



HUNAN KUANGWU
YANSHI DIQIU
HUA XUE

2003^年

湖南
地球
化学
论丛
岩石

luncong

戴塔根 主编
中南大学出版社

目 录

地球化学

低温条件下氯和硫对金迁移的作用及影响的实验研究	戴塔根	谷 俐	(1)
生态环境地球化学研究进展	赖健清	王雄军	张建东(5)
环境地球化学的重要研究领域及热点问题	孔 华	奚小双	(9)
广西德保铝土矿中镓的赋存状态研究	龙永珍	戴塔根	张起钻(13)
古俯冲带深部流体微量元素地球化学定量模型			
——来自造山带内高压脉的启示	黄德志	戴塔根	邹海洋 胡 斌(18)
阿尔泰地区金的构造成矿作用与稀土元素的指示			郭定良(22)
青海锡铁山铅锌矿区地层地球化学特征及含矿性评价	张强禄	陈云华	(25)
低温地球化学研究现状及发展趋势	印建平	张 敏	(32)
辽宁省早前寒武纪两类不同花岗岩质岩石元素地球化学模型			
.....	马 光	刘继顺	宫 丽(37)
土壤中全锌与有效锌的关系	宁进锡	刘桂元	(41)
辽宁二道沟金矿床地质地球化学特征及找矿标志	马 光	刘继顺	宫 丽(45)

矿物岩石

药用矿物的研究与开发前景	张南锋	邹喜枚	(51)
煤矸石的化工利用与开发研究	王万军	张术根	孙振家 刘纯波(55)
磁性矿物与铀成矿关系	舒孝敬	彭先定	(60)
湘中地区煤矸石的矿物学特征研究	刘纯波	张术根	王万军 彭志勤(64)
从宏观和微观两方面鉴别铝土矿	杨俊波	成 功	(68)
辽河大洼油田洼 609 井区火山岩储层分析			
.....	郭建华	杨申谷	刘辰生 朱美衡 王明艳(72)

矿床地质及成矿预测

新疆天山区带构造组合关系与运动性质	奚小双	(82)
湖南东山钨矿控矿构造特征及矿床成因分析	宋宏邦	黄满湘 樊钟衡(86)
河北孔各庄金矿床的地质特征及成矿模式	朱余德	(90)
湘南—桂北新生代上地幔流变学状态及其构造意义	孔 华	奚小双 邓达文(93)
喇嘛苏铜矿控矿构造的新认识		
.....	高光明	姬俊虎 王明艳 申茂德 肖 红 王春山(97)

湖南耒阳—临武南北向成矿带中北段综合成矿模式探讨

.....	蒋年生	(102)
滇西地洼区澜沧江过渡带构造成因的初步认识	胡斌	戴塔根(106)
铜陵地区成矿规律研究	邵拥军 彭省临 刘亮明	彭南海(110)
新疆铜金矿床类型及成矿环境浅析	杨牧	彭省临(113)
湖南城步周山铅锌矿的地质特征及找矿预测	汤超辉 蒋年生	戴塔根(117)
铜陵凤凰山矿田南区斑岩型铜矿地质特征	邵拥军 彭省临 赖健清	彭南海(121)
VHMS 型喷流矿床的成矿模式初步探讨	邓达文 孔华 刘纯波	王志勇(124)
云南个旧锡多金属矿床成因新议	王力 彭省临	杨斌(129)
小秦岭东段大湖金矿床控矿构造特征	李晓波	刘继顺(135)
团山背矿区斑岩型金矿床地质特征及成因初探	彭南海	丁建华(141)
湖南银矿床成因分类及富集规律探讨	申珊	(144)
湖南水口山矿田定量成矿预测	张敏 吴永芳 印建平	全铁军(148)
安化廖家坪金矿地质特征及矿床成因	胡拥民	(154)
论湘中地区“锡矿山式”锑矿床的成矿地质条件及成矿预测	陈斌文 韩伟 钟九思	李光(159)
满洲里—新巴尔虎右旗多金属成矿带矿床地质特征及成矿规律的探讨	李德胜	(166)
湖南郴州荷花坪锡铅锌多金属矿床成因与找矿方向	曾维平	(171)
湖南水口山矿田“三层楼”找矿模式	张敏 吴永芳 全铁军	印建平(176)
内蒙古甲乌拉—查干布拉根多金属矿田地质特征及控矿构造探讨	孙振江	(181)
黑龙江二龙金矿地质特征及矿化富集规律	池贵军	(185)
内蒙古白云常合山金矿剪切带控矿特征研究	郝通顺	王建平(189)
内蒙古新巴尔虎右旗大青山—大坝—大黑山金银铜矿成矿区成矿构造特征	张国玉	(192)
赞比亚铜工业及铜矿资源概况	唐诗佳 刘善方	刘建党(197)

新理论、新技术、新方法

GIS 在“数字城市”中的应用与研究	胡祥昭	银霞(201)
生态系统健康的评估体系	赖健清 张建东	王雄军(206)
利用分形理论进行储层参数井间预测	毛宁波	戴塔根(211)
浅谈应用 GIS/GPS 集成技术建立“突发事件应急系统”	彭先定	(215)
浅层次天然气藏成藏模式及地震识别	毛宁波	戴塔根(218)
试论铜陵凤凰山铜矿区成矿预测信息提取与数据融合	毛政利 彭省临 赖健清	杨中保(222)
测绘工程数据现代化管理初探	戴一鸣 宋建军	邹艳红(225)
地理信息系统(GIS)与灾害防治	成永生	陈松岭(231)
煤矸石制备沸石分子筛的原料预处理工艺研究	王万军 张术根 孙振家	刘纯波(236)
GIS 在城市领域的应用分析	邓吉秋	(241)
钻孔灌注桩与高压旋喷桩在基坑围护工程的应用	刘铁雄 彭振斌	胡二中(246)

动力排水固结法在软基处理工程中的应用	文建鹏	张可能	赵同顺(251)
风动潜孔锤钻探工艺在岩土工程破碎地层中的应用	燕建龙	隆 威	牟一兵(256)
人工挖孔灌注桩施工技术			刘宇军(259)
回填灌浆技术在市政工程中的应用		丁建华	彭环云(263)
深圳某大直径钻孔扩底灌注桩工程施工技术	刘辉华	陈永贵	张可能 黄 堪(268)
顶管施工接触灌浆的工艺问题			叶照桂(272)
在砂卵石地层中高压摆喷灌浆成孔工艺			刘辉华(277)
基于 SVM 应用的遥感图像矿化信息的特征提取			
..... 洪金益 姚学恒 张 勇 谭立霞(280)			
试论基于矿山地质矿产数据库的资源评估技术		周红军	吴湘滨(285)

环境工程及其他

社区和小型社区的新城市主义	刘兴权	吴 亮	谢国富(289)
依靠科技进步,促进矿山地质与采矿技术同步发展		廖宣昭	戴塔根(292)
动态 BP 网络模型的 VC++ 实现及应用	杨中宝	彭省临	银 霞 毛政利(297)
贵州开阳磷矿用沙坝矿采场顶板冒落规律研究		莫家起	戴塔根(300)
MapX 中地图数据与属性数据的关联	黎 明	刘继顺	邓吉秋(305)
储层孔隙度的灰色预测		毛宁波	戴塔根(310)
洞庭湖地区近代泥沙淤积特征分析	刘长明	曹文华	殷 玲(314)
温度场可视化与 MATLAB 的应用			袁 果(320)
SLT、SVM 及遥感图像分类浅谈	张 勇	洪金益	姚学恒 谭立霞(324)
预应力土层锚杆在深基坑支护中的几个问题		隆 威	熊赞民(328)
基于统计学习理论的支持向量机	谭立霞	洪金益	姚学恒 张 勇(332)
某大厦基坑工程支护的联合优化设计与施工技术方法	王志勇	李培铮	杨传德 张栋材 韦大仕(337)
我国矿山固体废物综合治理及应用探讨	陈永贵	张可能	魏中超 刘辉华(341)
三峡永久船闸竖井周围灌浆中的安全监测			谭立霞(345)
基于 SVM 遥感图像分类的核函数类型	姚学恒	洪金益	张 勇 谭立霞(348)
利用土工合成材料加固膨胀土路基边坡			谢光健(353)
水泥稳定砂砾在路面基层施工中的应用	陈朝晖	丁跃飞	刘介民(357)
浅谈已建结构物的混凝土结构分析与评定	李 艺	李 峻	陈建明(361)
数字交通与湖南交通地理信息系统初步设计		蒋宗立	吴承健(366)
韶关大学办公楼膨胀地基土的评判与处理			叶照桂(370)
预制桩沉桩对环境的影响防治实例			刘宇军(376)
防排水材料在隧道中的应用		魏顺清	詹剑波(379)
张新立交桥连续箱梁施工缝的设置及不当施工缝的处理		魏顺清	詹剑波(384)
充分挖掘工程监理单位的潜力			陈科平(388)
严格执行强制性技术标准			陈科平(391)
中国知识产权法必须与 TRIP 接轨			方春子(394)

低温条件下氯和硫对金迁移的作用 及影响的实验研究^①

戴塔根¹ 谷 俐²

(1. 中南大学地学与环境工程学院, 长沙, 410083; 2. 重庆大学生物工程学院, 重庆, 400044)

【摘 要】 通过高压釜中含金凝灰质板岩与不同组成的溶液在 200 ℃ 和 20 MPa 条件下相互作用, 研究板岩中的金的活化、迁移能力。结果表明, 反应后凝灰质板岩颜色变浅、硬度降低、密度变小; 金的活化量变化范围增大, 含氯溶液中金活化量十分可观, 其迁移率也很高。成矿流体中氯和硫为主要络阴离子, 对金进行活化和迁移, 并在适当部位富集成矿。

【关键词】 水-岩反应; 活化; 迁移; 金; 漠滨

水热体系中的富水流体相与含金岩石的相互作用是非常重要的地球化学过程。研究表明, 高温、富氯溶液有利于金的活化、迁移; 中-低温、富硫热液有利于金的活化和迁移(梁祥济, 1996)。有人曾经以湘西南乃至整个雪峰地区的成矿元素为研究对象, 展开了中低温含硫、氯水溶液对地层中 Au、Sb、As、W、Hg 的淋滤实验研究(牛贺才, 1991; 何江, 1996; 卢新卫, 1998)。但迄今为止, 对于具体贫硫化物的单金石英脉型金矿, 金的矿化过程中, 成矿溶液的阴离子对金的活化迁移能力的水岩实验在国内尚无正式报道。湘西南地区的典型单金矿床代表——漠滨金矿为明显贫硫化物矿床(周德忠等, 1989; 周崇智, 1992)。矿物包裹体组成研究表明, 除了硫以外, 成矿热液流体中还含有大量的氯(余大龙, 1990; 牛贺才, 1991)。为了解水溶液中的主要潜在络阴离子 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 F^- 等对成矿元素 Au 活化、迁移能力的影响, 本次实验主要研究不同组成的溶液对金的活化迁移能力。这对揭示我国典型低温热液金矿的成矿过程和获得符合金矿床地质实际的实验佐证等, 均有重要的实际地质意义。

1 漠滨金矿地质特征概述

漠滨金矿为贫硫化物单金石英脉型矿床。矿区位于脱口向斜之南东翼, 朗江背斜之北西翼。出露地层为板溪群五强溪组第二段(Pthn_2w_2), 岩性为一套板岩、凝灰质板岩、砂质板岩、变余细砂岩、变余凝灰质细砂岩等, 普遍有条纹状和条带状构造。矿区褶皱构造简单, 总的表现为单斜, 但次级褶皱、挠曲较为发育。断裂十分发育, 北西西向区域性漠滨大断层从采区西南缘通过, 北东向断层与之相交。漠滨金矿受层控特征明显。矿体为顺层式产出, 赋存于北东向褶皱的层间逆冲韧性剪切破碎带或不同岩性的接触界面, 其产状与剪切带基本一致。

① 基金项目: 国家教育部博士点基金 9705301 和湖南省自然科学基金资助项目 97jj205。

2 实验过程

采自漠滨金矿区五强溪组的凝灰质板岩为实验的固体试料(为了增加有效反应界面,将实验样品粉碎至 200 目),每次称取 20 g。用光电天平分别称取一定量(根据具体反应溶液中的浓度而定)分析纯的 NaCl、NaF、NaHCO₃,或用量筒量取 (NH₄)₂S 溶液,以去离子水为溶剂,将烧杯内混合物充分搅拌,用 pH 试纸测定混合液的 pH 值,然后用移液管量取少量的 HCl,称取微量的分析纯 NaOH 以调节混合液的酸碱度至预定值,总共配置了四组反应溶液以进行实验比较:

pH 4.0 的 1 mol/L NaCl + 0.5 mol/L NaF 水溶液

pH 6.0 的 1 mol/L NaHCO₃ 水溶液

pH 7.5 的 0.5 mol/L (NH₄)₂S 水溶液

pH 6.8 的 0.25 mol/L (NH₄)₂S + 1 mol/L NaCl 水溶液

用去离子水清洗高压釜两次,然后用少量反应液洗一次,将烧杯中的反应混合液迅速倒入高压釜内,小心盖好高压釜盖,上好螺栓并均匀拧紧,插入热电偶,检查各减压阀门的气密性,接上循环水冷却系统,釜盖上旋进磁力搅拌器,加压至预定值 20 MPa,确定密封良好,闭合碳化硅加热炉的电源开关,均匀加热升温 200 ℃,开动磁力搅拌器(使反应在较短时间内更完全,搅拌时间持续 5 h 即可。)恒温恒压 240 h,在此期间要确保冷却水循环畅通,以免过热而烧坏搅拌器磁头。

每批物料反应结束后,用空冷或风冷降温至常温,卸去压力,利用力矩扳手对称均匀地松开主螺母,旋入两个起盖螺钉将釜盖顶起抬放在支架上,然后用取样管抽出液相,测其 pH 值,用吸管将高压釜内所得反应物和残渣取出、过滤,滤液送去作 Au 的水样分析。将滤纸上的残渣烘干、称重,并取出部分残渣于样在显微镜下观察蚀变情况。实验后的液、固样品中 Au 由等离子光谱分析。

3 实验结果

3.1 固体残样矿物颗粒变化

显微镜下观察发现,反应后的固体残样矿物颗粒表面普遍褪色,一般由灰绿色变成浅灰白色,暗示了轻微的蚀变作用。残样的密度变小,具体表现为每份实验样品失重 1.88 ~ 4.45 g。此外,固体残样矿物变软,硬度有所降低。反应后溶液的 pH 略有增加,而第 203 号反应液的 pH 略微降低。

小结:以上反应产物的颜色改变、密度变小、硬度降低和 pH 的变化,说明凝灰质板岩在与溶液反应过程中有部分矿物释放出来,进入溶液;另一方面,溶液中的化学成分部分也进入岩石。然而有关固、液体系统中的常量元素的氧化物含量的测定工作未能进行。

3.2 溶液中金的活化和迁移能力

凝灰质板岩中金的活化量、活化率、迁移量、迁移率列于表 1,并根据表 1 作图 1。实验结

表1 凝灰质板岩中金活化量、活化率、迁移量、迁移率实验值

实验号 No.	实验样品名称	反应溶液成分 /mol·L ⁻¹	温度 /℃	压力 /MPa	反应时间 /h	pH		Au 活化量/ (μg·g ⁻¹)	Au 活化率 /%	溶液内 ΣAu (μg·g ⁻¹)	Au 迁移量/ (ng·mL ⁻¹)	Au 迁移率 /%
						反应前	反应后					
201	凝灰质板岩	1 mol·L ⁻¹ NaCl + 0.5 mol·L ⁻¹ NaF 水溶液	200	20	240	4.0	7.0	0.130	39.45	2.166	10.83	83.18
202		1 mol·L ⁻¹ NaHCO ₃ 水溶液				6.0	7.0	0.027	8.33	0.278	1.39	50.70
203		0.5 mol·L ⁻¹ (NH ₄) ₂ S 水溶液				7.5	6.5	0.126	38.06	2.276	11.38	90.16
204		0.25 mol·L ⁻¹ (NH ₄) ₂ S + 1 mol·L ⁻¹ NaCl 水溶液				6.8	7.0	0.234	70.90	4.330	21.65	92.30

果表明:

(1) Au 的活化量为 (0.027 ~ 0.234) × 10⁻⁶, 活化率 8.33% ~ 70.99%; Au 在热液流体中的迁移量 (能力) 为 1.39 ~ 21.65 ng/mL, 迁移率 50.70% ~ 92.30%。

(2) 在其余物理化学参数相同 (pH 略有不同) 的条件下, pH 6.8 的 0.25 mol/L (NH₄)₂S + 1 mol/L NaCl 水溶液从凝灰质板岩中活化出 Au 的量最高, pH 4.0 的 1 mol/L NaCl + 0.5 mol/L NaF 水溶液和 pH 7.5 的 0.5 mol/L (NH₄)₂S 水溶液活化出 Au 的量次之, 而 pH 6.0 的 1 mol/L NaHCO₃ 水溶液活化出 Au 的量最少, 且与前三者相差悬殊, 表明 NaHCO₃ 对 Au 的活化能力相当差。

(3) Au 主要以 Au(HS)₂⁻、AuCl₂⁻ 的络阴离子形式迁移, 其次以

AuCl₄⁻ 形式迁移, 综合考虑漠滨金矿的成矿温度 (较低) 和成矿流体包裹体的阴离子组成 (HS⁻、S²⁻、Cl⁻), 能推测出水-岩反应成矿作用过程中 HS⁻、S²⁻、Cl⁻、F⁻ 对金的活化、迁移均有程度不一的贡献, 而 F⁻、HCO₃⁻ 对 Au 的活化迁移能力明显差一些。

(4) 热液流体中的 Cl⁻ 的行为并不是前人所认为的只在温度高于 300 ℃ 的条件下, Au 形成的络阴离子团才能在热液体系中稳定运移。中低温环境 (t = 200 ℃, P = 20 MPa) 中, 凝灰质板岩中 Au 的活化率、迁移量 (能力) 可达 39.45% 和 10.83 mg/mL, 迁移率为 83.1%, 在整个反应系列中仅次于 0.25 mol·L⁻¹ (NH₄)₂S + 1 mol·L⁻¹ NaCl 溶液对 Au 的活化、迁移能力。因此氯在本区 Au 成矿过程中起着相当重要的作用。

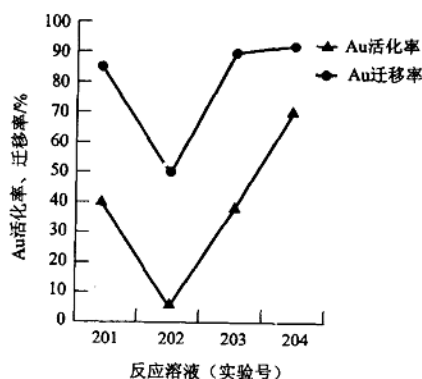


图1 凝灰质板岩中 Au 的活化率和迁移率 (迁移能力) 随反应溶液组成的变化

201. pH 4.0 的 1 mol·L⁻¹ NaCl + 0.5 mol·L⁻¹ NaF 水溶液
 202. pH 6.0 的 1 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 水溶液
 203. pH 7.5 的 0.5 mol·L⁻¹ (NH₄)₂S 水溶液
 204. pH 6.8 的 0.25 mol·L⁻¹ (NH₄)₂S + 1 mol·L⁻¹ NaCl 水溶液

根据上述四种组成不同的水溶液作用于同一种岩石,从岩石中活化出 Au 和迁移 Au 的能力,成矿温度、压力并结合矿区中矿物的流体包裹体组成特点(主要为 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 F^-)和蚀变围岩中成分特征,我们可以初步确定硫和氯在漠滨金矿的成矿过程中是活化迁移金的主要阴离子。

4 结 论

凝灰质板岩与溶液反应后发生了一定程度的变化。不同阴离子组成的反应溶液对金的活化迁移能力差别很大。金在低温含氯热液体中具有很强的活动性。硫和氯共同作用控制漠滨金矿的矿化。

参考文献

- [1]刘玉山,张桂兰,田军. 绿岩中金淋滤作用的实验研究. 地质学报,1992,66(4):362~369
- [2]梁祥济. 水岩相互作用与成矿物质来源. 北京:学苑出版社,1996
- [3]牛贺才,马东升. 在低温开放体系水-岩反应过程中金、锑、钨的实验地球化学研究. 科学通报,1991,(24):1879~1881
- [4]何江,马东升. 中低温含硫、氯水溶液对地层中金、锑、汞、砷的淋滤实验研究. 地质论评,1996,42(1):76~85
- [5]卢新卫,谢庆林,马东升,刘英俊. 中低温开放含硫水热体系中水岩淋滤实验研究. 矿床地质,1998,17(2):185~190
- [6]周德忠等. 湖南漠滨石英脉型金矿成因探讨. 矿床地质,1989,8(1):51~63
- [7]周崇智,刘玉山,张桂兰,田军. 绿岩中金淋滤作用的实验研究. 地质学报,1992,66(4):362~369
- [8]余大龙. 漠滨金矿包裹体研究. 地球化学. 1990,1:72~80

生态环境地球化学研究进展

赖健清 王雄军 张海东

(中南大学地学与环境工程学院,长沙,410083)

【摘要】 生态环境地球化学是生态学、环境科学和地球化学结合衍生的一门新兴边缘学科。本文在该领域近年来的研究进展进行了综述之后,提出了在该领域今后国内主要的研究重点。

【关键词】 生态学;生态环境地球化学;地球化学

1 生态环境地球化学简述

自然环境是人类生存和发展的基础,人类是自然的产物,又是自然的改造者。人类活动造成的环境问题日趋严重。18世纪后半叶,人类进入了蒸汽机时代,这时期环境问题主要表现为工业污染;19世纪30年代以后,人类进入了电气时代,即第二次产业革命。大规模的开发严重破坏了生态系统及主生物圈的结构和功能。现代化的农业使得人们在获取高产量的农作物的同时,将大量的农药、化肥残留在土壤中。这些物质一旦超出一定限度,即可能成为“化学定时炸弹”,人类开始真正感觉到自身的生存安全受到挑战。20世纪70年代以后,环境科学开始引起人们的注意,这一时期环境化学、环境生物学和环境地学等方面都取得了一定的成果。但解决全球变化问题需要多学科协作研究。结合了化学、生物学、环境学、物理学、数学以及地学、医学、农学、管理学等各学科的知识“生态环境地球化学”应运而生。生态环境地球化学是环境地球化学的延伸和拓展,是一个崭新的前沿领域,也是地球化学起社会功能的用武之地。它是跨地质学、生物学、环境学的一门综合性学科,目前主要研究地质环境(岩、矿石-土-水系统)与生物(微生物、动植物、人类)、生物群落之间的关系,相互反馈机理。重点研究各类地质体(岩石、矿体、地热水、石油、天然气等)、环境变化(包括污染)对生物生理、生态的影响及其毒理学效应;重金属元素对土壤环境的破坏(水土流失)、农作物、人体健康的危害;生物活动(主要是人类活动)对地质环境(矿山生态环境、土壤生态环境、大气生态环境、水生生态环境)的影响;地质生态环境恶化机理及其防治对策,为国家指定相关政策提供依据,达到地球化学为现代化服务的目标。

2 国内研究现状

地球化学的基本原理、研究方法和手段已被广泛应用于环境调查和生态研究,人们从地球化学角度提出了评价和解决环境污染、酸雨、地方病防治等问题的方法和对策。我国地球化学工作者在生态环境领域最早进行探索的就是地方病研究。刘东生将我国地方性氟病的地球化

学背景划分为两类地球化学环境和四个环境地球化学区域。1989 年《中华人民共和国地方病与环境图集》的出版是我国二十年来地方病环境病因研究的一项重大成果。通过对特定区域进行系统的农业、环境地球化学调查和研究,进行区域环境地球化学质量评价也取得了一些成果。在酸雨问题上也进行了研究。近年来对水体环境的非自然起源的外来化合物污染也进行了深入研究。例如盖美等(1998)对由于水质污染、湖泊富营养化、水土流失等环境问题影响湖泊地区的生态环境质量的研究,揭示了这类地区的生态环境系统结构,制定了生态环境质量的分级标准。

土壤是人类赖以生存的最重要的自然资源之一。由于土壤中三废排放物和农业化学残留物问题的严重化,近年来人们开始着手研究土壤中有有机污染物的迁移行为等对防治土壤污染的作用。生物技术用于污水治理、污染土壤治理也取得不错成果,GIS(地理信息系统)等现代化信息工具的加入也必将促进生态环境地球化学工作的开展。但这些工作还不成熟,需科技工作者更深入的研究和努力。

奥地利人 W. M. Stigliani 1990 年提出“化学定时炸弹”以来,引起了全世界人们的关注。我国科学家对“化学定时炸弹”的研究,认为土壤中存在着重地性和泛地带性的“化学定时炸弹”,地带性表现为土壤盐渍化、土壤酸化等;泛地带性包括施肥造成的、工业污染造成的及特殊成土作用形成的“化学定时炸弹”。同时对其可能触爆因素进行了初步的研究,为我国可持续发展政策服务。

我国矿业历史悠久,但采矿和冶炼向环境排放了大量的重金属废料,重金属元素在土壤中大量积累,一旦含量超出土壤的承受能力,必然对生态环境造成突发性的灾害,影响人畜健康和农作物生长。还有矿区水环境污染引起水资源危机。时红等工程师提出了合理选址,加强监测,改进生产工艺,防水防塌,综合治理,变废为宝等对策,取得一定成绩。但这都还没有根除以前留下的后患。这方面工作还需加强。

近年来,我国开展的工作主要是多目标的地球化学填图,首先在广州、武汉、成都等地区进行,主要着重在第四纪地质、资源潜力和生态环境方面。工作大体分为三个层次:多目标区域地球化学调查;区域生态地球化学评价;局部生态地球化学评价。主要成果形成了《1:25 万多目标区域地球化学调查报告》及相应的地球化学图件;针对重金属或放射性元素危害地区形成了《生态地球化学预警报告》;针对农业种植区形成《农业生态地球化学报告》;针对某种地方病分布区形成《地方病地球化学研究报告》等。

随着现代化信息技术的高速发展,地理信息系统(GIS)技术日趋成熟。以 GIS 技术为基础建立环境地球化学空间信息系统已成为生态环境地球化学研究的必备手段,加强数据库的管理和利用也将大大提高生态地球化学调查的有效性、有序性和合理性。

3 国外研究进展

西方发达国家在生态环境地球化学领域跟我们国家基本同步,不过发展比较迅速。1969~1973 年,美国在密苏里州进行了地球化学调查,目的是为流行病学提供研究地球化学环境与人类健康之间关系的基础资料。1982 年美国地调所在阿拉斯加进行了地球化学调查工作,为环境地球化学、人类健康、野生动物管理、寒冷气候条件下成壤过程的研究提供背景值。

大约在 20 世纪 70 年代初期,全苏稀有元素矿物学、地球化学和结晶化学研究所对生态地球化学理论、方法及应用问题都做了一些有益的探索;到了 80 年代,这方面研究取得了明显的发展和完善。为配合国际地球化学填图计划(IGCP259)的实施,俄罗斯于 1991 年提出“俄罗斯地质生态学和俄罗斯地球化学填图”计划(1991~2005 年),并在科拉半岛、莫斯科、阿尔泰、贝加尔、东外贝加尔和滨海六个试验区率先开展工作。该计划的主要目的是编制一套多目标地球化学图和地质生态图,并将其用于环境研究、矿产勘查、土壤化学、地质生态建造的地球化学以及自然勘测规划。在试验区的选择上,既考虑了地质特征、景观条件,又考虑了污染程度从低到高的变化;既考虑了山区地质状况,也考虑了都市地区工业的发展。并制定了生态地质填图的基本原则,即等级原则,评价方法代表性、信息客观性和综合性原则。总之,生态地球化学填图综合考虑了自然污染和人为污染地球化学状况,为勘查地球化学解决未来污染问题开辟了一条崭新的道路。

国外在人体健康方面也进行了不少探索。科学家们充分发挥创造力,通过示踪元素分析法,从人体部分器官,甚至从人体的头发着手探讨生态环境地球化学。俄罗斯人 Valery A. Batzevich 1992 年进行了这方面的研究,指出头发可以作为当地生态环境好坏的良好的指示物,这一结论对于生态学和卫生学都是有用的;对头发的分析,表明了示踪元素在人体的不均匀吸收,通过一种或几种元素的分析可以评估出地球化学对人群的作用程度。

荷兰人 W. H. O. Ernst 对受金属污染的土壤进行研究,发现一些特殊的植物对土壤的自净力的提高较为有效,但同时指出大规模种植也存在一些困难,还需进一步研究。加拿大人 Lesley A. Warren, Elizabeth A. Haack 2000 年对水环境中金属作用的生态地球化学控制研究发现:复杂的水系中金属活动能力受固溶作用控制;水体 pH 值、离子自由度、 E_h 值、溶解的元素类型和浓度以及固体表面作用力决定了金属的活动能力;金属的吸附作用是动态可逆的,其平衡过程和动态稳定状态可用热力学原理来描述等。不过在用热力学描述金属活动性时还未考虑到生态学的因素和微生物的作用,而且他们注重的是从微观的角度出发,对宏观因素的描述很少。

4 建议与结语

作为一门独立的交叉、边缘学科,环境地球化学只经历了三十余年的发展历史。由于其在解决人类所面临的各种地质环境问题中发挥着日益重要的作用,同时由于社会中出现了许多较为复杂难解决的问题等待人们去认识、去探索,为此,本文提出了几个急需解决的问题和有待研究的方向:

(1)从地球化学角度研究人为污染与自然环境的耦合关系及其对全球环境的影响和趋势。

(2)积极采用高新技术,全面提高环境地球化学监测数据的质量和数据处理数据的能力,全面利用“3S”技术,尤其是利用 GIS 技术建立生态环境地球化学模型。

(3)城市环境地球化学将成为新的研究重点。城区土壤、道路灰尘和空气污染的研究势在必行。

(4)区域地球化学多目标应用的工作方法、技术的研究,包括地球化学环境与人类、生物

健康的研究应成为今后研究的重点。

(5)随着人类开始把注意力转向海洋,现在海洋污染问题也有待人们加强研究,这也是各国开始研究的又一重点领域。

展望未来,生态环境地球化学的发展将在我国社会的可持续发展中发挥越来越重要的作用。在它的发展过程中它必将对我国环境领域、农业、人体健康、生态工程等起到强有力的推动作用。作为一门学科也必将显示出强大的生命力和良好的发展前景。现代信息技术的发展定将把生态环境地球化学推向前进。

参考文献

- [1] Valery A. Batzevich. Hair trace element analysis in human ecology studies. *The Science of Total Environment*. 1995: 164,89 ~ 98
- [2] Lesley A. Warren, Elizabeth A. Haack. Biogeochemical controls on metal behaviour in freshwater environments. *Earth - Science Reviews*. 2001: 54,261 ~ 320
- [3] W. H. O. Ernst. Bioavailability of heavy metals and decontamination of soils by plants. *Applied Geochemistry*, vol. 11, 1996: 163 ~ 167
- [4] 李文光. 地质环境与农业生态对人体健康的影响. 化工矿产地质. 化学矿产地质研究院. 2000
- [5] 陈德兴, 邵器行. 环境地球化学研究现状与发展. 地学前缘. 1995
- [6] 王 徽. 生态环境地球化学的研究进展. 地质与勘探. 2000
- [7] 兰雅莉. 环境地球化学三个领域的研究进展. 河北工业科技. 2001
- [8] 杨东方等. 生态数学模型及其在海洋生态学中的应用. *Marine Science*. 2000

环境地球化学的重要研究领域 及热点问题

孔 华 奚小双

(中南大学地质与环境工程学院地质研究所, 长沙, 410083)

【摘 要】 本文简要介绍了环境地球化学的四个重要研究领域: 地球化学环境与人类健康; 环境污染监测与环境保护; 环境地球化学与全球变化预测; 农业生态环境地球化学调查。热点问题主要集中在化学定时炸弹与区域环境地球化学预警, 环境地球化学基线研究, 空间信息系统在环境地球化学研究中的应用。

【关键词】 环境地球化学; 地方病; 化学定时炸弹; 环境地球化学基线

随着经济和社会的发展, 人类越来越关心自身生存的自然环境, 环境的质量与人们生活质量的优劣密切相关, 如何获知环境的信息及了解环境以何种方式影响人类, 保证人类社会的可持续发展, 是人们瞩目的焦点。

环境地球化学就是研究人类活动范围内与人类生产生活密切相关的各种元素的含量、分布、扩散、迁移的规律的一门学科, 或者是研究与人类生存密切相关的自然环境的化学组成、化学作用和化学演化的一门学科。具体地说环境地球化学是研究元素在岩石-土壤-大气-水-动植物这一巨型系统中元素的分布、迁移转化的规律, 揭示环境的历史演变规律, 预测环境的未来变化。它对人们合理地利用自然具有重要的指导意义。当前正在进行的国土资源大调查就是政府从战略的高度提出的一项重要部署, 具有社会性、公益性、前瞻性。其中一项重要的工作任务就是生态环境地球化学调查。

环境地球化学研究的范围广泛, 主要有以下内容: 环境地球化学与人类健康, 环境污染监测、评价与整治, 全球环境变化与生态环境保护。研究的热点问题是化学定时炸弹 (Chemical Time Bombs, 简称 CTB) 的形成、引爆机制及对环境突变的影响。研究的基本和难点问题是环境地球化学基线 (Environmental Geochemical Baseline) 的确定。

1 环境地球化学的重要研究领域

1.1 地球化学环境与人类健康

人类的生存离不开地球环境, 人类的生产生活资料都来自于环境, 环境的各种变化也会在人类身上得到体现。人们最为关注的是环境与人类的健康关系, 因此这也成为当今环境地球化学研究的重要领域。人们对环境的关注源于各种突发性疾病的出现, 如 20 世纪五六十年代日本水俣病与痛痛病的出现, 后来人们发现在鱼产品中汞和镉的含量很高, 进一步发现其源头

在于产鱼水域的汞、镉等微量元素超高。在我国,一些具有明显地域界限的疾病也与局部地球化学环境有明显关系。人体中元素含量分析显示人体血液中六十多种微量元素的丰度曲线与地壳元素的丰度曲线具有惊人的相似性。医学专家认为大多数人类疾病与微量元素的丰缺有关。我国是地方病多发国家,由于地域广阔,自然地理条件千差万别,就像矿产资源的聚集只局限在特定的地质背景中一样,微量元素在不同的地区分布也极不均匀。因此当人们长期生活在某种微量元素过多或稀缺的环境中,必然会引起人体的微量元素失衡,引发器官组织病变。例如常见的地方性甲状腺肿大,它是由于人体长期吸入过多碘或缺乏碘引发甲状腺激素的合成紊乱所致,该病高发于山区,是由于这些地区环境背景中碘稀缺,导致人体摄入碘元素的失衡。其他地方病如地方性氟病、克山病则分别与环境中的氟元素、硒元素及钼元素的含量异常有关。环境因素引起人体微量元素失调与区域性肿瘤之间,在病因学上也存在明显的关系,如美国肠癌高发区与环境中的缺硒有关,北威尔士胃癌高发区与土壤中缺铜、富锌有关;我国河南林县食道癌高发区与环境缺硒有关。尽管微量元素致癌的内在机理尚不清楚,但已显示出环境地球化学因素的重要性。

不同尺度的环境地球化学填图可以反映区域中微量元素的分布及异常,是预测地方病和职业病的重要依据。当前实施的中国东、中、西部不同地域的生态环境地球化学调查可帮助我们了解环境中元素的分布状况。对于微量元素的区域性差异可以通过调整区域环境的物理化学条件改变元素的地球化学行为,使之向对人类有利的方向转化。因此进一步研究要侧重于对不同生物地球化学省的形成及元素的赋存状态、迁移富集规律及元素转化动力学方面,从而为科学预测和预防地方病提供科学依据。

1.2 环境污染的地球化学研究

环境污染是指人类活动引起的自然环境中金属和非金属元素,有机和无机物的积累造成的环境异常。因此运用地球化学的基本原理和研究方法可以对污染物的来源、污染元素的迁移转化途径进行研究,为污染治理提供合理的科学依据。环境污染的危害是显而易见的,其对生态平衡的破坏作用尤其巨大,它可以导致物种多样性降低,甚至导致物种灭绝,从而引发生态灾难。某些环境污染严重的地区,已经影响到人的生存和发展。人类生活、生产的三废通过生物圈-水圈-大气圈的循环,会在不知不觉中影响人类的健康及生存状况。环境地球化学工作者的任务就是研究污染元素在人类生存的地球表层各个圈层中的赋存状态、迁移规律及在生物地球化学循环中的累积动力学规律。

1.3 全球环境变化与生态环境保护

地球自形成以来,经历了数十亿年的时空演变,来自地球内部及地球外部的各种地质作用时刻在改变着我们这个蓝色的星球。在我们生存的这片土地上曾经发生过什么,并将要或可能发生什么,是人们迫切希望了解的。人类对自然环境的深刻认识有助于人类与环境和谐共处。自18世纪工业革命以来,人类对环境的影响日益加剧,其中许多是负面影响。自有人类历史以来,地球环境的古地理和古气候变迁,已经成为环境地球化学研究的热点领域,例如通过对海洋沉积物、冰芯、黄土-古土壤、泥炭及树木年轮等对象元素和同位素组成的测定,可以恢复古环境和古气候的演变;通过多种地球化学示踪剂的研究,可以阐明生物地球化学循环机

制、过程和速率,进一步识别人类活动在全球变化中所占的份额;通过大量的地球化学数据积累,利用生物地球化学和生物学模型,可以预测全球未来的环境变化。因此环境地球化学在巩固其原有研究领域如环境与健康、区域环境保护、环境污染监测与整治的基础上,应着力提高其评估全球环境问题的能力。

1.4 农业生态环境地球化学研究

环境地球化学研究的主要介质是土壤,我国是一个农业大国,如何提高农产品的产量和质量,不仅是农业工作者的任务,也是我们地学工作必须重视和研究的对象,尤其是土壤的性质、性状(各种生化指标)如何影响植物对有益和有害物质(元素)的吸收。目前已经有许多学者进行了各种农产品对土壤的依赖性研究,农产品中微量元素的含量是评价其质量优劣的重要指标。植物不同部位富集微量元素程度不同,对人类选择健康有益的食品具有指导价值。农业地球化学研究的重点是土壤质量评价,根据区域生态地球化学填图的新成果,进行合理的农业区划,从而在不同地区建立不同的优质农副产品的生产基地,这对入世后的中国增强农业国际竞争力也具有现实的意义。

2 环境地球化学的研究热点

2.1 化学定时炸弹与环境地球化学预警

化学定时炸弹是一种特定的环境污染,化学定时炸弹(CTB)是指自然界中化学物质(如有害元素 Hg)释放而导致的延缓性的灾难性的效应。其隐蔽性强,但一旦引爆,造成的危害性极大,影响波及的范围小到流域,大到区域甚至整个国家。这一概念由荷兰人 F. A. F. DeHann 于 1978 年最早提出,奥地利学者 W. M. Stigliani 于 1988 年和 1990 年进行了补充和完善,其给出的一般概念是:化学定时炸弹的概念涉及一系列事件,主要指随着环境的缓慢变化,存储在土壤和环境中的化学物质活化,引起迟缓积累而突然爆发的灾难性效应。化学定时炸弹主要有三个因素起作用:土壤的脆弱度(土地的承载力);化学物质的累积量;土地利用。化学定时炸弹的特点是有害效应延缓性等于不连续性和非线性。化学定时炸弹的形成和引爆一般包括两个基本阶段,一是化学物质的长期累积阶段,二是化学定时炸弹的爆炸阶段,在几年或几十年内造成环境地质灾害。美国纽约州的“Big Moose 湖事件”是一个局部的例子,由于近一百年(1880~1980)的酸雨沉降使得湖内酸度增加,pH 从 5.7 降到 5.0 以下,导致湖内鱼类大量死亡。另一个著名的例子是 20 世纪 80 年代初发生的欧洲中东部大面积森林死亡事件,该区由于接受工业革命以来二百多年的酸雨沉降,使土壤 pH 降至 4.2 以下,因此土壤中的金属元素铝大量活化并释放,导致大片森林中毒死亡。

当前我国的生态地球化学调查特别注重区域环境中有害物质特别是一些有害重金属元素的含量、累积速率等指标,以及环境物理化学条件改变时,元素的地球化学行为变化的研究。这对准确进行区域地球化学生态预警至关重要。

值得指出的是当前土地利用政策的改变要引起我们的高度重视,比如退耕还林还草,退田还湖等都会不同程度地改变原有的地球化学环境,必须研究由土地利用方式的变化而带来的

元素地球化学行为的改变规律。切实做到因地制宜,科学植树造林。

2.2 环境地球化学基线研究

环境地球化学基线(baseline)和地球化学背景(background)一样是研究环境中元素的含量,但两者是有区别的,地球化学背景代表的是不受人类活动影响的自然环境中元素的浓度,地球化学基线是代表在人类活动扰动地区一些地点及时测量的元素浓度,通常并不是真正的背景。基线通常比背景更难确定。环境地球化学基线的确定是环境地球化学研究的基本任务。标准化方法是国际上常用的确定地球化学基线的方法。地球化学基线是判别地球表层中化学物质(元素)富集程度的标准。通过它可以计算元素的富集系数、地质累积指数,从而进行沉积物中元素分布的地球化学分析和环境污染的地球化学分析。

2.3 地理信息系统与环境地球化学

随着环境地球化学的发展,各种新技术、新方法在研究中得到运用,地理信息系统(GIS)是关于空间信息的系统集成,将大量的地质地球化学数据资料运用先进的 MapGIS 技术加以分析,归纳和综合,其成果可应用于:环境(如农业环境)地球化学区划;环境地球容量分区与评价;数据共享。

自 18 世纪工业革命以来,人类对自然资源的索取,逐渐超过了自然承受的能力,对能源、矿产资源的掠夺式采掘导致地表环境破坏及地下水污染;对生物资源的无控制开发使用,使物种多样性严重失衡,许多物种加速灭绝。当前我国正大踏步向现代化迈进,现代化进程中可能产生的环境损害事件是不可避免的,如何做到经济发展与环境保护并行不悖,是我国必须着力研究和解决的问题。只有顺应自然规律,才能使我们的经济和社会实现可持续发展。地学工作者的任务不仅是寻找矿产资源和能源来为国民经济服务,更重要的是注重如何尽可能减少对环境的破坏,在自然环境可承载的范围内开发和利用自然。相信环境地球化学工作者一定会在这方面作出自己应有的贡献。

参考文献

- [1] Abrahams P W. Soil: Their Implications to Human Health. The Science of Total Environment, 2001, 291, 1 ~ 32
- [2] 兰雅莉. 环境地球化学三个领域的研究进展. 河北工业科技, 2002, 19(1), 14 ~ 18
- [3] 严光生, 谢学锦. 化学定时炸弹与可持续发展. 中国地质, 2001, 28(1), 13 ~ 18
- [4] 欧阳自远, 邹永廖, 刘建忠等. 地球化学若干领域的回顾与展望. 地球科学进展, 2001, 16(5), 618 ~ 623
- [5] 汪庆华, 董岩翔. 浙江省萧山北部地区 1:5 万农业地质调查若干工作方法探讨. 浙江地质, 1998, 14(2), 92 ~ 97
- [6] 滕彦国, 倪师军, 张成江. 环境地球化学基线研究简介. 物化探技术, 2001, 23, (2), 135 ~ 139
- [7] 徐江, 陈鸿德, 林庆华. 环境地球化学信息系统的建立及应用. 地球化学, 1997, 26(4), 94 ~ 96
- [8] 程林, 王浩然. 地理信息系统与环境地球化学. 地质地球化学, 1999, 27(2), 110 ~ 113

广西德保铝土矿中镓的赋存状态研究

龙永珍¹ 戴塔根¹ 张起钻²

(1. 中南大学地学与环境工程学院, 长沙, 410083; 2. 广西有色地质勘探局, 南宁, 530023)

【摘要】 镓作为一种分散元素,在铝土矿中的含量较其克拉克值高。本文以德保铝土矿为研究对象,采用电渗析法和 ICP-MS 法,定量测定了镓在各铝矿物相中的含量;分析了镓与铝的含量、镓与铝的比值在铝矿物相中的变化。得出了以下结论:在本区,镓主要与铝呈类质同象现象存在于铝矿物中,在氧化铝生产工艺中主要从循环母液中加以回收。

【关键词】 镓;铝;ICP-MS;赋存状态;铝土矿

广西德保地区广泛分布有堆积型硬水铝土矿,矿体埋藏浅,单个矿体规模大,且成片分布,总的储量大。主要化学成分为 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 、 TiO_2 和 H_2O 。据隆华矿段矿石样品化学分析结果,五者之和数值为 95.51%~97.91%,平均为 97.19%。伴生组分镓含量较高,若能在生产氧化铝的过程中,综合回收它,将大大提高矿床的实际价值。

1 矿床地质概况

该矿主要产于岩溶洼地、谷地中的第四纪红土中,出露地层主要为泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系和第四系。除上二叠统底部为古风化壳型铝土岩系和三叠系碎屑岩及第四系外,其余地层岩性单一,均为碳酸盐岩。矿体赋存于第四系红土中,含矿岩系比较简单,自上而下为:腐殖土、表土粘土层、堆积铝土矿层、底板粘土层。

矿物种类较多,矿石的主要成分为一水硬铝石,其次为高岭石、鲕绿泥石、三水铝石、赤铁矿、锐钛矿及少量金红石和云母类矿物。此外,在该区块状矿石的间隙中,充填有红色土壤。在矿层的底部与基岩接触带,有相当一部分地段(浅井工程中)也有一层红褐色或灰白色泥土,红土主要由三水铝石、硬水铝石、软水铝石、鲕绿泥石、高岭石、埃洛石、蒙脱石、针铁矿等矿物组成。

2 镓的赋存状态研究

镓是一个极为分散的元素,在周期表中,它的左侧为锌,右侧为锗。在结晶化学性质上,镓接近于锌、铝、铁的性质,因而它具有亲硫、亲石和亲铁的三重地球化学性质,能广泛地参加于各种地质作用中。到目前为止,仅知道有两个镓的独立矿物——Gallite (CuGaS_2) 和 Soehngeite [$\text{Ga}(\text{OH})_3$],且只发现于西南非和中非的两个矿床中,仅有矿物学上的意义。

在表生作用中,镓的地球化学行为明显地同铝(和部分铁)相联系,其在土壤中的含量基