

文章编号: 1008—2786(2000)增—0017—04

# 黑河金盆水库工程大坝右岸滑坡工程地质研究

晏鄂川<sup>1</sup>, 刘汉超<sup>1</sup>, 张倬元<sup>1</sup>, 柴贺军<sup>1</sup>, 刁茂绪<sup>2</sup>, 侯智斌<sup>2</sup>, 杨俊生<sup>2</sup>, 方于加<sup>2</sup>  
(1. 地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 四川 成都 610059;  
2. 陕西省水利水电勘测设计研究院, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** 为判断黑河金盆水库工程大坝右岸斜坡的性质(是变形体或滑坡), 并有利于指导工程施工, 在进行了详实的野外地质调查之后, 作者分析认为该斜坡实际上为一古滑坡。在地表及平硐调查中所见滑坡周界清晰, 变形破坏现象明显, 为查明滑坡性质提供了客观证据。近两个月的位移监测资料亦进一步证实了上述结论的正确性。在此基础上, 考虑到工程的重要性及施工时间的紧迫性, 作者建议对底滑面以上的滑坡堆积体予以全部开挖清除。  
**关键词:** 金盆水库; 大坝坝址; 滑坡; 卸荷裂隙; 位移监测  
**中图分类号:** TV64; P642. 2      **文献标识码:** A

黑河发源于秦岭, 流经秦岭北坡, 属山区峡谷型河道。金盆水利枢纽工程为大二型水利工程, 水库正常蓄水位高程 594 m, 库容  $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。在前期勘察工作中, 陕西水电设计院地勘总队发现金盆大坝右岸坝轴线上游附近 517 m ~ 700 m 高程之间存在一老滑坡(原称 2<sup>#</sup>滑坡), 体积  $> 200\,000 \text{ m}^3$ 。在工程施工中, 引发了更大规模的崩滑, 即为文中所指的新滑坡。

## 1 滑坡发育的地质环境

**地形地貌:** 滑坡区紧临黑河右岸大坝偏上游, 后缘高程 775 m, 前缘高程 517 m, 平均坡度  $34^\circ$ 。其北、东、南侧均有小山梁环绕, 中心为凹地。坡面有多级人工削坡平台。横向上, 滑坡左翼边坡高陡, 右翼相对低缓。在滑坡后缘 778 m 高程为黑河 V 级阶地, 720.3 m 高程为 IV 级阶地。

**地层岩性:** 区内出露的基岩为前震旦系宽坪群大镇沟组的钙质石英岩( $Q_4$ )、云母石英片岩(Se)、绿泥石片岩(Sc), 其产状: 倾向 SW 或 SE, 倾角  $25^\circ \sim 35^\circ$ 。后期有石英脉(q)、云煌斑岩脉(x)和斜长斑岩脉(N)沿断层带侵入。在基岩之上广泛分布有第四系中更新统冲积壤土和砂卵石层( $Q_2^{\text{al}}$ ), 晚更新统马兰黄土及古土壤层( $Q_3^{\text{al}}$ )以及全新统崩坡积层( $Q_4^{\text{col+dl}}$ )。

**地质构造:** 滑坡区处于秦岭东西向构造带北缘西骆峪—田峪北斜南翼。区内断裂较发育, 主要为顺层逆断层, 对滑坡的形成有一定控制作用。节理裂隙主要有三组: 走向  $80^\circ \sim 110^\circ$ , 倾角  $20^\circ \sim 34^\circ$  的层间裂隙组; 走向  $350^\circ$ , 倾角  $63^\circ \sim 85^\circ$ , 平行于河流岸坡的卸荷裂隙组; 走向  $40^\circ \sim 50^\circ$ , 倾角  $70^\circ \sim 90^\circ$  的压扭性裂隙组。因受各级构造影响, 斜坡岩体完整性和稳定性均较差。

**水文地质条件:** 区内地下水为基岩裂隙水, 受大气降水补给, 埋藏很深, 分布于底滑面以下。而据平硐揭露, 由于滑带土粘土含量高, 连续性较好, 雨水入渗在滑带易形成上层滞水, 导致雨后平硐中相当长时间有渗水、滴水、潮湿现象。

**新构造运动与地震:** 据黑河两岸各级阶地的高程, 反映自中更新统以来新构造运动主要表现为地壳

间隙性强烈抬升。区内地震基本烈度为Ⅷ度。

## 2 滑坡基本特征

### 2.1 滑坡形态及周界特征

平面上, 滑坡纵向长 180 m~200 m, 横向宽 114 m~168 m, 因受北侧和南侧基岩突出山梁的影响, 堆积体平面形态呈一倾向 SW 的“葫芦”, 后部及前部宽度分别为 168 m 和 120 m, 而中部“锁口段”仅宽 114 m。纵剖面上, 滑坡底滑面呈“弓形”, 最厚可达 35 m。横剖面上, 呈“勺”形, 北侧沿断层倾角 35°, 南侧破碎带倾角达 60°~70°。现存滑坡体积约 60 万 m<sup>3</sup>。

滑坡后缘以走向 330°的卸荷裂隙为界。左翼以北侧山梁及断层为界。北侧边界的几条断层均连续分布, 走向近 EW, 倾角 30°~57°, 断层带较破碎; 因滑坡运动, 北侧Ⅳ级阶地砂卵石层及马兰黄土均被错断(图 1), 地表裂缝走向 45°~80°。右翼边界是南侧基岩陡峭山坡的宽约 15 m~20 m 剪张破碎带, 据探槽揭露, 该侧滑动面走向 30°, 倾向 NW, 倾角 35°。底滑面主要受平行岸坡的卸荷裂隙控制, 在不同高程平硐中可见其擦痕、镜面等现象。据滑坡地表监测成果(图 2)及钻孔资料判断, 1996 年滑动的前缘剪出口高程为 635 m 左右。

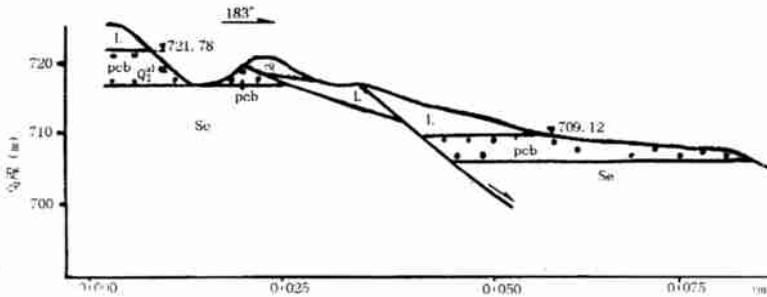


图 1 滑坡北侧Ⅳ级阶地错断剖面图  
Fig. 1 Geologic profile of the faulted IV terrace

### 2.2 滑坡结构特征

1996—10 发生的滑坡实为古滑坡和原 2<sup>#</sup>滑坡后部的再度复活。此次滑动表现为高程 628m 以上的地表崩塌, 北侧和后部则表现为滑动。此次滑坡剖面上具有双层结构: 地表为崩塌的块碎石和滑动的含碎块石土; 而深部则为滑坡碎裂岩体, 其纵波速小于 800m/s。这表明滑坡堆积体呈散体结构。滑床基岩为云母石英片岩。据平硐及钻孔资料, 其表部受到挤压揉皱破碎, 向深部逐渐完整, 产状趋于正常。

## 3 滑坡变形复活过程机制分析

据滑坡区地质现象表明, 该滑坡曾发生过多次滑动。较早的一次大约发生在第四纪中更新世末, 错断了滑床之上的前震旦系宽坪群大镇沟组的绿泥片石岩和云母石英片岩及上覆的Ⅳ、Ⅴ级阶地砂卵石层(图 3)。晚更新末, 古基岩滑坡前部复活并推动岸坡表层的风化岩体一起运动, 错断了马兰黄土中的古土壤层及下伏基岩和云煌斑岩脉(图 4), 形成了坝前的 2<sup>#</sup>滑坡。1996 年 10 月初, 古滑坡及 2<sup>#</sup>滑坡后部再度复活, 错断了地表的马兰黄土并形成了一系列弧形张裂缝。各时期滑坡记录的错断距离见表 1。

1996 年 10 月初发现滑坡区出现一系列弧形羽状地表裂缝后, 即进行了简易位移监测(图 1)。据监测成果分析, 滑坡主滑方向 232°, 偏向黑河上游与坝轴线呈 30°斜交。滑坡变形破坏过程如下: 初始变形阶段(1996—10—04~11)、初步发展阶段(10—11~11—04)、加速发展阶段(11—04~21)、缓慢变

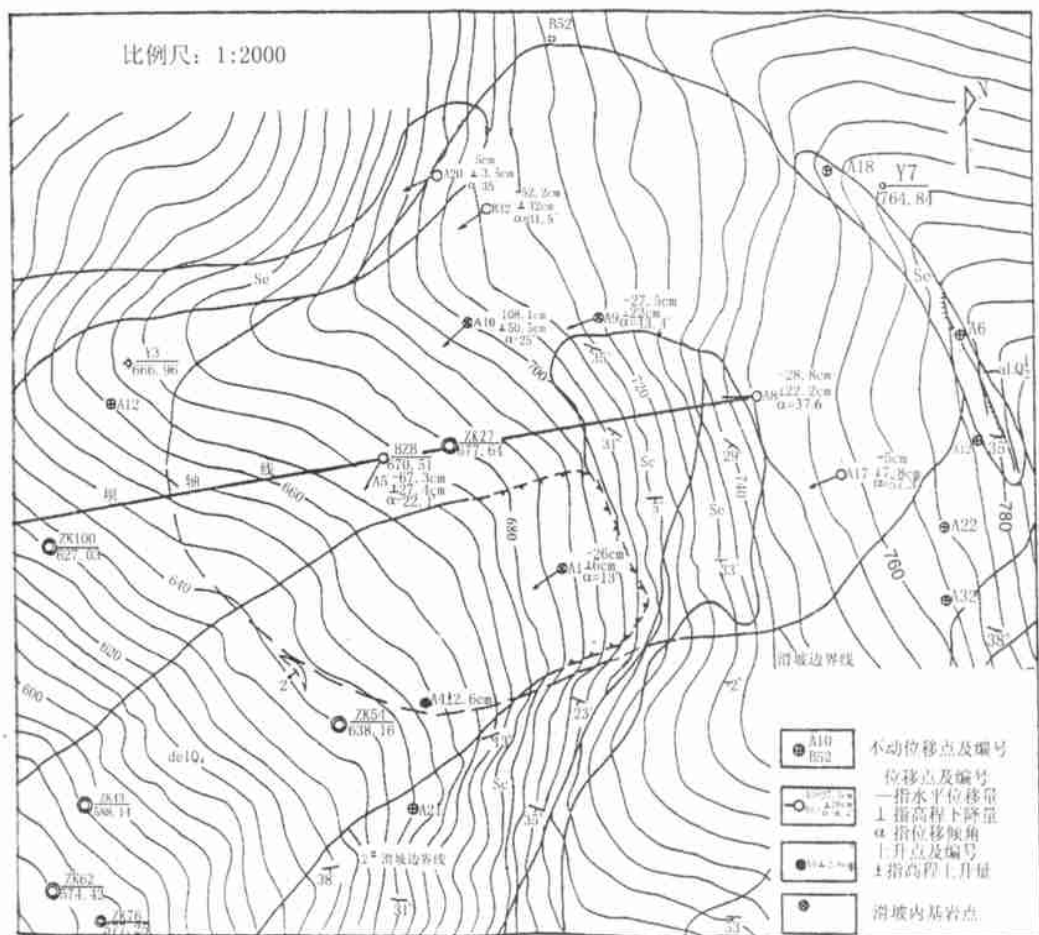


图 2 滑坡区位移矢量图

Fig. 2 The displacement vector diagram in the landslide

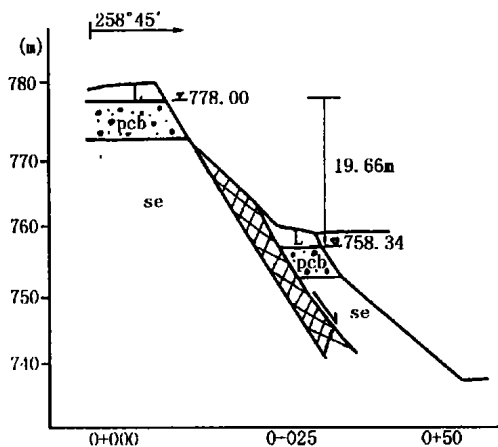


图3 滑坡后壁错断V级阶地剖面

Fig. 3 Geologic profile of the faulted V terrace

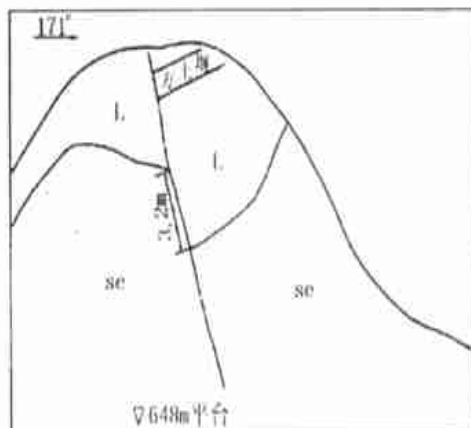


图4 大坝齿槽顶部古土壤错断剖面图

Fig. 4 Geologic profile of the faulted ancient soil

形阶段(1996—11—21~1997—03—30)。施工过程所见变形破坏迹象说明滑坡仍在缓慢移动<sup>[1]</sup>。

据野外调查和监测成果表明,该古滑坡的复活是与人工开挖边坡以及降雨入渗直接相关的<sup>[2,3]</sup>。考虑到工程的重要性,建议全部清除底滑面之上残存滑体的削坡治理方案。

表 1 滑坡发生时代及错动距离

Table 1 The time and distancement of the sliding

名称	发生时代	水平错距(m)	垂直距离(m)
古滑坡	中更新世末	15.0	12.06~19.7
2 <sup>#</sup> 滑坡	晚更新世末	>10.0(估计)	3.20
新滑坡	1996年10月初	1.0	0.5

4 结 论

1. 黑河金盆水库枢纽工程右岸滑坡,分布在 638 m~775 m 高程,高出坝顶 38 m~175 m,主滑方向 232°,偏向黑河上游与坝轴线呈 30°斜交;2 滑坡总体上呈“葫芦”形,中部为“锁口段,现有体积 60 万 m<sup>3</sup>;3 滑坡周界清楚。主要受河谷卸荷裂隙及断裂构造控制;4 该滑坡实为古滑坡的复活 主要诱发因素是坡脚施工开挖及降雨入渗;(5)为确保工程安全及工期的紧迫性,建议全部清除底滑面之上的滑坡堆积体。

参考文献:

[1] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社,1981

[2] 山田刚二,渡一正亮等. 滑坡和斜坡崩塌及其防治[M]. 北京:科学出版社,1980

[3] 成都地质学院等. 长江三峡工程库岸稳定性[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992

[4] E. Hoek, J. W. Bray. Rock Slope Engineering[M]. London: Insitution of Mining and Metallurgy 1981

A STUDY ON THE RIGHT BANK LANDSLIDE  
IN THE DAMSITE OF HEIHE WATERPOWER STATION

YAN E-chuan<sup>1</sup>, LIU Han-chao<sup>1</sup>, ZHANG Zhuo-yuan<sup>1</sup>, CHAI He-jun<sup>1</sup>,  
XI Mao-xu<sup>2</sup>, HOU Zhi-bin<sup>2</sup>, YANG Jun-sheng<sup>2</sup>, FANG Yu-jia<sup>2</sup>

(1. National Laboratory of Geological Hazard Prevention, Chengdu 610059;  
2. Shanxi Explore and Design Institute of Waterpower, Xianyang 712000)

**Abstract:** In order to ascertain the property of slope at the right bank in the key position of Heihe Water Power Station, and in favour of the engineering construction, a lot of work have been done, especially including the field investigation in detail. The author discovered that the slope is an ancient rock slide. The line of landslide limitation and deformation—failure features are rather certain in the surface, and so are in the drift. All of these features can confirm the above conclusion. Also, the result of displacement measurement in the slope area proved that the slope is a landslide. On considering the importance of engineering construction and the time, the author suggest that the sliding mass should be excavated.

**Key words:** Jinpen reservoir, damsite, landslide, unloading joint, displacement monitor