

文章编号:1000-0550(2014)05-0840-06

郟县前坊村剖面黄土—古土壤序列风化成壤及古气候研究^①

赵艳雷 庞奖励 黄春长 查小春 乔 晶

(陕西师范大学旅游与环境学院 西安 710119)

摘要 秦岭作为我国南方和北方地理、气候、自然环境的天然分界线,并当作是黄土高原的南屏障。汉江上游谷地地区位于秦岭南侧,属于北亚热带气候区域,受季风气候活动影响强烈。为了探讨该地区在亚热带气候背景下,风成黄土成壤改造对气候变化的响应机制,通过对汉江上游谷地前坊村(QFC)剖面磁化率、烧失量、粒度、Rb/Sr等理化性质进行研究。结果表明:①末次冰期以来沙尘暴很有可能越过秦岭在其南侧堆积,黄土—古土壤剖面地层序列从上到下依次为:MS-L₀-S₀-L₁-L₁-AD;这些沉积物完整记录了一级阶地上晚更新世气候变化信息,地层单元受到各个时期不同程度成壤强度的改造。②前坊村剖面中,理化性质在不同地层单元有显著差异。例如磁化率、烧失量、Rb/Sr指标平均含量的高值出现在古土壤层中,低值出现在黄土层;而Zr/Rb含量变化正好相反;这些理化性质表明,在古土壤发育期,水热条件进入最适宜期,沉积物的风化成壤作用显著;在黄土堆积期,气候寒冷干燥,主要以粉尘堆积为主,沉积物的风化成壤作用较弱。③秦岭南侧北亚热带汉江上游前坊村一级阶地剖面化学风化强度变化揭示了黄土—古土壤环境气候变化的规律:末次冰期以来(大约18.0~11.5 ka B.P.),气候干冷,沙尘暴频繁出现,沉积物以黄土堆积为主,成壤作用微弱,形成马兰黄土(L₁);全新世早期(约11.5~8.5 ka B.P.),气候由干冷向暖湿方向转变,但主要以干冷为主,形成过渡层(L_t);在全新世大暖期(8.5~3.1 ka B.P.),气候条件达到最优阶段,水热配合较好,生物活动活跃,成壤作用十分显著,发育了古土壤S₀;到了全新世晚期以来(3.1 ka B.P.)气候又由暖湿向干冷方向转变,成壤作用明显减弱,沙尘暴出现较为频繁,形成了以黄土堆积为主的全新世黄土(L₀)。现代代表土层(MS)是在(1.5 ka B.P.)以来气候转暖,加之人类长期农业耕作扰动,在全新世黄土L₀顶部叠加而形成的。

关键词 汉江上游谷地 黄土—古土壤序列 风化成壤 古气候

第一作者简介 赵艳雷 男 1987年出生 硕士研究生 第四纪地质学 E-mail: 893672423@qq.com

通讯作者 庞奖励 男 教授 E-mail: jlpang@smu.edu.cn

中图分类号 P532 **文献标识码** A

黄土—古土壤序列是在古气候冷暖交替、周期性波动背景下形成的风尘堆积—风化成壤过程的产物,其良好地记录了形成时期及其形成以来的环境变化信息^[1]。其中,黄土具有陆地上连续性好、分布广泛、物质均一等特点,蕴含着丰富的古环境信息而与极地冰芯、深海沉积物并称为研究全球气候变化的三大支柱,特别是中国的黄土剖面具有连续时间长,分辨率高,厚度大,直观,研究方便等特点而成为研究全球变化最好的古气候旋回代表^[2,3]。秦岭作为我国南方和北方地理、气候、自然环境的天然分界线,被当作是黄土高原的南屏障,在一些山间盆地,秦岭河谷阶地上常常发育着黄土—古土壤剖面,其中,完整的黄土剖面记录着第四纪以来秦岭大量的古气候环境

变化信息^[4,5]。长期以来,人们一直认为秦岭阻挡了南下的西北风,致使沙尘暴不能在其南侧堆积,初期学者们对汉江上游阶地上“黄土状覆盖层”成因存在认识争议^[6,7],相关学者的研究成果也主要集中在对秦岭以北的黄土高原区和长江中下游黄土区研究^[8-10]。但最新越来越多证据表明沉积物具有风成堆积的特征^[8,9]。本文研究是位于汉江上游谷地一级阶地上,选取马兰黄土—古土壤剖面为研究对象,通过对其理化性质的分析,试图用第一手实验数据分析的基础上,揭示风成沉积物在亚热带环境中黄土成壤改造特征,重建该地区晚更新世以来气候环境变化规律。

^①国家自然科学基金项目(批准号:41271108,41030637)、中央高校基本科研费(编号:GK201301003)与国家社科基金(编号:14BZS070)联合资助
收稿日期:2013-06-06;收修改稿日期:2014-04-17

1 区域背景

汉江是长江北岸第一大支流,全长 1 577 km,发源于秦岭南侧,属北亚热带季风性湿润气候。汉江上游(丹江口以上)流经汉中、安康和十堰地区,流域面积 $9.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,自西向东穿行于秦岭和大巴山之间,地形以盆地与峡谷交替出现为特征。盆地地段,一般可见到 1~4 级河流阶地,平坦的阶地面一般堆积了较厚的风成黄土并风化成壤,土壤北定为黄褐土-淋溶黄褐土,其中 2~4 级阶地由于地形变化,往往水土流失较强,剖面往往保存不完整。而第 1 级河流阶地面往往地形比较宽缓,水土流失很弱,较稳定的环境使得剖面常常能完整地保存了下来。本文选择第一级阶地上的前坊村剖面为研究对象(当地采砂金中出露的极其完整的剖面),剖面层序完整,发生层接触界线清晰,自地表向下,每隔 2 cm 连续采样,采至河流相的砂层,采样深度 584 cm。采样过程中同时对剖面结构进行初步划分和描述,结合室内实验数据对发生层界线进行校正。对剖面进行详细土壤学、地层学和沉积学特征研究,从上而下依次可划分为:①0~20 cm(MS)表土层,浊棕色(10YR5/6),黏土—粉砂质地,团粒结构,疏松多孔,有耕作扰动现象;②20~96 cm(L₀)全新世黄土层,亮黄棕(10YR7/6),粉砂质地,团块状结构,其顶部含有一些灰色陶片和木炭屑等,通过地层对比和考古法判断应为汉代文化层;③96~246 cm(S₀),浊红棕(5YR4/4),呈显著的偏红色调,有明显的黏化特征,黏土—粉砂质地,棱

柱状结构,致密坚硬,受力后形成的碎块棱角分明,裂隙面有大量暗棕色铁锰质黏土胶膜沉淀,结构内部仍呈红棕色,属于黄褐土类型,上下层界线比较清晰;④246~304 cm(Lt),浊红棕(10YR6/4),黏土—粉砂质地,结构面有少量棕色黏土胶膜;⑤308~464 cm(L₁)马兰黄土,浊黄橙(10YR6/4),粉砂质地,剖面底部有碳酸盐结核;⑥464~584 cm(AD)典型河流相沉积物,下部可见河床相沉积层,水平层理发育。

2 研究材料研究方法

颜色描述采用标准比色卡(中科院南京土壤研究所制,1989)。黄土和古土壤样品经风干、剔除动植物根系后进行酸溶实验,磁化率使用英国 Bartington 公司制造的 MS-2B 型磁化率仪测定。具体测量步骤如下:准确称取 10 g 自然风干的土样,在不损伤颗粒结构的前提下粗研磨至粒径 < 2 mm 以下,装入无磁性塑料盒进行测量,对每个样品均进行低频磁化率(χ_{lf})和高频磁化率(χ_{hf})的测量,低频频率设定为 0.47 kHz,高频频率设定为 4.7 kHz,每个样品连续测 3 次,取其平均值,测量精度为 0.1。

化学元素的测定使用荷兰 PW2403 X-Ray 荧光光谱仪进行测定。分析测定之前先将样品在室内自然风干,过 200 目筛后,再从每个样品中称取并磨样品 4 g,放入压样机(YF60)中,并在土样上覆盖适量硼酸压成圆片,依次编号按放入样杯中,实验过程中加入标样(GSS1、GSS2)进行控制,实验误差控制在 5% 以内。

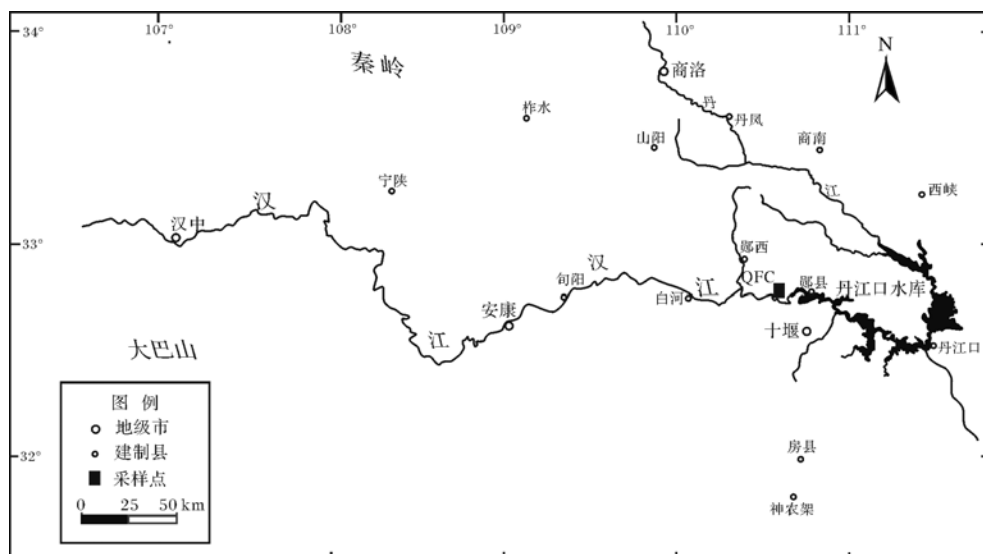


图 1 汉江上游谷地郧县前坊村剖面位置图

Fig.1 Location of the QFC profile in the upper reaches of Hanjiang River Valley, China

黄土高原全新世黄土—古土壤地层序列已有较为成熟的地层年代框架^[10-12]。本文的年代问题是通过采用 OSL 测年得到地层年龄的绝对值,结合地层年龄对比以及考古文化层的断代解决。OSL 测年是在陕西师范大学旅游与环境学院完成,具体步骤采用采用细颗粒单片再生剂量法测定^[13]。

3 实验结果与分析

3.1 磁化率特征及环境意义

前人的研究表明,黄土高原黄土古土壤序列中磁化率变化具有很强规律性,研究发现古土壤层较高、黄土层较低,因此磁化率被视为东亚夏季风强度的替代性指标^[16-19]。前坊村剖面的低频磁化率(χ_{lf})和 高频磁化率(χ_{hf})曲线变化趋势一致,它们与黄土古土壤的交替出现而变化。主要表现: 马兰黄土(L_1)堆积时期,低频磁化率高频磁化率值分别在 61.3~103.3 和 57.3~95.3 范围之间,平均值分别为 81.9 和 76.4;古土壤(S_0)磁化率值最大,低频和高频磁化率平均值分别为 187.1 和 163.3,其中在 138 cm 处出现峰值,为 336.2;过渡层(Lt)磁化率曲线总体变化不大,低频和高频磁化率平均值分别为 74.9 和 68.6;古土壤 S_0 的磁化率高值反映了这一时期夏季风强盛,气候温暖、湿润,生物的成壤作用强烈,铁磁性矿物的含量较多;黄土层(L_1 、Lt、 L_0)磁化率值较低,反映了这一黄土形成时期夏季风减弱,气候趋于寒冷、干燥,主要以黄土沉积为主,黄土堆积速率大于成壤速率,所以铁磁性颗粒没有条件大量富集起来。

3.2 烧失量分析

在自然条件下,可以表征有机质的含量多少。通过对烧失量的测定,可以用来反映沉积物有机质含量的变化,同时反映成壤过程中气候和环境的变化特征^[20,21]。前坊村剖面的烧失量数值变化范围 3.49%~36.57%之间,全剖面的平均含量为 15.84%,马兰黄土(L_1)烧失量的平均值最低(8.12%),其中在 408 cm 处出现剖面最低值(3.49%);其次为过渡层(L_t),平均值为 17.36%;全新世黄土(L_0)介于两者之间,平均值为 14.06%;古土壤(S_0)最高,平均值为 20.83%;这说明暖湿气温条件下成壤作用较强,地表植被发育,有机质和结晶水在此大量积累;相反,相对干冷的气候条件下有机质和结晶水积累较少。从图中整体可以看到烧失量变化曲线从下到上逐渐增加,趋势明显。马兰黄土(L_1)形成时期出现极小值,古土壤(S_0)形成时期出现峰值,因此,烧失量的变化规律对

环境状况和气候特征有明显的指示意义。

3.3 粒度三角图

采用中国土壤粒度分类系统,以黏粒(<0.005 mm)、粉砂(0.005~0.05 mm)和细砂(>0.05 mm)含量为指标,做出 QFC 剖面各层粒度成分三角图。从图 2 我们可以看出马兰黄土 L_1 和古土壤 S_0 所代表的点落在不同的区域内,说明三者的粒度成分构成明显不同。马兰黄土为黏土质粉砂土;古土壤为粉砂质黏土。显然,古土壤以黏土为主,粒度成分总体比黄土层细,具有较强的成壤改造特征。

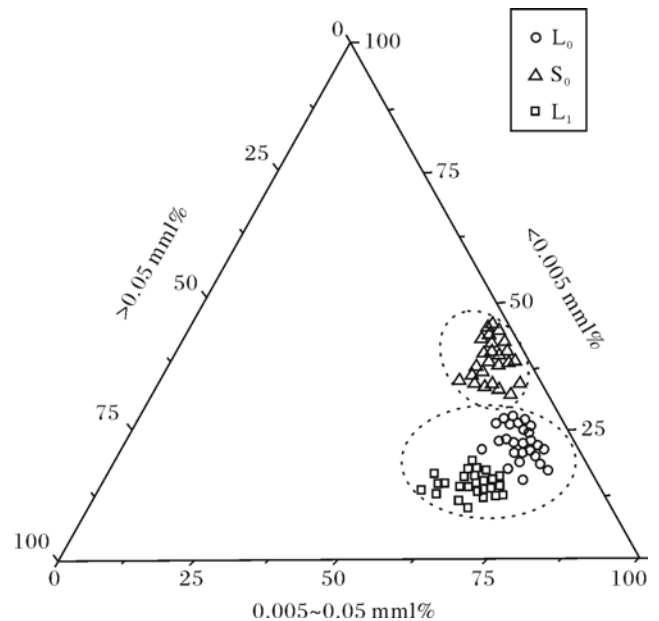


图 2 前坊村剖面沉积物粒度三角图

Fig.2 Triangle diagram of grain-size of the deposits at QFC profile

3.4 Rb/Sr、Zr/Rb 比值变化

Rb/Sr 比值具有明显的气候意义,在黄土—古土壤风化序列中,Rb/Sr 值可以作为衡量东亚夏季风强度的代用指标^[22,23]。在风化成壤过程中,微量元素 Rb、Sr 的地球化学行为有很大差异,Rb 的离子半径较大,很容易被带负电荷的黏土矿物所吸附,较少发生迁移,只有少量以悬浮胶体的状态随土壤溶液或地表水向下迁移淋溶;而 Sr 离子半径较小,容易迁移淋溶,Rb/Sr 比值大小与风化程度呈明显的正相关关系^[24,25]。由图可知:在马兰黄土(L_1)中,Rb/Sr 很低,范围在 0.67~0.79 之间,平均值为 0.74,表明马兰黄土(L_1)堆积时降水很少,风化成壤和淋溶作用很弱;过渡层(Lt)中,Rb/Sr 的含量明显升高,但其增幅依然很低,平均值为 0.85,表明这个时期气候开始向暖湿方向转变,但降水量有所增加,但增幅较低,成壤

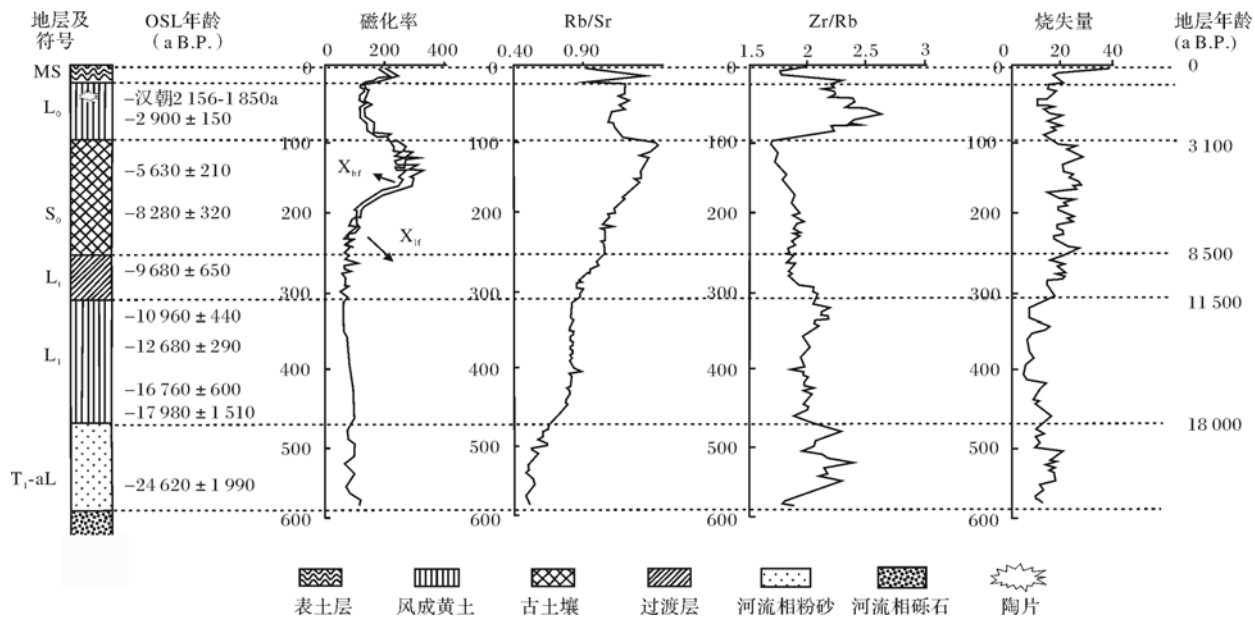


图3 前坊村剖面磁化率、Rb/Sr、Zr/Rb、烧失量分布曲线

Fig.3 Magnetic susceptibility, Rb/Sr, Zr/Rb and LOI frequency curves of the loess deposits in the QFC profile

作用弱。在古土壤 S_0 中, Rb/Sr 在 0.92~1.25 之间变化, 平均值为 1.07, 说明此期气候温暖湿润、淋溶风化强烈, 成壤旺盛, 在 104 cm 处达到峰值(1.25), 但 Zr/Rb 表现为谷值(1.68), 此阶段与磁化率峰值相对应, 这说明淋溶风化在此阶段最强烈, 黏化作用最强烈。全新世黄土层 (L_0) 和表土层 (MS) Rb/Sr 含量降低, 而 Zr/Rb 含量升高, 表明气候趋于干冷, 风化淋溶减弱。

4 结论

前坊村剖面中不同地层的化学指标表现出明显的差异, 文章通过磁化率、粒度组成和 Rb/Sr 等指标进行探讨。通过研究, 得出以下几点认识:

(1) 晚更新世以来沙尘暴极有可能在秦岭南侧堆积下来, 保存了较为完整地晚更新世以来的地层单元结构, 全新世黄土—古土壤序列从上到下依次为: MS- L_0 - S_0 -Lt- L_1 -AD, 剖面风化成壤强度的变化: 古土壤 $S_0 >$ 全新世黄土 $L_0 >$ 过渡层 Lt $>$ 马兰黄土 L_1 。

(2) 前坊村剖面中, 理化性质在不同地层单元有显著差异。例如磁化率、烧失量、Rb/Sr 指标平均含量的高值出现在古土壤层中, 低值出现在黄土层; 而 Zr/Rb 含量变化正好相反; 这些理化性质表明, 在古土壤发育期, 水热条件进入最适宜期, 沉积物的风化成壤作用显著; 在黄土堆积期, 气候寒冷干燥, 主要以粉尘堆积为主, 沉积物的风化成壤作用较弱。

(3) 秦岭南侧北亚热带汉江上游前坊村一级阶地剖面化学风化强度变化揭示了黄土—古土壤环境气候变化的规律: 末次冰期以来(大约 18.0~11.5 ka B.P.), 气候干冷, 沙尘暴频繁出现, 沉积物以黄土堆积为主, 成壤作用微弱, 形成马兰黄土 (L_1); 全新世早期(约 11.5~8.5 ka B.P.), 气候由干冷向暖湿方向转变, 但主要以干冷为主, 形成过渡层 (Lt); 在全新世大暖期(8.5~3.1 ka B.P.), 气候条件达到最优阶段, 水热配合较好, 生物活动活跃, 成壤作用十分显著, 发育了古土壤 S_0 ; 到了全新世晚期以来(3.1 ka B.P.) 气候又由暖湿向干冷方向转变, 成壤作用明显减弱, 沙尘暴出现较为频繁, 形成了以黄土堆积为主的全新世黄土 (L_0)。现代表土层 (MS) 是在 (1.5 ka B.P.) 以来气候转暖, 加之人类长期农业耕作扰动, 在全新世黄土 L_0 顶部叠加而形成的。

参考文献 (References)

- 1 刘东生. 黄土与环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1985: 1-481 [Liu Tungsheng. Loess and Environment [M]. Beijing: Science Press, 1985: 1-481]
- 2 丁仲礼, 刘东生. 1.8Ma 以来黄土—深海古气候记录对比 [J]. 科学通报, 1991 (18): 1401-1403 [Ding Zhongli, Liu Tungsheng. Loess since 1.8Ma-deep contrast paleoclimate records [J]. Chinese Science Bulletin, 1991 (18): 1401-1403]
- 3 雷祥义. 秦岭黄土—古土壤发育时的植被和环境 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 20(1): 4-79 [Lei Xiangyi. Vegetation and environment during period of Loess-Palesol development in the Qinling

- Mountains[J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 2000, 20(1): 73-79]
- 4 庞奖励,黄春长,查小春. 汉江上游郧县一级阶地发育土壤的诊断层特征及分类[J]. *土壤学报*, 2013, 50(6): 1082-1089 [Pang Jiangli, Huang Chunchang, Zha Xiaochun, *et al.* Soil diagnostic horizon characteristics and its significance in the upper Hanjing valley, China [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2013, 50(6): 1082-1089]
 - 5 黄培华,李文森. 湖北郧县曲远河口的地貌、第四纪地层和埋藏环境[J]. *汉江考古*, 1995(4): 3-86 [Huang Peihua, Li Wensen. Hubei Yunxian estuarine geomorphology, Quaternary strata and buried environment[J]. *Hanjiang Archaeologica*, 1995(4): 3-86]
 - 6 龚子同. 中国土壤系统分类[M]. 北京: 科学出版社, 1999 [Gong Zitong. *Chinese Soil Taxonomy* [M]. Beijing: Science Press, 1999]
 - 7 庞奖励,黄春长,贾耀峰. 关中西部地区全新世土壤发育及记录的水文事件[J]. *土壤学报*, 2005, 42(2): 187-193 [Pang Jiangli, Huang Chunchang, Jia Yaofeng. Hydrological events recorder in the Holocene soil in Guanzhong area, China [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(2): 187-193]
 - 8 鹿化煜,安芷生. 黄土高原红粘土与黄土—古土壤粒度特征对比—红粘土风成成因的新证据[J]. *沉积学报*, 1999, 17(2): 226-232 [Lu Huayu, An Zhisheng. Comparison of grain-size distribution of red clay and loess-paleosol deposits in Chinese Loess Plateau [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(2): 226-232]
 - 9 李徐生,韩志勇,杨守业,等. 镇江下蜀土剖面的化学风化强度与元素迁移特征[J]. *地理学报*, 2007, 62(11): 1174-1184 [Li Xusheng, Han Zhiyong, Yang Shouye, *et al.* Chemical weathering intensity and element migration features of the Xiashu Loess Profile in Zhenjiang [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(11): 1174-1184]
 - 10 Huang C C, Pang J L, Zha X C, *et al.* Extraordinary hydro-climatic events during the period AD 200-300 recorded by slackwater deposits in the upper Hanjiang River valley, China [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2013, 374: 274-283
 - 11 庞奖励,黄春长,查小春,等. 汉江上游谷地全新世风成黄土及其成壤改造特征[J]. *地理学报*, 2011, 66(11): 1562-1573 [Pang Jiangli, Huang Chunchang, Zha Xiaochun, *et al.* Holocene aeolian loess and its pedogenic modification in the Upper Hanjing River Valley, China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(11): 1562-1573]
 - 12 黄春长. 渭河流域3100年前资源退化与人类关系演变[J]. *地理科学*, 2001, 21(1): 30-35 [Huang Chunchang. The deterioration of land resources the change in human-earth relationship in the Weihe River Basin at 3100a B.P. [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(1): 30-35]
 - 13 王恒松,黄春长,周亚利,等. 关中西部千河流域全新世古洪水事件光释光测年研究[J]. *中国科学(D辑): 地球科学*, 2012, 42(3): 390-401 [Wang Hengsong, Huang Chunchang, Zhou Yali, *et al.* OSL dating of the Holocene paleoflood events on the Qianhe River in the Guanzhong Basin, China [J]. *Science China (Seri. D): Earth Science*, 2012, 42(3): 390-401]
 - 14 Huang C C, Jia Y F, Pang J L. Holocene colluviation and its implications for tracing human-induced soil erosion and redeposition on the piedmont loess lands of the Qinling Mountains, northern China [J]. *Geoderma*, 2006, 136: 838-851
 - 15 黄春长,庞奖励,陈宝群,等. 渭河流域先周一西周时代环境和水土资源退化及其社会影响[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(4): 404-414 [Huang Chunchang, Pang Jiangli, Chen Baoqun, *et al.* Land degradation and its social impact on the Weihe River drainage Basin during the predynastic Zhou-Western Zhou dynasty [J]. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(4): 404-414]
 - 16 刘秀铭,夏敦胜,刘东生,等. 中国黄土和阿拉斯加黄土磁化率气候记录的两种模式探讨[J]. *第四纪研究*, 2007, 27(2): 210-220 [Liu Xiuming, Xia Dunsheng, Liu Tungsheng, *et al.* Discussion on two models of Paleoclimatic records magnetic susceptibility of Alaskan and Chinese Loess [J]. *Quaternary Sciences*, 2007, 27(2): 210-220]
 - 17 刘秀铭,刘东生, Heller F, 等. 中国黄土磁化率与第四纪古气候研究[J]. *地质科学*, 1992, 12(增刊): 255-279 [Liu Xiuming, Liu Tungsheng, Heller F, *et al.* study on magnetic susceptibility of Loess and Quaternary climate in China [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1992, 12(Suppl.): 255-279]
 - 18 刘秀铭,刘东生, John Shaw. 中国黄土磁性矿物特征及其古气候意义[J]. *第四纪研究*, 1993, 1(3): 281-287 [Liu Xiuming, Liu Tungsheng, John Shaw. Magnetic mineral characteristics of Chinese loess and its palaeoclimatic significance [J]. *Quaternary Sciences*, 1993, 1(3): 281-287]
 - 19 张振克,吴瑞金,王苏民. 贷海湖泊沉积物频率磁化率对历史时期环境变化的反映[J]. *地理研究*, 1998, 17(3): 297-302 [Zhang Zhenke, Wu Ruijin, Wang Sumin. Implication of magnetic frequency dependent susceptibility on environmental variation from lacustrine sediment in Daihai Lake [J]. *Geographical Research*, 1998, 17(3): 297-302]
 - 20 彭先芝,贾蓉芬. 西峰与段家坡黄土剖面中有机质的特征及古环境信息[J]. *地理科学*, 2001(1): 36-40 [Peng Xianzhi, Jia Rongfen. Distribution of organic matter in Xifeng and Duanjiapo Loess Section and the paleo-environment significance [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2001(1): 36-40]
 - 21 石建省,石迎春,叶浩,等. 黄土堆积序列高温烧失量指标对古气候演化的指示意义[J]. *地理科学与国土研究*, 2002(4): 104-106 [Shi Jiansheng, Shi Yingchun, Ye Hao, *et al.* Indication significance of "High-temperature Loess on Ignition" in Loess accumulation sequence to paleoclimate evolution [J]. *Geography and Territorial Research*, 2002(4): 104-106]
 - 22 黄润,朱诚,王升堂. 天堂寨泥炭地层的磁化率、Rb/Sr 值及其反映的古气候意义[J]. *地理科学*, 2007, 27(3): 386-388 [Huang Run, Zhu Cheng, Wang Shengtang. Magnetic susceptibility and Rb/Sr ratio of peat stratum in Tiantangzhai and its significance of palaeoclimate [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27(3): 386-388]
 - 23 陈骏,汪永进,陈旻,等. 中国黄土地层 Rb 和 Sr 地球化学特征及其季风气候意义[J]. *地质学报*, 2001, 75(2): 259-266 [Chen Jun, Wang Yongjin, Chen Yan, *et al.* Rb and Sr geochemical characterization of the Chinese Loess and its implications for palaeomonsoon climate [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2001, 75(2): 259-266]

- 24 Gallet S, Jahn B M, Tori M. Geochemical characterization of the Luochuan Loess-paleosol sequence, China, and paleoclimatic implications [J]. *Chemical Geology*, 1996, 133: 67-88
- 25 田均良,彭祥林,等. 黄土高原土壤地球化学[M]. 北京:科学出版社, 1983: 110-165 [Tian Junliang, Peng Xianglin, *et al.* Soil Geochemistry of Loess Plateau[M]. Beijing: Science Press, 1983: 110-165]

Study on Loess-Weathering Paleosol Sequence and Paleoclimate Evolution in QFC Profile in Yunxian, China

ZHAO Yan-lei PANG Jiang-li HUANG Chun-chang ZHA Xiao-chun QIAO Jing
(College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119)

Abstract: Qinling Mountains as a natural boundary of South-North of China geography, climate, natural environment, and as the Loess Plateau of South barrier. The upper reaches of Hanjiang River valley area is located in the south of Qinling Mountains, belonging to the northern tropical climate. Through the upper reaches of Hanjiang QFC profile susceptibility, loss on the ignition, particle size, Rb/Sr and other physicochemical properties were studied. The results showed that: (1) since the last glacial dust storms may well crossed the Qinling Mountains in the south of accumulation, Loess-Paleosol sequence stratigraphic sequence from top to bottom: MS-L₀-S₀-Lt-L₁-AD; these sediments records recorded a complete terraces of the late Pleistocene climate change information, stratigraphic units by various periods of different periods of different degree of intensity of soil information. (2) Physical and chemical properties were significantly at different stratigraphic units of QFC profile. Such as magnetic susceptibility, LOI, high value of Rb/Sr index average content appear in paleosols, the lower value in the loess layer, and the change of the content of Zr/Rb is just the opposite; these physicochemical properties suggest that the development of paleosol period, hydrothermal conditions into the most suitable period, sediment weathering pedogenesis significantly; in the stage of loess accumulation, cold and dry climate, mainly by the dust deposition, sediment weathering pedogenesis weaker. (3) Qinling Mountains South North Asia tropical upper reaches of Hanjiang River Front terrace profile of chemical weathering intensity change reveals the loess paleosol climate changes: since the last glacial period (about 18~11.5 ka B.P.), climate is dry, frequent sandstorms, sediment in the loess accumulation, pedogenesis weak, forming a typical loess (L₁); the early Holocene (about 11.5 ~ 8.5 ka B.P.), climate change from dry and cold to warm and humid direction, but mainly in the dry and cold, to form a transition layer (Lt); in the Holocene warm period (8.5 ~3.1 Ka B.P.), climate conditions to achieve the optimal stage, with good heat water, biological activity active, pedogenesis is very significant, development of ancient soil S₀; Since the late Holocene (3.1 Ka B.P.), climate change from warm humid to cold direction, pedogenesis significantly weakened, sand storms appear more frequently, formed in loess deposits of Holocene loess based (L₀). Modern surface layer (MS) in(1.5 Ka B.P.), since the climate warming, and our long-term agricultural tillage disturbance, formed in the Holocene Loess L₀ top stack.

Key words: Upper reaches of Hanjiang valley; loess-paleosol sequence; pedogenic transformation; paleoclimate