

宁夏长城塬全新世黄土-土壤剖面元素地球化学特征研究

杨红瑾, 黄春长, 庞奖励, 李瑜琴, 米小建, 赵 明

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 通过测定宁夏长城塬全新世黄土-土壤剖面中的元素含量, 获得了一些地球化学参数指标。这些化学参数作为良好的气候代用指标, 与磁化率、频率磁化率形成很好的对比, 表明: 古土壤形成时期气候温暖湿润, 降雨丰富, 淋溶作用强烈, 黄土堆积时期气候相对干冷, 成壤作用微弱; 黄土风化成壤过程中元素的迁移变化可以间接反映出全新世以来的气候变化及成壤环境的变化。通过研究元素的活动性, 发现全新世宁夏长城塬黄土只经历了早期的化学风化, 应处在脱 Ca Na 阶段, 尚未进入去 K 风化阶段。

关 键 词: 全新世; 黄土-土壤; 元素地球化学

中图分类号: X142 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2010)01-0134-07

国内外学者对中国黄土进行了大量研究^[1-5], 获得了一系列气候代用指标, 揭示了黄土高原第四纪以来的气候变化规律。但这些研究都是探讨气候在长时间尺度上的变化规律。近年来, 有研究者运用土壤学、地层学、沉积学、地球化学、古生物学等多学科研究方法, 揭示了晚更新世以来的气候变化历史^[6-12]。本文主要研究了元素地球化学指标在宁夏长城塬全新世黄土-土壤剖面中的应用及其对古环境的指示意义, 并探讨了全新世 CCY 剖面中元素的活动性及其迁移顺序, 揭示了宁夏长城塬地区黄土的化学风化程度问题。

1 剖面的地层划分

研究地点位于黄土高原北部的宁夏回族自治区固原市彭阳县的长城塬塬面上, 地理位置 106°46′43.9″E、35°52′0.8″N, 海拔大约 1 678 m。彭阳县位于宁夏回族自治区东南边隅的六盘山东麓, 属温带半干旱大陆性季风气候, 年平均气温为 7.4~8.4℃, 年平均降水量 350~550 mm。研究剖面处在平坦开阔的黄土高原塬面上, 风尘堆积和成壤时期地面比较稳定, 黄土连续堆积, 形成较深厚的地层, 保存了比较完整的全新世环境变化的信息。对该剖面进行系统采样, 从地表开始向下按 2 m 间距连续采样, 共采集样品 125 个。

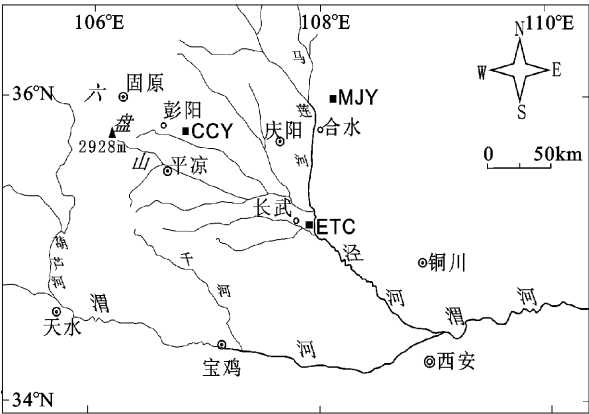


图 1 剖面地理位置示意图

Fig 1 Site map showing CCY profile

根据野外观察并结合室内实验分析, 对该剖面进行了详细的地层学划分和土壤学特征描述(表 1)。

2 实验方法和年代确定

所采样品在室内自然风干后, 使用 MS-B2 磁化率仪, 对每个样品进行低频磁化率 (LF) 和高频磁化率 (HF) 的测定, 连续测量 3 次, 分别取其平均值, 并得出频率磁化率 ($X-f\%$ = $[(LF - HF) / LF] \times 100\%$)。利用 X-Ray 荧光光谱仪对样品进

收稿日期: 2009-03-08 修订日期: 2009-07-11

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 40771018) 资助。

作者简介: 杨红瑾 (1984-), 女, 山西夏县人, 硕士研究生, 研究方向为土地资源开发与环境演变。E-mail: yhj@163.com

表 1 宁夏 CCY 全新世黄土-土壤剖面地层学和土壤学特征

Table 1 Pedological and stratigraphic description of soil and sediment in Holocene loess soil profile at CCY site Ningxia

地层划分	深度 (cm)	颜色及结构构造特征
表土层(T _s)	0~20	浊橙色,发育良好的现代耕作土壤,团粒结构,粉砂质地,较疏松,含大量植物根系
全新世黄土层(L ₀)	20~54	浊黄橙色的近代黄土,粉砂质地,较松散
古土壤层(S ₀)	54~150	浊棕色的黑垆土,团粒结构丰富,发育强烈,有大孔隙,在54~130 cm间,粘粒含量非常丰富,土质较硬,向下较松软
过渡层(L _t)	150~190	浊橙色的过渡性黄土,粉砂质地,很松散,其中含有大量碳酸钙假菌丝体及细小的钙结核
马兰黄土层(L ₁)	>190	浊黄橙色,风成马兰黄土,粉砂质地,很松散,含有部分钙结核

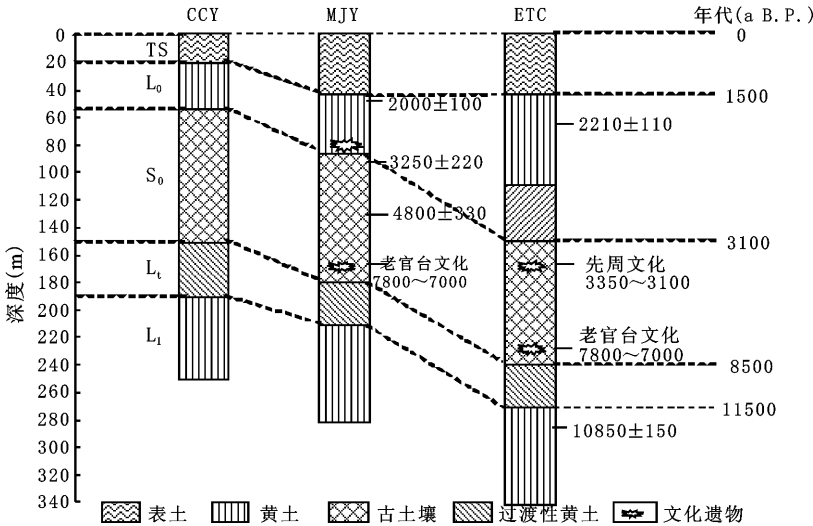


图 2 宁夏 CCY 全新世剖面及其与陕西长武 ETC 剖面、甘肃合水 MJY 剖面的地层年代对比

Fig. 2 Pedostratigraphic and chronology of CCY, ETC and MJY profiles on Loess Plateau

行元素测定,主要测定了 Si Al Fe K Na Mg、Ca Mn 等常量元素和 Zn Rb Sr Ba Cu Zr Ga Hf Nb V 等微量元素的含量。在测定过程中加入国家标样 GSS-1 和 GSD-12 进行控制,检测结果符合实验要求,分析精度在实验误差范围之内。

根据黄土地层划分原则,并参考陕西长武 ETC 剖面和甘肃合水 MJY 剖面(图 1)的热释光所测年代序列^[13-14],确定了整个 CCY 剖面的年代框架。三个研究剖面的地层对应关系清晰(图 2),均发育了典型的黑垆土,且都处于六盘山以东,相近的地理位置决定了其成壤环境相似,因此三者年代具有可比性。在马兰黄土顶部(190 cm)开始出现成壤改造过程,确定为全新世起点,年代为 11 500 a B.P.; 向上成壤作用渐渐增强,这一时期为全新世早期的逐渐升温期(11 500~8 500 a B.P.); 150 cm 开始出现了强烈的成壤作用过程,发育了全新世黑垆土,这一时期称为全新世大暖期(8 500~3 100 a B.P.); 54 cm 处,成壤作用明显减弱,气候恶化,开始堆积全新世黄土,确定年代为 3 100 a B.P.; 20

cm 以上至地表为现代耕作层,年代为 1 500 a B.P.。

3 实验结果分析

CCY 剖面中,低频磁化率变化范围为(42.1~84.9)×10⁻⁸ m³/kg 其中马兰黄土层(L₁)的磁化率最低[(42~55)×10⁻⁸ m³/kg],平均值为 46.7×10⁻⁸ m³/kg 古土壤层(S₀)磁化率最高[(71.3~84.9)×10⁻⁸ m³/kg],平均值为 79.0×10⁻⁸ m³/kg 过渡层(L_t)、全新世黄土层(L₀)和表土层(T_s)介于这两者之间,平均值分别 57.1×10⁻⁸ m³/kg, 71.6×10⁻⁸ m³/kg, 69.6×10⁻⁸ m³/kg。高频磁化率变化趋势与低频磁化率相同(图 3)。为了更好地显示频率磁化率在剖面上的变化趋势,采用 5 点等权滑动平均法计算并绘制曲线图, X-δ 数值随土壤层和黄土层出现波峰和波谷对应。

在沉积物常量元素研究中,元素氧化物的分子比率常被用来作为风化程度的度量^[15]。在 CCY 剖面中,残积系数[(Al₂O₃+Fe₂O₃)/(CaO+MgO+

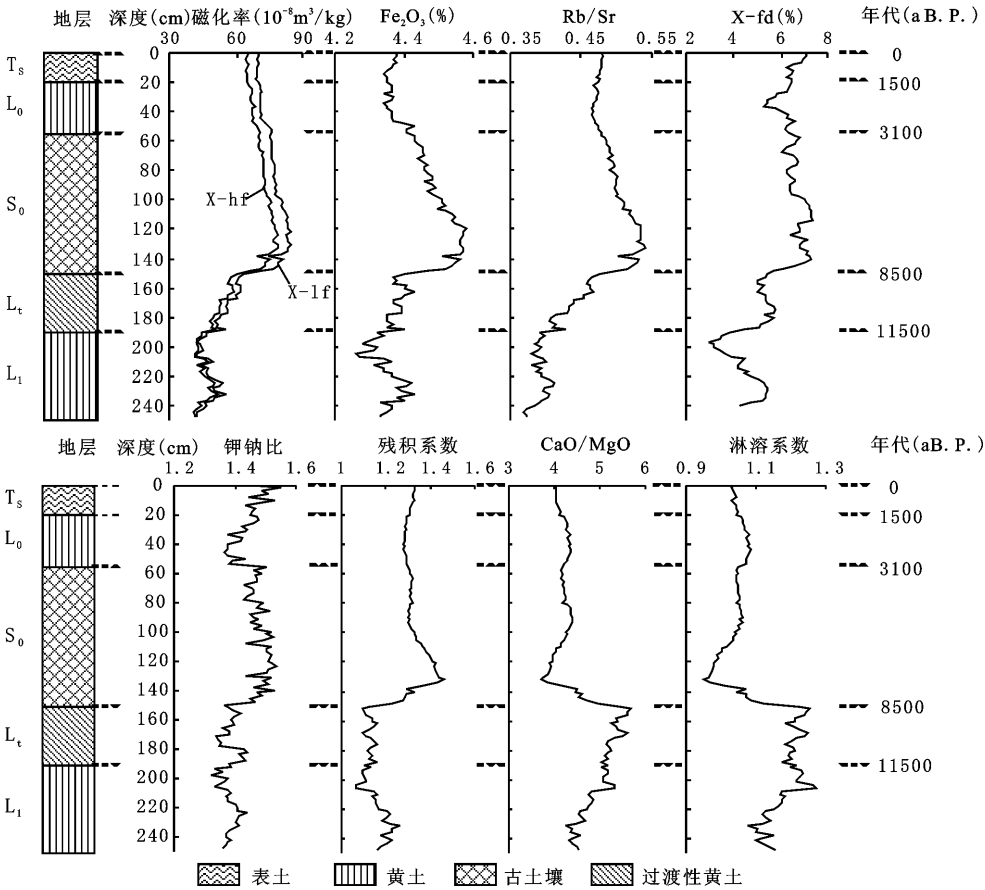


图 3 宁夏 CCY 全新世黄土 - 土壤剖面地层划分、磁化率、 Fe_2O_3 含量、 Rb/Sr 值、频率磁化率 ($X-fd$)、钾钠比、残积系数、 CaO/MgO 与淋溶系数曲线图

Fig 3 Pedo-stratigraphy, magnetic susceptibility, content of Fe_2O_3 , Rb/Sr , frequency dependent susceptibility, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio, eluvial coefficient, CaO/MgO ratio and leaching coefficient in the Holocene best soil profile at CCY site, Ningxia

Na_2O) 变化在 1.06~1.46 之间, 在 S_0 中最高, 平均值为 1.34, 在 100~138 cm 处出现峰值, 与磁化率峰值相对应; 在 L_1 中有所减少, 平均值分别为 1.13、1.16。钾钠比变化范围在 1.32~1.55 之间, 从其变化中可明显区分出土壤层和黄土层, 高值对应土壤层, 低值出现在黄土层。 CaO/MgO 变化规律与残积系数相反, 变化在 3.73~5.69 之间, S_0 和 L_1 的 CaO/MgO 平均值分别为 4.22、4.76, T_s 和 L_0 中分别为 4.06、4.29, L_1 中最大为 5.36, 反映黄土堆积过程中 Ca 与 Mg 发生明显的分异。淋溶系数 $[(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3]$ 反映了活动组分与惰性组分间的关系, 与气候条件密切相关, 变化规律与 CaO/MgO 相似, 在 L_1 与 S_0 中其值分别变化在 1.08~1.27 和 0.95~1.12 之间。 Fe_2O_3 变化在 4.26%~4.58% 之间, 在整个剖面中的含量变化幅度较小, S_0 和 L_1 中的平均值分别为 4.50%、4.33%; 其变化规律与磁化率极为相似。

在表 2 中, 微量元素的变异系数 C_v 都非常低 (< 0.1), 表明它们在 CCY 剖面上分布相对稳定, 反映宁夏长城塬不同时代的黄土物质成分具有均一性的特征^[16]。 Rb 含量变化在 83.6~95.5 mg/kg 之间, 在 S_0 中出现整个剖面中的最高值 (95.5 mg/kg), 在 S_0 和 L_1 平均含量的变化幅度达到了 4.6%。 Sr 含量变化在 173.3~237.7 mg/kg 之间, 在 L_1 中的平均含量明显高于 S_0 , 变化幅度达到 19.2%。其他微量元素在黄土层 (L_1 、 L_0) 和 S_0 中的平均含量变幅不大 (表 2)。

4 讨 论

4.1 元素的活动性与迁移特征

要了解某一元素在风化成壤过程中真正的地球化学行为, 通常用某一种稳定性元素 (如 K 、 Al 等) 作为参照, 计算样品中其他元素的变化率, 来获知元素的迁移与富集程度^[1]。计算公式为:

表 2 宁夏 CCY 全新世黄土 - 土壤剖面中的微量元素含量变化 (mg/kg)

Table 2 Variation of microelements in the Holocene loess soil profile at CCY site, Ningxia (mg/kg)

地层	Zn	V	Rb	Cu	Hf	Ba	Nb	Sr	Zr	Ga
TS	55.1	80.3	87.7	21.4	6.69	477.5	13.8	183.8	237.2	15.3
L ₀	54.8	80.7	88.0	21.3	6.99	471.7	13.9	187.1	243.4	15.3
S ₀	57.0	82.9	92.2	22.4	7.13	476.4	14.2	181.4	249.1	15.7
L ₁	54.7	83.0	88.0	21.7	6.13	466.9	13.6	200.0	221.0	15.3
L ₁	56.0	82.2	88.0	22.0	6.39	483.3	13.8	224.6	228.4	15.2
CV	0.03	0.02	0.03	0.04	0.06	0.02	0.03	0.09	0.05	0.02

$\Delta(\%) = [(X_s/I_s)/(X_l/I_l) - 1] \times 100$

式中, X_s 、 I_s 代表样品中元素 X 和参比元素 I 的含量; X_l 、 I_l 为上述元素在原始母质中的含量。若 $\Delta < 0$ 反映元素 X 相对参比元素 I 迁出; $\Delta > 0$ 则说明元素 X 相对富集^[1]。以剖面中风化最弱的马兰黄土层近似代表风化前的原始母质^[16], 选用 Al 作为参比元素, 计算 CCY 全新世黄土 - 土壤剖面中其他元素含量的变化率百分数 (图 4)。

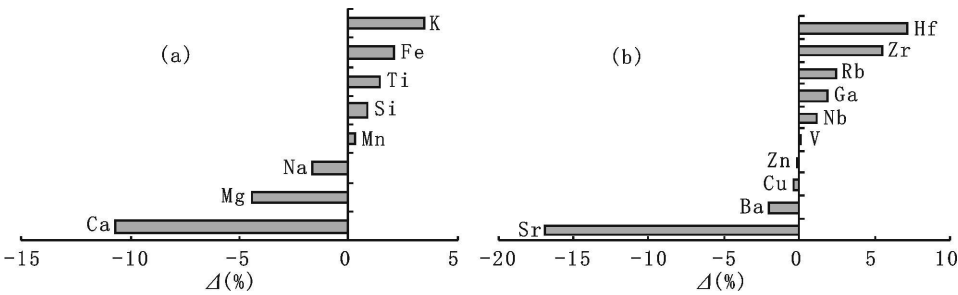


图 4 宁夏 CCY 剖面常量元素 (a)和微量元素 (b) 相对于 Al 元素的迁移率

Fig. 4 Migration ratio of macro (a) and microelements (b) of CCY profile calculated relative to stable element Al in Ningxia

常量元素分析结果表明, CaO 、 MgO 、 NaO 在化学风化过程中发生了迁移淋失, 其中 Ca 表现出明显的迁移特征, Δ 值为 -10.71% , 说明其活动性与其他常量元素相比较强; MgO 、 NaO 的 Δ 值分别为 -4.46% 、 -1.6% , 元素活动性中等。 MnO 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 K_2O 、 Ti 的 Δ 值 > 0 表现出轻微的富集特征, 其中 K 的富集程度最高。元素 Fe 的变化主要是价态的转变, 即由 Fe^{2+} 转化成 Fe^{3+} , 其元素本身并未发生迁移。由此可得到常量元素在黄土化学风化过程中活动性顺序与迁移能力大小为: $CaO > MgO > NaO > MnO > SiO_2 > Ti > Fe_2O_3 > K_2O$ 。 Nesbitt 等^[17] 根据元素活动性顺序将化学风化过程划分为早期去 Na 、 Ca 阶段, 中期去 K 阶段和晚期去 Sr 阶段。因此根据地球化学标志判断宁夏长城塬全新世黄土应处在脱 Ca 、 Na 阶段, 尚未进入去 K 风化阶段, 只经历了早期初级的化学风化。

微量元素在风化过程中的迁移与聚集不仅与黄土母质中的矿物成分、粒度有关, 而且与其形成后的气候环境和生物地球化学过程有关^[18]。图 4

中, Sr 发生了显著的淋失, Δ 值为 -16.91% , 其在表生环境中的地球化学行为类似于 Ca 、 Ba 、 Cu 、 Zn 发生了很微弱的迁移淋失, 活动性较弱。 V 、 Hf 、 Zr 、 Rb 、 Ga 、 Nb 的 Δ 值均大于 0 主要以淀积富集为主。微量元素的迁移性由强至弱依次为 $Sr > Ba > Cu > Zn > V > Nb > Ga > Rb > Zr > Hf$ 。有研究表明^[19], 风化成壤过程中生物生命活动特别是植物的生长需要吸收部分微量元素 (如 Cu 、 Zn 等), 可以造成微量元素在土壤表层发生一定程度的聚集, CCY 全新世剖面中 Cu 、 Zn 等非但没有富集, 却呈现出很微弱的亏损状态, 表明宁夏长城塬全新世黄土风化成壤时期生物生命活动弱, 植被生长状况较差。

4.2 元素演化及其指示的古环境意义

磁化率和 Rb/Sr 值是目前较好的气候代用指标^[1, 2, 5]。黄土作为具有相同物源区的风成沉积物, 其元素的分异反映了风尘堆积后的环境变化^[1, 2, 5, 7, 18, 19]。

Rb/Sr 值反映了母岩风化作用强度, 与风化成

壤强度成正比^[20]。Rb/Sr值变化与磁化率曲线具有惊人的相似性,最大值对应磁化率曲线的“峰”,最小值对应磁化率曲线的“谷”(图 3),表明古土壤成壤强度高,黄土成壤强度弱。在 CCY 剖面中,Sr主要发生淋失,Rb表现出富集的特征(图 4),正是 Rb和 Sr地球化学行为的差异,导致了二者的分离。S₀中 Rb的含量最高,反映 S₀中粘土矿物含量丰富,粘化作用强,形成时期气候比较温暖湿润,造成 Sr的强烈淋溶。陈骏^[2,3]等研究认为 Rb/Sr值变化实际上反映了黄土物质在风化成壤过程中的淋失程度,即降雨量的大小,Rb/Sr值变化与 Sr含量具有明显的反相关关系,据此可以说明 CCY剖面 L₄堆积时期要比 L₀堆积时期干旱。在 L₁和 L₄中,Rb、Sr、Ga、V等其他微量元素的平均含量变化均很小(表 2),说明马兰黄土堆积时期微弱的风化作用没有使微量元素发生明显的分异,这与洛川剖面马兰黄土层中化学元素的分布规律一致^[21]。

残积系数在黄土层(L₁、L₄、L₀)较低,表明黄土堆积时期风化淋溶作用弱,气候干旱;在古土壤层最高,说明 Ca、Mg、Na发生迁移淋失,Al、Fe残积较多,气候暖湿,处于全新世大暖期时期。钾钠比在古土壤层高于马兰黄土层,反映出古土壤形成时

期东南季风盛行,气候温暖湿润,Na的活动性增强,风化成土作用强烈。钙镁比反映了碱土金属Ca和Mg的分异程度,是它们在风化过程中迁移能力和迁移程度的表现^[15],在古土壤层出现低值,反映古土壤形成时期气候温暖湿润,Ca与Mg均发生淋失迁移,二者分异不明显;在黄土层出现高值,表明黄土堆积时期气候干冷,活动性较强的Ca淋失了,Mg的活动性弱,二者发生了分异。淋溶系数最小值出现在古土壤层,最大值出现在马兰黄土层,说明古土壤形成时期水分条件、植被状况均比黄土堆积时期优越,成壤改造作用强烈,常量元素Na、Ca活动性增强,淋溶作用增大。

Fe₂O₃含量在古土壤层出现最高值,在黄土层出现最低值,随着风化成土作用的增强,更多的Fe²⁺被氧化成Fe³⁺,Fe₂O₃含量不断增多,形成了较多的强磁性矿物(磁铁矿和磁赤铁矿),磁化率增大,吕厚远等^[21]对现代土壤磁化率和气候参数(温度和降水)的统计分析表明,温度和降水的增加在某一临界值范围内(年平均温度15℃左右、年平均降水量1100mm左右),磁化率会随温度和降水的增加而增大,反映古土壤形成时期气候较温暖湿润,比黄土堆积时期环境条件优越。

表 3 CCY、XMC、JYC全新世黄土-土壤剖面中 Rb、Sr、Rb/Sr值的含量变化
Table 3 Variation of Rb, Sr, Rb/Sr in Holocene loess soil profile at CCY, JYC sites

	Rb(mg /kg)			Sr(mg /kg)			Rb/Sr		
	CCY	XMC	JYC	CCY	XMC	JYC	CCY	XMC	JYC
T _s	87.7	99	114	183.8	175	141	0.48	0.57	0.81
L ₀	88.0	104	109	187.1	154	157	0.47	0.68	0.69
S ₀	92.2	114	118	181.4	135	130	0.51	0.84	0.91
L ₄	88.0	100	102	200.0	161	166	0.44	0.62	0.61
L ₁	88.0	95	96	224.6	199	192	0.39	0.48	0.5

表 3中,从扶风 JYC→长武 XMC→彭阳 CCY,T_s、L₀和 S₀中 Sr的含量逐渐增大,Rb/Sr比值显著降低,可知全新世以来地形上自南向北,降雨量明显减少,古土壤成壤强度降低。CCY剖面 S₀中的 Rb/Sr值显著小于关中盆地 JYC剖面 S₀中的 Rb/Sr值^[22],表明位置偏北的宁夏长城塬在古土壤形成时期,相对于南部的关中盆地,气候比较干旱,暖湿程度低,风化成壤作用较弱。黄河中游南部地区在全新世大暖期具有北亚热带气候特点^[23],关中盆地为亚热带暖湿气候^[22,8],从而表明关中盆地以北的宁夏长城塬地区在全新世大暖期为比较干旱的暖温带气候环境。

5 结 论

1) CCY剖面中,常量元素中只有Ca、Mg、Na在化学风化过程中发生了迁移淋失,元素的活动性大小为CaO>MgO>NaO>MnO>SiO₂>TiO₂>Fe₂O₃>K₂O。常量元素的迁移特征表明全新世宁夏长城塬黄土只经历了早期的化学风化,应处在脱Ca、Na阶段。微量元素中只有Sr发生了显著的迁移淋失,大部分微量元素呈现富集特征,Cu、Zn等在CCY剖面中表现出的很微弱的亏损状态反映了全新世宁夏长城塬地区黄土风化成壤时期植物生命活动弱,植被生长状况较差。

2) 钾钠比、残积系数, Rb/Sr值、CaO/MgO 与淋溶系数作为良好的气候代用指标在 CCY 剖面中呈现出有规律的变化, 表明古土壤形成时期气候温暖湿润, 黄土堆积期气候相对干冷; 这些化学参数与磁化率、频率磁化率形成很好的对比, 说明黄土风化成壤过程中元素的迁移变化可以间接反映全新世以来的气候变化和成壤环境的变化。

3) 通过与关中盆地扶风 JYC剖面中 Rb/Sr Rb/Sr比值的对比, 得出在全新世大暖期, 相对于关中盆地的亚热带暖湿气候, 位置偏北的宁夏长城塬地区为比较干旱的暖温带气候环境。

参考文献:

[1] 陈 骏, 季峻峰, 仇 纲, 等. 陕西洛川黄土化学风化程度的地球化学研究 [J]. 中国科学 (D 辑), 1997, **27** (6): 531 ~ 536

[2] 陈 骏, 安芷生, 汪永进, 等. 最近 800 ka洛川黄土剖面中 Rb/Sr分布和古季风变迁 [J]. 中国科学 (D 辑), 1998 **128** (6): 498 ~ 504

[3] 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, **7** (4): 350 ~ 356

[4] Guo Z T, Liu T S, Guibet J et al High frequency pulses of East Asian monsoon climate in the last two glaciations Link with the North Atlantic [J]. Climate Dynamics 1996 **12** 701 ~ 709

[5] 文启忠, 刁桂仪, 贾蓉芬, 等. 末次间冰期以来渭南黄土剖面地球化学指标所反映的古气候变化 [J]. 地球化学, 1996 **25** (6): 529 ~ 535

[6] 赵景波, 黄春长. 陕西黄土高原晚更新世环境变化 [J]. 地理科学, 1999 **19** (6): 565 ~ 569

[7] 黄春长. 渭河流域 3 100年前资源退化与人地关系研究 [J]. 地理科学, 2001 **21** (1): 30 ~ 35.

[8] 赵景波. 关中地区全新世大暖期的土壤与气候变迁 [J]. 地理科学, 2003 **23** (5): 554 ~ 559

[9] 庞奖励, 黄春长. 关中地区新石器文化发展与环境变化耦合

关系研究 [J]. 地理科学, 2003, **23** (4): 448~ 453

[10] 毛龙江, 黄春长, 庞奖励. 泾河中游地区全新世成壤环境演变研究 [J]. 地理科学, 2005, **25** (4): 478~ 483

[11] 李胜利, 黄春长, 庞奖励, 等. 颖河上游全新世黄土 - 古土壤物质来源研究 [J]. 地理科学, 2008, **28** (4): 559~ 564

[12] Huang C C, Pang J L, Zhou Q Y, et al Holocene pedogenic change and the emergence and decline of rain fed cereal agriculture on the Chinese Loess Plateau [J]. Quaternary Science Reviews 2004 **23** 2525~ 2535.

[13] Huang C C, Pang J L, Chen S E. Charcoal records of the fire history in the Holocene loess soil sequences over the southern Loess Plateau of China [J]. Palaeogeography Palaeoecology Palaeoclimatology 2006 **239** 28~ 44

[14] 叶 玮, Y abuki S, Kanayama S 中国西风区黄土常量元素地球化学行为与古环境 [J]. 干旱区地理, 2003 **26** (1): 23~ 29

[15] 文启忠. 中国黄土地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1989: 84~ 92

[16] Nesbitt H W, Markovics G, Price R C. Chemical processes affecting alkalis and alkaline earths during continental weathering [J]. Geochim Cosmochim Acta 1980 **44** (11): 1659 ~ 1666

[17] 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

[18] 庞奖励, 黄春长, 张占平. 陕西五里铺黄土微量元素组成与全新世气候不稳定性研究 [J]. 中国沙漠, 2001, **21** (2): 151 ~ 156.

[19] Dasch E J Strontium isotopes in weathering profiles deep sea sediments and sedimentary rocks [J]. Geochim Cosmochimica Acta 1969, **33** 1521~ 1522

[20] 吕厚远, 韩 家, 吴乃琴, 等. 中国现代土壤磁化率分析及其古气候意义 [J]. 中国科学 (B 辑), 1994 **24** (12): 1290 ~ 1297

[21] 庞奖励, 黄春长, 刘安娜, 等. 黄土高原南部全新世黄土 - 古土壤序列若干元素分布特征及意义 [J]. 第四纪研究, 2007, **27** (3): 357 ~ 364

[22] 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 (B 辑), 1992 (12): 1300 ~ 1308

Geochemical Characteristics of Holocene Loess-Soil Profile on
Changchengyuan Loess Tableland of Ningxia

YANG Hong-jin, HUANG Chun-chang, PANG Jiang-li, LI Yu-qin, MI Xiao-jian, ZHAO Ming

(College of Tourism and Environment Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062)

Abstract Through the analysis of macro- and micro-elements and their variations with XRF at the CCY loess-soil site, Ningxia Hui Autonomous Region, we obtain a number of geochemical parameters. There is a good comparison between these chemical parameters and magnetic susceptibility, frequency dependent susceptibility, which indicates that during the paleosol formation, the climate was warm and humid with abundant precipitation and greater eluviation, while during the loess accumulation, the climate was relatively cold and arid with weak pedogenesis. And the variation of elements can indirectly reflect the change of climate and pedogenic environment during the process of loess chemical weathering. Through the research of the activities of elements in CCY profile, it was found that Holocene loess in CCY only experienced primary process of chemical weathering characterized by leaching of Ca, Na, and not reached the secondary process characterized by leaching of K.

Key words Holocene, loess-soil, elements, geochemistry