

doi:10.3799/dqkx.2013.040

长江三峡库区滑坡发育与河道演变的地质过程分析

陈国金¹, 李长安^{2*}, 陈松³, 邵磊²

1. 湖北省地质环境总站, 湖北荆州 434020

2. 中国地质大学教育部长江三峡库区地质灾害研究中心, 湖北武汉 430074

3. 武汉市建筑设计院, 湖北武汉 430014

摘要: 据区域地质灾害调查, 三峡库区发育有数以千计的滑坡. 年代学研究表明, 三峡地区的滑坡均发生于第四纪中更新世后期, 并具有明显的阶段性特征, 滑坡的高发期大致为: $(41\sim37)\times 10^4$ aBP、 $(31\sim27)\times 10^4$ aBP 和 $(17\sim5)\times 10^4$ aBP. 滑坡发育与区域新构造抬升和河流地貌形成的地质过程相一致, 且主要发生在第四纪的间冰期, 表明滑坡与构造抬升、气候变暖、长江河道快速下切贯通发展具有一定的耦合关系. 三峡地区尚未发现年龄超过 54×10^4 aBP 的滑坡, 据此推测长江贯通三峡的时间可能在早更新世.

关键词: 三峡; 滑坡; 河道演变; 地质过程; 工程地质.

中图分类号: P534.4

文章编号: 1000-2383(2013)02-0411-06

收稿日期: 2012-04-15

Landslide Development and the Geological Process of Watercourse Evolution in the Three Gorges Reservoir Area

CHEN Guo-jin¹, LI Chang-an^{2*}, CHEN Song³, SHAO Lei²

1. Hubei Geological Environment Station, Jingzhou 434020, China

2. Three Gorges Research Center for Geo-Hazard of Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

3. Wuhan Architectural Design Institute, Wuhan 430014, China

Abstract: According to the regional survey for geo-hazards, thousands of landslides occurred in the Three Gorges reservoir area. Chronology studies show that these landslides mostly occurred after the Mid-Pleistocene and could be divided in 3 stages, namely, $(41-37)\times 10^4$ aBP, $(31-27)\times 10^4$ aBP and $(17-5)\times 10^4$ aBP. These landslides mostly occurred in the interglacial period and could be well related with the regional uplift and geological process of the formation of river landform in the Three Gorges area. Based on these, we conclude that the occurrence of the landslides can be well correlated with tectonic uplift, climate change, rapidly down-cutting and breakthrough development in the Yangtze River. It is inferred that the cut-through timing of the Three Gorges probably be Early Pleistocene mainly owing to the loss of landslides which ages older than 54×10^4 aBP.

Key words: Three Gorges; landslides; evolution of the river channel; geological process; engineering geology.

三峡地区地质结构复杂, 地貌类型多样, 夷平面、阶地、岩溶、峡谷等地貌景观异彩纷呈; 同时, 发育着不同规模的滑坡、崩塌、泥石流、岩溶塌陷等外动力地质事件. 各种地貌景观和地质事件均是在地质背景基础上, 由新构造运动控制的河流地质作用下产生的. 查明它们之间的时空耦合及因果关系, 一

直是地学界十分关注的问题(李长安, 1997a, 1997b), 对三峡库区滑坡发育规律认识及灾害防治具有重要意义. 本文以地质年代学为标尺, 对三峡库区新构造运动、岸坡地貌过程、滑坡事件等进行了阶段性耦合分析, 探讨了滑坡发育与河道演变的地质过程.

基金项目: 国家自然科学基金(No. 40971008); 湖北省重点科技攻关计划基金项目(Nos. 2005AA308B02, NOETZ2008A02).

作者简介: 陈国金(1942-), 男, 正高职高级工程师, 主要从事水工环地质与地质灾害防治研究. E-mail: chengj0215@sina.com

* **通讯作者:** 李长安, E-mail: chanli@cug.edu.cn

1 三峡地区新构造运动与第四纪古气候特征

1.1 新构造运动时段特征

据 Spot 卫星像片,全区地貌景观为西高东低,三峡隆起与江汉拗陷高差悬殊.西部山区层状地貌清晰,可见五级地貌夷平面断续延伸.从新构造运动活动方式分析,三峡区与江汉区新构造运动在宏观上表现为 NNE 向大型隆起和拗陷,即活动方式为整体式间歇性隆升和拗陷.三峡及鄂西山区构成隆起区,东部江汉—洞庭湖平原构成拗陷沉降区,在三峡隆起区与江汉沉降区之间的宜昌—荆州地带为隆拗过渡带,它们共同反映了黄陵背景以东地区明显向东掀斜的特点.

从断裂活动年龄测试分析(袁登维等,1996),断裂活动大致集中于 4 个时间段,即大于 200 万年、100 万年左右、40 万年左右和 15 万年左右.这种时间系列也相应同中国大陆火山活动的时间系列吻合,即以 Qp^2 时期最强, Qp^1 次之, Qp^3 弱.另据三峡库区断裂同位素年龄测试资料(邓清禄,2000),中更新世可划分出 3 个地震活跃期,即: $(50\sim 42)\times 10^4$ aBP、 $(30\sim 27)\times 10^4$ aBP 和 $(24\sim 8)\times 10^4$ aBP.

1.2 新构造运动强度特征

三峡隆起区一般高程 1 000~1 500 m,发育的五级夷平面、多级溶洞和六级河流阶地,明显地反映了该区新构造运动整体上呈间歇性隆升的特点.

据以山原期夷平面计算,三峡隆起相对江汉拗陷第四纪以来上升了约 1 000 m,视平均速率为 0.5 mm/a.据区域地质调查统计,三峡区广泛分布碳酸盐岩系,尤其是巫峡、瞿塘峡段分布有三叠系嘉陵江组中厚层至厚层状纯灰岩,因此岩溶强烈发育.鄂西山区与形成的多级剥夷面及地文期相对应的存在于多级岩溶台面及岩溶化时期,其中,与山原期、山盆期形成的三、四级剥夷面对应的 S_3 、 S_4 级岩溶台面定型时代分别为 N_2 末— Q_1 和 Q_1 早期.三峡期剥夷面形成后的中更新世为长江峡谷深沟形成时期,对应的 S_5 级岩溶台面,实际发育有次一级的 4 层洞穴系统,洞口高层分别为 800~600 m、600~400 m、300~200 m 和 <200 m.岩溶发育与地壳的上升、停顿和岩溶水的侵蚀、演变密切相关,岩溶台面反映的中更新世时期三峡地区隆升的平均速率明显大于 0.5 mm/a.

据重庆至宜都长江干流阶地形成时期年龄测

试,宜昌一带有完整的 6 级,其中 VI 级阶地的云池花岗岩(砾石)形成时期为 120×10^4 aBP, V 级为 73×10^4 aBP;重庆有 5 级,而峡区内的巫山、奉节、巴东等地只有 3 级(II、III、IV 级),其中 IV 级形成时期为 $(11.2\pm 0.56)\times 10^4$ aBP(宜昌,粘土);以上表明宜昌 V、VI 级阶地发育后的中更新世时期,三峡地区乃处于隆升阶段,只有 IV 级阶地才有统一的位相.长江河谷阶地堆积物和古坡积物同位素年龄测量推算的三峡地区隆升的平均速率与视平均速率一致,为 0.5 mm/a,中更新世时期河流下切速率略大于构造上升速率,晚更新世构造上升、河流下切平均速率为 0.3~0.44 mm/a,现今隆升的平均速率为 0.46 mm/a.

1.3 三峡地区古气候分期

据区域地质灾害调查表明,诱发滑坡作用的一个重要因素就是降雨.因此,古气候变化特征研究是滑坡发育的重要背景条件.

三峡及邻区自第四纪以来经历了冷暖、干湿的多次交替演变.江汉平原构造沉降区第四纪沉积物源主要来自于三峡及以西地区,其完整的第四纪层序地层是一部难得的记录三峡区各类地质事件和古气候变化的“天书”.综合目前我国气候分期,据植物孢粉鉴定成果及组合特征,经对江汉区 300 m 以上沉积物反映的地质时期的古气候进行分析,得出新第三纪晚期为气候湿热,第四纪有 5 个暖热期和 5 个寒冷期的周期变化.具体划分为:第一冷期,更新世早期的初期,大约 $(248\sim 201)\times 10^4$ aBP;第一暖期,更新世早期的晚期,大约 $(201\sim 73)\times 10^4$ aBP;第二冷期,更新世中期的早期,大约 $(73\sim 40)\times 10^4$ aBP;第二暖期,更新世中期的晚期,大约 $(40\sim 13)\times 10^4$ aBP;第三冷期,更新统晚期的早期,大约 $(13\sim 10)\times 10^4$ aBP;第三暖期,更新统晚期的中期,大约 $(10\sim 7)\times 10^4$ aBP;第四冷期,更新世晚期的中期的初期,大约 $(7\sim 5)\times 10^4$ aBP;第四暖期,更新世晚期的中期,大约 $(5.0\sim 2.4)\times 10^4$ aBP;第五冷期,更新世晚期的末期,大约 $(2.4\sim 1.1)\times 10^4$ aBP;全新世阶段的古气候,也即是大理冰期之后的冰后期,即第五暖期,气候特征总体为温暖湿润,但有较大波动.

2 三峡库区滑坡发育的年代学研究

近 30 多年来随着三峡库区滑坡调查与治理工作的深入,积累了很多滑坡发生的年代学资料.现按备受关注的典型重大滑坡及三峡不同河段的滑坡年

代学资料汇总如下。

2.1 黄土坡滑坡的发育年代

黄土坡滑坡是一个多期次形成的、多个崩滑堆积体和滑坡组成的特大型复合变形体,是在特定的地质环境及内外动力因素影响下发生并经长期地质过程发展演化的产物。为判定各变形体形成时代,滑坡勘查中,分别于1991年和2001年采集滑带土绝对年龄测试(ESR,以下同)样5组和24组,结果显示黄土坡滑坡大致经历了以下3个形成时期(陈松等,2008):

(1)临江崩滑堆积体形成时期。临江崩滑堆积体分布于高程250~260 m以下至江边,分为东西两个崩滑堆积体,即西边的临江Ⅰ号崩滑堆积体与东边的临江Ⅱ号崩滑堆积体。在其中共采集绝对年龄测试样品15组,测试结果表明,其形成发展于距今 $(54\sim 19)\times 10^4$ a的中更新世中后期,其间经历了3次较大的变形破坏和多次调整,在中更新世末期,即距今 $(15\sim 13)\times 10^4$ a得以基本稳定。其中最主要崩滑堆积体发生时间在距今 $(40\sim 30)\times 10^4$ a。

(2)变电站滑坡、园艺场滑坡形成时期。根据1991年的5组样年龄测试结果,变电站滑坡发生于距今 $(16\sim 13)\times 10^4$ a的中更新世末期,表明该滑坡发生时间晚于临江崩滑堆积体,这一点从勘查揭露的变电站滑坡多处超覆于临江崩滑堆积体之上的叠

置关系可以得到证实。园艺场滑坡位于黄土坡地区南西部,滑坡最显著的特点是源于 T_2b^2 堆积体和源于 T_2b^3-1 的堆积体相间分布,反映了滑坡后期多次变形破坏特征。该滑坡东侧滑体物质超覆于变电站滑坡之上,其西侧前缘滑体物质超覆于临江Ⅰ号崩滑堆积体之上。从滑坡特有的物质结构及其与变电站滑坡、临江崩滑堆积体的叠置关系分析判断,该滑坡形成时间应晚于变电站滑坡,其时间分析为距今 $(13\sim 11)\times 10^4$ a。临江崩滑堆积体是斜坡在重力作用下,经历长期变形、倾倒、剪切破坏、崩滑堆积的产物,变电站滑坡和园艺场滑坡是在前部崩滑的基础上先后叠加形成的顺层高速岩质滑坡。

(3)近代滑坡形成时期。勘查表明,近代滑坡形成多与人类不合理的工程活动密切相关,但其中发生于1995年的三道沟滑坡主要是自然因素引发的,显示出黄土坡滑坡在长时期应力调整过程中,使前缘应力集中鼓胀而导致滑坡,它应是滑坡由稳定到不稳定发展演化过程中的一个转变过程。

2.2 三峡库区其他滑坡的发育年代

(1)万州七大古滑坡分布地面高程在220~300 m之间,对应着万州地区Ⅳ—Ⅴ级阶地高程区间;滑床面高程在195~250 m之间,对应万州地区

表1 三峡库区古滑坡绝对年龄(邓清禄,2000)

Table 1 The age of paleo-landslide in Three Gorges area

序号	滑坡名	样品	测定方法	年龄(10^4 aBP)	资料来源
1	杨家岭	平洞滑带土	TL	2.7	长江水利委员会勘测总队报告,1990
2	大坪	滑带土	TL	27.7 ± 1.39	湖北省水文队报告,1989,1995
3	谭家湾	平洞滑带土	TL	7.48 ± 2.24	长江水利委员会勘测总队报告,1990
4	新滩	平洞滑带土	TL	4.46 ± 0.89	长江水利委员会勘测总队报告,1990
5	黄腊石大石板	平洞滑带土	TL	10.58 ± 2.68 12 ± 3.6	湖北省水文队报告,1989,1995
6	黄腊石石榴树包	滑带土	TL	29.55 ± 2.36	湖北省水文队报告,1989,1995
7	台子角	滑带土	ESR	8.58 ± 2.57 8.06 ± 2.58	湖北省水文队报告,1989,1995
8	赵树岭	滑带土	TL	11.68 ± 0.9 39.25	长江水利委员会综合勘测局报告,1996
9	黄土坡滑坡(上部)	滑带土石英	TL	41.2 37.29	湖北省水文队报告,1991,2001
10	曲尺盘	滑带土	ESR	9.1 ± 1.8	长江水利委员会综合勘测局报告,1996
11	百换坪	滑带土	TL	33.14 ± 1.65	长江水利委员会综合勘测局报告,1996
12	藉塘		TL	16~17	长江水利委员会综合勘测局报告,1996
13	故陵		ESR	12.6 ± 0.63	
			ESR	12.46 ± 1.03	长江水利委员会综合勘测局报告,1996
			TL	14.28 ± 1.20	
14	旧县坪西滑体	滑带土	TL	2.92 ± 0.14	长江水利委员会综合勘测局,1996
			ESR	5.61 ± 1.68	
15	茨草沱	滑带土	TL	26.6 ± 1.33	长江水利委员会综合勘测局报告,1996

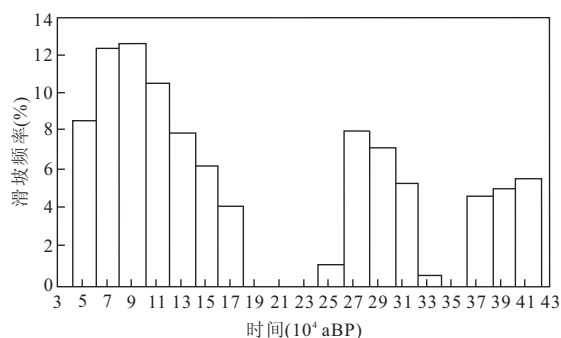


图 1 更新世滑坡年代分布(邓清禄,2000)

Fig. 1 The age of landslide in Pleistocene

Ⅲ~Ⅳ级阶地高程区间. 滑带测年数据(殷坤龙等, 2005)表明, 滑坡主要发生在 2 个时间段, 分别是 $(38.38 \sim 35.61) \times 10^4$ aBP 和 $(28.91 \sim 25.14) \times 10^4$ aBP. (2) 三峡库区奉节—巫山段古滑坡测年数据分析表明, 大型滑坡几乎均发生在 Qp^2 或 Qp^3 , 且与当时的暖湿气候期相对应. 据统计分析(刘传正, 2005), 从奉节到巴东的峡段内, 滑坡发育的高峰期有 2 个: 40×10^4 aBP 左右和 $(15 \sim 7) \times 10^4$ aBP. (3) 三峡库区万州至庙河滑坡发育的年代测试结果见表 1、图 1(邓清禄, 2000).

2.3 三峡库区滑坡测年资料的综合分析

从以上滑坡测年资料, 可以得到以下认识: (1) 长江三峡库区滑坡在时间序列上具有较明显的阶段性发育特点, 以具有发育过程测年资料的巴东黄土坡滑坡(位于巫峡出口处, 规模大, 与巫山、奉节县城区具有类同的巴东组岩性组合等)为代表, 滑坡主要发育的 4 个阶段为: $(40 \sim 38) \times 10^4$ aBP、 $(31 \sim 30) \times 10^4$ aBP、 $(22 \sim 18) \times 10^4$ aBP 和 $(16 \sim 11) \times 10^4$ aBP; 万州至庙河段多个滑坡测年资料统计(图 1)主要发育的 3 个阶段为: $(41 \sim 37) \times 10^4$ aBP、 $(31 \sim 27) \times 10^4$ aBP 和 $(17 \sim 5) \times 10^4$ aBP. (2) 长江三峡滑坡发育期主要是中更新世中期以后, 目前在三峡地区尚未发现早于 54×10^4 aBP 的滑坡, 而贯穿全三峡段的滑坡高发期的起始时间基本上都在 40×10^4 aBP 左右, 这可能是与长江切穿三峡峡谷河道形成有关的外动力地质事件. (3) 长江三峡区滑坡发育的阶段性是该区新构造运动呈阶段性隆升、河谷相应呈阶段性下切相关的斜坡重力地质作用过程的体现, 即由于地壳抬升—河谷下切, 致使河谷岸坡的坡高和坡度增加, 坡体势能增加, 斜坡的不稳定性增加, 引发滑坡高发.

3 三峡库区滑坡发育与河道演变关系的地质过程分析

3.1 三峡库区滑坡发育的多因素耦合关系讨论

大量事实和研究表明, 滑坡高发期往往与构造活动期、地文期的侵蚀期、气候暖湿多雨期等相关(李长安, 1997a). 根据以上分析, 现将三峡地区各种与滑坡发育的相关因素列入图 2. 从图 2 中可以发现滑坡发育的多因素耦合的特点: (1) 中更新世快速隆升的构造背景和温暖湿润的气候是长江河道快速下切贯通发展和滑坡发育的必备条件. 在三峡期夷平面定型(早更新世末)之后, 三峡区在 V、IV 两级阶地形成之间的中更新世对应的是构造隆升速率较大时期, 此间河流快速下切, 三峡地区进入峡谷地貌发育阶段. (2) 滑坡高发期与断裂活跃期之间具有一定的对应关系, 滑坡期略有滞后, 即在断裂活动加剧后的中更新世中期, 滑坡出现高发期, 表明其是滑坡高发的重要因素. (3) 降雨是催生滑坡发生的主要诱发因素, 对于三峡区降雨型滑坡(陈国金等, 2005), 中更新世中期第二暖期湿润多雨的气候应是导致长江河道快速下切和滑坡高发的一个重要条件. (4) 滑坡是斜坡重力地质作用过程中的一种地质事件, 它是与构造抬升、气候变暖、河道快速下切演变、河流地貌形成等各种作用相伴生的过程和结果, 又是这一地质过程的记录和佐证, 表明中更新世中期快速隆升的构造背景和温暖湿润的气候环境成为长江河道快速下切贯通发展和滑坡高发的最佳时期, 滑坡高发显示了同期有长江河道快速下切演变的条件和过程. 长江三峡在早更新世末或中更新世初, 峡江溯源深切与河流袭夺在相继完成西陵峡、巫峡河道后, 约在中更新世中期的 40×10^4 aBP 年前后, 分属于西流川江水系的草堂河和东流峡江水系的大溪河切穿齐岳山, 实现了长江三峡河段的发展和贯通.

3.2 三峡库区滑坡发育与河道演变关系的地质过程分析

三峡区滑坡地质事件的发生尽管与众多因素有关, 但最直接的前提条件是长江河道的侵蚀下切及三峡的形成, 即中更新世中期滑坡在奉节—巫山—巴东全线同步高发, 表明此时的三峡已经贯通. 从图 2 可以看出, 三峡地区的滑坡高发期起始时间主要出现在中更新世中期的构造快速隆升—断层强烈活动—气候温暖湿润的耦合期. 从三峡地区中更新世未发育河流阶地看, 三峡地区中更新世存在构造快

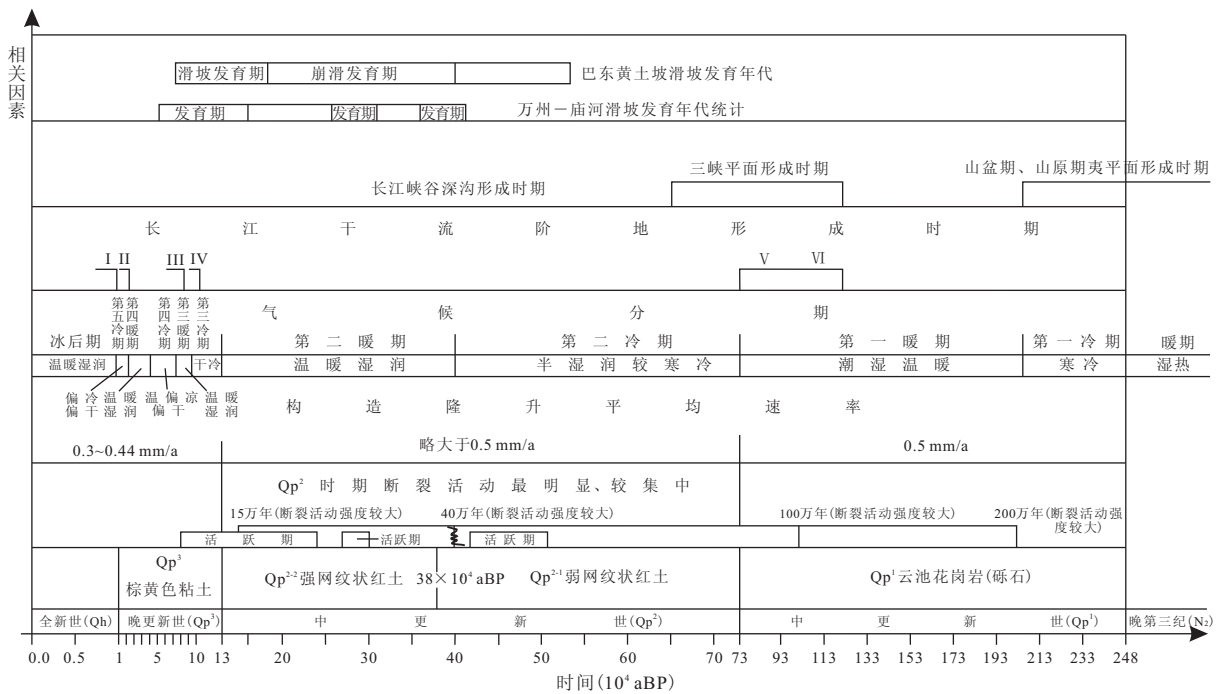


图 2 长江三峡及邻区新构造运动、地貌过程、气候变化与滑坡事件的相关性分析

Fig. 2 The correlation analysis between landslide and neotectonics, geomorphological process, climate change in Three Gorges and adjacent areas

速隆升的地质背景,直到 T4 阶地(时代为晚更新世)才有贯穿三峡的统一的河流阶地位相。而在此之前的早更新世虽也存在有多因素耦合期,但并未发生全线性的滑坡,主要是当时还不存在一个贯通的三峡。这一点也可在江汉平原的第四纪沉积物中得到佐证。通过我们的多年调查(李长安等,2003),江汉平原的中更新世中期后沉积的(Qp²)粒度最粗、分布最广、沉积速率和厚度最大,是江汉平原沉积作用的极盛时期;形成了江汉平原最主要的砾卵石孔隙承压水含水层;这一时期沉积物的岩性组成,奉节以西发育地层为母岩的成分已占至相当比例(马永法等,2007;周凤琴和唐从胜,2008);这可能是由于三峡贯通引起长江流量加大,流速加强,同时三峡地区的滑坡高发又提供了大量的碎屑物有关。因此,可能正是由于长江贯通三峡才相伴出现了中更新世中期三峡地区滑坡的发育高峰。这与长江上游金沙江虎跳峡河段贯通与滑坡发育研究(蔡耀军等,2010)基本上是一致的。

4 结论

三峡库区河道演变和层状地貌发育与构造运动和气候变化有较好的对应关系,呈现出阶段性发育

特征。长江贯通是三峡地区地质环境发生重大变化的重大地质事件,在河流快速下切过程中,形成河道两岸陡坡地质环境,各种斜坡重力地质作用强烈,即斜坡由不稳定到稳定进行应力调整表现的滑坡相应形成阶段性的发育高峰。三峡区现有的滑坡发育测年资料均没有超过 54×10^4 aBP,高发期的起始时间基本上都在中更新世中期 40×10^4 aBP 左右,至晚更新世早期,多次形成滑坡高峰,它不是孤立的事件,它是此间构造强烈隆升、气候温暖湿润、长江河道快速下切、贯通发展耦合作用的结果。

References

Cai, Y. J., Wang, J. H., Zhu, Y. F., et al., 2010. Study on Revolution History and Formation Environment of the Shigu-Hutiaoxia Section of Jinsha River. *Resources Environment & Engineering*, 24(3): 283—286 (in Chinese with English abstract).

Chen, G. J., Chen, S., Jian, J. Z., 2005. Groundwater Influence on the Reservoir-Type and Rainfall-Type Landslides. In: A Collection of Academic Theses on Prevention and Control of Geohazards in the Three Gorges Reservoir Region of Hubei Province. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).

Chen, S., Chen, G. J., Xu, G. L., 2008. Mechanism of Geo-

- logical Processes of Formation and Deformation of the Huangtupo Landslide. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 3(3): 411—415 (in Chinese with English abstract).
- Deng, Q. L., 2000. Slope Deformation Structures-Analysis of Badong New County Slope. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Li, C. A., 1997a. The Coupling of Physiographic, Tectonic-Climate and Geological Hazard. *Earth Science Frontiers*, 4(3—4): 204 (in Chinese with English abstract).
- Li, C. A., 1997b. Relationship of Landslip with Tectonic Movement and Climatic Change in Yangtze Three Gorges. *Geological Science and Technology Information*, 16(3): 88—91 (in Chinese with English abstract).
- Liu, C. Z., 2005. On the Evolution of Complex Slopes in the Three Gorges of Changjiang River. *Hydrogeology and Engineering Geology*, 32(1): 1—6 (in Chinese with English abstract).
- Ma, Y. F., Li, C. A., Wang, Q. L., et al., 2007. Statistics of Gravels from a Bore in Zhoulao Town, Jiangnan Plain and Its Relationship with Cut-Through of the Yangtze Three Gorges, China. *Geological Science and Technology Information*, 26(2): 40—44.
- Yin, K. L., Jian, W. X., Wang, Y., et al., 2005. Study on Genetic Mechanism and Control Method of Landslides in Horizontal Bedded of Wanzhou in Yangtze Three Gorges, China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Yuan, D. W., Mei, Y. T., Qin, X. L., et al., 1996. A Research of Regional Crustal Stability in and around the Dam Region of the Three Gorges Project on the Yangtze River. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Zhou, F. Q., Tang, C. S., 2008. The Yangtze River Sediment Source and Accumulation Rule Research. Changjiang Press, Wuhan (in Chinese).

附中文参考文献

- 蔡耀军, 王军怀, 朱云发, 等, 2010. 金沙江石鼓—虎跳峡河段演化史及形成环境研究. *资源环境与工程*, 24(3): 283—286.
- 陈国金, 陈松, 蹇佳洲, 2005. 水库型和降雨型滑坡地下水作用研究. 见: 湖北省三峡库区地质灾害防治工程论文集. 武汉: 湖北人民出版社.
- 陈松, 陈国金, 徐光黎, 2008. 黄土坡滑坡形成与变形的地质过程机制. *地球科学——中国地质大学学报*, 33(3): 411—415.
- 邓清禄, 2000. 斜坡变形构造——巴东新县城斜坡剖析. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 李长安, 1997a. 地文期、构造—气候耦合与地质灾害. *地学前沿*, 4(3—4): 204.
- 李长安, 1997b. 三峡地区滑坡与构造运动、气候变化的关系. *地质科技情报*, 16(3): 88—91.
- 刘传正, 2005. 长江三峡复杂斜坡成因问题. *水文地质工程地质*, 32(1): 1—6.
- 马永法, 李长安, 王秋良, 等, 2007. 江汉平原周老镇钻孔砾石统计及其与长江三峡贯通的关系. *地质科技情报*, 26(2): 40—44.
- 殷坤龙, 简文星, 汪洋, 等, 2005. 三峡库区万州区近水平地层滑坡成因机制与防治工程研究. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 袁登维, 梅应堂, 秦兴黎, 等, 1996. 长江三峡工程坝区及外围地壳稳定性研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 14—16, 80—81.
- 周凤琴, 唐从胜, 2008. 长江泥沙来源与沉积规律研究. 武汉: 长江出版社, 422—423.