

文章编号:1672-6561(2012)04-0074-06

山东省东部地区土壤重金属污染及其生态环境效应

代杰瑞¹, 王 学², 董 建¹, 张祖路²

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 山东师范大学 人口资源与环境学院, 山东 济南 250014)

摘 要:为了弄清楚山东省东部地区土壤重金属元素的潜在生态危害程度,在土壤调查的基础上,采用潜在生态危害指数法,以深层土壤的重金属元素含量均值作为参比值,对土壤进行重金属污染的潜在生态风险评价,并探讨其生态环境效应。结果表明:山东省东部地区土壤重金属元素污染程度从大到小依次为 Hg、Cd、Cu、Pb、Zn、Cr、As,重金属潜在生态风险从大到小依次为 Hg、Cd、As、Pb、Cu、Cr、Zn,其中 Hg 和 Cd 对土壤污染危害的贡献率之和达 87.95%,仅 Hg 元素的贡献率就达到 61.96%;综合潜在生态风险评价级别为强和很强的土壤面积占 13.75%,主要分布在莱州—招远—烟台和牟平—乳山金矿集中区以及人口密集的城镇地带,这种空间分布与目前金矿开采、选冶和人类生产生活布局一致;此外,局部土壤重金属污染物已迁移到小麦体内,部分小麦样品中 Cd、Cr、Pb、Zn 含量超临界值,对人体健康产生影响。

关键词:土壤;重金属;污染;危害指数;生态风险评价;生态效应;临界值;山东省

中图分类号:P595;X142

文献标志码:A

Soil Heavy Metal Pollution and Its Eco-environmental Effect in Eastern Shandong Province

DAI Jie-rui¹, WANG Xue², DONG Jian¹, ZHANG Zu-lu²

(1. Shandong Institute of Geological Survey, Jinan 250013, Shandong, China; 2. School of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, Shandong, China)

Abstract: In order to find the potential ecological risk of soil heavy metal pollution in eastern Shandong Province, compared with the average content of deep soil heavy metal, potential ecological risk of soil heavy metal pollution was evaluated by means of potential ecological risk index method based on soil survey; its eco-environmental effect was discussed. The results showed that the degrees of soil heavy metal pollution of Hg, Cd, Cu, Pb, Zn, Cr and As in eastern Shandong Province were in descending order; potential ecological risks of soil heavy metal pollution of Hg, Cd, As, Pb, Cu, Cr and Zn were in descending order; contribution rate of Hg and Cd to soil pollution risk was 87.95%, in which Hg was 61.96%; the area of soil with strong and stronger integrated potential ecological risks was 13.75%, and the soil mainly distributed in Laizhou-Zhaoyuan-Yantai and Mouping-Rushan gold mine districts and urban zones, and the distribution was in accordance with the layout of gold mining, dressing and smelting and human's production and life; moreover, soil heavy metal pollution partly transferred into winter wheat, and contents of Cd, Pb, Zn in part winter wheat samples were beyond the threshold value, and had adverse effect on health.

Key words: soil; heavy metal; pollution; risk index; ecological risk evaluation; ecological effect;

收稿日期:2012-02-22

基金项目:山东省国土资源大调查项目(2006709)

作者简介:代杰瑞(1977-),男,黑龙江萝北人,高级工程师,E-mail:daijierui@sohu.com。

threshold value; Shandong Province

0 引言

山东省东部地区是山东半岛蓝色经济区的主体部分,包括青岛、烟台、威海、潍坊、日照、临沂等6个地级市的46个县,面积 $5.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,也是山东省经济发达地区。城市化、工业化和农业现代化的快速推进是该地区经济发展的重要标志。然而,伴随着经济的快速发展,土壤与水环境污染、土壤盐渍化、海水入侵、农产品农药残留和重金属含量超标等生态问题相继出现,并日趋严峻^[1]。这不仅威胁当地人居环境、生态安全,也严重影响了当地经济的快速、持续、健康发展。因此,在山东省东部地区进行生态环境质量研究和生态风险评价具有重要的现实意义。

土壤重金属污染作为土壤环境健康质量恶化重要标志之一,受到国内外学者的普遍关注。前人在山东省东部地区作了大量有关土壤重金属污染方面的研究^[2-6]。这些研究大多是从土壤重金属元素的绝对含量为切入点,研究土壤重金属污染的形成机理,评价区域环境污染特点,而从宏观角度研究较大尺度土壤重金属污染和从重金属毒性系数为出发点研究重金属危害的报道甚少。基于此,笔者以山东省东部地区土壤为研究对象,分析土壤重金属的污染特征,采用重金属潜在生态危害指数法^[7]对土壤重金属的生态危害效应进行评价,探讨优势农作物的重金属富集特性,旨在对山东省东部地区土壤污染防治和保障农产品安全提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集与分析

表层土壤样品采用网格布样法采集,采样密度为1件 $\cdot \text{km}^{-2}$,在采样点周围50 m范围内等量采集3~5点土壤组成1件样品。采样时,除去表面杂物,垂直采集地表至20 cm深的土壤,保证上下均匀采集,并弃去动植物残留体、砾石、肥料团块等,装入干净布袋,样品原始质量大于1 kg;同时采集深层土壤样品,采样密度为每4 km²采集1件,平原区采样深度1.5~2.0 m,山地丘陵区采集的是1.2 m以下30 cm的土柱,以不采集半风化层物质为原则。在烟台市小麦种植区采集小麦籽实样品84件,用聚乙烯塑料袋封装后运回实验室。

样品测试工作由武汉综合岩矿测试中心承担。土壤样品风干、敲碎、过孔径为0.900 mm的尼龙

筛,并按4个相邻网格(表层土壤样品为4 km²,深层土壤样品为16 km²)的样品组合为1个样品,样品经混合酸(HCl(浓)+HNO₃(浓)+HF+HClO₄)消解后测定。植物样品用去离子水洗净,置于烘箱中105℃杀青30 min,在70℃下烘24 h左右,碾碎,过孔径为0.154 mm的尼龙筛,然后用浓HNO₃加热消解。采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)分析Cd、Cu、Pb、Zn含量;采用X射线荧光光谱法(XRF)分析Cr含量;采用原子荧光光谱法(AFS)分析Hg、As含量;采用标准样、密码样、监控样等多种监控手段进行质量控制,以保证数据的准确度和精度。

1.2 评价方法

不同重金属元素对农作物及人体健康的毒性不同^[8-10],即使土壤中具有相同含量(质量分数,后文同)的Hg、Cd、Pb、Cr、As、Cu、Zn,对农作物及人体健康的危害也有差别。因此,研究土壤重金属污染的潜在环境生态风险,要比直接评价土壤重金属元素超标倍数能更好地说明不同重金属元素的危害。瑞典科学家Håkanson正是基于这一观点,从沉积学角度提出土壤或沉积物中重金属污染评价的方法,将重金属生态效应、环境效应与毒理学联系在一起,更好地反映了重金属元素的潜在危害^[7]。其计算公式为

$$E_r^i = C_i^i T_r^i$$

$$I_R = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i C_i^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \frac{C_i^i}{C_n^i}$$

式中: E_r^i 为第*i*种重金属的潜在生态危害指数; I_R 为多种重金属潜在生态危害指数; T_r^i 为第*i*种污染物毒性响应系数(表1)^[7]; C_i^i 为第*i*种重金属污染指数; C^i 为第*i*种重金属的实测含量; C_n^i 为评价重金属元素污染的参比值; n 为重金属种数。

表1 重金属元素毒性响应系数

Tab. 1 Response Coefficients to Toxicity of Heavy Metal Element

元素	Hg	Cd	As	Cu	Pb	Cr	Zn
毒性响应系数	40	30	10	5	5	2	1

C_n^i 取值应为工业化以前未受污染的背景值,但如今几乎很难找到不受污染的土壤,研究表明本区深层土壤地球化学含量在一定程度上可以代表表层土壤的原始沉积地球化学元素含量^[3],笔者采用不同地质单元深层土壤平均值代表相应表层土壤未受

污染的参比值,既排除了不同区域土壤元素初始含量差异的干扰,又保证了评价的合理性。

Hakanson 提出的潜在生态危害指数法涉及多氯联苯(PCBs)、Hg、Cd、Cr、Pb、As、Cu、Zn 等 8 种污染物,其污染危害程度划分标准的设立也是基于此 8 种物质。本调查未对 PCBs 进行测试,因此进行综合生态危害评价的指标为 7 项。笔者结合山东省东部地区重金属污染特征及相关研究^[2-3],对 Hakanson 提出的重金属生态危害程度的划分标准进行了适当调整(表 2)。

表 2 潜在生态危害评价标准

单元素潜在生态危害指数	Hakanson 提出的污染程度	Hakanson 提出的潜在生态危害指数	笔者改进的潜在生态危害指数	笔者改进的污染程度
$E_i^r < 40$	轻微	$I_R < 150$	$I_R < 135$	轻微
$40 \leq E_i^r < 80$	中等	$150 \leq I_R < 300$	$135 \leq I_R < 265$	中等
$80 \leq E_i^r < 160$	强	$300 \leq I_R < 600$	$265 \leq I_R < 525$	强
$160 \leq E_i^r < 320$	很强	$I_R \geq 600$	$I_R \geq 525$	很强
$E_i^r \geq 320$	极强			

2 结果和讨论

2.1 单指标潜在生态危害评价结果

对研究区 13 674 件表层土壤样品重金属元素的含量范围、均值、污染指数(C_i^p)等特征参数进行统计(表 3)。由表 3 可知,污染指数均值从大到小依次为 Hg、Cd、Cu、Pb、Zn、Cr、As,且均大于 1,说明研究区表层土壤中这 7 种重金属元素均出现一定程度的累积;就土壤平均含量而言,污染最严重的重金属元素为 Hg,其次是 Cd,而 As、Cr 污染程度最轻。

表 4 土壤重金属元素潜在生态危害指数统计特征

Tab. 4 Statistics for Potential Ecological Risk Indexes of Soil Heavy Metal Elements

统计项	E_i^1	E_i^2	E_i^3	E_i^4	E_i^5	E_i^6	E_i^7	I_R
最小值	1.50	6.46	0.23	0.50	3.69	2.14	0.11	28.7
最大值	305.00	4 479.00	36.00	135.00	72 306.00	278.00	11.40	77 242.0
均值	10.30	56.70	2.13	6.57	135.00	6.15	1.16	218.0
中位值	9.71	47.90	1.96	5.54	83.60	5.61	1.10	162.0
标准差	5.46	69.80	1.06	4.40	726.00	4.82	0.45	769.0

注: $E_i^1 \sim E_i^7$ 分别为元素 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb 和 Zn 的潜在生态危害指数。

2.2 综合潜在生态危害评价结果

评价结果(图 2)显示,本区土壤重金属元素综合潜在生态危害指数的空间分布规律明显,烟台采金区、牟乳断裂金成矿带以及青岛北石墨矿区是土壤重金属元素潜在生态危害很强的分布区,除 Cr、

表 3 土壤重金属元素含量统计特征

Tab. 3 Statistics for Contents of Soil Heavy Metal Elements

统计项	$w(\text{As})$	$w(\text{Cd})$	$w(\text{Cr})$	$w(\text{Cu})$	$w(\text{Hg})$	$w(\text{Pb})$	$w(\text{Zn})$
最小值/(10^{-6})	0.80	0.01	3.70	1.10	0.003	8.90	3.40
最大值/(10^{-6})	162.00	10.50	1 118.00	514.00	22.400	935.00	690.00
均值/(10^{-6})	6.60	0.12	60.80	22.80	0.050	27.70	58.40
中位值/(10^{-6})	6.20	0.11	55.50	19.20	0.028	25.10	54.70
标准差	3.61	0.16	32.30	15.60	0.230	19.60	23.30
污染指数均值	1.03	1.89	1.06	1.31	3.380	1.23	1.16

注: $w(\cdot)$ 为元素质量分数。

土壤重金属单元素及综合潜在生态危害指数计算结果(表 4)表明,元素 Hg、Cd 对土壤综合潜在生态危害的总贡献率达到 87.95%,仅元素 Hg 的贡献率就达到 61.96%,Hg 对土壤的潜在生态危害最严重(图 1);潜在生态危害综合指数为 28.7~77 241.8,最大值是很强危害标准限值($I_R=525$)的 147 倍,说明局部地区已出现很强的生态危害,平均值为 218.3,危害程度中等。分析单个重金属元素潜在生态危害程度等级及均值(表 5)可以发现,元素 Cr、Zn 潜在生态危害指数全部小于 40,对土壤生态环境的危害轻微,Cd、Hg 在各等级危害中均有分布。土壤中 Hg 的生态危害最大,危害为强、很强和极强的样品数占总数的 54.82%,其中生态危害级别为强的样品数占总数的 40.85%,其指数均值高达 107.31,元素 Cd 生态危害级别为强及以上的土壤样品占总数的 10.36%,As、Pb 为 0.05%,Cu 为 0.02%。可见,就单元素而言,研究区土壤潜在生态环境危害最大的元素是 Hg,而 Cr、Zn 危害轻微,危害程度从大到小依次为 Hg、Cd、As、Pb、Cu、Cr、Zn。

Zn 外,其余重金属元素均具有较强的生态危害,是在金矿体伴生重金属元素高背景下叠加矿山开采、选冶活动等导致的,面积 1 378.40 km²,占 2.60%;上述生态危害很强的分布区外围以及临朐、潍坊、胶州、高密、日照、青岛、蓬莱市区及多数乡镇周边地带

表 5 不同生态危害级别的重金属元素分布及其潜在生态危害指数均值
Tab.5 Distribution of Heavy Metal Elements in Different Levels of Ecological Risk and Their Mean Potential Ecological Risk Indexes

元素	轻微生态危害区		中等生态危害区		强生态危害区		很强生态危害区		极强生态危害区	
	比例/%	E_i 均值	比例/%	E_i 均值	比例/%	E_i 均值	比例/%	E_i 均值	比例/%	E_i 均值
As	99.75	10.14	0.19	51.99	0.04	111.96	0.01	259.19	—	—
Cd	27.32	33.33	62.32	53.58	8.79	101.75	1.20	208.10	0.37	759.29
Cr	100.00	2.13	—	—	—	—	—	—	—	—
Cu	99.82	6.48	0.15	53.47	0.02	114.14	—	—	—	—
Hg	4.13	29.99	41.00	62.54	40.85	107.31	9.80	210.55	4.22	1 041.27
Pb	99.88	6.03	0.06	58.14	0.04	119.31	0.01	275.49	—	—
Zn	100.00	1.16	—	—	—	—	—	—	—	—

注：—代表未出现该生态危害级别的样点。

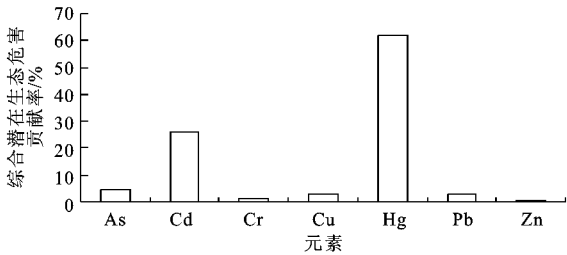


图 1 不同重金属元素对综合潜在生态危害的贡献率
Fig.1 Contribution Rates of Different Heavy Metal Elements to Integrated Potential Ecological Risk

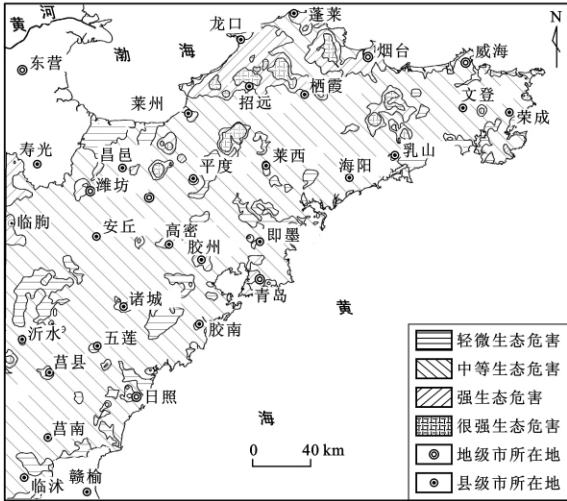


图 2 土壤重金属元素不同综合潜在生态危害程度分布
Fig.2 Distribution of Different Levels of Potential Ecological Risks for Soil Heavy Metal Elements

是生态危害强的分布区,从分布态势来看,主要与人类日常生活活动、“工业三废”排放含 Hg、Cd 等污染物有关,面积 5 912.28 km²,占 11.15%;研究区中部、南部大部分地区以及威海东部是土壤重金属元素生态危害中等分布区,面积 39 498.86 km²,占 74.50%;潍坊市北部沿海、研究区南部和东部、沂水—安丘以

及青岛市局部地段是土壤重金属元素生态危害轻微分布区,面积 6 230.03 km²,占 11.75%。

2.3 生态环境效应评价

在烟台范围内共采集 84 件小麦籽实样品,其中有 41 件位于生态危害级别为中等的区域内,23 件位于生态危害级别为强的区域内,20 件位于生态危害级别为很强的区域内。小麦籽实样品在不同生态危害区平均含量见表 6。由表 6 可见,受土壤重金属元素污染的生态危害级别为强的区域内,小麦籽实中 Cd、Zn、As、Hg、Cu 含量均值是生态危害级别为中等区域的 1.11~1.67 倍;生态危害级别为很强的区域内,小麦籽实中 Cd 含量均值是生态危害级别为中等区域的 3.44 倍,Pb、Zn、As、Cu 平均含量也较高。

依据国家标准《食物中污染物限量》(GB 2762—2005)^[1],土壤重金属元素生态危害级别为很强的区域内 20 件小麦籽实样品中 Cd、Pb、Zn 的超标率分别为 40%、10%和 5%,而生态危害级别为强的区域 41 件小麦样品中,Cd 超标率仅为 4.35%,Pb、Zn 未超标,小麦受重金属污染的程度较小。

综上所述,本区局部土壤重金属污染物已迁移到小麦籽实内,对人体健康产生影响;土壤污染严重的地区,小麦籽实重金属含量较其他地区高;生态危害级别为很强的区域内小麦籽实 Cd、Pb 等重金属超标率较其他级别生态危害区大。

3 结 语

(1)山东省东部地区土壤受到 Hg、Cd、Pb、Cu、Zn 等重金属污染,且这些元素对土壤的污染程度不同,其中元素 Hg 对土壤的污染程度最严重,其次是 Cd,而 As、Cr 污染程度最轻。

表 6 生态危害级别不同的区域小麦重金属元素平均含量、超标数和超标率
Tab. 6 Average Content, Number and Rate of over Standard of Heavy Metal Elements
in Winter Wheat from the Areas with Different Ecological Risk Grades

元素	含量限量值/ 10^{-6}	生态危害级别为中等的区域			生态危害级别为强的区域			生态危害级别为很强的区域		
		平均含量/ 10^{-6}	超标数	超标率/%	平均含量/ 10^{-6}	超标数	超标率/%	平均含量/ 10^{-6}	超标数	超标率/%
Cr	1.00	0.480	6	14.63	0.440	3	13.004	0.300	1	5
Cd	0.10	0.041	1	2.44	0.048	1	4.350	0.165	8	40
Pb	0.20	0.120	1	2.44	0.100	0	0.000	0.120	2	10
Zn	50.00	32.100	1	2.44	35.670	0	0.000	38.240	1	5
As	0.10	0.022	0	0.00	0.027	0	0.000	0.029	0	0
Hg	0.02	0.003	0	0.00	0.005	0	0.000	0.006	0	0
Cu	10.00	4.650	0	0.00	5.370	0	0.000	5.960	0	0

注:生态危害级别为中等的样本数为 41 个;生态危害级别为强的样本数为 23 个;生态危害级别为很强的样本数为 20 个。

(2)采用不同地质单元深层土壤平均值来代替工业化以前未受污染的土壤背景值,并将其作为 Hakanson 提出的 C_n ,实践证明是可行的。具有潜在生态危害的重金属主要是 Cd、Hg,已达到强—很强的生态危害水平,其余重金属(As、Cr、Cu、Pb、Zn)在大部分区域均显示为轻微—中等的生态危害水平,其中 Cr、Zn 在全区均为轻微生态危害。

(3)山东省东部地区土壤重金属潜在生态危害综合指数为 28.7~77.241.8,说明局部地区已出现很强的生态危害,平均值为 218.3,说明总体属中等的生态危害。潜在生态风险级别为强和很强的土壤占研究区总面积的 13.75%,这种综合潜在生态危害主要受元素 Hg 和 Cd 制约,分布在莱州—招远—烟台和牟平—乳山金矿集中区以及人口密集的城镇地带,这种分布规律与目前金矿开采、选冶和工业生产、城市人类活动布局呈显著的相关关系。局部土壤重金属污染物(Cd、Cr、Pb、Zn 等)已迁移到小麦籽实内,具有较强生态风险,有必要进一步对强—很强的生态危害区农作物进行抽样调查,或健全农产品污染物检测体系,以确保人民群众的身体健康。

参考文献:

References:

- [1] 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生态问题浅析[J].岩矿测试,2012,31(1):188-197.
DAI Jie-rui, PANG Xu-gui, LIU Hua-feng, et al. Agro-ecological Geochemical Survey and Evaluation of Eastern Shandong Province[J]. Rock and Mineral Analysis, 2012, 31(1): 188-197.
- [2] 代杰瑞,庞绪贵,喻超,等.山东省东部地区土壤地球化学特征及污染评价[J].中国地质,2011,38(5):

1387-1395.

DAI Jie-rui, PANG Xu-gui, YU Chao, et al. Geochemical Features and Contamination Assessment of Soil Elements in East Shandong Province[J]. Geology in China, 2011, 38(5): 1387-1395.

- [3] 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.

DAI Jie-rui, PANG Xu-gui, YU Chao, et al. Geochemical Baselines and Background Values and Element Enrichment Characteristics in Soils in Eastern Shandong Province[J]. Geochimica, 2011, 40(6): 577-587.

- [4] 代杰瑞,庞绪贵,宫玉新,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.

DAI Jie-rui, PANG Xu-gui, GONG Yu-xin, et al. Agro-ecological Geochemistry Survey and Evaluation of Weihai City, Shandong Province, China[J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(9): 1391-1398.

- [5] 代杰瑞,赵西强,喻超,等.青岛市生态地球化学预测与预警研究[J].地球学报,2011,32(4):447-454.

DAI Jie-rui, ZHAO Xi-qiang, YU Chao, et al. A Study of Ecological Geochemical Early Prediction and Warning in Qingdao City[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2011, 32(4): 447-454.

- [6] 代杰瑞,崔元俊,庞绪贵,等.山东省东部地区农业生态地球化学调查与评价[J].山东国土资源,2011,27(5):1-7.

DAI Jie-rui, CUI Yuan-jun, PANG Xu-gui, et al. Survey and Evaluation of Agricultural Ecological Geochemistry in Eastern Shandong Province[J]. Land and Resources in Shandong Province, 2011, 27(5): 1-7.

- [7] HAKANSON L. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: A Sedimentological Approach

- [J]. Water Research, 1980, 14(2): 975-1001.
- [8] 郭平, 谢忠雷, 李军, 等. 长春市土壤重金属污染特征及其潜在生态风险评价[J]. 地理科学, 2005, 25(1): 108-112.
- GUO Ping, XIE Zhong-lei, LI Jun, et al. Specificity of Heavy Metal Pollution and the Ecological Hazard in Urban Soils of Changchun City[J]. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(1): 108-112.
- [9] 刘文新, 栾兆坤, 汤鸿霄. 乐安江沉积物中金属污染的潜在生态风险评价[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 206-211.
- LIU Wen-xin, LUAN Zhao-kun, TANG Hong-xiao. Environmental Assessment on Heavy Metal Pollution in the Sediments of Lean River with Potential Ecological Risk Index[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(2): 206-211.
- [10] 马德毅, 王菊英. 中国主要河口沉积物污染及潜在生态风险评价[J]. 中国环境科学, 2003, 23(5): 521-525.
- MA De-yi, WANG Ju-ying. Evaluation on Potential Ecological Risk of Sediment Pollution in Main Estuaries of China[J]. China Environmental Science, 2003, 23(5): 521-525.
- [11] GB 2762—2005, 食品中污染物限量[S].
- GB 2762—2005, Maximum Levels of Contaminants in Foods[S].

《地球科学与环境学报》投稿须知

为了全面扩大《地球科学与环境学报》的学术影响力,便于审稿和对录用稿件的编辑加工,本刊向作者提出如下要求,期望得到广大作者的配合与协助。

1. 来稿必须包括以下项目:题名(尽量不超过20字)、作者姓名、作者单位、摘要(400字左右)与关键词(5~8个)必须英汉对照;引言、正文、结语与参考文献应具全;请附第一作者简介、详细联系地址和方式;请在省部级以上基金项目或攻关项目产生的论文首页页脚注明项目名称与编号。

2. 摘要采取第三人称表述,重点报道论文研究的目的、方法、具有独创性的具体结果和结论。

3. 引言应概述前人在该领域内所做的相关工作,指出论文研究的工作与他人的异同、重点及期望在哪些方向上取得成果和突破,并给出相关参考文献,按引用的顺序,在引言内标注参考文献序号,按相应的顺序把参考文献列在文后。

4. 在正文中的图表按出现的先后顺序进行编号,并给出图名和表名(英汉对照)。

5. 在结论中应指出本论文的独创性结果及存在的局限,并指出本文所研究问题的进一步研究方向。

6. 文后参考文献的著录项目一定要齐全:著作应包括著者、书名、版本、出版地、出版者、出版年;期刊论文应包括著者、论文名、刊名、出版年、卷号与期号;论文集中心论文应包括论文著者、论文名、论文集编者、论文集名、论文集出版地、论文集出版者与出版年;学位论文应包括著者、论文名、学位授予单位名、论文保存单位名与答辩年;技术标准应包括标准代号与标准名称;所有参考文献必须注明被引用的起止页码;所有非英文参考文献都要有英文对照。

7. 作者投稿1个月后,可致电、致函本刊编辑部,查询稿件录用情况;3个月之内作者如收到本刊退稿通知,可自行处理,在此期间作者如收到修改意见或录用通知,不得另投他刊。

8. 本刊已与多种媒体签署出版光盘及上网协议,不愿通过媒体发行者,请来稿时注明,本刊支付给作者的稿费已包括作者的著作权使用费用。

联系地址:陕西省西安市南二环路中段长安大学杂志社《地球科学与环境学报》编辑部

邮政编码:710064

电话:029-82334686

E-mail:dkyhxb@chd.edu.cn