

鄂西清江中上游高海拔砾石层 ESR 定年及地质意义

王令占, 涂兵, 田洋, 谢国刚, 曾波夫

中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北武汉 430205

摘要: 在鄂西清江中游建始、巴东地区、上游利川地区的野外地质调查中, 发现多处残留的高海拔河流相砾石层, 其特征指示砾石层可能为 NNE 向古水系残留的“高阶地”。对高海拔砾石层进行了 ESR 测年, 清江中游建始、巴东地区高海拔砾石层形成于早更新世末中更新世初(677±67)~(789±78) ka, 上游利川地区高海拔砾石层形成于中更新世中期(371±37)~(551±55) ka, 说明早更新世末中更新世初, 清江中游地区尚发育 NNE 向古水系, 而直至中更新世中期, 清江上游利川地区仍发育 NNE 向古水系。这可能指示清江袭夺中游水系发生于早、中更新世之交, 袭夺上游水系发生于中更新世中期, 现代清江水系形成于中更新世中期之后。由于清江贯通、长江贯通三峡都与青藏高原末次快速隆升有密切关系, 从而指示长江贯通三峡的方式总体上可能也是自东向西的不断袭夺, 而贯通时间则可能要稍早于清江。

关键词: 高海拔砾石层; ESR 定年; 清江中上游地区; 清江贯通; 长江贯通三峡

中图分类号: P588.212.5; P597.3 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2012.03.05

ESR Dating of the High Elevation Gravels in the Upper and Middle Reaches of the Qingjiang River and Its Significance

WANG Ling-zhan, TU Bing, TIAN Yang, XIE Guo-gang, ZENG Bo-fu

Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan, Hubei 430205

Abstract: Quite a few high elevation gravels were found in the upper and middle reaches of the Qingjiang River within Jianshi, Badong and Lichuan areas, west Hubei Province. Characteristics of these gravels suggest that they are probably the “high terrace” of the NNE-trending ancient drainage system. ESR dating of the high elevation gravels indicates that the gravels were formed between the early and middle Pleistocene (677±67)-(789±78) ka in the middle reaches of the Qingjiang River, and in the middle period of middle Pleistocene (371±37)-(551±55) ka in the upper reaches, implying that there existed a NNE-trending ancient drainage system which was developed in the middle reaches of the Qingjiang River in early and middle Pleistocene, and this development lasted until the middle period of middle Pleistocene in the upper reaches of the Qingjiang River. This probably implies that the capture of the middle reaches by the Qingjiang River probably occurred between the early and middle Pleistocene, and the capture of the upper reaches took place in the middle period of middle Pleistocene. The modern Qingjiang River has been formed since the middle period of middle Pleistocene. The same geological background (last rapid uplift of the Tibetan Plateau) indicates that the phenomenon that the Yangtze River cut through the Three Gorges is probably attributed to the constantly attack from east to west, which, however, took place a bit earlier than things of the Qingjiang River.

Key words: high elevation gravels; ESR dating; upper and middle reaches of the Qingjiang River; the formation of the Qingjiang River; cut-through of the Yangtze Three Gorges

清江为鄂西地区最大的长江支流, 发源于湖北省利川西侧的齐岳山, 向东横越鄂西南山地, 在枝

本文由中国地质调查局国土资源大调查项目(编号: 1212010911016; 1212010814057)资助。

收稿日期: 2011-12-07; 改回日期: 2012-01-06。责任编辑: 魏乐军。

第一作者简介: 王令占, 男, 1981年生。助理研究员。主要从事构造地质、新构造研究。通讯地址: 430205, 湖北省武汉市东湖开发区光谷大道69号。电话: 027-81381866。E-mail: ycwanglingzhan@126.com。

江市宜都城北汇入长江干流, 总长约 423 km(图 1), 由于它与长江干流三峡河段大体保持平行东流之势, 长期受到地质地貌学家广泛的关注。在清江的演化研究方面, 沈继方等(1996)和王增银等(1999)认为火烧坪、燕子岩一带为江汉盆地与恩施盆地水系的古分水岭, 西侧古水系向西注入恩施盆地, 东侧古水系则向东注入江汉盆地。杨达源(2006)基于对清江流域构造地貌、水系结构以及河流阶地等研究, 认为长阳火烧坪一带为最早的区域性分水地带, 东部(下游)曾发育多条互相之间大体平行东流的古宽谷, 中游半峡以西的清江干流为后生, 是在距今 100 多万年前通过河流袭夺贯通, 而上游则在大约中更新世晚期 20 万年之后, 通过地下暗河形式沟通, 从而奠定现代清江及清江流域基本轮廓。

前人研究表明鄂西山区自早中生代以来一直保持为区域性分水地带(李四光, 1924; 叶良辅等, 1925; 李承三, 1956; 王鸿祯, 1985; 王增银等, 1999; 杨达源, 2004, 2006; 王清晨, 2009), 大体上自黄陵背斜核部向南至火烧坪、燕子岩、五峰一带的南北向地带, 为曾经的区域分水岭, 清江水系为中更新世时期由东流入江汉盆地的古水系袭夺中、上游古水系形成(沈继方等, 1996; 王增银等, 1999; 杨达源, 2006)。但已有认识多是基于构造演化、地形地貌及水系结构特点等分析得出, 未见有关清江中上游古

水系及阶地等相关报道, 更没有年代数据的支持。

笔者近几年在鄂西地区进行地质调查过程中, 于清江中游建始(李家湾)、巴东(野三关杨叉坝)地区、上游利川(庙子坪、齐岳山)地区清江、长江分水岭地带发现多处残留的高海拔河流相砾石层, 已有专门报道(王令占等, 2010a, b, 2011), 认为其可能为古水系残留的高阶地, 指示清江中、上游地区曾经发育 NNE 向古水系。本文综合清江中、上游高海拔砾石层的 ESR 年龄, 结合地质地貌特征对其地质意义进行了探讨。

1 地质背景

清江流域处于中国第二级阶梯向第三级阶梯过渡地带。清江沿岸 70%属喀斯特地貌。上游从利川清江源至恩施城, 长约 153 km, 落差 1070 m, 占总落差的 75%以上, 有宽谷、峡谷及地下暗河相间。中游从恩施城至长阳县资丘镇, 长约 160 km, 落差 280 m, 两岸陡坡达 60°~80°, 属山地峡谷。下游从资丘镇至宜都市入长江口, 长约 110 km, 落差 80 m, 以宽谷、丘陵地貌为主。主要支流有马水河、忠建河、渔洋河, 较大的支流还有野三河、磨刀河、招徕河、东流溪、白炭河等。其中清江干流除清江下游段及清江源利川地区河段外, 其他河段河流方向均与构造线方向呈大角度交切关系。

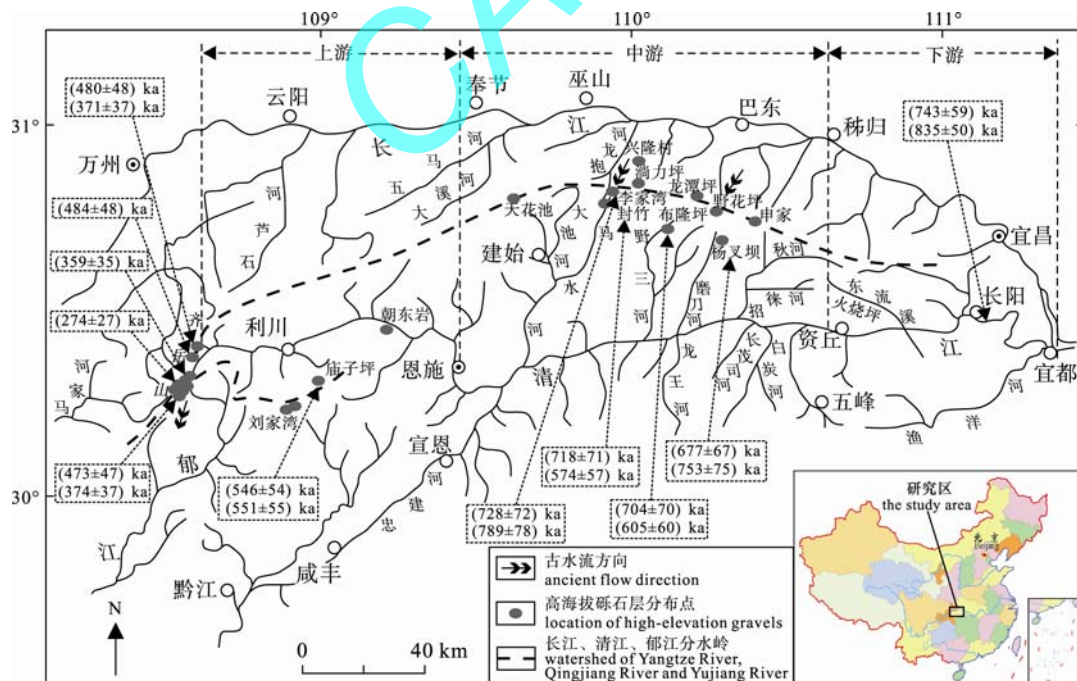


图 1 清江中上游地区高海拔砾石层分布位置及形成时代(底图据杨达源, 2006 改编; 中游砾石层 ESR 年龄引自王令占等, 2010a, b; 长阳县城清江阶地年龄引自杨达源, 2006)

Fig. 1 Location and formation age of high-elevation gravels in the upper and middle reaches of the Qingjiang River (after YANG Da-yuan, 2006; ESR dating of the gravels in the middle reaches after WANG Ling-zhan et al., 2010a, b; age of the Qingjiang terrace in Changyang County after YANG Da-yuan, 2006)

2 高海拔砾石层特征及 ESR 定年

早在 20 世纪 60 年代初就有在清江中上游高海拔位置发现砾石层的报道(沈玉昌, 1965)。但其报道的砾石层主要分布于建始、巴东地区。在最近的几次调查中, 我们在上游利川地区发现多处高海拔砾石层。这些砾石层具有以下特征: 海拔高, 均处于清江、长江分水岭高地, 砾石分选好, 磨圆度高, 粒度不大, 粒径多小于 3 cm, 砾石成分主要为灰岩(三叠系)、白云岩(三叠系), 次为砂岩(侏罗系)、粉砂质(志留系)、燧石(二叠系)、石英及少量铁质等, 以近源物质为主, 少量为远源物质, 砾石层规模小, 均被坡积物、黄土覆盖, 部分砾石层砾石扁平指示古水流自北北东(或北)向南南西(或南)流动(图 2)。砾石层特征表明其与前人所研究的宽谷中(或平台上)冰川产物(唐贵智等, 1997)或古河道产物(杨达源, 2006)的“泥砾堆积”有明显区别。而从它们所处的地貌位置来看, 这些砾石层并非现在的地面水流或地下暗河的产物, 而可能是古水系冲积物残留。其中部分砾石层(中游封竹、布隆坪上部, 上游纸厂坝、长五间、落水嵌)泥质含量较高, 并且不具典型冲积物结构, 可能已经不是原生的冲积物, 后期被移动过, 其 ESR 年龄也较为年轻, 如长五间砾石层 ESR 年龄仅为(274±27) ka。其他砾石层, 如庙子坪砾石层下部已具有一定程度的胶结, 应为原生冲积物, 其 ESR 年龄值应该反映古水系发育时代。

利用 ESR 方法测量可以获得老于 20 万年至百万年的碎屑沉积物的地质年龄(林敏等, 2005), 该方法测年范围可望覆盖整个第四纪(尹功明等, 2005)。已有很多研究者采用 ESR 方法对新生代以来的构造活动与沉积年龄进行了测定(吴珍汉等, 2002; 胡玲等, 2005; 张仲培等, 2007; 赵希涛等, 2008)。考虑到高海拔砾石层形成时代可能较老, 我们采用 ESR 方法对高海拔砾石层进行了定年。从表 1 新发现高海拔砾石层的 ESR 定年数据来看, 清江中游古水系发育时间为早更新世末至中更新世初, 上游利川地区古水系发育时间为中更新世中期。

3 结论和讨论

1) 清江中上游高海拔砾石层特征及 ESR 年龄表明, 清江中上游地区在早更新世末至中更新世中期发育总体上自北而南(NNE 向)的古水系, 其中中游古水系发育时间为早、中更新世之交, 上游古水系发育时间为中更新世中期。

2) 对清江演化的指示: 前人(王增银等, 1999; 杨达源, 2006)对清江演化的研究认为, 清江为下游向东流入江汉盆地的古水系袭夺中上游流入恩施盆地或四川盆地的古水系而成。杨达源等(2006)资料表明长阳附近的最老清江阶地形成于早、中更新世之交, 说明清江下游水系形成于早更新世末期。而在清江中上游地区发现的高海拔砾石层所指示的 NNE 向古水系的消亡可能是清江水系袭夺贯通的结果, 则古水系发育时间可能为水系袭夺的最早时间。这可能指示现代清江水系形成过程为: 流向江汉盆地的古水系于早、中更新世之交袭夺中游水系, 中更新世中期袭夺上游水系, 最终于中更新世中期之后整体贯通, 形成现代意义上的清江水系。即现代清江水系形成于中更新世中期之后, 与现代水系及地貌形成时期一致(吴锡浩, 1989; 葛肖虹等, 2006, 2010; 高名修, 2008)。

3) 对长江贯通三峡的启示: 前人对长江贯通三峡的时间和方式进行了大量的研究, 其中贯通时限从侏罗纪(李承三, 1956)至 0.15 ~ 0.2 Ma(赵诚, 1996; 赵诚等, 2000), 贯通方式上, 李四光(1924)认为黄陵背斜是华西和华东的分水岭, 流向江汉盆地的岭东之水, 于新近纪末至早更新世初, 袭夺了流向归州盆地和四川盆地的岭西之水, 贯通形成长江; 沈玉昌(1965)认为古近纪长江已存在, 是在三峡下段顺仙女山、红崖子和清江北的红层区东流的, 上新世或更新世早期改道至目前位置。杨达源(1988)认为古巫水是由 NE 向 SW 流向湖北利川, 后经袭夺东流, 巫峡和瞿塘峡都是袭夺点; 田陵君等(1996)提出两江的分水岭不是黄陵背斜, 而是相距 100 km 的奉节县瞿塘峡所在的齐岳山背斜, 岩溶作用在齐岳山形成地下河, 将两江连接, 后来的岩溶垮塌使地下河变成瞿塘峡。张加桂(2006)则认为, 三峡的连通不是简单的江汉平原水系与四川盆地水系的连通, 而是包括三峡库区段众多中小盆地及其水系的纵横交织连通, 连通过程中有地表水的溯源侵蚀作用, 也有地下水的溶蚀、风化和侵蚀作用。地下水作用形成地下河, 许多峡谷是地下河进一步溶蚀垮塌形成。地表河与地下河相连接构成长江主河道, 其认为虽然当时的水流有东西分流, 但没有明显的分水岭, 许多地段水流的方向因各盆地降雨量的变化频繁而改变。由于河流下切和新构造运动造成地表西升东降, 最后流向四川盆地的水改向东流, 形成统一的长江。

青藏高原的末次快速隆升在三峡地区表现为大

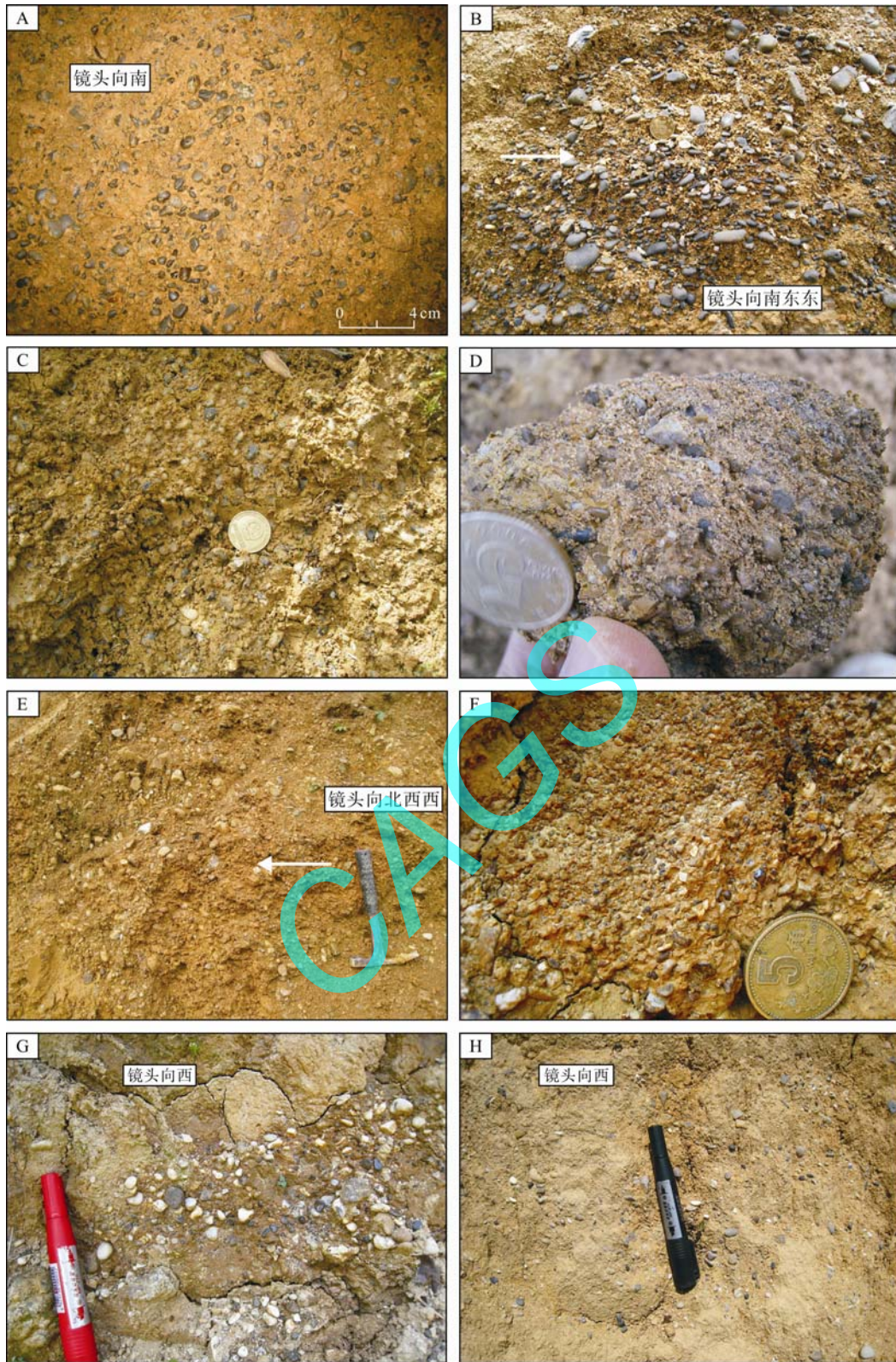


图 2 清江中上游高海拔砾石层特征

Fig. 2 Characteristics of high-elevation gravels in the upper and middle reaches of the Qingjiang River

A-清江支流马水河源头李家湾含粘土砂砾石层; B-李家湾砾石层顶部砾石扁平面缓倾角倾向 NNE, 指示水流流向 SSW;
 C-利川庙子坪砾石层特征; D-利川齐岳山熊家老房子砾石层剖面中部含粘土砂砾石; E-利川齐岳山椿木弯砾石层砾石扁平面倾向 NNE,
 指示水流流向 SSW; F-利川齐岳山大坪砾石层特征; G-利川齐岳山落水嵌砾石层特征; H-利川刘家湾砾石层特征
 A-Lijiawan gravels of the Mashui River; B-NNE-trending gravel flat surface, indicating SSW flow direction; C-characteristics of Miaoziping gravels,
 Lichuan area; D-Xiongjialaofangzi gravels in the Qiyue Mountain, Lichuan area; E-NNE-trending Chunmuwan gravel flat surface, indicating SSW
 flow direction in the Qiyue Mountain, Lichuan area; F-characteristics of Daping gravels in the Qiyue Mountain, Lichuan area; G-characteristics of
 Luoshuiqian gravels in the Qiyue Mountain, Lichuan area; H-characteristics of Liujiawan gravels, Lichuan area

表 1 清江中上游地区高海拔砾石层 ESR 年龄
Table 1 ESR dating of high-elevation gravels in the upper and middle reaches of the Qingjiang River

采样位置	地理坐标及海拔高度	样品物质	ESR 年龄/Ka	资料来源
杨叉坝(中游)	N30°38'35", E110°19'38", H1097 m	含砾细砂	677 ± 67	王令占等, 2010b
		含砾细砂	753 ± 75	
布隆坪(中游)	N30°46'43", E110°09'07", H1555 m	含砂砾红土	704 ± 70	王令占等, 2010b
		含砂砾红土	605 ± 60	
封竹(中游)	N30°48'54", E109°57'45", H1670 m	含砂砾红土	718 ± 71	王令占等, 2010b
		含砂砾红土	574 ± 57	
李家湾(中游)	N30°49'17", E109°58'03", H1644 m	含粘土砂砾	728 ± 72	王令占等, 2010a
		含粘土砂砾	789 ± 78	
庙子坪(上游)	N30°10'15", E109°00'07", H1463 m	含砂、砾粘土	546 ± 54	本文
		含砾细砂	551 ± 55	
熊家老房子(上游)	N30°17'30", E108°38'05", H1590 m	含砾细砂	480 ± 48	本文
		含粘土砂砾	371 ± 37	
沙坝(上游)	N30°13'38", E108°36'19", H1577 m	含粘土砂砾	484 ± 48	本文
纸厂坝(上游)	N30°09'58", E108°35'32", H1500 m	含粘土砂砾	359 ± 35	本文
长五间(上游)	N30°08'08", E108°33'43", H1602 m	含砂砾粘土	274 ± 27	本文
椿木弯(上游)	N30°05'18", E108°34'00", H1300 m	含粘土砂砾	473 ± 47	本文
		含粘土砂砾	374 ± 37	

注: 测试单位为中国地震局地震动力学国家重点实验室。

面积整体抬升(杨达源等, 2002), 并伴有自南西向北东的掀斜运动(阎桂林, 1994)。长江贯通三峡与清江贯通有着相同的大地构造背景, 从而指示长江贯通三峡的方式总体上可能也是自东向西(从黄陵背斜向西至齐岳山背斜)的不断袭夺, 而贯通时间则可能要稍早于清江。

致谢: 承蒙审稿专家的认真审阅, 提出许多非常宝贵的意见。野外工作中得到了中国地质大学(武汉)李长安教授的指导, 样品 ESR 测年由地震局地质研究所李建平老师完成, 武汉地质调查中心徐安武研究员、张开明教授级高级工程师、牛志军研究员、赵小明研究员参加了野外工作, 在此一并表示衷心的感谢。

参考文献:

- 高名修. 2008. 晚新生代地壳构造运动研究[J]. 地质力学学报, 14(4): 295-319.
- 葛尚虹, 任收麦, 马立祥, 吴光大, 刘永江, 袁四化. 2006. 青藏高原多期次隆升的环境效应[J]. 地学前缘, 13(6): 118-130.
- 葛尚虹, 王敏沛, 刘俊来. 2010. 重新厘定“四川运动”与青藏高原初始隆升的时代、背景: 黄陵背斜构造形成的启示[J]. 地学前缘, 17(4): 206-217.
- 胡玲, 何登发, 胡道功. 2005. 准噶尔盆地南缘霍尔果斯-玛

纳斯-吐谷鲁断裂晚新生代构造变形的 ESR 测年证据[J]. 地球学报, 26(2): 121-126.

李承三. 1956. 长江发育史[J]. 人民长江, (12): 3-6.

李四光. 1924. 峡东地质及长江之历史[J]. 中国地质学会志, 3(3-4): 351-391.

林敏, 尹功明, 丁艳秋, 崔莹, 陈克胜. 2005. 碎屑沉积物中石英低温 AI 心的 ESR 测年初探[J]. 地球学报, 26(S1): 255-257.

沈继方, 李焰云, 徐瑞春. 1996. 清江流域岩溶研究[M]. 北京: 地质出版社.

沈玉昌. 1965. 长江上游河谷地貌[M]. 北京: 科学出版社.

唐贵智, 陶明. 1997. 论长江三峡形成与中更新世大姑冰期的关系[J]. 华南地质与矿产, (4): 9-18.

田陵君, 李平忠, 罗雁. 1996. 长江三峡河谷发育史[M]. 成都: 西南交通大学出版社.

王鸿祯. 1985. 中国古地理图集[M]. 北京: 地图出版社.

王令占, 牛志军, 赵小明, 涂兵. 2010a. 鄂西建始中更新世高海拔砾石层的发现及意义[J]. 人民长江, 41(1): 58-60.

王令占, 牛志军, 赵小明, 涂兵. 2010b. 清江流域层状地貌面堆积物特征及地貌演化研究[J]. 人民长江, 41(8): 18-20.

王令占, 涂兵, 田洋, 谢国刚, 曾波夫. 2011. 鄂西利川清江源地区高海拔砾石层的发现与分析[J]. 人民长江, 42(11): 1-4.

王清晨. 2009. 中亚地区中生代以来的地貌巨变与岩石圈动力学[J]. 地质科学, 44(3): 791-810.

- 王增银, 姚长宏, 周梓良. 1999. 鄂西清江的形成与演化探讨[J]. 地质科技情报, 18(3): 25-29.
- 吴锡浩. 1989. 青藏高原东南部地貌边界与金沙江水系发育[J]. 山地研究, 7(2): 75-84.
- 吴珍汉, 江万, 吴中海, 张淑坤. 2002. 青藏高原腹地典型盆-山构造形成时代[J]. 地球学报, 23(4): 289-294.
- 阎桂林. 1994. 研究鄂西南清江流域的新构造运动——利用第四纪沉积物的磁化率各向异性特征[J]. 地球物理学报, 37(S2): 324-333.
- 杨达源, 李徐生, 柯贤坤, 周旅复, 陈德基, 杨天民, 薛果夫. 2002. 长江三峡坝区河谷深槽的地貌特征及其成因[J]. 地理学报, 57(5): 547-552.
- 杨达源. 1988. 长江三峡的起源与演变[J]. 南京大学学报, 24(3): 466-474.
- 杨达源. 2004. 长江研究[M]. 南京: 河海大学出版社.
- 杨达源. 2006. 长江地貌过程[M]. 北京: 地质出版社.
- 叶良辅, 谢家荣. 1925. 扬子江流域巫山以下地质构造与地文发育史[J]. 地质汇报, 7: 22-30.
- 尹功明, 林敏. 2005. 现代沉积物石英 E' 心的 ESR 测量[J]. 地球学报, 26(S1): 252-254.
- 张加桂. 2006. 长江在三峡库区段实现东流过程探讨[J]. 地质论评, 52(5): 656-156.
- 张仲培, 王清晨, 王毅. 2007. 库车坳陷克依构造带坎亚肯背斜变形序列及其 ESR 年代[J]. 地球学报, 28(1): 23-31.
- 赵诚, 王世梅. 2000. 长江三峡及其上游河流袭夺新认识[J]. 武汉水利电力大学(宜昌)学报, 22(3): 196-199.
- 赵诚. 1996. 长江三峡河流袭夺与河流起源[J]. 长春地质学院学报, 26(4): 428-433.
- 赵希涛, 胡道功, 张永双. 2008. 四川攀枝花格达组下伏砾石层成因和时代探讨与古金沙江河谷发育[J]. 地球学报, 29(1): 1-12.
- Plateau's first uplift: The implication of Huangling anticline and its enlightenment[J]. Earth Science Frontiers, 17(4): 206-217(in Chinese with English abstract).
- HU Ling, HE Deng-fa, HU Dao-gong. 2005. Electron Spin Resonance Dating of the Late Cenozoic Deformation of the Huoerguosi-Manas-Tugulu Reverse Faults along Southern Edge of Junggar Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 26(2): 121-126(in Chinese with English abstract).
- LI Cheng-san. 1956. Development history of the Yangtze River[J]. Yangtze River, (12): 3-6(in Chinese with English abstract).
- LI Si-guang. 1924. Geology of the Gorge district of the Yangtze (from Ichang to Tzekuer) with special reference to the development of the Gorges[J]. Bulletin of the Geological Society of China, 3(3-4): 351-391(in Chinese).
- LIN Min, YIN Gong-ming, DING Yan-qiu, CUI Ying, CHEN Ke-sheng. 2005. A Preliminary Study of ESR Dating for Aluminum Center in Quartz from Sediments[J]. Acta Geoscientica Sinica, 26(S1): 255-257(in Chinese with English abstract).
- SHEN Ji-fang, LI Yan-yun, XU Rui-cun. 1996. Karst Research of the Qingjiang River[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- SHEN Yu-chang. 1965. Valley landscape of The Yangtze River Upstream[M]. Beijing: Science Press(in Chinese).
- TANG Gui-zhi, TAO Ming. 1997. Discussion on relationship between the middle Pleistocene glaciation and formation of the Yangtze Gorges[J]. Geology and Mineral Resources of South China, (4): 9-18(in Chinese with English abstract).
- TIAN Ling-jun, LI Zhong-ping, LUO Yan. 1996. Development history of the Three Gorges valley[M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press(in Chinese).
- WANG Hong-zhen. 1985. Atlas of the Palaeogeography of China[M]. Beijing: Cartographic Publishing House(in Chinese).
- WANG Ling-zhan, NIU Zhi-jun, ZHAO Xiao-ming, TU Bing. 2010a. Discovery of High-elevation gravel during middle Pleistocene in Jianshi area and its significance[J]. Yangtze River, 41(1): 58-60(in Chinese with English abstract).
- WANG Ling-zhan, NIU Zhi-jun, ZHAO Xiao-ming, TU Bing. 2010b. Study of characteristics of layered landforms depositions and geomorphic evolution in the Qingjiang River Basin[J]. Yangtze River, 41(8): 18-20(in Chinese with English abstract).
- WANG Ling-zhan, TU Bing, TIAN Yang, XIE Guo-gang, ZENG

References:

- Bo-fu. 2011. Discovery and analysis of high-elevation gravel stratum in source area of Qingjiang River, Lichuan, west Hubei Province, China[J]. *Yangtze River*, 42(11): 1-4(in Chinese with English abstract).
- WANG Qing-chen. 2009. Topographic evolution and lithosphere dynamics in Central Asia since Mesozoic[J]. *Chinese Journal of Geology*, 44(3): 791-810(in Chinese with English abstract).
- WANG Zeng-yin, YAO Chang-hong, ZHOU Zi-liang. 1999. Formation and development of QingJiang River, In West of Hubei Province[J]. *Geological Science and Technology Information*, 18(3): 25-29(in Chinese with English abstract).
- WU Xi-hao. 1989. On Morphologic boundary of the south-eastern Qinghai-Xizang Plateau and development of Jinsha River System[J]. *Mountain Research*, 7(2): 75-84(in Chinese with English abstract).
- WU Zhen-han, JIANG Wan, WU Zhong-hai, ZHANG Shu-kun. 2002. Dating of Typical Basin and Range Tectonics in Central Tibetan Plateau[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 23(4): 289-294(in Chinese with English abstract).
- YAN Gui-lin. 1994. The study of the new tectonics in valley of the Qingjiang River with the Anisotropy of magnetic susceptibility of the Quaternary[J]. *Acta Geophysica Sinica*, 37(S2): 324-333(in Chinese with English abstract).
- YANG Da-yuan, LI Xu-sheng, KE Xian-kun, ZHOU Lu-fu, CHEN De-ji, YANG Tian-min, XUE Guo-fu. 2002. Geomorphic features and Origin of the Valley Bottom Troughs at the Site of Three Gorges Dam[J]. *Acta Geographica Sinica*, 57(5): 547-552(in Chinese with English abstract).
- YANG Da-yuan. 1988. The Origin and Evolution of The Three Gorges of The Changjiang Yangtze River[J]. *Journal of Nanjing University(Mathematical Biquarterly)*, 24(3): 466-474(in Chinese with English abstract).
- YANG Da-yuan. 2004. Study on the Changjiang River[M]. Nanjing: Hohai Publishing House(in Chinese).
- YANG Da-yuan. 2006. Geomorphological process of the Yangtze River[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- YE Liang-fu, XIE Jia-rong. 1925. Geological structure and physiographic developing history of the Yangtze drainage area backward Wushan Mountain[J]. *Geological Report*, (7): 22-30(in Chinese).
- YIN Gong-ming, LIN Min. 2005. ESR Dating of Modern Sediment Samples with Quartz E' Center[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 26(z): 252-254(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Jia-gui. 2006. Probing on the Realization Process of Orient Run-through of Yangtze River along Three Gorges Reservoir Sector[J]. *Geological Review*, 52(5): 656-166(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Zhong-pei, WANG Qing-chen, WANG Yi. 2007. Progressive Structural Deformation and ESR Dating Ages of Kan-yaken Anticline in Kelasu-Yiqikelike Structural Belt of the Kuqa Depression[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 28(1): 23-31(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Cheng, WANG Shi-mei. 2000. New Recognition of River Captures in Three Gorges and Its Upper Reaches[J]. *Journal of University of Hydraulic and Electric Engineering/yichang*, 22(3): 196-199(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Cheng. 1996. River Capture and Origin of the Yangtze Gorges[J]. *Journal of Changchun University of Earth Sciences*, 26(4): 428-433(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Xi-tao, HU Dao-gong, ZHANG Yong-shuang. 2008. Genesis and Age of the Gravels underlying the Xigeda Formation of Panzihua, Sichuan, China, and Valley Development of the Ancient Jinsha River[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 29(1): 1-12(in Chinese with English abstract).