

## 四川某水电站区域构造稳定性评价

魏玉峰<sup>1</sup>, 荀晓慧<sup>2</sup>, 聂德新<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059; 2. 成都理工大学 网络教育学院, 成都 610059)

**摘要:**水电站位于由川西三大主要活动断裂鲜水河断裂、安宁河断裂、龙门山断裂构成的“Y”地带,对工程区主要断裂的分布特征进行了概述,分析了主要断裂的活动性及地震,在此基础上分析论证了枢纽区的区域构造稳定性。

**关键词:**断裂;活动性;区域构造稳定性

中图分类号:TV621;P642.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0377-03

## Evaluation of Regional Tectonic Stability for a Hydropower Station in Sichuan

WEI Yu-feng<sup>1</sup>, XUN Xiao-hui<sup>2</sup>, NIE De-xin<sup>1</sup>

(1. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Internet Education College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Three predominant mobile faults in west of Sichuan Province which are Xianshuihe fault, Anninghe fault and Longmenshan fault constitute a ‘Y’ area. A hydropower plant is located in this ‘Y’ area. The authors summarized distributed feature and analyzed mobile feature and earthquake of predominant faults in engineering region, and ultimately demonstrated regional stability of hub area and reservoir area based on the foregoing harvest.

**Key words:** fault; activity; regional tectonic stability

该水电站位于四川省石棉县。电站由拦水闸、长引水隧洞及电站厂房构成。电站引水流量 79.2 m<sup>3</sup>/s, 装机 3×43 MW, 年发电量 6.36 亿 kW·h。

### 1 区域地质概况

本区在大地构造单元上为康滇地轴北部,向西为三江地槽褶皱系的雅江冒地槽和盐源丽江台缘拗陷,北为松潘甘孜褶皱系,东为上扬子台坳、四川台坳。工程区位于由川西三大主要活动断裂:鲜水河断裂、安宁河断裂、龙门山断裂构成的“Y”地带,区内山势陡峻,河谷深切、构造复杂、断裂发育,既是修建电站良好的峡谷地形,又是区域构造稳定性相对较差的地带,因此分析评价区域稳定性对电站的安全运营有着重要意义。

### 2 区域稳定性评价

#### 2.1 工程区主要断裂分布

区内三大主要断裂为鲜水河、安宁河断裂和龙门山断裂,从已有资料及图中断裂分布状况,本区断裂有以下展布特征:

①断裂产状及展布方向受三大断裂的控制:安顺场及其以东,断裂方向与鲜水河断裂南段一致,多条断裂平行向南东方向展布;西油房以西有 NE 向的成组断裂展布,其方位与龙门山断裂的方位接近;安顺场至西油房之间断裂呈南北向展布与安宁河断裂方向一致;3 个方向的断裂在区内呈现“个”字型的展布形态;

②区内最大的活断裂、发震断裂为鲜水河断裂南段的康

定一磨西一公益海断裂;次为安宁河断裂。两个断裂在该区段的活动、变形、地震是本区构造稳定性评价的主要对象。

#### 2.2 区域重要活断裂的特征、活动性及地震

三大断裂在地形地貌、水系发育、第四系地层的错断、沿断裂大量分布的地震构造和沿断裂带的地震活动等特征都是三大断裂活动的重要标志。尤其鲜水河、安宁河沿两断裂带发育,形成开阔的断陷谷。

(1)鲜水河断裂。鲜水河断裂从青海省玉树州向东南进入四川,经邓柯、甘孜、炉霍、道孚、乾宁、康定,止于石棉公益海,在四川境内的长度 660 km。其活动性主要表现在以下几个方面:①沿鲜水河断裂带断错水系极为普遍,唐荣昌等(1976)首次提出了炉霍附近鲜水河南西侧 9 条 I 级支流被断裂断错并发生同步左旋扭曲的现象,同时造成道孚附近 10 条 I 级冲沟同步左旋“肘”状转折的现象<sup>[1]</sup>。炉霍西北卡扎附近,鲜水河南西侧一系列深切沟谷穿过断裂时发生同步左旋转折。②断错河谷阶地:主要出现在断裂北西段。侏倭以西张曲,主断裂将鲜水河上游支流的 II、III 级阶地左旋错断,III 级阶地位错量达 250 m。炉霍北西格鲁附近,主断裂将鲜水河全新世 I 级阶地左旋错断,位错量达 138 m。③鲜水河断裂是我国地震发生最多的断裂,自 1725 年以来共发生 6.0~6.9 级地震 17 次,7 级以上地震 8 次。鲜水河断裂南段的康定一磨西一公益海断裂长 95 km,直接从工程区下游通过,距电站厂房直线距离 6 km 左右,因而其活动性对电站的安全有直接影响。一般分为两段:康定一磨西段长 70

收稿日期:2006-11-12

作者简介:魏玉峰(1979-),男,博士,主要从事地质工程、岩土工程研究。

km,田湾—公益海段 25 km。其中康定—磨西段活动性显著,田湾—公益海段相对较弱。表现在:北段雪门坎南(康定—磨西段)错断山脊、雅家埂西冲沟错位 30~120 m、吊海子至榆林沟 4 条冲沟左旋错开 120~200 m、北段磨西盆地堆积地貌第四纪堆积物错断现象、南段石棉擦罗附近沿断层 Q<sub>4</sub> 地层呈异常陡立状以及沿断裂带温泉分布较多北段磨西一带有地震形成的地裂缝带、北段雅家埂南沿主断裂沟东侧有大片地震时山崩堆积的巨大块石等现象。并且康定—磨西段在历史上地震活动性强,自 1725 年有记载以来先后发生 5.5 级以上地震 6 次。由此可见,康定—磨西—公益海断裂,在田湾以北活动性很强,在田湾以南活动性有明显减弱。

表 1 东支断裂各段活动性及地震活动统计

断裂名称	部 位	活动判据	地 震
安宁河断裂	南段(会理—西昌段)	整体性隆起抬生	地震活动微弱
	中段(西昌—紫马垮段)	断陷河谷地貌、断错地貌、第四纪沉积物变形	晚第四纪以来活动强烈
	北段(紫马垮—田湾段)	沿断裂带多见堰口、槽谷地貌	地震活动微弱

工程区为该断裂的北段,是该断裂带中活动性较弱的地段。北段一般从紫马垮算起至田湾与磨西公益海断裂相交为止,长度 30 km 左右,大部分从山地通过,再不是中段的开阔谷地。安宁河断裂带北段活动性弱,表现在:①地壳变形量较南段大为降低,从表 2 中可以看出,石棉段安宁河断裂的水平错位变形速率为南部西昌—冕宁段的 1/5 左右,可见北段的地壳活动性很小。

表 2 安宁河断裂带变形特征

地点	垂直变形	水平错位	部位	地点	水平错位	部位
	速率/ (mm·a <sup>-1</sup> )	速率/ (mm·a <sup>-1</sup> )			速率/ (mm·a <sup>-1</sup> )	
老鹰沟、石龙	2.8	4~6	西昌段	野鸡洞	1.0	冕宁—紫马垮
冕宁曹古	1.2	3.0	冕宁—紫马垮	小尔沟	0.5	冕宁—紫马垮
中心乡		1.6	冕宁—紫马垮	石 棉	1.0	石棉段

②断层通过的三处 Q<sub>3</sub> 时代大的洪积扇:田湾洪积扇、田坪洪积扇、麂子坪洪积扇,未见明显的错动现象。

③安宁河断裂北段历史上未记录有 6 级以上地震,仅记录有北段所在地段有三次 6 级以下地震,分别为 1954 年发生在新民乡的 5.1 级地震、1966 年 4 月石棉擦罗的 4.75 级和 1989 年 6 月 9 日发生在安顺场的 5.2 级地震。

④1970 年以后的地震记录中弱震主要集中分布在安顺场至石棉一线西侧,东侧则基本上没有地震,这显示工程区弱震频繁,有不少弱震集中在安宁河断裂带上。

### 2.3 工程所在区构造稳定性评价

在分析研究了区域和工程所在区的地质构造的基础上,对工程区所处的构造环境有了一个初步的认识,工程所在区石棉、安顺场一带既是断裂交汇的区段,又是断裂在此终止的地方,因此本区地质结构独特,表现在:

(1)工程区位于磨西公益海断裂的西侧,该地段在地壳结构上:①有向南逐渐变薄至冕宁后开始骤变的趋势,②向北面也是逐渐变厚,至泸定以西又呈现骤变特征;因而石

(2)安宁河活动断裂。安宁河活动断裂长度 300 余公里,处于康滇地轴的轴部,断裂带分为东、西两支,近平行展布,两支间距约 4~9 km。东支北起石棉田湾,向南经麂子坪、紫马垮、野鸡洞、泸沽、西宁、德昌、米易至会理以南消失,西宁—德昌段隐伏于安宁河谷东岸,全长 350 km;西支北起冕宁冶勒,向南经大桥,于冕宁附近隐伏于安宁河谷西岸,在德昌附近重新出露,往南至会理小关河附近消失。中更新世以来,安宁河断裂带以左旋走滑运动为主要特征,西支断裂失去了早先的强烈活动性,主要活动性转向东支断裂,通常所理解的安宁河活动断裂,指的就是安宁河东支断裂。东支断裂可分三段(表 1)。

棉—安顺场地段处于地壳厚度变化相对较小的地段上,因此本区的重力异常较小,断裂的活动性相对弱一些。

(2)本区在地质结构上位于稳定地块小相岭地块的西侧边界部位,边界断裂就是磨西断裂。小相岭大面积基底裸露,组成岩石为康定群片麻岩、混合岩、黄草山花岗岩,是目前四川境内见到的最古老的结晶岩系,力学强度高,直接与下地壳粘连,较新的花岗岩侵入其中或包裹康定群,因此在地表以下找不到借以滑脱的柔性层,处于“盘石”般的稳定状态,而西侧则成为滑动影响的块体,但田湾地段既是分支断裂的部位,又是安宁河断裂的尖灭部位,前人称此为多条断层在此呈“人”字型相交,在这种情况下,田湾段既可以有一定的应力集中,但多个分支断裂的存在,又使得田湾以南地段应力分散,不利于应力的集中,难以形成高震级的地震。

#### 2.3.1 两大断裂在工程区活动性的对比分析

在综合分析了安宁河断裂和磨西—公益海断裂的特征和活性后,考虑到二者对工程的影响,下面对比分析二者在工程区的活性:

(1)本区断裂的错位速率,是两大活动断裂最低的部位之一。①安宁河断裂在本区水平错位速率 1 mm/a,为中段(西昌—冕宁段)活性最强地段水平错位 4~6 mm/a 的 1/5,因此断裂的位移及活性较中段弱。②磨西公益海断裂的水平错位速率,在北段磨西为 5~6 mm/a,而工程区安顺场为 0.3~0.5 mm/a,是鲜水河断裂位错速率最低的部位。

(2)工程区两条活动断裂尚未见到错断第四纪地层的现象。①安宁河在通过本区的田湾洪积扇、田坪洪积扇(电站下游),麂子坪洪积扇,未发现 Q<sub>3</sub> 地层被错动的现象,表明活性低于中段错断第四纪地段的活性;②磨西断裂在工程区南石棉擦罗使邻近断层的 Q<sub>4</sub> 地层产状变陡。

(3)工程区两条活动断裂温泉分布情况。①磨西断裂在公益海有温泉出露,其余从田湾—擦罗未见温泉分布。②安宁河断裂在麂子坪以北未见温泉分布。

综上所述,两条活动断裂在地质证据上均表现出较断裂的其它地段活性弱的特征。

### 2.3.2 工程所在区两条断裂的地震活动性

本次研究,搜集了公元200年以后本地已经记录到的4 $\frac{3}{4}$ 级以上地震的资料。资料表明,发生在工程区以内的仅3~4次5级~6级的地震,而震级高的地震大多距电站较远,离电站最近的为1786年磨西级地震。其中1995~2000年发生在工程区及邻近地区的地震均在4级以下。工程区在历史上发生的地震均在6级以下,尚未发生过6级以上地震,分析地震资料,从工程区大小地震的分布状况可知,工程区地震具有以下明显的特征。①工程区内发生的地震震级较低,没有高于6级的地震。②以磨西公益海断裂为界,地震均分布在断裂带以西,断裂带东侧少有地震分布;③地震集中分布在磨西公益海断裂带上。

### 2.3.3 构造稳定性综合评价

在分析区域断裂的活动性、地震活动性和工程所在区的断裂活动性、地震活动性基础上,运用获得的众多资料可以对工程区的区域构造稳定性作出如下评价:

(1)工程区在区域构造单元上位于三大活动断裂组成的“Y”字型构造的南部,既是受鲜水河活断裂、安宁河活断裂影响的地段,又是这两大活动断裂消失或尖灭的地点,因此从区域稳定性上分析,工程所在区既是主干断裂规模衰减、活动性降低的区段,又是受断裂端部应力集中易于孕育地震的地段,电站位于两断裂尖灭处连线的中点上,因而电站位置是受其影响最小的地段。

(2)电站枢纽工程。两个闸址、两条隧道、电站厂房,距安宁河活动断裂的距离,以厂房最近,4 km左右,闸址最远10 km左右;各枢纽距鲜水河断裂的距离比距安宁河断裂的距离增加3 km。因此工程区的主要建筑物均未建在活动断

裂带上,避开了安宁河断裂,鲜水河断裂这两条活动断裂;

(3)本区有地震记录以来,6级以上地震均发生在距工程区70 km以远的磨西公益海断裂和安宁河断裂带上,在这两条断裂距工程区较近的部位,仅有5级左右的地震及其以下的地震发生。这符合两条大的活动断裂在工程区规模变小,直至尖灭的特征。

(4)鲜水河断裂磨西一田湾段,无分支断裂,田湾又是安宁河断裂与之相交的部位,历史上在此地带发生过5级以上地震多次。因此未来该地段是孕育地震的重要地段,仍有可能在田湾及其以南发生5~6级的地震,而在田湾至磨西段也可能孕育比田湾以南震级更高的地震。

(5)根据以上对工程主要活动断裂活动特征及历史地震、现今地震活动特征的分析,未来本区仍可发生5~6级的地震,工程区地震基本烈度为Ⅷ度。

## 3 结 语

工程区地质环境复杂,历史地震较频繁,工程区地震烈度为Ⅷ度,参照水力发电工程中的分级标准,工程区属于稳定性较差一级,在拦水闸、引水隧道和地下厂房的设计和施工应引起重视。

### 参考文献:

- [1] 唐荣昌. 四川活动断裂与地震[M]. 北京:地震出版社, 1993.
- [2] 吴珍汉,等. 青藏铁路沿线构造活动性评价和工程稳定性区划[J]. 地质通报, 2005, 24(5): 401-410.
- [3] 王昆,杜世民. 大朝山水电站区域构造稳定及水库诱发地震分析[J]. 云南水利发电, 2001, 17(4): 17-21.

(上接第370页)

## 5 二龙湖流域水土流失防治措施

### 5.1 建设水土保持体系

根据其地形、地貌等特征,进行集中、连续综合治理,形成多层次、多防线的综合性防护体系,最大限度地涵养水源、拦截泥沙。

#### 5.1.1 分水岭及坡面防护体系

从分水岭开始,凡已开荒到顶和无林的山梁,营造防护林,做到封顶护源。成林后形成环抱闭合的防护林带。护坡林(25°以上陡坡)造林前,以50 m的距离开挖水平竹节壕,拦蓄坡面径流,壕埂栽种棉槐、刺槐,壕间实行穴状整地造林。改造低质疏林地,皆伐更新或补栽补种,提高林分质量。

#### 5.1.2 农田防护体系

5°以下耕地要建设成高产、稳产农田;5~10°耕地实行等高耕作;10~20°坡耕地修建隔坡梯田、水平梯田或竹节式梯田,田埂种苕条、黄花菜、紫花苜蓿等,发展地埂经济;20°以上坡耕地全部退耕还林(草)。

#### 5.1.3 沟壑防护体系

修建沟头防护、谷坊、沟边围埂等工程;并营造沟头、沟

坡、沟底防护林。实现工程措施与植物措施有机结合。

#### 5.1.4 河流防护体系

东辽河为二龙湖流域的主要河流,要做好沿河两岸护岸建设和绿化工作,对河道进行定期清淤,搞好流域内山丘岩土裸露面植被建设。治理村间的小河,按10 a一遇行洪标准,拓宽河床,两岸建堤,并以植柳为主,用生物护岸。适合裁弯的河段,分段裁弯取直,加强对河道的治理。

### 5.2 加强流域内农业面源污染防治

利用培育的植物或培养、接种的微生物,对水中污染物进行转移、转化及降解,从而使水体得到净化,去除或消除环境污染。包括利用植物、动物和微生物吸收、降解、转化土壤和水体中的污染物,使污染物的浓度降低到可接受的水平,或将有毒有害的污染物转化为无害的物质;也包括将污染物稳定化,以减少其向周边环境扩散等技术。

最大限度地控制流域农业面源污染,调整农业种植结构,玉米与大豆轮作,增加大豆种植面积,采用平衡施肥法,采用生物防治法防治植物病虫害,建立绿色农产品生产基地,降低流域农业面源污染的范围。