

长江三峡非正常含炭粘土沉积及其地质灾害意义

邓清禄¹, 柯于义², 郭 锋²

1. 中国地质大学工程学院, 湖北武汉 430074

2. 长江水利委员会长江勘测规划设计研究院, 湖北武汉 430010

摘要: 在长江三峡工程库区巫山、奉节、云阳等新城进行工程地质勘察过程中, 发现在长江岸坡地带存在含炭粘土沉积。对部分含炭粘土进行了¹⁴C 年龄测定, 年龄测定结果与该含炭粘土层所在高程相当的阶地形成年代不一致, 含炭粘土为非正常沉积。非正常含炭粘土的存在与发现, 一方面揭示出巫山等移民新城斜坡经历了非正常的形成演化; 另一方面说明长江三峡河谷演化过程中夹杂着突发的地质灾害事件。

关键词: 长江三峡; 含炭粘土; ¹⁴C 年龄; 地质灾害。

中图分类号: P694

文章编号: 1000-2383(2008)03-0405-06

收稿日期: 2008-02-29

Abnormal Carbonic Clay and Its Significance in Relation to Geological Hazards in the Three Gorges Reservoir Area, Yangtze River

DENG Qing-lu¹, KE Yu-yi², GUO Feng²

1. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Changjiang Institute of Plan and Design, Changjiang Water Resources Committee, Wuhan 430010, China

Abstract: Carbonic clay was discovered on the banks of Yangtze River during geological engineering investigations in the new towns of Wushan, Fengjie and Yunyang counties in the Three Gorges reservoir area, Yangtze River, China. The age of the carbonic clay was estimated by ¹⁴C dating. The results indicate that there is a considerable discrepancy in the age of the carbonic clay and the age of the terrace, located at the same altitude. The carbonic clay proves to represent sediment from an abnormal environment. The discovery of the abnormal carbonic clay indicates that the formation and evolution of the slope along the Yangtze River, in immigrant settlement regions (such as Wushan), is abnormal. It also shows that there were outbreaks of geological hazards in the evolutionary history of the Yangtze River valley in the Three Gorges reservoir area.

Key words: Three Gorges reservoir of Yangtze River; carbonic clay; ¹⁴C dating; geological hazard.

2001 年以来, 三峡库区地质灾害防治工作得以系统而全面地展开, 对一些重大地质灾害问题也开始了比较深入的探索和研究, 如近水平地层滑坡问题(孙云志和张业明, 2007)、巴东组相关的大规模松散堆积体(刘传正, 2003)、水库波动条件下的库岸稳定性问题(胡新丽等, 2007)等。广泛出现在巴东、巫山及奉节新城等地的大规模松散地质体, 它们的成因、形成演化一直存在认识上的分歧(长江水利委员会综合勘测局, 1997; 何满朝等, 1998; Deng *et*

al., 2000; 邓清禄和王学平, 2000; 刘传正, 2000; 殷跃平等, 2000; 张加桂, 2000; 殷跃平, 2004)。笔者在对长江三峡库区巫山、奉节、云阳等移民新城进行库岸防护勘察与滑坡勘察时, 在长江岸坡地带的多个部位钻孔中发现含有机质土沉积(灰黑色含炭质粉质粘土为主, 少量为含炭化木或含螺壳碎片的粉质粘土, 以下统称含炭粘土), 其单层厚度有些达到 5 m, 有些钻孔出现多层(长江水利委员会综合勘测局, 2001; 长江水利委员会长江勘测规划设计研究

基金项目: 国务院三峡库区第二期地质灾害防治专项科研专题“巴东组斜坡变形特性及机理研究”(No. 2003054053); 国家自然科学基金“三峡库区基于卫星组网的人类工程活动对地质灾害影响研究”(No. 40672205)。

作者简介: 邓清禄(1962—), 男, 博士, 教授, 主要从事灾害地质研究。E-mail: dengqinglu@sohu.com

院,2002a,2002b). 此前还未见长江三峡谷地带存在含炭质粘土沉积的报道. 细粒的含炭粘土沉积是一种典型的静水、还原条件的产物,这与河流上游河段峡谷区河道砂砾质为主的沉积环境是不相符的,所以它是一种非正常的含炭沉积. 在这些地带发现的非正常含炭粘土沉积,将为解决巴东、巫山及奉节新城等地的大规模松散地质体疑难地质问题增添新的证据. 本文在介绍三峡库区已发现的含炭粘土的分布、产出特征、年龄测定成果及其与阶地对比的基础上,初步讨论含炭粘土的形成环境及意义.

1 含炭粘土的分布及产出特征

目前为止,在巫山、奉节及云阳等县城区均发现有含炭粘土分布.

在巫山新城区,至少有 7 个钻孔遇到含炭粘土沉积(图 1),从西坪职中往东经二道沟、头道沟、巫山师范南侧到巫山中学,长约 2 km,总体 NE 向分布. 不同部位的含炭粘土产出特征不尽相同,分布高程变化在 107 m 到 203 m 之间,但总体有南西高、北东低的特点;有的部位呈单层出现,有的部位呈多层形式出现;厚度变化比较大,西坪职中、头道沟部位单层厚度约 5 m,其余部位呈多层、总厚度在 20 m 以上. 图 2 是巫山西坪职中钻孔位置及柱状简图,该钻孔揭露含炭粘土呈带墨绿的深灰色,土质细腻均匀(图 2). 含炭粘土层上、下层位皆为块石、碎石土层,西坪职中所处部位为“玉皇阁古崩滑堆积体”(长江水利委员会长江勘测规划设计研究院,2002a).

在奉节新城的岸坡地带,也有多个钻孔遇见含炭质沉积,如 2001 年施工的桂花井西石家院一个钻

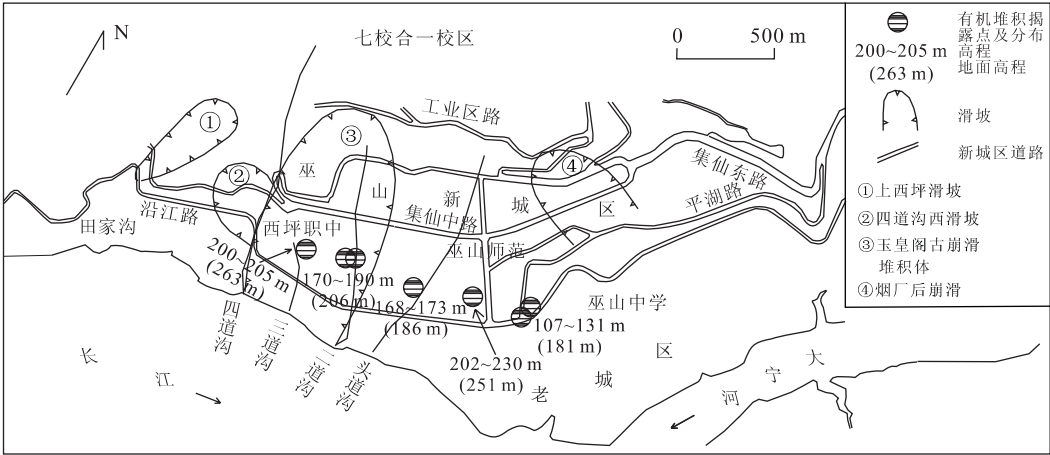


图 1 巫山新城区含炭粘土揭露点分布

Fig. 1 Distribution map of carbonic clay in the new town of Wushan

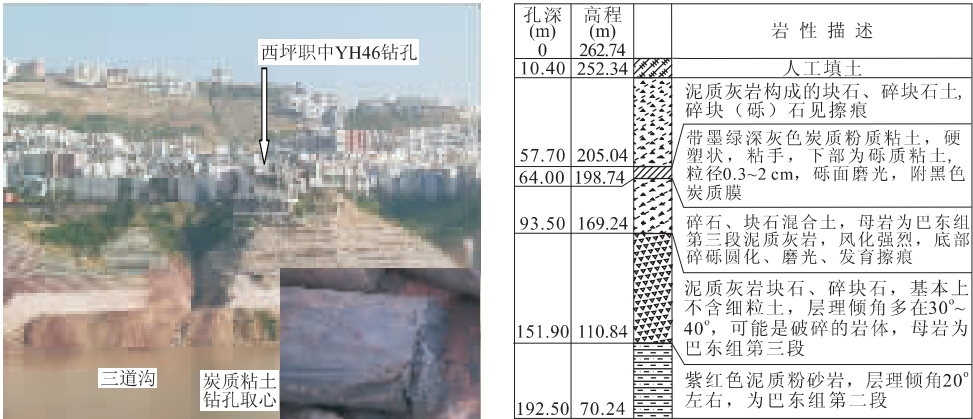


图 2 西坪职中钻孔(Y 46)位置和 Y 46 钻孔柱状图

Fig. 2 Location and column of borehole Y 46 in Wushan Vocational School

孔(FK9),孔深 92.70 m,全孔均为较单一的粉质粘土,其中孔深 60~67.9 m 岩心为黄灰色含炭质粉质粘土(长江水利委员会长江勘测规划设计研究院,2002b).

2001 年,对云阳西城滑坡进行工程地质勘察时(三峡建设委员会组织对三峡库区四大滑坡进行勘察的其中一个滑坡),也在其中的一些钻孔中发现炭质粘土,如云阳师专院内的 K1 钻孔,孔深3.75~19.5 m 以粉质粘土为主,间夹碎块石土,粉质粘土呈暗灰绿色,说明也含有机质,其中还夹有含生物壳体的粉质粘土,这些生物壳体呈白色的碎片状散布在粉质粘土中(长江水利委员会综合勘测局,2001).

2 含炭粘土年龄及与阶地对比

截至目前,笔者已对巫山西坪职业中学的钻孔及云阳西城滑坡的钻孔中的含炭粘土进行了年龄测

定,结果见表 1.

巫山、奉节新城区和云阳西城都是三峡区河谷相对开阔的地带,阶地比较发育,并可分辨出Ⅲ~Ⅳ级(杨达源,1988a;田陵君等,1996),单个阶地台面宽度可达到数百米.对于炭质粘土,笔者最初认为,它们是在阶地发育过程中局部形成的闭塞环境或与阶地同期出现的牛轭湖中沉积的.但根据目前已有的年龄测定资料,无论是巫山的含炭粘土沉积还是云阳的含炭粘土沉积,获得¹⁴C 测年结果与该含炭粘土产出高程相当的阶地形成年代不相符合(图 3).巫山职中钻孔含炭粘土年龄测定结果为 2.3~3.6 万年,而该含炭粘土出现高程相当于Ⅳ级阶地,Ⅳ级阶地形成年龄是 11.2 万年(杨达源,1988b);云阳西城钻孔含炭粘土年龄测定结果为1.175 万年,而该含炭粘土出现的高程大致相当于Ⅱ级阶地,Ⅱ级阶地形成年龄是 2.44 万年(杨达源,1988b).

表 1 巫山、云阳炭质粘土年龄测定结果

Table 1 Results of ¹⁴C dating of carbonic clay of Wushan and Yunyang

样品编号	取样位置	取样高程 (黄海高程, m)	年龄 (a. B. P)	测年方法	测定单位
ZK1	云阳西城	151.0	11 750	螺壳碎片 AMS ¹⁴ C	北京大学考古文博学院
YH46	巫山职中	204.5	23 290±440	¹⁴ C	国家地震局地质研究所
Y 46	巫山职中	203.3	31 290 500	¹⁴ C	国家地震局地质研究所
Y 46	巫山职中	201.5	36 080 190	¹⁴ C	国家地震局地质研究所

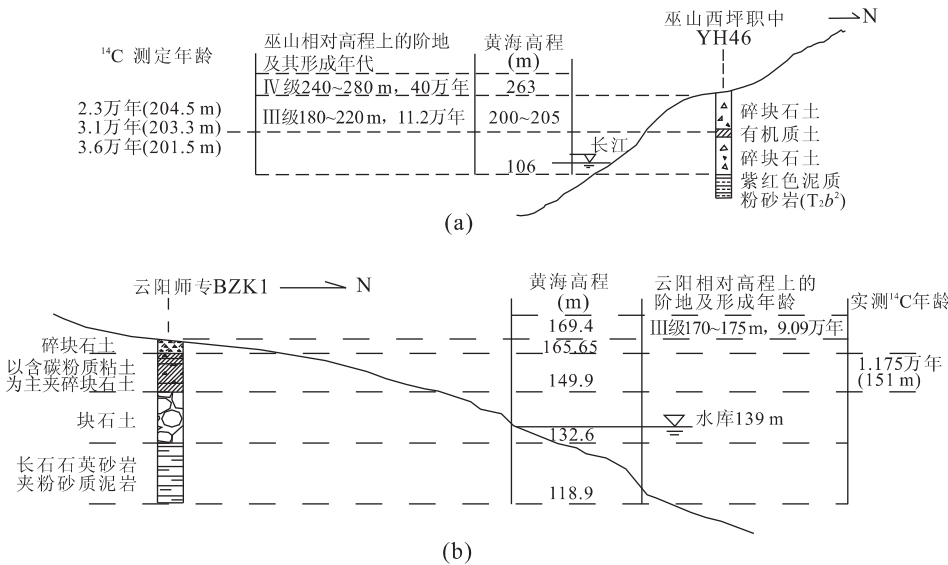


图 3 巫山 Y 46 钻孔(a)和云阳师专 K1 钻孔(b)含炭粘土层位、同位素年龄、坡体结构与阶地对比

Fig. 3 Comparison diagram of dating ages between the layers of carbonic clay of borehole Y 46 and the terraces at the same altitude in Wushan (a) and in Yunyang (b)

3 含炭粘土形成环境及地质意义讨论

3.1 形成环境

用 ^{14}C 的方法测定新年代沉积物年龄,是所有新年代定年方法中最为可靠的方法(焦文强等,1998).加速器质谱技术的引入,使得只要有数毫克的碳样品就能测年,同时可获得更高的精度.送测的样品是含碳较高的深灰色粉质粘土及生物硬壳,是理想的 ^{14}C 测年样品,所以,获得的年龄数据应该是可信的.含炭粘土与产出高程相当的阶地形成年代不一致,只能说明含炭粘土不是阶地形成阶段的产物,它们属于非正常含炭粘土沉积.

巫山新城区总体属于长江与其一级支流大宁河交汇处的长江岸坡,在此部位出现非正常含炭粘土沉积,成因问题目前有多种猜想(多是一些在本区工作过或熟悉本区情况的专家学者在不同场合交流的思想,还未见有到正式发表的资料):滑坡堵江或堵塞支流冲沟形成的堰塞湖沉积、滑坡湖沉积、阶地(或与阶地同期的牛轭湖)沉积、岩溶洞穴堆积等.

前面笔者已经否定了含炭粘土阶地成因的可能性,岩溶洞穴堆积的可能性也很小.巫山新城区分布地层为中三叠统巴东组(T_2b^2),巴东组第一段和第三段属于泥质灰岩,在其中有一些古岩溶作用的现象,一些地段见有小的溶洞及一些沿节理的溶隙,但岩溶作用总体较弱(张家桂,2002),至今没有在该层位中发现较大的溶洞;其次巫山新城区巴东组总体较破碎,不利于形成大型的溶洞;再者有些部位含炭粘土的上下层位均为碎石土,如果洞顶(假设含炭粘土所在部位为当时的溶洞)由于后期塌落形成碎石层可以理解,洞底为何会变成碎石土?至于云阳西城,所在地层为侏罗系上统遂宁组含石英质长石砂岩与粉砂质泥岩,为非岩溶地层.

滑坡堵塞支流或冲沟形成局部堰塞,或在滑坡的中后部局部出现低洼地形、形成相对封闭的滑坡湖,从而造成有利于含炭粘土沉积的环境,其性质属于局部的湖塘.从粘土堆积有相当的厚度、分布范围有一定的区域性看,仅是从局限的堰塞事件难以解释,可能要从长江堵江事件的角度来分析.目前三峡库段巫山以下两岸已识别出大型、特大型(体积 $>1\,000\times 10^4\text{ m}^3$ 、最大的范家坪滑坡达 $12\,500\times 10^4\text{ m}^3$)滑坡10余处,不排除它们在活动过程中曾经堵塞长江.

滑坡筑坝堵江形成堰塞湖事件在具有陡峻岸坡

的山区河流中是常见的一种物理地质作用现象(柴贺军等,2000;Korup,2002,2004),有些滑坡筑坝坝高超过400 m,库容超过 $100\times 10^8\text{ m}^3$ (Chai *et al.*, 2000),堰塞湖的存在寿命有达到数万年的例子(Korup,2004).

3.2 地质意义

(1)可以通过了解非正常沉积的出现与埋藏过程,帮助揭示斜坡的发展演化.以巫山为例,新城区斜坡广泛分布松散地质体,对此斜坡松散地质体性质的认识经历了多个阶段,从新县城选址、规划、初步勘察、详细勘察到近期库岸防护,其中还包含一些专题调查、勘察与研究,应该说有相当的深度,也积累了相当多的资料,但认识还存在较大分歧.代表性的观点包括3种:第1种观点是“坠覆体”(长江水利委员会综合勘测局,1997);第2种观点是属大型的滑坡系统(何满潮等,1998;张加桂,1999);第3种观点是复合成因的松散堆积体(包括有岩溶塌陷)(殷跃平等,2000;殷跃平,2004).斜坡松散地质体的成因与演化问题严重制约着巫山新县城的建设和发展.非正常沉积的发现,有力地证明巫山新城斜坡经历过非正常斜坡的演化过程,至于含炭粘土是如何被掩埋在数十米深度以下的,有待于将来更加深入细致的工作.

(2)可以增进对三峡河谷发展演化历史的认识.三峡河谷总体的演化进程是地壳稳定阶地发育期—地壳抬升河谷下切期交替演化(杨达源,1988b),非正常含炭粘土沉积的发现与认识,使我们认识到,在正常的演化进程中夹杂着不协调的突发地质灾害事件(这也许才是山区河流演化的本来面目).如果是滑坡堵江形成堰塞湖,分布在不同高程上的含炭粘土可能是不同时期的堰塞事件的记录,奉节FK9孔上百米粘土层中出现多层含炭粘土,也可能是多时期堰塞的结果.认识过去是预测未来的基础,历史时期滑坡堵江事件(或其他事件)是在什么条件下出现的,将来还有没有条件出现,是值得我们关注且有重大现实意义的课题.

4 结论

(1)近年在长江三峡工程库区进行地质勘察的过程中,在巫山、奉节新城及云阳西城等地的长江岸坡地带陆续发现有含炭粘土沉积,单层厚度达5 m,各地分布高程不尽相同;(2)已进行的部分含炭粘

土¹⁴C 年龄测定结果表明,含炭粘土沉积时期与该层位高程相当的阶地形成时期不相对应,因此,含炭粘土属非正常沉积;(3)根据含炭粘土分布及所在地段的地质条件等分析,笔者初步认为含炭粘土是长江历史上滑坡堵江事件的产物;(4)含炭粘土的深入研究,有两个方面的地质意义;第一,通过了解非正常沉积的出现与埋藏过程,帮助揭示三峡库区一些移民城镇疑难斜坡的形成演化;第二,可以增进对三峡河谷发展演化历史的认识。

References

- Chai, J. J., Liu, C., Hang, Y., 2000. New progress of the study of landslide damming and its environment effects. *Geological Science and Technology Information*, 19(2): 87—90 (in Chinese with English abstract).
- Chai, J. J., Liu, C., Hang, Y., et al., 2000. The distribution, causes and effects of damming landslides in China. *Journal of Chengdu University of Technology*, 27(3): 302—307.
- Changjiang Institute of Plan and Design of Changjiang Water Resources Committee (CDICWRC), 2002a. Engineering geology investigation of Yuhuangge landslide in the new county town of Wushan of Chongqing in the reservoir area of the Three Gorges Project. Research report. CDICWRC, Wuhan, China (in Chinese).
- Changjiang Institute of Plan and Design of Changjiang Water Resources Committee (CDICWRC), 2002b. Engineering geology investigation of bank collapsing prevention in the new county town of Fengjie of Chongqing in the reservoir area of the Three Gorges Project. Research report. CDICWRC, Wuhan, China (in Chinese).
- Comprehensive Reconnaissance Bureau of Changjiang Water Resources Committee (CR CWRC), 1997. Geology investigation of new sites for Wushan towns and villages. Research report. CR CWRC, Wuhan, China (in Chinese).
- Comprehensive Reconnaissance Bureau of Changjiang Water Resources Committee (CR CWRC), 2001. Engineering geology investigation of landslide control and bank collapsing prevention in the former town of Yunyang of Chongqing in the reservoir area of the Three Gorges Project. Research report. CR CWRC, Wuhan, China (in Chinese).
- Deng, Q., Wang, X. P., 2000. Growth history of uangtupo landslide; Down-slope overlapping-landsliding-modification. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 25(1): 44—50 (in Chinese with English abstract).
- Deng, Q., Hu, Y., Cui, Q., et al., 2000. Mass rock creep and landsliding on the uangtupo slope in the reservoir area of the Three Gorges Project, Yangtze River, China. *Engineering Geology*, 58(1): 67—83.
- e, M. C., Cui, Q., Chen, ., et al., 1998. Study of tectonic deformation field for Wushan paleo-landslide system in the Three Gorges reservoir area. *Journal of Engineering Geology*, 6(2): 97—102 (in Chinese with English abstract).
- u, B., Potts, D. M., dravkovic, ., et al., 2007. Jinle landslide stability under water level fluctuation of Three Gorges reservoir. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 32(3): 403—408 (in Chinese with English abstract).
- Jiao, W. Q., Yin, J., heng, Y. G., et al., 1998. The radiocarbon dating technology of high precision. *Nuclear Electronics & Detection Technology*, 18(6): 419—424 (in Chinese with English abstract).
- Korup, O., 2002. Recent research on landslide dams— literature review with special attention to New ealand. *Progress in Physical Geography*, 26(2): 206—235.
- Korup, O., 2004. Geomorphometric characteristics of New ealand landslide dams. *Engineering Geology*, 73(1—2): 13—35.
- iu, C., 2000. The study on development process of slope in the connected part between Chuan and Bia Rivers in Changjiang River. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 11(1): 50—54, 49 (in Chinese with English abstract).
- iu, C., 2003. Geohazards in the Three Gorges reservoir region. *Geotechnical Engineering World*, 6(6): 23—24 (in Chinese with English abstract).
- Sun, Y., hang, Y. M., 2007. Dynamic characteristics of underground water in the horizontally layered landslides of the Three Gorges reservoir region. *Resources and Environment Engineering*, 21(3): 298—301 (in Chinese with English abstract).
- Tian, J., i, P., uo, Y., 1996. The development history of rivers and vales in the Three Gorges reservoir region. Southwest Jiaotong University Press, Chengdu, (in Chinese).
- Yang, D. Y., 1988a. The origin and evolution of the Three Gorges of the Changjiang River. *Journal of Nanjing University*, 24(3): 466—473 (in Chinese with English abstract).

- Yang, D. Y., 1988b. Genetic mechanism of the alluvial terraces along the Three Gorges course of the Changjiang River. *Acta Geographica Sinica*, 43(2): 120—126 (in Chinese with English abstract).
- Yin, Y. P., 2004. Review of research on prevention and control of some huge and fatal geo-hazards in the reservoir area of the Three Gorges Project. *Geotechnical Engineering World*, 7(8): 20—26 (in Chinese with English abstract).
- Yin, Y. P., hang, J. G., Chen, . S., et al., 2000. Formation mechanism of large-scale loose sediment at the relocation sites of Wushan County on the Three Gorges. *Journal of Engineering Geology*, 8(3): 265—271 (in Chinese with English abstract).
- hang, J. G., 1999. Research on landslide in the middle sector of the newly built Wushan County on the Three-Gorges. *Journal of Engineering Geology*, 8(4): 433—437 (in Chinese with English abstract).
- hang, J. G., 2002. Types of karst landform in mud limestone terrain and their genesis— case study from Three Gorge region. *Chinese Journal of Geology*, 37(3): 288—294 (in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献**
- 柴贺军, 刘汉超, 张倬元, 2000. 大型崩滑堵江事件及环境研究综述. *地质科技情报*, 19(2): 87—90.
- 长江水利委员会长江勘测规划设计研究院, 2002a. 重庆市三峡库区巫山县玉皇阁崩滑堆积体工程地质勘察报告. 武汉: 长江水利委员会.
- 长江水利委员会长江勘测规划设计研究院, 2002b. 重庆市三峡库区奉节县新城坝岸治理工程地质勘察报告. 武汉: 长江水利委员会.
- 长江水利委员会综合勘测局, 1997. 长江三峡水利枢纽库区巫山县迁建城镇新址地质论证报告(详勘). 武汉: 长江水利委员会.
- 长江水利委员会综合勘测局, 2001. 长江三峡工程库区重庆市云阳县老县城西城滑坡与塌岸防治工程预可行性研究勘察报告. 武汉: 长江水利委员会.
- 邓清禄, 王学平, 2000. 黄土坡滑坡的发育历史: 坠覆—滑坡—改造. *地球科学——中国地质大学学报*, 25(1): 44—50.
- 何满潮, 崔政权, 陈鸿汉, 等, 1998. 三峡库区巫山古滑坡系统构造形变场研究. *工程地质学报*, 6(2): 97—102.
- 胡新丽, Potts, D. M., dravkovic, ., 等, 2007. 三峡水库运行条件下金乐滑坡稳定性评价. *地球科学——中国地质大学学报*, 32(3): 403—408.
- 焦文强, 尹金辉, 郑永刚, 等, 1998. 高精度¹⁴C 测年技术. *核电子学与探测技术*, 18(6): 419—424.
- 刘传正, 2000. 长江上游川峡二江续接地段岸坡演变过程探讨. *中国地质灾害与防治学报*, 11(1): 50—54, 59.
- 刘传正, 2003. 三峡库区的地质灾害. *岩土工程界*, 6(6): 23—24, 35.
- 孙云志, 张业明, 2007. 三峡库区近水平地层滑坡地下水动态特征. *资源环境与工程*, 21(3): 298—301.
- 田陵君, 李平忠, 罗雁, 1996. 长江三峡河谷发育史. 成都: 西南交通大学出版社.
- 杨达源, 1988a. 长江三峡的起源与演变. *南京大学学报*, 24(3): 466—473.
- 杨达源, 1988b. 长江三峡阶地的成因机制. *地理学报*, 43(2): 120—126.
- 殷跃平, 2004. 三峡库区重大地质灾害及防治研究进展. *岩土工程界*, 7(8): 20—26.
- 殷跃平, 张加桂, 陈宝荪, 等, 2000. 三峡库区巫山移民新城址松散堆积体成因机制研究. *工程地质学报*, 8(3): 265—271.
- 张加桂, 1999. 三峡库区巫山县新城址工业区滑坡的成因机制研究. *工程地质学报*, 7(3): 237—242.
- 张加桂, 2002. 泥灰质岩石区几种岩溶地貌形态及成因探讨——以三峡地区为例. *地质科学*, 37(3): 288—294.