

# Characteristic and Factor Analysis on the Water Level Change of the Hongshiyuan Landslide Lake

Jizhou Ren, Youkang Yu, Deti Jiang, Yang Chen

Zhaotong Bureau of Yunnan Province Hydrology and Water Resources Bureau, Zhaotong Yunnan  
Email: [rjz2229409@126.com](mailto:rjz2229409@126.com)

Received: Jul. 22<sup>nd</sup>, 2015; accepted: Aug. 5<sup>th</sup>, 2015; published: Aug. 18<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

A large Hongshiyuan landslide lake was formed after the earthquake in Ludian in August, 2014. The lake water level change has become the attention focus at home and abroad. Based on the Hongshiyuan lake water level monitoring data from August 3<sup>rd</sup> to October 4<sup>th</sup>, the change of water level process and characteristic analysis, it was found that the lake water level was sharp fluctuation reaching 45.06 m, and the lowest and highest levels were 1137.5 m and 1182.56 m, respectively. The lake continued high level for a long time, and was peak-valley staggered, showing multi-peak changes of water level. The main causes of water level change characteristics are the upstream storm flood process, flood discharge and the storage function of Zede Reservoir upstream. Through annual variation analysis, there were 60 days that the water level was more than 1170 m, and the highest level was 1182.56 m, greatly exceeding the maximum flood level. Through forecasting the water level change trend, the current discharge conditions can meet the requirements of the construction for 20-year design flood, but cannot meet the construction and the downstream safety for 100-year design flood. Therefore, 1178.29 m spillway channel needs to be constructed as soon as possible to achieve the design flow capacity in order to ensure the safety.

## Keywords

Landslide Lake, Water Level Change, Characteristic Analysis

---

# 红石岩堰塞湖水位变化特征及成因分析

任继周, 余佑康, 蒋德体, 陈扬

作者简介: 任继周(1966-), 男, 云南昭阳人, 总工程师, 高级工程师, 本科。

云南省水文水资源局昭通分局, 云南 昭通  
Email: [rjz2229409@126.com](mailto:rjz2229409@126.com)

收稿日期: 2015年7月22日; 录用日期: 2015年8月5日; 发布日期: 2015年8月18日

## 摘要

2014年, 鲁甸803地震后形成红石岩大型堰塞湖, 堰塞湖的水位变化成为国内外关注的焦点, 采用红石岩堰塞湖水位监测资料, 通过8月3日至10月4日堰塞湖水位过程、水位变化特征和成因分析, 得出堰塞湖水位变化的特征是涨落急剧, 水位变幅达45.06 m, 最低水位1137.5 m, 最高水位1182.56 m; 堰塞湖持续高水位时间长, 且峰谷交错, 呈现多峰型的水位变化特征; 水位变化特征的主要成因是上游暴雨洪水过程、泄流量的大小和上游德泽水库的调蓄等综合影响; 通过年际变化分析, 堰塞湖形成后, 水位超过1170 m以上的日数为60 d, 最高水位为1182.56 m, 大大超过了校核洪水位; 通过堰塞湖水位变化趋势预测, 20年一遇洪水, 目前泄流条件能满足施工度汛的要求, 100年一遇洪水, 达不到设计洪水标准, 不能满足施工和下游的安全。因此, 堰塞湖永久整治施工期, 1178.29 m泄洪洞需要加紧施工, 尽快达到设计过流能力, 才能确保安全。

## 关键词

堰塞湖, 水位变化, 特征分析

## 1. 引言

近年, 由于极端气候、地震和人类活动的影响, 堰塞湖呈现高发、频发的态势, 堰塞湖的水位是人们关注的焦点, 也是排险处置的重要依据; 但是, 由于堰塞湖形成和消亡突然, 加之自然、交通、设备、设备安装和水文监测等条件限制, 要监测到水位资料是相当困难的, 首次有文献记载是2008年四川汶川5.12地震唐家山堰塞湖的水位记录资料[1], 但是唐家山堰塞湖水位过程不完整, 在涨程没有记录; 进行堰塞湖水位变化特征及成因需要完整的水位资料, 完整监测水位更加困难, 因此这方面的分析研究还没有文献记载。2014年8月3日16时30分, 云南省鲁甸县发生6.5级地震, 在鲁甸县火德红乡李家山村和巧家县包谷垭乡红石岩村交界的牛栏江干流上, 因地震造成两岸山体塌方滑坡形成红石岩大型堰塞湖, 堰塞湖形成以后, 昭通市水文局迅速组织技术人员进行堰塞湖水位的监测, 8月3日至7日采用人工置尺观测水位, 8月7日, 在水利部水文局、长委水文局、云南省水文局及南京水文仪器自动化研究所的支持下, 安装了压力式遥测水位计, 8月7日至10月4日采用遥测水位计进行在线监测, 在堰塞湖形成至消退完毕, 比较完整的监测到堰塞湖的水位过程。在此基础上, 研究了堰塞湖水位年内变化特征及成因、年际变化, 经过分析其水位变化受滑坡、降雨径流、出流、水利水电工程调度等复杂影响, 其水位变化特征也是比较突出的, 其水位变幅达45.06 m, 是昭通市一般河流的5倍左右, 是唐家山堰塞湖的1.85倍[1]-[6], 红石岩堰塞湖的水位变化刷新了天然河流和堰塞湖水位历史记录, 实属罕见; 现就红石岩堰塞湖的水位变化特征及成因分析如下, 可供防洪、堰塞湖的研究、处置、水库设计和水利水电工程调度参考。

## 2. 概述

红石岩堰塞湖堰塞体位于牛栏江下游红石岩水电站取水坝下游600 m处, 堰塞体顶部高程1216 m, 堆积体高约83~96 m, 堰塞体垂直河道方向迎水面长约286 m, 背水面长约78 m, 顺河方向顶部宽部约753 m, 估算堰塞体总方量约1200万 $\text{m}^3$ , 在堰塞体水位达到堰顶1216.00 m高程时, 库容达2.6亿 $\text{m}^3$ 。堰塞湖形成以后, 排

险期间的处置措施是在堰顶开挖泄流槽降低风险,利用上游的德泽水库进行调蓄和拦截洪水,利用调压井溢流,爆破厂房蝶阀增加泄流量;后续处置期间措施是新建泄洪洞,加大泄流量,放空堰塞湖蓄水量。

堰塞湖所在的牛栏江属长江流域金沙江下段右岸一级支流,发源于昆明市杨林海,位于  $102^{\circ}53'\sim 104^{\circ}05'$ ,  $25^{\circ}02'\sim 27^{\circ}24'$ 之间,河流由南向北流经嵩明、寻甸、马龙、沾益、宣威、会泽、鲁甸、巧家等县后,在巧家红山乡汇入金沙江,河长 469 km,流域面积  $13,211\text{ km}^2$ ,比降 2.33‰;上游德泽水库控制流域面积  $4551\text{ km}^2$ ,金沙江入口控制站小河水文站控制面积  $12,696\text{ km}^2$ ,堰塞湖的入库站为大沙店水文站流域面积为  $11,667\text{ km}^2$ ,堰塞湖以上流域面积  $11,832\text{ km}^2$ ,堰塞湖出口建有天生桥应急监测水文站。

牛栏江水系水能资源丰富,水能理论蕴藏量 183.5 万千瓦,可能开发的装机容量约 88.6 万千瓦。牛栏江上游除建有德泽大(2)型水库外,水电站采用“二库十级”开发方案,自上而下依次为:黄梨树、大岩洞、象鼻岭、小岩头、罗家坪、洪石岩、天花板、凉风台、陡滩口、黄角树水电站。

### 3. 水位年内变化特征及成因分析

#### 3.1. 水位变化过程

2014 年 8 月 3 日 16 时 30 分鲁甸发生地震,牛栏江红石岩电站正常蓄水位为 1137.5 m,17 时 40 分鲁甸水利局向昭通市防洪办报告,红石岩形成堰塞湖,水位急剧上涨,4 日 9 时 30 分云南省水文水资源局昭通分局观测第一组堰塞湖水位为 1162 m,水位上涨 24.5 m(起始水位为 1137.5 m);8 月 7 日 13 时,水位上涨到 1176.87 m,出现第一个洪峰水位;9 日 8 时水位降至 1176.23 m,11 日 10 时水位涨到 1176.74 m,12 日 14 时湖水位涨到 1181.20 m,出现第二个洪峰水位;12 日 14 时至 16 日 20 时水位基本维持在 1180 m 左右,17 日 9 时,水位涨到 1181.01 m,出现第三个洪峰水位;18 日 12 时水位降到 1180.00 m,至 20 日 3 时又涨到 1181.20 m,出现第四个洪峰水位;至 22 日 8 时降到 1179.73 m,23 日 0 时涨到 1181.20 m,出现第五个洪峰水位;之后水位一直趋于下降,至 9 月 17 日 8 时堰塞湖水位退至 1174.39 m,9 月 21 日 20 时水位涨到 1182.56 m,出现第六个洪峰水位,洪峰水位持续至 22 日 2 时;之后水位一直趋于下降,10 月 3 日 15 时,水位退至 1174.85 m。之后,水位急剧下降,10 月 4 日 0 时,水位退至 1168.60 m,8 时水位退至 1160.46 m,14 时水位退至 1151.83 m,20 时水位退至 1137.91 m,退水时间 29 小时,平均小时退幅为 1.26 m。水位过程见图 1。

#### 3.2. 水位变化特征及成因分析

红石岩堰塞湖水位变化有以下特征:

1) 堰塞湖水位上涨急剧。本次堰塞湖形成水位上涨急剧,从 2014 年 8 月 3 日 17 时 30 分至 4 日 9 时 30 分上涨时间为 16.0 h,水位上涨 24.5 m,平均小时涨幅为 1.53 m;至 7 日 13 时水位从 1162 m 上涨到 1176.87 m,上涨时间为 75.5 h,涨幅为 14.87 m,平均小时涨幅为 0.20 m;从 11 日 10 时至 12 日 14 时,水位上涨到 1181.20 m,上涨时间为 28 h,涨幅为 4.46 m,平均小时涨幅为 0.16 m;由此可见堰塞湖水位上涨是急剧的,特别是在堰塞湖形成的 16 h,小时涨幅达到了 1.53 m,涨程日涨幅 5.46 m(涨程水位上涨 43.7 m)相当于四川唐家山堰塞湖的日涨幅 0.99 m(涨程水位上涨 28.63 m)的 5.51 倍。原因主要有两个,一是受鲁甸 803 地震的影响,牛栏江红石岩电站取水坝下游 600 m 处,两岸山体发生巨大的滑坡,滑坡体将河流堵断,电站取水口也被堵塞,水流不能正常排泄,只有少部分水量从电站引水渠道排出( $80\text{ m}^3/\text{s}$ ),排险处置区间(3 日~12 日)厂房蝶阀爆破、电站调压井溢流(1173 m 开始溢流)最大泄流量发生在 12 日 18 时,只有  $252\text{ m}^3/\text{s}$ 。二是流域上游发生暴雨,红石岩以上水量增大,根据堰塞湖入库站大沙店水文站的监测,8 月 1 日至 12 日,流域上游有两次洪水过程,一次是 1 日~8 日,1 日 0 时起涨流量为  $237\text{ m}^3/\text{s}$ ,1 日 19:50 时洪峰流量为  $716\text{ m}^3/\text{s}$ ,8 日时流量退至  $125\text{ m}^3/\text{s}$ ;另一次是 10 日~12 日,10 日 8 时起涨流量为  $155\text{ m}^3/\text{s}$ ,11 日 11:19 时洪峰流量为  $549\text{ m}^3/\text{s}$ ,13 日 9 时流量退至  $216\text{ m}^3/\text{s}$ ;堰塞湖水位急剧上涨的时间就发生在上游水量大增的时间段;虽然地震发生后,8 月 4 日 3 时牛栏江上游的德

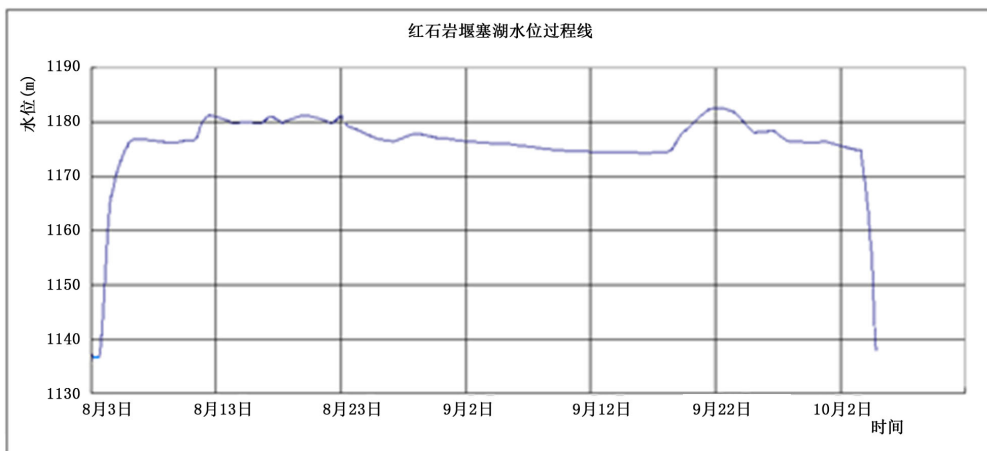


Figure 1. Water level hydrograph of Hongshiyang landslide lake  
图 1. 红石岩堰塞湖水位过程线图

泽水库下闸关水至 12 日 8:40，上游流量从 4 日 3 时的  $112 \text{ m}^3/\text{s}$  减少到  $0 \text{ m}^3/\text{s}$ ，按 4 日 3 时的流量值计算，总调拦蓄径流量  $7930 \text{ 万 m}^3$ ，虽然有效的拦截了德泽上游的洪水量，起到了巨大的作用，但是德泽至堰塞湖区间的洪水仍然是比较大的，区间两次洪水入湖流量大于出湖流量，所以水位急剧上涨。

2) 堰塞湖持续高水位时间长，且峰谷交错，呈现多峰型的水位过程。从堰塞湖形成至湖水量消退完毕，历时 62 d，水位在 1175 m 以上的时间为 60 d，在高水位以上又出现了 6 个典型的洪峰。第一次洪峰水位出现在 8 月 7 日 13 时，湖水位 1176.87m，由于上游第一次洪水过程影响，虽然有德泽水库拦截洪水，但是入湖水量远大于出湖水量；第二次洪峰水位出现在 12 日 14 时，湖水位 1181.20 m，是由于第二次洪水过程的影响，虽然有德泽水库拦截洪水，但是入湖水量大于出湖水量；之后，在堰塞湖库水位趋于下降后，为拦蓄后期牛栏江上游的降水来水量作准备，德泽水库分第一次有计划的提前腾出一定量的库容，8 月 15 日 18 时至 16 日 12:00，历时 18 小时，最大流量  $238 \text{ m}^3/\text{s}$ ，总下泄水量  $1325 \text{ 万 m}^3$ ，形成堰塞湖第三次洪峰水位，出现在 17 日 9 时，湖水位为 1180.01 m，大沙店最大流量为  $371 \text{ m}^3/\text{s}$ 。之后，湖水位下降至 1176.23 m，8 月 18 至 19 日流域出现洪水过程，形成堰塞湖第四次洪峰水位，出现在 20 日 3 时，湖水位为 1181.20 m，大沙店最大流量为  $309 \text{ m}^3/\text{s}$ ；之后水位趋于下降后，为拦蓄后期牛栏江上游的降水来水量作准备，德泽水库分第二次有计划的提前腾出一定量的库容，8 月 21 日 11:00 至 22 日 2:00，历时约 15 小时，最大流量  $248 \text{ m}^3/\text{s}$ ，总下泄水量  $1063 \text{ 万 m}^3$ ，形成第五次洪峰水位，出现在 23 日 0 时，湖水位为 1181.20 m，大沙店最大流量为  $348 \text{ m}^3/\text{s}$ ；之后湖水位一直下降，至 9 月 17 日 8 时水位降至 1174.39 m，由于受到台风“海鸥”的影响，上游 9 月 17 日至 9 月 24 日有一次明显的洪水过程的影响，至 9 月 21 日 20 时水位涨到 1182.56 m，出现第六次洪峰水位，为堰塞湖最高水位，大沙店最大流量为  $352 \text{ m}^3/\text{s}$ ；之后水位一直下降，10 月 3 日 15 时，水位退至 1174.85 m。在此期间，天生桥出库站泄流量在  $126\sim 285 \text{ m}^3/\text{s}$  之间变化。

3) 堰塞湖消退急剧。本次堰塞湖消退急剧，从 10 月 3 日 15 时至 4 日 20 时，水位从 1174.85 m 消退至 1137.91 m，退水时间 29 小时，平均小时退幅为 1.26 m，日退幅为 26.89 m。影响的主要原因是后续处置后期，新开挖的泄洪洞在施工到 280 m (总长 285 m) 时发生爆洞，堰塞湖水量急剧向下排泄，而入流较小所致，泄流量在  $350\sim 652 \text{ m}^3/\text{s}$ ，入流在  $120\sim 142 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

## 4. 水位年际变化分析

### 4.1. 堰塞湖形成前后河段设计洪峰水位和 $C_v$ 、 $C_s$ 的对比分析

其年际变化的分析，采用参证站的设计洪峰流量和水位进行分析，为简化计算，选择邻近的小河和大沙店

水文站调查和实测的洪水资料进行分析计算, 以此作为红石岩堰塞湖的设计洪水水位计算的依据。在进行红石岩堰塞湖洪水风险分析时[6], 得出了小河站多年平均洪峰流量  $Q_m = 1250 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $C_v = 0.64$ ,  $C_s = 4 C_v$ ; 大沙店水文站的年最大洪峰流量统计参数为:  $Q_m = 1020 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $C_v = 0.62$ ,  $C_s = 4 C_v$ , 按面积比内插计算堰塞湖的洪峰流量:  $Q_m = 1140 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $C_v = 0.63$ ,  $C_s = 4 C_v$ 。

堰塞湖形成前河段洪峰水位的  $C_v$ ,  $C_s$  值可以认为与洪峰流量  $C_v$ ,  $C_s$  值是相同的, 原红石岩电站取水坝正常蓄水位为 1137.5 m, 50 年一遇设计洪水水位为 1139.9 m, 500 年一遇校核洪水水位为 1145.12 m; 堰塞湖形成后, 水位超过 1170 m 以上的日数为 60 d, 最高水位为 1182.56, 大大超过了校核洪水水位, 其水位变化超过了用 P-III 型曲线计算设计和校核洪水的范围。

#### 4.2. 现有条件下堰塞湖水位变化趋势预测

目前, 堰塞湖永久整治阶段施工期, 已有泄流洞最大泄流量达到  $652 \text{ m}^3/\text{s}$ , 堰顶泄流槽在 1208 m 时可以泄流, 坝体和 1178.29 m 泄洪洞正在施工, 以 20 年、100 年一遇洪水标准预测堰塞湖的水位变化趋势。

在进行红石岩堰塞湖洪水风险分析时[6], 得出了小河水文站年最大 1 d、3 d、5 d、7 d 洪量统计参数, 由此计算小河站设计洪量, 按面积比拟法计算堰塞湖的各时段设计洪量, 见表 1。

采用堰塞湖库容曲线, 以堰塞湖设计洪水成果为入流, 水位在 1208 m 以下, 出流按现有的泄流洞最大泄流量  $652 \text{ m}^3/\text{s}$  计算, 设定调洪起始水位为 1137.5 m, 通过入流和出流量平衡方程连解, 即用调洪演算来分析堰塞湖的最高洪水水位和最大湖容。水量平衡方程为  $Q - q = \pm \Delta V$  ( $Q$  为堰塞湖时段平均入流,  $q$  为堰塞湖时段平均出流,  $\Delta V$  为蓄水变量)。分析 20 年、100 年一遇的洪水时, 堰塞湖的净入湖水量加上对应正常蓄水位库容 69.3 万  $\text{m}^3$  后, 堰塞湖的水位和库容关系见表 2。

由表 2 可见, 预测 20 年一遇洪水, 目前泄流条件能满足施工度汛的要求, 100 年一遇洪水, 达不到设计洪水标准, 不能满足施工和下游的安全。因此, 堰塞湖 1178.29 m 泄洪洞需要加紧施工, 尽快达到设计过流能力, 才能确保安全。

### 5. 结论

采用红石岩堰塞湖水文资料, 进行堰塞湖水位年内、年际分析, 得出以下结论:

- 1) 水位涨落急剧, 水位变幅大 45.06 m, 水位从 8 月 3 日 17 时 30 分的 1137.5 m 开始急剧上涨, 最高水位 1182.56 m, 10 月 4 日 20 时降到 1137.91 m。
- 2) 堰塞湖持续高水位时间长, 且峰谷交错, 呈现多峰型的水位变化特征, 62 d 内, 水位在 1170 m 以上的

**Table 1. Results of design floods at Hongshiyuan**  
**表 1. 红石岩设计洪量成果表**

频率(%)	$W_{1d}$ (亿 $\text{m}^3$ )	$W_{3d}$ (亿 $\text{m}^3$ )	$W_{5d}$	(亿 $\text{m}^3$ )
1	1.45	3.34	5.35	7.75
5	1.10	2.75	4.06	5.84

**Table 2. Design water level and storage capacity at Hongshiyuan**  
**表 2. 红石岩设计水位和库容成果表**

频率(%)	水位(m)	$V_{1d}$ (亿 $\text{m}^3$ )	水位(m)	$V_{3d}$ (亿 $\text{m}^3$ )	水位(m)	$V_{5d}$	(亿 $\text{m}^3$ )	水位(m)
1	1191.2	0.90	1204.80	1.66	1215.60	2.56	#	3.84
5	1178.10	0.55	1195.2	1.08	1198.7	1.27	1208.40	1.93

注: 库容超过 2.6 亿  $\text{m}^3$ , “#” 表示水位已超过 1216.0 m 的堰塞湖堰顶高程。

天数为 60 d, 并连续出现了六次洪峰水位。

3) 堰塞湖的水位变化特征主要是受上游暴雨洪水过程、出流泄流量大小及上游德泽水库调蓄洪水综合影响。

4) 通过以上分析, 可以得出堰塞湖排险、后续处置期间采取的利用上游德泽水库调蓄洪水, 以及爆破电站厂房蝶阀、利用调压井溢流增加泄流量和新建泄洪洞加大泄流量等措施是有效的。

5) 通过年际变化分析, 得出现状泄洪洞的过流能力达不到设计标准, 需要加紧施工 1178.29 m 泄洪洞, 尽快达到设计过流能力, 才能确保安全。

## 参考文献 (References)

- [1] 陈剑池, 范可旭, 李中平, 等. 唐家山堰塞湖区域水文特性分析[J]. 人民长江, 2008, 39(22): 26-28.  
CHEN Jianchi, FAN Kexu, LI Zhongping, et al. Analysis of hydrologic character in the area of Tangjiashan Barrier Lake. Yangtze River, 2008, 39(22): 26-28. (in Chinese)
- [2] 任继周. 白水江流域“20070825”暴雨洪水分析[J]. 人民长江, 2009, 40(20): 73-75.  
REN Jizhou. Analysis of “20070825” storm flood in Baishuijiang River Basin. Yangtze River, 2009, 40(20): 73-75. (in Chinese)
- [3] 刘宁. 红石岩堰塞湖排险处置与综合管理[J]. 中国工程科学, 2014, 10: 39-46.  
LIU Ning. Hongshiyang landslide dam danger disposal and coordinated management. Engineering Sciences, 2014, 10: 39-46. (in Chinese)
- [4] 郭海晋, 张洪刚, 李中平. 唐家山堰塞湖应急除险水文分析计算[J]. 人民长江, 2008, 39(22): 29-31.  
GUO Haijin, ZHANG Honggang and LI Zhongping. Hydrologic analysis and computation for emergency risk removing of Tangjiashan Barrier Lake. Yangtze River, 2008, 39(22): 29-31. (in Chinese)
- [5] 王雄世, 张建新. 基于经验公式的堰塞湖最大溃决洪水及演进分析[J]. 水文, 2010, 30(1): 56-58.  
WANG Xiongshi, ZHANG Jianxin. Analysis of maximum dam-break flood and its routing of Barrier Lake based on empirical formula. Journal of China Hydrology, 2010, 30(1): 56-58. (in Chinese)
- [6] 任继周, 赵伟. 红石岩堰塞湖洪水风险分析[J]. 水资源研究, 2015, 4(3): 290-295.  
REN Jizhou, ZHAO Wei. Flood risk analysis for the landslide lake of Hongshiyang. Journal of Water Resources Research, 2015, 4(3): 290-295. (in Chinese)