

地质环境的地球化学研究

——贺“环境地质学的出现”发表 30 周年暨中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室成立 10 周年

万国江

(中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002)

摘要 1972 年刘东生院士撰文发表了“环境地质学的出现”。中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室于 1992 年正式成立。刘东生院士的环境地质学学术观点聚焦于: 环境地质学发展的动力源于社会需要、地球环境系统的整体性及其与人类关系的相互依存性。30 年来, 地质环境的地球化学研究以区域环境质量和全球环境变化两大科学问题作为基本目标, 经历了调查评价、区域综合和界面机理 3 个发展阶段, 研究重点是典型区域环境演化的发生学原理、谱系特征以及健康和生态效应。云贵高原地质环境的特殊性显示出青藏高原隆起对周边现代环境的影响。环境地质学以“地质学与人类”为宗旨, 将在 21 世纪为人类谋求更多的福利。

关键词 环境地质学 环境地球化学国家重点实验室 云贵高原地质环境

1972 年刘东生院士撰文发表了“环境地质学的出现”, 全面阐述了环境地质学出现的历史背景、学科范畴、研究方向和发展前景。“地质学的一个新的分支——环境地质学就这样诞生了”^[1]。30 年来, 环境地质学获得了重要发展, 以地质学作为理论基础的中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室于 1992 年正式成立^[2], 标志着刘东生院士在我国开创的环境地质学正在国际科学前沿蓬勃发展。值此“环境地质学的出现”发表 30 周年及中国科学院环境地球化学国家重点实验室成立 10 周年之际, 回顾学科发展的进程, 谨致庆贺, 激励未来。

1 刘东生院士的环境地质观

刘东生院士纵观学科发展和社会进步, 开拓并指导了许多重大的环境地质学项目研究, 阐述了若干精辟的学术观点。其中, 环境地质学发展的动力源于社会需要、地质环境系统的整体性及其与人类关系的相互依存性等方面的论述更具有深远意义。

地方病是严重威胁着几千万人民生命和健康, 严重影响经济社会发展的重大环境问题之一。早年, 刘东生先生亲自参与并指导了地方病环境地质病因的科学调查研究, 提出了“克山病地质地貌与病因的关系”及“克山病多因素病因”的观点。这不仅具有学科发展的重要价值, 而且具有直接的社会实际意义。20 世纪 70 年代中期, 继环境地质学确立之

作者简介: 万国江 男 62 岁 研究员 地球化学专业 E-mail: gjw@ms.gyig.ac.cn
2002-08-21 收稿, 2002-08-23 收修改稿

后,他从地质学与社会发展关系上阐述了地质学发展经历了由矿产地质到工程地质,再到环境地质的 3 个进程。这体现了社会需求是环境地质学出现的动力之源。

刘东生先生还指出,环境地质学研究同样应该遵循地质学发展的生物进化观、物理运动观和化学演化观。继而从环境中化学元素的流失和富集、环境地球化学条件对元素存在的控制、化学元素与生物亲合关系 3 个方面论述了环境质量与地球化学环境的关系^[3-5]。通过磷肥资源开发利用加速磷在自然界地质循环的考察,他提出了环境有害物质积累和延缓效应的观点^[6]。这较西方学者的“化学定时炸弹”概念早提出 3 年。

1973 年,在“当前环境科学中的若干问题”^[7]一文中,刘东生先生写道:“环境,不是许多孤立的事物和现象的集合体。而是一个巨大的、内在联系的、互相制约的系统。”“环境科学不仅要研究各个要素的规律及其与人类的关系(人的活动和健康),而且要研究总系统和人的关系”。上述“环境”和“环境科学”的概念体现了刘东生先生环境地质学研究中“地域、系统、整体、依存、协调”的思想。这种环境系统整体性及相互依存性的观点,在刘东生先生参与和指导的“京津渤区域环境综合研究”等重大科学研究项目^[8]中获得了极为成功的实践。此外,他还从人类发展与地球环境的历史关系,阐述了人类社会由“顺从自然”到“破坏和利用自然”,再到“保护自然”的转变,并提出“改造自然”需以认识自然为基础,“人力胜天”需以顺应自然规律为前提^[9]。

进入 80 年代,全球变化问题提到了议事日程。地质学家视野中的全球变化问题具有深邃的含义。刘东生先生在中国率先提出“地质学的新任务——预测全球变化”^[1],从而分别从第四纪地质学和环境地质学的角度,对过去环境变化信息地质记录进行了新探索。

2 环境地球化学的发展

环境地球化学是地球化学与环境科学结合而发展起来的边缘学科。地质环境的地球化学研究从地球环境的整体性和相互依存性出发,针对区域环境特点和全球环境变化问题,综合研究化学元素在地圈、水圈、气圈和生物圈各圈层间相互作用的地球化学过程,揭示自然作用过程中和人类活动干扰下地球环境系统的变化规律,为资源开发利用、生态环境保护及人类健康服务^[2]。环境地球化学研究的特色是,将环境科学与地球科学融为一体;将当今的环境现象与地球历史的长期演化进行结合;将地球环境系统的自然演化与人为活动的环境影响进行结合。因而,环境地球化学在揭示地球各圈层间的相互作用关系和辨识环境质量变异的自然与人为作用份额方面具有独特的学科优势。

30 年来,地质环境地球化学研究经历了调查评价、区域综合和界面机理 3 个不断发展的阶段。在早期阶段,着重于地方病病因的地质环境调查、环境污染规律和环境质量评价的研究。这一时期,地球化学元素示踪原理在环境调查和评价中发挥了重要作用。70 年代中期,开始从区域整体上认识和解决环境质量问题。其间,地球化学环境分异原理在区域环境综合研究中发挥了指导作用。进入 80 年代,全球变化问题的提出为环境地质学的发展提供了新的研究空间。环境变化过程微观机理的深入研究在为寻求认识区域环境质量和揭示全球环境变化的科学基础中,显示出越来越大的重要性。环境界面地球化学

1) 刘东生,万国江. 地质学的新任务——预测全球变化. 中国科学报, 1989 年 11 月 3 日, 第 2 版

过程机理和环境变化历史记录的研究构成了崭新的研究领域。从上述发展进程可见,区域环境质量和全球环境变化两大科学问题始终是环境地质学探索的基本目标。

学科发展进程引导了环境地球化学研究工作的内容聚焦于我国典型区域环境演化的发生学原理、谱系特征以及健康和生态效应(表1)。

表1 环境地球化学研究的主要内容

Table 1 The research content on the environmental geochemistry

研究内容	典型地区	研究重点	研究意义
地球化学环境演化的发生学原理	京津渤地区、云贵高原、黄土高原、长江和黄河流域、碳酸盐岩地区、酸沉降地区、矿业开采区和典型工业区	区域环境、资源环境、环境记录、污染形势、地球化学风化、水-岩作用、碳-氮-硫-磷循环和地球化学环境背景	国民经济发展的环境决策、区域经济发展的环境对策、资源开发的环境对策、侵蚀机理及水土保持对策、全球变化的微量气体源汇、酸沉降物源及预防途径和矿产开发的环境恢复对策
地球化学环境演化的谱系特征	青藏隆起的东翼斜坡、干湿交替带和季风边缘带	沉积地球化学过程、沉积环境记录、泥炭环境记录和树轮环境记录	沉积物-水界面作用理论、过去环境变化、未来环境演化趋势和二次污染机理及防治对策
地球化学环境的健康和生态效应	克山病区、氟病区、砷中毒区和典型污染区	生命元素迁移途径、生命元素赋存状态和生命元素人体结合态	地球化学环境与人体健康,地方病病因及防治途径

3 云贵高原地质环境的特殊性

云贵地区在资源开发和经济发展中存在严重的环境质量恶化问题。其中,表土和养分流失是最基本的问题之一。据水文观测资料¹⁾²⁾,云贵两省区表土流失形势严峻,每年输沙量达2.1亿吨,约相当于黄河年输沙量16亿吨的1/8,约相当于长江年输沙量7.2亿吨的1/3。研究还表明^[10-12]:1)更多的被侵蚀土粒为短距离搬运,具明显的季节性特征,实际的表土侵蚀远较水文观察结果更加严重;2)与土粒侵蚀相伴存在的化学侵蚀更特别,某些流域的化学侵蚀速率达0.2 mm/a,超出平均水平的2~3倍;碳酸盐岩地区的化学侵蚀速率远大于物理侵蚀速率。由于化学侵蚀的严重,相应地存在氮、磷、钾等营养元素的大量流失。地表环境的物理和化学侵蚀带来了一系列特殊的环境问题,诸如石山荒漠化、土壤贫瘠、湖库淤积和水质污染负荷加剧等。此外,其它环境问题也很严峻,诸如,部分河-湖水体受耗氧有机物和氨氮的严重污染在短期内难以恢复,突发性的水质恶化事件时有发生;城市煤烟型大气污染和酸沉降的严重存在;频繁的自然灾害和严重的生态失调在短期内难以得到控制。上述问题不仅反映了地质环境与人为活动关系的不协调,还体现了全球环境变化与区域环境分异的同一性。

1) 云南省水利水电厅、云南省水文总站编制. 云南省地表水资源. 1984

2) 贵州省水文总站. 贵州省地表水资源. 1985

全球变化源于全球物质和能量循环的驱动。地质历史时期形成的地表环境格局对区域和全球的物质和能量循环产生重要影响。青藏隆起环境影响的主要特点是:1)时间跨度长,从隆起之初到现代环境;2)空间尺度大,从周边地区到全球;3)作用于能量交换和物质循环,在能量分配、水气输送、物质循环等诸多方面产生重要影响。一些研究者基于风化作用强度与地表温度、大气 CO₂ 浓度之间的反馈关系,提出地球具有抗外部干扰而保持表面温度稳定的能力,并建立长时间尺度碳的地球化学循环模型,以解释新生代青藏隆起后地表高差增大,风化作用加强,大气 CO₂ 浓度和表面温度降低^[13-15]。尽管这些模型及其模拟结果仍面临严峻的挑战^[16],但毋庸置疑的是,青藏隆起塑造了中国大陆的三级阶地,形成了季风气候,改变了物质循环和水气输送途径,从而对周边地区现代环境产生多种类型的重要影响。

云贵高原位于青藏隆起的东翼斜坡,是藏滇褶皱带和扬子准地台两种不同性质大地构造的过渡带,也是南亚大陆的一个海拔梯度大、地势格局复杂的特异环境单元。作为青藏隆起的周边地域,云贵高原在不同时间尺度上的环境变化显著,是全球变化的敏感区之一。认识云贵高原地区的环境演化历史和现代环境变化规律,对维护区域环境质量、辨识近代人为活动与环境自然演化的作用份额、预测环境突发事件的产生和制定环境对策均具有重要意义;同时,对获得高精度的元素循环和质量平衡资料,提取高分辨的近代地球化学过程信息,建立和验证青藏隆起对全球环境影响定量模型具有特别价值。

地质环境的区域分异必然制约了现代环境背景特征和人为环境影响状况。通过前期大量的宏观区域调查和微观机理研究,我们可以认识到青藏隆起对云贵高原现代环境影响主要体现在:

(1) 全球性大气扩散污染物的屏蔽效应和局地性大气扩散污染物的滞留效应。滇西和黔中地区 ⁷Be 和 ¹³⁷Cs 自大气散落累计值模式分析表明,青藏隆起对滇西地区存在着全球性扩散大气污染物散落的屏蔽效应^[17,18]。不同汇水区域湖泊沉积物中 ²¹⁰Pb_{ex} 蓄积通量的差异,证实了局地性大气扩散污染物滞留效应的存在。

(2) 区域化学风化的增强效应和物理侵蚀的梯级效应。一些研究从建立长时间尺度碳的地球化学循环模型出发,业已解释青藏隆起后地表高差增大,风化作用加强。实际调查表明,由于人为活动的强烈影响及其排放大气污染物的局地性滞留和沉降,黔中地区和滇池流域地表岩石-土壤的化学风化速率有增强的趋势^[10]。上述自然和人为过程的叠加,构成了云贵高原区域化学风化的特异性增强效应。同时,⁷Be 对表土季节性侵蚀的示踪研究表明,由于地貌格局的梯级发育,表层土粒侵蚀作用呈现出短距离运移特征^[11]。云贵地区水文输沙资料也说明梯级效应的存在。

(3) 地表环境地球化学过程的低纬度-高海拔效应。地表化学元素的释放、运移和归宿是基本的环境生物地球化学过程。云贵高原的低纬度区位、高海拔格局和双季风作用,对地表化学元素循环产生重要影响。洱海近代沉积物中碳、氮、硫和磷的地球化学记录具有陆源控制的较高生产力、与海洋沉积物一致的 C-N 比值、与高纬度湖泊相似的较低 C-N 比值和 C-P 比值^[19]。上述多元特点印证了青藏隆起对云贵高原环境地球化学过程低纬度-高海拔效应。

4 结语

环境地质学的核心是地质学与人类。环境地质学的学科特色聚焦于:地质环境背景及其地球化学演化,地球环境整体性及其与人类关系的相互依存性。在人类社会迈入 21 世纪之际,地球环境质量恶化的现实促使人类社会共同关心着一个重大问题——未来的地球!未来的人类!人类前途可能出现的危机给地球科学的发展带来了前所未有的机遇——全面深入认识人类生存的地球环境。危险与机遇并存,机遇永远赐福于有准备的人类。进入“而立”之年的环境地质学已经为认识和解决地球环境面临的诸多问题做好了充分的准备,必将在 21 世纪为人类谋求更多的福利。

参 考 文 献

- 1 刘东生. 环境地质学的出现. 环境地质与健康, 1972, (4): 2 ~ 12
- 2 万国江, 陈业材. 环境地球化学国家重点实验室建设与研究进展. 见: 中国科学院地球化学研究所. 环境地球化学国家重点实验室特辑(1988 ~ 1994). 北京: 中国环境科学出版社, 1994. 23 ~ 29
- 3 刘东生. 环境质量与地球化学研究. 见: 中国环境科学学会环境质量评价专业委员会、贵州省环境科学学会编. 环境质量研究进展. 贵阳: 贵州人民出版社, 1985. 3 ~ 14
- 4 刘东生, 万国江, 李长生. 环境地质学. 见: 《中国大百科全书》编辑委员会. 中国大百科全书·环境科学. 北京, 上海: 中国大百科全书出版社, 1983. 161 ~ 162
- 5 刘东生, 万国江, 陈业材. 地质环境. 见: 《中国大百科全书》编辑委员会. 中国大百科全书·环境科学. 北京, 上海: 中国大百科全书出版社, 1983. 55 ~ 57
- 6 刘东生. 磷肥与环境保护. 环境地质与健康, 1975, (2): 7 ~ 13
- 7 刘东生. 当前环境科学中的若干问题. 见: 中国科学院贵阳地球化学研究所编. 环境地质与健康(第一号). 北京: 科学出版社, 1973. 4 ~ 8
- 8 京津渤海区域环境综合研究组编. 京津渤海区域环境演化、开发与保护途径. 北京: 科学出版社, 1989. i ~ iv
- 9 刘东生, 万国江, 洪业汤. 21 世纪的地球, 地球科学的 21 世纪(代序). 见: 中国科学院地球化学研究所. 环境地球化学国家重点实验室特辑(1988 ~ 1994), 北京: 中国环境科学出版社, 1994. 1 ~ 5
- 10 万国江, 蒲汉昕主编. 西南经济发展的环境战略研究. 北京: 科学出版社, 1995. 9 ~ 64
- 11 万国江等著. 碳酸盐岩与环境(卷一). 北京: 地震出版社, 1995. 16 ~ 77
- 12 万国江等著. 碳酸盐岩与环境(卷二). 北京: 地震出版社, 2000. 1 ~ 74, 87 ~ 108
- 13 Walker J C G. Carbon geodynamic cycle. *Nature*, 1983, **303**: 730 ~ 731
- 14 Berner R A. A model for atmospheric CO₂ over Phanerozoic time. *American Journal of Science*, 1991, **291**: 339 ~ 376
- 15 Berner R A. Geocarb II: A revised model of atmospheric CO₂ over Phanerozoic time. *American Journal of Science*, 1994, **294**: 56 ~ 91
- 16 François L M, Goddérís Y. Isotopic constraints on the Cenozoic evolution of the carbon cycle. *Chemical Geology*, 1998, **145** (3 ~ 4): 177 ~ 212
- 17 万国江, 白占国, 刘东生等. ¹³⁷Cs 在滇西与黔中地区散落的差异——青藏隆起对滇西地区全球性扩散大气污染物散落屏蔽效应的推断. 第四纪研究, 2001, **21**(5): 407 ~ 415
- 18 Bai Z G, Wan G J, Huang R G *et al.* A comparison on the accumulation characteristics of ⁷Be and ¹³⁷Cs in lake sediments and surface soils in western Yunnan and central Guizhou, China. *Catena*, 2002, **49**: 253 ~ 270
- 19 万国江, 白占国, 王浩然等. 洱海近代沉积物中碳-氮-硫-磷的地球化学记录. 地球化学, 2000, **29**(2): 189 ~ 197

**THE STUDY OF GEOCHEMISTRY ON THE GEO-ENVIRONMENT: TO
CONGRATULATING THE 30'S ANNIVERSARY FOR PUBLISHED THE
ARTICLE OF *APPEAR OF ENVIRONMENTAL GEOLOGY* AND THE
10'S ANNIVERSARY FOR FOUNDED THE STATE KEY LABORATORY OF
ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY, INSTITUTE OF GEOCHEMISTRY,
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES**

Wan Guojiang

(*State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002*)

Abstract

Professor Liu Tungsheng, an academician of CAS, published his article of *Appear of Environmental Geology* in 1972. The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences founded in 1992. Professor Liu expressed his viewpoints on the environmental geology in following: The root of environmental geology based on the society requirement; the geo-environmental system has a complete entity and correlative dependence with human. In the past 30 years, aiming at the regional environment and global change, environmental geochemistry experienced three stages, such as "the investigation-evaluation", "the region-integration" and "the interface-mechanism". The environmental geochemistry focused on studying the happening principiums of environment variety, as well as the pedigree characteristics and the influences of health and ecology. The Yunnan-Guizhou Plateau located in a middle tier landform on the eastern slope of the Qinghai-Xizang Plateau, which is a complex geomorphologic unit with a large altitude gradient in the South Asia. This area is affected by both the southeastern (Pacific Ocean) and southwestern (Indian Ocean) monsoons and is one of the sensitive areas for global environmental change, as well as one of the high step variation regions for local environmental quality. The geo-environmental particularity of the Yunnan-Guizhou Plateau shows environmental influences from the uplift of Qinghai-Xizang Plateau to its circumference area. "Geology and Human" is a basic tenet of environmental geology. It will make more welfare for human in the 21 century.

Key words environmental geology, State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, the geological environment of Yunnan-Guizhou Plateau