出现的节理、裂隙这类非连续界面向下渗透，形成地下水活动的垂直循环带。含碳酸根的水沿灰岩节理裂隙运动时，逐渐溶解碳酸钙，形成的碳酸氢钙随水流失，漏斗、落水洞便应运而生。下渗水流的上限地下水面又以水平循环为主，在岩溶过程中，溶蚀强烈，于是相互沟通形成暗流，并沿其相对地洼的河谷方向运动流出地表。

岩石的透水性主要取决于裂隙发育程度。在断裂附近，构造裂隙密度大分布深，为水的渗透提供了良好通道。特别是暗河流向穿过断裂时，大量水将沿断面渗漏，孔隙—裂隙水压力的增加促使了断裂的活动，构成激发地震活动的基本条件。

我们认为产生这次地震的条件是：1. 在区域构造应力场作用下，小断裂附近积累着一定

程度的应变能。2.降雨量的增加,不仅使地面饱和并且大量地表水沿暗河和裂隙向下渗透,使区域内岩石孔隙水压提高,同时降低了断层面的有效摩擦力,断层面正应力的减少使应力摩尔园向着库仑破裂线移动,从而诱发地震。3.水库蓄水的增加,加大了地面荷载,这对断层面滑动也是一种附加应力作用。建库以来,1980年7月31日首次库满,水从12米高的坝顶滚越下溃(在此之前因坝脚漏水,实际上是一个干涸的水库)。在短时间内骤然库满增加10米水深,就会使地面增加1巴的正压力增量。

(本文1981年2月28日收到)

EARTHQUAKES ($M_L=1.9$) OF THE DENGJIAQIAO RESERVOIR

Li Yuanjuu Liu Zhongshu
(*The Seismological Institute, SSB*)

Abstract

The Dengjiaqiao reservoir is located in Yidu county of Hubei province, and produces a storage capacity of about $4 \times 10^5 M^3$. since June 1980 rain-storms continuously taken place in the west part of Hubei province. Reservoir was first fully impounded on 31 July of 1980, thus earthquake ($M_L=1.9$) was induced the next day.

Secimicity of the Dengjiaqiao reservoir is an event of tectonic-earthquakes type, Due to stormily increasing of rainfall and ground water flowing into underground streams, and permeating into fractures, and so pore pressure increased in some faults, and effective normal stress was decreased, In addition, full impounded lodging also made normal stress increase about 1 bar. This resulted in forming a fracture slip of the fault in NE direction.