

岷江上游多级多期崩滑堵江事件初步研究

柴贺军^{1,2}, 刘汉超²

(1. 重庆交通科研设计院, 重庆 400067; 2. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059)

摘 要: 本文研究了岷江上游地区较场—茂县—汶川长约 100km 河段上形成多级、多期大型滑坡堵江事件。研究表明, 这类特殊的地质灾害有其发生发展的特殊的地质背景, 它们造成的灾害和环境效应较一般的滑坡灾害更严重。有针对性地岷江上游这类灾害进一步深入研究是很必要的。

关键词: 滑坡堵江; 地质灾害; 地质背景

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

1 前言

岷江上游处于新构造运动强烈区, 环境地质条件复杂, 地震动力地质作用频繁, 河谷深切, 斜坡岩体脆弱, 稳定性差。滑坡、崩塌极为发育, 滑坡堵江事件较为普遍。岷江上游的崩滑堵江事件从时间上分为三期: 地质历史时期的古滑坡堵江事件, 如扣山滑坡、石门坎滑坡和叠溪古崩塌堵江等; 人类历史上的滑坡堵江, 如公元前 10 年、公元 336 年岷江上游滑坡堵江, 1713 年花红园地震滑坡堵江等; 近代滑坡堵江事件, 如周场坪滑坡堵江、草原滑坡堵江、叠溪地震滑坡堵江等。在此河段具有多级、多期重叠发育的特点。

2 崩滑堵江发生的地质背景

岷江位于四川盆地西部边缘, 发源于四川与甘肃交界的岷江南麓, 由北向南流经松潘、茂县、汶川、灌县、乐山, 在宜宾注入长江。岷江上游是指灌县以上河段及其支流。该区位于我国东西两大块体过渡地带—中国南北构造带的中段, 处于秦岭东西向构造带与龙门山北东向构造带的三角地带内。区内变形迹象复杂。断裂主要呈南北走向, 松潘至干海子的岷山西侧发育有岷江断裂、雪山断裂, 以及蚕陵山和松平沟等规模较小的断裂。茂县至汶川发育有茂县—汶川断裂, 断层走向北 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 东, 倾北西, 倾角 60° 左右, 在南新、汶川县城岷江左岸姜维城的 II

级阶地上有出露。其中以岷江断裂最大, 伴随着压扭、张性断裂及低序次的“入”字型分枝。由于在地质结构强烈变化的莫霍面变异带上, 松潘地段地壳上升极大, 河流下切迅速, $10 \text{ mm/a} \sim 20 \text{ mm/a}$ 。茂县以北地区近年来有轻微隆起, 抬升率为 3.7 mm/a 。其必然导致断裂出现, 老断层复活。根据区域构造形迹及地震震源机制, 在东西向统一应力场作用下, 龙门山断裂带作顺扭运动, 岷江断裂作反扭运动。

地震是新构造运动的重要反映。研究区属松潘地震带, 是中国南北地震带的一部分。据史料记载, 本区自公元 638 年以来, 共发生 $M \geq 4.7$ 级地震 52 次。其中 $M \geq 7$ 级以上地震 3 次, $6 < M \leq 6 \frac{3}{4}$ 级地震 10 次, $4.7 \leq M \leq 5 \frac{3}{4}$ 级地震 39 次, 表明该区地震活动频繁, 强度高。

区内出露的地层有志留系、泥盆系、二叠系、三叠系及第四系。其中尤以志留系、三叠系发育完全, 分布较广, 且构成主要地层单元。各地层均有不同程度的变质现象, 岩性主要为千枚岩、砂板岩、灰岩。第四系在岷江河谷中零星分布。

特殊地层岩性、强烈的新构造运动, 致本区有特别的河谷地貌。太平—石大关河段是岷江深切“V”形峡谷区, 山高、谷深、坡陡、水急, 平均水力坡度 10.3% 。两岸崩塌和滑坡发育, 规模较大的滑坡主要分布于茂县至汶川公路沿线, 以及较场坝、飞虹桥等地(图 1)。

收稿日期: 2002-01-28。

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(项目编号 40102026)。

作者简介: 柴贺军(1968—), 男, 汉族, 工学博士, 副研究员。主要从事道路工程、岩体稳定性和地质灾害的科研工作, 已发表论文 40 余篇。1994-20 篇合著专著 1 部。© Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

滑坡体积一般小于 100万 m^3 , 但大型、巨大型者也有; 崩塌主要分布于镇江关、较场坝、石大关、飞虹桥。发育崩塌的斜坡通常在 50° 以上, 崩塌规模一般几万至数十万立方米, 如较场坝一带的地震崩塌。其中的一些滑坡、崩塌堵塞岷江及其支流。较典型的堵江滑坡有: 上世纪以来的叠溪地震滑坡群、周场坪滑坡; 人类历史上的花红园滑坡和地质历史时期的扣山、石门坎滑坡。在岷江上游较场—茂县—汶川长约 100km 河段上形成多级、多期大型滑坡堵江事件。

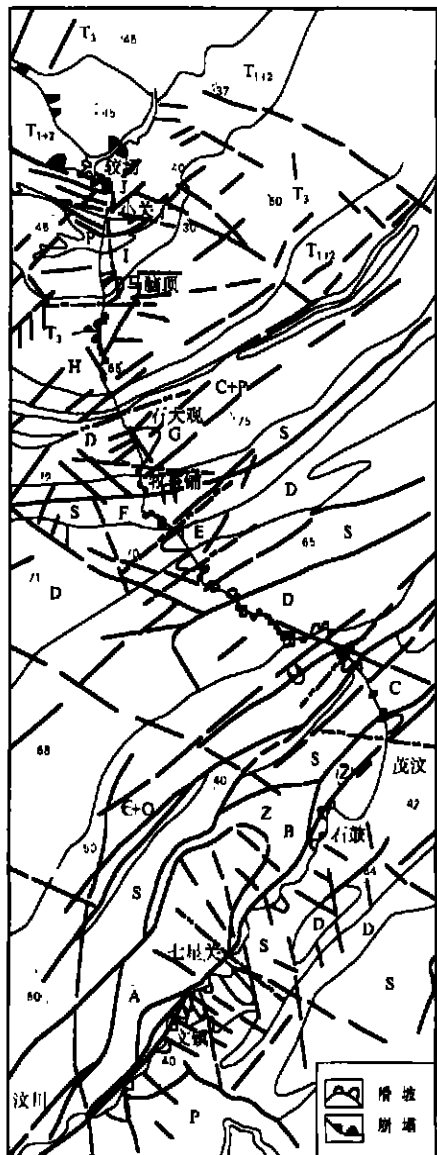


图 1 岷江上游崩塌、滑坡分布图

Fig. 1 Distribution of rock fallg and landslides
in the upper of Min River

3 典型崩滑堵江事件初步研究

3.1 花红园滑坡堵江事件

花红园滑坡位于茂县城北约 20km 的岷江左岸,

系一地震滑坡。1713-09-04 叠溪 6.5 级地震, 花红园北侧岐山滑坡, 200 多人的花红园街道被埋。

滑坡体纵长 750m, 宽约 500m, 面积约 0.3km^2 , 残体平均厚度 80m, 体积 $2.8 \times 10^7\text{m}^3$ (图 2)。滑坡前、后缘高差 650m, 滑坡体的最大垂直位移量约 100m, 水平位移量 150m。滑坡前锋越过河床, 冲上对岸 20 余米高, 在岷江上形成了长 150m, 宽 130m, 高 22m 的天然堆石坝 (图 3)。岷江被截流, 回水至上游 15km 处的飞虹桥。由于天然堆石坝为破碎的千枚岩组成, 遇水易软化, 加之坝体较薄, 所以不足一天坝体溃决, 下游的沟口、渭门村寨遭受溃坝洪水的冲袭。

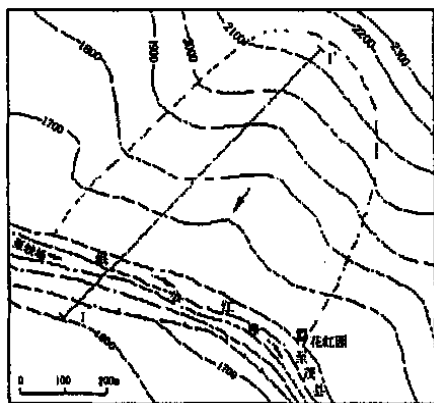


图 2 花红园滑坡平面图

Fig. 2 Map of Huahongyuan landslide damming

花园园滑坡发育于沉积岩区域变质带中, 出露地层为志留系茂县群第二组 (S_{mx}^2) 下段, 上部为绿灰色绢云母石英千枚岩; 下部为黑色灰质千枚岩、绢云母石英千枚岩夹钙质砂岩。层理产状 $N330^\circ W \angle 80^\circ$, 由于区域变质和挤压剧烈, 岩层中发育有小褶曲, 层理中有石英脉侵入, 在褶曲影响下呈蛇形。见到两组明显的节理, 产状分别为 $NW310^\circ \angle 60^\circ$, $NE50^\circ \angle 37^\circ$ 节理的发育使岩层成碎片剥落。

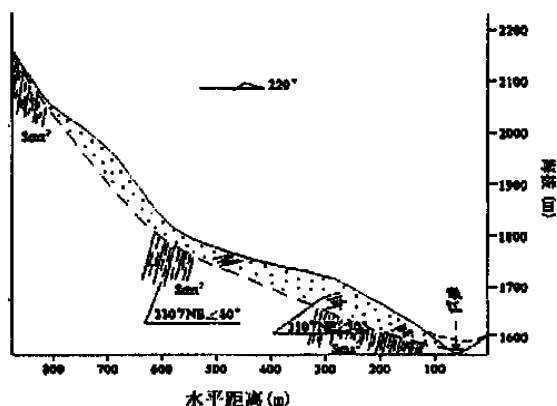


图 3 花红园滑坡剖面图

Fig. 3 Section of Huahongyuan landslide damming

陡倾的千枚岩在自重产生的弯矩作用下,由前缘开始向河谷方向作悬臂弯曲,并逐渐向坡内发展,发生倾倒变形,弯曲的板梁之间被拉裂或相互错动,形成平行走向的槽沟或反坡台阶。前倾板梁弯曲最强烈的部位也往往被拉裂、折断,最后相互贯通形成滑动面。因此花红园滑坡形成机制是弯曲—拉裂变形导致的。

当地处于新构造隆起区,岷江急剧下切且不断冲刷坡体前缘。在 1713—09—04 6.5 级地震的作用下,发生滑坡,造成堵江。

目前,滑坡体后缘仍不断下滑,前缘不断被江水冲刷,且在 1680m 和 1870m 高程上发现有 3cm~6cm 宽,走向 310°的裂缝,滑坡体处于不稳定状态。在特大洪水或强震的作用下,滑坡可能复活再次堵塞岷江。

3.2 周场坪滑坡堵江事件

周场坪滑坡位于岷江左岸,上距茂县县城 20km,于 1982 年 6 月发生快速滑动。滑坡体长约 650m,前、后缘高差 350m,推测滑坡体厚 65m,体积约 1500m³。滑坡在 1982 年以前就已发生缓慢滑动,推挤河床物质上拱。1982 年 6 月初、中旬,滑坡加

速滑动,其上方岷江河床每天上拱 20cm,滑体前缘伸入岷江,一些碎小的千枚岩、灰岩碎块和土已被江水冲刷走,目前只留下约 20 余块直径 2m~4m 的灰岩块体,形成明显急滩,使岷江水流断面宽度由 75cm 变为 35m(图 4)。在其上游形成一个蓄水约 25 万 m³ 的不完全天然水库,致威凤公路被冲,右岸农田被毁。至今不完全水库已为岷江携带的泥沙淤满,河床右移。

周场坪滑坡发育于志留系茂县群第四段(S_{mx}⁴)地层中。岩性主要为绢云千枚岩、绢云石英千枚岩、薄层细砂岩、泥质灰岩。坡体表层为风化、软化的千枚岩和少量灰岩碎块,底部为灰岩、千枚岩。

滑动面较低,剪出口在河床堆积层之下,其滑动势必推挤河床物质上拱。因此,1982 年 6 月快速滑动时,四川省政府组织采纳专家建议,采取保护前方河床上拱巨砾和灰岩碎块,促使滑坡向稳定方向发展的措施,减缓了滑动的速度。但是,从坡体上一系列平行于走向的拉裂缝,一般延伸 15m~20m,拉开宽度 0.2m~0.5m,某些拉深>1m,可见目前坡体仍处在不稳定蠕滑阶段,若江中巨石被冲走或人为搬走,滑坡可能再次滑动造成更严重的堵江。

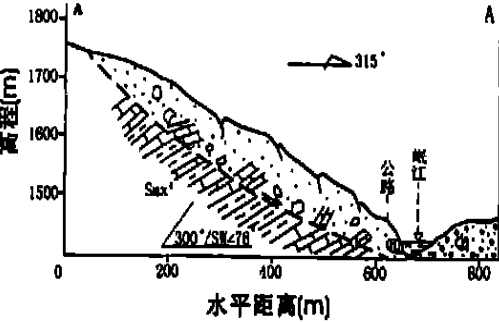


图 4 周场坪滑坡堵江示意剖面图

Fig. 4 Section of Zhouchangping landslide damming

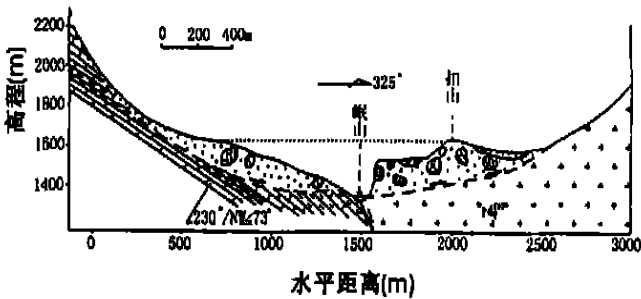


图 5 扣山滑坡堵江剖面图

Fig. 5 Section of Koushan landslide damming

3.3 岷江上游古滑坡堵江事件

岷江上游在地质历史时期发生过大型滑坡堵江事件,残留有已溃决的天然堆石坝和古堰塞沉积物。较典型的有:扣山滑坡堵江、石门坎滑坡堵江、古叠溪滑坡堵江。

扣山滑坡位于汶川县上游 8km,岷江左岸。滑坡体前后缘高差 350m,体积 1.5 亿 m³。滑坡体从左岸呈扇形撒向右岸爬高 270m,形成一座长 1 500m,最大宽度 1 750m,高 265m 的天然堆石坝,完全堵塞岷江。堆石坝主要由千枚岩碎屑和灰岩碎块组成,

坝体结构紧密。右岸坝顶发现有河床相卵、砾石,推测堰塞湖水曾漫坝,冲刷坝体致溃决(图 5)。堰塞湖水深 250 余 m,回水 40km 至茂县县城上游 2km 处,估计水体积 68 亿 m³。文镇、茂县上游分布有堰塞沉积物,残留的堰塞物厚 10 余,推测堰塞湖存在 300a~500a。

扣山滑坡发生在二叠系龙潭组、茅口组地层中。龙潭组上部为黑色碳质页岩夹透镜状劣质无烟煤,产植物碎片。下部灰色铝土岩、红灰色铝铁岩夹深灰色透镜状铝土矿和黑色炭质页岩;茅口组上部为

中层灰岩、泥质灰岩, 中部浅灰色厚层一块状灰岩, 含白云质, 下部薄至厚层灰质白云岩夹浅灰色灰岩, 岩层产状 $NE52^{\circ}/NW\angle23^{\circ}$ 。

石门坎滑坡位于较场坝下游 10km 处岷江左岸, 滑坡区为深切的岷江峡谷区。滑坡前后缘高差 800m, 体积约 1 亿 m^3 。该滑坡堵塞岷江, 形成 400 余高的天然堆石坝, 左岸保留有溃决后的坝体; 右岸由于江水冲刷, 只在河床以上 400m ~ 500m 高的凹地形里残留滑坡物质(图 6)。上游有零星分布的堰塞湖沉积物。从较场台地 300 余厚的堰塞湖沉积可推测该滑坡堵塞岷江近千年。

另外, 叠溪在地质历史时期也曾有过崩塌堵塞岷江事件。这些来自左岸的古崩塌物在右岸堆积高度 60m ~ 70m, 且在小海子右岸、鱼儿寨沟口发现有此次堵江的堰塞沉积物。这次堵江明显早于石门坎滑坡堵江。

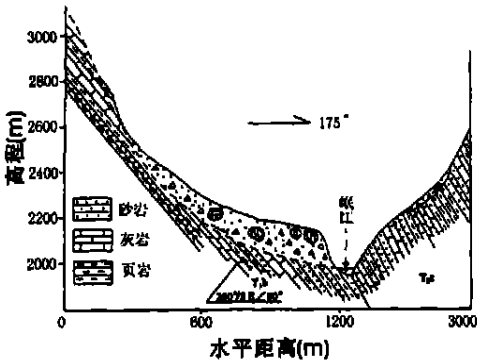


图6 石门坎滑坡堵江剖面图

Fig. 6 Section of Shimenkan landslide damming

4 基本认识

通过以上对岷江上游滑坡堵江事件的研究, 得出以下几点认识:

- 1. 岷江上游堵江事件以滑坡、崩塌为主。规模从几十万 m^3 至上亿 m^3 不等。堵江时间从几十天至上千年。主要为完全堵江, 少数滑动面较低的滑坡由于滑速小, 推挤河床堆积物上拱, 导致不完全堵江。
- 2. 在特定的地质地震背景下, 强震导致的岩体松动、崩塌、滑坡等动力地质现象非常显著。一般在硬岩地层中发生山崩, 如观音崖、银屏岩山崩及沿松

平沟河谷的山崩; 而在千枚岩、页岩或第四系堆积物中发育滑坡, 如花红园滑坡、较场—叠溪台地滑坡。地震导致的山崩、滑坡堵塞岷江形成大型的天然堆石坝和堰塞湖, 其灾害和生态、环境效应甚至可能超过地震本身。

3. 岷江上游滑坡堵江较为发育, 主要是因河谷斜坡环境脆弱、稳定性差、地震动力作用频繁强烈。主要表现在:

- a. 伴随青藏高原隆起, 本区河谷深切, 斜坡高陡, 临空条件好。
- b. 河谷岸坡岩体以浅变质的千枚岩、砂板岩、灰岩为主, 加之河谷走向与构造线交角较小或沿断裂发育, 岸坡岩体较破碎, 使之具有易滑、易崩的特点。
- c. 干旱河谷, 岩石裸露, 在暴雨和干旱交替作用下, 岸坡内孔隙裂隙水压力时强时弱, 促成岸坡岩体向不稳定方向发展。
- d. 现在江水面以上 200m ~ 300m 以内的河谷斜坡, 有零星分布的第四系堆积物, 其物质组成主要为碎石土或堰塞沉积物, 厚度大, 结构松散, 含水性强, 常形成地下水活动带, 在坡面或坡脚常有泉水涌出, 有利于滑坡的发生。
- e. 河床凹岸经常受河水作用, 冲刷坡脚, 降低支持作用, 使下滑力增大, 岸坡体变得不稳定。因此堵江滑坡大多发生在岩性软弱, 受江水冲刷的左岸。
- f. 岷江上游正处于地壳上升区, 地震活动频繁且震级较高, 6 级以上地震发生频率较大, 强震成为滑坡堵江的主要诱发因素。
- g. 成松公路在此段选线受到地形限制, 只能选在斜坡下部或坡脚, 恰好是老滑坡的前缘位置, 开挖必然导致老滑坡复活。

4. 从岷江上游滑坡堵江事件的研究发现, 滑坡堵江形式多样, 在一个不太长的河段内多级、多期重叠发生有其特定的条件; 从堵江滑坡的发生到天然堆石坝的溃决产生的各种灾害和生态、环境效应显著。

参考文献:

[1] Hejun Chai, Hanchao Liu, Zhouyuan Zhang, Runqiu Huang, Landslide dams induced by Duxi earthquake and environmental effects Proceedings 8th international IAEG Congress, Vancouver, Canada, 1998.
[2] 卢鑫 # 滑坡堵江的基本类型、特征和对策, 滑坡文集(6), 1988, 106 ~ 117.

Study on Landslide Damming of River in Upper of Minjiang River

CHAI He-jun^{1, 2} and LIU Han-chao²

(1. *Chongqing Communication Research & Design Institute, Chongqing 400067 China;*

2. *Chengdu University of Technology, 610059, China*)

Abstract: Typical damming landslides in the upper Minjiang river along 100 km river bank from Jiaochang to Wenchuan are studied in this paper. Studies show that these damming landslides happened in this area results from the special geological environment. These landslides caused much more damage than common landslides, so it is much valued to study these cases in the upper Minjiang river further more.

Key words: landslide damming of river; geological hazard; geological background