

## · 研究简报 ·

## 天堂山水库坝区断裂构造基本特征及其活动性\*

夏 法

(地质学系)

## 摘 要

野外调查与室内分析表明,影响大坝基础稳定性的北西向断裂属不活动断层,压碎岩占80%以上,强度较高,有利于坝基工程基础处理,引水隧道及洞室工程必需考虑现今构造应力场主压应力近南北向来布置,以减少构造应力对围岩稳定性带来的不利影响。

**关键词** 构造稳定区,热释光年龄,不活动断层,新构造运动,现今构造应力场

断裂构造,尤其是活动断裂一直是工程地质研究的一个重要课题。为配合广东龙门县天堂山水库兴建,确保大坝稳定安全,我们承担了坝区断裂构造及其活动性的研究,在野外宏观地质调查的基础上,结合室内显微构造分析、同位素测年等,综合论述了该区的断裂构造特征及其在第四纪时期的活动性,为大坝选址、论证水库地区和坝基的稳定性提供必需的地质依据。

## 1 区域地质地貌背景

天堂山水库位于龙门县城北西14km的增江上游。库区大地构造位置处于阳江—新丰断裂带与河源断裂带所夹持的断隆区内。坝区地层出露简单,仅见上泥盆统帽子峰组( $D_3^m$ )厚层石英砂岩和泥质砂岩夹页岩,沿河谷呈北西向展布,宽约1km。岩浆岩主要为燕山三期黑云母花岗岩( $r_5^{2(5)}$ ),此外,还有少量燕山期后的正长斑岩及闪长玢岩脉侵入于燕山三期花岗岩中,沿河两岸零星分布第四系冲洪积物。库区地形属低山丘陵区,山体走向与构造线方向一致,呈北东、北西及近东西向。由于近代上升作用较强,河谷深切,并广泛分布350m、270m和150~200m三级剥蚀面,第四纪沉积很少,仅在河流拐弯地段零星分布河漫滩或堆积阶地。在库区东南1km处发现I级基座阶地及II级侵蚀阶地。I级基座阶地高出河流平水位20~30m,在阶地上部和底部的细砂土分别取样,热释光测年为 $2.47 \pm 0.1$ 万年和 $4.36 \pm 0.3$ 万年,时代属晚更新世晚期。

## 2 坝区主要断裂构造特征

### 2.1 主要断裂格局

发育于坝区及其附近的断裂,有北西、北东、近南北和近东西向4组。直接影响大坝安全的主要是北西向的 $F_{16}$ 、 $F_{18}$ 、 $F_{21}$ 和 $F_{41}$ 断裂,大坝左坝肩将横跨前3条断裂,

本文1988年9月6日收到

● 专题研究在黄玉昆教授指导下完成; 本文由夏法执笔, 参加研究工作的还有冯国荣, 梁致荣, 刘彝筠, 邹和平, 陈家杰

F<sub>41</sub>断裂则控制大坝下游河道的延伸, 查明上述断裂的构造特征、发育历史和近期活动性是论证库区稳定性和坝基稳定性的关键。

区内的北西向断裂是全区最新的一期断裂, 从其错切侵入于燕山三期花岗岩中的正长斑岩脉(K—Ar法年龄为54.06±1.59百万年), 得知其生成年代属于喜马拉雅期, 其规模一般不大, 属壳层小型断裂。

### 2.2 断裂横剖面特征与构造分析

#### 2.2.1 断裂剖面描述

F<sub>15</sub>, F<sub>18</sub>, F<sub>21</sub>, F<sub>41</sub> 断裂由一系列性质不同、厚薄不一的结构带(对应于不同的构造岩带)组成(图1、2、3), 断裂结构带包括节理带、劈理带、片理化带以及硅化带等。从图中断裂作用的宏观标志表明, 坝区几条北西向断裂结构带主要为密集节理带、劈理带、构造透镜体带约占80%以上, 而片理带、糜棱岩带出露很窄。北西向断裂主要是在脆性形

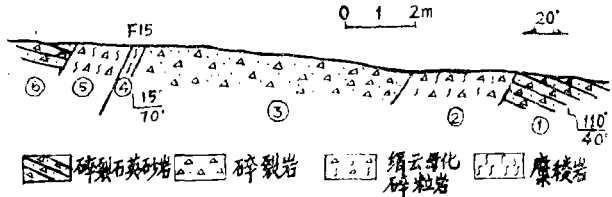


图1 F<sub>15</sub>断层地质素描图  
Fig.1 Geological sketch of F<sub>15</sub>  
①⑥节理带; ②⑤劈理化带;  
③密集节理带; ④片理化带

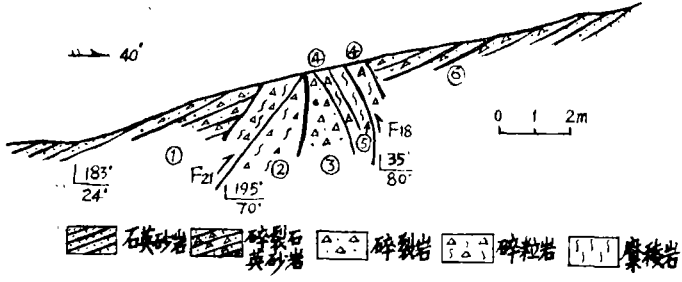


图2 F<sub>18</sub>, F<sub>21</sub>断层地质素描图  
Fig.2 Geological sketch of F<sub>18</sub>, F<sub>21</sub>  
①⑥节理带; ②④劈理化带; ③密集节理带; ⑤片理化带。

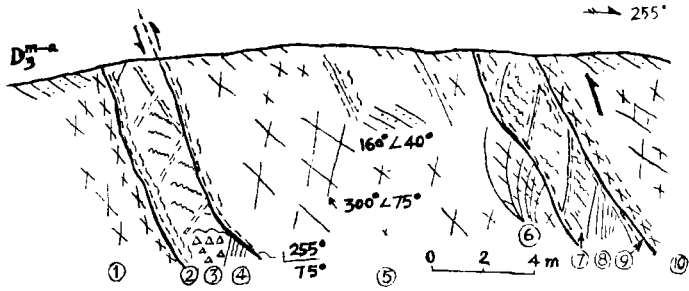


图3 F<sub>41</sub>断层地质素描图  
Fig.3 Geological sketch of F<sub>41</sub>  
①⑩节理带; ②⑨挤压片理带; ③⑦构造透镜体带;  
④⑧密集劈理带; ⑤密集节理带; ⑥帚状构造。

变条件下形成的剪切断裂,后期迭加了挤压作用。其脆性形变特征在显微结构中表现更明显。

### 2.2.2 构造分析

(1)构造岩特征。坝区内的应变岩石的原岩为上泥盆统帽子峰组的石英砂岩和燕山三期的花岗岩,断裂作用形成的构造岩有5种:A、碎裂岩化石英岩和碎裂岩化花岗岩;B、碎裂岩;C、碎斑岩;D、碎粒岩;E、糜棱岩。从上述各类构造岩的镜下鉴定,本区北西向断裂显微构造的形变世代是:应力作用初期出现波状消光、变形纹、亚颗粒等塑性形变;随着压力的持续作用和加强,岩石出现节理、裂隙及劈理,矿物晶体也随之产生博目纹、吕德尔线纹,并进一步产生晶体的破碎、粉碎及位移;岩石以脆性形变为主,表明应力作用强度弱,加载快,作用时间不长,形变深度不大,这种现象与宏观分析吻合。

(2)构造岩带与动力变质岩的关系。坝区北西向断裂压剪性的力学性质反映在构造岩的分带上,其所形成的动力变质岩是断裂活动最直接的产物<sup>[1]</sup>。构造岩带可划分出4种类型,并对应着不同的动力变质岩:即挤压片岩带—微晶片岩;糜棱岩带—糜棱岩;透镜体带(角砾岩带)—碎粒岩、碎斑岩;压碎岩带—碎裂岩、碎裂岩化岩。

构造岩带与结构带两者也有一定对应关系,如挤压片岩带对应片理带;糜棱岩带对应片理化带;构造透镜体带(角砾岩带)对应劈理带或劈理化带;压碎岩带对应于密集节理带等。

(3)岩组分析指示的应力场。岩组分析的目的是根据有效的构造形变证据来推断构造形变的主要方位及其几何特征。 $F_{15}$ 断裂的石英光轴大致随机分布及较弱的极密,最大极密平行主压应力轴(NNW35°—SSE175°),并出现一组共轭剪切破裂(NE40°左旋,NW300°右旋), $F_{15}$ 断裂的宏观特征,对应于NW300°右旋压剪面。 $F_{18}$ 断裂的石英光轴最大极密平行主压力轴(NNW35°—SSE175°),次极密与两组共轭剪切平行(NE55°左旋,NW310°右旋), $F_{18}$ 宏观特征对应于NW310°右旋压剪面。 $F_4$ 断裂的石英光轴最大极密平行于 $\sigma_1$ 轴,方位NE20°—SW200°,形成NNW右旋,NEE左旋两组剪切面。 $F_4$ 的宏观特征对应于NNW右旋压剪面。

从岩组分析可知,北西向断裂是在低温、高压、快速形变条件下进行的,石英光轴组构以平行 $\sigma_1$ 的C轴极密型优选方位为主,C轴向着 $\sigma_1$ 外部旋转的底面滑移,主要由机械形变和晚期硅化产生。石英光轴的分布反映了断裂形变期及形变后区域应力场的基本特征。

## 3 坝区北西向断裂的活动年龄测定和活动速率估算

### 3.1 断裂的活动年龄测定

沿坝区北西向断裂面及其旁侧充填有石英细脉,断裂的再活动,使石英细脉破碎并侧向位移,产生新的石英被膜及绿泥石薄膜。因此,利用破碎后的石英细脉和受断裂再活动影响的糜棱岩进行热释光测年,便可确定该断裂最后一次的活动时间。经我系同位素实验室热释光测年,坝区北西向断裂活动年代列于表1。

断裂最后一次活动时间大多发生在第四纪早更新世,一般距今120~150万年,最晚也距今80万年。

表 1 坝区北西向断裂热释光年龄表

Tab.1 Thermoluminescence dating of the NW faults in the dam-site

断裂号	样品号	采样位置	等效 $\gamma$ 剂量(拉德)	年剂量率(拉德/年)	热释光年龄(百万年)
F <sub>15</sub>	F15—1	坑道内断层面	$1.62 \times 10^5$	0.181	$0.89 \pm 0.08$
	F15—4	"	$1.39 \times 10^5$	0.178	$0.78 \pm 0.07$
F <sub>18</sub>	F18—1	"	$2.00 \times 10^5$	0.156	$1.28 \pm 0.12$
	F18—2	"	$2.16 \times 10^5$	0.147	$1.47 \pm 0.11$
	F18—3	"	$1.84 \times 10^5$	0.134	$1.38 \pm 0.12$
	F18—4	"	$1.84 \times 10^5$	0.135	$1.36 \pm 0.12$
F <sub>21</sub>	F21—1	"	$1.57 \times 10^5$	0.106	$1.47 \pm 0.09$
	F21—2	地表断序露头	$1.65 \times 10^5$	0.119	$1.38 \pm 0.09$
F <sub>41</sub>	F41—9	"	$2.15 \times 10^5$	0.153	$1.40 \pm 0.12$

### 3.2 断裂活动速率估算

从野外地表及坑道直接测量断裂中石英脉的错移量,  $F_{15}$  为 10 cm,  $F_{18}$  为 6 cm,  $F_{21}$  和  $F_{41}$  均为 3 cm。根据同一断裂不同点取样测得的热释光年龄值所反映出来的断裂活动时限, 各断裂的估算活动速率为:  $F_{15} \approx 0.0001 \text{ cm/a}$ ;  $F_{18}$ 、 $F_{21}$ 、 $F_{41} \approx 0.00003 \text{ cm/a}$ 。依照 1973 年美国原子能委员会对活动断层分类标准的评价, 认为活动速率  $< 0.001 \text{ cm/a}$ , 或活动时间在 50 万年前的断层, 即属不活动断层, 据此, 可以认为本区的北西向断裂, 目前处于不活动状态, 是一种“死”断层。

## 4 结 论

(1) 从断裂活动观点看, 坝区属构造稳定区。本区最新的北西向断裂, 最后一次活动时间均发生在第四纪初期, 距今 80~150 万年前, 水平位移量极小, 最大不超过 10 cm, 活动速率  $< 0.001 \text{ cm/a}$ , 属不活动断层。

(2) 对大坝基础稳定性关系密切的几条北西向断裂均属壳层小断裂, 以脆性形变为主, 其力学性质以剪性为主迭加压性; 构造岩主要为压碎岩, 占 80% 以上, 强度高, 有利于工程基础处理; 但横跨大坝左岸的  $F_{15}$ 、 $F_{18}$ 、 $F_{21}$  断裂均伸出大坝上下游面, 影响坝基的应力分布, 故坝基补强的混凝土塞, 应向上下游面延伸一段距离。

(3) 本区的夷平面、阶地较发育, 新构造期以间歇性整体隆升为特点, 断块差异运动不明显。晚更新世以来, 地壳上升速率为  $0.32 \text{ mm/a}$ , 和断裂剪切位移相比, 本地区地壳垂直运动速率远大于水平运动。

(4) 本区无深大断裂, 不具备发生强震的地质背景, 据地震调查资料, 属 5 级地震危险区内的相对安全岛。

(5) 本区现今主压应力呈近南北向, 因此, 坝区内引水隧道及洞室工程设计必须考虑现今构造应力作用方向来布置, 以减少构造应力对围岩稳定性带来的不利影响。

## 参 考 文 献

- [1] 王嘉荫, 地质力学论丛, 第3号, 科学出版社, 1976, 52—64
- [2] David B Slemmons, *State of the Art for Assesing Earthquake Hazards in the United states*, Washington, 1977, 65—68

## The Basic Characteristics and Activities of the Faults in the Dam-site of Tiantanshan Reservoir

Xia Fa\*

### Abstract

According to the research on fault activities, the dam-site belongs to structurally stable regions. The last movement of the NW faults which have important effects on the stability of the dam-site took place in the Early Quaternary. The thermoluminescence ages of this fault movement range from 1.5(Ma) to 0.8 (Ma). It is estimated that the moving rates of the faultblocks are about 0.0003—0.0001 cm/a. Therefore, the faults belong to dead faults. Brittle deformation is the major type of fault deformations in this area. The cataclasis made up 80 percent of the dynamometamorphic rocks. This is favorable for the basic handling of the dam-site engineering. Neotectonic movement in this area is dominated by intervally regional uplift, without obvious differential uplift and subsidence of fault-blocks. The dam site is thought to be a "safe island"—an area without deep and great earthquakes. It should be considered that modern tectonic stress field in this area is represented by a pressure of nearly N—S while locating the positions of the tunnels and caverns, so that the harmful influence of the structural stress on the stability of the surrounding rocks can be reduced.

**keywords** structurally stable region, thermoluminescence dating, inactive fault, tectonic stress field, neotectonics modern

\* Department of Geology