

技术 方法

冲积平原区土壤元素组成特征及其示踪作用

朱立新^{1,3}, 马生明^{2,3}, 周国华^{2,3}, 郑立果⁴

(1. 吉林大学, 长春 130026; 2. 中国地质大学, 北京 100083;

3. 中国地质科学院物化探研究所, 廊坊 065000; 4. 廊坊教育学院, 廊坊 065000)

[摘 要]应用土壤元素组成特征研究基础地质问题是覆盖区多目标地球化学调查工作的一项重要任务。通过对珠江三角洲、江汉平原、成都盆地 3 个冲积平原区土壤元素组成特征的研究,探讨了其对土壤成壤母质特性的示踪作用,为今后开展类似的研究工作提供了一种思路。

[关键词]冲积平原 覆盖区 土壤元素组成特征 示踪作用

[中图分类号]P595 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2002)04-0056-04

0 前 言

土壤元素组成特征受多种因素联合控制,但是不可否认,成壤母质特性是控制土壤中化学元素含量的最根本因素之一,同时也是开展第四系地质、地球化学研究的基础。成壤母质特性对土壤元素组成特征产生决定性的影响,但是反过来说,土壤中部分元素的组成特征也能够反映出成壤母质的特性。因此,利用土壤元素组成特征上的差异能够定性分析和了解土壤成壤母质的某些特性,从而可以获取基础地质方面的信息。本文即从这一思路出发,利用“沿海经济区生态环境地球化学调查方法技术研究”和“厚覆盖区多目标地球化学调查和评价方法技术研究”等大调查研究项目的成果资料,对比研究了几个典型冲积平原区土壤元素组成特征,探讨了利用元素组成特征示踪成壤母质特性的可行性。

冲积平原区土壤或成壤母质的物质组成因袭于相应河流沉积物,同时受到空间和时间两大因素的控制,因此因地因时而异,并通过成壤母质的物质组成(化学成分、矿物成分)及机械组成(粒度)等特性表现出来。容易理解,如果成壤母质的来源或者组成物的特性不同,即便是处在相同的自然环境下土壤的化学组成也很可能不同。覆盖区多目标地球化学调查工作中分析的地球化学指标多达 52 个,应该说基本能够反映出各地土壤或成壤母质的化学组成特征及不同地域土壤化学成分的差异,这为利用土

壤元素组成特征甄别成壤母质物质组成或成壤母质特性的变化提供了保证。

本试验研究结果表明,冲积平原区土壤中元素组成及某些元素间的比值能有效反映成壤母质的物质成分、机械组成、风化条件及其形成过程中的水动力条件等特性,为覆盖区多目标地球化学调查资料在基础地质研究领域中的开发利用提供了研究实例。这里需要强调一点,就目前的技术水平和研究目的而言,要想准确确定冲积平原区成壤母质的物质来源是不可能的,也没有必要,我们只是想通过土壤元素组成特征来判断成壤母质物源的变化,定性描述出成壤母质的某些特性,进而为第四系地质、地球化学研究和环境地球化学评价等提供依据。

1 试验研究方法

示踪沉积物物源的方法比较多,包括矿物学方法、古生物方法以及地球化学方法等。其中元素地球化学方法的原理即是表生地球化学环境中元素地球化学行为的差异。例如,一些元素在母岩风化、剥蚀、搬运、沉积及成岩过程中不易迁移,它们几乎被等量地转移到碎屑沉积物中,因而可作为沉积物物源的示踪剂^[1]。

本文选用元素地球化学示踪方法,探讨了土壤元素组成特征对成壤母质特性的示踪作用及其研究意义。文中涉及到的试验研究区包括珠江三角洲、江汉平原和成都盆地,所用数据从上述试验研究区

[收稿日期]2002-04-01;[修订日期]2002-05-20;[责任编辑]余大良。

[第一作者简介]朱立新(1963年-),男,1982年毕业于长春地质学院,获学士学位,1988年获硕士学位,现攻读吉林大学地球化学专业博士学位,教授级高工,从事勘查地球化学方法技术研究工作。

30 个土壤深度剖面中选出 ,分别代表了各试验区内典型的微地貌景观和土壤类型。之所以选择土壤深度剖面开展试验研究工作 ,主要考虑到剖面上成壤母质物质成分及其特性的变化比较大 ,容易从元素组成特征上反映出来。由此也决定了本项研究内容的一个特点 ,即不是平面上 (表层或某个固定深度上) 土壤元素组成特性的简单对比 ,而是对近地表土壤层 (0 - 200 ~ 240 cm) 中元素组成特性的综合研究。

试验样品的采集沿深度剖面进行 ,采样间距基本为 20 cm。样品分析均由地科院物化探所中心实验室承担 ,每件样品分析测试指标 52 项。质量监控结果证实 ,野外工作质量和样品分析质量均达到相关规范要求。

2 试验研究结果讨论

2.1 土壤中元素含量特征及其示踪作用

珠江三角洲、江汉平原和成都盆地试验区土壤深度剖面上元素含量特征列于表 1 中。从表中可以看到 ,常量化学组分 SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ 和 K₂O 及部分微量元素如 V、Cr、Cu、F、Mn、Ni、Zr、Mo、B 等 ,在珠江三角洲和成都盆地土壤中的含量大体一致 ,其它元素的含量则存在程度不同的差异。与珠江三角洲和成都盆地土壤中元素含量相比 ,江汉平原土壤中元素含量显示出低 SiO₂ 高 Al₂O₃、Fe₂O₃、MgO、CaO 和 K₂O 的特性。此外 ,江汉平原土壤中微量元素 V、Cr、Cu、F、Mn、Ni 等的含量也明显高于其它两个试验区 ,Zr、Mo、B 则较其它两个试验区低。

珠江三角洲与成都盆地土壤中元素含量的差异表现在 MgO、CaO 及 W、Pb、Zn、As、Sb、Cd 等元素。除 MgO 以外 ,其余元素均是在珠江三角洲土壤中含量略高。

上述 3 个试验区位于不同的自然景观条件下 ,作为成壤母质物源的河流沉积物来自不同的汇水域 ,土壤中元素含量特征上的差异应该是各个试验区成壤母质源区物质组成差异的体现 ,同时也是沉积物风化类型及风化程度、水动力条件及流域地质构造条件、主要矿化类型等多种因素的综合反映^[2]。因此从区域尺度上讲 ,土壤中元素含量特征可以作为成壤母质物质组成特性的示踪指标。

2.2 土壤中元素比值及其示踪作用

由于上述三个试验区处在不同的流域和自然地理环境下 ,因此土壤中元素含量特征可以有效指示成壤母质的物质成分或物源的变化 ,但是严格地说

表 1 各试验区土壤中元素平均含量

元 素		珠江三角洲 n = 22	江汉平原 n = 21	成都盆地 n = 20
SiO ₂	平均值	67.7	67.0	54.5
	范围	55.7 ~ 85.0	62.4 ~ 69.9	53.1 ~ 56.2
Al ₂ O ₃	平均值	14.9	14.9	20.1
	范围	6.99 ~ 20.9	12.4 ~ 18.6	18.3 ~ 20.9
Fe ₂ O ₃	平均值	5.11	5.30	8.27
	范围	2.07 ~ 7.74	4.15 ~ 6.56	7.37 ~ 8.85
MgO	平均值	0.89	1.25	2.44
	范围	0.44 ~ 1.23	0.86 ~ 1.56	2.22 ~ 2.63
CaO	平均值	1.34	1.11	1.95
	范围	0.23 ~ 3.63	0.52 ~ 2.10	1.04 ~ 3.24
K ₂ O	平均值	2.16	2.18	3.23
	范围	1.50 ~ 2.74	1.79 ~ 2.57	3.01 ~ 3.36
V	平均值	73	71	105
	范围	35 ~ 93	51 ~ 136	76 ~ 152
Cr	平均值	97	76	147
	范围	28 ~ 191	52 ~ 165	87 ~ 260
Cu	平均值	37	32	51
	范围	10 ~ 77	17 ~ 56	46 ~ 64
F	平均值	532	436	826
	范围	234 ~ 1023	336 ~ 506	685 ~ 1023
Mn	平均值	639	654	896
	范围	219 ~ 1728	179 ~ 1423	555 ~ 1123
Ni	平均值	34	32	69
	范围	7 ~ 64	13 ~ 67	52 ~ 100
Zr	平均值	273	281	165
	范围	230 ~ 336	244 ~ 358	152 ~ 186
Mo	平均值	0.80	0.83	0.66
	范围	0.52 ~ 1.13	0.66 ~ 1.22	0.47 ~ 0.82
B	平均值	70	75	59
	范围	48 ~ 86	71 ~ 82	54 ~ 67
Hg	平均值	360	330	76
	范围	46 ~ 1131	41 ~ 2402	51 ~ 127

表中含量单位 :氧化物 %;Hg 10⁻⁹;其余元素 10⁻⁶。

这种指示作用只具有宏观意义 ,对解决局部的具体问题帮助不大。不难理解 ,同一试验区内成壤母质物源及其特性的甄别才具有实际意义。同一试验区的成壤母质来自相同的汇水域 ,从理论上讲其总体化学成分的差异似乎反映不出成壤母质物源或其特性的变化 ,但实际情况却是不同地段或不同沉积韵律层的土壤都具有其特有的物质成分特征 ,除土壤物质组成特征以外 ,还包括沉积物的风化类型及风化程度、沉积物粒级组成、粘土矿物含量等特征。这些特征可以通过元素的比值清楚地展现出来。

有研究表明 ,沉积物中 Al/ Al + K + Na + Ca、K/ Ca 等比值可以用做化学风化作用强弱的指标 ,化学风化作用强比值高 ,化学风化作用弱比值低^[3]。此外 ,Rb/ Sr、Ba/ Sr 等也可以刻画地质背景和化学风化程度 ,Al/ Si 增大反映沉积物的粒度变细^[4]。由

于 Zr 和 Si 在风化过程中都倾向于在粗颗粒中富集,由此推测 Al/ Zr 比值也可能反映沉积物粒度变化。Li 在风化过程中的富集与粘土矿物含量的增高有关,本研究中尝试用 Li/ Si 来反映土壤中粘土矿物的多少。各试验区上述元素间比值见表 2。需要说明一点,试验研究中没有分析 Na₂O,因此研究中将 Al/ Al + K + Na + Ca 变为 Al/ Al + K + Ca。

表 2 各试验区土壤剖面上部分元素比值

元素对	珠江三角洲		江汉平原		成都盆地	
	ZJ6 n = 10	ZJ7 n = 12	JH11 n = 10	JH27 n = 11	CD10 n = 10	CD11 n = 10
Al/ Al + K + Ca	4.45	4.56	6.48	5.92	3.56	5.03
K/ Ca	3.41	2.00	3.45	2.08	3.45	1.49
Ba/ Sr	6.43	5.05	7.24	9.64	6.06	3.27
Rb/ Sr	0.76	0.50	0.19	0.20	1.80	0.61
Al/ Si	0.26	0.21	0.36	0.38	0.25	0.20
Al ×100/ Zr	6.5	5.0	5.5	12.1	5.5	5.1
Li/ Si	0.16	0.15	0.28	0.30	0.76	0.50

2.2.1 各试验区内元素比值的示踪作用

从表 2 上可以看到,同一试验区的不同深度剖面间,即 ZJ6 和 ZJ7、JH11 和 JH27、CD10 和 CD11 之间,元素比值不同,有的差异还比较大,反映出各试验点处成壤母质总体特性上的差异。参照以往研究成果分析,与 ZJ7 剖面相比,ZJ6 剖面处土壤经受的化学风化作用更强,土壤的粒度更细,粘土矿物的含量更高;单从 Al/ Al + K + Ca 和 K/ Ca 的比值分析,JH11 剖面上的土壤比 JH27 剖面上的土壤经受了更强的化学风化作用,但是其它指标反映出的风化作用强度却与此恰好相反;除 Al/ Al + K + Ca 以外,其它指标均反映出 CD10 剖面的土壤比 CD11 剖面的土壤经历了更强的化学风化作用。

前面已经提到,本次研究中各试验点处元素比值来源于土壤深度剖面,每个试验点处元素的比值是该试验点深度剖面上各采样点元素比值的平均值,因此反映了从 0 到 - 200 ~ 240 cm 土壤层成壤母质物源的总特征。但是,由于冲积平原区沉积物的沉积表现出韵律特性,各韵律层土壤具有其特有的物质组成特性,各试验点处土壤成壤母质物源的特性应该从深度剖面上各采样点间元素组成特征的差异直观地展示出来。

2.2.2 深度剖面上元素比值的示踪作用

研究中涉及的深度剖面比较多,本文仅以珠江三角洲 ZJ7 剖面为例对这一问题进行阐述(图 1)。从图上不难看出,各项指标所反映出的成壤母质物源特性的变化趋势大体相同。从地表到 - 100 cm

土壤层中,K/ Al、Ba/ Sr、以及 Rb/ Sr 指标由小到大,在 - 100 cm 深度以下比值开始呈波动变化,但是变化幅度不大。Al/ Al + K + Ca、Al/ Zr 和 Al/ Si 等指标在 - 100 cm 深度以上的变化趋势基本与 K/ Al 等指标相反,在 - 100 cm 深度以下与 K/ Al 等指标大体相同。综合分析地球化学示踪指标变化特征推测,剖面上成壤母质的物质组成具有分层特性,其分界面大致界定在 - 80 ~ 100 cm 之间,分界面上下成壤母质经历的化学风化作用强弱差异明显。

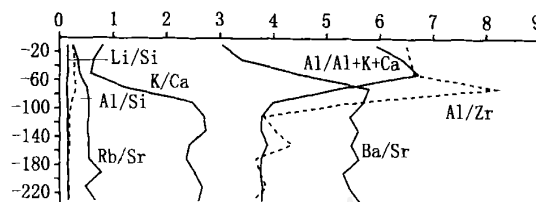


图 1 珠江三角洲 ZJ7 剖面上元素比值示意图

对照剖面上元素地球化学图可以发现,剖面上成壤母质物质组成的分层特性与部分元素含量的分布分配特征具有密切的空间联系,如 As、Hg、Pb、P 等环境敏感元素(图 2),表明成壤母质特性对土壤元素组成具有决定作用。据此看来,对这些元素环

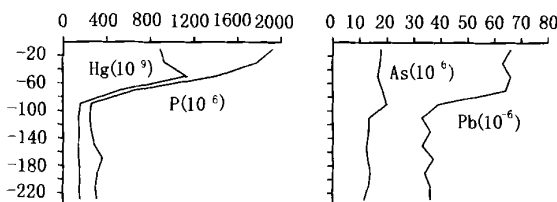


图 2 珠江三角洲 ZJ7 剖面地球化学图

境状况的评价尚需要综合考虑基础地质等方面的因素,不能将地表环境中这些元素的含量增高简单地归结为人类活动的叠加。

研究中还发现,用 Al/ Al + K + Ca 替代 Al/ Al + K + Na + Ca 所得到的结果与以往其他研究者的结论相反,推测是由于表生条件下活动组分 Na₂O 没有参加统计的缘故。由此看来,参加统计的元素不同,其统计结果的指示作用也不同,进一步说明了元素间的比值具有特定的地质意义。

3 结论和建议

上述试验研究结果与野外试验研究过程中观察到的土壤特性基本吻合,证实冲积平原区土壤元素组成特征能够反映出不同地域、不同沉积韵律层中土壤成壤母质的特性,是甄别冲积平原区土壤沉积

韵律层及成壤母质特征的有效手段。综合应用土壤中元素含量、元素比值等地球化学示踪手段,可以定性地对比并描述出土壤成壤母质的主要风化类型、风化强度及土壤机械组成(粒度)、粘土矿物含量等特性。有了这些相关资料,无疑将对第四系地质等研究产生积极的影响。珠江三角洲 Z17 剖面的试验结果表明,结合成壤母质特性综合分析,反过来对解释土壤中元素分布分配特征又具有重要作用。

随着覆盖区多目标地球化学试点调查工作相继在各个试验区展开,将获得大量地球化学信息,如何利用这些信息使其尽快在相关领域发挥应有的作用是摆在勘查地球化学工作者面前的紧迫任务。利用土壤元素组成特征示踪成壤母质物源,是将多目标地球化学调查资料应用于基础地质研究乃至环境地球化学评价领域的初步尝试,但是所取得的结果令人鼓舞。本次研究中使用的示踪成壤母质物源的地球化学指标,多数是借鉴河流沉积物物源示踪研究中常用的指标,虽然取得了预期的研究结果,但是其在冲积平原区土壤成壤母质物源示踪研究中的作用

尚待深入研究和改进,并需要经受实践的检验。因为在成壤作用影响下,成壤母质中元素含量等特性会发生相应的变化,此外由于人类活动的参与也会使得某些元素的含量发生较大幅度的变异。可以预见,随着覆盖区多目标环境地球化学调查工作的大面积展开,此项研究内容有望成为今后覆盖区多目标地球化学调查成果开发应用的生长点,应加大研究力度,从而将覆盖区多目标地球化学调查工作推向更高的研究和应用水平。

[参考文献]

- [1] 杨守业,李从先. REE 示踪沉积物物源研究进展[J]. 地球科学进展,1999,14(2):164~167.
- [2] 杨守业,李从先. 长江与黄河现代表层沉积物元素组成及其示踪作用[J]. 自然科学进展,1999,9(10):930~937.
- [3] Sawyer E W. The influence of source of rock type, sorting on the geochemical weathering of clastic sediments from the Quaternary matasedimentary belt, Superior Province, CANADA[J]. Chemical Geol,1986(55):932~936.
- [4] 孟宪伟,杜德文,陈志华. 长江、黄河流域泛滥平原细粒沉积物 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 空间变异的制约因素及其物源示踪意义[J]. 地球化学,2000,29(6):562~570.

CHARACTERS OF SOIL ELEMENTS AND ITS TRACING APPLICATION IN ALLUVIAL PLAIN

ZHU Li-xin^{1,3}, MA Sheng-ming^{2,3}, ZHOU Guo-hua^{2,3}, ZHENG Li-guo⁴

(1. Jilin University, Changchun 130026; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083; 3. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000; 4. Langfang Education Institute, Langfang 065000)

Abstract: It is an important target for multi-goal geochemical survey in the covered-region to solve basic geological problems. Characters of soil elements and its applications for tracing soil material origin in Zhujiang delta, Jiangnan plain and Chengdu basin have been discussed in this paper. Those will provide a new thinking for similar works for the future.

Key words: alluvial plain, covered-region, soil elements, tracing application

“中国矿业公司引资与境外融资 高级研讨班”将在北京举行

面对新世纪中国经济发展的需要,中国加入 WTO 后的挑战,全球经济一体化的发展趋势,中国矿业必须加快市场化的步伐,发挥资本市场的作用,适应国际惯例和规范,借鉴国际矿产资源和矿山管理经验,才能步入健康持续发展的道路。由中国矿业联合会、SRK 国际矿业咨询顾问公司(美国与澳大利亚分公司)、北京矿产地质研究所联合发起和主办的“中国矿业公司引资与境外融资高级研讨班”,将邀请参与中国矿业公司海外

上市独立评估的 SRK 国际矿业咨询顾问公司主任咨询顾问,以中国海外上市矿业公司为实例,全面系统介绍中国矿业公司海外融资的成功经验以及国际矿产资源和矿山管理经验。

研讨班将于 2002 年 9 月 16~17 日在北京梅地亚中心举办。

联系人:彭志刚 王旭昭

电话:(010)84922233-6320