

湖北郧西县庾家湾剖面粒度组成特征及其环境意义

张文桐 庞奖励* 周亚利 黄春长 查小春 崔天宇

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

【摘要】对湖北省郧西县庾家湾(TJW)剖面的地层序列、年代、磁化率及粒度组成进行研究。结果表明: TJW剖面具有表土(MS)→全新世黄土(L₀)→古土壤(S₀)→过渡层(L_t)→马兰黄土(L₁)→黄土与砂互层(T_{1-a12})→砾石层(T_{1-a11})的地层序列; 在马兰黄土层上部的黏粒含量、黏粒/粉砂值以及磁化率值明显高于典型马兰黄土, 而接近古土壤(S₀), 其成壤作用明显, 属于较典型的弱古土壤层(L₁-S₁和L₁-S₂), 其年龄在27.3~21.6 ka B.P.之间。此现象反映了在汉江上游地区, 晚更新世时期的冰期气候并不是持续稳定的, 在27.3~21.6 ka B.P.期间存在相对短暂的温暖湿润阶段, 这次气候事件可与黄土高原地区进行良好对比。

【关键词】汉江上游; 粒度; 弱古土壤; 气候变化

【中图分类号】P593

【文献标识码】A

【文章编号】1004-8227(2016)12-1910-07

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201612015

汉江上游地区是南水北调中线工程的核心水源区, 对区域未来环境变化研究和预测成为研究热点^[1-5]。不同学者利用泥炭、树木年轮及黄土等不同的信息载体对汉江上游地区的气候变化进行了大量的研究^[4, 6-10]。然而就整体而言, 关于汉江上游环境演变问题的研究程度依旧不高, 许多问题仍需要进行深入研究, 例如汉江低级阶地的形成问题、晚更新世的气候变化问题、汉江流域水文对气候的响应问题等等, 这些问题的解决有助于完善区域环境变化的资料。大量研究表明秦岭以北地区的马兰黄土层中存在弱古土壤层, 记录了在晚更新世时期的气候波动^[11-14], 尽管秦岭南侧发现有大量风成黄土, 由于研究程度较低, 尚未发现类似的弱古土壤层, 对晚更新世气候变化研究较少。本文对郧西县庾家湾黄土剖面进行了深入研究, 揭示了其记录的晚更新世时期气候信息, 为区域环境变迁的研究提供证据。

1 研究区自然环境

汉江位于秦岭南侧, 属北亚热带北部湿润季风气候区, 年均降水873 mm, 降雨集中在5~10月份(约占全年总量的75%), 森林覆盖面积高达62%。汉江发源于陕西省宁强县潘家山, 由西向东依次流经汉中、安康、十堰、襄阳, 于武汉汇入长江, 穿行于秦岭和大巴山之间, 基岩峡谷和河谷盆地交替出现。郧县盆地位于湖北省十堰境内, 盆地宽几公里到数10km不等, 长约20km, 汉江从中穿越而过, 在汉江两侧发育四级河流阶地, 阶地面(特别是低级阶地)比较平缓, 堆积了厚度不等的厚层黄土, 呈现面

收稿日期: 2016-04-01; **修回日期:** 2016-08-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271108, 41371029) [National Nature Science Foundation of China (Grant No. 41271108, No. 41371029)]; 国家社会科学基金项目(14BZS070) [National Social Science Foundation of China (Grant No. 14BZS070)]; 中央高校基本科研费(GK201601006) [Fundamental Research Funds for Central Universities (Grant No. GK201601006)]

作者简介: 张文桐(1991~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为土地利用与气候变化. E-mail: 978696657@qq.com

***通讯作者** E-mail: jlpang@snnu.edu.cn

积不等的平坦黄土台地。

2 研究材料和实验方法

2.1 研究材料

T J W 剖面位于湖北郧西县观音镇垭子湾村(110° 22' 51" E, 32° 05' 47" N), 汉江左岸一级河流阶地上(图 1), 此处汉江一级阶地地面高出汉江平水位 10 m。南水北调工程的实施, 在丹江口水库蓄水前, 当地人对汉江河道进行采砂淘金, 采矿过程中形成了天然的垂直断面, 使得一级阶地上堆积的黄土剖面裸露出来, 可清楚见到厚层黄土覆盖在河流相砾石层上。对剖面野外仔细观察发现, 地层界限十分明显, 地层连续, 剖面中没有明显的沉积间断。根据野外考察并结合室内实验数据, 对该剖面进行地层划分(表 1)。

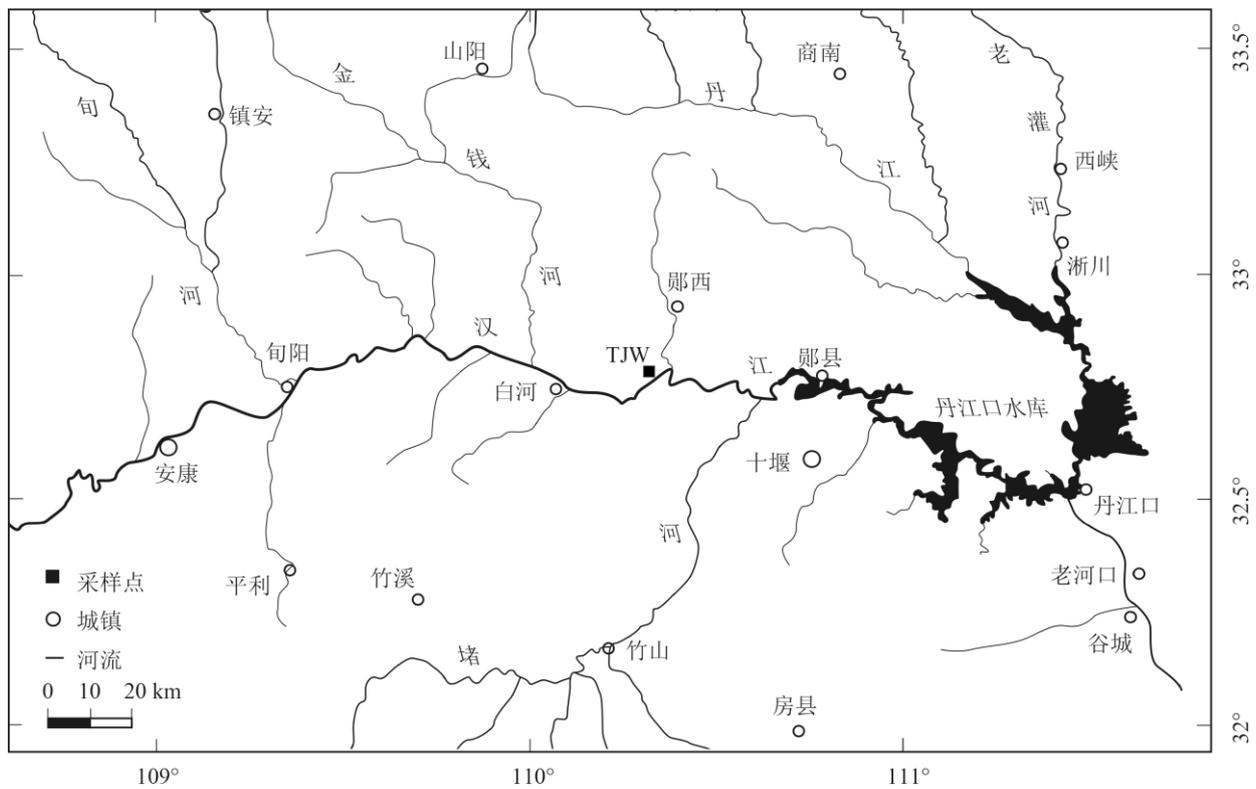


图 1 汉江上游谷地采样点分布图

Fig.1 Distribution Map of Sample Points in the Upper Reaches of Hanjiang Valley

表 1 郿西县长家湾(TJW)剖面地层特征描述

Tab.1 Stratigraphic Description of the TJW Profile in Yunxi County

地层单元	地层结构特征
表土层(MS) 0~30 cm	浊棕色(7.5YR6/3), 黏土粉砂质地, 团粒构造, 疏松多孔, 多植物根系。
全新世黄土(L ₀) 30~66 cm	浊黄橙色(10YR7/4), 粉砂质地, 团块-块状构造, 结构均匀, 比较疏松。
古土壤(S ₀) 66~160 cm	亮棕色~红棕色(5YR5/6~5YR5/4), 黏土质地, 典型的棱块状构造, 致密紧实, 比较坚硬, 裂隙面有大量暗棕色黏土胶膜沉淀, 结构体内部仍为棕色。
过渡层(L ₁) 160~178 cm	浊黄橙色(10YR6/4), 过渡性黄土, 粉砂质地, 块状构造, 部分裂隙面有暗棕色黏土胶膜沉淀, 但结构体内部仍呈黄橙色。
马兰黄土(L ₁) 178~560 cm	浊黄橙色(10YR7/4), 粉砂质地, 均匀块状构造, 十分疏松, 典型黄土。在228~260和294~370 cm呈暗红棕色(5YR3/6), 黏土粉砂质地, 弱棱块状结构, 较紧实和较坚硬, 显示明显成壤特征。
黄土与砂互层(T _{1-al2}) 560~818 cm	黄土层与较薄砂层交互出现, 其中黄土层呈浊黄橙色(10YR7/4), 为粉砂-细砂质地, 疏松且干净, 而砂层呈细砂质地, 十分疏松且干净的粒状结构。
砾石层(T _{1-al1}) 818~850cm	典型二元结构, 纯净砂层(厚度>100 cm), 直接覆盖在河流相砾石层。

TJW剖面地层年龄框架通过地层对比和光释光(OSL)测年数据确定(图2), 本文未进行深入讨论。OSL年龄在陕西师范大学光释光测年实验室采用粗颗粒(90~125 μm)石英单片再生剂量法(SAR)获得。

2.2 研究方法

沿剖面从地表开始向下 2 cm 连续采样, 其中 570 cm 以下 4 cm 连续采样(采至砾石层顶界), 共获得 353 个样品。样品在室内自然风干后对磁化率和粒度进行测量。磁化率测量方法: 取适量风干样品(>10 g)在研钵中研磨, 称取 10 g 研磨好的样品放入塑料瓶并编号, 用 M S - 2 型磁化率仪(英国 Bartington 公司生产)进行测量, 每个样品重复测 3 次, 取平均值。粒度测量方法: 取 0.8 g 风干土样置于 500 mL 的烧杯中, 加入约 10 mL 10%浓度的 H₂O₂, 除去样品中的有机质; 再加入 10 mL 10%浓度的盐酸, 加热使其充分反应, 除去碳酸盐; 然后注满蒸馏水, 静置 72 h 后, 抽掉上部清水, 加入 5 mL 0.05 N 的 (NaPO₃)₆ 作为分散剂。采用美国 Beckman 公司生产的 LS13320 型激光粒度仪进行测量, 重复测量 3 次, 取平均值, 实验结果误差小于 2%。

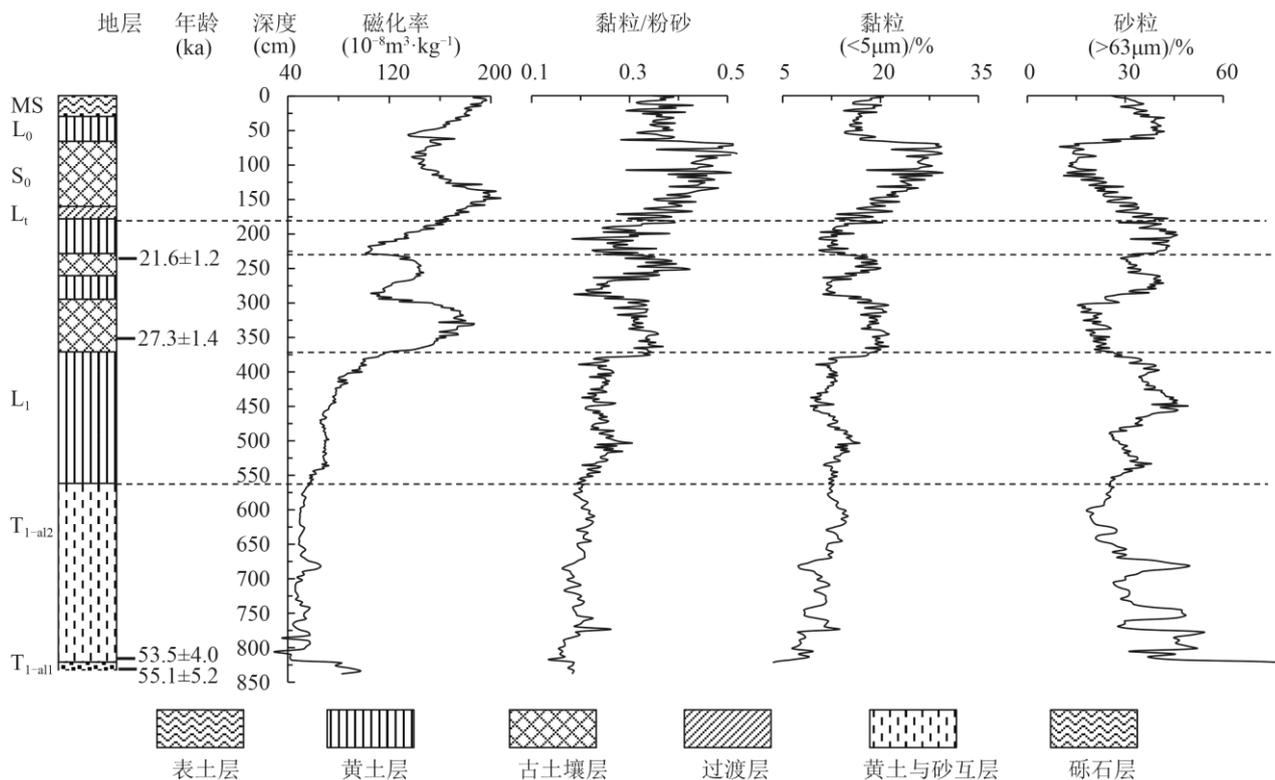


图2 TJW剖面磁化率、粒度分布曲线

Fig.2 Distribution Curves of Magnetic Susceptibility Grain-Size at TJW Profile

3 实验结果与分析

3.1 磁化率特征

实验数据显示，TJW剖面中磁化率介于 $29.4 \times 10^{-8} \sim 207.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间，但是不同地层单元之间有明显区别(图2)。古土壤(S_0)磁化率值变化范围为 $137.8 \times 10^{-8} \sim 207.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，平均值 $166.15 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，在整个剖面中为高值区。黄土层呈现出明显的低值区，其中黄土与砂互层($T1-a12$)的磁化率值最低，变化范围为 $29.4 \times 10^{-8} \sim 66 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，平均值为 $51.07 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 。全新世黄土(L_0)磁化率值在 $134.8 \times 10^{-8} \sim 176.3 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间，平均值为 $156.88 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ；过渡层黄土(L_t)的磁化率为 $173.03 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，变化范围为 $162.9 \times 10^{-8} \sim 182.6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

马兰黄土(L_1)的磁化率变化范围为 $57.4 \times 10^{-8} \sim 115.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，平均值为 $75.78 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 。值得注意的是，在 $228 \sim 260 \text{ cm}$ 和 $294 \sim 370 \text{ cm}$ 的深度处，其磁化率值呈现出明显的峰值，分别为 $136.83 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $162.22 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，远高于马兰黄土(L_1)，接近于古土壤(S_0)的磁化率值。

3.2 粒度组成特征

3.2.1 黏粒含量变化特征

T J W剖面的黏粒($< 5 \mu m$)含量变化范围为9.3%~29.5%，不同地层之间的黏粒含量变化显著，其中古土壤(S_0)的黏粒含量为整个剖面的最高值，变化范围为17.9%~29.5%，平均值为24.4%，黄土层为明显的低值区。黄土与砂互层(T_{1-a12})的黏粒含量变化范围为6.45%~15%，平均值为11.14%，在整个剖面中黏粒含量最低。全新世黄土(L_0)的黏粒含量为16.63%，变化范围为14.5%~20.4%。过渡层黄土(L_t)的黏粒含量变化在9.86%~21.8%，平均值为16.38%。

马兰黄土(L_1)的黏粒含量变化范围为9.3%~18.9%，平均值为12.9%，明显低于古土壤层的黏粒含量(24.4%)。但是弱古土壤层(L_1-S_1 , 228~260 cm)和弱古土壤层(L_1-S_2 , 294~370 cm)的黏粒含量分别为17.3%和19.3%，明显高于马兰黄土层的黏粒含量，与古土壤层的黏粒含量较为接近。

3.2.2 砂含量变化

TJW剖面的砂粒组分($>63 \mu m$)的变化范围为9.9%~49.7%。在整个剖面中黄土层的砂粒含量为明显的高值区(图2,表2)。古土壤(S_0)的砂粒含量变化范围为9.9%~33.6%，在整个剖面中砂粒含量最低，为19.9%。全新世黄土(L_0)的砂粒含量为37.3%，变化范围为23.3%~41.9%。过渡层黄土(L_t)的砂粒含量为34.2%，变化范围为27.2%~42.9%。黄土与砂互层(T_{1-a12})的砂粒含量处于18.1%~49.7%，平均值为31.1%。

表2 郿西县TJW剖面磁化率及粒度参数
Tab.2 Magnetic Susceptibility and Grain Size Parameters of the TJW Profile in Yunxi County

地层	磁化率	黏粒($<5 \mu m$)	砂粒($>63 \mu m$)	黏粒/粉砂
	$10^{-8} m^3 \cdot kg^{-1}$	%	%	平均值
L_0 (30~66 cm)	134.80~176.30	14.5~20.4	23.3~41.9	0.28~0.40
	156.88	16.6	37.3	0.36
S_0 (66~160 cm)	137.80~207.80	17.9~29.5	9.9~33.6	0.29~0.52
	166.15	24.4	19.9	0.44
L_t (160~178 cm)	162.90~182.60	13.1~21.8	27.2~42.9	0.27~0.43
	173.03	17.2	34.2	0.35
L_1 (178~560 cm)	57.40~115.90	9.3~18.9	25.2~48.2	0.20~0.34
	75.78	12.9	34.2	0.24
L_1-S_1 (228~260 cm)	118.20~144.80	13.4~20	28.6~38.5	0.25~0.42
	136.83	17.3	32.5	0.35
L_1-S_2 (294~370 cm)	122.20~186.90	16.5~21.3	15.4~28	0.27~0.37
	162.22	19.3	21.3	0.33
T_{1-a12} (560~818 cm)	29.4~66.00	6.5~15	18.1~49.7	0.13~0.26
	51.07	11.1	31.1	0.19

4 讨论

4.1 秦岭南侧马兰黄土中弱古土壤层的存在

马兰黄土被认为是末次冰期堆积形成的典型的风成堆积物，黄土高原地区的大量研究显示末次冰期的气候并非稳定，期间有短暂的温暖时期，以在马兰黄土层中出现了弱成壤的古土壤层为证据^[11~14]。翟新伟等^[12]对会宁剖面进行研究，认为在30.04~24.47 ka B.P.期间气候相对温暖湿润，郭娇等^[13]对陕西吴起县金丁剖面研究同样发现在31.0~27.4 ka B.P.期间出现气候转暖事件。

黄土的粒度能够很好地指示东亚冬季风的强弱变化^[16~18]，其组成与风力强弱以及后期成壤改造作用密切相关^[18~21]，其中黏粒的含量与后期沉积环境的风化成壤作用密切相关^[4, 16, 22~24]，磁化率的高低取决于黄土中铁磁性矿物(主要是磁铁矿、磁赤铁矿等)的含量、种类及其粒径大小，反映了气候的干湿状况^[25~27]。T J W剖面中，228~260和294~370 cm的黏粒含量分别为17.3%和19.3%，明显高于马兰黄土层的黏粒含量(12.9%) (表2)，而黏粒/粉砂分别为0.35和0.33，也显著高于马兰黄土(0.24) (表2)。228~260和294~370 cm处的磁化率与黏粒含量分布以及黏粒/粉砂比与黏粒含量分布都与典型的马兰黄土层明显分布于不同的区域(图3)。但是，228~260和294~370 cm的黏粒含量以及黏粒/粉砂比与古土壤(S₀)十分接近(表2)，并且在图3和图4中它们与古土壤(S₀)位于同一区域内。此外，228~260和294~370 cm的磁化率值分别为 136.83×10^{-8} 和 $162.22 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ，与古土壤(S₀)的磁化率值十分接近($166.15 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$)，明显高于典型的马兰黄土(L₁) (表2)。上述特征无疑说明，228~260和294~370 cm的风化成壤强度明显高于典型的马兰黄土(L₁)，又低于古土壤(S₀)，应属于弱古土壤层。而OSL测年数据显示，弱古土壤发生时间在27.3~21.6 ka B.P.期间。

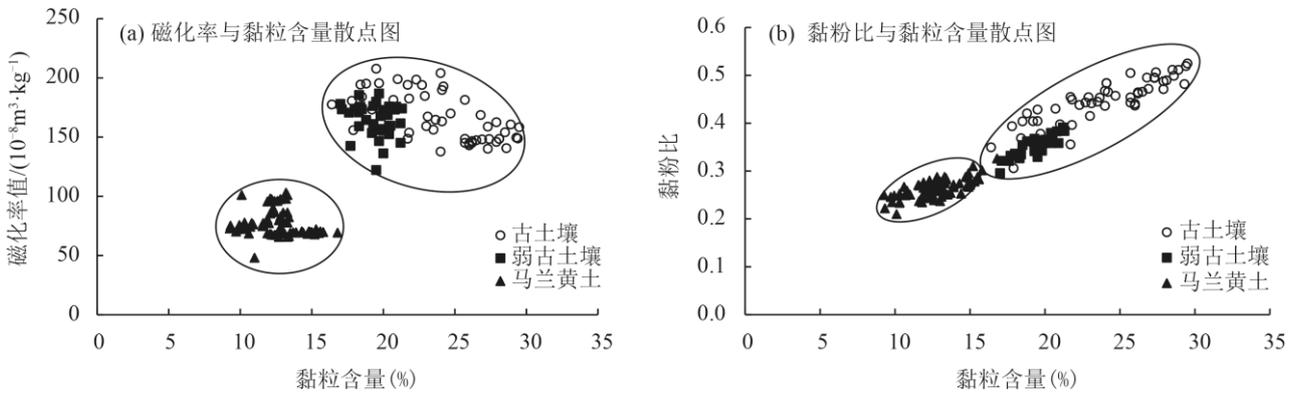


图3 TWJ剖面黏粒与磁化率以及黏粒与黏粉比散点图

Fig.3 Clay and Magnetic Susceptibility, Clay and Clay to Silt Ratio Scatter Diagram of the TJW Profile

TJW剖面中的弱古土壤层(L₁-S₁和L₁-S₂)也可与黄土高原进行良好对比^[12, 13]，这也佐证了秦岭南侧的马兰黄土中存在弱古土壤层。因此，本文认为汉江上游地区的马兰黄土层中也存在风化程度较弱的弱古土壤层(L₁-S₁和L₁-S₂)，它们是气候变化的直接记录。

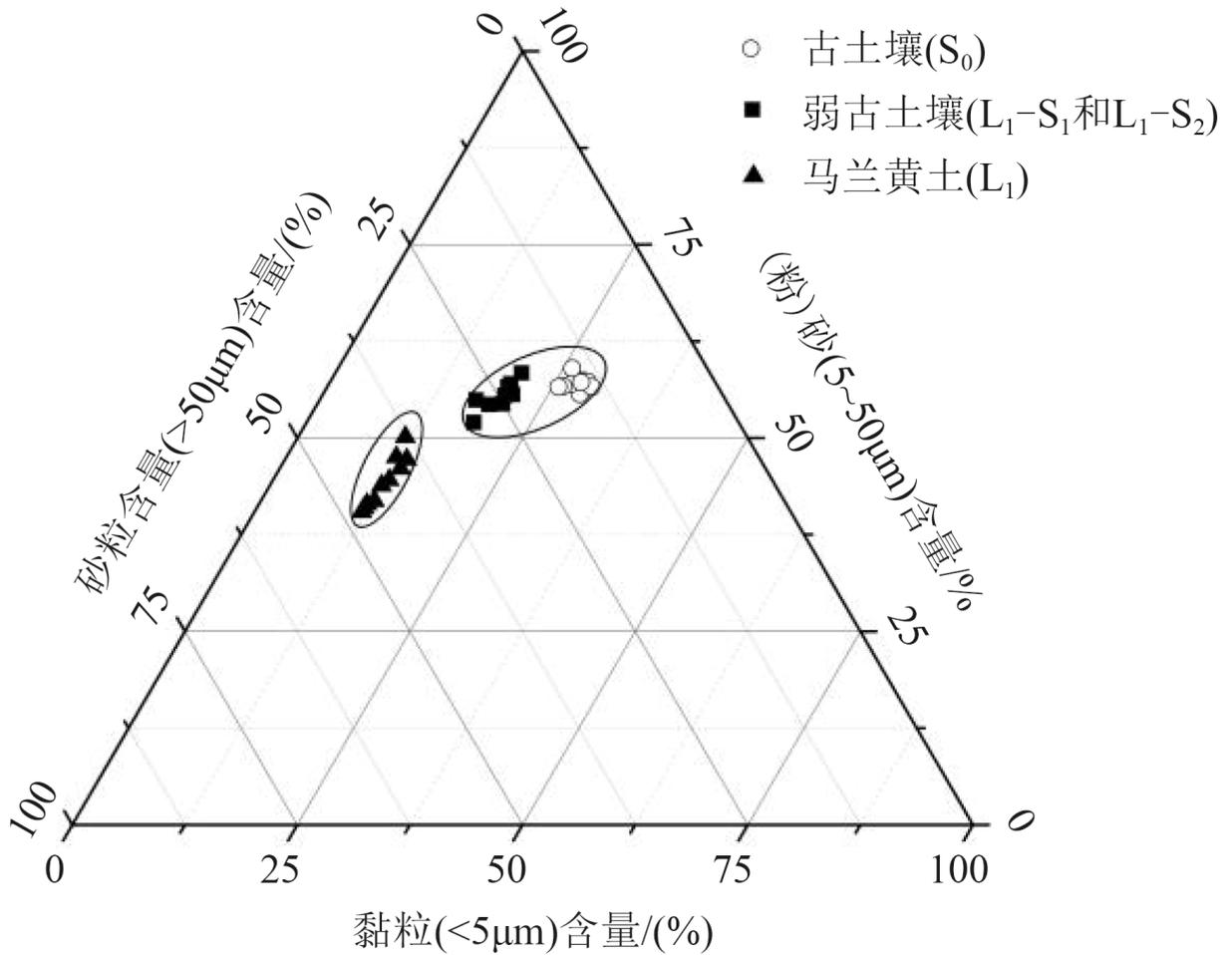


图4 TWJ剖面古土壤与弱古土壤粒度成分三角图

Fig.4 Palaeosol and Weak Palaeosol Triangle Diagram of Grain-Size Distribution of the TJW Profile

4.2 TJW剖面记录的气候变化

TJW剖面不同地层之间的风化成壤强度的变化可靠的记录了自晚更新世以来的气候变化。剖面底部厚层的马兰黄土(L₁)说明在晚更新世末期, 冬季风强盛, 风化成壤强度微弱, 气候干燥寒冷。马兰黄土层中弱古土壤层(L₁-S₁和L₁-S₂)的存在, 说明此时期(27.3~21.6 ka B.P.)风化成壤强度明显增强, 气候在此期间变得温暖湿润。这样的特征说明汉江流域末次冰期时期寒冷气候也并非长期稳定, 其中在27.3~21.6 ka B.P. 期间出现气候温暖湿润阶段, 而这一期间又出现了短暂的次一级的冷干事件(磁化率、黏粒含量以及黏粒/粉砂值的曲线呈现出明显的低值为特征, 图2)。

末次冰期结束后, 气候转向暖湿。在全新世初期, 形成了过渡层黄土(L₁), 反映了气候向暖湿方向逐步变化。全新世中期, 形成的古土壤(S₀), 指示了在此期间气温较高、降水较多的环境特征。在全新世晚期, 形成的近代黄土(L₀), 说明自全新世晚期以来, 冬季风又开始逐渐加强, 气候暖湿程度开始降低。

5 结论

通过上述讨论,可得到下列认识:(1)TJW剖面是晚更新世以来的连续风尘堆积物,具有MS-L₀-S₀-L_c-L_i的剖面构型。(2)TJW剖面的马兰黄土层中228~260和294~370 cm处的黏粒含量、黏粒/粉砂值以及磁化率值存在两个明显的峰值,成壤作用明显,说明是两层弱古土壤,光释光测年显示其发生于27.3~21.6 ka B.P.期间。(3)晚更新世时期末期,研究区较寒冷,冬季风强盛,形成了厚层的马兰黄土。马兰黄土层中L₁S₁和L₁S₂记录了在27.3~21.6 ka B.P.期间出现短暂的气候转暖事件,期间冬季风减弱,气候温暖湿润,成壤条件较好。末次冰期结束后,气候转向暖湿,形成了古土壤(S₀),而在全新世晚期,气候暖湿程度逐渐降低,形成全新世黄土(L₀)。

参考文献:

[1]HUANG C C, PANG J L, ZHA X C, et al. Extraordinary hydroclimatic 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.

[2] ZHANG Y Z, HUANG C C, PANG J L, et al. Comparative study of the modern flood slackwater deposits in the upper reaches of Hanjiang and Weihe river valleys, China[J]. Quaternary International, 2012, 282:184 - 191.

[3]查小春,黄春长,庞奖励,等.汉江上游郧西段全新世古洪水事件研究[J].地理学报,2012,67(5):671-680.

[4]庞奖励,黄春长,周亚利,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.

[5]周亮,黄春长,周亚利,等.汉江上游郧西郧县段古洪水事件光释光测年及其对气候变化的响应[J].地理研究,2014,33(6):1178-1192.

[6]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(S1):26-37.

[7]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):83-86.

[8]雷祥义.秦岭黄土-古土壤发育时的植被与环境[J].海洋地质与第四纪地质,2000,20(1):73-79.

[9]何报寅,张穗,蔡述明.近2600年神农架大九湖泥炭的气候变化记录[J].海洋地质与第四纪地质,2003,23(2):109-115.

[10]刘洪滨,邵雪梅.利用树轮重建秦岭地区历史时期初春温度变化[J].地理学报,2003,58(6):879-884.

[11]HUANG C C, PANG J L, ZHA X C, et al. Extraordinary hydroclimatic 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.

[12]翟新伟,李富强,吴松.会宁剖面黄土粒度记录MIS3阶段气候变化研究[J].干旱区地理,2013,36(5):773-780.

-
- [13]郭娇, 王伟, 吴利杰. 陕西吴起金丁黄土剖面末次冰期的环境记录[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(4): 108 - 112.
- [14]陈发虎, 马玉贞, 李吉均. 陇西黄土高原马兰黄土划分与末次冰期气候快速变化研究[J]. 冰川冻土, 1996, 18(2): 111 - 118.
- [15]刘东升. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 1 - 336.
- [16]鹿化煜, 安芷生. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(3): 278 - 283.
- [17]鹿化煜, 安芷生. 洛川黄土粒度组成的古气候意义[J]. 科学通报, 1997, 42(1): 66 - 69.
- [18]牛光明, 强明瑞, 宋磊, 等. 近5000a来柴达木盆地东南缘风成沉积记录的冬季风演化[J]. 中国沙漠, 2010, 30(5): 1031 - 1039.
- [19]DING Z L, SUN J M, LIU D S. A sedimentological proxy indicator linking changes in loess and deserts in the Quaternary[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 1999, 42(2): 146 - 152.
- [20]卞鸿雁, 庞奖励, 黄春长, 等. 汉江上游谷地与渭河谷地黄土化学风化程度比较[J]. 地理研究, 2014, 33(4): 654 - 664.
- [21]王朝建, 庞奖励, 黄春长, 等. 汉江上游谷地黄褐土粒度组成特征及其意义[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2012, 40(3): 76 - 80.
- [22]汪海斌, 陈发虎, 张家武. 黄土高原西部地区黄土粒度的环境指示意义[J]. 中国沙漠, 2002, 22(1): 21 - 26.
- [23]贾耀锋, 庞奖励. 关中盆地东部全新世剖面粒度组成与气候变化研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(2): 153 - 155.
- [24]陈宝群, 黄春长, 李平华. 陕西扶风黄土台塬全新世成壤环境变化研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(2): 149 - 152.
- [25]刘秀铭, 刘东生, SHAW J. 中国黄土磁性矿物特征及其古气候意义[J]. 第四纪研究, 1993(3): 281 - 287.
- [26]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(S): 279 - 285.
- [27]柏道远, 李长安, 陈渡平, 等. 化学风化指数和磁化率对洞庭盆地第四纪古气候变化的响应[J]. 中国地质, 2011, 38(3): 779 - 785.