

生态地球化学与生态地球化学评价

奚 小 环

(中国地质调查局, 北京 100037)

摘 要: 中国地质调查局近年来大力推进多目标区域地球化学调查工作, 揭示了微观世界中大量未被发现和认识的现象, 进行生态环境研究和评价是面临的主要问题。提出和探讨了关于生态地球化学及其评价问题, 包括定义、研究思路、技术路线, 以及全球的、区域的与局部的生态地球化学评价等。

关键词: 生态地球化学 生态地球化学循环 研究思路 技术路线 生态地球化学评价

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2004)01-0010-06

中国地质调查局为促进地质大调查与国民经济和社会发展的紧密结合, 实现地质工作的根本转变, 近年来大力推进多目标区域地球化学调查工作, 预计“十五”末期将覆盖我国东部、中部大部及西部部分经济发达和人口稠密的平原、盆地、三角洲、海岸带地区等。目前调查工作正在按照部、局的部署和规范化的技术要求进行。

多目标区域地球化学调查揭示了微观世界中大量未被发现和认识的现象。对如此庞大的数据信息进行生态环境研究和评价, 是我们面临的主要问题。生态地球化学与生态地球化学评价, 就是关于这个问题的讨论, 是随着多目标区域地球化学调查开展提出的一个新的观念^[1]。

1 生态地球化学

1.1 生态地球化学定义

生态地球化学可以用以下不同的方式表述。

(1) 研究非生物环境(无机)与生物(有机)之间元素地球化学迁移、转化特征和影响机理。

(2) 研究生态系统中化学组成、化学作用与化学演化及其对环境产生的影响。

(3) 研究地球系统中(岩石圈、土壤圈、水圈、大气圈和生物圈之间)元素地球化学循环演化过程、条件及其对环境产生的影响。

(4) 研究元素区域地球化学分布、分配特征及在地球系统中(岩石圈、土壤圈、水圈、大气圈和生物圈之间)循环过程和迁移转化条件、机理及其生态效应。

融合生态学^[2]观点和方法研究地球系统中的地球化学问题, 是生态地球化学的基本含义。在上述表述中, 第三、四条较为符合地学调查与评价的性质和特点, 第四条更适合我国的实际, 即在多目标区域地球化学调查基础上, 进行生态地球化学评价。可以认为, 生态地球化学是依据地球化学循环理论, 采取多目标区域地球化学调查方法和地球系统评价技术路线, 研究元素地球化学分布、分配状态与生态环境之间关系的科学。

1.2 研究的基本思路

1.2.1 生态地球化学循环

生态地球化学的一切研究, 是建立在物质循环的基础上。在这个意义上讲, 生态地球化学是研究地球系统元素循环规律的科学。物质循环是自然界最基本、最普遍的现象。生态地球化学循环主要研究微观领域物质循环的规律。微观领域中元素生态地球化学循环是将地球系统各部分联系在一起的内在因素和纽带。

生态地球化学对物质循环的研究, 目的在于了解地球系统地球化学的以下特征: 整体性、系统性、动态性、平衡性、综合性、联系性、相关性、包容性、开放性、多样性、级次性等。

生态地球化学循环从系统的、动态的方面观察和把握地球系统的总体特征, 从联系的、相关的方面研究其综合性作用, 从开放的、多样的方面研究其包容性特点。生态地球化学循环在规模和级次上, 可以分为全球生态地球化学循环、区域生态地球化学循环和局部生态地球化学循环。全球生态地球化学,

以岩石圈、土壤圈、水圈、大气圈和生物圈为研究对象,跨越大陆生态系统和大洋生态系统;区域生态地球化学,以大江与大河流域为研究对象,跨越自然生态系统和人工生态系统;局部生态地球化学,以生物个体或种群为研究对象,跨越简单生态系统和复杂生态系统。三者之间,较大的生态循环主导和调控较小的生态循环,较小的生态循环有机地组成较大的生态循环,相互制约和消长,又相互交融和依存。

1.2.2 生态地球化学循环条件

生态地球化学循环研究,包括元素迁移和转化两个方面。迁移主要研究元素的量变关系,转化主要研究元素的质变关系,以及研究产生变化的条件。

元素迁移和转化条件,包含元素性状及其外部环境。元素性状主要指元素性质及其分布、分配、组成、赋存形式等,外部环境主要指景观、气候、土壤类型及物理化学特征等。研究元素在地球系统中的行为方式和过程,必须具体地研究这些条件,包括区域性的和局部性的条件。

关于元素性状。多目标区域地球化学调查取得了大量关于元素指标区域性分布、分配及组合等数据信息,同时发现各种局部元素地球化学模式,提供了研究的丰富资料和基础。这些数据信息既是迁移转化的结果,也是继续循环演化的条件。进一步需要研究元素各种存在形态,包括水溶态、可交换态、有机结合态、碳酸盐结合态、铁锰结合态等,以及各种形态间平衡关系与地球化学特性,特别是那些相对活跃的、可能发生迁移转化的及对生态环境敏感的形态。

关于外部环境。中国气候景观具有明显的区带性、流域性特征。大体以纬度划分,东部地区以淮河流域为界,分为南方地区和北方(又分为华北与东北)地区。南方温暖、潮湿,偏酸性和氧化条件,包括长江流域、珠江流域及四川盆地等;北方寒冷、干旱,偏碱性和还原条件,包括黄河流域、华北平原、松辽平原及黄土高原等。南、北方还存在多种过渡类型,如淮河流域等,及独特类型,如洞庭湖、鄱阳湖、太湖水系等;存在更多由特殊因素造成的局部环境。

元素地球化学循环是极其复杂的过程。在特定条件下,各种元素具有自己迁移转化的途径、方式、地域和周期,形成不同的循环模式。一些元素参与全球性循环,一些元素参与区域性或局部性循环,并在相应的范围内产生生态地球化学效应。

1.2.3 生态地球化学效应

生态地球化学效应,是指元素在地球系统迁移

转化过程中对生态环境发生的作用和影响。全球生态地球化学循环产生全球性生态地球化学效应,控制全球生态环境,区域生态地球化学循环和局部生态地球化学循环产生区域的或局部的生态地球化学效应,控制区域的或局部的生态环境。多目标区域地球化学调查使生态地球化学效应可能在局部的、区域的以至全球层面上进行研究,成为导向性的、具有广泛应用价值的科学。我们目前主要研究区域生态地球化学效应与局部生态地球化学效应。

区域生态地球化学效应。元素区域性分布是产生区域生态地球化学效应的物质基础。多目标区域地球化学调查展示了地质作用形成的初始的物源分布特征,同时人类作用也在很大程度上改变了原来的面貌,特别在东部和中部的一些地区。调查表明^①,我国区域地球化学状况不容乐观。主要存在两大方面问题:一是有害元素分布广泛,潜在危害极大;二是有益元素匮乏,普遍影响农作物品质。区域性生态效应研究涉及地球系统较大的范围,具有整体性、宏观性特点,关系到社会经济发展的大局。

局部生态地球化学效应,是指元素的局部性分布产生局部生态地球化学效应。局部生态效应具有多样性特点。我国各具特色的优质农产品、水产品及中药材等,与特殊营养元素分布有关,各地区存在的地方病则与某些元素过高或过低有关。局部性生态效应更多的研究无机环境与生物链之间的关系,具有地方性、微观性特点,对于一个具体地区是至关重要的。

研究特定条件下元素生态地球化学循环特征、规律和规模,以及对生态环境产生的影响,是我们研究的基本思路 and 主要任务。

1.3 研究的技术路线

1.3.1 横向调查与纵向评价

元素地球化学循环将地球系统各个圈层联系起来,土壤圈则容纳和承载了来自各方面的物质成分^[3,4],处于地球系统元素富集和分散的最活跃的圈层。

生态地球化学研究,选择土壤测量为多目标区域地球化学调查方法,查明土壤圈元素地球化学分布、分配特征,是横向的、平面的调查。依据土壤圈的调查,进一步追索元素在岩石圈、土壤圈、水圈、大气圈与生物圈中迁移转化及其生态效应,并进行岩

① 杜海燕,张德存,陈德友,等.广州、武汉、成都地区多目标区域地球化学调查报告.2001.

石地球化学环境、土壤地球化学环境、水地球化学环境、大气地球化学环境、生物地球化学环境评价,是纵向的、立体的研究。这就是生态地球化学研究以横向调查为基础,进行纵向评价的技术路线。

在横向调查阶段,按照多目标区域地球化学调查要求,采取 1: 25 万比例尺网格化采样布局^[5],是进行单介质采样,多元素和全量分析,计算元素地球化学基准值,制作区域性、全国性系列地球化学图。在纵向研究阶段,依据生态地球化学评价要求,选择典型和代表性地区,测定各项活动态,是多介质采样,选择性指标和分量分析,研究元素在岩石、土壤、水体、大气与生物中运移和作用。

生态地球化学研究建立在多目标区域地球化学调查取得的地质地球化学背景基础上,使生态环境研究具有具体时间、地点、空间和范围,实现了在区域的、局部的等不同级次上真正地球系统意义的评价。

1.3.2 区域性研究与局部性研究

元素区域地球化学分布产生区域生态效应,形成区域生态地球化学研究。局部地球化学分布产生局部生态效应,形成局部生态地球化学研究。

区域生态地球化学研究针对大的流域或地域,一般处于互相贯通和联系的大环境,具有相似条件下的普遍性问题。如长江流域、或黄河流域、珠江流域、淮河流域、辽河流域及与此相联系的漫长的海岸带地区等,又如松辽平原、华北平原、四川盆地、黄土高原等。也可以是其中重要的区域,如长江流域的洞庭湖水系、鄱阳湖水系、三角洲地区等,黄河流域的河套平原、中下游地区等。整个流域或地域的区域生态地球化学研究,目前主要通过一省一区的具体研究来实现。同时环境问题的区域化、全球化趋向,各地区只有站在全流域或地域的高度,才能更加全面的、整体的和联系的研究问题和解决问题,也才可能将来在全国范围内进行更高层次的研究,如对比研究各大流域、大地域之间的差异特征和优越性。

局部生态地球化学研究针对小的流域或地域,一般处于相对封闭和独特的地质地理环境,或由人类因素造成的环境,具有区别于其他地区的特殊性问题。如反映生物多样性的特殊种类地区、优质农作物产区等(属于保护地区);又如地方病分布区、重金属元素分布区等(属于治理地区)。小流域或地域的局部生态地球化学环境,总体上受制于区域性条件的变迁;同时,局部问题也可能演变为区域性环境问题,如重金属元素分布在人类作用下的扩张等。

区域或局部生态地球化学研究,在不同地区面

对的问题不同,各种环境条件的差别也很大,有必要在评价思路、技术路线、方法技术、指标标准及元素分量测试等方面制定相应的要求和规程,使各地区研究工作建立在必要的技术条件、准则与水平基础上,使研究成果具有可重复性和可对比性,以适应现代科技发展的趋势;应具体分析各地区的实际问题,进行有针对性的研究,以适应社会经济发展的需要。

1.3.3 社会经济发展现实需求与科学探索长期目标

多目标区域地球化学调查取得 50 多种元素指标,是一个浩大的数据体系,隐含着丰富的生态环境信息,具有巨大的研究空间,可以针对任何一个或数个参数指标进行生态地球化学研究,可以在小到个体和种群,大到群落和生态系统,乃至整个生物圈的任何层面上研究生态地球化学问题,进行生态地球化学评价。这就决定了生态地球化学将经历一个逐步深化的、由单个信息到多元信息、由不够全面到全面的研究过程。

在目前,我们主要结合农业区域布局、城市规划等社会经济可持续发展最为迫切的要求,研究污染元素分布分配、迁移转化及生态效应等,特别选择可能引发区域性生态地球化学质量危机的地区;研究有益元素大面积匮乏的地质地球化学背景因素和防治对策;研究农业优质产区地质地球化学特征和保护措施;研究引发地方病的地球化学问题;研究生态地球化学与社会经济发展的关系等。同时建立和完善生态地球化学评价方法与标准体系,生态地球化学预测方法技术等。

生态地球化学研究应该有更长远的目标。在深度方面,研究第四纪地球化学成因特征和演化规律及与环境变迁关系;研究多元素迁移转化机理及其综合作用;研究地球化学定量监控方法;研究地球化学循环理论,探索生态地球化学与生命科学的关系,建立地球系统生态学等。广度方面,在各大流域、地域研究基础上对全国生态地球化学进行总体研究,评价和评估我国生态地球化学效应作为全球组成部分对世界环境的影响,进行战略生态学研究等。

生态地球化学研究涉及众多领域,包括自然的、社会的各个方面。将极大地深化人类对地学在生存环境方面主导性作用的认识。传统地学也将面临一系列生疏的和未知的领域。地学要延伸和发展,形成新的增长点,必须同其他学科结合。

1.3.4 生态地球化学与其他学科领域

生态地球化学研究建立在多目标区域地球化学调查基础上,源于地学,属于地学研究的范畴;又超

越了地学,涉及到广泛的领域。

生态地球化学是具有特定研究对象和方法理论的独立学科。生态地球化学研究生态环境中地球化学问题,注重从总体上把握元素在地球系统的变迁过程和环境效应之间的关系,研究生态地球化学系统的整体功能和性质,着眼于用地学的观点、方法和角度认识与解释事物,调查评价的方式是脚踏实地“地”和追“根”求“源”的。这是学科具有的限定性。

生态地球化学又是融合各有关学科发展起来的一门综合性学科。生态地球化学必然引入生物学、环境学、生命学、农学、植物学、医学等学科的研究成果,包括基本理论、方法技术及指标标准等。同时赋予这些学科新的活力,带动某些领域发展。与众多学科在各个层面上碰撞、启发和互补,导致新的发现,产生新的思维,将是我们全部工作中最生动、最富创意的地方。而且,越是地学的,这种融合也就越深刻,越具有普遍意义。这是现代经济、社会发展和科技进步赋予勘查地球化学走向广泛应用的机遇,是不可限量的。

2 生态地球化学评价

生态地球化学评价的理论基础是元素地球化学循环原理。元素地球化学全球性循环、区域性循环和局部性循环,分别具有不同规模、特征、功能及其生态效应。相应形成全球生态地球化学评价,研究整个生物圈地球化学循环及其生态效应,属于全球生态学研究范畴;区域生态地球化学评价,研究大流域、大地域地球化学循环及其生态效应,属于区域生态学研究范畴;局部生态地球化学评价,研究生物个体和种群层面地球化学循环及其生态效应,属于局部生态学研究范畴。

以下主要讨论区域生态地球化学评价与局部生态地球化学评价。为了使区域或局部的评价工作目的更为明确,方法更为科学有效,在多目标区域地球化学调查之后应进行初步评价,主要任务是:①初步划分污染元素与有益元素分布范围、类型与组成特征;②初步研究重要污染元素存在状态和性质;③初步研究重要元素来源及循环过程;④初步确定有关元素生态效应和影响;⑤对有关元素演化趋势进行预测和预警;⑥提出样品分量测试方案;⑦为确定典型性和代表性评价选区提供依据等。

2.1 区域生态地球化学评价

2.1.1 总体目标

区域评价主要研究元素区域组成特征和循环转

化过程,及其对生态环境产生的影响。评价工作主要针对影响社会经济发展的、由复杂因素形成的、呈区域性分布的宏观生态地球化学问题,以区域地球化学分布为基础和出发点,针对大的流域或地域,在区域地球系统层面上,研究区域空间环境中元素在系统各部分之间流动、迁移和相互作用关系(我国沿海地带处于陆地和海洋两大生态系统结合部位,则带有全球性评价成分和内容),从整体上进行农业、城市生态地球化学评价,为调控和改善生态环境系统提供地球化学依据。

2.1.2 主要任务

(1)全面分析和研究元素区域地球化学组成和分布、分配规律,在多种重金属元素中把分布面积大、危害性严重的(或存在潜在危害性的),列为主要污染元素,依次列为次要污染元素、一般污染元素等;依据有益元素分布特点及实际意义,列为主要有益元素、次要有益元素及一般有益元素等。

(2)着重对主要污染元素进行区域生态地球化学评价,确定污染元素产生、来源(源头)及存在状态、形成物理化学条件等,研究污染元素在岩石(圈)、土壤(圈)、水(圈)、大气(圈)和生物(圈)之间进行区域性迁移、转化和循环规律等,综合有益元素特点,从总体上进行农业生态环境、农业地质环境适宜性及农业经济区评价。

(3)对于已经产生污染和危害的,研究污染元素影响途径及模式,生态效应及危害程度,以主要污染元素为主,综合次要元素和一般元素,建立评价指标和评价模型,划分农业土壤安全区、优质区和污染区,进行生态环境危害性评估和防治对策研究。

(4)对于污染元素超标但尚未形成危害的(潜在),研究污染元素赋存形态、演化特征、控制条件和变化速率等,进行土壤环境质量及农产品环境安全性评估,对可能发生的危害性进行近期与远期预测、预报和预警。

(5)研究有益元素分布、组成与丰缺状况等,对大宗农作物土壤环境及优质、特色和绿色农产品选区等进行地球化学生态环境特征研究,提出可持续开发和规划性建议。

2.1.3 主要研究内容

(1)污染元素产生和来源:主要确定源头、成因特征等,包括第四系基准值研究与环境演化及远源或近源,地质或人为,单因素或多因素,单组分或多组分,全量或分量,线性或面性,分布和分配等方面;

(2)污染元素存在形态与迁移转化方式:主要

研究不同性质或不同来源元素初始(原生)状态、载体及行为方式,包括元素循环变化过程中相态与价态、累积与释放、组分与性质变化等。

(3)污染元素生态效应与影响模式:主要研究污染元素对生态环境产生作用、性质与方式等,包括土壤元素环境容量与有效量,单元素地球化学作用,多元素综合作用,主导性作用与相关性作用,短(近)期或长(远)期,可逆性或不可逆性,可恢复或难以恢复等,及危害途径、速率、程度、范围等,进行农业、城市、环保及地方病等社会经济影响评估。

(4)有益元素形成特点与生态效应:主要研究有益元素背景分布与循环路径,包括丰度、存在形式、供应量及供应方式、效益特征等,进行区域农业生态环境和优势农产品适宜性评估。

(5)生态地球化学预测、预报和预警:主要研究生态地球化学动态变化规律及预测、预报和预警方法等,生态地球化学环境处于动态平衡状态,动态性是监测的依据,在一定条件下的平衡性是预测的依据,包括研究特定物理化学条件,选择参数指标,建立预测数学模型和计算方程式等,只有科学和定量预测,才可能准确预报和预警。

(6)生态地球化学评价方法、评价指标和评价标准体系:制定合适的评价方法和技术路线,针对不同景观条件研究生态地球化学评价标准、指标(指数),建立质量评价体系,包括土壤地球化学安全性指标,土壤地球化学等级评价指标,土壤地球化学容量指标,有益元素丰缺度与适量指标,单元素评价标准,多元素综合评价标准,区域生态地球化学环境经济指标和社会指标(即土壤、水、大气、生物地球化学综合指标),生态地球化学预测、预报和预警指标、标准等。

2.2 局部生态地球化学评价

2.2.1 局部评价的总体目标

局部评价的总体目标主要是研究元素局部组成特征和循环转化过程,及其对生态环境产生的影响。评价工作主要针对特殊条件下形成的微观生态地球化学分布特征,选择局部地球化学异常或特殊生态环境地区,研究特定空间环境与生物各介质间元素交换、转化和作用方式等,为保持、保护生态地球化学多样性和污染治理提供依据。

2.2.2 局部评价的主要任务

(1)研究局部生态地球化学系统环境条件,依据局部生态地球化学所处区域生态地球化学背景、地质地理景观和形成物理化学条件等,界定局部生

态地球化学性质、范围和面积,依据元素组成特征和自然地理条件划分有害元素富集区、有益元素富集区及有益元素缺损区等。

(2)研究有益或有害元素组成、来源及在环境与生物间迁移累积、循环转化特征和作用方式等,探讨局部生态地球化学形成过程、机理和规律,建立评价指标和评价模型,进行优质农产品适宜性评价、生物与人居环境质量评价及社会经济影响评价等。

(3)研究局部生态地球化学环境效应与生物效应,针对有害元素富集区与有益元素缺损区进行生态地球化学危害性评价和危害程度划分,对有益元素富集区进行生态地球化学优越性评价。

(4)进行生态地球化学多样性研究与评价,建立生态地球化学多样性模型或模式,及进行生物品质、特性和经济意义研究。

(5)研究局部生态地球化学评价方法与评价指标,进行预测、预防和预警研究,为保持和保护有益元素生态地球化学环境,防治和治理有害元素生态地球化学环境提供依据。

2.2.3 主要研究内容

(1)选区确定、分类与调研:局部生态地球化学一般指区域生态地球化学调查发现的由局部因素引起的小范围、孤立分布的异常,或相对封闭的特殊自然生态环境地区。前者一般为明显围绕某个工矿企业、城镇或单一地质体分布的有害或有益元素异常,后者指特色优质农作物产地或地方病分布区等,充分研究各类地区及周边自然地理环境和社会经济状况,按类型、性质等进行分类比较和研究,选择代表性地区为评价选区。

(2)局部生态地球化学与区域生态地球化学关系:研究局部生态地球化学形成环境、时空、过程及与外部交流途径、作用方式等,生态地球化学功能、性质和规律,包括制约因素、演变特征及存在条件等。

(3)环境与生物间元素地球化学循环路径与平衡机制:研究元素分布、组成、来源及在岩石、土壤、水、空气与生物间运移途径、特点等,探讨局部生态地球化学形成机理和运行方式,包括研究元素赋存形式、丰缺度及输入输出、吸附解吸、累积扩散、综合作用等。

(4)局部生态地球化学环境效应与生物效应:研究生物品种、个体或种群层面上元素量变与质变产生有益或有害作用、效应、速率及影响力度等,包括元素有益或有害生物环境效应,有害作用危害程度等。

(5)生态地球化学多样性评价与维护:研究特殊生态环境元素组成、分布及供应途径、方式、平衡机制等,研究特质农作物品种、品质形成地球化学条件,为保存、保护生态地球化学环境与生物多样性提供科学依据。

(6)生态地球化学缺陷评价与治理:研究有害元素富集或有益元素亏损地区地球化学环境、条件及作用机理、食物链效应等,进行地球化学影响路径与成因研究,主要针对地方病分布区提出改善或根治建议等。

(7)局部生态地球化学评价方法、指标与标准:主要研究局部异常和特殊生态环境条件评价方法技术与指标标准,建立特定条件下综合评价模型,监测、预测方法及治理与保护措施等。

3 结语

生态地球化学与生态地球化学评价,是研究人类能够感知的、正在进行的地球化学过程。与以往不同,我们不但要研究元素分布与分配,即量的变化,还要研究元素形态与性能,即质的变化,以及生态地球化学质量变化的过程与影响。所有研究工作需要测试专家的全面参与和密切合作。一方面多目

标区域地球化学调查要求样品测试进一步降低检出限和提高精度,以最大限度地避免系统误差,进行定量分析;另一方面生态地球化学评价要求采用更为精密和规范化的技术,准确地提取特定意义的生态信息,进行形态分析。测试领域为此显示了异乎寻常的作用和技术潜力。

我们研究的问题,无论是可以预见的,还是难以预见的,都将对地球环境和包括人类在内的整个生物界产生影响。通过调查(野外工作与测试)取得原始数据,经过统计处理转化为可利用信息,再经过分析综合提高形成概念(模型)。只有经历了这全部的过程,才可能称之为完整意义上的科学研究和评价。

参考文献:

- [1] 奚小环. 1999~2001·勘查地球化学·资源与环境[J]. 物探与化探, 2003, 27(1): 1-6.
- [2] 麦肯齐 A, 鲍尔 A S, 弗迪 S. 生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [3] 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.
- [4] 戴树桂. 环境化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [5] 谢学锦. 区域化探[M]. 北京: 地质出版社, 1979.

ECO-GEOCHEMICAL RESEARCH AND ECO-GEOCHEMICAL EVALUATION

XI Xiao-huan

(China Geological Survey, Beijing 100037, China)

Abstract: China Geological Survey has energetically carried out multi-objective regional geochemical investigation in recent years and, as a result, disclosed large quantities of microphenomena which were not understood in the past. The research and evaluation of ecological environment seem to be the major problem facing us. This paper has put forward and probed into the problem of ecological geochemistry and its evaluation, which includes the definition, train of thought for research, technical line, eco-geochemical evaluation and global, regional and local eco-geochemical evaluation.

Key words: ecological geochemistry; eco-geochemical cycle; train of thought for research; technical line; eco-geochemical evaluation

作者简介: 奚小环(1949-), 男, 出生地南京。现任中国地调局物探化探遥感处处长, 教授级高级工程师。1978年毕业于北京大学地质地理系地球化学专业, 从事勘查技术管理工作至今。