

土壤表层与深层元素含量比值系数研究

马志抒¹,刘希瑶²

(1. 辽宁省国土资源厅 辽宁 沈阳 110032 ;2. 辽宁省地质矿产调查院 辽宁 沈阳 110032)

摘 要 通过研究元素含量在土壤表层和深层的比值,可以了解土壤表层元素含量的富集特征、成因和对环境的影响。将土壤中部分元素表层含量与深层含量进行了对比,统计、研究了比值系数及其分布特征,并对元素 Cd 区域性富集特征进行了探讨。指出成土母岩、元素化学特性、pH 值、人类活动等对土壤中元素含量的富集具有重要的影响作用,应以地质、地球化学、人类活动等综合因素来研究土壤中元素含量的变化。

关键词 土壤表层与深层 元素含量比值系数 地球化学评价

RESEARCH ON THE RATIO OF ELEMENT CONTENTS IN UPPER AND DEEP SOIL LAYERS

MA Zhi-shu¹, LIU Xi-yao²

(1. Liaoning Bureau of Land and Resources, Shenyang 110032, China;

2. Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources Exploration, Shenyang 110032, China)

Abstract : The characteristics and reasons of element enrichment in upper soil layer and its impact on the environment can be understood by research on the ratios of element contents in upper and deep soil layers. This paper compares the contents of some elements in upper and deep soil layers to analyze the ratios and distribution characteristics, with an investigation of the regional enrichment of Cd. The result shows that the soil-forming rocks, element chemical properties, pH values and human activities play an important role in the enrichment of elements in soil. It is suggested that the study on the content changes of elements in the soil should be based on a combination of factors such as geology, geochemistry and human activities.

Key words : upper and deep soil layers; ratio of element contents; geochemical evaluation

0 前言

通过 1:25 万多目标地球化学调查,获取了海量的土壤表层(0~20 cm)和深层(150~200 cm)的元素含量数据。这些数据对于研究土壤中元素地球化学特征和环境生态影响有着重要的意义。土壤元素表层含量反映了现实状况下分布特征,而深层含量反映了自然环境状况下分布特征。通过元素含量表层与深层比值系数,可以了解元素含量的富集、贫化和自然环境分布的特征,进而分析这些特征的原因,并对生态环境意义深入认识。有学者将元素含量表层与深层比值系数

称为人为活动环境富集系数^[1]。

东北某地区区域生态地球化学调查与评价是中国地质调查局部署的生态地球化学调查与评价试点项目,在该地区 8000 km² 范围内,以表层 4 km² 和深层 16 km² 的网度分别采样,获取了 52 种元素的表层与深层含量数据。笔者对 As、Sb、Bi、Hg、Ag、Cd、Cr、Ni、Cu、Pb、Zn、Sn、W 等 13 种元素含量进行了表层和深层比值系数统计,并对各元素含量的贫化、富集和自然环境分布特征进行探讨。

收稿日期 2013-01-23 修回日期 2013-03-04 编辑 张哲

基金项目:中国地质调查局“东北平原长春经济区区域环境地球化学调查与评价”项目(20002010003076)资助。

作者简介:马志抒(1962—),女,高级工程师,现从事国土资源管理工作,通信地址 沈阳市皇姑区北陵大街 29 号 E-mail/mmazhishu@163.com

1 工作区概况

工作区位于东北平原中部,总面积 8000 km²,是工业、农业经济发达地区,交通便利,人口稠密。该区处于山区向平原的过渡带,地势东南高,西北低。东南部为低山丘陵区,西北部为山前台地。全区海拔一般在 200~300 m,第二松花江流经工作区北部,其支流为伊通河、饮马河,大致呈南北向平行纵贯全区。区内 80% 为第四系覆盖区。土壤类型有暗棕壤、白浆土、黑土、黑钙土、冲积草甸土。低山丘陵区暗棕壤、白浆土、黑土相间组合分布,平原区为黑土、黑钙土组合,冲积草甸土在河谷低漫滩分布。暗棕壤分布于低山丘陵区,分布面积 635 km²,占测区的 7.69%;白浆土与暗棕壤相伴出现,分布面积 494 km²,占测区 5.99%;黑土分布面积 3313 km²,占测区 40.22%;黑钙土分布于台地及二级阶地微起伏平地,分布面积 455 km²,占测区 5.51%;草甸土呈条带状分布于松花江、伊通河、饮马河和双阳河河谷阶地。

2 元素含量表层与深层比值系数计算

由于表层样 1 点/4 km²,深层样 1 点/16 km²,为了统计的代表性和同一性,有 2 种方法计算元素含量表层与深层比值系数,一种是将对应深层样点 16 km² 内的 4 个表层样的含量平均后与该深层样点的含量相比得到该点的比值系数,另一种是将某点深层样含量分别与该 16 km² 内的 4 个表层样的含量相比得到对应 4 个表层样点的比值系数。2 种方法计算的结果差别不大^[1]。笔者认为,深层样(1.5 m 以下)受人为活动影响小,16 km² 内的变化不大,可以认为是“均匀分布”,而表层样(0~20 cm)受表生地球化学作用和人为活动影响,16 km² 内的变化较明显,应是非均匀分布。因此将某点深层样含量分别与该 16 km² 内的 4 个表层样的含量相比,得到对应 4 个表层样点的比值系数,这种计算方法应该是符合实际情况的。依据这种方法,计算得到了工作区内元素含量表层与深层比值系数 2099 个。比值系数小于 0.6 者,视为强贫化;在 0.6~0.85 区间,视为弱贫化;在 0.85~1.15 区间,视为自然背景环境;在 1.15~1.5 区间,视为弱富集;在 1.5~4 区间,视为显著富集;大于 4,视为强烈富集。

3 元素含量表层与深层比值系数分布特征

13 个元素含量表层与深层比值系数见表 1。

从表 1 中看出,在总体分布特征上有 4 种类型:

(1) 显著富集分布型,如 Hg、Cd,大于 1.5 的达

表 1 元素含量表层与深层比值系数分布特征表

Table 1 The ratio distribution of element contents in upper and deep soil layers

元素	强烈贫化 <0.6	弱贫化 0.6~0.85	自然背景 0.85~1.15	弱富集 1.15~1.5	显著富集 1.5~4	强烈富集 >4
Hg	0.2	1.0	5.8	20.0	66.8	6.0
Cd	0.0	0.1	5.9	32.6	60.2	1.1
Ag	5.2	46.0	38.7	8.0	2.0	0.0
Ni	7.9	39.9	45.0	6.9	0.3	0.0
Pb	4.6	26.5	47.0	16.8	5.0	0.0
Sn	0.0	6.6	56.1	30.3	7.0	0.0
Sb	1.0	19.8	59.9	14.0	5.0	0.2
Cr	1.1	16.6	60.8	21.1	0.4	0.0
Zn	0.0	7.1	63.6	24.2	5.0	0.1
As	1.9	17.7	67.4	10.7	2.4	0.0
Bi	0.8	8.8	69.1	19.0	2.3	0.0
W	0.1	14.5	72.4	11.6	1.3	0.1
Cu	0.5	11.1	74.7	12.6	1.0	0.0

分布比例单位:%。

60%以上。其中 Hg 达 66.8%,而大于 4 的强烈富集达 6%,约 500 km²;Cd 的弱富集到显著富集已占 92.8%。说明 Hg、Cd 元素在地表发生了显著的富集。

(2) 弱富集-自然背景环境分布型,如 Sn、Cr、Zn、Bi。虽然 Sn、Cr、Zn 在自然背景环境 0.85~1.15 区间占 60%左右,但在 1.15~1.5 区间均达到 20%以上,其中 Sn 达 30% 均大于它们弱贫化 0.6~0.85 区间的分布比例,表现出自然背景环境和弱富集分布特征。从图 1 中看出,这种弱富集特征是比较均匀地分布在工作区内。

(3) 弱贫化-自然背景环境分布型,如 Ag、Ni、Pb、Sb。其中 Ag、Ni 在弱贫化的 0.6~0.85 区间达 40%。虽然 Pb、Sb 在自然背景环境 0.85~1.15 区间占 60%左右,但弱贫化的分布比例还是大于弱富集分布比例。

(4) 自然背景环境分布型,如 Cu、W、As。这些元素在 0.85~1.15 自然背景环境区间分布的比例达 67%以上,虽然在弱贫化和弱富集区间有一定的比例分布,但它们的差别不大,比例也较小,因此可以认为是属于自然背景环境分布,基本保持了土壤的自然背景环境状况(见图 1、2)。

4 讨论

通过上述元素含量表层与深层比值系数分析与对比,可以看出它们之间的差异是很大的。该比值系数与控制土壤中元素含量的各种因素有密切关系。影响土壤中元素含量的因素是复杂的,如成土母岩、元素自身的

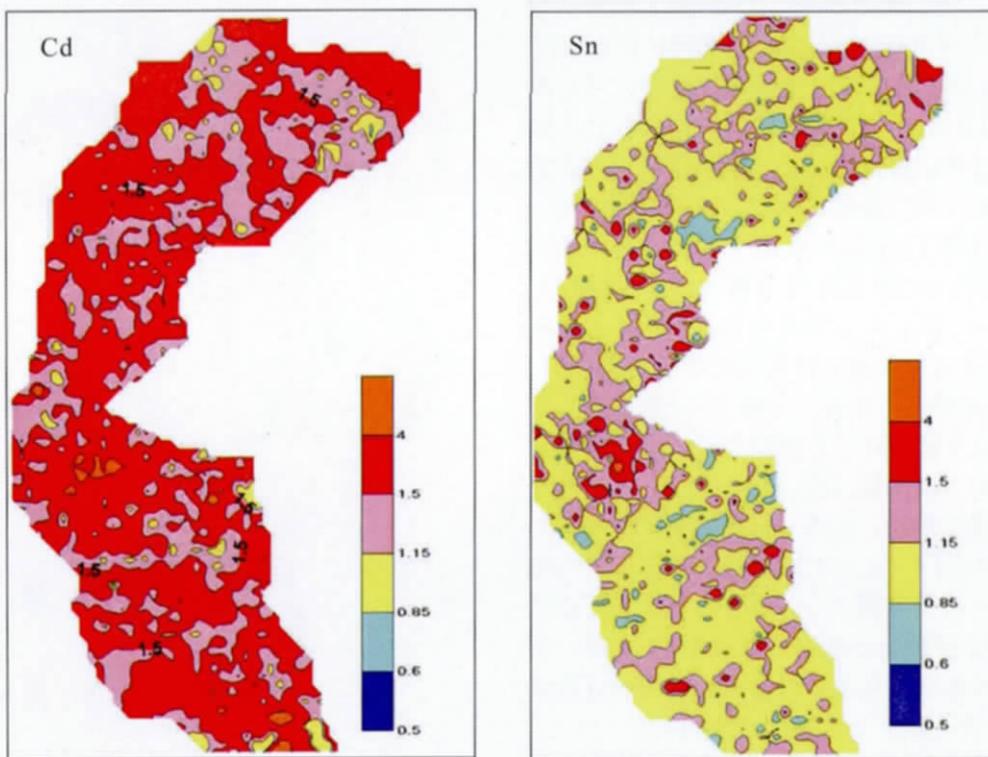


图 1 Cd、Sn 元素含量表层与深层比值系数图

Fig. 1 The ratios of Cd and Sn contents in upper and deep soil layers

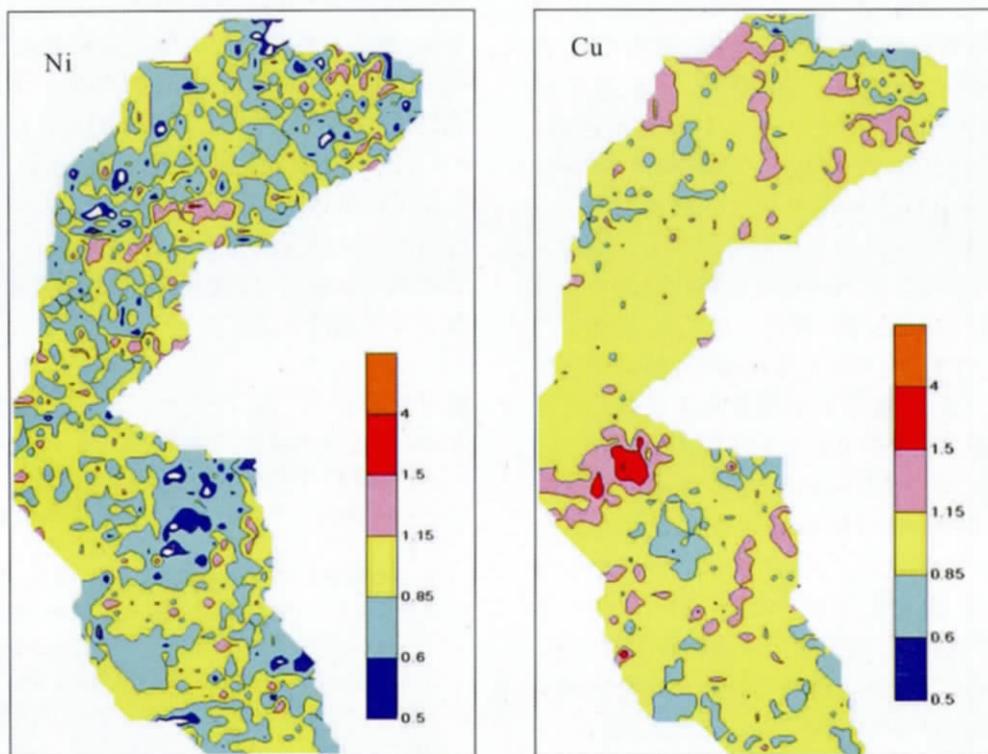


图 2 Ni、Cu 元素含量表层与深层比值系数图

Fig. 2 The ratios of Ni and Cu contents in upper and deep soil layers

地球化学学习性、pH 值、地貌景观、土壤类型、人类活动等。笔者仅就发生显著富集的镉元素分布特征进行探讨。

通过 Cd 含量表层与深层比值系数分析,可以看出在工作区内 Cd 发生了显著的富集。首先,我们从地质成因角度来分析这种富集特征与地质及成土母岩的关系。区内 80% 为第四系覆盖区,以冲、洪积物为主,基本是黄土状亚黏土。南部有燕山早期和华力西晚期的花岗斑岩、花岗岩、闪长岩等分布,为残坡积物。有关研究资料表明,黏土质沉积岩中 Cd 的丰度比火成岩大得多^[2]。这是因为在地表物理和化学风化条件下,Cd 氧化进入水溶液发生迁移,但由于 Cd 具有强的主极化能力,能被土壤胶体强烈吸附而进入沉积物尤其是黏土质沉积物得以富集。而在该区的南部,成土母岩来源于基岩的残坡积物,土壤中含有较多风化残留的原生造岩矿物^[3],由于 Cd 与土壤物质组分有一定的相关性^[4],对 Cd 的表层富集产生了影响。土壤中元素的含量同时受到母岩和成土过程的双重影响^[2],对一个区域而言,一般都受到成土母岩和成土过程的双重影响,是决定区带性土壤元素含量的主要因素。

其次,土壤的酸碱度对元素的迁移和沉淀影响很大^①。土壤中呈吸附交换态的 Cd 所占比例较大,这是因为土壤对 Cd 的吸附力很强。在 pH 值为 6 时,大多数土壤对 Cd 的吸附率在 80%~90% 之间。Cd 在 pH 值较高,尤其是在含有较多的 CdCO₃ 的碱性土壤中活性较低,不易迁移。有关研究已证明,土壤 pH 和 CEC 含量越高,Cd 的溶解性越差,土壤吸附的 Cd 也就越多。从该地区 pH 值图(图 3)看出,工作区中部土壤主要以弱碱性、碱性环境为主,这说明在中部弱碱性、碱性环境对土壤中 Cd 的表层富集起到了一定的作用。

另外,人类生产、生活活动也同样影响着土壤中元素含量,这从目前正在进行的生态地球化学调查与评价已取得的成果中得到证明。研究区是工业、农业生产重要地区,镉在汽车、化工等行业的应用,使镉造成的环境污染也相应增加。由于工业污水的排放并通过河流进行农业灌溉,土壤中 Cd 的表层含量发生了变化。大气沉降也可以对土壤表层 Cd 含量产生作用,如酸雨产生不断增强的酸性可能引起有害元素的过量^[5],但这种作用发生在靠近有 Cd 发散的工业区的附近地区。其他因素如土壤类型、有机质等等,都可以对土壤中元素的含量产生影响,这需要进一步调查采样、测试分析并深入研究才能得到合理的解释,这也是区域生态地球化学评价^[6]的重要内容之一。

5 结论

①杨忠芳,等.生态地球化学调查与评价专题讲座.2005.

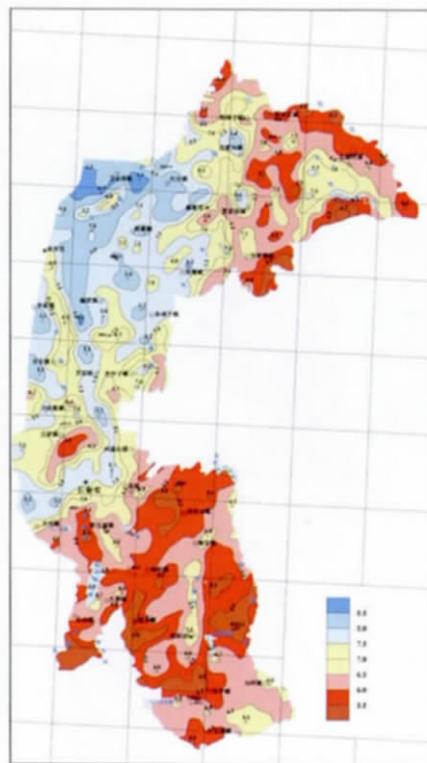


图 3 工作区 pH 值图

Fig. 3 Distribution of pH value in the studied area

(1)土壤元素含量表层与深层比值系数是可以客观反映土壤中元素富集、贫化和保持自然环境状况的指标。研究元素在表层土壤中含量垂向变化,比单一深层或表层元素地球化学图更为直观,并可以对元素在表层土壤中含量变化的原因进行深入的研究。

(2)对土壤中元素含量表层与深层比值系数分析,反映了该地区这些元素在土壤中发生富集、贫化和保持自然环境状况的分布特征。这些特征与成土母岩、土壤类型、元素自身的化学特性、pH 值和人类活动等因素有着密切的关系。

参考文献:

- [1]廖启林,金洋,吴新民,等.南京地区土壤元素的人为活动环境富集系数研究[J].中国地质,2005,32(1):141—147.
- [2]王云,魏复盛.土壤环境元素化学[M].北京:中国环境科学出版社,1995:58—72.
- [3]郝立波,陆继龙,马力.浅覆盖区土壤化学成分与基岩化学成分的关系及其意义[J].中国地质,2005,32(3):477—482.
- [4]朱立新,马生明,王之峰,等.平原区多目标地球化学调查异常查证及生态效应评价[J].中国地质,2004,31(4):431—435.
- [5]牟树森,青长乐.环境土壤学[M].北京:中国农业出版社,1993:106—107.
- [6]奚小环.生态地球化学与生态地球化学评价[J].物探与化探,2004,28(1):10—15.