

文章编号: 1000-0550(2014)01-0078-07

“巫山黄土”元素地球化学特征及成因和物源意义^①

张玉芬¹ 邵磊² 熊德强¹

(1. 中国地质大学地球物理与空间信息学院 武汉 430074; 2. 中国地质大学地球科学学院 武汉 430074)

摘要 为了探讨“巫山黄土”的成因及物源,对剖面73个样品进行了常量元素测试和分析,并与已知典型的黄土剖面的元素地球化学特征进行了比较。结果表明:(1)“巫山黄土”主要化学成分以 SiO_2 、 Al_2O_3 和 TFe_2O_3 ($\text{TFe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$)为主,三者的平均含量之和为84.84%,与上部陆壳(UCC)(86.2%)、洛川黄土(85.34%)、镇江下蜀土(86.76%)均非常接近。(2)“巫山黄土”常量元素质量百分含量与洛川、甘孜黄土和西风红黏土的均比较接近,显示了具有相同或相近的沉积环境和类型。(3)“巫山黄土”的 $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的数据点主要分布区域与镇江下蜀土与川西的甘孜黄土大致相同,经UCC标准化后的“巫山黄土”分布曲线与其它风成黄土也显示了较好的相似性,从而说明“巫山黄土”具有风积成因的特点。(4)元素比值分析显示“巫山黄土”与甘孜黄土、洛川黄土均十分相近,在 Mg/Mn 、 Al/Mg 、 Fe/K 方面与甘孜黄土更为接近,而在 Mg/Ca 、 Si/Al 方面与洛川黄土更为一致,可能与两处黄土同源。

关键词 “巫山黄土” 元素地球化学特征 成因和物源分析

第一作者简介 张玉芬 女 1957年出生 博士 教授 环境地球物理 E-mail: zhyfcug@163.com

中图分类号 P534.63 **文献标识码** A

黄土是第四纪环境变化研究的重要载体,元素地球化学是其中的主要替代性指标^[1]。位于川东高原三峡地区的“巫山黄土”^[2],是黄土高原之外的一处重要的黄土堆积,具有十分重要的研究价值,早已引起学者们的关注,其中研究最多的是其成因问题^[2-9],这也是揭示其科学意义的基础。目前,关于其成因尚存异议。就以往研究看,“巫山黄土”研究有必要加强以下两方面的工作。一是寻找理想的研究剖面。“巫山黄土”分布于云阳—秭归的长江三峡河谷区。受地形影响常呈零星点状分布,厚度常依其地貌位置的不同而差异较大,且堆积之后受强烈的边坡地质作用改造。前人所研究的“巫山黄土”剖面大都厚度较小,出露不完整。因此,寻找沉积连续、厚度大、出露完整的剖面,对“巫山黄土”的研究至关重要。二是需要从更多方面,采用更多手段进行研究。这是因为“巫山黄土”地处夏季风控制区,黄土地质、地貌特征不及黄土高原典型。近年,随着三峡库区移民搬迁和新城建设,暴露出一些新的黄土剖面。笔者等最近在三峡地区进行第四纪地质调查时,在新巫山县城南和奉节紫阳城各发现一处出露良好的黄土剖面。特别是巫山县城南剖面,厚度达15 m,顶底清楚,出露完整^[9]。本文在前期研究基础上,依据黄土的元素地球化学特征和比值特征分析结果,结合前人

对黄土高原、川西高原和长江中下游等黄土元素地球化学研究结果,运用类比分析和物源判识的方法,对“巫山黄土”的成因和物源问题进行了探讨。

1 研究剖面及特征

本文研究的“巫山黄土”剖面位于巫山县客运港附近的长江左岸。该剖面为一建筑工地人工开挖的露头剖面,剖面高约15 m左右,是迄今为止巫山地区出露最好、厚度较大的“巫山黄土”剖面。剖面岩性主要以褐黄色和黄色的砂、粉砂和砂质黏土组成,含有少量的钙质结核。剖面岩性均一,无层理,垂直节理发育,大孔隙明显(图1)。剖面具体特征详见文献[9]。

2 实验样品的采集和测试

2.1 样品的采集

采样时剥去剖面上表层土,向剖面内挖0.15 m深的竖槽,从剖面顶部开始,在槽内壁自上而下以10 cm间隔连续取样,共采集地球化学样品146件。室内根据岩性变化特征不等间距送测了73件常量元素。

2.2 样品的测试

地球化学样品测试是在国土资源部合肥矿产资源监督检测中心完成的,使用仪器为X射线荧光光

①国家自然科学基金项目(批准号:40971008)与中国地质调查局地质调查项目(编号:1212010814057,1212011121142)联合资助
收稿日期:2012-12-14;收修改稿日期:2013-01-29



图 1 “巫山黄土”照片

Fig. 1 Wushan loess photos

谱仪。首先将样品在常温下自然风干,然后将每件约 5 g 重的样品置于玛瑙研钵中研磨,再用 200 目分析筛筛选后供测试。共测试了 12 种主量元素(氧化物形式,如: SiO_2 、 Al_2O_3 、 TFe_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 MgO 、 MnO 、 TiO_2 、 P_2O_5) 和烧失量 (LOI)。根据多个空白样、重复样及国家标准样 (GSS) 的分析来监控测试精度与准确度,得出分析的相对偏差除 FeO 误差 $>10\%$ 外,其它氧化物误差均小于 2.5% 。

3 实验结果分析和讨论

3.1 常量元素特征与成因

3.1.1 常量元素含量特征对成因的指示

表 1 为“巫山黄土”与不同沉积类型地质体氧化物平均组成含量比较结果^[10-17],由表 1 可见“巫山黄土”的 73 件样品中 XO ($\text{XO} = \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) 平均含量达 84.15% ,变化于 $75.27 \sim 91.58\%$ 范围,其中又以 SiO_2 为主,平均占 66.20% ($59.62\% \sim 70.49\%$), Al_2O_3 平均含量为 13.35% ($11.83\% \sim 15.28\%$), Fe_2O_3 平均占 4.6% ($3.82\% \sim 5.80\%$)。 CaO 平均占 3.66% ($0.93\% \sim 12.2\%$), FeO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 分别平均仅占 0.69% 、 1.60% 、 2.32% 和 1.23% 。另外,自下而上“巫山黄土”化学成分的组成变化不大,表明其具有较好的均一性,这与剖面粒度组成特征是一致的^[8]。

将“巫山黄土”与表 1 中列出的不同地区典型风成黄土氧化物的平均组成含量进行比较。结果表明,“巫山黄土”的化学成分与我国不同地区的典型风成沉积物具有较好的相似性。同时,剖面中各元素含量的变化范围都比较小,表明其常量元素的组成具有高度的一致性,这应该是“巫山黄土”风积成因的重要证据之一。主要化学成分为 SiO_2 、 Al_2O_3 和 TFe_2O_3 ($\text{TFe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$), 三者的平均含量之和达 84.84% ,与上部陆壳 (UCC) (86.2%)、洛川黄土 (75.41%)、洛川古土壤 (84.09%)、镇江下蜀土 (86.76%) 均非常接近。表明“巫山黄土”应该与上述的黄土一样也为风积成因。

图 2 为“巫山黄土”的质量百分含量与我国其他地区典型风成黄土比较结果^[10,11,13,14],由图可以看出:“巫山黄土”与洛川、甘孜黄土和西峰红黏土的均比较接近,显示了具有相同或相近的沉积环境和沉积类型。

3.1.2 常量元素分布模式特征

图 3 为“巫山黄土”及其它典型风成黄土部分常量元素 UCC 标准化后结果^[11,13,14],由图 3 可知,UCC 标准化后的“巫山黄土”与其他风成黄土具有较好的相似性,显示了其风积成因的特点。但与不同地区黄土的相似程度又不是完全相同的,其中“巫山黄土”与洛川黄土、洛川古土壤、甘孜黄土以及红黏土之间

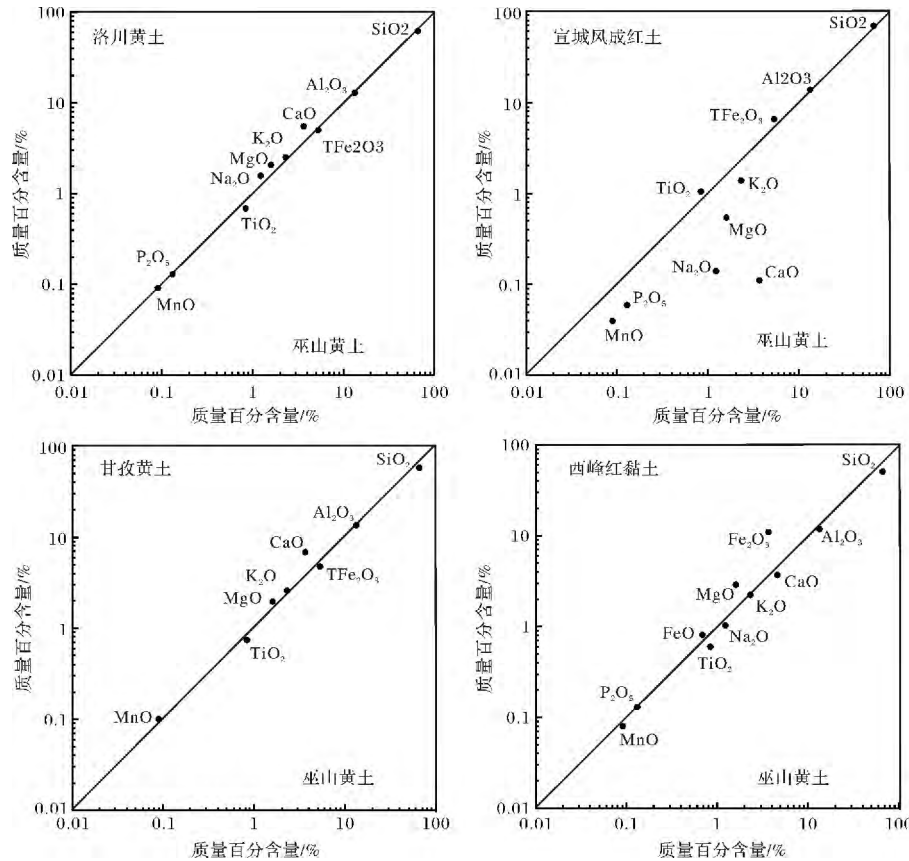


图 2 “巫山黄土”和洛川黄土、宣城风成红土、甘孜黄土、西峰红黏土的常量元素组成的比较(注:图中数据来源同表 1)

Fig. 2 The major element contents(%) of the Wushan Loess compared with the Luochuan loess , Xuancheng red clay ,Ganzi loess and Xifeng red clay

表 1 “巫山黄土”常量元素含量(%) 及其与其他沉积类型的比较

Table 1 The major element contents(%) of the Wushan Loess and their comparison with that of other deposits

采样位置	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅
“巫山黄土”(n=73)	最小	59.62	11.83	4.85	0.35	3.82	2.17	0.84	0.93	1.37	0.07	0.78
	最大	70.49	15.28	6.15	1.30	5.80	2.40	1.38	12.20	1.83	0.13	0.89
	平均	66.20	13.35	5.29	0.69	4.60	2.32	1.23	3.66	1.60	0.09	0.84
洛川黄土(n=6)	58.84	11.95	4.62			2.37	1.63	8.43	2.14	0.09	0.64	0.15
洛川古土壤(n=6)	64.74	13.90	5.4			2.68	1.53	2.62	2.02	0.1	0.74	0.12
西峰红黏土(n=9)	50.87	11.84	4.50	3.69	0.81	2.24	1.03	10.97	2.89	0.08	0.6	0.13
宣城风成红土(n=64)	68.77	13.71	6.52	6.24	0.25	1.38	0.14	0.11	0.54	0.04	1.06	0.06
镇江下蜀土(n=54)	68.07	13.32	5.30	4.85	0.39	2.35	0.92	1.00	1.61	0.09	0.81	0.18
上陆壳(UCC)	66.00	15.2	5.00			3.40	3.90	4.20	2.2	0.06	0.5	0.50
陆源页岩	62.80	18.9	7.22			3.70	1.20	1.30	2.2	0.11	0.16	1.00
甘孜剖面(n=70)	最小	44.37	10.25			3.79	2.03	2.54	1.57	0.08	0.58	
	最大	66.00	15.68			5.40	2.90	14.83	2.24	0.12	0.83	
	平均	57.52	13.49			4.78	2.56	1.50	6.84	1.95	0.10	0.74
长江河漫滩(n=28)		12.56			6.01	2.31	1.40	2.99	3.06			
武威(n=18)	58.37	11.37	4.55	1.85	2.7	2.16	1.77	7.91	2.86	0.08	0.70	0.14

注:表 2 中 n 为样品个数“巫山黄土”为本文测试数据;洛川黄土、古土壤原始数据来源于文献[11];镇江下蜀土原始数据来源于文献[12];西峰红黏土的原始数据来源于文献[13];宣城风成红土的原始数据来源于文献[14];上陆壳(UCC)、陆源页岩原始数据来源于文献[15];甘孜黄土原始数据来自文献[10];武威黄土来自与文献[16];长江河漫滩沉积物数据来源于[17]。表中空的是缺少数据。

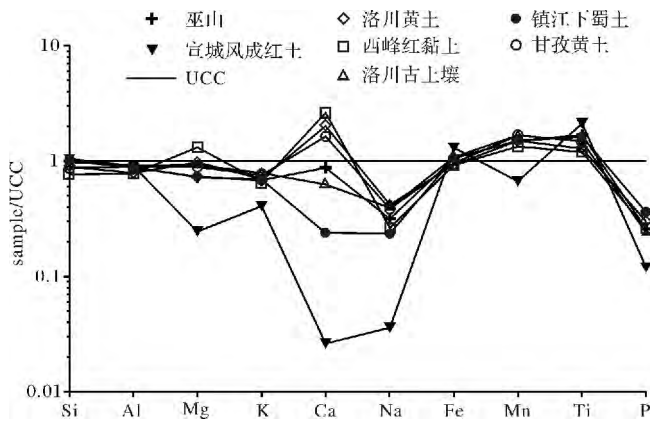


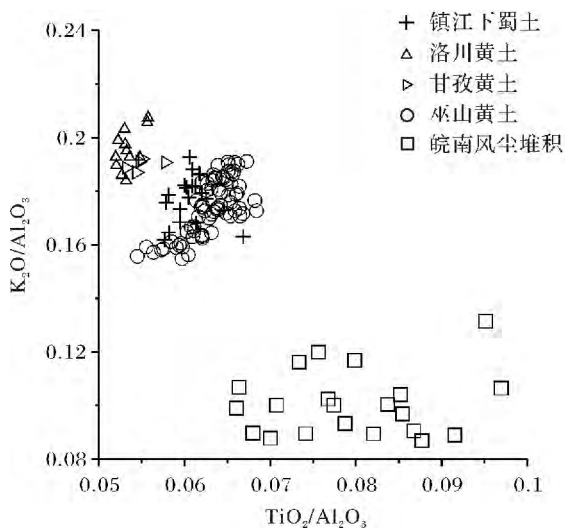
图 3 不同地区黄土常量元素 UCC 标准化曲线
(注: 图 3 原始数据来源同表 1)

Fig. 3 UCC normalized curves of major elements for loess from different areas of the world

的相似程度要高于与宣城风成红土之间的相似程度, 而宣城红土则显示了更显著的 Na、Ca、K、Mg、Mn 以及 P 的亏损, 镇江下蜀土相对来说 Ca 和 Na 亏损。上述特点说明: 不同地区的风成沉积物虽然在常量元素分布模式、元素含量等方面特征具有一些共性, 显示出风积沉积物所具有的一些典型特征。但由于它们所处的地理位置、物质来源和后期所经历的地球化学风化作用不同, 往往又会表现出相对的差异性。而不同地区风成黄土的这些差异性变化特点, 正是进行局部区域气候环境演变研究的非常有用的信息。

3.1.3 常量元素参数比值特征

图 4 为“巫山黄土”与我国主要典型风积沉积



物^[10~12, 14, 18]不同分子比值散点图。从图中可以看到“巫山黄土”沉积物的 $TiO_2/Al_2O_3-K_2O/Al_2O_3$ 和 $Fe_2O_3/Al_2O_3-K_2O/Al_2O_3$ 的数据点主要分布区域与镇江下蜀土、川西的甘孜黄土都很接近, 这不仅说明了“巫山黄土”具有风积成因的特点。同时也反映了“巫山黄土”与甘孜黄土和镇江下蜀土具有更相近的后期化学风化环境和过程, 这可能与它们同处于夏季风控制区有关。

3.1.4 常量元素对成因的指示

关于“巫山黄土”的成因, 有人认为是两种^[6]: 一是冲积成因, 为多期次的洪水期沉积物; 二是残积成因, 由基岩溶蚀、风化作用形成的粉质黏土, 后期雨水面流(泥流)等作用搬运富集堆积于低洼、坡脚、缓坡部位并经风化形成的。从上述常量元素的含量、分布模式及参数比值特征及与典型的风成黄土剖面比较, 可明显的看出“巫山黄土”的成因应为风成。这与该黄土的粒度分析^[8]和磁化率分析^[9]所得结论是一致的。“巫山黄土”的沉积学特征(图 1): 岩性均一、无层理、垂直节理和大孔隙发育等来看明显为非冲积成因, 常量元素特征也与长江洪水期沉积物有明显的区别(表 1)。至于风化残积的可能性则更小, 三峡地区大面积出露的基岩为碳酸盐类, 其溶蚀残余物为红色黏土, 其他类型基岩的残积物也未见有类黄土物质。而散布于坡脚、缓坡部位黄土, 从野外观察看, 分布于边坡上部的多是风积而成, 分布于边坡下部多为边坡上部的风积黄土的流水侵蚀的再沉积。因此, “巫山黄土”的成因为风积。

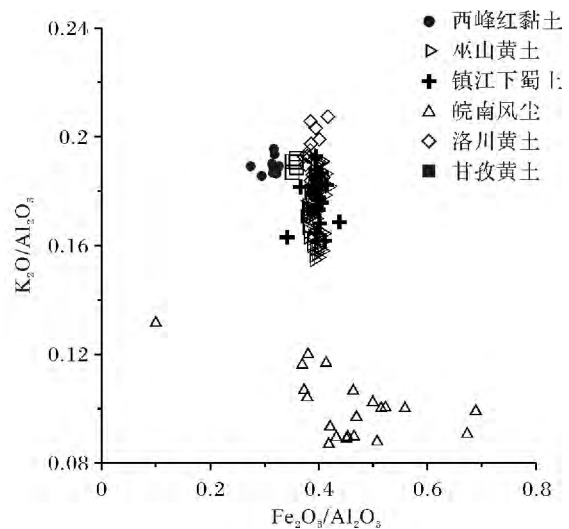


图 4 “巫山黄土”与我国主要典型风积沉积物不同分子比值散点图(注: 图 4 数据来源同表 1)

Fig. 4 The scatter diagrams of major elements for the Wushan loess and type loess sediment from different areas of China

3.2 “巫山黄土”物源判别分析

利用特征元素比值分布模式,通过选取多个可靠的特征元素含量比值作为物源示踪指标,绘制特征元素比值分布模式图,根据沉积区与物源区特征元素比值分布模式的相似程度,判断沉积物的物源^[19]。

3.2.1 物源判别指标的选取

物源判断结果的好坏和可信度主要取决于用于沉积物物源示踪指标的选取,一般来说可有两种选择:一是选择主要受物源影响,并且化学性质稳定,在搬运和沉积过程中其含量基本保持不变,具有较好的相关性的两种特征元素含量比值;二是虽然某些特征元素在搬运、沉积和成岩过程中绝对含量可能会发生变化,但是这些元素的化学性质具有一致的富集规律,即它们的相对含量基本保持不变^[19]。依据上述标准,本文选取如下元素比值作为巫山黄土物源判别的指标:

① Mg/Mn、Al/Mg 比值作为物源指标的选取。一般来说元素 Mg、Mn、Al 在物源区和沉积区绝对含量变化是比较大的,但考虑到 Mg/Mn、Al/Mg 的含量变化具有较好的一致性,且具有比值在物源区与沉积(堆积)区基本保持不变的特点。因此, Mg/Mn、Al/Mg 可作为良好的物源示踪指标。

② Fe/K 比值作为物源示踪指标的选取。元素 Fe、Al、K 在化学风化时其活动性和迁移均较少,含量变化也不大,故 Fe/K 可以作为物源对比的示踪指标。

③ Mg/Ca 比值作为物源示踪指标的选取。一般来说元素 Ca 和 Mg 主要富存在碳酸盐矿物和硅酸盐矿物中,两者具有相近的淋失和富集规律,其比值在物源区与沉积(堆积)区同样具有基本保持不变的特点。

④ Mg/Al、Al/Na 比值作为物源示踪指标的选取。该比值反映了活动组分(碱土和碱金属 Mg、Na)与惰性组分(Al)之间的关系,常被作为物源示踪的指标之一。

3.2.2 物源判断端元目标的选取

本文研究的“巫山黄土”剖面位于长江上游四川境内的巫山地区,从“巫山黄土”的区域地理位置来看,其物源有3种可能:①来自黄土高原,与秦岭黄土同源;②来自青藏高原,与川西黄土同源;③长江及附近“山地过程”的近源物质的吹扬堆积。从已有的粒度组成和粒度参数特征分析研究结果来看,第三种来源存在但所占比例极少^[7,8]。故本文选取洛川黄土

作为北方风成黄土的代表,甘孜黄土作为川西高原风成黄土的代表^[1,2],对“巫山黄土”的物质来源进行判别分析。

3.2.3 物源判别结果

图5为“巫山黄土”与洛川和甘孜风成黄土^[10,11,18]的元素指标比较结果。由此可见“巫山黄土”与甘孜黄土、洛川黄土均十分相近,其中在 Mg/Mn、Al/Mg、Fe/K 方面“巫山黄土”与甘孜黄土更为接近,而在 Mg/Ca、Si/Al 方面“巫山黄土”与洛川黄土更为一致。黄土物源研究是一个十分复杂的科学问题,常量元素分析仅是一个方面的证据,有待稳定同位素等大量的研究工作。

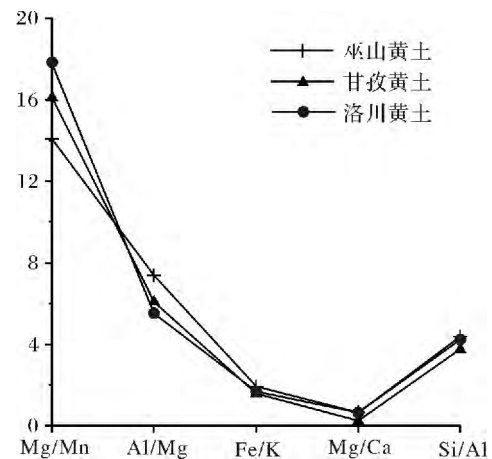


图5 “巫山黄土”与洛川、甘孜黄土元素比值比较图
Fig. 5 The comparison of the element ratios between Wushan loess and Luochuan, Ganzi loess

4 结论

通过将“巫山黄土”的氧化物含量、元素比值与我国主要典型的风成黄土进行比较,得到如下结论。

(1) “巫山黄土”主要化学成分以 SiO_2 、 Al_2O_3 和 TFe_2O_3 ($\text{TFe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$) 为主,三者的平均含量之和为 84.84%,与上部陆壳(UCC) (86.2%)、洛川黄土(75.41%)、洛川古土壤(84.09%)、镇江下蜀土(86.76%) 均非常接近。

(2) “巫山黄土”的常量元素组合、经 UCC 标准化后的“巫山黄土”分布曲线元素比值散点图等特征均与典型风成黄土有较好的相似性,而不同于长江河流沉积物。从而说明“巫山黄土”系风积成因。这与“巫山黄土”的岩性特征、剖面沉积学特征以及粒度组成特征^[8]是一致的。

(3) 元素比值分析显示“巫山黄土”与甘孜黄

土、洛川黄土均十分相近,在Mg/Mn、Al/Mg、Fe/K方面与甘孜黄土更为接近,而在Mg/Ca、Si/Al方面与洛川黄土更为一致。可能与两处黄土同源。黄土物源研究是一个十分复杂的科学问题,本文仅是依据常量元素与已知的物源判别分析,关于物源示踪还有待稳定同位素等的深入研究。

致谢 研究生王节涛、孙习林、罗昊、江华军、田单、赵举兴等参与了野外样品的采集,刘引迪、许应石、高梦秋、何禹、周稠、周耀等参与了样品的整理,在此一并表示感谢。

参考文献(References)

- 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 238-256 [Liu Dongsheng. Loess and Environment [M]. Beijing: Science Press, 1985: 238-256]
- 刘兴诗. 四川盆地晚第四系的划分[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1983: 58-60 [Liu Xingshi. Divisions of Late Quaternary Strata of the Sichuan Basin [M]. Chengdu: Sichuan Science & Technology Press, 1983: 58-60]
- 沈玉昌, 蔡强国. 试论国外河流地貌学的进展[J]. 地理研究, 1985, 4(2): 79-88 [Shen Yuchang, Cai Qiangguo. On attempt to study the progress of river geomorphology in the foreign countries [J]. Geographical Research, 1985, 4(2): 79-88]
- 谢明. 长江三峡地区的黄土状堆积物[J]. 地球化学, 1991(3): 293-300 [Xie Ming. Loess deposits in the Three-Gorges area of the Changjiang (Yangtze) River [J]. Geochimica, 1991(3): 293-300]
- 张芸, 朱诚, 张强, 等. 长江三峡大宁河流域3000年来的沉积环境和风尘堆积[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(4): 83-88 [Zhang Yun, Zhu Cheng, Zhang Qiang, et al. Sedimentary environment and eolian deposits in past 3000a in daning valley of the Three Gorges of the Yangtze River [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2001, 21(4): 83-88]
- 柯于义, 尹华刚, 郭峰, 等. 三峡库区“巫山黄土”成因研究[J]. 人民长江, 2007, 38(9): 72-76 [Ke Yuyi, Yin Huagang, Guo Fen, et al. Origin of the “Wushan Loess” in the Three Gorges area [J]. Yangtze River, 2007, 38(9): 72-76]
- 王建明, 王勇, 王建力. 巫山第四纪沉积物粒度特征研究[J]. 人民长江, 2009, 40(13): 13-15 [Wang Jianming, Wang Yong, Wang Jianli. Research on granular characteristics of Quaternary deposit in Wushan county [J]. Yangtze River, 2009, 40(13): 13-15]
- 李长安, 张玉芬, 袁胜元, 等. “巫山黄土”粒度特征及其对成因的指示[J]. 地球科学, 2010, 35(5): 879-884 [Li Chang'an, Zhang Yufen, Yuan Shengyuan, et al. Grain size characteristics and origin of the “Wushan Loess” at Wushan area [J]. Earth Science, 2010, 35(5): 879-884]
- 张玉芬, 李长安, 邵磊, 等. “巫山黄土”的磁组构特征及成因[J]. 地球科学, 2010, 35(5): 885-890 [Zhang Yufen, Li Chang'an, Shao Lei, et al. Magnetic fabric characteristics and implications for its origin of “Wushan Loess” [J]. Earth Science, 2010, 35(5): 885-890]
- 王玲, 刘冬雁, 刘明, 等. 川西高原甘孜黄土A剖面常量元素地球化学特征初步研究[J]. 中国海洋大学学报, 2010, 40(增刊): 221-225 [Wang Ling, Liu Dongyan, Liu Ming, et al. Geochemical characteristics of major elements of Ganzi loess in the western Sichuan province [J]. Periodical of Ocean University of China, 2010, 40(Suppl.): 221-225]
- 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): 地球科学, 1997, 27(6): 531-536 [Chen Jun, Ji Junfeng, Qiu Gang, et al. Geochemical study on the chemical weathering degree of loess, Luochuan, Shanxi [J]. Science China(Seri. D): Earth Sciences, 1997, 27(6): 531-536]
- 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]
- 陈旻, 陈骏, 刘连文. 甘肃西峰晚第三纪红粘土的化学组成及化学风化特征[J]. 地质力学学报, 2001, 7(2): 167-175 [Chen Yan, Chen Jun, Liu Lianwen. Chemical composition and characterization of chemical weathering of late Tertiary red clay in Xifeng, Gansu province [J]. Journal of Geomechanics, 2001, 7(2): 167-175]
- 李徐生, 杨达源, 鹿化煜. 皖南风尘堆积序列氧化物地球化学特征与古气候记录[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(4): 75-82 [Li Xusheng, Yang Dayuan, Lu Huayu. Oxide-geochemistry features and paleoclimatic record of the Aeolian-dust depositional sequence in southern Anhui [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1999, 19(4): 75-82]
- Taylor S R, McLennan S M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution [M]. London: Blackwell, 1985: 277-312
- 张虎才, 李吉均, 马玉贞, 等. 腾格里沙漠南缘武威黄土沉积元素地球化学特征[J]. 沉积学报, 1997, 15(4): 152-158 [Zhang Hucai, Li Jijun, Ma Yuzhen, et al. A study on elemental geochemical characters of the Wuwei Loess section in the south vicinity of Tengger Desert [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(4): 152-158]
- 杨守业, 李从先, 李徐生, 等. 长江下游下蜀黄土化学风化的地球化学研究[J]. 地球化学, 2001, 30(4): 402-406 [Yang Shouye, Li Congxian, Li Xusheng, et al. Geochemical records of chemical weathering of the Xiashu Loess in the lower reaches of the Changjiang River [J]. Geochimica, 2001, 30(4): 402-406]
- Qiao Y S, Zhao Z Z, Wang Y, et al. Variations of geochemical compositions and the paleoclimatic significance of loess-soil sequence from Ganzi county of western province, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2009, 54: 4697-4703
- 操应长, 王艳忠, 徐涛玉, 等. 特征元素比值在沉积物物源分析中的应用——以东营凹陷王58井区沙四上亚段研究为例[J]. 沉积学报, 2007, 25(2): 230-238 [Cao Yingchang, Wang Yanzhong, Xu Taoyu, et al. Application of the ratio of characteristic elements in provenance analysis: A case study from the upper part of the fourth member of the Shahejie Fm. in the W58 area, Dongying depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(2): 230-238]

Elemental Compositions of the "Wushan Loess": Implications for Origin and Sediment Source

ZHANG Yu-fen¹ SHAO Lei² XIONG De-qiang¹

(1. Institute of Geophysics & Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract: 73 samples from the typical section of the "Wushan Loess" were analyzed for elemental compositions in order to obtain information about its origin and sediment source. Elemental analysis show that the major elements of the "Wushan Loess" contain SiO_2 , Al_2O_3 and TFe_2O_3 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$), average concentration of those is 84.8%. It is similar as the UCC (86.2%), Luochuan Loess (85.34%) and Zhenjiang Xiashu Loess (86.76%). Elemental compositions of the "Wushan Loess" were similar as the Luochuan Loess, Ganzi Loess and Xifeng Red Clay, indicating the similar sediment environment. $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs. $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ diagram shows that the "Wushan Loess" and the Ganzi Loess had almost the same elemental compositions. Besides the UCC-normalized patterns were also similar, indicating the aeolian origin. Elemental ratios show that the "Wushan Loess" were derived from multi-provenances. Besides, the "Wushan Loess" were reworked by fluvial process.

Key words: "Wushan loess"; elemental compositions; origin and source