

黄河上游戈龙布滑坡堵河事件及 堰塞湖沉积物研究

殷志强¹⁾, 赵无忌²⁾, 李小林³⁾, 魏 刚³⁾

1) 中国地质环境监测院, 北京, 100081; 2) 中国地质大学(北京), 北京, 100029;

3) 青海省环境地质勘查局, 西宁, 810007

黄河在青藏高原东北缘的寺沟峡—拉干峡段形成了官亭盆地、循化盆地、群科-尖扎盆地、贵德盆地和共和盆地等多个山间盆地。盆地与峡谷区由于构造抬升和河流侵蚀切割等原因, 滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害异常发育, 在全世界范围内都具有代表性和典型性(黄润秋, 2007), 在特殊的岩土体性质、控滑的地层结构、复杂的地貌环境和独特的季风气候交替控制下形成了我国滑坡、泥石流等地质灾害的一个高易发区(彭建兵, 1997; 张春山, 2000)。笔者 2012 年在国家地质矿产调查评价项目的支持下开展了黄河上游官亭盆地与循化盆地之间的积石峡戈龙布滑坡的调查研究工作, 采集了因滑坡堵塞黄河形成的堰塞湖湖相沉积物样品, 开展了戈龙布滑坡堵河事件和堰塞湖沉积物研究工作。

1 戈龙布滑坡基本特征

戈龙布滑坡位于黄河上游积石峡水库骆驼岭西侧黄河大拐弯处, 为一白垩系砂砾岩滑坡(图 1)。地理坐标: $102^{\circ}35' \sim 102^{\circ}59'E$, $35^{\circ}49' \sim 35^{\circ}50'N$, 滑坡堆积体分布于积石峡的狐跳峡两岸。该巨型滑坡分 2 期发生, 其中第一期发生时间为 8 万年前后, 可能由地震活动诱发(李小林, 2011); 第二期发生时间为 0.9 万年左右, 可能由气候诱发(殷志强, 2013), 由于滑坡区地处黄河积石峡段曲率半径最小的凹岸带, 也是最窄的地段, 因此两次滑坡事件均堵塞黄河, 在堰塞坝上游已宝、循化等地形成了大规模的湖积平台。野外调查发现, 循化县城东约 1.3km 处的循化垃圾场 IV 级阶地和 II 级阶地上分别覆盖有湖积纹泥层, IV 级阶地上湖相层底部海拔

1866m, 顶点 1900m, 总厚 34m, 属于早期滑坡湖相沉积物。III 级阶地上未覆盖有湖相层, II 级阶地上覆盖的湖相层属于晚期滑坡所致。晚期滑坡在早期滑坡的东侧发生, 主滑方面 340° , 属顺层推移式滑坡, 滑坡发生后, 在河对岸留下了大量滑坡堆积体和上游 II 级阶地上堆积有长约 20 公里厚约 25m 的湖相纹泥层。

戈龙布早期滑坡前缘剪出口高程 1860-1865m, 高出现代河水位 45-50m, 相当于黄河 IV 级阶地拨河高度(李小林, 2011)。滑坡后缘高程 2100m, 后壁顶界高程 2360m, 总落差 500m。滑壁高差 240m, 主滑方向 51° 。滑体长 1100m, 宽 1200m, 平均厚度 90m, 总体积 $1.2 \times 10^8 m^3$, 方量上属于巨型滑坡(Giant Landslide)。

滑坡物质组成主要为砂砾岩层或岩块, 层序基本连续, 平台表部有薄层黄土状土覆盖(图 2), 深切冲沟中间堆积有后期坡积块石或碎屑土, 前缘地带表部覆盖有堰塞湖相地层, 整个滑坡体呈圈椅状。该滑坡滑床由白垩系砂砾岩层组成, 岩层产状为 $S230^{\circ}E/8-15^{\circ}NW$, 滑床上段陡立, 坡角 45° 左右, 大部分暴露于地表构成滑坡后壁, 滑床产状主体为 $N20^{\circ}E/45^{\circ}SE$, 据滑体中部深切冲沟的基岩产状推断, 滑床下段产状变缓, 倾角 $8-15^{\circ}$, 总体形态上陡下缓。该滑坡滑带特征不明显, 上部出露于地表, 经后期风化作用, 已被改造, 表现为凹凸不平的形态(周保, 2010)。

晚期滑坡对岸堆积体宽 780m, 距目前水面距离为 192m(图 1), 考虑高原隆升和黄河侵蚀切割的基本事实和后期的侵蚀剥蚀作用, 推测当时滑坡堵塞黄河的堰塞坝高应大于 192m, 黄河左岸的滑坡堆积体与对岸的砂砾岩水平地层界线明显, 进一步指示其为左岸滑坡堆积体。

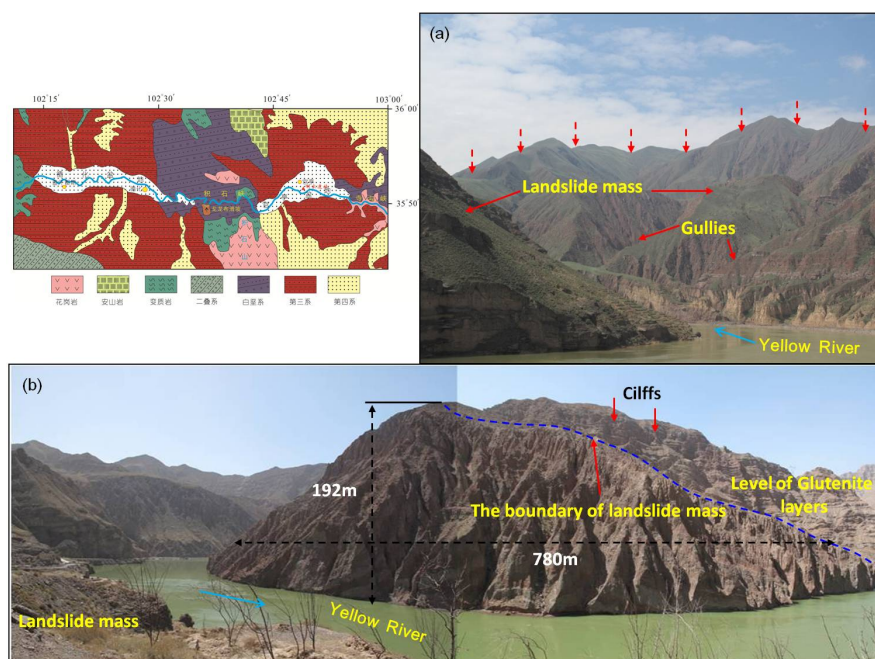


图 1 戈龙布滑坡位置及晚期滑坡全貌图 (a. 戈龙布晚期滑坡右岸全貌, b. 左岸堆积体)

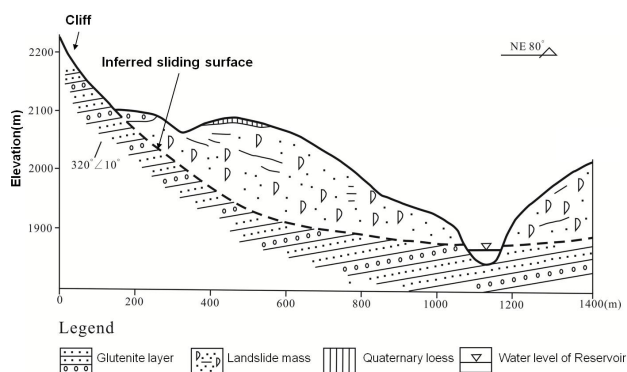


图 2 戈龙布晚期滑坡剖面图

低, 颜色普遍发白或淡黄。笔者分别从粒度、磁化率、土体结构等角度开展了该套湖相沉积物的研究工作。

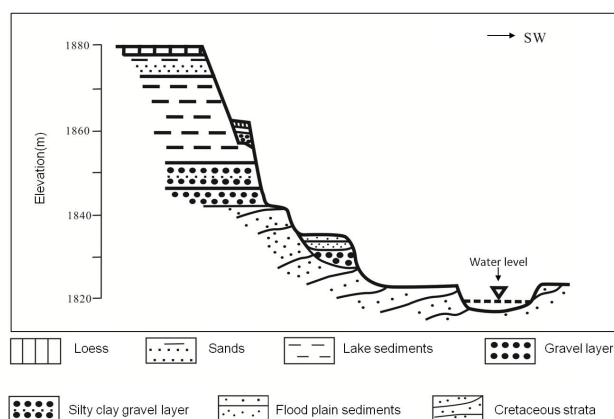


图 3 戈龙布滑坡堰塞湖湖相地层剖面

2 戈龙布晚期滑坡堰塞湖沉积物研究

戈龙布晚期滑坡发生后, 堵塞黄河形成了厚度达 25m (顶部沉积约 0.5m 的黄土层) 的湖相地层 (图 3), 该套地层层理发育, 岩性属于泛白色的粉砂粘土沉积, 其色调与这一带广泛出露的紫褐色白垩系沉积岩形成鲜明的对比 (吴庆龙, 2009)。¹⁴C 结果显示堰塞坝体湖相层底部年龄为 $9100 \pm 40a$ B.P., 指示戈龙布晚期滑坡发生的时间, 其为末次冰消期向全新世转换期。野外实地观察发现, 湖相地层层理极其发育, 厚度 0.2~15.0cm 不等, 属于黄河上游水流携带的粉砂与粘土快速沉积层, 有机质含量很

2.1 湖相沉积物粒度特征

积石峡堰塞湖沉积剖面的两种典型粒度概率累积曲线如图 4 所示, 分别代表了浅水、强动力型湖滨或漫滩相沉积和深水、静水型湖心相沉积, 从顶部向下水成粉砂与静水湖相粘土交错沉积, 反映了上游来水量或水深状况的波动特征, 上游水量大时沉积的粒度较粗, 否则粒度较细。总体以湖心相粘土沉积为主, 厚度也较厚。静水湖相粘土沉积物的

粒度概率曲线表现为 2 个组分, 其中优势组分为第二组分, 中值粒径范围为 $5\sim 10\mu\text{m}$, 表现为湖心相的粒度组分特征 (殷志强, 2008), 其普遍小于官亭盆地黄河左岸二级阶地上的红色粘土沉积物的优势组分中值粒径, 反映了二者不一样的水动力条件、搬运方式和搬运距离。

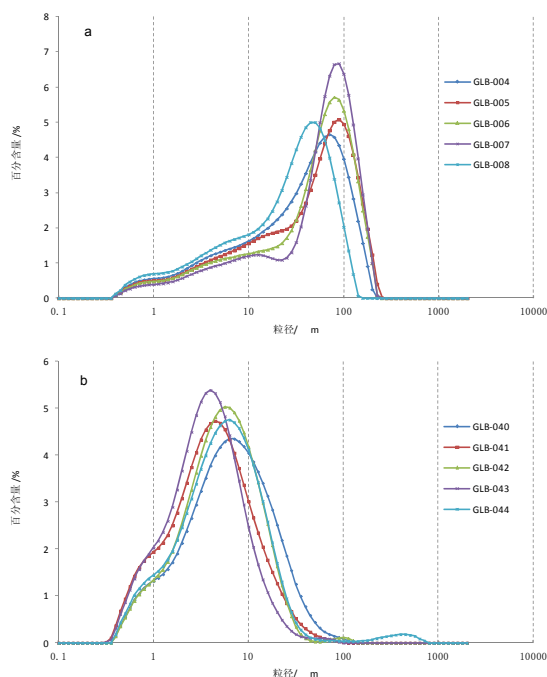


图 4 积石峡堰塞湖水成沉积剖面粒度分布特征
(a.浅水漫滩相粉沙沉积; b.深水湖心相粘土沉积)

2.2 湖相沉积物磁化率及土体质地特征

积石峡湖相层的磁化率值普遍位于 $10\times 10^{-8}\sim 20\times 10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$ 之间, 平均值为 $12.53\times 10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$, 本套地层的土体结构层理极其发育、清晰, 质地致密、无孔隙, 胶结差, 是典型水成沉积特征。

2.3 滑坡堰塞湖与官亭盆地喇家遗址毁灭的关联性

研究发现, 1) 官亭盆地剖面的红色粘土层其粒度特征以第 2 组分为优势组分, 其中值粒径为 $9\sim 11\mu\text{m}$; 磁化率值主要分布在 $20\times 10^{-8}\sim 40\times 10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$ 之间, 明显高于戈龙布滑坡堰塞湖湖相层的磁化率值, 反映了二者不是一套沉积相; 2) 喇家遗址的毁灭时间为 $3792\pm 43\text{a B.P.}\sim 3678\pm 75\text{a B.P.}$ (夏正楷, 2003), 晚于戈龙布滑

坡堵塞堰塞湖的时间。综合多方面因素, 官亭盆地的红色粘土层与积石峡峡谷区的湖相地层在发育年龄、颜色、粒度、磁化率、土体质地结构等方面具有明显区别, 反映了二者不同的成因机制, 官亭盆地二级阶地上的红色粘土层与积石峡堰塞湖溃决无关。

4 结论

文章主要对青藏高原东北缘黄河上游地区的积石峡戈龙布滑坡及堰塞湖沉积物进行了调查研究, 主要取得了以下认识:

(1) 戈龙布滑坡为一白垩系砂砾岩滑坡, 曾于 8 万年前和 9000 年左右分别发生滑动, 均堵塞黄河形成巨大堰塞湖, 循化垃圾场剖面显示 IV 级阶地和 II 级阶地上分别覆盖有湖积纹泥层, 分别属于早期和晚期的产物。

(2) 晚期滑坡堰塞湖沉积剖面有两种典型粒度概率累积曲线, 分别代表了浅水、强动力型湖滨或漫滩相沉积和深水、静水型湖心相沉积相。

(3) 积石峡峡谷区的湖相地层与官亭盆地的红色粘土层在发育年龄、颜色、粒度、磁化率、土体质地结构等方面具有明显区别, 反映了二者不同的成因机制, 官亭盆地二级阶地上的红色粘土层与积石峡堰塞湖溃决无关。

参考文献

- 黄润秋. 2003. 中国西部地区典型岩质滑坡机理研究. 第四纪研究, 23(6): 641~646.
- 李小林, 郭小花, 李万花. 2011. 黄河上游龙羊峡—刘家峡河段巨型滑坡形成机理分析. 工程地质学, 19(4): 516~530.
- 彭建兵. 1997. 黄河积石峡水电站水库滑坡工程地质研究. 陕西: 陕西科学技术出版社, 20~31.
- 吴庆龙, 张培震, 张会平, 叶茂林, 张竹琪. 2009. 黄河上游积石峡古地震堰塞溃决事件与喇家遗址异常古洪水灾害. 中国科学(D 辑), 39(8): 1148~1159.
- 夏正楷, 杨晓燕, 叶茂林. 2003. 青海喇家遗址史前灾难事件. 科学通报, 48(11): 1200~1204.
- 殷志强, 秦小光, 吴金水. 2008. 湖泊沉积物粒度多组分特征及其成因机制研究. 第四纪研究, 28(2): 334~342.
- 殷志强, 魏刚, 祁小博, 周翠琼. 2013. 黄河上游寺沟峡—拉干峡段滑坡时空特征及对气候变化的响应研究. 工程地质学报, 21(1): 129~138.
- 张春山, 张业成, 胡景江, 高庆昭. 2000. 中国地质灾害时空分布特征与形成条件. 第四纪研究, 20(6): 559~564.
- 周保. 2010. 黄河上游(拉干峡—寺沟峡段)特大型滑坡发育特征与群发机理研究. 西安: 长安大学, 66~77.