

环境质量变异的地球化学分析

万国江*

(中国科学院地球化学研究所)

一、引言

人类频繁的社会活动,加剧了地球环境条件的改变,导致了环境质量的下降。这就向自然科学工作者提出了一项十分紧迫的战略任务——预断人类赖以生存的地球环境发展趋势,为控制环境质量提供基础方案。为了人类的明天、为了地球的未来,地球科学应该在环境领域建立生长点!

几年来的实践表明:环境基础调查,环境本底值测定,环境污染物迁移、转化、自净规律的探索,环境质量评价等方面都有大量课题可开展。但是,从地质地球化学学科角度是否还有更必须、更能体现学科特点、而且又是环境领域急待解决的问题呢?刘东生先生指出了环境地质区划的方向性的课题。为满足环境区划工作的要求,本文拟从环境物质的人为释放出发,根据其地球化学行为和环境条件特点,探索其造成环境质量变异的可能程度,建立环境质量变异指数系统,从而预断环境变化对人类和生物体活动造成的可能影响,为控制环境质量提供战略方案。这种对环境质量的评价原理,我们称作“环境质量变异的地球化学分析”。

在环境变异分析的研究中,作为研究对象的环境物质可以是无机元素(或无机离子),也可以是复杂的化学物质,还可以是能量。

当前我们开展环境变异分析的工作内容主要包括:

1. 以元素及其化合物为对象的组分环境变异地球化学分析;

2. 以能量为对象的环境变异的熵变分析
由于篇幅所限,下面仅就由化学组分导致的环境质量变异分析的原理程序加以介绍。关于环境变异的熵变分析,将另行讨论。

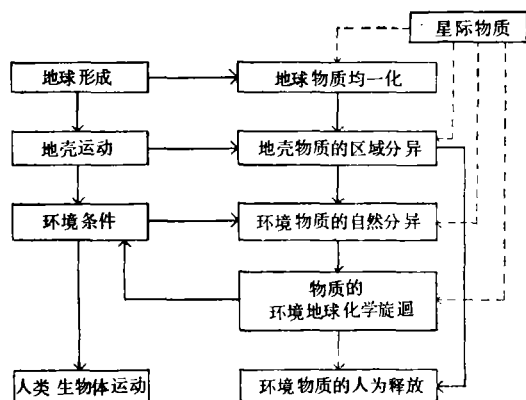
二、环境质量变异分析的基础

地球形成之初,地球物质处于均一化的状态。随着地球整体的形成,均一化状态受到破坏。一系列的地壳构造运动,导致了地壳物质的区域分异。同时,也正是地壳运动的结果,地球上不同的构造单元出现了环境地质条件的差异。地壳物质的区域分异在不同的环境条件作用下,产生了地球环境物质的自然分布不均匀性。而人类及生物机体的产生、活动、发展,则正是与不同区域的环境条件相适应。人类和生物机体与环境物质的统一性,是生物体与环境关系的最基本特征。人类活动导致了环境物质的人为释放,但这种人为释放在一定程度上受控于地壳物质的区域分异。环境物质的人为释放与环境物质的自然分异相迭加,构成了物质的环境地球化学旋迴,从而导致了环境条件的变化(即称环境变异),影响人类和生物机体的正常活动。还应说明的是在整个环境物质演化过程中,星际物质也是起了积极作用的。

上述环境物质演化程序,即是环境变异

*本文承蒙刘东生先生指导,徐义芳、盛乃贤同志帮助,谨致谢意。

地球化学分析的基础模式之一(见下图)。环境变异地球化学分析所研究的核心内容正是物质的环境地球化学旋迴对环境条件的影响,探索环境质量可能的变异程度。



与环境质量变异相关的环境物质人为释放,取决于人类活动的深度和广度。所以它与人类的生产能力、工艺水平和社会制度紧密相关。人为释放构成了环境物质分布的新的不均一性,这就是当今区域性地发生环境污染危害的潜在因素,也是环境变异分析所考虑的基本因子。

在研究人为释放时,重点在工业释放和生活释放。

从人体与环境的物质交换来探讨生活释放问题,存在着一定的共同性,但也存在着生活水平和生活习惯的差异性。

查明工业释放量的一个途径是排放物的实地监测,另一个则是根据物料平衡进行估算。实地监测的关键是根据工艺特点、时间和空间上的排放规律,制定合理的采样方案,采集具代表性的样品。如采集工业废水时可用统计组合取样、间歇混合取样、连续积分取样、多点独立取样、单点独立取样、随机取样等方法。但是,仅仅靠实地采样来确定工业释放量,远不能满足研究的需要。其原因不仅在逐一监测的巨大工作量、或具体的技术性困难,更主要的是无法满足环境预断的要求,即一方面要预计在一定的工艺技术水平

上,工业发展对环境物质释放的增长情况;另一方面要预计为控制环境物质释放而必须对工艺技术水平提出的要求。为此,在估算环境物质的工业释放时,可根据对各工业类型排放环境物质实地调查中获取的规律性资料,参考各种工业原料、材料、燃料的物质组成和杂质含量,充分考虑矿产资源和各种材料在一定工艺条件下的工业生产中的物料平衡关系。

当获得环境物质的释放量之后,应进行数值的调整换算,以便对照参比。在通常工作中,都用“等效一等标”的概念。“等效”的基本含义是不同环境物质作用于生物体产生等效影响。但实际应用中,考虑到寻求等效作用的困难,而采用各类标准进行换算,通称“等标”。即:

$$D_i = \frac{C_i}{C_{i0}}$$

上式中, D_i ——某种环境物质的等标系数;

C_i ——某种环境物质的实测值(估值);

C_{i0} ——某种环境物质的标准值。

这种等标换算的优点是简明、易用。但也具较大的局限性:

(1) 制定各类标准的人为性较大,应用中可能导致失真;

(2) 区域性环境条件的差异,对各类标准应有不同要求,大区范围工作如仍用同一标准,也会造成偏离;

(3) 一个地区或一种物质各类标准的制定,应该是研究评价的结果,如若一律用标准换算,特别是基础性的研究工作也这样,反把因果倒置。

鉴于上述局限性和大区域环境工作的特点,拟用非标准化的全球环境体系标记环境物质。全球环境体系的基本出发点是:假设在全球环境条件下,全球环境物质的总体动态平衡,区域性环境条件下,区域性环境物质的相对不平衡。设一环境单元某环境物质释

放的全球环境分量为 ρ_i , 该物质的全球释放频率为 Q_{i0} , 在该研究单元的释放频率为 Q_i , 则与前式相应的有

$$\rho_i = \frac{Q_i}{Q_{i0}}$$

等标系数和全球环境分量均可用作环境物质质量的换算标记方法。应用中, 根据研究对象, 各有侧重。在小区环境评价或标准值选择适当时, 等标方法是好的; 当进行大区环境分析时, 则后者适宜。

三、建立环境变异指数系统

人为释放的环境物质, 在具体的环境条件下将发生一系列的物理、化学、生物变化, 然后才有可能产生环境危害。所谓环境质量的变异程度, 则是这些变化过程中, 环境物质与环境因子达成变异后的新的不稳定平衡状态的描述。从实质上论, 环境变异指数的获得, 是从环境物质人为释放分量出发, 根据研究单元环境条件的特殊性和该物质的环境地球化学行为, 进行有效数值的筛选。因不同物质环境地球化学行为的差异性, 必须对具体的环境物质进行具体分析, 但也有共同点:

1. 赋存状态的筛选

同类环境物质的人为释放, 从物态上、价态上、化合物类型上有所不同。能够造成环境有效变异的, 仅仅是其中直接地、或经环境化学反应后能危害人类和生物机体的一部分, 特别是其中毒性最大的一部分。如环境氟的人为释放, 包括有气态的氟化氢、四氟化硅, 飘尘中的含氟化合物, 水溶液中的氟离子或络合氟离子, 固相废渣、化肥中的类质同象杂质态氟化物。但从当前氟污染的事实来看, 普遍地造成环境严重危害的、最主要的是氟化氢和四氟化硅。所以在环境变异分析中, 应该着重考虑的是最有效的一部分。

2. 释放方式的校正

能够造成区域性环境质量下降的, 仅仅

是集中、高浓、大量释放的一部分。而分散、低浓、少量释放的某些环境物质, 虽然它们也参与了全球性的环境地球化学旋迴, 但对于具体研究单元环境变异有效影响是不够显著的。如民用燃煤中铅、汞、氟的释放即是如此。

排放口的空间座标, 如气态物质的高烟囱与低烟囱排放; 水体环境物质的稀释、渗漏与直接排放等方面, 其环境效应都不尽相同, 尤需加以校正。

3. 扩散能力的校正

环境物质的扩散, 一方面使之浓度稀释, 另方面使之作用范围增大, 这都影响着环境质量的改变。对于环境物质扩散能力的影响, 主要取决于介质状态。确切地说, 扩散能力的校正主要对流体介质(大气环境相、水体环境相)有意义。

例如, 对于大气扩散条件的影响, F. A. 吉福德等曾假设大气污染物浓度与平均风速成反比, W. D. 舒尔茨等曾假设一个指数值(不论是各污染物的分指数或综合指数)也应与平均风速成反比。对于水体污染物扩散已有一定的推论和研究。所以, 风速、径流量等都是可供校正的重要参数。此外, 还应该充分考虑闭流区和回风区的影响。

4. 其它环境地球化学因素的校正

环境物质的变化受各种表生地球化学规律的控制, 这是环境质量变异分析的重要内容。

例如: 氟化氢易溶于水, 四氟化硅易与水反应生成氢氟酸和氟硅酸的性质, 便决定了降水过程对气态氟化物环境质量变异程度的重要影响。

又如, 造成环境严重汞害的甲基汞, 其形成机制受介质酸碱度、氧化还原电位、温度、硫离子存在情况、有机污染程度、微生物作用的类型等环境因素的影响, 所以分析汞环境变异时应综合考虑。

总之, 环境物质释放后可能导致的环境质量变异程度是各种因子综合作用的结果。

如对环境物质 i 导致的某研究单元环境质量变异程度以环境变异指数 P_i 标记; 控制环境变异的诸因子, 如释放分量、有效释放系数、扩散能力系数、降解能力系数……分别标记为 ρ 、 α 、 β 、 γ ……, 则 P_i 的多元函数关系表为:

$$P_i = f(\rho, \alpha, \beta, \gamma \dots\dots)$$

此即为环境质量变异分析的基础模式之二。对于具体的环境物质, 考虑到全球环境的整体动态平衡关系, 分析其地球化学作用原理, 是可以列出上述多元函数关系的经验方程的; 对于不同环境物质, 通过其拮抗和生化效应的研究, 也是可以列出其综合性环境变异指数的经验方程的。这便是环境变异地球化学分析要解决的基本任务。

为控制环境的最小变异, 还可根据数学分析中的极值原理, 作进一步的分析。

所建立的环境变异指数系统能否比较真实地反映环境变异程度呢? 这就必须对变异指数和环境危害程度之间进行相关性检验, 如其具备显著的统计相关性, 即说明该指数系统是合理的, 是足以反映环境污染程度的。在相关性检验的基础上, 即可建立环境质量变异指数与环境危害程度之间的回归方程。

四、环境容量的推断

什么是环境容量呢? 按一般的理解, 应该是指该研究单元环境中对某种环境有害物质的最大允许负荷能力, 即不造成环境危害的临界物质质量。显然一个环境单元对某种环境物质的容纳量, 应该由以下三方面的因素决定:

- (1)、该环境物质的地球化学特性;
- (2)、该环境单元的各种环境条件;
- (3)、人及生物机体对该环境物质的承受能力。

关于前两方面的因素, 上文已述及, 下面讨论后一方面因素的问题。

不难设想, 对一定范围的环境质量变异, 人及生物机体都具备相应的耐受能力。即是对环境质量变异而言, 一定存在着一个变异指数的临界值, 或称容许环境质量变化的区间范围。这里需要说明的是这种临界值只具宏观群体的统计学意义。当环境质量变异值超过临界值时, 便造成对人和生物机体的不良影响, 产生相应的环境危害。如用 Z_i 表示与环境质量变异指数 P_i 相应的环境危害程度; P_{i0} 表示相应的环境变异临界值。不妨用一个简单的数学式表示为:

$$Z_i = K(P_i - P_{i0})$$

其中, K 是一系数。

此即为环境质量变异分析的基础模式之三, 或称作环境变异指数的临界值模式。

显然, 当 $P_i \leq P_{i0}$ 时, 有 $Z_i \leq 0$, 即不产生环境危害; 当 $P_i > P_{i0}$ 时, 有 $Z_i > 0$, 便产生相应的环境危害。

据此, 环境变异指数的临界值 P_{i0} 便是符合环境容量三因素的指数了, 考虑到各研究单元的环境条件, 与临界值相应的物质质量——环境容量即可算出。

P_{i0} 的数值, 不难按第三节中提到的回归方程, 设环境危害值 $Z_i = 0$ 时的环境变异指数而求得。

对一大区域范围上各研究单元的环境容量值标图后, 考虑到环境条件的渐变关系, 进行趋势面分析或按内插法连出等值线, 即可将环境容量区划图编绘出来。

五、可能的实际意义

从实质上说, 环境质量变异指数系统是从基础调查资料的理论分析出发, 而又能在实际工作中得到应用的一种指数系统。作为认识自然, 了解环境质量演化规律的一种手段, 它把环境基础调查、环境物质迁移转化规律的探索, 环境质量的认识和评价原理等方面进行了有机的结合, 为环境质量控制提供理论依据。

实际上,环境质量变异指数系统及其容量区划可能在以下几方面具有战略性的意义。

1. 由于环境质量变异指数与环境危害程度之间存在着显著的相关性,该指数系统自然地可作为环境质量现状评价之用;

2. 由于环境质量变异指数仅仅从环境物质的人为释放出发,并进行理论分析,而不依赖于监测手段和监测结果,该指数系统还可用于环境质量的预断评价;

3. 根据环境质量变异指数与环境危害程度的相关函数关系,对环境危害程度可以进行预估;

4. 根据不同区域环境条件下的环境容量值,可作为制定区域性排放控制标准的基础性的参考资料;

5. 根据环境质量变异指数系统编绘的环境容量区划,在进行资源的合理利用、工业的合理布局、释放方案的合理制定时,均可作为基础资料。

六、结 束 语

本文从地球化学和环境科学的基础概念出发,提出了研究环境质量变异的三个基础模式:地球环境物质演化程序模式;环境质量变异多因子模式和环境质量变异指数的临界值模式。借助于上述模式,可进行以人为

环境元素(及其化合物)释放为研究对象的组分环境质量变异的地球化学分析。

环境质量变异地球化学分析与通常的环境质量评价的根本区别在于:变异分析从环境物质的人为释放出发,根据环境物质的表生地球化学特征和研究单元的环境条件,建立可能导致环境质量变异的定量描述的指数系统,以适应环境质量控制分析的需要。

通过环境基础资料的上述理论分析,为描述环境质量、预断环境趋势、预估环境危害、进行环境区划提供基础依据,从而有利于资源的合理开发利用、工业的合理布局、标准的合理制定、环境质量的有效控制。

环境预断评价是环境领域里急待解决的重要课题。在我们的工作中,试图应用这一原理进行中国工业氟环境容量区划的探讨。

主要参考文献

- [1] 系林芳彦等著,李兴基译,建设日本福井滨海工业区的环境预先评价,《环境保护译文——环境质量——》,北京市环境保护科学研究所,1978.
- [2] Gifford, F. A., et al., *Atmos. Environ.*, 7 (1) (1973).
- [3] Inhaber, H., *Atmos. Environ.*, 9(3) (1975).
- [4] Nemerow, N. L., *Scientific Stream Pollution Analysis*, 1974.
- [5] Shults, W. D., et al., *The Development of Air Quality Indices, Summary Report, ORNL-NSF-EP-56*, July 1973.
- [6] Перельман, А. И., *Природа*, 1, 1972.

关于采用环境质量指数的几个问题

姚 志 麒

(上海第一医学院环境卫生学教研组)

近年来,国内外应用环境质量指数(EQI)*,作为评价环境质量的一种数量尺度。各种 EQI 中,被研究得较早和较多的是水质指数(WQI)和大气质量指数(AQI),分别于

1965 和 1966 年最早见诸文献报导。十几年来,尤其是七十年代以后,这个研究课题引起国外有关部门、科研机构和大学的重视,迄今为止已陆续提出许多形式纷纭的 EQI。