

南京地区多目标地球化学调查基本成果 及其相关问题初探

廖启林 吴新民 翁志华 朱伯万 潘永敏 陈宝金 洋

(江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

摘要:南京地区是长江三角洲第四系厚层覆盖区的一个典型代表,本文报道了该区开展多目标地球化学调查工作以来所取得的一些基本成果。认为本区采用-20 目的土壤样品筛分粒级、表层土壤取样深度定为 0~20 m、深层土壤取样深度定为-150 cm 以下及有关的采样密度试验结果都是切实可行的。发现南京地区局部表层土壤中存在两个重金属元素富集带,局部土壤中重金属元素的明显富集对有关农作物的安全性有直接影响。讨论了诸如怎样确定土壤中元素的背景值、如何检查评价环境地球化学异常、如何看待土壤中元素总含量及其有效态含量等具体问题,并提出了相关建议。

关键词:多目标地球化学调查;基本成果;相关问题;南京

中图分类号: P632⁺.1; P595 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2004)01-0070-08

21 世纪勘查地球化学将在解决人类资源与环境的重大问题上发挥巨大作用,区域地球化学调查应用于生态环境与农业地质研究方面的文献近 10 年来呈明显上升之势^[1-4]。自中国地质调查局组织实施新一轮国土资源大调查以来,以基础性和公益性为特色的,以服务于生态环境、农业、矿产资源、基础地质等多个领域为宗旨的多目标地球化学调查已先后在多个省区开展起来,像成都、江汉平原等地的多目标地球化学调查成果已公开发表^[5-6]。南京地区开展多目标地球化学调查也 2 年多了,作者现将本项工作的有关成果资料整理成此文予以发表,期望能为在新一轮国土资源大调查中占有重要地位且正蓬勃开展的多目标地球化学调查工作提供一点有用信息。

1 研究区概况

研究区位于长江三角洲顶端,主要由南京市及其周边地区构成,总面积大于 10 000 km²(图 1)。本区地貌以冲积平原和黄土垆岗为主,另有少部分低山丘陵。黄土垆岗标高一般 10~50 m,冲积平原标高一般为 0~10 m,全区最高峰紫金山标高 448 m。研究区内水系发育,河网纵横,湖泊与水库星罗棋布,交通便利。本区地处扬子准地台下扬子台褶带区,第四系覆盖区约占全区总面积的 75%,其最大覆盖厚度达 90 m。这

些广覆盖的第四系成因类型多种多样,中更新统为融冻泥流堆积,上更新统以风成为主,残坡-坡洪积次之,全新统则以冲积为主。浅表的第四系主要由全新统和上更新统构成,以水稻土、黄棕壤、潮土为研究区最主要的土壤分布类型。除了广为分布的第四系外,在本区之低山丘陵一带还发育有从震旦纪至中生代共 52 个组级单位的地层,其岩性主要为碳酸盐岩和碎屑岩,局部地段发育有中生代陆相火山岩及少量古近纪—新近纪火山岩。本区地处中国经济最发达的长江三角洲地区之核心地带,随着其工业化、城市化的快速发展,其地质与地球化学环境变化状况已引起社会各方面的极大关注,最近常有学者从不同角度探讨包括本区水土资源利用及其可持续发展在内的有关生态环境问题^[7-9]。

2 前期方法试验研究的基本成果

通过开展南京地区多目标地球化学调查的前期方法试验,取得了以下 2 方面的基本认识:

(1) 总结探索出一套开展区域环境地球化学调查的比较系统的方法技术。根据研究区土壤机械粒级组成特征、不同样品主要元素含量与土壤粒级变化的关系对比(图 2),发现不同粒级土壤的元素含量基本以-20 目为一转折点,之前元

收稿日期:2002-12-15; 改回日期:2003-08-18

基金项目:中国地质调查局国土资源大调查项目(20002010003096、200120130091)资助。

作者简介:廖启林,男,1964 生,博士,高级工程师,主要从事地球化学与矿床学专业;E-mail:liaoqilin64@jssmail.com.cn。

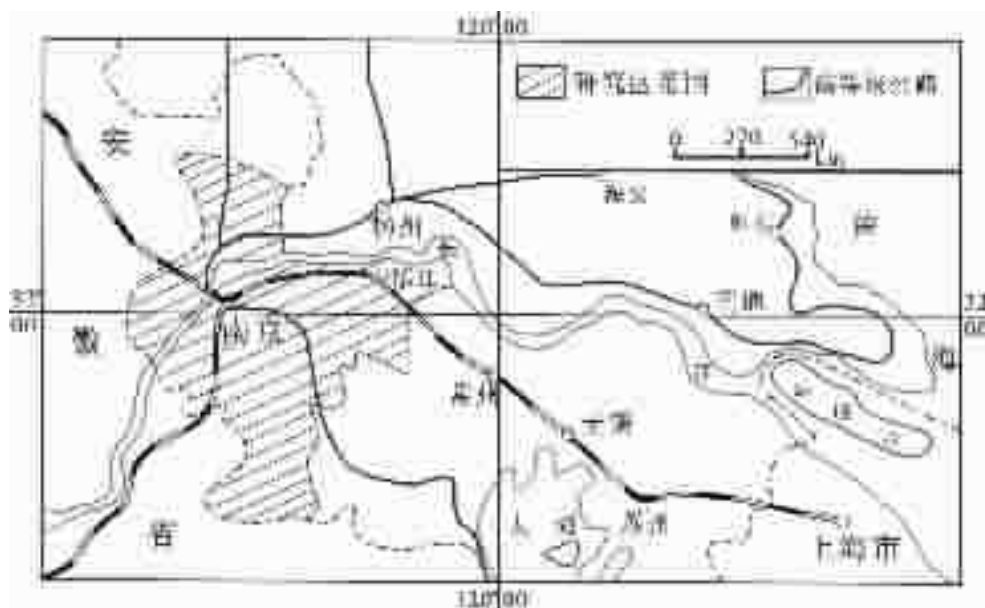


图 1 南京多目标地球化学研究区位置

Fig. 1 Location of multi-target geochemical study areas in Nanjing

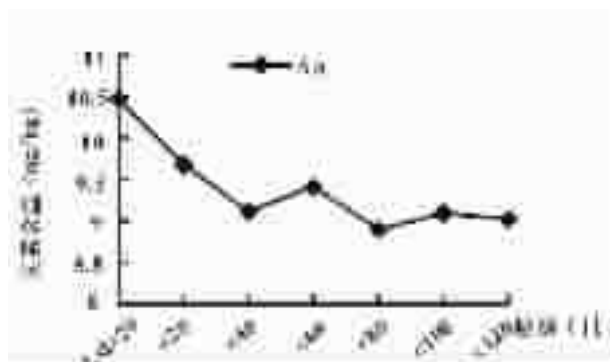
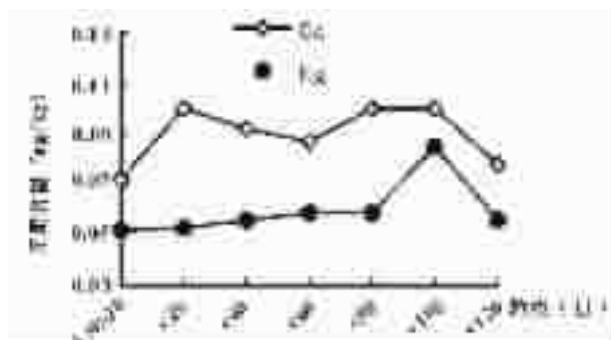


图 2 南京地区 LS1 号样品粒度试验元素含量曲线图

Fig. 2 Curve of element content vs. grain size of soil sample No.LS1 in the Nanjing area

素含量变化相对较大,自-20 目以下各粒级元素含量趋于稳定,因此可确定本区土壤的最佳筛分粒级为-20 目,此粒级既能剔除绝大部分草根、岩屑、原生矿物颗粒等,保证原始土壤样品的顺利采集,又能客观反映土壤样品的基本组成、保留样品内含的真实地球化学信息;根据对不同土壤深度剖面土层结构、元素在土壤剖面垂向上分布分配特征的对比研究(图 3),查明区内人类活动对土壤元素含量的最大影响深度为-120 cm、自-120 cm 深度以下土壤样品的元素含量变化趋于正常,综合考虑到长江三角洲地区工业化程度高的特点,确定第一环境(原生或自然环境,下同)的采样深度统一取自-150 cm 深度以下连续 50 cm 长的土样(柱),第二环境(人为成因或污染环境,余同)的采样深度统一取自地表 0~20 cm 深度的土样;根据不同采样密度地球化学场特征的变化结果,确定第二环境的采样密度按照 1:5 万地形图的方里网格 1 个

样/km²、4 个子样等权各组合成一件分析样是比较合理的;第一环境采用 1 个样/4 km² 的采样密度、单样分析能完整地反映出其原始地球化学场的基本信息,考虑到化验分析成本,将每 16 km² 的 4 个子样等权组合成一个分析样也不失为一种经济可行的办法。

(2)通过对大厂—八卦洲—南京市区这一由不同环境分布区构成的试点区(约 360 km²)的土壤地球化学测量(1 个样/4 km²),发现在南京城市生活区与大厂工业密集区之第二环境土壤中 As、Cd、Hg、Pb、Cu、Mo、Zn、Ni、Co、Cr 诸元素的富集系数(第二环境对第一环境之元素含量比值)可圈出连续成片的浓集中心,证实了在研究区内人类活动(工业生产、城市人口密集生活等)对上述包括有毒元素在内的各元素的地表相对富集有明显影响。在八卦洲这一农业区表层土壤(第二环境)中出现了 Cd、Cr、Ni、Co 等重金属元素的相对富

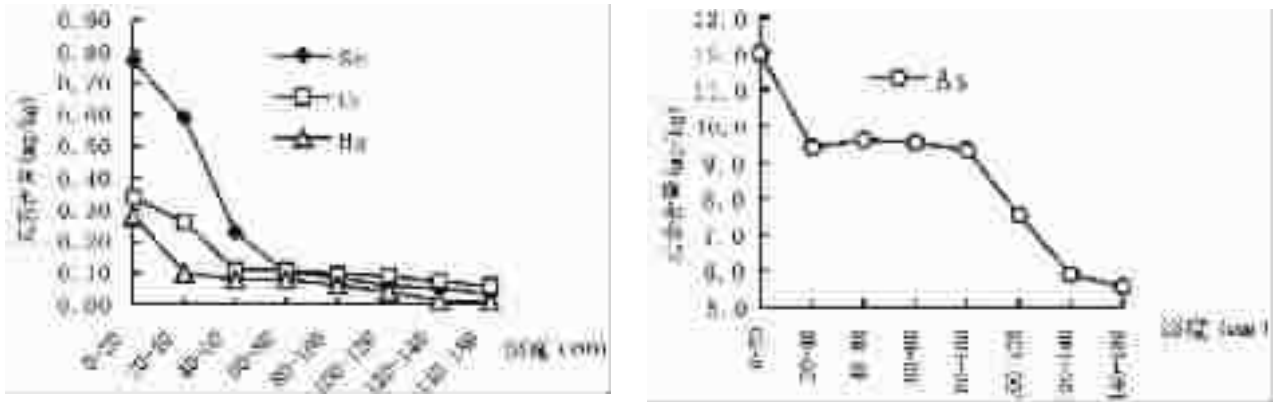


图3 南京地区 HS16 柱状土壤剖面元素深度含量变化图

Fig. 3 Variation of the element content and depth of the soil column of sample No. HS16 in the Nanjing area

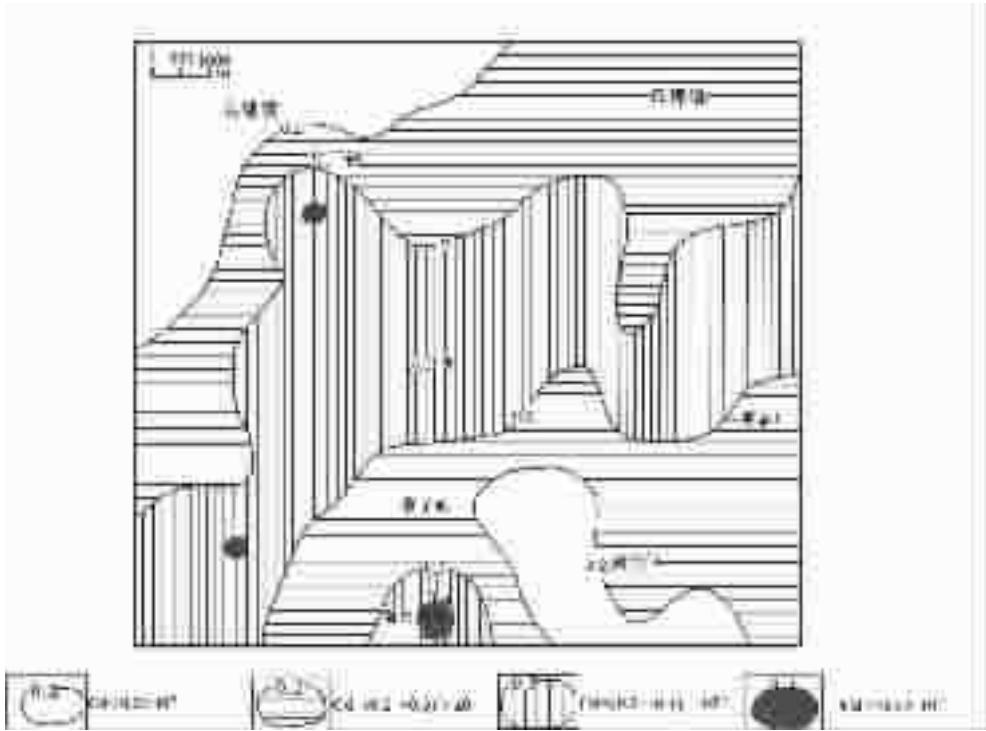


图4 大厂—南京市区面积性试点区表层土壤 Cd 元素地球化学图

Fig. 4 Cd geochemical map of topsoil in a trial area from Dachang Town to the urban area of Nanjing

集,以 Cd 在八卦洲一带的相对富集(Cd 含量 $\geq 0.3 \times 10^{-6}$)最为明显(图 4),经初步对比发现这一片土壤中的 Cd 等重金属元素的相对富集与区域背景有一定联系,证据之一就是这一带第一环境与第二环境土壤中上述元素的分布特征相近。

3 区域地球化学调查的初步进展

在上述方法试验研究的基础上,开展了南京市及其周边 1 万余平方千米的 1:25 万区域地球化学调查,通过对有关调查数据进行了初步整理与归纳后,目前已发现了 3 个值得重视的现象:

(1)通过对本区第一环境与第二环境土壤样品地球化学

特征值的对比(表 1),可看出 Br、Cd、Cl、Hg、Mo、N、P、Pb、S、Se、Sn、C 诸元素在第二环境土壤(表层)的平均含量远远高于其第一环境,其中 C、S、Hg、Se、N、Br、Cd 等 7 元素在表层土壤的平均含量比其深层土壤高出 0.76~4.90 倍,以 C 的表层土壤相对富集最为显著,之后依次为 S、Hg、Se、N、Br、Cd 各元素,反映了人类活动对本区土壤自然成分的改造是极其显著的,C、N、P、S、Cl、Br、Hg、Se、Cd、Sn、Pb 等元素在表层土壤的平均含量明显增高与人类的工农业生产具有密不可分的联系。此外发现 As、Co、Mn、Ni 元素的表层土壤平均含量略低于其深层土壤,其余各元素在表层土壤与深层土壤的平均含量基本一致。

表 1 南京地区 2 类环境土壤之部分元素地球化学参数统计/ 10^{-6}
Table 1 Geochemical parameters of some elements in two types of environmental soils in Nanjing

元 素	深层土壤 (-150cm 以下)			表层土壤 (0 ~ -20cm)			表层土壤均值 /深层土壤均值
	样品数	算术平均值	变异系数	样品数	算术平均值	变异系数	
As	640(1)	10.80	0.35	2602(98)	9.43	0.19	0.87
B	640	62.83	0.17	2602(11)	64.88	0.17	1.03
Ba	640	501.45	0.12	2602(64)	475.57	0.12	0.95
Bi	640	0.33	0.29	2602(54)	0.36	0.22	1.09
Br	640(97)	1.34	0.55	2602(63)	3.30	0.26	2.46
Cd	640(86)	0.091	0.45	2602(98)	0.16	0.50	1.76
Cl	640	52.70	0.40	2602(168)	66.09	0.27	1.25
Co	640	15.60	0.34	2602(47)	13.95	0.17	0.89
Cr	640	81.50	0.17	2602(76)	75.83	0.13	0.93
Cu	640	29.15	0.36	2602(132)	29.94	0.26	1.03
F	640	565.19	0.23	2602(51)	513.49	0.21	0.91
Hg	640(86)	0.025	0.42	2602(177)	0.09	0.56	3.60
Mn	640(17)	721.57	0.31	2602(55)	635.27	0.20	0.88
Mo	640(5)	0.54	0.39	2602(145)	0.61	0.31	1.13
N	640	466.70	0.48	2602(51)	1266.37	0.23	2.71
Ni	640	36.90	0.28	2602(51)	32.07	0.22	0.87
P	640(6)	454.89	0.42	2602(72)	659.50	0.30	1.45
Pb	640(1)	23.45	0.22	2602(127)	28.84	0.17	1.23
S	640(112)	55.24	0.43	2602(122)	296.09	0.35	5.36
Sb	640(4)	0.96	0.27	2602(118)	0.99	0.20	1.03
Se	640(109)	0.083	0.47	2602(128)	0.24	0.25	2.89
Sn	640	3.40	0.31	2602(404)	4.95	0.42	1.46
Sr	640	109.48	0.28	2602(66)	109.0	0.18	1.00
Th	640	15.21	0.14	2602(23)	15.44	0.12	1.02
Ti	640	5118.94	0.10	2602(119)	5071.5	0.06	0.99
U	640	2.60	0.16	2602(47)	2.51	0.12	0.97
V	640	98.48	0.15	2602(62)	89.31	0.14	0.91
Zn	640(2)	70.24	0.23	2602(86)	74.35	0.28	1.06
C%	640(140)	0.21	0.41	2602(83)	1.24	0.28	5.90

注:样品数栏“()”内数字为剔除的异常值样点数。

表 2 某些严重污染区土壤中代表性农产品的重金属元素含量/ 10^{-6}
Table 2 Contents (10^{-6}) of heavy metallic elements of some crops and vegetables
in soils of some seriously polluted areas in Nanjing

样品号	样品类型	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	As
植 1	稻谷	0.019	0.55	0.04	3.62	13.8	1.02	0.18
植 3	稻谷	0.021	0.70	0.21	3.21	12.6	6.42	0.40
植 4	稻谷	0.021	0.68	0.03	4.27	14.0	12.40	0.14
植 5	稻谷	0.024	0.74	0.02	4.25	13.8	9.36	0.29
植 6	稻谷	0.014	0.52	0.02	2.83	12.3	7.67	0.24
植 8	蔬菜(干重)	0.011	3.94	0.51	12.50	5.8	1.30	0.10
稻谷国家标准含量(≤)		0.020	0.40	0.20	10.00	50.0	1.00	0.70
蔬菜国家标准含量(≤)		0.010	0.20	0.05	10.00		0.50	0.50

注:(1)植 1、植 3、植 4、植 5、植 6 采自某片重金属元素严重污染(超标)的水稻种植区,植 8 采自一片土壤中 Cd 含量超标的蔬菜种植区;

(2)样品化验由原地质矿产部南京综合岩矿测试中心完成;

(3)稻谷国家标准含量与蔬菜国家标准含量据中华人民共和国国家标准 GB2762-94、GB14935-94、GB15201-94、GB15199-94、GB13106-91、GB14961-94、GB4810-94。

(2)在南京附近初步发现局部表层土壤中存在两个明显的重金属元素富集带,已构成相关土壤的重金属污染。第一个重金

金属元素富集带主要分布在人口密集的城镇地带,以 Hg、Cu、Pb、Zn、Cd 等元素为主,其 Hg 的局部富集范围最广,该重金属元素

富集带在几处城镇人口密集生活区形成了清晰的 Cu、Pb、Zn、Cd、Hg 等重金属元素的浓集中心,其组合地球化学异常呈一“亚铃”状;第二个重金属元素富集带主要沿长江两岸的冲积层分布、范围大,由 Cd、Cr、Ni、Co、Cu、Be 等元素组成,总体呈一碱性土壤环境($\text{pH}>7.5$),并同时伴有一系列元素的局部富集,其重金属元素的富集强度要明显弱于第一个带,该富集带深、浅层土壤部分重金属元素的分布分配特征接近,对这种大面积分布的与大江大河流域有关的以重金属元素为主的土壤地球化学异常的成因与影响,目前尚难于定论,但它们客观上是一种环境安全隐患、存在形成化学定时炸弹的威胁是可断定的。

(3) 通过对上述第一个重金属元素富集带局部严重污染土壤中所种植的有关农作物进行初步抽样调查,发现因所产土壤中重金属元素含量严重超标而出现了部分稻谷、个别蔬菜等农作物样品的 Pb、Cr、Hg、Cd 等重金属元素含量超标现象,其中个别农作物样品的 Cr、Hg 超标还相当明显(表 2)。此外还发现上述农产品产地土壤中 As 都没有出现超标现象,相应笔者所采集的 6 件农作物样品中也均无 As 的超标现象。这一初步的抽样调查结果可以说明这样一个基本问题,即:农业种植区表层土壤中重金属元素的局部富集对农产品的安全性具有直接的影响,土壤中重金属元素含量超标可能是导致其所生长植物出现重金属污染(含量超标)的一个非常重要的原因,在厚层覆盖区通过一定网度的系统土壤地球化学调查,可以获取一些有价值的关于重金属元素在有关农作物中分配与富集的信息,从而为农业生产提供有益的帮助。

4 问题与讨论

4.1 关于土壤中元素背景值的确定

开展以土壤为主要取样介质的多目标地球化学调查,一个重要目标任务就是确立调查区土壤中各元素的背景值(或基准值)。土壤环境中元素背景值是指一定区域内自然状态下未受人为污染影响的土壤中元素的正常含量^[9],土壤环境背景值的测定与研究是环境科学的一项基础工作,它能为土壤环境质量评价、污染趋势预测、元素在土壤中迁移转化规律的研究提供科学依据。为了确定土壤中元素的背景值,要尽量使样品减少环境污染的影响,还需对样品的分析数据做出必要的检验,以找出和剔除可能遭受污染的样品,保证所获得的背景值更符合实际。前人在研究南京地区土壤中元素的背景值时,曾指出本区土壤中重金属元素的背景值与元素含量的分布类型及成土母质有关^[10-11],算术平均值可以代表一个正态或接近样本的平均含量(背景值),而几何平均值可以代表一个对数正态或接近对数正态样本的背景值。将本次所得到的南京地区土壤中有关元素的平均含量(背景值)与前人所得到的相关数据做一简单对比(表 3),可发现在不同时期所得到的南京地区土壤中有关元素的背景值是有明显差异的,造成这种差异的具体原因目前还难以明晰,但可以肯定的是确定土壤中元素的背景值还有一些问题需做深入研

究,此外还发现本区土壤中 Pb、Cd、Hg、Cr、Ni、Co 等重金属元素的平均含量的确要明显高于全国土壤的背景值,不知在其他地区是否也存在这种类似的情形。大家都意识到确定土壤中元素的背景值很重要,但对于用什么方法获得、如何保证所获得的背景值尽可能接近真实状态等问题都还值得进一步探讨。就笔者现在所了解的信息而言,在确定一个地区土壤中元素的背景值时必须做到以下 3 点:1)在成功的方法试验基础上,确定自然(第一环境)土壤的采样深度,只有第一环境的土壤样品才能代表土壤的背景值,包括南京地区在内的长江中下游一带以-150cm 以下土壤样品求土壤中元素的背景值比较合适;2)在确保取到第一环境土壤样品的基础上,还要按一定的成土母质类型进行分类处理,并对各类样品的统计分析数据进行样本分布检验,服从正态分布的以算术平均值代表其背景值,服从对数正态分布的以几何平均值代表其背景值,对于因样品太少而无法判别其样本分布类型的,须适当加密取样,以确保所求得背景值的真实性。比如在南京地区,可以将样品划分成中酸性岩母质发育的土壤、砂岩发育的土壤、页岩发育的土壤、下蜀组粘土发育的土壤、长江冲积物土壤、碳酸盐岩发育的土壤、玄武岩发育的土壤等类型分别计算其背景值;3)对于像长江三角洲这类经济发达、人口高度密集的地区,最好能进行周期性的跟踪调查,检验一下此类地区土壤中元素的背景值在一定时期内是否发生了变异、是如何变异的?

4.2 关于土壤中元素的赋存状态

多目标地球化学调查在前期获得的是大量土壤中各元素含量的总量,而非元素在土壤中的有效态含量。农业与土壤学则更强调土壤中有关元素的有效态含量,即某一元素的一些特殊赋存状态的含量,因为像土壤中的 Pb、As、Cd、Hg 等毒性元素只有那部分“有效态”含量才能被植物吸收(比如 Cd 主要以离子态与配合态的水溶性镉存在,才被植物吸收)、从而对生命构成危害,像土壤中的营养元素 N、P、K 等,植物能吸收的也仅是那部分“有效态”含量、而不是完全取决于其元素总量。如何协调好这一矛盾呢?可以从以下 3 个角度来思考这个问题。其一是土壤中诸如 Pb、As、Cd、Hg、Cr、Ni、Co、Cu、Zn、Mo 等元素的总含量对于其所产农作物中相应重金属元素的含量是有直接影响的,蒋安定^[13]等最近在江苏宜兴市农田保护区研究受污染土壤中重金属 Pb 元素的总含量与其所生水稻糙米中 Pb 含量关系时发现:当土壤中总 Pb 含量 $<200 \text{ mg/kg}$ 时,其糙米中 Pb 含量变化不是太明显;当土壤中总 Pb 含量 $>200 \text{ mg/kg}$ 时,糙米中 Pb 含量增加速率明显加快。另外作者此次在南京地区也发现:土壤中 Pb、Cd、Hg、Cr 等元素含量超标,而其所生长的有关农作物中上述元素也(明显)超标,相反 As 在土壤中含量未超标,而 As 在上述有关农作物中也无一个样品超标(表 2)。这些均可证明土壤中一些重金属元素的总含量对有关农产品的安全性有直接影响;其二是土壤中一些有害元素的赋存状态是可以相互转化的,那些暂时无法释放出来没被植物吸收的那

表 3 南京地区土壤中不同年代有关元素平均含量(背景值)比较/ 10^{-6}
Table 3 Mean contents (10^{-6}) of relevant elements in soil from different years in Nanjing

年代	Pb	Cd	Ni	Hg	Cr	As	Co	资料来源
1982 年	20.2	0.44	30.5	0.065	60.7	8.43	14.9	文献[10]
1990 年	28.28	0.35	29.19	0.164	58.23	10.76	10.71	江苏农林厅 ^①
2002 年表层土(0~20cm)	36.5	0.27	34.9	0.16	75.1	13.2	14.5	本文
2002 年深层土(-120cm 以下)	31.68	0.21	36.81	0.083	78.25	9.24	15.28	
中国土壤几何均值(1994)	23.6	0.074	23.4	0.040	53.9	9.2	11.2	文献[12]
中国土壤算术均值(1994)	26.0	0.097	26.9	0.065	61.0	11.2	12.7	

部分有害物质(元素),可能会因土壤物理化学条件的改变(如 pH、Eh 值改变)、耕作方式的改变、周围其他环境的变化等而变成“有效态”以至危及生命,即存在一个“化学定时炸弹”问题^[4]。土壤中诸如 Pb、As、Cd、Hg 等毒性元素总量超标本身就是一种“化学定时炸弹”,不论这些元素以何状态赋存在土壤中,查清其在土壤中的总含量就是一份很有价值的工作;其三是,尽管土壤中各元素的总量也是很重要的资料,但就多目标地球化学调查要尽可能多地为生态环境、农业生产等领域提供地学支持而言,本项调查的确应该在查清土壤中元素总量的同时,还应在查清那些重要元素的赋存状态上有所作为,这一点也正是传统地质工作者在此多目标地球化学调查的新阶段要重点加强与多做探索的地方。

4.3 关于环境地球化学异常检查与评价

既然是区域地球化学调查,必然要涉及到地球化学异常的检查与评价问题,多目标地球化学调查自然也不能例外。就像南京地区这类受工业化与城市化影响显著、第四系后层覆盖区占主导地位的多目标地球化学调查项目而言,为生态环境及农业生产服务无疑是该项目一个最主要的立足点,找矿不是此类项目的重点,此类项目的异常检查与评价理当以环境地球化学异常为主。环境地球化学异常的检查评价与利用地球化学异常找矿的检查评价是有很大不同的。以区域地球化学调查的 Pb 异常检查评价为例,就找矿而言,在前期若发现了一处有价值的 Pb 异常,并初判其为一矿致异常,据此异常将 Pb(Zn)矿(化)找到,应该说传统(找矿)的异常检查评价任务就算很圆满完成了,其主要目标也相应实现了。但就环境地球化学的异常检查评价而言,若发现了一片 Pb 异常,再将其异常源找出来是远不够的,因为环境上最关心的是这些土壤中存在的 Pb 异常(污染)的危害性及如何消除这些危害,简言之,环境地球化学异常的检查评价要重点解决生态环境效应与污染清除问题。国内目前关于多目标地球化学调查中的环境地球化学异常检查与评价还没有系统的规范可循,据笔者的经验而论,对环境地球化学异常的检查评价至少应注重以下问题:

(1)有害元素的环境效应,即有害元素的污染程度与范围的科学评估。在 1:25 万区域地球化学调查阶段,按 1 个样/

km^2 的采样密度,4 km^2 等权组合成一个分析样所圈出的异常范围有时是相当大的,如笔者这次在南京地区就圈出了大片的重金属元素相对富集区,指示了局部的土壤被污染范围。但这些重金属元素正异常目前只能起到战略性的示踪作用,如果进行加密取样后其异常的形态与范围可能就变了,只有用适当的采样密度控制的土壤污染区及其中污染元素的强度才算是比较可靠真实的。在以适当的加密取样查证异常时,分析指标可尽量减少、有针对性地分析某一部分相关指标就行了。

(2)环境地球化学异常的形成机制。传统(找矿)的地球化学异常检查评价也要查明异常的形成机制,不过因环境地球化学异常以表(或外)生成因为主,对于其形成机制的研究当与内生地球化学异常有所不同。在研究环境地球化学异常的形成机制时,要更偏重于对异常区土壤中有关元素赋存状态的调查,要设法弄清相关元素在大气-水-土壤-岩石-生物(尤其植物)间的循环与分布分配规律,要查清人类活动是以什么方式或途径影响元素的表生地球化学行为的。

(3)污染环境对生命的影响与危害。一旦发现土壤中有毒元素超标,就要对这片土壤中所生长的植物、尤其是主要农作物进行比较系统的跟踪调查,查清污染物是否已从土壤转移到植物中、进而通过食物链危及人体及其他动物。为了资料解释的系统性与全面性,可适当开展污染土壤与未污染土壤中同类农作物或植物的对比研究、同一污染土壤中有关植物的超标元素与未超标元素的对比研究。

(4)环境污染的修复,即如何消除土壤中的污染。这项工作当地政府最为关注,也是对于传统地质人员而言最为困难的。目前国内对污染土壤的修复治理主要采用一些物理、化学、生物及其相互组合的工程修复方法,像控制污染物的排放、添加抑制剂、增施有机肥及矿物原料以改善土壤质地、改变耕种方式、深耕与换土等都是比较常用的方法^[5]。目前国外已有通过变更种植作物导致土壤中营养元素重新分配,以达到合理利用土地资源的实例,如油料作物对元素 K 的吸收远大于一般农作物,可以通过由种谷物改为种油料作物来使土壤中富集的多余的 K 尽量被农作物吸收,从而降低土壤中 K 元素的含量^[6]。就理论上而言,土壤中富集的某些污染元素也

① 江苏省农业环境质量报告书. 江苏省农林厅、江苏省环保局编制,1990.

可以通过改种能针对性吸收此类污染元素的农作物或植物,从而达到降低与消除有关污染元素的目的,但找到合适的能大量吸收一些污染元素的植物是关键,需要在实际工作中做大量而艰苦的探索。就类似于南京这类地区的多目标地球化学项目而言,应在改换耕种方式或作物类型、添加粘土矿物以改善土壤质地等方面多做些有益的探索。

5 结 论

(1)通过对南京这类第四系厚层覆盖区占主体地区的区域环境地球化学调查的系统方法试验研究,所总结出的以“双层土壤取样”(表层取样深度定为0~20 cm、深层取样深度定为-150 cm以下)、-20目的土样筛分粒级、表层按1个样/ 4 km^2 的采样密度及 4 km^2 等量组合成一个分析样、深层按1个样/ 4 km^2 的密度采样及用每 16 km^2 的4个子样等权组合为1个分析样等为主要标志的方法技术对于在本区开展1:25万多目标地球化学调查是可行的,这套方法技术可在长江中下游地区推广使用。

(2)通过对南京地区部分范围1:25万区域地球化学调查资料的初步归纳整理,发现在本区表层土壤中存在两个明显的重金属元素相对富集区,其中沿长江冲积层分布的重金属元素相对富集区为一处规模巨大的战略性环境地球化学异常,而沿南京市附近一些城镇分布的重金属元素富集带则主要由人类活动引起。部分被严重污染地段的土壤中所富集的重金属元素已影响到植物,导致了其部分农产品中个别重金属元素含量明显超标。

(3)作为一项基础性、公益性、战略性的地质调查工作,1:25万多目标地球化学调查项目可以在类似于长江三角洲这类厚层覆盖区的生态环境质量评价、为农业生产服务、为基础地质研究提供新的信息方面发挥出巨大而显著的作用。对于这类厚层覆盖区土壤中元素背景值如何确定、如何检查评价其环境地球化学异常、如何使多目标地球化学调查的成果更多更直接地为地方经济建设尤其是农业生产服务等问题,都还有待地学研究人员在进一步的实践中去深入探索与系统总结。

参考文献 (References):

- [1] 谢学锦. 进入21世纪的勘查地球化学[J]. 中国地质, 2001, 28(4): 11~18.
Xie Xuejing. Exploration geochemistry into 21st century[J]. Geology in China, 2001, 28(4): 11~18(in Chinese).
- [2] Appleton J D, Ridgway J. Regional geochemical mapping in developing countries and its application to environmental studies[J]. Applied Geochemistry, 1993, (2): 103~110.
- [3] 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.
Yang Zhongfang, Chen Yuelong, Wang Mingqi, et al. The status of international geochemical mapping and suggestions to Chinese mapping[J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17(6): 826~832(in Chi-

nese with English abstract).

- [4] 葛晓立, 吴锡生. 黑龙江省农业地球化学初步研究[J]. 物探与化探, 1996, 20(1): 40~48.
Ge Xiaoli, Wu Xisheng. A preliminary study of agrogeochemistry of Helongjiang Province[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 1996, 20(1): 40~48(in Chinese with English abstract).
- [5] 张德存, 张宏泰. 江汉平原多目标地球化学调查主要成果与意义[J]. 中国地质, 2001, 28(12): 1~4.
Zhang Decun, Zhang Hongtai. Main results and significance of multi-purpose geochemical survey in the Jianghan Plain [J]. Geology in China, 2001, 28(12): 1~4(in Chinese).
- [6] 赵琦. 成都市多目标地球化学调查和双层采样的效果[J]. 中国地质, 2002, 29(2): 186~191.
Zhao Qi. Multi-target geochemical survey and results of double-layer sampling in Chengdu City[J]. Geology in China, 2002, 29(2): 186~191(in Chinese with English abstract).
- [7] 陈杰, 陈晶中, 檀满枝. 城市化对周边资源与环境的影响[J]. 中国人口资源与环境, 2002, 12(2): 70~74.
Chen Jie, Chen Jingzhong, Tan Manzhi. Impact of urbanization on soil resources and environment of surrounding area [J]. Chinese Population, Resources and Environment, 2002, 12 (2): 70~74(in Chinese with English abstract).
- [8] 蔡述明, 杜耘, 曾艳红. 长江中下游水土环境的主要问题及其对策[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 564~568.
Cai Shuming, Du Yun, Zeng Yanhong. Main problems of the water and soil environment in the middle and lower reaches of Yangtze River and possible countermeasures[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2002, 11(6): 564~568(in Chinese with English abstract).
- [9] 刘本桐, 薛纪渝, 王华东. 环境学概论[M]. 第二版. 北京: 高等教育出版社, 1995. 109~143.
Liu Bentong, Xue Jiyu, Wang Huadong. Generality of Environment Sciences[M]. 2nd edition. Beijing: Higher Education Press, 1995. 109~143(in Chinese).
- [10] 唐诵六. 南京地区土壤中重金属浓度的概率分布[A]. 见: 刘卓澄编. 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法[C]. 北京: 科学出版社, 1982. 9~15.
Tang Yongliu. Probability distribution of content of heavy metals in soils in Nanjing Area [A]. In: Liu Zhuocheng (ed.). Natural Background Value of Elements in Environment and Its Research Methods[C]. Beijing: Science Press, 1982. 9~15(in Chinese).
- [11] 杨学义. 南京地区土壤背景值与母质的关系[A]. 见: 刘卓澄编. 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法[C]. 北京: 科学出版社, 1982. 16~20.
Yang Xueyi. Relationship between soil background values and their parent materials in Nanjing [A]. In: Liu Zhuocheng (ed.). Natural Background Value of Elements in Environment and Its Research Methods[C]. Beijing: Science Press, 1982. 16~20.
- [12] 赵振华. 微量元素地球化学原理[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 181.
Zhao Zhenhua. Geochemical Principles of Trace Elements[M]. Bei-

- jing :Science Press, 1997.181(in Chinese).
- [13] 蒋定安,汤旭东. 宜兴市农田保护区重金属铅污染状况研究[J]. 土壤, 2002, (3):156~159.
Jiang Dingan, Tang Xudong. Polluted status for heavy metallic element Pb of conservative cultivated land in the Yixing City Jiangsu Province[J]. Soil, 2002, (3):156~159(in Chinese).
- [14] 严光生,谢学锦. “化学定时炸弹”与可持续发展[J]. 中国地质, 2001, 28(1) :13~18.
Yan Guangsheng, Xie Xuejing. Chemical time bomb and Chinese environment for sustainable development [J]. Geology in China, 2001, 28(1):3~18(in Chinese).
- [15] 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. 206~228.
Yang Zhongfang, Zhu li, Chen Yuelong. Modern Environmental Geochemistry [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999. 206~228(in Chinese).
- [16] Shrotriyo G C. Fertiliser promotion in fruit and vegetable crops [J]. Fertiliser Marketing News, FAI, 2000, 31(8) .

Basic results of multi-target geochemical survey in the Nanjing area and its relevant problems

LIAO Qi-lin, Wu Xin-min, WENG Zhi-hua, ZHU Bai-wan,

PAN Yong-min, CHEN Bao, JIN Yang

(*Jiangsu Institute of Geological Survey, Nanjing 210018, Jiangsu, China*)

Abstract: The Nanjing area is a typical representative of the very thick Quaternary cover areas in the Yangtze River delta. This paper reports some basic results obtained since multi-target geochemical survey has been carried out in the area. Through experiments, some key technical criteria and requirements have been worked out and generalized. The authors think that it is feasible to take samples from topsoil at a depth of 0 to 20 cm and deep soil at a depth of ≤ 150 cm respectively, use the - 20 mesh fraction of soil and adopt sampling densities of one sample per square kilometer for topsoil and one sample per 4 square kilometers for deep soil. Two belts polluted by some heavy metallic elements exist in topsoil in the Nanjing areas, and marked enrichment of heavy metallic elements in topsoil has direct influence on the safety of crops and vegetables in the study area. At last, the authors discuss a number of questions as to how to determine the geochemical background values in studied soils, how to examine and appraise environmental geochemical anomalies and how to treat the relationship between the total content of some elements and their effective concentrations in topsoil and so on, and propose relevant suggestions.

Key words: multi-target geochemical survey; basic results; relevant problems; Nanjing