

## \* 鲁西北覆盖区生态地球化学调查方法与技术探讨

庞绪贵<sup>1</sup>, 姜相洪<sup>2</sup>, 季顺乐<sup>1</sup>, 王存龙<sup>1</sup>, 杨海霞<sup>2</sup>

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013 2. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

**摘要** :为促进鲁西北地区经济发展, 查清该区生态地球化学环境, 迫切需要开展生态地球化学调查。鲁西北覆盖区生态地球化学调查, 以区域地球化学方法为主体, 结合土壤地质、第四纪地质、水文地质、灾害地质、地球物理、遥感地质、计算机技术等多学科研究方法, 对该区的区域农业、城市、主要名特优产区、主要地方病流行区等地域的生态地球化学环境进行评价, 建立鲁西北覆盖区多层次生态地球化学信息系统, 为山东经济可持续发展提供区域生态地球化学方面的依据。

**关键词** :生态地球化学调查, 营养元素, 方法技术, 生态环境, 信息系统, 覆盖区, 鲁西北地区

**中图分类号** :P596 ;P594+.2 **文献标识码** :A

## 0 引言

山东省西部及北部第四系覆盖区既是山东高效农业区, 又是新兴的旅游区和工业基地, 是我国油气及煤炭的重要产区之一。近年来, 随着人口、资源、环境之间的矛盾日益突出, 生态环境不断恶化, 出现了水资源短缺、环境污染、水土流失、土壤盐渍化、地面沉降、海水入侵等生态环境问题, 破坏了人类赖以生存的环境, 影响社会和经济的可持续发展。为此, 开展生态地球化学调查, 研究与人类生存密切相关的生态系统及其对人类生存影响, 预测其发生发展趋势, 提出科学合理的对策, 遏制生态环境恶化势头, 为社会和经济可持续发展服务。

生态学是研究生物及环境间相互关系的科学<sup>[1]</sup>。这里所说的生物, 包括动物、植物、微生物及人类本身, 即不同的生物系统; 而环境, 则指生物生活中的无机因素、生物因素和人类社会共同构成的环境系统。环境科学是运用自然科学和社会科学的有关学科的理论、技术和方法来研究环境质量及其控制和改善为目的的综合性新学科<sup>[2]</sup>。由于学科的相互渗透和交叉, 在环境科学领域内已形成隶属于自然科学、社会科学和自然科学与社会科学交叉结合的许多分支学科。

生态地球化学是研究地球表层与生物群落(包

括人类)生存密切相关的生态系统的化学组成、化学作用和化学演化及对生物群落生存影响的新兴学科, 是地球化学与环境科学、生态学相互渗透而产生的一门边缘学科。其研究对象为地球表层与人类生存密切相关的植物、动物等生命物质及其生存环境。生态地球化学的主要任务是研究自然作用和人类活动对生态系统的化学组成、结构及功能产生影响的程度。它从生态系统的整体性和相互依存性的观点出发, 将生物体及其生存环境联系起来, 以地球化学的原理和方法为基础, 综合研究化学元素或同位素及化合物在土壤—水体—大气—动植物—人体内的地球化学行为, 揭示自然作用和人为活动干扰下区域生态环境变化的规律和发展趋势, 即用元素或同位素之“微”, 揭示生命生存环境之“著”。为环境污染治理、土壤合理利用、绿色农业生产、城镇发展规划、人类健康、生态屏障建设和区域可持续发展服务。鲁西北覆盖区生态地球化学调查课题正是为实现上述目标提出来的。

## 1 区域地理与地质概况

调查区位于山东省西部及北部(图1), 黄河下游地区。地理坐标为: 东经 115°15′~119°14′, 北纬 35°00′~38°03′, 面积约 42 000 km<sup>2</sup>。气候属暖温带大陆型季风区, 年平均气温 13℃, 年平均降水量

\*收稿日期: 2003-01-09, 修订日期: 2003-03-15, 编辑: 张天祯

作者简介: 庞绪贵(1962-), 男, 山东五莲人, 研究员, 从事地球物理地球化学勘查技术应用研究和管理工作的。

615mm。区内水系发育,黄河沿西南向东北贯穿,对沿途浅层地下水有很强的补给作用。京杭大运河自南四湖入调查区,向西北经济宁、穿黄河至聊城西北的临清汇入卫运河。小清河自济南向东北流经邹平、高青、桓台、博兴、广饶至寿光北入莱州湾。

调查区位于华北板块的东南部,包括华北拗陷(山东部分)和鲁西隆起2个二级构造单元。自中生代末期(特别是新生代喜马拉雅运动)以来,以沉降为主的地壳运动,使区域内的新太古代—中生代地层之上,接受了巨厚的古近纪—新近纪沉积,并为厚度不等的第四纪沉积物所覆盖。在调查区的南部及东部边缘地区不连续地分布有古生代和中生代地层。区内第四系沉积物以黄河冲积物为主,沉积厚度多在180~340m间,沉积物来源除南部和西部边缘部分地带与山前基岩有一定联系外,大部分地区第四纪沉积物物源复杂,与其下的基岩没有成因联系。

区内土壤为黄河冲积母质发育而成,与其他地区相比,土壤类型较简单,主要有潮土、脱潮土、盐化潮土、砂姜黑土、滨海盐土、水稻土、褐土、潮褐土、草甸盐土、冲积土等10个亚类<sup>[1]</sup>。

## 2 生态地球化学调查的基本内容

鲁西北覆盖区开展生态地球化学调查的基本内容包括:生态系统中各环境要素化学组成的自然本底和现时含量;自然作用和人类活动干预下生态系统主要环境要素的化学组成、结构功能变化及其对动植物生长发育的影响;“地球化学灾害”形成过程、触发因素及调控与治理对策;建立生态地球化学模型。其中为农业服务是生态地球化学调查的重要内容和目标<sup>[1]</sup>。

## 3 生态地球化学调查方法与技术

鲁西北覆盖区生态地球化学调查方法是以区域地球化学方法为主体,结合区域第四纪地质、水文地质、灾害地质、地球物理、遥感地质等综合调查和计算机技术。在学科组合上以地球化学为基础,生态学为主线,结合环境学、农学、林学、流行病学等相关学科,对地球表层与人类健康密切相关的生物体和

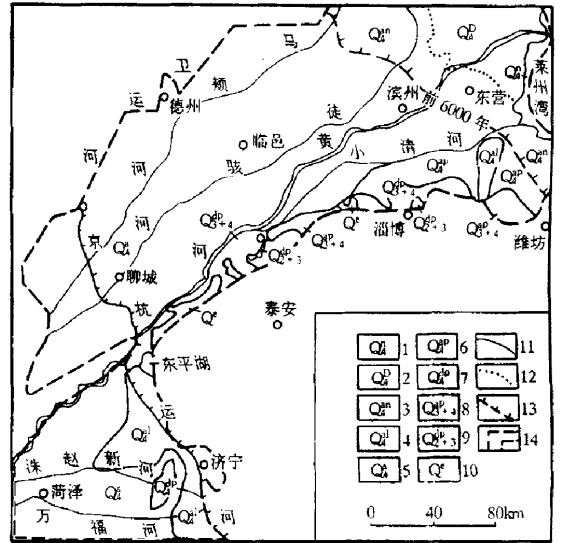


图1 鲁西北覆盖区第四纪地质略图

1—海积层 2—三角洲沉积层 3—冲积海积层 4—冲积湖积层 5—冲积层 6—冲积洪积层 7—坡积洪积层 8—冲积洪积层(晚更新世与全新世未分) 9—坡积洪积层(中更新世与晚更新世未分) 10—残积层 11—地质界线 12—三角洲界线 13—古海岸线;

14—调查区范围

生态环境进行综合研究和评价。

### 3.1 区域生态地球化学基础调查

鲁西北覆盖区区域生态地球化学基础调查目的是查明土壤和水体中元素及相关地球化学指标的含量和分布,以及主要地质体(岩石)、土壤、水体、植物中的相关化学元素的分布特征。包括多目标地球化学、水环境地球化学、遥感地质调查。

#### 3.1.1 多目标地球化学调查<sup>①</sup>

查明鲁西北地区元素全量和有效态指标的区域分布,圈定有毒有害元素和适宜农作物生长的营养元素及有益元素分布,选择有代表性的地球化学异常进行查证。

(1)土壤第I环境的地球化学背景调查。为确定土壤中元素及相关地球化学指标的基准值,系统采集地表下1.5~2.0m深度的土壤样品,采样位置选在农田、菜地、果园、林地、岸坡地等处,居民地采样时,应避免新近搬运的堆积土、垃圾土和明显污染

① 中国地质调查局, VDD2002V, 覆盖区多目标地球化学调查暂行规定 2002年。

的土壤。采样密度为1点4 km<sup>2</sup>,每16 km<sup>2</sup>组合成一个样,分析Ag等52种元素或氧化物的全量以及pH值和有机质等54项指标。

Q)土壤第II环境的地球化学调查。查明表层土壤中元素全量和有效态量及相关地球化学指标的含量分布和分散富集特征,系统采集地表0~20 cm第II环境的土壤样品,全量样采集密度1点1 km<sup>2</sup>,每4 km<sup>2</sup>组合成一个样;有效态1点4 km<sup>2</sup>,16 km<sup>2</sup>组合成一个样。全量分析Ag等52种元素或氧化物以及pH值和有机质共54项指标,有效态分析N、P、K等11项指标。

G)地球化学异常查证。确定地球化学异常范围,追踪异常源,初步评价其在生态环境、基础地质、矿产资源调查等方面的意义,重点对不同生态区进行异常查证。在计算机成图基础上,对异常进行筛选和确认,选择污染元素、有毒有害元素高含量区,植物营养及有益元素高、低含量区,矿化指示元素异常区及某些特殊景观环境指示元素分布区。

查证方法:采用实地调查、加密采样和横穿异常布置土壤剖面,重点采集土壤剖面样品,根据异常特征,适当采集部分水、植物、动物样。样品分析项目依据异常元素的分布来确定,包括污染元素、农作物有益有害元素等。动植物样品分析增加糖度、酸度、可溶性固形物、固酸比、粗蛋白质以及有机污染物等指标。

### 3.1.2 区域第四纪地质、地貌、土壤及化学调查

在充分分析鲁西北地区环境地质条件的基础上,开展区域第四纪地质、地貌、土壤调查、水环境地球化学调查。查明地下水和地表水的化学成分、微量无机成分,查清区域水化学背景分布及区域水文地球化学条件,揭示水化学成分和无机成分形成的物理-化学作用,水体中与生态系统中相关的主要元素来源、迁移、富集、变化等,为鲁西北地区生态地球化学总体评价提供基础资料。

(1)区域第四纪地质调查。包括:①调查第四系主要岩性组合、划分岩石地层单位及确定其时代;②进行地貌及新构造运动调查;③进行区域第四纪地质、地貌填(编)图。

Q)区域土壤调查。在充分搜集、研究以往区域土壤调查成果资料基础上,按土壤分区进行土壤调查,进行类型划分,基本查清不同类型土壤组分、结

构性状以及土壤盐渍化程度等特征;调查不同土壤区植被现状,以及区域土壤利用现状等,编制区域土壤类型图及植被分布图。

G)水环境地球化学调查。水是生态系统中与生物联系最密切的自然环境之一,其与土壤层的相互作用最密切也最显著。用科学的方法对水环境进行调查,摸清水资源类型,掌握大气降水、地表水和地下水间循环规律,查明水环境地球化学条件和背景。根据高效实用的技术路线制订工作步骤,采用先进、合理、科学的工作方法划分水文地质和流域单元,了解与生态有关的水环境地球化学问题,有针对性地确定调查内容、路线、重点和典型区的水环境地球化学条件以及重大水环境地球化学问题。

野外调查方法:用GPS定位,有填卡式调查、代码化调查、实地影像资料数码化、现场勘查等。采样布置按“全面控制、突出重点”的原则,根据水文地质条件采集水样,采样密度为1点100 km<sup>2</sup>。样品测试项目包括色度、味和嗅、浊度、肉眼可见物等物理项目,pH值、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、高锰酸钾指数、硝酸盐、亚硝酸盐、铵氮、氟化物、氰化物、挥发性酚类、总磷、硫化物等常量化学成分,镉、砷、铅、汞、铬等微量无机成分和PCB等有机成分。

### 3.1.3 生态地球化学遥感调查

生态地球化学遥感调查目的是查明区域生态地球化学现状,研究不同生态单元的生态地球化学状况及其动态变化趋势,并对鲁西北地区生态环境质量进行遥感综合评价,提出恢复、改善和保护生态环境的对策、措施和规划建议。

(1)生态地球化学现状遥感调查。采用最新的美国陆地卫星ETM图像数据,通过遥感解译和实地查证,完成区域生态地球化学现状调查,内容包括:气候、地貌、地质矿产、水资源、森林植被、土壤类型、土壤盐渍化程度与分布、土地利用、地质灾害及环境污染等方面。

Q)专题遥感调查与研究。根据生态功能的不同,将生态系统分为农业生态区、城市生态区。通过多时相、高分辨率遥感图像的对比分析,对不同生态单元的生态地球化学变化规律及其发展趋势进行研究。调查土壤类型及其分布特征、农作物长势情况与土壤中元素分布的相关性,突出水、土条件对农作

物丰产、高产的影响,结合实地查证和地球化学成果,初步确定污染的预警区域,圈定优质农产品生产基地,并对农业经济布局提出建议。调查重要城市及人口密集区的城市用地和污染现状,包括城市用地类型、污染源类型、分布特征及危害程度等,并利用TM6波段进行城市热岛效应分布研究,对城市的人居环境质量进行综合评价,提出治理的具体措施。

③生态地球化学遥感评价。在区域性调查基础上,对生态环境质量进行分区和评价,建立区域生态地球化学遥感数据库。运用GIS空间分析技术,对生态环境进行多要素的综合分析与评价,编制区域生态地球化学综合评价图。

### 3.2 区域生态地球化学评价

根据基础调查成果,在不同生态区选择各类地球化学异常区,进一步研究土壤中对动植物有益元素和有害元素的分布、来源以及土壤向水体、大气、植物、动物及人体的迁移富集特征和生态效应。包括城市生态地球化学评价和农业生态地球化学评价。

#### 3.2.1 城市生态地球化学评价

开展济南、菏泽、德州、东营等城市生态地球化学评价,进行人居环境质量调查,提出有毒有害元素污染防治对策与建议,为城市可持续发展提供生物地球化学方面的依据。调查方法以土壤测量为主,辅以大气、生物调查,同点采集大气、土壤、生物样品。运用区域地球化学信息采集技术、计算机技术、“3S”技术、痕量超痕量测试技术、资源与环境综合评价技术等开展工作。

#### 3.2.2 农业生态地球化学评价

依据土壤及水体中农作物必需的营养元素和重金属污染元素的分布,在综合土壤类型、土壤盐渍化程度、土壤理化条件和耕作方式等因素前提下,进行农业生态地球化学评价。调查地质背景、地形地貌、成土母质、土壤类型、土壤发育程度及浅层地下水类型。系统采集土壤、大气、水、植物样品,分析农作物必需营养元素及有毒有害元素含量与有效态、有机污染物等指标。进行土壤肥力评估、农产品品质研究以及土壤质量评价,建立优质农产品生产基地生态地球化学参数模型,利用MAPGIS平台的空间分析能力,编制优质农产品地质环境资源分布图,开展农产品适宜性生态地球化学评价,提出基于生态环

境地球化学条件的农产品宜种区和限制区,确定优质农产品生产基地。

### 3.3 局部生态区地球化学评价

在鲁西北地区选择寿光蔬菜、沾化冬枣、鱼台大米、乐陵金丝小枣等名特优产品产区开展生态地球化学示范研究。查明这些地区土壤地球化学背景,土壤中相关矿物质的分布及元素的富集,土壤中元素含量与有效态量的相关性,及名特优产品产量与品质的相关性、无机及有机物质对土壤、水体及名特优产品的影响、土壤中粘土物质特征及对元素富集的影响、土壤性状对生态区种植的影响,以及浅层地下水对土壤的影响等。通过调查,对生态种植区进行土壤地球化学环境评价和分区,建立典型生态种植区生态地球化学环境评价模型,并以模型为基础,进行土壤地球化学分区,为扩大典型生态区建设提供地球化学基础。评价工作以土壤地球化学、生态学、植物学理论为指导,进行生态地球化学研究,以1:5万比例尺面积调查为主,配合典型剖面调查,各类样品同点采集。

### 3.4 综合研究及生态地球化学总体评价

开展综合研究,对农业生态环境质量进行综合评价,对地氟病、地甲病等地方病与生态地球化学环境的相关性进行研究,对城市及人口密集区进行生态地球化学预警,建立生态地球化学调查评价方法体系、成果信息系统和成果表达方式体系,对鲁西北地区生态地球化学环境进行总体评价,为社会经济可持续发展规划提出建议。

#### 3.4.1 农业环境质量生态地球化学综合评价

利用GIS系统对资料进行综合整理,通过区域土壤中对植物有益和有害元素的分布,共生组合规律,结合区域水体、地理、地貌和人文景观等各项生态指标的研究,编制综合图件,对农业生态环境质量进行综合评价,为土地合理利用、区域发展规划的制定提供依据。编制土地利用类型图、地球化学景观图、农业生态地球化学图等。在土地利用类型图上,圈出特殊保护区和经济开发受限区、农业区、工业区、城市化区的范围。在农业生态地球化学图上标明自然环境中有益元素丰缺区、有毒有害元素污染程度,结合具体生态状况,将区域农业环境划分为令人满意的、中等危险的、危险的和灾害性的地区。根据农业生态地球化学图和土地利用现状,结合地理

位置、地区经济基础、社会发展趋势、种植业规划等社会属性和营养元素的丰缺状况、重金属污染程度、自然生态状况等自然属性对农用地相对价值进行综合评估。

### 3.4.2 地方病与生态地球化学环境相关性研究

鲁西北地区是山东省地氟病和高碘地甲病等地方病流行区(嘉祥、桓台是地氟病高发区,沾化、无棣、庆云是高碘地甲病高发区)。地氟病、地甲病等地方病的发生与当地居民长期饮用高氟(碘)地下水及食用含氟(碘)较高的粮食、蔬菜等有关,是典型的地球化学疾病。因此,对区内地方病发病区开展生态地球化学环境与地方病相关性研究,与有关部门合作,收集区内地方病分布及地方病区的土壤、饮水、粮食及蔬菜等相关资料,进行系统分析与综合研究,查清地方病流行区的生态地球化学环境,主要致病元素的分布,土、水及粮、菜中元素含量与发病的关系等,提出地方病防治措施与建议,改善居民生存环境<sup>[5]</sup>。

### 3.4.3 方法技术及成果表达方式研究

(1)方法技术研究。研究一套生态地球化学调查评价的方法技术,建立工作方法体系和技术规范。包括区域地球化学调查、不同生态区生态地球化学评价、典型生态示范区生态地球化学环境研究的方法技术和GIS、GPS、RS技术在生态地球化学调查中的应用研究。

(2)成果表达方式研究。为实现成果表达的标

准化、社会化、大众化和科普化,适应不同层次的需要,成果表达方式应分为针对决策部门的简明图册、针对科研院所和生产单位的GIS系统、针对大众和中小学生的科普动画或图册、针对农民的指导性图册等4个层次进行编制。

### 3.4.4 生态地球化学调查信息系统建设

以鲁西北地区生态地球化学基础调查、区域评价及典型区研究成果为基础,综合应用地理信息系统、数据库系统、计算机网络技术,建立生态地球化学信息系统。实现成果的计算机存储、管理、维护及成果管理中的空间信息查询、统计和分析。实现成果与国土资源管理中的其他基础地理信息系统的社会共享,向社会提供各种相关信息服务,必要时通过Internet发布生态地球化学元素数据及相关信息,建立科普宣传和大众网络传媒系统,为社会经济协调发展服务。

## 参考文献:

- [1] 李博,杨持,林鹏.生态学[M].北京:高等教育出版社,2002,3-9.
- [2] 戴树桂.环境化学[M].北京:高等教育出版社,2002,1-10.
- [3] 阎鹏,徐世良,曲克健,等.山东土壤[M].北京:中国农业出版社,1994,67-320.
- [4] 谢学锦,周国华.多目标地球化学填图及多层次环境地球化学监控网络[J].地质通报,2002,21(12):813.
- [5] 李家熙,吴功建,黄怀曾,等.区域地球化学与农业和健康[M].北京:人民卫生出版社,2000,87-93.

## Ecological and Geochemical Survey Method and Technology Study in Northwest Covering Area of Shandong Province

PANG Xu-gui<sup>1</sup>, JIANG Xiang-hong<sup>2</sup>, JI Shun-le<sup>1</sup>, WANG Cun-long<sup>1</sup>, YANG Hai-xia<sup>2</sup>

(1. Shandong Geological Survey Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** In order to promote economic development in northwest of Shandong province, ecological and geochemical survey should be carried out instantly, so as to check out ecological and chemical environment in this area. Using regional geochemical method, combining some other scientific methods as soil geology, Quaternary geology, hydro-geology, hazard geology, geophysics, remote geology, computer technology, ecological and geochemical environment of regional agriculture, city, major typical products areas, major local disease prevalence areas are evaluated; and multi-layered ecological and geochemical information system in northwest covering areas are established, which can provide regional ecological and geochemical base for continuous development in Shandong province.

**Key words:** Ecological and geochemical survey; nutritive elements; method and technology; ecological environment; information system; covering area; northwest area in Shandong province