·综述与进展·

区域生态地球化学评价思路及建议

杨忠芳[1], 成杭新[2], 奚小环[3], 刘爱华[1]
YANG Zhongfang[1], CHENG Hangxin[2], XI Xiaohuan[3], LIU Aihua[1]

1. 中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083;
2. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,河北 廊坊 065000;
3. 中国地质调查局基础调查部,北京 100011
1. *School of Earth Sciences and Mineral Resources*,*China University of Geosciences*, *Beijing* 100083, *China*;
2. *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration*, *Chinese Academy of Geological Sciences*,*Langfang* 065000,*Hebei*,*China*;
3. *China Geological Survey*, *Ministry of Land and Resources*, *Beijing* 100011, *China*

摘要:区域生态地球化学评价是在多目标地球化学调查基础上开展的一项区域评价研究工作,其目的是为国家和所研究地区的国民经济建设、工农业结构调整和社会可持续发展提供基础地球化学资料。区域生态地球化学评价以异常元素的来源-成因-迁移转化-生态效应-预测预警为研究主线,以生态系统为研究基本单元,查明异常元素分布、分配、成因及来源,研究它们在地球表层各大层圈中的迁移转化规律,评价它们所产生的生态效应,应用地球化学和生态学的基本原理和方法对污染的生态系统进行预测预警,并提出治理建议,为国家区域性经济战略调整和工农业可持续发展提供科学依据。

关键词:区域生态地球化学评价;异常元素;预测预警
中图分类号:P593;P595 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-2552(2005)08-0687-07

Yang Z F, Cheng H X, Xi X H, Liu A H. Regional ecological geochemical assessment: ideas and prospects. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(8):687-693

Abstract: The regional ecological geochemical assessment is a regional assessment carried out on the basis of multi-target regional geochemical survey, whose purpose is to supply basic geochemical data for the national economic construction, adjustment of industrial and agricultural structures and sustainable social development. It uses source-origin-remobilization-ecological effect-forecasting and early warning of anomalous elements as the main line of research and the ecosystem as the basic unit of research. Through it, we may ascertains the distribution, allocation, origin and source of anomalous elements, investigate their remobilization characteristics in various layers of Earth's surface, assess ecological effects that they have cause, apply the basic geochemical and ecological principles and approaches in the forecasting and early-warning of the polluted ecosystem, and put forward a proposal for their control so as to provide a scientific basis for the strategic adjustment of regional economy and sustainable industrial and agricultural development in our country.

Key words: regional ecological geochemical assessment; anomalous elements; early warning

随着人类社会面临的环境问题与可持续发展问题的日益突出,中国勘查地球化学界审时度势,将工作重点由单一的找矿勘探扩展至以资源与环境并重,立足于为国家社会经济宏观发展战略服务,为国土资源规划、管理、保护和合理利用服务的综合调查与评价❶。

多目标地球化学调查就是一项融第四纪地质研究、矿产

收稿日期:2004-11-30;**修订日期**:2005-06-03
地调项目:中国地质调查局项目《四川省成都经济区农业生态地球化学评价》(基[2003]012-03)、《湖南洞庭湖区农业生态地球化学评价》(基[2004]012-04)、《中国区域生态地球化学评价方法体系研究》(基[2004]012-16)成果。
作者简介:杨忠芳(1961-),女,教授,博士生导师,从事环境地球化学和勘查地球化学研究。E-mail: zfyang@up-point.com
❶ 奚小环,杨忠芳,成杭新,等.中国地质工作历史性工程——全国多目标区域地球化学调查计划.第二届国际土壤污染与修复大会,南京,2004.

资源勘查、环境质量评价、土地合理使用和为农业生产服务为一体的综合性基础调查工作[1~3]。1999年至今,通过省部合作,已在第四纪覆盖区完成了107×10⁴km²(包括2005年计划完成的面积)调查面积。计划2010年前,完成260×10⁴km²的调查与评价。

多目标地球化学调查分4个层次进行,第1层次为区域地球化学调查,查明土壤和水体中54种元素及其指标的分布状况;第2层次为区域生态地球化学评价,是一项针对区域地球化学调查发现的区域性元素异常分布而开展的评价研究工作;第3层次为局部生态地球化学评价,主要针对局部生态地球化学问题,如地方病、优质特色农产品和土地荒漠化等问题而进行的一项评价研究工作;第4层次为综合研究❶。

区域生态地球化学评价是在多目标地球化学调查的基础上,根据调查和查证结果开展的一项区域评价工作,目的是为国家和所研究地区的国民经济建设、工农业结构调整和社会可持续发展提供基础地球化学资料❷。

1 区域地球化学调查初步成果简介

目前,在已开展调查的区域内,发现了一系列关系到整个国家宏观经济调整和区域经济可持续发展等重大问题的流域性地球化学问题。

(1)江河两岸Cd等重金属富集程度令人担忧

已完成的长江流域各省多目标地球化学调查结果显示,沿江两岸长江冲积物中存在Cd等重金属的异常富集,如长江流域重庆段Cd含量平均值❸为0.374×10⁻⁶;湖南长株潭地区Cd平均值为0.365×10⁻⁶;武汉地区长江沉积物中Cd含量为0.228×10⁻⁶;江苏宁镇扬地区长江冲洪积物土壤Cd含量为0.240×10⁻⁶。中国土壤Cd背景值为0.079×10⁻⁶[4]。因此,无论是位于经济相对落后的西部地区、经济相对发达的中部地区,还是经济高速发展的东部地区,沿江两岸长江冲积物Cd含量远远高于中国土壤中Cd含量的平均值。

与Cd元素富集趋势相类似,长江两岸洪冲积物中Zn、As、Pb、Ni、Hg、Cr等有毒有害元素均有不同程度的富集。

(2)南方土壤酸化趋势不容忽视

本次调查发现,成都地区土壤pH小于6.5的酸性土壤面积为27.4%,南京地区为42%,武汉地区上升为60.7%,湖南长株潭地区则高达75%左右。

酸性土壤面积的不断增大,一方面将导致土壤中有毒有害重金属生物活性增加,土壤植物养分大量流失,直接影响农产品的品质和产量,另一方面还将引起水体酸化,危害水生生态系统的安全。

(3)农产品安全受到威胁

在长江洪冲积地区,由于土壤酸化、土壤有机质含量降低等诸多因素,Cd的水溶态含量随土壤pH值减小迅速增大。在成都地区,当水稻土为中碱时,Cd水溶态占总量的比值为25%左右,当pH小于6.5时,Cd的水溶态比值迅速增大,最高可达50%(图1)。

此外,随着土壤酸化的不断加剧,Cd在蔬菜和粮食作物中的富集系数也迅速上升。图2为南京八卦洲长江洪冲积土壤pH对蔬菜中Cd的富集系数影响曲线图[富集系数k_f=(作物中Cd含量/土壤中Cd含量)×100%],从中可以看出,当土壤为碱性时,Cd的富集系数小于0.2%,而当土壤为酸性时,Cd在蔬菜中的富集系数呈指数形式增长。同样,Cd在水稻中的富集

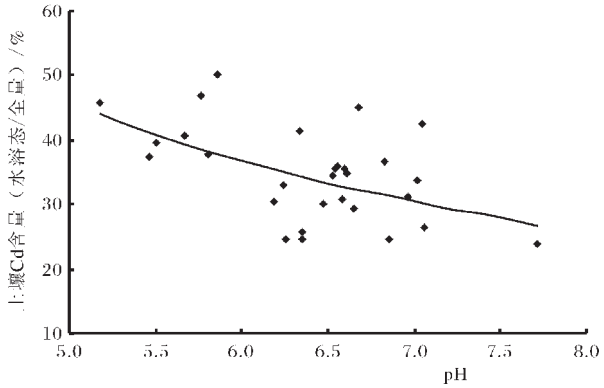


图1 成都地区Cd水溶态百分含量与pH的关系

Fig.1 Relation between the content of water-soluble Cd and pH in the Chengdu area

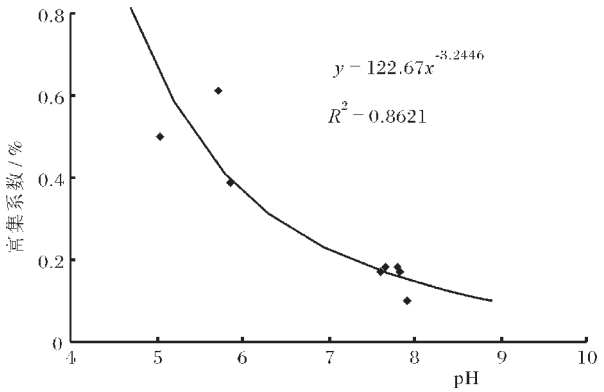


图2 南京八卦洲蔬菜Cd富集系数与土壤pH关系曲线❹

Fig.2 Curve of the Cd concentration coefficient of vegetables vs. pH of soils in Baguazhou, Nanjing

*y*为各自表示纵坐标标注的量;*x*为各自表示横坐标标注的量(后边图4、图5同)

❶ 国土资源部.农业地质调查规划要点.2004.

❷ 中国地质调查局.生态地球化学评价技术要求(试行).2005.

❸ 唐将.长江重庆段水系沉积物与土壤Cd含量特征.重庆市地质调查院,2004.

❹ 江苏省地质调查研究院.江苏省南京及周边地区多目标区域地球化学调查与评价报告.2003.

系数与土壤pH的关系也具相同的变化规律(图3)。由于土壤的不断酸化,Cd的生物活性增加,直接威胁到农产品的安全,图4为成都地区水稻籽实中Cd含量与土壤中Cd水溶态百分含量关系图,随着土壤Cd水溶态含量比例的不断增加,水稻籽实中Cd含量呈对数形式迅速增大。在已调查区,农作物籽实中超过国家绿色食品和无公害食品卫生标准的粮食已有相当的比例。

因此,沿江两岸土壤中Cd等重金属的富集和土壤酸化的加剧,直接危及到农业生态系统的安全和人民大众的身体健康。

(4)土地质量和生态管护迫在眉睫

已有的调查结果显示,中国土地质量状况在下降。如土壤酸化造成养分流失严重、种植结构和农田管理不合理造成土地潜育化和盐碱化范围扩大、施肥不科学造成微量元素的有效态含量降低等已是非常普遍的问题。图5为成都地区土壤有效B与土壤有机质和pH关系图,从中可以看出,随着土壤中有机质含量降低和土壤酸化加剧, 土壤中B的生物有效性迅速下降。

因此,土地管护不仅是数量上的管护,更重要的是,要从土地质量和土地生态效应方面做文章。

2　区域生态地球化学评价思路

区域生态地球化学评价的异常元素既包括有毒有害的重金属和类金属元素,也包括植物营养元素。不同流域和区带,生态地球化学评价的元素种类不同,评价方法略有差异。本文以长江流域Cd等重金属(类金属)为例,论述生态地球化学评价的基本思路。

2.1　区域生态地球化学评价的总原则

进行区域尺度的生态地球化学评价,其出发点是以动态的和历史的观点去找寻元素在土壤-大气-水体-生物体间循环转化的规律。地球表生系统任何一个环境要素都不是独立存在的,每一个环境要素物质含量和能量状态都受到其他要素的影响,其本身也不断地影响着其他系统。

一个地区或一个流域环境要素的质量主要取决于其所处的地质地球化学背景,尤其是土壤中元素含量的高低和元素存在形态的变化从根本上受控于自然地质地球化学作用过程,只是在局部地区,人类的活动在某种程度上加速了这种作用的进程,甚至改变了元素迁移转化的途经。但在区域尺度上,地质地球化学作用过程是元素在各层圈间分布分配的主导因素。

长江流域内, 长江是物质循环和能量交换最活跃的地带,长江两岸洪冲积物中Cd等重金属的富集是河水长期对汇水盆地的岩石和流域内的土壤风化、侵蚀、搬运、沉积的结果[5],同时,工农业生产对土壤、大气和水体的污染也是不

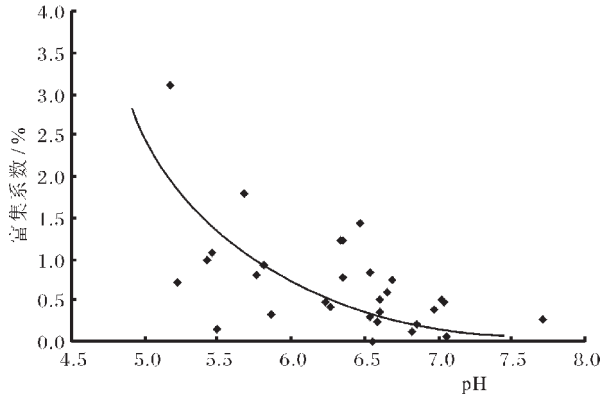


图3　成都水稻籽实Cd富集系数与土壤pH关系曲线

Fig.3　Curve of the Cd concentration coefficient of rice vs. pH of soils in Chengdu

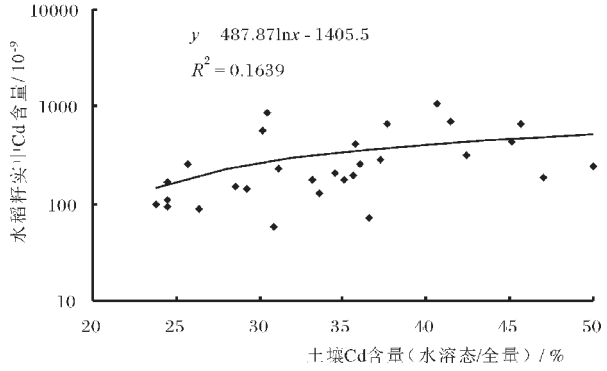
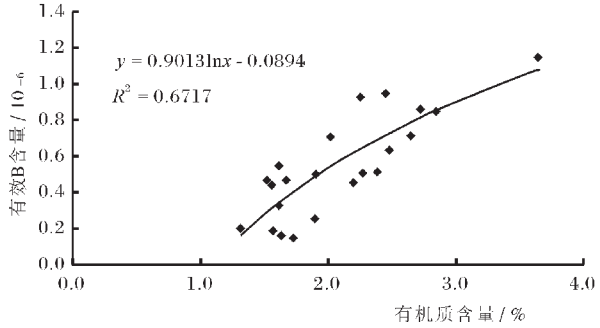


图4　成都地区土壤Cd水溶态百分含量与水稻籽实Cd含量的关系

Fig.4　Relation between the water-soluble Cd content and Cd content in rice in Chengdu



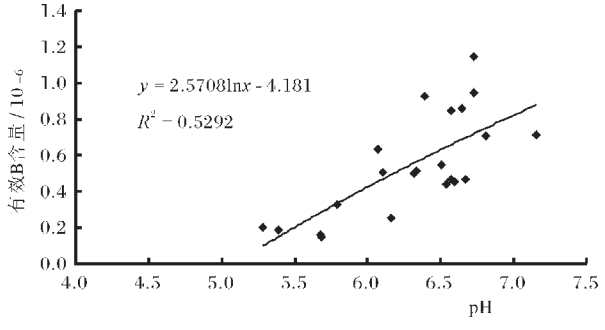


图5　成都地区土壤有效B含量与有机质和土壤pH的关系

Fig.5　Relation of the effective B content in soils with organic matter and pH values in soils in the Chengdu area

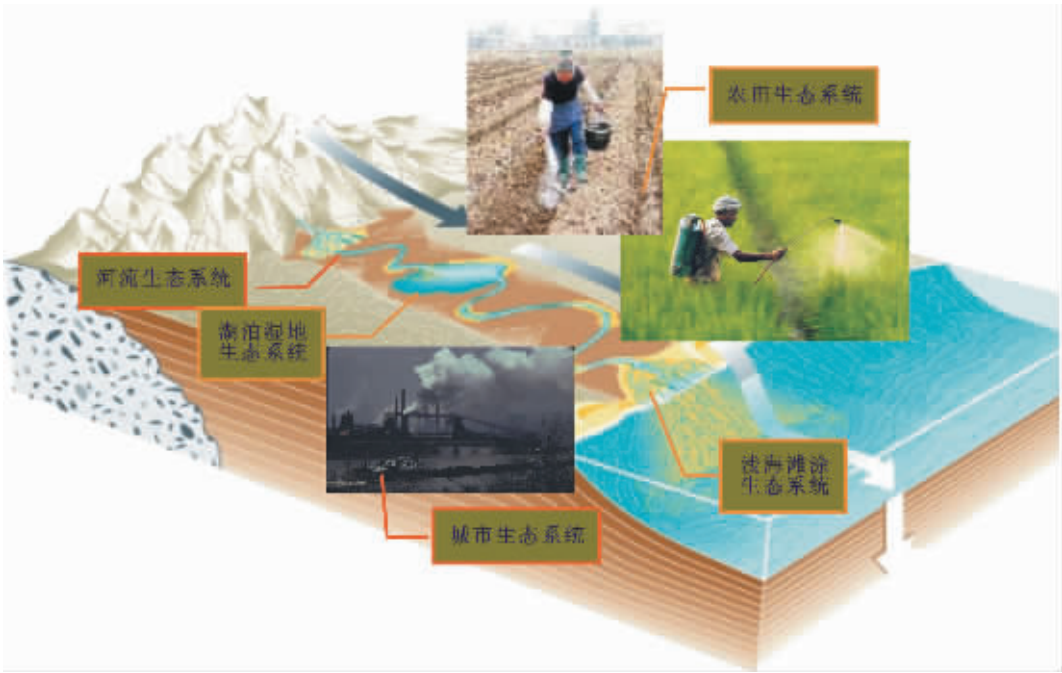


图6 生态地球化学评价中不同生态系统示意图

Fig.6 Diagram showing different ecosystems in the ecological geochemical assessment

容忽视的因素。因此,整个长江流域土壤、大气、水体等各环境要素中,元素含量和存在形态的变化,既受河水对岩石和土壤风化、侵蚀、搬运作用的影响,同时又与人类的工农业生产密切相关(图6)。

长江流域区域生态地球化学评价的总原则是:以异常元素的来源-成因-迁移转化-生态效应-预测预警为研究主线,以生态系统为研究基本单元,查明异常元素分布、分配、成因及来源,研究它们在表层各大层圈中的迁移转化规律,评价它们所产生的生态效应,应用地球化学和生态学的基本原理和方法对污染的生态系统进行预测预警,并提出治理建议,为中国区域性经济战略调整和工农业可持续发展提供科学依据。

2.2 异常元素成因和迁移途经研究

由图6可知,整个长江流域可进一步分为河流生态系统、农田生态系统、城市生态系统、湖泊湿地生态系统和浅海滩涂生态系统。不同生态系统元素富集与贫化的种类不同,来源和成因也有差异。

2.2.1 河流生态系统

在河流生态系统中,少量重金属元素呈胶体和真溶液形式迁移,这部分元素随河水可直接进入海洋。部分重金属随悬浮物迁移,它们或呈小于0.45 μm的矿物微粒或被无机矿物和大分子有机物质吸附[6]而悬浮漂流,这部分金属元素在枯水期和平水期多被河水携带到河口入海处沉淀,但在洪水期间,当河水泛滥漫过河床时,悬浮物则随着河水退去而沉积在河漫滩上,这是造成长江两岸土壤中Cd等重金属富集的主要原因之一[7]。此外,在河床底部,重金属元素还会以矿物颗粒形式滚动或跳跃,从而形成水系沉积物,一般来讲,这部分重金属迁移距离不会很长,不可能造成整个长江流域Cd等重金属的富集。

因此,通过系统采集汇水面积大于5000 km^2的长江支流和干流的悬浮物、水体、水系沉积物样品,分析Cd等元素的含量,可以确定目前长江支流和干流Cd等元素迁移的途经和每年Cd等元素的输运量;通过采集主要支流河漫滩垂向剖面样品,逐层分析Cd等元素的含量和同位素定年,可以追溯地质历史时期由汇水盆地向长江流域输送Cd等元素的速率,勾画出引起长江流域土壤中Cd等元素富集的自然源区、迁移途径和速率。

2.2.2 农田生态系统

农田生态系统中,Cd等元素的区域性富集可由成土母质、成土过程和表生各种地球化学作用过程引起,同时,农业生产活动,如施肥、喷洒农药、污水灌溉、大气干湿沉降等也是土壤Cd等元素富集的重要因素[8~12]。

表1为四川成都地区灌溉水、天降水和各类化肥的Cd、Pb、Hg和As含量值,每年由施肥带入每亩农田中的Cd高达129 g,由天降水带入农田中的Cd为3.95 g/亩·年,相当于16.17 μg/m^2·天,灌溉水带入农田中的Cd为0.18 g/亩·年。表2为塞尔维亚共和国诺维萨德和基金达地区大气降尘和灌溉水的Cd、Zn含量值[13],与成都地区情况相类似,农田中由农业生产活动导致的土壤中Cd、Zn等重金属元素污染是不容忽视的。

因此,农田区Cd等重金属的来源研究要从自然成因和人为成因2方面进行。

(1)自然成因:在丘陵区,以土属(成土母质岩性)为基本单元,进行土壤垂向剖面和水平剖面测量,研究成壤过程中和表生地球化学作用过程中元素的迁移富集规律,查明母岩和各种地球化学作用过程对表层土壤中Cd等元素含量水平的影响程度;在平原区,结合1:20万基岩化探资料,系统采集水-悬浮物-底泥(水系沉积物)样品,研究Cd等元素在水相-固相间的分配特征,查明由地质体的风化、侵蚀等作用对Cd等元素在土壤中分布特征的影响程度。

(2)人为成因:按照一定的密度或行政区划进行大气干湿沉降、化肥、灌溉水、农药等样品采集,其中大气干湿沉降为一年单位面积的干湿沉降量。通过系统收集研究区每年每亩农田的化肥施用量、灌溉水量和农药喷洒量,分析样品中Cd、Pb、Hg、As等的含量,计算每年每亩农田由化肥、农药、灌溉水、干湿沉降等分别带入土壤中的Cd等元素通量,查明人类生产各项活动对土壤中元素含量水平的影响程度。

2.2.3　城市生态系统

城市土壤人为干扰因素很多,有些土壤为回填土,有些土壤为外来土,自然因素引起的Cd等元素富集很难查证,因此,城镇及周边土壤中Cd等元素的来源重点放在人为因素的研究上。大量的研究表明,工业生产排放的三废是造成环境污染的重要因素,其中,由于大气环流作用,工业生产排放的废气影响范围很大,废气中的污染颗粒物是造成城市空气质量下降、土壤中重金属和有机污染物累积的重要途经之一[11,13-19]。城市生态系统中土壤Cd、Hg等元素来源研究的思路如下。

(1)对研究区大中城市主要废气排放工厂的各种降尘进行采集,样品类型包括燃煤尘、建筑尘、冶金尘、尾气尘等,分析各种降尘的元素组成,确定每种降尘的特征元素。

(2)按照所研究城市的不同功能分区或按照一定的密度进行大气干湿沉降收集,分析降尘中Cd、Hg、Pb、As等元素的含量,结合年沉降量,计算由干湿沉降带入土壤中的Cd等元素的年通量。

(3)绘制Cd、Hg等元素的地球化学图,参照每种降尘的特征元素,通过调查不同废气排放工厂的废气排放量,估算所研究城市重点污染排放大户的Cd等元素的年排放量。

综合分析流域内不同城市干湿沉降中Cd等元素的污染特征和污染源特征,为整个流域内改善空气质量、提高人民生活水平、减少土壤重金属污染提出科学建议。

2.2.4　生态效应评价

Cd、Hg等重金属为生命非必需的有毒元素,土壤、水体等环境要素中有毒元素含量过高或元素的生物活性增加,它们就会进入到农产品和水产品中,不仅影响产品产量和质量,而且对人体健康和整个生态系统的安全性会造成危害。世界著名的痛痛病就是因为日本神通川地区稻米中Cd元素超标引起的[8,20,21]。

在国内许多污灌区,稻米中Cd含量超标率不仅高,而且Cd绝对含量也普遍较高。此外,土壤中除Cd污染严重外,As、Hg、Pb、Cr、Ni等元素对农作物和水产品的危害也很普遍。因此,对农田生态系统和湖泊湿地生态系统Cd等有毒元素的生态效应评价主要从以下几方面进行。

(1)污染程度评价

南方选取水稻(或油菜、小麦)、北方选择小麦(或玉米、谷子)等大宗常见农作物的籽实进行有害元素的污染程度评价,分析籽实中Cd、Hg、Pb、As和有机污染物的含量,超过无公害食品卫生标准的样品为污染区,低于绿色食品卫生标准的样品为优质区,介于两者之间的地区为基本清洁区。

水生生态系统污染程度评价原则基本同上,即选取水域内常见的、产销量较大的水产品进行评价,水产品中Cd、Hg、Pb和As含量超过无公害食品卫生标准的样品为污染水域,低于绿色食品卫生标准的样品为优质水区,介于两者之间的地区为基本清洁水区。

深入研究籽实(水产品)中有害元素含量与土壤(水体和底泥)中有害元素含量、土壤理化性质及其他元素含量之间的相关关系,利用区域多目标地球化学调查结果,对长江流域土壤和水体中有害元素污染的程度进行总体评价。

表1　成都地区灌溉水、降水和化肥中Pb、Hg、As、Cd的含量

Table 1　Contents of elements in irrigated water, precipitation and chemical fertilizers in the Chengdu area

元素	灌溉水 /μg·L^{-1}	降　水 /μg·L^{-1}	化肥/10^{-9} 氮肥	氮肥	氮肥	氮肥
Pb	2.251	19.733	781	9533	25297	1530
Hg	0.015	0.019	5	191	692	6
As	1.854	4.066	100	3400	1400	200
Cd	0.482	2.400	9.4	302.5	2581	10.25

表2　塞尔维亚共和国不同地区大气降尘和灌溉水中Cd和Zn的含量

Table 2　Cd and Zn contents in atmospheric dust and irrigated water in different areas of the Republic of Serbia

样品类型及地区		元素	年均值 1995年	1996年	1997年
大气降尘(μg/m^2·天)	诺维萨德	Cd	4.0	3.7	4.1
		Zn	75.0	75.3	119.9
	基金达	Cd	36.0	15.9	2.6
		Zn	312.5	203.4	111.3
灌溉水(μg/L)		Cd		0.312	0.771
		Zn		29.8	28.1

(2)适宜性评估

由于不同农作物(水产品)对有害元素敏感性不同,在相同污染程度的土壤中种植不同的农产品,其各自的有害元素富集系数不同。在水生生态系统中,位于食物链不同部位的水生生物,污染物在体内的累积量也有显著差异。

农产品适宜性评价:在所研究地区选择当地种植面积较大、产量较高的农产品(包括名特优产品),系统分析作物籽实中Cd等元素的含量,计算不同作物和元素的富集系数,依据富集系数大小划分出生物富集系数小于1.5%、1.5%~4.5%和大于4.5%的低、中、高富集农作物。根据不同农作物可食部位重金属的含量与绿色食品卫生标准和无公害食品卫生标准中重金属的规定值对比,对研究区农作物安全性进行评估。研究农作物中重金属含量与土壤重金属含量、不同形态重金属含量、土壤理化性质(TOC、CEC、pH、质地、粘粒等)等的关系;研究控制重金属进入农作物的主要因素,依据不同农作物对重金属的富集系数、阈值和区域调查结果,就研究区农业结构调整、污染治理和生物修复提出建议。

水产品适宜性评价:首先考虑研究水域水产品的数量和市场销售量,产量大、市民购买量大的为首选采集对象;其次要考虑水产品在水生生态系统营养级中的不同位置,即初级生产营养级——主要为水生植物(藻类),食草动物营养级——主要为虾、螺类、螃蟹、贝类、草鱼、黑鱼和其他鱼类的幼鱼,第一肉食动物营养级——主要为以小虾、小鱼为食的大鱼。与生物样相对应采集水体和悬浮物样品。分析样品中As、Cd、Hg、Pb等元素含量及有机污染物含量,依据食品卫生标准进行水产品的安全性评估。依据水生生态系统中食物链(食物网)中能量流动方向,研究重金属和有机污染物逐级富集传递规律,计算富集系数。计算重金属在不同相态(液相——水、固相——底泥和悬浮物、生物相——各类水产品)中的含量比值,研究影响元素分配的制约因素(如温度、pH、COD等),结合重金属安全性评估结果和富集系数为水产品结构调整和污染的防治提出建议。

(3)土壤质量评价

土壤质量(Soil quality)或土壤健康(Health of soils)是指维持生态系统生产力和动植物健康而不发生土壤退化及其他生态环境问题的能力。一般来说,表征土壤质量的因素有:土壤各类化学、物理指标,农作物产量、植物健壮状况、根系生长模式,地表水质量、地下水质量,生物学指标,以及植物营养方面的指标等。

在充分利用多目标地球化学调查结果的前提下,区域土壤质量评价主要考虑土壤的化学和物理参数,评价方法分单指标评价和多指标综合评价。单指标评价选择的因子为:N、P、K、B、Mo、Mn、Cu、Fe、Zn、Si、Se、Ca、Mg等元素全量及有效态。多指标综合评价,除考虑上述元素外,还有平原区增加地下水水位高度、丘陵区增加坡度、坡向、植被覆盖率和土地利用方式等。此外,土壤的质地、粘粒、有机质、CEC、pH也是重要的参评因子。不同地区和不同类型土壤每个参评因子的权重不同,在考虑不同地质背景土壤中有益元素和有害元素含量(有效态)、土壤理化性质及各种障碍因子的基础上,利用灰关联法(模糊决策或宽域法)对土壤质量进行综合评价。

结合土壤污染程度评价、农作物适宜性研究、生态地球化学预警等项研究成果,对研究区农业经济的可持续发展提出建议。

2.2.5 预测预警

区域生态地球化学评价中的预测预警,指对所研究流域不同生态系统中有毒有害元素和有机污染物污染及危害趋势的预测,同时也包括对所研究生态系统潜在危害的预警。

(1)农业生态系统安全性预警

研究农田生态系统单位面积内有毒有害物质的输入、输出速率和年净增量,对不同地质背景土壤污染程度趋势进行预测。

通过土壤中有毒有害物质污染现状查证、土壤中重金属形态变化与土壤理化性质关系的研究,以及土壤系统、地下水、地表水和农作物系统间重金属相互迁移转化规律的研究,对有毒有害物质对农田生态系统的危害趋势进行预测。

依据土壤各种理化性质(特别是pH)对元素生物有效性影响的研究,对退耕还林、退田还湖、退牧还草等土地使用方式改变可能导致的生态系统环境问题进行预警。

(2)湿地湖泊生态系统安全性预警

通过对湿地湖泊进行无扰动沉积柱采样、沉积年龄测定和沉积物中有毒有害物质含量分析,查明有毒有害物质年输入速率。根据所研究的水域面积和汇水区年土壤侵蚀量、水体输入输出量等指标,结合当地经济发展特色和发展历史,对水生生态系统的安全性进行地球化学预警。

(3)河口、浅海环境的预测预警

采集河口、海湾和浅海沉积柱,分析重金属、有机污染物含量变化,结合Pb同位素定年技术,研究过去100年内沉积柱中有毒有害物质累积富集规律,识别在明显的人类污染影响之前自然地质作用(陆源物质输送)下的海洋环境状况,建立污染累积率与社会经济发展(GDP)的关系,预测沉积物中污染有害物质的变化趋势。

以过去数十年陆源输入量(收集环境监测资料)对建立的关系模型进行初步检验。以当前及今后区域社会经济(GDP)发展趋势预测未来浅海环境质量变化。

3 展望未来

多目标地球化学调查与评价是一项前所未有的综合性调查活动,是勘查地球化学历史上的里程碑,它将开辟地质地球化学研究直接服务于社会可持续发展和国民经济建设的新领域。通过不断的努力,多目标地球化学调查和评价将达到以下预期目标。

(1)对国内近$260\times10^4km^2$农牧业区带,全面进行土壤地球化学调查,提供数十种无机和有机地球化学指标高精度数据,编制全国性地球化学图册,为国家各有关部门及科研机构、高等院校等提供全面、系统的地质地球化学基础资料。

(2)对农业经济区带进行农业地质地球化学区域性、战略性评价,对有害元素的来源、迁移途径、危害程度和有益元素的分布状况、组成特征、丰缺度等进行科学研究,依据地球化学质量水平,划分中国农业土壤安全区、优质区和污染区,为中国农业结构调整、农业种植业规划和发展绿色农业提供地球化学依据。

(3)针对中国广泛分布的农业名特优产地,研究营养元素来源、组成、迁移、累积过程、循环转化机理等,结合相关资料综合研究地球化学条件对于农作物的生态效应和作用机制,创立特色化、优质化农业地质地球化学模式,进行地质生态环境、农业地质环境适宜性和农业经济区评价。

(4)以地学为主线,融合农学、生态学、环境学等多学科进行具有理论价值和应用意义的研究,建立具有国际水准的科学的评价标准体系和评价方法体系,进行土壤污染防治对策研究,在重点地区安排生态地球化学治理示范工程,建立监测和预警系统,进行近期与远期地球化学预测、预警。

(5)建立超大数据量的计算机数据库系统和数据检索、处理系统,采用现代网络信息平台,面向社会展示中国平原、盆地、三角洲、海岸带、高原、草原等重要农业区的地球化学分布特征,形成为政府部门服务、向社会大众普及的标准化、社会化、科普化的实用性成果。

(6)在国家多目标地球化学调查与区域生态地球化学评价基础上,进行全球生态地球化学环境研究,评价和评估幅员辽阔的中国作为大国,其生态地球化学环境对世界环境的影响。

参考文献:

[1]杨忠芳,陈岳龙,汪明启,等.地球化学填图的国际研究现状及建议[J].地球科学进展,2002,17(6):826-832.

[2]杨忠芳,成杭新,陈岳龙,等.进入21世纪的勘查地球化学:对生态地球化学的展望[J].地学前缘,2004,(2):600-605.

[3]奚小环.生态地球化学与生态地球化学评价[J].物探与化探,2004,24(1):7-15.

[4]王云,魏复盛,等.土壤环境元素化学[M].北京:中国环境科学出版社,1995.

[5]成杭新,杨忠芳,吴新民,等.长江流域沿江镉异常源追踪与定量评估的研究框架[J].地学前缘,2005,12(1):261-272.

[6]张恩仁,张经.长江河口悬浮物对几种金属吸附的pH效应[J].海洋与湖沼,2003,34(3):267-273.

[7]傅瑞标,何青,孙振斌.长江口南槽重金属的分布特征[J].中国环境科学,2000,20(4):357-360.

[8]杨忠芳,朱立,陈岳龙.现代环境地球化学[M].北京:地质出版社,1999.

[9]Dudka S, Piotrowska M, Terelak H. Transfer of cadmium, lead, and zinc from industrially contaminated soil to crop plants: a field study[J]. Environ. Pollut., 1996,94:181-188.

[10]Stefanov K, Seizova K, Yanishlieva N, et al . Accumulation of lead, zinc and cadmium in plant seeds growing in metalliferous habitats in Bulgaria[J]. Food Chem., 1995,54:311-313.

[11]Gray C W, McLaren R G, Roberts A H C. Atmospheric accessions of heavy metals to some New Zealand Pastoral soils[J]. Sci. Total Environ., 2003,305:105-115.

[12]Finck A. Fertilizers and Fertilization[M]. Einheim, Deerfield Beach, Florida, 1992.

[13]Milka Vidovic, Asim Sadibasic, Svetlana Cupic, et al. Cd and Zn in atmospheric deposit, soil, wheat, and milk[J]. Environmental Research, 2005,97:26-31.

[14]Shotyk W, Goodsite M E, Barraclough F R, et al. Anthropogenic contributions to atmospheric Hg, Pb and As accumulation recorded by peat cores from southern Greenland and Denmark dated using the ^{14}C "bomb pulse curve."[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2003,67(21):3991-4011.

[15]Fengman Fang, Qichao Wang, Junfeng Li. Atmospheric particulate mercury concentration and its dry deposition flux in Changchun City, China[J]. The Science of the Total Environment, 2001,281:229-236.

[16]Robertson D J, Taylor K G, Hoon S R. Geochemical and mineral magnetic characterisation of urban sediment particulates, Manchester, UK[J]. Applied Geochemistry, 2003,18:269-282.

[17]Bityukova L, Shogenova A, Birke M. Urban geochemistry: A study of element distributions in the soils of Tallinn (Estonia)[J]. Environmental Geochemistry and Health, 2000, 22:173-193.

[18]Manfred Birke, Uwe Rauch. Urban geochemistry: Investigations in the Berlin Metropolitan area[J]. Environmental Geochemistry and Health, 2000,22:233-248.

[19]Daniela Salvagio Manta, Massimo Angelone, Adriana Bellanca, et al. Heavy metals in urban soils: A case study from the city of Palermo (Sicily), Italy[J]. The Science of the Total Environment, 2002,300:229-243.

[20]Teruhide Ishihara, Etsuko Kobayashi , Yasushi Okubo, et al. Association between cadmium concentration in rice and mortality in the Jinzu River basin[J]. Japan Toxicology, 2001,163:23-28.

[21]Takashi Izuno, Minoru Sugita, Seizaburou Arita, et al. Validity of cadmium concentration in rice as the "dose"of the dose response relationship between cadmium intake and renal dysfunction1[J]. Environmental Research Section A, 2000,84:275-281.