

河南仰韶村文化遗址的土壤指示特征研究*

查理思^{1, 2} 吴克宁^{1, 2†} 梁思源³ 魏洪斌^{1, 2} 李晨曦^{1, 2}

(1 中国地质大学 (北京) 土地科学技术学院, 北京 100083)

(2 国土资源部土地整治重点实验室, 北京 100035)

(3 郑州大学公共管理学院, 郑州 450001)

摘要 人类作为生物因素的重要组成部分, 其对土壤的影响越来越受到关注。在古人类遗址土壤研究中, 通过分析土壤理化性质以及包含物特征, 可还原古人类活动类型以及强度。在河南仰韶村文化遗址内, 分别选取一个受到古人类活动干扰的土壤剖面 (简称文化剖面) 和没有受到古人类活动干扰的土壤剖面 (简称自然剖面), 通过观察和分析, 比较两个剖面在遗物遗迹、土壤理化性质以及植物遗存方面的差别, 从而获取该遗址的土壤指示特征。研究结果显示文化剖面中出现陶片、石器、灰坑、灰烬层和文化层; 通体粒度组成偏砂, 在灰烬层砂粒含量达到最大; 低频磁化率 (χ_{lf}) 高于自然剖面, 且出现异常高值, 频率磁化率 (χ_{fd}) 略低于自然剖面; 色度参数红度 (a*) 、黄度 (b*) 、亮度 (L*) 值低于自然剖面, 均在灰烬层出现最小值; 容重小于自然剖面, 在文化层出现最小值; 全磷含量高于自然剖面, 在灰烬层和文化层出现极大值和最大值; 禾本科 (*Gramineae*) 和藜科 (*Artemisia*) 含量高于自然剖面, 存在驯化的粟、黍、水稻植硅体; 有机碳同位素 ($\delta^{13}\text{C}$) 值较自然剖面偏正, 指示剖面植物类型以C4为主; 炭屑含量大约为自然剖面的4倍。土壤在古人类活动影响下, 宏观上, 土体中的侵入体和剖面形态特征与自然剖面具有明显的差别; 微观上, 粒度组成、磁化率、色度、全磷、容重、孢粉、植硅体、炭屑和有机碳同位素也与自然剖面有明显的差别。

关键词 文化遗址; 遗物遗迹; 土壤理化性质; 植物遗存

中图分类号 S155 文献标识码 A

道库恰耶夫 (Vasili Vasilievich Dokuchaev) 在其1883年出版的《俄罗斯黑钙土》一书中, 首次正式提出土壤形成五大因素 (气候、地形、母质、生物和时间), 人类作为生物因素的重要组成部分, 其对土壤的影响越来越受到关注^[1-6]。在古人类遗址土壤研究中, 通过分析土壤理化性质以及包含物特征, 可还原古人类活动类型以及强度。如曹志洪等^[7]通过对江苏卓墩山遗址中古水稻土的黏粒、有机质、磁化率、孢粉及植硅体特征研究, 证明该遗址稻田群是迄今发现最早的灌溉稻田群, 获得新石器时期“火耕水耨”——原始灌溉稻作技术的证据, 并提出古水稻土的诊断技术标

准。史威等^[8]发现重庆中坝考古遗址土壤的磁化率分布异常, 表明土壤受到古人类强烈改造, 很大程度上掩盖了气候变化、自然成土作用对土壤磁化率的影响, 其中碎陶片集中的文化层表现为高磁化率值, 多次异常高值可能与古人类用火有关, 因为高强度燃烧可增加土壤磁性矿物。董广辉等^[9]通过对河南大阳河遗址土壤磷、氮、碳元素分析, 发现王湾三期 (4.3~4.0kaBP) 和二里头时期 (3.9~3.5kaBP), 古人类活动增加了土壤有机碳、全氮和有机磷含量, 并且有机碳与全氮、有机磷与全氮的比值明显增加, 元素质量分数和比值变化特征说明该遗址为古人类生活和居住区, 而不是

* 国家自然科学基金项目 (41371226) 资助 Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 41371226)

† 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wukening@cugb.edu.cn

作者简介: 查理思 (1988—), 男, 江西庐山市人, 博士, 主要从事土壤地理研究。E-mail: chalisi1988921@163.com

收稿日期: 2015-10-14; 收到修改稿日期: 2016-01-04; 优先数字出版日期 (www.cnki.net): 2016-09-30

农作区。与王湾三期相比,二里头时期土壤中有机碳、全氮和有机磷质量分数明显升高,表明该遗址二里头时期人类活动强度较王湾三期有所增强。

然而目前研究多集中古环境变化与古人类活动强度的耦合关系^[10-19],从宏观的空间和时间角度研究气候变化对古人类活动强度的影响。研究对象通常为没有古人类干扰的土壤剖面,研究方法多为选取较强气候指示意义的土壤理化特征及包含物,如粒度、磁化率、孢粉等,从而较为准确地还原古环境。研究结果结合考古资料,从古环境角度,对不同时期古人类活动强度变化进行解释。如此,较易缺乏从微观的角度,了解古人类活动对土壤性质及包含物的影响,从而难以对古人类因素在土壤发生、发育中作用,以及含有文化层的土壤分类诊断特征、土壤文化遗产功能评价研究形成定量化土壤学数据。

本文选择在河南仰韶村文化遗址内,分别选取一个受到古人类活动干扰的土壤剖面(简称文化剖面)和没有受到古人类活动干扰的土壤剖面(简称自然剖面)。通过观察土壤中的遗物遗迹,分析土壤常规理化性质,并借鉴孢粉、植硅体、炭屑、有机碳同位素研究方法^[20-23],比较两个典型剖面的

土壤形态、理化性质及包含物特征,从而较为全面地获取河南仰韶村遗址区土壤指示特征,以期为其他遗址区土壤指示特征研究提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 研究区和土壤剖面分层概况

河南仰韶村遗址位于三门峡市渑池县城北7.5 km仰韶村南的台地上。遗址长约900 m,宽约300 m,面积近 3.0×10^5 m²。仰韶村是仰韶文化的命名地,仰韶文化作为重要的新石器时代文化,于1921年被瑞典科学家安特生等发现而得名。

文化剖面位于仰韶村进村路西面的缓坡上($111^{\circ}46'36''E$, $34^{\circ}48'53''N$),海拔633 m,坡度 $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 。根据颜色、结构、紧实度和层间接触关系等,将剖面分为六层(表1):灰烬层为古人类用火遗迹,文化层为古人类居住遗迹,两者水平分布,边界形状平整规则,在两者中均发现仰韶时期红陶片和中原龙山文化时期灰陶片,其旁锥型灰坑为古人类生活垃圾或粮食储备所挖的土坑,可证明灰烬层、文化层为古人类活动遗迹。

自然剖面位于仰韶村安特生路东面缓坡上

表1 文化剖面分层描述

Table 1 Pedological and stratigraphic description of the cultural profile

深度 Depth (cm)	土层 Layer	描述 Pedological description
0 ~ 20	表土层	浊橙(7.5YR 6/4,干),粉壤土,弱发育块状结构,稍硬,含多量根系,清晰平滑过渡。
20 ~ 70	过渡层1	橙(5YR 6/6,干),粉壤土,弱发育块状结构,稍硬,含多量根系,块状结构,稍硬,清晰平滑过渡。
70 ~ 100	灰烬层	灰棕(7.5YR 4/2,干),粉壤土,粒状结构,松散,发现少量陶片和一件疑似圆形石器,清晰平滑过渡。
100 ~ 140	文化层	浊橙(7.5YR 7/3,干),粉壤土,弱发育块状结构,硬,发现少量陶片,清晰平滑过渡。
140 ~ 220	过渡层2	淡棕(7.5YR 7/2,干),粉壤土,中发育块状结构,硬,清晰平滑过渡。
220 ~ 400	古土壤	浊橙(7.5YR 6/4,干),黏土,强发育块状结构,很硬。

($111^{\circ}46'36''E$, $34^{\circ}48'51''N$),海拔621 m,坡度 $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 。根据颜色、结构、紧实度和层间接触关系等,将剖面分为四层(表2)。

1.2 样品采集与分析

采样方法分为两种:一种按发生层采样,共采集分层样品10个,进行环刀法的容重分析;另一种为密集采样,在观察厚度4 m范围内,间

隔10 cm从下至上连续采样,共采集密集样品80个,主要用于粒度、磁化率、色度、全磷、有机碳同位素、孢粉和炭屑分析。粒度分析采用英国Mastersizer2000型激光粒度仪测定,磁化率分析采用英国BartingtonMS-2型双频磁化率仪测定,色度参数a*、b*、L*分析采用日本柯尼卡美能达公司CM-700d分光测色仪测定,全磷分析采用ICP发射

表2 自然剖面分层描述

Table 2 Pedological and stratigraphic description of the natural profile

深度 Depth (cm)	土层 Layer	描述 Pedological description
0~20	表土层	橙 (5YR 6/6, 干), 粉壤土, 粒状结构, 松软, 含少量根系, 模糊平滑过渡。
20~170	黄土层	亮红棕 (5YR 5/6, 干), 粉壤土, 弱发育块状结构, 稍硬, 含中量根系, 少量砾石和砂姜侵入体, 清晰平滑过渡。
170~320	过渡层	亮棕 (7.5YR 5/6, 干), 黏土, 强发育角块状结构, 稍硬, 很多碳酸钙粉末和假菌丝体。
320~400	古土壤	橙 (7.5YR 6/6), 黏土, 强发育棱块状结构, 很硬, 少量钙质结核。

光谱法。有机碳同位素采用Thermo公司Flash HT 2000元素分析仪与Dleta V稳定同位素质谱仪联合测定。孢粉的提取采用酸碱处理、重液浮选和过筛法, 鉴定和统计在Leica生物显微镜(放大倍数为 $\times 400$)下完成。炭屑鉴定和统计在日产Olympus BX-51型光学显微镜(放大倍数为 $\times 400$)下完成, 对直径大于 $50\mu\text{m}$ 的炭屑进行统计。此外, 对文化剖面中古人类活动干扰的土层进行植硅体分析, 植硅体的分离和提取参照湿式灰像法, 将提取的植硅体用中性树胶制成固定片, 在Leica生物显微镜(放大倍数为 $\times 400$)下进行观察、统计和显微照相, 其鉴定和分类参照有关文献[24-27], 命名采用国际规则^[28]。

2 结 果

2.1 遗物遗迹

与自然剖面相比, 文化剖面中可发掘和观察到陶片、石器、灰坑、灰烬层和文化层。通过对周边类似文化剖面的观察, 发现陶片多细碎, 偶有较大片, 经有关专家鉴定, 均为新石器时期陶片, 其中红色陶片(图1-1)多为仰韶文化时期, 黑色陶片(图1-2)多为中原龙山文化时期; 石器(图1-3)不多, 但发现具有明显棱角的尖状石器、外形浑圆的石器和经过加工后外形规则的石器; 灰坑可按不规则(图1-4)和规则(图1-5)形状分类, 经有关专家研究, 不规则形状多为仰韶文化时



1. 红色陶片 Red pottery shard; 2. 黑色陶片 Black pottery shard; 3. 石器 Stoneware, 4. 不规则灰坑 Irregular shaped ash pit;
5. 规则灰坑 Regular shaped ash pit; 6. 灰烬层 Ash layer; 7. 文化层 Cultural layer

图1 仰韶村文化遗址遗物遗迹

Fig. 1 Relics found at the Yangshao village cultural relic site

期, 规则形状多为中原龙山文化时期; 灰烬层(图1-6)多为一层水平且较薄的非自然土层, 颜色多为灰黑色或黑色, 与周围土层颜色形成鲜明差别, 多为古人用火痕迹; 文化层(图1-7)多为一层水平且较厚的非自然土层, 颜色多为灰色或灰白色, 多为古人生活遗迹。

2.2 粒度

粒度作为气候变化的替代指标得到了广泛应用, 黄土堆积的粒度测量已成为第四纪东亚季风变化研究的一项重要内容^[29]。为了便于进行古气候研究, 本文参照有关研究成果^[30]以及相邻黄土地区的粒度分级标准^[31], 采用50、10和5μm作为砂粒/粗粉砂、粗粉砂/细粉砂以及细粉砂/黏粒分界线。如图2所示, 文化剖面的粒度组

成结果: 黏粒含量范围为122.69~306.04 g kg⁻¹, 平均含量为244.19 g kg⁻¹, 变异系数为17.10%; 细粉砂含量范围为104.07~194.14 g kg⁻¹, 平均含量为155.23 g kg⁻¹, 变异系数为15.45%; 粗粉砂含量范围为447.61~548.45 g kg⁻¹, 平均含量为501.49 g kg⁻¹, 变异系数为4.93%; 砂粒含量范围为25.44~293.99 g kg⁻¹, 平均含量为99.09 g kg⁻¹, 变异系数为54.23%。自然剖面的粒度组成结果: 黏粒含量范围为203.53~316.85 g kg⁻¹, 平均含量为267.38 g kg⁻¹, 变异系数为11.39%; 细粉砂含量范围为126.52~193.84 g kg⁻¹, 平均含量为163.59 g kg⁻¹, 变异系数为9.70%; 粗粉砂含量范围为466.79~547.25 g kg⁻¹, 平均含量为497.30 g kg⁻¹, 变异系数为5.04%; 砂粒含量范围

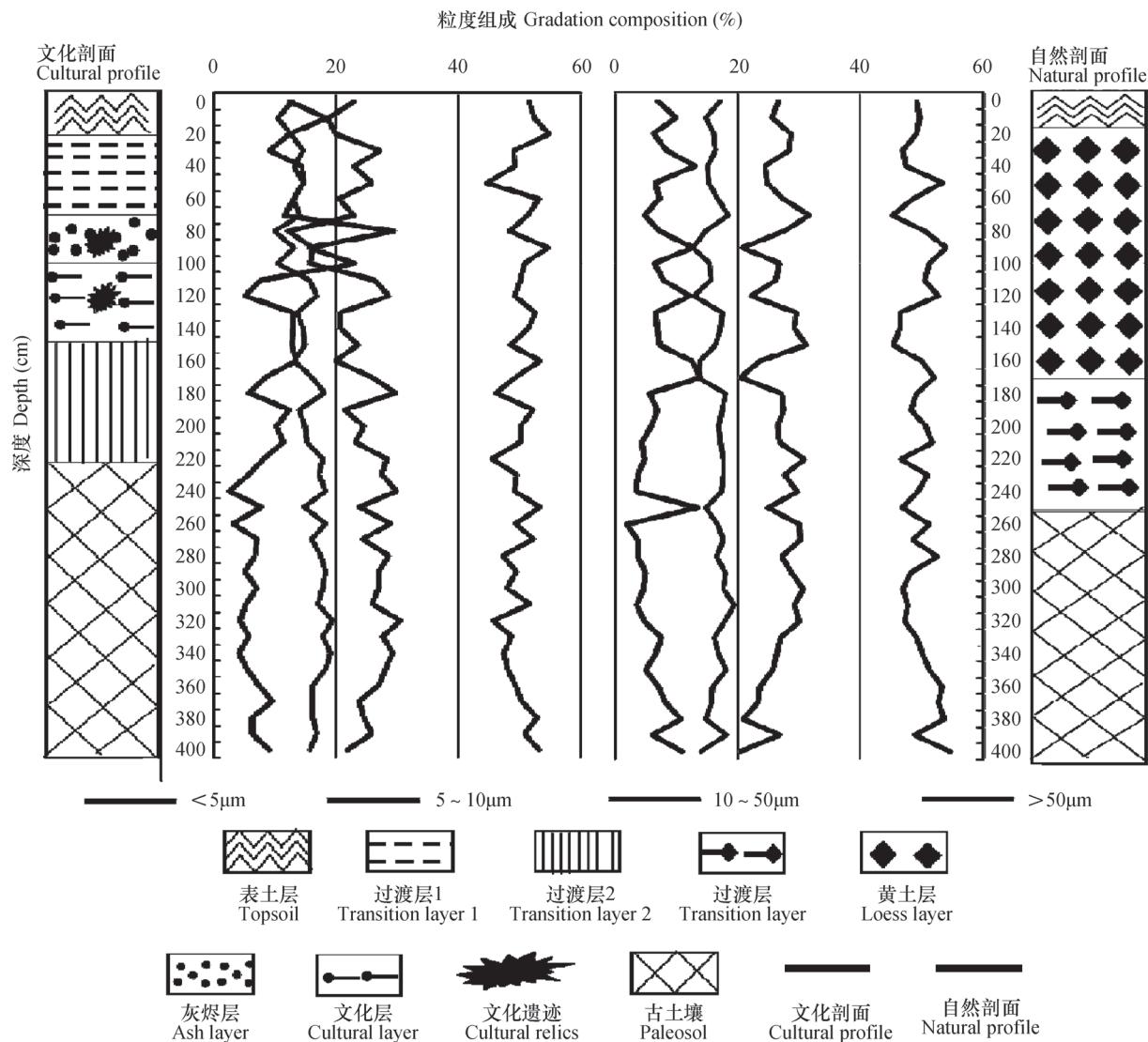


图2 文化和自然剖面粒度组成特征图

Fig. 2 Characteristic graphs of particle size composition of the cultural and natural profiles

为 $18.56 \sim 139.43 \text{ g kg}^{-1}$, 平均含量为 71.73 g kg^{-1} , 变异系数为43.07%。

在灰烬层, 砂粒含量达到最高值, 远高于自然剖面的最大值, 同时黏粒含量达到最低值, 低于自然剖面的最低值。在文化层, 黏粒含量达到极值。

2.3 磁化率

土壤样品分别进行低频 (0.47 kHz) 和高频 (4.7 kHz) 磁化率测定, 得出低频磁化率 (χ_{lf})、高频磁化率 (χ_{hf}), 将所得值换算成质量磁化率 (SI单位: $10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), 样品的频率磁化率计算公式为: $\chi_{fd} = (\chi_{lf} - \chi_{hf}) / \chi_{lf} \times 100\%$ 。

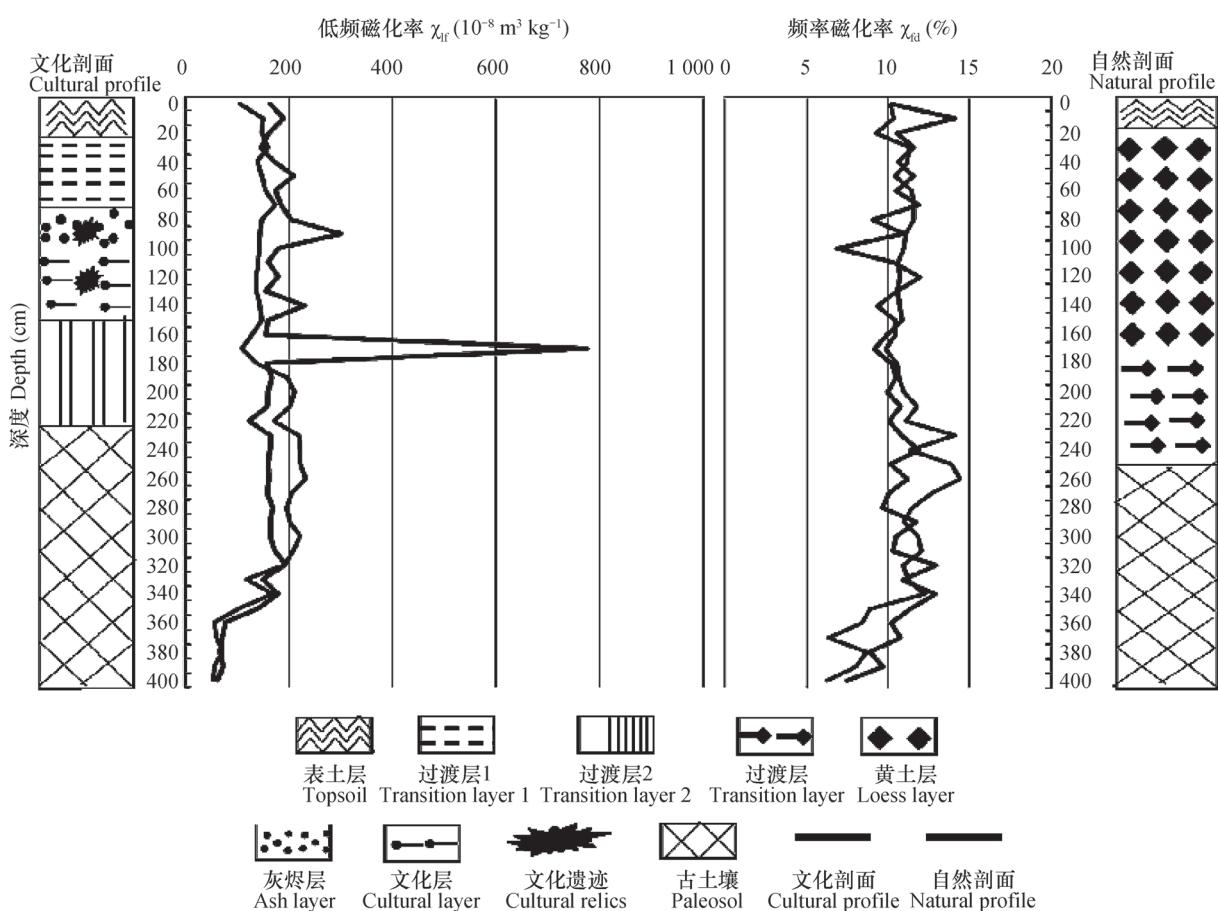


图3 文化和自然剖面磁化率特征图

Fig. 3 Characteristic graphs of magnetic susceptibility of the cultural and natural profiles

2.4 色度

使用 a^* 、 b^* 、 L^* 三个色度参数来描述土壤色度特征, 其中 a^* 代表红度, 变化于红和绿之间; b^* 代表黄度, 变化于黄与蓝之间; L^* 代表亮度, 变化于黑与白之间, 三者参数值介于0~100之间。如图4所示, 文化剖面的色度结果: a^* 范

如图3所示, 文化剖面的磁化率结果: χ_{lf} 范围为 $57.96 \sim 705.51 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, 平均值为 $156.41 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, 变异系数为61.33%; χ_{fd} 范围为6.43%~12.92%, 平均值为10.61%, 变异系数为12.33%。自然剖面的磁化率结果: χ_{lf} 范围为 $51.38 \sim 199.65 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, 平均值为 $136.48 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, 变异系数为31.23%; χ_{fd} 范围为6.33%~12.71%, 平均值为10.74%, 变异系数为15.78%。

χ_{lf} 在灰烬层和文化层中均出现极值, 并在170 cm处出现最大值, 远超自然剖面最大值。 χ_{fd} 在灰烬层出现最小值, 在文化层出现极值。

围为 $2.45 \sim 10.42$, 平均值为6.52, 变异系数为35.74%; b^* 范围为5.82~23.24, 平均值为15.05, 变异系数为24.83%; L^* 范围为22.68~46.48, 平均值为36.21, 变异系数为12.02%。自然剖面的色度结果: a^* 范围为6.29~9.76, 平均值为7.81, 变异系数为13.14%; b^* 值范围为14.03~19.84,

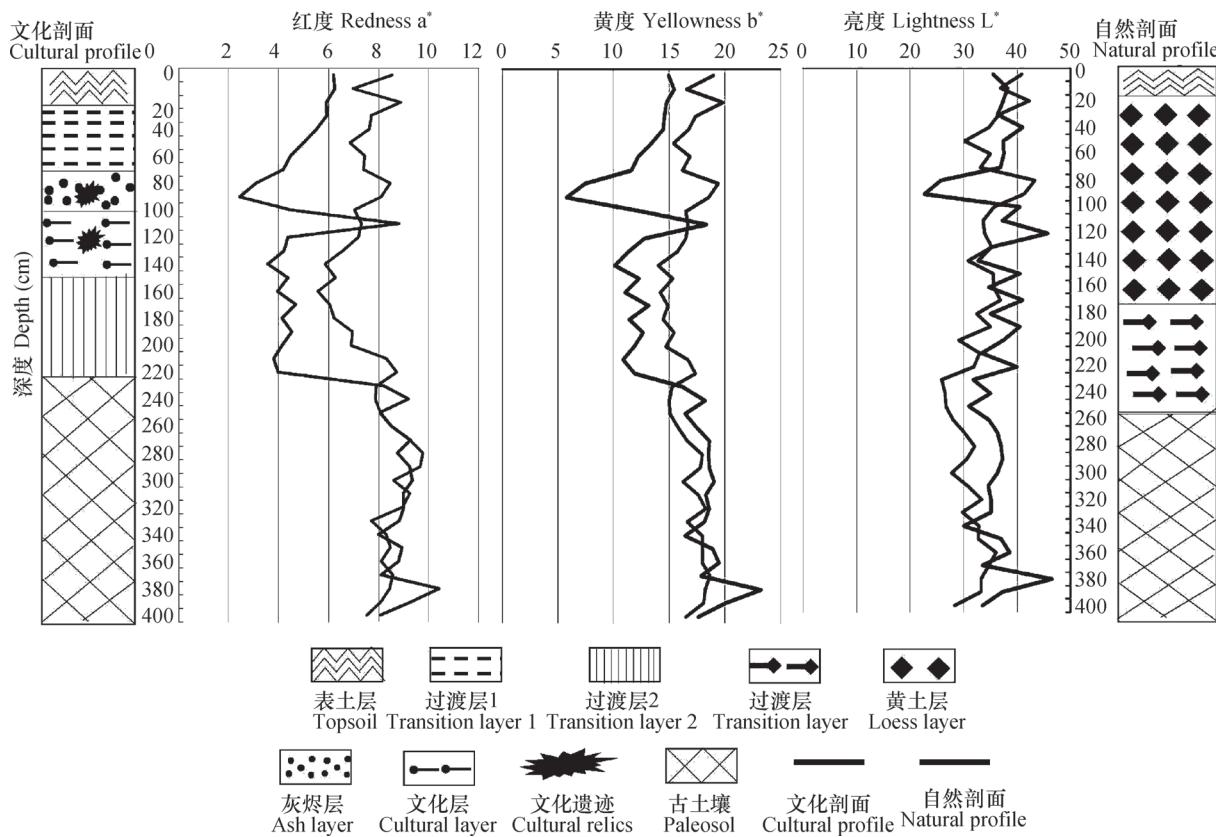


图4 文化和自然剖面色度特征图

Fig. 4 Characteristic graphs of chroma of the cultural and natural profiles

平均值为16.74, 变异系数为8.77%; L^* 范围为25.84~42.31, 平均值为33.34, 变异系数为12.37%。

a^* 、 b^* 、 L^* 均在灰烬层出现最小值, 远低于自然剖面的最小值, 而在文化层均出现极大值, 接近或超过自然剖面的最大值。

2.5 全磷、容重和有机碳同位素

如图5所示, 文化剖面的全磷含量范围为146~9 880 mg kg⁻¹, 平均值为3 309 mg kg⁻¹, 变异系数为85.22%; 自然剖面的全磷含量范围为109~1 850 mg kg⁻¹, 平均值为681 mg kg⁻¹, 变异系数为72.22%。全磷在灰烬层和文化层出现极大值和最大值, 大于自然剖面的最大值。

如图5所示, 文化剖面的容重范围为0.79~1.27 g cm⁻³, 平均值为1.15 g cm⁻³, 变异系数为15.91%; 自然剖面的容重范围为1.23~1.36 g cm⁻³, 平均值为1.30 g cm⁻³, 变异系数为4.21%。容重在灰烬层和文化层出现极小值和最小值, 小于自然剖面的最小值。

如图5所示, 文化剖面土壤有机碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)值范围为-23.9‰~ -12.6‰, 平均值为-18.9‰; 自然剖面土壤有机碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)值变化范围为-24.4‰~ -18.8‰, 平均值为-21.5‰。 $\delta^{13}\text{C}$ 在灰烬层出现最大值, 大于自然剖面的最大值。

2.6 孢粉和炭屑

文化剖面40个孢粉样品经分析鉴定后发现, 31个样品的孢粉统计数量达到200粒以上, 其余样品不参加孢粉百分含量的计算。结果显示文化剖面以草本植物花粉为主, 呈现温带草原植被景观。草被植物花粉中蒿属(*Artemisia*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、禾本科(*Gramineae*)、菊科(*Compositae*)占据显著地位, 含量范围分别为4.37%~61.39%、1.49%~32.81%、3.50%~72.64%、0~9.00%, 平均值分别为37.85%、9.43%、24.81%、2.70%。木本植物花粉中, 桦属(*Betula*)、栎属(*Quercus*)、松属(*Pinus*)、鹅耳枥属(*Carpinus*)、胡桃(*Juglans*)、栗

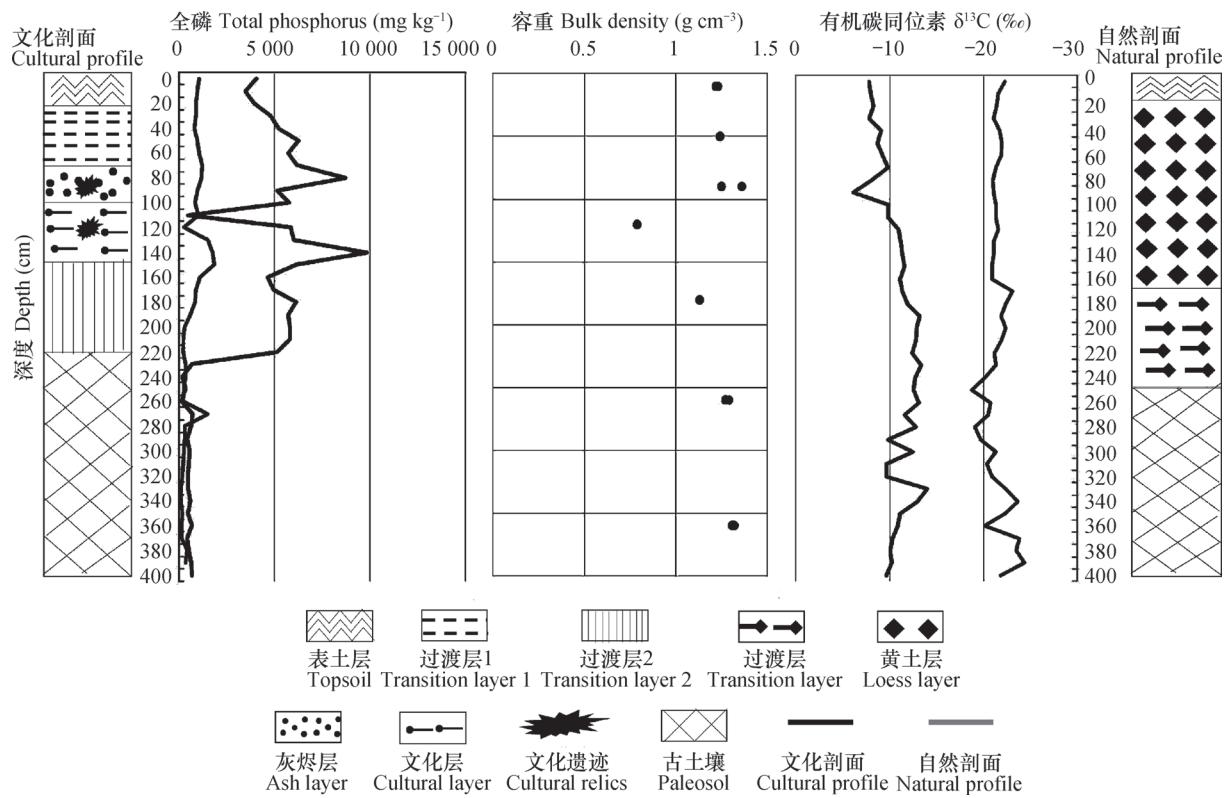


图5 文化和自然剖面全磷、容重和有机碳同位素特征图

Fig 5 Characteristic graphs of total phosphorus, bulk density and organic carbon isotope of the cultural and natural profiles

属 (*Castanea*) 花粉在多数层位出现, 含量范围分别为 0~4.35%、0~10.50%、0~10.53%、0~4.90%、0~2.13%、0~2.70%, 平均值分别为 1.50%、4.39%、3.09%、0.91%、0.57%、0.58%。蕨类植物花粉在剖面上部含量相对丰富, 其他层位仅零星出现, 含量范围为 0~20.56%, 平均值为 2.69%。炭屑浓度变化范围为 548~438 152粒g⁻¹, 平均值为 57 931粒g⁻¹。

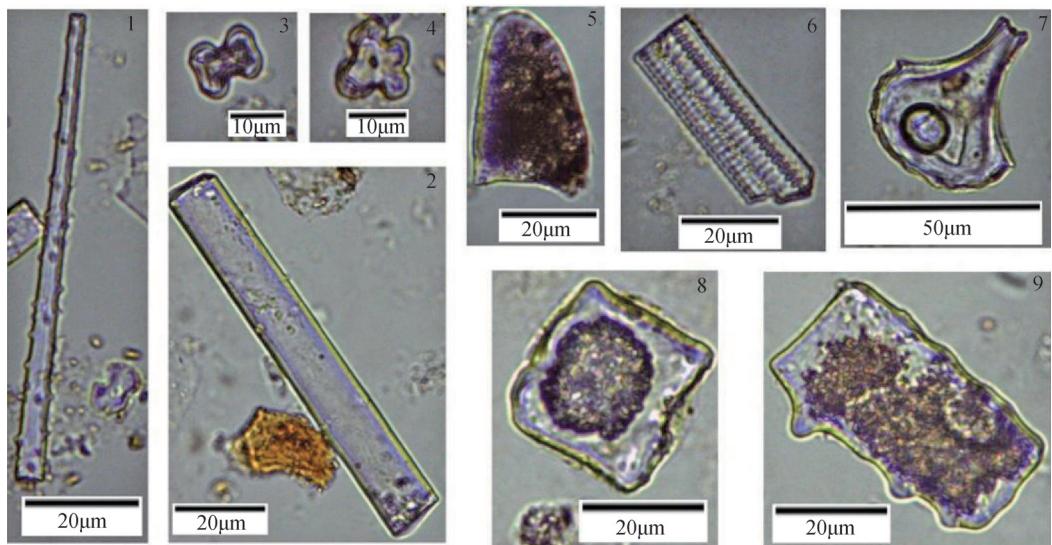
自然剖面 40 个孢粉样品经分析鉴定后发现, 28 个样品的孢粉统计数量达到 200 粒以上, 3 个样品的孢粉统计数量在 100~200 粒, 其余样品不参加孢粉百分含量的计算。结果显示自然剖面也以草本植物花粉为主, 呈现温带草原植被景观。草被植物花粉中蒿属 (*Artemisia*)、藜科 (*Chenopodiaceae*)、禾本科 (*Gramineae*)、菊科 (*Compositae*) 占据显著地位, 含量范围分别为 3.47%~78.00%、2.50%~20.28%、1.46%~24.41%、0.47~21.05%, 平均值分别为 41.02%、7.45%、9.69%、4.68%。木本植物花粉中, 桦属 (*Betula*)、栎属 (*Quercus*)、

松属 (*Pinus*)、鹅耳枥属 (*Carpinus*)、胡桃 (*Juglans*)、栗属 (*Castanea*) 花粉在多数层位出现, 含量范围分别为 0~5.58%、0~8.02%、0.94%~6.90%、0~20.45%、0~1.74%、0~1.03%, 平均值分别为 1.13%、3.35%、2.74%、2.25%、0.43%、0.38%。蕨类植物花粉在剖面上部含量相对丰富, 其他层位仅零星出现, 含量范围为 0~46.50%, 平均值为 12.63%。炭屑浓度变化范围为 828~106 376 粒g⁻¹, 平均值为 14 394 粒g⁻¹。

2.7 植硅体

文化剖面共分析 5 个样品, 其中 4 份样品每份平均统计约 250 粒植硅体, 共鉴定出 21 种形态类型, 主要有哑铃型、棒型、尖型、方型、导管型、扇型等 (图 6)。

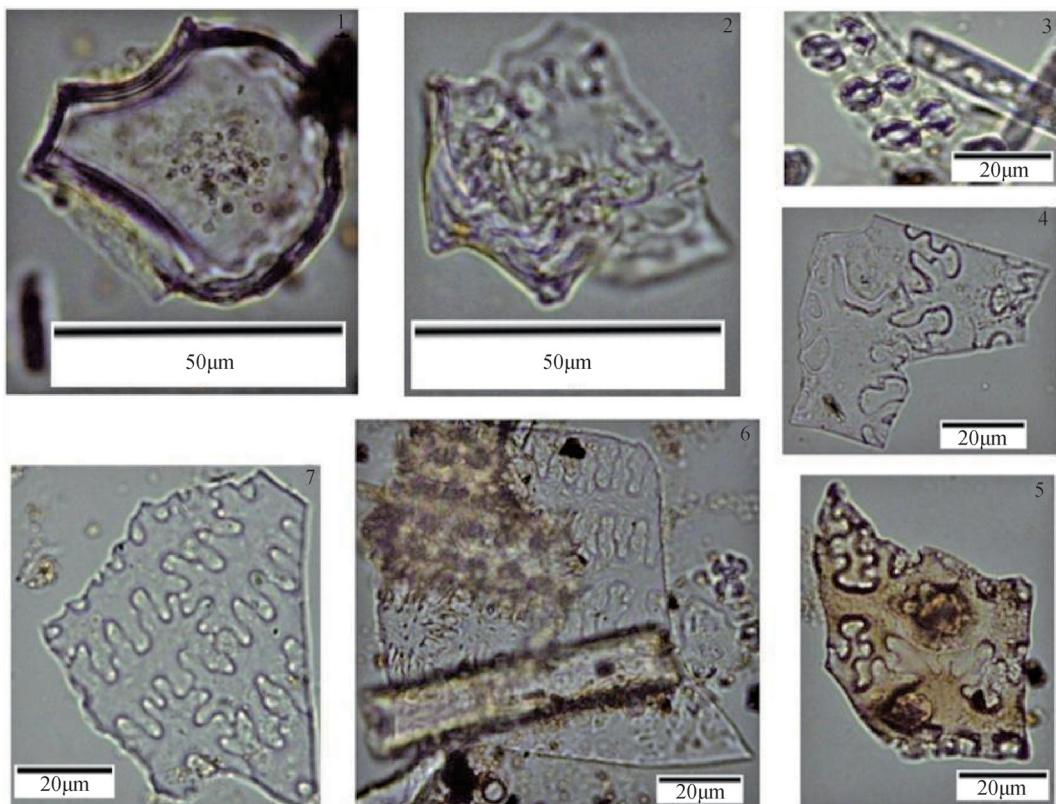
可鉴定的驯化农作物植硅体种类主要有粟、黍和水稻 (图 7), 粟、黍类植硅体来自种子的稃壳 (黍 η 型; 粟 Ω 型), 水稻植硅体是来自稃壳的双尖型、以及来自茎叶组织的并排哑铃型和扇型。已有考古资料证明, 仰韶文化时期已形成稻作



1. 刺棒型 Stick type; 2. 光滑棒型 Smooth rod type; 3. 哑铃型 Dumbbell type; 4. 十字型 Cross type; 5. 尖型 Tip type;
6. 导管型 Ductal type; 7. 扇型 Fan type; 8. 方型 Square type; 9. 长方型 Rectangle type

图6 仰韶村文化遗址主要植硅体形态

Fig. 6 Morphology of the main phytoliths discovered at the Yangshao village cultural relic site



1. 水稻扇型 *Oryza sativa* of fan type; 2. 水稻双峰型 *Oryza sativa* of bimodal type; 3. 水稻并排哑铃型 *Oryza sativa* of side by side dumb bell type; 4 ~ 5. 粟稃壳Ω型 *Setaria italic* hull of Ω type; 6 ~ 7. 粽颖壳η型 *Panicum miliaceum* hull of η type

图7 仰韶村文化遗址农作物植硅体类型

Fig. 7 Crop type of the phytoliths found at the Yangshao village cultural relic site

农业^[32]，并在河南西部类似遗址发现了炭化水稻^[33]。

3 讨 论

文化剖面与自然剖面相比，遗物遗迹丰富，特别是灰烬层和文化层，颜色、形态明显。

文化剖面与自然剖面的黏粒、细粉砂、粗粉砂、砂粒平均含量比值分别为0.91、0.95、1.01、1.38，变异系数比值分别为1.50、1.59、0.98、1.25。可以看出，文化剖面的粒度变化程度大于自然剖面，以黏粒变化尤为明显。此外，粒度组成较自然剖面偏粗，特别是在灰烬层，由于古人类用火，产生大量砂粒，其含量达到最高值293.99 g kg⁻¹，远高于自然剖面的最大值。但在文化层，黏粒含量达到极大值，推测古人类居住活动增加了黏粒含量。经观测，在该层出现一层红色黏土层，推测为古人类掩盖粮食或掩埋垃圾而铺上的黏土，以达到密封的效果。

文化剖面与自然剖面的 χ_{lf} 和 χ_{fd} 平均值比值分别为1.15、0.99，变异系数比值分别为1.96、0.78。可以看出，文化剖面的 χ_{lf} 变化程度大于自然剖面，且数值大于自然剖面，特别是在灰烬层和文化层，分别达到 300.72×10^{-8} m³ kg⁻¹和 231.06×10^{-8} m³ kg⁻¹，并且在过渡层2中出现异常值 705.51×10^{-8} m³ kg⁻¹。推测由于古人类用火、居住等活动，造成土壤磁性物质含量增多。文化剖面的 χ_{fd} 变化幅度与自然剖面相近，但数值总体略低，反映土壤风化程度弱于自然剖面，推测为古人类活动干扰所致。

文化剖面与自然剖面的a*、b*、L*平均值比值分别为0.83、0.90、1.09，变异系数比值分别为2.72、2.83、0.97。可以看出，文化剖面的色度变化程度大于自然剖面，但数值总体小于自然剖面，特别是灰烬层，a*、b*、L*分别为2.45、5.82、22.68。推测由于古人类用火，产生大量灰黑色物质，各色度特征值均出现最小值，远低于自然剖面的最小值，但在文化层均出现极大值，接近或略超过自然剖面的最大值。

文化剖面与自然剖面的容重平均值比值为0.88，变异系数比值为3.78。可以看出，文化剖面的容重变化程度大于自然剖面，但数值总体小于自然剖面，特别是在文化层，出现最小值0.79 g cm⁻³，

虽然该层黏粒含量较高，但该层富含有机质，故容重达到最小值，而其他土层容重均大于1 g cm⁻³。反映古人类居住活动会增加有机质含量，相应降低土壤容重。

文化剖面与自然剖面的全磷含量平均值比值为4.95，变异系数比值为1.18。可以看出，文化剖面的全磷含量变化程度大于自然剖面，且数值大于自然剖面，特别是在灰烬层和文化层，出现极大值和最大值，分别为8 734 mg kg⁻¹和9 880 mg kg⁻¹，反映古人类活动具有富磷作用。

文化剖面有机碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)值较自然剖面偏正，更接近于C4植物的有机碳同位素值，推测为古人类饮食活动所致。

文化剖面与自然剖面的蒿属(*Artemisia*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、禾本科(*Gramineae*)、菊科(*Compositae*)、桦属(*Betula*)、栎属(*Quercus*)、松属(*Pinus*)、鹅耳枥属(*Carpinus*)、胡桃(*Juglans*)、栗属(*Castanea*)、蕨类植物花粉百分含量平均值比值分别为0.92、1.27、2.56、0.58、1.33、1.31、1.13、0.40、1.33、1.53、0.21。可以看出，文化剖面禾本科(*Gramineae*)百分含量远高于自然剖面，出现最大值72.64%，鉴定出的粟、黍、水稻植硅体均属禾本科植物。此外，藜科(*Artemisia*)含量也较自然剖面高，出现最大值61.39%，而藜科中的甜菜、菠菜、厚皮菜、地肤、藜、盐地碱蓬和猪毛菜等均可食用。文化剖面与自然剖面的炭屑浓度平均值比值为4.02，推测为古人类用火所致。

4 结 论

土壤在古人类活动影响下，宏观上，土体中的侵入体和剖面形态特征与自然剖面具有明显的差别，宏观指示特征主要表现为存在丰富的遗物遗迹。微观上，粒度组成、磁化率、色度、全磷、容重变异系数均较自然剖面大，微观指示特征主要表现为粒度组成偏砂、 χ_{lf} 高、 χ_{fd} 略低、色度特征值低、全磷含量高、容重小。孢粉、植硅体的含量和类型与自然剖面有较大差别，禾本科(*Gramineae*)、藜科(*Artemisia*)花粉含量丰富，并鉴定出驯化粟、黍和水稻粮食作物植硅体。此外，炭屑含量高，有机碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)值偏正。

致 谢 感谢中国科学院地质与地球物理研究所郭正堂、吕厚远、张立原老师及其团队对本文实验的支持。

参 考 文 献

- [1] 龚子同, 张甘霖. 人为土壤形成过程及其在现代土壤学上的意义. 生态环境, 2003, 12 (2) : 181—191
Gong Z T, Zhang G L. Anthropedogenesis and its significance in modern pedology (In Chinese). *Ecology and Environment*, 2003, 12 (2) : 181—191
- [2] 张甘霖, 王秋兵, 张凤荣, 等. 中国土壤系统分类土族和土系划分标准. 土壤学报, 2013, 50 (4) : 826—834
Zhang G L, Wang Q B, Zhang F R, et al. Criteria for establishment of soil family and soil series in Chinese Soil Taxonomy (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2013, 50 (4) : 826—834
- [3] 查理思, 吴克宁, 冯力威, 等. 古人类活动对土壤形成、发育的影响——以河南仰韶村文化遗址为例. 土壤学报, 2016, 53 (4) : 850—859
Zha L S, Wu K N, Feng L W, et al. Influence of ancient human activities on development of soil—A case study of Yangshao Village Cultural Relic Site, Henan Province (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2016, 53 (4) : 850—859
- [4] 黄佳鸣, 麻万诸, 章明奎. 闽北地区水耕人为土的发生和系统分类研究. 土壤通报, 2013, 44 (4) : 769—775
Huang J M, Ma W Z, Zhang M K. Genetic characteristics and taxonomy of stagnic anthrosols in the Northern Fujing (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2013, 44 (4) : 769—775
- [5] 闫湘, 常庆瑞, 王晓强, 等. 陕西关中土垫旱耕人为土样区的基层分类研究. 土壤学报, 2005, 42 (4) : 537—544
Yan X, Chang Q R, Wang X Q, et al. Basic soil categories of earth-cumulic orthic anthrosols area in Guanzhong, Shaanxi Province (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42 (4) : 537—544
- [6] 徐祥明, 何毓蓉. 不同水热条件下水耕人为土诊断层特性的动态模拟. 山地学报, 2010, 28 (4) : 431—436
Xu X M, He Y R. Dynamic change of soil properties in diagnostic horizon of stagnic anthrosols under different hydrothermal condition (In Chinese). *Journal of Mountain Science*, 2010, 28 (4) : 431—436
- [7] 曹志洪. 中国史前灌溉稻田和古水稻土研究进展. 土壤学报, 2008, 45 (5) : 784—791
Cao Z H. Study on prehistory irrigated paddy soil and ancient paddy soils in China (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45 (5) : 784—791
- [8] 史威, 朱诚, 徐伟峰, 等. 重庆中坝遗址剖面磁化率异常与人类活动的关系. 地理学报, 2007, 62 (3) : 257—267
Shi W, Zhu C, Xu W F, et al. Relationship between abnormal phenomena of magnetic susceptibility curves of profiles and human activities at Zhongba site in Chongqing (In Chinese). *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62 (3) : 257—267
- [9] 董广辉, 夏正楷, 刘德成, 等. 文明起源时期河南孟津地区人类活动对土壤化学性质的影响. 兰州大学学报 (自然科学版), 2007, 43 (1) : 6—10
Dong G H, Xia Z K, Liu D C, et al. The impact of human activities on the chemical properties of paleosol in Mengjin, Henan Province during civilization (In Chinese). *Journal of Lanzhou University (Natural Science)*, 2007, 43 (1) : 6—10
- [10] 张振卿, 许清海, 贾红娟. 殷墟地区土壤剖面磁化率变化特征. 地理与地理信息科学, 2006 (6) : 94—97
Zhang Z Q, Xu Q H, Jia H J. Study on magnetic susceptibility of soil profile in the area of Yin Ruins (In Chinese). *Geography and Geo-Information Science*, 2006 (6) : 94—97
- [11] 张俊娜, 夏正楷. 洛阳二里头遗址南沉积剖面的粒度和磁化率分析. 北京大学学报 (自然科学版), 2012 (5) : 737—743
Zhang J N, Xia Z K. Analysis on grain size and magnetic susceptibility of the sediment profile in the south of Erlitou site, Luoyang (In Chinese). *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2012 (5) : 737—743
- [12] 张岩, 郭正堂, 邓成龙, 等. 周口店第1地点用火的磁化率和色度证据. 科学通报, 2014, 59 (8) : 679—686
Zhang Y, Guo Z T, Deng C L, et al. The use of fire at Zhoukoudian: Evidence from magnetic susceptibility and color measurements (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 2014, 59 (8) : 679—686
- [13] 丁敏, 庞奖励, 黄春长, 等. 全新世黄土-古土壤序列色度特征及气候意义—以关中平原西部梁村剖面为例. 陕西师范大学学报 (自然科学版), 2010, 38 (5) : 92—97
Ding M, Pang J L, Huang C C, et al. Chroma characteristics and its climatic significance in Holocene loess-paleosol sequence—A case study of the Holocene Liangeun profile in the western Guanzhong basin (In Chinese). *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 2010, 38 (5) : 92—97

- [14] 何柳, 孙有斌, 安芷生. 中国黄土颜色变化的控制因素和古气候意义. 地球化学, 2010, 39 (5): 447—455
He L, Sun Y B, An Z S. Changing color of Chinese loess: Controlling factors and paleoclimatic significances (In Chinese). *Geochimica*, 2010, 39 (5): 447—455
- [15] 冯力威, 吴克宁, 查理思, 等. 仰韶文化遗址区古土壤色度特征及其气候意义. 生态环境学报, 2015, 24 (5): 892—897
Feng L W, Wu K N, Zha L S, et al. Chroma characteristics and its climatic significance of Yangshao Cultural Relic (In Chinese). *Ecology and Environmnet*, 2015, 24 (5): 892—897
- [16] 王灿, 吕厚远, 张健平, 等. 青海喇家遗址齐家文化时期黍粟农业的植硅体证据. 第四纪研究, 2015, 35 (1): 209—217
Wang C, Lü H Y, Zhang J P, et al. Phytolith evidence of millet agricultural in the late neolithic archaeological site of Lajia, northwestern China (In Chinese). *Quaternary Sciences*, 2015, 35 (1): 209—217
- [17] 郁秀佳, 李泉, 马志坤, 等. 浙江浦江上山遗址水稻扇形植硅体所反映的水稻驯化过程. 第四纪研究, 2014, 34 (1): 106—113
Huan X J, Li Q, Ma Z K, et al. Fan-shaped phytoliths reveal the process of rice domestication at Shangshan site, Zhejiang Province (In Chinese). *Quaternary Sciences*, 2014, 34 (1): 106—113
- [18] 张健平, 吕厚远, 吴乃琴, 等. 关中盆地6000~2100cal. aB. P. 期间黍、粟农业的植硅体证据. 第四纪研究, 2010 (2): 287—298
Zhang J P, Lü H Y, Wu N Q, et al. Phytolith evidence of millet agricultural during about 6000—2100aB. P. in the Guanzhong basin, China (In Chinese). *Quaternary Sciences*, 2010 (2): 287—298
- [19] 吴克宁, 王文静, 查理思, 等. 文化遗址区古土壤特性及古环境研究进展. 土壤学报, 2014, 51 (6): 1169—1182
Wu K N, Wang W J, Zha L S, et al. Review of paleosol and palaeoenvironment in ancient cultural sites (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2014, 51 (6): 1169—1182
- [20] 李小强, 周新郢, 尚雪, 等. 黄土炭屑分级统计方法及其在火演化研究中的意义. 湖泊科学, 2006, 18 (5): 540—544
Li X Q, Zhou X Y, Shang X, et al. Different size method of charcoal analysis in loess and its significance in the study of fire variation (In Chinese). *Journal of Lake Science*, 2006, 18 (5): 540—544
- [21] 郭小丽, 赵文伟, 孙静会, 等. 我国古环境中炭屑的研究现状与展望. 冰川冻土, 2011, 33 (2): 342—348
Guo X L, Zhao W W, Sun J H, et al. Advances of charcoal study for paleoenvironment in China (In Chinese). *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2011, 33 (2): 342—348
- [22] 饶志国, 陈发虎, 曹洁, 等. 黄土高原西部地区末次冰期和全新世有机碳同位素变化与C3/C4植被类型转换研究. 第四纪研究, 2005, 25 (1): 107—114
Rao Z G, Chen F H, Cao J, et al. Variation of soil organic carbon isotope and C3/C4 vegetation type transition in the western Loess Plateau during the last glacial and holocene periods. *Quaternary Sciences*, 2005, 25 (1): 107—114
- [23] 陈发虎, 饶志国, 张家武, 等. 陇西黄土高原末次冰期有机碳同位素变化及其意义. 科学通报, 2006, 51 (11): 1310—1317
Chen F H, Rao Z G, Zhang J W, et al. Organic carbon isotopic changes and significance of the last glacial period in the Longxi Loess Plateau (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51 (11): 1310—1317
- [24] Kelly E F, Chadwick O A, Hilinski T E. The effect of plants on mineral weathering. *Biogeochemistry*, 1998, 42 (1/2): 21—53
- [25] Twiss P C, Suess E, Smith R M. Division S-5—soil genesis, morphology, and classification (morphological classification of grasses phytolith). *Soil Science Society of America Proceedings*, 1969, 33: 109—115
- [26] Fredlund G G, Tieszen L L. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography*, 1994, 21: 321—335
- [27] 王永吉, 吕厚远. 植物硅酸体研究及应用. 北京: 海洋出版社, 1993
Wang Y J, Lü H Y. The study of phytolith and its application (In Chinese). Beijing: China Ocean Press, 1993
- [28] Madella M, Alexandre A, Ball T. International code for phytolith nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, 2005, 96 (2): 253—260
- [29] 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. 中国沙漠, 2012, 22 (1): 21—26
Wang H B, Chen F H, Zhang J W. Environmental significance of grain size of Loess-paleosol sequence in western part of Chinese Loess Plateau (In Chinese). *Journal of Desert Research*, 2012, 22 (1): 21—26
- [30] Moldway L. On the governing sedimentation form eolian suspension. *Acta Universitatis Szegediensis*, 1962, 14: 75—109

- [31] 刘连文, 鹿化煜. 陕西洛川黄土的粒度分维值及其意义. 高校地质学报, 1999, 5 (4) : 412—417
Liu L W, Lu H Y. Grain-size fractal dimension of loess-paleosol and its significance (In Chinese). Geological Journal of China Universities, 1999, 5 (4) : 412—417
- [32] 刘焕, 胡松梅, 张鹏程, 等. 陕西两处仰韶时期遗址浮选结果分析及其对比. 考古与文物, 2013 (4) : 106—112
Liu H, Hu S M, Zhang P C, et al. Analysis and

comparison of flotation in two middle Yangshao period sites in Shaanxi Province (In Chinese). Archaeology and Cultural Relics, 2013 (4) : 106—112

- [33] 魏兴涛. 豫西晋西南地区新石器时代植物遗存的发现与初步研究. 东方考古, 2014 (0) : 343—363
Wei X T. The discoveries and preliminary researches of plant remains in the region of the western Henan and the southwestern Shanxi in the Neolithic age (In Chinese). Eastern Archaeology, 2014 (0) : 343—363

Indicative Characteristics of Soil in Ancient Human Cultural Sites —A Case Study of Yangshao Village Cultural Relics, Henan Province

ZHA Lisi^{1, 2} WU Kening^{1, 2†} LIANG Siyuan³ WEI Hongbin^{1, 2} LI Chenxi^{1, 2}

(1 School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

(2 Key Laboratory of Land Consolidation and Rehabilitation Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China)

(3 School of Public Administration, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract 【Objective】In this paper, two soil profiles at the Yangshao Village cultural relic site of Henan Province, one with obvious evidence of ancient human activities (cultural profile in short) and the other free of any ancient human disturbance (natural profile in short), were chosen for comparison. 【Method】Through observation and analysis, the two profiles were compared in content of relics, physical and chemical properties and plant remain in an attempt to identify indicative characteristics of the soil in ancient human cultural sites. 【Result】Results show that the cultural profile was found to have some pottery shards, stonewares, ash pits, ash layers and cultural layers; its particle size composition tended to be sandy with sand content, on average, being 1.38 times as high as that in the natural profile and peaking up to 294 g kg⁻¹ in the ash layer; its average and variation coefficient of low frequency magnetic susceptibility (χ_{lf}) was 1.15 and 1.96 times, respectively, that of the natural profile with an abnormal peak of χ_{lf} appearing in Transition layer II, reaching up to 705.51×10^{-8} m³ kg⁻¹; its average and variation coefficient of frequency-dependent magnetic susceptibility (χ_{fd}) was 0.99 and 0.78 times that of the natural profile, being obviously slightly lower than the latter; its average of redness (a*), yellowness (b*) and lightness (L*) was 0.83, 0.90 and 1.09, respectively, that of the natural profile; its variation coefficient of a*, b* and L* was 2.72, 2.83 and 0.97, respectively, that of natural profile; its a*, b* and L* fell down the bottom in the ash layer, being 2.45, 5.82 and 22.68, respectively; its average and variation coefficient of bulk density was 0.88 and 3.78 times, respectively, that of the natural profile; its bulk density was the lowest in the cultural layer, being 0.79 g cm⁻³, and higher than 1.00 g cm⁻³ in all the other layers; its average and variation coefficient of total phosphorus was 4.95 and 1.18 times, respectively, that of the natural profile; its TP peaked in the ash and cultural layers up to 8734 mg kg⁻¹ and 9879.6 mg kg⁻¹, respectively; The average content of *Gramineae* and *Artemisia* remains, including phytolith of *setaria italic*, *panicum miliaceum*, *oryza sativa*, was 2.56 and 1.27 times that of the natural profile; its $\delta^{13}\text{C}$ tended to be more positive than the other's; its indicative plants were dominated with C4; and its average content of carbon dust was 4.02 times that of the natural profile. 【Conclusion】Based on the above-listed findings, it is found that the soil under the influence of ancient human activities is apparently different from natural soils macroscopically in intrusive

body and profile morphological; its main macro indicative feature is the existence of abundant relics, while its micro ones are being higher than natural soil in variation coefficients of particle size composition, magnetic susceptibility, chroma, total phosphorus, and bulk density, sandy in particle size composition, higher in χ_{lf} , slightly lower in χ_{fd} , lower in chroma, higher in total phosphorus, and lower in bulk density; the content and types of pollen and phytolith it contains are also different from those a natural soil has; for instance, the former has rich *Gramineae* and *Artemisia* pollens and phytoliths identified to be of *setaria italic*, *panicum miliaceum* and *oryza sativa*. In addition, its content of carbon dust is higher with $\delta^{13}\text{C}$ tending to be more positive.

Key words Cultural Relic Site; Relics; Soil physic-chemical properties; Plant remains

(责任编辑: 檀满枝)