

文章编号: 1000-0550(2010)01-0176-07

重庆丰都玉溪剖面的沉积学和气候意义^①

史威^{1,3} 朱诚² 李世杰¹ 马春梅²

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所 南京 210008; 2. 南京大学地理与海洋科学学院 南京 210093;
3. 江苏教育学院地理系 南京 210013)

摘要 重庆丰都玉溪剖面 AMS¹⁴C 测年(校正为日历年)配合考古器物断代,证实约 8 500~4 800 aBP 间该剖面地层基本连续。玉溪剖面下部洪水淤砂—坡积物互层(31~10 层)与上部坡积层(9~3 层)形成鲜明对比,反映沉积物源和沉积环境曾发生过显著变化。研究认为,Rb、Sr 等代用指标曲线的变化特征与剖面沉积结构变化相吻合,揭示了剖面上、下沉积结构的差异主要与不同气候背景有关;剖面下部堆积较厚、持续时间较短及沉积速率较快的洪水淤砂—坡积物互层,是研究区气候不稳定条件下水文异常变化的结果。进一步分析认为,该剖面沉积物的微观隐性代用指标与宏观显性结构的对应性特点还反映,研究区全新世大暖期气候存在阶段性的变化,约 8 500~7 200 aBP 为大暖期中的气候不稳定阶段;而约 7 200~4 800 aBP 则体现了大暖期鼎盛阶段暖湿稳定的气候特点,其转折点发生在 7 200 aBP 前后。

关键词 玉溪剖面 沉积物源 沉积环境 Rb 和 Sr 全新世大暖期 气候阶段性变化

第一作者简介 史威 男 1966 年出生 博士后 副教授 环境演变与全球变化 E-mail: geo_shiwei@126.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 引言

气候条件是影响沉积过程的主要外部因素之一,沉积物的某些特征和现象甚至可以直接指示气候变化^[1,2],而有些沉积类型则往往是特定气候条件下的产物^[3~5]。全新世气候变化研究中,寻找或发现能够反映气候变化过程和特征的连续沉积体极为重要,这是学者们对陆上研究通常首先考虑湖泊或山地泥炭等沉积作为主要研究对象的重要原因之一,但这并不意味着其它沉积类型一定不具备记录气候变化的客观条件和物质基础,笔者认为本文渝东三峡区的玉溪剖面所反映的沉积特征和现象值得深入探讨和研究。由于构造和地貌等自然原因,研究区全新世以来的沉积体难以完整保存,沉积剖面的缺层以及时代的不连续现象极为普遍,次生地层甚至发生地层倒置的现象也不鲜见。在渝东三峡低海拔河谷区(目前已淹没),玉溪剖面能够保持近 3 700 a(约 8 500~4 800 aBP)基本完整的连续沉积就显得尤其难得。因该剖面含少量文化器物 and 多层洪水淤砂层,曾有学者从考古学方面和古洪水发生角度对其做过较为深入的研究^[6~8],但并未对该剖面在沉积学和气候上的意义做

过研究和分析。考虑到该剖面受人类活动影响不大,利用代用指标进一步探讨自然环境变化或气候变化,不仅可以而且也是必要的。

目前,过去的全球变化研究(PAGES)以及国际气候变化和可预测性研究计划(CLIVAR)都很重视全新世尤其大暖期阶段气候变化的不稳定性研究^[9],因为越来越多的证据表明大暖期气候存在不稳定性^[10~16]。自 Hafsten 最早提出全新世大暖期(Hysithermal)概念并认为其所处时间段为 8.2~3.5 kaBP^[17]以来,全新世气候变化研究进入了一个新阶段,随后许多中外学者对大暖期起讫及持续时间提出了各自不同的观点^[18~21]。本文渝东三峡区正处在东亚季风影响的大陆腹地,是东亚季风、西南季风和高原(青藏高原)季风相互作用的核心地带,对冬、夏季风进退和强弱变换有着相当的敏感度,可以说它是全新世气候变化区域响应特征和机制研究的典型区域之一。以往本区全新世气候分析多依赖周边高海拔(超过 1 700 m)泥炭和岩洞中石笋的研究结果^[22~26],缺少低海拔河谷区与之对比和印证的研究对象,因此,玉溪剖面恰可在此方面发挥其独特的作用。

^①国家自然科学基金青年基金项目(批准号:40701190)、国家自然科学基金重大计划项目(编号:90411015)、南京大学分析测试基金(批准号 L0209001320)资助。

收稿日期:2008-10-18; 收修改稿日期:2009-02-04

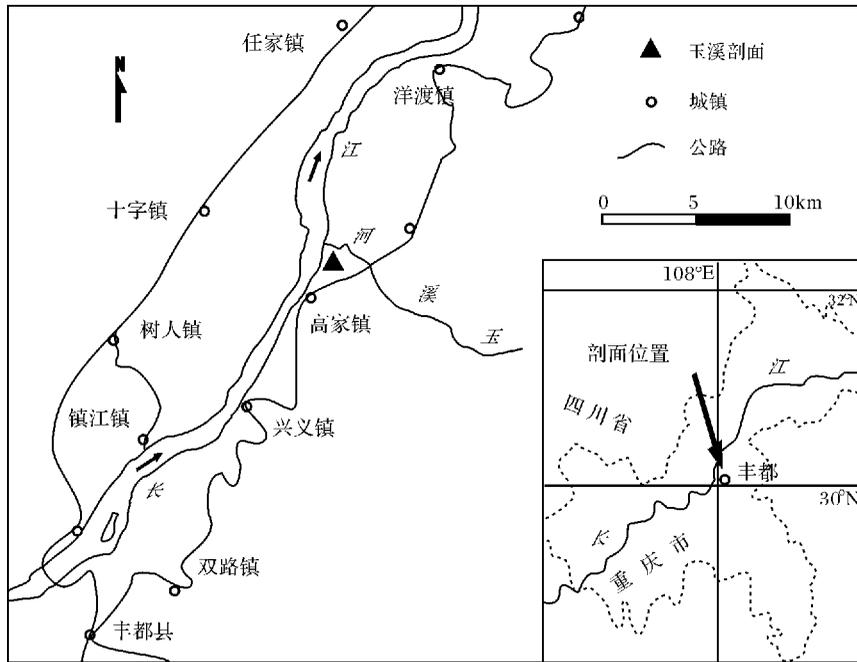


图1 玉溪剖面位置示意图

Fig.1 Location of Yuxi profile

1 剖面概况

玉溪剖面位于渝东三峡区丰都县长江右岸的一级阶地,顶面海拔近155 m,厚约7 m,中心地理座标为E107°51'41",N30°02'14"(图1)。在AMS¹⁴C测年(校正为日历年)及部分地层中碎陶片推定时代的基础上,将不同时期形成的坡积物和洪水淤砂划分为31层。除剖面顶部3~2层间存在缺层现象外,31~3层基本连续(约8 500~4 800 aBP)。玉溪剖面中文化器物碎片主要含夹在坡积层中,数量很少,反映当时人类活动对沉积物的影响有限,实地调查和观测认为玉溪剖面基本属于自然沉积体。31~3层连续沉积明显分为上、下两种结构(图2),即上部为含少量碎陶片的坡积层(9~3层),下部为洪水淤砂层与含鱼骨渣坡积物的互层堆积(31~10)。从地层堆积形态看,虽然倾斜度较大,但层理清晰可辨,层间接触清楚,相互混杂的情况很少,为原生顺序堆积。

2 材料与方法

2006年1月对玉溪T0403、T0402剖面31层共采(1)质量磁化率样品497个,采样间距为1.4 cm,样品由南京大学区域环境演变研究所捷克AGICO公司生产的KLY—3(卡帕桥)型磁化率仪测定;(2)Hg样品48个,采样间距为14.5 cm,样品由南京大学现

代分析中心原子吸收光谱仪所测,(3)Rb和Sr样品48个,采样间距为14.5 cm,样品由南京大学现代分析中心X荧光光谱仪(XRF)所测;(4)粒度样品采自第14、16、22、24、26和28洪水层,粒度参数由北京师范大学地理科学学院Malvern Mastersizer 2000激光粒度仪测定。另外,AMS¹⁴C年代样品取自玉溪剖面第7、9、11、21和27层的动物骨头碎片和有机碳粒,样品测定由北京大学重离子物理研究所加速器完成,采用CALIB^[27]软件进行日历年校正。

3 结果

上述各指标测试结果为:(1)磁化率值变化范围在40.44~133.70(SI)之间,平均值为70.02;(2)Hg值变化范围在201.98~1370.27 ng·kg⁻¹之间,平均值为663.67 ng·kg⁻¹;(3)Rb、Sr及Rb/Sr值变化范围分别在88~118 μg·g⁻¹、130~208 μg·g⁻¹和0.47~0.91之间,平均值分别为95.08 μg·g⁻¹、159.85 μg·g⁻¹和0.58。上述Rb、Sr各项指标与黄土高原全新世褐土、黑垆土(合水、扶风和户县)以及南京老虎山下蜀黄土剖面相应各项参数值接近^[28-29];(4)洪水淤砂层粒度参数测试分析结果见表2。如表1所示,5个AMS¹⁴C年代经校正后分别为6 653~7 030、7 162~7 312、7 416~7 673、7 427~7 754和8 156~8 371(1σ, cal aBP),与器物推定时代吻

合^[8]。因剖面上部第3层含玉溪坪文化陶片,年代应在4 800 aBP前后^[6],底部第31层经沉积速率外推,年代约为8 500 aBP。

表1 玉溪剖面 AMS¹⁴C 年代采样深度以及测试和校正数据
Table 1 Sampling depth and testing result of AMS¹⁴C dating samples from Yuxi profile

地层编号	深度/m	AMS ¹⁴ C 测年/aBP	校正年代/aBP(1 σ , CL)
7	1.76	6001 ± 89	6653 ~ 7030
9	2.40	6300 ± 40	7162 ~ 7312
11	2.75	6637 ± 90	7416 ~ 7673
21	4.70	6720 ± 100	7427 ~ 7754
27	5.78	7411 ± 55	8156 ~ 8371

注:样品由北京大学重离子物理研究所加速器所测,日历年经 CALIB 软件校正^[27]

4 讨论与结论

从沉积学角度分析,玉溪剖面上、下部沉积物(图2)所反映的物源与沉积环境存在明显差异。上部沉积物(9~3层)主要来自剖面近处上方雨水冲刷和坡面漫流携带下来的物质,与上部风化壳成分一致,以细粉沙和黏土为主,含有细小角砾碎屑,不均匀,缺乏分选。下部沉积物(31~10层)为洪水淤砂与坡积物互层,其中坡积物成分和来源与上部沉积物一致,而洪水淤砂层则以粗、中粒径粉砂为主,相对均匀,有一定分选性(表2为玉溪剖面下部14、16、22、24、26和28层洪水淤砂层的粒度参数)。从图2中地层年代数据及取样深度可知,9至3层的堆积期约为7 200~4 800 aBP,平均堆积速率约为0.83 mm/a; 31至10层的堆积期约为8 500~7 200 aBP,平均堆积速率约为3.46 mm/a,下部洪水淤砂与坡积物互层的堆积速率显著高于上部坡积物,这显然是由下部频繁出现洪水快速堆积造成的结果。其中,第21~11层间的平均沉积速率达到34.5 mm/a,反映7 754~7 416 aBP间洪水事件尤其频繁剧烈。

玉溪剖面上部坡积物中可见少量洪水遗迹,说明上部地层也曾遭受过洪水侵袭^[7-8],但终究没有形成和下部一样显著的古洪水淤砂层,这说明在玉溪剖面上、下部两个不同堆积时间段里,古洪水发生的规模、频率有明显区别。尽管剖面下部位置较低,较上部更易于遭洪水侵袭;但对长江上游大洪水期的涨幅来讲,玉溪剖面上下部高差的影响作用就显得不是那么重要了。历史时期记录的大洪水皆可轻易使玉溪剖面没顶,如距玉溪剖面下游20 km外的忠县石刻、水

碑等^[30]记录,当时忠县的洪水高度就已显著高于其上游20 km外的玉溪剖面顶部,最高记录可以没其顶近10 m,更不用说当时玉溪本地的洪水水位了。再如1981年洪水,当时重庆寸滩水文站的最高水位为191.41 m^[31],忠县水文站的记录为149.78 m^[32],按照两地间平均洪水位的比降计算,玉溪附近的洪水水位在158 m以上,至少没玉溪剖面顶部3 m以上(玉溪剖面顶部标高约为155 m)。

表2 玉溪剖面下部6层淤砂粒度参数
Table 2 Grain size parameter of 6 silt-sand layers from the under-part of Yuxi profile

地层序号	平均粒径 / ϕ	分选系数 (S_o)	标准离差 (SD)	偏度 (Sk)	尖度 (Kg)
14	4.87	1.78	1.09	0.28	1.15
16	5.39	1.81	1.18	0.28	1.06
22	5.32	1.92	1.28	0.24	1.03
24	5.10	1.76	1.20	0.22	1.00
26	5.78	1.77	1.23	0.08	0.97
28	5.87	1.95	1.33	0.05	1.00

洪水淤砂层的物源区主要在剖面上游,尤其悬移组分必然是经过上游汇水区域内地表物质比较充分的混合并产生分选后在玉溪附近沉积下来。其中Rb赋存的含K矿物以及Sr赋存的含Ca矿物也应当经过强烈淋洗、沿途分选后再沉降,理论上Rb、Sr含量均会明显降低,从而影响到玉溪剖面下部互层堆积的平均Rb、Sr含量。然而,从图2中的Rb、Sr变化曲线看,下部地层Rb含量虽显著低于上部,但Sr含量却明显高于上部。同时我们发现下部地层Rb峰值对应洪水层,谷值对应坡积层;Sr峰值对应坡积层,谷值对应洪水层,呈反相关关系。玉溪剖面中洪水带来的上游悬移质虽然经过沿途淋洗,一定程度上降低了沉积物中的Rb、Sr平均含量,但上述Rb、Sr曲线的变化特征(上部坡积层Sr含量显著低于下部洪水—坡积物互层),以及Rb、Sr反相关关系表明,物源并非主要影响因素。

Dasch^[33]对地层Rb、Sr迁移规律的研究认为,Rb/Sr比大小与风化程度呈正相关。气候暖湿,降水丰富,化学风化强烈,Sr淋溶丢失程度高;反之,气候干冷,Sr淋溶丢失程度低。洛川和岐山黄土剖面Rb、Sr及Rb/Sr研究表明,该指标不仅可清晰识别古土壤地层单元^[34],还可反映高原夏季风强弱变化^[35],并且具有比磁化率更高的灵敏度^[36]。玉溪剖面Rb、Sr及Rb/Sr曲线在8 500~4 800 aBP间明显分为两

个不同的变化阶段,该两阶段完全对应玉溪剖面堆积物的两个不同形成时期(图 2)。即约 8 500 ~ 7 200 aBP, Rb、Sr 和 Rb/Sr 分别为低域值、高域值和低值,频繁波动的曲线与剖面下部洪水淤砂与坡积物互层对应,反映气候处于不稳定阶段,频繁出现的洪水层是气候不稳定的结果和宏观证据。约 7 200 ~ 4 800 aBP, Rb、Sr 和 Rb/Sr 分别为高域值、低域值及高值,曲线少波动,表明气候暖湿稳定,生态植被状况良好,与剖面上部缓速坡相堆积层对应。施雅风^[15,16]提出中国全新世大暖期(Megatherma)为 8 500 ~ 3 000 aBP,玉溪剖面的连续沉积恰好落在这一时间段里。玉溪剖面上、下两种沉积结构和 Rb、Sr 曲线变化的不同阶段性对应特征表明,7 200 aBP 前后可能是研究区全新世大暖期中气候由不稳定阶段向稳定阶段转变的分界。玉溪剖面适中的地理位置可能反映 7 200 aBP 后中国夏季风真正进入了稳定的全盛期。地层中 Hg 元素受多种因素影响^[37~39],但玉溪剖面 Hg 元素含量的变化与地层堆积物颗粒粗细关系密切,下部洪水淤砂层较粗,对应低 Hg 值;上部坡积物黏土含量高,风化淋溶作用强,Hg 值高且稳定,与 Rb/Sr 变化特征基本一致(图 2)。影响磁化率的因素尽管复杂^[40],但玉溪剖面 8 200 aBP 前后出现的异常变化,

与 Sr 极高值对应(图 2),这有可能反映本区气候异常对全球气候变化极端事件的响应特征,有关 8 200 aBP 前后的降温事件,不仅中国东部^[41]、西北地区^[42]及青藏高原等地有记录^[43],而且北大西洋深海、格陵兰冰芯及欧洲湖泊等都有突出反映^[44~46]。

玉溪剖面最大特点在于其宏观显性的地层学特征与微观隐性环境代用指标在反映全新世大暖期气候阶段性转变方面的一致性,尤其该地层在记录气候频繁波动的同时也留下了反映气候剧烈波动的水文异常变化现象(多期古洪水层)则具有“标准地层”的意义。

通过上述研究和分析,我们可以得出以下几点结论:(1)约 8 500 ~ 4 800 aBP 间玉溪剖面上、下部沉积结构的差异反映,该剖面的沉积物源和沉积环境在 7 200 aBP 前后发生过显著变化。剖面上部堆积层厚度小,持续时间长,堆积速度缓慢;下部堆积层厚度大,持续时间短,堆积速度快,主要是剖面上游来的悬疑质组分频繁快速堆积的结果。(2) Rb、Sr 及 Rb/Sr 等代用指标曲线的变化特征及其与剖面宏观沉积结构的对应性特点,揭示了玉溪剖面上、下部沉积结构的差异主要是不同气候背景下的产物,剖面下部频繁快速堆积的淤砂层是气候剧烈波动、水文异常变化的

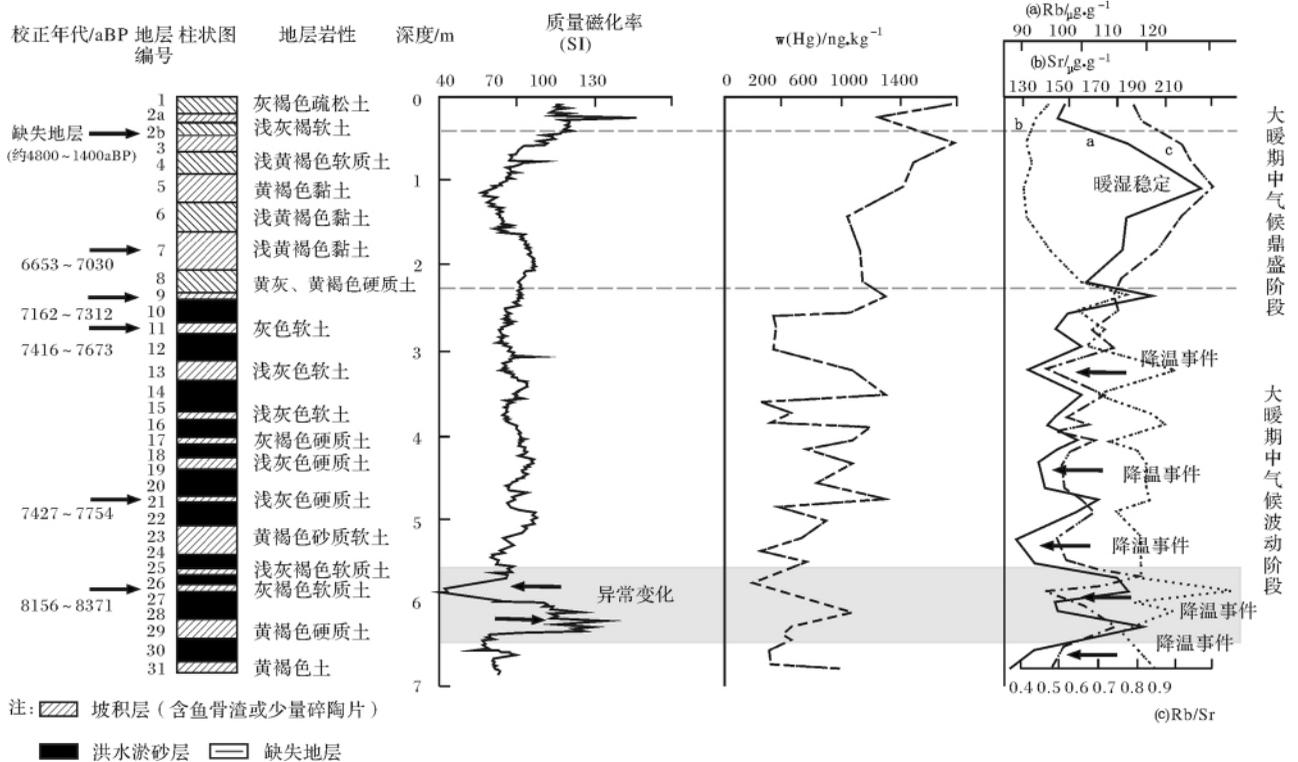


图 2 玉溪剖面记录的全新世大暖期气候阶段性变化

Fig. 2 Stage change of climate in Megatherma of Holocene recorded by Yuxi profile

结果。(3) 玉溪剖面宏观显性的地层学特征与微观隐性环境代用指标反映了研究区全新世大暖期阶段的气候存在阶段性的变化。约 8 500 ~ 7 200 aBP 为大暖期中的气候不稳定阶段, 约 7 200 ~ 4 800aBP 则为暖湿稳定的大暖期鼎盛阶段。

参考文献(References)

- Friedman G M , Sanders J E. Principles of Sedimentology [M]. New York : Wiley ,1978: 123-157
- Reading H G. Sedimentary Environments and Facies [M]. Oxford-Boston : Blackwell ,1978: 67-109
- 贾振远. 论沉积学中的某些概念 [J]. 现代地质 ,2003 ,17(2) : 194 [Jia Zhenyuan. Some concepts on sedimentology [J]. Geoscience , 2003 ,17(2) : 194]
- 孙枢. 中国沉积学的今后发展: 若干思考与建议 [J]. 地学前缘 , 2005 ,12(2) : 3-10 [Sun Shu. Sedimentology in China: Perspectives and suggestions [J]. Earth Science Frontiers ,2005 ,12(2) : 3-10]
- Reineck H E ,Singh I B. Genesis of laminated sand and graded rhythmites in stone-sand layers of shelf mud [J]. Sedimentology ,1973 , 18: 123-128
- 邹后曦,袁东山. 重庆峡江地区的新石器文化 [C]//重庆·2001 三峡文物保护学术研讨会. 北京: 科学出版社,2003: 17-40 [Zou Houxi , Yuan Dongshan. The Neolithic culture in Xiajiang area , Chongqing [C]//Proceedings of Seminar on Protection of Cultural Relics in the Three Gorges Region , Chongqing , 2001 , Beijing: Science Press ,2003: 17-40]
- 朱诚,马春梅,王慧麟,等. 长江三峡库区玉溪遗址 T0403 探方古洪水沉积特征研究 [J]. 科学通报,2008 ,53(增刊 1) : 1-16 [Zhu Cheng , Ma Chunmei , Wang Huilin , et al. Characteristics of paleoflood deposits archived in unit T0403 of Yuxi Site in the Three Gorges Reservoir areas , China [J]. Chinese Science Bulletin ,2008 ,53(Supp. 1) : 1-16]
- 白九江,邹后曦,朱诚. 玉溪遗址古洪水遗存的考古发现和研究 [J]. 科学通报,2008 ,53(增刊 1) : 17-25 [Bai Jiujiang , Zou Houxi , Zhu Cheng. Archaeological discovery and research on the remains of the paleoflood of the Yuxi site [J]. Chinese Science Bulletin ,2008 ,53 (Supp. 1) : 17-25]
- Alley R B , Marotzke J , Nordhaus W D , et al. Abrupt climate change [J]. Science ,2003 ,299: 200-209
- Groote P M , Stuiver M , White J W C , et al. Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland ice cores [J]. Nature ,1993 ,366: 552-554
- O'Brien S R , Mayewski P A , Sower S T , et al. Complexity of Holocene climatic as reconstructed from a Greenland ice core [J]. Science ,1995 ,270: 1962-1964
- Bond G , Shower W , Cheseb Y M , et al. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates [J]. Science , 1997 ,278: 1257-1266
- Hass J N , Riechoz I , Tinner W , et al. Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at the timberline in the Alps [J]. The Holocene ,1998 ,8: 301-304
- 姚檀栋. 祁连山敦德冰芯记录的全新世气候变化 [C]//施雅风. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社,1993: 206-211 [Yao Tandong. Climatic change in Holocene recorded by Dunde ice core from Qilian mountain [C]//Shi Yafeng. Climate and environment during Megathermal epoch in Holocene in China. Beijing: China Ocean Press ,1993: 206-211]
- 施雅风,孔昭宸,王苏民,等. 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件 [J]. 中国科学,1992 ,22(12) : 1300-1308 [Shi Yafeng , Kong Zhaochen , Wang Sumin , et al. Climate fluctuation and significant events during Megathermal epoch in Holocene in China [J]. Science in China ,1992 ,22(12) : 1300-1308]
- 施雅风,孔昭宸,王苏民,等. 中国全新世大暖期鼎盛阶段的气候与环境 [J]. 中国科学,1993 ,23(8) : 865-872 [Shi Yafeng , Kong Zhaochen , Wang Sumin , et al. Climate and environment during the prime stage of Megathermal epoch in Holocene in China [J]. Science in China ,1993 ,23(8) : 865-872]
- 温孝胜,彭子成,赵焕庭. 中国全新世气候演变研究的进展 [J]. 地球科学进展,1999 ,14(3) : 292-298 [Wen Xiaosheng , Peng Zicheng , Zhao Huanting. Advance in study on the Holocene climate evolution in China [J]. Advance in Earth Sciences ,1999 ,14(3) : 292-298]
- Dansgaard W , Johnson S J , Clasen H B , et al. The Late Cenozoic Glacial Ages [M]. New York: Elsevier Science Publishing Company , 1971: 37-56
- Nilsson T. The Pleistocene: Geology and Life in the Quaternary Ice Age [M]. Boston: D. Reidel Publishing Company ,1983: 641
- Tsukada M. Glacial and Holocene Vegetation in Japan [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers ,1988: 459-518
- 施雅风主编. 中国全新世大暖期气候与环境 [M]. 北京: 海洋出版社,1992: 1-210 [Shi Yafeng. Climate and Environment during Megathermal Epoch in Holocene in China [M]. Beijing: China Ocean Press ,1992: 1-210]
- 刘会平,唐晓春,孙东怀,等. 神农架大九湖 12.5kaBP 以来的孢粉与植被序列 [J]. 微体古生物学报,2001 ,18(1) : 101-109 [Liu Huiping , Tang Xiaochun , Sun Donghuai , et al. Palynofloras of the Dajiuhu Basin in Shennongjia mountains during the last 12.5ka [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica ,2001 ,18(1) : 101-109]
- 朱诚,马春梅,张文卿,等. 神农架大九湖 15.753kaB. P. 以来的孢粉记录和环境演变 [J]. 第四纪研究,2006 ,26(5) : 814-826 [Zhu Cheng , Ma Chunmei , Zhang Wenqing , et al. Pollen record and environmental changes from Dajiuhu Basin of Shennongjia since 15.753 kaBP [J]. Quaternary Sciences ,2006 ,26(5) : 814-826]
- 马春梅,朱诚,郑朝贵,等. 晚冰期以来神农架大九湖泥炭高分辨率气候变化的地球化学记录研究 [J]. 科学通报,2008 ,53(增刊 1) : 28-41 [Ma Chunmei , Zhu Cheng , Zheng Chaogui , et al. High-resolution geochemistry records of climate changes since late-glacial from Dajiuhu peat in Shennongjia Mountains , Central China [J]. Chinese Science Bulletin ,2008 ,53 (Supp. 1) : 28-41]
- 董进国,孔兴功,汪永进,等. 神农架全新世东亚季风演化及其热带辐合带控制 [J]. 第四纪研究,2006 ,26(5) : 827-834 [Dong Jin-

- guo, Kong Xinggong, Wang Yongjin, *et al.* The east Asian monsoon climate changes at Mt. Shennongjia and its relation to shift of inter-tropical convergence zone during the Holocene [J]. *Quaternary Sciences*, 2006, 26 (5): 827-834]
- 26 邵晓华, 汪永进, 程海, 等. 全新世季风气候演化与干旱事件的湖北神农架石笋记录 [J]. *科学通报*, 2006, 51(1): 80-86 [Shao Xiaohua, Wang Yongjin, Cheng Hai, *et al.* Monsoon climate changes and drought events in Holocene recorded by the stalagmite of Shennongjia in Hubei, China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(1): 80-86]
- 27 Stuiver M, Reimer P J. Extended ^{14}C database and revised CALIB radiocarbon calibration program [J]. *Radiocarbon*, 1993, 35: 215-230
- 28 周群英, 黄春光, 庞奖励, 等. 黄土高原褐土和黑垆土剖面中 Rb 和 Sr 分布与全新世成土环境变化 [J]. *土壤学报*, 2003, 40(4): 490-496 [Zhou Qunying, Huang Chunchang, Pang Jiangli, *et al.* Distribution of Rb and Sr elements in soil profiles changes in Holocene pedogenic environment on the loess plateau [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(4): 490-496]
- 29 李福春, 谢昌仁, 金章东. 南京老虎山黄土剖面中铷锶地球化学和磁化率与古气候变化的关系 [J]. *中国地质*, 2003, 30(1): 93-98 [Li Fuchun, Xie Changren, Jin Zhangdong. Rubidium and strontium geochemistry in the Laohushan loess section, Nanjing, and relation between magnetic susceptibility and paleoclimatic changes [J]. *Geology in China*, 2003, 30(1): 93-98]
- 30 水利部长江水利委员会等编. 四川两千年洪灾史料汇编 [M]. 北京: 文物出版社, 1993 [The Yangtze River Water Resource Commission in Ministry of Water Resources. Historical Data Assembly on Flood Disasters in Sichuan for Two Millennia [M]. Beijing: Cultural Relics Press, 1993]
- 31 胡明思, 骆承政. 中国历史大洪水(下卷) [M]. 北京: 中国书店出版社, 1988: 429-452 [Hu Mingsi, Luo Chengzheng. The Floods in Chinese History (Vol. 2) [M]. Beijing: Chinese Bookstore Publishing, 1988: 429-452]
- 32 葛兆帅, 杨达源, 李徐生, 等. 晚更新世晚期以来的长江上游古洪水记录 [J]. *第四纪研究*, 2004, 24(5): 555-560 [Ge Zhaoshuai, Yang Dayuan, Li Xusheng. The paleoflooding record along the upper reaches of the Changjiang river since the Late Pleistocene Epoch [J]. *Quaternary Sciences*, 2004, 24(5): 555-560]
- 33 Dasch E J. Strontium isotopes in weathering profiles, deep-sea sediments, and sedimentary rocks [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1969, 33(2): 1521-1552
- 34 陈骏, 仇刚, 鹿化煜, 等. 最近 130ka 黄土高原夏季风变迁的 Rb 和 Sr 地球化学证据 [J]. *科学通报*, 1996, 41(21): 1963-1965 [Chen Jun, Qiu Gang, Lu Huayu, *et al.* The geochemical evidence of Rb and Sr for the changes of summer monsoon in loess plateau in the recent 130ka [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1996, 41(21): 1963-1965]
- 35 庞奖励, 黄春光, 张占平, 等. 陕西岐山黄土剖面 Rb、Sr 组成与高分辨率气候变化 [J]. *沉积学报*, 2001, 19(4): 637-641 [Pang Jiangli, Huang Chunchang, Zhang Zhanping, *et al.* Rb, Sr elements and high resolution climatic records in the loess-paleosol profile at Qishan, Shannxi [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 19(4): 637-641]
- 36 Gallet S, Jahn B M, Torri M. Geochemical characterization of the Luochuan loess-paleosol sequence, China, and paleoclimatic implications [J]. *Chemical Geology*, 1996, 133(1-4): 67-68
- 37 熊定国, 廖激. 四川省环境中的汞 [J]. *四川环境*, 1994, (1): 46-49 [Xiong Dinguo, Liao J. Mercury in environment in Sichuan province, China [J]. *Sichuan Environment*, 1994(1): 46-49]
- 38 黄维有. 土壤中的汞含量与土壤中岩石粒径大小的关系 [J]. *山西地震*, 2003, (2): 35-36 [Huang Weiyu. The relationship between the contents of Hg and gravel size in soil [J]. *Earthquake Shanxi*, 2003, (2): 35-26]
- 39 陈忠勤, 吴学娟. ICP 法测定盐水中的微量汞 [J]. *氯碱工业*, 2001, (8): 33-34 [Chen Zhongqin, Wu Xuejun, Determination of trace amounts of mercury in brine by ICP [J]. *Chlorine Industry*, 2001, (8): 33-34]
- 40 陈骏, 汪永进, 季峻峰, 等. 陕西洛川黄土剖面的 Rb/Sr 值及其气候地层学意义 [J]. *第四纪研究*, 1999, (4): 350-356 [Chen Jun, Wang Yongjin, Ji Junfeng, *et al.* Rb/Sr variations and its climatic stratigraphical significance of loess-paleosol profile from Luochuan, Shannxi province [J]. *Quaternary Research*, 1999, (4): 350-356]
- 41 洪雪晴. 全新世低温事件及海面波动 [C]// 林和茂. 中国近海及沿海地区第四纪进程与事件. 北京: 海洋出版社, 1989: 111-116 [Hong Xueqing. Low Temperature Events and Sea-level Fluctuation in Holocene [C]// Lin Memao. *Quaternary Process and Events in Off-shore and Coastal Areas, China*. Beijing: Chinese Ocean Press, 1989: 111-116]
- 42 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨 [J]. *冰川冻土*, 2002, 24(3): 219-225 [Shi Yafeng, Shen Yongping, Hu Ruji. Preliminary study on signal, impact and foreground of climatic shift from warm-dry to warm-humid in northwest China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, 24(3): 219-225]
- 43 姚檀栋, Thompson L G, 施雅风, 等. 古里雅冰芯中末次间冰期以来气候变化记录研究 [J]. *中国科学: D 辑*, 1997, 27(5): 447-452 [Yao Tandong, Thompson L G, Shi Yafeng, *et al.* Climatic change recorded by Guliya ice core since the last interglacial cycle [J]. *Science in China: Series D*, 1997, 27(5): 447-452]
- 44 Alley R B, Mayewski P A, Sowers T, *et al.* Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago [J]. *Geology*, 1997, 25(6): 483-486
- 45 Klitgaard-Kristensen D, Sejrup H P, Hafliadason H, *et al.* A regional 8200 cal. yr BP cooling event in northwest Europe, induced by final stages of the Laurentide ice-sheet deglaciation [J]. *Journal of Quaternary Science*, 1992, 13: 165-169
- 46 Von Grafenstein, Eicher U, Erlenkeuser H, *et al.* The cold event 8200 years ago documented in oxygen isotope records of precipitation in Europe and Greenland [J]. *Climate Dynamics*, 1998, 14: 73-81

Sedimentological and Climatic Significances of Yuxi Profile in Fengdu , Chongqing

SHI Wei^{1,3} ZHU Cheng² LI Shi-Jie¹ MA Chun-Mei²

(1. Nanjing Institute of Geography and Limnology , Chinese Academy of Sciences , Nanjing 210008;

2. Institute of Geography & Oceanology Sciences , Nanjing University , Nanjing 210093;

3. Department of Geography , Jiangsu Institute of Education , Nanjing 210013)

Abstract Based upon AMS¹⁴C dating (calibrated CY) and inferred dating by archaeological relics , the layers of Yuxi profile in Fengdu , Chongqing can be confirmed a basically sequential deposition during approximately 8 500 ~ 4 800 aBP. There is a sharp contrast between the under-part alternating layers consisting of silt-sand and deluvium (31 ~ 10 layers) and the upper deluvium (9 ~ 3 layers) , which reflects that the sediment sources and environment changed in the past. The research suggests that , the consistency of sedimental structure and curvilinear characteristics of proxy Rb and Sr indicators reveals that the difference of sediment structure of Yuxi profile is mainly related to the different climate backgrounds; the under-part alternating layers which the accumulation is thicker , the persistent period is shorter and the sedimentary rate is higher are the result of abnormal changes of hydrologic phenomena under the background of unstable climate. Further analyzing , we think that the consistency between the sedimentary structure on the macroscopic level and the proxy indicators on the microscopic level of Yuxi profile stratum reflects also that the climate of Megatherma in Holocene existed a obvious phased change in study area , namely approximately 8 500 ~ 7 200 aBP , it was at the stage of unstable climate in Megatherma; and approximately 7 200 ~ 4 800 aBP , it showed the wet-warm climatic characteristics at the peak of Megatherma , which the turning point occurred in 7 200aBP.

Key words Yuxi profile; environment of sedimentation; paleo-floods; megathermal in Holocene; climatic change