

· 工程地质 ·

黑河水库右坝肩变形体底界面微结构特征*

赵法锁 王勇智 魏 静 罗丽娟 毛新虎

(西安工程学院水工系, 西安, 710054)

摘 要 以西安市引水工程黑河水库右坝肩变形体底界面为研究对象, 利用扫描电子显微镜和电子探针, 对变形体底界面剪变带试样进行观察分析, 研究了它的微结构特征, 并结合宏观调查准确地确定了变形体的底界。

关键词 西安 黑河水库 右坝肩变形体 底界面 微观结构 电子扫描

1 引言

斜坡坡体沿某面产生相对运动时, 不仅在宏观上留下迹象, 而在微观上也会留下同样的证据。在外动力作用下, 宏观上的证据极易被破坏 (尤其是土质滑坡), 相反, 微观上的迹象则能很好地保存下来。作者在对黑河水库右坝肩变形体进行调查时, 为了较好地确定变形体底界, 分别在变形体后缘段探槽及中上段平硐剪变带中取试样, 并在电子显微镜下进行不同倍数下的微结构观察分析和电子探针的化学成分测定, 结果发现剪变带试样显示了与宏观上一致的特点和更为清楚的运动痕迹, 以及矿物定向排列的特点。

2 变形体形态与组成结构

2.1 变形体的地表形态

变形体位于黑河水库大坝右坝肩肩顶以东山坡, 前缘距坝顶东端 30 余米, 高出坝顶 40 m 左右, 后缘高出坝顶 170 余米。变形体长轴中线方向 225° , 偏向上游库内, 与坝轴线斜交, 夹角 25° 。变形体北侧以小断层 f_0 及小山梁上 NEE 向连续裂缝为界, 南侧无明显分界。在平面展布上, 变形体整体呈不规则四边形状, 长 230 m, 宽多在 120~160 m 之间, 短轴方向为 SE 向。变形体后缘以走向为 NW 向的坡顶山梁为界, 南、北两侧分别受 NEE 向、NE 向相对坚硬的绿泥石片岩为主而成的山梁制约, 呈现出“勺”形的下凹地形特点。凹地纵向坡度 40° 左右, 横向南高北低, 上宽下窄, 在 720 m 高程附近达到最宽, 宽度为 160 余米, 向下至 650 m 高程处呈由北向南的收敛状, 宽度不足 120 m (图 1)。

* 国土资源部岩土工程开放实验室资助项目。

收稿日期: 1999-07-05

第一作者简介: 赵法锁, 男, 生于 1954 年, 副教授, 主要从事工程地质岩土工程的教学和科研工作。

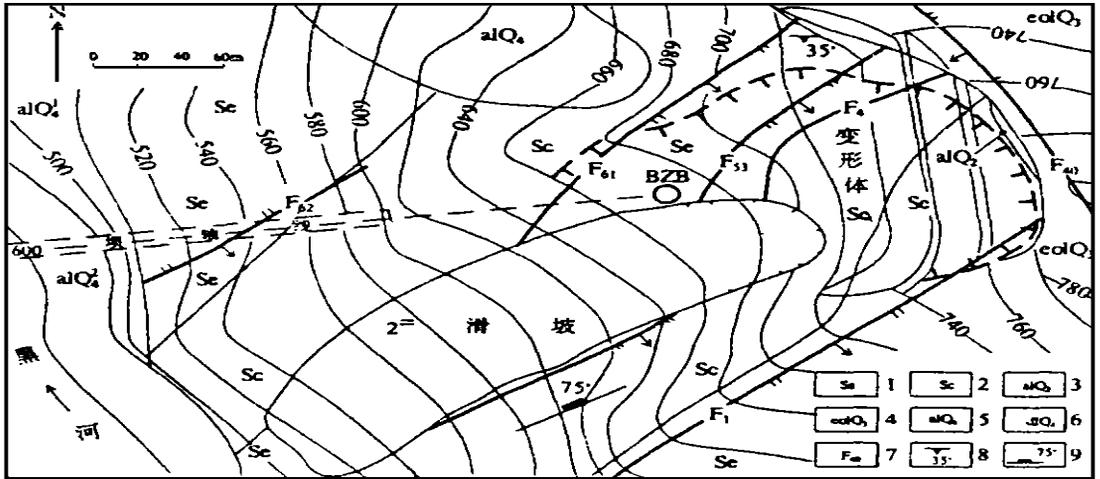


图 1 黑河水库右坝肩工程地质图

- 1. 云母石英片岩; 2. 绿泥石片岩; 3. 中更新世冲积砾石层; 4. 晚更新世风积黄土; 5. 全新世冲积物;
- 6. 全新世坡积物; 7. 断层带符号及编号; 8. 层理产状; 9. 节理产状

2.2 变形体的组成结构

变形体的组成结构如图 2 所示。在 1997 年 6 月削方之前, 坡体表层除 695 m 至 740 m 高程段有基岩出露外, 其它均为第四系覆盖。就整体而言, 覆盖层较薄, 最大厚度在 10 m 以内, 坡体基岩以强至弱风化的云母石英片岩和绿泥石片岩为主, 其间夹有规模较大的断层带破碎物。1997 年 10 月削方之后, 基岩大面积出露(图 2 为变形体上段大面积削方之前的斜坡纵剖面), 变形体上部以绿泥石片岩为主, 下部以云母石英片岩为主。在开挖揭露处和勘探平洞中均可看到宽 5 ~ 10 余米的 F_4 ~ F_6 断层破碎带和倾向坡外的视宽 3~ 7 m 的次级断层带。

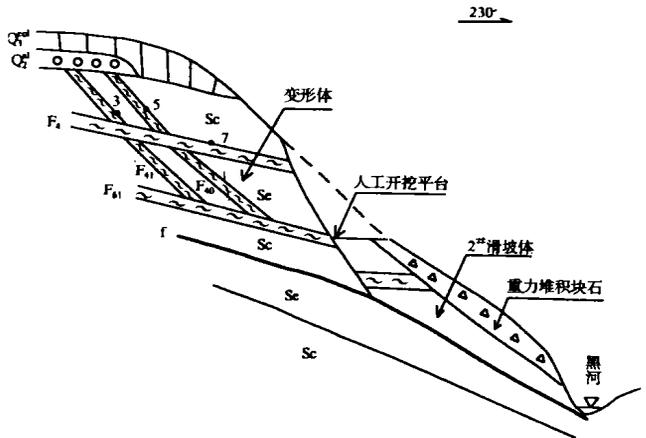


图 2 变形体纵剖面示意图

- Sc. 云母石英片岩; Sc. 绿泥石片岩; Q_3^{al} . 中更新世冲积层; F_{61} 断层代号及编号; f. 层间小断层; °. 5. 取样位置与编号

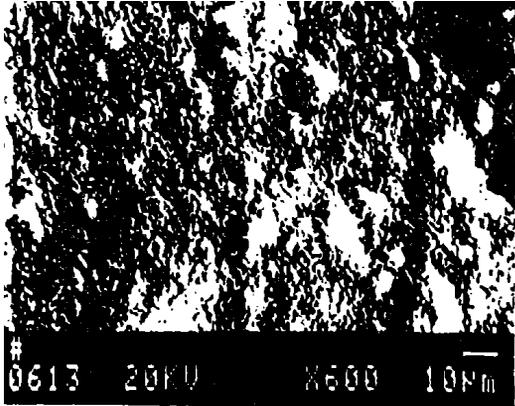
3 底界面微结构电镜扫描及电子探针分析

由于变形体底界剪变带十分破碎, 很难找到明显的相对运动痕迹, 为了从变形体底界面的微观结构上找到相对的运动证据, 分别在 760 m 高程的探槽中和 720 m 高程勘探平洞的 F_{40} 断层带中取回试样 (试样 2 试样 5), 在电子显微镜下进行观察扫描, 并同时化学成分

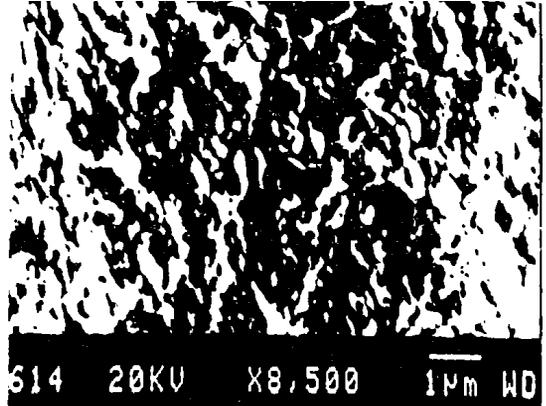
的探针测试，分析观察结果其代表性微结构特征与化学成分见照片 1~ 4和表 1

表 1 变形体底界面化学成分统计表

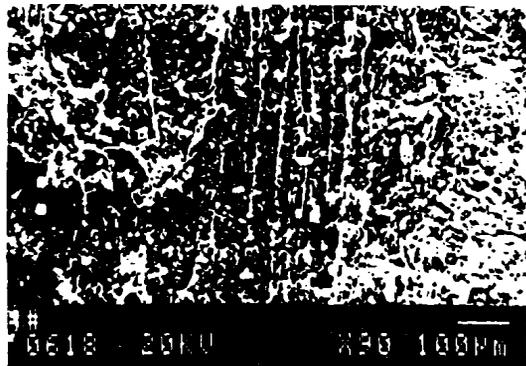
试样编号	取样位置	元素名称及相对百分含量								备注
		Na	Mg	Al	Si	Zn	K	Ca	F ₄	
2	760 m 探槽	3.59	0.00	11.28	40.00	0.00	0.00	11.79	33.33	相应于高倍放大情况下,试样面上的化学元素与平均含量
5	720 m 平硐	0.87	0.58	13.58	23.70	0.00	7.23	3.49	5.95	



照片 1 760m 高程探槽中底界面擦痕



照片 2 760m 高程探槽中底界面矿物排列



照片 3 720m 高程平硐中底界面擦痕



照片 4 720m 高程平硐中底界面矿物排列

由照片 1 可以看到，当把试样放在电子显微镜下扩大 600 倍时，有较明显的相对运动留下的迹象。还可以看到硬度大的矿物颗粒呈定向排列，并镶嵌于粘土矿物之中；硬度大的矿物被粘土矿物包裹，不能直接测到，但根据测出的化学成分与相应百分含量，可知硅的含量达 40%（表 1），而石英矿物的主要化学成分为硅，再根据定向排列矿物的浑圆状特点，定向排列的硬性矿物应为石英。而从高倍放大情况下（照片 2）试样的微结构上，也可清楚地看到浑

圆状的石英颗粒及周围片状粘土矿物呈叠瓦状定向排列的特征

从照片 3 照片 4 可以看到,在低倍放大情况下(照片 3),相对运动留下的直线状擦痕十分明显;在高倍放大情况下(照片 4),变形体底界面的矿物均呈定向排列,如片状的粘土矿物和板条状长石的定向排列明显,且方向一致

5 结论

通过以上讨论并结合野外的宏观调查可得出以下认识:

(1) 变形体底界面在微观结构上显示的运动痕迹和矿物的定向排列与宏观上的粗略观察有很好的一致性,尤其是 2号试样显示的浑圆状石英颗粒的定向排列形貌与 760 m 高程探槽中变形体底界面剪变带上卵石的定向排列形貌十分相似。

(2) 擦痕方向和矿物排列方向有很好的一致性,它们均应为变形体底界面上、下岩土体相对运动时形成。

(3) 黑河水库右坝肩变形体在历史上曾经沿底界面剪变带发生过相对运动,现确定的底界面应为控制坡体稳定的主要软弱结构面。

参 考 文 献

- 1 E·Π·叶米里杨诺娃著. 滑坡作用的基本规律. 铁科院西北所译. 重庆: 重庆出版社, 1986
- 2 赵法锁、彭建兵、杜东菊等. 地震 CT在滑坡勘探中的应用. 西北地质, 1998 (4)
- 3 赵法锁、毛新虎、罗丽娟等. 基岩滑坡滑面的全矿物分析法研究. 西安矿业学院学报, 1999 (sup)
- 4 郑轶. 结构矿物学. 北京: 北京大学出版社, 1994
- 5 白春礼. 扫描隧道显微镜在表面化学中的应用. 见: 大学化学编委会. 今日化学. 北京: 北京大学出版社, 1995
- 6 胡广韬. 滑坡动力学. 北京: 地质出版社, 1995