

王济 著

贵阳市 表层土壤中的重金属

贵州人民出版社

贵阳市表层土壤中的重金属

王 济 著

贵州人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

贵阳市表层土壤中的重金属/王济著. — 贵阳:
贵州人民出版社, 2006. 12
ISBN 7-221-07559-X

I. 贵... II. 王... III. 土壤-重金属污染-研究-贵阳市
IV. ①S159.273.1②X53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 130244 号

贵阳市表层土壤中的重金属

王 济 著

出 版	贵州人民出版社(贵阳市中华北路 289 号)
责任编辑	彭 建 廖小安
封面设计	吴忠胜
印 刷	贵阳天济印刷厂
规 格	850 × 1168mm
开 本	32 开
印 张	8
字 数	200 千字
版 别	2006 年 12 月第 1 版
版 次	2006 年 12 月第 1 次印刷

书 号	ISBN7-221-07559-X/X·04
定 价	25.00 元

本著作获“贵州省自然科学基金(黔教科 2004111)”和“贵州师范大学科研启动费资助项目”联合资助,特此感谢。

**本著作获“贵州师范大学教材和学术
著作出版基金”资助,特此感谢。**

前 言

王 济

随着生活水平的逐渐提高,人们越来越关注生活质量、环境质量。那么吃的东西安全吗?用的东西环保吗?喝的东西健康吗?这些不仅是老百姓关心的民生问题,政府部门关注的问题,也是科研院所应该研究的问题。对一片农田,或者一片果园,它们生产出来的农产品是否安全?这里面包含许多问题,比如是否含有有毒、有害物质,有毒有害物质达到多少含量后开始影响人类健康?它们的来源是什么?又如基因改变的食物进入人体是否会影响人体安全,或者带来什么样的变化等等?这是一个很大的课题,是土壤、大气、地理、生物、医药、地球化学、工程等多学科研究的交叉领域。

本书就土壤中的重金属含量来开展研究。按照国家制定的《土壤环境质量标准(GB15618-1995)》中提到的8种重金属污染元素:砷、镉、铬、铜、汞、镍、铅、锌,以贵阳市为研究区域,开展研究。

全书以地统计学的手段确定贵阳市表层土壤中上述8种重金属元素的基线值、背景值与异常值的分界限和受人为影响的下限,进而按照国家规定的环境质量标准进行污染分析,并分析产

生这些污染的原因。

贵阳市重金属超标主要受自然界矿产(或母岩)的分布和长期的农事活动影响,由于土壤一旦受到重金属污染,治理将是一个长期的和困难的过程,本书建议对重金属超标地块进行合理利用,同时尽快制定与肥料相关的法律法规,保护未受污染的土地。另外掌握土壤环境中主要污染元素的背景状况,这是环境科学的一项基础工作,它不仅可以了解其含量、分布特征,为环境污染作出评价,而且可以对环境状况进行预测预报。背景值的研究在我国尚不全面、充分,还需继续开展工作。因此我们强烈建议将建立全国地球化学基线填图工作尽快提到日程上来,这样才能趋利避害,才能更合理地利用我们有限的国土资源,不断提高我国的可持续发展能力。

由于著者水平有限,书中疏误之处在所难免,恳请广大读者和同行专家学者批评指正。

目 录

前 言	王 济
第一章 环境地球化学基线及重金属污染的研究进展	(1)
第一节 环境地球化学基线研究进展	(1)
第二节 土壤重金属污染的研究进展	(9)
第二章 研究区域状况及取样、分析方法	(15)
第一节 研究区域状况	(15)
第二节 样品的采集和分析方法	(20)
第三章 污染元素的统计学分析及基线的确定	(27)
第一节 基线确定的方法	(27)
第二节 砷含量的统计分析及基线确定	(28)
第三节 镉含量的统计分析及基线确定	(33)
第四节 铬含量的统计分析及基线确定	(37)
第五节 铜含量的统计分析及基线确定	(41)
第六节 铅含量的统计分析及基线确定	(45)
第七节 汞含量的统计分析及基线确定	(50)
第八节 镍含量的统计分析及基线确定	(54)
第九节 锌含量的统计分析及基线确定	(58)
第十节 贵阳市表层土壤重金属污染元素两种方法计算的基线值比较	(61)

第十一节	贵阳市表层土壤部分重金属污染元素历史对比	(66)
第四章	污染元素地质累积指数和污染程度分析	(68)
第一节	地质累积指数和污染程度的定义	(68)
第二节	砷的污染参数分析	(71)
第三节	镉的污染参数分析	(74)
第四节	铬的污染参数分析	(76)
第五节	铜的污染参数分析	(79)
第六节	铅的污染参数分析	(82)
第七节	汞的污染参数分析	(85)
第八节	镍的污染参数分析	(88)
第九节	锌的污染参数分析	(91)
第十节	贵阳市表层土壤各种重金属污染元素污染参数的比较	(94)
第十一节	贵阳市表层土壤重金属元素污染综合分析	(96)
第五章	探析污染原因	(106)
第一节	贵阳市表层土壤重金属污染分布	(106)
第二节	贵阳市主要矿产分布	(116)
第三节	贵阳市表层土壤重金属污染原因	(124)
第四节	贵阳市表层土壤重金属污染元素之间的相关分析	(133)
第五节	贵阳市不同土壤类型下重金属污染元素的含量分布	(136)
第六节	贵阳市土壤母岩岩性与土壤类型之间的关系	(156)

第七节 对于贵阳市表层土壤利用的建议	(162)
第六章 结 论	(170)
第一节 主要结论	(170)
第二节 存在的问题及下一步工作设想	(174)
参考文献	(175)
附录 土壤环境质量标准	(198)
土壤质量 总砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分 光光度法	(205)
土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法	(211)
土壤质量 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法	(217)
土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法	(223)
土壤质量 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法	(229)
土壤质量 镍的测定 火焰原子吸收分光光度法	(237)

第一章 环境地球化学基线 及重金属污染的研究进展

第一节 环境地球化学基线的研究进展

一、环境地球化学基线的研究背景

环境地球化学基线研究与人类对环境问题的深刻认识是分不开的。世界范围内公众对环境问题越来越关注,尤其在那些具有较长的矿业、工业、密集型农业、林业及城市建筑历史的地区,一系列的开发活动使这些地区遭受了严重的污染和土地破坏(Fordyce 等,1998)。地面环境地球化学系统是地球基本生命支撑系统的基础,开展标准化的地球化学基线填图,以确定化学元素自然分布的空间变化,是了解地表环境污染及恶化程度、预测和监测全球环境变化的基础(Darnley,1998)。

公众的关注促使一些国家立法机构及国际委员会开始设定环境中化学元素的临界水平,低于该水平的物质被认为是安全的,高于该水平时就要采取补救措施。地球化学元素含量的自然变化常常被忽略或简化,对自然变化程度认识不足导致设定一些不符合实际的水平或难以达到的标准,从而引起不必要的恐慌和不必要的法律和经济损失。地球化学基线所要研究的正是上述化学元素在地表环境中浓度的自然变化。因此,开展地球化学基线研究是一项非常紧迫的任务(Fordyce 等,1998)。

“全球变化研究”和“全球地质对比计划研究”为地球化学基线研究提供了重要的科学背景。从 70 年代开始酝酿,80 年代初开始提出,80 年代中后期陆续实施,至 90 年代已形成一个前所未有的国际科学合作研究行动——全球变化研究计划(张志强,1997),该计划中地质环境与地球化学环境变化研究是重要的研究内容之一。

1972 年在瑞典斯德哥尔摩召开的“联合国人类环境大会”对全球环境的现状与可持续发展表示了关注,尽管人们普遍承认需要有更全面更可靠的能够描述自然环境的数据,监测和预测全球环境发展趋势及带来的后果,但仍倾向于把它置于比分析及模拟次要的地位。1992 年“联合国环境与发展大会”为地球化学基线研究提供了新的契机,该次大会清楚地表达了综合本底数据的重要性。随着对农业及土地使用给予的更大关注,地球化学基线填图及环境地球化学监测也得到了重视(Darnley 和 Plant,1998),该次会议的召开以及“21 世纪议程”的通过,使得环境问题倍受各国政府、科学界及公众的重视,这在客观上为全球环境地球化学基线研究创造了条件(Darnley,1997)。为动态监测全球环境变化,同时为制定全球性环境法规提供科学依据,全球地球化学基线调查及建立全球基线地球化学数据库的工作成为各国政府和科学界面临的共同课题,1996 年国际地球科学联合会批准成立了一个新的地球化学基线工作组,负责协调和组织相关的科学活动,并负责组织、协调建立全球地球化学基线数据库的工作(Darnley,1997、1998)。

各国也开展了一系列的全球性和区域性的地球化学基线研究,较有代表性的是欧洲的环境地球化学基线填图(Darnley,1997)。为配合全球地球化学研究,我国于 1992 年启动了“中国环境地球化学监控网络和全国动态地球化学填图”项目(成杭新等,1998),此后,在国土资源大调查中开展了“成都平原多目标地球化

学调查”项目(赵琦,2002)。

二、环境地球化学基线的研究进展

(一)环境地球化学基线的定义

环境地球化学基线(environmental geochemical baseline)一词出现在国际地质对比计划的国际地球化学填图项目(IGCP259)和全球地球化学基线项目(IGCP360)中,在国际地球化学填图计划中,环境地球化学基线的定义为:地球表层物质中化学物质(元素)浓度的自然变化(Salminen 和 Tarvainen, 1997)。但随着人们对环境地球化学基线问题研究的深入,其定义也不断明确:地球化学基线是将某一地区或数据集合作为参照时某一元素在特定物质中(土壤、沉积物、岩石)的自然丰度,并可以表述为区分地球化学背景和异常的单一的极限(Salminen, 2000)。

环境地球化学基线需要建立当前地球表层环境的状态档案,并提供监测环境变化的数据库。环境地球化学基线旨在确定矿物及化学元素的自然变化,以便与人类活动诱发的影响进行对比,同时也提供了地球化学的自然空间变异的定义。它既是为政策制定者制定环境问题政策提供依据,也是为了指导那些对环境问题感兴趣的公众(Damley, 1997)。

(二)环境地球化学基线的研究目标

从环境地球化学基线的定义可以看出,环境地球化学基线提供了对比及判别人为或者自然事件造成的环境扰动的标准,是人们对第一环境(自然环境)和第二环境(被扰动的自然环境)深刻认识的体现。地球化学基线研究探索的是环境的目前状态,并提供将来环境扰动的——不管是自然的还是人为的——对比标准或尺度。环境地球化学基线研究的总体目标是建立区域地表物质中化学元素的自然变化的数据库(信息)并据此评价自然的和

人为的环境影响,其中最重要的是评价人类开发前后化学物质浓度的变化及环境的演变(Chukwuma, 1996)。但不同国家、不同组织、不同地区进行的环境地球化学基线研究,其目标略有不同。

全球地球化学基线研究(IGCP360项目)的出发点是建立地球表层物质的地球化学基线数据库,为全球环境立法和制定全球环境标准提供基本参照,并以此监测全球环境变化。

美国黄石地区岩石、水系沉积物及水的基线地球化学研究的目标主要有三个(Chaffee等, 1997; Chaffee和Carlson, 1998; Chaffee和Miller, 1999)。

1. 评价黄石地区地壳结构和组成及其与黄石火山活动、古代及现代活动热液系统的关系。

2. 评价过去采矿活动对该区的环境影响。

3. 确定由人类活动引起的及自然地质作用引起的潜在有毒元素是否会进入宏观及微观食物链。

美国威斯康星北部的地球化学背景和基线研究的目标具体为:确定不同地理景观区和不同地质物质中化学元素的背景和基线信息,并用该信息精确评价自然和人为地球化学变化如何影响环境、野生生物及人类健康。

威尔士高分辨率水系水文地球化学基线填图主要以环境 and 经济目的为主,通过确定区域水环境地球化学基线,调查地形、地质及大气对环境状况的影响,并区分工业区、农业区、城市居住区以及军事发展过程中的环境影响(Simpson等, 1996)。

尽管不同国家、不同地区、不同的科学团体和组织开展地球化学基线研究的目标各有不同,但概括起来不外乎如下几种。

1. 以科学探索为目标,如地球化学基线的确定方法、影响因素研究等。

2. 以全球环境监测、预测为目标,如全球地球化学基线填图。

3. 环境 and 经济目标并重,如通过基线填图进行矿产勘察评

价、环境调查评价,如意大利撒丁尼亚的基线地球化学填图(Vivo等,1997)。

(三)基线与背景、丰度、容量、标准的区别

1. 基线与背景的区别

“环境背景值”这一概念最先由美国人 J.J. 康纳等人提出,其含义是:在不受污染的情况下,环境中水体、土壤、农作物、植物、大气及水生生物等,在自然界存在和发展的过程中,其本身固有的化学物质含量。它不受外界人为因素影响,反映了原有的面貌(王景华,1990)。地球化学背景代表不包括人类活动影响在内的自然物质中元素的浓度,与此相反,基线则代表在人类活动扰动地区一些地点及时测量的元素浓度,通常并不是真正的背景。由于人类活动影响范围广,所以背景通常比基线更难确定。也有学者将基线作为背景和异常的界限,即低于基线的部分作为地球化学背景,高于基线的部分作为地球化学异常(Siegel, 1995; 滕彦国, 2001)。

2. 基线与丰度的区别

元素的丰度是指化学元素在地球化学系统中的平均分布量。不同的自然体系元素有不同的分布,因而元素丰度又有地球丰度、地壳丰度、区域地壳丰度、岩石丰度(中国科学院地球化学研究所,1998)。在考查某一地质体内的化学元素的富集(贫化)情况时,往往将该地质体的元素丰度作为对比标准,在进行这样的处理时,该地质体的元素丰度反映的也是一种地球化学基线,当然使用元素丰度作为地球化学基线获得的元素富集(贫化)信息只是相对于该地质体而言,或者仅仅是相对于自身体系而言,往往不能揭示人类活动对该地质体系元素分布的扰动情况,因此,要确切了解人为活动对其的扰动情况,必须先确定地球化学基线。

3. 基线与容量的区别

土壤环境容量是指一定环境单元,一定时限内遵循环境质量

标准,既保证农产品产量和生物学质量,同时也不使环境污染时,土壤所能容纳污染物的最大负荷量(夏增禄,1986,1988)。显而易见,土壤环境容量既不是土壤背景和基线,也不是土壤环境标准。

4. 基线与标准的区别

土壤环境质量标准是依据法律手段规定的土壤中污染物的最高允许浓度指标值及相应的监测方法。在我国,土壤环境质量标准是依据《中华人民共和国环境保护法》制定的,其目标是防止土壤污染,保护生态环境,保障农林生产,维护人体健康。土壤环境质量标准是环境管理和监测部门实施环境管理和环境监测的法律依据。由于不同地区的地质条件、地球化学特征及人类活动特点不同,因此在研究土壤环境的人为扰动时环境标准无法代替基线。

(四)环境地球化学基线的影响因素

1. 地质背景

其对地球化学基线的影响主要表现为不同的岩石类型、不同的沉积环境及区域地球化学特征对地表物质中化学元素浓度的影响(Salminen 和 Gregorauskiene, 2000)。因此在研究土壤环境地球化学基线时应充分考虑上述因素的影响,尤其是成土母质和基岩的影响。

2. 样品类型

采集的地球化学基线样品不同,测定的基线也不同。区域地球化学研究中常采集土壤、水系沉积物、水系水等,由于这些样品本身物理结构和化学结构的差异,常会引起元素浓度的变化,尤其是采集的样品在区域上分布、下伏的基岩性质不均一时,对基线的影响更大。如 Salminen 和 Tarvainen(1997)研究了芬兰不同物质组成中元素的含量有较大的差异(表 1-1)。

此外,地球化学基线研究的是地球表层物质中化学元素是浓度变化,反映的是表生地球化学过程等自然作用与工农业生产等人类作用对化学元素浓度的影响,所以采样深度对地球化学基线

芬兰不同物质中元素的平均含量
(Salminen 和 Tarvainen, 1997)

	n	Ca (10^{-2})	Cu (10^{-6})	Ni (10^{-6})	S (10^{-6})	V (10^{-6})
土地	82060	1.8	20	24	144	68
黏土	66	1.1	59	56	340	136
水系沉积物 中的有机物	1268	0.6	12	14	1260	44
泥炭	641	0.2	55	3		6
腐殖质		0.29	8	6	1700	6

也会产生一定的影响。一般表层土壤受人类活动(尤其是耕作活动)的扰动较大,而深层土壤受人类活动的扰动较小。因此,在采集土壤深层(50~70cm)更多反映的是自然状况。Salminen 和 Gregorauskiene(2000)研究了不同土壤层位地球化学基线的差异,并指出:土壤的每一层均有其各自的地球化学基线,不同的矿物组成,不同的气候条件都会导致元素浓度(基线)发生变化(表1-2)。

立陶宛和芬兰北部 Kola 生态地球化学区土壤
不同层位的地球化学基线值

	n	Ca(10^{-2})		Mg(10^{-2})		Cu(10^{-6})	
		a	b	a	b	a	b
A 层	54	0.46	0.30	0.30	0.08	8	9.7
B 层	34	0.31		0.30		8	
C 层	50	0.42	1.93	0.46	1.04	9	10
D 层	63	1.93	2.18	0.95	1.15	13	16
	n	Ni(10^{-6})		Zn (10^{-6})		Pb (10^{-6})	
		a	b	a	b	a	b
A 层	54	9	9	32	46	470	930
B 层	34	10		26		220	
C 层	50	12	16	30	26	320	436
D 层	63	13	19	32	66	350	393

注:a 立陶宛,样品粒度 < 1.0mm

b 芬兰北部 Kola 生态地球化学区(Reimann 等, 1998),样品粒度 2.0mm