

河流对0.8 Ma B.P.环境突变事件的地貌响应研究

胡春生^{1,2}, 周迎秋^{1,2}

(1. 安徽师范大学国土资源与旅游学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 安徽自然灾害过程
与防控研究省级实验室, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 以兰州盆地0.8 Ma B.P.阶地为例证, 运用古地磁测年方法, 通过收集相关文献, 分析讨论了0.8 Ma B.P.阶地与0.8 Ma B.P.环境突变事件的联系。结果表明: ① 0.8 Ma B.P.环境突变事件主要表现在气候转型、构造运动等方面, 具有群发性和全球性特点; ② 兰州盆地以及其他区域0.8 Ma B.P.阶地存在的证据, 表明河流在0.8 Ma B.P.前后普遍发生过一次下切事件; ③ 0.8 Ma B.P.阶地是河流对0.8 Ma B.P.环境突变事件的地貌响应, 构造运动为提供了下切驱动力, 而气候变化则控制了切时间。

关 键 词: 河流阶地; 0.8 Ma B.P.; 环境突变事件; 地貌响应; 兰州盆地

中图分类号: P931.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2014)05-0614-07

中更新世早期(0.8 Ma B.P.前后)地球环境发生了重大转变, 是第四纪冰川作用以来全球最重大的环境事件^[1]。无论是西风区的大西洋记录^[2], 还是季风区的太平洋记录^[3,4], 均一致地反映了全球气候波动频率的变化, 由2.5~0.8 Ma B.P.间的41 ka周期和21 ka周期为主, 转变为0.8 Ma B.P.以后的100 ka周期为主。同时气候变化的振幅也相应显著增大, 并在约0.9 Ma B.P.由早先的振幅小于理论计算值, 突然变化到此后与理论计算值相当, 并导致全球冰量增加, 称为“中更新世革命”^[5]。而同期天山、昆仑山剧烈隆起^[6], 发生了对中国自然地理格局有重要影响的昆黄运动主幕^[7], 至此青藏高原隆升至3 000 m, 全面进入冰冻圈^[8]。

河流系统是塑造地貌形态的重要外营力^[9], 它能够对外部因素变化, 如构造抬升、气候变化和基准面变化等做出积极而敏感响应^[10], 并将这些变化信息记录到河流形态、河流沉积物和河流地貌中^[11], 其中河流阶地正是河流地貌的重要组成部分。河流有没有对0.8 Ma B.P.环境突变事件产生地貌响应而发育河流阶地呢? 正是基于这个疑问, 我们通过对兰州盆地河流阶地古地磁测年研究, 并辅以黄土古土壤序列对比, 结合相关文献, 探讨河流对0.8 Ma B.P.环境突变事件的地貌响应问题。

1 0.8 Ma B.P.环境突变事件的特征

根据收集的相关文献, 我们梳理总结了0.8 Ma B.P.前后地球环境发生的环境变化情况, 发现0.8 Ma B.P.前后地球环境发生了深刻变化, 不仅气候发生明显转变, 而且其他环境因素也发生了剧变, 其主要表现大致可分为气候转型、构造运动、黄土扩张、生物演化以及天文陨击等诸多方面^[2~4, 12~34](表1), 由此可见, 0.8 Ma B.P.环境突变事件是更新世中期最具有革命性的环境突变事件, 既具有群发性, 又具有全球性。

2 0.8 Ma B.P.河流阶地存在的证据

2.1 兰州盆地0.8 Ma B.P.阶地

河流阶地的采样点位于兰州盆地的枣树沟阶地和五一山阶地, 均为典型基座型阶地。其中, 枣树沟阶地基座拔河80 m, 砾石层厚约4 m, 河漫滩相粉砂层厚约6.5 m, 其上约64 m厚的风成黄土堆积, 野外鉴定出风成黄土部分含有8个古土壤组合, 为古土壤序列S1~S8, 且最底部发育了古土壤S8。五一山阶地基座拔河140 m, 砾石层厚约5 m, 河漫滩相粉砂层厚约10.5 m, 其上约100 m厚的风成黄土堆积, 野外鉴定出风成黄土部分含有9个

收稿日期: 2013-11-19; 修订日期: 2014-01-10

基金项目: 国家自然科学基金(41301011)、安徽师范大学国土资源与旅游学院科研团队项目(asdgl0903)资助。

作者简介: 胡春生(1978-), 男, 安徽无为, 讲师, 主要研究方向为自然地理学方面。E-mail: huchsh03@163.com

表1 0.8 Ma B.P.环境突变事件的表现特征

表现特征	环境变化证据	资料来源
气候转型	大西洋钻孔 V28-238 和 V28-239 记录	[2]
	太平洋钻孔 ODP849 和 ODP807A 记录	[3,4]
	中国黄土和红土沉积谱分析	[12,13]
	东亚季风环流与大陆冰量关系	[14]
	中国第四纪冰期间冰期旋回	[15]
构造活化	昆垭运动, 黄河运动和昆黄运动	[7,16]
	玉门砾岩层发生变形	[17]
	青藏高原全面进入冰冻圈	[8]
	孟加拉海底扇沉积物变化	[18]
黄土扩展	中国西北沙漠格局基本形成并扩展	[19,20]
	黄土南界推移到长江以南地区	[21,22]
	天山、昆仑山、秦岭黄土开始堆积	[23~25]
	东北黄土开始堆积	[26]
生物演化	南海 17957-2 柱状样有放射虫组合变化	[27]
	麻黄-藜事件	[28]
	中国南北动物区系分异明显	[29]
天文陨击	亚澳陨击事件	[30]
	华南沿海原生玻璃陨石	[31]
	网纹红土和黄土堆积中的玻璃陨石	[32,33]
	广西百色大梅南山遗址的玻璃陨石	[34]

古土壤组合,为古土壤序列 Sm~S8,且最底部发育了古土壤 S8。

野外主要进行了古地磁年代样品的采集。剖面底部采取 0.5 m 等间距采样,剖面上部采取 1~2 m 不等间距采样,枣树沟阶地剖面 and 五一山阶地剖面分别获得古地磁年代样品 58 块和 61 块,共计 119 块样品。

古地磁样品经过前处理后,采用热退磁方法进行测量,以获取样品的磁偏角和磁倾角数据。其中,枣树沟阶地古地磁样品的测量,在中国科学院地质与地球物理研究所 2G-755 超导磁力仪上完成。通过对比标准古地磁年表^[35],并结合剖面古土壤的轨道调谐年龄^[36],得出枣树沟阶地的年代为 0.865 Ma B.P.(图 1)。

五一山阶地古地磁样品的测量,在兰州大学西部环境教育部重点实验室 2G-760R 超导磁力仪上完成。通过对比标准古地磁年表^[35],并结合剖面古土壤的轨道调谐年龄^[36],得出五一山阶地的年代为 0.865 Ma B.P.(图 2)。因而,通过古地磁测年及

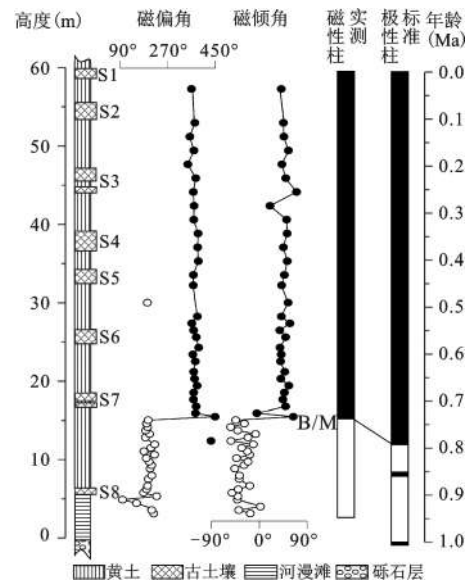


图1 枣树沟阶地黄土剖面及古地磁年代

Fig.1 The loess section and paleomagnetic dating of Zaoshugou section

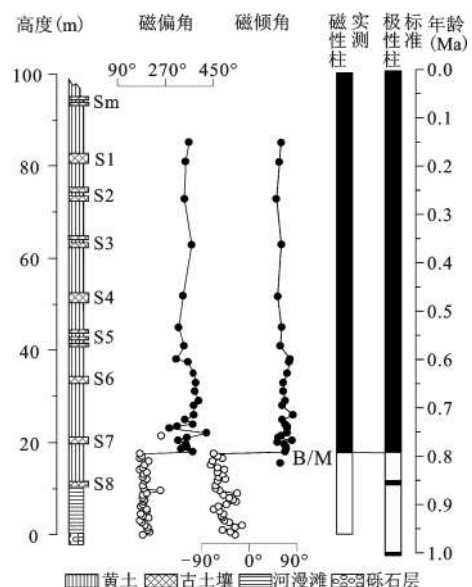


图2 五一山阶地黄土剖面及古地磁年代

Fig.2 The loess section and paleomagnetic dating of Wuyishan section

古土壤序列对比研究,我们发现枣树沟阶地和五一山阶地属于同一级河流阶地,并且其年代均为 0.865 Ma B.P.。

2.2 其他区域0.8 Ma B.P.阶地

除兰州盆地发现存在 0.8 Ma B.P.阶地的证据外,其他一些河流也相继发现了 0.8 Ma B.P.前后河流阶地存在的证据。例如,黄河的黑山峡、吴堡、

禹门口、韩城、三门峡等地,长江的重庆、三峡、宜昌等地,渭河的陇西、宝鸡等地,珠江的文昌、吴川等地,先后发现了大量的0.8 Ma B.P.前后河流阶地^[37-54](表2)。

不仅如此,国外也有涉及0.8 Ma B.P.河流阶地的研究。例如,英国泰晤士河就存在年代为0.8 Ma B.P.前后的阶地^[55,56],标志着在早中更新世之交其流域范围发生了重要改变,同时埃文河最老阶地的年代也在0.85 Ma B.P.前后^[55]。虽然上述河流阶地的年代上存在一定的差异,但是考虑到测年技术的限制及误差以及河流发育阶地历时较长,我们认为它们基本都是在0.8 Ma B.P.前后形成的

河流阶地。由此可见,0.8 Ma B.P.河流阶地的存在是极其普遍的河流地貌现象,并且标志着一次普遍性的下切事件。

3 分析与讨论

根据上述0.8 Ma B.P.环境突变事件以及0.8 Ma B.P.阶地证据的实验和整理分析,发现两者具有很强的同步性。我们基于河流阶地的发育理论,以兰州盆地0.8 Ma B.P.河流阶地为例证,分析与讨论0.8 Ma B.P.环境突变事件和0.8 Ma B.P.河流阶地之间的内在联系。

表2 其他区域河流的0.8 Ma B.P.阶地
Table 2 The 0.8 Ma B.P. terraces. of other regions

河流	地点	阶地序	年代(Ma B.P.)	定年方法	资料来源
黄河	黑山峡	T9	0.742	钙膜	[37]
	河曲	T3	0.787	古地磁	[38]
	吴堡	T5	0.787	古土壤对比	
	吴堡	T5	0.85		
	禹门口	T5	0.85	古土壤对比	[39]
	韩城	T5	0.85		
	潼关-三门峡	T5	0.85		
	三门峡	T4	0.865	古地磁	[40]
	三门峡-扣马	T4	0.86	古地磁	[41]
	湟水谷地	T5	0.78	古土壤对比	[42]
长江	宜昌、重庆	T4	0.73	古地磁	[43]
	长江三峡	T4~T6	0.73	古地磁	[44]
	长江三峡	T5	0.73	古地磁	[45]
	重庆	T5	0.812~0.830	ESR	[46]
	长江三峡	T5	0.70~0.73	ESR	[47]
		T6	0.86		
	岷江传子沟		0.83	TL	[48]
	金沙江禄劝	高阶地	0.791	ESR	[49]
	金沙江金坪子		0.8661	ESR	
渭河	陇西	T7	0.86	古地磁	[50]
	宝鸡	T4	0.8	古地磁	[41]
	洛河	T4	0.8	古地磁	[52]
	渭河	T4	0.82	古地磁 古土壤对比	[53]
	灞河	T4	0.82		
	洛河	T4	0.8		
	泾河	T4	0.82		
珠江	文昌	T3	0.859	裂变径迹	[54]
	吴川	T3	0.859		

3.1 阶地发育理论分析

河流阶地发育的主要因素有构造运动、气候变化和侵蚀基准面的下降等^[9]。而侵蚀基准面下降可归为构造运动和气候变化的影响,所以构造运动和气候变化在阶地的发育中起着主要作用。

1) 地面抬升驱动阶地发育。构造运动(表现为地面抬升)通过降低河流的局部乃至终极侵蚀基准面,造成河床坡度加大和溯源侵蚀增强,进而发育河流阶地。河流阶地被认为是由于地面上升引起河流下切形成的,而沿河分布的阶梯状河流阶地序列,也被认为是地面间歇性上升的结果。早期兰州阶地研究认为阶地与新构造运动之间蕴含着关系^[57],并进一步认为每一级阶地是一次构造抬升旋回的结果,由此得出青藏高原东北部更新世以来的阶段性抬升过程^[6],同时在西宁地区的研究也得出青藏高原东北缘14 Ma以来的阶段性抬升过程^[58]。伊比利亚半岛特茹河河流阶地的研究认为,河流阶地发育是源于脉冲式的构造抬升^[59]。

2) 气候变化驱动阶地发育。气候变化(主要表现为气候变暖或变冷)通过影响河流的水量和含沙量来影响河流过程,进而形成河流阶地。一般认为河流在冰期发生沉积,间冰期时河流发生侵蚀下切,进而发育阶地。冰期-间冰期气候变化与河流沉积-下切行为存在着严格的对应关系。泰晤士河^[56]和黄河^[60]河流阶地的研究发现,河流的下切和阶地的形成往往是发生在气候由冰期向间冰期的转型期。而索伦特河的研究,也发现在一次冰期-间冰期旋回下该河流发育多级河流阶地,河流很可能在逐渐变暖和逐渐变冷的两个气候转型期都发生下切并发育阶地^[61]。河西走廊平原区的研究也表明河流阶地发育主要受气候变化的影响^[62]。

3) 构造-气候驱动阶地发育。虽然单纯的构造运动或气候变化能一定程度解释河流阶地的发育,但仍有其适用的局限性和解释的不全面性。因此学者更倾向于认为河流阶地是在构造运动和气候变化共同作用下形成的,并认为气候变化很可能控制着河流堆积-下切河流行为的转变(河流阶地的形成年代),而地面上升则很可能为河流持续下切提供驱动力,两者在河流阶地发育过程中同等重要^[56,63,64]。即便在构造活跃的山区,河流阶地也常被看成是气候变化和地面上升共同作用的结果^[65-67]。

3.2 0.8 Ma B.P.阶地的成因分析

兰州0.8 Ma B.P.阶地的存在,表明兰州盆地在

0.8 Ma B.P.前后发生过一次强烈河流下切事件,使黄河至今已下切超过80 m,其成因分析应综合考虑区域古环境变化信息以及阶地的沉积学特征。兰州盆地枣树沟阶地和五一山阶地均为基座阶地,基座拔河都超过80 m,阶地沉积学特征表明其具有典型的构造运动成因属性。同时已有研究表明在0.8 Ma B.P.前后青藏高原发生了一次强烈的构造抬升运动^[7],该运动不仅在昆仑山^[7]和祁连山^[17]有强烈的记录,而且在青藏高原东北部的循化盆贵德盆地^[68]和西宁盆地^[69]也有清楚的记录。考虑到兰州盆地邻接青藏高原东北部,再结合青藏高原东北部同期发生的大量构造运动信息,我们认为青藏高原隆升是造成兰州盆地0.8 Ma B.P.阶地发育的重要因素之一。

同时注意到在枣树沟阶地和五一山阶地河漫滩相粉砂层顶(风成黄土底部)都发育了古土壤S8。古土壤层一般反映了暖湿的间冰期环境^[21],那么可以推断得出兰州盆地0.8 Ma B.P.阶地的下切(阶地的年代)是发生在冰期向间冰期的转型期,即0.8 Ma B.P.阶地最终形成于间冰期环境,这表明气候变化在兰州盆地0.8 Ma B.P.阶地形成的过程中也同样不可或缺。因此,结合上述成因分析,我们认为兰州盆地0.8 Ma B.P.阶地是构造运动和气候变化共同作用的产物,地面上升为河流下切提供了驱动力,而气候变化则控制着河流下切的时间(河流阶地的形成年代),表明构造-气候共同驱动了河流阶地的发育。兰州盆地其他河流阶地的研究结果也得出了相近的结论^[60]。

基于上述河流阶地发育理论分析,以及兰州盆地0.8 Ma B.P.阶地成因分析的例证,并结合0.8 Ma B.P.前后地球环境在构造运动、气候变化等方面发生的显著而深刻的变化。我们认为之所以众多河流发育了0.8 Ma B.P.阶地,正是由于0.8 Ma B.P.环境突变事件为河流阶地提供了完美的发育条件,特别是其强烈的构造运动为河流阶地的发育提供了下切驱动力,而剧烈的气候变化则控制了河流下切的时间。因此,0.8 Ma B.P.环境突变事件是0.8 Ma B.P.阶地形成的根本原因,而0.8 Ma B.P.阶地则是河流对0.8 Ma B.P.环境突变事件的地貌响应。

4 结 论

1) 0.8 Ma B.P.前后地球环境发生了显著的

变化,是更新世中期最具有革命性的环境突变事件,其既具有群发性、又具有全球性,主要表现在气候转型、构造运动、黄土扩张、生物演化以及天文陨击等诸多方面。

2) 通过古地磁测年和黄土古土壤序列对比,发现兰州盆地枣树沟阶地和五一山阶地的年代均为 0.865 Ma B.P.。综合分析沉积学特征、古土壤 S8 发育以及构造运动信息,发现兰州盆地 0.8 Ma B.P.阶地是构造运动和气候变化共同作用的结果。

3) 兰州盆地以及其他区域 0.8 Ma B.P.河流阶地存在的证据,表明众多河流在 0.8 Ma B.P.前后发生过一次普遍性的下切事件,预示着河流对同一事件的共同响应,并由此发育形成了大量 0.8 Ma B.P.阶地。

4) 0.8 Ma B.P.环境突变事件为河流阶地提供了完美的发育条件,是 0.8 Ma B.P.阶地形成的根本原因,强烈的构造运动为河流阶地的发育提供了驱动力,剧烈的气候变化控制了河流下切的时间,而 0.8 Ma B.P.阶地则是河流对 0.8 Ma B.P.环境突变事件的地貌响应。

参考文献:

- [1] 孙鸿烈,郑 度.青藏高原形成演化与发展[M].广州:广东科技出版社,1998.
- [2] Pisias N G, Moore T C. The evolution of Pleistocene climate: a time series approach[J]. *Earth and Planetary Science Letter*, 1981, **52**(2): 450-458.
- [3] Raymo M E, Oppo D W, Curry W. The mid-Pleistocene climate transition: A deep sea carbon isotopic perspective[J]. *Plaeoceanography*, 1997, **12**(4): 546-559.
- [4] 吴旻哲,乔振军,邵 磊.西太平洋 807A 孔的元素地球化学特征及其对中更新世气候转型期的记录[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2010, **30**(2): 67-74.
- [5] Berger A, Loutre M F. Insolation value for the climate of the last 10 million years[J]. *Quaternary Science Research*, 1991, **10**(4): 97-317.
- [6] 毕志伟,杨振京,徐建明,等.塔里木盆地腹地第四纪沉积物粒度特征及其沉积环境[J]. *干旱区地理*, 2009, **32**(5): 335-339.
- [7] 崔之久,伍永秋,刘耕年.昆仑-黄河运动的发现及其性质[J]. *科学通报*, 1997, **42**(18): 1986-1989.
- [8] 施雅风.第四纪中期青藏高原冰冻圈的演化及其与全球变化的联系[J]. *冰川冻土*, 1998, **20**(3): 197-208.
- [9] 杨景春,李有利.地貌学原理[M].北京:北京大学出版社,2001.
- [10] Schumm S A, Dumont J F, Holbrook J M. Active Tectonics and Alluvial Rivers[M]. Cambridge U K: Cambridge University Press, 2002.
- [11] Cohen M K, Stouthamer E, Berendsen A J H. Fluvial deposits as a record for Late Quaternary neotectonic activity in the Rhine-Meuse delta, The Netherlands[J]. *Netherlands Journal of Geosciences*, 2002, **81**(3-4): 389-405.
- [12] Guo Z T, Liu D S, Fedoroff N, et al. Shift of the monsoon intensity on the loess plateau at ca. 0.85 Ma B.P.[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1993, **38**(7): 586-591.
- [13] 张明强,朱丽东,姜永见,等.九江 JL 红土剖面记录的中更新世气候转型事件[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2010, **30**(6): 115-123.
- [14] 刘东生,丁仲礼.二百五十万年来季风环流与大陆冰量变化的阶段性耦合过程[J]. *第四纪研究*, 1992, **12**(1): 12-23.
- [15] 张 威,刘蓓蓓,崔之久,等.中国第四纪冰川作用与深海氧同位素阶段的对比和厘定[J]. *地理研究*, 2013, **32**(4): 628-637.
- [16] LI Jijun. The environmental effects of the uplift of the Qinghai-Xizang plateau[J]. *Quaternary Science Reviews*, 1991, **10**(6): 479-483.
- [17] 刘栋梁,宋春晖,方小敏,等.榆木山地区玉门砾岩磁性地层及其对青藏高原东北部变形隆升意义[J]. *地质学报*, 2012, **86**(6): 898-905.
- [18] Amano K, Taira K. Two phase uplift of higher Himalayas since 17 Ma[J]. *Geology*, 1992, **20**(1): 391-394.
- [19] 郭光剑,潘保田,管清玉,等.中更新世全球最大冰期与中国沙漠扩张[J]. *冰川冻土*, 2002, **24**(5): 544-549.
- [20] 杨 东,方小敏,彭子成,等.陇西六盘山黄土及最近 1.8 Ma B.P. 以来的构造运动与气候变化[J]. *地理科学*, 2006, **26**(2): 192-198.
- [21] 刘东生.黄土与环境[M].北京:科学出版社,1985.
- [22] 乔彦松,郭正堂,郝青振,等.安徽宣城黄土堆积的磁性层序与古环境意义[J]. *地质力学学报*, 2002, **8**(4): 369-375.
- [23] 方小敏,史正涛,杨胜利,等.天山黄土和古尔班通古特沙漠发育及北疆干旱化[J]. *科学通报*, 2002, **47**(7): 540-545.
- [24] 方小敏,吕连清,杨胜利,等.昆仑山黄土与中国西部沙漠发育和高原隆升[J]. *中国科学(D)*, 2001, **31**(3): 177-184.
- [25] 方小敏,李吉均,Rob Van der Voo.西秦岭黄土的形成时代与物源区关系探讨[J]. *科学通报*, 1999, **44**(7): 779-782.
- [26] 曾 琳,鹿化煜,戈双文,等.我国东北地区黄土堆积的磁性层序年代与古气候变化[J]. *科学通报*, 2011, **56**(27): 2267-2275.
- [27] 杨丽红,陈木宏,王汝建,等.南海南部 1.2 Ma B.P. 以来古生态环境突变事件的放射虫记录[J]. *科学通报*, 2002, **47**(14): 1098-1102.
- [28] 童国榜,羊向东,王苏民,等.第四纪气候事件的孢粉记录[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1998, **18**(3): 13-22.
- [29] 马宗晋,聂高众,张培震.地球构造变动对土壤分带格局和古气候事件的影响[J]. *第四纪研究*, 1995, **15**(1): 1-12.
- [30] Schnetzler C C, Garvin J B. Where in the world is the Australasian tektite source crater?[J]. *EOS*, 1993, **74**(43): 388-389.
- [31] 朱照宇,周厚云,乔玉楼,等.华南玻璃陨石的原生层位及其事件地层学意义[J]. *地质力学学报*, 2001, **7**(4): 296-302.
- [32] 吴锡浩,徐和聆,蒋复初,等.长江中下游地区网纹红土中撞击事件记录的首次发现与初步研究[J]. *地质地球化学*, 1995, **23**(4): 83-86.

- [33] 马配学,候泉林,柴之芳,等.陕西段家坡黄土剖面中布容/松山古地磁界线附近磁异常的发现及其启示[J].地质学报,1998,72(2):173~177.
- [34] 王 颀,莫进尤,黄志涛.广西百色盆地大梅南山遗址发现与玻璃陨石共生的手斧[J].科学通报,2006,51(18):1261~1265.
- [35] Cande S C, Kent D V. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the late Cretaceous and Cenozoic[J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100(B4): 603~609.
- [36] Ding Z L, Derbyshire E, Yang S L, et al. Stacked 2.6 Ma grain size record from the Chinese loess based on five sections and correlation with the deep-sea $\delta^{18}\text{O}$ record[J]. Paleoclimatology, 2002, 17(3): 501~521.
- [37] 邢成起,尹功明,丁国瑜,等.黄河黑山峡阶地的砾石 Ca 膜厚度与粗碎屑沉积地貌面形成年代的确定[J].科学通报,2002,47(3):167~172.
- [38] 王均平.黄河中游晚新生代地貌演化与黄河发育[D].兰州:兰州大学博士论文,2006.
- [39] 朱照宇,丁仲礼.中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化[M].北京:地质出版社,1994.
- [40] 潘保田,王均平,高红山,等.从三门峡黄河阶地的年代看黄河何时东流入海[J].自然科学进展,2005,15(6):700~705.
- [41] 苏 怀,王均平,潘保田,等.黄河三门峡至扣马段的阶地序列及成因[J].地理学报,2009,63(7):745~750.
- [42] 曾永年,马海洲,李 珍,等.西宁地区湟水阶地的形成与发育研究[J].地理科学,1995,15(3):253~258.
- [43] 谢 明.长江三峡地区第四纪以来新构造上升速度和形式[J].第四纪研究,1990,10(4):308~316.
- [44] 杨达源.长江研究[M].南京:河海大学出版社,2004.
- [45] 田陵君,李平忠,罗 雁.长江三峡河谷发育史[M].成都:西南交通大学出版社,1996.
- [46] 陈宝冲.试用阶地纵剖面线图分析长江三峡地区的地壳运动[J].科学导报,1996,14(11):12~13.
- [47] Li Jijun, Xie Shiyu, Kuang Mingsheng. Geomorphic evolution of the Yangtze Gorges and the time of their formation[J]. Geomorphology, 2001, 41(2-3): 125~135.
- [48] 赵小麟,邓启东,陈社发.岷山隆起的构造地貌学研究[J].地震地质,1994,16(4):429~439.
- [49] 杨达源,韩志勇,葛兆帅,等.金沙江石鼓-宜宾河段的贯通与深切地貌过程的研究[J].第四纪研究,2008,28(4):564~568.
- [50] 刘小丰,李明永,刘洪春,等.渭河陇西段河流对构造-气候变化的响应[J].干旱区资源与环境,2010,24(11):68~72.
- [51] 陈 云,童国榜,曹家栋,等.渭河宝鸡段河谷地貌的构造气候响应[J].地质力学学报,1999,5(4):49~56.
- [52] 岳乐平,薛祥煦.中国黄土古地磁学[M].北京:地质出版社,1996.
- [53] 张猛刚.渭河中下游河流阶地的演化模式[D].西安:西北大学,2003.
- [54] 朱照宇,周厚云,欧阳婷萍,等.华南红土阶地中与更新世地貌事件[J].第四纪研究,2002,22(6):590.
- [55] Maddy D, Bridgland D R, Green C P. Crustal uplift in southern England: evidence from the river terrace records[J]. Geomorphology, 2000, 33(3-4): 167~181.
- [56] Maddy D, Bridgland D R, Westaway R. Uplift-driven valley incision and climate-controlled river terrace development in the Thames Valley, U K[J]. Quaternary International, 2001, 79(1): 23~36.
- [57] 黄汲清.中国新构造运动的几个类型[C].//中国科学院地学部.中国科学院第一次新构造运动座谈会发言记录.北京:科学出版社,1957.
- [58] 鹿化煜,安芷生,王晓勇,等.最近 14 Ma 青藏高原东北缘阶段性隆升的地貌证据[J].中国科学(D),2004,34(9):855~864.
- [59] Cunha P P, Martins A A, Huot S, et al. Dating the Tejo river lower terraces in the Rodao area (Portugal) to assess the role of tectonics and uplift[J]. Geomorphology, 2008, 102(1): 43~54.
- [60] Pan B T, SU H, HU Z B, et al. Evaluating the role of climate and tectonics during non-steady incision of the Yellow River: evidence from a 1.24 Ma terrace record near Lanzhou, China[J]. Quaternary Science Reviews, 2009, 28(27-28): 3281~3290.
- [61] Vanderberghe J. The fluvial cycle at cold-warm-cold transitions in low land regions: A refinement of theory[J]. Geomorphology, 2008, 98(3-4): 275~284.
- [62] 李有利,杨景春.河西走廊平原区全新世河流阶地对气候变化的响应[J].地理科学,1997,17(3):248~252.
- [63] Bridgland D R, Maddy D, Bates M. River terrace sequences: templates for Quaternary geochronology and marine-terrestrial correlation[J]. Journal of Quaternary Science, 2004, 19(2): 203~218.
- [64] 许刘兵,周尚哲.河流阶地形成过程及其驱动机制再研究[J].地理科学,2007,27(5):672~677.
- [65] Pan B T, Burbank D R, Wang Y, et al. A 900 ka record of strath terrace formation during glacial-interglacial transitions in north-west China[J]. Geology, 2003, 31(11): 957~960.
- [66] Wang A, Smith A J, Wang G, et al. Late Quaternary river terrace sequences in the eastern Kunlun Range, northern Tibet: A combined record of climatic change and surface uplift[J]. Journal of Asian Earth Science, 2009, 34(4): 532~543.
- [67] 高红山,潘保田,郭光剑,等.祁连山东段河流阶地的形成年代与机制探讨[J].地理科学,2005,25(2):197~202.
- [68] 李吉均.青藏高原的地貌演化与亚洲季风[J].海洋地质与第四纪地质,1999,19(1):1~11.
- [69] 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升[J].中国科学(D),1996,26(4):316~322.

Geomorphic Response of the River to the Environmental Change Event at 0.8 Ma B.P.

HU Chun-sheng^{1,2}, ZHOU Ying-qiu^{1,2}

(1.College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China;

2. Anhui Key Laboratory of Natural Disaster Process and Preventing and Controlling, Wuhu, Anhui 241000, China)

Abstract: Based on a large number of research data on the environmental change events at 0.8 Ma B.P. and the 0.8 Ma B.P. terraces, this paper, which takes the Lanzhou Basin as an example, discusses the internal relationship between the 0.8 Ma B.P. terraces and the events of environmental change at 0.8 Ma B.P.. In the Lanzhou Basin, there are two river terraces, namely the Zaoshugou terrace and the Wuyishan terrace, which are selected respectively as the study terraces. For the Zaoshugou terrace, the altitude of gravel stratum is 80 m higher than the river level. The top of the gravel stratum is covered by at least 64 m eolian loess, and the paleosol S8 is at the bottom of the eolian loess. While for the Wuyishan terrace, the altitude of gravel stratum is 140 m higher than the river level. The top of the gravel stratum is overlain by about 100 m eolian loess, and the paleosol S8 is also at the bottom of the eolian loess. Through the paleomagnetic dating and loess-paleosol sequence matching, it is discovered that these two terraces have the same age, and both were developed at about 0.865 Ma B. P.. According to the analysis of sedimentary characteristics and the correlative literature of tectonic movement, these two terraces show significant attribute of the tectonic movement genesis. At the same time, they also have similar lithology that there is a paleosol developed on the top of fluvial silt. It shows that the Yellow River downcut during the transition from glacial to interglacial. Therefore, the 0.8 Ma B.P. terraces in the Lanzhou Basin were formed under the combination of tectonic movement and climate change. The main results show that: 1) With group-occurring and global characteristics, the environment change events at 0.8 Ma B.P. are mainly manifested in the climate transition, tectonic movement, loess expansion, biological evolution, astronomy meteorite and so on; 2) the Zaoshugou terrace and the Wuyishan terrace were formed at about 0.865 Ma B. P., which were developed under the combination of tectonic movement and climate change; 3) The universal existence of the 0.8 Ma B.P.P terraces in the Lanzhou Basin and other regions verifies that there was a large-scale river down cutting event which resulted in the formation of 0.8 Ma B.P. terraces; 4) The environment change events at 0.8 Ma B.P. are the direct cause of development of the 0.8 Ma B.P. terraces. The intensive tectonic movement provides the driving force for the development of river terraces, and the dramatic climate transition controls the time of river incision. Therefore, the 0.8 Ma B.P. terraces are the geomorphic response to the 0.8 Ma B.P. events of environment change.

Key words: river terrace; 0.8 Ma B.P.; events of environmental change; geomorphic response; Lanzhou Basin