

文章编号: 1004-8227(2010) 07-0821+05

溇水上游古堰塞湖的发现及其水电工程意义

易连兴¹, 张 雄², 曲建强²

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004; 2. 中南水电勘测设计研究院, 湖南 长沙 410014)

摘 要: 对溇水上游河湾岩溶渗漏研究中, 在湘鄂交界的溇水河谷, 发现了大型古滑坡体和堰塞湖沉积粘土层并对其进行了研究。对古滑坡体和堰塞湖作了简要介绍, 对一些主要问题进行初步讨论和分析。古滑坡体约 $2\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$, 进入河道长度大于 1 000 m; 湖相沉积层厚度大于 48 m, 最大出露高程 284.1 m, 根据 ^{14}C 测试, 古堰塞湖形成于 $10\,760 \pm 130 \sim 16\,880 \pm 250 \text{ a BP}$ 。通过分析认为堰塞湖水位大于 285 m, 堰塞湖沉积粘土层中出露的高硫酸盐地下水与当时沉积环境和粘土层本身无直接联系, 沿河两岸粘土层产状变化可能与再次滑坡有关联; 该研究成果对当前水电工程建设和研究溇水河流发育史、现代江河灾难性地质灾害的形成演化具有一定参考价值。

关键词: 溇水; 古滑坡; 古堰塞湖; 水电工程

文献标识码: A

滑坡堵江在世界各国的山区时有发生, 这些滑坡堵江事件形成的天然堆石坝和堰塞湖给人类的工程活动带来较大的影响。特别对水电工程构成一个重要灾害^[1,2], 小则危害水电工程附属设施, 如淹没进水口、水槽、发电机组和输电设施等, 大则危及大坝安全, 可致使大坝部分或完全破坏。因此, 基于滑坡堵江分布广、灾害大而受到了各国地质学家的关注, 以期对其进行深入系统的研究^[3]。

在湖北省鹤峰县境内, 溇水上游河段, 拟建江坪河、淋溪河两级梯级电站, 两坝址相距约 13.5 km; 江坪河水电站, 设计坝高为 210 m, 正常蓄水位 470 m, 库容 $12.56 \times 10^8 \text{ m}^3$, 装机容量 500 MW, 具有多年调节功能; 淋溪河水电站, 设计坝高 73 m, 正常蓄水位 293.0 m, 库容 $0.79 \times 10^8 \text{ m}^3$, 调节库容 $0.05 \times 10^8 \text{ m}^3$, 装机容量 170 MW, 为日调节水库。

在两个坝址间, 河道经北东、而后转向西南、再转回北东, 形成两个河湾。河湾地块为碳酸盐岩分布区, 其间岩溶管道、裂隙以及各种岩溶形态强发育, 是可能的渗漏地段^[4,5]; 为查清河湾地块岩溶发育规律、岩溶水文地质条件及可能的建坝条件下渗漏途径及渗漏通道性质, 2003~2006 年开展了《溇水上游河湾地块岩溶渗漏调查研究》^① 项目。野外

调查过程中, 笔者在桑植县淋溪河乡上游约 1.5 km 处以及上游河道中发现了典型的堰塞湖遗迹(图 1~图 3)。围绕岩溶渗漏方面研究的同时, 对古滑坡体、堰塞湖沉积物及沉积物中水体也进行了较详细的调查和室内测试。

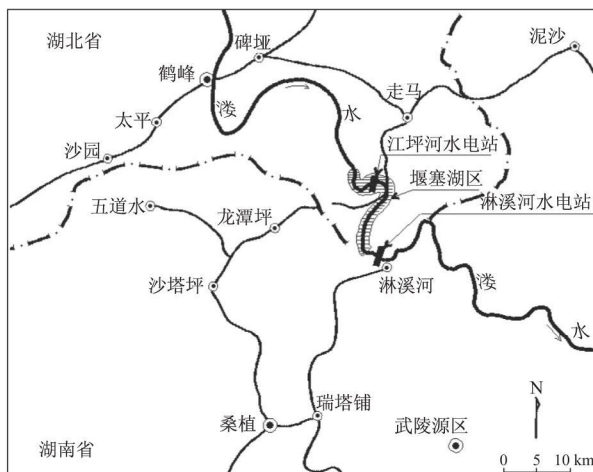


图 1 堰塞湖分布图

Fig. 1 Location of Dammed Lake

本文对古堰塞湖分布区地质环境、古滑坡体和堰塞湖的形成、消亡及其主要特征等作了简要介绍; 并对一些古堰塞湖地质现象做了初步分析, 提出了

收稿日期: 2009-06-26; 修回日期: 2009-10-13

基金项目: 973 计划项目(2006CB202400)

作者简介: 易连兴(1963~), 男, 广西临桂人, 副研究员, 主要从事岩溶水文地质和数学地质研究, 着重于岩溶水系统模型研究。

E-mail: Ylx79@126.com

① 项目为水电工程设计施工过程中的专题研究, 本文第一作者为该项目负责人。

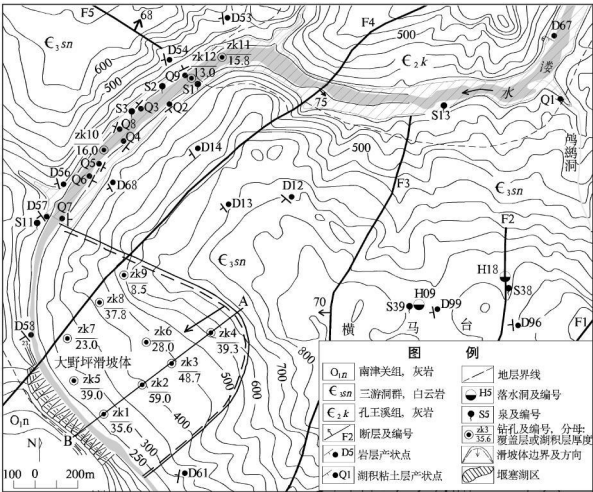


图 2 滑坡体平面分布及湖积土层产状测量点
Fig.2 Landslide Distribution and Clay
Trend Measure Points



图 3 右岸 Q3 测量点沉积粘土层
Fig.3 Lacustrine Clay of Q3 Point on Right Bank

一些认识和推论,对于当前水电工程建设和研究淩水河流发育史、现代江河灾难性地质灾害的形成演化具有重要参考价值^[6~10]。

1 古滑坡和堰塞湖

1.1 古滑坡体特征

古堰塞湖位于林溪河乡上游约 1.5 km 的河道转弯处,该区域属溶蚀构造地貌——中低山峰丛洼地,海拔 500~1 000 m,局部高程大于 1 000 m;淩水河两岸为深切峡谷,海拔 220~750 m;地形坡度 20°~75°。出露地层主要有寒武系三游洞群(Є_{3sn})、孔王溪组(Є_{2k})白云岩、白云质灰岩,奥陶系南津关组(O_{1n})灰岩等。断裂走向主要为 N15°~35°E。

古滑坡发育于淩水河左岸大野坪,滑坡体顺河

向长约 1 100 m,东西方向宽 150~650 m,滑坡体的平面形态呈圈椅状,分布面积约 0.78 km²,分布高程 230~600 m,地形坡度 18°~26°(图 2);通过钻孔和物探勘测,古滑坡体厚 8.5~59.0 m,进一步利用 MAPGIS 软件计算得出滑坡体体积约为 1 952 × 10⁴ m³。

滑坡体滑动方向为 S70°W,为基岩顺层滑坡;滑动面呈多级台阶状(图 4)。滑动带物质由灰、灰白色白云岩碎石、角砾夹少量灰白色、黄褐色粘土组成。滑坡体的主要物质成分为岩块、碎石和少量粘土;岩块系由弱~微风化白云岩块体构成,岩块具有明显成层架空特性,直径从几十厘米到数米不等,碎石系由弱~强风化白云岩碎石构成,多呈似圆状;粘土为全风化白云岩。现场颗粒分析结果,块石(粒径大于 200 mm)含量占总重量 50%~80%,碎石(粒径 20~200 mm)含量为 15%~35%,角砾(粒径 2~20 mm)含量为 5%~10%,砂砾粘粒(径小于 2 mm)含量为 0%~5%,滑坡体天然密度 ρ=1.88~2.37 g/cm³(表 1)。

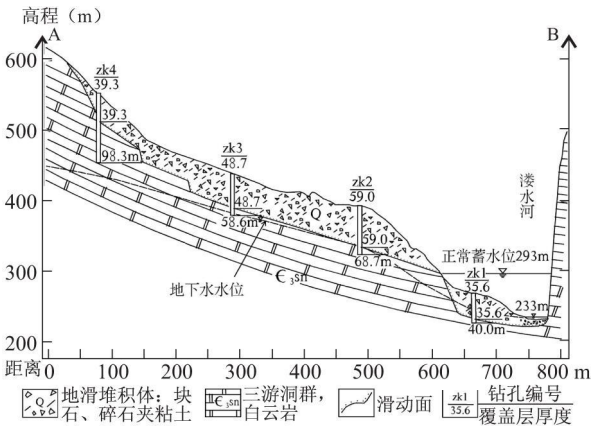


图 4 滑坡体 A-B 剖面图
Fig.4 A-B Section for Landslide

表 1 颗粒及天然密度实测结果表
Tab.1 Grain Sort and Natural Density

编号	颗粒组成				天然密度 (g/cm ³)
	> 200 mm (%)	20~ 200 mm (%)	2~ 20 mm (%)	< 2 mm (%)	
1	55.5	33.5	6.5	4.5	1.95
2	52.2	33.0	9.8	5.0	1.90
3	77.0	16.5	5.5	1.0	2.16
4	65.0	25.8	6.2	3.0	2.10
5	50.0	35.0	10.0	5.0	1.88
6	63.9	30.0	5.6	0.5	2.20
7	78.0	15.5	6.5	0.0	2.25
8	76.8	15.0	5.0	3.2	2.21
9	80.0	15.0	5.0	0.0	2.37

1.2 堰塞湖沉积物分布特征

古堰塞湖沉积物在大野坪古滑坡体以上 2 km 河道及两岸保存较完整, 河水位以上有多处出露, 在岸坡或冲沟内可以直接见到残留的古湖相沉积物。出露最大高程 276.5 m, 该点位于宽度仅为 2.0~5.0 m 的鸬鹚洞冲沟中(编号 Q1), 其他出露点还有 Q2~Q9, 该 8 个点出露高程为 248.5~255.0 m, 这些出露点均可测量土层产状; 从 Q1 点至上游江坪河坝址两岸未见其他地表出露点。

根据河道钻探资料, 河道中沉积物基本为上、中、下 3 层结构, 其中底部和顶部为砂卵石层, 中部为湖积粘土层。在上游江坪河坝址区, 多个钻孔揭露湖积粘土层出露顶面高程为 282.85~284.10 m, 底面高程 262.3~271.0 m, 粘土层厚度 13.0~21.1 m; 在大野坪河流段, zk10、zk11、zk12 三个钻孔揭露

松散层总厚度 13.7~17.0 m, 其中上部和下部砂卵石层厚度为 1.50~2.80 m, 中部湖积粘土层厚 9.77~13.25 m, 湖积粘土层顶面最大高程为 244.42 m, 最低底面高程 229.07 m, 与 Q1 点出露高程 276.5 m 比较, 下游湖积粘土层厚度大于 48 m。

1.3 古堰塞湖相沉积物主要特征

古堰塞湖沉积物具有如下主要特征:

(1) 在江坪河坝址区域, 堰塞湖沉积物为粉砂土及粉质粘土, 灰黑色或灰褐色为主, 夹砂或砂砾, 部分岩芯成松散状(图 5 左); 在下游大野坪一带, 堰塞湖沉积物上部为灰黑色、灰褐色及褐黄色粘土层, 呈可塑至软塑, 钻孔揭露下部为黑色~深黑色粘土, 呈软塑~流塑状(图 5 右)。反映出从大野坪至上游江坪河坝址区, 沉积物颗粒变粗, 逐渐出现河流相沉积特征。



图 5 河道钻孔湖积粘土层(左: 江坪河坝址区; 右: 大野坪)
Fig. 5 Lacustrine Clay of Drills(Left: Jiangpinghe Dam Area; Right: Dayeping Area)

(2) 沉积物中层次清晰, 并可见颜色变化的纹层, 有由深、浅变化的韵律, 韵律层的厚度一般为 0.5~2.5 cm(图 3), 1.0 m 厚度统计约有 60 余层, 显示出湖相沉积结构特征, 沉积物中还发现有植物叶片等腐植物。

该河流段两岸湖积粘土层产状倾向明显不同, 左岸粘土层倾向南东, 产状为: SE95°~130°∠4°~25°, 右岸粘土层倾向北西, 产状为: NW290°~320°∠10°~18°(表 2, 图 3), 河道中粘土层呈现为背斜状。

(3) 两岸湖积粘土层分布区发育有 3 处渗水点 S1、S2、S3, 尽管流量小, 但长年不干, 水体发出臭等刺激气味, 水体流经处, 黑色粘土层表面呈黄红色。通过取水样检测, 水体矿化度达 950.6~1068.6 mg/L, 其中主要因为硫酸盐含量高, SO₄²⁻ 离子含量高达 570.5~660.0 mg/L; 该区域, 溇水河水矿化

度一般为 110~135 mg/L, 出露于寒武系三游洞群(Є₃sn)、孔王溪组(Є₂k)、奥陶系南津关组(O₁n)等岩溶泉水矿化度一般为 180~350 mg/L, 河水和岩溶泉水 SO₄²⁻ 离子含量较低, 均小于 6.5 mg/L。

表 2 堰塞湖沉积粘土层产状测量成果表
Tab. 2 Clay Trend of Dammed Lake

测点编号	位置	湖积粘土层产状	岩层产状
Q1	左岸		
Q3		NW320°∠10°	D54: SW260°∠18°
Q8	右岸	NW290°∠18°	D56: SW210°∠15°
Q9		NW315°∠12°	D57: SW190°∠14°
Q2		SE125°∠8°	
Q4		SE130°∠4°	D14: SW190°∠17°
Q5	左岸	SE110°∠25°	D13: SW200°∠35°
Q6		SE120°∠7°	D68: SW212°∠18°
Q7		SE95°∠4°	

1.4 堰塞湖形成年代

在大野坪古滑坡体上游约 900 m 河道钻孔 zk11、zk12 埋深 6.6~12.7 m 段共取土样 4 件,经 ¹⁴C 测定(岩溶地质研究所实验室),堰塞湖沉积粘土层年龄为 10 760±130~16 880±250 a BP(表 3);

沉积物底部 ¹⁴C 年龄为 16 880±250 a BP,上部 ¹⁴C 年龄为 10 760±130 a BP,表明滑坡堆积坝和堰塞湖维持了 6000 a 以上。但两个钻孔底部沉积粘土层 ¹⁴C 年龄差别较大,相差约 4000 a。

表 3 堰塞湖沉积粘土层 ¹⁴C 测年结果表
Tab.3 ¹⁴C Ages for Dammed Clay

土样编号	土类名称	取样地点	取样位置		取样日期	测定年龄(aBP)
			埋深(m)	高程(m)		
1	可塑粘土	Zk 11	6.6~7.4	239.78~240.58	2004-03-15	10 760±130
2		Zk 11	12.1~12.7	234.08~234.68		12 710±190
3		Zk 12	6.6~7.6	239.12~240.12		13 150±430
4		Zk 12	11.0~11.5	235.22~235.72		16 880±250

2 问题探讨

(1) 高含量硫酸根离子来源

通过对堰塞湖沉积粘土层中 SO₄²⁻ 离子浸出试验测定^[1](表 4),每克湖积粘土在 10 mL 纯净水中可浸出 SO₄²⁻ 离子数量为 0.47~2.68 mg;该结果说明,堰塞湖沉积粘土层中有一定的 SO₄²⁻ 离子可浸出到水体中,但不起决定因素,因此,从堰塞湖沉积粘土层中渗出的 SO₄²⁻ 离子高含量、高矿化度地下水与湖积粘土层本身无直接联系,也可推论出与当时湖水及沉积环境无直接联系。

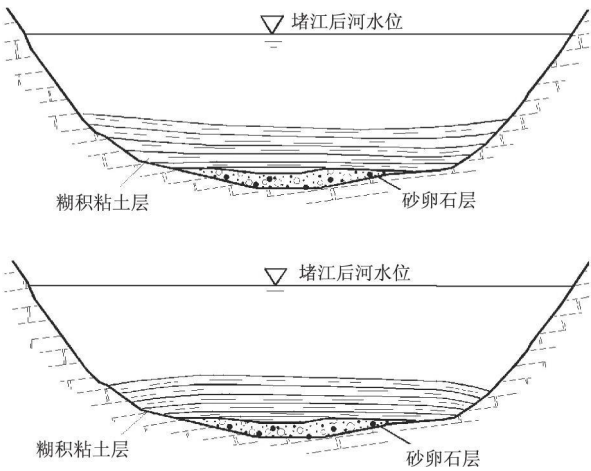


图 6 不同产状示意图
Fig.6 Sketch Map of Different Clay Trend

表 4 粘土中 SO₄²⁻ 离子浸出测试结果表

Tab.4 Dissolving Quantity of SO₄²⁻ from Clay

土样编号	土类名称	取样地点	取样深度(m)	取样日期	SO ₄ ²⁻ 离子浸出量(mg)
1	灰黑色可塑粘土	Q3	0.30~0.60	2004年4月17~18日	2.68
2		Q6			0.47
3		zk11	6.60~7.40		1.52
4		zk12	6.60~7.60		1.38

(2) 堰塞湖沉积粘土层产状成因分析及古滑坡体多期活动推测

表 2 数据说明,粘土层产状与测点所在位置的岩层产状、地形没有明显的相关性,两岸粘土层倾向基本相反,在 9 个测点中,除 Q1 测点外,其余 8 个测点的倾向基本与所在河岸呈近垂直形态。如果没有外力扰动,正常情况下,湖积粘土层产状呈水平或在河岸地带呈向斜状(图 6,上图),实际上,粘土层产状呈背斜(图 6,下图)。

更新世活动断裂,因此,从该结论可以得出,沉积粘土层的产状变化与构造断裂活动不存在必然联系。分析认为,沉积粘土层产状变化可能与堵江期间二次或多次滑坡体引起局部扰动有关。粘土层 ¹⁴C 年龄测定结果也反映出该方面信息,相同或接近高程的粘土年龄差别较大,说明河道中粘土层被强烈扰动过,其沉积层序已经被破坏,在排除构造影响外,结合本区自然环境,再次滑坡形成扰动可能性最大。

(3) 堰塞湖水位

本次发现上游湖积粘土层出露最大高程 284.10 m,下游出露最大高程 276.5 m,尽管相距 13.5 km,考虑堰塞湖水力坡度较小,在下游堰塞湖水位应该在 285 m 以上或更高。

古滑坡体和堰塞湖的发现和上述分析、推论,对

根据研究报告^①主要结论,该区域内不存在晚

① 中国地震局地质研究所,湖北省淦水江坪河水电站工程场地地震安全性评价和水库诱发地震评价报告,2004.
©1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

该区域的岩溶地下水渗流场、边坡等与建库密切相关的水文工程地质问题分析, 以及建库后 293 m 正常蓄水位条件下, 古滑坡体所处河湾地块岩溶渗漏条件分析具有重要意义^①。

参考文献:

[1] 王 永 兴. 滑 坡 导 致 的 溃 坝 型 洪 水 研 究 [J]. 中 国 地 质 灾 害 与 防 治 学 报, 1995, 6 (1): 15~ 23.

[2] 卢 鑫 猷. 滑 坡 堵 江 的 基 本 类 型、特 征 和 对 策 [C] // 滑 坡 文 集 (6). 北 京: 中 国 铁 道 出 版 社, 1988: 106~ 117.

[3] 柴 贺 军, 刘 汉 超, 张 倬 元. 大 型 崩 滑 堵 江 事 件 及 其 环 境 效 应 研 究 综 述 [J]. 地 质 科 技 情 报, 2000, 19 (2): 87~ 90.

[4] 易 连 兴, 胡 大 可, 张 之 淦, 等. 复 杂 水 动 力 条 件 下 的 真 假 地 下 分 水 岭 水 位 判 别 —— 以 湖 北 溇 水 江 坪 河 水 电 站 河 间 河 湾 地 块 为 例 [J]. 水 利 发 电, 2007, 33 (2): 34~ 39.

[5] 易 连 兴. 地 下 水 连 通 试 验 在 岩 溶 渗 漏 评 价 中 的 应 用 —— 以 湖 北 溇 水 淋 溪 河 水 电 站 河 湾 地 块 为 例 [J]. 昆 明 理 工 大 学 学 报, 2007, 32 (2A): 96~ 100.

[6] 聂 高 众, 高 建 国, 邓 砚. 地 震 诱 发 的 堰 塞 湖 初 步 研 究 [J]. 第 四 纪 研 究, 2004, 24 (3): 293~ 300.

[7] 王 兰 生, 杨 立 铮. 岷 江 叠 溪 古 堰 塞 湖 的 发 现 [J]. 成 都 理 工 大 学 学 报 (自 然 科 学 版), 2005, 32 (1): 1~ 11.

[8] 张 永 双. 滇 西 北 德 钦 地 区 金 沙 江 奔 子 栏 古 堰 塞 湖 的 发 现 及 意 义 [J]. 地 质 通 报, 2007, 26 (8): 970~ 975.

[9] 刘 琦 胜. 长 江 上 源 布 曲 盆 地 晚 更 新 世 湖 相 沉 积 的 发 现 及 其 古 植 被 与 古 气 候 [J]. 地 质 学 报, 2004, 4 : 527~ 533.

[10] 吉 磊. 中 国 过 去 2000 年 湖 泊 沉 积 记 录 的 高 分 辨 率 研 究: 现 状 与 问 题 [J]. 地 球 科 学 进 展, 1995, 10 (2): 169~ 173.

[11] 尹 敬 执, 申 洋 文. 基 础 无 机 化 学 (上 册) [M]. 北 京: 人 民 教 育 出 版 社, 1989: 257~ 258.

DISCOVERY OF ANCIENT LANDSLIDE-DAMMED LAKE IN THE
UPSTREAM OF LOUSHUI RIVER AND ITS SIGNIFICANCE ON
WATER AND ELECTRICITY ENGINEERING

YI Lian-xing¹, ZHANG Xiong², QU Jian-qiang²

(1. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004, China;
2. Zhongnan Institute of Survey and Design of Water Power and Electrical Power, Changsha 410014, China)

Abstract: During the study of karst seepage for the upstream bay area on Loushui River, in the boundary between Hunan Province and Hubei Province, the huge ancient landslide and dammed lake were found and studied. The paper stated the landslide and dammed lake in brief, and discussed and analysed some problems about them. The landslide body is about 20 million cube, and the dam is about 1 000 m long. The total thickness of the clay is more than 48 m, and the highest point of the clay laying out is 284. 1 m height about sea level. The ¹⁴C ages is about 10 760 ±130 aBP and 16 880 ±250 aBP for the upper and lower clay. It is considered that the level of the lake is more than 285 m. The high sulphate content of the groundwater flowing out from the clay is not associated with the environment of clay deposit and the clay itself. The clay trend in two bank of the river is possible made by the re-landslides. This result is of reference value for water and electricity engineering construction, and for the study of the development history of Loushui River and the formation and evolution of calamitous geological hazards of today's rivers.

Key words: Loushui River; ancient landslides; ancient dammed lake; water and electricity engineering

^① 中国地质科学院岩溶地质研究所, 中南勘测设计研究院, 湖北省溇水江坪河、淋溪河水电站岩溶渗漏问题研究报告, 2006.
©1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net