

山东黄河冲积平原区土壤地球化学特征

庞绪贵¹, 李肖鹏¹, 王炳华², 曾宪东¹, 陈磊¹

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250013)

摘要:山东黄河冲积平原区土壤地球化学调查是按每1 km²采集1件表层土壤样品, 4 km²组合成1件分析样品, 每4 km²采集1件深层土壤样品, 16 km²组合成1件分析样品, 测试 Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, C, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cu, F 等 54 项指标。在统计这些指标的表层、深层土壤地球化学特征参数的基础上, 对其与全国同类参数的差异进行了分析, 对比区内表层、深层土壤元素地球化学含量值的变化, 认为大部分指标在表层土壤中的含量继承了土壤母质的成分特征, 后期人类活动对其影响较小, 但 Corg, N, Se, S, P, Br, Hg 等指标在表层土壤中已明显富集, 表明表生作用和人类活动等因素已对这些指标的分布分配产生明显影响。

关键词:地球化学调查; 表层土壤; 深层土壤; 丰度值; 黄河冲积平原区; 山东省

中图分类号: S153

文献标识码: A

研究区位于山东省黄河下游流域, 包括山东省西部、西北部、北部平原区, 涉及济南、菏泽、聊城、德州、滨州、东营、济宁、淄博、潍坊、泰安 10 市所辖 59 个县(市、区), 总面积为 5.4 万 km²。

1 地质背景

研究区位于华北板块的东南部, 包括华北拗陷山东部分和鲁西隆起 2 个 II 级构造单元。自中生代末期以来, 以沉降为主的地壳运动使区内的新太古代—中生代地层之上, 接受了巨厚的古近纪—新近纪沉积, 并广泛为厚度不等的第四纪沉积物所覆盖。调查区的南部及东部边缘地区断续分布有古生代和中生代地层。区内第四纪沉积物以黄河冲积物为主, 沉积厚度多在 180 ~ 340 m 间, 沉积物来源除南部和西部边缘部分地带与山前基岩有一定联系外, 大部分地区第四纪沉积物物源复杂, 与其下的基岩没有成因联系。

区内土壤为黄河冲积母质发育而成, 主要有潮土、脱潮土、盐化潮土、砂姜黑土、滨海盐土、水稻土、褐土、潮褐土、草甸盐土、冲积土等 10 个亚类^[1]。

2 调查样品的采集与测试

2.1 样品采集

样品采集包括表层和深层土壤, 样点布设采用网格法, 布置在农用大田、菜地、果园、林地中, 避开人为污染土壤和搬运的堆积土。为使组合的分析样能反映采样单元主要土壤地球化学特征, 采样点通常布设在采样单元格中央。野外采样前在室内把采样点标绘在 1:50 000 地形图上, 使用便携式 GPS 并结合地形图定点, 表层样由多个子样组成, 深层样采集一个子样。表层土壤样品采样密度为 1 点/km², 采样深度 0 ~ 20 cm; 深层土壤样品采样密度为 1 点/4 km², 采样深度 150 ~ 200 cm。采集的土壤样品过 20 目筛, 并按 4 个相邻网格样品组合成一件样品进行分析, 表层土壤组合样为 1 件/4 km², 深层土壤组合样为 1 件/16 km², 组合样送样重量为 200 g。

2.2 样品测试元素与指标

表层、深层土壤测量元素或指标依据中国地质调查局地质调查技术标准《多目标区域地球化学调查规范(1:250 000)》的规定^[2], 分析测试 Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, C, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cu, F, Ga, Ge, Hg, I, La, Li, Mn, Mo, N, Nb, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, SiO₂,

* 收稿日期: 2008-06-09; 修订日期: 2008-11-05; 编辑: 曹丽丽

基金项目: 中国地质调查局项目《山东省黄河下游流域多目标区域地球化学调查》(编号 200314200023) 项目部分成果。

作者简介: 庞绪贵(1962-), 男, 山东五莲人, 研究员, 主要从事地球物理地球化学勘查技术应用研究和管理工作的。

Al₂O₃, TFe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Corg, pH 值等 54 项指标。样品测试单位为武汉综合岩矿测试中心, 样品测试质量由中国地质调查局区域地球化学分析质量监督检查组监控, 保证了样品分析质量的可靠性。

3.1 深层土壤中元素地球化学分布特征

由山东黄河冲积平原区表层、深层土壤地球化学参数统计(表1)可见:

3 土壤中元素地球化学分布特征

表1 山东黄河冲积平原区表层、深层土壤地球化学参数统计

指标	表层土壤平均值			深层土壤平均值			指标	表层土壤平均值			深层土壤平均值		
	调查区	全省	全国 ^[3]	调查区	全省	全国 ^[4]		调查区	全省	全国 ^[3]	调查区	全省	全国 ^[4]
Ag	0.064	0.117	0.132	0.056	—	—	U	2.34	2.20	3.03	2.30	—	—
As	10.3	9.3	11.2	9.7	9.3	11.5	V	76.3	80.1	82.4	75.3	87.3	84.3
B	51.5	38.6	47.8	50.5	—	—	W	1.64	2.38	2.48	1.66	—	—
Ba	486	502	469	469	—	—	Y	23.5	20.3	22.9	23.4	—	—
Be	1.89	2.22	1.95	1.86	—	—	Zn	63.8	63.5	74.2	57.1	71.4	71.7
Bi	0.27	0.30	0.37	0.22	—	—	Zr	231	236	256	232	—	—
Cd	0.141	0.084	0.097	0.103	0.083	0.084	Ge	1.3	1.6	1.7	1.3	—	—
Co	11.3	13.6	12.7	10.9	14.8	13.4	Ce	66.5	69.0	68.4	66.1	—	—
Cr	64.5	66.0	61.0	62.7	70.0	60.8	Tl	0.58	0.545	0.620	0.57	—	—
Cu	21.8	24.0	22.6	20.3	24.5	23.1	Se	0.18	0.130	0.290	0.08	0.079	0.246
F	554	506	478	513	550	507	Ga	14.09	13.4	17.5	13.74	—	—
Hg	0.031	0.019	0.065	0.016	0.015	0.044	Sc	10.5	9.40	11.10	10.1	—	—
La	33.8	33.8	39.7	33.5	—	—	Cl	116	—	—	152	—	—
Li	32.8	26.5	32.5	32.2	—	—	Br	4.3	5.29	5.40	2.5	—	—
Au	1.5	—	—	1.4	—	—	I	1.77	3.04	3.76	1.32	—	—
Mn	550	644	583	511	710	597	N	0.090	—	—	0.029	—	—
Mo	0.56	6.0	2.0	0.54	—	—	C	1.74	—	—	1.28	—	—
Nb	13.6	—	—	13.6	—	—	S	0.021	—	—	0.013	—	—
Ni	27.6	25.8	26.9	26.4	29.4	28.6	Corg	0.76	0.67	1.8	0.17	—	—
P	997	—	—	601	—	—	pH	8.19	7.7	6.7	8.62	—	—
Pb	21.4	25.8	26.0	18.3	25.3	24.7	SiO ₂	61.26	—	—	62.13	—	—
Rb	91.1	102	111	89.0	—	—	Al ₂ O ₃	11.96	12.51	12.51	11.51	—	—
Sb	0.92	0.90	1.21	0.91	—	—	TFe ₂ O ₃	4.19	3.89	4.2	4.02	—	—
Sn	3.0	2.6	2.6	2.5	—	—	MgO	1.91	1.33	1.29	1.82	—	—
Sr	200	170	167	198	—	—	CaO	5.48	2.34	2.15	5.68	—	—
Th	10.7	10.95	13.75	10.3	—	—	Na ₂ O	1.86	2.08	1.37	1.92	—	—
Ti	3721	3500	0.38	3719	—	—	K ₂ O	2.30	2.32	2.24	2.23	—	—

注: Au 的含量单位为 ng/g; Al₂O₃, C, CaO, K₂O, MgO, N, Na₂O, Corg, S, SiO₂, Fe₂O₃ 的含量单位为 10⁻²; pH 无量纲; 其余元素含量单位为 μg/g。

(1) 与全国土壤丰度值^[4]对比(仅收集到 13 项指标), 区内深层土壤大部分指标含量平均值与全国土壤丰度值相当, 仅 Se, Hg, Pb, Zn 等元素明显低于全国土壤丰度值, 其中 Se, Hg 仅为全国土壤丰度值的 33%, 36%, Se 为有益微量元素, 原始含量过低将影响农作物质量; Cd 元素明显高于全国土壤 C 层丰度值, Cd 为重金属元素, 深层土壤中原始含量过高是潜在的污染隐患。

调查区内深层土壤中 Mn, Pb, Co, Zn 等元素明显低于山东省土壤平均值; Cu, V, Cr, Ni, F, Se, As, Hg 等元素接近山东省土壤平均值; Cd 元素则明显高于山东省土壤平均值。

3.2 表层土壤中元素地球化学分布特征

由山东黄河冲积平原区表层、深层土壤地球化学参数统计(表1)可见:

(1) 与全国表层土壤丰度值对比^[3], 区内表层土壤中 Sr, pH, Na₂O, Cd, MgO, CaO 等指标明显高于

全国表层土壤丰度值,其中 CaO 为全国表层土壤丰度值的 2.55 倍, Sr, pH, Na₂O, Cd, MgO, CaO 等指标含量高,除 Cd 元素受后期人类活动叠加影响外,多数指标为地质背景偏高引起; Mo, Corg, I, Ag, Hg, Se, W, Bi, Sb, Ge, U, Th, Br 等指标明显低于全国表层土壤丰度值,其中 Mo, Corg, I 仅为全国表层土壤丰度值的 28%, 42%, 47%, Ag, Hg 仅为全国表层土壤丰度值的 48%; Mo, Se, Corg 等指标平均值明显低于全国表层土壤丰度值,将导致这些指标在区内土壤严重缺乏,从而影响土壤质量。其余元素接近全国表层土壤丰度值。

(2)与山东省表层土壤含量平均值对比,调查区内表层土壤中 Mo, Ag, I, W 等元素明显低于山东省土壤平均值,其中 Mo 元素仅为山东省土壤平均值的 9%; Li, B, Se, MgO, Hg, Cd, CaO 等指标则明显

高于山东省土壤平均值,其中 CaO 为山东省土壤平均值 2.34 倍;其余元素接近山东省土壤平均值。

3.3 表层、深层土壤中元素地球化学含量对比

表层、深层土壤中元素含量平均值是土壤地球化学调查研究的基础参数,它们分别代表了不同环境土壤中元素含量水平和变化规律^[5,6]。

表 2 统计了山东黄河冲积平原区表层土壤与深层土壤元素含量的比值(*k* 值),由表可见,研究区表层、深层土壤元素含量平均值既有联系又有区别,既表现出一定的继承性,又有不同的地球化学变化趋势。在成土过程中,自然风化淋滤作用和人类活动的改造导致表层土壤与深层土壤地球化学特征产生一定的差异,具体表现为:

表 2 山东黄河冲积平原区表层与深层土壤元素含量的比值(*k* 值)统计

指标	土壤含量平均值		<i>k</i> 值	指标	土壤含量平均值		<i>k</i> 值	指标	土壤含量平均值		<i>k</i> 值
	表层	深层			表层	深层			表层	深层	
Ag	0.064	0.056	1.14	Ni	27.6	26.4	1.05	Se	0.18	0.08	2.25
As	10.3	9.7	1.06	P	997	601	1.66	Ga	14.09	13.74	1.03
B	51.5	50.5	1.02	Pb	21.4	18.3	1.17	Sc	10.5	10.1	1.04
Ba	486	469	1.04	Rb	91.1	89.0	1.02	Cl	116	152	0.76
Be	1.89	1.86	1.02	Sb	0.92	0.91	1.01	Br	4.3	2.5	1.72
Bi	0.27	0.22	1.23	Sn	3.0	2.5	1.20	I	1.77	1.32	1.34
Cd	0.141	0.103	1.37	Sr	200	198	1.01	N	0.090	0.029	3.10
Co	11.3	10.9	1.04	Th	10.7	10.3	1.04	C	1.74	1.28	1.36
Cr	64.5	62.7	1.03	Ti	3721	3719	1.00	S	0.021	0.013	1.62
Cu	21.8	20.3	1.07	U	2.34	2.30	1.02	Corg	0.76	0.17	4.47
F	554	513	1.08	V	76.3	75.3	1.01	pH	8.19	8.62	0.95
Hg	0.031	0.016	1.94	W	1.64	1.66	0.99	SiO ₂	61.26	62.13	0.99
La	33.8	33.5	1.01	Y	23.5	23.4	1.00	Al ₂ O ₃	11.96	11.51	1.04
Li	32.8	32.2	1.02	Zn	63.8	57.1	1.12	TFe ₂ O ₃	4.19	4.02	1.04
Au	1.5	1.4	1.07	Zr	231	232	1.00	MgO	1.91	1.82	1.05
Mn	550	511	1.08	Ge	1.3	1.3	1.00	CaO	5.48	5.68	0.96
Mo	0.56	0.54	1.04	Ce	66.5	66.1	1.01	Na ₂ O	1.86	1.92	0.97
Nb	13.6	13.6	1.00	Tl	0.58	0.57	1.02	K ₂ O	2.30	2.23	1.03

注: Au 的含量单位为 ng/g; Al₂O₃, C, CaO, K₂O, MgO, N, Na₂O, Corg, S, SiO₂, Fe₂O₃ 的含量单位为 10⁻²; pH 无量纲; 其余元素含量单位为 μg/g。

(1) 研究区内, As, B, Ba, Be, Co, Cr, Cu, F, La, Li, Au, Mn, Mo, Nb, Ni, Rb, Sb, Sr, Th, Ti, U, V, W, Y, Zr, Ga, Ge, Tl, Ce, Sc, SiO₂, Al₂O₃, TF₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, pH 值等在表层土壤与深层土壤中含量的比值(*k* 值)为 0.90 ~ 1.10, 反映了表层土壤元素的平均含量值与土壤成土母质的平均含量值基本一致。表层土壤保持了土壤母质的原始状况, 这些指标在表层土壤中的含量继承了土壤母质, 受土壤成土母质的影响更为明显, 具较强的承继性, 后期

人类活动对其影响较小。

(2) Cl 元素在表层土壤与深层土壤中含量的比值(*k* 值)为 0.76, 反映了 Cl 元素在研究区土壤中趋向深部积累和富集。多目标区域地球化学调查中浅层地下水调查成果表明, 区内 Cl-Na 型水分布面积广泛, 与成土母质中 Cl 元素的高含量是一致的。表层土壤在地表环境条件下, 由于大气降水、农田灌溉等因素的影响, Cl 元素从表层土壤中向深部淋滤或被地表径流大量带走, 使表层土壤中 Cl 元素趋向贫

化。

(3) Ag, Bi, Cd, Pb, Sn, I, C, Zn 等在表层土壤与深层土壤中含量的比值(k 值)为 1.10 ~ 1.50, 其受土壤成土母质和后期人为活动的双重影响, 在表层土壤中趋于弱富集状态。由于 Cd 元素在表层土壤和深层土壤中平均含量都明显高于全国土壤 A 层和 C 层丰度值, 因而 Cd 的污染程度就更加明显, 应引起有关部门重视。

(4) Hg, P, Br, S 等在表层土壤与深层土壤中含量的比值(k 值)为 1.5 ~ 2.0, 受人类生产和生活活动影响明显, 农业施肥、工业化生产和城市化建设产生了大量的工业、生活污水, 污水灌溉又加剧了表层土壤的污染, 造成这些指标在表层土壤的富集。

(5) N, Se, Corg 等在表层土壤与深层土壤中含量的比值(k 值)大于 2.0, 表明这些指标在表层土壤中已明显富集, 表生作用和人类活动等因素已对这些指标的分布分配产生明显影响。如人类在农业生产过程中, 氮肥的使用已经严重影响了该区表层土壤中氮元素的地球化学分布与分配; 而绿色植物不断地把枯枝落叶或者残体没入土中, 通过土壤生物、微生物的作用, 分解成腐殖质和人类农业生产过程中使用大量的有机肥料等, 都是造成调查区内表层土壤中 Corg 强烈富集的直接原因。

4 结论

通过对山东黄河冲积平原区表层土壤和深层土

Geochemical Characteristics of Soil in Alluvial Plain of the Yellow River in Shandong Province

PANG Xu-gui¹, LI Xiao-peng¹, WANG Bing-hua², ZENG Xian-dong¹, CHEN Lei¹

(1. Shandong Geological Survey Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Geological Mapping and Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: On the basis of collecting one surface soil sample in per 1km², collecting one analysis sample in per 4km², and collecting one analysis sample in per 16km², geochemical survey of soil in the Yellow River alluvial plain is carried out. 54 indicators are tested, such as Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, C, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cu, Fa, etc. On the basis of statistics of geochemical parameters of soil in surface and deep part, differences are analyzed comparing with simliar parameters in other areas. Contrasting the variation of gochemical content values between soil in surface and deep part, it is regarded that the contents of most indicators in surface soil inherited the characteristics of soil parent material, and human activities can only effect it a little. But some indicators, such as Corg, N, Se, S, P, Br, Hg have been concentrated significantly in surface soil. It reflects that the role of surface and factors and human activities have a significant effect on the distribution of these indicators.

Key words: Geochemical survey; surface soil; deep soil; abundance value; the Yellow River alluvial plain

壤中元素地球化学含量特征的研究, 认为区内表层中 Sr, pH, Na₂O, Cd, MgO, CaO 等指标含量明显高于全国平均值, Mo, Corg, I, Ag, Hg, Se, W, Bi, Sb, Ge, U, Th, Br 等指标明显低于全国平均值。深层土壤中 Cd 元素明显高于全国平均值, Se, Hg, Pb, Zn 等元素明显低于全国平均值。表层土壤与深层土壤元素含量既表现出一定的继承性, 又有不同的地球化学变化趋势, 在成土过程中, 自然风化淋滤作用和人类活动的改造导致表层土壤与深层土壤地球化学特征产生一定的差异, 表现为 Cl 元素在表层土壤中明显趋向贫化, 而 N, Se, Corg, Hg, P, Br, S 等指标在表层土壤中明显趋于富集。

参考文献:

- [1] 阎鹏, 徐世良, 曲克健, 等. 山东土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994, 54-63.
- [2] DD2005-1. 多目标区域地球化学调查规范(1:25万)[S].
- [3] 鄢明才, 顾铁新, 迟清华, 等. 中国土壤化学元素丰度与表生地球化学特征[J]. 物探与化探, 1997, 21(3): 161-167.
- [4] 魏复盛, 陈静生, 吴燕玉, 等. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990, 1-91.
- [5] 奚小环. 土壤污染地球化学标准及等级划分问题讨论[J]. 物探与化探, 2006, 30(6): 471-474.
- [6] 廖启林, 吴新民, 瓮志华, 等. 南京地区多目标地球化学调查基本成果及其相关问题初探[J]. 中国地质, 2004, 31(1): 70-77.