

## 鄂西清江河流演化研究进展

Research progress on the evolution of Qingjiang River  
in western Hubei Province金维群<sup>1</sup>, 肖尚斌<sup>2,3</sup>, 常宏<sup>1</sup>, 赵信文<sup>1</sup>, 魏宝华<sup>2</sup>

(1. 中国地质调查局 宜昌地质调查中心, 湖北 宜昌 443003; 2. 三峡大学 湖北省水电工程施工与管理重点实验室, 湖北 宜昌 443002; 3. 中国科学院 地球环境研究所, 陕西 西安 710075)

中图分类号: Q55

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)03-0088-04

河谷地貌和河流阶地的观测是新构造研究的重要方面, 通过野外河流阶地的调查和年代测试, 探讨阶地的发育特征、河谷下切历史, 可以为研究地壳运动及分析区域稳定性提供认识。清江属中等规模河流, 自成体系, 气候控制因素相对单一, 通过解剖流域第四纪环境变化及其对河流演化的控制与影响, 可以为认识更复杂的大河流演化提供基础。作者在对有关清江流域地貌及其河流演化的研究进行较系统综述的基础上, 指出了存在的问题和今后研究的方向。

## 1 清江概况

清江为湖北境内长江一级支流, 发源于齐岳山, 经利川、恩施、鹤峰、宣恩、来凤、建始、巴东、五峰、长阳等县市, 在宜都汇入长江, 全长 423 km, 总落差 1 430 m。清江几乎与长江平行, 流域位于湖北西南部, 流域面积 17 000 km<sup>2</sup>。清江地处长江中游暴雨区, 多年平均雨量 1 400 mm, 年径流总量 135 亿 m<sup>3</sup>, 单位面积产水量相当于长江三峡以上河段的 2 倍。清江支流众多, 左岸各级支流有 49 条, 右岸有 56 条, 河长一般较短, 所有支流均流向清江干流, 无分河道。一级支流有 25 条, 流域面积在 500 km<sup>2</sup> 以上的支流有忠建河、马水河、野三河、龙王河、招徕河、丹水、渔洋河, 共 7 条。

清江流域及其周缘地区, 大地构造归属于扬子准地台的二级单元八面山台褶带, 该台褶带展布于鄂西南、湘西北地域, 北部与鄂西-鄂中褶皱断块区相邻, 西部与四川台坳盆地毗连, 而清江流域的河口地段展布在江汉盆地边缘<sup>[1]</sup>。

清江流域处于中国第二级阶梯向第三级阶梯过

渡地带, 属云贵高原区的东北端中低山区, 地势自西向东倾斜, 山势逐步降低。西部山岭高程 1 000~2 000 m, 东部由 1 000 m 降至河口的数十米。流域内除上游利川、恩施、建始三个盆地及河口附近有少数丘陵平原外, 其余均为高山, 山区占 80% 以上, 构成“八山半水分半田”的格局, 且“分半田”以山坡田为主。流域山势陡峻, 河谷深切, 河道狭窄、滩多, 比降大。震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、三叠系、二叠系、白垩系、下第三系及第四系地层均有出露。全流域无火成岩出露; 石灰岩出露广泛, 沿岸有 70% 的地区属喀斯特地貌, 且大多为侵蚀构造, 溶洞十分发育, 石芽、石洞、伏流、盲谷、溶蚀洼地遍布。

清江上游段从河源至恩施城, 长约 153 km, 属高山河谷型, 总落差 1 070 m, 占干流总落差的 75%, 平均比降 6.5‰, 集水面积约 3 700 km<sup>2</sup>。中游段从恩施城至长阳县资丘镇, 长约 160 km, 总落差约 280 m, 平均比降为 1.8‰; 河道绝大部分流经深山峡谷, 两岸陡坡达 60°~80°, 属山地河流型, 河床一般为岩石, 覆盖层多为卵石, 枯水期河宽一般为 10~60 m, 水深一般为 1.5 m 左右, 集水面积约 9 800 km<sup>2</sup>。下游段从资丘镇至宜都市入长江口, 长约 110 km, 属半山地河流型, 总落差约 80 m, 河床平均比降 0.73‰。

收稿日期: 2008-11-04; 修回日期: 2009-12-28

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212010814008); 中国博士后特别资助基金项目(200801440); 中国博士后基金项目(20070421132); 湖北省青年杰出人才基金项目(2008CDB382)

作者简介: 金维群(1964-), 男, 湖北嘉鱼人, 教授级高级工程师, 主要从事地质灾害与环境地质相关研究工作, E-mail: jwjqun@126.com

## 2 研究现状

20世纪80年代以来,随着高坝洲、隔河岩、水布垭水电站在清江上的建设,清江流域及其邻区地壳稳定性等关键地质问题得到了持续的研究,特别是对于断层、断裂系统、构造应力场的研究系统而深入<sup>[1~5]</sup>。这些研究表明,清江流域第四纪以来的构造变形弱、断裂活动不强;大区域主要表现为间歇性整体上升,形成多期夷平面和多级河流阶地及多层次状岩溶地貌;抬升幅度不同块体之间存在一定差异导致了鄂西隆起和江汉拗陷悬殊的西高东低地势。

### 2.1 山地夷平面

鄂西山地夷平面可划分为3期5级夷平面,大致以五峰-云台荒-巴东为轴线,各级夷平面向东西两侧逐渐倾斜,从而构成了区域上以鄂西隆起区为中心,向东江汉拗陷区、向西成都断陷区逐级层状下降地貌<sup>[2,5]</sup>,并造成在区域上较高的地区出现比较老的地貌、在较低的山谷地区形成相对较新的地貌类型。

### 2.2 阶地

河流阶地是过去某个时期的河床被废弃后形成的河流地貌,它以地貌和沉积物两种方式记录了河流系统对过去环境变化的响应情况<sup>[6]</sup>。长期以来,河流阶地在第四纪地貌与环境研究中占有重要地位;根据各级阶地基座相对于现代河床的高差及其相应的下切时间,还可以判断河谷的下切速率<sup>[6,7]</sup>。阶地面曾经是过去的河床,代表了河道由堆积向下切过程的转变,可根据它来恢复过去的古河道或反演河道演变过程;阶地地面的形成则可代表古河床侧向侵蚀的过程<sup>[8]</sup>。阶地沉积物的厚薄和颗粒粗细等特征在一定程度上反映了古气候变化<sup>[9]</sup>,而包含在沉积物中的器具、古生物化石等则记录了人类及其他古生物的活动情况,这也间接地反映了气候变化<sup>[10]</sup>。

河流阶地的形成过程可大致概括为侧向侵蚀形成阶地基座、阶地沉积物的堆积及形成阶地的下切过程三方面<sup>[11]</sup>。研究表明,阶地基座是河谷在较长时间内处于平衡或准平衡状态时形成的,即当河谷的径流量和泥沙含量均较大,且径流搬运能力与由泥沙产生的抵抗能力相当时,河谷主要表现为侧向侵蚀,形成宽谷面<sup>[11]</sup>。由于第四纪气候变化主要表现为冰期-间冰期旋回,而气候的这种周期性变化又通过气候-植被带的上下(或南北)迁移影响到河流沉积物

通量和径流量的变化<sup>[12]</sup>。因而,不少研究者将河流阶地的形成与第四纪气候变化联系起来<sup>[13]</sup>。而作为层状地貌面的一种,河流阶地也被看作是地质构造运动的一个直接证据,例如,它曾被广泛应用于青藏高原抬升研究<sup>[14]</sup>。此外,也有大量研究者认为河流阶地的形成是海平面升降变化的结果<sup>[15]</sup>。关于河流阶地的形成时间,也有多种看法。Penck等<sup>[16]</sup>于1909年在有关阿尔卑斯山冰期研究中,开创性地将阿尔卑斯山前陆平原的阶地形成时间与阿尔卑斯四次冰期联系起来,认为山前阶地的沉积物是古冰川作用及其相关的冰水沉积的直接产物,堆积于冰期,而促使河流阶地形成的下切过程则发生在间冰期。Pan等<sup>[7]</sup>的研究表明,形成祁连山沙沟河阶地的下切行为发生在冰期-间冰期转型期。Bridgland<sup>[10]</sup>对英国泰晤士河流阶地的研究后则表示,阶地沉积物的堆积过程主要发生在冰期,河流的下切过程既可出现在冰期间冰期转型期,也可发生在间冰期-冰期过渡期。看来,不能简单地认为河流阶地的形成遵循于哪一种模式,其实际形成过程可能要复杂得多,应将不同地区,甚至不同河段的河流地貌发育过程区别对待<sup>[6]</sup>。

尽管阶地在河流地貌研究中具有举足轻重的地位,但是在清江流域的研究却十分薄弱,特别是在中游未见与阶地相关的研究报道。初步的研究认为<sup>[1, 2, 5]</sup>,清江上游一般发育4级阶地,且主要是基座阶地,堆积物具二元结构,以冰川堆积物为主。根据冰期对比分析其中形成时代为中更新世早期至晚更新世晚期,其中第1级阶地为侵蚀阶地,大致相当于云梦群夷平面。清江下游一般发育5~7级基座阶地。根据阶地上堆积物时代对比,下游比上游多2~3级高基座阶地,即多级中更新世以前形成的阶地。综上所述,鄂西山区从更新世到全新世出现过多次间歇式的上隆过程<sup>[2]</sup>。

### 2.3 岩溶地貌

王增银等在分析鄂西清江流域地质背景的基础上,根据构造运动发展史和古水文网的发育演变,对区内溶洞发育的区域特征及形成条件进行了初步分析<sup>[17]</sup>,着重对岩溶地貌及演化过程进行了研究,划分了岩溶发育期<sup>[17, 18]</sup>。认为清江流域成层状岩溶地貌的发育与夷平面的形成相辅相成,都是鄂西山区上部地壳隆起抬升过程中的产物,自上而下也可大致分为5层,其发育高程基本上可与5级夷平面

发育高程相当或略低于同级夷平面高程。

## 2.4 河流演化

通过对鄂西清江地区构造运动发展演化研究,王增银等<sup>[19]</sup>认为清江是在中更新世时期由江汉盆地水系袭夺恩施盆地水系形成的,两个盆地古水系的分水岭在火烧坪、燕子岩一带。清江中游河段是清江形成前后变化最大的河段。清江未形成前,渔峡口以西属恩施盆地水系,水自东向西流入恩施盆地;其东属江汉盆地水系,水自西向东流,清江形成后河水自西向东流入江汉盆地。由于该段河谷两岸地势较高,大部分在 1 300 m 以上,所以河流沿袭原有河谷发育,河床一直以下切侵蚀为主,河谷深窄,两岸陡峭,多为“V”型峡谷。从盐池河以下河床平均坡降为 0.125%、盐池河以上平均坡降为 0.25%,河床调整还没有结束,仍存在下切侵蚀作用<sup>[19]</sup>。清江形成后,该段河流的支流也发生相应的变化,大多数支流在原有河谷基础上继续发育河床以下切侵蚀为主,形成深切的峡谷,河床平均坡降多在 1%以上。有的支流因受清江干流流向改变的影响,河流发生改道。如招徕河在清江形成前属于恩施盆地水系,原河谷沿虎洞、半边坑、转马池、赵家围汇入干流。清江形成后,受河流改向东流的影响,使得原河流在虎洞附近发生 90°转弯,横切半峡背斜轴部,改在招徕河村附近排入清江,原河谷形成岩溶槽谷<sup>[20]</sup>。

## 3 分析及展望

已有关于清江流域的研究,主要是以地壳稳定性为中心进行的,而对清江流域第四纪环境与河流演化的研究总体上是零碎的、不系统的,以下几方面有待于进一步研究。

其一,已有研究偏重于强调地壳整体性的抬升对河流演化、夷平面、阶地、岩溶作用的影响和控制,而对流域第四纪环境与气候变迁及其影响的研究少有涉及。仅有的报道为黄俊华等人<sup>[21]</sup>对清江和尚洞石笋碳、氧同位素记录的 19.0~6.9 ka BP 古气候与古环境征的初步分析。今后的研究应加强用多种手段和方法对流域第四纪环境开展深入分析,包括土壤钙结岩 C 和 O 稳定同位素和土壤有机质 C 稳定同位素分析、阶地堆积物粘土分析、孢粉分析等等。只有在深入解剖流域第四纪环境基础上,才能探讨环境变迁与河流演化的关系。

其二,作为河流地貌最重要组成部分之一的河

流阶地,已有的报道仅停留在上游发育 4 级阶地、下游发育 5~7 级阶地这种笼统的模糊描述上,既不具体更缺乏年龄数据。在中游,则未见与阶地相关的研究报道。

传统的河流阶地研究基本上都以阶地上的河流堆积物为主要对象,而通常忽略对侵蚀阶地或阶地基座的研究。最近的研究表明,利用钙质胶结的地下水钙结岩,讨论地壳抬升与稳定的发展阶段、再造当时的地形发展过程<sup>[22, 23]</sup>,并可以利用它来讨论地下水位的变化历史等<sup>[24, 25]</sup>。因为地下水钙结岩中的碳酸盐沉淀于地下水位附近<sup>[26]</sup>、紧邻低地下水位之处<sup>[27]</sup>,且仅形成于地下水位距地表小于 5 m 的环境,接近于地下水体,特别是在淡水和咸水混合的地下水出流带<sup>[28, 29]</sup>。因此,无论是作为阶地基座的地下水钙结岩,还是位于古河道内的其他钙结岩,均可指示胶结时的河水深度,其年龄则可以通过 ESR、U 系测年等方法获取。

因此,需要以大量野外调查为基础,应用自然地理学和沉积学的手段,对不同类型的阶地采用不同的方法进行研究。对阶地上的河流堆积物,进行详细的沉积学分析,包括粒度分析、垂向层序、空间分布特征等。对与河流阶地发育关系密切的岩溶地貌要进一步深入研究,以揭示二者的内在联系;对其他河流地貌单元也要进行细致的调查和分析,包括古河道形态特征、河床沉积等等。

其三,根据王增银等<sup>[19]</sup>的研究,位于清江中游的火烧坪、燕子岩一带为古清江东西段的分水岭。该认识是基于构造演化、地形特点等分析得出的,而没有阶地等直接证据,更没有年代数据的支持。

此外,已有关于长江三峡段河流阶地发育与演化的研究相对较多<sup>[30, 31]</sup>,黄陵背斜被认为是古长江东、西段的分水岭<sup>[32]</sup>,这与清江也有类似之处<sup>[19]</sup>。由于清江流域与长江三峡宜昌段属于同一个大地构造单元、在第四纪也具有一致的地壳活动历史,并且气候背景一致,因此需要加强两地的对比以推动研究工作的深入。

### 参考文献:

- [1] 徐瑞春,谢广林,吴树人. 清江流域断裂活动性与地壳稳定性研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 胡道功. 清江流域活动断裂与地壳稳定性研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 1997.
- [3] 吴树仁. 鄂西清江流域及其邻区地壳稳定性评价[J]. 地球学报, 1996, 17(1): 1-10.

- [4] 吴树仁. 鄂西清江流域中新世区域构造应力场研究[J]. 中国地质科学院院报, 1995, 2: 135-149.
- [5] 吴树仁. 清江流域地壳稳定性工程地质研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995.
- [6] Merritts D J, Vincent K R, Wohl E E. Long river profiles, tectonism, and eustasy: A guide to interpreting fluvial terraces [J]. **Journal of Geophysical Research**, 1994, **99**(B7): 14031-14050.
- [7] Pan B, Burbank D, Wang Y, *et al.* A 900 ky record of strath terrace formation during glacial-interglacial transitions in northwest China [J]. **Geology**, 2003, **31**(11): 957-960.
- [8] Wegmann K W, Pazzaglia F J. Holocene strath terraces, climate change, and active tectonics: The Clearwater River basin, Olympic Peninsula, Washington State [J]. **Geological Society of America Bulletin**, 2002, **114**(6): 731-744.
- [9] Vandenberghe J. Timescales, climate and river development [J]. **Quaternary Science Reviews**, 1995, 14: 631-638.
- [10] Bridgland D R. River terrace systems in northwest Europe: an archive of environmental change, uplift and early human occupation [J]. **Quaternary Science Reviews**, 2000, 19: 1293-1303.
- [11] Bull W B. *Geomorphology* [M]. New York: Oxford University Press, 1991. 1-326.
- [12] Starkel L. Climatically controlled terraces in uplifting mountain areas [J]. **Quaternary Science Reviews**, 2003, 22: 2189-2198.
- [13] Vandenberghe J. Climate forcing of fluvial system development: An evolution of ideas [J]. **Quaternary Science Reviews**, 2003, 22: 2053-2060.
- [14] 李吉均, 方小敏, 马海洲, 等. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1996, **26**(4): 316-322.
- [15] Litchfield N J, Berryman K R. Correlation of fluvial terraces with in the Hikurangi Margin, New Zealand: implications for climate and baselevel controls[J]. **Geomorphology**, 2005, 68: 291-313.
- [16] Penck A, Brckner E. *Die alpen im Eiszeitalter* [M]. Leipzig: Tauchnitz, 1909. 1-1199.
- [17] 王增银, 万军伟, 姚长宏. 清江流域溶洞发育特征[J]. 中国岩溶, 1999, **18**(2): 151-158.
- [18] 王增银, 沈继方, 徐瑞春, 等. 鄂西清江流域岩溶地貌特征及演化[J]. 地球科学, 1995, **20**(4): 439-444.
- [19] 王增银, 姚长宏, 周梓良. 鄂西清江的形成与演化探讨[J]. 地质科技情报, 1999, **18**(3): 25-29.
- [20] 王增银, 韩庆之. 清江半峡神女洞形成环境及研究意义[J]. 中国岩溶, 1998, **17**(3): 227-232.
- [21] 黄俊华, 胡超涌, 周群峰. 湖北清江和尚洞石笋的高分辨率碳氧同位素及古气候研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, **25**(5): 505-509.
- [22] Nash D J, Smith R F. Multiple calcrete profiles in the Tabernas Basin, southeast Spain: their origins and geomorphic implications [J]. **Earth Surface Processes and Landforms**, 1998, **23**(11): 1009-1029.
- [23] Kelly M, Black S, Rowan J S. A calcrete-based U/Th chronology for landform evolution in the Sorbas basin, southeast Spain [J]. **Quaternary Science Reviews**, 2000, 19: 995-1010.
- [24] Nash D J, McLaren S J. Kalahari valley calcretes: Their nature, origins, and environmental significance [J]. **Quaternary International**, 2003, **111**(1): 3-22.
- [25] Thomas D S G, Shaw P A. Late Quaternary environmental change in central Southern Africa: New data, synthesis, issues and prospects [J]. **Quaternary Science Reviews**, 2002, 21: 783-797.
- [26] Alonso-Zarza A M. Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates and calcretes in the geological record[J]. **Earth-Science Reviews**, 2003, 60: 261-298.
- [27] Tandon S K, Andrews J E. Lithofacies associations and stable isotopes of palustrine and calcrete carbonates: Examples from an Indian Maastrichtian regolith [J]. **Sedimentology**, 2001. **48**(2): 339-355.
- [28] Wright V P, Tucker M E. *Calcretes: An introduction*[A]. Wright V P, Tucker M E. *Calcretes*[C]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991. 1-22.
- [29] Arakel A V, Jacobson G, Salehi M, *et al.* Silicification of calcrete in palaeodrainage basins of the Australian arid zone [J]. **Australian Journal of Earth Sciences**, 1989, 36: 73-89.
- [30] 向芳, 朱利东, 王成善, 等. 长江三峡阶地的年代对比法及其意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2005, 2: 162-166.
- [31] 杨达源. 长江三峡阶地的成因机制[J]. 地理学报, 1988, **43**(2): 120-126.
- [32] 范代读, 李从先, Yokoyama K, 等. 长江三角洲晚新生代地层独居石年龄谱与长江贯通时间研究[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2004, **34**(11): 1015-1022.

(本文编辑: 刘珊珊)