

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

黄河龙羊峡电站区域构造稳定性的 工程地质研究

王士天 李渝生 苏道刚 魏伦武
(成都地质学院)

在龙羊峡电站区域构造稳定性问题的研究工作中,我们从分析已有的区域调查和历史地震资料入手,在活断层和古地震现象现场调研的基础上,建立了该区现今应力-形变场的模式,然后通过物理和数学模拟研究,验证了该模式的正确性并取得了定量关系和数据。有效地解决了该电站区域构造稳定性的评价问题。

引 言

黄河上游龙羊峡电站工程区位于青藏断块北部边缘地带。区内地质构造复杂,新构造运动迹象明显。1981年施工围堰建成后,每年汛期当水位抬升20—30m时,库坝区附近即有一系列微震发生。这类地震活动是否为水库所诱发?尤其是当水库蓄至正常高水位后,能否诱发破坏性强震而对坝体及周围环境造成较大危害?这些都是电站工程建设中所急待解决的问题。几年来,我们在对这类问题进行专门研究过程中,通过引入新的技术方法和不断总结,逐渐探索出一条从环境条件分析入手,经现场调查、模式机制研究到定量评价的研究途径,有效地解决了龙羊峡电站区域构造稳定性的研究和评价问题。本文就是在总结几年来的研究成果和经验的基础上撰写的。

一、区域地球动力学的环境条件

实践经验表明,为研究和评价某地区的构造稳定性,首先必须在包括一个比较完整的地球动力学环境体系单元的范围内,研究和分析该区所处的地球动力学环境的基本特征。重点阐明该区所处的大地构造部位、区域构造-地貌格局的总体特征以及现代地震活动的一般规律,并尽可能地按构造、地貌和地震活动的相关性划分地震带,进而寻求它们之间的相关关系。

龙羊峡地区的研究成果,集中地反映在所编制的区域地震-构造图(图1)和其它一些分析性图件中。现分两方面问题进行讨论。

(一) 区域构造-地貌格架的基本特征

研究区内的构造-地貌格架明显地呈菱形网络展布(图1)。构成该网络南部边界的

是 WNW 向布青山-阿尼玛卿山褶断隆起带 (I 带)。作为该带主干断裂的托索湖-玛沁断裂是一条规模巨大, 且与重力梯度带相吻合的岩石圈断裂。该断裂的新活动性十分明显, 1937 年于花石峡沿该断裂发生的 7.5 级地震, 其水平反扭错距达 8m, 且产生了长达 300 km 的地表形变带。据研究, 晚更新世以来其累积反扭水平位移量已达 80—100m, 平均滑动速率约为 1mm/年^[1]。

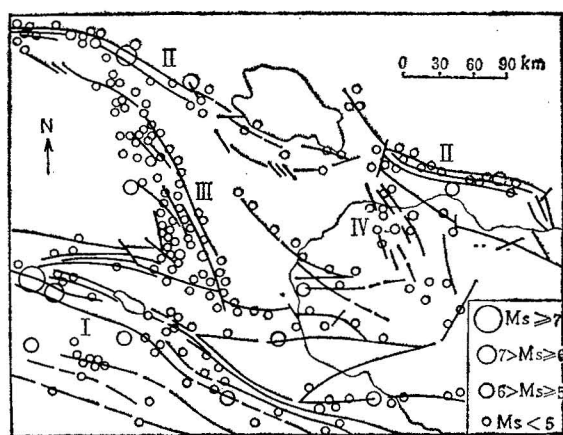


图 1 龙羊峡区域地震-构造图

Fig. 1 Regional seismo-geostructure map of the Longyang Gorge area

I. 布青山-阿尼玛卿山断裂带; II. 青海南山-拉脊山断裂带; III. 鄂拉山断裂带; IV. 瓦里贡山-岗察寺断裂带

I. Buqing Mount-Animaqing Mount faults; II. Qinghai South Mount-Laji Mount faults; III. Ela Mount faults; IV. Waligong Mount-Gangchasi faults

构成该网络北部边界的是呈斜列式分布的青海南山-拉脊山褶断隆起带 (II 带)。它们均受其南、北两侧的 WNW 向延伸长大、具多期活动历史、晚近显反扭走滑型新活动特征的地壳断裂所控制。

该网络西部和东部边界分别由 NNW 向展布的鄂拉山 (III 带) 和瓦里贡山-岗察寺 (IV 带) 褶断隆起带所构成。两者均表现出较为明显的新活动性, 且前期以较为强烈的逆断抬升为主, 后期则转为顺扭走向滑动。但后者的新活动性强度明显低于前者, 电站坝库区附近的龙羊峡断裂组即包括在此带内。

位于上述 4 条褶断带之间的是新生代以来断陷幅度达千米以上的共和盆地。据航磁资料, 该盆地基底岩性较为单一且相对稳定, 具有一定的刚性特征。

(二) 现代地震活动及水库诱发地震

图 1 资料表明, 区域地震活动明显地受上述 4 条褶断隆起带的控制, 故可按构造、地貌和地震活动的这种一致性划分 4 个相应的地震带。各带地震活动除有与各自的断裂规模相一致的特点外, 还表现出明显的彼此相关性。与深大岩石圈断裂活动相联系的 I 带对整个研究区的地震活动有明显的控制作用。这不仅表现在该带地震活动强度最大, 而且以较强地震为代表的每期地震活动均首先始于该带, 然后依次传入 II、III 和 IV 带, 且

强度递减(表 1)。

研究资料表明,1981年以来龙羊峡库区微震序列的 b 值达 1.116, 明显地高于该区天然地震序列的 b 值(0.475)^[2], 而且这些微震活动与水位抬升明显相关, 说明这种微震活动确为水库所诱发。

表 1
Table 1

地震带	最强地震		$M_s \geq 4$ 级地震的次数
	震级 (M_s)	发震时间(年·月·日)	
I	7.5	1937.1.7	25
II	6.0	1938.8.23	16
III	5.0	1952.3.21	7
IV	4.4	1959.3.2	4

二、活断层及古地震问题的调查与判释

新构造运动现象的调查是研究和解决区域构造稳定性问题的基础。为研究库坝区附近地区的新断裂、活断层及古地震问题, 采用以下技术方法:

(1) 使用计算机处理的遥感图象和物探手段, 查明新断裂网络及活断层的发育、分布;

(2) 开挖探槽研究活断层的新活动性特征;

(3) 取样测定断层的最新活动年代及其活动性状。

通过上述各项工作, 查明了区内新断裂及活断层的发育分布情况(图 2 及表 2)。总的看来, 该区的活断层主要有 NNW 及 WNW 向两组。

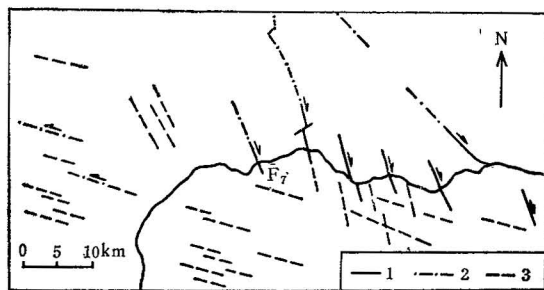


图 2 龙羊峡地区新断裂网络及活断层分布图

Fig. 2 Map of neofracturing network and active faults for the Longyang Gorge area

1. 断层; 2. 甚低频电磁法验证的断层; 3. 区域裂隙

1. fault; 2. fault verified by VLF method; 3. area-wide joint

NNW 向活断层主要分布在电站以东地区。地质研究及测定资料表明, 其最新活动年代均在晚更新世的中早期至中晚期(表 2)。近坝分布的 F_1 断层是这组活断层的一个

典型代表。沿此断层开挖的探槽清楚地揭示出这组断层的新活动性有如下基本特征:

(1) 断层的新活动性在中更新世前后具不同性质。从探槽的编录资料(图 3) 可以看出, F_7 主断面虽统一地切割了印支期花岗岩、早更新世湖相地层以及上覆的黄河八级阶地砾石层的下部, 但断层两盘的位错特征在剖面的上、下部分却有所不同: 在早更新世及其下伏的岩层中见有明显的逆断型垂直位错, 而在阶地砾石层下部虽见有断面通过, 却无垂直位错显示。此外, 尽管在老断面上见有大量的垂直擦痕, 但在最新的泥质断面上则仅见有清晰的水平顺扭擦痕。据此不难判断, 该断层于中更新世以前具逆断性质, 以后则转为顺扭走向滑动。

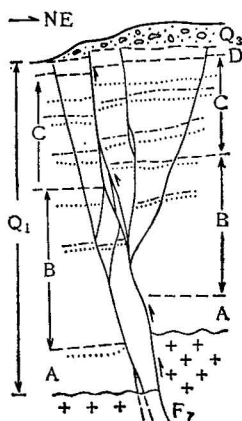
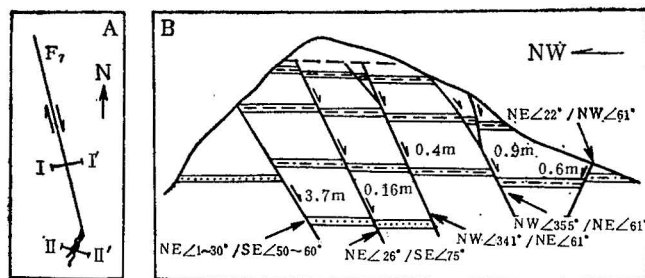
表 2 断层活动特性研究结果

Table 2 Investigation results on active faults

断 层			最新活动时间				热释光温度及断层活动性状	断层最新活动特征	一次活动最大错距 (m)	古地震震级 (M_s)
组别	名称	产状	地质研究结果	C^{14} 绝对年龄 (万年)	热发光绝对年龄 (万年)	石英颗粒表面结构				
北北西组	F_7 断层	NW345°/ NE $\angle$ 75°	扰动八级阶地砾石层 Q_3 中期	1.87	15 $\pm$ 0.72	贝壳状断口	Q_3 晚期	340°—420℃ 粘滑	3.31—5.4	6.5—6.9
	东龙沟断层	NW342°/ SW $\angle$ 65°	错动 Q_3 冲洪积物		11.1 $\pm$ 0.5	新鲜断口及少量溶蚀面	Q_3		>2.31	>6.2
	伊黑龙断层	NW 342—300°/ SW $\angle$ 54°		2.75 $\pm$ 0.14	4.4 $\pm$ 0.21	贝壳状断口及张裂网络	Q_3 晚期	330°—355℃ 粘滑		
	拉西瓦断层	NW340—330°/ NE $\angle$ 55°							5.64	6.9
北西西组	歪曲沟断层	走向 NW300°	错动六级阶地							
	加达扣断层	走向 NW300° 倾向 SW	错动 Q_2 早期地层							

(2) 前期的逆断活动具有多期重复发生的特点。从图 3 中可以看出, F_7 断层两盘的垂直位错幅度自下而上递减。据此可在早更新世地层中划分出 A、B、C 和 D4 个构造层。表明在早更新世期间沿此断层至少有过 4 次重复性逆断活动, 分别发生于各构造层沉积之后, 其垂直断幅分别为 0.9、1.2、0.42 和 0.18m。若根据该区的类比资料取早更新世地层的平均沉积速率为 0.55mm/年, 则可估算出该时期断层逆断活动的历史平均错动速率约为 0.1mm/年。

(3) 断层端部“右行张性折尾”现象的存在是该断层最新顺扭活动的有力佐证。图 4 揭示了 F_7 断层南端“右行张性折尾”构造的发育情况。在那里发育有一系列走向为 NNE、呈折线延伸的正断层。它们均错断了早更新世地层, 但并未扰动上覆晚更新世中晚期泥流型堆积物。这些与主断层斜接的正断层, 显然应是晚更新世期间主断层顺扭活动所派

图 3 F_7 断层 I-I' 剖面图Fig. 3 Geological section (I-I') of fault F_7 图 4 F_7 断层南东端的“张性折尾”现象Fig. 4 The tension cracking zone in the southeastern end of fault F_7

A. 平面图; B. 剖面图 (II-II')

A. The plane position; B. Geological section (II-II')

生的拉张型构造。根据这些正断层的产状及断幅,可相应地估算出主断层的顺扭断幅分别为 5.4 和 3.31m (按一次或多次活动考虑),按保守的断幅-震级关系式 ($\log D=0.57M-3.19$) 估算^[3],其伴生的古地震震级也达 6.9—6.5 级。

WNW 向断层大多呈隐伏状态,分布于电站上游的水库区内。该组断裂在各种方法处理的遥感图象上均有清晰的显示,甚低频电磁法测量也证实了它们的存在。其中,已确证有新活动性者为歪曲沟断层。在空间滤波处理的遥感图象上,清晰可见该断层的反扭错动迹象,后经现场甚低频电磁法测量及地质地貌研究,证实它确是一条走向为 NW 294°、延伸长约 8km 以上的、反扭错断黄河 6 级阶地的走滑型活断层。

为研究上述各组断裂的粘滑错动及古地震活动是否发生,我们首次引入热释光温度测定技术,对断层破碎带物质的热效应问题进行了定量研究。研究结果(表 2)表明,这些断层在经历最新一次热事件时的温度量级均在 300℃ 以上。如此之高的温度显然应是断层快速粘滑错动使破碎带迅速升温的结果,而这种粘滑错动必然伴有古地震活动。

三、区域构造稳定性的模式、机制研究

现象调查能了解事物的各个侧面,模式、机制研究才有助于正确掌握总体规律,揭示出事物的本质。近年来的研究表明,任何一个地区内,各种地质现象以及由其所反映的活动带与稳定区的发育绝不是杂乱无章的。它们受区域地壳运动方式和特点所制约,通常总是按照一定的模式组合成特定的总体形变图象,客观地反映出现今区域应力-形变场的特点。因此,区域构造稳定性研究的有效途径应是在分析区域资料和对重点区段详细解剖的基础上,正确地抽象出该区域由特定的地壳运动方式所决定的应力-形变场发育的基本模式,然后通过物理和数学模拟研究,深化对作用机制和区域规律的认识,取得定量关系和数据,为最终评价区内不同地段的构造稳定性提供科学依据。

(一) 模式的抽象

在上述各项分析研究的基础上,将龙羊峡地区地球动力学环境条件和复杂的断裂体系进行归纳性概括,即可将其抽象成图 5 所示的模式,其基本特点在于:

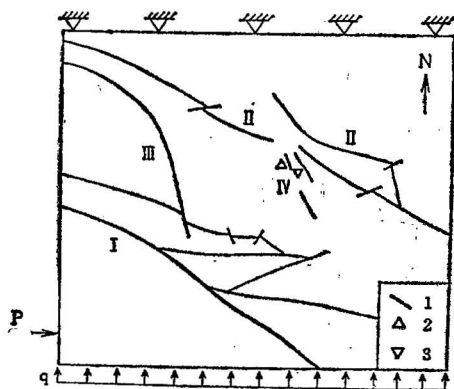


图 5 区域应力-形变场及有限元分析模型

Fig. 5 Regional geodynamics and finite element analysis model

1. 断层; 2. 库区地应力实测点; 3. 拉西瓦地区应力实测点

1. fault; 2. stress measurement location at the reservoir area; 3. stress measurement location at Laxiwa area

1. 研究区内发育有 WNW 和 NNW 向两组活断层。前者规模较后者大,分别表现为反扭和顺扭走向滑动。

2. 区域最大主应力方向等分两组活断层的钝夹角,平均约为 $NE45^\circ$ 。

3. 上述特定的应力-形变场的形成是由于印度与欧亚板块碰撞导致其南侧断块东移,从而使所研究的地块遭受近东西向左旋力偶作用的结果。

4. 该应力-形变场大致定型于中更新世末期,晚更新世期间库坝区附近的活断层都有过较强烈的活动,但近期的应力-形变强度已显著降低。

(二) 机制模拟研究

为考查上述模式的正确性和进一步研究作用的基本机制, 首先进行了地质力学模型试验。方法的要点是, 按抽象出的模式用相似材料制成模型, 放于专门的加压装置中施加力偶进行变形试验。在外力不断加大、变形累进发展的过程中观察和记录模型变形发展的全过程。

试验研究结果(图 6)表明:

1. 剪切位移沿断裂的发展首先始于 I 带, 然后依次传入 II、III 带, 当最后微量波及 IV 带时, 其它几带的位移已发展得十分强烈。

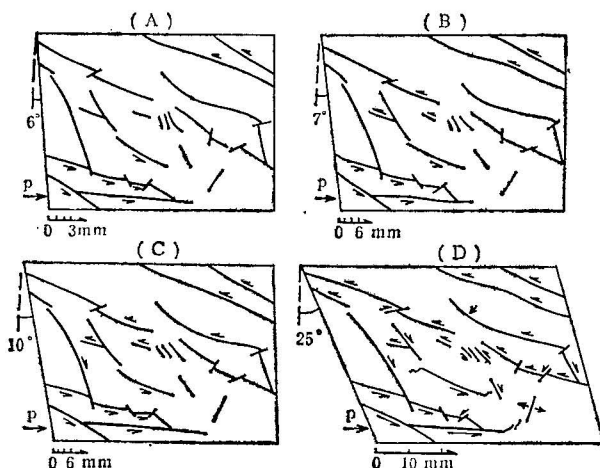


图 6 地质力学模型试验结果

Fig. 6 Results of the geomechanical model experiment

2. WNW 和 NNW 向断裂分别表现为反扭和顺扭走向滑动, 前者的活动性远大于后者。

3. 变形发展到一定程度后, 在一些走滑型断层的端部受拉区出现了“张性折尾”现象。实验最后阶段模型中产生的张裂缝表明, 区域主压应力方向为等分两组活断层钝夹角的 NE 方向。

模拟试验的结果基本上再现了现场情况, 这不仅证实了模式抽象的正确性, 而且更重要的是说明了电站库坝区确是一个相对的构造稳定区, 外围的深大断裂型活断层对该区的受力和变形表现出明显的屏蔽和消能作用。

(三) 定量的数值模拟研究

这类模拟研究是一个反演的问题。其要点是, 根据抽象出的模式所确定的边界条件、力学参数和外力作用方式建立模型, 进行有限元分析。在计算过程中, 适当地调整上述因素, 直到所得结果与实际的应力-应变特点相符。最后按这样确定的条件、参数及内部应力-应变场的特点建立定量化模式, 作为最终评价不同区段构造稳定性的基础。

1. 根据实测应力资料反演构造应力

在研究区内某些点已有应力实测资料的条件下,可通过剖面有限元分析反推构造应力的量级,以便为平面有限元分析提供依据。方法的要点是,按实测点处的实际地形和位移边界条件建立模型;自重应力按静力等效原则移置到各单元节点上,水平边界力按图 7 所示方式输入;通过不断改变 σ_1 量值的反复计算,最终求得实测点处的计算值和实际值

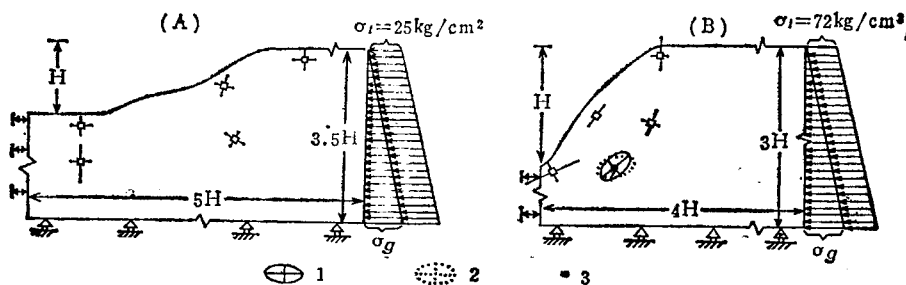


图 7 构造应力的有限元反演

Fig. 7 Back-deduction of the tectonic stress by the finite element analysis

A. 龙羊峡库区; B. 拉西瓦地区; 1. 实测应力椭圆; 2. 计算应力椭圆; 3. 实测应力点

A. for the reservoir area; B. for Laxiwa area; 1. measured stress ellipse; 2. calculated stress ellipse; 3. stress measurement point

最为接近时的 σ_1 量级,它就相当于该区的平均水平构造应力。反演结果表明,龙羊峡库首区构造应力的量级为 25kg/cm^2 ,电站下游拉西瓦地区为 72kg/cm^2 。

2. 区域现今应力-形变场的反演及各区段应力-形变强度关系的相关分析

首先根据已确定的模式建立图 5 所示的平面有限元分析模型,整个模型作为理想的弹塑性体平面应变问题处理。其中,断裂带视为理想的弹塑性层状材料,其余部分视为花岗岩组成的各向同性弹性体,它们的力学参数是根据实测资料、类比和反复计算而确定的(表 3)。计算过程中,只考虑水平构造力 P 、 Q 的作用,层状材料一旦发生破裂后,其变形方式按理想弹塑性体的应力-形变关系处理,不考虑时间因素的影响。然后,通过不断改变外力大小的反复计算,直到模型中实测点处的计算值与实际值(即反演的 σ_1)最为拟合为止,所得的已经定量化的应力-形变图象就是现今应力-形变场的真实写照。最后再通过不断改变外力大小的计算,求得不同区段应力-形变强度间的定量关系,作为评价的基础。按上述方法进行反复计算的结果,在 $P = 3 \times 10^{11}\text{T}$ 、 $Q = 1.4 \times 10^{11}\text{T}$,其合力 F 作用方向与 E-W 轴成 25° 夹角的条件下实现了拟合。根据拟合后各节点位移和各单元应力值绘制出区域现今位移场、最大主应力方向图和最大剪应力等值线图(图 8、9)。然后通过式(1)计算出各单元的应变能密度值(U),并绘制出相应的等值线图(图 10)。

$$U = \frac{1}{2E} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\gamma\sigma_1\sigma_2) \quad (1)$$

式中 E 为弹模, γ 为泊松比。

上述成果图件表明:

(1) 区内现今最大主应力迹线总体呈 NE 向展布,在断裂带附近有不同程度的偏转,

表 3 模型的力学参数

Table 3 Mechanical parameters of the model

断裂带名称	静弹模 (E_s) (kg/cm^2)	泊松比 (γ)	摩擦系数 (f)	层状材料层面与 x 轴正方向 的夹角 (degree)
布青山-阿尼玛卿山断裂带	75000.0	0.325	0.45	-16
青海南山-拉脊山断裂带	110000.0	0.31	0.51	-5—55
鄂拉山断裂带北段	195000.0	0.285	0.58	-27
鄂拉山断裂带南段	190000.0	0.295	0.55	-28
龙东沟断裂带	230000.0	0.28	0.61	-70
F_1 断层带	230000.0	0.28	0.61	-70
伊黑龙断裂带北段	230000.0	0.28	0.61	-70
伊黑龙断裂带中段	230000.0	0.28	0.61	-72
伊黑龙断裂带南段	230000.0	0.28	0.61	-43
弹性部分	570000.0	0.2287	0.00	0.0

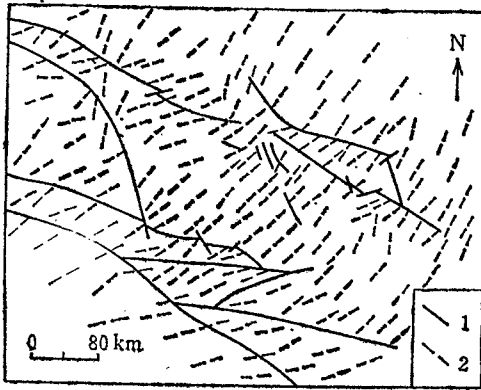


图 8 区域最大主应力方向图

Fig. 8 Regional maximum principal stress trajectory map

1. 断层; 2. 最大主应力方向

1. fault; 2. maximum principal stress direction

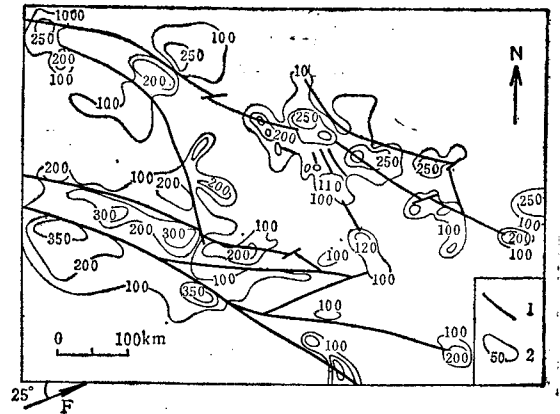


图 9 区域最大剪应力等值线图

Fig. 9 Regional maximum shear stress contour map

1. 断层; 2. 等值线(巴)

1. fault; 2. isoline (in bar)

表 4

Table 4

断裂带编号	最大差异性位移 (cm)
I	5.0
II	2.2
III	1.3
IV	0.9

与实际情况基本吻合。

(2) 各断裂带两盘相对差异性位移量按 I—IV 带的次序而递减(表 4)。

(3) 在各断裂带的端部、转折和相交部位均产生了应力集中现象。 各带应力集中程

度按 I 至 IV 带的次序而有规律的降低(图 9)。

(4) 应变能密度的分布明显地受断裂带控制,其中 I 带能量集中程度最高(12500—30000 尔格/cm³),1937 年 7.5 级强震恰发生在该带能量分布最高的部位;II、III、IV 带的能量集中程度则依次降低,分别为 1800—3400、1570 及 1400 尔格/cm³。根据图 10 及相应的计算,求得现今区域应力场下 I 带和 IV 带的孕震能力分别为 7.7 级和 4.3 级。

(5) 根据实现拟合时的合力作用方向可以估算出作为该区南部主传力边界断层的托索湖-玛沁断裂带的平均摩擦角为 31°,这与拜尔利统计结果比较吻合。

(6) 在保持现今合力方向不变的条件下,通过不断改变外力大小的反复计算及回归分析,求得第 I 和第 IV 地震带在震级方面有如下相关关系:

$$M_S^{IV} = 0.902M_S^I - 2.666 \quad (\gamma = 99.9\%)$$

由此可知,当 $M_S^I = 8.9$ 级(最大可能震级)时, M_S^{IV} 只有 5.4 级。这说明在 I 带现今摩阻力条件下(它决定着合力作用方向),IV 带不可能孕育晚更新世时期所达到过的 6.5 级强震。但进一步计算分析发现,当合力作用方向与 E-W 轴成 3 度夹角时,IV 带的孕震能力可提高到 6.5 级,说明晚更新世时期托索湖-玛沁断裂的平均摩擦角比目前大得多,达 53°。后来由于反扭走向滑动的累进性发展,才使其降低到目前的状态。

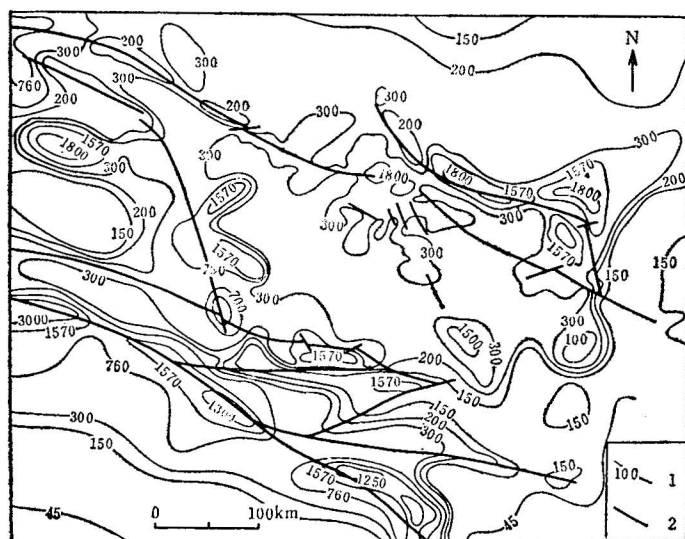


图 10 应变能密度等值线图

Fig. 10 Strain energy density contour map

1. 应变能密度等值线(尔格/cm³); 2. 断层

1. strain energy density contour in ergs/cm³; 2. fault

四、区域地震-构造稳定性的评价

(一) 决定研究区应力-形变场特征的主传力边界断层的“调节阀”机制

在上述区域应力-形变场发育的基本模式下,由于作用在所研究地块上的主动剪力来自南部,故作为该体系南部边界的托索湖-玛沁深大断裂是一条主传力边界断层,其摩阻

力的大小既决定着其本身所能积蓄的弹性应变能的量级,也决定着能传入体系内的剪力的临界值。一旦作用在该地块上的剪力超过此临界值时,该断层就会通过伴有一定强度地震(与其摩阻力量级相适应)的剪切错动而使剪力降低,致使传入体系内的剪力始终不会超过此临界值。这样,当该断层的摩阻力保持不变时,整个体系的应力-形变强度和发震能力也将保持不变。但因传递中能量的损耗,各带的最大震级则按 I—IV 带的次序而降低。相反,若由于某种原因使其摩阻力发生变化时,则整个体系的应力-形变强度和发震能力也必然随之变化。可见,该断层的性状及其变化对整个体系的应力-形变强度和发震能力起着重要的控制、调节作用,我们将这种作用称之为“主传力边界断层的调节阀机制”。

(二) 研究区应力-形变阶段问题的讨论

上述研究表明,研究区内由历史地震资料及模拟研究成果一致反映的各带之间在现今地应力水平和地震活动强度方面的相关关系,是由该区特定的地球动力学环境和机制所决定的正常关系。据此,可以有把握地断定,在 I 带的摩阻力及地震活动的现有水平下,电站区所在的 IV 带所能孕育的最大地震不会超过 5 级;同时也不难推断,晚更新世期间当 IV 带地震活动表现得十分强烈时, I 带的地震活动水平也应远高于现阶段的 7.5 级。因此可以认为,库坝区地震活动在晚更新世时期和近代所表现出的明显差异性是两个不同应力-形变阶段的反映,而不是一个阶段内相对活动期与平静期的显示;而应力-形变阶段的这种变化则主要是由于反扭滑动的发展使主传力边界断层的摩阻力降低所导致的。

(三) 关于研究区地震-构造稳定性问题的评价

上述研究结果表明,评价该区工程年代内的场地基本烈度的依据显然应是现有的地应力水平和历史地震资料,而不是晚更新世时期的古地震强度。根据这一原则,对于库坝区的构造稳定性及水库诱发地震问题,可作出如下结论:

1. 确定库坝区地震基本烈度除应考虑本带的最强地震外,还应考虑可能发生在外围地震带内最强地震的波及影响。研究结果表明,各带对坝区的影响均不超过 8 度。
2. 水库蓄满后诱发的地震活动可能有所增强,但考虑到该区的诱发地震具有走滑型发震机制,而水库的附加荷载并不能增大断裂此型发震的弹性应变能。故可断定,其最大强度不会超过电站区所在的第 IV 带的最大孕震能力 5 级,相应的震中烈度也不超过 8 度。

参 考 文 献

- [1] 中国地震学会地震地质专业委员会,1982,中国活动断裂。地震出版社。
- [2] 国家地震局,1981,中国地震烈度区划工作报告。地震出版社。
- [3] N. E. 古宾、松田时彦等,1983,活断层研究。地震出版社。

ENGINEERING GEOLOGICAL STUDY OF REGIONAL STRUCTURAL STABILITY IN THE AREA OF THE LONGYANG GORGE HYDRO-ELECTRICAL POWER STATION ON THE HUANGHE (YELLOW) RIVER

Wang Shitian, Li Yusheng, Su Daogang and Wei Lunwu

(Chengdu College of Geology)

Abstract

Since the completion of the construction of the cofferdams at the Longyang Gorge Hydro-electrical Power Station, a series of microseisms have occurred in the flood season every year near the reservoir-dam area. In order to clarify the development tendency of such earthquakes as well as their possible effects on the hydro-electrical power station, investigations have been undertaken in recent years.

Based on the data obtained from regional survey, historical earthquake records and field investigations on active faults and ancient earthquakes, a basic model for current geostress-deformation field of the region has been constructed. This model has been testified providing a scientific basis for the final evaluation of the structural stability of the region.