

水文地质环境地质

## 长岛县南五岛土壤地球化学特征及环境质量评价

衣伟虹,王松涛,王江波,郭志谦,厉耘

(山东省第四地质矿产勘查院,山东 潍坊 261021)

**摘要:**以长岛县南五岛土壤为研究对象,对区内土壤元素的含量特征进行分析,并对土壤环境质量进行评价。结果表明:研究区土壤平均含量与烟台市、山东省以及全国土壤平均水平相比,除 CaO、Na<sub>2</sub>O、Hg、S、Se、P、F 元素含量差异较明显,其他大部分元素含量相对稳定,元素含量的高低不仅与研究区背景条件有关,也与人类活动密切相关。研究区土壤环境质量整体较好,大部分区域属于清洁区和尚清洁区,仅城区局部受到一定程度的 Cd、Hg、Zn 污染。

**关键词:**土壤地球化学;质量评价;重金属;长岛县

**中图分类号:**S15;P595

**文献标识码:**B

**引文格式:**衣伟虹,王松涛,王江波,等.长岛县南五岛土壤地球化学特征及环境质量评价[J].山东国土资源,2016,32(12):37-40. YI Weihong, WANG Songtao, WANG Jiangbo, etc. Geochemical Characteristics and Environment Quality Evaluation of Soils in Five Islands of Southern Changdao County[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(12):37-40.

土壤不仅是环境演变的产物,也是承载环境演变信息的重要载体。地球化学元素在土壤中的迁移、分散和富集,直接影响到土壤质量的变化。对海岛土壤元素地球化学分布特征的研究,有助于进一步了解和掌握海岛土壤质量状况,为合理开发利用海岛资源,保护海岛生态环境提供更好地帮助和地球化学理论依据。

## 1 研究区背景

长岛县地处渤海海峡,胶东和辽东半岛之间,黄海、渤海交会处,南临蓬莱,北倚大连,是我国唯一的海岛国家地质公园,是国家级重点风景名胜区。研究区位于长岛县南部,包括南长山岛、北长山岛、大黑山岛、小黑山岛和庙岛在内的 5 个海岛,总面积 31.35 km<sup>2</sup>。

该区属暖温带季风区气候,因受冷暖空气交替的影响,加之海水的调温作用,春季风大回暖晚,夏季雨多气候凉,秋季干燥降温慢,冬季风频寒潮多。区内以低山丘陵为主,局部可见黄土地貌、海积平原

和海蚀地貌。岛上第四系不发育,沉积主要为残坡积层。土地类型主要为林地、耕地和居民开发建设用地等。

## 2 样品采集与分析

长岛县南五岛土壤环境调查按照每平方公里采集 10 件土壤样品,每件样品由 5 个不同位置的土壤组合而成,土壤采集深度为 20 cm 以浅的表层样,总计取表层土壤样品 342 件,其中南长山岛取样 147 件,北长山岛取样 87 件,大黑山岛取样 80 件,小黑山岛取样 12 件,庙岛取样 16 件。土壤样品经干燥、揉碎、过筛等系列过程,送实验室化验分析,送样重量 250 g。分析测试主要依据地球化学普查规范(DZ/T0011-1991),采用 Axios 荧光光谱仪、PF6-3 非色散原子荧光光度计、XGY-1011A 原子荧光光度计等仪器设备,在温度 20℃~24℃,相对湿度 52%~62%的环境条件下进行。

## 3 土壤元素地球化学特征

收稿日期:2016-03-23;修订日期:2016-04-11;编辑:曹丽丽

基金项目:山东省地勘项目“山东省海岛综合地质调查”(鲁勘字(2013)77号)

作者简介:衣伟虹(1985-),女,山东栖霞人,工程师,主要从事水工环及海洋地质调查工作;E-mail:dz\_ywh@163.com

### 3.1 元素含量统计特征

土壤元素受自然条件和人类活动影响,其空间分布具有明显差异性。研究区土壤各元素含量平均值及其与各地区比值统计见表 1。

表 1 研究区土壤部分元素地球化学参数

指标	表层土壤平均值				比值		
	研究区	烟台 <sup>[1]</sup>	全省 <sup>[2]</sup>	全国 <sup>[2-3]</sup>	$K_y$	$K_s$	$K_g$
SiO <sub>2</sub>	65.3	66.4	—	65	0.98	—	1.00
TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.68	4.2	3.89	4.2	0.88	0.95	0.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.82	14.71	12.51	12.51	0.80	0.94	0.94
CaO	2.93	1.37	2.34	2.15	2.14	1.25	1.36
MgO	1.53	1.22	1.33	1.29	1.25	1.15	1.19
K <sub>2</sub> O	2.32	2.74	2.32	2.24	0.85	1.00	1.04
Na <sub>2</sub> O	1.44	2.39	2.08	1.37	0.60	0.69	1.05
pH	8.05	7.25	7.7	6.7	1.11	1.05	1.20
Hg	0.06	0.014	0.019	0.065	4.29	3.16	0.92
Cu	20.45	18.5	24	22.6	1.11	0.85	0.90
Pb	28.15	23.9	25.8	26	1.18	1.09	1.08
Zn	73.93	54.7	63.5	74.2	1.35	1.16	0.99
Ni	22.24	25.6	25.8	26.9	0.87	0.86	0.83
As	9.43	6	9.3	11.2	1.57	1.01	0.84
Cd	0.11	0.064	0.084	0.097	1.72	1.31	1.13
Cr	58.94	56.3	66	61	1.05	0.89	0.97
F	257	462	506	478	0.56	0.51	0.54
S	484	114	—	150	4.25	—	3.23
Mo	0.6	0.51	—	0.8	1.18	—	0.75
Se	0.2	0.1	0.13	0.29	2.00	1.54	0.69
Mn	464.79	529	644	583	0.88	0.72	0.80
P	698.59	339	—	520	2.06	—	1.34
La	30	33.87	33.8	39.7	0.89	0.89	0.76
Co	9.36	11.9	13.6	12.7	0.79	0.69	0.74

注:①SiO<sub>2</sub>,TFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,CaO,MgO,K<sub>2</sub>O,Na<sub>2</sub>O 的单位含量为%;pH 无量纲;其余元素含量单位为 μg/g。② $K_y$  为研究区土壤与烟台市土壤比值, $K_s$  为研究区土壤与全省比值, $K_g$  为研究区土壤与全国比值。

(1)与烟台市土壤元素含量对比<sup>[1]</sup>:研究区 CaO,Hg,S,P,Se 元素含量明显偏高;是烟台市土壤元素平均水平的 2 倍以上;MgO,Pb,Cd,Zn,As,Cu,Cr,Mo,pH 含量略高于烟台市平均水平;其他元素含量均低于烟台市平均水平,其中 Na<sub>2</sub>O,F 元素表现最明显,仅为烟台市的 0.60,0.56 倍。

(2)与全省土壤元素含量对比<sup>[2]</sup>:研究区土壤元素含量偏高的有 CaO,MgO,Pb,Cd,Hg,Zn,As,Se,pH;其中 Hg 元素含量是全省平均水平的 3.16 倍。其他元素含量基本偏低,其中 Na<sub>2</sub>O,F 含量仅为全省平均水平的 0.69,0.51 倍。

(3)与全国土壤元素含量对比<sup>[3]</sup>:CaO,MgO,K<sub>2</sub>O,Na<sub>2</sub>O,Pb,Cd,S,P,pH 含量相对于全国平均

水平偏高;其中 S 元素偏高倍数高达 3.23。其他元素大部分低于全国平均水平,其中 F,Se 元素含量仅为全国平均水平的 0.54 和 0.69 倍。

### 3.2 元素特征探讨

(1)土壤中元素含量的多少不仅与土壤背景值有关,也与人类活动密切相关。通过对研究区土壤元素含量的对比分析,区内 CaO,S,P 含量明显高于各地平均水平。P 是土壤一级营养元素,CaO 和 S 是土壤二级营养元素<sup>[2]</sup>,其含量的多少与耕作施肥有一定关系。

此外,工、农业污水的排放和灌溉也会对土壤中 S,P 元素的含量产生影响,进而对土壤造成一定的污染。CaO 是建筑降尘的特征元素<sup>[4]</sup>,海岛景区、道路等建设施工过程中使用的大量水泥、石灰等建筑材料在一定程度上造成了 CaO 含量的升高。

(2)F 也是土壤污染元素之一,含量过高和过低都是引起潜在污染和地方病的隐患。土壤中 F 元素的来源主要有 2 种,火山喷发是自然界土壤累积氟化物的主要来源;人类工农业生产中产生的含 F 废弃物是土壤中 F 元素的另一个来源,其中以工业 F 源为主。

研究区 F 元素含量明显低于烟台市、全省和全国的平均水平,而缺 F 易发生蛀齿、骨质变形和贫血等症状。推测区内土壤中 F 元素的含量与土壤母质、岩石类型密切相关,此外研究区的特殊地理位置也可能对土壤的淋溶作用造成一定的影响,进而影响到 F 元素的迁移。

(3)与烟台市土壤重金属元素平均水平相比,研究区 8 种重金属元素 Hg,Cu,Pb,Zn,Ni,As,Cd,Cr 中 Hg,Cu,Pb,Zn,As,Cd 含量均偏高;Ni 含量偏低,Cr 元素含量基本一致;与全省土壤重金属元素平均水平相比,Hg,Zn,Cd 元素含量偏高;Cu,Ni,Cr 含量偏低;Pb,As 基本一致;与全国含量相比,仅 Cd 元素含量偏高,Ni,As 含量偏低;其余 5 中元素含量基本一致。

重金属含量的多少不仅受研究区自然条件的影响,还与海岛居民的生产生活密切相关。岛上岩石风化破碎形成的松散碎屑和土壤,是重金属的部分来源;海岛耕地和果园等农业用地中大量农药、化肥的使用是重金属元素的重要来源之一;城区开发建设过程中的一些工业排放,以及生活污水的排放等

也是重金属的重要来源之一<sup>[5]</sup>。

(4)此外,Cu,Zn,K,Mg,Mn,Mo 等元素的含量变化还与植物的吸收有关;Se 元素的含量与污染程度密切相关<sup>[6-7]</sup>。

## 4 土壤环境质量评价

根据相关标准和规范<sup>[8-9]</sup>,采用单因子评价和内梅罗综合指数评价法对研究区土壤质量进行评价分析,分析采用二级土壤标准,选取 Cu,Pb,Zn,Cd,Cr,Hg,As,Ni 8 种重金属元素为评价因子。

### 4.1 单因子污染评价

单因子评价计算公式:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中: $P_i$  为  $i$  污染物的单项污染指数, $C_i$  为  $i$  污染物的实测值, $S_i$  为  $i$  污染物的标准值。

根据单因子污染评价,区内污染元素为 Cd,Hg,Zn 3 种;Cd 元素污染主要集中在南长山岛雀嘴村至北山社区居委会之间的部分区域,属于轻度至中度污染。Hg 元素污染主要集中在黑石嘴村至饽山之间的部分区域,属于轻度至中度污染;葫芦头山至大红礁之间的部分区域,属于轻度污染。Zn 元素污染主要集中在南长山区镇人民政府附近区域,属于轻度污染;英山小区南海边附近区域,属于轻度污染;南长山岛雀嘴村至北山社区居委会之间的部分区域,属于轻度至重度污染。其他 5 种元素未见污染。

### 4.2 综合污染评价

土壤综合污染指数评价是根据内梅罗污染指数公式,采用五级划分标准对综合指数  $P$  进行分级(表 2)。计算公式:

$$P = \sqrt{\frac{P^2 + P_{\max}^2}{2}}$$

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

式中: $P$  为土壤污染物指数, $\bar{P}$  为土壤中各污染物分值  $P_i$  的平均值, $P_{\max}$  为土壤中各污染物分值  $P_i$  的最大值, $n$  为土壤中污染物的种类。

根据土壤综合评价结果(图 1、表 3),区内大部分区域属于清洁区,面积可达 30.7 km<sup>2</sup>,占总面积的 97.9%;尚清洁区面积较少,约 0.38 km<sup>2</sup>,占 1.2%;轻度污染区面积约为 0.18 km<sup>2</sup>,占总面积的

0.6%;中度污染区面积约为 0.06 km<sup>2</sup>,占总面积的 0.2%;重度污染区面积约为 0.03 km<sup>2</sup>,占总面积的 0.1%。污染主要分布于长岛县城区一带,这种分布特征是由于该区人类活动密集,各种工业、生活废弃物、污水以及汽车尾气的排放量大,造成重金属元素含量的增加。

表 2 土壤内梅罗污染指数评价标准

等级	内梅罗污染指数	污染等级
I	$P \leq 0.7$	清洁(安全)
II	$0.7 < P \leq 1.0$	尚清洁(警戒线)
III	$1.0 < P \leq 2.0$	轻度污染
IV	$2.0 < P \leq 3.0$	中度污染
V	$P > 3.0$	重度污染

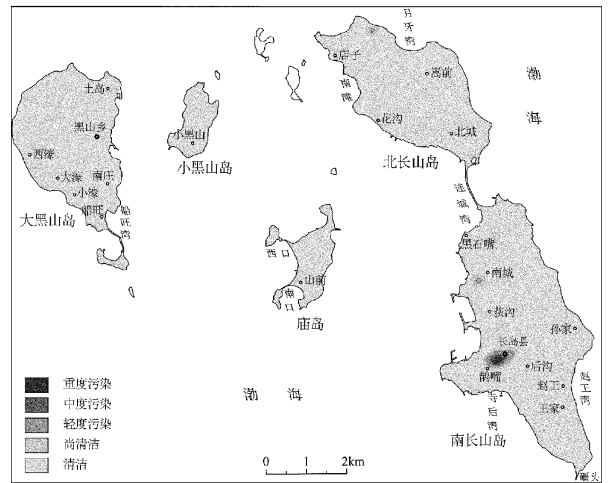


图 1 研究区土壤综合污染分布图

表 3 研究区土壤环境质量评价结果

等级	分布范围	面积/km <sup>2</sup>	备注
I	大黑山岛、小黑山岛、庙岛以及南北长山岛内大部分区域	30.7	清洁
II	南长山岛英山小区南海边、南长山区政府、黑石嘴村东;北长山岛葫芦山头西北附近区域	0.38	尚清洁
III	南长山区政府、雀嘴村东附近区域;北长山岛葫芦山头西北	0.18	轻度污染
IV	南长山岛雀嘴村东附近区域	0.06	中度污染
V	南长山岛雀嘴村东附近区域	0.03	重度污染

## 5 结论

(1)研究区土壤与烟台市土壤元素含量对比,CaO,Hg,S,P,Se,Cd,As 元素含量明显偏高;Na<sub>2</sub>O,F 元素含量明显偏低;与全省土壤对比,Hg,Se 元素含量明显偏高,Na<sub>2</sub>O,F 含量显著偏低;与全国土壤相比,S 元素含量显著偏高,F,Se 元素含量

偏低。元素含量的高低不仅与土壤背景值有关,也与人类活动密切相关。

(2)根据土壤环境质量分析,研究区土壤环境质量整体较好,大部分区域属于清洁区和尚清洁区,仅局部受到一定程度的重金属污染,污染元素主要为 Cd, Hg, Zn。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 王存龙,蒋文惠,赵西强,等.山东乐陵河口地区土壤质量评价

- 与地力提升技术研究[J].山东国土资源,2013,29(12):57-63.
- [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] 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.
- [5] 王蕾.城市内河沉积物重金属的分布特性及异位生态修复研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.
- [6] 庞绪贵,陶建玉,李建华,等.山东省小清河中下游地区土壤地球化学特征[J].山东地质,2002,18(5):44-47.
- [7] 衣伟虹,王松涛,王江波,等.长岛县南五岛地下水环境质量评价与分析[J].山东国土资源,2015,31(11):47-50.
- [8] GB15618-1995.土壤环境质量标准[S].
- [9] HJ/T166-2004.土壤环境监测技术规范[S].

## Geochemical Characteristics and Environment Quality Evaluation of Soils in Five Islands of Southern Changdao County

YI Weihong, WANG Songtao, WANG Jiangbo, GUO Zhiqian, LI Yun

(No.4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China)

**Abstract:** Taking the soil of five islands in the south of Changdao county as the study objects, characteristics of elements content have been analyzed, and soil environment quality has been evaluated. According to the results, comparing with average content of soil in Yantai city, Shandong Province and the whole country, there is an obvious difference in CaO, Na<sub>2</sub>O, Hg, S, Se, P, F; however, for other element content, it is relatively stable. The element content is not only related to the background conditions of the study area, but also closely related to human activities. The soil environmental quality of the study area is generally good, most of the areas belongs to clean zone and proximity clean zone, while only parts of the urban areas are polluted by Cd, Hg and Zn.

**Key words:** Soil geochemistry; quality evaluation; heavy metal elements; Changdao county