

# 江西省东津水库诱发地震可能性研究

于品清

(国家地震局地震研究所)

**摘要** 本文从库区的地层岩性、断裂构造、水文地质条件和库水起涨的作用出发,认为拟建的东津水库蓄水后发生水库诱发地震的可能性很小,建立在相似地质构造类型在水文地质条件上的黄龙滩水库,至今未发生水库诱发地震就是一个很好的例证。

**关键词** 水库诱发地震,诱发条件分析,江西东津水库

拟建的东津水库位于修水县城西南约30公里的东津水上,设计坝高80米,库容近6.0亿立方米,是一座中大型水库。水库外围历史上曾发生过多次中强地震,近年来又在白沙岭等地发生一些中小地震;加之修建在修水中下游的柘林水库,蓄水后也诱发了地震,因此人们担心东津水库建成蓄水后可能会诱发地震活动。从目前国内外已诱发地震的120多个水库震例看,50%(我国为78.6%)以上位于岩溶发育的灰岩区,其余绝大多数都与通过库区或与库水有联系的活断层(带)有关。至于东津水库的情况,我们将从库区地层、岩性、断裂构造、水文地质条件和水的作用入手,探讨其诱发地震的可能性。

## 一、库区及外围地层岩性特征

东津水库区出露的地层主要有元古界板溪群、震旦系下统和第四纪系。坝下游及修水河谷两侧分布有震旦系上统、寒武系、下第三系和第四系(图1)。板溪群与震旦系呈不整合关系,南沱组与冰碛组为平行不整合,后者与寒武系为假整合接触,下第三系与老地层呈断层关系,第四纪堆积物覆盖于所有老地层之上。

此外,库区尚发育有燕山晚期二云母花岗岩和白云母花岗岩等,石英脉也较发育,走向以近东西向为多,次为近南北或北东向,但未发现有较大岩脉穿过库区。

大量分布于库区及其以南的元古代板溪群主要由石英岩、长石砂岩、板岩和粉砂岩组成,总厚度近800米。震旦系下统分布于龙头—东山向斜的两翼,南翼抵大坝。其中洛可峰组( $Z_1L$ )以凝灰质角砾岩、凝灰质砾岩、层状火山角砾岩、凝灰质砂岩、层状凝灰岩为主,厚0—236米。南沱组砂岩段( $Z_2n^1$ )主要为长石石英砂岩、砂砾岩,凝灰质长石石英砂岩、粉砂岩、硅质页岩等,厚291—641米。冰碛岩段( $Z_2n^2$ )以冰碛砾岩和砾岩为主,厚度仅28—56米。灯影组( $Z_2d^{1+2}$ )主要为硅质岩、硅质板岩、钙质页岩、凝灰岩、粉砂岩等,厚度极小。板溪群分布区断裂构造一般不发育,震旦系下统中地表断裂构造较发育,



寒武系分布于勘头—东山向斜的槽部。观音堂组和王音铺组( $C_{1w+g}$ )为低炭质页岩、粘土质绢云母页岩、硅质页岩等。杨柳岗组( $C_{2y}$ )为灰岩、泥灰岩、硅质粉砂岩和页岩等。华严寺组( $C_3h$ )为泥质灰岩夹扁豆状灰岩。西阳山组( $C_{3s}$ )为泥质灰岩、粉砂质页岩、透镜状、扁豆状灰岩等。后二者的厚度仅133—165米。其中岩溶不发育。

新余群( $E_{xn}$ )分布于渣津—龙船头新生代盆地中,厚度超过2000米。下部为钙质粉砂岩、砂砾岩、砾岩、砾状砂岩、钙质砂岩、砂页岩等。中部主要为钙质粉砂岩和砂砾岩。上部基本上为砂岩和砂砾岩。

第四系更新统以砂砾层、网纹红土、粘土及粉细砂层为主,厚达30余米,分布于修水及支流两岸,组成四级河流阶地。全新统以砂砾层及亚粘土为主,厚3—10余米,多见于程坊、洞角等山间小盆地中。

上述地层中以石英砂岩、中细粒砂岩、硅质粉砂岩、冰渍岩等比较坚硬,抗风化能力强,但节理、裂隙、断层较发育;砂砾岩、粗砂岩、长石砂岩及含铁质、锰质、钙质、炭质、硅质较高的砂、砾岩节理、断裂亦较发育,且易风化;石煤层、页岩、板岩、炭质页岩等断裂构造一般不发育,但易风化成泥。下第三系和第四系成岩性较差或尚未成岩,易风化,易水解。第四系中尚未发现有新的断层。

上寒武统华严寺组和西阳山组为库区外围唯一的灰岩系,但由于杂质高,岩溶极不发育,因此灰岩分布地区基本上可排除存在较大或巨大重力应变体的可能性。

## 二、库区及外围主要断裂构造

通过库区或与水库区可能有水力联系的主要断裂构造有:北东—北北东向的黄沙—香炉尖断层、杭口—板山断层、勘头—程坊—福港断层、茶家潭—龙船坞断层;北西西向的新民断层;近南北向的三口堰—东津河断层;近东西向渣津新生代盆地南缘断层(图1)。

(1)黄沙—香炉尖断层:北起金珠洞,过修水后延至南边,再经小坳岭、银子岭、香炉尖,最后在湖口以南逐渐变小、尖灭,全长46公里。断面倾向北西西至北西,倾角较大。沿断层局部地段见有10~20宽的破碎角砾岩。围岩板岩中常发育有较多同方向的节理和裂隙。断层遗迹显示西北盘下降,东南盘上升,存在明显的垂向位移,表明形成时具正断层性质。

(2)杭口—板山断层:北起雷岭一带,往南西延至杭口、任麻、麻南、螺蛳车、板山西、里湖洞,最后在杨泗殿一带尖灭,全长16公里。断面倾向北西西至北西,倾向一般在 $65^\circ$ 以上。断层遗迹显示西盘下降、东盘上升,且地层水平错距达300余米,表明形成时具正(平)断层性质。东洋水库蓄水后将有一小段淹没于水中。

(3)勘头—程坊—福港断层:北起塘角头,往南南西方向延经上杭、岭下、北岭、程坊、官地、枫树坪、福港、幽居、樟坑、苦竹洞,最后在江西与湖南交界处附近尖灭,全长50余公里。断面倾向北西西至北西,倾角多在 $52^\circ$ 左右。它影响元古界、震旦系和寒武系,形成时为正(平)断层。

(4)茶家潭—龙船坞断层:南起竹子坝,往东北延经龙船坞、卢家、团山坞,在大坝上游200—250米处通过库区后,在老山沅南被近南北向断层错断,最后消失于寒武系中。全长16公里。它是通过库区的第二条断层。断面走向呈波状变化,倾向西至北西,倾角多在 $80^\circ$ 以

上。沿带硅化破碎带、角砾岩带发育，一般宽10米左右，据断层两盘现有特征判断，该断层形成时具正（平）断层性质。它影响的地层主要为元古代、震旦纪和寒武纪地层。

（5）三口墩—东津河断层：南起山牛坪附近，近南北方向切过库区，然后经老山坑、邹家湾、东津乡东、塘港，最后在上坡一带尖灭，全长8公里。断面基本平直，倾向西，倾角在 $50^{\circ}$ 以上。从断层通过处的地貌看，形成时似为正断层。它影响元古代、震旦纪和寒武纪地层，切割库区所有断裂，因此形成的时间最晚。

（6）新民断层：局限于黄沙—香炉尖断裂与勘头—程坊—福港断层之间，全长7公里。断层带上宽下狭，中夹黄泥，近乎垂直，地表显张裂，发育于元古代地层中。

（7）渣津盆地南缘断裂：大致呈北东东向延性，全长40公里以上。它被北东—北北东向断层切割成十余段，且由东至西依次南移，断面向北倾，倾角 $60^{\circ}$ 以上。破碎带发育，宽10米左右。从断层的硅化破碎、地层褪色和位移方向看，它形成时应属正断层。

这些断层在目前北西西—南东东向区域挤压构造应力的作用下，北东—北北东向断裂作压（扭）性运动，北西—北西西向断层作倾滑运动，近南北向断裂作（压）扭性运动，北东—近东西向断裂作张扭性运动（图2），这必然导致在北东—北北东向断层、近南北向断层的拐弯处和北部尖灭区，北东—近东西向断层、北西西向断层西部尖灭区，以及与前者的交汇部位积累能量，形成应变区，成为发生各类地震的基础。从东津水库区及构造应变能条件分析，似乎三口段、勘头、东山、岩下一带尤为重要。

### 三、水文地质条件及水的作用

这里所说的水文地质条件包括库水的渗漏和聚积条件。它们在很大程度上是由库区岩性、构造面性质、发育程度、新构造运动特点，风化类型和深度决定的。

#### 1. 地层面的渗水性

库区范围的元古代地层面，在正常情况下不渗水；即使地表稍有渗水，但到达一定深度后就基本上不渗水。这就是说，地层面都不会成为有效的水文地质界面。

#### 2. 风化壳的渗水性

库区范围内风化壳虽发育，但厚度不大，一般20—40米，个别达100余米。它与当地的性、构造有关，一般是脆性岩地段、构造面发育地段较厚，反之则薄。风化壳的渗水性由上向下逐渐变弱，达到微风化带后基本上为不渗水（图3）。库区除下第三系成岩性较差外，其他基岩结构紧密，新鲜基岩单位面积吸水量均小于0.003，属于极微或微透土层。因此，由风化壳渗透到新鲜基岩的水，除极少部分成为裂隙潜水和裂隙承压水外，绝大部分通过较大构造面排出地表，最后流入东津河或其他支流中。由此可以看出，风化壳中的水基本上属于表层循环水。

坡积层、洪积层、冲积层的渗水性一般较大，但地表水通过它们、到达堆积面后，除少部分呈孔隙水或分子吸附水留于堆积物外，其余绝大部分由高处流到低处，最后流出地表。因此，各地坡积层、洪积层、冲积层中的地下水也无法发挥巨大的作用。

#### 3. 各类裂隙面的渗水性

库区各类裂隙面较发育，主要分布于脆性岩分布地段和区域性大断层或主要断层的两侧，不同方向断层的交汇部位尤多。从已有资料看，坝区右岸以近东西向、北北西向为最多，

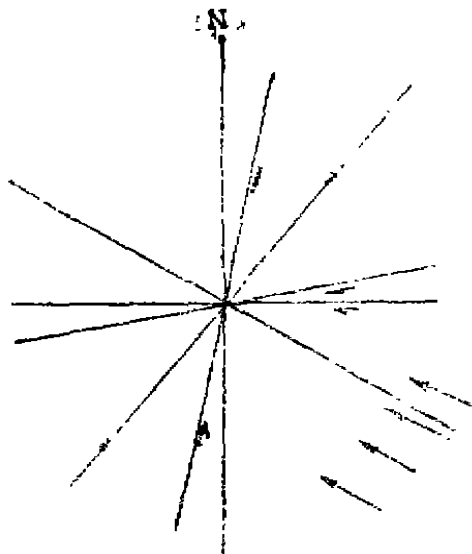


图2 库区主要断层在现代板块力作用下的运动

Fig. 2 The motion of major faults under the action of modern plate at the reservoir area

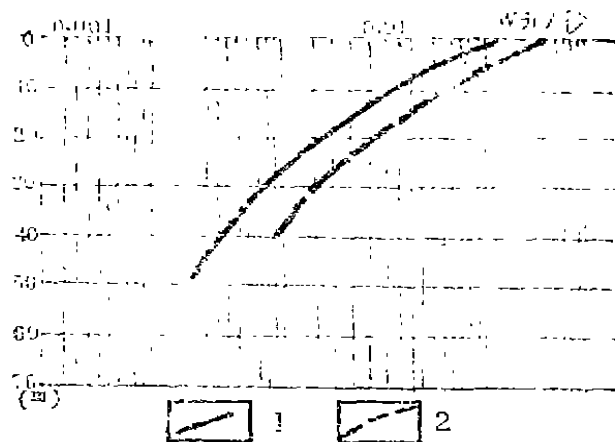


图3 三峡地区岩体渗水性随深度变化图

Fig. 3 Variation of absorbing permeability with depth at the rock mass in the three Gorge area

库区以北北东向裂隙占绝对优势。各组裂隙面的渗透性虽不相同,但 $W$ 值一般在 $0.20-0.003$ 升/分米<sup>2</sup>之间变化,且随深度增加而变小,至新鲜基岩面时基本上不渗水。因此,渗入到各组裂隙面的裂隙水,其中绝大部分经较大构造面流出地表,少部分成为层间裂隙破碎带或切割地层裂隙破碎带的承压水,保留在破碎带中。由于数量减少、埋藏深度有限,也难以发挥较大的作用。

#### 4. 主要断裂的渗水性

库区发育的北东—北北东向断层、近南北向断层和北西西向断层的水文地质条件存在某些差别。

(1) 北东—北北东向断层组: 通过库区的有杭口—板山断层、勘头—程坊—福港断层、茶家潭—龙船坞断层; 而水库东侧则发育有黄沙—香炉尖断层。如根据该区现代地壳块体运动特点和断层通过处地层性状分析, 水库建成后库水沿杭口—板山断层及勘头—程坊—福港断层往下渗透的可能性较少, 茶家潭—龙船坞断层的渗透条件较好, 但往下大量渗水的可能性也不大; 黄沙—香炉尖断层的渗水性在很大程度上取决于新民断层。从目前已有资料判断, 与之发生水力联系的可能性极少。

(2) 东津河—三口段断层: 在目前的北西西—南东东向区域挤压构造应力作用下作走滑运动, 加上库坝区右岸为南沱组, 岩性脆, 较利于库水向北—向下运动, 并可能在其北部闭锁区聚集起来, 形成较小的有限效应区, 从而促使断层运动。如根据东山一带泉水流量和水温看, 地表渗入的深度有限。东山以北, 东津河沿断层发育, 说明地下水面以下部分已被水充填。因此, 水库建成蓄水后, 库水三口段—东津河断层北端不会产生什么影响。

(3) 新民断层: 目前北西西向作用力对它的渗透可能有利, 但由于发育于元古代浅变质砂岩和板岩中, 因此往下大量渗水的可能性较少, 往深部大量渗水的可能性更少。

综上所述, 库区这些水文地质结构面基本上属于表层或极浅层水文地质结构面, 因此, 地表水、未来的库水沿它们进入深处和北部、西部尖灭端的可能性极少, 故无法发挥水体有限效应区的作用。

### 5. 水的作用

库水储满期间, 库区范围内大约要增加6.0亿吨的荷载, 地下水位也要在原来的基础上升高: 大坝—程场段水层厚75—80米, 洞角—程场段60—75米, 以南库段也有不同程度的升高。由于上述原因, 库水对库区基岩、断层无疑要产生某些影响。从库区地层、构造和上面列举的水文地质条件看, 似以泥化作用、孔隙压作用和荷载效应为重要。前一作用主要发生于库区泥岩或泥质岩类分布区。其结果是降低岩石的结构强度和减少岩块, 断块间运动的阻力。另一方面, 泥浆有堵塞或部分堵塞断裂的作用, 阻止库水向下运动。从整体看, 后者大于前者。孔隙水压作用随着库水位的增多而增大, 对断块的运动有一定作用。从目前已掌握的料看, 东津水库除坝区右岸较具备发挥孔隙水压条件外, 其他库段这方面的条件均较差, 难于发挥孔隙水压的作用。库水荷载效应, 从形状相似、荷载较大的隔河岩水库计算结果看, 水域开阔的程场、凤凰坪等地大概不会超过 $2.385 \times 10^5$ 帕。由此可见, 东津水库水体荷载效应较少, 对库区断层的运动无法发挥巨大的作用。

## 四、水库诱发地震可能性评估

根据水库区的地质构造背景, 水文地质条件, 库水能发挥作用的程度, 对未来水库区发生水库地震可能性提出如下预测意见:

### (1) 岩溶型水库地震

库区范围内均为元古代浅变质的板溪群, 因此不存在发生岩溶型水库地震的可能性。库首区北侧虽有寒武纪灰岩地层分布, 但其中岩溶不发育, 即不存在由重力作用形成的应变体, 因此诱发这一类型水库地震的可能性也极少。

### (2) 构造型水库地震

东津水库区及外围一系列断层, 在现代构造力场的作用下, 闭锁端或转折部位可能存在应变体, 即存在发生构造型水库地震的基础。但从各断层位置、性质和水能发挥的作用看, 香炉尖—黄沙断层、勘头—程场—福港断层, 杭口—板山断层、新民断层等诱发水库地震的可能性极少。其原因是库水无法发挥巨大的作用。龙船坞—茶家潭断层、三口段—东津河断层的应变和库水发挥作用的条件较好, 因此不能完全排除在三口段一带发生一些小震的可能性。如在建坝的同时, 注意做好坝右岸、特别是二断层通过地段的防渗防漏工作, 这种可能性将会大大缩小, 乃至排除。

### (3) 与黄龙滩水库区比较

黄龙滩水库位于汉江支流堵河下游, 1974年建成、蓄水。坝高107米, 总库容12.42亿立方米, 有效库容5.99亿立方米, 回水到竹山县城附近, 长60公里左右, 为狭谷型水库。

库区地层主要为元古代武当群, 尾部为志留纪砂、页岩。库区及外围发育有北北东、北东、北北西和北西西向四组断裂构造。较大和活动性较强的向河—谷城断层、竹山—竹溪断

层从水库北部和西侧通过，历史上和近代都生发过一些中强地震。黄龙滩水库蓄水十多年来，由于库区层、构造渗水性极差，通过库区或有水力联系的断层（带）上尚未发现有明显的地震活动。这就说明：渗透条件不好的东津水库区也不会出现明显的水库地震活动。

在收集资料和野外考察期间，得到了江西省地质局、地震局、水电厅和二机部地质队的帮助和支持，特在此表示衷心的感谢。

## STUDYING THE POSSIBILITY OF INDUCED EARTHQUAKE IN DONGJIN RESERVOIR, JIANGXI PROVINCE

Yu Pingqing

( Seismological Insitute of State Seismological Bureau )

[Abstract] In this paper, based by the analysis of stratigraphic lithological characters, fracture structure, condition of hydrologic geology in the reservoir area and the action of the reservoir, it thinks that it is not possible for induced earthquake will occur in Dongjin Reservoir which will be built after impoundment. This paper also makes a comparison between this reservoir and Huanglon reservoir

[Key words] Reservoir induced earthquake; Analysis of induced earthquake condition; Dongjin reservoir in jiangxi province