第 25卷 第 3期
2005年 5月

第 四 纪 研 究
QUATERNARY SCIENCES

Vol 25, No. 3
May, 2005

文章编号 1001 - 7410(2005)03 - 275 - 10

区域生态地球化学评价核心与对策 *

杨忠芳① 奚小环② 成杭新③ 周国华③ 陈德友④ 张建新⑤
袁晓军⑥ 冯海艳① 陈家玮① 刘爱华① 汤奇峰① 余 涛①

(①中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; ②中国地质调查局, 北京 100011; ③中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 廊坊 065000; ④四川省地质调查院, 成都 610081; ⑤湖南省地质研究所, 长沙 410008; ⑥江苏省地质调查院, 南京 210018)

摘要 生态地球化学是地学与土壤学、农业、环境学和生态学等多学科交叉融合产生的新学科,是地球化学领域新的发展方向。区域生态地球化学评价是在区域地球化学调查基础上,针对影响流域/区带生态系统安全性的元素异常而开展的一项评价和研究工作。多目标区域地球化学调查获得的海量高精度地球化学数据,可为环境质量评价提供背景值、为土地的质量和生态管护提供地球化学依据;调查还发现了一系列影响流域生态安全性的元素异常,针对异常元素分布特征,区域生态地球化学评价将开展异常元素追踪和成因甄别、生态效应评价和生态系统安全性的预警预测等项评价和研究工作。文章论述了区域地球化学调查成果,介绍了区域地球化学评价的思路,阐述了区域生态地球化学评价的主要问题与对策。

主题词 区域生态地球化学评价 异常元素追踪 生态效应评价 生态系统安全性的预警预测

中图分类号 S154 **文献标识码** A

生态地球化学(Ecological Geochemistry)和区域生态地球化学(Regional Ecological Geochemistry)最早出现在1988年俄罗斯召开的第四届"当代条件下地球化学勘查理论与实践"会议文集中[1,2],区域生态地球化学评价则由奚小环[3]首次在"生态地球化学与生态地球化学评价"一文中提出。随着多目标地球化学调查工作的不断深入,区域生态地球化学评价逐渐成为该项工作的核心和重点。

多目标地球化学调查是国土资源部中国地质调查局组织实施的一项综合基础地质工作。它以区域土壤和水体地球化学调查为依托,以第四纪地质为研究对象,以土地质量评价为主要内容,以服务于农业生产、环境保护、矿产资源普查等多领域为目标。该项工作分区域地球化学调查、区域生态地球化学评价、局部生态地球化学评价和综合研究4个层次。

区域生态地球化学评价是在区域地球化学调查基础上,针对流域/区带(面积范围为10^6～10^2 km^2)内引起生态地球化学问题的元素及化合物异常分布而开展的一项工作[1)]。

近年来,随着工农业生产的迅速发展和城市化进程的不断加速,世界各国在发展经济的同时,都十分重视环境污染物来源、危害程度评价、变化趋势预警和生态环境安全等问题的研究[4～8],特别是进行大尺度的区域生态地球化学研究已成为国际上的热点,但目前,该方面的研究还处于探索阶段。

1 多目标地球化学调查主要成果

截止到2004年,多目标地球化学调查以省部合作的方式,在长江流域、黄河流域、沿海经济带和东北经济区开展了92.56×10^4 km^{2}的区域调查和评价工作。该项工作,无论在调查评价的方法技术方面,还是在服务领域方面都有了开拓性的进展,发现了一系列关系到国家宏观经济调整和流域生态系统安全性、经济可持续发展等重大的区域地球化学问题,

第一作者简介:杨忠芳 女 44岁 教授 地球化学专业 E-mail: zfyang@up-point.com

*四川省成都经济区农业生态地球化学评价项目(批准号:基[2003]012-03)、湖南省洞庭湖农业生态地球化学评价项目(批准号:基[2004]012-03)、中国农业生态地球化学评价体系研究与成果集成项目(批准号:基[2004]012-16)和中国地质调查局地质调查技术标准研制、修订与升级项目(批准号:[2004]015-01)

2005-03-05收稿,2005-04-02收修改稿

1)中国地质调查局地质调查技术标准. 区域生态地球化学评价指南(试用). 2005

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

并取得了重要成果。

1.1 海量高精度的地球化学数据的获取

多目标地球化学调查按照一定的采样和分析密度,已获得 231 400万件表层土壤、57 850件深层土壤样品的 54种元素和指标的海量高精度的地球化学数据,这些数据包括 As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn, F和 pH值等反映土壤环境质量的元素含量和指标;同时也包括了 N, P, K, B, Mo, Mn, Ca, Co, Fe, Mg, Se, S, Cl, V和 TOC, C_{org} 等反映土壤肥力状况的元素含量和指标。此外,还包含了研究第四纪地质演化、全球变化和成岩成矿等大量信息的其他元素和指标。这套数据系统地展示了我国重要地区地球化学元素的分布和组成特征,具有重要理论意义和广泛应用价值,将为地学、农学、环境学、生态学、生物学以至生命学等各学科领域建立大信息量的、内涵丰富的研究平台。特别是深层土壤元素含量的获得将为评价我国土地污染状况和土地质量变化趋势提供基准值。

1.2 元素异常的发现

随着工农业生产和城镇化进程的快速发展,污染物排放造成的环境质量状况下降已引起了全社会的关注。但本次调查发现,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,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。只是在局部地区,人类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。通过多目标地球化学调查,发现一批可能对我国生态环境安全性产生重大影响的元素异常。

1.2.1 长江流域 Cd异常带

在已有的调查区域内,长江两岸洪冲积物中 Cd等重金属异常富集,形成了宽百里、延绵万里的、连续的地球化学异常带,如图 1所示。无论是经济欠发达的西部地区,还是经济高速发展的东部地区,Cd异常均表现出沿江分布的特征[10];且通过研究表层和深层土壤 Cd, Hg, As, Co等重金属的含量,发现它们的变化范围很小 (图 2),说明土壤中 Cd等重金属的高含量是地质历史时期形成的,并非人类活动引起。

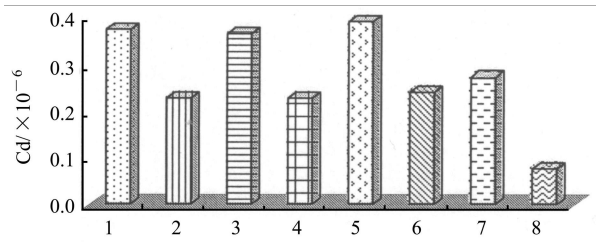


图 1 长江流域不同地区表层土壤中 Cd[1)]含量对比图

1. 重庆长江段 2. 四川成都地区 3. 湖南长株潭地区 4. 武汉江汉平原 5. 安徽江淮流域 6. 江苏宁镇扬 7. 上海市 8. 全国土壤背景值[9]

Fig 1 Cd concentration contrast of topsoil in different regions along the Changjiang River

除长江流域存在 Cd等重金属异常带外,黄河流域表层土壤有害重金属富集速率之快、沿海放射性超标之重、城镇及周边土壤重金属累积量之高都是不容忽视的危害生态系统安全性的区域问题[2)]。

1.2.2 土壤酸化趋势严重

在已调查的区域内,土壤酸化趋势严重。成都、武汉、湖南长株潭地区酸性土壤面积分别为 27.4%, 60.7%和 85%左右。土壤酸化除与土壤形成的气候条件有关外,人为活动引起的酸雨沉降也是重要的因素之一。湖南部分地区年酸雨沉降高达 100%, 2004年 9～10月对四川成都经济区天降水 pH值监测结果表明,雨水 pH最小值为 3.48 (眉山洪雅),酸雨沉降率高达 42% (图 3)。对不同成土母质形成的土壤进行垂向土壤剖面观测的结果发现,无论成土母质呈碱性还是中性,表层土壤 pH值一般比成土母质层 pH值减少 1～2个单位。

1.2.3 生态系统安全性受到威胁

在 Cd等重金属污染和土壤酸化较严重地区, Cd的生物活性增加,随着土壤 pH值的减少, Cd在农作物中的富集系数迅速增加。由图 4可知,当土壤为中碱性时, Cd在水稻籽实的富集系数仅约为 0.2, pH值为弱酸性时 (6.5),富集系数增加到 0.4,而当 pH值小于 6.5时,富集系数成倍增加,最大为 2.42 (pH = 5.67)。Cd的活化迁移,造成相当比例的农作物 Cd含量超标,严重威胁着农产品安全性。

1)多目标地球化学调查数据由各省地质调查院、湖南省洞庭湖区生态地球化学调查项目部和重庆市、上海市地质调查院提供

2) 2004年度农业地质调查与评价研讨会 (太原及安徽)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

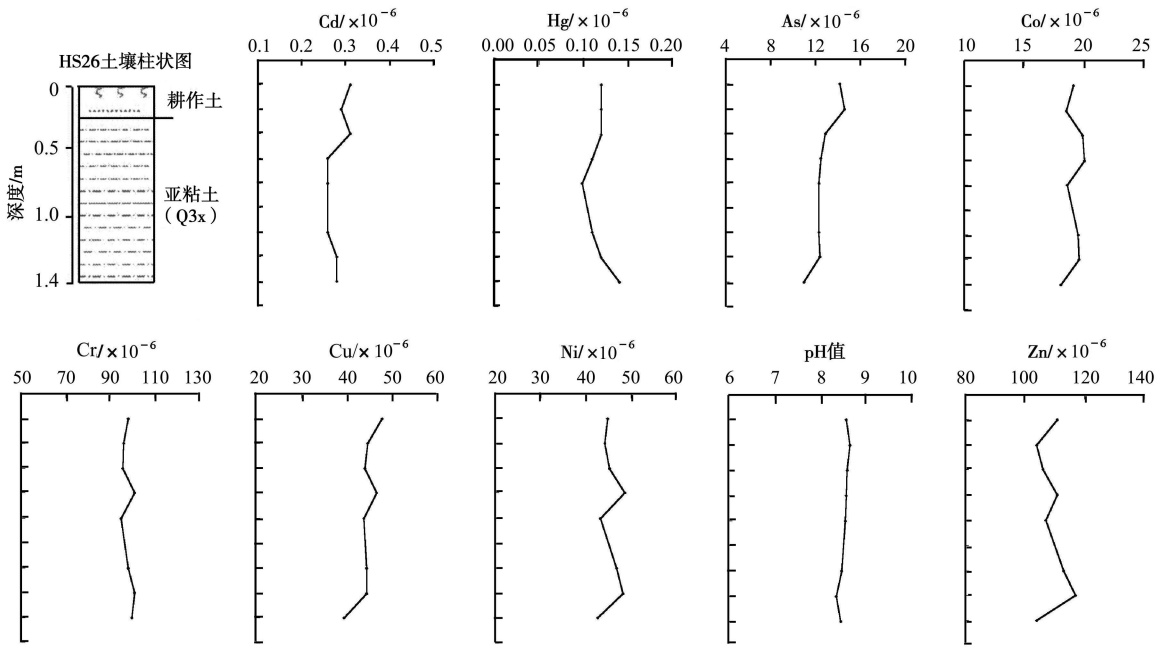


图 2　南京八卦洲地区土壤垂向剖面元素含量[1)]变化图

Fig 2　Elements content changes along a soil vertical section in Nanking Baguazhou

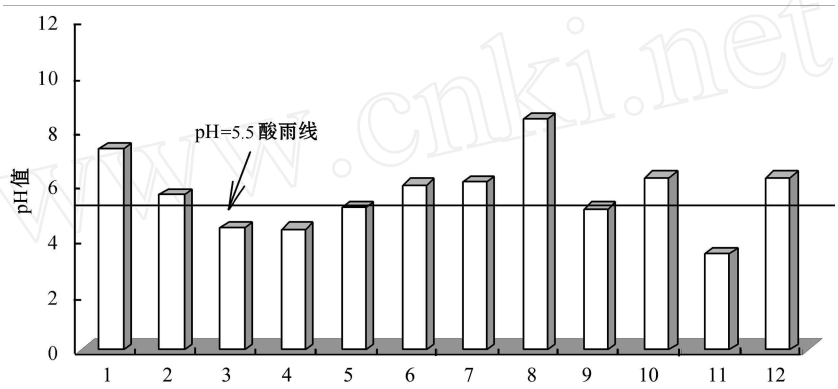


图 3　成都经济区天降水 pH实测值直方图

1. 成都浦江　2. 德阳旌阳区　3. 德阳什邡枋　4. 乐山夹江　5. 乐山五通桥　6. 眉山东坡区　7. 绵阳盐亭　8. 绵阳梓潼　9. 绵阳安县　10. 成都新津　11. 眉山洪雅　12. 乐山峨嵋山

Fig 3　Precipitation pH in the Chengdu economical region

1.3　为土地合理使用和质量管护提供了地球化学依据

本次调查获得了表征土地肥力状况的一批宝贵数据,这些数据包括了植物营养元素全量及有效量和土壤 pH值、CEC(阳离子交换量)、TOC(总碳)、C_{org} (有机碳)和质地等各项理化指标,这为土地的合理使用、农产品的增产增收及土地资源的质量和生态管护提供了科学依据。

对成都地区土壤中 B全量、有效 B含量与土壤中有机质、pH值关系研究表明[11],因土壤酸化和有机质含量降低,土壤有效 B含量降低。在成都浦江地区,土壤中全 B含量为高 - 很高水平,而有效 B含量仅为很低 - 低水平,因此,该区普遍存在因有效 B含量低,油菜"花而不实"的现象。

此外,大量富 Se土壤的发现,也为开发和研制

1)数据由江苏省地质调查院提供

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

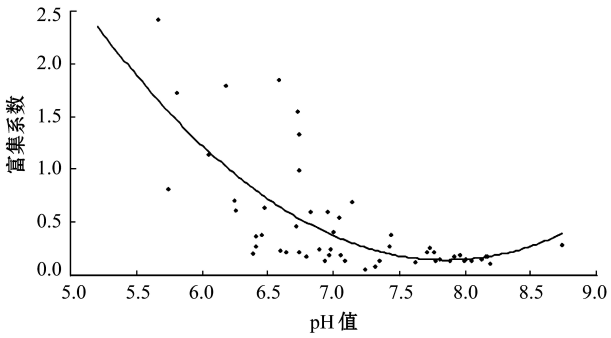


图 4 成都地区 Cd在水稻籽实中的富集系数与土壤 pH值关系图

富集系数 =作物中 Cd含量 /根系土中 Cd含量

Fig 4 Relationship between milled rice enrichment coefficient and soil pH in the Chengdu region

富 Se农产品提供了基础资料[12,13]。

在土地管护由数量型向质量型和生态型管护转化时期,多目标地球化学调查和评价所获的土地肥力、土地环境和土地安全等方面的信息,为该项工作的顺利转变奠定了坚实的基础。

2 区域生态地球化学评价思路与特点

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

2.1 区域生态地球化学评价思路

(1)调查结果是评价基础

根据调查和异常查证结果,区域生态地球化学评价将选择在研究流域 /区带分布广、异常分异 (富集或贫化)程度高、生态影响大的元素、元素组合和有机污染物作为进一步评价的对象,如长江流域 Cd等重金属;沿海地区放射性、重金属及有机污染物;黄河流域 I, F和 As等,这些评价元素和指标,在异常的成因上以地质背景和地球化学过程为主,同时叠加了人为作用影响,它们均具有成因复杂、影响重大和意义深远的特点。

(2)物质循环是评价主线

区域生态地球化学评价将以元素和化合物表生地球化学理论为指导,以元素和化合物在各个生态系统内部和生态系统之间的循环迁移为主线,以研究它们的输入输出通量和地球化学行为为重点,以动态的、演变的和历史的观点探索元素和化合物的表生地球化学行为及其对生态系统的影响。因此,区域生态地球化学评价将建立研究元素和化合物在以土壤为中心,以大气 —水体 —土壤 —生物体为循环系统的异常追踪和迁移途经研究的方法技术,以及预警预测模型。

(3)生态系统是评价单元

区域生态地球化学评价以大流域 /区带为评价对象,如长江流域、黄河流域、沿海经济带和东北经济区等,它们均由若干个生态系统所组成,如长江流域和黄河流域的河流生态系统、农田生态系统、城市生态系统、湖泊湿地生态系统等,沿海生态系统的浅海生态系统、城市生态系统和农田生态系统等。由于不同生态系统元素迁移途经、物质传递和能量流动差异较大,因此,区域生态地球化学评价将以河流生态系统、农田生态系统、城市生态系统、湖泊湿地生态系统和浅海生态系统为评价基本单元,研究元素和化合物在生态系统内部和生态系统之间的迁移转化规律及变化趋势。

(4)多领域服务是最终目标

多目标生态农业地球化学调查评价是以服务于矿产资源普查、环境污染调查与治理、土地质量管护和生态管护、名特优农产品种植和区域经济结构调整与社会可持续发展战略制定等多项目标为一体的公益性基础调查评价工作。区域生态地球化学评价将围绕第四纪地质研究、环境质量评价、土地可持续利用、农业结构调查、农业名特有产品种植、地方病病因和分布范围调查、土地荒漠化及饮水安全性评价等各项工作开展,是将传统地质地球化学工作由单一的找矿,扩展到了环境、土地、农业等多个领域的开创性工作。

2.2 区域生态地球化学评价的特点

(1)传统方法与先进技术相结合

多目标地球化学调查与评价是勘查地球化学由单一找矿、拓展至资源与环境并重的开拓性历史工程。在调查思路和方法上继承了勘查地球化学的传统,在区域生态地球化学评价中仍以元素地球化学分散、富集理论为基础,在充分发挥传统勘查地球化学方法技术优势的同时,广泛吸收相邻学科先进的研究成果、研究思路和方法技术。采样介质除常规的岩石、土壤、水系沉积物外,还涉及大气、生物样品、湖底和浅海沉积物等,涵盖了地球表层生态系统的各个层圈;研究方法上吸收了同位素测年、微量元素示踪和其他地质学科新的技术手段,增强了勘查

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

地球化学解决问题的能力和范围;研究思路上由静态的、单一的过程转变为从生态系统间物质传递和能量流动的动态观点出发,将地质背景、地球化学作用过程、元素迁移循环和人类生产生活对研究地区元素异常分布的影响进行综合考虑,即从动态的、历史的和变化的观点出发,研究元素在表层各生态层圈中的来源成因、迁移转化途经、生态效应,既考虑了原生地球化学背景和自然作用过程对地球化学环境质量的影响,同时也重视人类活动所造成的次生影响;既考虑单一系统内物质的输入输出和现实污染状况调查,同时也考虑了不同生态系统间的相互影响和制约。从地球表生系统各层圈间相互作用的整体性出发,探讨物质循环转化机理和生态效应影响这一思路的转变,将对解决我国流域性、跨区域的环境质量问题将起到积极的推动作用,对土地由数量管护向质量管护和生态管护转变具有重大的理论和实际意义。

(2)理论研究与实际应用相结合

区域生态地球化学评价是针对多目标地球化学调查所发现的流域性、区带性重大生态问题而开展的一项研究工作,具有非常鲜明的实际应用价值,是一项紧贴工农业经济发展、人民生活质量和环境质量提高与国家及地区可持续发展的公益性调查评价工作。但由于调查评价涉及的是生态地球化学这一全新的领域,是由环境学、农学、土壤学、生态学、地球化学等多学科交叉产生的,因此,它又具有许多新的基础理论和方法技术有待于深入研究。如何甄别元素的不同来源?如何确定元素的输入输出途经?怎样评价元素产生的生态效应?怎样预测生态系统的变化趋势?怎样预报生态系统潜在的危害?等等,都需要理论与实际应用密切结合才能解决。

(3)国家利益与地方利益相结合

区域生态地球化学评价是针对流域/区带内存在的生态地球化学问题而开展的一项评价工作,是国家层面上或跨流域、跨地区要解决的生态问题。这些问题的解决将维护国家或流域的根本利益,是一项利国利民的大事情。但维护国家利益的基础是保证和扩大地方利益,两者是相辅相成,而不是对立的。对于国家而言,是一项宏观上的、战略上的调查和评价,对于地方来讲,是一项具体的、实际的调查和评价。因此,从国家利益着眼,结合地方利益和人民大众利益,是区域生态地球化学评价的基础。

(4)自然作用与人为作用相结合

环境中元素的富集与贫化是地质历史时期长期演化的结果,尤其是土壤中元素的分布分配是成土母质、成土过程和人为活动等多种因素共同作用的结果。在以往的环境地球化学研究中,人们将焦点集中在人类活动所造成的污染物质上,但事实上,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,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。因此,在进行区域生态地球化学评价时,研究元素在地质历史时期的迁移富集规律、查明地质作用和地球化学背景对元素行为的影响是进行元素成因和迁移途经研究的重点,探索自然作用过程中元素生态效应的变化趋势是进行预警预测的中心。这是一项长期的、缓慢的作用过程,但又是一项深刻的、人类自身难以克服的自然过程。在有人类活动强烈干扰的生态系统中,如农田生态系统和城市生态系统,区域生态地球化学评价同时也关注人类生产生活对环境质量造成的影响。在我国,对生态系统各环境要素产生深刻影响的人类活动虽然只有几十年的历史,但在局部地区,这种影响已远远超过了环境自我调节的能力,如某些湖泊湿地生态系统的富营养化、城市生态系统中土壤重金属污染等。因此,区域生态地球化学评价,既强调自然作用过程,也重视人类活动对环境质量的影响。

3 区域生态地球化学评价的主要任务与对策

区域生态地球化学评价的主要任务是查明区域性异常元素的分布、分配、成因及来源,研究这些物质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。

3.1 异常元素追踪和成因研究

异常元素追踪和成因研究是区域生态地球化学评价的基础,该项工作主要从自然成因和人为成因两方面进行追踪和成因甄别。

(1)自然成因研究

在河流生态系统中,重金属随悬浮物长距离迁移是形成江河两岸土壤元素异常的重要原因[14~18]。表1为长江及其他河流悬浮物重金属含量表,从中可以看出,悬浮物富集重金属进行长距离迁移是江河生态系统的普遍现象。这些悬浮物随着洪水爆发溢出河床,在丰水季节就会沉积在河道两岸,形成富

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

集重金属的洪冲积物。

表 1 不同河流悬浮物中重金属含量表[15]($\times 10^{-6}$)

Table 1 Concentration of heavy metals in suspension for different rivers

河流	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb
长江	0.47	49.4	871	61.2	35.5
黄河	0.18	26.7	767	40.3	16.5
珠江	0.88	47.4	934		58.3
密西西比	0.99	38.5	1 260	50.5	39
St. Lawerence 河	1.34	84.9	1 311	40.2	
勒拿河		28		31	23
中国土壤	0.2	22.6	583	26.9	26

在丘陵区,不同成土母质的岩石化学性质是土壤中元素含量差异的决定性控制因素。如图 5所示,全新统冲洪积物中 As和 Hg偏高,所形成的心土层中 As和 Hg也偏高;三叠系成土母岩的 Hg, Pb和 Cd含量最高,其心土层中相应元素含量也最高。

因此,在异常元素的自然成因研究方面,生态地球化学评价主要对河流汇水区基岩风化搬运产生的次生地球化学异常和丘陵区不同母质在成土作用中产生的原生地球化学异常进行研究评价,其中更重视表生地球化学作用过程中,水体对异常元素的长距离搬运。

(2)人为成因研究

在农田区,通过对化肥、农药、灌溉水和大气干湿沉降样品的系统采集分析,可获得单位面积内不同污染源年输入异常元素的通量;在城市区,通过系统采集燃煤尘、冶金尘、建筑尘、汽车尾气尘等不同污染端元样品,可获得不同来源降尘的特征元素和年沉降通量。图 6为成都农田区大气湿沉降、灌溉水和化肥年输入 Cd, As, Hg和 Pb对比图,从中可以看出,大气干湿沉降是农田区这些元素最主要的输入途经,而非施肥和灌溉。

因此,区域生态地球化学评价将按照 10～20个点 /10^4 km^2的密度进行化肥、农药、灌溉水和大气干湿沉降样品的采集和分析,查清由人为活动造成的农业生态系统中有害元素的年输入通量。城市区,通过对不同数量的污染端元、一定密度的降尘采集分析,查明大气沉积对土壤有害元素含量和空间分布特征的影响。

3.2 生态效应评价

生态效应评价是区域生态地球化学评价的核心,该项工作主要是对异常元素分布区域内农作物和水产品的安全性进行评价,研究异常元素地球化学行为及控制因素,为评价流域 /区带农业结构调整和土地合理使用提供地球化学依据。

表 2是长江流域某地区不同种类农作物中 As, Hg, Pb和 Cd含量,从中可以看出,研究区农作物中

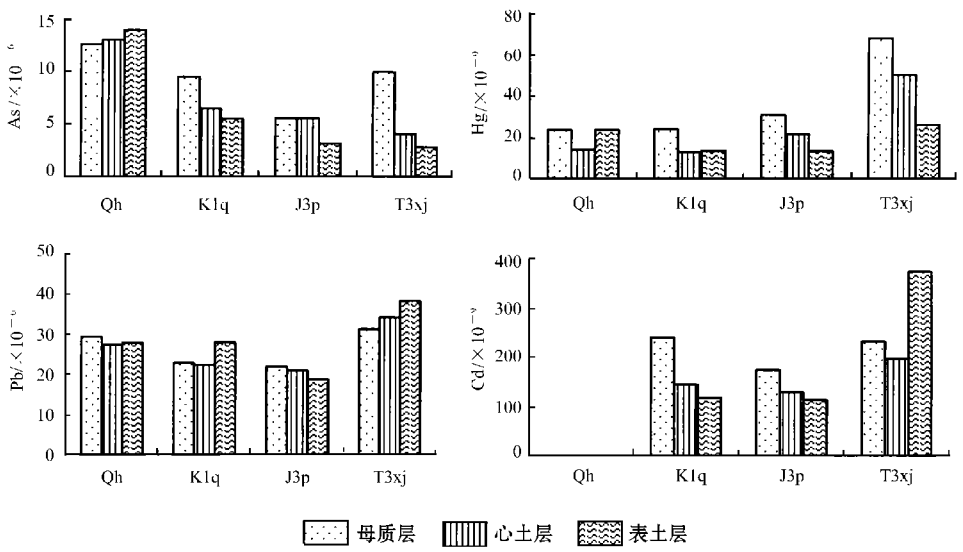


图 5 成都丘陵区不同成土母质层、心土层和表土层元素含量对比图

Qh为全新统冲、洪积物; K1q为下白垩泥岩夹粉砂岩及砂岩; J3P为上侏罗红棕色厚层泥岩夹砂岩、粉砂岩; T3xj为上三叠岩屑长石砂岩、粉砂岩、泥岩

Fig 5 Content contrast of elements among topsoil, subsoil and soil-forming parent material horizon in the Chengdu foothill region

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

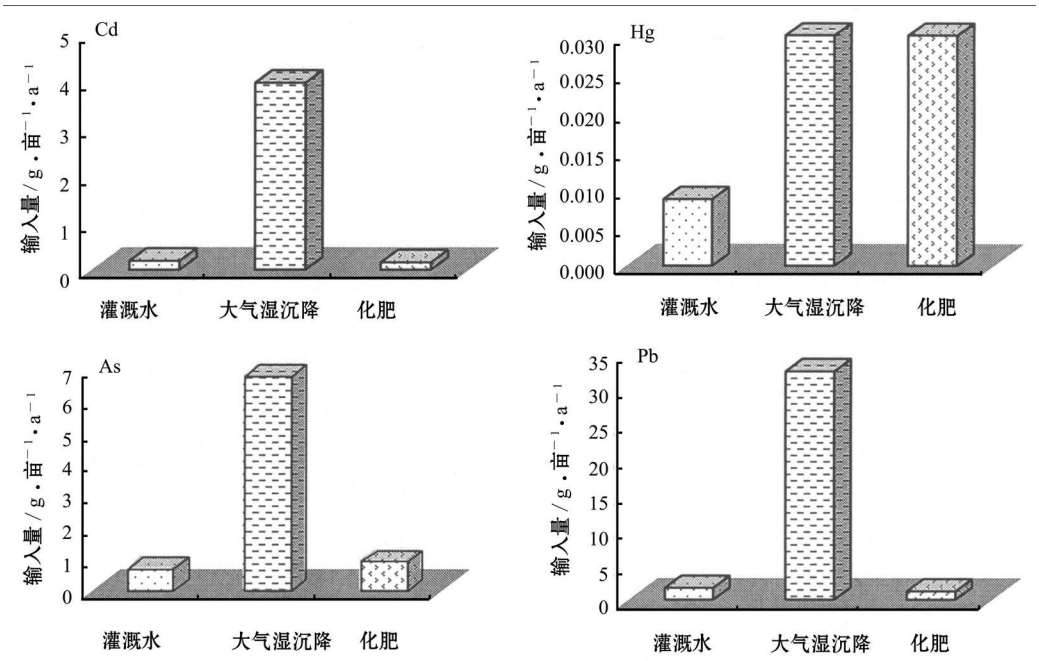


图 6　成都地区单位农田灌溉水、天降水和化肥年输入 Cd, As, Hg和 Pb量

Fig 6　Cd, As, Hg and Pb from irrigation, wet sedimentation, and fertilization per field

表 2　长江流域某地区不同农作物中 As,Hg,Pb 和 Cd 含量表

Table 2　As, Hg, Pb and Hg concentration of crops in different regions along the Changjiang River

作物种类	样品数	元素最小值～最大值(均值)/×10⁻⁹			
		As	Hg	Pb	Cd
水稻籽实	64	64～599(176)	3～48(13)	64～599(176)	64～599(176)
玉米	11	38～427(180)	2.66～18.42(7.17)	16～1 696(689)	0.5～217(50)
花生	9	35.82～443(198)	1.95～6.87(4.07)	10～933(353.11)	68～380(206.78)
豇豆	11	85.55～586(237)	3.84～54.6(19.05)	490～1 500(770.77)	0.5～84(34.36)
辣椒	11	63.76～664(209)	8.65～33.1(17.89)	220～1 620(806.01)	24.99～388(171.36)
红薯	11	39～333(113)	4.72～18.87(9.02)	44～1 160(490.32)	9～48(30.69)
枇杷	5	7.3～15.9(11.8)	0.05～0.37(0.2)	2.1～13.3(7.2)	17～53.3(33.12)
川芎	8	170～298(223)	27.7～242(85)	605～19 750(4 281)	2 785～8 612(5 413)
烟叶	13	181～1 126(455)	68.8～728(204)	72.42～78 890(14 373)	3 620～33 770(11 669)
绿色食品标准		400	10	200	100
无公害食品标准		700	20	400	200

Cd和 Pb超标严重,其次是 Hg;烟叶、川芎、辣椒和水稻是危害最重的农产品。通过对评价区不同农作物富集系数的对比分析 (图 7),可获得 Cd等有害元素污染严重地区,适宜种植的农作物类型。从图 7中可以得知,在 Cd污染较重、土壤酸化明显的地区,水稻、花生、辣椒都是不宜种植的农作物。

对该地区农作物中有害元素来源进一步研究表明,农作物中 Pb和 Hg除一部分来自土壤外,大气干湿沉降是不容忽视的污染源。

因此,通过一定样本量的农产品中有害元素分析和富集系数 (富集系数 =粮食中元素含量 /土壤中元素含量)计算,对评价区大宗农作物 (南方水稻、北方小麦)重金属污染程度进行评价,对不同农作物的有害元素富集系数进行比较分析,从而有效地指导评价区农业结构调整和合理利用土地资源,对土壤污染治理提供地球化学依据。

3.3　生态系统安全性预警预测

生态系统安全性预警预测是区域生态地球化学评价的最终目的。通过对不同生态系统中污染物的年输入净增量研究、有害元素地球化学行为研究,对评价区生态系统安全性和发展趋势进行预警预测。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

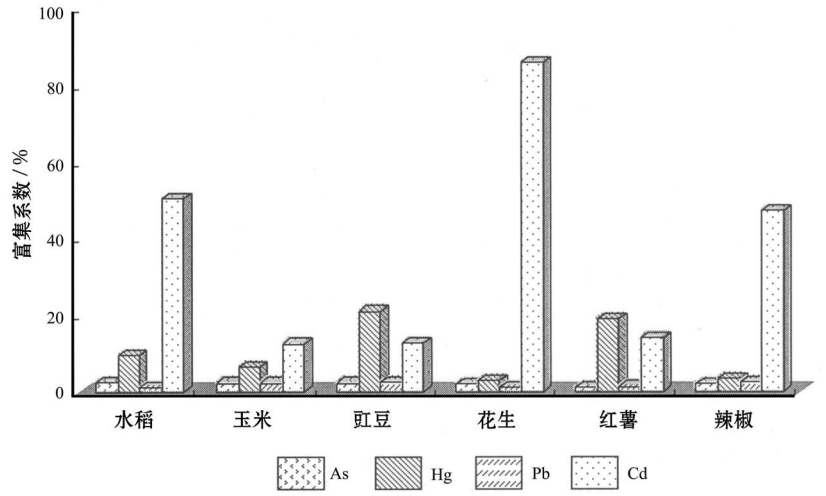


图 7 不同农作物 As, Hg, Pb和 Cd富集系数对比图

Fig 7 Enrichment coefficient of As, Hg, Pb and Cd in different kinds of crop

(1)农田生态系统

在农田生态系统中,影响系统安全性的主要因素有污染物总量累积超过环境容量,以及环境条件改变触发"化学定时炸弹"爆发。

图 8为成都地区农田生态系统 As, Hg, Pb和 Cd年输入输出总量直方图。从图中可以看出,以上 4种有害元素年净增量均为正值。考虑到作物秸秆还田和不还田两种情况, Cd, Hg, As和 Pb净增值变化范围分别为: 157.21～160.37g/亩[1)]·年、30.34～30.55 g/亩[1)]·年、888.37～893.86g/亩[1)]·年和 1 224.37～1 232.82g/亩[1)]·年。这些有害元素主要的输入途经为大气干湿沉降和施肥,主要输出途经为农作物收割。因此,通过对评价流域/区带有害元素输入通量的研究,就可以预测总量累积到危害生态系统安全性的时间及应该采取的有效防治措施。

土壤中元素的化学行为与其存在状态有密切关系,只有易被植物吸收的水溶态和可交换态才是对植物产生危害的有效含量,元素有效含量与总量的比值受土壤 pH值, CEC,质地,有机质等多种因素控制,特别是土壤的酸碱度是控制重金属的首要因素。通过系统分析土壤中重金属活化的触发因素,对由于土地使用方式改变、酸雨沉降、有机质减少等因素而出现的土地生态系统安全性问题提出预警。

(2)河流生态系统

河流生态系统是物质流动和能量交换的最活跃地带,通过对河漫滩沉积物垂向剖面系统采样,分析 Cd等有害元素含量,进行分层 ^{210}Pb和 ^{137}C定年,建立近百年来洪冲积物堆积速率及 Cd等有害元素变化趋势,结合河流上游地区工农业发展模式、矿山开采冶炼等人为活动对 Cd等有害元素迁移总量和搬

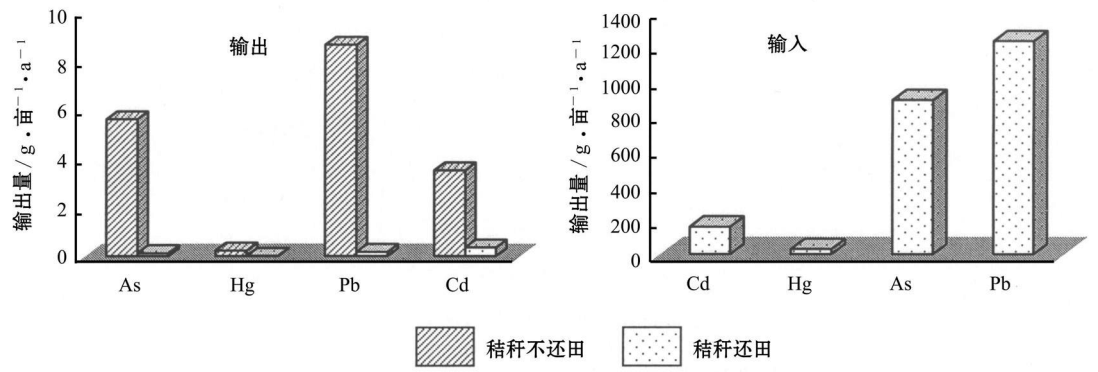


图 8 农田生态系统 As, Hg, Pb和 Cd年输入输出总量直方图

Fig 8 As, Hg, Pb and Cd input and output in agro-ecosystem

1) 1亩 = 666.6 m^2

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

运途经的影响,对未来河流生态系统的安全性进行预警预测。

(3)湖泊湿地生态系统

湖泊湿地沉积物蕴含了丰富的流域内环境质量变化的信息,通过无扰动沉积柱采样,进行逐层(1个样/1～2cm)有害元素、有机污染物分析及 ^{210}Pb 和 ^{137}Cs 定年,可以精确计算重金属、有机污染物的年沉积速率,重建过去100年来土壤污染的地球化学历史,并以此为基础预测未来的变化趋势。

对于一个底面积一定的湖泊而言,通过底积物的年沉积速率和底积物中化学污染物质的含量,就可计算出地表径流中化学污染物质的年输出速率和年输出量,结合汇水流域工农业发展规模和社会经济结构,进行湖泊生态系统对污染物吸附-解析平衡研究和环境质量变化趋势的预警。

4 结束语

多目标地球化学调查和评价是一项国家和流域层面上的战略性的环境质量调查工作,该项工作开创了勘查地球化学拓展研究领域的新局面。调查评价工作使地学与土壤学、农学、环境学、生态学等多学科有机结合,交叉融合产生的生态地球化学新学科代表了今后高精度、大流域开展环境质量调查和研究工作的新方向,是地球化学领域最有生命力的生长点。

区域生态地球化学评价是一项立足于环境质量调查结果基础上的工作,具有非常强的针对性和实用性。由于我国地理地貌景观多样、地质地球化学作用差异较大、人为活动干扰因素强烈,因此,不同生态系统环境特征、不同流域生态地球化学问题,应有相应的区域生态地球化学评价的方法技术。本文提出的区域生态地球化学评价的研究内容、方法技术主要是针对长江流域Cd等有害元素富集引起的流域生态地球化学问题而开展评价研究的工作思路,随着黄河流域、沿海经济带和东北经济区区域调查工作的不断深入,区域生态地球化学评价的思路会不断拓展、研究内容会更加充实、方法技术会逐步成熟。

区域生态地球化学评价是一项以土壤调查评价为基础、以生态系统安全性评估为核心、以物质在表层地球各系统迁移循环为主线、以理论探索和实际应用为主导的评价研究工作。该项工作可为从流域/区带尺度进行土壤—水体—大气—生物间的物质循环、不同层圈间的相互作用,以及海陆交互作用研究提供鉴戒,也可为丰富全球变化研究,如全球碳、氮循环积累研究素材和科学信息,推动地球整体行为科学的研究向前发展。

参考文献(References)

1 Ovchinnikov L N. Ecological Geochemistry (Vol. 6) ——Theory and Practice of Geochemical Exploration under Modern Conditions. Moscow: Inst Mineral, 1988. 1～241

2 Kasimov N S, Batoyan V V, Gavrilova I P *et al*. Regional ecological geochemical analysis of landscapes. In: Ovchinnikov L N ed. Ecological Geochemistry (Vol. 6)——Theory and Practice of Geochemical Exploration under Modern Conditions. Moscow: Inst Mineral, 1988. 46～47

3 奚小环. 生态地球化学与生态地球化学评价. 物探与化探, 2004, 28(1): 10～15
Xi Xiaohuan. Eco-geochemical research and eco-geochemical evalution. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 2004, 28(1): 10～15

4 Alexander G, Jane H. The Warning-response Problem and Missed Opportunities in Preventive Diplomacy, in Opportunities Missed, Opportunities Seized: Preventive Diplomacy in the Post-Cold War World. Lanham: Rowman & Littlefield Publisher Inc, 2000. 29～31

5 Stigliani W M. Global perspectives and risk assessment. In: Salomons W, Stigliani W M eds. Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments. Berlin: Springer, 1995. 331～343

6 Smits J G C, de Rooij N M. Mathematical modeling for assessment of soil pollution. In: Salomons W, Förstner U, Mader P eds. Heavy Metals: Problems and Solutions. Berlin: Springer, 1995. 101～116

7 de Mora S, Sheikholeslami M R, Wyse E *et al*. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, 48(1～2): 61～77

8 Rubio B, Nombela M A, Vilas F. Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): An assessment of metal pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 2000, 40(11): 968～980

9 王 云,魏复盛,杨国治等编著. 土壤环境元素化学. 北京:中国环境科学出版社, 1995. 58～69
Wang Yun, Wei Fusheng, Yang Guozhi *et al*. Elements Chemistry in Soil Environment. Beijing: China Environment Science Press, 1995. 58～69

10 成杭新,杨忠芳,奚小环等. 长江流域沿江镉异常示踪与追源的战略与战术. 第四纪研究, 2005, 25(3): 285～291
Cheng Hangxin, Yang Zhongfang, Xi Xiaohuan *et al*. Strategy and tactics for tracing and source tracking of Cd anomalies along the Changjiang River basin. *Quatemary Sciences*, 2005, 25(3): 285～291

11 金立新,唐金荣, 刘爱华等. 成都地区土壤硼元素含量及其养分管理建议. 第四纪研究, 2005, 25(3): 363～369
Jin Lixin, Tang Jinrong, Liu Aihua *et al*. Study of boron contents in soil and nutrient management suggestions from the Chengdu area, China. *Quatemary Sciences*, 2005, 25(3): 363～369

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

12 王世纪,吴小勇,刘军保. 浙北地区土壤硒元素特征及其生态环境效应评价. 中国地质, 2004, 31(增刊): 118～125
Wang Shiji, Wu Xiaoyong, Liu Junbao. Characteristics of elemental selenium in soils and evaluation of eco-environmental effects in Northern Zhejiang. *Geology in China*, 2004, 31(Suppl.): 118～125

13 郦逸根,董岩翔,郑 洁等. 浙江富硒土壤资源调查与评价. 第四纪研究, 2005, 25(3): 323～330
Li Yigen, Dong Yanxiang, Zheng Jie *et al*. Selenium: Abundant soil survey and assessment in Zhejiang. *Quaternary Sciences*, 2005, 25(3): 323～330

14 张恩仁,张 经. 长江河口悬浮物对几种金属吸附的 pH 效应. 海洋与湖沼, 2003, 34(3): 267～273
Zhang Enren, Zhang Jing. Effects of pH on adsorption of several metals to suspended sediment in the Changjiang River estuary. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2003, 34(3): 267～273

15 Zhang Jing. Heavy metal compositions of suspended sediments in the Changjiang (Yangtze River) estuary: Significance of riverine transport to the ocean. *Continental Shelf Research*, 1999, 19(12): 1 521～1 543

16 Gordeev V V, Rachold V, Vlasova I E. Geochemical behaviour of major and trace elements in suspended particulate material of the Irtysh River, the main tributary of the Ob River, Siberia. *Applied Geochemistry*, 2004, 19: 593～610

17 Shi Z. Behaviour of fine suspended sediment at the north passage of the Changjiang estuary, China. *Journal of Hydrology*, 2004, 293(1～4): 180～190

18 Che Yue, He Qing, Lin Weiqing. The distributions of particulate heavy metals and its indication to the transfer of sediments in the Changjiang estuary and Hangzhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 2003, 46(1): 123～131

THE CORE AND COUNTERMEASURES OF REGIONAL ECOLOGICAL GEOCHEMICAL ASSESSMENT

Yang Zhongfang[①] Xi Xiaohuan[②] Cheng Hangxin[③] Zhou Guohua[③] Chen Deyou[④] Zhang Jianxin[⑤]
Yuan Xiaojun[⑥] Feng Haiyan[①] Chen Jiawei[①] Liu Aihua[①] Tang Qifeng[①] Yu Tao[①]

(①School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083; ②China Geological Survey, Beijing 100011; ③Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000; ④Sichuan Province Geology Survey Institute, Chengdu 610081; ⑤Geological Institute of Hunan, Changsha 410008; ⑥Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018)

Abstract

Ecological geochemical assessment is not only a new academic subject, but also one of the interdisciplinary approach involving geology, agrology, agriculture, environment science and ecology *etc*. It is a new developing direction in the area of geochemistry. Based on regional geochemical survey, ecological geochemical assessment was carried out to assess the elementary abnormity which influences the valley/region ecosystem safety. Vast and precise geochemical data obtained by multi-purposes regional geochemical survey can supply the background value for environmental quality assessment, and provide geochemical base for soil quality and ecological management and protection. A series of elementary abnormity influencing ecological safety of drainage basin was also found in this survey. Furthermore, tracing elementary abnormity, discriminating the cause of formation, assessing the ecological efficiency, and forecasting and early warning on ecosystem safety and so on are going to be carried on for regional eco-geochemical assessment aimed at the trait of elementary abnormity distribution. In this paper, the results and conclusions of regional geochemical survey were summarized, and the sketch of regional geochemical assessment was introduced. The main problems and their countermeasures for regional eco-geochemical assessment were also discussed.

Key words regional ecological geochemical assessment, elementary abnormity tracing, ecological efficiency assessment, early warning on ecosystem safety

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net