

平阴县土壤地球化学基准值与背景值研究

庞绪贵¹, 代杰瑞¹, 徐春梅², 胡雪平¹, 赵西强¹

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 莱州市国土资源局, 山东 莱州 261400)

摘要:平阴县土壤地球化学调查是按每 1 km^2 采集 1 件表层样, 4 km^2 组合成 1 件分析样, 每 4 km^2 采集 1 件深层样, 16 km^2 组合成 1 件分析样, 分析测试 Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, C, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cu, F 等 54 元素或指标; 统计了这些元素或指标的土壤地球化学基准值与背景值等参数; 研究了区内土壤地球化学基准值、背景值与全国、黄河下游流域土壤及平原区、丘陵区土壤的差异; 对比区内土壤地球化学基准值与背景值变化, 认为区内大部分元素或指标在表层土壤中的含量继承了土壤母质, 后期人类活动对其影响较小, 但 C, Cd, Cl, Hg, P, N, S, Se, Corg 等元素或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元素或指标的含量变化与分布分配产生明显影响。

关键词:生态地球化学调查; 地球化学基准值; 地球化学背景值; 平阴县

中图分类号:P632⁺.1; P595 文献标识码:A

0 引言

平阴县位于济南市西南部, 地处黄河下游流域, 行政区划隶属济南市, 周边分别与肥城、东平、长清、东阿等县(市、区)接壤。地势南高北低、中部隆起, 形成以山地丘陵为主, 平原洼地为次的 2 种地貌特征。气候属暖温带季风型大陆性气候, 四季分明, 年均气温 13.6°C , 年均降水量 658.4 mm 。适宜的气候环境为农业发展提供了优越自然条件。区内以农业生产为主, 主要农作物有小麦、玉米、大豆等, 经济作物有棉花、玫瑰花等; 工业包括机械制造、冶炼、化工、建材、酿造、电力等行业。

为改善平阴县生态环境, 为农业区划、环境保护、国土资源管理、地方病防治等领域提供全新的基础性地球化学资料和科学依据, 开展了平阴县生态地球化学调查^①。

1 地质概况

调查区处于泰山隆起区西冀, 大地构造位置属华北板块(I)鲁西隆起(II)泰山-蒙山断隆(III), 跨

泰山-济南半潜单斜断拱和东平-肥城单斜断拱 2 个 IV 级构造单元。地层区划属华北地层大区、晋冀鲁豫地层区、鲁西地层分区之济南-滕州小区。丘陵区主要分布有寒武-奥陶纪地层; 第四纪地层主要分布在沿黄及河谷两侧、山麓前沿、山间谷地、盆地边缘等。区内构造以 NNE-NE 向脆性断裂为主。岩浆岩不发育。

区内地貌特征以山地丘陵为主, 平原洼地次之, 土壤类型较为简单, 但因微地貌类型及其组合形式多种多样, 造成了土壤微域分布的复杂性, 土壤分布组合与微地貌类型有明显的规律性。根据全国土壤普查暂行技术规程和《山东省第二次土壤普查土壤工作分类暂行方案》, 区内主要土壤有潮土、褐土、潮褐土、石灰性褐土、砂礓黑土、钙质粗骨土、褐土性土等 7 个亚类^[1]。

2 工作方法

2.1 样品采集

土壤地球化学调查样品采集包括表层土壤地球化学和深层土壤地球化学样品, 样点布设采用网格

* 收稿日期: 2007-07-27; 修订日期: 2007-12-12; 编辑: 曹丽丽

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

①山东省地质调查院, 山东省平阴县生态地球化学调查报告, 2006 年。

法,布置在农用大田、菜地、果园、林地等,避开存在人为污染的土壤和搬运的堆积土,使组成的分析样能反映采样单元主要土壤的地球化学特征的前提下,尽可能将采样点布设在采样单元格的中央。表层土壤样品采样密度为 1 个点/ km^2 ,采样深度 0~20 cm;深层土壤样品采样密度为 1 个点/ 4km^2 ,采样深度 150~200 cm。表层土壤和深层土壤样品均过 20 目筛,并按 4 个相邻网格的样品组合成一件样品进行分析,表层土壤组合分析样密度为 1 件/ 4km^2 ,深层土壤组合分析样密度为 1 件/ 16 km^2 ,组合分析样送样重量为 200 g。

全区共取表层土壤单点样 856 件,组合分析样 305 件;深层土壤单点样 225 件,组合分析样 61 件。

2.2 测试元素与指标

表层、深层土壤测量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(1:25 万)》的规定,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, Sc, Se, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Corg, pH 值,共 54 元素或指标^①。

样品测试由武汉综合岩矿测试中心承担,采用等离子体发射光谱法、X 射线荧光光谱法、发射光谱法、原子荧光光谱法、石墨炉原子吸收法、离子选择性电极法、催化极谱法、化学发射光谱法等一整套配套方法测试。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进行监控,采用了标准样、密码样、监控样等多种监控手段,保证了样品分析质量的可靠性。

2.3 数据处理

对取得的表层土壤、深层土壤全量 54 元素或指标分析数据进行整理,分离出采样点数据、重复样数据和质量监控样数据,再对每个采样点赋以高斯-克吕格坐标,形成全区的地球化学数据,然后转换成全区单元素或指标地球化学网格化数据。利用 MapGIS 等软件进行空间分析,进一步为每个点赋以土壤亚类、地貌单元等属性,进行地球化学参数统计分析。

全区统计采用 Excel 电子表格工具栏内的数据分析功能,运用各参数计算方法进行统计。不同单元统计,首先编制各统计单元分布图,应用 MapGIS 空间分析功能,分别按照单元区域范围提取需进行统计

的数据,建立单元子区文件,分别进行参数统计。地球化学参数统计内容包括:样品数、最小值、最大值、中位数、算术平均值、几何平均值、标准离差、变异系数、异常下限等。

3 主要成果

3.1 基本概念

土壤地球化学基准值和背景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^[2~3]。

土壤地球化学基准值是指未受到人类活动影响和环境污染的原始自然状态条件下各类成土母质的元素地球化学丰度,其控制因素主要是地质背景、沉积物来源和类型,以及地貌气候条件等。文中土壤地球化学基准值是指以深层(采样深度 150~200 cm)土壤(第 I 环境)地球化学元素分析数据为基础,按统计单元剔除离群数值后所获得的土壤元素含量平均值。

土壤地球化学背景值这一概念最早是地质学家在应用地球化学探矿过程中引出的。背景值是指在各区域正常地质地理条件和地球化学条件下元素在各类自然体(岩石、风化产物、土壤、沉积物、天然水、近地大气等)中的正常含量。土壤地球化学背景值是指在未受或少受人类活动影响的土壤中元素的含量。目前,由于人类活动的长期积累和现代工农业的高速发展,使自然环境的化学成分和含量水平发生了明显的变化,绝对未受污染的土壤环境是不存在的,因此土壤地球化学背景值实际上是一个相对概念。文中土壤地球化学背景值是指以表层(采样深度 0~20 cm)土壤(第 II 环境)地球化学元素分析数据为基础,按统计单元剔除离群数值后所获得的土壤元素含量平均值。

可以看出,土壤地球化学背景值反映的是成土母质在表生环境条件下,经过人类活动与自然改造所形成的表层土壤中元素的含量与分布状态,它与土壤地球化学基准值有着密切承继关系,总体上受土壤地球化学基准值控制。但由于经长期风化、淋溶作用和人类生产生活等活动的改造,表层土壤地球化学特征已

^① 中国地质调查局地质调查技术标准(DD2005-01),多目标区域地球化学调查规范(1:250000),2005 年。

发生一定的演变,导致土壤地球化学背景值与土壤地球化学基准值之间存在一定的差异。统计、研究土壤地球化学背景值和基准值,对于正确认识区域地球化学特征和农业地质环境,合理调整农业生产结构具有指导意义。

3.2 土壤地球化学基准值特征

平阴县土壤地球化学基准值统计结果表明,不同成土母质单元中元素或指标的地球化学基准值不同,变异系数及离差也有一定差异。无论平原区还是丘陵区,绝大多数元素或指标变异系数较小,一般小于0.2,反映了区内土壤化学组分相对均匀;区内变异系数较大(大于0.2)的仅有C,CaO,I,S,Corg等元素或指标,平原区除上述元素或指标变异系数较大外,Br,Cl,Hg,Mo,P等元素变异系数亦较大,反映了这些元素或指标在内生地球化学作用或表生环境中具有较强的地球化学活动性,易于活化迁移,从而在土壤中产生较大的含量变化。

(1)与全国土壤C层丰度值^[4]对比(仅收集到13项指标),区内大部分元素或指标基准值与全国土壤C层丰度值相当,仅Hg,Se,Zn,Pb等元素明显低于全国土壤C层丰度值,Cd,Cr等元素明显高于全国土壤C层丰度值,Cd,Cr2元素为重金属元素,土壤中原始含量过高是潜在的污染隐患。

(2)与黄河下游流域土壤基准值对比,区内大部分元素或指标基准值与黄河下游流域土壤基准值接近;S,C,CaO,Sr,Hg,Br,P,Na₂O,Se,Ag,Mo等元素或指标相对缺乏;Corg,N等元素或指标相对富集;而S,C,CaO,P,Se,Mo,Corg,N等为有益营养元素或指标,其富集与缺乏是影响区内土壤质量的潜在因素。

(3)不同地貌类型土壤地球化学基准值的对比,由于平原区、丘陵区地质背景、成土母质、沉积环境和土地利用方式的差异,也会导致土壤地球化学基准值的不同。平原区Cl,Hg,I,Mo,S,Se,Sr,U等大部分元素或指标地球化学基准值高于丘陵区,反映了平原区母质来源多样性和人类活动可能已不同程度地影响到深层土壤中元素或指标含量的变化。

3.3 土壤地球化学背景值特征

平阴县土壤地球化学背景值统计结果表明,在剔除异常值后,区内大部分元素或指标变异系数较小,小于0.2;如全区统计结果仅C,Cl,CaO的变异系数

大于0.2,平原区仅Au,C,Cl,CaO,Mo的变异系数大于0.2,丘陵区仅C,CaO,S的变异系数大于0.2。在这种情况下,元素含量变化很小,空间分布均匀,平均值和标准离差能够有效反映表层土壤背景值特征。

(1)与全国表层土壤丰度值对比^[5],区内Au,B,Be,CaO,Cd,Cl,Fe₂O₃,Li,N,P,S,Sb,Y,Zr,Corg等元素或指标背景值明显高于全国土壤丰度值,Ag,Br,Hg,I,Mo,Nb,Se,Sr,U等元素背景值明显低于全国土壤丰度值,其他指标背景值与全国土壤接近。区内Au,B,Be,CaO,Cd,Cl,Fe₂O₃,Li,N,P,S,Sb,Y,Zr,Corg等元素或指标背景值偏高,说明这些元素或指标在表层土壤成壤过程中受元素活化迁移重分配等自然作用和人为叠加扰动的影响较大。

(2)与黄河下游流域土壤背景值对比,区内大部分元素或指标背景值与黄河下游流域土壤背景值接近;仅Br,C,CaO,Cl,I,MgO,Na₂O,P,Sr等元素或指标背景值偏低;Au,Bi,Sc,Th,Zr等元素背景值偏高。

(3)不同地貌类型土壤地球化学背景值对比,丘陵区除Ag,Zr等少数元素土壤地球化学背景值明显高于平原区外,其他大部分元素或指标土壤地球化学背景值都较平原区低或接近,山地丘陵区土壤地球化学背景值低,除与成土母质有关外,还与丘陵区第四系覆盖层较薄,坡度、坡向产生的水土流失有关。平原区As,Cr,Cu,Hg,Ni,Pb,Zn,F,N,P,K₂O,C,Cl,Mo,S,Sr,Corg等元素或指标土壤地球化学背景值普遍偏高,反映了平原区农用化肥农药、污水灌溉、工业“三废”排放、居民生活等人类活动已明显地影响到了表层土壤中元素或指标的含量变化。

3.4 土壤地球化学基准值与背景值对比

由土壤地球化学基准值与背景值统计结果(表1)可以看出,背景值和基准值两者之间既有联系又有区别,既表现出一定的继承性,又有不同的地球化学演化趋势。基准值和背景值分别代表了土壤第I和第II环境元素平均值,衬度系数(*k*)是背景值与基准值的比值,其代表各指标在表层土壤中的富集程度。在成土过程中,自然风化淋滤作用和人类活动的改造导致土壤表层与深层的地球化学特征产生一定的差异。土壤基准值与土壤背景值的这些差异,一方面反映了土壤成土母质类型的差异,另一方面也反映了人类活动对土壤环境的影响。

表1 土壤地球化学基准值与背景值统计结果

指标	背景值	基准值	<i>k</i>	指标	背景值	基准值	<i>k</i>	指标	背景值	基准值	<i>k</i>
Ag	0.06	0.05	1.16	Fe ₂ O ₃	4.37	4.54	0.96	S	0.02	0.01	2.54
Al ₂ O ₃	12.83	13.23	0.97	Ga	15.63	15.48	1.01	Sb	0.95	1.00	0.95
As	10.08	10.77	0.94	Ge	1.37	1.31	1.04	Sc	11.75	11.56	1.02
Au	1.92	1.85	1.04	Hg	0.03	0.01	1.89	Se	0.18	0.07	2.48
B	52.98	49.04	1.08	I	1.57	1.37	1.15	SiO ₂	60.38	59.66	1.01
Ba	501	500.0	1.00	K ₂ O	2.34	2.31	1.01	Sn	2.77	2.84	0.98
Be	2.04	2.06	0.99	La	36.05	37.34	0.97	Sr	140.4	143.1	0.98
Bi	0.32	0.27	1.19	Li	33.90	33.16	1.02	Th	12.20	11.90	1.03
Br	2.99	2.73	1.09	MgO	1.66	1.68	0.98	Ti	3913	3934	0.99
C	1.37	0.85	1.60	Mn	559	565.5	0.99	Tl	0.62	0.65	0.95
CaO	3.69	4.05	0.91	Mo	0.53	0.51	1.06	U	2.26	2.07	1.09
Cd	0.15	0.10	1.52	N	0.10	0.04	2.42	V	78.02	80.52	0.97
Ce	68.43	68.61	1.00	Na ₂ O	1.57	1.50	1.05	W	1.73	1.68	1.03
Cl	77.90	49.82	1.56	Nb	14.24	14.29	1.00	Y	25.71	25.58	1.01
Co	12.26	12.71	0.96	Ni	28.03	29.44	0.95	Zn	65.42	58.78	1.11
Cr	68.45	68.72	1.00	P	800	474.1	1.69	Zr	283.0	267.9	1.06
Cu	23.47	22.42	1.05	Pb	23.46	21.36	1.10	Corg	0.79	0.26	3.03
F	529	497	1.06	Rb	95.29	96.85	0.98	pH	7.76	8.07	0.96

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, 其余元素含量单位为 $\mu\text{g/g}$ 。

(1) As, CaO 等元素或指标的衬度系数小于 0.95, 分别为 0.94, 0.91, 反映了表层土壤在风化成壤与人类活动作用中有少量被迁移带出或淋溶至土壤深层。

(2) Au, Ba, Be, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, La, Li, Mn, Nb, Ni, Rb, Sb, Sc, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, V, W, Y, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O, pH 值等大部分元素或指标的衬度系数在 0.95 ~ 1.05 之间, 反映了表层土壤的背景含量与土壤成土母质的平均含量基本一致。表层土壤保持了成土母质的原始状况, 这些指标在表层土壤中的含量继承了土壤母质, 后期人类活动对其影响较小或未受影响。

(3) Ag, B, Bi, Br, F, I, Mo, Pb, U, Zn, Zr 等元素的衬度系数在 1.05 ~ 1.50, 这些元素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。

(4) C, Cd, Cl, Hg, P 等元素的衬度系数在 1.5 ~ 2.0, 在表层土壤中富集, 受人类生产和生活活动影响较明显, 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, 造成这些元素在表层土壤的富集。

(5) N, S, Se, Corg 等元素或指标的衬度系数大于 2.0, 表明这些元素或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大量使用化肥, 其中氮肥的使用已经明显影响了该区表层土壤中氮元素的地球化学含量变化与分布分配。

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] 岐小环. 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.
- [3] 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.
- [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] 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.

Study on Geochemical Reference Value and Background Value of Soil in Pingyin County

PANG Xu - gui¹, DAI Jie - rui¹, XU Chun - mei², HU Xue - ping¹, ZHAO Xi - qiang¹

(1. Shandong Geological Survey Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Laizhou Bureau of Land and Resources, Shandong Laizhou 261400, China)

Abstract: On the basis of collecting one surficial sample in each 1km² and combining them into one sample in each 4km², collecting one deep sample in each 4km² and combining them into one analyzing sample in each 16km², geochemical survey of soil in Pingyin county is carried out. In this survey, 54 elements and ratios are determined, such as Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, C, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cu and F; geochemical reference value and background value of soil are statisticed, and difference between this area and other regions in our country and the Yellow river region are contrasted. It is regarded that many elements and ratios in surficial soil contained matrix soil, and can be hardly effected by human movement. C, Cd, Cl, Hg, P, N, S, Se and Corg are concentrated evidently, which reflects that epigenization and human movement will effect variation and distribution of elements contents obviously.

Key words: Ecological geochemical survey; geochemical reference value; geochemical background value; Pingyin county