

## 微量元素·人体健康·环境变化

谭绿贵<sup>1,2</sup>, 傅先兰<sup>2</sup>, 张鑫<sup>1</sup>, 袁峰<sup>1</sup>

(合肥工业大学 资源与环境工程学院, 合肥 230009; 2. 皖西学院 城环系, 安徽 六安 237012)

**摘要:** 微量元素与人类健康、环境污染和全球环境变化这三者的关系密不可分, 它是人体健康状况的标尺之一。大量资料表明, 人类已破坏了工业技术发展前的全球微量元素的稳态地球化学循环, 并有大量有毒微量元素进入到生物圈、大气圈和土壤圈, 导致日益严重的环境污染、生态破坏和人体健康的危害。自然档案中微量元素的分配、组合特征及赋存状态则是全球环境变化的灵敏指示剂。

**关键词:** 微量元素; 人体健康; 环境污染; 全球变化; 环境地球化学

**中图分类号:** Q581; X5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-5320(2005)04-0049-03

## Trace element, Human health, environment pollution and global change

TAN Lu-gui<sup>1,2</sup>, FU Xian-lan<sup>2</sup>, ZHANG Xin<sup>1</sup>, et al

(1. School of Resources and Environment Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009; 2. Department of City and Environment, West Anhui University, Lu'an 237012, China)

**Abstract:** Trace element have a consanguineous relation with human health, environment pollution and global environment change. It is one of the most important criterion to measure human body's health level. Large quantity of evidence has been accumulated to show that human being has destroyed the steady-state geo-chemistry cycle of the global trace elements before technological development. There is a great lot of toxic trace elements had diffused into biosphere, atmosphere and pedosphere which contaminated environment, destroyed ecology and harmed people's health. The distribution, assemblage characteristics and modes of occurrences of trace element in natural archives is the sensitive indicators of global environment change.

**Key Words:** Trace element; human health; environment pollution; global change; environmental geo-chemistry

当前环境地球化学领域的一个研究热点是探讨地质环境中微量元素的含量、分布、活化、迁移和赋存状态等与人类健康的关系, 有人称之为微量元素环境地球化学, 它是研究微量元素在人—地环境体系中影响人类健康、工农业生产环境和全球环境变化等规律的一个新领域。从某种角度上看, 微量元素是人类健康、环境污染和全球环境变化研究的一把标尺, 通过对它的跟踪和检测, 就能窥探一定区域内的人群健康水平、环境污染状况, 以至预测未来全球环境变化的趋势。

## 1 微量元素与人体健康

人体组织元素含量研究表明, 除生物物质主要元素(C, H, N, O)和地壳主要组分 Si, Al 外, 人体血液所含 60 多种元素的丰度曲线与地壳元素的丰度曲线有着惊人的相似性<sup>[1]</sup>。人体中含有的 60 多种元素, 有 99.954% 是由 H, O, N, C, P, S, Cl, K, Na, Ca, Mg 和 Fe 等常量元素组成, 而余下的 F, Zn, I, Cu, V, Mn, Ni, Co, Se, Cr, Mo 等微量元素含量不足 0.05%。

微量元素在人体内的含量虽然极微, 却有着巨大的生理作用, 主要有运载作用, 作为体内各种酶的组成成分与激活剂, 参与激素的生理作用, 维持核酸的正常代谢等。许多医学专家、学者认为, 当今人类疾病 90% 以上与微量元素有关, 许多疑难杂症和大面积的地方病都与人体微量元素失衡相关。

研究表明, 地壳中元素的分布是不均一的, 具有区域性差异的特征。当人群长期生活在某种微量元素过丰或缺乏的环境中, 势必出现人体某组织器官的微量元素平衡失调, 引发组织病变, 这就是地方病、职业病的环境地球化学病因。某些微量元素可能在人体组织器官富集, 如 Se, As, Pb, Bi, Si 易在肾脏组织中富集。据研究, 人体组织器官内元素的含量受地区、年龄、性别、营养和职业接触的影响<sup>[2]</sup>。就对人体作用而言, 微量元素分为有益元素、无益甚至有害的微量元素(表 1)。

众所周知, 甲状腺肿是一种世界性的地方病, 它是由于

表 1 人体内微量元素分类

分类	元素
必需微量元素	Fe Zn Cu Se Ni I Mo Co 等
可能必需微量元素	B Rb Si As 等
非必需的无害微量元素	Zr Al Nb Ba 等
有害微量元素	Be Cd Hg Pb Sb 等

收稿日期: 2005-01-21

基金项目: 皖西学院应用研究基金资助项目; 安徽省优秀青年科技基金资助项目(04045063)

作者简介: 谭绿贵(1963-), 男, 副教授, 博士生, 主要从事环境地质学、地球化学的教学和研究工作。

人体缺碘或长期吸入过量的碘引起甲状腺激素合成的紊乱所致,而人体缺碘或高碘则是因为环境碘元素分布的含量水平过低或过高,致使人体每天的吸入量不能满足或超过人体的必需量。近年来,环境医学调查表明,癌症的高发区具有区域性分布特征,这说明地球化学环境因素也是致癌的重要因素之一。某些金属元素的致癌作用研究从另一角度作了佐证。如美国、新西兰肠癌高发区与环境缺 Se 有关,河南林县食道癌高发区主要是环境缺 Mo,医学研究认为该地区食管癌高发与饮用地下水类型和深度有关。尽管微量元素失衡致病的医学机制尚不十分清楚,但研究已揭示了环境地球化学因素的重要性。这几年,在癌症治疗中也已出现利用微量元素的生理功能,结合元素间协同和拮抗关系研制微量元素的抗癌药物,这是一个值得注意的动向。

环境地球化学在不同尺度上的元素含量分布研究是预测地方病和职业病的重要依据,应充分重视对我国区域化扫描面(1/20 万水系沉积物测量)资料用于环境评价的开发。研究认为,微量元素分布的区域性差异是客观存在的,由此带来的对人体健康不良影响的消除,可以通过矫正元素的区域分布状况,或通过调整区域环境的物理化学条件以改变元素的地球化学行为使其有利于人体的吸收来实现。

Zn 是人体必需的微量元素之一,已发现含锌的酶有 20 余种。缺锌会引起多方面的机能障碍,如人体发育迟缓,对味的敏感减退,厌食,异嗜癖;另外还能引起慢性腹泻,皮肤、口腔溃疡,容易感冒等。Cu 是人体必需的营养元素,它是许多酶的组成成分。缺少铜会引起白细胞少、骨骼脱盐、贫血、动脉脆弱及神经组织脱髓鞘等。但 Cu 过量又可引起中毒,Cu 含量过剩可引起急性溶血及肾功能异常。F、Cr 是人体必需的微量营养元素,氟含量过低可引起骨质疏松,铬缺乏会引起胰岛素的效力降低。氟含量过高可引起严重氟中毒,除对牙齿、骨骼的损坏外,还可引起中枢神经系统、呼吸系统、血液系统及内分泌系统和肌肉、胃肠道、肝、肾等疾病。

As、Hg、U、Th、Pb、Cd、Mg 是对人体有毒、有害的元素。As 高可引起砷慢性中毒,引起皮肤角质化、手足肢端性麻木神经炎、食欲下降、关节酸痛、全身浮肿等症状。U、Th 为强放射性元素,所产生的  $\gamma$  射线对人畜危害极大,造成发育不良、痴呆、瘫痪等。Pb 干扰智力发育,导致大脑结构及功能异常,降低激素分泌,有损于人体免疫能力。Mg 在肾功能正常时少见中毒,但在肾有病患时,将会出现高镁血症,可导致肌肉弛缓性麻痹。在 Pb、Cd、As、Hg、U、Th 过剩区,对人、畜均有不同程度的毒害作用,如改饮用低铅水、低镉水、低砷水等,地方病将逐渐得到控制。

## 2 微量元素与环境污染

### 2.1 微量元素对工业环境的污染

所谓环境污染,从地球化学角度看,无非是一些人为的金属和非金属元素及各种无机有机化合物叠加在自然物质基础之上而已<sup>[3,4]</sup>。随着现代工农业生产的发展,人类活动对全球环境的影响越来越强烈,在一些区域甚至成为决定环境状况的主导因素。大量资料还表明,人类已破坏了全球微量金属的稳态(工业技术发展前的)地球化学循环,并有大量有毒金属输入到生物圈,导致物种减少、危害人体健康。这里仅探讨一下微量元素与矿业开发活动引起的环境污染之间的关系问题。

矿山开发实质上是人类参与元素的地球化学再分配过程,这种再分配过程也是污染环境的过程,表现为矿坑及选矿废水所含微量金属、营养元素对地表水、地下水及土壤的污染;微量气体及粉尘污染;放射性污染及尾矿和废石堆对环境的污染等。

所有类型的矿床,不论是露天开采的还是地下开采的,都将产生两种主要废物:废石和选矿尾渣。随着对矿产资源需求的不断扩大,矿山废物的排放量大大幅度增加。采矿废石和选冶尾矿中含有一定量的硫化物,由于氧化作用,暴露于大气中的硫化物矿物(如黄铁矿和磁黄铁矿)就氧化形成酸性矿山排水(AMD),导致金属的释放速度大大快于自然的风化过程。在较低 pH 条件下,水体明显地富集可溶性的 Fe、Mn、Ca、Mg、Al、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,以及重金属元素(如 Pb、Cu、Ni、Co、As、Cd 等)。矿山排出的酸性水是有害重金属元素的一个重要载体。从环境学的角度讲,研究矿山废物氧化作用及其导致金属迁移的机理和环境效应是环境地球化学研究的一个重要方面。美国蒙大拿州西部 Clark-Fork 河盆地,由于 100 多年的铜及其它金属的采、选、冶,被污染的土地达 1600  $\text{km}^2$  以上,成为世界上最大的有害废物聚集地之一,其尾矿所含的 As、Cd、Cu、Pb、Zn 等金属元素比正常岩石高出几百倍,甚至上千倍,As、Pb 的富集分别达  $5000 \times 10^{-6}$ 、 $6600 \times 10^{-6}$ 、 $2700 \times 10^{-6}$ 。附近蔬菜叶中 Cd 和 Pb 含量分别超出正常水平的 20 倍和 50 倍。显然,食物链中金属的这种高度富集将严重威胁人们的健康。有 300 多年开采历史的我国湖南石门雄黄矿,发生了严重的砷污染,河水砷含量达 0.5~14.5  $\text{mg/L}$ ,居民头发砷含量为 0.972~2.459  $\mu\text{g/L}$ 。以河水为饮用水源的居民的砷暴露水平达到甚至超过国内外重大慢性砷中毒案例的暴露水平。

大气沉降是金属进入环境的又一重要途径,其对环境的影响甚至比矿山开发本身对环境的影响更大。人类活动已成为全球性或区域性微量元素大气循环中的一个关键因素。大气中的微量组分随着降水过程和飘尘的沉降,造成水体、土壤的二次污染,最终都将累及人类自身。巴西亚马逊河流域约 170000  $\text{km}^2$  的大范围内金矿开采,Hg 作为重要提金试剂,几乎所有汞合金中的 Hg 直接释放进入大气。Hg 向大气的释放量远比向河流和土壤的释放量高,占总释放量的 65%~83%。总之,矿山环境中的(重)金属,一方面,通过废石及尾矿堆的孔隙下渗进入底垫土壤或通过地表径流进入周围环境土壤;另一方面,通过地表径流进入下游水文系统或下渗到地下水系统,将地表水和地下水联系起来,造成整个矿区甚至附近大区域上的水体污染,并影响整个生态系统。

### 2.2 微量元素对农业环境污染的严重性不容忽视

人类食物原料来自农产品,农产品中赋存的微量元素由于可以直接通过食物链进入人体,而使人致畸致癌。随着我国工业经济的迅速增长,工业“三废”的排放量达到了空前的规模,加之化肥、农药、除草剂等涉农化学品的大量使用,致使农业环境遭受严重的污染。从某种程度上讲,不存在无污染的“生态食品”,这些受污染的农产品,严重威胁着人们的身体健康,成为一颗看不见的食品定时炸弹。因此,在今后相当长的一段时间内农业环境污染与生态破坏仍将是农业发展面临的突出问题。

微量元素的含量、分布状况,直接与粮食、油料、蔬菜和

其它经济作物的生长息息相关。在高铁铝分布区, P 易以磷酸高铁或磷酸铝的形式在土壤中固定下来, 农作物不易吸收, 造成比周围地区更加缺 P, 缺 P 影响农作物分蘖, 降低产量。微量 Pb 对农作物有害, 含 Pb 过高的食物易造成铅中毒, 因此在铅过剩区应注意改良土壤。

化肥、农药中微量元素对土壤环境的污染越来越引起注意。化学肥料主要为氮肥、磷肥和钾肥, 一般在土壤里 N、P、K 这 3 种元素的含量不能满足植物生长的需要。使用化肥对环境污染主要表现在两个方面: 水体富营养化与重金属残留。氮肥的流失可导致水中硝酸盐含量增加, 并引起水中 Cd 离子浓度升高。资料表明, 世界各国近 20 年来, 地下水中硝酸盐浓度增高的速度约为 1~3 mg。硝酸盐污染也是癌症发生的一个重要环境因素。某些粗制磷肥如磷矿粉, 含有较高的 F、As、Cd 等有毒物质, 能抑制土壤中的硝化作用, 并损害稻、棉、甘薯、马铃薯、大豆、芹菜、菠菜、烟草等作物。市场上出售的化肥, 不少含有多种微量重金属元素, 施用后, 通过食物链, 重金属会在农产品与畜产品中积蓄, 形成重金属残留。

目前农药种类很多, 造成环境污染并对人体有害的农药主要是有机氯、有机磷及含砷、含铅、含汞制剂。农药进入土壤后, 虽然大部分被分解转化, 但仍有不少残留, 被农作物吸收后, 农药可进入作物的籽实与茎叶, 人和牲畜食用后可引起慢性与急性中毒。例如有机杀虫剂虽然可以杀死害虫, 但其具有不可降解性、脂溶性强、水溶性差等特征, 这将会对农业生态系统造成极大的破坏。目前农药已经成为农业可持续发展中需要重点解决的问题之一。据有关学者指出, 美国由于农药的使用, 对环境与社会每年造成的经济损失达 8123 亿美元。

近年来已加强了对重金属土壤环境的污染研究, 它是农业生态系统中一种具有潜在危害的化学污染。它与其他许多种类的化合物有所不同, 主要是其不能被土壤降解, 且可在生物体内富集。这些污染物可通过食物链在人体内富集, 严重危害人体健康。土壤中有害重金属和非金属主要有 As、B、Cd、Cu、F、Pb、Mn、Ni、Hg、Zn 等。Cd 被认为是最有毒有害的重金属元素之一, 它可造成农作物生长放缓, 产量降低。Pb 虽对农作物生长与产量危害最小, 但其易在动物与人体内积累, 危害极大。As 在自然界中广泛存在, 是一种剧毒物质, 且具有两面性, 微量的 As 对于生物有益, 但过量的 As 则危害动物与人体健康。Hg 具有较强的毒性和迁移富集能力, 其研究工作也更受重视。Hg 是惟一能在大气中以蒸气形式存在并具有较高蒸气压和较长滞留时间的重金属。其对植物生长, 人体健康都有危害。Cr 是人体必需的微量元素, 普遍存在于各类水体中, 一般含量甚微, 在植物体内其迁移能力要弱于 Hg 与 Cd, 高浓度的铬对植物产生毒害作用, 抑制植物生长发育。

据植物生理学研究, 微量元素(即营养元素)有各自独特的植物生理功能, 是植物生长发育不可缺少的成分, 它的不足或过剩将导致生长发育不良, 减产或降低品种。如油菜缺硼蕾而不花, 水稻缺锌百叶倒苗等。我国地域辽阔, 发育着多种多样的地球化学环境, 如鄂西、陕南一带发现一个富硒地球化学环境, 使该地区的生物出现明显的富硒生态效应,

盛产富硒玉米、富硒茶叶等, 这一富硒现象对当地人群来说固然存在有害的影响, 当地出现人、畜脱甲突发等中毒现象, 但对我国广大的缺硒地区来说, 却是一种非常有用的资源, 对于改善缺硒人群的含硒状态, 防治克山病、大骨节病等地方病, 意义非常重大<sup>[3]</sup>。

目前对农业环境污染治理研究较为薄弱, 用环境地球化学方法治理土壤污染主要通过两种途径: ①使用地球化学处理剂; ②生物修复技术。

### 3 微量元素是全球环境变化研究的灵敏指示剂

对于全球环境变化, 当前的一个基本认识是: 当代环境是地质历史时期的环境变迁、演化的结果, 同时它控制着未来环境的演变总趋势。人类活动作为一种强动力因素致使环境恶化<sup>[3]</sup>。科学家们一直在孜孜不倦地探讨过去土壤环境中留存的地球化学方面的蛛丝马迹, 寻找并揭示不同尺度的自然档案——地质地球化学记录及其意义, 为评价和预测未来环境演变规律作基准。近年来, 古环境演变已成为全球变化化学中的一个热点。

自然档案中微量元素的分配、组合特征及赋存状态则是古环境的灵敏指示剂。目前, 常用的自然档案有: 树木年轮、湖泊或海洋沉积物、冰岩芯、黄土剖面、古土壤剖面、沉积岩层、孢粉、火山灰等。稳定同位素的地球化学分馏, 使自然档案的  $\delta^{13}C$ 、 $\delta^{18}O$ 、 $\delta D$  指标成为古气候、古温度及古环境变迁的见证。树木年轮中微量金属的含量分布及其与周围环境的污染状况及历史变迁则有着直接的指示作用; 极地或冰川的冰岩芯  $\delta^{18}O$  对气候变化的示踪可使预测近百年来气候变化有了依据。黄土剖面是一个良好的自然历史博物馆, 科学家可以运用  $\delta^{14}C$  等手段为第四纪以来的环境变化提供可信的依据。碳酸盐中微量元素和稳定同位素的研究是全球变化研究的重要手段之一, 它可为古气候、古温度、古盐度以及古生产力等多方面的环境要素提供精确的信息<sup>[1]</sup>。

最近研究发现, 湖泊沉积物中微量元素 Mg 和 Sr 的研究对确定湖泊的物理化学条件更加有效, 这两种元素可取代非海洋沉积环境中形成的介形虫壳体方解石晶格中的钙原子, 它们同 Ca 含量的比值是确定温度、离子组成及盐度的上好指标<sup>[1]</sup>。

我国作为一个历史悠久的文明古国, 蕴藏着丰富的地质地球化学记录, 而且 5000 年的灿烂文化也记录着区域环境变迁的历史。中国环境变化作为全球环境变化的组成部分, 其环境历史演化的研究有着非常重要的意义, 我国学者已经在碳循环以及黄土研究中取得了举世瞩目的成就, 必将对全球环境变化研究作出自己应有的贡献。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 闵茂中, 倪培, 崔卫东, 等. 环境地质学[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994.
- [3] 陈德兴, 邵器行. 环境地球化学研究现状与发展[J]. 地学前缘, 1996, 3(1-2): 119-126.
- [4] 兰雅莉. 环境地球化学三个领域的研究进展[J]. 河北工业科技, 2002, 19(1): 14-18.