

威海市土壤元素地球化学分布及其意义

张帆

(山东省第八地质矿产勘查院, 山东日照 276800)

摘要:在威海市开展了多目标区域地球化学调查,获取了表层土壤和深层土壤地球化学数据,通过对地球化学参数进行统计分析,确定了威海市土壤地球化学基准值和背景值,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、Hg、N、P、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。该成果将为地方政府进行农业区划、环境保护和国土资源管理提供了基础地球化学资料和科学依据。

关键词:成土母质;土壤类型;地球化学特征;基准值;背景值;威海市

中图分类号:P595 **文献标识码:**B

引文格式:张帆.威海市土壤元素地球化学分布及其意义[J].山东国土资源,2018,34(8):46-50.ZHANG Fan. Geochemical Distribution of Soil Elements in Weihai City and Its Significance[J].Shandong Land and Resources,2018,34(8):46-50.

威海市位于胶东半岛最东端,北东南三面濒临黄海,北与辽东半岛相对,东及东南与朝鲜半岛和日本列岛隔海相望,西与烟台市接壤。地势中部和东南部高,西部和西北部低,属起伏缓和,谷宽坡缓的波状丘陵区。三面环海,海岸类型属于港湾海岸,海岸线曲折,岬湾交错,多港湾、岛屿。气候属于北温带季风型大陆性气候,四季变化和季风进退都较明显。年均气温11.9℃,年均降水量730.2 mm。适宜的气候环境为农、渔业发展提供了优越自然条件。

1 地质概况

威海市处于秦岭-大别-苏鲁造山带的最东端,胶南-威海造山带东部,发育古元古代、中生代和新生代地层,缺失太古代和古生代沉积,最大特点是在造山带中存在大量的变质表壳岩包体。区内构造形迹主要是因造山带在不同时段的演化产生的,主体构造形迹以不同时代、不同层次的韧性剪切带广泛发育为其突出特点,断裂以NE向、NNE向为主,其次为SN向、NW、近EW向。岩浆岩发育,以侵入岩

为主,形成时代有中元古代、新元古代及中生代,岩石类型从超基性岩—基性岩—中性岩—酸性岩皆有发育,以中酸性岩为主。

土壤位于风化壳最表层的地带,是在风化产物(母质)的基础上经过成土作用逐步发育形成的。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》,威海市土壤共分为棕壤、白浆化棕壤、潮棕壤、棕壤性土、酸性石质土、中性石质土、石灰性褐土、草甸风沙土、酸性粗骨土、中性粗骨土、潮土、盐化潮土、碱化盐土、滨海盐土、滨海潮滩盐土、淹育水稻土等16个亚类^[1]。

2 工作方法

2.1 样品采集

土壤样品采集严格按照多目标区域地球化学调查规范^[2](1:25万)执行,采集的样品包括表层和深层土壤。表层土壤样品采样密度为1个点/km²,采样深度0~20 cm;深层土壤样品采样密度为1个点/4 km²,采样深度150~200 cm。表层土壤组合分析

收稿日期:2017-12-27;修订日期:2018-01-15;编辑:陶卫卫

基金项目:山东省地质勘查项目“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)资助

作者简介:张帆(1969—),男,山东邹城人,工程师,主要从事地质及化探工作;E-mail:3135319267@qq.com

样密度为1件/4 km²,深层土壤组合分析样密度为1件/16 km²,组合分析样送样重量为200 g。威海市表层土壤分析样1526件,深层土壤分析样405件。

2.2 测试元素与指标

样品测试由湖北省地质实验研究所承担,分析Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, C, Cd等54元素或指标。采用等离子体发射光谱法、X射线荧光光谱法、发射光谱法、原子荧光光谱法等配套方法测试。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,经评审样品分析质量为优秀。

2.3 数据处理

对取得的表层土壤、深层土壤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元素或指标分析数据进行整理,统计分析了样品数、最小值、最大值、中位数、算术平均值、几何平均值、标准离差、变异系数等地球化学参数。

3 主要成果

3.1 土壤元素基准值特征

威海市土壤元素基准值参数统计见表1。由表1可见,威海市土壤元素基准值与山东省土壤平均值和中国土壤元素平均值^[3-9]对比明显不同,且不同元素间变异系数也有较大差别,调查区土壤元素基准值有如下特征:

(1)与山东省土壤平均值对比,威海市土壤中Ba, I, Mo, Pb, Se, Sr, K₂O, Na₂O等指标基准值明显高于山东省土壤平均值,均超过1.2倍,特别是Ba, I元素基准值是山东省土壤平均值的1.9倍以上,这主要与威海市地处沿海有关;As, B, C, Cd, Cr, Cu, F, Li, Ni, P, Sb, Sc, CaO, MgO等元素或指标基准值则明显低于山东省土壤平均值,不到山东省土壤平均值80%;As, Cd, Cr, Cu, Ni等元素低说明区内土壤环境基础好;而Ag, Au, Be, Bi, Br等大部分元素基准值接近山东省土壤平均值。

(2)与中国土壤元素平均值对比,威海市土壤中除Pb外,重金属元素Hg, As, Cu, Cd, Ni, Zn和有益元素Se, Co, Mn等均低于全国土壤平均值;重金

属元素Hg, As, Cu, Cd, Ni, Zn等元素含量低说明调查区大部分区域土壤环境质量好;而有益元素Se, Co, Mn含量水平低会造成土壤中有有益元素Se, Co, Mn微量营养元素不足;特别是Cu仅为全国的65%,Se含量仅为全国土壤值的57%,这些营养元素在土壤中原始储备量的不足,是调查区土壤出现缺素的根本原因。

(3)从深层土壤元素含量变异性^[10-13]可以看出,Ag, As, Au, B, Bi, Br, C, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Hg, I, La, Li, Mn, Mo, Ni, P, Sc, Se, Sr, Th, U, V, W, MgO, CaO, Corg等大部分元素或指标的变异系数大于等于0.30;其中Br, I, MgO, CaO, Corg等元素或指标大于0.4,反映了这些元素或指标的含量变化幅度较大、空间分布差异明显;Ba, Be, Ce, F, Ga, Ge, N, Nb, Pb, Rb, S, Sb, Sn, Ti, Tl, Y, Zn, Zr, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O, pH值等元素或指标的变异系数小于0.30,其中Be, Ga, Ge, Nb, Rb, S, Ti, Al₂O₃, K₂O, SiO₂, pH值的变异系数小于0.2,反映了这些元素或指标含量变化小,空间分布均匀。

3.2 土壤元素背景值特征

威海市土壤元素背景值参数统计见表1。由表1可见,威海市土壤元素背景值与山东省土壤元素背景值和中国土壤元素平均值^[14-17]对比明显不同,且不同元素间变异系数也有较大差异,调查区土壤元素背景值有如下特征:

(1)Si, Al, Fe, K, Na, Ca, Mg等为地壳中的大量元素,其氧化物构成土壤的主要化学成分。与中国土壤元素平均值对比,该区土壤中Al₂O₃, Na₂O, K₂O等氧化物背景值偏高;而Fe₂O₃, MgO, CaO背景值偏低;CaO为全国土壤丰度的67%;MgO为全国土壤丰度的73%。土壤有益元素明显不足,B, OrgC, Mo, Se, Ge, Zn, Co, Cu含量均低于全国均值,特别是B仅为全国的35%,OrgC为全国的36%,Mo为全国的39%,Se为全国的59%,这种现象应引起重视。

土壤化学成分直接与基岩、母质类型相关,由其母岩风化形成的土壤地球化学元素特征总体与岩石地球化学特征一致,调查区岩石类型以中酸性、酸性侵入岩为主,特别是酸性花岗岩分布面积广泛,这类岩石本身缺乏Fe₂O₃, MgO, CaO, B, Mo, Se, Ge, Zn, Co, Cu, V, Ti, Ni等,而富含Al₂O₃, Na₂O, K₂O和Ba, Sr, Zr等元素,致使这些元素的背景值较高。

(2)与山东省土壤背景值对比,略高于省内土

壤值的元素有 Mo, Pb, Zr, 明显高于省内土壤值的元素有 Ba, I, Sr, Na₂O, K₂O; 略低于省内土壤平均值的元素有 Ag, Au, Br, Co, F, Th, Ti, U, V, Y, Zn, Fe₂O₃, Corg, pH 值, 明显低于省内土壤值的元素有 As, Bi, C, Cd, Cr, Cu, Hg, Li, N, Ni, P, S, Sb, Sc, Sn, W, MgO,

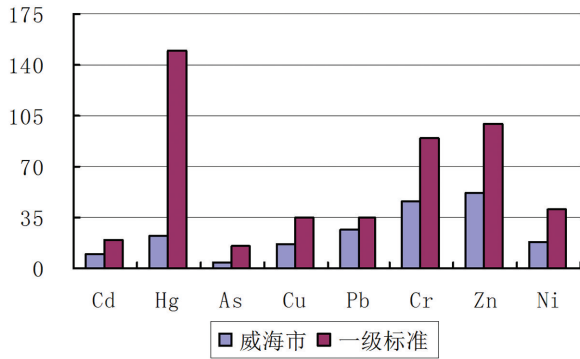
CaO, 其中 C, N, P, S, CaO 为土壤营养元素, 说明表层土壤中元素储备量不足, 局部地段可能出现缺乏, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni 为土壤重金属元素, 说明这 6 种元素的污染程度低于全省其他地区。

表 1 威海表层、深层土壤地球化学参数统计

项目	表层土壤			山东省 (A 层)	中国 (A 层)	深层土壤			山东省 (C 层)	中国 (C 层)	K 值
	背景值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)			基准值 (X)	离差 (S)	变异系 数(C)			
Ag	0.059	0.017	0.28	0.068	0.132	0.055	0.017	0.31	0.059		1.07
As	4.5	1.3	0.28	8.6	11.2	4.6	1.5	0.33	8.7	11.5	0.98
Au	1.37	0.48	0.35	1.53		1.40	0.44	0.31	1.54		0.98
B	16.7	5.5	0.33	42.7	47.8	19.5	6.3	0.32	41.4		0.86
Ba	1077	302	0.28	550	469	1083	314	0.29	564		0.99
Be	1.97	0.40	0.20	1.94	1.95	2.09	0.37	0.18	1.99		1.01
Bi	0.20	0.07	0.37	0.27	0.37	0.20	0.07	0.38	0.24		1.00
Br	3.46	1.05	0.30	3.99	5.4	3.49	1.47	0.42	3.09		0.99
C	0.67	0.18	0.27	1.28		0.40	0.13	0.32	0.86		1.68
Cd	0.092	0.029	0.32	0.132	0.097	0.055	0.018	0.33	0.092	0.084	1.67
Ce	70.1	20.4	0.29	66.8	68.4	74.4	21.0	0.28	68.3		0.94
Cl	107	33	0.31	100		96	31	0.33	97		1.11
Co	9.6	3.3	0.34	11.9	12.7	10.2	3.7	0.37	12.5	13.4	0.94
Cr	46.4	17.0	0.37	62.0	61	47.8	17.0	0.36	62.6	60.8	0.97
Cu	17.20	6.90	0.40	22.6	22.6	15.1	5.2	0.34	21.3	23.1	1.14
F	426	110	0.26	521	478	403	95	0.23	508	507	1.06
Ga	16.93	1.80	0.11	15.77	17.5	17.54	1.72	0.10	16.08		0.97
Ge	1.23	0.14	0.11	1.30	1.7	1.23	0.15	0.12	1.32		1.00
Hg	0.023	0.008	0.36	0.031	0.065	0.014	0.005	0.35	0.016	0.044	1.64
I	2.75	0.99	0.36	1.96	3.76	3.35	1.55	0.46	1.76		0.82
La	37.42	12.37	0.33	34.20	39.7	39.08	12.05	0.31	34.66		0.96
Li	17.02	3.72	0.22	30.28	32.5	19.48	5.75	0.30	31.29		0.87
Mn	529	139	0.26	576	583	534	171	0.32	590	597	0.99
Mo	0.66	0.21	0.32	0.58	1.7	0.71	0.26	0.36	0.57		0.93
N	0.069	0.019	0.27	0.089		0.038	0.010	0.26	0.037		1.82
Nb	14.4	2.5	0.18	13.5		14.6	2.7	0.18	13.6		0.99
Ni	18.5	7.5	0.40	27.1	26.9	19.4	7.3	0.38	27.9	28.6	0.95
P	623	220	0.35	824		346	135	0.39	492		1.80
Pb	27.1	6.9	0.26	23.6	26	25.8	6.1	0.24	21.4	24.7	1.05
Rb	94.8	19.6	0.21	94.7	111	96.8	18.4	0.19	95.5		0.98
S	147	37	0.25	211		118	21	0.18	134		1.25
Sb	0.43	0.09	0.21	0.75	1.21	0.48	0.13	0.28	0.79		0.90
Sc	7.7	2.5	0.32	10.2	11.1	8.3	2.7	0.32	10.5		0.93
Se	0.17	0.04	0.24	0.18	0.29	0.14	0.04	0.30	0.10	0.25	1.21
Sn	2.2	0.5	0.22	2.8	2.6	2.2	0.5	0.22	2.5		1.00
Sr	292	97	0.33	203	167	293	106	0.36	197		1.00
Th	9.2	3.1	0.33	10.7	13.75	10.5	3.6	0.34	10.8		0.88
Ti	3337	535	0.16	3704	3800	3421	649	0.19	3745		0.98
Tl	0.59	0.14	0.24	0.59	0.62	0.61	0.13	0.22	0.60		0.97
U	1.83	0.58	0.31	2.16	3.03	1.89	0.60	0.32	2.12		0.97
V	60.7	18.5	0.31	75.6	82.4	66.6	21.3	0.32	78.7	84.3	0.91
W	1.18	0.45	0.38	1.50	2.48	1.23	0.44	0.36	1.53		0.96
Y	20.2	4.0	0.20	22.8	22.9	21.1	4.3	0.20	23.2		0.96
Zn	51.7	15.0	0.29	63.3	74.2	49.3	13.2	0.27	58.6	71.1	1.05
Zr	282	58	0.21	255	256	262	56	0.21	247		1.08
Al ₂ O ₃	14.09	1.17	0.08	12.96	12.51	15.08	1.33	0.09	13.20		0.93
CaO	1.44	0.57	0.40	3.36	2.15	1.27	0.54	0.43	3.59		1.13
MgO	0.94	0.43	0.45	1.59	1.29	0.95	0.40	0.42	1.58		0.99
K ₂ O	3.02	0.44	0.15	2.47	2.24	2.94	0.43	0.15	2.42		1.03
Na ₂ O	2.68	0.46	0.17	2.04	1.37	2.47	0.56	0.23	2.00		1.09
SiO ₂	67.78	3.13	0.05	63.29		66.72	3.17	0.05	62.75		1.02
TFe ₂ O ₃	3.47	0.94	0.27	4.31	4.2	3.77	1.11	0.29	4.36		0.92
OrgC	0.65	0.20	0.31	0.79	1.8	0.31	0.13	0.44	0.26		2.10
pH	6.03	0.94	0.16	7.32	6.7	6.75	0.71	0.11	8.01		0.89

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。

(3) 威海市 8 项重金属元素背景值均低于国家土壤一级环境质量标准^[18-20] (图 1), 土壤环境质量总体是清洁的。背景值与国家土壤一级标准比值最低的为 Hg, 仅为土壤一级标准的 15.3%, 最高的为 Pb, 为土壤一级标准的 83.7%。因此, 威海市土壤质量是适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤, 土壤质量基本上保持自然背景水平。



(Cd $\times 10^{-8}$, Hg $\times 10^{-9}$, 其他 $\times 10^{-6}$)

图 1 威海市土壤重金属元素背景值含量对比图

(4) 由于成土母质成土过程中元素活化迁移重分配等自然作用及人为叠加扰动的影响, 某些元素的含量变化幅度较大、空间分布差异明显, 从表层土壤元素变异系数统计表(表 1) 可以看到, 不同元素在调查区内的分布极不均匀, 变异系数相差较大。其中变异系数大于等于 0.30 的元素有 Au, B, Bi, Br, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Hg, I, La, Mo, P, Ni, Sc, Sr, Th, U, V, W, MgO, CaO, Corg, 这有可能与表层土壤中这些元素受到较强的人为活动有关, 造成了表层土壤中这些元素或指标的含量变化幅度较大、空间分布差异明显。Ag, As, Ba, Be, C, Ce, F, Ga, Ge, Li, Mn, N, Nb, Pb, Rb, S, Sb, Se, Sn, Ti, Tl, Y, Zn, Zr, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O, pH 值等元素或指标的变异系数^[21-22] 小于 0.30, 其中 Ga, Ge, Nb, Ti, Al₂O₃, K₂O, SiO₂, pH 值的变异系数小于 0.2, 反映了这些元素或指标含量变化小, 空间分布均匀。

3.3 基准值与背景值对比

基准值和背景值分别为深层土壤和表层土壤元素含量值, 背景值与基准值的比值(k 值)代表各指标在表层土壤中的富集程度。由威海市土壤元素基准值与背景值统计结果(表 1)可以看出:

(1) B, Ce, Co, I, Li, Mn, Sb, Sc, V, Al₂O₃, SiO₂, pH 值等元素或指标的衬度系数(背景值与基准值的比值)小于 0.95, 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, pH 值衬度系数低说明表层土壤有酸化趋势。

(2) As, Au, Ba, Be, Bi, Br, Cr, Ga, Ge, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, W, Y, Zn, Fe₂O₃, MgO, K₂O 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, Cl, Cu, F, S, Se, Zr, CaO, Na₂O 等元素或指标的衬度系数在 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, Hg, N, 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, 污水灌溉又加剧了这些元素在表层土壤中的积累, 使其在表层土壤中富集。

(5) Corg 的衬度系数大于 2.0, 表明其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 Corg 的分布分配产生明显影响。

4 结论

通过对威海市土壤地球化学基准值和背景值的研究, 了解区内各元素或指标土壤地球化学基准值和背景值的分布分配特征, 认为威海市土壤质量基本上保持自然背景水平。这些成果为地方政府进行农业区划、环境保护和国土资源管理提供了基础地球化学资料和科学依据。

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] 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.
- [3] 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.
- [4] 鄯明才, 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.
- [5] 庞绪贵,陈钰,刘汉栋,等.山东半岛蓝色经济区土壤地球化学基准值与背景值[J].山东国土资源,2014,30(8):21-26.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 刘现明,徐学仁,张笑天,等.大连湾沉积物中的有机氯农药和多氯联苯[J].海洋环境科学,2001,20(4):40-44.
- [14] 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.
- [15] 瞿程凯,祁士华,张莉,等.福建戴云山脉土壤有机氯农药残留及空间分布特征[J].环境科学,2013,34(11):4427-4433.
- [16] 张家泉,祁士华,谭凌智,等.福建武夷山北段土壤中有机氯农药的残留及空间分布[J].中国环境科学,2011,316(4):6-27.
- [17] 付允,孙玉川,毛海红,等.地下河流域土壤中有机氯农药分布及来源分析[J].中国环境科学,2012,32(3):517-522.
- [18] 黄焕芳,祁士华,瞿程凯,等.福建鹭峰山脉土壤有机氯农药分布特征及健康风险评估[J].环境科学,2014,35(7):2691-2697.
- [19] 马晓东,孙雨沁,孙斌,等.胶东埠上金矿煌斑岩地球化学特征及成因[J].山东国土资源,2016,32(1):13-20.
- [20] 于林松,李世勇,张斌,等.大柴旦行委超立本陶勒盖地区化探异常特征及找矿方向[J].山东国土资源,2016,32(2):39-42.
- [21] 魏印涛,邱成贵,张斌,等.区域化探方法试验探讨—以胶东半岛莱阳幅1:20万水系沉积物测量为例[J].山东国土资源,2015,31(12):54-57.
- [22] 谢振东,丁勇.江西鄱阳湖地区水稻土中 DDTs 和 HCHs 的残留分布研究[J].资源调查与环境,2013,34(3):199-204.

Geochemical Distribution of Soil Elements in Weihai City and Its Significance

ZHANG Fan

(No.8 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Rizhao 276800, China)

Abstract: The multi-target regional geochemical survey has been carried out in Weihai city, and geochemical data of the surface soil and deep soil has been basically obtained. Based on the analysis of geochemical parameters, geochemical base value and background value of the soil geochemical parameters have been determined. Comparing with the variation of soil geochemical base value and background value, it is regarded that most of the elements in this area come from the soil, and human activities have little effect on it. But, C, Cd, Hg, N, P, Corg and other elements have been clearly enriched in the surface soil. It is indicated that the factors, such as hypogene process and human activity have significant influence on the content change and distribution of these elements.

Key words: Soil parent material; soil type; geochemical characteristics; base value; background value; Weihai city