

文章编号: 1006-6616 (2006) 04-0416-07

# 四川茂县较场湖相沉积磁性地层初步研究

王书兵<sup>1</sup>, 李毅<sup>2</sup>, 夏雄刚<sup>3</sup>, 范振飞<sup>4</sup>,  
傅建利<sup>1</sup>, 王燕<sup>1</sup>, 蒋复初<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 河南省有色金属地质勘查总院, 河南 郑州 450052; 3. 湖南省有色地勘局二总队, 湖南 湘潭 411104;  
4. 福建华东岩土工程有限公司, 福建 南平 353000)

**摘要:** 四川茂县较场剖面厚 101.1m, 其中湖相沉积厚 98.0m, 为一套浅黄色—灰色的粉砂、粘土质粉砂和粉砂质粘土层。古地磁测试显示, 除 2 个样品的磁偏角显示负极性外, 其余样品的磁偏角全部为正, 属布容正极性时, 没有出现 B/M 界线。根据该套地层的岩性、岩相和所处的地貌部位, 可以和云南金沙江谷地的龙街组对比, 推测其开始沉积的时代为 100~120kaBP。另外, 距顶 4.0 m 处光释光年龄为  $16.7 \pm 1.2$  kaBP, 推测其结束于 10kaBP。湖相沉积历时约 100kaBP, 是岷江流域出露的末次(间)冰期以来厚度最大的剖面之一。

**关键词:** 湖相沉积; 末次(间)冰期; 岷江流域; 四川茂县

**中图分类号:** P512.2

**文献标识码:** A

在岷江上游叠溪及以上约 30km 的河谷谷地, 沉积了一套浅黄色—灰色以粉砂、粘土质粉砂和粉砂质粘土为主的湖相沉积地层, 其中以四川茂县叠溪镇较场村一带出露较好。较场剖面底部以厚层状粘土质粉砂、粉砂质粘土与粉砂互层为主, 中部有一套砂层, 上部为薄层状粘土质粉砂与粉砂互层, 水平层理发育。上覆可见一层红色古土壤的黄土层。前人的研究主要集中在工程地质和地震地质方面<sup>[1-9]</sup>。王兰生等<sup>[10-11]</sup>认为该湖相沉积厚度超过 200m, 通过<sup>14</sup>C测年认为其顶、底部年龄分别为 10kaBP 和 22kaBP, 沉积过程延续了大约 12ka, 为堰塞湖成因, 并初步讨论了其环境演变的过程。鉴于该套地层所处的地貌和构造位置的特殊性, 对青藏高原环境变化具有敏感性, 以及在地震、工程方面的重要性, 笔者对这层地层也进行了研究, 对其时代方面的认识阐述如下。

## 1 岩石地层特征

茂县较场台地位于岷江叠溪海子东岸(图 1), 东西宽近 1km, 南北长约 1.5km。台地由夹古土壤的黄土层、湖相沉积层、角砾层和基岩组成, 台地顶面相对岷江海子高差为 160m,

收稿日期: 2006-02-21

基金项目: 中国科学院湖泊沉积与环境重点实验室基金项目(批准号: HB2006-01)、国家自然科学基金重点项目(批准号: 90211019)和中国地质调查局地质调查项目(批准号: 1212010541401)联合资助。

作者简介: 王书兵(1972-), 男, 副研究员, 从事第四纪环境方面的研究。E-mail: wsbln@126.com

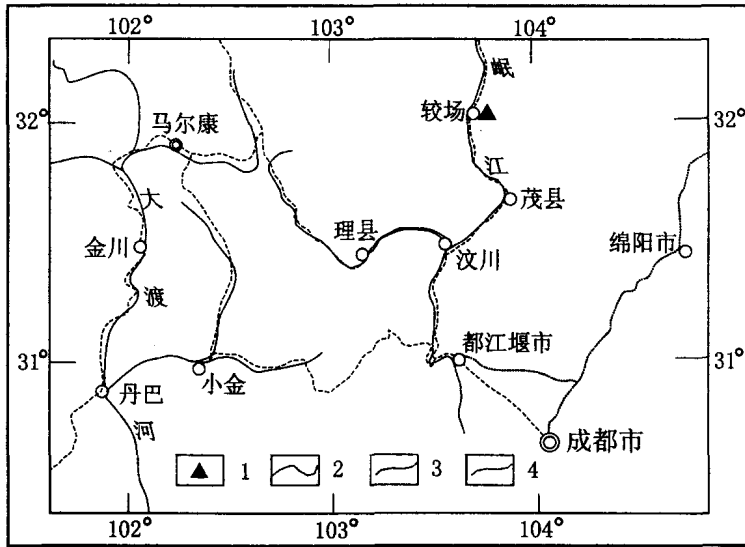


图 1 茂县较场剖面位置图

Fig.1 Location of the Jiaochang section, Maoxian County

1. 剖面位置; 2. 河流; 3. 公路; 4. 铁路

基座相对高差 60m (图 2)。

较场剖面位于较场村东台地前缘，地理坐标为 32°02'38.5"N、103°40'39.7"E，剖面顶部海拔约 2340m。

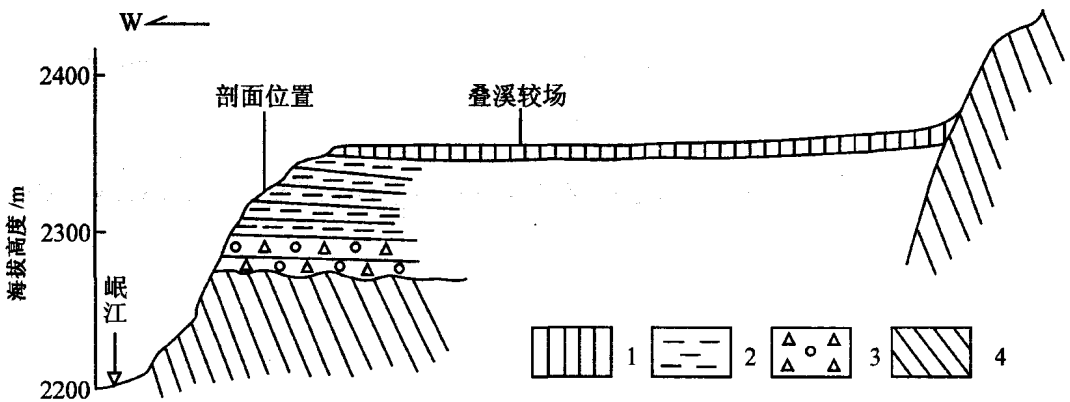


图 2 茂县较场湖相台地横剖面示意图

Fig.2 Diagrammatic section of the lacustrine platform at Jiaochang, Maoxian County

1. 黄土层; 2. 湖相层; 3. 角砾层; 4. 基岩

剖面出露厚度 101.1m，自下而上分为 11 层 (图 3)，分述如下：

- 11. 耕作层 0.5m
- 10. 土色粘土质粉砂，表面见白色钙质膜 0.8m
- 9. 浅棕红色粉砂质粘土，团粒结构明显，表面见较多白色钙质膜 0.8m
- ~~~~~ 侵蚀面 ~~~~~
- 8. 灰色砂层、粉砂层与红褐色、黄绿色水平薄层理为主的粘土质粉砂、粘土层互层，砂层中发育交错层理和斜层理。本层顶部有一钙结核层。上部（距顶深 4.0m 处）光释光年龄为  $16.7 \pm 1.2\text{kaBP}$  16.8m
- 7. 灰色砂层，见交错层理和斜层理，上部夹粘土薄层 7.6m

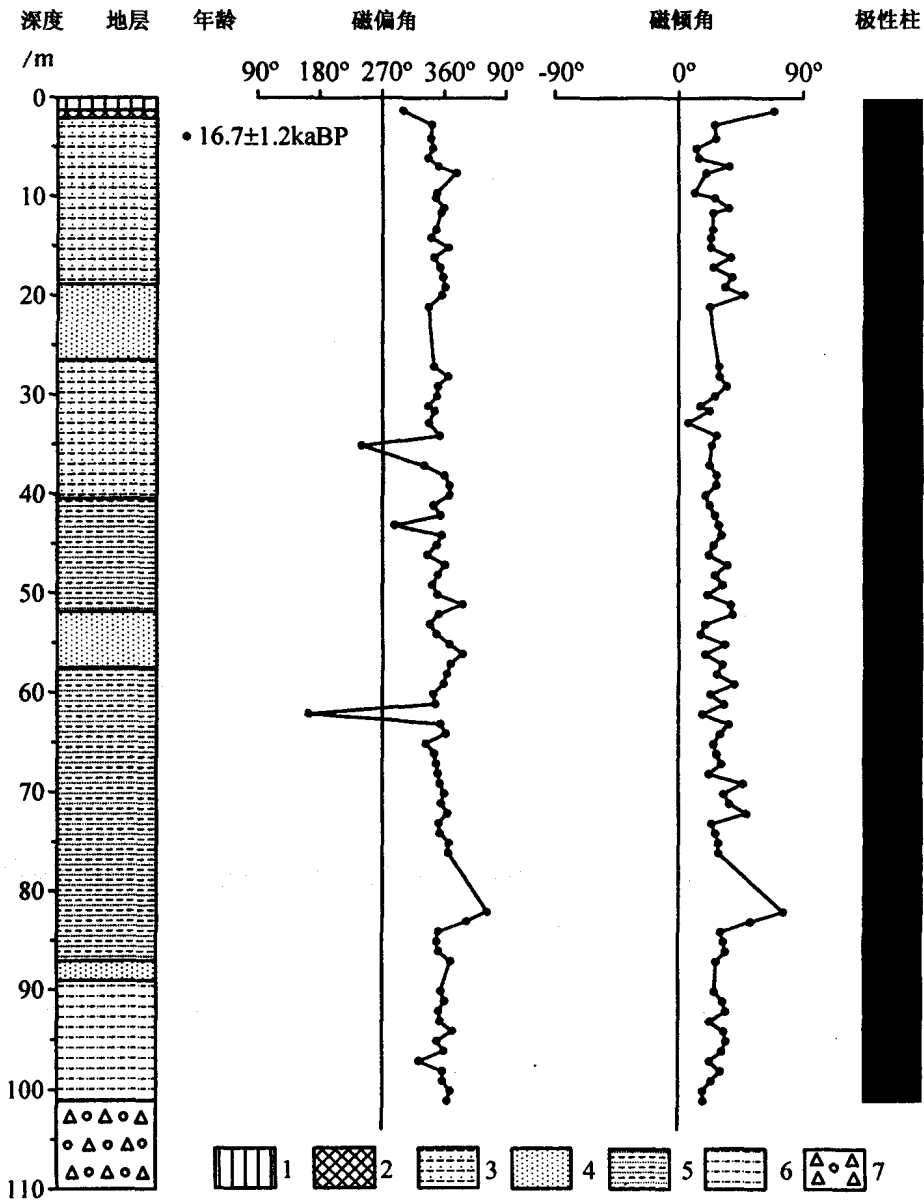


图3 茂县较场剖面柱状图

Fig.3 Magnetostratigraphic column of Jiaochang, Maoxian County

- 1. 黄土; 2. 古土壤; 3. 粉砂质粘土与粘土质粉砂互层; 4. 粉砂;
- 5. 粘土夹薄层粉砂; 6. 粉砂质粘土、粘土; 7. 砾石

- 6. 灰色、红褐色细砂、粘土互层，水平层理发育 14.0m
  - 5. 灰色、红褐色厚层状粘土与灰色砂层互层，水平层理 11.4m
  - 4. 灰色砂层夹粘土薄层，可见交错层理和斜层理 5.6m
  - 3. 灰色、青灰色厚层状粉砂质粘土、粘土夹细砂薄层，水平层理 29.6m
  - 2. 灰色细砂，分选好 2.0m
  - 1. 灰色粉砂质粘土，夹黄、黄绿、红色薄层，水平层理，底部小错断较多，但能对接 12.0m
- ~~~~~不整合~~~~~

角砾层

### 2 磁性地层特征

对较场剖面进行了磁性地层测定。以 50cm 的间隔、用罗盘水平磁北定向采集古地磁样品 87 块。室内加工成边长为 2cm 的定向立方体测试样品。所有样品在中国地质科学院地质力学研究所古地磁实验室无磁空间进行测试。先使用美制 TD-4 型热退磁炉进行热退磁，剩磁测量使用美制 2G-755 型立式超导磁力仪。样品采用 NRM、50℃、100℃、150℃、200℃、250℃、300℃、350℃、400℃、450℃、500℃、530℃、560℃、580℃、610℃、630℃、660℃、680℃ 间隔进行系统退磁，结果显示大部分样品热退磁 250℃ 时基本能达到退磁的目的（图 4）。测试数据资料经计算整理，绘制出古地磁极性柱状图（图 3）。剖面全部样品的磁倾角都显示正极性；除 2 个样品的磁偏角显示为负极性外，其余样品的磁偏角都显示为正极性，整个剖面应属布容正极性时<sup>[12]</sup>，剖面中未出现 B/M 界线。

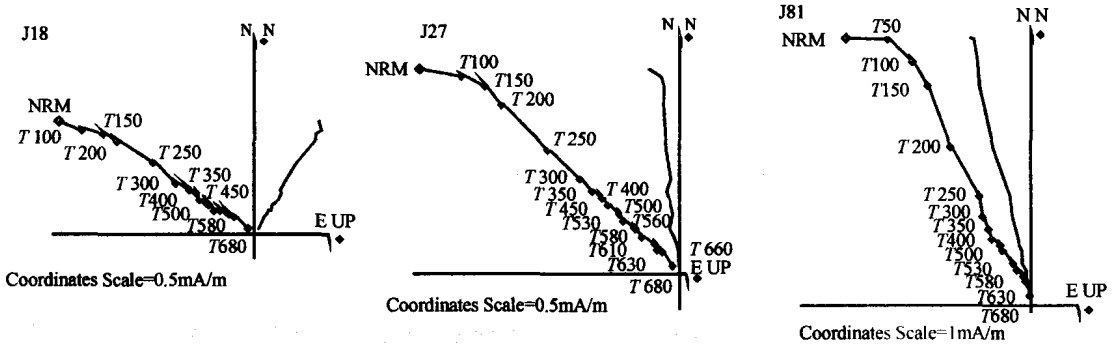


图 4 较场剖面典型样品退磁曲线的特征

Fig.4 Orthogonal projections of progressive thermal demagnetization data of typical samples from the Jiaochang section

### 3 地层时代

在剖面距顶 4.0m 处采光释光年龄样 1 个（编号为 JCOSL-3），经中国地震局地质研究所年代学实验室测定，结果见表 1。

表 1 光释光年龄测定结果

Table 1 Results of optically stimulated luminescence (OSL) dating

实验 室号	野外 编号	采样 深度	U / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Th / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	K /%	年剂量率 / $\text{Gy}\cdot\text{ka}^{-1}$	等效剂量 /Gy	$\alpha$ 系数	年龄 /kaBP
IR02-25	JCOSL-3	4.0m	2.08	10.7	1.91	4.908	82.1 ± 4.8	0.109 ± 0.006	16.7 ± 1.2

较场湖相沉积地层可与云南元谋龙街组地层进行对比，表现在以下 3 个方面：①岩相上，以灰色、青灰色为主；②岩性上，底部以厚层状粘土质粉砂、粉砂质粘土与粉砂互层为主，中部有一套砂层，上部以薄层状粘土质粉砂与粉砂互层，粉砂层中发育交错层理；③地貌分布上，龙街组主要分布于元谋盆地龙街附近的金沙江谷地和龙川江江口附近，而较场湖

相沉积也只限制在茂县叠溪至松潘永和之间的岷江谷地内。上述3个方面的特征表明,较场湖相沉积与龙街组可能属同期沉积物,因而在时代上大致相同。据蒋复初等<sup>[13]</sup>的研究,龙街组推算的地质年代大致为120.2~10.2kaBP。据研究<sup>[14]</sup>,在距今150ka的前期,青藏高原存在一次剧烈但不均匀的构造上升运动,也从一个方面佐证了较场湖相沉积开始沉积的时代。

另外,较场湖相沉积距顶4.0m处的光释光年龄为 $16.7 \pm 1.2$ kaBP,以上还有1.9m厚的湖相层,参考龙街组顶部的年龄和较场湖相沉积上部的<sup>14</sup>C年龄<sup>[10-11]</sup>,推测较场湖相沉积结束的年代大致为10kaBP。

综上所述,较场湖相沉积的时代属晚更新世,其开始堆积的时代大致在100~120kaBP之间,结束于大约10kaBP,湖相沉积历时约100kaBP,是岷江流域出露的末次(间)冰期以来厚度最大的剖面之一。

## 4 简短讨论

对于叠溪较场湖相沉积开始堆积的时代,还存在较多问题。首先,从古地磁测试结果来看,全部样品的磁倾角显示为正极性,只能将其对应于布容正极性时,但其底界尚不明了。虽然有2个样品的磁偏角显示为负极性,但无法确切地与布容正极性时内的负极性亚时相对比。若王兰生等<sup>[10-11]</sup>所测<sup>14</sup>C年龄都可靠的话,那么在12ka内有200余米厚的沉积,湖相沉积的速率达1667cm/ka,不仅远远大于一般认为的湖相沉积速率10~100cm/ka<sup>[15]</sup>,而且还发育良好的水平层理,这是不可理解的。究其原因,底部的<sup>14</sup>C年龄问题较多,一个可能是粉砂质岩性不适合<sup>14</sup>C年龄测定,另一可能是超出了<sup>14</sup>C年龄测定的下限。从岩性、岩相和地貌上,将叠溪较场湖相沉积地层与龙街组进行对比,显然也存在较多疑问,尚需进一步探讨。但从堆积时间来看沉积速率,较场湖相层为98cm/ka,符合湖相沉积速率范围,显然是比较可靠的。另外,较场湖相沉积正好发育在岷江断裂带上,是岷江断裂的活动造成该套地层的堆积,还是青藏高原150kaBP前的差异抬升造成叠溪相对下降而成湖,都不甚明了。因此,对叠溪较场湖相沉积开始的年代,需结合同位素年代学和高分辨率磁性地层学来综合判断。

对叠溪较场湖相地层成因的解释,存在较多不完善之处。若为堰塞湖成因,显然不是由1933年叠溪发生的7.5级地震造成的,尚须提供更多更有力的证据。叠溪湖相沉积发育于岷江河谷,沉积地层中哪些部分是湖相成因,抑或是河流成因,还需进行更多的成因学分析。

叠溪较场地处青藏高原和二级地貌阶梯的过渡地带,自然环境除受地形、地貌影响外,主要受西南季风和高原季风的控制,是环境变化的敏感区,在高原隆升中的环境演变和古季风研究中的重要地位。较场湖相沉积厚度大,连续性好,时间分辨率高。通过较场末次(间)冰期以来湖相沉积的研究,将有希望在高原季风和西南季风共同作用区建立高分辨率的地层序列和时间标尺,探讨出现于末次间冰期和末次冰期的气候不稳定性在青藏高原周边河谷地区的表现特征,并与若尔盖湖泊沉积<sup>[16-19]</sup>、川西高原黄土沉积<sup>[20-28]</sup>和高原冰心记录<sup>[29-33]</sup>对比,探讨短周期不同幅度气候变化区域的表现形式及其动力学机制。

## 参 考 文 献

[1] 常隆庆. 四川叠溪地震调查记[J]. 地质论评, 1938, 3(3): 1~4.

- [2] 四川省地震局. 一九三三年叠溪地震 [M]. 成都: 四川科技出版社, 1983.
- [3] 钱洪, 周荣军, 马声浩, 等. 关于1933年叠溪7.5级地震若干问题的讨论 [J]. 四川地震, 1999, (3): 11~17.
- [4] 许向宁, 王兰生. 叠溪地震区龙池岸坡中埋藏古沟槽的空间分布特征 [J]. 山地学报, 2003, 21 (5): 589~594.
- [5] 段启忠, 姜明月. 岷江叠溪大海子地震堰塞坝稳定性分析 [J]. 四川水利发电, 2003, 23 (1): 93~96.
- [6] 钱洪, 周荣军, 马声浩, 等. 岷江断裂南段与1933年叠溪地震研究 [J]. 中国地震, 1999, 15 (4): 333~338.
- [7] 卫宏, 王兰生. 岷江较场台地地震裂缝形成机制及其边坡稳定影响 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15 (4): 17~24.
- [8] 许向宁, 王兰生. 岷江上游叠溪地震区斜坡变形破坏分区特征及其成因机制分析 [J]. 工程地质学报, 2005, 13 (01): 68~75.
- [9] 王兰生, 李天斌. 四川岷江叠溪较场地震滑坡及环境保护 [J]. 地质灾害与环境保护, 2000, 11 (3): 195~199.
- [10] 王兰生, 杨立铮, 王小群, 等. 岷江叠溪古堰塞湖的发现 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 2005, 32 (1): 1~11.
- [11] 段丽萍, 王兰生, 杨立铮, 等. 岷江叠溪古堰塞湖沉积物碳酸盐碳氧同位素记录所揭示的古气候演化特征 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13 (2): 91~96.
- [12] Cande S C, Kent D V. Revised calibration geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic [J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100: 6093~6095.
- [13] 蒋复初, 吴锡浩, 钱方, 等. 云南元谋龙街地区的粉砂层 [A]. 见: 刘东生等主编. 黄土·第四纪地质·全球变化 (第四集) [C]. 北京: 科学出版社, 1996. 99~106.
- [14] 郑度, 林振耀, 张雪芹. 青藏高原与全球环境变化研究进展 [J]. 地学前缘, 2002, 9 (1): 95~102.
- [15] 钱方, 徐树金, 殷伟德. 四川理塘甲洼组及其磁性地层的研究 [A]. 见: 地质矿产部青藏高原地质文集编委会编. 青藏高原地质文集 (18) 地层古生物专集 [C]. 北京: 地质出版社, 1987. 171~180.
- [16] 王苏民, 薛滨. 中更新世以来若尔盖盆地环境演化与黄土高原的比较研究 [J]. 中国科学 (D辑), 1996, 26 (4): 323~328.
- [17] 吴敬禄, 王苏民, 施雅风, 等. 若尔盖盆地200ka以来氧同位素记录的古温度定量研究 [J]. 中国科学 (D辑), 2000, 30 (1): 73~80.
- [18] 薛滨, 王苏民, 吴艳宏, 等. 若尔盖盆地RM孔揭示的过去14万年古环境 [J]. 湖泊科学, 1999, 11 (3): 206~212.
- [19] 沈才明, 唐领余, 王苏民, 等. 若尔盖盆地RM孔孢粉记录及其年代序列 [J]. 科学通报, 2005, 50 (3): 246~254.
- [20] 方小敏, 陈富斌, 施雅风, 等. 甘孜黄土与青藏高原冰冻圈演化 [J]. 科学通报, 1996, 41 (20): 1865~1867.
- [21] 潘保田, 王建民. 末次间冰期以来青藏高原东部季风演化的黄土沉积记录 [J]. 第四纪研究, 1999, 4: 330~335.
- [22] 陈诗越, 方小敏, 王苏民. 川西高原甘孜黄土与印度季风演化关系 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22 (3): 41~46.
- [23] 颜茂都, 方小敏, 陈诗越, 等. 青藏高原更新世黄土磁化率和磁性地层与高原重大气候变化事件 [J]. 中国科学 (D辑), 2001, 31 (增刊): 182~186.
- [24] 汪阳春, 柴宗新, 刘淑珍, 等. 横断山区的黄土及其意义 [J]. 地质学报, 1999, 17 (4): 300~304.
- [25] 王建民, 潘保田. 青藏高原东部黄土沉积的基本特征及其环境 [J]. 中国沙漠, 1997, 17 (4): 395~402.
- [26] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 川西高原甘孜黄土地层学 [J]. 地球学报, 1997, 18 (4): 413~420.
- [27] 王书兵, 蒋复初, 田国强, 等. 四川金川黄土地层 [J]. 地球学报, 2005, 26 (4): 1~29.
- [28] 吕连清, 方小敏, 鹿化煜, 等. 青藏高原东北缘黄土粒度记录的末次冰期千年尺度气候变化 [J]. 科学通报, 2004, 49 (11): 1091~1098.
- [29] 姚檀栋. 末次冰期青藏高原的气候突变——古里雅冰芯与格陵兰 GRIP 冰芯的对比研究 [J]. 中国科学 (D辑), 1999, 29 (2): 175~184.
- [30] 姚檀栋, Thompson L G, 施雅风, 等. 古里雅冰芯中末次间冰期以来的气候变化记录研究 [J]. 中国科学 (D辑), 1997, 27 (5): 447~452.
- [31] 姚檀栋, 徐柏青, 蒲健辰. 青藏高原亚轨道时间尺度的气候变化 [J]. 中国科学 (D辑), 2001, 31 (增刊): 287

~ 294.

- [32] 邬光剑, 姚檀栋, Thompson L G, 等. 末次间冰期以来古里雅冰芯微粒记录与极地冰芯的对比 [J]. 科学通报, 2004, 49 (5): 475 ~ 479.
- [33] Thompson L G, Yao T, Davis M E, et al. Tropical climate instability: the last glacial cycle from a Qinghai-Tibetan ice core [J]. Science, 1997, 276: 1821 ~ 1825.

## MAGNETOSTRATIGRAPHIC STUDY OF LAKE SEDIMENTS IN JIAOCHANG, MAOXIAN COUNTY, SICHUAN

WANG Shu-bing<sup>1</sup>, LI Yi<sup>2</sup>, XIA Xiong-gang<sup>3</sup>, FAN Zhen-fei<sup>4</sup>,  
FU Jian-li<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>1</sup>, JIANG Fu-chu<sup>1</sup>

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;

2. Henan Institute of Nonferrous Metals Geology and Mineral Exploration, Zhengzhou 410052, Henan;

3. Second Geological Survey Party, Hunan Bureau of Nonferrous Metals Geology and Mineral Exploration, Xiangtan 4111004, Hunan;

4. Fujian Huadong Geotechnical Engineering Co. Ltd., Nanping 353000, Fujian)

**Abstract:** The Jiaochang section in Maoxian County, Sichuan Province, is 101.1 m thick, in which lacustrine sediments are 98.0 m thick, consisting of light yellow-gray silt, clayey silt and silty clay. Paleomagnetic measurements indicate that all the samples show normal polarity except two samples that have negative magnetic declination. The magnetic polarity belongs to Brunhes normal polarity and the B/M boundary is absent. According to the lithology, lithofacies and landform location, the strata can be correlated with the Longjie Formation in the Jinsha River valley, Yunnan. So it is inferred that the sediments began deposition at 100-120 ka BP. In addition, the optically stimulated luminescence (OSL) age is  $16.7 \pm 1.2$  ka BP at 4.0 m below the surface of the sediments, so it is inferred that the deposition ended at 10 ka BP according to calculation. The deposition of the lake sediments lasted for 100, 000 years. The section is one of the exposed thickest sections since the last glaciation (deglaciation) in the Minjiang River valley.

**Key words:** lacustrine sediments; last glaciation (interglaciation); Minjiang River; Maoxian County, Sichuan Province