

山东省17市土壤地球化学基准值

庞绪贵^{1,2},代杰瑞^{1,2},喻超^{1,2},任天龙^{1,2},刘华峰^{1,2},张华平^{1,2},曹洪松³,曾宪东^{1,2},
任文凯^{1,2},王增辉^{1,2},赵西强^{1,2},王存龙^{1,2},王红晋^{1,2},董健^{1,2}

(1.山东省地质调查院,山东 济南 250013;2.山东省土地质量地球化学与污染防治工程技术研究中心,山东 济南 250014;3.山东省国土测绘院,山东 济南 250102)

摘要:自2003年开始,历时15余年,在山东省开展了深层土壤地球化学调查,深层土壤样品采样密度为1点/4 km²,16 km²组合成1件分析样,分析测试Ag,As,Au,B等54项指标;在基本查明全省土壤地球化学基准值基础上,进一步以17市行政区为单元,统计并研究了其深层土壤地球化学参数,确定了山东省17市土壤地球化学基准值,为山东省17市基础地质研究及地质找矿与区划等提供了基础数据。

关键词:地球化学调查;深层土壤;基准值;基础数据;山东省17市

中图分类号:P595;X142

文献标识码:B

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2019.01.007

引文格式:庞绪贵,代杰瑞,喻超,等.山东省17市土壤地球化学基准值[J].山东国土资源,2019,35(1):36-45.
PANG Xugui, DAI Jierui, YU Chao, etc. Soil Geochemical Reference Value of 17 Cities in Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2019,35(1):36-45.

土地质量地球化学调查是一项基础性、公益性、战略性的地质调查与研究。自2003年至今,山东省地质调查院实施了山东省黄河下游流域生态地球化学调查等4个土地质量地球化学调查项目,完成调查面积16.1万km²(包括部分近岸海域),使山东省1:25万土地质量地球化学调查工作全覆盖,调查评价成果显著^[1-24],这些成果已逐步应用于基本农田建设、土地资源保护、整治和开发利用及土壤保护治理和矿产资源勘查等领域。

1 概述

1.1 自然地理与经济

山东省位于中国东部沿海、黄河下游,滨临渤海、黄海,极西点在东明县焦园西黄河河道,极东点在荣成市成山角;极南点在郯城县杨集南,极北点在长岛县北隍城岛的北角。南北宽约420 km,东西长约700 km。境域包括半岛和内陆两部分。半岛三

面环海,大陆海岸线长达3 121 km,居全国第二位。地貌以山地、丘陵和平原为主。水系比较发育,干流长10 km以上的河流有1 500多条,河流分属海河水系、黄河水系、淮河水系及直接注入渤海和黄海的其它河流。湖泊集中分布在鲁中南山丘区与鲁西南平原之间的鲁西湖带。气候属暖温带季风气候;具有降水集中,雨热同季特点,且春夏秋冬四季分明,年平均气温11.5~14℃,由南而北自西向东递减,无霜期一般180~220 d。平均降水量550~950 mm,降水量由东南向西北递减,降水量多集中于每年的6~9月份。适宜的气候为区内农业发展提供了优越自然条件,粮食作物以小麦、玉米、甘薯为主,经济作物以棉花、烟叶、花生、蔬菜为主。山东为全国主要水果、蔬菜产地省份之一,烟台苹果、莱阳梨、沾化冬枣、肥城桃、乐陵金丝小枣、枣庄石榴和寿光的蔬菜等全国闻名。沿海水产亦较发达,水产养殖已形成产业,远洋渔业生产亦具相当规模。

收稿日期:2018-03-31;**修订日期:**2018-07-05;**编辑:**陶卫卫

基金项目:国土资源大调查专项“山东省黄河下游流域生态地球化学调查”(1212010310306);全国土壤现状调查及污染防治专项“山东省乐陵-河口地区多目标区域地球化学调查”(GZTR20060104);山东省地质勘查专项“山东省东部地区农业生态地球化学调查”(鲁国土资字[2006]709号)、“山东省中南部地区农业生态地球化学调查及全省总结”(鲁国土资字[2011]1184号)资助

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;E-mail:sdsddygeb@sohu.com

1.2 地质概况

山东省地处华北板块东南缘和扬子板块东北端。在地质构造上是环太平洋沿海火山—构造岩浆带的组成部分。也是环太平洋成矿域的重要成矿区之一。区内地层发育,岩浆活动频繁,地质构造复杂。地层除志留纪和泥盆纪地层缺失外,自中太古界至第四系均有出露,地层分区性明显;侵入岩自中太古代至新生代均有出露,以新太古代、新元古代和中生代侵入岩分布最广,岩石类型以中酸性岩类为主,中性岩类较少,基性及超基性岩仅零星出露;区域构造复杂,以沂沭断裂带、五莲断裂、牟平—即墨断裂带为界划分为华北板块和扬子板块 2 个构造单元,前者以沂沭断裂带的昌邑—大店断裂为界,划分胶辽和鲁西为 2 个次级构造单元。区域性分划性断裂有牟平—即墨断裂、五莲断裂、沂沭断裂带、聊城—兰考、齐河—广饶等断裂。矿产资源丰富,能源、黑色金属、有色金属、贵金属、稀有金属、稀土金属、非金属、水气矿产等矿种均有分布。

1.3 土壤类型

成土母质是指母岩经风化剥蚀、搬运及堆积等过程后于地表形成的松散风化壳的表层。因此,成土母质对母岩有很好的继承性。成土母质又是形成土壤的物质基础,对于土壤的形成和发育具有特别重要的意义,在一定的生物、气候条件下,成土母质的差异性往往成为土壤分异的主要因素。按岩石的地质成因及沉积形成,山东省成土母质可分为残坡积物母质、洪冲积物母质、冲积物母质、湖积物母质、海相沉积物母质、风积物母质、黄河冲积物母质、黄土母质等 8 种类型。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》,山东省土壤类型分为棕壤、褐土、红粘土、风沙土、火山灰土、石质土、粗骨土、砂姜黑土、山地草甸土、潮土、盐土、滨海盐土、碱土、水稻土、新积土等 15 个土类。按各自的发育程度、附加成土过程和土壤属性进一步分为分 39 个亚类,86 个土属,258 个土种^[25]。

2 工作方法

2.1 样品采集

基准值样品采集按照《多目标区域地球化学调查规范(1:25 万)》执行,采集 150~200 cm 深层土

壤,样点布设采用网格法,布置在农用大田、菜地、果园、林地等,避开存在人为污染和搬运的堆积土,使组合的分析样能反映采样单元主要土壤地球化学特征的前提下,采样点尽可能布设在了采样单元格中央。基准值样品采样密度为 1 点/4 km²,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分析样品,组合样密度为 1 件/16 km²,送样重量为 200 g。全省共分析组合样品 10 083 件^[26-32],各地市分析样品数量见表 1~表 5。

2.2 测试元素与指标

依据多目标区域地球化学调查规范(1:25 万)》,基准值样品分析测试 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, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Corg, pH 值等 54 项指标^[33]。

样品测试在武汉综合岩矿测试中心进行,采用的测试方法为等离子体发射光谱法、X 射线荧光光谱法、原子荧光光谱法、发射光谱法、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。样品测试质量采用了标准样、密码样、监控样等多种监控手段,并通过了中国地质调查局区域地球化学分析质量监督检查组的验收,分析质量为优秀级。

2.3 基准值计算方法

对取得的深层土壤全量 54 项指标分析数据进行整理,依据《数据的统计处理和解释正态性检验》(GB/T4882-2001),在置信度 $\alpha = 0.05$ 水平下,采用峰度、偏度法对数据频率分布形态进行正态检验。当统计数据服从正态分布时,用算术平均值(X)代表基准值;服从对数正态分布的数据,用几何平均值(X_g)代表基准值。不服从正态分布的数据,按照算术平均值加减 3 倍算术标准偏差($X \pm 3S$)或几何平均值乘除几何标准偏差($X_g \cdot S^{\pm 3}$)的立方进行剔除,经反复剔除后服从算术正态分布或对数正态分布时,用剔除后的数据算术平均值或几何平均值代表土壤基准值,经反复剔除后仍不满足正态分布或对数正态分布,当呈偏态分布时,以剔除后数据众值(X_{md})或算数平均值(X)代表基准值;当呈双峰或多峰分布时,以剔除后数据中位值(X_{me})或平均

值(X)代表基准值。

pH 值参数统计,先将 pH 值换算成(H^+)平均浓度进行计算,然后再换算成 pH 值,计算公式为: $(H^+) = 10^{-pH}$, (H^+) 平均浓度 = $\sum 10^{-pH_n} / n$, $pH = -\lg(H^+)$ 平均浓度。

3 主要成果

3.1 基准值的概念与意义

基准值^[34-42]指未受人类活动影响,反映土壤原始沉积环境(第 I 环境)的地球化学元素含量,也就是自然条件下的地球化学背景情况,又称土壤元素本底值,用深层土壤地球化学元素含量表征。其控制因素主要是地质背景、沉积物来源等。它是研究表生元素地球化学行为的重要参比值,也是评判表层土壤“污染程度”的重要依据,是评价土壤元素丰缺、成土母质环境质量、农产品品质与安全性及防治对策等研究的参考值。

3.2 土壤地球化学基准值

全省 17 市土壤地球化学基准值参数统计见表 1~表 5。由表可见:

(1)全省 17 市深层土壤中绝大部分元素的含量分布较均匀,区域变幅较小,变异系数小于 0.40,尤其 Be, Ga, Ge, Y, Nb, Rb, Ti, Al_2O_3 , K_2O , SiO_2 等元素(指标)变异系数小于或等于 0.20,反映了全省 17 市深层土壤在长期历史中均匀演化作用的特征。

(2)全省 17 市元素基准值变幅较大的元素主要为 B, Br, C, Cl, Co, I, P, Sr, CaO, MgO, Na_2O , Corg, 其变异系数大于或等于 0.40,东营市 Cl 元素变异系数为 0.89, Br 元素的变异系数为 0.67,济宁市、莱芜市 C 元素的变异系数分别为 0.69, 0.66;一般来说元素基准含量的变化主要受成土母质及各成土因素的影响。东营市 Cl, Br 元素含量不但变化大,而基准值也是全省基准值的 23.5 和 2.56 倍,这与东营市所处的地理位置密切相关,具有明显的地域特征。

(3)总体分析认为全省 17 市中除临沂、威海、济宁、枣庄 4 市外,其他市的元素含量分布较均匀,如聊城、德州、菏泽、青岛、滨州、烟台、泰安、日照等市除个别元素外变异系数均小于 0.40;临沂市 As, B,

Br, C, Sr, CaO, Corg; 威海市 Br, I, CaO, MgO, Corg; 枣庄市 C, Sr, Na_2O , Corg; 济宁市 C, Cl, CaO, Corg 元素(指标)含量变化较大,变异系数均大于 0.40。

(4)重金属元素基准值最高值分布在德州、淄博和枣庄 3 市, As, Cd 在德州市最高,分别是全省土壤基准值的 1.29, 1.25 倍; Hg, Zn 在淄博市最高,分别是全省土壤基准值的 1.38 倍和 1.14 倍;其余重金属元素(Cr, Cu, Ni, Pb)在枣庄市土壤中的基准值最高; Hg, Zn 在青岛市最低, Pb 在东营市最低,其余重金属元素(As, Cd, Cr, Cu, Ni)在威海市土壤中最低。虽然烟台市重金属元素含量相比较而言处于中等或偏低水平,但多数重金属元素(As, Cd, Cr, Cu, Hg 和 Ni)的变异系数接近或大于 0.4,说明重金属元素含量分布不均,局部土壤含量高。

(5)农业营养和有益元素(指标)N, OrgC 在莱芜市土壤中的基准值最高; S, Cl 在东营市, Mn, Co, TFe_2O_3 在枣庄市, B, CaO 在德州市, P 在滨州市土壤中的基准值最高,其余营养元素(指标)Mo, Se, Al_2O_3 , K_2O , SiO_2 在威海市土壤中的基准值最高。农业营养和有益元素(指标)最小值分布在青岛市(P, CaO)、东营市(I, Mn, Al_2O_3)、潍坊市(Se)、泰安市(N)、临沂市(Cl, S)、菏泽市(OrgC)和威海市(B, MgO, TFe_2O_3)等 7 个地市土壤中。

(6)对成矿元素而言,淄博市土壤中 Ag 基准值最高,枣庄市土壤中 Bi, Sn, W 最高,泰安市土壤中 Au 最高,日照市土壤中 Ce, Zr, La 最高。从元素分异特征看,除 Zr 在济宁市, Ag, Bi, W, Pb 在威海市变异系数最大外,其余元素(Au, Cu, Mo, Sn, As, Cd, Cr, Cu, Ni, La, Ce 等)变异系数在烟台市最大,显示了烟台市巨大的多金属及稀土(La, Ce)成矿潜力,同时说明威海市可能存在 Ag, Au 矿化区(带)。

4 结语

通过对山东省土壤地球化学基准值统计分析研究,确定了山东省 54 项指标土壤地球化学基准值,这些成果为地方政府改善生态环境,进行农业区划、环境保护、国土资源管理、地方病防治等领域提供了基础地球化学资料和科学依据。

表 1 济南、青岛、淄博和滨州土壤地球化学基准值

项目	济南($n=496$)			青岛($n=751$)			淄博($n=373$)			滨州($n=575$)			山东省
	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	
Ag	0.060	0.013	0.21	0.058	0.012	0.21	0.073	0.018	0.24	0.059	0.013	0.22	0.059
As	10.2	2.1	0.21	7.5	2.5	0.33	9.9	2.3	0.24	11.2	2.7	0.24	8.7
Au	1.69	0.43	0.25	1.44	0.42	0.29	1.72	0.39	0.23	1.59	0.41	0.26	1.54
B	51.5	8.6	0.17	28.9	7.9	0.27	49.1	11.7	0.24	52.0	7.1	0.14	41.4
Ba	484	35	0.07	808	219	0.27	503	53	0.11	478	34	0.07	564
Be	1.94	0.21	0.11	1.87	0.30	0.16	2.17	0.30	0.14	1.95	0.22	0.11	1.99
Bi	0.27	0.06	0.22	0.20	0.05	0.25	0.28	0.07	0.24	0.27	0.06	0.22	0.24
Br	3.27	0.98	0.30	3.77	1.93	0.51	4.32	1.61	0.37	4.28	1.74	0.41	3.09
C	1.12	0.47	0.42	0.40	0.17	0.42	1.17	0.60	0.51	1.43	0.25	0.17	0.86
Cd	0.107	0.025	0.23	0.067	0.020	0.29	0.106	0.026	0.24	0.114	0.027	0.24	0.092
Ce	66.4	6.1	0.09	68.8	19.4	0.28	68.6	8.8	0.13	66.1	6.1	0.09	68.3
Cl	110	57	0.52	68	20	0.29	74	27	0.37	412	262	0.64	97
Co	12.4	2.1	0.17	12.8	5.3	0.41	13.6	2.4	0.18	12.1	2.0	0.17	12.5
Cr	67.1	8.3	0.12	55.5	18.2	0.33	69.1	8.4	0.12	67.1	6.0	0.09	62.6
Cu	24.4	5.1	0.21	16.9	5.0	0.30	26.9	5.8	0.22	23.0	4.4	0.19	21.3
F	531	65	0.12	422	109	0.26	567	83	0.15	548	67	0.12	508
Ga	15.63	2.28	0.15	15.74	2.13	0.14	17.00	2.36	0.14	14.78	1.67	0.11	16.08
Ge	1.32	0.16	0.12	1.32	0.19	0.15	1.43	0.23	0.16	1.25	0.10	0.08	1.32
Hg	0.018	0.005	0.30	0.013	0.004	0.32	0.022	0.008	0.38	0.018	0.004	0.24	0.016
I	1.75	0.64	0.37	2.71	0.97	0.36	2.05	0.63	0.31	1.81	0.73	0.40	1.76
La	33.99	2.92	0.09	33.26	8.06	0.24	36.10	3.82	0.11	35.00	2.74	0.08	34.66
Li	34.65	5.61	0.16	25.08	6.49	0.26	36.96	6.56	0.18	34.86	6.03	0.17	31.29
Mn	582	93	0.16	668	258	0.39	626	116	0.18	577	101	0.18	590
Mo	0.56	0.11	0.19	0.54	0.17	0.31	0.64	0.13	0.21	0.62	0.13	0.21	0.57
N	0.045	0.017	0.38	0.034	0.008	0.22	0.053	0.020	0.37	0.036	0.009	0.26	0.037
Nb	14.0	1.1	0.08	12.8	2.0	0.15	14.3	1.5	0.10	13.5	0.6	0.05	13.6
Ni	29.3	4.7	0.16	27.1	10.5	0.39	30.4	4.8	0.16	29.2	4.9	0.17	27.9
P	560	91	0.16	300	84	0.28	524	112	0.21	614	42	0.07	492
Pb	20.2	2.8	0.14	22.9	4.2	0.18	23.3	4.4	0.19	19.2	2.8	0.14	21.4
Rb	95.1	9.9	0.10	91.5	14.8	0.16	103.9	18.1	0.17	94.3	9.4	0.10	95.5
S	149	31	0.21	118	24	0.20	160	50	0.31	185	39	0.21	134
Sb	0.89	0.18	0.20	0.73	0.25	0.35	0.84	0.18	0.21	0.93	0.17	0.19	0.79
Sc	11.1	1.6	0.14	9.0	2.2	0.25	11.8	1.9	0.16	10.9	1.6	0.15	10.5
Se	0.10	0.03	0.30	0.10	0.04	0.36	0.12	0.04	0.32	0.10	0.02	0.20	0.10
Sn	2.7	0.5	0.19	2.3	0.4	0.20	2.9	0.5	0.19	2.6	0.4	0.17	2.5
Sr	170	36	0.21	208	61	0.29	168	41	0.25	197	15	0.07	197
Th	10.9	1.8	0.17	9.6	2.0	0.21	12.5	2.6	0.20	11.1	1.7	0.15	10.8
Ti	3831	281	0.07	3489	683	0.20	3917	407	0.10	3704	166	0.04	3745
Tl	0.59	0.07	0.12	0.57	0.08	0.14	0.67	0.11	0.16	0.60	0.07	0.11	0.60
U	2.20	0.27	0.12	1.82	0.32	0.18	2.35	0.37	0.16	2.28	0.29	0.13	2.12
V	84.0	10.7	0.13	72.2	20.6	0.29	83.7	13.0	0.16	76.3	10.1	0.13	78.7
W	1.74	0.18	0.11	1.27	0.30	0.24	1.75	0.25	0.14	1.70	0.15	0.09	1.53
Y	24.1	1.9	0.08	22.1	2.9	0.13	24.8	2.7	0.11	24.2	1.4	0.06	23.2
Zn	61.5	8.8	0.14	46.7	12.0	0.26	66.6	10.4	0.16	63.6	10.3	0.16	58.6
Zr	247	38	0.16	277	48	0.17	238	35	0.15	223	40	0.18	247
Al ₂ O ₃	12.99	1.43	0.11	13.60	1.44	0.11	13.65	1.53	0.11	12.13	0.87	0.07	13.20
CaO	4.63	1.82	0.39	1.24	0.45	0.37	4.15	2.39	0.57	5.93	0.77	0.13	3.59
MgO	1.76	0.26	0.15	1.13	0.39	0.35	1.79	0.39	0.22	2.03	0.33	0.16	1.58
K ₂ O	2.31	0.18	0.08	2.55	0.48	0.19	2.45	0.34	0.14	2.33	0.16	0.07	2.42
Na ₂ O	1.71	0.30	0.18	2.08	0.48	0.23	1.68	0.38	0.23	1.85	0.28	0.15	2.00
SiO ₂	61.00	3.96	0.06	66.07	4.15	0.06	59.77	3.47	0.06	59.65	3.10	0.05	62.75
TFe ₂ O ₃	4.58	0.72	0.16	4.02	1.08	0.27	4.94	0.74	0.15	4.47	0.64	0.14	4.36
OrgC	0.29	0.15	0.52	0.29	0.10	0.33	0.45	0.24	0.53	0.26	0.10	0.38	0.26
pH	8.39	0.21	0.03	7.54	0.73	0.10	8.32	0.22	0.03	8.63	0.16	0.02	8.01

注:含量单位 C,N,OrgC 和氧化物为 10^{-2} ;Au 为 10^{-9} ;pH 无量纲,其余为 10^{-6} ;括号中的数值为原始样本数。

表 2 枣庄、东营、烟台和菏泽土壤地球化学基准值

项目	枣庄($n=295$)			东营($n=482$)			烟台($n=915$)			菏泽($n=803$)			山东省
	基准值(X)	离差(S)	变异系数(C)	基准值(X)	离差(S)	变异系数(C)	基准值(X)	离差(S)	变异系数(C)	基准值(X)	离差(S)	变异系数(C)	
Ag	0.066	0.011	0.17	0.054	0.011	0.20	0.058	0.015	0.25	0.055	0.012	0.23	0.059
As	10.6	3.5	0.33	9.2	1.8	0.19	6.0	2.3	0.37	9.6	2.1	0.21	8.7
Au	1.58	0.38	0.24	1.37	0.28	0.20	1.56	0.53	0.34	1.46	0.35	0.24	1.54
B	48.9	14.7	0.30	50.2	6.0	0.12	27.2	11.4	0.42	48.7	6.7	0.14	41.4
Ba	591	100	0.17	464	31	0.07	846	272	0.32	462	26	0.06	564
Be	2.29	0.29	0.12	1.80	0.18	0.10	1.94	0.38	0.20	1.85	0.18	0.10	1.99
Bi	0.31	0.07	0.22	0.22	0.04	0.19	0.20	0.07	0.35	0.23	0.04	0.19	0.24
Br	3.41	1.24	0.36	7.90	5.28	0.67	3.11	1.11	0.36	2.14	0.57	0.27	3.09
C	0.61	0.38	0.62	1.31	0.21	0.16	0.34	0.11	0.31	1.25	0.19	0.15	0.86
Cd	0.107	0.036	0.33	0.101	0.022	0.22	0.064	0.022	0.35	0.102	0.021	0.21	0.092
Ce	78.7	13.1	0.17	64.5	5.7	0.09	65.6	21.7	0.33	65.9	6.0	0.09	68.3
Cl	66	19	0.29	2275	2034	0.89	85	30	0.35	165	68	0.41	97
Co	17.0	3.9	0.23	10.4	1.7	0.16	11.9	4.7	0.39	10.6	1.7	0.16	12.5
Cr	72.4	13.7	0.19	63.2	5.0	0.08	56.3	21.7	0.39	60.4	6.1	0.10	62.6
Cu	27.5	4.8	0.17	18.9	3.4	0.18	18.5	7.3	0.39	19.5	3.6	0.19	21.3
F	587	104	0.18	493	63	0.13	462	141	0.31	503	65	0.13	508
Ga	18.05	1.62	0.09	13.48	1.39	0.10	17.88	2.24	0.13	13.24	1.46	0.11	16.08
Ge	1.38	0.17	0.12	1.24	0.09	0.07	1.28	0.19	0.15	1.28	0.10	0.08	1.32
Hg	0.019	0.006	0.32	0.015	0.004	0.27	0.014	0.005	0.37	0.015	0.004	0.27	0.016
I	2.29	0.89	0.39	1.14	0.39	0.35	2.09	0.73	0.35	1.25	0.35	0.28	1.76
La	38.25	5.41	0.14	34.25	2.58	0.08	33.88	10.95	0.32	32.89	2.58	0.08	34.66
Li	38.44	7.09	0.18	30.18	5.10	0.17	26.00	8.18	0.31	31.79	5.34	0.17	31.29
Mn	864	241	0.28	490	71	0.15	529	173	0.33	498	62	0.12	590
Mo	0.56	0.16	0.29	0.55	0.08	0.15	0.51	0.18	0.35	0.54	0.09	0.18	0.57
N	0.049	0.015	0.31	0.028	0.006	0.22	0.034	0.008	0.22	0.028	0.006	0.22	0.037
Nb	14.5	1.6	0.11	13.2	0.8	0.06	12.2	2.3	0.19	13.4	0.8	0.06	13.6
Ni	35.7	9.2	0.26	25.4	4.1	0.16	25.6	9.5	0.37	25.5	4.1	0.16	27.9
P	464	144	0.31	604	29	0.05	339	117	0.34	599	26	0.04	492
Pb	26.1	5.4	0.21	17.0	2.2	0.13	23.9	5.6	0.23	17.9	2.2	0.13	21.4
Rb	102.5	13.5	0.13	86.5	7.7	0.09	96.3	17.8	0.18	86.2	7.0	0.08	95.5
S	114	28	0.24	194	67	0.35	114	21	0.19	146	32	0.22	134
Sb	0.86	0.28	0.32	0.84	0.13	0.15	0.57	0.17	0.30	0.93	0.16	0.17	0.79
Sc	12.3	1.9	0.16	9.8	1.3	0.14	9.3	3.3	0.35	10.0	1.3	0.13	10.5
Se	0.12	0.04	0.34	0.09	0.02	0.19	0.10	0.03	0.34	0.09	0.02	0.18	0.10
Sn	3.0	0.6	0.19	2.4	0.4	0.15	2.3	0.6	0.25	2.5	0.4	0.17	2.5
Sr	168	78	0.47	199	12	0.06	267	103	0.39	204	9	0.05	197
Th	12.8	2.1	0.16	10.0	1.6	0.16	9.7	3.1	0.32	9.9	1.5	0.15	10.8
Ti	4268	487	0.11	3618	157	0.04	3409	824	0.24	3699	161	0.04	3745
Tl	0.60	0.07	0.12	0.55	0.06	0.10	0.60	0.12	0.19	0.56	0.08	0.14	0.60
U	2.25	0.29	0.13	2.22	0.25	0.11	1.69	0.50	0.30	2.28	0.25	0.11	2.12
V	95.6	12.7	0.13	66.8	7.7	0.12	69.7	23.5	0.34	75.0	8.1	0.11	78.7
W	1.91	0.36	0.19	1.60	0.15	0.10	1.23	0.43	0.35	1.60	0.14	0.09	1.53
Y	25.4	4.1	0.16	23.6	1.6	0.07	20.8	4.3	0.21	22.6	1.3	0.06	23.2
Zn	63.4	9.8	0.15	55.2	8.8	0.16	54.8	14.8	0.27	56.5	9.2	0.16	58.6
Zr	249	31	0.13	243	46	0.19	234	45	0.19	245	48	0.19	247
Al ₂ O ₃	14.86	1.00	0.07	11.40	0.66	0.06	14.71	1.25	0.09	11.14	0.65	0.06	13.20
CaO	1.93	0.76	0.39	5.60	0.66	0.12	1.37	0.52	0.38	5.77	0.57	0.10	3.59
MgO	1.42	0.24	0.17	1.85	0.26	0.14	1.22	0.50	0.41	1.86	0.21	0.11	1.58
K ₂ O	2.36	0.35	0.15	2.21	0.11	0.05	2.74	0.51	0.19	2.21	0.11	0.05	2.42
Na ₂ O	1.44	0.62	0.43	2.08	0.28	0.14	2.39	0.62	0.26	1.99	0.19	0.09	2.00
SiO ₂	61.02	3.14	0.05	62.14	2.67	0.04	66.38	3.36	0.05	62.62	2.61	0.04	62.75
TFe ₂ O ₃	5.58	0.83	0.15	3.91	0.51	0.13	4.20	1.38	0.33	3.84	0.49	0.13	4.36
OrgC	0.37	0.22	0.60	0.19	0.08	0.40	0.27	0.10	0.38	0.15	0.05	0.34	0.26
pH	7.91	0.36	0.05	8.62	0.15	0.02	7.25	0.75	0.10	8.67	0.18	0.02	8.01

注:含量单位 C,N,OrgC 和氧化物为 10^{-2} ;Au 为 10^{-3} ;pH 无量纲;其余为 10^{-6} ;括号中的数值为原始样本数。

表 3 潍坊、济宁和泰安土壤地球化学基准值

项目	潍坊($n=1001$)			济宁($n=670$)			泰安($n=480$)			山东省
	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准 值(X)	离差 (S)	变异系 数(C)	
Ag	0.059	0.012	0.20	0.061	0.014	0.23	0.063	0.013	0.21	0.059
As	8.1	2.0	0.25	9.4	3.2	0.34	8.3	2.7	0.33	8.7
Au	1.45	0.34	0.24	1.64	0.44	0.27	1.79	0.43	0.24	1.54
B	38.5	10.1	0.26	45.0	10.4	0.23	38.9	12.5	0.32	41.4
Ba	575	97	0.17	555	98	0.18	573	87	0.15	564
Be	1.88	0.30	0.16	2.07	0.29	0.14	2.04	0.28	0.14	1.99
Bi	0.21	0.06	0.27	0.25	0.07	0.27	0.26	0.06	0.22	0.24
Br	4.42	1.79	0.41	2.73	0.87	0.32	2.96	0.79	0.27	3.09
C	0.75	0.43	0.58	0.90	0.62	0.69	0.43	0.23	0.53	0.86
Cd	0.081	0.023	0.28	0.097	0.028	0.29	0.092	0.022	0.24	0.092
Ce	66.3	11.2	0.17	71.9	11.0	0.15	69.3	11.0	0.16	68.3
Cl	66	18	0.27	101	49	0.49	62	16	0.27	97
Co	12.8	3.9	0.31	13.4	2.9	0.22	13.5	2.8	0.21	12.5
Cr	65.0	11.7	0.18	64.1	12.7	0.20	61.7	12.6	0.20	62.6
Cu	20.1	6.4	0.32	24.7	6.3	0.25	22.8	4.5	0.20	21.3
F	474	102	0.21	564	105	0.19	488	81	0.17	508
Ga	15.14	2.58	0.17	16.84	2.82	0.17	17.84	1.69	0.09	16.08
Ge	1.33	0.18	0.14	1.29	0.13	0.10	1.44	0.16	0.11	1.32
Hg	0.015	0.005	0.33	0.019	0.006	0.33	0.018	0.006	0.34	0.016
I	2.08	0.58	0.28	1.55	0.51	0.33	1.56	0.38	0.24	1.76
La	33.52	5.13	0.15	35.59	5.20	0.15	34.78	5.10	0.15	34.66
Li	29.47	6.62	0.22	35.15	8.51	0.24	31.36	6.19	0.20	31.29
Mn	599	164	0.27	648	162	0.25	613	144	0.23	590
Mo	0.49	0.13	0.26	0.55	0.14	0.26	0.57	0.15	0.26	0.57
N	0.036	0.010	0.27	0.040	0.014	0.35	0.049	0.014	0.28	0.037
Nb	13.3	1.8	0.14	13.8	1.5	0.11	13.6	1.9	0.14	13.6
Ni	27.7	7.6	0.28	29.6	7.0	0.24	28.7	6.2	0.22	27.9
P	422	137	0.32	530	108	0.20	459	113	0.25	492
Pb	20.3	3.8	0.19	21.6	4.1	0.19	20.7	3.6	0.17	21.4
Rb	91.9	13.6	0.15	97.9	13.4	0.14	99.6	13.9	0.14	95.5
S	116	30	0.26	134	44	0.33	119	29	0.25	134
Sb	0.71	0.18	0.26	0.85	0.28	0.33	0.75	0.23	0.31	0.79
Sc	10.1	2.3	0.23	11.5	2.2	0.19	11.2	1.7	0.16	10.5
Se	0.08	0.02	0.29	0.10	0.03	0.32	0.11	0.03	0.28	0.10
Sn	2.4	0.5	0.20	2.6	0.5	0.20	2.6	0.5	0.19	2.5
Sr	189	41	0.22	200	38	0.19	210	64	0.31	197
Th	10.6	2.1	0.19	11.2	2.5	0.22	11.4	2.2	0.19	10.8
Ti	3664	568	0.15	3854	413	0.11	3741	484	0.13	3745
Tl	0.58	0.08	0.14	0.60	0.11	0.17	0.61	0.08	0.14	0.60
U	1.95	0.32	0.16	2.25	0.38	0.17	2.12	0.36	0.17	2.12
V	76.3	15.9	0.21	85.3	13.8	0.16	81.4	13.2	0.16	78.7
W	1.41	0.27	0.19	1.66	0.29	0.18	1.50	0.35	0.24	1.53
Y	22.9	2.7	0.12	23.0	2.6	0.11	22.9	3.3	0.15	23.2
Zn	52.8	13.5	0.25	64.7	13.7	0.21	60.5	10.3	0.17	58.6
Zr	270	39	0.15	235	51	0.22	246	37	0.15	247
Al ₂ O ₃	12.66	1.55	0.12	13.39	1.59	0.12	14.21	0.96	0.07	13.20
CaO	3.16	1.81	0.57	4.00	2.38	0.59	2.02	0.67	0.33	3.59
MgO	1.45	0.33	0.23	1.68	0.41	0.24	1.43	0.33	0.23	1.58
K ₂ O	2.29	0.24	0.11	2.34	0.20	0.08	2.35	0.28	0.12	2.42
Na ₂ O	1.88	0.41	0.22	1.87	0.51	0.27	2.12	0.58	0.27	2.00
SiO ₂	62.78	4.45	0.07	62.54	3.41	0.05	63.32	3.17	0.05	62.75
TFe ₂ O ₃	4.27	0.96	0.23	4.72	0.94	0.20	4.62	0.77	0.17	4.36
OrgC	0.29	0.12	0.39	0.25	0.14	0.55	0.30	0.12	0.40	0.26
pH	8.27	0.39	0.05	8.31	0.37	0.04	7.78	0.55	0.07	8.01

注:含量单位 C, N, OrgC 和氧化物为 10^{-2} ; Au 为 10^{-9} ; pH 无量纲; 其余为 10^{-6} ; 括号中的数值为原始样本数。

表 4 威海、日照和莱芜土壤地球化学基准值

项目	威海($n=404$)			日照($n=347$)			莱芜($n=139$)			山东省
	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准 值(X)	离差 (S)	变异系 数(C)	
Ag	0.055	0.017	0.31	0.058	0.014	0.24	0.068	0.014	0.21	0.059
As	4.6	1.5	0.33	5.8	2.1	0.36	9.0	2.9	0.32	8.7
Au	1.40	0.44	0.31	1.14	0.26	0.23	1.79	0.44	0.25	1.54
B	19.5	6.3	0.32	23.5	9.0	0.38	42.8	14.4	0.34	41.4
Ba	1083	314	0.29	1018	304	0.30	528	66	0.13	564
Be	2.09	0.37	0.18	2.06	0.31	0.15	2.42	0.25	0.10	1.99
Bi	0.20	0.07	0.38	0.19	0.05	0.29	0.29	0.07	0.23	0.24
Br	3.49	1.47	0.42	2.55	0.92	0.36	2.99	1.07	0.36	3.09
C	0.40	0.13	0.32	0.39	0.16	0.40	0.66	0.43	0.66	0.86
Cd	0.055	0.018	0.33	0.085	0.032	0.37	0.109	0.027	0.25	0.092
Ce	74.4	21.0	0.28	81.4	22.4	0.28	75.0	9.7	0.13	68.3
Cl	96	31	0.33	59	15	0.25	63	13	0.21	97
Co	10.2	3.7	0.37	12.7	3.8	0.30	13.7	2.7	0.20	12.5
Cr	47.8	17.0	0.36	57.0	20.9	0.37	68.5	14.7	0.21	62.6
Cu	15.1	5.2	0.34	18.0	5.6	0.31	26.1	5.6	0.22	21.3
F	403	95	0.23	480	117	0.24	580	116	0.20	508
Ga	17.54	1.72	0.10	17.42	2.08	0.12	18.76	1.23	0.07	16.08
Ge	1.23	0.15	0.12	1.38	0.18	0.13	1.55	0.17	0.11	1.32
Hg	0.014	0.005	0.35	0.016	0.005	0.31	0.017	0.005	0.30	0.016
I	3.35	1.55	0.46	1.93	0.46	0.24	1.76	0.56	0.32	1.76
La	39.08	12.05	0.31	43.09	10.91	0.25	38.37	4.34	0.11	34.66
Li	19.48	5.75	0.30	25.12	8.97	0.36	34.68	6.50	0.19	31.29
Mn	534	171	0.32	675	177	0.26	635	161	0.25	590
Mo	0.71	0.26	0.36	0.62	0.18	0.29	0.62	0.14	0.23	0.57
N	0.038	0.010	0.26	0.040	0.011	0.29	0.060	0.021	0.36	0.037
Nb	14.6	2.7	0.18	14.9	2.4	0.16	15.0	1.5	0.10	13.6
Ni	19.4	7.3	0.38	26.0	9.3	0.36	31.3	6.6	0.21	27.9
P	346	135	0.39	495	209	0.42	527	131	0.25	492
Pb	25.8	6.1	0.24	25.0	4.6	0.18	24.9	3.6	0.14	21.4
Rb	96.8	18.4	0.19	99.0	12.8	0.13	113.4	15.6	0.14	95.5
S	118	21	0.18	103	25	0.24	132	39	0.30	134
Sb	0.48	0.13	0.28	0.56	0.15	0.26	0.78	0.20	0.26	0.79
Sc	8.3	2.7	0.32	9.1	2.5	0.27	11.7	2.3	0.20	10.5
Se	0.14	0.04	0.30	0.12	0.03	0.25	0.13	0.05	0.35	0.10
Sn	2.2	0.5	0.22	2.2	0.4	0.19	3.0	0.5	0.17	2.5
Sr	293	106	0.36	253	95	0.37	161	43	0.27	197
Th	10.5	3.6	0.34	10.6	2.9	0.27	15.8	4.1	0.26	10.8
Ti	3421	649	0.19	3818	628	0.16	3893	541	0.14	3745
Tl	0.61	0.13	0.22	0.57	0.09	0.16	0.73	0.09	0.12	0.60
U	1.89	0.60	0.32	1.81	0.50	0.28	2.60	0.53	0.20	2.12
V	66.6	21.3	0.32	78.4	19.2	0.24	81.1	14.8	0.18	78.7
W	1.23	0.44	0.36	1.18	0.30	0.26	1.76	0.36	0.21	1.53
Y	21.1	4.3	0.20	24.9	3.7	0.15	25.0	3.4	0.13	23.2
Zn	49.3	13.2	0.27	62.4	14.9	0.24	64.5	9.2	0.14	58.6
Zr	262	56	0.21	294	57	0.19	249	30	0.12	247
Al ₂ O ₃	15.08	1.33	0.09	14.12	0.90	0.06	14.79	0.69	0.05	13.20
CaO	1.27	0.54	0.43	1.32	0.46	0.35	1.83	0.78	0.43	3.59
MgO	0.95	0.40	0.42	1.25	0.44	0.35	1.51	0.32	0.21	1.58
K ₂ O	2.94	0.43	0.15	2.93	0.41	0.14	2.61	0.35	0.13	2.42
Na ₂ O	2.47	0.56	0.23	2.56	0.49	0.19	2.10	0.66	0.32	2.00
SiO ₂	66.72	3.17	0.05	64.17	3.31	0.05	63.47	2.88	0.05	62.75
TFe ₂ O ₃	3.77	1.11	0.29	4.37	0.93	0.21	4.87	0.73	0.15	4.36
OrgC	0.31	0.13	0.44	0.35	0.14	0.38	0.47	0.25	0.52	0.26
pH	6.75	0.71	0.11	7.12	0.76	0.11	7.57	0.73	0.10	8.01

注:含量单位 C,N,OrgC 和氧化物为 10^{-2} ;Au 为 10^{-9} ;pH 无量纲;其余为 10^{-6} ;括号中的数值为原始样本数。

表 5 临沂、德州和聊城土壤地球化学基准值

项目	临沂($n=1108$)			德州($n=679$)			聊城($n=565$)			山东省
	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)	基准 值(X)	离差 (S)	变异系 数(C)	
Ag	0.064	0.017	0.26	0.057	0.013	0.23	0.059	0.012	0.20	0.059
As	8.1	3.3	0.41	11.2	2.7	0.24	10.5	2.2	0.21	8.7
Au	1.48	0.43	0.29	1.64	0.40	0.24	1.60	0.37	0.23	1.54
B	37.9	18.8	0.49	53.8	6.8	0.13	53.1	6.5	0.12	41.4
Ba	660	146	0.22	472	31	0.07	469	29	0.06	564
Be	2.24	0.37	0.16	1.93	0.22	0.11	1.89	0.19	0.10	1.99
Bi	0.25	0.09	0.35	0.26	0.06	0.24	0.24	0.05	0.21	0.24
Br	2.75	1.12	0.41	2.78	0.76	0.27	2.62	0.66	0.25	3.09
C	0.36	0.16	0.45	1.40	0.26	0.18	1.33	0.21	0.16	0.86
Cd	0.088	0.027	0.31	0.115	0.028	0.24	0.108	0.022	0.20	0.092
Ce	75.6	17.8	0.24	66.3	5.4	0.08	66.2	5.0	0.07	68.3
Cl	56	13	0.24	244	95	0.39	169	63	0.37	97
Co	15.6	4.3	0.28	11.7	2.1	0.18	11.2	1.8	0.16	12.5
Cr	66.2	19.3	0.29	64.8	7.5	0.12	62.4	6.7	0.11	62.6
Cu	23.5	7.2	0.31	22.3	4.6	0.21	20.8	3.9	0.19	21.3
F	557	147	0.26	542	67	0.12	524	62	0.12	508
Ga	18.50	1.79	0.10	14.62	2.05	0.14	13.86	1.58	0.11	16.08
Ge	1.36	0.20	0.15	1.30	0.11	0.08	1.30	0.14	0.11	1.32
Hg	0.017	0.006	0.33	0.018	0.005	0.27	0.016	0.005	0.31	0.016
I	1.96	0.70	0.36	1.50	0.44	0.29	1.48	0.46	0.31	1.76
La	37.57	8.32	0.22	33.94	2.78	0.08	33.16	2.46	0.07	34.66
Li	34.06	9.63	0.28	34.28	5.93	0.17	33.28	5.46	0.16	31.29
Mn	772	259	0.34	560	101	0.18	542	81	0.15	590
Mo	0.59	0.18	0.30	0.60	0.12	0.20	0.60	0.12	0.20	0.57
N	0.042	0.012	0.29	0.034	0.009	0.26	0.032	0.008	0.23	0.037
Nb	14.2	2.4	0.17	13.7	0.6	0.05	13.9	0.7	0.05	13.6
Ni	31.8	9.4	0.30	28.5	5.1	0.18	27.0	4.4	0.16	27.9
P	430	148	0.34	605	27	0.05	608	26	0.04	492
Pb	24.3	4.8	0.20	19.7	3.2	0.16	18.8	2.7	0.14	21.4
Rb	108.9	17.8	0.16	93.0	9.3	0.10	90.0	7.9	0.09	95.5
S	94	20	0.21	180	43	0.24	155	32	0.21	134
Sb	0.71	0.25	0.35	0.99	0.18	0.18	1.01	0.16	0.16	0.79
Sc	11.5	2.8	0.24	10.7	1.6	0.15	10.3	1.3	0.13	10.5
Se	0.11	0.03	0.28	0.09	0.02	0.21	0.09	0.02	0.18	0.10
Sn	2.6	0.6	0.24	2.7	0.5	0.19	2.6	0.5	0.18	2.5
Sr	207	90	0.43	198	10	0.05	196	9	0.04	197
Th	12.0	2.9	0.24	10.8	1.7	0.16	10.6	1.6	0.15	10.8
Ti	4026	712	0.18	3730	162	0.04	3777	166	0.04	3745
Tl	0.65	0.11	0.17	0.60	0.09	0.15	0.58	0.07	0.12	0.60
U	2.13	0.48	0.23	2.32	0.26	0.11	2.36	0.23	0.10	2.12
V	89.0	18.8	0.21	80.1	9.4	0.12	78.4	8.4	0.11	78.7
W	1.58	0.46	0.29	1.68	0.15	0.09	1.69	0.14	0.09	1.53
Y	23.6	4.6	0.19	23.6	1.3	0.05	23.5	1.2	0.05	23.2
Zn	63.5	13.8	0.22	62.2	11.1	0.18	58.6	9.6	0.16	58.6
Zr	242	41	0.17	230	47	0.20	237	46	0.19	247
Al ₂ O ₃	14.60	0.96	0.07	11.93	0.89	0.07	11.55	0.77	0.07	13.20
CaO	1.66	0.73	0.44	5.97	0.76	0.13	5.83	0.67	0.11	3.59
MgO	1.40	0.41	0.29	1.95	0.25	0.13	1.89	0.20	0.11	1.58
K ₂ O	2.63	0.38	0.14	2.30	0.16	0.07	2.23	0.13	0.06	2.42
Na ₂ O	2.02	0.74	0.37	1.84	0.24	0.13	1.92	0.21	0.11	2.00
SiO ₂	62.40	3.27	0.05	61.03	3.86	0.06	61.63	3.14	0.05	62.75
TFe ₂ O ₃	5.10	1.08	0.21	4.31	0.67	0.16	4.13	0.56	0.14	4.36
OrgC	0.30	0.13	0.45	0.22	0.09	0.40	0.19	0.07	0.37	0.26
pH	7.43	0.69	0.09	8.59	0.16	0.02	8.67	0.20	0.02	8.01

注:含量单位 C, N, OrgC 和氧化物为 10^{-2} ; Au 为 10^{-9} ; pH 无量纲,其余为 10^{-6} ;括号中的数值为原始样本数。

参考文献:

- [1] 庞绪贵,高宗军,王敏,等.鲁西北平原典型生态区地质地球化学环境研究[M].北京:地质出版社,2013:33-48.
- [2] 庞绪贵,高宗军,王敏,等.鲁西北平原特色农产品产地生态地质地球化学环境研究[M].北京:地质出版社,2013:25-57.
- [3] 庞绪贵,代杰瑞,曾宪东,等.鲁东地区农业生态地球化学研究[M].北京:地质出版社,2014:29-67.
- [4] 庞绪贵,王晓梅,代杰瑞,等.济南市大气降尘地球化学特征及污染源研究[J].中国地质,2014,41(1):285-293.
- [5] 代杰瑞,祝德成,庞绪贵,等.济宁市近地表大气降尘地球化学特征及污染源解析[J].中国环境科学,2014,34(1):40-48.
- [6] 刘华峰,王增辉,庞绪贵,等.巨野县浅层地下水环境质量评价与成因分析[J].安全与环境工程,2014,21(5):1474-1476.
- [7] 庞绪贵,王晓梅,喻超,等.山东省生态地球化学调查与评价综述[J].山东国土资源,2013,29(9):10-15.
- [8] 王红晋,庞绪贵,何玉海,等.临沂地区浅层地下水环境质量评价与分析[J].安徽农业科学,2014,42(5):1474-1476.
- [9] 庞绪贵,祝德成,代杰瑞,等.山东半岛蓝色经济区土壤中元素的分布与富集研究[J].安徽农业科学,2013,41(28):11363-11367.
- [10] 喻超,智云宝,代杰瑞,等.山东省威海市区域地质背景下土壤Cd的地球化学特征[J].物探与化探,2014,38(5):1076-1084.
- [11] 代杰瑞,郝兴中,庞绪贵,等.典型土壤环境中重金属元素的形态分布和转化——以山东烟台为例[J].中国地质,2013,32(6):713-719.
- [12] 庞绪贵,高宗军,边建朝,等.山东省黄河流域地方病与生态地球化学环境相关性研究[J].中国地质,2011,37(3):824-830.
- [13] 代杰瑞,庞绪贵,刘华峰,等.山东省东部地区农业生态地球化学调查及其生态问题浅析[J].岩矿测试,2012,31(1):189-197.
- [14] 庞绪贵,王红晋,高宗军,等.山东烟台市土壤中有机氯农药的分布特征[J].物探与化探,2011,35(5):671-674.
- [15] 代杰瑞,庞绪贵,宫玉鑫,等.山东威海农业生态地球化学调查与评价[J].地质通报,2010,29(9):1391-1398.
- [16] 庞绪贵,代杰瑞,胡雪平,等.山东省土壤地球化学背景值[J].山东国土资源,2018,34(1):39-43.
- [17] 庞绪贵,宋娟娟,代杰瑞,等.日照市土壤地球化学元素分布规律及成因探讨[J].山东国土资源,2018,34(4):43-49.
- [18] 庞绪贵,代杰瑞,董健,等.山东省土壤地球化学基准值[J].山东国土资源,2017,33(11):43-47.
- [19] 代杰瑞,庞绪贵,董健,等.山东省土壤有机碳库及其时空变化特征[J].现代地质,2017,31(2):386-393.
- [20] 代杰瑞,庞绪贵,曾宪东,等.山东省土壤有机碳密度的空间分布特征及其影响因素[J].环境科学研究,2015,28(9):1449-1458.
- [21] 赵西强,庞绪贵,王增辉,等.利用原子荧光光谱-电感耦合等离子体质谱法研究济南市大气干湿沉降重金属含量及年沉降通量特征[J].岩矿测试,2015,34(2):245-251.
- [22] 曹霏霏,杨丽原,庞绪贵,等.山东南四湖沉积物中汞的污染现状及迁移研究[J].环境科学,2015,36(5):1615-1621.
- [23] 代杰瑞,祝德成,庞绪贵,等.济南市土壤元素地球化学特征及环境质量[J].中国地质,2015,42(1):308-316.
- [24] 王存龙,曾宪东,刘华峰,等.烟台市土壤环境质量现状及重金属元素分布迁移规律[J].中国地质,2015,42(1):317-330.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 周娟,王仁卿,郭卫华,等.寿光大棚蔬菜生产基地土壤地球化学元素调查[J].环境化学,2013,32(6):1100-1101.
- [29] 庞绪贵,战金成,宋海林,等.山东黄河下游地区局部生态地球化学评价方法与技术[J].山东国土资源,2006,22(5):28-33.
- [30] 庞绪贵,陈长峰,李秀章,等.鲁北小清河流域土壤中元素分布特征及环境质量评价[J].地质通报,2005,24(2):160-164.
- [31] 庞绪贵,姜相洪,战金成,等.山东黄河流域下游土壤粒度和深度试验成果[J].地质通报,2005,24(8):767-771.
- [32] 庞绪贵,王君亭,战金成,等.山东黄河下游区域生态地球化学评价方法技术探讨[J].山东国土资源,2005,21(9):35-39.
- [33] 中国地质调查局.多目标区域地球化学调查规范(1:25万)(DD2005-1)[S].2005.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] 庞绪贵,高宗军,刘中业,等.沾化冬枣产地的土壤地质地球化学背景研究[J].安徽农业科学,2011,39(2):1081-1084.
- [37] 代杰瑞,庞绪贵,喻超,等.山东省东部地区土壤地球化学基准值与背景值及元素富集特征研究[J].地球化学,2011,40(6):577-587.
- [38] 庞绪贵,李肖鹏,王炳华,等.山东黄河冲积平原区土壤地球化学特征[J].山东国土资源,2008,24(11):26-29.
- [39] 王世进,庞绪贵,战金成,等.山东省黄河下游流域生态地球化学调查主要成果[J].山东国土资源,2008,24(11):21-25.
- [40] 代杰瑞,崔元俊,庞绪贵,等.山东省生态地球化学调查与评价综述[J].山东国土资源,2011,27(5):1-7.
- [41] 庞绪贵,代杰瑞,徐春梅,等.平阴县土壤地球化学基准值与背景值研究[J].山东国土资源,2008,24(1):21-25.
- [42] 庞绪贵,曹秀华,代杰瑞,等.山东省平阴县土壤地球化学元素含量特征与污染评价[J].上海地质,2011,31(增刊):114-132.

Soil Geochemical Reference Value of 17 Cities in Shandong Province

PANG Xugui^{1,2}, DAI Jierui^{1,2}, YU Chao^{1,2}, REN Tianlong^{1,2}, LIU Huafeng^{1,2}, ZHANG Huaping^{1,2}, CAO Hongsong³, ZENG Xiandong^{1,2}, REN Wenkai^{1,2}, WANG Zenghui^{1,2}, ZHAO Xiqiang^{1,2}, WANG Cunlong^{1,2}, DONG Jian^{1,2}

(1. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jínan 250013, China; 2. Shandong Engineering Research Center for Geochemistry and Pollution Prevention and Control of Land Quality, Shandong Jinan 250014, China; 3. Shandong Surveying and Mapping Institute of Land and Resources, Shandong Jínan 250102, China)

Abstract: Since 2003, geochemical survey of deep soil has been carried out in Shandong province for more than 15 years. The sampling density of deep soil samples is 1 point in the scope of 4km², and in the scope of 16km², 1 analysis sample has been obtained. 54 indexes, such as Ag, As, Au and B have been analyzed and tested. On the basis of identifying soil geochemical standard value in Shandong province, regarding 17 administrative areas as units, geochemical parameters of deep soil have been counted and studied, and the standard values of soil geochemistry have been determined. It will provide basic data for basic geological research, geological prospecting and zoning of 17 cities in Shandong province.

Key words: Geochemical survey; deep soil; standard value; basic data; 17 cities in Shandong province